

# 建设项目环境影响报告表

(污染影响类)

项目名称：辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态变更项目

建设单位（盖章）：辽宁红沿河核电有限公司

编制日期：2022年9月



中华人民共和国生态环境部制

打印编号: 1656922190000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	6faayl		
建设项目名称	辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态变更项目		
建设项目类别	55--167核动力厂(核电厂、核热电厂、核供汽供热厂等); 反应堆(研究堆、实验堆、临界装置等); 核燃料生产、加工、贮存、后处理设施; 放射性污染治理项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称(盖章)	辽宁红沿河核电有限公司		
统一社会信用代码	91210200782478913k		
法定代表人(签章)	郝宏生		
主要负责人(签字)	廖伟明		
直接负责的主管人员(签字)	张劲松		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称(盖章)	苏州热工研究院有限公司		
统一社会信用代码	913205084669547113		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1. 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
徐月平	2017035320350000003511320681	BH016833	
<b>2. 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
陶乃贵	第四章	BH022957	
徐月平	第一~三章、第五、六章	BH016833	

## 一、建设项目基本情况

建设项目名称	辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态变更项目		
项目代码	/		
建设单位联系人	张劲松	联系方式	0411-82340678
建设地点	辽宁省瓦房店市红沿河镇辽宁红沿河核电厂内		
地理坐标	(121度28分19秒, 39度48分09秒)		
国民经济行业类别	核力发电/D4413	建设项目行业类别	167-核动力厂
建设性质	<input type="checkbox"/> 新建(迁建) <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 技术改造	建设项目申报情形	<input checked="" type="checkbox"/> 首次申报项目 <input type="checkbox"/> 不予批准后再次申报项目 <input type="checkbox"/> 超五年重新审核项目 <input type="checkbox"/> 重大变动重新报批项目
项目审批(核准/备案)部门(选填)	/	项目审批(核准/备案)文号(选填)	/
总投资(万元)	/	环保投资(万元)	/
环保投资占比(%)	/	施工工期	/
是否开工建设	<input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是: _____	用地(用海)面积(m <sup>2</sup> )	/
专项评价设置情况	无		
规划情况	1、《“十四五”现代能源体系规划》，国家发改委、国家能源局，发改能源[2022]210号； 2、《辽宁省国民经济和社会发展十四五个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》，辽宁省政府，辽政发[2021]9号； 3、《辽宁省“十四五”生态环境保护规划》，辽宁省生态环境厅，辽政办发[2022]16号； 4、《大连市国民经济和社会发展十四五个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（大政发[2021]12号）； 5、《大连市能源发展“十四五”规划》、《大连市生态环境保护“十四五”规划》（大政办发[2021]33号）。		

<p>规划环境影响 评价情况</p>	<p>无</p>
<p>规划及规划环境 影响评价符合性分析</p>	<p>1、根据国家能源十四五规划指出：积极安全有序发展核电，加快推动能源绿色低碳转型，建成投产红沿河5、6号（5号已建成投产）；</p> <p>2、根据《辽宁省国民经济和社会发展十四五个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出：红沿河核电二期属于重大能源工程，推进核电等重大项目建设，优化能源供给结构，安全稳妥发展核电，确保红沿河二期工程投产；</p> <p>3、根据《辽宁省“十四五”生态环境保护规划》指出：加快绿色低碳转型升级，优化能源供给，推进红沿河等核电基地建设；</p> <p>4、根据《大连市国民经济和社会发展十四五个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》指出，安全稳妥推动核电建设，建成红沿河二期工程，壮大重点战略新兴产业，打造清洁能源产业之都，加快推动核能等清洁能源产业发展，提升核电产业规模和市场占有率；</p> <p>5、根据《大连市能源发展“十四五”规划》指出，优化能源生产结构，安全有序发展核电，建成红沿河二期工程，实现5、6号机组全面投产运营。根据《大连市生态环境保护“十四五”规划》指出，提高清洁能源比重，安全高效发展核电。</p>
<p>其他符合性分析</p>	<p>1、根据《大连市海洋功能区划（2013-2020年）》（辽政[2016]48号）及自然资源部有关用海的批复（自然资办函[2019]2087号），项目用海符合海洋功能区划要求；</p> <p>2、根据辽宁省生态环境厅《关于大连市近岸海域环境功能区划调整方案（辽宁红沿河核电厂附近海域）的批复》（辽环函[2022]93号），本项目符合厂址附近的近岸海域环境功能区划要求；</p> <p>3、根据辽宁省、大连市“三线一单”及辽宁省渤海海洋生态红线要求，本项目为辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态变更，项目位于红沿河核电厂内，不新增用地用海，电厂原有的系统、子项等在工程设计方面没有变化，项目实施主要为放射性流出物对环境的辐射影响和温排水对受纳水体的温升影响，项目实施有利于国家碳达峰碳中和推进及当地清洁能源发展，温排水造成的三类水质温升影响范围不进入辽宁省渤海海洋生态红线划定范围内，符合“三线一单”及海洋生态红线有关要求。</p>

## 二、建设项目工程分析

建设内容	<p><b>1、项目基本情况</b></p> <p>辽宁红沿河核电厂位于辽宁省瓦房店市红沿河镇，厂址建设 6 台百万千万级核电机组。1~6 号机组自西向东布置，其中 1 号反应堆地理位置坐标为东经 121°28'19"，北纬 39°48'09"；3 号反应堆地理位置坐标为东经 121°28'34"，北纬 39°48'09"；5 号反应堆地理位置为东经 121.4825°，北纬 39.7956°。厂址地处渤海辽东湾东海岸，北、西、南三面临海，东侧与陆地接壤。厂址 ESE 方位距红沿河镇 7km，距复州城 20km，距瓦房店市 49km；南距大连市 110km，北距沈阳 270km。厂址地理位置见附图 1。</p> <p>辽宁红沿河核电厂由辽宁红沿河核电有限公司（以下简称建设单位）负责运营。电厂一期工程已于 2016 年 6 月全部投入商业运行，二期工程（5、6 号机组）分别于 2015 年 3 月和 2015 年 8 月浇注第一罐混凝土，5 号机组于 2021 年 7 月商运，6 号机组于 2022 年 6 月商运。</p> <p>辽宁红沿河核电厂一期工程 1~4 号机组的两份运行阶段环境影响报告书已分别于 2012 和 2014 年取得原环境保护部批复（环审[2012]296 号、环审[2014]224 号），二期工程（5、6 号机组）运行阶段环境影响报告书已于 2021 年 5 月获生态环境部批复（环审[2021]38 号）。根据二期工程运行环评批复（环审[2021]38 号）要求，红沿河核电厂 5、6 号机组正常运行状态下的辐射环境影响结果和设计基准事故条件下的放射性后果满足国家标准要求，环境保护设施完备，具有运行后的环境监测和流出物监测能力；红沿河核电厂应严格落实运行机组不超过五台（一期工程四台和二期工程一台机组）的运行方式以满足现行有效的近岸海域环境功能区划水质管理要求。</p> <p>建设单位为使电厂 6 号机组投运且温排水影响能满足近岸海域环境功能区划要求，在针对二期工程已批复的机组运行方式（一期 400%FP+二期 100%FP，共 5 台）基础上，结合工程和运行实际情况，提出了调整全厂机组的优化运行方案，增加新的机组运行方式，即在 6 号机组首次装料至 2022 年 12 月底，1-4 号机组中三台满功率运行，5、6 号机组两台运行总功率不超过额定功率的 175%（一期 300%+二期 175%FP）。2022 年 3 月 25 日，生态环境部以《关于辽宁红沿河核电厂机组运行方式优化项目环境报告表的批复》（环审[2022]32 号）批复了红沿河核电厂机组运行方式优化项目环境影响报告表，批复详见附件 1。2022 年 3 月 28 日，红沿河核电厂 6 号机组完成首次装载核燃料，5 月 2 日机组首次并网发电，6 月 23 日机组正式具备商运条件。</p> <p>辽宁红沿河核电厂已批复的运行方式包括如下：一期 1~4 号机组+二期 1 台机组运行（一期 400%FP+二期 100%FP）、一期 3 台机组+二期 2 台机组运行（一期 300%+二期 175%FP，至 2022 年底）。目前，整个厂区内已实现 5 台机组同时运行。</p> <p>辽宁红沿河核电厂取排水工程采用北取南排的直流循环冷却方式，取水口位于厂区北侧陡崖处，排水口位于厂区南侧，一期和二期工程分别设置两个取水口和排水口，取水口西南侧设隔热堤。为了更好地保护环境、减小温排水对海洋环境的影响，尽可能采</p>
------	---

取措施并妥善解决温排水的环境问题，做好取水口的冷源安全保障，建设单位开展了辽宁红沿河核电厂取水口优化工程研究。2021年12月，瓦房店市以《瓦房店市人民政府关于辽宁红沿河核电有限公司申请办理核电厂取水口优化工程项目用海的批复》对取水口优化工程海域使用论证进行了批复，2022年1月颁发了海域不动产权证(透水构筑物)辽(2022)大连瓦房店不动产权第09930023号和不动产权证(非透水构筑物)辽(2022)大连瓦房店不动产权第09930023号，宗海面积分别为3.2512公顷和12.0985公顷；2022年2月，大连市生态环境局以《关于对辽宁红沿河核电厂取水口优化工程环境影响报告书的批准决定》(大环评准字[2022]000013号)对项目环境影响评价文件进行批复。红沿河核电厂取水口优化工程相关批复详见附件2~附件4。

辽宁红沿河核电厂取水口优化工程已于2022年5月开工建设，计划2023年12月完工，工程将二期取水口导流堤往西南方向延伸并与隔热堤形成新的取水口，主要工程包括：在原有取排水工程基础上，建设北防波堤延长段，从二期取水防波堤往西接出，全长约886m；在二期取水口西南侧延长二期隔热堤，延长约180m；建设三道拦污网，长度分别为270m、296m和149m。

为积极响应国家政策需求及能源规划要求，辽宁省政府开展了大连市近岸海域环境功能区划调整工作，使大连市近岸海域环境功能区划满足红沿河核电厂6台机组运行的温升管控要求。根据辽宁省生态环境厅2022年8月30日印发的《关于大连市近岸海域环境功能区划调整方案(辽宁红沿河核电厂附近海域)的批复》(辽环函[2022]93号)，对红沿河核电厂附近近岸海域环境功能区划中的混合区、三类区进行了调整，详见附件5。

为进一步推动红沿河核电基地的核电机组安全高效运行，推动当地能源供给结构优化、促进清洁能源产业发展，做好海域环境的保护并满足近岸海域环境功能区划要求条件下，建设单位对辽宁红沿河核电厂拟实施全厂六台机组正常运行的运行方案，申请运行状态变更至全厂六台机组满功率运行(一期400%FP+二期200%FP)。辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态变更后，与生态环境部环审[2021]38号及环审[2022]32号批复中规定的机组运行方式不同，但核电厂原有的系统、子项等在工程设计方面没有变化。

## 2、建设项目内容和规模

辽宁红沿河核电厂一期工程4台机组采用CPR1000技术方案，二期工程2台机组采用ACPR1000技术方案。电厂机组蒸汽供应系统(NSSS)的额定功率为2905MWth，堆芯额定热功率为2895MWth，发电机额定电功率为1118.79MWe。核电厂运行期间主要是反应堆堆芯内的核燃料发生裂变反应，可能会产生极少量的裂变产物，包括惰性气体和卤素等，并通过燃料包壳泄漏至一回路后进入二回路，气态和液态放射性流出物将最终排放至外环境，包括各类惰性气体、气态碘、粒子、气态碳14、气态氚，以及液态氚、液态碳14和气态各类液态核素，同时运行期间产生一定量的放射性固体废物。此外，堆芯裂变反应产生的热能除一部分通过汽轮机做功发电外，另一部分通过凝汽器作为余热排入渤海海域。

根据环审[2021]38号及环审[2022]32号，辽宁红沿河核电厂在现有已批复的机组运行工况条件如下：一期工程1~4号机组+二期工程1台机组（一期400%FP+二期100%FP），以及一期3台机组+二期2台机组（一期300%+二期175%FP，运行至2022年底）。为使全厂6台机组正常运行，需进一步对电厂已批复机组运行状态进行变更。相比于现阶段机组运行方式而言，在全厂6台机组正常运行后仍可以满足近岸海域环境功能区要求，可以提高整个核电基地的机组运行的安全性和经济性。

电厂拟实施的六台机组运行状态变更的方案条件如下：

运行工况	运行状态变更方案			备注
	运行状态	运行电功率	机组运行数量或状态	
1	正式运行期 (低功率运行)	一期 400%+二期 100%	5 台	环审[2021]38号 已批复方案
2		一期 300%+二期 175%	5 台	环审[2022]32号 已批复方案
3	正常运行	一期 400%+二期 200%	6 台	本次 6 台机组运行 状态变更方案

辽宁红沿河核电厂本次申请的运行状态主要是在原有已批复运行方案上的变更，本次运行状态变更不新增任何系统、厂房，不涉及土建施工工作，本项目充分利用已有的机组生产设施和功能子项。厂区总平面布置见附图2。

### 1、施工期

本项目不新增任何系统、厂房，不涉及土建及工程施工作业，不涉及由于施工导致的污染物排放及有关生态环境影响。

### 2、营运期

#### 一、主要生产工艺流程

辽宁红沿河核电厂建设6台百万千瓦级压水堆核电机组，1~4号机组采用CPR1000技术方案，5、6号机组采用ACPR1000技术方案。电厂每台机组由核岛（NI）、常规岛（CI）和全厂配套设备（BOP）三大部分组成。NI包括反应堆厂房、核辅助厂房、核燃料厂房、电气和连接厂房、柴油发电机厂房和辅助给水箱厂房及其厂房内的系统设备；CI主要指汽轮机厂房及其厂房内的系统设备；而BOP则是指NI、CI以外的系统设备。

核电厂放射性物质最根本的来源是反应堆燃料芯块内的链式裂变反应，正常工况下裂变产生的放射性裂变产物基本上都包容在燃料元件的包壳内，只有极少量的裂变产物通过包壳缺陷泄漏到一回路冷却剂中；同时裂变产生的中子使一回路冷却剂、控制棒、硼酸和其它结构材料受到激活而产生中子活化产物。这些裂变产物和活化产物形成反应堆冷却剂中的放射性源。它们通过冷却剂的净化、蒸汽发生器传热管束的泄漏等过程造成对核辅助系统和二回路的污染。

放射性废气管理系统的泄漏、定期排放、各厂房通风系统的持续通风和定期扫气等都会向环境排放气载放射性物质，硼回收系统调硼下泄以及各厂房潜在的跑冒滴漏将通过放射性废液处理系统处理后以槽式排放方式向环境排放液态放射性物质，核电厂在正常运行和检修过程中还将产生一定量的中低放射性固体废物。

工艺流程和产排污环节

核电厂运行期间，装载在堆芯内的核燃料发生链式裂变反应，放出热量，在反应堆主泵的作用下，一回路冷却剂流经堆芯并将其产生的热量带走，随后一回路冷却剂在蒸汽发生器内将热量传递给二回路侧的流体，冷却后的一回路冷却剂随后再返回堆芯形成循环。二回路侧的流体在蒸汽发生器中被加热成蒸汽后，推动汽轮机做功，在实现热能向机械能的转化后，二回路侧的流体进入冷凝器，在冷凝器中被海水冷却后再返回蒸汽发生器。汽轮机驱动发电机转动，实现由机械能向电能的转化，电能通过电网向外界输出。

辽宁红沿河核电厂机组营运期间的工艺流程简图可参见下图。

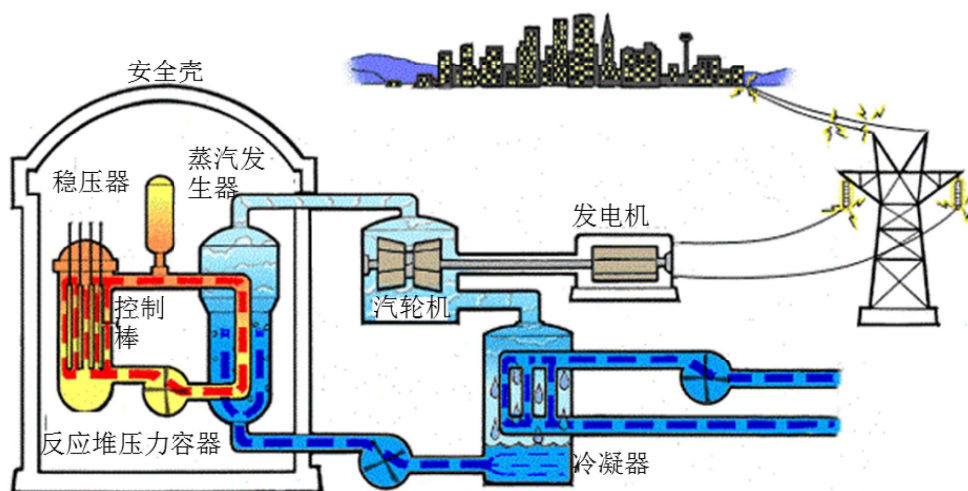


图 2-1 压水堆核电厂营运工艺流程示意图

辽宁红沿河核电厂散热系统采取一次直流循环冷却方式，采用北侧近岸取水，半岛南侧岸边明排，取水口位于厂区正北、紧临深水海域的陡崖处，采用“隔热堤+导流堤”的取排水方案，在取水口优化工程实施后，形成由导流堤与隔热堤形成的大围堰环抱型取水口取水；排水口位于厂区西南方向，从温坨子排水口排水。取排水的主要流程为：辽东湾→大环抱型取水口→隧洞取水构筑物→隧洞→联合泵房→循环水管→凝汽器→排水沟→排水口→辽东湾。辽宁红沿河核电厂取、排水口位置见图 2-2。具体取排水工程方案如下：

- 循环冷却水取水口布置在厂区北部岸边，为由二期北防波堤（886m）与隔热堤（480m）形成的大围堰环抱型取水口，一期和二期分别由近岸隧洞取水，二期工程取水口位于一期取水口以东约 300m，紧临深水海域的陡崖处；一期工程排水口集中布置在厂区西侧护岸外以喇叭式集中排放，口门向西南布置，二期排水口位于温坨子岛对岸，排水口设于半岛南侧岸边，与一期排水口相距约 1.0km；
- 一期工程 4 台机组和二期 2 台机组循环冷却水设计取水流量为单台机组 49.5m<sup>3</sup>/s，凝汽器前后温升 8.9℃。



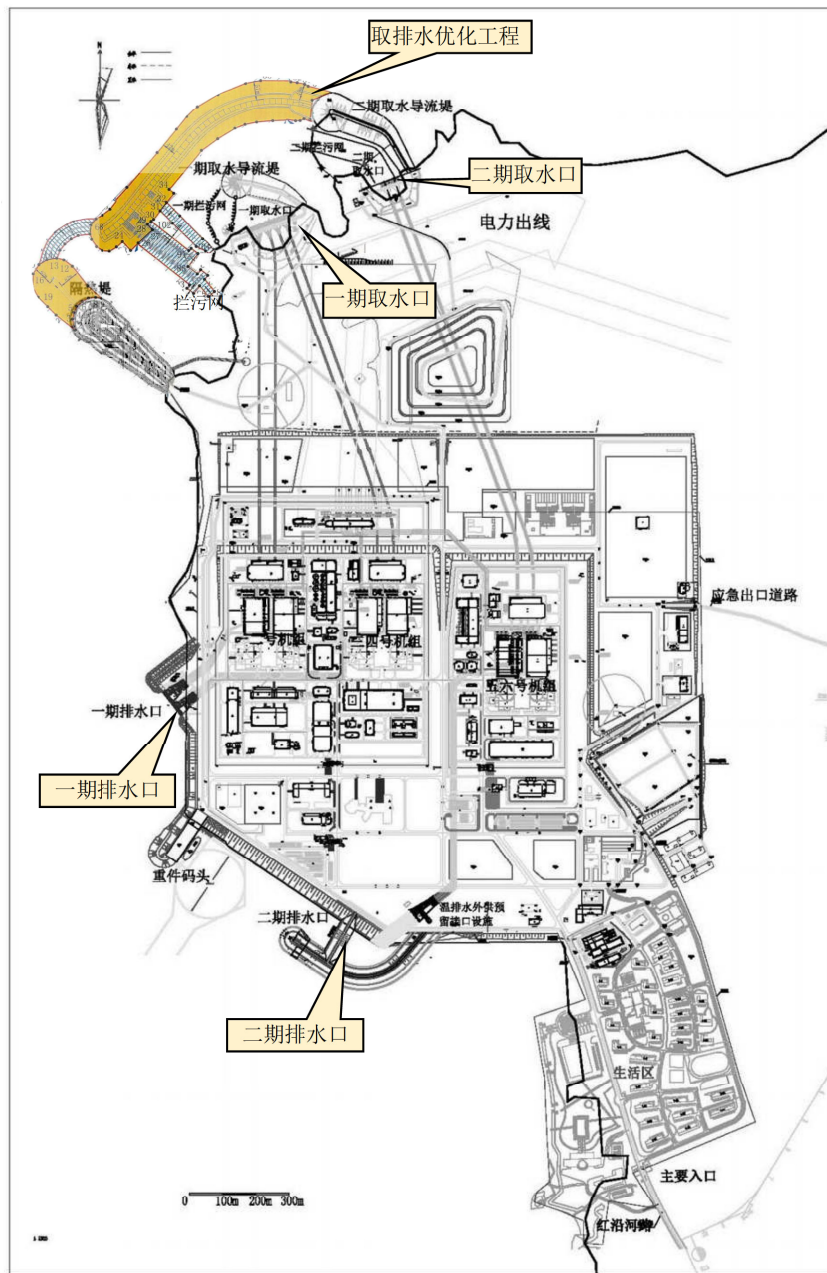


图 2-2 取排水工程平面布置示意图

## 二、六台机组运行状态变更方案分析

辽宁红沿河核电厂六台机组均为百万千瓦级压水堆，堆芯装载 157 个燃料组件，反应堆热功率为 2895MW，发电机额定电功率约为 1118.79MWe。核电厂 1~6 号机组的三废处理系统包括放射性废液系统、放射性废气系统以及放射性固体废物系统，均可以实现对三废的有效处理，并满足达标排放要求。放射性源项涉及反应堆堆芯积存量、一回路和二回路冷却剂中的放射性核素的比活度以及气态、液态放射性物质的排放量和固体放射性废物的产生量。

本次六台机组运行状态变更项目不涉及工程设计的变化，不改变原生产工艺或新增机组子项设施，不对原有生产工艺产生重大变动，主要为改变全厂六台机组运行状态并

全部投入正常运行，使全厂机组满功率运行（一期 400%FP+二期 200%FP），并使全厂机组运行满足近岸海域环境功能区划要求。

#### I、运行状态变更前的机组运行管理

辽宁红沿河核电厂一期工程 4 台机组和二期工程（5、6 号）2 台机组已获得运行许可证。根据已批复要求可实施一期 1~4 号机组+二期 1 台机组运行（一期 400%FP+二期 100%FP）、一期 3 台机组+二期 2 台机组运行（一期 300%+二期 175%FP）的运行方案。目前，整个厂址已有 5 台机组同时运行。

#### II、运行状态变更后的机组运行管理

本项目针对现状运行方案进行全厂机组的运行状态的变更，将其由共 5 台机组（一期 400%FP+二期 100%FP，一期 300%+二期 175%FP）运行变更为全厂 6 台机组（一期 400%FP+二期 200%FP）正常运行发电方案。本次六台机组运行状态变更主要是在原有环境影响报告及已批复运行方案上的变更。

全厂六台机组运行状态变更方案如下：

##### ➤ 已批准运行方案：

二期运行环评批准方案：一期 400%+二期 100%（一期 4 台+二期 1 台，共 5 台）

机组运行方式优化方案：一期 300%+二期 175%（一期 3 台+二期 2 台，共 5 台）

##### ➤ 六台机组运行状态变更方案：一期 400%+二期 200%（一期 4 台+二期 2 台，共 6 台）

#### 三、放射性及余热的产生、处理和排放

本项目实施期间主要是产生一定的放射性气态、液态流出物及放射性固体废物，以及少量的余热排放。放射性源项涉及反应堆堆芯积存量、一回路和二回路冷却剂中的放射性核素的比活度以及气态、液态放射性物质的排放量和固体放射性废物的产生量。放射性废物的排放量主要取决于一回路冷却剂的放射性活度以及三废处理系统的设计处理能力及运行效能。本项目仅改变了核电厂的功率运行方式，对系统设计未作变更。同时，核电厂运行期间放出的余热随电厂温排水从不同排放口排放进入渤海海域。

电厂 1~6 号机组的三废处理系统包括放射性废液系统、放射性废气系统以及放射性固体废物系统，均可以实现对三废的有效处理。在辽宁红沿河核电厂二期工程（5、6 号机组）运行阶段环境影响报告书中，对核电厂的三废处理系统、散热系统及污染物排放进行了详细描述和评价；在电厂一期工程 3、4 号机组实施 18 个月换料方案环境影响评价文件中对其三废系统及流出物排放进行了描述和评价，本次机组运行状态变更与核电厂原有的三废系统及子项在工程设计方面没有变化。红沿河核电厂 1~6 号机组三废处理系统和散热系统配置基本相似，以电厂 5、6 号机组的三废系统设计为例，并结合电厂取水口优化工程实施后的散热系统方案进行描述。

#### I、放射性三废处理系统

##### （一）放射性废液

红沿河核电厂 5、6 号机组放射性废液由放射性废液系统提供控制、收集、处理、

输送、贮存及处置正常运行期间（包括预期运行事件）产生的放射性废液的能力，并将放射性废液的比活度和化学浓度降低到可排放或电站可重复利用的水平。废液管理系统主要包括以下几个处理系统：硼回收系统（TEP）、废液处理系统（TEU）、废液排放系统（TER）、常规岛废液贮存和排放系统（SEL）等。

#### （1）TEP 系统

硼回收系统（TEP）是通过过滤、除盐和除气工艺将来自化学和容积控制系统（RCV）和核岛排气和疏水系统（RPE）的未污染的含氢反应堆冷却剂进行净化、贮存，然后通过蒸发工艺，制取反应堆补给水和 4%（重量百分比）的硼酸溶液返回反应堆硼和水补给系统（REA）复用。硼回收系统每两台机组共用，位于核辅助厂房内。系统设置两条生产线，每条生产线由净化、水与硼分离和除硼三部分组成，其中净化部分是一条生产线对应一个机组，水和硼酸分离部分为两个机组共用。

TEP 产生的蒸馏液经过取样分析后有如下几种出路：

- 若水质满足反应堆补给水要求，即，离子（钠、镁、钙、铝）浓度低于 0.015mg/kg，溶氧浓度低于 0.1 mg/kg，氯化物+氟化物浓度低于 0.1 mg/kg，硫酸盐浓度低于 0.05 mg/kg，溶硅浓度低于 0.2 mg/kg，则由蒸馏液泵 013PO（012PO）将其直接送往反应堆硼和水补给系统（REA）作为补给水使用；
- 若蒸馏液不合格（氧含量 $\geq 0.1\text{ppm}$ ），需要再处理时，则利用蒸馏液泵 013PO（012PO）打回中间贮槽去，重新在本系统的蒸发装置中处理；
- 为了维持反应堆冷却剂中（15GBq/t）氚浓度，通过 TEU 的排放管将含氚高的蒸馏液送到 TER 排放。

TEP 产生的浓缩液经过取样分析后有如下几种出路：

- 若浓缩液合格（硼浓度在 7000~7700mg/kg），则利用浓缩液泵 014PO 送到 REA 反应堆硼和水补给系统作为补给硼酸用；
- 如果浓缩液不合格（氧含量 $\geq 0.1\text{ppm}$ ），则经浓缩液泵（014PO）返回到中间贮槽中去，重新用蒸发器处理（仅限于低硼含量 $< 4\%$ 的浓缩液）；
- 若浓缩液不合格，TEP 系统的蒸发器又不能运行时，也可用泵将其送往 TEU 工艺排水接收槽后进行处理（仅限于硼含量 $< 4\%$ 和低放射性浓度 $\leq 1.85\text{TBq/m}^3$ 的浓缩液）；
- 正常运行期间，浓缩液放射性活度远低于  $1.85\text{TBq/m}^3$ ，在浓缩液放射性浓度太高（ $> 1.85\text{TBq/m}^3$ ）的情况下，送往固体废物处理系统 TES 处理。

#### （2）TEU 系统

TEU 系统位于核辅助厂房，为两台机组共用。用于贮存、监测和处理来自反应堆冷却剂系统的不可复用废液以及核电厂正常运行及预期事件中产生的其它放射性废液，并将处理合格的废液送入废液排放系统（TER）排放。TEU 的设计基准是确保核电厂放射性液体流出物年排放量低于国家规定限值，对公众和运行人员造成的辐射剂量满足“可合理达到尽量低”水平的要求。TEU 容量按容纳和处理核电厂正常运行和预期运行事件时产生的最大预期废液量和最大预期放射性活度、并留有适当的裕量进行设计。

TEU 系统处理三类放射性废液：工艺排水、化学排水和地面排水。工艺排水进入工艺排水接收槽（TEU001/002BA），地面排水进入地面排水接收槽（TEU003/004BA），化学排水由化学排水接收槽（TEU005/006BA）接收。每类贮槽中总有一个贮槽处于接收状态。贮槽装满后要进行搅拌、取样分析、添加化学试剂等，然后进行处理。

工艺排水为化学杂质含量低的放射性废液，可采用除盐工艺处理。化学排水的化学杂质含量及放射性浓度均较高，可用蒸发工艺处理。采用外热式强制循环型蒸发器，设备去污性能好（去污系数为 $10^3$ ）。地面排水和服务排水的放射性浓度较低，含悬浮固体和纤维物质等，可采用过滤工艺进行处理。

### （3）TER 系统

废液排放系统（TER）收集、贮存和监测电厂核岛产生的废液，以及异常情况下蒸汽发生器排污系统（APG）产生的废液，提供排放通道。TER 系统位于核岛外 BOP 区的 QA 厂房内，由两台机组共用。

TER 系统收集的废液包括：

- 硼回收系统（TEP）蒸发装置的蒸馏液；
- 核岛排气和疏水系统（RPE）的疏水；
- 放射性废水回收系统（SRE）的废液；
- 废液处理系统（TEU）排放废液；
- 蒸汽发生器排污系统（APG）的排污液（当 SEL 不可用或者放射性超标时）。
- 其它废液：如 TER 泵房间（QA201）地坑内的废液，TER 贮存罐滞留间（QA202）地坑内的废液，SEL 贮存罐滞留间（QB202）地坑内的废液。

TER 系统每两台机组设置三个废液贮存罐 TER001/002/003BA 和三台排放泵 TER001/002/003PO，地坑泵 TER004/005PO 安装在地坑 TER001PS 内，地坑泵 TER006PO 安装在 NX 厂房的地坑 TER002PS 内，地坑泵 TER007PO 安装在地坑 TER003PS 内。

正常运行时，三个 TER 贮存罐中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。各系统来的废液在贮存罐内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性水平及环境的接收要求来确定废液的排放流量。

排放管上的 KRT 监测系统对贮存罐废液有辅助监测作用，如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。

贮存罐废液放射性浓度超过排放限值时，废液被送回 TEU 系统化学排水槽重新进行处理。

### （4）SEL 系统

常规岛废液排放系统每两台机组共用，位于 QB 厂房内，其功能为：

- 将常规岛的排放废液收集、混匀、取样分析、监测后有控制地排放。
- 当环境稀释能力不足而要求延迟排放，或当取样分析或辐射监测系统（KRT）监测到废液的放射性浓度超过允许排放限值时，可暂存废液；
- 将超过允许排放限值的废液输送至废液处理系统（TEU）处理。

SEL 系统为两台机组共用。排放管上的 KRT 监测系统对贮槽废液有辅助监测作用，

如果排放废液的放射性浓度超过预定值，监测系统会发出警报并自动关闭隔离阀。贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液被送回 TEU 系统化学排水接收槽再作处理。

## (二) 放射性废气

放射性废气系统为两台机组共用，用于收集、贮存并处理两座反应堆正常运行工况和预计运行事件时产生的放射性废气，处理后经监测符合国家标准后排入大气。

裂变过程产生的放射性气体主要是氦和氙的各种同位素。由于少量的燃料包壳破损，燃料包壳内存积的裂变气体进入反应堆冷却剂。高压下裂变气体溶解于冷却剂中，但当系统内存在气相空间时（特别是在冷却剂除气处理时），裂变气体就会挥发出来，随溶解的氢气或氮气一起释出，从而被收集到缓冲罐中成为含氢废气。

另一类废气为含氧废气（含空气废气），主要来自核辅助系统特别是三废处理系统可能进入空气的各种设备等有关系统容器的呼排气、吹扫气、鼓泡排气或抽气（保持负压）等，由核岛排气和疏水系统集中在一条管路上，通过系统排气风机吸入本系统，经除碘后排至通风系统 DVN。含空气废气所含的放射性核素主要以气溶胶的形式存在，含有元素碘和有机碘等。

放射性废气系统主要包括：

- 废气处理系统（TEG）；
- 凝汽器真空系统（CVI）；
- 空调、加热冷却及通风系统（HVAC）。

### (1) TEG 系统

废气处理系统（TEG）的作用是收集和处理惰性气体、卤素和微粒，以便将预期的年排放量降至尽可能低的水平。TEG 由两个独立的子系统组成：含氢废气子系统和含氧废气子系统。

含氢废气主要是由氢气、氮气和反应堆冷却剂中产生的放射性惰性气体和碘等组成。含氢废气有两大来源：

- 冷却剂在硼回收系统（TEP）除气塔中脱出的气体，这部分气体流量小（ $<2\text{m}^3/\text{h}$  STP），但除气次数较多（每天两至三次）；
- 容控箱、卸压箱、含氢反应堆冷却剂疏水箱等设备因箱内液位变化或需要更换覆盖气体而进行吹扫的气体。

经压缩和冷却后的含氢废气最后被送至八个衰变箱中的一个，含氢废气在衰变箱内贮存衰变一定时间后达标排放。

含氧废气主要为空气，含有少量放射性碘及其同位素。含氧废气经核岛排气和疏水系统（RPE）集气管汇集后，由本系统风机抽入，使其通过碘吸附器，再送入核辅助厂房的通风系统（DVN）。

### (2) CVI 系统

CVI 系统的主要功能是保持冷凝器的真空度在正常运行所要求的水平。同时，把抽出的气体输送至 DVN 系统或在起动时抽出气体直接排入大气。该系统本身不具备放射性废气的贮存、处理功能。

当蒸汽发生器传热管破损时，一回路冷却剂从蒸汽发生器一次侧向二次侧泄漏，从而造成 CVI 系统抽出的气体带有放射性。系统为此设置了放射性气体监测系统。

### (3) HVAC 系统

厂房通风系统除了对各厂房通风换气，维持各厂房空气的温度、湿度以外，也对通风排气进行过滤和除碘处理，以减少气载放射性物质向大气环境的排放。并且，HVAC 系统控制空气气流从污染较少的区域流向污染逐渐增加的区域，使各厂房内可能被污染区域的全部通风空气经监测后，通过烟囱排放。

### (三) 放射性固废

辽宁红沿河核电厂 TES 是为电厂运行和维修时所产生的放射性废物在处置之前提供收集、暂存、固化（固定）、压缩、包装和临时贮存而设计的。

TES 处理蒸发浓缩液、废离子交换树脂、废过滤器芯子和其它干废物，并按其性质进行处理：

- 湿固体废物（浓缩液、废树脂）在 400L 钢桶中进行水泥固化；
- 表面剂量率大于 2mSv/h 的废滤芯用水泥浆固定在 400L 钢桶中；表面剂量率不大于 2mSv/h 的废滤芯装入 200L 钢桶内，送 QS 厂房用超级压缩机压缩成桶饼，再装入 400L 钢桶中用水泥浆进行灌浆固定；
- 干废物先在 200L 钢桶内进行初级压缩，经 200L 钢桶超级压缩成桶饼后，再装入 400L 钢桶中用水泥灌浆固定处理；
- 蒸汽发生器排污系统（APG）产生的废树脂仅受轻微污染，通过 APG 树脂贮槽（TES004BA）收集后，装在 400L 钢桶中进行暂存和衰变，待其达到清洁解控水平后进行清洁解控。

TES 系统主要包括两大部分：废物分拣压缩打包线位于废物辅助厂房（QS）内，为全厂共用；水泥固化线位于核辅助厂房（NX）内，为两台机组共用。

辽宁红沿河核电厂废物处理辅助厂房（QS）设计用于处理全厂六台机组产生的放射性固体废物。QT 厂房贮存辽宁红沿河核电厂 6 台机组产生的 400L 桶装废物。QT 厂房的贮存容量按照六台机组运行五年产生的废物量加适当裕量进行设计。

## II、散热系统及电厂取排水工程

红沿河核电厂散热系统采用直流供水冷却方式，利用海水作为冷却介质进行热交换，保证机组运行在一个正常的、稳定的工况下工作。电厂冷却水系统是从环境中取冷却水，并将电厂中产生的废热（由汽轮机排出、已做过功的蒸汽挟带）通过各种方式最终排入环境中的系统，冷却水自水源经过循环水泵、冷却器吸热后再排入水源。电厂运行期间，经取水口从渤海海域中取冷却水，冷却水流过冷凝器，将电厂的余热在冷凝器中进行热交换，冷却水吸收余热而水温升高后，由温排水通过排放口直接排至附近的渤海海域。

红沿河核电厂取排水系统按照“北取南排”的取排水方案，冷却水源为厂址附近的辽东湾海域海水。取水口为北部岸边的大环抱型取水口，排水口布置在厂区南侧护岸处，

	<p>为敞开式结构，排水口口门向西，二期工程排水口门与一期排水口相距约 1000m，设有排水导流堤。</p> <p>电厂单台机组配置 2 台循环水泵，采用定倍率运行，机组不同功率运行时总的循环水量不变，机组的余热均通过循环水排入外海，而水量维持不变，排放的余热与凝汽器进出口温差成正比，机组功率与排放余热的正比线性关系特性，直接显现为机组功率与温排水温升的线性关系。根据电厂 3 号机组 2020 年 10 月 30 日~11 月 1 日进行的调功率运行，实测凝汽器进出口水温得出不同功率下对应的循环冷却水进出口温差分析，机组功率由 50%至 100%功率调整运行中，机组功率与温排水温升呈现出较为明显的线性关系。2020 年 4 月 19 日~20 日，电厂 1 号机组维持在 860MW 运行，实测凝汽器前后温差 6.925~6.981℃，结合拟合得出的线性关系分析，排放的余热为满功率余热量的 77.95%，理论计算温差应为 6.938℃，实测值与理论值是相吻合的，即理论分析与实测值是相符的。</p> <p>在本阶段六台机组运行状态变更后，在一期工程 1~4 号机组和二期工程 5、6 号机组共 6 台机组投入正常运行后，其热负荷条件为 4×100%+2×100%。红沿河核电厂单台机组循环水量为 49.5m<sup>3</sup>/s，机组满负荷运行时通过常规岛凝汽器排入水体的余热量为 1782MW，按海水比热容 4.2×10<sup>3</sup>kJ/℃·m<sup>3</sup>计，则排水温升为 8.6℃。另外，根据《电力工程水务设计手册》中的经验公式，并考虑少量设备余热将通过循环水系统排放，温排水数值模拟中通过凝汽器温升按 8.9℃确定。</p>
与项目有关的原有环境污染问题	<p>辽宁红沿河核电厂运行期间，向环境排放的气载和液态放射性流出物始终处于严格受控状况，并严格遵守国家相关法规标准的要求，运行期间产生的低中放固体废物在厂内妥善暂存。已开展的辐射环境监测结果表明，核电厂放射性流出物排放没有给厂区附近地区产生可觉察到的影响，辽宁红沿河核电厂的辐射环境水平相对于运行前的本底值而言变化不大。</p> <p>辽宁红沿河核电厂运行期间以温排水形式向海域释放热量。建设单位已委托环境保护部卫星环境应用中心针对核电厂温排水开展了海水水温监测，从红沿河核电附近海域多年温排水卫星调查监测结果来看，温排水温升满足厂址附近近岸海域环境功能区划和相应的海水水质标准要求，未发现大面积明显人为热污染现象。</p> <p>辽宁红沿河核电厂定期对厂址区域非放射性环境现状进行监测，根据近年来监测结果显示，厂址区域环境空气质量及声环境质量等满足相关标准限值要求。</p> <p>本项目的实施主要是全厂所有 6 台机组运行状态的变更，相对已批复的环评报告及工程设计方案，红沿河核电厂 1~6 号机组的反应堆堆芯设计、专设系统和三废系统等设施运行均无变更。现已开展的环评报告对电厂 6 台机组运行期间的辐射环境影响及温排水温升影响等有关环境影响进行评价表明，正常运行状态下的辐射环境影响和设计基准事故条件下的放射性后果满足国家标准要求，本项目机组运行状态变更后，红沿河核电厂将严格控制核电厂运行期间产生的放射性流出物，将其严格控制在已批复的核电厂 6 台机组放射性流出物排放量限值范围内，并使厂址机组运行后的温排水温升影响确保满足近岸海域环境功能区划水质管理要求。</p>

### 三、区域环境质量现状、环境保护目标及评价标准

区域 环境 质量 现状	<p>辽宁红沿河核电厂自投运以来，机组安全稳定运行。在三废处理系统运行方面，核电厂工作人员严格按程序对其加强管理和控制，三废处理设施的性能指标保持在良好状态，放射性污染物和非放射性污染物实现达标排放。</p> <p>一、放射性环境质量现状</p> <p>辽宁红沿河核电厂的放射性气载流出物和液态流出物排放处于较低的水平，全厂现有机组的放射性排放量满足生态环境部批复的排放限值要求。</p> <p>根据 2017 年 11 月至 2018 年 12 月厂址环境辐射水平现状调查，总体监测数据分析如下：</p> <p>(1) <math>\gamma</math>辐射剂量率</p> <p><math>\gamma</math>辐射剂量率连续监测数据处于正常水平。瞬时剂量率监测结果范围为 33.8~103.7nGy/h；所有点位各季度 TLD 剂量率监测结果的范围为 58.8~133.1nGy/h，各点位的监测结果平均值范围为 62.8~128.6nGy/h。</p> <p>(2) 空气中放射性</p> <p>气溶胶中所有人工<math>\gamma</math>放射性核素均低于探测限，<math>^{90}\text{Sr}</math>的测量结果范围为 &lt;0.56~0.95<math>\mu\text{Bq}/\text{m}^3</math>；沉降灰中的<math>^{137}\text{Cs}</math>的监测结果均低于探测下限，<math>^{90}\text{Sr}</math>监测结果范围为 &lt;0.21~3.36 mBq/(<math>\text{m}^2\cdot\text{d}</math>)；空气中<math>^3\text{H}</math>的结果范围为 0.88~2.11Bq/(L·水)，<math>^{14}\text{C}</math>的结果范围为 0.22~0.24Bq/(g·C)；所有样品中的<math>^{131}\text{I}</math>监测结果均低于探测限。对降水样品，所有点位<math>^3\text{H}</math>的结果范围为&lt;1.1Bq/L，所有关注的人工<math>\gamma</math>放射性核素结果均低于探测限，<math>^{90}\text{Sr}</math>的监测结果范围为 0.26~0.54mBq/L。</p> <p>(3) 地表水及沉积物</p> <p>地表水中<math>^3\text{H}</math>的结果范围为&lt;0.55~1.09Bq/L，<math>^{14}\text{C}</math>的结果范围为 0.25~0.40Bq/(g·C)，<math>^{90}\text{Sr}</math>的结果范围为 3.02~11.29mBq/L，所有关注的人工<math>\gamma</math>放射性核素结果均低于探测限。</p> <p>地表水沉积物（岸边沉积物）中<math>^{90}\text{Sr}</math>的监测结果均低于探测限；<math>^{137}\text{Cs}</math>的监测结果范围为&lt;0.50~0.98Bq/kg；<math>^{239+240}\text{Pu}</math>的结果范围为&lt;0.014~0.058Bq/kg。</p> <p>(4) 饮用水/地下水</p> <p>对地下水和饮用水中<math>^3\text{H}</math>的监测结果范围为&lt;0.55~1.05Bq/L，<math>^{14}\text{C}</math>的监测结果范围为 6.37~16.6mBq/L（0.18~0.39Bq/g·C），<math>^{90}\text{Sr}</math>的监测结果范围为&lt;0.25~2.69mBq/L，总<math>\alpha</math>的监测结果范围为&lt;0.020~0.201Bq/L，总<math>\beta</math>监测结果范围为 0.043~0.558Bq/L，所有总<math>\alpha</math>、总<math>\beta</math>监测结果均低于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）对饮用水总<math>\alpha</math>、总<math>\beta</math>的指导值分别为 0.5Bq/L 和 1Bq/L 的要求。饮用水和地下水所有关注的人工<math>\gamma</math>放射性核素监测结果均低于探测下限。</p> <p>(5) 土壤</p> <p>监测项目包括<math>^{90}\text{Sr}</math>和<math>\gamma</math>核素，同时在 5km 范围内的最近点位采样监测<math>^{239+240}\text{Pu}</math>。结果</p>
----------------------	---



表明,  $^{90}\text{Sr}$  结果范围为 $<0.14\sim 1.12\text{Bq/kg}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  结果范围为  $0.014\sim 0.271\text{Bq/kg}$ ;  $^{137}\text{Cs}$  的监测结果范围为 $<0.48\sim 10.35\text{Bq/kg}$ ; 除  $^{137}\text{Cs}$  外其他核素监测结果均低于探测限。

#### (5) 陆地生物

陆地生物类别包括谷类、蔬菜、水果、动物, 同时增加松针作为指示生物。各样品中 OBT 的监测结果均最大为  $3.15\text{Bq}/(\text{L}\cdot\text{燃烧水})$ ; TFWT 的最大结果约为  $2.1\text{Bq}/(\text{L}\cdot\text{水})$ ,  $^{14}\text{C}$  的最大结果为  $0.26\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ 。对各类生物样品中的  $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$ , 整体处于正常水平。

#### (6) 海水

海水中  $^3\text{H}$  监测结果范围为 $<0.53\sim 134.6\text{Bq/L}$ ,  $^{14}\text{C}$  监测结果范围为  $0.23\sim 1.69\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$  (或  $6.8\sim 45.6\text{mBq/L}$ )。除排水口监测到的数据外, 其他结果均处于正常水平。 $^{131}\text{I}$  所有监测结果均低于探测限。 $^{90}\text{Sr}$  监测结果范围为 $<0.20\sim 1.69\text{mBq/L}$ 。 $^{137}\text{Cs}$  监测结果范围为 $<2.7\sim 3.2\text{mBq/L}$ 。对除  $^{137}\text{Cs}$  外的其他人工 $\gamma$ 核素, 所有的监测结果均低于探测限。

#### (7) 海洋沉积物

海洋沉积物监测项目为 $\gamma$ 核素、 $^{90}\text{Sr}$  和  $^{239+240}\text{Pu}$ 。 $^{90}\text{Sr}$  监测结果的范围为 $<0.12\sim 0.37\text{Bq/kg}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  的结果范围为 $<0.33\sim 0.84\text{Bq/kg}$ , 其他人工 $\gamma$ 放射性核素监测结果均低于探测限。对  $^{239+240}\text{Pu}$ , 各点位的监测结果范围为  $0.021\sim 0.059\text{Bq/kg}$ 。

#### (8) 海洋生物

海洋生物种类包括海藻类、海带、黑鱼、鲆鱼、虾、蟹、牡蛎、花甲、海螺、海兔, 共 9 种。监测项目包括 OBT、TFWT、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 谱核素分析。各样品中 OBT 的监测结果均最大为  $7.48\text{Bq}/(\text{L}\cdot\text{燃烧水})$  (来自老渔窝的海螺样品); 对 TFWT, 其最大结果约为  $2.49\text{Bq}/(\text{L}\cdot\text{水})$  (来自老渔窝的海螺和紫菜样品),  $^{14}\text{C}$  最大结果为  $0.28\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$  (来自谢屯对照点的牡蛎样品), 主要来源于天然贡献。对各类生物样品中的  $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$ , 整体上结果均处于正常水平。

根据 2019 年~2020 年期间红沿河核电厂开展的电厂环境监测结果, 对厂址及周围辐射环境进行分析如下:

$\gamma$ 剂量率为 $(0.071\sim 0.102)\mu\text{Gy/h}$ ,  $\gamma$ 剂量率监测水平未发生显著变化; TLD 累积剂量率为 $(0.031\sim 0.313)\mu\text{Gy/h}$ , 累积剂量水平在本底范围内波动, 与电厂运行前本底调查基本处于同一水平。

气溶胶中所有人工 $\gamma$ 放射性核素均低于探测限, 沉降灰中的  $^{137}\text{Cs}$  的监测结果为 $<0.000494\sim 0.00382\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ,  $^{90}\text{Sr}$  监测结果为 $<0.32\sim 10.7\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ , 与本底及往年处于同一水平。

空气中  $^3\text{H}$  的结果为 $<1.78\sim 50.49\text{mBq}/\text{m}^3$ ,  $^{14}\text{C}$  的结果为 $<0.05\sim 0.75\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ; 所有样品中的  $^{131}\text{I}$  监测结果均低于探测限。对降水样品,  $^3\text{H}$  的结果为 $<1.02\sim 2.62\text{Bq/L}$ , 总 $\beta$ 为  $0.01\sim 0.32\text{Bq}/\text{m}^3$ ,  $^3\text{H}$  和总 $\beta$ 水平未发生明显变化。

地表水中  $^3\text{H}$  的结果为 $<1.02\sim 1.10\text{Bq/L}$ , 饮用水中  $^3\text{H}$  的结果为 $<1.06\sim 1.11\text{Bq/L}$ , 地下水中  $^3\text{H}$  的结果为 $<0.78\sim 1.86\text{Bq/L}$ ,  $^3\text{H}$  和总 $\beta$ 水平未发生明显变化, 所有关注的人工 $\gamma$ 放射性核素结果均低于探测限。

土壤及沉积物中  $^{90}\text{Sr}$  结果范围为 0.3~1.83Bq/kg,  $^{137}\text{Cs}$  的监测结果范围为 <0.21~2.72Bq/kg,  $\gamma$ 谱和  $^{90}\text{Sr}$  各核素活度均在天然本底范围之内。

陆地生物样品中有机氙的监测结果最大为<0.74 Bq/kg·干,  $^{14}\text{C}$  的最大结果为 59.72 Bq/kg·鲜, 均在本底值范围波动, 各类生物样品中的  $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$  处于正常水平。

海水中  $^3\text{H}$  监测结果范围为<1.02~2.29Bq/L,  $^{90}\text{Sr}$  监测结果范围为 1.66~2.81mBq/L,  $^{137}\text{Cs}$  监测结果范围为<0.045~1.18mBq/L, 各核素与往年本底处于同一水平。

海洋沉积物  $^{90}\text{Sr}$  监测结果的范围为 0.267~1.84Bq/kg,  $^{137}\text{Cs}$  的结果范围为 <0.274~2.66Bq/kg, 其他人工 $\gamma$ 放射性核素监测结果均低于探测限。

海洋生物中有机氙的监测结果最大为 1.09Bq/(L·干),  $^{14}\text{C}$  最大结果为 46.18Bq/kg·鲜, 对各类生物样品中的  $^{90}\text{Sr}$  和  $^{137}\text{Cs}$ , 整体上结果均处于正常水平。

根据监测结果, 在核电厂周围环境中, 所有环境 $\gamma$ 辐射水平、各环境介质中的放射性核素浓度监测结果均为正常水平, 整体上处于运行前本底调查结果范围内, 未检测出来自核电厂排放的可能的影响。

## 二、受纳水体环境质量现状及水文环境

### 1、海域海水水质环境状况

2019年, 建设单位委托国家海洋环境监测中心开展了核电厂一期工程在役改造工程邻近海域水体水质环境、水生生态与渔业资源调查, 海水水质调查共布 24 个海水监测点, 共监测春、秋两季, 春季选在 2019 年 5 月, 秋季选在 2019 年 10 月, 分别安排在大潮期监测。监测点位见图 3-1。



图 3-1 海域水质监测站点布置示意图

根据对受纳海域内水质现状调查结果:

1) 春季海水水质评价结果

- 大连斑海豹保护区（第一类海水水质标准）有 17 个站位，结果显示：
  - COD：16 底水质超过第一类海水水质标准，超标站位占比为 2.33%（满足二类水质标准）；
  - BOD<sub>5</sub>：2 表、2 底、6 表、6 中、6 底、7 中、8 表、8 中、8 底、11 中、12 表、12 中、12 底、14 表、14 中、14 底、16 表、16 底、20 中、20 底、22 表、23 表、23 中、23 底调查站位的 BOD<sub>5</sub> 超过一类海水水质标准（满足二类水质标准），超标站位占比为 55.81%；
  - Hg：3 底、4 底、11 中、11 底、14 底站位水质超过第一类海水水质标准（全部满足第二类水质标准），超标站位占比为 11.63%；
  - 各调查站位其他各评价因子均满足一类海水水质标准。
- 混合区、驼山外海农渔业区、红沿河口外海保留区、红沿河工业与城镇用海区共有 6 个站位，执行二类海水水质标准。评价结果显示：
  - pH：1 表、9 表、13 表水质超过二类海水水质标准，超标站位占比为 27.27%（满足三类水质标准）；
  - COD：21 表水质超过二类海水水质标准（满足三类水质标准），超标站位占比为 9.09%；
  - 区域内其他所有调查站位其他各评价因子均满足二类海水水质标准；
- 长兴岛港口航运区（第三类海水水质标准）有 1 个调查站位。评价结果显示，该站位各评价因子均满足三类海水水质标准的要求。

2) 秋季海水水质评价结果

- 大连斑海豹保护区（第一类海水水质标准）有 17 个站位，结果显示：
  - COD：7 底水质超过第一类海水水质标准（满足二类水质标准），超标站位占比为 2.27%；
  - BOD<sub>5</sub>：全部超过第一类海水水质标准，超标站位占比为 100%（其中 6 表、6 中、7 表、8 中、8 底、14 底、15 表、15 底、17 表、19 表和 23 表站位 BOD<sub>5</sub> 超过第二类海水水质标准，满足第三类海水水质标准；其余站位 BOD<sub>5</sub> 超过第一类海水水质标准，满足第二类海水水质标准）；
  - 无机氮：除 4 中、6 中、7 表、8 中、8 底、11 表、18 底、22 表海水满足一类海水水质标准，其他均超过第一类海水水质标准，超标站位占比为 81.82%（其中，14 表、16 底超过二类海水水质标准，满足三类海水水质标准）；
  - 活性磷酸盐：全部超过一类海水水质标准，超标站位占比为 100%（其中，6 中、8 中、11 表满足三类海水水质标准，16 底、17 底、19 中、19 底、20 底超过四类海水水质标准，其他均满足四类海水水质标准）；
  - 其余调查站位各评价因子均满足第一类海水水质标准。

- 混合区、驼山外海农渔业区、红沿河口外海保留区、红沿河工业与城镇用海区共有 6 个站位，执行二类海水水质标准。分析表明：
  - BOD<sub>5</sub>：13 表水质超过第二类海水水质标准（满足第三类海水水质标准），超标站位占比为 9.1%；
  - 活性磷酸盐：除 5 底站位外满足二类海水水质标准外，其余站位的活性磷酸盐全部超过第二类海水水质标准，超标站位占比为 90.9%。其中，1 表、13 底的活性磷酸盐超过第四类海水水质标准，其余超标站位均符合第四类海水水质标准；
  - 区域内各调查站位其余各评价因子均满足二类海水水质标准。
- 长兴岛港口航运区（第三类海水水质标准）有 1 个调查站位。其活性磷酸盐超过第三类海水水质标准，其他各指标均满足第三类海水水质标准。

分析表明，该次调查中春季海水水质相对较好，秋季调查海域部分营养盐指标现状超标。2014 年国家海洋监测中心对海域水环境质量调查结果表明，大连斑海豹保护生态红线区所在区域水体超标站位占比表底层均为 100%，秋季为 86%，春季和秋季超标水质要素均主要包括 pH、BOD<sub>5</sub>、无机氮、活性磷酸盐等。2006 年国家海洋局第一海洋研究所开展的核电厂海域海水水质调查结果表明，大连斑海豹保护生态红线区所在区域海水无机氮和活性磷酸盐指标在春季、秋季和冬季均存在超标现象。

根据该水质和水生态调查专题报告（调查时间为 2019 年），厂址周边 20km 范围内分布养殖场 614 家，养殖方式为围海养殖和开放养殖，主要以养殖、繁育海参为主，养殖面积 9300 多公顷。其中厂址东北侧 20km 范围内共计 116 处养殖场，包括围海养殖场 36 处，开放式养殖 80 处，养殖面积达到 4900 多公顷；厂址东南侧 20km 范围内共计 498 处养殖场，包括围海养殖 485 处，开放式养殖 13 处，养殖面积达到 4400 多公顷。

## 2、海域水温及海水温升情况

根据 2019 年期间对海域水体水质环境、水生生态与渔业资源调查有关水温调查结果，春季调查海域表层水温变化范围在 13.8~23.0℃ 之间，平均值为 18.1℃，表层水温高于中层和底层，取、排水口附近站位表层温度分别为 18.1℃ 和 18.0℃，排水口温度与周边海域温度相差不大；秋季调查海域表层水温变化范围在 16.0~20.6℃ 之间，平均值为 17.9℃，表层水温略高于中层和底层，取、排水口附近站位温度分别为 18.1℃ 和 20.6℃。春季表层水温分布呈由调查海域西侧向南侧逐渐降低的趋势，秋季调查海域秋季表层水温由厂址向外海域逐渐降低的趋势。

从 2013 年开始至 2018 年 8 月，建设单位委托生态环境部卫星环境应用中心对红沿河核电附近海域温排水卫星调查，开展共 118 次有效的温排水遥感监测，获得了 5 个时段红沿河核电厂近岸海域温度场分布及温排水温升区分布等成果。从遥感监测结果冬夏季 1℃ 以上温升面积与功能区关系分析来看，红沿河核电厂温排水温升状况，满足厂址附近近岸海域环境功能区划有关水质温升标准要求。

## 3、海域水文环境特征

本海域潮流运动形式是以显著性的往复流为主导。2019年11月~2020年7月，辽宁红沿河核电有限公司委托中国海洋大学进行工程海域冬季、夏季水文测验，在厂址附近海域设置3个潮位观测站及9个海流观测站进行观测，全潮水文观测的时间和站位见表3-1和图3-2。

表 3-1 全潮水文观测时间

潮次	观测时间
冬季大潮	2019年11月15日11时~16日15时（农历十月十九11时~二十15时）
冬季小潮	2019年11月20日09时~21日12时（农历十月廿四09时~廿五12时）
冬季中潮	2019年11月22日09时~23日12时（农历十月廿六09时~廿七12时）
夏季小潮	2020年06月29日09时~30日11时（农历五月初九09时~初十11时）
夏季中潮	2020年07月02日09时~03日11时（农历五月十二09时~十三11时）
夏季大潮	2020年07月06日11时~07日13时（农历五月十六11时~十七13时）



图 3-2 海流观测站分布图

根据本次观测结果，海域内近岸的01、02和03站与近岸地形走向基本一致，其余各涨潮流方为偏NE方向、落潮流为偏SW向；各站中、底层流速、流向的平面分布与表层相似，表、中、底层流速由表层至底层逐渐减小；总体来看，垂线平均涨、落潮平均流速基本大潮期最大，中潮期次之，小潮期最小。表3-2和图3-3给出了调查期间海域内的各站流速流向分布特征。

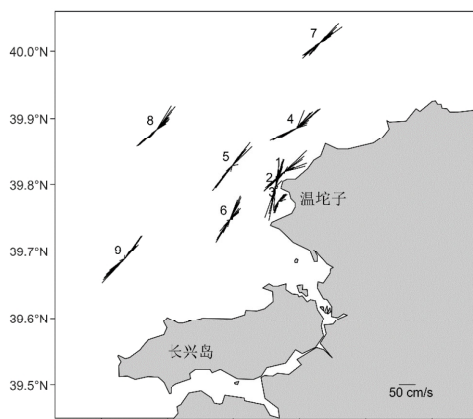
冬季观测期间，大潮期垂线平均流速在20cm/s~65cm/s之间，中潮期垂线平均流速在15cm/s~71cm/s之间，小潮期垂线平均流速在13cm/s~55cm/s之间；夏季观测期间，大潮期垂线平均流速在18cm/s~58cm/s之间，中潮期垂线平均流速在20cm/s~67cm/s之间，小潮期垂线平均流速在9cm/s~50cm/s之间。

本观测海域余流流速较小，冬季大潮期各站各层余流流速在0.9~10.3cm/s之间，中

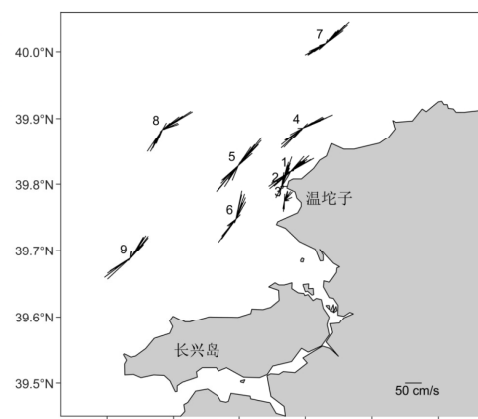
潮期余流流速在 1.1~12.5cm/s 之间，小潮期余流流速在 0.7~11.1cm/s 之间。夏季各站各层余流流速在 0.9~22.9 cm/s 之间，中潮期余流流速在 0.6~16.0 cm/s 之间，小潮期余流流速在 1.0~21.1 cm/s 之间。

表 3-2 各站实测垂线平均涨、落潮平均流速 (cm/s)、流向 (°)

站号	大潮期				中潮期				小潮期				
	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	
冬季	01	43	56	48	227	40	55	40	226	36	60	32	234
	02	52	11	65	186	71	9	56	189	55	8	50	188
	03	20	56	21	198	15	47	20	179	13	56	26	182
	04	45	50	52	245	42	45	46	235	36	47	40	232
	05	53	41	54	220	49	49	44	220	38	27	44	224
	06	40	29	51	215	38	29	41	210	33	28	36	209
	07	43	51	46	232	39	56	37	231	36	56	31	232
	08	42	44	53	227	45	41	39	224	37	43	35	226
	09	52	38	60	226	44	39	50	226	43	39	42	226
夏季	01	43	56	48	227	40	55	40	226	36	60	32	234
	02	52	11	65	186	71	9	56	189	55	8	50	188
	03	20	56	21	198	15	47	20	179	13	56	26	182
	04	45	50	52	245	42	45	46	235	36	47	40	232
	05	53	41	54	220	49	49	44	220	38	27	44	224
	06	40	29	51	215	38	29	41	210	33	28	36	209
	07	43	51	46	232	39	56	37	231	36	56	31	232
	08	42	44	53	227	45	41	39	224	37	43	35	226
	09	52	38	60	226	44	39	50	226	43	39	42	226



冬季大潮



夏季大潮

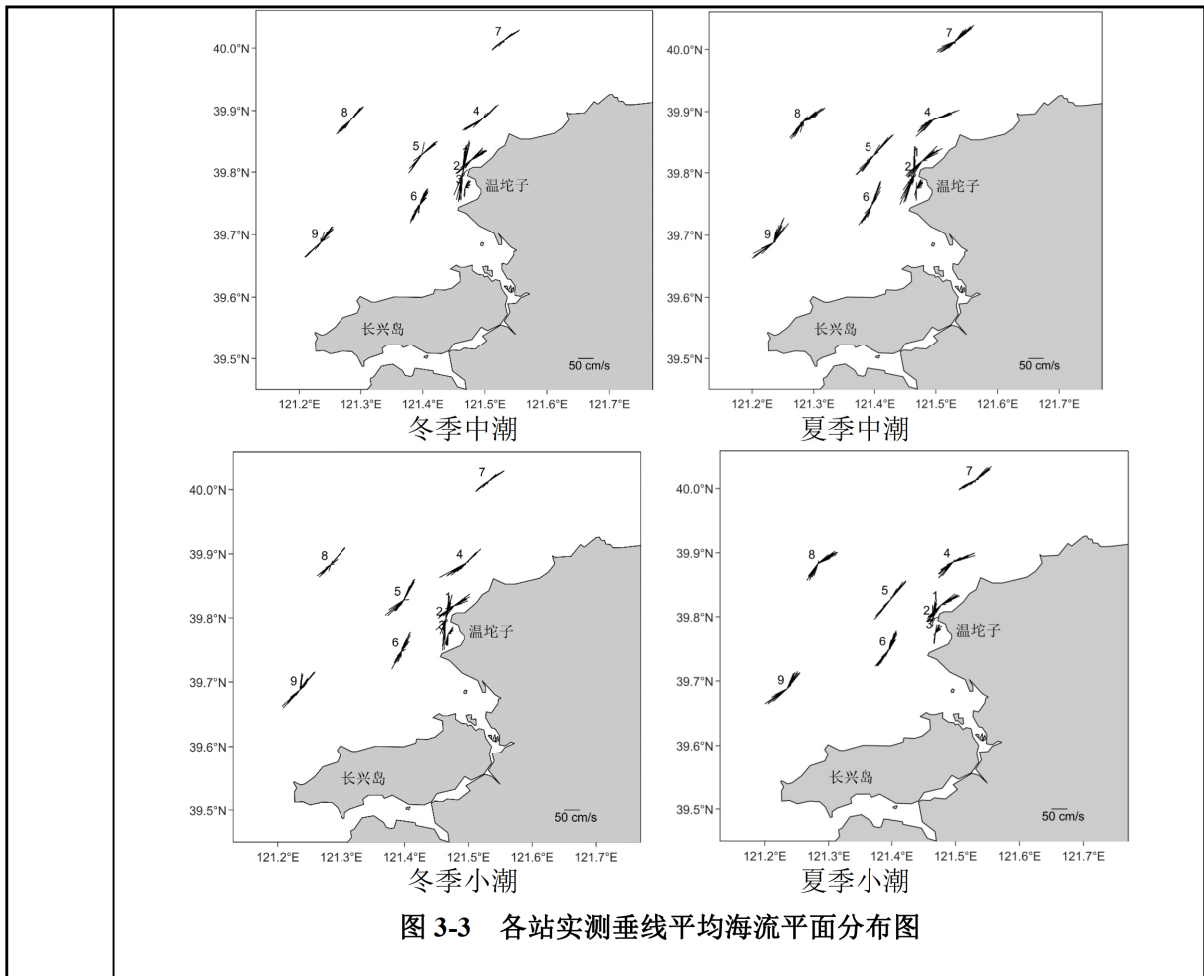


图 3-3 各站实测垂线平均海流平面分布图

环境保护目标

本项目为针对全厂 6 台机组运行状态变更的技术改造项目，在原有已批复的全厂不同机组运行组合下的运行方案基础上，采用全厂 6 台机组正常运行的运行方案，工程位于辽宁红沿河核电站内，不涉及土建施工，不改变已批复的电厂原有系统、子项等工程设计方案，本项目主要是涉及运行期间放射性物质的排放，以及正常运行期间温排水的余热排放，评价主要考虑核电站运行期间放射性释放和温排水对环境的影响。

本项目的**主要环境保护目标**为：

- 辽宁红沿河核电站厂址附近公众及陆生和海洋生物；
- 厂址附近海域内的斑海豹保护区及其保护物种。

厂址评价区内的人口分布、保护区及陆生及海洋生物情况简要描述如下：

**1、人口分布及公众**

厂址半径 80km 范围内 ESE 方位人口最多，瓦房店市市区位于该扇形区域内；瓦房店市 2020 年共有 984108 人，比上年减少 4393 人。厂址半径 5km 范围内没有万人以上的乡镇，厂址半径 10km 范围内没有超过 10 万人的重要居民点。

根据专题调查结果，厂址半径 5km 范围内离厂址最近的自然村为位于厂址 ENE 方位 1.4km 处的红沿河村大衣屯，有居民 362 人，该范围内人口最多的自然村为 ENE 方位

5.0km 处的前大地村陡坎，有居民 505 人。厂址附近居民点分布见附图 3。

厂址半径 15km 范围涉及红沿河镇、仙浴湾镇和驼山乡三个乡镇，除红沿河核电厂外，区域内无大的工业区和商业区，当地居民以农业、海洋捕捞、海上养殖为生，流动人口主要为因务工经商而流动，区域内整体以流出人口为主。仙浴湾镇建有大连仙浴湾旅游度假区（SSE 方位 11.1km），为国家级海洋公园，每年 7 月中下旬~8 月下旬是旅游高峰期，平时接待人口数 3000~4000 人/天，周末接待人口数 7000~8000 人/天，年接待人口数约 10 万人。

## 2、海域保护区及生物概况

厂址半径 15km 范围内涉及一个海域自然保护区，即辽宁大连斑海豹国家自然保护区，该保护区为国家级，是我国渤海有关斑海豹的三个保护区之一，主要保护对象为斑海豹及其生态环境。保护区总面积 561975ha，其中核心区面积 279690ha，缓冲区面积 209400ha，实验区面积 72885ha。本工程温排水口西侧距离斑海豹保护区核心区约 4.6km，南侧距离保护区核心区约 6.6km，北侧距离保护区实验区约 5.8km。

根据《辽宁红沿河核电厂对斑海豹及其栖息地影响专题评价报告》（辽宁海洋水产科学研究院，2022.3）专题研究，给出有关斑海豹生物学特征、生活习性及分布状况。

斑海豹（*Phoca largha*, Pallas, 1811）又称西太平洋斑海豹。在分类上隶属于食肉目（Carnivora），犬形亚目（Caniformia）的一个单系群鳍脚类（Pinnipedia），海豹科（Phocidae），斑海豹属（*Phoca* Linnaeus, 1758）。海豹科共有 13 属 19 种动物。斑海豹是已知鳍脚类动物中唯一能在中国进行繁殖的一种，现为国家一级保护动物。斑海豹分布区主要在北太平洋的北部和西部海域及其沿岸和岛屿，在我国主要分布于渤海、黄海的广大海区。

斑海豹为广食性的动物，其食物多样性主要取决于季节、海域及栖息地的环境，其中，栖息地的环境对食物选择影响最大。在我国黄、渤海海域，春季斑海豹捕食鲱、玉筋鱼、小黄鱼等，秋冬季节则多以梭鱼为食。斑海豹的其他食物包括海洋性甲壳类、头足类等。

斑海豹大部分的时间是在海水中度过的，仅在生殖、哺乳、休息和换毛时才爬到岸上或者冰块的边缘上；斑海豹在冬季生殖，属冰上产仔类型的冷水性海洋哺乳动物。斑海豹的洄游，像其它动物的迁徙一样，也是集群的行动。辽东湾斑海豹的洄游原因是为了生殖和觅食，每年 11 月份以后，斑海豹穿越渤海海峡，陆续进入渤海的辽东湾。

辽东湾斑海豹的主要栖息地包括斑海豹繁殖地、大连金普湾内的大连虎平岛上岸点和大连蚂蚁岛上岸点，盘锦辽河口上岸点。其他水域为次级分布区。斑海豹经渤海海峡进入渤海内湾，北上抵达辽东湾北部冰区进行繁殖。从 12 初到辽东湾初冰（12 月底左右）期间，在辽东湾沿岸和岛屿目前尚没有发现斑海豹的上岸处（点），推测斑海豹主要是在海水中活动。

根据 2008 年~2012 年期间对于辽东湾斑海豹繁殖区范围调查，近年由于气候变暖及冰情等因素，由于斑海豹在冰区外沿繁殖产仔，斑海豹繁殖区较国内早期研究界定的繁



殖区范围(40°00'N, 120°50'E~121°40'E 至 40°40'N, 121°10'E~121°50'E)向北移动;根据2017年~2020年期间繁殖区斑海豹分布调查,观测到的斑海豹数量较少、但趋于稳定,结合斑海豹上岸点调查数量(约770头),推测辽东湾斑海豹种群数量趋于稳定。根据2005年~2021年期间对上岸点的斑海豹分布调查研究,上岸点斑海豹数量与整体种群数量变化趋势一致,评估目前斑海豹种群总体趋于稳定,应有2000余头。斑海豹换毛地位于离双台子河入海口约10km的河西岸附近,繁殖区和换毛地均在大连斑海豹自然保护区的实验区和核心区以北,距厂址分别在20km和80km以上。制约斑海豹保护的主要原因(斑海豹的主要胁迫因子)主要包括早期的渔民捕杀,通航船只等对栖息地的侵占和破坏,围填海和渔业捕捞等造成分布空间变小、食物供给水平降低,以及海上油气航运等海洋利用以及入海工农业等排污增加导致的局部海域生态环境的恶化等。

本工程与斑海豹保护区及栖息地位置关系见附图4。

辽宁红沿河核电厂15km范围内无陆域生态保护红线。根据辽宁省渤海海洋生态红线,辽宁红沿河核电厂附近主要有三个海洋生态红线区,分别为大连斑海豹保护生态红线区、驼山旅游休闲生态红线区、仙浴湾旅游休闲生态红线区。

- 大连斑海豹保护生态红线区,最近处位于厂址NW方位约5km,为禁止开发区,保护目标为斑海豹,其海水水质、沉积物质量和海洋生物质量执行不低于一类标准。
- 仙浴湾旅游休闲生态红线区,最近处位于厂址SSE方位11.1km,为限制开发区,保护目标滨海旅游资源,其海水水质执行不低于二类标准。
- 驼山旅游休闲生态红线区,最近处位于厂址ENE位11.8km,为限制开发区,保护目标滨海旅游资源,其海水水质执行不低于二类标准。

厂址半径15km范围内有少量毛虾索饵场,根据辽东湾中国毛虾的洄游路线,有部分中国毛虾的洄游路线离厂址较近,约在10km范围以内。除此之外,厂址半径15km范围内无其他重要渔业品种的“三场一通道”。根据2019年期间已开展的场址附近海域水生生态与渔业资源调查结果,厂址附近海域海洋生物种类较丰富。

厂址半径10km陆域范围内主要的生态系统由森林生态系统、湿地生态系统、农田生态系统和城市生态系统,瓦房店市境内植被类型有低山丘陵植被、平原草甸植被、耐生植被、沿海沙生植被。其中低山丘陵植被主要集中在东部、南部及西南部沿海丘陵地带,所存天然林大部分是以柞树为主的天然次生林,厂址附近陆域动植物资源丰富。

运行状态剂量约束值、事故工况剂量控制值、流出物排放控制标准及接纳水环境质量标准

**1、辐射环境影响评价标准**

**(a) 运行状态下的剂量约束值**

按《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的规定，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。

**(b) 事故工况下的剂量控制值**

依据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）针对设计基准事故的剂量控制要求：

- 在发生一次稀有事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 5mSv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 50mSv 以下。
- 在发生一次极限事故时，非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在 0.1Sv 以下，甲状腺当量剂量应控制在 1Sv 以下。

**(c) 年排放量控制值**

《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.2 款的规定，核动力厂必须按每堆实施放射性流出物年排放总量的控制。对于同一堆型的多堆厂址，所有机组的年总排放量应控制在 6.2 条款规定值的 4 倍以内。

辽宁红沿河核电厂 1~4 号机组采用 CPR1000 技术方案，5、6 号采用 ACPR1000 技术方案，生态环境部分别以环审[2014]224 号和环审[2021]38 号批复了一期工程 4 台机组和二期工程 2 台机组的排放量申请值，并以环审[2022]29 号批复了 3、4 号机组的排放量申请值。根据以上环评批复要求：

根据环审[2014]224 号，一期工程 4 台机组放射性流出物年排放量限值为：

- 气载放射性流出物：惰性气体：7.06×10<sup>14</sup>Bq；碘：1.01×10<sup>10</sup>Bq；粒子（半衰期 ≥8d）：6.12×10<sup>9</sup>Bq；碳 14：1.48×10<sup>12</sup>Bq；氚：1.40×10<sup>13</sup>Bq。
- 液态放射性流出物：氚：1.26×10<sup>14</sup>Bq；碳 14：2.00×10<sup>11</sup>Bq；其余核素：8.00×10<sup>10</sup>Bq。

根据环审[2022]29 号，3、4 台机组放射性流出物年排放量限值为：

- 气载放射性流出物：惰性气体：3.53×10<sup>14</sup>Bq；碘：5.05×10<sup>9</sup>Bq；粒子（半衰期 ≥8d）：3.06×10<sup>9</sup>Bq；碳 14：7.40×10<sup>11</sup>Bq；氚：7.00×10<sup>12</sup>Bq。
- 液态放射性流出物：氚：6.30×10<sup>13</sup>Bq；碳 14：1.00×10<sup>11</sup>Bq；其余核素：4.00×10<sup>10</sup>Bq。

根据环审[2021]38 号，二期工程（5、6 号机组）放射性流出物年排放量限值为：

- 气载放射性流出物：惰性气体：5.49×10<sup>14</sup>Bq；碘：5.92×10<sup>9</sup>Bq；粒子（半衰期 ≥8d）：3.06×10<sup>9</sup>Bq；碳 14：7.40×10<sup>11</sup>Bq；氚：9.70×10<sup>12</sup>Bq。
- 液态放射性流出物：氚：8.73×10<sup>13</sup>Bq；碳 14：1.00×10<sup>11</sup>Bq；其余核素：4.0×10<sup>10</sup>Bq。

	<p>此外，辽宁红沿河核电厂为滨海厂址，遵循 GB6249-2011 第 6.8 款规定，对于滨海厂址，槽式排放出口处的放射性流出物中除氚和 C-14 外其他放射性核素浓度不应超过 1000Bq/L。如果浓度超过上述规定，营运单位在排放前必须得到审管部门的批准。</p> <p><b>2、海水水质标准</b></p> <p>根据厂址附近近岸海域环境功能区划，厂址附近的“辽宁红沿河核电厂排放口混合环境功能区”水温执行混合区海水水质标准，“辽宁红沿河核电厂三类环境功能区”水温执行三类海水水质标准。厂址附近海水水质按照厂址近岸海域环境功能区划的要求执行《海水水质标准》（GB3097-1997）中的相应要求。其中海水中的放射性核素浓度控制值为：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <math>^{60}\text{Co}</math>: 0.03Bq/L;</li> <li>— <math>^{90}\text{Sr}</math>: 4.0Bq/L;</li> <li>— <math>^{106}\text{Ru}</math>: 0.2Bq/L;</li> <li>— <math>^{134}\text{Cs}</math>: 0.6Bq/L;</li> <li>— <math>^{137}\text{Cs}</math>: 0.7Bq/L。</li> </ul>
总量控制指标	无

## 四、主要环境影响和保护措施

施工 期环 境保 护措 施	<p>本项目不新增任何系统、厂房，不涉及施工作业，不新增用地用海，不会在施工期对环境产生不利影响。</p>
运营 期环 境影 响和 保护 措施	<p><b>1、运营期环境影响</b></p> <p>本项目的主要环境影响为放射性流出物对海水水质、公众和非人类物种的辐射影响，以及电厂温排水对受纳水体的温升影响。实施本工程后，电厂机组的放射性流出物排放量限值不改变，电厂六台机组所有机组运行状态变化后，主要是六台机组正常运行期间产生流出物排放对周围环境的辐射影响，以及温排水对受纳海域水质及海洋生态的温升影响将有所变化。</p> <p><b>（一）正常运行期间的辐射环境影响</b></p> <p>辽宁红沿河核电厂运行期间将向环境排放一定的放射性流出物。生态环境部以环审[2014]224号、环审[2021]38号批复了一期工程4台，以及二期工程5、6号机组的放射性流出物年排放量限值，并分别对1、2号机组和3、4号机组的18个月换料改造项目以环审[2015]219号和环审[2022]29号进行了批复，同时在环审[2022]29号批复了3、4号机组的排放量申请值。目前，整个红沿河核电厂6台机组已采用18个月换料方案。实施本项目后，整个电厂6台机组运行状态有所改变，但一期工程4台机组和5、6号机组的放射性排放量限值不改变。</p> <p>根据HJ808-2016的要求，本节采用一期工程1、2号机组、3、4号机组以及二期工程5、6号机组的排放量限值（各放射性核素限值依据设计工况源项比例折算）开展一般公众、非人类生物和环境介质的辐射影响，采用预期工况开展厂址六台机组的三关键分析。</p> <p>正常运行期间的辐射影响所采用的气象资料为2021年1月~2021年12月一整年的厂址气象塔风温梯度观测数据，其他厂址周围环境特征结果采用已获得批复的《辽宁红沿河核电厂二期工程（5、6号机组）环境影响报告书（运行阶段）（C版）》（2021年4月，批复文：环审[2021]38号）相关成果。以下为正常运行期间的辐射环境影响结果：</p> <p><b>（1）环境介质影响</b></p> <p>辽宁红沿河核电厂六台机组运行后，环境空气中放射性年平均浓度最大值位于NNW方位0~1km子区，核素<sup>85</sup>Kr、<sup>60</sup>Co、<sup>131</sup>I在该子区的年平均浓度分布为<math>3.30 \times 10^{-1}</math> Bq/m<sup>3</sup>、<math>2.43 \times 10^{-5}</math> Bq/m<sup>3</sup>、<math>9.00 \times 10^{-5}</math> Bq/m<sup>3</sup>。</p> <p>放射性液态流出物造成受纳水体中放射性浓度最大值位于排放口0~1km海域，核素<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C在该海域海水中的年平均浓度分别为18.9 Bq/L、<math>1.26 \times 10^{-2}</math> Bq/L。</p> <p>《海水水质标准》（GB3097-1997）中规定了海水中部分放射性核素的浓度限值，其中与红沿河核电厂液态放射性流出物排放相关的有<sup>60</sup>Co、<sup>90</sup>Sr、<sup>106</sup>Ru、<sup>134</sup>Cs和<sup>137</sup>Cs五个核素，其水质</p>

指标限值分别为 0.03Bq/L、4.0Bq/L、0.2Bq/L、0.6Bq/L 和 0.7Bq/L。红沿河核电厂六台机组放射性液态流出物造成五个核素在排放口 0~1km 海域峰值浓度分别为  $4.86 \times 10^{-3}$ Bq/L、 $4.71 \times 10^{-6}$ Bq/L、 $3.31 \times 10^{-6}$ Bq/L、 $6.02 \times 10^{-2}$ Bq/L 和  $5.94 \times 10^{-2}$ Bq/L，均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度限值要求。

### （2）非人类物种辐射影响

辽宁红沿河核电厂放射性流出物造成非人类物种辐射影响评价，采用欧盟 ERICA 项目水生和陆生生物在不同生境中的剂量学模型，运用 Monte-Carlo 方法计算不同体形尺寸生物体对 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 辐射的吸收比例，结合各核素的辐射能量得出各种核素对于不同生物体辐射的剂量贡献。

根据厂址周边海洋生态调查结果，海洋参考生物选取深海鱼类、甲壳类、藻类、软体类、浅水鱼、浮游植物、浮游动物进行评价。另外，由于厂址附近有斑海豹保护区，因此评价的海洋参考生物增加哺乳动物（斑海豹）。

根据厂址周围的陆域生态，陆域代表性生物选取两栖动物、环节动物、腐食节肢动物、鸟类、飞行类昆虫、草本植物、苔藓植物、大型哺乳动物、小型掘洞哺乳动物、腹足纲软体动物、爬行动物、灌木植物、乔木 13 类进行评价。

#### 1) 水生生物辐射影响

辽宁红沿河核电厂全厂六台机组正常运行状态情况下，厂址周围海域生物受到的附加剂量率值最大的为哺乳动物（斑海豹），为  $1.94 \mu\text{Gy/h}$ ，各类海洋生物受到的附加剂量率值均小于 ERICA 程序推荐的  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，对核电厂周围海域中的海洋生物总体上影响很小。

#### 2) 陆生生物辐射影响

辽宁红沿河核电厂全厂六台机组正常运行状态情况下，厂址周围陆域生物受到的附加剂量率值最大的为苔藓植物，为  $2.53 \text{E-}02 \mu\text{Gy/h}$ ，各类陆域生物受到的附加剂量率值均远小于 ERICA 程序推荐的  $10 \mu\text{Gy/h}$  剂量率筛选值，对核电厂周围陆域中的生物总体上影响很小。

因此，辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态下，就放射性流出物排放造成的环境辐射影响而言，对非人类生物的辐射影响有限，是可以接受的。

### （3）公众辐射影响

气载放射性流出物对厂址评价区内公众造成的辐射影响考虑以下照射途径：空气浸没外照射；地面沉积物外照射；吸入空气内照射；陆生动植物食品食入内照射。

液态放射性流出物对厂址评价区内公众造成的辐射影响考虑以下照射途径：海上活动外照射；海水浸没外照射；岸边沉积物外照射；食入海产品内照射。

辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态下，放射性流出物排放对于成人组公众个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 ENE 方位 1~2km 子区，六台机组对该子区成人组公众个人造成的年有效剂量为  $2.04 \times 10^{-6}$ Sv，其中由气态和液态途径造成的年有效剂量分别为  $1.88 \times 10^{-6}$ Sv 和  $1.57 \times 10^{-7}$ Sv。

对于青少年组公众个人造成最大有效剂量的居民点位于厂址 ENE 方位 1~2km 子区，六台机组对该子区青少年组公众个人造成的年有效剂量为  $2.32 \times 10^{-6}$ Sv，其中由气态和液态途径造成的年有效剂量分别为  $2.03 \times 10^{-6}$ Sv 和  $2.90 \times 10^{-7}$ Sv。

对儿童组公众个人造成辐射剂量最大子区为位于厂址 ENE 方位 1~2km 子区,所造成的年有效剂量为  $2.18 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。

对婴儿组公众个人造成辐射剂量最大子区为位于厂址 ENE 方位 1~2km 子区,所造成的年有效剂量为  $1.60 \times 10^{-6} \text{Sv}$ 。

六台机组放射性流出物排放对厂址半径 80km 评价区内公众群体造成的集体年有效剂量为  $7.56 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ ,其中气态途径和液态途径分别为  $6.65 \times 10^{-2} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 、 $9.11 \times 10^{-3} \text{人} \cdot \text{Sv/a}$ 。

辽宁红沿河核电厂全厂六台机组运行状态下,就一般公众的受照剂量而言,厂址 ENE 方位 1~2km 子区内的青少年组公众个人受放射性流出物造成的年有效剂量最大,为该子区的最大受照年龄组,受到六台机组的年有效剂量为  $2.32 \times 10^{-6} \text{Sv}$ ,占 GB6249-2011 中年剂量约束值( $0.25 \text{mSv/a}$ )的 0.93%,满足相应的法规要求。

#### (4) 三关键分析

通过公众辐射剂量“三关键”分析,辽宁红沿河核电厂六台机组运行状态下,在制定环境辐射监测方案时,需要关注的关键居民组为位于 ENE 方位 1.4km 大衣屯老渔窝渔民人群,受到的年辐射剂量为  $6.49 \times 10^{-7} \text{Sv}$ 。

需要关注的照射途径包括:食入海产品内照射途径、食入陆生食品内照射途径和岸边沉积外照射途径,需要关注的放射性核素包括: $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 $^{14}\text{C}$  和  $^{60}\text{Co}$  等。

### 2. 事故影响及环境风险分析

《核动力厂环境辐射防护规定》(GB6249-2011)规定,在发生一次稀有事故时,非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在  $5 \text{mSv}$  以下,甲状腺当量剂量应控制在  $50 \text{mSv}$  以下。在发生一次极限事故时,非居住区边界上公众在事故后 2h 内以及规划限制区外边界上公众在整个事故持续时间内可能受到的有效剂量应控制在  $0.1 \text{Sv}$  以下,甲状腺当量剂量应控制在  $1 \text{Sv}$  以下。

实施本工程后,电厂现有各机组的反应堆系统、专设安全设施及三废处理系统等均未发生变化,根据各机组有关设计基准事故的分析,论述事故工况下的环境影响评价。根据辽宁红沿河核电厂 1、2 号机组、3、4 号机组 18 个月换料改造项目辐射环境影响评价专题报告,以及 5、6 号机组运行阶段环境影响报告书有关事故后果内容,对本工程实时期间的事故环境影响进行分析如下:

#### — 红沿河核电厂 1、2 号机组

在极限事故中,蒸汽发生器传热管断裂并安全阀卡开事故(SVSO)对非居住区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大,分别为  $8.83 \text{E-}03 \text{Sv}$  和  $1.60 \text{E-}01 \text{Sv}$ ,弹棒事故(CREA)对规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量最大,分别为  $1.06 \text{E-}03 \text{Sv}$  和  $1.94 \text{E-}02 \text{Sv}$ 。在稀有事故中,蒸汽发生器传热管破裂事故(SGTR)对非居住区边界、规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大,对非居住边界公众造成的剂量分别为  $7.85 \text{E-}04 \text{Sv}$  和  $1.42 \text{E-}02 \text{Sv}$ ,对规划限制区边界公众造成的剂量分别为  $6.86 \text{E-}05 \text{Sv}$  和  $1.24 \text{E-}03 \text{Sv}$ 。

#### — 红沿河核电厂 3、4 号机组

在极限事故中,蒸汽发生器传热管断裂外加一个安全阀误卡开事故(SVSO)对非居住区边

界上、规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，对非居住边界公众造成的剂量分别为  $1.74\text{E-}02\text{Sv}$  和  $3.15\text{E-}01\text{Sv}$ ，对规划限制区边界公众造成的剂量分别为  $1.39\text{E-}03$  和  $2.50\text{E-}02$ 。在稀有事故中，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对非居住区边界、规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，对非居住边界公众造成的剂量分别为  $1.54\text{E-}03$  和  $2.80\text{E-}02$ ，对规划限制区边界公众造成的剂量分别为  $9.30\text{E-}05$  和  $1.69\text{E-}03$ 。

#### — 红沿河核电厂 5、6 号机组

在极限事故中，蒸汽发生器传热管断裂外加一个安全阀误卡开事故（SVSO）对非居住区边界上、规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，对非居住边界公众造成的剂量分别为  $1.74\text{E-}02\text{Sv}$  和  $3.15\text{E-}01\text{Sv}$ ，对规划限制区边界公众造成的剂量分别为  $1.39\text{E-}03$  和  $2.50\text{E-}02$ 。在稀有事故中，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对非居住区边界、规划限制区边界上公众所造成的有效剂量和甲状腺当量剂量均最大，对非居住边界公众造成的剂量分别为  $1.54\text{E-}03$  和  $2.80\text{E-}02$ ，对规划限制区边界公众造成的剂量分别为  $9.30\text{E-}05$  和  $1.69\text{E-}03$ 。

在极限事故中，蒸汽发生器传热管破裂事故并安全阀卡开事故（SVSO）对非居住区边界上公众造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量最大，分别为  $1.20\text{E-}02\text{Sv}$  和  $1.32\text{E-}01\text{Sv}$ ；大破口失水事故（LOCA）对规划限制区外边界上事故期间公众造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量最大，分别为  $2.28\text{E-}03\text{Sv}$  和  $2.56\text{E-}02\text{Sv}$ 。在稀有事故中，蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）对非居住区边界和规划限制区外边界上事故期间对公众造成的个人有效剂量和甲状腺当量剂量最大，对非居住边界公众造成的剂量分别为  $2.70\text{E-}03\text{Sv}$  和  $3.94\text{E-}02\text{Sv}$ ，对规划限制区边界公众造成的剂量分别为  $2.19\text{E-}04\text{Sv}$  和  $3.20\text{E-}03\text{Sv}$ 。

由上述分析可知，本项目实施后，辽宁红沿河核电厂 6 台机组正常运行期间，设计基准事故导致的环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求，厂址周围非居住区、规划限制区边界的设置合理。

### （二）温排水温升影响

#### （1）温排水对水体的物理影响

为分析电厂六台机组运行状态变更后的温排水影响，建设单位委托交通运输部天津水运工程科学研究所开展了海域温排水数值模拟研究，编制完成了《辽宁红沿河核电厂温排水三维数值模拟研究报告》，本节根据该专题研究成果进行评价。

厂址海区属不正规半日潮，潮流运动形式以往复流为主，涨、落潮主流向分别为东北向和西南向，厂址附近海域水弥散条件好。温排水数值模拟采用 MIKE3 FM 模型，对温排水进行三维水动力及温度场数值模拟。模型计算范围选取以核电厂为中心、计算范围约为  $80\text{km}\times 65\text{km}$  的区域，共有 19095 个三角形单元和 37445 个结点，水深及岸线为最近海图及项目附近实测水深数据。

模型参数中，水面综合散热系数根据水文气象条件，采用《冷却水工程水力、热力模拟技术规程》的公式进行水面综合散热系数  $K_s$  的计算，水面综合散热系数根据气温、风况等条件的变化实时变化；扩散系数本次计算根据实测水温资料验证结果水平向取 5 垂向取 0.2；海床粗糙系数  $n$  依据具体的对象在研究时根据实践经验加以确定，本次数值取 0.015。

对潮流场的验证，采用 2019 年 11 月与 2020 年 6-7 月水文观测资料对模型潮位、流速、流

向进行了验证，根据对 9 个潮流站和 3 个潮位站实测结果的比较及验证，验证结果较好，较全面的反映了工程区域附近海域的流动情况。根据三维潮流模拟结果，在工程区域涨潮流指向偏 NE 方向或偏 N 方向，落潮流指向偏 SW 方向或偏 S 方向，流向基本呈现表中底一致，计算的流场与实测的流向一致；流速大小呈大潮期最大，小潮期最小，表层流速大，底层流速小的趋势，计算的结果与实测值分布趋势也是一致的。

对温度场的验证，结合 2019 年冬季与 2020 年夏季水文流场条件，以及 2018 年期间对四台机组温排水温度场原型观测的工程周边 3 个测站分层水温测量结果进行验证。对各站冬季和夏季的大、小潮（表层、中层、底层）的水温实测与计算结果的比较及验证，模型计算结果与实际测量变化趋势基本一致，计算水温与实测水温拟合基本较好。

针对电厂 6 台机组运行期间的温排水温升影响，采用基于 2019 年和 2020 年实测温度场验证后的参数，分别针对“隔热堤+导流堤”方案，以及“取水口优化工程”方案，进行冬、夏季大、中、小潮的温排水进行预测分析（本专题全潮即指半月潮）。根据模拟预测可知，温升影响范围与潮流特征相符合，即涨、落潮时温升带沿岸线向南北方向扩散，平潮时主要集中在排水口附近并向西离岸扩散；高温升范围位于排放口附近的局部区域，随着与排放口距离的增大温升逐渐减小；温升影响范围在垂向呈表层大于中层大于底层的规律；不同潮型温升场呈大潮期温升影响范围最小，中潮次之，小潮最大的特点。

1) “隔热堤+导流堤”方案温升预测结果

针对导流堤+隔热堤方案，对 6 台机组运行期间的温排水温升影响进行预测。针对导流堤+隔热堤方案，根据温升预测结果，夏季 4℃温升最大包络面积为 4.08km<sup>2</sup>，1℃温升最大包络面积为 42.25km<sup>2</sup>，冬季 4℃温升最大包络面积为 5.03km<sup>2</sup>，超 2℃温升最大影响面积为 21.54km<sup>2</sup>。表 4-1 和图 4-1 给出了电厂 6 台机组正常运行期间夏、冬两季温排水温升影响范围。

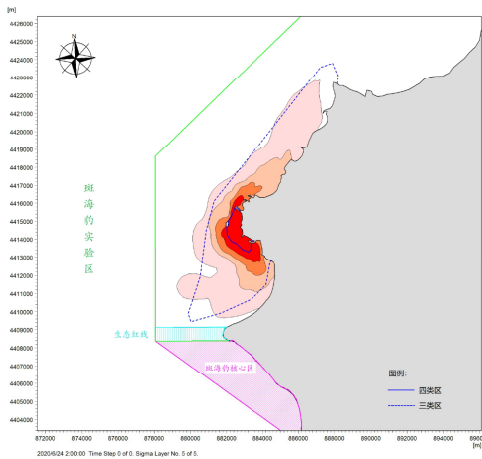
表 4-1 运行期间夏、冬两季等温升线影响范围（“隔热堤+导流堤”方案）

单位：km<sup>2</sup>

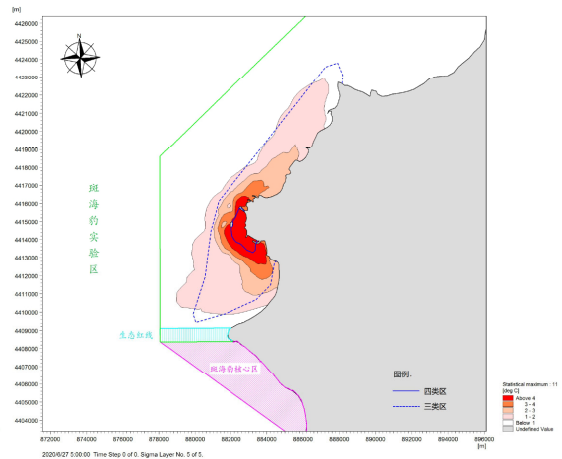
潮型		分层	>4℃	>3℃	>2℃	>1℃
夏季	大潮	表层	3.31	6.47	14.06	37.73
		中层	0.82	2.29	7.67	30.55
		底层	0.41	0.86	4.01	25.88
	中潮	表层	3.77	7.27	15.07	40.31
		中层	0.90	2.60	8.61	31.97
		底层	0.43	1.02	4.76	26.82
	小潮	表层	3.96	7.59	15.79	41.43
		中层	0.92	2.74	9.08	33.76
		底层	0.45	1.19	5.28	26.93
	全潮	表层	4.08	7.86	16.28	42.25
		中层	0.99	2.89	9.81	38.08
		底层	0.49	1.26	6.09	32.93
冬季	大潮	表层	4.30	7.45	14.32	/
		中层	1.17	3.16	8.94	/
		底层	0.67	1.91	5.87	/



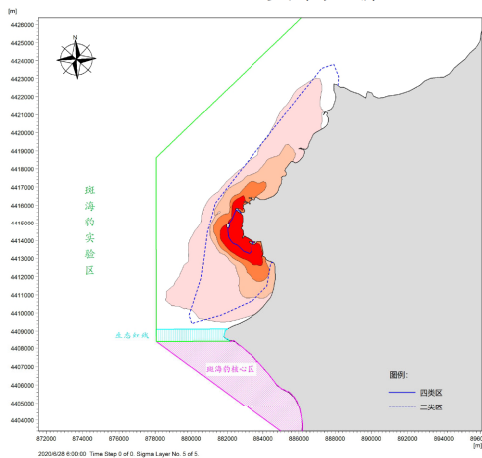
	中潮	表层	4.53	9.96	18.17	/
		中层	1.62	3.92	12.04	/
		底层	0.75	2.07	7.49	/
	小潮	表层	4.91	10.88	20.67	/
		中层	1.98	2.91	10.42	/
		底层	0.92	2.77	11.42	/
	全潮	表层	5.03	11.69	21.54	/
		中层	2.07	5.16	16.11	/
		底层	1.01	3.07	12.23	/



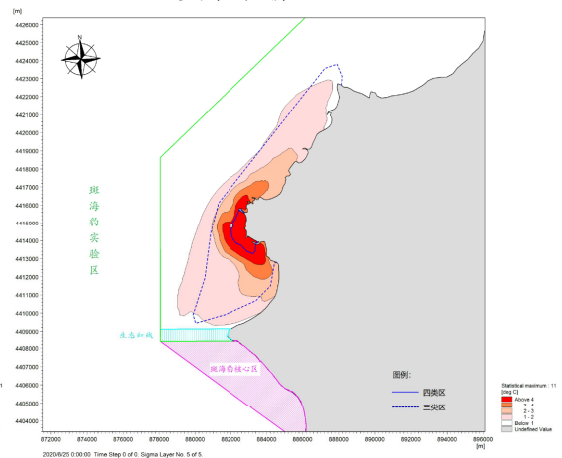
夏季大潮



夏季中潮



夏季小潮



夏季全潮

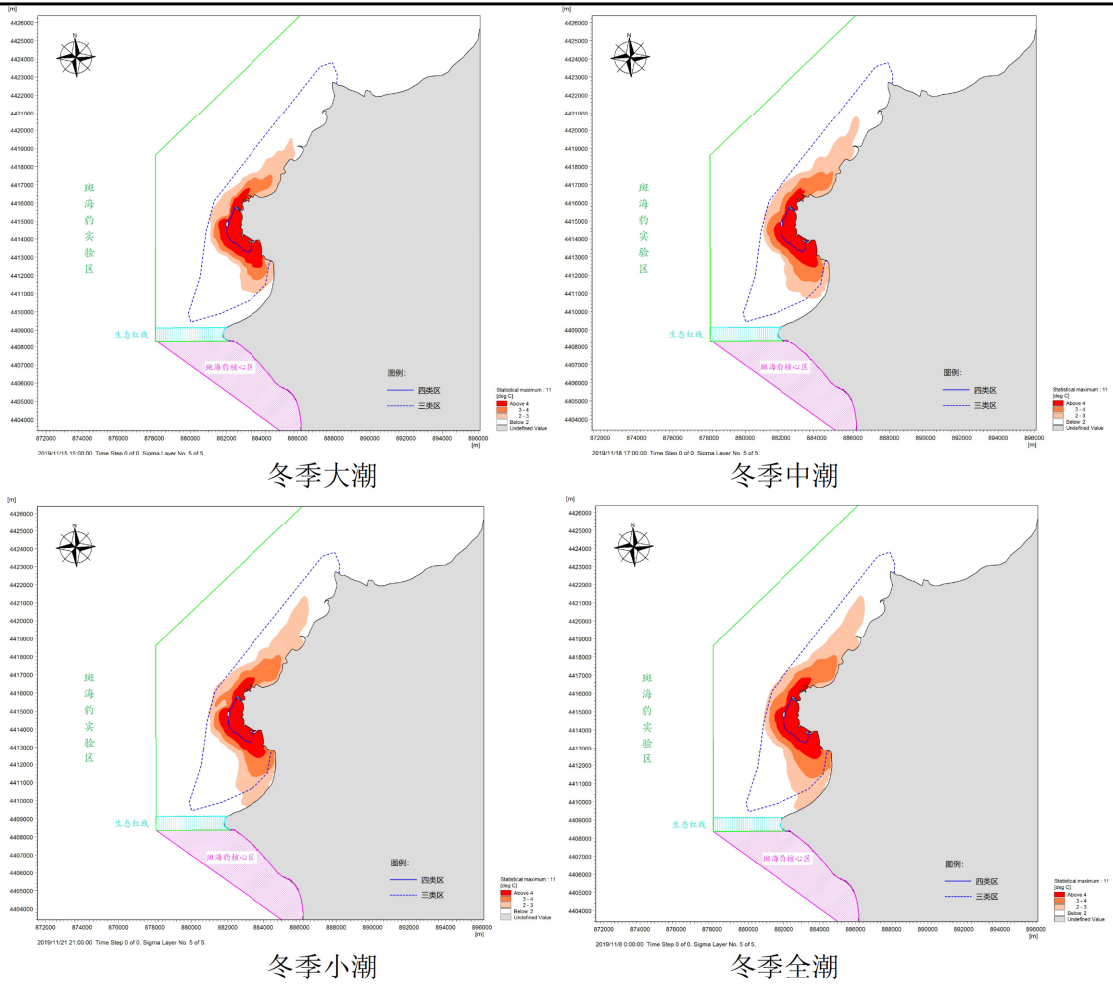


图 4-1 运行期间表层等温升线影响范围包络图 (“隔热堤+导流堤”方案)

2) 取水口优化工程方案温升预测结果

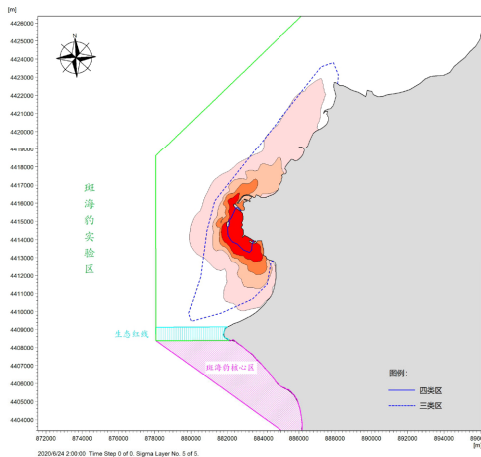
针对取水口优化工程方案实施后,对 6 台机组运行期间的温排水温升影响进行预测。根据温升预测结果,夏季 4℃温升最大包络面积为 4.41km<sup>2</sup>, 1℃温升最大包络面积为 41.56km<sup>2</sup>, 冬季 4℃温升最大包络面积为 5.08km<sup>2</sup>, 超 2℃温升最大影响面积为 17.93km<sup>2</sup>。表 4-2 和图 4-2 给出了电厂 6 台机组正常运行期间夏、冬两季温排水温升影响范围。

表 4-2 运行期间夏、冬两季等温升线影响范围 (取水口优化工程方案)

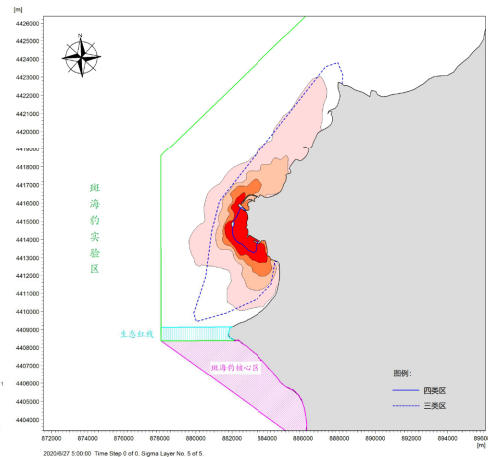
单位: km<sup>2</sup>

潮型		分层	>4℃	>3℃	>2℃	>1℃
夏季	大潮	表层	3.52	6.31	12.33	33.49
		中层	0.85	1.88	5.14	27.34
		底层	0.41	0.74	2.58	22.35
	中潮	表层	3.79	6.61	13.41	38.82
		中层	0.92	2.12	5.61	28.98
		底层	0.46	0.83	2.86	21.88
	小潮	表层	4.15	7.56	14.81	40.51
		中层	0.96	2.27	5.94	30.67
		底层	0.46	0.86	3.05	24.95

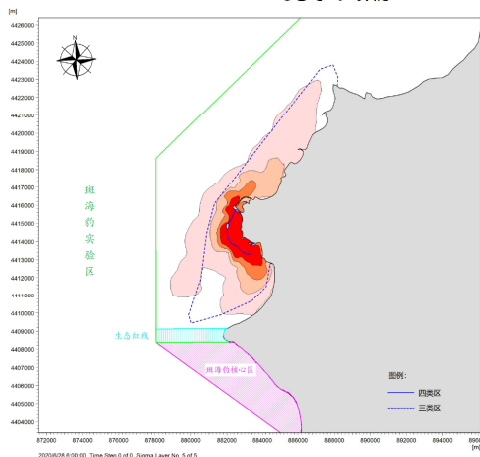
冬季	全潮	表层	4.41	8.04	15.43	41.56
		中层	1.02	2.45	6.49	38.02
		底层	0.51	1.02	3.42	30.89
	大潮	表层	4.38	7.34	13.02	/
		中层	1.19	2.84	6.43	/
		底层	0.60	1.33	3.49	/
	中潮	表层	4.59	8.61	15.22	/
		中层	1.30	3.10	8.45	/
		底层	0.63	1.47	4.23	/
	小潮	表层	4.97	8.76	16.54	/
		中层	1.40	3.45	9.77	/
		底层	0.67	1.74	5.43	/
全潮	表层	5.08	10.57	17.93	/	
	中层	1.50	3.68	10.45	/	
	底层	0.70	1.85	5.81	/	



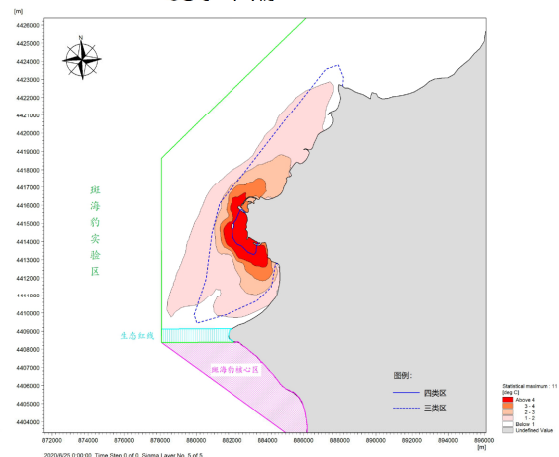
夏季大潮



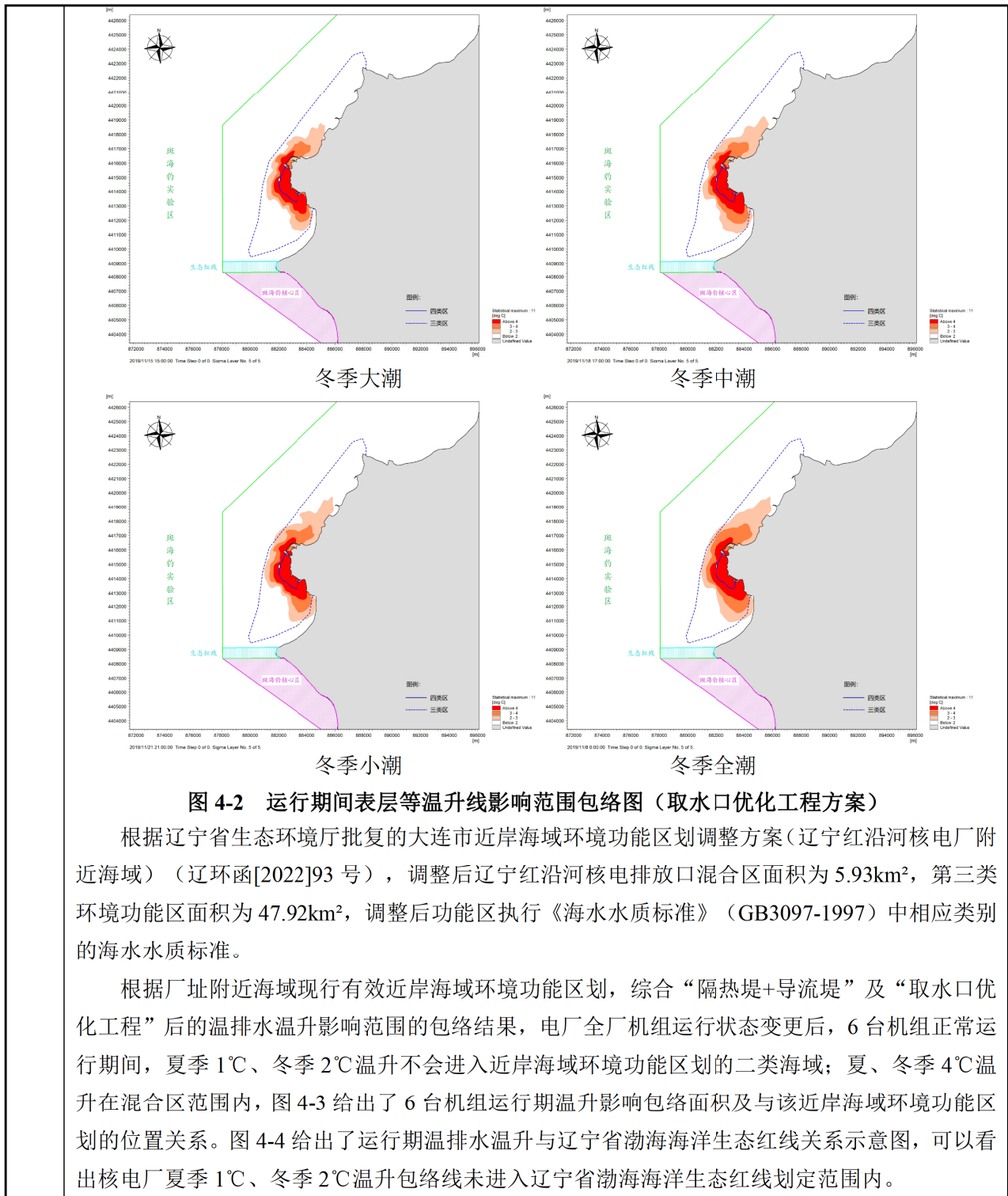
夏季中潮



夏季小潮



夏季全潮



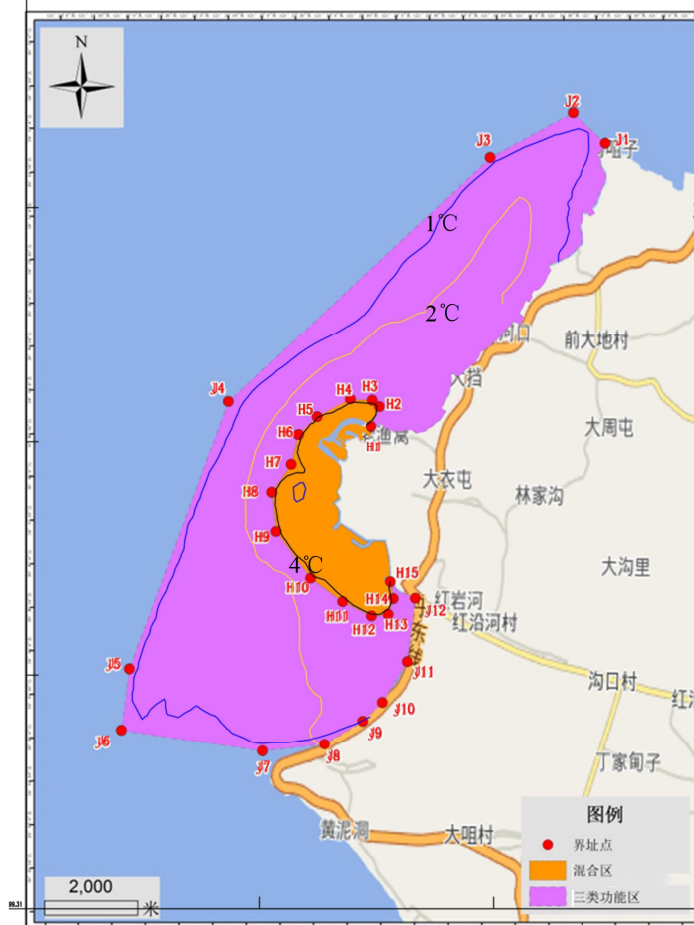


图 4-3 正常运行期间温排水温升影响与近岸海域环境功能区划关系图

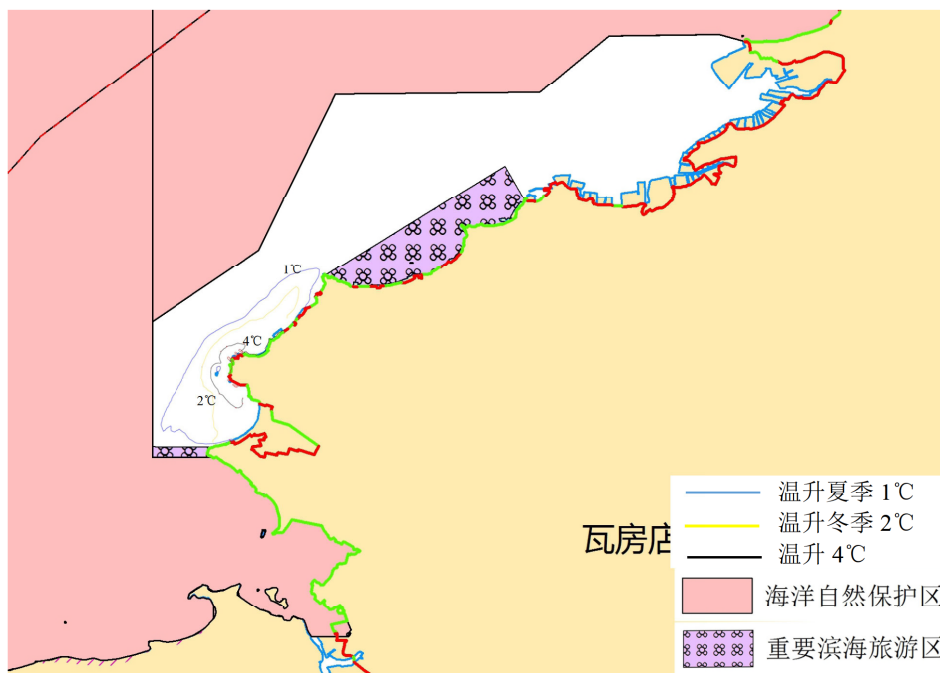


图 4-4 正常运行期间温排水温升影响范围与海洋生态红线位置关系图

目前，根据自然资源部关于全面开展国土空间规划工作的通知要求，辽宁省各级自然资源部门正在组织编制国土空间规划。为保障核电厂用海安全空间、维护周边海域生态环境，红沿河核电厂委托国家海洋环境监测中心，根据国土空间规划编制的技术规范要求，开展核电厂温排水用海需求与国土空间规划衔接研究，依据电厂未来用海需求变化及海域用途管控、海洋生态环境管控的要求，编制完成了红沿河核电厂海域国土空间规划调整方案。目前，省、市、县自然资源部门已逐级发函，将核电厂温排水等工程用海海域纳入正在编制的国土空间规划，保障项目用海。

## **(2) 温排水对水体生物的影响**

根据对电厂 6 台机组正常运行后的温排水温升模拟预测结果可知，电厂温排水温升造成的夏季 1℃温升包络线距离斑海豹实验区距离较远，对受纳海域造成的三类水质不会进入斑海豹保护区内。

建设单位委托辽宁省海洋水产科学研究院编制完成了《辽宁红沿河核电厂对斑海豹及其栖息地影响专题评价报告》，农业农村部于 2022 年 4 月以《关于<辽宁红沿河核电厂对斑海豹及其栖息地影响专题评价报告（修订本）>的意见》（农渔资环便[2022]90 号）进行了批复。

以下根据该专题报告，给出了电厂 6 台机组运行期间温排水对斑海豹影响的分析评价。

### **(a) 温排水对斑海豹保护区的影响**

在核电厂 6 台机组正常运行的工况下，冬、夏季 4℃温升线均在电厂已取得的温排水用海范围内，夏季 1℃、冬季 2℃温升线均未进入大连斑海豹国家级自然保护区。

### **(b) 温排水对斑海豹影响分析**

#### **I、直接影响**

核电厂海区夏季自然水温 8 月最高，平均为 23.8℃，加上 4℃的温升不超过 28℃，在排水口温升 6℃~8℃范围内，水温超过 28℃，但范围很小，且斑海豹 5 月份后基本离开辽东湾海域，即使偶有滞留在辽东湾的斑海豹个体，由于其具有较强的游泳能力，可以规避温排水温升影响，因此，温排水不会直接对斑海豹生存造成不利影响。

#### **II、对斑海豹栖息的影响**

温排水口与斑海豹栖息地的位置关系：一期温排水口距保护区北部核心区最近距离 4.57km，距北部实验区 6.07km，距传统繁殖区 34.44km。距虎平岛上岸点 79.57km，距蚂蚁岛上岸点 66.07km，距辽河口上岸点 127.51km。二期温排水口距保护区北部核心区最近距离 4.89km，距北部实验区 6.79km，距传统繁殖区 35.07km。距虎平岛上岸点 79.06km，距蚂蚁岛上岸点 63.48km，距辽河口上岸点 129.26km。

温排水温升影响范围与斑海豹栖息地的位置关系：电厂运行期间夏季 1℃等温升线最大包络线距保护区北部核心区最近距离 0.93km，距北部实验区 2.85km，距传统繁殖区 26.59km；距虎平岛上岸点 73.783km，距蚂蚁岛上岸点 60.45km，距辽河口上岸点 119.89km。冬季 2℃等温升线最大包络线距保护区北部核心区最近距离 2.66km，距北部实验区 3.67km，距传统繁殖区 28.06km；距虎平岛上岸点 74.14km，距蚂蚁岛上岸点 60.28km，距辽河口上岸点 121.58km。

温排水对斑海豹栖息的影响：斑海豹在辽东湾的主要分布季节是每年的 12 月至来年 5 月，辽东湾海域 5 月平均水温在 12℃~14℃之间，在这期间即使是项目排水口附近温升 6℃~8℃的

范围内，其水温也不会超过斑海豹适宜水温的上限，所以温排水造成的水温升高不会对斑海豹在该海域栖息造成影响。

核电项目运营对斑海豹种群生存状况的影响：根据 2011 年至 2021 年以来对辽河口、虎平岛、蚂蚁岛海域上岸点击栖息水域种群调查，各处各年期间的最大数量分别在 124~180 头、43~180 头、134~256 头。电厂一期工程 4 台机组已于 2016 年全部投入运行，5、6 号机组于 2015 年开工建设，根据核电站一期工程运营前及运营期间斑海豹主要栖息地种群及分布调查，核电厂未对辽东湾斑海豹种群整体生存状况产生不利影响。

### III、对斑海豹食物的影响

由于本海区位于北方，自然海水温度较低，夏季自然水温 8 月最高，加上 4℃ 的温升仍不超过 28℃，海水温度的升高对鱼体、甲壳类、贝类和底栖生物等的影响较小，所以升温对以这些渔业生物为主要食物的斑海豹的直接影响较小。温排水大于 3℃ 增温范围内的海洋浮游生物量可能会受到一定程度的影响，可能对斑海豹的食物资源产生间接的连锁效应，但这一影响十分复杂，需对其进行长期监测。

### IV、对斑海豹繁殖影响

斑海豹在冰上产仔，繁殖期在每年 1 月~2 月，传统繁殖地位于北纬 40° 以北的辽东湾中部冰区，一般在海冰外沿繁殖产仔，由于辽东湾每年冰情不同，其繁殖区随冰情大小移动，海冰消融将会对幼斑海豹产生威胁。根据近几年辽东湾海冰冰情，最大外缘线位于长兴岛北侧至绥中海域，即在冰情较大的年份，红沿河海域外侧在 1-2 月份会有浮冰覆盖，在冬季北风的作用下，斑海豹幼仔可能随浮冰块靠近此海域，在温排水的作用下，加速浮冰融化，易造成幼崽落水的风险。因此，项目海域不是斑海豹繁殖区，但温排水会增加斑海豹幼崽落水的风险。项目以冬季 2℃ 温升范围为增加斑海豹落水风险重点监控区域，温排水影响范围 21.54km<sup>2</sup>。

### V、对斑海豹洄游影响

根据自上世纪 80 年代开始对黄渤海近岸海域斑海豹分布和习性的调查和研究，斑海豹在渤海的主要分布时间是 11-5 月份。其中，11-12 月份开始进入中国海域，主要分布在黄海北部和渤海的山东半岛和辽东半岛附近，并逐渐穿过渤海海峡进入渤海，较少上岛或者上岸；1-2 月份在辽东湾中部繁殖区产仔繁育，3-5 月份在几个上岸点集中分布，5 月之后逐渐游出渤海。

根据 2020-2021 年用卫星信标对共计 8 头斑海豹 3-6 月份迁徙规律的研究，斑海豹迁徙时每天移动距离最远可达 100km，其迁徙没有固定路线，在一定海域范围内往返大范围活动，逐渐离开渤海游至黄海，最终离开中国海域。

根据斑海豹迁徙洄游规律，斑海豹进出北部繁殖区和上岸点无固定通道，故本项目不会阻断和影响斑海豹迁徙。斑海豹迁徙过程中可能途经项目温排水口附近的海域。斑海豹体温恒定为 37.5-38℃，在水中的适温范围在 0-33℃，对海水温度适应范围较广，小幅度的温升不会对斑海豹分布和迁徙造成影响。由于温排水口周边温度梯度升高，斑海豹游泳活动能力较强能避开温排水口处较高温度区域，故温排水一般不会对游至该处的斑海豹个体造成影响。

从卫星跟踪斑海豹研究结果可以得出：①斑海豹的在辽东湾内的洄游途径并不是按照固定的通道进行（无传统意义的洄游通道）；②斑海豹游出渤海后，一部分经辽宁沿岸而后沿朝鲜西海

岸南下到达白翎岛，一部分由庙岛群岛经黄海北部深水域直接游向白翎岛，另一部分沿山东省沿岸南下；③白翎岛海域不是辽东湾斑海豹唯一的度夏海域。斑海豹对海水温度适应范围较广，小幅度的温升不会对斑海豹分布和迁徙造成影响。因此，从上述研究结果可以得出本项目对斑海豹的洄游无明显的影响。

#### **(c) 机械作用对斑海豹和保护区影响**

核电厂运转过程对水体有抽吸和搅动作用，冷却水取水将会对水体中的小型生物造成一个连续的机械损伤，斑海豹属于大型海洋哺乳动物，核电站运转的机械作用不会对其造成物理损伤。机械效应对海洋生态系统的影响，将会导致斑海豹食物资源减少，从而对斑海豹造成间接影响。

#### **(d) 渔业资源改变对斑海豹承载力的影响分析-以渔场为基础**

核电厂海域的渔场生境具可替代性：核电厂海域以西、以北辽东湾渔场的主要经济鱼类种类相似，其种类组成丰富，覆盖规划水域的渔场，对核电厂水域的渔场游泳动物种类具有可替代性。也就是说核电厂水域受影响的渔业资源品种渔场环境，可以由周边水域渔场环境和周边同一种群数量中得到替代，而不至于造成渔场和渔业资源消失。

核电厂水域的渔业资源环境敏感性较低，依据渔业资源调查结果，核电厂水域作为鱼类产卵场的属性明显较弱，渔业生态的敏感性较低。核电厂运营对整个辽东湾小黄鱼和白姑鱼产卵场渔业资源承载力的生态功能影响有限。

核电厂水域渔业资源可恢复性：辽东湾水域与渤海其他水域游泳动物相似性很高，核电厂施工造成渔场的游泳动物损失，可以由渤海其他渔场的渔业资源得到补偿。如果核电厂实施造成的环境压力减弱和消失，渔场环境恢复，其产卵群体也可以由其他海湾相同种类鱼类种群数量的补充得到恢复，核电厂所在渔场的环境和资源损失具有较好的可恢复性。核电厂实施对渔业资源承载力的影响有限。

#### **(e) 专题报告结论**

红沿河核电厂位于辽东湾，而辽东湾是国家一级保护动物斑海豹的重要栖息地和繁殖地，核电厂施工期产生的悬浮物、噪声，运营期的温排水、取水机械作用、放射性流出物等对斑海豹及其栖息地的水环境、海冰、声环境、食物资源有一定的不利影响。专题报告提出的斑海豹保护措施，可以在一定程度上缓解工程对斑海豹及其栖息地的不利影响。红沿河核电厂运营期间，充分落实专题报告建议的斑海豹保护措施，严格环境保护管理，满足国家和地方环保法规和标准的要求，辽宁红沿河核电厂对斑海豹和斑海豹栖息地影响是可接受的。

#### **(f) 农业农村部批复**

根据农业农村部对于斑海豹影响专题报告的批复意见（农渔资环便[2022]90号）：专题报告对保护物种斑海豹及其栖息地影响预测分析较为客观，施工期和运营期生态保护措施具有一定的可操作性，可在一定程度上减缓工程对斑海豹及其栖息地的不利影响，评价结论总体可信。批复意见详见附件6。

目前建设单位正按照批复要求落实各项生态补偿方案及措施，已委托专题单位开展斑海豹跟踪观测监测专题研究，准备开展海洋渔业增殖放流工作，并将积极做好斑海豹的保护宣传等保护工作。红沿河核电厂制定有严格的环境保护措施和事故风险防范应急预案，严格按程序对污染物



的产生及排放进行管理控制并达标排放，后续电厂将继续做好项目涉及的斑海豹及其他海洋渔业生态资源影响的生态环保措施。

结合厂址附近海域渔业资源调查结果以及相关海洋生物适温性研究结果，厂址附近海域没有海洋生物的产卵场、洄游路线等，大多数鱼类都可回避较高温升区域，在本工程实施期间，温排水对厂址附近海域造成的温升影响不会超出近岸海域环境功能区划中三类水质功能区的范围，因此，核电厂温排水引起的温升预计不会对厂址附近海洋生物构成明显的不利影响，不会对整体渔业资源不会产生明显影响。从总体上看，预计核电厂温排水对海洋生物的影响将是有限的。

此外，结合厂址附近海域新近开展的海洋生态及渔业资源调查分析，根据 2019 年度渔业资源调查结果，以及与 2010 年度和 2014 年度的三年度游泳动物调查结果对比分析，2019 年度拖网调查共鉴定游泳动物 77 种，其中：鱼类 42 种 > 虾类 16 种 > 蟹类 11 种 > 头足类 8 种；2014 年度和 2010 年拖网调查分别共鉴定游泳动物 64 种和 36 种游泳动物，2019 年各季鱼、虾、蟹、头足类等各类生物种类数及游泳生物总的种类数均多于 2010 年和 2014 年，优势种种类数量增加，海洋生态环境较好。

本项目实施后，与已批复的红沿河核电厂二期工程（5、6 号机组）运行阶段环境影响报告书相比，不会增加对厂址周围公众和非人类物种的辐射影响，温排水温升影响满足现有的近岸海域环境功能区划水质管理要求，评价表明该影响在可接受的范围内。

## 2、环境保护措施及环境监测

### （一）环境保护措施

本项目产生的放射性废液、废气和固体废物通过原有的三废处理系统处理并排放，运行期间将严格控制反应堆运行产生的放射性流出物并符合环境保护相关要求，严格控制运行产生的余热并通过排放口排入受纳海域。辽宁红沿河核电厂将根据省环保厅有关批复要求，开展温排水海域影响跟踪监测及海洋渔业资源补偿，加快推动核能供热等项目实施，严格制定并落实电厂相关风险防控措施。有关环境保护措施详见表 4-3。

表 4-3 本项目采取的防治措施及预期治理效果

种类	排放源	防治措施	预期治理效果
气载放射性流出物	TEG 排放、各厂房通风系统排放	电厂现有放射性废气管理系统进行防治。均引至电厂烟囱向环境排放，TEG 设置由衰变箱对放射性废气进行贮存衰变，各厂房通风系统设有各式过滤器。	有效减少向环境的排放量，满足国家标准 GB6249-2011 有关的总量排放限制要求，显著减少对公众造成的辐射影响。
液态放射性流出物	TEP 下泄、各厂房疏水	电厂现有放射性废液管理系统进行防治。采用 TEU 系统（蒸发、除盐、过滤）对各厂房疏水进行处理，各放射性液态流出物在排放前将在 TER 中暂存衰变一段时间后再排入环境。	有效减少向环境的排放量，满足国家标准 GB6249-2011 有关的总量排放限制和浓度限制要求，显著减少对公众造成的辐射影响。
中低放射性固体	放射性固体废物处理系统等	在厂内暂存一段时间后，运往国家指定的中低放废物处置场处置。	对当地环境不产生影响

体废物			
温排水 余热	散热系统取排水设施的排水口	<p>加强温排水影响范围监测、温排水对海域生态环境影响、对斑海豹及其栖息地影响的跟踪监测，定期向生态环境、农业农村主管部门报告；</p> <p>加快推动实施核能供热项目；</p> <p>落实渔业资源保护补偿措施，制定实施方案，开展海洋渔业增殖放流；</p> <p>编制环境影响应急预案，做好运营期风险事故防范和应急处置；</p> <p>加强海洋生态环境保护宣传，提高保护斑海豹级海洋生物多样性的保护意识。</p>	<p>满足海域环境功能区划水质管理要求，减少温排水对海洋生态环境影响，提高生态环境保护意识。</p>
<p><b>(二) 流出物监测和环境监测</b></p> <p><b>(1)、放射性流出物监测和辐射环境监测</b></p> <p>为确保辽宁红沿河核电厂的放射性流出物排放得到有效的监测、管理和控制，辽宁红沿河核电厂的流出物监测与环境监测均由辽宁红沿河核电厂化学环保处负责。本项目不改变核电厂原有流出物监测和环境监测的具体实施方案，本部分进行简要描述。</p> <p><b>a、流出物监测</b></p> <p>运行期间的流出物监测主要监测对象是核电厂向环境排放的气载和液态放射性流出物。流出物监测系统是电厂辐射监测系统（KRT）的重要组成部分，负责放射性流出物排放的监测与控制。气载放射性流出物监测子系统位于核辅助厂房的烟囱内，每台机组各有一套，两套气载流出物监测系统共同对烟囱排放的气载流出物进行连续在线监测和采样。液态流出物监测子系统在线监测 TER 与 SEL 排放管线上的放射性。</p> <p>辽宁红沿河核电厂针对全厂机组已制定流出物监测计划，严格实行流出物监测与排放控制管理。针对气态流出物监测，分别针对 TEG（废气处理系统）、ETY（安全壳大气检测系统）、连续排放样品（DVN）的气体、滤膜、碘盒、氙水等开展监测，分析项目包括γ能谱、<sup>3</sup>H、<sup>90</sup>Sr 和 <sup>14</sup>C；针对液态流出物监测，分别针对 TER（废液排放系统）、SEL（常规岛废液排放系统）和 SEL 季度混合样开展监测，分析项目包括 pH、总γ、<sup>3</sup>H、<sup>14</sup>C、γ能谱、<sup>90</sup>Sr、<sup>55</sup>Fe、<sup>63</sup>Ni 等。</p> <p><b>b、辐射环境监测</b></p> <p>为分析和评价核电厂运行期间放射性流出物排放对厂址周围的辐射影响，测定核电厂周围环境介质中的核素浓度和环境γ剂量率水平，发现核电厂周围地区人工放射性物质变化异常现象，查找原因及来源，追踪趋势并修正监测方案。环境放射性监测由大气放射性监测、陆地放射性监测和海洋放射性监测三部分组成，监测项目以环境辐射、空气、水、土壤、沉积物、陆生及水生生物为主，核电厂排水口附近海域和附近海生物是重点关注。辽宁红沿河核电厂已制定有环境监测方案及监测大纲，可有效对厂址周围的辐射环境进行监测。此外，电厂还制定有完善的应急监测方案。</p> <p><b>(二) 海域海水监测</b></p> <p>辽宁红沿河核电厂已委托相关单位在取水口建设冷源信息综合管理系统，该系统可对取水口</p>			

附近安全网主绳受力、海面实时影像、风速、浪高、水温、流速等水文参数进行实时监控。为了解厂址附近海域的水质状况，辽宁红沿河核电厂已将海水监测方案纳入日常环境监测计划，详见表 4-4。辽宁红沿河核电厂同时也已委托专题单位多次开展厂址附近海域海水水质环境、水生生态及渔业资源调查专题研究，及时了解海域内的水质及海洋生态环境状况。辽宁红沿河核电厂已委托辽宁省环科院 2016~2021 年期间开展了斑海豹监测专题，2022 年又委托辽宁省海洋水产科学研究院持续开展海域斑海豹观测工作。

为监测评价辽宁红沿河核电厂温排水对海水的温影响，建设单位已开展了有关温排水影响监测。2013 年，辽宁红沿河核电厂有限公司与原环境保护部卫星环境应用中心、中国科学院遥感与数字地球研究所签订了《红沿河温排水监测服务合同》，约定从 2013 年开始实施红沿河核电厂附近海域温排水卫星调查。至 2018 年 8 月，开展了 118 次有效的温排水遥感监测，获得了 5 个时段红沿河核电厂近岸海域温度场分布及温排水温升区分布等成果，上述成果也已经反映在《辽宁红沿河核电厂二期工程（5、6 号机组）环境影响报告书（运行阶段）》中。目前，电厂已委托国家海洋环境监测中心开展了 2022 年夏季电厂温排水温升影响的监测工作。

根据电厂已开展的温排水温升影响监测结果，显示温排水温升状况满足近岸海域环境功能区划水质管理要求，夏季、冬季最大温升区面积、平均温升区面积及与功能区关系见图 4-5。有关结论如下：

1) 红沿河核电厂温排水排出后基本呈扇形形态热扩散，高温区面积较小，热量随潮流运动向外扩散，随着温升等级的减少，温升分布面积显著增加。高温温升区（3℃、4℃）的面积要远低于低温温升区（1℃和 2℃）；各级温升面积最大结果小于相应模拟结果。

2) 工况对温排水热扩散有一定程度影响。根据红沿河核电机组工况运行情况，结合多时相遥感监测结果分析，随着运行机组数目的增加，0.5℃、1℃温升区面积均随之明显增加，而 2℃、3℃、4℃温升区随着工作机组的增加，温升区面积增加不大。

3) 季节不同温排水温升面积不同，红沿河核电厂温排水夏季温升区面积在各温升等级上要高于冬季。

4) 潮汐对温排水热扩散有较大影响。遥感监测统计发现，对于各个阶段 0.5℃、1℃低温温升区，落急阶段比涨急阶段分布面积大，而 3℃、4℃和 5℃的高温温升区，涨急阶段比落急阶段分布面积大。综合来说，落潮比涨潮更有利排水口附近高温水体扩散。此外大潮相比于其他各潮期，水的流速迅速增大，高温水体的热量迅速被扩散，高温温升区分布面积降低，低温温升区面积增多。

5) 从遥感监测冬夏季 1℃以上温升面积与功能区关系分析来看，红沿河核电厂温排水温升状况，满足厂址附近近岸海域环境功能区划的要求和相应海水水质标准。

6) 从遥感监测结果冬夏季高温升面积（大于 4℃）与混合区关系分析来看，最大温升区面积、平均温升区面积均明显小于混合区面积，并未进入二、三类功能区范围，符合有关海水水质标准要求。

7) 从遥感监测结果看，无论是夏季或者冬季，核电厂附近海域绝大多数区域的水温皆处于浮游生物、鱼类、底栖动物以及水产养殖的适温生长范围，即使是核电厂排水口出现 4℃的温升，

但其扩散范围狭小，影响区域局限于用海混合区，对浮游生物、鱼类、底栖动物以及水产养殖的影响是有限的。另外，对于斑海豹而言，核电厂附近海域的水温在冬季可能造成融冰影响；温排水扩散的最大范围距离斑海豹保护核心区域边缘的最近直线距离约 2.5km，预计温排水不会对自然保护区核心区中斑海豹的活动会产生不利影响。

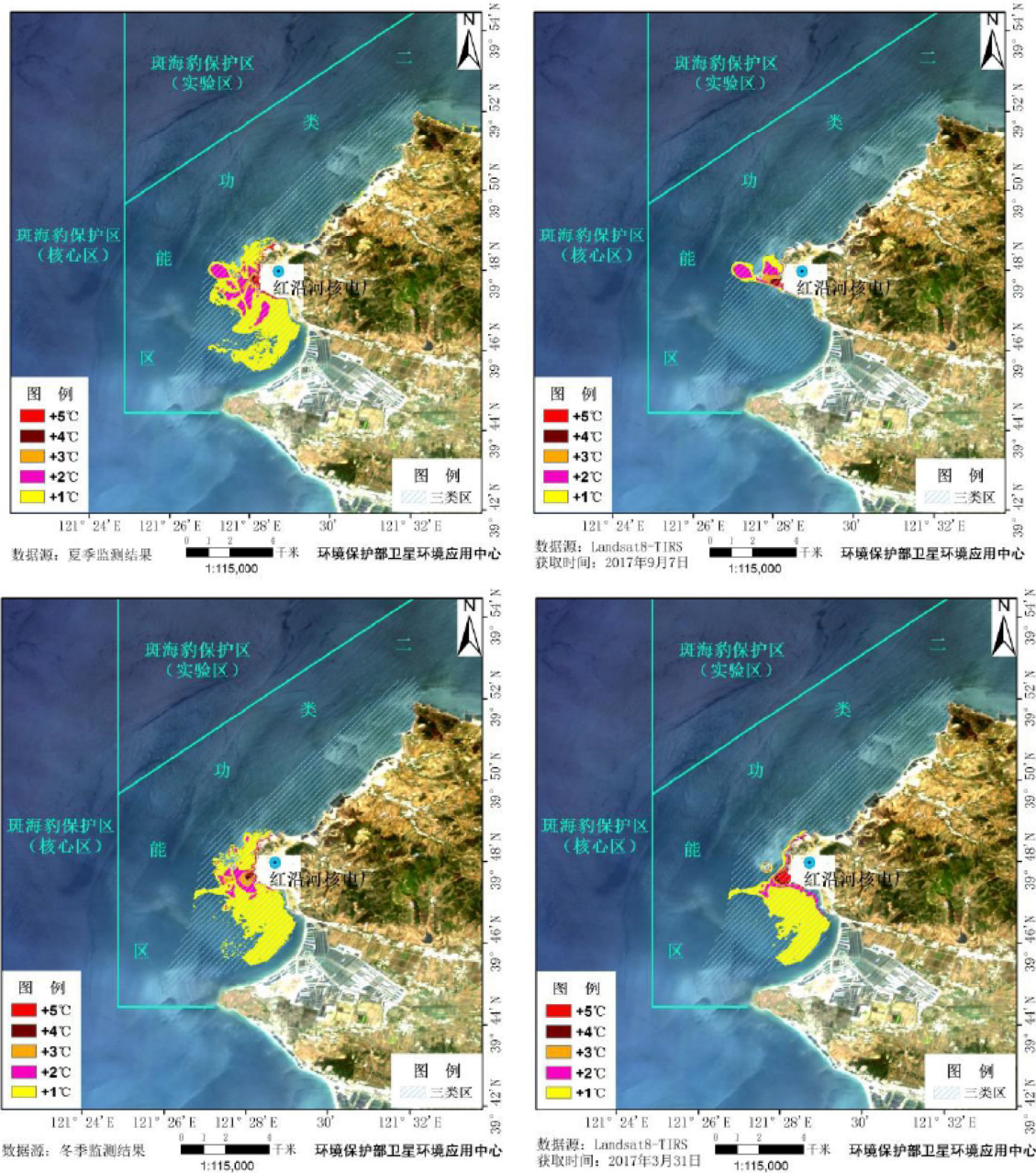


图 4-5 遥感监测温升分布及与环境功能区关系图

目前，红沿河核电厂正在实施不同功率下对应的循环冷却水进出口温差监测工作，并还将持续关注核电厂温排水的热影响分布情况，采用适当手段开展后续的温排水影响监测工作，并严格按照生态环境部的有关批复要求，开展红沿河核电厂取排水环境影响后评价工作。

表 4-4 辽宁红沿河核电厂海水监测方案

介质	监测频度	采样点数	采样数/年	分析样品数/年	采样点	监测分析项目
海水	4次/年	15	60	240	M1-M15	水温、盐度、pH、DO
		6	24	216	一期排水口、二期排水口、重件码头、取水口、老渔窝、红沿河入海口	pH、DO、COD、无机氮、非离子氨、活性磷酸盐、石油类、悬浮物、BOD <sub>5</sub>
		3	12	48	一期排水口、二期排水口、取水口	硼、铝、铁、镍
	月	2	24	24	一期循环出口海水、二期循环出口海水	残余氯（取化学数据）
	合计		120	528	\	\

## 五、环境保护措施监督检查清单

要素	内容	排放源	项目	环境保护措施	执行标准
气载放射性流出物		TEG 排放、各厂房通风系统排放	惰性气体	放射性废气管理系统处理，TEG 衰变箱对废气贮存衰变，厂房通风系统设置过滤器，各放射性气态流出物均引至电厂烟囱向环境排放。	《核动力厂环境辐射防护规定》 (GB6249-2011)
			碘		
			粒子(半衰期 $\geq 8d$ )		
			氡		
液态放射性流出物		TEP 下泄、各厂房疏水	氡	放射性废液管理系统处理，采用 TEU 系统(蒸发、除盐、过滤)对各厂房疏水进行处理，各放射性液态流出物在排放前将在 TER 中暂存衰变一段时间后通过循环水排放口排入海域。	《核动力厂环境辐射防护规定》 (GB6249-2011)
			碳 14		
			其余核素		
声环境		/	/	/	/
电磁辐射		/	/	/	/
放射性固体废物		放射性固体废物处理系统对各类废物处理，废物辅助厂房(QS)废物分拣压缩打包线、核辅助厂房(NX)水泥固化线对废物进行打包和固化，并在在 QT 厂内暂存一段时间后，最终运往国家指定的中低放废物处置场处置。			
土壤及地下水污染防治措施		/			
生态保护措施		加强温排水影响范围监测、温排水对海域生态环境影响、对斑海豹及其栖息地影响的跟踪监测，定期向生态环境、农业农村主管部门报告；加快推动实施核能供热项目；落实渔业资源保护补偿措施，制定实施方案，开展海洋渔业增殖放流；编制环境影响应急预案，做好运营期风险事故防范和应急处置；加强海洋生态环境保护宣传，提高保护斑海豹级海洋生物多样性的保护意识。			

放射性事故及环境风险防范措施	<p>电厂机组设置有专设安全系统，建立有事故预防和缓解措施，并设置有非居住区和规划限制区，针对放射性核和非放射性风险均有完整的风险防范措施和应急预案，可有效预防和缓解事故带来的环境风险。</p>
其他环境管理要求	<p>辽宁红沿河核电厂一期工程 4 台机组、3、4 号机组，以及二期工程 2 台机组运行期间的放射性流出物排放应满足生态环境部批复的环审[2014]224 号、环审[2022]29 号和环审[2021]38 号排放限值要求。</p> <p>电厂机组运行状态变更后，严格控制机组余热排放总量，运行期间的温排水对受纳海域温升影响应符合厂址近岸海域环境功能区划水质管理要求，开展温排水跟踪监测。</p>

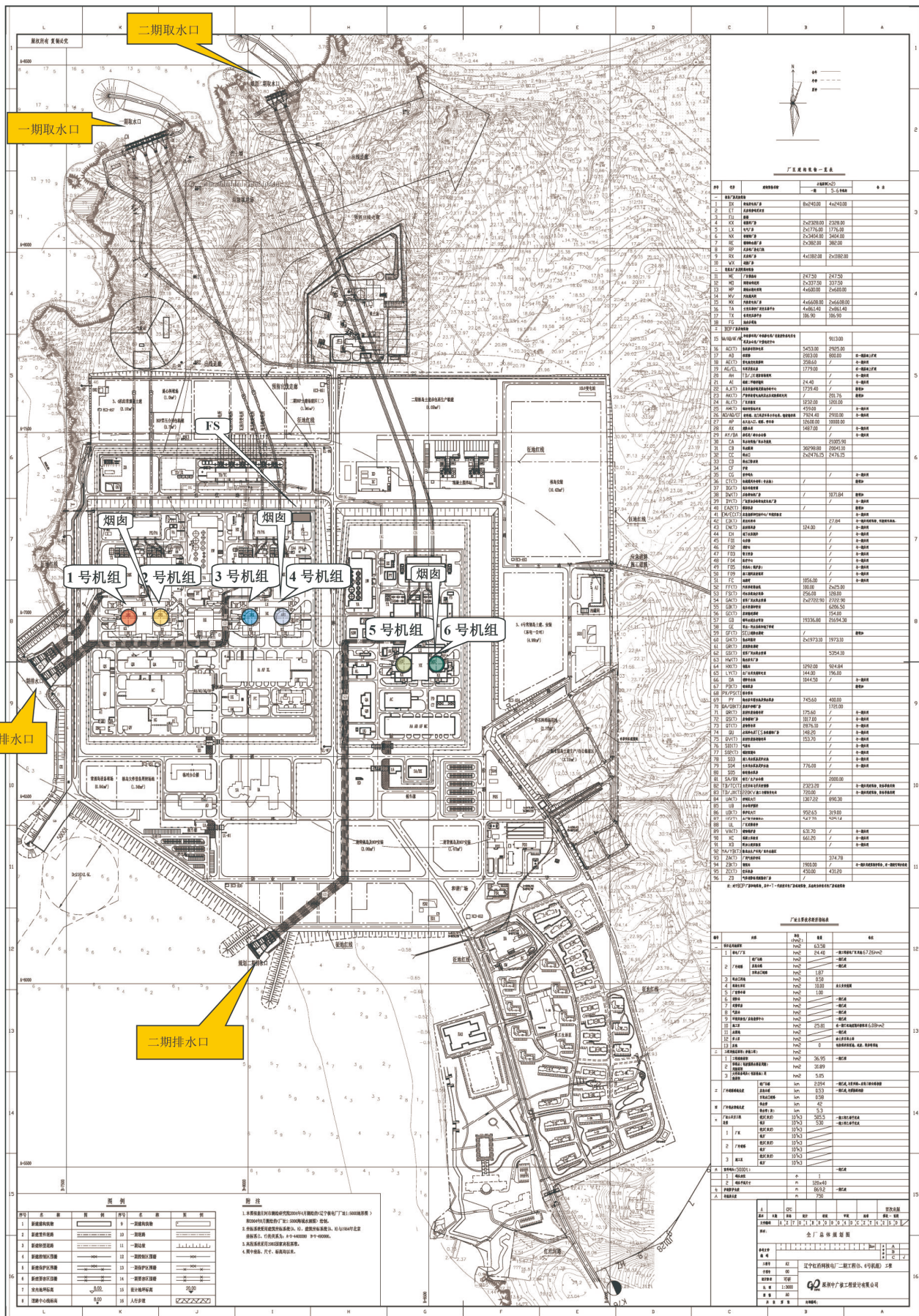
## 六、结论

辽宁红沿河核电厂的建设符合国家和地方的产业规划及环保规划，本项目位于辽宁红沿河核电厂厂区内，核电厂全厂六台机组运行状态的变更不改变原生产工艺或新增机组子项设施，运行期间严格控制流出物排放量及余热排放总量。辽宁红沿河核电厂已开展温排水影响监测、斑海豹观测及核能供热等项目，严格做好事故环境风险防范及管控，并将严格落实国家及省厅有关批复要求。分析评价表明，辽宁红沿河核电厂机组实施全厂六台机组运行状态变更项目后，正常运行和事故工况下对环境的辐射影响是可以接受的，运行期间的温排水温升影响符合厂址附近的近岸海域环境功能区划水质管理要求，对海洋生物造成的影响是有限的，流出物监测和环境监测合理有效。就辐射环境影响和温排水温升影响的角度而言，辽宁红沿河核电厂实施全厂六台机组运行状态的变更是可行的。

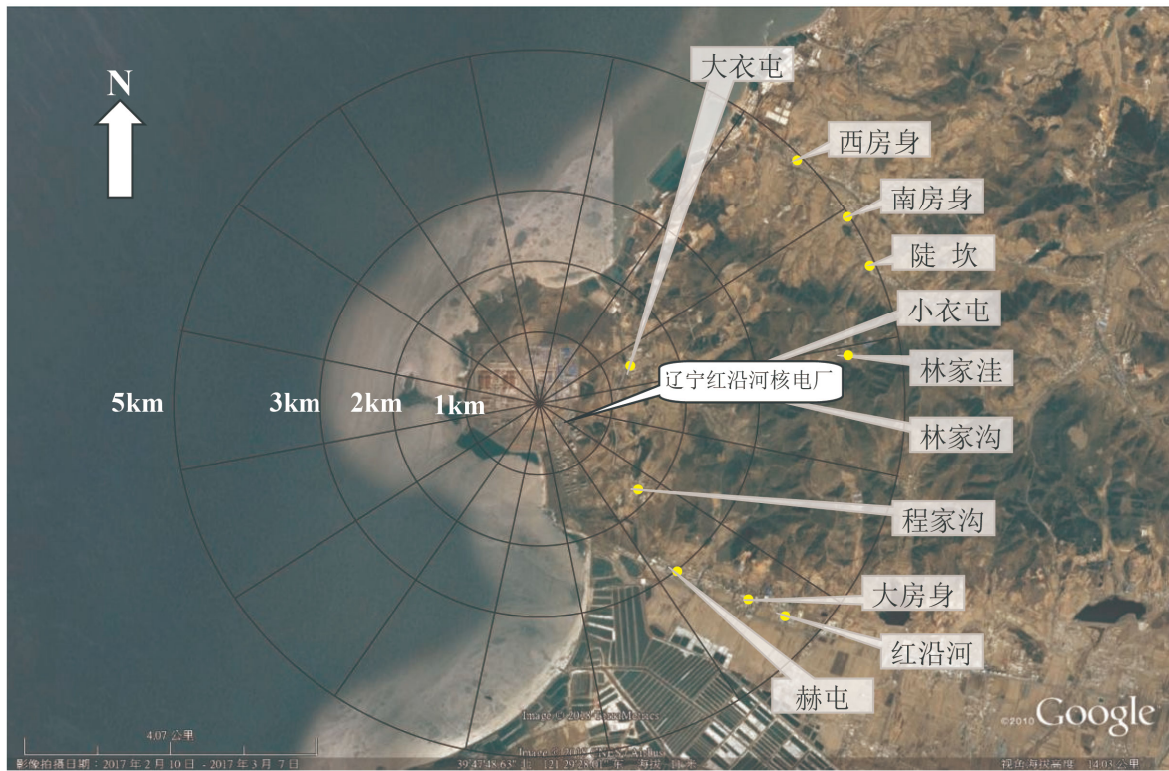




附图1 辽宁红沿河核电厂地理位置图



附图2 辽宁红沿河核电厂总平面布置图



附图 3 厂址周围居民点分布示意图

