

宽能谱超高通量试验堆项目
环境影响报告书
（选址阶段）
（征求意见稿）

清 华 大 学

二〇二三年五月

目 录

第一章 概述

- 1.1 建设项目名称和建设性质
- 1.2 建设项目的规模和厂址总体规划
- 1.3 建设项目经费
- 1.4 建设目的
- 1.5 建设项目的进度
- 1.6 环境影响报告书编制依据
- 1.7 评价标准
- 1.8 工程组成
- 1.9 环境保护措施
- 1.10 评价范围

第二章 厂址与环境

- 2.1 厂址地理位置
- 2.2 人口分布与饮食习惯
- 2.3 土地利用及资源概况
- 2.4 气象
- 2.5 水文
- 2.6 地形地貌

第三章 环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
- 3.2 非辐射环境质量现状

第四章 反应堆

- 4.1 厂区规划及平面布置

第五章 反应堆施工建设过程的环境影响

- 5.1 土地利用
- 5.2 水的利用
- 5.3 施工影响控制

第六章 反应堆运行的环境影响

- 6.1 散热系统的环境影响
- 6.2 正常运行的辐射影响
- 6.3 其它环境影响

第七章 反应堆事故的环境影响

- 7.1 放射性事故和后果评价
- 7.2 事故应急

第八章 流出物监测与环境监测

- 8.1 辐射监测
- 8.2 其他监测
- 8.3 监测设施
- 8.4 质量保证

第九章 利益代价分析

- 9.1 利益分析
- 9.2 代价分析

第十章 结论与承诺

- 10.1 建设项目
- 10.2 环境保护设施
- 10.3 放射性排放
- 10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众参与和调查结论

10.7 建议

10.8 承诺

第一章 概述

1.1 建设项目名称和建设性质

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

1.3 建设项目经费

1.4 建设目的

1.5 建设项目的进度

1.6 环境影响报告书编制依据

1.7 评价标准

1.8 工程组成

1.9 环境保护措施

1.10 评价范围

1.1 建设项目名称和建设性质

1.1.1 建设项目名称

本项目名称为“宽能谱超高通量试验堆项目”。

本项目由清华大学核能与新能源技术研究院负责建设和运营管理。

1.1.2 建设性质

宽能谱超高通量试验堆项目为新建工程，位于山东省威海市所辖荣成市石岛管理区宁津街道办事处东南。

1.2 建设项目的规模和厂址总体规划

宽能谱超高通量试验堆（THFR）为池壳式堆，该堆设计功率 80MWt。本厂址规划建设于清华大学（荣成）先进核能技术科研基地。

清华大学（荣成）先进核能技术科研基地规划建设核反应堆区、涉核实验区、一般实验区、工作保障区、产学研孵化区、办公教学区、生活区及生活保障区，计划建设先进实验反应堆运行、先进核能研究、先进核燃料、先进核化学化工、先进核技术、先进核环境、新型能源与材料、科研创新孵化中心等 8 个科研中心。

本项目主要建设反应堆及主工艺系统、辐照试验设施、工艺配套系统、辅助厂房等建筑物，可分为核反应堆和工作保障区两类规划区域。

1.3 建设项目经费

本项目建设所需资金拟申请国家财政预算内专项资金部分主要用于反应堆工程设备费；其它建设内容所需资金，来源于项目依托单位（法人单位）、共建单位筹措，以及地方政府的相关配套支持。

本项目环境保护设施包括：

放射性废物处理系统；

流出物和辐射环境监测系统及相关实验室；

通风与空调系统。

1.4 建设目的

高通量堆是重要的辐照资源平台，是开展核燃料和材料辐照考验、放射性同位素生产和中子学研究等的必不可少的技术手段，在先进核能技术、中子学研究等领域发挥着不可或缺的作用。

建设宽能谱超高通量试验堆，对进一步优化我国高通量堆资源配置、开创国内辐照资源利用新局面、促进我国核能和中子学研究的发展发挥了重要的支撑作用，对解决核燃料及核材料辐照考验、稀缺特殊核素生产、中子学研究等国家战略需求具有重要的意义，其技术溢出也将显著促进经济社会发展，逐步形成依托该设施逐步形成在国际上有重要影响的核能和中子学科技创新中心。

（1）支撑国家先进堆开发、先进燃料及材料研发

能源是攸关国家安全和发展的重点领域。我国已连续多年成为世界上最大的能源生产国和消费国。在“碳达峰、碳中和”目标、生态文明建设和“六稳六保”等总体要求下，我国能源发展面临保安全、转方式、调结构、补短板等严峻挑战，对科技创新的需求比以往任何阶段都更为迫切。

福岛事故后，全球核能由建设整体进入稳妥审慎发展阶段，但核能技术创新的步伐并未减缓。美、俄、法等核电强国，凭借长期技术积累，瞄准更安全、更高效、更经济等未来核能发展方向，不断加大研发投入和政策支持，在三代和新一代核反应堆、模块化小型堆、核能供热等多元应用、先进核燃料及循环、在役机组延寿和智慧运维等方面开展了大量技术研发和试验示范工作，以更安全、更高效、更经济为主要特征的新一代核能技术及其多元化应用，成为全球核能科技创新的主要方向。

我国现有高通量堆在中子通量水平、辐照能力、辐照资源规模和利用率等方面与国际先进水平之前存在一定的差距，高通量堆的整体技术水平不高、综合能力不足，难以满足国内核燃料和材料辐照考验、放射性同位素生产和中子散射试验等主要应用需求。以高温气冷堆、钠冷快堆、熔盐堆等堆型为代表的先进核能系统，为了达到更高的技术指标、获得更好的安全性，采用了大量新型、先进的核燃料和材料，需针对新型核燃料和材料的耐辐照性能、堆内服役性能等开展相应的模拟试验，由于国内现有高通量堆资源紧张或不具备相应的辐照试验能力，使得国内的相关科研单位不得不转向国外的高通量堆资源，不仅需要支付高昂的辐照试验费用，还可能导致相关关键技术和试验数据被国外获取，不利于我国先进核燃料和材料技术的自主可控。近年来，受国际贸易形势影响，美国等国已明确相关技术严格对华出口管控，我国在先进核能

技术等关键领域面临着“卡脖子”的被动局面。国家能源局等部门已将高通量堆技术列为我国在能源领域的重要关键技术。为了进一步推动先进核能技术的发展，有必要建设具有更高辐照技术参数的核燃料和材料辐照试验平台。

满足我国核燃料及核材料辐照考验的战略需求，深入开展核燃料和材料辐照效应、行为机理研究和性能研究，进行前沿技术攻关，解决新型核燃料及核材料研发中的关键技术难题，研究高温、强辐照、深燃耗、强腐蚀、液态金属冷却等复杂服役条件对核燃料和材料性能的影响机制，建立与先进核能系统核燃料和材料辐照试验技术指标相匹配的辐照试验能力，探索进一步提高核燃料及核材料抗辐照、耐高温、耐腐蚀性能的措施和途径，进一步推动先进核燃料及核材料技术发展。

发展核能是保障我国经济社会可持续发展的战略选择。对材料辐照效应的研究及新堆型结构特别是燃料元件在实际工况下的预先考验，是我国核动力工程发展的关键。为加速材料辐照试验及相关研究的进程，以及满足高中子通量和足够实验孔道来进行燃料和材料辐照样品的考验需求，建设具有高综合性能的宽能谱超高通量试验堆已成为当前核工业和国防工业发展的迫切需求。建设宽能谱超高通量试验堆，可满足我国核燃料及材料辐照考验的战略需求，进一步优化高通量堆辐照资源配置，缓解我国辐照资源短缺局面，推动能源、科技创新等领域的重大战略部署，推动解决一批关键核心技术，形成国际领先的先进核能技术创新中心。

（2）满足我国民用战略稀缺核素生产需求

中子几乎可以与所有原子核发生反应生成新的元素或同位素，尤其是 1eV 能量以下热中子的反应概率更大。元素周期表中一些近年来新发现的新元素或者同位素，中子辐照在里面起到了关键的作用，如 2014 年发现的 117 号元素 Ts，合成该元素所需的镅-249，全世界只有美国橡树岭国家实验室的高通量反应堆能够生成。

高通量反应堆能提供比普通核电站反应堆中子通量高几倍到几十倍的中子源，可完成很多普通反应堆无法完成的工作，特别是中子通量在 $10^{15}\text{n}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ 以上的高通量堆，在生产新型核素方面具有普通反应堆无法相比的巨大优势。以 Cf-252 为例，该核素在高通量堆内主要通过辐照 PuO 或 CmO 靶件进行生产。Cf-252 转换链具有链条长、损耗率大、成品率低等特点，从靶核 Pu-242、Cm-244 或 Cm-246 出发需发生多级(n, γ) 反应才能获得，并且转换链上 Cm-245 等核素具有较大的裂变截面，导致 Cf-252 的成品率极低。Cf-252 产量及其辐照生产特性强烈依赖于高通量反应堆的中子通量水平。

研究表明，中子通量相差一倍，Cf-252 的生成率可相差 100-1000 倍以上，只有在中子通量达到 $10^{15}\text{n/cm}^2\cdot\text{s}$ 以上的高通量反应堆才具备生产 Cf-252 的能力。

Cf-252、Pu-238 等稀缺特殊核素在医疗、航天、工业等领域具有重要应用。目前，我国大部分战略稀缺核素均依赖进口。Cf-252 是一种强自发裂变中子源，其平均中子能量 2.13MeV，半衰期 2.645 年，可用于制作小型中子源，在反应堆启动、癌症治疗、冶金、矿业、辐射育种、活化分析、湿度测量和科学研究等领域应用广泛；Pu-238 一种重要的空间用同位素热源材料，在深空探测、月球勘探等方面发挥着重要作用。高通量堆是大规模制备 Cf-252、Pu-238 等稀缺特殊核素的唯一途径。近年来，受国际形势、市场状况等因素影响，Cf-252、Pu-238 等核素的供货压力逐渐增大，这将极大影响我国航天、核能等战略高技术领域的发展。Mo-99、I-131、Lu-177 等医用同位素在心脑血管、癌症等疾病的诊断和治疗方面具有独特的疗效，是核医学发展的重要资源。目前，国内 HFETR、CMRR 等高通量堆仅能生产少量的 Sr-89、I-131 等医用核素，其它医用同位素几乎全部依赖进口。医用同位素的半衰期通常较短，对生产、供应和运输等过程有较强的时效性要求。2020 年新冠疫情爆发后，我国部分依赖于进口的放射性药物出现了供应短缺甚至断供的状况，导致部分心脑血管疾病患者、癌症患者无法得到及时有效的救治，直接威胁到了人民群众的生命健康。为了彻底解决我国在稀缺特殊核素及医用同位素生产领域严重受制于人的局面，自主建设具有更高水平、更优异辐照性能的高通量试验堆，是稳定、批量化获得 Cf-252 及高比活度医用同位素的重要途径。

开展 Cf-252、Pu-238 等稀缺特殊核素转换特性研究，建设稀缺特殊核素辐照装置试验和配套设施，具备稀缺特殊核素生产能力，研究中子通量水平、中子能谱、靶件结构等对核素产量的影响，掌握稀缺特殊核素辐照生产技术和工艺流程，对推动核技术产业应用创新，支撑核能、航天等战略关键领域的发展，助力“健康中国”战略实施等均具有重要意义。

（3）打造综合性国家科学平台

中子的独特性质使其在揭示物质从微观、介观至宏观尺度的结构和动力学行为方面发挥着不可替代的重要作用。当今各发达国家依托高通量试验堆已开展中子散射、在线中子活化分析、中子照相、用硼中子俘获治疗癌症等的长期研究并逐步向产业化布局。

现有高通量堆大多建有水平或倾斜中子散射孔道、中子束流管及中子谱仪等实验设施，为开展中子科学研究提供了有效支撑。我国的 CARR、CMRR 上均建设有中子散射等实验装置，致力于打造为综合性的中子学研究平台。然而，我国依托高通量堆的中子学研究在实验技术水平、仪器种类、应用领域、开放共享等方面，仍与国际先进水平之间存在一定的差异。为了进一步提升我国中子学研究的水平和能力，有必要建设更高水平的中子学实验研究平台、提高开放共享程度，努力实现我国在中子科学领域的跨越式发展。

依托宽能谱超高通量试验堆的高注量中子源，同步开展中子散射、在线中子活化分析、中子照相、用硼中子俘获治疗癌症（BNCT）等研究，建设具有国际影响力的中子科学研究中心，实现开放共享，为国内外用户提供优质的中子散射、中子成像和活化分析等技术服务，深入开展物理、化学、材料、地质、宇宙科学、生物、环境科学、考古学、医学等领域的基础研究和应用基础研究以及前沿技术研究，提升核科技创新能力，为人类了解物质结构、探索自然界基本规律作出重大贡献，推动我国粒子物理、凝聚态物理、材料科学、生命科学等领域部分前沿方向的科研水平进入国际先进行列，取得丰硕的知识创新和科学研究成果产出，有力带动我国中子散射应用和关键技术的重大发展，打造综合性国家科学平台，增强国家综合实力，同时也可孵化未来新兴产业，实现产学研深度融合。

（4）培养核工业高端专业人才

1964 年，清华大学有关专业师生建成了自行设计的屏蔽试验反应堆，完成了动力堆屏蔽实验，获 1978 年全国科学大会奖。屏蔽试验反应堆是我国第一座自行研究、设计、调试建成的核反应堆，长期以来也是我国高等教育系统唯一用于人才培养和实习的试验堆。反应堆建成后，不仅成为清华大学反应堆相关专业师生的实习基地，还承担了西安交通大学、哈尔滨工程大学等高校核专业师生大量实习和实践任务，为我国核工业培养了大量人才。目前，屏蔽试验堆已退役，我国高等教育系统已没有专门承担人才培养任务的试验堆。

宽能谱超高通量试验堆建成后将成为我国高等教育系统唯一的专用试验堆，依托该设施，吸引大批高水平国内外人才开展科学研究和科技合作，建设核科学技术专业人才培养平台，培养高端专门技术人才，推动核研院建设“世界一流核学科”、推动清华大学建设“世界一流大学”、推动人才强国战略的实施。

依托宽能谱超高通量试验堆建设开放共享的国际合作交流平台，形成国际性的核科技研究中心和交流平台，实现高度开放共享，吸引大批国内外用户，与国内外各大高校、科研机构积极深入开展核燃料材料、中子科学研究等方面的合作交流，充分发挥重大科技基础设施的平台作用。

在宽能谱超高通量试验堆项目工程建设过程中，通过与设备制造企业和相关科研机构合作，掌握超高通量堆建造领域的核心技术，研发关键设备，带动和提升国内相关企业研发设计能力、加工制造水平，从而全面提升我国自主设计开发新型研究堆的能力，包括科研、设计、建造、运行维护的人才队伍建设和培养。通过工程建设和后续的科学实验，培养一大批核能和中子学领域的优秀青年科技工作者，为未来核能开发、核安全及核技术应用、中子科学研究持续提供理论、方法、技术和人才支撑。

（5）支持核电“走出去”战略

为支持在我国核电“走出去”战略，我国和世界各国将在核电领域开展全方位合作：为核电欠发达国家培养专业技术人才；与先进国家合作开展新型堆的开发。目前国内、外民用新型核能研发蓬勃发展，而可供民用的辐照资源紧缺，项目还可为国外用户提供材料辐照等核技术服务。

本项目的建成，将作为开放共享的国际合作交流平台，吸引国外专业技术人才到我国开展技术交流，为国外用户提供材料辐照服务，有利于增强我国核电行业在国际舞台上的影响力，打造核能行业的人类命运共同体。

（6）创造显著的经济和社会效益

高通量反应堆的建造并不以盈利为目标，但是基于目前的市场现状，可预见能够实现很好的经济效益。目前国际上和国内对于高通量堆的使用需求巨大，有关新材料的辐照，核医学以及核农学的应用，某些重要核素的生产制备，以及一些高科技研究项目对于辐照的需求都非常旺盛。目前国内几个正在运行的高通量辐照堆也都处于供不应求的状态，并且由于目前国内高通量堆的设计参数普遍不高，在某些领域的应用还难以满足实际需求，例如钷核素的生产能力很低，限制了国防能力的建设；还不具备生产钨的能力，导致钨粉严重依赖进口，属于我国可能被“卡脖子”的材料类型。因此在未来相当长的一段时期内，在宽能谱超高通量试验堆上开展应用和研究的市场需求很大，其建造既能满足市场的需求，同时也可以带来相当可观的经济效益。

宽能谱超高通量试验堆的设计和建设不仅为相关领域科技发展水平的提升做出贡献

献，还将在科技创新平台的建设和运行体制方面提供积极探索。目前国内科技领域存在大型科技平台与市场需求对接不够，导致科技平台的利用率不高，而大量的社会需求得不到满足的问题。本项目的实施可望能够创新探索大型科技平台的运行以及开放模式，依托高校或科研院所，提升科研平台与市场需求的对接水平，建立更高效的运行和保障机制，使得国家先进的科技平台能够获得更高效的利用，同时为整个领域科技水平的提升做出贡献。并在此基础上，积极探索以国家的实际需求为导向，开展国家大型试验平台和试验基地建设的新模式探索。这些体制创新将成为国家科技领域的体制改革的积极尝试，并为其他领域的改革提供借鉴。

建设宽能谱超高通量试验堆，支撑国家先进核能系统研发、新型核燃料和材料研制、医用和工业用放射性同位素生产以及中子学研究，带动能源、材料、医疗、航空航天、农业、无损检测等相关产业发展，催生一批新技术、新产品，成为促进战略性新兴产业的科技创新驱动力，为国民经济和社会发展提供科技支撑。

在核燃料和材料辐照试验方面，打造先进核燃料及核材料研发试验平台，满足核燃料和材料研发的辐照试验关键需求，可大幅降低核燃料和材料辐照实验费用，打破国外技术、价格垄断，从而降低先进核能系统研发成本、缩短研发周期。

依托宽能谱超高通量试验堆，建立铷-252、钷-238等稀缺特殊核素辐照生产能力，突破生产稀缺特殊核素的技术瓶颈，打破国外技术、资源和价格垄断，实现稀缺特殊核素的自主稳定供应，降低辐照资源配套服务成本，降低核能、深空探测等高新技术领域的研发成本。

医用同位素在心血管疾病、恶性肿瘤和神经退行性疾病等严重威胁人类健康的重大疾病中发挥着不可替代的重要作用。目前，全球使用医用同位素的医院超过15000家，每年接受核医学诊疗超过5000万例。其中，美国每年核医学诊疗超过2000万例，欧洲约1000万例，核医学行业年产值超过3000亿美元且年增长率达15%以上。随着核医学的普及、下沉，预计国内核医学产业链的市场规模将达到2000亿元。特别是癌症的诊疗，是个高门槛、高技术、高收益的领域，具有巨大的科技、社会和经济价值。依托宽能谱超高通量试验堆，实现堆照医用同位素及药物的国产化，可大幅降低Mo-99、Lu-177、Sr-89等重要医用同位素的生产成本和物流成本，并打破医用同位素进口价格垄断，降低核医学诊疗费用，显著降低国家和患者的治疗负担，发挥显著的经济和社会效益，助推“健康中国”建设。未来，通过进一步培养医疗机构优先使用

国产产品的习惯，逐步扩大市场规模需求，整合国内相关资源，形成堆照医用同位素的常态化和规模化供应，优化堆照医用同位素的生产、供应、使用等全产业链流程，最终降低堆照同位素生产的综合成本，提升堆照医用同位素在国内供应市场的竞争性和稳定性。

在中子散射、中子成像等中子学研究领域，进一步扩展先进中子散射技术在能源、材料、医疗、工业、农业、无损检测等领域的推广和应用，为相关学科领域发展提供支撑，降低中子学相关技术服务成本。

1.5 建设项目的进度

本项目进度计划如下：

前期准备阶段：2023年1月至2025年6月，30个月。

1.6 环境影响报告书编制依据

1.6.1 相关规划

（1）发展规划

2021年12月29日，清华大学将《清华大学荣成先进核能技术科研基地项目建议书》上报教育部。2022年1月18日，先进核能技术科研基地项目列入2022年山东省重大准备类项目清单，省政府将给予土地指标等政策扶持。2022年3月3日，教育部批复“清华大学荣成先进核能技术科研基地”项目，批复函发至山东省政府。

山东省人民政府2021年8月印发的《山东省能源发展“十四五”规划》中提出：“秉承“审慎细实”核安全理念，在确保安全的前提下，积极有序推进核电项目建设，加快核能综合利用示范推广。“依托沿海核电基地，聚焦国和一号、华龙一号、高温气冷堆等三代及以上核电关键技术装备国产化，重点在烟台、威海、济南等地布局核电装备产业园区。”

《荣成市城市总体规划（2018-2035）》将厂址周边区域规划为核电配套产业园。

（2）海洋功能区划

2012年11月，国务院正式批复《山东省海洋功能区划(2011-2020)》，批复后的《山东省海洋功能区划》将宁津镇东墩村以东附近海域划定为荣成宁津工业与城镇建设用海区(面积12.88km²,代码A3-17)与荣成宁津保留区(面积14.65km²,代码A8-12),

其外侧为桑沟湾-镆铳岛农渔业区。本项目运行期温排水造成的温升可能不满足农渔业区的第二类海水水质标准要求。

（3）近岸海域环境功能区划

2022年8月23日经山东省生态环境厅（鲁环函〔2022〕88号）批复调整厂址附近海域环境功能区划，调整后 A1（122°32'20.221"E，36°57'47.914"N），A2（122°33'32.883"E，36°57'15.663"N），A3（122°34'43.909"E，36°58'58.558"N），A4（122°33'31.358"E，36°59'31.106"N）四点连线围成的区域为混合区，不设水质管控目标。B1（122°31'33.408"E，36°55'51.732"N），B2（122°35'12.427"E，36°55'52.550"N），B3（122°35'10.632"E，37°01'24.980"N），B4（122°32'09.831"E，37°01'24.313"N）四点连线围成的区域为三类环境功能区，执行第三类海水水质标准。本项目运行期温排水可能造成部分海域温升超过4℃，不满足第三类海水水质标准要求。

（4）三线一单

威海市人民政府2021年6月发布了《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》，该方案介绍了“三线一单”的总体情况。

1）本项目厂址所处区域的陆域重点管控单元的具体管控要求

根据《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》，厂址陆域工程位于一般管控单元，附近（10km范围内）无陆域重点管控单元。本项目施工期和运行期陆域环境影响符合《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》。

2）本项目厂址所处区域的海域重点管控单元的具体管控要求

厂址海工取排水工程位于“海域重点管控单元”。

根据《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》，近岸海域重点管控区包括现有和规划的工业或城镇建设用海区、港口区、排污混合区、围填海区等开发利用强度较高海域，以及水动力条件较差、水质超标、生态破坏较重和存在重大风险源的海域，应依法淘汰沿海地区污染物排放不达标或超过总量控制要求的产能；在超过水质目标要求、封闭性较强的海域，实行新（改、扩）建项目主要污染物排放总量减量置换；严格执行国家和地方污染物排放标准，强化工业企业总氮和总磷等污染物负荷削减；严格控制含有机物和营养物质的工业废水、生活污水向海湾、半封闭海及其他自净能力较差的海域排放；在生态敏感脆弱区、赤潮灾害高发区、严重污染区等海域，依法禁止投饵式海水养殖。本项目施工期和运行期海域环境影响符合《威海市“三线

一单”生态环境分区管控方案》。

（5） 其它规划

1) 国土空间规划

目前，厂址所处区域的国土空间规划均未正式发布，相关国土空间规划的情况如下：

一 山东省国土空间规划

《山东省国土空间规划（2021-2035年）》于2021年7月-8月公示了征求意见稿，征求意见稿确定的国土空间开发保护格局为“一群两心，两屏三带、三区九田”，项目位于“三区”中的“威海海洋渔业集中发展区”；规划拟构建的海洋空间开发保护格局为“一带、两湾、三区、五岛群”，项目位于“三区”中的“半岛东部海区”。

本项目位于规划中的“威海海洋渔业集中发展区”“半岛东部海区”，其中，农渔业区海域沿岸养殖方式主要为浅海养殖、滩涂养殖和港湾养殖。项目建设不占用自然岸线，不占用海岛。冬季近岸的平均水温3.5℃左右，增温1~2℃不会对海洋生物造成较大影响。同时温排水用海方式属于开放式用海，因此本项目用海不会对项目海域农渔业区的基本功能产生明显影响。

总体而言，项目建设符合《山东省国土空间规划（2021—2035年）》（征求意见稿）。

2) 红线相关规划

目前，《山东省生态保护红线划定方案》（报批稿）已上报自然资源部，尚未正式发布。

自然资源部办公厅于2022年10月14日发函《自然资源部办公厅关于北京等省（区、市）启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》（自然资办函[2022]2207号），正式启用山东省“三区三线”划定成果。目前已获得厂址附近“三区三线”划定示意图，图中具体的管控单元将随国土空间规划发布。从“三区三线”划定示意图看出，本项目陆域位于城镇开发边界内，海域不涉及生态保护红线。

1.6.2 相关管理文件

一 山东省生态环境厅关于调整华能山东石岛湾核电厂址近岸海域环境功能区划的函（山东省生态环境厅，鲁环函[2022]88号）。

1.6.3 法规、标准和导则

（1）主要法律法规、条例、部门规章和文件

- 中华人民共和国环境保护法（自 2015 年 1 月 1 日起修订施行）；
- 中华人民共和国核安全法（自 2018 年 1 月 1 日起施行）；
- 中华人民共和国海洋环境保护法（自 2017 年 11 月 5 日起修订施行）；
- 中华人民共和国放射性污染防治法（自 2003 年 10 月 1 日起施行）；
- 中华人民共和国环境影响评价法（自 2018 年 12 月 29 日起修订施行）；
- 中华人民共和国大气污染防治法（自 2018 年 10 月 26 日起修订施行）；
- 中华人民共和国水污染防治法（自 2018 年 1 月 1 日起修订施行）；
- 中华人民共和国噪声污染防治法（自 2022 年 6 月 5 日起施行）；
- 中华人民共和国固体废物污染环境防治法（自 2020 年 9 月 1 日起修订施行）；
- 中华人民共和国水土保持法（自 2011 年 3 月 1 日起修订施行）；
- 中华人民共和国海域使用管理法（自 2002 年 1 月 1 日起施行）；
- 中华人民共和国自然保护区条例（自 2017 年 10 月 7 日起修订施行）；
- 建设项目环境保护管理条例（自 2017 年 10 月 1 日起修订施行）；
- 中华人民共和国防治海岸工程建设项目污染损害海洋环境管理条例（自 2018 年 3 月 19 日起修订施行）；
- 中华人民共和国防治陆源污染物污染损害海洋环境管理条例（自 1990 年 8 月 1 日起施行）；
- 放射性废物安全管理条例（自 2012 年 3 月 1 日起施行）；
- 危险化学品安全管理条例（自 2013 年 12 月 7 日起修订施行）；
- 海洋自然保护区管理办法（自 1995 年 5 月 29 日起施行）；
- 国家危险废物名录（自 2021 年 1 月 1 日起施行）；
- 近岸海域环境功能区管理办法（自 2010 年 12 月 22 日起修订施行）；
- 建设项目环境影响评价分类管理名录（自 2021 年 1 月 1 日起修订施行）；
- 放射性废物安全监督管理规定（HAF401，自 1997 年 1 月 25 日起施行）；
- 环境影响评价公众参与办法（生态环境部令[2018]4 号，自 2019 年 1 月 1 日起施行）；

- 水污染防治行动计划（国发[2015]17号）；
- 威海市“三线一单”生态环境分区管控方案（威海市人民政府，2021年6月17日）；
- 威海市“十四五”生态环境保护规划（威海市人民政府，2021年12月2日）；
- 山东省生态红线保护规划（2016-2020）；
- 山东省海洋功能区划(2011-2020)；
- 山东省海洋生态环境保护规划（2018-2020年）；
- 山东省黄海海洋生态红线划定方案（2016-2020）；
- 山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020年）（鲁政字[2016]109号）等。

（2）技术标准和导则

1) 辐射

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；
- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
- 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
- 《放射性物品安全运输规程》（GB11806-2019）；
- 《放射性废物分类》（HAD401/04-2017）；
- 《核设施放射性废物处置前管理》（HAD401/12-2020）；
- 《环境影响评价技术导则 核电厂环境影响报告书的格式和内容》（HJ 808-2016）等。

2) 大气

- 《区域性大气污染物综合排放标准》（DB37/2376-2019）；
- 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ2.2-2018）。

3) 水

- 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
- 《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）；
- 《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）；

- 《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；
- 《流域水污染物综合排放标准 第5部分：半岛流域》（DB37/3416.5-2018）。

4) 噪声

- 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
- 《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）；
- 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；
- 《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2021）。

5) 电磁

- 《环境影响评价技术导则 输变电》（HJ24-2020）；
- 《电磁环境控制限值》（GB8702-2014）。

6) 其他

- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- 《环境监测质量管理技术导则》（HJ630-2011）；
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）；
- 《近岸海域环境监测技术规范》（HJ442-2020）；
- 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2020）；
- 《危险废物贮存控制标准》（GB18597-2001）及修改单；
- 《危险废物收集贮存运输技术规范》（HJ2025-2012）；
- 《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018）；
- 《危险货物物品名表》（GB12268-2012）；
- 《化学品分类和危险性公示 通则》（GB13690-2009）；
- 《危险货物分类和品名编号》（GB6944-2012）；
- 《山东省环境保护条例》（2019.1.1 修订实施）；
- 《山东省大气污染防治条例》（2018.11 修正）；
- 《山东省水污染防治条例》（2018.12.01 实施）；
- 《山东省环境噪声污染防治条例》（2018.01 修正）；
- 《山东省海洋环境保护条例》（2018.11 修正）；
- 《山东省辐射污染防治条例》（2014.5.1 实施）；
- 《山东省实施<中华人民共和国固体废物污染环境防治法>办法》（2018.01

修正）；

- 《山东省核事故应急管理暂行办法》（2012年10月1日施行）；
- 《核电厂施工期环境监测技术规范》（DB37/T 3547-2019）等。

1.6.4 相关技术文件

- 华能山东石岛湾核电厂厂址邻近海域水生生态（含海洋环境放射性本底）调查总报告（自然资源部第三海洋研究所，2021年11月）；
- 华能石岛湾核电厂厂址邻近海域渔业资源调查专题成果报告（自然资源部第三海洋研究所，2021年11月）；
- 华能山东石岛湾核电厂扩建工程海域四季同步水文测验专题分析报告（中国科学院海洋研究所，2021年11月）；
- 华能山东石岛湾核电厂扩建工程陆生生态调查专题报告（中国辐射防护研究院，2021年9月）；
- 华能山东石岛湾核电厂扩建工程可行性研究阶段常规气象和极端气象复核专题报告（国核电力规划设计研究院有限公司，2020年12月）；
- 石岛湾核电厂址电磁辐射本底补充调查报告（中国辐射防护研究院，2015年8月）；
- 石岛湾核电厂址大气扩散模式研究总结报告（中国辐射防护研究院，2013年3月）；
- 华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程首次装料前阶段环境辐射本底水平调查报告（中国辐射防护研究院，2016年7月）；
- 华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电站示范工程首次装料前阶段环境辐射本底水平调查质量保证总结报告（中国辐射防护研究院，2016年7月）等。

1.7 评价标准

1.7.1 辐射环境影响评价标准

（1）正常运行期间（包括预计运行事件）的剂量约束值

依据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对剂量限值及剂量约束值的规定，“对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约

束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值”，考虑到我国尚未对研究堆规定相关的剂量约束值，参考《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.1 条款规定“任何厂址的所有核动力堆向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25mSv 的剂量约束值”，本项目的剂量约束值暂按 0.01mSv/a 考虑。

（2）事故工况下的剂量控制值

选址假想事故后果评价的剂量接受准则参考《研究堆安全分类（试行）》中关于 II 类研究堆的要求和《研究堆应急计划和准备》中对于研究堆应急状态的规定。选址假想事故工况下，事故工况期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv。

（3）年排放量控制值

本项目年排放量控制值暂按排放量设计值考虑，见表 1.7-1。

（4）海水中的放射性核素浓度

根据《海水水质标准》（GB3097-1997）的要求，宽能谱超高通量试验堆项目运行期间接纳水体中的放射性核素浓度控制值为：

- ^{60}Co : 0.03Bq/L;
- ^{90}Sr : 4.0Bq/L;
- ^{134}Cs : 0.6Bq/L;
- ^{137}Cs : 0.7Bq/L;
- ^{106}Ru : 0.2Bq/L。

1.7.2 非辐射环境影响评价的标准

根据厂址附近的环境特征，确定非辐射环境影响评价的标准如下：

（1）环境质量标准

— 环境空气

环境空气执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

— 海水

海水按厂址附近近岸海域环境功能区划的要求，执行《海水水质标准》（GB3097-1997）的相关标准。对海水温升的要求：一、二类功能区人为造成的海水

温升夏季不超过 1℃，其它季节不超过 2℃；三、四类功能区人为造成的海水温升不超过当时当地 4℃。

— 声

声环境质量评价执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 2 类标准：昼间 60dB (A)，夜间 50dB (A)。敏感点执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 1 类标准：昼间 55dB (A)，夜间 45dB (A)。

— 电磁环境

按照《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)的公众曝露控制限值(50Hz)：电场强度：4kV/m，磁感应强度：0.1mT。

(2) 污染物排放标准

— 污水

施工期及运行期的生活污水排入市政管道。施工期的生产废水不外排。运行期的生产废水排放执行《流域水污染物综合排放标准 第 5 部分：半岛流域》(DB37/3416.5-2018)中的一级标准，如回用，中水还应执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)。

废水在对外排放前将按照当地环保部门要求办理排污登记。

— 噪声

施工期间噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)；运行期间厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准；厂外敏感点声环境须满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)中 1 类声环境功能区限值。

— 大气污染物

施工期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的无组织排放监控浓度限值。运行期执行《区域性大气污染物综合排放标准》(DB37/2376-2019)。

— 固体废物

一般工业固体废物的处置和贮存执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)，危险废物执行《危险废物贮存控制标准》(GB18597-2001)及修改单(环境保护部公告 2013 年第 36 号修改单)中的相关要求。

1.8 工程组成

本项目是新建工程，工程建设的设施主要包括反应堆及相关系统、辅助支持系统、辐照研究平台，取排水工程。

本项目将充分利用区域配套公用设施，包括供水管线，市政道路，供电线路、污水管道。

1.9 环境保护措施

（1）辐射影响防治措施分析

项目设计的乏燃料池与乏燃料储存格架，可以满足 60 年设计年限内乏燃料的存储需求。同时，考虑到未来乏燃料外运的可能性（如延长反应堆服役年限、开展乏燃料的相关研究等），设计并建设了乏燃料外运的设施与工具。

（2）非辐射影响防治措施分析

1）废水防治措施分析

本项目工业废水、生活污水按照“清污分流”、“分类处理”、“一水多用”的原则处理。

生活污水将排入市政管网。

工业废水主要为电厂工艺用水除盐时所产生的腐蚀抑制剂或化学活性添加剂。除盐过程加入的化学添加剂，除一部分进入固体废物外，其余将排入市政管网。

非放射性含油废水，经过贮存、油水分离处理。分离出的油脂收集后装入油桶运送到厂外。分离出的水排入市政管网。

2）噪声污染防治措施分析

— 合理进行总平面布置，使重点噪声源尽量布置在厂区中部，并充分利用其他辅助建筑物进行屏蔽。

— 水泵、风机等设备均密闭于厂房内、高噪声设备均经过减震、隔噪等工程措施处理，且各厂房离厂界距离相对较远。通过多种方式使厂区边界处噪声满足国家标准要求。

3）固体废弃物污染防治措施分析

— 一般工业固弃物：在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一

定量的工业固废，将委托专业废弃物公司对上述废物进行处置。

- 危险固废：本项目运行时将会产生废油漆、废油脂、废酸碱、废有机溶剂等危险固废，将其归类后，委托具有危险废弃物处置资质的公司对其处置。
- 生活垃圾：本项目运行时厂区工作人员产生的生活垃圾由专门部门清运处置。

1.10 评价范围

（1）辐射环境

辐射环境的评价范围是以反应堆为中心，半径 50km 范围的区域，评价内容包括气载和液态放射性流出物对半径 50km 区域内公众的辐射影响。

（2）非辐射环境

1) 水环境

评价范围重点考虑取排水口附近海域及相关功能区管理要求，以及环境敏感目标环保要求。

2) 大气环境

由于项目施工期废气为无组织排放，因此评价范围为施工厂界和有关敏感点。

3) 声环境

声环境影响的评价范围为厂界外 1m 及敏感点。

4) 生态环境

参照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），本项目生态环境评价范围以项目永久占地和临时占地范围为主，并考虑附近自然保护区和生态敏感区。

表 1.7-1 本项目气载流出物年排放量控制值

核素	排放量控制值 (Bq/a)
总惰性气体	9.02E+10
总气载碘	7.69E+06
粒子 (半衰期 $\geq 8d$)	2.76E+06
C-14	2.37E+09
H-3	1.43E+10

第二章 厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布与饮食习惯

2.3 土地利用及资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地形地貌

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

图

图 2.1-1 厂址地理位置示意图

图 2.1-2 清华大学（荣成）先进核能技术科研基地管控分区示意图

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

宽能谱超高通量试验堆项目位于山东省威海市所辖荣成市石岛管理区宁津街道办事处东南。工程以北 4.6km 处为宁津街道办事处机关驻地——宁津所，厂址西面与南港头相望，东部面向黄海。西北距烟台市约 120km，西北距威海市约 68km，西北距荣成市约 23km，西南距山东海阳核电厂址约 105km。

宽能谱超高通量试验堆项目反应堆厂房中心坐标为 36.945°N、122.514°E，厂址地理位置见图 2.1-1。

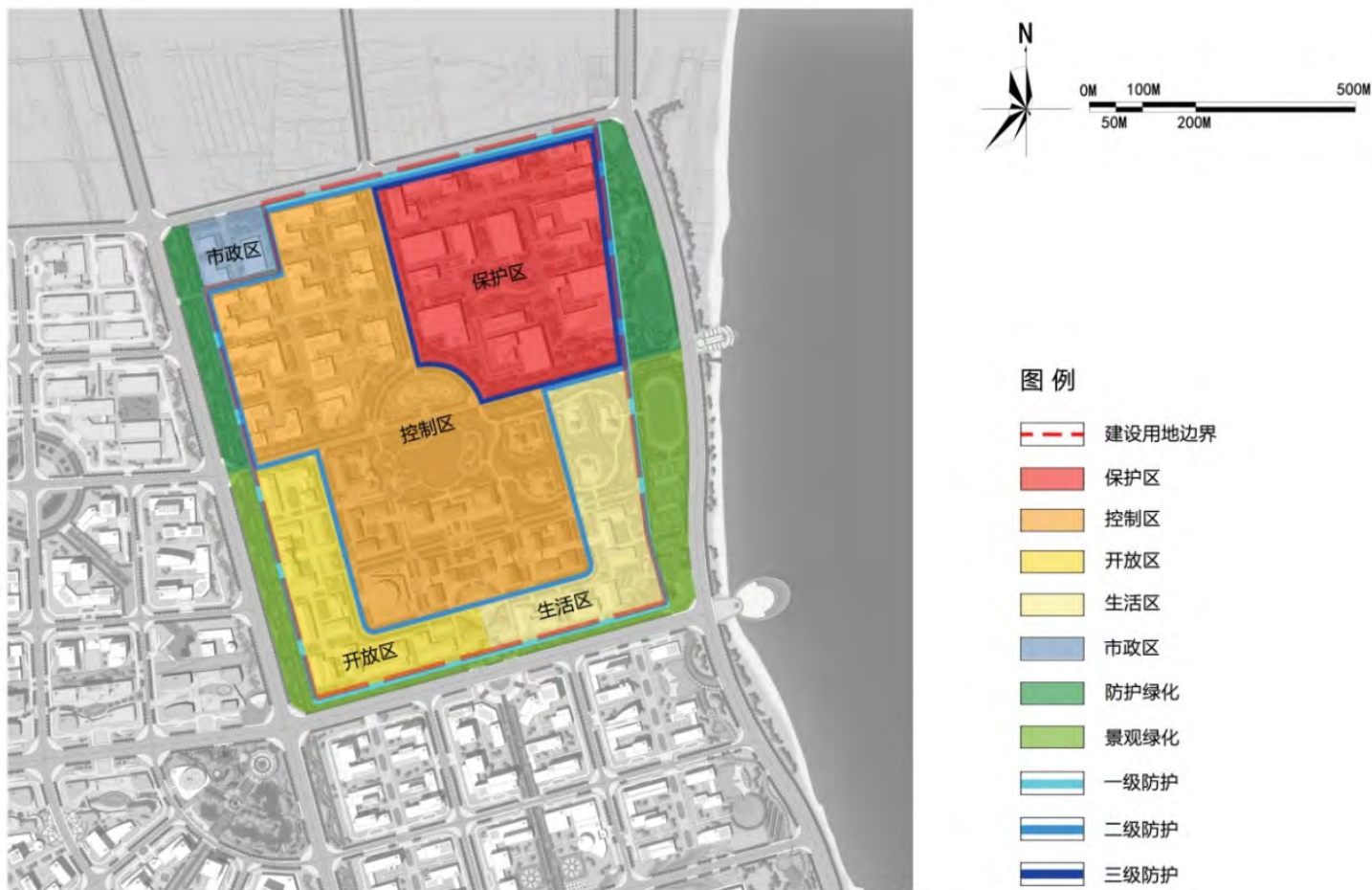
2.1.2 厂址边界、非居住区和规划限制区

本项目位于清华大学（荣成）先进核能技术科研基地，清华大学（荣成）先进核能技术科研基地的管控分区见图 2.1-2。

目前没有针对研究堆非居住区和规划限制区的规定，结合清华大学（荣成）先进核能技术科研基地管控分区规划，将科研基地保护区和控制区外边界包络范围设置为非居住区，将科研基地建设用地边界设置为规划限制区。



宽能谱超高通量试验堆项目 环境影响报告书（选址阶段）		
厂址地理位置示意图		
图 2.1-1	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
清华大学（荣成）先进核能技术 科研基地管控分区示意图		
图 2.1-2	版次：	A

2.2 人口分布与饮食习惯

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.2 厂址半径 50km 范围内的人口分布

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.4 参考资料

表

表 2.2-1 厂址半径 5km 范围内所有村庄及人口分布

表 2.2-2 厂址半径 5km 范围内的主要工业企业

表 2.2-3 厂址半径 5km 范围内的流入人口情况

表 2.2-4 厂址半径 10km 范围内学校分布情况

表 2.2-5 厂址半径 10km 范围内敬老院分布情况

表 2.2-6 厂址半径 10km 范围内的医院

表 2.2-7 厂址半径 15km 范围内千人以上居民点

表 2.2-8 厂址半径 15km 范围内流入人口分布

表 2.2-9 厂址半径 50km 范围内各子区现有人口分布（2021 年）

表 2.2-10 厂址半径 50km 范围内万人以上人口中心

表 2.2-11 厂址半径 50km 范围内各区市 2017 年~2021 年实际人口自然增长率

表 2.2-12 厂址半径 50km 范围内各子区的预期人口分布（2030 年及以后）

表 2.2-13 厂址半径 50km 评价区内居民食物消费量

表 2.2-14 厂址半径 5km 范围居民平均消费食谱一览表

表 2.2-15 厂址半径 5km 范围居民生活习性

图

图 2.2-1 厂址半径 5km 范围内居民点分布示意图

图 2.2-2 厂址半径 15km 范围内主要居民点分布示意图

图 2.2-3 厂址半径 50km 范围内各子区人口分布图（2021 年）

图 2.2-4 厂址半径 50km 范围内万人以上人口中心分布图

2.2 人口分布与饮食习惯

宽能谱超高通量试验堆项目厂址半径 50km 范围内涉及威海市所辖的荣成市、文登区、经济技术开发区。

厂址半径 50km 范围内人口统计口径为截止 2021 年户籍人口。人口统计按子区分别进行，以反应堆为中心划分半径为 1, 2, 3, 5, 10, 20, 30, 40, 50km 的同心圆，辐向以罗盘方位为扇形区中心线，划分成 16 个方位，评价区共有 144 个子区。

2.2.1 厂址半径 15km 范围内的人口分布

2.2.1.1 厂址半径 5km 范围内的人口分布现状

厂址半径 5km 范围涉及到宁津街道、桃园街道共 40 个居民点。其中人口最多的居民点为宁津街道东墩村，位于厂址 NNW 方位 1.7km 处，现有人口 1520 人。离厂址最近的居民点是位于厂址 NW 方位 1.5km 的南泊村，现有人口 212 人。

厂址半径 5km 范围内的总人口为 19754 人，平均人口密度为 252 人/km²，陆域平均人口密度为 494 人/km²，低于同期山东省平均人口密度 644 人/km²，高于威海市平均人口密度 442 人/km²。

表 2.2-1 列出了厂址半径 5km 范围内各居民点的方位、距离和人口数。图 2.2-1 给出了厂址半径 5km 范围内各居民点的分布情况。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇。

厂址半径 5km 范围内暂无规划工业企业，现有人数 10 人以上的企业见表 2.2-2。厂址半径 5km 范围内流入人口主要为核电施工人员，其次为养殖务工人员以及经商人员，核电施工人员主要为年初 2 月份左右赴荣，次年 1 月份左右返乡；养殖务工人员来荣务工时间集中在每年 5 月~8 月；经商人员一般在街道常年居住，春节等假期返乡或不返乡。各居民点流入人口见表 2.2-3。厂址半径 5km 范围内现无景点；规划的旅游景点：渔家风情样板片区，位于东墩、东苏家和渠隔，位于厂址 NNW 方向 1.7km，3A 级，高峰期 8-10 月，高峰期游客数量 3500 人/月，年游客数量约为 2~3 万。

2.2.1.2 厂址半径 10km 范围内的公共设施

厂址半径 10km 范围内有中、小学和幼儿园共 8 所，共有教职工人数 378 人，学生人数 5188 人。其中中学 3 所，小学 1 所，幼儿园 4 所。宁津完小和明珠幼儿园是离厂

址最近的学校，目前分别有学生 718 人、297 人，教师 46 人、19 人，均位于厂址 NNW 方向，距离 4.1km。厂址半径 10km 范围内学校具体情况见表 2.2-4。

厂址半径 10km 范围内有敬老院有 4 所，现入住老人共 380 人，护理人员 114 人，共有床位 2028 个。离厂址最近的敬老院为宁津敬老院和荣成市官道老年公寓，现入住共老人 111 人，护理人员共 26 人，最大容纳老人 408 人，位于厂址 NNW 方向，距离 1.7km。厂址半径 10km 范围敬老院的具体分布见表 2.2-5。

厂址半径 10km 范围内医院和卫生院共 2 所，共有医护人员 100 人，床位数 60 张。离厂址最近的卫生院为宁津卫生院，现共有床位 30 个，医护人员 50 人，位于厂址 NNW 方向，距离 4.8km。厂址半径 10km 范围内没有监狱。

厂址半径 10km 范围内医院的具体情况见表 2.2-6。

2.2.1.3 厂址半径 15km 范围内的人口分布现状

厂址半径 15km 范围内涉及宁津街道、东山街道、桃园街道、斥山街道、王连街道、港湾街道、崂山街道。厂址半径 15km 范围内的总人口为 150804 人，平均人口密度为 213 人/km²，陆域平均人口密度为 664 人/km²，高于山东省同期平均人口密度 644 人/km²，高于威海市平均人口密度 442 人/km²。

厂址半径 15km 范围内共有行政村或社区总数为 167 个，其中超过千人的人口中心有 21 个，其中最大的人口中心为位于厂址 SW 方位约 11km 处的港湾街道中心（包括北沟、兴隆、映红山、渔港、陀山、姜家疃、西岚、石岛街、张家村、大鱼岛社区），共有人口 40527 人，其次为位于厂址 W~WSW 方位约 10km 处的斥山街道中心（包括殷家村、西苏家村、盛家社区、吴家村、郭家村、西火塘寨社区、东火塘寨社区、尹格庄社区、范家社区和斥山社区），现有人口 22545 人。距离最近千人以上人口中心为宁津街道东墩村，位于 NNW 方位 1.7km，共有人口 1520 人。

表 2.2-7 列出了厂址半径 15km 范围内的千人以上人口中心。厂址半径 15km 范围内千人以上人口中心的分布情况见图 2.2-2。

根据《荣成市城市总体规划（2018-2035）》中关于石岛管理区空间结构规划，石岛管理区中心城区包括三个潜在人口中心，其中东山和桃园街道合为一个，斥山街道为一个，港湾街道为一个，三个潜在人口中心之间有明显的地理空间间隔，距离超过 500m，未来不会形成一个人口中心，其中东山和桃园街道潜在人口中心位于厂址 10km

半径范围内。《荣成市城市总体规划（2018-2035）》未给出相关人口规划，采用 50km 范围统一的预期人口增长率，预期厂址半径 10km 范围内不会出现 10 万人以上的人口中心。

厂址半径 15km 范围内流入人口涉及宁津街道、桃园街道、东山街道、斥山街道、港湾街道、王连街道、崂山街道。各街道（乡镇）的流入人口情况列于表 2.2-8，宁津街道流入人口最多，年总人数 12531 人，最高峰人数 8300 人。

厂址半径 15km 范围内的现有旅游风景区：赤山风景区，位于厂址 SW 方位约 11.4km，4A 级，年接待一百多万人次，最高峰在十一期间，日接待 2.8 万余人次。东楮岛风景区，位于厂址 NE 方位约 11km，3A 级，年接待三十多万人次，最高峰在十一期间，日接待万余人次。甲子山庄，位于厂址 NW 方位约 3.8km，3A 级，年接待十多万人次，最高峰在十一期间，日接待千余人次。

厂址半径 15km 范围内规划的风景区渔家风情样板片区，位于东墩、东苏家和渠隔，位于厂址 NNW 方向约 1.7km，3A 级，高峰期 8-10 月，高峰期游客数量 3500 人/月，年游客数量约为 2~3 万。

2.2.2 厂址半径 50km 范围内的人口分布

2.2.2.1 厂址半径 50km 范围内的人口分布现状

厂址半径 50km 评价区范围内，截止 2021 年底的总人口数为 992873 人，按厂址半径 50km 范围的陆域面积计算，评价区内的平均人口密度为 416 人/km²，低于山东省同期平均人口密度，也低于威海市同期平均人口密度。

厂址半径 50km 范围内的人口分布详见表 2.2-9 和图 2.2-3。

厂址半径 50km 范围基本在山东省威海市境内，其中城镇人口超过万人的人口中心有 8 个，城镇人口超过 10 万人的人口中心有 2 个。最大的人口中心是 WNW 方位约 50km 的威海市文登区，现有城镇人口 185013 人，其次是厂址 NNW 方位约 24km 处的荣成市市区，现有城镇人口 153078 人。距厂址最近的万人以上人口中心为位于厂址 W~WSW 方位约 10km 的斥山街道中心，有人口 22545 人。

表 2.2-10 列出了厂址半径 50km 范围内人口超过万人的人口中心，各人口中心的分布情况见图 2.2-4。

2.2.2.2 厂址半径 50km 范围内的预期人口分布

根据《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）的要求，需要预测核电厂投运及电厂寿期内（每隔十年）核电厂址周围区域的人口数量。

本项目计划与 2030 年投入运行。目前，评价范围内已发布的人口中长期规划资料有《山东省人口发展中长期规划（2021-2030 年）》，根据该规划，规划 2021—2025 年年均人口自然增长率在 3%左右，2026—2030 年年均人口自然增长率在 2%左右。

表 2.2-11 给出了厂址半径 50km 范围内各区市 2017 年~2020 年实际人口自然增长率，从表中可以看出，厂址半径 50km 范围内多数地区人口自然增长率为负数，采用山东省人口自然增长率预测值具有保守性。

根据育娲人口研究智库 2021 年发布的《中国人口预测报告 2021 版》，按照目前人口生育鼓励政策（三孩政策）的高方案考虑，中国人口在 2030 年左右也达到顶峰，后续逐渐减少，参考该报告结论，保守假设 2030 年之后的人口自然增长率为 0。

本项目预计 2030 年建成运行，电厂设计寿期为 60 年。由此推算机组运行第一年（2030 年）以及寿期内每隔 10 年，即 2040 年、2050 年、2060 年、2070 年、2080 年和 2090 年厂址半径 50km 范围内各子区的预期人口分布。

人口预测以 2021 年底人口数据为基础，预测人口采用指数增长公式计算：

$$N = N_0 e^{rt}$$

式中：N：预期人口数（人）；

N_0 ：现有人口数（人）；

r：预期年平均人口增长率（‰）；

t：N 与 N_0 之间的时间间隔（年）。

根据上述的人口预测计算模式以及调查得到的人口预期增长率进行人口预测。预测结果表明：由于保守假设 2030 年之后的人口自然增长率为 0，因此 2030 年本项目投产以及整个运行寿期内，厂址半径 50km 范围内的总人口数相同，为 1016480 人，各子区的人口分布情况详见表 2.2-12。

2.2.3 居民的年龄构成及饮食习惯和生活习性

2.2.3.1 居民年龄构成

厂址半径 50km 范围主要位于威海市内，根据威海市统计局提供的威海市第七次人口普查数据，厂址半径 50km 范围居民的年龄构成为：

小于 1 岁	占	0.56%
1~7 岁	占	5.92%
8~17 岁	占	7.24%
17 岁以上	占	86.28%

厂址半径 5km 范围内的年龄构成来自荣成市统计局提供的 5km 范围内各年龄段人口数，厂址半径 5km 范围居民的年龄构成为：

小于 1 岁	占	0.45%
1~7 岁	占	4.85%
8~17 岁	占	6.51%
17 岁以上	占	88.18%

2.2.3.2 居民饮食习惯和生活习性

根据山东省统计年鉴给出厂址半径 50km 评价区食谱数据（2021 年数据），具体见表 2.2-13。

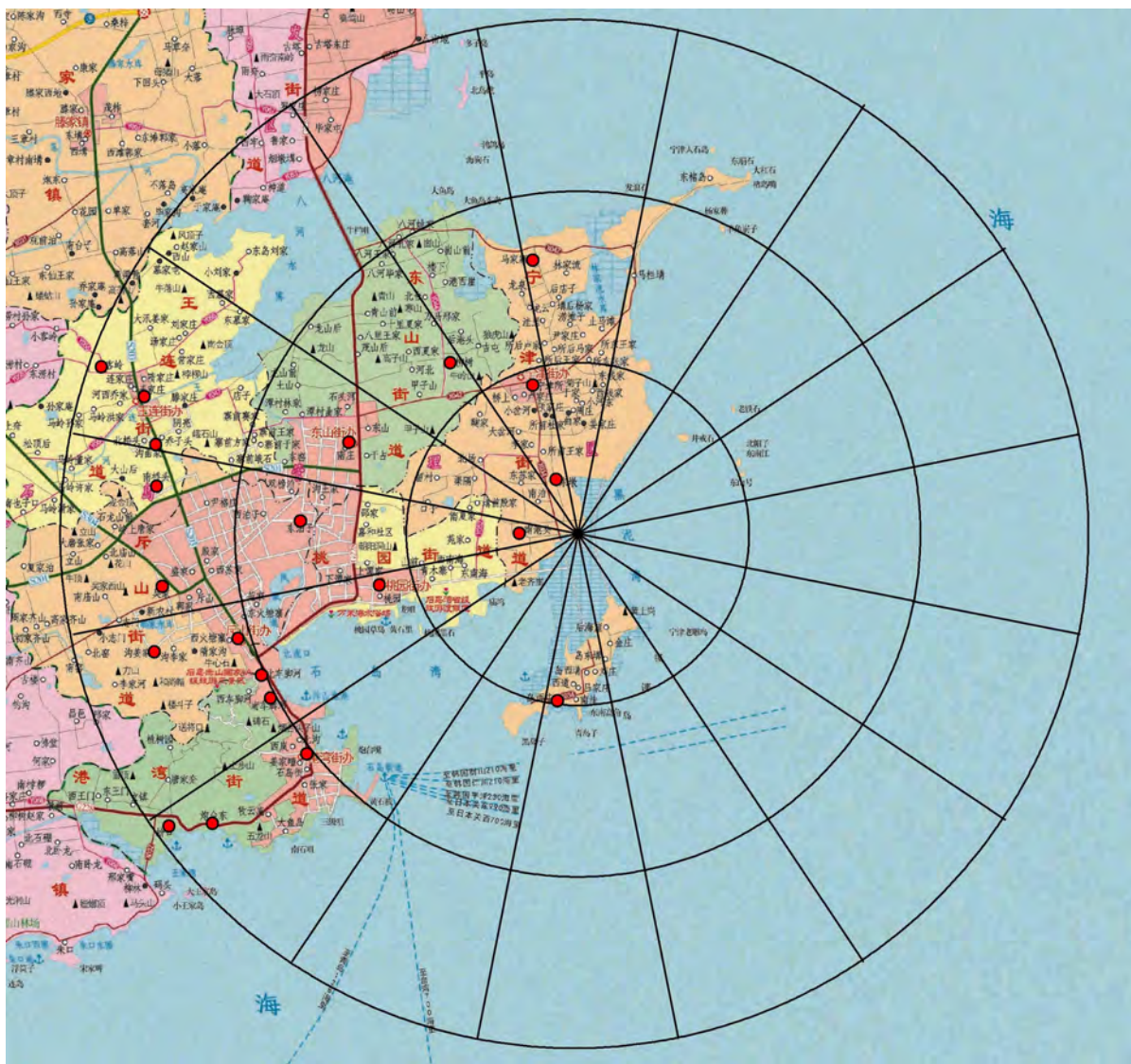
由于本项目与石岛湾核电厂距离约 NNE 方位 3.5km，厂址半径 5km 范围生活饮食习惯接近。故本报告参考中核第四研究设计工程有限公司在 2020 年 11 月开展的石岛湾核电基地厂址居民食谱及生活习性调查工作相关内容，该专题对石岛湾厂址半径 5km 范围内的 11 个居民点（小河东、西钱家、东张家、周庄、南泊、东钱家、东墩、前王家、项家庄、洼里及吉屯）通过现场走访、发放调查表格的方式进行，收回共计 450 份有效调查问卷。

厂址半径 5km 范围内的居民和渔民的食谱及生活习性数据见表 2.2-14 和表 2.2-15。

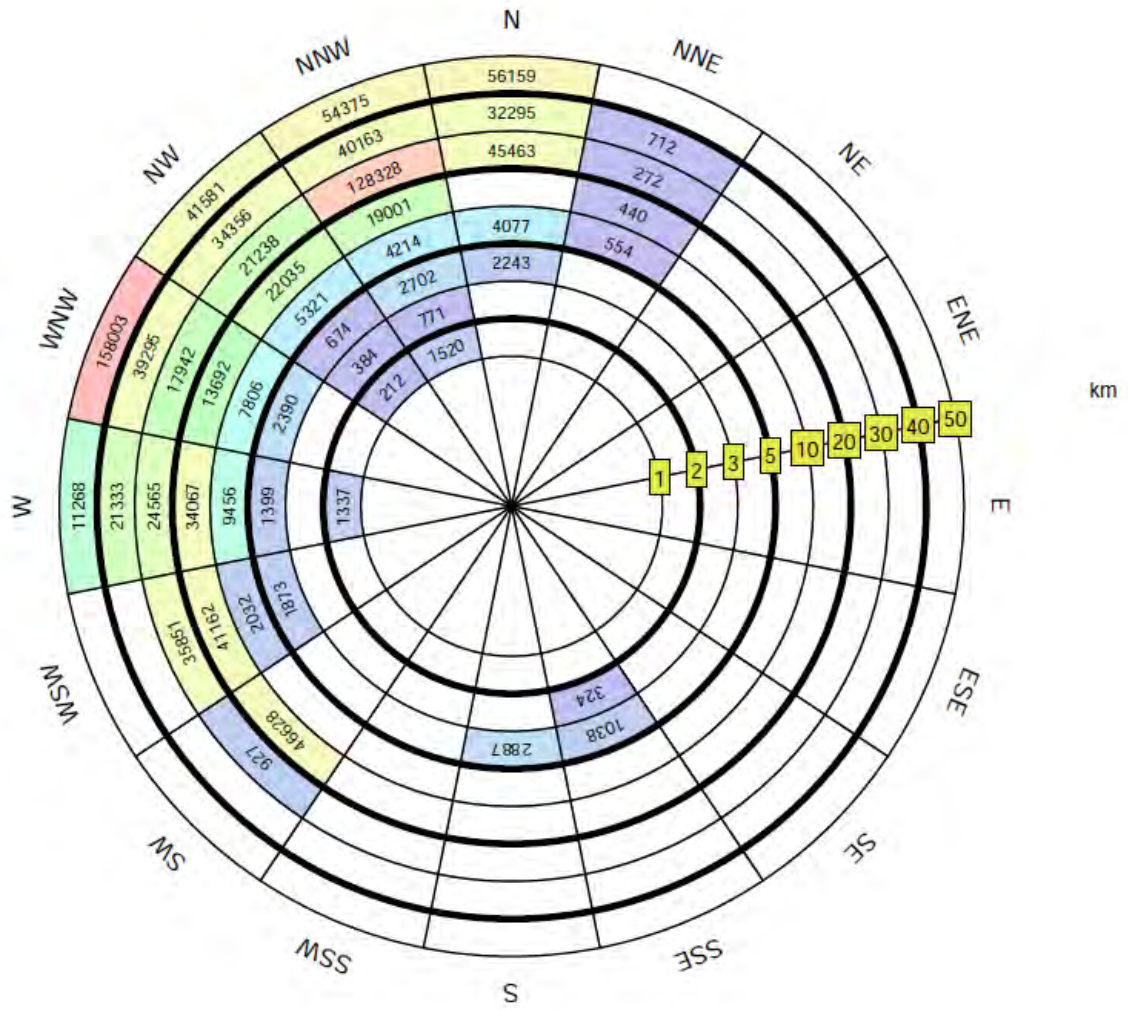
厂址半径 50km 评价区范围内的农村居民，其消费的食物基本上是当地生产、当地消费，食物来自本子区，城镇居民的食物大部分由本子区和邻近子区供给，小部分来自较远子区或评价区以外地区。



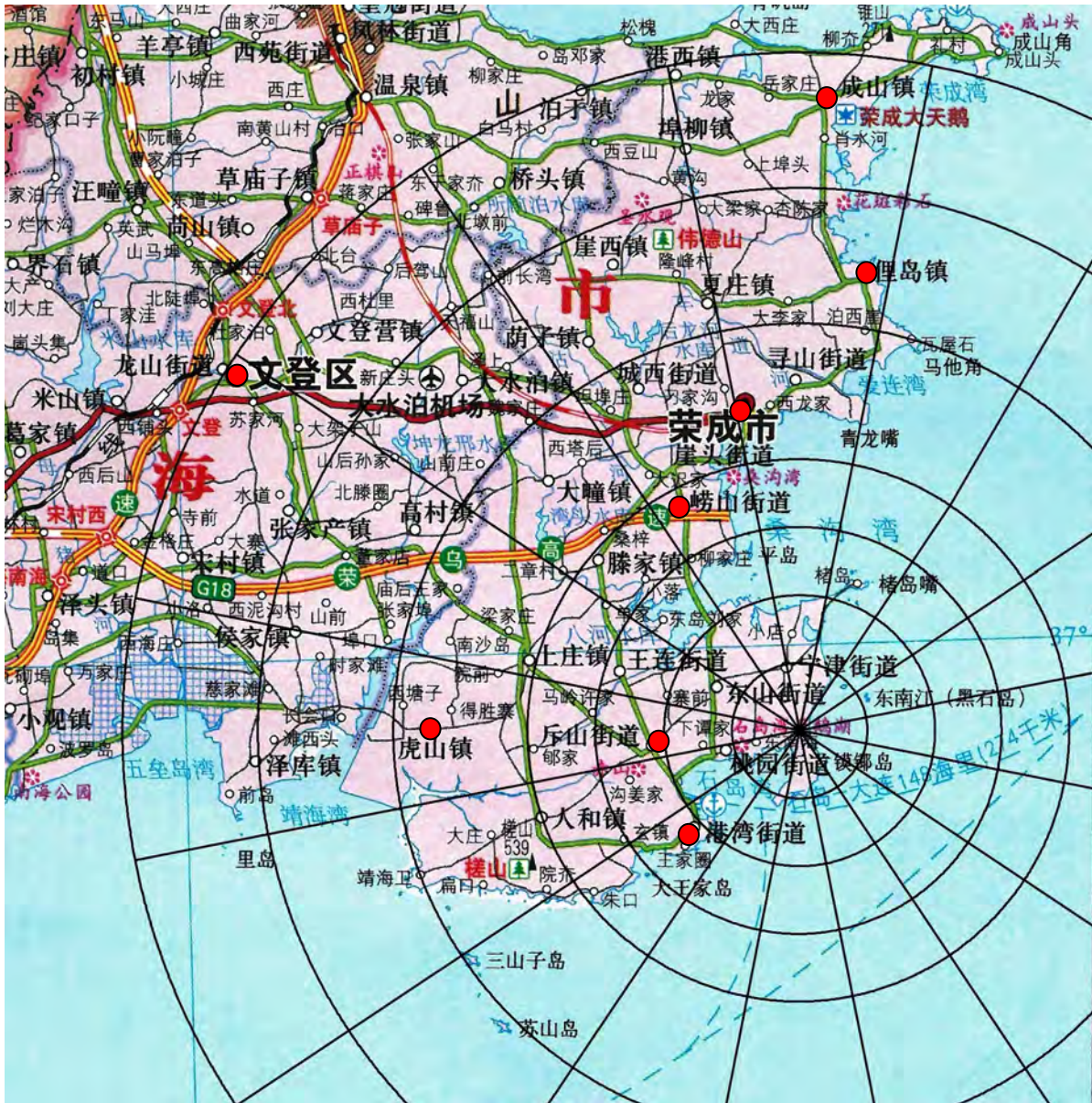
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 5km 范围内居民点分布示意图		
图 2.2-1	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址半径 15km 范围内 千人以上人口中心分布示意图		
图 2.2-2	版次:	A



宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 50km 范围内各子区人口分布图（2018 年）		
图 2.2-3	版次：	A



华能山东石岛湾核电厂 扩建一期工程		
环境影响报告书（建造阶段）		
厂址半径 50km 范围内万人以上 人口中心分布图		
图 2.2-4	版次：	A

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用

2.3.1.2 水体利用

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产概况

2.3.2.2 牧业生产概况

2.3.2.3 林业资源和其它矿产资源

2.3.2.4 陆生生态系统状况

2.3.2.5 自然保护区和种质资源保护区保护对象

2.3.3 水产资源及生态概况

2.3.3.1 水产资源

2.3.3.2 海洋生态

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

2.3.4.2 交通

2.3.4.3 危险源及外部人为事件评价结论

表

表 2.3-1 厂址所在宁津街道各类土地利用现状情况

表 2.3-2 “三线一单”环境管控单元管控要求

表 2.3-3 厂址半径 10km 范围内的县级以上文物保护单位汇总

表 2.3-4 厂址半径 5km 范围内的分散式饮用水水源地汇总

表 2.3-5 厂址半径 15km 范围内海洋功能区划

表 2.3-6 厂址半径 15km 范围内近岸海域环境功能区划

- 表 2.3-7 厂址半径 15km 范围内海洋生态红线登记表
- 表 2.3-8 厂址半径 15km 范围内海洋生态环境保护目标登记表
- 表 2.3-9 厂址半径 10km 范围内各街道农业情况（2020 年）
- 表 2.3-10 厂址半径 10km 范围内各方位最近菜田和农田
- 表 2.3-11（1/2） 厂址半径 10km 范围内家畜家禽规模养殖户情况（2019 年）
- 表 2.3-11（2/2） 厂址半径 10km 范围内各方位最近养殖场（2019 年）
- 表 2.3-12 植物和动物调查样线布设情况
- 表 2.3-13 厂址半径 10km 范围内各方位自然保护区
- 表 2.3-14 海域调查站经纬度及调查项目
- 表 2.3-15 浮游动物各季调查的优势种
- 表 2.3-16 大型底栖动物各季调查的优势种
- 表 2.3-17 厂址半径 15km 范围内规模以上企业（2021 年）
- 表 2.3-18 厂址半径 15km 范围内主要公路情况
- 表 2.3-19 厂址半径 5km 范围内渔港情况
- 表 2.3-20 厂址半径 15km 范围内锚地情况
- 表 2.3-21 厂址半径 15km 范围内航道情况
- 表 2.3-22 厂址附近危险品生产、贮存企业分布情况（2021 年）
- 表 2.3-23 厂址半径 15km 范围内危险品运输情况

图

- 图 2.3-1 宁津街道土地利用现状图
- 图 2.3-2 厂址半径 5km 范围内土地利用规划图
- 图 2.3-3 厂址半径 10km 范围内“三区三线”分布图
- 图 2.3-4 威海市海洋生态保护红线分布图
- 图 2.3-5 荣成八河港省级湿地公园保护区示意图
- 图 2.3-6 威海市环境管控单元分类图
- 图 2.3-7 荣成市水资源调配示意图
- 图 2.3-8 厂址附近海域海洋功能区划
- 图 2.3-9 厂址附近近岸海域环境功能区划

- 图 2.3-10 厂址附近海洋生态红线分布图
- 图 2.3-11 厂址附近海洋生态环境保护规划图
- 图 2.3-12 厂址半径 15km 范围内水产种质资源保护区示意图
- 图 2.3-13 植物调查样线分布图
- 图 2.3-14 动物调查样线分布图
- 图 2.3-15 厂址附近渔场分布
- 图 2.3-16 厂址附近养殖场分布示意图
- 图 2.3-17 海洋生态调查站位图
- 图 2.3-18 石岛管理区城市总体规划（2018-2035 年）
- 图 2.3-19 厂址周围交通道路示意图
- 图 2.3-20 石岛港区东、西作业现状图及厂址半径 5km 范围内渔港分布图
- 图 2.3-21 石岛港区规划图

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 土地和水体的利用

2.3.1.1 土地利用

（1）土地利用类型

荣成市地处山东半岛最东端，北、东、南三面濒临黄海，东与韩国隔海相望，是中国距韩国最近的地区。至 2020 年末，荣成全市土地总面积 155519.79hm²，其中耕地面积 45918.46hm²，种植园用地面积 15266.61hm²，林地面积 31859.06hm²，城镇及工矿用地面积 23763.16hm²，交通运输用地面积 2241.91hm²，水工建筑用地面积 209.98hm²，水利及水利设施用地面积 18380.94hm²，草地面积 2844.27hm²，其它土地面积 10475.31hm²，湿地面积 4560.09hm²。海岸线曲长 491.9 km。

厂址半径 5km 范围内居民以农业为主，除种植小麦、玉米等粮食作物外，也种植苹果和花生等经济作物。厂址所在的宁津街道土地总面积 6717.18ha，其中有耕地 1984.60ha，表 2.3-1 给出了宁津街道各类土地情况，图 2.3-1 给出了宁津街道的土地利用现状和规划图，图 2.3-2 给出了厂址半径 5km 范围内的土地利用规划情况，图 2.3-3 给出了厂址半径 10km 范围内“三区三线”分布图。由图可见，本项目用地目前为水域、建设用地、农用地等，不占用基本农田；厂址处于规划的城镇建设用地范围。

（2）生态保护红线和湿地

一 生态保护红线

根据《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》（威海市人民政府关于印发威海市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知[威政字（2021）24 号]），威海市生态保护红线中陆域生态保护红线包含生态功能极重要、生态环境极敏感区域，自然保护区、自然公园、国家一级公益林、饮用水水源地一级保护区以及其他需要特别保护的区域。海洋生态保护红线包括重要滩涂及浅海水域、特别保护海岛、珍稀濒危物种分布区、重要渔业资源产卵场、海岸防护物理防护极重要区、海岸侵蚀极脆弱区等 7 类。依据地方政府提供的“三区三线”分布图及威海市“三线一单”文本，距厂址最近的生态红线位于厂址 WSW 方位约 2.6km，其次为位于厂址 SSE 方位约 3.4km，详见图 2.3-3 和图 2.3-4。

生态保护红线原则上按禁止开发区域的要求进行管理，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，严禁任意改变用途。生态保护红线内，自然保护区核心区原则

上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性、生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动。一般生态空间原则上按限制开发区域的要求进行管理，根据一般生态空间的主导生态功能进行分类管控，以保护为主，严格限制区域开发强度。

一 荣成八河港省级湿地公园

厂址半径 10km 范围内涉及 1 个湿地公园（荣成八河港省级湿地公园），不涉及自然保护区。八河港湿地公园于 2012 年 12 月 31 日批准建立，位于厂址 WNW~NW 方位，最近处距厂址约 9.6km。由整个八河水库库区及周边部分林地、湿地构成。规划园区南至店子村，北到小落村，东到水库大坝，西至王连庄村，总面积 2474ha(37110 亩)，其中湿地面积 1638ha，湿地率为 66.2%。图 2.3-5 为荣成八河港省级湿地公园保护区示意图。

八河港湿地公园以库塘湿地为主，河流和沼泽湿地为辅，其中库塘湿地 1531ha，河流湿地 16ha，沼泽湿地 91ha。八河港湿地公园总体规划分为湿地保育区、恢复重建区、宣教展示区、合理利用区和管理服务区。

- 湿地保育区是指湿地公园内湿地生态系统完整性较好，生态敏感度较高的区域，是湿地公园内保护湿地生态系统的核心区域，主要开展保护、监测等必需的保护管理活动，不得进行任何与湿地生态系统保护和管理无关的其他活动。把八河水库库区水域主体部分及王连河河口的芦苇、野大豆区划为湿地保育区，面积约为 1050hm²。
- 恢复重建区：是指湿地公园内曾经生态系统良好但遭到了一定程度的破坏，并具有恢复潜力的区域。恢复重建区以湿地植被、水体恢复和培育湿地为主要目的。将小落河与八河水库库区西北侧交汇处及部分河滩地作为湿地恢复重建区，面积约为 127 hm²。恢复湿地种植芦苇、香蒲，补种芦竹、荷花，形成以净化水质为主要功能的人工湿地。
- 科普宣教区是指为游客提供认识和体验湿地生态系统的区域。其主要功能以生态展示、科普教育为主，允许游客进入，但要严格控制进入量。规划将八河水库库区南侧的部分水岸线区域划为宣教展示区，面积约为 321hm²。
- 合理利用区是指湿地公园内可供开展生态旅游，以及其他不损害湿地生态系统的利用活动的区域。将湿地恢复重建区和湿地保育区之间的区域划为合理利用

区，面积约为 949hm²。合理利用区主要开展生态旅游观光和农林渔业活动。该区设水陆两条游览线路，形成以观光（湿地植物群落、鸟类）、休闲（划船、垂钓等）为主要内容的原生态湿地旅游区。

- 管理服务区：是维持湿地公园开展日常工作管理机构、服务接待设施、医疗等设施集中建设的区域。规划在湿地保育区的北侧，面积约为 27hm²，包括游客接待中心、管理服务中心、安全保卫、医疗服务、广场、停车场等。

（3）“三线一单”环境管控单元

根据《威海市“三线一单”生态环境分区管控方案》（威海市人民政府关于印发威海市“三线一单”生态环境分区管控方案的通知[威政字（2021）24 号]），环境管控单元分为优先保护、重点管控和一般管控 3 类，实施分类管控，本工程厂址位于陆域一般管控单元，图 2.3-6 给出了威海市环境管控单元分类图。根据《威海市生态环境委员会办公室关于印发威海市生态环境准入清单的通知[威环委办（2021）15 号]》，表 2.3-2 给出了厂址所在的“三线一单”环境管控单元管控要求。根据图 2.3-6，本工程邻近海域为一般管控区，该区域重点以维护海洋生态环境质量为导向，执行海洋生态环境保护的基本要求，合理控制开发强度。该区域应落实海洋环境保护的普适性要求，坚持陆海统筹、系统治理，加强污染物排放管控和环境风险防控，推动海洋生态环境质量巩固改善。

（4）风景名胜区

一 石岛赤山风景名胜区

石岛赤山风景名胜区地处荣成市石岛港西北方，厂址 WSW 方位约 10.5km，跨斥山街道和港湾街道，景区总面积 12.8km²，山因石色发红而得名，东朝大海，西接槎山，是国家 4A 级景区。2021 年年游客人数数量 19.58 万人次，1 天最多游客数 12000 人。

赤山景区风光秀美，森林覆盖率达 95%以上，气候冬暖夏凉，年平均气温 11.4℃。景区现有赤山法华院、大明圣境（赤山明神）、极乐菩萨界、荣成民俗馆、张保皋传记馆、赤山禅院等十大景观区，另有摩崖石刻、无字天碑、仰天大佛、坐佛石等系列景观，并与凤凰湖滨海旅游度假区、旅游码头、海水浴场、天后宫、花村、画村、渔村等连点成线，容纳了佛、道、儒家文化的精髓，浓缩了山海风光的极致。

一 荣成市东楮岛旅游风景区

东楮岛旅游风景区位于荣成市东南最东端的一个狭长半岛上（宁津街道东楮岛

村），厂址 NNE 方向，距离厂址最近距离 11.2km。风景区主要以滨海休闲类、民族风情类、历史文化类为主，分为海草房观赏园、唐乡主题酒店、乡村记忆馆、赶海钓鱼体验区、浪漫沙滩休闲区、海钓采摘体验区、渔家乐特色餐饮区、海草房住宿体验等特色体验项目和人文历史资料，为国家 3A 级景区。2021 年年游客人数数量 19.53 万人次，1 天最多游客数 780 人。

一 石岛旅游休闲度假区

石岛旅游休闲度假区（朝阳山景区）位于厂址 W 方向，距离厂址最近距离约 4km。度假区位于中国大陆的最东端，属温带季风型大陆性气候，四季分明，气候宜人，与日本、韩国隔海相望，是中国距离韩国最近的地区，是一个集国际标准 36 洞高尔夫球场、五星级多功能会所、高尔夫别墅、文物古迹、森林公园等休闲度假场所于一体的综合性、半开放式、高品质的高尔夫度假区，年可接待游客 1 万多人次。

一 甲子山庄

甲子山庄为荣成市甲子山露营休闲基地，位于宁津街道办事处北场村，基地以茶叶、水果、粮食、蔬菜有机栽植及采摘园休闲观光、餐饮服务娱乐服务等于一体，为国家 3A 级景区。甲子山庄位于厂址 NW 方向，距离厂址最近距离约 5km。2021 年年游客人数数量 3.6 万人次，1 天最多游客数 500 人。

一 国家电投新能源科技馆

国家电投新能源科技馆位于荣成市东山街道滨海生态路北八河水库东崮山基地，厂址 NW 方向约 10.9km，于 2021 年 12 月 30 日新评为国家 3A 级景区。

一 谷牧旧居

2014 年 9 月，位于荣成市石岛管理区宁津街道东墩村的谷牧旧居正式开放，谷牧旧居系清朝嘉庆年间所建的农村四合院式海草房，具有典型胶东传统民居建筑风格，打造红色教育基地，弘扬革命精神和传统文化，是威海市级爱国主义教育基地。位于厂址 NNW 方位约 1.8km。

（5）文物古迹

厂址半径 10km 范围内有 1 处国家级文物保护单位，3 处省级文物保护单位，9 处县市级文物保护单位，详见表 2.3-3。

其中国家级文物保护单位为留村石墓群，位于荣成市宁津街道办事处留村村西约 70m 的农田内，为程氏祖墓，始建于元代元统三年（即公元 1335 年），位于厂址 WNW

方约 4.3km。距厂址最近的文物保护单位为东墩海草房，为省级保护文物，位于宁津街道东墩村，厂址 NNW 方位约 1.8km，村中现存海草房 253 栋、1000 间，占全村总户间数的 54%，总建筑面积 15000m²。

2.3.1.2 水体利用

（1）水体利用情况

荣成市拥有 1 个大型水库—八河水库，坐落于小落河、王连河下游入海口处，是全市范围内最大的水库，位于厂址 WNW~NW 方位，最近处距厂址约 9.8km，水库总库容为 1.04 亿 m³，水库控制流域面积 256km²，是一座以城市供水和农业灌溉为主的大型水库。八河水厂水源为八河水库，于 2017 年投入试运行，设计日供水能力 8 万 m³，供荣成和石岛管理区生产生活用水。湾头水库位于桃源街道

除此之外，厂址半径 15km 范围内没有其他居民生活饮用水取水口，其它中小水库水体功能均为防洪、灌溉。

厂址半径 15km 范围内主要河流为王连河。王连河距离厂址最近处位于厂址 W~WNW 方位，最近处距厂址约 12.7km。根据《荣成市地表水水功能区划》（2018.12），王连河自源头至入八河水库，长 10.32km，划为王连河荣成开发利用区，为工业用水，水质现状及目标均为 IV 类。

根据《荣成市水中长期供求规划》（2016-2030 年）（2018.3），荣成市制定了水资源供求双向调节的调控方案：调控方案在威海市骨干水网的基础上，通过新建鲍村水库，以现有的纸坊水库、八河水库、逍遥水库为顶点，北部受水区及南部受水区为两翼的“五河六库相连，三区互通互补的“M”型局域骨干水网”。通过新建、扩建、续建水源工程，完善水库的调蓄功能，通过新建调水干线外引客水，增加水源工程的供水保证率，以新建、改扩建及原有水厂工程为节点，以遍布城乡的供水管网为输配水载体，实现城乡供水一体化。图 2.3-7 给出了荣成市水资源调配图，本项目厂址处于荣成市南部供水区域。

厂址半径 5km 范围内有 3 个分散式饮用水水源地，均为地下水，各水井情况详见表 2.3-4。

（2）海洋功能区划和环境功能区划

根据《山东省海洋功能区划（2011-2020）》，厂址东侧海域为荣成黑泥湾工业与城

镇用海区（代码 A3-18），其外侧为桑沟湾-镆铳岛农渔业区（代码为 A1-21）。除此之外，厂址周边海洋功能区划还有荣成宁津工业与城镇用海区（代码 A3-17）、荣成宁津保留区（代码 A8-12）等，详见图 2.3-8 和表 2.3-5。其中，荣成黑泥湾工业与城镇用海区，面积 0.79km²，岸段长度 5.23km。海域使用管理要求：“用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海区，在基本功能未利用时兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。用海方式：允许适度改变海域自然属性。海域整治：优化围填海海岸景观设计。”。“生态保护重点目标：海湾湿地生态系统。环保保护要求：加强海洋环境质量监测。严格控制温排水范围，减少温排水对海域生态系统的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准。海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。”

根据 2022 年 8 月 23 日山东省生态环境厅批复调整海域环境功能区划的文件（鲁环函〔2022〕88 号），厂址东侧邻近海域为石岛核电工业用海，为三类环境功能区及混合区，其中三类环境功能区执行第三类海水水质标准。厂址附近海域环境功能区划详见图 2.3-9 和表 2.3-6。根据《山东省近岸海域环境功能区划（2016-2020 年）》，石岛核电工业用海外测的海域近岸海域环境功能区划为桑沟湾-莫铳岛盐业养殖区（SD170B II），该区的开发利用现状主要包括桑沟湾国家级水产种质资源保护区、荣成楮岛藻类国家级水产种质资源保护区，以开放式养殖为主，执行第二类海水水质标准。

（3）海洋生态红线

根据《山东省黄海海洋生态红线划定方案》（2016-2020），各类红线区和自然岸线划分为禁止开发区、限制开发区和自然岸线。厂址半径 15km 范围内有楮岛滨海旅游限制区、石岛南海村滨海游限制区、楮岛藻类渔业海域限制区、黑石岛海岛限制区、镆铳岛海岛限制区等 8 处生态红线，其中厂址南侧海域为石岛南海村滨海游限制区，位于厂址 S~W 方位，最近处距厂址约 0.1km，图 2.3-10 和表 2.3-7 给出了上述海洋生态红线的具体信息。

根据《山东省海洋生态环境保护规划（2018-2020 年）》，本项目厂址半径 15km 范围内的海洋生态环境保护目标包括荣成宁津工业与城镇用海区（15-17）、荣成宁津保留区（13-09）、黑石岛海岛区（6-05）、镆铳岛海岛区（6-06）、楮岛滨海旅游区（10-11）等。图 2.3-11 和表 2.3-8 给出了上述海洋生态环境保护目标的具体信息。

根据地方政府提供的“三区三线”分布图及威海市“三线一单”文本，楮岛滨海

旅游限制区（37-Xj11）和镆铳岛海岛限制区（37-Xf03）范围已调减，黑石岛海岛限制区（37-Xf02）已取消，调整后的生态红线图详见图 2.3-3 和图 2.3-4。

（4）水产种质资源保护区

厂址半径 15km 范围内有 2 个国家级水产种质资源保护区，分别为荣成楮岛周边水域藻类种质资源保护区和桑沟湾国家级水产种质资源保护区，具体位置见图 2.3-10。

- 荣成楮岛周边水域藻类种质资源保护区于 2012 年成立，保护区位于桑沟湾南部，桑沟湾北、西、南三面为陆地环境，湾口朝东，以楮岛头与兔子石南北对峙，为半封闭型海湾，南北口长达 11.5km，东西宽 7.5km，岸线全长 52km，湾内水面总面积约计 20 万亩。核心区面积为 205.44ha，占保护区总面积的 43.6%。实验区面积为 266.22ha，占保护区总面积的 56.4%。主要保护对象为大叶藻、石花菜、马尾藻。该保护区位于厂址 NNE 方位，最近边界距厂址约 10km。
- 桑沟湾国家级水产种质资源保护区位于山东省威海市东南海域桑沟湾内，向岸一侧南起鸚鸽岛西北，北至八亩地，向东延伸 3.9km，然后拐向南延伸 2.7km。总面积 1072.9ha，其中核心区面积 474.0ha，实验区面积 598.9ha。特别保护期为全年。保护区除核心区外其他区域为实验区。主要保护对象为魁蚶，其他保护对象包括扇贝、海带、裙带菜、海胆、石花菜等。该保护区位于厂址 NNW~N 方位，最近边界距厂址约 13km。

2.3.2 陆生资源及生态概况

2.3.2.1 农业生产状况

厂址周围土地类型以旱地为主，农作物有一年一作和二年三作、一年二作，其中以二年三作为主。粮食作物品种主要是小麦、玉米，少量的谷子、高粱、水稻、绿豆、碗豆和大麦等。油料作物主要是花生。蔬菜主要有大白菜、萝卜、韭菜和菠菜等。水果品种较多，主要有苹果、梨、葡萄、樱桃、桃、杏、柿等，其中以苹果为主，远销至北京、上海、江苏、湖北、广东等地，国家已将胶东地区确定为全国苹果生产优势区域。除此之外，还种植了其他作物，例如板栗、茶叶、大姜、地瓜、芋头等。

厂址半径 10km 范围涉及的宁津街道、东山街道、港湾街道、桃园街道和斥山街道，均属石岛管理区的所辖，2020 年石岛管理区水果种植面积和产量分别为 12888 亩和 31462 吨，其中苹果种植面积和产量分别达到 11072 亩和 28494 吨。厂址半径 10km 范

围内的农作物除苹果和大姜销往省外，其余全部为省内销售。厂址半径 10km 范围内 2020 年农业生产情况见表 2.3-9。厂址半径 10km 范围内各方位最近菜田和农田见表 2.3-10。

2.3.2.2 牧业生产概况

荣成市 2020 年全市肉类总产量 2.85 万吨，禽蛋产量 5.08 万吨，奶产量 2.23 万吨，生猪存栏 17.85 万头，牛存栏 0.88 万头，家禽 454.86 万只，毛皮动物存栏 9.46 万只。荣成市红君奶牛养殖有限公司、威海市嘉盛乳业有限公司等公司、威海市纯家牧业有限公司等公司养殖有 6300 头奶牛。

厂址半径 10km 范围内的畜禽养殖主要以猪、鸡、鸭、狐、貂为主。厂址附近较大的养殖场有：荣成市桃园种禽有限公司位于桃园街道苑家村，厂址 W 方位约 3.3km，年出栏家禽 30 万只，产鸡蛋 5200t；荣成市百晟禽业有限公司位于宁津街道东张家村，厂址 N 方位约 5.6km，年出栏家禽 11 万只，产鸡蛋 1500t。上述两家公司获得了荣成市 2020 年无公害畜产品认证。

厂址半径 10km 范围内 2019 年家畜、家禽及皮毛动物规模养殖户及各方位距厂址最近的专业养殖场见表 2.3-11。

当地猪饲料主要由玉米、小麦、高粱、麦麸、蚕蛹、菜饼、豆饼、矿物质微量元素等组成，来源为从本地饲料厂家购买，每头生猪平均每天饲料用量 2.5kg 左右；牛饲料主要由干草、秸秆以及其他农作物植株组成，来源为从饲料厂家购买，每头牛每年约消耗 10 吨饲料；鸡饲料主要由玉米、米糠、麸皮、红薯干、菜饼、豆饼、豆粕等粮食组成，来源为从饲料厂家购买，一只 20 周龄的鸡累计消耗 8kg 左右，一只成鸭每月消耗 7 斤左右饲料。

2.3.2.3 林业资源和其它矿产资源

荣成市位于山东半岛东部，根据《荣成市林地林木保护利用修编规划》，全市林业用地总面积为 3.9 万 ha，其中公益林为 2.59 万 ha，商品林为 1.31ha。

截至 2021 年末荣成市已经发现矿种 37 种（含亚矿种），其中金属矿产 15 种，非金属矿产 19 种，水气矿产 2 种。全市共有在产矿山企业 11 处，其中饰面用花岗岩 10 处，矿泉水 1 处。厂址半径 10km 范围内涉及的矿业均为采石场，开采矿种为饰面用花

岗岩，距厂址最近的矿业企业位于厂址 N 方位约 6km。

2.3.2.4 陆生生态系统状况

厂址及周边陆生生态系统引用华能石岛湾核电厂厂址陆生生态调查专题报告中的相关内容。

植物和夏季动物调查于 2020 年 7 月 12 日~17 日开展，秋季动物调查于 2020 年 10 月 22 日~24 日进行，冬季动物调查于 2021 年 1 月 19 日~21 日进行，春季动物调查于 2021 年 3 月 21~24 日进行。

（1）陆生植物调查样线和样方的布设

调查时共布置 12 条样线，表 2.3-12 和图 2.3-13 给出了陆生植物调查样线和样方的布设情况。可以看到，除了 5 号调查样线距厂址约 11km，其他各调查样线处于厂址半径 10km 范围内。

（2）野生动物样线和样点的布设

对厂址附近的动物资源状况，根据陆生动物不同类群，选择样线和定点观察相结合的方法开展现场调查。在调查区域布设 9 条样线，样线涵盖了调查区域内的典型生境，包括林地、灌丛、草地、农田、居民区、海岸湿地、河流、水库、养殖塘等生态景观。表 2.3-12 和图 2.3-14 给出了野生动物调查样线和样方的布设情况。可以看到，除了 3 号调查样线部分处于厂址半径 10km 之外，其他各调查样线基本处于厂址半径 10km 范围内。

（3）植被概况

根据实地踏勘和调查统计的结果，植物调查有维管束植物 49 科 123 属 156 种（含变种及种下等级）。其中未见蕨类植物，裸子植物 2 科 2 属 2 种，分别占该地区维管束植物总科、属、种的 4.08%、1.63%、1.28%；被子植物 47 科 121 属 154 种，分别占该地区维管束植物总科、属、种的 95.92%、98.37%、98.72%。由此可知调查区是植物物种多样性较为丰富的区域，且被子植物在调查区植物区系占主要地位。

调查区主要群落类型有：落叶阔叶林、暖性针叶林、落叶阔叶灌丛、暖热性疏灌草丛和草本沼泽等。

调查区分布的乔木层主要以黑松、槐、杨树等为主，灌木层种类较为复杂，且多为多优势种的群落，包括胡枝子、兴安胡枝子、紫穗槐等植物。其中胡枝子是调查区

分布最广的群系类型，大都生长在低丘地段和一些坡度较缓、土层较厚的沟谷，体现为胡枝子-长冬草群系。灌草丛主要为原生植被受到破坏或干扰逆向演替形成，广泛分布于林缘、缓坡地带。草本层以艾等植物为主要优势种，植株高度在 15cm-45cm 之间，以翅果菊、柯孟披碱草等为亚优势种，植株高度在 35cm-60cm 之间，其他还包括小蓬草、碱蓬、月见草、猪毛蒿、砂引草等植物，植株高度在 20cm-60cm 之间。层间植物包括圆叶牵牛、鹅绒藤、荻等植物。

通过对调查区的踏察及植被群落的样方调查，调查区域的森林植被，面种最大，生物量最高的植物群落主要是人工种植的杨树，其建群种只有一个，为单优势种或单优势种群落，林下的灌木层、草本层的优势种常为单优势种或多优势种。灌木层优势种的种类有紫穗槐、兴安胡枝子、单叶蔓荆、圆叶鼠李，草本层的优势种有艾、芦苇、柯孟披碱草、翅果菊、小蓬草、猪毛蒿，藤本植物有鹅绒藤、圆叶牵牛、荻、茅莓，生长于濒海山坡及海岛的落叶阔叶灌丛，是以月见草组成多优势种群落。

根据按照《国家重点保护野生植物名录》，本次调查，发现有国家II级重点保护野生植物 1 种，为野大豆（*Glycine soja*），位于核电厂区、甲子山、朝阳洞山、东崩石、崮山、长青园和红石崩。

（4）动物概况

一 两栖动物

调查区内，通过样线法实地调查，共记录两栖动物 1 目 4 科 4 属 4 种。其中夏季记录两栖动物 1 目 3 科 3 属 3 种，即无尾目蟾蜍科的中华蟾蜍、蛙科的黑斑侧褶蛙和姬蛙科的北方狭口蛙；秋季只记录 1 目 1 科 1 属 1 种，即无尾目铃蟾科的东方铃蟾；冬季调查时两栖动物处于休眠期，未记录到两栖动物；春季调查时两栖动物尚未出眠，也未记录到两栖动物。

从数量来看，黑斑侧褶蛙最多，北方狭口蛙次之，中华蟾蜍和东方铃蟾较少。

一 爬行动物

调查区内只在夏季长青园西寺样线的墓地稀疏草丛中发现 1 条虎斑颈槽蛇，在西寺附近山坡路边发现 1 条丽斑麻蜥。在一墓地稀疏草丛中发现 1 条游蛇科的虎斑颈槽蛇。冬季和春季现场调查未记录到爬行动物。

一 鸟类

调查区经过夏、秋、冬、春四季现场调查，共记录鸟类 14 目 39 科 124 种。从目

别统计，雀形目种类最多，21科51种，其次是雁形目有1科19种，鸽形目有4科18种，鸮形目1科8种，鹰形目1科6种，鸽形目有1科4种，鸡形目、鸛形目、鹤形目、鳾鸟目和隼形目各有1科2种，佛法僧目2科2种，鸮形目和犀鸟目均为1科1种。

从科级水平统计，鸭科19种，种数最多，占总种数的15.32%；其次是鹭科和鸱科各有8种，各占总种数的6.45%；鹬科7种，占总种数的5.65%；鹰科6种，占总种数的4.84%；鸥科、鸱科和鹧鸪科各有5种，各占总种数的4.03%；鸠鸽科、鸽科、伯劳科、鸦科和燕雀科各有4种，各占总种数的3.23%；山雀科有3种，占总种数的2.42%；雉科、鸛形科、秧鸡科、反嘴鹬科、鸬鹚科、隼科、百灵科、燕科、鹳科、雀科各有2种，分别占总种数的1.61%；其余14个科都只有1种，分别占种数的0.81%。

调查记录的124种鸟类中，翘鼻麻鸭、黑尾鸥、西伯利亚银鸥、麻雀、骨顶鸡和绿头鸭为调查区域的优势种。红头潜鸭、斑嘴鸭、赤膀鸭、红嘴鸥、喜鹊、家燕、白头鹎、普通鸬鹚、金翅雀等鸟类为常见种。游隼、黑鸢、牛头伯劳、普通翠鸟、长耳鸮、针尾鸭等为偶见种。

一 哺乳动物

调查区调查共记录哺乳动物3目4科4属4种，其中记录数量最多、分布最广的是兔形目兔科的草兔；食虫目猬科的东北刺猬和啮齿目鼠科的褐家鼠各记录活体1只。麝为山东省重点保护动物。

（5）重要生境与重要生物群落的建群种和优势种

落叶阔叶林群落乔木层的建群种和优势种均为杨树；灌木层的建群种为兴安胡枝子；草本层的建群种为荻。

暖性针叶林群落乔木层的建群种和优势种均为黑松。

落叶阔叶灌丛群落灌木层的建群种和优势种均为紫穗槐、圆叶鼠李；草本层优势种为砂引草。

藤本群落的建群种为鹅绒藤，优势种为鹅绒藤、圆叶牵牛、茅莓。

灌草丛群落草本层的建群种为艾，优势种为月见草。

（6）特有种

调查区内的特有植物记录只有银杏1种。

调查区内无中国特有动物物种。

（7）珍稀濒危物种

现场调查未发现国家 I 级重点保护植物，发现国家 II 级重点保护植物 1 种，为野大豆。

调查区共记录到的国家 I 级保护鸟类有黑嘴鸥、中华秋沙鸭、黑脸琵鹭和黄嘴白鹭 4 种，国家 II 级保护鸟类有白额雁、角鸬鹚、鸮、小白额雁、大天鹅、疣鼻天鹅、斑头秋沙鸭、白腰杓鹬、红隼、游隼、黑鸢、黑翅鸢、雀鹰、白尾鹞、普通鳶、大鳶、长耳鹞和云雀等 18 种；山东省级重点保护鸟类有 17 种，中华秋沙鸭、黑脸琵鹭为 IUCN 红色名录中的濒危物种，红头潜鸭、黑嘴鸥、小白额雁、黄嘴白鹭、角鸬鹚属于 IUCN 红色名录中的易危物种，罗纹鸭和白腰杓鹬属于 IUCN 红色名录中的近危物种。山东省重点保护两栖动物 2 种，山东省重点保护哺乳动物 1 种。

（8）重要经济物种

调查区内分布的 156 种维管植物中，多数都具有一定的经济价值，但各种野生资源植物资源量均较小，呈零散分布，开发的经济价值不大，对植物资源的开发利用也尚处在初级阶段。该地区主要资源植物有木材与纤维资源、果蔬资源、粮食及淀粉植物资源、药用植物资源、花卉及绿化植物资源等 6 大类。

调查区域分布的两栖动物中的昆嵛林蛙和大蟾蜍，爬行动物中的蝮蛇、龟和鳖，哺乳动物中的草兔和黄鼬等作为药用、滋补、毛皮动物等具有重要的经济价值。

（9）生态环境综合分析评价

根据调查的结果，采用《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）对调查区生态环境现状进行了综合评价。评价指标包括生物丰度指数、植被覆盖指数、水网密度指数、土地胁迫指数和污染负荷指数和环境限制指数，在各项指标计算结果的基础上，给出生态环境状况分级结果。评价结果表明，评价区生态环境状况指数为 $EI=50.03$ ，级别为一般，植被覆盖度中等。

2.3.2.5 自然保护区和种质资源保护区保护对象

荣成八河港省级湿地公园主要保护对象为湿地和鸟类。园区共有植物 41 科 150 属 257 种，有大面积的芦苇、野大豆、香蒲等湿地植被群落及围库森林，为野生动物栖息繁衍提供了良好条件。据不完全统计，共有野生动物 11 纲 28 目 58 科 218 种，其中国家 I 级重点保护动物 4 种，国家 II 级重点保护动物 16 种，省重点保护动物 17 种。共

有鸟类 15 目 37 科 141 种，其中国家 I 级重点保护鸟类 4 种，分别是东方白鹳、黑鹳、白头鹤和中华沙秋鸭；国家 II 级重点保护鸟类 16 种。

荣成楮岛藻类国家级水产种质资源保护区主要保护对象为大叶藻、石花菜、马尾藻。

厂址半径 10km 范围内各方位自然保护区和种质资源保护区见表 2.3-13。

2.3.3 水产资源及生态概况

2.3.3.1 水产资源

厂址所在的威海浅海和潮间带有丰富的生物资源，其近海区域海水营养盐类丰富，是多种鱼虾贝藻繁殖生长的良好场所，已发现的浅海和滩涂生物 394 种。动物中，鱼类主要有大黄鱼、梭鱼、鲐鱼、鲈鱼、鲑鱼、青鳞鱼、太平洋鲱鱼、鲷鱼、皇姑鱼、比目鱼等 100 余种，虾蟹类主要有鹰爪虾、对虾、毛虾、脊尾白虾、三疣梭子蟹等，贝类主要有栉孔扇贝、鲍鱼、泥蚶、菲律宾蛤仔、文蛤、毛蚶、魁蚶、牡蛎、中国蛤蜊、四角蛤蜊、贻贝、青蛤等，棘皮类中有刺参、海蜇、马粪海胆、海星等。植物中，藻类主要有海带、裙带菜、石花菜、條斑紫菜、大叶藻等。

（1）海产捕捞

图 2.3-15 给出了厂址周围的渔场分布情况，从该图可看出，在厂址周围的渔场有石岛渔场和烟威渔场，其中主要的是石岛渔场。

- 石岛渔场位于山东石岛东南的黄海中部海域，东经 122~124°北纬 E，36~38°N，面积 8002 平方海里（2.7 万 km²）。常年海水温度 5~28℃，年平均表层为 13.3~15.2℃，盐度年平均表层为 31.3~32.1，水深 1~78m，平均水深 40m。该渔场地处黄海南北要冲，既是鱼虾洄游的过路渔场，又是青鱼、鳕鱼、大银鱼的主要产卵水域，是多种经济鱼虾类洄游的必经之地，同时也是黄海对虾、小黄鱼越冬场之一和鳕鱼的唯一产卵场，渔业资源丰富，为我国北方海区的主要渔场之一，是我国沿海五大渔场之一。渔场常年可以作业，主要渔期自 10 月至次年 6 月。主要捕捞对象：黄海鲱鱼（青鱼）、对虾、枪乌贼、鲜鲮、鲈鱼、蓝点马鲛、鳎、小黄鱼、黄姑鱼、鳕和带鱼等。
- 烟威渔场地处山东半岛北部，38°30'N 以南，面积约 7200 平方海里。水温年平均表层为 11.1~14.4℃，盐度年平均表层为 30~31.8，水深 1~70m。主要捕捞

对象鳀、细纹鲷子鱼、小黄鱼、绒杜父鱼、鲈鱼、鲆鲽类、鳕鱼、蓝点马鲛、对虾、叫姑鱼、黄姑鱼、带鱼、真鲷、对虾、鹰爪虾。主要渔期3~6月和8~12月。

厂址半径15km范围内主要涉及崂山街道和石岛管理区，2021年崂山街道近海捕捞产量为2560t，石岛管理区为274028t。主要包括大花鱼、小花鱼、刀鱼、鳀鱼、鲳鱼、鲅鱼、青鱼等鱼类，还包括对虾、青蟹、梭子蟹等甲壳类，乌贼、鱿鱼、章鱼等头足类以及海参、海蜇等。海产品基本为省内销售，外销情况较少。

（2）海产养殖

2020年荣成市海水养殖水域37678hm²，其中滩涂养殖面积10020hm²。养殖方式包括筏式养殖、吊笼养殖、池塘养殖、室内工厂化养殖、普通网箱养殖、深水网箱养殖、底播等。养殖种类齐全，鱼虾贝藻皆有养殖，其中鱼类养殖面积417hm²，对虾养殖面积1241hm²，贝类养殖面积590hm²，藻类养殖面积13407hm²。2020年荣成市海水养殖总产量840533t，其中鱼类356340t，甲壳类18470t，贝类248795t，藻类552998t，其他94334t。

厂址半径15km范围内主要涉及崂山街道和石岛管理区，2021年崂山街道海水养殖产量为15317t，石岛管理区为134145t。养殖的海产品包括鱼类、甲壳类、贝类、藻类以及海参。海产品基本为省内销售，外销数量较少。

厂址附近海域主要为开放式养殖，养殖场分布详见图2.3-15。

2.3.3.2 海洋生态

本节内容引用华能石岛湾核电厂厂址邻近海域水生生态调查专题报告。

海域水生生态调查秋季、冬季、春季、夏季航次调查时间分别为2020年11月、2021年1月、2021年4月和2021年7月。污损生物挂板于2020年11月~2021年10月进行。现场调查范围布设6个调查断面，共计26个大面调查站，并加设3个调查连续调查站位，潮间带底栖生物调查布设6条断面每个断面按高潮区1个站点、中潮区及低潮区各设2个站点。调查站位布设详见表2.3-14和图2.3-16。

（1）叶绿素a和初级生产力

秋季调查海域表层叶绿素a浓度的平均值为0.71mg/m³，变化范围介于0.56~0.92mg/m³之间；底层叶绿素a浓度的平均值为0.66mg/m³，低于表层，变化范围介于

0.50~0.88mg/m³之间。表、底层叶绿素 *a* 浓度的变化范围均较小，整体分布较为均匀，大部分站位的叶绿素 *a* 浓度在 0.50~0.75mg/m³ 之间，平面分布较为相似，其中表层叶绿素 *a* 浓度最高的是 6 号站，最低的是 15 号站；底层最高的是 21 号站，最低的是 12 号站。秋季调查海域初级生产力的平均值为 20.77mgC/(m²·h)，变化范围在 5.07~39.53mgC/(m²·h) 之间。所有站位中，最高的是 48 号站，最低的是 45 号站，大部分调查站位的初级生产力集中在 5.00~10.00mgC/(m²·h) 以及 20.00~30.00mgC/(m²·h) 之间，整体表现为东部较远岸海域的初级生产力相对较高，而周边近岸海域相对较低，与叶绿素 *a* 的平面分布并不一致。

冬季调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 0.54mg/m³，变化范围介于 0.42~0.64mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 0.60mg/m³，与表层平均浓度相差较小，变化范围介于 0.44~0.76mg/m³ 之间。表、底层叶绿素 *a* 浓度平面分布较为一致，整体表现为东部海域叶绿素 *a* 浓度相对较高，南部海域相对较低，大部分站位的叶绿素 *a* 浓度在 0.50~0.75mg/m³ 之间，其中表层叶绿素 *a* 浓度最高的是 9 号站，最低的是 21 号站；底层最高的是 6 号站，最低的是 15 号站。冬季调查海域初级生产力的平均值为 9.36mgC/(m²·h)，变化范围在 4.51~12.54mgC/(m²·h) 之间。所有站位中，最高的是 25 号站，最低的是 21 号站，大部分调查站位的初级生产力集中在 5.00~20.00mgC/(m²·h) 之间，整体表现为东部海域的初级生产力相对较高，而南部海域相对较低，与叶绿素 *a* 的平面分布较为一致。

春季调查海域表层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 1.00mg/m³，变化范围介于 0.54~1.83mg/m³ 之间；底层叶绿素 *a* 浓度的平均值为 0.97mg/m³，略低于表层，变化范围介于 0.49~2.05mg/m³ 之间。表、底层叶绿素 *a* 浓度的变化范围均较小，大部分站位的叶绿素 *a* 浓度在 0.50~1.50mg/m³ 之间，平面分布较为相似，其中表层叶绿素 *a* 浓度最高的是 21 号站，最低的是 25 号站；底层最高的是 21 号站，最低的是 12 号站和 24 号站；叶绿素 *a* 浓度变化幅度最大的是 12 号站，最小的站位分别为 45 号站和 48 号站。春季调查海域初级生产力的平均值为 17.88mgC/(m²·h)，变化范围在 8.88~34.18mgC/(m²·h) 之间。所有站位中，最高的是 8 号站，最低的是 9 号站，大部分调查站位的初级生产力集中在 10.00~20.00mgC/(m²·h) 之间，从平面分布图上看，东面远岸海域的站位初级生产力较高，而近岸海域的站位初级生产力普遍较低，与叶绿素 *a* 的平面分布较为一致。

夏季调查海域表层叶绿素 a 浓度的平均值为 $0.84\text{mg}/\text{m}^3$ ，变化范围介于 $0.33\sim 1.51\text{mg}/\text{m}^3$ 之间；底层叶绿素 a 浓度的平均值为 $0.85\text{mg}/\text{m}^3$ ，略高于表层，变化范围介于 $0.54\sim 1.43\text{mg}/\text{m}^3$ 之间。表、底层叶绿素 a 的平面分布较为相似，相对高值站主要集中在东部及东南部近岸海域，呈“J”字形分布，其中表层最高的是 9 号站，最低的是 48 号站，底层最高的是 9 号站，最低的是 12 号站。叶绿素 a 浓度变化幅度最大的是 21 号站，最小的是 45 号站。夏季调查海域初级生产力的平均值为 $60.17\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，变化范围在 $14.02\sim 138.48\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间。所有站位中，最高的是 4 号站，最低的是 21 号站，大部分调查站位的初级生产力数值在 $10.00\sim 20.00\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 以及 $50.00\sim 110.00\text{mgC}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 之间，从平面分布图上看，东部较远岸海域站位的初级生产力较高，近岸海域的站位的初级生产力普遍较低，与叶绿素 a 的平面分布并不一致。

（2）浮游植物

一 水采浮游植物

秋季航次调查所获水采样品，经初步鉴定共有水采浮游植物 48 种。其中硅藻 46 种，甲藻 2 种。平均丰度为 $21.42\times 10^2\text{cells}/\text{L}$ 。各站位已鉴定到种的浮游植物，取优势度 $(Y)\geq 0.02$ 的物种为优势种，共有 3 种，分别为具槽帕拉藻、奇异菱形藻和狭线形圆筛藻。

冬季航次调查所获水采样品，经初步鉴定共有水采浮游植物 42 种。其中硅藻 41 种，甲藻 1 种。平均丰度为 $42.20\times 10^2\text{cells}/\text{L}$ 。各站位已鉴定到种的浮游植物，取优势度 $(Y)\geq 0.02$ 的物种为优势种，共有 4 种，分别为具槽帕拉藻、狭线形圆筛藻、星脐圆筛藻和念珠直链藻。

春季航次调查所获水采样品，经初步鉴定共有水采浮游植物 42 种。其中硅藻 40 种，甲藻 1 种，金藻 1 种。表、底层平均丰度为 $105.36\times 10^2\text{ cells}/\text{dm}^3$ 。各站位已鉴定到种的浮游植物，取优势度 $(Y)\geq 0.02$ 的物种为优势种，共有 2 种，分别为具槽帕拉藻、狭线形圆筛藻。

夏季航次调查所获水采样品，经初步鉴定共有水采浮游植物 54 种。其中硅藻 49 种，甲藻 5 种。表、底层丰度平均为 $30.39\times 10^2\text{ cells}/\text{dm}^3$ 。各站位已鉴定到种的浮游植物，取优势度 $(Y)\geq 0.02$ 的物种为优势种，共有 2 种，分别为具槽帕拉藻、膜状舟形藻。

一 网采浮游植物

秋季共记录网采浮游植物 3 门 21 属 40 种，其中硅藻 16 属 35 种，甲藻 4 属 4 种，蓝藻 1 属 1 种。优势种主要有奇异棍形藻、具槽直链藻、尖刺拟菱形藻、虹彩圆筛藻、布氏双尾藻、夜光藻和中国盒形藻。网采浮游植物平均密度为 $6.75 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。最高值出现在 6 号站，数值为 $9.75 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，最低值为 $4.43 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，出现在 14 号站。

冬季共记录网采浮游植物 3 门 20 属 33 种，其中硅藻 17 属 29 种，甲藻 2 属 3 种，金藻 1 属 1 种。优势种主要有具槽直链藻、虹彩圆筛藻、掌状冠盖藻、辐射圆筛藻、尖刺拟菱形藻、威利圆筛藻和格氏圆筛藻。网采浮游植物平均密度为 $4.44 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。最高值出现在 24 号站，数值为 $6.25 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，最低值为 $1.32 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，出现在 14 号站。

春季共记录网采浮游植物 3 门 20 属 29 种，其中硅藻 18 属 27 种，甲藻 1 属 1 种，金藻 1 属 1 种。优势种主要有具槽直链藻、骨条藻、星脐圆筛藻、布氏双尾藻和辐射圆筛藻。网采浮游植物平均丰度为 $8.39 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。最高值出现在 6 号站，数值为 $12.80 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，最低值为 $5.19 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，出现在 24 号站。

夏季共记录网采浮游植物 2 门 14 属 26 种，其中硅藻 11 属 22 种，甲藻 3 属 4 种。优势种主要有旋链角毛藻、具槽直链藻、夜光藻、骨条藻、尖刺拟菱形藻和菱形海线藻。网采浮游植物平均丰度为 $2.32 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。最高值出现在 24 号站，数值为 $4.52 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，最低值为 $1.06 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，出现在 14 号站。

一 赤潮生物

秋季共记录赤潮生物 20 种，含硅藻 17 种，甲藻 2 种，蓝藻 1 种。优势种主要有奇异棍形藻、尖刺拟菱形藻、具槽直链藻、布氏双尾藻。赤潮生物平均丰度为 $5.03 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。硅藻平均丰度为 $3.45 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，占 68.6%；甲藻平均丰度为 $1.50 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，占 29.8%。物种丰度最大值为奇异棍形藻，出现在 6 号站，数值为 $1.23 \times 10^6 \text{cells/m}^3$ 。

冬季共记录赤潮生物 20 种，含硅藻 16 种，甲藻 3 种，金藻 1 种。优势种主要有具槽直链藻、虹彩圆筛藻、尖刺拟菱形藻、辐射圆筛藻、威利圆筛藻。赤潮生物平均丰度为 $2.91 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。硅藻平均丰度为 $2.07 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，占 71.1%；甲藻平均丰度为 $0.54 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，占 18.6%。物种丰度最大值为具槽直链藻，出现在 6 号站，数值为 $1.48 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。

春季共记录赤潮生物 19 种，含硅藻 13 种，甲藻 1 种，金藻 1 种。优势种主要有

具槽直链藻、骨条藻、虹彩圆筛藻、布氏双尾藻、辐射圆筛藻、尖刺拟菱形藻。赤潮生物平均丰度为 $5.57 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。硅藻平均丰度为 $1.41 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，占 99.8%；甲藻平均丰度为 $0.16 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ ，占 0.12%。物种丰度最大值为具槽直链藻，出现在 6 号站，数值为 $8.77 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。

夏季共记录赤潮生物 18 种，含硅藻 15 种，甲藻 3 种。优势种主要有旋链角毛藻、具槽直链藻、夜光藻、尖刺拟菱形藻、菱形海线藻。赤潮生物平均丰度为 $1.55 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ 。硅藻平均丰度为 $1.76 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占 93.2%；甲藻平均丰度为 $0.59 \times 10^4 \text{cells/m}^3$ ，占 6.8%。物种丰度最大值为旋链角毛藻，出现在 24 号站，数值为 $2.23 \times 10^5 \text{cells/m}^3$ 。

（3）浮游动物

秋季调查中，共记录鉴定到种的浮游动物 35 种（含 sp.），鉴定到科（钩虾科）的 1 种，另记录部分浮游生物幼体 11 个属，在种类组成上以桡足类最为优势，共记录到 14 种；其次是水母类，共记录到 11 种；毛颚类共记录到 5 种；其余各类群如：被囊类、磷虾类、栉水母、端足类，所占比例较低；此外记录阶段性浮游生物 7 个类群。14 个站位的平均个体密度值为 69.97ind./m^3 （剔除夜光虫），平均湿重生物量为 195.14mg/m^3 。各类群密度中，以阶段性浮游幼虫为最优势类群，占总密度的 31.74%，各站点均值为 22.21ind./m^3 ；毛颚类在调查海域内各站点均值为 17.05ind./m^3 ，占浮游动物总密度的 24.37%。

调查海域内各监测站位已鉴定到种的浮游动物，取优势度（Y） ≥ 0.02 的物种为优势种，共有 7 种，分别为强壮箭虫、中华哲水蚤、中华假磷虾、球型侧腕水母、拟细浅室水母、异体住囊虫和大西洋五角水母。

监测海区浮游动物种类丰富度波动范围在 1.75~4.84，均值为 3.76；均匀度指数(J)波动范围在 0.56~0.95，均值为 0.73，多样性指数(H)波动范围在 1.87~3.58，均值为 2.83。

冬季调查中，调查海域内共记录鉴定到种的浮游动物 22 种（含 sp.），鉴定到科（钩虾科）的 1 种，另记录部分浮游生物幼体 5 个属，在种类组成上以桡足类最为优势，共记录到 12 种；其次是水母类，共记录到 4 种；其余各类群如：被囊类、磷虾类、糠虾类和毛颚类所占比例较低；此外记录阶段性浮游生物 6 个类群。14 个站位的平均个体密度波动范围在 27.06~174.16，均值为 60.33ind./m^3 （剔除夜光虫），各站平均湿重生

物量波动范围在 58.68~302.5，均值为 119.73mg/m³。调查海域内各类群密度中，以桡足类为最优势类群，占总密度的 72.31%，各站位均值为 49.20ind./m³；毛颚类在调查海域内各站位均值为 12.78ind./m³，占浮游动物总密度的 24.70%。

调查海域内各监测站位已鉴定到种的浮游动物，取优势度（Y）≥0.02 的物种为优势种，共有 4 种，以中华哲水蚤最为优势。

监测海区浮游动物种类丰富度均值为 2.33，均匀度指数(J)均值为 0.61，多样性指数(H')均值为 2.06。

春季调查中，调查区共记录鉴定到种的浮游动物 17 种，在种类组成上以桡足类（11 种）最为优势，其次是毛颚类和端足类（2 种），其它类均为 1 种，此外记录浮游幼虫 5 类。14 个站位的总个体数均值为 92.12ind./m³（不含夜光虫），平均湿重生物量为 149.52mg/m³。各类群总个体数中，以浮游幼虫为最优势类群，占总个体数的 31.74%，各站位均值为 22.21ind./m³；毛颚类在监测海区各站位均值为 17.05ind./m³，占浮游动物总个体数的 24.37%。

各监测站位已鉴定到种的浮游动物，取优势度（Y）≥0.02 的物种为优势种，共有 6 种，以中华哲水蚤最为优势。

监测海区浮游动物种类丰富度均值为 2.22，均匀度指数(J)均值为 0.57，多样性指数(H')均值为 1.90。

夏季调查中共记录鉴定到种的浮游动物 35 种，在种类组成上以桡足类（14 种）最为优势，其次是水母类（8 种），毛颚类 3 种，其它类为 1 到 3 种不等，此外记录浮游幼虫 16 类。14 个站位的总个体数均值为 141.11ind./m³（不含夜光虫），平均湿重生物量为 181.44mg/m³。各类群总个体数中，以桡足类为最优势类群，占总个体数的 73.96%，各站位均值为 104.37ind./m³；浮游幼虫在各站位均值 8.98ind./m³，占浮游动物总个体数的 6.37%。

各监测站位已鉴定到种的浮游动物，取优势度（Y）≥0.02 的物种为优势种，共有 5 种，以中华哲水蚤最为优势。

监测海区浮游动物种类丰富度均值为 3.81，均匀度指数(J)均值为 0.61，多样性指数(H')均值为 2.45。游动物各季调查的优势种见表 2.3-14。

（4）鱼卵和仔稚鱼

秋季调查垂直拖网鱼卵和仔稚鱼均未出现。水平拖网共出现鱼卵 1 种，仔稚鱼 2

种（含未定种），其中数量较高的种类是日本鯉仔稚鱼。鱼卵平均数量为 $0.1\text{ind./}100\text{m}^3$ ，仅少量出现在测区中部水域。仔稚鱼平均个体数为 $5.3\text{ind./}100\text{m}^3$ ，分布上，仔稚鱼（ $0\sim 50.2\text{ind./}100\text{m}^3$ ）以北部近岸水域最为密集。

冬季调查垂直拖网鱼卵未采到，仅出现 2 种仔稚鱼，水平拖网共记录鱼类浮游生物 7 种（含未定种），其中数量较高的种类方氏云鳎仔稚鱼。数量上，垂直拖网和水平拖网仔稚鱼平均数量分别为 $57.3\text{ind./}100\text{m}^3$ 和 $359.8\text{ind./}100\text{m}^3$ 。在平面分布上，垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim 185.7\text{ind./}100\text{m}^3$ ）以调查区北部近岸水域密度最高。主要种类为方氏云鳎仔稚鱼。水平拖网仔稚鱼（ $0\sim 42778.6\text{ind./}100\text{m}^3$ ）以调查区中部水域最密集。

春季调查垂直拖网和水平拖网鱼卵均未采到。共出现仔稚鱼 5 科 5 属 7 种（含未定种），垂直拖网出现 2 种，主要种类为玉筋鱼。调查期间垂直拖网和水平拖网仔稚鱼平均数量分别为 $7.0\text{ind./}100\text{m}^3$ 和 $9.1\text{ind./}100\text{m}^3$ 。分布上，垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim 41.7\text{ind./}100\text{m}^3$ ）密集区位于东部远岸和石岛湾核电站南北两侧近岸水域。水平拖网仔稚鱼（ $9.7\sim 234.5\text{ind./}100\text{m}^3$ ）以石岛湾核电站南部湾内水域最密集。

夏季垂直拖网记录鱼卵和仔稚鱼各 1 种和 2 种。水平拖网共记录鱼卵 7 种、仔稚鱼 5 种。主要种类是日本鯉鱼的卵、仔稚鱼。数量上，垂直拖网鱼卵和仔稚鱼总个体数平均分别为 $36.1\text{ind./}100\text{m}^3$ 和 $40.2\text{ind./}100\text{m}^3$ ，水平拖网鱼卵平均为 $8.2\text{ind./}100\text{m}^3$ ，仔稚鱼平均为 $5.8\text{ind./}100\text{m}^3$ 。分布上，垂直拖网鱼卵（ $0\sim 147.1\text{ind./}100\text{m}^3$ ）以石岛湾核电站中东部水域密度最高。垂直拖网仔稚鱼（ $0\sim 115.4\text{ind./}100\text{m}^3$ ）密集区位于石岛湾核电站中北部和中东部水域。水平拖网鱼卵（ $1.2\sim 20.5\text{ind./}100\text{m}^3$ ）以石岛湾核电站周围近岸水域密度较高。水平拖网仔稚鱼（ $0\sim 18.1\text{ind./}100\text{m}^3$ ）密集区位于中东部水域丰度较高。可见夏季鱼卵和仔稚鱼密集区以测区东部水域密度高于其它水域。

（5）大型底栖生物

①物种组成

秋季调查共获大型底栖生物 87 种，其中多毛类 39 种，占底栖生物总物种数的 44.8%；甲壳类 24 种，占总物种数的 27.6%；软体动物 10 种，占总物种数的 11.5%；棘皮动物和其他动物分别出现 6 种和 8 种，各占底栖生物总物种数的 6.9%和 9.2%。底栖生物种类数分布以 25 号站、15 号站和 21 号站最多，分别为 29 种、22 种和 20 种。

冬季调查共获底栖生物 84 种，其中多毛类 36 种，占底栖生物总物种数的 42.9%；甲壳类 20 种，占总物种数的 23.8%；软体动物 13 种，占总物种数的 15.5%；棘皮动物

和其他动物分别有 5 种和 10 种，各占底栖生物总物种数的 6.0%和 11.9%。底栖生物种类数分布以 9 号站最多（26 种），2 号站最少（12 种）。

春季调查共获底栖生物 79 种，其中环节动物 30 种，占底栖生物总物种数的 38.0%；节肢动物 22 种，占总物种数的 27.8%；软体动物 18 种，占总物种数的 22.8%；棘皮动物和其他动物分别有 5 种和 4 种，各占底栖生物总物种数的 6.3%和 5.1%。底栖生物种类数分布以 4 号站最多（24 种），9 号站最少（2 种）。

夏季调查共获底栖生物 123 种，其中环节动物 53 种，占底栖生物总物种数的 43.1%；节肢动物 38 种，占总物种数的 30.9%；软体动物 19 种，占总物种数的 15.4%；棘皮动物和其他动物分别有 6 种和 7 种，各占底栖生物总物种数的 4.9%和 5.7%。底栖生物种类数分布以 12 号站最多（39 种），27 号站最少（9 种）。

根据物种数量及其出现频率，调查海域大型底栖动物 4 个季节大型底栖生物共有优势种有独毛虫（*Tharyx* sp.）、寡节甘吻沙蚕（*Glycinde gurjanovae*）、日本强鳞虫（*Sthenolepis japonica*）、轮双眼钩虾（*Ampelisca cyclops*）、多齿全刺沙蚕（*Nectoneanthes multignatha*）和拟特须虫（*Paralacydonia paradoxa*）等，优势种季节变化明显，优势度差异较大。

秋季大型底栖生物群落中的优势种有索沙蚕（*Lumbrineris* sp.）、竹节虫（*Maldanidae* und.）和独毛虫等；冬季大型底栖生物群落中的优势种有独毛虫、索沙蚕、日本强鳞虫、秀丽波纹蛤（*Raetellops pulchella*）、江户明樱蛤（*Moerella jodoensis*）和异蚓虫（*Heteromastus* sp.）等；春季大型底栖生物群落中的优势种有轮双眼钩虾、多齿全刺沙蚕和寡节甘吻沙蚕等；夏季大型底栖生物群落中的优势种有独毛虫、寡节甘吻沙蚕、轮双眼钩虾、寡鳃齿吻沙蚕和拟特须虫等。调查区浮游动物各季调查的优势种见表 2.3-15。

②密度和生物量组成

秋季调查海域大型底栖生物平均密度为 216ind./m²，密度变化范围在（30~795）ind./m² 之间。多毛类平均密度最大（159ind./m²），占总平均密度的 73.4%，其次是甲壳类（40ind./m²），占总平均密度的 18.7%；棘皮动物、软体动物和其他动物平均密度分别为 9ind./m²、7ind./m² 和 1ind./m²。平面分布中，45 号站密度最大，2 号站密度最小。

秋季调查海域大型底栖生物平均生物量为 6.5g/m²，生物量变化范围在（0.1~24.7）

g/m²之间。生物量组成以多毛类占优势，平均生物量为 2.8g/m²，占底栖生物生物量组成的 42.8%，其次为其他类动物，平均为 1.9g/m²，占 29.9%。棘皮动物、软体动物和甲壳类生物量均较低，分别为 1.1g/m²、0.4g/m²和 0.3g/m²。平面分布中，25 号站生物量最大，24 号站生物量最小。

冬季调查海域大型底栖生物平均密度为 536ind./m²，密度变化范围在（195~1440）ind./m²之间。多毛类平均密度最大（454ind./m²），占总平均密度的 84.8%，其次是软体动物（46ind./m²），占总平均密度的 8.7%；甲壳类、棘皮动物和其他动物平均密度分别为 21ind./m²、12ind./m²和 2ind./m²。平面分布中，21 号站密度最大，2 号站密度最小。

冬季调查海域大型底栖生物平均生物量为 18.7g/m²，生物量变化范围在（2.9~141.1）g/m²之间。生物量组成以其他动物（主要为焦氏舌鳎占优势，平均生物量为 10.1g/m²，占底栖生物生物量组成的 53.9%，其次为多毛类动物，平均为 4.5g/m²，占 24.1%。软体动物、甲壳类和棘皮动物生物量均较低，分别为 3.5g/m²、0.6g/m²和 0.02g/m²。平面分布中，6 号站生物量最大，27 号站生物量最小。

春季调查海域大型底栖生物平均密度为 83ind./m²，密度变化范围在（15~345）ind./m²之间。环节动物平均密度最高（43ind./m²），占总平均密度的 51.2%，其次是节肢动物（20ind./m²），占总平均密度的 24.5%；软体动物、棘皮动物和其他动物平均密度分别为 14ind./m²、5ind./m²和 1ind./m²。平面分布中，4 号站密度最高，48 号站密度最低。

春季调查海域大型底栖生物平均生物量为 10.3g/m²，生物量变化范围在（0.2~71.8）g/m²之间。生物量组成以棘皮动物占优势，平均生物量为 7.2g/m²，占底栖生物生物量组成的 70.5%，其次为软体动物，平均为 1.4g/m²，占 13.3%。环节动物、节肢动物和其他动物生物量均较低，分别为 0.6g/m²、0.1g/m²和 1.0g/m²。平面分布中，14 号站生物量最大，27 号站生物量最小。

夏季调查海域大型底栖生物平均密度为 433ind./m²，密度变化范围在（50~1465）ind./m²之间。环节动物平均密度最高（205ind./m²），占总平均密度的 47.3%，其次是节肢动物（171ind./m²），占总平均密度的 39.4%；软体动物、棘皮动物和其他动物平均密度分别为 40ind./m²、15ind./m²和 3ind./m²。平面分布中，45 号站密度最高，27 号站密度最低。

夏季调查海域大型底栖生物平均生物量为 $7.5\text{g}/\text{m}^2$ ，生物量变化范围在 $(3.8\sim 17.7)\text{g}/\text{m}^2$ 之间。生物量组成以环节动物占优势，平均生物量为 $3.3\text{g}/\text{m}^2$ ，占底栖生物生物量组成的 43.9%，其次为软体动物，平均为 $1.6\text{g}/\text{m}^2$ ，占 21.1%，棘皮动物位于第三位，平均为 $1.5\text{g}/\text{m}^2$ ，占 19.4%。节肢动物和其他动物生物量均较低，分别为 $0.7\text{g}/\text{m}^2$ 和 $0.4\text{g}/\text{m}^2$ 。平面分布中，8 号站生物量最大，24 号站生物量最小。

③ 季节演替

调查海域 4 个季度的底栖生物种类分布变化为夏季（123 种）>秋季（87 种）>冬季（84 种）>春季（79 种），均以环节动物物种数占绝对优势。

调查海域大型底栖生物平均密度变化为冬季（ $536\text{ind.}/\text{m}^2$ ）>夏季（ $433\text{ind.}/\text{m}^2$ ）>秋季（ $216\text{ind.}/\text{m}^2$ ）>春季（ $83\text{ind.}/\text{m}^2$ ）。大型底栖生物平均生物量变化为冬季（ $18.7\text{g}/\text{m}^2$ ）>春季（ $10.3\text{g}/\text{m}^2$ ）>夏季（ $7.5\text{g}/\text{m}^2$ ）>秋季（ $6.5\text{g}/\text{m}^2$ ）。

（6）潮间带生物

① 物种组成

秋季调查共采获潮间带生物 107 种，分属 10 门。其中岩相潮间带生物 45 种，包括环节动物 12 种，节肢动物 14 种，软体动物 8 种，藻类 6 种和其他动物 5 种；软相潮间带生物 80 种，包括环节动物 28 种，节肢动物 32 种，软体动物 15 种，藻类 3 种和其他动物 2 种。

冬季调查共采获潮间带生物 69 种，分属 7 门。其中岩相潮间带生物 28 种，包括环节动物 12 种，节肢动物 4 种，软体动物 9 种和藻类 3 种。软相潮间带生物 48 种，包括环节动物 22 种，节肢动物 14 种，软体动物 9 种，棘皮动物 1 种和其他动物 2 种。

春季调查共采获潮间带生物 81 种，分属 6 门 54 科。其中岩相潮间带生物 30 种，包括环节动物 10 种，节肢动物 8 种，软体动物 9 种和藻类 3 种；软相潮间带生物 58 种，包括环节动物 22 种，节肢动物 18 种，软体动物 12 种，藻类 5 种和纽形动物 1 种。

夏季调查共采获潮间带生物 103 种，分属 7 门 74 科。其中岩相潮间带生物 33 种，包括环节动物 10 种，节肢动物 8 种，软体动物 9 种和藻类 6 种；软相潮间带生物 83 种，包括环节动物 33 种，节肢动物 33 种，软体动物 14 种藻类 2 种和刺胞动物 1 种。

② 密度和生物量组成

秋季岩相潮间带生物平均栖息密度为 $1438\text{ind.}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $2843.79\text{g}/\text{m}^2$ ，软相潮间带生物平均栖息密度为 $645\text{ind.}/\text{m}^2$ ，平均生物量为 $142.64\text{g}/\text{m}^2$ 。

冬季岩相潮间带生物平均栖息密度为 1989ind./m²，平均生物量为 2169.20g/m²，软相潮间带生物平均栖息密度为 546ind./m²，平均生物量为 220.54g/m²。

春季岩相潮间带生物的平均栖息密度为 1086ind./m²，平均生物量为 1578.25g/m²；软相潮间带生物的平均栖息密度为 353ind./m²，平均生物量为 224.20g/m²。

夏季岩相潮间带生物的平均栖息密度为 1424ind./m²，平均生物量为 1645.32g/m²；软相潮间带生物的平均栖息密度为 840ind./m²，平均生物量为 178.70g/m²。

③优势种

综合 4 个季度的数据，根据本海区潮间带生物的数量分布及出现频率，该海域的优势种和主要种是：

秋季：大泵钩虾、硬爪始根钩虾、粒结节滨螺、东方小藤壶、长牡蛎、矮拟帽贝、孔石莼、双管阔沙蚕、毛日藻钩虾、短滨螺、尖锥虫、施氏玻璃钩虾、索沙蚕、企氏外圆柱水虱、独毛虫、菲律宾蛤仔、阿曼吉虫和光背团水虱。

冬季：大竹蛏、大泵钩虾、企氏外圆柱水虱、刺指尾钩虾、粒结节滨螺、东方小藤壶、长牡蛎、小珊瑚藻、石花菜、裙带菜、短滨螺、尖锥虫、伪才女虫、异白樱蛤、鼻稚虫、阿曼吉虫、小头虫、三叶针尾涟虫、菲律宾蛤仔、凸壳肌蛤和光背团水虱。

春季：尖锥虫、阿曼吉虫、粒结节滨螺、短滨螺、矮拟帽贝、菲律宾蛤仔、长牡蛎、大泵钩虾、硬爪始根钩虾、东方小藤壶、砂海螂、企氏外圆柱水虱、光背团水虱和小珊瑚藻。

夏季：大泵钩虾、硬爪始根钩虾、粒结节滨螺、东方小藤壶、长牡蛎、鸡毛菜、矮拟帽贝、孔石莼、短滨螺、尖锥虫、索沙蚕、日本外浪漂水虱、阿曼吉虫肉球近方蟹、凸壳肌蛤、菲律宾蛤仔、著名团水虱、腹沟虫和同掌华眼钩虾。

4 个季度共有的优势种有：大泵钩虾、粒结节滨螺、东方小藤壶、长牡蛎、短滨螺、尖锥虫、菲律宾蛤仔和阿曼吉虫。

（7）污损生物

2020 年 11 月~2021 年 10 月附近海域（122°32'44.016"E，37°19'30"N）进行了污损生物周年挂板试验。采用 15cm×15cm×2cm 的水泥试板挂放，月板、季板、半年板和年板的收放周期分别按逐月、逐季、每半年和周年收取。每组试板分表、底两层挂放，试板面与海面垂直，表层试板上沿与水面齐平，底层试板置于水深约 4m 处。标本处理及室内分析和资料整理均按《海洋调查规范》（GB/T 12763.6-2007）要求进行。

表层月板主要以藻类和端足类为优势种，附着厚度介于 1~6mm 之间，覆盖面积率介于 2~75%之间。底层月板主要以端足类和水媳虫 1~14mm 之间，覆盖面积率介于 2~50%之间。

表层季板主要以端足类和藻类为附着优势种，附着厚度介于 16~25mm 之间，覆盖面积率介于 50~65%之间。底层季板主要以端足类和水媳虫为附着优势种，附着厚度介于 1~14mm 之间，覆盖面积率介于 3~50%之间。冬季底层板附着量较小。

12 月~5 月半年板表层主要以海带等藻类为附着优势种，覆盖面积率 100%。底层以水媳虫和端足类为优势种，覆盖面积率为 85%。表层附着量高于底层。

（9）“三场一通道”

厂址半径 15km 范围内的“三场一通道”为桑沟湾国家级水产种质资源保护区，位于厂址 NNW~N 方位，最近边界距厂址约 13km。保护魁蚶栖息、生存环境。主要保护对象为魁蚶，其他保护对象包括扇贝、海带、裙带菜、海胆、石花菜等。

（10）保护性水生生物

本次调查未发现保护性水生生物。

2.3.4 工业、交通及其它相关设施

2.3.4.1 工业

1) 工矿企业现状

本项目厂址半径 15km 范围内区域涉及宁津街道、东山街道、桃园街道、港湾街道、斥山街道、王连街道、崂山街道，除了崂山街道外，其他街道均为石岛管理区管辖。石岛管理区现状工业主要分布在石岛工业园，另在老城区、斥山街道、玄镇组团零散分布有部分工业。近年来，石岛管理区实施“港口兴区”战略，取得了明显成效，工业经济主导作用日益凸现，现已形成造船、食品加工、机械制造、塑料制品、化工、电子、建材等主导产业。2021 年，厂址半径 15km 范围共涉及 70 家规模以上工业企业，各规模以上工业企业详见表 2.3-17，表中给出了 2019 年各企业职工人数以供参考。

本项目位于荣成市宁津街道，宁津街道目前基本形成了以建材、食品加工、房地产开发、修造船、能源等行业为支柱的工业体系。2021 年地区生产总值为 24.0 亿元，规模以上工业营业收入 80858 万元。有规模工业以上企业 3 家，从业人员 239 人，以食品加工为主。

桃园街道形成了以水产品加工、房地产开发、民俗旅游、以及养老产业为主体的经济板块。2021年地区生产总值为28.4亿元，规模以上工业营业收入115620万元。有规模工业以上企业11家，从业人员1460人，以食品加工、船舶船业等为主。

东山街道2021年地区生产总值为38.1亿元，规模以上工业营业收入145868万元。有规模工业以上企业27家，从业人员4163人，以食品加工、生物科技、胶带生产、电器生产、石油装备、新材料等为主。

崂山街道辖区内有歌儿电子信息产业园、科技创业园、新兴产业园等重点区域，是荣成市园区建设的重点区域。2021年地区生产总值为51.5亿元，规模以上工业营业收入68282万元。有规模工业以上企业32家，从业人员7399人，以食品加工、机械加工、橡胶、汽车制造等为主。

港湾街道拥有海洋渔业、食品加工、修造船、港口和商贸物流等五大支柱产业。2021年地区生产总值为87.6亿元，规模以上工业营业收入173837万元。有规模工业以上企业14家，从业人员1712人，以食品加工、船舶制造、海洋生物等为主。

王连街道初步形成了远洋捕捞、水产食品加工、造船及配件、塑料制品、汽车及农用车配件等行业，有规模工业以上企业16家，以食品加工、机械加工、渔具生产、风电配件、船用电器等行业为主。2021年地区生产总值为14.7亿元，规模以上工业营业收入110211万元。

斥山街道近年来，形成了海洋食品、先进装备制造等主导工业，海洋生物科技、商贸物流、电子商务等信息产业格局。2021年地区生产总值为59.2亿元，规模以上工业营业收入206240万元。有规模工业以上企业21家，从业人员1757人，以食品加工、渔网具、船舶设备、建材、海洋生物、服装等为主。

2) 工业企业规划

根据《荣成市城市总体规划（2018-2035年）》，荣成市以蓝色产业为主导，以先进制造业为支撑，以战略性新兴产业为引领，推动三次产业协调融合发展，加快构建具有持续创新能力和较强竞争力的现代产业体系。

依托海洋渔业，合理利用荣成市渔业岸段，积极推进精品养殖、渔业增殖，深入发展海洋捕捞，做大做强海洋食品工业，大力推进海洋产业升级换代，发展高端海洋生物科技产业；以创新作为海洋产业集群发展突破口，积极建设海洋科技研发中心，

把荣成市建设成为全国海洋经济最强县。

做强机械制造业。大力提升汽车工业技术水平和规模，加快电机制造业产品的更新换代，发展先进机床装备制造业，促进产品向智能制造价值链高端迈进。做优船舶产业。通过技术升级和创新，提升船舶整体装备制造水平。努力打造国内知名的特种船舶建造基地、船舶出口基地。重点建设俚岛港、石岛港建设两大造船基地，俚岛、石岛两大船舶配套园区。

新能源产业。重点推进以核电为主的新能源产业发展，同步培育核电关联服务产业，打造核电配套和衍生产业基地。

图 2.3-18 给出了石岛管理区城市总体规划，图中可见，最近的工业用地位于 WSW 方位约 2km。

2.3.4.2 交通

厂址周围的公路交通较为发达，海运条件也很好，厂址半径 15km 范围内的石岛港与韩国仁川、釜山，日本门司、博多，朝鲜南浦和青岛、泉州、广州等港口通航。

(1) 陆上交通

厂址半径 15km 范围内主要涉及荣成市石岛管理区和崂山街道，主要由以南北向的国道 G228、省道 S203、S304 和东西向的 S201 省道，以及 X034、X042、X030 等县道和乡镇道路构成的交通运输网络。

厂址半径 15km 范围内主要县级道路有 3 条，分别是 X034 县道，总里程 11.18km，路面为沥青混凝土路面，其中二级公路 5.618km，车道为四车道，三级公路 5.561km，车道为双车道；X042 县道，总里程 19.948km，均为二级公路，路面为沥青混凝土路面，宁津街道到东山路段为四车道，其它路段为双车道，为距厂址最近的道路，南北从厂址西侧穿过，最近处距离厂址约 0.5km；X030 县道通往沙窝，路面为沥青混凝土路面。

厂址半径 15km 范围内主要公路情况见表 2.3-18。另有朝阳路为沿海景观大道，为城市道路。

厂址 5km 半径范围内主要县级道路有 2 条，为 X034 和 X042；乡镇级道路 1 条，为 Y052。厂址可通过县道 X034 与朝阳路相连，直达 G228，由此通往各地。

厂址半径 15km 范围无铁路，也没有规划建设的铁路。

根据荣成市综合交通“十四五”发展规划，厂址半径 15km 范围内没有新建道路。

（2）海上交通

1) 港口、码头和锚地

——港口

荣成市共有四个港区：石岛港区、龙眼湾港区、靖海湾港区、蜊江港区，其中位于厂址半径 15km 范围内的为石岛港区。石岛港区为国家一类开放口岸，主要由石岛港、朱口港和荣喜港等三个作业区组成，其中位于厂址半径 15km 范围内的为石岛港作业区，分为石岛东作业区、石岛西作业区，其中石岛东作业区无生产性泊位，处于待开发状态，详见图 2.3-20。

石岛港作业区是集客货、集装箱、散杂货、远洋进出口水产品等功能于一体的现代化港口，2001 年 8 月获批为国家一类对外开放口岸。现有各类泊位 16 个，其中 1 万吨级及以上的泊位 11 个，5000DWT 泊位 4 个，设计年通过能力 901 万吨，60 万 TEU，24 万人次。石岛港区吞吐量主要发生在西作业区，占港区总运量的 97%，主要货种是煤炭及制品、水泥、矿建材料、钢铁、集装箱及其他货物，最大靠泊吨级为 5 万吨级，主力船舶为 1 万~3 万吨级。2020 年吞吐量 368 万吨，集装箱 18 万标箱，客运量 5.7 万人。由石岛港务有限责任公司及石岛新港港务股份有限公司负责经营管理。

根据规划，石岛作业区以服务荣成市域的集装箱、对韩客货滚装和通用散杂货运输为主。规划沿石岛湾形成东、西两个作业区，西作业区分为客滚区和通用区，东作业区分为集装箱区、散杂货区和液体散货区。西作业区已经基本建设完成，东作业区由于受周边核电厂安全距离要求的影响，处于待开发的状态。图 2.3-21 给出了石岛作业区港区布置规划图。

——渔港

考虑到渔港规模较小，本报告给出厂址半径 5km 范围内分布的 2 个渔港情况，详见图 2.3-20 和表 2.3-19。

——锚地

厂址半径 15km 范围内锚地主要有避风锚地、检疫锚地，主要为石岛港区服务，锚地无具体抗风级别，抗风能力主要与船只类型有关，规划不新增锚地。表 2.3-20 给出了厂址半径 15km 范围内锚地情况，图 2.3-21 给出了锚地的位置。

2) 海上航线

厂址附近海上航线主要位于石岛港区，具体信息见表 2.3-21。厂址距离最近的航道约 8.6km。

石岛东、西作业区主要有石岛港区外主航道（石岛港区 5 万吨级航道），长度 5500m，航道宽度 1000 m，水深 13~26.5m；石岛港区内航道（石岛新港航道），长度 3250m，航道宽度 100m，水深 9m。

（3） 机场及航空线

距厂址最近的为 DS-IKEKA 民航航线（航线代号为 W4），约 9.5km（NNE 方位）。

民航航线 DS-IKEKA，代号为 W4，起止点为 DS（ $106^{\circ} 50' 51''$ E， $N30^{\circ} 12' 05''$ ，）和 IKEKA（ $123^{\circ} 21' 15''$ E， $36^{\circ} 49' 53''$ N），距离厂址最近的航段为 IKEKA（ $123^{\circ} 21' 15''$ E， $36^{\circ} 49' 53''$ N，）——SEBL（ $122^{\circ} 19' 30''$ E， $37^{\circ} 04' 35''$ N）。

2.3.4.3 危险源及外部人为事件评价结论

1) 固定危险源

厂址半径 15km 范围内危险品生产、贮存企业主要是加油站和燃气公司，另有 1 家化学品公司（荣成程浩气体有限公司），位于斥山街道吴家村（厂址 W 方位约 13.4km），从事气体充装业务，储存有二氧化碳、氧、氩、氮等。表 2.3-22 给出了厂址半径 5km 范围内所有的加油站、以及厂址半径 15km 范围内化工厂和储量超过 100m³ 的加油站。距厂址最近的加油站为荣成市海成石油有限公司（第二加油站），也是厂址半径 15km 范围内最大的加油站，位于厂址 WSW 方位 3.5km，柴油最大储量 3000 m³，汽油最大储量 75 m³。

厂址半径 5km 范围内有 1 家液化气公司，为位于宁津街道小岔河村的荣成市宁津顺意液化气有限公司，也是厂址半径 15km 范围内规模最大的燃气公司，位于厂址 NNW 方位约 4.1km，有 3 个液化气储罐，每个储罐的储气能力为 30m³，共计 90m³。

厂址半径 15km 范围内天然气管线距离厂址最近距离是 0.5km，位于 W 方位。该管线沿 X035 县道走向，管线的规格参数：管径为 DN200，设计压力 0.8Mpa。

2) 移动危险源

目前存在 4 家危险品运输公司可能经过厂址 15km 范围内的道路，其中荣成市弘康运输有限公司为汽油、柴油和石油的专业运输公司，主要负责向各个加油站和码头运

送成品油，该公司可能会经过宁镇路；荣成市呈祥气体有限公司、荣成市荣鑫气体公司、荣成程浩气体有限公司及荣成市方正爆破公司若有业务需要，也会通过宁镇路。

厂址半径 15km 范围内，公路危险品运输情况见表 2.3-23。

目前厂址半径 15km 范围内无危险品运输码头，不存在危险品装卸货情况。目前厂址半径 15km 范围内无固定危险品运输路线，石岛港区避风锚地可能停留油品货轮，厂址东部和南部海域可能有货轮经过，最近距厂址约 13km。近年厂址附近海域未发生危险品运输事故。

表 2.3-1 厂址所在宁津街道各类土地利用现状情况

单位：ha

行政区域总面积	耕地	园地	林地	草地	城镇村及工矿用地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地
6717.18	1984.60	31.84	557.20	96.87	894.85	242.82	2167.61	741.39

表 2.3-2 “三线一单”环境管控单元管控要求
陆域

环境管控单元代码	环境管控单元名称	管控单元分类	空间布局约束	污染物排放管控	环境风险防控	资源开发效率要求	本工程环境影响分析
ZH37108230005	宁津街道	一般管控单元	<p>1.生态保护红线内原则上按禁止开发区域的要求进行管理,严禁不符合主体功能定位的各类开发活动,严禁任意改变土地用途理。</p> <p>2.一般生态空间内原则上按照限制开发区域管理。</p> <p>3.新(改、扩)建涉气工业项目,在满足产业准入、总量控制、排放标准等管理制度要求的前提下,应大力推进项目进园、集约高效发展。</p>	<p>1.严格执行山东省《区域性大气污染物综合排放标准》排放要求,SO₂、NO_x、烟粉尘、VOCs 排放量不得超过区域允许排放量。全面加强 VOCs 污染管控。加大秸秆禁烧管控力度。</p> <p>2.落实普适性水环境治理要求,加强污染预防,保证水环境质量不降低。</p>	<p>1.当预测到区域将出现重污染天气时,根据预警发布,按级别启动 应急响应措施。</p>	<p>1.推进冬季清洁取暖,实现清洁能源逐步替代散煤。严防散煤复烧,对已整体完成清洁取暖改造并稳定运行的地区,依法划定为禁燃区。对暂未实施清洁取暖的地区,确保使用的散煤质量符合标准要求。</p> <p>2.强化水资源消耗总量和强度双控行动,实行最严格的水资源管理制度。鼓励和支持使用雨水、再生水、海水等非常规水,并纳入水资源统一配置,优化用水结构。</p>	<p>施工期陆域环境影响:主要包括大气环境影响、生活污水环境影响、噪声环境影响和产生生活垃圾、一般工业固体废物和危险废物。</p> <p>运行期陆域环境影响:主要是放射性流出物排放、噪声环境影响、生活污水排放和产生生活垃圾、一般工业固体废物和危险废物。</p> <p>本项目陆域施工期和运行期环境影响与环境管控要求相符。</p>

表 2.3-3 厂址半径 10km 范围内的县级以上文物保护单位汇总

序号	名称	时代	位置			保护级别
			所属村庄	方位	距离 (km)	
1	留村石墓群	金元	宁津街道留村	WNW	4.3	国家级
2	东墩海草房	近现代	宁津街道东墩村	NNW	1.8	省级
3	马栏耩海草房	近现代	宁津街道马兰耩村	NNE	7.5	省级
4	镆铳岛灯塔	1955 年	宁津街道办事处南洼村南	S	5.2	县市级
5	宁津烈士陵园	1946 年	宁津街道办事处宁津所村北	NNW	5	县市级
6	马栏耩烟墩	明代	宁津街道办事处马栏耩村	NNE	7.5	县市级
7	留村海草房	明清	宁津街道留村	WNW	4.3	县市级
8	渠隔张氏宗祠	明清	宁津街道渠隔村	WNW	3.4	县市级
9	东墩烟墩	明代	宁津东墩村	NNW	1.7	县市级
10	宁津所城	明代	宁津街道宁津所村	NNW	5	县市级
11	荣成县临时革命委员会成立旧址-龙山革命纪念馆	近现代	东山街道办事处龙山前村	WNW	9.7	县市级
12	苑家烟墩	明代	桃园街道办事处苑家村	W	3.1	县市级

表 2.3-4 厂址半径 5km 范围内的分散式饮用水水源地汇总

水源名称	镇街	位置		水源地类型 (河流型/湖库型/地下水 型)	一级保护 区面积 (m ²)	二级保护区 面积 (m ²)	设计规模 (m ³ /d)
		方位	距离 (km)				
口子村集中供水井	宁津街道	WNW	4.5	地下水	2827.43	/	49
卢家村集中供水井	宁津街道	NNW	4.4	地下水	2827.43	/	299
宁津所村水井	宁津街道	NNW	4.5	地下水	7,853.98	777,544.00	480

表 2.3-5 厂址半径 15km 范围内海洋功能区划

序号	代码	名称	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
1	A3-17	荣成市宁津工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	12.88	5.55	用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海区，在基本功能未利用时兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。 用海方式：允许适度改变海域自然属性，领海基点及周围海域禁止开发。 海域整治：优化围填海海岸景观设计。	生态保护重点目标：领海基点。 环保保护要求：加强海洋环境质量监测。严格控制温排水范围，减少温排水对海域生态系统的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准。海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。
2	A3-18	荣成黑泥湾工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	0.79	5.23	用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海区，在基本功能未利用时兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。 用海方式：允许适度改变海域自然属性。 海域整治：优化围填海海岸景观设计。	生态保护重点目标：海湾湿地生态系统。 环保保护要求：加强海洋环境质量监测。严格控制温排水范围，减少温排水对海域生态系统的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准。海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。
3	A1-21	桑沟湾-镆琊岛农渔业区	农渔业区	301.34	53.44	用途管制：本区域基本功能为农渔业功能，兼容旅游休闲娱乐、港口航运等功能。 用海方式：严格限制改变海域自然属性，鼓励开放式用海，石岛湾内严格控制利用水面进行筏式养殖。 海域整治：保护自然岸线，禁止破坏其自然形态，鼓励对人工岸线进行生态化建设。	生态保护重点目标：威海桑沟湾魁蚶、荣成鼠尾藻、大叶藻种质资源、领海基点。 环保保护要求：加强海域污染防治和监测。渔业设施建设区海水水质不劣于二类（渔港区执行不劣于现状海水水质标准），海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。水产种质资源保护区、捕捞区海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。其它海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

序号	代码	名称	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
4	A7-18	荣成八河港水库特殊利用区	特殊利用区	4.03	6.12	用途管制：本区域基本功能为特殊利用功能。保障水库泄洪需求，逐步恢复海洋生态系统，保障行洪安全。 用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时须经科学论证。 海域整治：人工岸线的生态化建设。	生态保护重点目标：海洋自然生态系统。 环保保护要求：海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。避免对毗邻海洋敏感区、亚敏感区产生影响。
5	A8-12	荣成宁津保留区	保留区	14.65	0	用途管制：本区域基本功能待定，为保留区。 用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证，调整保留区的功	生态保护重点目标：领海基点。 环保保护要求：保持现状。
6	A5-28	石岛南海村滨海旅游休闲娱乐区	旅游休闲娱乐区	2.36	6.11	用途管制：本区域基本功能为旅游休闲娱乐功能，兼容农渔业等功能。允许建设旅游基础设施，严格控制岸线附近的景区建设工程，保障休闲娱乐、海上旅游等用海需求。不得破坏自然景观，严格控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。 用海方式：严格限制改变海域自然属性，科学编制旅游开发规划；加强水质监测，合理控制旅游开发强度，严格论证基础设施建设。 海域整治：严格限制改变岸线的自然形	生态保护重点目标：自然景观、海岸线。 环保保护要求：妥善处理生活垃圾，避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。本海域文体休闲娱乐区海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于一类标准。本海域风景旅游区海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。
7	A8-13	镆琊岛保留区	保留区	11.72	0	用途管制：本区域基本功能待定，为保留区。 用海方式：严格限制改变海域自然属性；调整时需经科学论证，调整保留区的功能，并按程序报批。	生态保护重点目标：领海基点、海岛自然生态系统。 环保保护要求：保持现状。

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

序号	代码	名称	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
8	A7-19	镆珈岛外特殊利用区	特殊利用区	1.48	0	用途管制：本区域基本功能为特殊利用区，对环境的影响应符合《海水水质标准》（GB3097-1997）的相应要求，对倾废活动要加强监视、监测，控制倾废强度，当不宜继续倾废时应经过论证依法予以关闭。 用海方式：允许适度改变海域自然属性；严格控制倾废范围。	生态保护重点目标：海洋自然生态系统，海洋水动力条件。 环保保护要求：禁止倾倒超过规定标准的有毒、有害物质，避免对海洋生态环境产生不利影响。海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于三类标准。避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。
9	A3-19	石岛湾北部工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	2.05	5.29	用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海区，在基本功能未利用时兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。 用海方式：允许适度改变海域自然属性。 海域整治：优化围填海海岸景观设计。	生态保护重点目标：近岸湿地生态系统。 环保保护要求：加强海洋环境质量监测，尽量减少对石岛湾海洋动力环境的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准。海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。
10	A7-20	石岛湾特殊利用区	特殊利用区	0.20	0	用途管制：本区域基本功能为特殊利用区，应充分论证，合理规划，科学确定用海的位置和范围；严格按照国家相关法规设置排放设施。该海域位于石岛湾内，周围为养殖区，附近陆域为市区，作为现状保留，待有条件时可迁出。 用海方式：严格限制改变海域自然属性，调整时需经科学论证。	生态保护重点目标：石岛湾海洋自然生态系统。 环保保护要求：海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于三类标准。避免对毗邻海洋生态敏感区、亚敏感区产生影响。

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

序号	代码	名称	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
11	A5-29	石岛湾滨海旅游休闲娱乐区	旅游休闲娱乐区	1.12	3.76	<p>用途管制：本区域基本功能为旅游休闲娱乐功能，兼容农渔业等功能。允许建设旅游基础设施，严格控制岸线附近的景区建设工程，严格控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。</p> <p>用海方式：严格限制改变海域自然属性，科学编制旅游开发规划；加强水质监测，合理控制旅游开发强度，严格论证基础设施建设。</p> <p>海域整治：保护砂质岸线，严格限制改变岸线的自然形态，对侵蚀岸段进行合理整</p>	<p>生态保护重点目标：自然景观、海岸线。</p> <p>环保保护要求：严格控制围填海，保护岸线自然景观。海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。</p>
12	A3-20	石岛湾西部工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	1.93	6.33	<p>用途管制：本区域基本功能为工业与城镇用海区，在基本功能未利用时兼容农渔业等功能。控制围填海规模，并接受围填海计划指标控制。</p> <p>用海方式：允许适度改变海域自然属性，鼓励采用多突堤、区块组团等用海方式。</p> <p>海域整治：优化围填海海岸景观设计。</p>	<p>生态保护重点目标：近岸湿地生态系统。</p> <p>环保保护要求：加强海洋环境质量监测，尽量减少对石岛湾海洋动力环境的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平。开发利用期执行海水水质不劣于三类标准。海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准。</p>
13	A2-23	石岛港口航运区	港口航运区	40.58	7.20	<p>用途管制：本区域基本功能为港口航运区，兼容渔港等基础设施建设。在基本功能未利用时兼容农渔业等功能。</p> <p>用海方式：允许适度改变海域自然属性，港口内工程用海鼓励采用多突式透水构筑物方式。</p>	<p>生态保护重点目标：港口水深地形条件。</p> <p>环保保护要求：加强海域污染防治和监测，港口区海域海水水质不劣于四类标准。海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于三类标准。航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量均不劣于二类标准海域。</p>

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

序号	代码	名称	功能区类型	面积 (km ²)	岸段长度 (km)	海域使用管理要求	海洋环境保护要求
14	A2-24	石岛王家湾港口航运区	港口航运区	7.42	17.35	<p>用途管制：本区域基本功能为港口航运功能。在基本功能未利用时允许兼容农渔业等功能。保障港口航运用海，航道及两侧缓冲区内禁止养殖。商船航行时涉及军事用海的，需征求军方意见。</p> <p>用海方式：允许适度改变海域自然属性，港口内工程用海鼓励采用多突堤式透水构筑物方式。应合理配置和统筹规划岸线资源，严格限制填海，港口建设确需填海的，须经科学论证。</p>	<p>生态保护重点目标：港口水深地形条件。</p> <p>环境保护要求：加强海域污染防治和监测。港口区海域海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准。航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。</p>

表 2.3-6 厂址半径 15km 范围内近岸海域环境功能区划

序号	功能区代码	名称	地理位置	面积 (km ²)	功能 类别	水质保 护目标	备注
1	—	—	宁津街道东部海域	44.17	C	III	
2	SD170B II	桑沟湾-莫镡岛盐 业养殖区	桑沟湾至镡岛近岸海域	268.30	B	II	其中水产种质资源保护区、捕捞区内水质执行 I 类标准。
3	SD172DIV	荣成八河港水库特 殊利用区	八河港水库	4.03	D	IV	
4	SD174B II	荣成宁津留用备择 区	宁津街道东部海域	14.65	B	II	
5	SD176B II	石岛南海村滨海旅 游娱乐区	荣成南港头村至东南海村	2.36	B	II	
6	SD177B II	镡岛留用备择区	镡岛外侧	11.72	B	II	暂按 II 类水质进行管理，使用功能调整时，应 不影响周围功能区水质。
7	SD178DIV	镡岛外倾倒区	镡岛外侧	1.48	D	IV	控制倾倒强度，不得影响临近环境功能区水质。
8	SD179CIII	石岛湾北部工业与 城镇建设区	石岛湾	2.05	C	III	

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

序号	功能区代码	名称	地理位置	面积 (km ²)	功能 类别	水质保 护目标	备注
9	SD180DIV	石岛湾特殊利用区	石岛湾内	0.2	D	IV	可依据需要在该区内设置排污口并核定混合区，混合区内不设置水质目标，混合区的边界不得超过该特殊利用区的界限。
10	SD181DIV (III)	石岛港口航运区	石岛港所在地	40.58	D	IV(港口IV、 航道与锚地 III)	除港池所在区域执行IV类标准外，其余区域执行III标准。
11	SD182CIII	石岛湾滨海旅游娱乐区	赤山宾馆至赤山渔港	1.12	C	III	
12	SD183CIII	石岛湾西部工业与城镇区	石岛湾西侧海域	1.93	C	III	
13	SD186B II	石岛大小王家岛旅游娱乐区	王家湾外侧 四至：	1.37	B	II	

表 2.3-7 厂址半径 15km 范围内海洋生态红线登记表

序号	名称	代码	类别	类型	面积 (km ²)	岸线长 度 km)	生态保护 目标	管控措施与环保要求
1	石岛湾滨海旅游限制区	37-Xj13	限制开发区	重要滨海旅游区	1.12	3.76	海岸自然景观	管控措施：禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动。严格控制岸线附近的景区建设工程；严格控制占用岸线、沙滩和沿海防护林。 环境保护要求：逐步恢复海湾、海滩自然环境，保护海岸自然景观。海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
2	石岛南海村滨海旅游限制区	37-Xj12	限制开发区	重要滨海旅游区	2.32	6.53	自然景观、海岸线	管控措施：禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动。保障休闲娱乐、海上旅游等用海需求。 环境保护要求：保护海湾自然环境。本海域海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
3	桑沟湾渔业海域限制区	37-Xe06	限制开发区	重要渔业海域	10.64	0	魁蚶	管控措施：按照《水产种质资源保护区管理暂行办法》进行管理。加强近岸沙源的保护，禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破和施工等开发活动，加强渔业资源养护，控制捕捞强度，保护生物多样性。 环境保护要求：加强海域污染防治和监测，保护魁蚶栖息地和海洋自然环境。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
4	荣成八河港河口生态限制区	37-XC03	限制开发区	重要河口生态系统	4.03	6.12	海洋自然生态系统	管控措施：禁止围填海、设置直接排污口等破坏河口生态系统功能的开发活动。保持河口基本形态稳定，保障河口行洪安全。 环境保护要求：维持稳定的河口生态环境。海水水质不劣于二类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
5	黑石岛海岛限制区	37-Xf02	限制开发区	特殊保护海岛	1.46	0	领海基点、海岛自然生态系统	管控措施：按《领海基点保护范围选划与保护办法》管理和保护领海基点。禁止在领海基点保护范围内实施炸礁、围填海、填海连岛、采挖海砂和工程建设等可能造成自然地形和地貌

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

序号	名称	代码	类别	类型	面积 (km ²)	岸线长 度 km)	生态保护 目标	管控措施与环保要求
								改变的用海活动。环境保护要求：保护领海基点岛礁，保持与其相关的地形地貌的稳定，海水水质不劣于二类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
6	楮岛藻类渔业海域限制区	37-Xe07	限制开发区	重要渔业海域	5.45	0	荣成鼠尾藻、大叶藻种质资源	管控措施：按照《水产种质资源保护区管理暂行办法》进行管理。禁止围填海、截断洄游通道、水下爆破和施工等开发活动，加强渔业资源养护，控制养殖密度，环境保护要求：加强海域污染防治和监测，保护种质资源栖息地，保护海洋自然环境。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
7	楮岛滨海旅游限制区	37-Xj11	限制开发区	重要滨海旅游区	29.62	28.13	海岛生态系统、威海桑沟湾魁蚶、荣成鼠尾藻、大叶藻种质资源	管控措施：禁止实施可能改变或影响滨海旅游的开发建设活动。禁止围填海，禁止占用岸线、沙滩和沿海防护林工程建设。环境保护要求：保护海湾、海岬等优质旅游资源不受破坏，控制养殖密度，避免养殖污染，保护生物多样性。海水水质不劣于二类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
8	镆钋岛海岛限制区	37-Xf03	限制开发区	特殊保护海岛	17.87	0	领海基点、海岛自然生态系统	管控措施：按《领海基点保护范围选划与保护办法》管理和保护领海基点。区内禁止炸礁、围填海、采挖海砂等可能造成改变地形、地貌的改变和海岛生态系统破坏的用海活动。环境保护要求：保护领海基点岛礁，保护周边相关地形地貌的稳定，适度清理海岛北部围海养殖，恢复海岛周边原始海洋生态环境，杜绝可能影响本海域的各种污染。海水水质不劣于二类标准、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。

表 2.3-8 厂址半径 15km 范围内海洋生态环境保护目标登记表

序号	代码	规划区名称	类型	面积 (km ²)	生态保护目标	环境保护要求
1	5-19	桑沟湾渔业海域	重要渔业海域	10.64	魁蚶	加强海域污染防治和监测，保护魁蚶栖息地和海洋自然环境。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
2	5-20	楮岛藻类渔业海	重要渔业海域	5.45	荣成鼠尾藻、大叶藻种质资源	保护海湾、海岬等优质旅游资源不受破坏，控制养殖密度，避免养殖污染，保护生物多样性。海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于一类标准。
3	10-11	楮岛滨海旅游区	重要滨海旅游区	29.62	海岛生态系统、威海桑沟湾魁蚶、荣成鼠尾藻、大叶藻种质资源	保护海湾、海岬等优质旅游资源不受破坏，控制养殖密度，避免养殖污染，保护生物多样性。海水水质不劣于二类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
4	3-06	荣成八河港河口生态区	重要河口生态系统	4.03	海洋自然生态系统	维持稳定的河口生态环境。海水水质不劣于二类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
5	13-09	荣成宁津保留区	保留区	13.19	领海基点	保持现状。
6	6-05	特别保护海岛	黑石岛海岛区	1.46	领海基点、海岛自然生态系统	保护领海基点岛礁，保持与其相关的地形地貌的稳定。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
7	6-06	镆鄒岛海岛区	特别保护海岛	17.87	领海基点、海岛自然生态系统	保护领海基点岛礁，保护周边相关地形地貌的稳定，适度清理海岛北部围海养殖，恢复海岛周边原始海洋生态环境，杜绝可能影响本海域的各种污染。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
8	15-17	荣成宁津工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	12.88	领海基点	加强海洋环境质量监测。严格控制温排水范围，减少温排水对海域生态系统的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平；开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。
9	15-18	荣成黑泥湾工业与城镇用海	工业与城镇用海区	0.79	海湾湿地生态系统	加强海洋环境质量监测。严格控制温排水范围，减少温排水对海域生态系统的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平；开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。
10	15-19	石岛湾北部工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	2.05	近岸湿地生态系统	加强海洋环境质量监测，尽量减少对石岛湾海洋动力环境的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平；开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。
11	10-12	石岛南海村滨海旅游区	重要滨海旅游区	2.32	自然景观、海岸线	保护海湾自然环境。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
12	10-13	石岛湾滨海旅游区	重要滨海旅游区	1.12	海岸自然景观	逐步恢复海湾、海滩自然环境，保护海岸自然景观。海水水质不劣于二类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于一类标准。
13	17-20	镆鄒岛外特殊利用区	特殊利用区	1.48	海洋自然生态系统；海洋水动力条件	禁止倾倒超过规定标准的有毒、有害物质，避免对海洋生态环境产生不利影响。海水水质不劣于四类水质标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量不劣于三类标准。避免对毗邻海洋敏感区、亚敏感区产生影响。
14	15-20	石岛湾西部工业与城镇用海区	工业与城镇用海区	1.93	近岸湿地生态系统	加强海洋环境质量监测，尽量减少对石岛湾海洋动力环境的影响。海域开发前基本保持所在海域环境质量现状水平；开发利用期执行海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量、海洋生物质量不劣于二类标准。
15	14-26	石岛港口航运区	港口航运区	40.58	港口水深地形条件	加强海域污染防治和监测。港口区海域海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准；航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。
16	14-27	石岛王家湾港口航运区	港口航运区	7.42	港口水深地形条件	强海域污染防治和监测。港口区海域海水水质不劣于四类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于三类标准；航道及锚地海域海水水质不劣于三类标准，海洋沉积物质量和海洋生物质量均不劣于二类标准。
17	13-08	荣成东近海保留区	保留区	2053.42	海洋自然生态系统	保持现状。

表 2.3-9 厂址半径 10km 范围内各街道农业情况（2020 年）

农业生产

面积：亩；产量 t

乡镇	粮食		油料		蔬菜		水果	
	面积	产量	面积	产量	面积	产量	面积	产量
宁津街道	28127	10880	10118	2250	3966	2250	4572	11161
港湾街道	0	0	0	0	0	0	0	0
桃园街道	1825	706	656	116	257	146	297	724
王连街道	20544	7947	7390	1215	2897	1643	3339	8152
东山街道	17509	6773	6298	1060	2469	1401	2846	6948
斥山街道	11283	4365	4059	752	1591	903	1834	4477

农作物生长期、储存期及销售情况

类别	品种名称	生长期（天）	含水率（%）	贮存期（月）	销售情况
粮食	小麦	220--270	13	12--24	大部分当地消费，小部分外销 部分当地消费，部分外销
	玉米	100--110	12.5	12--24	
	大豆	90--110	12.5	36	
薯类	红薯	120--150	68--72	3	
	马铃薯	90--100	70	4	
蔬菜	小白菜	60--80	95	0.5--1	
	大白菜	85--100	95--98	4--4.6	
	菠菜	45--180	90--93	0.1--0.2	
	芹菜	90--100	96	3	
	韭菜	多年生	85	0.2--0.5	
	茄子	170--180	93--94	1--1.5	
	辣椒	120--150	70--93	1--2	
	西红柿	120--210	90	2--3.5	
	黄瓜	135--240	96	0.6--2	
水果	萝卜	60--100	73	4--5	
	苹果	半年--220	85	4--7	
	梨	半年--220	85	4--7	
油料作物	桃子	90--180	89	1--2	
	花生	100--150	10	12--24	

表 2.3-10 厂址半径 10km 范围内各方位最近菜田和农田

方位	菜田					农田				
	行政村	距离 (km)	面积 (亩)	产品种	年产量 (t)	行政村	距离 (km)	面积 (亩)	产品种	年产量 (t)
N	曲家	3.5	18	萝卜、大白菜等	8	曲家	3.5	116	玉米、小麦等	29
NNE	无	—	—	—	—	马栏耩	4.2	160	玉米、小麦等	164
NE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
ENE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
E	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
ESE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
SE	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
SSE	后海崖	2.8	14	萝卜、大白菜等	7	后海崖	2.8	106	玉米、小麦等	87
S	岛西耩	4	7	萝卜、大白菜等	1	岛西耩	4	53	玉米、小麦等	13
SSW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
SW	无	—	—	—	—	无	—	—	—	—
WSW	东南海	3.4	40	萝卜、大白菜等	6	东南海	3.4	567	玉米、小麦等	379
W	邵家	6.2	25	萝卜、大白菜等	5	南港头	1.7	2114	玉米、小麦等	801
WNW	干占村	6.5	22	萝卜等	66	耩前殷家	3.1	106	玉米、小麦等	78
NW	东苏家	2.2	21	白菜等	10	南泊	1.5	90	玉米、小麦等	32
NNW	东墩	1.7	100	菠菜等	100	东墩	1.7	1004	小麦、玉米等	325

表 2.3-11（1/2）厂址半径 10km 范围内家畜家禽规模养殖户情况（2019 年）

街道	养殖场户名称	行政村	位置		畜别	总存栏（头、只、羽）	年出栏量（头、只）
			方位	距离（km）			
桃园	桃园种禽有限公司	苑家村东	W	3.2	鸡	306416	289000
	王晓霞狐狸场	东南海村东	WSW	3.4	狐狸	260	1670
	毕建荣猪场	苑家村东	W	3.2	猪	263	516
东山	东山宏祝猪场	石头河	WNW	7.7	猪	649	867
	张彩玉猪场	柳树集	NW	6.2	猪	328	758
	孔丽猪场	潭村林家	WNW	9.2	猪	699	606
	东山万路猪场	石头河	WNW	7.7	生猪	333	530
	东山林建礼猪场	潭村林家	WNW	9.2	生猪	501	453
	林少华鸡场	潭村林家	WNW	9.2	蛋鸡	10000	4300
	荣成市淼海实业有限公司	潭村林家	WNW	9.2	蛋鸡	238000	65944
宁津	荣成市宁津王国乾貂场	木也	NNW	4.5	貂	4000	6500

表 2.3-11（2/2） 厂址半径 10km 范围内各方位最近养殖场（2019 年）

方位	家禽养殖场						家畜或皮毛动物养殖场					
	行政村	距离 (km)	名称	饲养 品种	年存栏量 (只)	年上市量 (只)	行政村	距离 (km)	名称	饲养品种	年存栏量 (只)	年上市量 (只)
N	无	—	—	—	—	—	西钱家	4.2	冯治野猪场	生猪	493	623
NNE~SE	无	—	—	—	—	—	无	—	—	—	—	—
SSE	无	—	—	—	—	—	后海崖	2.8	刘忠涛貂场	貂	500	1500
S	无	—	—	—	—	—	刘庄	4	王秀丽貂场	貂	400	1200
SSW	无	—	—	—	—	—	无	—	—	—	—	—
SW	无	—	—	—	—	—	无	—	—	—	—	—
WSW	无	—	—	—	—	—	东南海	3	周晓朋猪场	猪	309	487
									周建平貂场	貂、貉	500	1110
									周红阳貂场	貂、狐、貉	950	1450
									许祖齐貂场	狐	200	430
									苏文海貉场	貉	40	290
W	无	—	—	—	—	—	南港头	8.8	李积国猪场	猪	52	66
WNW	石头河	7.7	东山爱芬鸡场	蛋鸡	0	3000	南夏家	3.2	张立孜猪场	猪	216	394
									夏德强猪场	猪	252	282
NW		1.5	东山王留仁鸡场	蛋鸡	7000	0	柳树集	6.2	东山王留仁鸡场	蛋鸡	7000	0
			东山毕连双鸡场	肉鸡	0	11400			东山毕连双鸡场	肉鸡	0	11400
			东山毕顺贞鸡场	肉鸡	0	13400			东山毕顺贞鸡场	肉鸡	0	13400

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

方位	家禽养殖场						家畜或皮毛动物养殖场					
	行政村	距离 (km)	名称	饲养 品种	年存栏量 (只)	年上市量 (只)	行政村	距离 (km)	名称	饲养品种	年存栏量 (只)	年上市量 (只)
NNW	—	—	—	—	—	—	宁津所	4.5	钱淑云猪场	生猪	534	633
									卢炳海猪场	生猪	320	202
									张后法猪场	生猪	30	38

表 2.3-12 植物和动物调查样线布设情况

样线号	方位	距厂址中心距离 (km)	样线描述	
植物调查	1	NNE	2	植被
	2	NNE	4	植被
	3	NW	6	甲子山, 山地植被
	4	W	6.5	朝阳洞山, 山地植被
	5	NNE	11	东褚岛, 滨海植被
	6	N~NNE	8.8	林家流水库, 林地
	7	NNW	8.5	龙门港水库, 林地
	8	NNW	10	固山, 山地植被
	9	NW	9	龙山, 山地植被
	10	NNW	5	山地植被
	11	NW	3	农田植被
	12	S	0.1	滨海植被
动物调查	1	N	2.2	滨海植被
	2	NNE	2	滨海植被
	3	N~NNE	9	东褚岛, 滨海滩涂
	4	SSW~S	1.5	滨海滩涂
	5	SSW	3.5	港口
	6	WNW	6	甲子山, 山地
	7	NNW	8	龙门港水库
	8	WNW	3.6	农田
	9	NW	9.5	滨海滩涂

表 2.3-13 厂址半径 10km 范围内各方位自然保护区

方位	自然保护区					
	地名	距离(km)	保护区名称	保护对象	面积、范围 (ha)	保护等级
N	—	—	—	—	—	—
NNE	—	—	—	—	—	—
NE	—	—	—	—	—	—
ENE	—	—	—	—	—	—
E	—	—	—	—	—	—
ESE	—	—	—	—	—	—
SE	—	—	—	—	—	—
SSE	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	—	—
SSW	—	—	—	—	—	—
SW	—	—	—	—	—	—
WSW	—	—	—	—	—	—
W	—	—	—	—	—	—
WNW	—	—	—	—	—	—
NW	八河水 库	9.6	八河港省级公园	湿地、鸟类	2474	省级
NNW	—	—	—	—	—	—

表 2.3-14（1/2） 海域调查站经纬度及调查项目

站位	东经（E）	北纬（N）	调查内容
1	122°33'00"	37°01'30"	水质
2	122°35'00"	37°01'30"	水质、沉积物、生态、放射性
3	122°37'00"	37°01'30"	水质
4	122°40'00"	37°01'30"	水质、沉积物、生态、放射性
5	122°33'00"	36°58'30"	水质
6	122°35'00"	36°58'30"	水质、沉积物、生态、放射性
7	122°37'00"	36°58'30"	水质
8	122°40'00"	36°58'30"	水质、沉积物、生态、放射性
9	122°33'00"	36°55'30"	水质、沉积物、生态、放射性
10	122°35'00"	36°55'30"	水质
11	122°37'00"	36°55'30"	水质
12	122°40'00"	36°55'30"	水质、沉积物、生态、放射性
13	122°36'00"	36°53'00"	水质
14	122°29'58"	36°52'07"	水质、沉积物、生态、放射性
15	122°32'52"	36°52'59"	水质、沉积物、生态、放射性
16	122°42'15"	37°01'24"	水质
21	122°26'51"	36°53'26"	水质、沉积物、生态、放射性
22	122°28'25"	36°55'01"	水质
23	122°31'15"	37°04'06"	水质
24	122°34'36"	37°04'18"	水质、沉积物、生态、放射性
25	122°42'44"	36°58'28"	水质、生态
27	122°38'10"	37°03'59"	水质、沉积物、生态、放射性
37	122°34'01"	36°50'47"	水质
38	122°40'04"	36°52'56"	水质
45	122°28'37"	37°03'51"	水质、沉积物、生态、放射性
48	122°42'08"	36°55'27"	水质、沉积物、生态、放射性
石岛湾核电厂排水口	122°33' 21"	36°58' 08"	水质、生态连续站
石岛湾核电厂北取水口	122°32' 38"	36°59' 16"	水质、生态连续站
石岛湾核电厂南取水口	122°31' 47"	36°57' 14"	水质、生态连续站

表 2.3-14 (2/2) 海域调查站经纬度及调查项目

站位	东经 (E)	北纬 (N)	调查内容
A	122°31'14.02"	36°58'04.01"	潮间带断面
B	122°31'59.99"	36°59'44.02"	潮间带断面
C	122°31'13.01"	36°54'28.01"	潮间带断面
D	122°32'44.02"	37°01'57.00"	潮间带断面
E	122°27'46.01"	37°06'08.00"	潮间带断面
F	122°25'13.00"	36°52'00.00"	潮间带断面

表 2.3-15 浮游动物各季调查的优势种

季节	中文种名	拉丁种名	出现频率(%)	优势度(Y)
秋季	强壮箭虫	<i>Sagitta crass</i>	100%	0.38
	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	100%	0.15
	中华假磷虾	<i>Pseudeuphausia sinica</i>	79%	0.05
	球型侧腕水母	<i>Pleurobrachia globosa</i>	57%	0.03
	拟细浅室水母	<i>Lensia subtiloides</i>	93%	0.03
	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>	64%	0.03
	大西洋五角水母	<i>Muggiaea atlantica</i>	79%	0.02
冬季	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	93%	0.57
	强壮箭虫	<i>Sagitta crass</i>	93%	0.24
	百陶箭虫	<i>Sagitta bedoti</i>	71%	0.04
	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i>	71%	0.02
春季	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	100%	0.49
	腹针胸刺水蚤	<i>Centropages abdominalis</i>	100%	0.25
	强壮箭虫	<i>Sagitta crass</i>	100%	0.08
	沃氏纺锤水蚤	<i>Acartia omorii</i>	86%	0.06
	小拟哲水蚤	<i>Paracalanus parvus</i>	93%	0.03
	短角长腹剑水蚤	<i>Oithona brevicornis</i>	64%	0.02
夏季	中华哲水蚤	<i>Calanus sinicus</i>	100%	0.72
	异体住囊虫	<i>Oikopleura dioica</i>	93%	0.07
	强壮箭虫	<i>Sagitta crass</i>	93%	0.04
	沃氏纺锤水蚤	<i>Acartia omorii</i>	57%	0.03
	鸟喙尖头蚤	<i>Penilia avirostris</i>	64%	0.02

表 2.3-16 大型底栖动物各季调查的优势种

中文名 拉丁文名	优势度			
	秋季	冬季	春季	夏季
索沙蚕 <i>Lumbrineris</i> sp.	0.079	0.025	——	0.007
竹节虫 <i>Maldanidae</i> und.	0.049	0.001	——	——
独毛虫 <i>Tharyx</i> sp.	0.031	0.371	0.015	0.024
异蚓虫 <i>Heteromastus</i> sp.	——	0.043	0.005	0.006
寡节甘吻沙蚕 <i>Glycinde gurjanovae</i>	0.013	0.101	0.032	0.024
日本强鳞虫 <i>Sthenolepis japonica</i>	0.009	0.034	0.017	0.001
秀丽波纹蛤 <i>Raetellops pulchella</i>	0.003	0.022	——	——
江户明樱蛤 <i>Moerella jedoensis</i>	——	0.030	——	——
多齿全刺沙蚕 <i>Nectoneanthes multignatha</i>	0.014	0.011	0.032	0.003
轮双眼钩虾 <i>Ampelisca cyclops</i>	0.010	0.011	0.043	0.029
寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i>	——	——	0.001	0.021
拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>	0.011	0.005	0.005	0.033

表 2.3-19 厂址半径 5km 范围内渔港情况

渔港名称	渔港类别	渔港等级	渔港地址	所属镇/街道	位置		水域面积 (m ²)	陆域面积 (万 m ²)	码头总长 (m)	平均水深 (m)	泊位 (个)	可停泊大中型渔船数量 (艘)	可停泊小型渔船数量 (艘)	年卸港量 (t)
					方位	距离 (km)								
泓运渔港	人工渔港	三级渔港	荣成市桃园街道西南海村	桃园	SW	3.6	4.9	5.1	400	-5.2	8	210	15	5 万
鑫发渔港	人工渔港	一级渔港	荣成市石岛管区朝阳西路 888 号	桃园	SW	3.7	41.19	29.618	1600	-4	52	200	45	60 万

表 2.3-20 厂址半径 15km 范围内锚地情况

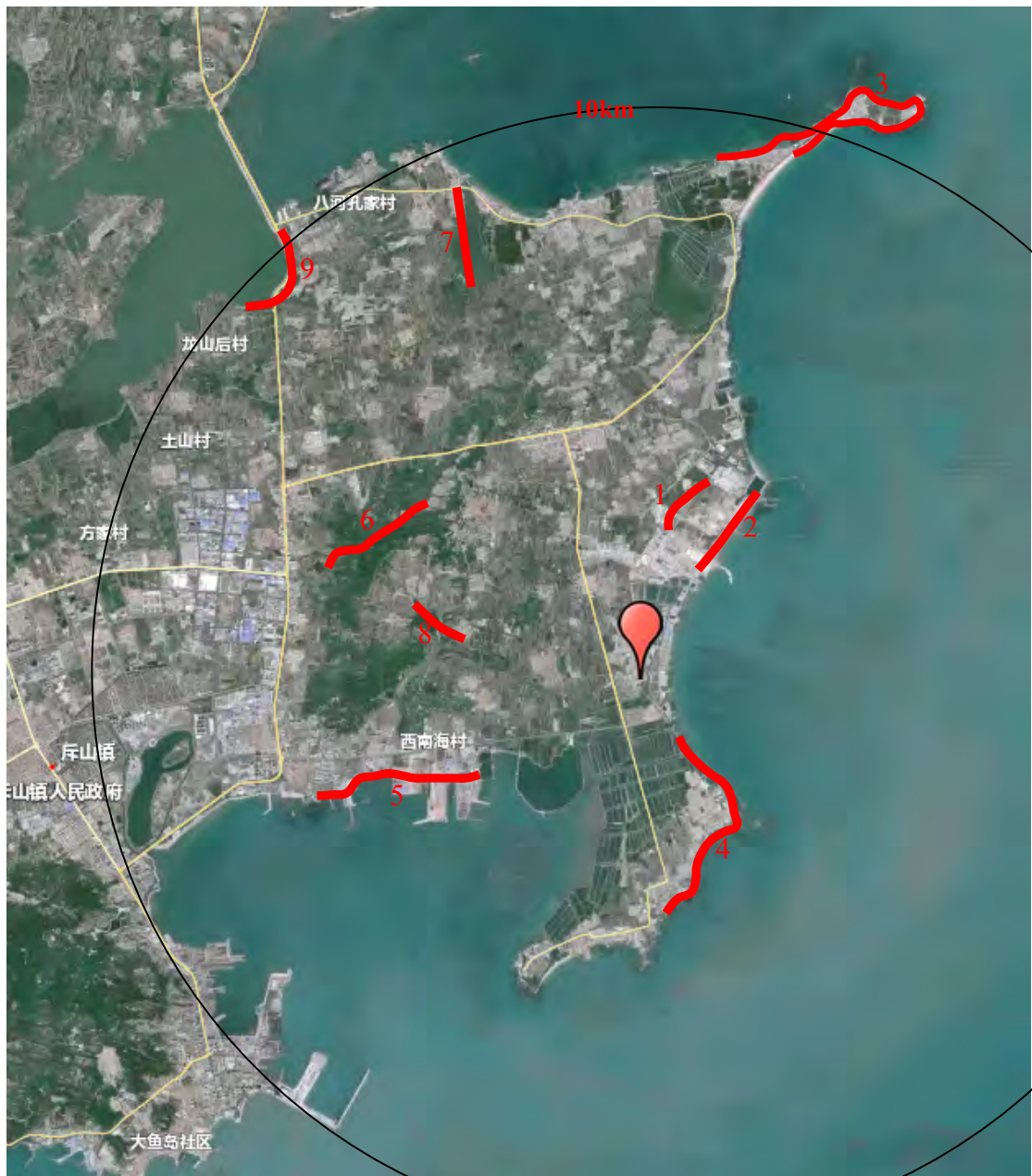
名称	位置		空间形状	经纬度坐标	水深 (m)	水域面积 (km ²)	用途	港池流向	底质
	方位	距离 (km)							
避风锚地	SSW	13	多边形	36°50'24"N, 122°26'35"E 36°50'24"N, 122°28'33"E 36°47'00"N, 122°26'35"E 36°47'00"N, 122°29'58"E	12.8~17.7	5	锚泊检疫	NW-SE	泥
检疫锚地	SSW	11	多边形	36°51'48"N, 122°26'50"E 36°51'48"N, 122°27'58"E 36°50'30"N, 122°26'50"E 36°50'30"N, 122°28'30"E	18.3~27.9	25	锚泊检疫	NW-SE	泥沙

表 2.3-21 厂址半径 15km 范围内航道情况

序号	航道名称	位置		长度 (m)	航道宽度(m)	水深 (m)
		方位	距离 (km)			
1	石岛港区外主航道	SSW	8.6	5500	1000	13~26.5
2	石岛港区内航道	SSW-SW	8.9	3250	100	9



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
植物调查样线分布图		
图 2.3-13	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目

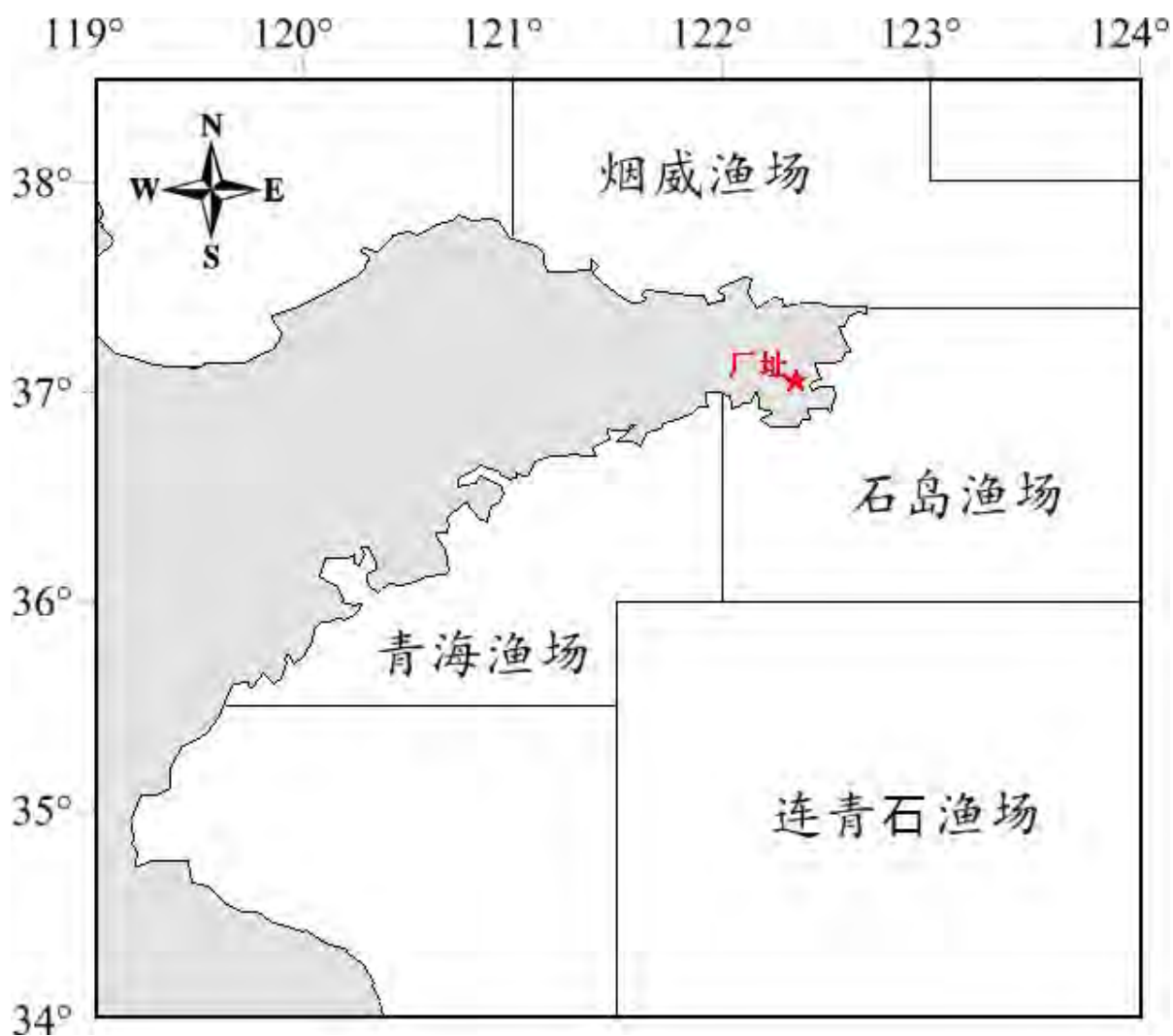
环境影响报告书（选址阶段）

动物调查样线分布图

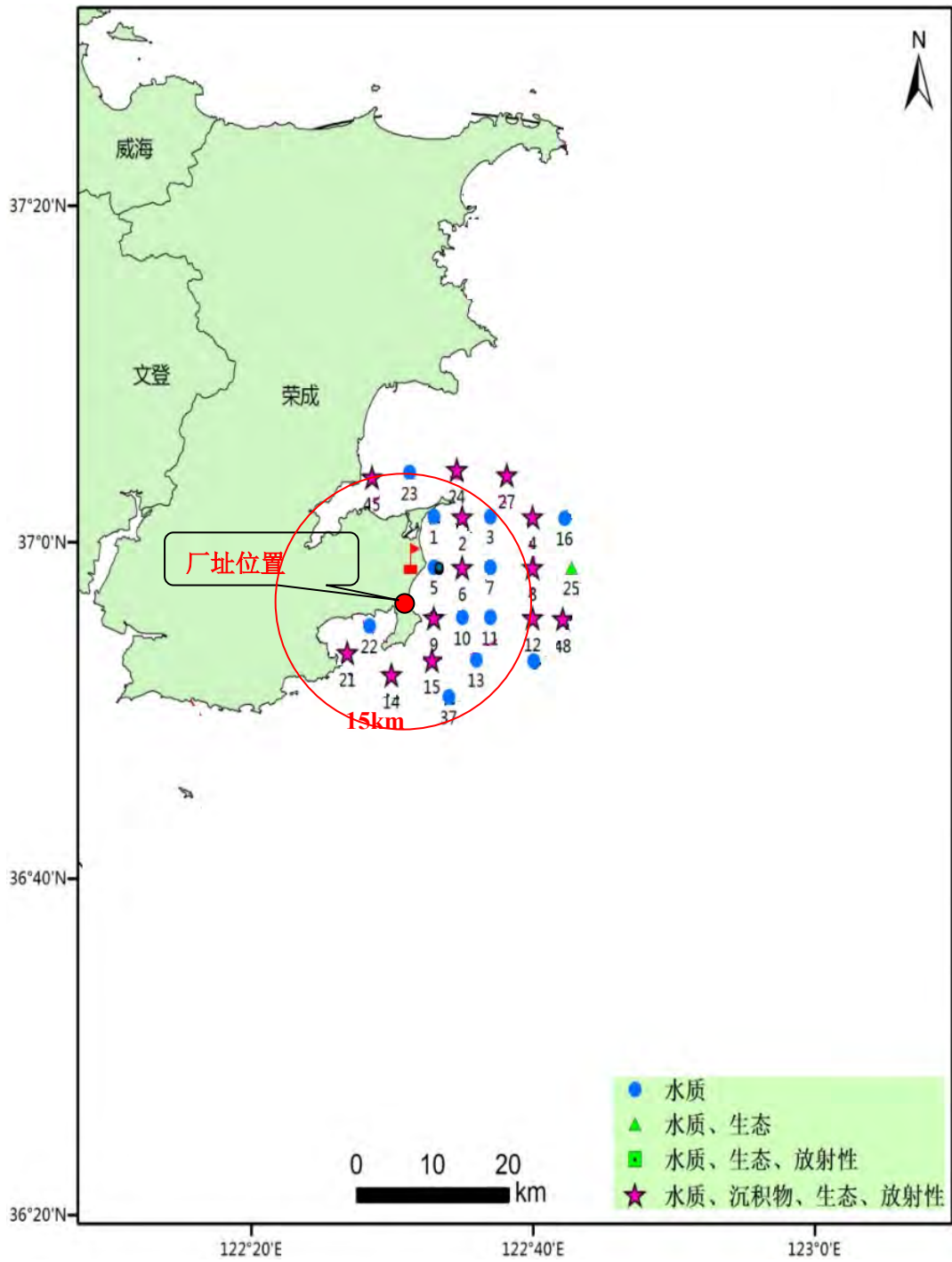
图 2.3-14

版次:

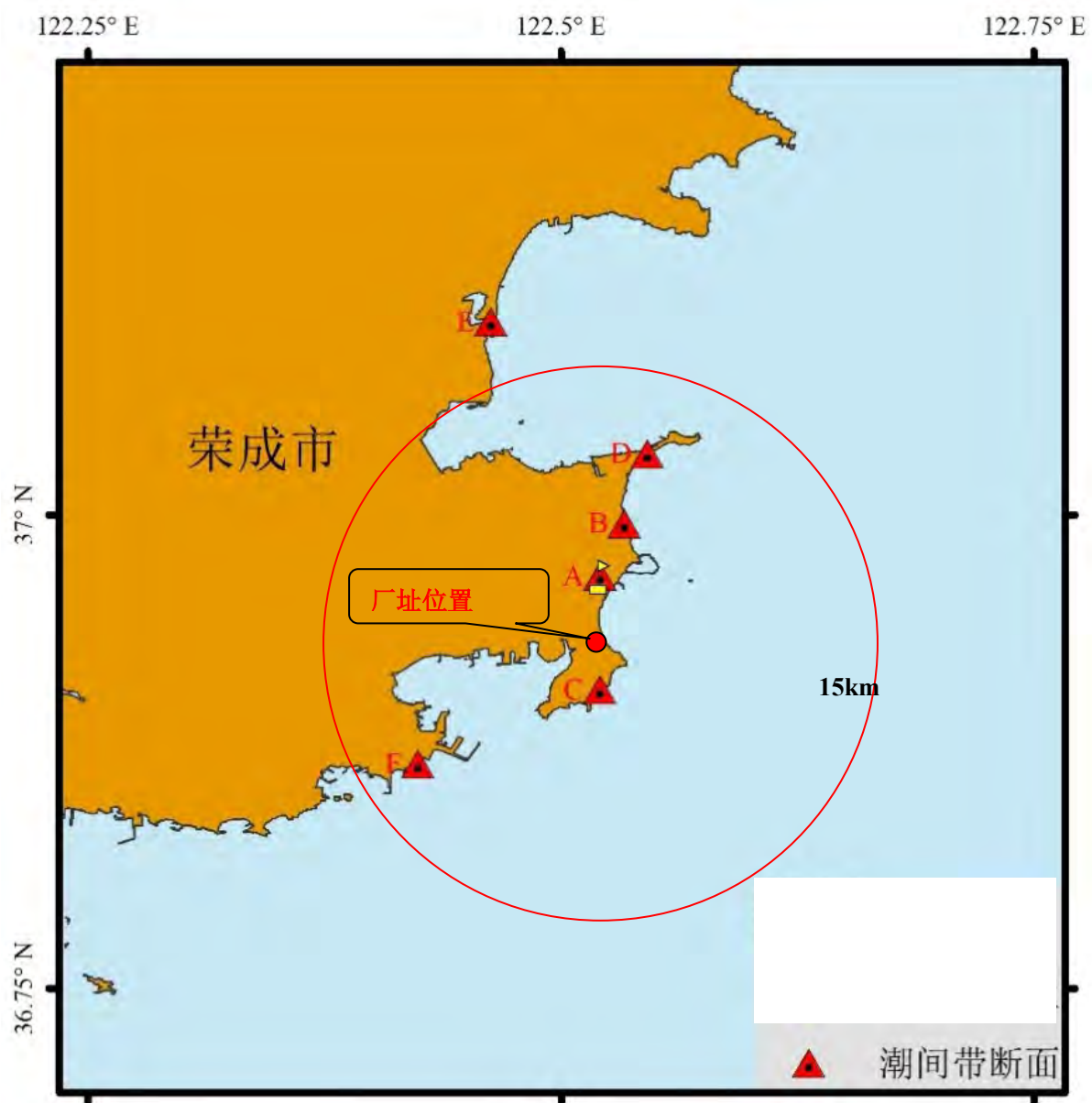
A



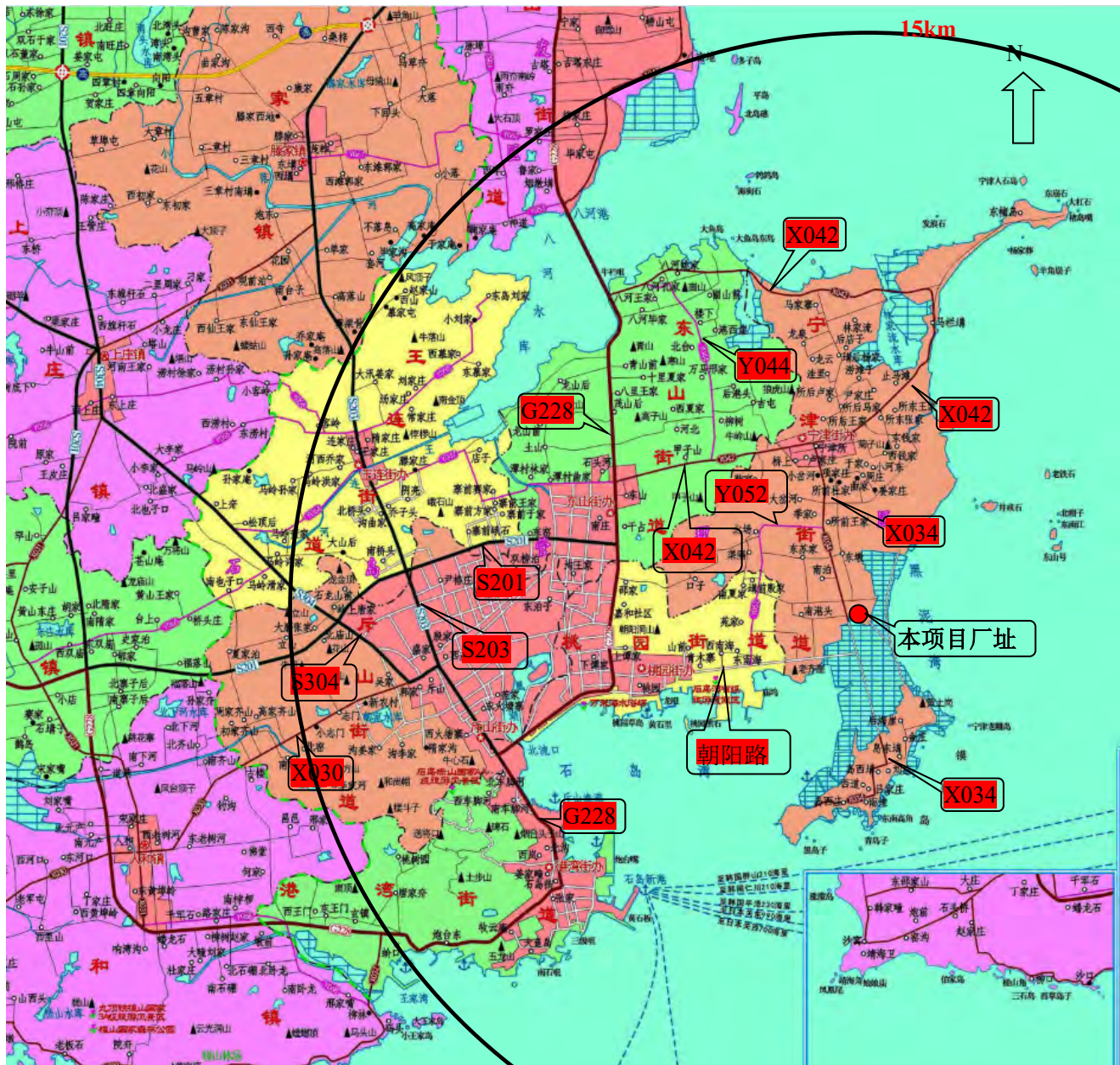
宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址附近渔场分布		
图 2.3-15	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
海洋生态调查站位图		
图 2.3-17（1/2）	版次：	A



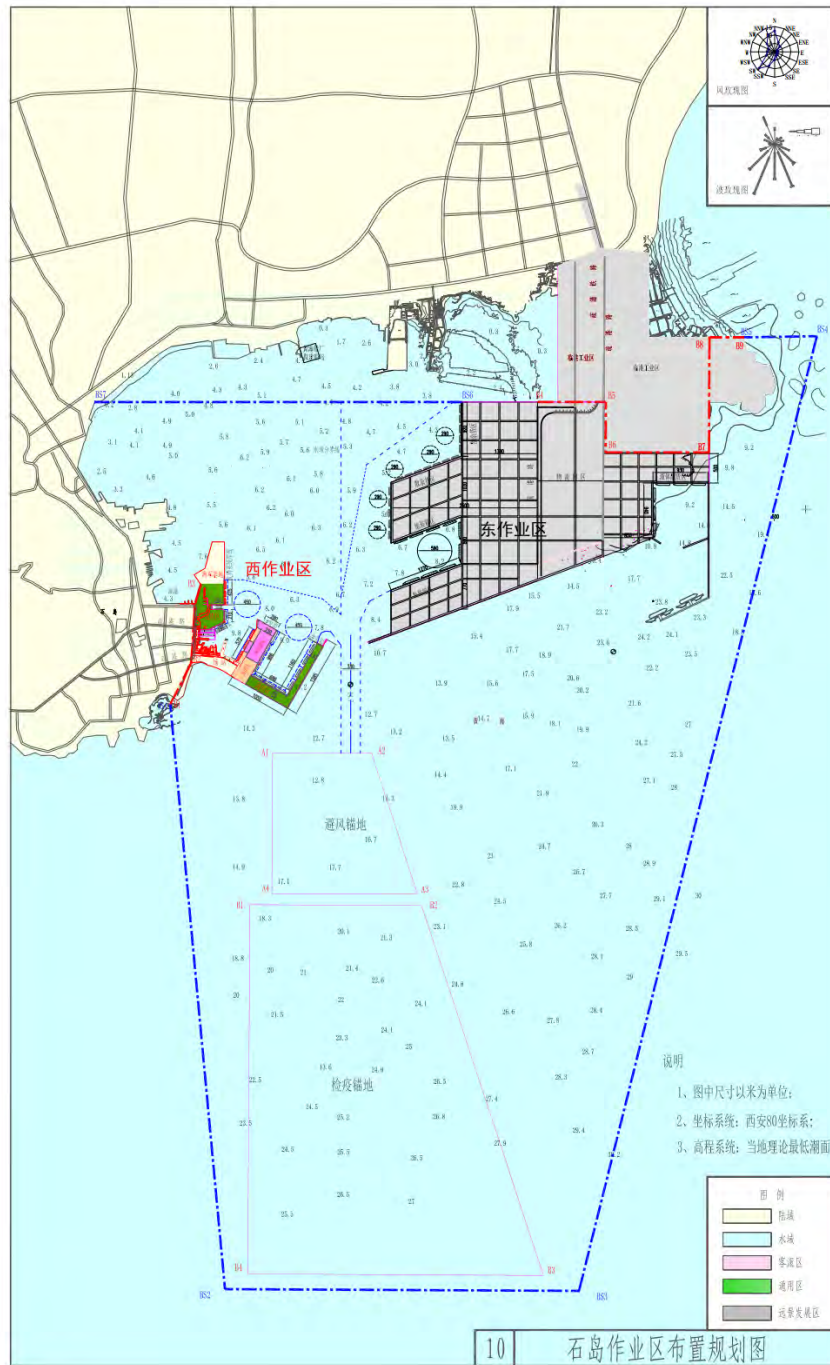
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
海洋生态调查站位图		
图 2.3-17（2/2）	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址周围交通道路示意图		
图 2.3-19	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目
 环境影响报告书（选址阶段）
 石岛港区东、西作业现状图及厂址半
 径 5km 范围内渔港分布图
 图 2.3-20 | 版次： | A



宽能谱超高通量试验堆项目

环境影响报告书（选址阶段）

石岛港区规划图

图 2.3-21

版次：

A

2.4 气象

2.4.1 区域气候

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

2.4.2.2 极端气象现象

2.4.3 当地气象条件

2.4.3.1 气温

2.4.3.2 气压

2.4.3.3 相对湿度

2.4.3.4 降水量

2.4.3.5 辐射

2.4.3.6 风

2.4.4 大气稳定度

2.4.5 联合频率

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

2.4.6.2 扩散参数

2.4.6.3 厂址地区大气边界层特征

2.4.7 运行前的厂址气象观测

2.4.8 参考资料

表

- 表2.4-1 厂址周边气象站信息及沿革
- 表2.4-2 石岛气象站累年气象特征值（1953-2019年）
- 表2.4-3 石岛气象站月、年风向频率（1953-2019年）
- 表2.4-4 厂址气象观测系统气象参数统计
- 表2.4-5 厂址各降水等级的降水量、降水小时数
- 表2.4-6 10m风杆、气象塔10m、30m、80m、100m各层逐月及全年平均风速
- 表2.4-7 10m风杆、气象塔10m、30m、80m、100m各层各月及全年风向频率
- 表2.4-8 各类稳定度分类结果
- 表2.4-9 厂址地区风向、风速、稳定度和降水联合频率
- 表2.4-10 厂址大气扩散参数

图

- 图2.4-1 厂址周边气象站和厂址的相对地理位置
- 图2.4-2 石岛气象站年平均风玫瑰图（1953-2019年）
- 图2.4-3 10m风杆、气象塔10m、30m、80m、100m各层全年风向玫瑰图
- 图2.4-4 降水期间10m风杆风向玫瑰图
- 图2.4-5 厂址大气扩散参数（彩色）和P-G扩散参数（黑色）

2.4 气象

宽能谱超高通量试验堆项目位于山东省威海市所辖荣成市石岛管理区宁津街道办事处东南，距离华能山东石岛湾核电厂仅数公里，本项目气象章节采用华能山东石岛湾核电厂相关气象专题以及厂址气象观测系统数据进行分析描述。

2.4.1 区域气候

宽能谱超高通量试验堆项目位于山东半岛东南部，滨临黄海，地处中纬度，属于北温带季风型大陆性气候，四季变化和季风进退都较明显。受海洋和大陆的影响，季风气候特点相当显著，是受季风环流影响较强的地区。厂址区域与同纬度的内陆地区相比，具有雨水丰富、年温适中、气候温和的特点。另外，受海洋的调节作用，具有明显的海洋性气候特点。

（1）春季

春季($10^{\circ}\text{C}\leq\text{候均温}\leq 22^{\circ}\text{C}$)，其特点是气温回升慢、天气多变、大风多、降水量少、低温。沿海地区比内陆地区春季持续时间长，气旋活动强烈，是全年大风最多的季节；春温低于秋温，干旱程度比同纬度华北地区轻。

春季是大气环流型由冬到夏的转换季节，低层环流形势表现为冬、夏季的主要大气活动中心并存。由于我国是大陆性季风气候，大陆的热力因素起主导作用，所以大气环流的季节转换也从下层开始。春季 500hPa（5500m）以上的环流基本上仍是冬季形势，南支西风位置变化不大，北支西风稍有北退；但低层 850hPa（1500m）以下则开始出现夏季环流形势。入春以后，随着太阳辐射日益增强，地面和空气的温度不断增高，蒙古高压强度减弱，并向西、向北收缩；蒙古气旋频繁出现，发展强烈，形成南高北低的气压场，所以春季是山东偏南大风出现最多的季节。同时南方气旋活跃，造成山东大风天气。春季虽然冷空气势力减弱，但出现次数仍频繁，若有较强的冷空气南下，会造成较强的降温，也会造成冰雹等强对流天气。此时，西太平洋副热带高压（以下简称“副高”）、大陆热低压势力逐渐增强，西南暖湿气流较冬季活跃，降水比冬季明显增多。由于春季回暖快，风力大，蒸发强，所以常出现春旱。

（2）夏季

夏季(候均温 $\geq 22^{\circ}\text{C}$)，是四季中最短的季节。其特点是气温高、降水量大。月平均气温都在 20°C 以上，旺盛的夏季风从海洋上带来丰沛的降水，大部分地区降水在500mm

以上，占全年的 60%，是全年降水量最多的季节，也是最潮湿的季节。高温期与多雨期一致。

夏季主要受西太平洋副高和大陆热低压控制，经常受热带海洋气团影响。在单一热带海洋气团控制之下，常是天气晴朗、高温而潮湿。此时来自高纬度的冷空气仍经常南下，在变性极地气团与热带海洋气团之间形成冷锋。虽然影响山东的冷锋次数及强度远不及春季，但由于南方暖湿气流强盛，经冷空气抬升常造成大量降水，有时达到暴雨强度，甚至出现冰雹等强对流天气，此时会出现短时间大风。6、7 月份南方气旋经常影响山东，造成大范围的降水，有时出现暴雨。盛夏台风活动频繁，平均每年有 2.9 次影响山东，带来大风和降水天气。随着大陆特别是青藏高原的增温，高原南侧温度梯度减弱。到 5 月底或 6 月初，高原南侧南支西风急流消失，青藏高压建立，西南季风爆发，我国大陆上主要雨带随之北移。6 月中旬到 7 月上旬，西太平洋副高第一次北跳后，脊线位于 20~25°N 之间，江淮流域梅雨开始，在梅雨后期(6 月末到 7 月初)，山东进入雨季。7 月中旬副高第二次北跳，脊线到达 30°N 附近，华北雨季开始。8 月下旬副高开始南撤，雨带也开始南退，8 月底或 9 月初山东雨季结束。

（3）秋季

秋季($10^{\circ}\text{C}\leq\text{候均温}\leq 22^{\circ}\text{C}$)，其特点是秋温高于春温，9 月上、中旬暖湿气团仍较活跃，带来较多降水，有时形成阴雨天气，影响秋收、秋晒；9 月下旬冷空气从北部入侵，气温逐渐降低，降水减少，云量较少，晴天日数多。全市平均秋温比春温高 4.6℃，秋温较高是海洋性气候的特征之一。

秋季是大气环流型自夏到冬季的转换季节。9 月蒙古高压建立后，山东基本上处在极地大陆气团的影响下。10 月，蒙古高压再度加强，地面上已是稳定的冬季环流形势。9 月上旬 500hPa 副高脊线已南撤到 25°N 以南，雨带也随之南撤，山东降水显著减少，秋季对流层上部的青藏高压消失，西风带南移，高原南侧的南支西风重新建立。10 月份，高空基本上为冬季的环流形势。秋季，随着蒙古高压的建立和加强，山东又转受极地大陆气团控制，气温明显下降，降水骤减，多秋高气爽天气。

（4）冬季

冬季(候均温 $\leq 10^{\circ}\text{C}$)，是持续时间最长、温度最低、降水最少的季节。冬少严寒，以 1 月为代表，其月平均温度为 -1.8°C 。因受北部冷高压控制，多偏北大风，常出现有规则的天气变换，人们称之为“三寒四温”。

冬季我国高空基本上受西风气流控制。影响我国有南、北两支急流：沿着青藏高原南侧经我国东部沿海到日本是一支稳定的南支西风急流；另一支在我国新疆北部、内蒙古、华北上空为北支西风急流，这支急流与极锋相联系。冬季影响山东的地面天气系统主要是冷锋，它是极地大陆气团和变性极地大陆气团之间的界面。较强冷锋过境后，常常出现偏北大风并引起强烈的降温，当南方暖湿空气较强时也会造成雨雪天气，有时还有雨淞。当青藏高原上有较深的低槽移出，西南气流较强时，南方气旋也会北上影响山东，造成大风和雨雪天气。冬季，强大干冷的蒙古高压控制我国，它主宰着冷空气的活动。山东位于蒙古冷高压的东南部，盛行偏北风，气候寒冷而干燥。

2.4.2 设计基准气象参数

2.4.2.1 常规气象

厂址周边气象站位置和信息见图 2.4-1 和表 2.4-1。

厂址常规气象根据石岛气象站 1953~2019 年气象观测数据统计结果进行描述，表 2.4-2 给出了石岛气象站累年气象特征值（1953~2019 年）。

2.4.2.1.1 气温

石岛气象站多年平均气温为 12.1℃，8 月份月平均气温最高，为 24.6℃；1 月份月平均气温最低，为-0.8℃。极端最高气温为 36.8℃，出现在 7 月，极端最低气温-14.6℃，出现在 1 月。

2.4.2.1.2 气压

厂址区域全年气压变化明显，冬季高于夏季。

石岛气象站年平均海平面气压为 1014.5hPa，1 月份月平均气压最高，为 1023.9hPa；7 月份月平均气压最低，为 1002.7hPa。极端最高气压为 1044.5hPa，出现在 2 月，极端最低气压为 977.6hPa，出现在 6 月。

2.4.2.1.3 相对湿度

厂址区域夏季相对湿度明显高于冬季。

石岛气象站相对湿度全年平均为 72%，7 月份月平均相对湿度最大，为 90%；1 月

份月平均相对湿度最小，为 63%。最小相对湿度为 8%，在 2~4 月均有出现。

2.4.2.1.4 日照

厂址区域日照充足，一年中春、秋季日照时数最多，冬季较少。

石岛气象站年日照时数平均为 2490.5 小时，5 月份月平均日照时数最多，为 249 小时；7 月份月平均日照时数最少，为 164.8 小时。

2.4.2.1.5 降水

厂址区域降水较少，6~9 月雨水较为集中。

石岛气象站多年年平均降水量为 787.8mm。8 月份降水量最多，降为 185.5mm，1 月份降水量最少，为 11.6mm。

2.4.2.1.6 风

表 2.4-3 给出了石岛气象站月、年风向频率，图 2.4-2 给出了石岛气象站年平均风玫瑰。分析图表可知，厂址区域季风特征明显，全年风向集中于偏西南方位和偏北方位。年最多风向为 N，风频为 13%，次多风向为 SW，风频为 12%，年静风频率为 7%。9 月至次年 2 月，偏北方位的风向占绝对主导地位，5 月至 7 月，偏西南方位的风向占绝对主导地位，西南风和偏北风交替的时间较短。

年平均风速 4.1m/s，3 月、4 月平均风速最大，为 4.7m/s，7 月平均风速最小，为 3.3m/s。最大风速为 28.3m/s，出现在 5 月。

2.4.2.2 极端气象现象

2.4.2.2.1 热带气旋

调查范围为以厂址为中心的 400km 半径的区域，根据 1949 年~2020 年间台风资料，穿越或登陆厂址 400km 半径范围内的热带气旋（含热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风和强台风）共有 80 个，平均每年 1.11 个。其中，强台风 1 个、台风 12 个、强热带风暴 25 个，热带风暴 25 个，热带低压 17 个。主要发生于 6 月~9 月份，发生次数分别为 2 次、28 次、40 次和 10 次，10 月~翌年 5 月均没有过程发生。

厂址千年一遇的设计基准热带气旋的参数如下：

- 热带气旋中心最低气压 $P_0=928\text{hPa}$;
- 热带气旋外围气压 $P_\infty=1010\text{hPa}$;
- 热带气旋最大风速半径 $R=25\text{km}$;
- 热带气旋最大移速为 27km/h ;
- 厂址的最大风速 37.7m/s 。

2.4.2.2.2 龙卷风

对以厂址为中心约 300km 为半径的所有气象站和区域范围收集了 1950 年到 2019 年的龙卷风数据，调查区域具体为：烟台、福山、牟平、莱阳、栖霞、莱州、龙口、招远、蓬莱、海阳、威海、荣成、成山头、石岛、文登、乳山、平度、莱西、胶州、即墨、青岛、崂山、胶南、高密、潍坊、诸城、昌邑、安丘等 28 个县市的气象局、三防办、编志办、民政局、档案馆、新闻媒体等。调查面积 35633.95km^2 。70 年共收集了 136 个龙卷风样本实例。平均每年出现约 1.94 次，出现次数最多的年份 1966 年，达 10 次；2001 年出现 6 次；1998 年、2006 年、2012 年各出现 5 次；在 70 年中有 16 年未出现龙卷风。

龙卷风有明显的季节变化，夏季发生次数占全年发生次数的 69.6%，11~3 月从未发生。对厂址区域有发生时刻记录的 46 次龙卷风进行统计，龙卷风主要发生于午后至傍晚，13~17 时共发生 28 次，占 61%，其它时间发生 18 次，占 39%，因为龙卷风是一种小尺度天气现象，受下垫面影响非常明显，午后对流发展强盛，龙卷风容易发生。

龙卷风是一种小尺度天气现象，生命史很短，对厂址区域有持续时间记录的 21 次龙卷风进行统计，多数龙卷风仅能维持几分钟，持续时间在 30 分钟以下有 20 次，占 95.2%，在 30 分钟以上的很少，只有 1 次。

参考安全导则给出的计算方法，厂址 10^{-7} 概率水平的设计基准龙卷风为 F3 级别，对应的设计参数：

- 最大设计风速 (m/s)：75.0;
- 最大旋转风速 (m/s)：60.4;
- 最大平移风速 (m/s)：14.6;
- 最大压降速率 (hPa/s)：11.72;
- 总压力降 (hPa)：40.13。

2.4.2.2.3 极端积雪

通过对威海、成山头 and 石岛气象站基本资料的分析，厂址百年一遇设计基准雪压值为 1.181kN/m^2 。

2.4.3 当地气象条件

本项目厂址距离华能山东石岛湾核电站较近，当地气象分析采用华能山东石岛湾核电站址 2021 年 1 月至 12 月一整年气象观测数据。

表 2.4-4~表 2.4-7 给出厂址气象观测系统 2021 年 1 月至 12 月一整年的气象要素统计值。

2.4.3.1 气温

（1）地面气温

厂址地区年平均气温为 13.4°C ，8 月平均气温最高，为 24.7°C ，1 月平均气温最低，为 -0.7°C 。最高气温为 31.1°C ，出现在 7 月，最低气温为 -12.5°C ，出现在 1 月。

（2）气象塔塔层气温

气象塔 10m 高度年平均气温 13.7°C ，8 月平均气温最高，为 24.7°C ，1 月平均气温最低，为 -0.2°C 。

气象塔 30m 高度年平均气温 13.6°C ，8 月平均气温最高，为 24.7°C ，1 月平均气温最低，为 -0.1°C 。

气象塔 80m 高度年平均气温 13.5°C ，8 月平均气温最高，为 24.4°C ，1 月平均气温最低，为 -0.2°C 。

气象塔 100m 高度年平均气温 13.5°C ，8 月平均气温最高，为 24.4°C ，1 月平均气温最低，为 -0.2°C 。

2.4.3.2 气压

厂址地区全年平均气压为 1012.8hPa ，12 月份平均气压最高，为 1023.7hPa ，8 月份平均气压最低，为 999hPa 。最高气压 1034.4hPa ，出现在 12 月，最低气压 961.6hPa ，出现在 8 月。

2.4.3.3 相对湿度

厂址地区全年平均相对湿度为 76%，全年月平均相对湿度在 65%至 91%之间波动。最小相对湿度 14%，出现在 4 月。

2.4.3.4 降水量

厂址地区年降水量为 1019.6mm，年降水小时数 742h。年内各月降水分配不均，雨水主要集中在 4~10 月。表 2.4-5 给出了厂址各降水等级的降水量和降水小时数。

各风向降水量为：66.7mm（N）、43mm（NNE）、85.3mm（NE）、102.3mm（ENE）、93.8mm（E）、115.8mm（ESE）、88.6mm（SE）、35.6mm（SSE）、27.9mm（S）、34.4mm（SSW）、71.9mm（SW）、27.4mm（SWS）、58.3mm（W）、38.4mm（WNW）、47.9mm（NW）、76.1mm（NNW）、6.2mm（C）。

2.4.3.5 辐射

厂址地区年均总辐射为 345.1W/m²，5 月总辐射最高，为 432.7W/m²，12 月总辐射最低，为 217.2W/m²。

厂址地区年均净辐射为-43.5W/m²，2 月净辐射最高，为-56.8W/m²，7 月净辐射最低，为-23.3W/m²。

2.4.3.6 风

表 2.4-6 给出了风杆 10m 以及气象塔 10m、30m、80m 和 100m 各层月平均风速值。表 2.4-7 给出了风杆 10m 以及气象塔 10m、30m、80m 和 100m 各层各月及全年风向频率。图 2.4-3 给出了风杆 10m 以及气象塔 10m、30m、80m 和 100m 各层全年风向玫瑰图。图 2.4-4 给出了降水期间风杆 10m 高度全年风玫瑰图。

- 10m 风杆和气象塔 10m、30m、80m 和 100m 高度静风频率分别为 1.6%、1.7%、1.5%、0.2%和 0.2%。
- 10m 风杆和气象塔 10m、30m、80m 和 100m 高度层主导风向分别为 SW（10.6%）、SSW（10.5%）、SSW（11.4%）、SSW（12.1%）、SW（11.1%）；
- 10m 风杆和气象塔 10m、30m、80m 和 100m 高度层平均风速分别为 2.8m/s、

2.7m、3.9m/s、6.0m/s 和 6.3m/s。

— 厂址降水期主导风向为 SE，风频为 10.2%，静风频率为 0.7%。

风杆 10m 高度和气象塔 10m 高度的风速、风向基本一致，10m 高度风速和风向采用获取率更高的 10m 风杆观测值。

2.4.4 大气稳定度

分别采用温度梯度-风速分类法（利用气象塔 10m、80m 温度数据和风杆 10m 风速数据）、温度梯度分类法和改进的 Pasquill 分类法（根据辐射和风速数据判别稳定度）进行稳定度分类，其各类稳定度出现频率见表 2.4-8。从分类结果来看，温度梯度-风速和改进的 Pasquill 分类法较为接近，温度梯度法给出的不稳定类偏少，E 类偏多。

从稳定度分类方法原理来看，改进的 Pasquill 分类法综合考虑了热力湍流和机械湍流的作用，该方法通过太阳总辐射和夜间净辐射的大小来判断热力湍流的强弱。本厂址为滨海厂址，同时地形有起伏，厂址热力湍流情况不仅与太阳辐射有关，还受局地地形和海上来流造成的热力影响。因此，该方法对于本厂址热力湍流的影响因素的考虑不够全面。

温度梯度分类法仅仅考虑热力湍流对大气稳定度的影响，而没有考虑机械湍流的影响。在机械湍流起主导作用的对流不稳定天气条件下，温度梯度常常可能是中性和稳定条件下的温度递减率。因此，采用温度梯度法稳定度分类统计结果中 D 类及 E 类偏多，不稳定类偏少。

温度梯度-风速分类法综合考虑了热力湍流和机械湍流的作用，该方法通过温度梯度的大小来判断热力湍流的强弱，能够直接反应厂址地区的热力湍流情况。采用该方法判别的各类稳定度频率也较为合理，综合比较三种稳定度分类方法表明，温度梯度-风速分类法最适用于本厂址。

厂址地区各类稳定度所占比例分别为：A 类 6.2%，B 类 16.8%，C 类 10.9%，D 类 34.4%，E 类 7.0%，F 类 24.7%。

2.4.5 联合频率

联合频率统计采用华能山东石岛湾核电厂 2021 年 1 月至 12 月一整年逐时 10m 风杆风向、风速，降水量和大气稳定度，上述数据的联合获取率为 94.7%，满足相关导

则中获取率不低于 90%的要求。按照《核电厂厂址选择的大气弥散问题》(HAD101/02) 导则要求，在联合频率统计中，风向分 16 个方位。将风速划分为 6 级，即：

- 风速小于 0.5m/s 按静风处理，作为第一级风速；
- 0.5~1.9m/s 为第二级风速；
- 2.0~2.9m/s 为第三级风速；
- 3.0~4.9m/s 为第四级风速；
- 5.0~5.9m/s 为第五级风速；
- 大于 6.0m/s 为第六级风速。

表 2.4-9 给出了厂址地区全年风向、风速、稳定度和降水的联合频率分布。

2.4.6 混合层高度及扩散参数值

2.4.6.1 混合层高度

北京大学科技开发部于 2007 年 12 月 11 日~12 月 28 日和 2007 年 08 月 21 日~09 月 11 日分别进行了华能山东石岛湾核电厂厂址地区冬夏两季的大气测试实验。本项目厂址与华能山东石岛湾核电厂厂址距离较近，本项目采用该实验结果，厂址区域各类稳定度条件下混合层高度推荐值：A-B 类 900m，C 类 350m，D 类 200m。

2.4.6.2 扩散参数

本项目厂址与华能山东石岛湾核电厂厂址距离较近，大气扩散参数采用 2008 年《华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电示范工程大气扩散试验研究报告》综合推荐的结果。该大气扩散参数综合了 SF₆ 示踪试验、数值模拟与湍流观测三种方法，表 2.4-10 给出了该大气扩散参数，图 2.4-5 给出了该大气扩散参数和 P-G 扩散参数比较图。

2.4.6.3 厂址地区大气边界层特征

北京大学于 2007 年开展了华能石岛湾核电厂大气边界层特征的观测与分析，为了研究海上来流条件下的热内边界层特征，夏季（2007 年 08 月 21 日~2007 年 09 月 11 日）的三个探空观测站的布站是以海边厂址向内陆方向依次选取东山镇、王连镇为观测站位，三站间距约 7~8 公里。

热内边界层研究的关键之一是确定边界层高度从海岸线向内陆的空间变化。观测

共设有 3 个测点，总体向西边内陆一侧延伸，采用的处理方法是：对 3 个测点分别确定观测时刻的对流边界层高度及对应的气流登陆行程（或上风风程），然后将结果按上风风程进行统计，从而获得热内边界层高度随上风风程的变化关系。与此同时，结合近地面流动和反向轨迹分析方法判断单次探测资料代表的上风风程，以估算空气从海面进入陆地后到达观测点的行进距离。统计 3 个测站的资料获得当地热内边界层随深入陆地距离的变化，并归纳出经验关系。结果表明，当地热内边界层高度偏大，但变化趋势基本符合距离的 1/2 次方律（厂址区域热内边界层高度随路径距离的变化推荐为： $h = 5.1X^{0.5}$ ），与前人的理论和实验结果一致。观测期间，在夏季偏南风且风力不大的天气条件下，易出现热内边界层，但其强度较弱。

2.4.7 运行前的厂址气象观测

运行前，为了了解厂址气象条件并为评估电厂正常运行和事故工况下气载放射性排放的辐射影响提供气象数据，在厂址建立适当高度的气象塔梯度观测系统和厂址专用地面气象站，对气象要素进行逐时连续观测。

一 厂址气象铁塔与梯度观测系统

在厂址建立适当高度的厂址气象塔梯度观测，测量的气象要素为各高度风向、风速和温度。

一 厂址专用地面气象站

该站与国家气象站网的常规气象站基本相同，观测项目有降雨量、气压、太阳总辐射、净辐射、温湿度和地表温度。

各气象要素观测仪器灵敏度和准确度应满足《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）。

2.4.8 参考资料

- [1] 中国辐射防护研究院，石岛湾核电厂址大气扩散模式研究总结报告，2013 年 3 月；
- [3] 国核电力规划设计研究院有限公司，华能山东石岛湾核电厂扩建工程可行性研究阶段常规气象和极端气象复核专题报告，2020 年 12 月。

表 2.4-4 (1/2) 厂址气象观测系统气象参数统计

气温(°C) 月份	10m 高度			30m 高度			80m 高度			100m 高度		
	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低
一月	-0.2	9.2	-12.2	-0.1	8.8	-12.4	-0.2	8.3	-12.9	-0.2	8.4	-13.0
二月	2.9	15.5	-7.2	2.9	15.1	-7.4	3.0	14.9	-7.8	3.1	14.9	-7.9
三月	6.4	14.2	-1.3	6.4	13.6	-1.4	6.4	13.2	-1.7	6.5	13.4	-1.8
四月	10.9	18.3	4.1	10.8	17.7	4.4	10.8	17.0	4.5	10.8	16.9	4.4
五月	16.4	23.7	10.4	16.3	23.1	10.3	16.2	22.6	9.8	16.3	22.7	9.6
六月	20.2	28.9	14.9	20.0	28.4	14.7	20.0	27.8	15.2	20.1	27.6	15.1
七月	23.9	30.5	19.8	23.7	29.9	19.6	23.6	29.2	19.4	23.7	28.9	19.3
八月	24.8	29.2	19.2	24.7	28.5	19.1	24.4	27.8	18.5	24.4	27.8	18.4
九月	22.3	26.1	17.5	22.3	25.5	18.1	22.0	24.9	18.8	21.9	24.8	18.6
十月	17.4	24.7	9.4	17.5	24.2	9.9	17.3	23.5	10.6	17.2	23.3	10.8
十一月	11.0	20.0	1.9	11.1	19.4	1.8	10.9	18.6	1.4	10.8	18.5	1.2
十二月	5.3	13.4	-7.8	5.4	13.0	-8.1	5.4	12.4	-8.5	5.3	12.2	-8.7
全年	13.7	30.5	-12.2	13.6	29.9	-12.4	13.5	29.2	-12.9	13.5	28.9	-13.0

表 2.4-4 (2/2) 厂址气象观测系统气象参数统计

时间 \ 参数	气压 (hPa)			相对湿度 (%)		降水		百叶箱温度 (°C)			总辐射 (W/m ²)	净辐射 (W/m ²)
	平均	最高	最低	平均	最低	降水量 (mm)	降水小时数 (h)	平均	最高	最低		
一月	1023.5	1033.1	1009.1	71	21	6.1	9	-0.7	9.6	-12.5	238.8	-53.0
二月	1020.4	1032.0	1002.2	69	26	4.9	13	2.5	15.8	-8.3	321.2	-56.8
三月	1018.5	1029.7	1000.0	69	17	36	32	6.2	15.0	-2.1	376.3	-49.5
四月	1017.7	1028.4	1006.6	66	14	204	100	10.8	19.0	1.6	408.4	-45.5
五月	1005.7	1011.4	996.1	74	22	68.1	66	16.3	24.5	10.0	432.7	-41.3
六月	1004.5	1012.6	995.8	86	29	82.6	85	20.3	29.2	14.6	407.0	-30.1
七月	1004.5	1012.3	992.5	91	58	197.6	89	24.1	31.1	19.0	390.9	-23.3
八月	999.0	1012.6	961.6	84	46	165.4	99	24.7	30.0	18.7	380.3	-35.0
九月	1005.3	1021.2	967.1	85	48	44.5	123	22.2	27.1	15.2	346.3	-43.2
十月	1018.9	1028.4	1004.8	76	23	111.2	84	16.7	25.3	4.7	279.3	-37.2
十一月	1017.3	1025.8	1007.5	67	25	56.6	21	10.3	20.7	1.8	252.7	-51.2
十二月	1023.7	1034.4	1011.5	65	33	42.6	21	4.6	13.6	-7.9	217.2	-56.0
全年	1012.8	1034.4	961.6	76	14	1019.6	742	13.4	31.1	-12.5	345.1	-43.5

表 2.4-5 厂址各降水等级的降水量、降水小时数

降水等级	降水 小时数	降水量 (mm)
$0.0 < rr < 0.2$	290	29
$0.2 \leq rr < 0.5$	197	50.9
$0.5 \leq rr < 1.0$	79	51.7
$1.0 \leq rr < 2.0$	47	66.3
$2.0 \leq rr < 5.0$	76	248.9
$5.0 \leq rr < 7.0$	21	119.9
$7.0 \leq rr < 10.0$	13	112.2
$10.0 \leq rr < 15.0$	6	73.9
$15.0 \leq rr < 20.0$	8	143.6
$20.0 \leq rr < 30.0$	4	90.4
$30.0 \leq rr$	1	32.8

rr 为小时降雨量 (mm/h)

表2.4-6 10m风杆、气象塔10m、30m、80m、100m各层逐月及全年平均风速（m/s）

月份 \ 高度	10m 风杆	气象塔			
		10m	30m	80m	100m
一月	3.2	3.0	3.9	6.4	6.7
二月	3.3	3.0	4.3	6.1	6.6
三月	3.1	2.9	4.0	5.5	5.7
四月	3.4	3.1	4.5	6.8	7.1
五月	2.9	3.2	4.3	5.8	6.4
六月	2.6	2.5	3.7	5.3	5.6
七月	2.1	2.1	3.1	5.2	5.5
八月	1.9	2.0	3.0	4.7	5.2
九月	2.4	2.3	3.9	5.9	6.4
十月	2.4	2.4	3.5	6.3	6.7
十一月	3.1	2.9	4.4	7.4	8.1
十二月	2.9	2.9	4.1	7.0	6.8
全年	2.8	2.7	3.9	6.0	6.3

表 2.4-7 (1/5) 10m 风杆、气象塔 10m、30m、80m、100m 各层各月及全年风向频率 (%)

10m 风杆

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	11.2	8.0	8.9	4.3	4.4	2.9	2.8	6.7	6.9	12.0	7.6	12.6	7.2
NNE	7.9	11.2	9.1	8.5	3.1	1.0	2.6	7.0	5.0	8.4	4.0	7.2	6.2
NE	3.6	10.4	4.8	6.7	7.2	3.1	7.0	8.7	10.1	10.6	4.0	3.6	6.7
ENE	2.2	3.1	6.0	5.7	7.7	2.8	10.1	5.0	8.2	4.7	3.4	0.9	5.1
E	1.3	2.1	3.2	3.8	6.1	4.4	7.0	4.8	7.5	4.2	1.8	1.5	4.1
ESE	2.0	2.2	2.2	5.2	3.3	4.0	6.2	5.0	10.1	2.8	2.4	1.9	4.0
SE	1.6	1.5	2.3	4.4	5.2	4.3	11.6	8.9	11.2	4.0	3.8	1.9	5.2
SSE	3.1	1.5	3.2	2.5	3.5	9.2	8.2	4.8	3.9	2.4	3.4	0.6	4.0
S	3.5	3.4	4.8	3.9	6.3	12.4	12.5	6.3	3.5	4.2	2.7	2.3	5.7
SSW	3.8	7.9	7.9	9.8	8.6	17.1	12.0	8.1	4.4	7.7	1.8	2.8	7.8
SW	4.3	12.4	13.4	11.5	14.7	21.9	12.8	9.8	7.8	5.9	5.1	5.5	10.6
WSW	5.4	8.2	7.3	4.4	7.5	6.5	2.6	4.3	3.6	1.7	6.0	4.7	5.2
W	8.1	6.2	2.7	6.1	4.9	2.8	0.9	3.5	4.0	2.6	13.4	17.4	5.7
WNW	9.5	3.6	5.2	3.6	5.1	4.2	0.4	3.6	2.9	5.4	13.4	11.7	5.5
NW	15.3	5.8	5.8	6.4	5.8	1.0	0.5	4.7	5.3	12.5	16.5	13.4	7.4
NNW	15.1	9.2	9.8	11.5	6.1	1.4	1.3	6.7	3.9	10.3	10.3	11.5	7.9
C	2.2	3.3	3.1	1.6	0.7	1.1	1.6	2.0	1.5	0.5	0.4	0.6	1.6

表 2.4-7 (2/5) 10m 风杆、气象塔 10m、30m、80m、100m 各层各月及全年风向频率 (%)

气象塔 10m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	10.0	10.2	9.8	7.2	3.8	1.7	1.3	7.8	6.5	13.9	10.2	10.7	7.8
NNE	5.6	11.6	6.9	5.5	4.1	1.2	0.4	3.3	4.2	8.3	2.0	4.8	4.8
NE	2.5	4.1	7.3	6.4	5.8	4.0	3.7	4.5	7.0	7.1	4.0	4.0	5.0
ENE	1.2	1.5	3.3	4.7	7.4	5.3	13.7	8.4	10.3	5.4	3.5	2.9	5.6
E	1.5	1.7	2.2	3.0	3.0	2.7	11.1	7.9	9.9	3.2	1.6	1.1	4.1
ESE	2.9	2.4	2.1	5.1	2.3	4.0	2.7	4.4	8.5	2.9	2.6	0.6	3.4
SE	3.0	2.1	2.9	5.1	3.3	8.1	11.5	6.1	7.9	2.8	3.7	2.2	4.9
SSE	3.2	1.7	2.6	3.4	4.9	9.1	14.7	6.4	5.0	1.0	1.4	1.0	4.5
S	3.4	8.4	7.5	8.2	8.5	15.5	13.3	6.4	7.6	4.3	2.4	1.2	7.1
SSW	3.4	11.3	14.3	12.7	16.0	23.0	17.4	9.1	6.9	6.5	2.9	3.6	10.5
SW	5.5	10.5	10.7	8.1	9.2	14.3	6.3	10.1	5.9	3.6	4.7	5.3	7.8
WSW	5.4	7.2	3.3	5.0	5.9	3.5	1.4	5.2	4.7	2.9	8.3	8.0	5.1
W	10.7	4.4	3.3	3.5	4.5	3.5	0.4	4.5	2.9	3.5	14.0	13.6	5.8
WNW	9.6	3.8	5.1	5.0	5.6	2.6	0.3	2.1	2.2	6.0	10.5	11.2	5.4
NW	16.3	9.7	8.2	9.3	10.0	0.9	0.6	5.1	5.3	15.0	16.1	15.6	9.4
NNW	15.7	9.4	10.4	7.9	5.5	0.6	1.0	8.7	5.3	13.9	11.9	14.2	8.8
C	2.2	2.2	3.0	1.8	1.8	0.8	1.7	2.2	1.2	1.0	0.5	0.8	1.7

表 2.4-7 (3/5) 10m 风杆、气象塔 10m、30m、80m、100m 各层各月及全年风向频率 (%)

气象塔 30m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	8.5	13.7	10.9	6.2	3.7	1.7	1.9	7.8	5.4	11.7	7.6	11.7	7.4
NNE	5.0	9.7	7.4	7.0	5.2	2.4	2.6	5.1	7.6	11.1	2.7	7.0	6.0
NE	3.0	4.5	4.6	7.4	7.9	4.3	7.0	6.9	9.3	6.6	2.9	2.3	5.6
ENE	1.9	2.5	3.1	3.8	4.9	2.8	7.3	5.1	8.2	4.0	3.6	1.1	4.1
E	1.7	1.3	2.4	3.9	4.4	2.6	6.5	5.6	7.4	3.7	2.7	2.5	3.8
ESE	2.4	2.1	2.7	4.1	3.8	4.3	7.0	4.8	10.7	2.3	3.8	0.8	4.2
SE	3.1	2.1	2.7	3.6	3.8	4.7	10.2	6.7	9.6	3.3	2.9	2.5	4.8
SSE	3.6	1.8	3.6	3.8	4.2	11.2	14.2	6.2	4.6	4.0	2.2	1.3	5.3
S	3.4	3.7	5.2	5.4	6.6	16.5	11.3	7.1	3.6	3.7	4.2	3.0	6.3
SSW	4.0	14.7	14.9	13.8	16.4	24.4	13.8	9.1	6.1	9.4	3.3	4.2	11.4
SW	5.6	13.2	11.8	8.2	11.2	11.4	3.9	8.1	7.2	5.9	3.6	3.2	7.9
WSW	5.8	6.2	3.4	5.7	5.2	5.7	1.7	5.0	4.4	2.8	8.3	7.2	5.0
W	11.4	3.7	3.5	3.4	5.9	3.9	0.8	4.0	2.4	4.9	15.2	13.8	5.8
WNW	7.5	3.3	4.4	4.8	3.8	1.7	0.5	2.3	2.1	2.3	12.7	11.3	4.5
NW	14.1	8.3	11.0	10.0	7.3	1.1	0.5	5.2	5.3	10.5	13.9	12.1	8.0
NNW	12.4	8.2	7.7	8.0	5.4	1.1	1.2	7.5	5.4	11.5	8.3	14.3	7.4
C	2.5	0.7	0.7	0.8	0.2	0.1	0.5	1.4	0.7	1.4	2.0	1.9	1.5

表 2.4-7 (4/5) 10m 风杆、气象塔 10m、30m、80m、100m 各层各月及全年风向频率 (%)

气象塔 80m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	6.5	13.1	12.4	6.7	1.2	1.0	1.3	5.9	6.1	8.2	3.6	10.4	6.3
NNE	4.2	8.9	6.5	5.4	3.0	3.3	1.9	1.7	8.9	5.6	0.4	1.5	4.4
NE	3.6	3.0	2.6	7.2	9.1	2.2	4.8	5.8	7.4	7.1	1.1	1.9	4.6
ENE	2.8	2.7	3.0	3.9	5.2	3.9	7.7	7.3	7.4	3.3	1.6	1.7	4.3
E	1.5	1.2	1.5	4.6	5.6	3.2	8.3	7.9	11.8	5.2	4.0	1.7	4.8
ESE	3.1	1.6	1.9	4.6	3.7	2.4	8.9	5.1	11.7	2.4	3.3	1.1	4.3
SE	3.5	2.2	2.3	5.4	2.8	4.7	17.3	8.2	6.7	4.0	3.6	3.2	5.5
SSE	3.6	2.1	4.0	4.8	3.7	11.5	13.8	8.5	3.9	3.1	4.9	2.6	5.8
S	3.8	2.4	6.0	6.9	7.0	18.7	14.4	7.9	4.4	8.0	5.4	5.3	7.7
SSW	4.7	17.4	20.6	10.5	15.7	25.7	12.5	10.3	8.9	6.3	3.8	4.7	12.1
SW	5.4	12.2	6.0	6.4	13.6	10.4	4.7	8.5	5.8	5.6	4.0	7.5	7.5
WSW	5.8	8.2	3.9	6.1	6.3	4.9	1.2	4.6	1.7	4.4	8.7	12.3	5.4
W	13.3	2.8	2.7	3.6	3.7	4.2	0.5	3.6	3.5	4.4	19.7	8.3	5.6
WNW	11.8	3.7	7.7	6.2	6.5	1.7	0.1	3.5	3.5	6.3	15.4	11.1	6.2
NW	12.9	8.2	8.5	9.5	8.0	1.0	1.3	4.2	4.7	10.1	11.6	13.0	7.5
NNW	13.4	10.3	10.6	8.2	4.7	1.0	1.1	6.9	3.6	16.0	8.3	13.2	7.9
C	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.1	0.3	0.1	0.0	0.5	0.4	0.2

表 2.4-7 (5/5) 10m 风杆、气象塔 10m、30m、80m、100m 各层各月及全年风向频率 (%)

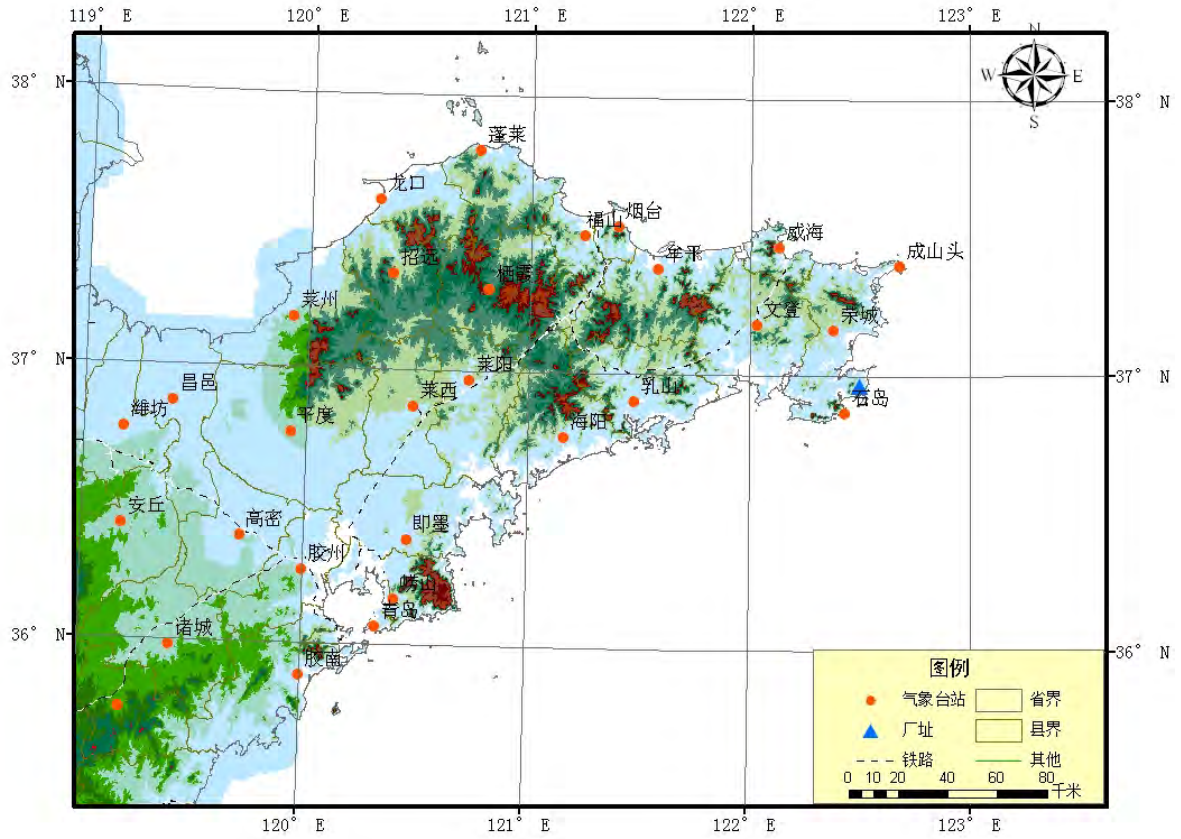
气象塔 100m 高度

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
N	8.9	8.8	10.6	9.7	4.7	1.5	1.5	8.9	6.0	15.0	3.4	12.8	7.5
NNE	5.6	13.2	11.8	5.7	3.8	2.6	1.7	6.9	10.1	8.7	3.4	1.9	6.4
NE	3.2	5.2	3.9	6.2	6.1	2.4	4.8	7.1	6.4	5.7	4.9	1.3	4.8
ENE	3.1	2.7	2.7	6.1	5.2	4.3	5.9	3.6	7.8	4.0	4.7	2.3	4.4
E	3.2	1.3	1.3	2.8	5.1	1.9	8.3	5.9	11.4	4.0	3.3	1.3	4.3
ESE	1.5	0.9	1.6	5.1	3.8	2.2	8.9	4.8	11.4	1.7	4.7	1.5	4.1
SE	3.1	2.7	2.0	4.6	4.4	4.3	13.0	7.0	7.5	4.0	2.7	2.1	4.9
SSE	4.0	2.2	3.2	4.3	3.1	8.3	15.1	7.7	3.5	3.1	4.0	2.6	5.3
S	3.6	1.5	3.8	2.8	4.2	14.2	13.7	6.7	3.7	5.4	2.9	2.6	5.7
SSW	3.2	7.7	12.9	10.0	13.3	25.0	11.8	13.0	9.4	10.6	4.3	6.8	10.9
SW	7.1	18.8	16.3	11.8	19.4	18.2	7.8	8.7	6.0	6.3	6.0	6.0	11.1
WSW	5.5	8.6	3.8	6.6	5.9	5.1	1.6	3.8	2.1	4.4	10.0	12.8	5.6
W	9.3	6.5	3.9	4.4	4.7	4.7	0.5	3.4	2.5	3.1	15.9	11.7	5.6
WNW	13.8	2.2	3.6	4.8	3.7	1.8	0.0	2.7	2.5	3.3	12.9	7.7	4.8
NW	9.8	6.2	9.4	8.2	6.8	2.1	1.1	4.6	4.9	8.0	11.6	12.3	6.8
NNW	14.7	10.9	8.1	6.9	5.8	0.4	0.9	5.2	4.7	12.5	5.3	14.2	7.3
C	0.3	0.4	1.1	0.2	0.0	0.8	0.7	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2

表 2.4-8 各类稳定度分类结果

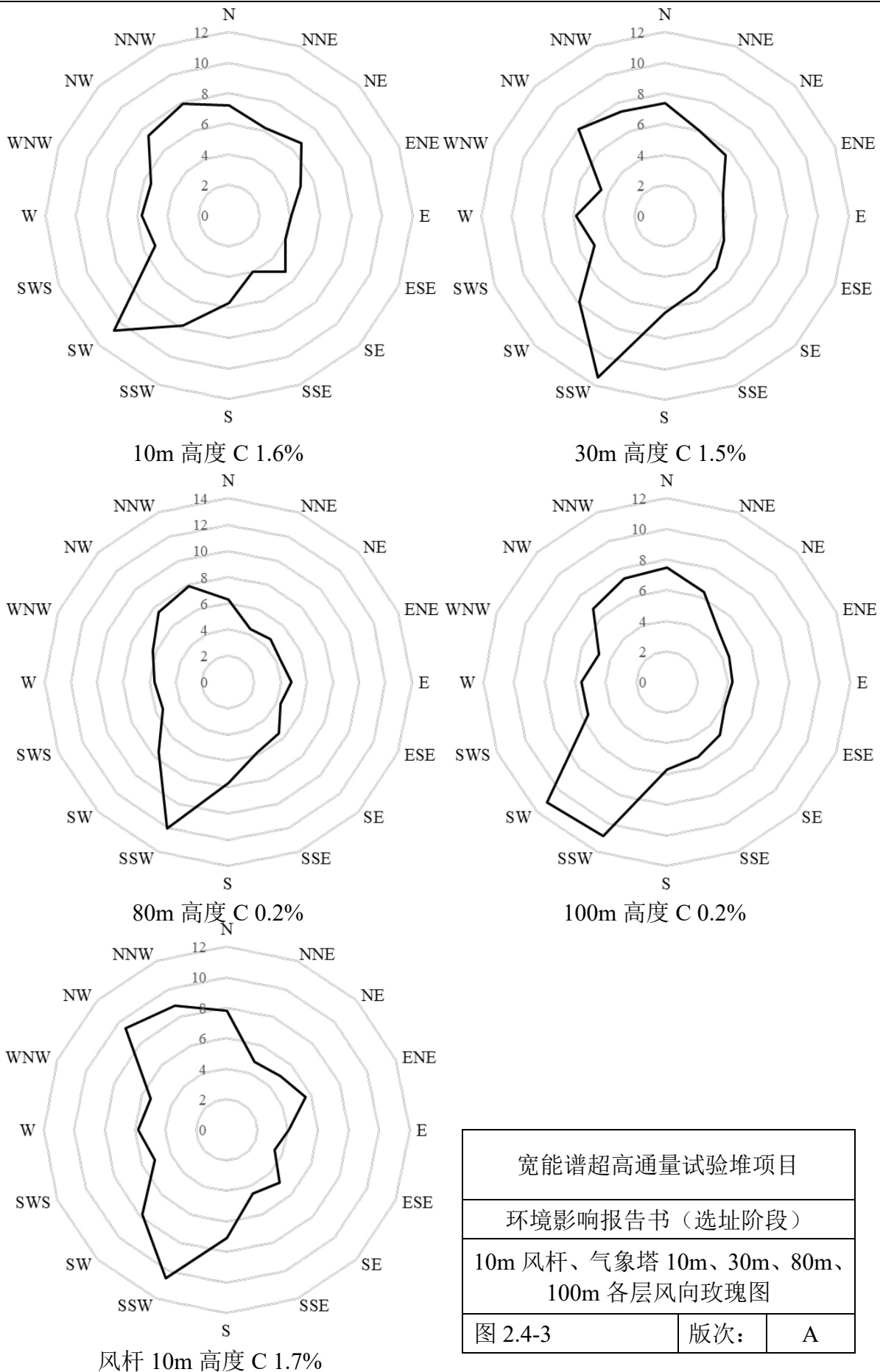
单位：%

稳定度 分类方法	A	B	C	D	E	F
$\Delta T-U$	6.8	15.7	11.2	36.4	6.1	23.8
改进的 Pasquill	3.5	13.9	11.8	44.1	9.3	17.3
ΔT	6.9	8.2	4.0	32.0	35.3	13.6

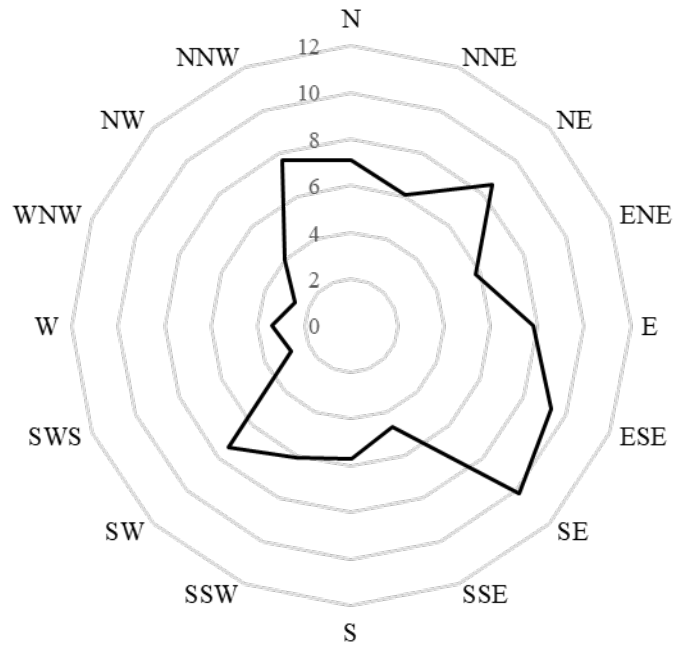


宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址周边气象站和厂址的 相对地理位置		
图 2.4-1	版次：	A

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
10m 风杆、气象塔 10m、30m、80m、100m 各层风向玫瑰图		
图 2.4-3	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
降水期间 10m 风杆风玫瑰图		
图 2.4-4	版次：	A

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

2.5.1.2 海洋水文

2.5.2 地下水

2.5.3 洪水

2.5.4 参考资料

表

表 2.5-1 厂址周围内的河流概况

表 2.5-2 厂址周围内的水库概况

表 2.5-3 华能石岛湾核电厂址潮汐特征要素表

表 2.5-4 各站实测涨、落潮流流速 V (cm/s) 及流向 ($^{\circ}$)

表 2.5-5 各站实测垂向平均余流流速 V (cm/s) 及流向 ($^{\circ}$)

表 2.5-6 华能石岛湾核电厂址水文站温盐统计结果

表 2.5-7 厂址附近海域温度实测结果 ($^{\circ}\text{C}$)

图

图 2.5-1 厂址周围河流分布示意图

图 2.5-2 厂址周围水库分布示意图

图 2.5-3 海洋站及华能石岛湾核电厂址海洋水文专用站位示意图

图 2.5-4 全潮水文观测站位示意图

图 2.5-5 夏季垂线平均海流矢量图

图 2.5-6 冬季垂线平均海流矢量图

图 2.5-7 夏季各站垂向平均余流矢量图

图 2.5-8 冬季各站垂向平均余流矢量图

图 2.5-9 工程海域测站温度变化过程及温度垂向变化图

图 2.5-10 工程海域盐度分布示意图

图 2.5-11 厂址所在海区的海岸线变化图

图 2.5-12 工程海域 2006-2021 年等深线变化对比

图 2.5-13 工程海域水下地形及水深变化特征

图 2.5-14 厂址周围内综合水文地质图

图 2.5-15 厂址周围地下水水位分布图

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 陆地水文

厂址位于山东省荣成市，荣成位于山东半岛的最东端，东、南、北三面濒临黄海，属暖温带东亚季风区大陆性气候，冬冷夏热，四季分明。雨季一般从7月下旬开始，9月上旬结束，雨量集中。

（1）河流水系

荣成市河流均属于山东沿海诸河直流入海水系，属沿海边缘水系，多为季节性间歇河流，河流水系分散，流域面积小。河流受地形地貌的影响，河流特点为源短流急、涨落急剧，冲刷力强，属季风雨源型河流，径流量受季节影响差异大。境内共有独立入海的流域面积 1km^2 以上的河流 102 条，其中流域面积 20km^2 以上的有 10 条，包括沽河、小落河、王连河等。沽河流域面积 208.8km^2 ，干流长度 30.7km 。

（2）水利工程

厂址位于东墩村东北部，厂址半径 15km 范围内有一座大型水库——八河水库。八河水库坐落于小落河、王连河下游入海口处，是全市范围内最大的水库，位于厂址 WNW 方位约 9.2km 处，水库总库容为 1.04 亿 m^3 ，是一座以工业供水和防洪为主的大型水库。水库控制流域面积 256km^2 ，水库大坝坝长 2380.0m ，坝顶高程 4.5m ，最大坝高 8.55m ，正常蓄水位 6.1m ，溢洪闸分别位于大坝南、北两侧，两闸最大泄量为 $1908.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

（3）淡水水源

本项目施工期生产、生活用水由八河水库供水，取水管线由市政配套建设。

2.5.1.2 海洋水文

厂址位于山东省荣成市宁津所街道办事处东南。厂址所在山东半岛附近有成山头 and 石岛两个国家海洋站。其中，成山头海洋站位于厂址北侧约 55km ，观测要素包括潮位和波浪；石岛海洋站位于厂址西南侧约 10km ，观测要素包括波浪和水温。华能山东石岛湾厂址处海洋水文专用站（宁津站）于 2006 年~2007 年年期间开展了一年半的海洋水文观测工作，观测要素包括潮位、波浪、水温和盐度等。海洋站及厂址海洋水文专用站位见图 2.5-3。

本项目与华能高温气冷堆项目、国和一号示范工程距离仅数公里，上述厂址附近海域从 2006 年起开展了多次海域全潮水文观测工作。其中，国家海洋局第一海洋研究所于 2016 年期间开展了夏、冬两季的全潮海洋水文同步测验工作。在 2020 年 12 月和 2021 年 8 月期间，中国科学院海洋研究所开展了夏、冬季全潮水文观测工作，观测期间共设置潮位观测站点 2 个，水文观测站点 9 个，观测项目有水深、流速、流向、水温、盐度、悬沙等，观测站位见图 2.5-4。同时，华能山东石岛湾核电厂扩建工程对潮位等参数进行了复核计算，并开展了岸滩稳定性复核及泥沙冲淤数模专题研究等工作。本节将根据上述海洋水文专题进行相应描述，如无特殊说明，本节高程以 1985 国家高程为基准。

（1）海域地理

本项目位于胶东半岛的黄海之滨，厂址北、东、南三面临海，海北面有老炕石、井口石、老铁石和黑石岛等岛屿从西北向东南方向断续排列，长约 3km，构成深度浅于 5m 的浅滩。近岸地形较为平缓。

（2）潮汐

根据石岛湾核电厂址海洋水文专用站 2006.3~2007.9 的逐时潮位分析资料，工程海域潮汐属不正规半日潮。厂址附近海域平均涨潮历时（6h20min）与平均落潮历时（6h03min）接近，平均涨潮历时略长，最高、最低和平均潮位分别为 1.44m（1985 国家高程，下同）、-2.01m 和 -0.036m，最大、最小和平均潮差分别为 2.33m、0.22m 和 1.28m。

根据 2020 年 12 月-2021 年 10 月期间华能山东石岛湾核电厂海域全潮水文观测期间的 4 季潮位观测结果，本工程海区的潮型在四季的判别数皆在 0.5 至 2.0 之间，属于不正规半日潮类型；厂址石岛湾核电码头 S1 站在冬、春、夏、秋季的月平均潮位分别为 -0.12m、0.04m、0.08m、-0.04m，平均潮差分别为 1.39m、1.45m、1.50m、1.42m；褚岛渔港码头 S2 站在冬、春、夏、秋季的月平均潮位分别为 -0.13m、-0.11m、0.06m、-0.04m，平均潮差分别为 1.14m、1.17m、1.22m、1.17m。与 2016 年期间历史资料相比，在石岛湾核电码头站的潮位整体特征变化不大，平均潮位的变化并不明显，潮差的变化也不明显，而褚岛码头站也有类似的特征。

（3）海流

根据 2020~2021 年期间实测全潮水文测验专题，工程海域潮流类型为规则半日潮流，大部分海区潮流运动形式为往复流，涨潮流向总体为偏 SW 向，落潮流向为偏 NE 向。观测期间，海流流速大部分站的最大值出现在表层或 0.2H 层，流速基本上均自表至底逐渐减小，流向在垂直线上的分布比较一致。整体来看各站涨、落潮平均流速大潮期最大，中潮期次之，小潮期最小。各站涨（落）潮流速最小的时刻发生在高（低）潮附近时刻，流速最大的时刻发生在高（低）潮后 2~3h 左右。图 2.5-5 和图 2.5-6 给出了夏冬两季的全潮水文测验期间各站的垂向平均海流矢量图，表 2.5-4 给出各站表层的实测流速，表 2.5-5 和图 2.5-7~图 2.5-8 给出了各站余流流速流向特征。

根据 2020 年 12 月期间的冬季测流结果，实测海流平面分布各站均表现为较强的往复性流动，各站涨、落潮平均流速大潮最大、中潮次之、小潮最小；流速基本上均自表至底逐渐减小。各站具体流速特征如下：

（1）涨、落潮平均流速及流向

大潮期，L3 站涨潮平均流速最大，L4 站涨潮平均流速最小，L8 站落潮平均流速最大，L4 站落潮平均流速最小。其中 L1、L4、L7、L8 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。大潮期涨潮流平均流速最大为 111.8cm/s，流向为 208.6°，出现在 L3 站表层，落潮流平均流速最大为 84.3cm/s，流向为 19.8°，出现在 L2 站表层。

中潮期，L6 站涨潮平均流速最大，L4 站涨潮平均流速最小，L2 站落潮平均流速最大，L4 站落潮平均流速最小。L2 和 L7 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。中潮期涨潮流平均流速最大为 82.7cm/s，流向为 195.6°，出现在 L3 站表层，落潮流平均流速最大为 66.3cm/s，流向为 40.8°，出现在 L3 站表层。

小潮期，L2 站涨潮平均流速最大，L4 站涨潮平均流速最小，L7 站落潮平均流速最大，L4 站落潮平均流速最小。L1、L3、L4 和 L7~L9 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速，其余各站涨潮流平均流速大于落潮流平均流速。小潮期，涨潮流平均流速最大为 54.7cm/s，流向为 185.9°，出现在 L2 站 0.2H 层，落潮流平均流速最大为 55.2cm/s，流向为 59.7°，出现在 L7 站 0.2H 层。

从海流统计结果可以看出，各站实测海流均表现为较强的往复性流动，受岸线地形等因素影响，涨潮流偏 SW 向，落潮流偏 NE 向。在三次观测中，整体来看各站涨、落潮平均流速大潮期最大，中潮期次之，小潮期最小。L4 于养殖架群中间，且距离岸边不足 1km，受上述因素影响，实测海流流速相相对较小；其他站位随水深增大，实测海流流速显著增大。

（2）涨、落潮最大流速及流向

大潮期垂线平均的涨潮流最大流速的变化围在 33.2cm/s~147.2cm/s 之间，最大值出现在 L2 站，流向为 191.8°，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 36.4cm/s~127.2cm/s，最大值为出现在 L8 站，流向为 44.6°。

中潮期垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 32.4cm/s~123.1cm/s 之间，最大值出现在 L6 站，流向为 224.7°，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 32.1cm/s~114.2cm/s，最大值为出现在 L2 站，流向为 30.2°。

小潮期，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 27.3cm/s~82.6cm/s 之间，最大值出现在 L2 站，流向为 184.6°，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 26.5cm/s~86.0cm/s，最大值为出现在 L7 站，流向为 58.5°。

各站各层涨、落潮流最大流速分布及变化趋势，大潮期，涨潮流最大流速为 215.0cm/s，流向为 223.3°，出现在 L3 站表层，落潮流最大流速为 159.6cm/s，流向为 17.4°，出现在 L2 站表层。中潮期，涨潮流最大流速为 166.5cm/s，流向为 206.6°，出现在 L3 站表层，落潮流最大流速为 118.3cm/s，流向为 48.9°，出现在 L3 站表层。小潮期，涨潮流最大流速为 88.7cm/s，流向为 209.3°，出现在 L3 站表层，落潮流最大流速为 88.9cm/s，流向分别为 57.5°，出现在 L7 站表层。

潮流最大可能流速在 36.3cm/s~101.3cm/s 之间。潮流最大可能流速的方向基本上为偏 NE 向。测区水质点的最大可能运移距离在 5088.6m~14320.7m 之间。水质点可能最大运移距离的远近与潮流最大可能流速的大小是相对应的，潮流最大可能流速越大，水质点最大可能运移距离就越远。潮流质点最大可能运移的方向基本上为偏 NE 向。

（3）余流

各站位垂线平均余流流速量值介于 1.6cm/s~33.8cm/s。余流流速最大值为 33.8cm/s，出现在 L9 站大潮期；余流流速最小值 1.6cm/s，出现在 L1 站小潮期。多数站位余流流速表现为大潮大于中潮大于小潮的特征。

L1、L7、L8 站余流流向偏 E 向，L2、L5、L9 站余流流向偏 SE 向，L3、L6 站余流流向偏 SW 向，L4 站余流流向偏 NW 向。

根据 2021 年 8 月期间夏季全潮观测结果，实测海流平面分布各站均表现为较强的往复性流动，各站涨、落潮平均流速大潮最大、中潮次之、小潮最小；流速基本上均自表至底逐渐减小。各站具体流速特征如下：

（1）涨、落潮平均流速及流向

大潮期，L6 站涨潮平均流速最大，L4 站位涨潮平均流速最小，L2 站落潮平均流速最大，L4 站位落潮平均流速最小。L5 站落潮流平均流速略大于涨潮流平均流速，其余各站落潮流平均流速均小于涨潮流平均流速。大潮期涨潮流平均流速最大为 87.2cm/s，流向为 201.4°，出现在 L6 站 0.2H 层，落潮流平均流速最大为 67.1cm/s，流向为 24.1°，出现在 L2 站表层。

中潮期，L3 站涨潮平均流速最大，L4 站涨潮平均流速最小，L1 站落潮平均流速最大，L4 站落潮平均流速最小。L1、L4 和 L7 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速，其余各站落潮流平均流速小于涨潮流平均流速。中潮期涨潮流平均流速最大为 77.0cm/s，流向为 201.6°，出现在 L3 站表层，落潮流平均流速最大为 65.9cm/s，流向为 21.4°，出现在 L1 站表层。

小潮期，L2 站涨潮平均流速最大，L4 站涨潮平均流速最小，L1 站落潮平均流速最大，L4 站落潮平均流速最小。L1、L5、L7 站落潮流平均流速大于涨潮流平均流速，其余各站落潮流平均流速小于涨潮流平均流速。小潮期涨潮流平均流速最大为 52.8cm/s，流向为 190.4°，出现在 L2 站 0.2H 层，落潮流平均流速最大为 51.8cm/s，流向为 35.9°，出现在 L1 站表层。

从海流统计结果可以看出，各站实测海流均表现为较强的往复性流动，受岸线地形等因素影响，涨潮流偏 SW 向，落潮流偏 NE 向。在三次观测中，整体来看各站涨、落潮平均流速大潮期最大，中潮期次之，小潮期最小。L4、L5 受近岸养殖设施的影响，实测海流流速相相对较小；其他站位随水深增大，实测海流流速显著增大。

（2）涨、落潮最大流速及流向

大潮期垂线平均的涨潮流最大流速的变化围在 33.2cm/s~132.0cm/s 之间，最大值出现在 L2 站，流向为 220.0°，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 36.4cm/s~113.6cm/s，最大值为出现在 L8 站，流向为 43.5°。

中潮期垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 32.4cm/s~121.6cm/s 之间，最大值出现在 L2 站，流向为 191.7°，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 32.1cm/s~93.2cm/s，最大值为出现在 L1 站，流向为 9.4°。

小潮期，垂线平均的涨潮流最大流速的变化范围在 20.3cm/s~80.2cm/s 之间，最大值出现在 L6 站，流向为 233.3°，垂线平均的落潮流最大流速的变化范围在 19.8cm/s~78.1cm/s，最大值为出现在 L7 站，流向为 56.2°。

各站各层涨、落潮流最大流速分布及变化趋势，大潮期，涨潮流最大流速为 146.9cm/s，流向为 225.8°，出现在 L8 站 0.6H 层，落潮流最大流速为 119.8cm/s，流向为 39.2°，出现在 L8 站 0.6H 层。中潮期，涨潮流最大流速为 129.5cm/s，流向为 193.6°，出现在 L2 站表层，落潮流最大流速为 99.2cm/s，流向为 36.6°，出现在 L2 站 0.4H 层。小潮期，涨潮流最大流速为 89.5cm/s，流向为 202.3°，出现在 L6 站表层，落潮流最大流速为 100.6cm/s，流向分别为 63.9°，出现在 L7 站 0.2H 层。

（3）余流

各站位垂线平均余流流速量值介于 2.6cm/s~13.6cm/s。余流流速最大值为 13.6cm/s，出现在 L9 站大潮期；余流流速最小值 2.6cm/s，出现在 L6 站小潮期。

大潮中潮期，L2、L3、L6、L9 站余流流向偏 S 向，L4、L5、L8 站余流流向偏 W 向，L1 站偏 NW 向，L7 站偏 SE 向；小潮期余流流速偏小，流向规律性较差。

结合本次潮流各季观测及历史观测资料对比分析，选取典型站位 L2、L4、L5、L8 站位对本次四季实测海流特征以及 2016 年夏季、冬季实测海流特征进行对比分析，工程海域垂线平均海流流速随水深增加而增大，深水区 L2、L8 站流速相对较大，近岸 L4 站位受水深地形影响流速相对较小，且流向受近岸地形影响较大；不同潮期流速一般是大潮期大于中潮期大于小潮期，实测涨落潮流速大小没有明显的规律性；不同季节流速对比总体上夏季海流流速略大。与 2016 年夏季冬季实测海流流速流向对比显示，L2、L4、L8 各站位相应季节涨落潮流速量级相当，涨落潮流流向偏差也较小，涨落潮规律符合性较好。

（4）波浪

厂址位于褚岛至镆铳岛海岸段，西为陆地，东临黄海，是敞开海域，偏东向海浪可以充分成长，直接传播至工程海域。海域夏季主要受副热带高压的影响，盛行偏南

风，除台风影响外，一般风速不大，常浪向为东南向，强浪向也为东南向；冬季蒙古强冷高压控制，多出现偏北大风，但受陆地掩护，波浪不能充分成长，常浪向为北向，强浪向为西北向；春季偏东和南风开始增强，常浪向为南南西，强浪向也是南南西向；秋季的常浪向为东南向，强浪向为东南向。

根据厂址海洋水文专用站 2006.3~2007.9 月波浪观测统计资料，厂址海域强浪向为 NW~N，次强浪向为 NE~E。常浪向为 NE（频率为 17.7%），次常浪向为 ENE（频率为 16.6%）。从波高出现的频率上看，波高 $H_{1/10} \geq 1.5\text{m}$ 的波浪占 1%，波高 $1.5\text{m} > H_{1/10} \geq 1.0\text{m}$ 的波浪占 14%，而 $H_{1/10} < 1.0\text{m}$ 波浪占 85%。月均周期为 3.9s~5.8s。

根据核电专用站 2006.3-2007.9 月逐时波浪资料、石岛海洋站 1973-2015 年和成山头海洋站 1973-2015 年的波浪年极值资料进行计算分析，厂址海域百年一遇的平均波高不超过 5.35m（NE 向），相应周期为 11.32s。此外，根据对厂址海域近岸海浪数模计算结果分析，采用 2012 年和 2019 年台风数据进行验证并模拟预测可知，近岸区域的波高等值线和等高线近于平行，说明波浪在浅水中传播速度与水深有关，传播方向和水深散度平行，底摩擦和深度诱导破碎致使波浪能量迅速衰减，此时厂址外海-20 等深线处有效波高达到最大值 6.69m。

（5）海水水温和盐度

根据石岛湾核电厂址海洋水文专用站 2006.3~2007.9 的水温和盐度观测统计资料，观测期间厂址海域的实测水温范围为 2.14~24.95℃，月均水温范围为 4.05~23.67℃；实测盐度范围为 28.47~31.92‰，月均盐度范围为 30.01~31.25‰。表 2.5-6 给出厂址海洋水文专用站的温盐统计结果。

根据石岛海洋站和石岛湾核电厂址海洋水文专用站同步水温观测资料，二者温度趋势基本一致，且相关性较好（相关系数大于 0.98），结合石岛海洋站 1981~2015 年水温观测资料进行统计分析，厂址处极端最高水温为 27.31℃，月均水温不超过 23.03℃（9 月）。

根据 2020~2021 年的四季的全潮水文测验专题工作，表 2.5-7 和图 2.5-9 给出了观测海域测站的水温分布图，观测海域的水温分布如下：

- 工程海区冬季平均水温在 6.44℃~10.93℃之间，最高值出现在 L9 的大潮期，最低值出现在 L1 的中潮期。春季平均水温在 6.50℃~10.04℃之间，最高值出

现在 L1 号站的小潮期，最低值出现在 L3 号站的大潮期。夏季平均水温在 6.50℃~10.04℃之间，最高值出现在 L1 号站的小潮期，最低值出现在 L3 号站的大潮期。秋季平均水温在 17.89℃~22.12℃之间，最高值出现在 L9 号站的中潮期，最低值出现在 L5 号站的小潮期。

- 工程海域冬季和春季水温呈由岸向海温度逐渐升高的特征，近岸水温低，远岸水温高，夏季和秋季水温呈由岸向海温度逐渐降低的特征，近岸水温高，远岸水温低，夏季近岸和远岸水温差可达 5℃。
- 从垂向分布特征来看，在各潮位和潮时水温自表层至底层大致是逐渐递减的；各站水温垂向变化幅度总体有限。冬季表底层温度变幅均在 1℃以下，无温跃层现象出现；春季表底层温度变幅在 2℃以下；夏季为随深度增加而降低，外海部分站点温度垂直变化相对较大；秋季各站随深度的增加温度大致不变。
- 2020 年冬季观测期间海水温度比历史时期观测相比，2016 年冬季和夏季表层日平均水温在 7.3℃~11.0℃和 15.96℃~26.34℃，本次冬季略微偏低，总体分布特征基本一致，夏季普遍偏高，温度变化幅度更大。

观测期间海域的盐度分布见图 2.5-10。海域内的盐度分布情况如下：

- 冬季工程海域各潮期盐度变化范围在 30.72~34.14 之间，春季各潮期各时刻盐度变化范围在 30.40~32.34 之间，夏季各潮期各时刻盐度变化范围在 30.09~31.69 之间，秋季工程海域的盐度变化范围在 29.08~30.98 之间。
- 总体来说，海域内呈现出近岸盐度高、远岸盐度低的分布趋势；垂向分布上，工程海域的盐度垂向变化很小。
- 综合分析各层盐度随季节变化规律可知，海域内表中底层盐度自春季开始逐渐降低，夏秋季盐度较小，冬季盐度明显升高。与历史同期调查资料相比较，海域内盐度变化不大。

（6）海冰影响

厂址区域所处的地理纬度较低，海域处于东亚季风区，季风特点明显。厂址海域的海水温度的呈季节变化，冬季海域水温一般在 2℃以上。

本工程海区平常年份不出现固定冰，多为流冰。流冰量(流冰覆盖能见海面的成数)平均占 2~3 成，最多的年度可达 6 成。除少数受大风影响支配外，主要是随潮流方

向运动。流冰厚度为 3~20cm，堆积冰厚度 20~40cm。总之，厂址附近海区，冬季海上冰情较轻，不存在冰的阻塞影响。

（7）泥沙和岸线稳定性

工程海区的泥沙主要来自邻近岸滩及海底细粒物质在流、浪作用下的再悬浮和再搬运所致。厂址附近海区无中、大型河流注入。厂址区位于老炕石岬角附近，其两侧存在沿岸流物质运输，对厂址区海滩的影响主要为弱侵蚀。

a) 泥沙

根据厂址海域历史资料及研究成果，厂址附近海域内靠近南北两个岬角（镆铳岛和楮岛）是含沙量最大的区域，近岸处工程区海域含沙量整体较低。2020~2021 年海域观测期间，冬季含沙量的变化范围为 18.5mg/L~111.6mg/L，平均含沙量的变化范围在 30.8mg/L~77.5mg/L 之间，大潮、中潮和小潮平均含沙量浓度分别为 59.4mg/L、51.8mg/L、45.7mg/L；春季含沙量的变化范围为 3.9mg/L~92.2mg/L，平均含沙量的变化范围在 9.7mg/L~51.0mg/L 之间；夏季含沙量的变化范围为 4.2mg/L~74.7mg/L，平均含沙量的变化范围在 9.6mg/L~23.5mg/L 之间，大潮、中潮和小潮平均含沙量浓度分别为 14.0mg/L、14.3mg/L、13.8mg/L；秋季含沙量的变化范围为 1.5mg/L~208.9mg/L，平均含沙量的变化范围在 16.2mg/L~76.8mg/L 之间。

本次调查期间，总体来看，冬季测验期间，测区海域悬沙浓度整体水平较高。冬、春两季各潮期垂线平均含沙量分布均表现为：大潮期>中潮期>小潮期，夏、秋两季各潮期垂线平均含沙量则表现为：中潮期>大潮期>小潮期。冬季垂线平均含沙量高值区主要分布于测区中部（L5、L6 站附近）随涨落潮呈东西向运移；春季测区西南部（L7 站附近）开始出现次高值区，悬沙在海区中部呈东西向运移，且在近岸海区南部呈西南向偏转；夏、秋季垂线平均含沙量高值区主要分布于测区南部近岸（L7 站附近），总体表现为由测区西南部向北逐渐降低的趋势。从空间分布上来看，近岸海湾内由于地形的控制作用，水动力较弱，沉积物粒径较细，而离岸较远的海域沉积物粒径较粗。

根据以往现场踏勘和相关资料分析，工程水域泥沙来源主要包括陆域来沙、海域来沙、海岸侵蚀来沙、本地掀沙、沿岸输沙等。从动力角度分析，根据核电厂址水文专用站的常年波浪观测资料，石岛海域波浪强度不大，较弱的波浪动力使输沙能力有限。从地貌角度分析，根据现场勘查和不同时期的卫星遥感影像对比，养参池附近岸

滩较为平缓，堤身附近无明显淤高或冲深，数十年来亦无输沙跨过养参池堤头的现象。从整段岸线看，石岛核电厂址处于半岛东端，南北两侧均为岬角，整体形成岬湾相间分布的地形特征，而该岸段多处被围垦区阻断，也限制了沿岸输沙。总体来说，石岛核电厂址处于岬湾岸段，常年波浪不强，泥沙来源不充足，岸线常年稳定、已有工程两侧岸滩形态较为对称。以上特征均表明工程海岸的沿岸输沙强度较低，输沙量十分有限。

b) 岸线及地形演变

厂址附近地势平缓，近岸海域岛屿较多，沙嘴、沙坝较为发育，并有陡峭的海蚀崖，串珠式泻湖和陆连岛等。侵蚀海岸主要发育在岬角处，现状条件下，在工程区及镆铳岛附近，存在大量的围堰，靠近围堰是波浪较为集中的地方，岸滩略有侵蚀，厂址近岸海域海底坡度较平缓。工程海域岸线及海床演变分析基于以下资料：（a）2006~2021年卫星遥感影像；（b）1934年、1980年、2006年工程区附近水域海图；（c）2006年4月、2011年5月和2021年2月工程区附近水域水深测图。图2.5-11给出了厂址所在海区的海岸线及变化情况，图2.5-12给出了海域内的不同时期内的等深线变化，图2.5-13给出了海域水下地形及水深变化特征。

根据厂址附近海域内1953年以来的卫片资料，比较历年工程海域的陆域岸线形态，分析工程海域岸线的历史变迁，可以看到：

- 1953~1975年间，镆铳岛岸线为基岩海岸，多年来相对稳定，其变化很小；至1990年养殖池的大面积修建，使人工岸线迅速外延，变化最大处约850m；1990~2006年本区海岸线基本没有变化，比较稳定；2002~2006年间，镆铳岛东南侧岛岸线处于缓慢蚀退状态，但变化非常小，其他岸段基本稳定。
- 2006~2014年间，工程海域岸线长期保持稳定，局部呈缓慢蚀退状态。
- 2010年~2021年间，核电厂工程所在海域岸线变动较大。其中，2012年10月工程区所在的养参池围垦北侧开口封堵；至2016年位于围垦区西南侧约700m处的大件码头已建成；2020年底后工程区所在的养参池围垦区内开始修建取排水设施。综上所述，养参池围垦及附近区域在此期间所有的岸线变化均为施工导致。

通过1934年~1980年、1980年~2006年水深图对比，该时段大范围海域水下地形变化规律有如下特点：

1934年~1980年：工程区北侧和南侧湾顶区域，两个年份的0m、2m、5m等深线基本重合，说明近岸水深基本稳定，处于冲淤平衡状态。但在楮岛、镆铳岛两个岬角附近，0m、2m、5m等深线均呈现为向岸移动。10m等深线主要表现为向海推移，20m等深线的主要表现为向岸侧移动，黑石岛北侧年均冲刷1cm左右、南侧年均冲刷强度不足0.2cm。

1980年~2006年：0m、2m和5m等深线变化规律与1934年~1980年变化规律基本相同，在工程区南北侧，湾顶区域冲淤基本平衡。在楮岛、镆铳岛两个岬角附近，5m内等深线均呈现为向岸移动、略有冲刷的状态。在工程区的养殖围垦区附近5m等深线呈冲刷状态；养殖区南北侧的10m等深线呈向岸收缩状态，养殖区~黑石岛之间，10m等深线变化幅度不大，整体呈现为有冲有淤的状态；20m等深线为向岸收缩状态，特别是在黑石岛东侧局部区域，其它区域冲刷强度相对较小。

根据将工程海域断面测量成果进一步定性分析，从北至南共布设31条断面，间距为500m，断面方向为自西向东，工程海域多年来的冲淤变化规律可知：1934年~1980年，海床整体呈淤积趋势，在46年间共淤积1.4m，平均每年淤积3cm。1980年~2006年，海床整体呈冲刷趋势，在26年间冲刷了1m，平均每年冲刷3.8cm。总体而言，工程海域海床长期以来有冲有淤，且总体呈微淤状态，经统计平均淤积幅度为0.6cm/a。

根据厂址近期工程海域及附近的2006年、2011年、2021年的数字水深图3个年份的测图水深资料，按照各个不同分区对工程及附近海域的水下地形变化进行统计分析，石岛核电工程海域大范围2006年4月~2021年2月的等深线变化。具体如下：

2006年~2021年测量期间，核电站厂址养参池围垦P1区域养参池围垦区淤积厚度为0.80m，年均淤厚5.4cm/a。核电站厂址围垦区以北的N0区历年来有冲有淤，淤积厚度为0.54m，年均淤厚3.6cm/a，淤积区域主要集中在-9m~-11m等深线之间。核电站厂址围垦区以南的S0区历年来略有冲刷，冲刷为0.06m，年均冲深0.4cm/a，冲刷区域主要集中在-9m~-11m等深线之间。核电站厂址围垦区以东的E区有冲有淤但变化幅度较小，淤积厚度仅为0.02m，年均淤厚0.1cm/a；黑石岛周边HS区西侧略有冲刷、东南侧淤积较重，冲淤变化较大，该区域水下地形复杂，年均淤积6.4cm/a。

2006年~2021年期间，全部统计区域平均淤积厚度为0.17m，年均淤厚为1.1cm/a。近年来核电厂址养参池围垦区域东侧海域、南侧海域冲淤变化主要集中在-9m~-11m等深线之间，这种变化可能与核电厂取排水工程的施工有关。

核电站厂址北侧至楮岛之间的海湾中，近岸的 0m、-2m 以及-5m 等深线均有向深海方向偏移的趋势，偏移距离平均不足 30m，处于淤积状态。海湾南侧的-10m 等深线向深海方向偏移约 450m，为淤积状态；而-10m 等深线则变化较大，至海湾中部-10m 等深线则转为向陆域偏移 200m~500m，为冲刷状态。海湾中部的-15m 等深线向深海方向偏移约 120m，为淤积状态。-20m 等深线平均向深海方向偏移 100m~170m，也处于淤积状态。

核电站厂址南侧至镆铳岛间的黑泥湾中，近岸的 0m、-2m 以及-5m 等深线均有向深海方向偏移的趋势，偏移距离平均不足 30m，特别是-5m 等深线，处于淤积状态。-10m 等深线变化复杂，核电设计方案大件码头附近至黑泥湾中部，-10m 等深线向陆域偏移 70m~300m 不等，为冲刷状态。-15m 等深线变化不大，黑石岛以南向陆域偏移不到 50m，为冲刷状态；黑泥湾中部-15m 等深线向深海偏移约 30m，直至镆铳岛处向深海偏移最大可达 200m，均为淤积状态。黑泥湾中部至镆铳岛间，-15m 和-20m 等深线均向深海方向偏移 100m~200m，处于淤积状态。

2006 年~2021 年测量期间，核电站厂址附近海域大部分处于淤积状态，但-10m 等深线附近处于冲刷状态。淤积较大的部位集中在-15m~-20m 等深线之间。楮岛和镆铳岛附近海域有冲有淤，多处冲淤幅度较大，这是由于两岛均为基岩岛屿，岬角效应使波浪掀沙效果增强，地形冲淤变化较大。总的来看，工程海域属岬湾沙质海岸，岸外有岛礁掩护，自然状态下岸滩长期保持基本稳定格局；2011 年之后，工程区附近除工程区北侧区域受施工影响而出现局部淤积外，海床地形仍然总体保持稳定状态。

2.5.2 地下水

（1）水文地质单元划分

核电厂址周边可分为三个水文地质单元，水文地质单元的界限以分水岭为界，三个水文地质单元地下水的流向基本与地形的起伏相近，由地势高处向地势低处流动。第 I 水文地质单元的地下水流向基本是向北或北东向，最终排泄到龙门水库或大海；第 II 水文地质单元的地下水流向基本向东或北东向，最终排泄到林家流水库或大海，第 III 水文地质单元的地下水流向为南或南东向，最后排泄入大海。厂址周边综合水文地质见图 2.5-14。

（2）地下水类型及补给、径流、排泄条件

地下水可分为第四系松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两大类。

第四系松散岩类孔隙水包括冲洪积孔隙水、冲洪积或海积孔隙水与海水混合水，主要赋存于第四系冲洪积层、海积层、坡残积层等土层孔隙中，有统一的地下水位，属孔隙潜水；基岩裂隙水包括侵入岩岩组裂隙水和变质岩岩组裂隙水，主要赋存于浅部岩体风化裂隙及构造裂隙中。

第 I 水文地质单元的地下水类型主要是第四系松散岩类孔隙水和侵入岩岩组裂隙水；第 II 水文地质单元的地下水类型主要是第四系松散岩类孔隙水和侵入岩岩组裂隙水，东南角分布有变质岩岩组裂隙水；第 III 水文地质单元的地下水类型主要是第四系松散岩类孔隙水和变质岩岩组裂隙水。厂址周围的地下水分布和地下水流向见图 2.5-15。整体而言，地下水的总体流向沿地势从西北向东南流动，最终排泄入大海。

1) 第四系松散岩类孔隙水

第四系松散岩类孔隙水主要含水层为冲洪积、坡残积、海积砂砾石层，分布于河谷地带及滨海堆积区。含水层分布狭窄、厚度较小，地下水埋藏浅，主要赋存砂及砂砾石层中，其次为粘质沙土夹碎石空隙中。渗透系数为 0.02~5.57m/d，富水性贫乏。

对于洪积、坡残积层孔隙水，主要分布在丘陵及河谷边缘，含水层岩性为粘质沙土夹碎石，一般厚 1m 左右，地下水为埋深 1~2m，富水性较差。

对于冲洪积层孔隙潜水，主要分布于河流沿岸，含水层岩性为细、中粗砂或砾石，埋藏于地表土之下，厚度>1m。地下水位埋深 0.5~2.0m。

对于海积层孔隙潜水，主要分布于滨海海积层表部，含水层以中细砂为主，其次是粗砂，厚度一般 2~6m，地下水位埋深为 0.5~2.0m。富水性较差。

2) 基岩裂隙水

侵入岩组裂隙水所处岩性，以正长岩为主，岩体厚度大于 90m。裂隙水主要分布于强风化~中等风化上部岩体中，中等风化和微风化岩体水量贫乏或基本无水。

变质岩组裂隙水所处岩性，以花岗片麻岩、粒岩和石英岩为主，岩体厚度大于 100m。核电厂址位于该区域。裂隙水主要分布于强风化~中等风化上部岩体中，中等风化和微风化岩体水量贫乏或基本无水。勘查未发现有贯通厂址区内外的断裂构造和岩溶所形成的含水通道。

全风化和强风化含水岩组的渗透系数为 0.03~2.78m/d，属弱透水~中等透水层。中等风化和微风化岩体的渗透系数为 0.005~0.103m/d，属微~弱透水岩体。

第四系松散岩类孔隙水直接接受大气降水补给，接受补给后，潜水含水层沿地势向低凹处渗流或向下渗透，补给河流、海积层孔隙水或向下渗透补给基岩裂隙水，部分靠蒸发排泄。基岩裂隙水主要接受大气降水及第四系松散岩类孔隙水渗透补给，接受补给后，沿裂隙顺岩层倾斜方向流动，地下水排泄方式有蒸发以及向冲沟、海洋分散排泄等，最终排入大海。

（3）厂址周围的地下水利用情况

运行期间所需淡水拟采用荣成市内的八河水库，无利用地下水计划。

厂址周围无大规模开采地下水的计划。

2.5.3 洪水

厂址属滨海厂址，厂址区域的荣成市河流属于沿海边缘水系，很不发达，多为季节性间歇河流，源短流急，流域面积较小。因此不考虑溪流和江河在厂址上引起洪水泛滥。

2.5.4 参考资料

- [1] 中核第四研究设计工程有限公司，华能山东石岛湾核电厂扩建工程环境资料调查专题报告，2020年11月。
- [2] 中科院海洋所，华能山东石岛湾核电厂工程可行性研究海洋水文专用站观测专题报告，2007年11月。
- [3] 中国海洋大学，石岛湾核电厂址水文参数补充计算分析报告，2013年6月。
- [4] 中国海洋大学，石岛湾核电厂址水文参数复核研究，2016年10月。
- [5] 天津水运工程科学研究所，华能石岛湾核电厂岸滩稳定性复核及泥沙冲淤变化数值模拟研究报告，2021年12月。
- [6] 中国科学院海洋研究所，华能山东石岛湾核电厂扩建工程海域四季同步水文测验专题分析报告，2021年11月。
- [7] 国核电力规划设计研究院，石岛湾核电厂址附近范围水文地质调查报告，2013年4月。
- [8] 国核电力规划设计研究院，华能山东石岛湾核电厂扩建工程一期工程初步设计阶段岩土勘察报告，2011年11月。

表 2.5-4 (1/2) 各站实测涨、落潮流流速 V (cm/s) 及流向 (°)
2020 年

项目 层次 站位	夏季大潮								夏季中潮								夏季小潮								
	平均流速				最大流速				平均流速				最大流速				平均流速				最大流速				
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速
L1	表层	65.4	218.5	65.2	26.3	92.3	220.1	100	20.8	48.5	221.1	65.9	21.4	85.5	200.8	99.1	13.5	48.2	207.2	51.8	35.9	69.4	208.9	79.9	32.8
	平均	63.7	219.6	64.2	23.4	90.9	220	96.4	18.9	45.7	220.4	62.8	19.8	85.4	200.1	93.2	9.4	45.2	208.7	48.6	34.9	67.1	209.5	73.5	30.3
L2	表层	79.8	193.9	67.1	24.1	123.7	200.2	113.7	18.2	69.4	193.4	47.5	23.1	129.5	193.6	89.3	25.3	52.2	191.5	28.9	18	85.4	198.7	73.8	16.4
	平均	80.2	196.7	62.8	22.1	132	200.7	107.2	18.3	72.7	194.9	51.6	28.5	121.6	191.7	92.8	35.1	45	191.6	32.1	26.5	76.7	196.3	68.3	17.6
L3	表层	70	204.6	47.8	33.1	116.4	209.9	77.6	30.5	77	201.6	38.2	18.6	115.2	203.4	67.6	26.1	34.2	215.1	19.6	6.9	53.1	212	39.9	10
	平均	62.1	207.3	52.3	32.6	96.9	208	87.4	34.9	62.8	200.8	39	27.2	83.8	205	60.5	25.3	35.2	216.9	19.6	31.7	52	220.6	36.3	39.6
L4	表层	17.5	168.5	16.5	328.6	27.8	165.6	39.4	342.4	14.7	177.3	18.9	335.6	31.8	166.7	36.9	350.5	13.9	181.2	12.8	331.4	22.3	184.4	22.6	329.1
	平均	18.7	178.6	16	320.8	27.7	165.6	31.5	343.5	12.8	170.5	17.4	334.8	28.6	169.1	31.7	322.6	13.4	181.6	8.8	326.8	20.3	173.6	19.8	359.5
L5	表层	22.2	191.7	28.4	352.6	35	182.9	44.5	354.6	20.7	187.4	26	336	34.9	185.3	64.7	342.3	14.3	186.1	21.1	346.6	24.2	181.7	50.5	341.9
	平均	24.7	194.3	29.3	347.2	36.7	182.7	48.8	347	23	194.4	24	334.1	40.7	191	53.7	344.1	15.9	196.1	22.9	338.8	24.9	186.9	49.4	338.5
L6	表层	75.5	202.9	47.8	25.1	123.7	198.9	117.5	31.5	69.6	199.9	36.8	25.5	122	193.9	77.5	34.5	50.7	201.1	29	14.7	89.5	202.3	59	13
	平均	77.2	201.5	56.2	25.1	119	196.8	112.1	28.2	63.4	199.6	48.6	29.3	104.5	197.8	86	31.7	45.5	206.9	41.9	29.7	70.6	201.2	71.6	29.6
L7	表层	23.8	202.5	18.3	15.4	60.5	189.2	58.5	23.9	8.4	210.6	20.5	41.5	31	225.4	60.1	36.9	30.6	198.4	39.1	52	46.9	222	61.4	58
	平均	36.5	204.7	36.9	40.5	78	202.7	75.6	41.3	26.7	207.3	28.6	46.5	55.8	212.9	66.1	46.2	24.8	208	35.1	52.1	33.3	210.4	78.1	56.2
L8	表层	69.3	230.1	66.1	44.5	118.4	224.7	115.1	32.2	58.4	233	38.6	33	94.6	226.5	72.6	35.9	40.2	229.4	36.1	38.9	72.9	232.6	63.9	46.6
	平均	71.1	229.4	67.1	37.7	119.4	222.8	113.6	43.5	59	232	40	35.7	94.8	226.8	79.3	42.4	40	230.9	37.6	39.5	71.6	225.8	64.5	42.1
L9	表层	53.6	208.6	44.1	20.5	111.7	202.9	80.5	18.2	48.1	212.4	41.9	26.6	84.2	207.9	71.5	25.5	23.1	205.9	22.4	25.2	45.4	201.1	42.9	20.7
	平均	63.1	209.2	51.4	29.4	117.3	209.5	89.9	27	59.1	210.5	49.4	31.3	95.7	210.5	77.9	27.6	29.3	208.5	25.1	39.7	52.6	203.3	43.7	36

表 2.5-4 (2/2) 各站实测涨、落潮流流速 V (cm/s) 及流向 (°)
2020 年

项目 层次 站位	冬季大潮									冬季中潮								冬季小潮							
	平均流速				最大流速					平均流速				最大流速				平均流速				最大流速			
	涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流			涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流		涨潮流		落潮流	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速
L1	表层	53	195.7	67.8	37.1	95.1	198.6	101.5	40.6	52.7	206.4	52.5	29.7	80.5	206	78.7	43.5	42.8	212.2	46.1	31.6	69.4	205	69.7	27.2
	平均	45.2	194	55.5	34.6	77.2	197.8	88	34.7	48.3	208	46	32.7	166.5	206.6	68.8	45	40	210.7	40.3	34.6	62	216.6	58.8	25.2
L2	表层	91.9	194.7	84.3	19.8	158.7	200.4	159.6	17.4	69.9	25.9	59.9	26.3	118.3	211.5	94.1	23.4	50	192.9	42.1	30.9	79.7	192.9	73.1	30.4
	平均	75.7	194.2	71.4	23.2	147.2	191.8	123.1	24.7	64.9	191	62.5	188.6	106	208	114.2	30.2	50.4	183.5	43.1	25.9	82.6	184.6	71.7	25.6
L3	表层	111.8	208.6	73.9	29	215	223.3	149.2	23.7	82.7	195.6	66.3	40.8	166.5	206.6	118.3	48.9	44.7	8.9	47.3	8	88.7	209.3	82.4	4.1
	平均	88.8	203	67.9	20.6	141.6	211	116.1	26	65.7	196.8	58.1	21.6	116.5	205.1	96.1	26.5	42	205.4	40.2	210.2	70.1	210.8	69.4	13.2
L4	表层	16.7	216.1	16.9	19.5	31.9	207.9	32.7	22.1	21	226.9	21.1	26.7	34.9	234.3	34.3	21.5	13.8	208.7	15.2	17.3	27.6	213.2	24.9	20
	平均	19.1	218	19.7	15.8	33.2	210.3	36.4	18.5	19.3	230.3	18.9	23.6	32.4	234.1	32.1	14.9	14.5	213.2	16.5	15.4	27.3	212	26.5	21.3
L5	表层	58.8	186.2	44.1	26.7	92	186.1	64.4	26.2	44.4	188.4	39.5	23.7	66	190.4	58.1	24.1	44.7	180.2	34.9	35.4	71.4	176.6	53.4	34.2
	平均	55	186.3	41.3	23.2	86.1	186.9	60.9	20.9	36.2	190.2	33.1	20.3	55.3	192.8	55	21.3	40.9	179.4	33	33.7	65.9	175.7	48.4	32.2
L6	表层	44.7	180.2	34.9	35.4	174.2	215.9	125.8	352.1	78.2	205.8	48.4	25.6	136.9	217.5	100.2	42.3	41.8	210.6	38.3	10.6	70.8	217.5	62.9	24.5
	平均	40.9	179.4	33	33.7	140.8	238	109.3	39	71	210.7	45.9	24.1	123.1	224.7	91.4	49.3	41.9	216.6	38.8	13	80.2	233.3	67.2	4.2
L7	表层	67.6	221	67.4	58.1	95.5	221.8	108.7	55.6	56.2	224.7	59.4	57.1	84.1	225.6	102.9	54.1	47.1	223.8	54.8	59.7	73	220.3	88.9	57.5
	平均	65.3	220.9	66.6	57.7	91.5	222.1	105.7	55.6	55.7	224.5	60	57	85.3	224.9	104.4	54.3	46	223.5	54.5	59.7	70.3	220.1	86	58.5
L8	表层	74.2	223.2	75.6	45.3	112.4	225.9	136.5	43.4	60.8	223.1	61.3	48.3	102	222.7	109.1	49.7	43.7	221.3	47.2	45.9	65.2	227.1	83.7	42.9
	平均	70.9	225.6	73	47	109.5	229	127.2	44.6	59.4	223.4	59	48.6	99.9	224.4	99.1	43.8	43.5	219.6	43.8	49	64.9	219.4	75.1	49.6
L9	表层	74.2	178.9	53	69.3	130.2	167.3	105.7	64.7	59.9	180.1	38.7	96.4	108.5	181.8	87.3	102.1	30.8	197.4	42.8	62.1	83.5	179.7	78.5	68.4
	平均	71.1	177.4	60.8	60.7	128.8	169.4	108.3	65.4	55.3	181.8	50.2	61.6	101.3	172.5	83.3	63.4	30.7	199.1	41.7	67.2	73.8	179.3	66.9	67

表 2.5-5 各站实测垂向平均余流流速 V (cm/s) 及流向 (°)

2020 年

项目 站位	夏季						夏季					
	大潮		中潮		小潮		大潮		中潮		小潮	
	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向	流速	流向
L1	11.0	86.2	2.6	137.6	1.6	182.2	11.7	336.9	10.7	330.9	4.4	67.5
L2	12.2	162.6	10.5	105.8	9.2	103.2	9.7	179.8	10.9	155.5	7.7	149.1
L3	12.5	210.2	3.9	144.6	7.5	305.6	7.9	190.9	12.0	190.6	7.4	220.3
L4	4.1	308.3	4.6	316.5	2.6	310.3	6.9	215.8	2.9	273.3	4.1	219.8
L5	12.2	161.3	4.1	142.8	13.2	141.4	7.5	301.9	8.5	278.0	6.7	294.7
L6	17.7	240.7	7.7	202.7	9.7	278.1	8.4	189.6	5.9	152.5	2.6	185.4
L7	11.5	107.7	11.9	83.3	10.8	94.8	5.1	107.3	3.6	131.0	6.1	111.0
L8	4.7	64.8	6.0	78.1	5.8	90.0	7.6	293.6	8.6	273.9	6.4	265.7
L9	33.8	127.5	26.2	120.5	14.8	121.6	13.6	208.7	6.4	205.3	6.3	191.2

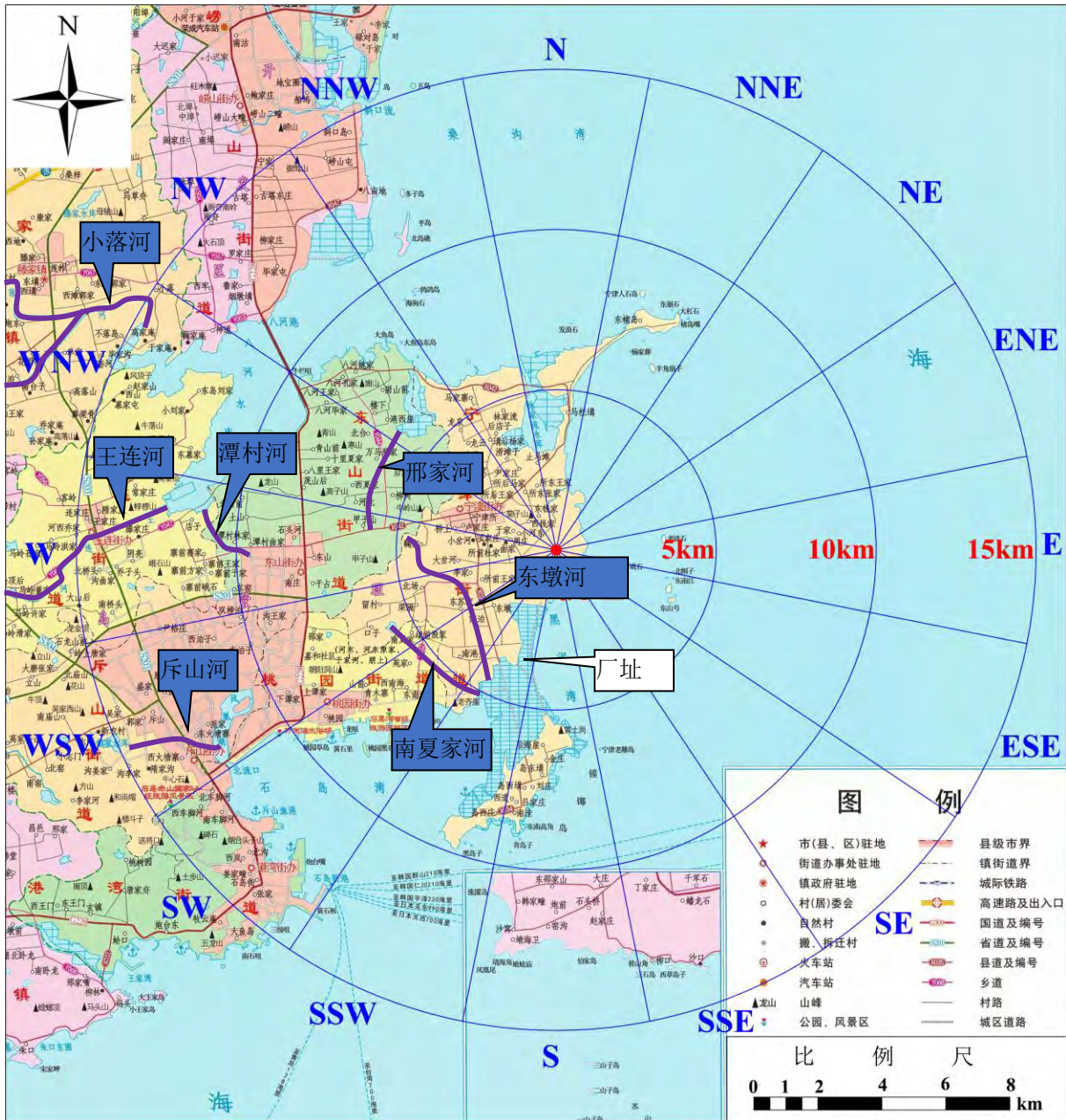
表 2.5-6 厂址水文站温盐统计结果

月份	盐度（‰）			温度（℃）		
	最高值	最低值	平均值	最高值	最低值	平均值
200603	31.38	30.27	30.89	6.59	3.17	4.85
200604	31.74	30.08	30.93	10.67	5.57	7.87
200605	31.75	29.94	31.18	14.58	9.36	12.09
200606	31.6	30.41	31.21	16.82	13.73	15.05
200607	31.48	29.57	31.09	18.29	15.5	16.84
200608	31.03	28.47	30.18	24.95	17.02	21.07
200609	31.33	29.1	30.41	24.55	21.3	22.61
200610	31.09	30.07	30.78	22.7	18.27	21.09
200611	31.16	30.05	30.72	18.61	11.86	15.09
200612	31.92	29.75	31.15	14.69	4.92	8.35
200701	31.81	30.06	30.95	6.11	3.2	4.45
200702	31.89	30.31	31.23	5.76	2.14	4.05
200703	31.86	30.14	31.14	7.46	3.02	5.51
200704	31.75	29.97	30.96	12.05	6.72	8.71
200705	31.75	30.11	31.25	16.16	10.75	12.93
200706	31.65	30.1	30.92	17.89	14.58	16.42
200707	31.31	29.03	30.6	20.74	16.64	18.58
200708	30.97	29.03	30.28	24.08	18.91	21.7
200709	31.54	28.98	30.01	24.11	23.24	23.67

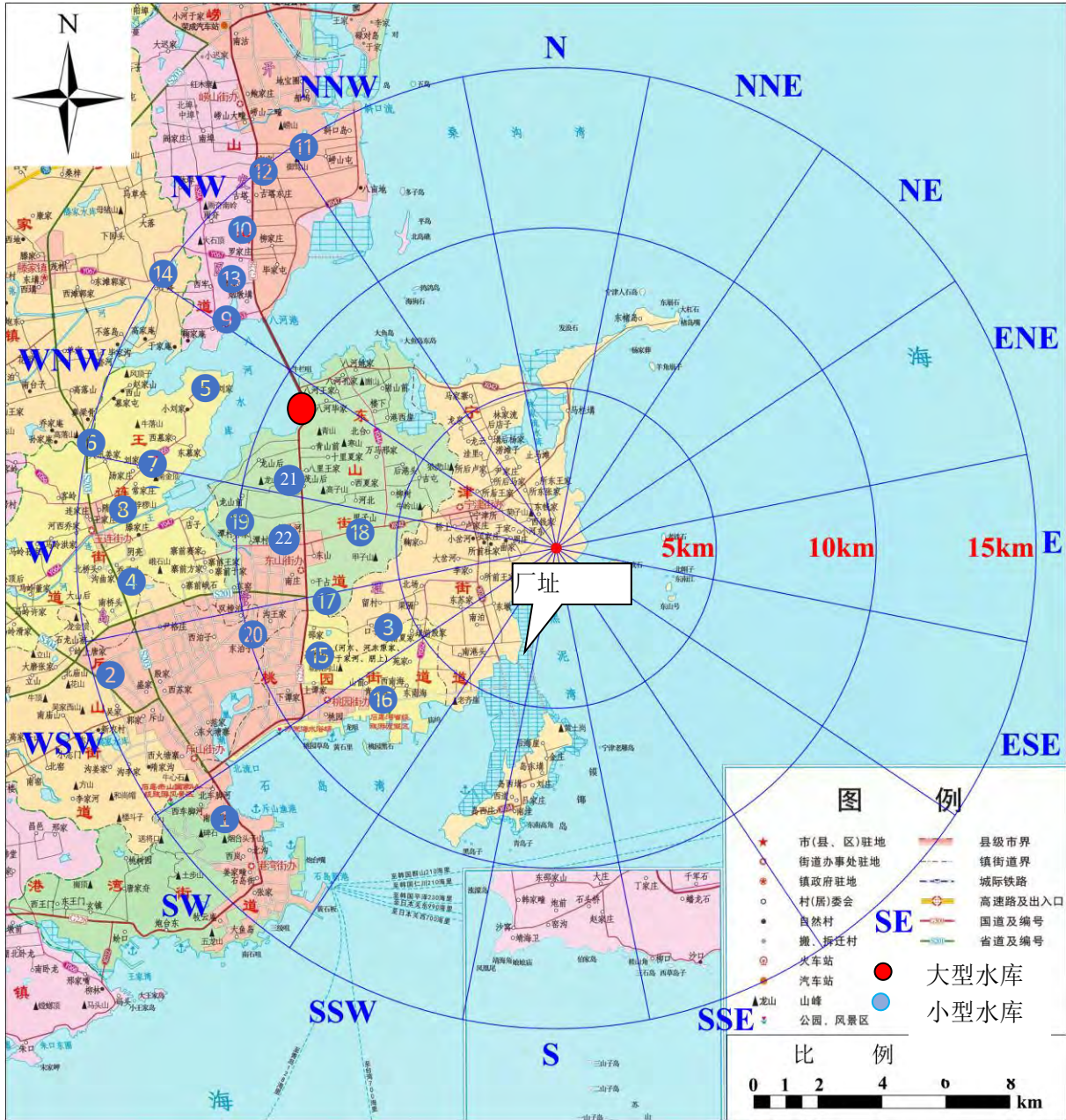
表 2.5-7 石岛湾核电厂址附近海域温度实测结果（℃）

2020 年

站号	层次	冬季			春季			夏季			秋季		
		大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮	大潮	中潮	小潮
L1	表层	8.39	7.45	7.81	9.03	9.19	9.46	22.57	22.27	20.91	21.64	20.55	18.57
	0.6H	8.37	7.4	7.79	8.76	8.98	9.24	22.18	21.89	19.95	21.65	20.56	18.61
	底层	8.37	7.4	7.76	8.49	8.91	9.15	21.7	21.7	19.66	21.66	20.57	18.58
L2	表层	8.35	7.48	7.82	7.27	7.73	8.34	22.76	23.24	21.53	21.54	20.79	19.58
	0.6H	8.35	7.41	7.79	6.98	7.5	7.9	20.77	20.3	18.33	21.55	20.79	19.57
	底层	8.37	7.41	7.75	6.87	7.43	7.72	20.03	19.99	18.12	21.56	20.77	19.54
L3	表层	10.55	9.59	9.18	7.09	7.76	7.85	22.38	25.6	22.36	21.7	20.79	19.7
	0.6H	10.59	9.61	9.18	6.89	7.46	7.6	17.26	20.25	18.23	21.67	20.81	19.69
	底层	10.6	9.65	9.18	6.73	7.29	7.61	16.5	18.78	17.53	21.69	20.78	19.69
L4	表层	8.13	7.7	7.82	8.99	9.43	9.29	22.99	23.56	23.63	21.44	20.64	18.36
	0.6H	8.13	7.65	7.75	8.65	9.11	8.76	22.48	21.98	21.97	21.49	20.56	18.37
	底层	8.06	7.52	7.57	8.48	8.94	8.56	22.25	21.78	21.8	21.48	20.54	18.41
L5	表层	8.31	7.36	8.01	8.51	8.29	9.3	30.87	30.95	31	21.43	20.61	18.31
	0.6H	8.27	7.32	8.06	8.34	7.86	8.76	30.83	31.02	31.13	21.52	20.56	18.34
	底层	8.29	7.32	7.81	8.22	7.5	8.59	30.85	31	31.26	21.52	20.56	18.4
L6	表层	10.43	9.3	9.12	8.4	7.85	8.34	30.79	30.58	30.82	21.63	20.79	19.51
	0.6H	10.47	9.31	9.1	7.88	7.51	7.88	30.78	30.72	30.95	21.59	20.76	19.49
	底层	10.47	9.31	9.04	7.57	7.32	7.74	30.83	30.86	30.94	21.6	20.79	19.49
L7	表层	7.69	7.55	7.75	8.01	8.37	8.72	30.78	30.74	30.98	21.57	20.69	18.87
	0.6H	7.69	7.48	7.78	7.79	8.08	8.52	30.8	30.81	30.97	21.58	20.65	18.82
	底层	7.66	7.46	7.72	7.67	7.87	8.43	30.81	30.82	30.97	21.59	20.65	18.82
L8	表层	9.97	8.71	8.61	7.56	8.02	8.2	30.73	30.67	30.87	21.59	20.87	19.36
	0.6H	10.13	8.67	8.54	7.3	7.83	7.94	30.8	30.9	30.96	21.59	20.8	19.36
	底层	10.16	8.71	8.47	7.05	7.66	7.74	30.87	30.91	30.89	21.6	20.79	19.36
L9	表层	10.61	9.37	8.92	7.6	7.58	7.93	30.7	30.65	30.88	21.61	21.03	19.83
	0.6H	10.76	9.39	8.89	7.41	7.39	7.63	30.81	30.9	30.96	21.6	20.94	19.89
	底层	10.65	9.35	8.84	7.33	7.31	7.61	30.88	30.91	30.89	21.59	20.93	19.9



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址周围河流分布示意图		
图 2.5-1	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目

环境影响报告书（选址阶段）

厂址周围水库分布示意图

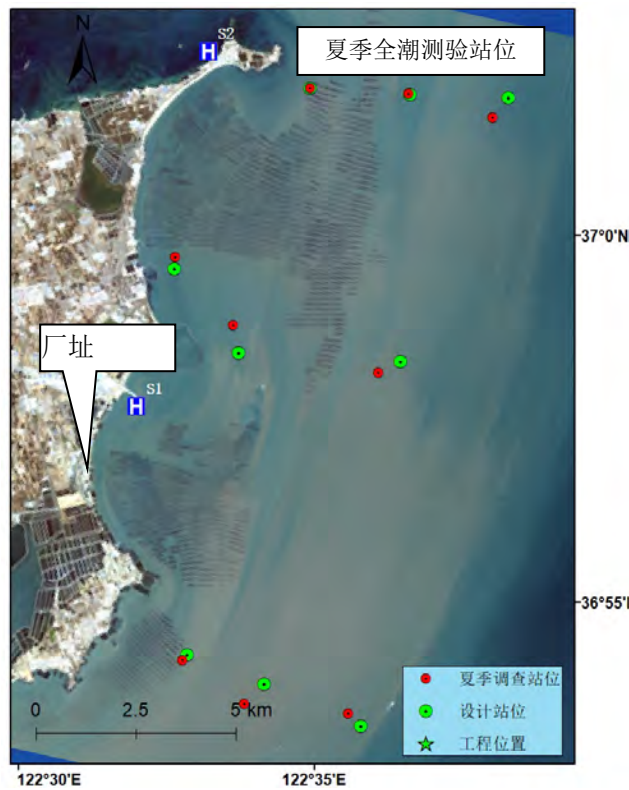
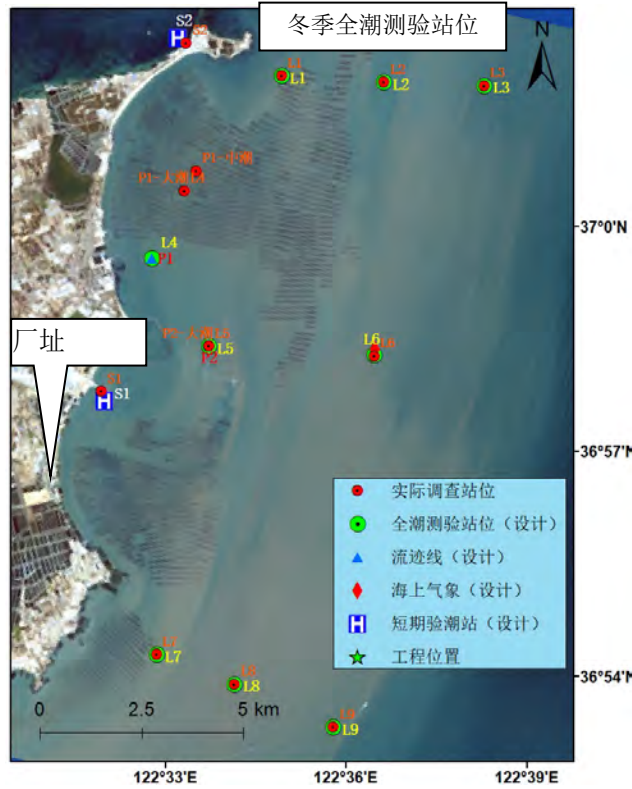
图 2.5-2

版次：

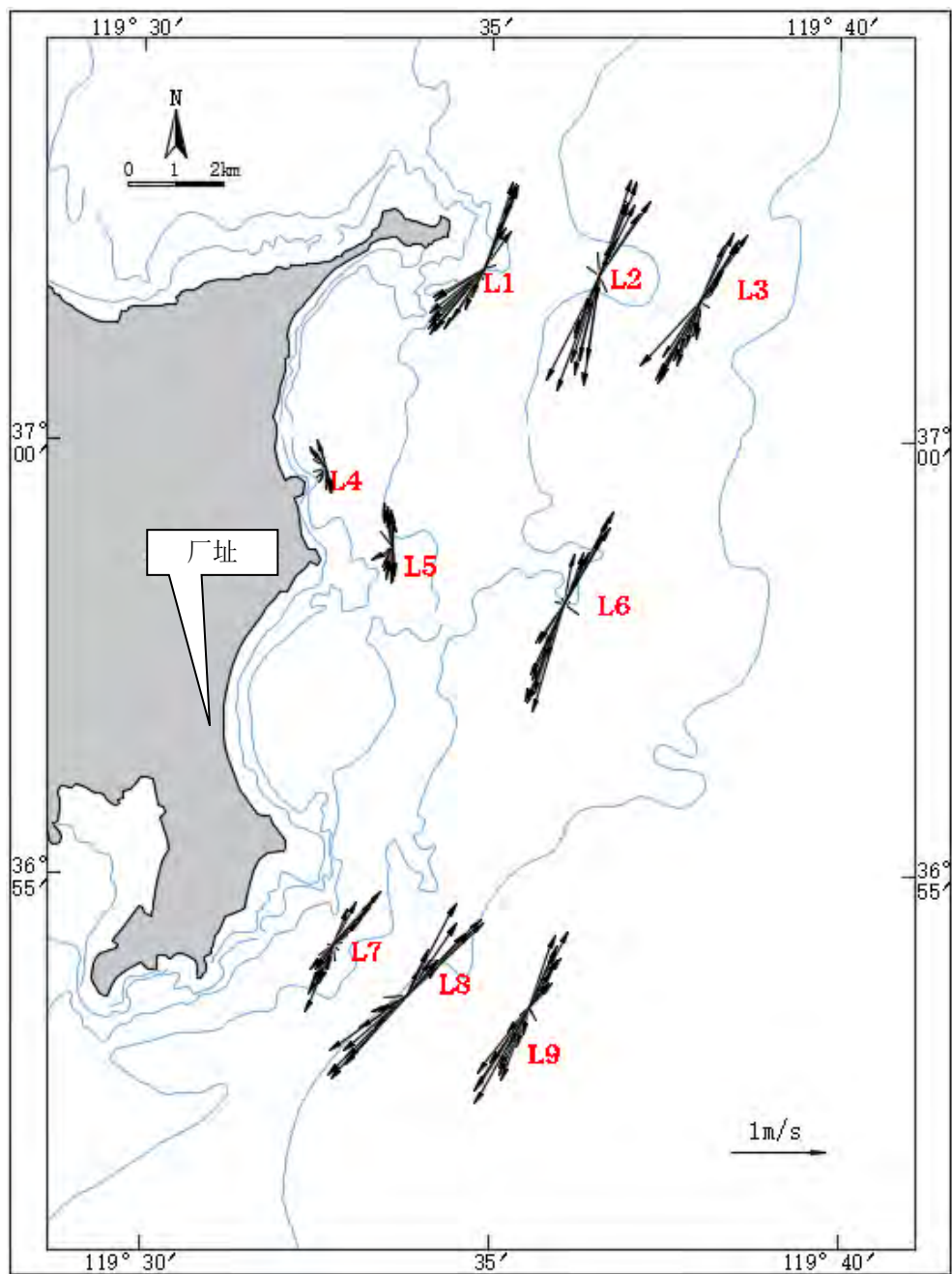
A



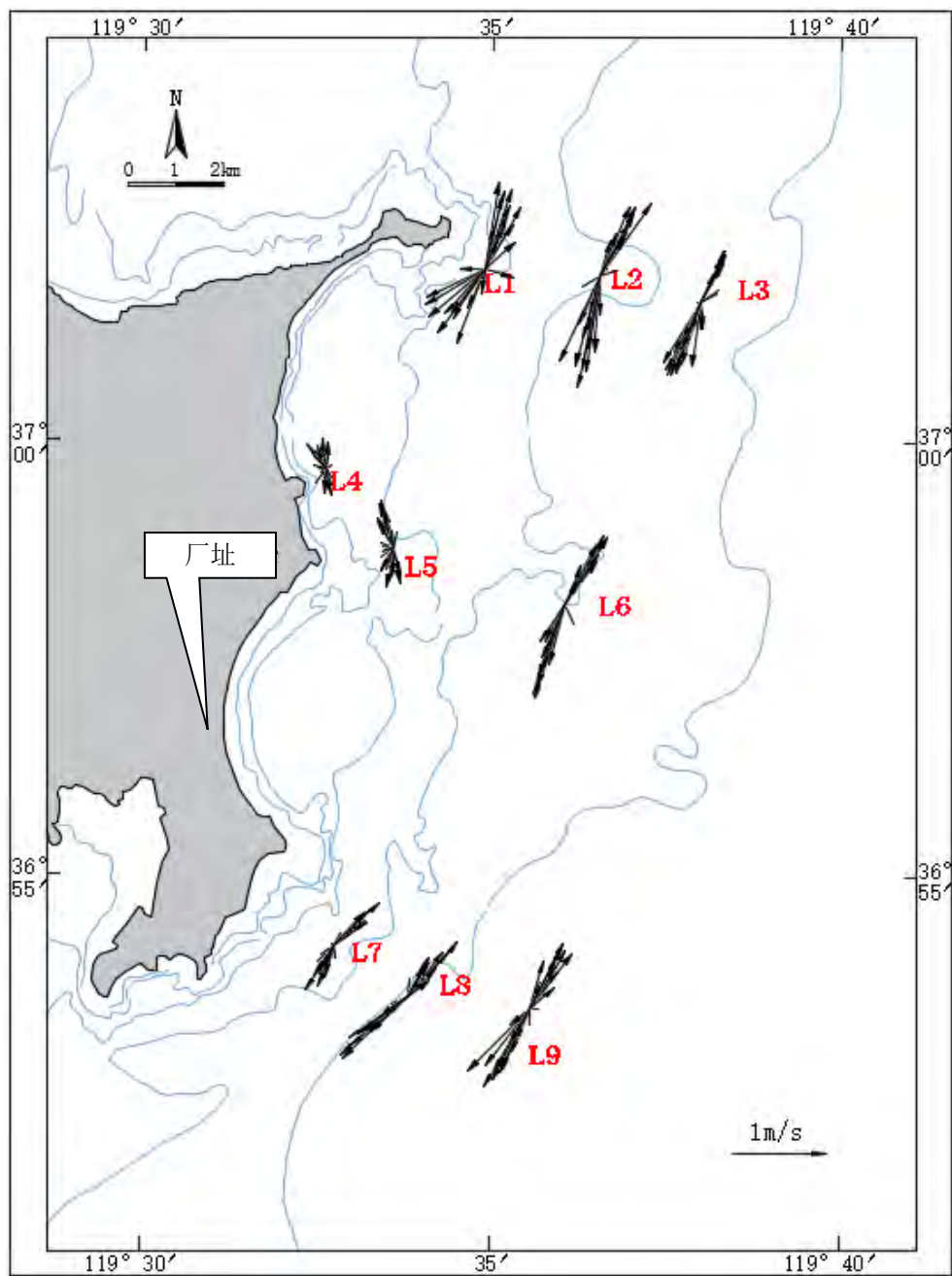
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
海洋站及厂址海洋水文专用站 位置示意图		
图 2.5-3	版次：	A



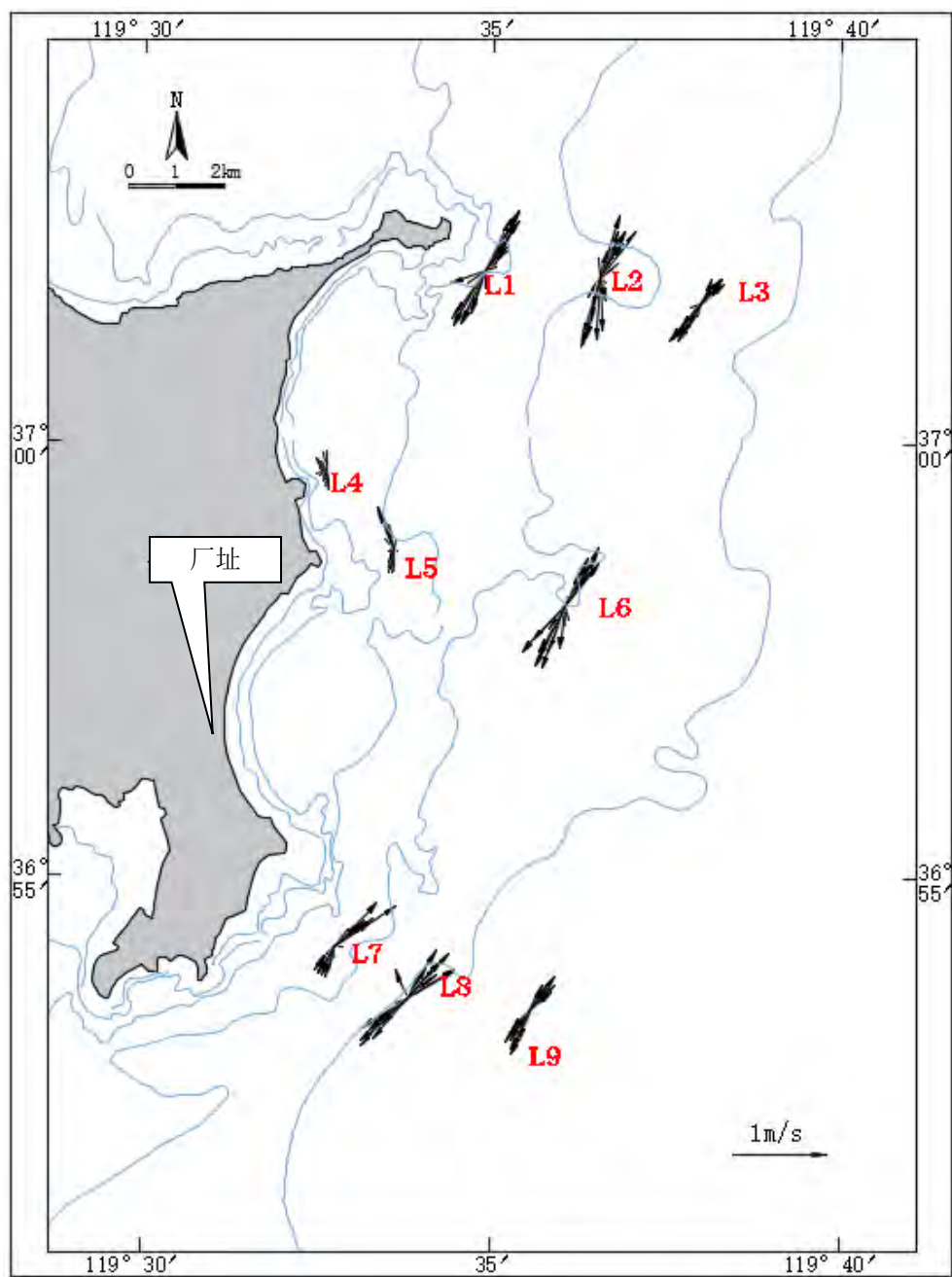
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
全潮水文观测站位示意图		
图 2.5-4	版次:	A



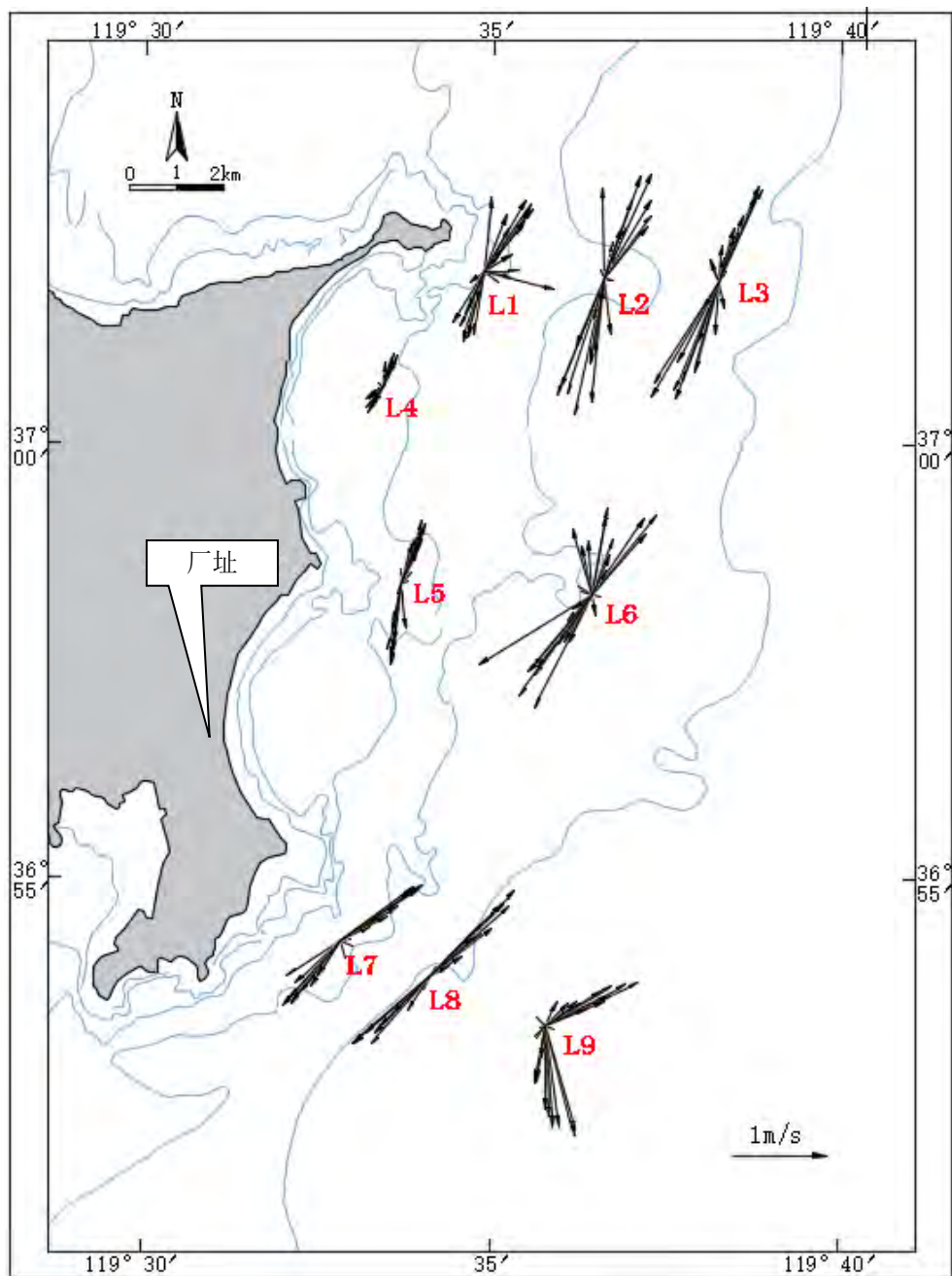
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
夏季垂线平均海流矢量图 （夏季大潮）		
图 2.5-5（1/3）	版次：	A



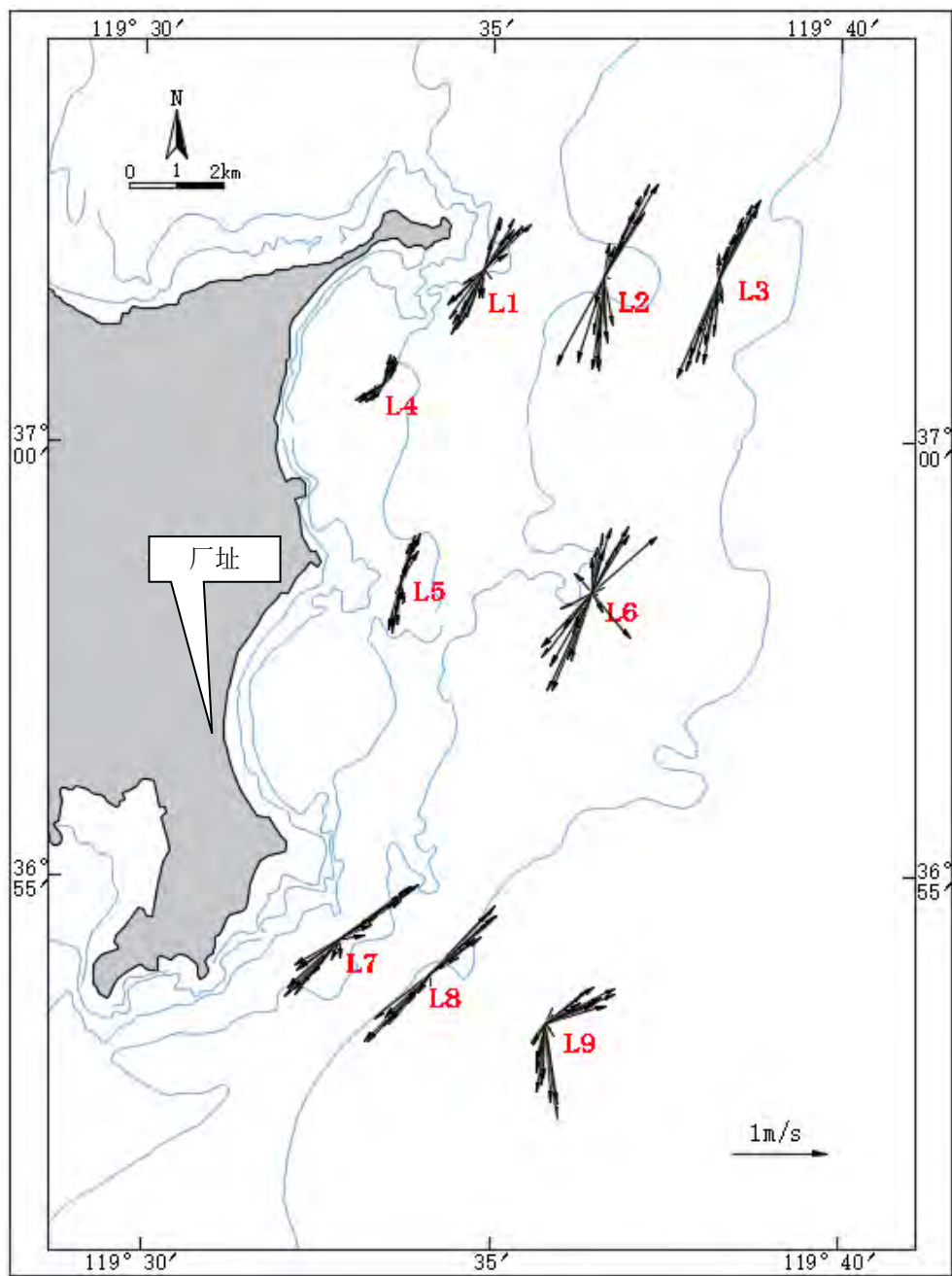
宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
夏季垂线平均海流矢量图 （夏季中潮）		
图 2.5-5（2/3）	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
夏季垂线平均海流矢量图 （夏季小潮）		
图 2.5-5（3/3）	版次：	A



宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
冬季垂线平均海流矢量图 （冬季大潮）		
图 2.5-6（1/3）	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目

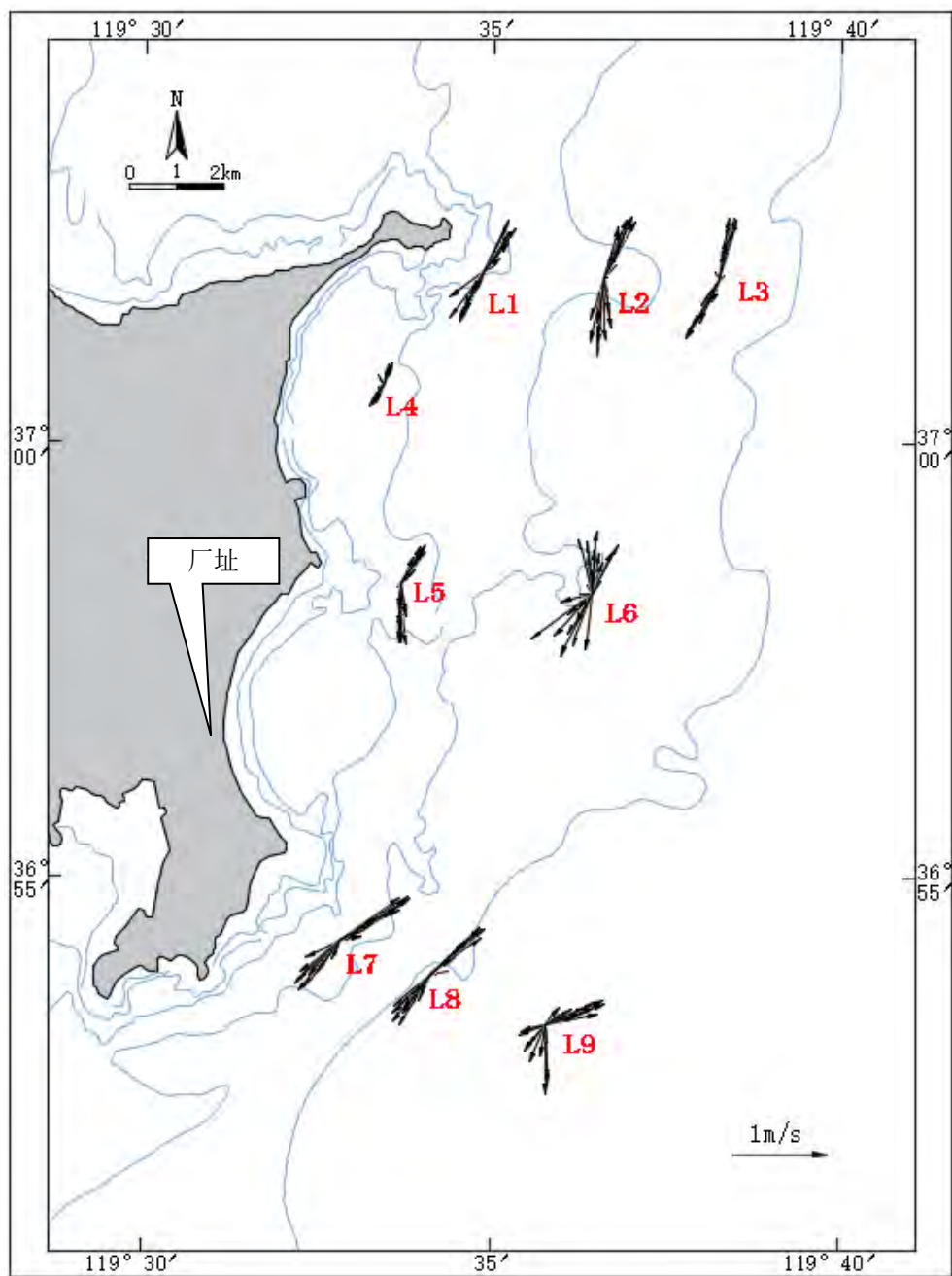
环境影响报告书（选址阶段）

冬季垂线平均海流矢量图
（冬季中潮）

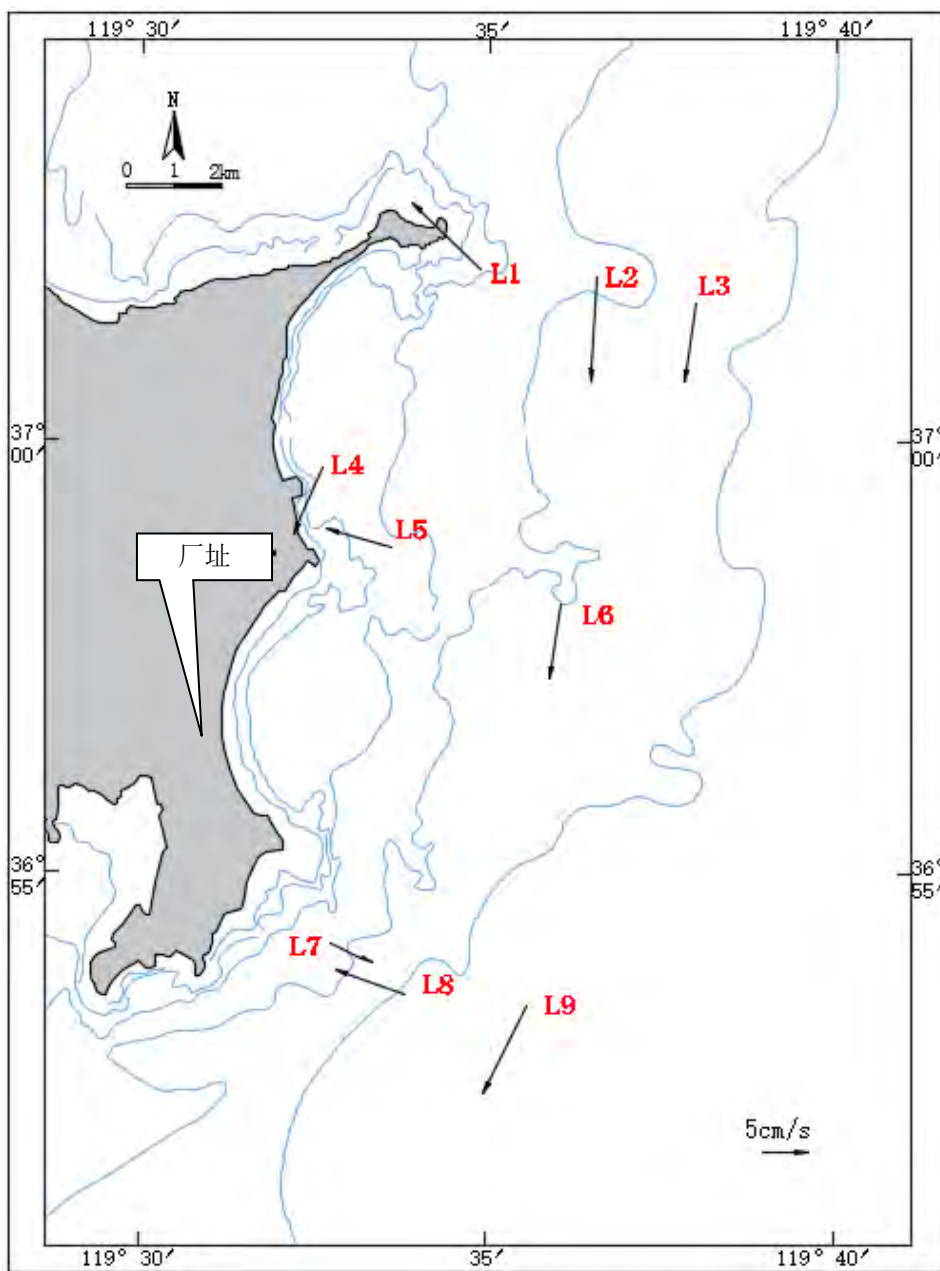
图 2.5-6（2/3）

版次：

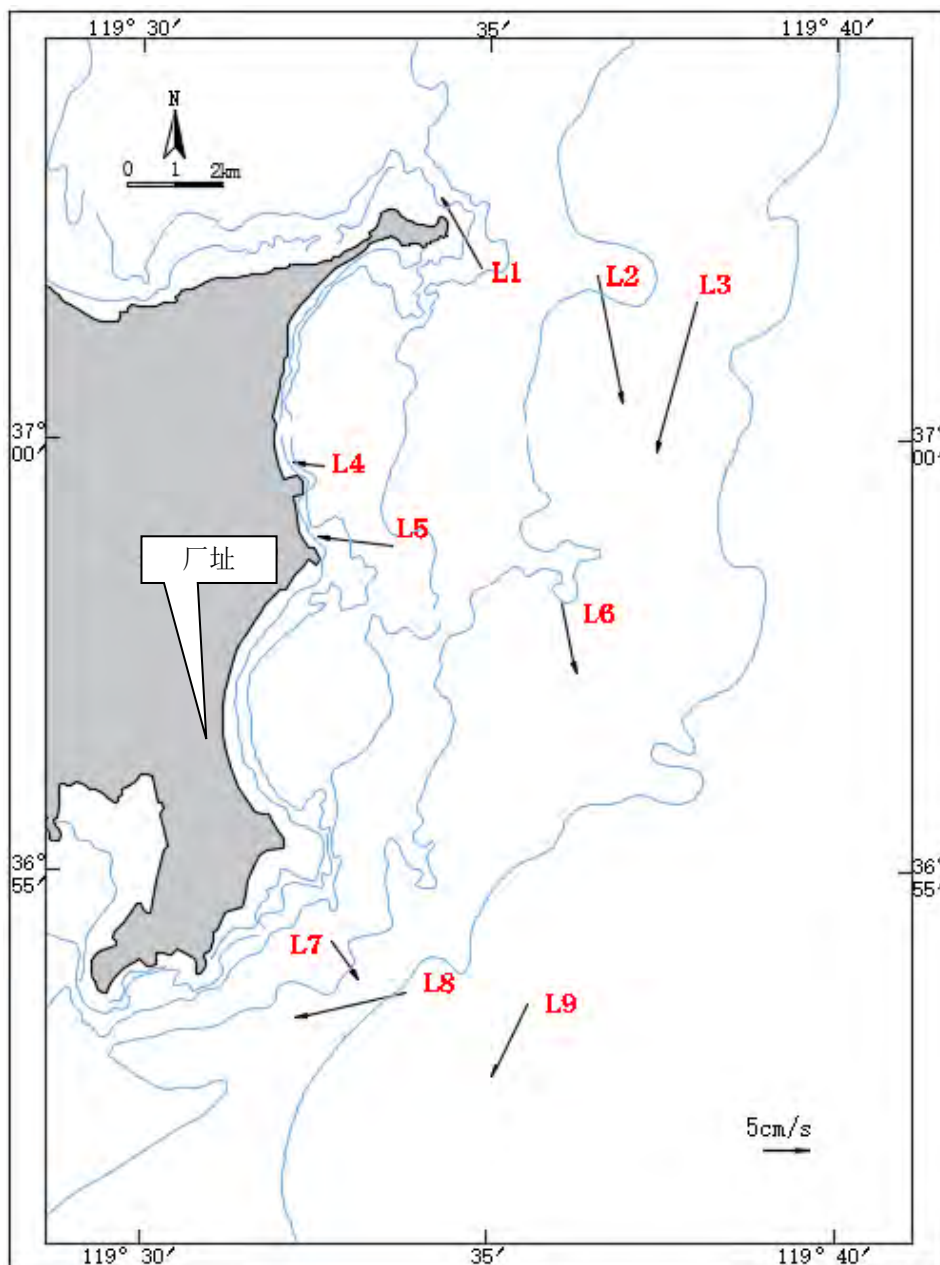
A



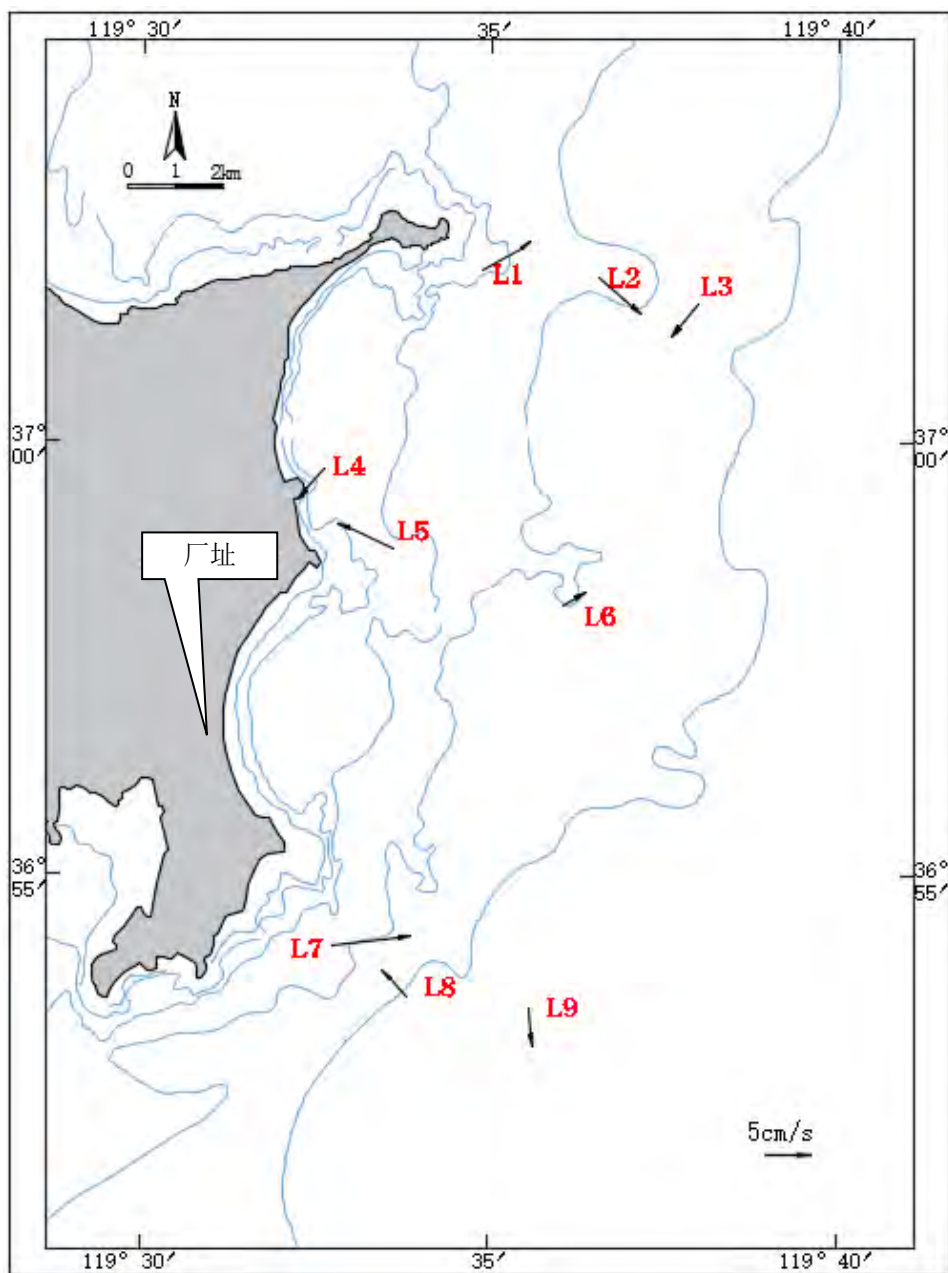
宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
冬季垂线平均海流矢量图 （冬季小潮）		
图 2.5-6（3/3）	版次：	A



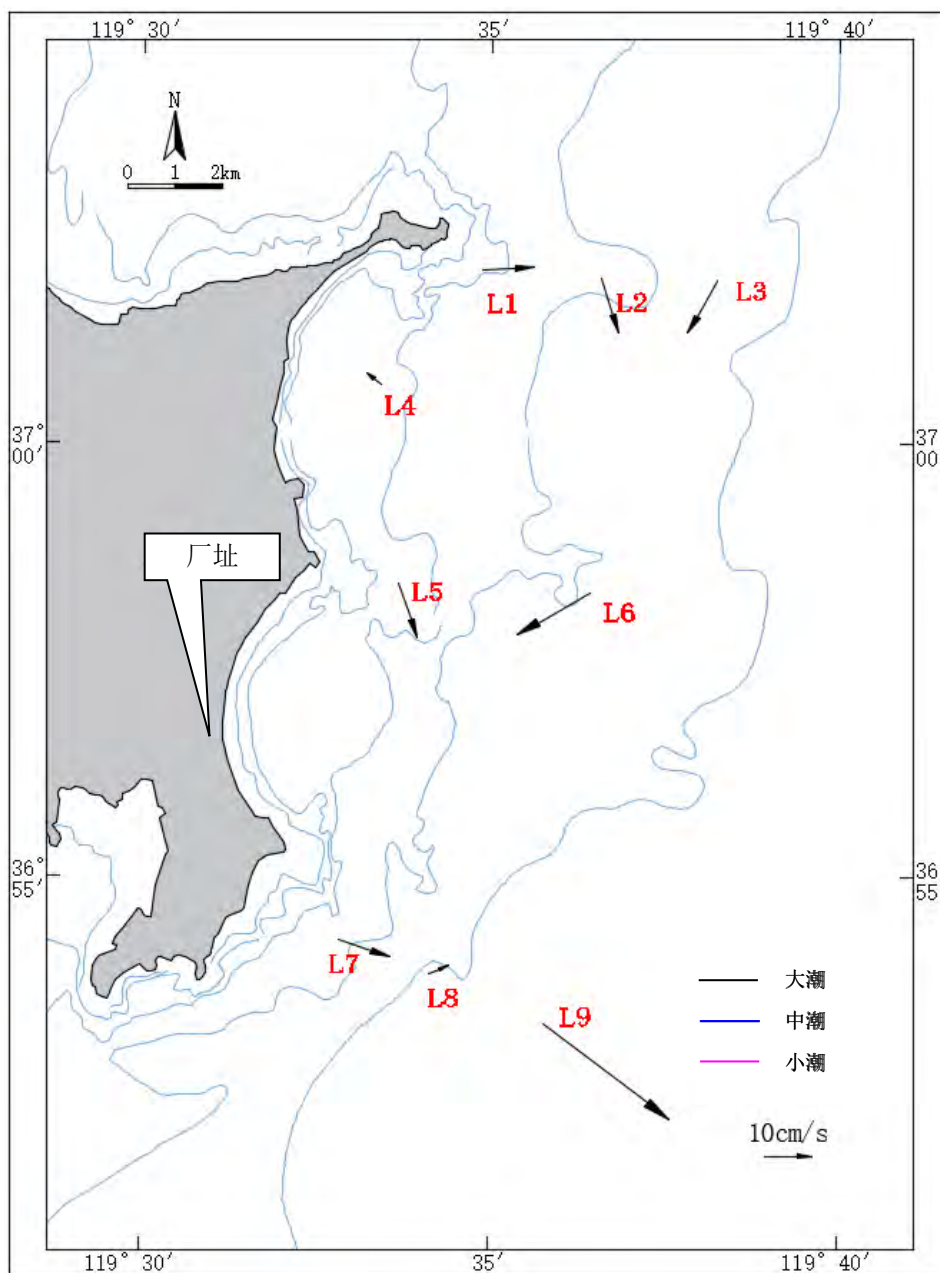
宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
夏季各站垂向平均余流矢量图 （大潮）		
图 2.5-7（1/3）	版次：	A



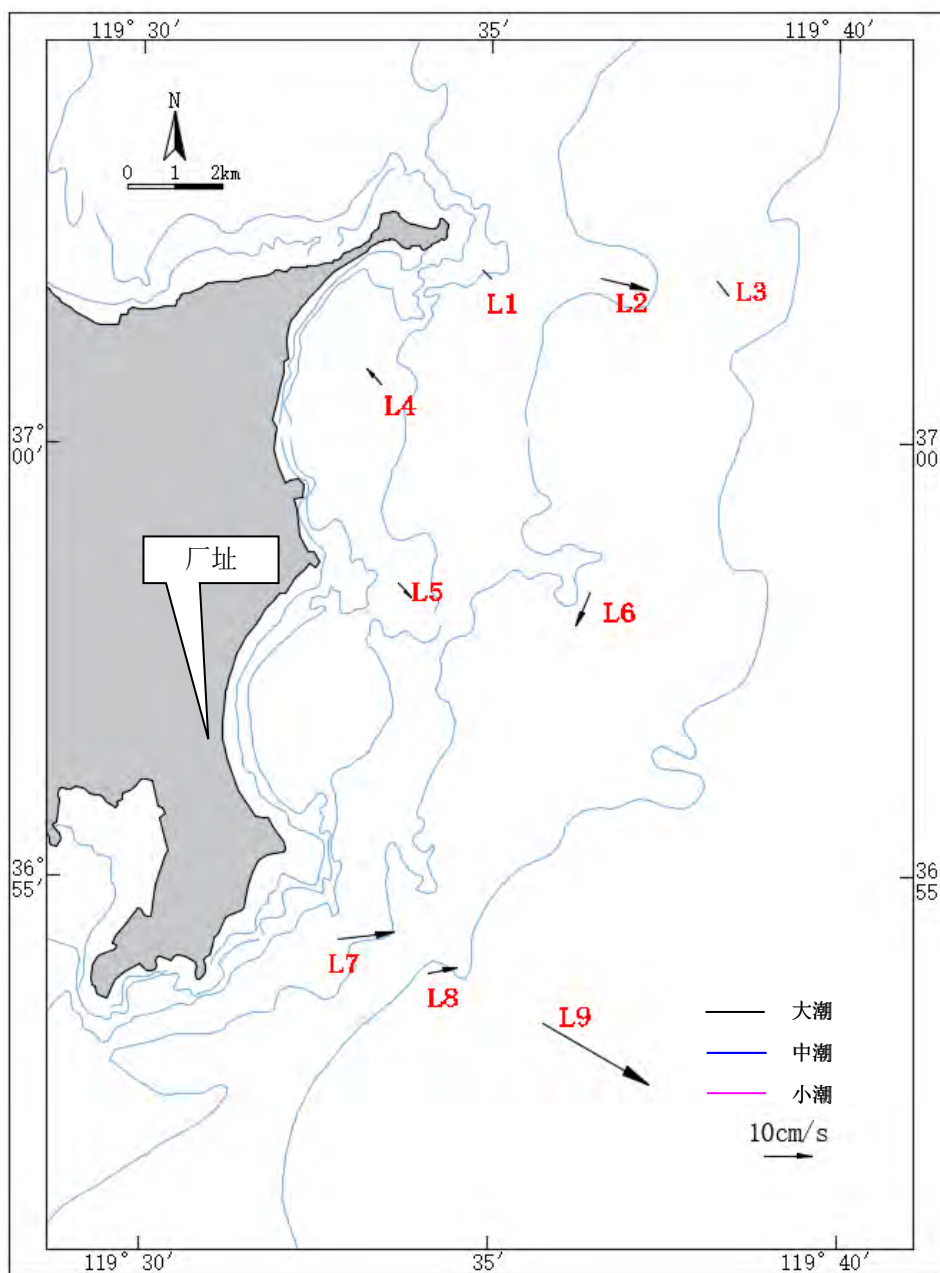
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
夏季各站垂向平均余流矢量图 （中潮）		
图 2.5-7（2/3）	版次：	A



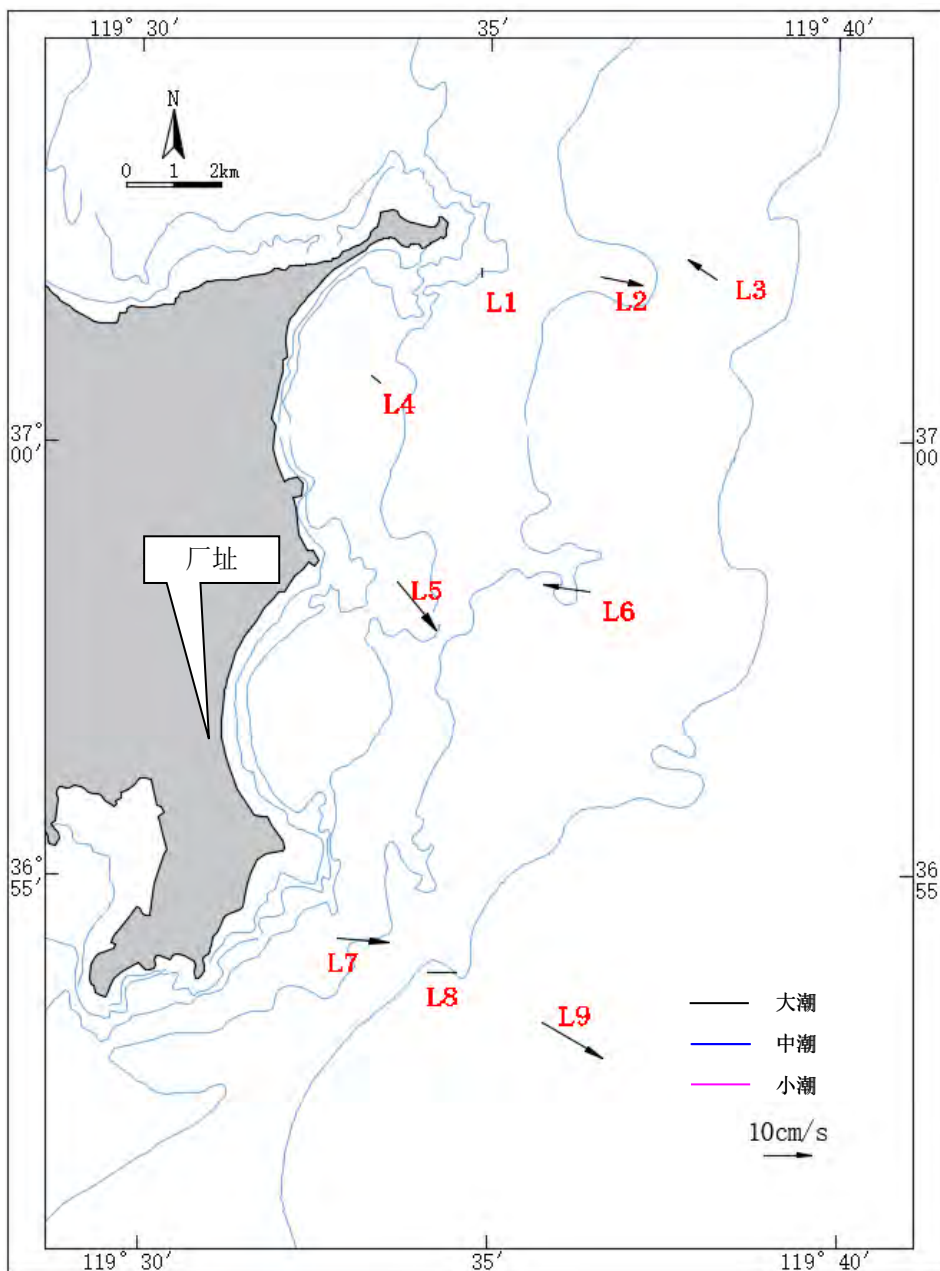
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
夏季各站垂向平均余流矢量图 （小潮）		
图 2.5-7（3/3）	版次：	A



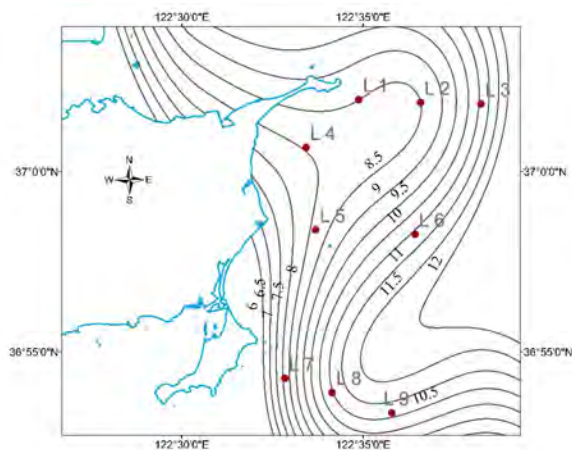
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
冬季各站垂向平均余流矢量图 (大潮)		
图 2.5-8 (1/3)	版次:	A



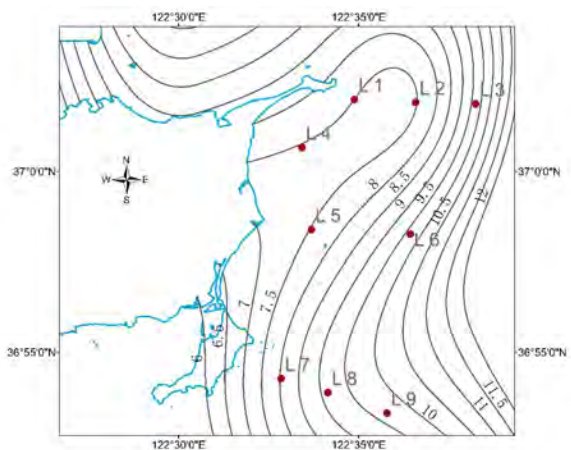
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
冬季各站垂向平均余流矢量图 （中潮）		
图 2.5-8（2/3）	版次：	A



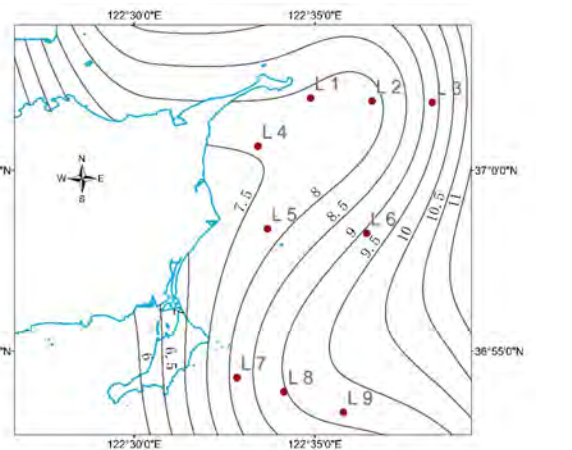
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
冬季各站垂向平均余流矢量图 （小潮）		
图 2.5-8（3/3）	版次：	A



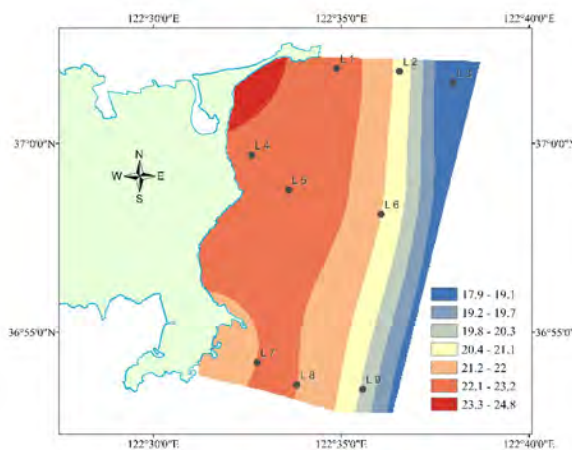
冬季大潮涨憩平均温度水平分布图



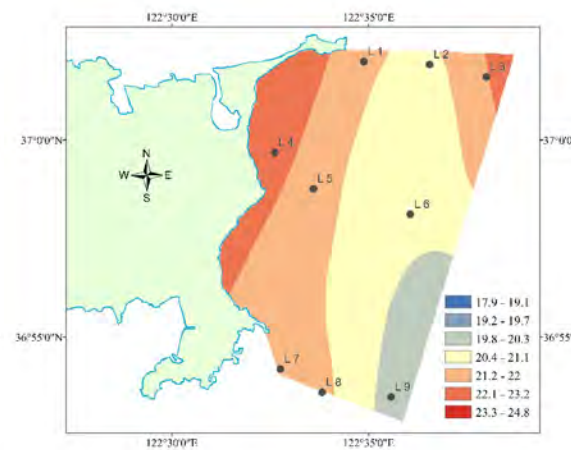
冬季中潮涨憩平均温度水平分布图



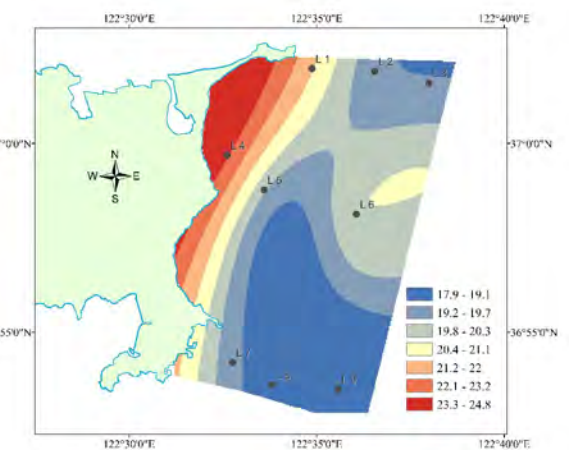
冬季小潮涨憩平均温度水平分布图



夏季大潮涨憩平均温度水平分布图

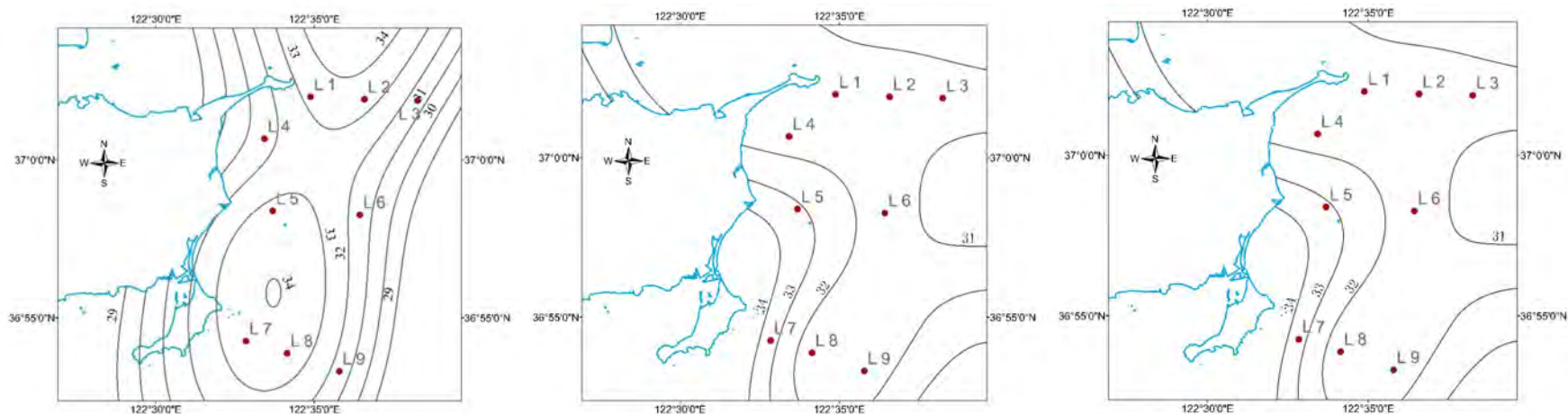


夏季中潮涨憩平均温度水平分布图



夏季小潮涨憩平均温度水平分布图

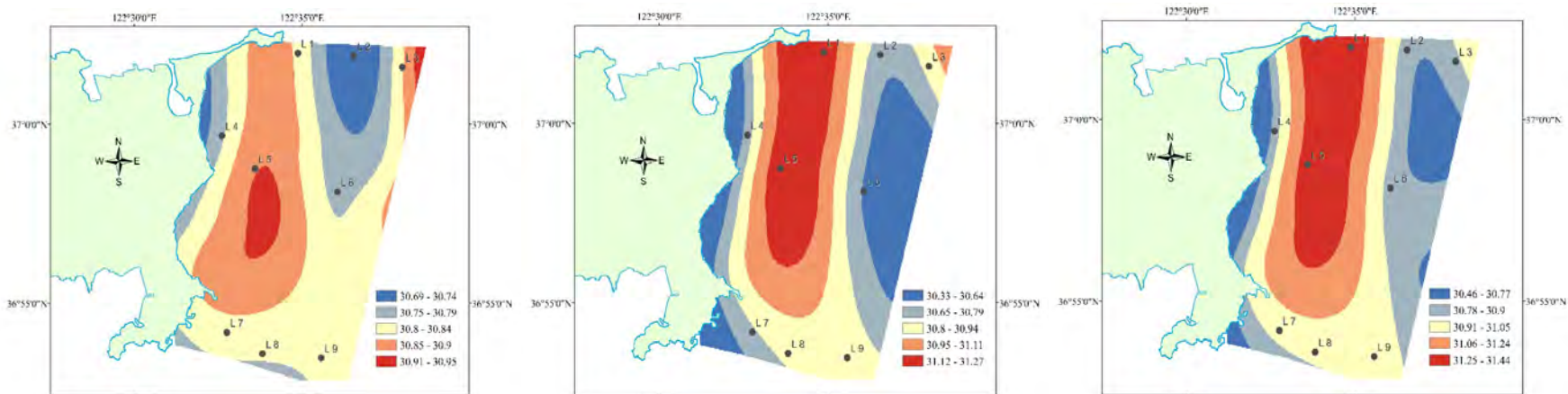
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域温度分布示意图		
图 2.5-9	版次：	A



冬季大潮涨憩平均盐度水平分布图

冬季中潮涨憩平均盐度水平分布图

冬季小潮涨憩平均盐度水平分布图

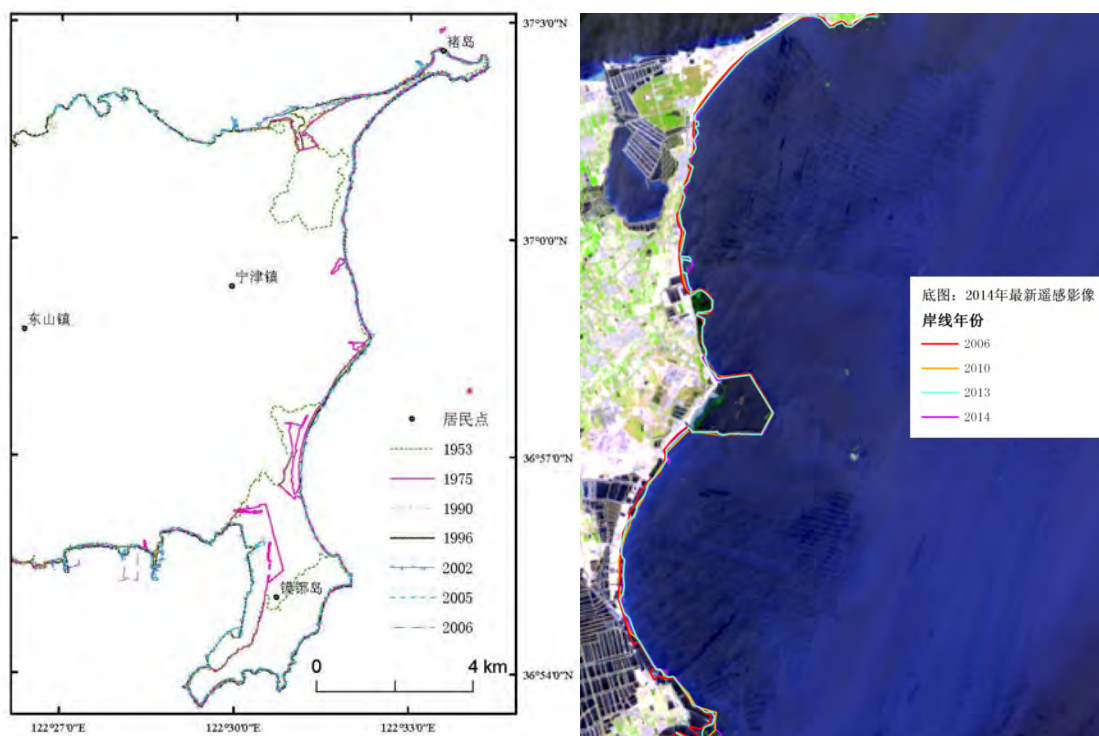


夏季大潮涨憩平均盐度水平分布图

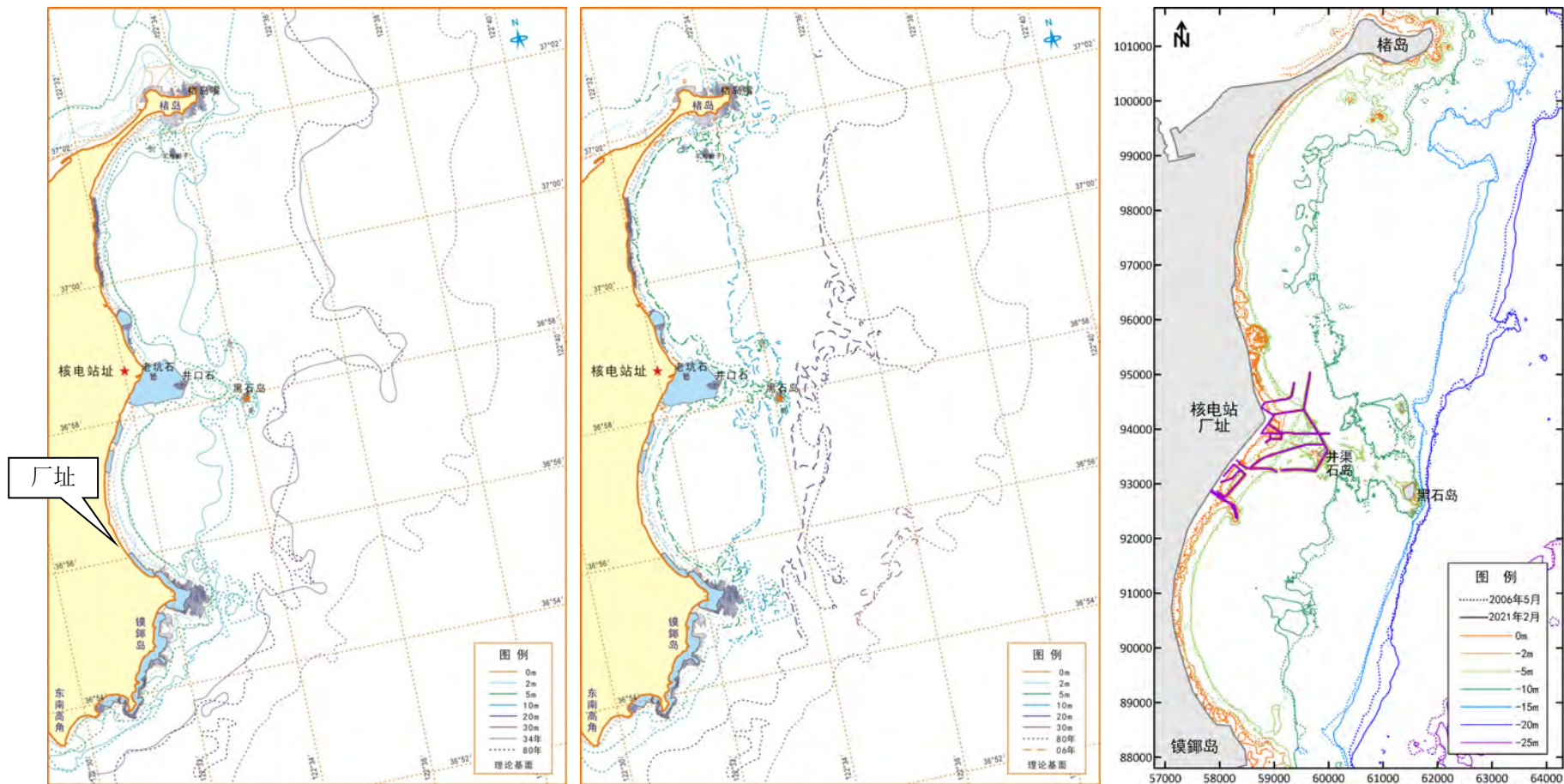
夏季中潮涨憩平均盐度水平分布图

夏季小潮涨憩平均盐度水平分布图

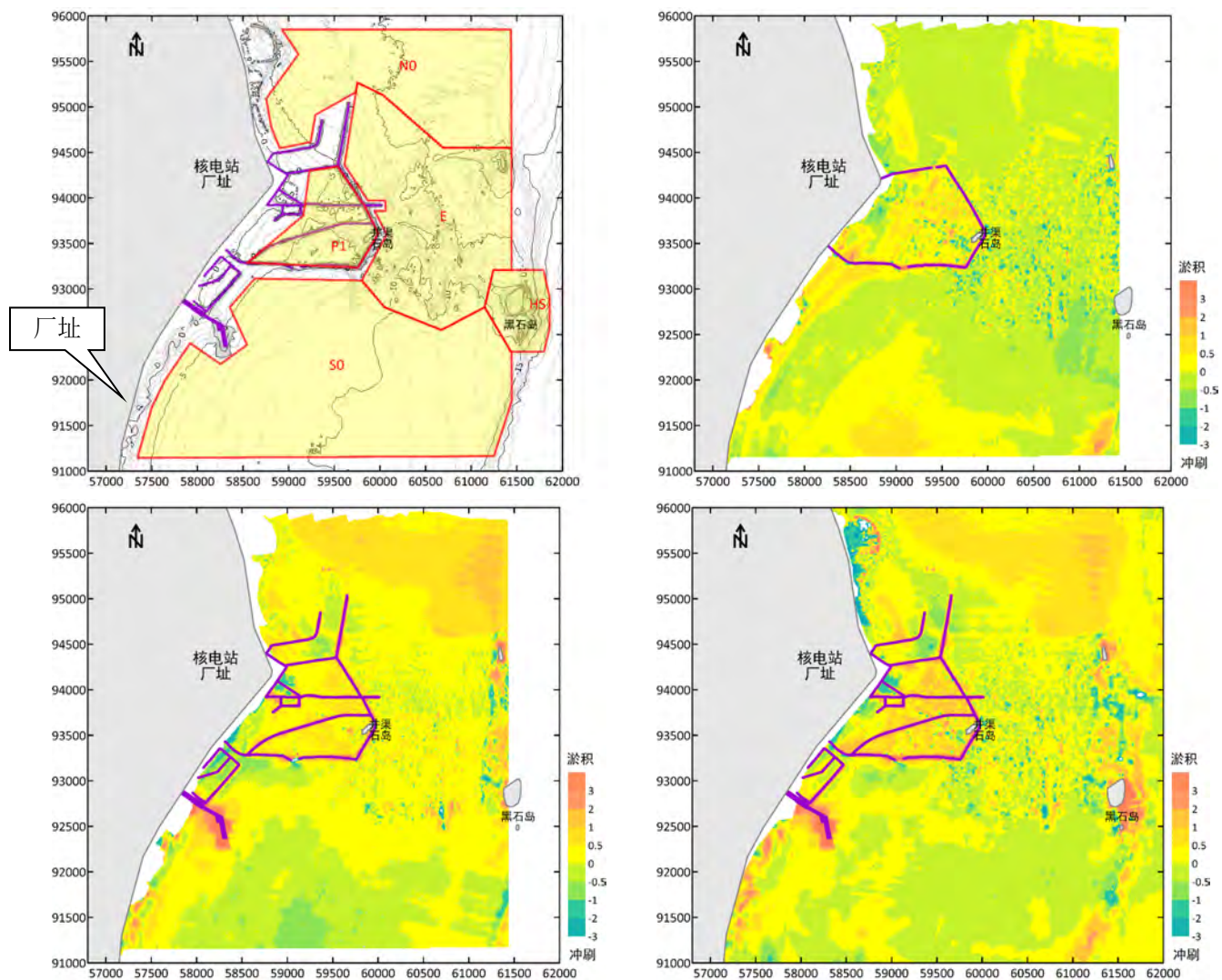
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域盐度分布示意图		
图 2.5-10	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址所在海区的海岸线变化图		
图 2.5-11	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域 2006-2021 年等深线变化		
图 2.5-12	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
工程海域水下地形及水深变化特征		
图 2.5-13	版次：	A

2.6 地形地貌

图

图 2.6-1 厂址区域现状地形地貌图

2.6 地形地貌

宽能谱超高通量试验堆项目地处胶东半岛的黄海之滨，地块呈方形，南北长约 400 米，东西宽约 350 米。图 2.6-1 给出了厂址区域现状地形地貌图。厂址区域总体地形平坦，现状主要为耕地、虾池、水渠和绿地等。



① 用地现状照片



② 用地现状照片



③ 现状虾池



④ 现状建筑



⑤ 现状耕地



⑥ 现状水渠

宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
厂址区域现状地形地貌图		
图 2.6-1	版次:	A

第三章 环境质量现状

3.1 辐射环境质量现状

3.2 非辐射环境质量现状

- 3.1 辐射环境质量现状
 - 3.1.1 辐射环境本底调查
 - 3.1.1.1 调查方案
 - 3.1.1.2 质量保证
 - 3.1.1.3 调查结果
 - 3.1.1.4 区域内核设施、核技术利用调查
 - 3.1.2 辐射环境质量评价
 - 3.1.2.1 本底调查结果评价
 - 3.1.2.2 运行前辐射环境现状评价
 - 3.1.3 参考资料

表

表 3.1-1 国核压水堆示范工程运行前环境辐射现状水平调查方案（2 张）

表 3.1-2 地表 γ 辐射剂量率、累积剂量测量点和土壤采样点位置（4 张）

表 3.1-3 气溶胶、沉降灰、空气中 ^3H 、 ^{14}C 采样点

表 3.1-4 地表水（底泥）、地下水、饮用水、陆地水生生物采样点

表 3.1-5 陆生生物样品采样点位置

表 3.1-6 海水和海洋沉积物采样点

表 3.1-7 海洋生物采样点位置

表 3.1-8 采用的仪器及测量方法依据

表 3.1-9 各类样品分析方法的探测下限

表 3.1-10 项目主要仪器和设备检定情况表

表 3.1-11 平行样品测量结果统计

表 3.1-12 地表 γ 辐射剂量率测量结果（2 张）

表 3.1-13 累积剂量计算出的剂量率值

表 3.1-14 累积剂量与剂量率值比较

表 3.1-15 气溶胶测量结果

表 3.1-16 沉降灰测量结果

表 3.1-17 空气 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 测量结果

表 3.1-18 降水测量结果

表 3.1-19 地表水测量结果

表 3.1-20 地下水测量结果

表 3.1-21 饮用水测量结果

表 3.1-22 地表水底泥测量结果

表 3.1-23 土壤样品测量结果

表 3.1-24 陆生生物测量结果

表 3.1-25 淡水水生生物测量结果

表 3.1-26 海水样品测量结果

表 3.1-27 海洋沉积物样品测量结果

表 3.1-28 海洋生物样品测量结果

表 3.1-29 厂址附近（附近 5km 左右）放射源、射线装置使用情况（2021 年 1 月）

表 3.1-30 本次调查剂量率与全国、山东省、烟台市剂量率水平对比

表 3.1-31 本次调查土壤中天然放射性核素浓度水平与全国、山东省、烟台市水平对比

表 3.1-32 各类环境介质中 ^3H 与 ^{14}C 活度浓度汇总对比

表 3.1-33 各类环境介质中 ^{90}Sr 与 ^{137}Cs 活度浓度汇总对比

图

图 3.1-1 地表 γ 辐射剂量率、累积剂量监测和土壤采样点图（3 张）

图 3.1-2 气溶胶、沉降灰和空气中 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 采样布点图（2 张）

图 3.1-3 地表水（底泥）、地下水、饮用水、水生物监测布点图

图 3.1-4 陆生生物采样点示意图

图 3.1-5 海水、海洋沉积物采样点示意图

图 3.1-6 海洋生物采样点示意图

图 3.1-7 地表 γ 辐射剂量率测量结果

图 3.1-8 辐射剂量率与雨量连续监测结果（2 张）

3.1 辐射环境质量现状

本项目处于选址阶段，尚未开展环境质量现状调查。距本项目最近的国核压水堆示范工程开展了相关调查，本阶段采用国核压水堆示范工程开展的调查报告进行描述。

3.1.1 辐射环境本底调查

目前，国核压水堆示范工程运行前放射性本底调查已委托中国辐射防护研究院开展，调查工作于 2021 年 4 月开展，预计至 2023 年 6 月完成报告。本小节将主要描述 2021 年 4 月至 2023 年 6 月的调查方案，并对中期报告的监测结果进行评价。后续阶段将以 2021 年 4 月至 2023 年 6 月的开展本底调查的结果进行评价。

3.1.1.1 调查方案

3.1.1.1.1 调查目的

本次调查的主要目的是：

- （1）全面掌握厂址所在地的放射性环境水平；
- （2）为编制项目运行阶段环境影响报告书提供支持性材料；
- （3）为建设单位“辐射环境监测大纲”优化提供资料及数据支持。

3.1.1.1.2 调查范围

本次调查的范围为：对于陆域环境，环境 γ 辐射水平的调查范围选择半径 50km，其余项目的调查范围选择半径 20~30km，监测的环境介质包括土壤、空气（气溶胶、沉降物、降水、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I ）、非受纳水体（饮用水、地下水、地表水、地表水沉积物、水生生物）、陆生生物（植物、动物、牛（羊）奶）、受纳水体（海水、沉积物、海洋生物）等。

3.1.1.1.3 总体要求与布点原则

（1）总体要求

调查监测方案制定中充分考虑厂址的大气和水的传输途径特点，尽可能做到科学上先进，技术上合理，经济上合算，合理布设监测点位，选择分析监测项目，确定采

样频次。

在可能的情况下，采用比常规监测方法探测下限更低的测量方法（如采用更灵敏的仪器、更大的样品量、更长的测量时间等）。

通过现场踏勘和预调查，充分考虑核电厂周围地区的人口分布、农、牧、水产、矿产资源和居民饮食习惯的调查资料、当地水文、气象资料和核电厂厂址周围存在的辐射或放射源应用情况等。充分考虑关键核素、关键照射途径和关键人群组。

所有调查方法执行有关法律、法规和标准，满足相关技术规范要求。

（2）布点原则

监测点位的布设在收集资料和现场踏勘的基础上，在环境监测方案中提出，并说明布点原则和布点合理性，提供相应的布点图。

监测点位的布设具有很好的代表性，能够全面、客观、真实地反映调查范围内的环境辐射本底水平。结合核电厂周围的水文、气象、资源、人口分布以及该地区的生态环境特点近密远疏布点。对人口、道路、物产相对集中地区、养殖业地区、旅游或自然保护区及个别敏感地区和最大风频下风向相对加密布点。

监测点位布设的选择除考虑国家标准规范要求、厂址周围环境特点及参考核电厂的相关经验反馈外，还兼顾核电厂后续运行期间环境监测的延续性。此外，监测点位布设还充分注意不同监测介质和项目的关系，气溶胶、沉降灰和降水同位布点，土壤采样与 γ 辐射空气吸收剂量率同位布点，土壤与植物、海水与沉积物也尽量同位布点、同步采样。

3.1.1.1.4 调查内容、点位和频次

本底调查的内容、点位、频次具体见表 3.1-1。

（1）陆地 γ 辐射剂量率

— 陆地 γ 辐射/贯穿辐射水平

陆地 γ 辐射/贯穿辐射辐射剂量率按以 1 号机组反应堆厂房为中心半径 2km、5km、10km、20km、30km、50km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点，陆地 γ 辐射/贯穿辐射累积剂量按以 1 号机组反应堆厂房为中心半径 2km、5km、10km、20km、30km、50km 与 16 个方位角形成的扇形区域内布点。在人口稀少的山区适当减少测量点，在人口稠密的居民区域和最大风频下风向适当增加测量点。布点时，距离核电厂同一距

离和在同一方位的累积剂量和剂量率测量点尽可能重合。

根据上述原则，本次调查地表 γ 辐射剂量率共布设了80个点位，其中2km范围内有4个点位，2~5km范围内有21个点位，5~10km范围内有11个点位，10~20km范围内有8个点位，20~30km范围内有13个点位，30~50km范围内有10个点位。累积剂量共布设了50个测量点位，同一地点与原野贯穿辐射剂量率点位重合，其中2km范围内有10个点位，2~5km范围内有13个点位，5~10km范围内有11个点位，10~20km范围内有6个点位，20~30km范围内有6个点位，30~50km范围内有4个点位。剂量率和累积剂量的监测频次为1次/季。

— 连续监测

设2个连续监测点，监测点选取在烟羽地面最大浓度处附近的海工楼楼顶以及关键居民组东钱家村的居民楼顶，楼顶表面为混凝土。

陆地 γ 辐射剂量率监测点位见图3.1-1和表3.1-2。

(2) 空气介质中放射性水平

调查范围为厂址半径10km区域，共布设5个采样点，分别在关键居民组设置1个采样点（东钱家村），烟羽地面最大浓度处设置1个采样点（海工楼），人员密集处设置1个采样点（宁津街道），最大风频下风向的居民区设置1个采样点（镆铳岛），成山镇设置1个对照点。监测频次为1次/季。采样点位见图3.1-1和表3.1-3。

(3) 陆地水中放射性水平

— 地表水

地表水调查范围为半径10km范围内主要地表水体、流域覆盖厂址20km范围面积较大的水体及流域覆盖主导风下风向面积较大的水体，共设置4个采样点，分别为厂址附近的南夏家水库、八河水库、郭家水库和后龙河水库。将后龙河水库作为对照点。在八河水库采集平行样品。监测频次为1次/半年。监测点位具体见表3.1-2。

— 地下水、饮用水

地下水和饮用水调查范围为厂址半径10km区域，共设置4个采样点，分别为厂址附近的东钱家村、宁津街道、东墩村和后海崖村。监测频次为1次/半年。监测点位具体见表3.1-4和图3.1-3。

— 水生生物

厂址周围水库中都没有水生植物生长，选择在离厂址较远的后龙河水库采集水草

样品，同时在八河水库采集白鲢鱼样品。监测频次为 1 次/年。监测点位具体见表 3.1-4 和图 3.1-3。

（5）土壤中放射性水平

土壤调查范围为厂址半径 20km 区域，在半径 2km、5km、10km、20km 与 8 个方位角形成的扇形区域内布点，土壤采样点与累积剂量测量点、地表 γ 辐射剂量率测量点重合。共选取 25 个采样点。采样点兼顾农田、山区、丘陵等不同类型的土壤。将成山镇作为对照点。监测频次为 1 次/年。土壤采样点具体见表 3.1-2 和图 3.1-2。

（6）陆生生物

陆生生物的调查范围为厂址半径 20km 范围。

粮食作物：粮食作物选取小麦和玉米，监测频次为 1 次/年。小麦设置 2 个采样点，分别位于东墩村和龙山前村。玉米设置 2 个采样点，分别位于于家村和东钱家村。

蔬菜：蔬菜作物选取白菜、豆角和葱，监测频次为 1 次/年。白菜设置 1 个采样点，位于卢家庄村。豆角设置 1 个采样点，位于于家村。葱设置 1 个采样点，位于东钱家村。

水果：水果类选取苹果，监测频次为 1 次/年。苹果设置 2 个采样点，分别为宁津街道和宁家村。

奶：奶类选取牛奶，监测频次为 1 次/半年。厂址周边的奶牛场都向牛奶厂家直接供奶，不再向个人出售，采样时选择在超市购买当地嘉盛乳业生产的袋装牛奶，该企业奶源来自威海市及其周边奶牛场。

肉类：肉类选取猪肉和鸡肉，监测频次为 1 次/年。猪肉设置 1 个采样点，位于南港头村；鸡肉设置 1 个采样点，位于宁津街道于家村。

松针：监测频次为 1 次/半年。设置 1 个采样点，位于大岔河村村口。

花生：监测频次为 1 次/年。设置 1 个采样点，位于南泊村。

陆生生物采样点见表 3.1-5 和图 3.1-4。。

（8）海水中放射性水平

海水以厂址排水口为中心半径 5km、10km 与 8 个方位角形成的扇形海域内布设采样点。部分点位与 2016 年海域本底调查站位相同，共布设 15 个采样点。其中排水口附近有一个废弃的养参池，现在已被大坝围在内部，在该处布设 1 个采样点。对其距排水口较近的 11 个点位补充监测 ^{14}C 和 ^{90}Sr 。

海水采样监测点位见表 3.1-6 和图 3.1-5。

（9）海洋沉积物中放射性水平

海洋沉积物与海水采样点重合，并在排水口南北两侧渔民活动区各 1 个采样点，共 17 个采样点。对其中距排水口较近的 13 个点位补充监测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

海洋沉积物采样点位见表 3.1-6 和图 3.1-5。

（10）海洋生物中放射性水平

海洋生物采样点选在厂址排放口附近海域及厂址附近渔民养殖场和放养场，采集鱼类、贝类、甲壳类、软体类和藻类，优先采集近海养殖的海洋生物。

鱼类：鱼类采集马鲛鱼（当地称“鲅鱼”）、梭鱼和白姑鱼。马鲛鱼在东楮岛渔港附近海域采集，白姑鱼在弘运码头附近海域采集；梭鱼在排水口东侧海域采集；

贝类：贝类采集扇贝。扇贝在林家流村附近海域养殖场采集；

甲壳类：甲壳类采集白对虾。白对虾在止马滩村附近养殖场采集；

软体类：软体类采集海参和牡蛎（当地称“海蛎子”）。海参在宁津街道岛西庄村海参养殖场采集，牡蛎在弘运码头附近海域的养殖场采集；

藻类：藻类采集海带。分别在排水口东侧海域和宁津养殖二场附近海域养殖场采集。

海洋生物采样点位见表 3.1-7 和图 3.1-6。

3.1.1.1.5 现场测量与样品采集

（1）地表 γ 辐射剂量率和累积剂量监测

地表 γ 辐射剂量率：地表 γ 辐射剂量率：地表 γ 辐射剂量率一共测量了 80 个点位，其中 32 个测量点位是道路；48 个测量点位是原野。测量点距附近高大建筑物的距离大于 30m，使用高气压电离室测量，测量时仪器的有效中心离地面 1m 高。

累积剂量：热释光剂量计的现场放置地点尽量选择能代表总的被测环境，共布设了 50 个点位。除海工楼布设在铁栅栏上以外，其余点位的样品均布设在树上，同一地点与地表 γ 辐射剂量率点位重合。布设时间在每季度第一个月，在同一点位布设下一季度的样品时，回收上个季度的样品。

（2）空气介质采样

气溶胶：空气中气溶胶样品的采集采用青岛崂应公司生产的 2031 型大流量采样

器，滤膜采用 PP 滤膜，其规格为 20cm×25cm，采样前先检查有无漏光现象。每个采样点每季采样时间为 7~8 天，瞬时流量设为 1.05m³/min 左右，采样结束后填写采样记录表，将采集完成的滤膜对折后装入封口袋内，并在袋上注明样品编号和采样体积等信息，以便样品交接。

沉降灰：沉降灰采样接收装置系由不锈钢板制成的正方形采样槽，接收面积为 0.25m²，槽壁高 30cm，采样槽放置在楼顶或固定于使灰槽上边缘距地 1.5m 的支架上。在收集槽内加注一定量的蒸馏水，采用湿法采样。在沉降灰收集期间，对每个采样点要定期观察一次沉降灰的收集情况。每个采样点采样时间为 1 个季度的累积混合样。采样结束后，将收集槽内水与沉降灰的混合物小心转入干净的塑料桶内，用蒸馏水冲洗槽壁三次，冲洗液合并到塑料桶内。如果收集物的体积太大，吸去上清液至体积小于 2L，盛于 2.5L 的塑料桶内，加盖拧紧，运回实验室供分析使用。

降水：降水采样接收装置系由不锈钢板制成的正方形采样槽，接收面积为 0.25m²，槽壁高 30cm，采样槽固定在角钢制成的框架上，采样槽上边缘距地 1.5m。采样槽底部留有出水口，保证降水及时自动流入 100L 塑料桶中。

空气中 ³H：用空气采样泵，经粒子过滤器、2 个串联的硅胶吸附瓶，每个串联的硅胶吸附瓶装约 500g 硅胶，以 5L/min~10L/min 的流量抽取空气样品，至硅胶大部分变红为止，使被抽取的空气样品中所含水份被吸附瓶内的干燥剂完全捕集，取样气体流量由转子流量计指示与调节，累积流量由累积流量计给出指示。取样完成后，将已吸附水份的硅胶吸附瓶取下，拿回实验室进行高温真空解吸，然后对冷凝水称重、蒸馏、制样，液闪测量。

空气中 ¹⁴C：用抽气泵抽取一定体积的空气，采样流量为 1~1.5L/min，使空气中的 CO₂ 完全被碱液吸收捕集。使溶液中的 CO₂ 转化为 CaCO₃ 沉淀，用乳化闪烁液的固体悬浮物测量技术直接测定 CaCO₃ 粉末中 ¹⁴C 的活度浓度，从而估算出空气中 ¹⁴C 的活度浓度。该取样系统由下列部件构成：转子流量计与调节器，分别装有 0.5MNaOH 溶液的多孔鼓泡器吸收瓶，空气采样泵及其连接件。采样在建筑物外距离地面 1m 以上的高度进行，使总的累积取样空气体积 3~4m³。采样空气体积由连接在气路中的累积流量计直接读出。

空气中 ¹³¹I：使用崂应公司生产的 2030 型中流量空气采样器配定制的采样头采集，采样时空气先通过气溶胶滤膜，再通过装有活性炭的碘盒，从而将空气中的碘全部

捕集。采样头在建筑物外距离地面1.5m以上的高度进行，取样流量为100L/min，累积取样体积在100 m³左右。

（3）陆地水采样

水样品包括地表水、地下水和饮用水，其中地表水的4个采样点均为水库水，地下水采集的都是井水（除东钱家村外其余采样点均由村里统一安装的机井送至各家水龙头），饮用水采集的都是自来水。

地表水用塑料桶直接采集表层水，采样时使用橡皮筏在远离岸边5m左右位置采集表层水，避免采集到水面的漂浮物；地下水和饮用水从出水口直接接取至塑料桶中。对于 γ 谱测量和放化分析，每个每次样品采集50L左右，在现场进行酸化处理后，运回实验室。对于分析³H的样品采集2L（玻璃瓶采集），对于分析¹⁴C的样品采集约50L，在现场不做任何处理（不加酸），采集好样品后用汽车直接运回实验室。

在实验室内对于分析³H的样品采用电解浓集的方法进行处理，用液闪测量。对于供 γ 谱分析用的水，采用加热蒸发浓缩的方法，将样品浓集到200mL后，用HpGe γ 谱仪测量。 γ 谱测量完成后，将浓集后的水样采用如下方法处理后供⁹⁰Sr分析用：在浓集后的水样中加入1.00mL浓度为50mg/mL的锶载体溶液和2.00mL浓度为20mg/mL的钇载体溶液。充分搅拌后，用氨水调节溶液的pH至8~9，加入适量氯化氨，搅拌到固体溶解后，再加入碳酸铵，使钙完全沉淀，搅拌1小时。如沉淀量太少，可适当加入Ca载体100~300mg，静置2天。用虹吸法吸去上清液，过滤残渣，将碳酸铵溶解后，用氨水调节pH值至1.0，通过色层柱，使钇与锶、铯等低价离子分离。再以1.5mol/L硝酸淋洗色层柱，清除钇以外的其它被吸附的离子，并以6mol/L硝酸解析钇，实现钇的快速测定，水样中⁹⁰Sr的浓度根据其子体钇-90的 β 活度来确定。

（4）底泥样品采集

底泥样品用长柄铁锹伸入水库底部挖取，将采集到的底泥剔除明显的石子、草根等杂物后装入聚乙烯塑料袋内，再装入布袋内，写明样品名称、编号和采样时间等信息。运回实验室后进行如下处理：

- a.剔除草根等杂物，样品量取2~3kg；
- b.将样品倒在托盘中晾干；
- c.在干燥箱中经100°C烘干；

d.用粉碎机将样品进行粉碎，粉碎过的样品过筛（60~80目），充分混合均匀后装入Φ75mm×50mm的聚乙烯塑料盒中，称重；

e.用胶带密封样品，放置2~3周后进行γ谱测量；其余样品放置在干燥器内，供放射分析。

（5）土壤样品采集

土壤的采样工具为小铁铲，采样前用自来水冲洗干净，采样容器为聚乙烯塑料袋，再装入布袋内，采样点位与对应的辐射场测量点位重合。在比较开阔的未耕区，面积在10m×10m范围内，去除采样点表层土后，按五点法（四角和中心）在土壤表层下1cm~5cm处采集样品，混合成原始样品。

土壤样品进实验室后，进行如下预处理：

a.剔除杂草、碎石等异物，样品量取2~3kg；

b.将样品倒在托盘中晾干；

c.在干燥箱中经105℃烘干；

d.用粉碎机将样品进行粉碎，粉碎过的样品过筛（60~80目），充分混合均匀后装入Φ75mm×50mm的聚乙烯塑料盒中，称重；

e.用胶带密封样品，放置3~4周后进行γ谱测量；其余样品放置在干燥器内，供放射分析。

采集的土壤主要为田埂地头不被耕种的表层土壤、草地和树林等受人类活动影响较小的区域的土壤和不发生水土流失的田间土壤等，每个样品的采样量一般大于2kg。

（6）陆生生物采样

粮食作物：小麦和玉米样品均是到当地农民田间或家中购买，并用GPS记录种植样品的田地位置。小麦在现场脱壳后运回实验室处理。

蔬菜作物：采集当地种植面积较大的白菜、豆角以及食用量较大的葱，白菜和豆角均为到当地农户的田地中直接采集、购买。葱因为当地食用量较大，单一的菜地采样量无法满足要求，在村子里的多片菜地上同时进行采集，混合为1个样品后进行处理。采集到的蔬菜在现场晒干后运回实验室处理。

水果：采集当地种植较多的苹果，在苹果园直接采集、购买，并在果园进行了GPS定位记录。采集到的样品直接运回实验室处理。

奶类：采集当地的主要饮用的牛奶，牛奶样品在超市购买嘉盛乳业生产的样品，

采集后的样品经冷冻后，运回实验室处理。

肉类：采集当地食用量较多的猪肉和鸡肉，猪肉是在农户家中购买当地饲养的猪肉，鸡肉是收购附近居民喂养的鸡，现场宰杀后冷冻，运回实验室，采集到的鸡肉是去毛和内脏，带有骨头的鸡肉。

松针：松针直接在松树上采集，采集到的样品直接运回实验室处理。

花生：花生直接在花生地中采集，现场洗净，脱壳称重后运回实验室处理。样品运回实验室后，用于 γ 谱和放化分析的样品，首先去除非可食部分（松针除外），猪肉、鸡肉在烘箱中烤熟后切碎，蔬菜、松针洗净后晒干，水果直接取可食部分；之后将可食部份进行炭化、灰化处理。生物样品的炭化、灰化处理：将样品放入锅内，加热使之充分炭化，炭化过程中防止出现明火，然后将炭化完成的样品转移至马弗炉内，在 450°C 条件下灰化，直至灰化完全，呈现灰白疏松状，无炭粒。冷却后称重。

用于水氘、有机氘分析的样品，直接在冻干机-55°C 冷冻脱水，将水分取出，蒸馏纯化后供液闪分析水氘使用；被冻干的样品，氧化燃烧，使样品中有机氘转化为水，收集的水蒸馏纯化后，供液闪分析有机氘使用。

用于 ^{14}C 分析的样品，运回实验室后处理方法为：

- a. 称取一定量鲜样，放入冻干机中，在-55°C 冷冻脱水；
- b. 将脱水后的干样碾碎，封存；
- c. 放入氧弹燃烧装置的样品杯中引爆，收集二氧化碳，供液闪分析有机氘使用。

供 ^{131}I 分析使用牛奶样品在加入适量的氢氧化钠溶液后缓慢加热烘干，称干重，移入马福炉内，于 450°C 灰化，直至灰化完全，冷却称灰重，计算灰鲜（干）比，装入磨口瓶中保存。

（7）水生生物

淡水鱼样品是直接到采样水库养殖场捕捞购买，水草在水库沿岸直接摘取。采集到的样品直接冷冻装入泡沫箱内，运回实验室处理。样品运回实验室后，水草用自来水洗净后沥干表面水分，称鲜重；鱼类首先去除鱼鳞、鱼刺等部位取可食部分（鱼肉），再用自来水洗净血污等杂质后沥干表面水分，称鲜重将可食部份进行炭化、灰化处理。生物样品的炭化、灰化及用于水氘、有机氘和 ^{14}C 分析样品的处理方法同陆生生物。

（8）海水

海水的采集是租用当地渔民的渔船采集，近海处浅层海水直接用水泵采集表层0.5m处的海水，远海处的海水分别采集0.5m和10m处的水样，混合后作为1个样品，采集到的海水放置一夜后取上清液，保证样品清澈透明无杂质。用于 γ 谱分析和放化分析的海水每个采集100L，完成现场酸化后，运回实验室进一步处理。用于 ^3H 和 ^{14}C 分析的样品，不酸化直接运回实验室处理， ^3H 和 ^{14}C 分析的样品每个分别采集2L和50L。

（9）海洋沉积物

海洋沉积物样品的采集是租用当地渔民的渔船采集，沉积物用斗式采泥器抓取，采集到的沉积物混有少量的碎裂贝壳，剔除明显的杂质后，装入自封袋内，再装入布袋内，运回实验室后进行如下处理：

- a.剔除贝壳等杂物，样品量取2~3kg；
- b.将样品倒在托盘中晾干；
- c.在干燥箱中经100℃烘干；
- d.用粉碎机将样品进行粉碎，粉碎过的样品过筛（60~80目），充分混合均匀后装入 $\Phi 75\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的聚乙烯塑料盒中，称重；
- e.用胶带密封样品，放置2~3周后进行 γ 谱测量；其余样品放置在干燥器内，供放化分析。

（10）海洋生物

海洋生物采样点选在厂址排放口附近海域及厂址附近渔民养殖场和放养场，采集鱼类、贝类、甲壳类、软体类和藻类，优先采集近海养殖的海洋生物。样品进入实验室后，用于 γ 谱和放化分析的样品做以下处理：

- a.鱼类样品去鳞、鳍、骨、刺等非可食部位后取鱼肉，用清水洗净后沥干水分称鲜重；
- b.贝类样品、甲壳类样品去壳取可食部分，用清水洗去表面黏液后沥干水分称鲜重；
- c.海参用剪刀剪开去除内脏取可食部分，用清水洗去表面黏液后沥干水分称鲜重；
- d.藻类样品（海带）用清水洗去表面黏液后沥干水分称鲜重。之后将可食部份进行炭化、灰化处理。

生物样品的炭化、灰化及用于水氚、有机氚和 ^{14}C 分析样品的处理方法同陆生生

物。

3.1.1.1.6 测量仪器和方法

调查项目所采用的仪器及测量方法依据见表 3.1-8。各分析测量项目在选定分析测量方法时，有国家标准的，一律采用国家标准，没有国家标准的选用行业标准。

(1) 主要环境介质 γ 核素活度浓度分析

本次调查测量方法依据标准 GB/T 11743-2013《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》、GB/T 16140-2018《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》、HJ 1149-2020《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定滤膜压片/ γ 能谱法》GB/T 16145-2020《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》和 GB/T11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》进行分析。测量仪器共 6 套，均为 CANBERRA 或 ORTEC 公司生产的高纯锗 γ 谱仪。样品预处理后装入样品盒内密封待测，样品测量时间一般为 80000s。样品中核素活度的计算公式如下：

$$A = \frac{N}{T \cdot f \cdot \varepsilon}$$

式中： A ，样品中核素的活度，Bq； N ，测量到的该核素在能量 E 处净峰面积； T ，样品的测量活时间，s； f ，能量为 E 的 γ 射线的发射率； $\varepsilon(E)$ ，能量 E 的全能峰效率。

(2) 水中总 α 、总 β 分析

实验室依据标准 EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度测定 厚源法》和 EJ/T900-1994《水中总 β 放射性测定 蒸发法》制定总 α 、总 β 的分析测量技术规范，分析方法经过有关专家的认可，分析仪器采用德国伯托公司生产的 LB770 低本底 α/β 测量仪。主要分析步骤如下：

取一定量水样于烧杯中，加入一定量的浓硫酸，置于电热板上缓慢加热，蒸发浓缩至一定体积后，将样品转入已称重的坩埚中；将坩埚置于红外灯下将样品烤干，转入马福炉 350℃灼烧 1h，置于干燥器中冷却至室温并称重；样品全部转入研钵内，研细并确保均匀，准确称取 0.2g 于样品盘中，铺样，红外灯下烤干；在 LB770 十路 α 、 β 测量仪上测量。按下式计算水样品中总 α 、 β 放射性浓度：

$$C = \frac{(N_x - N_0) \cdot W_t}{60 \cdot E \cdot W_x \cdot V}$$

式中： C ，水中总 α 或总 β 放射性浓度，Bq/L； E ，仪器对 α 或 β 的探测效率，%；

W_t , 浓缩后残渣的总重量, g; W_x , 样品源的重量, g; N_x , 样品源的计数率, cpm; N_0 , 仪器的本底计数率, cpm; V , 制样所用样品溶液体积, L。

(3) 主要环境介质中 ^{90}Sr 活度浓度分析

— 气溶胶中 ^{90}Sr 的测量

a. 将玻璃纤维滤膜样品剪成小碎块, 在 450°C 下灼烧 2h。加入 1mL 锶载体和 1mL 钇载体溶液。

b. 用 30~50mL 1:1 盐酸加热浸取两次。经离心或过滤后, 浸取液用盐酸洗涤不溶物和容器。离心或过滤, 洗涤液并入浸取液中。弃去残渣。

c. 加入 5~10g 草酸, 用氢氧化铵调节溶液的 pH 至 3。在水浴中加热 30min, 冷却。

d. 用中速定量滤纸过滤沉淀, 用 20mL 草酸溶液洗涤沉淀两次。滤液储存在专用的塑料瓶中供以后分析 ^{137}Cs 用。将沉淀连同滤纸移入 100mL 瓷坩埚中, 在电炉上烘干, 炭化后, 移入 600°C 马福炉中灼烧 1h。

e. 取出, 冷却。先用少量硝酸溶解沉淀, 直至不再产生气泡为止。再加入 40mL 硝酸使沉淀完全溶解。溶解液用慢速定量滤纸过滤, 滤液收集, 用硝酸洗涤沉淀和容器, 洗涤液经过滤后合并于同一烧杯中, 弃去残渣。

f. 在滤液中加入铈的载体, 用氨水调节溶液的 pH=1.0。加入液体硫化钠做硫化铈沉淀, 过滤, 滤液以 2mL/min 的流速通过色层柱, 记下从开始过柱到过柱完毕的中间时刻, 做为锶、钇分离的时刻 t_1 。

g. 用 40mL 1.5mol/L 硝酸以 2mL/min 的流速洗涤色层柱, 弃去流出液, 再用硝酸以 1mL/min 流速解吸钇, 解吸液收集于烧杯中。向解吸液加入饱和草酸溶液, 用氨水调节溶液的 pH 至 1.5~2.0, 加热至接近沸腾, 再冷却至室温。

h. 沉淀在垫有已称重滤纸的可拆卸式漏斗中抽吸过滤, 依次用 0.5% 草酸溶液、水和无水乙醇各 10mL 洗涤沉淀。将沉淀连同滤纸固定在测量盘上, 在低本底 β 计数器上进行 β 计数。记下测量的中间时刻 t_2 。

i. 沉淀在 $45\sim 50^\circ\text{C}$ 干燥, 称至恒重, 按草酸钇 $\text{Y}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 的分子式计算钇的化学回收率。

按下式计算气溶胶中锶-90 的浓度:

$$A = \frac{N}{60 \cdot E_f \cdot V \cdot Y_Y \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)}}$$

式中： A ，气溶胶样品中铯-90 的放射性浓度，Bq/g； N ，样品源的净计数率，cpm； E_f ，仪器对铯-90 的探测效率； Y_Y ，铯的化学回收率，%； V ，转换成标准大气压下的气溶胶样品的采样量， m^3 ；60，将 dpm 变为 Bq 的转换系数； $e^{-\lambda(t_2-t_1)}$ ，铯-90 的衰变因子， t_1 为铯铯分离的时刻 h， t_2 为铯-90 测量进行到一半的时刻 h， $\lambda=0.693/T$ ， T 为铯-90 的半衰期，64.2h。

— 沉降灰中 ^{90}Sr 的测量

a. 取全部灰样于烧杯中，加 1mL 铯载体和 1mL 钇载体溶液，再加 20mL 6mol/L 的硝酸和 10mL 浓盐酸，置于电热板上蒸至近干，取下冷却。

b. 烧杯中加入 50mL 6.0mol/L 的盐酸，电热板上加热 1h；冷却后离心分离，残渣再用 50mL 盐酸浸取一次，离心分离用 20mL 的 1mol/L HCl 洗 2 次，合并浸取液。

c. 称 10g 草酸加入玻璃烧杯中，用氨水调节 pH1.5~2.0，加热，使沉淀凝聚，趁热过滤，用 0.5% 的草酸洗涤沉淀至洗液无铁绿色。

d. 用 6.0mol/L 的硝酸溶解沉淀，溶解液收集于 100mL 玻璃烧杯中，体积控制在 30mL 左右。加入铯的载体，用氨水调节溶液的 pH=1.0。加入液体硫化钠做硫化铯沉淀，过滤，滤液可直接上柱。以下部分同“气溶胶中 ^{90}Sr 的测量”中的 6)~9)。

按下式计算沉降灰中 ^{90}Sr 放射性活度浓度：

$$C = \frac{W_t \cdot N}{E_f \cdot W_x \cdot SS \cdot d \cdot Y_Y \cdot e^{-\lambda(t_2-t_1)}}$$

式中： C ，沉降灰中 ^{90}Sr 放射性浓度，Bq/ m^2d ； W_t ，浓缩后残渣的总重量，mg； W_x ，样品重量，mg； N ，样品源的计数率，cpm； SS ，采样盘的面积， m^2 ； d ，采样天数，d； E_f ，铯-90 的探测效率； $e^{-\lambda(t_2-t_1)}$ ，铯-90 的衰变因子， t_1 为铯铯分离的时刻 h， t_2 为铯-90 测量进行到一半的时刻 h， $\lambda=0.693/T$ ， T 为铯-90 的半衰期，64.2h。

— 水中 ^{90}Sr 的测量

a. 地表水、地下水样品：将样品加热浓缩至 200mL 左右，过滤，定容 200mL 供 γ 谱分析后，取全量或一定量样品于 2L 烧杯中，加入 1.00mL 铯载体溶液和 1.00mL 钇载体溶液。搅拌均匀，调节溶液的 pH=7 左右，加入碳酸钠，用氨水调节溶液的 pH=9 左右，过滤或离心分离，沉淀用适量酸溶解，滤去不溶物。以下接 3)；

b. 海水样品：将现场采集处理的海水样品用蒸馏水稀释至 50L 左右，加入 AMP 吸附碳酸盐沉淀，悬浊液用布氏漏斗过滤，用 1% 的碳酸铵溶液洗涤沉淀。弃去清液，

沉淀转入烧杯中，逐滴加入 6mol/L 的硝酸至沉淀完全溶解，加热，滤去不溶物；

c. 滤液用氨水调节溶液的 pH=1.0。溶液以 2.0mL/min 的流速通过色层柱，记下从开始过柱到过柱完毕的中间时刻，做为铯、钇分离的时刻 t_1 。弃去流出液；

e. 用 30mL 0.1mol/L 硝酸和 40mL 1.5mol/L 硝酸洗涤色层柱，弃去流出液，再用 30mL 6.0mol/L 硝酸解吸钇，解吸液收集于烧杯中；

f. 向解吸液加入饱和草酸溶液，用氨水调节溶液的 pH 至 1.5~2.0，加热至接近沸腾，再冷却至室温；

g. 沉淀在可拆卸式漏斗中抽吸过滤，依次用 0.5% 草酸溶液、水、无水乙醇各 10mL 洗涤沉淀。将沉淀连同滤纸固定在测量盘上，在低本底 β 计数器上进行 β 计数。记下测量的中间时刻 t_2 ；

h. 沉淀在 45~50℃ 干燥，称至恒重，按草酸钇 $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot 9H_2O$ 的分子式计算化学回收率。

按下式计算铯-90 的浓度：

$$A = \frac{N}{K \cdot E_f \cdot V \cdot Y_Y \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)}}$$

式中： A_V ，水中铯-90 的放射性浓度，Bq/L； N ，样品源的净计数率，cpm； K ，转换系数。当 A_V 为 Bq/L 时， $K=60$ ； Y_Y ，钇的化学回收率； V ，分析用水样品的体积，L； E_f ，钇-90 的探测效率； $e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$ ，钇-90 的衰变因子。 t_1 为铯钇分离的时刻 h， t_2 为钇-90 测量进行到一半的时刻 h， $\lambda=0.693/T$ ， T 为钇-90 的半衰期，64.2h。

—土壤、底泥、沉积物中 ^{90}Sr 的测量

a. 称取 50g 土壤（或底泥、沉积物）样品放入烧杯中，加入铯载体和钇载体和钷载体溶液，加入 6.0mol/L 盐酸溶液，加热煮沸 1h，冷却、离心，上清液收集再用 1.0mol/L 盐酸溶液洗涤残渣，将上清液和洗涤液合并（浸取液），弃去残渣；

b. 向浸取液中加 40g 草酸，加热溶解，加入适量氢氧化钠溶液，调节溶液 pH 至 3（若无白色沉淀出现再加适量草酸）；然后在沸水浴上加热，不断搅拌，使氢氧化铁沉淀完全消失。得到带有白色沉淀的亮绿色溶液，继续加热 15min，冷却至室温；

c. 用定量滤纸过滤沉淀，用草酸溶液洗涤两次，每次 20mL，弃去溶液；将沉淀连同滤纸移入 100mL 瓷坩埚中，烘干、炭化后，在马福炉中于 600℃ 灼烧 1h；

d. 坩埚冷却后，将残渣转入烧杯中，先用少量硝酸溶液湿润残渣，再用浓硝酸将

其完全溶解，然后加入 1mLH₂O₂ 脱色，将其在砂浴上加热，得到透明无色溶液；

e.离心，将溶液转移到烧杯中，用适量硝酸溶液把不溶物转移到另一烧杯中，加入 1~2 滴氢氟酸，加热破坏硅酸盐和磷酸盐，将其和烧杯中的溶液合并。冷至室温；

f.轻轻摇动溶液并滴加 0.5mL 硫化钠溶液，生成黑色的硫化铋沉淀。离心或、过滤。收集的溶液加热至微沸，冷却后用水稀释；

g.浸取液以 0.6~0.8mL/min 的流速通过 HDEHP—kel-F 色层柱，记下从开始过柱到过柱完毕的中间时间，作为铈-90-钇-90 分离时间 t_1 ；用 50mL1.0mol/L 盐酸溶液和 40mL1.3mol/L 硝酸溶液以相同的流速洗涤柱子；

h.用 6.0mol/L 硝酸溶液以 0.4mL/min 的流速解吸钇。解吸液收集于烧杯中，加入 5mL 饱和草酸溶液，用氢氧化铵调至 pH1.5~2.0，将烧杯置于水浴中煮 10min；

i.沉淀转移到铺有已称重定量滤纸的可拆卸式漏斗中，抽吸过滤，依次用草酸溶液、无水乙醇各 5mL 洗涤沉淀；将其固定在测量盘上，烘干、测量，记下从开始测量到测量完毕的中间时间，作为测量时间 t_2 ；

j.测量后的样品源置于 45~50℃ 烘 30min，冷至室温，称至恒重，计算钇的化学回收率。

按下式计算试样中铈-90 的含量：

$$A = \frac{N}{60 \cdot E_f \cdot W \cdot Y_Y \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)}}$$

式中： A ，样品中铈-90 的放射性浓度，Bq/g； N ，样品源的净计数率，cpm；60，将 dpm 变为 Bq 的转换系数； Y_Y ，钇的化学回收率； W ，称取样品量，g； E_f ，铈-90 的探测效率； $e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$ ，铈-90 的衰变因子。 t_1 为铈钇分离的时刻 h， t_2 为铈-90 测量进行到一半的时刻 h， $\lambda=0.693/T$ ， T 为铈-90 的半衰期，64.2h。

— 生物灰中 ⁹⁰Sr 的测量方法

a.称取 5~20g 试样，准确到 0.01g，置于 100mL 瓷坩埚内，加入 1.00mL 铈载体溶液和 1.00mL 钇载体溶液。用少许水润湿后，加入 5~10mL 硝酸，3mL 过氧化氢。置于电热板上蒸干。移入 600℃ 马福炉中灼烧至试样无炭黑为止；

b.取出试样，冷却至室温。用 30~50mL 盐酸加热浸取两次。经离心或过滤后，浸取液收集于 250mL 烧杯中。再用盐酸洗涤不溶物和容器。离心或过滤。洗涤液并入浸取液中。弃去残渣。浸取液的体积控制在 150mL 左右；

c.加入 5~10g 草酸，用氢氧化铵调节溶液的 pH 至 3。在水浴中加热 30min。冷却至室温；

d.用中速定量滤纸过滤沉淀，用 20mL 草酸溶液洗涤沉淀两次。弃去滤液。将沉淀连同滤纸移入瓷坩埚中，在电炉上烘干，炭化后，移入 600℃ 马福炉中灼烧 1h；

e.取出，冷却。先用少量硝酸溶解沉淀，直至不再产生气泡为止。再加入 40mL 硝酸使沉淀完全溶解。溶解液用慢速定量滤纸过滤，滤液收集至烧杯中，用硝酸洗涤沉淀和容器，洗涤液经过滤后合并于同一烧杯中，弃去残渣；

f.溶液以 2mL/min 流速通过 HDEHP-kel-F 色层柱。记下从开始过柱至过柱完毕的中间时刻，作为铯钇分离时刻 t_1 ；

g.流出液收集于 150mL 烧杯中。用 40mL 硝酸以 2mL/min 流速洗涤色层柱；

h.用 30mL 硝酸以 1mL/min 流速解吸钇，解吸液收集于烧杯中。向解吸液加入 5mL 饱和草酸溶液，用氢氧化铵调节溶液 pH，水浴加热，冷却至室温；

i.在铺有已恒重的慢速定量滤纸的可拆卸式漏斗上抽吸过滤。依次用草酸溶液、水和无水乙醇各 10mL 洗涤沉淀。将沉淀连同滤纸固定在测量盘上，在低本底 β 测量仪上计数。记下测量进行到一半的时刻 t_2 ；

j.沉淀在 45~50℃ 下干燥至恒重。按草酸钇 $Y_2(C_2O_4)_3 \cdot 9H_2O$ 的分子式计算钇的化学回收率；

快速法测定铯-90 时计算试样中铯-90 的含量：

$$A = \frac{N}{60 \cdot E_f \cdot m \cdot Y_Y \cdot e^{-\lambda(t_2 - t_1)}}$$

式中： A ，生物样品中铯-90 的放射性浓度，Bq/g； N ，样品源的净计数率，cpm； Y_Y ，钇的化学回收率； m ，称取的灰样量，g； E_f ，钇-90 的探测效率；60，将 dpm 变为 Bq 的转换系数； $e^{-\lambda(t_2 - t_1)}$ ，钇-90 的衰变因子。 t_1 为铯钇分离的时刻 h， t_2 为钇-90 测量进行到一半的时刻 h， $\lambda=0.693/T$ ， T 为钇-90 的半衰期，64.2h。

（4）主要环境介质中 3H 活度浓度分析

— 空气中 3H 分析测定

将现场带回的吸湿硅胶放入高温管式电炉内，加热解吸。加热温度保持在 120℃~150℃ 之间。解吸出的水按下节“水中 HTO 的分析测定”步骤分析测定。

空气中 3H 的放射性浓度公式为：

$$C_a = \frac{(N_s - N_b) \cdot m_2}{60 \cdot E \cdot m_1 \cdot V \cdot K}$$

式中： C_a ，空气中 ^3H （HTO）浓度， Bq/m^3 ； N_s ，样品总计数率，cpm； N_b ，本底计数率，cpm； m_1 ，液闪制样水重，g； m_2 ，解析的水重，g； E ，仪器对 ^3H 的探测效率； K ，电解浓集倍数； V ，空气体积， m^3 。

— 水中 HTO 的分析测定

取 300mL 水样，放入 500mL 蒸馏烧瓶中，加入 1g 高锰酸钾，加热蒸馏，将收集到的蒸馏液进行二次蒸馏。将 250mL 的二次蒸馏液分别加入电解浓集装置的 2 个 500mL 的储液瓶中，接通电解系统的半导体致冷器电源，在电解过程中注意检查电解电流与半导体冷阱的温度指示。电解的时间约为 3 天。当电解池的液面下降到输液管三通交叉点位置时，停止电解。收集浓集液，称重，并做好记录。取 8mL 浓集液，加入 12mL 闪烁液，振荡混合均匀后放入仪器内测量。

计算水中 ^3H 的放射性浓度公式为：

$$A = \frac{(N_s - N_b) \cdot 1000}{60 \cdot E \cdot V_m \cdot K} \quad K = \frac{N_f}{N_i}$$

式中： A ，水中 ^3H （HTO）的放射性活度， Bq/L ； N_s ，样品总计数率，cpm； N_b ，本底计数率，cpm； V_m ，测量时所用水样体积，mL； K ，电解前后标样 ^3H 浓度比； N_f ，电解后标记 ^3H 的活度浓度，cpm/mL； N_i ，电解前标记 ^3H 的活度浓度，cpm/mL； E ，液闪谱仪对 ^3H 的计数效率，%。

— 生物中 TFWT 的分析测定

动、植物、水产品等生物样品根据符合大多数人的食用习惯和取样处理方便的原则取可食部分。样品置于冻干机中，在 -55°C 以下的温度冷冻生物样品，利用真空抽吸的方法获得样品中的自由水。收集的自由水蒸馏后，电解浓缩，液闪制样。按“水中 HTO 的分析测定”步骤分析测定。

生物中 TFWT 的活度浓度公式为：

$$A = \frac{(N_s - N_b) \cdot 1000 \cdot W_{\text{水}}}{60 \cdot E \cdot V_m \cdot K \cdot W_{\text{样}}}$$

式中： A ，生物中 TFWT 的放射性活度， Bq/kg ； N_s ，样品总计数率，cpm； N_b ，本底计数率，cpm； V_m ，测量时制备的测量样重量，g； K ，电解倍数； E ，液闪谱仪

对 ^3H 的计数效率，%； $W_{\text{水}}$ ，生物中 TFWT 含量，kg； $W_{\text{鲜}}$ ，生物鲜样重量，kg。

— 生物中 OBT 的分析测定

称取冷冻脱水后的干样，粉碎后装入石英舟放进石英管内，将氧化燃烧装置连接好。通入氧氮混合气体，氧气流速 0.5L/min；氮气流速 0.5L/min。加热催化氧化室，使其温度恒定在 400-500℃。加热燃烧室，温度从 100℃ 缓慢升高，温度升到 200~300℃ 时，升温尽可能慢，仔细观察通氧情况，若有爆燃现象，将移动式电炉移开几分钟。一般燃烧室温度升至 500℃ 以上，馏分流出很少。温度为 600~800℃，继续燃烧一段时间，使样品完全氧化，然后切断电源，停止加热和通气。

燃烧室中产生的气体经氧化室氧化，水蒸气通过冷凝部分收集。冷凝部分包括采用水冷的串接二级蛇形管冷凝器和后接的采用干冰冷却的、由反接的鼓泡器构成的第三级冷凝器。两根蛇形冷凝管的下端由热派克斯三通磨口管相接，其底部出水口接置于液氮冷阱中的圆底烧瓶。

水样称重后，转入 100mL 蒸馏瓶，加入少量 NaOH，调节 PH 为 7，加入少量高锰酸钾，氧化回流 2h。将蒸馏瓶接入蒸馏装置蒸馏，所得的水密封在磨口烧瓶内。该水样无需电解浓缩，样品蒸馏后，样品蒸馏后直接液闪测量。

准确吸收纯化后的水样 8mL 于液闪测量瓶内，与 12mL 闪烁液混匀，放入液体闪烁计数器的样品室内避光数小时，进行放射性测量。

（5）生物样品中 OBT 活度浓度的计算公式如下：

$$A = \frac{N \cdot V}{60 \cdot E \cdot V_0 \cdot W \cdot K}$$

式中： A ，样品中 OBT 的放射性活度，Bq/kg； N ，样品的净计数率，cpm； E ，仪器对氚的探测效率； W ，分析样品鲜样量，kg； V_0 ，测量样品体积，mL； V ，燃烧过程收集样品水体积，mL； K ，回收率。

（5）主要环境介质中 ^{14}C 活度浓度分析

— 空气中 ^{14}C 的分析测定

a. 将 2 个吸收瓶中的吸收碱液倒入烧杯中，对每个吸收瓶分别加入 10mL 蒸馏水进行清洗，并将清洗液一并倒入烧杯中；

b. 在烧杯内的吸收碱液中加入 20% 的 NH_4Cl 溶液；

c. 用滴定管缓慢滴加饱和 CaCl_2 溶液，使 CaCO_3 沉淀完全析出；抽吸过滤。弃去

上清液，用蒸馏水和乙醇反复洗涤 CaCO_3 沉淀物 3 次，以消除 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 可能产生的影响；将滤纸上纯净的 CaCO_3 沉淀放入烘箱内，在 100°C 下烘干，取出冷却到室温后用天平称重，记录生成 CaCO_3 的重量；

d.将烘干称重后的 CaCO_3 用研钵研磨成粉状，保存在干燥器中备用。从制备的 CaCO_3 粉末中用天平称取 4g 放入 20mL 计数瓶中，加入 6mL 水摇匀，再加入 12mL 甲苯-TritonX-100 闪烁液，加盖密封。

e.将加好闪烁液样品的计数瓶震荡 1min，静置 2h 后在液闪谱仪上进行计数测量。

空气中 ^{14}C 的放射性浓度计算公式如下：

$$C = \frac{M \cdot (N_c - N_b)}{60 \cdot E \cdot W \cdot V}$$

式中：C，空气中放射性浓度， Bq/m^3 ；W，测 CaCO_3 粉末的重量，g；M，由吸收 CO_2 的碱液生成的 CaCO_3 粉末总重量，g；V，取样空气体积， m^3 ； N_c ，样品计数率，cpm； N_b ，本底计数率，cpm；E，样品在液闪谱仪 ^{14}C 道的计数效率，%。

— 水中 ^{14}C 的分析测定

环境水体的预处理方法：通过鼓泡法浓集水中的 CO_2 。该装置由水罐、水泵、流量计、吸收瓶、氮气高压气瓶组成。每次测量时所用样品量为 50L。用水泵一次性将样品水通过进水口抽入到水罐中，从进水口加 H_3PO_4 200mL，关闭阀门。用氮气将水中的 CO_2 吹出，氮气通过过滤器，使之成细小的气泡吹出。氮气流速为 2min/L，被氮气赶出的 CO_2 气体用 3 级串接的吸收瓶吸收，每个吸收瓶中装有 2mol/L NaOH 溶液 150mL。当捕集完成后，把 NaOH 溶液混倒入烧杯中，调节 pH 值为 10，加入饱和 CaCl_2 溶液使溶液中的 CO_3^{2-} 完全沉淀，过滤并洗涤沉淀，于 110°C 下干燥至恒重，冷却至室温，称重，计算含碳率。

将得到的碳酸盐沉淀装入 CO_2 释放吸收装置中，加入 150mL 水；在液闪瓶中加入 10mL CARBOSORB E 吸收液吸收释放出来的 CO_2 ，吸收前对液闪瓶准确称重，检查装置气密性后，开始滴加 1:1 H_3PO_4 溶液，控制释放速度，直到液闪瓶中的气泡鼓出非常缓慢，停止吸收。再次对液闪瓶准确称重，计算 CO_2 的吸收量；在吸收了 CO_2 的液闪瓶中加入 10mL PERMAFLUOR E+闪烁液，混合均匀，避光 2h。

用液闪谱仪计数，样品中 ^{14}C 的活度计算公式如下：

$$A = \frac{(n - n_0) \cdot m}{60 \cdot E \cdot m_1 \cdot Y \cdot V \cdot K}$$

式中： A ，样品中放射性浓度，Bq/L； E ， ^{14}C 的计数效率； n ，样品的计数率， min^{-1} ； n_0 ，本底计数率， min^{-1} ； Y ，回收率； m ，合成碳酸盐的质量，g； m_1 ，测量碳酸盐的质量，g； V ，水样的体积，L； K ，回收率。

— 生物中 ^{14}C 的分析测定

称取一定量鲜样，放入冻干机中，在 -55°C 冷冻脱水。将脱水后的干样碾碎，封存；把 5g 干样放入氧弹燃烧装置的样品杯中，样品上端有一段镍丝，装置底部装有 50mL 的水，首先抽真空，通入 0.8Mpa 氧气，引爆，压力上升，样品中的碳氧化为 CO_2 ， CO_2 传输到两个串联的 3.75L 的不锈钢储气瓶中。缓慢释放储气瓶中的气体，用两级串接的装有 NaOH 溶液的鼓泡器吸收 CO_2 ；把 NaOH 溶液倒入烧杯中，调节 pH 值为 10，加入饱和 CaCl_2 溶液使溶液中的 CO_3^{2-} 完全沉淀，过滤并洗涤沉淀，于 110°C 下干燥至恒重，冷却至室温，称重，计算含碳率；将得到的碳酸盐沉淀装入 CO_2 释放吸收装置中，加入 150mL 水；在液闪瓶中加入 10mL CARBO-SORB E 吸收液吸收释放出来的 CO_2 ，吸收前对液闪瓶准确称重，检查装置气密性后，开始滴加 1:1 H_3PO_4 溶液，控制释放速度，直到液闪瓶中的气泡鼓出非常缓慢，停止吸收。再次对液闪瓶准确称重，计算 CO_2 的吸收量；在吸收了 CO_2 的液闪瓶中加入 10mL PERMAFLUOR E+闪烁液，混合均匀，避光 2h。

生物中 ^{14}C 活度测量：用液闪谱仪计数，样品中 ^{14}C 的活度公式如下：

$$A = \frac{(n - n_0) \cdot m}{60 \cdot E \cdot m_1 \cdot Y \cdot M}$$

式中： A ，样品中 ^{14}C 放射性浓度，Bq/kg； E ， ^{14}C 的计数效率，%； n ，样品的计数率， min^{-1} ； n_0 ，本底计数率， min^{-1} ； Y ，回收率； m ，合成碳酸盐的质量，g； m_1 ，测量碳酸盐的质量，g； M ，生物样品的鲜重，kg。

（6）土壤、沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ 活度浓度分析

a. 准确称取 30.0g 样品于 250mL 锥形瓶中，准确加入一定量的铀示踪剂，缓慢加入 7.5N 的硝酸 70mL，搅拌均匀后置于电热板上加热，煮沸浸取 2h，冷却至室温后，将浸取液用快速滤纸过滤。再用 50mL 7.5N 的硝酸重复上述操作一次。合并滤液；

b. 滤液按每 100mL 加入 0.5mL 氨基磺酸亚铁，进行还原，放置 5~10min，再加入

0.5mL 亚硝酸钠，进行氧化，放置 5~10min，然后在电热板上煮沸溶液，使过量的亚硝酸钠完全分解，冷却至室温；

c.控制溶液的酸度为 7~8mol/L，以 1mL/min 的流速通过交换柱，用 10mL 7.5N 的硝酸分两次洗涤原烧杯洗涤液以相同的流速通过交换柱；

e.依次用 30mL 8N 的盐酸，40mL7.5N 的硝酸，3mL3N 的硝酸和 1mL0.1N 硝酸洗涤交换柱，其流速为 2mL/min；

f.在不低于 20℃ 条件下，用 8.0mL0.36mol/L 盐酸-0.01mol/L 氢氟酸溶液，以 0.2mL/min 的流速解吸，解吸液收集在 50mL 小烧杯中，在电热板上缓慢蒸干。用 8.0mL0.150mol/L 硝酸铵-0.150mol/L 硝酸溶液分三次洗涤小烧杯，并将其用滴管转移到电沉积槽中，将电沉积槽置于流动的冷水浴中，极间距离为 10~15mm，电流密度为 900~1200mA/cm² 下，电沉积 1.5h。终止前加入 1mL 氢氧化铵，继续电沉积 1min，断开电源，弃去电沉积液，并依次用水和乙醇洗涤镀片，在红外灯下烤干；

g.将镀片置于低本底 α 谱仪上测量；

试样中钷的放射性活度按下式计算：

$$A = \frac{N \cdot 1000}{E \cdot m \cdot Y}$$

式中：A，试样中钷的放射性活度，Bq/kg；N，样品源的净计数率，cps；E，仪器探测效率；Y，钷的全程放化回收率，由 ²⁴²Pu 确定；m，分析试样所用的重量，g。

3.1.1.1.7 探测下限及数据处理

(1) 探测下限

探测下限是表示测量方法（或装置）所能发现的最小期望放射性水平，即当测量到的计数值≥探测下限时以（1-β）的把握推断样品中含有的最小期望放射性水平。

LLD 的计算公式为：

$$LLD = \frac{4.66\sqrt{n_b/t_b}}{\varepsilon \cdot \eta \cdot Y \cdot W}$$

式中：n_b 为 t_b 时间内的本底计数率，ε 为探测效率，η 为探测核素发射该能量的几率，Y 为化学回收率，W 为测量样品的重量或体积。

本次调查给出的探测下限是特定的具体条件下的估计值。其主要条件是：

$\alpha=\beta=0.05$ ；在低水平计数时样品加本底的总计数与本底计数相近；样品测量时间与本底测量时间应足够长。各环境介质的 γ 谱测量探测下限和放化分析方法探测下限计算方法如下，计算结果见表 3.1-9。

1) 土壤样品中 γ 核素

根据下式计算：

$$LLD = \frac{4.66\sqrt{N_b}}{\varepsilon \cdot \eta \cdot t \cdot m}, \text{ Bq/kg}$$

式中： N_b ，测量时间为 t 时的本底计数； ε ， γ 射线探测效率； η ， γ 射线分支比； t ，测量时间，s； m ，被测样品的质量，kg。

2) 生物样品与水样品中 γ 核素

探测下限计算公式与土壤样品相同，公式中 m 分别表示生物样品灰重（kg）和水样品体积（L），计算结果单位分别为生物样品：Bq/kg(灰)；水样品：Bq/L。

3) 气溶胶样品中 γ 核素

探测下限根据下式计算：

$$LLD = \frac{4.66\sqrt{N_b}}{\varepsilon \cdot \eta \cdot t \cdot V}, \text{ Bq/m}^3$$

式中： N_b ，测量时间为 t 时的本底计数； ε ， γ ，探测效率； η ，分支比； t ，测量时间，s； V ，气溶胶样品的采样体积， m^3 。

4) 沉降物样品中 γ 核素

探测下限根据下式计算：

$$LLD = \frac{4.66\sqrt{N_b}}{\varepsilon \cdot \eta \cdot t_1 \cdot t_2 \cdot s}, \text{ Bq/m}^2\text{d}$$

式中： N_b ，测量时间为 t 时的本底计数； ε ， γ 射线探测效率； η ，分支比； t_1 ，测量时间，s； s ，沉降物样品的采样面积， m^2 ； t_2 ，沉降物样品的采样时间，天。

5) 水中 ^3H

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66\sqrt{n_b/t} \cdot 1000}{60 \cdot \varepsilon \cdot K \cdot V_m}, \text{ Bq/L}$$

式中： n_b ， t 时间内的平均本底计数率，cpm； t ，样品测量时间，min； ε ，探测

效率，%； V_m ，测量样品的体积，mL； K ，电解浓集因子。

6) 空气中 ^3H

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t} \cdot m_2}{60 \cdot E \cdot m_1 \cdot K \cdot V}, \text{ Bq/m}^3;$$

式中： n_b ，本底计数率，cpm； t ，样品测量时间，min； m_1 ，液闪制样水重，g； m_2 ，解析的水重，g； E ，仪器对 ^3H 的探测效率； K ，电解浓集倍数； V ，空气体积， m^3 。

7) 生物中 TFWT

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t} \cdot 1000 \cdot W_{\text{水}}}{60 \cdot E \cdot V_m \cdot K \cdot W_{\text{样}}}, \text{ Bq/kg};$$

式中： n_b ，本底计数率，cpm； V_m ，测量时制备的测量样重量，g； K ，电解倍数； E ，液闪谱仪对 ^3H 的计数效率，%。 $W_{\text{水}}$ ，生物中 TFWT 含量，kg； $W_{\text{鲜}}$ ，生物鲜样重量，kg。

8) 生物中 OBT

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t} \cdot N \cdot V}{60 \cdot E \cdot V_0 \cdot K \cdot W}, \text{ Bq/kg};$$

式中： n_b ，样品的本底计数率，cpm； E ，仪器对氚的探测效率； W ，分析样品鲜样量，kg； V_0 ，测量样品体积，ml； V ，燃烧过程收集样品水体积，mL； K ，回收率。

9) 空气中 ^{14}C

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t} \cdot M}{60 \cdot E \cdot V_m \cdot W}, \text{ Bq/m}^3$$

式中： n_b ， t 时间内的平均本底计数率，cpm； t ，样品测量时间，min； V_m ，取样空气体积， m^3 ； E ，样品在液闪谱仪 ^{14}C 道的计数效率，%； W ，测 CaCO_3 粉末的重量，g； M ，由吸收 CO_2 的碱液生成的 CaCO_3 粉末总重量，g。

10) 水中 ^{14}C

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t} \cdot m}{60 \cdot E \cdot Y \cdot m_1 \cdot V \cdot K}, \text{ Bq/L}$$

式中： n_b ，测量时间为 t 时的本底计数，cpm； E ，探测效率，%； Y ，回收率，%； t ，测量时间，min； m ，生成 CaCO_3 的质量，g； m_1 ，测量 CaCO_3 的质量，g； V ，水样的体积，L； K ，回收率。

11) 生物中 ^{14}C

探测下限按下式计算：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t} \cdot m}{60 \cdot E \cdot Y \cdot m_1 \cdot M}, \text{ Bq/kg}$$

式中： n_b ，测量时间为 t 时的本底计数，cpm； E ，探测效率，%； Y ，回收率，%； t ，测量时间，min； m ，生成 CaCO_3 的质量，g； m_1 ，测量 CaCO_3 的质量，g； M ，生物样品的干重，kg。

12) 放化分析（包括总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 等）方法

探测下限的计算公式为：

$$LLD = \frac{4.66 \cdot \sqrt{n_b / t}}{\varepsilon \cdot \eta \cdot Y \cdot W}$$

式中： n_b ， t 时间内的本底计数率； ε ，探测效率； η ，为探测核素发射该能量的几率； Y ，化学回收率； W ，为测量样品的重量或体积。

(2) 数据处理与表示

单次放射性测量结果后面所附标准偏差仅代表放射性测量的单倍计数统计误差。

所有调查结果的平均值均为等权的算术平均值。

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^m X_i / m$$

式中： \bar{X} 为平均值； X_i 为单次测量值； m 为单次测量结果个数。

对同类环境样品调查结果平均值后面所附的标准偏差为参加平均的一组测量结果的标准偏差。

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^m (X_i - \bar{X})^2 / (m-1)}$$

式中： σ 为平均值后所附的标准偏差； \bar{X} 为平均值； X_i 为单次测量值； m 为单次测量结果个数。

如果样品的部分测量结果低于探测下限，则该部分结果按探测下限的一半参与平均。如果全部结果均低于探测下限，则不给出均值。

3.1.1.2 质量保证

3.1.1.2.1 组织机构

项目承担单位成立了项目组，明确了项目组成员的职责和分工，并配备了合格的人员，成员通过质量培训和技术培训，确保调查工作在管理上满足质量保证要求。

3.1.1.2.2 野外测量的控制

采用 GPS（卫星定位仪）测量外环境各采样点位的经纬度，并记录采样点相对于厂址位置的方位和距离，在指定的地点采样或测量。

γ 辐射剂量率监测仪器在实施野外监测工作之前，经计量部门校准，并出具证书。

3.1.1.2.3 样品的采集、预处理与运输

本次调查按照承担单位的有关样品采集、预处理和运输的作业指导书进行，按照相关操作规范采集完成并做好标识的样品按照样品的特性进行适当的包装，在运输前填写样品清单，清点样品，并且检查包装是否符合要求，然后用厢式货车公路运输样品到实验室，样品送达实验室后，接样人员和送样人员清点样品，并在样品清单上签字，将样品有条理的放置在样品室的未检区，分析人员按规定领取样品，及时分析测量。

3.1.1.2.4 设备的控制

（1）现场采样设备的控制

— 用于采样和分析的仪器设备，按照国家计量法的要求进行检定/校准后在有效

期内使用；

— 对多台同样的设备按仪器编号标识，防止混用；

— 仪器经长途运输到达现场后，工作人员首先查看仪器外形是否有损伤、变形，异常部位着重检查，以消除隐患。经外观确认正常后，通电检查，按照说明书上的技术要求操作，查看仪器是否工作正常；

— 现场仪器经运输后，使用前检验，确认其性能良好后使用，并做好记录；

— 仪器、采样器和样品容器经常维护，保持清洁，防止交叉污染；

— 仪器维修后重新检定合格后使用。

（2）装置的检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定。表 3.1-10 列出使用的主要仪器和设备的检定情况。

（3）标准物质

用于刻度放射性测量仪器的标准源，标准溶液和标准物质，均由 IAEA-AQCS 或中国计量科学研究院等计量部门提供。

（4）放射性测量装置的检定

所有对分析测试结果的准确性和有效性有影响的计量器具或检测设备，均由计量部门或其授权单位进行校准或检定，以保证检测量值具有溯源性。

（5）放射性测量装置的性能检验

γ 谱仪：在每次开机后、关机前或仪器连续运行一个月以上时测量 γ 谱仪的本底、效率和稳定性（峰位）并绘制质控图，以确保仪器工作在正常状态下。

α/β 测量仪：采用中国计量科学研究院提供的 ^{241}Am 粉末标准物质制成与待测样品相同形式的标准源标定仪器的总 α 探测效率；采用中国计量科学研究院提供的 ^{40}K 粉末标准物质制成与待测样品相同形式的标准源标定仪器的总 β 探测效率。 α/β 测量仪连续运行一段时间后，测量本底，并绘制质控图。

α 谱仪：在每次开机后、关机前或仪器连续运行一个月以上时测量 α 谱仪的本底、效率和能量（峰位）并绘制质控图，以确保仪器工作在正常状态下。

液闪谱仪：液闪谱仪在测量样品前或仪器运行一段时间后，测量本底和效率，并绘制质控图，从图中可知，仪器处于正常稳定的状态。

3.1.1.2.5 化学试剂的控制

化学试剂的控制遵循以下原则：

- 用标准溶液配置工作溶液时，根据国家标准的技术规范执行，并做详细记录；
- 在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污；
- 实验室使用的试剂溶液和蒸馏水必须贴上标签，试剂溶液的标签必须写明名称、浓度、配置日期，有的试剂还要写明有效期。

3.1.1.2.6 实验室分析的质量控制

（1）样品比对

实验室在 2021 年参加了国际原子能机构组织的国际比对 IAEA-TEL-2021-04，通过比对对实验室的测量分析进行了质量控制。IAEA-TEL-2021-04 比对内容包括 3 个水样品、1 个竹子样品和 1 个气溶胶样品。除 1 号水样品因人为失误将 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 结果报反导致结果不合格外，其余样品比对结果均良好。

（2）平行样

为了对项目中样品的采集、预处理及分析测量的全部过程进行有效的质量控制，在项目的实施过程中，分别对地表水、地下水、饮用水、降水、底泥、土壤、陆生生物、海水、海洋沉积物、海洋生物等种类的样品采集了平行样，平行样品从样品的采集、预处理到分析测量与其余样品完全相同。

- （1）地表水平行样品有 1 组，给出了 3 种核素的测量结果，共有 4 组测量结果；
- （2）底泥平行样品有 1 组，给出了 7 种核素的测量结果，共有 7 组测量结果；
- （3）土壤平行样品有 2 组，给出了 7 种核素的测量结果，共有 11 组测量结果；
- （4）陆生生物平行样品有 1 组，给出了 3 种核素和灰鲜比的测量结果，共有 6 组测量结果；
- （5）海水平行样品有 1 组，给出了总 β 和 6 种核素的测量结果，共有 8 组测量结果；
- （6）海洋沉积物平行样品有 1 组，给出了 7 种核素的测量结果，共有 7 组测量结果；
- （7）海洋生物平行样品有 2 组，给出了 5 种核素和灰鲜比的测量结果，共有 17 组测量结果；

总的平行样品为 9 组，给出 60 组测量结果，所有结果相对偏差均 $<20\%$ ，样品平行性良好。

平行样结果统计见表 3.1-11。

3.1.1.3 调查结果

3.1.1.3.1 地表 γ 辐射剂量率和累积剂量

（1）地表 γ 辐射剂量率（瞬时测量）

地表 γ 辐射剂量率共80个点位，48个原野测量点位中，结果平均最低值是崮山镇，为51.2nGy/h；最高值是后港头村，为128nGy/h；48个点位结果均值为 88.7 ± 18.9 nGy/h。32个道路测量点位中，结果平均最低值是文登市，为58.0nGy/h；最高值是周庄村和东山街道，为111nGy/h；32个点位结果均值为 91.0 ± 14.4 nGy/h。

地表 γ 辐射剂量率测量结果具体见表 3.1-12 和图 3.1-7。

（2）累积测量

累积剂量共布设了 50 个点位，累积剂量的布设点位与该点位的剂量率测量点位重合。从累积剂量换算出的小时均值结果可以看出：各测量点位均值最低值是宁津养殖二厂，为 110.8nGy/h，最高值来自朱口村，为 196.4nGy/h。累积剂量测量结果具体见表 3.1-13，与地表 γ 辐射剂量率监测结果的对比见表 3.1-14。

（3）连续测量

测量仪器为 RP3000B 型高压电离室。仪器每 1 分钟给出一个结果，连续监测，对每小时内的平均结果进行统计。测量结果变化见图 3.1-8，统计过程中对明显异常的数据进行了剔除。分析表明，海工楼和东钱家两个点位各月度（2021 年 4~9 月）的平均辐射剂量率结果范围分别为 110.2~126.8nGy/h 和 92.18~106.9nGy/h，未见明显异常。

（4）宇宙射线测量

宇宙射线于 2021 年 7 月在八河水库进行了测量。八河水库面积约 1.7hm²，位于厂址西北约 10km，为大(二)型水库。本次调查宇宙射线测量结果为 32.3 ± 0.9 nGy/h。测量点接近水库中心，测量点距岸边 >800 m，水深 4.2m，测量船只为水库管理所所属的玻璃钢快艇，四周有金属围挡，船尾有发动机。测量时电离室放置在船舱中靠船头远离发动机的位置，不使用三脚架。

3.1.1.3.2 空气介质中放射性水平

（1）气溶胶

气溶胶样品的分析项目包括每个季度一次的 ^{90}Sr 、 ^7Be 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 分析。测量结果具体见表 3.1-15。

γ 谱分析测量结果中， ^7Be 给出了全部样品的测量结果， ^{137}Cs 在2021年9月的东钱家村测量结果高于探测下限，其余核素 ^{134}Cs 、 ^{54}Mn 、 ^{131}I 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 结果均低于探测下限。其中， ^7Be 的测量结果均已计算至各季度采样中点时间，活度浓度范围为2.95~10.4mBq/m³。

^{90}Sr 的活度浓度范围为0.62~4.58 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ，最低值出现在2021年7月的镆铳岛，最高值出现在2021年9月的宁津街道。

（2）沉降灰

沉降灰样品的分析项目包括每个季度一次 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr 分析。测量结果具体见表 3.1-16。

γ 谱分析测量结果中， ^{137}Cs 大部分样品的测量结果高于探测下限，其余核素均低于探测下限。 ^{137}Cs 测量结果范围为<5.4~24.8mBq/m²·d。

^{90}Sr 的活度浓度范围为1.96~10.1mBq/m²·d，最高点出现在2021年4~7月的宁津街道，最低点出现在2021年4~7月的镆铳岛。

（3）空气中 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I

空气中 ^3H 、 ^{14}C 共设置5个采样点。测量结果见表 3.1-17。

^3H 的活度浓度范围为2.64~15.1mBq/m³（0.14~0.65Bq/L水），最低值出现在2021年7月的成山镇，最高值出现在2021年4月的东钱家村。 ^{14}C 活度浓度范围为33.5~58.3mBq/m³（0.15~0.32Bq/gC），最低值出现在2021年7月的东钱家村，最高值出现在2021年4月的宁津街道。

所有点位 ^{131}I 测量结果均低于探测下限。

（4）降水测量结果

降水监测项目为 ^3H 、 ^{90}Sr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 。监测频次为1次/季。 γ 谱测量所有测量结果均低于探测下限。

^{90}Sr 第一季度测量结果活度浓度范围为2.70~24.0mBq/L，最低值出现在镆铳岛，

最高值出现在海工楼；

^3H 第一季度测量结果活度浓度范围为0.32~0.58Bq/L，最低值出现在镆铳岛，最高值出现在成山镇。

测量结果具体见表3.1-18。

3.1.1.3.3 陆地水中放射性水平

（1）地表水

地表水监测项目为 ^3H 、 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ），在八河水库和后龙河水库还补充监测了 ^{14}C 。2021年4月采集样品后，在7月份丰水期又补充采集了1次样品。测量结果具体见表3.1-19。

γ 谱测量 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 测量结果均低于探测下限。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为4.58~9.80mBq/L，最低值出现在2021年7月的南夏家水库，最高值出现在2021年4月的八河水库平行样品第二个结果；

^3H 测量结果活度浓度范围为0.47~0.63Bq/L，最低值出现在2021年4月的郭家水库，最高值出现在2021年4月的八河水库平行样品第二个结果和2021年7月的后龙河水库，均值为 $0.55\pm 0.06\text{Bq/L}$ ；

^{14}C 监测点位为八河水库和后龙河水库（对照点），测量结果范围为3.04~5.12mBq/L（0.19~0.21Bq/gC），最低值出现在2021年7月的八河水库，最高值出现在2021年4月的八河水库平行样品第二个结果，均值为 $4.52\pm 0.86\text{Bq/L}$ （ $0.20\pm 0.01\text{Bq/gC}$ ）。

（2）地下水

地下水监测项目为 ^3H 、 ^{90}Sr 和 γ 核素（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ），在东钱家村和宁津街道还补充监测了 ^{14}C 。测量结果具体见表3.1-20。

γ 谱测量所有结果均低于探测下限。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为2.67~10.3mBq/L，最低值出现在后海崖村，最高值出现在宁津街道。

^3H 测量结果活度浓度范围为0.22~0.47Bq/L，最低值出现在后海崖村，最高值出现在东钱家村。

（3）饮用水

饮用水监测项目为 ^3H 、总 α 、总 β 和 γ 核素（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ），在东钱家村、宁津街道以及饮用水源地湾头水库还补充监测了 ^{14}C 和 ^{90}Sr 。测量结果具体见表3.1-21。

γ 谱测量所有测量结果均低于探测下限。

总 α 部分结果低于探测下限，结果范围为 $<0.015\sim 0.12\text{Bq/L}$ 。

总 β 测量结果活度浓度范围 $0.14\sim 0.30\text{Bq/L}$ ，最低值出现在东钱家村，最高值出现在宁津街道；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 $3.97\sim 7.40\text{mBq/L}$ ，最低值和最高值均出现在东钱家村；

^3H 测量结果活度浓度范围 $0.29\sim 0.73\text{Bq/L}$ ，最低值出现在东钱家村，最高值出现在湾头水库；

^{14}C 测量结果活度浓度范围 $4.76\sim 7.51\text{mBq/L}$ （ $0.18\sim 0.21\text{Bq/gC}$ ），最低值出现在宁津街道，最高值出现在东钱家村。

3.1.1.3.4 土壤与沉积物中放射性水平

（1）地表水底泥

底泥样品的分析项目包括测量 ^{40}K 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ，在八河水库和南夏家水库补充测量 $^{239+240}\text{Pu}$ 。监测频次为1次/年。八河水库第一季度因水位太高，无法采集到样品，因此在第二季度进行了采集。测量结果具体见表3.1-22。

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 均给出了测量结果，人工核素 ^{137}Cs 在部分样品中高于探测下限，其余核素测量结果均低于探测下限。其中：

^{238}U 测量结果活度浓度范围为 $21.5\sim 37.5\text{Bq/kg}$ ；

^{226}Ra 测量结果活度浓度范围为 $15.0\sim 29.3\text{Bq/kg}$ ；

^{232}Th 测量结果活度浓度范围为 $24.6\sim 56.5\text{Bq/kg}$ ；

^{40}K 测量结果活度浓度范围为 $716\sim 1180\text{Bq/kg}$ ；

^{137}Cs 仅在八河水库给出了测量结果，其它点位测量结果均低于探测下限。

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围为 $0.48\sim 0.76\text{Bq/kg}$ 。

$^{239+240}\text{Pu}$ 测量结果活度浓度范围为 $0.035\sim 0.065\text{Bq/kg}$ 。

（2）土壤

土壤样品的分析项目包括 ^{40}K 、 ^{90}Sr 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{238}U ，每个子区最近采样点补充进行 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析，共测量了12个样品（包括1个平行样品）。测量结果见表3.1-23。

γ 谱分析测量结果中，天然放射性核素 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 均给出了测量结果，人工核素 ^{137}Cs 在大部分样品中高于探测下限，其中：

^{238}U 的活度浓度范围为12.7~99.1Bq/kg；

^{226}Ra 的活度浓度范围为9.28~97.9Bq/kg；

^{232}Th 的活度浓度范围为14.5~223Bq/kg；

^{40}K 的活度浓度范围为632~1530Bq/kg；

^{137}Cs 的活度浓度范围为<1.1~2.31Bq/kg，最高值出现在小河东村；

^{90}Sr 的活度浓度范围为0.42~1.86Bq/kg，最低值出现在宁津街道平行样品的第一个结果，最高值出现在鞠家村；

$^{239+240}\text{Pu}$ 的活度浓度范围为0.020~0.10Bq/kg，最低值出现在宁津养殖二厂，最高值出现在小河东村，第一年度均值为 $0.055\pm 0.024\text{Bq/kg}$ 。

3.1.1.3.5 陆生生物中放射性水平

陆地生物样品共8类11种14个样品，包括粮食类、蔬菜类、水果类、肉类、指示生物、特色作物。其中，粮食类采集了2个小麦样品、2个玉米样品；蔬菜类采集了1个豆角样品、1个白菜样品和1个葱样品；水果类采集了2个苹果样品；奶类采集了1个牛奶样品，肉类采集了1个猪肉样品和1个鸡肉样品，指示生物松针采集了1个样品，特色作物花生采集了1个样品。

白菜、苹果、花生样品在2021年9月采集，该部分样品还未测完，给出了 γ 谱分析和 ^{90}Sr 的结果。

陆生生物监测项目包括 ^3H （有机氚、组织自由水氚）、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 和 γ 谱分析， γ 谱分析分析项目包括： ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 。牛奶的监测项目为 ^{131}I 。所有给出结果均为可食鲜重（干重）的结果。测量结果见表3.1-24。

γ 谱分析测量结果中， ^{137}Cs 大部分样品的测量结果高于探测下限，其余核素测量结果均低于探测下限。小麦、玉米给出的测量结果为干重的结果。松针的测量结果最高，小麦、鸡肉等测量结果低于探测下限。

有机氚的测量结果的范围值为 $<LLD\sim 0.92\text{Bq/kg}$ （鲜重），玉米中最高，肉类样品均低于探测下限；

^{14}C 的测量结果的范围值为 $6.76\sim 82.21\text{Bq/kg}$ （鲜重），粮食作物的测量结果相对较高，葱和豆角的测量结果较低。

3.1.1.3.6 陆域水生生物中放射性水平

水生生物采集了白鲢鱼和水草，各采集了1个样品。监测项目为 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs ，所有给出结果均为可食鲜重的结果。采样频次为1次/年。具体结果见表3.1-25。由于水草的灰鲜比远高于白鲢鱼，造成水草的各核素测量结果都大于白鲢鱼。

3.1.1.3.7 海水中放射性水平

海水共布设15个采样点，测量项目包括总 α 、总 β 、 ^3H 和 γ 谱分析（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{40}K 、 ^{65}Zn 、 ^{131}I 、 ^{226}Ra ）。每个方位最近的点位和取水口、排水口还补充监测 ^{14}C 、 ^{90}Sr 。监测频次为1次/半年。具体结果见表3.1-26。

γ 谱分析结果中，所有样品都给出了 ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 、 ^{40}K 的测量结果，其它核素（包括 ^{134}Cs 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{54}Mn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{65}Zn 、 ^{131}I ）测量结果均低于探测下限。

^{137}Cs 测量结果活度浓度范围 $1.01\sim 1.61\text{mBq/L}$ ，最低值出现在海水7#点和养参池，最高值出现在海水14#点，第一季度均值为 $1.23\pm 0.18\text{mBq/L}$ ；

^{226}Ra 测量结果活度浓度范围 $2.38\sim 7.70\text{mBq/L}$ ，最低值出现在海水10#点，最高值出现在海水14#点；

^{40}K 测量结果活度浓度范围 $9.58\sim 12.7\text{Bq/L}$ ，最低值出现在海水11#点，最高值出现在海水3#点；

总 α 测量结果均低于探测下限；

总 β 测量结果活度浓度范围 $8.12\sim 14.7\text{Bq/L}$ ，最低值出现在海水13#点，最高值出现在排水口第二个平行样品；

^{90}Sr 测量结果活度浓度范围 $0.67\sim 2.92\text{mBq/L}$ ，最低值出现在海水9#点，最高值出现在取水口；

^3H 测量结果活度浓度范围 $0.25\sim 0.48\text{Bq/L}$ ，最低值出现在海水13#点，最高值出现

在取水口；

^{14}C 测量结果活度浓度范围2.84~5.63mBq/L（0.18~0.21Bq/gC），最低值出现在海水9#点，最高值出现在海水13#点。

3.1.1.3.8 海洋沉积物中放射性水平

海洋沉积物与海水采样点重合，共布设17个采样点，测量项目包括 ^{90}Sr 和 γ 谱分析（ ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru 、 ^{40}K 、 ^{65}Zn ），选择距排水口较近的采样点进行 $^{239+240}\text{Pu}$ 分析，共分析了14个样品（含1个平行样品）。第一次采样时由于海域刚进行过清淤，包括排水口在内的7个点位无法采集到沉积物样品，2021年9月份第二次采样时已经全部采集到，分析结果见表3.1-27。分析表明：

^{238}U 的活度浓度范围为19.4~33.4Bq/kg；

^{226}Ra 的活度浓度范围为16.6~29.7Bq/kg；

^{232}Th 的活度浓度范围为23.1~51.0Bq/kg；

^{40}K 的活度浓度范围为498~1030Bq/kg；

^{137}Cs 的活度浓度范围为<0.55~2.85Bq/kg，7#点和排水口北侧潮间带测量结果低于探测下限，最高值出现在排水口南侧潮间带；

其他人工 γ 放射性核素活度浓度均低于探测下限；

^{90}Sr 的活度浓度范围为0.34~3.59Bq/kg，最低值出现在7#点，最高值出现在9#点，第一年度均值为 $1.45\pm 0.83\text{Bq/kg}$ ；

$^{239+240}\text{Pu}$ 的活度浓度范围为0.033~0.13Bq/kg，最低值出现在北侧潮间带，最高值出现在3#点，第一年度均值为 $0.076\pm 0.027\text{Bq/kg}$ 。

3.1.1.3.9 海洋生物中放射性水平

海洋生物样品共5类9种11个样品，包括海洋鱼类、贝类、甲壳类、软体类和藻类。其中，海洋鱼类采集了马鲛鱼（当地称“鲛鱼”）、梭鱼和白姑鱼；贝类采集了扇贝和牡蛎（当地称“海蛎子”）样品；甲壳类采集了白对虾样品；软体类采集了海参样品；藻类采集了海带样品。

海洋生物样品测量项目为自由水氚、有机氚、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{106}Ru ，所有给出结果均为可食鲜重（干重）的结果。测量结果

见表3.1-28。 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 测量结果海带为干重结果（Bq/kg(干重)），对应为灰干比。给出 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 及灰鲜比范围值和均值时未包括海带结果。

γ 谱分析测量结果中， ^{137}Cs 大部分样品的测量结果高于探测下限，其余核素测量结果均低于探测下限。 ^{137}Cs 鱼类相对较高，甲壳类（白对虾）较低，海参低于探测下限。

^{90}Sr 海带样品较高，对虾、牡蛎和梭鱼结果较低；

自由水氚的测量结果的较为平均，扇贝、海参测量结果相对较高，鱼类测量结果相对较低；

牡蛎、扇贝的有机氚测量结果低于探测下限，鱼类的测量结果相对较高，其它品种的测量结果都较低；

^{14}C 的测量结果的较为平均，鱼类相对较高，海参和扇贝较低。

3.1.1.4 区域内核设施、核技术利用调查

（1）核设施

厂址周围 80km 范围内有 1 台 200MW 高温气冷堆示范工程和 2 台国和一号压水堆机组，其中高温气冷堆示范工程于 2021 年 12 月 20 日实现首次并网发电；国和一号机组目前处于建设安装期，计划 2023 年首台机组投运。

（2）核技术利用

2021 年月 1 月，收集厂址周围 5km 范围内的放射源、射线装置使用情况，见表 3.1-29。这些核技术应用项目运行时可能使非常局域的范围辐射环境受到影响，不代表厂址周围环境辐射本底水平。初步判定，厂址附近放射性源或射线装置未对本底调查结果造成影响。

3.1.2 辐射环境质量评价

3.1.2.1 本底调查结果评价

3.1.2.1.1 环境 γ 辐射水平评价

本次调查获得的原野辐射剂量率（扣除宇宙射线响应）范围为 51.2~128nGy/h，

平均值为 $88.7\pm 18.9\text{nGy/h}$ ；道路辐射剂量率范围为 $58.0\sim 111\text{nGy/h}$ ，平均值为 $91.0\pm 14.4\text{nGy/h}$ ；

根据上世纪 80 年代“全国环境天然放射性水平调查研究”，山东省的辐射剂量率范围（扣除宇宙射线）原野辐射剂量率为 $16.9\sim 162.6\text{nGy/h}$ ，道路辐射剂量率为 $10.3\sim 204.1\text{nGy/h}$ 。项目所在烟台市（1987 年以前属烟台市）的辐射剂量率范围（扣除宇宙射线）原野是 $21.4\sim 120.5\text{nGy/h}$ ，道路是 $19.1\sim 201.1\text{nGy/h}$ ，本次调查结果在其范围内。

本次调查剂量率监测结果与烟台市、山东省及全国辐射剂量率水平对比情况见表 3.1-30。

3.1.2.1.2 环境土壤中天然放射性核素水平评价

本次调查对土壤中的天然放射性核素活度浓度水平进行了调查，共设 12 个点位。各天然放射性核素活度浓度范围分别为： ^{238}U ， $12.7\sim 99.1\text{Bq/kg}$ ； ^{226}Ra ， $9.28\sim 97.9\text{Bq/kg}$ ； ^{232}Th ， $14.5\sim 223\text{Bq/kg}$ ； ^{40}K ， $632\sim 1530\text{Bq/kg}$ 。

根据上世纪 80 年代“全国环境天然放射性水平调查研究”，山东省的土壤中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 的范围分别为 $15.7\sim 90.1\text{Bq/kg}$ 、 $9.8\sim 50.0\text{Bq/kg}$ 、 $20.7\sim 202\text{Bq/kg}$ 、 $391.7\sim 1870\text{Bq/kg}$ 。项目所在烟台市（1987 年以前属烟台市）的土壤中 ^{238}U 、 ^{226}Ra 、 ^{232}Th 、 ^{40}K 的范围分别为 $17.2\sim 61.6\text{Bq/kg}$ 、 $16.2\sim 46.1\text{Bq/kg}$ 、 $20.8\sim 70.4\text{Bq/kg}$ 、 $118.4\sim 1870\text{Bq/kg}$ ，整体上本次调查结果与烟台市、山东省平均水平相当。

本次调查土壤中天然放射性核素活度浓度监测结果与烟台市、山东省及全国水平对比见表 3.1-31。

3.1.2.1.3 各类环境介质中 ^3H 与 ^{14}C 的评价

本次调查中对各类环境介质进行了 ^3H 的监测，包括大气、降水、地表水、饮用水、地下水、海水及各类生物中的 TFWT 和 OBT。以 Bq/L 为单位进行汇总，各类样品中 ^3H 的监测结果均处于正常水平。

本次调查还得到了大气、地表水、海水、陆地生、淡水鱼和海洋生物中 ^{14}C (OBC) 的活度浓度水平，整体上，各类介质中的 ^{14}C 活度浓度范围为 $0.17\sim 0.21\text{Bq/gC}$ ，与全球大气平衡的 ^{14}C 活度浓度水平相当。

目前本次调查中各类环境介质中的 ^3H 与 ^{14}C 总体上处于正常水平，且主要来自

自然界的本底及核燃料循环、早期核试验释放后在大气中的累积。

本次调查中各类环境介质中 ^3H 与 ^{14}C 活度浓度水平的对比见表 3.1-32。

3.1.2.1.4 各类环境介质中 ^{137}Cs 与 ^{90}Sr 的评价

^{137}Cs 和 ^{90}Sr 历来是核电厂本底调查地关注的人工放射性核素，处于痕量水平，常在一般辐射环境监测中监测到。其中， ^{90}Sr 在本次调查的所有样品中均检出，包括各类海洋生物和陆生生物，而 ^{137}Cs 在部分土壤、沉积物、海水等样品中检出。 ^{90}Sr 在各类环境介质中的浓度水平整体上要高于 ^{137}Cs 。

统计本次调查中各类环境介质中 ^{137}Cs 与 ^{90}Sr 活度浓度对比情况，见表 3.1-33。

3.1.2.1.5 土壤和海洋沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$ 的评价

本次调查对土壤和海洋沉积物中的 $^{239+240}\text{Pu}$ 进行了分析。其中土壤监测结果范围为 0.020~0.10Bq/kg，平均值为 $0.055\pm 0.024\text{Bq/kg}$ ；海洋沉积物监测结果范围为 0.033~0.13Bq/kg，平均值为 $0.076\pm 0.027\text{Bq/kg}$ 。此结果处于沙连茂等人报道的我国几个地区环境土壤中 $^{239+240}\text{Pu}$ 的活度浓度范围内（0.04~0.23Bq/kg）；与卜文庭和郭秋菊报道的我国环境土壤和地表水沉积物监测结果处于相近水平（北京 $0.363\pm 0.152\text{Bq/kg}$ 、集宁 $0.237\pm 0.014\text{Bq/kg}$ 、青州 $0.013\pm 0.001\text{Bq/kg}$ 、兰州 $0.023\pm 0.003\text{Bq/kg}$ 、襄樊 $0.358\pm 0.021\text{Bq/kg}$ 、0.380 \pm 0.016Bq/kg 及华北地区 0.4Bq/kg）。

3.1.3 参考资料

- [1] 中国辐射防护研究院，国核压水堆示范工程运行前放射性环境本底调查专题中期报告（正式稿），2021年10月；
- [2] 沙连茂，山本政儀，小村和久，上野馨，中国几个地区土壤中 $^{239+240}\text{Pu}$ ， ^{241}Am 和 ^{137}Cs 等放射性核素的测量，环境科学，1991，12(6)：p.58-63；
- [3] 卜文庭，郭秋菊，我国环境土壤和地表水沉积物中 Pu 的分布特征研究，辐射防护，2013，33(03)：p144-150。

表 3.1-1（1/2）国核压水堆示范工程运行前环境辐射现状水平调查方案

（一）陆地介质

序号	调查对象		监测项目	监测频度	调查范围	采样点数	样品个数	平行样品数	总个数
1	环境贯穿辐射	地表	γ 辐射剂量率	1 次/季	50km	80	640	0	640
			累积剂量	1 次/季	50km	50	400	0	400
			连续剂量率	连续	10km	2	2	0	2
2	土壤	表层土	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/年	20km	25	50	6	56
			$^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	20km	11	22	2	26
3	空气	气溶胶	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/季	10km	5	40	0	40
		沉降物	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/季	10km	5	40	0	40
		降水	γ 谱、 ^3H 、 ^{90}Sr	1 次/季	10km	5	40	2	42
		气体	^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I	1 次/季	10km	5	40	0	40
4	陆地水体	饮用水+水源水	γ 谱、总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	2 次/年	5km	4	16	0	16
		地下水	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	2 次/年	5km	4	16	0	16
		地表水	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	2 次/年	10km	4	16	4	20
		地表水沉积物	γ 谱、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{90}Sr	2 次/年	10km	4	16	4	20
		水生植物	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C	1 次/收获期	10km	2	4	1	5
		水生动物	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C	1 次/年	10km	2	4	0	4
5	陆生生物	粮食类	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	20km	4	8	1	9
		蔬菜类	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	20km	4	8	1	9
		水果类	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	20km	2	4	1	5
		松针	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	20km	1	1	1	2
		花生	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	20km	1	1	0	1
		鸡肉	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	20km	1	1	1	2
		猪肉	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	20km	1	1	0	1
		牛奶	131I	1 次/半年	10km	1	4	0	4

表 3.1-1（2/2）国核压水堆示范工程运行前环境辐射现状水平调查方案

（二）海洋介质

序号	调查对象	监测项目	监测频度	调查范围	采样 点数	样品个 数	平行样 品数	总个数	
6	受纳水体 (海洋)	海水	总 α 、总 β 、 γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 ^{14}C	1 次/半年	10km	15	60	4	64
		沉积物	γ 谱、 ^{90}Sr	1 次/年	10km	17	34	2	36
			$^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年	10km	17	34	2	36
		海带	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/收获期	10km	2	4	1	5
		鱼类	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	10km	3	16	2	18
		海参	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	10km	1	2	0	2
		贝类	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	10km	2	2	2	4
甲壳类	γ 谱、 ^{90}Sr 、 ^{14}C 、有机氚+自由水氚	1 次/年	10km	1	2	1	2		

表 3.1-2 (1/4) 地表 γ 辐射剂量率、累积剂量测量点和土壤采样点位置

序号	点位名称	方位	距离(km)	海拔 (m)	纬度(N)	经度 (E)	测量项目	地表描述
1	海工楼*	E	0.918	20	36°5 7' 53.34"	122° 31' 40.44"	连续 γ 、TLD、土壤	碎石
2	国核厂区大门*	W	1.44	14	36°5 7' 52.56"	122°3 0' 05.27"	γ 、TLD	草地
3	华能施工生活区*	WNW	1.16	23	36°5 8' 15.19"	122° 30' 24.10"	γ 、TLD	草地
4	华能核电厂区大门*	NNE	2.29	13	36°5 9' 01.89"	122°3 1' 42.40"	γ 、TLD、土壤	草地
5	东钱家村	NNE	2.28	-3	36° 59' 05.77"	122° 31' 27.31"	连续 γ 、TLD、土壤	土地
6	小河东村	N	1.77	4	36°5 8' 51.41"	122°3 0' 59.90"	γ 、TLD、土壤	水泥
7	西钱家村	N	2.15	-4	36°5 9' 03.75"	122°3 1' 11.05"	γ 、TLD、土壤	水泥
8	周庄村*	NNW	1.64	5	36°5 8' 45.92"	122° 30' 46.39"	γ 、TLD、土壤	水泥
9	所前杜家村*	NW	1.95	20	36° 58' 37.31"	122° 30' 05.15"	γ 、TLD、土壤	草地
10	所前王家村	WNW	1.59	16	36° 58' 09.50"	122° 30' 01.55"	γ 、TLD、土壤	土地
11	季家村	E	2.03	31	36°5 8' 01.35"	122° 29' 41.63"	γ	土地
12	东墩村*	WSW	1.48	17	36° 57' 30.87"	122° 30' 11.32"	γ 、TLD、土壤	草地
13	南泊村*	SW	1.86	4	36° 57' 18.20"	122°3 0' 03.53"	γ 、TLD、土壤	水泥
14	宁津养殖二厂*	S	4.19	0	36°5 5' 40.37"	122°3 1' 26.47"	γ 、TLD、土壤	土地
15	好当家渔场	SSW	1.75	11	36° 57' 00.13"	122° 30' 43.62"	γ 、TLD	土地
16	所东王家村	N	3.45	13	36° 59' 45.90"	122°3 1' 10.59"	γ 、TLD	土地
17	止马滩村	N	3.73	8	36°5 9' 54.45"	122° 31' 19.58"	γ	沥青
18	所后王家村	NNW	3.31	16	36°5 9' 31.35"	122° 30' 06.26"	γ 、TLD、土壤	土地
19	所后卢家村	NNW	3.7	15	36° 59' 51.60"	122° 30' 16.40"	γ	草地
20	华东乐园	SSW	4.37	0	36° 55' 55.76"	122° 29' 26.82"	γ	草地
21	小岔河村	NW	2.35	26	36°5 8' 46.30"	122°2 9' 53.92"	γ	土地
22	宁津街道	NNW	2.87	39	36°5 9' 17.14"	122°3 0' 10.52"	γ 、TLD、土壤	土地
23	吉屯村	NW	4.67	15	36° 59' 44.32"	122° 28' 53.38"	γ 、TLD	田地
24	大岔河村	WNW	2	23	36° 58' 25.45"	122°2 9' 52.23"	γ 、TLD	土地
25	鞠家村	WNW	3.63	41	36° 58' 56.36"	122° 38' 58.35"	γ 、TLD、土壤	田地

表 3.1-2 (2/4) 地表 γ 辐射剂量率、累积剂量测量点和土壤采样点位置

序号	点位名称	方位	距离(km)	海拔 (m)	纬度(N)	经度 (E)	测量项目	地表描述
26	北场村*	W	3.15	47	36°57' 59.82"	122° 28' 55.85"	γ	草地
27	东苏家村	WSW	2.25	57	36°57' 35.70"	122° 29' 35.46"	γ	草地
28	南夏家村	WSW	3.74	36	36°57' 21.64"	122° 28' 37.86"	γ 、TLD、土壤	土地
29	苑家村	WSW	4.21	25	36°56' 34.73"	122°28' 45.19"	γ	草地
30	南港头村	SW	2.66	23	36° 56' 57.55"	122°29' 42.51"	γ 、TLD	水泥
31	东南海村	SW	4.69	10	36°56' 13.24"	122°28' 42.25"	γ 、TLD、土壤	土地
32	后海崖村	S	5.13	6	36°55' 09.94"	122° 31' 28.35"	γ 、TLD、土壤	沥青
33	马栏耩村	NNE	5.12	6	37° 00' 34.85"	122° 31' 54.93"	γ 、TLD	土地
34	黄山养殖场	NNE	7.48	0	37°01' 47.58"	122° 32' 24.50"	γ	水泥
35	东楮岛村	NNE	9.06	3	37°02' 16.21"	122° 33' 48.33"	γ 、TLD、土壤	土地
36	林家流村	N	6.26	-2	37°01' 15.89"	122° 30' 37.60"	γ 、TLD、土壤	土地
37	马家寨村	NNW	6.45	8	37° 01' 11.85"	122°29' 39.03"	γ 、TLD	草地
38	后港头村	NW	5.5	10	37°01' 30.95"	122° 28' 05.00"	γ	土地
39	八河姚家村	NW	8.64	-5	37°01' 37.65"	122°27' 32.59"	γ 、TLD、土壤	草地
40	八里王家村	WNW	7.98	-3	36° 59' 54.39"	122° 26' 17.34"	γ 、TLD	土地
41	甲子山村	WNW	5.42	36	36°58' 55.19"	122° 27' 37.53"	γ	草地
42	东山街道	W	6.61	-8	36°58' 43.75"	122°26' 42.91"	γ 、TLD、土壤	地砖
43	沟王家村	W	8.16	22	36°57' 28.64"	122° 25' 34.72"	γ	土地
44	桃园街道	WSW	7.78	12	36° 55' 56.07"	122° 26' 25.69"	γ 、TLD	水泥
45	嘉、社区	WSW	7.23	28	36° 56' 57.35"	122°26' 19.62"	γ	水泥
46	凤凰湖	WSW	9.97	-11	36° 56' 23.82"	122° 24' 36.40"	γ 、TLD	草地
47	岛西庄村	S	6.47	9	36°54' 25.24"	122° 50' 57.79"	γ 、TLD	水泥
48	吕家庄村	S	6.84	18	36° 54' 13.30"	122° 30' 53.65"	γ	土地
49	崂山街道	NNW	16.5	12	37° 05' 31.81"	122° 25' 19.99"	γ 、TLD、土壤	草地
50	罗家庄村	NW	13.7	27	37° 03' 28.92"	122° 24' 59.43"	γ 、TLD	土地

表 3.1-2 (3/4) 地表 γ 辐射剂量率、累积剂量测量点和土壤采样点位置

序号	点位名称	方位	距离(km)	海拔 (m)	纬度(N)	经度 (E)	测量项目	地表描述
51	桑梓村	NW	18.8	47	37° 04' 45.79"	122°21' 40.42"	γ	水泥
52	西慕家村	WNW	12.3	36	37° 00' 10.62"	122° 23' 16.45"	γ	草地
53	滕家镇	WNW	17.9	5	37° 03' 09.68"	122°20' 57.78"	γ 、TLD	水泥
54	王连街道	W	13.6	6	36° 58' 46.45"	122° 21' 57.76"	γ 、TLD	地砖
55	桥头庄村	W	18.5	36	36° 56' 42.43"	122° 18' 39.39"	γ	土地
56	斥山街道	WSW	11.7	-11	36° 55' 25.14"	122° 23' 49.44"	γ 、TLD	土地
57	古楼村	WSW	17.8	33	36° 54' 30.61"	122° 19' 50.56"	γ	水泥
58	港湾街道	SW	13.5	23	36° 52' 34.92"	122° 24' 52.29"	γ 、TLD、土壤	水泥
59	玄镇村	SW	17.7	1	36° 52' 21.49"	122° 21' 21.32"	γ	水泥
60	碌对岛	NNW	18.1	21	37° 07' 17.13"	122° 27' 31.49"	γ	草地
61	寻山街道	N	23.2	7	37° 10' 26.14"	122° 31' 35.73"	γ 、TLD	草地
62	俚岛镇	N	31.4	14	37° 14' 40.38"	122° 34' 25.17"	γ	地砖
63	成山镇*	N	46.5	7	37° 23' 02.27"	122° 32' 42.45"	γ 、TLD、土壤	土地
64	荣成市	NNW	26.1	63	37° 10' 32.44"	122° 23' 15.07"	γ 、TLD	地砖
65	埠柳镇	NNW	42.4	26	37° 20' 20.88"	122° 25' 16.97"	γ	沥青
66	崖西镇	NNW	34.1	93	37° 15' 01.48"	122° 22' 25.79"	γ	沥青
67	大疃镇	NW	24.5	64	37° 07' 08.20"	122° 19' 10.22"	γ 、TLD	土地
68	荫子镇	NNW	30.8	104	37° 12' 21.75"	122° 20' 46.16"	γ	水泥
69	大水泊镇	NW	35.5	49	37° 11' 46.58"	122° 14' 30.70"	γ	沥青
70	高村镇	WNW	31.4	13	37° 04' 28.59"	122° 11' 30.29"	γ	土地
71	张家产镇	WNW	40.6	44	37° 05' 54.14"	122° 05' 59.19"	γ 、TLD	草地
72	文登市	WNW	44.6	56	37° 10' 48.64"	122° 05' 36.34"	γ	地砖
73	上庄镇	W	21.2	16	36° 59' 40.04"	122° 16' 55.74"	γ 、TLD	沥青
74	虎山镇	W	25.1	39	36° 57' 15.80"	122° 14' 08.91"	γ	地砖
75	侯家镇	W	38.5	20	37° 01' 05.49"	122° 05' 24.59"	γ	沥青

表 3.1-2 (4/4) 地表 γ 辐射剂量率、累积剂量测量点和土壤采样点位置

序号	点位名称	方位	距离(km)	海拔 (m)	纬度(N)	经度 (E)	测量项目	地表描述
76	人、镇	WSW	21.6	1	36° 53' 49.44"	122° 17' 25.08"	γ 、TLD	土地
77	沙窝岛村	WSW	31.2	1	36° 51' 27.73"	122° 11' 37.74"	γ	水泥
78	朱口村	SW	20.9	3	36° 50' 21.68"	122° 20' 32.69"	γ 、TLD	地砖
79	龙须岛村	NNE	49.6	-5	37° 23' 32.81"	122° 40' 58.21"	γ 、TLD	沥青
80	崮山镇 (对照点)	NNW	55.3	21	37° 24' 42.65"	122° 14' 32.40"	γ 、TLD	土地
81	八河水库	NW	10.7	-16	37° 01' 22.37"	122° 25' 17.28"	宇宙射线测量	淡水水面

表 3.1-3 气溶胶、沉降灰、空气中 ^3H 、 ^{14}C 采样点

序号	采样点	方位	距离 (km)	纬度(N)	经度 (E)	监测项目	备注
1	海工楼	E	0.824	36° 57' 53.36"	122° 31' 40.31"	气溶胶、沉降灰、 空气中 ^3H 、 ^{14}C	最大落地浓度处
2	东钱家村	NNE	2.45	36° 59' 08.17"	122° 31' 28.15"	气溶胶、沉降灰、 空气中 ^3H 、 ^{14}C	关键居民组
3	宁津街道	NW	2.72	36° 58' 59.08"	122° 29' 42.28"	气溶胶、沉降灰、 空气中 ^3H 、 ^{14}C	人员密集处
4	镇鄞岛	S	5.65	36° 54' 48.50"	122° 31' 24.64"	气溶胶、沉降灰	主导风下风向
5	成山镇	N	46.5	37° 23' 02.80"	122° 32' 42.32"	气溶胶、沉降灰、 空气中 ^3H 、 ^{14}C	对照点

表 3.1-4 地表水（底泥）、地下水、饮用水、陆地水生生物采样点

监测项目	采样点	方位	距离 (km)	纬度(N)	经度(E)
地表水和 底泥	八河水库	NW	11.7	37°02'25.07"	122°25'24.76"
	南夏家水库	NW	4.16	36°57'23.03"	122°28'15.87"
	郭家水库	WSW	13.7	36°58'11.64"	122°22'25.20"
	后龙河水库	NNW	29.5	37°12'48.92"	122°24'09.10"
地下水	东钱家村	NNE	2.23	36°59'04.18"	122°31'21.33"
	宁津街道	NW	2.72	36°58'59.08"	122°29'42.28"
	东墩村	WSW	1.27	36°57'13.57"	122°30'19.26"
	后海崖村	S	5.05	36°55'13.14"	122°31'33.81"
饮用水	东钱家村	NNE	2.28	36°59'06.47"	122°31'23.47"
	宁津街道	NW	3.16	36°59'12.88"	122°29'38.49"
	东墩村	WSW	1.48	36°57'42.08"	122°30'05.67"
	后海崖村	S	5.82	36°54'46.39"	122°31'19.32"
	湾头水库（水源地）	NW	23.2	37°05'04.00"	122°18'08.74"
白鲢鱼	八河水库	NW	11.7	37°02'25.07"	122°25'24.76"
水草	后龙河水库	NNW	29.5	37°12'48.92"	122°24'09.10"

表 3.1-5 陆生生物样品采样点位置

名称	采样点位	方位	距离	纬度(N)	经度(E)
			(km)		
小麦	宁津街道东墩村	WSW	1.27	36° 57' 13.57"	122° 30' 19.26"
小麦	东山街道龙山前村	WNW	9.55	36° 59' 52.44"	122° 25' 03.17"
玉米	宁津街道于家村	NNW	1.97	36° 58' 56.50"	122° 30' 45.01"
玉米	宁津街道东钱家村	NNE	2.23	36° 59' 04.18"	122° 31' 21.33"
白菜	宁津街道卢家庄村	NW	2.72	36° 58' 59.08"	122° 29' 42.28"
豆角	宁津街道于家村	NNW	1.97	36° 58' 56.50"	122° 30' 45.01"
葱	宁津街道东钱家村	NNE	2.23	36° 59' 04.18"	122° 31' 21.33"
苹果	宁津街道富甲山庄	NW	3.53	36° 59' 23.97"	122° 29' 34.55"
苹果	崂山街道宁家村	NW	15.8	37° 05' 22.16"	122° 25' 49.85"
牛奶	超市（嘉盛乳业生产）	/	/	/	/
猪肉	宁津街道南港头村	SW	2.78	36° 56' 50.00"	122° 29' 41.35"
鸡肉	宁津街道于家村	NNW	1.97	36° 58' 56.50"	122° 30' 45.01"
松针	宁津街道大岔河村村口	NW	1.88	36° 58' 35.62"	122° 30' 04.59"
花生	宁津街道南泊村	SW	1.83	36° 57' 14.37"	122° 30' 05.31"

表 3.1-6 海水和海洋沉积物采样点

序号	方位	距离 (km)	纬度(N)	经度 (E)
取水口*	NNW	1.76	36°59' 12.4"	122° 32' 40.6"
排水口*	/	/	36° 58' 27.1"	122° 33' 24.4"
3#点*	NE	1.84	36°59' 11.53"	122° 34' 11.41"
4#点*	N	4.73	37° 01' 00.04"	122° 33' 33.09"
5#点	NNW	8.91	37° 03' 07.33"	122° 32' 00.42"
6#点	NNE	7.03	37° 01' 53.31"	122° 35' 23.07"
7#点*	NNE	2.89	36° 59' 54.89"	122° 34' 15.72"
8#点*	SSE	2.17	36° 57' 23.83"	122° 34' 03.37"
9#点*	SSW	4.12	36° 56' 21.62"	122° 32' 31.31"
10#点	S	6.44	36° 54' 59.10"	122° 33' 59.66"
11#点*	SE	3.67	36° 57' 00.11"	122° 35' 06.38"
12#点	ESE	7.77	36° 56' 40.82"	122° 38' 11.74"
13#点*	E	3.07	36° 58' 24.54"	122° 35' 29.86"
14#点*	ENE	4.27	36° 59' 16.87"	122° 36' 06.31"
养参池*	WSW	1.65	36° 57' 58.19"	122° 32' 28.74"
北侧潮间带*	NW	2.56	36° 59' 22.94"	122° 32' 07.97"
南侧潮间带*	SSW	5.72	36° 55' 38.45"	122°31' 49.61"

注：方位距离为相对于排水口的方位距离。

表 3.1-7 海洋生物采样点位置

样品名称	当地名称	采样地点	方位	距离(km)	纬度(N)	经度 (E)
马鲛鱼	鲅鱼	东楮岛渔港	N	7.96	37° 02' 44.24"	122°3 4' 04.36"
梭鱼	梭鱼	排水口东侧海域	ESE	10.6	36°5 6' 3.77"	122° 39' 52.92"
扇贝	扇贝	林家流村	NNW	6	37° 01' 13.50"	122° 31' 21.50"
牡蛎	海蛎子	弘运码头	SW	9.5	36° 55' 32.90"	122° 28' 07.86"
白对虾	白对虾	止马滩村	NW	8.9	36° 55' 43.76"	122° 28' 31.14"
海参	海参	岛西庄村	SSW	7.91	36° 54' 55.57"	122° 30' 24.35"
海带	海带	排水口东侧海域	ENE	3	36° 59' 03.06"	122°3 5' 18.08"
海带	海带	宁津养殖二场	SW	3.27	36° 57' 01.62"	122°3 2' 05.19"
白姑鱼	白姑鱼	弘运码头	SW	9.5	36° 55' 32.90"	122° 28' 07.86"

表 3.1-8 采用的仪器及测量方法依据

序号	监测项目	仪器设备	测量方法依据
1	环境地表 γ 辐射剂量率	RP3000B 型高气压电离室	HJ1157-2021《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》
2	累积剂量	RGD-3 型热释光剂量仪	GB/T 10264-2014《个人和环境监测用热释光剂量测量系统》
3	总 α	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T1075-1998《水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法》
4	总 β	LB770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T 900-1994《水中总 β 放射性测定 蒸发法》
5	^3H	Quantulus 1220 低水平液闪	HJ1126-2020《水中氚的分析方法》； GB21883.2-2016 食品中放射性物质检验 氢-3 的测定
6	空气 ^{14}C	Quantulus 1220 低水平液闪	EJ/T1008-1996《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》
7	水 ^{14}C	Quantulus 1220 低水平液闪	ISO13162-2011《水质-碳-14 活度浓度的液体闪烁计数测定法》
8	生物 ^{14}C	Quantulus 1220 低水平液闪	GB/T 37865-2019《生物样品中 ^{14}C 的分析方法 氧弹燃烧法》
9	水、生物灰 ^{90}Sr	LB770 低本底 α/β 测量仪	HJ815-2016《水和生物样品灰中锶-90 放射化学分析方法》
10	土壤、沉积物 ^{90}Sr	LB3770 低本底 α/β 测量仪	EJ/T 1035-1996《土壤中锶-90 的分析方法》
11	空气 ^{131}I	HPGe γ 谱仪	GB/T 14584-1993《空气中碘-131 的取样与测定》
12	水中 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 16140-2018《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
13	土壤、沉积物 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 11743-2013《土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
14	气溶胶 γ 核素	HPGe γ 谱仪	HJ1149-2020《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/ γ 能谱法》
15	沉降灰 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T11713-2015《高纯锗 γ 能谱分析通用方法》
16	生物灰 γ 核素	HPGe γ 谱仪	GB/T 16145-2020《生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》
17	土壤、沉积物中 $^{239+240}\text{Pu}$	低本底 α 能谱测量仪	HJ814-2016《水和土壤样品中钚的放射化学分析方法》

表 3.1-9 各类样品分析方法的探测下限

序号	调查对象	样品用量	分析核素	测量时间	探测下限
1	气溶胶	10000m ³	⁹⁰ Sr	500min	4.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³
		10000m ³	γ 谱分析	80000s	¹³⁴ Cs: 5.8×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ; ¹³⁷ Cs: 5.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ; ⁶⁰ Co: 9.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ; ⁵⁸ Co: 5.8×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ; ⁵⁴ Mn: 5.8×10 ⁻⁶ Bq/m ³ ; ⁷ Be: 6.5×10 ⁻⁵ Bq/m ³ ; ¹³¹ I: 5.0×10 ⁻⁶ Bq/m ³
2	沉降物	5g	⁹⁰ Sr	500min	1.0×10 ⁻³ Bq/m ² D
		0.25m ² 灰 ×90d	γ 谱分析	80000s	¹³⁴ Cs: 2.8×10 ⁻³ Bq/m ² d ; ¹³⁷ Cs: 2.0×10 ⁻³ Bq/m ² d ; ⁶⁰ Co: 3.3×10 ⁻³ Bq/m ² d ; ⁵⁸ Co: 3.0×10 ⁻³ Bq/m ² d ; ⁵⁴ Mn: 2.2×10 ⁻³ Bq/m ² d
3	空气	10m ³	HTO	1000min	8.0×10 ⁻³ Bq/m ³
		3m ³	¹⁴ C	1000min	0.1Bq/g·碳
		100m ³	¹³¹ I	80000s	1.0×10 ⁻³ Bq/m ³
4	土壤、底泥、海洋沉积物	50g	⁹⁰ Sr	900min	0.15Bq/kg
		30g	²³⁹ Pu	24h	1.5×10 ⁻² Bq/kg
		300g	γ 谱分析	80000s	¹³⁷ Cs: 0.26Bq/kg; ¹³⁴ Cs: 0.24Bq/kg; ⁵⁸ Co: 0.22Bq/kg; ⁶⁰ Co: 0.24Bq/kg; ^{110m} Ag: 0.40Bq/kg; ⁵⁴ Mn: 0.26Bq/kg; ²³⁸ U: 10Bq/kg; ²³² Th: 1.1Bq/kg; ²²⁶ Ra: 0.69Bq/kg; ⁴⁰ K: 4.5Bq/kg
5	地表水、地下水、饮用水、降水	3L	总 α	600min	2.0×10 ⁻³ Bq/L
		3L	总 β	600min	5.0×10 ⁻³ Bq/L
		250mL	³ H	1000min	0.18Bq/L
		50L	¹⁴ C	1000min	2.0×10 ⁻⁴ Bq/L
		50L	⁹⁰ Sr	500min	1.5×10 ⁻⁴ Bq/L
		50L	γ 谱分析	80000s	¹³⁷ Cs: 1.6×10 ⁻³ Bq/L; ¹³⁴ Cs: 1.4×10 ⁻³ Bq/L; ⁵⁴ Mn: 1.5×10 ⁻³ Bq/L; ⁵⁸ Co: 1.3×10 ⁻³ Bq/L; ⁶⁰ Co: 1.7×10 ⁻³ Bq/L
6	海水	250mL	³ H	1000min	0.18Bq/L
		50L	¹⁴ C	1000min	2.0×10 ⁻⁴ Bq/L
		50L	⁹⁰ Sr	500min	1.5×10 ⁻⁴ Bq/L
		50L	γ 谱分析	80000s	¹³⁷ Cs: 3.5×10 ⁻³ Bq/L; ¹³⁴ Cs: 1.0×10 ⁻³ Bq/L; ⁵⁸ Co: 9.0×10 ⁻⁴ Bq/L; ⁶⁰ Co: 1.1×10 ⁻³ Bq/L; ^{110m} Ag: 1.3×10 ⁻³ Bq/L; ⁵⁴ Mn: 1.0×10 ⁻³ Bq/L; ¹⁰⁶ Ru: 8.5×10 ⁻³ Bq/L
7	生物	20g 灰	⁹⁰ Sr	600min	1.0×10 ⁻⁴ Bq/g 灰
		280g 鲜	有机氚	1000min	6.8×10 ⁻² Bq/kg 鲜
		280g 鲜	水氚	1000min	6.8×10 ⁻² Bq/kg 鲜
		4g 干	¹⁴ C	1000min	5.0Bq/kg 干
		60g 灰	γ 谱分析	80000s	¹³⁷ Cs: 1.4×10 ⁻³ Bq/g 灰; ¹³⁴ Cs: 1.1×10 ⁻³ Bq/g 灰; ⁵⁸ Co: 1.2×10 ⁻³ Bq/g 灰; ⁶⁰ Co: 1.8×10 ⁻³ Bq/g 灰; ^{110m} Ag: 1.6×10 ⁻³ Bq/g 灰; ⁵⁴ Mn: 1.2×10 ⁻³ Bq/g 灰; ¹⁰⁶ Ru: 2.0×10 ⁻² Bq/g 灰
8	牛奶	20L	γ 谱分析	80000s	¹³¹ I: 0.01Bq/kg 鲜

表 3.1-10 项目主要仪器和设备检定情况表

序号	仪器设备名称	型号规格	最近检定日期	检定证书号	检定周期
1	HPGe γ 谱仪	GR3019	2021.7.6	校字第[2021]-P1036	2 年
2	HPGe γ 谱仪	BE3830	2021.7.6	校字第[2021]-P1035	2 年
3	HPGe γ 谱仪	GMX-50S	2021.7.6	校字第[2021]-P1037	2 年
4	HPGe γ 谱仪	GEM40P4-76	2020.10.21	检字第[2020]-P029	2 年
5	HPGe γ 谱仪	GC4019	2021.7.7	校字第[2021]-P1038	2 年
6	低本底 α/β 测量仪	LB770	2020.3.2	检字第[2020]-D1001	2 年
7	低本底 α/β 测量仪	LB770	2020.10.19	检字第[2020]-D1026A	2 年
8	低本底 α 谱仪	7200-08	2020.6.18	校字第[2020]-D1001	2 年
9	低本底 α 谱仪	7200-12	2021.8.20	校字第[2021]-SQD1056	2 年
10	低水平液闪谱仪	Quantulus1220	2020.6.18	校字第[2020]-YS002	2 年
11	高气压电离室	RP3000B	2021.11.16	检字第[2021]-L1299	1 年
12	电子天平	MS303S	2021.3.11	(2021)天字 15 号	1 年
13	电子天平	PL602-L	2021.3.11	(2021)天字 18 号	1 年
14	电子天平	PL602E	2021.3.11	(2021)天字 20 号	1 年

表 3.1-11 平行样品测量结果统计

样品名称	平行样品组数	测量结果组数
地表水	1	4
底泥	1	7
土壤	2	11
陆生生物	1	6
海水	1	8
海洋沉积物	1	7
海洋生物	2	17
合计	9	60

注：平行样相对标准偏差计算公式：

$$\text{相对偏差} = \frac{|\text{平行样品1} - \text{平行样品2}|}{\text{平行样品1} + \text{平行样品2}} \times 100\%$$

表 3.1-12（1/2）地表 γ 辐射剂量率测量结果

单位：nGy/h

序号	点位名称	2021年4月	2021年7月	2021年9月	范围	均值
1	海工楼	148±4	135±2	134±2	134~148	139±8
2	国核厂区大门	126±1	129±2	118±1	118~129	124±5
3	华能施工生活区	118±2	124±2	135±2	118~135	126±9
4	华能核电厂区大门	110±5	127±1	130±1	110~130	122±11
5	东钱家村	112±3	126±1	134±1	112~134	124±11
6	小河东村	133±2	138±1	147±1	133~147	139±7
7	西钱家村	143±2	122±1	135±1	122~143	133±11
8	周庄村	138±4	148±1	149±1	138~149	145±6
9	所前杜家村	131±1	125±1	140±1	125~140	132±7
10	所前王家村	141±3	134±1	135±1	134~141	137±4
11	季家村	116±2	124±1	117±1	116~124	119±4
12	东墩村	111±2	116±1	118±1	111~118	115±4
13	南泊村	109±3	115±1	122±1	109~122	115±6
14	宁津养殖二厂	98.8±1.8	107±1	109±1	98.8~109	105±6
15	好当家渔场	105±3	112±1	114±1	105~114	111±5
16	所东王家村	152±3	145±2	168±1	145~168	155±12
17	止马滩村	133±2	123±1	133±1	123~133	130±6
18	所后王家村	139±1	141±1	132±1	132~141	137±5
19	所后卢家村	138±2	123±1	137±1	123~138	133±8
20	华东乐园	133±3	127±1	125±1	125~133	128±4
21	小岔河村	129±4	137±1	138±1	129~138	135±5
22	宁津街道	155±5	144±2	155±1	144~155	151±6
23	吉屯村	140±3	147±2	133±2	133~147	140±7
24	大岔河村	135±1	129±1	119±1	119~135	128±8
25	鞠家村	155±2	160±1	158±1	155~160	158±3
26	北场村	112±4	118±1	115±2	112~118	115±3
27	东苏家村	108±4	121±1	111±1	108~121	113±7
28	南夏家村	160±2	143±3	155±2	143~160	153±9
29	苑家村	131±1	135±1	131±1	131~135	132±2
30	南港头村	113±3	113±1	110±1	110~113	112±2
31	东南海村	106±2	121±1	129±1	106~129	119±12
32	后海崖村	105±3	117±1	120±1	105~120	114±8
33	马栏耩村	106±3	133±2	113±1	106~133	117±14
34	黄山养殖场	124±1	133±2	124±1	124~133	127±5
35	东楮岛村	80.8±1.1	90.4±1.5	91.8±0.8	80.8~91.8	87.7±6.0
36	林家流村	135±2	130±3	132±1	130~135	132±3
37	马家寨村	135±2	137±1	127±1	127~137	133±5
38	后港头村	153±4	167±1	155±1	155~167	158±8
39	八河姚家村	122±2	131±1	139±1	122~139	131±9
40	八里王家村	118±6	136±1	124±1	118~136	126±9
41	甲子山村	151±2	146±1	138±1	138~151	145±7
42	东山街道	148±5	139±1	147±1	139~148	145±5

表 3.1-12 (2/2) 地表 γ 辐射剂量率测量结果

单位: nGy/h

序号	点位名称	2021年4月	2021年7月	2021年9月	范围	均值
43	沟王家村	119±2	124±1	122±1	119~124	122±3
44	桃园街道	125±1	123±1	135±1	123~135	128±6
45	嘉和社区	128±3	118±1	111±1	111~128	119±8
46	凤凰湖	120±2	125±1	131±1	120~131	125±6
47	岛西庄村	101±5	119±1	111±1	101~119	110±9
48	吕家庄村	116±2	122±1	117±1	116~122	118±3
49	崂山街道	85.6±2.8	93.3±0.9	85.0±0.7	85.0~93.3	88.0±4.6
50	罗家庄村	110±2	104±1	110±1	104~110	108±3
51	桑梓村	88.6±3.2	96.4±1	96.2±0.7	88.6~96.4	93.7±4.4
52	西慕家村	96.2±1.2	92.3±0.8	101±1	92.3~101	96.4±4.2
53	滕家镇	108±1	104±1	107±1	104~108	107±2
54	王连街道	116±3	130±2	120±1	116~130	122±7
55	桥头庄村	117±2	124±1	126±1	117~126	122±5
56	斥山街道	114±4	129±1	135±1	114~135	126±11
57	古楼村	122±1	125±1	136±1	122~136	128±7
58	港湾街道	135±2	144±1	123±1	123~144	134±10
59	玄镇村	120±1	124±1	135±1	120~135	126±8
60	碌对岛	96.7±2.2	94.0±0.8	99.7±0.7	94.0~99.7	96.8±2.8
61	寻山街道	114±1	107±2	114±1	107~114	112±4
62	俚岛镇	134±3	147±1	133±1	133~147	138±8
63	成山镇	83.6±0.9	88.8±0.7	86.2±0.7	83.6~88.8	86.2±2.6
64	荣成市	121±5	121±1	130±1	121~130	124±5
65	埠柳镇	122±2	104±1	126±1	104~126	117±4
66	崖西镇	149±1	132±2	140±1	132~149	140±8
67	大疃镇	87.3±2.1	95.1±0.7	98.1±0.6	87.3~98.1	93.5±2.6
68	荫子镇	147±3	135±1	135±1	135~147	139±5
69	大水泊镇	103±1	126±2	112±1	103~126	114±12
70	高村镇	87.9±0.7	91.4±1.0	90.4±0.6	87.9~91.4	89.9±1.8
71	张家产镇	107±3	120±1	113±1	107~120	113±7
72	文登市	89.3±1.2	91.3±1.1	91.5±1.1	89.3~91.5	90.7±1.2
73	上庄镇	104±2	129±2	107±1	104~129	113±14
74	虎山镇	102±2	108±1	105±1	102~108	105±3
75	侯家镇	111±2	115±1	113±1	111~115	113±2
76	人和镇	107±3	123±1	118±1	107~123	116±8
77	沙窝岛村	123±3	133±1	134±1	123~134	130±6
78	朱口村	123±2	145±1	136±2	123~145	135±11
79	龙须岛村	141±3	139±1	142±1	139~142	141±2
80	崮山镇（对照点）	82.9±2.9	84.0±0.5	89.0±0.8	82.9~89.0	85.3±3.2
81	八河水库（宇宙射线）	/	32.3±0.9	/	/	/
范围		80.8~160	84.0~167	85.0~168	/	85.3~158
均值	120±20	120±20	124±17	124±18	/	122±18

*: 表中数据未扣除宇宙射线成分。

表 3.1-13 累积剂量计算出的剂量率值（单位：nGy/h）

序号	点位名称	2021年4~7月	2021年7~9月	均值	序号	点位名称	2021年4~7月	2021年7~9月	均值
1	海工楼	丢失	155.8	/	26	东楮岛村	109.3	125.8	117.6
2	国核厂区大门	153.4	154.2	153.8	27	林家流村	142	154.2	148.1
3	华能施工生活区	147.1	136.9	142	28	马家寨村	138.5	132.6	135.6
4	华能核电厂区边界	145.2	145.5	145.4	29	八河姚家村	丢失	148.3	/
5	东钱家村	149.9	135.7	142.8	30	八里王家村	137.2	丢失	/
6	小河东村	168.1	166.6	167.4	31	东山街道	151.3	165.4	158.4
7	西钱家村	137.7	145.7	141.7	32	桃园街道	170.7	173.3	172
8	周庄村	丢失	146.7	/	33	凤凰湖	172.2	164.5	168.4
9	所前杜家村	173.5	163.8	168.7	34	岛西庄村	137.1	147.4	142.3
10	所前王家村	155.4	154.5	155	35	崂山街道	136.8	123.5	130.2
11	东墩村	149.7	140.9	145.3	36	罗家庄村	130.8	142.6	136.7
12	南泊村	149.8	161.7	155.8	37	滕家镇	137.3	137.7	137.5
13	宁津养殖二厂	113.6	108	110.8	38	王连街道	129.5	123	126.3
14	好当家渔场	140.5	147.4	144	39	斥山街道	158.8	162.1	160.5
15	所东王家村	179.2	174	176.6	40	港湾街道	179.8	186.6	183.2
16	所后王家村	166.5	164	165.3	41	寻山街道	丢失	148.6	/
17	宁津街道	160.2	168.7	164.5	42	成山镇	109.7	121.6	115.7
18	吉屯村	178.9	188.8	183.9	43	荣成市	127	142.9	135
19	大岔河村	177.2	187.5	182.4	44	大疃镇	112.8	119.9	116.4
20	鞠家村	丢失	168	/	45	张家产镇	137.9	145.8	141.9
21	南夏家村	187	192.5	189.8	46	上庄镇	119.6	133.3	126.5
22	南港头村	148.4	143	145.7	47	人和镇	162.1	163.4	162.8
23	东南海村	140.8	143.4	142.1	48	朱口村	188.1	204.7	196.4
24	后海崖村	130.7	132.6	131.7	49	龙须岛村	丢失	174.8	/
25	马栏耩村	131.9	149.6	140.8	50	崮山镇（对照点）	111.8	丢失	/

*：表中数据未扣除宇宙射线成分。

表 3.1-14 累积剂量与剂量率值比较

点位名称	TLD 小时均值	剂量率值	TLD/剂量率	点位名称	TLD 小时均值	剂量率值	TLD/剂量率
海工楼	155.8	139	1.121	东楮岛村	117.6	87.7	1.341
国核厂区大门	153.8	124	1.24	林家流村	148.1	132	1.122
华能施工生活区	142	126	1.127	马家寨村	135.6	133	1.02
华能核电厂区边界	145.4	126	1.154	八河姚家村	148.3	131	1.132
东钱家村	142.8	124	1.152	八里王家村	137.2	126	1.089
小河东村	167.4	139	1.204	东山街道	158.4	145	1.092
西钱家村	141.7	133	1.065	桃园街道	172	128	1.344
周庄村	146.7	145	1.012	凤凰湖	168.4	125	1.347
所前杜家村	168.7	132	1.278	岛西庄村	142.3	110	1.294
所前王家村	155	137	1.131	崂山街道	130.2	88	1.48
东墩村	145.3	115	1.263	罗家庄村	136.7	108	1.266
南泊村	155.8	115	1.355	滕家镇	137.5	107	1.285
宁津养殖二厂	110.8	105	1.055	王连街道	126.3	122	1.035
好当家渔场	144	111	1.297	斥山街道	160.5	126	1.274
所东王家村	176.6	155	1.139	港湾街道	183.2	134	1.367
所后王家村	165.3	137	1.207	寻山街道	148.6	112	1.327
宁津街道	164.5	151	1.089	成山镇	115.7	86.2	1.342
吉屯村	183.9	140	1.314	荣成市	135	124	1.089
大岔河村	182.4	128	1.425	大疃镇	116.4	93.5	1.245
鞠家村	168	158	1.063	张家产镇	141.9	113	1.256
南夏家村	189.8	153	1.241	上庄镇	126.5	113	1.119
南港头村	145.7	112	1.301	人和镇	162.8	116	1.403
东南海村	142.1	119	1.194	朱口村	196.4	135	1.455
后海崖村	131.7	114	1.155	龙须岛村	174.8	141	1.24
马栏耩村	140.8	117	1.203	固山镇（对照点）	111.8	85.3	1.311

*：表中数据未扣除宇宙射线成分。

表 3.1-15 气溶胶测量结果

采样时间	样品编号	点位名称	修正日期（采样中点）	${}^7\text{Be}$ (mBq/m ³)	${}^{90}\text{Sr}$	${}^{137}\text{C}$	${}^{134}\text{Cs}$	${}^{58}\text{Co}$	${}^{60}\text{Co}$	${}^{54}\text{Mn}$	${}^{131}\text{I}$
					$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$						
2021年4月	RCLRJ210401	海工楼	2021.04.24	8.66±0.06	1.57±0.46	<5.8	<6.5	<4.5	<7.1	<5.7	<5.9
	RCLRJ210402	东钱家村	2021.04.24	10.2±0.5	1.57±0.27	<4.1	<3.9	<3.2	<4.7	<3.5	<4.0
	RCLRJ210403	宁津街道	2021.04.24	9.11±0.05	1.44±0.26	<3.6	<3.6	<2.9	<4.4	<3.2	<3.6
	RCLRJ210404	镞铳岛	2021.04.24	10.4±0.6	1.63±0.24	<3.8	<4.0	<3.2	<4.8	<3.3	<4.0
	RCLRJ210405	成山镇	2021.04.24	9.50±0.05	1.83±0.29	<3.5	<3.6	<2.8	<4.2	<3.1	<3.5
2021年7月	RCLRJ210701	海工楼	2021.07.25	3.32±0.04	1.88±0.35	<8.4	<9.0	<8.1	<9.6	<8.7	<8.1
	RCLRJ210702	东钱家村	2021.07.26	4.05±0.04	1.92±0.41	<7.0	<7.1	<7.0	<8.2	<7.2	<6.8
	RCLRJ210703	宁津街道	2021.07.25	3.66±0.04	0.77±0.22	<8.2	<7.9	<7.7	<8.3	<7.7	<7.4
	RCLRJ210704	镞铳岛	2021.07.27	3.36±0.04	0.62±0.24	<8.6	<8.3	<7.9	<9.6	<8.1	<7.6
	RCLRJ210705	成山镇	2021.07.26	2.95±0.03	1.65±0.23	<6.9	<6.5	<6.5	<7.9	<6.4	<6.2
2021年9月	RCLRJ210901	海工楼	2021.09.26	3.94±0.05	4.54±0.34	<9.4	<8.7	<8.5	<10	<8.8	<8.5
	RCLRJ210902	东钱家村	2021.09.26	4.12±0.05	3.85±0.34	10.0±2.7	<8.9	<8.9	<10	<9.4	<8.3
	RCLRJ210903	宁津街道	2021.09.26	4.64±0.05	4.58±0.36	<9.3	<9.1	<8.7	<9.9	<8.7	<8.6
	RCLRJ210904	镞铳岛	2021.09.26	4.29±0.05	3.73±0.36	<9.3	<9.4	<9.0	<9.9	<9.1	<8.7
	RCLRJ210905	成山镇	2021.09.26	3.18±0.05	3.55±0.38	<10	<10	<9.8	<11	<10	<9.5

表 3.1-16 沉降灰测量结果

采样时间	样品编号	点位名称	沉降通量 (g)	⁹⁰ Sr	¹³⁷ C	¹³⁴ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	¹³¹ I
				mBq/m ² .d						
2021年4-7月	RCLCJ210701	海工楼	64.4648	6.29±0.29	19.6±1.7	<3.2	<2.9	<3.6	<4.1	<5.9
	RCLCJ210702	东钱家村	12.2083	3.50±0.24	13.7±1.2	<1.7	<1.5	<1.9	<2.0	<4.0
	RCLCJ210703	宁津街道	15.1440	10.1±0.4	24.8±1.1	<1.9	<1.4	<1.8	<2.0	<3.6
	RCLCJ210704	镬钵岛	20.7014	1.96±0.21	6.90±0.89	<1.6	<1.5	<1.7	<2.0	<4.0
	RCLCJ210705	成山镇	26.0260	7.37±0.30	4.41±0.74	<1.8	<1.7	<2.0	<2.4	<3.5
2021年7-9月	RCLCJ210701	海工楼	14.3527	6.57±0.21	7.75±1.21	<4.4	<5.0	<6.2	<5.0	<8.1
	RCLCJ210702	东钱家村	7.0188	2.58±0.17	<5.4	<4.4	<4.9	<4.9	<5.0	<6.8
	RCLCJ210703	宁津街道	10.2463	3.35±0.16	5.05±1.23	<4.6	<5.3	<5.8	<4.9	<7.4
	RCLCJ210704	镬钵岛	8.7642	1.97±0.16	<4.4	<4.7	<4.8	<5.6	<5.0	<7.6
	RCLCJ210705	成山镇	10.6095	5.19±0.30	<4.4	<4.9	<5.3	<6.3	<5.4	<6.2

表 3.1-17 空气 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{131}I 测量结果

采样时间	采样点	样品编号	^3H		样品编号	^{14}C		样品编号	^{131}I
			mBq/m ³	Bq/L		mBq/m ³	Bq/gC		mBq/m ³
2021 年 4 月	海工楼	RCLQH210401	8.44	0.37	RCLQC210401	53.2±2.1	0.28±0.02	RCLQI210401	<0.32
	东钱家村	RCLQH210402	15.1	0.65	RCLQC210402	56.4±2.0	0.31±0.02	RCLQI210402	<1.9
	宁津街道	RCLQH210403	5.91	0.58	RCLQC210403	58.3±2.0	0.32±0.02	RCLQI210403	<0.42
	镞翎岛	RCLQH210404	3.04	0.38	RCLQC210404	45.3±2.0	0.25±0.02	RCLQI210404	<0.38
	成山镇	RCLQH210405	6.34	0.55	RCLQC210405	53.0±2.2	0.27±0.02	RCLQI210405	<0.34
范围值			3.04~15.1	0.37~0.65	/	45.3~58.3	0.25~0.32	/	/
均值			7.77±4.53	0.51±0.13	/	53.2±5.0	0.29±0.03	/	/
2021 年 7 月	海工楼	RCLQH210701	7.81	0.34	RCLQC210701	52.1±5.3	0.25±0.02	RCLQI210701	<0.72
	东钱家村	RCLQH210702	11.3	0.49	RCLQC210702	33.5±5.3	0.15±0.02	RCLQI210702	<0.74
	宁津街道	RCLQH210703	6.44	0.29	RCLQC210703	50.7±5.6	0.23±0.02	RCLQI210703	<0.74
	镞翎岛	RCLQH210704	3.88	0.2	RCLQC210704	±55.1±5.5	0.25±0.02	RCLQI210704	<0.77
	成山镇	RCLQH210705	2.64	0.14	RCLQC210705	53.3±5.4	0.23±0.02	RCLQI210705	<0.77
范围值			2.64~11.3	0.14~0.49	/	33.5~55.1	0.15~0.25	/	/
均值			6.41±3.41	0.29±0.14	/	48.9±8.8	0.22±0.04	/	/
2021 年 9 月	海工楼	RCLQH210901	/	/	RCLQC210901	/	/	RCLQI210901	<0.47
	东钱家村	RCLQH210902	/	/	RCLQC210902	/	/	RCLQI210902	<0.51
	宁津街道	RCLQH210903	/	/	RCLQC210903	/	/	RCLQI210903	<0.80
	镞翎岛	RCLQH210904	/	/	RCLQC210904	/	/	RCLQI210904	<0.63
	成山镇	RCLQH210905	/	/	RCLQC210905	/	/	RCLQI210905	<0.69
范围值			/	/	/	/	/	/	/
均值			/	/	/	/	/	/	/

表 3.1-18 降水测量结果

采样日期	样品编号	采样地点	⁹⁰ Sr	³ H	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn
			(mBq/L)	(Bq/L)	(mBq/L)				
2021 年 4~7 月	RCLJS210701	海工楼	15.3±0.2	0.45±0.05	<1.8	<3.0	<1.6	<1.4	<1.5
	RCLJS210702	东钱家村	17.6±0.2	0.55±0.05	<1.7	<2.8	<1.4	<1.5	<1.4
	RCLJS210703	宁津街道	10.1±0.2	0.52±0.05	<1.8	<2.9	<1.5	<1.6	<1.4
	RCLJS210704	镞翎岛	2.70±0.07	0.58±0.05	<1.8	<3.0	<1.5	<1.5	<1.4
	RCLJS210705	成山镇	21.3±0.3	0.65±0.06	<2.6	<4.5	<2.3	<2.4	<2.2
2021 年 7~9 月	RCLJS210901	海工楼	24.0±0.3	0.32±0.05	<1.6	<2.5	<1.2	<1.4	<1.3
	RCLJS210902	东钱家村	4.15±0.09	0.52±0.05	<1.5	<2.5	<1.2	<1.2	<1.2
	RCLJS210903	宁津街道	5.11±0.03	0.41±0.05	<1.8	<3.0	<1.5	<1.4	<1.5
	RCLJS210904	镞翎岛	11.2±0.2	0.51±0.05	<1.8	<3.0	<1.5	<1.5	<1.6
	RCLJS210905	成山镇	28.1±0.3	0.50±0.05	<1.8	<2.9	<1.4	<1.5	<1.5

表 3.1-19 地表水测量结果

样品编号	采样地点	⁹⁰ Sr	³ H	¹⁴ C		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn
		(mBq/L)	(Bq/L)	(mBq/L)	(Bq/gC)	(mBq/L)				
RCLDB210401-1	八河水库	7.51±0.11	0.49±0.05	5.12±0.18	0.21±0.01	<1.6	<2.7	<1.4	<1.4	<1.4
RCLDB210401-2	八河水库	9.80±0.14	0.63±0.05	5.09±0.17	0.20±0.01	<1.7	<2.8	<1.5	<1.5	<1.5
RCLDB210701	八河水库	5.80±0.10	0.49±0.05	3.04±0.11	0.19±0.01	<1.6	<2.6	<1.3	<1.5	<1.4
RCLDB210402	南夏家水库	6.91±0.12	0.60±0.05	/	/	<1.6	<2.7	<1.3	<1.3	<1.3
RCLDB210702	南夏家水库	4.58±0.09	0.52±0.05	/	/	<1.6	<2.6	<1.3	<1.5	<1.4
RCLDB210403	郭家水库	6.02±0.10	0.47±0.05	/	/	<1.7	<2.7	<1.4	<1.4	<1.4
RCLDB210703	郭家水库	4.59±0.09	0.56±0.05	/	/	<1.7	<2.7	<1.7	<1.5	<1.5
RCLDB210404	后龙河水库	9.24±0.14	0.59±0.05	4.77±0.16	0.20±0.01	<1.6	<2.7	<1.4	<1.4	<1.4
RCLDB210704	后龙河水库	8.27±0.12	0.63±0.05	4.60±0.16	0.20±0.01	<1.6	<2.7	<1.4	<1.8	<1.4

表 3.1-20 地下水测量结果

采样时间	样品编号	采样地点	⁹⁰ Sr	³ H	¹⁴ C		¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn
			(mBq/L)	(Bq/L)	(mBq/L)	(Bq/gC)	(mBq/L)				
2021 年 4 月	RCLDX210401	东钱家村	3.30±0.09	0.47±0.05	7.55±0.25	0.21±0.01	<1.6	<2.7	<1.4	<1.4	<1.4
	RCLDX210402	宁津街道	10.3±0.2	0.36±0.05	5.42±0.19	0.18±0.01	<1.6	<2.7	<1.3	<1.3	<1.4
	RCLDX210403	东墩村	3.75±0.09	0.41±0.05	/	/	<1.8	<2.9	<1.5	<1.6	<1.7
	RCLDX210404	后海崖村	6.37±0.09	0.22±0.05	/	/	<1.6	<2.6	<1.3	<1.4	<1.3
2021 年 9 月	RCLDX210901	东钱家村	4.54±0.08	/	/	/	<1.6	<2.6	<1.3	<1.3	<1.4
	RCLDX210902-1	宁津街道	5.47±0.08	/	/	/	<1.6	<2.6	<1.3	<1.4	<1.4
	RCLDX210902-2	宁津街道	6.81±0.10	/	/	/	<1.6	<2.4	<1.3	<1.4	<1.2
	RCLDX210903	东墩村	7.36±0.12	/	/	/	<1.6	<2.5	<1.3	<1.3	<1.4
	RCLDX210904	后海崖村	2.67±0.07	/	/	/	<1.6	<2.5	<1.4	<1.3	<1.5
	RCLDX210905	厂区监测井 W1	3.83±0.08	/	/	/	<1.6	<2.6	<1.4	<1.5	<1.5

表 3.1-21 饮用水测量结果

采样时间	样品编号	采样地点	总 α	总 β	^{90}Sr	^3H	^{14}C		^{134}Cs	^{137}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn
			(Bq/L)	(Bq/L)	(mBq/L)	(Bq/L)	(mBq/L)	(Bq/gC)	(mBq/L)				
2021 年 4 月	RCLYY210401	东钱家村	0.043±0.011	0.14±0.01	3.97±0.11	0.29±0.05	7.51±0.25	0.20±0.01	<1.7	<2.8	<1.4	<1.4	<1.5
	RCLYY210402	宁津街道	<0.020	0.30±0.01	7.14±0.14	0.49±0.05	4.76±0.17	0.18±0.01	<1.6	<2.8	<1.4	<1.4	<1.4
	RCLYY210703	东墩村	0.12±0.02	0.24±0.01	/	0.49±0.05	/	/	<1.7	<2.7	<1.5	<1.5	<1.6
	RCLYY210404	镞铳岛	<0.018	0.16±0.01	/	0.64±0.05	/	/	<1.6	<2.6	<1.3	<1.3	<1.4
	RCLYY210405	湾头水库	<0.015	0.18±0.01	7.15±0.13	0.73±0.06	6.83±0.22	0.21±0.01	<1.7	<2.8	<1.4	<1.6	<1.4
2021 年 9 月	RCLYY210901	东钱家村	<0.038	0.14±0.01	7.40±0.11	/	/	/	<1.7	<2.6	<1.3	<1.3	<1.4
	RCLYY210902	宁津街道	<0.024	0.24±0.01	5.76±0.09	/	/	/	<1.6	<2.5	<1.3	<1.3	<1.4
	RCLYY210903	东墩村	0.062±0.017	0.27±0.01	/	/	/	/	<1.7	<2.7	<1.4	<1.4	<1.6
	RCLYY210904	镞铳岛	<0.028	0.19±0.01	/	/	/	/	<1.9	<2.9	<1.5	<1.5	<1.8
	RCLYY210905	湾头水库	<0.023	0.18±0.01	5.86±0.10	/	/	/	<1.8	<2.7	<1.4	<1.5	<1.7

表 3.1-22 地表水底泥测量结果

单位：Bq/kg

样品编号	采样地点	^{90}Sr	$^{239+240}\text{Pu}$	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{137}Cs	^{134}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn
RCLDB210701-1	八河水库	0.64±0.07	0.059±0.008	22.6±2.0	15.0±0.3	24.6±0.7	737±6	0.61±0.10	<0.39	<0.35	<0.76	<0.41
RCLDB210701-2	八河水库	0.76±0.08	0.065±0.008	21.5±2.1	16.4±0.4	25.1±0.8	716±6	0.67±0.11	<0.39	<0.37	<0.77	<0.41
RCLDB210402	南夏家水库	0.48±0.11	0.035±0.010	30.7±2.8	25.5±0.5	53.3±1.3	834±9	<0.56	<0.58	<0.51	<1.1	<0.58
RCLDB210403	郭家水库	0.54±0.07	/	35.5±2.8	29.3±0.5	51.7±1.1	727±7	<0.63	<0.49	<0.44	<0.85	<0.52
RCLDB210404	后龙河水库	0.58±0.08	/	37.5±1.7	27.8±0.5	56.5±1.1	1180±9	<0.66	<0.55	<0.51	<1.0	<0.60

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）

表 3.1-23 土壤样品测量结果

单位：Bq/kg

样品编号	采样地点	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn
		(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)	(Bq/kg)
RCLTR210401	海工楼	1.12±0.11	0.072±0.010	30.5±1.8	29.0±0.6	44.2±1.2	963±9	1.30±0.25	<0.83	<0.83	<1.2	<0.89
RCLTR210402	华能核电厂区边界	1.00±0.12	0.053±0.006	31.1±1.8	27.5±0.6	55.1±1.3	946±9	0.94±0.20	<0.87	<0.87	<1.2	<0.93
RCLTR210403-1	东钱家村	0.63±0.10	0.038±0.007	39.3±1.9	28.1±0.6	57.3±1.2	1190±10	<0.58	<0.82	<0.84	<1.2	<0.88
RCLTR210403-2	东钱家村	0.77±0.08	0.037±0.006	38.1±1.9	28.8±0.6	52.7±1.2	1220±10	1.14±0.21	<0.87	<0.88	<1.3	<0.92
RCLTR210404	小河东村	1.13±0.14	0.10±0.01	28.9±1.8	27.4±0.6	45.5±1.3	1150±10	2.31±0.24	<0.95	<0.92	<1.4	<0.96
RCLTR210405	西钱家村	0.51±0.08	/	30.1±1.8	20.9±0.4	46.5±1.2	944±8	1.90±0.21	<0.83	<0.84	<1.1	<0.89
RCLTR210406	周庄村	0.78±0.12	0.084±0.008	33.7±2.1	30.6±0.6	55.3±1.2	1050±9	1.77±0.21	<0.86	<0.85	<1.2	<0.90
RCLTR210407	所前杜家村	0.88±0.08	0.032±0.005	45.9±2.4	48.0±0.8	94.7±1.5	1020±9	0.92±0.22	<0.96	<0.92	<1.2	<0.92
RCLTR210408	所前王家村	1.02±0.08	/	48.9±2.7	33.7±0.6	71.5±1.4	1200±9	<0.75	<0.86	<0.88	<1.2	<0.86
RCLTR210409	东墩村	0.77±0.11	0.031±0.006	37.3±2.2	35.4±0.7	62.4±1.4	1130±9	0.79±0.18	<0.92	<0.93	<1.3	<0.88
RCLTR210410	南泊村	1.58±0.19	0.064±0.009	33.7±1.8	29.7±0.6	55.7±1.2	1190±9	1.57±0.18	<0.82	<0.84	<1.2	<0.85
RCLTR210411	宁津养殖二厂	0.55±0.12	0.020±0.007	13.1±0.7	9.28±0.3	14.5±0.7	679±7	<0.51	<0.61	<0.61	<0.90	<0.62
RCLTR210412	所后王家村	0.65±0.08	/	47.9±0.9	39.0±0.7	74.1±1.4	1200±10	2.00±0.20	<0.92	<0.91	<1.3	<0.92
RCLTR210413-1	宁津街道	0.42±0.08	/	53.1±2.7	56.5±0.8	110±2	1240±10	<1.1	<1.0	<0.96	<1.3	<0.98
RCLTR210413-2	宁津街道	0.46±0.09	/	56.8±3.0	58.2±0.8	105±2	1260±10	<1.1	<1.0	<0.98	<1.3	<0.99
RCLTR210414	鞠家村	1.86±0.10	/	71.0±3.6	60.3±0.8	98.1±1.6	1530±11	1.64±0.22	<1.0	<1.0	<1.4	<1.0
RCLTR210415	北场村	1.20±0.11	0.053±0.009	41.0±1.9	32.9±0.6	64.7±1.2	1080±9	<0.45	<0.82	<0.83	<1.2	<0.81
RCLTR210416	南夏家村	1.12±0.09	/	47.3±2.6	45.7±0.8	87.5±1.6	1460±11	1.07±0.23	<0.98	<0.97	<1.4	<0.97
RCLTR210417	东南海村	0.83±0.10	/	48.7±2.4	35.3±0.7	65.3±1.4	953±9	0.98±0.19	<0.88	<0.85	<1.2	<0.85
RCLTR210418	后海崖村	1.02±0.13	/	20.9±1.2	18.6±0.5	33.9±1.0	783±8	1.47±0.18	<0.74	<0.73	<1.1	<0.74
RCLTR210419	东楮岛村	0.93±0.11	/	24.3±1.4	23.1±0.5	34.3±1.1	835±8	1.87±0.18	<0.74	<0.74	<1.1	<0.76
RCLTR210420	林家流村	0.90±0.09	/	58.4±3.2	58.3±0.8	126±2	1190±9	<1.1	<1.0	<0.97	<1.3	<1.0
RCLTR210421	八河姚家村	0.85±0.08	/	31.0±1.8	26.8±0.6	56.3±1.3	1180±9	0.74±0.19	<0.85	<0.85	<1.2	<0.88
RCLTR210422	东山街道	1.16±0.08	/	44.6±2.5	43.7±0.7	82.8±1.5	1170±10	<1.1	<0.97	<0.93	<1.3	<0.98
RCLTR210423	崂山街道	0.84±0.07	/	47.3±2.0	41.0±0.7	35.6±1.0	632±7	<0.85	<0.69	<0.82	<1.1	<0.80
RCLTR210424	港湾街道	0.98±0.08	/	99.1±4.9	97.9±1.1	223±2	1300±10	<1.4	<1.2	<1.1	<1.5	<1.3
RCLTR210425	成山镇（对照点）	0.61±0.12	0.070±0.010	12.7±0.9	13.6±0.4	17.6±0.9	803±7	1.48±0.18	<0.66	<0.66	<0.98	<0.71

表 3.1-24 陆生生物测量结果

样品名称	采样点位	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	自由水氚		有机氚		¹⁴ C	¹³⁴ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	¹³¹ I	灰鲜比	
		Bq/kg 鲜	Bq/kg 鲜	Bq/L	Bq/kg 鲜	Bq/L	Bq/kg 鲜 (Bq/gC)	Bq/kg 鲜							
葱	宁津街道东钱家村	0.023±0.007	0.033±0.001	0.77±0.10	0.85±0.11	0.06±0.02	1.23±0.48	6.76±0.23	0.19±0.01	<0.020	<0.022	<0.040	<0.022	/	0.0063
松针	宁津街道大岔河村村口	0.14±0.04	0.31±0.01	0.22±0.03	0.71±0.11	0.51±0.13	1.31±0.48	53.15±1.83	0.20±0.01	<0.11	<0.11	<0.17	<0.11	/	0.0275
猪肉	宁津街道南港头村	0.039±0.007	0.060±0.002	0.41±0.08	0.58±0.11	<0.18	<1.06	25.37±0.85	0.19±0.01	<0.021	<0.024	<0.046	<0.024		0.00836
鸡肉	宁津街道于家村	<0.019	0.007±0.001	0.39±0.08	0.55±0.11	<0.18	<1.06	28.18±0.94	0.21±0.01	<0.018	<0.019	<0.030	<0.018	/	0.00475
豆角	宁津街道于家村	0.018±0.004	0.017±0.001	0.49±0.10	0.55±0.11	0.10±0.02	1.74±0.48	7.14±0.26	0.19±0.01	<0.018	<0.020	<0.037	<0.020	/	0.0053
牛奶	超市（嘉盛乳业生产）	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	<0.022	0.0122
白菜	宁津街道卢家庄村	<0.018	0.070±0.002	/	/	/	/	/	/	<0.015	<0.018	<0.029	<0.017	/	0.00536
金帅苹果	宁津街道富甲山庄	0.019±0.005	0.005±0.001	/	/	/	/	/	/	<0.015	<0.020	<0.034	<0.019	/	0.00265
富士苹果	崂山街道宁家村	0.022±0.005	0.009±0.001	/	/	/	/	/	/	<0.021	<0.023	<0.036	<0.022	/	0.00437
花生-1	宁津街道南泊村	<0.089	0.099±0.004	/	/	/	/	/	/	<0.072	<0.087	<0.16	<0.087	/	0.023
花生-2		<0.090	0.132±0.005	/	/	/	/	/	/	<0.071	<0.089	<0.16	<0.086	/	0.0233
小麦*	宁津街道东墩村	<0.043	0.077±0.003	/	/	0.70±0.18	1.31±0.48	70.02±2.50	0.19±0.01	<0.056	<0.043	<0.10	<0.020	/	0.0192
小麦*	东山街道龙山前村	0.084±0.014	0.072±0.003	/	/	0.57±0.19	1.02±0.47	72.14±2.46	0.21±0.01	<0.062	<0.074	<0.11	<0.069	/	0.0176
玉米*	宁津街道于家村	<0.032	0.021±0.002	/	/	0.92±0.19	1.67±0.48	82.21±2.70	0.20±0.01	<0.028	<0.032	<0.055	<0.031	/	0.0125
玉米-1*	宁津街道东钱家村	<0.040	0.036±0.002	/	/	0.77±0.19	1.38±0.48	68.42±2.48	0.18±0.01	<0.018	<0.020	<0.037	<0.020	/	0.0127
玉米-2*		<0.041	0.034±0.002	/	/	0.74±0.19	1.31±0.48	69.06±2.49	0.17±0.01	<0.018	<0.020	<0.037	<0.020	/	0.0124

注：小麦、玉米中 ¹³⁷Cs、⁹⁰Sr、¹³⁴Cs、OBT、C-14 的测量结果单位为(Bq/kg 干重)，最右列给出的为灰干比。。

表 3.1-25 淡水水生生物测量结果

样品名称	采样地点	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹⁴ C	¹³⁴ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	灰鲜比	
		Bq/kg 鲜		Bq/gC	Bq/kg 鲜					
白鲢鱼	八河水库	0.023±0.007	0.039±0.001	6.76±0.23	0.20±0.01	<0.021	<0.024	<0.041	<0.023	0.00903
水草	后龙河水库	0.14±0.04	0.59±0.01	53.15±1.83	0.20±0.01	<0.094	<0.092	<0.11	<0.097	0.0509

表 3.1-26 海水样品测量结果

样品编号	采样点	总 α	总 β	^{90}Sr	^{226}Ra	^{40}K	^{137}Cs	^3H	^{14}C		^{134}Cs	^{58}Co	^{60}Co	^{54}Mn	^{131}I	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{106}Rh	^{65}Zn
		Bq/L	Bq/L	mBq/L		Bq/L	Bq/L	Bq/L	mBq/L	Bq/gC	mBq/L							
RCHHS210401	取水口	<3.71	14.4±0.8	2.92±0.07	6.31±0.39	12.0±0.4	1.23±0.20	0.48±0.05	5.01±0.18	0.20±0.01	<0.80	<0.65	<0.99	<0.70	<0.65	<1.1	<7.2	<1.6
RCHHS210402-1	排水口	<4.05	13.2±0.8	0.93±0.05	6.55±0.41	11.6±0.4	1.51±0.21	0.35±0.05	4.70±0.18	0.20±0.01	<0.78	<0.58	<0.94	<0.73	<0.64	<1.1	<7.3	<1.5
RCHHS210402-2	排水口	<4.03	14.7±0.9	0.70±0.04	4.47±0.30	12.6±0.4	1.14±0.20	0.40±0.05	5.26±0.18	0.20±0.01	<0.77	<0.59	<0.91	<0.72	<0.62	<0.99	<6.7	<1.5
RCHHS210403	海水 3#点	<1.99	11.3±0.5	0.86±0.04	3.34±0.28	12.7±0.4	1.39±0.22	0.34±0.05	4.91±0.18	0.19±0.01	<0.74	<0.58	<0.93	<0.64	<0.62	<1.1	<6.8	<1.7
RCHHS210404	海水 4#点	<2.32	12.3±0.4	0.75±0.06	3.44±0.27	10.2±0.4	1.35±0.17	0.33±0.05	5.37±0.18	0.20±0.01	<0.73	<0.58	<0.99	<0.70	<0.60	<1.1	<7.2	<1.6
RCHHS210405	海水 5#点	<2.09	9.87±0.35	/	3.42±0.30	12.0±0.4	1.05±0.18	0.40±0.05	/	/	<0.77	<0.59	<1.0	<0.69	<0.63	<1.0	<6.9	<1.6
RCHHS210406	海水 6#点	<1.95	9.71±0.36	/	7.09±0.40	10.6±0.5	1.09±0.25	0.39±0.05	/	/	<0.73	<0.60	<0.98	<0.66	<0.63	<1.1	<6.7	<1.5
RCHHS210407	海水 7#点	<2.10	11.7±0.4	1.01±0.06	6.14±0.34	11.4±0.4	1.01±0.20	0.34±0.05	5.22±0.18	0.20±0.01	<0.77	<0.60	<0.93	<0.70	<0.62	<1.0	<6.7	<1.6
RCHHS210408	海水 8#点	<2.18	13.2±0.5	0.76±0.05	4.16±0.28	12.0±0.4	1.08±0.20	0.32±0.05	5.27±0.18	0.19±0.01	<0.78	<0.61	<1.1	<0.69	<0.61	<1.1	<6.7	<1.6
RCHHS210409	海水 9#点	<2.87	13.4±0.4	0.67±0.05	4.40±0.32	10.2±0.4	1.35±0.20	0.46±0.05	2.84±0.12	0.18±0.01	<0.81	<0.63	<0.96	<0.72	<0.66	<1.1	<6.8	<1.7
RCHHS210410	海水 10#点	<1.96	10.5±0.4	/	2.38±0.22	10.4±0.4	1.29±0.20	0.37±0.05	/	/	<0.80	<0.62	<0.94	<0.69	<0.64	<1.0	<6.9	<1.6
RCHHS210411	海水 11#点	<2.01	10.8±0.5	0.71±0.05	3.15±0.26	9.58±0.33	1.32±0.22	0.39±0.05	5.52±0.19	0.20±0.01	<0.76	<0.63	<0.96	<0.70	<0.62	<1.0	<7.1	<1.6
RCHHS210412	海水 12#点	<2.37	10.8±0.4	/	3.40±0.31	11.3±0.4	1.15±0.21	0.34±0.05	/	/	<0.75	<0.75	<0.98	<0.70	<0.62	<1.1	<6.7	<1.6
RCHHS210413	海水 13#点	<3.54	8.12±0.56	0.74±0.05	3.24±0.29	11.0±0.4	1.14±0.22	0.25±0.05	5.63±0.18	0.21±0.01	<0.77	<0.63	<1.0	<0.72	<0.64	<1.1	<6.9	<1.7
RCHHS210414	海水 14#点	<3.71	9.10±0.57	0.79±0.05	7.70±0.45	10.4±0.4	1.61±0.28	0.38±0.05	5.14±0.18	0.19±0.01	<0.85	<0.70	<1.0	<0.79	<0.67	<1.1	<7.4	<1.8
RCHHS210415	养参池	<3.72	11.7±0.7	0.69±0.05	6.40±0.41	9.94±0.30	1.01±0.21	0.26±0.05	5.49±0.19	0.20±0.01	<0.78	<0.62	<0.96	<0.70	<0.57	<0.91	<6.3	<1.6

表 3.1-27 海洋沉积物样品测量结果

单位：Bq/kg

样品编号	采样点	²³⁸ U	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	¹³⁴ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	^{110m} Ag	¹⁰⁶ Rh	⁶⁵ Zn
RCHCJ210401	取水口	30.5±3.4	28.8±0.6	42.2±1.2	824±9	1.25±0.19	1.05±0.11	0.088±0.013	<0.62	<0.59	<1.1	<0.54	<0.65	<6.7	<1.6
RCHCJ210902-1	排水口	28.5±2.3	22.4±0.4	32.6±0.7	705±5	0.83±0.09	1.16±0.08	0.075±0.012	<0.47	<0.42	<0.58	<0.47	<0.60	<4.0	<1.0
RCHCJ210902-2	排水口	25.5±1.7	20.2±0.3	29.7±0.7	673±5	1.19±0.13	1.19±0.08	0.10±0.02	<0.41	<0.38	<0.53	<0.41	<0.53	<3.6	<0.90
RCHCJ210403	沉积物 3#点	28.1±2.6	24.4±0.5	38.6±1.0	664±7	1.04±0.14	0.68±0.08	0.13±0.02	<0.46	<0.41	<0.87	<0.49	<0.51	<4.9	<1.2
RCHCJ210904	沉积物 4#点	33.4±2.3	22.0±0.4	30.2±0.9	695±3	0.68±0.15	2.28±0.09	0.096±0.015	<0.51	<0.47	<0.63	<0.50	<0.65	<4.3	<1.2
RCHCJ210405	沉积物 5#点	25.9±2.5	20.6±0.4	35.5±0.9	700±7	0.89±0.14	1.17±0.08	/	<0.48	<0.42	<0.88	<0.49	<0.49	<5.2	<1.2
RCHCJ210406	沉积物 6#点	21.9±1.9	21.8±0.5	35.8±0.9	707±7	0.84±0.15	0.47±0.07	/	<0.47	<0.44	<0.86	<0.49	<0.49	<5.1	<1.3
RCHCJ210407	沉积物 7#点	29.6±2.2	22.0±0.5	34.6±1.0	584±7	<0.55	0.34±0.08	0.098±0.015	<0.51	<0.44	<0.92	<0.53	<0.52	<5.4	<1.3
RCHCJ210908	沉积物 8#点	23.2±1.8	17.6±0.4	24.6±0.6	525±4	0.67±0.10	0.81±0.08	0.081±0.014	<0.45	<0.40	<0.53	<0.44	<0.56	<3.8	<0.96
RCHCJ210909	沉积物 9#点	19.4±1.7	16.6±0.3	23.1±0.6	498±4	0.67±0.08	3.59±0.11	0.055±0.012	<0.41	<0.37	<0.50	<0.41	<0.53	<3.6	<0.92
RCHCJ210910	沉积物 10#点	33.4±2.5	26.9±0.5	37.3±0.8	705±5	0.97±0.11	1.83±0.12	/	<0.52	<0.48	<0.64	<0.52	<0.66	<4.7	<1.1
RCHCJ210411	沉积物 11#点	27.3±2.4	20.2±0.4	31.9±0.9	693±7	0.80±0.13	1.47±0.10	0.073±0.010	<0.46	<0.40	<0.87	<0.48	<0.49	<4.8	<1.2
RCHCJ210912	沉积物 12#点	32.4±2.0	25.4±0.5	37.3±0.8	685±5	1.11±0.11	2.38±0.09	/	<0.52	<0.47	<0.63	<0.51	<0.65	<4.4	<1.1
RCHCJ210413	沉积物 13#点	26.8±2.5	23.0±0.4	32.7±0.9	692±7	0.56±0.13	1.86±0.10	0.075±0.011	<0.46	<0.41	<0.85	<0.48	<0.51	<5.0	<1.3
RCHCJ210414	沉积物 14#点	26.2±2.3	19.8±0.4	30.0±0.8	710±7	0.69±0.12	1.15±0.09	0.045±0.007	<0.43	<0.39	<0.81	<0.46	<0.47	<4.7	<1.2
RCHCJ210915	养参池	21.9±1.7	20.9±0.4	30.8±0.8	797±6	1.11±0.10	2.58±0.11	0.077±0.012	<0.50	<0.46	<0.67	<0.51	<0.67	<4.4	<1.1
RCHCJ210416	北侧潮间带	32.4±2.7	29.7±0.5	51.0±1.0	1030±8	<0.48	0.83±0.10	0.033±0.008	<0.50	<0.46	<0.94	<0.52	<0.54	<5.4	<1.3
RCHCJ210417	南侧潮间带	30.1±2.5	20.5±0.4	39.7±0.9	720±7	2.85±0.15	1.23±0.15	0.035±0.006	<0.46	<0.40	<0.85	<0.49	<0.57	<5.4	<1.3

表 3.1-28 海洋生物样品测量结果

样品名称	样品编号	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	自由水氚		有机氚		¹⁴ C		¹³⁴ Cs	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	⁵⁴ Mn	^{110m} Ag	¹⁰⁶ Rh	灰鲜比
		Bq/kg 鲜			Bq/L	Bq/kg 鲜	Bq/L	Bq/kg 鲜	Bq/gC	Bq/kg 鲜						
鲛鱼	RCHSY210401-1	0.089±0.009	0.033±0.002	0.25±0.08	0.35±0.11	0.57±0.07	3.12±0.30	25.11±0.88	0.18±0.01	<0.038	<0.044	<0.079	<0.042	<0.066	<0.36	0.0193
鲛鱼	RCHSY210401-2	0.076±0.010	0.043±0.002	0.24±0.07	0.34±0.11	0.67±0.07	3.63±0.30	25.03±0.88	0.19±0.01	<0.038	<0.044	<0.079	<0.042	<0.067	<0.37	0.0195
梭鱼	RCHSY210402	0.058±0.007	0.012±0.001	0.32±0.08	0.45±0.11	0.43±0.06	2.83±0.28	20.37±0.69	0.20±0.01	<0.026	<0.029	<0.051	<0.28	<0.043	<2.5	0.0104
牡蛎	RCHSB210401	0.058±0.013	0.021±0.002	0.26±0.08	0.34±0.11	<0.12	<1.06	16.12±0.60	0.17±0.01	<0.059	<0.063	<0.095	<0.058	<0.091	<0.54	0.0278
海参	RCHSR210401	<0.033	0.038±0.003	0.43±0.09	0.52±0.11	0.08±0.03	1.02±0.47	10.62±0.36	0.20±0.01	<0.031	<0.031	<0.041	<0.029	<0.045	<0.28	0.0161
海带	RCHSC210701-1	<0.44	0.20±0.03	0.27±0.08	0.35±0.11	0.15±0.04	1.38±0.48	16.54±0.57	0.21±0.01	<0.39	<0.44	<0.77	<0.42	<0.65	<3.8	0.0164
海带	RCHSC210701-2	<0.39	0.15±0.01	0.31±0.09	0.39±0.11	0.17±0.04	1.45±0.48	16.69±0.57	0.19±0.01	<0.34	<0.39	<0.67	<0.37	<0.56	<3.4	0.0151
海带	RCHSC210702	0.094±0.027	0.070±0.006	0.33±0.08	0.44±0.11	<0.12	<1.06	11.75±0.44	0.18±0.01	<0.13	<0.14	<0.23	<0.13	<0.20	<1.2	0.0464
扇贝	RCHSB210701	0.038±0.009	0.033±0.003	0.52±0.09	0.61±0.11	<0.12	<1.06	11.18±0.39	0.18±0.01	<0.047	<0.049	<0.080	<0.050	<0.073	<0.44	0.0225
白对虾	RCHSK210701	0.015±0.003	0.010±0.001	0.41±0.09	0.50±0.11	0.13±0.03	1.38±0.48	16.27±0.55	0.20±0.01	<0.017	<0.020	<0.036	<0.019	<0.029	<0.17	0.00924
白姑鱼	RCHSY210901	0.036±0.006	0.030±0.002	/	/	/	/	/	/	<0.021	<0.025	<0.041	<0.025	<0.036	<0.22	0.0127

表 3.1-29 厂址附近（附近 5km 左右）放射源、射线装置使用情况（2021 年 1 月）

使用单位	所在地	射线装置/放射源名称	类别	用途	状况	相对厂址位置	
						方位	距离(km)
华能山东石岛湾核电有限公司	核电厂区	U-235 放射源共 33 枚	IV类放射源	核测	在用	/	/
		放射源共 24 枚（如 22 枚 Cs-137、1 枚 Sr-90 和 1 枚 Am-241/Be）	V类放射源	校检	在用	/	/
中核 23 公司高温堆项目部	核电厂区	工业 X 射线探伤机 2 台	II 类射线装置	工业探伤	在用	/	/
中核 23 公司国核示范项目部	核电厂区	Ir-192 放射源 1 枚	II 类放射源	工业探伤	在用	SW	1.9
		工业 X 射线探伤机	II 类射线装置		在用	SW	1.9
荣成市石岛管理区宁津卫生院	荣成市宁津街道	医用 X 射线诊断机 2 台	III类射线装置	医疗诊断	在用	WNW	2.4
荣成市石岛管理区东山卫生院	荣成市东山街道	医用 X 射线诊断机 1 台	III类射线装置	医疗诊断	在用	W	8.1

表 3.1-30 本次调查剂量率与全国、山东省、烟台市剂量率水平对比

单位：nGy/h

对比内容	原野			道路		
	范围	平均值	标准偏差	范围	平均值	标准偏差
本次调查	51.2~128	88.7	18.9	58.0~111	91.0	14.4
烟台市	21.4~120.5	58.4	16.6	19.1~201.1	64.9	23.9
山东省	16.9~162.6	56.5	12.6	10.3~201.1	51.7	18.2
全国	2.4~340.8	62.8	31.2	3.0~399.1	61.8	21.5

表 3.1-31 本次调查土壤中天然放射性核素浓度水平与全国、山东省、烟台市水平对比

对比内容	本次调查			烟台市			山东省			全国			
	范围	平均值	标准偏差	范围	平均值	标准偏差	范围	平均值	标准偏差	范围	平均值	标准偏差	
土壤 (Bq/kg)	²³⁸ U	12.7~99.1	41.3	17.8	17.2~61.6	28.4	9.3	15.7~90.1	33.6	8.2	1.8~520.0	39.5	34.4
	²²⁵ Ra	9.28~97.9	37.0	18.1	16.2~46.1	28.5	8.1	9.8~50.0	30.3	7.3	2.4~425.8	36.5	22.0
	²³² Th	14.5~223	69.2	41.2	20.8~70.4	39.2	14.8	20.7~202	45.2	11.5	1.0~437.8	49.1	27.6
	⁴⁰ K	632~1530	1085	217	118.4~1870	805.8	243.7	391.7~1870	671.0	135.2	11.5~2185.2	580.0	202.0

表 3.1-32 各类环境介质中 ^3H 与 ^{14}C 活度浓度汇总对比(一) ^3H

环境介质	样品数量	点位数	范围 (Bq/L)	平均值 (Bq/L)	标准偏差 (Bq/L)	备注
大气	10	5	0.14~0.65	-	-	
降水	10	5	0.32~0.65	0.50	0.09	
地表水	9	4	0.47~0.63	0.55	0.06	
地下水	4	4	0.22~0.47	0.37	0.11	
饮用水	5	5	0.29~0.73	0.53	0.17	
海水	16	15	0.25~0.48	0.36	0.06	
陆地生物 TFWT	5	-	0.55~0.85	-	-	
陆地生物 OBT	10	-	<1.06~1.74	-	-	
淡水生物 TFWT	-	-	-			
淡水鱼 OBT	-	-	-			
海洋生物 TFWT	11	-	0.34~0.61	0.43	0.09	
海洋生物 OBT	11	-	<1.06~3.63	-	-	

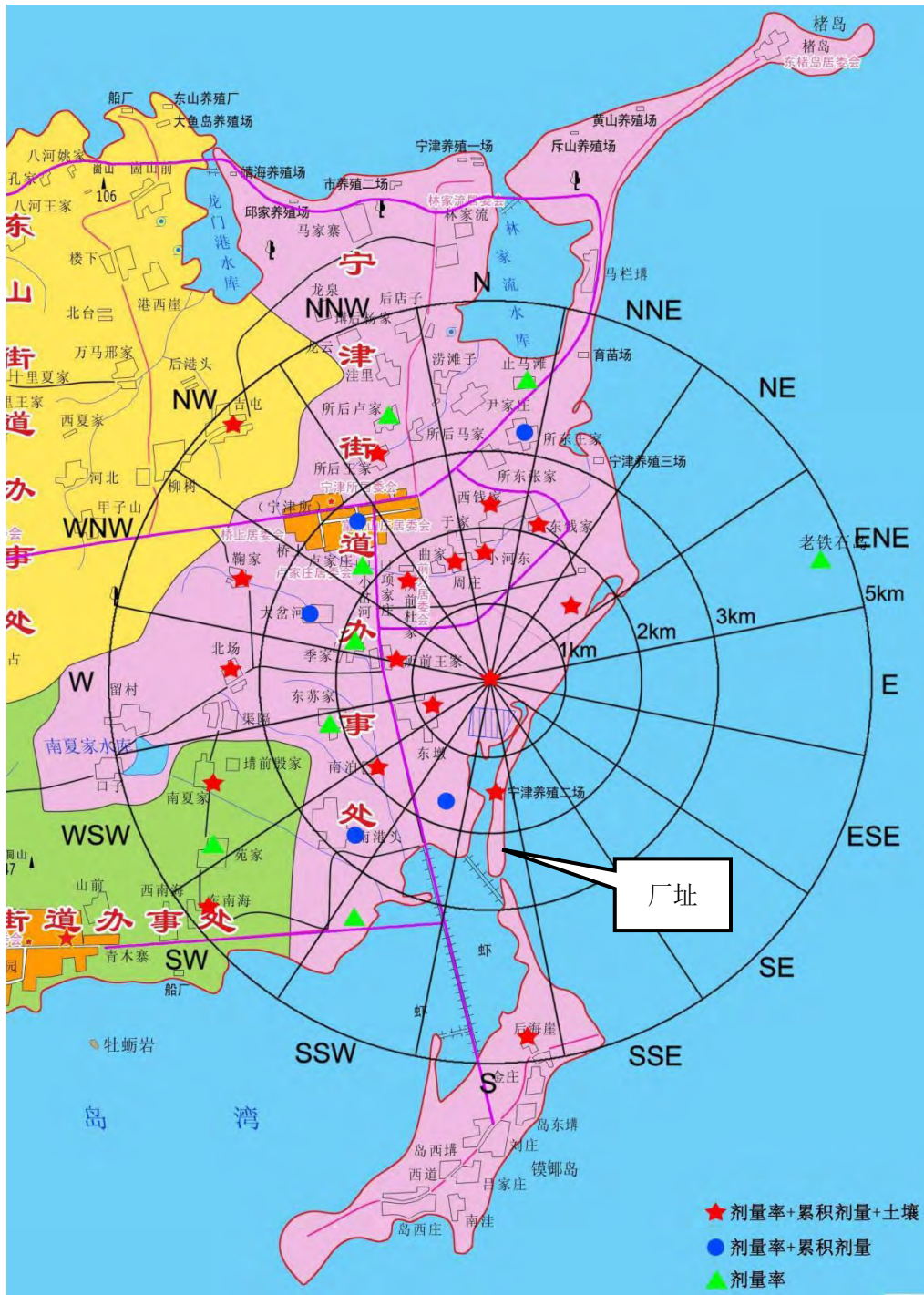
(二) ^{14}C

环境介质	样品数量	点位数	范围 (Bq/gC)	平均值 (Bq/gC)	标准偏差 (Bq/gC)	备注
大气	10	5	0.15~0.32	-	-	
地表水	5	5	0.19~0.21	0.20	0.09	
地下水	2	4	0.18~0.21	-	-	
饮用水	3	5	0.18~0.20	-	-	
海水	12	15	0.18~0.21	0.20	0.008	
陆地生物 OBC	10	-	0.17~0.21	-	-	
淡水生物 OBC	2	-	0.20	-	-	
海洋生物 OBC	10	-	0.17~0.21	0.19	0.01	

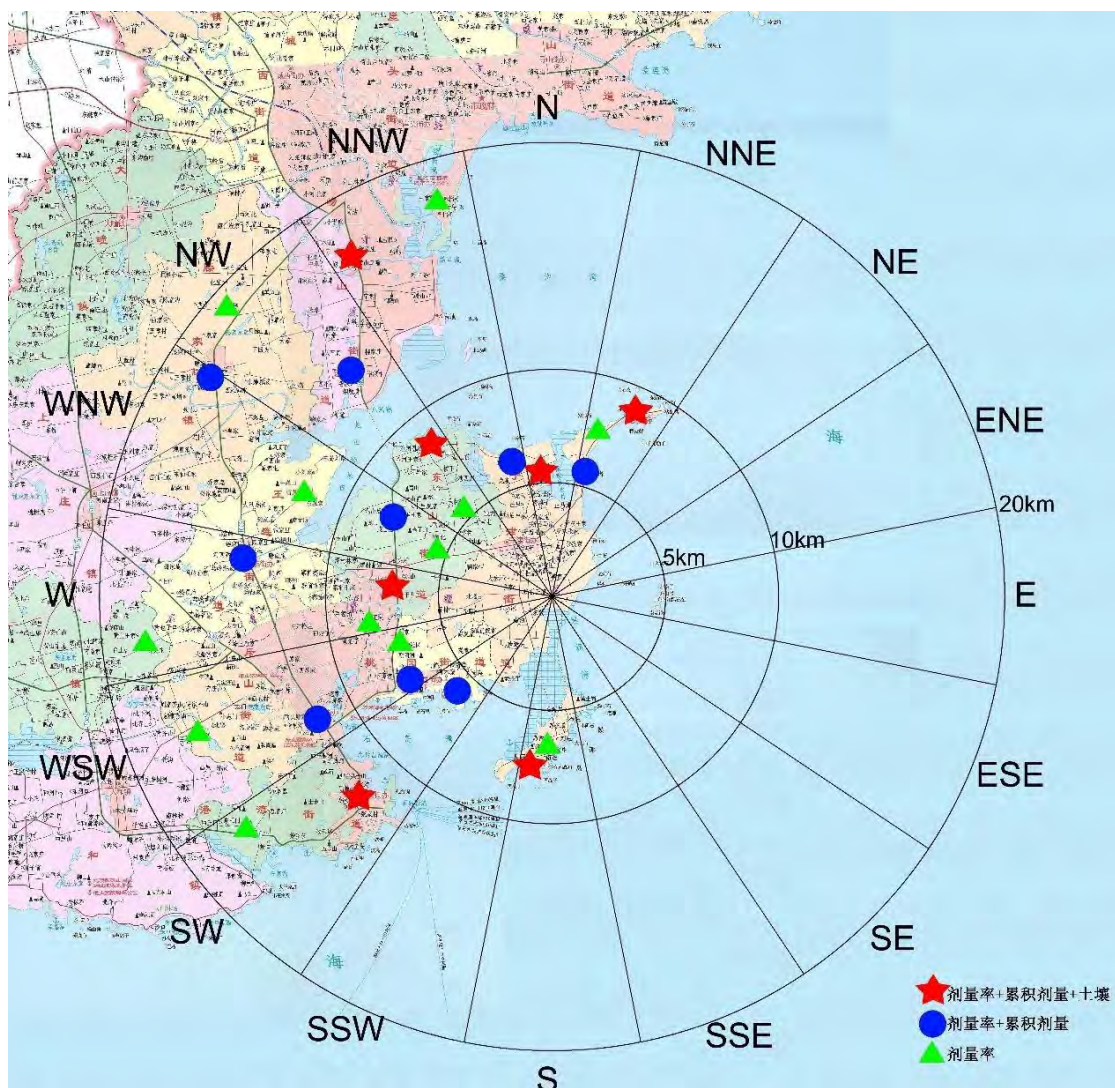
注：数据分析取本现状调查中期报告，表中为不完全统计。

表 3.1-33 各类环境介质中 ^{90}Sr 与 ^{137}Cs 活度浓度汇总对比

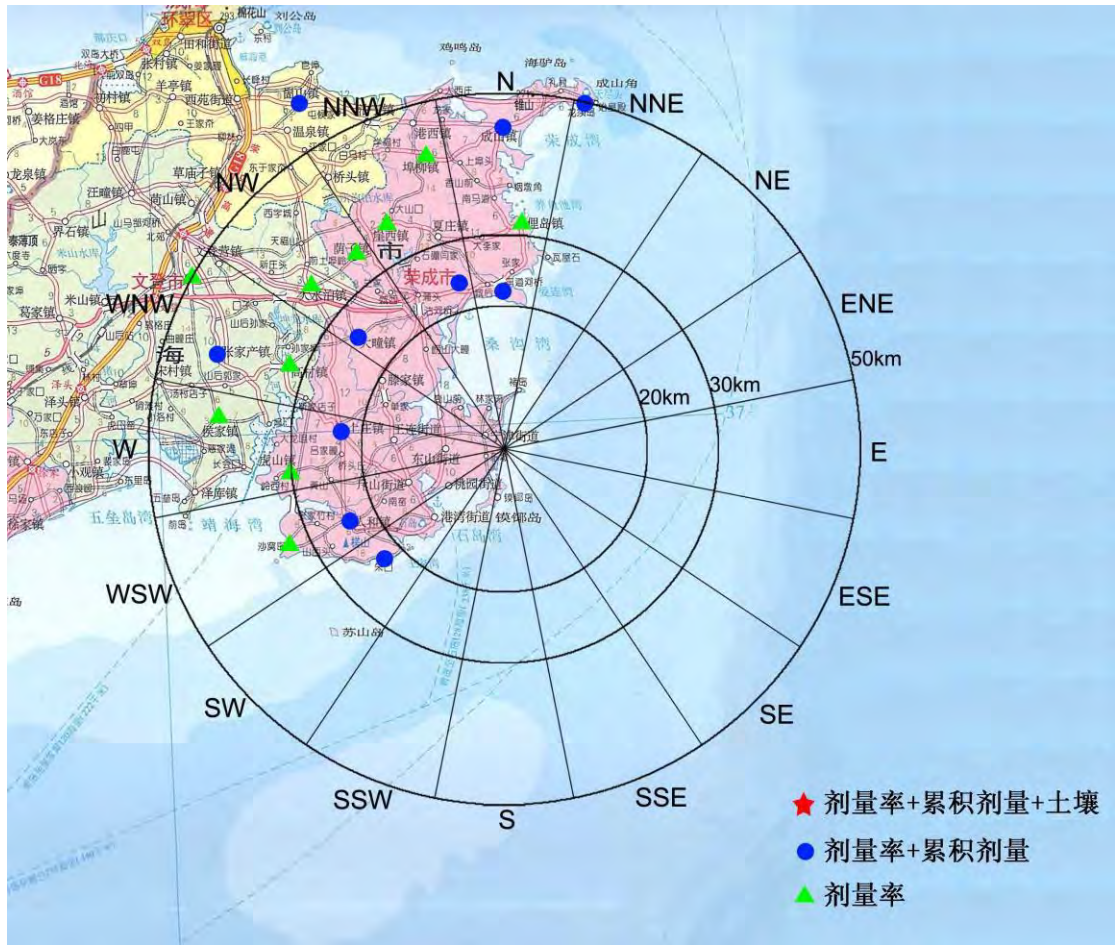
环境介质	单位	样品数量	点位数量	^{90}Sr			^{137}Cs			备注
				范围	平均值	标准偏差	范围	平均值	标准偏差	
气溶胶	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	15		0.62~4.58	2.34	1.33	<3.5~10.0	/	/	
沉降灰	$\text{mBq}/\text{m}^2\cdot\text{d}$	10		1.96~10.1	4.89	2.69	<4.4~24.8	/	/	
降水	mBq/L	10		2.7~28.1	14.0	8.8	<4.5	/	/	
地表水	mBq/L	9		4.58~9.8	7.0	1.9	<2.8	/	/	
地下水	mBq/L	10		2.67~10.3	5.44	2.32	<2.9	/	/	
饮用水	mBq/L	6		3.97~7.40	-	-	<2.9		/	
淡水底泥	Bq/kg	5		0.48~0.76	0.60	0.11	<0.56~0.67			
土壤	Bq/kg	27		0.42~1.86	0.91	0.32	<0.45~2.31			
陆地生物	Bq/kg 鲜或干	16		0.005~0.31	0.007	0.077	<0.018~0.084			
淡水生物	Bq/kg 鲜	2		0.039~0.59	-	-	0.023~0.14	-		
海水	mBq/L	16		0.67~2.92	0.96	0.63	1.01~1.61	1.23	0.18	
海洋沉积物	Bq/kg	18		0.34~3.59	1.45	0.83	<0.48~2.85	-		
海洋生物	Bq/kg 鲜	11		0.01~0.2	0.058	0.06	<0.39~0.094	-		



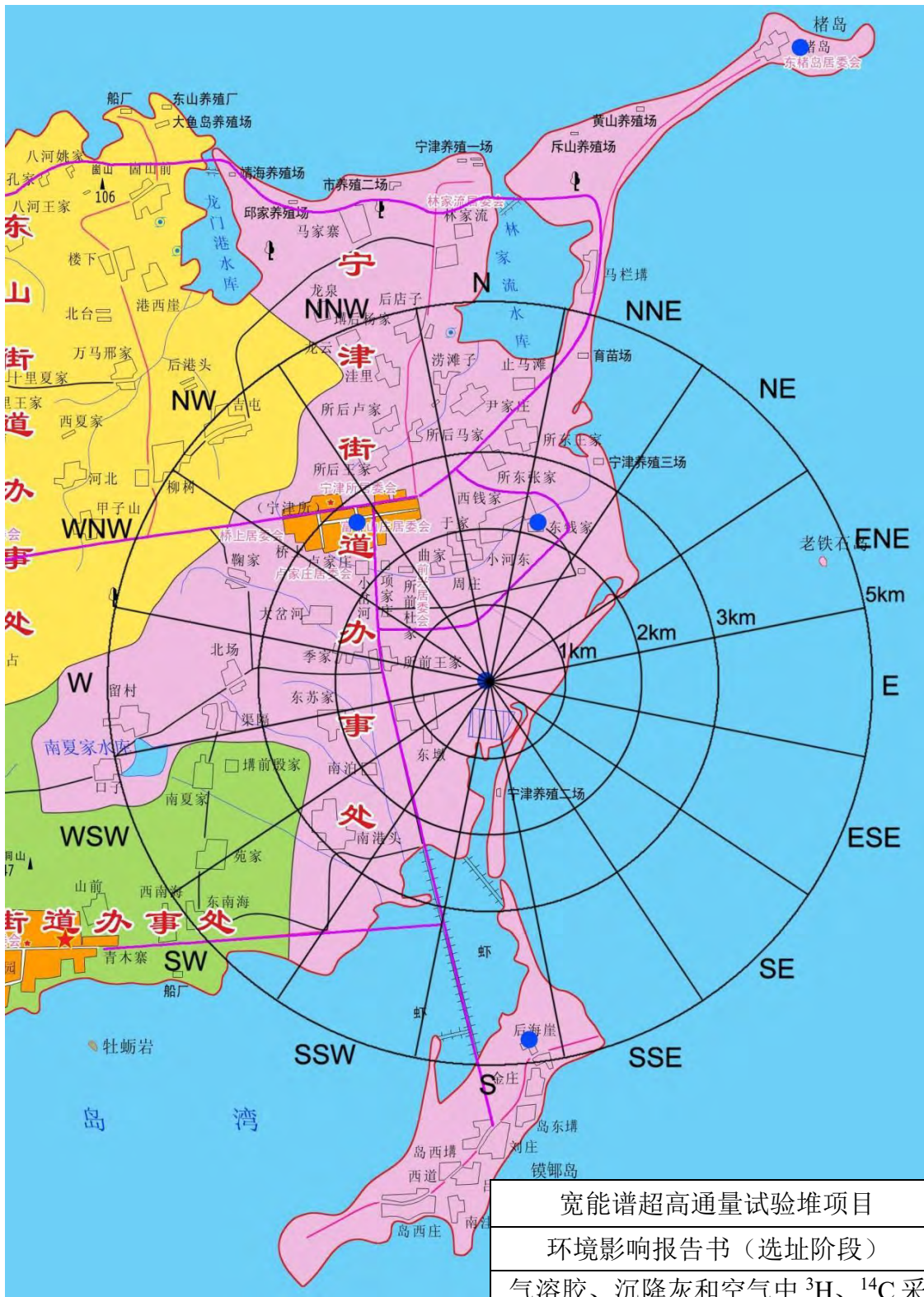
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
地表 γ 辐射剂量率、累积剂量监测和土壤采样点图（5km范围）		
图 3.1-1（1/3）	版次：	A



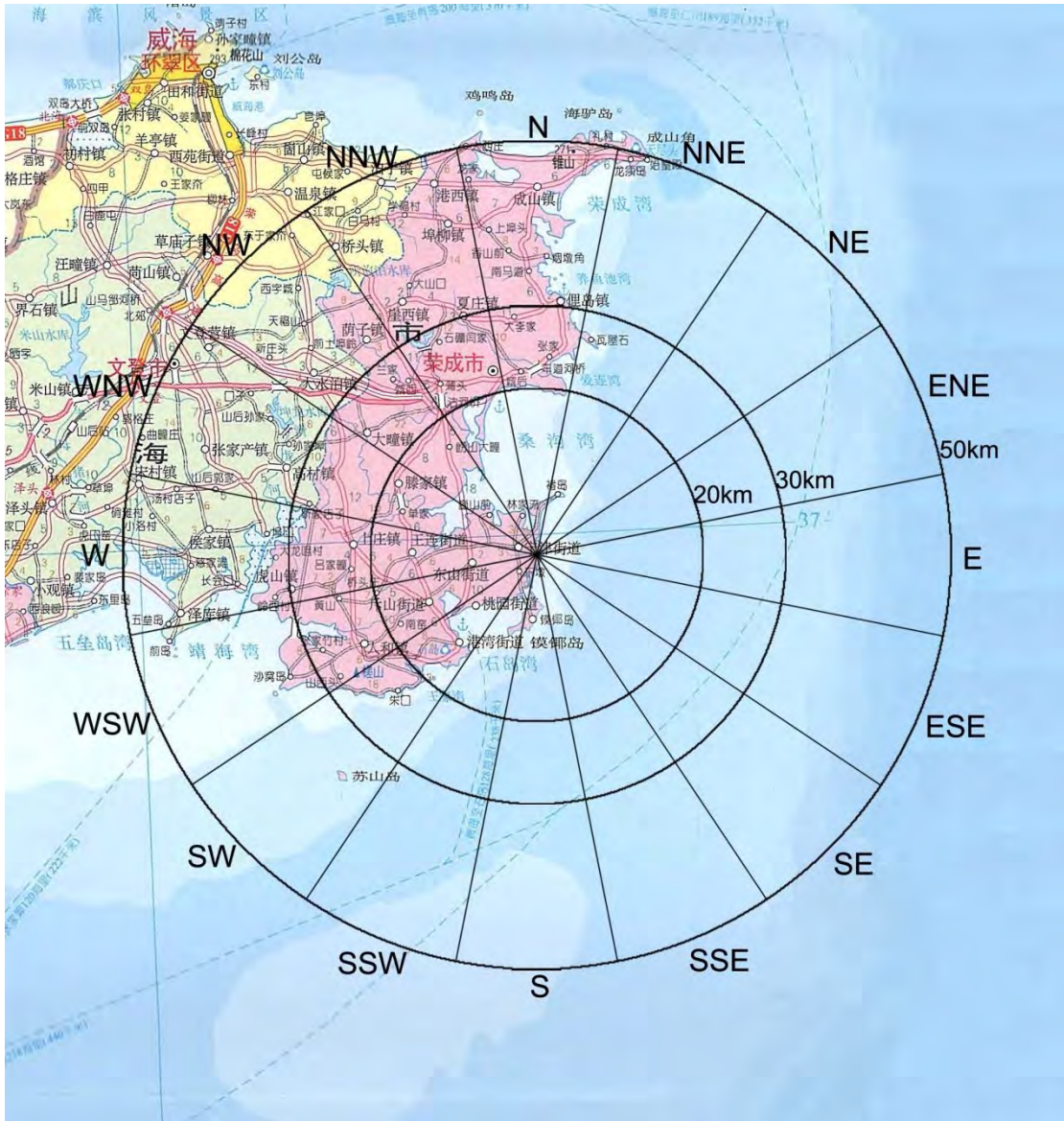
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
地表 γ 辐射剂量率、累积剂量监测和土壤采样点图（5~20km范围）		
图 3.1-1（2/3）	版次：	A



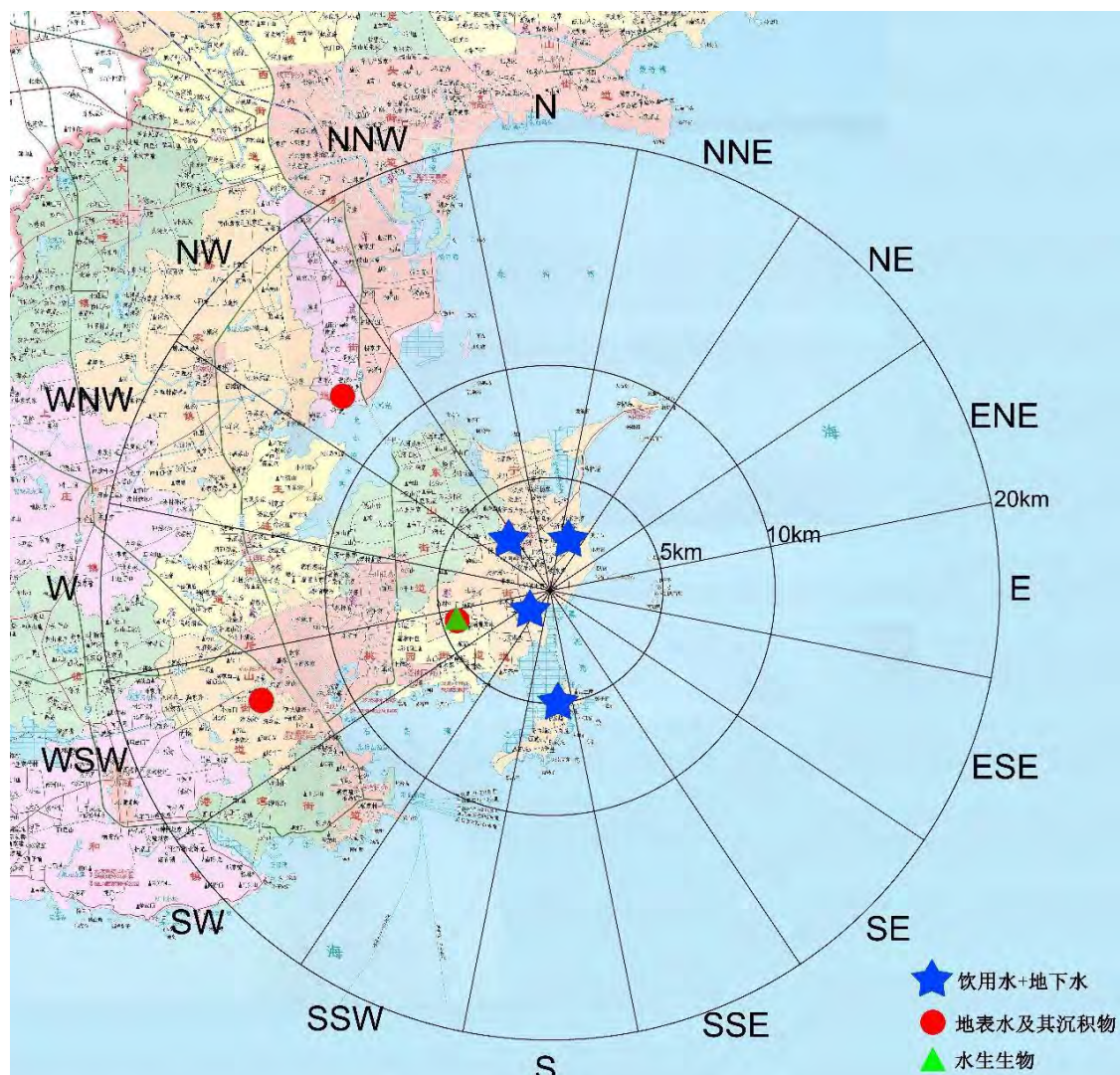
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
地表 γ 辐射剂量率、累积剂量监测和土壤采样点图（20~50km范围）		
图 3.1-1（3/3）	版次：	A



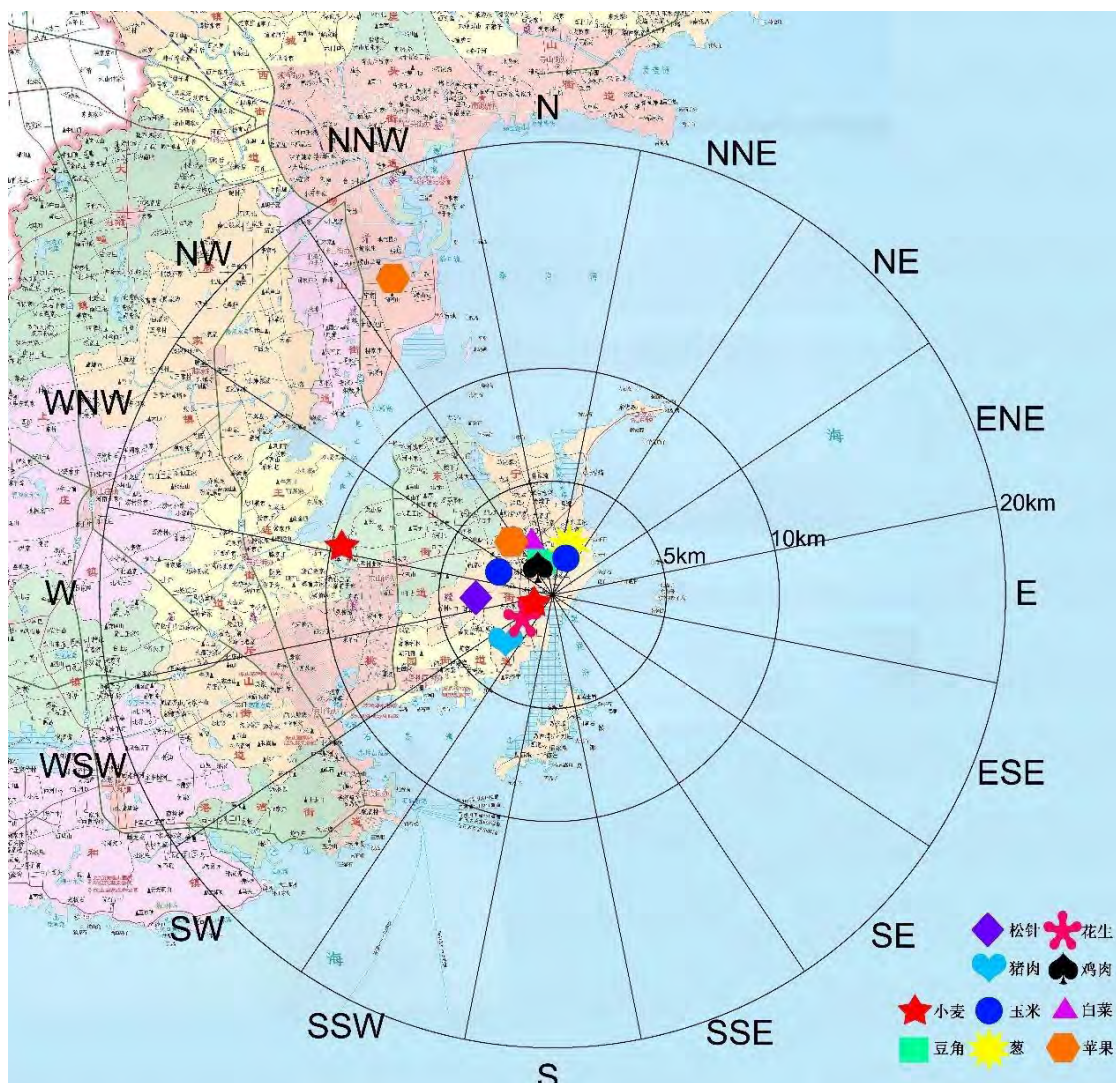
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
气溶胶、沉降灰和空气中 ³ H、 ¹⁴ C采样布点图（20km范围）		
图 3.1-2（1/2）	版次：	A



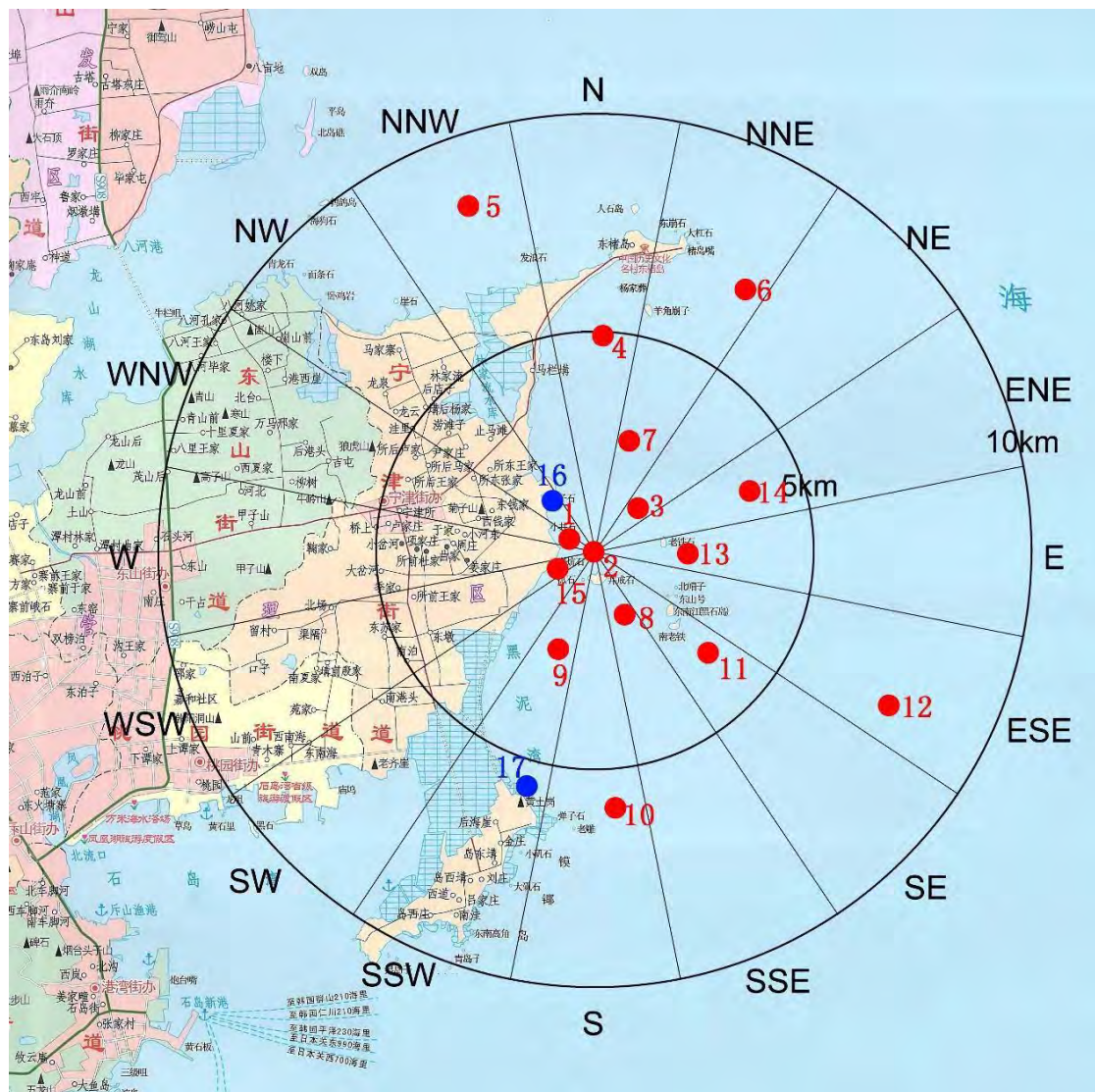
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
气溶胶、沉降灰和空气中 ³ H、 ¹⁴ C采样布点图（20~50km范围）		
图 3.1-2（2/2）	版次：	A



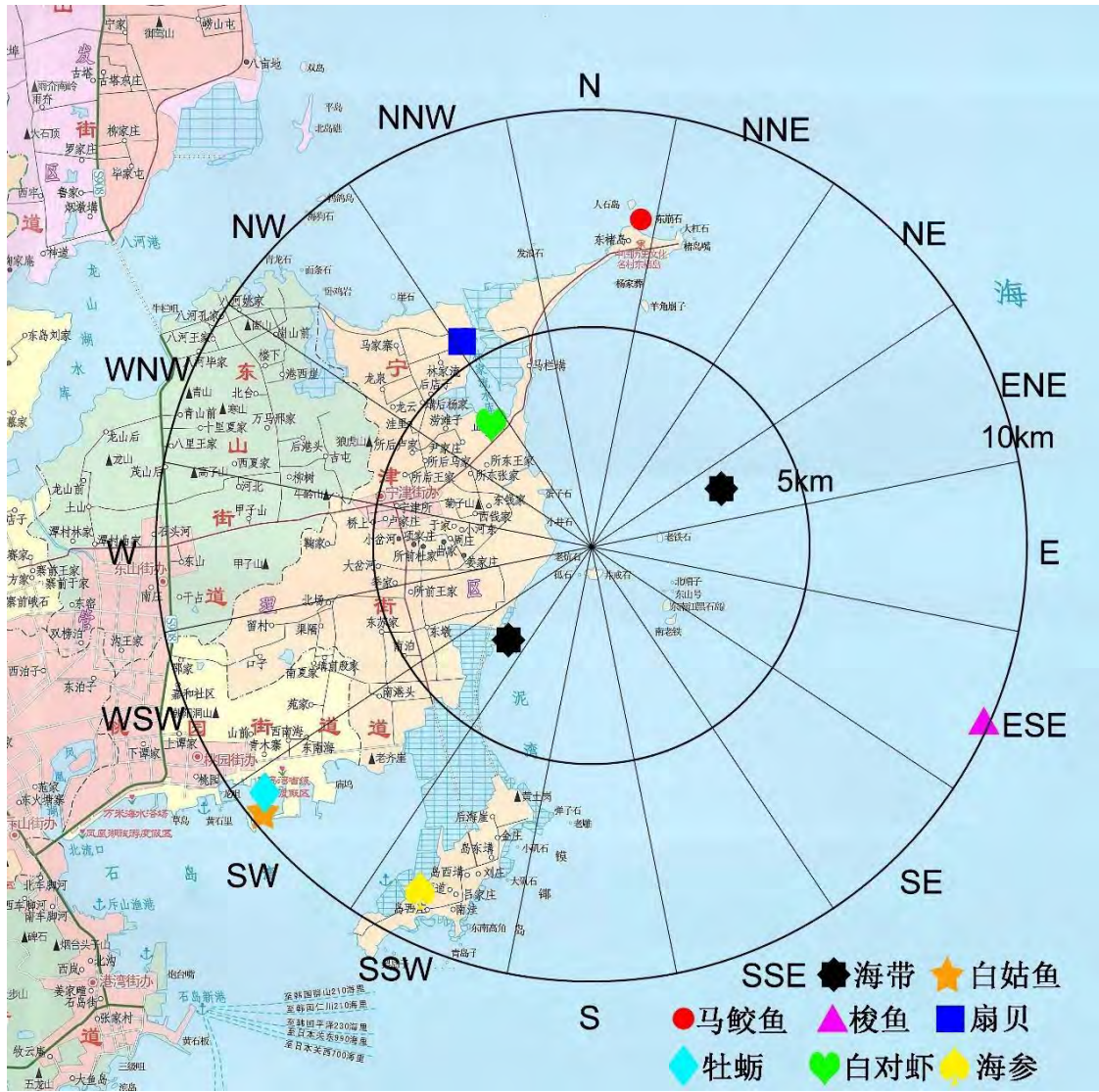
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
地表水（底泥）、地下水、饮用水、 水生物监测布点图		
图 3.1-3	版次：	A



宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
陆生生物、水生生物采样点示意图		
图 3.1-4	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
海水、海洋沉积物采样点示意图		
图 3.1-5	版次：	A

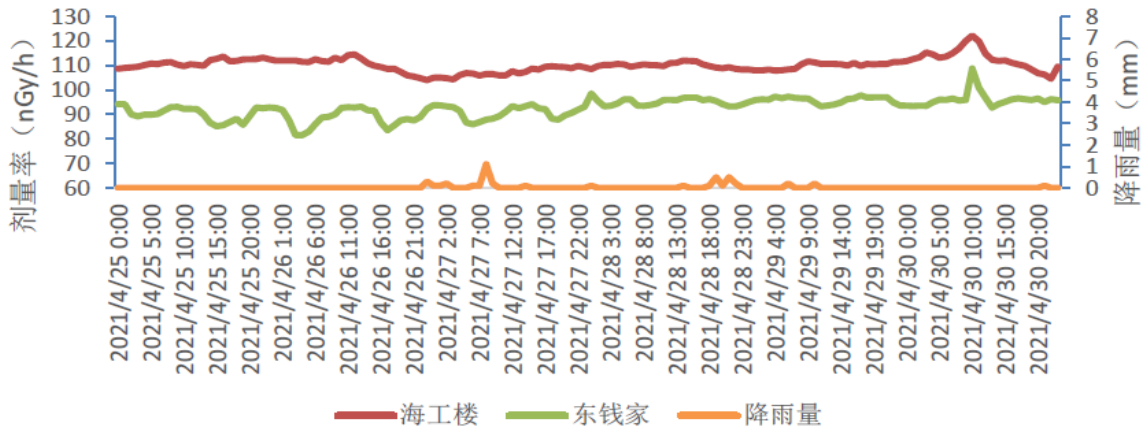


宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
海洋生物采样点示意图		
图 3.1-6	版次:	A

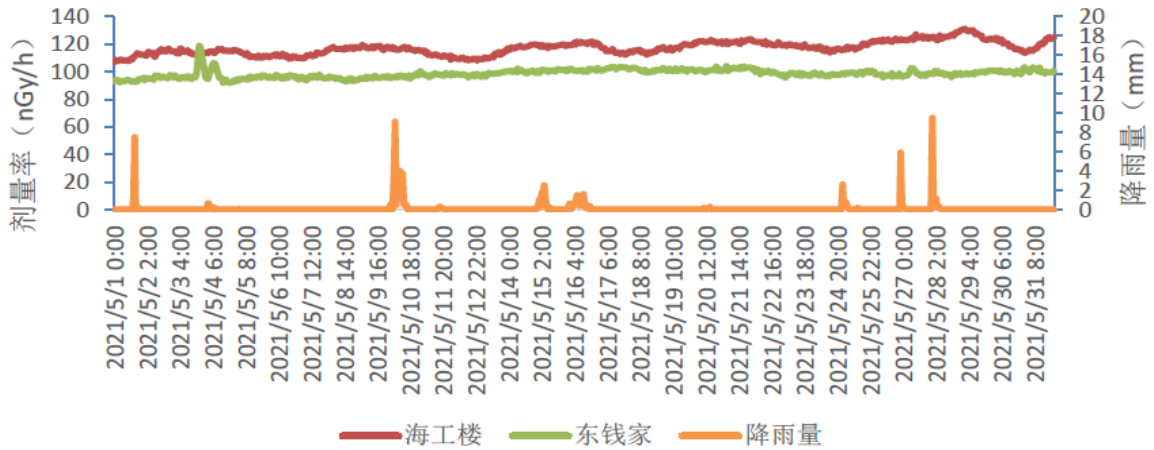


宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
地表 γ 辐射剂量率测量结果（已扣除宇宙射线成分）		
图 3.1-7	版次：	A

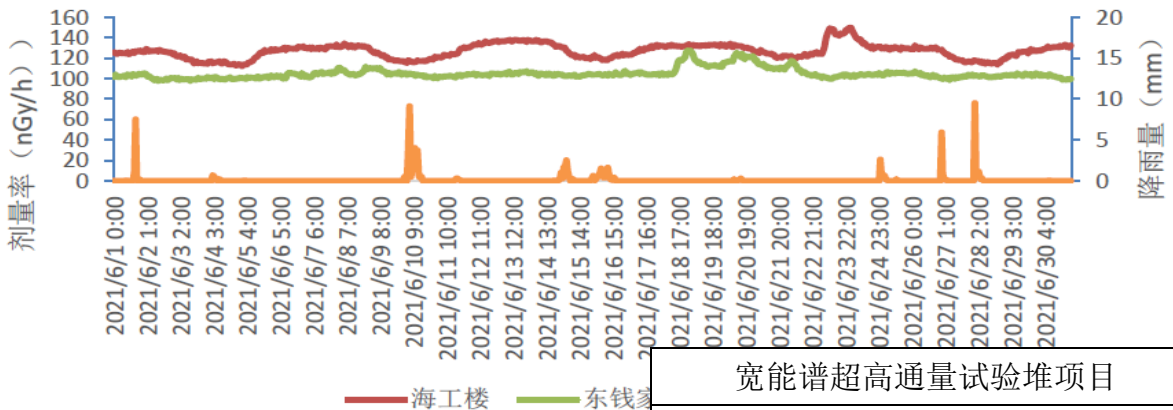
2021年4月连续剂量率结果和降雨量



2021年5月连续剂量率结果和降雨量

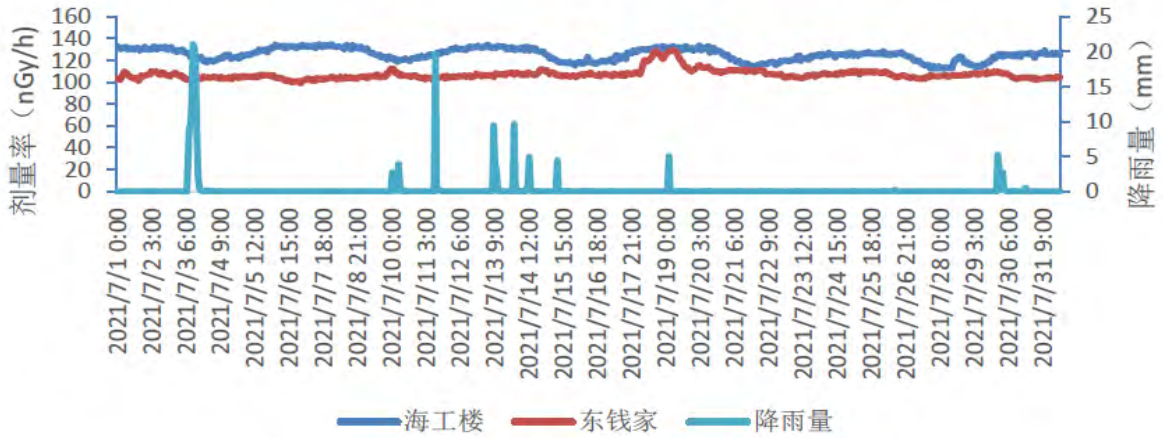


2021年6月连续剂量率结果和降雨量

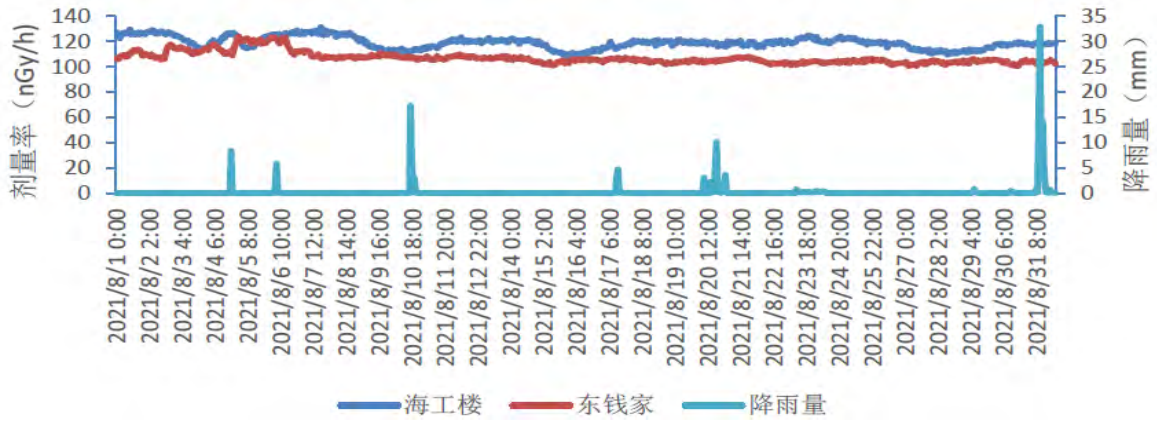


宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
辐射剂量率与雨量连续监测结果 （2021年4~6月）		
图 3.1-8（1/2）	版次：	A

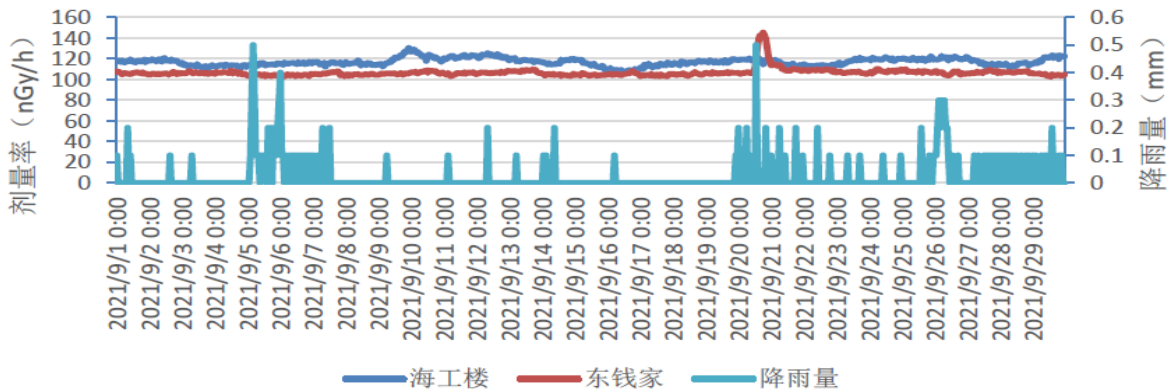
2021年7月连续剂量率结果和降雨量



2021年8月连续剂量率结果和降雨量



2021年9月连续剂量率结果和降雨量



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
辐射剂量率与雨量连续监测结果 （2021年7~9月）		
图 3.1-8（2/2）	版次：	A

3.2 非辐射环境质量现状

3.2.1 大气环境质量现状调查与评价

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

3.2.4 电磁环境质量现状调查与评价

3.2.5 质量保证及质量控制

3.2.6 参考资料

表

表 3.2-1 2021 年第 1 季度大气环境空气质量现状调查结果

表 3.2-2 2021 年第一季度环境敏感点噪声现状监测结果

表 3.2-3 石岛湾核电厂址附近海域海水水质监测站位位置

图

图 3.2-1 海水水质调查布点示意图

3.2 非辐射环境质量现状

本项目处于选址阶段，尚未开展环境质量现状调查。距本项目较近的石岛湾核电站开展了相关调查，本阶段采用石岛湾核电站开展的调查报告进行描述。

3.2.1 大气环境空气质量现状调查与评价

2021年，华能山东石岛湾核电有限公司委托山东同济测试科技股份有限公司（CMA资质证书号2015150536U）开展了厂址周围大气环境质量，对2021年度第一季度的数据进行评价。对周围环境敏感点（东钱家村、西钱家村、于家村）的监测因子包括SO₂、NO₂、O₃、CO小时平均值和日均值。监测数据见表3.2-1。

厂址周边三个敏感点（东钱家村、西钱家村、于家村）SO₂、NO₂、O₃、CO的小时值范围分别为0.014~0.016mg/m³、0.014~0.018mg/m³、0.079~0.094mg/m³、0.589~0.625mg/m³，SO₂、NO₂、O₃、TSP、PM₁₀、PM_{2.5}的日均值范围分别为0.015mg/m³、0.013~0.019mg/m³、0.084~0.098mg/m³、0.167~0.173mg/m³、0.048~0.049mg/m³、0.029~0.030mg/m³，均可满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准限值要求。

3.2.2 声环境质量现状调查与评价

2021年，华能山东石岛湾核电有限公司委托山东同济测试科技股份有限公司（CMA证书编号2015150536U）开展了厂址周围噪声监测，对2021年度第一季度的数据进行评价。声环境质量现状调查中声环境保护目标监测点位分别位于东钱家村、西钱家村和于家村村委会。监测数据见表3.2-2。

监测结果表明，三敏感点昼间、夜间噪声范围分别为50.6~51.4dB（A）、39.5~40.5dB（A），均可满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中1类功能区昼间不超过55dB（A）、夜间不超过45dB（A）的限值要求。

3.2.3 受纳水体环境质量现状调查与评价

华能山东石岛湾核电有限公司委托自然资源部第三海洋研究所于2020年11月、2021年1月、2021年4月和2021年7月在厂址附近海域进了秋、冬、春和夏四航次的现场调查。现场调查范围以石岛湾核电站厂址二期工程排水口为圆心，在周围半径约

50km 范围内的海域进行海域生态调查。以核电厂排水口为放射中心，共设置 5 个断面，最外围调查弧半径约为 50km，共布设 26 个站位。

表 3.2-3 和图 3.2-1 给出了监测点位置。本节根据这四次的调查成果进行评价。

依照《海水水质标准》（GB3097-1997）、近岸海域环境功能区划，石岛湾核电厂址 15km 范围部分站位位于工业与城镇用海区（5、6）和港口航运区（21）按第三类海水水质标准评价，另有部分站位位于农渔业区（1、2、3、7、9、10、14、15、22、23、24、27、45）按第二类海水水质标准进行评价，其余位于保留区（4、8、11、12、13、16、25、37、38、48）的站位均按照第一类海水水质标准进行评价。

本次海洋水质调查的项目有：pH、溶解氧（DO）、化学耗氧量（COD）、五日生化需氧量（BOD₅）、悬浮物（SS）、活性磷酸盐、硫化物、挥发性酚、氰化物、铜、铅、锌、镉、铬、汞、砷、石油类、硒、六价铬、镉、铬、砷、铁、硼、钴、镍、汞、锰等。根据调查结果进行评价，分析如下：

秋季：对采用海水水质一类标准评价的站位，部分站位超过一类标准的水质参数有 COD、活性磷酸盐、铅，其他水质参数均未超过海水水质一类标准。对采用海水水质二类标准评价的站位，部分站位超过二类标准水质参数为活性磷酸盐；对采用海水水质三类标准评价的站位，部分站位超过三类标准水质参数为活性磷酸盐；采用海水水质四类标准评价时，有 3 个站位的活性磷酸盐含量超过海水水质四类标准。

冬季：对采用海水水质一类标准评价的站位，部分站位超过一类标准的水质参数有活性磷酸盐、铅、锌，其他水质参数均未超过海水水质一类标准。对采用海水水质二类和三类标准评价的站位，所有站位均满足水质标准。

春季：对采用海水水质一类标准评价的站位，部分站位超过一类标准的水质参数有活性磷酸盐、铅，其他水质参数均未超过海水水质一类标准。对采用海水水质二类和三类标准评价的站位，全部指标满足水质标准。

夏季：对采用海水水质一类标准评价的站位，部分站位超过一类标准的水质参数为铅，对采用海水水质二类和三类标准评价的站位，全部参数含量均符合海水水质标准。

3.2.4 质量保证及质量控制

3.2.4.1 大气环境质量现状调查

废气监测的质量保证按照国家环保局发布的《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范（试行）》（HJ/T 373-2007）和《大气污染物无组织排放监测技术导则》（HJ/T 55-2000）；环境空气监测质量保证按照《环境空气质量手工监测技术规范》（HJ/T194-2005）的要求与规定进行全过程质量控制。监测仪器经计量部门检验并在有效期内使用，监测人员持证上岗，监测数据经三级审核。

3.2.4.2 声环境质量现状调查

噪声监测质量保证按照国家相关标准中噪声测量标准方法的有关规定进行：测量仪器和声校准器在检定规定的有效期限内使用；监测人员持证上岗；测量前后在测量的环境中用声校准器校准测量仪器，示值偏差不得大于 0.5dB，否则，本次测量无效，重新校准测量仪器，重新进行监测；测量时传声器加防风罩；记录影响测量结果的噪声源。

3.2.4.3 受纳水体环境质量现状调查

样品采集及分析过程中的质量控制严格按《海洋监测规范》（GB17378-2007）、《海洋调查规范》（GB12763-2007）以及海域水生生态调查质量保证大纲执行。

按照核电项目水质生态环境调查中的质量控制方法和要求，每个航次按照不少于大面站总数 10%数量(6 个站)进行水质平行样测试。水质采用平行样测试来检验分析结果的精密度，采用内控标准物测试和加标测试来检查分析结果的准确度；生物体分析结果的质量控制采用内控标准物质测试来检验分析结果的准确度。通过以上措施进行调查工作质量控制，以保证调查结果符合质量要求。

(1)水质平行样的相对偏差允许值，满足相关分析方法及本项目制定目标值的要求。样品加标回收率，不得超出方法给出的范围值。

(2)标准样品的测试结果应在给定保证值的范围内。

(3)每批平行样合格率在 90%以上，分析结果有效；合格率在 70%~90%时随机抽 30%的样品进行复查，复查结果与原结果总合格率达 90%以上时，结果有效；合格率在 50%~70%时，应复查 50%的样品，累计合格率达 90%以上时，结果有效；合格率小于 50%时，需重新取样分析；上报数据时，按平行双样结果的均值计算。

(4)当质控样超出允许误差时，应重新分析超差的质控样并随机抽取一定比例样品进行复查。如复查的质控样品合格且复查样品的结果与原结果不超出平行双样允许偏差，则原分析结果有效；如复查的质控样仍不合格，表明本批分析结果准确度失控，分析结果不得接受，应找出原因加以排除后，再行分析。

水质质量、生物质量、沉积物质量控制结果表明，水质要素、生物体和沉积物要素分析均符合质量控制要求。

3.2.5 参考资料

- [1] 华能山东石岛湾核电厂厂址邻近海域水生生态(含海洋环境放射性本底)调查总报告，自然资源部第三海洋研究所，2021年10月；
- [2] 国核压水堆示范工程电磁环境本底调查专题报告，浙江国辐环保科技有限公司，2021年11月。

表 3.2-1 2021 年第 1 季度大气环境空气质量现状调查结果

监测项目	小时值				日均值					
	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO	SO ₂	NO ₂	O ₃	TSP	PM ₁₀	PM _{2.5}
东钱家村	0.016	0.014	0.091	0.625	0.015	0.013	0.095	0.17	0.048	0.029
西钱家村	0.014	0.017	0.079	0.589	0.015	0.016	0.084	0.167	0.048	0.03
于家村	0.016	0.018	0.094	0.61	0.015	0.019	0.098	0.173	0.049	0.029
评价标准	≤0.5	≤0.2	≤0.2	≤10	≤0.15	≤0.08	≤0.16	≤0.30	≤0.15	≤0.075

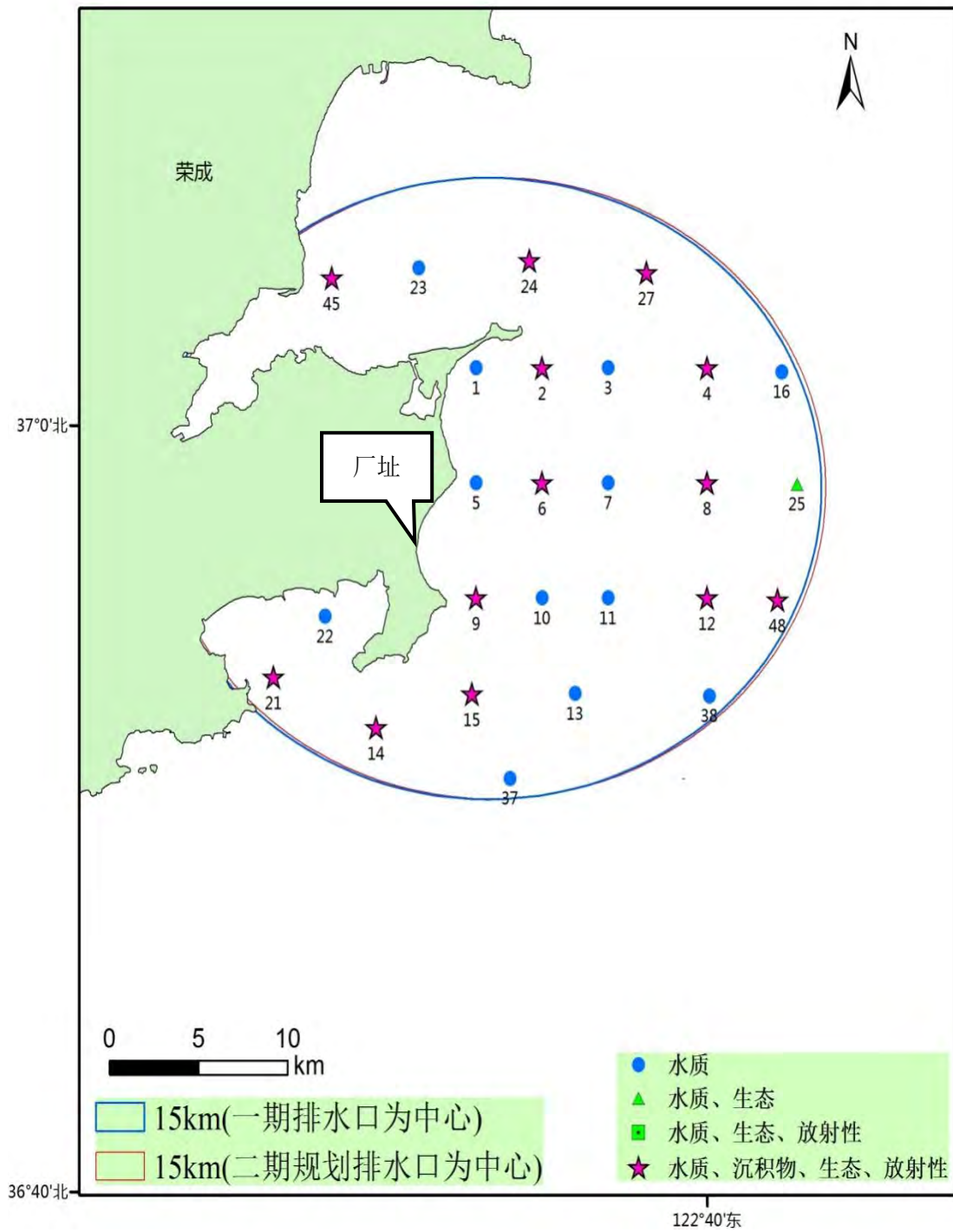
表 3.2-2 2021 年第一季度环境敏感点噪声现状监测结果

单位：dB(A)

监测项目	东钱家村		西钱家村		于家村	
	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
监测结果	50.6	39.5	51.2	40	51.4	40.5
评价标准	55	45	55	45	55	45

表 3.2-3 石岛湾核电厂址附近海域海水水质监测站位位置（15km 范围内）

序号	站号	经度(°E)	纬度(°N)	序号	站号	经度(°E)	纬度(°N)
1	1	122°33'00"	37°01'30"	14	14	122°29'58"	36°52'07"
2	2	122°35'00"	37°01'30"	15	15	122°32'52"	36°52'59"
3	3	122°37'00"	37°01'30"	16	16	122°42'15"	37°01'24"
4	4	122°40'00"	37°01'30"	17	21	122°26'51"	36°53'26"
5	5	122°33'00"	36°58'30"	18	22	122°28'25"	36°55'01"
6	6	122°35'00"	36°58'30"	19	23	122°31'15"	37°04'06"
7	7	122°37'00"	36°58'30"	20	24	122°34'36"	37°04'18"
8	8	122°40'00"	36°58'30"	21	25	122°42'44"	36°58'28"
9	9	122°33'00"	36°55'30"	22	27	122°38'10"	37°03'59"
10	10	122°35'00"	36°55'30"	23	37	122°34'01"	36°50'47"
11	11	122°37'00"	36°55'30"	24	38	122°40'04"	36°52'56"
12	12	122°40'00"	36°55'30"	25	45	122°28'37"	37°03'51"
13	13	122°36'00"	36°53'00"	26	48	122°42'08"	36°55'27"



宽能谱高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
海水水质调查布点示意图		
图 3.2-1	版次：	A

第四章 反应堆

4.1 厂区规划及平面布置

4.1 厂区规划及平面布置

4.1.1 厂区规划

4.1.2 厂区平面布置

4.1.3 排放口布置

表

表 4.1-1 宽能谱超高通量试验堆项目主要构筑物表

图

图 4.1-1 清华大学（荣成）先进核能技术科研基地总体规划图

图 4.1-2 宽能谱超高通量试验堆项目反应堆区总平面布置图

图 4.1-3 宽能谱超高通量试验堆项目厂区效果图

4.1 厂区规划及平面布置

本项目选址于清华大学(荣成)先进核能技术科研基地用地范围内东北角,图 4.1-1 给出了清华大学(荣成)先进核能技术科研基地总体规划图。该基地位于山东省威海荣成市石岛区域管理区东侧,朝阳东路北侧,宁镇路东侧地块,东临黄海、南部与镆铳岛接壤。科研基地规划建设核反应堆区、涉核实验区、一般实验区、工作保障区、产学研孵化区、办公教学区、生活区及生活保障区。

4.1.1 厂区规划

根据建筑各子项功能、工艺布置要求,对厂区总平面内各建、构筑物以及设施进行协调布置、统筹安排,使生产运行、交通运输等方面达到一个经济、便捷的状态,合理确定厂区总平面布置。

- 1) 厂区总平面布置与总体规划相协调一致;
- 2) 按照核设施、常规工业设施及普通民用设施三种建设标准,开展总平面布置工作;
- 3) 核岛主厂房布置在埋深适宜、承载力满足要求、均匀稳定的基岩上,其它构筑物可采用非岩石地基;
- 4) 工艺流程合理,功能分区明确,交通运输便捷;
- 5) 确定合理的通道宽度、满足管网布置、生产运行管理和施工安装要求;
- 6) 合理利用厂址地形、地质条件,确定厂坪标高,减少并尽量平衡土石方工程量;
- 7) 采用合并布置、多层布置、压缩通道等方式压缩厂区占地面积,节约集约用地;
- 8) 因地制宜,充分利用场地条件开展平面布置,尽量不占农用地、灌溉明渠等设施。

4.1.2 厂区平面布置

4.1.2.1 厂区总平面布置

本项目主入口设置于场地南侧,辅助出入口位于场地西侧,2 个出入口均与清华大学(荣成)先进核能技术科研基地项目园区内部道路直接相通。

整个厂区按照保卫目标的安全等级进行实物保护区域设置,依次分为三个区域:控制区、保护区、要害区。控制区包括所有需要实物保护系统保护的区域或建筑物。

保护区位于控制区内，主要包括核岛厂房区内所有与实验堆运行相关的设施。要害区位于保护区内，主要包括反应堆厂房、核辅助厂房、电气厂房、乏燃料厂房、应急柴油发电机房、保卫控制中心等。控制区及保护区结合保护保卫需求各设置入口闸门建筑一栋，控制区入口闸门设置于用地南侧，保护区闸门设置于该区东侧，另于保护区反应堆东北侧设置一栋实物保护保卫控制中心。

反应堆厂房由于受地质条件限制尽量布置在厂区西侧靠北位置，核辅助厂房与反应堆厂房紧邻，乏燃料厂房、热室、电气厂房等按工艺需求围绕核岛布置。综合实验设施大楼靠近基地主入口，结合主入口广场布置于厂前区。其他辅助设施，包括海水系统泵房、配套综合库房、三修综合厂房、放射性废物综合处理厂房、热机修厂房布置于厂区北侧，实务保护保卫控制中心位于保护区出入口附近。海水系统泵房临近海边，位于厂区东北侧，辅助功能区南侧为预留用地。

整个厂区的核心为核岛厂房区，包括反应堆厂房、核辅助厂房、乏燃料厂房、电气厂房、应急柴油发电机房、热室、核岛附属厂房、中子散射研究大厅、实物保护保卫控制中心及保护区主出入口。围绕核岛厂房区最重要的子项反应堆厂房，充分考虑地形条件、地质条件适宜性等因素，同时考虑到工艺流程及相关试验设施布置，将核辅助厂房及核岛附属厂房布置在反应堆厂房西侧，电气厂房布置在反应堆厂房东侧；两座柴油发电机厂房布置在电气厂房东侧，紧贴电气厂房；将乏燃料厂房、热室布置在反应堆厂房北侧；将中子散射研究大厅布置在反应堆厂房南侧。为满足防护管理要求，该区在基地内设有完整连续的控制区围栏和保护区围栏实体屏障，围栏为双层可视围墙并装备相应的技术防范设施。通过实物保护保卫控制中心中实物保护技防系统，实现集中统一的管理控制功能，有效地确保厂内投入运行的重要核设施和厂内核材料的安全。

辅助生产厂房区位于基地东侧、南侧，包括控制区主出入口、海水系统泵房、热机修厂房、放射性废物综合处理厂房、配套综合库房、三修综合厂房、35KV 变电站及 1#变电所（高压总配）、综合实验设施大楼。上述辅助生产工艺子项布置时考虑工艺流程等有序布置，以缩减反应堆区面积，优化核心区布局，降低造价，同时避免对核心反应堆区的干扰。综合实验设施大楼内结合实验及工艺流程需求，内设物质实验楼、环境监测及放化实验室及应急指挥中心等功能。

项目总平布置规划方案充分考虑不同级别防护区的分区关系，建筑的消防、卫生

间距，避免相互干扰。

表 4.1-1 给出了工程主要构筑物子项，图 4.1-2 给出了总平面布置示意图。

4.1.2.2 竖向布置

场地竖向布置设计原则：结合自然地形，建筑特点，考虑管线敷设、雨水排除、环境保护、院区景观等因素，合理确定竖向布置方式。

1) 竖向布置方式

考虑到场地自然条件及厂区占地面积，阶梯式布置对平衡土石方量的优势不明显，为便于后续厂区内部道路及管线布置并结合“基地”内部规划标高，初定厂区竖向采用平坡式布置，厂坪平均标高暂定为 7.2 米。

2) 反应堆厂房标高确定

主厂房建筑群位置的选定是按照核安全法规（HAF101）、核电厂厂址选择安全规定（HAF102）、核电厂设计安全规定等有关要求，根据厂址地形特征，地下岩土适宜性，与厂外道路的衔接，回填高度等要求，确定场坪标高。

由于目前本项目暂无相关资料，项目距离石岛湾核电厂址较近（直线距离约 5km），参考石岛湾核电厂址相关资料，核岛区域厂坪标高暂定为 7.2m。

3) 厂区排水设计

厂区排水采用有组织排水。厂区内地表水通过地面坡度汇流到厂区的道路，并通过道路坡度将雨水汇集到路边雨水口，经雨水管网将全厂区地表水统一排放至“基地”雨水管网，最终排放至“基地”外侧市政雨水管网。

4.1.2.3 厂区道路设计

厂区运行期间的运输包括：燃料运输、固体废物运输、小型设备运输以及职工上下班交通运输等。

针对本项目定员人数及运输特点，结合厂区的总平面布置，厂内道路采用“棋盘”环状式道路布置，地块内外围设有车行环路，地块内部设有人行通道。设计时人行流线从地块入口处直接进入地块的内部道路，车流从地块进口处沿着地块外围道路行驶，运货货车通过厂区外围车行环道停靠在各个子项货运入口处。路面结构采用水泥混凝土路面设计，道路类型为城市型道路，道路宽度 7m，转弯半径 9m。车间引道依厂房大门宽度而定。

根据运输要求，道路分为重型道路和轻型道路两种，厂内进厂主路和主厂房周围的道路均采用重型道路铺设，其它道路采用轻型道路铺设。

4.1.2.4 周界设计

1) 控制区周界及出入口设施

在场区红线内 1m 位置新建一道单层围栏作为控制区周界，长度约 1500m。围栏垂直部分高度 2.5m，围栏上部加装长 0.7m 呈 45 度向外倾斜的斜刺。控制区周界内侧不小于 1.5m 范围内设置混凝土硬化地面，硬化地面内侧设置不小于 4m 宽的控制区巡逻通道。

控制区主出入口位于控制区周界南侧偏西位置，新建一层建筑物，建筑面积为 700m²。控制区西侧设置 1 个车辆运输通道，运输通道为平开栅栏门。

2) 保护区周界及出入口设施

在控制区周界以内不小于 6m 位置新建双层围栏作为保护区周界，长度约 1550m（按单层围栏长度计算）。双道围栏之间隔离带宽约 6m，隔离带内为混凝土硬化。围栏垂直部分高度 2.5m，围栏上部加装长 0.7m 呈 45 度向外倾斜的斜刺。保护区周界内侧 4 米范围内设置混凝土硬化地面，硬化地面内侧设置 7m 宽保护区巡逻通道兼厂区道路。

保护区主出入口位于保护区周界南侧偏东位置，新建一层建筑物，建筑面积为 305m²。保护区西侧设置一个车辆运输通道，运输通道为双通道平开栅栏门。

4.1.2.5 厂区绿化

本项目建成后将厂区绿化，图 4.1-3 给出了厂区效果图。

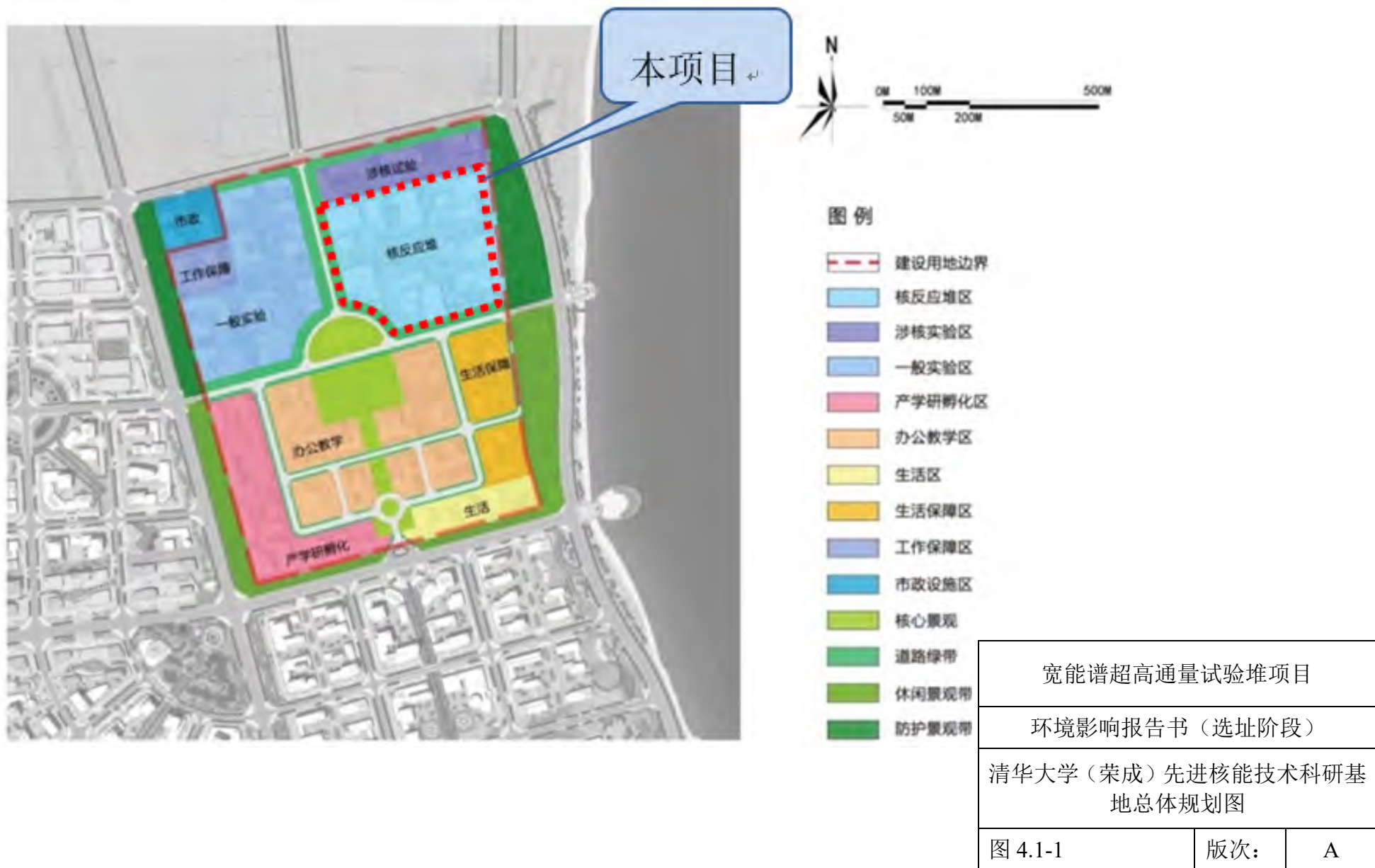
4.1.3 排放口布置

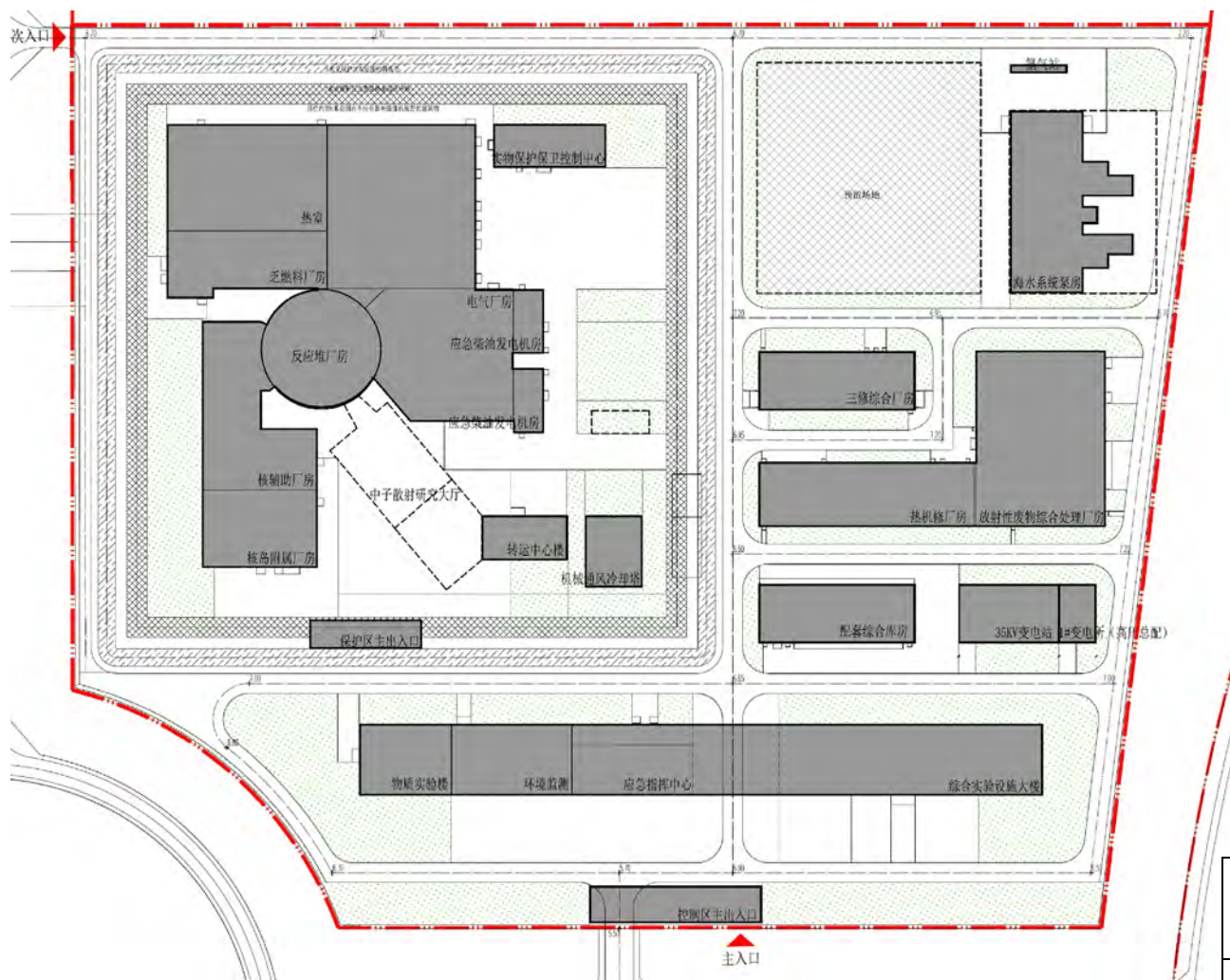
本工程产生的放射性废气经处理、监测达到排放规定后，主要通过位于辅助厂房顶部的烟囱排入环境，烟囱的设计高度为 40m。

放射性废液经过放射性废液系统处理后采用液转气排放。非放射性的废水排入园区配套的污水管网。

表 4.1-1 宽能谱超高通量试验堆项目主要子项列表

序号	名称		
	分区	子项名称	
1	核岛厂房	反应堆厂房	
		核辅助厂房	
		乏燃料厂房	
		电气厂房	
		应急柴油发电机房	
		热室	
		核岛附属厂房	
		中子散射研究大厅	冷中子散射大厅
			小角散射谱仪厅
			转运中心楼
		实物保护保卫控制中心	
		保护区主出入口	
		2	辅助生产厂房
海水系统泵房			
热机修厂房			
放射性废物综合处理厂房			
配套综合库房			
三修综合厂房			
35KV 变电站			
1#变电所（高压总配）			
综合实验设施大楼	重大设施综合实验楼		
	物质实验楼		
	环境监测及放化实验室		
	应急指挥中心		
3	构筑物	氮气站	
		机械通风冷却塔	
		补水池	





宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
宽能谱超高通量试验堆项目反应堆区 总平面布置图		
图 4.1-2	版次：	A



宽能谱高通量试验堆项目

环境影响报告书（选址阶段）

宽能谱高通量试验堆项目厂区效果图

图 4.1-3

版次：

A

第五章 反应堆施工建设过程的环境影响

5.1 土地利用

5.2 水的利用

5.3 施工影响控制

5.1 土地利用

5.1.1 陆域工程

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

表

表 5.1-1 各种施工机械在不同距离的预测值

图

图 5.1-1 宽能谱超高通量试验堆项目用地示意图

图 5.1-2 宽能谱超高通量试验堆项目景观示意图

5.1 土地利用

5.1.1 陆域工程

图 5.1-1 给出了本项目临时用地示意图。

本项目不涉及搬迁，占用土地范围内没有工业、商业和公共娱乐设施，也没有名胜古迹和风景旅游区。

5.1.2 陆域施工活动对环境的影响

宽能谱超高通量试验堆项目本项目陆域施工活动对环境的影响主要是工程负挖、土石方爆破、道路施工、汽车运输以及设备安装等造成的噪声、粉尘、植被破坏和水土流失等生态方面的影响。

5.1.2.1 噪声的影响

本项目施工过程中，厂区内和施工准备区产生噪声的活动包括场地负挖，土石方爆破、道路平整、主厂房的建设和厂区辅助配套设施的建设，另外设备安装和汽车运输也会产生一定噪声。表土堆放区的汽车运输也会产生一定噪声。噪声源按无指向性点声源简化处理，点声源对外界环境的影响可用半自由声场点声源几何发散衰减公式计算，各种施工机械在不同距离的预测值见表 5.1-1。

现场施工机械设备如挖掘机、推土机、钻孔机等噪声值也较高，且在实际施工过程中，通常是多台机械设备同时作业，各台设备产生的噪声会互相叠加。同一地点同时作业的机械设备多为 2~6 台，一般不会超过 10 台，叠加后的噪声增值约 3~10dB。

施工机械作业时可视为点声源，距离加倍时噪声降低 6dB，如果考虑空气吸收，则附加衰减 0.5~1dB/100m。表 5.1-1 所示结果表明，昼间施工机械在距施工场地 100m 外可以达到标准限值；夜间噪声超标主要集中在 400m 以内。表中仅是部分施工机械满负荷运作时的辐射噪声，在施工现场，往往是多种施工机械共同作业的结果，因此达标距离要更大一些。施工单位在合理布置高噪声设备使用位置、统筹安排高噪声设备工作时间同时尽量选用低噪声设备的情况下，预计本项目施工期噪声可以满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求。需要说明的是，建设过程中建筑材料及施工过程中产生的固体废物运输需要使用运输车辆，大型运输车辆具有

高噪声的特点，往往对运输道路沿线声环境造成较大的影响，鸣笛、超载、超速等会加剧这类噪声影响。因此，对于施工车辆的交通噪声应通过合理安排进出路线、减少鸣笛等措施来减缓对沿线环境影响。

5.1.2.2 大气的影响

本项目施工期间的主要大气污染物包括扬尘、粉尘和汽车尾气，在这些污染物中，扬尘和粉尘对大气局部环境质量影响较为明显。施工产生的地面扬尘和粉尘主要来自于施工机械和运输车辆的行驶、爆破、土石方开挖和填筑、物料堆放以及施工建筑材料的搅拌等环节，TSP产生量与施工方式、车辆数量、道路路面状况以及天气情况相关。

由于施工现场车辆较多，特别是大型工程车和施工机械设备（挖掘机、铲土机等），在施工和运输过程中会产生一定量的汽车尾气，主要成分为CO、NO_x和碳氢化合物。

爆破过程除产生大量粉尘外，还会产生一定量的烟气，烟气量与炸药种类、用量和操作方式等诸多因素有关。本项目爆破使用乳化炸药，主要污染物为NO_x，炸药集中存放于仓库，每次使用前均向公安部门申报。

施工中采用了覆盖、定期洒水等措施减少扬尘的产生。有资料表明，在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水4~5次，可使扬尘减少70%左右；对施工场地实施每天洒水4~5次进行抑尘，可有效地控制施工扬尘，并可将TSP污染距离缩小到20~50m范围。因此，在施工活动中，在采取覆盖、定期洒水等减少扬尘的措施后，施工粉尘及扬尘的影响可局限于施工场地周围，对大气环境影响范围有限。另外，由于部分粉尘的粒径和质量较大，也很快在空气中自然沉降，大规模扩散的粉尘量较小。施工结束后这部分大气污染源将不再存在，影响时段有限。

5.1.2.3 厂区生态的影响

本项目在施工期需要对厂址场地进行平整，场平将去除原有植被，进行大量的土石方挖掘工作，完全改变当地局部生态环境。由于当地无特殊生态环境，不属于国家和地方自然保护区和生态红线区，施工范围内无国家濒危保护物种和特殊生境，本项目规划对整个厂区实施绿化，建造全新的人文景观。

图5.1-2给出了宽能谱超高通量试验堆项目景观恢复示意图。

5.1.2.4 使用化学物质对环境的影响

本项目施工阶段，各种设备和连接管道需要运输、贮存和现场安装，为避免盐雾锈蚀和表面氧化，将采用一些化学物质和缓蚀剂进行表面处理。这些化学物质和缓蚀剂包括磷酸三钠、硼酸钠、非卤素的有机溶剂和硫酸、磷酸、有机酸等。上述物质有些是有毒有害化学物品，因此，在施工时应要求设备承包商尽量提供已经处理过的建材和设备，确实需要在现场进行补充处理的，由施工单位按照制定的化学物品使用管理规定进行操作，对化学物品的使用量严格控制。由于设备和管道等均在厂内定点存放，并考虑防水防雨等不利影响，因此需后续处理过程较少，化学物质使用量不大。产生的危险固体废物按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及修改单可得到安全妥善贮存，最后由生产厂商和危废单位回收处理。

5.1.2.5 施工固体废弃物对环境的影响

本项目建设过程中，将产生一定量的生活垃圾和工业废弃物，其中油漆桶、探伤洗片废液，废油布、废油漆等部分工业废弃物属于危险固废，为此，建设单位应制定严格的施工环境管理规定，对生活垃圾和施工垃圾制定相应的管理措施，对不同类别的施工垃圾和生活垃圾按不同要求进行处理。施工垃圾中不可回收利用的无毒无害废弃物运至指定的临时废弃物堆放场，可回收利用废弃物尽量回收再利用；有毒有害废弃物交由有资质的单位进行处理。

通过采取上述措施，使施工产生的废弃物尽可能实现回收利用和分类处理，以减轻对环境的影响。

5.1.2.6 施工活动对社会环境的影响

被占用的土地将彻底失去生产能力，从而对厂址所在区域的农业经济造成了一定的影响。但由于征地范围内耕地面积比较少，因此，工程建设对原有社会经济的不利影响有限。

本项目工程建设期间需要大量的工程施工人员，大量的外来施工人员进驻施工现场，可能对附近居民的日常生活造成轻微的影响，但同时也可以增加当地居民的就业机会和商机，而大量施工人员在该地区较长时期的居住和生活，可以增强该地区的消

费能力，促进经济的发展。

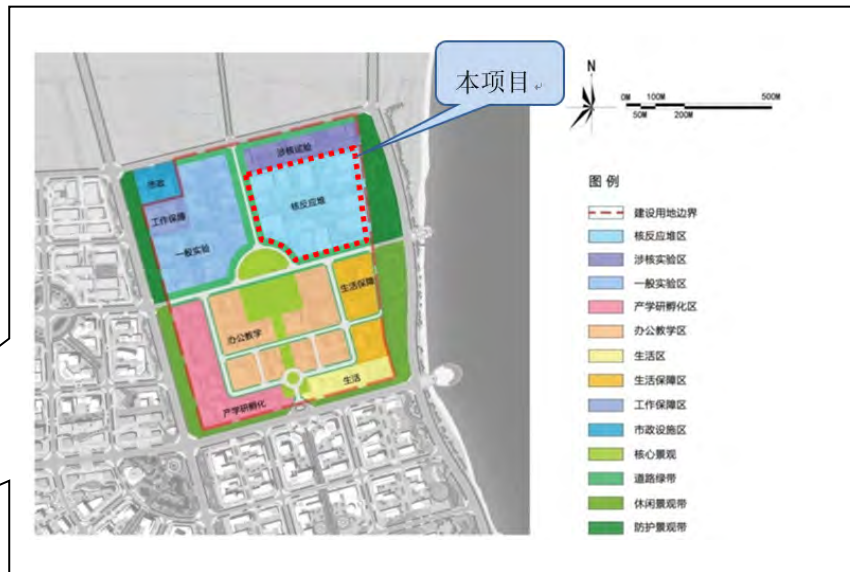
厂址离历史古迹、风景名胜区较远，施工活动对其产生影响较小。

表 5.1-1 各种施工机械在不同距离的预测值

单位：dB（A）

距离 施工设备	5m	10m	20m	40m	60m	80m	100m	200m	300m	400m	500m
推土机	86	80.0	74.0	67.9	64.4	61.9	60.0	54.0	50.4	47.9	46.0
挖掘机	86	80.0	74.0	67.9	64.4	61.9	60.0	54.0	50.4	47.9	46.0
装载机	93	87.0	81.0	74.9	71.4	68.9	67.0	61.0	57.4	54.9	53.0
打桩机	91	85.0	79.0	73.0	69.4	66.9	65.0	59.0	55.5	53.0	51.0
重型运输车	86	80.0	74.0	67.9	64.4	61.9	60.0	54.0	50.4	47.9	46.0
混凝土输送泵	92	86.0	80.0	73.9	70.4	67.9	66.0	60.0	56.4	53.9	52.0
振捣棒	84	78.0	72.0	65.9	62.4	59.9	58.0	52.0	48.4	45.9	44.0
电锯	91.0	85.0	79.0	73.0	69.4	66.9	65.0	59.0	55.5	53.0	51.0
吊车、升降机	75	69.0	63.0	56.9	53.4	50.9	49.0	43.0	39.4	36.9	35.0
切割机	93	87.0	81.0	74.9	71.4	68.9	67.0	61.0	57.4	54.9	53.0

宽能谱超高通量试验堆项目环境影响报告书（选址阶段）



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
用地示意图		
图 5.1-1	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目

环境影响报告书（选址阶段）

景观示意图

图 5.1-2

版次：

A

5.2 水的利用

5.2.1 海域工程概况

5.2.2 海域施工活动对水环境及生态的影响

5.2.3 施工期供水及排水系统对水环境的影响

5.1 水的利用

宽能谱超高通量试验堆项目本项目的水体利用相关工程包括：

- 海工工程：本项目新建取排水设施连接东侧海域。
- 施工用水设施：八河水库作为淡水水源。
- 水处理设施：施工期生活污水排入市政管网。

5.2.1 海域工程概况

方案一：

方案一采用暗取暗排方案。取水工程全长 1020m，取水管线从厂区取水泵房出发后垂直岸边及等深线布置，取水口位于厂址东侧-6.6m 水深处（国家 85 高程），满足 DBL 水位下取水要求。取水工程设置 1 条管道，内径 1.7m，流速约 1.36m/s，一条管道设 2 根立管，立管内径 1.3m，一个立管对应一个圆柱形取水头部，直径 2m，高 1m，侧面进水，窗口流速约 0.32m/s。窗口顶高程在 DBL 水位以下 0.5m，底高程在海床标高以上 1m。

排水工程全长 2900m，参考石岛湾核电，排水口暂定在厂址东南侧-10.0m 水深处（国家 85 高程）。排水工程设置 1 条管道，内径 1.7m，排水头部设 1 根立管，立管内径 1.3m，一个立管对应一个圆柱形取水头部，直径 2m，高 1m，侧面进水，窗口流速约 0.64m/s。窗口顶高程在平均低潮位以下 0.5m，底高程在海床标高以上 1m。

取排水口距离约 1.8km。本工程排水口与石岛湾南取水明渠口门距离约 2.8km。

方案二：

由于本工程温排水量较小（约 2.73m³/s），且排水口距离取水口较远（约 1.8km），因此排水口对取水温升影响较小。方案二为了减少开挖量，考虑取排水工程并行布置，共用一个开挖基槽。

方案二采用暗取暗排方案。取水工程全长 1300m，取水管线从厂区取水泵房出发后先沿厂外一经路平行布置至排水管线后，再转弯平行于排水管线布置，取水口位于厂址东南侧-6.6m 水深处（国家 85 高程），满足 DBL 水位下取水要求。取水工程设置 1 条管道，内径 1.7m，流速约 1.36m/s，一条管道设 2 根立管，立管内径 1.3m，一个立管对应一个圆柱形取水头部，直径 2m，高 1m，侧面进水，窗口流速约 0.32m/s。

排水工程与方案一相同。

取排水口距离约 1.8km。本工程排水口与石岛湾南取水明渠口门距离约 2.8km。

5.2.2 海域施工活动对海水环境及生态的影响

海工工程海域施工建设过程中对水环境的影响主要来自取排水工程修筑以及海上施工船舶产生的生活污水和含油废水排放等。

海工工程会引起悬浮泥沙颗粒物增加，水体透明度下降，削弱了水体的真光层厚度，对浮游植物的光合作用产生不利影响，导致局部海域内浮游植物生物量下降，引起初级生产力水平降低。悬浮泥沙对浮游植物的负面影响将直接导致水体中溶解氧含量的减少，导致部分浮游动物窒息死亡，同时悬浮颗粒会粘附在生物体表，干扰其正常的生理功能，滤食性浮游生物会吞食适当粒径的颗粒物，造成内部消化系统的紊乱。悬浮颗粒物还会堵塞鱼类的鳃部，严重损害其滤水和呼吸功能。另外，悬浮物中有害物质的二次污染也会对海水水质产生一定影响。

悬浮物影响区域主要集中在工程附近海域。施工结束后数小时内（与源强、施工结束的时刻有关），人为增加的悬浮物浓度迅速扩散降低。此后，随着抛石作业的停止，泥沙扩散范围逐渐减小，至 20h 时，悬浮泥沙基本消散。

海域工程建设对海域生态环境的主要影响是底栖生物的直接损失和其他海洋生物的间接损失。调查表明，本项目建设造成损失的底栖生物和鱼类在当地的大多数海域中均有大量分布，工程建设及施工不会降低区域物种多样性，总体影响是短暂的，损失的生物群落可以在较短时间内重新建立。

施工船舶因维修和日常保养会在舱底形成部分含油废水，废水量虽然较小，但如进入海域，一部分附着在悬浮物上并随之沉降到海底，一部分溶于水中随水流扩散，而大部分则漂浮在水面上，影响厂址附近海域水质，并降低水体中光线的射入量，从而导致局部海域生态系统的紊乱和生物量的损失。船舶含油废水在施工期间收集后送至岸上处理，不得向海域排放，不会对水质环境产生影响。

5.2.3 施工期供水及排水系统对水环境的影响

5.2.3.1 供水水源

本项目施工期用水包括施工生产用水、施工人员的生活用水和消防用水等。施工

期用水为市政供水，水源为八河水库供水。

5.2.3.2 排水系统污染物排放

（1）生活污水

本项目生活污水排入市政管网。

（2）含油废水

施工期的含油污水主要源于施工机械的跑冒滴漏和故障维修，产污点分散，废水不连续，很难准确估算产生量。根据大型机械设备预防维护保养制度，每台大型施工机械设备年维修保养过程产生的含油污水为 4400L，废油量为 6.4kg。

本项目施工区的含油废水由各承包商单独收集后外运处置。

（3）其它废水

施工期其它生产废水将全部回用，不外排。

5.3 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

5.3.3 施工期间的环境监测

图

图 5.3-1 施工期陆域环境监测初步布点示意图

5.3 施工影响的控制

5.3.1 减少陆域环境影响的措施

本项目在施工期间对陆域环境的影响主要是不同工程阶段和工程子项目建设期间对陆地生态、大气环境和声环境等方面的影响。工程中将采取相应的有效缓解措施，主要包括：

（1）大气环境

- 施工期间爆破、混凝土搅拌和载重车辆运输过程等引起粉尘和地面尘土飘散，为降低其对大气环境的影响，保护施工人员的身体健康，施工过程中采取了洒水抑尘、深孔爆破、硬化路面、控制车速和加盖苫布等方式来降低施工起尘量，有效改善了施工区域的大气环境；
- 施工过程产生一定量的临时弃土，临时弃土场对环境的影响主要是弃土在堆放过程产生的扬尘污染。为控制临时弃土场对大气环境的不利影响，采取在弃土倾倒和堆放过程中适量洒水抑尘，并避免同时进行大规模的弃土倾倒；
- 加强区域内的场地绿化，栽植能阻挡灰尘的高矮不等的乔木、灌木。

（2）声环境

- 使用低噪声施工设备，在高噪声源设备上加装消音、减震装置，经常对设备进行保养，维持设备处于良好的运转状态；
- 合理安排施工进度，避免在施工期间同步使用高噪声设备，严格控制夜间施工过程；
- 对于土石方爆破、场地负挖和设备安装带来的振动和噪声影响，采取深孔爆破方法，合理选择装药量，划定安全防护距离、装卸设备轻拿轻放和避免同时大规模爆破等方式，来控制噪声及振动影响的范围。
- 厂区绿化，选用灌木和草坪等对噪声吸收效果较好的植物构成绿化带，减轻对周围声环境的影响。

（3）生态环境

- 为控制临时弃土场的水土流失，通过工程措施、植物措施与预防保护措施来实施有效的控制。工程措施包括：弃土场“先挡后弃”，弃土堆放前在弃土场周围坡脚设砖砌挡坎，弃土结束后，对弃土顶面进行土地平整，为恢复创造条件；

弃土结束顶面平整后，在弃土顶面及马道周围修筑挡水土埂，保持水土。植物措施包括：在弃土场顶面采取乔、草结合的方式，种植当地优势物种。预防保护措施包括：弃土过程中，将清基表土与其他弃土分开堆放，表土集中堆于弃土场一角，用于弃后回铺。

- 为工程取土方便，在施工现场路边设置临时堆土场，为控制堆土场的水土流失，采取在堆土场周围坡脚设砖砌挡坎，同时覆盖密目网的方式，减少雨水和大风天气造成的不良生态影响。

（4）放射源及化学物品管理

- 施工期间主要用 γ 射线进行无损探伤检验，管理措施如下：
 - 1) 聘请有相应辐射安全许可证的专业公司开展；
 - 2) 根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等，制定放射源的管理制度，包括操作规程、应急预案、监测计划等；
 - 3) 放射源存放在厂区内专用源库中，并设有专人看管和安保监控，放射源的进出库均需登记；
 - 4) 使用放射源的作业区范围内设置警示区和警戒线，防止有人误入控制区；
 - 5) 探伤操作人员佩戴个人剂量计和报警器，监控工作过程中个人所受辐射剂量。各探伤场地需配备一台辐射剂量率巡检仪，监控放射性工作场所的辐射水平。
 - 6) 放射源的退役由持证单位联系供源厂家回收处置。
- 建设施工阶段，将涉及多种化学物质的使用。在施工时，严格执行制定的化学物品管理使用规定，对化学物品的贮存和使用量严格控制，产生的危险废物由相关资质单位处理或由供应商回收处理。

5.3.2 减少海洋环境影响的措施

本项目在施工期间产生的悬浮泥沙、含油废水、生活污水、回填土方等将会对附近海洋环境产生影响。施工阶段为减少海洋环境影响采取的措施主要有：

- 对于岸边堆放的土方及建筑材料，加强场地管理，增加防护措施，以防止由于外界因素进入水体；
- 严禁施工船舶向施工海域排放废油、残油等污染物，船舶含油废水应实行铅封

- 管理并运回陆上油污水处理设施集中处理，废油脂交由相关资质单位回收；
- 厂区雨污分流，禁止生活污水乱排或未经处理直接排海，加强对厂区污水站的维护管理，定期监测出水口水质，确保污水达标排放；
 - 场地冲洗、混凝土搅拌等生产废水经沉淀池处理后，全部回用于场地洒水抑尘和绿化，不外排。

5.3.3 施工期间的环境监测

本项目的施工包括陆域工程和海域工程的建设，这些工程的施工建设会造成厂址附近局部陆域及海域环境质量受到影响，为掌握本项目建设施工期间对陆域及海域环境造成影响的程度，检验本项目施工期间采取的减缓环境影响措施的实施效果，促使施工单位采用更合理的工艺以最大限度降低工程建设对周边环境的不利影响，本项目将开展施工期间的陆域环境监测和海域环境监测。

5.3.3.1 陆域环境监测方案

对本项目施工期间的环境空气、废气和噪声开展检测，每季度检测一次，每年检测四次。具体监测内容如下：

a、环境空气监测：布设空气监测点位包括厂址边界和环境敏感点。厂界监测项目为 TSP、非甲烷总烃、二氧化硫（SO₂）和氮氧化物（NO_x）等项目小时值。监测点位为本项目主厂区和表土堆放区厂界上风向布设一个参照点，本项目主厂区和表土堆放区厂界下风向设三个点。监测频次为每季度一次。

敏感点监测项目包括 TSP、PM_{2.5}、PM₁₀ 等项目 24 小时均值，二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）、一氧化碳（CO）、臭氧等项目小时值、24 小时均值。监测点位为最近的村庄，监测频次为每季度一次。

b、噪声监测：设置监测点包括厂界和敏感点。厂界噪声和敏感点噪声均监测等效声级（Leq）、昼夜等效声级（Ld、Ln、Ldn）、累积百分声级（L10、L50、L90）。监测点位包括主厂区厂界布设四个点，敏感点最近的村庄布一个点。监测频次为每季监测一次。

图 5.3-1 给出了施工期陆域环境监测初步布点示意图。

5.3.3.2 海域环境监测方案

本项目对海洋环境产生影响的主要海工工程为取、排水口工程，建议海域环境监测方案如下：

I. 监测站位

在宽能谱超高通量试验堆项目取、排水口自工程区内向工程区外呈扇形设置站点，包括水质测站、沉积物测站、生物测站。

II. 监测要素

① 海水水质

监测项目：pH、DO、盐度、悬浮物（SS）、活性磷酸盐、无机氮、化学需氧量（COD）、石油类、铜、锌、镉、铅、铬、汞、砷。

② 海底沉积物

监测项目：粒度、铜、铅、镉、锌、石油类、硫化物、有机碳。

③ 海洋生态

监测项目：叶绿素a、浮游植物（水采、网采）、浮游动物（含鱼卵仔鱼，浮游动物使用浅 I 和浅 II 型网采集，鱼卵仔鱼使用水平拖网和垂直拖网进行采集）、底栖生物。

III. 监测频次

① 水质监测

A: 铜、锌、镉、铅、石油类、悬浮物（SS）、无机氮、化学需氧量（COD）、DO

本底监测：施工前1个月进行大潮和小潮的本底监测。

施工期监测：施工期每周进行1次监测，工程块石抛填，施工过程中适当加密监测。

后评估监测：进行1次后评估监测，以后的跟踪监测视后评估监测结果而定。

B: pH、盐度、活性磷酸盐、铬、汞、砷

本底监测：施工前1个月进行大潮和小潮的本底监测。

施工期监测：在每个潮汐年的丰水期、平水期和枯水期进行大、小潮期的监测，施工过程原则上分别在2月、8月和10月的大潮和小潮进行监测。具体监测时间可根据施工时间进行调整。

后评估监测：施工结束后进行一次后评估监测。

② 沉积物监测

A: 铜、铅、镉、石油类

本底监测: 在施工前进行1次本底监测。

施工期监测: 施工期每月监测一次，工程块石抛填施工过程中适当加密监测。

后评估监测: 施工结束后进行一次后评估监测。

B: 粒度、锌、硫化物、有机碳

本底监测: 在施工前进行1次本底监测。

施工期监测: 施工期原则上每年8月进行一次监测。具体监测时间可根据施工时间进行调整。

后评估监测: 施工结束后进行一次后评估监测。

③ 海洋生态监测

本底监测: 在施工前进行1次本底监测

施工期监测: 施工期每月监测一次，工程块石抛填施工过程中适当加密监测。

后评估监测: 施工结束后进行一次后评估监测。



- 敏感点空气和噪声监测
- 厂界噪声监测

宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
施工期陆域环境监测初步布点示意图		
图 5.3-1	版次：	A

第六章 反应堆运行的环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.2 正常运行的辐射影响

6.3 其它环境影响

6.1 散热系统的环境影响

6.1.1 散热系统方案

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

图

图 6.1-1 取排水布置方案一

图 6.1-2 取排水布置方案二

图 6.1-3 排水工程与近岸海域环境功能区划位置关系图

图 6.1-4 排水工程与“三区三线”位置关系图

6.1 散热系统的环境影响

宽能谱超高通量试验堆项目位于山东省威海市所辖荣成市石岛管理区宁津所街道办事处东南的海滨，东侧濒临黄海，本项目拟采用海水直流循环冷却方式。目前本项目设计了两套取排水方案，均为暗取暗排的方式，有助于温排水的垂直掺混，降低温升影响范围。

6.1.1 散热系统方案

目前本项目设计了两套取排水方案。

方案一：

方案一采用暗取暗排方案。取水工程全长 1020m，取水管线从厂区水泵房出发后垂直岸边及等深线布置，取水口位于厂址东侧-6.6m 水深处（国家 85 高程），满足 DBL 水位下取水要求。取水工程设置 1 条管道，内径 1.7m，流速约 1.36m/s，一条管道设 2 根立管，立管内径 1.3m，一个立管对应一个圆柱形取水头部，直径 2m，高 1m，侧面进水，窗口流速约 0.32m/s。窗口顶高程在 DBL 水位以下 0.5m，底高程在海床标高以上 1m。

排水工程全长 2900m，参考石岛湾核电，排水口暂定在厂址东南侧-10.0m 水深处（国家 85 高程）。排水工程设置 1 条管道，内径 1.7m，排水头部设 1 根立管，立管内径 1.3m，一个立管对应一个圆柱形取水头部，直径 2m，高 1m，侧面进水，窗口流速约 0.64m/s。窗口顶高程在平均低潮位以下 0.5m，底高程在海床标高以上 1m。

取排水口距离约 1.8km。本工程排水口与石岛湾南取水明渠口门距离约 2.8km。

图 6.1-1 给出了取排水布置方案一示意图。

方案二：

由于本工程温排水量较小（约 $2.73\text{m}^3/\text{s}$ ），且排水口距离取水口较远（约 1.8km），因此排水口对取水温升影响较小。方案二为了减少开挖量，考虑取排水工程并行布置，共用一个开挖基槽。

方案二采用暗取暗排方案。取水工程全长 1300m，取水管线从厂区水泵房出发后先沿厂外一经路平行布置至排水管线后，再转弯平行于排水管线布置，取水口位于厂址东南侧-6.6m 水深处（国家 85 高程），满足 DBL 水位下取水要求。取水工程设置 1 条管道，内径 1.7m，流速约 1.36m/s，一条管道设 2 根立管，立管内径 1.3m，一个

立管对应一个圆柱形取水头部，直径 2m，高 1m，侧面进水，窗口流速约 0.32m/s。

排水工程与方案一相同。

取排水口距离约 1.8km。本工程排水口与石岛湾南取水明渠口门距离约 2.8km。

图 6.1-2 给出了取排水布置方案二示意图。

取排水方案比较：

两个方案的排水工程相同，运行期环境影响相同。方案二的取水工程与排水工程共线，相对而言施工期对环境的扰动更少。从减少环境影响的角度而言方案二略优。

6.1.2 散热系统对水体的物理影响

6.1.2.1 散热系统设施对水体的物理影响

本项目取水量较小，取水窗口流速约 0.32m/s，对大范围流场几乎无影响。取排水方案为暗取暗排，不占用岸线。本区领海基线海岛及其它海岛岛基及砾石滩均为稳定状况，不会因取排水工程建设引起的局部动力条件改变而导致岛基侵蚀速率改变。

6.1.2.2 温排水对水体的物理影响

6.1.2.2.1 温升影响的类比分析

本项目未开展温排水的模拟预测，本项目温升影响范围通过类比厂址北侧华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆示范工程的温排水数模结果进行初步判断。本项目排水口与华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆示范工程的排水口相距约 2.8km，均位于 -10m 等深线处。

高温气冷堆核电机组正常运行过程中的余热通过海水直流循环方式排出，其夏季和冬季的取排水流量设计值分别为 $9\text{m}^3/\text{s}$ 和 $6.8\text{m}^3/\text{s}$ ，夏季和冬季的取排水温升设计值分别为 9°C 和 12°C 。

根据温排水数值模拟预测结果，高温气冷堆示范工程的夏季大、中、小潮各类工况中， 1°C 温升的影响区未超出排水明渠；冬季工况因冬季水面综合散热能力小，温升影响范围较夏季增大，冬季全潮最大 1°C 温升在明渠外的影响区也极小；夏、冬两季全潮最大 1°C 温升包络面积不超过 0.03km^2 （冬季大潮）。所有计算工况的温排水都不会对取水温升产生影响。

本项目取排水流量设计值为 $2.73\text{m}^3/\text{s}$ ，取排水温升设计值为 15°C 。本项目散热量显

著小于高温气冷堆核电机组，预计本项目4℃和1℃温升范围为排水口附近很小的区域。1℃温升范围不会超过三类环境功能区，不会进入附近的生态红线。

6.1.2.2.2 温排水影响评价

（1）与近岸海域环境功能区的关系

2022年8月23日经山东省生态环境厅（鲁环函〔2022〕88号）批复调整厂址附近海域环境功能区划，调整后A1（122°32'20.221"E，36°57'47.914"N），A2（122°33'32.883"E，36°57'15.663"N），A3（122°34'43.909"E，36°58'58.558"N），A4（122°33'31.358"E，36°59'31.106"N）四点连线围成的区域为混合区，不设水质管控目标。B1（122°31'33.408"E，36°55'51.732"N），B2（122°35'12.427"E，36°55'52.550"N），B3（122°35'10.632"E，37°01'24.980"N），B4（122°32'09.831"E，37°01'24.313"N）四点连线围成的区域为三类环境功能区，执行第三类海水水质标准。

图6.1-3给出了本项目排水工程和近岸海域环境功能区划叠加图，预计本项目1℃温升区和4℃温升区均位于B1~B4四点连线围成的三类环境功能区内。4℃温升区范围不符合第三类海水水质标准要求，1℃温升区范围符合第三类海水水质标准要求。

（2）与生态保护红线的关系

图6.1-4给出了本项目排水工程和“三区三线”叠加图，从图中可以看出，本项目排水口距生态红线保护区较远，预计本项目1℃温升范围不会进入附近的生态红线。

6.1.3 取排水系统对水体水生生物的影响

取排水系统主要包括取水头部、拦污栅、水泵、冷凝器和排水渠等部分。取排水系统各个部分对海洋生物可能产生的影响主要通过机械因素、热因素和化学因素实现。在所有这些影响因素中，最主要的是排水系统的热影响、以及取水系统的卷载效应的影响。

6.1.3.1 取排水系统对水体水生生物的影响

取水系统对生物影响主要表现为取水的卷载及卷塞，即水生物随抽取循环冷却水而进入冷却系统，并在其中受到热、压力等物理因素和氯化等化学因素综合影响而死亡的现象。一般取水只对那些能通过取水系统滤网的鱼卵、仔鱼、仔虾、浮游生物及其它游泳类生物幼体产生明显的伤害。

卷塞是冷却水进入冷却系统时被拦截在滤网等装置上导致的生物伤害或死亡的物理现象，其与取水口位置、取水口流速、过网流速有关。由于取水明渠口门处通常设有拦污网，取水口进水窗设耐海水粗拦污栅，游泳生物在拦污栅、旋转滤网处因卷塞而发生机械损伤和堵塞滤网等现象较小，在取水过程中具有游泳能力的游泳动物，由于有防护网的阻隔，大部分游泳动物可以回避因机械卷塞造成的死亡。

在取水过程中，随同取水进入冷却水系统的鱼卵、仔稚鱼产生伤害，在高压、高温以及杀生剂的作用下导致伤害或死亡而产生卷载，即使能够存活的极少部分鱼卵、仔稚鱼也因受到不同程度的损伤，而不能正常生长发育。

在取水对渔业资源的损失中，主要是考虑对鱼卵、仔稚鱼和较小幼体造成的卷载损失。运行期间取水系统产生的卷载效应可能会对浮游生物产生一定程度的损伤，尽管会使取水口附近小范围内的海洋生物有所减少，但由于其生殖周期较短、繁殖快，其损伤后的恢复也较快。因此，本项目取水造成的损伤预计对厂址海区的海洋生物总量及种群结构等的影响将是有限的。

6.1.3.2 温排水对水生生物的影响

温排水对水生生态系统的影响是多方面的，如适度的水温升高可以增加水体中浮游生物种类和数量，使鱼类的产卵期提前等，但如果环境水体升温后超过海洋生物生长的适宜温度，将可能导致海洋生物的生长受到抑制或死亡。

（1）温排水对浮游生物的影响

浮游生物不但是某些鱼、虾、贝类的饵料生物，同时其数量的多少也决定海域海洋初级生产力的大小，从而影响渔业资源的潜在量。如果温排水对浮游生物产生严重危害的话，其后果也会间接影响到本海域的渔业资源量。

根据相关资料，在生物量方面，环境水温较低时，水体升温能促进藻类生长，且藻类增长量服从强增温(增温 $\Delta T > 3^{\circ}\text{C}$)>中增温(增温 $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$)>弱增温(增温 $\Delta T < 3^{\circ}\text{C}$)的规律。环境水温适中时，弱增温和中增温能促进藻类生长，强增温则抑制了藻类的生长；环境水温较高时，水体升温会抑制藻类生长，且增温幅度越大，抑制效果越强。水温较高时，增温会使藻类种群数量锐减。一般在 $20\text{-}35^{\circ}\text{C}$ 之间，藻类生物量随着温度升高而增加， 35°C 增长最快，但是到 40°C 时生物量就会大为降低。当接纳水域温度升高时，浮游动物常由水体的上层移到下层，只有当底层水温也升至 $27\text{-}28^{\circ}\text{C}$ 时，所有

种类的数量才急剧下降。海水水温升至 30℃ 以上，又是强增温水域(即 $\Delta T > 3^\circ\text{C}$)时，则大多数浮游动物停止繁殖，甚至死亡或种类灭绝。

温排水的热效应会改变局部海区的自然水温状况，浮游生物最易受到影响。冷却水作用的季节性明显，尤其在夏季其热效应的影响较大。由于在自然海区，水温是控制生物多样性的主要因素，在一定范围内，水温高，物种数多，水温低，物种数少。

多数浮游生物在水体温度不超过 35℃ 时，生长不会被抑制或造成死亡。根据厂址水温连续观测资料统计结果，厂址附近海域水温一般在 25℃ 以下、最高不超过 30℃，考虑到温排水的高温升区影响范围很小，因此温排水造成的海水升温后仍处于浮游生物的适温范围。

（2）温排水对游泳动物的影响

由于温度变化对鱼类的各种生命活动过程有很大影响。在适温范围内，水温的升高会提高鱼类的摄食能力，促进其性成熟，生长加速；但在水温过高时，温排水也会对鱼类产生不利的影响，包括：在强增温区、亚增温区会对鱼类洄游行为造成明显逆反影响；会提早鱼类性腺发育成熟产卵，对鱼类生殖产生影响；会使鱼类饵料生物发生变化，从而影响鱼类生长，可能引起种群结构的变动；可能增多寄生虫病的危害，增加对鱼类的致病影响。

根据厂址附近海域内的海洋生态调查可知，调查水域鱼类种类区系组成以暖水性和暖温性为主。暖温性鱼类适温性较广，因此，对游泳动物的影响主要是对沿岸性鱼类和冷温性鱼类的影响相对较大，而对于暖温性鱼类的影响相对较小。除夏季外，其他季节核电厂温排水排入接纳海域后其水体温度仍在鱼类的适温范围内。此外，鱼类是变温动物，能感受到环境水温的微弱变化，并喜在适宜温度水域内活动，对超出适宜温度范围的高温或低温水体具有回避反应。

厂址 1℃ 温升范围较小，初步估计温排水影响有限。

（3）温排水对底栖生物的影响

温度变化对底栖动物的潜在影响主要包括底栖动物群落结构发生变化，动物组成、种类、数量等变化明显，底栖动物栖息地减少、生物多样性指数降低。但研究表明，只要温升不是过高，影响范围不是过大，不会造成很大危害；在夏季的强增温区内，底栖动物会减少，如果增温区仅限于表层，则对底栖动物无影响；季节不同，水温对底栖动物的影响有所差别；温升对底栖动物的种类组成和生物量没有明显的规律性影

响。一般认为，温排水会造成底栖动物栖息场所的减少，其中夏末至中秋期间，影响最大。因为在夏末至中秋期间，自然水温很高，若再提高水温，动物的生长可能受到抑制或导致死亡。因此，在夏末至中秋季节，温升对底栖动物造成不利影响最大。

厂址海域主要底栖生物为软体动物、甲壳动物和多毛类。软体动物双壳类和多毛类主要是底埋性栖息类群，运动性低。软体动物中的腹足类如红螺，为底爬性生态习性，具备一定的爬行运动能力。厂址海域出现的底栖生物种类，均为暖温带生物种类，最适宜的海水温度为 14~25℃，在 28℃ 以下海水温度条件下，能正常生存。若排水口周围海域温升 4℃ 的话，海水温度将超过一些重要底栖生物正常生存温度的上限，对底栖生物可产生一定损害，同时海水的温升效应会使底栖生物的繁殖期提前。

厂址附近海域中四季渔获的蟹类主要有三疣梭子蟹等。蟹类的适温范围多在 18~32℃ 之间，而大于 39℃ 将可能导致其死亡。本项目温排水引起排水口周围局部海域升温，仍将使底层海水保持在蟹类生物的适温范围内，温排水引起的温升不会对该区域内该类生物构成明显的影响。即使在夏季高温季节，温排水对蟹类的影响也是有限的。总体来说，初步预计对海域内的底栖生物影响非常有限。

（4）温排水对保护生物的影响

本项目半径 5km 范围内无国家级水产种质资源保护区分布，不涉及种质资源保护区。



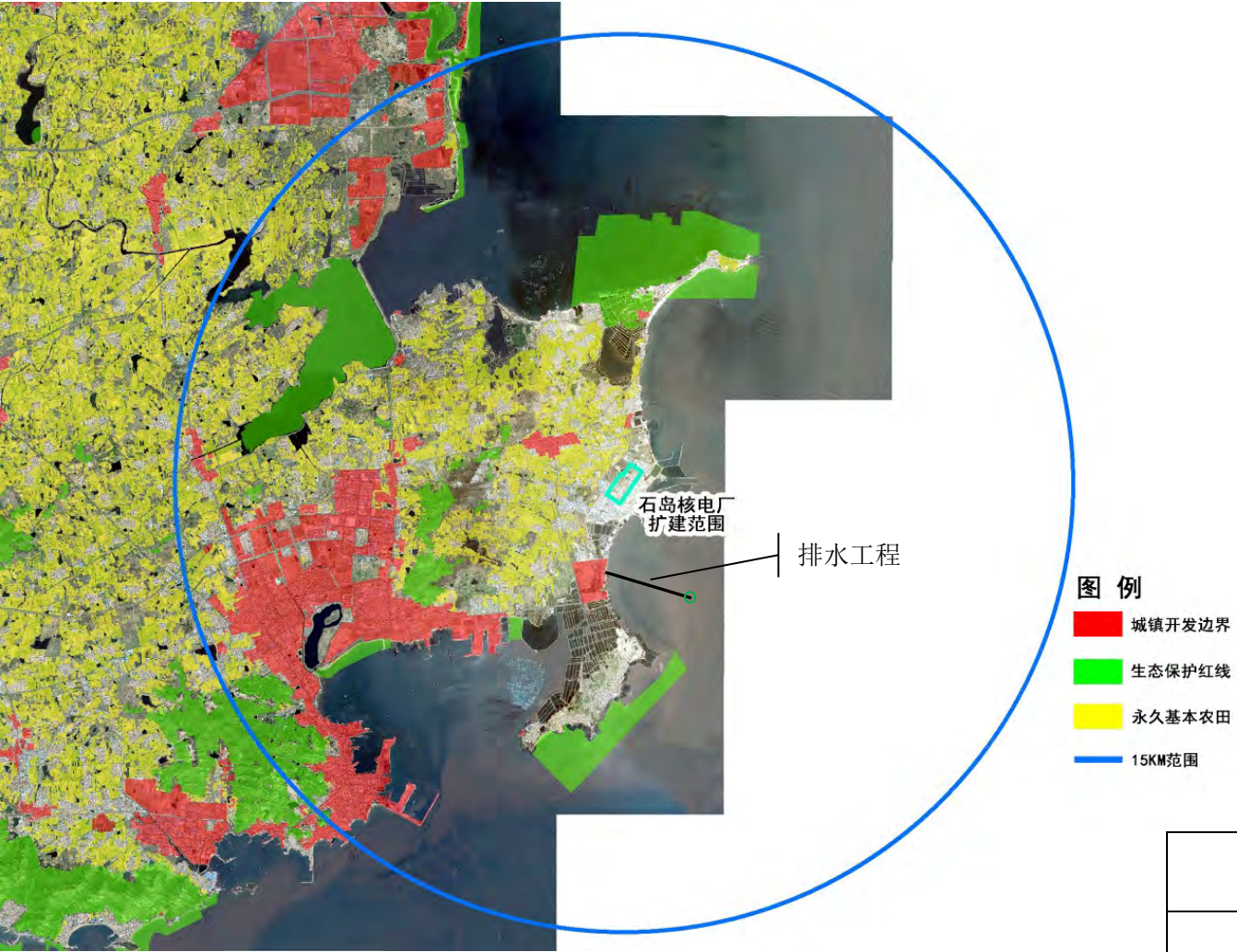
宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
取排水布置方案一		
图 6.1-1	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
取排水布置方案二		
图 6.1-2	版次：	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
排水工程与近岸海域环境功能区划 位置关系图		
图 6.1-3	版次:	A



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
排水工程与“三区三线”位置关系图		
图 6.1-4	版次：	A

6.2 正常运行的辐射影响

6.2.1 照射途径

6.2.2 释放源项

6.2.3 计算模式

6.2.4 辐射剂量计算

6.2.5 辐射影响评价

表

表6.2-1 厂址长期大气弥散因子

表6.2-2 厂址长期地面干沉积因子

表6.2-3 厂址长期地面湿沉积因子

表6.2-4 辐射剂量计算环境介质参数

表6.2-5 辐射剂量计算气态照射途径参数

表6.2-6 环境辐射剂量计算食物链转移因子及部分参数

表6.2-7 惰性气体空气浸没外照射有效剂量转换因子

表6.2-8 空气浸没、地面沉积外照射剂量转换因子

表6.2-9 空气吸入、食入内照射有效剂量转换因子

表6.2-10 母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射相应核素份额和有效剂量转换因子

表6.2-11 高通量堆对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

表6.2-12 高通量堆对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量

表6.2-13 高通量堆对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

表6.2-14 高通量堆对各子区公众个人（婴儿）造成的有效剂量

表6.2-15 高通量堆造成各子区公众集体有效剂量

表6.2-16 各放射性核素通过各途径对关键人群组造成的有效剂量

图

图6.2-1 气态照射途径

6.2 正常运行的环境影响

6.2.1 照射途径

本项目评价子区按照 0~1km、1~2km、2~3km、3~5km、5~10km、10~20km、20~30km、30~40km、40~50km 九个距离 16 个方位进行划分。

本项目中高通量堆在运行过程中会释放部分惰性气体、放射性粒子等，通过烟囱释放入环境；本项目反应堆产生的低放废水经处理达标后，经液转气排放，即液态途径没有向环境排放的放射性物质。因此，对公众的辐射环境影响评价主要考虑气载放射性物质排放的影响，计算中主要考虑如下四种照射途径：

- 空气浸没外照射；
- 地面沉积物外照射；
- 吸入空气内照射；
- 食入陆生食品内照射。

图 6.2-1 给出了气载放射性流出物排放对场址周围公众造成辐射的途径示意图。

6.2.2 释放源项

高通量堆向环境排放的年度放射性源项见表 4.7-4。

6.2.3 计算模式

6.2.3.1 大气弥散和地面沉积

根据核安全导则 HAD101/02 推荐高斯直线烟羽扩散模型，采用石岛湾场址气象塔 2021 年 1 月到 2021 年 12 月一整年逐时观测的风向、风速和温度，以及地面气象站的逐时雨量等气象数据，计算场址区域的长期大气弥散因子和地面沉积因子，本项目烟囱释放高度为 40m，烟囱内径 1.9m，排风速率保守取 0m/s，周围最高建筑物为 35m，由于周围最高建筑物的高度小于烟囱高度，且其 2 倍又大于烟囱高度，因此假定为混合排放方式。大气弥散计算还考虑了气载放射性流出物雨水冲洗、重力沉降、以及核素衰变等因素造成的烟羽损耗和地面沉积。

大气弥散因子和地面沉积因子的计算模式如下：

混合释放情况下的长期大气弥散因子按如下公式进行计算：

$$(\chi/Q) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{m=1}^N [(1-E_m) \cdot (\chi/Q)_{Hm} + E_m (\chi/Q)_{Gm}]$$

式中：

(χ/Q) — 混合释放情况下计算点处的长期大气弥散因子， s/m^3 ；

N — 全年中总的有效测量小时数，无量纲；

E_m — 第 m 小时高架释放与地面释放的分配系数，无量纲计算如下：

当 $W_0/U_s < 1$ 时， $E_t=1$

当 $1 \leq W_0/U_s \leq 1.5$ 时， $E_t=2.58-1.58 (W_0/U_s)$

当 $1.5 < W_0/U_s \leq 5$ 时， $E_t=0.3-0.06 (W_0/U_s)$

当 $W_0/U_s > 5$ 时， $E_t=0$

式中：

W_0 — 烟流出口速度， m/s ；

U_s — 烟囱高度处的风速， m/s 。

$(\chi/Q)_{Hm}$ — 高架释放情况下计算点处第 m 小时的大气弥散因子， s/m^3 ；

$(\chi/Q)_{Gm}$ — 地面释放情况下计算点处第 m 小时的大气弥散因子， s/m^3 。

(a) 高架情况下大气弥散因子的计算

对于高架释放，根据公式 $He+2.15\sigma_z(x) = Hm$ 确定考虑混合层的影响起始距离

Xb ，其中 $He=Hs+\Delta H$ 为烟流的有效高度， Hm 为混合层高度。

当 $X < Xb$ 时，不考虑混合层的影响：

$$(\chi/Q)_{Hm} = \frac{2.032}{X \cdot U_H \sigma_z} \cdot f_{Hm} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot \frac{X}{U_H}) \cdot \exp[-\frac{1}{2}(\frac{He}{\sigma_z})^2]$$

当 $Xb \leq X < 2Xb$ 时，假定烟流在地面和混合层之间的多次反射：

$$(\chi/Q)_{Hm} = \frac{2.032}{X \cdot U_H \sigma_z} \cdot f_{Hm} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot \frac{X}{U_H}) \cdot \sum_{n=2}^{\infty} \exp[-\frac{1}{2}(\frac{2nHm - He}{\sigma_z})^2]$$

当 $X \geq 2Xb$ 时，假定烟流在地面和混合层之间的均匀混合：

$$(\chi/Q)_{Hm} = \frac{2.032}{X \cdot U_{Hm} (0.79788 Hm)} \cdot f_{Hm} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot \frac{X}{U_H})$$

式中：

X — 计算点到释放点的距离，m；

U_{Hm} — 第 m 小时烟流有效高度处的风速，m/s；

σ_z — 计算点处烟流的垂直标准偏差，m；

f_{Hm} — 高架释放情况下第 m 小时干沉降和湿沉降引起的烟流耗减校正因子，无量纲；

$$f_{Hm} = f_{Hdm} \cdot f_{HWm}$$

式中：

f_{Hdm} — 高架释放情况下第 m 小时干沉降引起的烟流耗减校正因子，无量纲；

$$f_{Hdm} = \exp\left\{-\left(\frac{2}{\pi}\right)^{0.5} \cdot \frac{V_d}{U_{Hm}} \cdot \int_0^X \frac{1}{\sigma_z} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H_s + \Delta H}{\sigma_z}\right)^2\right] \cdot dx\right\}$$

f_{HWm} — 高架释放情况下第 m 小时湿沉降引起的烟流耗减校正因子，无量纲。

$$f_{HWm} = \exp\left(-\frac{\alpha \cdot I_m \cdot X}{U_{Hm}}\right)$$

上两式中：

V_d — 放射性物质的干沉降速度，m/s；

α — 降水对放射性物质的冲洗比例常数，h/(mm·s)；

I_m — 第 m 小时的降水强度，mm/h。

λ_i — 核素 i 的放射性衰变常数，s⁻¹；

H_s — 烟流释放高度（即烟囱高度），m；

2.032 — $(2/\pi)^{0.5}/(\pi/8)$ 的值；

ΔH — 烟流抬升高度，m。

当烟囱高度为邻近建筑物 2~2.5 倍（或烟囱高度低于邻近建筑物 2~2.5 倍但烟流出口速度大于烟流出口处水平风速 5 倍）时，在中性或不稳定条件下：

$$\Delta H = 1.44 D_i \left(\frac{W_0}{U_s} \right)^{2/3} \cdot \left(\frac{X}{D_i} \right)^{1/3} - C$$

式中：

W_0 — 烟流出口速度，m/s；

U_s — 烟囱高度处的风速，m/s；

D_i — 烟囱出口的内径，m；

C — 当 $W_0 < 1.5U_s$ 时的下冲修正因子，m。

$$C = 3 \cdot \left(1.5 - \frac{W_0}{U_s} \right) \cdot D_e$$

式中： D_e — 烟囱外径，m。

用下式进行估算并取较小值作为烟流抬升高度： $\Delta H = 3 \frac{W_0}{U_s} D_i$

在稳定条件下，计算结果要与下面两个公式计算值作比较，并以最小值作为烟流抬升高度：

$$\Delta H = 4 \cdot \left(\frac{F_m}{S} \right)^{1/4} \quad , \quad \Delta H = 1.5 S^{-1/6} \left(\frac{F_m}{U_s} \right)^{1/3}$$

上两式中：

F_m — 动量通量参数；

S — 稳定度参数。

$$F_m = W_0^2 \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \quad , \quad S \approx \frac{g}{T} \left(- \frac{\partial \theta}{\partial Z} \right)$$

式中：

g — 重力加速度，m/s²；

T — 周围空气温度，K；

$-\frac{\partial \theta}{\partial Z}$ — 位温递减率，K/m。

对于 E 类稳定度， $S=8.7 \times 10^{-4}$ ；

对于 F 类稳定度， $S=1.75 \times 10^{-3}$ 。

(b) 地面放情况下大气弥散因子的计算

$$(\chi/Q)_{Gm} = \frac{2.032}{X \cdot U_{Gm} \cdot \sum_Z} \cdot f_{Gm} \cdot \exp(-\lambda_i \cdot \frac{X}{U_{Gm}})$$

式中：

X — 计算点到释放点的距离，m；

U_{Gm} — 第 m 小时的地面风速，m/s；

\sum_Z — 经建筑物尾流校正后的垂直标准偏差，m，选择以下计算结果较小者：

$$\sum_Z = (\sigma_Z^2 + \frac{0.5}{\pi} D_Z^2)^{0.5}, \quad \sum_Z = \sqrt{3} \cdot \sigma_Z$$

上两式中：

σ_Z — 计算点处烟流的垂直标准偏差，m；

D_Z — 释放点邻近建筑物的高度，m。

f_{Gm} — 地面释放情况下第 m 小时干沉降和湿沉降引起的烟流耗减校正因子，无量纲；

$$f_{Gm} = f_{Gdm} \cdot f_{Gwm}$$

式中：

f_{Gdm} — 地面释放情况下第 m 小时干沉降引起的烟流耗减校正因子，无量纲；

$$f_{Gdm} = \exp[-(\frac{2}{\pi})^{0.5} \cdot \frac{V_d}{U_{Gm}} \cdot \int_0^x \frac{1}{\sum_Z} \cdot dX]$$

f_{Gwm} — 地面释放情况下第 m 小时湿沉降引起的烟流耗减校正因子，无量纲。

$$f_{Gwm} = \exp(-\frac{\alpha \cdot I_m \cdot X}{U_{Gm}})$$

上两式中：

V_d — 放射性物质的干沉降速度，m/s；

α — 降水对放射性物质的冲洗比例常数，h/(mm·s)；

I_m — 第 m 小时的降水强度，mm/h。

λ_i — 核素 i 的放射性衰变常数，s⁻¹；

2.032 — $(2/\pi)^{0.5} / (\pi/8)$ 的值。

(c) 长期地面沉积因子

$$(D/Q) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{m=1}^N \left\{ (1 - E_{im}) \cdot [(\chi/Q)_{Hm} \cdot V_d + \frac{8\alpha \cdot I_m}{\pi \cdot X \cdot U_{Hm}}] \right. \\ \left. + E_{im} [(\chi/Q)_{Gm} \cdot V_d + \frac{8\alpha \cdot I_m}{\pi \cdot X \cdot U_{Gm}}] \right\}$$

式中：

(D/Q) — 混合释放情况下计算点处的长期地面沉积因子， m^{-2} ；

N — 全年中总的有效测量小时数，无量纲；

E_{im} — 第 m 小时高架释放与地面释放的分配系数，无量纲；

$(\chi/Q)_{Hm}$ — 高架释放情况下计算点处第 m 小时的大气弥散因子， s/m^3 ；

V_d — 放射性物质的干沉降速度， m/s ；

α — 降水对放射性物质的冲洗比例常数， $h/(mm \cdot s)$ ；

I_m — 第 m 小时的降水强度， mm/h ；

X — 计算点到释放点的距离， m ；

U_{Hm} — 第 m 小时烟流有效高度处的风速， m/s ；

$(\chi/Q)_{Gm}$ — 地面释放情况下计算点处第 m 小时的大气弥散因子， s/m^3 ；

U_{Gm} — 第 m 小时的地面风速， m/s 。

本项目厂址均位于山东省威海市荣成市，本次评价选取的气象参证站为石岛湾核电站厂址气象观测系统。本阶段采用石岛湾核电站厂址气象观测系统 2021 年一个整年的逐时气象观测数据估算厂址的长期大气弥散因子以及长期地面沉积因子。

根据上述模型和气象数据，表 6.2-1、表 6.2-2 和表 6.2-3 分别列出了厂址半径 80km 范围各子区部分放射性核素的长期大气弥散因子（ ^{14}C 、 3H 、 ^{85}Kr 、 ^{60}Co 、 ^{131}I ）、长期地面干沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I ）和长期地面湿沉积因子（ ^{60}Co 、 ^{131}I ）。

6.2.3.2 剂量计算模式

正常运行状态下，气载放射性流出物通过空气浸没外照射、地面沉积外照射、吸入空气内照射、食入陆生食品内照射等照射途径对公众造成辐射剂量。气载放射性物质通过各照射途径对公众造成的剂量估算模式如下。

（1）空气浸没外照射剂量

$$D_{EA} = 8760 \cdot \left(\sum_i \chi_i \cdot DF_{EAi} \cdot F \right) \quad (6.2-1)$$

式中：

D_{EA} — 公众个人浸没于污染的半无限烟云中受到的有效剂量，Sv/a；

DF_{EAi} — 浸没于半无限烟云中放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子，
(Sv/h) / (Bq/m³)；

F — 建筑物的屏蔽因子，无量纲；

8760 — h/a 的换算系数；

χ_i — 地面空气中放射性核素 i 的浓度，Bq/m³：

$$\chi_i = 3.17 \times 10^{-8} \cdot Q_{Gi} \cdot (\chi/Q)_i \quad (6.2-1-1)$$

式中：

χ_i — 地面空气中放射性核素 i 的浓度，Bq/m³；

Q_{Gi} — 气载流出物中放射性核素 i 的年平均释放率，Bq/a；

$(\chi/Q)_i$ — 放射性核素 i 的年平均大气弥散因子，s/m³；

3.17×10^{-8} — a/s 的换算系数。

（2）地面沉积外照射剂量

$$D_{EG} = 8760 \cdot \left\{ \sum_i \gamma_i \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Gi} \cdot t_G)] \cdot \lambda_{Gi}^{-1} \cdot DF_{ESi} \right\} \quad (6.2-2)$$

式中：

D_{EG} — 公众个人逗留在污染的地面上受到的有效剂量，Sv/a；

γ_i — 放射性核素 i 的表面沉积率，Bq/(m²·d)：

$$\gamma_i = \frac{1}{365} Q_{Gi} \cdot (D/Q)_i \quad (6.2-2-1)$$

式中：

Q_{Gi} — 气载流出物中放射性核素 i 的年平均释放率，Bq/a；

$(D/Q)_i$ — 放射性核素 i 的年平均地面沉积因子，1/m²；

λ_{Gi} — 放射性核素 i 在陆地环境中的有效衰变常数，d⁻¹；

$$\lambda_{Gi} = \lambda_G + \lambda_i \quad (6.2-2-2)$$

式中：

λ_G — 放射性核素 i 在陆地环境中的物理去除常数， d^{-1} ；

λ_i — 放射性核素 i 的衰变常数， d^{-1} 。

t_G — 放射性核素在地面上的积累时间， d ；

DF_{Esi} — 沉积物中放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子， $(Sv/h)/(Bq/m^2)$ ；

— h/a 的换算系数。

（3）吸入内照射剂量

$$D_{EI} = 8760 \cdot \left\{ \sum_i \chi_i \cdot B_r \cdot DF_{Ei} \right\} \quad (6.2-3)$$

式中：

D_{EI} — 公众个人吸入污染空气造成的有效剂量， Sv/a ；

B_r — 人的呼吸率， m^3/h ；

DF_{Ei} — 吸入放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子， Sv/Bq ；

8760 — h/a 的换算系数；

χ_i — 地面空气中放射性核素 i 的浓度， Bq/m^3 ，见（6.2-1-1）式；

（4）食入陆生食品造成的内照射剂量

$$D_{EE} = D_{EE1} + D_{EE(H3)} + D_{EE(C14)} \quad (6.2-4)$$

式中：

D_{EE} — 公众个人食入陆生植物食品造成的有效剂量， Sv/a ；

D_{EE1} — 公众个人食入除 3H 、 ^{14}C 以外的放射性核素造成的有效剂量， Sv/a ，

见（6.2-4-1）式；

$D_{EE(H3)}$ — 公众个人食入 3H 造成的有效剂量， Sv/a ，见（6.2-4-2）式。

$D_{EE(C14)}$ — 公众个人食入 ^{14}C 造成的有效剂量， Sv/a ，见（6.2-4-3）式。

$$D_{EE1} = \sum_i U_{Ei} \cdot DF_{EEi} \quad (6.2-4-1)$$

式中：

DF_{EEi} — 食入放射性核素 i 对人体的有效剂量转换因子， Sv/Bq ；

U_{Ei} — 公众个人通过陆生动植食品食入除 ^3H 以外的放射性核素 i 的剂量, Bq/a, 见 (6.2-4-1-1) 式。

$$\begin{aligned}
 U_{Ei} = & U_V \cdot (F_{V1} \cdot C_{V1i} + F_{V2} \cdot C_{V2i}) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot T_V) \\
 & + U_L \cdot (F_{L1} \cdot C_{L1i} + F_{L2} \cdot C_{L2i}) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot T_L) \\
 & + U_F \cdot (F_{F1} \cdot C_{F1i} + F_{F2} \cdot C_{F2i}) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot T_F) \\
 & + U_M \cdot (F_{M1} \cdot C_{M1i} + F_{M2} \cdot C_{M2i}) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot T_M) \quad (6.2-4-1-1)
 \end{aligned}$$

式中:

U_V — 公众个人的粮食消费量, kg/a;

U_L — 公众个人的蔬菜消费量, kg/a;

U_F — 公众个人的肉类消费量, kg/a;

U_M — 公众个人的牛奶消费量, kg/a;

F_{V1} — 公众个人食入其所在子区生产的粮食的份额, 无量纲;

F_{L1} — 公众个人食入其所在子区生产的蔬菜的份额, 无量纲;

F_{F1} — 公众个人食入其所在子区生产的肉类的份额, 无量纲;

F_{M1} — 公众个人食入其所在子区生产的牛奶的份额, 无量纲;

F_{V2} — 公众个人食入其所在子区以外评价区生产的粮食的份额, 无量纲;

F_{L2} — 公众个人食入其所在子区以外评价区生产的蔬菜的份额, 无量纲;

F_{F2} — 公众个人食入其所在子区以外评价区生产的肉类的份额, 无量纲;

F_{M2} — 公众个人食入其所在子区以外评价区生产的牛奶的份额, 无量纲;

T_V — 粮食作物从收获到被消费的时间间隔, d;

T_L — 蔬菜从收获到被消费的时间间隔, d;

T_F — 从产肉动物被屠宰到被消费的时间间隔, d;

T_M — 从挤牛奶到牛奶被消费的时间间隔, d;

λ_i — 核素 i 的放射性衰变常数, d^{-1} ;

C_{V1i} — 公众个人所在子区粮食作物中放射性核素 i 的浓度, Bq/kg, 见 (6.2-4-1-1-a) ;

C_{V2i} — 公众个人所在子区以外的评价区粮食作物中放射性核素 i 的浓度, Bq/kg, 见 (6.2-4-1-1-a) ;

$$C_{vi} = \gamma_i \left\{ f_{vi} \cdot [1 - \exp(-\lambda_{vi} \cdot t_v)] \cdot Y_v^{-1} \cdot \lambda_{vi}^{-1} \cdot DDI + B_{vi} \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Gi} \cdot t_b)] \cdot \rho^{-1} \cdot \lambda_{Gi}^{-1} \right\}$$

(6.2-4-1-1-a)

式中：

C_{vi} — 作物中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg；

γ_i — 放射性核素 i 的表面沉积率，Bq/（m²·d）；

f_{vi} — 沉积在作物茎叶上的放射性核素 i 转移到可食部分的份额，无量纲；

λ_{vi} — 放射性核素 i 在作物中的有效去除常数，d⁻¹；

$\lambda_{vi} = \lambda_v + \lambda_i$ ；其中 λ_v 为放射性核素 i 在作物中的物理去除常数，d⁻¹；

t_v — 作物在生长季节中的曝污时间，d；

Y_v — 作物可食部分的单位面积产量，kg/m²；

DDI — 清洗因子，无量纲；

B_{vi} — 作物可食部分从土壤中摄取放射性核素 i 的浓度因子，

（Bq/kg）/[Bq/kg（干土）]；

λ_{Gi} — 放射性核素 i 在土壤中的有效去除常数，d⁻¹；

$\lambda_{Gi} = \lambda_G + \lambda_i$ ；其中 λ_G 为放射性核素 i 在土壤中的物理去除常数，d⁻¹；

t_b — 土壤中放射性核素的累积时间，d；

ρ — 15cm 深度内土壤的有效面密度，kg（干土）/m²；

1/365 — a/d 的换算系数。

C_{Li} — 公众个人所在子区蔬菜中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg，见（6.2-4-1-1-b）；

C_{L2i} — 公众个人所在子区以外的评价区蔬菜中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg，见（6.2-4-1-1-b）式；

$$C_{Li} = \gamma_i \left\{ f_{Li} \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Li} \cdot t_L)] \cdot Y_L^{-1} \cdot \lambda_{Li}^{-1} \cdot DDI + B_{Li} \cdot [1 - \exp(-\lambda_{Gi} \cdot t_b)] \cdot \rho^{-1} \cdot \lambda_{Gi}^{-1} \right\}$$

(6.2-4-1-1-b)

式中：

C_{Li} — 蔬菜中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg；

γ_i — 放射性核素 i 的表面沉积率，Bq/（m²·d）；

f_{Li} — 沉积在蔬菜茎叶上的放射性核素 i 转移到可食部分的份额，无量纲；

λ_{Li} — 放射性核素 i 在蔬菜中的有效去除常数， d^{-1} ；

$\lambda_{Li} = \lambda_L + \lambda_i$ ；其中 λ_L 为放射性核素 i 在蔬菜中的物理去除常数， d^{-1} 。

t_L — 蔬菜在生长季节中的曝污时间， d ；

Y_L — 蔬菜可食部分的单位面积产量， kg/m^2 ；

DDI — 清洗因子，无量纲；

B_{Li} — 蔬菜可食部分从土壤中摄取放射性核素 i 的浓度因子，
(Bq/kg) / [Bq/kg (干土)]；

λ_{Gi} — 核素 i 的放射性衰变常数， d^{-1} ；

t_b — 土壤中放射性累积时间， d ；

ρ — 15cm 深度内土壤的有效面密度， kg (干土) / m^2 。

C_{Fi} — 公众个人所在子区肉类中放射性核素 i 的浓度， Bq/kg ，见 (6.2-4-1-1-c)；

C_{F2i} — 公众个人所在子区以外的评价区肉类中放射性核素 i 的浓度， Bq/kg ，
见 (6.2-4-1-1-c)；

$$C_{Fi} = f_{Fi} \cdot [f_{FP} \cdot f_{FF} \cdot C_{Pi} + (1 - f_{FP} \cdot f_{FF}) \cdot C_{Si}] \cdot U_F \quad (6.2-4-1-1-c)$$

式中：

C_{Fi} — 肉类中放射性核素 i 的浓度， Bq/kg ；

f_{Fi} — 产肉动物每天摄入放射性核素 i 转移到肉中的份额，(Bq/kg) / (Bq/d)；

f_{FP} — 一年中产肉动物在牧场上放牧的时间份额，无量纲；

f_{FF} — 产肉动物在牧场上放牧时每天食入鲜饲料的份额，无量纲；

C_{Pi} — 鲜饲料中放射性核素 i 的浓度，按 (6.2-4-1-1-a) 式计算， Bq/kg ；

C_{Si} — 贮存饲料中放射性核素 i 的浓度，按 (6.2-4-1-1-a) 式计算，并考虑收获至
消费时间内放射性衰变的修正， Bq/kg ；

U_F — 产肉动物每天消费的饲料量， kg/d 。

C_{M1i} — 公众个人所在子区牛奶中放射性核素 i 的浓度， Bq/kg ，见 (6.2-4-1-1-d)；

C_{M2i} — 公众个人所在子区以外的评价区牛奶中放射性核素 i 的浓度， Bq/kg ，
见 (6.2-4-1-1-d)；

$$C_{Mi} = f_{Mi} \cdot [f_{MP} \cdot f_{MF} \cdot C_{Pi} + (1 - f_{MP} \cdot f_{MF}) \cdot C_{Si}] \cdot U_C \quad (6.2-4-1-1-d)$$

式中：

C_{Mi} — 牛奶中放射性核素 i 的浓度，Bq/kg；

f_{Mi} — 奶牛每天摄入放射性核素 i 转移到牛奶中的份额，(Bq/kg) / (Bq/d)；

f_{MP} — 一年中奶牛在牧场上放牧的时间份额，无量纲；

f_{MF} — 奶牛在牧场上放牧时每天食入鲜饲料的份额，无量纲；

C_{Pi} — 鲜饲料中放射性核素 i 的浓度，按 (6.2-4-1-1-a) 式计算，Bq/kg；

C_{Si} — 贮存饲料中放射性核素 i 的浓度，按 (6.2-4-1-1-a) 式计算，并考虑收获至消费时间内放射性衰变的修正，Bq/kg；

U_C — 奶牛每天消费的饲料量，kg/d。

$$D_{EE(H3)} = 10^3 \cdot 3.17 \times 10^{-8} \cdot Q_{H3} \cdot \left\{ U_V \cdot \left[F_{V1} \cdot (x/Q_{H3})_1 + F_{V2} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{H3})_K \cdot T_{V,K}}{\sum_K T_{V,K}} \right] \cdot f_{wV} + \right. \\ U_L \cdot \left[F_{L1} \cdot (x/Q_{H3})_1 + F_{L2} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{H3})_K \cdot T_{L,K}}{\sum_K T_{L,K}} \right] \cdot f_{wL} + \\ U_F \cdot \left[F_{F1} \cdot (x/Q_{H3})_1 + F_{F2} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{H3})_K \cdot T_{F,K}}{\sum_K T_{F,K}} \right] \cdot f_{wF} + \\ \left. U_M \cdot \left[F_{M1} \cdot (x/Q_{H3})_1 + F_{M2} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{H3})_K \cdot T_{M,K}}{\sum_K T_{M,K}} \right] \cdot f_{wM} \right\} \cdot H^{-1} \cdot DF_{ET} \quad (6.2-4-2)$$

式中：

$D_{EE(H3)}$ — 公众个人通过食入陆生食品摄入 3H 造成的有效剂量，Sv/a；

Q_{H3} — 正常运行工况下 3H 向环境的释放率，Bq/a；

H — 空气中的平均湿度，g(水)/m³(空气)；

DF_{ET} — 食入 3H 对人体的有效剂量转换因子，Sv/Bq；

10^3 — g/kg 的换算系数；

3.17×10^{-8} — a/s 的换算系数。

$T_{V,K}$ — 第 K 子区生产的粮食作物总产量，kg/a；

- $T_{L, K}$ — 第 K 子区生产的蔬菜总产量, kg/a ;
- $T_{F, K}$ — 第 K 子区生产的肉类食品的总产量, kg/a ;
- $T_{M, K}$ — 第 K 子区生产的奶类食品的总产量, L/a ;
- $(\chi/Q_{H3})_l$ — 公众个人所在子区 ^3H 的长期大气弥散因子, s/m^3 ;
- $(\chi/Q_{H3})_K$ — 第 K 子区 ^3H 的长期大气弥散因子, s/m^3 ;
- U_V — 公众个人的作物消费量, kg/a ;
- U_L — 公众个人的蔬菜消费量, kg/a ;
- U_L — 公众个人的肉类消费量, kg/a ;
- U_M — 公众个人的牛奶消费量, L/a ;
- F_{V1} — 公众个人食入其所在子区生产的作物的份额, 无量纲;
- F_{L1} — 公众个人食入其所在子区生产的蔬菜的份额, 无量纲;
- F_{F1} — 公众个人食入其所在子区生产的肉类的份额, 无量纲;
- F_{M1} — 公众个人食入其所在子区生产的牛奶的份额, 无量纲;
- F_{V2} — 公众个人食入其所在子区以外的评价区生产的作物的份额, 无量纲;
- F_{L2} — 公众个人食入其所在子区以外的评价区生产的蔬菜的份额, 无量纲;
- F_{F2} — 公众个人食入其所在子区以外的评价区生产的肉类的份额, 无量纲;
- F_{M2} — 公众个人食入其所在子区以外的评价区生产的牛奶的份额, 无量纲;
- f_{wV} — 作物中的含水率, 无量纲;
- f_{wL} — 蔬菜中的含水率, 无量纲;
- f_{wF} — 肉类中的含水率, 无量纲;
- f_{wM} — 牛奶中的含水率, 无量纲。

$$\begin{aligned}
D_{EE(C14)} = & 3.17 \times 10^{-8} \cdot Q_{14} \cdot \frac{F}{C} \cdot \left\{ [F_{1,v} \cdot (x/Q_{14})_1 + F_{2,v} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{14})_K \cdot T_{v,K}}{\sum_K T_{v,K}}] \cdot U_v \cdot f_v \right. \\
& + [F_{1,F} \cdot (x/Q_{14})_1 + F_{2,F} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{14})_K \cdot T_{F,K}}{\sum_K T_{F,K}}] \cdot W_F \cdot T_F \cdot U_F \cdot f_F + \\
& \left. [F_{1,M} \cdot (x/Q_{14})_1 + F_{2,M} \cdot \frac{\sum_K (x/Q_{14})_K \cdot T_{M,K}}{\sum_K T_{M,K}}] \cdot W_M \cdot T_M \cdot U_M \cdot f_M \right\} \cdot DF_{14,A}
\end{aligned} \tag{6.2-4-3}$$

式中：

$D_{EE(C14)}$ —公众个人通过食入陆生食品摄入 ^{14}C 造成的有效剂量，Sv/a；

Q_{14} —正常运行工况下 ^{14}C 向环境的释放率，Bq/a；

F —一年中 ^{14}C 向大气排放的总时间与一年中植物发生光合作用的总时间（定为 4400h）之比，无量纲，如果 ^{14}C 连续排放， $F=1$ ；

f —粮食作物和蔬菜中稳定碳的质量份额，无量纲，对于食品植物 f_v 取 0.18，对饲料植物 f_F 取 0.09；

C —空气中稳定碳的浓度， kg/m^3 ，取 1.8×10^{-4} ；

F_{1v} —公众个人食入其所在子区生产的陆生植物食品（粮食，蔬菜）占其食入陆生植物食品总量的份额；

F_{1F} —公众个人食入其所在子区生产的肉类食品占其食入肉类食品总量的份额；

F_{1M} —公众个人食入其所在子区生产的奶类食品占其食入奶类食品总量的份额；

F_{2v} — 公众个人食入除其所在子区以外的评价区生产的陆生植物食品（粮食，蔬菜）占其食入陆生植物食品总量的份额；

F_{2F} — 公众个人食入除其所在子区以外的评价区生产的肉类食品占其食入肉类食品总量的份额；

F_{2M} — 公众个人食入除其所在子区以外的评价区生产的奶类食品占其食入奶类食品总量的份额；

T_{vK} — 第 K 子区生产的陆生植物食品（粮食，蔬菜）的总产量， kg/a ；

T_{FK} — 第 K 子区生产的肉类食品的总产量， kg/a ；

T_{MK} — 第 K 子区生产的奶类食品的总产量， L/a ；

$(\chi/Q_{14})_l$ — 公众个人所在子区 ^{14}C 的长期大气弥散因子, s/m^3 ;

$(\chi/Q_{14})_K$ — 第 K 子区 ^{14}C 的长期大气弥散因子, s/m^3 ;

U_V — 公众个人食入陆生植物食品（粮食，蔬菜）的数量, kg/a ;

U_F — 公众个人食入肉类食品的数量, kg/a ;

U_M — 公众个人食入奶类食品的数量, L/a ;

W_F — 产肉动物食入饲料的数量, kg/d , 取 $5\text{kg}/\text{d}$;

W_M — 产奶动物食入饲料的数量, kg/d , 取 $50\text{kg}/\text{d}$;

T_F — 产肉动物通过食入饲料而摄入的 ^{14}C 转移到肉中的份额, $(\text{Bq}/\text{kg})/(\text{Bq}/\text{d})$,
取 $3.1 \times 10^{-2} (\text{Bq}/\text{kg})/(\text{Bq}/\text{d})$;

T_M — 产奶动物通过食入饲料而摄入的 ^{14}C 转移到奶中的份额, $(\text{Bq}/\text{kg})/(\text{Bq}/\text{d})$,
取 $1.2 \times 10^{-2} (\text{Bq}/\text{kg})/(\text{Bq}/\text{d})$;

$DF_{14,A}$ — 公众 ^{14}C 的食入内照射有效剂量转换因子, Sv/Bq ;

3.17×10^{-8} — a/s 的换算系数。

（5）婴儿食入母乳内照射剂量

参考 ICRP Publication 95: Doses to Infants from Ingestion of Radionuclides in Mother's Milk, 母体吸入和摄入放射性核素后核素一部分份额转移至母乳中, 婴儿食入母乳后受到内照射。婴儿食入母乳受到内照射剂量的计算模式如下:

$$D_{\text{Baby}} = \sum_i U_{i,m} \cdot DI_i + \sum_i U_{E,i,m} \cdot DE_i$$

式中:

D_{Baby} — 婴儿个人食入母乳造成的有效剂量, Sv/a ;

$U_{i,m}$ — 母体个人通过空气吸入放射性核素 i 的量, Bq/a ;

$U_{E,i,m}$ — 母体个人通过食品摄入放射性核素 i 的量, Bq/a ;

DI_i — 母体吸入放射性核素 i 对婴儿的有效剂量转换因子, Sv/Bq ;

DE_i — 母体摄入放射性核素 i 对婴儿的有效剂量转换因子, Sv/Bq ;

6.2.4 辐射剂量计算

6.2.4.1 计算参数

（1）环境参数

根据对本项目场址周围环境特征的调查成果，以及国际原子能机构 IAEA 19 号安全报告对相关参数的推荐，表 6.2-4 给出了辐射剂量计算的有关环境介质参数。

表 6.2-5 给出了用于气态途径途径辐射剂量计算的参数。

表 6.2-6 给出了环境辐射剂量计算中陆生产品食物链转移因子及部分参数。

（2）剂量转换因子

根据《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），表 6.2-7 给出了惰性气体空气浸没外照射有效剂量转换因子。

根据国际原子能机构 IAEA 19 号安全报告，表 6.2-8 给出了空气浸没和地面沉积外照射有效剂量转换因子。

表 6.2-9 根据《电离辐射防护和辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）给出了空气吸入及食入有效剂量转换因子。

参考 ICRP CD3 数据库，表 6.2-10 给出了母体吸入和摄入放射性核素后，婴儿通过食入母乳而转移至婴儿体内的份额及对婴儿内照射的有效剂量转换因子。

（3）食物消费和生活习惯因子

本项目评价区范围内居民的食物消费详见本报告第二章。

6.2.4.2 公众个人剂量与集体剂量

根据以上剂量计算模式和参数，表 6.2-11~表 6.2-15 给出了本项目气载放射性流出物排放造成场址半径 50km 范围内各子区中各年龄段（成人、青少年、儿童、婴儿）公众个人造成的辐射剂量估算结果和集体剂量估算结果。

从表中可以看出，本项目气载放射性流出物排放对各年龄段公众造成的受照剂量最大的子区均为 SSE 方位 2~3km 子区，分别对该子区成人、青少年、儿童和婴儿组公众个人造成的剂量为 $3.67 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ 、 $3.36 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ 、 $2.47 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ 和 $1.79 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，其中成人组公众为最大受照年龄组。

6.2.4.3 三关键分析

通过上述分析，本项目正常运行气载放射性流出物释放对场址 SSE 方位 2~3km 子区后海崖渔民的成人组公众造成的年受照剂量最大，为 $3.74 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，同时考虑到场址附近在气载放射性物质辐射途径上未发现其他特殊生活习性，因此，将场址

SSE 方位 2~3km 子区后海崖渔民的成人组公众作为受辐射影响可能的关键人群组。表 6.2-16 给出了各放射性核素通过各途径对关键人群组（SSE 方位 2~3km 子区后海崖的成人组公众）造成的有效剂量。

由表可以看出：

- 可能的关键照射途径为食入陆生食品内照射途径，对关键人群组个人造成的有效剂量为 $3.65 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 97.36%，其他重要照射途径为吸入空气内照射途径，对关键人群组个人造成的有效剂量为 $7.14 \times 10^{-11} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 1.91%；
- 可能的关键核素为 ^{14}C ，对关键人群组个人造成的有效剂量为 $3.57 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，占个人总有效剂量的 95.39%，其他重要核素有 ^3H 和 ^{131}I ，对关键人群组造成的有效剂量分别为 $1.02 \times 10^{-10} \text{Sv/a}$ 和 $5.11 \times 10^{-11} \text{Sv/a}$ ，分别占个人总有效剂量的 2.73% 和 1.37%；
- 关键人群组个人受到的有效剂量为 $3.74 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，占本项目剂量约束值（0.01mSv）的 0.0374%，满足剂量约束的要求。

6.2.5 辐射影响评价

通过上述计算和分析，本项目正常运行状态下，气载放射性流出物排放造成公众最大有效剂量为 $3.67 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，为位于场址 SSE 方位 2~3km 子区的成人组一般公众，占本项目剂量约束值（0.01mSv）的 0.0374%，满足剂量约束的要求。

同时，该人群也是可能的关键居民组，需要关注的关键照射途径为食入陆生食品内照射途径，其他重要照射途径为地面沉积外照射途径。需要关注的关键核素为 ^{14}C ，其他重要核素有 ^3H 和 ^{131}I 。

表 6.2-1 (1/5)

厂址长期大气弥散因子 (^{14}C)单位: s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	2.82E-06	9.62E-07	4.34E-07	2.18E-07	8.97E-08	3.52E-08	1.85E-08	1.23E-08	9.10E-09
NNE	3.58E-06	1.23E-06	5.54E-07	2.77E-07	1.14E-07	4.49E-08	2.35E-08	1.56E-08	1.15E-08
NE	4.67E-06	1.60E-06	7.21E-07	3.59E-07	1.47E-07	5.73E-08	3.00E-08	2.00E-08	1.48E-08
ENE	3.32E-06	1.18E-06	5.45E-07	2.78E-07	1.16E-07	4.55E-08	2.34E-08	1.53E-08	1.12E-08
E	3.89E-06	1.39E-06	6.44E-07	3.29E-07	1.37E-07	5.37E-08	2.75E-08	1.80E-08	1.31E-08
ESE	4.08E-06	1.47E-06	6.86E-07	3.52E-07	1.47E-07	5.77E-08	2.95E-08	1.93E-08	1.40E-08
SE	4.69E-06	1.67E-06	7.75E-07	3.95E-07	1.65E-07	6.43E-08	3.30E-08	2.16E-08	1.58E-08
SSE	5.32E-06	1.90E-06	8.82E-07	4.50E-07	1.88E-07	7.38E-08	3.79E-08	2.47E-08	1.81E-08
S	4.95E-06	1.77E-06	8.24E-07	4.21E-07	1.76E-07	6.91E-08	3.54E-08	2.31E-08	1.69E-08
SSW	4.39E-06	1.56E-06	7.25E-07	3.70E-07	1.54E-07	6.05E-08	3.11E-08	2.04E-08	1.49E-08
SW	3.92E-06	1.36E-06	6.20E-07	3.13E-07	1.30E-07	5.08E-08	2.65E-08	1.76E-08	1.30E-08
WSW	3.02E-06	1.04E-06	4.72E-07	2.38E-07	9.90E-08	3.90E-08	2.04E-08	1.35E-08	9.98E-09
W	2.63E-06	9.04E-07	4.10E-07	2.07E-07	8.58E-08	3.39E-08	1.77E-08	1.18E-08	8.70E-09
WNW	2.60E-06	8.99E-07	4.10E-07	2.07E-07	8.61E-08	3.38E-08	1.76E-08	1.17E-08	8.61E-09
NW	2.82E-06	9.52E-07	4.27E-07	2.13E-07	8.75E-08	3.44E-08	1.82E-08	1.22E-08	9.11E-09
NNW	2.52E-06	8.79E-07	4.04E-07	2.05E-07	8.52E-08	3.35E-08	1.74E-08	1.15E-08	8.45E-09

表 6.2-1 (2/5)

厂址长期大气弥散因子 (^3H)单位: s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	2.82E-06	9.62E-07	4.34E-07	2.18E-07	8.97E-08	3.52E-08	1.85E-08	1.23E-08	9.10E-09
NNE	3.58E-06	1.23E-06	5.54E-07	2.77E-07	1.14E-07	4.49E-08	2.35E-08	1.56E-08	1.15E-08
NE	4.67E-06	1.60E-06	7.21E-07	3.59E-07	1.47E-07	5.73E-08	3.00E-08	2.00E-08	1.48E-08
ENE	3.32E-06	1.18E-06	5.45E-07	2.78E-07	1.16E-07	4.55E-08	2.34E-08	1.53E-08	1.12E-08
E	3.89E-06	1.39E-06	6.44E-07	3.29E-07	1.37E-07	5.37E-08	2.75E-08	1.80E-08	1.31E-08
ESE	4.08E-06	1.47E-06	6.86E-07	3.52E-07	1.47E-07	5.77E-08	2.95E-08	1.93E-08	1.40E-08
SE	4.69E-06	1.67E-06	7.75E-07	3.95E-07	1.65E-07	6.43E-08	3.30E-08	2.16E-08	1.58E-08
SSE	5.32E-06	1.90E-06	8.82E-07	4.50E-07	1.88E-07	7.38E-08	3.79E-08	2.47E-08	1.81E-08
S	4.95E-06	1.77E-06	8.24E-07	4.21E-07	1.76E-07	6.91E-08	3.54E-08	2.31E-08	1.69E-08
SSW	4.39E-06	1.56E-06	7.25E-07	3.70E-07	1.54E-07	6.05E-08	3.11E-08	2.04E-08	1.49E-08
SW	3.92E-06	1.36E-06	6.20E-07	3.13E-07	1.30E-07	5.08E-08	2.65E-08	1.76E-08	1.30E-08
WSW	3.02E-06	1.04E-06	4.72E-07	2.38E-07	9.90E-08	3.90E-08	2.04E-08	1.35E-08	9.98E-09
W	2.63E-06	9.04E-07	4.10E-07	2.07E-07	8.58E-08	3.39E-08	1.77E-08	1.18E-08	8.70E-09
WNW	2.60E-06	8.99E-07	4.10E-07	2.07E-07	8.61E-08	3.38E-08	1.76E-08	1.17E-08	8.61E-09
NW	2.82E-06	9.52E-07	4.27E-07	2.13E-07	8.75E-08	3.44E-08	1.82E-08	1.22E-08	9.11E-09
NNW	2.52E-06	8.79E-07	4.04E-07	2.05E-07	8.52E-08	3.35E-08	1.74E-08	1.15E-08	8.45E-09

表 6.2-1 (3/5)

厂址长期大气弥散因子 (^{85}Kr)单位: s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	2.82E-06	9.62E-07	4.34E-07	2.18E-07	8.97E-08	3.52E-08	1.85E-08	1.23E-08	9.10E-09
NNE	3.58E-06	1.23E-06	5.54E-07	2.77E-07	1.14E-07	4.49E-08	2.35E-08	1.56E-08	1.15E-08
NE	4.67E-06	1.60E-06	7.21E-07	3.59E-07	1.47E-07	5.73E-08	3.00E-08	2.00E-08	1.48E-08
ENE	3.32E-06	1.18E-06	5.45E-07	2.78E-07	1.16E-07	4.55E-08	2.34E-08	1.53E-08	1.12E-08
E	3.89E-06	1.39E-06	6.44E-07	3.29E-07	1.37E-07	5.37E-08	2.75E-08	1.80E-08	1.31E-08
ESE	4.08E-06	1.47E-06	6.86E-07	3.52E-07	1.47E-07	5.77E-08	2.95E-08	1.93E-08	1.40E-08
SE	4.69E-06	1.67E-06	7.75E-07	3.95E-07	1.65E-07	6.43E-08	3.30E-08	2.16E-08	1.58E-08
SSE	5.32E-06	1.90E-06	8.82E-07	4.50E-07	1.88E-07	7.38E-08	3.79E-08	2.47E-08	1.81E-08
S	4.95E-06	1.77E-06	8.24E-07	4.21E-07	1.76E-07	6.91E-08	3.54E-08	2.31E-08	1.69E-08
SSW	4.39E-06	1.56E-06	7.25E-07	3.70E-07	1.54E-07	6.05E-08	3.11E-08	2.04E-08	1.49E-08
SW	3.92E-06	1.36E-06	6.20E-07	3.13E-07	1.30E-07	5.08E-08	2.65E-08	1.76E-08	1.30E-08
WSW	3.02E-06	1.04E-06	4.72E-07	2.38E-07	9.90E-08	3.90E-08	2.04E-08	1.35E-08	9.98E-09
W	2.63E-06	9.04E-07	4.10E-07	2.07E-07	8.58E-08	3.39E-08	1.77E-08	1.18E-08	8.70E-09
WNW	2.60E-06	8.99E-07	4.10E-07	2.07E-07	8.61E-08	3.38E-08	1.76E-08	1.17E-08	8.61E-09
NW	2.82E-06	9.52E-07	4.27E-07	2.13E-07	8.75E-08	3.44E-08	1.82E-08	1.22E-08	9.11E-09
NNW	2.52E-06	8.79E-07	4.04E-07	2.05E-07	8.52E-08	3.35E-08	1.74E-08	1.15E-08	8.45E-09

表 6.2-1 (4/5)

厂址长期大气弥散因子 (^{60}Co)单位: s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	2.70E-06	8.81E-07	3.76E-07	1.77E-07	6.55E-08	2.18E-08	9.86E-09	5.95E-09	4.09E-09
NNE	3.44E-06	1.13E-06	4.80E-07	2.26E-07	8.35E-08	2.79E-08	1.26E-08	7.66E-09	5.29E-09
NE	4.50E-06	1.48E-06	6.33E-07	2.98E-07	1.11E-07	3.72E-08	1.71E-08	1.05E-08	7.27E-09
ENE	3.17E-06	1.07E-06	4.64E-07	2.21E-07	8.17E-08	2.64E-08	1.12E-08	6.40E-09	4.20E-09
E	3.72E-06	1.26E-06	5.53E-07	2.64E-07	9.86E-08	3.22E-08	1.37E-08	7.85E-09	5.13E-09
ESE	3.88E-06	1.32E-06	5.81E-07	2.78E-07	1.03E-07	3.30E-08	1.38E-08	7.79E-09	5.05E-09
SE	4.49E-06	1.53E-06	6.67E-07	3.19E-07	1.19E-07	3.88E-08	1.67E-08	9.61E-09	6.33E-09
SSE	5.07E-06	1.72E-06	7.49E-07	3.57E-07	1.32E-07	4.27E-08	1.81E-08	1.03E-08	6.73E-09
S	4.74E-06	1.61E-06	7.07E-07	3.39E-07	1.26E-07	4.11E-08	1.74E-08	9.82E-09	6.36E-09
SSW	4.19E-06	1.42E-06	6.18E-07	2.94E-07	1.09E-07	3.52E-08	1.49E-08	8.45E-09	5.50E-09
SW	3.75E-06	1.23E-06	5.27E-07	2.47E-07	9.07E-08	2.95E-08	1.29E-08	7.57E-09	5.11E-09
WSW	2.85E-06	9.19E-07	3.89E-07	1.82E-07	6.62E-08	2.14E-08	9.23E-09	5.40E-09	3.63E-09
W	2.48E-06	8.00E-07	3.38E-07	1.57E-07	5.68E-08	1.82E-08	7.80E-09	4.54E-09	3.04E-09
WNW	2.46E-06	7.95E-07	3.36E-07	1.56E-07	5.59E-08	1.76E-08	7.44E-09	4.32E-09	2.89E-09
NW	2.69E-06	8.57E-07	3.60E-07	1.67E-07	6.08E-08	2.00E-08	9.10E-09	5.55E-09	3.85E-09
NNW	2.40E-06	7.89E-07	3.39E-07	1.59E-07	5.82E-08	1.87E-08	8.03E-09	4.67E-09	3.12E-09

表 6.2-1 (5/5)

厂址长期大气弥散因子 (^{131}I)单位: s/m^3

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	1.73E-06	3.71E-07	1.08E-07	3.82E-08	1.04E-08	2.95E-09	1.34E-09	8.41E-10	6.02E-10
NNE	2.21E-06	4.88E-07	1.48E-07	5.36E-08	1.50E-08	4.22E-09	1.86E-09	1.15E-09	8.03E-10
NE	3.02E-06	6.94E-07	2.14E-07	7.77E-08	2.14E-08	5.69E-09	2.42E-09	1.45E-09	1.00E-09
ENE	1.86E-06	3.85E-07	1.07E-07	3.64E-08	9.25E-09	2.33E-09	9.75E-10	5.88E-10	4.07E-10
E	2.23E-06	4.68E-07	1.31E-07	4.38E-08	1.07E-08	2.44E-09	9.38E-10	5.39E-10	3.61E-10
ESE	2.23E-06	4.55E-07	1.24E-07	4.12E-08	1.01E-08	2.33E-09	9.02E-10	5.17E-10	3.42E-10
SE	2.72E-06	5.82E-07	1.66E-07	5.71E-08	1.45E-08	3.48E-09	1.38E-09	8.08E-10	5.44E-10
SSE	2.98E-06	6.23E-07	1.75E-07	5.96E-08	1.50E-08	3.59E-09	1.44E-09	8.50E-10	5.77E-10
S	2.82E-06	5.82E-07	1.58E-07	5.19E-08	1.25E-08	2.97E-09	1.21E-09	7.21E-10	4.95E-10
SSW	2.45E-06	5.00E-07	1.36E-07	4.53E-08	1.13E-08	2.72E-09	1.10E-09	6.52E-10	4.46E-10
SW	2.25E-06	4.57E-07	1.27E-07	4.38E-08	1.17E-08	3.22E-09	1.42E-09	8.78E-10	6.19E-10
WSW	1.64E-06	3.13E-07	8.41E-08	2.88E-08	8.07E-09	2.51E-09	1.22E-09	7.92E-10	5.78E-10
W	1.44E-06	2.76E-07	7.33E-08	2.45E-08	6.57E-09	1.96E-09	9.35E-10	6.04E-10	4.41E-10
WNW	1.41E-06	2.74E-07	7.45E-08	2.55E-08	6.88E-09	2.01E-09	9.45E-10	6.09E-10	4.44E-10
NW	1.66E-06	3.42E-07	9.89E-08	3.53E-08	9.97E-09	2.94E-09	1.37E-09	8.66E-10	6.22E-10
NNW	1.39E-06	2.76E-07	7.67E-08	2.65E-08	7.20E-09	2.05E-09	9.43E-10	5.98E-10	4.31E-10

表 6.2-2 (1/2)

厂址长期地面干沉积因子 (^{60}Co)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	5.41E-09	1.76E-09	7.52E-10	3.54E-10	1.31E-10	4.37E-11	1.97E-11	1.19E-11	8.17E-12
NNE	6.88E-09	2.25E-09	9.60E-10	4.51E-10	1.67E-10	5.57E-11	2.53E-11	1.53E-11	1.06E-11
NE	9.01E-09	2.96E-09	1.27E-09	5.97E-10	2.21E-10	7.44E-11	3.42E-11	2.10E-11	1.45E-11
ENE	6.34E-09	2.14E-09	9.29E-10	4.41E-10	1.63E-10	5.28E-11	2.24E-11	1.28E-11	8.39E-12
E	7.44E-09	2.53E-09	1.11E-09	5.29E-10	1.97E-10	6.44E-11	2.75E-11	1.57E-11	1.03E-11
ESE	7.77E-09	2.65E-09	1.16E-09	5.55E-10	2.06E-10	6.60E-11	2.76E-11	1.56E-11	1.01E-11
SE	8.99E-09	3.05E-09	1.33E-09	6.38E-10	2.38E-10	7.76E-11	3.34E-11	1.92E-11	1.27E-11
SSE	1.01E-08	3.43E-09	1.50E-09	7.14E-10	2.64E-10	8.54E-11	3.62E-11	2.06E-11	1.35E-11
S	9.47E-09	3.22E-09	1.41E-09	6.78E-10	2.53E-10	8.22E-11	3.47E-11	1.96E-11	1.27E-11
SSW	8.39E-09	2.83E-09	1.24E-09	5.89E-10	2.18E-10	7.04E-11	2.97E-11	1.69E-11	1.10E-11
SW	7.49E-09	2.46E-09	1.05E-09	4.95E-10	1.81E-10	5.89E-11	2.57E-11	1.51E-11	1.02E-11
WSW	5.70E-09	1.84E-09	7.79E-10	3.63E-10	1.32E-10	4.27E-11	1.85E-11	1.08E-11	7.25E-12
W	4.97E-09	1.60E-09	6.75E-10	3.14E-10	1.14E-10	3.64E-11	1.56E-11	9.07E-12	6.07E-12
WNW	4.91E-09	1.59E-09	6.72E-10	3.12E-10	1.12E-10	3.51E-11	1.49E-11	8.63E-12	5.78E-12
NW	5.37E-09	1.71E-09	7.20E-10	3.34E-10	1.22E-10	4.01E-11	1.82E-11	1.11E-11	7.71E-12
NNW	4.81E-09	1.58E-09	6.77E-10	3.19E-10	1.16E-10	3.74E-11	1.61E-11	9.34E-12	6.24E-12

表 6.2-2 (2/2)

厂址长期地面干沉积因子 (^{131}I)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	5.55E-08	1.19E-08	3.47E-09	1.22E-09	3.33E-10	9.43E-11	4.28E-11	2.69E-11	1.93E-11
NNE	7.07E-08	1.56E-08	4.73E-09	1.72E-09	4.81E-10	1.35E-10	5.97E-11	3.66E-11	2.57E-11
NE	9.68E-08	2.22E-08	6.84E-09	2.49E-09	6.83E-10	1.82E-10	7.73E-11	4.65E-11	3.21E-11
ENE	5.96E-08	1.23E-08	3.43E-09	1.16E-09	2.96E-10	7.45E-11	3.12E-11	1.88E-11	1.30E-11
E	7.12E-08	1.50E-08	4.18E-09	1.40E-09	3.42E-10	7.81E-11	3.00E-11	1.73E-11	1.16E-11
ESE	7.14E-08	1.46E-08	3.96E-09	1.32E-09	3.23E-10	7.44E-11	2.89E-11	1.65E-11	1.09E-11
SE	8.72E-08	1.86E-08	5.31E-09	1.83E-09	4.64E-10	1.11E-10	4.43E-11	2.59E-11	1.74E-11
SSE	9.53E-08	1.99E-08	5.61E-09	1.91E-09	4.79E-10	1.15E-10	4.62E-11	2.72E-11	1.85E-11
S	9.01E-08	1.86E-08	5.06E-09	1.66E-09	4.01E-10	9.51E-11	3.87E-11	2.31E-11	1.58E-11
SSW	7.85E-08	1.60E-08	4.36E-09	1.45E-09	3.60E-10	8.70E-11	3.53E-11	2.09E-11	1.43E-11
SW	7.20E-08	1.46E-08	4.07E-09	1.40E-09	3.75E-10	1.03E-10	4.55E-11	2.81E-11	1.98E-11
WSW	5.24E-08	1.00E-08	2.69E-09	9.22E-10	2.58E-10	8.05E-11	3.90E-11	2.53E-11	1.85E-11
W	4.61E-08	8.84E-09	2.35E-09	7.84E-10	2.10E-10	6.27E-11	2.99E-11	1.93E-11	1.41E-11
WNW	4.53E-08	8.78E-09	2.38E-09	8.15E-10	2.20E-10	6.42E-11	3.02E-11	1.95E-11	1.42E-11
NW	5.30E-08	1.09E-08	3.17E-09	1.13E-09	3.19E-10	9.41E-11	4.37E-11	2.77E-11	1.99E-11
NNW	4.45E-08	8.85E-09	2.46E-09	8.49E-10	2.30E-10	6.57E-11	3.02E-11	1.91E-11	1.38E-11

表 6.2-3 (1/2)

厂址长期地面湿沉积因子 (^{60}Co)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	7.75E-10	3.88E-10	2.33E-10	1.45E-10	7.75E-11	3.88E-11	2.33E-11	1.66E-11	1.29E-11
NNE	6.83E-10	3.42E-10	2.05E-10	1.28E-10	6.83E-11	3.42E-11	2.05E-11	1.46E-11	1.14E-11
NE	1.51E-09	7.56E-10	4.54E-10	2.84E-10	1.51E-10	7.56E-11	4.54E-11	3.24E-11	2.52E-11
ENE	6.16E-10	3.08E-10	1.85E-10	1.15E-10	6.16E-11	3.08E-11	1.85E-11	1.32E-11	1.03E-11
E	1.09E-09	5.47E-10	3.28E-10	2.05E-10	1.09E-10	5.47E-11	3.28E-11	2.34E-11	1.82E-11
ESE	1.70E-09	8.50E-10	5.10E-10	3.19E-10	1.70E-10	8.50E-11	5.10E-11	3.64E-11	2.83E-11
SE	1.56E-09	7.78E-10	4.67E-10	2.92E-10	1.56E-10	7.78E-11	4.67E-11	3.34E-11	2.59E-11
SSE	1.44E-09	7.18E-10	4.31E-10	2.69E-10	1.44E-10	7.18E-11	4.31E-11	3.08E-11	2.39E-11
S	1.51E-09	7.56E-10	4.54E-10	2.84E-10	1.51E-10	7.56E-11	4.54E-11	3.24E-11	2.52E-11
SSW	1.08E-09	5.42E-10	3.25E-10	2.03E-10	1.08E-10	5.42E-11	3.25E-11	2.32E-11	1.81E-11
SW	1.68E-09	8.39E-10	5.03E-10	3.15E-10	1.68E-10	8.39E-11	5.03E-11	3.60E-11	2.80E-11
WSW	2.31E-09	1.15E-09	6.93E-10	4.33E-10	2.31E-10	1.15E-10	6.93E-11	4.95E-11	3.85E-11
W	2.73E-09	1.36E-09	8.18E-10	5.11E-10	2.73E-10	1.36E-10	8.18E-11	5.84E-11	4.54E-11
WNW	2.83E-09	1.41E-09	8.48E-10	5.30E-10	2.83E-10	1.41E-10	8.48E-11	6.06E-11	4.71E-11
NW	2.10E-09	1.05E-09	6.30E-10	3.94E-10	2.10E-10	1.05E-10	6.30E-11	4.50E-11	3.50E-11
NNW	7.90E-10	3.95E-10	2.37E-10	1.48E-10	7.90E-11	3.95E-11	2.37E-11	1.69E-11	1.32E-11

表 6.2-3 (2/2)

厂址长期地面湿沉积因子 (^{131}I)单位: $1/\text{m}^2$

距离(km) 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	5.33E-10	2.67E-10	1.60E-10	9.99E-11	5.33E-11	2.67E-11	1.60E-11	1.14E-11	8.88E-12
NNE	4.70E-10	2.35E-10	1.41E-10	8.81E-11	4.70E-11	2.35E-11	1.41E-11	1.01E-11	7.83E-12
NE	1.04E-09	5.20E-10	3.12E-10	1.95E-10	1.04E-10	5.20E-11	3.12E-11	2.23E-11	1.73E-11
ENE	4.23E-10	2.12E-10	1.27E-10	7.93E-11	4.23E-11	2.12E-11	1.27E-11	9.07E-12	7.05E-12
E	7.52E-10	3.76E-10	2.26E-10	1.41E-10	7.52E-11	3.76E-11	2.26E-11	1.61E-11	1.25E-11
ESE	1.17E-09	5.84E-10	3.50E-10	2.19E-10	1.17E-10	5.84E-11	3.50E-11	2.50E-11	1.95E-11
SE	1.07E-09	5.35E-10	3.21E-10	2.01E-10	1.07E-10	5.35E-11	3.21E-11	2.29E-11	1.78E-11
SSE	9.87E-10	4.94E-10	2.96E-10	1.85E-10	9.87E-11	4.94E-11	2.96E-11	2.12E-11	1.65E-11
S	1.04E-09	5.20E-10	3.12E-10	1.95E-10	1.04E-10	5.20E-11	3.12E-11	2.23E-11	1.73E-11
SSW	7.45E-10	3.73E-10	2.24E-10	1.40E-10	7.45E-11	3.73E-11	2.24E-11	1.60E-11	1.24E-11
SW	1.15E-09	5.77E-10	3.46E-10	2.16E-10	1.15E-10	5.77E-11	3.46E-11	2.47E-11	1.92E-11
WSW	1.59E-09	7.94E-10	4.76E-10	2.98E-10	1.59E-10	7.94E-11	4.76E-11	3.40E-11	2.65E-11
W	1.87E-09	9.37E-10	5.62E-10	3.51E-10	1.87E-10	9.37E-11	5.62E-11	4.02E-11	3.12E-11
WNW	1.94E-09	9.72E-10	5.83E-10	3.65E-10	1.94E-10	9.72E-11	5.83E-11	4.17E-11	3.24E-11
NW	1.44E-09	7.22E-10	4.33E-10	2.71E-10	1.44E-10	7.22E-11	4.33E-11	3.09E-11	2.41E-11
NNW	5.43E-10	2.71E-10	1.63E-10	1.02E-10	5.43E-11	2.71E-11	1.63E-11	1.16E-11	9.05E-12

表 6.2-1 辐射剂量计算环境介质参数

物理意义	单位	数值
奶牛每天消费的饲料量	kg/d	50
产肉动物每天消费的饲料量	kg/d	5
作物在生长季节中的曝污时间	h	2880
叶类蔬菜在生长季节中的曝污时间	h	1080
作物从收获到被消费的时间间隔	h	1800
从挤奶到牛奶被消费的时间间隔	h	24
从产肉动物被屠宰到被消费的时间间隔	h	24
叶类蔬菜从收获到被消费的时间间隔	h	24
作物中的平均含水率	无量纲	0.160
牛奶中的平均含水率	无量纲	0.881
肉类中的平均含水率	无量纲	0.750
叶类蔬菜中的平均含水率	无量纲	0.928
空气中碳元素的平均浓度	g/m ³	0.18
植物产品和叶类蔬菜碳元素的质量份额	无量纲	0.18

表 6.2-2 辐射剂量计算气态照射途径参数

物理意义	单位	数值
气载放射性流出物在地面上的积累时间	H	350400
土壤中放射性积累时间	H	350400
15cm 深度内土壤的有效面密度	kg 干土/m ²	200
呼吸率 • 成人 • 青少年 • 儿童 • 婴儿	m ³ 空气/h	0.96 0.96 0.61 0.22
考虑公众在室外滞留时间及建筑物屏蔽作用等因素确定的空气浸没和地面沉积外照射修正因子	无量纲	0.75
清洗因子	无量纲	0.5

表 6.2-3 环境辐射剂量计算食物链转移因子及部分参数

元素	f_v	f_L	f_M (Bq/kg 牛奶) / (Bq/d)	f_F (Bq/kg 肉) / (Bq/d)	B_v (Bq/kg 作物) / (Bq/kg 干土)	B_L (Bq/kg 蔬菜) / (Bq/kg 干土)	λ_G (1/h)	λ_v (1/h)	λ_L (1/h)
H	0	0	1.00E-02	1.20E-02	0	0	0	0	0
C	0	0	1.20E-02	3.10E-02	0	0	0	0	0
Kr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xe	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sr	2.00E-01	2.00E-01	3.00E-03	1.00E-02	1.00E+01	3.00E-01	5.83E-06	2.06E-03	2.06E-03
Y	2.00E-01	2.00E-01	6.00E-05	1.00E-02	1.00E-01	3.00E-03	0	2.06E-03	2.06E-03
Zr	2.00E-01	2.00E-01	6.00E-06	1.00E-05	1.00E-01	1.00E-03	0	2.06E-03	2.06E-03
Nb	2.00E-01	2.00E-01	4.00E-06	3.00E-06	2.00E-01	1.00E-02	0	2.06E-03	2.06E-03
Ru	2.00E-01	2.00E-01	3.00E-05	5.00E-02	2.00E-01	5.00E-02	0	2.06E-03	2.06E-03
Te	2.00E-01	2.00E-01	5.00E-03	7.00E-02	1.00E+01	1.00E+00	0	2.06E-03	2.06E-03
I	2.00E-01	2.00E-01	1.00E-02	5.00E-02	1.00E-01	2.00E-02	5.83E-05	2.06E-03	2.06E-03
Cs	5.00E-01	2.00E-01	1.00E-02	5.00E-02	1.00E+00	4.00E-02	5.83E-06	2.06E-03	2.06E-03
Ba	2.00E-01	2.00E-01	5.00E-03	2.00E-03	1.00E-01	5.00E-02	0	2.06E-03	2.06E-03
La	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-05	2.00E-03	2.00E-03	2.00E-03	0	2.06E-03	2.06E-03
Ce	2.00E-01	2.00E-01	3.00E-04	2.00E-04	1.00E-01	5.00E-02	0	2.06E-03	2.06E-03
Pr	2.00E-01	2.00E-01	5.00E-06	4.70E-03	2.50E-03	2.50E-03	0	2.06E-03	2.06E-03
Np	2.00E-01	2.00E-01	5.00E-05	1.00E-02	5.00E-01	4.00E-02	0	2.06E-03	2.06E-03
Pu	2.00E-01	2.00E-01	3.00E-06	2.00E-04	1.00E-01	1.00E-03	0	2.06E-03	2.06E-03
Rb	2.00E-01	2.00E-01	1.00E-01	3.00E-02	2.00E+00	2.00E-01	0	2.06E-03	2.06E-03
Nd	2.00E-01	2.00E-01	5.00E-06	4.70E-03	2.50E-03	2.50E-03	0	2.06E-03	2.06E-03
Am	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-05	1.00E-04	2.00E-03	1.00E-01	0	2.06E-03	2.06E-03
Cm	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-06	2.00E-05	1.00E-03	1.00E-01	0	2.06E-03	2.06E-03

表 6.2-4 惰性气体空气浸没外照射有效剂量转换因子

核素	物理半衰期	空气浸没转换因子 (Sv/h) / (Bq/m ³)	核素	物理半衰期	空气浸没转换因子 (Sv/h) / (Bq/m ³)
Kr-85	10.7 y	9.17E-13	133Xe	5.24 d	5.00E-12
Xe-131m	11.9 d	1.33E-12	127Xe	36d	4.51E-11

表 6.2-5 空气浸没、地面沉积外照射剂量转换因子

核素	空气浸没 (Sv/h)/(Bq/m ³)	地面沉积 (Sv/h)/(Bq/m ²)	核素	空气浸没 (Sv/h)/(Bq/m ³)	地面沉积 (Sv/h)/(Bq/m ²)
H-3	0.00E+00	0.00E+00	Ba-137m	1.04E-10	2.11E-12
C-14	0.00E+00	5.80E-17	Ba-140	3.09E-11	6.48E-13
Sr-89	1.60E-12	2.51E-13	La-140	4.21E-10	7.78E-12
Sr-90	3.54E-13	4.00E-13	Ce-141	1.26E-11	2.74E-13
Y-90	2.97E-12	4.00E-13	Ce-144	1.26E-11	6.51E-13
Y-91	2.28E-12	2.74E-13	Pr-143	7.56E-14	2.52E-15
Zr-95	1.26E-10	5.37E-12	Np-239	2.85E-11	5.94E-13
Nb-95	1.37E-10	2.74E-12	Pu-241	2.63E-16	3.42E-15
Ru-103	8.22E-11	1.71E-12	Te-125m	1.68E-12	1.32E-13
Ru-106	4.11E-11	1.26E-12	Te-127	1.27E-12	3.79E-14
Te-123m	2.34E-11	5.15E-13	Te-127m	5.54E-13	4.21E-14
Te-129	9.90E-12	2.16E-13	Pu-238	1.89E-14	3.33E-15
Te-129m	6.16E-12	2.17E-13	Pu-239	1.58E-14	1.44E-15
I-131	6.62E-11	1.37E-12	Pu-240	1.83E-14	3.19E-15
Cs-134	2.74E-10	5.59E-12	Nd-147	2.28E-11	5.35E-13
Cs-136	3.88E-10	7.65E-12	Am-241	2.96E-12	1.01E-13
Cs-137	9.93E-11	2.05E-12	Cm-242	2.18E-14	3.74E-15
I-129	1.39E-12	9.40E-14	Cm-244	1.89E-14	3.44E-15
Rb-86	1.89E-11	6.10E-13	/		

表 6.2-6 空气吸入、食入内照射有效剂量转换因子

核素	吸入内照射 (Sv/Bq)				食入内照射 (Sv/Bq)			
	婴儿	儿童	青少年	成人	婴儿	儿童	青少年	成人
H-3	6.40E-11	3.10E-11	2.30E-11	1.80E-11	6.40E-11	3.10E-11	2.30E-11	1.80E-11
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E-09	9.90E-10	8.00E-10	5.80E-10
Sr-89	3.30E-08	1.30E-08	9.10E-09	6.10E-09	3.60E-08	8.90E-09	5.80E-09	2.60E-09
Sr-90	1.50E-07	6.50E-08	5.10E-08	3.60E-08	2.30E-07	4.70E-08	6.00E-08	2.80E-08
Y-90	1.30E-08	4.00E-09	2.60E-09	1.40E-09	3.10E-08	1.00E-08	5.90E-09	2.70E-09
Y-91	3.90E-08	1.60E-08	1.10E-08	7.10E-09	2.80E-08	8.80E-09	5.20E-09	2.40E-09
Zr-95	2.00E-08	9.70E-09	6.80E-09	4.80E-09	8.50E-09	3.00E-09	1.90E-09	9.50E-10
Nb-95	6.80E-09	3.10E-09	2.20E-09	1.50E-09	4.60E-09	1.80E-09	1.10E-09	5.80E-10
Ru-103	1.10E-08	5.00E-09	3.50E-09	2.40E-09	7.10E-09	2.40E-09	1.50E-09	7.30E-10
Ru-106	1.40E-07	6.40E-08	4.10E-08	2.80E-08	8.40E-08	2.50E-08	1.50E-08	7.00E-09
Te-123m	1.80E-08	8.00E-09	5.70E-09	4.00E-09	1.90E-08	4.90E-09	2.80E-09	1.40E-09
Te-129	3.30E-10	9.90E-11	6.50E-11	3.70E-11	7.50E-10	2.10E-10	1.20E-10	6.30E-11
Te-129m	3.50E-08	1.40E-08	9.80E-09	6.60E-09	4.40E-08	1.20E-08	6.60E-09	3.00E-09
I-131	2.20E-08	8.20E-09	4.70E-09	2.40E-09	1.80E-07	1.00E-07	5.20E-08	2.20E-08
Cs-134	1.10E-08	1.60E-08	1.20E-08	9.10E-09	2.60E-08	1.30E-08	1.40E-08	1.90E-08
Cs-136	7.30E-09	6.00E-09	3.70E-09	2.50E-09	1.50E-08	6.10E-09	4.40E-09	3.00E-09
Cs-137	8.80E-09	1.80E-08	1.30E-08	9.70E-09	2.10E-08	9.60E-09	1.00E-08	1.30E-08
Ba-140	2.70E-08	1.10E-08	7.60E-09	5.10E-09	3.20E-08	9.20E-09	5.80E-09	2.60E-09
La-140	8.80E-09	3.10E-09	2.00E-09	1.10E-09	2.00E-08	6.80E-09	4.20E-09	2.00E-09
Ce-141	1.40E-08	6.30E-09	4.60E-09	3.20E-09	8.10E-09	2.60E-09	1.50E-09	7.10E-10
Ce-144	1.90E-07	8.80E-08	5.50E-08	3.60E-08	6.60E-08	1.90E-08	1.10E-08	5.20E-09
Pr-143	1.20E-08	4.60E-09	3.20E-09	2.20E-09	1.40E-08	4.30E-09	2.60E-09	1.20E-09
Np-239	5.90E-09	2.00E-09	1.40E-09	9.30E-10	8.90E-09	2.90E-09	1.70E-09	8.00E-10
Pu-241	9.10E-07	9.20E-07	8.30E-07	9.00E-07	5.60E-08	5.50E-09	5.10E-09	4.80E-09
I-129	3.60E-08	3.30E-08	2.40E-08	1.50E-08	1.80E-07	2.20E-07	1.90E-07	1.10E-07
Rb-86	1.20E-08	7.70E-09	2.00E-09	9.30E-10	3.10E-08	2.00E-08	5.90E-09	2.80E-09
Te-125m	1.50E-08	1.10E-08	4.80E-09	3.40E-09	1.30E-08	6.30E-09	1.90E-09	8.70E-10
Te-127	1.00E-09	7.30E-10	2.40E-10	1.30E-10	1.50E-09	1.20E-09	3.60E-10	1.70E-10
Te-127m	3.50E-08	2.60E-08	1.10E-08	7.40E-09	4.10E-08	1.80E-08	5.20E-09	2.30E-09
Pu-238	7.80E-05	7.40E-05	4.40E-05	4.60E-05	4.00E-06	4.00E-07	2.40E-07	2.30E-07
Pu-239	8.00E-05	7.70E-05	4.80E-05	5.00E-05	4.20E-06	4.20E-07	2.70E-07	2.50E-07
Pu-240	8.00E-05	7.70E-05	4.80E-05	5.00E-05	4.20E-06	4.20E-07	2.70E-07	2.50E-07
Nd-147	1.10E-08	8.00E-09	3.20E-09	2.10E-09	1.20E-08	7.80E-09	2.30E-09	1.10E-09
Am-241	7.30E-05	6.90E-05	4.00E-05	4.20E-05	3.70E-06	3.70E-07	2.20E-07	2.00E-07
Cm-242	2.20E-05	1.80E-05	7.30E-06	5.20E-06	5.90E-07	7.60E-08	2.40E-08	1.20E-08
Cm-244	6.20E-05	5.70E-05	2.70E-05	2.70E-05	2.90E-06	2.90E-07	1.40E-07	1.20E-07

表 6.2-7 母体吸入和摄入放射性核素对婴儿食入母乳后造成的内照射相应核素份额和有效剂量转换因子

母体吸入或摄入核素	进入婴儿体内核素	吸入进入婴儿体内核素相应份额	摄入进入婴儿体内核素相应份额	吸入对婴儿剂量转换因子 (Sv/Bq)	摄入对婴儿剂量转换因子 (Sv/Bq)
H-3	H-3	3.14E-01	3.14E-01	2.00E-11	2.00E-11
C-14	C-14	1.65E-02	1.85E-01	2.30E-11	2.60E-10
Sr-89	Sr-89	1.61E-02	5.61E-02	5.80E-10	2.00E-09
Sr-90	Sr-90	1.80E-02	6.12E-02	3.00E-09	1.00E-08
	Y-90	9.48E-03	2.96E-02		
Zr-95	Zr-95	1.58E-03	4.12E-04	1.40E-11	4.20E-12
	Nb-95m	8.51E-06	1.78E-06		
	Nb-95	5.85E-05	1.56E-04		
Nb-95	Nb-95	5.01E-04	1.20E-04	2.30E-12	5.50E-13
Ru-103	Ru-103	2.10E-03	1.71E-03	1.50E-11	1.20E-11
	Rh-103m	2.09E-03	1.70E-03		
Ru-106	Ru-106	2.68E-03	2.11E-03	2.10E-10	1.70E-10
	Rh-106	2.68E-03	2.11E-03		
Te-129m	Te-129m	5.88E-04	2.05E-03	2.60E-11	9.10E-11
	Te-129	3.79E-04	1.33E-03		
Te-131m	Te-131m	2.44E-04	9.00E-04	2.80E-10	2.20E-09
	Te-131	5.48E-05	2.02E-04		
	I-131	1.55E-03	1.21E-02		
I-131	I-131	1.71E-01	3.08E-01	3.10E-08	5.50E-08
Cs-134	Cs-134	6.66E-02	1.20E-01	1.70E-09	3.10E-09
Cs-136	Cs-136	2.44E-02	4.40E-02	3.70E-10	6.60E-10
Cs-137	Cs-137	6.89E-02	1.24E-01	1.40E-09	2.60E-09
	Ba-137m	6.51E-02	1.18E-01		
Ba-140	Ba-140	2.17E-03	6.20E-03	8.50E-11	2.00E-10
	La-140	7.76E-04	1.76E-03		
Ce-141	Ce-141	1.50E-03	2.02E-05	1.20E-11	1.60E-13
Ce-144	Ce-144	1.61E-03	2.08E-05	1.00E-10	1.30E-12
	Pr-144m	2.86E-05	3.71E-07		
	Pr-144	1.57E-03	2.08E-05		
Pu-241	Pu-241	1.89E-03	2.42E-05	1.90E-11	1.30E-12
	Am-241	5.58E-08	3.27E-10		
	Np-237	1.07E-15	4.10E-18		
Np-239	Np-239	2.08E-03	2.92E-05	1.50E-12	1.90E-14
	Pu-239	3.09E-10	3.28E-12		
	U-235	1.37E-20	7.35E-23		

表 6.2-11 高通量堆对各子区公众个人（成人）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	-	-	-	9.14E-10	4.12E-10	-	1.03E-10	6.98E-11	5.17E-11
NNE	-	-	-	-	5.01E-10	2.38E-10	1.39E-10	9.23E-11	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	3.67E-09	8.90E-10	-	-	-	-	-
S	-	-	-	1.43E-09	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	1.38E-10	1.57E-10	-	-
WSW	-	-	-	9.50E-10	1.60E-10	2.23E-10	1.20E-10	-	-
W	-	3.40E-09	-	8.15E-10	3.60E-10	1.96E-10	1.01E-10	7.03E-11	5.23E-11
WNW	-	-	-	8.11E-10	5.03E-10	2.01E-10	1.03E-10	7.00E-11	4.97E-11
NW	-	2.75E-09	1.85E-09	9.48E-10	5.11E-10	2.01E-10	1.07E-10	8.97E-11	5.31E-11
NNW	-	-	-	-	4.14E-10	1.65E-10	8.68E-11	7.32E-11	4.47E-11

表 6.2-12 高通量堆对各子区公众个人（青少年）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	-	-	-	8.17E-10	3.68E-10	-	9.69E-11	6.62E-11	4.89E-11
NNE	-	-	-	-	4.40E-10	2.26E-10	1.33E-10	8.81E-11	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	3.36E-09	1.15E-09	-	-	-	-	-
S	-	-	-	1.40E-09	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	1.39E-10	1.50E-10	-	-
WSW	-	-	-	8.27E-10	1.63E-10	2.12E-10	1.15E-10	-	-
W	-	2.91E-09	-	6.98E-10	3.90E-10	1.87E-10	9.60E-11	6.69E-11	4.99E-11
WNW	-	-	-	6.94E-10	4.79E-10	1.93E-10	9.87E-11	6.66E-11	4.73E-11
NW	-	3.07E-09	1.73E-09	8.86E-10	4.86E-10	1.92E-10	1.02E-10	6.93E-11	5.05E-11
NNW	-	-	-	-	4.71E-10	1.47E-10	8.95E-11	6.40E-11	4.57E-11

表 6.2-13 高通量堆对各子区公众个人（儿童）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	-	-	-	5.75E-10	3.22E-10	-	8.15E-11	5.54E-11	4.11E-11
NNE	-	-	-	-	3.78E-10	2.06E-10	1.10E-10	7.32E-11	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	2.47E-09	9.01E-10	-	-	-	-	-
S	-	-	-	9.03E-10	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	1.30E-10	1.24E-10	-	-
WSW	-	-	-	5.40E-10	1.55E-10	1.77E-10	9.56E-11	-	-
W	-	1.81E-09	-	4.39E-10	3.61E-10	1.56E-10	8.04E-11	5.66E-11	4.22E-11
WNW	-	-	-	4.36E-10	3.96E-10	1.61E-10	8.22E-11	5.63E-11	4.05E-11
NW	-	1.91E-09	1.34E-09	6.89E-10	4.02E-10	1.60E-10	8.49E-11	5.83E-11	4.31E-11
NNW	-	-	-	-	3.89E-10	1.30E-10	7.53E-11	5.34E-11	3.97E-11

表 6.2-14 高通量堆对各子区公众个人（婴儿）造成的有效剂量

单位：Sv/a

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50
N	-	-	-	4.40E-10	1.80E-10	-	4.49E-11	3.12E-11	2.38E-11
NNE	-	-	-	-	2.04E-10	1.02E-10	5.81E-11	3.95E-11	-
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	1.79E-09	5.36E-10	-	-	-	-	-
S	-	-	-	6.87E-10	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	8.35E-11	6.50E-11	-	-
WSW	-	-	-	4.41E-10	1.13E-10	9.30E-11	5.09E-11	-	-
W	-	1.45E-09	-	3.48E-10	1.71E-10	8.22E-11	4.39E-11	4.12E-11	3.07E-11
WNW	-	-	-	3.47E-10	2.04E-10	8.46E-11	4.44E-11	4.09E-11	2.74E-11
NW	-	1.35E-09	9.21E-10	4.65E-10	2.06E-10	8.38E-11	4.57E-11	4.63E-11	3.08E-11
NNW	-	-	-	-	1.80E-10	7.32E-11	3.99E-11	3.10E-11	2.31E-11

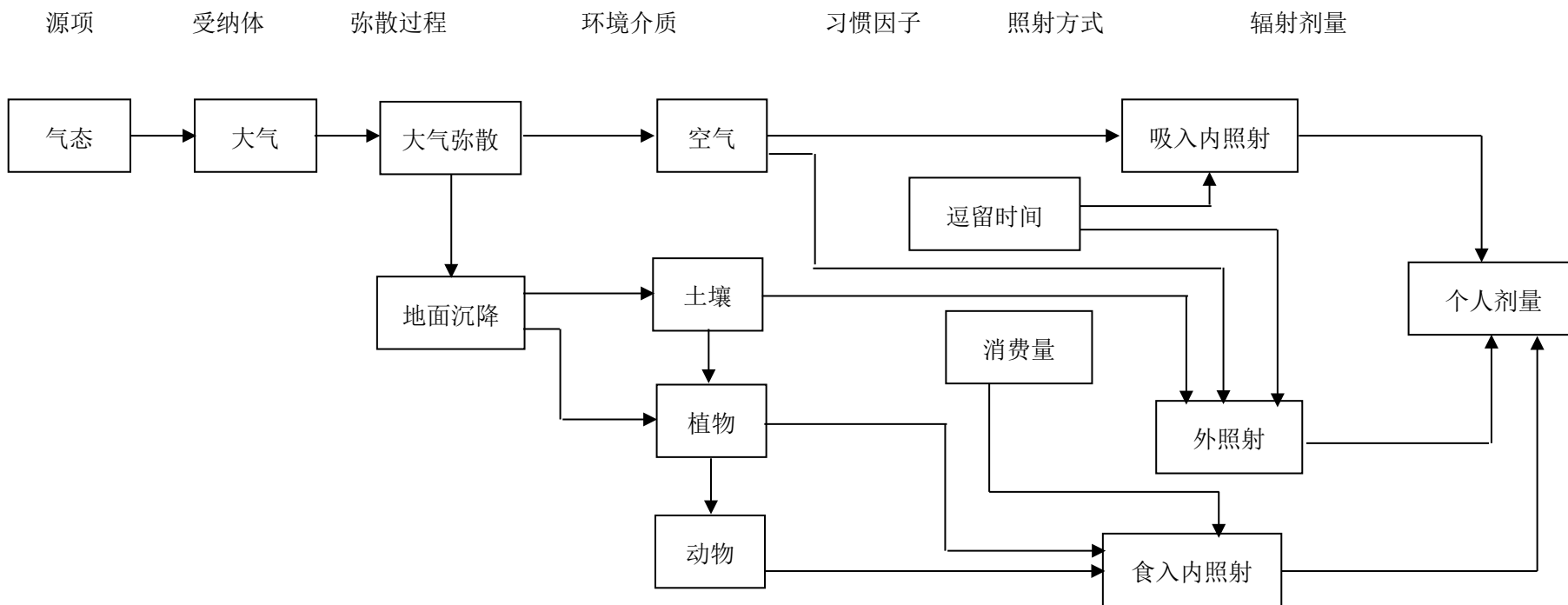
表 6.2-15 高通量堆造成各子区公众集体有效剂量

单位：人·Sv/a

距离 方位	0~1	1~2	2~3	3~5	5~10	10~20	20~30	30~40	40~50	合计
N	-	-	-	1.98E-06	1.64E-06	-	4.58E-06	2.21E-06	2.85E-06	1.33E-05
NNE	-	-	-	-	2.70E-07	1.03E-07	3.71E-08	6.45E-08	-	4.75E-07
NE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ENE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	1.15E-06	9.42E-07	-	-	-	-	-	2.09E-06
S	-	-	-	4.01E-06	-	-	-	-	-	4.01E-06
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	6.40E-06	1.42E-07	-	-	6.54E-06
WSW	-	-	-	1.71E-06	3.25E-07	8.99E-06	4.23E-06	-	-	1.53E-05
W	-	4.36E-06	-	1.09E-06	3.41E-06	6.56E-06	2.43E-06	1.47E-06	5.79E-07	1.99E-05
WNW	-	-	-	1.86E-06	3.85E-06	2.70E-06	1.82E-06	2.70E-06	7.72E-06	2.07E-05
NW	-	5.75E-07	6.94E-07	6.24E-07	2.67E-06	4.35E-06	2.23E-06	2.96E-06	2.17E-06	1.63E-05
NNW	-	-	-	-	8.91E-07	1.77E-06	1.30E-06	2.00E-05	2.50E-06	2.65E-05
合计	-	4.94E-06	1.85E-06	1.22E-05	1.31E-05	3.09E-05	1.68E-05	2.94E-05	1.58E-05	1.25E-04

表 6.2-8 各放射性核素通过各途径对关键人群组造成的有效剂量 单位：Sv/a

核素	空气浸没	地面沉积	空气吸入	食入陆生食品	合计	占比%
H-3	0.00E+00	0.00E+00	7.07E-11	3.17E-11	1.02E-10	2.73
C-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.57E-09	3.57E-09	95.39
Kr-85	5.26E-12	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.26E-12	0.14
Kr-85m	7.33E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.33E-14	0
Kr-87	4.43E-14	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.43E-14	0
Kr-88	1.18E-11	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.18E-11	0.31
Cr-51	1.10E-16	2.01E-14	8.24E-16	3.95E-15	2.50E-14	0
Mn-54	3.07E-17	6.17E-14	3.98E-16	2.60E-14	8.82E-14	0
Mn-56	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0
Fe-59	7.89E-17	2.14E-14	1.72E-15	6.81E-15	3.00E-14	0
Co-58	6.30E-17	2.86E-14	7.54E-16	5.54E-15	3.50E-14	0
Co-60	1.14E-17	1.31E-13	3.19E-16	2.06E-14	1.52E-13	0
Sr-89	2.03E-18	5.12E-15	9.93E-15	7.21E-14	8.72E-14	0
Sr-90	3.48E-21	4.05E-15	4.53E-16	4.93E-13	4.97E-13	0.01
Y-94	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0
Zr-95	1.86E-16	1.63E-13	9.08E-15	2.15E-14	1.94E-13	0.01
Mo-99	5.18E-16	1.05E-14	1.29E-14	1.84E-15	2.58E-14	0
I-131	1.34E-14	9.26E-12	6.24E-13	4.12E-11	5.11E-11	1.37
I-132	1.33E-15	1.08E-14	4.55E-16	1.25E-19	1.25E-14	0
I-133	6.03E-15	4.62E-13	3.93E-14	1.68E-13	6.75E-13	0.02
I-134	7.50E-16	2.31E-15	1.08E-16	6.91E-26	3.17E-15	0
I-135	4.49E-15	9.56E-14	4.64E-15	5.82E-16	1.05E-13	0
合计	1.72E-11	1.03E-11	7.14E-11	3.65E-9	3.74E-09	/
占比%	0.46	0.27	1.91	97.36	100.0	/



宽能谱超高通量试验堆项目		
环境影响报告书（选址阶段）		
气态照射途径		
图 6.2-1	版次	A

6.3 其它环境影响

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.2 其他污染物的环境影响

6.3 其它环境影响

宽能谱超高通量试验堆项目正常运行时，可能造成的环境影响除了前述温排水影响和辐射影响外，还包括循环冷却水中的化学物质、生活污水与含油废水、固体废物等非放射性的影响。本项目排放的化学物质主要来自于非放射性化学物质排放、污水处理系统的流出物排放以及海水连续加氯处理系统的余氯排放等工艺过程。

本节将对上述非放射性污染物对环境的可能影响进行分析和评价。

6.3.1 化学污染物的环境影响

6.3.1.1 余氯排放的影响

为保护本项目冷却系统不被水中附着生物堵塞，避免因其繁殖而导致的管道断面变小和流量降低，通常在循环冷却系统取水加入一定浓度的次氯化物。加氯处理虽然抑制了浮游生物在管道内的繁殖，但也造成电厂排放冷却水中含有一定量的余氯。

余氯对水生生物构成的影响，不仅来自于氯直接作用于水生生物，还包括氯可在水中与有机物形成一系列有机氯化物，对水生生物带来更大的损伤，甚至可能通过食物链对人体健康造成危害，因此需要关注余氯对受纳水体的环境影响。

余氯进入水体后可水解生成游离有效氯（ HClO 和 ClO^- ），进而与水中的氨反应产生化合态有效氯（ NH_2Cl 和 NHCl_2 ）。游离态余氯毒性强于化合态余氯，但自然条件下游离态较化合态更容易衰减，实际情况中它们对水生生物的影响差别不大。水体化学性质、pH、温度以及外界光照，对余氯生物效应都有影响。较低的 pH 值和 NH_3 含量及较高的温度，都有利于余氯毒性增强；光照会引起余氯衰减，降低其生物毒性。

浮游植物受余氯损害较大。国内研究人员发现， 0.2mg/L 的氯可以直接杀死水中 60~80% 的藻类； 0.1mg/L 的氯会使浮游植物光合作用下降 50%；当余氯被稀释到 0.03mg/L 以下时，水中初级生产力可完全恢复； 25°C 时余氯对咸水中浮游动物的 96h 半致死浓度（ LC_{50} ）为 $0.062\sim 0.267\text{mg/L}$ ；鱼类受余氯影响也较大，余氯对平鲷等几种海水鱼类 48h 的 LC_{50} 为 $0.18\sim 0.19\text{mg/L}$ ；白鲢、银蛙等 10 种鱼类对氯的回避相应浓度范围为 $0.04\sim 0.41\text{mg/L}$ 。有研究提出由 48h 的半致死浓度乘以安全因子 0.5 可确定余氯的安全浓度。

目前国内尚没有对水体中余氯浓度的标准限值。国外研究人员通过对包括水生植物、水生无脊椎动物和鱼类在内的 120 多种水生生物的余氯毒性研究，证明当余氯浓

度低于 $20\mu\text{g/L}$ 时，不论作用多长时间，也不会对海洋生物有毒性作用。美国 EPA 于 2006 年发布的水质基准中，针对氯对海洋生物影响制定的避免急性损伤的基准最大浓度和慢性损伤的基准连续浓度分别为 $13\mu\text{g/L}$ 和 $7.5\mu\text{g/L}$ 。

本项目正常运行过程中，通常需要向循环冷却水中连续加入 1mg/L 的次氯化物以抑制海洋生物在管道内的繁殖。宽能谱超高通量试验堆项目正常运行情况下，运行中控制循环水出口余氯量在 $0.1\sim 0.3\text{mg/L}$ 。

另外，考虑到光照引起的余氯衰减以及本项目附近海域较高的 pH 值（平均 $\text{pH}>8.0$ ）均会降低余氯毒性，因此，可估计本项目排放的余氯的影响区域仅在排水口附近有限的海域，对附近海域中海洋生物的影响范围很小。

6.3.1.2 非放射性化学物质排放的影响

为了保证本项目的正常运行，需要对工艺用水进行除盐处理，通过加入一定数量的腐蚀抑制剂或化学活性添加剂（如氢氧化钠、盐酸、次氯酸钠、联氨等），将淡水经絮凝、沉淀和离子交换除盐，以实现各系统用水的水质要求。除盐过程加入的化学添加剂，除一部分进入固体废物外，其余将排入园区配套的市政管网。

宽能谱超高通量试验堆项目在正常运行期间排入受纳水体的主要的化学物质可能包括氯化物、无机氮等。

- 氯化物（ Cl^- ）：氯化物本身的毒性很低，在低浓度条件下可被水生植物作营养物质。本项目应控制氯化物排放浓度，确保按盐度计算公式计算的盐增加量远低于厂址附近海水天然盐度（约30‰），避免对周围海洋生物产生明显影响。
- 无机氮（N）是水生植物生长所必需的元素，也是造成海洋赤潮的重要物质。GB3097-1997中三类海水标准限值为 0.40mg/L 。本工程附近海域各季节无机氮表层浓度 $0.039\sim 0.106\text{mg/L}$ ，10m层浓度 $0.029\sim 0.110\text{mg/L}$ ，底层浓度 $0.004\sim 0.106\text{mg/L}$ ，本项目应控制排放口无机氮浓度增量，以满足海水标准限值要求。

本项目运行中应严格控制化学物质使用量，使本项目运行时在排放口中产生的浓度增量远低于国内外的其他标准限值或在环境中的本底背景值正常涨落范围内，避免对排放口附近海域环境及海洋生物造成明显的不利影响。

6.3.2 其他污染物的影响

6.3.2.1 生产废水排放的影响

宽能谱超高通量试验堆项目正常运行时，其它生产废水主要为非放射性含油废水。非放射性含油废水经处理后排入园区配套的市政管网。

6.3.2.2 生活污水排放的影响

本项目生活污水排入园区配套的市政管网。

6.3.2.3 非放射性固废对环境的影响

宽能谱超高通量试验堆项目在正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，其中一般工业固废有废木材、废钢铁、废电缆、废塑料、废金属、废电动机、废变压器和废空调等，危险固废包括废油漆、废化学品、废润滑油、废日光灯管和废油布等。固废将收集暂存，委托专业废弃物公司将一般固体废物外运处置，危险废物将委托具有相关处理资质的公司进行外运处置。

运行期间产生的生活垃圾主要来源于厂区办公及员工生活区的垃圾。生活垃圾实行袋装分类收集，并委托当地环卫所定期收集处理，餐饮废弃物由专门机构上门清运。在落实固废收集和处置工作后，本项目非放射性固废对环境影响较小。

6.3.2.4 噪声对环境的影响

本项目运行噪声主要来自核岛厂房群。核岛厂房群的噪声主要来自五个方面：

- 大量高温高压水泵及配套电动机在不停地高速运转；
- 柴油发电机组在热备用状态下的高速运转；
- 为大型空调和通风系统服务的电动鼓风机不停运转；
- 工艺过程的泄压释放系统的安全阀、管道和箱罐等，在执行排放或泄压功能时发出很强噪声；
- 电气系统的部分设备也会发出很强噪声，例如：为反应堆控制棒驱动机构供电的发电机组、开式变压器、逆变器等。

根据国内相关资料，每台泵、风机、设备的噪声源强为 85~110dB（A）。经过厂房屏蔽和距离衰减后，预计噪声对厂界和敏感点的声环境影响较小。

6.3.2.5 电磁环境的影响

本项目建设于山东省威海市荣成市清华大学核能与新能源技术研究院荣成基地。基地建设两座 110kV 高压变电站将两路独立的外电源接入本基地。高压变电站除了为本项目的中压开关站供电外还承担为本基地其他建筑物供电的任务。两座变电站设置了专门的变压器为本项目提供外电源转换。上述高压变电站将单独开展环评。

第七章 反应堆事故的环境影响

7.1 放射性事故和后果评价

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

7.1.1.2 事故源项

7.1.2 事故后果计算

7.1.2.1 事故大气弥散因子

7.1.2.2 事故剂量

7.1.3 事故后果评价

7.2 事故应急

表

表 7.1-1 选址假想事故的源项

表 7.1-2 事故期间的厂界处大气弥散因子

表 7.1-3 剂量转换因子

表 7.1-4 80MW 高通量堆选址假想事故剂量计算结果

7.1 放射性事故和后果评价

本研究堆热功率为 80MW，在将来的运行过程中可能发生的主要事故为物主回路管道破口、隔离阀失效和燃料元件损毁事故。本节将对运行期间可能发生的事故、其他事故进行评价。

7.1.1 事故描述和事故源项

7.1.1.1 事故描述

本项目选取的选址假想事故为主回路管道破口事故叠加隔离阀失效再叠加三片燃料元件损毁。

7.1.1.2 事故情景

源项计算假定如下：

- (1) 发生主回路失水事故，并迭加两道隔离阀失效。
 - (2) 事故前堆芯达到 0.1%的燃料元件破损限值，并已连续满功率运行到燃料循环末。
 - (3) 假设由于某些原因造成堆芯有三片燃料元件烧毁（约 1%），被烧毁元件中 100%的惰性气体和 50%的碘释放出来进入主回路冷却剂水中。
 - (4) 事故发生后容积补偿器上部气空间中原有的全部放射性核素（主要是惰性气体核素）以及 40t 主冷却剂水中的放射性核素进入安全壳内的设备隔间中。
 - (5) 主回路冷却剂水进入设备隔间后，惰性气体的分配因子为 1，碘的分配因子为 0.001。
 - (6) 安全壳向外泄漏过程中不考虑空气中的碘在安全壳壁面和设备表面的吸附和沉积。
 - (7) 假设碘的化学形态均为元素碘，假设安全壳的排风过滤器未启用。
 - (8) 安全壳的体积泄漏率设计值(峰值压力下)为 0.3%/d，并假设整个事故持续期间安全壳泄漏率维持该设计值。
- 保守假设事故发生 30 天后，安全壳内剩余的放射性核素一次性释放到环境中（合并至 4-30d 释放中）。

7.1.1.3 事故源项

根据 7.1.2 中的事故情景，表 7.1-1 给出了选址假想事故不同时段向环境释放的放射性活度。

7.1.2 事故后果计算

本工程以厂址边界作为非居住区边界和规划限制区边界。

7.1.2.1 事故大气弥散条件

事故后果计算中假设事故工况下放射性以地面源方式释入环境，使用高斯烟流轴浓度公式，采用苏州热工研究院有限公司开发的改进版 CEIRA 程序系统计算小时大气弥散因子。计算中考虑建筑物尾流效应。

计算过程如下：

$$(\chi/Q)_1 = \frac{1}{u \cdot (\pi\sigma_y\sigma_z + C_w A)} \quad (\text{式 1})$$

$$(\chi/Q)_2 = \frac{1}{u(3\pi\sigma_y\sigma_z)} \quad (\text{式 2})$$

$$(\chi/Q)_3 = \frac{1}{u \cdot (\pi \cdot \Sigma_y \cdot \sigma_z)} \quad (\text{式 3})$$

$$\chi/Q = \min(\max((\chi/Q)_1, (\chi/Q)_2), (\chi/Q)_3) \quad (\text{式 4})$$

上述式中：

- χ/Q — 小时大气弥散因子， s/m^3 ；
- x — 下风向距离， m ；
- u — 地面风速， m/s ；
- A — 建筑物最小横截面积， m^2 ；
- C_w — 建筑物尾流效应使烟流弥散占面积 A 的份额，取 $C_w=0.5$ ；
- σ_y, σ_z — 分别为横向和垂向的大气扩散参数；
- Σ_y — 考虑烟云弯曲和建筑物尾流效应的水平大气扩散参数，根据地面风速、稳定性和释放距离确定（具体参见美国管理导则 RG1.145，下式中的 M 取值参见该导则的图 3）：

- $\Sigma_y = M \cdot \sigma_y$ ，当下风向距离 $x \leq 800\text{m}$ ；
- $\Sigma_y = (M - 1) \cdot \sigma_{y800\text{m}} + \sigma_y$ ，当下风向距离 $x > 800\text{m}$ 。

表 7.1-2 给出了用于厂址边界上的大气弥散因子。

7.1.2.2 事故剂量计算

7.1.2.2.1 事故剂量估算模式

选址假想事故期间考虑公众可能受到的辐射照射途径有烟云浸没外照射和空气吸入内照射两条途径，各种途径的剂量计算模式如下：

(1) 烟云浸没剂量 D_a

$$D_a = \sum_n \left[\sum_e Q_n(e) \cdot \left(\frac{\hat{X}}{\dot{Q}} \right)_e \right] \cdot DF_a(n) \quad (\text{式 5})$$

(2) 空气吸入剂量 D_{inh}

$$D_{inh} = \sum_n \left[\sum_e Q_n(e) \cdot \left(\frac{\hat{X}}{\dot{Q}} \right)_e \cdot B_r(e) \right] \cdot DF_{inh}(n) \quad (\text{式 6})$$

上述（式 6）、（式 7）中，各参数的含义为：

D_a 、 D_{inh} ：剂量， Sv ；

$Q_n(e)$ — e 时段核素 n 的释放总活度， Bq ；

$\left(\frac{\hat{X}}{\dot{Q}} \right)_e$ — e 时段事故（短期）大气扩散因子， $\text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

$B_r(e)$ — 成人在 e 时段的呼吸率， $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ；

$DF_a(n)$ — 核素 n 的浸没剂量转换因子， $\text{Sv} \cdot (\text{s} \cdot \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$ ；

DF_{inh} — 核素 n 的吸入剂量转换因子， $\text{Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ 。

7.1.2.2.2 计算参数的选取

(1) 气象数据和扩散参数

采用华能山东石岛湾核电厂址 2021 年 1 月至 12 月一整年气象观测数据。大气扩散参

数采用2008年《华能山东石岛湾核电厂高温气冷堆核电示范工程大气扩散试验研究报告》综合推荐的结果，详见报告书2.4节。

（2）剂量转换因子

— 惰性气体

烟云浸没外照射剂量转换因子取自《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

— 碘

吸入内照射有效剂量转换因子主要取自国际辐射防护委员会（ICRP）71号出版物；烟云浸没外照射和地面沉积外照射剂量转换因子主要取自国际原子能机构（IAEA）19号安全报告（2001）；

— 其它核素

烟云浸没外照射和地面沉积外照射剂量转换因子主要取自美国联邦导则12号报告；吸入内照射有效剂量转换因子主要取自美国联邦导则11号报告。

表 7.1-3 给出了事故剂量计算采用剂量转换因子。

（3）呼吸率

呼吸率取自美国核管理委员会管理导则RG1.183：

— 0~8h时间段： $B_r=3.5\times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ；

— 8~24h时间段： $B_r=1.8\times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ；

— 24~720h时间段： $B_r=2.3\times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

7.1.3 事故后果评价

由于没有针对研究堆非居住区边界和规划限制区边界处的事故潜在照射后果个人剂量限值的规定，因此参考《研究堆安全分类（试行）》中关于 III 类研究堆的要求和《研究堆应急计划和准备》中对于研究堆应急状态的规定。选址假想事故工况下，事故期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于 10mSv。

80MW 高通量堆选址假想事故发生后，厂址边界处的个人最大受照剂量结果与选址假想事故后果所致个人有效剂量限值的比较情况如表 7.1-4 所示。由表 7.1-4 可见：

（1）80MW 高通量堆选址假想事故发生后 0-2h 内，厂址边界处任何个人所受的

最大个人有效剂量为 0.132mSv。上述剂量能过满足规定的事故个人有效剂量限值（10mSv）要求。

（2）80MW 高通量堆选址假想事故的持续期间（30d），厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.287mSv。上述剂量能过满足规定的事故个人有效剂量限值（10mSv）要求。

（3）80MW 高通量堆选址假想事故的持续期间（30d），厂址半径 10km 范围内公众群体所受的集体剂量为 0.0925 人·Sv。

7.2 事故应急

厂址半径 5km 范围内没有大、中型医院、监狱、大型工厂和养老院，也没有大的学校。因此，厂址半径 5km 范围内没有难以撤离的人群。厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上居民点或行政村。

厂址周围交通网络较为发达，厂区与外围交通联系便捷，厂址周围具有良好的应急撤离、疏散和运输条件。无线通讯网络已覆盖厂址区域，不存在应急通讯的困难。从环境风险的角度，本项目的建设是可以接受的。

表 7.1-1 选址假想事故的源项（Bq）

核素	0-2h释放	2-8h释放	8-24h释放	1-4d释放	4-30d释放	总释放量
Rb-88	1.21E+11	1.98E+11	5.70E+10	1.10E+09	1.97E+01	3.77E+11
Cs-138	5.18E+10	7.82E+09	3.33E+06	0.00E+00	0.00E+00	5.96E+10
I-131	7.38E+07	2.18E+08	5.59E+08	2.14E+09	2.67E+10	2.97E+10
I-132	9.05E+07	9.14E+07	1.78E+07	1.44E+05	0.00E+00	2.00E+08
I-133	1.80E+08	4.72E+08	8.81E+08	1.13E+09	1.12E+08	2.78E+09
I-134	1.09E+08	2.78E+07	2.42E+05	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+08
I-135	1.56E+08	3.13E+08	2.94E+08	6.95E+07	4.05E+04	8.33E+08
Kr-83m	1.96E+10	1.55E+10	1.79E+09	4.23E+06	0.00E+00	3.69E+10
Kr-85	8.54E+07	2.56E+08	6.82E+08	3.05E+09	3.36E+11	3.40E+11
Kr-85m	5.87E+10	9.78E+10	5.84E+10	5.35E+09	7.65E+04	2.20E+11
Kr-87	8.61E+10	4.21E+10	1.68E+09	2.80E+05	0.00E+00	1.30E+11
Kr-88	1.47E+11	1.78E+11	5.10E+10	9.86E+08	1.76E+01	3.77E+11
Xe-131m	1.13E+09	3.37E+09	8.73E+09	3.52E+10	8.67E+11	9.16E+11
Xe-133	3.58E+11	1.05E+12	2.63E+12	9.30E+12	4.30E+13	5.63E+13
Xe-133m	1.09E+10	3.11E+10	7.18E+10	1.86E+11	1.19E+11	4.19E+11
Xe-135	6.08E+09	1.35E+10	1.64E+10	6.82E+09	2.79E+07	4.29E+10
Xe-135m	1.15E+10	5.01E+07	4.05E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+10
Xe-138	5.94E+10	1.63E+08	3.30E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.96E+10
总计	9.32E+11	1.64E+12	2.90E+12	9.55E+12	4.43E+13	5.94E+13

表 7.1-2 事故期间的厂界处大气弥散因子 (s/m^3)

方位	距离	0-2h	2-8h	8-24h	1-4d	4-30d
N	150m	2.22E-03	1.30E-03	8.03E-04	3.85E-04	1.34E-04
NNE	150m	2.82E-03	1.64E-03	1.02E-03	4.85E-04	1.68E-04
NE	150m	2.80E-03	1.69E-03	1.07E-03	5.36E-04	1.98E-04
ENE	150m	3.11E-03	1.78E-03	1.08E-03	5.01E-04	1.67E-04
E	150m	3.09E-03	1.80E-03	1.11E-03	5.33E-04	1.85E-04
ESE	150m	3.35E-03	1.95E-03	1.20E-03	5.71E-04	1.97E-04
SE	150m	3.29E-03	1.95E-03	1.22E-03	5.97E-04	2.13E-04
SSE	150m	3.79E-03	2.24E-03	1.40E-03	6.85E-04	2.44E-04
S	150m	3.32E-03	1.98E-03	1.25E-03	6.18E-04	2.24E-04
SSW	150m	3.29E-03	1.93E-03	1.20E-03	5.82E-04	2.05E-04
SW	150m	3.23E-03	1.88E-03	1.15E-03	5.48E-04	1.88E-04
WSW	150m	2.92E-03	1.67E-03	1.01E-03	4.68E-04	1.55E-04
W	150m	2.52E-03	1.44E-03	8.71E-04	4.04E-04	1.34E-04
WNW	150m	2.53E-03	1.44E-03	8.73E-04	4.04E-04	1.34E-04
NW	150m	2.04E-03	1.21E-03	7.54E-04	3.67E-04	1.30E-04
NNW	150m	2.51E-03	1.43E-03	8.61E-04	3.97E-04	1.31E-04
最大值	/	3.79E-03	2.24E-03	1.40E-03	6.85E-04	2.44E-04

表 7.1-3 剂量转换因子

核素	衰变常数 (1/s)	烟云浸没照射 (Sv/s) / (Bq/m ³)	吸入内照射 (Sv/Bq)
Rb-88	6.49E-04	3.36E-14	2.26E-11
Cs-138	3.58E-04	1.21E-13	2.74E-11
I-131	9.98E-07	1.84E-14	2.00E-08
I-132	8.37E-05	1.14E-13	3.10E-10
I-133	9.26E-06	3.00E-14	4.00E-09
I-134	2.20E-04	1.33E-13	1.50E-10
I-135	2.91E-05	8.25E-14	9.20E-10
Kr-83m	1.05E-04	2.43E-18	-
Kr-85	2.05E-09	2.55E-16	-
Kr-85m	4.30E-05	6.83E-15	-
Kr-87	1.52E-04	3.94E-14	-
Kr-88	6.78E-05	9.72E-14	-
Xe-131m	6.74E-07	3.70E-16	-
Xe-133	1.53E-06	1.39E-15	-
Xe-133m	3.66E-06	1.27E-15	-
Xe-135	2.12E-05	1.11E-14	-
Xe-135m	7.42E-04	1.85E-14	-
Xe-138	8.15E-04	5.44E-14	-

表 7.1-4 80MW 高通量堆选址假想事故剂量计算结果

项目	剂量结果	选址假想事故个人有效剂量限值	比例（%）
0-2h 厂址边界最大个人有效剂量	0.132mSv	10mSv	1.32%
事故期间（30d）厂址边界最大个人有效剂量	0.287mSv	10mSv	2.87%
集体有效剂量	0.0925 人·Sv	-	-

第八章 流出物监测与环境监测

8.1 辐射监测

8.2 其他监测

8.3 监测设施

8.4 质量保证

表

表 8.1-1 气载放射性流出物监测通道一览表

表 8.3-1 实验室设备一览表

8.1 辐射监测

8.1.1 流出物监测

运行期间的流出物监测主要监测对象是本项目向环境排放的气载放射性流出物。本小节主要描述流出物监测的设想。

8.1.1.1 监测依据

放射性流出物监测的内容包括流出物的放射性浓度、排放总量和核素的种类等。运行期间流出物监测方案根据我国有关法规和工程的实际情况制定。制定流出物监测方案将依据和参考下列标准：

- 《核设施流出物监测的一般规定》（GB 11217-89）；
- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 1 部分：一般要求》（GB/T 7165.1-2005）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 2 部分：放射性气溶胶（包括超铀气溶胶）监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.2-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 3 部分：放射性惰性气体监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.3-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 4 部分：放射性碘监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.4-2008）；
- 《气态排出流（放射性）活度连续监测设备 第 5 部分：氡监测仪的特殊要求》（GB/T 7165.5-2008）；
- 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 1 部分：一般要求》（GB/T 12726.1-2013）；
- 《核电厂安全重要仪表 事故及事故后辐射监测 第 2 部分：气态排出流及通风中放射性离线连续监测设备》（GB/T 12726.2-2013）；
- 《核设施烟囱和管道释放气载放射性物质的取样和监测》ANSI N13.1-2011。

8.1.1.2 监测目的

运行期间流出物监测目的是：

- 监测释放到环境中的气载放射性流出物的浓度，判断其是否符合国家批准的排放量控制值和营运单位规定的排放管理目标值；
- 为判明本工程的运行以及放射性废物的处理和控制装置的工作是否正常有效提供数据和资料；
- 为评价环境质量、估算公众受照剂量提供放射性测量数据和资料；
- 使公众确信本工程的放射性物质排放确实受到严格的控制；
- 迅速发现有无计划外排放和事故排放，鉴别其性质、种类及其程度，以便及时采取措施；
- 给出报警和必要的执行动作，以控制不合理的排放，可为本工程在事故期间的应急响应提供信息。

8.1.1.3 制定监测方案的原则

制定本项目运行期间流出物监测方案和监测系统设计遵循的主要原则包括：

- 满足国家标准法规提出的流出物监测管理要求；
- 对于所有可能产生放射性排放的途径，均应设置合理的监测手段。取样点的设置和取样系统的设计应确保监测结果能代表实际的排放；
- 对于分批排放，排放前取样分析；
- 对于具有事故后监测功能的仪表需考虑冗余监测；
- 根据国家标准规定的年排放总量限值和排放浓度上限值，制定合理的排放量控制值和仪表的报警阈值；
- 流出物监测和取样系统的设计中将考虑地方环保部门的监督性检查和测量。

8.1.1.4 放射性流出物监测

（1）设计基准

系统目的：监测烟囱气载放射性流出物的排放量，防止放射性的排放瞬时值和总量超过规定的限值，防止公众受到过度的照射。

系统的主要设计基准如下：

- ①对正常运行期间烟囱的放射性释放进行监测；
- ② 提供中止放射性流出物排放或自动启动应急排风系统、或启动其它安全措施的动作参考；
- ③根据反应堆设计准则，放射性流出物监测系统的仪表均属非安全级；
- ④辐射监测仪表的设计、制造与安装应满足相应级别的各项技术要求。
- ⑤放射性流出物监测系统应满足以下要求：惰性气体测量应有较宽的量程以满足正常与事故工况的要求；流出物碘和气溶胶的取样也应满足正常与事故条件的要求；流出物取样管的设计宜符合 ANSI/HPS N13.1--2011 标准的要求。

放射性流出物监测系统及设备均为非安全级。但设置了两套互为冗余的在线监测设备，即 2 套 PING 监测仪和 2 套高量程惰性气体监测仪，且均为抗震 I 类。同时，设置一套取样设备，包括：氡取样器、C-14 取样器、气溶胶取样器、碘取样器和惰性气体取样器。

不论是正常运行条件，还是事故期间，全部气载流出物均由本工程排放烟囱排入环境，因此，对排放烟囱内气载放射性浓度和排气量的监测即为本工程气载放射性流出物排放总量监测。

本工程产生的放射性废液都先收集排入废水处理系统的废水贮存罐内，定期处理，处理达标后的废水或复用，或转成气态排放到烟囱（液转气），不存在液态流出物向厂外环境的排放。因此，本工程仅设置气载放射性流出物监测系统。

（2）系统描述

本工程产生的放射性废液都先收集排入废水处理系统的废水贮存罐内，定期处理，处理达标后的废水或复用，或转成气态排放到烟囱（液转气），不存在液态流出物向厂外环境的排放。因此，本工程仅设置气载放射性流出物监测系统。本系统中的监测设备和报警为操作员判断工况提供参考依据，也可考虑触发某些中止或启动的连锁动作。

表 8.1-1 列出了放射性流出物监测通道。

气载放射性流出物监测系统的监测设备包括：PING 监测仪 1 套，高量程惰性气体监测仪 1 套，气溶胶、碘、惰性气体取样设备。

PING 监测仪用于对取样气体中的气溶胶、碘、惰性气体的活度浓度进行在线式连续监测，它属于非安全级设备，抗震 I 类。

高量程惰性气体监测仪用于事故后监测，它具有较高的量程，同时它的量程下限

覆盖 PING 监测设备中惰性气体监测仪的量程上限至少 1 个量级，它也属于非安全级设备，抗震 I 类。

气溶胶、碘、惰性气体取样设备用于进行气溶胶、碘、惰性气体的取样，它属于非安全级（NS 级）设备。对气溶胶、碘、惰性气体进行定期取样监测，取样周期暂定为 1 次/周。

此外，PING 监测仪和高量程惰性气体监测仪应具有与远程计算机进行数据通信的接口。

每一路辐射探测器的输出被送到二次仪表（就地处理箱），就地处理箱给出测量结果显示。其结果同时以数字信号方式送入 DCS 系统，当排放的放射性物质的活度浓度或总活度超过预定值时，给出报警信号。

辐射监测仪表有三类报警信号，其中之一是给出探测器、电源或电路故障信号，另外二类报警信号是当放射性浓度达到设定的报警阈时给出的信号：当超过一级报警（调查报警）阈时，在仪器面板上和控制室辐射与剂量监测屏上给出黄色报警闪光；当放射性水平超过二级报警（干预报警）阈时，在仪器面板和控制室辐射与剂量监测屏上，给出红色报警闪光，同时给出音响报警信号。闪光的频率及音频取决于放射性水平。

为了使放射性流出物监测系统获取有代表性的气溶胶浓度测量样品，在烟囱中应按 ANSI/HPS N13.1-2011 标准的要求设置取样装置并设置适当的取样流量。辐射监测仪器技术指标的选择则是根据设施、系统实际情况而定。

8.1.2 辐射环境监测

8.1.2.1 监测依据

本项目运行期间环境监测依据的主要标准规范有：

- 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；
- 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）；
- 《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；
- 《环境 γ 辐射剂量率技术规范》（HJ 1157-2021）；
- 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

- 《环境辐射监测中生物采样的基本规定》（EJ527-90）。

8.1.2.2 监测目的

运行期间环境监测的目的为：

- 通过监测核电厂周围海水、地表水、地下水、大气、土壤、沉积物、陆生及水生动、植物等介质中的放射性活度，评估运行对海洋环境、大气环境和陆地环境的影响；
- 评估与验证放射性流出物排放控制的有效性；
- 评估由于放射性排放使公众实际或可能受到的辐射影响；
- 监测和评估周围环境放射性水平的变化趋势；
- 对流出物在环境中的传输和扩散情况进行评估；
- 鉴别由其他来源引起的污染；
- 对发现的异常情况进行分析，通过监测、评估数据及信息的反馈，改进排放控制，保证环境保护的持续改进。

8.1.2.3 监测范围及布点原则

环境 γ 辐射水平的调查范围半径取10km。环境介质调查半径10km范围，重点为半径5km范围。

环境监测布点综合考虑：关键人群居住地区，最大风频下风向区域，与本底调查中取样点、样品种类等的一致性，周边海域水域潮汐特点，取样点地理位置的特点，放射性流出物的排放方式及特点，采样品种的代表性，陆生及水生生物的生长周期，排放渠的具体条件等。

8.1.3 应急监测

在事故应急状态下，监测车作为应急辐射监测系统，可快速前往厂区周边，测量所经过地区环境 γ 辐射水平。

8.2 其他监测

8.2.1 气象观测

距本项目较近的石岛湾核电基地有完备的气象观测系统，本项目可考虑直接采用石岛湾核电基地的气象观测系统。

8.2.2 化学污染物监测

化学污染物的监测主要针对受纳水体进行，初步考虑的监测项目及点位、频次为：

- 在取水口和排水口分别设点，监测项目为：油类、铁、硫酸盐、镍、钠、阴离子洗涤剂，监测频次为每季；
- 在取水口和排水口设点，监测项目为：溶解氧、六价铬、总铬、余氯、电导率、pH 值、联氨、氨氮，监测频次为每双周；

8.3 监测设施

本项目设置放化实验室、流出物监测实验室和环境监测实验室。放化实验室用于分析从反应堆各工艺系统所取的样品，可能包含放射性水平较高的样品。流出物监测实验室用于分析本项目放射性流出物样品，气载流出物样品一般包括惰性气体、碘、气溶胶、氡和碳 14 等。环境实验室则是用于分析厂区及厂区周围取得的环境样品，重点包括气溶胶、地表水与地下水、海水、土壤、农产品、牛奶、水生生物与沉积物等，环境样品的放射性水平一般是很低的。

三个实验室包含的制样及分析设备如表 8.3-1 所示。

环境辐射监测系统包括了气象站、环境辐射监测站、中央站、环境监测车和应急移动组网监测设备，为全厂共用。该系统可由应急指挥中心配置和统一管理。中央站也可设置在环境实验室楼内，以便由环境辐射监测专业人员进行数据分析。

气象站测量、采集、记录和发送现场风速、风向、温度和湿度等气象数据，用于计算、评价气态放射性物质排放对该地环境的影响；事故情况下，提供实时气象参数以便制定和执行应急措施。

环境辐射监测站连续记录厂区周围环境 γ 辐射数据，获取气溶胶、碘和雨水样品，测量环境 γ 辐射监测站降雨量，当 γ 辐射剂量率超过阈值时产生报警。

中央站连续采集、处理和记录气象和环境 γ 辐射数据，发送处理后的数据到主控室和应急指挥中心。

环境监测车在正常运行期间，作为移动式环境辐射监测站，定期地对厂区周围环境 γ 辐射进行巡测。在事故应急状态下，监测车作为应急辐射监测系统，可快速前往厂区周边，测量所经过地区环境 γ 辐射水平。

8.4 质量保证

本项目需要进行流出物、环境和应急监测以保障公众的安全，确保对环境不会造成不可接受的影响。因此流出物、环境和应急监测质量保证是至关重要的，其目的是通过有计划/system行动，对监测过程进行全面控制，使测量结果具有适当置信度，保证测量结果的可信性、有效性和可比性。

8.4.1 质量控制

针对各项监测任务制定管理规程，对监测工作全过程（样品采集、运输和贮存、样品处理、分析和测量、数据处理等）实行质量控制。通过与外部权威实验室样品监测比对，实施有效的质量监督，实现计量标准的可追溯性，保证测量结果的准确性。对监测工作进行质量检查和评估。

8.4.1.1 样品采集、运输和贮存中的质量控制

样品采集、运输和贮存中的质量控制目的在于采集到具有代表性的样品，并保持放射性核素在样品处理之前的原始浓度。为此应该准确地测定样品的质量、体积或流量，其误差一般控制在 $\pm 10\%$ 以内。为了确定采样的不确定度，应该定期采集平行的瞬时样品。

各类常规样品应妥善保存，直至得出最终分析结论。样品处理、分析测量中的质量控制样品的预处理和分析测量均采用标准的方法，或者经过鉴定和验证过的方法。操作人员应严格按照操作程序操作，防止样品间的交叉污染。为了确定分析测量过程中产生的不确定度，应该分析测量质量控制样品。为了发现和确定环境实验室分析测量系统的不确定性，必须参加本地区和国家组织的实验室之间的分析对比，对存在的系统误差查明原因，并采取校正措施。分析测量装置的性能应定期进行检定、校准和检验，所使用的标准源应定期进行标定。

8.4.1.2 数据处理中的质量控制

每个样品从采样、预处理到分析测量、结果计算过程中的每一步都有清楚、详细、准确的记录。数据处理尽量采用标准方法，减少处理过程中产生的误差。

对于偏离正常值的异常结果应及时向技术负责人报告，并在自己的职责范围内进

行核查。监测数据的正式上报或使用，必须经有关技术负责人签发。

8.4.2 质量管理

8.4.2.1 组织机构

本项目将建立合适的辐射监测机构并实施管理，对管理和实施质量计划的人员设置及其职责、权利进行明确的规定。

8.4.2.2 人员资格和培训

监测结果准确度与工作人员的经验、知识和技术水平有关，因此，制定了下列措施：

- 1) 从事环境监测的人员应具备相关专业知识和工作能力。
- 2) 对从事环境监测的所有人员进行上岗前培训。按照人员所在岗位，要求分别熟悉有关采样、样品处理、分析测量、仪器设备维护以及数据处理和评价，经技术考核取得相应的资格方能上岗。
- 3) 为了保持从事环境监测人员的技术熟练程度，根据相应情况组织培训、考核、以及定期的技能评审。

表 8.1-1 气载放射性流出物监测通道一览表

监测通道名称	监测位置选择要求	监测类型	监测仪类型	数量	测量参数	信号处理要求	
烟囱排气放射性监测	烟囱内气体混合均匀处	在线监测	PING 监测道	1	惰性气体 β 比活度	记录 报警	
					气溶胶 α 、 β 比活度	记录 报警	
					碘 γ 比活度	记录 报警	
				高量程惰性气体监测仪	1	惰性气体 β 比活度	记录, 报警
		取样监测	C-14 取样器	1		无	
			H-3 取样器	1			
			气溶胶和碘取样器	1			
			惰性气体采样系统	1			

表 8.3-1 实验室设备一览表

设备	功能	数量	备注
球磨机	土壤样品研磨、样品制备	1	用于环境实验室
气溶胶压片机	气溶胶样品的制备	3	三个实验室各 1 台
破碎机	岩石等硬度较大类样品的前处理	1	用于环境实验室
马弗炉	生物样品制备；Sr-90 分析等项目样品处理、中间产物处理等	3	三个实验室各 1 台
烘箱	生物样品、土壤样品的烘干处理	2	用于环境实验室
电热板	水样蒸发浓缩；土壤、生物样品的加热浸取、放化分析中间过程的加热等	6	三个实验室各 2 台
桌面式离心机	放射化学分析过程中的固体、液体快速离心分离	1	用于放化实验室
落地式离心机	放射化学分析过程中的大体积固体、液体快速离心分离	1	用于环境实验室
分析天平	样品、中间产物、试剂、耗材等的准确称量	3	三个实验室各 1 台
电导率仪	样品电导率测量	3	三个实验室各 1 台
pH 计	样品 pH 值测量	3	三个实验室各 1 台
超纯水仪	实验室分析用超纯水制备	1	置于环境实验室，三个实验室共用
抽滤泵	实验室分析过程中的减压过滤	3	三个实验室各 1 台
实验室器皿专用清洗仪	实验室分析器皿的自动清洗	3	三个实验室各 1 台
高精度搅拌器	放射化学过程中的高精度搅拌	2	用于放化实验室、流出物实验室
制冰机	放射化学分析冷却用大量冰块的快速制备、储藏	1	置于环境实验室，三个实验室共用
铂金坩埚	生物、土壤等样品的消解处理	2	用于环境实验室
铂金电极	α 核素测量样品源电镀制备	4	用于环境实验室
标准物质及特效树脂	标定及特殊样品制备	1	置于环境实验室，三个实验室共用
热释光剂量测量系统	用于个人剂量监测	1	置于环境实验室
低本底高纯锗 γ 谱仪	环境、流出物样品 γ 活度测量与核素分析	2	环境实验室、流出物实验室各 1 套
高纯锗 γ 能谱仪	工艺样品 γ 活度测量与核素分析	1	用于放化实验室
NaI 谱仪	工艺样品 γ 活度分析	1	用于放化实验室
低本底 α/β 测量仪	样品 α/β 活度测量与核素分析	3	三个实验室各 1 台
超低本底液闪谱仪系统	环境样品氚、碳 14 及其他核素分析	1	用于环境实验室
低本底液闪谱仪系统	流出物样品氚、碳 14 及其他核素分析	1	用于流出物实验室
液闪谱仪系统	工艺样品氚、碳 14 及其他核素分析	1	用于放化实验室
原子吸收光谱仪	样品元素分析	1	置于环境实验室
电感耦合等离子体光谱仪	金属杂质元素分析	1	置于环境实验室
全钢通风柜	用于放射性样品分析时通风	2	流出物实验室与放化实验室各 1 台

第九章 利益代价分析

9.1 利益分析

9.2 代价分析

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 对区域经济的利益

9.1.2.2 对社会发展的利益

9.1 利益分析

9.1.1 运行带来的直接利益

建设宽能谱超高通量试验堆，对进一步优化我国高通量堆资源配置、开创国内辐照资源利用新局面、促进我国核能和中子学研究的发展发挥了重要的支撑作用，对解决核燃料及核材料辐照考验、稀缺特殊核素生产、中子学研究等国家战略需求具有重要的意义，其技术溢出也将显著促进经济社会发展，逐步形成依托该设施逐步形成在国际上有重要影响的核能和中子学科技创新中心。

9.1.2 建设和运行带来的间接利益

9.1.2.1 对区域经济的利益

宽能谱超高通量试验堆项目初步投资大，能够推动和促进地方经济的发展，对地方财政收入的影响主要来自于税收，包括营业税、城市维护建设税及教育费附加等。除此之外，能够为地方创造大量的就业机会，不仅在建设期需要大量的不同层次的劳动力，而且运行期间也能直接或间接的提供大量的就业岗位。

9.1.2.2 对社会发展的利益

项目投产后，职工的生活消费等，将促进当地的房地产业、零售业、通讯、教育、医疗卫生及其他市政设施和社会福利事业的发展，繁荣当地经济。职工受教育水平和文化水平较高，在融入地方的过程中，也会产生积极的影响，带动整个社会发展水平的提高。

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.1.1 项目的建设经济代价

9.2.1.2 项目运行的经济代价

9.2.2 间接代价

9.2 代价分析

9.2.1 直接代价

9.2.1.1 项目的建设经济代价

本项目是科研工程，建设经济代价相对较小。

9.2.1.2 项目运行的经济代价

运行期间的经济代价包括：基本折旧费、摊销费、核燃料费、运行维护费、财务费用和管理费用等。

9.2.2 间接代价

— 交通运输问题

运输包括施工期间设备、建筑材料的运输；运行期间的换料、乏燃料、固体废物运输；正常的人员进出等，不可避免增加当地的运输负担。

— 电厂建设对当地市政建设设施产生的影响

本项目的建设和运行，使厂址所在地区的人口数量有所增加，这势必造成医疗、学校、商业和基础设施如供排水等市政工程和生活服务设施的紧张局面，加重了当地政府的负担。

— 对当地环境产生的影响

本项目建成运行后，会向环境释放放射性物质。为了控制并确保在正常运行和事故期间向环境释放的放射性物质低于国家标准，从而保障工作人员和周围居民的安全，本项目设置了各种放射性废物净化和处理系统、剂量监测系统、屏蔽防护及应急设施等。

本项目建成运行后，在发生放射性泄漏事故的情况下，会有一些量的气载放射性流出物排放，对周围环境产生影响。气载放射性流出物对核电厂周围环境产生辐射影响，并通过污染空气浸没外照射、地面沉积放射性外照射、吸入污染空气内照射和食入污染陆生动植物产品内照射对厂址周围公众产生一定的剂量影响。根据本报告对选址假想事故的评价结果，发生选址假想事故时气载放射性流出物对周围公众产生的影响满足国家有关标准。

本项目运行期间造成的海洋生物损失主要来自于取水系统卷载效应和温排水扩散

持续性影响所致。对渔业资源造成的损失主要包括机械碰撞、温升、余氯的毒性作用等。本项目取水量不大，通过设置进水系统滤网装置，对水生生物产生的伤害较小。本项目冷凝系统需用海水作冷却，冷却后的温水排放在附近海域中扩散，本项目功率较低，引起排水口附近水温升高有限，对海洋生物产生影响较小。

为达到保护环境及人身安全的目的，本项目必须对放射性三废进行严格的治理。因此，本项目专门设置了废液、废气和固体废物处理和贮存设施、以及放射性流出物监测、环境监测和事故应急设施，尽可能降低放射性废物对公众的照射。

- 环境监测：本项目设置环境监测系统，对运行期间的的环境状况进行监测，同时为检验放射性废物处理系统是否满足要求提供对照测量，环境监测设施包括：辐射监测设备、数据采集及试验仪表、气象数据采集设施和环境放射性监测设备等。
- 流出物监测：本项目设置流出物监测系统，对运行期间的气载和液态流出物进行监测，用于测量流出物中放射性物质的种类和数量，为判断放射性排放是否满足国家标准限值或运行限值提供依据。
- 应急设施：本项目除考虑正常运行情况下的环境保护和人身安全外，还考虑了在事故状态下人员的紧急疏散和医疗措施。

第十章 结论与承诺

10.1 建设项目

10.2 环境保护设施

10.3 放射性排放

10.4 辐射环境影响评价结论

10.5 非辐射环境影响评价结论

10.6 公众参与和调查结论

10.7 承诺

10.1 建设项目

本项目名称为“宽能谱超高通量试验堆项目”。本项目由清华大学核能与新能源技术研究院负责建设和运营管理。宽能谱超高通量试验堆项目为新建工程，位于山东省威海市所辖荣成市石岛管理区宁津街道办事处东南。宽能谱超高通量试验堆为池壳式堆，该堆设计功率80MWt。本厂址规划建设于清华大学（荣成）先进核能技术科研基地。

本工程的建设与国家和区域发展规划相符，厂址周围不存在影响本项目建设和运行的不可克服的颠覆性因素。在事故情况下对周围公众的辐射影响满足相关标准的要求，正常运行期间的放射性物质排放对公众和周围环境的影响满足相关法规和标准的要求。公众参与和调查表明厂址周围大多数的公众能理解和支持本工程的建设。

总体上，就本项目对环境的影响以及环境对本项目的影响而言，建设本项目是可行的。

10.2 环境保护设施

宽能谱超高通量试验堆为池壳式堆，设计有放射性废气处理系统、放射性废液处理系统以及放射性固体废物处理系统，固体废物贮存设计量满足运行期要求。

总体而言，本项目环境保护设施的设计性能可以满足环境保护的要求。

10.3 放射性排放

本项目年排放量控制值暂按排放量设计值考虑。

10.4 辐射环境影响评价结论

（1）正常运行期间的辐射环境影响

本项目正常运行状态下，气载放射性流出物排放造成公众最大有效剂量为 $3.67 \times 10^{-9} \text{Sv/a}$ ，为位于场址 SSE 方位 2~3km 子区的成人组一般公众，占本项目剂量约束值（0.01mSv）的 0.0374%，满足剂量约束的要求。

（2）事故工况下的辐射环境影响

由于没有针对研究堆非居住区边界和规划限制区边界处的事故潜在照射后果个人剂量限值的规定，因此参考《研究堆安全分类（试行）》中关于 III 类研究堆的要求和

《研究堆应急计划和准备》中对于研究堆应急状态的规定。选址假想事故工况下，事故期间厂区边界个人通过烟云浸没外照射和吸入内照射途径所接受的有效剂量小于10mSv。

本项目选址假想事故发生后，厂址边界处的个人最大受照剂量结果与选址假想事故后果所致个人有效剂量限值的比较情况如下：

1) 选址假想事故发生后 0-2h 内，厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.132mSv。上述剂量能过满足规定的事故个人有效剂量限值（10mSv）要求。

2) 选址假想事故的持续期间（30d），厂址边界处任何个人所受的最大个人有效剂量为 0.287mSv。上述剂量能过满足规定的事故个人有效剂量限值（10mSv）要求。

从选址假想事故的辐射影响评价结果分析，建设本项目是可行的。

（3）实施应急计划的可行性

厂址半径 5km 范围内没有大、中型医院、监狱、大型工厂和养老院，也没有大的学校。因此，厂址半径 5km 范围内没有难以撤离的人群。厂址半径 10km 范围内无 10 万人以上居民点或行政村。

厂址周围交通网络较为发达，厂区与外围交通联系便捷，厂址周围具有良好的应急撤离、疏散和运输条件。无线通讯网络已覆盖厂址区域，不存在应急通讯的困难。从环境风险的角度，本项目的建设是可以接受的。

10.5 非辐射环境影响评价结论

（1）施工期环境影响

本项目建设期间对周围环境的影响主要是：土石方工程负挖、运输以及其他活动造成的陆域和海洋生态的影响、水土流失的影响、噪声的影响、地表水环境的影响、大气环境的影响，以及施工固体废弃物对环境的影响。施工活动给环境带来的影响是局部的、短期的，并随着工程竣工而消失，施工活动对环境影响较小。

（2）运行期间环境影响

— 散热系统运行的影响

总体上本项目的取、排水流量和散热量较小，散热系统不会对周围海域生态环境造成明显影响。

本项目 4℃温升区和 1℃温升区均位于三类近岸海域环境功能区内，4℃温升区范

围不符合所处近岸海域环境功能区的第三类海水水质标准要求，1℃温升区范围符合所处近岸海域环境功能区的第三类海水水质标准要求。

本项目 1℃温升区范围不涉及生态红线保护区。

一 其他非辐射影响

本项目投产运行后对环境的其它影响主要包括，电厂向海域排放的化学物质、海水加氯处理的余氯、排放的非放射性污水以及暂时贮存的固废，噪声对环境造成的影响。

本项目循环冷却水量较小，相应的余氯影响范围较小，光照引起的余氯衰减以及附近海域较高的 pH 值均会降低余氯毒性，预计不会对周围海域造成明显影响。

本项目生活污水和非放射性生产废水排入市政管网，不会对附近海洋环境造成影响。

正常运行过程中因设备的维修、零部件的损坏等会产生一定量工业固废，厂内人员会产生生活垃圾，在落实固废收集和处置工作后，本项目的非放射性固废对环境的影响较小。

机组运行期间的噪声主要来自循环水泵房、空气压缩机等设备的运转，上述声源经过厂房隔声和距离衰减后，预计噪声对厂界和敏感点的声环境影响较小。

10.6 公众参与和调查结论

本项目已开展了首次信息公开工作。

10.7 承诺

建设单位将总结借鉴国内同类项目以及附近工程的建设经验，合理制定陆域和海工施工方案，落实相关施工环境管理措施，开展相应的施工期环境监测，实现对项目施工环境影响的有效控制。