

核技术利用建设项目

中广核浙江三澳核电厂新建 1 座放射源 暂存库项目环境影响报告表

中广核苍南核电有限公司

2020 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

中广核浙江三澳核电厂新建 1 座放射源

暂存库项目环境影响报告表

建设单位名称：中广核苍南核电有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：浙江省温州市苍南县马站镇假日商务 108 室

邮政编码：325800

联系人：蔡国兵

电子邮箱：caiguobing@cgnpc.com.cn

联系电话：15860650355

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	5
表 3 非密封放射性物质	6
表 4 射线装置	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	8
表 6 评价依据	9
表 7 保护目标与评价标准	11
表 8 环境质量和辐射现状	13
表 9 项目工程分析与源项	15
表 10 辐射安全与防护	21
表 11 环境影响分析	24
表 12 辐射安全管理	45
表 13 结论与建议	51
表 14 审批	54

附图

附图 1 放射源暂存库项目地理位置图

附图 2 放射源暂存库项目周围环境关系图

附图 3 放射源暂存库项目总平面布置图及立面图

附图 4 放射源暂存库项目辐射防护分区图

附图 5 放射源暂存库项目安防系统布置图

附件

附件 1 环评委托书

附件 2 源库拟建区域辐射本底监测报告

附件 3 中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（选址阶段）批复文件

附件 4 中广核浙江三澳核电站新建 1 座放射源暂存库项目立项文件

附件 5 专家咨询会意见修改清单

表 1 项目基本情况

建设项目名称		中广核浙江三澳核电厂新建 1 座放射源暂存库项目			
建设单位		中广核苍南核电有限公司			
法人代表	夏林泉	联系人	蔡国兵	联系电话	15860650355
注册地址		浙江省温州市苍南县体育场路与玉苍路交汇处银联大厦三楼四楼			
项目建设地点		浙江省温州市苍南县霞关镇浙江三澳核电厂区内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	186	项目环保投资 (万元)	70	投资比例 (环保投资/总投资)	37.6%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	220
应用类型	放射源	销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		销售	/		
	射线装置	使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
		生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	<input checked="" type="checkbox"/> 建设一座放射源暂存库, 存储 II 类、III 类、IV 类、V 类及豁免源			

1. 项目概述

中广核苍南核电有限公司主要从事核电站的建造、运行和维护。浙江三澳核电厂是中广核苍南核电有限公司负责开发建设的核电工程, 位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村。根据浙江三澳核电厂发展需要, 拟在浙江三澳核电厂区内配套建放射源暂存库 1 座。放射源暂存库为三澳核电厂配套设施之一, 采用“永临结合”式的方案设计, 用于核电站建造、安装和运营期间所使用的探伤放射源和带有屏蔽容器的密封源的贮存, 以实现放射源的安全控制和集中管理, 防止放射源的丢失和被盗, 尽可能减少潜在照射的危险和辐射事故的发生。

中广核浙江三澳核电项目于 2015 年获得国家能源局《国家能源局关于浙江苍南核电项目开展厂址保护及相关论证工作的复函》(国能核电[2015]161 号), 目前项目选址阶段

环评已获生态环境部批复（批复文件见附件3），项目核准申请报告已报国家发改委，预计6月份获得国家核准。放射源暂存库为三澳核电项目的配套工程之一，中广核苍南核电公司已于2019年12月完成内部立项流程，明确2020年开展放射源暂存库项目的建设。源库立项文件见附件4。

本源库项目计划存放的放射源种类有II类、III类、IV类、V类源和豁免源，其中在施工建设期主要为II类源，包括： ^{192}Ir 探伤机（源强 $5.55\text{E}+12\text{Bq/枚}$ ）、 ^{60}Co 探伤机（源强 $5.55\text{E}+12\text{Bq/枚}$ ）和 ^{75}Se 探伤机（源强 $5.55\text{E}+12\text{Bq/枚}$ ），探伤机为施工承包商所有，均已取得辐射安全许可证，探伤机的操作由其负责和管理。在运营期，电厂需要使用II类、III类、IV类和V类源，包括： ^{241}Am （源强 $3.70\text{E}+09\text{Bq/枚}$ ）、 ^{90}Sr （源强 $2.11\text{E}+07\text{Bq/枚}$ ）、 ^{137}Cs （源强 $3.91\text{E}+06\text{Bq/枚}$ ）、 ^{14}C （源强 $5.92\text{E}+04\text{Bq/枚}$ ）及 ^{137}Cs - ^{133}Ba 混合源（源强 $2.07\text{E}+03\text{Bq/枚}$ ）等。同时，在运营期，源库也可作为新源、检修源、废旧源及大修期间承包商探伤源的暂存场所。

本报告对三澳核电厂内新建一座放射源暂存库项目进行环境影响评价，该源库仅为电厂施工期各类探伤源和运行期各类检测源的暂存场所，不涉及各类源的使用。如用作他用，需另行办理相关环保手续。

2020年4月28日，受浙江省生态环境厅的委托，浙江环能环境技术有限公司组织召开了《中广核浙江三澳核电厂新建1座放射源暂存库项目环境影响报告表》专家技术咨询会，本报告根据会上专家和省、市、县生态环境主管部门意见进行了补充和修订，具体意见修改清单请见附件5。

2. 项目周围环境

本项目位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村的浙江三澳核电厂区内。三澳核电厂址位于浙江省温州市苍南县霞关镇，厂址三面临海，一面靠山。主厂区中心位置地理坐标为：北纬 $27^{\circ}11'56''$ ，东经 $120^{\circ}31'01''$ 。厂址距离NNW方位的苍南县城约35km，距离N方位的温州市区约90km。三澳核电厂规划建设6台百万千瓦级华龙一号核电机组，采用“一次规划，分期建设”的模式，其中一期工程建设两台，目前一期工程正在申请项目核准，计划2020年底正式开工。三澳核电厂地理位置见附图1。

本次拟建的放射源暂存库位于三澳核电厂1号机组位置北侧，其东侧为保护区围栏，南侧为1号核岛厂房，西侧为水泥石灰仓库（BBN），北侧为废物辅助厂房/废物暂存库（BQS/BQT），项目半径50m范围均在厂区内，无居民点、学校等环境敏感点，

50m 范围内涉及的其他厂房均为仓储性质，无人员长期停留。本项目在三澳核电厂区内的位置见附图 2, 放大后的局部周边环境关系见下图 1-1。现场周围环境现状见图 1-2~图 1-5。

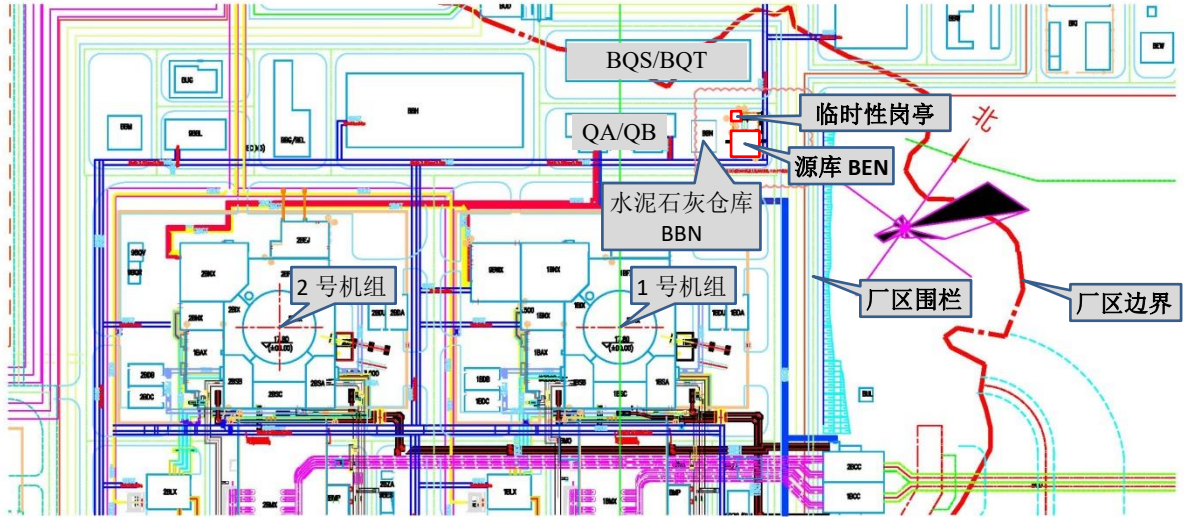


图 1-1 (1/2) 本项目周边环境关系图 (三澳核电厂区内)

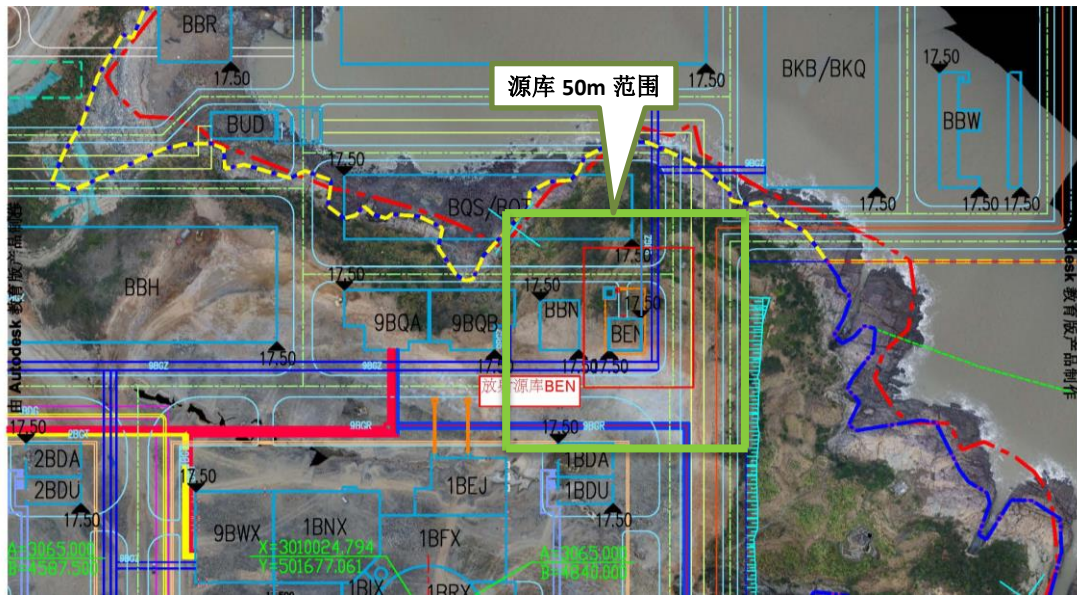


图 1-1 (2/2) 本项目周边环境关系图 (三澳核电厂区内)



图 1-2 源库厂房东侧环境



图 1-3 源库厂房西侧环境



图 1-4 源库厂房南侧环境



图 1-5 源库厂房北侧环境

3. 原有项目核技术利用和许可情况

本放射源暂存库为新建项目，三澳核电站一期工程正处于项目核准申请阶段，计划于 2020 年底正式开工建设，目前不存在核技术利用情况。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) ×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
1	¹⁹² Ir	1.17E+14Bq/5.55E+12Bq (150Ci)×21 枚	II 类	贮存	无损检测	厂区	放射源暂存库	/
2	⁶⁰ Co	8.33E+13Bq/5.55E+12Bq (150Ci)×15 枚	II 类	贮存	无损检测	厂区	放射源暂存库	/
3	⁷⁵ Se	1.11E+14Bq/5.55E+12Bq (150Ci)×20 枚	II 类	贮存	无损检测	厂区	放射源暂存库	/
4	²⁴¹ Am	2.96E+10Bq/3.70E+09Bq×8 枚	IV 类	贮存	检测分析	厂区	放射源暂存库	/
5	⁹⁰ Sr	1.69E+08Bq/2.11E+07Bq×8 枚	V 类	贮存	检测分析	厂区	放射源暂存库	/
6	¹³⁷ Cs	3.13E+07Bq/3.91E+06Bq×8 枚	V 类	贮存	检测分析	厂区	放射源暂存库	/
7	¹⁴ C	4.74E+05Bq/5.92E+04Bq×8 枚	豁免	贮存	检测分析	厂区	放射源暂存库	/
8	¹³⁷ Cs- ¹³³ Ba	1.66E+04Bq/2.07E+03Bq×8 枚	豁免	贮存	检测分析	厂区	放射源暂存库	/
9								

注：(1) 源库共设置 95 个源柜和一个备用间，各源柜放一枚放射源，最多可同时放置 96 枚放射源，表中各源枚数为规划的最大数量。

(2) 放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大操作量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
本项目不涉及										

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及										

(二) X射线机：包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
本项目不涉及									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	最大靶电流 (μA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
本项目不涉及													

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
^{192}Ir 废源	固体密封源	^{192}Ir	衰变至低于 5.55×10^{11} Bq/枚后退役（15Ci）	/	/	/	探伤机内，退役后暂存于放射源库	由承包商协调源供应商处置
^{60}Co 废源	固体密封源	^{60}Co	衰变至低于 5.55×10^{11} Bq/枚后退役（15Ci）	/	/	/	探伤机内，退役后暂存于放射源库	由承包商协调源供应商处置
^{75}Se 废源	固体密封源	^{75}Se	衰变至低于 5.55×10^{11} Bq/枚后退役（15Ci）	/	/	/	探伤机内，退役后暂存于放射源库	由承包商协调源供应商处置
^{241}Am 废源	固体密封源	^{241}Am	/	/	/	/	退役后暂存于放射源库	由供源商负责处置
^{90}Sr 废源	固体密封源	^{90}Sr	/	/	/	/	退役后暂存于放射源库	由供源商负责处置
^{137}Cs 废源	固体密封源	^{137}Cs	/	/	/	/	退役后暂存于放射源库	由供源商负责处置
^{14}C 废源	固体密封源	^{14}C	/	/	/	/	退役后暂存于放射源库	由供源商负责处置
^{137}Cs - ^{133}Ba 废源	固体密封源	^{137}Cs - ^{133}Ba	/	/	/	/	退役后暂存于放射源库	由供源商负责处置

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014 年修订), 2015 年 1 月 1 日起施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年修订本), 2018 年 12 月 29 日起施行;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》, 国务院令第 682 号, 2017 年 10 月 1 日起施行;</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》, 原环境保护部令第 44 号, 2018 年 4 月 26 日修订, 2018 年 4 月 28 日起施行;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例(2019 年修订)》, 国务院令第 709 号, 自 2019 年 3 月 2 日起施行;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》, 原环境保护部令第 47 号, 2017 年 12 月 20 日修订;</p> <p>(8) 《关于发布放射源分类办法的公告》, 原国家环境保护总局, 2005 年第 62 号, 2005 年 12 月 23 日;</p> <p>(9) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》, 环发(2006)145 号, 2006 年 9 月 26 日;</p> <p>(10) 《关于 γ 射线探伤装置的辐射安全要求》, 原国家环境保护总局[环发(2007)年 8 号], 2007 年 1 月 15 日;</p> <p>(11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起实施;</p> <p>(12) 《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求(GA1002-2012)》, 中华人民共和国公安部, 2012 年 9 月 1 日起实施;</p> <p>(13) 《国家危险废物名录(2016 年修订)》, 原环境保护部令第 39 号, 2016 年 8 月 1 日起施行;</p> <p>(14) 《浙江省建设项目环境保护管理办法(2018 年修改)》, 浙江省人民政府令第 364 号, 2018 年 3 月 1 日起施行;</p> <p>(15) 《浙江省辐射环境管理办法》, 浙江省人民政府令第 289 号, 2012 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(16) 关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单(2015 年本)》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评</p>
------	---

	<p>价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015年本）》的通知，浙环发（2015）38号，原浙江省环境保护厅，2015年10月23日起施行；</p> <p>(17) 《关于印发〈浙江省γ射线移动探伤作业辐射安全管理规定（试行）〉的通知》，浙环函（2016）117号，原浙江省环境保护厅办公室，2016年4月22日起施行。</p>
<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<p>(1) 《环境影响评价导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T 10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《密封放射源及密封γ放射源容器的放射卫生防护标准》（GBZ114-2006）；</p> <p>(5) 《含密封源仪表的放射卫生防护要求》（GBZ125-2009）；</p> <p>(6) 《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ 132-2008）；</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；</p> <p>(8) 《γ射线探伤机》（GB/T 14058-2008）；</p> <p>(9) 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T 14583-1993）；</p> <p>(10) 《压水堆核电厂辐射屏蔽设计准则》（NB/T 20194-2012）；</p> <p>(11) 《中国环境天然放射性水平》，原国家环境保护局，1995年；</p> <p>(12) 《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）；</p> <p>(13) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）。</p>
<p style="text-align: center;">其 他</p>	<p>(1) 中广核浙江三澳核电厂一期工程放射源库（BEN子项）初步设计说明，深圳中广核工程设计有限公司，2020年1月；</p> <p>(2) 新建一座放射源库环评委托检测报告（SNPI环检（电离）字[2020]第176号），苏州热工研究院有限公司环境检测中心，2020年4月。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目评价范围：根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ/T 10.1-2016）的规定，以本项目源库实体屏蔽体为边界外 50m 范围。

本项目 50m 范围均在厂区范围内，无居民点、学校等环境敏感点，项目周围环境示意图见表 1 中图 1-1 和附图 2。

保护目标（给出保护目标的名称、规模和人口分布情况，并说明各保护目标与建设项目的关系，包括方位、距离等情况）

本项目放射源暂存库的环境保护目标是：源库 50m 范围内的公众人员和源库辐射工作人员。

表 7-1 环境保护目标分布一览表

项目名称	方向	环境保护目标	距离（m）	规模
源库	源库内	辐射工作人员	/	2 人
	西北侧	厂内道路途经公众 (电厂人员)	1.5m	少量
	西南侧	厂内道路途经公众 (电厂人员)	2.0m	少量
	东南侧	厂内道路途经公众 (电厂人员)	2.0m	少量
	东北侧	厂内道路途经公众 (电厂人员)	2.0m	少量

评价标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：工作人员职业照射和公众照射剂量限值：

	剂量限值
职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ① 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可做任何追溯平均)，20mSv； ② 任何一年中有效剂量，50mSv。

公众照射	<p>实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估算不应超过下述限值：</p> <p>③ 年有效剂量，1mSv；特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某个单一年份的有效剂量可提高到5mSv。</p>
------	---

(2) 《工业γ射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)；

4.1：照射容器周围的空气比释动能率不能超过下表的要求：

探伤机类型	距容器外表面不同距离处空气比释动能率控制值 (mGy/h)		
	0cm	5cm	100cm
手提式探伤机	2	0.5	0.02
移动式探伤机	2	1	0.05

8.2.2：放射源储存设施其外表面能接近公众，其屏蔽应能使设施外表面的空气比释动能率小于2.5μSv/h或者审管部门批准的水平。

(3) 《中国环境天然放射性水平》，原国家环境保护局，1995年。

浙江省环境天然贯穿辐射水平调查结果*

单位：nGy/h

室外剂量率	范围	均值	标准差
浙江省	11.3~150.6	72.3	19.9
温州市	40.6~147.5	80.7	22.7

*：结果含宇宙射线电离成分所致（空气吸收）剂量率。

(4) 本项目辐射剂量管理限值

1) 人员受照剂量管理目标值

根据源库人员工作特点和放射源项目评审要求，本项目取GB18871-2002中工作人员职业照射和公众人员照射年平均有效剂量限值的四分之一作为本项目职业人员和公众人员年有效剂量管理目标值，即职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众人员年有效剂量不超过0.25mSv。

2) 环境γ辐射剂量率控制限值

源库四周屏蔽墙和防护门外30cm处，γ辐射剂量率不超过2.5μSv/h。通过屋顶天空散射影响的γ辐射剂量率不超过2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

苏州热工研究院有限公司环境检测中心受中广核苍南核电有限公司的委托，于 2020 年 4 月 3 日对本项目源库厂房拟建区域进行了辐射环境本底检测。

1. 环境监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子：空气中 X- γ 剂量率。

2. 监测方案

苏州热工研究院有限公司采用 AT1121 型便携式环境 X- γ 剂量率仪（编号：HJ-189-02）检测空气中 X- γ 剂量，仪器在有效检定日期内（2019 年 12 月 24 日~2020 年 12 月 23 日）。检测点位布设采用网格化布点，如下图 8-1 所示。

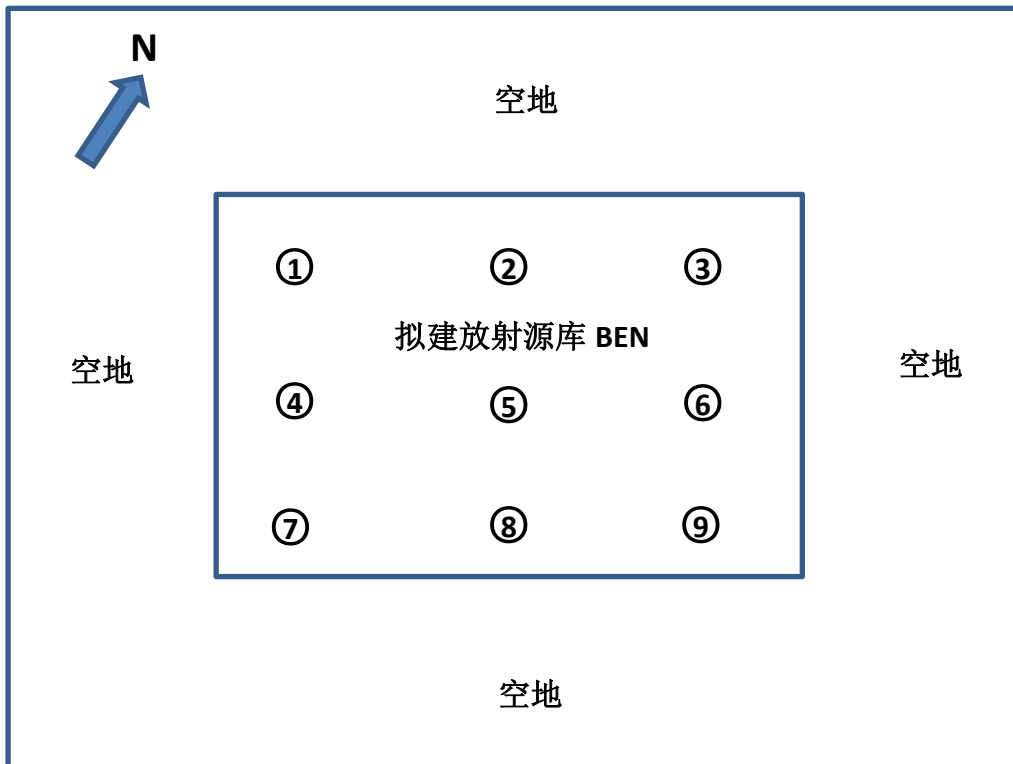


图 8-1 拟建放射源暂存库 BEN 区域检测点位示意图

3. 环境现状监测结果及评价

本次环境现状检测结果见表 8-1。

表 8-1 拟建源库厂房区域 γ 辐射剂量率本底检测结果

检测点	检测位置	X- γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	检测点 1	0.123 \pm 0.001
2	检测点 2	0.120 \pm 0.004
3	检测点 3	0.115 \pm 0.002
4	检测点 4	0.130 \pm 0.004
5	检测点 5	0.130 \pm 0.004
6	检测点 6	0.129 \pm 0.004
7	检测点 7	0.134 \pm 0.002
8	检测点 8	0.134 \pm 0.001
9	检测点 9	0.130 \pm 0.004

注：上述 X- γ 辐射剂量率检测结果未扣除宇宙响应值。

检测结果表明：本项目源库厂房拟建区域的 X- γ 辐射环境本底在 115~134nSv/h 范围内，处于浙江省和温州市天然贯穿辐射正常波动范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 放射源暂存库功能及规模

中广核苍南核电有限公司计划在三澳核电厂区内新建放射源暂存库项目（BEN），采用“永临结合”的方式，用于核电站建造、安装和运营期间所使用的探伤放射源和带有屏蔽容器的密封源的贮存，以实现放射源的安全控制和集中管理，防止放射源的丢失和被盗，尽可能减少潜在照射的危险和辐射事故的发生。

本项目在电厂施工期间，是作为探伤作业单位即工程承包商在三澳核电厂内作业和使用放射源时的源暂存场所，施工结束后放射源由承包商自行带走。在电厂运行期，源库将作为业主单位各涉源部门使用源的储存场所，以及大修期间承包商携带放射源的暂存场所。

根据国内其他核电厂源库建设和存储经验，通常在多台机组施工期以及机组大修期间，源库内放射源存储数量最多，可达约 70 枚。结合各电厂经验反馈及三澳核电厂实际，为留有一定裕量，防止库容后期不足影响电厂施工进度，本项目源库共设置了 95 个源柜和一个备用间，各源柜仅放一枚放射源，源库内最多可同时放置 96 枚放射源。前述章节表 2 中给出了不同种类放射源的最大预估数量，实际数量则会根据施工进度及承包商工作情况波动。

2. 源库总平面布置

放射源暂存库（BEN）规划在厂区东北侧，位于保护区围栏内，其东侧为保护区围栏，南侧为拟建1号核岛厂房，西侧为拟建水泥石灰仓库（BBN），北侧为拟建废物辅助厂房/废物暂存库（BQS/BQT）。源库长14.8m，宽14.9m，内净高4.2m，为单层混凝土厂房，建筑占地面积和建筑面积都为220m²。

本源库项目BEN分为源库主体和临时性岗亭两个部分，临时性岗亭位于源库主体西北方向10m处。源库主体为混凝土墙体结构。在1、2号机组建设和施工期间，为确保源库内放射源的管理安全，本项目单独配备一个临时性岗亭及保安人员，岗亭采用集装箱式设计，可容纳2人同时办公，源库和岗亭外围设置铁丝网围栏，后续1、2号机组投入运行时，围栏及岗亭予以拆除，纳入全厂的实体保卫系统统一管理。

源库主体分为两大区域，分别是放射源存放间及前室，通过屏蔽门连通与隔离。放射源存放间包括独立的A、B、C、D四间，其中一部分供承包商使用（A、B、C三间），另一部分供业主在部分机组运行后使用（D间）。在源库的大门外和每个放射源存放间的门外贴有GB18871—2002附录F中所规定的电离辐射标志，并注有“注意（或危险）！放射性物质”字样的标志。

A、B、C间可供核岛安装承包商、常规岛安装承包商和BOP安装承包商使用。其中A存放间设有30个放射源存放柜，分为上下两层的双层结构，包括8个容积为1000mm×1000mm×1000mm的大源柜和22个容积为600mm×600mm×600mm的小源柜；B存放间设有8个容积为1000mm×1000mm×1000mm的大源柜和12个容积为600mm×600mm×600mm的小源柜；C存放间设有8个容积为1000mm×1000mm×1000mm的大源柜和一个备用间，用于存放不规则带源仪表设备。D存放间在部分机组投入运营后作为运营单位放射源存放间使用，设有6个容积为1000mm×1000mm×1000mm的大源柜、30个容积为600mm×600mm×600mm的小源柜和1个用于存放不规则带源设备的源柜。

前室作为工作人员在放射源存取时的工作准备场所，其内设置有用于放射源台账登记的计算机、电源插座、厂内电话、监测仪表贮存柜、放射源临时存放点等。源库（不含临时性门岗）总平面布置图见附图3。

3. 放射源暂存库屏蔽设计

放射源存放间的主墙体为500mm厚的普通混凝土，密度不小于 2.35g/cm^3 ，每个源柜均用200mm厚混凝土隔开，源柜门为10mm厚的屏蔽钢质门，门上标有存储源的种类、活度、所属单位、联系人及联系方式。一般情况下，由于Co-60探伤机比较笨重，因此只放在下层的源格间内便于存取，而上层源格间可以存放手提式的探伤机。A、B、C、D四个存放间与前室通过屏蔽门隔离与连通，A、B、D存放间与前室的通道各有一道3cm厚的屏蔽铁门，C存放间与前室屏蔽铁门厚度为15cm。出于屏蔽和防盗的要求，源库的存放间和前室均不设置窗户。

本放射源暂存库在电厂施工期间存贮的主要是含有Ir-192放射源、Co-60放射源和Se-75放射源的探伤机，探伤源为密封放射源。探伤机出厂时屏蔽容器的包装和屏蔽满足《γ射线探伤机》（GB/T 14058—2008）和《工业γ射线探伤卫生防护标准》（GBZ 132—2008）的要求。

屏蔽设计要求如下：

源库的屏蔽设计能充分保证在满库容的情况下（即每个源柜存放一枚放射源或含源容器），满足如下的分区控制要求：

- a) 源库外监督区的辐射剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ；
- b) 源库内控制区的前室辐射剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$ 。

4. 放射源暂存库工作流程

入库：放射源首次进入库房前，2名源库工作人员共同打开源库大门，工作人员将放射源置于源库前室，测量其表面处的辐射剂量率，判断探伤机或密封容器内是否存在放射源，并观察源库内辐射剂量率。确认无异常后，登记进入源库，并固定放置于带编号源柜内。源柜表面需张贴信息表，清晰注明源柜内的源种类、数量、活度、所属单位、联系人及联系方式。

领用：放射源领用人员填写领用申请单，申请人为各用源单位或部门授权人员，申请单上需详细注明领用源时间、种类、数量、所在源柜位置、领用单位、使用场所等信息，经用源单位及建设单位相关负责人批准后，到源库处领用放射源。2名源库工作人员在源库外对领用人员信息进行核实后，共同至源库领用放射源。打开源库前室大门后，源库工作人员首先开启机械通风系统通风几分钟并用巡检仪观察源库内剂量率，确认无异常后，与领用人员核对领用清单并登记，确认无误后，工作人员进入源库，从领用清单注明的源柜位置取出放射源，并在前室进一步核实、检测确认探伤机或密封容器内含源后，由领用人员带走。

归还：放射源当天借用需当天归还。放射源使用完毕后，使用人员将放射源送回源库。2名源库工作人员在源库外对归还人员进行核实后，共同至源库归还放射源。到达源库前室后，源库工作人员开启机械通风系统通风几分钟并用巡检仪观察源库内剂量率，确认无异常后，与归还人员核对归还的放射源信息并登记，经检测确认探伤机或密封容器内含源且表面辐射剂量率无异常后，由工作人员进入源库，将放射源放置在原固定源柜位置。

放射源暂存库存取源工作流程见图 9-1。

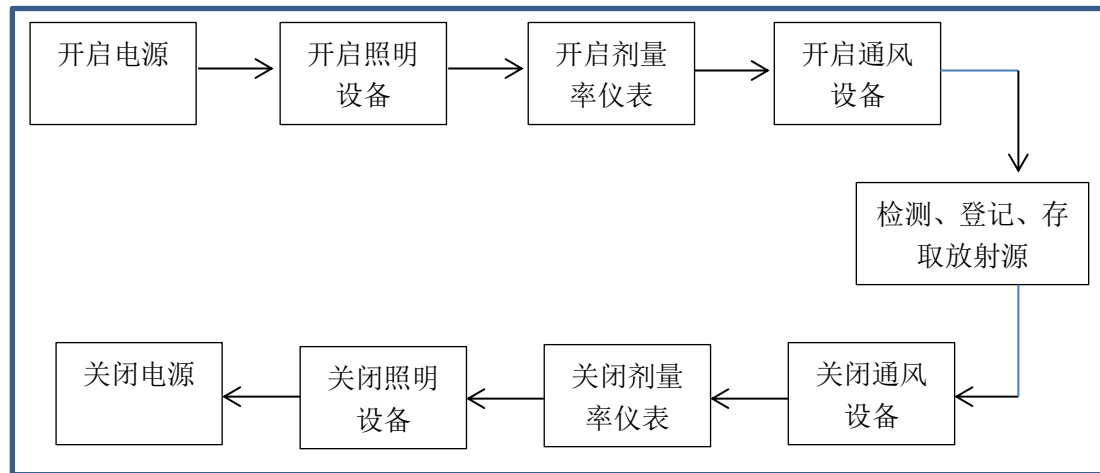


图 9-1 放射源暂存库存取源工作流程图

源库工作人员在进入源库前室接通电源照明后，先打开便携式 γ 剂量率仪，对源库内环境进行辐射测量，若发现剂量率仪发出报警信号时，则停止操作并采取应急措施，通知核电厂的辐射防护工作人员进行应急处理。此外，对进出源库的探伤机表面均需进行辐射剂量率检测，判断探伤机内放射源的状态。同时，源库工作人员和领用、归还放射源的人员均应佩戴电子式个人剂量计，用于监测个人受照剂量。

放射源出入源库必须登记建立台账，对每个放射源（含放射源设备）进行识别，并对放射源种类、放射性活度、存取日期、存放位置、使用单位或部门、存取人等信息进行记录和存档。

5. 放射源暂存库运行模式

源库辐射工作人员负责存取源的登记、开关电源、照明设备、辐射剂量率检测、设备检验、日常巡检、存取放射源等，主要负责放射源在源库内存取过程的安全。在源库外的安全则由用源单位及相关授权源携带人员负责。

源库辐射工作人员日常进出源库频次平均为 3 次/周，大修期间平均为 6 次/周，一次大修时间最多持续 8 周，每次进出源库时间约 3 分钟，年工作时间 30 周。放射源当天借用须当天归还。

放射源暂存库内在存取放射源和日常巡检时才有人员进入活动，平时无人在源库内办公和值班等，除非有特别的授权，人员不得随意进入。

污染源项描述

1. 放射性源项

(1) 放射源源强

放射源暂存库BEN存放的放射源主要为探伤用密封放射源，核电厂最常用的探伤机大部分为手提式，结合运行电厂经验反馈会有少量的移动式探伤机。手提式探伤机主要采用¹⁹²Ir和⁷⁵Se放射源，移动式探伤机主要使用⁶⁰Co放射源。

根据《工业γ射线探伤放射防护标准》(GBZ 132—2008)中4.1节的要求，探伤机源容器的屏蔽设计应该使其在装有最大活度的密封放射源且闭锁在安全位置时，满足如下表9-1的规定：

表 9-1 探伤机周围空气比释动能率限值

探伤机类型	距容器外表面不同距离处空气比释动能率控制值 (mGy/h)		
	0cm	5cm	100cm
手提式探伤机	2	0.5	0.02
移动式探伤机	2	1	0.05

上表中给出的数据为探伤机源容器周围空气比释动能率 (μGy/h)；在空气中，当处于带电粒子平衡情况下时，比释动能率与剂量率的转换系数考虑为 1。根据美国 ENDF/B-VII.1 核数据库中给出的数据，¹⁹²Ir、⁷⁵Se 和 ⁶⁰Co 放射性同位素的衰变类型、半衰期、活度、射线类型、能量、强度、空气吸收剂量率常数 Γ 见表 9-2。

表 9-2 源库拟存放的主要放射源核素特性及源项参数

序号	核素名称	衰变类型/半衰期	活度范围	射线类型 能量/MeV(强度/%)	Γ
1	Co-60	β ⁻ 5.27a	3.70E+12 Bq	γ 1.17 (100%) 1.33(100%)	1.32
2	Ir-192	β ⁻ /EC 74d	3.70E+12 Bq	β ⁻ 0.670(47%) 0.530(43%) γ 0.296(30%) 0.308(31%) 0.316 (83%) 0.468(47%) 0.604(8%)	0.472
3	Se-75	EC	3.70E+12 Bq	γ 0.265(57%)	0.204

		120d		0.136(54%)	
				0.121 (16%)	
				0.280(19%)	
				0.401 (12%)	

每台探伤机内存放有一枚密封放射源，体积很小，可考虑为点源；点源的剂量率随距离的变化符合反平方律的关系式。

从表9-2可知，⁷⁵Se的射线平均能量低于¹⁹²Ir，且¹⁹²Ir的照射量率常数大于⁷⁵Se，因此在源项计算时，保守考虑放射源暂存库中所有小源柜存放的全部为手提式¹⁹²Ir源探伤机，共64个，所有大源柜及一个不规则源柜和一个备用间存放的全部为移动式⁶⁰Co源探伤机，共32个。

(2) γ 探伤机表面辐射水平

根据《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008)，对于本项目使用的移动式或手提式 γ 探伤机，设备表面的辐射水平控制值见表 9-1。¹⁹²Ir 手提式探伤机源容器表面 5cm 处辐射剂量率不超过 500 μ Sv/h，表面 1m 处辐射剂量率不超过 20 μ Sv/h。⁶⁰Co 移动式探伤机源容器表面 5cm 处辐射剂量率不超过 1000 μ Sv/h，表面 1m 处辐射剂量率不超过 50 μ Sv/h。经调研，放射源离探伤机容器外表面的距离约为 0.2m。

(3) 退役放射源源项

本项目在施工期所使用的探伤机为承包商所有，放射源退役后由探伤机供货单位回收处置；核电厂运行后自行购买的放射源在退役后由供源厂家上门回收处置。

2. 非放射性源项

(1) 废气

本项目在运行过程中（存储放射源状态），由于空气电离会产生少量臭氧和氮氧化物。

(2) 废液

本项目不涉及非放射性废液排放。

(3) 固体废物

本项目不涉及非放射性固体废物的产生和处置。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1. 辐射工作场所分区管理

中广核苍南核电有限公司将对放射源暂存库进行分区管理,以放射源暂存库(存放间、前室)建筑边界作为控制区边界,源库的屏蔽设计确保其内贮存的放射源对工作人员和公众的辐射剂量影响满足国家标准要求。根据建设单位对源库辐射防护分区的管理要求,在存放区存满放射源时,前室内的辐射剂量率须 $\leq 10\mu\text{Sv/h}$,源库外监督区的辐射剂量率须 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$,监督区范围为源库屏蔽墙外 2m 范围。控制区边界(源库大门)采用双人双锁和剂量率监测措施,人员进入控制区前,先通风并用巡检仪观察源库内剂量率监测结果,确认无异常后方可进入。监督区和控制区边界设置电离辐射标志和门锁,监督区设置围栏,加强入口管理,禁止公众靠近和进入源库。源库分区图见附图 4。

放射源存放间及前室即控制区内只有在存取放射源和巡检时才有人员活动,其他时间没有人员活动和值班。

建设单位对于辐射工作场所的分区及管理措施是合理可行的,可有效加强辐射安全管理,降低发生事故的几率。

2. 辐射安全场所屏蔽设计方案

源库存放间的主墙体为 500mm 厚的普通混凝土,房顶为 160mm 厚的普通混凝土。每个源柜均用 200mm 厚的混凝土隔开,源柜门为 10mm 厚的钢质门。前室外墙为 250mm 厚混凝土。源库存放间与前室通过屏蔽门隔离与连通,A、B、D 存放间与前室的通道各有一道 30mm 厚的不锈钢铁门,C 存放间与前室屏蔽铁门厚度为 150mm。出于屏蔽和防盗的要求,源库的存放间和前室均不设置窗户。放射源暂存库平面设计图和立面设计图见附图 3。

3. 辐射安全设施描述及评价

(1) 通风系统:放射源存放间 A/B/C/D 设置日常通风,采用自然进风、机械排风,换气次数 3 次/h。放射源存放间 A/B/C/D 排风共用 1 台屋顶风机,由设置在源存放间与前室之间隔墙上的余压阀自然进风,通过屋顶风机机械排风,气流组织形式为下进风、上排风,可以起到良好的通风效果。

(2) 照明系统:照明系统设有正常照明和应急照明。照明电源引自子项

低压配电箱。应急照明选用自带 1.5 小时蓄电池的应急照明灯，由正常电源浮充电。

(3) 有线广播系统：有线广播系统用于发出寻人呼叫和应急通知，具有分区呼叫和优先呼叫的功能，且支持火灾事故及其它事故广播和正常广播。在前室设置 1 只广播端子箱，安装 5 只 5W 的筒形扬声器。

(4) 声报警系统：声报警系统在电厂事故工况下用于发出声报警信号，使工作人员听到不同的声报警信号采取相应的措施。在前室设置 1 只声警报端子箱，安装 1 只声光警报器。

(5) 无线通信系统：无线通信系统与有线电话网配合使用，用于呼叫寻人和发布核应急信息。在源库内设置室内分布系统。无线通信覆盖主要采用网络交换机、宽带接入微基站等进行室内覆盖。

(6) 入侵监测及视频监视系统：根据放射源辐射安全管理要求，在核电站建造和安装期间，放射源暂存库内设置了临时的出入口控制系统及入侵探测和视频监视系统，包括被动红外探测器、红外摄像机及门磁开关等监视设备，在岗亭进行控制和监视。源库投运后可实现对库内放射源的安全控制和集中管理，防止探伤源的丢失或盗窃，避免意外辐射事故的发生，保证人员的辐射安全。在核电站运营期间，全厂放射源安防措施需集中到实物保护系统统一管理，为接入实物保护系统并满足实物保护系统及设备的指标和要求，需拆除临时设备，并设置永久的出入口控制系统和入侵探测及复核系统，包括被动红外探测器、视频定焦摄像机及门磁开关等监视设备，在全厂保卫控制中心集中控制和监视。

在源库各存放间内也布设红外摄像头，保证存放间内所有源 24 小时受监控，且存放间内无监控死角。

(7) 出入控制系统：核电厂建造期间，放射源暂存库大门上设有独立键盘密码锁，且按“双人原则”进行设置，满足库房双人双锁原则。在核电站运营期间，拆除旧设备，放射源暂存库大门入口设有读卡器和人脸识别装置，出口设置刷卡读卡器，授权按“双人原则”进行设置，满足库房进出双人管控原则。同时，对于前室与各存放间屏蔽门以及存放间内各源柜小门，也均按照双人双锁设置。

(8) 火灾报警系统：在源库存在火灾危险的房间和区域设置火灾探测器，连续进行自动监测，一旦发生火灾，探测器立即发出火灾报警信号，实现火灾的

早期预警，以便尽早确认火情，采取相应措施，自动或手动启动消防灭火设备，减少损失。

(9) 辐射剂量率监测仪：放射源暂存库内配有 1 台便携式 γ 剂量率监测仪和 5 台电子个人剂量计，进出源库时可监测源库内外的辐射剂量率，均具备报警功能。

放射源暂存库采用上述辐射安全设计，能够满足放射源暂存库房管理的要求。源库安防设施分布见附图 5。

4、源库防水设计

建筑外墙采用乳胶漆墙面，做防水层。屋面采用卷材防水屋面，防水等级为 I 级，防水层为 3+4 厚改性沥青防水卷材。屋面保温层为 40 厚挤塑聚苯板。

浙江三澳核电厂址在设计上已充分考虑了苍南地区的极端气象条件，包括台风、暴雨，洪水位考虑可能最大风暴潮增水、10%超越概率的天文高潮位组合，及可能最大风暴潮相应的波浪影响，设计基准洪水位为 8.80m，三澳核电厂址标高为 17.50m，远高于海域洪水水位。另外厂区设计有完善的排水系统，源库地面标高也高于库外地面 0.3m，满足防水要求，不会受到水淹影响。

三废的治理

1. 退役放射源处置

核电厂施工期放射源属于承包商所有，源的退役由承包商负责，后续核电厂运行后，核电厂运营单位将与放射源供货商签订废源回收协议，由源供货商负责退役源的回收处置。

2. 废气处置

本项目在运行过程中（存储放射源状态），由于空气电离会产生少量臭氧和氮氧化物，因产生量极少，通过屋顶风机抽出排入大气环境后，对环境质量影响较小。

3. 废液处置

本项目不涉及废液处置。

4. 固体废物处置

本项目不涉及固体废物处置。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目在施工过程中对环境产生一定的影响，虽然施工期对环境的影响是短暂性的，但建设单位与施工单位需对环保问题高度重视，并切实做好防护措施，将施工建设期间对环境的影响降至最低。本项目预计施工期约 4 个月，施工期结束后，施工期的影响也将随之消失。

1、环境空气影响

本项目施工建设期间，施工扬尘、各类机械及运输车辆尾气（主要有 NO_x 、CO 等污染物）以及装修期间装修材料挥发的有机废气对大气环境造成影响。

（1）施工扬尘的影响

施工阶段产生扬尘的环节很多，排放量受施工作业的活动水平、特定操作和主风向变化等条件影响很大，主要集中在施工区域附近，以无组织的形式排放。施工所产生的扬尘颗粒粒径较大，一般超过 $100\mu\text{m}$ ，因此在飞扬过程中沉降速度较大，很快就落至地面，所以其影响的范围比较小，局限在施工现场及其附近。如果施工期间对施工场地，特别是车辆行驶路面进行洒水抑尘，可使扬尘大幅度减少。因施工建材的露天堆放和搅拌作业引起的扬尘主要受作业时风速的影响，风速越大，影响越大，因此禁止大风天气进行此类作业及减少露天堆放是抑制扬尘的有效手段。此外，施工单位在施工过程中应文明施工，道路进行硬化和管理，边界围挡，裸露地面覆盖，运输途中加盖苫布，以及对运输车辆进行机械冲洗等方式以减少扬尘的产生，尽量降低施工活动对区域空气质量受到的不良影响。预计本项目施工期场界外扬尘浓度低于《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中颗粒物周界外浓度 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 的标准限值。

（2）施工机械尾气的影响

除扬尘影响外，建设期施工机械设备排放的尾气和进出施工场地的各类运输车辆排放的汽车尾气也在短时间内影响当地的空气环境质量。施工机械排放废气主要集中在打桩、挖土和材料运输阶段，废气排放量与同时运转的机械设备、车辆数量以及行驶状态有关。

本项目位于三澳核电厂区内，相对全厂施工期建设，规模较小，施工机械和运输车辆使用少。施工机械及运输车辆尾气为无组织排放，产生量少，排放点分散，排放时间有限，且施工区域邻近海边，风速较大，空气扩散条件良好，因而尾气对大气环境的影

响有限。施工单位在施工过程中应使用符合国家现行标准规定的、低污染排放的车辆和设备，燃用满足国家标准的柴油，并注意日常设备的检修和维修，保证设备在正常工况下运转。结合类似施工项目，预计本项目施工时周界外二氧化硫和氮氧化物浓度满足《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二氧化硫周界外浓度最高点 $0.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，氮氧化物周界外浓度最高点 $0.12\text{mg}/\text{m}^3$ 的限值要求。

（3）装修废气

装修期间可能使用有机胶黏剂、化学涂料等有机物，这些有机物大多会产生挥发性有机化合物（VOCs），短暂地影响到室内空气环境，对室外环境影响很小。因此，装修选购环保油漆、化学涂料等原材料，装修期间加强室内通风换气，以最大程度降低装修期间有机废气对施工人员以及周围环境的影响。

通过采取以上措施，可将本项目施工期排放废气对周围环境的影响降至最低限度。

2、水环境影响

施工期水污染源主要来源于基坑废水，混凝土施工过程中砼浇筑、养护等产生的废水，地面冲洗废水以及施工人员的生活污水。本项目周边设置集水沟、隔油池和临时沉淀池，对含泥沙、油污的施工废水进行处理，处理后的废水回用于厂区洒水扬尘，多余废水纳入厂区污水处理系统处理。

总体而言，本项目施工期排放的废水量不大，施工人员均来自三澳核电厂施工人员，施工废水纳入全厂废水处理系统管理，不会对周边水体环境造成影响。

3、噪声影响

施工过程中使用的施工机械所产生的噪声主要属于中低频噪声，因此在预测其影响时可只考虑其扩散衰减，即预测模型可选用：

$$L_{A(r2)} = L_{A(r1)} - 20\lg(r2/r1)$$

式中：

$L_{A(r1)}$ 及 $L_{A(r2)}$ 分别为距离声源 r_1 及 r_2 处的等效 A 声级强度(dB)；

r_1 和 r_2 分别为接受点距声源的距离（m）。

对两个以上多个声源同时存在时，其预测点上总声级采用如下公式：

$$L = 10\lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i}$$

式中：

L 为迭加后的声级(dB);

L_i 为第 i 个被迭加的声级(dB);

n 为迭加的噪声源个数。

由上式可推得，噪声随距离增加而衰减的量 ΔL : $20\lg(r_2/r_1)$ ，即可计算出施工机械的噪声值随距离衰减后的情况，见下表所示：

表 11-3 噪声值随距离的衰减关系

距离 (m)	1	10	50	100	150	200	250	300	400	500
ΔL dB(A)	0	20	34	40	43	46	48	49	52	55

实际施工过程中，往往是多种机械同时工作，各种噪声源辐射的相互叠加，噪声级将更高，辐射范围亦更大。考虑噪声强度较大的砼振动机和混凝土搅拌机同时工作的情况，则可计算出工程施工噪声随距离衰减后的情况，具体见表 11-4 所示：

表 11-4 施工噪声值随距离的衰减关系

噪声值: dB(A); 距离 m

距离	10	20	50	70	90	100	150	200	300	350	400	2000
砼振动机	85	79.0	71.0	68.1	65.9	65.0	61.5	59.0	55.5	54.1	53.0	39.0
搅拌机	84	78.0	70.0	67.1	64.9	64.0	60.5	58.0	54.5	53.1	52.0	38.0
叠加	87.5	81.5	73.6	70.6	68.5	67.5	64.0	61.5	58.0	56.7	55.5	41.5

本工程位于三澳核电厂区内东侧，邻近海边，周边 1km 范围内没有居民点，因此施工噪声的影响仅限于施工人员，不会出现噪声扰民的现象。

尽管噪声对周边环境影响较小，仍建议建设单位做到以下几点噪声防治措施：

- ① 合理安排施工时间，严禁夜间施工。
- ② 物料运输过程中严格控制行车速度，禁止鸣笛，尽量降低对周边声环境的影响。
- ③ 尽量采用低噪声设备，并应避免推土机、挖掘机等噪声大的设备同时作业。
- ④ 施工单位应设专人对设备进行定期保养和维护，避免因松动部件振动或消声器损坏而加大设备工作的声级。

采取上述措施及其它减振、消声和隔声降噪措施治理后，施工场地边界噪声强度可符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）规定，对周围声环境影响较小。

4、固废影响

本项目施工期固体废弃物主要包括工程弃渣和施工人员生活垃圾。

由于项目占地面积不大，主要是厂房地基开挖产生的废弃土石方，弃方量较少，运

至厂区弃渣场统一堆放。施工人员生活垃圾纳入核电厂固废系统统一管理，由地方环卫部门负责外运填埋处置，对环境的影响较小。

5、生态影响

本项目生态影响主要是施工期厂房建设过程对原有地貌的占用和扰动，施工活动将破坏地貌原有的生态系统，改变该地块的生境条件，造成生物量、植被、动物等物种的损失。本项目位于三澳核电厂区内，占地面积 220m²，相对较小。目前厂区正在开展场平工程，本源库项目占地范围内已没有草地和林地地貌，生物种类和生物量较少，因此该项目占地对该区域生态系统的影响很少，不会改变区域生态系统的整体稳定。

三澳核电工程已完成整体环境影响评价、水土保持方案的编制和审批，并制定了完善的施工期环境监测、水保监测方案和计划。本项目为三澳核电工程的子项，建设期环境管理也将纳入全厂环境管理工作中，在落实相关环保管理措施后，项目建设预计对周边环境的影响较小。

运行阶段对环境的影响

1、环境辐射影响分析

本源库项目工作人员的受照途径主要为在源库内存取放射源时受到探伤机的 γ 射线外照射。根据源库设计容量，本项目剂量计算时考虑源库 94 个源柜及 1 个不规则源柜和 1 个备用间全部放满源，30 个大源柜、1 个不规则源柜和 1 个备用间全部放 ⁶⁰Co 移动式探伤机，64 个小源柜全部放 ¹⁹²Ir 手提式探伤机，假设所有源均放在源柜中间位置。

本项目拟放置的探伤机全部为正规厂家生产，出厂时的表面空气吸收剂量率均满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 中的距探伤机源容器外表面不同距离处的空气吸收剂量率限值。即：

¹⁹²Ir 手提式探伤机：

- 源容器表面处辐射剂量率不超过 2000 μ Sv/h；
- 源容器表面 5cm 处辐射剂量率不超过 500 μ Sv/h；
- 源容器表面 1m 处辐射剂量率不超过 20 μ Sv/h。

⁶⁰Co 移动式探伤机：

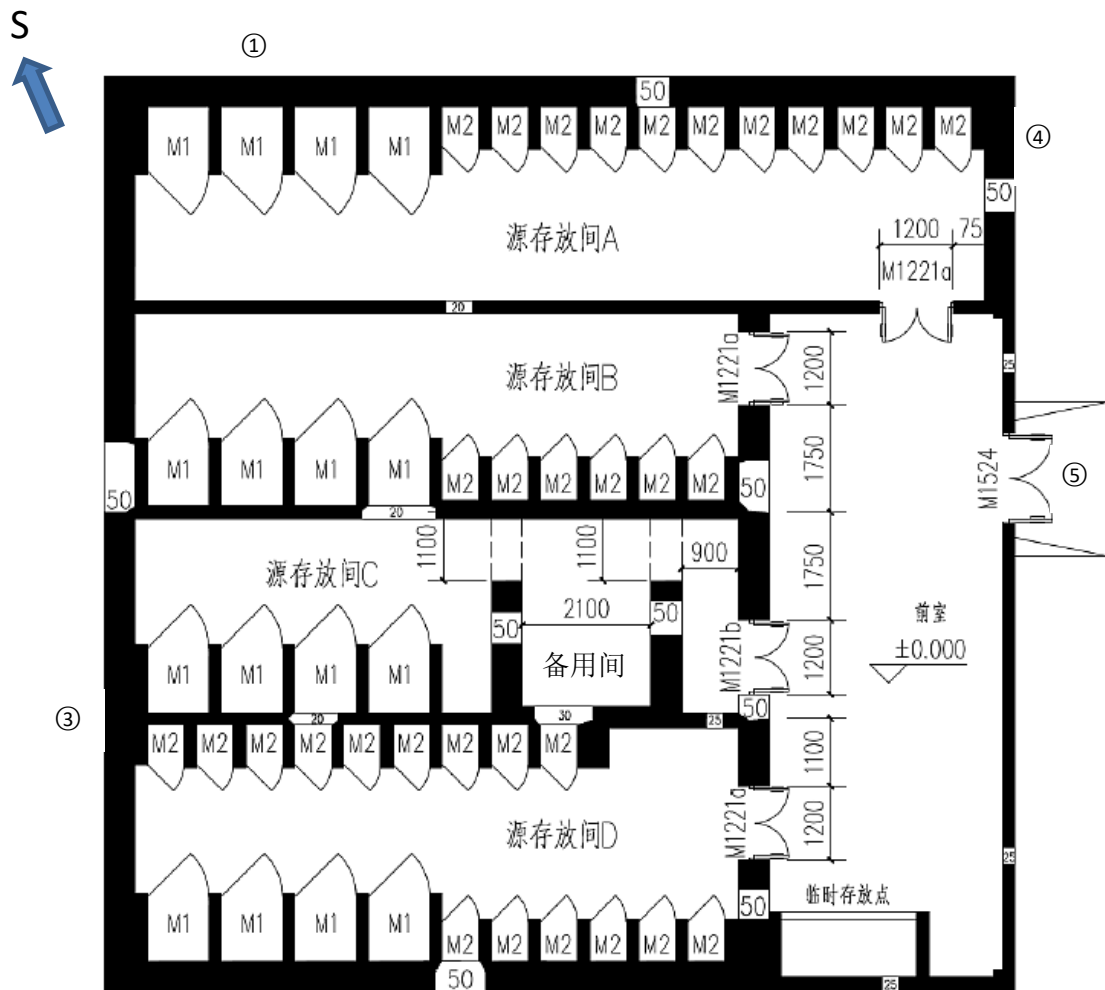
- 源容器表面处辐射剂量率不超过 2000 μ Sv/h；
- 源容器表面 5cm 处辐射剂量率不超过 1000 μ Sv/h；

➤ 源容器表面 1m 处辐射剂量率不超过 50 μ Sv/h。

根据放射源暂存库屏蔽设计参数，评价源库周围环境辐射水平是否满足 GBZ132-2008 中屏蔽墙外 30cm 处空气吸收剂量率不超过 2.5 μ Gy/h 的限值要求。对职业人员和公众受到的个人剂量是否满足国标 GB18871-2002 中的限值要求以及剂量管理目标值要求（职业人员年受照剂量不超过 5mSv，公众年受照剂量不超过 0.25mSv）。

2、源库外辐射剂量率估算

根据源库内放射源分布，分别选择源库外各方位辐射剂量率相对较高的地点进行估算，如靠近多台 ^{60}Co 移动式探伤机的地点、同时靠近 ^{60}Co 移动式探伤机和 ^{192}Ir 手提式探伤机的地点。根据源库总平面布置图，源库外共设置 5 个点位进行辐射剂量率估算，分别为西南墙外 30cm 处（点位 1），东北墙外 30cm 处（点位 2），东南墙外 30cm 处（点位 3），西北墙外 30cm 处（点位 4）、源库西北侧大门外 30cm 处（点位 5），各点位分布见图 11-1。同时对源库屋顶进行天空散射估算。



② 图 11-1 源库外辐射剂量率估算点位布设图

各关注点位辐射途径及屏蔽情况见表 11-5。

表 11-5 放射源暂存库周围关注点辐射影响途径及屏蔽情况一览表

关注点	主要照射途径	照射途径数	与源距离(m)	屏蔽材料	屏蔽层厚度(mm)	受照人群
源库西南墙外 30cm 处 (关注点 1)	γ 射线透射	3	1.5	混凝土	500	公众
源库东北墙外 30cm 处 (关注点 2)	γ 射线透射	3	1.5	混凝土	500	公众
源库东南墙外 30cm 处 (关注点 3)	γ 射线透射	2	1.5/1.7	混凝土	500	公众
源库西北墙西外 30cm 处(关注点 4)	γ 射线透射	1	1.5	混凝土	500	公众
源库西北侧大门外 30cm 处(关注点 5)	γ 射线透射	1	5.05	混凝土	700	公众

—γ 射线影响计算

γ 射线辐射影响预测引用《辐射防护手册》第三分册 γ 剂量估算公式 (1)，计算出无屏蔽情况下距离 γ 源 R 米处的照射量率：

$$X = \frac{A\Gamma_r}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

X：无屏蔽防护时，距离 γ 源 R 米处的照射量率，R/h；

A：γ 放射源的活度，Ci；

Γ_r：放射性同位素的照射率常数， $\frac{R \cdot m^2}{h \cdot Ci}$ ，

对 ⁶⁰Co：Γ_r=1.32 (R·m²/h·Ci)；

R：参考点到 γ 放射源的距离，m。

在空气中 1R 相当于 0.869rad，故空气吸收剂量率 D (rad/h) 的计算公式见 (2)：

$$D = 0.869 \frac{A\Gamma_r}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

根据吸收剂量单位换算关系，1Gy=100rad，故空气吸收剂量率 K₀ (μGy/h) 的计算公式见 (3)：

$$K_0 = 0.869 \frac{A\Gamma_r}{R^2} \cdot 10^4 \dots\dots\dots (3)$$

根据公式 (4) 计算有屏蔽墙情况下参考点的空气吸收剂量率 K：

$$K = \frac{K_0}{N} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

K：有屏蔽墙情况下参考点的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

N：减弱倍数。

根据公式（4）计算减弱倍数 N：

$$N = 2^{(r/\Delta_{1/2})} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

r：屏蔽墙厚度，mm；

$\Delta_{1/2}$ ：不同材料半值层厚度，根据 GBZ132-2008 附录 C 中附表 C.1， ^{60}Co 放射源工况下，混凝土半值层厚度为 70mm，不锈钢铁板的半值层厚度为 24mm。 ^{192}Ir 放射源工况下，混凝土半值层厚度为 50mm，不锈钢板的半值层厚度为 14mm。

根据上述辐射剂量率公式，对于同一放射源，不同距离处的辐射剂量率推导计算公式为：

$$D = D_0 \times \left(\frac{R_0}{R}\right)^2 \times 2^{\frac{-r}{\Delta_{1/2}}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

D：关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

D_0 ：密封 γ 源容器外表面处某一点的辐射剂量率限值， $\mu\text{Gy/h}$ ；为保证探伤机表面各距离处辐射剂量率均满足 GBZ132-2008 的要求，对于 ^{60}Co 移动式放射源，采用距离其表面 5cm 处的辐射剂量率限值， $1000\mu\text{Gy/h}$ ；对于 ^{192}Ir 手提式放射源，采用距离其表面 1m 处的辐射剂量率限值， $20\mu\text{Gy/h}$ ；

R_0 ： D_0 处距探伤机表面的距离，另假设源距探伤机表面0.2m；

R：关注点到密封源的距离，m；

D：屏蔽体厚度，mm；

$\Delta_{1/2}$ ：半值层厚度，mm。

— 天空散射影响计算

对于源库屋顶，将考虑射线穿透屋顶后，通过天空散射在源库周围地面形成的附加剂量率。

$$H = (2.5 \times 10^{-2} \cdot H_0 \Omega^{1.3}) / r_s^2 \dots\dots\dots (7)$$

其中：H：天空散射在探伤室外引起的空气吸收剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

H_0 ：屋顶上 2 m 处的 γ 射线剂量率， $\mu\text{Gy/h}$ ；

Ω : 射线源与屋顶之间包含的立体角, Sr;

r_s : 射线源与计算点之间的距离, m。

射线源与屋顶之间包含的立体角 Ω 可由下式进行计算:

$$\Omega = 4 \arctan (a \cdot b \cdot 1/c \cdot 1/d) \dots\dots\dots (8)$$

其中 a: 源库屋顶长度的一半, m;

b: 源库屋顶宽度的一半, m;

c: 射线源到源库屋顶表面中心的距离, m;

d: 射线源到源库边缘的距离, m。

➤ 点位①辐射剂量率

考虑受照辐射剂量率的相对保守性, 计算点位 1 选取在源库西南墙外靠近相邻三个大源柜里中间源柜的外侧, 同时受三个大源柜里 ^{60}Co 移动式探伤机的照射, 源柜上下两层均放有探伤机。第 4 个源柜由于距离较远, 且屏蔽厚度增加, 对计算点位 1 的附加剂量率相对较小, 计算时不再考虑。点位 1 受照途径见图 11-2。

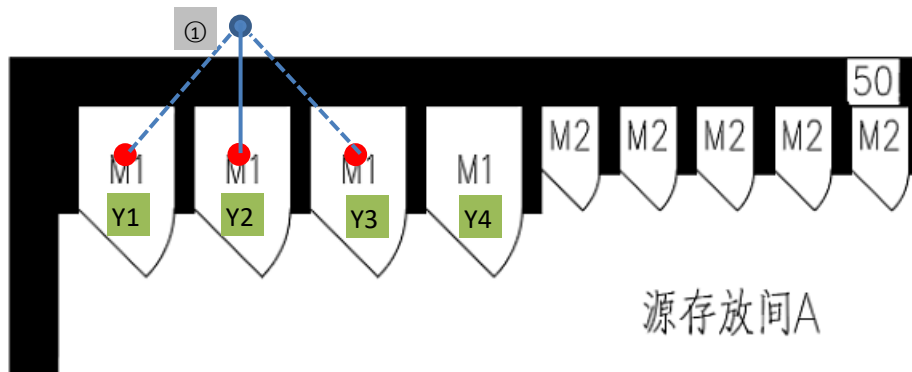


图 11-2 源库西北墙外 30cm 处点位①受照途径分析图

— Y2 源柜上下两个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点①的辐射剂量率估算

$$D_2 = 2000 \mu\text{Gy/h} \cdot (0.25\text{m}/1.5\text{m})^2 \cdot 2^{(-500\text{mm}/70\text{mm})} = 0.393 \mu\text{Gy/h}.$$

— Y1 和 Y3 源柜上下 4 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点①的辐射剂量率估算

$$D_{1/3} = 4000 \mu\text{Gy/h} \cdot (0.25\text{m}/1.97\text{m})^2 \cdot 2^{(-500\text{mm}/70\text{mm})} = 0.456 \mu\text{Gy/h}.$$

— 关注点①受照总辐射剂量率

$$D_0 = D_2 + D_{1/3} = 0.393 \mu\text{Gy/h} + 0.456 \mu\text{Gy/h} = 0.849 \mu\text{Gy/h}.$$

➤ 点位②辐射剂量率

根据放射源暂存库内大小源柜布局及平面布置, 源库东北侧墙外最大辐射剂量率

点位 2 与点位 1 相同，在靠近相邻三个大源柜里中间源柜的外侧，同时受三个大源柜里 ^{60}Co 移动式探伤机的照射，受照总辐射剂量率为 $0.849\mu\text{Gy/h}$ 。点位 2 受照途径见图 11-3。

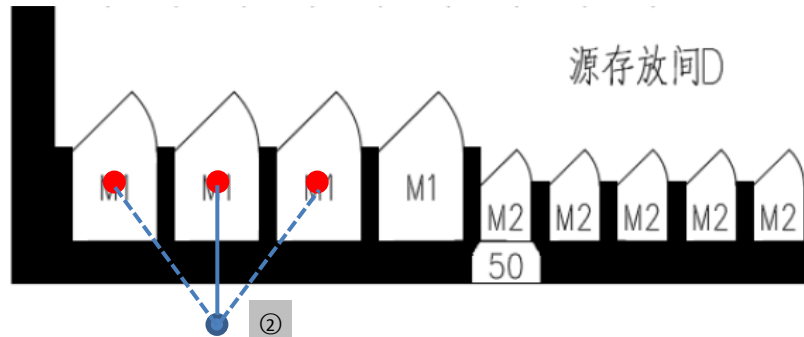


图 11-3 源库东南墙外 30cm 处点位②受照途径分析图

➤ 点位③辐射剂量率

根据源库内源柜布置，源库东南侧计算点位 3 选取在源存放间 C 和 D 之间的墙体外侧，同时受相邻一个大源柜和一个小源柜内放射源的照射，各源柜上下两层均放有探伤机。保守计算，点位 3 与两个源柜的距离取各源柜到墙外 30cm 的垂直距离。点位 3 受照途径见图 11-4。

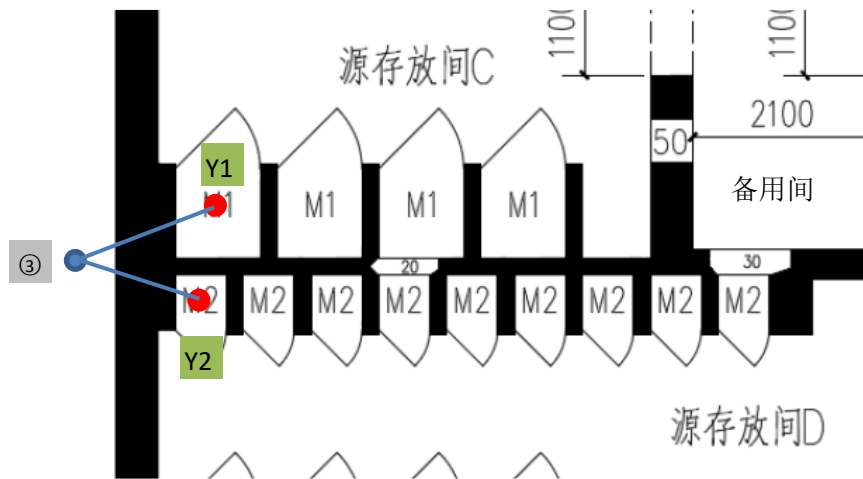


图 11-4 源库南墙外 30cm 处点位③受照途径分析图

— Y2 源柜上下 2 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点③的辐射剂量率估算

$$D_1 = 40\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/1.5\text{m})^2 * 2^{(-700\text{mm}/50\text{mm})} = 0.002\mu\text{Gy/h}.$$

— Y1 源柜上下两个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点③的辐射剂量率估算

$$D_2 = 2000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.7\text{m})^2 * 2^{(-700\text{mm}/70\text{mm})} = 0.042\mu\text{Gy/h}.$$

— 关注点③受照总辐射剂量率

$$D_{\text{⑤}} = D_1 + D_2 = 0.002 \mu\text{Gy/h} + 0.042 \mu\text{Gy/h} = 0.044 \mu\text{Gy/h}.$$

➤ 点位④和⑤辐射剂量率

根据源库内源柜布置，源库西北侧选取两个关注点，分别为源存放间 A 西北侧墙外 30cm 处的点位 4 和源库大门外 30cm 处的点位 5，其中点位 4 考虑受源存放间 A 内一个小源柜中的 ^{192}Ir 手提式探伤机的照射，点位 5 考虑受源存放间 B 内一个小源柜中的 ^{192}Ir 手提式探伤机的照射，各源柜上下两层均放有探伤机。点位 4 和 5 受照途径见图 11-5。

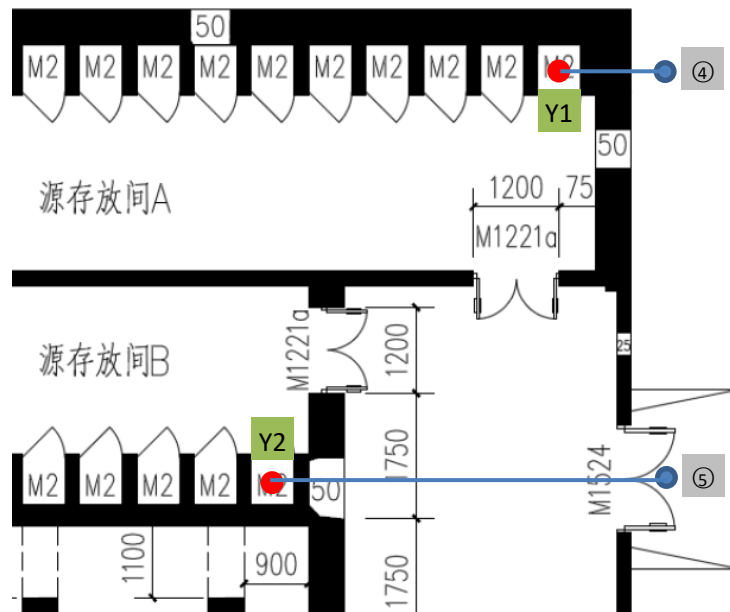


图 11-5 源库西北墙外 30cm 处点位④和⑤受照途径分析图

— Y1 源柜上下两个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点④的辐射剂量率估算

$$D_{\text{④}} = 40 \mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/1.5\text{m})^2 * 2^{(-700\text{mm}/50\text{mm})} = 0.002 \mu\text{Gy/h}.$$

— Y2 源柜上下两个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点⑤的辐射剂量率估算

$$D_{\text{⑤}} = 40 \mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/5.05\text{m})^2 * 2^{(-700\text{mm}/50\text{mm})} = 0.0002 \mu\text{Gy/h}.$$

➤ 源库屋顶天空散射影响估算

根据源库总平面布置，屋顶计算点设置在源存放间 C 和 D 之间，主要受上层邻近 3 个源柜内放射源的照射，即 3 个 ^{60}Co 移动式探伤机和 3 个 ^{192}Ir 手提式探伤机。保守考虑 3 个 ^{60}Co 移动式探伤机与屋顶关注点距离按中间探伤机距离计算，3 个 ^{192}Ir 手提式探伤机亦如此。

— C 存放间上层 3 个 ^{60}Co 移动式探伤机对屋顶 2m 处的辐射剂量率估算

$$D_{\text{Co}} = 3000 \mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/5.46\text{m})^2 * 2^{(-100\text{mm}/70\text{mm})} * 2^{(-160\text{mm}/70\text{mm})} = 0.479 \mu\text{Gy/h}.$$

— D 存放间上层 3 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对屋顶 2m 处的辐射剂量率估算

$$D_{\text{Ir}}=60\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/5.56\text{m})^2 * 2^{(-100\text{mm}/50\text{mm})} * 2^{(-160\text{mm}/50\text{mm})} = 0.076\mu\text{Gy/h}.$$

$$D_{\text{屋顶}} = D_{\text{Co}} + D_{\text{Ir}} = 0.479\mu\text{Gy/h} + 0.076\mu\text{Gy/h} = 0.555\mu\text{Gy/h}.$$

根据前述公式 (7)，对于源库屋顶，考虑射线穿透屋顶后，通过天空反散射在源库周围地面形成的最大附加剂量率为 $0.0001\mu\text{Gy/h}$ 。

➤ 源库外各关注点辐射剂量率估算结果汇总

经保守估算，本项目放射源暂存库各屏蔽墙外的关注点辐射剂量率汇总结果见下表 11-6。由估算结果可知，源库周边区域辐射剂量率均满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》(GBZ132-2008) 中屏蔽墙外 30cm 处空气吸收剂量率不超过 $2.5\mu\text{Gy/h}$ 的限值要求。

表 11-6 放射源暂存库周边各关注点辐射剂量率估算结果

关注点	屏蔽材料	屏蔽层厚度 (mm)	受照人群	辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)
源库西南墙外 30cm 处 (关注点 1)	混凝土	500	公众	0.849
源库东北墙外 30cm 处 (关注点 2)	混凝土	500	公众	0.849
源库东南墙外 30cm 处 (关注点 3)	混凝土	500	公众	0.044
源库西北墙西外 30cm 处 (关注点 4)	混凝土	500	公众	0.002
源库西北侧大门外 30cm 处 (关注点 5)	混凝土	700	公众	0.0002
源库屋顶天空散射	混凝土	160	公众	0.0001

3、源库内辐射剂量率估算

根据源库内大小源柜数量和总体分布，按照职业人员活动区域、受照剂量率相对较大位置，筛选了源库内 9 个点位进行剂量率估算。估算时考虑以下三点原则：

- 一个源柜前的受照剂量率绝大部分来源于正对的源柜及两侧相邻源柜中的探伤机，更远处的源柜探伤机因屏蔽材料增加和距离增加，对该点位剂量率贡献很小，可忽略不计（至少相差两个数量级）。
- 源库各存放间内的辐射剂量率只受本存放间中的源照射影响，相邻存放间中的源因屏蔽材料增加和距离增加，对其他存放间的辐射剂量率贡献很小，可忽略不计。

- 对于各源存放间屏蔽门外辐射剂量率，只考虑较近源柜内探伤机的直射影响，折射和较远处源的透射影响忽略不计。

筛选的9个计算点位分布见图 11-6，各点位辐射途径及屏蔽情况见表 11-7。

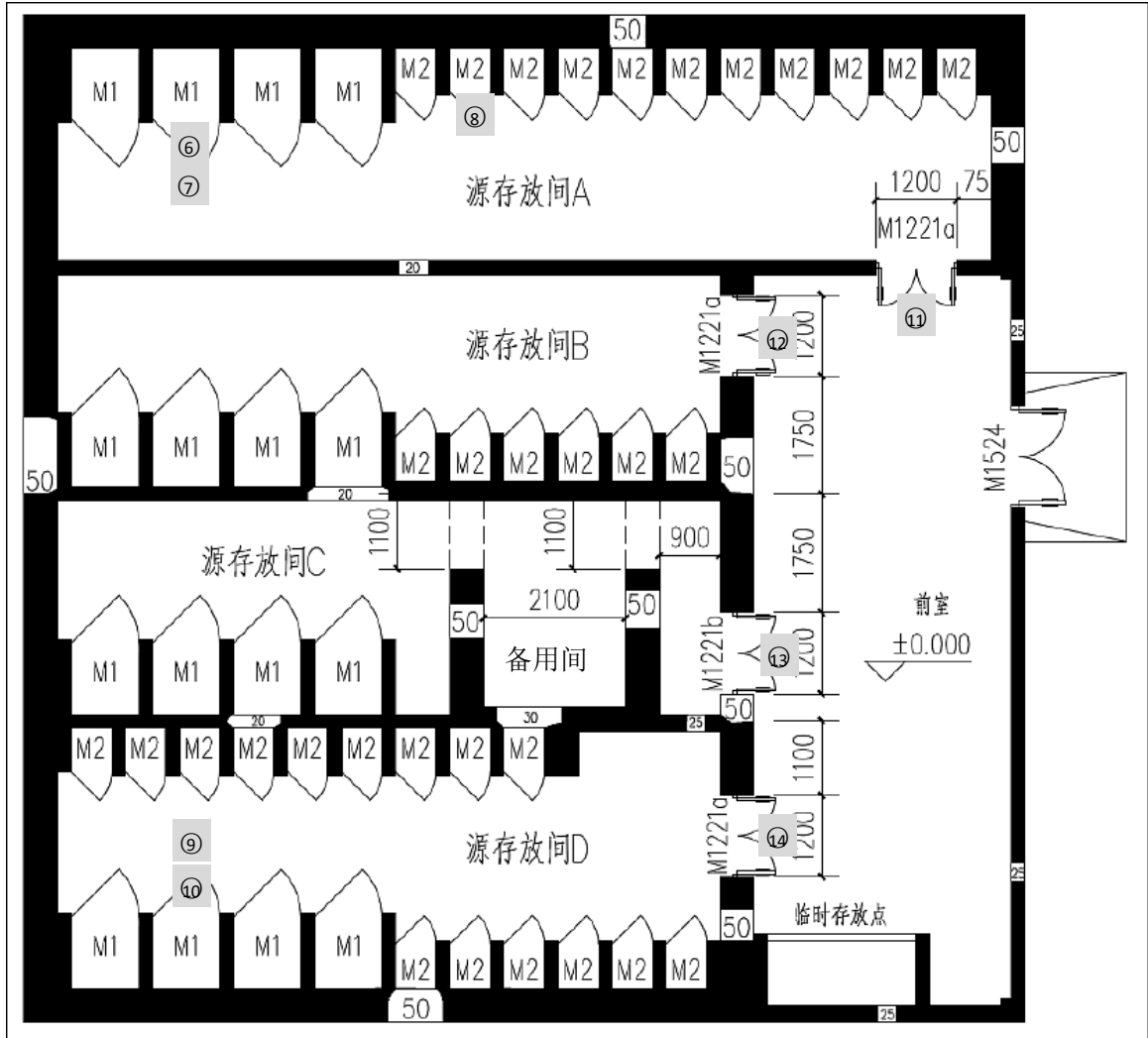


图 11-6 放射源暂存库内部各关注点位置分布图

表 11-7 放射源暂存库内关注点辐射影响途径及屏蔽情况一览表

关注点	主要照射途径	照射途径数	与源距离 (m)	屏蔽材料	屏蔽层厚度 (mm)	受照人群
A 存放间大源柜前 30cm 处 (关注点 6)	γ 射线直射、透射	3	1.0	混凝土、不锈钢	200、10	职业人员
A 存放间大源柜前 70cm 处 (关注点 7)	γ 射线直射	3	1.4	不锈钢	10	职业人员
A 存放间小源柜前 30cm 处 (关注点 8)	γ 射线直射、透射	3	0.8	混凝土、不锈钢	200、10	职业人员
D 存放间大小源柜中间位置 (关注点 9)	γ 射线直射	6	1.9/1.8	不锈钢	10	职业人员

D 存放间大源柜前 30cm 处(关注点 10)	γ 射线直射、透射	6	1.0/2.7	混凝土、不锈钢	200、10	职业人员
A 存放间屏蔽门外 30cm 处(关注点 11)	γ 射线透射	3	2.23	不锈钢	10、30	职业人员
B 存放间屏蔽门外 30cm 处(关注点 12)	γ 射线透射	3	2.60	不锈钢	10、30	职业人员
C 存放间屏蔽门外 30cm 处(关注点 13)	γ 射线透射	1	2.68	不锈钢	10、150	职业人员
D 存放间屏蔽门外 30cm 处(关注点 14)	γ 射线透射	3	3.07	不锈钢	10、30	职业人员

➤ A 存放间点位 6、7 和 8 的辐射剂量率

点位 6 考虑位于大源柜前 30cm 处，受正面 Y1 源柜内 ^{60}Co 源的直射和相邻 Y2、Y3 源柜内 ^{60}Co 源的透射；点位 7 考虑位于大源柜前 70cm 处，受正面 Y1 源柜内 ^{60}Co 源的直射和相邻 Y2、Y3 源柜内 ^{60}Co 源的直射；点位 8 考虑位于小源柜前 30cm 处，受正面 X1 源柜内 ^{192}Ir 源的直射和相邻 X2、X3 源柜内 ^{192}Ir 源的透射。各源柜内均包含上下两层放射源。

点位 6、7、8 的受照途径见图 11-7。

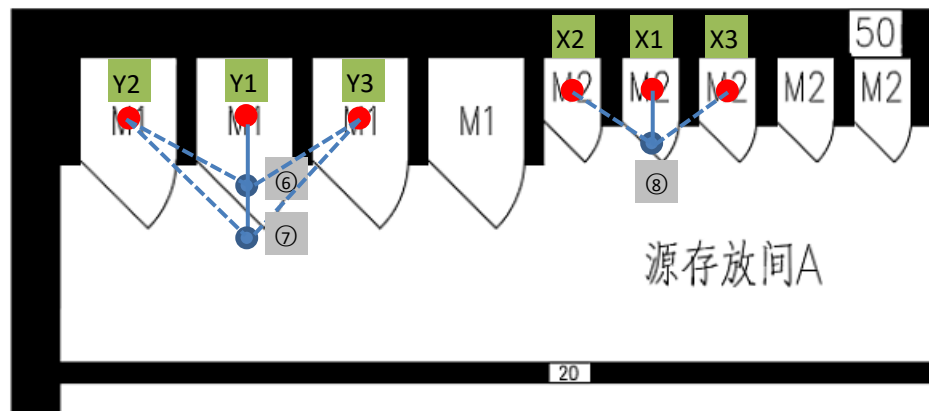


图 11-7 源库 A 存放间内 6、7、8 点位受照途径分析图

● 6 号点位辐射剂量率估算：

— Y1 源柜上下 2 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑥的辐射剂量率估算

$$D_1=2000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.0\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 93.64\mu\text{Gy/h.}$$

— Y2 和 Y3 源柜上下 4 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑥的辐射剂量率估算

$$D_{2/3}=4000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.64\text{m})^2 * 2^{(-200\text{mm}/70\text{mm})} * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 9.61\mu\text{Gy/h.}$$

— 关注点⑥受照总辐射剂量率

$$D_{\text{⑥}}= D_1+ D_{2/3}=93.64\mu\text{Gy/h}+9.61\mu\text{Gy/h}=103.25\mu\text{Gy/h.}$$

● 7 号点位辐射剂量率估算：

- Y1 源柜上下 2 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑦的辐射剂量率估算

$$D_1=2000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.4\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 47.78\mu\text{Gy/h}.$$

- Y2 和 Y3 源柜上下 4 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑦的辐射剂量率估算

$$D_{2/3}=4000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.9\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 51.88\mu\text{Gy/h}.$$

- 关注点⑦受照总辐射剂量率

$$D_{\text{⑦}}=D_1+D_{2/3}=47.78\mu\text{Gy/h}+51.88\mu\text{Gy/h}=99.66\mu\text{Gy/h}.$$

● 8 号点位辐射剂量率估算：

- X1 源柜上下 2 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点⑧的辐射剂量率估算

$$D_1=40\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/0.8\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 54.86\mu\text{Gy/h}.$$

- X2 和 X3 源柜上下 4 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点⑧的辐射剂量率估算

$$D_{2/3}=80\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/1.2\text{m})^2 * 2^{(-200\text{mm}/50\text{mm})} * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 3.05\mu\text{Gy/h}.$$

- 关注点⑧受照总辐射剂量率

$$D_{\text{⑧}}=D_1+D_{2/3}=54.86\mu\text{Gy/h}+3.05\mu\text{Gy/h}=57.91\mu\text{Gy/h}$$

➤ D 存放间点位 9、10 的辐射剂量率

由于源库 D 存放间内有两排源柜，职业人员在工作过程中同时受两侧源柜中放射源的照射，因此 D 存放间考虑设置两个点位进行辐射剂量率估算，其中点位 9 位于两侧大小源柜的中间位置（距大源柜前 1.2m），同时受两侧大源柜中 ^{60}Co 源和小源柜中 ^{192}Ir 源的直射；点位 10 位于大源柜前 30cm 处，同时受大源柜中 ^{60}Co 源的直射、透射和小源柜中 ^{192}Ir 源的直射。

点位 9、10 的受照途径见图 11-8。

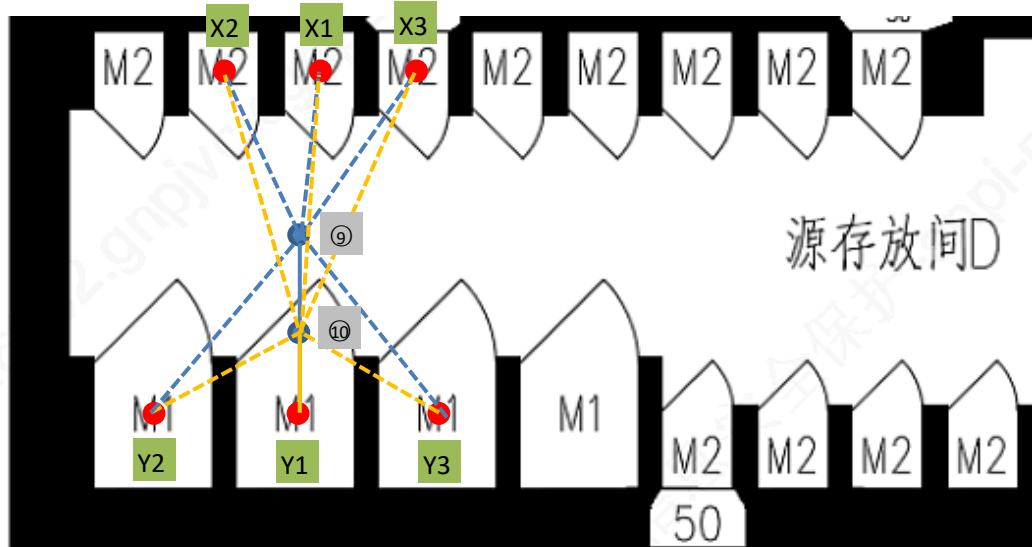


图 11-8 源库 D 存放间内 9、10 点位受照途径分析图

● 9 号点位辐射剂量率估算：

- Y1 源柜上下 2 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑨的辐射剂量率估算

$$D_1=2000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.9\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 25.94\mu\text{Gy/h}.$$

- Y2 和 Y3 源柜上下 4 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑨的辐射剂量率估算

$$D_{2/3}=4000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/2.28\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 36.03\mu\text{Gy/h}.$$

- X1、X2 和 X3 源柜上下 6 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点⑨的辐射剂量率估算
(保守考虑三个小源柜与关注点⑨距离相同)

$$d_{1/2/3}=120\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/1.8\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 32.51\mu\text{Gy/h}.$$

- 关注点⑨受照总辐射剂量率

$$D_{\text{⑨}} = D_1 + D_{2/3} + d_{1/2/3} = 25.94\mu\text{Gy/h} + 36.03\mu\text{Gy/h} + 32.51\mu\text{Gy/h} = 94.48\mu\text{Gy/h}.$$

● 10 号点位辐射剂量率估算：

- Y1 源柜上下 2 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑩的辐射剂量率估算

$$D_1=2000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.0\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 93.64\mu\text{Gy/h}.$$

- Y2 和 Y3 源柜上下 4 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑩的辐射剂量率估算

$$D_{2/3}=4000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/1.64\text{m})^2 * 2^{(-200\text{mm}/70\text{mm})} * 2^{(-10\text{mm}/24\text{mm})} = 9.61\mu\text{Gy/h}.$$

- X1、X2 和 X3 源柜上下 6 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点⑩的辐射剂量率估算
(保守考虑三个小源柜与关注点⑩距离相同)

$$d_{1/2/3}=120\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/2.7\text{m})^2 * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 14.45\mu\text{Gy/h}.$$

- 关注点⑩受照总辐射剂量率

$$D_{\text{⑩}} = D_1 + D_{2/3} + d_{1/2/3} = 93.64 \mu\text{Gy/h} + 9.61 \mu\text{Gy/h} + 14.45 \mu\text{Gy/h} = 117.70 \mu\text{Gy/h}.$$

➤ 点位 11、12 的辐射剂量率

根据源库 A、B 存放间的源柜布局 and 屏蔽门位置，选择能够直射屏蔽门的放射源对屏蔽效果进行估算，需折射或透射到屏蔽门的源由于 γ 射线能量衰减较多，估算时忽略不计。

点位 11、12 的受照途径见图 11-9。

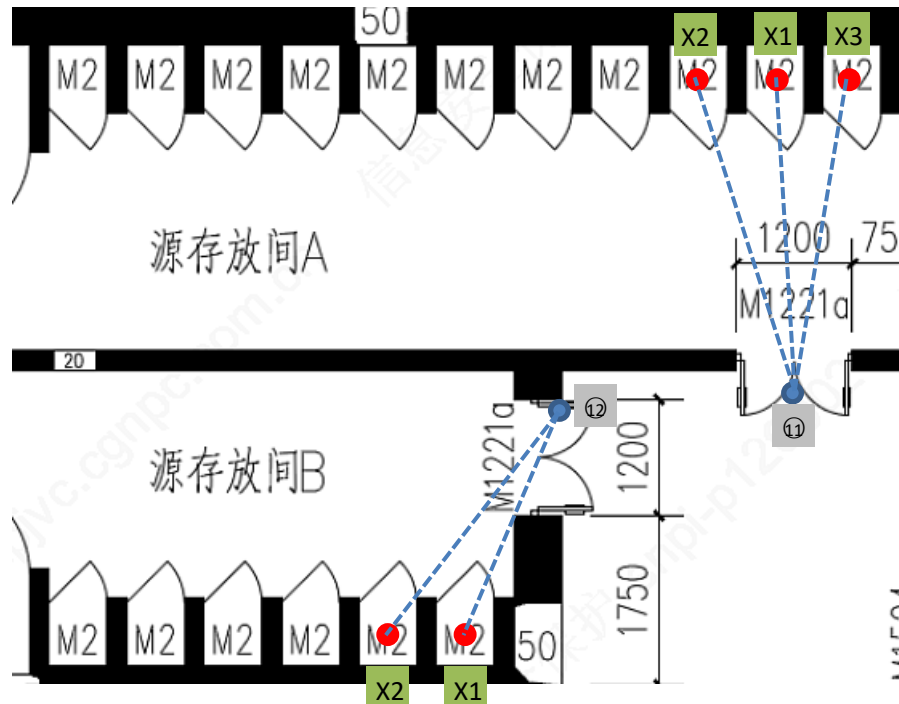


图 11-9 源库 A、B 存放间屏蔽门外 11、12 点位受照途径分析图

● 11 号点位辐射剂量率估算：

— X1、X2、X3 源柜上下 6 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点 ⑩ 的辐射剂量率估算

$$D_{\text{⑩}} = 120 \mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/2.93\text{m})^2 * 2^{(-30\text{mm}/14\text{mm})} * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 2.78 \mu\text{Gy/h}.$$

● 12 号点位辐射剂量率估算：

— X1、X2 源柜上下 4 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点 ⑩ 的辐射剂量率估算

$$D_{\text{⑩}} = 80 \mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/2.60\text{m})^2 * 2^{(-30\text{mm}/14\text{mm})} * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 2.35 \mu\text{Gy/h}.$$

➤ 点位 13、14 的辐射剂量率

根据源库 C、D 存放间的源柜布局 and 屏蔽门位置，选择能够直射屏蔽门的放射源对屏蔽效果进行估算，需折射或透射到屏蔽门的源由于 γ 射线能量衰减较多，估算时忽略不计。

点位 13、14 的受照途径见图 11-10。

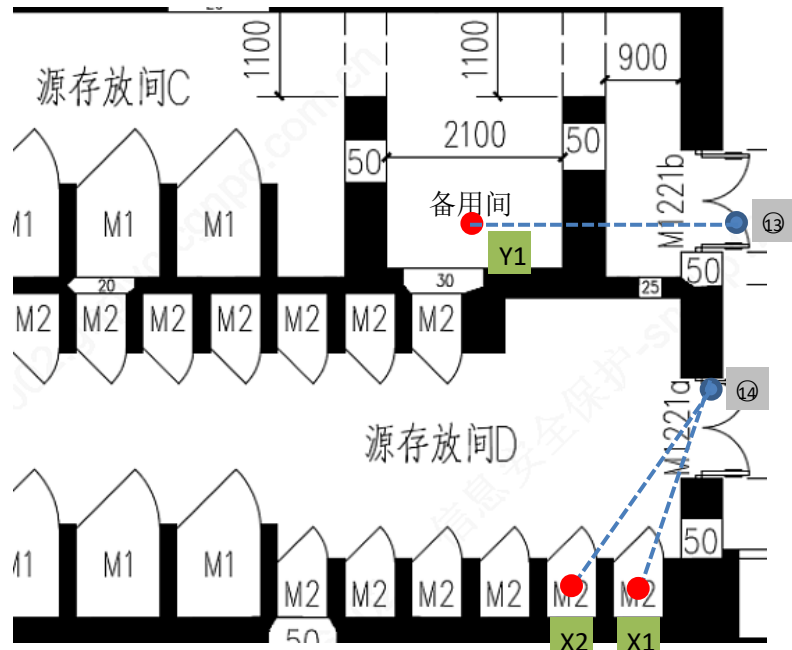


图 11-10 源库 C、D 存放间屏蔽门外 13、14 点位受照途径分析图

● 13 号点位辐射剂量率估算：

— 备用间 1 个 ^{60}Co 移动式探伤机对关注点⑬的辐射剂量率估算

$$D_{\text{⑬}}=1000\mu\text{Gy/h} * (0.25\text{m}/2.68\text{m})^2 * 2^{(-150\text{mm}/24\text{mm})} * 2^{(-500\text{mm}/70\text{mm})} = 0.001\mu\text{Gy/h}.$$

● 14 号点位辐射剂量率估算：

— X1、X2 源柜上下 4 个 ^{192}Ir 手提式探伤机对关注点⑭的辐射剂量率估算

$$D_{\text{⑭}}=80\mu\text{Gy/h} * (1.2\text{m}/3.07\text{m})^2 * 2^{(-30\text{mm}/14\text{mm})} * 2^{(-10\text{mm}/14\text{mm})} = 1.69\mu\text{Gy/h}.$$

➤ 源库内 9 个关注点辐射剂量率估算结果汇总

经保守估算，本项目源库内职业人员活动场所各点位辐射剂量率汇总结果见下表

11-8。

表 11-8 放射源暂存库内关注点辐射影响途径及屏蔽情况一览表

关注点	屏蔽材料	屏蔽层厚度(mm)	受照人群	辐射剂量率($\mu\text{Gy/h}$)
A 存放间大源柜前 30cm 处 (关注点 6)	混凝土、不锈钢	200、10	职业人员	103.25
A 存放间大源柜前 70cm 处 (关注点 7)	不锈钢	10	职业人员	99.66
A 存放间小源柜前 30cm 处 (关注点 8)	混凝土、不锈钢	200、10	职业人员	57.91
D 存放间大小源柜中间位置 (关注点 9)	不锈钢	10	职业人员	94.48
D 存放间大源柜前 30cm	混凝土、不	200、10	职业人员	117.70

处（关注点 10）	锈钢			
A 存放间屏蔽门外 30cm 处（前室关注点 11）	不锈钢	10、30	职业人员	2.78
B 存放间屏蔽门外 30cm 处（前室关注点 12）	不锈钢	10、30	职业人员	2.35
C 存放间屏蔽门外 30cm 处（前室关注点 13）	不锈钢	10、150	职业人员	0.001
D 存放间屏蔽门外 30cm 处（前室关注点 14）	不锈钢	10、30	职业人员	1.69

➤ 国内核电厂同类放射源库内辐射剂量率实际监测结果

为判断上述源库内辐射剂量率估算的保守性，收集了国内同类核电厂放射源库内辐射剂量率的实际监测数据，包括福建宁德核电厂和广西防城港核电厂。两个核电厂放射源库也均由本项目源库的设计单位设计，屏蔽材料、屏蔽厚度、存放源种类、辐射安全防护设施基本相同，因此一定程度上可以代表本项目源库建成运行后的实际辐射剂量率水平。

● 福建宁德核电厂

根据福建宁德核电厂 2020 年 1 月开展的放射源库环保验收报告，其中源库内各源柜表面 5cm 处的辐射剂量率水平处于 8.45~18.3 μ Gy/h 之间，源库墙外 30cm 处的辐射剂量率水平处于 0.204~0.400 μ Gy/h 之间，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中屏蔽墙外 30cm 处空气吸收剂量率不超过 2.5 μ Gy/h 的限值要求。

● 广西防城港核电厂

根据广西防城港核电厂 2019 年开展的二期工程核技术利用项目环评报告，现有放射源库内各源柜表面 30cm 处的辐射剂量率水平处于 0.261~1.51 μ Gy/h 之间，源库墙外 30cm 处的辐射剂量率水平处于 0.105~0.106 μ Gy/h 之间，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中屏蔽墙外 30cm 处空气吸收剂量率不超过 2.5 μ Gy/h 的限值要求。

本源库项目估算的源柜表面辐射剂量率为 57.91~117.70 μ Gy/h 之间，源库外最大辐射剂量率为 0.849 μ Gy/h，估算结果相对较为保守。

5、源库对职业人员和公众年有效剂量估算

年有效剂量估算公式如下：

$$D_a = H \cdot S \cdot T \cdot h_a \dots\dots\dots (9)$$

式中： D_a —年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

H —受照水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

S —使用因子，无量纲；

T —居留因子，无量纲；

h_a —年工作时间， h 。

本项目职业人员为源库辐射工作人员，主要负责存取源的登记、开关电源、照明设备、剂量率仪表、设备检测、日常巡检和存取放射源。工作人员日常进出源库频次平均为3次/周，大修期间平均为6次/周，一次大修时间最多持续8周，每次进出源库时间约3分钟，年工作时间30周。放射源当天借用须当天归还。

● 源库职业人员年受照有效剂量估算

经估算的源库内辐射剂量率最大值为 $117.70\mu\text{Sv/h}$ ，保守按照该辐射剂量率计算源库工作人员的年受照剂量。

➤ 无大修年

$$117.70\mu\text{Sv/h} \cdot 3 \text{次/周} \cdot 3 \text{min/次} \cdot 2 \cdot 30 \text{周} / 60 \text{min} = 1.06 \text{mSv/a}$$

➤ 有大修年

$$117.70\mu\text{Sv/h} \cdot 6 \text{次/周} \cdot 3 \text{min/次} \cdot 2 \cdot 8 \text{周} / 60 \text{min} + 117.70\mu\text{Sv/h} \cdot 3 \text{次/周} \cdot 3 \text{min/次} \cdot 2 \cdot 22 \text{周} / 60 \text{min} = 1.34 \text{mSv/a}$$

● 源库周边公众年受照有效剂量估算

经估算的源库周边最大辐射剂量率为 $0.849\mu\text{Sv/h}$ （西南墙外30cm处和东北墙外30cm处）。源库内放射源长期存放，使用因子取1，公众即厂区内其他工作人员每天在电厂内工作8小时，按250天计算年工作时间为2000小时，保守考虑公众在放射源暂存库外的居留因子为1/24，计算可得源库对厂区内其他工作人员的最大年有效剂量为：

$$0.849\mu\text{Sv/h} \cdot 2000 \text{h} \cdot 1/24 = 0.071 \text{mSv/a}$$

● 源库对职业人员和周边公众辐射剂量评价分析

根据上述源库对职业人员和周边公众（电厂其他工作人员）受照年有效剂量计算分析可知，源库职业人员最大年受照剂量为1.34mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全

基本标准》(GB18871-2002)中的限值要求和本项目职业人员年有效剂量管理目标值(5mSv/a);源库周边公众(电厂其他工作人员)最大年受照剂量为0.071mSv,低于GB18871-2002中的限值要求和本项目公众年有效剂量管理目标值(0.25mSv/a)。

本源库项目屏蔽设计有效,对周边环境的影响及人群受照剂量均满足国家相关法规要求。

事故影响分析

1. 最大可信事故

本项目最大可信事故是源库内的放射源发生被盗、丢失,以及放射源在存取过程中意外跌落等引起的误照射,也存在不同承包商之间放射源错拿、错放、互借等导致的放射源失控事故。

2. 事故后果

源库内存放的 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 探伤机内含有的 ^{192}Ir 、 ^{60}Co 放射源属于II类源。若发生放射源丢失、被盗,或者探伤源失控,长时间照射,可能导致急性死亡或者急性重度放射病、局部器官残疾,视后果分别属于较大或者重大辐射事故。

源库内还会存放其他IV类和V类放射源。IV类放射源若发生放射源丢失、被盗,长时间照射可能对人体造成可恢复的临时性损伤,V类放射源若发生放射源丢失、被盗,不会对人造成永久性损伤,但会使人员受到超年有效剂量限值的照射,属于一般辐射事故。

3. 事故预防措施

分析同类事故发生的原因,此类事故大都是人为因素造成的,即由于忽视辐射安全管理,违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生,建议企业采取以下事故预防措施:

(1)企业内部加强辐射安全管理,警钟长鸣,管理人员定期开展监督检查,营造持续改进的辐射安全文化。

(2)严格执行辐射安全管理制度,按照源库的管理规定对源库进行管理。坚持双人双锁管理,每次进入源库前,确认辐射监测、视频监控等各项安全措施的有效性,避免人员误入或滞留在放射源暂存库内。

(3)辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计。若辐射工作人员按照规定进入源库时

携带的个人剂量计发出报警声时，人员应立即停止工作，远离放射源暂存库，此时人员不会受到大剂量照射，同时应尽快查明原因。

(4) 进入源库存取放射源时应有 2 名工作人员共同作业，同时应避免其他无关人员进入源库。

4.事故处置

在源库内发生的各类辐射安全事故，包括放射源的丢失、被盗、意外跌落等失控、误照射事故，无论源所属单位为承包商还是业主单位，责任主体均为中广核苍南核电有限公司。对于在源库之外放射源使用过程中发生的放射源丢失、被盗等各类安全事故，不在本次环评范围内。

根据原国家环保总局《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》和《浙江省辐射环境管理办法》的要求，在源库内发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 2 小时内完成《辐射事故初始报告表》的填写和公司内部审核流程，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政主管部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，公司应成立专门的辐射安全管理机构，负责核电厂内放射源暂存库及所有放射源的归口管理和独立辐射安全监督。辐射安全管理机构应明确本单位辐射工作安全责任人，设置以行政主管领导为组长的辐射防护领导机构，并指定专人负责本项目运行时的安全和防护工作；辐射防护领导机构须规定各成员的职责，分工明确，责任分明。

源库项目为核电厂内涉源场所之一，后期将纳入全厂放射源统一管理体系。按照中广核集团其他在建在役核电厂放射源管理经验，参考其他电厂放射源管理程序，本报告给出初步的辐射安全管理机构及相应职责，后续待源库建成后，建设单位将根据企业组织架构及源库实际使用情况设立完整的辐射安全管理机构，并明确相关责任人。

在浙江三澳核电厂运行后，将成立以电厂厂长为组长，各相关部门为成员的辐射安全管理机构。电厂内与源库相关的部门主要包括安全防护部门、技术部门、化学环保部门、仪控部门、生产服务部门、合同采购部门。另外在电厂施工建设期间，源库主要由电厂建设单位——中广核工程有限公司及其承包商使用，各部门的职责如下：

1、 电厂厂长

对放射源的安全负全面的领导责任，包括：

- 根据国家有关法规和标准，建立放射源的安全管理体系并监督实施；
- 保证放射源的安全管理所需资源；
- 批准非豁免源的进出场；
- 批准非密封放射性物质和豁免源的报废。

2、安全总监

- 批准电厂放射源管理员的授权申请。

3、安全防护部门

- 根据国家有关法规、标准制定放射源管理规定和管理程序；
- 负责浙江三澳核电厂放射源的安全监管；
- 负责《辐射安全许可证》的申请、延续和增项；

- 负责制定放射源应急处理预案；
- 负责组织和实施放射源管理员的专项培训和考核；

4、技术部门

- 负责生产区使用探伤源的运输、现场使用和临时储存的安全管理；
- 负责批准本部门放射源借用人员的授权申请；

5、化学环保部门

- 负责电厂内实验室放射源的安全管理；
- 负责批准本部门放射源借用人员的授权申请；

6、生产服务部门

- 负责回收并处理电厂废旧豁免源、非密封放射性物质的盛放容器。

7、仪控部门

- 负责批准本部门放射源借用人员的授权申请；

8、合同采购部门

- 负责进行放射源或含源备件的采购；
- 负责与放射源供应商签订废源回收承诺或协议；
- 负责采购放射源的通关和场外运输。

9、工程公司

- 负责工程现场使用放射源、放射源借用和归还途中的安全管理；
- 负责审批工程公司苍南项目部放射源借用人员的授权申请；
- 负责施工期各承包商放射源的进场审批，并督促各承包商严格管理使用

其放射源；

- 配合源库工作人员定期对源库内放射源进行盘点。

中广核苍南核电有限公司将为本源库项目配备 2 名源库工作人员（辐射职业人员），单班运行，同时负责源库内便携式辐射仪表的检定、校准、维护等工作。企业应鼓励辐射安全管理人员和操作人员参加注册核安全工程师的考试和人员培养。

辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置和放射源的单位要有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

企业将根据上述“管理办法”的要求建立相应的规章制度，包括：源库存取源操作程序、辐射岗位操作规程、辐射工作人员岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、探伤设备存取登记台帐管理制度、放射源安全管理制度、辐射工作人员安全培训制度、环境监测、个人剂量检测及健康体检制度、运输管理制度、辐射事故应急处置预案等。

在电厂施工期，源库主要存放电厂承包商探伤单位自行携带的放射源，放射源在第一次入库时，工作人员将检查放射源（探伤机）外观的完整性、出厂证书、检测探伤机表面辐射剂量率、查验探伤单位辐射安全许可证及移动源操作相关手续，并做好入库登记工作。同时，按照浙江省高风险移动源管理要求，检查入库探伤源的实时监控设备是否安装，并纳入全省高风险移动源管理系统。

企业将按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求制定相关辐射安全管理制度，待本项目投入运行后贯彻执行。由于该源库为新建项目，正处于环评阶段，完整详细的规章制度暂未建立，本报告结合相关法规要求、同类项目政府主管部门监管要求以及国内其他核电厂源库管理经验，初步提出部分辐射安全管理规章制度的内容，供建设单位后续制定详细管理制度时参考。

一 人员资质

(1) 源库工作人员和借用人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训及考核，取得国家或地方有关部门颁发的培训合格证书。

(2) 源库工作人员和借用人员必须通过建设单位组织的辐射安全专项培训和考核，培训考核通过后授权上岗，并定期复训。

一 放射源入库及贮存

(3) 放射源第一次入库时，应提供对应的辐射安全许可证、出厂时间证明、运输包装情况说明、货包剂量检测报告、放射源购买备案表、高风险源实时监控设施安装说明、放射源使用期满后处理方案等。对承包商携带的超

过10年的探伤装置、铭牌模糊不清或未安装实时监控装置的探伤源，禁止进入源库。

(4) 源库入口处应设置电离辐射警示标识。

(5) 源库应设防盗报警摄像监视装置，实行双人双锁管理，钥匙分别由源库辐射工作人员及电厂保卫科安保人员保管。

(6) 存放间柜门上应悬挂或张贴所存储放射源的信息标识。

(7) 各放射源或盛放源的容器外表面任一点的辐射剂量率水平不能大于2mSv/h，若大于2mSv/h，则不能进入源库贮存。

(8) 放射源在源库内应当单独存放，源库内不得有易燃、易爆、腐蚀性物品存放。

(9) 源库控制区的前室内环境辐射剂量率应小于 $10 \mu\text{Sv/h}$ ，屏蔽体边界外的监督区环境辐射剂量率应小于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

(10) 放射源库应由专门安保人员进行24小时管理。

(11) 放射源库需配备辐射仪器及个人防护用品，包括但不限于：环境辐射剂量率检测仪、个人电子剂量计、辐射防护服（铅服、铅帽、铅手套、长柄夹等），以及强光手电等应急设施。其中仪器仪表必须定期检定，保证有效可用。

— 放射源借还

(12) 放射源借用时，源库辐射工作人员要核实借用人放射源借用授权的有效性；归还时，同样要核实归还人的信息及授权有效性。

(13) 借还放射源时，借用人员和源库辐射工作人员必须佩戴个人剂量计。

(14) 现场探伤工作借用探伤源时，借用人员应持有当日有效的射线探伤许可证；借用非探伤源时，借用人员应持有当日有效的放射源借用申请表。

(15) 借还放射源时，源库工作人员应与借还人员一起核对放射源与审批信息的一致性，并进行登记，信息应记录完整，不得随意涂改。

(16) 借还放射源时，源库工作人员必须测量源容器的表面剂量率，确认两次剂量率相符以验证放射源在容器中。

(17) 放射源借出后要求专人押运，若无押运人员，禁止放射源离开源库。

(18) 源库工作人员应定期对源库内贮存放射源数量和种类进行盘点，与

系统台账比对，确保台账与实际库存一致。

(19) 放射源在闲置和废弃后在源库内暂存不得超过3个月，到期前应由源所属单位将废旧源交回供应商，确实无法交回供应商的，要求源所属单位送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位处置。

(20) 禁止不同单位和部门之间互借放射源。

— 事故报告

(21) 发生放射源失控、丢失、被盗事故时，当事人应立即通知辐射防护科人员，辐射防护人员应立即采取必要的措施防止人员误照射，报告上级主管领导。

(22) 辐射防护人员必须在2小时内填写《辐射事故初始报告表》并经公司内部审核后，提交温州市生态环境局、温州市生态环境局苍南分局和公安部门，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向温州市卫生健康委员会及苍南县卫生健康局报告。

(23) 辐射事故处理完成后，辐射防护人员应填写事件报告。

— 场内运输

(24) 放射源在源库借出后场内运输时，必须专车运输、专人押运，押运人员须全程监护。

(25) 运输车应按指定的时间、路线、速度行驶，并悬挂警示标志。

(26) 运输司机及押运人员必须取得辐射安全培训合格证书，并经用源单位授权上岗。

(27) 放射源运输车辆必须确保人货分离，并设置放射源运输过程防碰撞、防倾倒、防卡塞措施。

辐射监测

1. 正常运行时环境监测方案

(1) 个人剂量检测

企业应开展辐射工作人员个人剂量监测，每季度将个人剂量计收集后统一送有资质的单位检测；每次进入源库时，人员携带个人剂量计，离开时个人剂量计自动给出本次工作所产生的个人剂量，同时个人剂量计还具有个人剂量报警功能。

源库管理部门对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，长期保存至离岗 30 年。

（2）工作场所辐射环境检测

企业应每年委托有监测资质的单位对辐射工作场所进行年度监测，连同年度辐射环境评估报告一并在次年 1 月 30 日前送交环保部门。

企业应定期用辐射剂量率巡检仪对工作场所进行环境自检，保存相关记录。

本放射源暂存库项目投入运行后 3 个月内应开展竣工环保验收，最晚验收时间不超过运行后 1 年。

2. 环境监测仪器配备

本项目设置 2 名源库管理人员，源库配备 5 台个人剂量计，进入放射源暂存库工作时随身佩戴，同时还配备一台便携式 X-γ 辐射剂量率检测仪，用于存取放射源时对源库内辐射剂量率现场检测及源库内外日常巡检。

考虑到源库使用频繁、源数量多、活性大，建议增配一台便携式 X-γ 辐射剂量率检测仪，一用一备。

辐射事故应急

企业应制定《辐射事故应急预案》，涵盖人员配置、现场应急处置程序、现场应急措施和事件报告流程 4 个方面的主要内容。方案中应对人员配置论述清晰，现场应急处置程序明确，事情报告流程应符合国家要求，同时该方案应对各类事故分级、放射源异常事件/事故、放射源被盗、丢失、跌落等给出详尽的响应方案，并在《辐射事故应急预案》中要求每年组织一次应急演练。

高风险源实时监控

国家生态环境部、国家核安全局近年多次提及对放射源实行从“摇篮”到“坟墓”的全过程动态管理，将所有涉源单位纳入政府监管范围，建立国家核技术利用管理数据库，实施放射源安全提升行动，实现高风险移动源在线实时监控，提高核技术利用安全水平。浙江省也正在推进省内高风险移动放射源在线实时监控平台。本项目所涉及的 γ 探伤源均属于此类高风险移动源，在源库建成后，建设单位应当对入库的移动探伤源按照浙江省高风险移动放射源在线实时监控的要求，进行报备、定位，满足省内放射源安全管理要求。

表 13 结论与建议

结论

1. 实践正当性

本项目建设单位为中广核苍南核电有限公司，拟在三澳核电厂区内新建 1 座放射源暂存库，采用“永临结合”式的方案设计，用于核电站建造、安装和运营期间所使用的探伤放射源的贮存，以实现放射源的安全控制和集中管理，防止放射源的丢失和被盗，尽可能减少潜在照射的危险和辐射事故的发生。该项目符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的原则。

2. 选址布局合理性

浙江三澳核电厂位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村，本项目拟建放射源暂存库位于厂区内东北侧，源库周围 50m 范围均处于厂区内，没有居民点、学校等敏感点。经现场检测，厂区内拟建源库区域的环境空气 X- γ 剂量率水平在（115~134）nSv/h 范围（未扣除宇宙射线响应值），处于浙江省和温州市环境放射性本底水平的正常波动范围内。

3. 辐射安全防护和管理能力

源库主体为混凝土结构（密度不小于 2.35g/cm³），各源柜之间用混凝土隔开，防护屏蔽门采用不同厚度的铁门。放射源暂存库内设置红外入侵探测和视频监视系统及出入控制系统，双人双锁管理，在岗亭处可实时了解源库内情况。企业将配备 2 台便携式 X- γ 剂量率仪和 5 台个人剂量计（具备报警功能）。经理论计算分析，源库采取的辐射防护措施能够符合辐射防护的要求。

企业应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）的要求，对辐射工作场所按照控制区和监督区分区管理，控制区和监督区入口处设置电离辐射警示标志。

辐射工作人员在上岗前须参加环保部门组织的辐射防护知识培训，经考核合格后上岗操作。辐射工作人员在工作时佩带个人剂量计，定期进行职业健康体检并建立职业健康档案。

4. 环境影响分析结论

本项目的污染因子为 γ 射线，对拟建的源库屏蔽计算结果表明：运行后辐射工作人员和50m范围内公众受到的最大年照射剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值要求，并低于项目剂量管理目标值（职业人员5mSv/a，公众0.25mSv/a）。

在现有的设计参数条件下，源库四周30cm处及屋顶天空散射的辐射剂量率均小于2.5 μ Sv/h，满足《工业 γ 射线探伤放射防护标准》（GBZ132-2008）中的辐射防护要求。

本项目运行时有少量臭氧和氮氧化物产生，无液态废物产生，放射源委托有资质的单位进行运输，退役源由源所属的承包商负责或源供应商回收处置。三废处置措施满足环境保护要求，不会对环境造成不利影响。

5. 可行性分析结论

本源库项目出于企业正常生产需要，其设计采取多项辐射安全防护措施，设计了保守的屏蔽方案，使得人员受照剂量和环境辐射剂量率处于较低的水平，符合“辐射防护三原则”的要求。

从保护环境的角度而言，在实现本项目“三同时”一览表（附后）中的各项辐射防护措施的前提下，本项目是可行的。

承诺和建议

(1) 公司承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置等辐射环保内容进行建设，加强辐射工作人员的安全管理，落实应急防护物资的储备，按照报告中提出的要求和建议制定详细的源库存取源操作程序、辐射工作人员岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、探伤设备存取登记台帐管理制度、放射源安全管理制度、辐射工作人员安全培训制度、环境监测、个人剂量检测及健康体检制度、运输管理制度、辐射事故应急处置预案等；

(2) 本项目布局、设计、源项发生重大变化时应重新开展环评；

(3) 该项目运行中，应加强源库辐射安全管理，加强操作人员的培训，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加照射；

(4) 确保源库内放射源的安全，存取源过程中严格按照源库操作规程，防止源跌落损伤，严格禁止私自外带或处理放射源，防止源的丢失、被盗。定期

盘点源库内放射源，开展辐射环境的检测，及时处理事故隐患；

(5) 应定期或不定期对源库各项辐射安全设施、监测仪表状态进行检查，确保设施设备安全可靠；应适时对源库各项管理制度进行修订完善，并严格执行；

(6) 项目建成投运后，应按规定开展竣工环保验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人

公 章

年 月 日

审批意见:

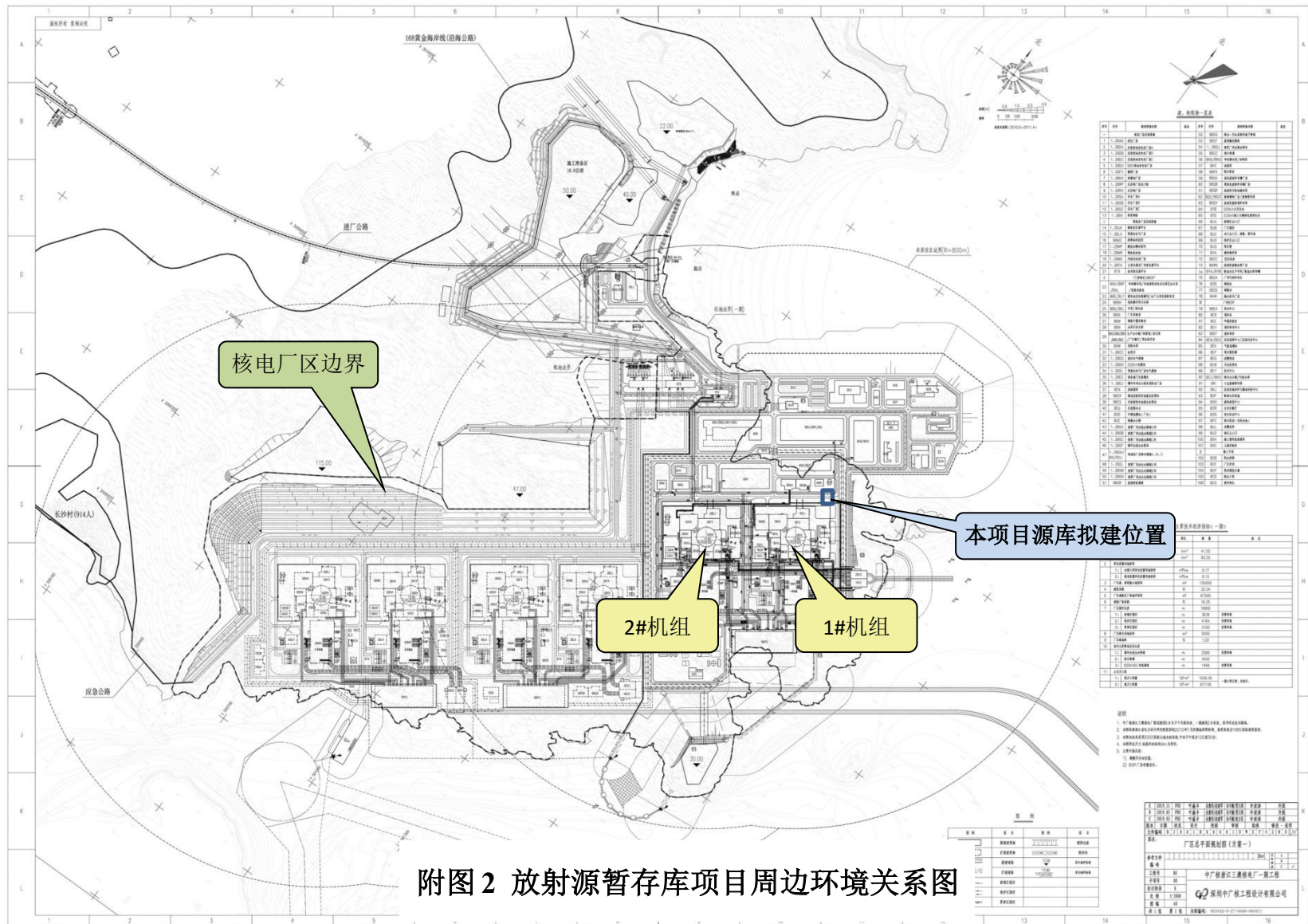
经办人

公 章

年 月 日



附图 1 放射源暂存库项目地理位置图



核电站区边界

2#机组

1#机组

本项目源库拟建位置

附图2 放射源暂存库项目周边环境关系图

序号	名称	方位	距离(m)	备注
1	168黄金海岸线(沿海公路)	北	约100	
2	进厂公路	西	约100	
3	高子洲社区	北	约100	
4	长沙村(914人)	西	约100	
5	应急公路	南	约100	
6	... (省略部分条目)

序号	名称	方位	距离(m)	备注
1	168黄金海岸线(沿海公路)	北	约100	
2	进厂公路	西	约100	
3	高子洲社区	北	约100	
4	长沙村(914人)	西	约100	
5	应急公路	南	约100	
6	... (省略部分条目)

1. 图中“核电站区边界”为核电站厂址边界，不属本项目范围，仅供参考。
2. 图中“本项目源库拟建位置”为拟建的放射源暂存库位置。
3. 图中“1#机组”、“2#机组”为核电站厂区内的1号、2号核岛。
4. 图中“长沙村(914人)”为项目周边的居民点。
5. 图中“应急公路”为项目周边的交通道路。
6. 图中“168黄金海岸线”为项目周边的海岸线。

名称	备注
1:5000	比例尺
30m	等高线间隔

图例

图例	名称	说明
[Symbol]	核电站区边界	
[Symbol]	本项目源库拟建位置	
[Symbol]	1#机组	
[Symbol]	2#机组	

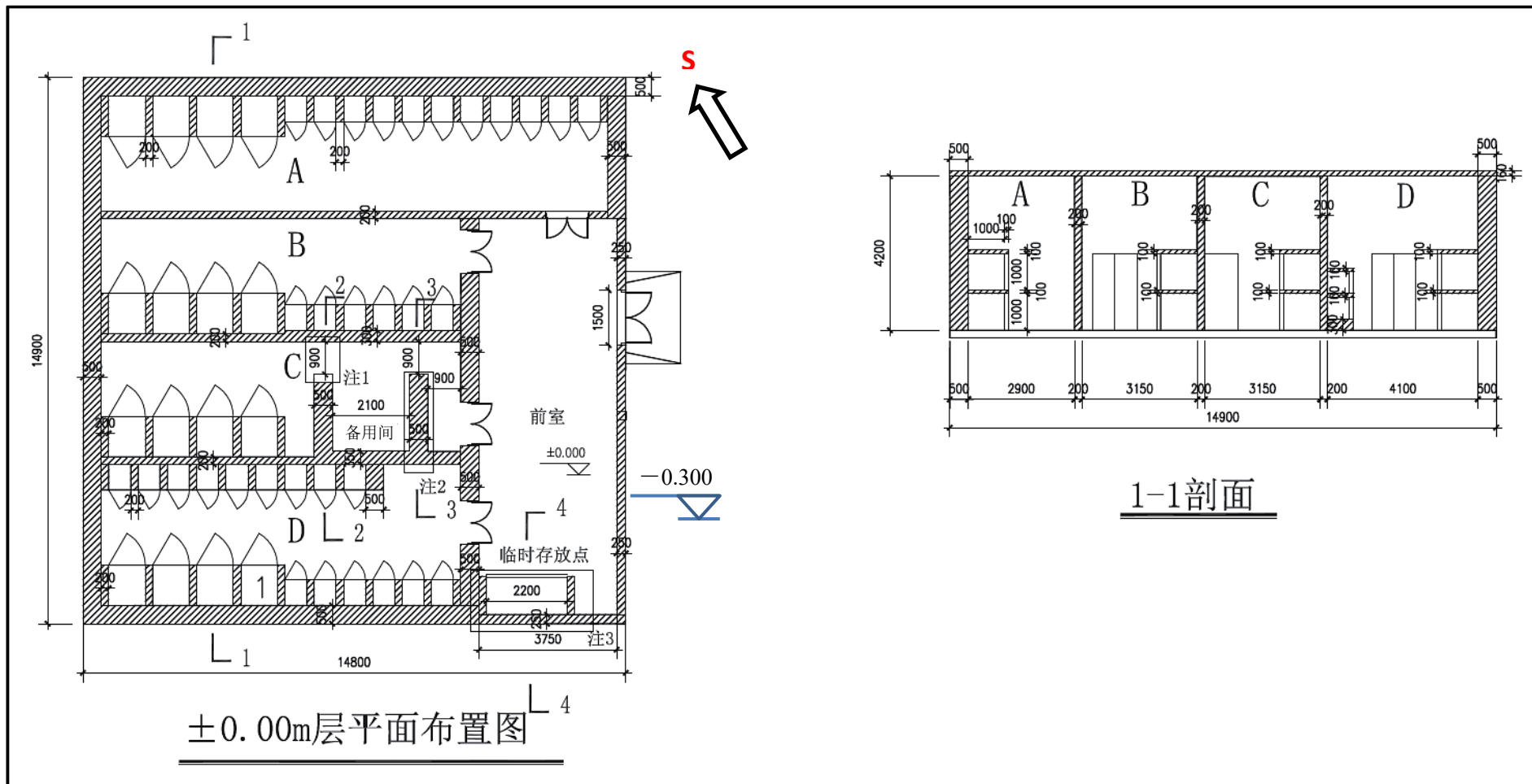
厂区总平面规划图(方案一)

中广核惠州三惠核电站一厂二期工程

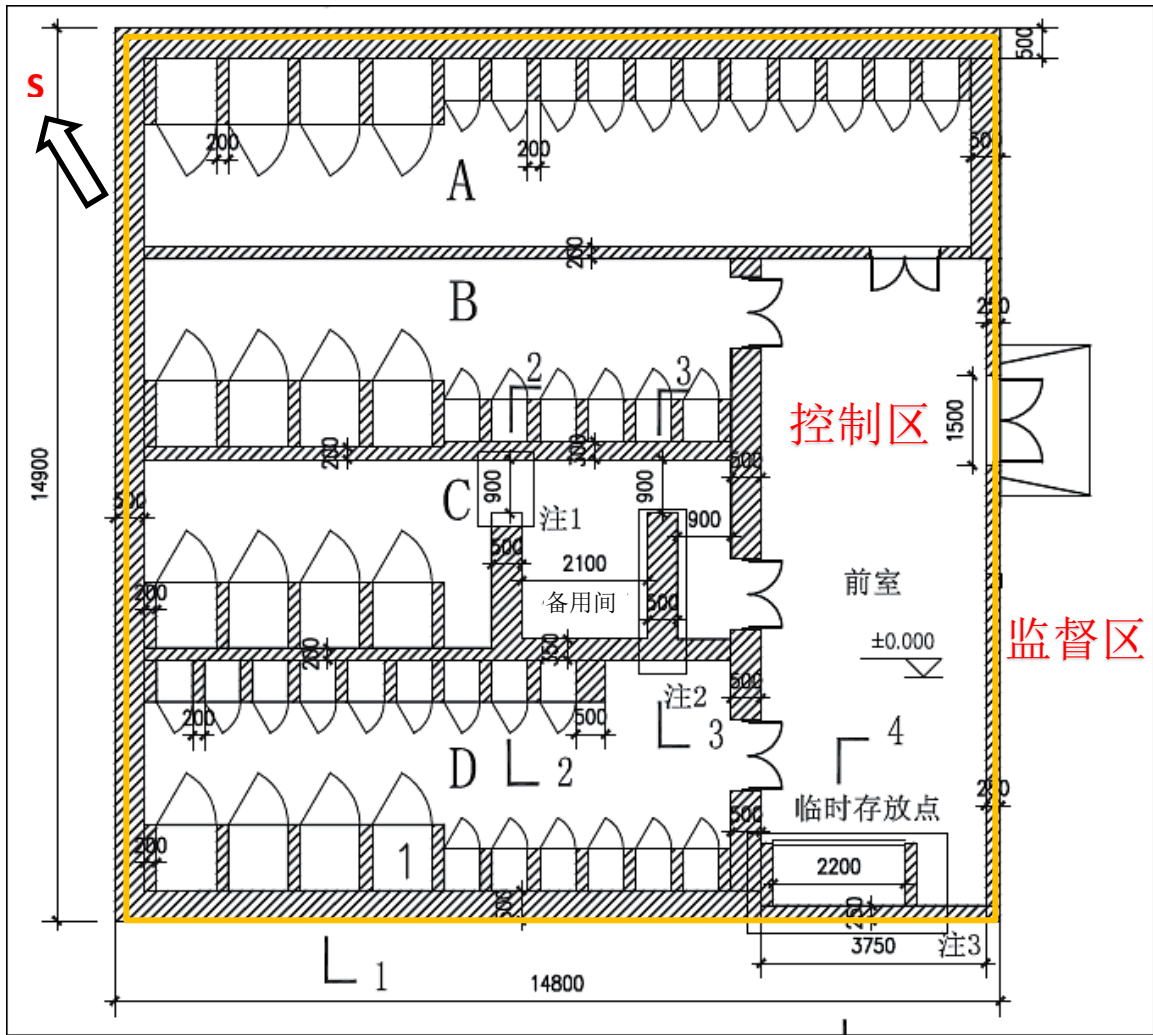
放射源暂存库项目

中广核惠州三惠核电站一厂二期工程

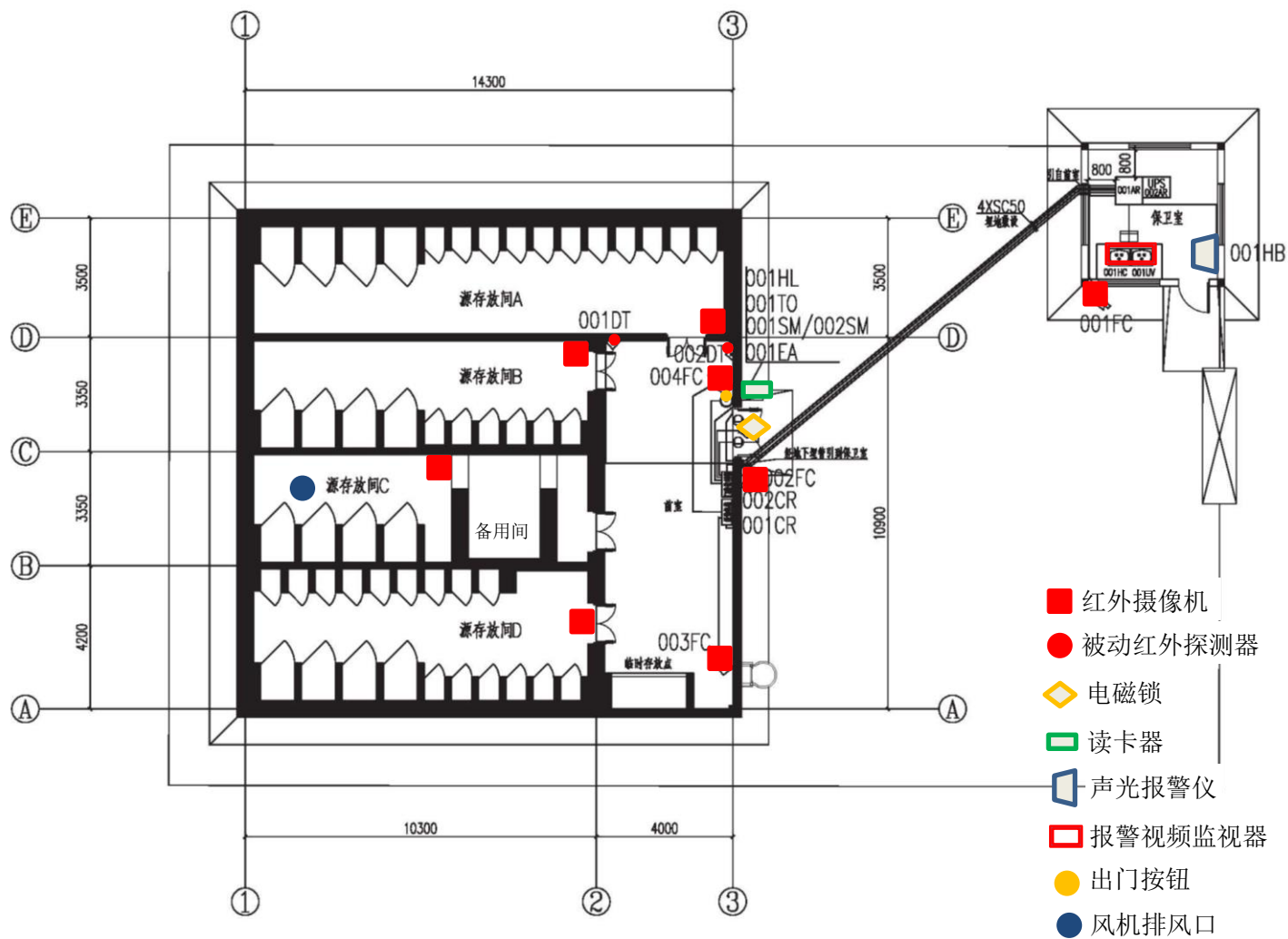
放射源暂存库项目



附图3 放射源暂存库项目总平面布置图及立面图



附图 4 放射源暂存库项目辐射防护分区图



附图5 放射源暂存库项目安防系统布置图

附件1 环评委托书

环 评 委 托 书

本公司拟在浙江三澳核电厂区内新建1座放射源库，采用“永临结合”式的方案设计，用于核电站建造、安装和运营期间所使用的探伤放射源的贮存（或带有屏蔽容器的密封源），以实现放射源的安全控制和集中管理，防止放射源的丢失和被盗，尽可能减少潜在照射的危险和辐射事故的发生。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，本项目需开展环境影响评价，现委托苏州热工研究院有限公司开展本源库项目的环境影响报告表编制工作。

委托单位：中广核苍南核电有限公司

委托日期：2020年1月



附件 2 (1/5) 源库拟建区域辐射本底监测报告



苏州热工研究院有限公司环境检测中心

检 测 报 告

报告编号: SNPI环检(电离)字[2020]第176号

项 目 名 称 新建一座放射源库环评委托检测

委 托 单 位 中广核苍南核电有限公司

检 测 类 型 电离委托检测

报 告 日 期 2020年4月9日

苏州热工研究院有限公司环境检测中心

(加盖检测报告专用章)



附件 2 (2/5) 源库拟建区域辐射本底监测报告

苏州热工研究院有限公司环境检测中心 检测报告

报告编号: SNPI环检(电离)字[2020]第176号

第 1 页/共 4 页

检测报告内容

检测项目	X-γ 辐射剂量率
委托单位	中广核苍南核电有限公司
委托单位地址	浙江省温州市苍南县体育场路与玉苍路交汇银联大厦三楼四楼
委托日期	2020年1月17日
检测日期	2020年4月3日
检测类别	空气中放射性
检测方式	现场检测
检测地址	浙江省苍南县霞关镇三澳村三澳核电厂区内
检测所依据的技术文件名称及代号	《辐射环境监测技术规范》 HJ/T 61-2001 《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》 GB/T 14583-1993
检测结果	见检测结果表。
检测结论	经检测, 企业拟建放射源库区域 X-γ 辐射剂量率范围为 (0.115~0.134) μSv/h。
备注	/

报告编制人	任子理	报告审核人	吴连生	授权签字人	陈超峰
签名		签名		签名	
编制日期	2020.4.9	审核日期	2020.4.9	签发日期	2020.4.9

附件 2 (3/5) 源库拟建区域辐射本底监测报告

苏州热工研究院有限公司环境检测中心 检测 报 告

报告编号: SNPI环检(电离)字[2020]第176号

第 2 页/共 4 页

现场情况说明

检测环境条件	天气: 阴 温度: 12℃ 湿度: 35%RH
检测设备	X-γ 射线剂量率仪 AT1121 HJ-189-02 能量响应范围: 15keV-10MeV; 剂量率测量范围: 10nSv/h~10Sv/h 有效期: 2019-12-24至2020-12-23
检测对象参数	环境现状检测。
检测工况	环境现状检测。
现场情况记录	企业拟新建一座放射源库BEN, 位于三澳核电厂区内东北角, 拟建区域周围均为空地。周围50m范围内无环境敏感保护目标。
检测点位	见检测点位示意图。

附件 2 (4/5) 源库拟建区域辐射本底监测报告

苏州热工研究院有限公司环境检测中心 检测 报 告

报告编号: SNPI环检(电离)字[2020]第176号

第 3 页/共 4 页

表1 拟建放射源库区域X-γ辐射剂量率检测结果

检测点序号	检测点位置	辐射剂量率(μSv/h)
1	检测点位1	0.123±0.001
2	检测点位2	0.120±0.004
3	检测点位3	0.115±0.002
4	检测点位4	0.130±0.004
5	检测点位5	0.130±0.004
6	检测点位6	0.129±0.004
7	检测点位7	0.134±0.002
8	检测点位8	0.134±0.001
9	检测点位9	0.130±0.004

注: 检测结果均未扣除宇宙射线响应值。

— 以 下 数 据 空 白 —

附件 2 (5/5) 源库拟建区域辐射本底监测报告

苏州热工研究院有限公司环境检测中心 检测报告

报告编号: SNPI环检(电离)字[2020]第176号

第 4 页/共 4 页

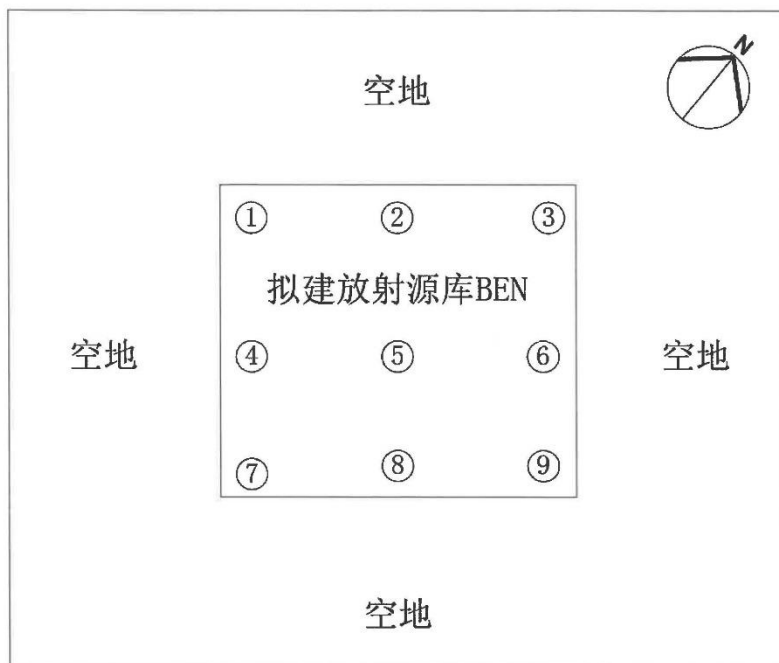


图1 拟建放射源库BEN区域检测点位示意图

附件 3（1/4） 中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书
（选址阶段）批复文件

中华人民共和国生态环境部

环审〔2020〕53号

关于中广核浙江三澳核电站一期工程 环境影响报告书（选址阶段）的批复

中广核苍南核电有限公司：

你公司《关于呈报〈中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（选址阶段）〉的报告》（广核苍〔2016〕60号）、《关于呈报〈中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（选址阶段）〉的函》（广核苍〔2019〕20号）、《关于呈报〈中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（选址阶段，报批稿）〉的函》（广核苍〔2019〕56号）及相关文件收悉。经研究，批复如下：

附件3（2/4） 中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书 （选址阶段）批复文件

一、中广核浙江三澳核电站一期工程位于浙江省温州市苍南县霞关镇三澳村，拟建两台“华龙一号”融合技术核电机组及其配套辅助设施。项目选址与现行的地方总体规划、水资源利用规划、近岸海域环境功能区划和海洋功能区划相容。

《中广核浙江三澳核电站一期工程环境影响报告书（选址阶段）》（以下简称《报告书》）编制依据充分，适用的评价标准恰当，所执行的标准级别明确。正常运行和选址假想事故的评价模式和参数选择合理，正常运行状态下对环境辐射影响小，选址假想事故的环境放射性后果满足《核动力厂辐射防护规定》（GB6249—2011）的要求。

我部同意你公司按照《报告书》所列建设项目的性质、规模、地点以及采取的环境保护措施开展下一阶段工作。

二、在工程设计阶段及今后一个时期应重点做好的工作：

（一）严格落实相关环境保护措施和环境监测方案，在海域工程施工过程中加强施工管理和监测，并采取必要的措施降低悬沙扩散的影响；

（二）积极配合有关单位，明确本工程低水平放射性固体废物的去向；

附件3（3/4） 中广核浙江三澳核电厂一期工程环境影响报告书 （选址阶段）批复文件

（三）积极做好公众宣传和公众参与工作，配合地方政府维护良好的社会环境。

三、项目应严格执行配套建设的环境保护措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。

四、《报告书》经批准后，项目的性质、规模、地点或者采取的环境保护措施发生重大变动的，应当重新报批项目环境影响报告书。

五、我部委托浙江省生态环境厅配合华东核与辐射安全监督站，负责该项目的环境保护监督检查工作。

六、你公司应在收到本批复后20个工作日内，将批准后的《报告书》分送我部华东核与辐射安全监督站、浙江省生态环境厅。



（此件社会公开）

附件 3（4/4） 中广核浙江三澳核电厂一期工程环境影响报告书
（选址阶段）批复文件

抄 送：发展改革委，能源局，华东核与辐射安全监督站，核与辐射安
全中心，浙江省生态环境厅，中国广核集团有限公司。

生态环境部办公厅

2020 年 4 月 13 日印发



附件 5 专家咨询会意见修改清单

《中广核浙江三澳核电厂新建 1 座放射源暂存库项目环境影响报告表》

专家咨询会意见修改清单

序号	意见	是否采纳	修订章节	修订内容
1	明确评价规模（细化核电施工期和运行期所使用放射源的规模及是否倒源等，如涉及倒源，进一步优化设计，完善倒源流程，室内倒源按照 γ 探伤机室内探伤要求进行评价等），完善本次评价的辐射工作人员年附加有效剂量预测分析	是	表 2、表 9、表 11	<p>业主单位根据专家及省生态环境厅总体意见，经综合考虑，决定目前源库内不设置倒源间。</p> <p>按照同类核电厂源库运行经验，考虑一定裕量，报告中给出了本源库项目存储放射源的种类、活度、数量和规模。（P.6、P.15）</p> <p>按照优化设计方案，重新计算了源库辐射工作人员的年附加有效剂量。（P.28~43）</p>
2	完善放射源暂存库的管理机构的设置和管理制度、管理流程	是	表 12	<p>源库项目为核电厂内涉源场所之一，后期将纳入全厂放射源统一管理体系。按照中广核集团其他在建在役核电厂放射源管理经验，参考其他电厂放射源管理程序，本报告给出初步的辐射安全管理机构及相应职责，后续待源库建成后，建设单位将根据企业组织架构及源库实际使用情况设立完整的辐射安全管理机构，并明确相关责任人。（P.46）</p>
3	完善源柜的防护设计及源库排风分析	是	表 9、表 10	<p>根据专家意见，存放间内的源柜小门由铁丝网变为 10mm 厚的钢质屏蔽门。（P.16）</p> <p>关于通风，放射源存放间 A/B/C/D 设置日常通风，采用自然进风、机械排风，换气次数 3 次/h。4 个存放间排风共用 1 台屋顶风机，由设置在源存放间与前室之间隔墙上的余压阀自然进风，通过屋顶风机机械排风，气流组织形式为下进风、上排风，可以起到良好的通风效果。（P.21）</p>
4	明确存储放射源的规模和种类	是	表 2、表 9	已补充存储放射源的规模和种类（P.6、P.15）
5	项目名称取放射源暂存库更合适，补充立项文件	是	全文	将本项目名称变更为“放射源暂存库”，补充了公司内部立项文件。（附件 4）
6	补充平面布局合理性分析，包括小门也应双人双锁、存放间监	是	表 10	本次源库项目不设置倒源间，总平面布置基本合理。源柜铁丝网门改为

序号	意见	是否采纳	修订章节	修订内容
	控、倒源间位置			10mm 厚的钢质屏蔽门，并按照双人双锁设置，存放间增加红外探头，确保监控无死角。（P.21~22）
7	补充倒源操作流程、倒源管理制度、运输管理制度、对探伤作业单位的管理制度、事故应急计划等	是	表 12	本次源库项目不设置倒源功能。在“辐射安全管理规章制度”章节补充了放射源运输、作业承包商、事故应急等方面的部分管理制度，更详细的规章制度需要业主单位后续结合公司组织架构及源库运行实际制定。完整的规章制度将在源库项目验收阶段提供。（P.48~50）
8	大环评的批复文件附后	是	附件	补充了浙江三澳核电项目大环评的批复文件。（附件 3）
9	闲置源在库内最多暂存 3 个月，及时外运处置，不能长期存放	是	表 12	“辐射安全管理规章制度”章节中明确了放射源在闲置和废弃后在源库内暂存不得超过 3 个月，到期前应由源所属单位将废旧源交回供应商，确实无法交回供应商的，要求源所属单位送交有相应资质的放射性废物集中贮存单位处置。（P.49）
10	建议增加固定式辐射检测仪	否	表 12	本项目取消了倒源间设置，并拟再增加一台便携式辐射剂量率检测仪，因此不考虑增加固定式辐射检测仪。（P.51）
11	细化分析倒源操作流程、倒源屏蔽计算、倒源可能事故种类	是	/	本项目取消了倒源功能设置。
12	分析通风设计的效果，通风口建议局部屏蔽	是	表 10	已补充了通风效果分析，目前源库内不设置倒源功能。
13	源柜格子门采用铁丝网，需进行辐射最优化分析	是	表 9、表 10	存放间内的源柜小门由铁丝网改为 10mm 厚的钢质屏蔽门，符合辐射防护最优化原则。（P.16）
14	立面图上增加防水设计的体现	是	附图 3	已在附图 3 中增加了地面标高信息，源库地面比库外地面高 0.3m，可以满足源库防水的要求。
15	源库存放种类补充豁免源，电厂运行期也有探伤源	是	表 1	补充了源库内存放的各类源种类。（P.2）
16	源库规模应确定，验收时要注明工况条件	是	表 2、表 9	已补充存储放射源的规模和种类（P.6、P.15）。后续项目验收时将注明工况条件。
17	倒源功能可以设置，但应优化总平面布局，放中间不合适	是	/	本项目取消了倒源功能设置。
18	项目名称采用暂存库	是	全文	报告中的项目名称均改为“放射源暂

序号	意见	是否采纳	修订章节	修订内容
				存库”。
19	目前正在监管舟山大石化项目源库，存在放射源互借，现场管理混乱，需三澳源库加强管理，避免放射源互借错拿现场。	是	表 11	在事故章节中描述了放射源互借、错拿可能造成的事故，并在相关管理制度上明确了禁止不同单位或部门之间互借放射源。（P.50）
20	分析源柜铁丝网门的设计合理性	是	表 9、表 10	存放间内的源柜小门由铁丝网改为 10mm 厚的钢质屏蔽门，符合辐射防护最优化原则。（P.16）
21	刘新伟 倒源操作需明确是否设置，如设置，会增加建设单位很大责任风险，同时要针对倒源操作补充很多规程、管理制度、辐射防护措施，并加强辐射屏蔽计算	是	/	本项目不设置倒源间，无倒源功能。
22	屏蔽计算时不考虑外单位工作人员的年受照剂量，仅考虑电厂自己的源库工作人员和公众	是	表 11	屏蔽计算时只考虑源库辐射工作人员和公众的年受照剂量。（P.43）
23	明确源库贮存规模	是	表 2、表 9	已补充存储放射源的规模和种类（P.6、P.15）。
24	职业人员年受照剂量管理目标值取 5mSv	是	表 7	职业人员年受照剂量管理目标值取 5mSv。
25	源规模、数量、种类要确定	是	表 2、表 9	已补充存储放射源的规模和种类（P.6、P.15）。
26	倒源操作由室外转室内管理是好的，但要考虑源库事故风险、管理措施，对设置倒源功能进行优劣分析，防护最优化分析	是	/	本项目不设置倒源功能。
27	浙江省生态环境厅 各类源在源柜存放区域尽量细化	是	表 9	本项目在设计时考虑便于管理、查找、防止错拿、误拿、减少干扰的原则，按照不同单位和部门集中存储的原则贮存放射源。A、B、C 存放间为承包商使用，D 存放间为业主使用。（P.16）
28	分析设置铁丝网门的合理性	是	表 9、表 10	存放间内的源柜小门由铁丝网改为 10mm 厚的钢质屏蔽门，符合辐射防护最优化原则。（P.16）
29	补充公安部门对放射源库设计的规范要求	是	表 6	在“评价依据”中补充了《剧毒化学品、放射源存放场所治安防范要求（GA1002-2012）》，并在辐射防护设计及辐射安全管理制度中补充了上述规范的相关要求。
30	温州市生 源库内源的种类和数量要明确，使用中不得存储超过环评中确	是	表 2、表 9	已补充存储放射源的规模和种类（P.6、P.15）。

序号	意见		是否采纳	修订章节	修订内容
	态 环 境 局	定的规模			
31		辐射安全管理制度、事故应急预案等要完善	是	表 12	在“辐射安全管理规章制度”章节补充了辐射安全和事故应急的部分管理制度,更详细的规章制度需要业主单位后续结合公司组织架构及源库运行实际制定。完整的规章制度将在源库项目验收阶段提供。(P.48~50)
32		倒源操作流程和管理制度要建立	是	/	本项目不设置倒源间,无倒源功能。
33		要考虑台风、暴雨天气下源库的安全,防水淹	是	表 10	浙江三澳核电厂址在设计上已充分考虑了苍南地区的区域极端气象,包括台风、暴雨,洪水位考虑可能最大风暴潮增水、10%超越概率的天文高潮位组合,及可能最大风暴潮相应的波浪影响,设计基准洪水位为 8.80m,三澳核电厂址标高为 17.50m,远高于海域洪水水位。另外厂区有完善的排水系统,源库标高高于库外地面 0.3m,不会受到水淹影响。(P.23)
34		源柜铁丝网门不合适	是	表 9、表 10	存放间内的源柜小门由铁丝网改为 10mm 厚的钢质屏蔽门,符合辐射防护最优化原则。(P.16)