山东海阳核电项目 3、4 号机组工程

环境影响报告书

（建造阶段）

（上册）



中电投山东核电有限公司

二 O 一三年八月

山东海阳核电项目3、4号机组工程

环境影响报告书

（建造阶段）

中电投山东核电有限公司

法定代表人：余剑锋

地址：山东省海阳市海阳核电厂

邮编：265116

山东海阳核电项目3、4号机组工程

环境影响报告书

（建造阶段）



上海核工程研究设计院　编制



建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：上海核工程研究设计院
住　　所：上海市虹漕路29号
法定代表人：郑明光
证书等级：甲级
证书编号：国环评证甲　字第　1815　　号
有效期：至2017年3月9日
评价范围：环境影响报告书类别 — 甲级：核工业***
环境影响报告表类别 — 一般项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表***

中华人民共和国环境保护部

二〇一二年五月二日

项目名称：山东海阳核电项目3、4号机组工程环境影响报告书（建造阶段）

评价单位：上海核工程研究设计院

法人代表：郑明光

证书编号：国环评证甲字第1815号

经环境保护部环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，杜凤雷具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：0002823

登记证编号：B18210021300

有效期限：2008年08月29日至2010年04月14日

所在单位：上海核工程研究设计院

登记类别：核工业类环境影响评价

中华人民共和国环境保护部

2008年08月29日



2823

再次登记记录

时间	有效期限	签章
2010.07.28	延至 2013 年 04 月 14 日	
2013.12.05	延至 2016 年 04 月 14 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

经环境保护部环境影响评价工程师职业资格登记管理办公室审查，**王茹静**具备从事环境影响评价及相关业务的能力，准予登记。

职业资格证书编号：**0009481**

登记证编号：**A18150111300**

有效期限：**2010年01月05日至2013年01月04日**

所在单位：**上海核工程研究设计院**

登记类别：**核工业类环境影响评价**

中华人民共和国环境保护部

2010 年01 月05 日



再 次 登 记 记 录

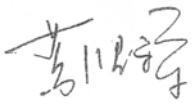
时间	有效期限	签章
2013.06.26	延至2016 年01 月04 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	
	延至 年 月 日	

山东海阳核电项目3、4号机组工程
环境影响报告书
(建造阶段)

批准：苗富足



审定：葛鸿辉



上海核工程研究设计院　编制

二〇一三年八月

山东海阳核电项目3、4号机组工程
环境影响报告书
(建造阶段)

上海核工程研究设计院编制

职责分工		姓名	环评工程师登记证号或环评上岗证书号	本人签名
项目负责人		杜风雷	A18150021300	
章节编制人员	第一章 概述	王茹静	A18150111300	
	第二章 厂址与环境	王　雪	A18150034	
		黄程鹏	A18150017	
		吴春蕾	A18150030	
	第三章 电厂	陈　丽	A18150091300	
		宋春景	A18150101300	
		章　莉	A18150081000	
		虞　宏	A18150061000	
		施　伟	A18150121300	
		林宇清	A18150071000	
	第四章 电厂施工建设过程对环境的影响	鲍文杰	A18150035	
		裴　娟	A18150131000	
	第五章 电厂运行的环境影响	王　雪	A18150034	
		傅小城	A18150036	
		王　炫	A18150032	
	第六章 电厂事故的环境影响	鲍文杰	A18150035	
		印舒蔚	A18150018	
		黎　辉	A18150024	
	第七章 流出物监测和环境监测	鲍文杰	A18150035	
		邱志靓	A18150031	
	第八章 公众参与	王　雪	A18150034	
	第九章 电厂建设和运行的效益分析	顾　翔	A18150020	
	第十章 环境风险评价	黄晓冬	A18150016	
	第十一章 结论	王　雪	A18150034	

山东海阳核电项目3、4号机组工程
环境影响报告书
(建造阶段)

上海核工程研究设计院编制

校核：

邱忠明 环评工程师登记证 A18150011300 号
注册核安全工程师登记证 ZSNDC07-11

梅其良 环评岗证字 A18150013 号
注册核安全工程师登记证 ZSNDC06-11

邱启运 环评岗证字 A18150003 号

申　森 环评岗证字 A18150028 号
注册核安全工程师登记证 ZSNDB01-11

史国宝 环评岗证字 A18150029 号
注册核安全工程师登记证 ZSNDE05-11

何芃蔚 环评岗证字 A18150014

陈　斌 环评岗证字 A18150006 号

审核：

杜风雷 环评工程师登记证 A18150021300 号

罗兰英

王健峰

目　录

第一章　概述

1.1 核电厂名称和建设性质

1.2 建设规模和规划

1.3 建设目的

1.4 环境影响报告书编制依据

1.5 福岛事件响应

第二章　厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.2 人口分布

2.3 土地利用及资源概况

2.4 气象

2.5 水文

2.6 地质地震

2.7 环境质量现状

第三章　电厂

3.1 厂区规划及平面布置

3.2 反应堆和蒸汽-电力系统

3.3 电厂用水和散热系统

3.4 输电系统

3.5 专设安全设施

3.6 放射性废物系统和源项

3.7 非放射性物质排放

3.8 放射性物质运输

第四章　电厂施工建设过程对环境的影响

4.1 土地利用

4.2 水的利用

4.3 施工影响的控制措施

4.4 水土保持

第五章　电厂运行的环境影响
5.1 散热系统运行的影响
5.2 正常运行的辐射影响
5.3 海水放射性核素浓度影响
5.4 正常运行对水生生物的辐射影响
5.5 其它影响
5.6 退役
第六章　电厂事故的环境影响
6.1 电厂放射性事故
6.2 放射性物质运输事故
6.3 其它事故
6.4 应急计划和准备
第七章　流出物监测和环境监测
7.1 运行前环境监测
7.2 运行期间的放射性流出物监测
7.3 运行期间的辐射环境监测
7.4 应急辐射环境监测
7.5 运行期间的非放射性流出物监测
7.6 质量保证计划
第八章　公众参与
8.1 概述
8.2 实施过程
8.3 公众参与结果分析
8.4 小结
第九章　电厂建设和运行的效益分析
9.1 直接效益
9.2 间接效益
9.3 代价分析
9.4 总结

第十章　环境风险评价

10.1 概述

10.2 环境风险评价

10.3 环境风险防范和应急措施

10.4 应急措施

10.5 结论

第十一章　结论

11.1 厂址环境特征

11.2 施工期间的环境影响

11.3 电厂正常运行的辐射影响

11.4 电厂事故工况的辐射影响

11.6 非放射性因素的环境影响

11.7 公众参与

11.8 环境风险

11.9 结论

表目录

表 1.4-1　山东海阳核电厂 1、2 号及 3、4 号核电机组正常运行工况下的排放量
表 2.2-1　厂址半径 80km 范围内各子区人口数（2009 年）
表 2.2-2　厂址半径 80km 范围内人口增长率
表 2.2-3　厂址半径 80km 范围内各子区人口数（2016 年及以后）
表 2.2-4　厂址半径 5km 范围内村庄及人口
表 2.2-5　厂址半径 15km 范围内千人以上居民点
表 2.2-6　厂址半径 80km 范围内万人以上城镇
表 2.2-7　厂址半径 80km 范围内各子区陆地面积
表 2.2-8　按厂址周围人口密度法对厂址类型的判别
表 2.2-9　厂址半径 80km 范围人口分布（< 1 岁）
表 2.2-10 厂址半径 80km 范围人口分布（1~7 岁）
表 2.2-11 厂址半径 80km 范围人口分布（8~17 岁）
表 2.2-12 厂址半径 80km 范围人口分布（≥ 18 岁）
表 2.2-13 厂址周围各居民组抽样调查户数人数表
表 2.2-14 厂址半径 5km 范围内不同职业人群食物消费量调查结果
表 2.2-15 厂址半径 5km 范围内不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-16 厂址半径 5km 范围内不同年龄组的生活习惯因子
表 2.2-17 邵家庄居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-18 张家庄居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-19 外岛居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-20 大辛家居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-21 南庄居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-22 小滩居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果
表 2.2-23 邵家庄居民组的生活习惯因子
表 2.2-24 张家庄居民组的生活习惯因子
表 2.2-25 外岛居民组的生活习惯因子
表 2.2-26 大辛家居民组的生活习惯因子
表 2.2-27　南庄居民组的生活习惯因子

表 2.2-28 小滩居民组的生活习惯因子
表 2.2-29 各居民组渔民食物消费量调查结果
表 2.2-30 厂址半径 5km 范围内居民的食物来源比例
表 2.2-31 厂址 80km 半径范围烟台和海阳市城镇居民和农民年平均食物消费量
表 2.2-32 厂址 80km 半径范围城镇居民和农民平均食物消费量
表 2.3-1 厂址半径 15km 范围内主要工业企业情况表
表 2.3-2 厂址附近高速公路、过道、铁路情况
表 2.3-3 厂址半径 15km 范围内危险品仓储设施情况简表
表 2.3-4 厂址半径 15km 范围内的学校及幼儿园情况
表 2.3-5 厂址附近医院及卫生院情况
表 2.3-6 厂址半径 15km 各个方位离反应堆最近的居民点和农牧场
表 2.3-7 厂址半径 80km 范围内各子区大牲畜出栏量
表 2.3-8 厂址半径 80km 范围内各子区猪出栏量
表 2.3-9 厂址半径 80km 范围内各子区家禽出栏量
表 2.3-10 厂址半径 80km 范围内各子区产肉量
表 2.3-11 厂址半径 80km 范围内各子区奶牛饲养量
表 2.3-12 厂址半径 80km 范围内各子区产奶量
表 2.3-13 厂址半径 80km 范围内各子区禽蛋产量
表 2.3-14 家畜生长期、饲养方式、饲料种类及消耗
表 2.3-15 厂址半径 80km 范围内各子区粮食种植面积
表 2.3-16 厂址半径 80km 范围内各子区粮食产量
表 2.3-17 厂址半径 80km 范围内各子区油料种植面积
表 2.3-18 厂址半径 80km 范围内各子区油料产量
表 2.3-19 厂址半径 80km 范围内各子区蔬菜种植面积
表 2.3-20 厂址半径 80km 范围内各子区蔬菜产量
表 2.3-21 厂址半径 80km 范围内各子区果园种植面积
表 2.3-22 厂址半径 80km 范围内各子区水果产量
表 2.3-23 农作物生长期及产品储存销售情况
表 2.3-24 厂址附近海域鱼类品质结构简表
表 2.3-25 厂址半径 15km 范围及其周围沿海主要渔港分布简表

表 2.3-26 厂址附近海域鱼卵、仔稚鱼名录简表
表 2.3-27 厂址周围海域底栖生物种名录简表
表 2.3-28 厂址周围海域潮间带生物种名录简表
表 2.3-29 厂址附近海域各季度月主要赤潮种数量统计简表
表 2.3-30 施工前后海洋生物对比表
表 2.4-1 厂址区域气象站位置及观测高度、时次
表 2.4-2 厂址气象要素特征表
表 2.4-3 厂址气象塔各高度风速特征值
表 2.4-4 厂址气象塔各高度风向频率
表 2.4-5 500km 范围内热带气旋的逐月分布
表 2.4-6 袭击厂址区域的热带气旋及出现的强度
表 2.4-7 厂址四维联合频率
表 2.4-8 低空逆温特征
表 2.4-9 各类稳定度时的平均混合层厚度
表 2.4-10 传感器性能指标
表 2.4-11 气象要素采集指标
表 2.5-1 冬季各测站实测流的平均流速
表 2.5-2 夏季各测站实测流的平均流速
表 2.5-3 波要素逐月和年统计特征值
表 2.5-4 留格河流域水库特征值表
表 2.5-5 厂址周围可能最大风暴潮增水和基准洪水位
表 2.6-1 近区域范围内断裂活动鉴定表
表 2.6-2 厂址半径 5km 范围内断层（长度≥300m）能动性鉴定结果
表 2.6-3 岩石主要物理力学参数建议值表
表 2.6-4 岩体动态参数建议值表
表 2.6-5 微风化岩体模量推荐值表
表 2.6-6 地基承载力建议值一览表
表 2.7-1 海阳核电厂辐射本底调查方案
表 2.7-2 陆地介质、海洋介质和指示生物监测点位置
表 2.7-3 γ 辐射剂量率仪的宇宙射线响应值

表 2.7-4　本底调查监测项目、监测内容及样品处理分析方法汇总表
表 2.7-5　气溶胶样品 γ 谱探测下限
表 2.7-6　沉降灰样品 γ 谱探测下限
表 2.7-7　空气中 ^{131}I 样品 γ 谱探测下限
表 2.7-8　淡水样品γ谱探测下限
表 2.7-9　海水样品γ谱探测下限
表 2.7-10　沉积物样品γ谱探测下限
表 2.7-11　土壤（潮间带土）样品 γ 谱探测下限
表 2.7-12　动植物灰样品 γ 谱探测下限
表 2.7-13　放射化学分析各种样品探测下限（水和沉积物部分）
表 2.7-14　放射化学分析各类样品的探测下限
表 2.7-15　2011 年 3～5 月气溶胶放射性水平 γ 谱分析结果
表 2.7-16　福岛事故期间沉降灰样品与全部样品的 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr 调查结果的比较
表 2.7-17　环境空气质量监测结果
表 2.7-18　施工期海洋环境监测结果
表 2.7-19　施工期废水排放监测结果
表 2.7-20　施工期地下水监测结果
表 2.7-21　核电厂界噪声监测结果
表 2.7-22　敏感点噪声监测结果
表 2.7-23　220KV 备用电源输变电工程送电线路工频电场、工频磁场、无线电干扰监测结果
表 3.2-1　山东海阳核电项目 3、4 号机组工程总参数
表 3.2-2　AP1000 型燃料组件基本性能参数
表 3.2-3　蒸汽发生器、压力容器、稳压器和主泵的主要设计参数
表 3.3-1　不同电厂运行模式下，厂用水系统流量和带走热量负荷
表 3.3-2　海水淡化系统设计参数表
表 3.6-1　平衡循环堆芯放射性总量
表 3.6-2　计算设计基准一回路裂变产物活度浓度所需参数
表 3.6-3　设计基准一回路冷却剂中核素的活度浓度
表 3.6-4　平衡循环主回路中氚的年产生量

表 3.6-5　主回路中 C-14 的年产生量
表 3.6-6　计算现实源项所需的参数
表 3.6-7　一回路及二回路冷却剂现实源项
表 3.6-8　计算设计基准二回路冷却剂活度浓度所需的参数
表 3.6-9　设计基准二回路冷却剂液相核素的活度浓度
表 3.6-10 设计基准二回路蒸汽侧的核素活度浓度
表 3.6-11 放射性液体废物处理系统（WLS）设备参数
表 3.6-12 WLS 废液输入和处理方式
表 3.6-13 WLS 去污因子
表 3.6-14 蒸汽发生器排污系统（BDS）参数
表 3.6-15 蒸汽发生器排污系统（BDS）主要设备参数
表 3.6-16 放射性废水疏排系统设备主要参数
表 3.6-17 化学和容积控制系统（CVS）设计参数
表 3.6-18 化学和容积控制系统设备参数
表 3.6-19 SFS 系统设计参数
表 3.6-20 乏燃料池冷却系统的主要设备
表 3.6-21 PWR-GALE 程序的输入参数
表 3.6-22 单台机组放射性废液年排放量
表 3.6-23 放射性气体废物处理系统参数
表 3.6-24 放射性气体废物处理系统设备参数
表 3.6-25 安全壳空气过滤系统主要设备
表 3.6-26 单台机组气载放射性年释放量
表 3.6-27 单台 CAP1000 机组预计固体废物量
表 3.6-28 放射性固体废物处理系统设备参数
表 3.7-1　生活污水处理前水质日平均值
表 3.7-2　污水排放控制指标
表 4.1-1　山东海阳核电厂一期工程公用建构筑物清单
表 4.1-2　山东海阳核电项目 3、4 号机组工程新增子项清单
表 4.1-3　核电厂厂区占用土地的类型和面积
表 4.2-1　施工前后海洋水质对比表

表 4.2-2　施工前后海洋生物对比表
表 4.3-1　施工期环境监测计划
表 4.4-1　水土保持措施效益计算表
表 5.1-1　取排水工程布置方案
表 5.1-2　不同季节各潮型下取水温升特征值
表 5.1-3　夏季工况典型潮型温升包络面积
表 5.1-4　冬季工况温升等值线包络面积
表 5.1-5　黄渤海主要经济渔业资源种类的适应水文环境（温度/盐度）
表 5.1-6　 厂址附近的养殖区受温排水影响情况及处理措施表
表 5.1-7　厂址半径 5km 范围内的养殖场分布
表 5.2-1　Kr-85 的长期大气弥散因子
表 5.2-2　Xe-133 的长期大气弥散因子
表 5.2-3　I-131 的长期大气弥散因子
表 5.2-4　Cs-137 的长期大气弥散因子
表 5.2-5　厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）　元素碘
表 5.2-6　厂址半径 80km 范围内年均沉积因子（干湿沉积所致）　粒子态核素
表 5.2-7　用于计算气体辐射剂量的有关参数
表 5.2-8　Roulea2.0 计算公式中各主要参数含义和取值
表 5.2-9　排水口周围不同海域组合半月潮平均稀释倍数
表 5.2-10 计算液态辐射途径所用的剂量转换因子
表 5.2-11 液态途径剂量的利用因子
表 5.2-12 海阳核电厂 3、4 号机组所致厂址附近各居民组最大个人有效剂量
表 5.2-13 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经气载照射途径对邵家庄居民（儿童）所致最大个人有效剂量
表 5.2-14 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经气载照射途径对邵家庄居民（青少年）所致的最大个人有效剂量
表 5.2-15 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经气载照射途径对邵家庄居民（成人）所致的最大个人有效剂量
表 5.2-16 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经气载照射途径对邵家庄特殊人群（渔民）所致的最大个人有效剂量

表 5.2-17 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经液态照射途径对邵家庄居民（儿童）所致的最大个人有效剂量
表 5.2-18 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经液态照射途径对邵家庄居民（青少年）所致的最大个人有效剂量
表 5.2-19 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经液态照射途径对邵家庄居民（成人）所致的最大个人有效剂量
表 5.2-20 山东海阳核电厂 3、4 号机组各种核素经液态照射途径对邵家庄居民（渔民）所致的最大个人有效剂量
表 5.2-21 山东海阳核电厂 1~4 号核电机组最大个人有效剂量汇总
表 5.3-1 5 种放射性核素总排放口浓度
表 5.4-1 生物浓集因子
表 5.4-2 各核素的分配系数
表 5.4-3 各水生生物的居留因子
表 5.4-4 水生生物内照射剂量率
表 5.4-5 水生生物外照射剂量率
表 5.4-6 水生生物总辐射剂量率
表 5.4-7 水生生物危害商
表 6.1-1 堆芯源项
表 6.1-2 反应堆冷却剂源项
表 6.1-3 并发碘尖峰释放相关参数
表 6.1-4 事故后安全壳内气溶胶的去除系数
表 6.1-5 用于计算 MSLB 事故放射性后果的主要参数
表 6.1-6 MSLB 事故放射性释放量
表 6.1-7 用于计算主泵卡转子/断轴事故放射性后果的主要参数
表 6.1-8 主泵卡转子/断轴事故放射性释放量
表 6.1-9 用于计算弹棒事故放射性后果的主要参数
表 6.1-10 弹棒事故放射性释放量
表 6.1-11 用于计算 SGTR 事故放射性后果的主要参数
表 6.1-12 SGTR 事故放射性释放量
表 6.1-13 安全壳外载有反应堆冷却剂的小管道破裂事故放射性释放量

表 6.1-14 用于计算燃料操作事故放射性后果的主要参数
表 6.1-15 燃料操作事故放射性释放量
表 6.1-16 用于计算设计基准 LOCA 事故放射性后果的主要参数
表 6.1-17 设计基准 LOCA 事故放射性释放量
表 6.1-18 厂址非居住区边界 0－2 小时事故大气弥散因子
表 6.1-19 厂址规划限制区边界 30 天内事故大气弥散因子
表 6.1-20 事故后果与国家标准的比较
表 6.4-1 应急岗位替代表
表 6.4-2 场外有关部门和单位对海阳核电厂的支援关系
表 6.4-3 应急组织有关应急岗位人员的启动到岗地点
表 6.4-4 海阳核电厂场区的应急集合点安排
表 7.3-1 山东海阳核电厂 3、4 号机组工程运行期间环境辐射监测方案
表 7.3-2 海阳核电厂大气 γ 辐射监测站分布表
表 7.3-3 γ 辐射剂量率参考点位
表 7.3-4 气象观测系统气象传感器参数
表 7.4-1 环境监测车及环境介质采样车上的主要配备
表 7.4-2 场内巡测仪表和物资清单表
表 8.3-1 公众参与调查对象统计表
表 8.3-2 公众参与调查结果统计
表 9.1-1 利润和利润分配表
表 9.1-2 主要财务指标汇总表
表 9.3-1 总投资概算表
表 9.3-2 核电厂主要环境保护设施及相关投资
表 10.2-1 0~80km 范围内集体剂量风险

图目录

图 1.4-1　山东省海洋功能区划烟台海洋功能区划图
图 1.4-2　山东海阳核电厂近岸海域环境功能区调整示意图
图 2.1-1　山东海阳核电厂厂址地理位置图
图 2.1-2　山东海阳核电厂陆域征地边界及非居住区边界示意图
图 2.2-1　厂址半径 80km 范围内人口分布图（2009 年）
图 2.2-2　厂址半径 5km 半径范围内居民点或自然村分布图
图 2.2-3　厂址半径 15km 半径范围内千人以上行政村分布图
图 2.2-4　厂址半径 80km 半径范围重要居民点分布图
图 2.3-1　留格庄镇产业布局规划示意图
图 2.3-2　厂址半径 15km 范围内公路交通现状示意图
图 2.3-3　厂址附近范围交通示意图
图 2.3-4　厂址 5km 半径交通现状示意图
图 2.3-5　海阳港港区现状图
图 2.3-6　乳山港港区总平面布置示意图
图 2.3-7　海阳港进出船舶航道示意图
图 2.3-8　乳山港进出船舶航道示意图
图 2.3-9　厂址附近海域水下地形示意图
图 2.3-10 厂址半径 15km 范围内各方位离厂址最近的居民点、菜田、农田和养殖场分布情况
图 2.3-11 厂址周围海域水产资源和水生态现状调查示意图
图 2.3-12 厂址周围索饵场与产卵场分布
图 2.3-13 厂址周围海域渔港分布示意图
图 2.3-14 厂址附近海域叶绿素 a、初级生产力含量分布示意图
图 2.3-15 厂址附近海域浮游植物细胞数量平面分布示意图
图 2.3-16 厂址附近海域浮游动物生物量平面分布示意图
图 2.3-17 厂址附近海域底栖生物生物量平面分布示意图
图 2.3-18 施工期海洋生物调查站位
图 2.3-19 浮游动物生物量的平面分布

图 2.3-20 底栖生物生物量的分布
图 2.3-21 底栖生物丰度的平面分布
图 2.4-1 厂址区域气象台站分布示意图
图 2.4-2 气象站累年四季、年各风向频率玫瑰图
图 2.4-3 厂址气象塔 10m 高度全年降水期风向频率玫瑰图
图 2.4-4 厂址气象塔各高度全年风向频率玫瑰图
图 2.4-5 进入研究海区的热带气旋路径分类图
图 2.4-6 厂址区域龙卷风分布及分区
图 2.4-7 现场大气测试得到的垂直大气扩散参数与 P-G 垂直扩散参数比较结果图
图 2.4-8 现场大气测试布点图
图 2.5-1 核电厂周围海域水下地形图
图 2.5-2 全潮同步综合水文测验站位置图
图 2.5-3 核电厂厂址周围海域涨、落潮流态图
图 2.5-4 厂址近岸流场（大潮）示意图
图 2.5-5 厂址近岸流场（中潮）示意图
图 2.5-6 厂址近岸流场（小潮）示意图
图 2.5-7 核电厂水文专用站各向波频率图
图 2.5-8 核电厂水文专用站各向波高图
图 2.5-9 核电厂水文专用站(1997.3~1998.2)年各向各级波高玫瑰图
图 2.5-10 海水温度、盐度、泥沙四季大面取样站位图
图 2.5-11 留格河流域水系及工程位置图
图 2.6-1 近区域地质构造图
图 2.6-2 标高-3.6m 工程地质切面图
图 2.6-3 区域历史地震震中分布图
图 2.6-4 区域地震构造图
图 2.7-1 山东海阳核电厂周围固定监测点分布示意图
图 2.7-2 山东海阳核电厂 5～50km 内监测点分布示意图
图 2.7-3 山东海阳核电厂地表水监测点分布示意图
图 2.7-4 海水海底泥监测布点图
图 2.7-5 海洋生物和潮间带土监测布点图

图 2.7-6　土壤和陆地植物监测布点图
图 2.7-7　饮用水和地下水监测布点图
图 2.7-8　指示生物监测布点图
图 2.7-9　道路和原野γ空气吸收剂量率比较
图 2.7-10 海洋环境监测布点图
图 2.7-11 厂界噪声监测布点图
图3.2-1　厂区总平面布置图
图 3.2-1　首循环堆芯燃料组件装载图
图 3.2-2　AP1000 型燃料组件和燃料棒的垂向布置图
图 3.2-3　反应堆冷却剂系统流程简图
图 3.3-1　厂区雨水总排出口示意图
图 3.3-2　厂用水系统流程简图
图 3.3-3　淡水水量平衡图
图 3.5-1　非能动堆芯冷却系统流程图
图 3.5-2　非能动安全壳冷却系统流程图
图 3.6-1　放射性液体废物处理系统流程简图
图 3.6-2　蒸汽发生器排污系统流程简图
图 3.6-3　放射性废水疏排系统流程简图
图 3.6-4　化学和容积控制系统系统流程简图
图 3.6-5　乏燃料池冷却系统简图
图 3.6-6　除氚和 C-14 外其它核素通过液态途径的排放量衡算图
图 3.6-7　氚的放射性排放量衡算图
图 3.6-8　C-14 的放射性排放量衡算图
图 3.6-9　放射性气体废物处理系统流程简图
图 3.6-10 安全壳气过滤系统流程图
图 3.6-11 惰性气体的放射性排放量衡算图
图 3.6-12 碘通过气态途径的排放量衡算图
图 3.6-13 放射性固体废物处理系统流程简图
图 3.6-14 废物流流程简图
图 3.6-15 SRTF 固体废物处理流程图

图 3.7-1　污水处理流程图
图 5.1-1　二维数值模拟、物理模型范围图
图 5.1-2　物理模型布置图
图 5.1-3　流速、流向测点位置图
图 5.1-4　数值模拟夏季实测潮位验证曲线
图 5.1-5　数值模拟冬季实测潮位验证曲线
图 5.1-6　数值模拟典型潮潮位验证曲线
图 5.1-7　物模夏季典型潮位验证曲线
图 5.1-8　山东海阳核电厂 1~4 号机组夏季工况温升包络面积图
图 5.1-9　山东海阳核电厂 1~4 号机组冬季工况温升包络面积图
图 5.1-10 山东海阳核电厂 1~4 号机组温升包络范围与海域功能区划叠加图
图 5.2-1　正常运行气载放射性流出物对人体的照射途径
图 5.2-2　正常运行时液态放射性流出物对人体的照射途径
图 5.2-3　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型大潮 半衰期 8d）
图 5.2-4　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型大潮 半衰期 70d）
图 5.2-5　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型大潮 半衰期 250d）
图 5.2-6　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型大潮 半衰期 2a）
图 5.2-7　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型大潮 不衰减）
图 5.2-8　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型中潮 半衰期 8d）
图 5.2-9　等浓度线包络图（4×1250MWe 典型中潮 半衰期 70d）
图 5.2-10 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型中潮 半衰期 250d）
图 5.2-11 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型中潮 半衰期 2a）
图 5.2-12 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型中潮 不衰减）
图 5.2-13 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型小潮 半衰期 8d）
图 5.2-14 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型小潮 半衰期 70d）
图 5.2-15 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型小潮 半衰期 250d）
图 5.2-16 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型小潮 半衰期 2a）
图 5.2-17 等浓度线包络图（4×1250MWe 典型小潮 不衰减）
图 5.2-18 等浓度线包络图（4×1250MWe 组合半月潮 半衰期 8d）
图 5.2-19 等浓度线包络图（4×1250MWe 组合半月潮 半衰期 70d）

图 5.2-20 等浓度线包络图（4×1250MWe 组合半月潮 半衰期 250d）
图 5.2-21 等浓度线包络图（4×1250MWe 组合半月潮 半衰期 2a）
图 5.2-22 等浓度线包络图（4×1250MWe 组合半月潮 不衰减）
图 5.5-1 余氯等相对浓度线包络图
图 6.1-1 放射性转移的示意图
图 6.1-2 放射性转移的数学模型
图 6.1-3 SGTR 事故一次侧到二次侧破口流量
图 6.1-4 SGTR 事故累计破口闪蒸量
图 6.1-5 SGTR 事故破损蒸汽发生器向大气排放蒸汽的质量流量
图 6.1-6 SGTR 事故完整蒸汽发生器向大气排放蒸汽的质量流量
图 6.4-1 海阳核电厂应急响应组织机构图
图 6.4-2 海阳核电厂应急响应组织的岗位组成
图 6.4-3 海阳核电厂应急响应组织与场外应急组织的接口关系图
图 6.4-4 场内撤离线路、应急集合点分布图
图 6.4-5 场外应急撤离路线示意图
图 6.4-6 场外公众防护行动建议的决策逻辑流程图
图 7.2-1 电厂烟囱辐射监测仪示意图
图 7.2-2 管内辐射监测仪示意图
图 7.2-3 管旁辐射监测仪示意图
图 7.3-1 海阳核电厂气象和环境监测系统相关子项平面布置图
图 7.3-2 厂区内大气 γ 辐射监测站分布示意图
图 7.3-3 厂区外大气 γ 辐射监测站分布示意图
图 7.4-1 环境监测系统总体结构
图 7.4-2 陆上应急巡测路线图
图 7.5-1 核电站非放监测布点图
图 8.2-1 公众参与第一次信息公告
图 8.2-2 公众参与第二次信息公告
图 8.2-3 公众参与座谈会签到表

第一章　概述

1.1 核电厂名称和建设性质

1.1.1 核电厂名称及其业主

申请建造的核电厂名称为“山东海阳核电项目 3、4 号机组工程”，遵循国家核电发展技术路线，山东海阳核电项目 3、4 号机组工程是在已批准建设的 1、2 号机组的厂址上，扩建 2 台 CAP1000 核电机组。

山东海阳核电项目 3、4 号机组工程由主体投资方中国电力投资集团公司下属的山东核电有限公司负责工程前期工作，并承担项目业主责任，负责工程建设和运行管理。

1.1.2 资金来源

中电投核电公司、山东省国际信托投资有限公司、烟台蓝天投资控股有限公司、中国国电集团公司、中国核能电力股份有限公司、华能核电开发有限公司等六家公司共同出资建设山东海阳核电项目 3、4 号机组工程。

1.1.3 建设性质

本项目为第三代核电自主化依托项目山东海阳核电一期工程的扩建工程。山东海阳核电项目 3、4 号机组工程作为我国核电国产化依托项目的后续工程，在国家的统一指导下，大力推进核电设计自主化和设备制造本土化，采用公开招投标制选择国内外有资格的核电设备制造厂商，在保证质量的前提下，降低核电厂造价，将山东海阳核电厂建设成为先进、高效、安全、可靠的核电机组。

1.2 建设规模和规划

山东海阳核电厂厂址规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组。建设采用一次规划、分期建设的方式。本项目在1、2号机组建设的基础上，扩建两台CAP1000核电机组，3号机组初步计划于2018年投产，4号机组初步计划于2019年投产。

海阳核电厂在厂区布置、场地建设和取排水设施等方面兼顾六台机组容量进行规划，其中电厂征地和场平工作按规划容量已经一次完成。六台机组以厂区西端为固定端，自西向东、依次布置并建设。山东海阳核电项目 3、4 号机组工程建成后，3 号机组反应堆与其西侧相邻的 2 号机组的反应堆直线距离约为 291m，

与 1 号机组的反应堆直线距离约 501m。厂区内按照一址多堆的核电基地规划，进行群堆管理，对电厂所有机组与环境保护相关的设施统筹安排，包括：

— 1 ~4 号机组设立统一的非居住区边界和规划限制区边界；

— 整个厂区的总平面规划中功能分区明确，统一合理规划放射性区域和非放射性区域和设施；整个厂址区内将建设统一的放射性中低放固体废物处理设施和暂存库；

— 针对所有机组实施统一的流出物排放管理、设置统一的环境监测中心和应急指挥中心等。

苏州热工研究院有限公司已针对一期工程 1、2 号机组编制完成了《山东海阳核电厂一期工程环境影响报告书》（设计阶段）。2009 年 9 月，山东海阳核电一期工程项目通过国务院批准并取得建造许可证，同月，成功浇筑一号核岛第一罐混凝土。2009 年 3 月，国家发改委同意海阳核电项目 3、4 号机组按照 AP1000 型压水堆技术路线开展前期工作。本报告书将对针对山东海阳核电厂 3、4 号机组的 2 台 CAP1000 核电机组进行环境影响评价。

1.3 建设目的

1.3.1 符合国家核安全规划

未来二十年，我国国民经济仍将保持快速稳步发展，与此同时，需要电力供应保持与国民经济协调发展。保守估计，若按电力年均增长速度 5%左右计算，到 2020 年，我国发电装机将超过 8 亿千瓦。水电是我国优先开发的清洁能源，但我国的水电资源全部开发利用也只有 3 亿多千瓦。而大力发展火电将受到环境保护和煤炭运输条件的双重压力。特别是我国政府已经核准了关于二氧化碳等温室气体减排的《京都议定书》，未来几年我国二氧化碳的减排压力将日益突出，火电厂的发展将会受到一定的限制。

核电作为一种清洁、安全的能源，已被纳入到国家未来能源发展的战略中，2012 年 10 月 24 日，温家宝总理主持召开国务院常委会议，讨论并通过《核安全规划（2011-2020）》和《核电中长期发展规划（2011-2020）》，会议对当前和今后一个时期的核电建设做出部署：(一)稳妥恢复正常建设。合理把握建设节奏，稳步有序推进。(二)科学布局项目。“十二五”时期只在沿海安排少数经过

充分论证的核电项目厂址，不安排内陆核电项目。(三)提高准入门槛。按照全球最高安全要求新建核电项目。新建核电机组必须符合三代安全标准。

1.3.2 可提高核电机组国产自主化设计能力，推动国内核电工业发展

《核电中长期发展规划（2011-2020）》已经明确今后我国新建核电机组必须符合三代安全标准。山东海阳核电厂一期工程作为我国第三代核电技术自主化依托项目，担负着以我为主、中外合作、引进技术、推动国产化的重要使命。

我国坚持核电自主化发展方针，将充分依靠中国二十多年来核电研发和工程建设的技术基础，结合引进国际上先进成熟的核电技术，通过消化吸收再创新，形成中国自己的新一代核电技术，并推广应用，进行批量化建设。

考虑到核岛设备设计要求高，技术难度大，目前国内核电装备技术还跟不上需要，部分核岛设备部件和原材料尚需国外采购。因此，山东海阳核电厂在设备国产化方面，主要通过中外合作、引进技术及驱动项目的建设，经过四台百万千瓦级机组，实现国产化目标。

百万千瓦级压水堆核电站核岛设备国产化，拟分阶段进行，逐步提高。经过 20 多年努力，我国已经具备自主建设百万千瓦级核电站的能力，具有一批有核设备设计、制造、建造、运行和核安全监督等方面经验的技术和管理人员，为我国后续核电持续发展奠定了良好基础。通过大亚湾、岭澳核电站等工程实践，我国已基本实现了百万千瓦级压水堆核电站的“自主设计”、“自主建设”、“自主运营”和大部分设备的“自主制造”。

通过山东海阳核电工程的建设，可以进一步推动我国的设备制造能力，特别是国有大型企业在为核电等重点工程提供配套设备的同时，对其生产技术水平的提高也将起到较大的促进作用。

1.3.3 满足山东省经济持续发展对电力的需求

随着国民经济的快速发展，我国的电力需求旺盛，电力供应日趋紧张。按照我国 GDP 经济发展目标，预计到 2020 年我国发电装机容量需要 14.7 亿千瓦，目前，我国的电力供应中，火电占 80.76%，水电占 16.23%，核电占 1.82%，风电占 1.18%。

我国政府在国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要中提出要发展清洁高效、大容量燃煤机组；在做好生态保护和移民安置的前提下积极发展水电；在

确保安全的基础上高效发展核电；有效发展风电；积极发展太阳能、生物质能、地热能等其他新能源。为保证我国能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。通过发展核电，实现能源供应多元化，减少对煤炭、进口石油等传统不可再生化石能源的依赖，提高能源的安全性，实现经济可持续发展。

“十一五”期间，山东省 GDP 年均增长 14%左右，预计“十二五”期间 GDP 年均增长 11%，“十三五”期间 GDP 年均增长 8%，全省经济的持续快速发展，需要电力工业的稳步发展。预计 2015 年、2020 年全社会用电量将分别达 5500 亿 kWh、7100 亿 kWh。全省装机 2015 年、2020 年分别为 1 亿千瓦和 1.3 亿千瓦左右。到 2020 年燃煤机组容量为 1 亿千瓦，发电用原煤为 2.4 亿吨，而全省煤炭生产能力约 1.5 亿吨，还需要调出 3000 万吨，到 2020 年仅发电用煤全省煤炭缺口在 1.2 亿吨，再加上冶金、建材、化工等其他行业用煤，到 2020 年煤炭缺口约 3.3 亿吨，对能源供应和交通运输产生巨大的压力。

因此，为保证能源的长期稳定供应，核能将成为必不可少的替代能源。发展核电可改善山东省的能源供应结构，减少对煤炭的依赖，保障山东省能源安全和经济安全，是山东省经济可持续发展的需要。

1.3.4 核电厂建设是环境保护的需要

发展燃煤电厂，不可避免地要大量增加二氧化硫、氮氧化物、烟尘灰渣等污染物的排放量。山东省空气污染较严重，二氧化硫和烟尘排放对新增装机有较大制约。全省 17 个市、地基本都有大中型火电厂，各电厂锅炉排放的烟气是主要污染源之一。因此，新建电源点不但要达标排放，而且必须考虑山东省环境空气质量和区域污染物排放总量控制的实际情况。目前，山东省主要发电厂大部分位于二氧化硫和烟尘排放控制区内，山东省燃煤电厂脱硫除尘任务艰巨。

而核电站不排放二氧化硫、氮氧化物、烟尘、灰渣等污染物，以 2×1000MW 规模核电机组代替相同容量燃煤机组，可以少排放 SO_2 和烟尘分别为 3800t/a、1573t/a。因此，发展核电对缓解日益加剧的环境污染和大气变暖具有积极意义。

1.3.5 发展核电是山东省的必然选择

山东海阳核电厂是大型区域性电厂，其建成投产后，将成为山东电网的主力电厂之一。该厂供电范围主要是山东东部地区。该电厂的建设将使山东电网电源布局和电源结构更趋合理。同时也加强了东部受端电网，使负荷中心得到有力

的电压支持，提高了电网运行的安全稳定性。

山东省电源结构单一，电源点主要集中在西南部和西部，对于经济发达、用电量增长较快、一次能源又严重短缺的胶东半岛，长距离输电不仅投资大，输送容量也受到限制。山东海阳核电厂位于山东省经济发达的东部地区，其建成投产后，将强化东部受端电网的供电能力，使山东电网在电源布局和电源结构上更趋合理，从而提高电力供应和电网运行的安全稳定性。

综上所述，在山东建设山东海阳核电厂是十分必要的，它不仅能满足山东省日益增长的电力需求，改善山东省的能源结构，优化山东省的电网结构，缓解山东省的交通运输和环境保护方面的压力，而且对山东省胶东沿海地区的经济发展起到一定的促进作用。

1.4 环境影响报告书编制依据

1.4.1 遵循的主要法规、标准和导则

1）主要法规、条例

— 《中华人民共和国环境保护法》（1989 年 12 月）；

— 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月 1 日）；

— 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）；

— 《中华人民共和国大气污染防治法》（2000 年 4 月 29 日修订）；

— 《中华人民共和国水污染防治法》（2008 年 2 月 28 日修订，2008 年 6 月 1 日起施行）；

— 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》（1996 年 10 月 29 日）；

— 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（自 2005 年 4 月 1 日起施行，中华人民共和国主席令第三十一号）；

— 《中华人民共和国水土保持法》（2011 年 12 月 25 日修订，2011 年 3 月 1 日起施行）；

— 《中华人民共和国海洋环境保护法》（1999 年 12 月）；

— 《建设项目环境保护管理条例》（1998 年 11 月国务院令第 253 号）；

— 《中华人民共和国土地管理法》（2004 年 8 月 28 日，中华人民共和国主席令第二十八号）；

— 《建设项目环境保护分类管理名录》（2008 年 8 月 15 日修订，2008 年 10 月 1 日起施行。中华人民共和国环境保护部令第 2 号）；
— 《核电厂核事故应急管理条例》（HAF002，1993）；
— 《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101，1991）；
— 《核动力厂设计安全规定》（HAF102，2004）；
— 《放射性废物安全监督管理规定》（HAF401，1997 年 11 月）；

2）技术标准和导则

— 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
— 《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）；
— 《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》（GB14587-2011）
— 《核设施流出物监测的一般规定》（GB11217-89）；
— 《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）；
— 《核电厂低、中水平放射性固体废物暂时贮存技术规定》（GB14589-93）；
— 《核设施流出物和环境放射性监测质量保证计划的一般要求》（GB11216-89）；
— 《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）；
— 《放射性废物管理规定》（GB14500-2002）；
— 《放射性废物分类》（GB9133－1995）；
— 《海水水质标准》（GB3097-1997）；
— 《声环境质量标准》（GB3096-2008）；
— 《山东省半岛流域水污染物综合排放标准》（DB37/676-2007）；
— 《山东省环境噪声污染防治条例》（2004）；
— 《山东省水污染防治条例》（2000）；
— 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）；
— 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）
— 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
— 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
— 《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）；

— 《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）；
— 《高压交流架空线路无线电干扰限值》（GB15707-1995）；
— 《核电厂应急计划与准备准则—应急计划区的划分》（GB/T17680.1-2008）；
— 《核电厂厂址选择中的地震问题》（HAD101/01）；
— 《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）；
— 《核电厂厂址选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）；
— 《核电厂厂址选择的外部人为事件》（HAD101/04）；
— 《核电厂厂址选择的放射性物质水力弥散问题》（HAD101/05）；
— 《核电厂厂址选择与水文地质的关系》（HAD101/06）；
— 《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）；
— 《核电厂厂址选择的极端气象现象》（HAD101/10）；
— 《核电厂设计基准热带气旋》（HAD101/11）；
— 《核动力厂营运单位的应急准备和应急响应》（HAD002/01）
— 《500kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）；
— 《核电厂环境影响报告书的内容和格式》（NEPA-RG1，1988）；
— 《辐射环境保护管理导则－电磁辐射环境影响评价方法与标准》（HJ/T10.3-1996）；
— 《环境监测质量管理技术导则》（HJ630-2011）；
— 《环境影响评价公众参与暂行办法》（环发 2006[28 号]）。

1.4.2 评价标准

1.4.2.1 放射性评价标准

1）正常运行状态（包括预计运行事件）的剂量约束值

山东海阳核电厂规划建设六台百万千瓦级压水堆核电机组，1、2 号机组已确定的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将小于 0.08mSv/a。为了给未来 5、6 号核电机组建设留有余地，本次环境影响评价确定山东海阳核电厂 3、4 号核电机组向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造

成的有效剂量将小于 0.08mSv/a，确定山东海阳核电厂 1~4 号 4 台百万千瓦级核电机组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将小于 0.16mSv/a。

2）事故状态下的剂量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）7.2 条款的规定，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 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，山东海阳核电厂运行期间受纳水体海水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

1.4.2.2 年排放量控制值

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）6.4 条款的规定，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。山东海阳核电项目 3、4 号机组工程在正常运行工况下气载放射性流出物和液态放射性流出物的设计排放量见表 1.4-1。由表 1.4-1 可见，山东海阳核电厂 1~4 号 4 台百万千瓦级核电机组放射性流出物均低于 GB6249-2011 第 6.4 条款的规定限值标准的 2/3（即 66.7%），为后续 5、6 号核电机组放射性流出物排放留有足够的余量。

1.4.2.3 与非放射性有关的环境影响评价标准

1）海域功能区划与执行的海水水质标准

① 海洋功能区划

根据国务院关于山东省海洋功能区划（2011-2020）的批复（国函）[2012]165号，山东海阳核电厂所在海域为“工业与城镇建设区”（海阳临港工业与城镇建设区，A3-29，海阳前山村至寨前村四至范围为：121°18'38.98"--121°28'12.15" 36°39'50.56"--36°46'32.85"，参见图 1.4-1），该区域基本功能为工业与城镇用海，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，保障河口行洪安全。该区域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。该区域用海面积为86.34km^2，岸段长度为 40.16km，海域面积大于 2008 年 8 月颁布的《烟台市海洋功能区划》核电利用区海域面积（77.88 km^2）。

② 厂址附近近岸海域环境功能区划与执行的海水水质标准

根据山东省环境保护局《关于同意调整山东海阳核电厂附近海域环境功能区划的复函》（鲁环发[2009]21 号），海阳核电厂厂址西侧 D1-D6 范围内，面积为9.6 平方公里的海域和厂址东侧 D7-D11 范围内，面积为 7.7 平方公里的海域，其环境功能区类别由原来的二类调整为混合区。核电厂厂址周围 C0-C7 范围内剔除混合区后，面积为 40.4 平方公里的海域，其环境功能区类别由原来的二类调整为三类，主要水质指标除水温执行三类海水水质标准外，其它指标仍执行二类海水水质标准。山东海阳核电厂近岸海域环境功能区调整示意图见图 1.4-2。

2）空气、水、噪声执行标准

根据烟台市环境保护局《关于海阳核电厂附近区域执行部分环境标准的复函》和山东省环境保护厅《山东省环境保护厅关于海阳核电建设项目声环境影响评价执行标准的复函》，项目建设期及运行期执行标准如下：

①环境空气质量

环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准。

②大气污染物排放

大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中的二级标准。

③生活污水

污水排放执行《山东省半岛流域水污染物综合排放标准》（DB37/676-2007）及修改单（鲁质监标发[2011]35 号）中的一级排放标准。根据 2011 年发布的修

改单，自2013年1月1日起一级标准指标为：悬浮物：20mg/L；BOD_5：10mg/L；CODcr：50mg/L；氨氮：5mg/L。

④噪声

山东海阳核电厂厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中的2类标准：昼间60dB（A）、夜间50dB（A）。

核电厂环境噪声执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）中的2类标准：昼间60dB（A）、夜间50dB（A）。

4）电磁辐射

山东海阳核电厂电磁辐射的环境影响执行《500kV超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》（HJ/T24-1998）和《高压交流架空线路无线电干扰限值》（GB15707-1995）的相关限值：

— 工频电场限值：4kV/m；

— 工频磁场限值：采用国际辐射保护协会关于对公众全天辐射时的工频限值0.1mT作为工频磁场的推荐限值；

无线电干扰：在距输电线路边相导线投影20m距离处、测试频率为0.5MHz的晴天条件下允许值不大于55dB（μV/m）。

1.4.3 选址阶段审评问题的落实

2013年7月4日，环境保护部（国家核安全局）第五次核安全与环境专家委员会部分委员会议审议了海阳核电厂3、4号机组厂址安全分析报告和环境影响报告书（选址阶段）的审评意见，委员们认为环境保护部（国家核安全局）对海阳核电厂3、4号机组厂址安全分析报告和环境影响报告书（选址阶段）的审评意见和结论是合适的，建议环境保护部（国家核安全局）颁发厂址选择审查意见书及批复选址阶段环境影响报告书。

本报告针对选址阶段环境影响报告书的审评问题单进行了梳理，对于在审评过程中承诺在建造阶段完成的内容如下：

— 采用5年内的气象数据

海阳核电厂原有气象观测系统于2009年7月拆除，新建气象系统与2012年2月投入运行，已获得2整年的观测数据。由于系统运行初期的数据获取率不能

满足标准要求，故需要利用第 3 年的观测数据，目前山东核电有限公司已委托专题单位对气象观测数据进行分析整理，工期 4~5 个月，计划于 2013 年 12 月完成。

— 声环境执行标准

2013 年 7 月 5 日，山东省环境保护厅发布了《山东省环境保护厅关于海阳核电建设项目声环境影响评价执行标准的复函》（鲁环评函[2013]215 号），对本项目噪声环境影响评价部分的执行标准提出以下意见：环境噪声执行《环境噪声标准》（GB3096-2008）中 2 类声环境功能区标准，运营期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 2 类声环境功能区标准。

— 放射性本底航测

目前业主已完成内部立项，计划于 9 月份实施采购，工期 4 个月。

— 大面水文观测

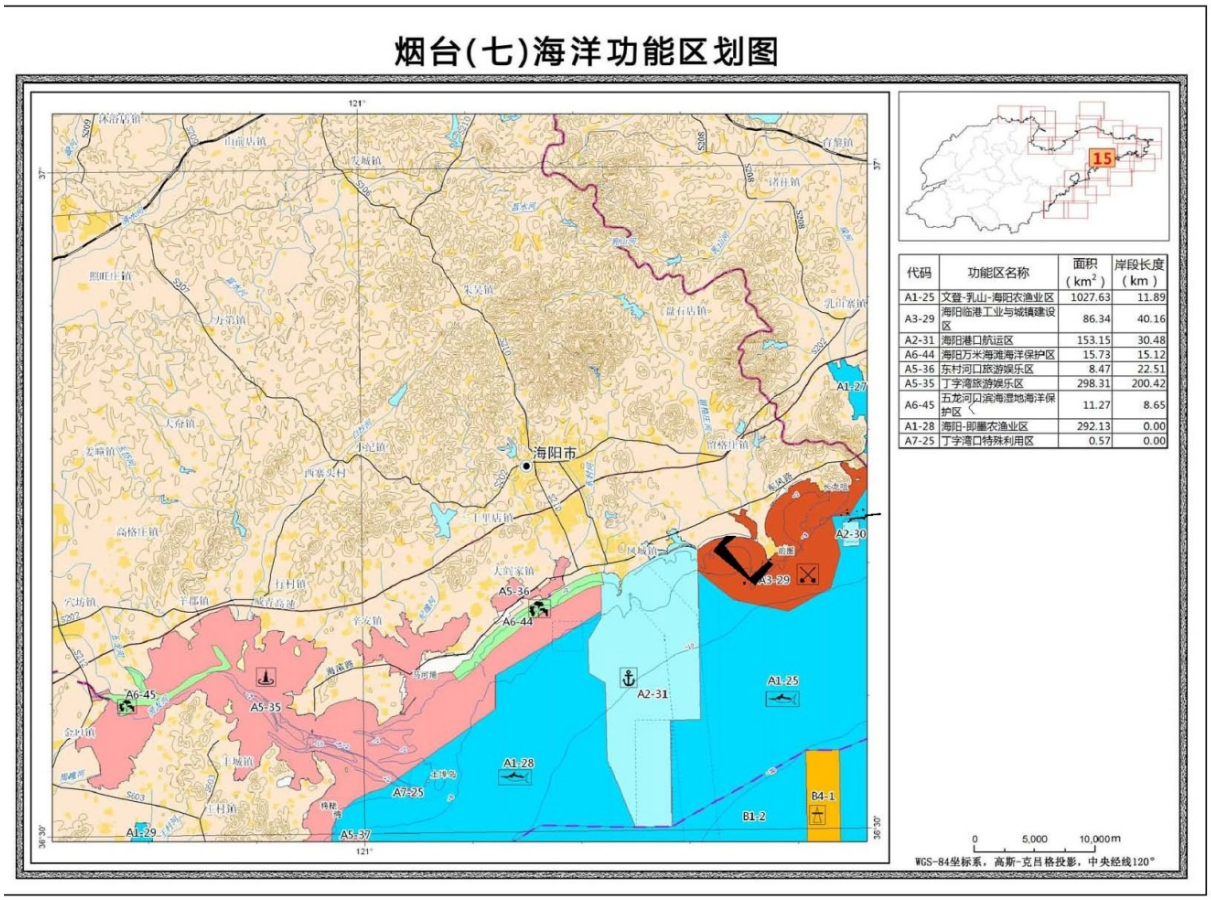
在二期工程中建设海水水文观测站进行观测。

— 运行前辐射监测

本项目的运行前辐射环境现状调查监测点位将在一期运行期间辐射环境监测大纲的基础上适当优化，具体监测方案见 7.2~7.3 节。

表 1.4-1　山东海阳核电厂 1、2 号及 3、4 号核电机组正常运行工况下的排放量（Bq/a）

设计值 项目	气载放射性流出物					液态放射性流出物		
	惰性气体	碘	粒子（$T_{1/2}$　8d）	碳 14	氚	氚	碳 14	其余核素
1、2 号核电机组设计排放量	4.52E+14	5.92E+09	3.50E+09	9.10E+11	1.22E+13	9.72E+13	9.10E+10	1.48E+10
3、4 号核电机组设计排放量	4.58E+14	5.92E+09	3.50E+09	9.10E+11	1.22E+13	9.72E+13	9.10E+10	1.38E+10
1~4 号核电机组设计排放量	9.10E+14	1.18E+10	7.00E+09	1.82E+12	2.44E+13	1.94E+14	1.82E+11	2.86E+10
GB6249-2011 规定	2.40E+15	8.00E+10	2.00E+11	2.80E+12	6.00E+13	3.00E+14	6.00E+11	2.00E+11
1~4 号核电机组设计排放量占 GB6249-2011 控制值的比例(%)	37.92%	14.8%	3.5%	65%	40.67%	64.8%	30.33%	14.3%



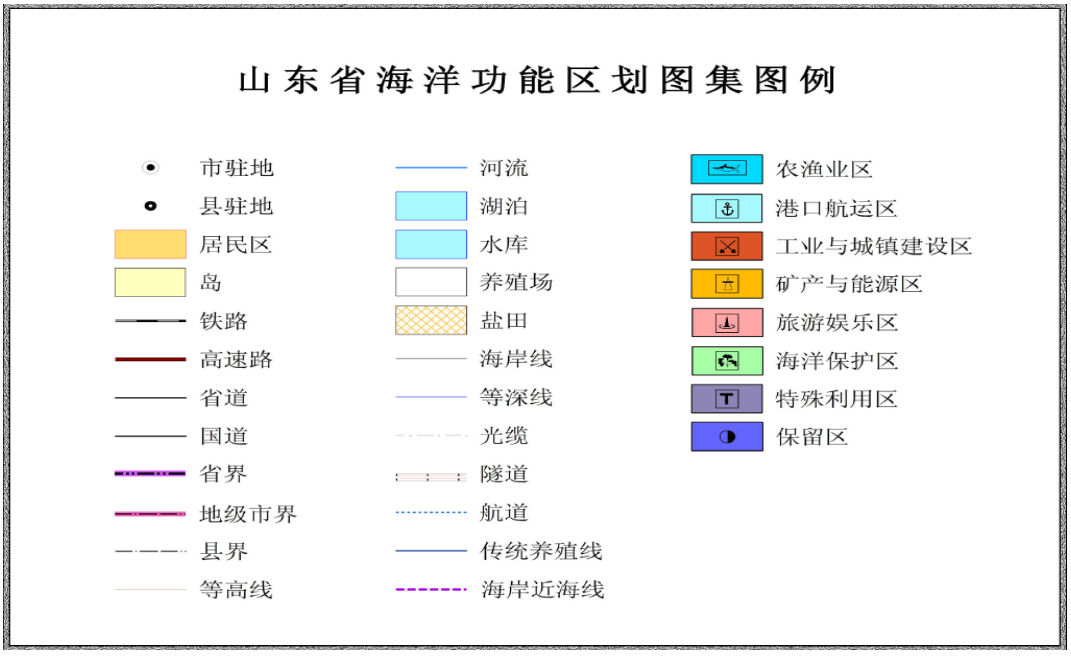
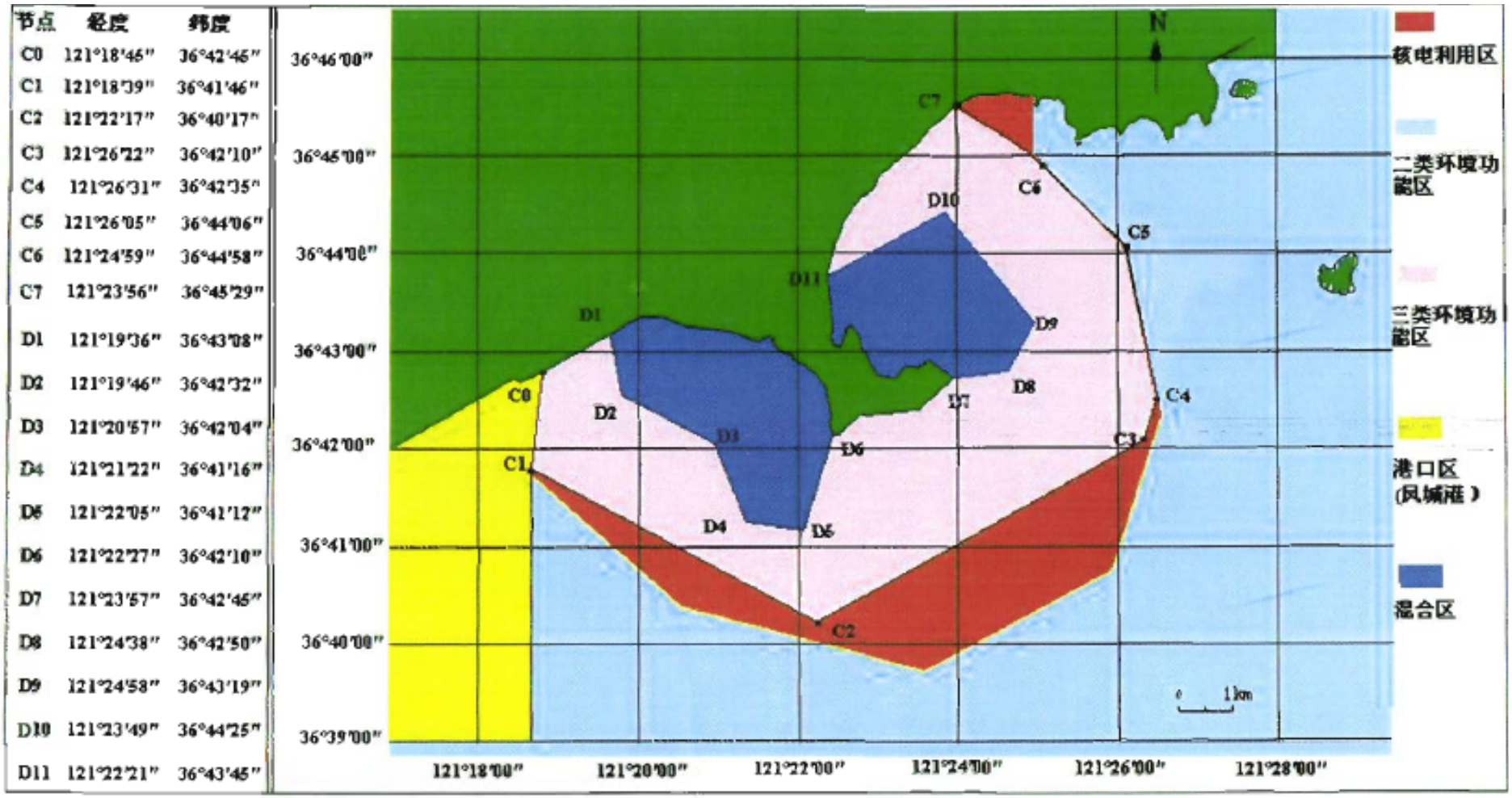


图 1.4-1 山东省海洋功能区划烟台海洋功能区划图



节点	经度	纬度
C0	121°18′45″	36°42′45″
C1	121°18′39″	36°41′46″
C2	121°22′17″	36°40′17″
C3	121°26′22″	36°42′10″
C4	121°26′31″	36°42′35″
C5	121°26′05″	36°44′06″
C6	121°24′59″	36°44′58″
C7	121°23′56″	36°45′29″
D1	121°19′36″	36°43′08″
D2	121°19′46″	36°42′32″
D3	121°20′57″	36°42′04″
D4	121°21′22″	36°41′16″
D5	121°22′05″	36°41′12″
D6	121°22′27″	36°42′10″
D7	121°23′57″	36°42′45″
D8	121°24′38″	36°42′50″
D9	121°24′58″	36°43′19″
D10	121°23′49″	36°44′25″
D11	121°22′21″	36°43′45″

图 1.4-2　山东海阳核电厂近岸海域环境功能区调整示意图

1.5 福岛事件响应

1.5.1 福岛事件对 CAP1000 电站建设的影响

福岛核电厂主要的挑战来自超设计基准地震后叠加超设计基准的海啸，其导致全厂断电事件（丧失所有交流电）。此外，由蓄电池供应的直流电源在 4 到 8 小时后也耗尽，电厂丧失所有可用电源。

CAP1000 是非能动电厂，无需动力支持即可缓解设计基准事故。这些非能动特性与安全系统在丧失电源或丧失气源下失效模式的缜密设计使得 AP1000 具有独有的能力来应对地震和洪水导致的超设计基准事故或其他非预期的电厂事件。

此外，CAP1000 核岛抗震设计采用的安全停堆地震（SSE）峰值加速度为 0.3g，可覆盖大部分厂址条件，并且抗震裕度评价表明所有安全级 SSC 的 HCLPF 不小于 0.5g。

目前的 CAP1000 设计，结合操纵员有限的操作，在福岛事件下的响应如下：

- 堆芯或乏燃料池不会发生燃料破损；
- 安全壳可维持其完整性；
- 无不可接受的放射性泄漏；
- 72 小时内无需厂外支援。

1.5.2 海阳厂址条件评估

根据我国核安全导则《滨海核电厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）的要求，海阳厂址的设计基准水位（DBF）为 5.83m（1956 年黄海高程系），厂址附近存在的最大可能浪高 H1/100 为 3.70m，因此考虑海浪影响的设计基准水位为 8.05m（5.83+0.6×3.70）。

山东海阳核电厂址的厂坪标高为 8.40m（1956 年黄海高程系），这比设计基准水位（DBF）高出 2.57m，比考虑海浪影响的设计基准水位高出 0.35m，从而保证了厂址的防水淹。海阳核电厂址是干厂址并满足安全有关的规范。

海阳厂址 SL-2 级设计基准地面运动为 0.175g，小于 SSE（0.3g）。

1.5.3 福岛事件经验反馈

海阳核电将遵循 NNSA 就福岛事件提出的相关要求。基本上，考虑部分可能的裕度增强措施来提高电厂能力，应对福岛超设计基准事故，具体如下：

— 为抗震 II 类的 PCS 辅助水箱(PCCAWST)增设抗震接口和移动式柴油机泵，确保事故后 72 小时内的补水能力以提供长期有效的冷却能力；

— 增设供电接口、相关电缆和独立可移动式柴油发电机，确保事故后 72 小时每个厂址的电力供应；

— 按国标 GB50011-2010 进行应急运行设施的抗震设计，抗震设计强度为 8 度。

第二章　厂址与环境

2.1 厂址地理位置

2.1.1 厂址位置

山东海阳核电厂地处胶东半岛的黄海之滨，为滨海核电厂。厂址位于山东省烟台市辖海阳市留格庄镇邵家庄村以南，处于三面环海的岬角东端，东北有乳山湾，西南有凤城港，东部和南部面临广阔的黄海。

厂址距海阳市留格庄镇约 10.2km（厂址 NW 方位）；距凤城街道办事处约 12.4km（厂址 W 方位）；距海阳市市区直线距离约 21km（厂址 WNW 方位）；距烟台市直线距离约 93km（厂址 N 方位）；距威海市直线距离约 111km（厂址 NE 方位）。

山东海阳核电厂自西向东规划建设 6 台百万千瓦级核电机组，以厂区西端为固定端，依次为 1~6 号机组。山东海阳核电厂地理位置见图 2.1-1。

2.1.2 厂址非居住区和规划限制区

根据《核动力厂环境辐射防护规定》（GB6249-2011）的要求，必须在核动力厂周围设置非居住区和规划限制区。

山东海阳核电厂将采用厂址陆域征地边界作为厂址的非居住区边界。

根据山东省人民政府（2008）193 号《山东省人民政府关于设置海阳核电项目规划限制区的批复》，确定山东海阳核电厂（以反应堆为中心）半径 5km 范围内为规划限制区。

图 2.1-2 给出了山东海阳核电厂陆域征地边界及非居住区边界示意图。

2.1.3 厂址附近居民点

原厂址附近的董家庄村和冷家庄村已分别搬迁至厂址 NNW 方位约 6.8km 和 7.6km 处。

目前距 3 号反应堆最近的居民点是位于厂址 NW 方位约 1.0km 处的邵家庄，2009 年底常住人口为 341 人；其次是位于厂址 NW 方位约 1.4km 处的张家庄，2009 年底有常住人口 1219 人。



图 2.1-1　山东海阳核电厂厂址地理位置图

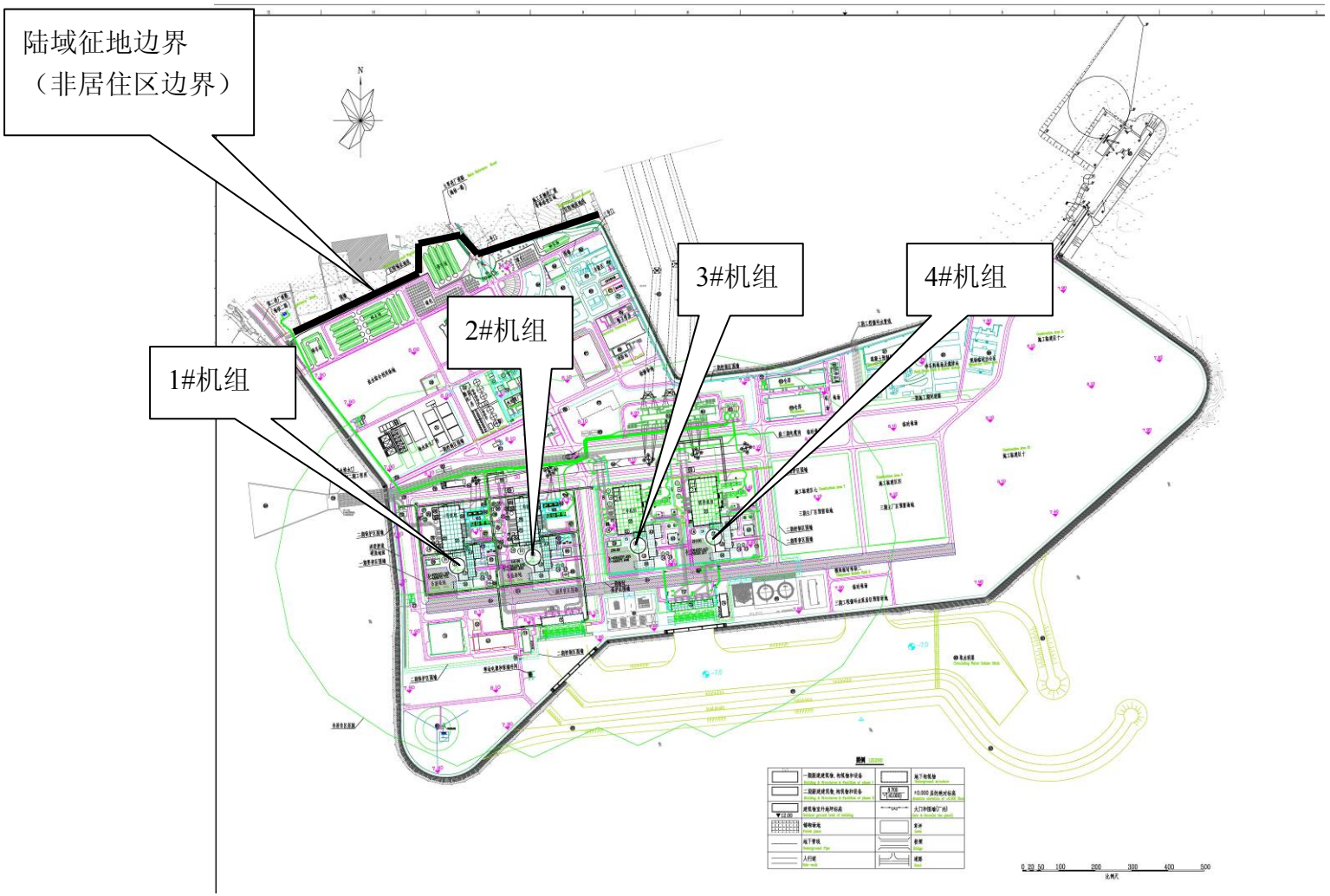


图 2.1-2　山东海阳核电厂陆域征地边界及非居住区边界示意图

2.2 人口分布

山东海阳核电厂厂址半径 80km 范围内的人口统计数据来源于厂址半径 80km 范围有关市（县）各级政府 2009 年国民经济统计年报以及当地派出所提供的统计资料。

本报告评价区域为以山东海阳核电厂 3 号反应堆为中心核电厂半径 80km 范围，并以 3 号反应堆为中心划分半径为 1，2，3，5，10，20，30，40，50，60，70，80km 的同心圆，轴向的罗盘方位为扇形区中心线，划分为 16 个方位，共 192 个子区。

2.2.1 厂址半径 80km 范围的人口分布

山东海阳核电厂厂址半径 80km 范围内截止到 2009 年底的常住总人口数为 3868632 人。按评价区面积计算，2009 年平均人口密度为 193 人/km^2。评价区陆地面积约占评价区总面积的 49.8%（为 10018.1km^2），按评价区陆域面积计算，2009 年平均人口密度为 386 人/km^2，低于山东省同期平均人口密度 603 人/km^2。

厂址周围各子区的人口分布详见表 2.2-1 和图 2.2-1。从表 2.2-1 可看出：

— 厂址半径 80km 范围内：人口主要分布在 WNW 方位，WNW 方位 80km 范围内共有人口 783554 人。其中位于厂址 WNW 方位 58km 至 74km 范围内的烟台市辖莱阳市 4 个街道办事处人口最多，共有人口 254683 人；

— 厂址半径 20km 范围内：人口主要分布在 WNW、NW、W 方位，厂址 20km 半径范围内 WNW 方位有人口 44406 人，NW 方位和 W 方位分别有人口 39968 人和 38789 人；

— 厂址半径 5km 范围内：人口主要分布在 N、NW 和 NNW 方位，其中 NNW 方位人口最多，有常住人口 3591 人。

2.2.2 厂址附近重要居民点和人口数

2.2.2.1 厂址半径 5km 范围内的居民点

山东海阳核电厂厂址半径 5km 范围内最大的居民点位于厂址 NNW 方位约 3.9km 处的大辛家村，2009 年底有常住人口 3169 人。

目前距厂址最近的居民点是位于 3 号反应堆 NW 方位约 1.0km 处的邵家庄，

2009 年底常住人口为 341 人；其次是位于 3 号反应堆 NW 方位约 1.4km 的张家庄村，2009 年底有常住人口 1219 人。

厂址半径 5km 范围内的总人口为 6854 人，平均陆域人口密度 408 人/km^2，低于山东省同期平均人口密度 603 人/km^2。厂址半径 5km 范围内的村庄及人口情况详见表 2.2-4 和图 2.2-2。

厂址半径 5km 范围内无万人以上村镇。

2.2.2.2 厂址半径 15km 范围内的重要居民点

厂址半径 15km 范围内有 1 个万人以上城镇，为位于厂址 W 方位约 12.4km 处的凤城街道，2009 年底共有常住人口 20859 人；距厂址最近的千人以上村镇为位于厂址 NW 方位约 1.4km 处的张家庄，2009 年底共有常住人口 1219 人。厂址半径 15km 范围内千人以上村镇分布见表 2.2-5 和图 2.2-3。

厂址半径 15km 范围内无十万人以上城镇。

2.2.2.3 厂址半径 80km 范围内的人口中心

厂址半径 80km 范围内人口超过万人的人口中心有 16 个，其中包括 2 个 10 万人以上的城镇。

表 2.2-6 和图 2.2-4 给出了厂址半径 80km 范围内万人以上人口中心的分布情况，由表 2.2-6 可知，最大的人口中心为位于厂址 WNW 方位约 69km 处的莱阳市城厢街道，2009 年底有城镇人口 137719 人；其次是位于厂址 NNE 方位约 26km 处的乳山市城区街道，2009 年底有城镇人口 116015 人。

距厂址最近的万人以上人口中心为位于厂址 W 方位约 12.4km 处的海阳市凤城街办驻地，2009 年底有常住人口 20859 人。

厂址半径 80km 范围内无百万人以上城市。

2.2.3 流动人口

暂住人口是指持有公安局发放的暂住证的人员，流动人口指包括旅游者和季节性居住人员以及未持有常住和暂住证的人员，流动人口既包括流入人口也包括流出人口。

山东海阳核电厂厂址半径 15km 范围内当地居民的生产活动主要以农业和渔业为主，少部分居民从事旅游业。随着留格庄镇和凤城街道的进一步开发建设，

厂址半径 15km 范围内的暂住人口有一定的增长，这些暂住人口主要是外来务工人员，大多在当地的工矿企业中打工。截止到 2009 年底，留格庄镇全镇暂住人口约 8690 人，流出人口 1160 人，流入人口 125 人；凤城街道暂住人口 3034 人，流出人口 119 人，流入人口 90 人。除核电厂现场施工人员外，以上暂住人口主要居住在留格庄镇和凤城街道驻地。

根据山东海阳核电厂 2011 年 3、4 月份的工程统计月报，核电厂各施工单位的现场施工人员分别有 4595 人和 5375 人。现场施工人员大部分租用核电厂附近邵家庄和张家庄村民的房屋，施工结束后将离开当地。

除此之外，厂址 W 方位约 14~18km 处建有海阳旅游度假区，旅游高峰期在每年的 5~8 月，高峰期游客约 20 万人/月。2009 年，海阳旅游度假区共接待海内外游客 141.5 万人次。

厂址 NE~ENE 约 13.5km 处的大乳山滨海旅游度假区为国家 4A 级旅游景区。每年的旅游高峰在 7~9 月，高峰期的游客约 4 万人/月。2009 年，大乳山滨海旅游度假区共接待游客 27.4 万人次。

2.2.4 评价区人口状况分析

山东海阳核电厂厂址半径 80km 范围内，截至 2009 年底的总人口数为 3868632 人，表 2.2-7 给出了厂址半径 80km 范围内各子区的陆地面积。按评价区面积计算，2009 年平均人口密度为 193 人/km^2。评价区陆地面积约占评价区总面积的 49.8%（为 10018.1km^2），按评价区陆域面积计算，2009 年平均人口密度为 386 人/km^2，低于山东省同期平均人口密度 603 人/km^2。

厂址半径 5km 范围内按陆域面积计算，平均人口密度为 408 人/km^2，高于海阳市同期平均人口密度（353 人/km^2）。

根据《核电厂选择及评价的人口分布问题》（HAD101/03）中推荐的人口密度法对山东海阳核电厂厂址的现有人口分布进行评价，其结果如下：

— 环形地带评价：均为 I 类厂址；

— 扇形地带评价：2~5km 为 II 类厂址、5~20km 为 I 类厂址。

表 2.2-8 给出了海阳核电厂厂址人口密度法评价结果。

由表 2.2-8 可见，山东海阳核电厂厂址周围人口分布基本符合山东省 I 类厂

址，厂址的人口分布现状能满足核电厂的厂址条件。

2.2.5 居民的年龄构成及饮食习惯

2.2.5.1 居民的年龄构成

根据《山东省 2010 年人口普查资料》，山东省人口的年龄构成为：

≤1 岁　　占　2.14%；

1~7 岁　　占　6.62%；

8~17 岁　　占　10.08%；

18 岁以上　占　81.16%。

按上述年龄组构成比例，计算得到厂址半径 80km 范围内 2009 年度各子区各年龄组的人口分布情况见表 2.2-9~表 2.2-12。

2.2.5.2 居民的饮食习惯

2.2.5.2.1 厂址半径 5km 范围内的居民饮食习惯

为进一步了解山东海阳核电厂厂址半径 5km 范围内居民的食物消费量和生活习惯，为“三关键”分析提供基础数据，上海核工程研究设计院委托中国辐射防护研究院对厂址半径 5km 范围内的居民开展为期一年的食谱调查工作。本次食谱调查采用定期抽样的方法，抽样户数见表 2.2-13。2012 年 9 月 17 日至 23 日，中国辐射防护研究院开展了为期一周的食谱调查工作。

厂址半径 5km 范围内不同职业、不同年龄组人群的年最大和年平均食物消费量见表 2.2-14 至表 2.2-15，生活习惯因子见表 2.2-16。厂址半径 5km 范围内不同居民组、不同年龄组人群的年最大和年平均食物消费量见表 2.2-17 至表 2.2-22，生活习惯因子见表 2.2-23~表 2.2-28，表中 18 岁以上年龄组均剔除渔民。

本次调查只在大辛家、邵家庄和张家庄 3 个居民组的调查样本中有渔民，18 岁以上渔民食物消费量调查结果见表 2.2-29。

2.2.5.2.2 厂址半径 5km 范围内的食物来源

厂址半径 5km 范围内主要以种植玉米和花生为主，大米主要是购买东北大米等。副食方面，蔬菜基本上是自产自销，各家各户在房前院内或村子周围统一规划的自留地种植。春菜以菠菜、韭菜、小白菜、大葱为主；夏季以黄瓜、豆角，茄子、土豆为主；秋、冬季以白菜、土豆、萝卜为主。鲜蛋、水果、禽类、鱼等

也基本是自产自销。牛奶全部是购买蒙牛、伊利等的包装牛奶。厂址半径 5km 范围内居民的食物来源见表 2.2-30。

2.2.5.2.3 厂址半径 80km 范围内的居民饮食习惯

厂址半径 80km 范围评价区域主要是山东省烟台市，评价区中农民的主食以面为主，城镇居民米和面的消费量相当。评价区小麦、玉米、地瓜、花生、大豆等来自本地，大米主要靠外购（东北大米等）。副食方面，评价区的蔬菜基本上自产自销。春菜以菠菜、韭菜、小白菜、大葱为主；夏季以黄瓜、豆角，茄子、土豆为主；秋、冬季以白菜、土豆、大萝卜为主。肉、鲜蛋、鱼等也是自产自销。

烟台市城镇居民和农村居民的人均食物消费量主要来源于烟台市统计局，海阳市城镇居民和农村居民的人均食物消费量主要来源于海阳市统计局。具体数据见表 2.2-31。

将烟台市城镇居民和农村居民人均食物消费量数据作为厂址半径 80km 范围内≥18 岁年龄组食物消费量数据，其他年龄组人均食物消费量数据根据厂址半径 5km 现场调查数据比例计算得出。厂址半径 80km 范围内城镇居民和农村居民的人均食物消费量调查结果见表 2.2-32。

表 2.2-1　厂址半径 80km 范围内各子区人口数（2009 年）

单位：人

距离(km) / 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	合计
N	0	0	0	1170	4081	5424	14939	55616	28985	48620	54111	108948	321894
NNE	0	0	0	0	3930	20252	156138	12712	57037	51438	18981	208947	529435
NE	0	0	0	0	2994	10885	54477	26985	73037	66714	94177	118316	447585
ENE	0	0	0	0	303	7975	15951	6091	3816	7606	23447	67637	132826
E	0	0	0	0	0	1130	2202	0	0	0	0	0	3332
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14142	0	2612	16754
WSW	0	0	0	0	0	0	7898	25853	20246	103037	81449	145032	383515
W	0	0	0	0	1351	37438	52315	25853	69223	131726	131899	153841	603646
WNW	0	0	0	0	7489	36917	69124	43691	28561	74563	338877	184332	783554
NW	171	1389	0	533	12288	25587	16155	40180	44630	77744	82336	52659	353672
NNW	0	0	0	3591	8451	6226	24955	16497	47989	116499	28233	39978	292419
合计	171	1389	0	5294	40887	151834	414154	253478	373524	692089	853510	1082302	3868632
累计	171	1560	1560	6854	47741	199575	613729	867207	1240731	1932820	2786330	3868632	

表 2.2-4　厂址半径 5km 范围内村庄及人口（2009 年）

居民点	位置		人口数
	方位	距离(km)	(人)
邵家庄	NW	1.0	341
张家庄	NW	1.4	1219
外岛	NNW	3.3	422
大辛家	NNW	3.9	3169
南庄	NW	5.0	533
小滩	N	5.0	1170
总计	-	-	6854

注：1）小滩村约有一半人在半径 5km 范围外，因此 5km 内小滩村有 1170 人。
2）南庄村约有一半人在半径 5km 范围外，因此 5km 内南庄村约有 533 人。

表 2.2-5　厂址半径 15km 范围内千人以上居民点（2009 年）

村、镇名称			位置		人口数(人)
			方位	距离(km)	
留格庄镇	1	张家庄	NW	1.4	1219
	2	大辛家	NNW	3.9	3169
	3	南庄	NW	5.0	1065
	4	小滩	N	5.0	2340
	5	窑头	NNW	5.8	1048
	6	前山	NE	7.4	1329
	7	冷家庄	NNW	7.6	1716
	8	前望海	N	8.0	1121
	9	小寨子	NNW	6.4	1194
	10	前扬台	NW	8.2	1456
	11	方里	NNE	8.2	2485
	12	河崖	NW	8.3	1179
	13	杜家	N	9.6	1291
	14	留格庄村	NW~NNW	9.7	1917
	15	霞河头	NW	5.8	2014
	16	彩春泊	NW	11.7	1089
	17	江家	N	11.7	1523
	18	望格庄	NNW	12.2	1296
	19	姜格庄	NNW	13.0	2472
	20	院下	NNW	14.1	1524
	21	塔儿庄	NW	14.6	1302
	22	留格庄镇镇区	NW	10.2	3824
凤城街道	1	寨前	WNW~W	6.8	1410
	2	八里孙家	WNW~W	9.0	1165
	3	东迟格庄	WNW	11.7	1241
	4	建设	W	12.2	1546
	5	窑上	W	13.3	1022
	6	西河崖	W	13.5	1072
	7	凤城街道办事处	W	12.4	20859
乳山寨镇	1	横山后	NNE	11.5	1106
	2	到根见	NE	11.6	1051
	3	人石	NNE	12.4	1657
乳山口镇	1	旗杆石	NE	14.2	1230
旅游度假区	1	先锋	W	11.9	1675
	2	胜利	W	12.3	1783
	3	庙头	W	14.3	1008
	4	黄家	W	14.4	1730

表 2.2-6　厂址半径 80km 范围内万人以上城镇（2009 年）

地名		位置		城镇人口(人)
		方位	距离(km)	
牟平区	宁海街道	NNE	78	73421
	文化街道	NNE	79	62077
	武宁镇	NNE	76	14478
文登市	环山路街道	NE	80	54814
乳山市	城区街道	NNE	26	116015
莱阳市	城厢街道	WNW	69	137719
	古柳街道	WNW	66	50712
	龙旺庄街道	WNW	58	33407
	冯格庄街道	WNW	74	32845
海阳市	方圆街道	WNW	19.2	54521
	东村街道	WNW	22	63672
	凤城街道	W	12.4	20859
	开发区	W~WNW	16.8	21760
莱西市	水集街道	W~WNW	80	99535
	望城街道	W	79	71370
	水龙街道	WNW	79	20703

表 2.2-7　厂址半径 80km 范围内各子区陆地面积

单位：km^2

距离(km) / 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
N	0.2	0.2	0.3	2.5	14.7	58.9	98.2	137.4	176.7	216.0	255.3	294.5
NNE	0.2	0.1	0.0	0.0	11.8	53.0	98.2	137.4	176.7	216.0	255.3	294.5
NE	0.2	0.0	0.0	0.0	5.9	29.5	78.5	137.4	176.7	216.0	255.3	294.5
ENE	0.2	0.2	0.0	0.0	0.7	23.6	49.1	41.2	35.3	43.2	76.6	176.7
E	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	2.9	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ESE	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SE	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SSE	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
S	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SSW	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.2	0.0	29.5
WSW	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.6	55.0	88.4	172.8	204.2	265.1
W	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	53.0	98.2	137.4	159.0	216.0	255.3	294.5
WNW	0.0	0.0	0.2	2.5	14.7	58.9	98.2	137.4	176.7	216.0	255.3	294.5
NW	0.2	0.5	0.8	3.1	14.7	58.9	98.2	137.4	176.7	216.0	255.3	294.5
NNW	0.2	0.6	0.8	3.1	14.7	58.9	98.2	137.4	176.7	216.0	255.3	294.5
合计	1.8	1.6	2.1	11.3	84.7	397.6	746.1	1058.3	1343.0	1771.1	2067.6	2532.9
累计	1.8	3.5	5.5	16.8	101.5	499.1	1245.2	2303.6	3646.6	5417.7	7485.2	10018.1

表 2.2-8　按厂址周围人口密度法对厂址类型的判别

厂址半径（km）	厂址分类	
	环形地带评价	扇形地带评价
0~2	Ⅰ	—
2~5	Ⅰ	Ⅱ
5~10	Ⅰ	Ⅰ
10~20	Ⅰ	

表 2.2-9　厂址半径 80km 范围内人口分布（<1 岁）（2009 年底）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	25	87	116	320	1190	620	1040	1158	2331	6889
NNE	0	0	0	0	84	433	3341	272	1221	1101	406	4471	11330
NE	0	0	0	0	64	233	1166	577	1563	1428	2015	2532	9578
ENE	0	0	0	0	6	171	341	130	82	163	502	1447	2842
E	0	0	0	0	0	24	47	0	0	0	0	0	71
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	303	0	56	359
WSW	0	0	0	0	0	0	169	553	433	2205	1743	3104	8207
W	0	0	0	0	29	801	1120	553	1481	2819	2823	3292	12918
WNW	0	0	0	0	160	790	1479	935	611	1596	7252	3945	16768
NW	4	30	0	11	263	548	346	860	955	1664	1762	1127	7569
NNW	0	0	0	77	181	133	534	353	1027	2493	604	856	6258
各环段人口合计	4	30	0	113	875	3249	8863	5424	7993	14811	18265	23161	82789
半径区内人口累计	4	34	34	147	1022	4271	13134	18558	26552	41362	59627	82789	

表 2.2-10　厂址半径 80km 范围内人口分布（1~7 岁）（2009 年底）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	77	270	359	989	3682	1919	3219	3582	7212	21309
NNE	0	0	0	0	260	1341	10336	842	3776	3405	1257	13832	35049
NE	0	0	0	0	198	721	3606	1786	4835	4416	6235	7833	29630
ENE	0	0	0	0	20	528	1056	403	253	504	1552	4478	8793
E	0	0	0	0	0	75	146	0	0	0	0	0	221
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	936	0	173	1109
WSW	0	0	0	0	0	0	523	1711	1340	6821	5392	9601	25389
W	0	0	0	0	89	2478	3463	1711	4583	8720	8732	10184	39961
WNW	0	0	0	0	496	2444	4576	2892	1891	4936	22434	12203	51871
NW	11	92	0	35	813	1694	1069	2660	2955	5147	5451	3486	23413
NNW	0	0	0	238	559	412	1652	1092	3177	7712	1869	2647	19358
各环段人口合计	11	92	0	350	2707	10052	27417	16780	24727	45816	56503	71648	256103
半径区内人口累计	11	103	103	453	3160	13212	40629	57409	82136	127952	184455	256103	

表 2.2-11　厂址半径 80km 范围内人口分布（8~17 岁）（2009 年底）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	118	411	547	1506	5606	2922	4901	5454	10982	32447
NNE	0	0	0	0	396	2041	15739	1281	5749	5185	1913	21062	53367
NE	0	0	0	0	302	1097	5491	2720	7362	6725	9493	11926	45117
ENE	0	0	0	0	31	804	1608	614	385	767	2363	6818	13389
E	0	0	0	0	0	114	222	0	0	0	0	0	336
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1426	0	263	1689
WSW	0	0	0	0	0	0	796	2606	2041	10386	8210	14619	38658
W	0	0	0	0	136	3774	5273	2606	6978	13278	13295	15507	60848
WNW	0	0	0	0	755	3721	6968	4404	2879	7516	34159	18581	78982
NW	17	140	0	54	1239	2579	1628	4050	4499	7837	8299	5308	35650
NNW	0	0	0	362	852	628	2515	1663	4837	11741	2846	4030	29476
各环段人口合计	17	140	0	534	4121	15305	41747	25551	37651	69762	86034	109096	389958
半径区内人口累计	17	157	157	691	4812	20117	61864	87415	125066	194828	280862	389958	

表 2.2-12　厂址半径 80km 范围内人口分布（≥18 岁）（2009 年底）

单位：人

距离（km） 方位	0-1	1-2	2-3	3-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	0-80
N	0	0	0	950	3312	4402	12124	45138	23524	39460	43916	88422	261249
NNE	0	0	0	0	3190	16437	126722	10317	46291	41747	15405	169581	429689
NE	0	0	0	0	2430	8834	44214	21901	59277	54145	76434	96025	363260
ENE	0	0	0	0	246	6473	12946	4943	3097	6173	19030	54894	107802
E	0	0	0	0	0	917	1787	0	0	0	0	0	2704
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11478	0	2120	13598
WSW	0	0	0	0	0	0	6410	20982	16432	83625	66104	117708	311261
W	0	0	0	0	1096	30385	42459	20982	56181	106909	107049	124857	489919
WNW	0	0	0	0	6078	29962	56101	35460	23180	60515	275033	149604	635932
NW	139	1127	0	433	9973	20766	13111	32610	36222	63097	66824	42740	287040
NNW	0	0	0	2914	6859	5053	20253	13389	38948	94551	22914	32446	237327
各环段人口合计	139	1127	0	4297	33184	123228	336127	205723	303152	561699	692709	878397	3139782
半径区内人口累计	139	1266	1266	5563	38747	161975	498102	703825	1006977	1568676	2261385	3139782	

表 2.2-13　厂址周围各居民组抽样调查户数人数表

居民组	抽样户数	抽样比例	居民组总人数	抽样人数	其中：<1 岁人数	1~6 岁人数	7~17 岁人数	18 岁以上人数
邵家庄	16	14.4%	341	49	2	6	8	33
大辛家	11	1.1%	3169	34	6	5	1	22
小滩	10	2.8%	1170	33	5	3	5	20
张家庄	7	2.1%	1219	25	1	5	4	15
外岛	6	4.3%	422	18	2	2	2	12
南庄	6	1.7%	1065	18	2	2	2	12
共计	56	2.4%	7386	177	18	23	22	114

表 2.2-14　厂址半径 5km 范围内不同职业人群食物消费量调查结果（≥18 岁）

职业		农民		渔民		其他	
调查人数（人）		92		20		2	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	36.4	80.6	47.3	78	23.5	31.2
	面	81.4	150.8	81.5	137.8	84.7	88.4
	其它	4.7	26	4.3	28.6	2.6	5.2
蔬菜	叶类	52.4	104	60.2	104	33.9	33.8
	根茎类	22.5	101.4	18.3	39	26.1	28.6
	果实类	25.1	140.4	18.4	85.8	52.1	59.8
	水生类	2.6	23.4	3.3	20.8	0.0	0
肉禽类	猪肉	27.5	62.4	34.2	52	20.9	33.8
	牛肉	1.4	18.2	2.5	13	0.0	0
	羊肉	1.2	13	0.8	7.8	0.0	0
	鸡、鸭、鹅肉	11.5	41.6	5.9	18.2	9.1	13
海产品	鱼类	34.1	111.8	50.3	104	19.6	26
	甲壳类	13.6	101.4	13.3	41.6	19.6	26
	软体类	18.7	83.2	25.9	70.2	6.5	13
	藻类	3.7	18.2	2.0	13	2.6	2.6
奶类及其制品		14.8	72.8	5.1	20.8	5.2	10.4
水果		56.9	124.8	56.3	98.8	52.1	52
蛋类		12.9	57.2	12.6	33.8	7.8	10.4

表 2.2-15　厂址半径 5km 范围内不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁	
调查人数（人）		18		23		22	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	8.8	18.2	18.7	39	26.3	57.2
	面	10.1	23.4	23.6	49.4	47.8	91
	其它	0.9	5.2	2.4	7.8	2.4	15.6
蔬菜	叶类	6.5	15.6	18.9	28.6	33.1	49.4
	根茎类	1.9	10.4	5.4	20.8	16.0	33.8
	果实类	2.5	10.4	4.3	23.4	16.0	62.4
	水生类	0	2.6	1.5	5.2	1.2	5.2
肉禽类	猪肉	2.3	13	12.0	23.4	18.6	36.4
	牛肉	0.0	0	0.8	10.4	0.2	5.2
	羊肉	0.0	0	0.3	2.6	1.1	10.4
	鸡、鸭、鹅肉	0.1	2.6	4.3	13	7.2	20.8
海产品	鱼类	2.9	10.4	11.4	28.6	22.2	52
	甲壳类	0.1	2.6	4.1	28.6	10.9	62.4
	软体类	0.1	2.6	6.8	28.6	10.1	54.6
	藻类	0.1	2.6	0.9	5.2	2.1	10.4
奶类及其制品		258	400.4	61.1	202.8	34.6	72.8
水果		6.9	28.6	33.4	70.2	44.1	88.4
蛋类		9.0	28.6	12.9	36.4	12.7	46.8

表 2.2-16　厂址半径 5km 范围内不同年龄组的生活习惯因子

活动方式 年龄 职业		岸边活动		海上作业		海里游泳	
		人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18 岁	农民	206	728	0	0	14.8	35
	渔民	748	5408[1]	3342	5200[2]	23.2	60
	其他	0	0	0	0	0	0
<1 岁		0	0	0	0	0	0
1~6 岁		147	312	0	0	6	18
7~17 岁		130	156	0	0	10.5	40

注 1：渔民最大岸边活动出现在大辛家一位渔民，这位渔民在调查时间段内，每天在码头工作，并不出海捕捞。

注 2：渔民最大海上作业出现在大辛家一位远海捕捞的渔民，该渔民在调查时间段内，进行远海捕捞 5 天，只在出海前和回来后有一共 2 小时在岸边准备和搬运货物的岸边活动时间，其余时间均随渔船在海上，故该渔民岸边活动年最大时间为 104 小时。

表 2.2-17　邵家庄居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	14.3	15.6	22.1	39.0	28.0	57.2	34.1	75.4
	面	9.1	13.0	22.5	41.6	54.9	91.0	77.5	117.0
	其它	0.0	0.0	2.2	5.2	2.9	15.6	2.1	10.4
蔬菜	叶类	13.0	13.0	20.8	26.0	34.5	49.4	48.0	91.0
	根茎类	1.3	2.6	3.9	10.4	18.2	31.2	20.2	33.8
	果实类	2.6	5.2	2.2	5.2	22.8	62.4	23.3	59.8
	水生类	0.0	0.0	1.3	5.2	1.0	5.2	2.2	13.0
肉禽类	猪肉	0.0	0.0	11.3	23.4	18.9	36.4	23.3	54.6
	牛肉	0.0	0.0	0.9	5.2	0.0	0.0	1.2	13.0
	羊肉	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	10.4	0.0	0.0
	鸡、鸭、鹅	0.0	0.0	2.2	7.8	9.1	18.2	8.3	23.4
海产品	鱼类	2.6	5.2	11.3	20.8	27.3	52.0	38.6	91.0
	甲壳类	0.0	0.0	3.0	10.4	13.3	39.0	12.9	39.0
	软体类	0.0	0.0	6.5	15.6	9.4	26.0	13.3	28.6
	藻类	0.0	0.0	0.9	2.6	1.0	2.6	2.7	13.0
奶类及其制品		219.7	317.2	53.7	93.6	36.4	62.4	7.7	31.2
水果		16.9	26.0	39.9	70.2	52.0	80.6	46.5	88.4
蛋类		20.8	28.6	14.3	20.8	9.4	23.4	8.6	39.0

表 2.2-18　张家庄居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	10.4	10.4	13.5	28.6	35.1	44.2	35.0	80.6
	面	5.2	5.2	19.8	33.8	41.0	49.4	94.1	150.8
	其它	0.0	0.0	3.1	5.2	3.3	7.8	5.2	15.6
蔬菜	叶类	5.2	5.2	15.1	28.6	35.8	49.4	53.9	101.4
	根茎类	0.0	0.0	6.2	10.4	4.6	10.4	22.5	49.4
	果实类	0.0	0.0	5.7	23.4	3.9	15.6	36.9	85.8
	水生类	0.0	0.0	1.6	5.2	2.0	2.6	2.4	7.8
肉禽类	猪肉	0.0	0.0	8.3	15.6	25.4	31.2	28.6	62.4
	牛肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	羊肉	0.0	0.0	1.0	2.6	2.0	7.8	2.6	10.4
	鸡、鸭、鹅	0.0	0.0	6.2	10.4	10.4	20.8	15.6	36.4
海产品	鱼类	5.2	5.2	13.5	23.4	28.6	44.2	39.2	111.8
	甲壳类	0.0	0.0	1.6	2.6	22.8	62.4	30.0	101.4
	软体类	0.0	0.0	6.2	13.0	18.2	54.6	31.4	80.6
	藻类	0.0	0.0	1.0	5.2	6.5	10.4	6.9	18.2
奶类及其制品		358.8	358.8	61.4	75.4	41.6	62.4	10.4	72.8
水果		7.8	7.8	24.4	49.4	54.6	59.8	77.8	117.0
蛋类		15.6	15.6	17.7	36.4	13.0	18.2	20.3	46.8

表 2.2-19　外岛居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	13.0	13.0	16.9	28.6	19.5	26.0	39.9	65.0
	面	7.8	10.4	31.2	49.4	29.9	41.6	67.8	98.8
	其它	1.3	2.6	1.3	2.6	0.0	0.0	1.5	7.8
蔬菜	叶类	5.2	5.2	18.2	23.4	29.9	41.6	46.4	62.4
	根茎类	0.0	0.0	11.7	15.6	20.8	26.0	25.6	62.4
	果实类	0.0	0.0	5.2	10.4	7.8	13.0	14.5	28.6
	水生类	0.0	0.0	3.9	5.2	0.0	0.0	2.0	7.8
肉禽类	猪肉	0.0	0.0	13.0	13.0	20.8	23.4	34.5	49.4
	牛肉	0.0	0.0	5.2	10.4	0.0	0.0	2.6	18.2
	羊肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	10.4
	鸡、鸭、鹅	0.0	0.0	3.9	7.8	9.1	18.2	8.0	20.8
海产品	鱼类	3.9	7.8	23.4	28.6	13.0	18.2	46.8	88.4
	甲壳类	0.0	0.0	14.3	28.6	3.9	7.8	10.2	36.4
	软体类	0.0	0.0	14.3	28.6	6.5	10.4	15.4	59.8
	藻类	0.0	0.0	1.3	2.6	1.3	2.6	3.0	7.8
奶类及其制品		338.0	364.0	62.4	78.0	26.0	52.0	10.2	31.2
水果		10.4	20.8	59.8	67.6	55.9	67.6	49.8	67.6
蛋类		14.3	15.6	13.0	18.2	19.5	20.8	13.7	26.0

表 2.2-20　大辛家居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	3.9	15.6	22.4	28.6	26.0	26.0	50.4	67.6
	面	1.7	10.4	25.5	33.8	33.8	33.8	82.4	119.6
	其它	0.9	5.2	2.1	7.8	2.6	2.6	11.1	26.0
蔬菜	叶类	2.2	10.4	20.8	26.0	33.8	33.8	64.3	104.0
	根茎类	0.9	5.2	1.6	7.8	10.4	10.4	21.6	46.8
	果实类	1.7	10.4	2.1	7.8	33.8	33.8	40.6	140.4
	水生类	0.0	0.0	1.6	5.2	2.6	2.6	3.4	10.4
肉禽类	猪肉	0.0	0.0	16.1	23.4	10.4	10.4	26.0	57.2
	牛肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	18.2
	羊肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	鸡、鸭、鹅	0.0	0.0	4.2	10.4	5.2	5.2	20.8	41.6
海产品	鱼类	1.7	10.4	7.8	13.0	36.4	36.4	33.7	78.0
	甲壳类	0.0	0.0	1.0	5.2	5.2	5.2	12.5	39.0
	软体类	0.0	0.0	3.6	13.0	10.4	10.4	21.5	78.0
	藻类	0.0	0.0	0.5	2.6	2.6	2.6	4.9	10.4
奶类及其制品		355.8	410.8	59.8	72.8	72.8	72.8	39.1	72.8
水果		5.2	28.6	29.1	46.8	88.4	88.4	71.6	114.4
蛋类		4.3	18.2	10.4	18.2	46.8	46.8	20.1	57.2

表 2.2-21　南庄居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	15.6	18.2	16.9	18.2	29.9	31.2	30.3	54.6
	面	19.5	23.4	22.1	23.4	42.9	46.8	86.2	130.0
	其它	1.3	2.6	2.6	2.6	1.3	2.6	3.7	10.4
蔬菜	叶类	7.8	15.6	20.8	20.8	36.4	36.4	49.0	65.0
	根茎类	2.6	5.2	2.6	5.2	9.1	10.4	12.8	23.4
	果实类	0.0	0.0	1.3	2.6	0.0	0.0	1.1	7.8
	水生类	1.3	2.6	1.3	2.6	2.6	5.2	4.6	23.4
肉禽类	猪肉	6.5	13.0	11.7	13.0	28.6	36.4	37.5	57.2
	牛肉	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	5.2	1.1	7.8
	羊肉	0.0	0.0	1.3	2.6	2.6	5.2	2.4	13.0
	鸡、鸭、鹅	0.0	0.0	5.2	7.8	7.8	15.6	11.7	26.0
海产品	鱼类	2.6	5.2	9.1	15.6	10.4	15.6	20.8	41.6
	甲壳类	0.0	0.0	1.3	2.6	0.0	0.0	1.5	10.4
	软体类	1.3	2.6	3.9	5.2	7.8	7.8	11.5	20.8
	藻类	1.3	2.6	2.6	5.2	0.0	0.0	3.7	15.6
奶类及其制品		180.7	299.0	57.2	62.4	31.2	41.6	12.1	41.6
水果		1.3	2.6	16.9	20.8	33.8	41.6	55.5	72.8
蛋类		10.4	10.4	9.1	10.4	11.7	15.6	4.8	13.0

表 2.2-22　小滩居民组不同年龄组人群食物消费量调查结果

年龄组		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	7.8	10.4	16.5	18.2	17.7	23.4	25.4	57.2
	面	18.7	20.8	24.3	28.6	53.0	65.0	82.6	109.2
	其它	1.0	5.2	2.6	2.6	2.1	5.2	3.1	10.4
蔬菜	叶类	9.4	13.0	17.3	20.8	28.1	36.4	47.7	83.2
	根茎类	4.2	10.4	11.3	20.8	23.4	33.8	29.8	101.4
	果实类	5.7	7.8	11.3	13.0	20.8	33.8	28.2	41.6
	水生类	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.6	1.3	13.0
肉禽类	猪肉	5.7	7.8	12.1	15.6	9.4	18.2	21.6	46.8
	牛肉	0.0	0.0	0.9	2.6	0.0	0.0	1.3	15.6
	羊肉	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	13.0
	鸡、鸭、鹅	0.5	2.6	5.2	13.0	1.0	5.2	5.2	31.2
海产品	鱼类	3.6	7.8	7.8	18.2	14.0	28.6	25.1	39.0
	甲壳类	0.5	2.6	10.4	26.0	5.7	13.0	15.6	62.4
	软体类	0.0	0.0	10.4	28.6	6.8	13.0	19.2	83.2
	藻类	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	2.6	1.8	5.2
奶类及其制品		132.1	364.0	78.0	202.8	22.9	36.4	4.3	54.6
水果		5.2	15.6	35.5	70.2	13.0	23.4	45.6	124.8
蛋类		5.7	10.4	8.7	18.2	8.3	13.0	9.9	20.8

表 2.2-23　邵家庄居民组的生活习惯因子

活动方式 年龄 职业		岸边活动		海上作业		海里游泳	
		人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18 岁	农民	109	114	0	0	14.8	35
	渔民	295	520	3062	4992	23.2	60
	其他	0	0	0	0	0	0
<1 岁		0	0	0	0	0	0
1~6 岁		114	114	0	0	6	18
7~17 岁		104	104	0	0	10.5	40

表 2.2-24　张家庄居民组的生活习惯因子

活动方式 / 年龄 / 职业		岸边活动		海上作业		海里游泳	
		人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18 岁	农民	104	104	0	0	14.8	35
	渔民	104	104	4368	4368	23.2	60
	其他	0	0	0	0	0	0
<1 岁		0	0	0	0	0	0
1~6 岁		104	104	0	0	6	18
7~17 岁		0	0	0	0	10.5	40

表 2.2-25　外岛居民组的生活习惯因子

活动方式 年龄 职业		岸边活动		海上作业		海里游泳	
		人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18 岁	农民	121	156	0	0	14.8	35
	渔民	0	0	0	0	23.2	60
	其他	0	0	0	0	0	0
<1 岁		0	0	0	0	0	0
1~6 岁		104	104	0	0	6	18
7~17 岁		156	156	0	0	10.5	40

表 2.2-26　大辛家居民组的生活习惯因子

活动方式 / 年龄 / 职业		岸边活动		海上作业		海里游泳	
		人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18 岁	农民	728	728	0	0	14.8	35
	渔民	2756	5408[1]	3952	5200[2]	23.2	60
	其他	0	0	0	0	0	0
<1 岁		0	0	0	0	0	0
1~6 岁		0	0	0	0	6	18
7~17 岁		0	0	0	0	10.5	40

注 1：渔民最大岸边活动出现在大辛家一位渔民，这位渔民在调查时间段内，每天在码头工作，并不出海捕捞。

注 2：渔民最大海上作业出现在大辛家一位远海捕捞的渔民，该渔民在调查时间段内，进行远海捕捞 5 天，只在出海前和回来后有一共 2 小时在岸边准备和搬运货物的岸边活动时间，其余时间均随渔船在海上，故该渔民岸边活动年最大时间为 104 小时。

表 2.2-27　南庄居民组的生活习惯因子

活动方式 年龄 职业		岸边活动		海上作业		海里游泳	
		人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18 岁	农民	0	0	0	0	14.8	35
	渔民	0	0	0	0	23.2	60
	其他	0	0	0	0	0	0
<1 岁		0	0	0	0	0	0
1~6 岁		0	0	0	0	6	18
7~17 岁		0	0	0	0	10.5	40

表 2.2-28　小滩居民组的生活习惯因子

活动方式 年龄 职业		调查人数(人)	岸边活动			海上作业			海里游泳		
			人数	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人数	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）	人数	人年平均时间（小时）	人年最大时间（小时）
≥18岁	农民	20	3	217	312	0	0	0	0	0	0
	渔民	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	其他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<1 岁		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1~6 岁		3	1	312	312	0	0	0	0	0	0
7~17 岁		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表 2.2-29　各居民组渔民食物消费量调查结果

居民组/行政村		大辛家		邵家庄		张家庄	
调查渔民人数（人）		3		13		4	
食物种类		年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）	年平均消费量（kg/人•a）	年最大消费量（kg/人•a）
粮食	米	51.1	67.6	44.2	78.0	54.0	72.8
	面	94.5	114.4	78.6	137.8	80.0	106.6
	其它	18.2	28.6	1.8	5.2	2.0	5.2
蔬菜	叶类	75.4	104.0	61.4	93.6	44.2	59.8
	根茎类	17.3	26.0	20.6	39.0	11.1	23.4
	果实类	49.4	85.8	12.6	36.4	13.7	28.6
	水生类	6.1	7.8	2.6	20.8	3.3	7.8
肉禽类	猪肉	30.3	52.0	34.2	44.2	36.4	46.8
	牛肉	0.0	0.0	3.8	13.0	0.0	0.0
	羊肉	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	7.8
	鸡、鸭、鹅肉	6.9	10.4	6.0	18.2	4.6	10.4
海产品	鱼类	51.1	67.6	47.0	104.0	59.8	72.8
	甲壳类	19.1	41.6	12.4	39.0	11.7	23.4
	软体类	19.9	20.8	24.6	70.2	34.5	44.2
	藻类	3.5	7.8	1.8	13.0	1.3	2.6
奶类及其制品		13.9	20.8	3.0	13.0	5.2	20.8
水果		75.4	98.8	57.0	83.2	39.0	70.2
蛋类		20.8	31.2	14.0	33.8	2.0	5.2

表 2.2-30　厂址半径 5km 范围内居民的食物来源比例

食物种类		当地生产比例（%）	外部供应比例（%）
粮食	米	0	100
	面	90	10
	其它	90	10
蔬菜	叶类	100	0
	根茎类	100	0
	果实类	100	0
	水生类	20	80
肉禽类	猪肉	100	0
	牛肉	70	30
	羊肉	70	30
	鸡、鸭、鹅肉	100	0
海产品	鱼类	100	0
	甲壳类	100	0
	软体类	100	0
	藻类	100	0
奶类及其制品		0	100
水果		80	20
蛋类		100	0

表 2.2-31　厂址 80km 半径范围烟台和海阳市城镇居民和农民年平均食物消费量

单位：kg/人·a

食物种类		烟台市城镇居民	烟台市农村居民	海阳市城镇居民	海阳市农村居民
粮食	米	27.48	7.45	15.5	4.37
	面	25.77	108.95	23.53	134.96
	其它	33.24	18.72	18.86	36.61
蔬菜		116.83	80.66	87.59	110.39
肉禽类	猪肉	20.29	10.88	15.74	10.1
	牛肉	2.88	0.47	0.64	0.14
	羊肉	1.47	0.30	0.88	0.32
	鸡、鸭、鹅肉	6.26	1.23	3.84	2.23
海产品	鱼类	12.47	7.14	6.56	12.74
	甲壳类	4.11	4.13	3.19	9.11
	软体类	13.83	0.68	23.47	0.25
	藻类		0.14		0.07
奶类及其制品		30.62	11.45	17.12	2.56
水果		51.17	23.09	40.65	16.13
蛋类		19.96	10.92	15.79	6.63

表 2.2-32　厂址 80km 半径范围城镇居民和农民平均食物消费量

单位：kg/人·a

食物种类		<1 岁		1~6 岁		7~17 岁		≥18 岁	
		城镇居民	农村居民	城镇居民	农村居民	城镇居民	农村居民	城镇居民	农村居民
粮食	米	6.7	1.8	14.1	3.8	19.9	5.4	27.48	7.45
	面	3.2	13.6	7.5	31.6	15.1	63.9	25.77	108.95
	其它	6.2	3.5	16.9	9.5	16.8	9.5	33.24	18.72
蔬菜	叶类	7.4	5.1	21.6	14.9	37.7	26.0	59.7	41.2
	根茎类	2.1	1.5	6.2	4.3	18.2	12.6	25.6	17.7
	果实类	2.8	1.9	4.9	3.4	18.2	12.6	28.6	19.7
	水生类	0.2	0.1	1.7	1.1	1.4	0.9	3.0	2.0
肉禽类	猪肉	1.7	0.9	8.9	4.8	13.7	7.4	20.29	10.88
	牛肉	0.0	0.0	1.6	0.3	0.5	0.1	2.88	0.47
	羊肉	0.0	0.0	0.4	0.1	1.3	0.3	1.47	0.30
	鸡、鸭、鹅肉	0.1	0.0	2.4	0.5	3.9	0.8	6.26	1.23
海产品	鱼类	1.1	0.6	4.2	2.4	8.1	4.6	12.47	7.14
	甲壳类	0.0	0.0	1.2	1.2	3.3	3.3	4.11	4.13
	软体类	0.1	0.0	4.2	0.2	6.3	0.4	11.6	0.68
	藻类	0.1	0.0	0.6	0.0	1.3	0.1	2.3	0.14
奶类及其制品		535.0	200.1	126.7	47.4	71.8	26.8	30.62	11.45
水果		6.2	2.8	30.1	13.6	39.7	17.9	51.17	23.09
蛋类		13.9	7.6	20.0	10.9	19.6	10.7	19.96	10.92

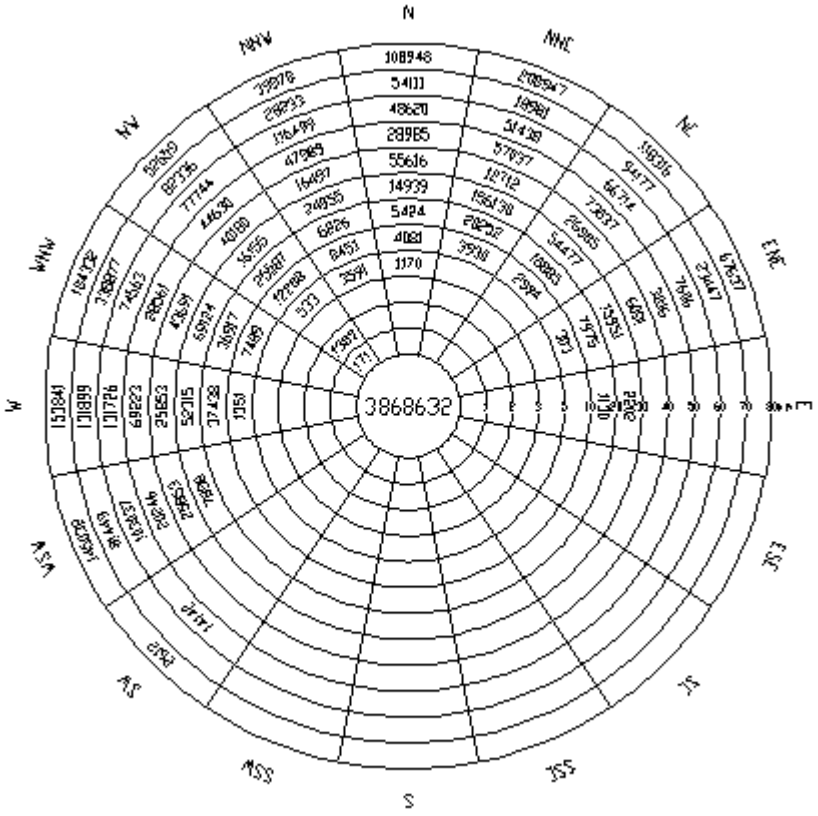


图 2.2-1　厂址半径 80km 范围内各子区人口分布图（2009 年）

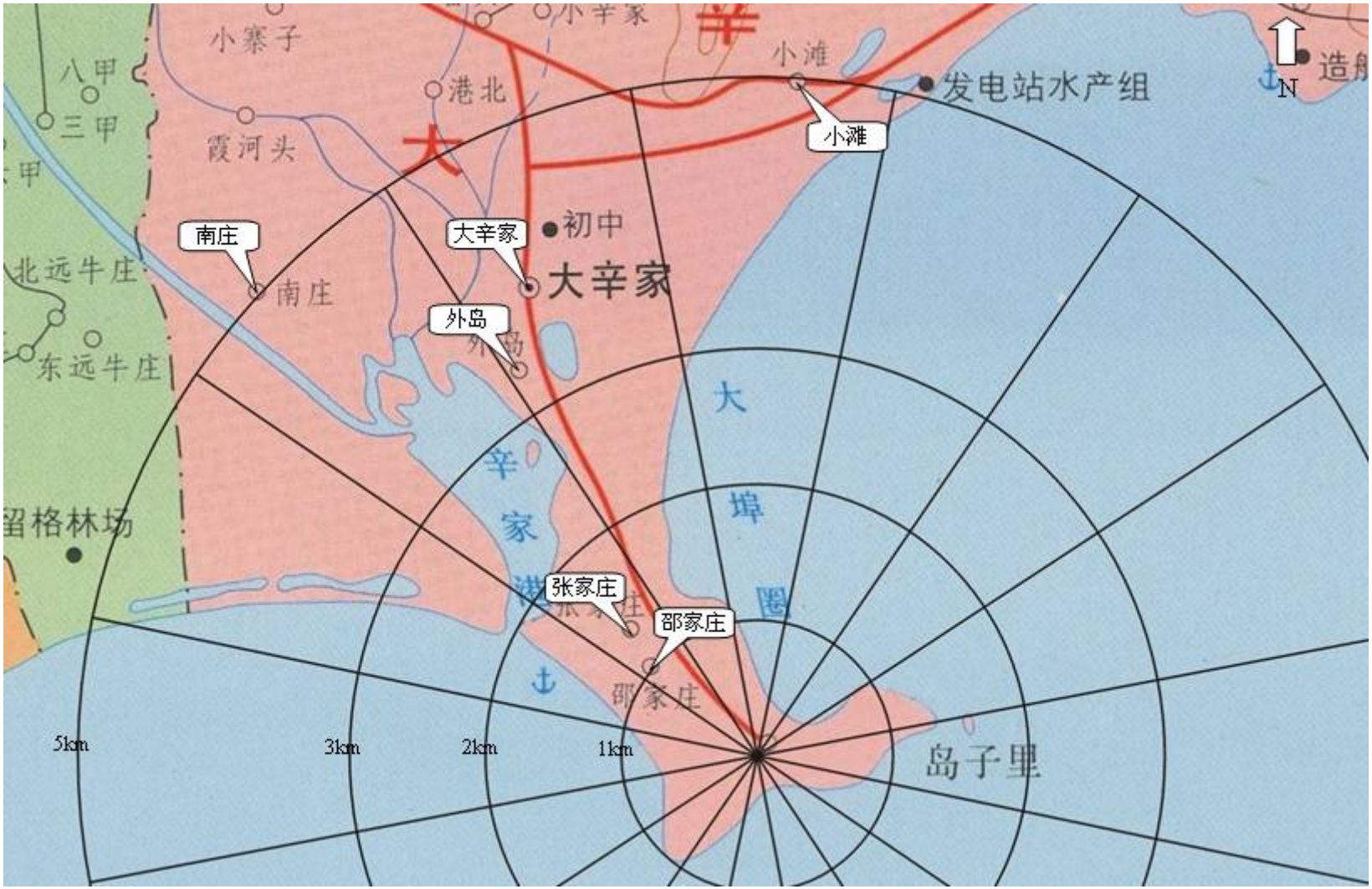


图 2.2-2　厂址 5km 半径范围内重要居民点分布图

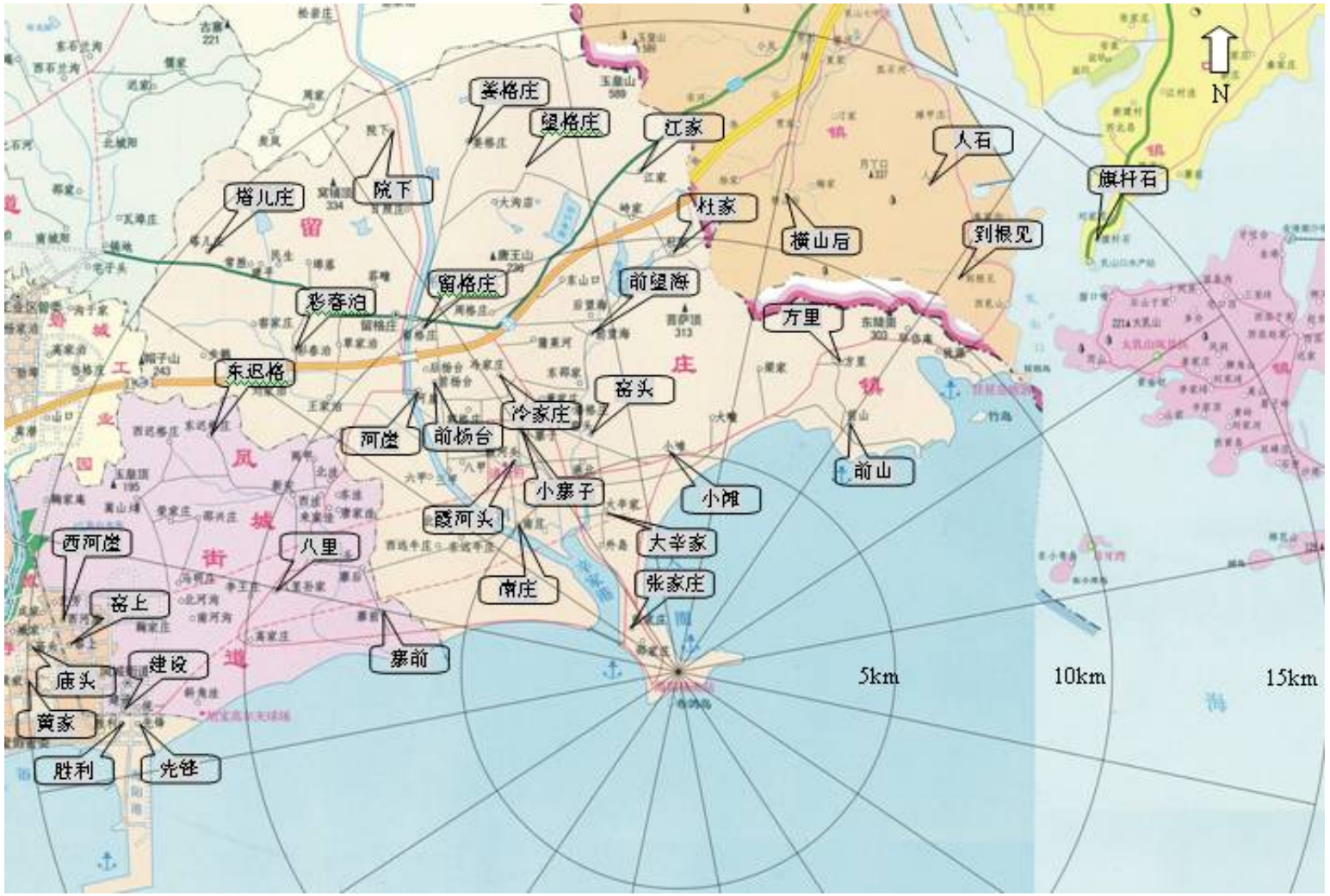


图 2.2-3　厂址 15km 半径范围内千人以上行政村分布图

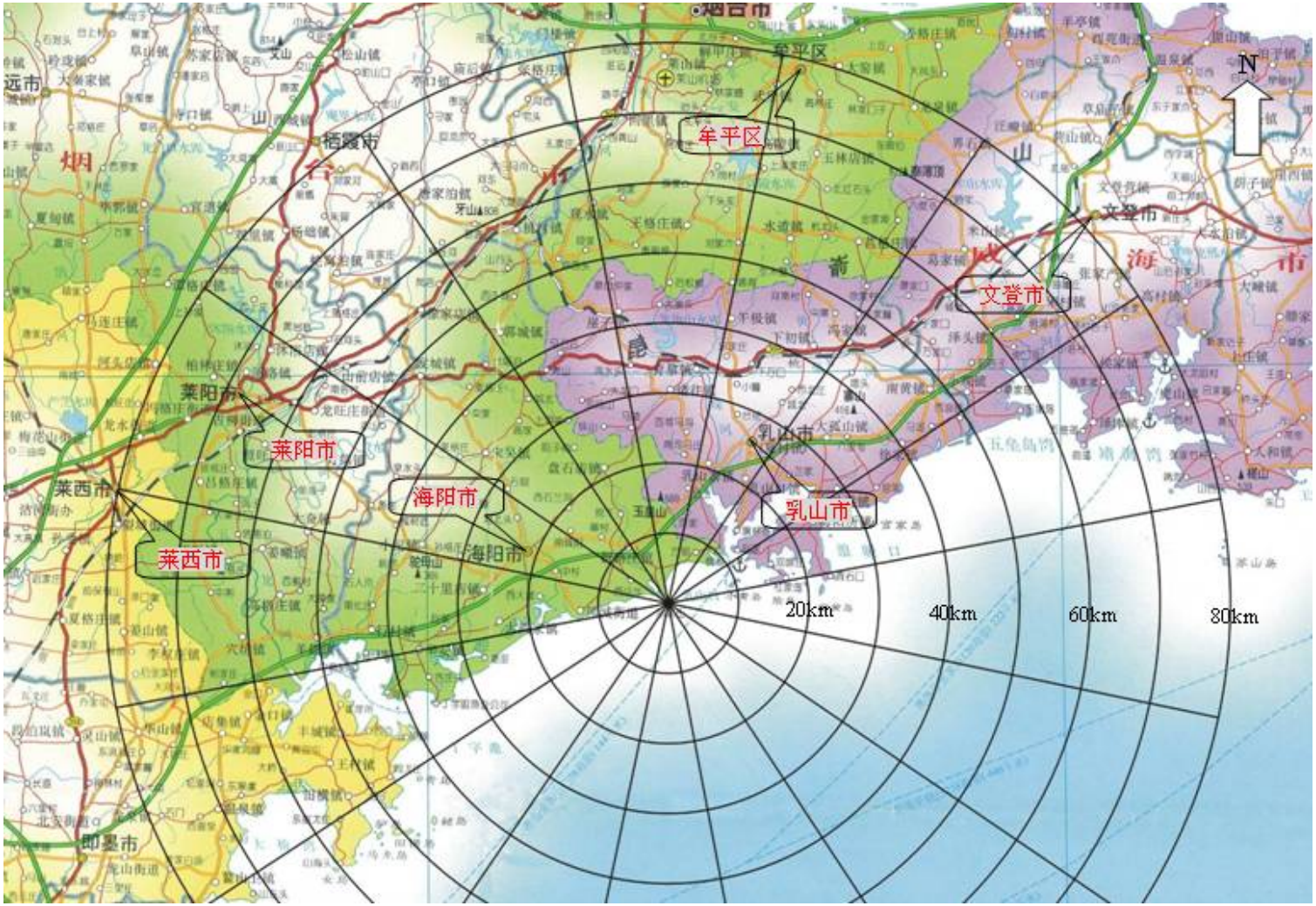


图 2.2-4　厂址半径 80km 重要居民点分布图

2.3 土地利用及资源概况

2.3.1 工业、交通和文化设施

2.3.1.1 工业

山东海阳核电厂厂址半径15km范围内涉及海阳市留格庄镇、凤城街道办和乳山市海阳所镇、乳山寨镇、乳山口镇的部分地区。厂址半径15km范围内工矿企业大多集中在留格庄镇和凤城街办驻地附近。

2.3.1.1.1 工矿企业

1）工矿企业现状

① 海阳市留格庄镇工矿企业现状

留格庄镇私营企业较为发达，目前已形成石材、铸造、毛衫、鞋业、建筑、化工、食品加工等企业，其中规模较大和人数较多的企业有16家，主要集中在留格庄镇驻地、大辛家村和金田工业园区。其中，海阳市华胜制衣有限责任公司职工人数最多，有540人。

留格庄镇工业园位于厂址NW~NNW方位约9km的区域，现营业企业14家。留格庄镇驻地周边分散有200多家个体经营的石材加工厂，其石材开采区主要集中在厂址NNW~N方位约13km的姜格庄~望格庄~江家村一带。

② 海阳市凤城街办工矿企业现状

凤城街道的工业主要以制衣业和纺织业为主，此外还有机械制造、水产品冷藏加工等企业。目前，规模较大和人数较多的企业有29家，其中职工人数最多的山东核电设备制造有限公司有职工504人；其次为烟台华联制衣有限公司，有职工454人。

此外，依托山东海阳核电厂成立的山东省海阳核电装备制造工业园是山东省首个核电装备制造工业园区。园区位于海阳市留格庄镇及凤城街道境内，南邻黄海，工业园南方向距离核电厂约5km。园区以核电装备产业为主导，建设集核电科技研发、重大装备制造、综合配套服务于一体的产业体系以及大重工、大物流等临港产业，逐步打造成为核电综合服务中心、科技研发中心和重大装备制造业基地。目前园区的基础设施建设正在全面进行，具备承载大项目的能力。山东丰汇集团有限公司、核电运营服务公司、特种飞行器、立泰重工等投资过5亿元的项目落户。

位于凤城街道东部的海阳临港产业区总规划面积56km^2，西与凤城工业组团相连，南靠海阳港与海阳旅游度假区相望，东邻留格庄镇。该产业区于2007年9月28日成立，是海阳市依托港口优势规划发展的新兴产业集聚区。目前，海阳临港产业区内的重点已建项目包括山东核电设备制造有限公司（W方位约12km处）、海阳港西港区一期工程（WSW方位约13.5km处）、海阳中集来福士海洋工程有限公司（WSW方位12.5km处）、烟台枫林新材料项目（W方位约12.5km处）、烟台鸿特力玻璃项目（W方位约12.8km处）。

2）工矿企业规划

厂址半径15km范围内的工业规划主要包括留格庄镇和凤城街道。

根据《海阳市留格庄镇总体规划（2008-2020）》，留格庄镇将重点打造以核电产业为龙头的工业园区，以核电基地为优势，增强园区的投资吸引力，并在未来10年中形成位于厂址NNW方位约13km的经济作物生产加工区、NW方位约13.5km林果生产加工区、NNW方位约8km的蔬菜生产加工区、NE方位约10km的休闲旅游度假区、NE方位约7.5km的造船基地的格局。

凤城街道将结合东西港区建设规划进一步实施提升临港产业区规划，重点加快制造业、房地产业、新材料加工等产业的发展。计划用3~5年时间，实现项目投入达到100亿元以上，建成区面积8km^2，把临港产业区建成功能强、规模大、起点高、模式新、具有长期发展潜力和区域竞争力的高新装备制造业基地和港口物流中心区。

2.3.1.1.2 矿产资源

厂址半径 5km 范围内无矿产资源，厂址不存在压覆矿现象。

2.3.1.2 交通

2.3.1.2.1 陆上交通

1）交通现状

厂址半径15km范围内的公路交通比较发达。青威高速公路（青岛至威海）和202省道（乳山至即墨）横跨东西；县道高凤线（高家至凤城）纵贯南北。其中，青威高速和202省道都位于厂址北方向，距厂址的最近距离分别为8km和9km；高凤线位于厂址西北方向，距厂址的最近距离为8.5km。厂址附近的烟海高速公路和滨海公路均已竣工，与厂址最近的距离分别为11km和4km。厂址半径15km

内的交通现状见图2.3-2和图2.3-3。

核电厂主要进厂道路——核电一路，北接青威高速公路，南到海阳核电厂，全长8km，为二级公路。路基宽度为18m，路面宽度为15m，双向四车道。2004年8月通车。

核电厂应急道路——核电二路，全长约14km，东西走向，东至核电厂，西方向可以通往凤城街道。该道路为双向四车道，已于2009年8月通车。厂址半径5km内的交通现状见图2.3-4。

厂址半径15km范围内无铁路通过。厂址北面有蓝烟铁路和桃威铁路通过，厂址到蓝烟铁路的最短直线距离约为53km，离厂址最近的徐家店火车站位于厂址NW方向约55km处；桃威铁路西与桃村在蓝烟铁路处相接，东至威海经济技术开发区凤林办事处，厂址到桃威铁路的最短直线距离为33km。厂址附近高速公路、国道、铁道情况见表2.3-2。

2）交通规划

厂址15km半径范围内无新的交通规划。

2.3.1.2.2 海上交通

1）港口与码头

厂址半径15km范围内，较大的港口有海阳港和乳山港。

①海阳港

海阳港位于厂址WSW方位约13.5km处，行政区属海阳市凤城街道办事处。港口濒临黄海，东北为乳山口，西南为丁字河口。海阳港区具有良好的集疏运条件，目前集疏运以水路和公路为主。交通方便，而且腹地货源充足，主要进口货种为煤炭和化肥，主要出口货种为粮食、水泥。

2005~2008年间，海阳港到港散杂货船共约350艘，主要为3000吨级的散杂货船；到港油船共约27艘，主要为1000吨级的散杂货船。2009年公司完成吞吐量74.05万t， 2010年完成吞吐量144.6万t。

②乳山港

乳山港位于厂址NE方位约14.0km处，为国家二类开放港口。乳山港目前拥有1000t级和500t级泊位各一个，乘潮可靠泊3000t级船舶，港口无专用航道，船舶主要利用现有河道深槽乘潮进出港。港口拥有生产用仓库1028m^2，堆场1.43万

m^3，港口装卸设备最大起重能力16t，2009年吞吐量26万t。乳山港外运货种以矿建材料和农副加工产品为主，同时引进腹地经济发展所需的煤炭、木材、钢材、化肥、机械设备等物资。

③ 厂址半径5km范围内的渔港码头

厂址半径5km范围内有镇办、村办的港口和小型渔码头：

— 张家渔港：在厂址NW方位约2km处有张家庄村办的张家渔港，该渔码头主要用于停泊渔船，码头长313m，可停泊船舶120艘，用于装卸渔产品；

— 辛家港：在厂址NNW方位约3km处有大辛家村的辛家港，可停泊渔船100艘；

— 东海渔港：在厂址N方位约4.0km处有大辛家村的东海渔港。东海渔港现有码头长750m，可停靠70条240马力的渔船。

— 小滩渔港：在厂址NNW方位约5km处建有小滩渔港，该渔港可停泊船舶100艘，码头长190m。

2）海上航线

海阳港海上航道距厂址最近距离约13km。乳山港海上航道距厂址最近直线距离约8km。

离厂址最近的海上航线为乳山港航线，最近处距离厂址约8km。乳山－青岛海上航线船只若发生飘移，至少会在厂址附近-5m等深线搁浅而无法靠近厂址，因而该海上航线上行使的船只若发生飘移事故对山东海阳核电厂没有安全影响。

2.3.1.2.3 机场及航空线

厂址半径16km范围内无民用机场，厂址半径4km范围内无民用飞机航线通过。

距厂址最近的民航机场为烟台机场，位于厂址N方位约75km处；距厂址最近的航线为烟台至上海的航线，离厂址最近的距离为63km，该航线走向为烟台莱山－莱阳－青岛－上海。

2.3.1.3 危险品设施

1）固定危险源

厂址附近的油、气、危险品仓储设施和天然气输送管道的存在或运行不会影响山东海阳核电厂的建设和安全运行。

2）移动危险源

厂址附近的移动危险源不会对核电厂的安全运行构成潜在威胁。

2.3.1.4 文化、医疗卫生设施

1）监狱

厂址半径15km范围内无监狱。

2）学校设施

厂址半径15km范围内的学校均位于海阳市所辖的留格庄镇和凤城街道。

留格庄镇位于厂址NW方位约10.2km处，全镇现有中小学共5所，中学生2079人，中学教师247人；小学生1376人，小学教师104人；幼儿园共9所，学生1309人，教师65人。

凤城街道位于厂址W方位12.4km处，目前街道有小学1所，学生1130人，教师67人；中学1所，学生1100人，教师126人；幼儿园5所，学生860人，教师57人。

厂址半径15km范围内的学校及幼儿园见表2.3-4。由表2.3-4可见，厂址半径5km范围内分别有1所幼儿园、1所小学和1所中学，分别为位于厂址NNW方位约3.9km处的观海幼儿园、位于NNW方位约4km处的留格庄镇第二小学和位于NNW方位约3.7km处的留格庄镇第二中学，2009年度共有学生分别为285人、480人和355人。

3）医疗设施

厂址半径15km范围内的医院及厂址附近二级医院的分布情况见表2.3-5。由表2.3-5可见，厂址半径15km范围内共有3所医院，其中距厂址最近的为位于厂址NNW方位约4km处的大辛家卫生院，共有床位20张，医务人员6人；此外，留格庄镇和凤城街道各有卫生院1所，共有床位69张，医务人员122人。

此外，距厂址最近的二级医院为位于厂址WNW方位约21km处的海阳市人民医院和海阳市中医院，2009年度分别有床位405张和176张，医务人员分别有409人和256人。

4）养老院

厂址半径15km范围内共有2所养老院，具体情况如下：

— 留格庄镇养老院：位于厂址NW方位约10.2km处，2009年度共有91

位老人，服务人员10人；

— 凤城街道养老院：位于厂址WNW方位约14.5km处，2009年度共有33位老人，服务人员5人；

2.3.1.5 名胜古迹、风景旅游区及自然保护区

1）文物保护单位

厂址半径15km范围内仅有两处县级文物保护单位，分别为位于厂址NNW方向约14km处的院下遗址和位于厂址NW方向约11km处的荪疃遗址。

2）风景旅游区

厂址半径15km范围内有2处国家4A级风景区，具体情况如下：

— 海阳旅游度假区：位于厂址W方位14km~18km处，有长达4km的海岸线，海滩宽阔平坦，海沙洁净细匀，海水清澈见底。2001年12月，被山东省政府批准为省旅游度假区，现为国家4A级风景区，2009年海阳旅游度假区接待海内外游客达140多万人次，5月份游客高达27万人次。

— 乳山休闲旅游度假区：位于厂址NE~ENE方位13.5km处，在乳山市海阳所镇境内。该度假区于2004年8月批准立项，规划控制面积52km^2，其中陆地面积19km^2。景区于2009年成为国家4A级景区，年接待游客27.4万人次，其中7、8、9月旺季月均旅游人数达4万人次。

3）自然保护区

厂址半径15km范围内无国家级和省级自然保护区。

2.3.2 居民点和农牧场

1）离反应堆最近的居民点

距核电厂反应堆最近的居民点是位于厂址NW方位约1.0km处的邵家庄，2009年度共有居民137户，共341人；其次是位于厂址NW方位1.4km处的张家庄，2009年度共有居民465户，共1219人。上述居民中约有一半从事陆上农业生产，一半从事海洋渔业活动。

厂址各个方位离反应堆最近的居民点列于表2.3-6。

2）离反应堆最近的农牧场

厂址半径15km范围内距反应堆最近的农牧场简述如下：

— 距厂址最近的农田：位于厂址NW~NNW方位约1.0km处的邵家庄农田。2009年，邵家庄粮食作物播种面积为10.5ha，总产量为56.2t。主要种植作物为小麦、玉米、大豆、薯类等。

— 离厂址最近的蔬菜基地：位于厂址NW方位约5.0km处的南庄村，2009年蔬菜种植面积约14.3ha，产量为258t。

— 离厂址最近的果园：位于厂址N方位约5.0km处的小滩村，2009年果园面积约为15.7ha，产量为284t。

— 离厂址最近的养猪场：位于厂址NNW约3.9km处的大辛家村，2009年存栏1471头，出栏967头。

— 离厂址最近的家禽养殖场：位于厂址NNW方位约14km的留格庄镇院下村的六和种鸡场，2009年存栏蛋鸡约36万只。

— 离厂址最近的奶牛场：位于厂址NW方位约14.2km处的塔儿庄，奶牛存栏数为8头。

厂址各方位距反应堆最近的农田、蔬菜基地和养殖场见表2.3-6和图2.3-10。

2.3.3 副业生产及陆生资源概况

2.3.3.1 副业生产

山东海阳核电厂厂址周围地区家畜饲养种类主要有猪、家禽（鸡、鸭和鹅）、兔、大牲畜（主要为牛和马、驴和骡，主要用于耕地等劳役）、羊、少量奶牛和貂等。

山东海阳核电厂半径15km范围内家畜饲养种类主要有牛、猪、羊、少量奶牛和貂，家禽饲养种类主要是鸡、鸭、鹅等。牛主要用于耕地等劳役。猪、羊、家禽、貂饲养以户为单位的散养为主，猪和家禽是厂址周围绝大部分农户的副业，羊和貂的养殖数量相对较少。奶牛的养殖量极少。

貂的养殖主要集中于留格庄镇的大辛家、港北、小滩、大滩、北远牛、东远牛、梁家、环岱庵、前山村。养殖貂的用途主要为取皮制衣。厂址附近较大的奶牛养殖场位于厂址WNW方位约21km处东村街道的磊磊奶牛养殖场，存栏488头。奶牛饲养以奶牛场集中饲养为主，奶牛产奶期约300天/年，产奶量约5t/头·年，大部分牛奶以乳制品形式运往烟台地区。奶牛饲料量由当地自产和周边引进比例约

为1:2.1，主要从莱州、青岛和威海周边引进饲料。

2009年厂址半径80km范围内各子区大牲畜、猪、家禽出栏量、奶牛饲养量和产奶量、产肉量和产蛋量详见表2.3-7~表2.3-13。

表2.3-14列出了家畜的生长期、饲养方式及其时间、饲料品种及消耗情况。

2.3.3.2 陆生资源概况

2.3.3.2.1 基本情况

山东海阳核电厂评价区范围内约有一半为海域，厂址半径80km范围内陆地占总面积的比例为49.8%。厂址半径5km范围内耕地面积为1377.82ha，园地78.26ha，林地339.39ha，草地80.27ha，城镇村及工矿用地511.4ha，交通运输用地173.22ha，水域及水利设施用地1235.75ha，其他用地156.43ha。核电站厂址用地属于主要为耕地和居民点。

厂址附近的农业生产以粮食为主，兼有油料、蔬菜和薯类套复种。粮食作物品种主要是小麦、玉米、薯类和大豆等。油料作物主要是花生。蔬菜主要有大白菜、萝卜、韭菜等。水果品种较多，主要有苹果、桃、梨、草莓、樱桃、葡萄、柿子、山楂等。

2.3.3.2.2 主要农产品生产情况

留格庄镇粮食作物面积为5485.3ha，总产量为32920t；蔬菜面积为380.7ha，总产量为34753t；油料作物面积为1172ha，总产量为5837t；果园面积为356.1ha，水果产量8806t。

凤城街道粮食作物面积为1569.5ha，总产量为9250t；蔬菜面积为92.6ha，总产量为7732t；油料作物面积为491.7ha，总产量为2306t；果园面积为80.4ha，水果产量3303t。

厂址半径80km范围内2009年各子区粮食、蔬菜、水果、油料的种植面积和年产量见表2.3-15~表2.3-22。

2.3.3.2.3 农作物生长期及农产品储存和销售情况

厂址半径5km范围内粮食、蔬菜及肉类主要由当地消费。

厂址所在市（区）农产品中除水果和蔬菜有部分外销外，其余主要由当地消费。

厂址周围农作物生长期、储存期及销售情况见表2.3-23。

2.3.3.2.4 林业资源

厂址所在海阳市地处沿海丘陵地区，植被较好。

烟台市地处山东半岛东部，市域除少量平原分布于滨海地带和河谷两岸外，多为低山丘陵区。主要河流有：五龙河、大沽夹河、王河、界河、黄水河、辛安河等。烟台市属暖温带季风型大陆性气候，四季变化和季风进退都比较明显。烟台植被属暖温带落叶阔叶林区的胶东丘陵栽培植被赤松麻栎林分区。

烟台市主要森林植被类型有赤松林、黑松林、麻栎林、日本落叶松林、糅椴林、刺槐林、枫杨赤杨林、杨树林和竹林9个种类。灌丛植被有栎类、胡枝子、杜鹃灌丛、鹅耳枥灌丛、坚桦白檀灌丛、牛奶子灌丛、胡枝子灌丛、绣线菊灌丛、紫穗槐灌丛、柽柳灌丛9个类型。全市现有植物资源1349种，其中木本和藤本植物70科457种，草本植物120科742种，栽培植物（不包括观赏植物）150种。野生动物资源现有脊椎动物434种，其中哺乳动物30种，鸟类287种，爬行类15种，两栖类8种。

海阳市为低山丘陵区，河流属季风区风雨源型，季节变化明显。海阳市的河流主要由东村河、城阳河、哲阳河等。海阳市属暖温带东亚季风型大陆性气候区，四季分明，干湿季和季风进退均较明显。海阳市属暖温带落叶阔叶林区域—暖温带落叶林地带—暖温带南部落叶栎林地带—山东丘陵栽培植被，赤松林、麻栎林区—胶东丘陵栽培植被。

海阳市造林面积1053ha，育苗面积171ha，幼林抚育作业面积3159ha，成林抚育面积4000ha，零星植树70万株；留格庄镇造林面积124ha，育苗面积20ha，幼林抚育作业面积372ha，成林抚育面积380ha，封山（滩）育林面积220ha，零星植树5万株；凤城街道造林面积10ha，育苗面积10ha，幼林抚育作业面积30ha，成林抚育面积430ha，封山（滩）育林面积100ha，零星植树3万株。

厂址半径15km范围内无草场、野生珍稀植物和国家保护动植物。

2.3.4 水产资源及水生态概况

中国水产科学研究院黄海水产研究所在2005年10月和2006年5月。对厂址附近及其周围海域开展了渔业资源调查，并在2006年5月和8月对厂址附近海域开展了鱼卵、仔鱼调查。

国家海洋局北海环境监测中心承于2006年9月7日~2006年9月8日，在厂址附

近海域（东西长28km，南北宽17km）开展了水生态调查。

本节根据上述调查结果给出厂址附近海域水产资源和水生态的现状。

2.3.4.1 水产资源现状及评价

1）渔获量分布

根据捕捞产量统计结果，厂址附近海域捕捞产量中鱼类占约70%，但优质类（如小黄鱼、蓝点马鲛、银鲳等）和一般经济类（如带鱼、鲐鱼、鳕鱼、六线鱼、鲽类等）所占比例较小，而次经济类（如黄鲫、青鳞、叫姑鱼、绵鳚、鳐类等）和低质类（如鳀鱼、细纹狮子鱼、鲅鳙、天竺鲷、鰕虎鱼类等）所占比例较大。厂址附近海域渔业资源质量不高，经济价值大的优质种类偏少。

2005~2006年调查结果表明，头足类渔获量在经济无脊椎动物中占比重不如甲壳类大，占捕获的无脊椎动物30%左右，捕获的头足类主要为日本枪乌贼（所占比重较大）、火枪乌贼、曼氏无针乌贼。厂址附近海域调查区是多种头足类的产卵场，索饵场和越冬场。

厂址附近海域调查区范围内，甲壳类主要渔获量种类组成为脊腹褐虾、口虾蛄、鹰爪糙对虾、日本鲟及中国对虾。

2）主要鱼类的产卵期、产卵场与索饵场

据多年调查卵子和仔稚鱼的数量分布、种类组成及月变化看，可认为整个山东近海是一个多种鱼类的大产卵场，且全年都有鱼类产卵。从各月的卵子、仔稚鱼数量变化看，产卵期有以下时间分布特征：

— 11月至笠年3月：只有少数产沉性卵和粘着性卵的地方性鱼类产卵；

— 4月：多种洄游性鱼类陆续开始产卵；

— 5~8月多种鱼类进入产卵盛期，卵子和仔稚鱼遍及整个山东省近海海域；

— 9、10月：产卵种类明显减少。

调查区海域5~6月卵子数量密度分布较大，其它月份卵子数量分布较少，在厂址附近海域有一小范围的产卵场分布。从上述情况看，春季产卵的种类盛期在5月；夏季则在6月；秋季在9月，冬季在1、2月。春季产卵最早的种类有太平洋鲱鱼、秋季为半滑舌鳎，冬季为细纹狮子鱼。

厂址半径15km范围内没有产卵场、索饵场分布。离厂址最近的产卵场、索饵场为厂址所在海阳市附近海域的青海渔场，分别位于厂址S方位约20km和

40km。

2.3.4.2 渔业生产现状

1）厂址附近海域沿海主要渔港、渔场及鱼汛

海阳核电厂厂址半径15km范围内，没有国家级渔港。周围海域有渔港24个，其中国营渔港3个，集体渔港1个，其它均为个体修建小型简陋或临时性的停靠渔码头，其中，较大的渔港为海阳港和乳山港。

厂址附近的青海渔场面积5007km^2。绝大部分海水深度在30m以内。沿岸入海河流和港湾较多，饵料生物丰富，是多种经济鱼虾产卵场，也是人工增殖对虾的主要育肥场所和回捕作业渔场，是山东省实行管理生产的主要渔场。作业形式以流网、挂网、坛子网和小圆网为主，主要渔获对象有对虾、蓝点马鲛、鲐、鲳、带鱼、黄姑鱼、白姑鱼、远东拟沙丁鱼、鲆鲽类、鹰爪虾、梭子蟹等。近十几年来，由于环境污染和过度捕捞，一些传统渔业资源，如春季的小黄鱼、真鲷、带鱼、鳓鱼、对虾等，已濒临枯竭，已形不成专捕渔业和渔汛。特别是厂区15km半径范围海域的捕捞量下降较大，主要是一些底质鱼类、小型虾类和海蛰等。由于季节性变化导致洄游性种类和地方性种类的产卵期的不同，使渔业资源密度分布具有明显的季节差异。因此，形成了明显的季节性渔汛，即春汛和秋汛：

–春汛：3~6月为春汛期，春汛资源分布属向岸移动型；

–秋汛：9~11月为秋汛期，秋汛资源分布属向外移动型；一般秋汛大于春汛。

2）海洋捕捞简况

山东海阳核电厂厂址半径15km范围内有留格庄镇、凤城街办从事渔业生产，主要海洋捕捞品种有鲳鱼、马面鱼、鲅鱼、白林、鲐鱼、鲮鱼、比目鱼、带鱼、莫虾、墨鱼、渔蜇等。捕捞区域主要以黄海为主，由于厂址周围海域现今没有主要渔业对象，因此捕捞产量主要是外海拖网渔业中鱼类产量的贡献。海洋捕捞区最近处距离厂址S方位约13km。

厂址半径15km范围的海水捕捞区主要分布于海阳外海捕捞区和乳山渔场。海阳外海捕捞区属于青海渔场，面积为110666ha，乳山渔场为国家78海区的4、5、7、8、9小区。主要捕捞品种有青皮、鲈鱼、带鱼、鲅鱼、鲳鱼、海鳗、黄姑鱼、毛虾、鹰爪虾、梭子蟹、乌贼、鱿鱼、章鱼、海蜇等。

3）海水养殖现状概况

厂址附近海水养殖区主要分布有海阳南部养殖区和乳山湾养殖区，海阳南部养殖区面积为44353ha，乳山湾养殖面积为2293ha。养殖品种包括南美白对虾、梭子蟹、牡蛎、贻贝、海参、蛤和蛏等。养殖方式以池塘、阀式、底播为主。其中留格庄镇和凤城街道以海水养殖为主，无滩涂养殖，养殖品种以贝、蟹、虾为主，无鱼类养殖。乳山市乳山湾内养殖方式有海水养殖、池塘养殖和滩涂养殖，其中池塘养殖以虾、蟹、贝和刺参、海蜇为主，滩涂养殖以蛤和蛏为主。

山东核电有限公司于2010年按照《山东海阳核电厂温排水用海所涉养植物和构筑物征用补偿协议》，补偿1~4号机组海域用海范围内的养植物及养殖设施。除了已经补偿的养殖场外，在项目用海范围内，厂址半径5km范围内尚有3个养殖场位于1~4号机组1℃温升区范围外。据了解，3个海水养殖场的海域使用证将在2017年12月底到期，届时根据最新的《山东省海洋功能区划（2011~2020）》，3个海水养殖区所在海域为海阳临港工业与城镇用海区，海阳市海洋局将不再为该3个养殖场颁发新证。

2.3.4.3 海洋生态概况

2.3.4.3.1 一期施工前的海洋生态概况

为了了解厂址附近海域海洋生态现状，国家海洋局北海环境监测中心在厂址附近调查海域设立了19个海上生物调查站位和5个潮间带调查断面开展相关的监测工作。

1） 海洋微生物

厂址附近海域调查范围内粪大肠菌群样品的分析结果均低于《海水水质标准》（GB3097-1997）规定的标准值（≤2000个/L），甚至于仍能满足供人生食的贝类增养殖水质标准（≤140个/L）。采用单项指数法对粪大肠菌群指标进行评价，表明厂址附近海域调查区范围内受人畜污染程度较轻。

2005~2006年在厂址附近海域调查结果显示近岸海域细菌总数含量高于远岸区。厂址附近海域调查区范围内，叶绿素a平面分布呈自近岸向远岸逐渐降低的趋势，初级生产力平面分布呈自近岸向外海递减的趋势。

2） 浮游植物

（1）种类组成

厂址附近海域调查区范围内所获浮游植物样品经初步分析鉴定，计有浮游植

物63种，其中硅藻门最多，甲藻门次之，金藻门最少。调查海域该月份出现浮游植物的生态类型较为单调，绝大多数种类属于北温带近岸广布类型。

在浮游植物细胞数量组成中，硅藻、甲藻和金藻分别占浮游植物总细胞数的92.2%、7.6%和0.2%。由此看出，硅藻无论是在出现种类数上，还是在细胞数量方面均占绝对优势。

（2）细胞数量及分布

厂址附近海域调查区范围内浮游植物细胞数量平面分布呈自近岸向远岸递增的趋势。在浮游植物细胞数量组成中，硅藻、甲藻和金藻分别占浮游植物总细胞数的92.2%、7.6%和0.2%。由此看出，硅藻无论是在出现种类数上，还是在细胞数量方面均占绝对优势。

（3）优势种及分布

厂址附近海域调查区范围内在细胞数量方面占优势的种类为：窄隙角毛藻（Chaetoceros affinis）、劳氏角毛藻（Chaetoceros lorenzianus）和旋链角毛藻（Chaetoceros curvisetus）。

3） 浮游动物

（1）种类组成

厂址附近海域调查区范围内共鉴定出浮游动物32种，其中桡足类13种，毛颚类1种，幼虫及幼体出现15种，其它类3种。

（2）生物量平面分布

厂址附近海域调查区范围内浮游动物生物量（湿重）平面分布呈近岸向远岸逐渐降低的趋势。

厂址附近海域调查区范围内浮游动物个体数量平面分布呈东西高、中部低的趋势。

（3）优势种及分布

占优势的浮游动物仅有强壮箭虫（Sagitta crassa）一种。

4 ）鱼卵仔鱼

根据中国水产科学研究院黄海水产研究所2006年5、8月的调查结果，共出现鱼卵、仔稚鱼26种，隶属于18科、26属。

5 ）潮下带底栖生物

厂址附近海域调查区范围内，本次调查共获71种底栖生物，隶属于腔肠、纽形、环节、软体、节肢、棘皮和脊索等7个动物门。其中多毛类出现的种类数最多，甲壳类次之，纽形动物和鱼类最少。

厂址附近海域调查区范围内，多数底栖生物种类出现频率较低，有25种仅出现于1个测站中。该海域的常见种（出现频率在50%以上者）有纵沟纽虫（*Lineus sp.*）、寡鳃齿吻沙蚕（*Nephtys oligobranchia*）、不倒翁虫（*Sternaspis sculata*）、西方似蛰虫（*Amaeana occidentalis*）、丝异须虫（*Heteromastus filiforms*）、双唇索沙蚕（*Lumbrineris cruzensis*）、蛇杂毛虫（*Poecilochetus serpens*）、脆壳理蛤（*Theora fragilis*）和蜾蠃蜚（*Corophium sp.*）等。

（1）底栖生物生物量组成与分布

厂址附近海域调查区范围内，底栖生物生物量组成以软体动物为主，棘皮动物次之，多毛类居第三位。底栖生物生物量平面分布呈西部高、东部低的趋势。

（2）密度组成与分布

厂址附近海域调查区范围内，底栖生物密度组成以多毛类最高，甲壳类次之，软体动物居第三位，其它类群所占组份较小。底栖生物栖息密度平面分布呈由近岸向远岸逐渐降低的趋势。

多毛类密度组成以寡鳃齿吻沙蚕（Nephtys oligobranchia）、不倒翁虫（Sternaspis sculata）、多丝独毛虫（Tharyx multifilis）、华岗钩裂虫（Ancistrosyllis hanaokai）、丝异须虫（Heteromastus filiforms）、西方似蛰虫（Amaeana occidentalis）、背蚓虫（Notomastus latericeus）和小头虫（Cepitella capitata）较占优势。

软体动物生物密度主要由小荚蛏（Siliqua minima）和脆壳理蛤（Theora fragilis）组成。

甲壳类生物密度主要由日本拟脊尾水虱（Paranthura japonica）、轮双眼钩虾（Ampelisca Cyclops）、日本长尾虫（Aspeudes nipponicus）和美原双眼钩虾（Ampelisca miharaensis）组成。

（3）底栖生物群落特点

底栖生物样品的多样性指数、均匀度、丰度、优势度分析，是反映调查海域底栖生物群落结构特点的一些重要参考指标，它们同时也可反映出调查海域底质

生态环境状况的优劣。若样品的多样性指数值高、均匀度大、丰度值高、优势度低，表明调查海域底质环境质量高。

本次调查多数底栖生物样品的多样性指数值大于3、而且样品的丰度和均匀度值较高，优势度较低，表明调查海域底栖生物种间个体数分布均匀，生物赖以生存的底质良好，属健康环境。位于近岸的底栖生物群落结构略劣于远岸海域。

6 ）潮间带生物

厂址附近海域调查范围内共获潮间带生物86种，隶属于红藻门、褐藻门、绿藻门，以及腔肠、纽形、环节、软体、腕足、节肢、棘皮、尾索和脊索等9个动物门。

在所出现的潮间带动物中，软体动物和甲壳类最多，多毛类次之，腔肠动物再次，纽形、腕足、棘皮、尾索动物和鱼类最少。

各调查断面出现的种类数差异较大。从生物种类垂直分布来看，以中潮带出现的种类最多，低潮带次之，高潮带最少。

7 ）附着生物

厂址附近海域共出现31种附着生物，其中，优势种为肠浒苔、孔石莼、褶牡蛎、贻贝和柄瘤海鞘。有害于工程取排水的种类主要有肠浒苔、缘管浒苔、孔石莼、海绵、褶牡蛎、猫爪牡蛎、贻贝、玻璃海鞘和柄瘤海鞘等。

8 ）赤潮

根据中国科学院海洋研究所提交的《山东海阳核电厂厂址周围海域水产资源和水生态现状复核报告》，厂址附近海域四个季度月调查所获样品，经鉴定调查海域出现赤潮生物共42种，其中硅藻类36种、甲藻类5种、腰鞭毛虫类1种。各季度月赤潮生物种类组成有所不同，硅藻类是赤潮的优势种，其次是甲藻类。

厂址附近海域四个季度月调查出现的主要赤潮生物种类大致相同，数量差异较大，分布趋势亦随季节不同而有较大变化，表现出明显的季节性。

各季度、月主要赤潮种类，虽然数量占有一定优势，但均低于形成赤潮时密度值，达不到赤潮。

厂址附近海域范围内最近一次赤潮发生在2003年8月21日，位于厂址ENE方位约47km的浪暖口前滩（乳山市与文登市界河的黄垒河下游）和燃墩石湾（在黄垒河口，当地俗称燃墩石湾）附近海域。

调查结果表明，厂址半径5km范围内历史上尚未有发生赤潮的记录。

2.3.4.3.2 一期施工期的海洋生态概况

一期工程动工后，山东核电有限公司于委托国家海洋局第一海洋研究所对施工期的海洋环境影响开展跟踪监测，其中海洋生物海上现场调查于 2010年5月29日~6月2日进行，共布设了15个监测断面。根据国家海洋局第一海洋研究所编制的《山东海阳核电厂一期工程施工期海洋环境影响跟踪监测报告（2010年度）》，调查主要结果如下：

1）浮游植物

（1）种类组成

在调查海域采集网样浮游植物31种，其中硅藻最多、甲藻次之、金藻最少。网样浮游植物种类组成以硅藻为主，甲藻在密度中占优势。

鉴定水样浮游植物19种，其中硅藻最多、甲藻次之、金藻最少，水样浮游植物种类组成和细胞数量的分布主要取决于硅藻，硅藻是水样浮游植物的主体。

（2）细胞数量及分布

浮游植物的密度分布不均匀，网样浮游植物密度平面分布的变化趋势基本是远岸海域高于近岸海域。水样浮游植物密度平面分布的变化趋势基本是湾口外近岸海域高于湾内及远岸海域。

（3）优势种及分布

调查海域网样浮游植物的优势种是夜光藻和圆筛藻，水样浮游植物的优势种是中肋骨条藻和长菱形藻。

2）浮游动物

（1） 种类组成

本次调查范围内共鉴定出浮游动物43种，其中桡足类19种，仔鱼、鱼卵5种，毛颚类、樱虾类、介形类、端足类、被囊类及原生动物各1种、水母类11种和其它类2种。另外还有浮游幼虫、幼体10类。

（2） 生物量平面分布

浮游动物生物量的分布不均匀，平面分布的变化趋势基本是湾口近岸海域高于远岸海域。

（3） 优势种及分布

双毛纺锤水蚤、小拟哲水蚤和夜光虫是本次调查海域浮游动物的优势种群。

3）底栖生物

（1） 种类组成

本次在调查海域采集底栖生物44种，其中多毛类最多，软体动物次之，甲壳动物再次，其它类动物最少。优势种是寡节甘吻沙蚕。

（2）生物量组成与分布

调查海域底栖生物生物量的分布不均匀，基本无明显规律。

生物量的组成以软体动物最高，其次是多毛类,甲壳动物和其它种类的生物量相同居第三位，本次调查没有采集到棘皮动物。

（3）丰度组成和分布

底栖生物丰度的组成以多毛类居首，其次是软体动物，其它种类动物居第三位，甲壳动物居第四位。

底栖生物丰度的分布不均匀，构成底栖生物的高丰度主要是因为多毛类，虽然单种群的丰度不高，但有10个种群的多毛类同时出现在一个站。底栖生物丰度平面分布的变化趋势基本是远岸海域高于近岸海域。

4）潮间带大型底栖生物

（1）种类组成

本次调查在潮间带采集到大型底栖生物43种，其中软体动物和甲壳动物最多，多毛类次之，棘皮动物和其它动物最少。

（2）生物量组成和分布

在生物量的组成中，软体动物的生物量居首，甲壳动物的生物量次之,其它动物的生物量居第三位，多毛类的生物量居第四位。

调查海域潮间带大型底栖生物生物量的分布不均匀，平面分布的变化趋势是中潮区高于低潮区高于高潮区。

（3）密度的组成与分布

在栖息密度的组成中，软体动物的栖息密度居首，其次是甲壳动物，其它动物的栖息密度居第三位，多毛类的栖息密度居第四位，棘皮动物的栖息密度最低。

调查海域潮间带大型底栖动物栖息密度的分布不均匀，平面分布的变化趋势是低潮区高于中潮区高于高潮区。

5）与施工前情况对比

施工前后调查海域浮游动物、底栖动物和潮间带生物的优势种、生物量和丰度有一定的变化，这可能与两次观测的点位与时间差异有关（同一次采样的不同样点间生物组成、生物量的差异就比较大）。

一期工程施工对海域影响范围较少，不会导致厂址附近海域海洋生态产生明显影响。从两次调查报告结果也可以看出，厂址附近海域生物类群总体无明显异常，符合中纬度近岸海域海洋生物的一般规律。

表 2.3-2　厂址附近高速公路、国道、铁路情况

公路（或铁路）名称	等级	起止点名称	最近距离(km)
青威高速	高速	青岛-威海	8
309 国道	国道	文登-莱阳	30
蓝烟铁路	国家Ⅰ级	蓝村-烟台	53
桃威铁路	国家Ⅱ级	桃村-威海	33
滨海公路海阳段	国道	留格庄镇桃源村-青岛市栲栳岛	4
烟海高速	高速	烟台-海阳	11

表 2.3-4　厂址半径 15km 范围内的学校及幼儿园情况

学校名称	所在地名称	位置		学生人数（人）	住校人数（人）	教职工人数（人）
		方位	距离 km			
海阳第九中学	留格庄镇驻地	NW	10.3	634	624	71
留格庄镇第一中学	留格庄镇驻地	NW	10.1	1090	200	111
留格庄镇第二中学	大辛家村	NNW	3.7	355	150	65
留格庄镇第一小学	留格庄镇驻地	NW	10.0	896	—	63
留格庄镇第二小学	大辛家村	NNW	4.0	480	—	41
留格一小附属幼儿园	留格庄镇驻地	NW	10.2	50	—	2
红星幼儿园	姜格庄村	NNW	13.0	25	—	1
玉香幼儿园	河崖村	NW	8.2	15	—	1
阳光苗苗幼儿园	留格庄镇驻地	NW	10.4	400	—	20
新起点幼儿园	留格庄镇驻地	NW	10.7	280	—	12
喜万家幼儿园	留格庄镇驻地	NW	10.4	230	—	11
观海幼儿园	大辛家村	NNW	3.9	285	—	14
桃源幼儿园	桃源村	NE	9.9	11	—	2
方里幼儿园	方里村	NNE	8.3	13	—	2
凤城街道初中	凤城街道驻地	W	12.1	1100	700	126
凤城街道小学	凤城街道驻地	W	12.0	1130	—	67
小天使幼儿园	先锋村	W	11.7	300	—	15
轻工凤城分园	凤城街道驻地	W	12.2	180	—	23
小叮当幼儿园	凤城街道驻地	W	12.3	130	—	8
东迟格幼儿园	东迟格村	WNW	11.8	10	—	1
胜利幼儿园	胜利村	W	12.4	240	—	10

表 2.3-5 厂址附近医院及卫生院情况

医院名称	所在地	等级	位置		床位（张）	医务人员（人）
			方位	距离(km)		
海阳市人民医院	海阳市区	二级	WNW	21	405	409
海阳市中医院	海阳市区	二级	WNW	21	176	256
留格庄中心卫生院	留格庄镇	一级	NW	10	47	80
凤城街道卫生院	凤城街道	一级	W	13	22	42
大辛家卫生院	大辛家村	一级	NNW	4	20	6

表 2.3-6　厂址半径 15km 各个方位离反应堆最近的居民点和农牧场

方位	居民点				菜田				农田				奶牛场				
	地名	距离(km)	户数	人口(人)	距离(km)	面积(ha)	主要作物	年产量(t)	距离(km)	面积(ha)	主要作物	年产量(t)	名称	距离(km)	饲养量	年产奶(t)	供应当地(t)
N	小滩	5.0	816	2340	5.0	8.5	大白菜、菠菜、黄瓜、萝卜、茄子等	127	5.0	175.7	小麦、玉米、大豆、薯类、花生	1002.2	-	-	-	-	-
NNE	大疃	6.0	134	718	6.0	4.5		67	6.0	49.8		259.8	-	-	-	-	-
NE	前山	7.3	488	1329	7.3	2.8		42	6.9	26.5		145.5	-	-	-	-	-
ENE	东小青岛	9.8	105	303	14.2	6.3		172	14.2	21.3		134	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ESE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WSW	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	高家庄	9.3	287	826	9.3	7	大白菜、菠菜、黄瓜、萝卜、茄子等	504	9.3	56.2	小麦、玉米、大豆、薯类、花生	342.5	-	-	-	-	-
WNW	西远牛	6.0	335	834	6.0	21		1917	6.0	81.3		517	-	-	-	-	-
NW	邵家庄	1.0	137	341	1.0	0.3		30	1.0	10.5		56	塔儿庄	14	8	40	40
NNW	外岛	3.3	161	422	3.3	0.3		30	3.3	22.1		126	-	-	-	-	-

表 2.3-7　厂址半径 80km 范围内各子区大牲畜出栏量（2009 年）

单位：头

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	0	4	33	217	647	485	1153	396	100	3036
NNE	0	0	0	0	5	190	451	133	488	1620	437	2866	6191
NE	0	0	0	0	0	124	443	84	487	2225	4148	1166	8678
ENE	0	0	0	0	0	25	51	6	7	210	22	996	1318
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74	0	11	86
WSW	0	0	0	0	0	0	253	561	108	507	393	701	2524
W	0	0	0	0	0	88	3221	561	4271	1494	3200	6752	19589
WNW	0	0	0	0	0	1076	2833	5021	1466	1050	2927	1416	15791
NW	0	0	0	2	11	1466	1370	5838	5956	4971	128	249	19992
NNW	0	0	0	0	0	15	2028	261	5748	851	0	225	9129
合计	0	0	0	2	20	3017	10867	13112	19016	14155	11651	14482	86322

表 2.3-8　厂址半径 80km 范围内各子区猪出栏量（2009 年）

单位：头

距离(km) 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	2612	8572	2492	7631	33137	13790	21724	22973	31155	144089
NNE	0	0	0	0	3966	7887	16550	4275	71802	44394	12089	56604	217567
NE	0	0	0	0	673	4869	16867	13987	71365	83298	139539	56479	387078
ENE	0	0	0	0	0	1263	2526	570	5866	8107	18498	40667	77498
E	0	0	0	0	0	46	84	0	0	0	0	0	130
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7718	0	1243	8962
WSW	0	0	0	0	0	0	4809	9690	11268	52962	41015	73046	192791
W	0	0	0	0	120	9941	37785	9690	31767	61826	87551	164760	403441
WNW	0	0	0	0	1402	9022	19356	42560	21455	73465	139965	57158	364384
NW	0	0	0	132	10352	17281	10774	46350	52810	84782	23745	16626	262855
NNW	0	0	0	9427	13070	7025	15697	8355	57678	28840	15685	11394	167172
合计	0	0	0	12171	38155	59826	132079	168614	337801	467116	501060	509132	2225955

表 2.3-9　厂址半径 80km 范围内各子区家禽出栏量（2009 年）

单位：只

距离(km) 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	0	50600	6979	75570	252250	367990	1502220	3831317	2546957	8633883
NNE	0	0	0	0	4400	28155	316860	130440	1414400	3368450	4861970	8639908	18764584
NE	0	0	0	0	0	49803	232805	57500	1391660	1947141	1778332	472921	5930163
ENE	0	0	0	0	0	51930	103860	23340	112540	158793	82230	350356	883049
E	0	0	0	0	0	572	1055	0	0	0	0	0	1627
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	208096	0	33530	241626
WSW	0	0	0	0	0	0	150336	247340	303803	1427913	1105783	1969365	5204541
W	0	0	0	0	400	45737	1593564	247340	3860935	8131665	2453073	20455396	36788112
WNW	0	0	0	0	9300	414877	994416	1151960	480956	891884	2341248	5492011	11776652
NW	0	0	0	0	116620	272346	527359	780912	1117660	992396	493044	174628	4474965
NNW	0	0	0	0	15080	9200	1435982	155520	1124340	175784	38648	168789	3123343
合计	0	0	0	0	196400	879599	5431807	3046602	10174284	18804342	16985644	40303860	95822536

表 2.3-10　厂址半径 80km 范围内各子区产肉量（2009 年）

单位：吨

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	209.1	1496.6	270.6	739.9	3019	1401.4	4237	7733	5292.5	24398.9
NNE	0	0	0	0	389	673.8	1733	516.6	7321	9315	8263	17517.5	45728.9
NE	0	0	0	0	53.8	460.1	1681	1181	7680.8	9240.2	13666	5039	39001.7
ENE	0	0	0	0	0	165.6	331.2	76.7	673.2	863.8	1640	3672	7422.3
E	0	0	0	0	0	4.7	8.7	0	0	0	0	0	13.2
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1420.2	0	228.9	1649
WSW	0	0	0	0	0	0	746.1	1477.5	2073.6	9745.2	7547	13441.2	35030.5
W	0	0	0	0	9.6	890.3	6973.9	1477.5	9689.2	16401.8	10702	37903	84047.1
WNW	0	0	0	0	120.1	1816.9	4300.9	6990.4	2898.1	7130.5	14675.8	14958	52890.3
NW	0	0	0	10.9	2696.4	2322.5	2344.3	6341.4	7768	9153	2605.2	1781.5	35022.9
NNW	0	0	0	754.2	1287.1	711.9	5143.2	840.4	8178.2	8789	1509	1235	28447.7
合计	0	0	0	974.1	6052.3	7315.9	24001.9	21920.2	47683.4	76295.6	68340.9	101068.3	353652.5

表 2.3-11　厂址半径 80km 范围内各子区奶牛饲养量（2009 年）

单位：只

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	222	1501	681	2404
NNE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2743	122	7394	10259
NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6046	5671	1714	13433
ENE	0	0	0	0	0	1	3	0	0	747	26	140	917
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	297	0	47	344
WSW	0	0	0	0	0	0	114	120	433	2037	1578	2811	7095
W	0	0	0	0	0	273	740	120	765	571	3250	16311	22031
WNW	0	0	0	0	0	241	1278	600	261	1291	10606	6156	20434
NW	0	0	0	0	0	152	224	558	830	986	384	0	3135
NNW	0	0	0	0	0	0	456	0	520	122	0	0	1098
合计	0	0	0	0	0	667	2815	1398	2809	15062	23138	35254	81143

表 2.3-12　厂址半径 80km 范围内各子区产奶量（2009 年）

单位：吨

距离(km) 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	0	0	0	103.5	3050.5	446.6	706	2852	4653	11811.6
NNE	0	0	0	0	0	0	1937.8	739.2	2971	7333	547	29828	43355.9
NE	0	0	0	0	0	22	432.5	571	15184	22767.4	22077	5616	66669.8
ENE	0	0	0	0	0	15	30	75.5	73	2993.6	300	4562	8049
E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	880.8	0	141.9	1022.7
WSW	0	0	0	0	0	0	458.4	482	1286	6044.2	4680	8335.1	21285.6
W	0	0	0	0	0	1092	2961.6	482	3097.5	2306.5	9060	43209	62208.6
WNW	0	0	0	0	0	964	5112.8	2400	686.1	4134.9	33482.5	19055	65835.1
NW	0	0	0	0	0	578.4	896.8	2232	3320	3230	538.5	0	10795.6
NNW	0	0	0	0	0	0	1824	196.6	2143.8	247	0	712	5123.4
合计	0	0	0	0	0	2671.4	13757	10228.7	29208	50643.3	73537	116111.9	296157.3

表 2.3-13　厂址半径 80km 范围内各子区禽蛋产量（2009 年）

单位：吨

距离(km) 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	154.6	179.8	59	1315.8	2856	141.4	2206.5	1348	1402.5	9663.4
NNE	0	0	0	0	357	273.4	1962.5	811.5	4238	2003	550	2433.5	12628.8
NE	0	0	0	0	5.7	188.8	3139	2012	16896.4	5893.6	12064	3501.4	43700.7
ENE	0	0	0	0	0	237.3	474.6	521	2103.6	573.4	1082	3679	8670.8
E	0	0	0	0	0	7.2	13.3	0	0	0	0	0	20.4
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	842.1	0	135.7	977.7
WSW	0	0	0	0	0	0	1238.1	1376	1229.6	5778.3	4475	7969.3	22066
W	0	0	0	0	14	1502	6406.9	1376	2455.5	11686.5	17043	19157	59640.7
WNW	0	0	0	0	82	1520.5	2184.2	2587.2	1067.4	1858.4	19487.7	2936	31723.1
NW	1.1	4.5	0	79.7	243.8	1755.2	769.7	1404.9	1948	2518	5605.3	929	15253.3
NNW	0	0	0	9.8	99.2	16.6	1277.6	917.6	1835.2	1911.5	172	726	6970.6
合计	1.1	4.5	0	243.9	981.3	5559.7	18781.2	13861.9	31914.8	35271.2	61826.9	42869.1	211315.5

表 2.3-14　家畜生长期、饲养方式、饲料种类及消耗

家畜类别	生长期	饲养方式及时间（月）	饲料种类	饲料消耗			
				青饲料食入量（kg/d）	每年喂养（d）	干饲料食入量（kg/d）	每年喂养（d）
猪	240d	圈养、部分采用季节性放牧，5～11 月放牧	复合饲料、地瓜、玉米、麸皮、花生饼、地瓜叶、蔓	0.5	180	2.5	365
大牧畜	10a	栏养和季节性放牧，5～11 月放牧	农作物秸杆	30	120	15	245
羊		放牧为主结合栏养		1.5	—	0.1	—
奶牛		圈养	青草、干草、精料	30	183	15	103
家禽	80 ～120d	鸡多为散养，自由采食、鸭多为放养和圈养，个别群放牧 6 个月	配合饲料、青饲料	0.1	180	0.15	362
兔	—	笼养和舍养	麸皮、玉米石、地瓜蔓	0.14	—	0.03	—
貂	180	笼养和舍养	鱼、虾、水产品下脚料、玉米和麦麸等				
注：大牧畜、猪、羊、禽等动物从屠宰到消费一般间隔 10h～1d，若经冷库、冰箱冷冻保存则时间较长，长的可达 6 至 8 个月。							

表 2.3-15　厂址半径 80km 范围内各子区粮食种植面积（2009 年）

单位：公顷

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	87.8	332.5	630.4	1680.6	5878.5	2252.9	2818.1	5342.4	4939.3	23962
NNE	0	0	0	0	370.5	2078.2	4618.4	1256.1	7919.1	5763.7	2154.9	8079.4	32240.1
NE	0	0	0	0	136.7	905.1	4469.4	2418.7	8105	8826.7	12160.1	5957.8	42979
ENE	0	0	0	0	0	692.1	1384.2	446.7	404.5	1005.2	2343.7	6130.7	12406.5
E	0	0	0	0	0	27.5	40.7	0	0	0	0	0	68.2
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	616.2	0	51.1	667.3
WSW	0	0	0	0	0	0	896.5	2807	998	6609.8	10344	12128.9	33784.1
W	0	0	0	0	83.1	1335.5	5247.7	2807	7224.7	13028.3	20399.3	21242.8	71368
WNW	0	0	0	0	720.4	1475.9	2232.4	5094.1	3398	7962.2	14723	12876.3	48481.9
NW	5.3	30.1	0	56.4	1202.1	1544.3	1472.3	5323.7	4542.6	7724.2	6342.6	4054.5	32262.4
NNW	0	0	0	284.1	694.5	693.7	2975.1	1552.3	5584.7	6067.4	3507	801.1	22194.8
合计	5.3	30.1	0	428.3	3539.4	9382.2	25016.8	27583.8	40429.2	60421.3	77316.6	76261.5	320414.3

表 2.3-16　厂址半径 80km 范围内各子区粮食产量（2009 年）

单位：吨

距离(km) 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	501	2000	3683.5	9653.8	34358.5	16677.5	17733	30202	26677	141486.3
NNE	0	0	0	0	2053	12564.6	29404	8628.6	46854	29471	11996	45815	186786.2
NE	0	0	0	0	736	5551.3	28334.2	17668	48343.8	47347	70848	37114	255942.1
ENE	0	0	0	0	0	3671.7	7343.4	2833.2	2238.2	5837	15831	39343	77097.4
E	0	0	0	0	0	168.9	214.7	0	0	0	0	0	383.4
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4366.5	0	388.4	4754.8
WSW	0	0	0	0	0	0	5722.2	11241	5412.8	42962.7	65764	78124.6	209227.2
W	0	0	0	0	502	8042	31781.8	11241	45665.5	78790.5	125215	143019	444256.7
WNW	0	0	0	0	4225	8448.5	12637.3	22977.6	18485.4	47971	93892.9	89867	298504.4
NW	28	177	0	368.5	7717.5	9878.9	9319.4	32784.3	30031	48555	46224.1	30615	215493.7
NNW	0	0	0	1760	4380	4352	19505.6	10059.6	33924.5	41057	21604	4113	140960.5
合计	28	177	0	2629.5	21613.5	56361.2	153915.9	151791.6	247632.6	364090.6	481576.9	495075.9	1974893

表 2.3-17　厂址半径 80km 范围内各子区油料种植面积（2009 年）

单位：公顷

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	25.7	103.3	195.6	647.4	2452.4	1200.2	1240.4	2555.1	1503.8	9923.6
NNE	0	0	0	0	90.3	788.6	1772.4	511.8	3561.7	3088.4	1084.7	2654.6	13552.1
NE	0	0	0	0	34.3	366.8	1835.6	1253.9	3364.7	2403	3784.5	2797.4	15839.8
ENE	0	0	0	0	0	289.6	579.2	189.7	23.5	232.5	778.4	2645	4737.7
E	0	0	0	0	0	13.1	24.2	0	0	0	0	0	37.1
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	268.2	0	43	311.1
WSW	0	0	0	0	0	0	202.6	555.8	520	2056.8	2240	3266.1	8841.1
W	0	0	0	0	44	488.3	1725.9	555.8	1759.4	3510.3	3886.7	3242.8	15212.6
WNW	0	0	0	0	267.1	472.5	666.1	1801.7	1091.7	2383.5	3591.6	1756	12030
NW	2	16.3	0	11.7	193.7	353.7	515.2	2225	1710.3	2791.3	2948.2	1225.2	11973.8
NNW	0	0	0	49	145.7	234.3	887.9	702.6	2043.3	2175.1	1126	509.3	7891
合计	2	16.3	0	86.4	878.4	3202.1	8856.1	10248.1	15274.4	20149.1	21994.9	19642.5	100349.9

表 2.3-18　厂址半径 80km 范围内各子区油料产量（2009 年）

单位：吨

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	120	515	781.2	2663.1	11153.5	5115.6	4149	7185	5478	37160.3
NNE	0	0	0	0	395	3153.8	9078.7	2929.5	15226	9712	3170	9126	52790.9
NE	0	0	0	0	140	1789.6	8969.8	5144	17637	7527	8740	10623	60570.2
ENE	0	0	0	0	0	1292.4	2584.8	879.9	843	916	3066	10492	20074.1
E	0	0	0	0	0	39.7	73.2	0	0	0	0	0	112.7
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1073.1	0	213.9	1287
WSW	0	0	0	0	0	0	811.8	1732	1638	7500.9	9758	11577	33017.6
W	0	0	0	0	211	1962	7533.2	1732	7625.4	12587.6	14323	15202	61176.1
WNW	0	0	0	0	1309	1982	1872.4	7296.8	4226.9	9589.3	14299.7	7479	48054.9
NW	8	68	0	59.5	996.5	1655.2	2125.7	8347.5	7877	9806	11471.3	5403	47741.6
NNW	0	0	0	245	721	1200	4047.2	2967.8	9742.8	8223	6898	1780	35900.6
合计	8	68	0	424.5	4287.5	13855.5	39759.6	42183	69931.5	71083.7	78910.8	77373.9	397886

表 2.3-19　厂址半径 80km 范围内各子区蔬菜种植面积（2009 年）

单位：公顷

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	4.2	21.8	83.5	276.1	1291.5	351.8	353.7	460.3	396.5	3239.1
NNE	0	0	0	0	24.1	317.7	821.4	238.5	637.5	326.3	287.1	374.5	3026.5
NE	0	0	0	0	11	115.2	1192.4	659.9	1305.2	710.6	1132.9	429.3	5556.2
ENE	0	0	0	0	0	179.5	359	187.1	64.8	68.1	123.3	1151.7	2133.1
E	0	0	0	0	0	6.9	12.8	0	0	0	0	0	19.7
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32.1	0	8.1	40.2
WSW	0	0	0	0	0	0	172.2	159.2	240	723.9	665	498.9	2459
W	0	0	0	0	8.3	106.3	1762.5	159.2	882.2	2009.3	901.7	2160.2	7989
WNW	0	0	0	0	55.2	180.3	432.6	314	967.8	3111.2	5801.4	2011.2	12873.5
NW	0.2	1.8	0	7.2	142.8	131.3	105.8	467.9	780.3	1520.1	1157.5	170.8	4483.2
NNW	0	0	0	7.8	37.8	40.2	103.1	250.9	856.7	1262.5	176.1	116.6	2853.3
合计	0.1	1.8	0	19.1	300.6	1160.6	5237.6	3727.7	6085.5	10117.6	10704.9	7317.2	44672.8

表 2.3-20　厂址半径 80km 范围内各子区蔬菜产量（2009 年）

单位：吨

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	386.5	1986.5	4771.9	13402.6	83029.5	24949.4	17535	18140	16598.5	180799.8
NNE	0	0	0	0	2203	15886.4	43461.7	12208.5	32737	10049	19241	20247.5	156034
NE	0	0	0	0	1005	5833.9	76992.6	40539	73164.2	38190.8	55859	18217	309801.4
ENE	0	0	0	0	0	9169.2	18338.4	12307.1	3269.8	5555.2	6120	56639	111398.6
E	0	0	0	0	0	190.4	351.4	0	0	0	0	0	541.6
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1583.1	0	509.6	2092.7
WSW	0	0	0	0	0	0	9434.4	8269	10800	30748.9	37278	21389.3	117919.6
W	0	0	0	0	609	8020	159465.6	8269	50109.1	83377.9	48768	126616	485234.4
WNW	0	0	0	0	4525	11103	10356.6	14128.8	26656.2	91951	204972.3	85332	449024.5
NW	15	167	0	654	13031	9334.8	4976.8	17317.8	36248	71217	45715.7	5356.5	203851.3
NNW	0	0	0	712	3450	3670	5524	14192.6	46757.2	55184	11328	6904	147903.6
合计	15	167	0	1752.5	26809.5	67979.2	342303.7	210260.9	304690.7	405391.8	447421.8	357809.4	2164602

表 2.3-21　厂址半径 80km 范围内各子区果园种植面积（2009 年）

单位：公顷

距离(km) / 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	7.9	35.9	78.9	385.5	3081.8	2516.5	4531	1143.9	1593.3	13374.7
NNE	0	0	0	0	25.1	322.6	915.1	242.4	2625.1	1586.5	507.3	2705.1	8929.2
NE	0	0	0	0	0	33.7	603.5	259.7	2313.2	942.4	2793.8	640.1	7586.4
ENE	0	0	0	0	0	4.4	8.7	86.6	22.4	81.4	54.7	358.1	616.3
E	0	0	0	0	0	0.4	0.7	0	0	0	0	0	1.1
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.7	0	13.6	31.3
WSW	0	0	0	0	0	0	57.4	168	60.8	260.5	100	415.4	1062.1
W	0	0	0	0	1.3	48.6	237.8	168	705.9	964.5	499.2	786.1	3411.4
WNW	0	0	0	0	41.5	154.3	679.7	637.7	486.6	948.8	3597.5	433.8	6979.9
NW	0	0	0	0.9	49.9	181.1	261.3	1168.9	1722.5	3366.4	7039.7	3042.2	16832.8
NNW	0	0	0	4.3	50.6	67.1	432.4	924.9	1540.4	6884.3	1865	2475.1	14244.1
合计	0	0	0	13.1	204.3	891.1	3582.1	6738	11993.4	19583.5	17601.1	12462.8	73069.3

表 2.3-22　厂址半径 80km 范围内各子区水果产量（2009 年）

单位：公顷

距离(km) 方位	0～1	1～2	2～3	3～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	50～60	60～70	70～80	合计
N	0	0	0	142	917.7	1178.5	7114	81030	66262	187707	22394	35926	402671.2
NNE	0	0	0	0	560.9	4790.4	22820.5	7380.9	55503	52853	6709	63527	214144.6
NE	0	0	0	0	0	691.4	11804	7975	55000.8	21599	42689	11773.7	151532.9
ENE	0	0	0	0	0	82.2	164.4	1673	516.2	1917	1242	5033	10627.7
E	0	0	0	0	0	4.3	8	0	0	0	0	0	12.3
ESE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SW	0	0	0	0	0	0	0	0	0	148.5	0	305.1	453.5
WSW	0	0	0	0	0	0	2101.8	6160.5	928	4355.5	1913	13697.9	29156.7
W	0	0	0	0	93.3	1990	10682.2	6160.5	14267.6	21548.4	13606	17190	85537.8
WNW	0	0	0	0	1312.5	3635.2	11952	11210.4	13441.5	29786.1	88649.8	10008	169995.2
NW	0	0	0	16.4	1265.1	4091.4	5938.5	26158.5	77365	97736	207666.2	102648.5	522885.4
NNW	0	0	0	76.8	1264.8	1678	10400	22931.6	48557	344445	61051	84554	574958
合计	0	0	0	235.2	5414.3	18141.2	82985.4	170680.2	331841	762095.4	445919.9	344663.1	2161975

表 2.3-23　农作物生长期及产品储存销售情况

品　种	平均生长期(天)	贮存期	销售
小　麦	260	1～3 年	2%销往东北三省、福建、浙江
玉　米	110～135	1～2 年	
地　瓜	140～180	4 个月～1 年	
花　生	120～150	半年～1 年	
大　豆	110～120	1～3 年	
大白菜	90	150 天	70%销往北京、天津、大连、沈阳、青岛、烟台、威海等地。 70%用于蔬菜加工。 5%用于蔬菜加工出口。
冬菠菜	120～150	30～60 天	
春蔬菜	70	15～45 天	
韭　菜	200	30 天	
芹　菜	50	90 天	
甘　蓝	60	70 天	
黄　瓜	90～120	15～45 天	
苹　果		6 个月	83%销往外地，销往江苏、上海、安徽、浙江、湖北、占外地销售 60%。 14%水果加工。罐头出口美国、日本、西欧等地。果汁销往全国各地出口日本等地。
梨	90～170	6 个月	
桃、杏	120～150	1 个月	
李、柿	70～250	3～7 天	
樱　桃		2～3 天	
草　莓	50～80	1～2 天	
葡　萄		10～30 天	



图 2.3-2　厂址半径 15km 公路交通现状示意图



图 2.3-3　厂址附近范围交通示意图



图 2.3-4　厂址 5km 半径交通现状示意图



图 2.3-10　厂址半径 15km 范围内各方位离厂址最近的居民点、菜田、农田和养殖场分布情况

2.4 气象

2.4.1 区域气候和当地的气象条件

2.4.1.1 概述

山东海阳核电厂位于山东半岛南部，南临黄海，北靠山东半岛丘陵，属暖温带大陆性季风气候，气温适中，四季分明，光照充足，雨热同季，属我国同纬度带中气候条件良好的地区。山东半岛地处中纬度，全年盛行西风气流，槽脊活动频繁，不同季节在不同的环流形势下，产生不同的天气系统，使得天气变化很复杂，每年均可能出现多种灾害性天气，如热带气旋、暴雨、干旱、寒潮大风和霜冻等。

2.4.1.2 区域气候

厂址区域周边有 25 个气象站，其中，乳山、海阳和青岛气象站的地理条件与厂址情况相似，且相距较近，具有与厂址相似的区域气候。根据厂址气象站 4 年（1997.3.1～2001.2.28 年）观测成果与海阳（东村）、青岛和乳山等邻近气象站的同期观测资料的对比分析，海阳站对厂址的代表性优于其它站。海阳站离厂址最近，气象条件相似，代表性好，且为国家发报站，资料项目全，历史上迁站和资料不连续现象少，所以确定海阳站为厂址气象代表站。

根据厂址气象代表站海阳气象站 1961~2008 年资料统计区域常规气象参数如下：

1）气压

该地区全年气压变化明显，冬季高于夏季，常年平均气压为 1012.3hPa。

2）气温

本地区气温变化具有海洋性气候和大陆性气候之间过渡型的特征，累年平均气温为 11.9℃。

3）水汽压

本地区水汽压高值出现在夏季，低值出现在冬季。累年平均水汽压为 12.2hPa。

4）蒸发量

该地区蒸发量的季节变化明显，夏季远高于冬季。累年平均蒸发量为 1472.9 mm。

5）相对湿度

该地区累年平均相对湿度为 70%。

6）风

该地区季风特征明显，冬季风向集中于偏西北方位，夏季风向相对集中于东南方位。全年最多风向为 WNW 和 NW 风，累年平均风速为 3.3m/s。

7）降水

该地区降水不多，累年平均降水量为 746.0mm。降水集中于夏季，冬季降水最少。

2.4.2 大气稳定度和联合频率

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，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。

并分为有降水和无降水两种情况。

《核电厂厂址选择的大气弥散问题》（HAD101/02）推荐了三种方法来分析厂址地区大气稳定度状况，分别为改进的 Pasquill 法，温度梯度法，温度梯度—风速法。

温度梯度法仅考虑热力作用对大气稳定度的影响，然而影响大气稳定度层结的机制不仅有热力的，也有机械作用，但温度梯度法并没有考虑机械湍流对大气稳定度的影响。

改进的 Pasquill 分类法，适用于较大的范围，同时，该稳定度分类法所采用的均为地面站数据，较适用于平坦地形的近地面释放，对于核电厂气载放射性流出物排放多采用高架排放，该法对高层大气稳定度分类时有一定的不确定性，因此，改进的 Pasquill 分类法反映出的厂址地区近地层大气层结状况并不足够准确。

温度梯度—风速法比温度梯度法多了一个湍流指标——风速，而且对划分不

利于污染物扩散的稳定类天气是较为准确的，因此与其他大气稳定度分类方法比较，温度梯度-风速法对厂址大气稳定度分类是比较符合厂址实际情况的，本报告推荐采用温度梯度—风速法确定厂址地区的大气稳定度。

2.4.3 混合层高度及扩散参数值

海阳核电厂位于山东海阳市南部的沿海地区、留格庄河入海口以东的半岛状突出部，东、南、西三面环海，北面与大陆相连，是一个滨海厂址。鉴于厂址所处滨海丘陵山地的地形较为复杂，为了了解厂址区域气流类型以及弥散特征专门开展了专题研究：于 1997 年冬、夏两季在厂址开展了大气扩散试验，进行了小球测风、低空探空和平衡球观测，同时对局地海陆风环流进行三维风场数值模拟。

2.4.3.1 混合层高度

1997 年厂址地区冬、夏两季低空探空试验统计结果发现，低空逆温出现概率夏季高于冬季，内陆点高于厂址。厂址测点夏季观测到有 65.8%的时间出现低空逆温，冬季观测到 56.2%；内陆测点留格庄夏季出现 62.6%，冬季有 45.6%。虽然厂址地区出现低空逆温的频率较高，但比较浅薄，其平均厚度不到 100m。

分析发现，白天不存在低空逆温时，空中也往往存在一弱稳定的层结，在地面至低空逆温或空中稳定层结底部，大气层结一般呈中性或不稳定，这个中性或不稳定层即作为混合层，其厚度为混合层厚度。夜间近地面大多为稳定层结，一般不存在混合层，仅在大风或多云天气偶尔出现混合层。

2.4.3.2 扩散参数

为研究山东海阳核电厂厂址大气扩散参数，在大气测试期间进行了平衡气球观测和三轴测风测量。

三轴测风在冬、夏两季各进行近两个月的观测，通过与平衡球观测拟合结果进行对比，75m 高度测量得到的大气扩散参数与平衡球结果相当，尤其是不稳定与中性天气条件下的拟合结果保持了较好的一致性，因此，两种方法观测拟合得到的大气扩散参数对厂址地区大气扩散条件有较好的代表性。

夏季和冬季测试期间的平衡气球观测安排在白天时间进行，夏季测试进行了 20 天观测；冬季测试进行了 16 天。夏季测试在冷家庄和留格庄各获得平衡球数据 220 组，冬季测试在冷家庄和留格庄测点分别获得平衡球数据 180 组和 190 组。

由于平衡气球观测只能在白天进行，所以得到的扩散参数大多为不稳定和中性大气稳定度下的结果，弱稳定度类天气尚有一些，而较稳定的 F 类情形很少，一定程度会影响到其结果的代表性。由于上述原因，采用平衡球观测结果拟合扩散参数时，把 A、B、C 类归在一起，代表不稳定类别；D 类样本数较多，可以准确反映中性稳定度类别；E、F 类归为稳定类别。

三轴测风在冬夏两季进行约两个月的观测，期间包含冬夏两次大气扩散试验，三轴测风为每秒采样一次，每小时为一组数据，观测与现场大气测试同步进行，夏季共得到 480 组（24 组×20 天），冬季共 384 组（24 组×16 天）数据。该方法不受时间限制，白天、夜间均可进行，可以得到各稳定度条件下的扩散参数。

此外，鉴于 P-G 扩散曲线实验基础是大范围平坦地域的扩散试验资料，从厂址地区周围地形情况来看，厂址地区地形较为平坦，另外，根据气象塔梯度测风的统计结果，气象塔各层风向频率分布基本相同，也反映出厂址下垫面平坦地形对风场垂直分布的影响较小。因此，山东海阳核电厂厂址区域平坦的地形是比较符合 P-G 扩散参数的适用条件的，且该方法在 IAEA 安全丛书 50-SG-S3 和 HAD101/02 中均有推荐，并在国内多座核电厂气载放射性流出物大气弥散计算得到了广泛的应用，因此，本报告采用与一期工程设计阶段环评报告中一致的大气扩散参数。

2.4.4 厂址气象观测

核电厂环境影响评价的一项重要内容是核电厂厂址气象特征和大气弥散规律的分析，以及电厂运行前和运行期间现场气象观测计划的实施，其中首要任务是在核电厂厂址上建设气象观测系统，以获取足够的具有厂址代表性的气象观测数据。

2.4.4.1 运行前的厂址气象观测

山东海阳核电厂厂址运行前的气象观测包括气象梯度观测和厂址专用地面气象站观测，各个观测时段的气象观测联合数据获取率均达到 HAD101/02 不低于 90%的要求。

1）厂址气象梯度观测系统

气象梯度观测系统于 1997 年 4 月正式开始，至 1999 年 3 月完成两整年观测

后停止运行。气象塔10m、25m、50m、75m和100m进行风向、风速、温度和风向脉动值的逐时观测；在10m和75m两个高度上安装u、v、w三分量风速仪，在现场大气扩散试验期间进行三轴测风。该系统曾在广东大亚湾核电站等多个核电站厂址经过长期运行考验，并且根据具体要求作了必要的改进，所有传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告，均符合HAD101/02表I中仪器灵敏度和准确度的要求。2006年4月更换观测系统后重新开始观测，并于2007年3月完成一整年观测后对仪器进行维护，2007年10月起恢复正常观测。观测高度为10m、25m、75m、100m，在各高度进行风向、风速、温度的逐时观测。

2）厂址专用地面气象站

厂址专用地面气象站的观测始于1997年3月，至2001年2月完成四整年观测后停止运行，地面气象站24小时有人值守，每日观测4次（2点、8点、14点、20点）。观测项目包括：气压、风速、风向、温度、湿度、雨量、天空总辐射、净辐射。所有传感器和设备均具备鉴定证书或标定报告。2006年4月地面气象站在更换观测设备后重新开始观测，观测时次与气象梯度观测系统同步，为逐时观测。观测项目包括：气压、温度、地温、湿度、雨量、天空总辐射、净辐射。

3）现场大气扩散试验

山东海阳核电厂厂址现场大气扩散试验分两季进行，在厂址及其周围设置探空点，采用低空探空和平衡气球的方法进行冬、夏两季风场、温度场和大气边界层的探测。夏季大气扩散试验于1997年7月下旬至8月中旬进行，有效观测20天，冬季大气扩散试验于1997年12月下旬至元月中旬进行，有效16天。

其中，夏季在厂址和留格庄进行小球测风、低空探空和平衡球观测，大辛家测点用ADAS系留探空系统测量风温结构；冬季在厂址和留格庄进行小球测风、低空探空和平衡球观测。

2.4.4.2 运行期间的厂址气象观测大纲

山东海阳核电厂运行期间的气象观测设施为气载流出物排放管理和电站应急准备服务，包括厂址气象梯度观测系统和厂址专用地面气象站。气象梯度观测系统可只进行10m和75m两层观测，各层测量项目包括：风速，风向，温度。厂址专用地面气象站测量项目包括：气压，温度，湿度，雨量，总辐射和净辐射，

所使用的仪器应符合HAD101/02表I中仪器灵敏度和准确度的要求，气象观测系统的联合数据获取率应达到HAD101/02不低于90%的要求。为此必须备足各种设备的备份，建立必要的质量保证体系。此外气象梯度观测系统和专用地面站的防雷应满足核电厂全厂防雷的设计要求，所采集的得到的气象数据应具备向电厂主控室和电厂应急中心实时传输的功能。电厂选址阶段建立的气象观测系统已拆除，新建的气象观测系统位于厂区西南侧。

2.5 水文

2.5.1 地表水

2.5.1.1 海洋水文

山东海阳核电厂厂址位于山东半岛南侧，南临黄海。厂址所在地为向海凸出的犄角状的海岬地形，三面环海。东岬角称草岛咀，西北岬角为鹁鸽岚，两岬角间距 4km，呈东北~西南走向。

鹁鸽岚西面沿岸是大片浅于 1m 的沙质浅滩，北至辛家港口门，南至鹁鸽岚西缘，面积约 1.5km^2；南面为黑石头礁石区，并以浅滩形式向西南方延伸，其 5m 等深线距岸边约 2km，波浪容易在这里破碎，经常形成条状的白浪区。草岛咀东面是深水区，5m 等深线几乎就在岸边，西面 1km 处是大埠圈渔码头。半岛东南面海域为核电厂取排水区。半岛东西两侧为呈对数螺线形的典型沙质海湾。草岛嘴以东约 9km 为瑟琶口湾，乳山河在此湾东北部入海；鹁鸽岚北侧有留格河注入湾内。

工程海域的潮汐类型属正规半日潮，潮流性质以规则半日潮流为主，运动形式主要为往复流；涨潮期间的主流向为 WSW-WNW，落潮期间的主流向为 ENE-ESE。工程海域最常见的波浪类型是风浪，常浪向在 SSE 向，次常浪向在 SSW 向。厂址附近海域悬沙浓度很低，近岸区含沙量大于近海区。

厂址附近海区，冬季海上冰情较轻，一般对海上施工、交通运输没有多大影响。

2.5.1.2 陆地水文

2.5.1.2.1 河流和水库

山东海阳核电厂位于海阳市境内留格河下游地区。留格河系胶东半岛南部入海的一条河流，发源于盘石镇仙人盆，经鲁家、院下在神宝山和唐王山处出山谷流入河谷平原，再经留格庄、六甲、南庄至辛家港入黄海，全长 31km。

留格河上游有一座中型水库——盘石水库。盘石水库位于海阳市盘石乡龙头村北， 1960 年建成蓄水，水库按照百年一遇洪水设计，千年一遇洪水校核，但大坝迎水坡护坡质量差需要进行返修，坝后护坡未采取防冲措施，经省水利厅核定现状防洪标准为三百年一遇。

留格河下游支流建有小型水库 3 座，分别为徽村水库，距入海口 13.5km；

山口水库，距入海口 9.8km；望海水库，距入海口 8.5km。三个水库均为小（一）型水库，按 50 年一遇洪水设计，500 年一遇洪水校核。

2.5.1.2.2 淡水水源

淡水供水系统的主要功能是为核岛、常规岛提供除盐水、生活饮用水、消防用水和工业用水等，并在施工阶段提供施工用水。1、2 号机组 2 台 AP1000 核电机组施工期最大取水量为 212 万 m^3/a，运行期最大取水量为 236 万 m^3/a；1、2、3、4 号 4 台 AP1000 型核电机组工程最大年用水量为 449 万 m^3。厂区外的专家村生活用水及施工人员生活基地生活用水由海阳市市政供水。

1、2 号机组目前已经取得流域水行政主管部门的取水许可，从盘石水库取水；3、4 号机组考虑海水淡化。待海水淡化设备的出力能满足机组的所有淡水需求，海水淡化设备实施后，盘石水库的淡水为备用水源。

2.5.2 地下水

2.5.2.1 地下水类型及特征

厂址区地下水以基岩裂隙水为主，第四系孔隙水仅局部存在。

原始地形地势较低的靠近海岸地带整平的回填土层中，赋存有受大气降水影响的季节性松散层孔隙潜水。

厂区上部浅地表或近地表风化程度较高岩体内，因风化裂隙、构造节理及正挖施工的爆破裂隙的大量存在而赋存地下水。基岩裂隙水主要为风化裂隙水及构造裂隙水。基岩富水性随深度的增加呈现逐渐减弱的趋势。

第四系孔隙水和基岩裂隙水之间无隔水层，因此孔隙水和裂隙水融为一体，具有统一的水头压力，成为混合水体。

由压水试验和抽水试验结果表明：厂区内基岩渗透性具有非均匀性、各向异性和随机性的特点，基岩裂隙均匀性差，渗透性存在较大差异。随深度变化，由浅入深，岩体的节理裂隙相对减少，透水性逐渐减小。

2.5.2.2 地下水补给、径流、排泄

厂区内基岩裂隙水主要受大气降水补给，水位变化具有季节性和地段性差异，一般在岩体比较完整的地段，地下水水位变化缓慢，主要以径流、蒸发等形式排泄，动态变化不大，受降水影响明显。第四系孔隙水主要受大气降水补给，径流条件较好，富水性较好，主要以地下径流的形式排泄，动态变化大。

3、4 号机组详勘工作对钻孔水位进行了量测，结果显示区内地下水位标高总体上呈中间高，北侧和南侧低的状态。可以判定主厂区内地下水总体上是由场地中间部位向北、南两个方向排泄入大海。场地内地下水的渗流速度比较缓慢，临海附近的地下水流速要大于其它地段的地下水流速。

2.5.2.3 地下水与海水的水力联系

由钻孔内水位和海水水位同步观测以及水质分析结果，结合节理裂隙的定向发育特点，推测地下水与海水之间在近南部海岸局部节理裂隙比较发育、且节理贯通性较好的地段存在微弱的水力联系。其它地段的地下水不受海水的影响。

2.5.2.4 厂址附近地下水利用情况

厂址附近范围内无集中民用采水和大型厂矿取水工程。核电厂无利用地下水的计划。

2.5.3 洪水

2.5.3.1 陆域洪水

应用美国政府负责溃坝洪水计算的机构——国家天气局所研制，并自 1976 年迄今一直使用和更新的程序 BREACH，考虑极端不利情况下 PMP 袭击使留格河上游四库（盘石水库、徽村水库、山口水库、望海水库）溃决并与最高海潮位遭遇情况下，警戒点最高洪水位为给定的最高海潮位加上局部顶托壅高；陆地排洪（即便是溃坝）就是在最高潮位达到 7m 时，水位增幅也不超过 0.33m，即不会超过厂址西侧分水岭。核电厂的防洪安全主要决定于海域洪水位，陆域溃坝洪水对厂址的安全不构成任何威胁。

2.5.3.2 设计基准洪水位

根据《核电厂厂址选择安全规定》（HAF101）和《滨海核电厂厂址设计基准洪水的确定》（HAD101/09）的要求，并结合核电厂海域地理环境和工程布置特点，厂址洪水起因事件和基准水位的组合采用：

1）10%超越概率天文高潮位；

2）可能最大风暴潮；

3）与可能最大风暴潮相应的波浪影响；

4）二十五年一遇陆域洪水；

5）核电厂寿期内平均海平面升高。

结合海阳核电厂总平面布置图，核电厂防洪方案采用 “干厂址”方案，即将厂坪标高定在包括波浪影响的设计基准洪水位（DBF）之上。山东海阳核电厂与核安全有关区域的室外厂坪标高确定为 8.40m，高于考虑波浪影响的设计基准洪水位（8.05m），确保了核电厂的防洪安全，满足有关核安全法规的要求。

2.6 地质地震

2.6.1 地形地貌

山东海阳核电厂地处胶东半岛的黄海之滨，厂址位于山东海阳市东南约22km 的沿海半岛上。厂址三面环海，仅西北侧有一狭长的颈状地带与大陆相接。区内原始地形较为平坦，地貌类型以剥蚀夷平台地为主，东西宽，南北窄，原始地面标高一般在 5.00~12.00m 左右。现厂区整个场地已整平至标高(+8.1m 左右)，临海地区已修建人工护堤，原始地貌被剥除或覆盖，场地平整、开阔。

2.6.2 地质特征

2.6.2.1 区域地质

厂址区域范围绝大部分属于华北地台，仅东南海区属扬子地台，厂址位于华北地台胶辽台隆二级构造单元内。

区域范围内脆性断层发育，大部分是中生代以来发育的浅层次变形构造，其规模大小不一，走向以 NNE 和 NE 向为主，力学性质以压扭性为主。断裂具多期活动的特点，切割了中生代以来的地层和侵入岩，燕山期的岩浆岩、火山活动及地貌形态无不受其制约。断裂一般形成于燕山期，尤以燕山晚期活动最为强烈。与厂址距离最近的晚更新世活动断裂为牟平—即墨断裂带的海阳断裂，离厂址最近距离约 20km。

区域深部构造研究显示：厂址位于较稳定的鲁东重磁平缓变化块体之上。

厂址新构造分区位于鲁东隆起区内，该区新生代以来为缓慢隆起区，断裂活动较弱。

区域现代地球动力学特征反映了自晚第三纪以来太平洋板块和印度洋板块对欧亚大陆联合作用延续至现代。

2.6.2.2 近区域地质

近区域范围属华北地层区之鲁东地层分区，跨莱阳、荣成两个地层小区，由早到晚可划分为早元古代荆山群，中生代莱阳群、青山群、王氏群及新生代第四系。侵入岩广泛分布于东部及中部，形成时代从早、中、晚元古代－中生代均有，以晚元古代和中生代最为发育，呈岩株状、岩脉产出，以酸性岩占绝对优势。近区域范围内脉岩极为发育，种类繁多。

新生代以来，厂址所在的近区域范围新构造运动是以整体抬升运动为特点，

差异活动减弱。第四纪以来，据夷平台地的分布高度低及河流阶地不发育等特点分析，该区地壳仍以缓慢整体抬升运动为主，内部差异运动微弱，断裂新活动也趋于减弱，大部分在中更新世晚期逐渐消亡，停止活动。

厂址近区域范围内断裂主要发育于西部区域，断裂以NE向为主，长度大于10km的断裂有4条，其中海阳断裂是规模最大的断裂构造，即区域性的牟平—即墨断裂带的东界断裂，也是近区域范围的主干断裂。经断裂活动性的地质地貌调查、测年和综合分析结果表明，近区域范围内18条断裂中，海阳断裂东石兰沟段为晚更新世活动断裂，其余都属早、中更新世或前第四纪活动断裂。

2.6.2.3 厂址附近范围地质

厂址附近范围陆域基岩区发育的长度≥300m的7条断层从地质、地貌表现及ESR测年数据显示均不存在晚更新世以来的活动断层。陆域第四系覆盖区采用土壤气汞测量和浅层人工地震横波反射探测，结果显示整个陆域第四系覆盖区内无隐伏活动断层存在。厂址附近内海域单道地震探测、水深测量和浅地层剖面探测结果未发现基岩面以上晚更新世沉积层和全新世沉积层中存在错动、沉积物滑塌等迹象。厂址附近范围不存在晚更新世活动断裂。

结合厂址附近地震活动与断裂构造的关系及厂址附近范围断裂构造与区域发震构造的关系综合判定厂址附近范围内不存在能动断层。

2.6.2.4 3、4号机组区工程地质特征

在3、4号机组核岛、常规岛及其BOP区开展的岩土工程勘察工作揭露的地层包括第四系地层（Q）和中生代早白垩世莱阳群水南组（$K_1^{\Lambda S}$）地层及少量脉岩。

3、4号机组区主要发现2条断层（F1、F2）和2条破碎带（P1、P2）。F1断层位于3号核岛区西南，F2断层位于4号核岛区以东，两断层均远离核反应堆厂房和辅助厂房等核安全相关构筑物，且均属非能动断层。综合判断P1、P2破碎带规模不大，形成年代久远。除此以外，厂区发育的节理裂隙和层理等对核岛地基稳定性和均匀性不构成影响。3、4号机组主厂区出露基岩主要为一套细砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩及少量粉砂质泥岩等陆源沉积岩组合，尽管组成地基的岩性不同，但由于沉积岩普遍发生轻微角岩化热接触变质作用，使得地基岩石力学性质均一化。厂区建筑场地平坦、开阔。核岛地基主要为微风化岩体，岩层

层面倾角大多在 30°～40°之间，倾角比较稳定，层面或层理面胶结良好，层面之间不存在软弱夹层。区内也无地下空洞、地面塌陷、滑坡、崩塌等不良地质作用，因此不会造成地基的倾覆与滑动。因此，3、4 号机组核岛地基稳定性好，适宜建筑。

核岛区地基均为岩石地基，不存在发生地震液化的第四系地层，故不存在地震液化和震陷问题。

山东海阳核电厂厂区已平整，厂区周边的海岸地带已形成人工混凝土护堤，因此，厂区不存在岸坡稳定性问题。整个厂区地形平坦，不存在人工边坡。

2.6.3 地震烈度级别和区域稳定性

厂址所在地处华北地震区内 M_S≥6 强震主要分布在渤海－安丘－郯城的 NNE 向郯庐断裂带上，其次是分布在胶东半岛北部北黄海海域和南侧南黄海海域中的主要断裂带上，在胶东半岛上仅有中小地震发生，且分布相对零散。

根据现有资料统计（截至 2006 年 5 月），厂址 5km 范围内没有记到 M_S≥1.0 级的地震；厂址 25km 范围内绝大多数为 3 级以下小震活动，仅记录有 1 次 5 级历史地震，即 1046 年崆峒山地震，距离厂址 21 公里，距厂址最近的地震震级为 1.6 级，距离约为 6.4km。6 级以上地震距厂址均在 71km 以外，7 级以上地震距厂址均在 150km 以外。上述统计数据表明厂址近处地震活动以中小地震活动为主。

根据厂址历史地震影响综合分析，厂址的地震影响主要来自于远场大地震，历史地震对厂址产生的最大影响烈度为Ⅶ度，来自 300 多公里外的 1668 年郯城 $8^1/_2$ 级地震。

区域发震构造鉴定显示距厂址最近的发震构造为离厂址 20km 的海阳断裂东石兰沟断，其最大潜在地震震级为 6 级。厂址所在鲁东隆起地震构造区最大弥散地震震级为 5 级。

厂址基岩 SL-2 级设计基准地震动峰值加速度为 0.175g（水平向）、0.117g（竖直向）。厂址 50 年超越概率 10%水平向峰值加速度为 0.05g，相应的地震基本烈度为Ⅵ度。

2007 年 6 月中国地震局地球物理研究所编制完成了《山东海阳核电厂工程场地设计基准地面运动参数补充论证报告》，该补充论证成果并未颠覆 1999 年

工作的认识与结论，表明 1999 年工作成果具有足够的工程保守。

2011 年 3 月 11 日日本福岛核电站和泄漏事故发生以后，国家相关部门及时开展了对运行、在建和拟建核电厂的综合安全检查。国家核安全局、国家能源局和中国地震局于 2011 年 7 月针对海阳核电进行现场综合检查的结论认为：厂址选择过程中的地震安全评价结果是恰当的，符合我国现行法规标准以及国际原子能机构最新标准的要求。

根据《核电厂工程地震调查与评价规范》（GB/T50572-2010）附录 A 中关于厂址区域地壳稳定性分级的内容，从地质构造活动性、地震活动性、地震危险性、第四纪火山活动性、潜在地震地质灾害五个方面评述山东海阳核电厂区域地壳稳定性分级位于稳定区内。

2.7 环境质量现状

由于海阳核电厂一期工程正处于施工阶段，大气、水和声环境质量现状依据一期施工期环境监测报告编制。

2.7.1 环境辐射本底

山东核电有限公司于2010年委托苏州大学卫生与环境技术研究开展了山东海阳核电厂运行前2年的环境放射性本底监测，调查时间为2010年9月～2012年12月，并于2013年3月编制完成了《山东海阳核电厂环境辐射本底调查报告（2010.9~2012.12）》。

2.7.1.1 调查范围

环境γ辐射水平调查范围为厂址半径50km范围内区域，陆地介质放射性本底水平调查、海洋介质放射性本底水平调查、指示生物调查范围为厂址半径20～30km，重点监测核电厂厂址半径10km范围，对海域的调查，重点关注核电厂废水排放口附近海域和水产养殖场。

2.7.1.2 调查内容

本次环境辐射本底监测方案见表2.7-1，监测点位分布见图2.7-1~图2.7-8和表2.7-2。

辐射本底调查具体内容如下：

1）陆地γ辐射剂量率

包括连续γ辐射空气吸收剂量率，道路、原野瞬时γ辐射空气吸收剂量率和γ辐射累积剂量。

按照《核动力厂环境辐射防护规定》(GB 6249-2011)，运行前环境γ辐射的调查范围的半径一般取50km，在厂址50km范围内进行陆地γ辐射水平调查，原则上均匀布点，近密远疏，方位交错。在核电厂次主导下风向NNE方位多布点，人口稠密区等敏感区域相对加密布点，并考虑到应急监测，在核电厂核电一路上布设点位，并在相对周围环境状况可能长期不变的WNW方位22km处的海阳市区设立点位。厂址半径50km范围内共布点120个，其中道路测点52个，原野测点68个，并从中选取5个固定监测点作为γ连续监测点位。道路、原野γ辐射剂量率和累积剂量监测频次为1次/季度。

测点一般选择在居民点附近，尽量兼顾原野和道路。原野测点选择在距建筑物

30m 以外的开阔地带，一般为田地、草坪、山坡、空地。道路测点选择在道路面中心线上，尽量远离建筑物。固定监测点选择关键居民点和主要居民点中心场地。

本底调查采用三个型号的 γ 辐射剂量率仪（BH-3103 智能 X-γ 辐射剂量率仪、FH40G 便携式 X-γ 剂量率仪和 RSS-131 高气压电离室辐射剂量率仪）进行瞬时测量，γ 辐射剂量率仪的宇宙射线响应见表 2.7-3。

2）陆地介质放射性本底水平

陆地介质包括气溶胶、沉降灰、空气、降水、饮用水、地表水、地下水、水下沉积物、土壤、植物、动物和动物产品。分析项目包括总 α、总 β、^{90}Sr、^{3}H、^{14}C、^{131}I 和 γ 谱。γ 谱分析包括 ^{7}Be、^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，对土壤 γ 谱分析还包括 ^{232}Th、^{226}Ra 和 ^{40}K 天然核素，对其它介质 γ 谱分析也尽量包括天然核素。

气溶胶、空气、沉降灰和降水等一般在固定监测点上采样，固定监测点选在居民点上，为了方便这些介质采样器取电和管理，本次调查采用同位布点，布点时以核电厂为中心，在次主导风下风向（主导风下风向为海域）按扇形布设固定监测点。土壤与植物、海水与沉积物之间有相互关系，尽量同位布点、同步采样，并充分注意对渔港相关项目的监测及对海阳市饮用水源相关途径的监测。陆地植物选择当地种植面积广、居民食入量多以及食物链上关键途经的一些品种，如小麦、花生、玉米、白菜、韭菜和玉米秸秆等，陆地动物及动物产品选择当地的主要肉类食品猪肉、羊肉和牛奶，这些陆地介质的点位同样布置在次主导风下风向厂址周围 20km 范围内。

3）海洋介质放射性本底水平

海洋介质包括海水、海洋生物、海洋底泥和潮间带土。分析项目包括总 β、^{90}Sr、^{40}K 和 γ 谱，对海水增加 ^{3}H 的监测，对海洋生物增加有机结合氚（简称 OBT）的监测。γ 谱分析包括 ^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，针对沉积物 γ 谱分析还包括 ^{232}Th、^{226}Ra 和 ^{40}K 天然核素，其它介质 γ 谱也尽量包括天然核素。

海水选择排放口附近海域，布点时考虑受纳水体的水文特性、距排放口的距离和居民点的分布等因素。海洋生物选择当地有代表性的海产品鲅鱼、蛤蜊、虾蛄、乌贼和海带，它们分别代表鱼类、贝壳类、甲壳类、软体类和海洋植物。

4）指示生物

指示生物分陆地和海洋两类介质。指示生物选择当地分布较广、对排放核素浓集度高的松针、苔藓、牡蛎和浒苔，采样点布设在厂址外主导风向下风向或次主导风向下风向最近的村镇。分析项目包括 ^{14}C、OBT、^{90}Sr 和 γ 谱。γ 谱分析包括 ^{134}Cs、^{137}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，对 γ 谱分析也尽量包括了天然核素。监测频次为 1 次/年。

所有监测项目及样品处理分析方法汇总于表 2.7-4，各类样品的检测下限见表 2.7-5~表 2.7-14。

2.7.1.4 调查结果

1）陆地 γ 辐射剂量率

（1）连续 γ 辐射空气吸收剂量率

根据连续γ辐射空气吸收剂量监测结果，5 个固定监测点测得的γ辐射空气吸收剂量率范围为（59.9～85.7）nGy/h，平均值为74.4 nGy/h，最高值出现在大辛家，最低值出现在寨前村。测量结果为连续γ辐射空气吸收剂量率测量值扣除仪器宇宙射线响应及仪器本底值。

5 个固定监测点测得γ辐射空气吸收剂量率范围为（59.9～85.7）nGy/h，平均值为74.4 nGy/h，最高值出现在大辛家，最低值出现在寨前村。

（2）陆地 γ 累积 γ 辐射吸收剂量

根据陆地 γ 累积辐射剂量监测结果，各点的陆地 γ 累积辐射剂量测值范围为（51～137）nGy/h（含宇宙射线所致吸收剂量），各点的平均值范围为（63～121）nGy/h，最低值出现在东沟，最高值出现在姜格庄。

原野 γ 辐射累积剂量各点的测值范围为（51～137）nGy/h（含宇宙射线所致吸收剂量）；各点的平均值范围为（63～121）nGy/h，最低值出现在东沟，最高值出现在姜格庄；按点平均值为（92±11）nGy/h。

（3）陆地瞬时 γ 瞬时辐射空气吸收剂量率

道路 γ 辐射空气吸收剂量率的测值范围为（39～115）nGy/h；各点平均值范围为（47～110）nGy/h，最低值出现在行村镇，最高值出现在江家村，按点平均值为（68±14）nGy/h。原野 γ 辐射空气吸收剂量率的测值范围为（32～116）nGy/h；各点的平均值范围为（35～108）nGy/h，最低值出现在萧石口村，最高值出现在石剑村；按点平均值为（64.3±14）nGy/h。

2）陆地介质放射性本底水平

（1）气溶胶

气溶胶的分析项目有包括 γ 谱、^{90}Sr、总 α、总 β 和 α/β 比值，气溶胶 γ 谱测量中未测出 ^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，其估计值分别小于 13.4、10.3、11.2、18.9 和 11.9μBq/m^3 的探测限。在 120 个样品中，有 61 个测出 ^{232}Th，其水平范围为（17.8～65.2）μBq/m^3，最低值出现在 2012 年 10 月的大辛家，最高值出现在 2011 年 12 月的寨前村；有 59 个样品测出 ^{226}Ra，其范围为 15.8～68.2μBq/m^3，最低值出现在的 2012 年 10 月的前山村，最高值出现在 2011 年 9 月的环保局；120 个样品中均测出 ^{7}Be，其范围为（1.2～15.1）mBq/m^3，其均值为 6.21 mBq/m^3，最低值出现在 2011 年 6 月的邵家庄，最高值出现在 2011 年 5 月的环保局；有 24 个样品测出 ^{137}Cs，其范围为（6.2～117.0）μBq/m^3，其均值为 8.1μBq/m^3，最低值出现在 2012 年 3 月的寨前村，最高值出现在 2011 年 4 月的环保局，其中 2011 年 4 月 5 个测点均测出了 ^{137}Cs，且为各点两年中的最高值；有 5 个 2011 年 4 月采集的样品检出 ^{134}Cs，其范围为（46.2～130.9）μBq/m^3，最低值出现在邵家庄，最高值出现在环保局；有 71 个样品测出 ^{40}K，其范围为（0.08～1.18）mBq/m^3，其均值为 0.28 mBq/m^3，最低值出现在 2012 年 2 月的邵家庄，最高值出现在 2011 年 4 月的大辛家；只有 1 个样品测出 ^{131}I，其值为 23.8μBq/m^3，出现在 2011 年 3 月的大辛家村。

所有气溶胶样品均检出总 α 和总 β，总 α 水平范围为（0.07～0.74）mBq/m^3，其均值为 0.19 mBq/m^3，最低值出现在 2011 年 7 月的大辛家，最大值出现在 2011 年 1 月的邵家庄。总 β 水平范围为（0.14～3.61）mBq/m^3，其均值为 1.15 mBq/m^3，最低值出现在 2011 年 10 月的前山村，最高值出现在 2012 月 1 月的环保局。监测还对 5 个固定点的 60 个样品调查尝试性开展了气溶胶总 α 和总 β 的比值测量，采用现场采样当天测量，5 个固定点共测量了 60 个样品，测得总 α 和总 β 比值范围为 0.32～0.78，均值为 0.57，最低值出现在 2012 年 5 月的邵家庄，最高值出现在 2012 月 3 月的环保局。

有 111 个气溶胶样品测出 ^{90}Sr，水平范围为（0.67～92.4）μBq/m^3，其均值为 18.2μBq/m^3，最低值出现在 2011 年 10 月的寨前，最高值出现在 2012 年 3 月的邵家庄。

（2）沉降灰

沉降灰的分析项目包括γ谱、^{90}Sr、总α和总β，在γ谱分析测量中未测出 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{103}Ru、^{110m}Ag 和 ^{54}Mn 核素，其估计值分别小于 0.053、0.096、0.635、0.178、0.060 和 0.053Bq/m^2.M 的探测限(M 表示月)。在 40 个样品中，有 39 个测出 ^{232}Th，其水平范围为（0.16～1.13）Bq/ m^2·M，均值为 0.35 Bq/ m^2·M，最低值出现在 2012 年第 1 季度的邵家庄，最高值出现在 2011 年第 2 季度的大辛家。有 28 个样品测出 ^{226}Ra，其范围为（0.11～0.77）Bq/ m^2·M，均值为 0.20 Bq/ m^2·M，最低值出现在的 2012 年第 1 季度的大辛家，最高值出现在 2011 年第 2 季度的大辛家。有 30 个样品测出 ^{7}Be，其范围为（10.5～68.4）Bq/ m^2·M，均值为 27.1Bq/ m^2·M，最低值出现在 2011 年第 4 季度的寨前村，最高值出现在 2011 年第 2 季的大辛家。

有 23 个样品测出 ^{137}Cs，其范围为（0.047～0.204）Bq/ m^2·M，均值为 0.083Bq/ m^2·M，最低值出现在 2012 年第 1 季度的邵家庄，最高值出现在 2012 年第 3 季度的邵家庄。有 37 个样品测出 ^{40}K，其范围为（1.19～22.8）Bq/ m^2·M，均值为 4.85Bq/ m^2·M，最低值出现在 2012 年第 1 季度的大辛家村，最高值出现在 2011 年第 2 季度的大辛家。

沉降灰样品总α和总β均已检测出，测得总α水平范围为（0.67～9.27）Bq/ m^2·M，均值为 3.25Bq/ m^2·M，最大值出现在 2011 年第 2 季度的大辛家，最低值出现在 2012 年第 3 季度的大辛家。总β水平范围为（1.93～21.1））Bq/ m^2·M，均值为 8.73Bq/m^2·M，最低值出现在 2011 年第 3 季度的邵家庄，最大值出现在 2012 年第 1 季度的前山村。

有 35 个样品测出 ^{90}Sr，水平范围(<0.02～0.63)Bq/ m^2·M，均值为 2.14Bq/ m^2·M，最高值出现在 2012 年第 2 季度的前山村。

（3）空气氚

120 个测量样品中，有 41 个样品没有检出。统计得到空气中氚浓度范围为（<0.86~5.11）Bq/L，均值为 1.50 Bq/L，所有空气水氚样品中，最低值出现在 2011 年 3 月的邵家庄村采集的样，最高值出现在 2011 年 4 月的前山村采集的样品。除 2 月、3 月两个月外，第一年度各月的空气氚水平普遍比第二年高，两年度空气氚浓度随时间变化趋势基本上相同，且各月总体水平变化不大。各采样点空气中氚年均值相差不大，但各点上第一年大约在 2.0 Bq/L 左右，第二年大约在 1.0 Bq/L 左右。各采样点的测区内空气氚浓度分布较均匀，没有出现异常，空各采样点的空气氚从小到大排序为寨前村、邵家庄、前山村和环保局。

（4）空气 ^{14}C

空气 ^{14}C 浓度范围为（22.1~43.0）mBq/m^3，空气 ^{14}C 样品中最低值出现在 2011 年 3 月的前山村采集的样品，最高值出现在 2012 年 5 月的环保局采集的样品。从两年监测结果看，^{14}C 浓度活度获得的结果随着时间 ^{14}C 浓度活度有一定的变化，但规律性不明显。总体来看，除前山村外各采样点空气 ^{14}C 年均水平相差不大，只有前山村两年结果存在明显差异，但总体来看各点均值无明显差异，说明空气 ^{14}C 的本底水平较为稳定。

（5）空气 ^{131}I

两年内共采集了 120 个样品和 5 个质控样品测量空气中 ^{131}I 放射性水平调查在，测量结果发现两年内共采了 120 个测量样品和 5 个质控样品，所有样品的测量结果均低于探测限，依据调查空气 ^{131}I 采用的采样和测量方法实际探测下限，本次调查测区内 ^{131}I 估计值应小于 2.12mBq/m^3。

（6）降水氚

测区中降水氚含量的范围为<0.59~2.60Bq/L，均值为 0.98 Bq/L，最低值出现在 2011 年 10 月大辛家和环保局采集的降水样品，最高值出现在 2012 年 8 月环保局采集的降水样。从统计结果来看，测区内降水氚含量从小到大顺序为邵家庄、大辛家、前山村、寨前村和环保局。

（7）饮用水

饮用水中 ^{137}Cs、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru、^{110m}Ag 放射性核素均未测出。总α活度浓度范围为（<0.02~0.72）Bq/L，水平最低的样品为 2010 年 11 月 3 日所取的方里村饮用水，水平最高的样品为 2012 年 2 月 29 日所取的凤城镇饮用水。

总 β 活度浓度范围为（0.03～0.38）Bq/L，水平最低的样品为 2012 年 2 月 29 日所取的方里饮用水，水平最高的样品为 2011 年 12 月 27 日所取的凤城镇饮用水。

^{90}Sr 的活度浓度范围为（1.2～9.0）mBq/L，活度浓度最低的样品为 2011 年 6 月 1 日所取的邵家庄饮用水，活度浓度最高的为 2011 年 9 月 28 日所取的海阳市区饮用水。

^{3}H 的活度浓度范围为（0.39～0.80）Bq/L，活度浓度最低的样品为 2011 年 11 月 27 日所取的方里村饮用水，活度浓度最高的样品为 2012 年 5 月 22 日所取的海阳市区饮用水。

^{40}K 的活度浓度范围为（<0.06～0.31）Bq/L，活度浓度最低的样品为 2010 年 11 月 3 日所取的大辛家村饮用水，活度浓度最高的样品为 2012 年 5 月 22 日所取的海阳市区饮用水。

^{232}Th 的活度浓度范围为（<2.8～28.3）Bq/L，活度浓度最高的样品为 2010 年 11 月 3 日所取的大辛家饮用水。

^{226}Ra 的活度浓度范围为（<0.9～17.1）Bq/L，活度浓度最高的样品为 2011 年 3 月 28 日所取的凤城镇饮用水。

（8）地下水

总α活度浓度范围为（<0.10~0.52）Bq/L，水平最低的样品为出现在 2011 年 12 月 27 日所取的邵家庄地下水，水平最高的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的凤城镇地下水。

总 β 活度浓度范围为（0.03～0.38）Bq/L，水平最低的样品为 2012 年 2 月 29 日所取的方里饮用水，水平最高的样品为 2011 年 12 月 27 日所取的凤城镇饮用水。^{90}Sr 的活度浓度范围为（1.2～9.0）mBq/L，活度浓度最低的样品为 2011 年 6 月 1 日所取的邵家庄饮用水，活度浓度最高的为 2011 年 9 月 28 日所取的海阳市区饮用水。

地下水中 ^{3}H 的活度浓度范围为（0.41~0.79）Bq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2011 年 7 月 14 日所取的厂区 P2 井地下水，活度浓度最高的样品为出现在 2010 年 11 月 3 日所取的邵家庄地下水。

地下水中 ^{40}K 的活度浓度范围为（<0.05~0.45）Bq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2011 年 7 月 14 日所取的 P3 井地下水，活度浓度最高的样品为出现在 2010 年 11 月 3 日所取的邵家庄地下水。

地下水中 ^{232}Th 的活度浓度范围为 3.1～25.0Bq/L，活度浓度最高的样品为出现在 2011 年 6 月 1 日所取的凤城镇地下水。

地下水中 ^{226}Ra 的活度浓度范围为（1.1～11.6）Bq/L，活度浓度最高的样品为出现在 2010 年 11 月 3 日所取的邵家庄地下水。

（9）地表水

总α活度浓度范围为(<0.023~0.64)q/L，水平最低的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的盘石水库地表水，水平最高的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的南

庄村地表水。总β活度浓度范围为(0.12～1.06)Bq/L，水平最低的样品出现在为 2012 年 5 月 22 日所取的盘石水库地表水，水平最高的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的南庄村地表水。

^{90}Sr 的活度浓度范围为(2.4～6.5)mBq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2011 年 6 月 1 日所取的大辛家地表水，活度浓度最高的为出现在 2011 年 12 月 27 日所取的邵家庄地表水。

地表水中 ^{3}H 的活度浓度范围为（0.44～0.79）Bq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2011 年 6 月 1 日所取的大辛家地表水，活度浓度最高的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的南庄和邵家庄的地表水。

地表水中 ^{40}K 的活度浓度范围为（0.09～0.98）Bq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的盘石水库地表水，活度浓度最高的样品为出现在 2012 年 5 月 22 日所取的南庄村地表水。

地表水中 ^{232}Th 的活度浓度范围为（<2.8～25.3）mBq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2011 年 12 月 27 日和 2012 年 5 月 22 日所取的盘石水库地表水，活度浓度最高的样品出现在为 2010 年 10 月 3 日所取的大辛家地表水。

地表水中 ^{226}Ra 的活度浓度范围为（<1.0～28.6）mBq/L，活度浓度最低的样品为出现在 2011 年 6 月 1 日所取的盘石水库地表水，活度浓度最高的样品为出现在 2010 年 10 月 3 日所取的大辛家地表水。

地表水中 ^{14}C 的活度浓度范围为（3.3～6.7）mBq/L，活度浓度最低的样品为出现在盘石水库地表水，活度浓度最高的样品为出现在大辛家地表水。

（10）水下沉积物

^{90}Sr 的活度浓度范围为 1.33～1.86Bq/kg(干重)，最低值出现在 2010 年 11 月 3 日南庄村，最高值出现在 2011 年 12 月 27 日盘石水库。

^{137}Cs 的活度浓度范围为 0.68～2.65Bq/kg(干重)，最低值出现在 2011 年 12 月 27 日南庄村，最高值出现在在 2011 年 12 月 27 日盘石水库。

^{226}Ra 的活度浓度范围为 20.0～48.0Bq/kg(干重)，最低值出现在 2011 年 12 月 27 日大辛家，最高值出现在在 2011 年 12 月 27 日盘石水库。

^{232}Th 的活度浓度范围为 36.0～140.0Bq/kg(干重)，最低值出现在 2011 年 12 月 27 日大辛家，最高值出现在在 2011 年 12 月 27 日盘石水库。

^{40}K 的活度浓度范围约为 696～1370Bq/kg(干重)，最低值出现在 2010 年 11 月 3 日大辛家，最高值出现在在 2010 年 11 月 3 日南庄村。

γ 谱未测出 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru、^{110m}Ag。

（11）土壤

各点的土壤样品中均未测出 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru、^{110m}Ag 和 ^{7}Be，其估计值分别小于 0.42Bq/kg、0.53 Bq/kg、0.41 Bq/kg、0.43 Bq/kg、0.68 Bq/kg、0.45 Bq/kg 和 5.14Bq/kg 探测限。人工放射性核素仅测到 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr，天然放射性核素 ^{232}Th、^{226}Ra 和 ^{40}K 均已测到。

土壤中 ^{137}Cs 的含量范围为（1.2~5.9）Bq/kg，均值为 3.8 Bq/kg，含量最低值为留格庄小麦地第一年的土壤样品，最高值为张家庄玉米地第一年的土壤样品。

土壤中 ^{90}Sr 的含量范围为（1.2~2.7）Bq/kg，含量最低值是海阳市区青菜地第二年的土壤样品，最高值为张家庄玉米地第二年的土壤样品。

土壤中天然放射性核素 ^{232}Th、^{226}Ra 和 ^{40}K 的含量属正常本底水平。^{232}Th 的含量范围为（21.3~84.6）Bq/kg，均值为 53.0 Bq/kg，含量最低值为前山村花生地第二年的土壤样品，最高值为南庄村白菜地第一年的土壤样品；土壤中 ^{226}Ra 的含量范围为（12.7~42.1）Bq/kg，均值为 26.5Bq/kg，含量最低值和最高值同 ^{232}Th 一样，分别为前山村花生地第二年的土壤样品和南庄村白菜地第一年的土壤样品；^{40}K 的含量范围为（633~937）Bq/kg，均值为 753Bq/kg，含量最低值为前山村花生地第二年的土壤样品，最高值为凤城镇花生地第一年的土壤样品。

（12）植物

植物 γ 谱测量中未测出 ^{7}Be、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，其估计值分别小于 27.7、1.89、2.74、1.92、1.97、3.80 和 2.03 Bq/kg(灰重)的探测限。

在 36 个陆地植物样品中，OBT 含量测量值范围为（0.06～6.28）Bq/kg，最低值为南庄村 2011 年的白菜，最高值为凤城的 2011 年的花生；OBT 含量不同物种均值范围为（0.14～3.07）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为花生；陆地植物 OBT 均值为 1.56 Bq/kg。白菜和韭菜 OBT 含量低，玉米秸秆（干）、小麦和花生 OBT 含量高，表明 OBT 含量与植物的干鲜比密切相关，干鲜比大，则 OBT 含量大；比较两年调查结果，除玉米秸秆外，第二年植物的 OBT 含量均小于第一年。

陆地植物样品 ^{14}C 含量测量值范围为（3.9～121.6）Bq/kg，最低值为南庄村 2011

年的白菜，最高值为方里村 2012 年的小麦；^{14}C 含量不同物种均值范围为（5.4～94.8）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为小麦；陆地植物 ^{14}C 均值为 60.3 Bq/kg。白菜和韭菜 ^{14}C 含量低，玉米秸秆（干）、小麦和花生 ^{14}C 含量高，同样表明 ^{14}C 含量与植物的干鲜比也密切相关，干鲜比大，则 ^{14}C 含量大；比较两年调查结果，第二年植物的 ^{14}C 含量与第一年相当，没有显著性差异。

陆地植物中 ^{90}Sr 含量测量值范围为（0.02～3.05）Bq/kg，最低值为寨前村 2012 年的玉米，最高值为塔儿庄村 2011 年的玉米秸秆；^{90}Sr 含量不同物种均值范围为（0.04～1.78）Bq/kg，最低值为玉米，最高值为玉米秸秆；陆地植物 ^{90}Sr 均值为 0.21Bq/kg。玉米和花生 ^{90}Sr 含量较低，玉米秸秆（干）和第一年的韭菜 ^{90}Sr 含量偏高；比较两年调查结果，除韭菜外，第二年植物的 ^{90}Sr 含量与第一年相当，没有显著性差异。

陆地植物 ^{40}K 含量测量值范围为（49.8～587）Bq/kg，最低值为南庄村 2011 年的白菜，最高值为塔儿庄村 2011 年的玉米秸秆；^{40}K 含量不同物种均值范围为（51.6～459）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为玉米秸秆；陆地植物 ^{40}K 均值为 190Bq/kg。玉米秸秆和花生 ^{40}K 含量较高，小麦、玉米和韭菜处于中等水平，白菜 ^{40}K 含量最低，表明 ^{40}K 含量与植物钾的总量密切相关，根茎类和果实类且成灰量高的物种 ^{40}K 含量高；比较两年 ^{40}K 的调查结果，除韭菜外，第二年植物的 ^{40}K 含量与第一年相当，也没有显著性差异。

在 36 个陆地植物样品中，有 30 个样品检出 ^{232}Th，27 个样品检出 ^{226}Ra，6 个样品 ^{232}Th 含量和 9 个样品 ^{226}Ra 含量低于探测限。^{232}Th 含量测量值范围为（<0.03～2.16）Bq/kg，最低值为南庄村 2010 年的白菜，最高值为南城阳村 2011 年的玉米秸秆；^{226}Ra 含量测量值范围为（<0.02～1.31）Bq/kg，最低值为邵家庄和南庄村 2010 年的白菜，最高值为南城阳村 2011 年的玉米秸秆。^{232}Th 含量不同物种均值范围为（0.05～1.28）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为玉米秸秆；陆地植物 ^{232}Th 含量均值为 0.33Bq/kg。^{226}Ra 含量不同物种均值范围为（0.02～0.77）Bq/kg，最低值也是白菜，最高值同样是玉米秸秆；陆地植物 ^{226}Ra 含量均值为 0.22Bq/kg。比较两年 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量的调查结果，第二年 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量与第一年相当，没有显著性差异。在 36 个陆地植物样品中，有 33 个样品检出 ^{137}Cs， 3 个样品 ^{137}Cs 含量低于探测限。^{137}Cs 含量测量值范围为（<0.012～0.47）Bq/kg，最低值为海阳市区 2010 年

的白菜，最高值为南城阳村 2011 年的玉米秸秆。^{137}Cs 含量不同物种均值范围为（0.021～0.26）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为玉米秸秆；陆地植物 ^{137}Cs 均值为 0.102Bq/kg。玉米秸秆和花生 ^{137}Cs 含量较高，小麦、玉米和韭菜处于中等水平，白菜 ^{137}Cs 含量最低，表明植物中 ^{137}Cs 含量与 ^{40}K 含量密切相关，也是根茎类和果实类且成灰量高的物种 ^{137}Cs 含量高；比较两年 ^{137}Cs 的调查结果，第二年植物含量与第一年相当，也没有显著性差异。

（13）动物及动物产品

动物及动物产品 γ 谱测量中未测出 ^{7}Be、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，其估计值分别小于 27.7、1.89、2.74、1.92、1.97、3.80 和 2.03 Bq/kg(灰重)的探测限。

在 27 个动物及动物产品样品中，除牛奶不要求测量外有 15 个动物样品分析了 OBT，检出的 OBT 含量值范围为（0.22～1.23）Bq/kg，最低值为凤城镇 2012 年的羊肉，最高值为留格庄镇 2012 年的猪肉；OBT 含量不同物种均值范围为（0.39～0.89）Bq/kg，最低值为鸡肉，最高值为猪肉；动物 OBT 均值为 0.6 Bq/kg。动物 OBT 含量从低到高的次序为鸡肉、羊肉和猪肉，猪肉第二年的 OBT 含量均大于第一年，羊肉则相反。

动物及动物产品样品 ^{14}C 含量测量值范围为（8.5～64.2）Bq/kg，最低值为南城阳村 2011 上半年的牛奶，最高值为方里村 2012 年的猪肉；不同物种 ^{14}C 含量不同物种均值范围为（12.0～54.2）Bq/kg，最低值为牛奶，最高值为猪肉；动物及动物产品 ^{14}C 均值为 38.0 Bq/kg。牛奶 ^{14}C 含量低，猪肉、鸡肉和羊肉 ^{14}C 含量较高，表明 ^{14}C 含量与动物及动物产品的干鲜比密切相关，干鲜比大，则 ^{14}C 含量大；比较两年调查结果，第二年动物及动物产品的 ^{14}C 含量与第一年相当，没有显著性差异。

动物及动物产品中 ^{90}Sr 含量测量值范围为（0.008～3.88）Bq/kg，最低值为海阳市区 2012 下半年的牛奶，最高值为凤城镇 2012 年的羊肉；不同物种 ^{90}Sr 含量不同物种均值范围为（0.023～2.85）Bq/kg，最低值为牛奶，最高值为羊肉；动物及动物产品 ^{90}Sr 均值为 0.84Bq/kg。动物及动物产品中 ^{90}Sr 含量从低到高的次序为牛奶、猪肉、鸡肉和羊肉，大辛家的鸡由于是家庭散养方式，^{90}Sr 含量比其他两地高很多；比较两年调查结果，第二年动物及动物产品物的 ^{90}Sr 含量与第一年相当，没有显著性差异。

动物及动物产品 ^{40}K 含量测量值范围为（15.9～112）Bq/kg，最低值为凤城镇 2011 年的羊肉，最高值为留格庄镇 2011 年的猪肉；^{40}K 含量不同物种均值范围为（49.7～78.9）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为玉米秸秆；动物及动物产品 ^{40}K 均值为 65.8Bq/kg。猪肉 ^{40}K 含量较高，牛奶处于中等水平，鸡肉和羊肉 ^{40}K 含量较低，表明 ^{40}K 含量与动物的种类密切相关；比较两年 ^{40}K 的调查结果，第二年动物及动物产品的 ^{40}K 含量与第一年相当，也没有显著性差异。

在 27 个动物及动物产品样品中，有 22 个样品检出 ^{232}Th，21 个样品检出 ^{226}Ra，5 个样品 ^{232}Th 含量和 6 个样品 ^{226}Ra 含量低于探测限。^{232}Th 含量测量值范围为（<0.037～2.70）Bq/kg，最低值为南城阳村 2011 下半年的牛奶，最高值为留格庄镇 2012 年的羊肉；^{226}Ra 含量测量值范围为（<0.04～1.73）Bq/kg，最低值为海阳市区 2012 上半年的牛奶，最高值为留格庄镇 2012 年的羊肉。^{232}Th 含量不同物种均值范围为（0.044～1.56）Bq/kg，最低值为牛奶，最高值为羊肉；动物及动物产品 ^{232}Th 含量均值为 0.46 Bq/kg。^{226}Ra 含量不同物种均值范围为（0.12～1.07）Bq/kg，最低值也是鸡肉，最高值同样是羊肉；动物及动物产品 ^{226}Ra 含量均值为 0.34Bq/kg。比较两年 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量的调查结果，第二年羊肉 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量均大于第一年的值，猪肉、鸡肉和牛奶两年间没有显著性差异。

在动物及动物产品 27 个样品中，有 22 个样品检出 ^{137}Cs，5 个样品 ^{137}Cs 含量低于探测限。^{137}Cs 含量测量值范围为（<0.013～0.098）Bq/kg，最低值为南城阳村 2011 下半年的牛奶，最高值为凤城镇 2012 年的羊肉。不同物种 ^{137}Cs 含量不同物种均值范围为（0.02～0.07）Bq/kg，最低值为白菜，最高值为玉米秸秆；动物及动物产品 ^{137}Cs 均值为 0.056Bq/kg。鸡肉 ^{137}Cs 含量较高，猪肉和羊肉处于中等水平，牛奶 ^{137}Cs 含量最低；比较两年 ^{137}Cs 的调查结果，第二年动物及动物产品 ^{137}Cs 含量与第一年相当，也没有显著性差异。

动物产品样品采集了 12 个牛奶样品，均没有检出 ^{131}I，其估计值分别小于 9.38m Bq/L。

3）海洋介质放射性本底水平

（1）海水

放化分析检出了 ^{90}Sr、^{14}C、^{3}H 和 ^{40}K，γ 谱分析海水样品仅测出少部分样品的 ^{137}Cs、^{226}Ra、^{232}Th，其它核素 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru、^{110m}Ag 均未测出。

总β的活度浓度范围为（7.20~15.5）Bq/L，最低值出现在 2010 年 11 月 4 日的琵琶岛海域处，最高值出现在 2012 年 2 月 29 日寨前村海域。

^{40}K 的活度浓度范围为（8.05~12.8）Bq/L，最低值出现在 2010 年 11 月 4 日小滩海域，最高值出现在 2012 年 2 月 29 日邵家庄海域。

^{3}H 的活度浓度范围为（0.29~0.75）Bq/L，最低值出现在 2012 年 2 月 29 日距 2 号排放口 2km（东北）处，最高值出现在 2012 年 2 月 29 日邵家庄海域。

^{137}Cs 的活度浓度范围为（<0.70~2.86）mBq/L，最低值出现在 2012 年 2 月 29 日距 2 号排放口 1km（东北）处，最高值出现在 2010 年 11 月 4 日凤城镇海域处。

^{90}Sr 的活度浓度范围为（0.82~1.52）mBq/L，最低值出现在 2012 年 2 月 29 日寨前村海域处，最高值出现在 2010 年 11 月 4 日距 1 号排放口 2km（西）海域。

^{14}C 的活度浓度范围为（1.2~5.1）mBq/L，最低值出现在距 2 号排放口 2km 处海域，最高值出现在凤城港海域。

（2）海洋沉积物

海洋沉积物分析项目的测量结果均为干重。总β的活度浓度范围为（829~1080）Bq/kg(干重)，最低值出现在 2012 年 2 月 29 日凤城镇处，最高值出现在 2012 年 2 月 29 日距 2 号排放口 2km 处。

^{90}Sr 的活度浓度范围为（0.65~1.37）Bq/kg(干重)，最低值出现在 2012 年 2 月 29 日琵琶岛，最高值出现在 2010 年 11 月 4 日寨前（平行样）处。1980~1982 年渤海沿岸海沉积物 ^{90}Sr 活度浓度为（0.29±0.22）pCi/g（10.73±8.14 Bq/kg 干），范围为（0.013~0.68）pCi/g（0.48~25.16 Bq/kg 干）；测量方法为 P-204 萃取法、硫酸盐沉淀法、P-204 反相色。1971~1982 年福建近海海域沉积物 ^{90}Sr 活度浓度范围为 0.03~0.05 pCi/g（1.11~1.85 Bq/kg 干），测量方法未报道。本次 ^{90}Sr 活度浓度高于上述两者。

^{137}Cs 的活度浓度范围为（＜0.4～5.8）Bq/kg(干重)，最低值出现在 2010 年 11 月 4 日凤城海域，最高值出现在 2012 年 2 月 9 日小滩村海域。

^{226}Ra 的活度浓度范围为（24～338）Bq/kg(干重)，最低值出现在 2010 年 11 月 4 日寨前，最高值出现在在 2010 年 11 月 4 日凤城镇处，该样品明显偏高（重复测量还是偏高），假使铀镭平衡则换算成铀含量为 27.2ppm，属轻微的铀矿化，^{226}Ra 含量统计时把它剔除了。

^{232}Th 的活度浓度范围为（11～58）Bq/kg(干重)，最低值出现在 2010 年 11 月 4 日凤城镇处，最高值出现在 2012 年 2 月 29 日邵家庄处。

^{40}K 的活度浓度范围约为（50～871）Bq/kg(干重)，最低值出现在 2010 年 11 月 4 日凤城镇处，该样品 ^{40}K 含量太低，^{40}K 含量统计时把它剔除了，最高值出现在在 2012 年 2 月 29 日琵琶岛处。

γ 谱未测出 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru、^{110m}Ag。

（3）海洋生物

海洋生物分析的项目有：总 β、^{40}K、^{90}Sr、OBT 和 γ 谱测量。

在 27 个海产品样品中，γ 谱测量未测出 ^{7}Be、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，其估计值分别小于 27.7、1.89、2.74、1.92、1.97、3.80 和 2.03 Bq/kg(灰重)的探测限。

在 27 个海产品样品中，OBT 含量测量值范围为（0.02～0.84）Bq/kg，最低值为宁津镇 2012 年的海带，最高值为大辛家村 2011 年的蛤蜊；不同物种 OBT 含量不同物种均值范围为（0.03～0.50）Bq/kg，最低值为海带，最高值为蛤蜊；海产品 OBT 均值为 0.27 Bq/kg。海带 OBT 含量低，乌贼和虾蛄含量中等，鲅鱼和蛤蜊 OBT 含量较高；比较两年调查结果，鲅鱼和蛤蜊表现出第一年测出 OBT 明显大于第二年，其它海产品的 OBT 含量第二年与第一年没有明显差异。

海产品中 ^{90}Sr 含量测量值范围为（0.013～0.708）Bq/kg，最低值为凤城镇 2012 的鲅鱼，最高值为邵家庄村 2011 年的虾蛄，海产品 ^{90}Sr 均值为 0.148Bq/kg。鲅鱼和海带 ^{90}Sr 含量较低，乌贼、蛤蜊和虾蛄 ^{90}Sr 含量明显较高；第一年虾蛄（带壳）的 ^{90}Sr 明显高于第二年虾蛄（不带壳），第二年蛤蜊的 ^{90}Sr 明显高于第一年，两年之间乌贼的 ^{90}Sr 相差不明显。针对 ^{90}Sr 易于沉积在骨骼中，本次调查专门对鲅鱼骨头开展了 ^{90}Sr 分析，发现其含量范围为（0.053～0.061）Bq/kg，明显高于鲅鱼肉的 ^{90}Sr 测值范围（0.012～0.014）Bq/kg。

海产品总 β 水平测量值范围为（50.6～118）Bq/kg，最低值为邵家庄 2011 年的乌贼，最高值为大辛家村 2011 年的鲅鱼；总 β 水平不同物种均值范围为（65.1～104）Bq/kg，最低值为蛤蜊，最高值为鲅鱼；海产品总 β 均值为 78.6Bq/kg。5 种海产品总 β 水平从低到高的次序为蛤蜊、乌贼、虾蛄、海带和鲅鱼；比较两年的调查结果，除虾蛄和蛤蜊外，第一年海产品总 β 水平与第二年相当，没有多大的显著差别。虾

蛤第一年高于第二年是因为第一年样品带壳。

海产品 ^{40}K 含量测量值范围为（55.1～146）Bq/kg，最低值为邵家庄村 2011 年的蛤蜊，最高值为大辛家村 2012 年的鲅鱼；不同物种 ^{40}K 含量不同物种均值范围为（63.4～133）Bq/kg，最低值为蛤蜊，最高值为鲅鱼；海产品 ^{40}K 均值为 94.2Bq/kg。5 种海产品 ^{40}K 含量从低到高的次序为蛤蜊、虾蛄、海带、乌贼和鲅鱼，基本上与总 β 水平次序相同；比较两年的调查结果，除虾蛄外，第一年海产品 ^{40}K 含量与第二年相当，没有多大的显著差别。

在 27 个海产品样品中，有 26 个样品检出 ^{232}Th，21 个样品检出 ^{226}Ra。^{232}Th 含量测量值范围为（<0.078～2.31）Bq/kg，最低值为邵家庄村 2012 的鲅鱼，最高值为凤城镇 2011 年的虾蛄；^{226}Ra 含量测量值范围为（<0.037～1.35）Bq/kg，最低值为邵家庄村 2012 年的鲅鱼，最高值为邵家庄村 2011 的虾蛄。不同物种 ^{232}Th 含量不同物种均值范围为（0.05～1.20）Bq/kg，最低值为鲅鱼，最高值为虾蛄；海产品 ^{232}Th 含量均值为 0.73Bq/kg。不同物种 ^{226}Ra 含量不同物种均值范围为（0.03～0.58）Bq/kg，最低值也是鲅鱼，最高值同样是虾蛄；海产品 ^{226}Ra 含量均值为 0.35Bq/kg。比较两年 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量的调查结果，第二年 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量与第一年在虾蛄和蛤蜊两物种上有差别，且都是第一年大于第二年，其它物种没有显著性差异。虾蛄和蛤蜊两物种 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 的正相关性较好。

在 27 个海产品样品中，有 20 个样品检出 ^{137}Cs。^{137}Cs 含量测量值范围为（<0.02～0.35）Bq/kg，最低值为宁津镇 2012 年的海带，最高值为凤城镇 2012 年的虾蛄。^{137}Cs 含量不同物种均值范围为（0.016～0.176）Bq/kg，最低值为海带，最高值为鲅鱼；海产品 ^{137}Cs 均值为 0.077Bq/kg。比较两年 ^{137}Cs 的调查结果，第二年海产品 ^{137}Cs 含量与第一年相当，也没有显著性差异。

（4）潮间带土

各点的潮间带土中均未测出 ^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru、^{110m}Ag、^{137}Cs 和 ^{7}Be，其估计值分别小于 0.42、0.53、0.41、0.43、0.68、0.45、0.68 和 5.14Bq/kg 探测限。

人工放射性核素仅测到 ^{90}Sr，天然放射性核素 ^{232}Th、^{226}Ra 和 ^{40}K 均能测到。在 3 个测点 ^{90}Sr 的比活度范围为（0.40～0.66）Bq/kg，含量最低的为凤城镇海边的潮间带土样品，较高的为邵家庄和小滩村海边的潮间带土样品。潮间带土中天然放射

性核素 ^{232}Th、^{226}Ra 和 ^{40}K 的含量属一般本底水平。

4）指示生物放射性本底水平

指示生物 γ 谱测量中未测出 ^{7}Be、^{134}Cs、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 核素，其估计值分别小于 27.7、1.89、2.74、1.92、1.97、3.80 和 2.03 Bq/kg(灰重)的探测限。

在 22 个指示生物样品中，OBT 含量测量值范围为（0.08～1.06）Bq/kg，最低值为凤城镇 2012 年的泽苔，最高值为邵家庄村 2012 年的松针；不同物种 OBT 含量不同物种均值范围为（0.11～0.87）Bq/kg，最低值为泽苔，最高值为松针；指示生物 OBT 均值为 0.36 Bq/kg。比较两年调查结果，松针第二年 OBT 明显高于第一年，牡蛎则相反，苔藓和泽苔两年间没有明显区别。

指示生物样品 ^{14}C 含量测量值范围为（13.7～50.3）Bq/kg，最低值为邵家庄村 2011 年的牡蛎，最高值为凤城镇 2011 年的松针；^{14}C 含量不同物种均值范围为（18.9～45.7)Bq/kg，最低值为白菜，最高值为小麦；指示生物 ^{14}C 均值为 28.4 Bq/kg。比较两年调查结果，牡蛎第一年明显大于第二年，松针、苔藓和泽苔第二年指示生物的 ^{14}C 含量与第一年相当，没有显著性差异。

指示生物中 ^{90}Sr 含量测量值范围为（0.022～7.06）Bq/kg，最低值为大辛家村 2010 年的牡蛎，最高值为凤城镇 2012 年的松针；不同物种 ^{90}Sr 含量不同物种均值范围为（0.049～5.25）Bq/kg，最低值为牡蛎，最高值为松针；指示生物 ^{90}Sr 均值为 2.51Bq/kg。指示生物 ^{90}Sr 含量从低到高的次序为：牡蛎、泽苔、苔藓和松针；比较两年调查结果，苔藓和松针的 ^{90}Sr 含量两年间相当，没有显著性差异。从总体来看，指示生物 ^{90}Sr 含量明显高于其他生物。

指示生物 ^{40}K 含量测量值范围为（30.1～153）Bq/kg，最低值为凤城镇 2010 年的牡蛎，最高值为大辛家村 2011 年的苔藓；不同物种 ^{40}K 含量不同物种均值范围为（37.9～127)Bq/kg，最低值为牡蛎，最高值为松针；指示生物 ^{40}K 均值为 104Bq/kg。指示生物 ^{40}K 含量从低到高的次序为：牡蛎、泽苔、苔藓和松针；比较两年 ^{40}K 的调查结果，第二年指示生物的 ^{40}K 含量与第一年相当，也没有显著性差异。

在 22 个指示生物样品中，^{232}Th 含量测量值范围为（0.099～67.8）Bq/kg，最低值为凤城镇 2011 年的牡蛎，最高值为大辛家 2011 年的苔藓；^{226}Ra 含量测量值范围为（<0.055～27.3）Bq/kg，最低值为凤城镇 2011 年的牡蛎，最高值为大辛家村 2011

年的苔藓。不同物种 ^{232}Th 含量不同物种均值范围为（0.29～51.0）Bq/kg，最低值为牡蛎，最高值为苔藓。不同物种 ^{226}Ra 含量不同物种均值范围为（0.11～19.6）Bq/kg，最低值也是牡蛎，最高值同样是苔藓。苔藓的 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量比其它指示生物明显高。比较两年 ^{232}Th 和 ^{226}Ra 含量的调查结果，第二年 ^{232}Th 含量与第一年相当，没有显著性差异，而第二年 ^{226}Ra 含量比第一年稍高相当。

在 22 个指示生物样品中，有 6 个样品检出 ^{137}Cs， 16 个样品 ^{137}Cs 含量低于探测限。^{137}Cs 含量测量值范围为（<0.08～<0.48）Bq/kg，最高值为凤城镇 2011 年的苔藓。^{137}Cs 含量不同物种均值范围为（0.031～0.22）Bq/kg，最低值为牡蛎，最高值为苔藓；指示生物 ^{137}Cs 均值为 0.11Bq/kg。苔藓和泽苔的 ^{137}Cs 含量较高，松针和牡蛎含量较低。比较两年 ^{137}Cs 的调查结果，第二年指示生物含量与第一年相当，也没有显著性差异。

2.7.1.5 福岛核事故对辐射本底影响分析

1）对气溶胶的影响

2011 年 3~5 月福岛核事故期间的气溶胶放射性水平分析见表 2.7-15。

由表 2.7-15 可知，福岛核事故影响主要体现在 2011 年 4 月气溶胶 ^{137}Cs 测量数据上。3 月份有 3 个监测点分析出 ^{137}Cs，均值为 9.9μBq/m^3，4 月份 5 个监测点均分析出 ^{137}Cs，均值为 84.5μBq/m^3，与此同时这 5 个样品也检出了 ^{134}Cs，其范围为（46.2～130.9）μBq/m^3，均值为 94.9μBq/m^3；5 月份 5 个监测点均未检出 ^{137}Cs。这 3 个月样品的 ^{134}Cs 也出现相同的规律。与本底调查区全年气溶胶 ^{137}Cs 调查值(8.1±0.2) μBq/m^3 相比，日本福岛核事故对本底调查 2011 年 4 月的 ^{137}Cs 测量有明显影响。故在本底调查数据统计中，剔除了 2011 年 4 月气溶胶 ^{137}Cs 的测量值。

^{90}Sr 在事故发生初期（3 月份）5 个采样点样品仅有 3 个样品（分别取自邵家庄、大辛家和环保局监测点）数据偏高，且与三站点在非事故时间段监测到的数据相比偏高并不明显。

另外，在 2012.3.22-2012.3.30 时间段的气溶胶采样中，有一个点（大辛家）测出 ^{131}I，其值为 23.8μBq/m^3，除此之外其他时间段 ^{131}I 测量值均小于探测限。

2）对沉降灰的影响

福岛事故期间（2011.3.27~2011.6.10）采集的沉降灰样品与全部沉降灰样品调查结果比较见表 2.7-16。

由表 2.7-16 可知，福岛事故期间采集的沉降灰样品 ^{137}Cs 平均含量为（0.14±0.05）Bq/(m^2.M)，明显高于本次调查沉降灰全部样品 ^{137}Cs 平均含量为（0.08±0.01）Bq/(m^2.M)，且第 3 次样品的 ^{137}Cs 测值范围也明显处于全部样品测值范围的高值段，说明福岛核事故释放的 ^{137}Cs 对此次调查沉降灰有一定影响，但影响并不大。事故期间采集的沉降灰样品 ^{90}Sr 平均含量为（0.08±0.02）Bq/(m^2.M)，低于本次调查沉降灰全部样品 ^{90}Sr 平均含量为（0.21±0.07）Bq/(m^2.M)，且事故期间采集样品的 ^{90}Sr 测值范围也明显处于全部样品测值范围的低值段，说明福岛核事故释放的 ^{90}Sr 对此次调查沉降灰没有影响。

3）对其他样品的影响

在水、生物、土壤和底泥等介质样品中，日本福岛核事故发生前后，与核电有关的人工核素 ^{137}Cs、^{90}Sr、^{131}I、^{58}Co、^{60}Co、^{54}Mn、^{103}Ru 和 ^{110m}Ag 均没有明显变化。

4）对 γ 空气吸收剂量率的影响

图 2.7-9 给出道路和原野 γ 空气吸收剂量率随时间变化的趋势。从图 2.7-9 可知，2011 年 3 月～7 月测值偏高，随后开始下降，2012 年 7 月又开始上升，表明 γ 空气吸收剂量率主要与季节相关，与日本福岛核事故没有显著相关性。

2.7.2 空气

山东省环境监测中心站于 2011 年四季度至 2012 年四季度开展了施工期环境空气质量监测工作。监测结果（表 2.7-17）表明，五个季度环境空气中二氧化硫、二氧化氮小时浓度及日平均浓度均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的要求。PM_{10} 日均值除 2012 年第二季度不符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的要求（0.15mg/m^3）外，其余 4 个季度的 PM_{10} 日均值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准要求。TSP 日均值除 2012 年第二季度不符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中二级标准的要求（0.30mg/m^3）外，其余 4 个季度的 TSP 日均值均符合《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中的二级标准要求。PM_{10} 和 TSP 指标超标主要由核电厂施工活动以及施工车辆运输所致的扬尘所致。

2.7.3 水

根据《山东海阳核电厂一期工程监测报告》（2011~2012），施工期水环境监

测包括海洋环境监测、施工期废水排放监测和地下水监测。监测结果见表 2.7-18~表 2.7-20，海洋环境监测点位图见图 2.7-10。

根据山东省环境保护局《关于同意调整山东海阳核电厂附近海域环境功能区划的复函》（鲁环发[2009]21 号），海阳核电厂厂址西侧 9.6 平方公里的海域和厂址东侧 7.7 平方公里的海域，其环境功能区类别由原来的二类调整为混合区。核电厂厂址周围剔除混合区后，面积为 40.4 平方公里的海域，其环境功能区类别由原来的二类调整为三类，主要水质指标除水温执行三类海水水质标准外，其它指标仍执行二类海水水质标准。

山东省环境监测中心站于 2011 年第四季度、2012 年第二、第四季度开展了海洋环境监测工作。海洋环境监测结果表明，2011 年第四季度和 2012 年第二季度部分监测点位的 pH 值略低于《海水水质标准》（GB3097-1997）二类标准中 pH 范围为 7.8~8.5 的要求。2011 年第四季度所有点位和 2012 年第二季度部分点位的无机氮监测值均超过《海水水质标准》（GB3097-1997）中的二类标准要求，其原因可能是工程施工产生的陆源污染影响，造成个别时段个别点位的数值超过二类水质标准。除此以外，其他时段各监测点位的各检测项目的监测值均满足《海水水质标准》（GB3097-1997）中的二类标准要求。

山东省环境监测中心站于 2010 年四季度至 2011 年三季度以及 2012 年二季度开展了施工期地下水监测工作。监测结果表明，除 2011 年第一至第三季度以及 2012 年二季度的总大肠杆菌群超过《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）中Ⅲ类标准的要求外，各季度其他监测项目均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-1993）中Ⅲ类标准的要求。

2.7.4 噪声

山东省环境监测中心站于 2011 年四季度至 2012 年四季度开展了施工期噪声监测工作。

施工期厂界噪声监测点位图见图 2.7-11，厂界噪声监测结果见表 2.7-21。海阳核电厂监测期间为建筑施工期间，几个施工阶段同时进行，厂界噪声执行《建筑施工场界噪声限值》（GB12523-1990）中高噪声阶段的限值，昼间噪声限值为 85 分贝，夜间噪声限值为 55 分贝。监测结果表明，2011 年四季度至 2012 年四季度各测点昼、夜噪声监测值均满足上述标准限值的要求，昼间噪声来源主要是往返运送土

石的施工车辆的噪声，夜间无施工车辆的噪声影响，噪声来源主要是社会生活噪声。

施工期敏感点噪声监测结果见表 2.7-22。监测结果表明，五个季度环境敏感点（邵家庄、小滩村）的昼夜噪声监测值均符合《声环境质量标准》（GB3096-2008）中 2 类标准的要求。噪声来源主要是海阳核电厂施工车辆噪声。

2.7.5 电磁辐射

根据山东核电有限公司委托国核电力规划设计研究院于 2010 年 6 月编制的《海阳核电厂一期工程 220kV 备用电源输变电工程环境影响评价报告表》，海发变电站外三回路#1～#14 铁塔已运行的 110kV 线路，经现状监测均符合相应标准要求。南京电力设备质量性能检验中心对海阳核电厂一期工程 220KV 备用电源输变电工程送电线路周围的工频电场、工频磁场、无线电干扰进行了现状监测。主要监测结果见表 2.7-23。从监测结果可知，线路所经区域的工频电场、工频磁场、无线电干扰均满足相应标准限值要求。

表2.7-1　海阳核电厂辐射本底调查方案

介质	监测对象	监测内容	测点数	监测频次	样品数	外检数
陆地γ场	居民点	连续γ剂量率	5	1 次/5 分钟	525600	-
	道路、原野	累积γ剂量（TLD）	120	1 次/季度	960	96
	道路	瞬时γ剂量率	52	1 次/季度	416	41
	原野	瞬时γ剂量率	68	1 次/季度	544	55
陆地介质	空气	^{14}C 、^{3}H 和 ^{131}I	5	1 次/月	120	8
	气溶胶	总α、总β、α/β比值、^{90}Sr 和γ能谱	5	1 次/月	120	8
	沉降物	总α、总β、γ能谱、^{90}Sr	5	1 次/季度	40	4
	雨水	氚	5	1 次/月	120	8
	地表水	总α、总β、^{3}H、^{14}C、^{90}Sr、γ能谱	4	1 次/半年	16	2
	地下水	总α、总β、^{3}H、^{90}Sr、γ能谱	5	1 次/半年	20	2
	饮用水	总α、总β、^{3}H、^{90}Sr、γ能谱	5	1 次/季度	40	4
	沉积物	^{90}Sr、γ能谱	4	1 次/年	8	1
	表层土	^{90}Sr、γ能谱	12	1 次/年	24	3
	白菜、韭菜、小麦、花生、玉米、玉米秸秆	^{90}Sr、^{14}C、^{3}H 和γ能谱	18	1 次/年	36	4
	猪肉、羊肉、鸡肉	^{90}Sr、^{14}C、^{3}H 和γ能谱	9	1 次/年	15	2
	牛奶	^{131}I、^{90}Sr、^{14}C、γ能谱	3	1 次/半年	12	2
海洋生态	海水	总β、^{40}K、^{90}Sr、^{14}C、^{3}H、γ能谱	14	1 次/年	28	2
	海底泥	总β、^{40}K、^{90}Sr、γ能谱	14	1 次/年	28	2
	鲅鱼、蛤蜊、虾蛄、乌贼、海带	总β、^{40}K、^{90}Sr、OBT、γ能谱	13	1 次/年	27	3
	潮间带土	^{90}Sr、γ能谱	3	1 次/年	6	1
指示生物	松针、苔藓	^{14}C、OBT、^{90}Sr、γ能谱	5	1 次/年	10	2
	牡蛎、浒苔	^{14}C、OBT、^{90}Sr、γ能谱	6	1 次/年	12	2

表2.7-2　陆地介质、海洋介质和指示生物监测点位置

介质	监测对象	监测点位
陆地介质	空气、气溶胶、沉降物、雨水	邵家庄、大辛家、寨前村、前山村、海阳市区
	饮用水	邵家庄、大辛家、方里村、凤城镇、海阳市区
	地下水	厂址边界的 P1 井、P2 井、P3 井，邵家庄、方里村、凤城镇
	地表水、沉积物	邵家庄、大辛家、南庄村、盘石水库
	表层土	邵家庄、张家庄、外岛村、大辛家、南庄村、窑头村、寨前村、前山村、方里村、留格庄镇、凤城镇、海阳市区
	白菜、韭菜	邵家庄、南庄村、海阳市区；南庄村、寨前村、远牛村
	小麦	外岛村、窑头村、留格庄镇
	花生	邵家庄、前山村、凤城镇
	玉米	张家庄、方里村、寨前村
	玉米秸秆、牛奶	塔儿庄、南城阳、海阳市区
	猪肉	大辛家、留格庄镇、方里村
	鸡肉	大辛家、凤城镇、桃源村
	羊肉	大辛家、凤城镇、留格庄镇
海洋介质	海水、海底泥	核电取水口、排放口 1（0km、0.5km、1km、2km）、排放口 2（0km、0.5km、1km、2km）、邵家庄、寨前、凤城港、琵琶岛、凤城港
	鲅鱼、蛤蜊、虾蛄、乌贼、海带	邵家庄水域、大辛家港、凤城港、荣城宁津镇（海带）
	潮间带土	邵家庄、小滩村、凤城港
指示生物	松针、苔藓	邵家庄、凤城镇；邵家庄、大辛家、凤城港
	牡蛎、浒苔	邵家庄、大辛家、凤城镇

表 2.7-3　γ 辐射剂量率仪的宇宙射线响应值

型号	编号	测量日期	宇宙射线响应值（nGy/h）
FH-40G	JC08-07-2008	2011.07	11.7
	JC08-08-2008	2010.11	13.8
		2011.03	13.2
BH-3103A	JC08-01-2004	2011.10	16.0
	SDWH-389	2011.10	14.7
RSS-131	6D137647	2011.10	40.1

表2.7-4　本底调查监测项目、监测内容及样品处理分析方法汇总表

监测项目	监测内容	样品处理	分析方法
总 β	气溶胶	-	直接测量
	沉降物	蒸发、灰化	
	水体	蒸发、灼烧	
总 α	气溶胶	-	
	水体	蒸发、灼烧	
^{90}Sr	土壤、潮间带土	浸取	二-（2-乙基巳基）磷酸脂萃取色层法
	水体	沉淀	
	生物	灰化、硝化	
^{137}Cs	土壤、潮间带土	烘干、粉碎	γ 能谱法
^{3}H	空气、水体	蒸馏	液体闪烁计数法
	生物	燃烧、蒸馏	
^{14}C	空气	吸收、沉淀	碳酸钙粉末悬浮液体闪烁计数法
	生物	燃烧、吸收、沉淀	
	水体	鼓泡、吸收、沉淀	
^{40}K	海水、海底泥	稀释	原子吸收法
^{131}I	空气	活性炭吸附	γ 能谱法
γ 核素	土壤、海底泥	烘干、粉碎	
	气溶胶	重叠压实	
	生物	烘干、碳化、灰化	
	水体	蒸发、吸附、沉淀	

表 2.7-5 气溶胶样品 γ 谱探测下限

测量仪器：1 号 HPGeγ 谱仪 GMX40，相对效率为 40%，测量时间为 71733 秒；
2 号 HPGeγ 谱仪 GMX30，相对效率为 30%，测量时间为 80749 秒；
样品：几何尺寸为 Φ75mm×35mm，样品量为 10000m^3，采样 8 天，放置 20 天

核素	能量(keV)	积分计数(INT)		探测效率(ε)		发射几率(η)	探测下限(Bq/ m^3)	
		1 号	2 号	1 号	2 号		1 号	2 号
^{131}I	364.5	1301	2053	2.75E-02	2.51E-02	0.8116	8.51E-05	9.53E-05
^{7}Be	477.6	875	1140	2.27E-02	1.85E-02	0.1042	1.11E-04	1.37E-04
^{103}Ru	497.0	848	1160	2.21E-02	1.77E-02	0.8890	1.48E-05	1.89E-05
^{134}Cs	604.8	737	730	1.91E-02	1.44E-02	0.9756	9.70E-06	1.13E-05
^{110m}Ag	658.0	671	598	1.79E-02	1.34E-02	0.9440	1.07E-05	1.19E-05
^{137}Cs	661.7	1409	642	1.78E-02	1.33E-02	0.8512	1.61E-05	1.29E-05
^{58}Co	810.8	473	436	1.51E-02	1.13E-02	0.9943	1.19E-05	1.34E-05
^{54}Mn	834.8	508	420	1.48E-02	1.11E-02	0.9998	1.05E-05	1.12E-05
^{60}Co	1173.2	290	272	1.11E-02	9.74E-03	0.9998	1.01E-05	9.85E-06
	1332.5	243	201	9.89E-03	9.74E-03	0.9999	1.03E-05	8.47E-06
^{232}Th	238.6	3400	4383	3.61E-02	4.05E-02	0.4465	2.36E-05	2.12E-05
	583.1	1281	840	1.96E-02	1.50E-02	0.3023	3.92E-05	3.70E-05
	911.3	771	442	1.37E-02	1.06E-02	0.2700	4.87E-05	4.25E-05
^{226}Ra	351.9	1751	2422	2.82E-02	2.62E-02	0.3721	2.59E-05	2.91E-05
	609.3	1240	944	1.90E-02	1.43E-02	0.4628	2.61E-05	2.67E-05
^{40}K	1460	2104	819	9.09E-03	9.93E-03	0.1067	3.07E-04	1.56E-04

表 2.7-6　沉降灰样品 γ 谱探测下限

测量仪器：1 号 HPGeγ 谱仪 GMX40，相对效率为 40%，测量时间为 71733 秒；
2 号 HPGeγ 谱仪 GMX30，相对效率为 30%，测量时间为 83289 秒；
样品：几何尺寸为 Φ75mm×35mm，样品量为 0.2827 m^2 灰×3 个月(90 天) ，放置 20 天

核素	能量(keV)	积分计数(INT)		探测效率(ε)		发射几率(η)	探测下限(Bq/m^2月)	
		1 号	2 号	1 号	2 号		1 号	2 号
^{7}Be	477.6	875	1270	2.85E-02	4.00E-02	0.1042	1.67E+00	1.23E+00
^{103}Ru	497.0	848	1106	2.79E-02	3.94E-02	0.8890	2.55E-01	1.78E-01
^{134}Cs	604.8	737	729	2.50E-02	3.56E-02	0.9756	8.86E-02	5.34E-02
^{110m}Ag	658.0	671	600	2.37E-02	3.37E-02	0.9440	1.04E-01	5.96E-02
^{137}Cs	661.7	1409	678	2.36E-02	3.36E-02	0.8512	1.40E-01	5.91E-02
^{58}Co	810.8	473	526	2.02E-02	2.86E-02	0.9943	1.50E-01	9.64E-02
^{54}Mn	834.8	508	396	1.97E-02	2.78E-02	0.9998	9.90E-02	5.34E-02
^{60}Co	1173.2	290	280	1.38E-02	1.85E-02	0.9998	9.44E-02	5.97E-02
	1332.5	243	220	1.17E-02	1.52E-02	0.9999	1.02E-01	6.46E-02
^{232}Th	238.6	3440	4470	3.72E-02	4.98E-02	0.4465	2.64E-01	1.94E-01
	583.1	1281	920	2.56E-02	3.63E-02	0.3023	3.47E-01	1.78E-01
	911.3	771	494	1.82E-02	2.55E-02	0.2700	4.23E-01	2.09E-01
^{226}Ra	351.9	1751	2674	3.24E-02	4.46E-02	0.3721	2.60E-01	2.00E-01
	609.3	1240	1041	2.49E-02	3.54E-02	0.4628	2.29E-01	1.27E-01
^{40}K	1460	2104	1009	1.03E-02	1.29E-02	0.1067	3.14E+00	1.49E+00

表 2.7-7　空气中 ^{131}I 样品 γ 谱探测下限

测量仪器：1 号 HPGeγ 谱仪 GMX40，相对效率为 40%，测量时间为 71733 秒；
2 号 HPGeγ 谱仪 GMX30，相对效率为 30%，测量时间为 80749 秒；
样品：几何尺寸为 Φ75mm×35mm，　　测量：炭盒+滤纸

仪器	能量 (keV)	样品量 m^3	积分计数 (INT)	探测效率 (ε)	发射几率 (η)	空气中的探测下限 (Bq/m^3)
1 号	364	130	1301	2.75E-2	0.8116	2.12E-3
2 号	364	200	2053	2.51E-2	0.8116	1.69E-3

表 2.7-8　　淡水样品γ谱探测下限

测量仪器：GMX40P4-76 高纯锗γ谱仪 相对效率：＞40% 样品几何尺寸：φ75mm×70mm
测量时间：86400s　　取样量：20L

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)(6.0g≦m≦120.0g)	发射几率	探测下限(Bq/L)
^{134}Cs	604.8	1895	ε=0.08646m^-0.3084	0.9756	1.47E-03 ~ 3.72E-03
^{137}Cs	661.7	1641	ε=0.05013m^-0.1713	0.8512	1.98E-03 ~ 4.01E-03
^{58}Co	810.8	1311	ε=0.07168m^-0.3086	0.9943	1.43E-03 ~ 3.78E-03
^{60}Co	1173.2	1114	ε=0.04782m^-0.2715	0.9998	1.80E-03 ~ 4.20E-03
^{60}Co	1332.5	937	ε=0.06537m^-0.3607	0.9999	1.42E-03 ~ 3.89E-03
^{54}Mn	834.8	1375	ε=0.07036m^-0.3086	0.9998	1.48E-03 ~ 3.97E-03
^{103}Ru	497.0	2138	ε=0.09799m^-0.3083	0.8890	1.44E-03 ~ 3.68E-03
^{110m}Ag	658.0	1650	ε=0.08192m^-0.3084	0.9440	1.48E-03 ~ 3.78E-03
^{226}Ra	351.9	4202	ε=0.9137m^-0.7744	0.3721	1.37E-03 ~ 7.03E-03
^{226}Ra	609.3	2847	ε=0.9356m^-0.8891	0.4628	1.14E-03 ~ 7.45E-03
^{232}Th	238.6	7115	ε=0.1561m^-0.3104	0.4465	3.13E-03 ~ 6.04E-03
^{232}Th	583.1	2545	ε=0.05665m^-0.2149	0.3023	6.18E-03 ~ 9.74E-03
^{232}Th	911.3	1599	ε=0.08634m^-0.3719	0.2700	5.08E-03 ~ 1.12E-02
^{40}K	1460.8	5148	ε=0.02808m^-0.1955	0.1067	4.82E-03 ~ 7.28E-03

表 2.7-9（1/2） 海水样品γ谱探测下限

测量仪器：GMX40P4-76 高纯锗γ谱仪 相对效率：＞40% 样品几何尺寸：φ75mm×70mm
测量时间：85994s 取样量：40L AMP（磷钼酸铵）基质质量：20.0g

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率(η)	探测下限(Bq/L)
^{134}Cs	604.8	922	3.27E-02	0.9756	3.35E-03
^{137}Cs	661.7	802	3.20E-02	0.8512	3.79E-03

测量仪器：GEM-FX8530P4 高纯锗γ谱仪 相对效率：＞52% 样品几何尺寸：φ75mm×70mm
测量时间：86310s 取样量：40L AMP 基质质量：20.0g

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率(η)	探测下限(Bq/L)
^{134}Cs	604.8	425	3.78E-02	0.9756	1.52E-03
^{137}Cs	661.7	357	3.90E-02	0.8512	1.72E-03

测量仪器：GMX40P4-76 高纯锗γ谱仪 相对效率：＞40% 样品几何尺寸：φ70mm×70mm
测量时间：85994s 取样量：20L MnO_2 基质质量：40.0g

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率(η)	探测下限(Bq/L)
^{58}Co	810.8	637	2.29E-02	0.9943	6.48E-03
^{60}Co	1173.2	485	1.77E-02	0.9998	7.06E-03
^{60}Co	1332.5	397	1.62E-02	0.9999	6.90E-03
^{54}Mn	834.8	729	2.24E-02	0.9998	7.04E-03
^{103}Ru	497.0	1016	3.23E-02	0.8890	6.84E-03
^{110m}Ag	658.0	789	2.65E-02	0.9440	6.38E-03
^{226}Ra	351.9	2995	4.12E-02	0.3721	2.30E-02
^{226}Ra	609.3	2226	2.80E-02	0.4628	2.20E-02
^{232}Th	238.6	3473	5.41E-02	0.4465	1.63E-02
^{232}Th	583.1	1289	2.89E-02	0.3023	2.50E-02
^{232}Th	911.3	769	2.11E-02	0.2700	2.82E-02

表2.7-9（2/2） 海水样品γ谱探测下限

测量仪器：GEM-FX8530P4 高纯锗γ谱仪 相对效率：＞52% 样品几何尺寸：φ75mm×70mm
测量时间：86310s 取样量：40L MnO_2 基质质量：80.0g

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率(η)	探测下限(Bq/L)
^{58}Co	810.8	248	2.26E-02	0.9943	1.47E-03
^{60}Co	1173.2	238	1.62E-02	0.9998	1.98E-03
^{60}Co	1332.5	177	1.44E-02	0.9999	1.92E-03
^{54}Mn	834.8	217	2.20E-02	0.9998	1.41E-03
^{103}Ru	497.0	539	3.51E-02	0.8890	1.57E-03
^{110m}Ag	658.0	339	2.72E-02	0.9440	1.43E-03
^{226}Ra	351.9	1391	4.79E-02	0.3721	4.45E-03
^{226}Ra	609.3	552	2.92E-02	0.4628	3.66E-03
^{232}Th	238.6	2102	6.79E-02	0.4465	3.23E-03
^{232}Th	583.1	551	3.04E-02	0.3023	5.40E-03
^{232}Th	911.3	282	2.03E-02	0.2700	6.41E-03

表 2.7-10　沉积物样品γ谱探测下限

测量仪器：GMX40P4-76 高纯锗γ谱仪　　相对效率：>40%　　样品几何尺寸：φ75mm×70mm
测量时间：85994s　　土壤标准物质量：290g　　样品量：290g

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率(η)	探测下限(Bq/kg 干)
^{134}Cs	604.8	922	1.26E-02	0.9756	4.62E-01
^{137}Cs	661.7	802	1.19E-02	0.8512	5.22E-01
^{58}Co	810.8	637	1.06E-02	0.9943	4.47E-01
^{60}Co	1173.2	485	8.45E-03	0.9998	4.87E-01
^{60}Co	1332.5	397	7.83E-03	0.9999	4.76E-01
^{54}Mn	834.8	729	1.04E-02	0.9998	4.85E-01
^{103}Ru	497.0	1016	1.42E-02	0.8890	4.72E-01
^{110m}Ag	658.0	789	1.20E-02	0.9440	4.40E-01
^{226}Ra	351.9	2995	1.74E-02	0.3721	1.58E+00
^{226}Ra	609.3	2226	1.25E-02	0.4628	1.52E+00
^{232}Th	238.6	3473	2.20E-02	0.4465	1.12E+00
^{232}Th	583.1	1289	1.29E-02	0.3023	1.72E+00
^{232}Th	911.3	769	9.84E-03	0.2700	1.95E+00
^{40}K	1460.8	2499	7.41E-03	0.1067	1.18E+01

测量仪器：GEM-FX8530P4 高纯锗γ谱仪　　相对效率：>52%　　样品几何尺寸：φ75mm×70mm
测量时间：86310s　　土壤标准物质量：290g　　样品量：290g

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率(η)	探测限(Bq/kg 干)
^{134}Cs	604.8	425	1.88E-02	0.9756	2.09E-01
^{137}Cs	661.7	357	1.74E-02	0.8512	2.38E-01
^{58}Co	810.8	248	1.45E-02	0.9943	2.03E-01
^{60}Co	1173.2	238	1.05E-02	0.9998	2.74E-01
^{60}Co	1332.5	177	9.35E-03	0.9999	2.65E-01
^{54}Mn	834.8	217	1.41E-02	0.9998	1.95E-01
^{103}Ru	497.0	539	2.24E-02	0.8890	2.17E-01
^{110m}Ag	658.0	339	1.75E-02	0.9440	1.97E-01
^{226}Ra	351.9	1391	3.04E-02	0.3721	6.14E-01
^{226}Ra	609.3	552	1.87E-02	0.4628	5.05E-01
^{232}Th	238.6	2102	4.29E-02	0.4465	4.46E-01
^{232}Th	583.1	551	1.94E-02	0.3023	7.45E-01
^{232}Th	911.3	282	1.31E-02	0.2700	8.84E-01
^{40}K	1460.8	582	8.62E-03	0.1067	4.88E+00

表 2.7-11　土壤（潮间带土）样品 γ 谱探测下限

测量仪器：HPGeγ 谱仪 GMX40，相对效率为 40%　　样品几何尺寸：Φ75mm×70mm
测量时间：82247s　　样品量：0.30kg　　样品放置时间：20 天

核素	能量(keV)	积分计数(INT)	探测效率(ε)	发射几率	探测下限(Bq/kg 干)
^{7}Be	477.6	1132	1.65E-02	0.1042	5.14E+00
^{103}Ru	497.0	1074	1.61E-02	0.8890	6.80E-01
^{134}Cs	604.8	878	1.40E-02	0.9756	4.19E-01
^{110m}Ag	658.0	761	1.32E-02	0.9440	4.47E-01
^{137}Cs	661.7	1634	1.32E-02	0.8512	6.81E-01
^{58}Co	810.8	611	1.15E-02	0.9943	5.25E-01
^{54}Mn	834.8	574	1.13E-02	0.9998	4.26E-01
^{60}Co	1173.2	418	8.91E-03	0.9998	4.37E-01
	1332.5	267	8.17E-03	0.9999	3.81E-01
^{232}Th	238.6	3425	2.65E-02	0.4465	9.33E-01
	583.1	1294	1.44E-02	0.3023	1.56E+00
	911.3	912	1.06E-02	0.2700	1.99E+00
^{226}Ra	351.9	2134	2.03E-02	0.3721	1.15E+00
	609.3	1417	1.40E-02	0.4628	1.10E+00
^{40}K	1460	2655	7.67E-03	0.1067	1.19E+01

表 2.7-12　　动植物灰样品 γ 谱探测下限

测量仪器：HPGeγ 谱仪 GMX30　　样品几何尺寸：Φ75mm×70mm
测量时间：57514s　　样品量：50g

核素	能量 (keV)	积分计数 (INT)	探测效率(ε)	发射几率 (η)	探测下限 (Bq/kg 灰)
^{7}Be	477.6	832	2.44E-02	0.1042	2.77E+01
^{103}Ru	497.0	801	2.37E-02	0.8890	3.80E+00
^{134}Cs	604.8	499	2.02E-02	0.9756	1.89E+00
^{110m}Ag	658.0	417	1.89E-02	0.9440	2.03E+00
^{137}Cs	661.7	478	1.88E-02	0.8512	2.22E+00
^{58}Co	810.8	378	1.57E-02	0.9943	2.74E+00
^{54}Mn	834.8	302	1.53E-02	0.9998	1.97E+00
^{60}Co	1173.2	177	1.12E-02	0.9990	1.95E+00
	1332.5	129	9.83E-03	0.9999	1.89E+00
^{40}K	1460	755	8.96E-03	0.1067	4.66E+01

表 2.7-13　放射化学分析各种样品探测下限（水和沉积物部分）

分析项目	环境介质	样品用量	本底(cpm)	测量时间	探测效率(%)	化学/电解回收率(%)	探测下限
总α	水	2L	0.015	40000s	1.45	91.6	7.9E-02 Bq/L
总β	水	2L	1.86	40000s	27.1	100	4.3E-02 Bq/L
	海水	0.5L	1.86	40000s	27.1	100	2.8E+00 Bq/L
	海底泥	200mg	1.86	40000s	27.1	/	7.6E+01Bq/Kg，干
^{90}Sr	水	20L	0.0498	800min	16.9	66.7	4.5E-04Bq/L
	海水	40L	0.0498	800min	16.9	69.5	1.7E-04Bq/L
	底泥	50g	0.0498	800min	16.9	66.8	3.7E-01Bq/kg
^{3}H	水	250 mL	2.04	1000 min	26.0	36	1.8E-01 Bq/L
^{40}K*	海水	0.1mL	/	/	/	/	8.5E-01 Bq/L

* 使用“AA6300C型原子吸收分光光度计”进行原子吸收分光光度法测量。

表 2.7-14（1/2） 放射化学分析各类样品的探测下限

测量仪器：BH1216 二路低本底 αβ 测量仪、BH1227 四路低本底 αβ 测量仪、1220 型液闪计数器

ALOKA 闪烁分析仪

分析项目	环境介质	样品用量	通道	本底(cpm)	测量时间(min)	探测效率(%)	化学回收率(%)	探测下限
总α	气溶胶	110m^3	2-1	0.03	1440	21.60	100	1.48E-5Bq/m^3
			2-2	0.03	1440	26.10	100	1.23E-5Bq/m^3
	沉降灰*	90d	2-1	0.03	1440	6.17	100	1.74E-1Bq/m^2.M
			2-2	0.03	1440	6.10	100	1.73E-1Bq/m^2.M
总β	气溶胶	110m^3	2-1	1.49	1440	23.10	100	9.80E-5Bq/m^3
			2-2	1.40	1440	31.00	100	7.08E-5Bq/m^3
	沉降灰*	90d	2-1	1.45	1440	26.69	100	2.71E-1Bq/m^2.M
			2-2	1.46	1440	26.79	100	2.72E-1Bq/m^2.M
	生物	5.3g	2-1	1.45	1440	26.50	100	1.75Bq/kg
			2-2	1.46	1440	29.30	100	1.59Bq/kg
^{3}H	空气**	8mL	1220型	0.98	1000	34.1	100	8.9E-1Bq/L
	降水	40mL	Aloka型	4.50	1000	28.97	100	4.5E-1Bq/L
	生物	200g	1220型	1.18	1000	31.8	87	4.81E-2Bq/kg
^{14}C	空气***	0.65m^3	1220型	1.35	500	61.0	100	1.02E-2Bq/m^3
	生物	16g	1220型	1.21	500	17.9	100	1.33 Bq/kg
^{131}I	牛奶****	4L	2-1	1.58	1200	12.5	60	9.38E-3Bq/L
			2-2	1.49	1200	13.4	60	8.52E-3Bq/L

表2.7-14（2/2） 放射化学分析各类样品的探测下限

分析项目	环境介质	样品用量	通道	本底(cpm)	测量时间(min)	探测效率(%)	化学回收率(%)	探测下限
^{90}Sr	气溶胶	10^4m^3	2-1	1.57	1200	29.16	75	1.28E-06 Bq/m^3
			2-2	1.43	1200	32.37	75	1.10E-06 Bq/m^3
			4-1	1.23	1200	35.99	75	9.17E-07 Bq/m^3
			4-2	1.21	1200	36.86	75	8.90E-07 Bq/m^3
			4-3	1.40	1200	31.56	75	1.12E-06 Bq/m^3
			4-4	1.23	1200	30.31	75	1.09E-06 Bq/m^3
	沉降灰	90d	4-1	1.23	1200	35.99	75	1.08E-02Bq/m2.M
			4-2	1.21	1200	36.86	75	1.05E-02 Bq/m^2.M
			4-3	1.40	1200	31.56	75	1.32E-02 Bq/m2.M
			4-4	1.23	1200	30.31	75	1.29E-02 Bq/m2.M
	生物	0.5kg	2-1	1.57	1200	29.16	75	2.56E-02 Bq/kg
			2-2	1.43	1200	32.37	75	2.21E-02 Bq/kg
			4-1	1.23	1200	35.99	75	1.83E-02 Bq/kg
			4-2	1.21	1200	36.86	75	1.78E-02 Bq/kg
			4-3	1.40	1200	31.56	75	2.24E-02 Bq/kg
			4-4	1.23	1200	30.31	75	2.19E-02 Bq/kg
	土壤	0.1kg	4-1	1.23	1200	35.99	65	1.06E-01 Bq/kg
			4-2	1.21	1200	36.86	65	1.03E-01 Bq/kg
			4-3	1.40	1200	31.56	65	1.29E-01 Bq/kg
			4-4	1.23	1200	30.31	65	1.26E-01 Bq/kg

*沉降灰采样时间为90天，得到灰量为4g，取160mg做总放分析；**空气水蒸汽氚采样体积为10m^3，分析用水量8mL或40mL；***空气^{14}C采样体积为2.88m^3，取1g$CaCO_3$等同空气体积为0.65m^3；****牛奶采样与测量相隔7天。

表 2.7-15　2011 年 3～5 月气溶胶放射性水平 γ 谱分析结果 （单位：μBq/m^3）

点位	样品编号	取样时间	^{137}Cs	^{134}Cs	^{90}Sr
邵家庄	051101105/24	2011.03.15~03.24	8.4±3.5	<9.2	**42.2±0.6**
	051101106/24	2011.04.13~04.19	**38.1±2.2**	**46.2±1.9**	8.5±0.4
	051101107/24	2011.05.11~05.17	<17.5	<19.4	4.1±0.4
大辛家	051101905/24	2011.03.15~03.24	10.1±3.2	<10.8	16.8±0.4
	051101906/24	2011.04.13~04.19	**91.0±3.6**	**66.1±2.6**	**45.5±0.7**
	051101907/24	2011.05.11~05.17	<16.1	<18.1	13.8±0.6
寨前村	051102405/24	2011.03.15~03.24	<10.8	<7.4	**27.7±0.5**
	051102406/24	2011.04.13~04.19	**89.5±3.3**	**131±4**	2.0±0.4
	051102407/24	2011.05.11~05.17	<19.9	<21.8	12.0±0.5
前山村	051103705/24	2011.03.15~03.24	11.3±4.4	<12.7	**27.6±0.7**
	051103706/24	2011.04.13~04.19	**86.8±3.3**	**114±3**	4.3±0.4
	051103707/24	2011.05.11~05.17	<13.9	<15.2	10.2±0.5
环保局	051106405/24	2011.03.15~03.24	<13.6	<10.0	22.2±0.5
	051106406/24	2011.04.13~04.19	**117±4**	**117±3**	**48.6±0.7**
	051106407/24	2011.05.11~05.17	<15.3	<16.8	38.2±0.6

注：粗体为同点各核素3个样品的最大值。

表 2.7-16　福岛事故期间沉降灰样品与全部样品的 ^{137}Cs 和 ^{90}Sr 调查结果的比较

单位：Bq/(m^2.M)

核素	福岛事故期间样品		全部样品	
	均值	范围	均值	范围
^{137}Cs	0.14±0.05	0.08～0.20	0.08±0.01	0.05～0.20
^{90}Sr	0.08±0.02	0.07～0.11	0.21±0.07	0.02～0.65

表 2.7-17（1/5） 环境空气质量监测结果（2011 年第四季度）

小时浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮
2011.10.26	邵家庄	南	未检出	0.027
		南	0.033	0.031
		南	0.017	0.027
		南	0.021	0.031
	小滩	南	0.029	0.030
		南	0.017	0.025
		南	0.013	0.018
		南	0.020	0.023
	梁家	南	0.011	0.024
		南	0.027	0.029
		南	0.008	0.026
		南	0.015	0.028
	林家	南	0.024	0.018
		南	0.009	0.034
		南	0.017	0.038
		南	0.019	0.030
最大值	/	/	0.033	0.038
标准限值	/	/	0.50	0.20
达标情况	/	/	达标	达标

日均浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮	TSP	PM_{10}
2011.10.26	邵家庄	南	0.020	0.026	0.050	0.014
	小滩	南	0.023	0.028	0.043	0.009
	梁家	南	0.019	0.013	0.129	0.043
	林家	南	0.021	0.014	0.209	0.107
最大值	/	/	0.023	0.028	0.209	0.107
标准限值	/	/	0.15	0.08	0.30	0.15
达标情况	/	/	达标	达标	达标	达标

表 2.7-17（2/5） 环境空气质量监测结果（2012 年第一季度）

小时浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮
2011.02.22	邵家庄	东南	0.027	0.064
		东南	0.033	0.036
		东南	0.052	0.019
		东南	0.041	0.031
	小滩	东南	0.078	0.030
		东南	0.087	0.035
		东南	0.083	0.038
		东南	0.070	0.030
	梁家	东南	0.011	0.041
		东南	0.027	0.029
		东南	0.038	0.026
		东南	0.045	0.028
	林家	东南	0.044	0.035
		东南	0.039	0.024
		东南	0.036	0.038
		东南	0.029	0.030
最大值	/	/	0.087	0.064
标准限值	/	/	0.50	0.20
达标情况	/	/	达标	达标

日均浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮	TSP	PM_{10}
2012.02.22	邵家庄	东南	0.051	0.026	0.164	0.121
	小滩	东南	0.084	0.040	0.095	0.017
	梁家	东南	0.036	0.095	0.102	0.048
	林家	东南	0.041	0.045	0.125	0.037
最大值	/	/	0.084	0.095	0.164	0.121
标准限值	/	/	0.15	0.12	0.30	0.15
达标情况	/	/	达标	达标	达标	达标

表 2.7-17（3/5） 环境空气质量监测结果（2012 年第二季度）

小时浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮
2012.5.3-4	邵家庄	南	0.010	0.073
		南	0.014	0.059
		南	0.011	0.046
		南	0.012	0.055
	小滩	南	0.018	0.060
		南	0.018	0.060
		南	0.024	0.040
		南	0.022	0.047
	梁家	南	0.023	0.055
		南	0.010	0.044
		南	0.013	0.056
		南	0.015	0.051
	林家	南	0.018	0.042
		南	0.011	0.033
		南	0.015	0.067
		南	0.013	0.061
最大值	/	/	0.024	0.073
标准限值	/	/	0.50	0.20
达标情况	/	/	达标	达标

日均浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮	TSP	PM_{10}
2012.05.03	邵家庄	南	0.028	0.041	0.471	0.200
	小滩	南	0.031	0.034	0.524	0.262
	梁家	南	0.013	0.035	0.501	0.334
	林家	南	0.011	0.051	0.457	0.304
最大值	/	/	0.031	0.051	0.524	0.334
标准限值	/	/	0.15	0.12	0.30	0.15
达标情况	/	/	达标	达标	不达标	不达标

表 2.7-17（4/5） 环境空气质量监测结果（2012 年第三季度）

小时浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮
2012.08.14	邵家庄	南	0.019	0.023
		南	0.014	0.020
		南	0.020	0.021
		南	0.008	0.030
	小滩	南	0.021	0.035
		南	0.024	0.025
		南	0.011	0.027
		南	0.015	0.031
	梁家	南	0.019	0.051
		南	0.025	0.033
		南	0.026	0.047
		南	0.021	0.034
	林家	南	0.010	0.032
		南	0.019	0.034
		南	0.016	0.032
		南	0.022	0.027
最大值	/	/	0.026	0.051
标准限值	/	/	0.50	0.20
达标情况	/	/	达标	达标

日均浓度 单位：mg/m^3

检测日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮	TSP	PM_{10}
2012.08.14	邵家庄	南	0.078	0.033	0.142	0.027
	小滩	南	0.042	0.034	0.176	0.048
	梁家	南	0.023	0.029	0.113	0.113
	林家	南	0.033	0.030	0.212	0.095
最大值	/	/	0.078	0.034	0.212	0.113
标准限值	/	/	0.15	0.12	0.30	0.15
达标情况	/	/	达标	达标	达标	达标

表 2.7-17（1/5） 环境空气质量监测结果（2012 年第四季度）

小时浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮
2012.11.02~03	邵家庄	西南	0.014	0.028
		西南	0.028	0.022
		西南	0.021	0.015
		西南	0.018	0.013
	小滩	西南	0.017	0.036
		西南	0.017	0.016
		西南	0.014	0.022
		西南	0.018	0.017
	梁家	西南	0.015	0.015
		西南	0.014	0.015
		西南	0.010	0.014
		西南	0.018	0.016
	林家	西南	0.011	0.014
		西南	0.014	0.014
		西南	0.016	0.015
		西南	0.014	0.022
最大值	/	/	0.028	0.036
标准限值	/	/	0.50	0.20
达标情况	/	/	达标	达标

日均浓度 单位：mg/m^3

日期	测点位置	风向	二氧化硫	二氧化氮	TSP	PM_{10}
2012.11.02	邵家庄	西南	0.039	0.015	0.26	0.12
	小滩	西南	0.030	0.011	0.25	0.15
	梁家	西南	0.029	0.014	0.16	0.12
	林家	西南	0.043	0.017	0.21	0.11
最大值	/	/	0.039	0.017	0.26	0.15
标准限值	/	/	0.15	0.08	0.30	0.15
达标情况	/	/	达标	达标	达标	达标

表 2.7-18（1/3） 施工期海洋环境监测结果（2011 年第四季度）

单位：mg/L（水温：℃，浊度：NTU，盐度：‰，pH 无量纲）

点位 项目	C2	C3	C4	W11	W12	W17	W26	W27	W28	W29
水温	17.3	17.1	17.3	17.2	17.2	17.3	17.1	17.2	17.2	17.2
浊度	1.81	1.18	0.97	0.64	0.73	1.03	1.85	1.03	0.81	0.98
盐度	30.358	30.437	30.246	30.248	30.136	30.472	30.153	30.584	30.635	30.507
pH	7.81	7.96	7.85	7.73	7.91	7.95	7.99	7.89	7.78	7.84
SS	25.7	27.9	29.6	8.4	28.9	40.5	30.4	38.7	22.7	26.4
DO	7.36	7.44	7.40	7.44	7.44	7.52	7.40	7.68	7.52	7.42
COD	0.96	0.84	1.12	0.96	0.92	1.12	1.16	0.88	1.04	1.09
BOD_5	0.88	0.84	0.92	0.96	0.88	0.92	0.88	0.80	0.92	0.91
无机氮	0.578	0.864	0.463	0.396	0.416	0.344	0.460	0.483	0.549	0.387
非离子氨	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
活性磷	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
石油类	17.3	17.1	17.3	17.2	17.2	17.3	17.1	17.2	17.2	17.2
LAS	1.81	1.18	0.97	0.64	0.73	1.03	1.85	1.03	0.81	0.98

注：非离子氨检出限为 0.001mg/L，石油类检出限为 0.01mg/L，LAS 检出限为 0.01mg/L，NO_2-N 检出限为 0.003mg/L，NO_3-N 检出限为 0.003mg/L，NH_3-N 检出限为 0.005mg/L。

表 2.7-18（2/3） 施工期海洋环境监测结果（2012 年第二季度）

单位：mg/L(水温：℃，浊度：NTU，盐度：‰，pH 无量纲)

点位 项目	C2	C3	C4	W11	W12	W17	W26	W27	W28	W29
水温	15.6	15.5	15.6	15.8	15.2	15.6	15.4	15.9	15.6	15.5
浊度	2.2	2.0	1.8	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.4	2.0
盐度	30.946	30.727	30.758	30.361	30.643	30.629	30.183	30.256	30.817	30.336
pH	7.88	7.92	7.82	7.85	7.96	7.95	7.83	7.73	7.84	7.71
SS	26	22	25	21	19	20	22	18	19	21
DO	8.16	8.09	8.12	7.92	8.16	7.96	7.92	8.28	7.60	7.96
COD_{Mn}	0.92	0.96	1.04	1.50	1.16	1.48	0.96	1.16	0.96	0.92
BOD_5	0.88	0.80	0.96	1.00	0.76	0.88	0.80	0.92	0.88	0.80
无机氮	0.197	0.134	0.273	0.268	0.317	0.329	0.443	0.533	0.261	0.346
非离子氨	未检出	未检出	0.002	未检出	0.003	0.003	0.002	0.003	0.001	0.001
活性磷	0.010	0.009	0.013	0.005	0.023	0.018	0.017	0.016	0.017	0.010
石油类	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
LAS	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出

注：非离子氨检出限为 0.001mg/L，石油类检出限为 0.01mg/L，LAS 检出限为 0.01mg/L，NO_2-N 检出限为 0.003mg/L，NO_3-N 检出限为 0.003mg/L，NH_3-N 检出限为 0.005mg/L。

表 2.7-18（3/3） 施工期海洋环境监测结果（2012 年第四季度）

单位：mg/L（水温：℃，浊度：NTU，盐度：‰，pH 无量纲）

点位 项目	C2	C3	C4	W11	W12	W17	W26	W27	W28	W29
水温	13.6	13.7	14.2	13.4	13.5	13.4	14.1	13.8	14.0	13.7
浊度	63	68	59	78	89	128	118	101	107	101
盐度	30.232	30.531	30.298	30.169	30.235	30.198	30.454	30.569	30.453	30.297
pH	8.25	8.20	8.17	8.16	8.26	8.23	8.26	8.21	8.23	8.17
SS	8.2	8.9	7.7	10.2	11.6	16.6	15.4	13.2	13.9	13
DO	9.12	9.00	8.96	8.92	9.04	9.08	9.12	9.16	8.96	9.04
COD	0.90	0.96	1.10	1.24	1.10	1.23	1.12	1.20	0.94	0.96
BOD_5	0.80	0.92	0.88	0.96	0.80	0.80	0.92	0.88	0.86	0.92
无机氮	0.119	0.136	0.159	0.199	0.057	0.167	0.094	0.087	0.171	0.143
非离子氨	未检出	0.001	0.002	0.002	0.001	未检出	0.001	0.002	0.003	0.002
活性磷	0.017	0.014	0.012	0.010	0.009	0.010	0.012	0.014	0.010	0.014
石油类	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出
LAS	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出	未检出

注：非离子氨检出限为 0.001mg/L，石油类检出限为 0.01mg/L，LAS 检出限为 0.01mg/L，NO_2-N 检出限为 0.003mg/L，NO_3-N 检出限为 0.003mg/L，NH_3-N 检出限为 0.005mg/L。

表 2.7-20 施工期地下水监测结果

单位：mg/L（pH 无量纲）

监测结果 / 监测项目	2010 年第四季度	2011 年第一季度	2011 年第二季度	2011 年第三季度	2012 年第二季度
pH	7.24	8.31	7.62	8.78	8.01
总硬度	320	218	212	198	265
溶解性总固体	422	395	417	357	401
硫酸盐	108	132	96.8	117	115
氯化物	68	89.8	97.8	85.4	79.5
COD_{Mn}	1.25	1.06	1.09	1.15	1.04
氨氮	0.13	0.06	0.084	0.05	0.070
总大肠菌群（个/L）	3.0	20	20	20	20
硝酸盐	12.3	9.53	10.3	8.79	8.96
亚硝酸盐	0.012	未检出	0.004	未检出	未检出
阴离子合成洗涤剂	0.25	未检出	未检出	未检出	未检出
井深（m）	20	20	20	20	20

表 2.7-21 核电厂界噪声监测结果

单位：dB(A)

监测日期	监测点位	昼			夜		
		时间	监测值	声源类型	时间	监测值	声源类型
2011.10.26	S1	09:00	47.6	建筑施工	22:45	40.5	生活
	S2	09:15	66.4	建筑施工	22:30	42.7	生活
	S3	09:25	79.4	建筑施工	22:15	45.3	生活
	S4	09:40	50.8	建筑施工	22:23	43.5	生活
2012.02.22	S1	09:00	47.8	建筑施工	22:45	41.5	生活
	S2	09:15	65.4	建筑施工	22:30	42.5	生活
	S3	09:25	69.4	建筑施工	22:15	44.3	生活
	S4	09:40	52.8	建筑施工	22:23	43.8	生活
2012.05.03	S1	09:10	46.8	建筑施工	22:20	42.8	生活
	S2	09:35	66.5	建筑施工	22:30	43.1	生活
	S3	09:45	67.2	建筑施工	22:35	42.9	生活
	S4	09:50	54.4	建筑施工	22:45	42.5	生活
2012.08.14	S1	09:00	47.9	建筑施工	22:15	41.5	生活
	S2	09:14	67.2	建筑施工	22:35	41.9	生活
	S3	09:35	66.0	建筑施工	22:45	42.8	生活
	S4	09:50	53.4	建筑施工	22:55	41.4	生活
2012.11.02	S1	09:15	46.1	建筑施工	22:25	41.2	生活
	S2	09:22	66.9	建筑施工	22:35	42.0	生活
	S3	09:43	65.8	建筑施工	22:44	42.5	生活
	S4	09:51	52.7	建筑施工	22:50	41.5	生活

表 2.7-22 敏感点噪声监测结果

单位：dB(A)

监测时间	监测点位	声源类型	Ld	Ln	Ldn
2011.10.26	邵家庄	厂区施工车辆	54.3	48.9	56.4
	小滩村	厂区施工车辆	58.1	50.2	58.9
2012.02.22	邵家庄	厂区施工车辆	59.7	49.0	59.5
	小滩村	厂区施工车辆	61.0	45.4	59.8
2012.05.03	邵家庄	厂区施工车辆	58.9	49.2	57.2
	小滩村	厂区施工车辆	57.6	45.9	56.9
2012.08.14	邵家庄	厂区施工车辆	58.1	48.4	58.2
	小滩村	厂区施工车辆	59.1	46.4	58.4
2012.11.02	邵家庄	厂区施工车辆	58.1	48.7	58.3
	小滩村	厂区施工车辆	56.9	46.2	56.7

注：Ld、Ln 和 Ldn 分别为昼间等效声级、夜间等效声级和昼夜等效声级。

表 2.7-23 220KV 备用电源输变电工程送电线路工频电场、工频磁场、无线电干扰监测结果

测点位置	工频磁感应强度（$\times10^{-3}$mT）	工频电场强度（kV/m）	0.5MHz无线电干扰 [dB(μV/m)]
西大滩村	0.082	0.025	33.5
中房村	0.084	0.031	34.3
南庄村	0.074	0.002	32.8
张家庄村	0.093	0.005	34.5

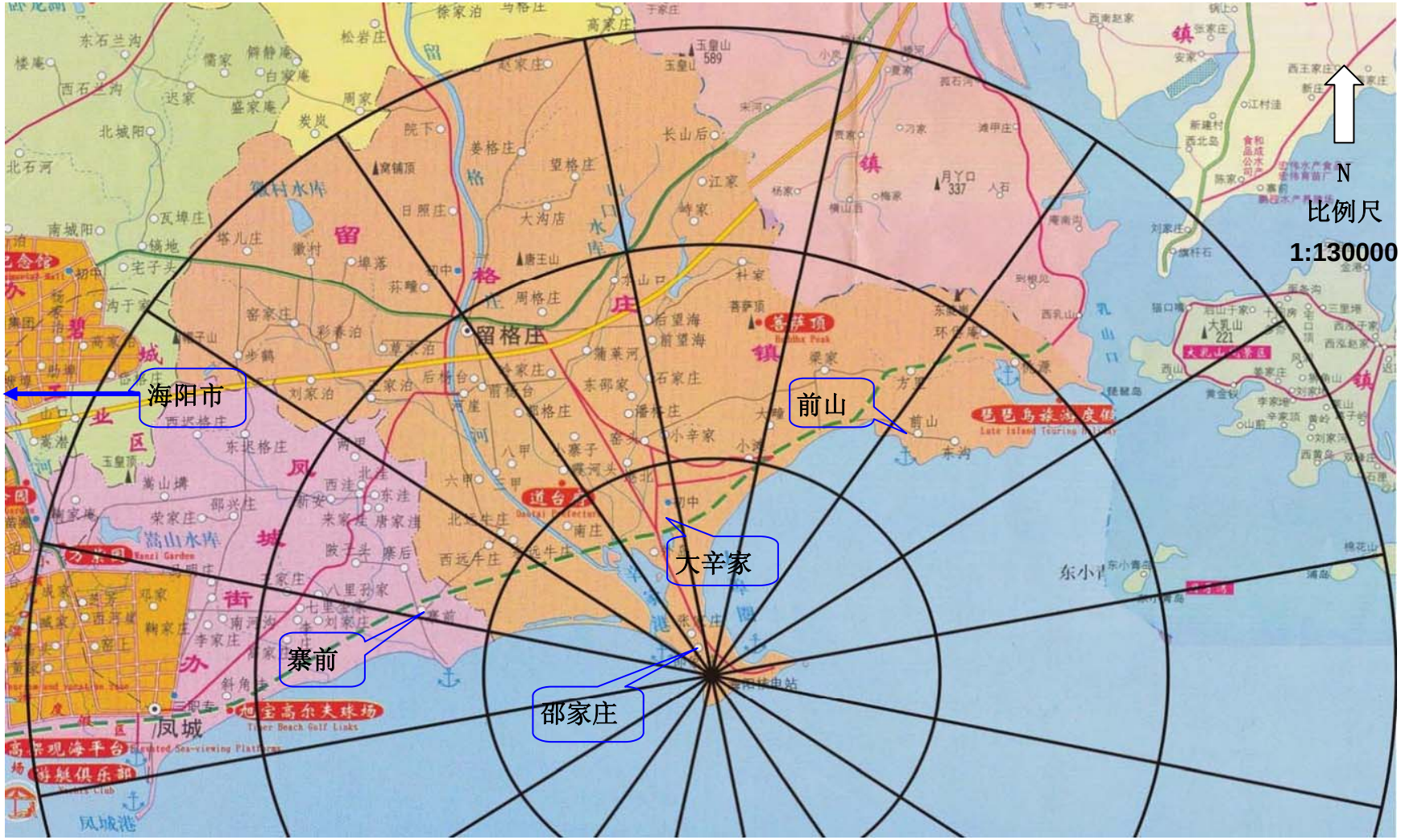


图 2.7-1　山东海阳核电厂周围固定监测点分布示意图

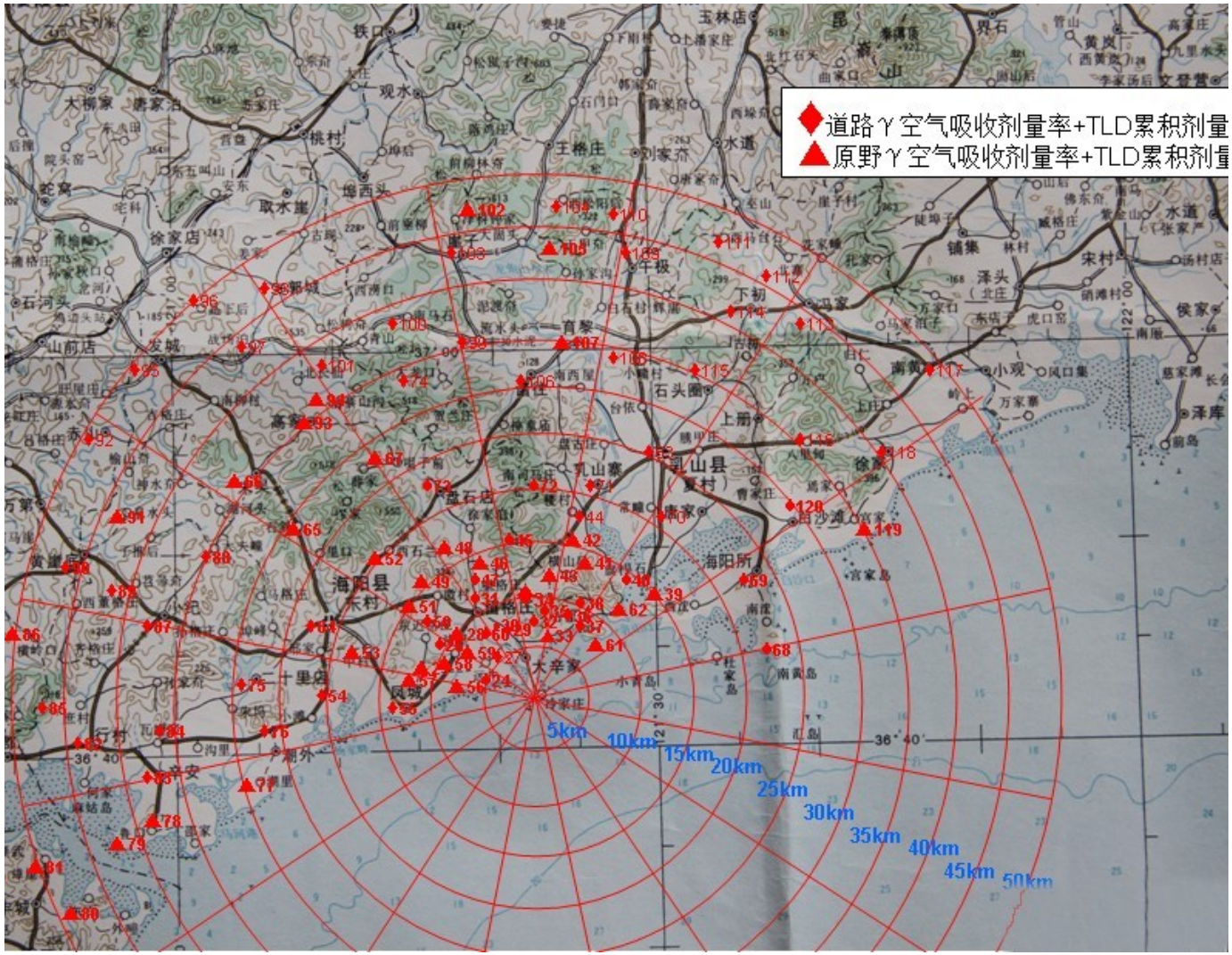


图 2.7-2　山东海阳核电厂 5～50km 内监测点分布示意图



图 2.7-3　山东海阳核电厂地表水监测点分布示意图

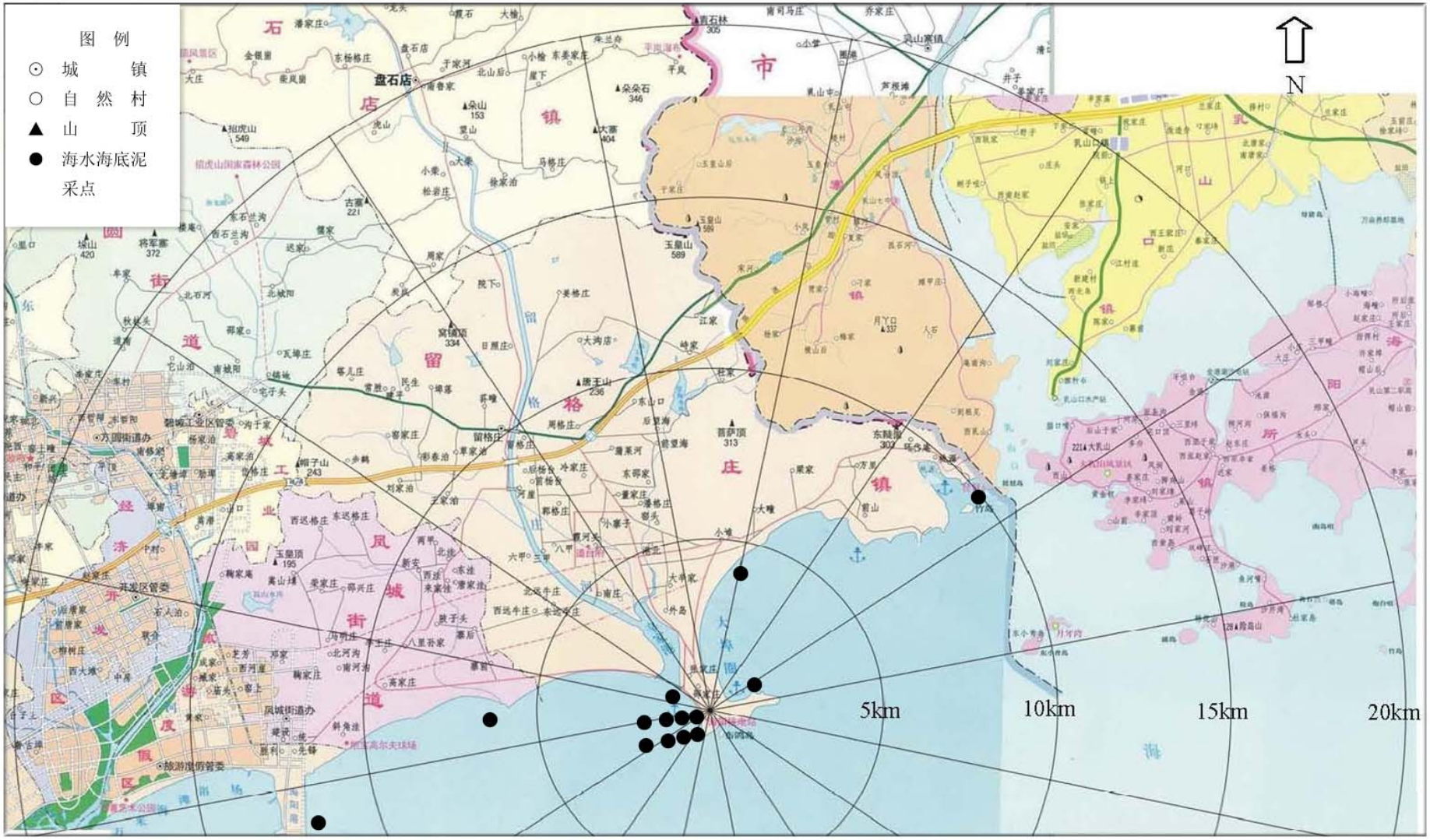


图 2.7-4　海水海底泥监测布点图

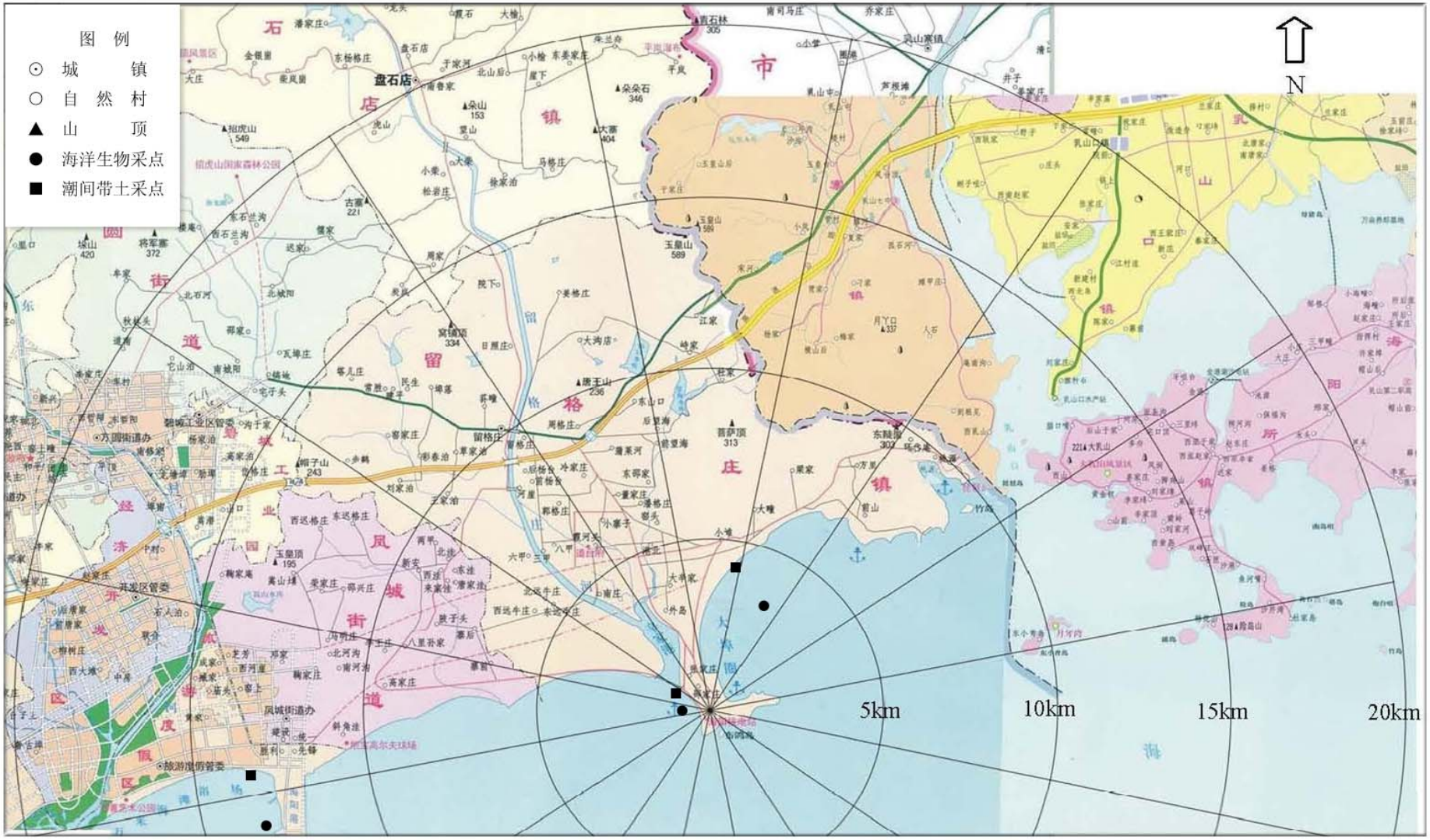


图 2.7-5　海洋生物和潮间带土监测布点图

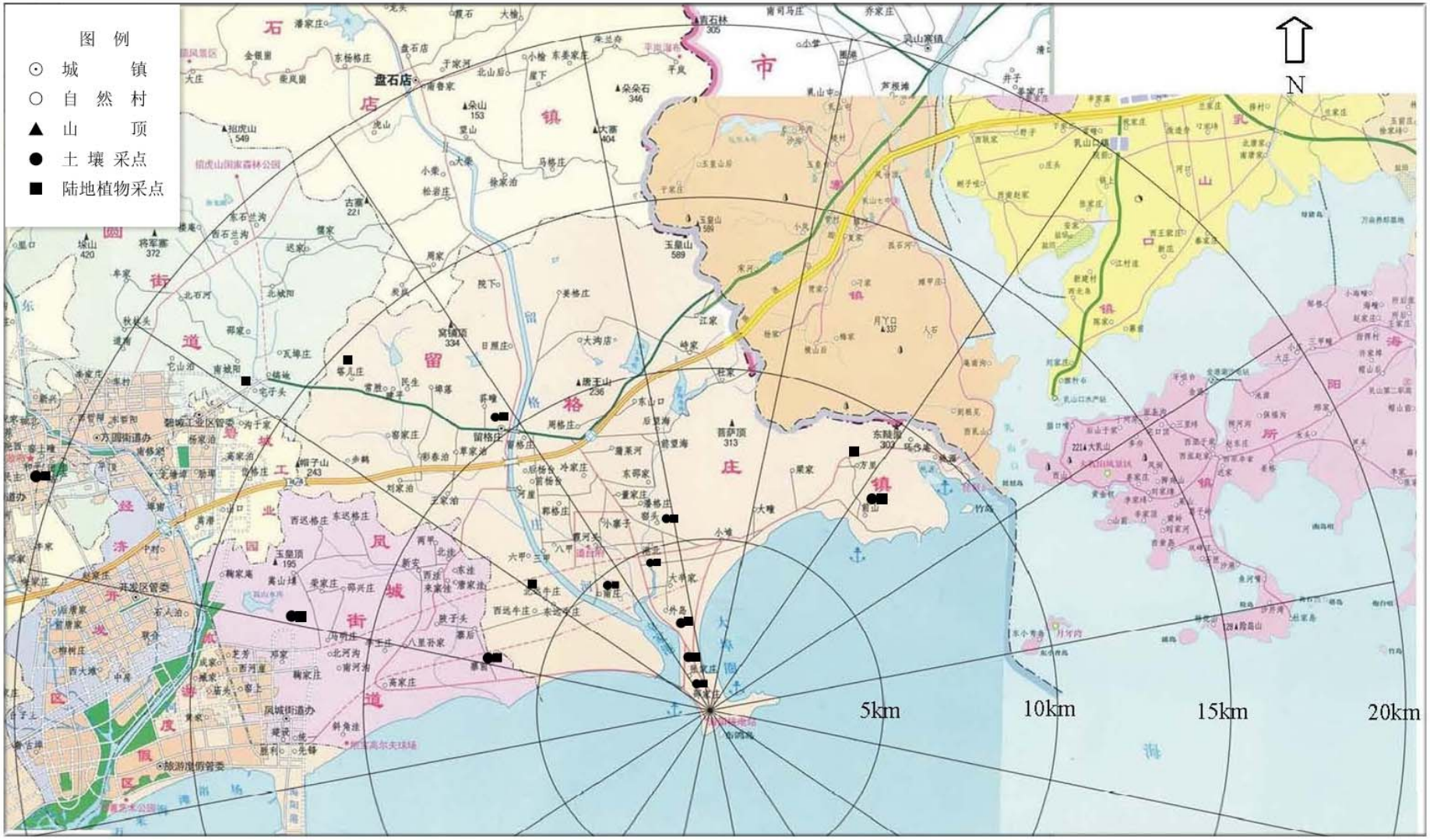


图 2.7-6　土壤和陆地植物监测布点图

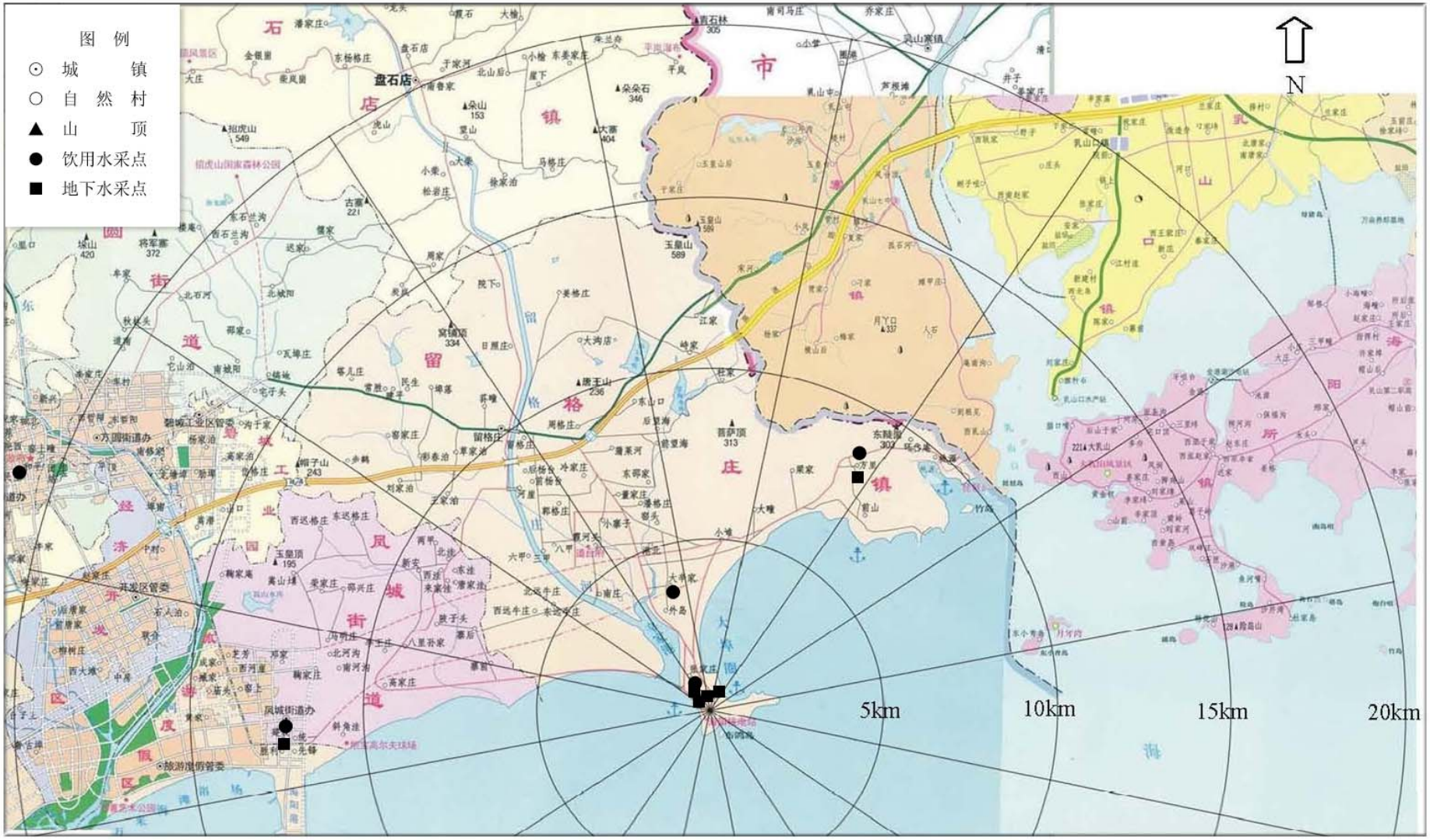


图 2.7-7　饮用水和地下水监测布点图



图 2.7-8　指示生物监测布点图

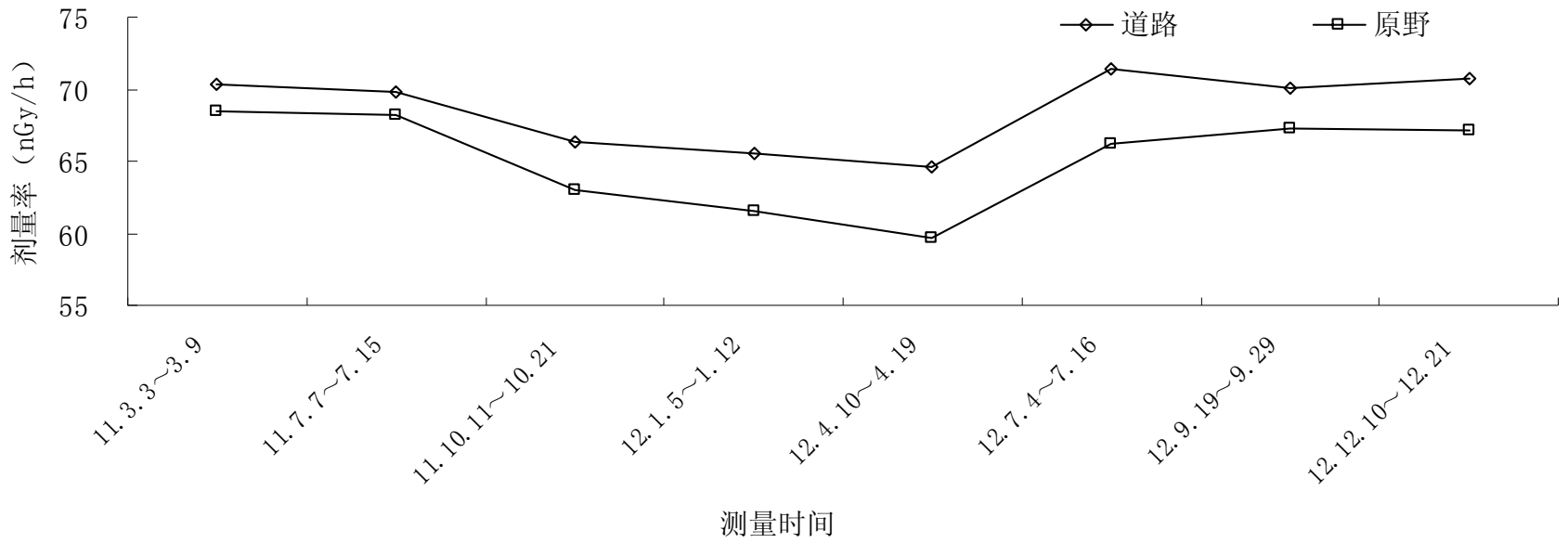


图 2.7-9　道路和原野 γ 空气吸收剂量率比较

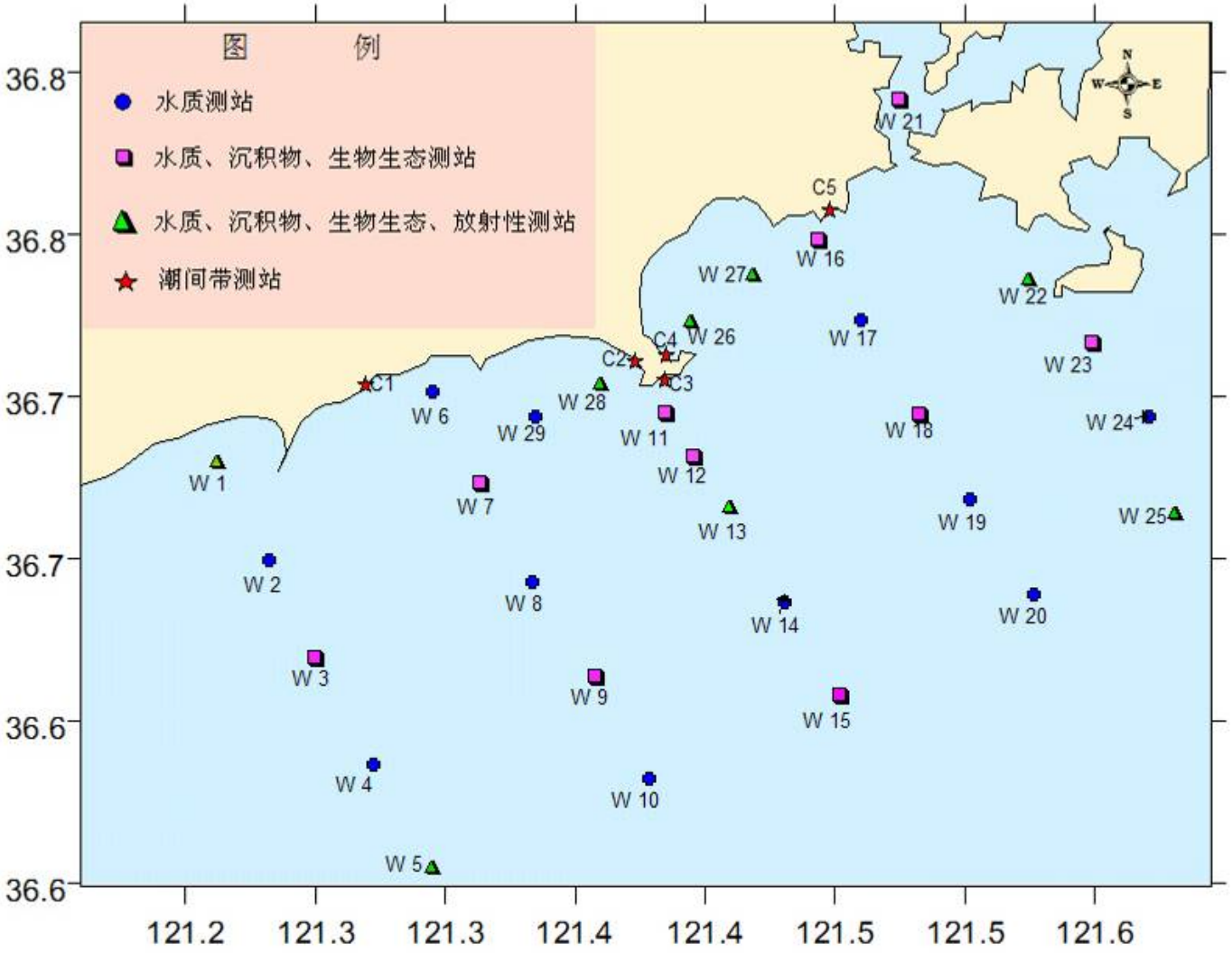


图 2.7-10 海洋环境监测布点图

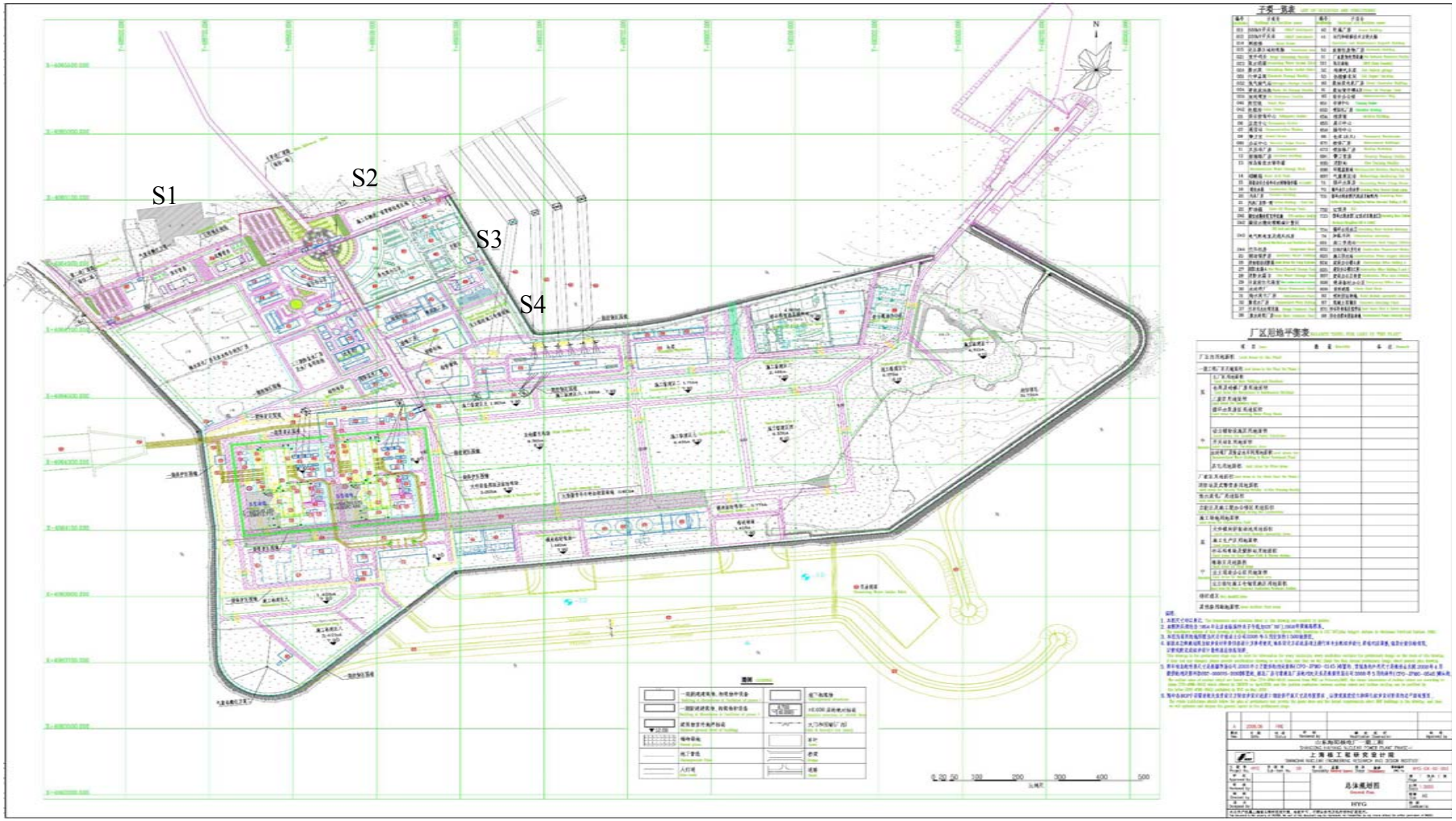


图 2.7-11 厂界噪声监测布点图

第三章 电厂

3.1 厂区规划及平面布置

山东海阳核电厂规划建设6台百万千瓦级核电机组。一期工程建设2台AP1000核电机组，3、4号机组工程规划建设2台CAP1000核电机组。

按照“统一规划、分期建设”的原则，以及现有设备供货商提供的核岛和常规岛布置资料，并结合一期工程的总体规划对3、4号机组工程进行总平面布置。厂区总平面布置方案充分考虑厂址的地形、气象和厂址环境、地基条件等因素，并满足循环冷却水南取，1~4号机组西排、5、6号机组北排，电力出线总体向北及辅助厂房与主厂房的工艺联系、厂前区的布置及施工等要求。

1~6 号机组依次由西向东排列，3、4 号机组位于厂区的中部。

主厂房区包括反应堆厂房、核辅助厂房、附属厂房、汽轮机厂房和柴油发电机厂房等，该区域四周有道路环绕，将主厂房区与其它各区分开，为施工安装、大件运输、燃料运输及事故工况下人员应急疏散创造了便利条件。反应堆厂房布置在南侧，汽机厂房布置在北侧。

综合考虑厂区防洪安全、地质条件和土石方工程等因素，厂区与核安全有关的区域（由核岛和常规岛组成的主厂房区）场地地坪设计标高定为8.25～8.40m（1956黄海高程系统，以下同）；建、构筑物室内地坪设计标高为8.70m；道路中心线标高约为8.20m。其他区域的场地地坪设计标高可定为7.98～8.10m；建、构筑物室内地坪设计标高8.40m；道路中心线标高为7.90m。

核电厂的废气排放口即烟囱位于每台机组反应堆厂房的南部。

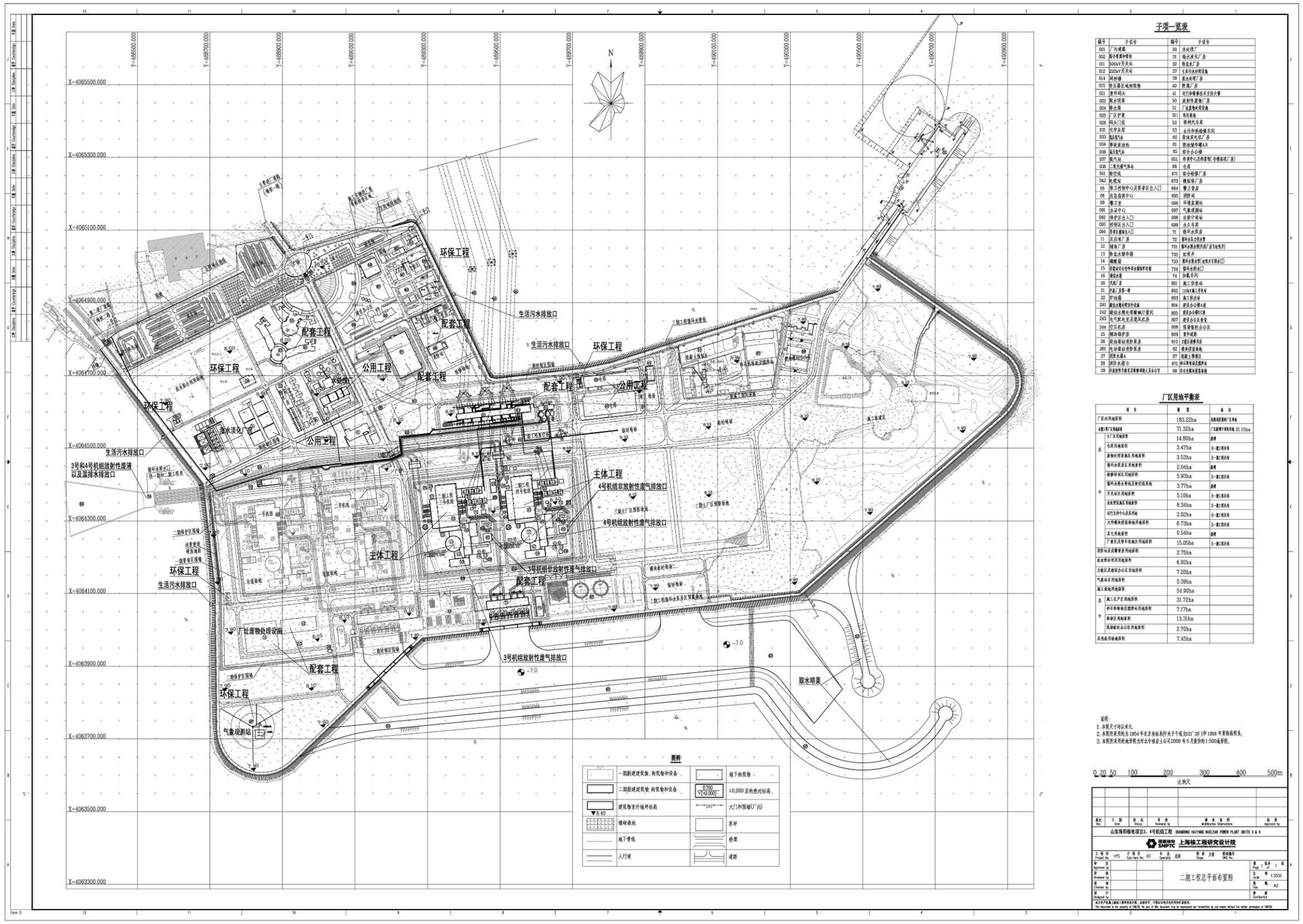
与放射性相关的建、构筑物，如放射性废物厂房单堆布置在反应堆厂房的南侧；厂址废物处理设施集中布置在一期工程主厂房区的南侧，并且已建，3、4号机组工程与一期工程共用。固体废物运输由厂区南侧道路至厂址废物处理设施区，经过处理的固体废物可通过主厂房南侧的道路，再经东侧海堤道路、北侧海堤道路运输至厂外。

在主厂房区域南侧布置取水明渠（全厂共用，一期工程已建），取水明渠的底标高为-7.0m，本期工程靠近岸边设置1个循环水泵房。1~4号机组循环冷却水排水（含低放废水）排向西侧大海，共用1个排水口，排水口处的内底标高为

-5.0m；5、6号机组循环冷却水排水排向北侧大海，设置1个排水口；在主厂房区域北侧布置开关站和出线走廊；水处理设施区布置在一期工程主厂房区的北侧。

山东海阳核电厂建造了两条进厂道路，两条道路均已通车。主要进厂道路起于核电厂北侧边界的中部，止于青威高速公路留格庄立交；第二进厂道路起点位于核电厂西北角大门，向北沿张家庄西侧途经留格河，过河后沿防护林外侧向北，在防护林北侧拐向西，终点到达核电专家村西侧，与海阳市滨海路连接。

厂区总平面布置图见图3.1-1。



子项一览表

编号	子项号	编号	子项号
001	厂行政楼	30	水处理厂
002	综合管廊和管架	31	海水淡化厂房
011	500kV开关站	32	除盐水厂房
012	220kV开关站	37	主蒸汽安全阀管道集
014	环保楼	38	废水处理厂房
015	扶苏县区域物资物	40	附属厂房
021	警卫哨兵	41	反应堆辅助及文员大楼
025	海水泵房	50	废物处理暂厂房
026	淡水泵	51	厂区监督检查设施
025	厂区护栏	51	车间设备
028	码头门房	52	物料汽车库
031	化学品库	53	主控制楼(操作区间
033	氢站电气室	60	柴油发电机厂房
034	静放废油池	61	柴油储存罐A和
036	油压配气站	65	综合办公楼
037	氢气站	651	环评中心及调度制(合建在核厂房)
038	二氧化碳气体站	66	仓库
041	附空线	671	综合维修厂房
042	车棚间	672	模拟机厂房
05	除卫控制中心及营事区总入口	694	警卫营房
06	反应堆厂房	695	消防站
09	警卫室	696	环境监测站
090	办证中心	697	气象观测站
092	保护区总入口	698	总部中转站
093	控制区总入口	699	永久车库
094	非管理楼总入口	71	循环水泵房
11	反应堆厂房	72	循环水冷却水塔
12	辅助厂房	731	循环水排水管(为核厂区引水使用)
13	除盐水储存箱	732	取暖房
14	辅助楼	733	循环水排水管(为核开环水口)
15	非放射污染性废水储输和存储	734	循环水补水口
16	氢储存罐	74	加氯车间
20	汽轮厂房	801	施工供热站
21	汽轮厂房第一跨	802	110kV施工专用变
22	护坡墙	803	施工供水站
241	凝结水精处理水中间箱	804	建设办公楼A座
242	凝结水精处理树脂贮罐间	805	建设办公楼B区域
243	生气轮机主汽进汽机房	807	建设办公区食堂
244	巴苏机房	808	保密临时办公区
25	辅助锅炉房	809	零件储备
28	凝结物输送泵房	810	建筑废弃物区
285	生活给水泵房	811	模块计量储备
27	闭式水循环	87	混凝土预制区
28	闭式水循环	871	钢结构构件堆放场所
29	除盐物生活废水处理事件收入及办公室	88	综合维修和管理场地

厂区用地平衡表

项 目		数 量	备 注
厂区的用地面积		183.22ha	包括场容制厂区用地
4座1套厂区用地面积		71.32ha	厂区面积不含取水口 21.15ha
其中	37.5米用地面积	14.80ha	参考
	仓库用地面积	3.47ha	1~2套工程总结
	废物处理设施及用地面积	3.53ha	1~2套工程总结
	循环水泵房区用地面积	2.04ha	参考
	检修停车区用地面积	5.93ha	1~2套工程总结
	循环水排水管道及取切区用地	3.77ha	参考
	开关站区用地面积	5.10ha	1~2套工程总结
	其他管理施区用地面积	8.54ha	1~2套工程总结
	取性区用个人区及用地	2.02ha	1~2套工程总结
	大件解决部面地用地面积	6.73ha	1~2套工程总结
	其它用地面积	0.54ha	参考
	厂区以及临时场地区用地面积	15.05ha	1~2套工程总结
消防站及其管理设施用地面积		2.75ha	
取水部分用地面积		6.82ha	
行政区及建筑办公区用地面积		7.20ha	
气象站区用地面积		5.39ha	
施工单位用地面积		54.90ha	
其中	施工生产区用地面积	31.72ha	
	砂石骨料堆区暨停车用地面积	7.17ha	
	堆场区用地面积	13.81ha	
	保险临时办公区用地面积	2.70ha	
其他备用场地面积		7.45ha	

说明：
1. 本图尺寸均以米计。
2. 本图图幅采用的为 1954 年北京坐标系(中央子午线为东经 121° 30′)和 1956 年黄海高程系。
3. 本图是采用的地形图为河北中保设计公司 2008 年 5 月测绘的 1:500地形图。

0 20 50 100 200 300 400 500m
比例尺

版次 Rev.	日期 Date	修改 Status	审核 Reviewed by	修改说明 Modification Description	批准 Approved by

山东海阳核电项目3、4号机组工程 SHANDONG HAIYANG NUCLEAR POWER PLANT UNITS 3 & 4
上海核工程研究设计院 SNPTC SHANGHAI NUCLEAR ENGINEERING RESEARCH & DESIGN INSTITUTE

工程号 Project No.	HYS	子项号 Sub-item No.	00	专业 Specialty	总图	阶段编号 Stage	施工图 Detail Design

审定 Approved by
审核 Reviewed by
校对 Checked by
设计 Designed by

二期工程总平面布置图

版次 Rev. B | 张次 Page 1 of 1
比例 Scale 1:3000
图幅 Size A0
密级 Confidential

此文件为核电工程施工图供货项目，版权所有，不得在任何方式未经书面许可使用。
This document is the property of SNPTC. No part of this document may be reproduced nor transmitted by any means without the written permission of SNPTC.

图3.1-1　厂区总平面布置图

3.2 反应堆和蒸汽-电力系统

3.2.1 概述

山东海阳核电项目3、4号机组工程建设2台CAP1000 核电机组。每台CAP1000机组核蒸汽供应系统（NSSS）的额定功率为3415MWt，堆芯额定热功率为3400MWt。反应堆堆芯装有157盒AP1000型燃料组件，冷态时堆芯等效直径为304.04cm，活性段高度为426.72cm，平均线功率密度为187.2W/cm。首炉循环堆芯铀装量为84722kg。反应堆冷却剂系统（RCS）由两个环路组成，运行压力为15.5MPa(a)，冷却剂热工设计流量（0堵管）为68112m^3/h。

本工程按18个月换料方式进行设计。首炉循环采用近似的低泄漏布料方式，后续循环采用低泄漏的换料方式。平衡循环的平均卸料燃耗约为50000MWd/tU。

山东海阳核电项目3、4号机组工程单台机组的电功率为1253MWe，电厂总效率（毛）约36.9%。

电厂设计寿命为60年。山东海阳核电项目3、4号机组工程总参数见表3.2-1。

3.2.2 燃料元件性能的描述

海阳核电厂3、4号核电机组反应堆堆芯装载157组AP1000型燃料组件。AP1000型燃料组件由17×17正方形排列的燃料棒和燃料组件骨架组成。燃料组件骨架由上管座、下管座、15层格架（包括8层中间格架、1层顶部格架、1层底部格架、1层保护格架和4层搅混格架）、24根导向管和1根仪表管组成。在燃料组件骨架未装上、下管座之前，先插入燃料棒，然后再装上、下管座，组成完整的AP1000型燃料组件。每个AP1000燃料组件共有289个棒位，其中24个由导向管占据，1个由仪表管占用，其余264个装有燃料棒或整体燃料-可燃毒物（IFBA）棒。燃料棒装入燃料组件骨架内由格架夹持，使之保持在确定的轴向和径向位置上，并允许燃料棒沿轴向自由热膨胀。燃料棒端部与上、下管座之间留有足够的间隙，以补偿燃料棒与导向管间不同的热膨胀和辐照生长。AP1000型燃料组件的燃料棒外径为9.5mm，活性段长度为4267.2mm，燃料棒中心距为12.6mm。

AP1000型燃料组件的一些主要特点如下：

- 采用一体化上管座，减少产生松脱件的可能性；
- 燃料棒内设置上、下轴向再生段，减少中子轴向泄漏从而改善中子利用；
- 采用防异物下管座、保护格架和下部包壳预氧化，有效防止燃料棒的异

物磨损破坏；

- 燃料棒内设置上、下气腔，降低堆芯下板的中子辐照损伤，并有效降低燃料棒内压；
- 采用 ZIRLO 合金作为包壳和结构件材料；
- 组件上半部装有四层搅混格架（IFM），提高堆芯热工安全性能；
- 导向管壁厚增加，提高组件整体刚度，降低控制棒不完全插入风险；
- 使用先进的 IFBA 可燃毒物（芯块柱面涂 ZrB_2）；
- 增加燃料棒与格架刚凸及弹簧的接触面积，采用优化搅混翼布置形式，增加底部格架弹簧力，以减少燃料棒振动磨蚀破坏可能性；
- 堆内测量仪表从燃料组件上部插入，与压力容器底部无贯穿件设计相匹配；
- 4.27m 活性段燃料组件有丰富运行使用经验。

3.2.3 核蒸汽供应系统

核蒸汽供应系统主要包括反应堆冷却剂系统及相关的核辅助系统。

反应堆冷却剂系统由两条传热环路组成，每条环路有一台蒸汽发生器、两台反应堆冷却剂泵、一条热段和两条冷段，用于循环反应堆冷却剂。另外，系统还包括稳压器、内部连接管道、阀门和用于运行控制和触发安保的仪表。反应堆冷却剂系统的所有设备均布置在反应堆安全壳中。

图3.2-3给出了反应堆冷却剂系统工作流程。反应堆堆芯燃料棒中的^{235}U发生裂变反应产生热量，一回路中的含硼水作为冷却剂、慢化剂和化学补偿控制溶剂在一回路内循环，用以导出堆芯的热量。反应堆冷却剂从反应堆压力容器入口接管进入压力容器，通过反应堆压力容器和下部堆内构件堆芯围住筒之间的环腔向下，然后穿过导流围板，并向上经过导流围板流过堆芯带走堆芯衰变热。反应堆冷却剂从压力容器出口接管流出，升温后的冷却剂流入蒸汽发生器的一次侧腔室，通过倒U形传热管将热量传给蒸汽发生器二次侧的冷却水，二次侧冷却水被加热汽化，产生饱和蒸汽来驱动汽轮发电机。反应堆冷却剂经蒸汽发生器导热后，返回到一次侧腔室的冷段接管，流体通过两个与反应堆冷却剂泵直接连接的冷段接管流出蒸汽发生器。然后经反应堆冷却剂泵升压后进入冷段，由此流入反应堆压力容器，完成一次闭式循环。

3.2.4 蒸汽－电力转换系统

汽轮机采用半速、单轴、四缸（一只高压缸和三只低压缸）、六排汽、凝汽式。配有两台汽水分离再热装置(一级汽水分离、两级再热)。汽轮机转速1500rpm，额定功率为1253MWe，该汽轮机属于饱和蒸汽汽轮机，蒸汽额定流量6.79×10^6 kg/h，蒸汽湿度低于0.5%。

.表 3.2-1　山东海阳核电项目 3、4 号机组工程总参数

序号	参　数	单位	数值	备注
1	设计安全目标和性能指标			
	1) 电厂电功率（毛）	MWe	1250	
	2) 电厂设计寿命	年	60	
	3) 可利用率	%	93	
	4) 建造周期	月	49	FCD 到 COD
	5) 负荷跟踪能力		有	
	6) 带厂用电运行的能力		有	
	7) 堆芯损伤频率	1/堆年	$<1\times10^{-6}$	
	8) 大量放射性物质释放频率	1/堆年	$<1\times10^{-7}$	
	9) 堆芯最小 DNBR 裕量	%	＞15	
	10) 职业辐照剂量	人.Sv/堆年	＜1	
2	电厂总参数			
	1) NSSS 额定功率	MWt	3415	
	2) 堆芯额定功率	MWt	3400	
	3) 电厂总电功率（毛）	MWe	1253	
	4) 电厂总效率（毛）	%	36.9%	
	5) 换料周期	月	18	
3	堆芯设计和燃料			
	1) 燃料组件平均批卸料燃耗	MWd/tU	~50000	
	2) 堆芯活性区高度	mm	4267.2	
	3) 堆芯活性区等效直径	cm	304.04	
	4) 燃料组件数		157	
	5) 燃料组件型号		AP1000 型	
	6) 燃料棒排列方式		17×17	
	7) 燃料棒直径	mm	9.50	
	8) 铀装量(第一循环)	kg	84722	
	9) 控制棒组件总数	束	69	
	10) 黑棒组件数	束	53	

序号	参　数	单位	数值	备注
	11) 灰棒组件数	束	16	
	12) 热工设计流量	m^3/h	68112	0 堵管
	13) 堆芯探测器套管组件	套	42	
	14) 热流密度热管因子，FQ		2.60	
	15) 焓升热管因子 $F_{\Delta H}$		1.72	
	16) 平均线功率密度	W/cm	187.2	
	17) 体积功率密度	kW/L	109.7	按冷态几何参数
	18) 最大线功率密度	W/cm	486.8	
	19) 旁通流量	%	5.9 4.9	最大值 最佳估算值
4	反应堆冷却剂系统			
	1) 环路数		2	
	2) 堆芯/压力容器入口温度	℃	280.7	BEF，0 堵管
	3) 压力容器出口温度	℃	321.1	BEF，0 堵管
	4) 压力容器平均温度	℃	300.9	
	5) 堆芯平均出口温度	℃	323.3	BEF，0 堵管
	5) 系统运行压力	MPa(a) [1]	15.5	
5	反应堆压力容器			
	1) 材料		SA508	
	2) 总高	mm	12209	
	3) 内径	mm	4038	
6	蒸汽发生器			
	1) 型号		Delta-125	
	2) 二次侧设计压力	MPa(a)	8.27	
	3) 蒸汽发生器限流器出口蒸汽压力	MPa(a)	5.61	TDF，0 堵管
	4) 蒸汽流量	kg/s	943.1	BEF

1 当压力单位后有“(a)”时为绝对压力，否则为表压。

序号	参　数	单位	数值	备注
	5) 给水温度	℃	226.7	
	6) U 形管材料		I 690 TT	
	7) U 形管数量		10025	
	8) 传热面积	m^2	11477	
	9) 最大设计蒸汽湿度（限流器出口）	%	0.3	
	10) 堵管裕量	%	10	
7	反应堆冷却剂泵			
	1) 类型		屏蔽电机泵	
	2) 电动机功率(热态点)	kW	5252	
	3) 电动机频率	Hz	60	
	4) 设计流量	m^3/h	17886	
	5) 设计扬程	m H_2O	111	
8	主冷却剂管道			
	1) 热段内径	cm	78.7	
	2) 冷段内径	cm	55.9	
9	稳压器			
	1) 容积	m^3	59.47	
	2) 电加热器电功率	kW	1600	
10	钢安全壳			
	1) 材料		SA738 B	
	2) 总高	m	65.634	
	3) 内径	m	39.624	
	4) 设计压力	MPa	0.407	
11	汽轮发电机组			
	1) 机组额定功率	MWe	1253	
	2) 汽轮机			
	主汽门前蒸汽压力	MPa(a)	5.38	额定工况
	主汽门前蒸汽湿度	%	0.45	额定工况

序号	参　数	单位	数值	备注
	转速	rpm	1500	
	汽轮机高压缸/低压缸数量		1/3	
	3) 发电机			
	额定功率	MWe	1266	
	额定电压	kV	24	
	额定频率	Hz	50	
	功率因数		0.9	
	4) 冷凝器			
	背压	kPa(a)	3.9	额定工况
	5) 循环冷却水			
	温度	℃	16	额定工况
	流量	m^3/s	65	额定工况

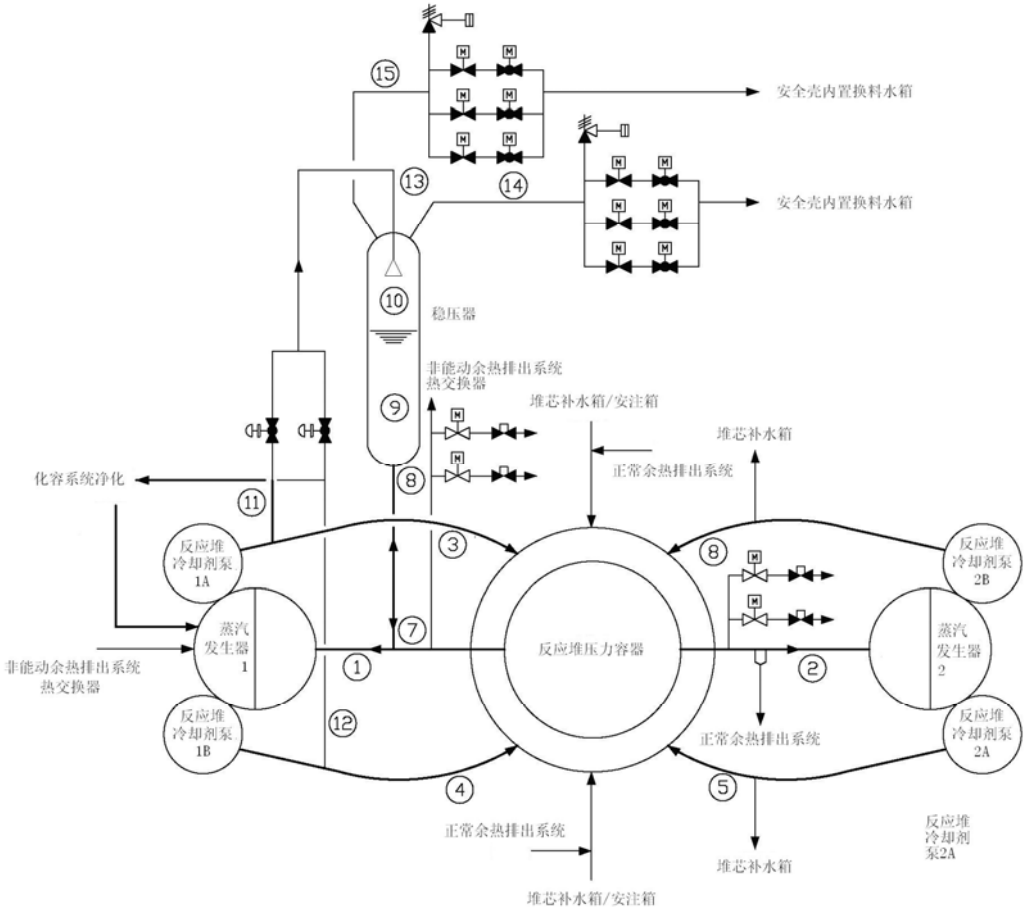


图 3.2-3　反应堆冷却剂系统流程简图

3.3 电厂用水和散热系统

3.3.1 电厂取排水系统

3.3.1.1 概述

电厂取排水系统的功能主要是为常规岛和核岛提供冷却水，并将常规岛循环冷却水、核岛厂用水排水以及符合排放标准的低放废水混合后经排水沟排入海域。山东海阳核电厂厂址三面环海，地处乳山湾西南岬角东南端，厂址西侧、北侧的水下地形均为浅滩；南面、东南面草岛嘴至鹁鸽岚岸线则为深水区。综合考虑多种因素后，本期工程循环水系统采用明取明排方案。取水明渠由南防波堤和东防波堤构成。本工程两台机组的循环水排水由厂址西侧排出，排水沟出厂区大堤后设置喇叭型排水口。

本期工程取排水系统的主要流程为：黄海海水→明渠取水口→水生物拦截设施→取水明渠→循环水泵房前池→粗格栅→细格栅→鼓型滤网→循环水泵进水流道→循环水泵→循环水压力进水管→凝汽器/开式水系统→循环水排水管→虹吸井→循环水排水沟道→排水口→排水明渠→黄海。

3.3.1.2 取排水构筑物描述

山东海阳核电厂3、4号机组工程采用海水直流循环冷却方式，海水来自黄海，两台机组共需取海水134m^3/s。

取排水建(构)筑物包括：防波堤、引水明渠、循环水泵房、进排水管沟、虹吸井和排水工程海工构筑物等。

1） 防波堤和引水明渠

本工程取水防波堤的主要作用是减少取水明渠中波浪引起的水面波动，保证取水泵房前取水流态，减少电厂排放热水回流对取水的影响，同时避免部分厂区和取水建筑物受波浪直接袭击。

经设计优化后，本工程的防波堤和引水明渠按如下方案设计：在厂区南部沿大堤平行方向（东西向）设置一条长约1215.8m 的直线段防波堤，然后向东南方转折设置一段长138m 的直线段防波堤，并与半径为250m 的圆弧相连，弧线长约518.8m，将南堤堤头布置在约-8.0m 水深处，南防波堤的总长度约1872.6m。在厂区南护岸与东南护岸相交处东侧约125m，与等深线基本垂直方向，向南偏东约13.5度另设置一条长约321.9m 的东防波堤，与厂区东南护岸夹角约63 度，

其堤头布置在约-7.0m 等深线附近。口门宽度约150m。两条防波堤内形成取水明渠，取水口处标高-7.0m，取水明渠的沟槽宽度从取水口处至三期循环水泵房进水口为120m，三期进水口至二期进水口为100m，二期取水口至一期取水口宽度为80m。

2） 循环水泵房

本工程两台机组设置一座循环水泵房。循环水系统采用单元制供水系统，每台机组设置3台循环水泵、2根现浇钢筋混凝土给水管（DN3800）、1座虹吸井、1条双孔循环水排水沟（2个3.6m×3.6m，浇钢筋混凝土）。循环水泵房按两机一泵房设置，明渠侧向取水；取水明渠按1-6号机组容量已一次建成；排水口及排水明渠按1-4号机组容量已一次建成。

循环水泵房设有4台厂用水泵，每台机组对应两台100%水量的厂用水泵，一运一备。为有效的利用泵房空间，厂用水泵布置在循环水泵之间，独立设置厂用水泵吸水坑，通过1.5m×1.5m 的引水通道与循环水引水明渠相连。

每台循环水泵设置2台鼓型滤网和垂直拦污栅，宽度为3.5m。进鼓型滤网的每个流道上设有1台固定式清污机，共设12台固定式清污机。浸泡在海水中和干湿交界中的拦污栅与栅槽采用牺牲阳极块和涂料联合保护防腐。清污机可根据栏污栅前后水位差信号由人工或自动控制。

为保证过滤效果及滤网强度，栏污栅后设侧面进水鼓形滤网（附带细格栅），网宽4m，直径19m，网孔孔径4mm。每台滤网设1 台冲洗水泵（每台机组滤网的冲洗水泵互为备用），供滤网冲洗用。滤网采用程控装置控制，可根据水位差或运行时间自动开启冲洗水泵冲洗滤网，清洗干净后自动停止。

每台鼓型滤网流道入口设2套3.5×6m^{2}钢闸板门，供检修栏污栅、鼓形滤网和水泵时使用。泵房内安装1台电动桥式起重机，在鼓形滤网区域安装1台门式起重机。

循环水泵房内还布置有润滑油泵和油箱、冷却水泵及潜水电泵等附属设备。

3） 联络阀门井

每台机组设联络阀门井两座，平面尺寸为4.4m×6m，壁厚为0.6m ，采用现浇钢筋混凝土结构。

4） 厂区循环水进排水管沟

循环水取排水沟道采用现浇钢筋混凝土结构，每台机组的供水管道采用一条2-Ø3.8m 的现浇钢筋混凝土双孔沟道，取水沟道的总长度约为880m，沟道壁厚为600mm，局部穿越厂区重件路。取水沟道深约10.9m，最深处约13.9m ，采用大开挖施工。

每台机组的排水沟道出汽机房至虹吸井段采用一条2-Ø3.8m 的现浇钢筋混凝土双孔沟道，每台机组对应长度约150m; 出虹吸井至排水口段采用2-3.6×3.6m的现浇钢筋混凝土双孔沟道，因部分沟道于一期工程时施工完成，本期至接口处总长度约340m，沟道壁厚定为700mm。取排水沟道原则上每隔25m设置一道伸缩缝，在沟道转弯处和变截面处加设伸缩缝。排水沟道土里深约14m，采用大开挖施工。

5） 虹吸井

虹吸井采用现浇钢筋混凝土结构，每台机组各设置一座虹吸井，其平面尺寸30m×18m，地下深14.5m。虹吸井底板厚度1.5m，井壁厚1.2~1.7m，井内设置溢流堪，堪顶标高为-0.5m，在出水口侧设置钢闸门。因虹吸井埋深较深净空体积大，地下水位较高，因此虹吸井底板设置1 .5m宽的蹬脚，以增加其抗浮。该构筑物考虑采用大开挖施工。

6） 排水工程海工建筑物

排水工程海工构筑物包括排水口构筑物、北导流堤、南导流堤、排水口北护岸、排水口南护岸、厂内截渗结构等。

根据工艺布置，排水口平面布置呈喇叭型，排水口构筑物主要包括翼墙和底版两部分。排水口进水口宽度为40.0m，出水口宽度为150m，底标高-3.0m，两侧翼墙与轴线夹角一致，顶标高为0.00m，排水口翼墙之间为排水口底板。

导流堤由南导流堤、北导流堤组成。南北导流堤长均为744m，堤顶高程均为3.0m。在排水口构筑物两侧布置排水口南、北护岸，长度分别为549.7m 和419.1m。

3.3.1.3 全厂排水

3.3.1.3.1 厂区雨水排水

山东海阳核电厂总面积约 199 ha，一期和 3、4 号机组工程主厂区面积约为30ha（设计重现期按 1000 年考虑）。其余区域面积约为 169ha（设计重现期按

100 年考虑,）。全厂排水采用分区排水、重力流排放的原则。

主厂区包括常规岛、核岛和辅助设施等，雨水分区域汇集后分别向西、向北排入海中。一期主厂区雨水汇集后向西由 10#、11#口排入海中。3、4 号机组工程主厂区雨水汇集后向北部由 8#口排入海中。

SRTF 及附近区域雨水收集后向西部由 12#口排入海中；力能区包括已建公用系统辅助设施、办公楼、净水站等，雨水经雨水口、雨水管网汇集后由 9#口排入海中；开关站区域雨水经收集后向北部由 8#口排入海中；仓库区域雨水经收集后向北部由 7#口排入海中；砂石料堆场及搅拌站和待规划 3 期主厂区区域雨水经收集后向北部由 6#口排入海中；现场办公区区域雨水经收集后向北部由 5#口排入海中；东部回填区雨水由 1、2、3#口排入海中。山东海阳核电厂厂区雨水总排出口见图 3.3-1。

3.3.1.3.2 厂区生活污水排水

厂区生活污水由生活污水管网收集后，输送至生活污水处理设施，在处理后的水质指标达到国家和地方相关标准后排放。

3.3.1.3.3 非放生产废水排水

山东海阳核电厂 3、4 号机组工程 2 台机组废水处理厂房排水与处理达标后的放射性废水统一排入排水工作井，与循环冷却水充分混合后由电站排水口排向大海。

3.3.2 厂用水系统

3.3.2.1 系统功能

厂用水系统是一个非安全相关的开式冷却系统，把设备冷却水系统热交换器收集的热负荷直接输送到大海。设置在循环水泵房内的厂用水泵将海水输送至设备冷却水热交换器，经过设备冷却水系统热交换器升温后的海水籍余压排放到循环水排水渠道，最终和循环水一起排放到大海。

3.3.2.1.1 厂用水系统执行以下非安全相关纵深防御的功能

- 在反应堆冷却剂系统冷却和冷停堆期间，通过设备冷却水系统，为正常余热导出系统的热交换器和泵提供冷却；
- 在核电厂各种运行模式下，通过设备冷却水系统，为乏燃料池冷却系统

的热交换器提供冷却；

- 通过设备冷却水系统，为化学和容积控制系统的小流量热交换器提供冷却；
- 在核电厂冷停堆和换料运行模式下，反应堆冷却剂减装量运行期间，通过设备冷却水系统，为正常余热导出系统的热交换器和泵提供冷却。

3.3.2.1.2 厂用水系统执行的其它非安全相关功能

- 在核电厂停堆、热备用、启动和正常运行模式下，通过设备冷却水系统，向核电厂的各种设备提供冷却；
- 在需要的时候，在非能动余热导出热交换器运行期间或者电厂正常运行时，通过设备冷却水系统和正常余热导出系统或者乏燃料池冷却系统，向安全壳内的换料水池提供冷却；
- 在通过非能动堆芯冷却系统成功缓解事故后，通过设备冷却水系统，向正常余热导出系统提供冷却以使电站得以恢复。

3.3.2.2 系统描述

厂用水系统设计为 2 个系列的设备和管道，每个系列含有一台厂用水泵、一个过滤器及相关的阀门和仪表。在电厂正常运行时，每个系列提供 100%容量的冷却水。在设备冷却水系统热交换器的上游和下游管道，2 个系列之间接有联络管，可以允许任何一台泵提供冷却水给任何一个热交换器，以及允许任何一个热交换器的排水通过另外一个热交换器的出水管排放到循环水排水渠道。

厂用水泵（SWS 泵）与循环水泵（CWS 泵）一起布置于循环水泵房内。海水通过格栅、旋转滤网进入 CWS 泵进水池，并在此进入厂用水泵吸水口。经 SWS 泵提升后的海水经过滤器进入 CCS 热交换器以排出核岛部件的热量。升温后的海水排入循环水系统排水渠道，最终排入大海。

厂用水系统设备及管部件等材质的选取应与介质条件相适应，同时为了控制水中有机污垢的形成，将向系统中投加次氯酸钠溶液，药剂的投加由循环水加药系统控制。

厂用水系统流程简图见图 3.3-2。

3.3.2.3 系统运行

厂用水系统确保从堆启动到满功率运行、直至停堆和换料等所有正常运行工

况下设备冷却水系统热交换器的冷却水供应。系统在失去正常交流电源时由备用柴油机供电。

3.3.3 消防供水系统

3.3.3.1 概述

整个厂区的消防系统由灭火设备、探测和报警设备、消防水供应及自动和手动灭火系统组成。

电厂消防水系统分为能动的消防水系统和非能动的消防水系统。能动的消防供水系统包括水箱、泵、管道、阀门及其他部件，将水输送到消火栓和自动灭火设施。非能动安全壳冷却系统（PCS）提供抗震水源到消防系统的抗震立管系统，保护在 SSE 后需要具有安全停堆功能的设施。

生活水、工业水系统为消防水箱提供补水。消防系统日常维护测试或灭火后产生的任何潜在的放射性废水，由放射性废水排放系统排除，其它非放射性的消防排水、安全阀泄水和柴油驱动消防泵中的冷却水等，可通过就近的排水系统（如非放射性废水排水系统、雨水系统）排除。

3.3.3.2 消防系统功能

消防系统的设计执行下列功能：

- 探测和确定火灾区域，向操作员提供火场位置的指示；
- 对电站的任何区域提供灭火能力，保护现场人员，减少火灾损失、提高安全停堆的能力；
- 提供最少 2 小时足够流量和压力的消防水；
- 在最大一台消防泵事故或失去厂外电源时，保持 100%的消防泵设计容量；
- 在安全停堆地震后向含有安全停堆设备的区域的消火栓提供消防水用以人工消防；
- 在失水事故后如果消防系统还可用，消防系统可作为另一水源湿润安全壳穹顶或重新灌满非能动安全壳冷却系统水箱（PCCWST）；
- 在失去正常设备冷却水系统功能时，给正常余热排出系统（RNS）热交换器提供另一冷却水源；
- 提供非安全有关安全壳喷淋功能。

3.3.3.3 系统描述

消防水源采用主副两个消防水箱、一台电动消防泵(1×100%)、一台柴油驱动消防泵(1×100%)、二台电动消防稳压泵(2×100%)、二台循环水泵、消防泵进出水管等组成。

两台消防稳压泵用来使整个消防管网充满水和保持所要求的压力。

消防水系统由厂区地下主环网配水，将消防水供给到室外消火栓及各主要厂房内的喷淋和消火栓系统。

厂前区及厂区的其他 BOP 子项的消防系统由设置在厂前区的一套单独的消防供水系统供水。它由消防水池（箱）、消防泵、消防稳压泵和稳压罐、供水管路、消防设施等组成。

服务于含有安全停堆所需设备的区域的抗震立管系统，按设计可以承受 SSE 的影响，并在地震后仍能保持其功能。该系统也向安全壳和辅助厂房非放射控制区域内的自动灭火系统供水。它的水源来自安全相关的非能动安全壳冷却系统储水箱，正常情况下独立于其他部分消防系统运行。非能动安全壳冷却系统储水箱中存有消防专用水量，能够满足两个消火栓持续时间 2 小时的用水要求。

安全壳外的系统为湿式立管系统，压力由非能动安全壳冷却水箱 PCCWST 维持。安全壳内的系统为干式立管系统。因安全壳隔离要求而保持常闭的隔离阀，在停堆期间人员进入安全壳后打开，使管网充满水进入准工作状态。

在安全停堆地震和 PCS 系统启动后，非能动安全壳冷却辅助水箱 PCCAWST）可以为 PCCWST 进行补水。水箱设计为可以抵抗安全停堆地震的影响，并仍能保持其功能。水箱容积的消防专用部分也足以提供两个消火栓持续使用两个小时的消防水量。若发生非能动安全壳冷却系统（PCS）系统不能供水或者需要额外消防水量这种不太可能发生的事件时，抗震消火栓系统可以通过打开与厂区消防水主管连接的常闭的阀门，由消防主管供水。

3.3.3.4 系统运行

消防系统以随时待命状态运行。消防水输送管道充满有压水并由稳压泵稳压。控制灭火系统的切换阀门通常处于开启位置。火灾探测器和报警电路正常运行，并时刻监测故障或停电的发生。

当火灾探测系统探测到火灾时，将就地发出声音报警，并在主控室及安全中心警报站发出声光报警，自动和人工水消防系统开启投入灭火，厂区主管压力开

始降低，电动消防泵自动在低压信号下启动。如果电动消防泵启动失败，柴油机驱动泵将在次低的压力信号下启动。消防泵及所有灭火系统将持续运行，直到火灾扑灭后采用手动关闭。火灾后由专业人员进行修理并恢复受影响的探测、报警及灭火系统，使之重新处于备用状态。

3.3.4 淡水供水系统

3.3.4.1 淡水供水系统组成及用水量

1）淡水供水系统组成

山东海阳核电项目3、4号机组工程全厂用水分为循环冷却水、厂用水、除盐水车间用水、工业用水、生活用水、消防用水、绿化用水、洗车及道路浇洒用水等。循环冷却水系统和厂用水系统采用直流系统，直接取黄海海水作为冷却水；1～4号机组除盐水原水、工业水等淡水由海水淡化厂提供；1～4号机组生活用水等由一期水处理厂供应；施工期搅拌站用水由力能区水厂提供，其他施工用水由水处理厂提供。

2）淡水用量

山东海阳核电项目3、4号机组工程所用淡水分为电厂除盐水车间用水、工业用水、生活用水、消防用水、绿化用水、洗车及道路浇洒用水等。3、4号机组正常运行期设计淡水用水量为277.1m^3/h，即6650m^3/d，核电厂年发电小时数按8000h计，每年淡水用量为221.7万m^3；施工期需水量为153.5m^3/h，每年需水量为123万m^3。

海水淡化厂建成后，1~4号机组除盐水原水、工业水等淡水由海水淡化厂提供；1~4号机组生活用水等由一期水处理厂供应；施工期搅拌站用水由力能区水厂提供，其他施工用水由水处理厂提供。

（1） 正常运行时用水量

a）生产用水

（a）除盐水水量的估算

除盐水车间主要为核岛及常规岛提供除盐水；3、4 号机组正常运行时的除盐水用水量为 208.5m^3/h，即 5004m^3/d，除盐水原水量为 285.9m^3/h，由海水淡化厂供应原水。海水淡化厂投运后同时向 1、2 号机组提供除盐水原水，1、2 号机

组除盐水原水量为 4656m^3/d，1、2 号机组正常运行的除盐水用量为 3396m^3/d。除盐水系统最大出力为 360m^3/h（8640m^3/d），所需除盐水原水量为 480 m^3/h（11520 m^3/d）。

（b）电厂工业用水量

3、4 号机组电厂工业用水主要为常规岛提供生产用水、电厂空调机组补充水、未预见及管道漏损水量；

时平均用水量为 37.4m^3/h，则日用水量共计为 897.6 m^3/d，由海水淡化厂供应。

海水淡化厂投运后同时向 1、2 号机组提供工业用水，1、2 号机组工业水用水量为 1257.6m^3/d。

（c）消防用水量

根据核电厂消防设计，消防用水采用消防储水池的蓄水，不直接采用核电厂水厂生产用水，因此可以不与上述用水一起组合。

b）生活用水

3、4 号机组生活用水共计 210m^3/d。

1~4 号机组总生活水用量按 490m^3/d 考虑，生活用水由水处理厂供应。

c）绿化、道路浇洒和洗车用水

根据 1、2 号机组景观公司绿化用水量（500m^3/d）预估 3、4 号机组绿化用水约为 300m^3/d。1、2 号机组和 3、4 号机组的道路浇洒用水各按 200m^3/d 考虑，洗车用水各按 68.8m^3/d 考虑。绿化、道路浇洒和洗车用水由水处理厂供应，为节约用水，部分绿化用水、道路浇洒水可利用经生活污水处理设施处理后的生活污水。

（2）施工用水量

施工用水主要考虑混凝土浇筑用水量及施工人员生活用水。

施工用水总量为 3685m^3/d（153.5m^3/h）。其中水处理厂供水量约为 495m^3/d（20.6m^3/h），力能区水厂供水量约为 3190 m^3/d（132.9m^3/h）。

3.3.4.2 水处理厂系统

1）取水方式

在盘石水库原放水洞处重建一单孔箱涵式放水隧洞，放水洞出口建有钢筋混凝土压力水池和闸室。放水洞的水通过管道分流后，共分出4 根管道，一根DN600的钢管作为农业灌溉管道；一根DN800 的钢管作为泄水管，通向河道；两根DN400 的供水管向核电厂供水。该放水洞现已建成。

2）输水管线

山东海阳核电厂淡水供应系统采用永临结合方式，即一期运行的淡水输水管线采用一期施工用水输水管线。目前从盘石水库至核电厂的淡水输水管线现已施工完毕。整条输水管线采用重力自流。其中盘石水库至留格庄之间选用两条DN400mm 管道，留格庄至厂址之间采用两条DN350mm 管道，管道全长约22.95km。管道除穿越河道、公路、沟渠及地形复杂地段时采用钢管外，整条管线均采用玻璃钢管敷设。管道设计最大供水量约为420m^3/h，单管设计最大输水能力约为315m^3/h。该输水管线负担向力能区厂及水处理厂供水。

3）水处理厂

水处理厂设有的设施主要包括：

- 1 座提升泵房，泵房内设置3台潜水提升泵；
- 1 座配水井，保证后续澄清池配水均匀；
- 2 座澄清池，采用机械加速澄清池，单座澄清池处理规模为180m^3/h；
- 1 座V 型滤池，设计规模8400m^3/d，采用气水反冲均粒滤料滤池。滤池分为4 格，其中1 格备用，满足一期机组的容量要求。出水水质达到生活饮用水标准；
- 4 座清水池，其中2座清水池每个容积1000m^3，总有效容量为2000m^3；另外2座清水池每个容积1500m^3，其中包括500m^3消防水量，总有效容积为3000m^3，其中消防水量为1000m^3；
- 1 座半地下式二级泵房，泵房内设生产水泵（备用）、除盐水原水泵（备用）、生活水泵及消火栓泵组和喷淋泵组；
- 1 套污泥处置系统，其中包括排水排泥池、污泥平衡池、污泥脱水间各一座，该系统用于对污泥进行浓缩脱水处理；
- 1 座加药间，用于水处理厂混凝剂、消毒剂的溶解、制备和投加。

4）工艺流程

水库→输水管线→提升泵房→配水井→澄清池→V 型滤池→（加氯）清水池→水泵→用水点

3.3.4.3 海水淡化系统

海水淡化系统将水工送来的原海水进行处理，除去原水中的浊度、微生物和大部分离子性杂质，并经水质调整后，向全厂提供满足生产要求的淡水。

海水淡化系统采用膜法海水淡化技术，系统水量考虑了1 -4号机水量，系统出力为4×175m^3/h，淡化系统建成后，1-4 号机组的淡水均采用淡化水。系统主流程如下：

海水(夏季为原海水，冬季为机组冷却水温排水〉→絮凝沉淀池→V 型滤池→清水池→海水反渗透给水泵→卧式细砂过滤器→海水反渗透高压泵(含能量回收装置及高压泵)→海水反渗透装置→淡水池→水泵→用户。

海水淡化系统的排水主要为反渗透系统浓水，少量的澄清池排水和滤池反洗排水，此部分排水收集在就近的废水收集池内，通过废水输送泵排至循环水排水口，在排水口混合后排入大海。

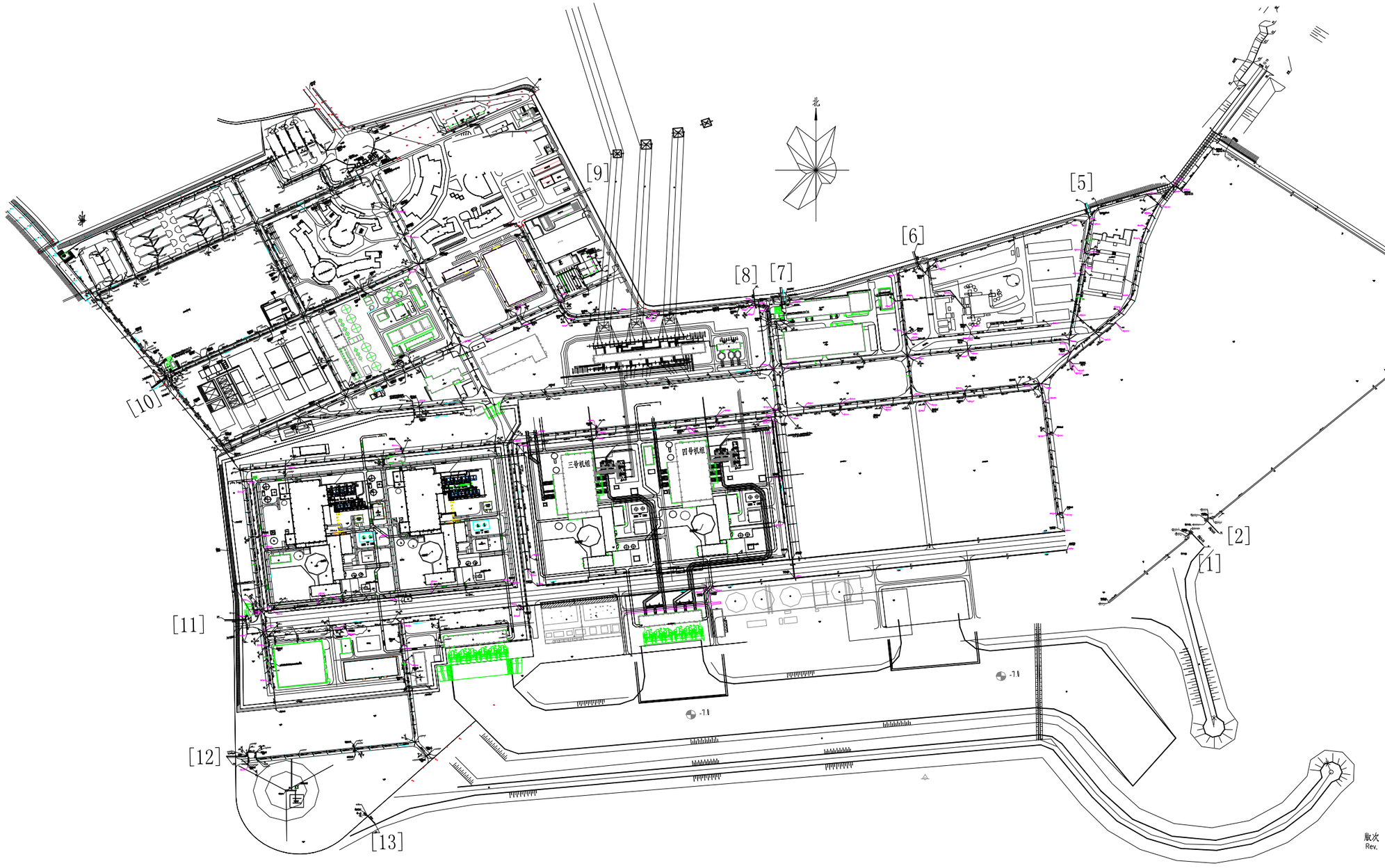


图3.3-1　厂区雨水总排出口示意图

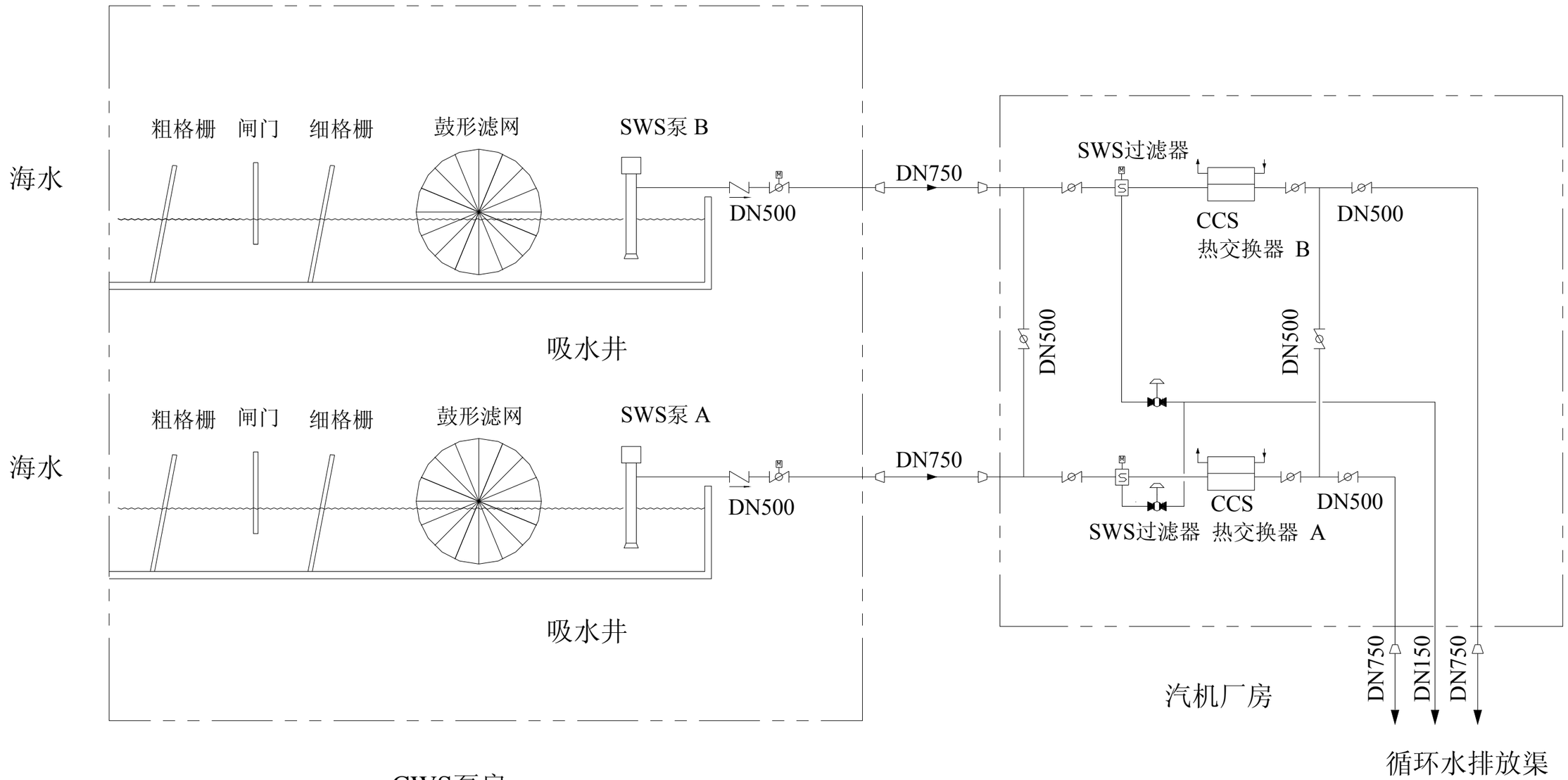


图 3.3-2　厂用水系统流程简图

3.4 输电系统

3.4.1 接入系统

海阳核电二期 2×1250MWe 机组接入系统方案：海阳核电二期机组接入一期 500kV 配电装置，利用一期建成的 6 回 500kV 线路接入系统。500kV 主接线为双母线分段接线。

海阳核电厂备用电源采用 220kV 线路供电，一期 1 回 220kV 线路，由 220kV 海发变电站接入，厂内 220kV 主接线一期为双母线接线。二期 220kV 备用电源在一期的基础上再增加 1 回，来自 220kV 银滩站，采用 LGJ-400 导线，厂内 220kV 主接线为双母线接线。

正常时电厂启备变热备用，10kV 侧开关断开，即正常方式 220kV 备用电源与电厂 500kV 送出线路不同时运行。

3.4.2 电气主接线

核电厂 500kV 主接线采用双母线分段接线，任意元件故障，均能保证电厂的电力送出。①任意出线线路故障，只停一回故障线路；②母联或分段断路器故障，只停 2～4 回线路；③发生母线故障时，跳开与故障母线相连的所有断路器，迅速隔离故障母线，通过非故障母线保证电厂的电力送出。

3.4.3 备用电源

备用电源由厂外 220kV 电网提供，在高压厂变故障停运时，为核电站提供连续供电的 10kV 电源，通过 10kV 开关柜向厂用设施供电。

二期工程投产后，220kV 辅助开关站 220kV 出线 2 回，一回由 220kV 海发变电站引接，另一回由 220kV 银滩站引接，供电可靠性较高。

同时，电厂本期 2 台 1250MW 机组经升压变压器连接到 500kV 开关站，通过一期建设的 6 回 500kV 线路接入电网；500kV 输电网和 220kV 备用电源共同组成了核电厂的厂外电源，而这两个厂外电源与电厂之间是通过两路独立线路连接的。

3.5 专设安全设施

3.5.1 概述

核电厂安全是在反应堆固有安全性的基础上，通过设置合适的控制系统、保

护系统和专设安全设施，以有效的降低核电厂事故的发生概率和事故后果影响，以确保在各种运行工况下公众和电站工作人员的健康和安全。

“纵深防御”是核电厂设计安全原则的基础，这是一套既逐渐深入又相互补充的设计防御措施，其核心是所有与核安全有关的活动，无论是组织实施还是系统设备配置，都应进行多重冗余设置，使单个失效可以得到补救或纠正。

实施纵深防御的一个重要内容是设置多道实体屏障，将放射性物质限制在特定的范围内。在压水堆核电厂中设置了燃料元件包壳、一回路压力边界和安全壳三道安全屏障。

专设安全设施是专门用来应对设计基准事故（DBA），以减轻其后果使之符合安全准则的规定要求。它是纵深防御体系中的第三个防御层次。本工程专设安全设施主要包括非能动堆芯冷却系统、非能动安全壳冷却系统、安全壳氢气控制系统、安全壳和安全壳隔离系统、非能动裂变产物控制系统和主控室应急可居留系统。

3.5.2 非能动堆芯冷却系统（PXS）

3.5.2.1 系统功能

非能动堆芯冷却系统（PXS）的主要功能是在假定的设计基准事件发生后提供应急堆芯冷却。为了实现这个主要的功能，非能动堆芯冷却系统设计实现如下功能：

- 应急堆芯衰变热排出

在瞬态、事故或任何正常热量排出路径丧失时提供堆芯衰变热排出。该热量排出功能适用于包括停堆在内的多种反应堆冷却系统工况。在换料期间，当安全壳内换料水箱水被排入换料水池时，可利用其他非能动方法排出堆芯衰变热。

- 反应堆冷却剂系统紧急补给和硼化

当发生化容系统提供的正常反应堆冷却剂系统补给不可用或不足的瞬态或事故时，PXS 为反应堆冷却剂系统提供补给和硼化。

- 安全注射

在发生所有破口范围内的冷却剂丧失事故，直至并包括反应堆冷却剂系统最大主管道双端断裂时，PXS 为反应堆冷却剂系统提供安注以提供足够的堆芯冷

却。

- 安全壳 pH 值控制

在事故工况后，PXS 在安全壳内添加化学物质来建立淹没化学条件，在安全壳内的高放射性环境下，该条件维持放射性核素的滞留并且在长期淹没条件下防止其对安全壳设备的腐蚀。

3.5.2.2 系统组成

非能动堆芯冷却系统是一个抗震 I 类安全系统。系统由两个系列组成，每个系列包括一个堆芯补水箱、一个安注箱和安全壳内换料水箱（两个系列共用）。系统还包括 pH 值调整篮、安全壳内换料水箱滤网、安全壳再循环滤网和管线以及相关联的管道、阀门、仪表和其余相关设备。属于反应堆冷却剂系统一部分的自动卸压系统的阀门和鼓泡管，也提供重要的非能动堆芯冷却功能。

3.5.2.3 工艺流程

电厂正常运行期间，系统处于备用；事故工况下，非能动堆芯冷却系统投入运行，以实现其安全功能。在发生 LOCA 事故时，堆芯补水箱通过直接压力容器注射管向反应堆冷却剂系统注入含硼水，当反应堆系统压力降到安注箱静压以下，安注箱中含硼水通过直接压力容器注射管线快速注射到反应堆冷却剂系统。当反应堆冷却剂系统压力降到安全壳内换料水箱注射压力以下时，安全壳内换料水箱依靠重力向冷却剂系统进行安注。堆芯补水箱冷却水注入时，当堆芯补水箱液位降低到自动卸压系统的整定值时，自动卸压系统动作，逐渐降低反应堆冷却剂系统的压力，使得安注箱和 IRSWT 能够连续投入。当安注箱、堆芯补水箱和安全壳内换料水箱注水完成后，安全壳内水淹达到相当高的水位，可以通过再循环管向堆芯注水以建立再循环。

非能动堆芯冷却系统流程图见图 3.5-1。

3.5.3 非能动安全壳冷却系统（PCS）

3.5.3.1 系统功能

非能动安全壳冷却系统执行以下安全有关功能：

- 排出安全壳内热量：在设计基准事故后排出安全壳内大气的热量，并传递至环境；

- 降低安全壳压力与温度：通过将安全壳大气中的热量传递至环境，限制并降低丧失冷却剂事故（LOCA）或安全壳内主蒸汽或主给水管道破裂后安全壳内的温度和压力；
- 控制裂变产物的泄漏：通过减小安全壳大气与环境的压差限制事故后放射性的泄漏，同时促进安全壳大气中裂变产物的去除；
- 乏燃料池装料补给：当发生乏燃料池冷却丧失事件时，可以为乏燃料池提供补水，保证乏燃料不裸露。

3.5.3.2 系统组成

非能动安全壳冷却系统为安全系统，由一台与安全壳屏蔽厂房结构为一体的非能动安全壳冷却水箱（PCCWST）、向安全壳输水的冷却水输送流道、位于屏蔽厂房内绕安全壳一周的空气流道、用于安全壳水分配的围堰和分水斗、非能动安全壳冷却辅助水箱（PCCAWST）、再循环回路（包括两台再循环泵、一台再循环热交换器、一台化学添加箱等），一台移动式柴油机泵以及相关的仪表、管道及阀门构成。

3.5.3.3 工艺流程

设计基准事故 72h 内，PCS 利用非能动方式排出安全壳内的热量。安全壳外表面由 PCCWST 利用重力排水洒湿，并满足至少在 72h 内不需要操纵员的干预调节流量或补充冷却水的要求。利用钢制安全壳壳体作为传热表面，蒸汽在安全壳内表面冷凝并加热内表面，然后通过导热将热量传递至钢安全壳壳体。加热的钢安全壳外表面利用水向空气的对流、辐射以及蒸发等热传递机理冷却。热量以显热和水蒸汽的形式通过自然对流的空气带出。环境中的冷空气从一个常开的空气流道进入，沿安全壳外表面上升，然后通过一个高位排气段返回到环境中从而带走安全壳的热量。

设计基准事故 72h 后，如果再循环泵可用，由再循环泵及再循环管路将 PCCAWST 的水输送至安全壳外表面，提供持续 4 天的安全壳冷却。事故 7 天后，PCS 可以从盲板法兰接口将其他厂内水源或厂外水源输送至 PCCWST 或直接至分水斗。如果地震后再循环回路失效且无法恢复，可通过移动式柴油机泵连接 PCCAWST 的抗震补水接口以及 PCS 安全有关补水接口，利用 PCCAWST 提供事故 72h 后额外 4 天的安全壳冷却水源。如果 PCCAWST 水源用尽，可通过临

时补水装置的接口连接厂内外其他水源。

设计基准事故 72h 内，PCS 利用一个从 PCCWST 至乏燃料池的安全有关流道为乏燃料池提供补水，保证乏燃料不裸露。设计基准事故 72h 后，PCS 可利用再循环泵将 PCCAWST 水输送至乏燃料池，确保乏燃料池丧失冷却事故 72h 至 7 天内，乏燃料不会裸露。PCS 还提供了从厂区安全级盲板法兰接口到乏燃料池的安全有关流道，可以使用厂内外其他水源为乏燃料池补水，确保乏燃料不裸露。

非能动安全壳冷却系统流程图见图 3.5-2。

3.5.4 安全壳氢气控制系统

3.5.4.1 系统功能

安全壳氢气控制系统的功能是限制反应堆安全壳大气中的氢浓度，从而在发生各类假想事件后，不会威胁安全壳完整性。

该系统执行以下功能：

- 在设计基准事故期间和事故后，利用安全有关的非能动自动催化氢复合器（PAR）防止安全壳氢浓度达到可燃限值；
- 利用氢点火器控制严重事故后安全壳内的氢气浓度；
- 在正常运行和事故后监测安全壳大气中的氢浓度。

3.5.4.2 系统组成

安全壳氢气控制系统主要由两台安装在安全壳内的非能动自催化氢复合器组成。位于安全壳内的两台安全有关 PAR 能在任何设计基准事故后维持安全壳总体氢浓度在较低水平。安全壳内安装了 66 台氢点火器，在严重事故期间以及以后，通过燃烧（爆燃）相对低浓度的氢，以防止氢浓度达到爆炸水平。三台氢浓度监测仪分布在安全壳内，为操作员提供安全壳大气氢浓度的连续指示。

3.5.4.3 工艺流程

两台安全有关的非能动自催化氢复合器安装在安全壳内高于操作平台的区域，能适应丧失冷却剂事故后预期的氢气产生速率。

在严重事故后，假定 100%的燃料包壳与水发生反应。锆-水蒸气反应产生氢的速率足够快，基于 PAR 运行时不可能防止安全壳内氢浓度超过最低可燃浓度限值，特别是局部区域。因此，当安全壳内任一区域的氢浓度达到最低可燃浓度

限值不久后，氢点火器启动以促进氢的燃烧。在较低氢可燃范围燃烧氢气可防止在较高氢浓度时发生氢气爆炸。这可确保氢燃烧期间维持安全壳的完整性，并且保证氢燃烧期间及以后安全有关设备可持续运行。

对于氢快速产生的事故序列，通过点火器的运行也可限制安全壳内总体氢浓度。氢浓度在可燃限值和 10%体积浓度之间时，点火器引起氢的局部爆燃，从而防止氢爆炸的发生。为达到这个目的，点火器布置在安全壳内氢气可能释放、流动或聚集的区域。

分布在安全壳内的氢监测仪为操作员提供安全壳大气氢浓度的连续指示。这些监控能力使操作员监控和触发事故后缓解措施，包括开启氢点火器。

3.5.5 安全壳和安全壳隔离系统

3.5.5.1 系统功能

安全壳和安全壳隔离系统执行以下与安全有关的功能：

- 完整性

在假定的冷却剂失水事故、蒸汽管道破裂和给水管道破裂时，安全壳隔离系统能承受最大的安全壳内压力和温度。系统设计考虑了严重事故下的完整性要求。

- 隔离
- 转移热量

安全壳在安全壳大气和非能动安全壳冷却系统之间提供换热表面，因此它们构成了安全有关最终热阱。

安全壳和安全壳隔离系统还执行以下非安全有关的功能：

- 泄漏率试验

对钢制安全壳和贯穿件进行泄漏率试验。

- 进口/出口

设备闸门和人员闸门留有足够的空间以便在任何正常或异常情况下设备和人员可以容易进出。

- 燃料运输

在安全壳内换料通道和辅助厂房的燃料处理区之间的燃料运输通过安全壳

燃料运输贯穿件进行。

3.5.5.2 系统组成和工艺流程

安全壳和安全壳隔离系统（CNS）是分隔钢制安全壳与电厂结构和外部环境的边界。安全壳和安全壳隔离系统的边界包括钢制安全壳、电气和机械贯穿件、燃料运输贯穿件、设备闸门和人员闸门、蒸汽发生器外壳、蒸汽发生器蒸汽侧仪表连接件、以及安全壳内的蒸汽、给水和排污管线。

3.5.6 主控制室应急可居留系统（VES）

主控制室应急可居留系统（VES）在核电厂发生不可控的放射性泄漏事故后为操纵员提供安全的可居留环境。在设计基准事故或失去全部交流电源导致核岛非放射性通风系统（VBS）不可运行后，本系统投入运行。除一次性的阀门动作外，VES 系统非能动运行（即不依靠交流电源或能动部件）。

3.5.6.1 系统功能

本系统通过实现以下功能来满足主控制室的应急可居留性：

- 为主控制室内人员提供呼吸品质的空气；
- 保证主控制室相对于周边区域维持一定正压，防止气载污染物渗入；
- 利用厂房围护结构的热容对在事故后仍须维持运行的设备和设施提供非能动冷却；
- 对不可预见的渗入主控制室边界的潜在污染空气进行非能动过滤，维持主控制室剂量低于允许水平。

3.5.6.2 系统描述

VES 系统由应急空气储存罐以及相关的阀门、管道、诱导器、过滤机组、风管和必要的仪表等组成，为主控制室通风、加压和空气过滤。系统同时也包括了用于主控制室压力调节的阀门、管道和风阀等。VES 系统与电厂土建结构通过两种途径相互影响。首先，系统利用钢筋混凝土材料的墙体、地板以及带散热片顶板所提供的热容为电气部件和室内人员提供过热保护；其次，系统对于构成主控制室压力边界的围护结构有气密性要求。

VES 系统共有四个空气储存罐模块，每个模块有 8 个独立的储存罐（共 32 个罐）。储存罐中储有可呼吸品质的压缩空气，32 个储存罐共具有最小 9276m^3

（15.6℃，1atm）的空气储存容量。每个模块上的 8 个储罐连接到一根模块集气管上，四根空气储存罐模块集气管连接到一根集气母管上。两根主控制室送风管线——主送风管线和备用送风管线，分别从集气母管连接到主控制室内，并在合并为一根送风管后连接至非能动过滤管线上的诱导器。VES 系统的非能动过滤机组包括 HEPA 过滤器，活性炭吸附器和后置高效过滤器。32 个空气储存罐所储存的压缩空气，足够系统以 111m^3/h 的流量为主控制室持续供气不少于 72h。同时压缩空气通过诱导器诱导至少 1020m^3/h 的主控制室室内气流，进入非能动过滤机组，经过滤后送至主控制室各区域。

为主控制室提供压缩空气有四个目的：1）为主控制室人员提供未污染的呼吸用气；2）通过稀释，限制主控制室内因主控制室人员的呼吸而产生的二氧化碳和水汽的浓度；3）提供恒定的气流，以保持主控制室压力边界内的压力；4）通过诱导器诱导一定量的室内空气进入非能动过滤机组，以维持主控制室的人员照射剂量低于允许水平。

平时 VES 空气储存罐可通过压缩空气和仪表空气系统（CAS）的可呼吸品质空压机进行补气。在事故发生 72h 后，储存罐可通过厂外的压缩空气源进行补气。

VES 系统为主控制室、仪控间和直流设备间提供非能动冷却。仪控间和直流设备间要求维持室内温度不高于 49℃，满足设备运行环境温度限制要求。由于主控制室内人员可居留性的要求，主控制室内要求温升不超过 8.3℃。

3.5.6.3 系统运行

在电厂正常运行期间，主控制室应急可居留系统处于备用工况，不执行任何功能。

在电厂起堆、满功率稳态运行、带载、冷停堆和换料操作等电厂运行模式下，通常由 VBS 系统维持主控制室、仪控间和直流设备间的室内环境温度。但在上述电厂模式下 VES 系统必须能够随时投入运行（换料操作模式只需在受辐照燃料组件移动期间可投入运行），在冷停堆模式下不要求本系统可运行。

在发生设计基准事故后三天内，VES 系统执行加压、通风、过滤和冷却等安全功能。加压、过滤和通风功能是减轻操纵员照射剂量的重要手段。冷却功能则可确保事故后监测的电气设备正常执行其预定安全功能。

VES 系统应在电厂连续丧失交流电源超过 10min 或在 VBS 系统的主控制室送风管内监测到放射性粒子或碘剂量值触发“高”报警信号时自动投入运行，同时也可手动启动。如果 72h 后 VBS 系统电源还未能恢复，主控制室的可居留性可通过两台主控制室辅助风机中的一台向主控制室提供室外空气来维持。

3.5.7 非能动裂变产物控制系统

正常功率运行期间，安全壳通风过滤系统通过定期(每周 20 个小时)对反应堆厂房进行小风量排风净化，来减少反应堆厂房大气中放射性物质的积累，使得工作人员能够有限制地进入安全壳。

本电厂借助非能动安全壳冷却系统(PCS)来实现钢制安全壳体传热功能，并增强了裂变产物的自然去除功能，通过扩散电泳、热电泳及重力沉降等自然去除机制减少事故后安全壳大气内裂变产物总量。自然存在的非能动去除机制能在几小时内把气载元素碘及气溶胶降至较低的水平。

失水事故后，磷酸三钠非能动地溶解于再循环水中，维持其 pH 值在 7.0~9.5 范围内。对 pH 值的调节可以促使元素碘向非挥发的化学形态转化，同时抑制了碘化铯向元素碘转化，使其滞留在地坑水中。

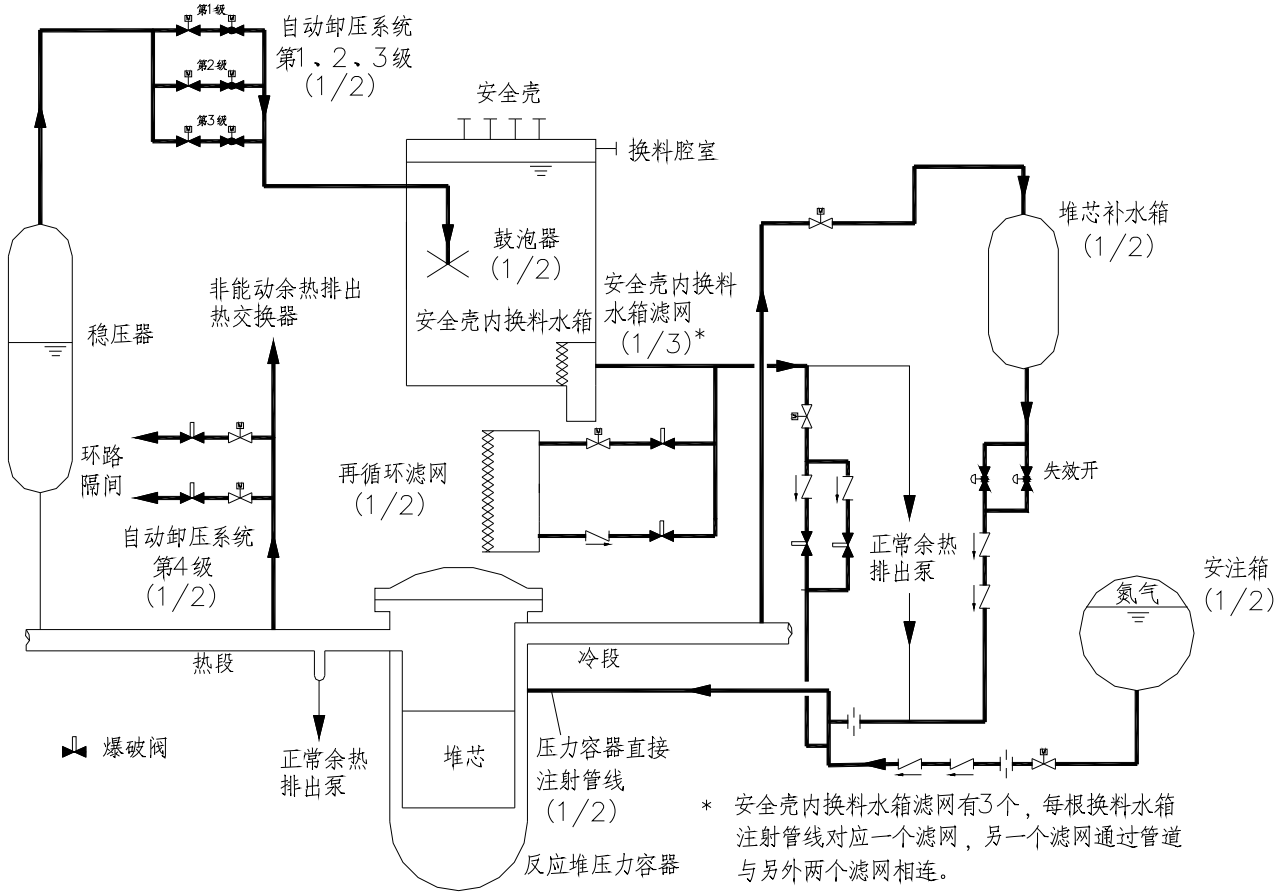


图 3.5-1（1/2）　　非能动堆芯冷却系统流程图

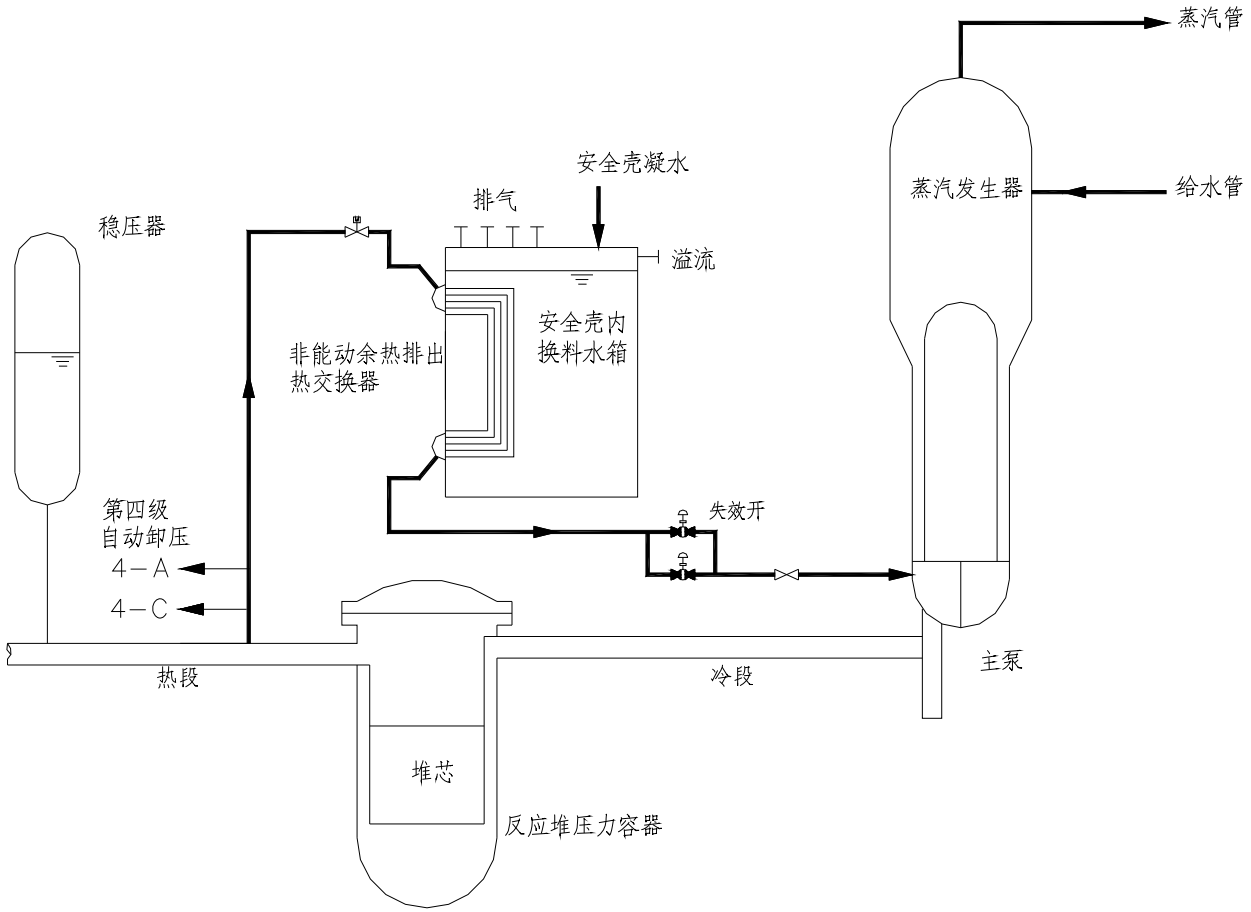


图 3.5-1（2/2）　非能动堆芯冷却系统流程图

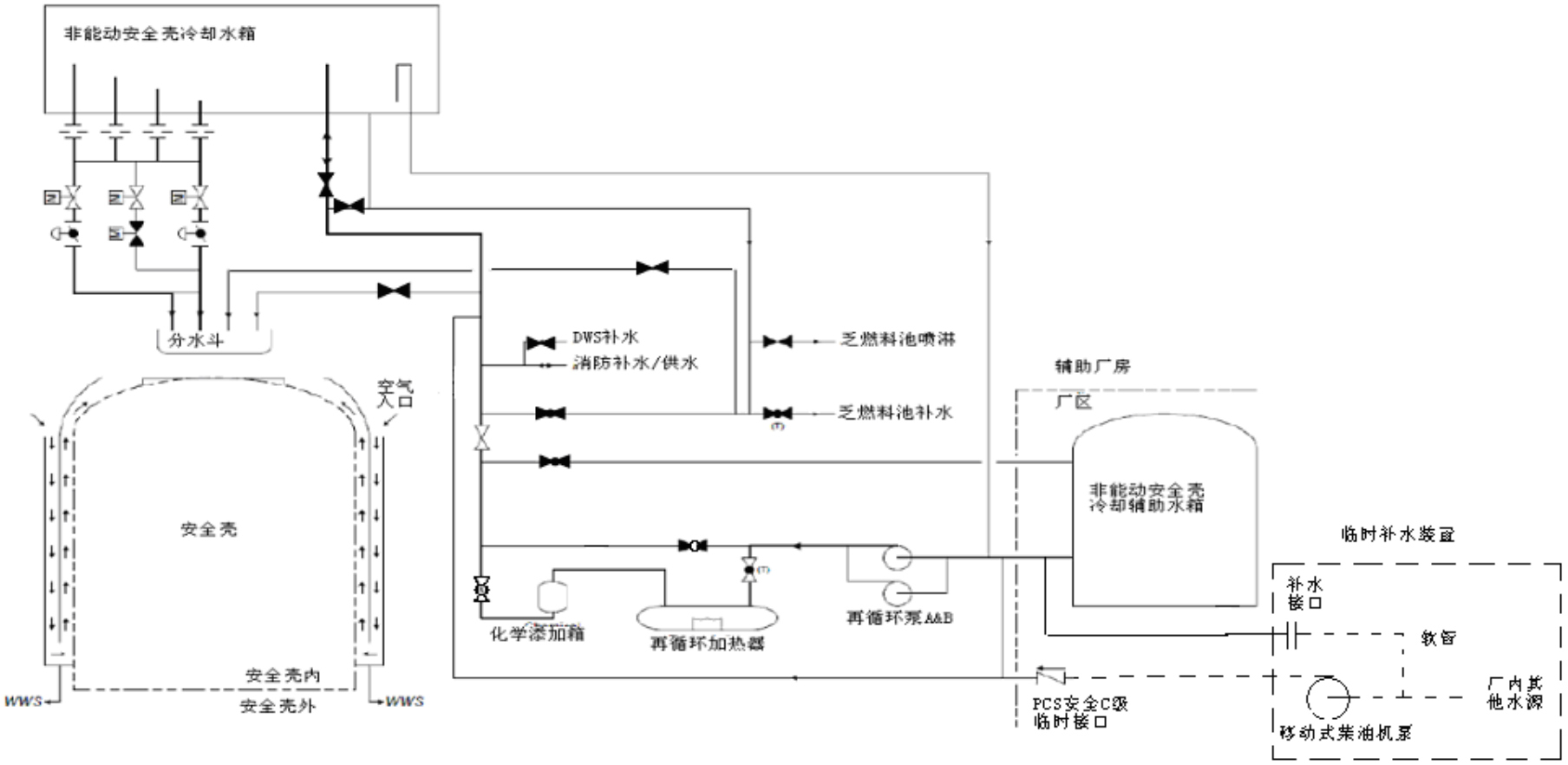


图 3.5-2　　非能动安全壳冷却系统流程图

3.6 放射性废物系统和源项

本节对核电厂中放射性废物处理系统和放射性源项进行描述。放射性源项主要包括堆芯放射性总量、一回路及二回路的放射性核素的活度浓度。放射性废物处理系统主要包括放射性液体、气体和固体废物处理系统，并给出了液态和气载放射性流出物的释放量、固体放射性废物的产生量。

3.6.1 放射性源项

本节阐述由放射性液体及气体废物处理系统处理的放射性源项。在燃料芯块内产生的放射性物质（裂变产物）可能通过破损的燃料包壳泄漏进入到反应堆冷却剂系统中。堆芯辐射场导致了冷却剂中的物质活化后形成 N-16、C-14 以及氚，而且反应堆冷却剂系统中的材料腐蚀产物也被活化成为具有放射性的活化腐蚀产物。

本节给出了一回路与二回路的两类源项：

第一类源项是一个保守的或设计基准的源项。此源项为系统设计和屏蔽设计的基础。

第二类源项为现实源项。此源项表征了一回路和二回路中放射性核素的预期平均活度浓度。此源项是基于 ANSI/ANS 18.1-1999（为保守考虑，Cs-134、Cs-137 等核素的现实源项仍基于 ANSI/ANS 18.1-1984）中规定的一、二回路基础源项，采用 PWR-GALE 程序中的模型来确定的。此源项模型反映了大量在役 PWR 电厂的运行经验。

3.6.1.1 堆芯放射性总量

采用 ORIGEN-2.1 程序计算得到了本项目平衡循环寿期末的堆芯放射性总量，并考虑了燃料管理方案变化及反应堆热功率的不确定性。

3.6.1.2 一回路冷却剂源项

3.6.1.2.1 设计基准一回路冷却剂源项

1）裂变产物

对于设计基准源项，假设存在较大的燃料包壳破损率，该破损率在正常运行期间是预期会发生的。假设燃料包壳小破损存在于能产生 0.25%的堆芯功率输出的燃料棒中(也称之为 0.25%燃料包壳破损率)，并且破损燃料棒均匀分布在整个堆芯中。

设计基准一回路冷却剂中裂变产物核素活度浓度的确定以 ORIGEN 2.1 程序计算得到的与时间相关的堆芯总量为基础。

计算得到的设计基准一回路冷却剂中主要裂变产物核素的活度浓度为反应堆从启动到平衡循环的整个燃料循环过程中核素活度浓度的最大值。因此，该浓度不代表燃料循环中任何特定时间点的值，但它是保守值。

2）腐蚀产物

一回路冷却剂中的活化腐蚀产物来自两方面：一方面是堆内部件，另一方面是堆外的主回路管道和主回路设备。前者在发生腐蚀并释放到冷却剂中之前已经受到中子照射而具有放射性；后者产生的腐蚀产物流经堆芯时受到堆芯及其附近区域中子照射之后才具有放射性。

一回路冷却剂中腐蚀产物活度浓度的确定以运行电厂数据为基础，并且与燃料包壳破损率无关。主要的放射性核素为：Cr-51、Mn-54、Fe-55、Fe-59、Co-58 和 Co-60。腐蚀产物活度浓度是过滤器、除盐床等设备屏蔽设计的主要源项。

3）氚

一回路冷却剂中主要的产氚途径如下：

- 燃料裂变(三元裂变)产生的氚通过燃料包壳扩散或燃料包壳破损处泄漏进入一回路冷却剂中；
- 在一回路冷却剂中可溶硼与中子的反应；
- 可燃的中子吸收体中产生的氚通过扩散或包壳破损进入一回路冷却剂中；
- 在一回路冷却剂中可溶锂与中子的反应；
- 一回路冷却剂中氘与中子的反应。

前两种途径为一回路冷却剂中氚的主要来源。

一回路冷却剂中的氚主要以氚化水的形态存在(一个氚原子取代了水分子中的一个氢原子)，因此不能轻易通过一般的处理方法把它分离出来。由于泄漏和控制含氚水向环境的释放等损失，一般一回路冷却剂中最大的氚活度浓度小于 1.295E+02 GBq/t。

4）N-16

一回路冷却剂中氧经中子活化后生成 N-16，N-16 会发射较高能量的 γ 射线。

由于其 7.11 秒的短半衰期，在安全壳外不需要考虑 N-16 的放射性。停堆以后，N-16 不会是安全壳内的辐射源。

5）C-14

C-14 主要是反应堆冷却剂水中的 O-17 和溶解在反应堆冷却剂中的 N-14 分别通过 O-17(n,α)C-14 和 N-14(n,p)C-14 反应生成的。由于 C-14 的半衰期非常长，为 5730 年，在核电厂运行期间内可以不考虑 C-14 的衰减。因此，在计算 C-14 源项时不考虑 C-14 的衰变量。

3.6.1.2.2 一回路冷却剂现实源项

计算一回路冷却剂现实源项，使用了 ANSI/ANS-18.1-1999 中的模型。基于 ANSI/ANS-18.1-1999 中给出的大部分参考电厂核素的活度浓度对 PWR-GALE 程序中采用的一、二回路基础源项进行了更新(为保守考虑，Cs-134 和 Cs-137 等核素的数据保持不变)。

只要所考虑的核电厂的系统流程和系统内核素的去除途径与参考核电厂相同或相似，就可以将参考核电厂各主要流体内核素的活度浓度及正常运行期间通过液相和气相向环境的放射性排放量(排放源项)，调整为所考虑的核电厂的相应数值。

调整是通过调整因子实现的，即将参考电厂的已有数值，乘以调整因子即得到所涉及电厂的相应数值。调整因子的原理计算公式如下：

$$c = \frac{s}{m \times (\lambda + \beta)}$$

式中：

c=放射性核素活度浓度(Bq/g)；

s=系统内放射性核素产生率(包括由本系统产生的或由其他系统流入的)(Bq/s)；

m=流体的质量(g)；

λ=放射性核素的衰变常数(s^{-1})；

β=在系统内由于除盐、过滤和泄漏等原因(不包括核素的衰变作用)而导致的放射性核素的去除率(s^{-1})。

为便于调整计算，将压水堆主要流体内放射性核素分为下列六类：惰性气体、

卤素、Cs 和 Rb、水活化产物、H-3 及其它核素。

ANSI/ANS-18.1-1999 中列出的参考电厂的值被调整到与本电厂参数相一致，此调整因子仅适用于裂变产物。对于腐蚀产物的调整因子，本电厂在初始循环就采用加锌系统，采用 ANSI/ANS-18.1-1999 的调整因子来计算腐蚀产物是不合适的，因此，腐蚀产物的调整因子保持 PWR-GALE 程序的推荐值。

3.6.1.3 二回路冷却剂源项

与一回路冷却剂源项相应，本文也分别给出了本项目二回路的保守源项及现实源项。蒸汽发生器传热管的破损将导致一回路冷却剂中的放射性核素进入二回路中。二回路放射性核素的活度浓度取决于一回路向二回路的泄漏率、核素的衰变常数及蒸汽发生器的排污净化率等。

1）保守源项

以设计基准一回路向二回路的泄漏率及设计基准一回路冷却剂中核素的活度浓度等为基础计算得到了设计基准蒸汽发生器二次侧水和蒸汽中放射性核素的活度浓度。

2）现实源项

计算二回路冷却剂现实源项的方法与一回路冷却剂的现实源项相同。

3.6.2 废液管理系统及源项

3.6.2.1 系统组成

废液管理系统包括如下系统：

- 放射性液体废物处理系统（WLS）
- 蒸汽发生器排污系统（BDS）
- 放射性废水疏排系统（WRS）

化学和容积控制系统（CVS）与乏燃料水池冷却系统（SFS）也具备处理放射性液体的能力，废水系统（WWS）用于处理来自非放射性厂房区域的设备和地板疏水，本节对上述系统一并介绍。

3.6.2.1.1 放射性液体废物处理系统（WLS）

3.6.2.1.1.1 系统概述

放射性液体废物处理系统是用于控制、收集、输送、贮存和处理正常运行及预期运行事件所产生的放射性废液。

3.6.2.1.1.2 系统功能

1）放射性液体废物处理系统执行如下安全有关功能：

- 安全壳隔离；
- 将非能动堆芯冷却系统隔间的疏水排至安全壳地坑，防止隔间内水淹及对安全有关部件的影响；
- 在化学与容积控制系统和非能动堆芯冷却系统的隔间至安全壳地坑的疏水管线上均设置有止回阀，防止逆流造成隔间之间的交叉水淹。同时，每条疏水管线上串联两个止回阀，避免单一失效影响安全功能的执行。

2）放射性液体废物处理系统执行如下非安全有关功能：

- 通过固定式处理设备处理电厂预期产生的废液，使其可控制地向环境达标排放；
- 能够承受因设备故障、高泄漏率等因素导致的进水波动；
- 考虑到在电厂寿期内可预见的技术革新，保留接口使更为先进的工艺通过移动式设备的方式与 WLS 固定式设备串联使用。

3.6.2.1.1.3 系统描述

放射性液体废物处理系统设计考虑的主要放射性污染物有如下四类：

- 含硼废液（放射性水平与反应堆冷却剂一致）：该废液为化学和容积控制系统排出的反应堆冷却剂、取样系统取样槽疏水、设备引漏水和疏水；
- 地面疏水和含较多颗粒杂质的废液：该废液通过厂房的地面疏水和地坑收集；
- 洗涤废液：该废液由电站热去污水槽、热淋浴及清洗、去污时产生，一般情况下，其放射性活度浓度较低；
- 化学废液：该废液来自实验室及其他水量较少的水源。

若蒸汽发生器传热管泄漏，放射性可能进入二回路系统。当监测到二回路水的放射性浓度高时，通过蒸汽发生器排污系统转送至放射性液体废物处理系统进行处理。图 3.6-1 给出了 WLS 的系统流程简图。

3.6.2.1.1.4 部件描述

WLS 的主要部件包括泵、热交换器、箱体、活性炭床、过滤器、离子交换床等。

1）泵

- 反应堆冷却剂疏水箱泵

系统设置两台不锈钢反应堆冷却剂疏水箱泵。用于循环废液、输送废液至脱气塔或流出液暂存箱。

- 安全壳地坑泵

系统设置两台安全壳地坑泵。用于将安全壳地坑内废液抽送至废液暂存箱。

- 脱气塔真空泵

系统设置两台不锈钢水环真空泵。用于维持脱气塔内的低压，保证有效脱气。

这两台水环真空泵用水作为工作液，并采用循环使用该工作液来减少废液产生量。过量的蒸汽凝结水则排入流出液暂存箱内。

- 脱气分离泵

系统设置两台不锈钢脱气塔分离泵。用于回收从脱气塔分离器排放的工作液，并送回至脱气真空泵。脱气分离泵也可用于将积聚在分离器中的过量工作液排至流出液暂存箱。

- 其他泵

系统设有不锈钢、弹性隔膜的气动双隔膜泵，包括脱气塔排放泵（2 台）、流出液暂存箱泵（2 台）、废液暂存箱泵（2 台）、监测箱泵（5 台）、化学废液箱泵（1 台）等。该泵设置在相关箱体附近，箱体内设吸入管线。

2）热交换器

- 反应堆冷却剂疏水箱热交换器

系统设置一台卧式 U 型管式热交换器。热交换器采用管板式法兰连接，便于管束拆卸检查和清洗。反应堆冷却剂疏水箱内废液流经热交换器的不锈钢管侧，冷却水流经碳钢壳侧。

- 蒸汽冷凝器

系统设置一台卧式 U 型管式热交换器（蒸汽冷凝器），协助脱气塔真空泵共同分离气体中水分，并将气体送入放射性气体废物处理系统。当废液喷淋在脱气塔柱顶端时，由于脱气塔内低压，喷入的液体会沸腾。为减少真空泵的容积，

在脱气塔和真空泵之间设置一台蒸汽冷凝器。废气中大部分水蒸气通过蒸汽冷凝器凝结分离后，进入真空泵。蒸汽冷凝器采用冷冻水冷却。不凝性气体和冷凝液在排至水环真空泵的入口母管内混合。

3）箱体

- 反应堆冷却剂疏水箱

系统设置一台反应堆冷却剂疏水箱。水箱内能容纳两台立式地坑泵。反应堆冷却剂疏水箱为半球状封头的卧式不锈钢圆柱体箱体。在安全壳泄漏试验期间，可使用真空破坏器防止箱体的外压过高。内压过高时，则通过水箱的泄压阀向安全壳地坑排气。

- 安全壳地坑

安全壳地坑是一台嵌入在混凝土中的矩形不锈钢地坑水箱。

- 脱气塔

系统设置一台单级（净化）不锈钢脱气塔。流出液呈喷雾状进入脱气塔柱顶端，分成小股并呈膜状下落，在此过程中得到充分的混合和表面暴露。由于脱气塔内低压，喷入的液体会沸腾。进低压脱出的不凝性气体符合亨利定律，经真空接口排出。真空接口位置靠近脱气水顶部位置，该点真空度最高，且不易产生再吸附。在脱气塔真空接口处设置不锈钢网的除雾器，去除去往蒸汽冷凝器的混合废气/蒸汽中夹杂的水滴。

- 脱气塔分离器

系统设置一台不锈钢脱气塔分离器，用于回用真空泵排放流中分离出工作液，同时还可起到消声器的作用。

- 流出液暂存箱

该不锈钢水箱用于贮存处理前的冷却剂流出液。

- 废液暂存箱

该不锈钢水箱用于贮存处理前的地面和设备疏水。

- 监测箱

该不锈钢箱体用于贮存处理后但待排放的废液。

- 化学废液箱

该不锈钢水箱用于贮存化学废液、热水槽疏水和淋浴器疏水。

4）离子交换床

系统设置六台离子交换树脂床。电厂操作人员考虑系统的最优化来选择离子交换树脂。离子交换床设有工艺流的进出口及用于树脂添加、排出和疏水的接口。工艺流出口、冲洗水出口和溢流口均装有树脂截流筛。

5）过滤器

- 前过滤器

设置在离子交换前，用于收集工艺流中的杂质颗粒。

- 后过滤器

用于收集离子交换后废液中的杂质颗粒，如碎树脂。

3.6.2.1.1.5 系统运行

1）反应堆冷却剂流出液的处理

来自化容下泄流管线或反应堆冷却剂疏水箱的反应堆冷却剂流出液通过脱气塔真空脱气，将溶解氢和裂变废气去除。脱气塔排放泵将脱气后的废液送至流出液暂存箱中。

一台流出液暂存箱可用于接收脱气后的反应堆冷却剂，将其循环取样后，通过化容补水泵重新返回反应堆冷却剂系统。

流出液暂存箱冷却剂流出液经由过滤器、化学絮凝、深床过滤和离子交换床处理。处理达标后送入监测箱内监测排放。

监测箱中的废液需经循环取样。如果放射性活度浓度低于排放限值，监测排放至核岛废液排放总管。若监测到超出排放限值，则停止排放，送回废液暂存箱再处理。

在设计基准事件（0.25%燃料包壳破损率）下，系统设置的两台备用的离子交换床也投入使用，确保处理后废液的放射性活度浓度低于限值要求。

2）地面疏水和含较多颗粒杂质的废液的处理

废液经前过滤器去除大量颗粒物，接着通过离子交换床和废液后过滤器，输送入监测箱内。对监测箱中的废液取样，若放射性活度浓度超出排放浓度限值，则送回废液暂存箱再处理。

满足排放要求的废液通过放射性监测仪表后，监测排放至核岛废液排放总管。

3）洗涤废液的处理

废液经前过滤器去除大量颗粒物，接着通过离子交换床和废液后过滤器，输送入监测箱内。对监测箱中的废液取样，若放射性活度浓度超出排放浓度限值，则送回废液暂存箱再处理。

满足排放要求的废液通过放射性监测仪表后，监测排放至核岛废液排放总管。

4）化学废液的处理

化学废液产生量小，通常只需收集，核岛内不处理。但可在化学废液箱中添加化学试剂用以调节 pH 和其它化学性质等。化学废液通过移动式废液处理装置进行处理。

5）蒸汽发生器排污的处理

如果蒸汽发生器管的泄漏导致排污流的放射性超过二回路系统的接受能力，排污流将排往放射性液体废物处理系统。操作员将蒸汽发生器排污系统连接到废液暂存箱的入口。

3.6.2.1.2 蒸汽发生器排污系统（BDS）

蒸汽发生器排污系统用来在正常运行和预期运行事件（包括主冷凝器泄漏或蒸汽发生器传热管一次侧向二次侧泄漏）工况下，通过除去聚集在蒸汽发生器内的杂质来维持蒸汽发生器二次侧的水化学在可接受范围内。BDS 接收来自每台蒸汽发生器的排污水并按要求加以处理。

3.6.2.1.2.1 系统功能

每条排污管线的安全有关部分是蒸汽发生器系统（SGS）的一部分。SGS 为每个蒸汽发生器设置了两个隔离阀，这些阀门用于隔离蒸汽发生器的排污以维持蒸汽发生器的水装量，从而为安全停堆提供热阱、减缓设计基准事故的事故后果。

BDS 通过蒸汽发生器排污或疏水管线抽取二次侧水，并对其进行处理以实现：

- 在电厂正常运行期间维持蒸汽发生器二次侧的水化学条件；
- 定期冲洗管板带走淤积在管板上的杂质；
- 在电站停堆期间建立和维护蒸汽发生器的湿保养条件；
- 排空蒸汽发生器二次侧以便维修。

3.6.2.1.2.2 系统描述

图 3.6-2 给出了 BDS 的系统流程图。该系统由两个系列的排污管线组成，每台蒸汽发生器对应一个系列。

蒸汽发生器的排污水从蒸汽发生器管板上方的位置抽出。每台蒸汽发生器的排污水各由一台排污热交换器进行冷却，排污热交换器的冷源为凝结水系统（CDS）。排污水的流量和压降由蒸汽发生器排污流量控制阀进行控制。每条排污管线上都装有电离除盐装置，用于去除排污水中的杂质。两台电离除盐装置的排出流汇集到一个母管，该母管上装有释放阀，用于对 BDS 的低压部分提供超压保护。另外，有一个背压控制阀用于维持背压控制阀和流量控制阀之间的系统压力。

管板冲洗运行和异常水化学恢复运行时，流量和压降由串联孔板的手动节流阀进行控制，旁路电离除盐装置后通过母管排放。

BDS 用一台泵来排空蒸汽发生器二次侧，该泵也用于在蒸汽发生器低压湿保养工况下进行再循环。

在非能动余热排出系统启动、蒸汽发生器低水位和安全壳隔离事故工况下，BDS 的隔离由位于辅助厂房的两个隔离阀来完成。在排污系统高放射性、高温和高压的情况下通过关闭阀门 BDS-PL-V005A/B 和 BDS-Pl-V006A/B 来隔离排污流。

BDS 设有两台放射性监测仪（BDS-JE-RE010、BDS-JE-RE011）用来测量蒸汽发生器排污水的放射性浓度。一台用来测量净化处理后的清洁流（在返回 CDS 之前），另一台用来测量电离除盐装置排出的浓缩流（在排放到生产废水系统（WWS）之前）。

蒸汽发生器排污放射性监测仪位于排污热交换器的下游，因此不需要对取样进行冷却。当取样放射性达到预先设定值时，会启动主控室警报，然后关闭蒸汽发生器排污隔离阀，关闭排污流量控制阀，将流量转移到 WLS。

3.6.2.1.2.3 设备描述

BDS 的主要设备包括：两台排污热交换器、两个排污隔离阀、两个排污流量控制阀、1 台再循环/疏水泵、1 个压力控制阀和 2 套电离除盐装置。

3.6.2.1.2.4 系统运行

1）电厂启动

当蒸汽发生器出现低压情况时，排污水不经过电离除盐装置，视水质情况排放到 CDS 或 WWS 以便重复使用或处理。随着蒸汽发生器增压，一旦压力足够，电离除盐装置将根据供货商的启动说明和预防措施投入运行，排污流量控制阀对排污速率进行控制，将排污速率限制在约 42.2m^3/h 左右或者更少。控制热交换器冷却水量的冷凝水控制阀在电厂启动时开始调节，当冷凝器出口温度达到预先设定值时，冷凝水控制阀自动运行。热交换器冷却水将排污水的温度控制在电离除盐装置可以接受的范围内。

2）正常运行

排污系统控制水化学的有效性依赖于排污速率。正常的排污速率为最大蒸汽速率的 0.061%至 0.61%。当杂质含量很低时，排污速率预期为最大蒸汽速率的 0.1%。当冷凝器换热管发生泄漏且杂质浓度很高时，排污速率将接近最大蒸汽速率的 0.61%。正常运行时，排污水通过冷凝器复用。但含有大量杂质的排污水会被排放到 WWS。连续监测排污水和电离除盐废液的放射性，用于确定是否存在蒸汽发生器一、二次侧的泄漏。如果监测到放射性，它们将送往 WLS 进行处理。如果放射性达到预设值，排污流量控制阀和隔离阀将自动关闭。

3）蒸汽发生器湿保养

在电站停堆期间，BDS 可以用于建立和维持蒸汽发生器湿保养条件。湿保养运行时，排污水被循环输送给蒸汽发生器。为了维持蒸汽发生器二次侧水恰当的 pH 值和氧浓度，可以通过汽轮机厂房的化学添加系统（CFS）向循环水里添加化学添加剂。

4）蒸汽发生器疏水

BDS 可以用再循环/排污泵来对蒸汽发生器进行疏水，而不用经过流量控制阀和电离除盐装置，整个的疏水速率接近 58.1m^3/h。在该运行模式下，排污水可能会排放到 WWS 或 WLS。

5）蒸汽发生器管板冲洗

BDS 的排污速率可以在短时间内接近 1.85%单台蒸汽发生器最大的蒸汽速率。为了处理这么高的流量，一台蒸汽发生器的排污水将被隔离，另一台蒸汽发生器的排污水将流经两台热交换器。该工况下排污水不流经排污流量控制阀和电

离除盐装置。

6）异常水化学恢复

为恢复蒸汽发生器内异常的水化学工况，蒸汽发生器排污系统能够在两台蒸汽发生器排污流量增大的工况下运行。异常水化学恢复模式下，每台蒸汽发生器的排污流量增大至 0.925%最大蒸汽流率，排污流排向 WWS 或 WLS。该工况下排污水不流经排污流量控制阀和电离除盐装置。

7）应急工况

蒸汽发生器低水位时，BDS 被隔离。

3.6.2.1.3 放射性废水疏排系统（WRS）

3.6.2.1.3.1 系统概述

放射性废水疏排系统通过重力收集来自辅助厂房、附属厂房和放射性废物厂房中放射性控制区域（RCA）的设备与地面疏水中的放射性废液，通过分类后去往放射性液体废物处理系统（WLS）。

3.6.2.1.3.2 系统功能

WRS 主要执行如下功能：

- 重力收集来自辅助厂房、附属厂房和放射性废物厂房中放射性控制区域的设备与地面疏水中的放射性液体废物；
- 与放射性液体废物处理系统（WLS）之间存有接口，为废液的后续处理提供接口；
- 检测并收集辅助厂房放射性控制区域（RCA）的水池泄漏，以确定泄漏位置与泄漏量；
- 适当分类收集液态废物。

3.6.2.1.3.3 系统描述

WRS 包含 3 个子系统：化学废液子系统、设备与地面疏水子系统、检漏子系统。洗衣房产生的洗涤废液在机组外收集处理。

WRS 接收来自辅助厂房、附属厂房和放射性废物厂房中放射性控制区域的废液，并辅助厂房内的水池进行检测与收集。通常这类废液含有放射性。

- WRS 的化学废液子系统的废水来自辅助厂房放射性化学实验室等区域，这类废水应直接送往 WLS 的化学废液箱内；

- WRS 的洗手废液子系统收集来自辅助厂房的卫生出入口处的疏水，这类废水一般为洗手、淋浴废液，直接送往 WLS 的洗手废液箱；
- 设备和地面疏水子系统包含地漏、收集管线、一个厂房中部的收集地坑、地坑泵、排放管线、清扫口，以及相关阀门和仪表。设备和地面疏水子系统为辅助厂房、附属厂房和放射性废物厂房中放射性控制区域服务。收集的废液送入 WLS 的废液暂存箱；
- 检漏子系统包括每个水池焊缝处的收集沟渠（属结构模块）、收集支管、收集总管、收集罐、溢流口、相关阀门与仪表。检漏子系统收集燃料运输通道、乏燃料池、燃料元件容器装料池与燃料元件容器清洗池的泄漏废液。

为获取具有代表性的样品，且保持地坑排空过程中固体颗粒呈悬浮状态，须采取措施对地坑内的各类物质进行充分混合。混合过程通过泵排放口循环管线及混合喷射器实现。

3.6.2.1.3.4 部件描述

WRS 的工艺流程图见图 3.6-3。

1）设备和地面疏水地坑

此地坑用于收集辅助厂房、放射性废物厂房和附属厂房放射性控制区域的废液，并留有裕量。

2）检漏收集罐

系统设有两台检漏收集罐 A/B。检漏收集罐设置在泄漏源的附近：检漏收集罐 A 用于接收乏燃料池、燃料运输通道泄漏水；检漏收集罐 B 用于接收燃料元件容器装料池、燃料元件容器清洗池泄漏水。

3）地坑泵

系统设有 2 台气动双隔膜泵，将地坑内的液体转运至 WLS 的废液暂存箱中。

4）地漏、汲水盘、清扫口

地漏、汲水盘、清扫口分别用于收集地面疏水、设备疏水及进行管道清扫。此类设备均采用不锈钢材料。

3.6.2.1.3.5 系统运行

WRS 系统在常规的电厂运行模式中（启堆、满功率稳态运行、正常负荷跟踪、电厂冷却与换料运行）具有基本相同的处理模式。电厂功率运行期间，来自

各分系统的废液靠重力输送至地坑或化学废液箱。水池泄漏水则靠重力流入检漏子系统，并送往检漏收集罐内，随后送往地坑。

地坑配置两台地坑泵。地坑泵自动运行（带手动切换）。泵在高液位，高/高液位与低液位整定值时自动启停。

当地坑液位达到整定值（高液位）时，优先泵启动。如果液位继续升高达到第二个整定值（高/高液位）时，备用泵启动，且高/高液位报警触发。地坑泵将收集废液送往放射性液体废物系统（WLS）进行处理。

3.6.2.1.4 化学和容积控制系统（CVS）

3.6.2.1.4.1 系统功能

化学和容积控制系统（CVS）的主要功能包括：

- 维持 RCS 中冷却剂的纯净程度和活度水平在可接受的限值内；
- 维持 RCS 保持设计所要求的装量和电厂正常运行时稳压器的设计水位；
- 控制启动、正常运行和停堆时的硼浓度以保持反应堆冷却剂的化学组分，通过维持 LiOH 的浓度控制 RCS 的 pH 值；
- 使功率运行期间反应堆冷却剂中溶解氢维持在适当的水平，并在每次停堆后的启动前获得合适的氧浓度；
- 为 RCS 充满和压力试验提供手段；
- 为需要反应堆级硼化水的一次侧系统提供补给水。

此外 CVS 还执行一些安全相关的功能，包括安全壳贯穿管线的隔离、终止 RCS 意外硼稀释、蒸汽发生器和稳压器高水位信号时隔离补给水以及维持 RCS 压力边界等。

3.6.2.1.4.2 系统描述

图 3.6-4 给出了 CVS 的系统流程图。

1）净化

CVS 正常净化回路位于安全壳内且在 RCS 系统压力下运行，CVS 利用反应堆冷却剂泵的压头驱动净化流体，流体在净化回路内连续循环。反应堆冷却剂在再生热交换器内被返回蒸汽发生器的流体冷却，并在下泄热交换器内由设备冷却水进一步冷却，温度降低到除盐混床树脂运行适宜的温度。流经再生和下泄热交换器之后，净化流将继续通过两台除盐混床中的一台，也可选择性流过除盐阳

床，再流过反应堆冷却剂过滤器中的一台。随后净化流流经再生热交换器壳侧，经下泄流加热后返回 RCP 吸入口。

需要去除放射性气体时，CVS 将净化流排至 WLS 脱气塔。在这个过程中，下泄流经下泄节流孔板降压，然后流出安全壳，由 WLS 脱气塔去除放射性气体，除气后流入 WLS 的流出液暂存箱，然后通过 CVS 补给泵返回 RCS。

2）RCS 水装量控制和补水

冷却剂体积的变化由稳压器水位程序调节以应对正常的功率变化。CVS 提供水装量控制可以补偿因 RCS 小泄漏、升温的热膨胀以及冷却收缩引起的 RCS 水装量变化。CVS 通过净化回路的下泄子系统和补水子系统完成水装量控制。

3）调硼和化学控制

为平衡燃耗、启动、停堆和换料，需要改变反应堆冷却剂的硼浓度。加硼时，操作员将补给泵入口的三通阀连接到硼酸罐，然后通过补给控制系统自动添加预设数量的硼酸，同时在补给泵的入口处进行流量测量。硼稀释操作可以以相似的方式进行。如果稳压器水位超过控制点，通往 WLS 流出液暂存箱的下泄管道将自动打开。

pH 控制使用的化学试剂为氢氧化锂（^{7}LiOH）。^{7}LiOH 溶液被注入化学添加箱，然后与除盐水一起注入补给管道。除盐水进口管上的流量孔板使 ^{7}LiOH 溶液以可接受的浓度进入 RCS。

4）含氧量控制

CVS 在启动（通过加入联氨）和功率运行（通过注氢）期间提供 RCS 氧浓度控制，使堆芯内辐照分解产生的氧平衡浓度接近零。

5）RCS 充水和压力试验

RCS 充水通过 CVS 补水泵完成，补水泵可以提供正确硼浓度（换料）的补水。硼酸溶液来自硼酸贮存箱和除盐水贮箱。若 RCS 环路疏水到一个洁净的 WLS 流出液暂存箱，可打开补水泵连接到该暂存箱的管线将这部分疏水容量注回 RCS。补水泵将从 WLS 暂存箱吸水。在初始水压试验时，由于试验所需压力大于补水泵能达到的压力，故需要一台临时水压试验泵。

6）硼补给

CVS 补水泵可向 PXS 安注箱、堆芯补水箱、安全壳内换料水箱和 SFS 乏燃

料池提供正确硼浓度的补水。根据需要，补水硼酸浓度可在 0 到 4375 ppm（2.5%重量百分浓度）之间。

3.6.2.1.4.3 部件描述

CVS 由再生和下泄热交换器、除盐器、过滤器、补给泵、罐体以及相应的阀门、管道和仪表组成。

3.6.2.1.4.4 系统运行

1）电厂启动

电厂启动时，补水泵首先通过净化回流管线向反应堆冷却剂系统充水。在充水期间，将除盐水与来自硼酸贮存箱的硼酸混合，提供预期硼浓度的 RCS 补水。RCS 通过反应堆容器顶部和稳压器排气。真空充水子系统可用来促进反应堆冷却剂充水。

辅助喷雾管线可用于稳压器充水和建立合适的水化学条件。主泵启动后，加热初始阶段用除氧剂对 RCS 进行除氧，之后改为向反应堆冷却剂补给氢气来进行含氧量控制。稳压器加热器用于加热稳压器内的水，形成稳压器汽腔。升温开始时，流体将通过 CVS 下泄管线下泄至 WLS。通过运行补水泵向 RCS 供应除盐水，使 RCS 硼浓度降低到临界所需的水平。稳压器达到正常水位后，下泄控制阀和补水泵仅用于保持稳压器水位，或接收到运行人员指令时才启动。

2）基本负荷运行

在恒定功率水平下，CVS 净化回路作为环绕冷却剂主泵的密封环路连续运行，在一个混床和一个过滤器同时运行的条件下，净化流量约为 22.71m^3/h。补水泵和通往 WLS 的下泄管道通常不工作，但补水泵总是可用且在稳压器低水位时能自动启动。补水泵吸入口的硼酸混合阀允许操作员对硼酸和除盐水进行混合以获得预期的补给硼浓度。若稳压器水位达到它的高点整定值（相对于程控液位而言），下泄控制阀将自动开启。取样分析反应堆冷却剂，包括硼和氢浓度、水质、pH 值以及放射性水平。

功率调节通过控制棒和灰棒进行。需要调节硼浓度补偿堆芯燃耗时，通过补水泵向 RCS 补充所需的除盐水补水，将控制棒束维持在其允许的限值内。必要时，流出液送往 WLS 以维持所需的稳压器液位。

3）负荷跟踪运行

负荷跟踪造成的功率变化和氙变化完全由控制棒和灰棒来进行调节，不必改变冷却剂硼浓度，CVS 没有负荷跟踪功能。

4）停堆

- 冷停堆

冷停堆操作将反应堆从正常运行温度和压力转变为冷停堆时的温度和压力以便进行维修和换料。计划停堆前 CVS 净化回路连续正常运行。此外在停堆之初 CVS 使下泄流流入到 WLS，经过除气后再返回上充泵吸入口。除气过程需要大约 48h，以便有效地减少冷却剂的放射性和氢含量，达到允许人员进行维修或换料操作的水平。

- 非正常运行

若冷却剂压力高于低压整定值，CVS 能够利用任意一个补水泵补充冷却剂的少量泄漏。在某些事故后，CVS 能够提供硼化水补给并利用稳压器辅助喷淋降低 RCS 压力。发生硼稀释事故时，CVS 通过隔离从 DWS 到补水泵入口的两个安全有关气动阀门中任何一个阀门，将稀释水源隔离以终止硼稀释事故。

3.6.2.1.5 乏燃料池冷却系统（SFS）

乏燃料池冷却系统（SFS）用于排出乏燃料池中所贮存燃料组件产生的衰变热，同时对乏燃料池、燃料运输通道和换料水池进行净化。

3.6.2.1.5.1 系统功能

SFS 的安全有关功能包括安全壳隔离和安全有关补水等，其非安全有关功能包括：

- 乏燃料池冷却；
- 乏燃料池净化；
- IRWST 净化；
- 水的输送；
- 换料水池净化。

3.6.2.1.5.2 系统描述

系统有两个冷却系列，每个系列由一台泵、一台热交换器、一台除盐床和一台过滤器组成。每个系列均能独立执行所要求的任何功能。一个系列进行连续冷却和净化，另一系列则用以转运水、IRWST 净化或作为运行系列的备用。净化

回路设计成能处理约 20%的冷却流量。

每个净化回路先经过除盐床，然后再经过过滤器，最后与其旁路支管汇合。

SFS 吸入母管与乏燃料池在两处连接，主吸入管线的中心线标高为 108.92m，比 SFS 操作平台低 1.83m。水池表面设有去浮器。

乏燃料池的吸入管线连接到 IRWST 和换料水池，这种布置使得 SFS 可对其进行净化，同时也能在各水池之间转运水。乏燃料池初始充水的硼浓度约为 2700ppm。乏燃料池与燃料运输通道通过隔离阀进行隔离，并可以使燃料运输通道的水排空以便对燃料转运设备进行维修。

图 3.6-5 给出了 SFS 的系统流程简图。

3.6.2.1.5.3 系统运行

1）正常运行

一个系列用于冷却和净化，另一系列执行其他功能，如转运水或 IRWST 的净化。

2）换料运行

两个系列都投入运行，一个系列在整个换料期间进行净化和冷却，另一系列执行换料时的各种支持功能。在换料水池准备充水时，用于 IRWST 净化的泵停运，阀门开启使安全壳内的换料水通过重力排放到换料水池内。

3）异常工况

乏燃料池冷却系统并不要求用于缓解设计基准事故。当 SFS 不可用时，乏燃料池的冷却由水池中水的热容提供。正常乏燃料池冷却能力长期丧失时，池内水将沸腾，触发相关报警通知运行人员启动补水，补水使得水池水位维持在燃料组件以上至少 7 天。在开始 72h 内，由安全有关水源补水，在 72h 到 7 天之间，由非能动安全壳冷却辅助水箱（PCCAWST）进行补水。补水量取决于水池中燃料的衰变热水平。

3.6.2.1.6 非放生产废水系统（WWS）

3.6.2.1.6.1 系统功能

1）系统的一般功能

- 排除附属厂房，辅助厂房、柴油发电机机厂房、常规岛区域的非放控制区域的生产废水。

- 排除柴油机燃油存储区域、变压器区域废水(含油)及雨水。
- 将上部环廊的废水排至厂区雨水排放系统。
- 排放消防水以控制水淹。
- 去除电站产生的混合废水中的油和/或悬浮固体。

2）系统的安全功能

核岛非放射性生产废水系统主控室内隔离闸阀、管道及部件支持安全有关功能，在设计基准事故情况下，承担主控制室的隔离功能。除此之外，WWS 系统不执行其它安全功能。

3.6.2.1.6.2 系统描述

核岛非放射性生产废水系统收集电厂非放射性区域的生产废水及消防排水。辅助厂房、附属厂房和柴油发电机厂房的非放射性区域内、汽机厂房以及柴油储存区和输送区都设有生产废水地坑。每个地坑都从地漏、设备排水管和其它类型的排水管中收集排水。核岛厂房非放生产废水经地漏收集后除辅助厂房部分生产废水直接排至汽机厂房第一跨生产废水地坑、放射性废物厂房生产废水(非放冷凝水)直接排至室外雨水管网外，其余都排至位于核岛厂房的各个地坑。地坑的排水经地坑泵提升输送至汽轮机厂房第一跨的生产废水地坑，再经地坑泵排至废水处理厂房进行沉淀、除油，处理达标后监测排放。柴油储存区和输送区的地坑泵直接将废水排放至废水处理厂房进行处理。

核岛厂房地坑都装有气动双隔膜泵以便于排放收集的废水。这些气动双隔膜泵由地坑内的液位控制器控制其启动和关闭，如果气动双隔膜泵有两台，则按照先/后模式运行。

为保证在事故工况下主控室人员的可居留性，在穿越主控室压力边界的排水管上设置常闭的抗震闸阀。

汽轮机厂房内的地面和设备排水（包括化验室和取样槽排水、储油间排水、主蒸汽隔离阀房间等）被收集在汽轮机厂房的含油废水地坑内，然后由排水泵升压排至废水处理厂房内的含油废水调节池。

汽轮机厂房地坑泵排水总管和废水处理厂房槽式排放排水总管上都设有放射性监测设备 ，一旦检测到水中放射性超标，则停运排水泵，隔离污染源，通过核岛（放射性）液体废物系统对含放废水进行处理。

各种含油废水地坑泵将废水输送经含油废水调节池，通过含油废水提升泵送至油分离器，去除其中的含油废物，合格水排至接收排放监测箱，不合格水排回调节池再作处理。设置四台油水分离器，根据含油废水调节池的水位设定油水分离器的启动数量。在废油通过卡车送往厂外最终处置之前，废油贮存池提供临时贮存。

汽轮机组启动清洗和检修排水先进入汽机房凝汽器进水侧海水池内，池内设两台排水泵，排水经泵升压后排至循环水排水系统。

凝结水精处理系统的再生排水以及除盐水处理系统的排水处理达标后，由各自的排水泵升压排至接收排放监测箱。

循环水泵房内的废水被收集排往厂区雨水系统。

变压器区域收集的雨水和含油废水通过重力自流至含事故油池，将废水收集后就近排入厂区雨水系统，废油滞留在池内回收利用。

3.6.2.2 放射性废液排放源项

液体废物的放射性来自于一回路冷却剂(主要来自于一回路冷却剂调硼排水和一回路冷却剂的泄漏)和二回路冷却剂(主要来自于蒸汽发生器排污流的处理和二回路的泄漏)。

除了计划停堆时一回路冷却剂系统的脱气以外，本电厂的系统不回收利用一回路冷却剂流出液。一回路冷却剂流出液经过处理后排放到环境中。蒸汽发生器排污流通常返回凝结水系统。

用 ANSI/ANS-18.1-1999 中给出的参考电厂的大部分核素的活度浓度数据对 PWR-GALE 程序进行了更新(由于初始循环即向一回路冷却剂加锌，故腐蚀产物的调整因子保持不变)，并用更新后的 PWR-GALE 程序确定核电厂中放射性核素(除氚和 C-14 外)的年平均释放量。PWR-GALE 程序模拟基于运行压水堆经验数据的源项释放。

液态氚释放量的分析基于 3.6.1.2 节最佳估计的每年产氚量，根据电厂运行经验并考虑释放份额的包络性给出的占总量 100%的份额以液态形式释放，12.5%的份额以气态形式释放而给出的。

液态 C-14 的释放量分析同样基于本项目预期的 C-14 的年产量，根据电厂运

行经验，一般小于总量1%的C-14通过液态流出物排放。为考虑具有一定的包络性，本文认为占总量10%的C-14通过液态流出物排放，而占总量100%的C-14均通过气载流出物排放。

PWR-GALE 程序给出的除氚和 C-14 外的核素的液态总释放量中包括了5.92GBq/a的调整因子，以便考虑包括操纵员误操作在内的等预期运行事件对释放总量的影响。假定调整的核素释放量的分布与计算的释放量相同。

3.6.3 放射性气体废物处理系统

3.6.3.1 系统组成

在反应堆运行期间，反应堆内燃料发生裂变反应，将以裂变产物形式产生氙、氪和碘的放射性同位素。因为存在少量的燃料包壳缺陷，这些放射性核素的一部分将释放到反应堆冷却剂中。反应堆冷却剂的泄漏导致这些惰性气体释放到安全壳大气中。这部分气载放射性核素的释放量受到反应堆冷却剂泄漏率和RCS中放射性惰性气体和碘的浓度的制约。

碘由CVS的离子交换器去除。当燃料包壳破损在正常预期范围内时，惰性气体不会累积到不可接受的程度，因此RCS中惰性气体的去除通常是不必要的。如果由于RCS中高浓度惰性气体的出现而需要除气，CVS可以与WLS脱气塔配合运行除气。

除放射性气体废物处理系统（WGS）释放途径以外，各种厂房通风系统也是向环境释放气载放射性物质的途径。本节除描述放射性气体废物处理系统（WGS）外，还对冷凝器空气排出系统（CMS）以及采暖、通风和空调系统（HVAC）中可能释放放射性物质的通风子系统进行描述。

3.6.3.1.1 放射性气体废物处理系统（WGS）

3.6.3.1.1.1 系统概述

在反应堆运行期间，会裂变产生放射性同位素氙、氪和碘。因为少量燃料包壳的破损，部分核素释放到反应堆冷却剂中。反应堆冷却剂的泄漏又导致放射性惰性气体释放到安全壳内大气中。通过严格限制反应堆冷却剂泄漏和反应堆冷却剂系统内惰性气体和碘的放射性浓度，来控制气载放射性释放。

当燃料包壳破损率在正常预计范围内时，惰性气体的放射性不会累积至系统

无法接受的水平，所以通常不必对冷却剂进行脱气。但当反应堆冷却剂系统浓度过高时，运行化学和容积控制系统和放射性液体废物处理系统脱气塔去除惰性气体。

3.6.3.1.1.2 系统功能

放射性气体废物处理系统（WGS）主要功能如下：

- 收集放射性废气或含氢气体；
- 处理和排放废气，保持厂外放射性释放低于可接受限值。

除放射性气体废物处理系统排放管路外，放射性物质还可通过各厂房通风系统释放到环境中。

3.6.3.1.1.3 系统描述

如图 3.6-9 所示，放射性气体废物处理系统是一个直流常温活性炭延迟处理系统。系统包括一台气体冷却器、一台气水分离器、一台活性炭保护床和两台活性炭延迟床。

放射性裂变气体混杂在氢气和氮气中进入系统。放射性液体废物处理系统的脱气塔是一回路废气输入源。脱气塔从排往放射性液体废物处理系统的化容系统下泄流和反应堆冷却剂疏水箱排放液中分离出氢气和裂变气体。

排入放射性气体废物处理系统的废气先通过气体冷却器，由冷冻水系统降温至 4.4℃（40℉）左右，再由气水分离器去除气体冷却过程中形成的水分。

经气水分离器处理后，气体流经活性炭保护床，防止延迟床受到废气中夹带的水分或化学污染物的影响。然后，气体流入两台的延迟床，通过活性炭吸附延迟流经的裂变气体（氢气或氮气载气）。通过活性炭对裂变气体的延迟衰变，能显著降低放射性气体废物处理系统的排出废气的放射性水平。

延迟床处理后的气体经放射性监测仪，排放至通风排气管。放射性监测仪与放射性气体废物处理系统排放隔离阀联锁，当放射性偏高时自动关闭该阀门。排放隔离阀还会在通风系统流量低时自动关闭，防止氢气在排气通风管道内积聚。

3.6.3.1.1.4 部件描述

放射性气体废物处理系统是一个直流常温活性炭延迟处理系统。系统包括一台气体冷却器、一台气水分离器、一台活性炭保护床和两台活性炭延迟床。此外，系统中还包括一套取样装置（氢、氧分析仪表）。

WGS 的工艺流程图见图 3.6-9。

1）取样泵

设计提供两台取样泵。根据取样点的不同，启动相应的取样泵进行氧气监测。

2）气体冷却器

气体冷却热交换器将废气冷却至接近冷冻水温度（4.4℃），以便有效除湿。

3）气水分离器

气水分离器的容积根据扫气的气体流量设计。该设备还设有高低液位传感器。

4）保护床

系统设有一台活性炭保护床，防止延迟床内活性炭因过高水气或化学污染物而受影响。正常运行时，活性炭保护床可增加氙和氪的延迟处理时间，并去除进入系统的碘。

气流自上而下流经活性炭床。保护床出口处设置截流筛网，防止活性炭的流失。活性炭通过保护床上的盲板法兰进行添加或排出。

5）延迟床

系统设置两台活性炭延迟床串联运行。废气流垂直通过活性炭床。由于气流进出延迟床均是在其顶部，所以延迟床不需要活性炭截流筛网。

在放射性气体废物处理系统中，保护床和延迟床及其支撑的抗震载荷按照 RG 1.143 的要求进行设计。这些仅针对用于贮存或延迟处理放射性废气释放物的设备。

3.6.3.1.1.5 系统运行

1）正常运行

WGS 系统为间歇运行。无废气进入 WGS 系统时，在排放管线的隔离阀入口处有小流量的氮气注入，以维持 WGS 系统处于正压，防止废气流量低时空气进入系统。

WGS 系统为非能动运行，借助气体输入源的压力进入本系统。进气先通过气体冷却器，由冷冻水对废气进行冷却。气水分离器去除由气体冷却形成的水分。系统设置一个浮动阀，在气水分离器低液位时自动关闭，防止废气由于阀门泄漏从旁路绕过气体冷却器。

对气水分离器排出的气体通过温度来监测冷却效果，出现需要注意的异常情况时，向运行人员发出报警。同时还进行氧气浓度监测，出现氧气高浓度报警时，氮气自动注入进气管线。

放射性气体流经保护床，去除碘、化学（氧化）污染物与多余的水分。然后，放射性气体流经两台活性炭延迟床，通过动态吸附延迟处理氙和氪。在 WGS 系统排放管线放射性偏高或通风流量低时，自动关闭排放总管上的隔离阀。

当放射性气体在延迟床的吸附时，无需能动设备或运行人员操作。操作人员的误操作或能动设备失效不会引起放射性气体向环境的非受控释放。若由于失去冷冻水或其他原因，废气进入延迟床之前未能去除水分，将导致 WGS 系统性能逐渐下降。出现高放射性报警时，系统自动终止排放。

WGS 系统采用氮气扫气来去除处理后残余的氧气，直至出口处排出气体的氧气指示浓度低。可通过将氧气分析仪监测排放管线上的气流。在进行系统维修前和维修完成后，向取样装置和排放管线提供氮气接口进行扫气。

2）扫气操作

放射性气体废物处理系统采用氮气扫气，去除处理后残余的氧气，直至出口处显示排出气体的氧气浓度低。放射性气体废物处理系统氧气分析仪，可用于临时监测系统排放管线上气体的氧气含量。在进行系统维修前和维修完成后，向取样（子）系统和排放管线提供氮气扫气的接口。

3.6.3.1.2 凝汽器抽真空系统（CMS）

3.6.3.1.2.1 系统功能

凝汽器抽真空系统主要用于机组启动、停运、正常运行时抽出凝汽器内的不凝结气体，并在凝汽器中建立和维持一定的真空度。凝汽器抽真空主要由水环式真空泵实现。

3.6.3.1.2.2 系统描述

抽真空系统共配置三台水环式真空泵，启动阶段为凝汽器建立真空，在正常运行时抽出三个凝汽器壳体内的不凝结气体。不凝结气体携带一定量水蒸汽从凝汽器不凝结区被抽出，三台真空泵两用一备。不凝结气体主要成分是空气、氮气和氨气，该系统不会出现氢气聚集的可能。凝结水和凝汽器热井中存在不能处理的氧气，与排出系统的空气和水蒸气相比这些量几乎是可以忽略的。

真空泵密封水冷却器通过闭式循环冷却水进行冷却。为保证真空泵的性能，密封水温度需要被冷却至低于凝汽器压力下的饱和温度。

释放到大气中的不凝结气体和蒸汽的混合物通常不具有放射性。但是，在发生一二回路间泄漏事故时，混合物还是有可能被污染。

汽机房排汽、疏水和泄压系统（TDS）辐射监测仪连续测量凝汽器抽真空系统（CMS）中的放射性物质浓度。辐射监测仪使用两个探测器，以覆盖要求的量程范围。当探测到高辐射时，监测仪启动主控制室的一个报警用于操作员动作。

如果抽真空系统失效，会导致凝汽器内不凝结气体的聚集，凝汽器背压会逐渐升高。凝汽器背压的升高会导致汽机循环效率的降低。如果抽真空系统持续处于失效状态，凝汽器背压升高至汽轮机跳闸背压，此时汽轮机就会跳闸。凝汽器真空破坏引起汽轮机跳闸但不会导致主蒸汽隔离阀关闭。

3.6.3.1.2.3 设备描述

水环式真空泵采用集装式。集装的主要设备有真空泵、密封水换热器、密封水泵、汽水分离器和相关阀门管道等。密封水用来密封泵体的轴封和冷却泵入口蒸汽。密封水通过板式换热器进行冷却，通过凝结水或除盐水系统补水。本系统的管道和阀门主要材料为碳钢。

3.6.3.1.2.4 系统运行

启动阶段，凝汽器抽真空系统运行三台水环式真空泵，以加快凝汽器真空的建立。

正常运行阶段，不凝结气体通过一台或两台真空泵抽出。如果一台跳闸，主控室就会报警，备用泵联锁启动。

3.6.3.1.3 采暖、通风和空调系统（HVAC）

采暖、通风和空调系统的功能是：

- 对每个可能污染的房间进行采暖、通风和空气处理以提供一个良好的环境，确保操作人员的舒适、安全、健康以及设备的有效运行；
- 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，并使各厂房内可能被污染区域的通风经监测后，通过烟囱排放；
- 对相关系统的排风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释放。

HVAC 系统中对于未被放射性污染的废气从排风口直接排入大气；对于可能污染区域的通风气体经过监测后，通过电厂烟囱排入大气。HVAC 系统中和放射性废气产生和释放相关的子系统主要包括：

- 放射性控制区通风系统（VAS）；
- 安全壳空气过滤系统（VFS）；
- 放射性废物厂房通风空调系统（VRS）；
- 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）。

3.6.3.1.3.1 放射性控制区通风系统

放射性控制区通风系统（VAS）服务于辅助厂房的燃料操作区、辅助厂房和附属厂房的放射性控制区，除了保健物理和热机修车间由单独的通风系统（VHS）服务。

1）系统功能

本系统不执行安全有关的功能，它的非安全有关功能为：

- 提供通风以维持余热排出泵房和 CVS 泵房在其设计温度范围之内；
- 提供通风以维持厂房的气载放射性处于电厂人员的安全水平之内；
- 维持区域内总的空气气流的方向从低放射性污染区流向高放射性污染区；
- 维持每个厂房区域处于轻微负压，以防止气载放射性不受控制的释放至大气或邻近的清洁电厂区域中；
- 当在排风管道中出现高气载放射性或探测到厂房相对环境高压或低压时，通过关闭排风和排风管道隔离阀，自动将异常区域与外部环境隔离，并启动安全壳空气过滤系统（VFS）。

2）系统描述

电厂正常运行期间，每个子系统的两台送风空气处理机组和两台排风风机都连续运行，以直流模式对所服务的区域提供通风。调节送风流量使得服务区相对于周围环境保持负压状态。排出的空气不经过过滤并直接向电厂烟囱排放，同时对排放至厂区的气载放射性浓度进行监测。

电厂异常运行期间，当辅助/附属厂房或燃料操作区的排风中探测到高气载放射性时，对应子系统的送风和排风管道隔离阀会自动关闭，将相应区域与外部环境隔离。启动安全壳空气过滤系统（VFS），以维持该隔离区相对于外部环境

及邻近未受影响的电厂区间轻微负压，进而限制气载放射性物质未经过滤的泄漏。当辅助/附属厂房或燃料操作区的正常通风被破坏，造成厂房相对于室外环境高压或低压时，送风管上和排风管上的隔离阀自动关闭，此时通过 VFS 系统维持隔离区相对室外轻微负压，直至燃料操作区通风子系统重新正常运行。

3.6.3.1.3.2 安全壳空气过滤系统

安全壳空气过滤系统（VFS）为安全壳、燃料装运区域和辅助及附属厂房的其他放射性控制区提供服务，热机修车间和保健物理区域除外。除安全壳隔离以保持安全壳的完整性之外没有其他安全有关功能。

1）系统功能

VFS 执行以下非安全相关的功能：

- 测量、显示和记录电厂排气烟囱排放至大气的放射性物质的浓度，并提供主控制室报警和指示；
- 在电厂正常运行期间，间歇供应外部新风以清洗安全壳大气；在电厂热停堆或冷停堆工况下，向安全壳提供连续的气流；
- 过滤燃料装运区、辅助/燃料厂房的放射性控制区排风，以维持这些区域相对于邻近的区域有轻微的负压差。

2）系统描述

VFS 包括两台 100%容量的送风空气处理机组和排风过滤机组，分为两个序列。安全壳空气过滤系统流程图见图 3.6-10。

VFS 送风空气处理机组送风至安全壳，由 VCS 的再循环机组分配净化后的空气。排风过滤机组位于附属厂房的放射性控制区。排风过滤机组的 HEPA 过滤器和活性炭吸附器净化来自安全壳、燃料装卸区、辅助和附属厂房的排风。排风过滤机组下游设有一个气体放射性监测器，它在探测到异常气体释放时发出报警。电厂烟囱处设有向环境的气体、粒子和碘的释放的监测装置

3）系统运行

电厂正常运行期间，由主控制室运行人员定期运行本系统，净化安全壳内空气以降低气载放射性水平或维持安全壳内压力在正常运行范围内。过滤后的安全壳排风经电厂烟囱排至大气。在单个送风和排风子系统运行期间，如运行序列失效，运行人员可手动启动备用的送风和排风机组。

在电厂停堆前和停堆期间，VFS 系统的一个或两个序列运行，以便在人员进入前除去气载放射性。当安全壳内环境温度低时，送风由电厂热水加热系统提供热水。排风过滤机组内的电加热器用来控制进入过滤机组的排风相对湿度不高于70%。当两个序列一起运行时，本系统提供约等于 0.21 次换气次数的最大通风量。

本系统为非安全有关系统，假定在设计基准事故时或之后不运行。但如果排风机可运行，可用来过滤和排风至电厂烟囱。在这此情况下，VFS 电厂放射性监测器必须对大气排放进行监测。

燃料操作区，辅助厂房的放射性控制区和附属/辅助区的排风气载放射性由 VAS 系统的放射性探测器持续监测。高放射性信号自动隔离受影响区域的正常通风系统，并启动 VFS 系统的排风过滤机组，以减轻未过滤空气的排放。

排风过滤机组的活性炭吸附器段设置水淹没灭火系统，在活性炭发生火灾时提供灭火措施。

当电厂在冬季失去厂外电源，安全壳内出现高真空度，VFS 系统位于安全壳内侧的安全壳真空卸压隔离阀自动打开，同时位于安全壳外侧的安全壳真空卸压止回阀自动打开，缓解安全壳内真空度，保护安全壳。

3.6.3.1.3.3 放射性废物厂房通风空调系统

放射性废物厂房通风空调系统服务于放射性废物厂房。它包括清洁的电气/机械设备间和潜在被污染的排风机房、废物贮存间、废液监测箱间、移动设施区以及卡车运输区。本系统没有安全有关功能。

1）系统功能

本系统没有安全相关的功能，其执行的非安全相关功能主要包括：

- 向工作区域提供经处理的空气，使环境温度满足区域内设备和工作人员的需要；
- 确保空气的流动方向是从清洁区域向有潜在污染的区域，使空气污染减到最小；
- 收集从有潜在污染设备的排出气体；
- 气体排放到环境中前，监测其放射性剂量；
- 保持放射性废物厂房相对于环境为负压，防止未经监测的气体释放到环境中。

2）系统描述

本系统为直流式通风系统，包括两个完整的子系统：送风系统和排风系统。这两个系统共同运行维持服务区域的温度，使厂房对周围大气保持负压。

送风系统包括 2x50%容量的空气处理机组、一个送风分配系统、控制仪表及附件。两台空气处理机组通过独立室外新风口引入 100% 的新风，在风机出风口处合并成一个共用的送风系统，由主风管上的支管通过风量调节送入各服务区域。

排风系统包括 2x50%容量维持厂房负压的离心风机、一个排风集合系统、控制仪表及附件。排风机通过共用风管接至厂房烟囱，辐射监测器记录排风机出口处的放射性剂量浓度，当浓度超标时在主控制室报警。

3）系统运行

VRS 系统在电厂 60 年服务期里连续运行，只有当通风空调设备需维修时才会停止运行。

在正常运行工况下，二台空气处理机组和二台排风机连续运行维持废物厂房内的温度。送风机进口处的送风量通过压差控制器自动调节风机进风阀，保持厂房负压。

空气处理机组的送风温度是由各自的加热和冷却控制器进行调节，冷却控制器调节空气处理机组冷冻水进口阀门，加热控制器调节空气处理机组热水盘管迎风旁通阀。

检测通过空气处理机组过滤器的压力降，当任何压力降升至预先设置的需更换过滤器的设定值时，会有相对应的报警。为替换过滤器，有关的送风风机和排风风机停止运行，并通过密闭阀从风管系统中隔离出来。在替换过滤器时，送风和排风系统各运行 50%容量，在这种运行模式下，卡车通道门不能打开，并且需要调整厂房工艺运行以达到可接受的厂房温度。

维持一般的室内温度通常不需运行移动设施区中的单元式热水加热器，只有当卡车通道门打开时通过就地运行加热器。

单元式热水加热器通过就地温感器控制维持室内最低温度。

3.6.3.1.3.4 核岛保健物理和热机修车间通风空调系统

核岛保健物理和热机修车间通风空调系统（VHS）系统服务于保健物理区和热机修车间，保证人员舒适性和设备正常运行所需的环境条件。

1）系统功能

系统具体功能如下:

- 提供处理过的空气，维持室内所要求的温湿度条件；
- 保证气流从干净区域流向有潜在污染危险的区域；
- 为热机修车间内的去污小室、手套箱、焊接间以及机床提供局部排风；
- 监测排风放射性；
- 维持保健物理区和热机修车间相对于室外轻微负压；
- 维持保健物理区和热机修车间相对湿度高于 35%。
- 提供直流式通风。

2）系统描述

VHS 系统是直流式系统，包括一套送风子系统和一套排风子系统。送排风系统相互连锁运行。

送风子系统包括两台 100%容量空气处理机组、一套送风管系统、相应的自控系统以及各种附件。

排风子系统包括两台 100%容量的排风机(每台风量为 24590CMH)、一套排风管系统、相应的自控系统以及各种附件。此外，为热机修车间机床单独设置一套机床排风过滤系统。

3）系统运行

VHS 系统在电厂 60 年服务期里连续运行，只有当通风空调设备需维修时才会停止运行。

空气处理机组通过风管系统将处理过的新风送至保健物理区和热机修车间。保健物理区的墙上装有温度控制器，通过控制冷冻水阀门或迎风旁通阀来调节保健物理区内的温度。冬季时，通过风管内的电蒸汽加湿器来维持房间相对湿度大于 35%。

通过压差控制器自动控制送风量，维持所服务的房间相对于室外大气负压，保证气流从附属厂房内干净区域流向保健物理区、从核岛通行走廊流向热机修车间。位于保健物理区的压差传感器将信号送至送风机出口调节叶片，调节叶片保

证保健物理区相对于室外大气轻微负压（负压值控制在大约 12Pa，但不超过 25Pa）。另外一个压差传感器位于热机修车间。该传感器将信号送至位于热机修车间送风管上的调节阀，调节风阀保证热机修车间相对于室外大气轻微负压（负压值控制在大约 12Pa，但不超过 60Pa）。

风子系统排风机通过排风管将排风排至厂房烟囱。在 VHS 系统排风干管上装有放射性粒子监测器。该监测器与辐射监测系统（RMS）有接口，能够对放射性物质的扩散进行记录并在主控室报警。每个机床设有独立的金属排风软支管，这些排风软管可用于临时的局部排风。每个支管上都设有手动密闭阀。

3.6.3.2 放射性废气排放源项

放射性气载流出物主要通过下列途径，向环境大气排放：

- 从反应堆冷却剂系统泄漏到安全壳大气中的放射性核素及反应堆堆腔中 Ar-40 的中子活化产物 Ar-41 通过安全壳通风向环境的释放；
- 工艺流体泄漏的放射性核素通过辅助厂房通风向环境的释放；
- 汽轮机厂房的通风排放；
- 冷凝器空气去除系统排放(由蒸汽发生器一、二次侧的泄漏导致进入二次侧冷却剂中的气载放射性通过此途径释放)；
- 放射性通过放射性气体废物处理系统的排放。

用 ANSI/ANS-18.1-1999 中给出的参考电厂的大部分核素的活度浓度数据对 PWR-GALE 程序进行了更新(为保守考虑，如 Cs-134 和 Cs-137 等核素的数据保持不变；由于初始循环即向一回路冷却剂加锌，故腐蚀产物的调整因子保持不变)，并用更新后的 PWR-GALE 程序确定来自电厂的放射性核素(除氚和 C-14 外)的年平均气载排放量。PWR-GALE 程序模拟了使用现实源项的释放，该源项从许多运行压水堆经验数据中推出。通过气态途径排放的氚和 C-14 的释放量计算方法可见 3.6.2.2.1 节。

3.6.4 放射性固体废物处理系统及源项

3.6.4.1 系统概述

放射性固体废物系统（WSS）设计用于收集和暂存正常运行以及预期运行事件产生的废树脂、深床过滤器过滤介质、活性炭、废过滤器滤芯、放射性干废物

和混合废物。这些废物先收集暂存在辅助厂房和放射性废物厂房内，后送往厂址废物处理设施进一步处理和中间贮存。本系统布置在辅助厂房和放射性废物厂房内。图 3.6-13 给出了 WSS 的系统流程图。

3.6.4.2 系统功能

放射性固体废物系统（WSS）系统设计满足下列要求：

- 输送和贮存来自放射性液体废物处理系统、化学和容积控制系统、乏燃料池冷却系统的各类离子交换树脂床的废树脂和深床过滤器内介质；
- 提供混合、取样、输送废树脂及深床过滤器介质的手段；
- 在更换、输送、取样和收集液体废物处理系统的过滤器滤芯时，尽可能降低对人员的放射性辐照和污染扩散；
- 收集电厂供暖、通风和空调系统（HVAC）的废过滤器；
- 根据固体废物的放射性水平进行分类和临时贮存；
- 收集含有害（混合）的放射性废物；
- 分类收集放射性控制区（RCA）产生的清洁废物；
- 在包装废物送往厂址废物处理设施前（运输设备由厂址废物处理设施提供）可提供至少 6 个月的贮存时间；
- 为设置在辅助厂房有轨车辆平台和放射性废物厂房移动系统设施区域内的移动处理系统提供场地和辅助服务；
- 将废液送回放射性液体废物处理系统（WLS）进行处理后监测排放；
- 提供核岛与厂址废物处理设施之间的接口。

3.6.4.3 系统描述

放射性固体废物处理系统包括废树脂处理系统。系统输入废物流如图 3.6-14 所示。系统输入废物流的放射性活度基于反应堆冷却剂活度和化学和容积控制系统、乏燃料池冷却系统、放射性液体废物系统处理工艺的去污因子确定。

机组内包装贮存的放射性废物一般运往厂址废物处理设施，对于极低放废物，则运至极低放废物暂存库。极低放废物暂存库考虑设置在放射性废物区，按实际运行产生的极低放废物量并结合国家标准，确定建造时间。

废树脂和活性炭首先储存在位于辅助厂房有轨车辆平台的废树脂接收槽内。当贮存足够废物量后，将被冲排至高整体性容器（HIC）中。若化学废液和洗涤

剂废液需处理，则可通过移动式废液处理系统进行处理。

在正常废树脂产生量情况下，两台废树脂接收槽（单台有效容积 250ft^3，即 7.08m^3）可提供一年以上的贮存时间，也能提供最大废树脂产生量情况下数月的贮存时间。

干固体废物包括可压缩和不可压缩废物（包含 HVAC 过滤器在内）。可压缩废物包括 HVAC 废过滤器、地板覆盖膜、鞋套、防护帽等。不可压缩废物包括干活性炭和其他固体废物，如破损的工具和木制品这类废物将转运至厂址废物处理设施内进行压缩、处理、包装和中间贮存。中放废过滤器滤芯临时储存在辅助厂房有轨车辆平台的储存间内。

可压缩和不可压缩干废物包装在废物桶或钢箱中，与混合固体废物和低放过滤器滤芯一起储存。针对预期废物产生量，废物收集间能为包装废物提供两年以上的贮存时间；针对最大废物产生量时，废物收集间能提供一年以上的贮存时间。保守估计湿固体废物时，还应考虑到蒸汽发生器排污净化系统连续运行时，一回路向二回路泄漏的排污物质。

3.6.4.4 部件描述

1）废树脂接收槽

废树脂和深床过滤器介质处理前，应在废树脂接收槽中贮存衰变。

每个废树脂接收槽内的树脂通过混合喷射器进行混合，此外槽体还具有脱水、气体鼓泡和疏水功能。超声波液位传感器和脱水滤网可进行远距离拆卸。在排气口和溢流口的疏水排气最终排往放射性废水疏排系统，并设置滤网避免废树脂的意外排放。

2）树脂混合泵

树脂混合泵为废树脂接收槽内树脂的流动和混合提供动力、提供废树脂床之间进行水流输送、将槽内多余的水排至放射性液体废物处理系统，以及冲洗树脂输送管线。

3）树脂碎片过滤器

树脂碎片过滤器将最大限度地防止树脂碎片的扩散，并对管线冲洗水或废树脂接收槽向放射性液体废物处理系统的排放进行杂质颗粒的过滤。

4）树脂输送泵

树脂输送泵为废树脂接收槽内的废树脂的循环混合和取样提供动力。树脂输送泵也用于将树脂输送至废物装填站的废物容器，或向位于辅助厂房有轨车辆平台的高整体性容器（HIC）中。

5）树脂取样装置

树脂取样装置在废树脂循环或废树脂装桶时进行取样。系统设置一个移动式屏蔽桶用于取样样品的输送。

6）过滤器滤芯运输容器

废过滤器滤芯的屏蔽运输容器能够进行远距离更换过滤器滤芯、无泄漏输送至辅助厂房储存区、从过滤器贮存容器内送入或取出过滤器滤芯，并将过滤器滤芯装入高整体性容器（HIC）中。

3.6.4.5 系统运行

1）废树脂的装运

通过除盐水输送各种离子交换树脂床的废树脂至废树脂接收槽。除盐水输送泵提供除盐水压力流来输送废树脂。在输送前检查并确定用于接收的废树脂接收槽有足够容量接受树脂床的废树脂量。此外，还需确认系统已设置废树脂混合泵，用于将过量的输送水通过碎树脂过滤器排至放射性液体废物处理系统。

监测输送过程中箱内的液位，并在需要时启动树脂混合泵调节箱内液位。当闭路电视控制板监视器上显示泄放水中已不含树脂，且输送管内树脂已冲洗干净时，运行人员停止输送冲洗水。

在树脂床输送过程中，废树脂接收槽内的液位维持在物位高度以上。除盐水用于调节液位，还作为在树脂循环和废树脂容器装填操作后树脂输送管线的冲洗水。

混合废树脂层的树脂时（废树脂接收槽内），可随时采用压缩空气或运行树脂混合泵进行搅拌和混合，废树脂接收槽的疏水须通过树脂截流滤网。疏水通过箱内混合喷射器再回到箱内，期间在箱内产生的树脂浆循环流量相当于树脂混合泵流量的 4 倍。在该运行模式下，（废树脂接收槽内）废树脂层产生局部流态化。

在树脂混合工况时，废树脂接收槽内的树脂在装入高整体性容器（HIC）前，须流态化并充分混合。在循环工况下，启动树脂输送泵（开始循环）。树脂浆从废树脂接收槽内排出后，又返回该接收槽内。在循环或废物容器装填工况时，运

行取样装置获取有代表性的树脂样品。

开启高整体性容器（HIC）的填充阀开始废物装填。冲排水回流至废树脂接收槽内，由此保持系统中水装量，并截流下系统中树脂碎片，去除杂质颗粒。

在废物装填过程中，可随时关闭树脂混合泵。当物位高度接近容器极限容积时，关闭填充阀，并停止从容器顶部循环注入。出现高液位或高物位时自动关闭填充阀。

当填充操作完成时，手动开启管线冲洗控制器、自动运行泵和阀门来冲洗树脂输送管线。而冲洗水再回流至废树脂接收槽。废树脂接收槽填充阀通过短时间开启，将残余树脂冲洗入接收槽内。废树脂混合泵输送废树脂接收槽内过滤后的冲洗水。间歇运行高整体性容器（HIC）的除水泵，直至泵排放压力显示仪和/或声音报警器无法检测到脱水流。

2）废过滤器的处理操作

废过滤器滤芯屏蔽运输容器是用于更换化学和容积控制系统、乏燃料池冷却系统中含较高放射性的过滤器滤芯。装有过滤器的容器进行疏水后，远距离开启过滤器顶盖。取出过滤器顶部的屏蔽盖后，将已卸下底部屏蔽盖的运输容器吊运至过滤器容器的顶部。

远距离放下运输容器内的抓具，并与过滤器滤芯连接。过滤器滤芯吊入运输容器中，将运输容器运送至有塑料薄膜覆盖的底部屏蔽底板上。通过带有探测器的长柄工具对过滤器滤芯的剂量进行测定后，将运输容器放置在底部屏蔽盖板上并与之连接。运输容器最终被吊运至辅助厂房有轨车辆平台。

完成取样分析、满足包装要求后，通过运输容器的顶部接口重新取出废过滤器滤芯，放置在高整体性容器（HIC）中。用长柄工具经运输容器的接口去除塑料覆盖膜、给废物容器加盖，并根据需要进行放射性污染检测和去污。剂量测定也可通过运输容器接口完成。通过遥控操作有轨车辆平台的吊车进行运输容器的吊运。

接触剂量低于 0.15Sv/hr（15R/hr）的过滤器，可用长柄工具更换。装有过滤器容器先进行疏水并卸下容器顶盖，然后通过抓具将废过滤器滤芯转运至运输容器中。

当废物容器积累到足够数量时，使用杠杆式吊车装至转运卡车内，或使用吊

车运至平板拖车上，装运至厂址废物处理设施。如果放射性水平太高，不加设屏蔽无法转运时，则由吊车将废物桶放入屏蔽运输容器内。

排气通风过滤设备的放射性过滤器经包装后，转运至放射性废物厂房内进行临时储存。

3）干废物的处理操作

将来自放射性控制区域表面污染区的废物进行打包或装入容器，在废物产生地点标注放射性水平、废物类型和处理地点的信息。废物袋或容器运至废物厂房，使用合适的移动式屏蔽措施，分类存放在中、低放射性水平区域内。

中放废物[50~1000μSv/hr（5~100mR/hr）]预期在厂址废物处理设施内分类取出可复用的物项，如防护服和工具和大型不可压缩废物。剩余的废物通常在厂址废物处理设施内打包处理。

低放干废物[<50μSv/hr（5mR/hr）]一般含有大量的非放射性物质。这些废物一般在厂址废物处理设施内，通过辐射监测和分拣系统取出可复用或就地处置的非放射性物项，并确定和取出可能的清洁物项。其他放射性废物通常采用合适的方式压缩或包装作中间储存。

进入放射性控制区的物品在回用或处置前，需确定其为非放射性。个人或承包商的工具、设备在附属厂房放射性控制区出入口需通过检测。如果这些物项不能被解控或去污，则按之前描述，纳入电厂废物总量或成为干放射性物质进行处理。

其他在放射性控制区内表面污染区外产生的废物收集在废物袋或容器内，然后输送至废物厂房临时储存区。通常，这些废物通过厂址废物处理设施辐射监测系统确定为非放射性废物后，在当地废物掩埋场处置。

4）混合废物处理

来自放射性控制区的混合废物收集在合适的容器内运送至废物厂房。废物厂房内采用废物收集桶和独立的防漏托盘贮存固液混合废物。混合废物最终将被送至厂址废物处理设施。

3.6.5 厂址废物处理设施（SRTF）

厂址废物处理设施（SRTF）是一个集中式多机组共用的放射性废物处理设

施，位于核岛 BOP 区域。它作为核岛三废处理系统的补充，提供完整、适宜的手段来处理核岛产生但无法直接处理的废液与固体废物。SRTF 设施采用移动式处理装置处理核岛产生的放射性废水；采用 HIC（高整体性容器）处理放射性废树脂及过滤器芯；采用预压、超压、水泥固定形式处理电厂各种低放固体废物；洗涤受放射性污染的脏衣服、贮存经处理、整备后的合格废物包装体（320L 成品桶及 HIC）。

SRTF 主要包括四个部分，分别为：

1）移动式废液处理系统：处理来自于核岛的化学液体废物、0.25%燃料包壳破裂情况下的一回路冷却剂和蒸汽发生器管道破裂（SGTR）产生的液体废物。三个系统分别安装于一个标准运输（海陆）集装箱中，集装箱分别放置于拖车上，组成移动式废液处理车系统。

2）废树脂和废过滤器芯处理工艺：用于处理核岛产生的废树脂和废过滤器芯，在核岛的辅助厂房，将废树脂和废过滤器芯装入中等交联度聚乙烯材质的高整体性容器（HIC）内，并对 HIC 内容物脱水。经脱水合格的 HIC 最终送至 SRTF 厂房内的 HIC 暂存库内暂存。

3）固废处理系统（含湿废物烘干等辅助系统）：用于接收和处理从核电站产生的干（湿）放射性固体废物。该系统设计处理 6 台机组产生的放射性废物并留有处理 8 台机组废物的扩展能力，每天分拣和压缩处理约 25 个 200L 金属桶装固体废物。经检测合格的 320L 废物桶最终送至 SRTF 厂房内的 320L 废物桶暂存库内暂存。

4）洗衣房系统：用于对核电厂运行和检修期间放射性控制区内工作人员使用的衣物（包括外衣、内衣、鞋子等）进行分拣检测、洗涤去污、烘干、整理、暂存和洗衣废水的监测排放。

SRTF 包括相关的支持系统，如中央控制系统（含废物跟踪）、工艺监测、辐射监测、仪表控制、通风空调、供配电等辅助系统；还包括核岛与 SRTF 之间的各种运输系统，如移动式废液处理车、废物运输车、HIC 屏蔽容器运输车、衣物运输电瓶车等，分别运送废液处理装置、干（湿）放射性废物、衣物、以及将已处理和已打包的固体废物从暂存库运走等。SRTF 无核安全级设备。

3.6.5.1 设计基准

SRTF 为核岛提供放射性固体废物和废液管理与处理支持。固体废物和废液流在场址收集后，运往 SRTF 进行装卸、处理、存放，然后转移到最终处置地。

SRTF 主要功能要求如下：

- 运输和处理核岛(NI)产生的干、湿固体废物；
- 收集并处理 SRTF 二次废物（包括洗衣废液）；
- 放射性衣物；
- 液态和气态流出物的监测和排放；
- 空废物容器临时存放；
- 放射性固体废物储存库；
- 工艺监测和辐射监测以及可靠仪表与控制；
- 转运到处置场。

废物处理设施布置设计基于以下标准：

1）SRTF 厂房完全与核岛设施分开。SRTF 空压机房还为相邻厂房热车库和去污和热检修车间提供压缩空气；

2）核岛辅助厂房内移动式设备设计成能放在废物处理系统现有的指定空间，不需要修改或不影响核岛设计；

3）废树脂和滤芯处理设备包含在 SRTF 和/或核岛(NI)专用区（辅助厂房）内。设施的布置有助于加快废物包在 NI 与 SRTF 之间的转运；

4）无放射性的部件从实体上与放射性部件隔离；

5）就地仪表和控制盘位于操作功能容许的最低辐射区；

6）通风原理是确保空气从无污染地区流向辐射/污染越来越高的可能区域；

7）厂房布置设计成人员受照控制在 ALARA 水平；

8）SRTF 厂房布置包括以下功能：废物接收区、废物分拣和隔离区、工艺设备区、废物包装检查区、空废物容器存放区、8 个反应堆 5 年的废物包存放区、废物桶装载和输出区、行政办公室、更衣室、厕所、电气、通风和过滤器室、控制室、放射性洗衣房、公用设施室。

3.6.5.2 主要工艺系统

3.6.5.2.1 移动式废液处理系统

NPP 废液处理设备包括先进液体处理系统/先进的注入法系统

(ALPSTM/AIMTM)。NPP 有几种废液需要处理，将采用移动式 ALPSTM/AIMTM 装置，并根据每种废液的预计流量来确定装置的大小。1）化学废液采用 1.14m^3/hr 移动式废液处理装置；2）0.25%包壳破裂一回路废液用 1.14m^3/hr 和 4.54m^3/hr 联合装置；3）SGTR 排出的废水用 4.54m^3/hr 装置处理。另外，如果燃料破损的情况需要用化学废液处理装置，那 0.25%包壳破裂废液处理装置可处理化学废液处理装置排出的废水。

处理系统包括一套 ALPSTM、一套 AIMTM、所有控制设备及连接 NPP 管道和 HIC 填料脱水系统的快速接头。

ALPSTM 是便携式移动式系统，利用离子交换、化学预处理及深床过滤去除放射性废液中的离子杂质和悬浮颗粒。ALPSTM 包括下述主要部件：增压泵/控制模块、接收罐、除盐/深床过滤罐、AIMTM 加药系统、取样槽、屏蔽（如需要）及连接 NPP 管道和 HIC 装料脱水系统用于二次废物的接头。

增压泵/控制模块控制进入 ALPSTM 系统的流量。此模块有流入、流出分配管、隔离阀、流量控制阀、释压阀、仪器仪表及将放射性废液转运到除盐/深床过滤罐的离心泵及加药系统。增压泵控制台放在剂量较低的操作区满足 ALARA 要求。

除盐/深床过滤罐确保放射性废液与介质有适当的接触时间以去除离子杂质。内部分配管确保罐子中所有的介质与放射性废液接触。每个容器作为离子交换、吸附或过滤容器。入口、出口管道分叉管组可以使容器隔开而又不中断处理。

上游的颗粒活性碳过滤罐装有合适的介质去除放射性废液中的杂质、浑浊物、油、颜料、有机物及胶状颗粒（包括钴、银和锰）。深床过滤可延长下游罐中介质的寿命，减少二次放射性废物的产生和介质更换时人员受到的辐照。除盐罐装有合适的离子交换树脂，去除放射性废液中不必要的放射性离子。

废液处理系统是移动式的，装在水/陆集装箱里（ISO）。集装箱有保温措施，包括照明和电伴热防止冰冻。当 NPP 需要用时，移动装置移到 NPP，放在靠近 NPP 辅助厂房的放射性废厂房里。水、电、气接通，系统就可开始运行。

1）化学废液处理系统

1.14m^3/hr 的化学废液处理系统是处理 NPP 系统产生的化学废液，使 NPP 放射性废液处理系统（WLS）排出的废液达到排放标准。预计正常的处理路线是废

液从辅助厂房中的 WLS 化学废液罐排到放射性废物厂房里的化学废液处理系统。从辅助厂房到放射性废物厂房的管道由 WLS 系统提供。WLS 系统硬管道、放射性废物厂房和移动式化学废液处理系统之间采用软管连接。移动式系统处理后的液体通过软管流进放射性厂房内 WLS 系统的硬管道，然后直接排到电厂监测池。

化学废液处理系统处理化学废液，将其活性降到 GB 14587-2011《核电厂放射性液态流出物排放技术要求》规定的 1000Bq/L 以下。

在 1.14m^3/hr 化学废液系统中，AIMTM 由两个颗粒活性碳（GAC）床和一个聚合电解质加药系统组成，ALPSTM 由 4 个装有阴离子或阳离子的离子交换柱组成。该系统的去污因子超过 250。

2）0.25% 燃料破损废液处理系统

0.25% 燃料破损废液处理系统是装在 6m 海陆 ISO 集装箱内的移动式处理系统。处理设备的出力是 1.14m^3/hr，处理因 NPP 系统 0.25%包壳破裂产生的异常液体。移动装置放在靠近 NPP 辅助厂房的放射性废物厂房里。

0.25%包壳破裂废液处理系统处理核反应堆中 0.25%包壳破裂产生的异常废液。0.25%包壳破裂废液处理系统与批量液体处理系统一起使用，后者进一步精处理 0.25%包壳破裂废液处理系统排出的液体。这些系统的运行是假定 0.25%燃料破损反应堆冷却剂首先通过对所有的核素去污因子有 1000 的 WLS 离子交换系统的处理。

0.25%燃料破损废液处理系统包括接收、处理、返回 NPP 废液处理系统燃料破损一回路废液系统的所有设备和控制装置。该系统与批量液体处理系统一起使用，后者精处理 1.14 m^3/hr 装置处理后的排出物。

两个系统连接使 0.25%包壳破裂废液处理系统排出的液体进入批量液体处理系统进行二次处理，从 NPP 排放前，批量液体处理系统将处理后的液体排到放射性废液系统监测。系统包括连接 HIC 装填脱水系统的所有部件，采用将一回路废交换树脂从 NPP 系统排出的相同方法将二次废物（废离子交换树脂和颗粒活性碳）从设备排到 HIC。

所有需操作员控制装置都是靠近设备，在系统罐体四周安屏蔽钢板保护操作员免受辐射。

3）批量液体处理系统

批量液体处理系统处理量 4.54 m^3/hr，精处理燃料破损一回路废液系统 1.14m^3/hr 排出的液体，也用来处理蒸汽发生器传热管破裂产生的废液、因包壳破裂或 SGTR 被污染的清洗废液和地面疏水。该系统处理后的液体的放射性活性降到国标要求水平。

该系统要移到 BOP 厂房处理 SGTR 废水。采用相同类型的接头将水从存放罐排到 4.54m^3/hr 批量液体处理系统、然后返回到电厂排放罐。

批量液体处理系统 1）精处理 0.25%燃料破损废液处理系统 1.14m^3/hr 装置处理后的废液；2）处理 SGTR 废液；3）处理因 0.25%包壳破裂或 SGTR 被污染的清洗废液和地面疏水。是单个模块装置，需要时与 0.25%包壳破裂废液处理系统一起移到各个反应堆。

因为此系统对燃料破损一回路废液进行最后的处理，所以批量液体处理系统必须放在放射性废物厂房里靠近 0.25%燃料破损废液处理系统。这两个系统连在一起，因此从 0.25%破损燃料废液处理系统排出的液体流进批量液体处理系统进行二次精处理。需要注意的是 1.14m^3/hr 处理系统可以用来处理化学废液或燃料破损产生的废液或并联在 4.54m^3/hr 之前。

设备有确保安全操作的装置，包括局部屏蔽使操作员受到的辐射剂量遵循 ALARA 原则，并满足所有适用的剂量限制要求。

移动式 4.54m^3/hr 批量液体 ALPS 和 AIM 精处理 1.14m^3/hr 燃料破损一回液体处理系统排出的液体。其它的用途包括：（1）处理 SGTR 造成的废液；（2）处理装有 NPP 产生的废树脂、废树脂 HIC 脱除的废水；（3）处理因包壳破裂或 SGRT 造成被污染的清洗废液和地面疏水。

在 4.54m^3/hr 批量液体 ALPS 和 AIM 系统中，AIM 由 2 个颗粒活性碳（GAC）和 1 个聚合电解质加药系统组成。ALPS 由 4 个装有阴离子或阳离子介质的离子交换柱组成。

作为独立的装置，批量液体处理系统接收和处理除 0.25%燃料破损产生的废液之外的其它废液，接下来的处理步骤相同，在排到最后的监测槽并从 NPP 排出之前，处理后的液体要排到 NPP 放射性废液处理系统。

3.6.5.2.2 废树脂和废滤芯处理工艺

1）填料及脱水系统

HIC 填料及脱水系统配有设备可摇控将 NPP 产生的废树脂、SRTF 废树脂罐中的二次废树脂装进 HIC。装填完成后，将连到 HIC 的内部过滤系统时自动脱水系统（SEDS）会遥控对树脂或过滤器进行脱水。每个反应堆辅助厂房内都要安 SEDS。

HIC 填料及脱水系统可接收来自电厂存放区或 NPP 滤芯存放架的废滤芯，放入 8-120B 转运屏蔽容器中的 HIC，屏蔽容器停放在电厂的屏蔽堡里。固定吊车和电厂配的过滤器转运罩会将滤芯摇控放入 HIC，在运到处置场前 HIC 放在 SRTF 固废及洗衣房内的暂存库里。

HIC 填料及脱水系统无安全级设备。树脂先将放在放树脂存放罐直到能装满 1 个 HIC 才装入 HIC。HIC 一次操作就可以装满。同样的，废滤芯放在 NI 的滤芯存放间里直到存了至少 20 个，然后只通过一次装入过程装入过滤器 HIC 中。

HIC 填料及脱水系统包括的主要设备有自动脱水系统、HIC、HIC 封盖工具及 HIC 抓具。

SEDS 是自动脱水系统的缩写。填料头和脱水泵均由 SEDS 控制模块进行控制。两个部件都是 SEDS 缺一不可的。在填料过程中要用填料头、控制模块和脱水泵。填料头使工艺设备之间相互联连并与 HIC 形成密封。在填料和脱水过程中要使用填料头。在填料过程中，填料头将树脂直接引入 HIC，配有照明和摄像头，在控制模块上监视操作情况，并且在操作过程中填料头提供密封屏障，这样保证容器中排出的空气会进入 HEPA 过滤系统。脱水时，填料头连接 HIC 和脱水泵。脱水泵脱除进入 HIC 的废物中多余的水分，使含水量接近固体的水平，这样可以装尽可能多的废物。装料后，脱水泵脱除大部份的水，直到游离水体积含量<1%。

辅助厂房里的吊车将 SEDS 摇控放在废物处置容器区的 HIC 上。

SEDS 组件和 HIC 位置确定后接通水、电、气；填料头组件连接到辅助厂房物内的废树脂进口软管 和将废液返回到废树脂系统的出口软管。

HIC 盖子取下后，填料头就固定 HIC 口上。填料头和容器口自对准，很少需要操作员手动调节。一旦就位，填料头就密封了容器口，通电、脱水连接都只通过按钮完成。废物通过填料头装进 HIC。转运时，脱水泵通电将脱除的水返回

到 NPP 废物系统或废树脂罐。达到预设点后，液位检测系统会关闭废物进口阀，防止进料过多，而脱水泵会继续脱水降低容器内的液位。这个过程会一直循环直接容器内装了适量的废物，并且水被脱除以满足运输和处置场的要求。

脱水填料头装置 – 填料头接 HIC 口防止污染扩散。填料头还使 HIC 和脱水装置相互连接。填料头装有监测 HIC 的液位和温度的仪表以及远程闭路电视监视的摄像头。填料头控制 HIC 排出的空气排到与填料头通风管相连的 HEPA 过滤器。HEPA 过滤器防止加料时容器释放的空气造成污染。

另一个特征包括安装在填料头顶上的电-气动脱水阀而不用装置连接台上的手动阀。这样可从控制盘遥控定位脱水阀，避免脱水时的不必要辐射，也将填料头连接板之间的脱水软管从 5 根降到 1 根，这样不仅简化了软管布置，还减少了剂量（ALARA）提高了安全性。

2）HICs

HIC 被认定可以向工作人员和环境提供保护，但是无核级安全功能。因为 HIC 是 A 类废物容器，因此 HIC 要提受中国监管部门的单独审查。下面是对 HIC 及其相关的操作进行简要说明。

高整体容器作为废树脂、颗粒活性炭以及废液过滤器的最终废物容器，采用交联聚乙烯制造防止腐蚀并加强在浅层掩埋或存储条件下容器的安全性，比钢桶的寿命更长。

海阳项目用的是 PL8-120 型的 HIC，直径 60” (152.4 cm)、高 73” (185.4 cm)、内部装料体积 2.86m^3 、外部体积约 3.4m^3。包括吊耳在内的最大高度是 74.5" 、最大直径是 61.75"。HIC 可装树脂 2.83 m^3 ，可放约 20 个废滤芯。

3）HIC 封盖工具

HIC 封盖工具是专门设计的，放在吊钩下面能摇控将 HIC 螺纹盖放上并盖好。此设备包括工具、摇控取或放盖子的控制设计。

该工具是电-气动的，与 HIC 盖上的 4 个槽啮合盖上 HIC 盖或取 HIC 盖。此工具也配有 4 条气缸驱动的臂，能牢牢的抓住盖子，这样吊车便能移动盖子，接下来就可进行其它操作，如脱水或装过滤器，或操作完成后重新盖上盖子。工具设计成操作员能在低剂量的地方摇控加盖或取盖，遵守了 ALARA 原则。

4）HIC 抓具

HIC 抓具是专门设计的，放在吊钩下面抓住 HIC，这样吊车能从屏蔽容器或装载井中取出 HIC 或将 HIC 放入屏蔽容器。此工具包括抓具，配有 4 个闭锁装置和控制设备，操作员能遥控抓住、转运 HIC，确保了 ALARA 原则。

5）8-120B 屏蔽容器

HIC 放在 8-120B 屏蔽容器里，归 B 类容器，将 HIC 从核岛运到 SRTF、从 SRTF 运到永久处置场。屏蔽容器作为 B 类容器获得美国 NRC 认证，满足 10 CFR 71 要求。另外，NNSA 将对屏蔽容器作为 B 类容器进行认证。

3.6.5.2.3 暂存库

暂存库主要有两部份——可放 5900 个 320L 桶的非屏蔽存放区和可装 240 个 HIC 的屏蔽存放区。暂存库内没有安全级别的设计或操作。

1）桶暂存库

桶存储区（SRTF 暂存库内）装有 3 吨的吊车，配有钢丝绳遥控装置、一个就地吊架、一个桶抓吊钩以及进口出口辊道。

桶存储区是 SRTF 内的一个屏蔽区域。桶可堆 5 层高。行车（带有桶吊钩）遥控将取入口辊道上的桶。起重机的设计保证了桶的正确定位，公差不超过+/-5mm。准备将桶运离现场至处置场时，桶搬运吊车取出桶放在桶存储区的出口辊道上。辊道将桶运至特定地点，然后用叉车或行车放入卡车，运离现场。

2）HIC 暂存库

HIC 暂存库有以下功能：（1）接收 HIC 屏蔽容器和拖车；（2）将 HIC 屏蔽容器放进 HIC 装卸区；（3）取/放 HIC 屏蔽容器盖螺栓；（4）HIC 吊车取/放 HIC 屏蔽容器盖和帽；（5）用 12.5T 吊车转运 HIC；（6）将 HIC 放入脱水验证间 （表面污染检测、去污或脱水验证，如要求）；和（7）将 HIC 放入暂存库存放井（共 120 个井，可存放 240 个 HIC）。

HIC 存放在屏蔽操作楼面下的地上存放井中，共有 120 个井，井采用混凝土套管形式，每个井直径 φ1760mm，深 5.3m，可叠放 2 个 HIC，中间有金属堆码板隔开。井盖采用钢筋混凝土，厚 800mm，重量约 7T，采用吊车上的 HIC 抓具摇控抓取。

3.6.5.2.4 固废系统

固废系统位于 SRTF 固废及洗衣房（SWLB）内，配有接收、处理 NPP 产生的干活性废物的必要设备。废物分拣、压缩系统设备没有安全级的部件。系统设计和运行简述如下，SRTF 系统的流程图见图 3.6-15。

废物分拣、压缩系统主要有以下功能：

- 无损检查桶内废物（即 RTR 检查），检查是否有违禁物或不能减容的物品（即，不可压缩物）；
- 桶内废物预压减容前的分拣（如需要）；
- 超压或对不能超压的桶灌浆前分析废物同位素；
- 超压减容 (对于可压缩废物)；
- 超压后的桶（压饼）装进外包装桶；
- 灌浆；

为废物桶在各处理单元之间转运提供支持，为废物桶在超压之前提供工位执行各种手动操作。

除了位于输入辊道附近的 RTR 外，该设备位于二次封闭区内。二次封闭区是一系列的气流控制房间，与其它厂房是隔开的。在可能会有放射性颗粒释放的有气熔胶的地方，房间布置成控制进入，也要封闭和通风 （如分拣、压缩操作）。

系统布置成桶处理线，每个装置之前用标准的运输辊道转运桶。

系统包括设备控制盘、每个装置的辅助设备。控制和数据通讯传送到中央控制系统用于远程操作和控制。

废物分拣和压缩系统用一系列辊道转运空桶和装有废物的桶。

该系统包括一系列的电动输送辊道，相互连接下述不同的装置：RTR；分拣、预压、大件切割； HRGS；超压机；320L 桶装载；灌浆；自动放盖及封盖；污染检查、灌浆养护及输出。

用中央控制系统的批量处理软件控制辊道，这样可以预先运转，可自动控制运转或手动控制。

1）实时 X 射线检测系统

SWLB 对收到 200L 废物桶用 RTR 进行无损检测，在分拣和预压前用 RTR 检测是否有不适用超压或可能在人工分拣和预压过程中造成人员伤害的违禁品。

这会加快废物分拣和处理过程。

RTR 设备位于废物分拣和压缩系统的桶接收区。RTR 操作员在 RTR 控制室（房间 233）里，根据公认的 ALARA 原则此房间与废物存放区分开，这样尽量减少因长期靠近废物受到的剂量辐射。

2）废物分拣及压缩

配置装卸设备接收桶、取盖、废物倾倒、分拣、将废物装入新的桶以便预压（如果可能）。预压机位于安全封闭罩内以便在预压期间防止操作员受到任何潜在的气溶胶污染。废物桶通常在 RTR 之后进行首次预压，然后将桶返回到预压机装第二个桶倒出的废物，然后回到预压机进行第二次预压。一般要进行 2 次预压。然后装满了废物的桶送到 HRGS 进行检测。空桶去污，再循环使用。

废 HVAC 过滤器在装入 200L 桶之前需要挤压缩小。因为收到的过滤器量少，所以只需一个 HVAC 过滤器挤压机。HVAC 过滤器是 600mm^2 ×300mm 长，比标准的 200L 桶稍大。HVAC 过滤器挤压机是个单独的装置，位于大件切割间，一次可以挤压 1 个 HVAC 过滤器使其能装入 200L 桶。

高分辨率伽玛光谱仪（HRGS）在废物分拣和挤压系统里，对废物装进最终的废物桶前对废物形式进行同位素分析。

用 HRGS 对 200L 桶或 320L 桶内废物进行无损检查。HRGS 用单远场伽玛分析站对废物类型作同位素分析。HRGS 包括辐射屏蔽，防止因堆积的待检测桶引起本底变化造成对测量的干扰。该系统四围也有局部屏蔽防止本底辐射对检测器造成干扰。

可压废物桶通过输送辊道自动的按顺序进出 HRGS，不需要操作员操作。如果没有发出报警或检查结果没有出现异常，那 200L 桶将被自动的送去超压。如果测出有任何问题，操作员有多个选择，可以手动搬出桶，然后桶将被转运到违禁品取出区或如果有授权也可以送去超压。320L 将被运到大件切割间。经过 HRGS 检测后，不可压废物桶将被人工送到大件切割间，然后也采用人工方式运到灌浆室。

废物桶穿过过渡间进入超压间。堆放辊道（滚筒辊道）可以缓存约 8 个桶，可以确保在最大挤压率的情况下够整个压缩周期的量。超压机间内有超压机、压饼优选台、压饼搬运机及可放两个 320L 产品桶的装载站。

超压机装在主封闭间内，此封闭间通过 HEPA 过滤器排风，并在挤压过程中保持负压。模和主撞锤在主封闭间内，清洁区内有液压单元和汽缸接头方便维护、操作。封闭间的主要目的是尽量减少压缩时污染的扩散，其它是考虑安装减少繁杂的人员联锁，当有人在第二封闭间里不能进行压缩作业。超压机有叉杆开关系统，最多有 4 个开关，这样当操作员在房间而又在进行压缩操作时可以使操作员在安全的地方。

200L 废物桶通过装卸机构自动的从堆放辊道到超压机到模子下。装卸机构包括穿刺装置，在超压前刺穿桶以便在超压过程中残留气能释放。液压装置提供可变压力(4,000 ～ 15,000kN)，活塞和模将桶挤压成饼状。压饼的高度是 200L 桶原来的 l/5~ l/10 (根据具体的废物和装的密封情况)，超压机每小时可挤压 10 个废物桶。

超压后，装卸机械卸下压饼，测量仪自动的测量压饼高度，压饼搬运机摇控将压饼放在优选台上。优选台可放最多 8 个压饼。根据压饼的高度决定最优的 320L 桶装桶方案。超压机配有集液系统，液体收集在集液桶内，有液位报警装置。人工定期将收集的液体转运到湿废物烘干系统。

压饼搬运机是二自由度精密搬动机，配有专门的夹具能将压饼放下装入产品桶而不会跌落。压饼搬动机夹具确保压饼放在桶的正中，这样浆液可以灌入环面。

压饼搬动机自动的装填 320L 产品桶。夹具装在行车上，将压饼从优选台转到产品桶。压饼搬动机控制系统根据桶内剩余的空间采用最优化计算，加上测量装置得的压饼高度和产品桶的剩余空间，确保最优的装填率。记录好所有装进产品桶的压饼的 RTR 和 HRGS 测量参数以便以后审查。装好的 320L 桶被自动地转动到灌浆室。

3）灌浆系统

灌浆系统在废物分拣和压缩系统旁边，浆液制备和给料设备的房间（混合间）与灌浆室是分开的。灌浆头位于灌浆室。中央控制系统控制灌浆系统操作。

灌浆站的功能有：（1）浆液制备 ——包括原料接收、存放和混合系统；（2）灌浆——包括连接 320L 废物桶的灌浆头和灌浆管清洗系统；（3）灌浆冲洗——包括清洁浆液冲洗水的二次废物净化系统；和（4）养护——包括养护期间桶的存放和监测。灌浆系统每天可灌浆 4 个 320L 产品桶。灌浆系统要确保最后的产

品桶满足 GB12711-1991《低,中水平放射性固体废物包装安全标准标准》和 EJ1186-2005《放射性废物体和废物包的特性鉴定》的低放固废处置要求。

灌浆系统与废物分拣和压缩系统相邻，灌浆准备和给料设备位于与砂浆填充室分开的一个单独房间（水泥浆制备室）内。灌浆填充头位于水泥灌浆室内。水泥浆制备室的制浆操作由就地 PLC 实现，灌浆填充头操作从中央控制室进行控制。

桶升高离开辊道，灌浆头降到桶上。灌浆是摇控操作，灌浆过程中排出的空气通过 HEPA 过滤到通风管。浆液液位达到预定的重量或液位时，自动停止灌浆。灌浆过程中可根据需要在任何时候用振动台。振动台去除压饼和 320L 桶内壁之间夹带的气泡。

灌浆后的桶下降回到辊道上，运到桶封盖站。一天或更长的时间灌浆头工作完成后，用低压缩空气冲灌浆管防止固化、堵塞。浆液混合间内所有的工艺管道都要用水冲洗并用压缩空气吹干。

4）桶封盖站

灌浆后，桶封盖站摇控地自动把盖放在 320L 桶上，并且摇控地自动把桶盖卷好。

已完成加盖的 320L 桶通过辊道送至擦拭去污站。擦拭去污站主要承担表面剂量测量及表面污染测量，当表面污染超过 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》的表面污染规定的要求时，也在此进行表面去污处理。

表面剂量测量采用仪器直接测量，表面污染采用擦拭取样测量。当需进行表面去污时，废物桶通过擦拭去污站中央的旋转十字架顶起，操作员可以方便的对桶底及桶身进行擦拭去污。所有测量系统均记录在中央控制系统内。

5）湿废物烘干系统

SRTF 湿废物烘干系统无核安全相关功能，无核安全设计基准。

湿废物烘干系统功能是为核岛厂房和三废区收集的湿废物进行烘干。烘干设备是保证每天烘干 4 个 200L 桶装湿废物，使其烘干后在一定时间段内无明显冷凝液析出。

3.6.5.2.5 洗衣房及排放系统

1）洗衣房

洗衣房位于 SRTF 东北角的洗衣房区域，里面有清洗、烘干 NPP 工人衣服和鞋子的设备。系统设计及运行简述如下：

SRTF 洗衣房系统（以下简称 LAS）用于在核电站运行和检修期间对核电机组及三废处理的放射性控制区内工作人员使用的衣物（包括外衣、内衣、鞋子等）进行分拣检测、洗涤去污、烘干、整理、暂存和洗衣废水的监测排放。

LAS 系统主要包括衣物分拣检测仪、洗衣机、烘干机、洗鞋机、烘鞋机、废水监测排放槽、洗衣废水暂存槽、泵、阀门、管道等设备。其中洗衣机、洗鞋机、烘干机、烘鞋机分 2 期购置。

LAS 系统设有七台 100kg 型号洗衣机（包括三台第一期购置的设备），一台 50kg 备用洗衣机，三台 100kg 洗鞋机（包括一台一期购置的设备），一台 50kg 备用洗鞋机。

LAS 系统设有 100kg 烘干机七台（包括一期购置三台），72 双烘鞋机六台（包括一期购置的两台）。

LAS 系统工艺处理过程包括：1）洗涤前的检测及处理; 2) 洗涤和脱水; 3) 烘干; 4) 烘干后的检测及处理; 5) 平整、折叠和分发。6) 洗衣废水的收集、监测和排放。

转运至 SRTF 厂房的脏衣物可在脏衣物接收间（房间编号 248）临时存放，或直接经脏衣物分拣检测仪分拣检测合格后送去洗涤。对于外衣、鞋子表面污染大于 25Bq/cm^2 限值的，单独收集在塑料桶中，并单独设置一台洗衣机 A 用来洗涤这类接近接收限值衣服和鞋子。这类接近限值的衣物和鞋子采取定期洗涤的方式，即存储到一定数量后进行洗涤。

对于外衣、鞋子表面污染大于 40Bq/cm^2，内衣的表面污染大于 4Bq/cm^2 的脏衣物，直接作为可压缩废物处理。烘干后的衣物经干净衣物分拣检测仪检测，对于外衣和鞋子其表面污染低于 4Bq/cm^2,内衣低于 0.4Bq/cm^2 的工作服视为合格洗涤产品。若洗涤后的衣物超过以上规定值，则将这些衣物进行二次洗涤或直接作为可压缩废物处理。

LAS 系统设置有废水监测排放槽和洗衣废水暂存槽。单独设置一台洗衣机 A

用来洗涤接近接收限值衣服和鞋子，这类接近限值的衣物和鞋子采取定期洗涤的方式，即存储到一定数量后进行洗涤，因此洗衣机 A 既用于洗涤外衣、鞋子表面污染大于 25Bq/cm^2 限值的，又用于洗涤小于 25Bq/cm^2 限值的衣物和鞋子。洗涤外衣、鞋子表面污染小于 25Bq/cm^2 限值的衣物、鞋子时，洗衣机排水直接进入废水监测排放槽,经搅拌、分析取样,放射性未超过排放限值时采用槽式排放。在洗衣房系统内部设有三个废水监测排放槽 A/B/C，监测排放 SRTF 洗衣机排水、超标废液处理系统排水、SRTF 特下水系统排水及特种车库来的排水，未超过排放限值的放射性废水通过 SRTF 放射性总排口排放至电厂虹吸井统一排放；如超过排放限值则通过洗衣废水暂存槽泵送至洗衣废水暂存槽储存，并可用洗衣废水暂存槽泵送至 SRTF 超标废液处理系统（WTS）进行处理。处理后的流出液再返回废水监测排放槽监测后槽式排放。

每个废水监测排放槽都设有液位计及联锁装置。在废水接收过程中，当废水达到高液位发出警报时，联锁关闭此废水监测排放槽进水阀门。在废水排放时，当废水达到低液位时，液位计发出低液位警报并联锁关闭废水排放泵。在废水排放泵出口管道上设有取样装置，用于取样分析。

废水监测排放槽内接收的废水经过取样分析，当放射性活度浓度大于 1000Bq/L 时，手动打开废水监测排放槽去洗衣废水暂存槽泵管道上的手动阀门，然后在中央控制室开启洗衣废水暂存槽泵，将超标废水送至超标废液处理系统进行处理。经处理后的流出液排至清洁的废水监测排放槽中进一步进行取样监测和排放。

洗涤外衣、鞋子表面污染大于 25Bq/cm^2 限值的衣物、鞋子时，洗衣机 A 的排水排至洗衣废水暂存槽，洗衣废水暂存槽有效容积 20m^3。洗衣废水暂存槽里的废液通过洗衣废水暂存槽泵送至超标废液处理系统处理，处理合格后的废水返回废水监测排放槽监测排放。

2）特下水系统

特下水系统（AWS）设计用于收集、储存、检测、输送厂址废物处理设施（SRTF）正常运行和事故状态所产生的放射性废液、各房间的地面疏水及火灾情况下的消防水收集排放。本系统的设备和系统功能都属于非安全级。

特下水系统（AWS）设有收集管线，两个 4.24 m^3 特下水槽、两台 4.4m^3/h

特下水排水泵、一个滞留池低位集液坑、两台排污泵和废液排放管线以及相关阀门与仪表。来自放射性分析实验室、湿废物烘干系统、HIC 脱水验证系统、移动式处理车产生的放射性废液收集汇入特下水槽；来自人体去污间地漏口、放射性分析实验室地漏口、消防水收集地漏口的废液收集汇入滞留池低位集液坑。特下水槽中的废水通过特下水排水泵进行搅拌、混合均匀后取样分析。特下水槽中的废水通过取样检测，如果检测超过标准 1000 Bq/L 的废水通过特下水排水泵输送至移动式处理车进行处理；检测未超标的废水通过特下水排水泵输送至废水监测排放槽进行监测排放。如果其它处理方法不能去污达标的情况下可用移动式处理系统，这样可以排入围堰地坑排放。特下水槽的废水通过溢流口和排空口排入围堰地坑，再通过地坑配备的地坑泵将废水输送至废水监测排放槽。

电厂正常运行期间，特下水通过重力或泵输送至特下水槽。特下水槽输入废液分别来自于：（1）放射性分析实验室；（2）湿废物烘干系统；（3）移动式处理车（SRTF 泊位）；（4）移动式处理车（热检修车间泊位）；（5）HIC 脱水验证系统。

滞留池低位集液坑输入废液分别来自于：（1）放射性区域各房间地漏口及洗手盆排水；（2）特下水泵排空；（3）洗衣房系统泵排空；（4）洗衣房系统监测排放槽溢流及排空。

特下水槽、滞留池低位集液均配置两台 4.4 m^3/h 排水泵，工作方式为一用一备。当其中一台泵故障的时候，启动另一台备用泵。

3）超标废液处理系统

SRTF 超标废液处理系统（以下简称 WTS）负责处理放射性超标的洗衣废液，其处理后的出水满足电厂管理限值要求，即放射性活度浓度小于 1000Bq/L。本系统无安全重要设备。

本系统处理的废水均来自于洗衣房系统的超标洗衣废水，在用含沸石的离子交换柱过滤前，采用活性碳去除表面活化剂、合成洗涤剂和其它有机化活物。洗衣废水中主要的放射性核素包括：Cs-137、Cs-134、Sr-89、Mn-54、Co-60、Co-58、Fe-59 和微量的 I-131、Ag-110。通过活性炭过滤器出口管道设置的在线 COD 仪监测活性炭的运行情况。

SRTF 废水处理系统的处理单元主要包括：袋式过滤器、一级活性炭过滤器、

二级活性炭过滤器、沸石过滤器及相应的管道阀门等设备。

SRTF 洗衣房系统（LAS）产生的超标洗衣废液由洗衣废水暂存槽泵输送至 WTS 进行统一集中处理，处理后的废水输送至废水监测排放槽中，由废水排放泵统一排至排放总管。

流入、流出液之间差压或流出液放射性活度水平分别达到预设限值 30～50 kPa 或 800Bq/L 时就要更换废介质。废介质装在桶里送到 SRTF 灌浆站进行灌浆及后续处理。

3.6.6 废物最小化

核电厂废物最小化的原则在国际上已得到充分的重视，本项目在设计、建造、运行乃至退役等各个阶段将积极考虑先进的技术和管理方法，在废物政策上落实最小化的原则。

核电厂放射性废物的体积和活度的量通过合理的设计手段和运行、退役措施保持在切实可行的最小水平，这些措施包括设备材料的选择和控制、材料的再循环和再利用、合理的运行程序的应用等，重点在于不同类型废物和材料的隔离以减少放射性废物的体积并利于管理。

“废物最小化”可从管理和技术安全两方面进行考虑：

- 管理：建立废物管理和废物最小化的程序和合理可靠的废物清洁和排放程序以及相应的质量保证系统，并对运行人员进行培训和论证等；
- 技术安全：核电站在设计和建造阶段对废物最小化的考虑对将来运行和退役阶段废物的产生有直接的影响。

本项目在设计时已经考虑如下因素：

- 选择合适的材料（抗腐蚀、高质量的表面处理、不会或较低可能被活化或产生其他放射性核素）；
- 应用最有效、可靠和先进的技术以确保设备尽可能长时间维持可运行状态，而不需要更换和/或维修；
- 采用高性能的设备，避免废物的无序积累，减少泄漏或排放以避免维修的设备被污染而产生额外的废物；
- 严格区分非放射性物质和放射性物质，合理地根据物质的特性和放射性活度

进行分离。

需要指出的是，核电厂不可避免地将产生放射性废物，由于现有废物贮存设施和处理设备的限制以及保护环境和公众的考虑，在“废物最小化”原则中也包含了待处理和贮存放射性废物的体积和放射性最小化的含义，减少已产生废物的体积和放射性的措施主要有：

- 在处理已产生的放射性废物前放置足够长的时间，通过衰变来降低废物的放射性，这对于短半衰期核素特别有用。这也可以简化废物处理的过程并相应提高处理效率。
- 对于电站日常维护和大修、以及电站退役后产生的非放射性金属废物应区分出来，可用作民用建筑材料再循环复用。

3.6.7 乏燃料暂存系统

反应堆换料时从堆芯卸出的乏燃料组件贮存在核岛辅助厂房的乏燃料贮存水池的乏燃料贮存格架内，采用水下密集型布置方式。贮存设施包括乏燃料贮存水池和乏燃料贮存格架。乏燃料贮存格架中包含 5 个破损组件的贮存腔室，乏燃料贮存格架位于乏燃料贮存水池内。水池深度近 13m。贮存水池为钢筋混凝土结构，与辅助厂房构成整体结构。水池内壁设有不锈钢覆面。正常工况下，池中含硼水浓度为 2700ppm。池水由乏燃料池冷却系统保持其水质条件。

乏燃料组件贮存在乏燃料贮存格架的贮存腔室内，乏燃料贮存格架具有一定的设计贮存容量：可以贮存反应堆正常运行 18 个日历年所卸出的乏燃料组件，包括一个完整堆芯。

乏燃料贮存设施的主要设计情况如下：

1）乏燃料贮存格架的设计，应保证在正常工况和特殊工况下燃料组件都处于次临界状态；

2）乏燃料贮存格架的设计，能承受正常的操作载荷并且在安全停堆地震后仍能保持使用功能。具有足够的承受乏燃料组件（及内插件）从抓取机上的最高工作位置跌落时的冲击能量。能承受燃料抓取机的最大提升载荷。此外还具有稳定、不会倾倒或意外晃动、移动的结构性能；

3）乏燃料水池和水层高度应有足够的屏蔽功能，允许操作人员不受限制地

接近水池而不受超剂量辐射危害健康；

4）乏燃料贮存格架的设计，为乏燃料贮存提供了安全、有效的措施：便于乏燃料组件的插入和取出，能防止燃料组件不适当的插入及具有保护组件不受损伤的措施，有专门贮存破损或泄漏燃料组件的专用贮腔腔室；

5）乏燃料贮存格架的材料与环境（正常及应急情况下的贮存水）相容；

6）乏燃料贮存格架的设计，能保证贮存水池中的冷却水能够在贮存架内足够循环，以达到冷却乏燃料组件的目的；

7）用于密集型贮存方式的贮存格架的每个腔室贮腔围板均中包含有中子吸收材料，以保证满足密集型贮存的要求；

8）乏燃料贮存水池有足够的密封性，使冷却水泄漏保持在可接受的限值内；

9）操作时应避免非燃料装卸系统的吊运设备和重物在贮存水池上方经过，并防止吊运设备的零部件掉入水池内。

从堆芯卸出的乏燃料组件在安全壳厂房内，使用专用的检查装置经外观检查和破损检测后，运至辅助厂房乏燃料贮存水池并插入乏燃料贮存格架的贮腔内贮存并冷却。个别破损的组件存放入专门的破损组件贮腔内。

乏燃料贮存格架由不锈钢材料制造。支承结构为贮存格架的骨架，贮腔截面为方形，相邻的贮腔之间有中子吸收体材料。贮腔用于垂直存放乏燃料组件。贮腔的端口设有导向喇叭口。

乏燃料组件贮存在含硼水中，硼浓度为 2700ppm。乏燃料水池设有池水冷却和处理系统，以导出乏燃料组件的剩余释热及保证水池水温、水质、水位及放射性物质水平在规定的范围内。

乏燃料水池设有水位、水温监测系统及水池检漏系统，可随时监测水池水位、水温及水池密封情况。

乏燃料贮存区内还设置有辐射剂量监测点，保证操作人员的辐射安全。

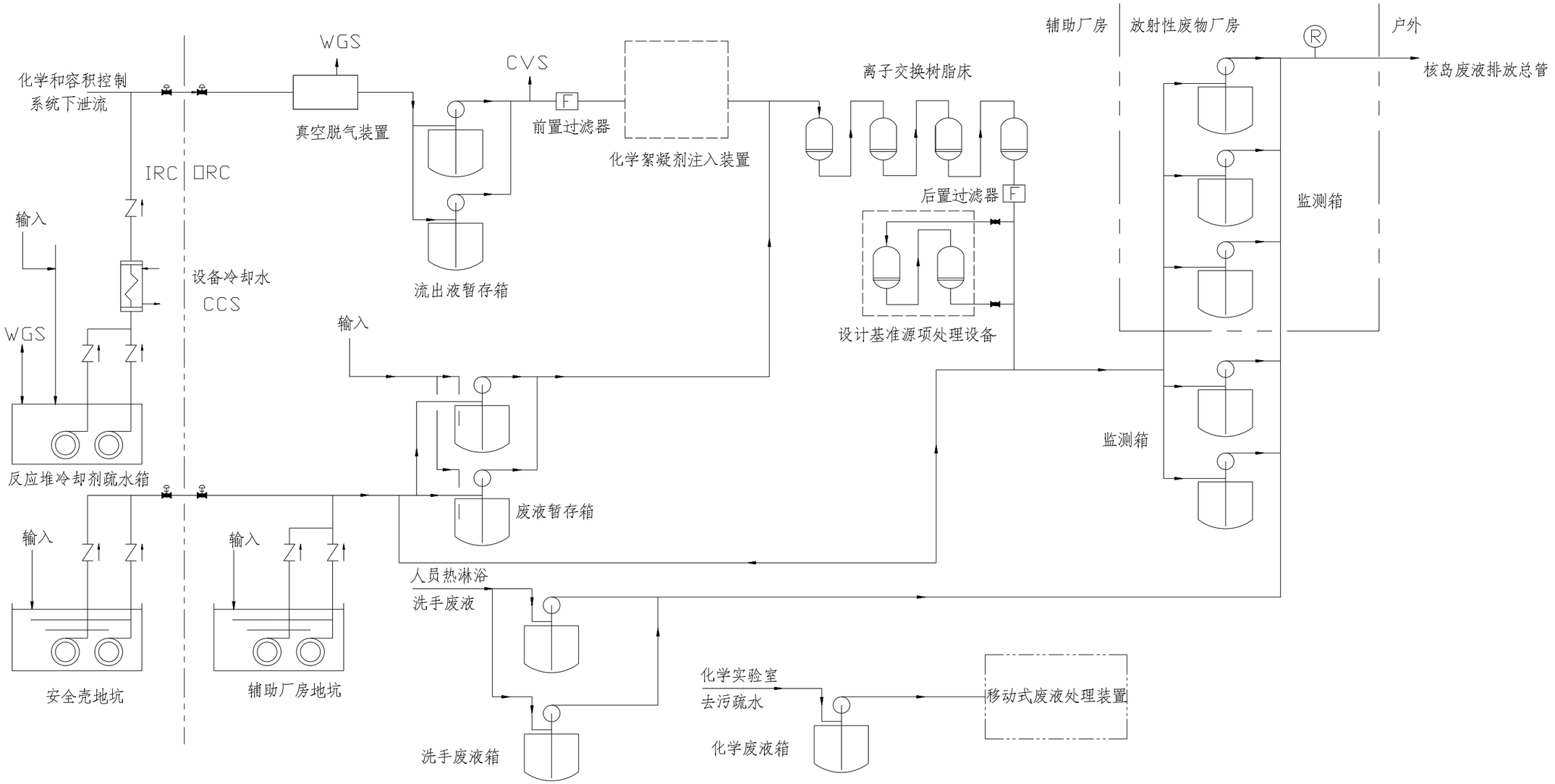


图 3.6-1　放射性液体废物处理系统流程简图

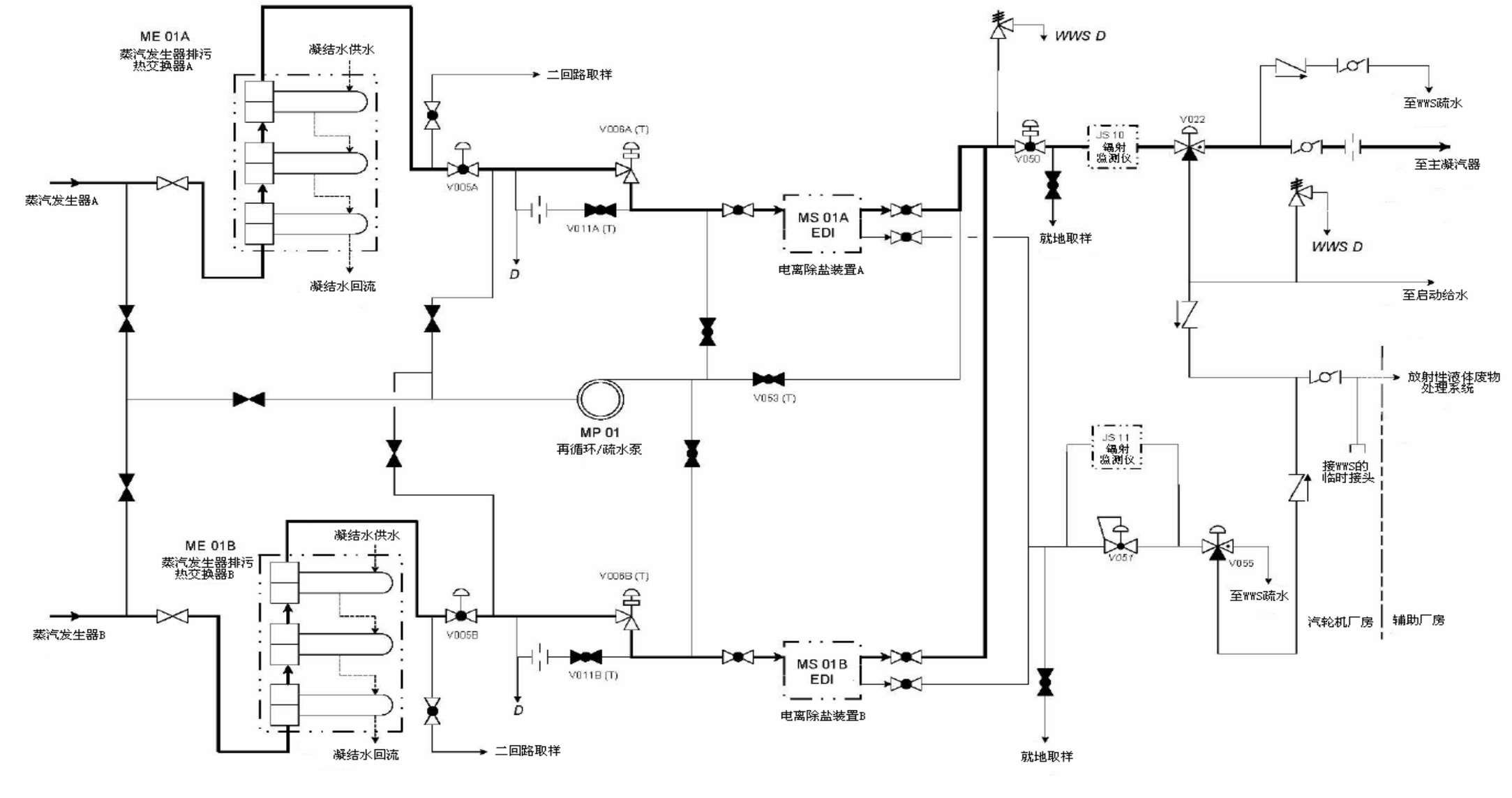


图 3.6-2　蒸汽发生器排污系统流程简图

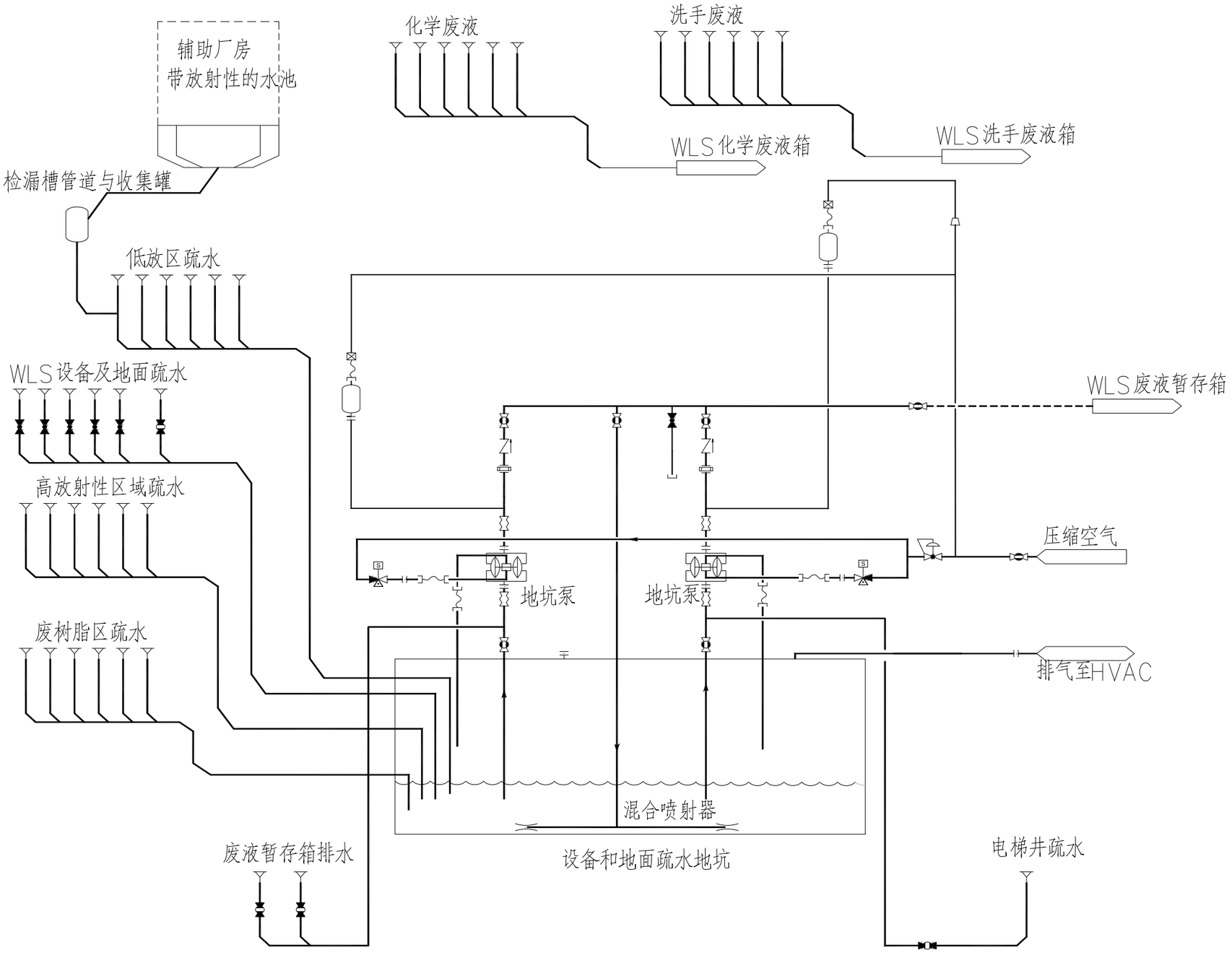


图 3.6-3　放射性废水疏排系统流程简图

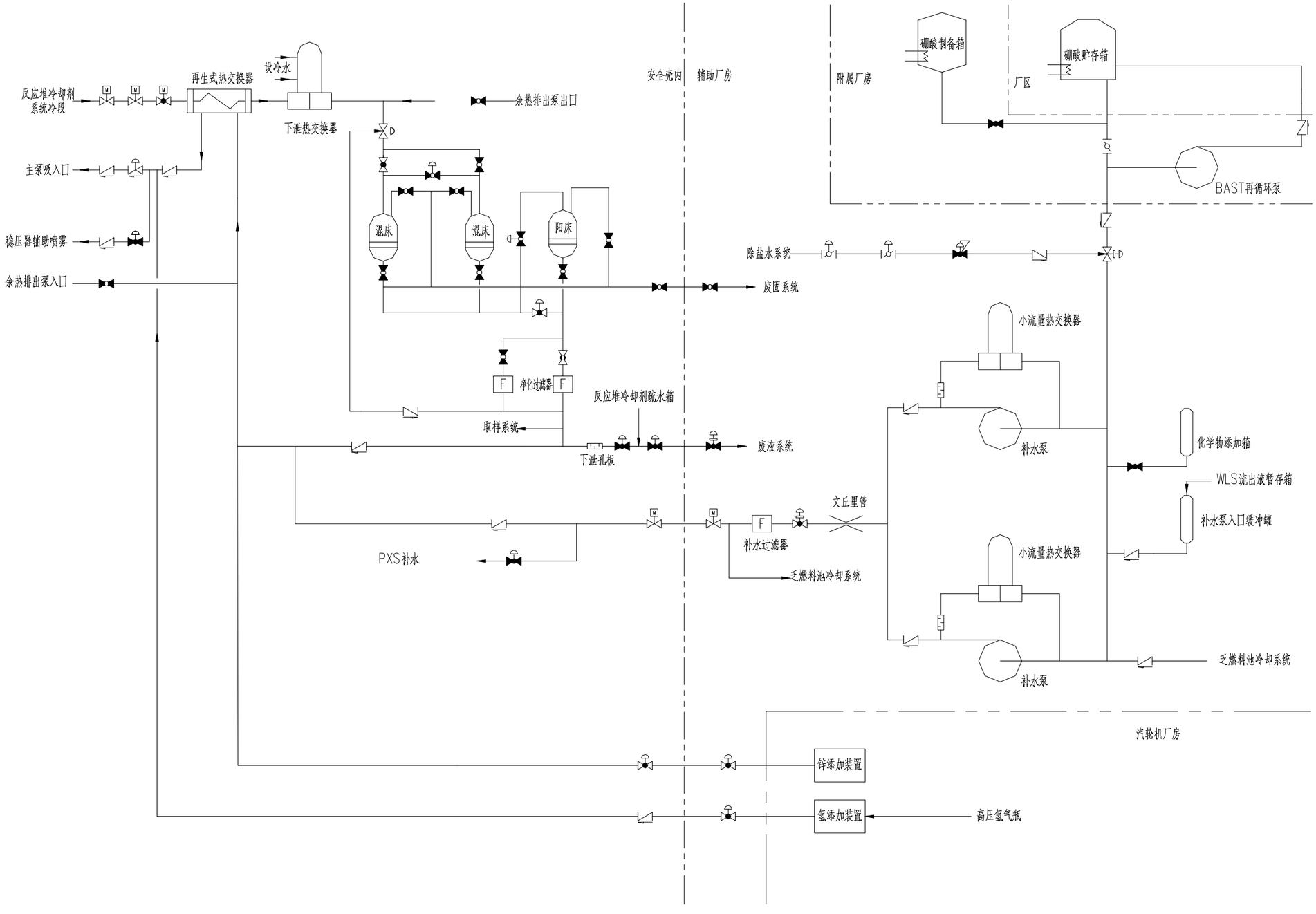


图 3.6-4　化学和容积控制系统系统流程简图

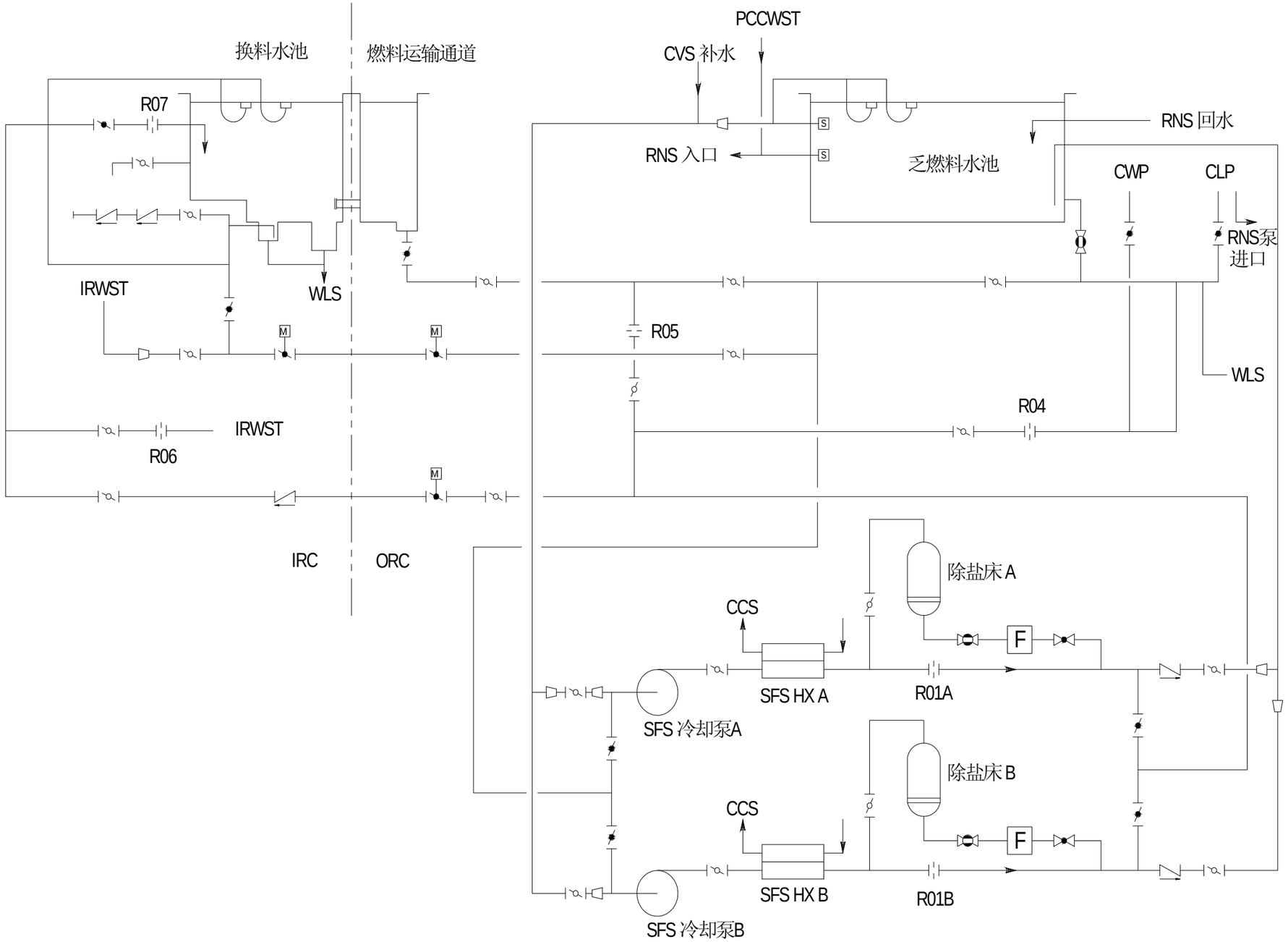


图 3.6-5　乏燃料池冷却系统简图

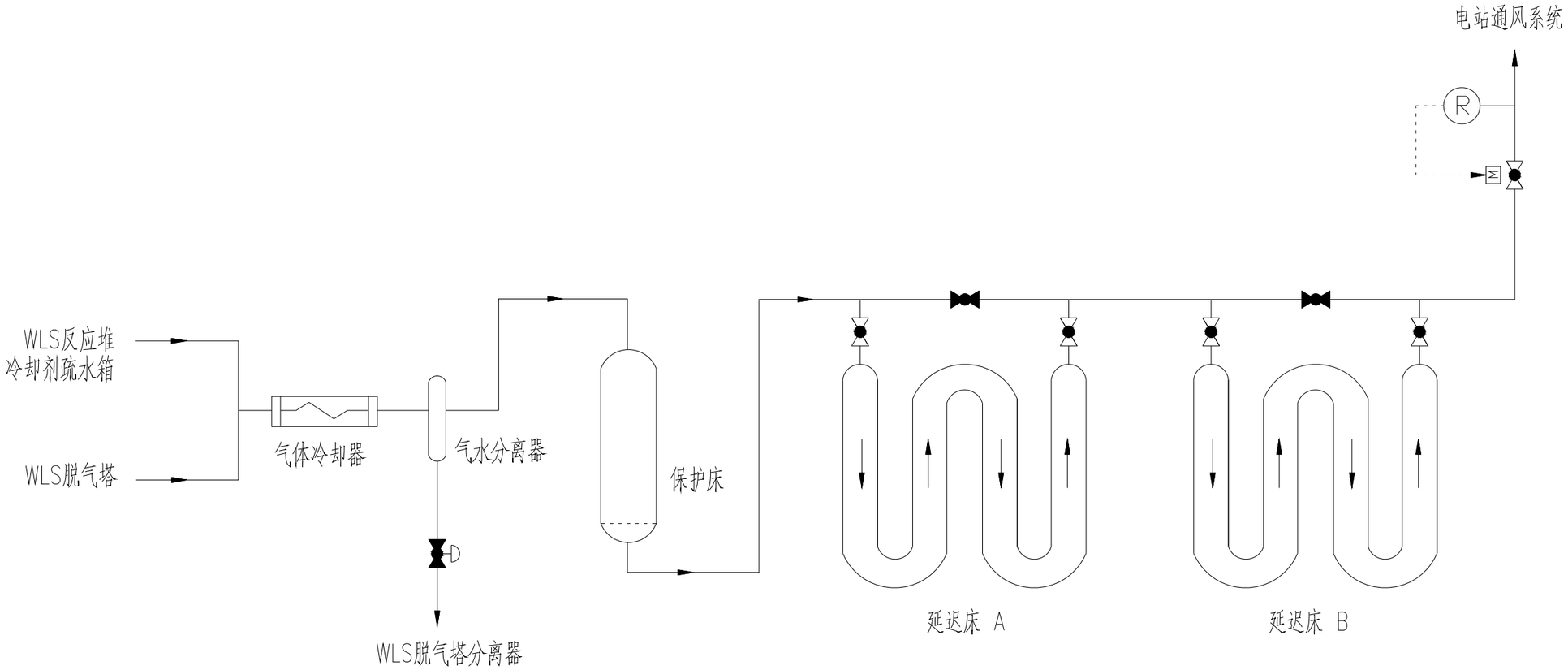


图 3.6-9　放射性气体废物处理系统流程简图

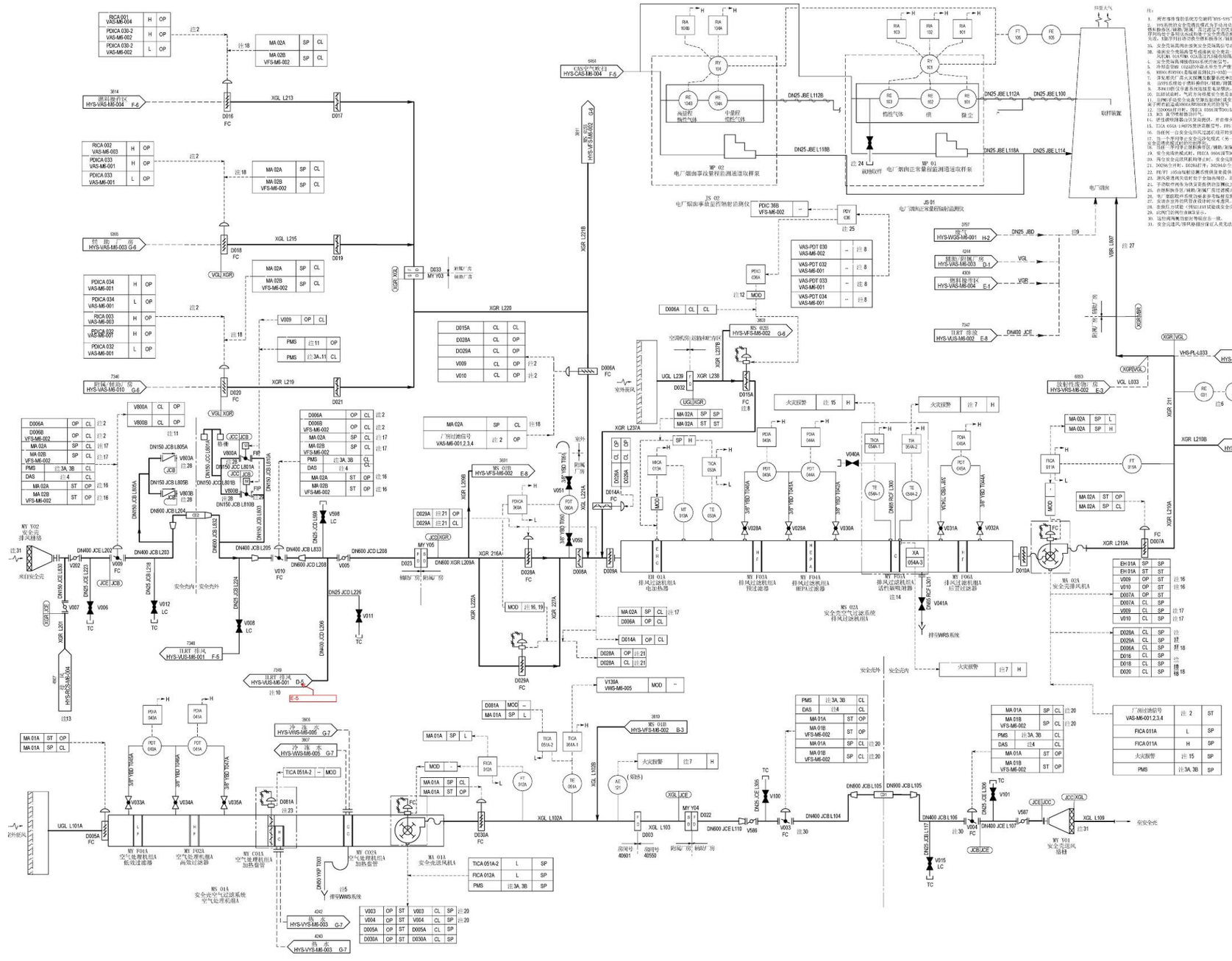


图 3.6-10(1/2)　安全壳空气过滤系统流程图

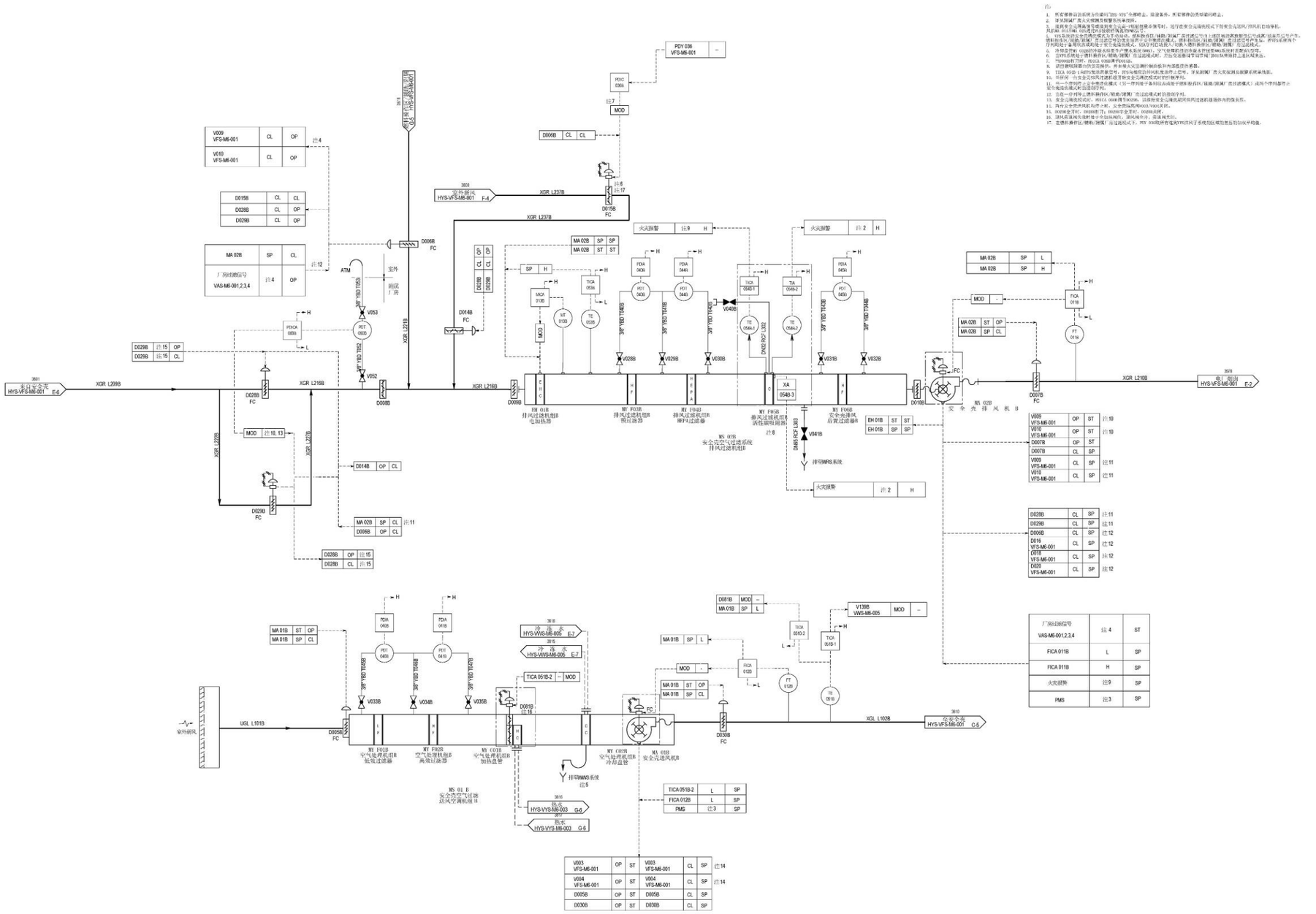


图 3.6-10(2/2)　安全壳空气过滤系统流程图

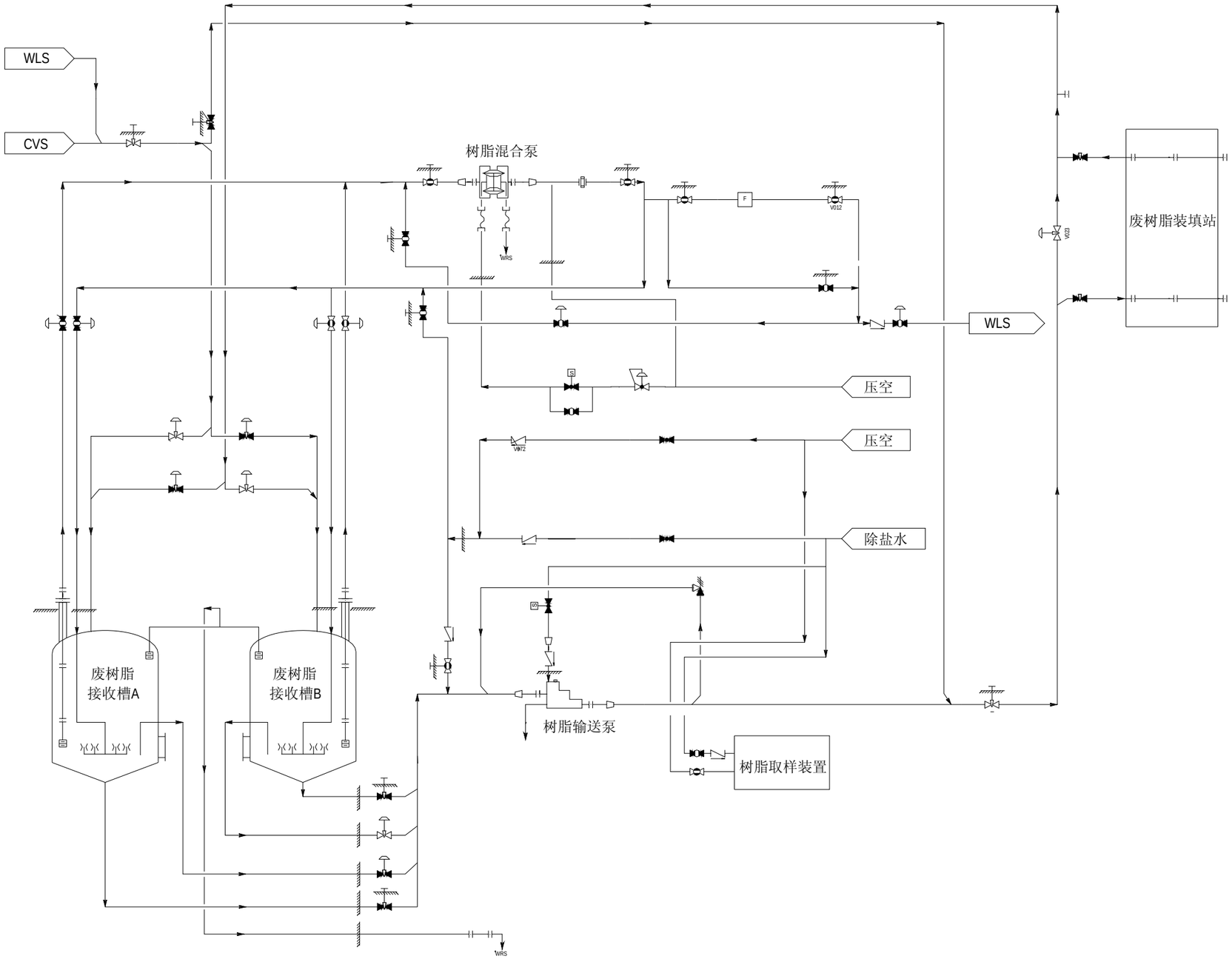


图 3.6-13　放射性固体废物处理系统流程简图



图 3.6-14(1/2)　废物流流程简图

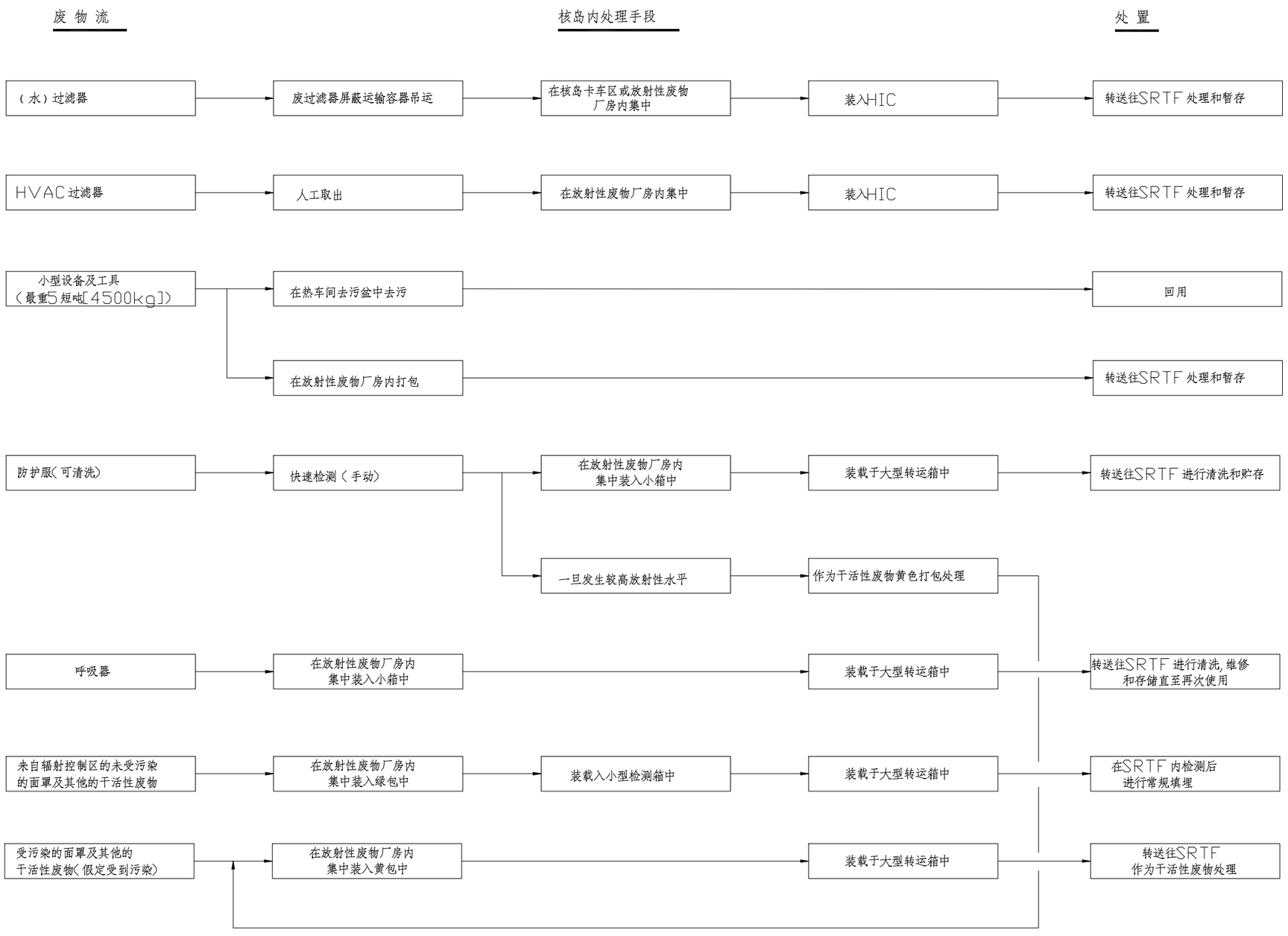


图 3.6-14(2/2)　废物流流程简图

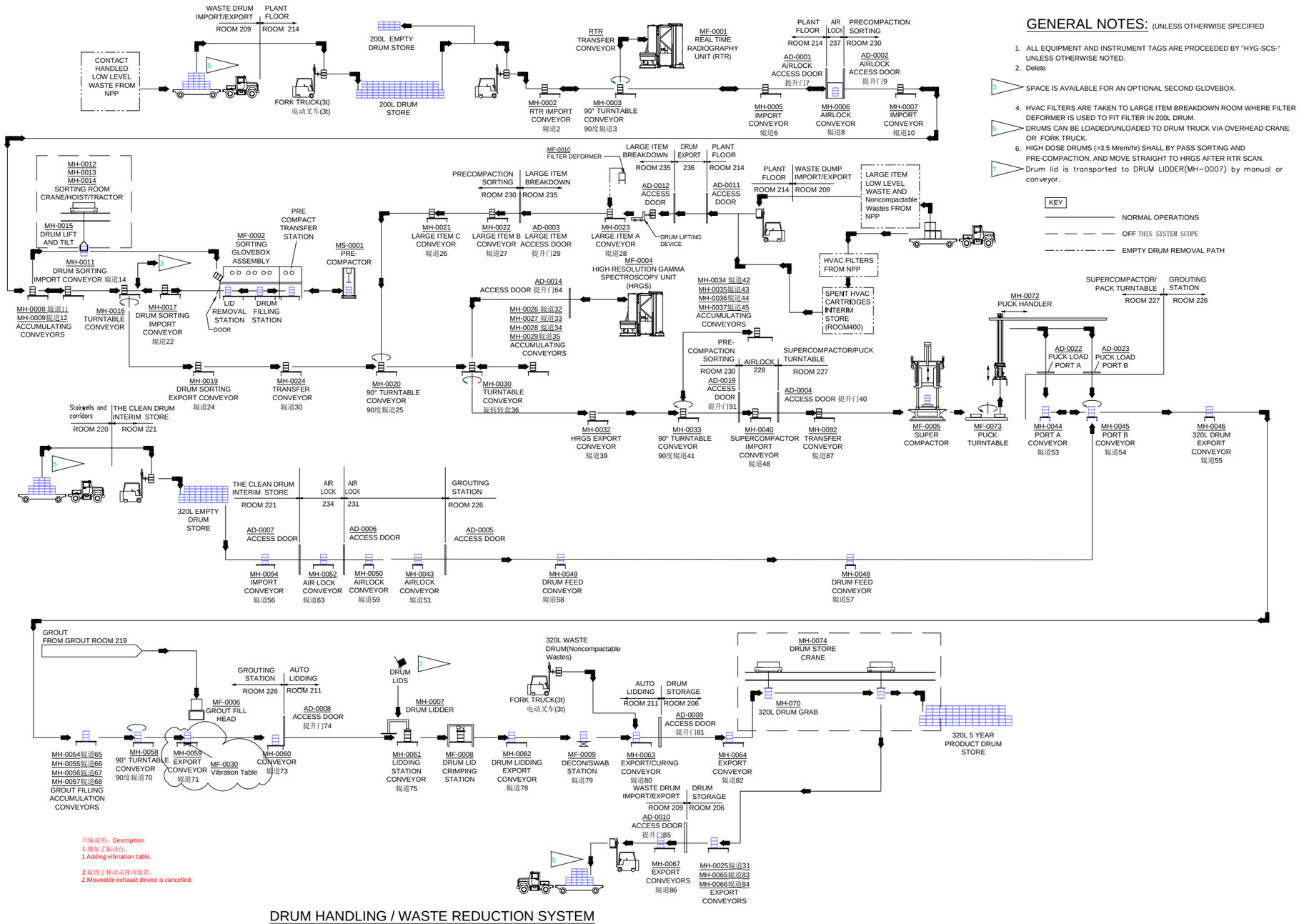


图 3.6-15　SRTF 固体废物处理流程图

3.7 化学物质排放和生活废物

3.7.1 化学物质排放

山东海阳核电项目3、4号机组工程排放的化学物质主要来自于：

- 除盐水处理系统
- 凝结水精处理系统
- 循环水加药系统
- 化学药剂供给系统
- 水处理厂
- 海水淡化系统
- 随放射性液态流出物释放的化学物质（主要是硼）

3.7.1.1 除盐水处理系统（DTS）

山东海阳核电项目 3、4 号机组工程除盐水处理系统水源为海水淡化水。

除盐水处理系统(DTS)对海水淡化产水进行处理，除去其中的离子性杂质，为除盐水储存和输送系统提供除盐水。

一期和二期除盐水处理系统综合优化设计。一期已建 2×12t/h 一级除盐+混床，故本期扩建 1 套 120 出出力一级除盐+混床设备，即可满足两期 4 台机组的正常补水量及 7 天内储存满全部除盐水箱容积的要求。

除盐水处理系统流程如下：海水淡化淡水→反渗透装置→阳床→阴床→混床→除盐水箱→DWS。

系统阳树脂用盐酸再生，阴树脂采用高纯氢氧化铀再生，树脂再生用酸碱废水排入就近废水中和池，经酸、碱中和处理达到排放标准后排至 2#虹吸井，经循环水稀释后入海。反渗透系统的浓盐水送至海水淡化系统，由海水淡化系统回收利用。

3.7.1.2 凝结水精处理系统

凝结水精处理系统能够在机组正常启动、关停、二回路水化学异常以及凝汽器发生微量泄漏期间，有效去除凝结水系统中的腐蚀产生和离子杂质，提高给水和蒸汽品质，从而达到蒸汽发生器安全运行和延长其使用寿命的目的。

本工程为每台机组设置全流量凝结水精处理装置一套，采用旁流连接方式，处理100%的凝结水。系统流程为：凝结水泵→阳床→混床→升压泵→凝结水系统。

每台机组的凝结水精处理系统设置 2 套完整的体外再生装置，一套用于阳床，另一套用于混床。阳床再生系统，包括阳树脂再生兼储存罐和再生计量系统。混床再生系统暂按高塔分离法设计，包括树脂分离塔、阳树脂再生塔、阴树脂再生塔、热水罐、废水树脂捕捉器及再生计量系统等。

其中阳树脂用盐酸再生，阴树脂采用高纯氢氧化钠再生。

再生废液排入就近设置的废水池，经酸、碱中和处理后达到排放标准后排至常规废水处理系统的最终停留池。

3.7.1.3 循环水加药系统（WIS）

本工程循环水加药系统（WIS）采用了电解海水加氯系统，电解海水加氯系统是通过整流变压器和整流器，将10KV交流电变压整流为低压0~135伏直流电，施加到海水电解槽的阴、阳极上。使海水发生电解产生活性有效氯，投加到机组冷却海水中。

WIS包括4套电解槽组件，每套由2列电解槽单元组成。每套电解槽组件可独立运行，每2套电解槽组件对应1台机组。主要工艺流程为：CWS来海水→一级自清洗过滤器→海水升压泵→二级自清洗过滤器→电解槽组件→次氯酸钠储罐→连续加药泵或冲击加药泵→各加药点。

WIS还包括酸洗系统、冷却系统等子系统。酸洗系统由酸洗箱、酸洗泵、盐酸储存罐、盐酸输送泵、废水池等组成；冷却系统由换热器、冷却水升压泵、冷却水箱等组成。

根据CWS、SWS的运行工况，人工启停WIS。当CWS、SWS均运行时，WIS全出力运行（但是不必须，可根据情况人口控制电解槽组件启动数量），原海水由CWS提供；当仅SWS运行时，WIS可部分运行，原海水由CWS的鼓网冲洗水泵提供。

正常工况下，WIS连续运行，4套电解槽组件均投运。海水由CWS输送至WIS，经一级自动清洗过滤器过滤后由海水升压泵送至二级自动清洗过滤器，海水经过上述系统出力至满足电解槽模块进水水质要求后，再进入电解槽组件进行电解。

一、二级自动清洗过滤器均为2运1备，每台出力2×155t/h。海水升压泵额定流量2×136t/h，即电解槽组件产生的次氯酸钠溶液流量4×68t/h，次氯酸钠溶液浓度为2.28g/L。

电解后产生次氯酸钠溶液及副产物，由管道输送至次氯酸钠储罐临时贮存。连续加药泵将次氯酸钠溶液输送至循环水前池加药点，连续加药泵额定流量为116t/h。由于电解量大于连续加药量，因此次氯酸钠储罐内液位持续上升，当达到高液位时启动冲击加药泵，进行冲击加药；当达到低液位时停运冲击加药泵，冲击加药结束。冲击加药间隔8h，2台机交替进行。加药浓度通过人工取样分析进行监测。

次氯酸钠储罐还设有高高液位及低低液位，高高液位系统连锁停机，低低液位连锁停加药泵。

当仅1台机组运行或仅SWS运行时，由人工判断电解槽组件及加药泵运行方式，加药模式及加药浓度保持不变。

WIS系统产生的废水为系统酸洗时的酸洗废水，每年约酸洗1~2次，排放的酸洗废液约为2t，酸洗废液经泵送至精处理废水中和池处理。

3.7.1.4 化学药剂供给系统

常规岛化学药剂供给系统将所需的化学药品注入凝结水、给水、闭式水系统，维持系统合适的水化学工况，保证这些系统免于腐蚀和结垢。

常规岛化学药剂供给系统包括加氨装置1套，用于给水、凝结水和保养期间的加药；加联胺装置1套，用于给水、凝结水、闭式水及湿保养期间的加药。

每台机组设置两箱四泵氨加药设备，分析纯氨溶液（5%），通过氨计量泵直接加入到各系统。

每台机组设置两箱六泵联氨加药设备，稀联氨溶液（2%）通过联氨计量泵直接加入到各系统。

系统内排放的废液主要为设备检修时的排污水和冲洗水，水量极少，通过排水沟排入就近的精处理废水中和池。

3.7.1.5 水处理厂

水处理厂指海阳核电厂的淡水处理厂，在一期工程中已建造完成。水处理厂水源来自盘石水库。在海水淡化厂未投入使用前，水处理厂为核电厂一期工程提

供生活水、工业水和除盐水原水，水处理厂的设计规模是 8000m^3/d，其中除盐水原水生产量 6000 m^3/d；生活水质水（包括生活水和工业用水）生产量 2000 m^3/d。当海水淡化厂投运后，由海水淡化厂提供全厂的工业水和除盐水原水，水处理厂则向全厂提供生活水，因此届时需对水处理厂的处理工艺进行局部调整，以满足全厂 6 个机组的生活用水需求。

生活水、工业水水质满足《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)的规定，浊度小于 1 NTU，余氯浓度约为 1.5 mg/l 以下。

除盐水原水的供水水质为浊度小于 1 NTU，余氯浓度约 0.5 mg/l 以下。

3.7.1.6 海水淡化系统

海水淡化系统采用膜法进行海水淡化，水工来海水经絮凝沉淀池、V 型滤池、清水池、海水反渗透给水泵、卧式细砂过滤器、海水反渗透高压泵、海水反渗透装置（含能源回收装置）、淡水池等设备处理后分配给各用户使用。

海水淡化系统排放的废水包括：沉淀过滤水、SWRO 浓盐水和反渗透清洗水。海水淡化系统正常运行排水量为 1098m^3/h（0.31 m^3/s），浓缩倍率为 1.67 倍。废水与循环水排水混合排放。

3.7.1.7 硼酸的排放

CAP1000核电机组没有硼回收系统。对于停堆过程，反应堆通过插入控制棒到达热态零功率状态。然后通过含硼水的充排操作（Feed-Bleed）使反应堆冷却剂硼化至冷停堆浓度或换料停堆浓度。化学和容积控制系统下泄流以及泄漏出的反应堆冷却剂中的硼会进入放射性液体废物处理系统（WLS）并排向环境。

硼的排放有以下主要途径：正常下泄，强制停堆、取样疏水与乏燃池覆面泄漏。其中，正常下泄占据多数份额，约为0.55吨/机组·年，其余三项合计约为0.25吨/机组·年，共计0.8吨/机组·年。故保守考虑每台CAP1000核电机组每年向环境排放的硼（B）质量约为1吨，换算成为硼酸（H_3BO_3）质量约为5.76吨。

3.7.2 生活废物

3.7.2.1 固体生活废物

山东海阳核电项目3、4号机组工程运行期间产生的超过放射性物质豁免活度的固体废物均按放射性废物做专门处理。

山东海阳核电项目3、4号机组工程运行期间产生的非放射性固体生活废物按生活垃圾处理规定收集处理。生活垃圾的来源主要为办公楼生活垃圾和食堂废物，日产生含量约为1000L，现场设有垃圾中转站来临时储存，由市政环卫每周定期清理。

3.7.2.2 生活污水

山东海阳核电项目 3、4 号机组工程产生的生活污水由污水管网收集各区域污水后经污水处理设备处理达标后排海。

目前共设有 4 个污水处理设备。一处设在仓库区（近 7#排出口）设置地埋式污水处理设备，实际日处理量为 400m^3/d，收集开关站及部分厂前区 BOP 污水、现场办公楼的污水及规划二、三期主厂区污水，经处理达标后就近排入雨水系统。

一处设在厂前区东面，办公楼、二座监理楼、餐厅及承包商办公楼及力能区所排放的生活污水由 ED1（处理水量 160m^3/d）污水处理站处理。ED1 已建成并投入使用。另一处在厂前区西面 10 号排出口附近设置地埋式污水处理设备,收集新建办公楼及一个施工区公厕的污水，经处理达标后就近排入雨水系统，实际日处理量为 200m^3/d。另有一处设于一期厂房西侧 11 号排出口附近（处理水量 150 m^3/d），收集并处理一期主厂区内污水。

本污水处理工艺流程设计如下：污水通过格栅拦污后由提升泵送入调节池，调节池的用来调节污水的水量和水质。为防止悬浮物在调节池内沉淀，在调节池底布有穿孔曝气管，采用间隙曝气。

本工程污水采用采用 A/O 生物接触氧化法大幅度降低污水中有机物含量，是最经济的。由于生活污水中氨氮及有机物含量较高，特别是有机氮，在生物降解有机物时，有机氮会以氨氮形式表现出来，氨氮也是一个重要的污染控制指标，因此污水处理采用缺氧好氧 A/O 生物接触氧化工艺，即生化池分为 A 级池和 O 级池两部分。调节池内污水采用污水提升泵提升至 A 级生化池，进行生化处理。在 A 级池内，由于污水中有机物浓度较高，微生物处于缺氧状态，此时微生物为兼性微生物，它们将污水中有机氮转化为氨氮，同时利用有机碳源作为电子供体，将 NO_2-N、NO_3-N 转化为 N_2，而且还利用部分有机碳源和氨氮合成新的细胞物质。所以 A 级池不仅具有一定的有机物去除功能，减轻后续 O 级生化池的有机负荷，以利于硝化作用进行，还可以依靠污水中的高浓度有机物，完成反硝

化作用，最终消除氮的富营养化污染。经过 A 级池的生化作用，污水中仍有一定量的有机物和较高的氮氨存在，为使有机物进一步氧化分解，同时在碳化作用趋于完全的情况下，硝化作用能顺利进行，特设置 O 级生化池。

A 级池出水自流进入 O 级池，O 级生化池的处理依靠自养型细菌（硝化菌）完成，它们利用有机物分解产生的无机碳源或空气中的二氧化碳作为营养源，将污水中的氨氮转化为 NO_2-N、NO_3-N。O 级池出水一部分进入沉淀池进行沉淀，另一部分回流至 A 级池进行内循环，以达到反硝化的目的。在 A 级和 O 级生化池中均安装有填料，整个生化处理过程依赖于附着在填料上的多种微生物来完成的。工艺流程见图 3.7-1。

沉淀池污水经加药固液分离后进入消毒出水池，经消毒后即可直接排放。

本工艺中设有污泥消化系统，产生污泥量极少，为此，本工程产生的污泥进入污泥浓缩池只作简单的浓缩处理后，由人工每年清理外运作农肥。

污水处理设施主体结构采用钢筋混凝土，全埋于地下。

生活污水水质日平均值见表 3.7-1。

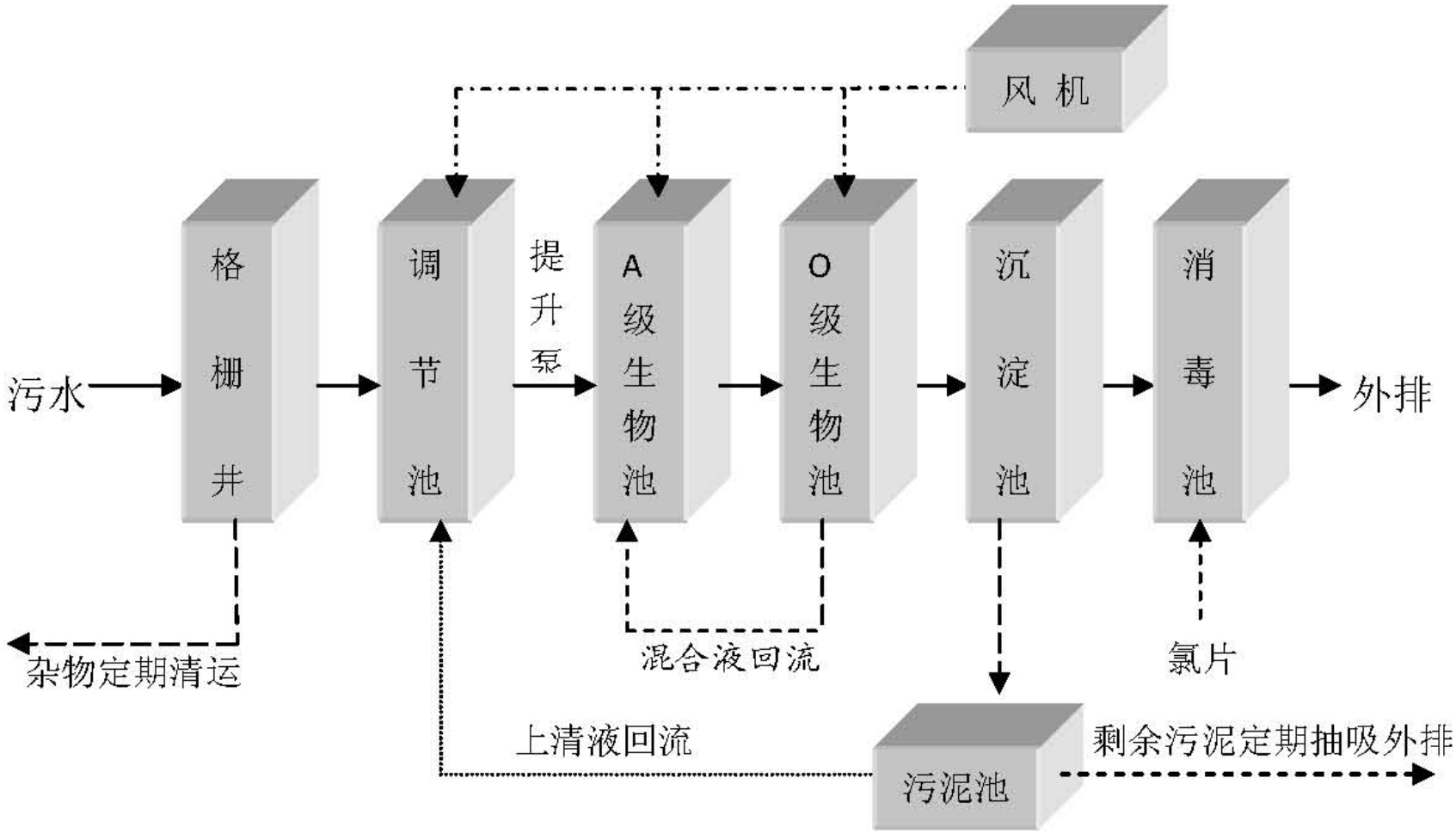
污水排放标准应达到或高于《山东省半岛流域水污染物综合排放标准》（DB37/676-2007）中的一级排放标准。其主要控制指标见表 3.7-2。

表 3.7-1　生活污水处理前水质日平均值

单　位	BOD_5	CODcr	SS	NH_3－N	动植物油
mg/L	180~250	350~450	200~300	35~40	≤40

表 3.7-2　污水排放控制指标

单 位	色度	PH	BOD_5	CODcr	SS	NH_3－N	动植物油
mg/L	30	6-9	10	50	20	5	3



注：餐厅含油污水必须先经隔油池处理后（油≤30mg/L），才能进入污水处理系统

图3.7-1　　污水处理流程图

3.8 放射性物质运输

运进核电厂的放射性物质有初级中子源和未经辐照的新燃料组件。为了安全运输初级中子源，应根据GB 4075中密封中子源分级对应的试验要求对密封中子源的试样进行试验，每项试验后应按GB/T 15849的规定对试样进行泄漏试验。新燃料组件和中子源运输容器的设计、制造应能满足我国《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）的要求。

运出核电厂的放射性物质有两类，即乏燃料组件和放射性固体废物。

本节叙述上述放射性物质的运输。

3.8.1 新燃料运输

山东海阳核电项目3、4号机组工程选用AP1000型燃料组件，首炉燃料组件供货商尚未确定，由西屋公司或中核包头核燃料元件股份有限公司提供，后续燃料组件将由中核包头核燃料元件股份有限公司制造。

3.8.1.1 新燃料运输容器

新燃料组件在运输过程中必须放在专用的运输容器内，使新燃料组件在运输过程中得到充分的保护而避免受到损伤。

新燃料运输容器能够满足核材料的国际运输管理导则的要求。在火烧、跌落和耐压试验等假想事故条件下，新燃料运输容器能够保证运输容器内燃料的完整性。新燃料运输容器能够保证在最佳慢化条件下，k_{eff}<0.95。

新燃料运输容器主要由外壳和内壳构成。外壳与内壳采用减振连接，能够有效地减小新燃料组件在运输过程所受到外力（如冲击和振动），使新燃料组件在运输过程中免受损伤。新燃料运输容器对新燃料组件起密封保护作用，防止运输过程中受外界物体碰、撞等而造成损伤，及防水、火等。新燃料运输容器能够保证新燃料组件在运输过程中处于干燥的气氛条件。新燃料运输容器能够使新燃料组件在整个运输过程中便于实行分段运输之间的中转、转换等操作。新燃料运输容器容易打开和拆卸。

新燃料运输容器毛重2313kg，皮重为1431kg，外形尺寸为5740mm×688mm×998mm。

3.8.1.2 新燃料运输途径

由于首炉燃料组件供货方尚未确定，存在从国外采购的可能，新燃料运输途

径有以下两种：

1）国外新燃料的运输途径

首炉新燃料由西屋公司提供。

2）国产新燃料的运输

燃料组件将由国内公司提供。燃料组件可以通过不同的组合方案运至海阳核电厂。

3.8.1.3 新燃料厂内运输、接收和贮存

新燃料组件装在专用的新燃料运输容器内由专用运输车辆运至核岛辅助厂房，用辅助厂房吊车吊运至新燃料运输容器停放区；然后吊走容器盖，将新燃料组件倾翻竖直，人员通过新燃料开箱检查平台、抓取机及操作工具对燃料组件进行外观检查及控制棒插入试验等技术条件规定项目的检查，表明符合新燃料组件接收的技术条件要求后，用燃料抓取机将新燃料组件吊至新燃料贮存格架贮存。

新燃料贮存格架内的总贮存容量或能力应能保证充分满足堆芯一次平衡换料所需的新燃料组件的数量。新燃料组件采用干法密集的方式贮存。经检查合格的新燃料组件一次一个地被吊到新燃料贮存格架内。反应堆换料之前，用燃料抓取机把新燃料组件从新燃料贮存格架内吊至新燃料升降机，然后由新燃料升降机把新燃料组件降到乏燃料贮存水池底部，再用燃料抓取机把新燃料组件吊入乏燃料贮存架内暂存，换料时通过辅助厂房的燃料运输设备把新燃料组件传送到反应堆厂房。

对于首炉新燃料的贮存，在新燃料到厂后，除备用燃料组件贮存在新燃料贮存区外，其他新燃料组件都采用暂时贮存在乏燃料贮存池中的贮存格架内的方法。

3.8.2 乏燃料组件运输

3.8.2.1 乏燃料的厂内运输

乏燃料的厂内运输包括乏燃料组件装入乏燃料运输容器，至厂外运输前的全过程。

乏燃料的厂内运输由乏燃料运输容器吊车、燃料抓取机、容器专用运输卡车及相应的操作工具完成。

乏燃料组件装在专用的密封乏燃料运输容器中外运。乏燃料组件的装载、容器的清洗以及检查等操作分别在装料池和清洗池内进行，装料池和清洗池相邻，均位于乏燃料水池的旁侧，两水池均为内设不锈钢覆面的钢筋混凝土结构。

乏燃料组件通常贮存在乏燃料水池中，直到裂变产物的活性降低到允许外运的程度。然后，用乏燃料运输容器进行外运。

乏燃料运输容器装料操作的典型步骤如下：

1) 将装料池充满水，打开装料池和乏燃料水池之间的水闸门；
2) 利用乏燃料运输容器吊车将乏燃料运输容器放进清洗池中，用去离子水对容器进行洗净，将容器盖打开并存放在池外；
3) 然后，将乏燃料运输容器吊运至充满水的装料池中；
4) 将燃料抓取机定位在指定乏燃料组件的贮存腔上方；
5) 抓取并提起乏燃料组件，经水闸门转运至装料池内，装进乏燃料运输容器内。在转运的过程中，燃料组件活性区顶部须一直保持足够的屏蔽水层；
6) 乏燃料运输容器装料操作结束后，装上运输容器盖；
7) 然后，重新将运输容器吊运至清洗池，进行去污操作。去污操作包括：用除盐水对运输容器外表面进行清洗、对运输容器外表面进行吹干以及运输容器外表面剂量监测等；
8) 当完成去污操作，且剂量满足限值后，可将容器提出清洗池；
9) 将乏燃料运输容器装上专用的运输卡车并准备外运；
10) 载有乏燃料运输容器的运输卡车按选定的运输线路运送至专用码头或车站，按乏燃料运输规程进行交接、外运。

3.8.2.2 乏燃料的厂外运输

乏燃料组件厂外运输必须遵守《中华人民共和国核材料管制条例》（HAF501）、《放射性物质安全运输规程》（GB11806-2004）、《放射性物质安全运输货包的泄漏检验》（GB/T17230-1998）、《乏燃料运输容器技术条件》（EJ/T565-1991）、《核级容器制造质量保证》（EJ/T619-1991）、《放射性物品运输安全管理条例》（中华人民共和国国务院令 第 562 号）等相关条例、标准的要求。

乏燃料组件在乏燃料水池内贮存直到运出核电厂送到后处理厂为止，要保证

外运时，乏燃料组件的衰变热降到可以不必再用池水进行冷却，组件中的中短寿命放射性核素的放射强度大大衰减而便于外运。

乏燃料组件具有很强的放射性，如果组件中有破损的燃料棒，还会向外释放气体等放射性物质，所以乏燃料运往后处理厂的过程需要由专用的密封屏蔽运输容器、专用的铁路和公路车辆及配套的辅助操作工具进行。

我国核电事业还在起步发展阶段，秦山一期 30 万千瓦核电厂和大亚湾 2 × 90 万千瓦核电厂等相继于 90 年代建成并投入运行，乏燃料的后处理及部分运输设施目前尚未建立、配套到位。但随着核电事业的发展，其他一些计划投入建设的核电厂，也已相继在立项和建设中。乏燃料后处理及部分运输设施的解决方案也已开始论证。

核电厂乏燃料运输由专用的密封屏蔽运输容器、专用运输工具及配套的辅助操作工具运至国家规定的专用乏燃料后处理基地。

中核清原环境技术工程公司根据《关于颁发 NAC-STC 型乏燃料运输容器设计批准书的通知》（国核安发[2003]88 号）中指出“美国 NAC International 公司设计、西班牙 ENSA 公司制造的 NAC-STC 型乏燃料运输容器为运输我国核电站乏燃料组件的专用运输容器，满足我国核安全法规和标准中有关 B（U）型货包设计的基本要求”，已经承担过大亚湾的乏燃料的运送。本核电厂可参照大亚湾的模式，委托中核清原环境技术工程公司承担乏燃料的运输。

至于今后的具体运输方法，基于中核清原环境技术工程公司已有的经验，可请该公司制定。

现中核清原环境技术工程公司已有的乏燃料运输容器基本结构为不锈钢外壳加铅屏蔽，单个运输容器最多可以装载 26 组乏燃料组件，总重约 120 吨(含乏燃料、减震器、运输托架、人员屏障)，空容器重约 86.5 吨。该容器适用于陆路或水路运输。

若海阳核电厂一、二期工程（含一至四号机组）每年均需外运乏燃料组件，四个堆每个燃料循环周期（18 个月）最多需运出约 256 根无损的燃料组件，如采用以上提到的运输容器，10 容器 • 次即可满足运出 256 根乏燃料组件的需求。这样的运输模式，对保证乏燃料安全外运的运输安排没有困难。

3.8.3 放射性固体废物运输

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日）的要求：

- 国务院核设施主管部门会同国务院环境保护行政主管部门根据地质条件和放射性固体废物处置的需要，在环境影响评价的基础上编制放射性固体废物处置场所选址规划，报国务院批准后实施；
- 产生放射性固体废物的单位，应当按照国务院环境保护行政主管部门的规定，对其产生的放射性固体废物进行处理后，送交放射性固体废物处置单位处置，并承担处置费用。

本项目产生的放射性中、低放固体废物在厂址废物处理设施（SRTF）的暂存库内暂存 5 年，最后按照国家有关要求运往最终废物处置场。

放射性中、低放固体废物的厂外运输和永久处置应保证运输人员和公众接受的照射控制在可合理做到的尽可能低的水平，厂外运输应符合《放射性物品运输安全管理条例》（国务院令 第 562 号）、《放射性物品运输安全许可管理办法》（国家环保部 第 11 号令）和《放射性物质安全运输规程》（GB 11806-2004）等规定。