

建设项目环境影响报告表

项目名称：辽宁红沿河核电厂3、4号机组18个月换料改造项目

建设单位(盖章)：辽宁红沿河核电有限公司



编制日期：2021年8月

生态环境部制

《建设项目环境影响报告表》编制说明

《建设项目环境影响报告表》由具有从事环境影响评价资质的单位编制。

1. 项目名称——指项目立项批复时的名称，应不超过 30 个字（两个英文字段作一个汉字）。

2. 建设地点——指项目所在地详细地址，公路、铁路应填写起止地点。

3. 行业类别——按国标填写。

4. 总投资——指项目投资总额。

5. 主要环境保护目标——指项目周围一定范围内集中居民住宅区、学校、医院、保护文物、风景名胜区、水源地和生态敏感点等，应尽可能给出保护目标、性质、规模和距厂界距离等。

6. 结论与建议——给出本项目清洁生产、达标排放和总量控制的分析结果，确定污染防治措施的有效性，说明本项目对环境造成的影响，给出建设项目环境可行性的明确结论，同时提出减少环境影响的其他建议。

7. 预审意见——由行业主管部门填写答复意见，无主管部门项目，可不填。

8. 审批意见——由负责审批该项目的环境保护行政主管部门批复。

编制单位和编制人员情况表

项目编号	5vph12		
建设项目名称	辽宁红沿河核电厂3、4号机组18个月换料改造项目		
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		
一、建设单位情况			
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		
二、编制单位情况			
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		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
陶云良	07353223507320194	BH011461	陶云良
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
殷煜皓	第七章、第八章	BH010111	殷煜皓
黄义超	第五章、第六章	BH016729	黄义超
陶云良	第一、二、三、四、九章	BH011461	陶云良

目 录

一、建设项目基本情况.....	1
二、建设项目所在地的自然环境和社会环境简况.....	4
三、环境质量状况.....	7
四、评价适用标准.....	10
五、建设项目工程分析.....	12
六、项目主要污染物产生及核定排放情况.....	22
七、环境影响分析.....	23
八、建设项目拟采取的防治措施及预期治理效果.....	29
九、结论.....	36

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

一、建设项目基本情况

项目名称	辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料改造项目				
建设单位	辽宁红沿河核电有限公司				
法人代表	郝宏生		联系人	张劲松	
通讯地址	辽宁省大连市中山区南山路 127 号核电大厦				
联系电话	0411-82340678	传真	0411-82348008	邮政编码	116001
建设地点	辽宁省瓦房店市红沿河核电厂内				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设性质	新建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 技改 <input checked="" type="checkbox"/>		行业类别及代码	行业类别：核力发电 行业代码：D4413	
占地面积 (平方米)	/		绿化面积 (平方米)	/	
总投资 (万人民币)	/	其中环保投资 (万人民币)	/	环保投资占 总投资比例	/
评价经费 (万人民币)	/		预期投产日期	2022 年	

工程内容及规模

1、项目基本情况

辽宁红沿河核电厂一期工程建设四台百万千瓦级压水堆核电机组，1、2 号机组分别于 2013 年 6 月、2014 年 5 月投入商业运行，3、4 号机组分别于 2015 年 8 月、2016 年 6 月投入商业运行，由辽宁红沿河核电有限公司（以下简称建设单位）负责运营。

目前，辽宁红沿河核电厂 1、2 号机组已采用 18 个月换料方案，3、4 号机组采用传统年度换料方案。为了进一步提高辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组运行的经济性、安全性和环境效益，建设单位决定实施技术改造，将 3、4 号机组年度换料更改为 18 个月换料方案。

2、建设地点

辽宁红沿河核电厂位于辽宁省瓦房店市红沿河镇红沿河村，3 号反应堆地理位置坐标为东经 121°28'34"，北纬 39°48'09"。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。

3、技改内容、规模

国际上，压水堆核电厂自 1978 年首次开始实施 18 个月换料以来，已经有 40 多年的成熟经验，大亚湾核电厂于 2002 年成功实施了由年度换料向 18 个月换料的转换，已安全运行近二十年。岭澳核电厂四台机组、红沿河核电厂 1、2 机组等也相继采用 18 个月换料方案。相比于传统年度换料而言，实施 18 个月换料可以减少大修次数，减少核电厂的集体辐照剂量，提高机组的能力因子，提高燃料组件的卸料燃耗，降低压力容器的中子注量率。

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料改造项目将实现下述目标：

- 平均三年两次换料，并且整个燃料管理拥有 18 个月换料的能力；
- U-235 富集度：4.45%，使用 8%（质量分数）的钆可燃毒物；
- 过渡循环和灵活性循环：根据发电规划假设以及运行经验反馈，共设计了两套不同的过渡循环方案和四个灵活性循环方案；
- 延伸运行：30 EFPD；
- 全 M5 AFA 3G 燃料组件的燃耗限值：
 - 燃料组件最大燃耗不超过 52 GWd/tU
 - 燃料棒最大燃耗不超过 57 GWd/tU
- $F_{\Delta H} \leq 1.65$ （包括不确定性： $1.03 \times 1.04 \times 1.04$ ）；
- 反应堆在各种功率水平运行时，慢化剂温度系数必须为负值，使反应堆具有负反馈特性。本设计要求各循环在燃料循环寿期初（BOL）、热态零功率(HZP)、控制棒全抽出（ARO）的状态下的慢化剂温度系数为负值；
- 停堆裕量：>2300 pcm。

针对辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料项目，建设单位委托相关单位开展了包括堆芯设计、源项与屏蔽设计、安全分析、系统论证、周期性论证等各专项论证工作。论证结果表明，原先设计的相关系统绝大多数能够满足 18 个月换料的要求，不需要做设计变更，剩余的少部分系统的设计满足 18 个月换料要求，但相关定值需要修改。总体而言，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料后，核电厂原有的相关系统在工程设计方面没有变化。

本项目不新增任何系统、厂房，不涉及土建施工工作。

本项目不新增已由原环境保护部批复的辽宁红沿河核电厂一期工程放射性流出物年排放量（环审[2014]224 号）。

与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题：

本项目为针对辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组堆芯燃料循环方案的技术改进项目。本项目的实施仅涉及堆芯布置和燃料组件铀浓度的变化，并会对红沿河核电厂 3、4 号机组设计堆芯积存量、一回路冷却剂活度谱以及放射性流出物排放源项产生影响。与本项目有关的放射性物质排放主要为核电厂运行期间产生的气态和液态放射性流出物及放射性固体废物。

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组运行期间，向环境排放的气载和液态放射性流出物处于严格受控状况，并严格遵守国家相关法规标准的要求。辽宁红沿河核电厂已开展的辐射环境监测结果表明，核电厂的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。

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组运行期间产生的中低放固体废物在厂内暂存，后续将按照国家相关法规标准的要求送往指定的中低放废物处置场处置。

除此之外，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组运行期间以温排水形式向海域释放大量热量。辽宁红沿河核电有限公司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 2013 年开始实施红沿河核电附近海域温排水卫星调查，从监测结果来看，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。

辽宁红沿河核电厂在 3、4 号机组运行期间定期对厂址区域环境现状进行了监测，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。

二、建设项目所在地的自然环境和社会环境简况

自然环境简况

1、地理位置

辽宁红沿河核电厂厂址位于辽宁省瓦房店市红沿河镇红沿河村，3号反应堆地理位置为东经121°28'34"，北纬39°48'09"。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，北距沈阳市270km。厂址区域位置见附图1。

2、地形、地貌、地质

厂址区内地势平坦开阔，起伏不大，总体东高西低、北高南略低，自然标高在10~37m，场地自然坡度一般为2~3%，呈三面临海的半岛形态。

厂址地区地形地貌条件较好，地质构造比较简单，没有发现岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、采空区、地面不均匀沉降、温泉等影响场地稳定性评价的不利因素。

3、气候和气象

(1) 气候

厂址所在辽东半岛位于极地高压和副热带高压之间的相对低压带内，属温带气候区，全年盛行西风环流，低压带中槽脊活动频繁，冷空气活跃。冬季，常有冷空气入侵形成偏北大风，气温低，降水少。夏季西风急流北退，辽东半岛大部分时间为热低压所控制，盛行偏南风。春季的气温回升较内陆地区缓慢，降水较冬季虽有所增加，但仍然偏少。秋季的大气环流形势为夏冬两季之间的过渡型。

熊岳气象站位于厂址东北方向70km，为国家基本站，观测资料可信度、准确度较好。根据该气象站累年的气象观测资料统计分析，历年平均气温为9.4℃，一月份平均气温最低，为-8.6℃，七月份平均气温最高，为24.5℃，历年极端最高气温为36.6℃，出现在1961年6月10日，历年极端最低气温为-31.6℃，出现在2001年1月14日。相对湿度的多年平均值为66%，8月平均相对湿度最大，为82%，4月最小，为53%。

厂址区域熊岳站多年平均降水量为599.5mm，年降水最大值为970.5mm，出现在1975年；年降水最小值为383.5mm，出现在1983年。一年中8月份降水量最大，多年平均月降水量为150.1mm；1月份最少，多年月平均降水量仅为5.2mm。年平均降水日数为75.8天。雨日的季节分布为夏季最多，春季次之，秋冬季最少。

(2) 当地气象条件

选取 2018 年 1 月~2019 年 12 月连续 24 个月的厂址气象观测资料进行厂址当地气象的统计分析。结果表明：

辽宁红沿河核电厂气象塔 10m 高度主导风向为 NNE，频率为 17.6%，次主导风向为 S，频率为 14.7%；气象塔 80m 高度主导风向为 NNE，频率为 16.4%，次主导风向为 S，频率为 10.9%。

辽宁红沿河核电厂气象塔 10m 高度上的年平均风速为 4.4m/s，年平均静风频率为 1.0%；80m 高度上的年平均风速为 7.4m/s，年平均静风频率为 0.2%。

总体而言，大气弥散条件相对较好。

4、海域概况及水弥散条件

厂址位于辽东湾东海岸，水深变化较大，等深线大体与海岸线平行，5m 等深线靠近岸边。厂址海区属不正规半日潮，多年平均潮差为 1.33m，平均大潮潮差 1.53m，平均小潮潮差 1.08m。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，潮流的最大流速达 167cm/s。余流流向大体偏北，余流流速为 10~20cm/s。厂址附近海域水弥散条件好。

根据国务院 2012 年批复的辽宁省人民政府《辽宁省海洋功能区划（2011-2020）》，瓦房店海域主要功能为农渔业、工业与城镇用海、旅游休闲娱乐、海洋保护等，其中辽宁红沿河核电厂附近海域为红沿河工业与城镇用海区，保证了辽宁红沿河核电厂用海需求。

根据辽宁省环境保护厅于 2014 年 11 月发布的“关于大连市调整部分近岸海域环境功能区划请示的复函”（辽环函[2014]374 号），新划定辽宁红沿河核电排放口混合环境功能区，位于红沿河核电站码头及排污口附近海域，主要功能为排污口。辽宁红沿河核电厂正常运行期间温排水排放的影响符合相应近岸海域环境功能区水质标准的要求。

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 1992 年经大连市人民政府批准建立，1997 年晋升为国家级，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。2017 年中华人民共和国环境保护部发布了《关于发布河北小五台山等 4 处国家级自然保护区面积、范围及功能区划的函》（环生态函[2017]181 号），该函中对保护区的功能区划做了部分调整，调整后的保护区总面积 561975ha，其中核心区面积 279690ha，缓冲区面积 209400ha，实验区面积 72885ha，其中核心区东侧距厂址最近约 5km。

社会环境简况

1、人口分布

根据辽宁红沿河核电厂《厂址区域人口分布、饮食习惯和生活习性调查报告》(2018年11月),截至2016年年底,厂址半径80km范围内的总人口数为2430907人,其中ESE方位人口最多,达到550336人,这主要是由于瓦房店市市区位于该扇形区域内。

根据环评单位于2018年的现场调查工作收集到的相关数据,厂址半径5km范围内人口总数为2373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。

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,其中红沿河镇2017~2018年流入人口约4047人,流出人口2027人,暂住人口(发证)106人。仙浴湾镇建有大连仙浴湾旅游度假区,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、土地利用

厂址半径10km范围主要涉及瓦房店市红沿河镇,红沿河镇现有耕地4215.5hm²;林地2999.79hm²;草地2576.67hm²;城镇村及工矿用地1089.36hm²;交通运输用地372.41hm²;水域及水利设施用地1491.63hm²;其他土地331.9hm²。

瓦房店市境内公路交通较发达,厂址半径15km范围内没有铁路,厂址半径16km范围内无民用机场,4km范围内无空中航线。

厂址地区粮食作物以玉米、谷物为主,油料作物主要为花生,水果主要为苹果、梨、桃和葡萄等,蔬菜以白菜、菠菜、芹菜、大葱、黄瓜、萝卜为主。

厂址半径10km范围内畜禽养殖主要以家禽(鸡、肉鸡、蛋鸡)为主,也有部分猪、羊以及少数的牛,没有奶牛饲养。一般多为个体养殖,养殖的部分畜禽直接由当地的“东辉”、“盛鑫”、“亿成”等公司收购。厂址周围地区生产的肉类主要是家禽肉、猪肉、羊肉和牛肉。

三、环境质量状况

建设项目所在地的区域环境质量现状及主要环境问题

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组自 2015 年投运以来，机组三道安全屏障的完整性保持良好。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。

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组的放射性气载流出物和液态流出物排放处于较低的水平，全厂四台机组放射性排放量满足环境保护部批复的排放量申请值要求，

2017 年 11 月至 2018 年 12 月，建设单位委托开展了厂址环境辐射水平现状调查，总体监测数据分析如下：

(1) γ 辐射剂量率

γ 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。

(2) 空气中放射性

气溶胶中所有人工 γ 放射性核素均低于探测限， ^{90}Sr 的测量结果范围为 $<0.56\sim 0.95\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ；沉降灰中的 ^{137}Cs 的监测结果均低于探测下限， ^{90}Sr 监测结果范围为 $<0.21\sim 3.36\text{mBq}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；空气中 ^3H 的结果范围为 $0.88\sim 2.11\text{Bq}/(\text{L}\cdot\text{水})$ ， ^{14}C 的结果范围为 $0.22\sim 0.24\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ；所有样品中的 ^{131}I 监测结果均低于探测限。对降水样品，所有点位 ^3H 的结果范围为 $<1.1\text{Bq}/\text{L}$ ，所有关注的人工 γ 放射性核素结果均低于探测限， ^{90}Sr 的监测结果范围为 $0.26\sim 0.54\text{mBq}/\text{L}$ 。

(3) 地表水及沉积物

地表水中 ^3H 的结果范围为 $<0.55\sim 1.09\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{14}C 的结果范围为 $0.25\sim 0.40\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ， ^{90}Sr 的结果范围为 $3.02\sim 11.29\text{mBq}/\text{L}$ ，所有关注的人工 γ 放射性核素结果均低于探测限。

地表水沉积物（岸边沉积物）中 ^{90}Sr 的监测结果均低于探测限； ^{137}Cs 的监测结果范围为 $<0.50\sim 0.98\text{Bq}/\text{kg}$ ； $^{239+240}\text{Pu}$ 的结果范围为 $<0.014\sim 0.058\text{Bq}/\text{kg}$ 。

(4) 饮用水/地下水

对地下水和饮用水中 ^3H 的监测结果范围为 $<0.55\sim 1.05\text{Bq}/\text{L}$ ， ^{14}C 的监测结果范围为 $6.37\sim 16.6\text{mBq}/\text{L}$ （ $0.18\sim 0.39\text{Bq}/(\text{g}\cdot\text{C})$ ）， ^{90}Sr 的监测结果范围为 $<0.25\sim 2.69\text{mBq}/\text{L}$ ，总 α 的监测结果范围为 $<0.020\sim 0.201\text{Bq}/\text{L}$ ，总 β 监测结果范围为 $0.043\sim 0.558\text{Bq}/\text{L}$ ，所有总 α 、

总β监测结果均低于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)对饮用水总α、总β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γ放射性核素监测结果均低于探测下限。

(5) 土壤

监测项目包括 ^{90}Sr 和γ核素, 同时在 5km 范围内的最近点位采样监测 $^{239+240}\text{Pu}$ 。结果表明, ^{90}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}Cs 的监测结果范围为 $<0.48\sim 10.35\text{Bq/kg}$; 除 ^{137}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}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}Sr 和 ^{137}Cs , 整体处于正常水平。

(6) 海水

海水中 ^3H 监测结果范围为 $<0.53\sim 134.6\text{Bq/L}$, ^{14}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}I 所有监测结果均低于探测限。 ^{90}Sr 监测结果范围为 $<0.20\sim 1.69\text{mBq/L}$ 。 ^{137}Cs 监测结果范围为 $<2.7\sim 3.2\text{mBq/L}$ 。对除 ^{137}Cs 外的其他人工γ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γ核素、 ^{90}Sr 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。 ^{90}Sr 监测结果的范围为 $<0.12\sim 0.37\text{Bq/kg}$, ^{137}Cs 的结果范围为 $<0.33\sim 0.84\text{Bq/kg}$, 其他人工γ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、鲅鱼、虾、蟹、牡蛎、花甲、海螺、海兔, 共 9 种。监测项目包括 OBT、TFWT、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、γ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}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}Sr 和 ^{137}Cs , 整体上结果均处于正常水平。

在核电厂周围环境中, 所有环境γ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。

主要环境保护目标

本项目为针对堆芯换料方案的技术改进项目，不涉及土建施工工程，根据本项目仅涉及放射性物质排放变化的特点，评价主要考虑核电厂运行期间放射性释放对环境的影响。

本项目的**主要环境保护目标**为：

- 辽宁红沿河核电厂厂址附近公众；
- 辽宁红沿河核电厂厂址附近非人类物种。

四、评价适用标准

1. 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。

针对辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组进行评价时确定 3、4 号机组向环境释放的放射性流出物对公众所造成剂量约束值不超过 0.08mSv/a,针对辽宁红沿河核电厂一期工程四台机组的辐射影响评价时放射性流出物对公众所造成剂量约束值不超过 0.16mSv/a。

2. 事故工况下的剂量控制值

依据国家标准《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。

3. 海水中的放射性核素浓度

根据《海水水质标准》(GB3097-1997)的要求,辽宁红沿河核电厂运行期间受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;
- ^{106}Ru : 0.2Bq/L;
- ^{134}Cs : 0.6Bq/L;
- ^{137}Cs : 0.7Bq/L。

4. 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。辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组采用了 CPR1000 压水堆核电机组, 反应堆热功率为 2895MW。GB6249-2011 规定, 对于 3000MW 热功率的轻水反应堆, 其单堆控制值如下:

气态放射性流出物:

- 惰性气体: $6 \times 10^{14} \text{Bq/a}$;
- 碘: $2 \times 10^{10} \text{Bq/a}$;
- 粒子 (半衰期 $\geq 8\text{d}$): $5 \times 10^{10} \text{Bq/a}$;
- C-14: $7 \times 10^{11} \text{Bq/a}$;
- 氚: $1.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$ 。

液态放射性流出物:

- 氚: $7.5 \times 10^{13} \text{Bq/a}$;
- C-14: $1.5 \times 10^{11} \text{Bq/a}$;
- 其它核素: $5.0 \times 10^{10} \text{Bq/a}$;

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。

五、建设项目工程分析

施工期工艺流程

本项目不新增任何系统、厂房，不涉及土建及工程施工作业。

营运期工艺流程

一、主要生产工艺流程

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组为百万千瓦级 CPR1000 压水堆核电机组，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。

核电厂运行期间，装载在堆芯内的核燃料发生链式裂变反应，放出大量的热量。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 3、4 号机组营运期间的工艺流程简图可参见图 5-1。

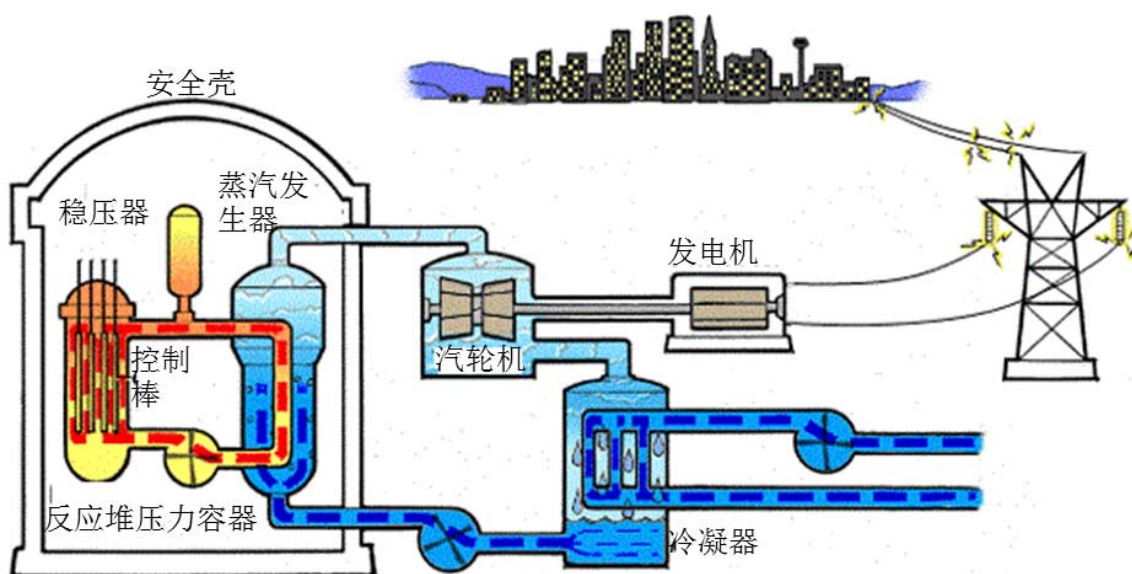


图 5-1 压水堆核电厂营运工艺流程示意图

二、技改前后工程简介

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组均为百万千瓦级 CPR1000 压水堆，反应堆热功率为 2895MW，堆芯由燃料组件及其它相关组件、围板、堆芯上下支撑板、堆芯吊篮和堆芯测量装置组成。堆芯装载 157 个燃料组件。本次技术改造不涉及工程设计的变化，主要为换料管理方式的变化。

1、技改前的燃料管理

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组技改前采用的年度换料的燃料管理策略，从第 1 循环开始，装载 AFA3G-AA 燃料组件，初始堆芯中，富集度为 1.8%的 AFA3G-AA 燃料组件 53 个，富集度为 2.4%的 AFA3G-AA 燃料组件 52 个，富集度为 3.1%的 AFA3G-AA 燃料组件 52 个。换料燃料组件的富集度为 3.2%。反应堆经过四次换料，到第五循环达到平衡年换料。根据燃料管理的分析，对于最高燃耗的燃料组件达到 39.7GWd/tU，对于最高燃耗的燃料棒达到 44GWd/tU。

2、技改后的燃料管理

本项目针对堆芯内的燃料组件布置方案进行技术改造，将其由原来的传统年度换料变更为 18 个月。辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料示意图见图 5-2。

(1) 过渡循环

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料的过渡循环接在传统年度换料第三循环之后。共设计了两套过渡循环：a 方案和 b 方案，每套过渡循环方案又都包括两个过渡循环 a 方案分别为 tr1_a 循环和 tr2_a 循环，分别使用 64 组、72 组新燃料组件；b 方案分别为 tr1_b 循环和 tr2_b 循环，分别使用 60 组、68 组新燃料组件。

(2) 平衡循环

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料的平衡循环采用长短交替式的长（L0）、短（S0）循环。

(3) 灵活循环和延伸运行

通用燃料管理具有一定的灵活性，以使整个燃料管理策略能尽可能包络各种现实情况。在辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组 18 个月换料的燃料管理策略里，基于平衡循环方案，对灵活循环进行了一定程度的灵活性研究：灵活性循环在平衡循环提前 30EFPD 停堆或采用延伸运行（Stretch-out）方式延长燃耗运行 30EFPD 后的基础上考虑了±4 组燃料组件的情形。灵活性循环包括 L1、L2 和 S1、S2 共 4 个循环。

L1 循环是在平衡循环 S0 提早 30EFPD 停堆的基础上，使用了 68（72-4）组新组件的长循环。L2 循环是在平衡循环 S0 提早 30EFPD 停堆的基础上，使用了 76（72+4）组新组件的长循环。S1 循环是在平衡循环 L0 采用延伸运行（Stretch-out）方式延长燃耗运行 30EFPD 停堆的基础上，使用了 60（64-4）组新组件的短循环。S2 循环是在平衡循环 L0 提早 30EFPD 停堆的基础上，使用了 68（64+4）组新组件的短循环。

堆芯在寿期末时，一回路的硼浓度接近零，通过降低一回路温度和降低堆芯功率引入正的反应性，以使反应堆继续保持在较高的功率水平上运行。在过渡循环和平衡循环自然循环的寿期末，考虑了 30EFPD 的延伸运行，以满足电网对循环长度灵活性的要求。

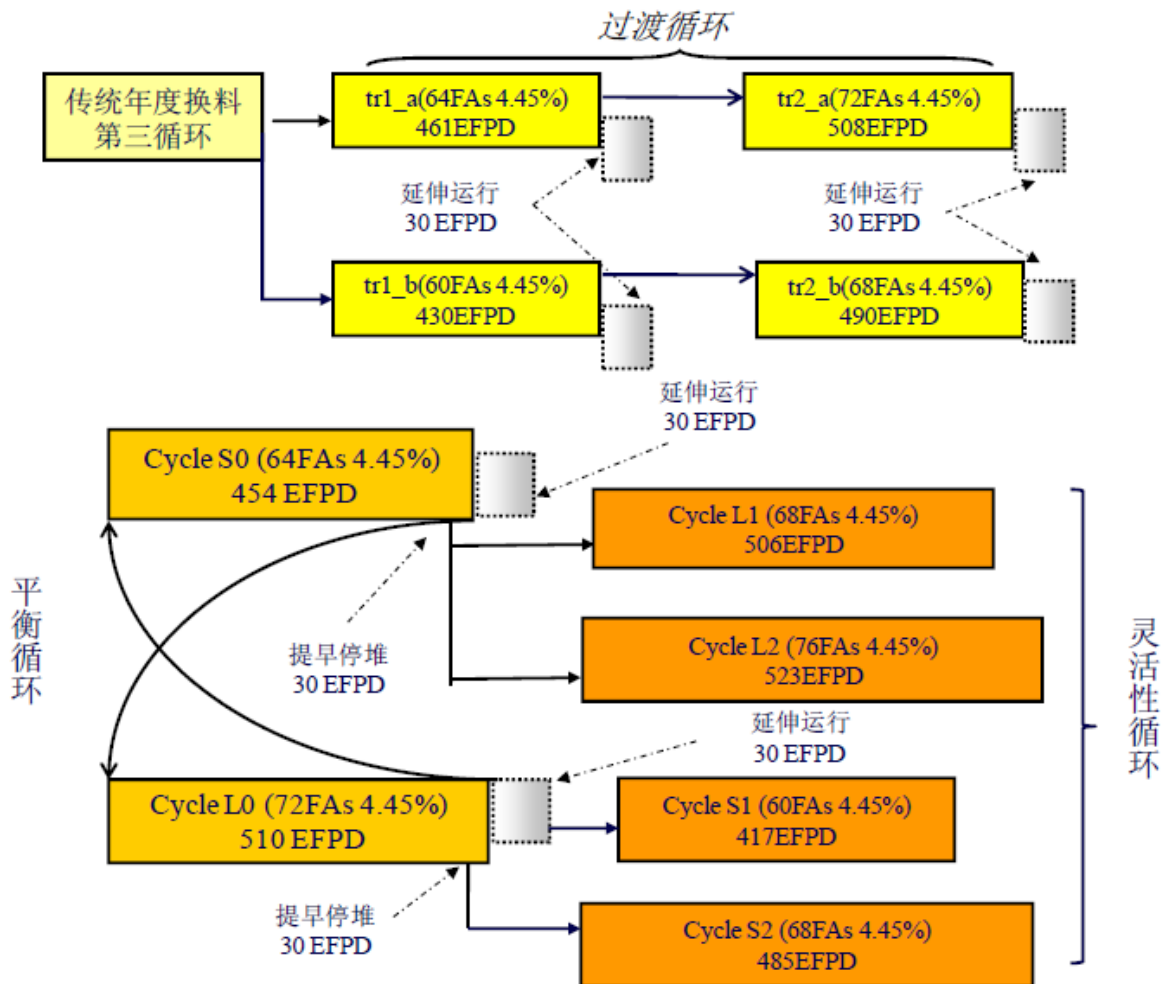


图 5-2 辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组的 18 月换料燃料循环管理策略示意图

主要污染工序

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。

污染物的产生、排放情况及处理措施

由于本项目几乎不增加核电厂排放的废热、化学物质、生活污水和生活垃圾，因此本表仅简要分析放射性污染物的产生、排放情况及处理措施。

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。作为技术改造项目，本项目仅改变了核电厂的换料方式，对系统设计几乎未作变更（仅少部分系统的阈值进行了调整）。由于换料方式发生了变化，反应堆的堆芯积存量会相应地发生变化，进而导致冷却剂活度谱乃至放射性流出物排放量设计值也会发生变化。

1. 放射性废液

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组放射性废液由放射性废液管理系统控制、收集、处理、输送、贮存和处置。放射性废液管理系统的设计目的是为了收集和处置电厂运行期间产生的放射性废液，并将其放射性活度和化学浓度降低到可排放或核电厂可重复利用的水平，排放的液态流出物中的放射性活度水平必须符合国家标准的相关要求。放射性废液管理系统主要包括硼回收系统（TEP）、废液处理系统（TEU）、核岛废液排放系统（TER）和常规岛废液排放系统（SEL）等组成。

硼回收系统为两台机组共用，它收集化学容积控制系统（RCV）与核岛排气和疏水系统（RPE）来的含氢反应堆冷却剂，为反应堆冷却剂排水提供足够的贮存容积；此外对含氢冷却剂进行净化，通过蒸发制取反应堆补给水和 4%（重量百分比）硼酸溶液，返回

反应堆硼和水补给系统（REA）重复使用；直接对化学容积控制系统（RCV）含低浓度硼酸的反应堆冷却剂的下泄流除硼。硼回收系统产生的蒸馏液经过取样分析后视情况回用、返回 TEP 继续处理、排放至 TER（即作为放射性废液处理）；TEP 系统产生的浓缩液经取样分析后视情况回用、返回 TEP 继续处理、送往 TEU 处理（即作为放射性废液处理）或送往 TES 固化（即作为放射性固体废物）。

废液处理系统收集和监测核电厂正常运行工况和预期运行事件时产生的含有放射性的废液，根据要求对各类废液进行分类和处理，处理过的废液经监测合格后通过废液排放系统（TER）向环境排放。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。上述废液由核岛疏水排气系统和放射性废水回收系统收集。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，之后进行处理。此外，TEU 系统还有两台废水接收槽（TEU016/017BA），以便在异常情况下收集 TEU 系统各类排水接收槽内无法及时处理的废液和 TER 系统返回处理的废液。

为了满足废液排放浓度的要求，TEU 系统通过除盐单元的循环处理进一步提高去污效果以满足排放要求。三台除盐床串联，除盐单元中任一除盐床均可根据需要被旁路。经过处理后的废液进入监测槽 TEU009/010BA。对监测槽 TEU009/010BA 中的废液进行取样分析，如果其放射性和化学特性符合排放要求，则排往废液排放系统（TER）。否则，可由蒸发设备重新处理，也可通过除盐床、过滤器进行循环除盐处理。

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 QA 厂房，由两台机组共用。TER 系统排放的废液包括：硼回收系统（TEP）来的废液，包括中间贮槽排放的含氟量高的反应堆冷却剂疏水和蒸发器蒸馏液；废液处理系统（TEU）的废液，包括蒸发器蒸馏液、经除盐器处理的废水和经过滤器处理的废液；放射性废水回收系统（SRE）的洗衣房和放射性化学车间的废水；核岛排气和疏水系统（RPE）的疏水和 TER 地坑疏排水；从核辅助厂房来的固体废物处理系统（TES）的疏水；异常情况下蒸汽发生器排污系统（APG）的蒸汽发生器排污液。

TER 设有三个 500m³ 的贮槽，已充满的一个槽可以取样监测，符合流出物排放标准后可以排放；同时另一个槽可以收集废液；第三个槽与常规岛废液排放系统的第三个贮槽互为备用。排放管线为所有贮槽共用。当废液的放射性浓度超过排放限值时，安装在排放

管线上的监测器会发出警报并自动关闭隔离阀。

常规岛废液排放系统（SEL）为两台机组共用，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；为 TER 系统提供备用贮存罐。SEL 系统设置三个废液排放贮槽，正常运行时，三个 SEL 贮槽中的一个接收废液，一个混合、取样分析和监测排放废液，另一个备用。废液在贮槽内经充分混合使其成分均匀，取样分析后根据废液放射性浓度及环境稀释能力确定废液的排放流量。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。若贮槽废液放射性浓度超过排放限值，废液将被送回 TEU 系统化学排水接收槽再作处理。

TER 和 SEL 系统的排放控制如下：

（1）TER 废液排放系统的排放

在液态流出物计划排放之前，先对所要排放的贮存箱取样，并完成总 γ 放射性测量。

- 若总 γ 小于 0.5MBq/m^3 ，只要取一个等分样品。
- 若总 γ 介于 0.5MBq/m^3 和 1MBq/m^3 之间，应另取一个样品进行核实，核实以后，流出物需返回 TEU 罐进行再处理或贮存衰变。
- 若总 γ 大于 1MBq/m^3 ，则属异常事件，禁止排放，事件原因需要向国家核安全与环境行政主管部门报告。
- 如监测到 pH 值 <6 或 >9 ，其上游系统可能有酸碱泄漏，需要进行核实并查明原因。

（2）SEL 系统的排放

SEL 排放前需通过取样分析进行控制。

- 若总 γ 低于 $8\times 10^4\text{Bq/m}^3$ ，定量收集样品储存以进行季度混合样品分析。
- 若废液的总 γ 介于 $8\times 10^4\text{Bq/m}^3$ 和 $4\times 10^5\text{Bq/m}^3$ 之间，则必须进行附加 γ 能谱分析（分析 ^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 ^{110m}Ag 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 ^{133}I 等活度）。
- 若总 γ 比活度 $>0.4\text{MBq/m}^3$ 或 ^3H 浓度 $>2\text{MBq/m}^3$ ，必须重复取一个样品进行核实，查找原因，并采取相应措施，排放标准参考 TER 标准执行。
- 如监测到 pH 值 <6 或 >10.5 ，其上游系统可能有酸碱泄漏，需进行核实并查明原因。

2. 放射性废气

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组正常运行工况和预计运行事件时，产生的放射性废气由放射性废气管理系统收集、贮存并处理。处理后的放射性废气经监测满足排放要求后通过电厂烟囱排入大气。放射性废气管理系统主要包括：废气处理系统（TEG）、厂房通风系统（HVAC）和冷凝器真空系统（CVI）。

废气处理系统（TEG）的作用是收集和处理放射性惰性气体、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。裂变过程产生的放射性气体主要是氮和氙的各种同位素。由于少量的燃料包壳破损，燃料包壳内积存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。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。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。

厂房通风系统的作用是用各种加热、冷却、通风和空调系统对每一个可能污染的厂房进行采暖、空调和降温以提供一个温暖的和空气质量良好的环境，确保操作人员的舒适、安全、健康以及设备的完整性和有效运行，并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。该系统的主要设备有进气预过滤器、排气预过滤器、高效过滤器、高效颗粒过滤器和碘吸附器等。进气预过滤器用于除去进气中的大气浮尘，这些过滤器效率相对较低，但效率至少为 85%。排气预过滤器用于高效颗粒过滤器前的排气过滤，捕集气流中的粗颗粒，以延长高效颗粒过滤器的寿命，这类过滤器的效率至少为 85%。高效过滤器用以捕集气流中的细颗粒，这些过滤器的效率至少为 95%。高效颗粒过滤器（绝对过滤器）用以捕集气流中极细的颗粒，这些过滤器的净化系数至少为 3000。碘吸附器用于不同的供热、通风与空调系统（HVAC），在气流中吸附气载放射性碘，这些吸附器在湿度为 40%的条件下，吸附甲基碘的净化系数至少为 1000。

CVI 系统主要功能是保持冷凝器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. 放射性固体废物

辽宁红沿河核电厂运行及检修时产生的放射性干、湿固体废物由固体废物系统(TES) 收集、暂存、处理和包装。 TES 系统包括两大部分: 放射性废物处理站(在核辅助厂房 NX 内) 和废物辅助厂房(QS 厂房) 。

TES 系统处理四类废物: 蒸发浓缩液和化学废液、废离子交换树脂、废过滤器芯子和各种干废物。根据废物的放射性水平和类型, 采用了容量为 400L 的钢桶进行处理: 对于废树脂, 将废树脂、水和添加剂一起传送至金属桶, 装桶完毕后传送至搅拌站位, 搅拌形成均匀的固化体; 对于浓缩液, 将浓缩液和添加剂传送至 400L 钢桶; 装桶完毕后, 将 400L 钢桶传送搅拌站位, 进行加水泥、石灰搅拌混合形成均匀的固化体; 对于废过滤芯子的固定, 将芯子放入 400L 钢桶内, 通过搅拌水泥浆装置进行水泥浆灌浆, 再用振动台将 400L 钢桶内的湿混料震动均匀、密实; 对于干废物, 将可压缩的干废物预压装入 200L 钢桶内, 随后对 200L 钢桶进行超压, 超压后的桶饼装入 400L 钢桶中进行灌浆固定; 对于不可压缩的小型固体部分装入 400L 钢桶内灌浆固定。

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 厂房暂存 400L 桶装废物, 贮存容量根据运行值按照运行五年产生的废物量加适当裕量进行设计。

清洁生产

清洁生产是指不断采取改进设计, 使用清洁的能源和原料, 采用先进的工艺技术和设备, 改善管理, 综合利用, 从源头削减污染, 提高资源利用率, 减少或避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放, 以减轻或者消除对人类健康和环境的危害, 促进经济与社会可持续发展。清洁生产的核心是从源头做起, 预防为主, 通过全过程控制, 实现经济效益和环境效益的统一。

清洁生产是通过对生产资源的综合利用, 实现“节能、降耗、减污”的目标; 通过削减污染物的产生和排放, 从而减少对环境的污染。辽宁红沿河核电厂的清洁生产措施主要体现在以下几个方面:

- A) 建立、完善有关减少放射性废物产生量的管理程序和机制;
- B) 加强对电厂工作人员的宣传, 以减少放射性固体废物的产生量;
- C) 注意从源头控制放射性固体废物的产生;
- D) 持续探索固体废物系统处理工艺的改进, 尽量将固体废物最小化。

环保投资估算

本项目放射性废气、废液和固体废物均利用电厂已建设完成的放射性废气、废液和固体废物管理系统处理、暂存和排放，本项目无额外新增环保处理设施。

六、项目主要污染物产生及核定排放情况

内容 类型	排放源 (编号)	污染物 名称	处理前产生浓 度和产生量 (年)	处理方式	处理后排放浓 度和排放量 (年)	排放去向
营运期（本技改项目不涉及施工期）						
大气污 染物	TEG 排放、 各厂房通 风系统排 放	气载放射性 流出物	具体参见专题 报告。	由电厂已建成的放射性废 气管理系统处理，最后集 中引至电厂烟囱排放。	本技改项目不改 变已核定的气载 放射性流出物排 放申请值。	大气
水污染 物	TEP 下 泄、各厂 房疏水	液态放射 性流出物	具体参见专题 报告。	由电厂已建成的放射性废 液管理系统处理，最后通 过放射性废液排放系统经 监测满足要求后与循环冷 却水一起排放入海。	本技改项目不改 变已核定的液态 放射性流出物排 放申请值。	海洋
固体废 物	TES 系统 产生	中低放固 体废物	—	由电厂已建成的放射性固 体废物系统相关设施处理	—	电厂 QT 厂房中期 贮存，一段时间后 送中低放废物处 置场处置。

主要生态影响

本项目不涉及施工作业，不涉及施工期对生态的影响。

本项目实施后可能会对厂址周围非人类物种产生轻微的辐射影响。

七、环境影响分析

施工期环境影响分析

本项目不新增任何系统、厂房，不涉及施工作业。

营运期环境影响分析

1. 环境影响分析

本项目的主要环境影响为对海水水质、公众和非人类物种的辐射影响。

辽宁红沿河核电厂为“一址多堆”电厂，目前一期工程共四台机组已投入商运。在分析辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料后的环境辐射影响时，同时评价一期工程四台机组的辐射影响。

(1) 海水水质影响

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料改造项目后，一期工程四台机组正常运行工况下的液态流出物中 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 等五种核素年设计排放量分别为： $7.48\times 10^8\text{Bq}$ 、 $6.80\times 10^5\text{Bq}$ 、 $5.04\times 10^5\text{Bq}$ 、 $8.56\times 10^9\text{Bq}$ 和 $8.72\times 10^9\text{Bq}$ 。四台机组废液年排放量约为 40000m^3 ，废液排放泵设计最大流量 $150\text{m}^3/\text{h}$ 。

辽宁红沿河核电厂一期工程四台机组共用排水口，循环冷却水流量夏季 $197.72\text{m}^3/\text{s}$ ，冬季 $158.52\text{m}^3/\text{s}$ （排回流 $39.2\text{m}^3/\text{s}$ ）。按冬季较小循环冷却水流量保守估算，液态流出物排放 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 五个核素在排水构筑物与温排水混合后的浓度为 $6.83\times 10^{-3}\text{Bq/L}$ 、 $6.21\times 10^{-6}\text{Bq/L}$ 、 $4.60\times 10^{-6}\text{Bq/L}$ 、 $7.81\times 10^{-2}\text{Bq/L}$ 和 $7.96\times 10^{-2}\text{Bq/L}$ ，能够满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应核素浓度低于 0.03Bq/L 、 4.0Bq/L 、 0.2Bq/L 、 0.6Bq/L 和 0.7Bq/L 的相关要求。

(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 α 、 β 、 γ 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。

1) 水生生物辐射影响

四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 $0.91\mu\text{Gy/h}$ 。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。

2) 陆生生物辐射影响

四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 $2.83\text{E}-02\mu\text{Gy/h}$ 。各类陆域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。

因此，正常运行放射性流出物排放可能会对厂址周围非人类物种产生轻微的辐射影响，评价结果表明该影响在可接受的范围内。

(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。

图7-1给出了气载放射性流出物对公众造成辐射的照射途径。

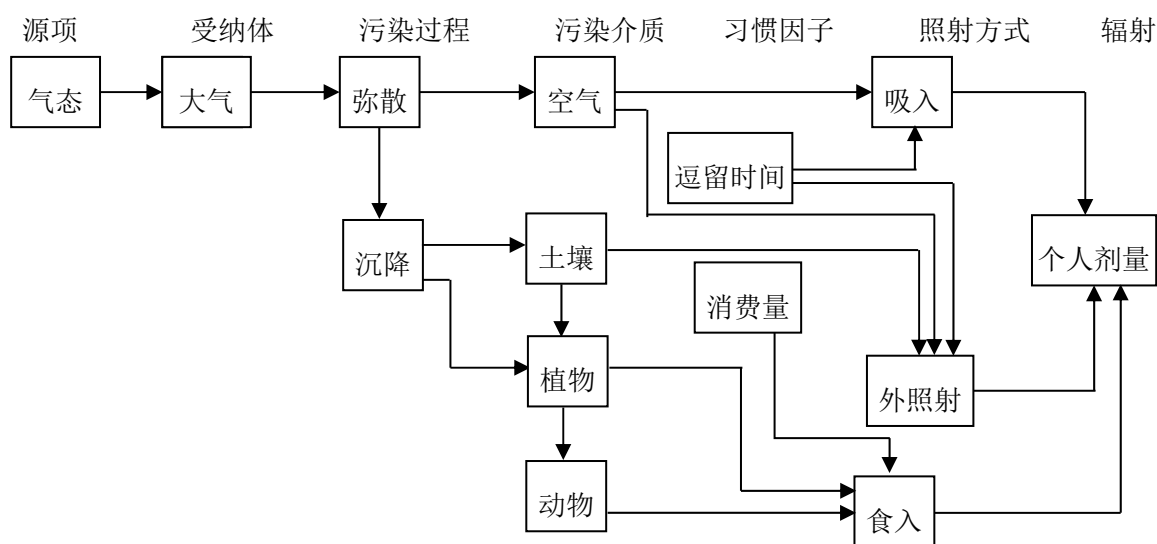


图 7-1 气载放射性照射途径示意图

液体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。

图7-2给出了液体放射性流出物对公众造成辐射的照射途径。

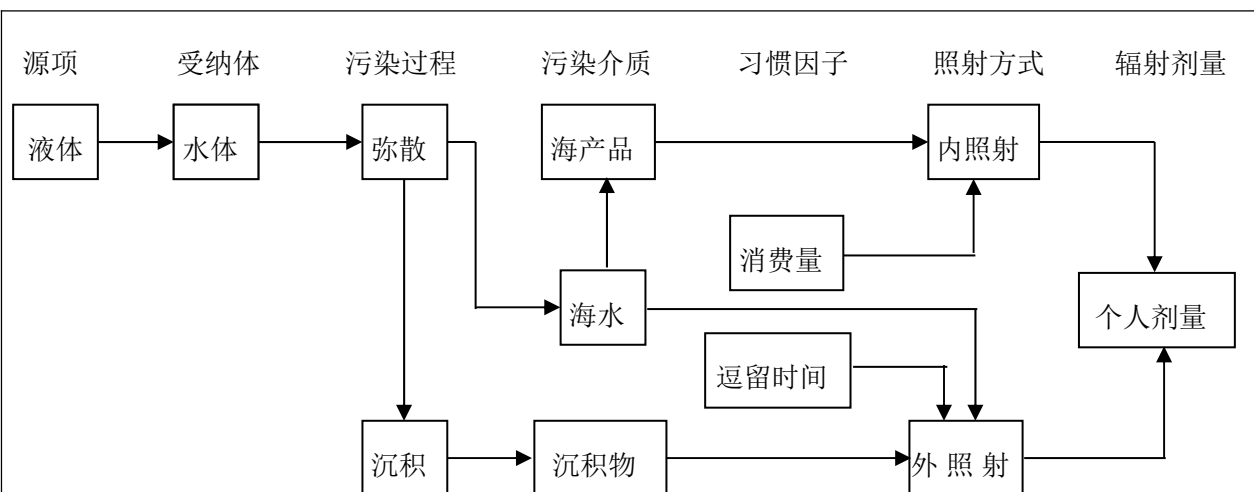


图 7-2 液态放射性照射途径示意图

计算结果表明，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料后，3、4 号机组对厂址周围一般公众造成的最大年有效剂量为 $1.37 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，约占两机组剂量约束值 0.08mSv/a 的 1.71%；一期工程四台机组造成一般公众最大年有效剂量为 $2.73 \times 10^{-6} \text{Sv/a}$ ，占核电厂一期工程四台机组 0.16mSv/a 公众剂量约束值的 1.71%，满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。

2. 环境风险分析

根据 GB6249-2011 的相关要求，稀有事故（III 类）和极限事故（IV 类）用于核电厂事故工况下的环境影响评价。本报告针对以下九类设计基准事故进行事故评价。

- 大破口失水事故（LOCA）
- 控制棒弹出事故（RCCA）
- 燃料操作事故（FHA）
- 蒸汽发生器传热管破裂事故（SGTR）
- 蒸汽发生器传热管破裂并安全阀卡开事故（SVSO）
- 安全壳外主蒸汽管道破裂事故（MSLB）
- 容积控制箱破损事故（RCVA）
- 废气衰变罐破损事故（TEGA）
- 卡轴事故（LRA）

表 7-1 给出了九类设计基准事故在非居住区边界（2 小时）和规划限制区边界（整个事故期间）上造成的个人最大有效剂量和甲状腺当量剂量与国家标准相应控制值的比较。

表 7-1 事故后果与国家标准的比较

事故	事故类别	非居住区边界			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	IV	4.33E-03	4.33%	6.82E-02	6.82%
RCCA	IV	9.17E-03	9.17%	1.61E-01	16.10%
FHA	IV	3.96E-04	0.40%	8.97E-04	0.09%
MSLB	IV	1.94E-04	0.19%	3.75E-03	0.38%
SVSO	IV	1.74E-02	17.40%	3.15E-01	31.50%
LRA	IV	2.38E-03	2.38%	6.34E-03	0.63%
SGTR	III	1.54E-03	30.80%	2.80E-02	56.00%
RCVA	III	8.18E-04	16.36%	9.23E-04	1.85%
TEGA	III	5.89E-04	11.78%	3.31E-05	0.07%

表 7-1 (续) 事故后果与国家标准的比较

事故	事故类别	规划限制区边界 (陆域 5km)			
		有效剂量		甲状腺当量剂量	
		最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比	最大剂量 (Sv)	与 GB6249-2011 控制值之比
LOCA	IV	1.26E-03	1.26%	2.11E-02	2.11%
RCCA	IV	1.31E-03	1.31%	2.32E-02	2.32%
FHA	IV	2.86E-05	0.03%	5.89E-05	0.01%
MSLB	IV	1.24E-05	0.01%	2.39E-04	0.02%
SVSO	IV	1.39E-03	1.39%	2.50E-02	2.50%
LRA	IV	6.21E-04	0.62%	5.31E-03	0.53%
SGTR	III	9.30E-05	1.86%	1.69E-03	3.38%
RCVA	III	4.92E-05	0.98%	5.55E-05	0.11%
TEGA	III	3.54E-05	0.71%	1.99E-06	0.01%

由上述分析可知：

- 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。
- 在稀有事故中，蒸汽发生器传热管断裂事故（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。

这些事故的放射性后果都满足国家标准 GB6249-2011 的相关要求。从各类设计基准事故的放射性后果分析可以看出，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料燃料管理策略后，专设安全设施的设计性能仍然可靠，厂址周围各类边界的设置合理，电厂设计基准事故造成的潜在环境放射性后果满足 GB6249-2011 的相应要求。

3. 总量控制和浓度控制分析

从设计源项的角度考虑，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料改造项目后，单台机组以及一期工程四台机组实际运行所排放的各类放射性流出物的年排放量均可以满足国家标准 GB6249-2011 的总量控制要求。

辽宁红沿河核电厂一期工程四台机组液态放射性流出物排放期间对排水构筑物中 ^{60}Co 、 ^{90}Sr 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 和 ^{137}Cs 五种核素造成的浓度贡献可满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中相应的浓度要求。

本项目核定排放量同年度换料相比没有发生改变，由于核定排放源项被设计排放源项所包络，根据设计排放量辐射剂量计算结果表明，本项目核定排放量可以满足国家标准 GB6249-2011 的总量控制要求，液态放射性流出物不会对海水水质造成影响。

八、建设项目拟采取的防治措施及预期治理效果

内容 类型	排放源 (编号)	污染物 名称	防治措施	预期治理效果
运营期				
大气污 染物	TEG 排放、 各 厂 房 通 风 系 统 排 放	气载放射性流 出物	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。
水污染 物	TEP 下 泄、各厂 房疏水	液态放射性 流出物	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。
固体废 弃物	放射性固 体废物处 理系统等	中低放射性 固体废物	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

生态保护措施及预期效果

本项目不涉及厂房、系统的增加, 不涉及施工期作业。

本项目实施后可能会对厂址周围非人类物种产生轻微的辐射影响, 评价表明该影响在可接受的范围内, 无需采取额外的生态保护措施。

流出物监测和环境监测

为确保辽宁红沿河核电厂的流出物排放得到有效的监测、管理和控制, 根据多堆厂址环境管理“四个统一”的要求, 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。

1. 流出物监测

(1) 流出物监测系统

运行期间的流出物监测包括放射性流出物监测和非放射性流出物监测, 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。气载放射性流出物监测系统包括 KRT016MA、KRT017MA、KRT020MA 与 KRT021MA 四个监测通道以及 KRT050MA 取样通道。

液态流出物监测子系统由 2 个在线监测通道组成，即 KRT901MA 与 KRT902MA，分别在线监测 TER 与 SEL 排放管线上的放射性，这两个监测通道都是两台机组共用。KRT901MA 安装在 TER 系统的废液排放管线上，该监测通道的功能是确认 TER 系统废液排放前流出物样品的实验室测量结果，或者用来证实测量过的贮存罐已经排空。该监测通道能提供高放射性报警信号并能自动停止排放。KRT902MA 安装在 SEL 系统的废液排放管线上，具有对 SEL 系统槽式排放在线监测的功能。表 8-1 给出了流出物监测系统的性能

表 8-1 放射性流出物监测通道的性能

监测项目	监测通道	数量	探测类型	测量范围	报警阈值		功能	高水平信号引起的信息处理动作
					Th1	Th2		
气载放射性流出物	KRT016MA	2	总β	1~3.7×10 ⁶ Bq/m ³	5.0×10 ¹ , 2.5×10 ² Bq/m ³		气溶胶的β放射性测量和连续取样。	记录、报警。
	KRT020MA							
	KRT017MA	2	低活度气体, 总β	3.7×10 ³ ~3.7×10 ⁹ Bq/m ³	4.0×10 ⁵ , 4.0×10 ⁶ Bq/m ³		低活度惰性气体总β放射性连续测量, 氙鼓泡器连续取样。	记录、报警、自动关闭 ETY 和 TEG 的阀门。PAMS 监测道。
	KRT021MA	2	高活度气体, 总β	3.7×10 ⁸ ~3.7×10 ¹⁵ Bq/m ³	5.0×10 ⁸ , 2.0×10 ⁹ Bq/m ³		烟囱空气中, 高活度惰性气体总β放射性连续测量。	记录、报警、PAMS 监测道。
	KRT050MA	2	-	-	-	-	连续采集气载放射性流出物中的 3H 与 14C	定期采样送实验室分析
液态放射性流出物	8KRT901MA	1	总γ	3.7×10 ³ ~3.7×10 ⁹ Bq/m ³	2.5×10 ⁶ , 5.0×10 ⁶ Bq/m ³		监测核岛废液排放系统 TER 的排放。	记录、报警、自动关闭排放阀、终止排放。
	8KRT902MA	1			8.0×10 ⁴ , 4.0×10 ⁵ Bq/m ³		监测常规岛废液排放系统 SEL 的排放	记录、报警、自动关闭排放阀、终止排放。

注：① PAMS ——事故后监测系统。

② Th1 ——第一报警阈值, Th2 ——第二报警阈值。

(2) 流出物监测计划

开展流出物监测的目的是：证明气载和液态放射性流出物环境排放量遵守国家批准的排放限值和核电厂规定的管理限值；为判明核电厂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；为应用适当的环境模式评价环境质量、估算公众所受的剂量提供源项；使公众确信核电厂的放射性排放确实受到严格的控制；迅速发现和鉴别计划外排放的性质、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，控制不合理排放，提供有关应急响应信息。表 8-2 给出了放射性流出物分析项目。

表 8-2 放射性流出物分析测量项目

种类	取样点	介质	分析项目	方法	分析核素
液态	TER (废液排放系统)	水	pH	直接测量	—
			总 γ	1 升样品, 测量 1000s	—
			^3H	1ml 样品+10ml 闪烁液, 20min	^3H
			^{14}C	6ml 吸收液+14ml 闪烁液, 测量 60min	^{14}C
			γ 能谱	1L 样品, 测量 20000s	^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 ^{133}I 等
			^{90}Sr	萃取色层法	^{90}Sr 等
	SEL (常规岛废液排放系统)	水	pH	直接测量	—
			总 γ	1 升样品, 测量 1000s	—
			^3H	5ml 样品+15ml 闪烁液, 20min	^3H
	SEL 季度混合样	水	^{90}Sr	萃取色层法	^{90}Sr 等
			^{55}Fe 、 ^{63}Ni	1 升样品, 测量 1000s	^{55}Fe 、 ^{63}Ni
			^{14}C	6ml 吸收液+14ml 闪烁液, 60min	^{14}C
γ 能谱			1L 样品, 测量 20000s	^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 ^{133}I 等	
气态	TEG (废气处理系统)	气体	γ 能谱	3L 专用取样瓶, 测量 5000s	^{41}Ar 、 ^{85}Kr 、 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ 、 ^{133}Xe 、 ^{135}Xe 等
		滤膜	γ 能谱	直接测量, 测量 5000s	^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等
		碘盒	γ 能谱	直接测量, 测量 5000s	^{131}I 、 ^{133}I
		氡水	^3H	5ml 样品+15ml 闪烁液, 20min	^3H
	ETY (安全壳大气检测系统)	气体	γ 能谱	3L 专用取样品, 测量 5000s	^{41}Ar 、 ^{85}Kr 、 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ 、 ^{133}Xe 、 ^{135}Xe 等
		滤膜	γ 能谱	直接测量, 测量 5000s	^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等
		碘盒	γ 能谱	直接测量, 测量 5000s	^{131}I 、 ^{133}I
		氡水	^3H	5ml 样品+15ml 闪烁液, 20min	^3H
	连续排放样品 (DVN)	气体	γ 能谱	3L 专用取样瓶, 测量 5000s	^{41}Ar 、 ^{85}Kr 、 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ 、 $^{133\text{m}}\text{Xe}$ 、 ^{133}Xe 、 ^{135}Xe 等
		滤膜	γ 能谱	直接测量, 测量 5000s	^{51}Cr 、 ^{54}Mn 、 ^{58}Co 、 ^{59}Fe 、 ^{60}Co 、 ^{65}Zn 、 ^{106}Ru 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ^{124}Sb 、 ^{125}Sb 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 等
		滤膜	^{90}Sr	季度混合样, 液闪	^{90}Sr (颗粒物混合样)
		碘盒	γ 能谱	直接测量, 测量 5000s	^{131}I 、 ^{133}I
		氡水	^3H	5ml 样品+15ml 闪烁液, 20min	^3H
		碱溶液	^{14}C	6ml 样品+14ml 闪烁液, 60min	^{14}C

2. 环境监测

运行

期间的环境监测目的是：为评价环境辐射安全和估算公众剂量提供依据；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，结合流出物排放的情况评估核电厂运行对周围环境的辐射影响；发现核电厂周围地区放射性及核电厂排放的非放射性物质变化异常现象，及时查找原因，鉴别污染源，追踪污染趋势并修正监测方案；监测海洋环境介质是否符合国家环境标准。

表 8-3 给出了辽宁红沿河核电厂的环境监测方案。

表 8-3 辽宁红沿河核电厂环境监测方案

监测介质	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	
连续γ辐射监测	连续	7	--	--	AS1~AS7	正常以及事故运行工况下, γ辐射连续监测和报警	
		5	--	--	BS1~BS5		
环境γ吸收剂量率	季	40	160	160	电站周围 20km	空气瞬时γ剂量率	
环境γ累计剂量率	季	40	160	160	电站周围 20km	累计γ剂量率	
环境γ吸收剂量率巡测	季	30	120	120	核电厂内确定点位及应急路线点位测量	环境监测车瞬时γ剂量率	
空气	气溶胶	日	7	2555	10220	AS1~AS7	总α、总β(总β偏高时,测γ谱)
		月	7	84	84	AS1~AS7	月度样品测γ谱
	碘*	周	1	40	40	AS3	γ谱
	氚	季	2	8	8	AS3、BS1	³ H
	碳 14	季	2	8	8	AS3、BS1	¹⁴ C
	沉降灰	季	5	20	80	AS1、AS2、AS3、BS1、BS5	总α、总β、 ⁹⁰ Sr、γ谱
水	雨水	降水期	3	12	36	AS1、AS3、BS5	总β、 ³ H、pH
	地表水	半年	3	6	18	双龙水库、达营水库、大连金州(对照点)	总β、 ³ H、γ谱
	饮用水	半年	1	4	16	红沿河镇	总α、总β、 ³ H、γ谱
	地下水	月	6	72	144	DS1、DS2、DS3、DS4、DS5、DS6	总β、 ³ H
		季度	4	16	16	DS1、DS2、DS3、DS4、DS5、DS6	⁴⁰ K
		半年	4	8	8	DS1、DS2、DS3、DS4、DS5、DS6	γ谱
半年		2	4	8	大衣屯、赫屯	³ H、γ谱	
土壤	土壤	年	10	10	10	老渔窝、小周屯、大衣屯、赫屯、红沿河镇、李家屯、黄泥洞、大嘴村、生活区、大连金州(对照点)	γ谱
			2	2	2	老渔窝、生活区	⁹⁰ Sr
	沉积物	年	2	2	4	双龙水库、达营水库	γ谱、 ⁹⁰ Sr
植物	白菜	年	2	2	2	大衣屯、赫屯	γ谱
	苹果	年	3	3	3	大衣屯、赫屯、大连金州	γ谱
	土豆	年	2	2	2	大衣屯、赫屯	γ谱
	玉米	年	2	2	2	大衣屯、赫屯	γ谱
	现场草	年	1	1	1	生活区	γ谱
动物	鸡	年	3	3	3	大衣屯、赫屯、大连金州	γ谱
指示生物	松针	年	2	2	10	东门外、南门外	γ谱、总β、 ⁹⁰ Sr、有机氚、 ¹⁴ C

续表 8-3 辽宁红沿河核电厂环境监测方案

监测介质		频度	点数	采样数/年	分析样品数/年	采样点位	监测分析项目
海水		年	3	3	3	一期排水口、二期排水口、老渔窝、红沿河村	^{90}Sr
		4次/年	9	36	144	一期排水口、二期排水口、重件码头、取水口、温坨子西、老渔窝、大连金州（对照点）、黄泥洞、仙浴湾	^{40}K 、总 β 、 ^3H 、 γ 谱
海洋沉积物	潮间带	年	2	2	4	老渔窝、红沿河村	γ 谱、 ^{90}Sr
	潮下带	年	3	3	3	一期排水口、二期排水口、老渔窝	^{90}Sr
			8	8	8	一期排水口、二期排水口、重件码头、取水口、温坨子西、老渔窝、黄泥洞、仙浴湾	γ 谱
海鱼	海鱼	年	3	3	3	老渔窝、黄泥洞、大连金州（对照点）	γ 谱、 ^{14}C
软体类	八爪鱼	年	2	2	2	老渔窝、黄泥洞	γ 谱、 ^{14}C
甲壳类	虾姑	年	2	2	2	老渔窝、黄泥洞	γ 谱、 ^{14}C
指示生物	牡蛎	年	2	2	10	老渔窝、黄泥洞	γ 谱、总 β 、 ^{90}Sr 、有机氚、 ^{14}C
	海藻	年	2	2	8	老渔窝、黄泥洞	γ 谱、总 β 、 ^{90}Sr 、有机氚、 ^{14}C

九、结论

1. 项目基本情况

辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组自 2015 年投入商业运行以来，至今安全稳定运行，创造了良好的经济效益和社会效益。目前，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组采用传统年度换料方式，为了兼顾堆芯设计的先进性、燃料经济性和控制工程风险，核电厂运营单位决定对辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料策略。

2. 区域环境现状

辽宁红沿河核电厂的辐射环境监测结果表明，辽宁红沿河核电厂周围的辐射环境水平相对于运行前的本底值无明显变化。

3. 污染物治理及排放

本技术改造项目不新增系统、厂房，不涉及施工期作业。

本项目不新增温排水排放量。

本项目产生的主要污染物为放射性废液、废气和固体废物，通过原有的三废处理系统处理和排放，可不增加放射性流出物排放量申请值，符合环境保护相关要求。

4. 辐射环境影响评价

电厂运行状态下对厂址周围公众辐射剂量满足 GB6249-2011 的相应要求，对厂址周围非人类物种产生轻微的辐射影响，该影响在可接受的范围内。

5. 环境风险分析

电厂事故工况下，各类设计基准事故造成核电厂非居住区边界、规划限制区边界上的公众剂量满足 GB6249-2011 的相应要求。

6. 环境监测及流出物监测

辽宁红沿河核电厂已经设立了统一的环境监测和流出物监测方案，设立了统一的环境辐射监测机构以执行核电厂运行期间的环境监测和流出物监测工作。辽宁红沿河核电厂统一的环境监测系统和环境监测方案运行良好，满足电厂安全运行对环境监测的要求。

7. 环境可行性结论

分析评价表明，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料改造项目后，正常运行和事故工况下对环境的辐射影响是可以接受的，非居住区和规划限制区的设置仍然合适，就辐射环境保护的角度而言，辽宁红沿河核电厂 3、4 号机组实施 18 个月换料是可行的。

注 释

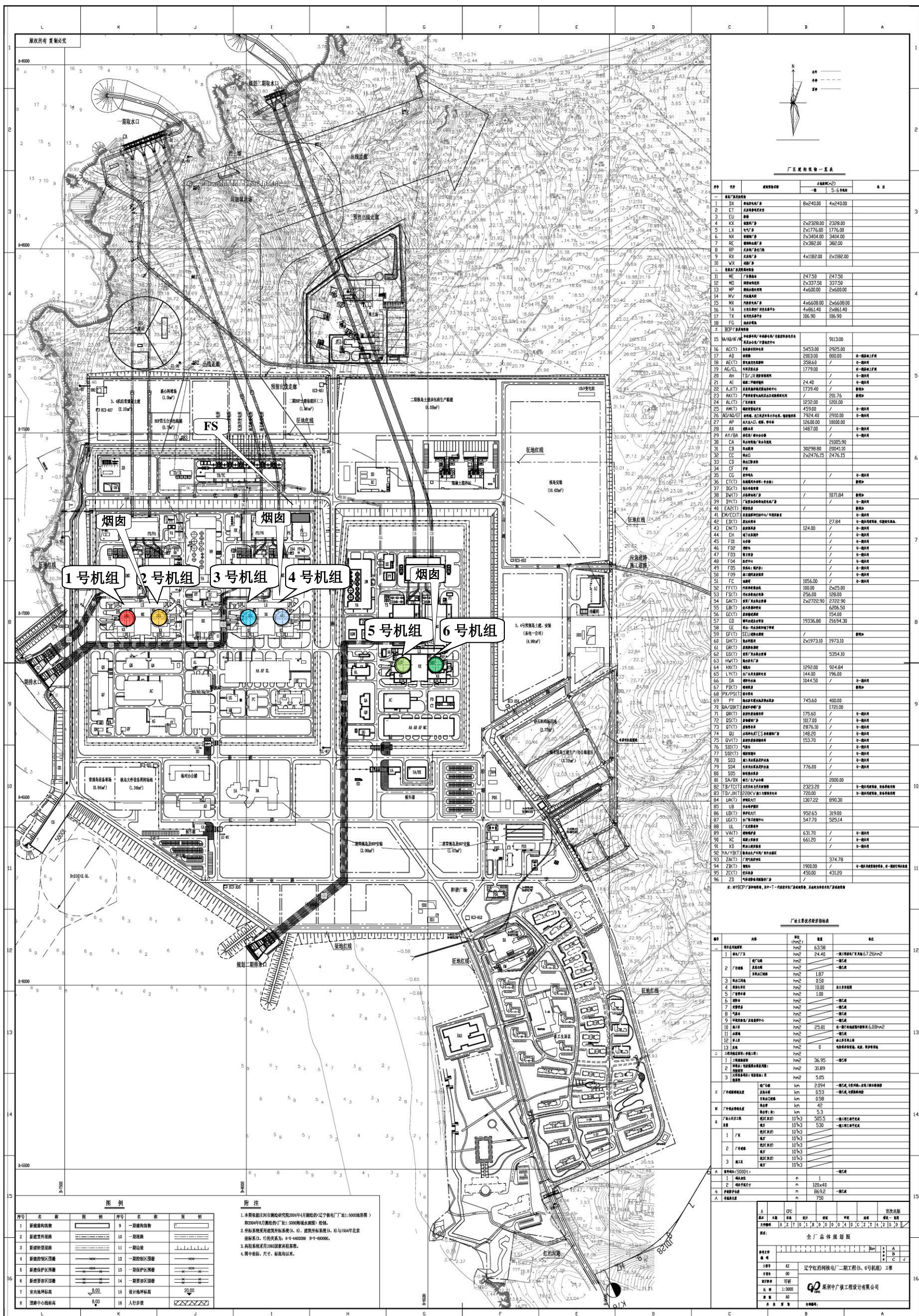
本报告表附以下附图

附图 1 辽宁红沿河核电厂地理位置示意图

附图 2 辽宁红沿河核电厂总平面布置示意图



附图 1 辽宁红沿河核电厂地理位置图



附图2 辽宁红沿河核电站总平面布置图