

苏州热工研究院有限公司深圳分公司新建
 ^{131}I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统
碘吸附率核技术利用项目竣工环境保护
验收监测报告表

报告编号: RDYS2021440009
(报批稿)

建设单位: 苏州热工研究院有限公司深圳分公司

2021 年 10 月





建设单位法人代表: (签字)

编制单位法人代表: 李胜波 (签字)

项目负责人: 李召杰

报告编写人: 雷勇



建设单位: 苏州热工研究院有限公司深圳分公司

电话: [REDACTED]

邮编: 518031

地址: 深圳市福田区深南大道 2002 号中广核大厦南楼 12-14 层



监测单位: 深圳市瑞达检测技术有限公司 (盖章)

电话: 0755-85257090

邮编: 518131

地址: 深圳市龙华区大浪街道高峰社区华荣路乌石岗工业区 3 栋 1 层-2 层

目 录

表一、项目概况.....	1
表二、工程建设内容.....	4
表三、主要污染源及防护措施.....	16
表四、环评批复要求及“三同时”落实情况.....	20
表五、验收监测质量保证及质量控制.....	22
表六、验收监测内容.....	23
表七、验收监测结果.....	29
表八、结论与要求.....	38
附件 1 营业执照.....	39
附件 2 广东省生态环境厅批复.....	40
附件 3 辐射安全许可证.....	43
附件 4 非密封放射性物质存放确认函.....	46
附件 6 辐射工作人员培训证.....	53
附件 7 规章制度.....	55
附件 8 监测设备和防护用品配备说明.....	98
附件 9 监测表格.....	99
附件 10 验收监测报告.....	101
附件 11 建设项目相关图纸	119
附件 12 现场照片.....	124
附件 13 环保竣工保护验收意见.....	127
附件 14 建设项目竣工环境保护“三同时”验收登记表	133

表一、项目概况

建设项目名称	苏州热工研究院有限公司深圳分公司新建 ^{131}I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统碘吸附率核技术利用项目				
建设单位名称	苏州热工研究院有限公司深圳分公司				
建设单位地点	深圳市福田区深南大道 2002 号中广核大厦南楼 12-14 层				
建设项目性质	新建 ☒ 改建 ☐ 扩建 ☐ 技改 ☐ 迁建 ☐				
建设项目地址	大亚湾核电基地（深圳市东部大亚湾畔）				
建设项目环评时间	2017 年 5 月	开工建设时间		无施工	
调试时间	2021 年 9 月	验收现场监测时间		2021 年 9 月 28 日	
环评报告表审批部门	广东省环境保护厅，粤环审〔2017〕439 号，2017 年 9 月 14 日（附件 2）	环评报告表编制单位		江苏辐环环境科技有限公司	
计划投资总概算	100 万元	环保投资总概算	15 万元	比例	15%
实际总投资	100 万元	环保投资总概算	15 万元	比例	15%
验收监测依据	（1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第 9 号，2015 年 1 月 1 日）； （2）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第 6 号，2003 年 10 月 1 日）； （3）《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 7 月 16 日）； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2005 年 12 月 1 日国务院令第 449 号公布，2019 年 3 月 2 日国务院令第 709 号修订）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日）； （6）《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，2017 年 11 月 20 日）； （7）《建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类》（生态环境部第 9 号公告，2018 年 5 月 16 日）；				

	(8) 《广东省环境保护条例》(广东省人民代表大会常务委员会公告第 29 号, 2019 年 11 月 29 日修正)；											
验收相关依据	(1) 《苏州热工研究院有限公司深圳分公司新建 ¹³¹ I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统碘吸附率核技术利用项目环境影响报告表》(报告编号: 2016-HP-0411, 江苏辐环环境科技有限公司, 2017 年 5 月)； (2) 《广东省环境保护厅关于苏州热工研究院有限公司深圳分公司核技术利用项目环境影响报告表的批复》(粤环审〔2017〕439 号, 2017 年 9 月 14 日, 附件 2)。											
验收相关资料	(1) 公司营业执照； (2) 公司辐射安全许可证； (3) 公司辐射防护管理制度； (4) 工作场所平面布局图； (5) 工作人员辐射安全培训证书； (6) 工作人员个人剂量监测报告； (7) 工作场所防护和表面污染检测报告。											
验收监测评价标准、标号、级别、限值	1. 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制, 使之不超过下述限值: 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可做任何追溯性平均), 20mSv; 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值: 年有效剂量, 1mSv。 依据环评批复提出本项目的剂量约束值: 工作人员的年有效剂量不超过 5mSv, 公众的年有效剂量不超过 0.25mSv。 表面污染控制水平见表 2-1: 表 2-1 工作场所的放射性表面污染控制水平 <table><tr><th colspan="2">表面类型</th><th>β放射性物质 (Bq/cm²)</th></tr><tr><td rowspan="2">工作台、设备、墙壁、地面</td><td>控制区</td><td>4×10</td></tr><tr><td>监督区</td><td>4</td></tr><tr><td>工作服、手套、工作鞋</td><td>控制区、监督区</td><td>4</td></tr></table>	表面类型		β放射性物质 (Bq/cm ²)	工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10	监督区	4	工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
表面类型		β放射性物质 (Bq/cm ²)										
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10										
	监督区	4										
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4										

	手、皮肤、内衣、工作袜	4×10^{-1}
非密封源工作场所分级 按表 2-2 将非密封源工作场所按放射性核素日等效最大操作量的大小分级。		
表 2-2 非密封源工作场所的分级		
	级别	日等效最大操作量, Bq
	甲	$>4 \times 10^9$
	乙	$2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$
	丙	豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$

表二、工程建设内容

2.1 工程建设内容

2.1.1 项目概述

苏州热工研究院有限公司深圳分公司隶属于中广核集团下的苏州热工研究院有限公司，公司位于深圳市福田区深南大道 2002 号中广核大厦南楼 12-14 层，是一家为核电生产运营提供服务的公司（公司营业执照见附件 1）。

为了更好地为中广核集团提供技术服务，公司在大亚湾核电基地控制区内开展 ^{131}I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统碘吸附器效率项目。该项目包括非密封放射性物质暂存场所、分装场所、实验场所、实验结果分析场所。

公司已与广东核电合营有限公司、岭澳核电有限公司、岭东核电有限公司分别签订了非密封放射性物质在 AL 化学环境实验室中存放确认函。广东核电合营有限公司化学环境实验室（简称 DAL 化学环境实验室）、岭澳核电有限公司化学环境实验室（简称 LAL 化学环境实验室）、岭东核电有限公司化学环境实验室（KAL 化学环境实验室）均位于大亚湾核电基地控制区内。本项目使用的非密封放射性物质暂存场所分别位于 DAL 化学环境实验室、LAL 化学环境实验室及 KAL 化学环境实验室。

分装场所位于大亚湾核电基地的广东核电合营有限公司热检修车间厂房（简称 DAC 热检修车间厂房）、岭澳核电有限公司热检修车间厂房（简称 LAC 热检修车间厂房）、岭东核电有限公司热检修车间厂房（KAC 热检修车间厂房）。

实验场所位于大亚湾核电基地控制区内的 DWM（应急中心通风系统）、DVC（主控室通风系统）、DVN（核辅助厂房通风系统）、DVK（核燃料厂房通风系统）、DVW（安全壳环廊房间通风系统）、ETY（安全壳内大气监测系统）、EVF（安全壳内空气净化系统）、TEG（废气处理系统）、AC 厂房通风系统，各个通风系统周围 5m 范围为控制区，禁止无关人员进入。实验结果分析场所位于 DAL 化学环境实验室、LAL 化学环境实验室及 KAL 化学环境实验室。

2017 年 5 月，江苏辐环环境科技有限公司于完成了《苏州热工研究院有限公司深圳分公司新建 ^{131}I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统碘吸附率核技术利用项目环境影响报告表》（报告编号：2016-HP-0411）。

2017 年 9 月 14 日，广东省环境保护厅出具了《广东省环境保护厅关于苏州热工研究院有限公司深圳分公司核技术利用项目环境影响报告表的批复》（粤环审〔2017〕439 号）。

2017 年 11 月 03 日，苏州热工研究院有限公司深圳分公司取得了广东省环境保护厅许

可的《辐射安全许可证》（许可证编号为：粤环辐证[04528]，有效期至 2022 年 11 月 02 日）。

目前大亚湾核电基地的通风系统碘过滤器效率测量由中国辐射防护研究院负责，公司未能进行竣工环境保护验收监测，后深圳市环保部门要求其尽快完成验收监测。公司与核电站进行沟通，获得进入场所监测的授权后，2021 年 8 月，建设单位委托深圳市瑞达检测有限公司对上述项目开展竣工环境保护验收监测。深圳市瑞达检测有限公司根据现场勘查和查阅相关环保资料的基础上，编制本项目竣工环境保护验收监测报告表。



图 2-1 公司地理位置图



附图 1 苏州热工研究院有限公司深圳分公司及本项目所在地理位置示意图

图 2-2 公司与本项目所在地理位置图

2.2.1 本次验收情况

环评批复和实际验收情况对比见表 2-1。

表 2-1 环评批复和实际验收情况对比

编号	环评批复内容 (粤环审〔2017〕439 号)	本次验收实际内容
1	大亚湾核电基地控制区内开展 ^{131}I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统碘吸附器效率项目。该项目包括非密封放射性物质暂存场所、分装场所、实验场所、实验结果分析场所，位于广东核电合营有限公司、岭澳核电有限公司、岭东核电有限公司化学环境实验室、热检修车间厂房以及大亚湾核电基地控制区内有关通风系统等，属乙级、丙级非密封放射性物质工作场所。	与环评批复一致

2.1.3 工程地理位置

苏州热工研究院有限公司深圳分公司位于深圳市福田区深南大道 2002 号中广核大厦南楼 12-14 层。 ^{131}I 标记甲基碘气体法测定核电站通风系统碘吸附器效率项目位于大亚湾核电基地内。项目位置周围 50m 的范围均为大亚湾核电站基地的控制区场所，无居民区、学校等环境敏感目标。本项目由于大亚湾核电基地平面布局图属于国家机密，公司无法提供其具体平面图。

2.1.4 总平面布置

本项目涉及的非密封放射性物质暂存工作场所、非密封放射性物质分装场所、非密封放射性物质实验场所、实验结果分析场所均为大亚湾核电站基地现有工作场所，该场所与环境影响评价报告表中的位置一致，未发生变化。

(1) Na^{131}I 非密封放射性物质暂存工作场所

本项目使用的非密封放射性物质共有 3 个暂存场所，分别位于 DAL 化学环境实验室、LAL 化学环境实验室及 KAL 化学环境实验室，实验室周围环境情况见表 2-2。

公司采购的 Na^{131}I 溶液暂存于 DAL 化学环境实验室保险柜内、LAL 化学环境实验室保险柜内及 KAL 化学环境实验室保险柜内。DAL 化学环境实验室保险柜周围均为实验台，LAL 化学环境实验室保险柜周围为相关实验室，KAL 化学环境实验室保险柜周围为相关实验室。

表 2-2 暂存工作场所周围情况一览表

序号	场所名称	四周情况（东南西北）	顶部	底部
1	DAL 化学环境实验室	DAL 化学环境实验室其他功能房间	办公区	存储区
2	LAL 化学环境实验室	LAL 化学环境实验室其他功能房间	办公区	存储区
3	KAL 化学环境实验室	KAL 化学环境实验室其他功能房间	办公区	存储区

(2) Na^{131}I 非密封放射性物质分装场所

本项目 Na^{131}I 溶液分装场所位于 DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）、LAC 热检修车间厂房（碘源操作间）、KAC 热检修车间厂房（碘源操作间），其周围环境情况见表 2-3。

表 2-3 非密封放射性物质分装场所周围环境情况一览表

序号	场所名称	四周情况（东南西北）	顶部	底部
1	DAC 热检修车间厂房	DAC 热检修车间厂房其他功能房间	机修车间	地面

2	LAC 热检修车间厂房	东侧：存储区；南侧：气闸室、存储区； 西侧：厂内道路；北侧：存储区、记录室、办公室。	无建筑物	存储区
3	KAC 热检修车间厂房	KAC 热检修车间厂房其他功能房间	机修车间	地面

(3) Na¹³¹I 非密封放射性物质实验场所

实验场所位于大亚湾核电基地控制区内的 DWM（应急中心通风系统）、DVC（主控室通风系统）、DVN（核辅助厂房通风系统）、DVK（核燃料厂房通风系统）、DVW（安全壳环廊房间通风系统）、ETY（安全壳内大气监测系统）、EVF（安全壳内空气净化系统）、TEG（废气处理系统）、AC 厂房通风系统。各个通风系统周围 5m 范围为控制区，禁止无关人员进入。

(4) 实验结果分析场所

实验结果分析场所位于 DAL 化学环境实验室、LAL 化学环境实验室及 KAL 化学环境实验室。相邻情况见暂存场所描述。

2.1.5 项目内容及规模

本次验收的主要内容是上述非密封放射性物质暂存场所、分装场所、实验场所、实验结果分析场所进行 ¹³¹I 的实践，具体使用非密封放射性物质的信息见表 2-4。

表 2-4 非密封性物质信息一览表

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)	年最大用量 (Bq)	操作方式	使用场所	场所等级	贮存方式与地点	备注
1	¹³¹ I	液态	使用	6.66×10 ⁸	6.66×10 ⁵	1.85×10 ⁹	源的贮存	DAL 化学环境实验室	丙级	专用屏蔽铅盒内	暂存场所
2	¹³¹ I	液态	使用	6.66×10 ⁸	6.66×10 ⁵	1.85×10 ⁹	源的贮存	LAL 化学环境实验室	丙级	专用屏蔽铅盒内	
3	¹³¹ I	液态	使用	6.66×10 ⁸	6.66×10 ⁵	1.85×10 ⁹	源的贮存	KAL 化学环境实验室	丙级	专用屏蔽铅盒内	
4	¹³¹ I	液态	使用	6.66×10 ⁸	6.66×10 ⁷	1.85×10 ⁹	简单操作	DAC 热检修车间厂房	乙级	专用屏蔽铅盒内	分装场所
5	¹³¹ I	液态	使用	6.66×10 ⁸	6.66×10 ⁷	1.85×10 ⁹	简单操作	LAC 热检修车间厂房	乙级	专用屏蔽铅盒内	
6	¹³¹ I	液态	使用	6.66×10 ⁸	6.66×10 ⁷	1.85×10 ⁹	简单操作	KAC 热检修车间厂房	乙级	专用屏蔽铅盒内	
7	¹³¹ I	液态	使用	1.11×10 ⁸	1.11×10 ⁷	1.11×10 ⁸	简单操作	DWM(应急中心通风系统)	丙级	专用屏蔽铅盒内	实验场所

8	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	6.66×10^8	简单操作	DVC（主控室通风系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
9	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	6.66×10^8	简单操作	DVN（核辅助厂房通风系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
10	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	6.66×10^8	简单操作	DVK（核燃料厂房通风系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
11	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	6.66×10^8	简单操作	DVW（安全壳环廊房间通风系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
12	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	6.66×10^8	简单操作	ETY（安全壳内大气监测系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
13	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	1.32×10^8	简单操作	EVF（安全壳内空气净化系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
14	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	1.32×10^8	简单操作	TEG（废气处理系统）	丙级	专用屏蔽铅盒内
15	^{131}I	液态	使用	1.11×10^8	1.11×10^7	2.22×10^8	简单操作	AC 厂房通风系统	丙级	专用屏蔽铅盒内

注：非密封源工作场所分级标准，日等效操作量/Bq，甲级： $>4 \times 10^9$ ，乙级： $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^9$ ，丙级：豁免活度值以上 $\sim 2 \times 10^7$ 。

2.2 主要工艺流程及产污环节

2.2.1 工作原理介绍

核电站、反应堆和同位素生产设备等核设施的排气中含有的气态放射性碘主要是元素碘和有机碘（以甲基碘为主），消除这些气态放射性碘的有效吸附剂是浸渍活性炭，通风系统中碘过滤器（PI）设计用来为防止人员和环境受到放射性污染。目前碘吸附器现场试验方法主要有美国的氟利昂泄露试验法和法国的放射性甲基碘标记法，中广核集团内核电站主要采用放射性甲基碘标记法。

本项目是通过采用放射性甲基碘标记法定期试验的方式来测定核电站通风系统碘吸附器的可用性。该试验方法采用 Na^{131}I 溶液与硫酸二甲酯 $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$ 溶液反应，生成甲基碘 CH^{131}I 气体，作为试验示踪剂注入到通风系统中。分别在系统的上游和下游设采样点，采样后用 γ 谱仪分析上、下游取样碳盒的活度，得到系统中碘吸附器的净化系数，以分析比较碘吸附器是否合格，其反应如式： $2\text{Na}^{131}\text{I} + (\text{CH}_3)_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{CH}_3^{131}\text{I}\uparrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 。

2.2.2 Na^{131}I 溶液操作流程

1. Na¹³¹I 溶液暂存工作流程

- ① 进厂的 Na¹³¹I 溶液必须当天存入 AL 厂房的源库。
- ② 指定专人负责 Na¹³¹I 溶液的管理。
- ③ 进厂的 Na¹³¹I 的登记证书应归档到辐射防护人员。
- ④ 保险柜钥匙由辐射防护人员管理。放置、使用和处置 Na¹³¹I 溶液需要办理使用手续。

2. Na¹³¹I 溶液分装流程

(1) Na¹³¹I 溶液使用申请

- ① 新进 Na¹³¹I 溶液进行配制和报废由性能试验授权人员签发 Na¹³¹I 使用申请表。使用 Na¹³¹I 溶液时需要实验人员持使用申请表和辐射防护人员一起到现场移取 Na¹³¹I 溶液, 使用完毕后, 辐射防护人员将 Na¹³¹I 溶液放入保险柜中并上锁。
- ② 性能试验人员不定期向辐射防护人员提供可以签发“Na¹³¹I 溶液使用申请表”的人员名单。
- ③ 辐射防护人员应及时响应性能实验人员使用需求。
- ④ 实验人员借用源柜钥匙使用完毕后应及时归还辐射防护人员。

(2) 配制人员的要求

- ① Na¹³¹I 溶液的配制人员须经适当的辐射防护培训, 达到规定的操作熟练程度, 获得国家环境保护部门颁发的“辐射工作人员培训合格证”。
- ② Na¹³¹I 溶液配制人员应具有电站辐射防护 RP 授权。
- ③ 配制工作须双人共同完成 (一人配制, 一人监护)。

(3) 配制人员的防护

- ① 配制人员必须遵守核电站辐射防护守则规定, 进入控制区要穿戴基本防护服装。
- ② 配戴电子剂量计和热释光个人剂量计。
- ③ 携带表面污染测量仪器。
- ④ 在 Na¹³¹I 溶液配制室中一切放射性操作均要穿戴铅衣、铅手套和乳胶手套。

(4) 配制前的准备工作

- ① 打开手套箱的照明和通风开关。
- ② 检查配制所需的材料是否齐全, 包括: 小瓶、胶塞、铝盖、注射器、针头、Na¹³¹I 缓冲溶液等。
- ③ 准备好 Na¹³¹I 试剂瓶运输所需的外包装罐。

④ 打开从厂家购买的 Na^{131}I 外包装，仔细阅读说明书，计算 Na^{131}I 的活度，做好记录。

⑤ 检查手套箱的表面沾污和表面剂量率，并做好记录，如有表面沾污要进行去污。

(5) 配制

① 在原外包装中打开铅罐，检查 Na^{131}I 小瓶是否完好，如发现破裂，应及时通知辐射防护人员，不可自行处理。

② 更换乳胶手套。

③ 打开手套箱外门。

④ 将 Na^{131}I 放入过渡区。

⑤ 更换乳胶手套。

⑥ 关闭手套箱外门。

⑦ 打开手套箱内门，将 Na^{131}I 放入手套箱。

⑧ 关闭手套箱内门。

⑨ 按实验系统所需活度用注射器注入缓冲溶液进行 Na^{131}I 溶液稀释或合并。

⑩ 将配制好的 Na^{131}I 溶液放入特制的铅罐中。

⑪ 打开手套箱内门，将铅罐放入过渡区，关闭内门。

⑫ 打开手套箱外门，将铅罐放入预先准备好的外包装中，用胶带密封。

⑬ 填写“ Na^{131}I 溶液使用记录单”。

(6) 配制后的检查工作

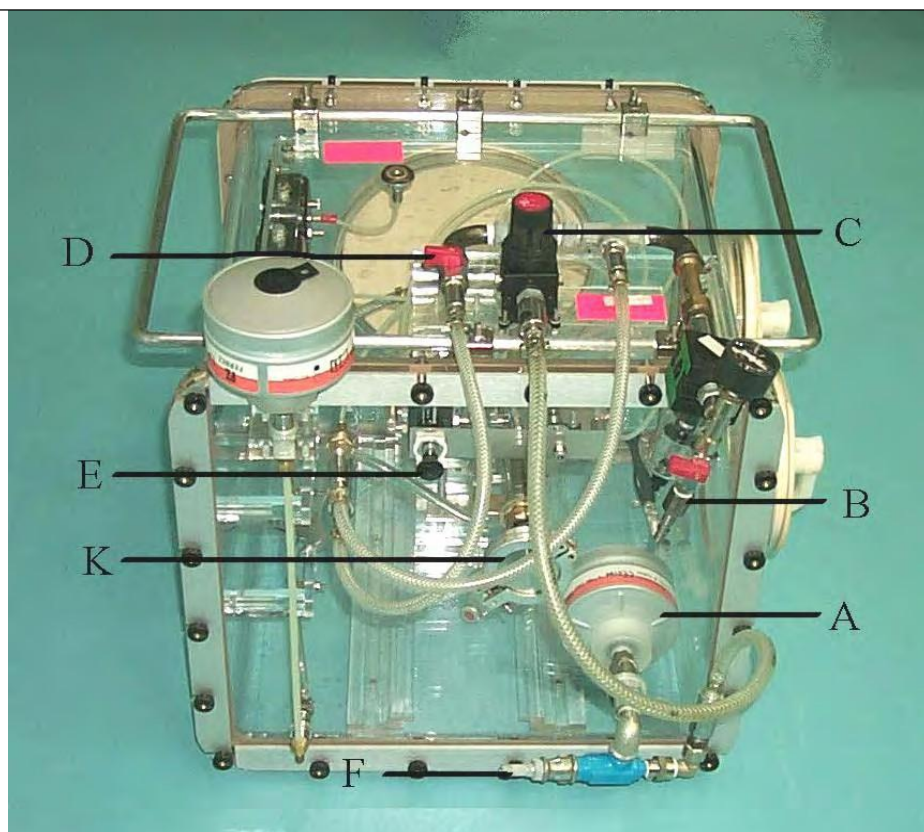
① 检查手套箱表面沾污和接触剂量率，如有异常马上通知辐射防护人员。

② 检查操作人员的表面沾污情况并填写记录。

2.2.3 Na^{131}I 溶液实验操作流程

(1) 实验相关仪器准备

本项目实验需要甲基碘发生器 1 套、取样装置 2 套、多功能风速仪 1 台、温湿度计 1 台、数字式差压表 2 块、卷尺 1 块、压缩空气软管 70m。甲基碘发生器正视图见图 2-3，侧视图见图 2-4，甲基碘发生器示意图见图 2-5，实验简图见图 2-6。



A-负压箱除碘器；B-压空喷射泵；C-负压箱泵供气开关；D-调节阀门；E-操作气动装置；
F-负压箱排气压空泵；K-碘出口管；

图 2-3 甲基碘发生器正视图

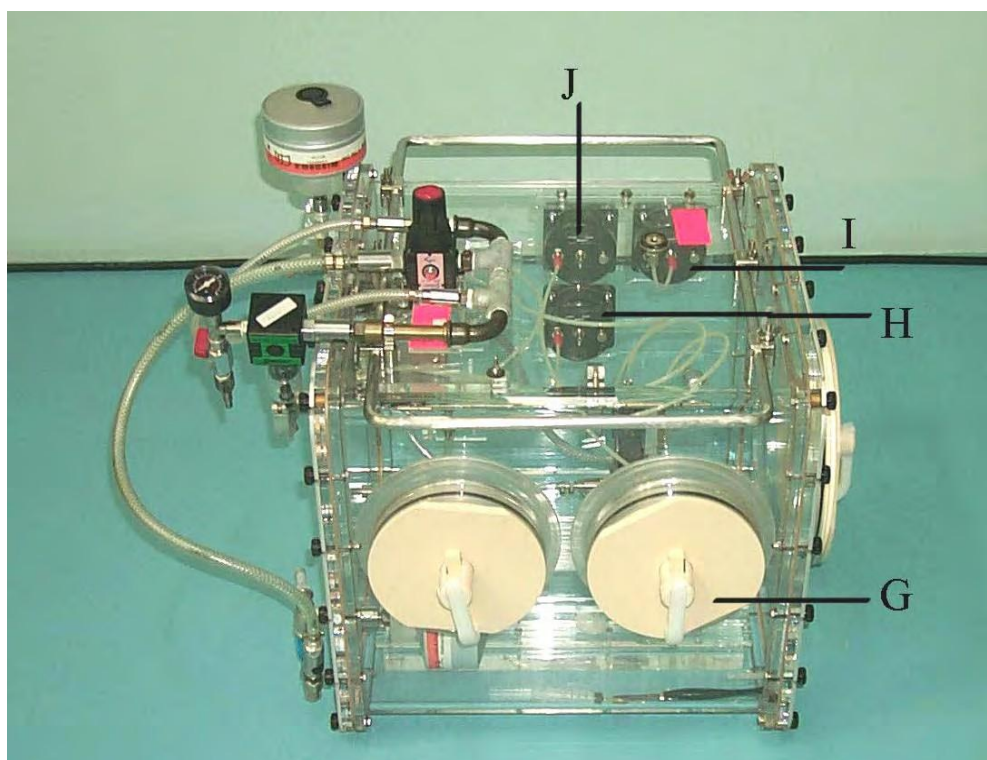


图 2-4 甲基碘发生器侧视图

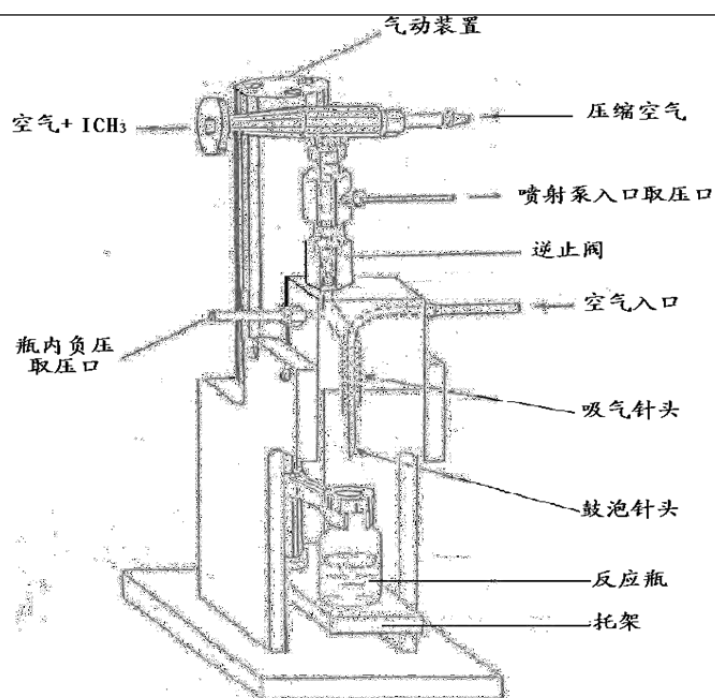


图 2-5 甲基碘发生器示意图

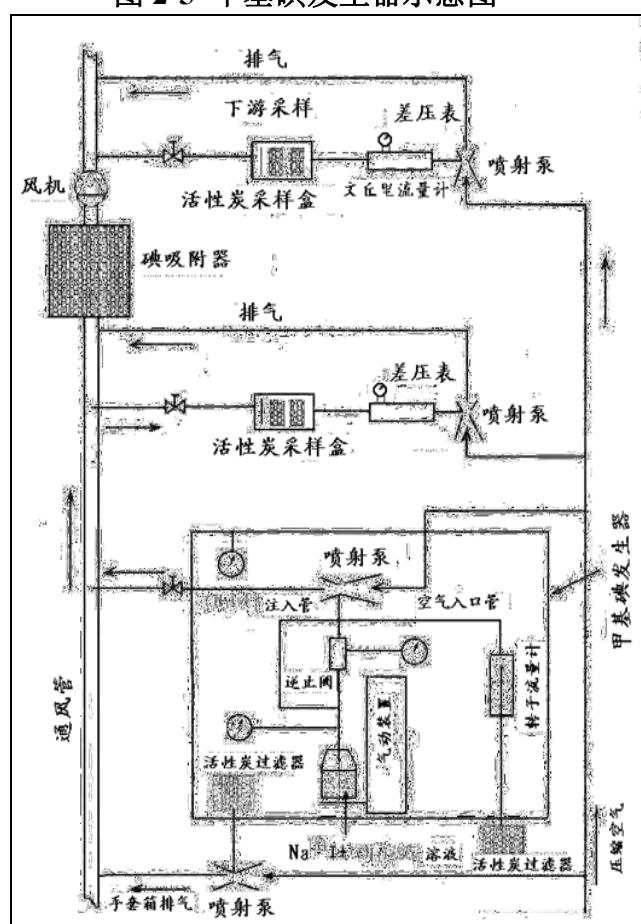


图 2-6 本项目实验装置示意图

(2) 实验前准备工作

- ③ 实验用 Na^{131}I (3mCi) 溶液和硫酸二甲酯 $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$ 溶液已准备好；

- ④ 取样炭盒、滤膜已安装在滤夹中，并做好标记（系统上、下游）；
- ⑤ 从隔离办领取使用外源许可证，并验证隔离要求是否完成；
- ⑥ 向运行人员了解机组状态，交待试验过程及注意事项。

（3）安装取样装置

- ① 将取样装置按标记与上下游取样孔相连；
- ② 把取样装置的排放管与回注孔相连；
- ③ 连接压缩空气源；
- ④ 打开取样隔离阀；
- ⑤ 调节取样流量表流量，使其差压达到 $350\pm 5\%Pa$ 左右值。

（4）甲基碘发生及注入

- ① 插上负压箱除碘器 A；
- ② 连接压缩空气到压空喷射泵 B；
- ③ 用排气管将负压箱排气真空泵 F 与系统回注孔相连；
- ④ 将碘出口管 K 与系统注入口连接；
- ⑤ 调节负压箱泵供气开关 C 使负压箱真空表 I 达到 $80mmH_2O$ （甲基碘发生器相对于大气 $\Delta P=80mmH_2O$ ）；
- ⑥ 从铅罐中取出碘源放入负压箱内；
- ⑦ 将硫酸二甲酯瓶放入负压箱内；
- ⑧ 用注射器将 1ml 硫酸二甲酯注入到碘源瓶中，速度要快（1~2 秒），防止注射针头在碘化钠中浸泡；
- ⑨ 把碘源瓶固定在支架上；
- ⑩ 从甲基碘发生器中拿出硫酸二甲酯瓶；
- ⑪ 关闭盖板 G；
- ⑫ 打开安装在风管上的注入隔离阀；
- ⑬ 操作气动装置 E 使碘源瓶就位；
- ⑭ 调节阀门 D,调节甲基碘注入率，使压力表 J 指示为 750mbar，同时使 H 指示为 $100mmH_2O$ （碘源瓶相对于甲基碘发生器， $\Delta P=100mmH_2O$ ）。
- ⑮ 向系统注入试验介质 30 分钟。

（5）试验期间的控制

- ① 检查试验过程是否正确连续地进行；

- ② 检查取样流量计是否工作正常;
- ③ 用辐射剂量仪测量甲基碘发生器表面剂量率, 验证甲基碘已经注入系统。

(6) 停止和拆卸

- ① 注入 30 分钟后操作气动提升装置 E, 从注入环路断开碘源;
- ② 关闭注入隔离阀;
- ③ 连续吹扫直到环路被完全排空 (约 10 分钟);
- ④ 从甲基碘发生器中拿出碘源瓶, 贴上专用薄膜, 放回铅罐中;
- ⑤ 把铅罐再放回转运箱中;
- ⑥ 切断压缩空气源;
- ⑦ 拆下注入系统;
- ⑧ 将注入口堵好。

(7) 上游取样

- ① 停止注入 15 分钟后, 将取样流量计上的指示调到零;
- ② 关闭隔离阀;
- ③ 断开气源;
- ④ 将取样孔, 回注孔的盖子复位, 取样碳盒贴上标签, 并注明日期、系统、使用单位。

位。

(8) 下游取样

- ① 停止注入 30 分钟后, 将取样流量计上的指示调到零;
- ② 关闭隔离阀;
- ③ 断开气源;
- ④ 将取样孔, 回注孔的盖子复位, 取样碳盒贴上标签, 并注明日期、系统、使用单位。

位。

(9) 系统恢复

- ① 将系统恢复到试验前的状态;
- ② 在碘吸附器箱体上挂上特殊警告标志, 并注明试验日期。

(10) 结果分析

将样品带回实验室使用分析, 结果记录在试验结果记录表中。如果试验结果不满足验收标准, 联系现场服务处检查或更换过滤器, 重做试验。

表三、主要污染源及防护措施

3.1 污染源：

本项目使用的放射性核素为 ^{131}I ，其半衰期为 8.04 天。主要衰变方式为 β^- 衰变，在衰变过程主要向外发射 0.606MeV 的电子线及 0.365MeV 的 γ 射线。核素特性一览表见下表：

表 3-1 ^{131}I 核素特性一览表

核素名称	半衰期	毒性分组	衰变方式	主要射线及能量(MeV) 及绝对强度 (%)
^{131}I	8.04d	中毒	β^-	β^- ：0.606（89.2%） γ ：0.365（81.1%）

Na^{131}I 在暂存、分装、实验及分析过程中对外发射的射线污染主要是 0.365MeV 的 γ 射线和 0.606MeV 的 β 射线，由于 β 射线的穿透能力很弱，因此对环境造成影响的主要是 γ 射线。

在 Na^{131}I 分装过程中，会产生受其污染的试剂瓶、注射器、碳盒、乳胶手套等放射性固体废物。放射性固体废物分类放置（可压缩与不可压缩废物分别放入不同颜色塑料袋中），核电站设置有垃圾桶，上述固体废物工作人员操作完后，将废物放入垃圾桶中，并由专业人员清理和处置；用过的化学试剂空瓶存放在指定地点统一处置。

Na^{131}I 在使用过程中，可能对手套箱、工作台面等发生表面污染，冲洗过程中会产生少量的冲洗水等。放射性废液倒入 SRE202BA 系统传至 TEU 系统处置；报废化学试剂填写报废评价单和工作申请交由服务部统一处理。少量非毒性化学试剂可溶成液体倒入 SRE202BA 系统传至 TEU 处理。对于铅罐中剩余的放射性废液，由厂家回收处理。

Na^{131}I 在负压的手套箱和核电站通风系统中操作，手套箱和核电站通风系统中均设置有碘过滤器。根据苏州热工研究院有限公司深圳分公司提供的核电站通风系统碘过滤器测量分析单可知， ^{131}I 经过碘过滤器后，其活度最大值为 $4.18 \times 10^4 \text{Bq}$ ，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 A1 续可知 ^{131}I 豁免活度值 $1.0 \times 10^6 \text{Bq}$ 。因此，挥发至空气中的放射性气溶胶量极小，不会对环境造成影响。

3.2 防护措施

3.2.1 屏蔽措施

本次验收的工作场所采取了屏蔽参数情况见表 3-2。

表 3-2 本项目各个场所屏蔽设计参数一览表

场所名称	四周屏蔽墙厚度	顶部、底部厚度	防护门厚度
DAL 化学环境实验室、 LAL 化学环境实验室及 KAL 化学环境实验室	24cm 实心砖墙	顶部: 16cm 混凝土底 部: 16cm 混凝土	普通门
DAC 热检修车间厂房	西侧和北侧: 24cm 实心砖墙	顶部: 16cm 混凝土 底部: 地坪	普通门
LAC 热检修车间厂房	南侧和西侧: 24cm 实心砖墙	顶部: 16cm 混凝土 底部: 16cm 混凝土	普通门
KAC 热检修车间厂房	24cm 实心砖墙	顶部: 16cm 混凝土 底部: 地坪	普通门
保险柜	铅当量为 5mm		
铅罐	铅当量为 5mm		
手套箱	铅当量为 5mm		
铅衣	铅当量为 1mm		

注: 表中混凝土密度为 2.35 g/cm^3 , 实心砖墙密度为 1.65 g/cm^3 。

3.2.2 放射性药物操作防护措施

Na^{131}I 分装场所位于 DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）、LAC 热检修车间厂房（碘源操作间）、KAC 热检修车间厂房（碘源操作间）。分装时辐射工作人员均穿戴铅手套、铅衣和佩戴碘面罩，在呈负压的铅玻璃手套箱中进行操作，公司将碘源操作间划为控制区，门口设有电离辐射警告标志，非辐射工作人员不得靠近。实验时辐射工作人员均穿戴铅手套、铅衣和佩戴碘面罩，在呈负压的甲基碘发生器内中进行操作。建设单位放射性药物操作防护措施满足要求。

3.2.3 其他防护措施

本项目工作场所均位于大亚湾核电基地控制区内，相应的辐射安全措施主要有：

（1）暂存场所、分装场所及实验结果分析场所及周围醒目位置处均已设置符合规范的辐射警告标志；拟将实验场所周围 5m 划为控制区，使用黄色警戒线围住控制区，在控制区边界上合适的位置设置电离辐射警告标志并悬挂清晰可见。

（2） Na^{131}I 溶液暂存在保险柜时，实行双人双锁管理，钥匙由辐射防护人员管理。

（3）为本项目辐射工作人员配备辐射防护装置及个人防护用品，主要有铅衣、铅手套、碘面罩、剂量报警仪、个人剂量计等防护设备。

（4）工作人员操作后离开前作表面污染监测，如其污染水平超过规定限值，采取去污措施。从控制区取出任何物件都应进行表面污染水平监测，以保证超过规定限值的

物件不携出控制区。

(5) 制定有相关辐射安全管理制度和事故应急制度，确保工作的安全。

(6) 辐射工作人员接受专业技术培训和辐射安全培训，工作中严格遵守各项辐射安全管理制度，避免发生事故。

3.2.4 分区管理

本项目暂存场所、分装场所、实验场所及实验结果分析场所均位于大亚湾核电基地控制区内，公司将非密封放射性物质暂存场所、分装场所、实验结果分析场所划为控制区，将实验场所周边 5m 划为控制区，禁止无关人员进入。本项目工作场所布局能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

3.2.5 辐射工作场所监测仪器配备

核电站为该项目已配备 2 台环境辐射剂量巡测仪、2 台表面沾污仪和 4 台个人剂量报警仪（每个工作组 1 台环境辐射剂量巡测仪、1 台表面沾污仪和 2 台个人剂量报警仪），铅手套、铅衣和佩戴碘面罩若干进行实验。

3.2.6 三废处理

在 Na^{131}I 分装过程中，会产生受其污染的试剂瓶、注射器、碳盒、乳胶手套等放射性固体废物。放射性固体废物分类放置（可压缩与不可压缩废物分别放入不同颜色塑料袋中），核电站设置有垃圾桶，上述固体废物工作人员操作完后，将废物放入垃圾桶中，并由专业人员清理和处置；用过的化学试剂空瓶存放在指定地点统一处置。

Na^{131}I 在使用过程中，可能对手套箱、工作台面等发生表面污染，冲洗过程中会产生少量的冲洗水等。放射性废液倒入 SRE202BA 系统传至 TEU 系统处置；报废化学试剂填写报废评价单和工作申请交由服务部统一处理。少量非毒性化学试剂可溶成液体倒入 SRE202BA 系统传至 TEU 处理。对于铅罐中剩余的放射性废液，由厂家回收处理。

Na^{131}I 在负压的手套箱和核电站通风系统中操作，手套箱和核电站通风系统中均设置有碘过滤器。根据苏州热工研究院有限公司深圳分公司提供的核电站通风系统碘过滤器测量分析单可知， ^{131}I 经过碘过滤器后，其活度最大值为 $4.18 \times 10^4 \text{Bq}$ ，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 A1 续可知 ^{131}I 豁免活度值 $1.0 \times 10^6 \text{Bq}$ 。因此，挥发至空气中的放射性气溶胶量极小，不会对环境造成影响。

3.2.7 规章制度及人员管理

(1) 管理组织机构、岗位职责

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第 3 号）要求，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

苏州热工研究院有限公司深圳分公司按规定已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构（聂沈斌为组长，邓德兵为副组长，李召杰、何庆琼、于海峰、范斯军为成员），并以文件形式明确各成员管理职责。

苏州热工研究院有限公司深圳分公司已制定了一系列辐射安全管理制度，主要包括《碘源分装配制操作规程》、《放射工作人员职责》、《放射性设备检验及维护制度》、《放射源安全保卫制度》、《放射源管理制度》、《放射源使用管理规定》、《放射源事故应急预案》和《放射源异地使用管理规定》，公司将严格按照规章制度执行。公司制定的制度明确了事故应急领导小组及职责；制定了相应的操作规程及辐射安全管理制度；明确了安全防护处辐射防护人员负责 Na^{131}I 源项的归口管理工作；明确了技术支持处性能试验人员负责 Na^{131}I 源项具体管理和使用，并指定碘吸附器试验项目负责人进行专人管理；明确了 Na^{131}I 源项贮存、配制、运输管理工作中的具体要求。

（2）人员管理

公司为本项目配备 4 名辐射工作人员，均已参加辐射安全和防护培训且均考核合格。

（3）应急预案

公司已制定了《放射源事故应急预案》制度，该预案明确了辐射事故应急救援辐射应急领导小组的组织机构、组成人员及职责；明确了应急人员培训内容、培训周期及定期演练等；明确了辐射应急救援响应措施；明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，明确环保（12369）、公安（110）及卫生部门（120）的联系方式。

表四、环评批复要求及“三同时”落实情况

广东省环境保护厅批复要求 粤环审（2017）439号	落实情况
建立健全辐射安全管理机构，完善辐射安全各项管理制度。辐射安全管理人员和辐射工作人员定期接受辐射安全与防护培训并持证上岗。	已落实。建设单位已经建立有辐射安全管理机构，制定有《碘源分装配制操作规程》、《放射工作人员职责》、《放射性设备检验及维护制度》、《放射源安全保卫制度》、《放射源管理制度》、《放射源使用管理规定》、《放射源事故应急预案》等管理制度，辐射工作人员管理人员和辐射工作人员已经接受辐射安全与防护培训并持证上岗。
严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）《核空气净化系统碘吸附器净化系数的测定放射性甲基碘法》（EJ/T 1183-2005）等标准要求落实各项辐射安全与防护措施以放射性“三废”处理措施。建立放射性物质使用台账。	已落实。建设单位已按照要求落实了各项辐射安全与防护措施以放射性“三废”处理措施。建设单位建立有放射性物质使用台账。
严格落实监测计划，配备辐射监测仪器。定期对周围环境和 workplaces 进行环境监测并建立监测档案。工作人员佩戴个人剂量计，剂量计监测每季度进行1次，建立个人剂量档案。	已落实。核电站已为本项目配备2台环境辐射剂量巡测仪、2台表面沾污仪和4台个人剂量报警仪。定期对周围环境和 workplaces 进行环境监测，建立了监测记录表并建立监测档案。工作人员佩戴个人剂量计，剂量计监测每2个月进行1次，建立个人剂量档案。
工作人员年有效剂量约束值低于5毫希沃特/年，公众年有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。	已落实。建设单位配备有操作药物的手套箱，根据第7章核算结果，工作人员以及公众受照剂量满足辐射工作人员年有效剂量约束值低于5毫希沃特/年，公众年有效剂量约束值低于0.25毫希沃特/年。

项目建设应严格执行配套建设的环境保护设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。项目建成后，你单位应按照规定程序申领辐射安全许可证。	已落实。项目建设严格执行配套建设的环境保护设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。并在 2017 年 11 月取得了辐射安全许可证。
--	--

表五、验收监测质量保证及质量控制

一、质量保证

①监测前制定监测方案，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

②监测所用仪器经国家法定计量检定部门检定合格，每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

③定期参加上级技术部门及与其他同行业单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查等质控手段保证仪器设备的正常运行；

④监测实行全过程的质量控制，严格按照公司《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行，监测人员经考核合格并持有合格证书上岗；

⑤验收报告严格按相关技术规范编制，数据处理及汇总经相关人员校核、监测报告经质量负责人或授权签字人审核，最后由技术负责人或授权签字人签发。

二、质量控制

(1) 监测仪器

监测使用仪器信息见表 5-1。

表5-1 X- γ 剂量率检测仪器信息

仪器名称	辐射检测仪
仪器型号	AT1121型辐射检测仪/45091
检定证书	编号：2021H21-20-3270497001
检定日期	2021年5月13日

表5-2 表面污染仪检测仪器信息

仪器名称	α 、 β 表面污染仪
仪器型号	CoMo170型 α 、 β 表面污染仪/8497
检定证书	编号：2021H21-20-3445405001
检定日期	2021年7月28日

(2) 人员能力

监测人员经过考核并持有合格证书。

表六、验收监测内容

一、监测内容及监测布点

1. 监测时间

2021 年 9 月 28 日

2.监测项目

按照要求，对于使用非密封源的工作场所检测指标包括：X-γ辐射剂量率、表面污染、气溶胶浓度、放射性废液活度。

根据苏州热工研究院有限公司深圳分公司提供的核电站通风系统碘过滤器测量分析单可知，¹³¹I 经过碘过滤器后，其活度最大值为 $4.18 \times 10^4 \text{Bq}$ ，小于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）表 A1 续可知 ¹³¹I 豁免活度值 $1.0 \times 10^6 \text{Bq}$ 。因此，挥发至空气中的放射性气溶胶量极小，不会对环境造成影响。

Na¹³¹I 在使用过程中，对于铅罐中剩余的放射性废液，由厂家回收处理；冲洗过程产生少量的冲洗水倒入 SRE202BA 系统传至 TEU 系统处置，该部分由核电站完成流出物的监测。

因此本次监测内容为：X-γ辐射剂量率、表面污染

3. 监测布点

3.1 X-γ辐射剂量率剂量率布点图

①药物铅罐表面剂量率。

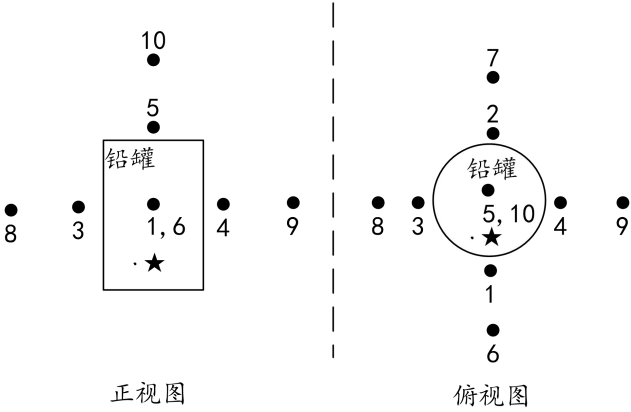


图 6-1 铅罐检测布点示意图

②运输药物铁皮桶表面剂量率

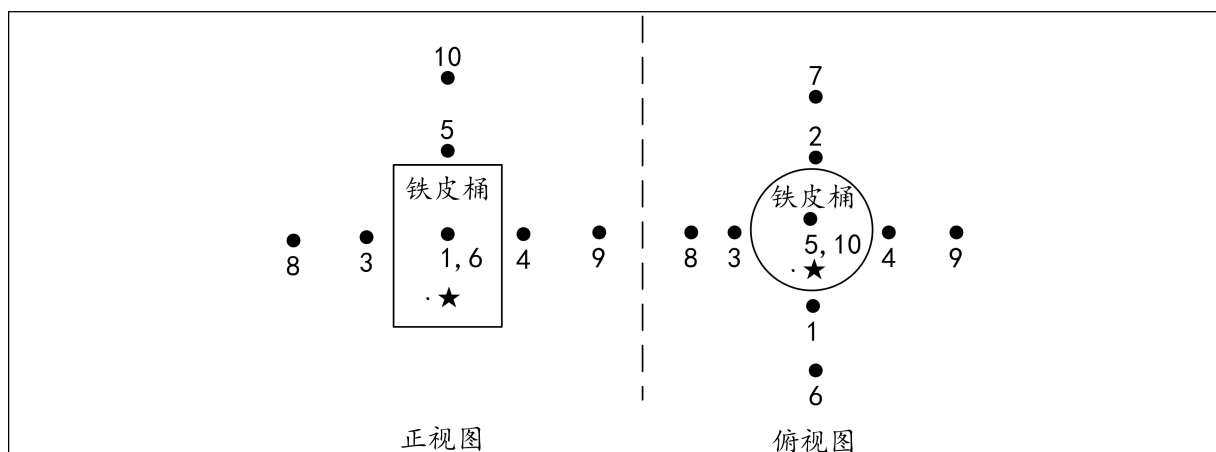


图 6-2 铁皮桶布点示意图

③DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）内手套箱表面以及工作场所剂量率

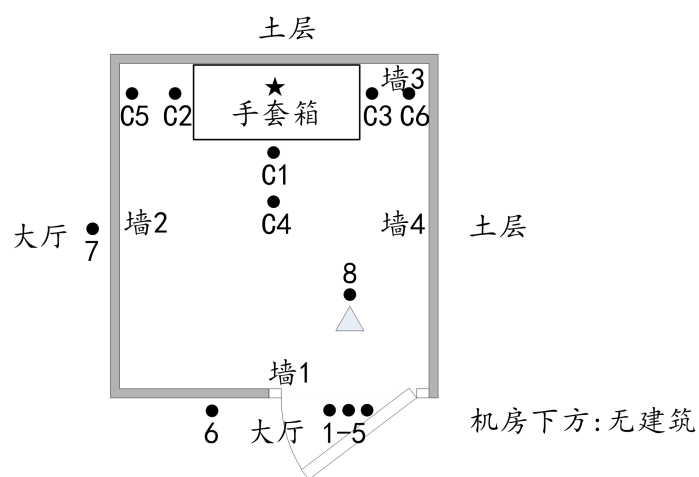


图 6-3 DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）工作场所检测布点示意图

④DAL 化学实验室（D0AL202 房）工作场所剂量率

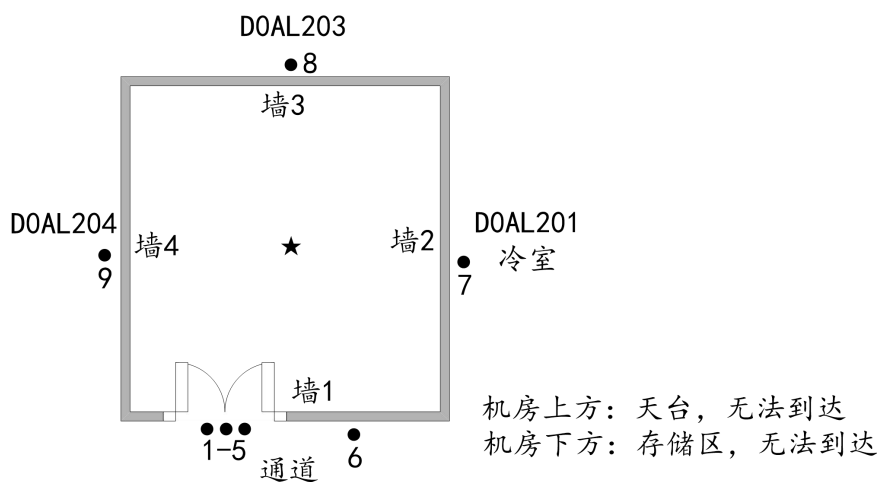


图 6-4 DAL 化学实验室（D0AL202 房）工作场所检测布点示意图

⑤LAC 热检修车间厂房（碘源操作间）手套箱表面以及工作场所剂量率

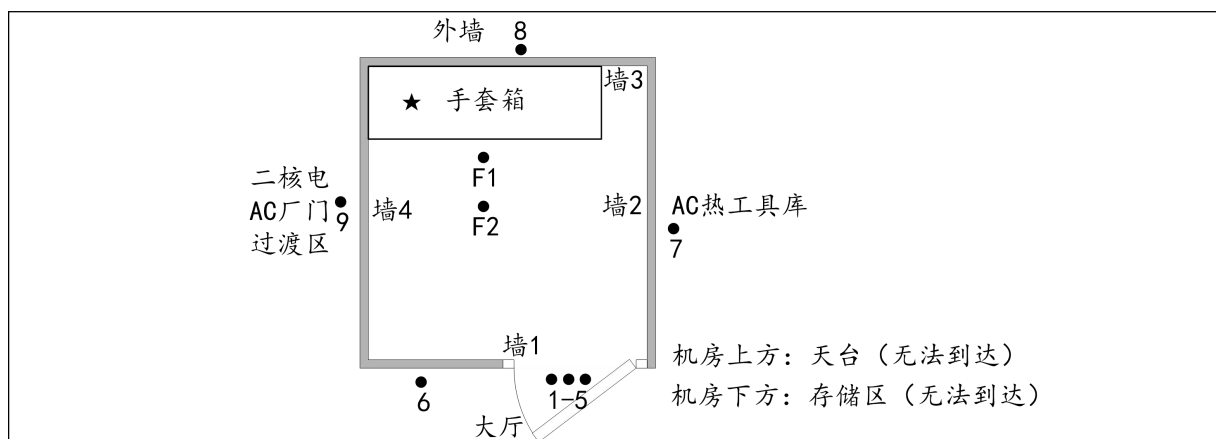


图 6-5 LAC 热检修车间厂房（碘源操作间）工作场所检测布点示意图

⑥LAL 化学实验室（L0AL207 房）工作场所剂量率

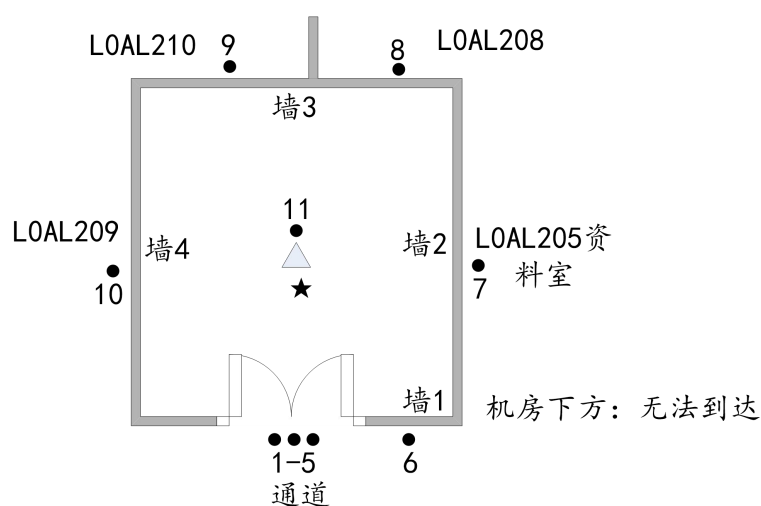


图 6-6 LAL 化学实验室（L0AL207 房）检测布点示意图

⑦ KAL 热检修车间厂房（碘源操作间）手套箱表面以及工作场所剂量率

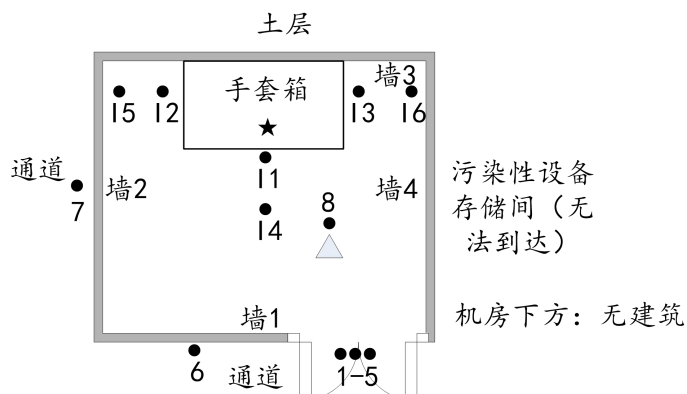


图 6-7 KAL 热检修车间厂房（碘源操作间）工作场所检测布点示意图

⑧KAL 化学实验室（L8AL206 室）剂量率

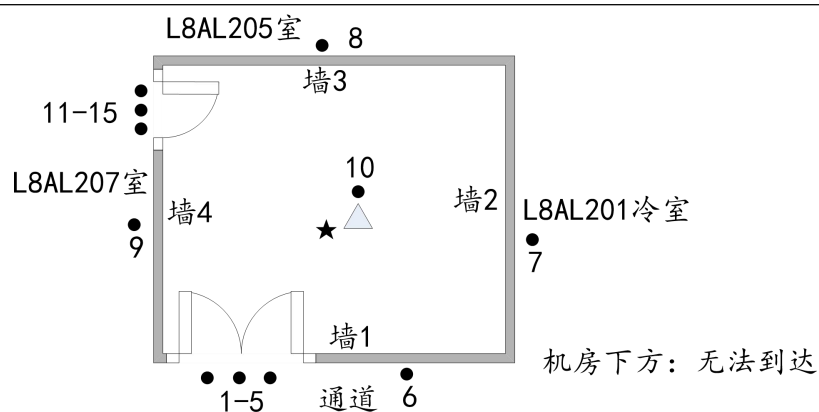


图 6-8 KAL 化学实验室（L8AL206 室）检测布点示意图

3.2 表面污染布点图

①DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）表面污染

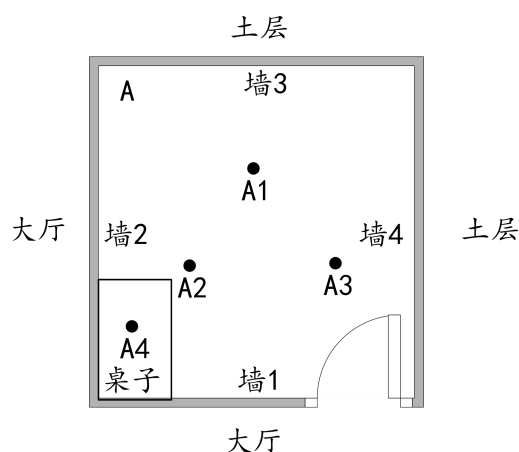


图 6-9 DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）检测布点示意图

②DAL 化学实验室（D0AL202 房）表面污染

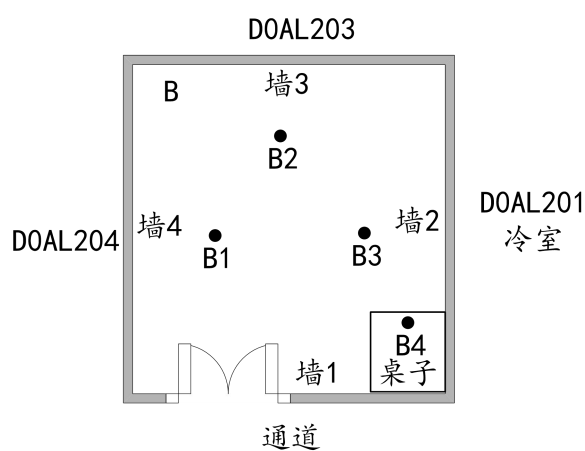


图 6-10 DAL 化学实验室（D0AL202 房）检测布点示意图

③LAC 热检修车间厂房（碘源操作间）表面污染

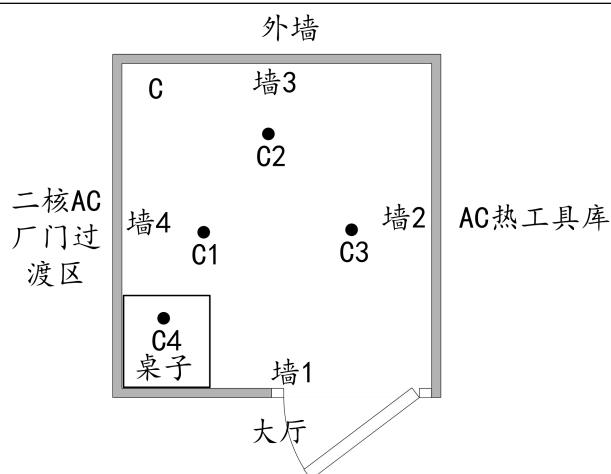


图 6-11 LAC 热检修车间厂房（碘源操作间）检测布点示意图

④LAL 化学实验室（L0AL207 房）表面污染

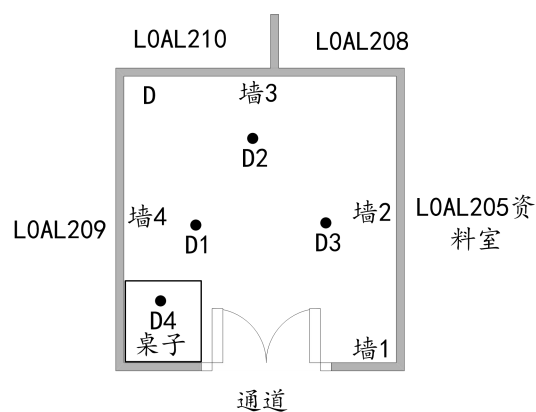


图 6-12 LAL 化学实验室（L0AL207 房）检测布点示意图

⑤KAC 热检修车间厂房（碘源操作间）表面污染

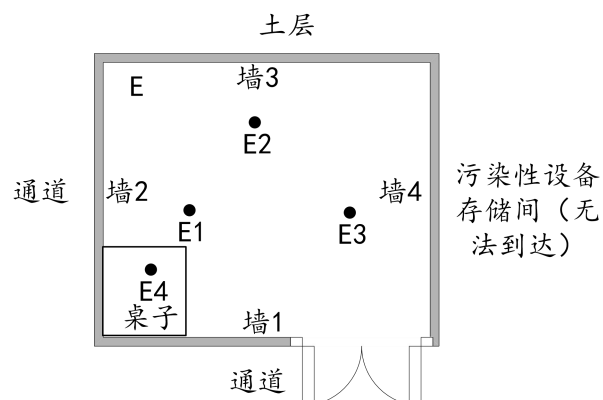


图 6-13 KAC 热检修车间厂房（碘源操作间）检测布点示意图

⑥KAL 化学实验室（L8AL206 室）表面污染

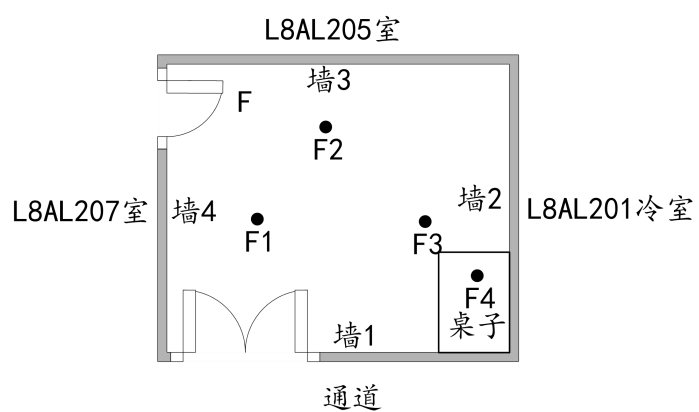


图 6-14 KAL 化学实验室（L8AL206 室）检测布点示意图

表七、验收监测结果

验收监测期间生产工况记录：

- (1) 80mCi ^{131}I ；
(2) 验收监测期间环保设备和环保设施正常运行。

验收监测结果：

- (1) X- γ 剂量率

表 7-1 铅罐监测结果

场所代码	A			
场所名称	铅罐			
检测条件	80mCi 的 ^{131}I (9 月 25 日 15: 00 标定源活度) 置于铅罐内			
检测时间	13 时 59 分~14 时 11 分			
检测点编号	检测点位置		检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	检测点位所在场所分区
A1	铅罐外表面 5cm	前方	10.6	控制区
A2	铅罐外表面 5cm	后方	10.5	控制区
A3	铅罐外表面 5cm	左侧	11.0	控制区
A4	铅罐外表面 5cm	右侧	11.3	控制区
A5	铅罐外表面 5cm	上方	10.1	控制区
A6	铅罐外表面 1m	前方	1.32	控制区
A7	铅罐外表面 1m	后方	1.21	控制区
A8	铅罐外表面 1m	左侧	1.39	控制区
A9	铅罐外表面 1m	右侧	1.34	控制区
A10	铅罐外表面 1m	上方	1.20	控制区

表 7-2 铁皮桶监测结果

场所代码	B			
场所名称	铁皮桶			
检测条件	为 80mCi 的 ^{131}I (9 月 25 日 15: 00 标定源活度) 置于铅罐内，铅罐置于铁皮桶内			
检测时间	14 时 13 分~14 时 21 分			
检测点编号	检测点位置		检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	检测点位所在场所分区

B1	铁皮桶外表面 5cm	前方	0.57	控制区
B2	铁皮桶外表面 5cm	后方	0.56	控制区
B3	铁皮桶外表面 5cm	左侧	0.54	控制区
B4	铁皮桶外表面 5cm	右侧	0.53	控制区
B5	铁皮桶外表面 5cm	上方	0.60	控制区
B6	铁皮桶外表面 1m	前方	0.31	控制区
B7	铁皮桶外表面 1m	后方	0.31	控制区
B8	铁皮桶外表面 1m	左侧	0.34	控制区
B9	铁皮桶外表面 1m	右侧	0.29	控制区
B10	铁皮桶外表面 1m	上方	0.36	控制区

表 7-3 DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）内手套箱工作场所检测结果

场所代码	C			
场所名称	DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）内手套箱			
检测条件	80mCi 的 ^{131}I （9 月 25 日 15: 00 标定源活度）置于铅罐内，铅罐打开，铅罐置于手套箱内			
检测时间	14 时 26 分~14 时 37 分			
检测点编号	检测点位置		检测结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	检测点位所在场所分区
C1	手套箱外表面 5cm	前方	1.40	控制区
C2	手套箱外表面 5cm	左侧	1.53	控制区
C3	手套箱外表面 5cm	右侧	1.34	控制区
C4	手套箱外表面 1m	前方	0.92	控制区
C5	手套箱外表面 1m	左侧	0.93	控制区
C6	手套箱外表面 1m	右侧	0.92	控制区

表 7-4 DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）工作场所检测结果

场所代码	D			
场所名称	DAC 热检修车间厂房（碘源操作间）			
检测条件	80mCi 的 ^{131}I （9 月 25 日 15: 00 标定源活度）置于铅罐内，铅罐打开，铅罐置于手套箱内			

检测时间	14 时 39 分~14 时 57 分				
检测点编号	检测点位置		检测结果 (μSv/h)		检测点位所在场所分区
			无源	有源	
D1	防护门	上方	1.69	1.70	控制区
D2	防护门	下方	1.63	1.65	控制区
D3	防护门	左侧	1.48	1.65	控制区
D4	防护门	右侧	1.53	1.55	控制区
D5	防护门	中部	1.62	1.62	控制区
D6	墙体 1	大厅	1.76	1.79	控制区
D7	墙体 2	大厅	1.58	1.59	控制区
D8	机房上方	放射性物品存放区	3.1	3.1	控制区

表 7-5 DAL 化学实验室（D0AL202 房）工作场所检测结果

场所代码	E			
场所名称	DAL 化学实验室（D0AL202 房）			
检测条件	80mCi 的 ¹³¹ I（9 月 25 日 15: 00 标定源活度）置于铁皮桶内，铁皮桶置于房间中间			
检测时间	16 时 07 分~16 时 16 分			
检测点编号	检测点位置		检测结果（μSv/h）	检测点位所在场所分区
E1	防护门	上方	0.26	监督区
E2	防护门	下方	0.27	监督区
E3	防护门	左侧	0.25	监督区
E4	防护门	右侧	0.28	监督区
E5	防护门	中部	0.25	监督区
E6	墙体 1	通道	0.27	监督区
E7	墙体 2	D0AL201 冷室	0.22	监督区
E8	墙体 3	D0AL203	0.24	监督区
E9	墙体 4	D0AL204	0.23	监督区