

核技术利用建设项目
新增使用 II 类放射源项目
环境影响报告表
(公示本)

成都方大炭炭复合材料股份有限公司

二〇二四年四月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增使用 II 类放射源项目

环境影响报告表

建设单位名称：成都方大炭炭复合材料股份有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：成都市龙泉驿区经开区南二路 88 号

邮政编码：610100

联系人：*

电子邮箱：* 联系电话：*

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标及评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	14
表 9 项目工程分析和源项.....	17
表 10 辐射安全与防护.....	23
表 11 环境影响分析.....	31
表 12 辐射安全管理.....	48
表 13 结论与建议.....	54

附图目录

- 附图 1：项目地理位置图
- 附图 2：厂区总平及辐射质量监测点位示意图
- 附图 3：检测室所在厂房平面（局部）布局图
- 附图 4：新建检测室结构示意图
- 附图 5：辐射安全设施布置示意图

附件目录

- 附件 1：环境影响评价委托书
- 附件 2：关于成都炭素有限责任公司年产三万吨特种石墨制造与加工项目环境影响报告书的批复（川环审批〔2012〕4号）
- 附件 3：关于成立辐射安全管理机构与组织辐射工作人员考核培训的承诺说明
- 附件 4：监测报告（久测环检字 202402018 号）

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增使用 II 类放射源项目			
建设单位		成都方大炭炭复合材料股份有限公司			
法人代表		*	联系人	*	联系电话
注册地址		四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路 62 号			
项目建设地点		四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路 62 号成都炭素新厂内			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		1800	项目环保投资 (万元)	51.9	投资比例 (环保投资/总投资)
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)	110.35
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 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		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input checked="" 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	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
项目概述					
<p>一、建设单位简介</p> <p>成都方大炭炭复合材料股份有限公司 (简称: 成都炭材, 统一社会信用代码: 9151011276538953XM), 是辽宁方大集团旗下企业。辽宁方大集团是一家以炭素、钢铁、医药、商业、航空五大板块为核心的跨行业、跨地区、多元化、具有较强国际竞争实力的大型企业集团。现旗下拥有方大炭素、方大特钢、东北制药、中兴商业、海航控股五家大型上市公司和成都炭材等四家上市公司。</p> <p>成都炭材始建于 1993 年, 主要从事等静压石墨、碳碳复合材料及石墨烯等新型碳材料产品的研发、生产、经营, 是一家具有自主研发能力、持续创新能力的高新技术企业。公司生产的等静压石墨制品拥有自主知识产权, 等静压石墨产能达到全球前列, 主导产品光伏直拉单晶用等静压石墨在全球市场占主导地位, 同时, 大力发展石墨烯、碳碳复合材料等新材料。</p> <p>二、项目由来</p> <p>成都方大炭炭复合材料股份有限公司为适应产品生产需要, 检测产品内部缺陷, 进一</p>					

步加强产品质量，提高企业在本领域的竞争力，拟在成都炭素新厂区内开展“成都方大炭炭复合材料股份有限公司新增使用Ⅱ类放射源”项目。项目主要建设内容为：新建1座检测室及配套用房，并在检测室内新增使用1枚 ^{60}Co 放射源，其初始活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，属于Ⅱ类放射源。

根据《放射源分类办法》（原国家环境保护总局2005年第62号），本项目拟使用的 ^{60}Co 源属于Ⅱ类放射源。按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《中华人民共和国放射性污染防治法》的要求，**本项目应进行环境影响评价**。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021版）》（环境保护部令2020年第16号）中“十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目——使用Ⅱ类、Ⅲ类放射源的”应编制环境影响报告表。

为了考察放射源在应用期间对工作人员、公众和环境造成的影响，从辐射防护的角度论证该项目的可行性，同时为公司申领《辐射安全许可证》提供支持性文本，成都方大炭炭复合材料股份有限公司特委托四川久远环保安全咨询有限公司承担该项目的环评工作。环评单位接受委托后，立即对该项目进行了现场踏勘和资料收集，在工程分析及环境影响分析基础上，结合工程的具体情况以及辐射危害特征，按照《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 10.1-2016）的要求，编制完成了本环境影响报告表。

三、项目概况

1、项目名称、建设单位、建设地点及性质

项目名称：新增使用Ⅱ类放射源项目

建设单位：成都方大炭炭复合材料股份有限公司

建设地点：四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路62号成都炭素新厂区内

建设性质：新建

2、建设内容及规模

本项目拟在位于四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路62号的成都炭素新厂区③区机加包装及成品库厂房内新建1座检测室，检测室内使用1枚 ^{60}Co 放射源，初始活度为 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ，属于Ⅱ类放射源。

新建检测室建筑面积约 83.6m^2 ，外尺寸为 $11\text{m}\times 7.6\text{m}\times 6\text{m}$ （长×宽×高），内尺寸为 $10\text{m}\times 6\text{m}\times 5.3\text{m}$ （长×宽×高）。检测室四周墙体、屋顶板和屏蔽墙均采用混凝土（密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）构筑，主射束方向朝向北侧、南侧和屋顶。北侧、南侧主射束方向均设置内凸

墙，墙宽 1.2m，厚 300mm。则北侧和南侧主屏蔽区厚 800mm、相连次屏蔽区厚 500mm；东侧、西侧屏蔽墙厚 500mm；屋顶主射束方向设置内凸墙，墙宽 1.2m，厚 400mm。则屋顶主屏蔽区厚 700mm、相连次屏蔽区厚 300mm；检测室内东侧设有 1 堵高 2.5m，宽 2.3m、厚 250mm 的屏蔽墙；北侧维修门为 1.5mm 钢+5mm 铅+1.5mm 钢电动平移门；东侧、西侧工件闸门为 3mm 钢+240mm 铅+3mm 钢电动平移门。控制审图室位于检测室东北侧，建筑面积约为 20 平方米，采用混凝土构筑，四周墙体 200mm 厚。检测室顶部设置 1 个排风孔洞，通排风采用轴流式风机通风的方式，采用屏蔽盒方式进行复式补偿屏蔽，其铅层厚度与该侧墙体厚度屏蔽效能相当，约为 4mm 铅当量。

表 1-1 检测室屏蔽体内容表

方位	屏蔽厚度 (mm)
检测室北侧主屏蔽区	800 (混凝土)
检测室北侧次屏蔽区	500 (混凝土)
检测室南侧主屏蔽区	800 (混凝土)
检测室南侧次屏蔽区	500 (混凝土)
检测室东侧屏蔽墙	500 (混凝土)
检测室西侧屏蔽墙	500 (混凝土)
检测室内东侧屏蔽墙	250 (混凝土)
检测室屋顶主屏蔽区	700 (混凝土)
检测室屋顶次屏蔽区	300 (混凝土)
检测室北侧维修门	1.5mm 钢+5mm 铅+1.5mm 钢
检测室东侧闸门	3mm 钢+240mm 铅+3mm 钢
检测室西侧闸门	3mm 钢+240mm 铅+3mm 钢

项目检测对象主要为石墨构件，最大尺寸为：横截面积对角线尺寸为 660mm，预估年最大年检测工件数量约 20000 件，单件工件出束检测时间约为 15min，最大年出束时间约 5000h。石墨体积检测系统采用数字实时成像，不涉及洗片拍片。

本项目仅在检测室内进行探伤作业，不涉及野外、室外探伤。

本项目放射源情况见表 1-2。

表 1-2 本项目建成后使用的放射源情况一览表

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
⁶⁰ Co	$3.7 \times 10^{12} \text{Bq} \times 1$ 枚	II	使用	无损检测	③区机加包装及成品库 厂房 检测室	储存于装置源舱中，随装置放置于检测室内

3、项目组成及主要环境问题

项目组成及可能产生的环境问题见下表。

表 1-3 项目组成及主要环境问题

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	营运期	
主体工程	<p>检测室：位于③区机加包装及成品库厂房内，检测室长 11m，宽 7.6m，面积约为 83.6m²。</p> <p>屏蔽室：新建检测室建筑面积约 83.6m²，外尺寸为 11m×7.6m×6m（长×宽×高），内尺寸为 10m×6m×5.3m（长×宽×高）。检测室四周墙体、屋顶板和屏蔽墙均采用混凝土（密度 2.35g/cm³）构筑，主射束方向朝向北侧、南侧和屋顶。北侧、南侧主射束方向均设置内凸墙，墙宽 1.2m，厚 300mm。则北侧和南侧主屏蔽区厚 800mm、相连次屏蔽区厚 500mm；东侧、西侧屏蔽墙厚 500mm；屋顶主射束方向设置内凸墙，墙宽 1.2m，厚 400mm。则屋顶主屏蔽区厚 700mm、相连次屏蔽区厚 300mm；检测室内东侧设有 1 堵高 2.5m，宽 2.3m、厚 250mm 的屏蔽墙；北侧维修门为 1.5mm 钢+5mm 铅+1.5mm 钢电动平移门；东侧、西侧工件闸门为 3mm 钢+240mm 铅+3mm 钢电动平移门。</p> <p>石墨体积检测系统：拟新增 1 台石墨体积检测系统，使用 1 枚活度为 3.7×10¹²Bq 的 ⁶⁰Co 放射源，用于检测石墨构建内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断部件的性能是否满足要求。检测对象为石墨构件，最大尺寸为：横截面积对角线尺寸为 660mm，预估年最大出束时间为 5000h。</p> <p>项目仅开展室内检测，不涉及野外、室外检测。项目采用数字实时成像，不涉及洗片。</p>	施工扬尘、噪声、施工废水、固体废物、施工人员产生的生活污水和生活垃圾	γ 射线、退役放射源、臭氧、噪声	新建
辅助工程	控制审图室位于检测室东北侧，建筑面积约 20m ² 。		生活污水、生活垃圾	新建
公用工程	供电、供水依托厂区既有设施			利旧
办公及生活设施	办公室依托厂区既有办公设施			利旧
环保工程	生活污水： 依托厂区现有地理式生活污水二级生化处理设备进行处理，处理达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后，全部回用于作浊循环系统补水，不外排。	/	/	/
	废气： 项目建成后，检测室内臭氧由轴流风机抽取后，通过管道从厂房边墙距离地面 7 米高的排放口排放。			新建
	噪声： 采用低噪声设备。			/
	固体废物： 退役放射源由放射源生产厂家回收处置；若放射源生产厂家不能回收，则应交有废源收贮资质的单位回收处置；不合格产品回收利用；生活垃圾依托厂区既有垃圾收集设施收集，由市政环卫部门统一清运。			/

4、主要设备配置及主要技术参数

本项目主要设备配置及主要技术参数见下表。

表 1-4 主要设备配置及主要技术参数

设备名称	数量(台)	主要技术参数	工作场所	用途	备注
石墨体积检测系统	1	^{60}Co 源, 1 枚、 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)	检测室	无损检测	II类放射源

5、主要原辅材料

项目主要原辅材料及耗能情况见下表。

表 1-5 主要原辅材料及能耗情况表

类别		名称	年耗量(单位)	来源	主要化学成分
能源	电	工业检测系统用电	10000kW·h	市政电网	—
水量	地表水	用水	250t/a	市政管网	H ₂ O

5、劳动定员及工作制度

(1) 工作制度：本项目辐射工作人员每年工作 250 天，每班工作 8 小时，每天 3 班，实行 4 班 3 倒制。

(2) 人员配置：本项目拟定 4 名辐射工作人员，2 人 1 组。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部，公告 2019 年第 57 号）：“自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（<http://fushe.mee.gov.cn>）报名并参加考核。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效”。

成都方大炭炭复合材料股份有限公司承诺（承诺文件见附件 3）将组织项目所有辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，确保所有辐射工作人员通过考核持证上岗。

四、产业政策符合性

项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、质量认证和检验检测服务、科技普及”，项目符合国家当前的产业政策。

五、本项目外环境及选址合理性分析

1、外环境关系

本项目新建的检测室位于四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路62号的成都炭素新厂区③区机加包装及成品库厂房内。检测室沿东至北依次排列，检测室东侧50m范围依次为机加区、三坐标检测区；检测室南侧50m范围依次为产品临时放置区、纯化二工区；检测室西侧50m范围依次为变配电室、厂区道路；检测室北侧50m范围依次为控制审图室、工装夹具备件放置区、石墨化品放置区、小件加工待料放置区；拟建检测室顶部人员无法到达，楼下无房间。本项目所在厂区平面布置见附图2。

2、选址合理性分析

本项目检测室依托③区机加包装及成品库厂房进行修建，建设单位③区机加包装及成品库厂房已取得四川省环境保护厅《关于成都炭有限责任公司年产3万吨特种石墨制造与加工项目环境影响报告书的批复》（川环审批〔2012〕4号），报告书已对厂区选址合理性进行了分析论证，本项目仅为整体项目的配套建设项目，不涉及新征用地，不改变原有厂房结构。且拟建设的检测室已按照相关规范要求设计有良好的实体屏蔽设施和安全防护措施，产生的电离辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，在采取本环评报告提出的管理控制措施后，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

六、原有核技术利用情况

本项目为新建项目，原场地之前未进行电离辐射相关活动，同时建设单位之前也未从事辐射相关工作，本次为首次申请辐射安全许可证，不存在原有核技术利用情况。



图 1-2 本项目拟建厂址现状照片

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	⁶⁰ Co	3.7×10 ¹² Bq×1 枚	II类	使用	无损检测	检测室	贮存在石墨体积检测系统 内 置于检测室内	新增
—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—

注：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)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

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
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(二) 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 (mA)	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	
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

(三) 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
——	——	——	——	——	——	——	——	——	——

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
臭氧	气态	——	——	——	少量	少量	直接排放	排向周边大气
退役 ⁶⁰ Co 废源	固态	⁶⁰ Co	——	——	——	——	放射源服务器满退役或更换放射源时产生废放射源	放射源生产厂家回收处置；如因放射源生产厂家不能回收的，应交由废源收贮资质单位回收处置
——	——	——	——	——	——	——	——	——

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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日(修订)实施);</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法(2018 年修订)》(2018 年 12 月 29 日实施);</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 10 月 1 日实施);</p> <p>(4) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(国务院 682 号令, 2017 年 10 月 1 日施行);</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 年 3 月 2 日修订实施);</p> <p>(6) 《四川省辐射污染防治条例》(2016 年 6 月 1 日实施);</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年 1 月 4 日生态环境部第 20 号令修改实施);</p> <p>(8) 《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 18 号令, 2011 年 5 月 1 日实施);</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 版)》(2021 年 1 月 1 日实施);</p> <p>(10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告 2019 年第 57 号, 2020 年 1 月 1 日施行);</p> <p>(11) 《关于印发<四川省生态环境厅(四川省核安全局)辐射事故应急预案(2020 版)>的通知》(川环发〔2020〕2 号);</p> <p>(12) 《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲(2016)》(川环函〔2016〕1400 号, 2016 年 9 月 22 日发布实施);</p> <p>(14) 中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 7 号《产业结构调整指导目录(2024 年本)》。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002);</p> <p>(2) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023);</p> <p>(3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)</p> <p>(5) 《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 10.1-2016);</p> <p>(6) 《工业探伤放射防护标准》(GB Z117-2022);</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019);</p>

	<p>(8) 《职业性外照射急性放射病诊断》(GBZ104-2017);</p> <p>(9) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第 3 部分: γ 射线源放射治疗机房 (GBZ/T201.3-2014)。</p>
其他	<p>(1) 生态环境部(国家核安全局)《核技术利用监督检查技术程序》(2020 年发布版);</p> <p>(2) 《辐射防护导论》, 方杰主编, 原子能出版社;</p> <p>(3) 成都方大炭炭复合材料股份有限公司新增使用 II 类放射源项目环评委托书及相关设计资料。</p>

表 7 保护目标及评价标准

评价范围

本项目为使用 II 类放射源，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》(HJ10.1-2016) 中相关规定，本项目评价范围确定为检测室边界外 50m 范围内。

保护目标

根据检测室拟建地周围的外环境关系，确定本项目主要环境保护目标为检测室外控制审图室的辐射工作人员、检测室相邻的工作区人员及周围公众。本项目重点关注的环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 主要环境保护目标

保护目标	人数	相对方位描述	与源最近距离 (m)	备注
控制审图室	4 人	检测室东北侧控制审图室	10.0	职业人员
机加工区	约 4 人	检测室北侧	21.0	公众
机加工区	约 4 人	检测室东侧	21.0	公众
产品临时放置区	约 2 人	检测室南侧	11.0	公众
纯化二工区	约 4 人	检测室南侧	41.0	公众
工装、夹具、备件放置区	约 2 人	检测室北侧	16.0	公众
小件加工待料放置区	约 2 人	检测室北侧	20.0	公众
厂区道路	约 10 人	检测室西侧	30.0	公众

评价标准

根据本项目所在区域环境功能区划，评价执行以下标准：

一、环境质量标准

- 1、大气环境执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 中二级标准；
- 2、地表水环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 III 类标准；
- 3、声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008) 中 3 类标准。

二、污染物排放标准

- 1、废气：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) 二级标准；
- 2、废水：执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 中三级标准；
- 3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 标准限值（昼

间 70dB(A)、夜间 55dB(A)); 营运期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中 3 类标准。

三、剂量约束

职业照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 附录 B 剂量限值: 应对任何工作人员的作业水平进行控制, 使之不超过下述限值: 由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量 (但不可作任何追溯性平均), 20mSv。项目按上述标准中的职业照射年有效剂量限值的 1/4 执行, 即 **5mSv/a**。

公众照射: 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 附录 B 剂量限值: 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。项目按上述标准中规定的公众照射年有效剂量限值的 1/10 执行, 即 **0.1mSv/a**。

四、工作场所周围剂量率

放射工作场所边界周围剂量率控制水平根据《工业探伤放射防护要求》(GBZ117-2022) 有关规定, 1) 本项目放射源使用场所距离检测室屏蔽体外表面 30cm 处的周围辐射剂量率应满足: 控制目标值不大于 2.5 μ Sv/h; 2) 上方已建、拟建建筑物或屏蔽体旁邻近建筑物在自辐射源点到屏蔽体顶内表面边缘所张立体角区域内时, 屏蔽体顶的辐射屏蔽要求同屏蔽体墙和入口门要求; 对不需要人员到达的屏蔽体顶部, 屏蔽体顶部外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。考虑到本项目检测室顶部有吊装设备, 因此检测室顶部剂量当量率参考控制水平取值 2.5 μ Sv/h。

五、通风装置

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 有关规定, 探伤室应设置机械通风装置, 排风管道外口避免朝向人员活动密集区。每小时有效通风换气次数应不小于 3 次。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

一、项目地理和场所位置

本项目位于四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路 62 号成都炭素新厂内。项目地理位置见附图 1，拟建地现场情况见图 8-1。

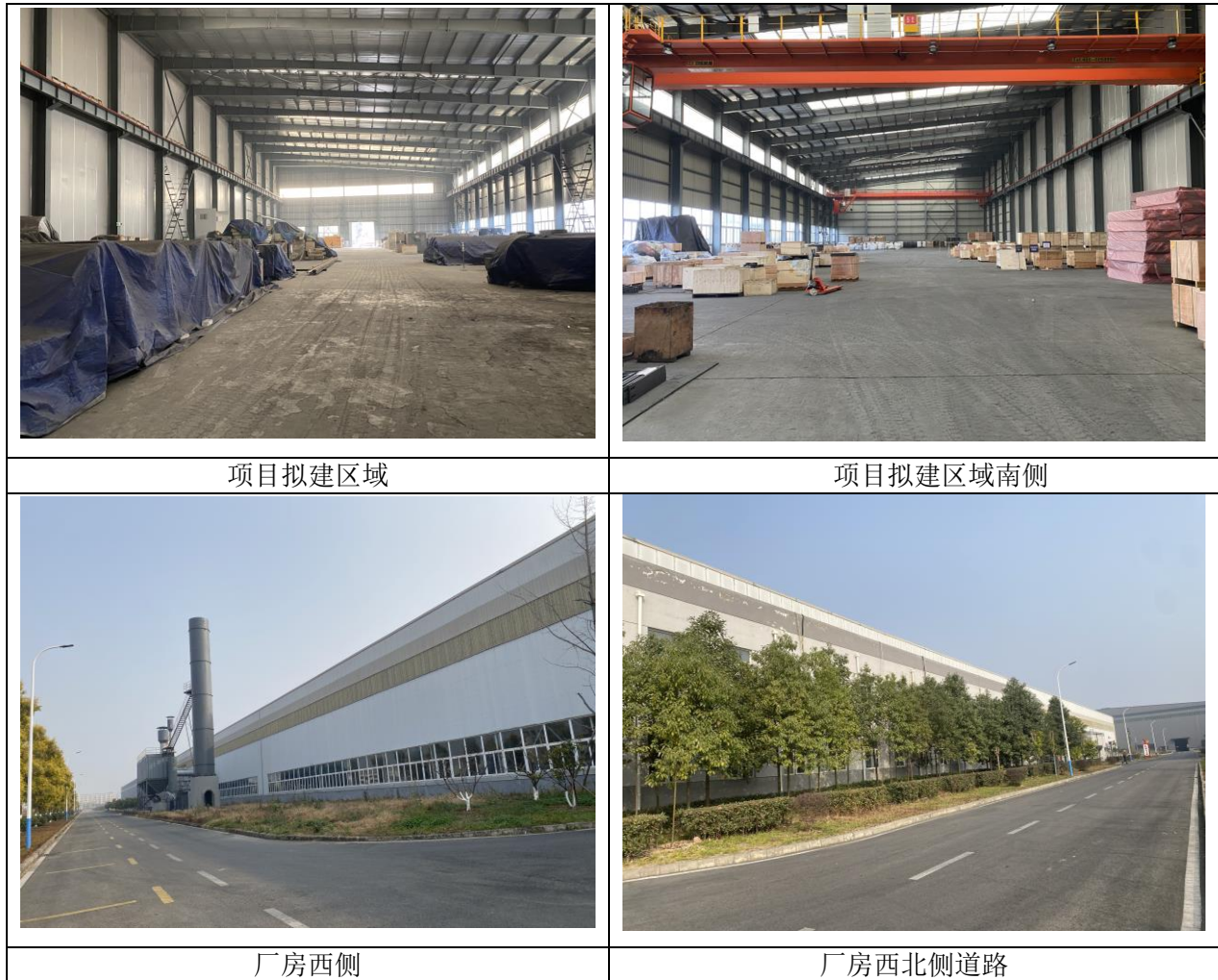


图 8-1 本项目拟建厂址现状照片

二、环境现状评价对象、监测因子和监测点位

1、环境现状评价对象

本项目为使用II类放射源项目，主要环境污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水、声环境的影响较小。因此，本次评价重点针对拟建区域的辐射环境质量现状进行监测评价。评价单位委托四川久测环境技术有限公司于 2024 年 2 月 21 日对建设单位辐射工作场所进行了辐射环境质量现状监测。

2、监测因子

监测仪器技术指标及鉴定情况见下表 8-1。

表 8-1 监测项目及使用设备一览表

仪器名称及编号	检定校准日期	校准证书号	校准单位	仪器参数
FH40G-X 型 多功能辐射测量仪 编号: JC-XC-066 探头型号: FHZ672E-10	2023.07.13 (检 定)	检定字第 2023-17 号	四川核工业辐 射测试防护设 备计量检定站	有效测量范围: 1nSv/h 校准因子: 0.97

监测项目、监测方法和方法来源表 8-2

表 8-2 监测方法、方法来源一览表

监测项目	分析方法来源	方法检出限及单位
环境 X-γ 辐 射剂量率	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	/nSv/h
	《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021)	

3、监测点位

本次辐射环境质量现状监测布置了 5 个点位, 具体见下表。

表 8-3 辐射监测点位信息

点位编号	监测点位	监测因子	监测频次	监测日期
1#	拟建检测室中心	环境 X-γ 辐射剂量率	监测 1 天, 1 天一次	2024 年 2 月 21 日
2#	拟建检测室东北侧			
3#	拟建检测室东南侧			
4#	拟建检测室西北侧厂区道路			
5#	拟建检测室西南侧绿化队休息室			

注: 现场勘察时, 5#点位暂时为绿化队休息室, 现为辅助用房。

三、监测质量保证

本次监测单位为四川久测环境技术有限公司, 具有中国国家认证认可监督管理委员会颁发的资质认定证书(编号: 202312050203), 并在许可范围内开展监测工作和出具有效的监测报告, 保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证措施如下:

- (1) 在拟建项目场地内及评价范围内工作人员活动区域、公众人员相对密集区域布设监测点位, 充分考虑监测点位的代表性, 以保证监测结果的科学性和可比性;
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁发的标准, 监测人员经考核并持合格证书上岗;
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定, 检定合格后方可使用;
- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常, 并用检验源对仪器进行校验;
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器, 并做好记录。
- (6) 监测报告严格实行三级审核制度, 经过校对、校核, 最后由技术总负责人审定。

四、监测方案、监测结果

1、监测方案

评价单位拟对“新增使用 II 类放射源项目”的辐射进行环境质量现状监测。

2、监测结果

表 8-4 厂址周围环境 X-γ 辐射剂量率监测结果单位：nSv/h

点位	监测点位	监测结果	
		测量值	标准差
1#	拟建检测室中心	50.1	0.7
2#	拟建检测室东北侧	68.4	2.3
3#	拟建检测室东南侧	76.7	0.9
4#	拟建检测室西北侧厂区道路	55.7	1.9
5#	拟建检测室西南侧绿化队休息室	89.4	1.9

注：现场勘察时，5#点位暂时为绿化队休息室，现为辅助用房。

注：1、监测环境条件：温度（12.5°）C，相对湿度：40.6%

2、以上监测数据均未扣除监测仪器宇宙射线响应值。

五、对环境现状调查结果的评价

（1）环境 X-γ 辐射剂量率

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)，环境 γ 辐射剂量率测量结果按照下式计算：

$$\dot{D}_\gamma = K_1 \times K_2 \times R_\gamma - K_3 \times \dot{D}_c \dots \dots \dots \text{（式 8-1）}$$

式中： \dot{D}_γ ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

K_1 ——仪器检定/校准因子，取 0.97；

K_2 ——仪器无检验源，该值取 1；

R_γ ——仪器测量读数值均值，使用 ^{137}Cs 作为检定参考辐射源，换算系数取 1.20Sv/Gy；

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

\dot{D}_c ——测点处宇宙射线响应值（评价不考虑），Gy/h。

由表 8-5 可知，项目拟建场址周围环境 X-γ 辐射剂量率监测值为 50.1~89.4nSv/h，经修正后环境 γ 辐射空气吸收剂量率为 40.5~72.3nGy/h，与《2022 年全国辐射环境质量报告》中发布的四川省环境电离辐射水平（61.9~151.8nGy/h）相比，属于正常波动范围，表明拟建厂址区域为正常天然本底辐射水平。

表 9 项目工程分析和源项

工程设备和工艺分析

一、施工期工艺分析

施工过程以建筑施工机械噪声、施工地基处理、装修和设备安装噪声为主。施工期间的主要污染因素有建筑渣土、粉尘、噪声和废水。主要会对周围声环境质量产生影响，但因施工期短，施工范围小，通过作业时间控制，加强施工现场的管理等手段，对周围声环境产生较小的影响，该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消除。本次环评要求在检测室建设过程中要保证屏蔽墙体没有漏缝，使用的水泥标号要满足设计要求，混凝土浇筑墙体要连续施工。在安装调试阶段，主要环境影响为 γ 射线和包装固体废物影响。施工期工艺流程见图 9-1。

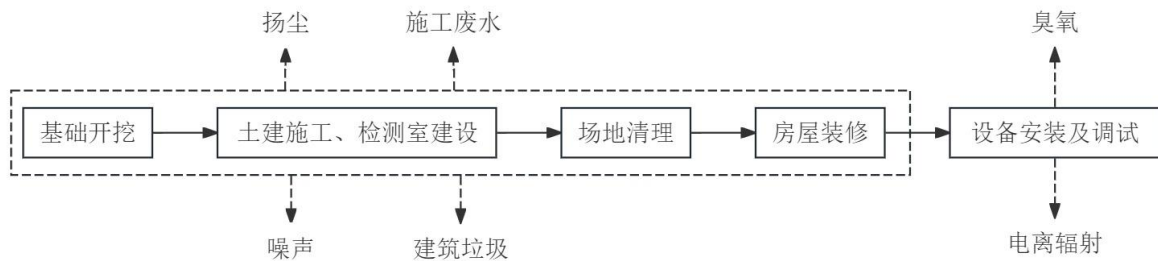


图9-1 施工期施工工序及产污位置图

二、营运期设备和工艺分析

1、工作原理

石墨构件体积检测设备的工作原理是以螺旋 CT 方式对工件进行 CT 检测，对高温气冷堆堆芯支承结构石墨构件成品的内部缺陷进行流水线式无损检测。检测时，源和探测器组成的检测装置绕水平轴旋转 360° 连续旋转，石墨构件沿输送带水平通过检测装置中间的孔道，获取构件的三维图像；系统自动判别和识别构件中的孔、裂纹等缺陷，并给出缺陷尺寸，对超出技术规格书要求的缺陷自动报警。

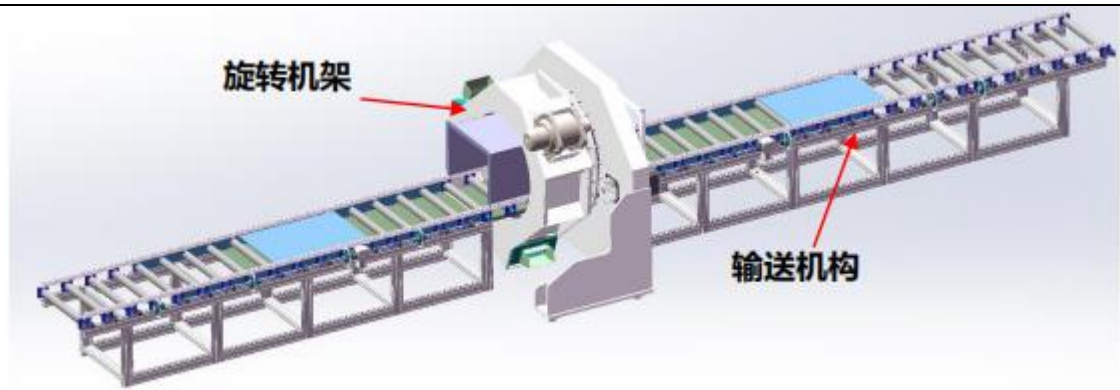


图9-2石墨体积检测设备组成和结构图

2、设备组成

石墨体积检测系统主要由旋转机架和传送机构组成。旋转机架由 ^{60}Co 源、探测器、前准直器、后准直器、捕集器、转环等组成，其中心是一个圆形孔道， ^{60}Co 源和探测器分别布置在圆形孔道两侧，探测器布置在以钴源为中心的圆弧上，探测器前后分别布置后准直器和捕集器。旋转机架可以围绕中心圆形孔道连续旋转，石墨构件通过传送机构传送，逐一经过旋转机架的中心孔道接受检测。

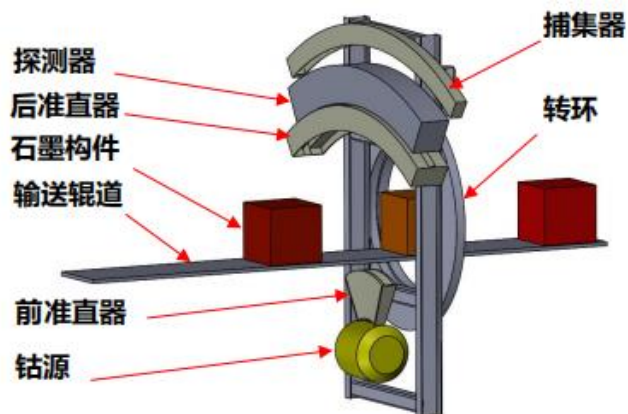


图9-3石墨体积检测设备旋转机架设备布置示意图

(1) 放射源

本项目体积检测设备使用 1 枚 ^{60}Co 放射源，活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ 。体积检测设备含 ^{60}Co 源容器 1 个， ^{60}Co 源容器既是 ^{60}Co 的储存容器，也是工作容器。源容器带有快门装置，通过开关快门可以打开或关闭射线。

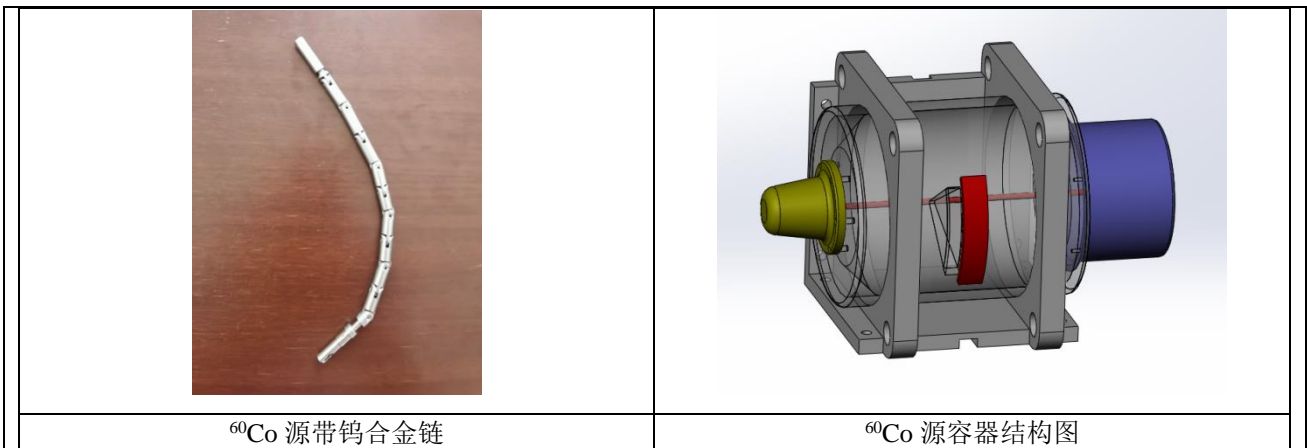


图9-4 ⁶⁰Co源容器结构示意图

如上图 9-4 为源容器结构示意图，源容器屏蔽采用柱状钨合金包裹不锈钢设计，保证射线源各个方向钨合金屏蔽厚度大于 14cm，钨合金的密度在 18g/cm³，外壳为 2 厘米厚的不锈钢材料。

源容器源柱一端是导源装置结构，有屏蔽帽，具有钥匙锁和防盗设计。源容器圆柱另一端是源导管驱动机构，可以精确控制源导管的移动距离。移动该机构外 2mm 厚不锈钢有保护罩，长度约 150 厘米。驱动机构断电后，源导管自动回到存储位置。

(2) 探测器

阵列探测器是 ⁶⁰Co 源 γ 射线的接收装置，射线探测灵敏度 30% 以上，将 γ 射线的强度信号转换为电信号，阵列探测器的排数为 64。

(3) 微弱信号高速处理与数据传输子系统

将探测器输出的 pA 级弱电流信号进行滤波、放大、数字化，并将数据传输到图像采集子系统。

(4) 精密螺旋 CT 旋转机构旋转机构

螺旋 CT 旋转机构是一个中心为圆形孔道的装置，其上布置 ⁶⁰Co 源及容器、阵列探测器、前准直器、后准直器、捕集器等，旋转机构及其布置在机构上的设备可围绕圆形孔道中心连续旋转。当石墨构件通过旋转机构中心孔道时，可对该构件进行螺旋 CT 扫描，获取其三维立体图像。螺旋 CT 旋转机构转动速度均匀，轴向跳动和径向跳动小，并和信号处理与传输子系统同步。

(5) 石墨构件输送机构及辅助设备

包括输送机构、托盘、吊装设备等。将石墨构件通过托盘安全可靠地放置在输送机构上，平稳地由检测室入口输送到检测系统的检测通道进行螺旋 CT 检测，再输送到检测室出口，从输送机构上卸下。输送机构需保证石墨构件输送过程中运动平稳，没有左右偏移和扭转，

上下跳动小，输送速度稳定。

(6) 控制子系统

控制子系统实现各种控制功能，包括源容器快门开关、旋转机构旋转和转速控制、输送机构起停和速度控制、与图像采集的同步、辐射安全联锁、系统状态和辐射剂量显示等。

(7) 图像采集与处理子系统

包含图像数据采集、图像重建和数据分析等工作站，采集石墨构件的图像数据、进行图像预处理、图像重建、图像处理和分析、缺陷自动判别、数据记录和统计等。

(8) 辐射屏蔽装置

对射线进行有效屏蔽，确保检测室及周边辐射剂量满足有关国家标准和系统设计的要求。主要包括 ^{60}Co 源容器、前准直器、后准直器、捕集器及其他辐射屏蔽装置。

(9) 剂量监测子系统

对检测现场重点位置的辐射剂量水平进行测量和监测。

(10) 视频监控子系统

对检测室内部及周围环境进行多角度、多方位视频监控。

(11) 安全联锁子系统

将射线开关状态和检测室门的开关状态、检测室内人员状况等进行连锁，在射线打开时发出声光警示，避免发生误照射，保证辐射安全。

(12) 专用软件

包括图像采集、图像三维实时重建、图像处理和分析、缺陷自动判别、检测数据记录和信息统计等 6 个模块。

3、探伤对象及探伤工况

本项目体积检测系统采用电脑实时成像，不涉及拍片洗片。本项目探伤检测对象主要为石墨构建，主要探测工件缺陷情况，最大产品尺寸：横截面积对角线尺寸为 660mm。最大年检测工件数量约 20000 件，单件工件出束检测时间约为 15min，最大年出束时间约 5000h。

4、操作流程

(1) 登记被检工件信息；

(2) 被检测工件由工件传送人员控制桥式起重机运送至检测室西侧工件输入安装平台托盘中，工作人员将工件推入拖动辊道；

(3) 摆位完成后，辐射工作人员检查辐射屏蔽体和辐射安全装置情况并进行清场，包括检测室的维修门（平时均常闭状态，除了厂家维修时才打开）、门源联锁、紧急止动装置、

工作状态指示灯等安全装置开启，然后工作人员在控制审图室通过控制系统打开工件输入洞口闸门，待检工件由拖动辊道自动传送至待检位置后，关闭输入闸门；

(4) 准备就绪后，工作人员在控制审图室内开机检测，通过电脑成像对工件进行探伤检测；

(5) 检测完毕后，关闭石墨体积检测系统。设备通电期间，门源联锁、紧急制动装置、工作状态指示灯等安全装置开启；

(6) 石墨体积检测系统关闭后，被检测工件采用叉车由检测室东侧的拆卸平台转移到下一个点。

每次只检测一个工件，为提高检测效率，开关出入口闸门由托盘前后沿作为进出闸门的开关门控制信号，而只有在石墨构件经过射线束平面时才是检测速度（慢速）通过，其它位置则快速拖动运行。

工件传送人员一般为 2 人，1 名起重工和 1 名行车工，其中起重工负责将工件吊装至桥式起重机上，行车工负责操作桥式起重机，将工件运送至本项目输入安装平台上。工件传送人员操作时，本项目放射源处于屏蔽位。且这两名人员不只负责本项目的起重操作，根据厂房内各工艺需要，工件传送人员还要到各区域进行操作。

检测工序及产污流程如图 9-5 所示。

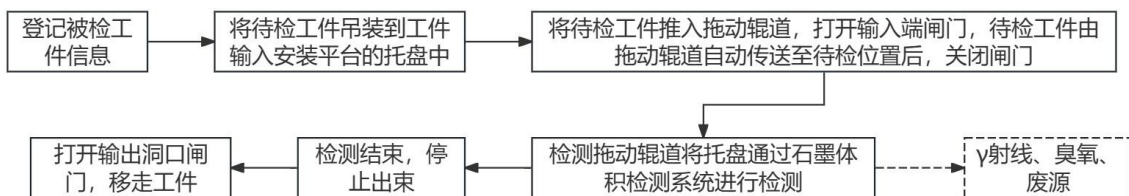


图9-5 检测工序及产污流程图

由上图 9-5 知，本项目营运过程中产生的主要污染物为石墨体积检测系统出束检测过程中产生的 γ 射线、臭氧和退役废源。

5、“人、物”流动路径合理分析

辐射工作人员检查辐射屏蔽体和辐射安全装置情况并进行清场后，进入检测室东北侧的控制审图室进行操作。被检测工件通过桥式起重机运送至本项目工件输入安装平台，经本项目探伤检测后，工件自动输送到检测室东侧拆卸平台，再由叉车运送至检测室东北侧三坐标检测室。

其工作场所“人、物”流动路径划分如下图。

图9-6人员、工件路径图

本项目工件在各区域按照一定的顺序流动，便于探伤各个工艺的衔接，人流、物流路径合理。

污染源项描述

一、放射性污染源

1、 β 、 γ 射线

本项目涉及II类放射源的使用，石墨体积检测系统内使用1枚 ^{60}Co 放射源，活度为 $3.70 \times 10^{12}\text{Bq}$ （100Ci）。 ^{60}Co 放射源会产生 β 、 γ 射线，在石墨体积检测系统进行无损检测时 β 、 γ 射线会对周围环境造成一定程度的辐射影响。

2、退役废源

在放射源使用一定年限后，放射源衰变至其活度不能满足辐射监测设备检定需要时，将更换放射源，从而产生退役的废 ^{60}Co 放射源。

二、非放射性污染源

1、废气

检测室内空气在强辐射照射下，使氧分子重新组合产生臭氧。检测室顶部设置排风，排风量为 $6000\text{m}^3/\text{h}$ ，排风换气次数为12次/h，连接厂内通排风系统于机加车间西侧高7m处排放。

2、废水

本项目石墨体积检测系统采用电脑成像，在探伤检测过程中无定影液、显影液及清洗废水产生。本项目辐射工作人员会产生少量的生活污水。工作人员生活污水产生量约 $0.32\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水依托厂区已有的地埋式生活污水二级生化处理设备进行处理，达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后，全部回用于作浊循环系统补水，不外排。

3、噪声

本项目采用轴流式风机抽风，选用低噪声设备，源强小于 65dB(A) ，且设备处于室内，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对周边声环境影响很小。

4、固体废物

本项目石墨体积检测系统采用电脑成像，在探伤检测过程中无废胶片产生。本项目所产生的固体废物主要是检测不合格的石墨构件和辐射工作人员产生的生活垃圾。不合格石墨构件约为 10t/a ，建设单位回收利用；辐射工作人员产生的生活垃圾约为 2kg/d ，经收集后交由环卫部门清运。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

一、平面布置合理性分析

本项目石墨体积检测系统位于③区机加包装及成品库检测室内，检测室沿东至北依次排列，检测室东侧 50m 范围依次为机加区、三坐标检测区；检测室南侧 50m 范围依次为产品临时放置区、纯化二工区；检测室西侧 50m 范围依次为变配电室、厂区道路；检测室北侧 50m 范围依次为控制审图室、工装夹具备件放置区、石墨化品放置区、小件加工待料放置区；拟建检测室顶部人员无法到达，楼下无房间。

本项目检测室设置避开了厂区内人员流量较多的工作场所，且该区域与其它非辐射工作人员活动区避开一定距离，检测室整个布置相对独立，运行过程产生的 γ 射线经屏蔽墙和屏蔽门屏蔽后并通过距离衰减后对周围环境辐射影响是可接受的。本项目检测室的平面布置既便于探伤各个工艺的衔接，满足安全生产的需要，又便于进行分区管理和辐射防护。从利于安全生产和辐射防护的角度而言，该项目的平面布置是合理可行的。

二、场所辐射防护管理

(1) 辐射工作场所“两区”管理

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，项目应按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求在放射性工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求有专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可证和实体屏蔽限制进出控制区。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的区域。在监督区入口处的合适位置张贴辐射危险警示标识；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

根据控制区和监督区的定义，结合项目辐射防护和环境情况特点进行了辐射分区划分，见表10-1、图10-1。

表10-1 本项目“两区”划分一览表

设备名称	控制区	监督区
石墨体积检测系统	检测室	控制审图室、检测室南侧屏蔽墙外1m区域内、检测室东侧、西侧装卸平台外1m区域内、检测室北侧控制审图室墙外1m区域内
辐射防护措施	<p>(1) 对控制区进行严格控制，在探伤过程中严禁任何人员的进入；</p> <p>(2) 控制区入口张贴“电离辐射警告标志”，见图 10-2；</p> <p>(2) 控制区入口处区域设置红色带“控制区”字样的地面标识线。</p>	<p>(1) 非相关人员限制进入，避免受到不必要的照射；</p> <p>(2) 监督区入口（控制审图室入口）张贴“电离辐射警告标志”；</p> <p>(3) 监督区入口外 1m 区域设置黄色带“监督区”字样的地面标识线。</p> <p>监督区入口处应设置标明监督区的标志。</p>

图10-1 本项目探伤工作区域“两区”分布图



图 10-2 电离辐射警告标志

三、辐射安全和防护措施

1、设备固有安全性

本项目设备购买于正规厂家，各项安全措施齐备，其设备固有安全性如下：

(1) 放射源容器：源容器采用柱状钨合金包裹不锈钢设计，保证射线源外壳容器的刚度和强度，源表面任何方向 5cm 处剂量不大于 250 μ Gy/h；距离源表面 1m 处不大于 10 μ Gy/h，符合 GB/T14058—2023 便携式探伤机的要求(离容器表面 5cm 处不大于 500 μ Gy/h；离容器表面 1m 处不大于 20 μ Gy/h)。

(2) 安全锁：容器装源端设有屏蔽帽和防盗锁，配有专用钥匙。⁶⁰Co 源在存储位和工作位之间移动，不离开源容器。

(3) 联锁装置：石墨体积检测系统射线源出束驱动机构为直线电机，其与源容器组合安装固定成一个整体，并外罩保护罩。该驱动机构断电时，源自动回到存储位；当任一急停有效或门未关闭时，射线都不能出束。

(4) 源辨位置指示器系统：石墨体积检测系统源容器的源辨在工作时不离开源容器，源容器设置了源位置信号。在直线驱动电机上带有源位置指示红色标识，在源容器附近操作

时可以看到源是否在存储位；另外在源的存储位和出束工作位置有位置传感器，在远程的控制界面上显示源位置，当其在存储位时为绿色灯指示，当其在工作出束位置为红灯闪烁指示。当安全联锁都正常时，声音提示可以开快门，当源移动到工作出束位时，声音提示射线源出束，当源移动到存储位时，声音提示射线束关闭。

(5) 自动式探伤装置的保护装置：石墨体积检测系统的 ^{60}Co 源在使用时不会离开源容器，其具有当安全联锁失效时，如任一急停按钮按下，或检测室的维修门和两个闸门任一个被强行打开时，源都自动从工作出束位回到存储位；当系统突然断电时，源自动从工作出束位回到存储位。

2、设计采取防护措施

(1) 检测室屏蔽设计

新建检测室建筑面积约 83.6m^2 ，外尺寸为 $11\text{m}\times 7.6\text{m}\times 6\text{m}$ （长 \times 宽 \times 高），内尺寸为 $10\text{m}\times 6\text{m}\times 5.3\text{m}$ （长 \times 宽 \times 高）。检测室四周墙体、屋顶板和屏蔽墙均采用混凝土（密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ）构筑，主射束方向朝向北侧、南侧和屋顶。北侧、南侧主射束方向均设置内凸墙，墙宽 1.2m ，厚 300mm 。则北侧和南侧主屏蔽区厚 800mm 、相连次屏蔽区厚 500mm ；东侧、西侧屏蔽墙厚 500mm ；屋顶主射束方向设置内凸墙，墙宽 1.2m ，厚 400mm 。则屋顶主屏蔽区厚 700mm 、相连次屏蔽区厚 300mm ；检测室内东侧设有1堵高 2.5m ，宽 2.3m 、厚 250mm 的屏蔽墙；北侧维修门为 1.5mm 钢+ 5mm 铅+ 1.5mm 钢电动平移门；东侧、西侧工件闸门为 3mm 钢+ 240mm 铅+ 3mm 钢电动平移门。

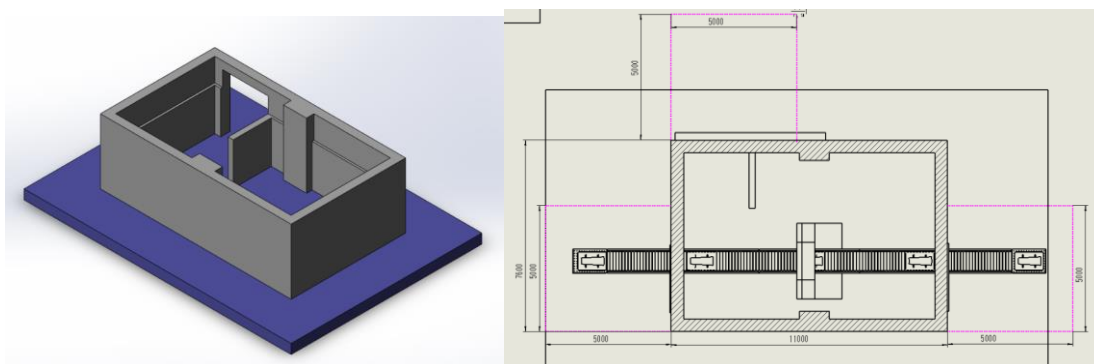


图 10-3 检测室屏蔽体设计示意图

(2) 安全装置

门源联锁：检测室的维修门和工件进出闸门均与射线源联锁，若维修门、工件进出闸门关闭不到位，射线都无法出束；维修门和工件进出闸门必须全部关闭并且系统急停按钮全部正常复位时，才能将源移动到出束位置。

工作状态指示灯：检测室外须设置系统工作状态指示灯，并与放射源控制系统联锁。

工作状态指示灯显示正在进行出束作业。

准备出束声光提示：在检测室防护门、工件进出闸门外侧设声光报警装置。在开机出束前，屏蔽室外将启动声光提示装置，提醒人员勿靠近。

放射源编码卡：将放射源编码卡与石墨体积检测系统的源容器可靠联接，且便于更换。更换放射源时，放射源编码卡也随之更换，确保与容器内的放射源一一对应。

视频监控系統：检测室内设有 2 个监控摄像头，检测室内以对角线方位布置，确保无观察死角。

标志和标识：在探伤装置的放射源容器表面固定金属铭牌，铭牌上应铭刻下列内容：

- 符合《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB 18871—2002）的电离辐射警告标志；
- 生产厂名称；
- 产品名称；
- 出厂编号；
- 出厂日期；
- 放射源核素名称；
- 设计的最大装源活度。

电离辐射标识：在石墨体积检测系统外罩上，检测室维修门以及工件闸门上都张贴电离辐射标识；

紧急止动装置：石墨体积检测系统设备和控制台上以及检测室内四周、维修门和闸门口均设置急停按钮，按下任一急停按钮， ^{60}Co 源立即从工作位移动到存储位置。

辐射剂量监测：在检测室维修门外和闸门外安装 1 套辐射剂量监测仪（探头分别设置在维修门外和 2 个闸门外），实时进行剂量显示，当超过报警阈值时警示报警。

应急设备：检测室内配应急的长柄夹具、控制审图室内配置 1 套铅衣等辅助防护用品。

3、辐射防护措施对比

根据生态环境部（国家核安全局）《核技术利用监督检查程序（2020 年发布版）》中“工业 γ 射线探伤监督检查技术程序”，以及《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全与防护监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函〔2016〕1400 号）中对 γ 射线探伤的要求，对建设单位采取的辐射安全防护措施进行了对照分析，具体情况见下表。

表 10-2 辐射安全措施对照分析表

序号	具体要求	本项目落实情况	是否满足相关要求	
1*	源容器电离辐射标志	拟在源容器表面张贴	满足	
2	探伤机表面金属铭牌文字和标记	设备出厂自带铭牌，在设备的放射源容器表面固定 ⁶⁰ Co放射源的金属铭牌	满足	
3*	放射源编码卡	拟固定在源容器的明显位置	满足	
4*	安全锁和专用钥匙	源容器装源端设有屏蔽帽，并有防盗锁，配有专用钥匙。	满足	
5	探伤装置外观无明显缺损	/	/	
6*	探伤装置在有效期内（10年）	本项目为新建项目，装置新购	满足	
7*	贮存场所保安措施	拟在检测室设置监控系统，且源容器中有防盗锁。	满足	
8*	场所分区	已设计“两区分化”。	满足	
9*	场所外电离辐射警告标志	拟张贴在检测室门外、工件进出闸门外。	满足	
10*	出入口工作状态显示	拟安装在检测室的维修门、工件进出闸门外。	满足	
11*	探伤室防护门与探伤机联锁（电动）	检测室的维修门和工件进出闸门外均与射线源联锁。	满足	
12*	场所内固定式辐射剂量仪与门联锁	拟安装在检测室的维修门、工件进出口闸门外。	满足	
13*	紧急停止按钮	石墨体积检测系统设备和控制台上以及检测室内四周、维修门和闸门口均设置急停按钮，按下任一急停按钮， ⁶⁰ Co源立即从工作位移动到存储位置。	满足	
14*	监测	便携式辐射剂量监测仪（高量程满足10mSv/h以上）	拟配1台便携式辐射剂量监测仪	满足
15*	设	个人剂量计	每名辐射工作人员配1个	满足
16*	备	个人剂量报警仪	拟配2个	满足
17	应	个人防护用品	拟配备	满足
18*	急	应急处理工具（如长柄夹具等）	拟配备	满足
19	物	放射源应急屏蔽材料	拟配备	满足
20	资	灭火器材	拟配备	满足

注：加*的项目为重点项。

由上表可见，本项目拟采取的辐射防护措施满足相关标准要求，措施合理可行。

4、放射性工作场所安防措施

为确保本项目所使用II类射线装置的安全，本项目采取的安全保卫措施见表 10-3：

表 10-3 放射性工作场所“六防”措施一览表

工作场所	措施类别	对应措施
检测室	防火	检测室外装火警报警装置，场所配干粉式灭火器。
	防水	检测室地面采取硬化及防水、防渗处理。
	防盗、防抢和防破坏	①本项目检测室防护门应具有防盗功能，并实施“双人双锁”管理； ②工作场所设置有监控摄像头实行 24h 实时监控。 ③建立放射源台账制度，台账记录放射源的初始活度、数量、贮存情况，以及检修、换源等全过程使用情况，并安排专人进行台账管理。
	防泄漏	①本项目所使用的石墨体积检测系统为正规厂家生产的产品，固有防护措施， γ 射线漏射不会超过《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 的限值要求； ②检测室已按照有关规范要求进行了辐射防护设计，只要严格按照设计和本环评要求进行落实，检测室屏蔽满足要求，不存在辐射泄漏情况； ③检测室内拟配置固定式剂量报警仪。

三废的治理

一、废气治理措施

本项目运行后不会产生放射性气体，石墨体积检测系统运行时，产生的 γ 射线会使检测室内的空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目检测室上方有排气孔洞，采用轴流式风机抽风，进风采用自然进风，排风量为 6000m³/h，排风换气次数为 12 次/h，能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022 中“每小时有效通风换气次数应不小于 3 次”的要求。同时，建设单位为避免空气在建筑物内反复循环，拟在顶部排口位置增加通风管道，将废气引出车间外，排口朝向西侧空地，人员较少，且均为流动人员，无长期居留人员。臭氧在空气中短时间内可自动稀释为氧气，其产生臭氧和氮氧化物影响较小。

二、废水治理措施

本项目石墨体积检测系统在运行时无废水产生。本项目运行过程中工作人员产生的少量生活污水依托厂区原有的环保设施收集处理后达《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后，全部回用于作浊循环系统补水，不外排。

三、固体废物治理措施

本项目石墨体积检测系统在检测过程中不打印胶片，故不产生危废。废⁶⁰Co放射源由放射源生产厂家回收处置；若放射源生产厂家不能回收，则应交有废源收贮资质的单位回收处置；本项目产生的不合格产品统一由建设单位回收利用；本项目施工及运行过程中工作人员产生的生活垃圾经收集后，由环卫部门统一清运。

四、噪声

送排风口的轴流风机工作时将产生一定的噪声，送排风机的设置已避开厂区工作人员

办公和生活区域，同时采用低噪声设备。

五、放射源退役处置

根据《四川省辐射污染防治条例》：对废弃放射源，使用单位应当在终止使用之日起三个月内根据回收承诺书返回原生产单位、原出口方或者送交放射性废物集中贮存单位；无法返回的，应当送交有相应许可证的放射性废物贮存单位收贮，并承担相应费用。本项目使用的放射源在购买时与销售单位签订合同应包含回收条款。因历史遗留原因无法返回的应当送交有相应许可证的放射性废物贮存单位收贮。

六、环保投资估算

本项目总投资1800万元，辐射防护环保投资51.9万元，占总投资的2.88%。本项目环保投资估算见表10-4。

表10-4辐射防护设施（措施）及投资估算一览表

类别	环保设施/措施	数量	投资金额 (万元)	备注	
检测室	屏蔽措施	新建检测室建筑面积约 83.6m ² ，外尺寸为 11m×7.6m×6m（长×宽×高），内尺寸为 10m×6m×5.3m（长×宽×高）。检测室四周墙体、屋顶板和屏蔽墙均采用混凝土（密度 2.35g/cm ³ ）构筑，主射束方向朝向北侧、南侧和屋顶。北侧、南侧主射束方向均设置内凸墙，墙宽 1.2m，厚 300mm。则北侧和南侧主屏蔽区厚 800mm、相连次屏蔽区厚 500mm；东侧、西侧屏蔽墙厚 500mm；屋顶主射束方向设置内凸墙，墙宽 1.2m，厚 400mm。则屋顶主屏蔽区厚 700mm、相连次屏蔽区厚 300mm；检测室内东侧设有 1 堵高 2.5m，宽 2.3m、厚 250mm 的屏蔽墙；北侧维修门为 1.5mm 钢+5mm 铅+1.5mm 钢电动平移门；东侧、西侧工件闸门为 3mm 钢+240mm 铅+3mm 钢电动平移门。	1 座	40.0	新建
	安全装置	门源联锁装置	3 套	0.3	新建
		工作状态指示灯	1 套	0.1	新建
		准备出束声光提示	3 套	0.2	新建
		放射源编码卡	1 个	设备自带	/
		监控摄像头	2 个	1.0	新建
		放射源容器表面固定金属铭牌	1 套	设备自带	/
		电离辐射警告标志	4 套	0.1	新建
紧急止动装置（有中文标识）	7 个	2.5	新建		
其他	监测仪器及警示装置	固定式剂量监测仪（设置 3 个探头，分别在维修门、2 个工件闸门口处）	1 套	1.5	新建
	便携式 X-γ 辐射监测仪	1 台	2.5	拟购	
	个人剂量计	4 个	0.4	拟购	
	个人剂量报警仪	2 台	1.3	拟购	

	废气处理	通排风系统	1套	1.0	新建
	人员培训	辐射工作人员上岗培训及应急培训	/	0.5	预留
		应急和救助的资金、物资准备	/	0.5	
合计				51.9	/

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

1、土建、装修施工的环境影响分析

本项目土建、装修施工期间可能产生的污染物主要为施工废水、扬尘、施工机械噪声、建筑垃圾、生活污水和生活垃圾等。

(1) 大气环境影响分析

产生的废气污染物主要是扬尘，采取湿法作业、加强通风可尽量降低粉尘对周围环境的影响。

(2) 水环境影响分析

施工人员会排放一定量的生活废水，可依托厂区原有的环保设施收集处理后，经市政污水管网排入污水处理厂，不会对周围水环境产生不良影响。

(3) 声环境影响分析

针对噪声影响，本项目拟采取低噪音设备、避免夜间施工、注意对施工设备的维修、保养以使各种施工机械保持良好的运行状态等措施，可大大降低本项目噪声对周围的影响。

(4) 固体废物影响分析

主要是生活垃圾、建筑垃圾。产生的废弃物如废材料、废纸张、废包装材料、废塑料薄膜等应妥善保管，及时回收处理；对于不可回收的建筑垃圾，应定点堆放，及时送当地指定的建筑垃圾堆放场；施工人员产生的生活垃圾依托公司生活垃圾收集设施收集后，交由环卫部门统一处理。

(5) 施工管理

由于项目施工单元是在生产车间内修建，要保证其它工作单元正常运营。因此在建设施工过程中应加强施工管理，对施工时间、时段，施工进度，施工原材料购进时间作精心安排、系统规划，对可能受影响和破坏的对象加以保护。

本项目施工期较短，施工量较小，在建设单位的严格监督下，施工方遵守文明施工、合理施工的原则，做到各项环保措施，对环境影响较小，施工结束后，项目施工期环境影响将随之消除。

2、设备安装调试阶段环节影响分析

本项目射线装置的安装和调试由生产厂家专业人员进行操作，在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，醒目位置设立辐射警示标志，禁

止无关人员靠近。人员离开时检测室需上锁并派人看守。

石墨体积检测系统的安装和调试均在检测室内进行，经过屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可接受的，对周围环境影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射影响分析

本项目拟使用 1 枚 ^{60}Co 放射源，活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ (100Ci)，最大年出束时间约 5000h。检测状态下，样品放在输送带上， ^{60}Co 放射源和探测器组成的检测装置绕水平轴 360° 连续旋转，石墨构件沿输送带水平通过检测装置中间的孔道，获取构件的三维图像。

^{60}Co 放射源有 β 、 γ 两种辐射。

1.1 β 射线的辐射环境影响

当屏蔽材料的厚度等于或大于 β 粒子在该材料中的最大射程时，即可将 β 粒子完全挡住。参考《辐射防护导论》（方杰主编、李士骏主审，P127），当 $0.01 < E_\beta < 2.5\text{MeV}$ 时， β 粒子在某材料的射程计算公式为：

$$R = 0.142 E^{(1.265-0.0954 \ln E)} \dots\dots\dots \text{（式 11-1）}$$

$$d=R/\rho \dots\dots\dots \text{（式 11-2）}$$

式中：R—最大射程，cm；

ρ —屏蔽材料密度， g/cm^3 ；

E— β 粒子最大能量，MeV；

d—防护厚度，cm。

本次评价不考虑空气对 β 射线的阻止作用，偏保守仅考虑在钨合金中的射程，根据上述公式计算结果见下表。

表 11-1 β 射线最大射程及对应防护厚度计算结果

核素	β 射线最大能量 (MeV)	屏蔽材料	材料密度 (g/cm^3)	在屏蔽材料中的最大射程 (cm)	对应的防护厚度 (cm)
^{60}Co	0.315	钨合金	18	0.029	0.0016

由上表可知， ^{60}Co 衰变产生的 β 射线在钨合金中所能穿透的最大厚度为 0.016mm。本项目源容器屏蔽厚度为 14cm 钨合金，其厚度远超理论计算出的 β 射线穿透射程，能够完全屏蔽 β 射线。

1.2 γ 射线的辐射环境影响

1.2.1 关注点的选取

石墨体积检测系统有用射束为检测室北侧、南侧和顶部。本项目检测室的关注点选取见表 11-2 和图 11-1。

表 11-2 检测室外主要关注点布置

相对位置	照射途径	备注
北侧主屏蔽区A	有用线束	职业
北侧次屏蔽区B	非有用线束	职业
检测室南侧主屏蔽区C	有用线束	职业
检测室南侧次屏蔽区D	非有用线束	职业
检测室东侧屏蔽墙E	非有用线束	职业
检测室西侧屏蔽墙F	非有用线束	职业
检测室屋顶主屏蔽区G	有用线束	/
检测室屋顶次屏蔽区H	非有用线束	/
检测室北侧维修门J	非有用线束	职业
检测室东侧闸门K	非有用线束	职业
检测室西侧闸门L	非有用线束	职业

图 11-1.1 检测室关注点位示意图

图 11-1.2 检测室关注点位示意图（剖面图）

1.2.2 关注点剂量控制水平

参照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022），检测室外各关注点的剂量率参考控制水平 H_c 由以下方法确定：

①检测室各侧关注点导出控制剂量按下式进行计算：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \dots\dots\dots(\text{式 11-3})$$

式中： $H_{c,d}$ —导出剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

H_c —周剂量参考控制水平；本报告提出剂量管理约束值为职业人员 $5\text{mSv}/\text{a}$ 、公众 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ ，年工作 50 周，则职业人员 $H_c=100\mu\text{Sv}/\text{周}$ 、公众 $H_c=2\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

U —关注位置方向照射的使用因子；本项目取 1；

T —人员在相应关注点驻留的居留因子；

t —周照射时间，本项目取 100h；

②关注点的最高剂量参考控制水平 $H_{c, \max}=2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ；

③对不需要人员到达的检测室屋顶,检测室屋顶表面外 30cm 处的剂量参考控制水平通常可取为 100 μ Sv/h。桥式起重机在检测室上方,考虑到检修人员会对吊装机械进行查看,故检测室顶部保守按 2.5 μ Sv/h 进行控制。

④取①、②、③中较小者作为关注的剂量参考控制水平 (H_c)。

根据式 11-3,检测室周围关注点控制剂量水平计算结果见表 11-4。

表 11-3 检测室周围关注点控制剂量水平参数选取及计算结果表

关注点	居留因子	照射类型	剂量率参考控制水平 (H_c) μ Sv/h		
			$H_{c,d}$	$H_{c,max}$	H_c
北侧主屏蔽墙外 0.3m 处 A	1/4	职业	4	2.5	2.5
北侧次屏蔽墙外 0.3m 处 B	1	职业	1	2.5	1
南侧主屏蔽墙外 0.3m 处 C	1/4	职业	4	2.5	2.5
南侧次屏蔽墙外 0.3m 处 D	1/4	职业	4	2.5	2.5
东侧屏蔽墙外 0.3m 处 E	1/4	职业	4	2.5	2.5
西侧屏蔽墙外 0.3m 处 F	1/4	职业	4	2.5	2.5
顶部主屏蔽墙外 0.3m 处 G	/	/	/	2.5	2.5
顶部次屏蔽墙外 0.3m 处 H	/	/	/	2.5	2.5
北侧维修门外 0.3m 处 J	1/4	职业	4	2.5	2.5
东侧工件闸门外 0.3m 处 K	1	职业	1	2.5	1.0
西侧工件闸门外 0.3m 处 L	1	职业	1	2.5	1.0

1.3 检测室屏蔽厚度分析

(1) 有用线束主屏蔽区厚度核算

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)以及《电离辐射工业应用的防护与安全》P128 的公式(2.1)可得无屏蔽时最大周围剂量当量率(K)的计算公式:

$$****\dots\dots\dots(式 11-4)$$

式中: A—源强, ^{60}Co (100Ci), $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$;

Γ_k —周围剂量当量率常数, $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$, 按《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)表 A.1 可知本项目 ^{60}Co 的 $\Gamma_k=0.35\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{h}\cdot\text{MBq}$;

R—辐射源点至关注点的距离, m。

$$***\dots\dots\dots(式 11-5)$$

式中: μ —透射比;

d—屏蔽层厚度, mm;

HVL—半值层, ^{60}Co 的半值层从《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)表 A.2

查得，其对混凝土半值层为 70mm，对铝半值层为 70mm，对钢半值层为 24mm，对钨的半值层为 10mm，对铅的半值层为 13mm。

***(式 11-6)

式中： K_I —有屏蔽下预期的最大周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)；

K —无屏蔽下预期的最大周围剂量当量率， mm ；

μ —已知屏蔽厚度下的透射。

根据上述公式可算出主屏蔽区各屏蔽层 (d) 厚度，计算结果如下表所示。

表 11-4 检测室主屏蔽厚度核算

屏蔽体	距离 R (m)	K_I ($\mu\text{Sv/h}$)	K ($\mu\text{Sv/h}$)	穿透各材料后 K ($\mu\text{Sv/h}$)	μ	理论计算 厚度 (mm)	设计厚 度 (mm)	核算 结果
北侧主 屏蔽墙 A	6.0	2.5	***	***	***	***	800	满足 要求
南侧主 屏蔽墙 C	4.0	2.5	***	***	***	***	800	满足 要求
顶部主 屏蔽墙 G	6.0	2.5	***	***	***	***	700	满足 要求

注 1: ***;

注 2: ***。

(2) 次屏蔽区和侧屏蔽区厚度核算

参照上述公式 (11-4) 到公式 (11-6) 公式可计算出次屏蔽区和侧屏蔽各屏蔽层 (d) 厚度，计算结果如下表所示。

表 11-5 检测室次屏蔽厚度核算

屏蔽体	距离 R (m)	K_I (Hc) ($\mu\text{Sv/h}$)	K ($\mu\text{Sv/h}$)	穿透各材料 后 K ($\mu\text{Sv/h}$)	μ	理论计算厚 度 (mm)	设计厚 度 (mm)	核算 结果
北侧 次屏 蔽墙 B	6.1	2.5	***	***	***	***	500	满足 要求
南侧 次屏 蔽墙 D	3.9	2.5	***	***	***	***	500	满足 要求
顶部 次屏 蔽墙 H	6.1	2.5	***	***	***	***	300	满足 要求
东侧 屏蔽 墙 E	5.9	1	***	***	***	***	500	满足 要求
西侧 屏蔽 墙 F	5.9	1	***	***	***	***	500	满足 要求

注1：南侧主射束均射向主屏蔽区，因此南侧次屏蔽墙不考虑主射束的影响，则按照容器屏蔽体（***）进行计算；

注2：屏蔽容器钨合金密度为***g/cm³，折算成密度***g/cm³厚度约为***mm；

注3：北侧和顶部主射束会有小部分射向次屏蔽区，经过4cm钨合金后准直器和6cm厚钨合金补集器衰减后均满足要求；

注4：东侧、西侧射束是经过屏蔽容器（***）屏蔽后到达混凝土墙。

（3）工件闸门厚度核算

参照上述公式（11-4）到公式（11-6）公式可计算出闸门屏蔽层（*d*）厚度，计算结果如下表所示。

表 11-6 工件闸门厚度核算

屏蔽体	距离 R (m)	K ₁ (Hc) (μSv/h)	K (μSv/h)	穿透各材料后 K (μSv/h)	μ	理论计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	核算结果
东侧闸门	5.8	1	***	***	***	***	24 铅+6 钢	满足要求
西侧闸门	5.8	1	***	***	***	***	24 铅+6 钢	满足要求

注1：东侧、西侧射束是经过屏蔽容器（***）屏蔽后到达闸门；

（4）维修门厚度核算

参照上述公式（11-4）到公式（11-6）公式可计算出维修门屏蔽层（*d*）厚度，计算结果如下表所示。

表 11-7 维修门厚度核算

屏蔽体	距离 R (m)	K ₁ (Hc) (μSv/h)	K (μSv/h)	穿透各材料后 K (μSv/h)	门内总剂量	μ	理论计算厚度 (mm)	设计厚度 (mm)	核算结果
维修门	6.3	2.5	***	***	***	***	***	5 铅+6 铁	满足要求
	4.0		***	***					

注1：维修门处考虑最不利路线为图 11-1.1 中 J 点路径，射束经过源容器（14cm 钨合金+20mm 不锈钢），不经过混凝土墙。

（5）小结

综上，本项目检测室理论计算厚度与设计厚度对比汇总见表 11-8。

表 11-8 检测室屏蔽厚度核算汇总表

屏蔽体	理论计算厚度	设计厚度	核算结果
北侧主屏蔽墙	502mm 混凝土	800mm 混凝土	满足
北侧次屏蔽墙	264mm 混凝土	500mm 混凝土	满足
南侧主屏蔽墙	584mm 混凝土	800mm 混凝土	满足
南侧次屏蔽墙	144mm 铅	500mm 混凝土	满足
东侧屏蔽墙	153mm 混凝土	500mm 混凝土	满足
西侧屏蔽墙	153mm 混凝土	500mm 混凝土	满足
顶部主屏蔽墙	502mm 混凝土	700mm 混凝土	满足
顶部次屏蔽墙	264mm 混凝土	300mm 混凝土	满足
东侧工件闸门	18mm 铅	3mm 钢+24mm 铅+3mm 钢	满足
西侧工件闸门	18mm 铅	3mm 钢+24mm 铅+3mm 钢	满足
北侧维修门	1.5mm 铅	3mm 钢+5mm 铅+3mm 钢	满足

由上表可知，本项目检测室四周墙体、屋顶、闸门、维修门屏蔽理论计算厚度均小于

设计厚度，表明本项目检测室设计厚度满足辐射防护要求。

1.4 ⁶⁰Co出源状态下体积检测室屏蔽体外辐射剂量估算

由于本项目目前处于设计阶段，故本评价采用理论计算方法进行预测分析。

(1) 关注点位及照射途径

由于本项目检测室无地下室，故不考虑地下室的辐射影响。

在检测室外有人员经过的地方设置预测点，各预测点见表11-9和图11-2。

表 11-9 检测室屏蔽体外主要关注点布置

位置编号	位置	照射途径	备注
A	西侧拆卸轨道平台处	非有用射束	职业
B	南侧墙0.3m处	有用射束	职业
C	东侧拆卸轨道平台处	非有用射束	职业
D	北侧控制审图室	有用射束	职业
E	北侧屏蔽门外0.3m处	非有用射束	职业
F	顶板0.3m处	有用射束	/
G	西北侧配电室	非有用射束	公众
H	西北侧厂区道路	非有用射束	公众
I	南侧产品临时放置区	有用射束	公众
J	南侧纯化二工区	有用射束	公众
K	东侧机加区	非有用射束	公众
M	北侧机加区	非有用射束	公众
N	北侧小件加工待料放置区	有用射束	公众
O	北侧工装、夹具、备件放置区	有用射束	公众
P	北侧石墨化学品放置区	有用射束	公众

图 11-2.1 检测室周边关注点位示意图

图 11-2.2 检测室周边关注点位示意图

(2) 预测模式

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，按公式(11-6)估算屏蔽物质的屏蔽透射比 μ ，再按公式(11-6)计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率 $K_I(\mu\text{Sv/h})$ 。

(3) 预测参数选取及结果

各参数取值见表11-10。

表11-10 主屏蔽墙外剂量计算参数及结果表

关注点	R 到关注点距离 (m)	K ($\mu\text{Sv/h}$)	穿透各材料后K ($\mu\text{Sv/h}$)	μ (透射比)	HVL (mm)	设计厚度(mm)	辐射剂量预测值($\mu\text{Sv/h}$)	
南侧墙0.3m处B	4.0	***	***	***	***	800	***	***
	4.1	***	***	***	***	500	***	
北侧控制	10.0	***	***	***	***	800	***	***

审图室D	10.0	***	***	***	***	500	***	
北侧维修 门外0.3m 处E	6.3	***	***	***	***	5铅+6铁	***	***
	4	***	***					
顶板0.3m 处F	6.0	***	***	***	***	700	***	***
	6.1	***	***	***	***	300	***	
西侧配电 室G	20.0	***	***	***	***	6钢+24 铅	***	***
西侧厂区 道路H	30.0	***	***	***	***	6钢+24 铅	***	***
南侧产品 临时放置 区I	10.0	***	***	***	***	800	***	***
	11.0	***	***	***	***	500	***	
南侧纯化 二工区J	41.0	***	***	***	***	800	***	***
	41.0	***	***	***	***	500	***	
东侧机加 区K	21.0	***	***	***	***	6钢+24 铅	***	***
北侧机加 区M	21.0	***	***	***	***	500	***	***
北侧小件 加工待料 放置区N	21.0	***	***	***	***	800	***	***
	20.0	***	***	***	***	500	***	
北侧工 装、夹具、 备件放置 区O	17.0	***	***	***	***	800	***	***
	16.0	***	***	***	***	500	***	
北侧石墨 化妆品放置 区P	26.5	***	***	***	***	800	***	***
	27.0	***	***	***	***	500	***	

上表均满足表 11-1 中根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)得出的本项目各关注点的最高剂量率参考控制水平 ($H_{c, max}$) 要求。

(4) 职业人员、公众年有效剂量估算结果
由式 11-10 估算各关注点的年附加有效剂量:

$$E = H \times 10^{-3} \times q \times h \times W_T \dots\dots\dots \text{(公式 11-7)}$$

式中:

H—关注点的剂量当量, $\mu\text{Sv/h}$;

E—关注点的附加有效剂量, $\mu\text{Sv/a}$;

h—工作负荷, 本项目取 5000h/a;

q—居留因子，经常有人员停留的地方取 1，有部分时间有人员停留的地方取 1/4，偶然有人员经过的地方取 1/16；

W_T —组织权重因数，全身为 1。

各环境保护目标的居留因子取值见表 11-11，以此计算出各关注年有效剂量，计算结果见表 11-11。

表 11-11 本项目石墨体积检测系统运行期间周围各关注点的年有效剂量估算表

关注点	点位描述	剂量当量预测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	年出束时间 (h/a)	居留因子	有效年剂量 (mSv/a)		受照者类型
B	南侧墙 0.3m 处	***	***	1/4	***	***	职业
		***	***	1/4	***		
D	北侧控制审图室	***	***	1	***	***	职业
		***	***	1	***		
E	北侧维修门外 0.3m 处	***	***	1/4	***	***	职业
F	顶板 0.3m 处	***	***	1/16	***	***	/
		***	***	1/16	***		
G	西侧配电室	***	***	1/16	***	***	公众
H	西北侧厂区道路	***	***	1/4	***	***	公众
I	南侧产品临时放置区	***	***	1/16	***	***	公众
		***	***	1/16	***		
J	南侧纯化二工区	***	***	1	***	***	公众
		***	***	1	***		
K	东侧机加区	***	***	1	***	***	公众
M	北侧机加区	***	***	1	***	***	公众
N	北侧小件加工待料放置区	***	***	1/16	***	***	公众
		***	***	1/16	***		
O	北侧工装、夹具、备件放置区	***	***	1/16	***	***	公众
		***	***	1/16	***		
P	北侧石墨化品放置区	***	***	1/16	***	***	公众
		***	***	1/16	***		

注：***。

1.5 ^{60}Co 未出源状态下体积检测室屏蔽体外辐射剂量估算

(1) 关注点位

由于本项目检测室无地下室，故不考虑地下室的辐射影响。

在检测室外有人员经过的地方设置预测点，各预测点如上节表11-9和图11-2。

(2) 预测模式

参照《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)，按公式(11-6)估算屏蔽物质的屏

蔽透射比 μ ，再按公式（11-7）计算相应辐射在屏蔽体外关注点的剂量率预测值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）。

（3）预测参数选取及结果

在非工作状态时，放射源处于装置的屏蔽位。根据建设单位提供的设计资料，本项目拟使用的检测装置外壳屏蔽设计指标为“当源处于屏蔽位置时，离装置表面1m处的剂量不大于 $10\mu\text{Gy/h}$ ”，计算结果如下。

表11-12 未出源状态下墙外剂量计算参数及结果表

关注点	R 到关注点距离 (m)	装置1m处剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	无屏蔽K ($\mu\text{Sv/h}$)	辐射剂量预测值($\mu\text{Sv/h}$)	备注
A 西侧卸载平台处	10.0	10	***	***	职业
C 东侧输入平台处	10.0	10	***	***	职业
G 西侧配电室	20.0	10	***	***	公众
H 西侧厂区道路	30.0	10	***	***	公众
I 南侧临时产品放置区	11.0	10	***	***	公众
J 南侧纯化二工区	41.0	10	***	***	公众
K 东侧机加区	21	10	***	***	公众
M 北侧机加区	21.0	10	***	***	公众
N 北侧小件加工待料放置区	20.0	10	***	***	公众
O 北侧工装、夹具、备件放置区	16.0	10	***	***	公众
P 北侧石墨化品放置区	27.0	10	***	***	公众

（4）职业人员、公众年有效剂量估算结果

各环境保护目标的居留因子取值见表 11-13，以（式 11-10）计算出各关注年有效剂量，计算结果见表 11-13。

表11-13 未出源状态下墙外各关注点的年有效剂量估算表

关注点	辐射剂量预测值($\mu\text{Sv/h}$)	未出源时间(h/a)	居留因子	有效年剂量(mSv/a)	备注
A 西侧输入平台处	***	***	1	***	职业
C 东侧卸载平台处	***	***	1	***	职业
G 西侧配电室	***	***	1/16	***	公众
H 西侧厂区道路	***	***	1/16	***	公众
I 南侧临时产品放置区	***	***	1/16	***	公众
J 南侧纯化二工区	***	***	1	***	公众

K 东侧机加区	***	***	1	***	公众
M 北侧机加区	***	***	1	***	公众
N 北侧小件加工待料放置区	***	***	1/16	***	公众
O 北侧工装、夹具、备件放置区	***	***	1/16	***	公众
P 北侧石墨化品放置区	***	***	1/16	***	公众

注1: ***;

注2: ***。

1.6 辐射剂量叠加分析

1.6.1 职业人员辐射剂量叠加分析

本项目检测室周边不存在其它放射源的使用，仅考虑检测室内⁶⁰Co照射对职业人员的影响，本项目职业人员辐射剂量叠加如下表所示：

表 11-14 本项目工作人员辐射剂量叠加结果

点位描述	受照剂量 (mSv/a)
A 西侧拆卸轨道平台处	*** (未出源, 检测室外工件摆位)
C 东侧拆卸轨道平台处	*** (未出源, 检测室外工件卸载)
D 控制审图室职业人员	***
叠加剂量合计	***

1.6.2 公众辐射剂量叠加分析

本项目公众辐射剂量叠加如下表所示：

表 11-15 本项目公众辐射剂量叠加结果

点位描述	受照剂量 (mSv/a)	
G 西侧配电室	***	***
	*** (未出源状态下)	
H 西侧厂区道路	***	***
	*** (未出源状态下)	
I 南侧产品临时放置区	***	***
	*** (未出源状态下)	
J 南侧纯化二工区	***	***
	*** (未出源状态下)	
K 东侧机加区	***	***
	*** (未出源状态下)	
M 北侧机加区	***	***
	*** (未出源状态下)	
N 北侧小件加工待料放置区	***	***
	*** (未出源状态下)	
O 北侧工装、夹具、备件放置区	***	***
	*** (未出源状态下)	
P 北侧石墨化品放置区	***	***
	*** (未出源状态下)	

根据表 11-14 和表 11-15 可知，本项目建成后职业人员在出源和未出源状态下的叠加值为 0.8748mSv/a，公众在出源和未出源状态下的叠加值最大为 0.0924mSv/a，出现在 K 点检测室东侧机加区，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的剂量限值(职业照射 20mSv/a、公众照射 1mSv/a)，也低于本报告提出的照射剂量约束值(职业照射 5mSv/a、公众照射 0.1mSv/a)。

综上，本项目石墨体积检测系统运行时产生的 γ 射线经检测室墙体和维修门等屏蔽后，屏蔽体外 30cm 处剂量率当量率满足 GBZ 117-2022 的要求，对职业人员和周围公众的照射剂量均满足 GB18871-2002 规定的剂量限值和本报告提出的照射剂量约束值，表明本项目检测室的屏蔽防护满足要求。

1.7 退役放射源环境影响分析

本项目 ^{60}Co 放射源使用一定年限后，放射源衰变至其活度不能满足放射治疗需要时，将更换放射源，从而产生退役的废 ^{60}Co 放射源。废 ^{60}Co 放射源由放射源生产厂家回收处置；若放射源生产厂家不能回收，则应交有废源收贮资质的单位回收处置。

三、非放部分环境影响分析

(1) 大气环境影响分析

本项目使用石墨体积检测系统期间，产生的 γ 射线与空气中的氧气相互作用会产生臭氧 (O_3)。室内臭氧浓度由下式进行计算：

$$Q_t = \frac{Q_0 \bar{T}}{V} \dots\dots\dots \text{(式11-8)}$$

$$Q_0 = 1.58 \times 10^{-4} A G V^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots \text{(式11-9)}$$

$$\bar{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \dots\dots\dots \text{(式11-10)}$$

式中： Q_t ——实验室内臭氧的浓度， mg/m^3 ；

Q_0 ——臭氧的辐射化学产额， mg/h ；

A——放射源活度，Ci；

G——空气每吸收 100eV 辐射能力所产生的臭氧分子数，一般取 6；

T——有效清除时间；

T_v ——换气一次所需的时间，h；

Td——臭氧的有效化学分解时间，0.83h；

V——检测屏蔽室的容积，内部10×6×5.3m³。

根据公式，石墨体积检测系统运行期间室内臭氧产生计算结果见下表。

表 11-16 检测屏蔽室内臭氧浓度

场所	A (Ci)	V (m ³)	Tv (h)	臭氧浓度 (mg/m ³)
检测室	100	318	0.08	1.54×10 ⁻⁴

由上表可知，运行期间检测屏蔽室内臭氧浓度低于《工作场所有害因素职业接触限值 化学有害因素》(GBZ2.1-2007)规定的工作场所空气中臭氧浓度0.3mg/m³限值。

检测屏蔽室设有1套机械通风系统，设计每小时换气约12次，排风量设计为6000m³/h。由于项目臭氧产生量较低，加之臭氧不稳定，在常温下不断分解，排出室外的臭氧经过大气的稀释和扩散，浓度将迅速降低，对周围环境影响可满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)二级标准(浓度限值0.2mg/m³)，对周围大气环境影响轻微。

(2) 水环境影响分析

本项目采用实时成像时，不涉及洗片操作，在检测过程中无废水产生。

辐射工作人员会产生少量的生活污水，生活废水依托厂区原有埋地式生活污水二级生化处理设备进行处理，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后，全部回用于作油循环系统补水，不外排，不会对当地水质产生明显影响。

(3) 固体废物影响分析

本项目产生的不合格产品统一由建设单位回收利用；本项目施工及运行过程中工作人员产生的生活垃圾经收集后，由环卫部门统一清运，对环境影响很小。

(4) 声环境影响分析

送排风口的轴流风机工作时产生一定的噪声，排风机通过采用低噪声设备和隔声措施，随周围声环境影响较小，对项目所在区域声环境影响轻微。

事故影响分析

1、事故等级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令 第 449 号)，辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级，见表 11-13 所示。

表 11-17 国务院令 第 449 号辐射事故等级分级一览表

事故等级	事故情形
特别重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致3人以上（含3人）急性死亡。
重大辐射事故	I类、II类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致2人以下（含2人）急性死亡或者10人以上（含10人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故	III类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致9人以下（含9人）急性重度放射病、局部器官残疾。
一般辐射事故	IV类、V类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

同时根据《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ104-2017），急性放射病发生参考剂量见下表。

表 11-18 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

急性放射病	分度	受照剂量范围参考值
骨髓型急性放射病	轻度	1.0Gy~2.0Gy
	中度	2.0Gy~4.0Gy
	重度	4.0Gy~6.0Gy
	极重度	6.0Gy~10.0Gy
肠型急性放射病	轻度	10.0Gy~20.0Gy
	中度	/
	重度	20.0Gy~50.0Gy
	极重度	/
脑型急性放射病	轻度	50Gy~100Gy
	中度	
	重度	
	极重度	
	死亡	100Gy

2、辐射事故识别

本项目涉及II类放射源，运营期间存在的风险和潜在危害及事故隐患如下：

表 11-19 放射源的最大潜在危害及环境风险因子及事故等级

项目	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
⁶⁰ CoII类放射源	γ射线	①由于安全联锁系统失效，在防护门未关闭的情况即进行照射操作，对误入人员或防护门周围活动人员造成不必要的照射。 ②在检测室内对设备进行检修及维护等工作时，检修、维护人员误操作，造成人员误照射。 ③因设备故障或安全装置故障，在检测中出现卡源，造成人员受到不必要的照射。 ④放射源被盗抢、丢失，放射源裸露等失控事故，造成相关接触人员受到不必要的照射。

3、辐射事故影响分析

3.1 人员误入或检修人员误操作受到误照射

(1) 事故假设

①假设检测设备以满负荷（ ^{60}Co 放射源初始活度 $3.7\times 10^{12}\text{Bq}$ ）运行，即主射束方向、距放射源 1m 处 γ 射线剂量率为 $1.14\times 10^6\mu\text{Sv/h}$ ；

②假设检修人员或误入人员在未采取任何屏蔽防护措施下，处于检测设备外 1m 处的主射束方向。在发现设备处于开机出束状态，立即撤至检测室屏蔽墙内。

③鉴于检测室内四周墙壁设有紧急停机开关，只要按下此按钮就可以停机。

(2) 剂量估算

根据事故情景假设条件计算得出距源 1m~5m 范围内不同事故持续时间段（15s、30s、1min、2min、5min、10min、15min）的个人有效剂量率，结果见下表。

表11-20 放射源裸露状态下不同持续时间不同距离处个人有效剂量率计算结果

距源距离 (m)	各事故持续时间段的 γ 射线所致有效剂量率 (Sv)						
	15s	30s	1min	2min	5min	10min	15min
1	4.75×10^{-3}	9.50×10^{-3}	1.90×10^{-2}	3.80×10^{-2}	9.50×10^{-2}	1.90×10^{-1}	2.90×10^{-1}
2	1.19×10^{-3}	2.38×10^{-3}	4.75×10^{-3}	9.50×10^{-3}	2.38×10^{-2}	4.75×10^{-2}	7.25×10^{-2}
3	5.28×10^{-4}	1.06×10^{-3}	2.11×10^{-3}	4.22×10^{-3}	1.06×10^{-2}	2.11×10^{-2}	3.22×10^{-2}
4	2.97×10^{-4}	5.94×10^{-4}	1.19×10^{-3}	2.38×10^{-3}	5.94×10^{-3}	1.19×10^{-2}	1.81×10^{-2}
5	1.90×10^{-4}	3.80×10^{-4}	7.60×10^{-4}	1.52×10^{-3}	3.80×10^{-3}	7.60×10^{-3}	1.16×10^{-2}

由表 11-16 可以看出，检测室内误入人员在距离源 1m 处停留 15s~15min 时，单次最大潜在辐射事故最大受照剂量为 $2.90\times 10^{-1}\text{Gy}$ ，根据表 11-14，不会造成急性放射病，但超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值，构成一般辐射事故。若受照时间超过 15min 或更长可能导致更严重的辐射事故。

3.2 卡源事故

(1) 事故假设

①自动回源功能装置失效，工作人员穿铅衣（0.5mm 铅当量）进入检测室内采取手动回源措施，源与身体之间 40cm。

②根据经验，假设卡源事故持续时间为 5min~30min，根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117 2022）表 A.2 中铅的半值层（HVL）为 13mm，在假设事故情景下，工作人员受照剂量见下表。

表 11-21 卡源状态下不同持续时间工作人员手照剂量计算结果

时间	受照剂量 (Sv)
1min	0.12
2min	0.23

5min	0.58
10min	1.16
15min	1.73
20min	2.31
30min	3.47

由表 11-17 可以看出，发生卡源事故时，工作人员穿 0.5mm 铅衣距源 0.4m 处停留 1min~2h 时，均不同程度《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 20mSv/a 剂量限值；单次最大潜在辐射事故最大受照剂量为 3.57Gy，根据表 11-14，可造成中度骨髓型急性放射病，构成较大辐射事故。若卡源时间超过 30min 或更长可能导致更严重的辐射事故。

3.3 放射源被盗抢、丢失等造成放射源失控事故（“人源见面”）

（1）事故情景

放射源处于失控状态，其产生的 γ 射线未经任何屏蔽措施直接照射到人员身上。

（2）剂量估算

放射源失控状态下，受照人员的有效剂量率可用下式计算：

$$X = A\Gamma / r^2 \dots\dots\dots (11-11)$$

$$E = X \cdot WR \cdot WT \dots\dots\dots (11-12)$$

式中：A—放射源的活度，本项目 ^{60}Co 放射源活度为 $3.7 \times 10^6 \text{MBq}$ ；

Γ —放射性核素的 Γ 常数， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ， ^{60}Co 取 $0.308 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{MBq} \cdot \text{h})$ ；

X—照射量率，单位 $\mu\text{Sv/h}$ ；

r—参考点距离源的距离，m；

E—有效剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

WT—辐射权重，取 1；

WR—权重因子，取 1。

根据事故情景假设条件计算得出距源 1m~50m 范围内不同事故持续时间段（10min、30min、1h、2h、24h、48h、72h、96h）的个人有效剂量率，结果见下表。

表11-22 放射源裸露状态下不同持续时间不同距离处个人有效剂量率计算结果

距源 距离 (m)	各事故持续时间段的 γ 射线所致有效剂量率 (Sv)							
	10min	30min	1h	2h	24h	48h	72h	96h
1	1.94×10^{-1}	5.7×10^{-1}	1.14	2.28	27.4	54.7	82.1	109
2	4.84×10^{-2}	1.42×10^{-1}	2.85×10^{-1}	5.70×10^{-1}	6.84	13.7	20.5	27.4
3	2.15×10^{-2}	6.33×10^{-2}	1.27×10^{-1}	2.53×10^{-1}	3.04	6.08	9.12	12.2

4	1.21×10^{-2}	3.55×10^{-2}	7.12×10^{-2}	1.42×10^{-1}	1.71	3.42	5.13	6.84
5	7.75×10^{-3}	2.28×10^{-2}	4.56×10^{-2}	9.12×10^{-2}	1.09	2.19	3.28	4.38
10	1.94×10^{-3}	5.70×10^{-3}	1.14×10^{-2}	2.28×10^{-2}	2.74×10^{-1}	5.47×10^{-1}	8.21×10^{-1}	1.09
20	4.84×10^{-4}	1.42×10^{-3}	2.85×10^{-3}	5.70×10^{-3}	6.84×10^{-2}	1.37×10^{-1}	2.05×10^{-1}	2.74×10^{-1}
30	2.15×10^{-4}	6.33×10^{-4}	1.27×10^{-3}	2.53×10^{-3}	3.04×10^{-2}	6.08×10^{-2}	9.12×10^{-2}	1.22×10^{-1}
40	1.21×10^{-4}	3.56×10^{-4}	7.12×10^{-4}	1.42×10^{-3}	1.71×10^{-2}	3.42×10^{-2}	5.13×10^{-2}	6.84×10^{-2}
50	7.75×10^{-5}	2.28×10^{-4}	4.56×10^{-4}	9.12×10^{-4}	1.09×10^{-2}	2.19×10^{-2}	3.28×10^{-2}	4.38×10^{-2}

注：本次计算偏保守，未考虑放射源的自然衰变。

由表 11-18 可以看出，放射源处于失控状态下距离源 1~50m 范围内，持续时段从 10min~96h，假设距离源 1m，均不同程度《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中 5mSv/a 剂量限值。根据表 11-14，当源失控 96h 时，可致死，构成重大辐射事故。

4、事故预防措施

对于可能发生的各项辐射事故，其预防措施见表 11-23。

表 11-23 本项目可能发生的事故状态及其预防应急措施

序号	可能发生的事故状态	预防及应急措施
1	放射源丢失、被盗，或放射源屏蔽体可能被人为破坏，放射源对人员造成近距离照射。一定时间内，可能导致人员急性重度放射病、局部器官残疾甚至死亡。	采取各种行之有效的措施，防止被盗或者丢失。特别是定期对放射源要进行核实，确保其处于指定位置，对放射源实行 24 小时监控。一旦发现放射源被盗或者丢失，及时向公安部门、环境保护主管部门和卫生部门报告。
2	人员受误照射。检测过程中人员误入或滞留于检测室内，造成有关人员被误照射，引发辐射事故。	工作人员遵守相关操作规程，检测过程中任何人员不得进入检测室。每次开机检测前必须确认检测室内无人。一旦发生辐射事故，必须马上停机收源，对受照人员进行身体检查，确定是否有伤害，以便采取相应救护措施。
3	卡源。检测过程中出现卡源情况，源体无法复位至屏蔽状态，造成工作人员受到过量照射，引发辐射事故。	若出现卡堵源情况，首先迅速将体积检测室关闭，专业技术人员到来前不得开启，同时派专人职守，防止无关人员进入事故现场，及时联系生产厂家或指定维修单位进行处理。专业技术人员排除事故时，应配备铅衣、长柄夹具等防护措施和必要的剂量监测设备，并严格控制与放射源近距离操作的时间。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

一、辐射防护与安全管理机构

成都方大炭炭复合材料股份有限公司承诺在项目建成后按相关法律法规要求成立辐射安全与环境保护管理机构，全权负责公司的辐射安全管理（详见附件 3）。成立的辐射安全与环境保护管理机构主要职责应包含以下内容：

- ①负责对公司辐射安全与环境保护进行全面管理工作；
- ②负责组织辐射安全许可证的申请、变更、延期、注销等相关事宜；负责组织制定辐射安全与防护相关管理制度及辐射事故应急预案，并监督落实实施；
- ③接受上级及属地主管部门的管理和检查；负责及时向上级和属地有关部门报告单位运营期内发生的辐射事故和事件。

要求：辐射安全与环境保护管理机构应定期开会，总结运营期间的辐射防护管理经验，并根据国家相关法律法规的更新及时修订规章制度，使其具有针对性、可操作性。

二、辐射工作岗位人员配置和能力分析

建设单位拟配备辐射工作人员 4 名，均为建设单位新增辐射工作人员，本项目辐射工作人员均定岗定责，配备至本项目后，不从事其它辐射工作。

根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号）：自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，应通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）进行相关知识学习，通过生态环境部培训平台报名并参加考核，取得辐射安全培训合格证书后方可从事辐射活动。

建设单位承诺在办理辐射安全许可证前，将尽快组织新增辐射工作人员参加辐射安全与防护的学习和考核，取得合格证书后上岗。建设单位应当建立并保存辐射工作人员的培训档案。取得辐射安全与防护培训合格证书的人员，应每五年复训一次。

辐射安全管理规章制度

一、档案管理分类

辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下九大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”和“废物处置记录”。建设单位应根据单位辐射项目开展的实际情况将档案资料进行分类管理。

二、主要规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环保部令第3号）“第十六条”、《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》（第三版 2020 修订版）及《关于印发〈四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）〉的通知》（川环函[2016]1400号）的相关要求中的相关规定，建设单位需制定的规章制度如下。

表12-1 建设单位需制定的辐射安全管理制度一览表

序号	要求的主要规章制度	规范具体要求	建设单位规章制度建设情况	环评要求
1	辐射安全与环境保护管理机构文件	明确相关人员的管理职责，全面负责单位辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位已承诺将按规范制定辐射安全与环境保护管理机构文件，并有效下发执行。	/
2	辐射工作场所安全管理规定（综合性文件）	根据单位具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是射线装置运行和维修时辐射安全管理。	拟制定	需悬挂于控制审图室墙上。
3	辐射工作设备操作规程	明确辐射工作人员的资质条件要求、装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。重点是明确操作步骤、出束过程中必须采取的辐射安全措施。	拟制定	
4	辐射安全和防护设施维护维修制度	明确射线装置维修计划、维修记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保射线装置保持良好的工作状态。	拟制定	记录应包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等信息。
5	辐射工作人员岗位职责	明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任。	拟制定	需悬挂于控制审图室墙上。
6	放射源台账管理制度	应记载放射性同位素的名称、类别、用途、来源和去向等事项，同时确定台账的管理人员和职责，建立台账的交接制度。	拟制定	需制定。
7	辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	/	拟制定	按本报告提出做好监测记录和档案保存工作。
8	监测仪器使用与校验管理制度	/	拟制定	/
9	辐射工作人员培训制度	明确培训对象、内容、周期、方式及考	拟制定	新增辐射工作

	(或培训计划)	核的办法等内容。及时组织辐射工作人员参加辐射安全和防护培训，辐射工作人员须通过考核后方可上岗。		人员应培训取证，持证上岗。
10	辐射工作人员个人剂量管理制度	<p>在操作射线装置时，操作人员必须佩戴个人剂量计。单位定期将个人剂量计送交有资质的检测部门进行测量，并建立个人剂量档案，终身保存。</p> <p>对于单季度个人剂量检测数据超过1.25mSv的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在情况调查报告上签字确认；对于年度内检测数值累计超过5mSv的，要采取暂停开展放射性工作等进一步干预手段，并上报辐射安全许可证发证机关。</p>	拟制定	/
11	辐射事故应急预案	<p>针对射线装置应用可能产生的辐射事故应制定较为完善的事故应急预案或应急措施，预案或措施中要明确(1)应急机构和职责分工；(2)应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；(3)辐射事故分级与应急响应措施；(4)辐射事故调查、报告和处理程序；(5)辐射事故信息公开、公众宣传方案。</p>	拟制定	预案中“辐射事故应急响应程序”悬挂于控制室墙上。

在制定规章制度时，需注意以下问题：

(1)《辐射监测方案》中应包含：公司应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为1次/年；公司定期（监测周期为1次/月）对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。

(2)《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含：对于每季度检测数值超过1.25mSv的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认。

(3)《辐射工作人员培训制度》中应包括：自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（<http://fushe.mee.gov.cn>）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。

需要上墙的规章制度：《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小应不小于400mm×600mm。公司应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

辐射监测

根据《四川省辐射污染防治条例》“使用放射性同位素和射线装置的单位应当建立辐射监测制度，组织对从业人员个人辐射剂量、工作场所及周围环境进行监测，并建立相应档案”。因此，本项目建设单位应建立辐射监测制度，制定辐射监测计划。辐射监测应包括个人剂量监测和工作场所的监测。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)和《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)等相关规定，结合本项目辐射工作特点，确定本项目辐射监测计划如下：

1、个人剂量监测

本项目拟配置 4 名辐射工作人员，并配置个人剂量计。建设单位需将个人剂量计定期（每季度一次）送有资质的单位进行检定，并根据原四川省环境保护厅“四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲”（川环函〔2016〕400号）做好个人剂量管理工作，建设单位须制定个人剂量管理制度，辐射工作操作人员须配备个人剂量计，并建立个人剂量档案，终生保存。

根据检查大纲的要求：①项目建成投运后，加强检测管理和辐射工作操作人员职业健康检查管理，保证每名辐射工作操作人员的个人剂量计每个季度送有资质部门检测一次，做到专人专戴，做到定期送检；②建立个人剂量档案，个人剂量档案终身保存；③当单个季度个人剂量超过1.25mSv时，建设单位要对该辐射工作操作人员进行干预，要进一步调查明确原因，并由当事人在情况调查报告上签字确认；当全年个人剂量超过5mSv时，建设单位需进行原因调查，并最终形成正式调查报告，经本人签字确认后，上报发证机关；当年个人剂量超过5mSv时，需调查超标原因，确认是辐射事故时启动应急预案。

2、工作场所监测

年度监测：委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度测报告应作为《安全和防护状况年度评估报告》的重要组成部分一并提交给发证机关。

日常自我监测：定期自行开展辐射监测（也可委托有资质的单位进行自行监测），制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期至少 1 次/月。

3、监测内容和要求

（1）监测内容：X- γ 辐射空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应参考环评提出的监测计划（表 12-4）或验收监

测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表 12-4 监测计划一览表

项目	工作场所	监测项目	监测点位	监测频次	监测要求
自主监测	石墨体积检测系统工作场所	X-γ 辐射空气吸收剂量率	操作人员位置、检测室墙外 30cm 处、检测室维修门外 30cm 处(左、中、右)、检测室东、西侧工件闸门外 30cm 处(左、中、右)、检测室东侧、北侧机加区、检测室各管线洞口	每月至少 1 次(记录监测数据存档)	仪器离每个点位均 30cm 距离,检测室墙外 30cm 离地高度为 1m 处;防护门应测左中右 3 个点和门缝四周;每个墙面至少测 3 个点。
委托监测	石墨体积检测系统工作场所	X-γ 辐射空气吸收剂量率	操作人员位置、检测室墙外 30cm 处、检测室维修门外 30cm 处(左、中、右)、检测室东、西侧工件闸门外 30cm 处(左、中、右)、检测室东侧、北侧机加区、检测室各管线洞口	每年至少监测 1 次	

(3) 监测范围: 控制区和监督区域及周围环境

(4) 监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度,并利用监测部门的监测数据与本单位监测仪器的监测数据进行比对,建立监测仪器比对档案;也可到有资质的单位对监测仪器进行校核;

②采用的国家颁布的标准方法或推荐方法,其中自我监测可参照有资质的监测机构出具的监测报告中的方法;

③制定辐射环境监测管理制度和方案。

此外,建设单位需定期和不定期对辐射工作场所进行监测,随时掌握辐射工作场所剂量变化情况,发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核,制定相应的报送程序,监测数据及报送情况存档备查。

辐射事故应急

辐射单位应针对可能发生的辐射事故风险，制定相应辐射事故应急预案报所在地人民政府生态环境主管部门备案，并及时予以修订。

辐射事故应急预案的主要内容应包括：应急组织结构，应急职责分工，辐射事故应急处置（最大可信事故场景，应急报告，应急措施和步骤，应急联络电话），应急保障措施，应急演练计划。

（1）事故报告程序

一旦发生辐射事故，辐射工作人员立即停机，根据《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》在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门（成都市龙泉驿生态环境局 028-84853097）和公安部门（龙泉公安分局 028-84853044）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部门（龙泉驿卫生健康局 028-69928699）报告。

（2）辐射事故应急措施

事故发生后，除了上述工作外，还应进行以下几项工作：

- ①确定现场辐射强度及影响范围，划出禁入控制范围，防止外照射的危害。
- ②根据现场辐射强度，确定工作人员在现场处置的工作时间。
- ③现场处置任务的工作人员应佩带防护用具及个人剂量计。
- ④应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。
- ⑤事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

公司应当根据以上要求，同时结合本项目实际情况来制定应急预案相关内容，在今后预案的实施过程中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案进行补充修改，使之更能符合实际需要。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

项目名称：新增使用 II 类放射源项目

建设单位：成都方大炭炭复合材料股份有限公司

建设地点：四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路 62 号成都炭素新厂区内

建设性质：新建

建设内容及规模：

本项目拟在四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路 62 号成都炭素新厂③区机加包装及成品库内新建 1 座检测室，检测室内使用 1 枚 ^{60}Co 放射源（初始活度为 $3.7 \times 10^{12}\text{Bq}$ ），用于检测石墨构建内部是否存在缺陷及缺陷的分布情况，以判断部件的性能是否满足要求。本项目实时成像，不涉及洗片作业，其实时成像最大年检测工件数量约 20000 件，单件工件出束检测时间约为 15min，最大年出束时间约 5000h。

2、产业政策符合性

项目属于核技术在无损检测领域内的运用，根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，本项目属鼓励类第三十一项“科技服务”中第 1 条“工业设计、气象、生物及医药、新材料、新能源、节能、环保、测绘、海洋等专业技术服务，标准化服务、计量测试、**质量认证和检验检测服务**、科技普及”，项目符合国家当前的产业政策。

3、本项目选址合理性分析

本项目新增石墨体积检测系统及配套检测室位于四川省成都市龙泉驿区柏合镇合文东路 62 号的成都炭素新厂区③区机加包装及成品库厂房，该厂房已取得四川省环境保护厅《关于成都炭有限责任公司年产 3 万吨特种石墨制造与加工项目环境影响报告书的批复》（川环审批〔2012〕4 号）。本项目不另行新征用地，项目水、电、气、通讯设施依托原有设施妥善解决，且建设的检测室为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

4、区域环境质量现状评价结论

项目拟建场址周围环境 X- γ 辐射剂量率监测值为 50.1nSv/h~89.4nSv/h，经修正后环境 γ

辐射剂量率为 40.5~72.3nGy/h，与《2022 年全国辐射环境质量报告》中发布的四川省监测数据（ γ 辐射空气吸收剂量率年均值范围 61.9~151.8nGy/h）相比较，属于当地正常天然本底辐射水平。

5、环境影响评价结论

（1）辐射环境影响分析

经模式预测，在正常工况下，本项目放射源投入使用后对工作人员造成的年附加有效剂量低于本次评价5mSv的职业人员年剂量约束值；对公众造成的年附加有效剂量低于本次评价0.1mSv的公众人员年剂量约束值。

（2）大气的环境影响分析

本项目石墨体积检测系统产生的臭氧经自然分解和稀释，不会对周围大气环境造成明显影响。

（3）废水的环境影响分析

本项目石墨体积检测系统在运行时无废水产生。生活废水依托厂区原有地理式生活污水二级生化处理设备进行处理，达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后，全部回用于作浊循环系统补水，不外排，不会对当地水质产生明显影响。

（4）固体废物的环境影响分析

本项目石墨体积检测系统在检测过程中不打印胶片，故不产生危废。废⁶⁰Co放射源由放射源生产厂家回收处置；若放射源生产厂家不能回收，则应交有废源收贮资质的单位回收处置；本项目产生的不合格产品统一由建设单位回收利用；本项目施工及运行过程中工作人员产生的生活垃圾经收集后，由环卫部门统一清运，对环境影响很小。

（5）噪声

送排风口的轴流风机工作时产生一定的噪声，排风机通过采用低噪声设备和隔声措施，随周围声环境影响较小，对项目所在区域声环境影响轻微。

6、辐射事故影响评价分析

经预测，假若本项目发生辐射事故，事故等级可能达到重大辐射事故。评价认为，项目单位按相关规定和本环评要求，做好事故防范及预防措施，制定并定期演练具有可操作性和可行性的《辐射事故应急预案》之后，本项目发生的辐射事故风险将受到控制，其事故影响是可接受的。

7、放射源使用与安全管理的综合能力分析

成都方大炭炭复合材料股份有限公司拟配备专业的辐射工作人员和安全管理机构，在

严格按照本环评报告要求制定辐射安全管理制度、辐射事故应急措施前提下，具有对II类放射源的使用和管理能力。

8、项目环境可行性结论

本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布置合理，采取辐射防护措施技术可行，措施有效。在严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众照射剂量满足国家规定的年有效剂量限值和本评价采用的剂量约束值。评价认为，本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。

9、放射源申请活动的种类和范围

表 13-1 放射源申请活动的种类和范围

场所	主要技术参数	类别	数量	活动种类	用途	储存场所
检测室	^{60}Co , $3.7 \times 10^{12} \text{Bq}$ (100Ci)	II类密封放射源	1枚	使用	无损检测	置于检测室内

10、项目竣工环境保护验收要求

本项目建成后，成都方大炭炭复合材料股份有限公司应严格按照环境保护部“关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告”（国环规环评〔2017〕4号）文件要求，开展竣工环境保护验收工作。

成都方大炭炭复合材料股份有限公司是本项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照相关文件规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

“全国建设项目竣工环境保护验收信息平台”已于2017年12月1日上线试运行，网址为 <http://114.251.10.205>。建设单位可以登陆生态环境部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范，并在项目建成后，及时开展竣工环境保护验收工作。本工程竣工环境保护验收一览表见下表。

表 13-2 项目竣工环境保护验收要求一览表

类别	环保设施/措施	数量	备注
屏蔽措施	检测室屏蔽体	1座	/
安全装置	门源联锁装置	3套	/
	工作状态指示灯	1套	/
	准备出束声光提示	3套	/

	放射源编码卡	1 个	/
	监控摄像头	2 个	检测屏蔽室内 2 个
	放射源容器表面固定金属铭牌	1 套	/
	电离辐射警告标志	4 套	
	紧急止动装置（有中文标识）	7 个	屏蔽室四周墙内各 1 个、 工件闸机口外各 1 个，控 制审图室中操作位 1 个
	固定式剂量监测仪	1 套	维修门外、2 个工件闸机口 外各设置 1 个探头
监测仪器	便携式 X-γ 辐射监测仪	1 台	/
	个人剂量计	4 个	每人 1 个
	个人剂量报警仪	2 台	/
台账管理	个人剂量档案	/	/
规章制度	《辐射安全管理规定》、《操作规程》、《安全防护设备的维护与维修制度》、《监测方案》、《监测仪表施工与校验管理制度》、《辐射工作人员培训/再培训管理制度》、《辐射工作人员个人剂量管理制度》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射事故/事件应急预案》	/	其中《辐射工作场所安全管理 管理制度》、《操作规程》、 《辐射工作人员岗位职责》、 《应急响应程序》需 张贴上墙
人员培训	辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并取得相应的合格证书	/	辐射从业人员及管理人员 均需上岗培训

建议与承诺

1、承诺

(1) 项目建成投运后定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用放射源的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年 1 月 31 日前将评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），评估报告包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥存在的安全隐患及其整改情况；⑦其他有关法律、法规规定的落实情况。

(2) 本项目石墨体积检测系统投运后，一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案，按照辐射事故应急救援程序流程进行处理，并逐级上报主管单位。

(3) 建设单位在办理辐射安全许可证之前，登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>），对建设单位所用放射源的相关信息填写。

2、建议

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律、法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全

文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案。