

核技术利用建设项目

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司  
X 射线探伤机应用项目  
环境影响报告表  
(公示本)



生态环境部监制

## 目 录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	6
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） .....	7
表 6 评价依据 .....	8
表 7 保护目标与评价标准 .....	10
表 8 环境质量和辐射现状 .....	13
表 9 项目工程分析与源项 .....	19
表 10 辐射安全与防护 .....	28
表 11 环境影响分析 .....	40
表 12 辐射安全管理 .....	60
表 13 结论与建议 .....	65
表 14 审批 .....	67

### 附件：

- 附件 1 环评委托书
- 附件 2 项目备案
- 附件 3 辐射环境质量现状监测报告
- 附件 4 辐射安全管理制度
- 附件 5 辐射事故应急预案

## 表 1 项目基本情况

建设项目名称	南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司 X 射线探伤机应用项目					
建设单位	南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司					
法人代表	***	联系人	***	联系电话	***	
注册地址	南宁市邕宁区蒲津路 229 号原县交通局办公楼 2 楼 37 号房					
项目建设地点	南宁市邕宁区良信路北侧、那元路西侧，南宁产投创新产业园三期 7 号厂房内					
立项审批部门	/		批准文号	/		
建设项目总投资(万元)	100	项目环保投资(万元)	30	投资比例(环保投资/总投资)	30%	
项目性质	<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m <sup>2</sup> )	65	
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 type="checkbox"/> 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	<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 checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类			
其他	-					

### 1.1 公司简介

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司主要从事汽车零部件及配件制造；汽车零配件批发；汽车零配件零售；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；碳减排、碳转化、碳捕捉、碳封存技术研发；金属材料销售；五金产品批发；五金产品零售。公司于 2022 年租用南宁产投创新产业园三期项目的厂房和公用设施，建设“阿凡达”轻量化轮毂产业项目，年产 200 万套阿凡达低碳车轮。2025 年，公司拟在原厂址范围内新增建设 100 万套赛博坦轻量化车轮生产线。厂址总占地面积 40000 平方米。

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司于 2024 年 11 月在南宁市邕宁区经济贸易和信息化局完成了“新建 100 万套赛博坦轻量化车轮项目”的备案登记（见附件 2），公司目前正在办理常规环评手续。

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司为保证产品质量，需要对产品进行批量抽样无损探伤检测，因此公司经过调查和研究，拟在 7 号厂房内安装 3 套 X 射线探伤机，属于 II 类射线装置，本项目还未办理辐射安全许可证。

## 1.2 项目建设规模

项目拟购置安装 1 台单工位轮毂 X 光检测设备及 2 台 X 光在线轮毂检测设备，用于开展轮辐 X 射线无损检测工作，各探伤机单独设置于屏蔽铅房内。X 射线探伤机连接电脑成像，不涉及洗片，项目拟安装 X 射线探伤装置基本情况见下表。

表 1-1 项目 X 射线探伤机基本情况一览表

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	类型
1	单工位轮毂 X 光检测设备	固定式	1	ISD-NIX58-A16 (LG)	160kv	11.25mA	定向
2	在线轮毂检测设备	固定式	2	ISD-NIX580-A16 (LG)	160kv	11.25mA	定向

## 1.3 目的和任务由来

### （1）目的

①通过环境影响评价，分析建设项目对其周围环境影响的程度和范围，提出环境污染控制对策，为建设项目的工程设计和环境管理提供科学依据；

②对不利影响和存在的问题提出防治措施，把辐射环境影响减少到“可合理达到的尽量低水平”；

③给出明确的环评结论，为有关部门的辐射环境监督管理提供科学依据。

### （2）任务由来

公司为适应生产需要，确保产品质量，公司拟在 7 号厂房内安装 1 套单工位轮毂 X 光检测设备及 2 套在线轮毂检测设备。项目探伤设备为自屏蔽铅房设备，设备屏蔽铅房六面结构主体为钢铅钢设计。项目 X 射线探伤机为定向探伤机，属于 II 类射线装置。

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院第 449 号令）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局第 31 号令）等国家辐射环境管理相关法律法规的规定，项目需开展环境影

响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目为使用II类射线装置，属于“五十五、核与辐射”—“172核技术利用建设项目—生产、使用II类射线装置的，以上项目的改、扩建(不含在已许可场所增加不超出已许可活动种类和不高于已许可范围等级的核素或射线装置的)”，应当编制环境影响评价报告表，办理辐射环境影响评价审批手续，南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司委托我公司对拟安装的X射线探伤机进行辐射环境影响评价。

#### 1.4 项目周边保护目标以及场址选址

##### （1）选址合理性分析

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司位于南宁市邕宁区良信路北侧、那元路西侧，南宁产投创新产业园三期。公司厂址东侧为那美大道，南侧为顶美路，西侧现状为空地，北侧为规划建设的南宁产投创新产业园三期厂房及职工宿舍楼。本项目厂房位于工业园区内，探伤室设置在厂房内，探伤室附近50m范围内无学校、医院、居民区等环境敏感点，选址合理。项目区域地理位置见图1-1。



图1-1 项目地理位置图

##### （2）项目周边环境关系

项目拟建探伤室位于南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司7号厂房（一层建筑结构，无地下室，厂房顶部无其他建构筑物）内。

项目共安装 3 台探伤机，各探伤机均独立设置于屏蔽铅房内，各屏蔽铅房为独立探伤室，1#探伤室拟安装 1 台单工位轮毂 X 光检测设备（ISD-NIX58-A16（LG）），2#探伤室拟安装 1 台在线轮毂检测设备（ISD-NIX580-A16（LG）），3#探伤室拟安装 1 台在线轮毂检测设备（ISD-NIX580-A16（LG））。根据各探伤室的位置关系，项目拟设置 2 处探伤区域，各探伤区域均设置板房，将探伤区域与厂区其他区域进行隔离。将 1#探伤室外围一定区域划分为探伤 1 区，2#、3#探伤室距离较近，将 2#、3#探伤室外围一定范围划分为探伤 2 区。项目拟建探伤室主要布设于 7 号厂房东北部区域，各探伤室周边 50m 范围内建设内容如下：

1#探伤室：东面约 12m 处为车间参观通道，12.5m 处为 7 号厂房墙壁，东面厂房外为绿化隔离带，约 20~30m 处为厂区道路，约 42m 处为厂区东门。北面 3~34m 区域为热处理区，37.5m 处为 2#探伤室，42.5m 处为 3#探伤室。西面主要布设机加工、焊接区、轮辋加工区等。南面主要为轮辐铸造区。

2#探伤室：东面约 10m 处为车间参观通道，11m 处为 7 号厂房东侧入口，东面厂房外为绿化隔离带，约 18.8~28.8m 处为厂区道路，再往东为厂区绿化带。北面 2.4m 处为 3#探伤室，12m 处为车间参观通道，13m 处为 7 号厂房墙壁，厂房外往北依次为绿化带、厂区道路、荒地。西面主要布设储料区、钻孔区、轮辋加工区等。南面 3~34m 范围区域为热处理区，42.5m 处为 1#探伤室。

3#探伤室：东面约 10m 处为车间参观通道，11m 处为 7 号厂房东侧入口，东面厂房外为绿化隔离带，约 18.8~28.8m 处为厂区道路，再往东为厂区绿化带。北面 7m 处为车间参观通道，8m 处为 7 号厂房墙壁，厂房外往北依次为绿化带、厂区道路、荒地。西面主要布设储料区、钻孔区、轮辋加工区等。南面 2.4m 处为 2#探伤室，5.8~36.8m 范围区域为热处理区，45.3m 处为 1#探伤室。

项目拟建探伤室所在 7 号厂房为 1 层结构，无地下室，厂房顶部无其他建构筑物。拟建探伤室周边环境关系见图 1-2。

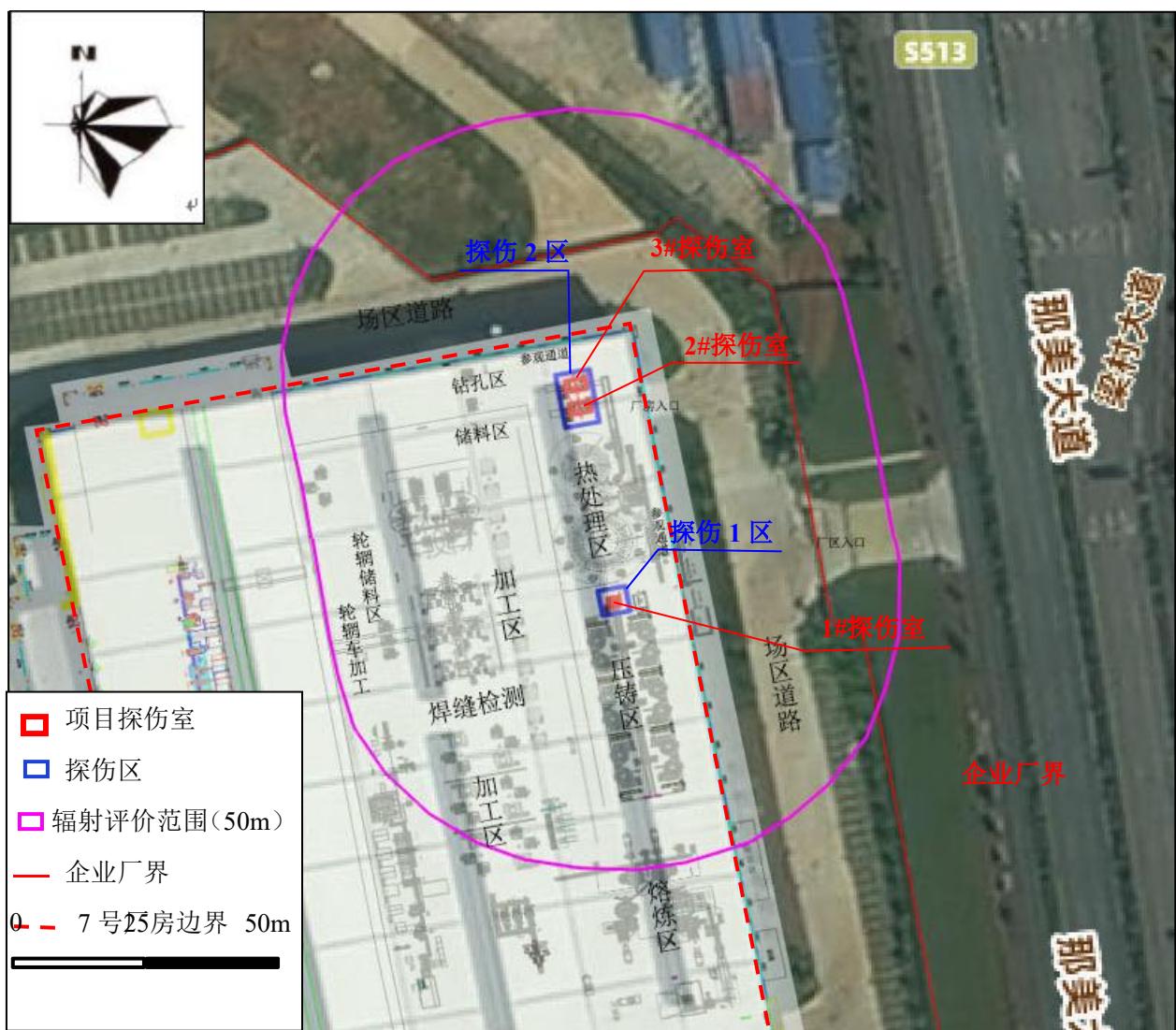


图 1-2 项目周边环境关系图

### (3) 周边保护目标

本项目主要保护目标为项目辐射工作人员、评价范围内企业职工。

## 1.5 企业核技术利用及辐射安全管理现状

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司此前尚无开展核技术利用项目，无《辐射安全许可证》。

**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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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) 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
1	单工位轮毂 X 光检测设备	固定式	1	ISD-NIX58-A16 (LG)	160kV	11.25mA	室内探伤	生产车间内	定向，主照面垂直向上，手动，
2	在线轮毂检测设备	固定式	2	ISD-NIX580-A16 (LG)	160kV	11.25mA	室内探伤	生产车间内	定向，主照面垂直向上，自动

(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 ( $\mu$ A)	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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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	备注
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	极少量	极少量	/	/	经铅房机械排风扇排出, 能迅速排出扩散, 对周围环境影响不大。	/

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/m<sup>3</sup>, 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/m<sup>3</sup>)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》（修订版），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 年修正版），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 日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（修订版），国务院令第 709 号，2019 年 3 月 18 日起施行；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 682 号令），2017 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），生态环境部令第 20 号，自 2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(8) 《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 日起施行；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，环境保护部/国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行；</p> <p>(10) 《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》原国家环保总局，（环发〔2006〕145 号）；</p> <p>(11) 《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 日起施行；</p> <p>(12) 《产业结构调整指导目录》（2024 年本）；</p> <p>(13) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号，自 2017 年 11 月 20 日发布并施行）；</p> <p>(14) 《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）；</p> <p>(15) 《广西壮族自治区环境保护条例》（2019 年 7 月 25 日修订）；</p> <p>(16) 《广西壮族自治区建设项目环境影响评价文件分级审批管理办法（2025 年</p>
------------------	--

	修订版)》。
技术标准	<p>(1) 《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), 原环境保护部;</p> <p>(2) 《核辐射环境质量评价一般规定》(GB 11215-89);</p> <p>(3) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(4) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002);</p> <p>(6) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022);</p> <p>(7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014);</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ 128-2019);</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB 8999-2021)。</p>
其他	<p>(1) 《辐射防护手册(第一分册)》(1991年1月出版);</p> <p>(2) 《辐射防护导论》(方杰主编, 李士骏主审);</p> <p>(3) 建设单位提供的其他资料。</p>

## 表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 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》(HJ10.1-2016)，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围(无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围)。项目X射线探伤机均设置于铅房内，有实体屏蔽物，因此，确定本项目评价范围为探伤机铅房外围50m区域范围。

### 7.2 保护目标

项目X射线探伤装置为自屏蔽式X射线探伤装置。以拟建探伤室屏蔽墙为参照，50m评价范围内存在的环境保护目标主要包括：X射线探伤机操作人员，探伤室周围停留的其他工作人员和流动人员。具体保护目标分布情况见表7-1。

表 7-1 项目环境保护目标一览表

场所	保护目标	影响人数 (人)	各环境保护目标相对于各辐射源的位置关系			剂量约束 值(mSv/a)
			1#探伤机	2#探伤机	3#探伤机	
1#探伤室操作室	辐射工作人员	1	西南面 1.28m	南面 41m	南面 46m	5
2#探伤室操作室	辐射工作人员	2	北面 37.8m	西南面 2.5m	西南面 7.3m	5
3#探伤室操作室	辐射工作人员	2	北面 42.9m	西北面 3.3m	西南面 2.5m	5
南面铸造区	公众	10	南面 4m	南面 42.8m	南面 47.8m	0.1
西面机加工区域	公众	5	西面 25.3m	西面 28.5m	西面 32.5m	0.1
西面钻孔区	公众	5	西面 46m	西面 19m	西面 18.5m	0.1
热处理区	公众	3	北面 30.5m	南面 12.3m	南面 17m	0.1
北面参观通道	公众	流动人员	北面 51m	北面 12m	北面 7m	0.1
东面参观通道	公众	流动人员	东面 12m	东面 40.5m	东面 36.5m	0.1
东面参观通道	公众	流动人员	东面 44.5m	东面 10.5m	东面 10.3m	0.1
厂房外北面	公众	流动人员	北面 60m	北面 19.6m	北面 14.5m	0.1
厂房外东面	公众	流动人员	东面 47m	东面 34.8m	东面 36.5m	0.1

### 7.3 评价标准

#### 1、职业照射及公众照射剂量限值和约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)4.3.2.1：应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B(标准的附录)中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B：

(1) 工作人员的职业照射剂量限值和约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) B.1.1.1.1: 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(但不可作任何追溯性平均), 20mSv。

本次评价从辐射防护最优化原则出发,使职业人员尽量避免不必要的附加剂量照射,取其四分之一即5mSv/a作为职业人员的年剂量约束值。

## (2) 公众照射剂量限值和约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) B.1.2.1: 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。本次评价取其十分之一即0.1mSv作为公众成员年剂量管理约束值。

## 2、工作场所辐射防护要求

### (1) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)相关规定

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022):

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足:

- a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平, 对放射工作场所, 其值应不大于100 $\mu$ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于5 $\mu$ Sv/周;
- b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5 $\mu$ Sv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足:

- a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时, 探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3;
- b) 对没有人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取100 $\mu$ Sv/h。

### (2) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)相关规定

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014):

**3.1.1: 探伤室墙和入口门外周围剂量当量率(以下简称剂量率)和每周周围剂量当量(以下简称周剂量)应满足下列要求:**

a) 周剂量参考控制水平( $H_c$ )和导出剂量率参考控制水平( $\dot{H}_{c, d}$ ):

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 $H_c$ 如下:

职业工作人员:  $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ; 公众  $H_c < 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应  $H_c$  的导出剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,d}$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )按式(1)计算:

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{式 7-1}$$

式中:

$H_c$ : 周剂最参考控制水平, 单位为微希每周( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ );

$U$ : 探伤装置向关注点方向照射的使用因子;

$T$ : 人员在相应关注点驻留的居留因子;

$t$ : 探伤装置周照射时间, 单位为小时每周( $\text{h}/\text{周}$ )。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平  $\dot{H}_{c,max} = 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$

c) 关注点剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$ :

$\dot{H}_c$  为上述 a) 中的  $\dot{H}_{c,d}$  和 b) 中的  $\dot{H}_{c,max}$  二者的较小者。

### 3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求:

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时, 距探伤室顶外表面 30cm 处和(或)在该立体角区域内的高层建筑物中人员驻留处, 辐射屏蔽的剂量参考控制水平同 3.1.1。

b) 除 3.1.2a)的条件外, 应考虑下列情况:

1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的透射辐射在相应关注点的剂量率总和, 应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平  $\dot{H}_c$  ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )加以控制。

2) 对不需要人员到达的探伤室顶, 探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平通常可取为  $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

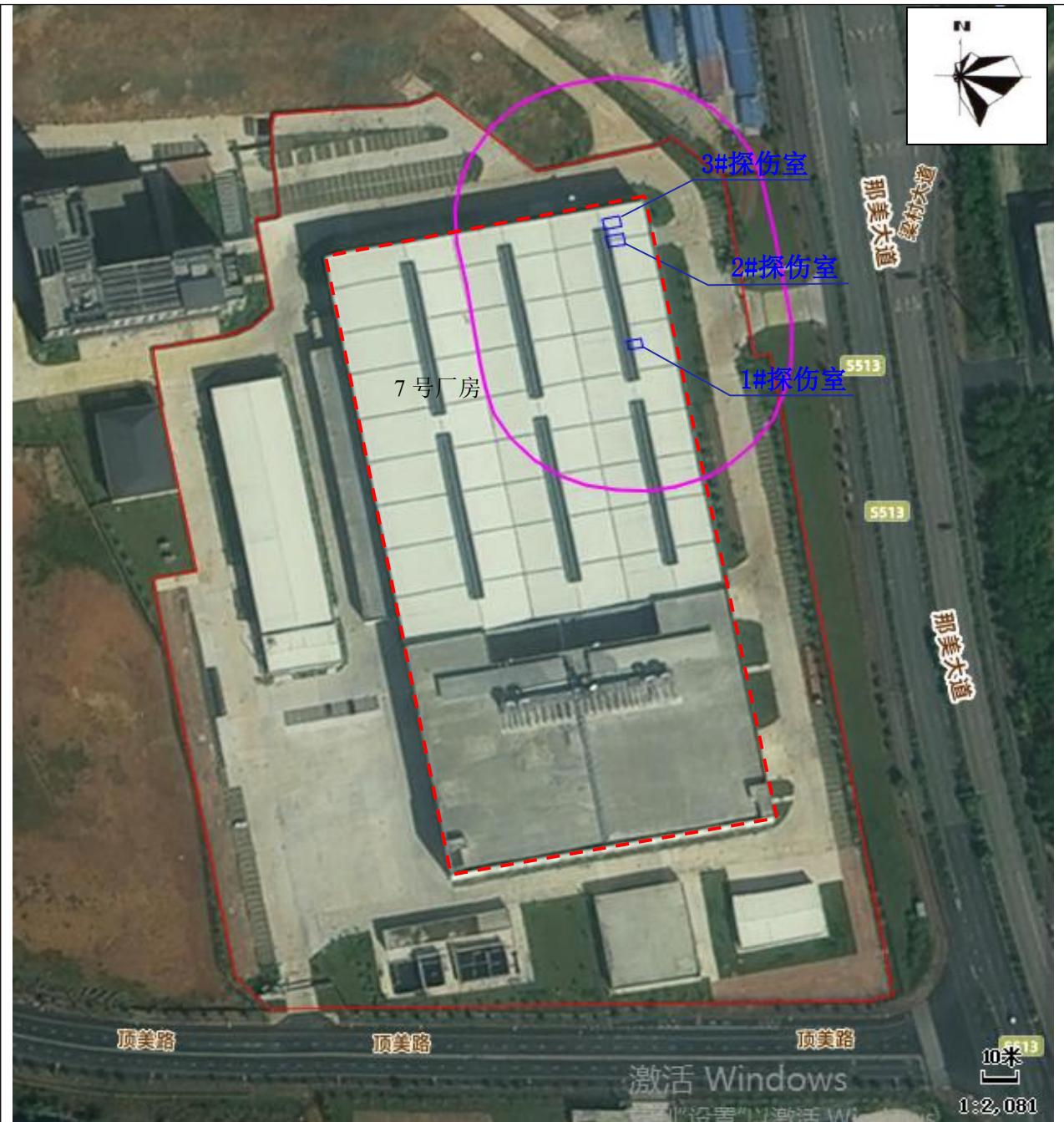
## 表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

本项目位于南宁市邕宁区良信路北侧、那元路西侧，南宁产投创新产业园三期 7 号厂房内，项目地理位置见图 8-1，项目场所位置见图 8-2。



图 8-1 项目厂区位置图



图例:  企业厂界  50m 调查范围  7号厂房范围  拟建探伤室位于厂房内的位置

图 8-2 拟建探伤室位于厂房内位置图

## 8.2 监测方案

为调查本项目所在地区域及周围环境辐射水平现状, 广西桂宏环境监测科技有限公司对项目场址周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率进行检测。

### 1、监测依据

《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021) ;

《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021) ;

## 2、监测方法

根据监测技术规范的要求，采用瞬间监测方法。

## 3、监测因子及频次

监测因子：X- $\gamma$ 辐射剂量率；进出频次：1次。

## 4、检测仪器

**表 8-1 主要检测设备一览表**

仪器名称	X- $\gamma$ 辐射剂量仪
仪器型号	AT1123
仪器编号	GH-J-1404
能量响应范围	15keV~10Mev
测量范围	50nSv/h~10Sv/h
检定证书编号	NACC20250700248
检定有效期	2026 年 02 月 18 日
检定单位	广东省科学院测试分析研究所（中国广州分析测试中心）

## 5、质量保证措施

- (1) 监测人员经考核合格并持有合格证书上岗
- (2) 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；
- (3) 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；
- (4) 经常参加上级技术部门及同类单位组织的仪器比对；通过仪器的期间核查或绘制质量控制图等质控手段保证仪器设备的正常运行；
- (5) 监测实行全过程的质量控制，严格按照监测单位《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定实行；
- (6) 包括异常数据在内的所有监测结果按统计学要求进行处理；
- (7) 建立完整的现状监测资料档案，资料内容包括仪器的校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序及结果等，以备复查；
- (8) 监测报告严格按相关技术规范编制，报告编制人需为持监测上岗合格证人员、监测报告经审核，最后授权签字人签发，报告审核与签发人不能为同一人。

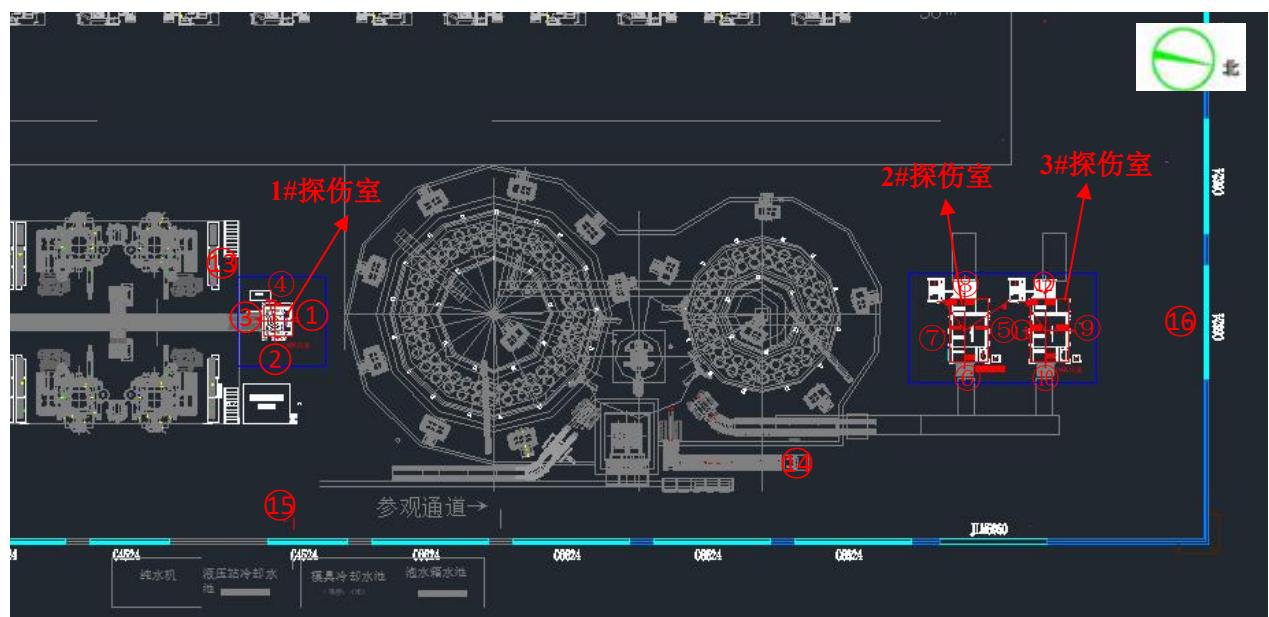
## 5、监测布点及监测结果

### (1) 监测布点原则

本项目的环境辐射现状监测点位主要位于拟建探伤室周边 50m 范围内，主要于 7 号厂

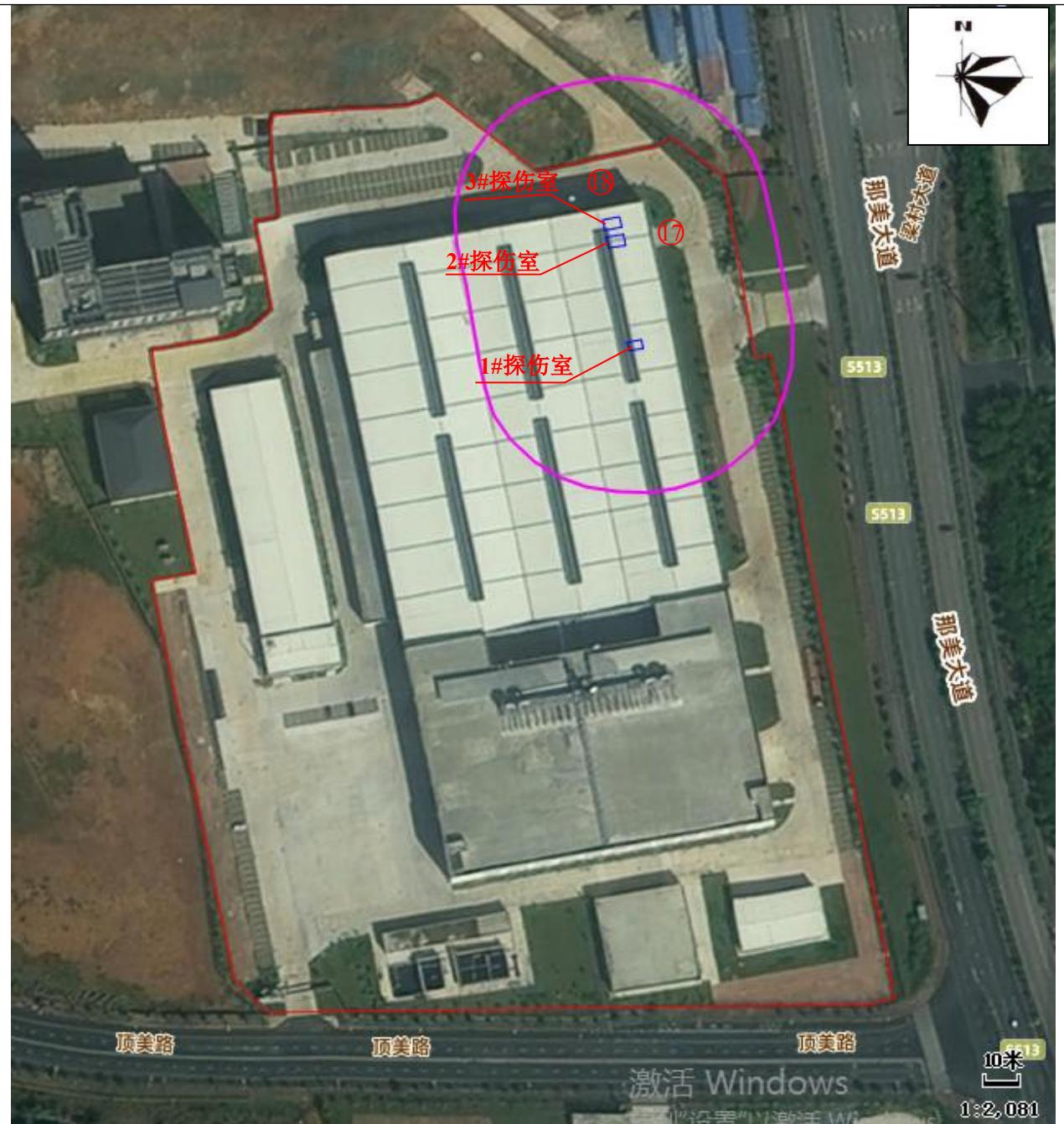
房内及厂房外布点。按照《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)，开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。

参考《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)5.3 核技术利用辐射环境监测的布点要求，以工作场所为中心，半径 50m 内均匀布点，测量点覆盖控制区和监督区，并覆盖 50m 范围内的环境敏感点。结合本项目的保护目标分布及评价范围，主要在各探伤室四周、生产区内工作人员停留时间较长的操作位、车间内部通道及 7 号厂房外人员出现概率较大的厂区道路位置处布点，共布设 18 个点位，其中 16 个点位位于 7 号厂房内，2 个点位位于 7 号厂房外，具体检测布点见图 8-2、8-3。



图例：监测点位

图 8-3 室内监测点位图



图例: ◇监测点位    红色边框: 企业厂界    粉色边框: 0m 调查范围    蓝色边框: 以建探伤室位于厂房内位置

图 8-4 室外监测点位图 2

## (2) 监测结果

项目区辐射环境质量现状监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目区辐射环境质量现状监测结果

序号	点位描述	X- $\gamma$ 辐射剂量率 (nSv/h)	标准差	备注
1	①拟建铅房东侧外 30cm 处	11.9	5.0	室内 (平房)
2	②拟建铅房南侧外 30cm 处	17.3	1.6	
3	③拟建铅房西侧外 30cm 处	18.9	2.0	
4	④拟建铅房北侧外 30cm 处	44.3	1.6	
5	⑤拟建铅房东侧外 30cm 处	19.6	1.2	
6	⑥拟建铅房南侧外 30cm 处	16.9	1.2	室内 (平房)
7	⑦拟建铅房西侧外 30cm 处	15.2	1.0	
8	⑧拟建铅房北侧外 30cm 处	19.2	2.8	
9	⑨拟建铅房东侧外 30cm 处	29.8	1.5	
10	⑩拟建铅房南侧外 30cm 处	30.2	1.7	
11	⑪拟建铅房西侧外 30cm 处	30.9	2.6	室外
12	⑫拟建铅房北侧外 30cm 处	30.3	1.1	
13	⑬拟建铸造区操作平台	13.7	1.6	
14	⑭拟建热处理区人工操作位	11.1	1.5	
15	⑮拟建厂区东面参观通道	11.1	0.8	
16	⑯拟建厂区北面参观通道	27.4	5.0	室外
17	⑰厂房东侧厂区道路	25.4	1.2	
18	⑱厂房北侧厂区道路	24.9	1.4	

### 8.3 辐射环境质量现状评价

由表 8-2 的监测结果可知, 本项目建设场地及周围区域环境现状监测中室内测点测值范围为 11.1~44.3nSv/h, 室外地面测点测值范围为 24.9~25.4nSv/h。根据南宁市生态环境局网站公布的 2025 年第一季度南宁市辐射环境质量报告, 南宁市区 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测值范围(扣除宇宙射线响应值)为 24~81 纳戈瑞/小时, 平均值(扣除宇宙射线响应值)为 55 纳戈瑞/小时。可见, 本项目建设场址及周围 $\gamma$ 辐射现状未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析					
1、设备组成					
项目拟购置安装 3 台 X 射线探伤机，其中 1 台单工位轮毂 X 光检测设备（手动）、2 台 X 光在线轮毂检测设备（自动），设备型号为海康睿影 X 射线数字成像检测设备。该系列设备的系统主要由 X 射线源、图像成像单元、计算机图像处理系统、机械系统、电气控制系统、安全防护系统、警示系统等七大部分组成。根据业主提供资料，手动与自动检测设备除了工件传输方式有差异，设备主要参数及关键部件性能参数基本相同，项目设备主要参数见表 9-1，关键部件主要性能参数见表 9-2。					
表 9-1 项目设备主要配置清单					
序号	部件名称	规格型号	数量	单位	备注
单工位轮毂 X 光检测设备清单（1 台）					
1	射线机	MXR-160HP/11	1	台	管头
2	高压发生器	ISD-XC225P1800W-01A	1	台	/
3	冷却器	ISD-CP3000W-01A	1	台	/
4	高压电缆	N3/160-R24SL-R24SL-5M	1	根	原装进口
5	平板	3030D	1	台	85μm (韩国)，质保 2 年，发生故障提供备用机
6	工装及电气	睿影	1	套	/
7	工作站电脑	IPC510	1	套	IPC-510/AIMB-508/I5-12500/2* 16G DDR4/512G SSD/4T HDD/RTX3060
8	显示器	S2725DS	2	台	含支架
9	监控	网口	1	套	/
10	铅房	内径：长 1500×宽 1450×高 1500mm	1	套	主照面垂直向上，主照面（上） 铅当量为 13mmpb，左右两侧立面 铅当量为 13mmpb，前、后两侧立面 铅当量为 11mmpb，底部铅当量为 9mmpb。
11	软件	Xras V1.0	1	套	图像采集保存、图像边缘增强、 测量工具包、射线软控制。
12	ADR 算法	RayinADR	1	套	针对产品定制开发
在线轮毂检测设备清单（2 台）					
1	X 射线管	MXR-160HP/11	1	台	原装进口
2	高压发生器	ISD-XC225P1800W-01A	1	台	/
3	冷却器	ISD-CP3000W-01A	1	台	/
4	高压电缆	N3/160-R24SL-R24SL-5M	1	根	原装进口
5	平板	0909HS	1	台	139μm
6	工装及电气	非标定制	1	套	/
7	工作站电脑	T3660	1	套	含 3060 算力显卡

8	显示器	S2725DS	3	台	含支架
9	监控	500 万高清相机	1	套	/
10	铅房	整体外径: 长 3600×宽 2200×高 2235mm; 分为 01, 02, 03 三个铅箱安装在大底座上。 铅房 02 主体内径: 长 1694×宽 2110×高 1989mm; 铅房 01 和 03 站铅箱主体内径: 长 854×宽 1374×高 1797mm。	1	套	X 射线源位于 02 铅箱内, 主照面垂直向上, 02 铅箱四周及顶部墙体铅当量为 8mmPb, 底部铅当量为 7mmPb; 01 铅箱四周及顶部底部铅当量为 5mmPb, 03 铅箱前面及左侧铅当量为 5mmPb, 其他面及顶部底部铅当量为 3mmPb。
11	软件	Xras V3.0	1	套	/
12	ADR 系统	RayMind	1	套	/

表 9-2 关键部件主要性能参数一览表

关键部件	主要性能参数	
	参数名称	单工位轮毂 X 光检测设备
X 射线管	设备型号	MXR-160HP/11
	最大管电压	160kV
	连续功率	800W/1800W
	焦点尺寸 (EN12543 标准)	d=0.4mm/d=1.0mm
	最大管电压下管电流	5.0mA/11.25mA
	过滤窗口	0.8±0.1mm Be
	靶材料	W
	靶倾度	11°
	辐射角度	40°×30°
	冷却介质	水
	冷却介质流量 (最小)	4L/min
	冷却介质流入温度 (最大)	35°C
	重量 (约)	8kg
	高压电缆接口类型	R24
高压发生器	重量:	125kg
	尺寸:	720*360*450mm(长*宽*高)
	电压范围:	380VAC±10%
	频率:	50/60Hz
	输入功率:	≥5kW
	输出电压:	20—160KV
	KV 调节精度:	1KV
	输出电流:	20mA
	工作周期:	连续
	mA 调节精度:	0.1mA
	主机频率:	40kHz
	最大输出功率:	3KW
冷却器	绝缘方式:	油绝缘
	冷却容量:	3000W
	流速:	6L/min
	电源电压:	单相 220V10%, 50/60Hz
	电流:	2.3A

噪音:	58dB 距离 1 米
工作温度:	+5°C-+35°C
存储温度:	-25°C-70°C(无水存储)
空气相对湿度:	20%--80%非凝结
最大压力:	6bar
流量开关:	触点打开: z4L/min 迟滞<0.6L/min

## 2、工作原理

探伤机的 X 射线发生器主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由安装在真空玻璃壳中的阴极和阳极组成。阴极是钨制灯丝，它装在聚光杯中。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚光杯使这些电子聚焦成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前加速达到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属如钨、铂、金、钽等制成。高速电子轰击靶体产生 X 射线。X 射线管工作时，靶体上会产生大量的热，必须采取适当的措施将热量导出。

探伤机的工作原理是集现代无损检测、计算机软件技术、图像采集处理技术、机械传动技术及算法为一体，涵盖了光、机、电、算四大类技术领域，通过不同材料或厚度对 X 射线的吸收差异，对铸件进行成像然后识别铸件内部的疏松、缩孔、裂纹、冷隔、夹杂等缺陷，ADR 系统对这些缺陷自动识别。

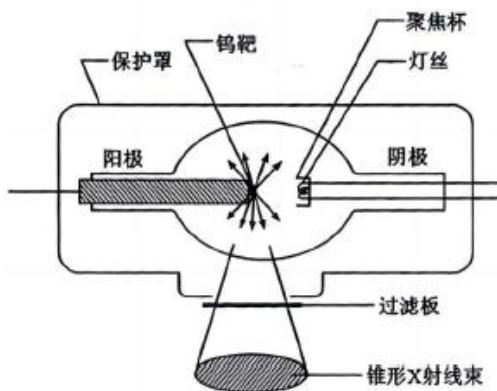


图 9-1 X 射线管示意图

## 3、工作流程及产污环节

### (1) 单工位轮毂 X 光检测设备检测流程及产污环节

单工位轮毂 X 光检测设备为手动操作设备，主要用于工件抽检，抽检数量约占生产总量的 20%，具体检测流程如下：

- ① 将待检工件放置到可移动载物台上；
- ② 铅门打开，物料输送进入检测工位，铅门关闭；

③准备完毕后，启动检测程序，依靠目视或 ADR 完成检测；

④检测完成后，关闭 X 射线探伤机，铅房门自动打开，物料送出，对检测完成的工件进行下件。

项目单工位轮毂 X 光检测设备采用数字成像平板探测器，无需使用胶片及洗片，每个工件检测曝光时间为 30s。探伤机运行产污环节主要污染因子为 X 射线，同时，空气在 X 射线电离作用下会产生少量臭氧和氮氧化物。X 射线在开机运行时产生，关机时消失，没有剩余辐射。单工位轮毂 X 光检测设备探伤工作流程及产污环节见图 9-2：

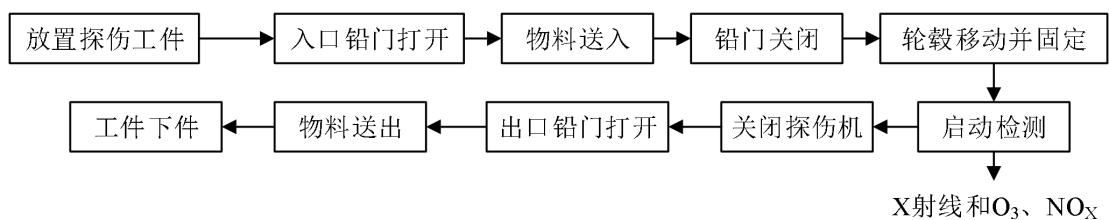
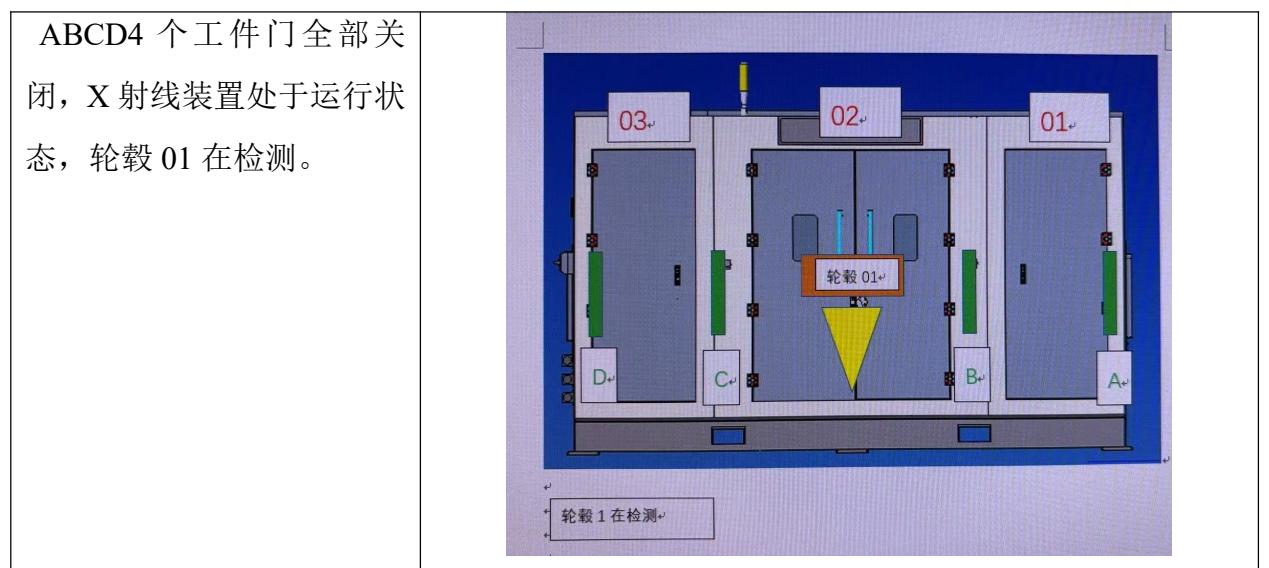
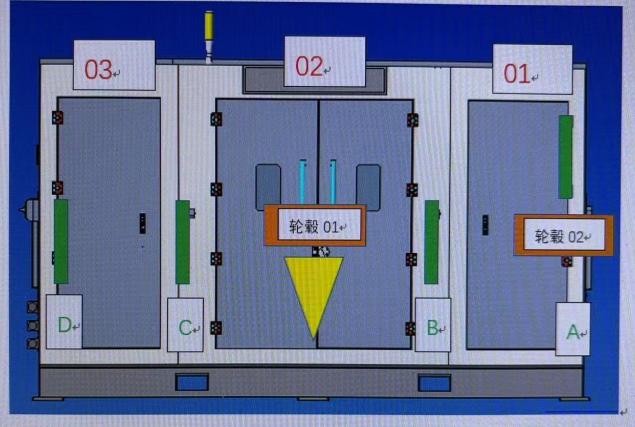
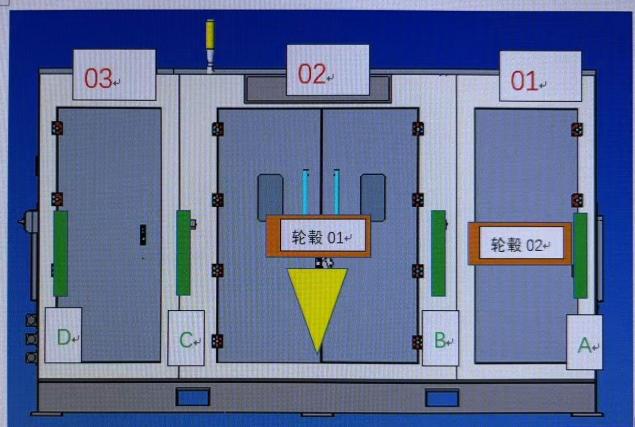
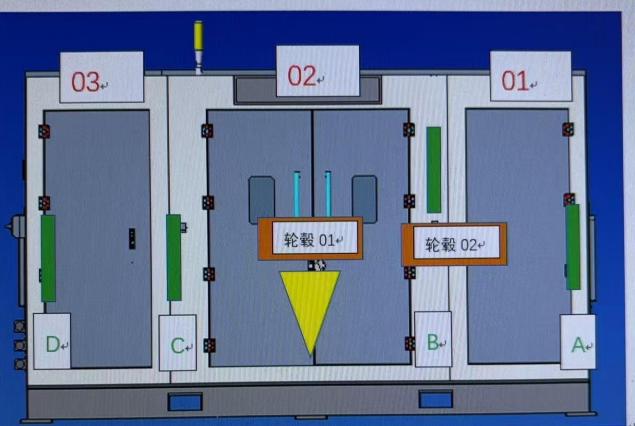


图 9-2 单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）探伤工作流程及产污环节图

## （2）在线轮毂检测设备检测流程及产污环节

在线轮毂检测设备为全自动连续运行设备，可实现工件的连续自动上下件。项目在线轮毂检测设备分为 01, 02, 03 三个铅箱安装在大底座上。X 射线源安装在 02 铅箱内，主照面垂直向上，01 铅箱为待检区域，02 铅箱为主控室（检测区），03 铅箱为出料区域。在线轮毂检测设备共设 A、B、C、D4 个工件门，工件依次从 A→B→C→D4 个工件门通过检测设备完成检测。检测工艺流程见图 9-3。



<p>轮毂 01 在检测时，为了节省节拍，铅门 B 保持关闭状态，铅门 A 打开，轮毂 02 进入 01 铅箱。</p>	 <p>轮毂 01 在检测时，为了节省节拍，<u>铅门 A 打开，轮毂 02 进入 01 铅箱</u>。</p>
<p>轮毂 02 进入到 01 铅箱后，铅门 A 关闭。</p>	 <p>轮毂 02 进入到 01 铅箱后，<u>铅门 A 关闭</u>。</p>
<p>铅门 B 打开，轮毂 02 进入到待抓取位置。</p>	 <p><u>铅门 B 打开，轮毂 02 进入到待抓取位置</u>。</p>

<p>03 铅箱轮毂流出后，铅门 D 关闭时，铅门 C 打开，轮毂 01 检测完成后，关闭 X 射线。</p>	<p>03 站铅箱轮毂流出后，铅门 D 关闭时，铅门 C 打开， 轮毂 01 检测完成后，关闭 X 射线。</p>
<p>轮毂 01 放置到下料位，轮毂夹紧机构移动至轮毂 02 处抓取位置，将轮毂 02 放置到检测位。</p>	<p>轮毂 01 放置到下料位；轮毂夹紧机构移动至轮毂 02 处抓取位置，将轮毂 02 放置到检测位。</p>
<p>轮毂 02 到达检测位置，BC 铅门处于打开状态，AD 铅门处于关闭状态，X 射线开启。</p>	<p>轮毂 02 到达检测位置，X 射线开启。</p>

图 9-3 在线轮毂检测设备（2#、3#探伤机）探伤工作流程示意图

根据项目设计，X 射线装置开启情况下，进料端 A、B 铅门至少有一个铅门处于关闭状态，出料端 C、D 铅门至少有一个铅门处于关闭状态。工件曝光检测期间，为节省时间，

需打开 B、C 铅门，将 01 铅箱待检工件传送至抓取位置，同时将下料位工件传送至 03 铅箱。而后关闭 B、C 铅门，打开 A、D 铅门，将 03 铅箱工件送出探伤设备，将进料端工件送入 01 铅箱，如此循环往复。

根据项目设计，01 铅箱及 A 铅门等效厚度为 5mm 铅，02 铅箱及 B、C 铅门等效厚度为 8mm 铅，03 铅箱前面及左侧立面（含 D 铅门）等效厚度为 5mm 铅，其他面等效厚度为 3mm 铅。项目在线轮毂检测设备检测一个轮毂的完整周期约为 38s，其中 X 射线装置开启曝光时间约 30s，检测完毕后下件再抓取下一个工件期间，射线源关闭，该过程持续时间约 8s。X 射线装置开启曝光期间，B、C 铅门关闭，A、D 铅门打开时长约 23s，B、C 铅门打开，A、D 铅门关闭时长约 7s。计算一个小时内，X 射线源处于关闭状态约 757s（13min）；曝光时长约 2843s（47min）。曝光期间 B、C 铅门关闭，A、D 铅门打开时长约 2179s（36min），B、C 铅门打开，A、D 铅门关闭时长约 664s（11min）。

项目在线轮毂检测设备为全自动连续运行设备，可实现工件的连续自动上下件，在检测当前轮毂的同时，下一个轮毂已经被上料到进料端入口处的停止位置，因此，该轮毂将在前轮毂送出的同时进入轮毂检测系统，这样就将两次检查间隔时间减少到了一个绝对最小值。通过系统设置实现 X 射线源的自动启停。

项目检测系统通过一个单独的控制台控制，该控制台包括工控机、键盘和摇杆等组成，待复判图片流到本控制台后，技术员将根据标准进行决策；用户操作界面运行在一台集成了操作台的工控机上实现，操作者基于图形操作界面（GUI）及 Windows 窗口菜单实现不同的操作模式，如输入参数，选择参数等，每台设备内部设有高清监视设备，技术员可以根据情况做决策。

项目在线轮毂检测设备成像单元均采用数字成像平板探测器，无需使用胶片及洗片。探伤机运行产污环节主要污染因子为 X 射线，同时，空气在 X 射线电离作用下会产生少量臭氧和氮氧化物。X 射线在开机运行时产生，关机时消失，没有剩余辐射。

#### 4、运行工况及工作人员配备情况

根据项目设计，项目单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）为手动操作设备，主要用于工件抽检，抽检数量约占生产总量的 20%。项目年产 100 万套车轮，则单工位轮毂 X 光检测设备抽检轮辐的数量约为 20 万件/a。按年运行 50 周计，平均每周需检测 4000 件。每个工件检测曝光时间约为 27s，则单工位轮毂 X 光检测设备周曝光时长约 27.6h，年曝光时长约 1500 小时。

在线轮毂检测设备检测（2#、3#探伤机）为全自动运行设备，工件自动上下件，通过操作系统设置，在装卸轮毂时关闭 X 射线探伤机，检测时开启 X 射线探伤机。项目年产 100 万套车轮，则在线轮毂检测设备的检测数量为 100 万件/a，项目共设置 2 台在线轮毂检测设备同时运行，每台检测数量为 50 万件/a，按年运行 50 周计，平均每台每周需检测 10000 件。项目在线轮毂检测设备每个工件检测曝光时间约为 30s，则每台在线轮毂检测设备周曝光时长约 83.4h，年曝光时长约 4170 小时。

项目拟配备辐射工作人员共 5 人，其中 1#探伤机拟配备一名辐射工作人员，每天 1 班；2#、3#探伤机每台设备拟配备 2 名工作人员，共 4 名辐射工作人员，轮流值班。

## 污染源项描述

### 1、正常工况下污染源分析

#### （1）辐射污染源

由 X 射线探伤机的工作原理可知，高速电子与靶物发生碰撞，就会产生轫致辐射 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线，当电子在靶核附近通过，被靶核的库仑场减速时，电子的部分动能转化为相等能量的 X 射线发射出来，即轫致辐射 X 射线。因此，X 射线探伤机在工作时会产生较高能量的 X 射线，虽然电子轰击靶体时在所有方向都发射 X 射线，但当加速电压低于 400kV 时，有用的锥形 X 射线束都是在电子射束大致垂直的方向上通过 X 射线管保护罩上的薄窗口引出来，其它方向发射的 X 射线则被保护罩的铅屏蔽层屏蔽掉，但仍有少量的 X 射线泄漏和散射射线产生，对周围环境造成辐射污染影响。

#### （2）非辐射污染源

X 射线检测设备在工作状态时，会使周围空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，直接进入大气中，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，因此，空气在 X 射线电离作用下会产生少量臭氧和氮氧化物。

项目成像单元采用数字成像平板探测器，无需使用胶片及洗片，因此本项目探伤机不产生废显(定)影液等危险废物。

#### （2）正常工况下污染途径

正常工况下，检测过程中，X 射线出束时，X 射线对作业场所及其周围环境产生辐射影响，其污染途径为外照射。

### 2、事故工况下污染源分析

#### （1）门灯联锁装置和闭门装置发生故障状况下，在屏蔽门没有关闭的情况下出束，

或射线装置工作时无关人员打开屏蔽门并误入，对门外人员及误入人员造成误照射。

(2) 工作人员在摆件或其他准备工作，控制台处操作人员误开机出束，发生事故性出束，对工作人员造成辐射伤害。

(3) 探伤机发生 X 射线无法停束故障，此时工作人员应立即关闭电源，防止事故的发生。

(4) 设备维修期间，维修人员在检修设备时，误开机出束，造成额外误照射。

上述事故对环境只是造成暂时性的辐射污染，停机后污染随之消失。

表 10 辐射安全与防护

## 10.1 项目安全设施

### 10.1.1 辐射防护分区管理

#### 1、分区依据和原则

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，在辐射工作场所内划出控制区和监督区，在项目运营期间采取分区管理措施。

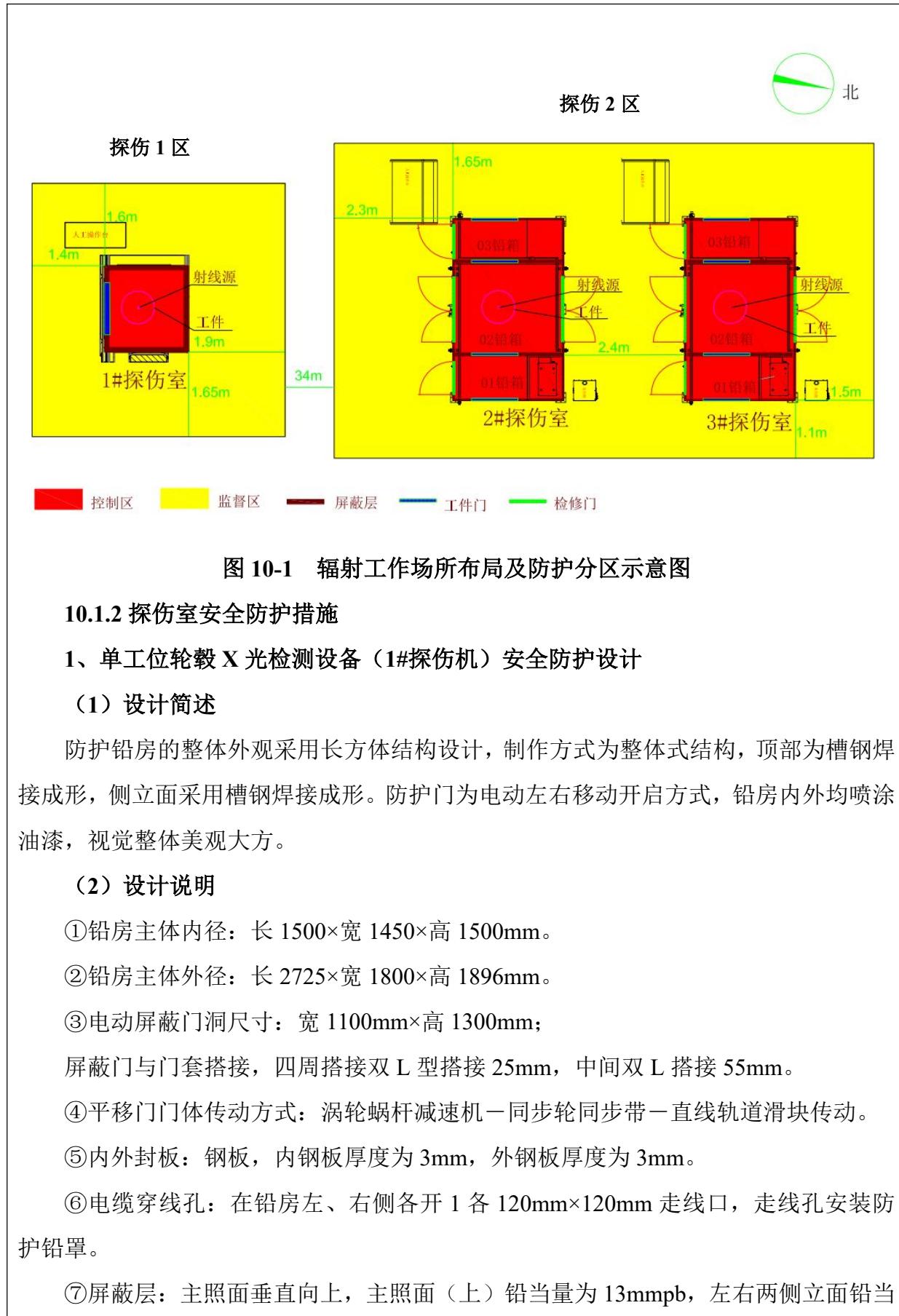
控制区：在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平指示。运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证）和实体屏蔽（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区，放射性操作区应与非放射性工作区隔开。

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电离辐射警告标志；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。

#### 2、本项目分区管理情况

项目共安装 3 台探伤机，各探伤机均独立设置于屏蔽铅房内，各屏蔽铅房为独立探伤室。项目拟设置 2 处探伤区域，各探伤区域均设置板房，将探伤区域与厂区其他区域进行隔离。将 1#探伤室外围一定区域（见图 10-1）划分为探伤 1 区，2#、3#探伤室距离较近，将 2#、3#探伤室外围一定范围（见图 10-1）划分为探伤 2 区。

本项目将各 X 射线探伤室划为控制区，在控制区出入口（铅门）处设置警告标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指标。在探伤室屏蔽墙体外至探伤区域隔离墙体范围划为监督区，在监督区边界设置警示线和电离辐射警示标志，非辐射工作人员不得进入。项目辐射工作场所及防护分区见图 10-1。



量为 13mmpb，前、后两侧立面铅当量为 11mmpb，底部铅当量为 9mmpb。

### (3) 安全配置

①铅房工件门口和内部同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备信号有持续足够长的时间，以确保铅房室内人员安全离开。

②进出门体配备门机连锁装置。当门体未关闭时探伤机无法送高压（即无射线释放），当门体被意外打开时，自动断开探伤机高压（即切断射线释放）。

③屏蔽房工件门体关门方向安装安全触边，当进行关门动作时，如有人员或产品靠近门体时，门体自动停止，保证人员及产品安全。

④铅房内部及操作台配备紧急停止系统，若有人滞留在铅房内部，按下安装于铅房侧面的急停按钮。系统即切断探伤机高压，门体打开供人员逃生；铅房外部配备 1 套警示灯及当心电离辐射警示标志。

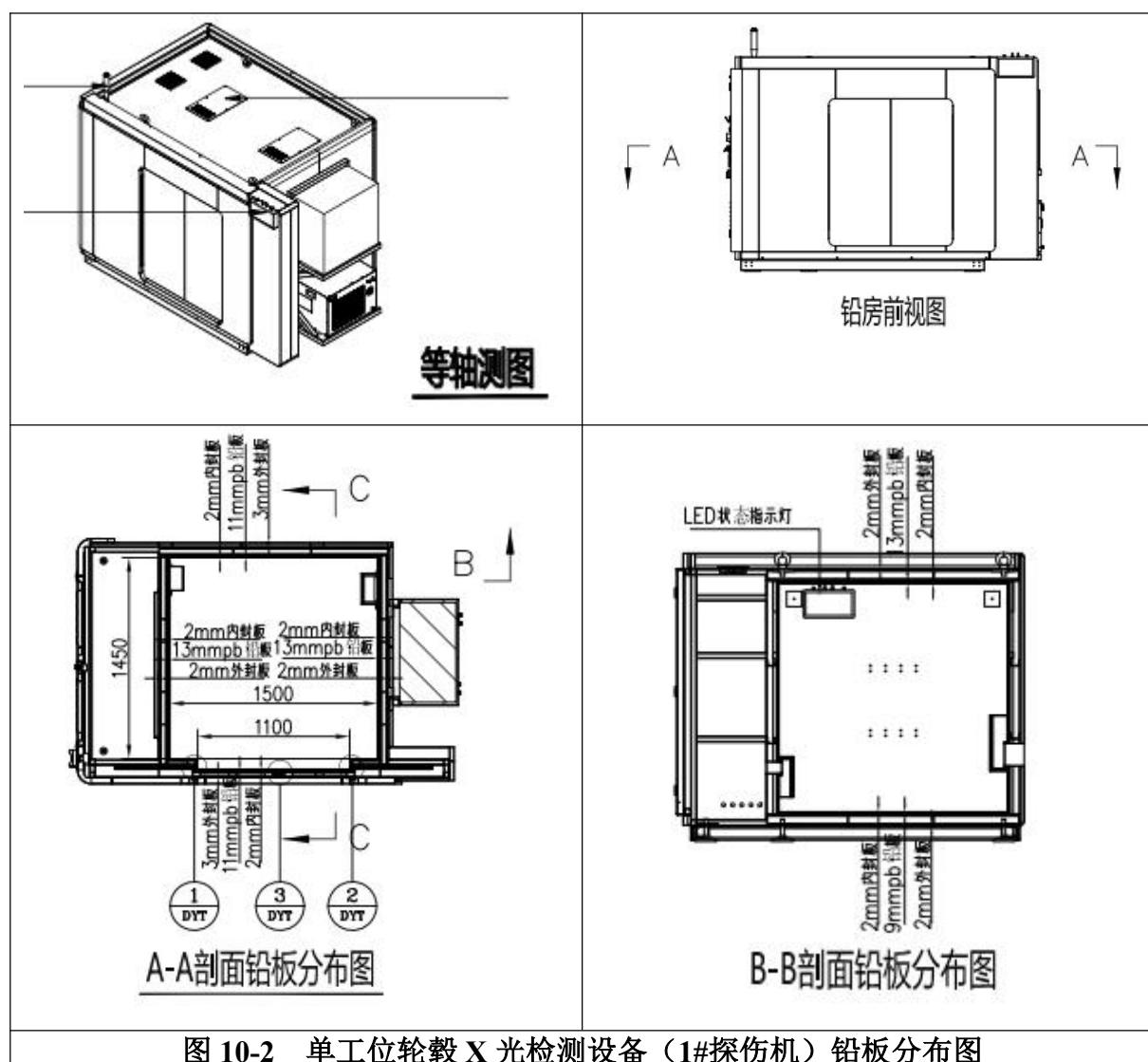


图 10-2 单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）铅板分布图

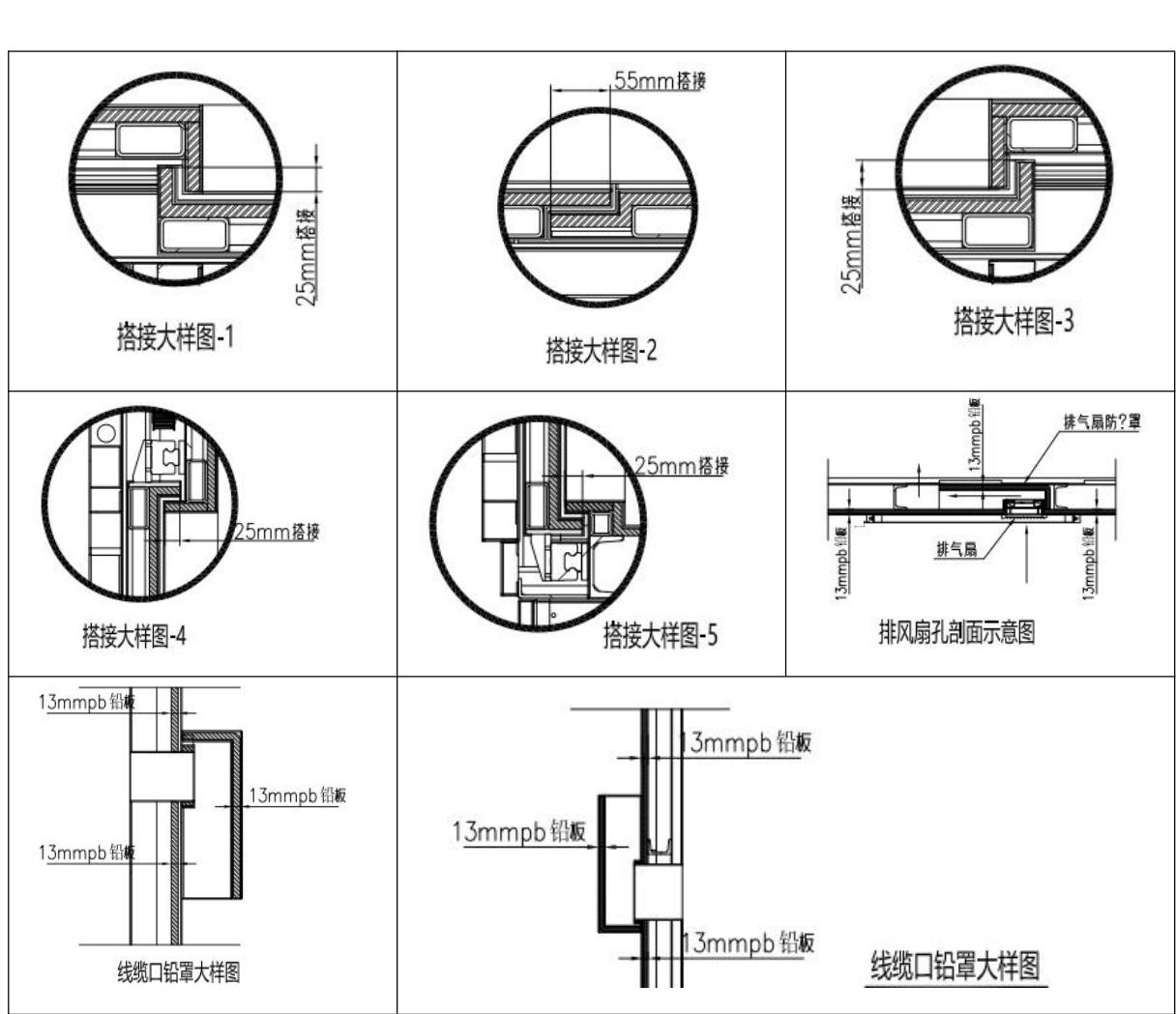
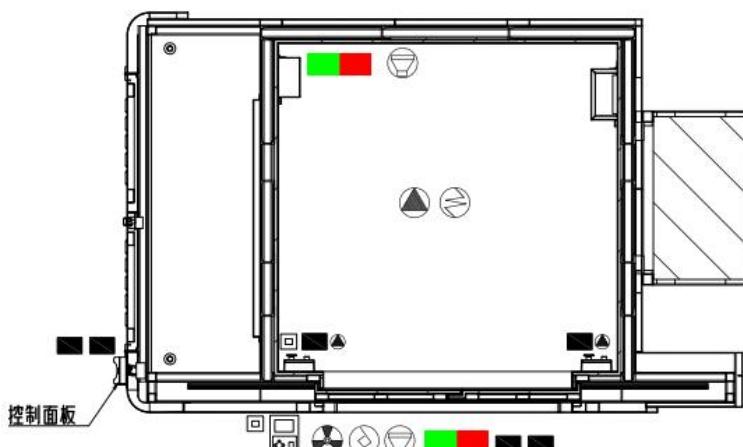


图 10-3 单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）搭接、排风孔、线缆口大样图

图例



序号	名称	图例
1	电离辐射安全警示标志	●
2	白炽灯照明器	○
3	联锁机构	◎
4	蜂鸣信号器	●
5	红色信号灯	●
6	全室通风	▲
7	紧急按钮	■
8	状态指示灯	●●
9	信号意义说明	■■
10	急停开关及说明	■■
11	固定式剂量警报仪主机	□○
12	固定式剂量探头	□

铅房安全配置图

图 10-4 单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）铅房安全配置图

## 2、在线轮毂检测设备（2#、3#探伤机）安全防护设计

### （1）设计简述

防护铅房分为 01, 02, 03 三个铅箱安装在大底座上，铅箱均为钢铅钢结构：内封钢板与外封钢板之间 30×30mm 钢管骨架；02 站前后双开门，便于维护铅箱内外均喷漆，视觉整体美观大方。X 射线源位于 02 铅箱底部，主照面垂直向上。01 铅箱为工件待检区，03 铅箱为已检测完毕工件出料区。

### （2）设计说明

①2#、3#探伤室整体外径：长 3600×宽 2200×高 2235mm。

②铅房 02 主体内径：长 1694×宽 2110×高 1989mm；

③铅房 02 主体检修门洞（前后各 1 个）大小：长 1200×高 1550mm；工件门洞（左右各一个）大小：长 740mm 高 435mm。

④铅房 01 和 03 站铅箱主体内径：长 854×宽 1374×高 1797mm。

⑤铅房 01 和 03 站铅箱检修门洞（前面各 1 个）大小：长 579×高 1550mm；工件门洞（01 铅箱 1 个，03 铅箱 1 个）大小：长 740mm 高 435mm。

⑥门与铅箱本体左右上下搭接 37.5mm，左右门处搭接 47mm。

⑦铅玻璃门洞尺寸：长 160×高 300mm；铅玻璃与门上下左右均搭接 28mm。

⑧铅当量：02 站四周及顶部墙体铅当量为 8mmPb，底部铅当量为 7mmPb；01 站四周及顶部底部铅当量为 5mmPb，03 站前面及左侧铅当量为 5mmPb，其他面及顶部底部铅当量为 3mmPb。

### （3）安全配置

①铅房顶部三色灯和内部指示灯同时显示射线源状态和声音提示，铅房门有连锁装置，只要有门未关闭时，射线源无法开启；当门意外打开时，射线源会自动切断关闭。

②铅箱工件进出口有安全光栅，若有人触发，设备自动停止，保证安全。

③铅箱内部及操作台配备急停按钮，若有人滞留在铅箱内部，按下铅箱侧面急停按钮，设备立即停止运行，门打开供人员逃生。

④铅房外部配备 1 套警示灯和当心电离辐射标志。

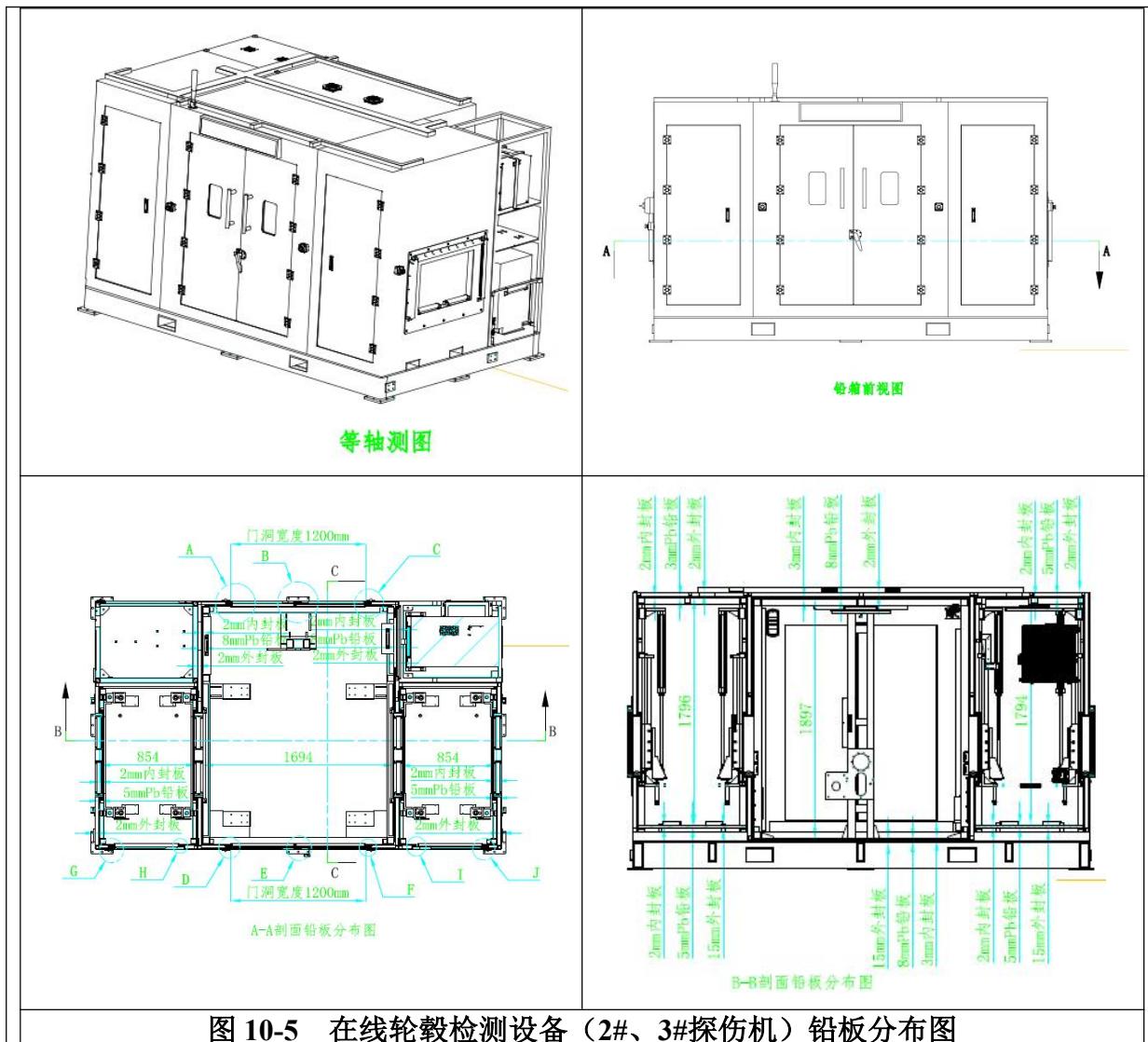
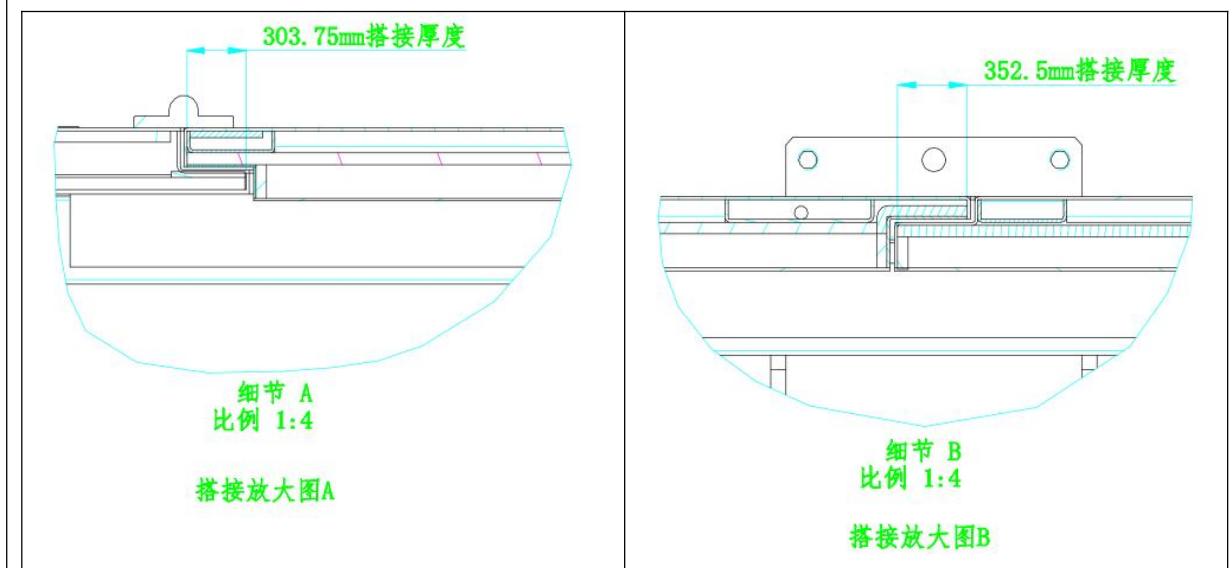
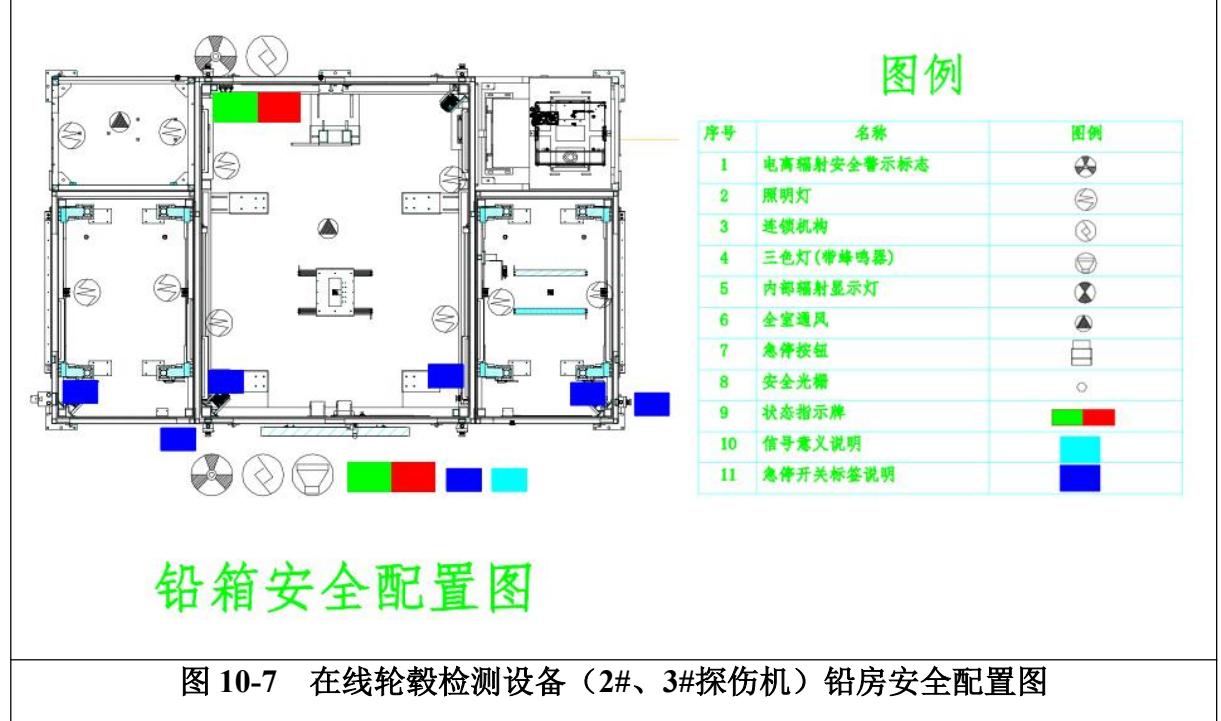
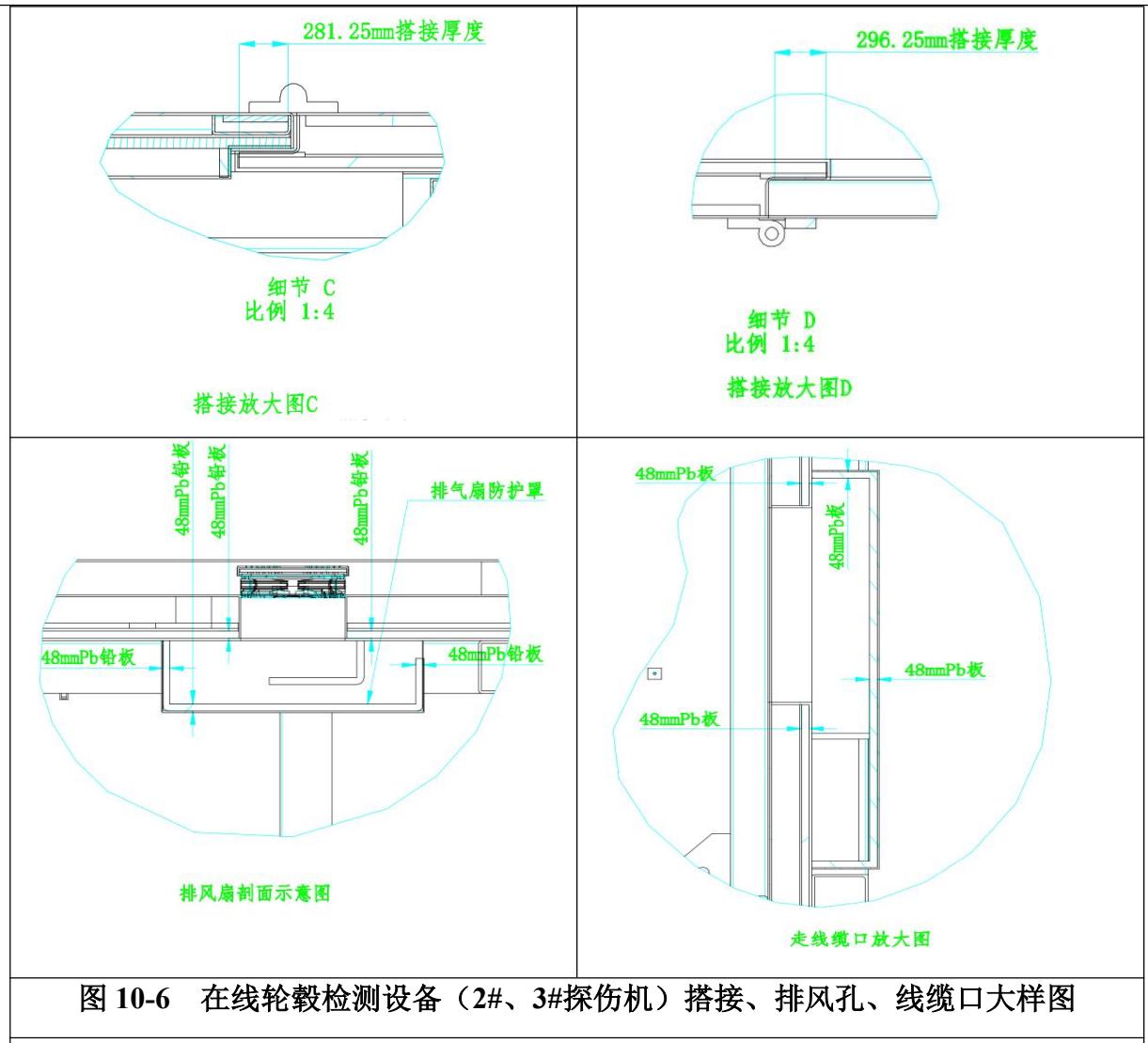


图 10-5 在线轮毂检测设备 (2#、3#探伤机) 铅板分布图





### 3、安全操作要求

①探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

②应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

③交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

④探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置。

⑤在每一次照射前，操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下，才能开始探伤工作。

### 4、其他防护措施

①电缆及电线套管穿墙、排风管等穿墙设计，应做好屏蔽防护构造。

②公司应为每位辐射工作人员配备个人剂量计，并应在探伤室配备 1 台个人剂量报警仪及 1 台便携式监测仪器，这些仪器每年需经有资质单位检定，确保在检定有效期内使用，并配备一套铅衣、铅帽、铅围脖等防护用品。

③辐射安全防护设施定期自查。辐射安全和防护领导小组定期检查探伤室辐射防护设备、设施的安全、完好，辐射工作人员应自觉对射线探伤设备进行检查、维护保养，每次进行探伤作业前对辐射防护设施进行检查，发现问题及时报告主管部门。

#### 10.1.3 日常检查和维修维护

##### 1、日常安全检查

按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)5.1.2 的规定，建设单位在每日工作开始前应检查的项目包括：

- (1) 探伤机外观是否完好；
- (2) 电缆是否有断裂、扭曲以及破损；
- (3) 冷却系统是否有渗漏；
- (4) 安全联锁是否正常工作；

- (5) 报警设备和警示灯是否正常运行;
- (6) 螺栓等连接件是否连接良好;
- (7) 机房内安装的固定式辐射检测仪是否正常。

## 2、设备维修维护

(1) 射线装置的维修维护由建设单位辐射安全管理小组进行监督和管理，做好设备维修维护记录。设备维修维护应由具备资质的设备厂家专业人员负责，按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，并至少两人参与维修维护工作。

(2) 维修维护前应采取可靠的断电措施，切断需检修设备的电源，并经启动复查确认无电后，在电源开关处挂上“正在检修禁止合闸”安全标志，做好现场管控。

(3) 射线装置每年至少维护一次，设备维护包括射线装置的彻底检查和所有零部件的详细检查。

(4) 当发现设备有故障或损坏需更换维修时，应保证所更换的零部件为合格产品。与 X 射线管相关的维修，需由 X 射线管生产厂家负责。若射线装置屏蔽体损坏，在更换后应委托第三方有资质的检测机构进行整体检测，检测合格后才能继续使用。

(5) 维护后通电测试前，应确保安全联锁系统、急停按钮等已正常启动，确保屏蔽体已安装完整，严禁在辐射安全与防护设施未启动、辐射屏蔽体拆卸状态下开机进行测试。

(6) 建设单位应与维修维护单位签订维修维护合同，在合同中明确双方的安全责任。

### 10.1.4 工业 X 射线现场探伤放射防护要求符合性分析

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），项目与该标准符合性分析详见下表。

表 10-1 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）符合性分析表

项目	标准防护要求	本项目方案	符合性
探伤室放射防护要求	6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。	项目探伤机 X 射线有用线束照射方向为垂直向上，项目探伤室所在厂房为一层结构，顶部不上人。操作室均设置于各探伤室西南侧，避开有用线束照射的方向，并于探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。探伤室门的防护性能不小于同侧墙的防护性能。	符合

	6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。	对探伤工作场所实行分区管理，按照 GB 18871 的要求划分控制区、监督区。	符合
	6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ； b) 屏蔽体外 $30\text{cm}$ 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	探伤室墙体和门的辐射屏蔽能同时满足以下要求： a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ； b) 屏蔽体外 $30\text{cm}$ 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	符合
	6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足： a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同6.1.3； b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 $30\text{cm}$ 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	项目探伤室顶没有人员到达，探伤室顶外表面 $30\text{cm}$ 处的周围剂量当量率低于 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。	符合
	6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。	项目各探伤室均设置门-机联锁装置，在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，能立刻停止出束或回源。	符合
	6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	项目各探伤室门口和内部均同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处设置有对“照射”和“预备”信号意义的说明。	符合
	6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况	项目各探伤室内和探伤室出入口处均安装监视装置，在控制室的操作台有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况	符合
	6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	项目各探伤室防护门上将张贴符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。	符合
	6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。	项目各探伤室内均安装紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，确保能使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮带有标签，标明使用方法。	符合
	6.1.10 探伤室应设置机械通风装置，排风	项目各探伤室均设置机械通风装置，排	符合

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求	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。	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不小于 3 次。	
	6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。	项目各探伤室均配置固定式场所辐射探测报警装置。	符合
	6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	加强对辐射工作人员的培训, 要求辐射工作人员对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。	符合
	6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时, 除佩戴常规个人剂量计外, 还应携带个人剂量报警仪和便携式X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时, 探伤工作人员应立即退出探伤室, 同时防止其他人进入探伤室, 并立即向辐射防护负责人报告。	探伤工作人员在进入探伤室时, 除佩戴常规个人剂量计外, 还携带个人剂量报警仪和便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时, 探伤工作人员立即退出探伤室, 同时防止其他人进入探伤室, 并立即向辐射防护负责人报告。	符合
	6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平, 包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时, 应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平, 包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时, 终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。	符合
	6.2.4 交接班或当班使用便携式X- $\gamma$ 剂量率仪前, 应检查是否能正常工作。如发现便携式X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作, 则不应开始探伤工作。	要求探伤工作人员交接班或当班使用便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪前, 检查是否能正常工作。如发现便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪不能正常工作, 则停止开始探伤工作。	符合
	6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置, 如准直器和附加屏蔽, 把潜在的辐射降到最低。	要求探伤工作人员正确使用配备的辐射防护装置, 把潜在的辐射降到最低。	符合
	6.2.6 在每一次照射前, 操作人员都应该确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下, 才能开始探伤工作。	要求操作人员在每一次照射前, 先确认探伤室内部没有人员驻留并关闭防护门。只有在防护门关闭、所有防护与安全装置系统都启动并正常运行的情况下, 才能开始探伤工作。	符合
	6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作, 如工件过大等特殊原因必须开门探伤的, 应遵循本标准第7.1 条~第7.4 条的要求。	开展探伤室设计时未预计到的工作, 如工件过大等特殊原因必须开门探伤的, 应遵循本标准第 7.1 条~第 7.4 条的要求。	符合

根据上表分析, 项目建设符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 中相关要求。

## 10.2 “三废”的治理

项目成像单元采用数字成像平板探测器, 无需使用胶片及洗片, 探伤机使用过程中无放射性废水放射性固体废物产生。探伤机运行产污环节主要污染因子为 X 射线, 同时, 空气在 X 射线电离作用下会产生少量臭氧和氮氧化物。

臭氧在空气中 50 分钟后会自动分解为氧气。由于探伤机开机照射时间较短, 因此,

产生臭氧量很少。而在探伤室设置通风装置，保证有效换气次数 3 次/h 以上，及时将室内气体排出，对周围环境不会产生显著影响。排风口位置避开有用线束的直接照射，避免朝向人员活动密集区，并在排风口采用铅板搭接防护，可有效屏蔽 X 射线的泄漏，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于通风换气的要求。

表 11 环境影响分析

### 11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟购置的 X 射线探伤机，设备本身不含放射源，其只有在通电的状态下才会对环境产生影响，故其在安装过程、未通电运行状态下不会对环境产生电离辐射影响，亦无放射性废气、废水及固体废弃物产生。建设期该项目不会对工作人员及周围公众产生辐射影响。在项目建设期间无放射性影响，主要的污染因子有：噪声、扬尘、固体废物。

#### (1) 噪声

施工期噪声主要来自于探伤室建造及设备安装，通过合理安排施工时间等措施减轻施工对周边环境的噪声影响。

#### (2) 扬尘

施工期扬尘主要为探伤室建设、设备安装时钻孔等产生的粉尘。项目土建工程量很少，施工扬尘影响不大，为减小施工期间扬尘影响，在施工时主要采取施工区域围挡、现场洒水等措施，施工扬尘对区域大气环境影响不大。

#### (3) 废水

施工期间产生的废水主要为施工人员的生活污水。生活污水依托厂区已有化粪池处理后排入市政管网，最终进入五象污水处理厂处理。

#### (4) 固体废物

施工期固体废物主要为建筑垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理，统一收集后运输至当地政府指定建筑垃圾堆放场，对区域环境影响不大。

### 11.2 运行阶段对环境的影响

#### 11.2.1 辐射环境影响分析

##### 11.2.1.1 项目 X 射线探伤室概述

项目共使用 3 台 X 射线探伤机，每台探伤机射线源最高管电压均为 160kV，最大管电流均为 11.25mA，每台探伤机均单独设置于独立铅房内。各探伤室各面墙及工件防护门厚度为 43mm，为钢铅钢结构。项目 X 射线探伤室均设置于 7 号厂房（一层结构）内，单工位轮毂 X 光检测设备探伤室（1#探伤室）铅房主体内径为长 1500×宽 1450×高 1500mm；在线轮毂检测设备探伤室（2#、3#探伤室）整体外径为长 3600×宽 2200×高 2235m，分为 01, 02, 03 三个铅箱安装在大底座上。

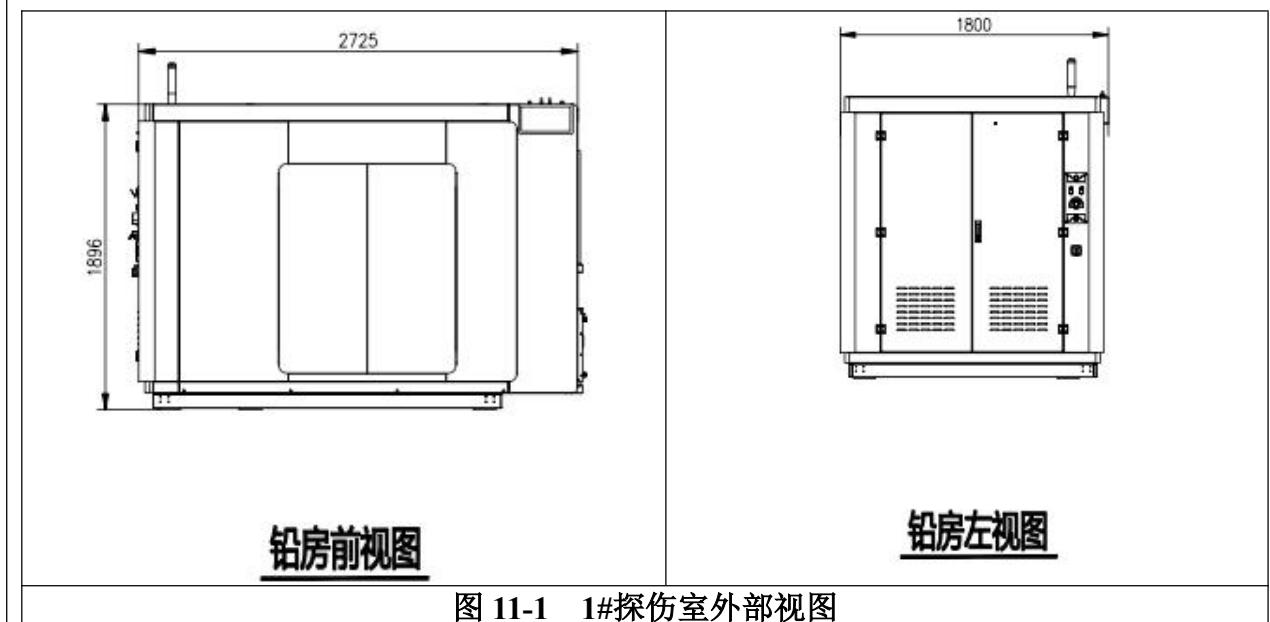
项目 X 射线探伤机设计制造为自屏蔽式辐射防护结构，屏蔽体内安装有向上照射方向

的 X 射线管（管电压 160kV）。单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）主罩面垂直向上，主照面（上）铅当量为 13mmpb，左右两侧立面铅当量为 13mmpb，前、后两侧立面铅当量为 11mmpb，底部铅当量为 9mmpb。在线轮毂检测设备（2#、3#探伤机）防护铅房分为 01，02，03 三个铅箱安装在大底座上，铅箱均为钢铅钢结构：02 站四周及顶部墙体铅当量为 8mmPb，底部铅当量为 7mmPb；01 站四周及顶部底部铅当量为 5mmPb，03 站前面及左侧铅当量为 5mmPb，其他面及顶部底部铅当量为 3mmPb。在各配合处、结合面都有铅板搭接。

各探伤室有效屏蔽层厚度见表 11-1，X 射线源到各屏蔽体的距离见图 11-1~图 11-4。

表 11-1 各探伤室屏蔽体设计参数一览表

探伤室	屏蔽体	屏蔽体设计	等效厚度
1#探伤室	铅门	钢结构内夹 11mm 铅	11mm 铅
	顶部	钢结构内夹 13mm 铅	13mm 铅
	底部	钢结构内夹 9mm 铅	9mm 铅
	前后立面屏蔽体（南、北面）	钢结构内夹 11mm 铅	11mm 铅
	左右立面屏蔽体（东、西面）	钢结构内夹 13mm 铅	13mm 铅
2#、3#探伤室	01 铅箱	工件铅门	5mm 铅
		四周、顶部、底部	5mm 铅
	02 铅箱	工件铅门	8mm 铅
		四周、顶部、底部	8mm 铅
	03 铅箱	工件铅门	5mm 铅
		前面立面屏蔽体（南面）	5mm 铅
		左立面屏蔽体（西面）	5mm 铅
		后面（北面）、右面（北面）、顶部、底部	3mm 铅



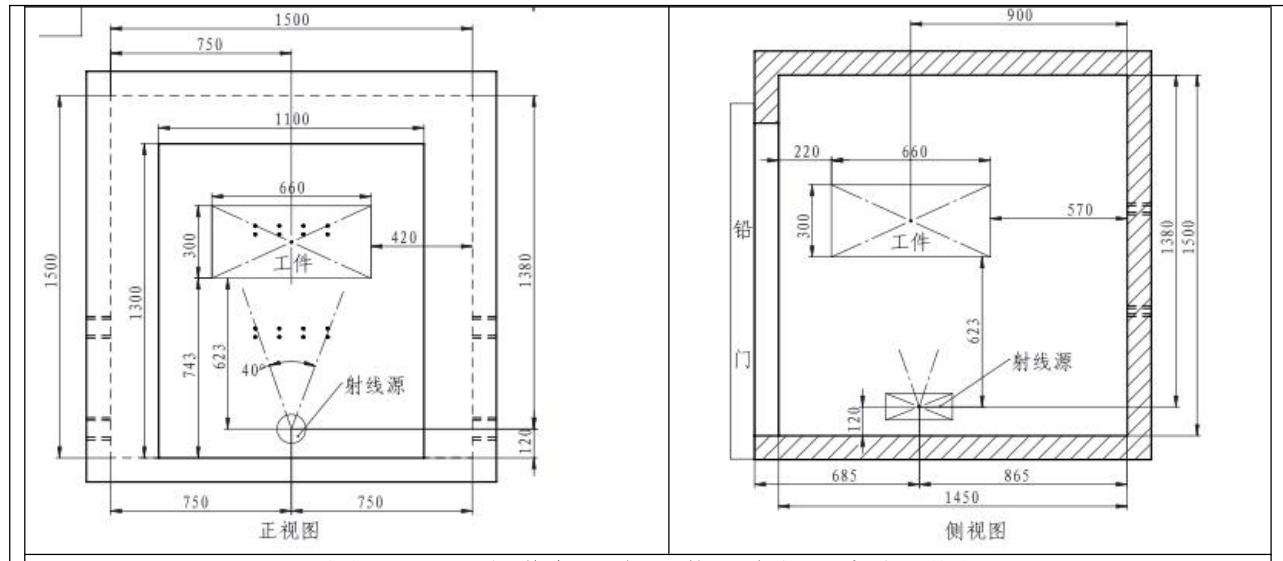


图 11-2 1#探伤机至各屏蔽层内侧距离立面图

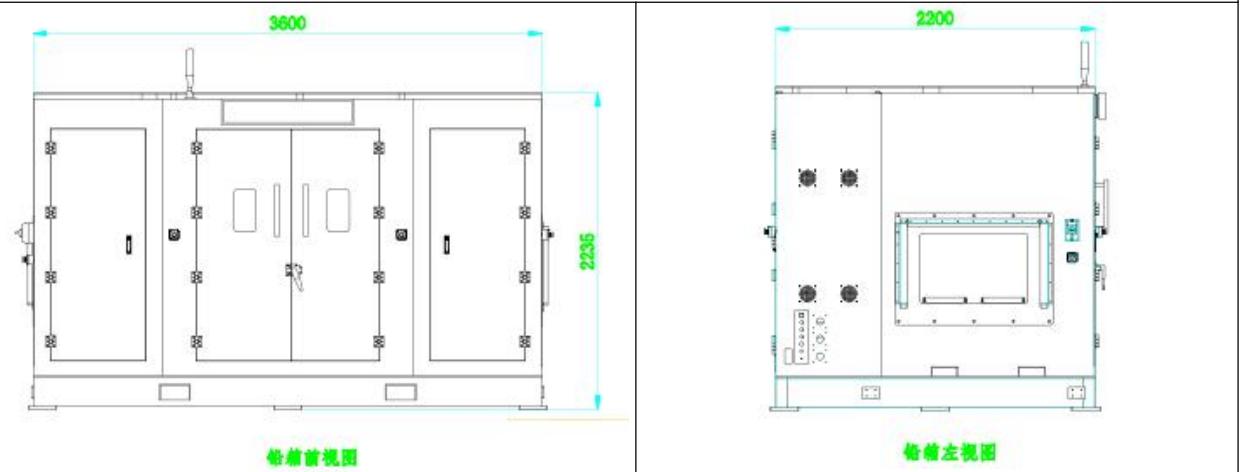


图 11-3 2#、3#探伤室外部视图

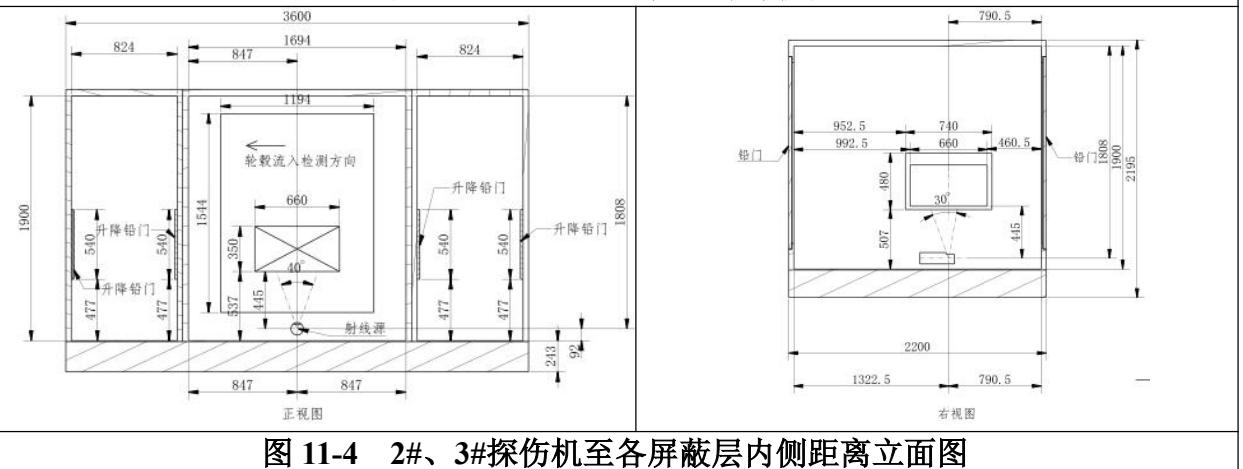


图 11-4 2#、3#探伤机至各屏蔽层内侧距离立面图

### 11.2.1.2 项目 X 射线探伤机运行时间

#### (1) 单工位轮毂 X 光检测设备 (1#探伤机) 运行时间

根据项目设计, 项目单工位轮毂 X 光检测设备 (1#探伤机) 为手动操作设备, 主要用于工件抽检, 抽检数量约占生产总量的 20%。项目年产 100 万套车轮, 则单工位轮毂 X 光

检测设备抽检轮辐的数量约为 20 万件/a。按年运行 50 周计，平均每周需检测 4000 件。项目单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）检测一个轮毂的完整周期约为 38s，其中，每个工件检测曝光时间约为 27s，1 个小时最大检测量约为 95 个工件，则单工位轮毂 X 光检测设备 1h 内曝光时长约 43min，周曝光时长约 27.6h，年曝光时长约 1500 小时。

#### （2）在线轮毂检测设备检测（2#、3#探伤机）运行时间

在线轮毂检测设备检测（2#、3#探伤机）为全自动运行设备，工件自动上下件，通过操作系统设置，X 射线探伤机在轮毂检测完毕时自动关闭，上下件完毕后主控室铅门关闭，X 射线探伤机自动开启。项目年产 100 万套车轮，则在线轮毂检测设备的检测数量为 100 万件/a，项目共设置 2 台在线轮毂检测设备同时运行，每台检测数量为 50 万件/a，按年运行 50 周计，平均每台每周需检测 10000 件。项目在线轮毂检测设备每个工件检测曝光时间约为 30s，则每台在线轮毂检测设备周曝光时长约 83.4h，年曝光时长约 4170 小时。

根据项目设计，在线轮毂检测设备（2#、3#探伤机）X 射线装置开启情况下，2#、3#探伤室进料端 A、B 铅门至少有一个铅门处于关闭状态，出料端 C、D 铅门至少有一个铅门处于关闭状态。项目在线轮毂检测设备检测一个轮毂的完整周期约为 38s，其中 X 射线装置开启曝光时间约 30s，检测完毕后下件再抓取下一个工件期间，射线源关闭，该过程持续时间约 8s。X 射线装置开启曝光期间，B、C 铅门关闭，A、D 铅门打开时长约 23s，B、C 铅门打开，A、D 铅门关闭时长约 7s。计算一个小时内，X 射线源处于关闭状态约 757s（13min）；曝光时长约 2843s（47min）。曝光期间 B、C 铅门关闭，A、D 铅门打开时长约 2179s（36min），B、C 铅门打开，A、D 铅门关闭时长约 664s（11min）。

#### 11.2.1.4 关注点分布

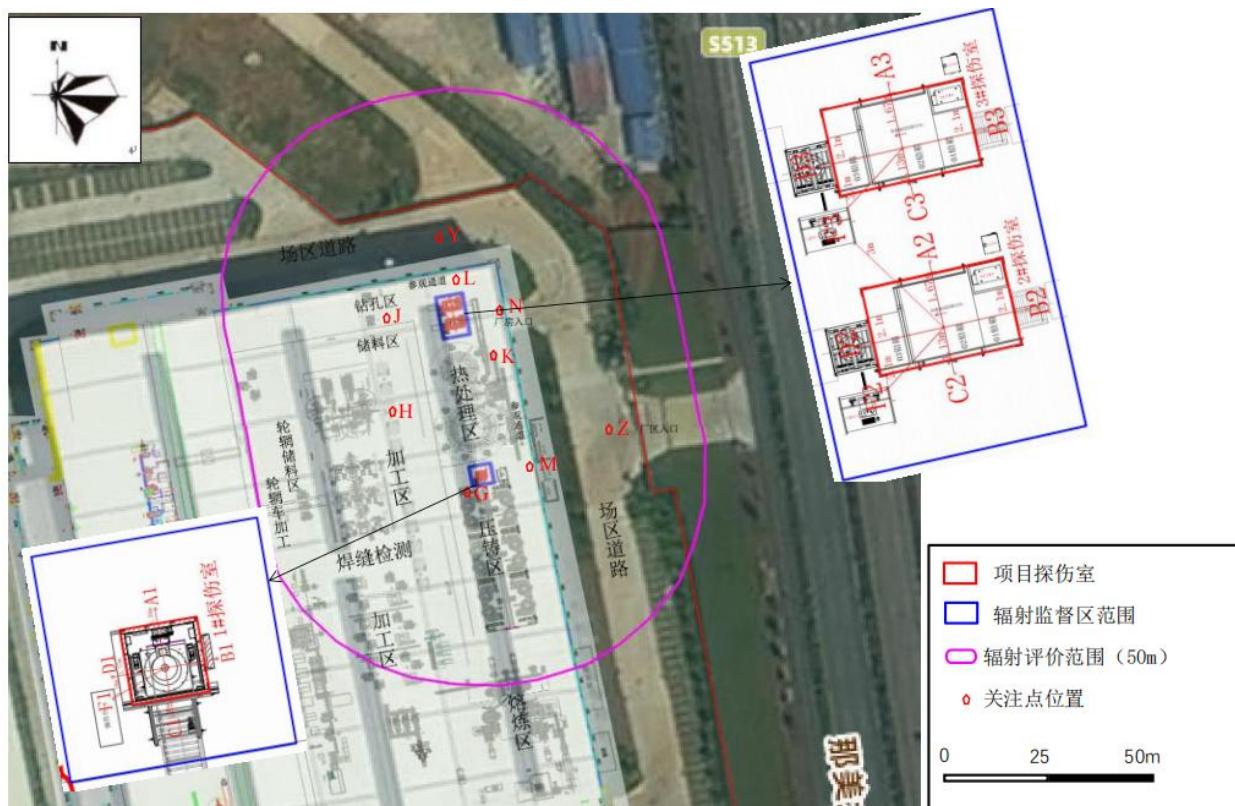
本项目主要关注点包括各屏蔽体外侧 30cm 处及操作室，铅房周边 50m 范围内职工工位，车间道路、厂区道路等人员流动点。各关注点与辐射源距离见表 11-2，各关注点与辐射源的位置关系见图 11-5。

表 11-2 探伤机至各自屏蔽体外侧 30cm 处及操作室的距离

关注点		各辐射源至各关注点的距离（m）			备注
		1#探伤机	2#探伤机	3#探伤机	
1#探伤室	北侧 30cm	A1	1.26	39	44
	东侧 30cm	B1	1.15	39.7	44.8
	南侧 30cm	C1	1.08	40.7	45.8
	西侧 30cm	D1	1.15	40	44.8
	顶部 30cm	E1	2	/	/
	操作室	F1	1.28	41	46
2#探伤室	北侧 30cm	A2	41	1.67	2.93

辐射工作区域范围内关注点

3#探伤机室	东侧 30cm	B2	40	2.1	5.1	辐射工作区域范围 外关注点
	南侧 30cm	C2	38	1.13	6.7	
	西侧 30cm	D2	39.6	2.1	5.8	
	顶部 30cm	E2	/	2.15	/	
	操作室	F2	37.8	2.1	6	
	北侧 30cm	A3	45.6	5.9	1.67	
周边关注点	东侧 30cm	B3	45	5.2	2.1	
	南侧 30cm	C3	43.2	3.47	1.13	
	西侧 30cm	D3	44.7	5.8	2.1	
	顶部 30cm	E3	/	/	2.15	
	操作室	F3	42.9	3	2.1	
	南面铸造区	G	4	42.8	47.8	
辐射工作区域范围 外关注点	西面机加工区域	H	25.3	28.5	32.5	
	西面钻孔区	J	46	19	18.5	
	热处理区	K	30.5	12.3	17	
	北面参观通道	L	51	12	7	
	东面参观通道	M	12	40.5	36.5	
	东面参观通道	N	44.5	10.5	10.3	
	厂房外北面	Y	60	19.6	14.5	
	厂房外东面	Z	47	34.8	36.5	



### 11.2.1.5 辐射环境影响预测及评价

当 X 射线机开机时, X 射线(初级 X 射线)透过工件及探伤室造成主要环境辐射影响, 同时产生的次级 X 射线(散射射线和漏射射线)也会对环境造成辐射影响。项目拟配备 3 台探伤机, 各探伤机位于独立探伤室内, 各探伤机 X 射线管电压为 160kV, 最大管电流为 11.25mA。本项目探伤室所在建筑没有地下层, 因此不对底部进行辐射剂量率估算。项目 X 射线机为定向机, 探伤机为固定式的, 有用线束朝设备上方照射, 因此, 探伤室顶部主要考虑有用线束辐射影响, 无需考虑进入有用线束区的散射辐射。探伤室四周主要考虑泄漏辐射和散射辐射影响。

#### 1、屏蔽透射因子

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 对于给定的屏蔽物质厚度 X, 相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式 11-1 计算:

$$B = 10^{-X/TVL} \quad (11-1)$$

式中:

B: 屏蔽透射因子。

X: 屏蔽物质厚度, 与 TVL 取相同的单位; mm。

TVL: X 射线在铅中的什值层厚度, 单位 mm。对于有用线束及泄漏线束, 项目探伤机 X 射线管电压为 160kV, 根据 NCRP151 号文件, 附录 A 查图表得 160kV 管电压铅的 TVL 值取 1mm。对于散射辐射, 项目探伤机 X 射线管电压为 160kV, 按《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250 -2014) 表 2 确定 X 射线 90°散射辐射最高能力相应的散射辐射电压为 150kV, 再查附录 B 表 B.2, 确定 90°散射辐射铅的 TVL 值为 0.96mm。

项目各探伤室屏蔽透射因子计算参数及结果见下表。

表 11-3 各探伤室屏蔽透射因子计算参数及结果

方位		屏蔽层厚度 X (mm)	射线类型	TVL 值 (mm)	透射因子 B	备注
1#探伤室	南、北侧	11	泄漏辐射	1	1.00E-11	/
			散射辐射	0.96	3.48E-12	/
	东、西侧	13	泄漏辐射	1	1.00E-13	/
			散射辐射	0.96	2.87E-14	/
	顶部	13	有用线束	1	1.00E-13	/
2#、3#探伤室	南、北侧	8	泄漏辐射	1	1.00E-08	/
			散射辐射	0.96	4.64E-09	/
	东侧	8	泄漏辐射	1	1.00E-08	B 铅门关闭, A 铅门打开
			散射辐射	0.96	4.64E-09	

	5	泄漏辐射	1	1.00E-05	B 铅门打开, A 铅门关闭
		散射辐射	0.96	6.19E-06	
西侧	8	泄漏辐射	1	1.00E-08	C 铅门关闭, D 铅门打开
		散射辐射	0.96	4.64E-09	
	5	泄漏辐射	1	1.00E-05	C 铅门打开, D 铅门关闭
		散射辐射	0.96	6.19E-06	
顶部	8	有用线束	1	1.00E-08	/

## 2、辐射剂量率计算

项目 1#探伤室为一个整体铅箱, 1#探伤机正常情况下对各关注点处的辐射剂量无明显变化。

项目 2#、3#探伤机均位于各自独立探伤室内, 各探伤室整体外径为长 3600×宽 2200×高 2235m, 分为 01, 02, 03 三个铅箱安装在大底座上。01 铅箱及 A 铅门等效厚度为 5mm 铅, 02 铅箱及 B、C 铅门等效厚度为 8mm 铅, 03 铅箱前面及左侧(含 D 铅门)等效厚度为 5mmPb, 其他面及顶部底部铅当量为 3mmPb。工件铅门以外, 两个箱体重叠的区域, 铅层厚度为两个箱体铅层相叠加, 辐射衰减能力比工件铅门处大。由于工件铅门等效铅层厚度不一致, 2#、3#探伤室东面(右侧)、西面(左侧)关注点处受照射剂量随工件铅门的开启和关闭状态变化而变化: B、C 铅门打开, A、D 铅门关闭情况下, 2#、3#探伤室东面(右侧)、西面(左侧)关注点处受照射剂量较大; B、C 铅门关闭, A、D 铅门打开情况下, 2#、3#探伤室东面(右侧)、西面(左侧)关注点处受照射剂量较小。因此, 本次评价根据各铅门的开关时间分别核算 2#、3#探伤室东面(右侧)、西面(左侧)关注点处受照射剂量。铅箱顶部、前方(南面)、后方(北面)无重叠区域, X 射线源位于 02 铅箱内, 因此, 2#、3#探伤室铅箱顶部、前方(南面)、后方(北面)主要考虑 02 铅箱防护层的防护作用。

### (1) 有用线束辐射剂量率计算

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 带入式 11-1, 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 有用线束在关注点的剂量率  $H_1(\mu\text{Sv}/\text{h})$  按式 11-2 计算:

$$H_1 = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \cdot \frac{t}{60} \quad (11-2)$$

式中:

$H_1$ : 有用线束在关注点处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

$H_0$ : 距辐射源点(靶点)1m 处输出量,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ; 根据建设单位提供资料, 项目 X 射线探伤机距辐射源点(靶点)1m 处输出量均为  $3.42 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

B: 屏蔽透射因子。 $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{s})$

I: X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安(mA); 项目 X 射线管最大管电流为 11.25mA。

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为米(m)。

t: 探伤装置在一个小时内的照射时间, min/h。

项目各 X 射线探伤装置主照面垂直向上, 计算各探伤室顶部辐射剂量率  $H_1$  见下表:

表 11-4 有用线束辐射在关注点的辐射剂量率计算结果

关注点		I (mA)	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{m}\cdot\text{in})$	透射因子 B	曝光时间 (min/h)	R(m)	各 X 射线源有用线束辐射在各关注点剂量率 $H_1(\mu\text{Sv}/\text{h})$	备注	
1#探伤室	顶部 30cm	E1	11.25	$3.42\times 10^4$	1.00E-13	43	2	6.89E-09	有用线束
2#探伤室	顶部 30cm	E2	11.25	$3.42\times 10^4$	1.00E-08	47	2.15	6.52E-04	有用线束
3#探伤室	顶部 30cm	E3	11.25	$3.42\times 10^4$	1.00E-08	47	2.15	6.52E-04	有用线束

## (2) 泄漏辐射剂量率计算

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014), 带入式 11-1, 在给定屏蔽物质厚度 X 时, 泄漏辐射在关注点的剂量率  $H_2$  单位为微希每小时( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )按式 11-3 计算:

$$H_2 = \frac{H_L \cdot B}{R^2} \cdot \frac{t}{60} \quad (11-3)$$

式中:

$H_2$ : 泄漏辐射在关注点处的辐射剂量率,  $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

B: 屏蔽透射因子;

R: 辐射源点(靶点)至关注点的距离, 单位为米(m);

$H_L$ : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率, 单位为微希每小时( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )。项目 X 射线管电压为 160kV, 根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 表 1, 项目  $H_L$  取值为  $2.5\times 10^3\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

t: 探伤装置在一个小时内的照射时间, min/h。

项目各探伤机泄漏辐射在四周各关注点的辐射剂量率计算表 11-5~表 11-7

表 11-5 1#探伤机泄漏辐射在四周各关注点的辐射剂量率计算结果

关注点			相对于 1#探伤机 的方位	$H_L$ $\mu\text{Sv/h}$	透射因 子 B	曝光时间 (min/h)	辐射源点(靶 点)至关注点的 距离 R (m)	各 X 射线源泄漏辐 射在各关注点剂量 率 $H_2(\mu\text{Sv/h})$
1#探 伤室	北侧 30cm	A1	北面	2500	1.00E-11	43	1.26	1.13E-08
	东侧 30cm	B1	东面	2500	1.00E-13	43	1.15	1.35E-10
	南侧 30cm	C1	南面	2500	1.00E-11	43	1.08	1.54E-08
	西侧 30cm	D1	西面	2500	1.00E-13	43	1.15	1.35E-10
	操作室	F1	西南面	2500	1.00E-11	43	1.28	1.09E-08
2#探 伤室	北侧 30cm	A2	北面	2500	1.00E-11	43	41	1.07E-11
	东侧 30cm	B2	北面	2500	1.00E-11	43	40	1.12E-11
	南侧 30cm	C2	北面	2500	1.00E-11	43	38	1.24E-11
	西侧 30cm	D2	北面	2500	1.00E-11	43	39.6	1.14E-11
	操作室	F2	北面	2500	1.00E-11	43	37.8	1.25E-11
3#探 伤机 室	北侧 30cm	A3	北面	2500	1.00E-11	43	45.6	8.62E-12
	东侧 30cm	B3	北面	2500	1.00E-11	43	45	8.85E-12
	南侧 30cm	C3	北面	2500	1.00E-11	43	43.2	9.60E-12
	西侧 30cm	D3	北面	2500	1.00E-11	43	44.7	8.97E-12
	操作室	F3	北面	2500	1.00E-11	43	42.9	9.74E-12
周边 关注 点	南面铸造区	G	南面	2500	1.00E-11	43	4	1.12E-09
	西面机加工区 域	H	西面	2500	1.00E-13	43	25.3	2.80E-13
	西面钻孔区	J	西面	2500	1.00E-13	43	46	8.47E-14
	热处理区	K	北面	2500	1.00E-11	43	30.5	1.93E-11
	北面参观通道	L	北面	2500	1.00E-11	43	51	6.89E-12
	东面参观通道	M	东面	2500	1.00E-13	43	12	1.24E-12
	东面参观通道	N	东面	2500	1.00E-13	43	44.5	9.05E-14
	厂房外北面	Y	北面	2500	1.00E-11	43	60	4.98E-12
	厂房外东面	Z	东面	2500	1.00E-13	43	47	8.11E-14

表 11-6 2#探伤机泄漏辐射在四周各关注点的辐射剂量率计算结果

关注点			相对于 2# 探伤机的 方位	$H_L$ $\mu\text{Sv/h}$	透射因 子 B	曝光时间 (min/h)	辐射源点(靶 点)至关注点的 距离 R (m)	各 X 射线源泄 漏辐射在各关 注点剂量率 $H_2(\mu\text{Sv/h})$
1#探 伤室	北侧 30cm	A1	南面	2500	1.00E-08	47	39	1.29E-08
	东侧 30cm	B1	南面	2500	1.00E-08	47	39.7	1.24E-08
	南侧 30cm	C1	南面	2500	1.00E-08	47	40.7	1.18E-08
	西侧 30cm	D1	南面	2500	1.00E-08	47	40	1.22E-08
	操作室	F1	南面	2500	1.00E-08	47	41	1.16E-08
2#探 伤室	北侧 30cm	A2	北面	2500	1.00E-08	47	1.67	7.02E-06
	东侧 30cm	B2	东面	2500	1.00E-08	36	2.1	3.40E-06
	南侧 30cm	C2	南面		1.00E-05	11		1.04E-03
	西侧 30cm	D2	西面	2500	1.00E-08	36	2.1	3.40E-06
	操作室	F2	西南面		1.00E-05	11		1.04E-03
3#探 伤机 室	北侧 30cm	A3	北面	2500	1.00E-08	47	5.9	5.63E-07
	东侧 30cm	B3	北面	2500	1.00E-08	47	5.2	7.24E-07
	南侧 30cm	C3	北面	2500	1.00E-08	47	3.47	1.63E-06

周边关注点	西侧 30cm	D3	北面	2500	1.00E-08	47	5.8	5.82E-07
	操作室	F3	西北面	2500	1.00E-08	36	3	1.67E-06
					1.00E-05	11		5.09E-04
	南面铸造区	G	南面	2500	1.00E-08	47	42.8	1.07E-08
	西面机加工区域	H	西面	2500	1.00E-08	47	28.5	2.41E-08
	西面钻孔区	J	西面	2500	1.00E-08	36	19	4.16E-08
					1.00E-05	11		1.27E-05
	热处理区	K	南面	2500	1.00E-08	47	12.3	1.29E-07
	北面参观通道	L	北面	2500	1.00E-08	47	12	1.36E-07
	东面参观通道	M	东面	2500	1.00E-08	47	40.5	1.19E-08
	东面参观通道	N	东面	2500	1.00E-08	36	10.5	1.36E-07
					1.00E-05	11		4.16E-05
	厂房外北面	Y	北面	2500	1.00E-08	47	19.6	5.10E-08
	厂房外东面	Z	东面	2500	1.00E-08	47	34.8	1.62E-08

表 11-7 3#探伤机泄漏辐射在四周各关注点的辐射剂量率计算结果

关注点			相对于 3#探伤机的方位	$H_L$ $\mu\text{Sv/h}$	透射因子 B	曝光时间 (min/h)	辐射源点(靶点)至关注点的距离 R (m)	各 X 射线源泄漏辐射在各关注点剂量率 $H_2(\mu\text{Sv/h})$
1#探伤室	北侧 30cm	A1	南面	2500	1.00E-08	47	44	1.01E-08
	东侧 30cm	B1	南面	2500	1.00E-08	47	44.8	9.76E-09
	南侧 30cm	C1	南面	2500	1.00E-08	47	45.8	9.34E-09
	西侧 30cm	D1	南面	2500	1.00E-08	47	44.8	9.76E-09
	操作室	F1	南面	2500	1.00E-08	47	46	9.25E-09
2#探伤室	北侧 30cm	A2	南面	2500	1.00E-08	47	2.93	2.28E-06
	东侧 30cm	B2	南面	2500	1.00E-08	47	5.1	7.53E-07
	南侧 30cm	C2	南面	2500	1.00E-08	47	6.7	4.36E-07
	西侧 30cm	D2	南面	2500	1.00E-08	47	5.8	5.82E-07
	操作室	F2	南面	2500	1.00E-08	47	6	5.44E-07
3#探伤机室	北侧 30cm	A3	北面	2500	1.00E-08	47	1.67	7.02E-06
	东侧 30cm	B3	东面	2500	1.00E-08	36	2.1	3.40E-06
					1.00E-05	11		1.04E-03
	南侧 30cm	C3	南面	2500	1.00E-08	47	1.13	1.53E-05
	西侧 30cm	D3	西面	2500	1.00E-08	36	2.1	3.40E-06
					1.00E-05	11		1.04E-03
	操作室	F3	西南面	2500	1.00E-08	36	2.1	3.40E-06
					1.00E-05	11		1.04E-03
周边关注点	南面铸造区	G	南面	2500	1.00E-08	47	47.8	8.57E-09
	西面机加工区域	H	西面	2500	1.00E-08	47	32.5	1.85E-08
	西面钻孔区	J	西面	2500	1.00E-08	36	18.5	4.38E-08
					1.00E-05	11		1.34E-05
	热处理区	K	南面	2500	1.00E-08	47	17	6.78E-08
	北面参观通道	L	北面	2500	1.00E-08	47	7	4.00E-07
	东面参观通道	M	东面	2500	1.00E-08	47	36.5	1.47E-08
	东面参观通道	N	东面	2500	1.00E-08	36	10.3	1.41E-07
					1.00E-05	11		4.32E-05
	厂房外北面	Y	北面	2500	1.00E-08	47	14.5	9.31E-08
	厂房外东面	Z	东面	2500	1.00E-08	47	36.5	1.47E-08

### (3) 散射辐射剂量率计算

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，关注点的散射辐射剂量率  $H_3(\mu\text{Sv}/\text{h})$  按式 11-4 计算：

$$H_3 = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \cdot \frac{t}{60} \quad (11-4)$$

式中：

$H_3$ ：散射辐射在关注点处的辐射剂量率， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

$B$ ：屏蔽透射因子。

$H_0$ ： $H_0$ ：距辐射源点(靶点)1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ ；根据建设单位提供资料，项目 X 射线探伤机距辐射源点(靶点)1m 处输出量均为  $3.42 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

$R_s$ ：散射体至关注点的距离，单位为米(m)；项目探伤机主要往顶部照射，除了探伤机所在探伤室顶部外，散射体至各关注点的距离与辐射源点(靶点)至关注点的距离 (R) 接近，因此  $R_s$  近似取散射辐射至关注点距离与泄露辐射至关注点距离 (R) 相同。

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安(mA)；项目 X 射线管最大管电流为 11.25mA。

$t$ ：探伤装置在一个小时内的照射时间， $\text{min}/\text{h}$ 。

$R_0$ ：辐射源点(靶点)至探伤工件的距离，单位为米(m)；项目 1#探伤机辐射源点(靶点)至探伤工件的距离为 0.623m，2#、3#探伤机辐射源点(靶点)至探伤工件的距离为 0.623m，0.445m。

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积，单位为平方米( $\text{m}^2$ )；项目探伤机 X 射线发生器辐射角度为  $40^\circ$ ，因此， $F = \pi[R_0 \times \tan(20^\circ)]^2$ ，计算 1#探伤机  $R_0$  处的辐射野面积为  $0.16\text{m}^2$ ，2#探伤机  $R_0$  处的辐射野面积为  $0.08\text{m}^2$ ，3#探伤机  $R_0$  处的辐射野面积为  $0.08\text{m}^2$ 。

$\alpha$ ：散射因子，入射辐射被单位面积( $1\text{m}^2$ )散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。 $\alpha$ 与散射物质有关，在未获得相应物质的 $\alpha$ 值时，以水散射体的 $\alpha$ 值保守估计，见附录 B 表 B.3。项目 X 射线管电压为 160kV，查表 B.3，参考 300kV 管电压  $90^\circ$  散射角的 $\alpha$ 保守取值为  $1.9 \times 10^{-3} \times 10000 / 400 = 0.0475$ 。

$$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$$

根据以上计算 1#探伤室  $\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$  值为 0.0196，2#、3#探伤室  $\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$  值为 0.012，计算散射辐射在各探伤室四周各关注点剂量率  $H_3$  见表 11-8~表 11-10：

表 11-8 1#探伤机散射辐射在各关注点的辐射剂量率计算结果

关注点		相对于1#探伤机的方位	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	I (mA)	$H_0 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	透射因子B	曝光时间 (min/h)	散射体至关注点的距离 Rs (m)	各X射线源散射辐射在各关注点剂量率 $H_3(\mu\text{Sv}/\text{h})$	
1#探伤室	北侧30cm	A1	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	1.26	1.18E-08
	东侧30cm	B1	东面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	1.15	1.17E-10
	南侧30cm	C1	南面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	1.08	1.61E-08
	西侧30cm	D1	西面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	1.15	1.17E-10
	操作室	F1	西南面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	1.28	9.47E-11
2#探伤室	北侧30cm	A2	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	41	1.12E-11
	东侧30cm	B2	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	40	1.18E-11
	南侧30cm	C2	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	38	1.30E-11
	西侧30cm	D2	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	39.6	1.20E-11
	操作室	F2	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	37.8	1.32E-11
3#探伤机室	北侧30cm	A3	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	45.6	9.04E-12
	东侧30cm	B3	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	45	9.29E-12
	南侧30cm	C3	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	43.2	1.01E-11
	西侧30cm	D3	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	44.7	9.41E-12
	操作室	F3	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	42.9	1.02E-11
周边关注点	南面铸造区	G	南面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	4	1.18E-09
	西面机加工区域	H	西面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	25.3	2.42E-13
	西面钻孔区	J	西面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	46	7.33E-14
	热处理区	K	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	30.5	2.02E-11
	北面参观通道	L	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	51	7.23E-12
	东面参观通道	M	东面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	12	1.08E-12
	东面参观通道	N	东面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	44.5	7.83E-14
	厂房外北面	Y	北面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	3.48E-12	43	60	5.22E-12
	厂房外东面	Z	东面	0.0196	11.25	$3.42 \times 10^4$	2.87E-14	43	47	7.02E-14

表 11-9 2#探伤机散射辐射在各关注点的辐射剂量率计算结果

关注点		相对于2#探伤机的方位	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	$H_0 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$	透射因子B	曝光时间 (min/h)	散射体至关注点的距离 Rs (m)	各X射线源散射辐射在各关注点剂量率 $H_3(\mu\text{Sv}/\text{h})$	
1#探伤室	北侧30cm	A1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	39	3.75E-10
	东侧30cm	B1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	39.7	3.62E-10
	南侧30cm	C1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	40.7	3.45E-10
	西侧30cm	D1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	40	3.57E-10
	操作室	F1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	41	3.40E-10
2#探伤室	北侧30cm	A2	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	1.67	2.05E-07
	东侧30cm	B2	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36		1.29E-07
							6.19E-06	11	1.73E-04
	南侧30cm	C2	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	1.13	4.47E-07
	西侧30cm	D2	西面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36		1.29E-07
							6.19E-06	11	1.19E-03

	操作室	F2	西南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	2.1	2.91E-06
						6.19E-06	11		1.19E-03
3#探伤机室	北侧 30cm	A3	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	5.9	1.64E-08
	东侧 30cm	B3	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	5.2	2.11E-08
	南侧 30cm	C3	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	3.47	4.74E-08
	西侧 30cm	D3	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	5.8	1.70E-08
	操作室	F3	西北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	3	1.43E-06
周边关注点	南面铸造区	G	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47		5.82E-04
	西面机加工区域	H	西面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	28.5	7.03E-10
	西面钻孔区	J	西面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	19	1.58E-09
	热处理区	K	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47		1.45E-05
	北面参观通道	L	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	12	3.97E-09
	东面参观通道	M	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	40.5	3.48E-10
	东面参观通道	N	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	10.5	5.18E-09
	厂房外北面	Y	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47		6.91E-06
	厂房外东面	Z	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	34.8	4.71E-10

表 11-10 3#探伤机散射辐射在各关注点的辐射剂量率计算结果

关注点			相对于3#探伤机的方位	$\frac{F \cdot \alpha}{R_0^2}$	$H_0$ $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{m} \cdot \text{A} \cdot \text{min})$	透射因子 B	曝光时间 (min/h)	散射体至关注点的距离 $R_s$ (m)	各 X 射线源散射辐射在各关注点剂量率 $H_3(\mu\text{Sv}/\text{h})$
1#探伤室	北侧 30cm	A1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	44	8.67E-09
	东侧 30cm	B1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	44.8	8.36E-09
	南侧 30cm	C1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	45.8	8.00E-09
	西侧 30cm	D1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	44.8	8.36E-09
	操作室	F1	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	46	7.93E-09
2#探伤室	北侧 30cm	A2	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	2.93	1.95E-06
	东侧 30cm	B2	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	5.1	6.45E-07
	南侧 30cm	C2	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	6.7	3.74E-07
	西侧 30cm	D2	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	5.8	4.99E-07
	操作室	F2	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	6	4.66E-07
3#探伤机室	北侧 30cm	A3	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	1.67	6.02E-06
	东侧 30cm	B3	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	2.1	2.91E-06
	南侧 30cm	C3	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47		1.19E-03
	西侧 30cm	D3	西面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	2.1	2.91E-06
	操作室	F3	西南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36		1.19E-03
周边关注点	南面铸造区	G	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	47.8	7.34E-09
	西面机加工区域	H	西面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	32.5	1.59E-08
	西面钻孔区	J	西面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	18.5	3.76E-08

					6.19E-06	11		1.53E-05
热处理区	K	南面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	17	5.81E-08
北面参观通道	L	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	7	3.42E-07
东面参观通道	M	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	36.5	1.26E-08
东面参观通道	N	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	36	10.3	1.21E-07
					6.19E-06	11		4.94E-05
厂房外北面	Y	北面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	14.5	7.98E-08
厂房外东面	Z	东面	0.012	$3.42 \times 10^4$	4.64E-09	47	36.5	1.26E-08

### 3、辐射影响评价

#### (1) 关注点处辐射剂量率

①关注点处辐射剂量率参考控制水平

为了便于加强管理,切实做好辐射安全防范工作,按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)要求在放射工作场所内划出控制区和监督区,公司将X射线探伤室设置为控制区,探伤室屏蔽墙体外0.3m、防护门外0.3m等为监督区,在监督区边界设置警示线和电离辐射警示标志,非辐射工作人员不得进入。

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)6.1.3-b:屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ ;6.1.4-b:对没有人员到达的探伤室顶,探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014),关注点最高剂量率参考控制水平为 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

②关注点处辐射剂量率叠加预测值及评价

项目X射线检测设备有用线束朝设备上方照射,因此,探伤室顶部主要考虑有用线束辐射影响,无需考虑进入有用线束区的散射辐射,探伤室四周主要考虑泄漏辐射和散射辐射影响。从最不利影响角度考虑,预测3台X射线探伤机同时运行情况下的泄漏辐射、散射辐射在关注点处辐射剂量率叠加预测值及评价见下表:

表 11-11 关注点处辐射剂量率叠加预测值及评价表

关注点			需考虑的辐射	3台设备同时运行下辐射剂量率叠加预测值 $\cdot H$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	关注点处辐射剂量率参考控制水平 $\cdot H_c$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	达标情况
1#探伤室	顶部 30cm	E1	1#探伤机有用线束	6.89E-09	100	达标
	北侧 30cm	A1	各探伤机泄漏辐射、散射辐射	6.58E-08	2.5	达标
	东侧 30cm	B1		4.14E-08	2.5	达标
	南侧 30cm	C1		7.08E-08	2.5	达标
	西侧 30cm	D1		4.11E-08	2.5	达标
	操作室	F1		4.98E-08	2.5	达标

2#探伤室	顶部 30cm	E2	2#探伤机有用线束	6.52E-04	100	达标	
	北侧 30cm	A2	各探伤机泄漏辐射、散射辐射	1.73E-05	2.5	达标	
	东侧 30cm	B2		2.24E-03	2.5	达标	
	南侧 30cm	C2		2.93E-05	2.5	达标	
	西侧 30cm	D2		2.23E-03	2.5	达标	
	操作室	F2		2.23E-03	2.5	达标	
3#探伤室	顶部 30cm	E3	3#探伤机有用线束	6.52E-04	100	达标	
	北侧 30cm	A3	各探伤机泄漏辐射、散射辐射	1.41E-05	2.5	达标	
	东侧 30cm	B3		2.24E-03	2.5	达标	
	南侧 30cm	C3		3.15E-05	2.5	达标	
	西侧 30cm	D3		2.23E-03	2.5	达标	
	操作室	F3		3.33E-03	2.5	达标	
周边关注点	南面铸造区	G	各探伤机泄漏辐射、散射辐射	3.81E-08	2.5	达标	
	西面机加工区域	H		7.92E-08	2.5	达标	
	西面钻孔区	J		5.61E-05	2.5	达标	
	热处理区	K		3.66E-07	2.5	达标	
	北面参观通道	L		9.95E-07	2.5	达标	
	东面参观通道	M		4.95E-08	2.5	达标	
	东面参观通道	N		1.82E-04	2.5	达标	
	厂房外北面	Y		2.68E-07	2.5	达标	
	厂房外东面	Z		5.73E-08	2.5	达标	
项目探伤室所在厂房为一层结构，顶部不上人，经预测项目各探伤室四周屏蔽体外30cm 处辐射剂量率均能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 要求 ( $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ )，探伤室顶部 30cm 处辐射剂量率均能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 要求 ( $\leq 100\mu\text{Sv}/\text{h}$ )，周边各关注点处辐射剂量率均能满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)关注点最高剂量率参考控制水平 ( $\leq 2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ )。							
2) 工作人员及公众受照射辐射剂量							
①辐射剂量控制水平							
根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 6.1.3-a: 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对辐射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对于公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 。							
根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)，任何工作人员的连续 5 年的年平均有效剂量不得超过 $20\text{mSv}$ ，公众所受到的年有效剂量不应超过 $1\text{mSv}$ 。该报告取职业照射年平均有效剂量限值的四分之一作为该项目的职业照射剂量约束值，取公众年平均有效剂量限值的十分之一作为该项目的公众照射剂量约束值，即该项目的辐射工作人员的年有效照射剂量应不超过 $5\text{mSv}/\text{a}$ ，公众的年有效照射剂量不超过 $0.1\text{mSv}/\text{a}$ 。							

## ②辐射工作人员及公众受照射辐射剂量估算

辐射工作人员及公众受照射辐射剂量主要考虑泄漏辐射及散射辐射剂量，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，计算人员在关注点处的有效剂量如下：

$$H_{\text{年}} = \sum H_i \times t_{\text{年}} \times U \times T / 1000 \quad (11-5)$$

$$H_{\text{周}} = \sum H_i \times t_{\text{周}} \times U \times T \quad (11-6)$$

式中：

$H_i$ ：X 射线探伤机在关注点处的辐射剂量率预测值， $\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

$U$ ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；项目 X 射线检测设备有用线束朝设备上方照射，探伤室四周各方向使用因子保守取 1。

$T$ ：人员在相应关注点驻留参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) 附录 A 的居留因子。

$t_{\text{年}}$ ：辐射工作人员及公众年受照时间， $\text{h/a}$ 。

$t_{\text{周}}$ ：辐射工作人员及公众周受照时间， $\text{h/周}$ 。

$H_{\text{年}}$ ：各 X 射线探伤机在关注点处年有效剂量， $\text{mSv/a}$ 。

$H_{\text{周}}$ ：各 X 射线探伤机在关注点处周有效剂量， $\text{mSv/周}$ 。

根据项目设计，项目单工位轮毂 X 光检测设备（1#探伤机）为手动操作设备，主要用于工件抽检，抽检数量约占生产总量的 20%。项目年产 100 万套车轮，则单工位轮毂 X 光检测设备抽检轮辐的数量约为 20 万件/a。按年运行 50 周计，平均每周需检测 4000 件。每个工件检测曝光时间约为 27s，则单工位轮毂 X 光检测设备周曝光时长约 27.6h，年曝光时长约 1500 小时。

在线轮毂检测设备检测（2#、3#探伤机）为全自动运行设备，工件自动上下件，通过操作系统设置，X 射线探伤机在轮毂检测完毕时自动关闭，上下件完毕后主控室铅门关闭，X 射线探伤机自动开启。项目年产 100 万套车轮，则在线轮毂检测设备的检测数量为 100 万件/a，项目共设置 2 台在线轮毂检测设备同时运行，每台检测数量为 50 万件/a，按年运行 50 周计，平均每台每周需检测 10000 件。项目在线轮毂检测设备每个工件检测曝光时间约为 30s，则每台在线轮毂检测设备周曝光时长约 83.4h，年曝光时长约 4170 小时。

1#探伤机每天运行一个班次，2#、3#探伤机每台每天运行 2 个班次。辐射工作人员及周边公众每天受照射时间按一个班次计，则辐射工作人员及周边公众受到 1#探伤机的照射

时长约为 27.6h/周 (1500h/a) 计, 受到 2#、3#探伤机的照射时长约为 41.7h/周 (2085h/a)。计算辐射工作场所及周边公众场所人员受照射剂量见下表:

表 11-12 工作人员及公众受照射辐射剂量估算表

关注点			保护目标	辐射源	U	T	在关注点处辐射剂量率预测值 $H_i$ ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	曝光时间		工作人员及公众受照射剂量预测结果	
								年 (h/a)	周 (h/周)	年 (mSv/年)	周 ( $\mu\text{Sv}/\text{周}$ )
1#探伤室	操作室	F1	辐射工作人员	1#探伤机	1	1	1.10E-08	1500	27.6	1.65E-08	3.04E-07
				2#探伤机	1	1	2.16E-08	2085	41.7	4.51E-08	9.02E-07
				3#探伤机	1	1	1.72E-08	2085	41.7	3.58E-08	7.17E-07
				合计	1	1	4.98E-08	/	/	<b>9.75E-08</b>	<b>1.92E-06</b>
2#探伤室	操作室	F2	辐射工作人员	1#探伤机	1	1	2.57E-11	1500	27.6	3.86E-11	7.09E-10
				2#探伤机	1	1	2.23E-03	2085	41.7	4.66E-03	9.31E-02
				3#探伤机	1	1	7.74E-07	2085	41.7	1.61E-06	3.23E-05
				合计	1	1	2.23E-03	/	/	<b>4.66E-03</b>	<b>9.32E-02</b>
3#探伤室	操作室	F3	辐射工作人员	1#探伤机	1	1	2.00E-11	1500	27.6	2.99E-11	5.51E-10
				2#探伤机	1	1	1.09E-03	2085	41.7	2.28E-03	4.56E-02
				3#探伤机	1	1	2.23E-03	2085	41.7	4.66E-03	9.31E-02
				合计	1	1	3.33E-03	/	/	<b>6.94E-03</b>	<b>1.39E-01</b>
周边关注点	南面铸造区	G	公众(厂区职工)	1#探伤机	1	1	2.30E-09	1500	27.6	3.44E-09	6.33E-08
				2#探伤机	1	1	1.99E-08	2085	41.7	4.14E-08	8.28E-07
				3#探伤机	1	1	1.59E-08	2085	41.7	3.32E-08	6.64E-07
				合计	1	1	3.81E-08	/	/	<b>7.80E-08</b>	<b>1.55E-06</b>
	西面机加工区域	H	公众(厂区职工)	1#探伤机	1	1	5.22E-13	1500	27.6	7.83E-13	1.44E-11
				2#探伤机	1	1	4.48E-08	2085	41.7	9.33E-08	1.87E-06
				3#探伤机	1	1	3.44E-08	2085	41.7	7.18E-08	1.44E-06
				合计	1	1	7.92E-08	/	/	<b>1.65E-07</b>	<b>3.30E-06</b>
	西面钻孔区	J	公众(厂区职工)	1#探伤机	1	1	1.58E-13	1500	27.6	2.37E-13	4.36E-12
				2#探伤机	1	1	2.73E-05	2085	41.7	5.69E-05	1.14E-03
				3#探伤机	1	1	2.88E-05	2085	41.7	6.00E-05	1.20E-03
				合计	1	1	5.61E-05	/	/	<b>1.17E-04</b>	<b>2.34E-03</b>
	热处理区	K	公众(厂区职工)	1#探伤机	1	1	3.95E-11	1500	27.6	5.92E-11	1.09E-09
				2#探伤机	1	1	2.40E-07	2085	41.7	5.01E-07	1.00E-05
				3#探伤机	1	1	1.26E-07	2085	41.7	2.62E-07	5.25E-06
				合计	1	1	3.66E-07	/	/	<b>7.64E-07</b>	<b>1.53E-05</b>
东面参观通道	L	公众(厂区职工)		1#探伤机	1	1/2	1.41E-11	1500	27.6	1.06E-11	1.95E-10
				2#探伤机	1	1/2	2.53E-07	2085	41.7	2.63E-07	5.27E-06
				3#探伤机	1	1/2	7.42E-07	2085	41.7	7.74E-07	1.55E-05
				合计	1	1/2	9.95E-07	/	/	<b>1.04E-06</b>	<b>2.07E-05</b>
东面车间通道	M	公众(厂区职工)		1#探伤机	1	1/2	2.32E-12	1500	27.6	1.74E-12	3.20E-11
				2#探伤机	1	1/2	2.22E-08	2085	41.7	2.31E-08	4.62E-07
				3#探伤机	1	1/2	2.73E-08	2085	41.7	2.85E-08	5.69E-07
				合计	1	1/2	4.95E-08	/	/	<b>5.16E-08</b>	<b>1.03E-06</b>
东面车间通道	N	公众(厂区职工)		1#探伤机	1	1/2	1.69E-13	1500	27.6	1.27E-13	2.33E-12
				2#探伤机	1	1/2	8.93E-05	2085	41.7	9.31E-05	1.86E-03
				3#探伤机	1	1/2	9.29E-05	2085	41.7	9.68E-05	1.94E-03

			合计	1	1/2	1.82E-04	/	/	<b>1.90E-04</b>	<b>3.80E-03</b>
厂房外北面	Y	公众 (厂区 职工)	1#探伤机	1	1/8	1.02E-11	1500	27.6	1.91E-12	3.52E-11
			2#探伤机	1	1/8	9.47E-08	2085	41.7	2.47E-08	4.93E-07
			3#探伤机	1	1/8	1.73E-07	2085	41.7	4.51E-08	9.02E-07
			合计	1	1/8	2.68E-07	/	/	<b>6.98E-08</b>	<b>1.39E-06</b>
厂房外东面	Z	公众 (厂区 职工)	1#探伤机	1	1/8	1.51E-13	1500	27.6	2.84E-14	5.22E-13
			2#探伤机	1	1/8	3.00E-08	2085	41.7	7.83E-09	1.57E-07
			3#探伤机	1	1/8	2.73E-08	2085	41.7	7.11E-09	1.42E-07
			合计	1	1/8	5.73E-08	/	/	<b>1.49E-08</b>	<b>2.99E-07</b>

根据上表预测结果可知，本项目多台 X 射线探伤机同时运行情况下，工作人员周照射剂量最大值为  $0.139\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众周照射剂量最大值为  $3.80 \times 10^{-3}\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，均符合《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)中“人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大于  $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于  $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ”的要求。

对工作人员职业照射的附加年有效剂量不超过  $6.94 \times 10^{-3}\text{mSv/a}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，亦低于管理限值  $5\text{mSv/a}$ ；对公众照射的附加年有效剂量均不超过  $1.90 \times 10^{-4}\text{mSv/a}$ ，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求，亦低于管理限值  $0.1\text{mSv/a}$ 。

#### 11.2.4 “三废”环境影响分析

##### 1、废气环境影响分析

空气在射线的强辐射下，吸收能量并通过电离作用产生臭氧 ( $\text{O}_3$ )、氮氧化物等有害气体，根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)可知，探伤室应设置通风装置并保证有效换气次数 3 次/h 以上。本项目各探伤室设计有效换气次数不低于 3 次/h，在此情况下，探伤室残留的臭氧 ( $\text{O}_3$ )、氮氧化物浓度很低，能保证室内空气的流通，满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022)中通风换气相关要求。

##### 2、废水环境影响分析

工作人员生活污水依托厂区污水管网收集后排入园区污水处理厂处理后达标排放，对水环境影响很小。

##### 3、固体废物环境影响分析

项目成像单元采用数字成像平板探测器，无需使用胶片及洗片，因此本项目探伤机不产生废显(定)影液等危险废物。工作人员产生的生活垃圾和办公垃圾由建设单位进行集中收集后并交由环卫部门统一处理，对环境影响很小。

## 11.3 辐射事故影响分析

### 11.3.1 事故情景

项目 X 射线机受开机和关机控制，X 射线机关机时没有射线发出。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

- ①装载门安全联锁装置发生故障，射线装置开启时有不知情的人员误入射线装置屏蔽体内部引起误照射；
- ②装载门安全联锁装置发生故障，装载门没有关到位的情况下开启射线装置导致屏蔽体外的人员受到误照射；
- ③工作人员操作失误，有工作人员还在屏蔽体内部的情况下，外面的工作人员关闭装载门开启射线装置，使停留在屏蔽体内部内的工作人员被误照射。
- ④装置维修维护时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启射线发生器产生射线，使维修维护人员受到意外照射。

### 11.3.2 辐射事故防范措施

(1) 辐射工作人员按要求佩戴个人剂量计，配备便携式 X- $\gamma$  辐射剂量仪、铅房内配有固定式剂量报警仪、门-机联锁装置等。不得擅自改变、削弱或破坏 X 射线铅房的屏蔽体和铅防护门，如开空洞、开槽等。

(2) 撤离铅房时应清点人数，辐射工作人员用视频监控系统对铅房内进行扫视，确认无人停留在内后才能开始进行操作。同时，如遇 X 射线出束情况下人员滞留铅房内，操作台人员、滞留人员应立即按下急停按钮，停止照射。

(3) 定期检查铅房的门机联锁、灯机联锁装置、声光警示系统的有效性，发现故障及时清除，严禁违规操作。对项目布置的急停开关进行显著的标识，出现问题时，应就近按下急停开关。对于本项目涉及的安全控制措施及电控系统，制定定期检查和维护的制度。确保安全装置随时处于正常工作状态。辐射工作场地因某种原因损坏，公司应立即停止使用，修复后再投入使用。

(4) 配备便携式 X- $\gamma$  辐射剂量仪，定期巡测铅房屏蔽体的屏蔽效能，做好记录，重点巡测铅板接缝处、穿墙线洞口位置，以确保屏蔽体有足够的屏蔽能力。若发现问题，应及时解决，不得在屏蔽体出现问题后继续探伤作业。

(5) 安排专人负责项目设备的维护保养以及保管，建立严格的设备台账制度，在丢失后应及时报告相关部门，并积极配合调查取证。

此外，辐射工作人员必须加强专业知识学习，加强防护知识培训，避免犯常识性错误；加强职业道德修养，增强责任感，严格遵守操作规程和规章制度；管理人员应强化管理，保证按照相关标准要求进行探伤工作。

### 11.3.3 辐射应急措施

如发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取以下应急措施：

- (1) 第一时间切断设备电源，确保 X 射线机停止出束，现场负责人设置警戒线，组织人员远离，防止无关人员进入，同时将事故情况上报应急领导小组；
- (2) 应急领导小组初步评估受照剂量，组织人力将受照人员送往医院，并联系市疾控中心进行检测；
- (3) 现场负责人填写辐射事故现场调查表，随时反馈信息；应急领导小组在 2h 内填写《辐射事故初始报告表》并上报给所在地生态环境主管部门，必要时向所在地公安部门报告，可能造成人员超剂量照射时应同时向所在地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

## 12.1 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和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规要求, 使用 II 类射线装置的单位应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; 辐射工作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和考核。

### 12.1.1 辐射安全与防护管理领导小组

根据《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求, 应建立放射防护管理组织, 明确放射防护管理人员及其职责。建设单位拟成立辐射安全管理小组, 落实辐射机构的成员及其职责, 初步确定辐射安全管理小组由以下人员组成。

表 12-1 辐射安全管理小组

机构成员	姓名	职务	部门
组长	陈生	主管	赛博坦线
组员	冯当	总经理	总经办
	许劲	主管	安环部
辐射工作人员 5 人 (待定)		辐射工作人员	赛博坦线

管理小组职责包括:

- (1) 负责公司辐射安全与防护管理工作;
- (2) 组织对各项有关辐射安全与防护管理规章制度的制定和修订工作, 并负责对 X 射线探伤过程中相关规章制度、防护措施落实情况进行监督和检查;
- (3) 组织实施辐射安全与防护相关法律法规的培训学习, 并落实辐射工作人员上岗培训计划;
- (4) 负责辐射工作人员个人剂量和健康管理, 并组织开展辐射工作场所进行年度监测和年度评估报告的编制工作;
- (5) 负责对本公司所有辐射安全与防护措施、设备进行定期保养, 做好保养记录, 如有损坏及时协同有关部门进行处理。

### 12.1.2 辐射工作人员情况

根据环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年)第三章: 人员安全和防护, 使用射线装置的单位, 应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲, 对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责

人进行辐射安全培训，并进行考核，考核不合格的，不得上岗。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培训平台报名并参加考核。

建设单位拟配备 5 名辐射工作人员，所有辐射工作人员均为新增，落实前，建设单位将组织所有辐射工作人员在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名参加相应类别的辐射安全与防护培训，培训完成后，报名参加考试，取得合格证后才可上岗。

## 12.2 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》(2021 年第四次修正)，使用放射性同位素、射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。

建设单位初步制定了包括《辐射防护和安全保卫制度》、《自行检查及设备检修、维护制度》、《人员的培训、体检及保健制度》、《辐射事故应急预案》等一系列辐射安全规章制度。探伤室除了具有防止误照射和误操作的设施外，探伤室及射线装置由专人负责管理，定期对射线探伤装置及探伤室进行安全检查和记录，并有专人负责。

公司的各项管理制度符合国家相关法规要求。本项目投入运行后，公司应严格执行以上的规章制度，责任到人，将放射事故和危害降到最低限度。

## 12.3 辐射监测

本项目在运行期的辐射监测项目分为个人剂量监测、工作场所及环境监测。

### 1、个人剂量监测

工作人员除正确佩带个人剂量计外，还应当携带剂量报警仪。外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天，并按照部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)的要求建立个人剂量记录及监测档案管理制度，并对职业照射个人监测档案终生保存。

本项目运行后，将委托有资质的单位开展辐射工作人员个人剂量计进行监测。同时按照《放射工作人员健康标准》的相关规定，为辐射工作人员建立个人健康档案，做好上岗前的健康体检报告，合格者才能上岗；对从事辐射工作的工作人员建立职业健康监护档案，档案要终生保存，工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。

## 2、工作场所监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责。

(1) 工作场所监测分为自行监测和委托监测。自行监测每季度开展一次，由各部门组织，并对监测数据的真实性、可靠性负责。监测人员必须通过辐射安全与防护培训。委托监测每年开展一次，由各部门协调有资质的辐射监测单位进行。

(2) 工作场所辐射监测点位包括屏蔽室外四周人员可达位置、防护门外操作控制位。

(3) 采用便携式 X 射线辐射监测仪进行监测，做好监测记录。

(4) 每次监测结果均应建立档案保存，并交与专门办公室保管。

表 12-2 辐射监测计划一览表

监测类型	监测对象	监测点位	监测方案	监测项目及控制要求	监测频率	监测方式
环境质量监测	X 射线探伤室周边 50m 区域	X 射线探伤室周边 50m 内，监测高度距地 1m 处。	实测	X- $\gamma$ 辐射剂量率： $< 2.5\mu\text{Sv/h}$	每年 1 次	委托有资质单位监测
工作场所监测	X 射线探伤室	①探伤室周围巡测； ②探伤室外 30cm 离地面高度为 1m 处，门的左、中、右侧 3 个点和门缝四周各 1 个点； ③探伤室墙外 30cm 离地面高度为 1m 处，每个墙面至少测 3 个点； ④操作室及人员经常活动的位置；	实测	X- $\gamma$ 辐射剂量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	每季度 1 次	自行监测
		每次探伤结束后，检测探伤室的入口，以确保探伤机已经停止工作			每年 1 次	委托有资质单位监测
个人剂量监测	辐射工作人员	/	便携式 X- $\gamma$ 剂量率仪	无明显辐射，确保探伤机已停止工作	每次探伤结束后	自行监测
		/	佩戴个人辐射剂量计	年有效剂量： $\leq 5\text{mSv/a}$	每次探伤佩戴，每季度送检 1 次	委托有资质单位监测
		/	佩戴个人剂量报警仪	辐射剂量率： $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	每次探伤佩戴	自行监测
		/	/	健康体检	两年 1 次	委托有资质单位监测

## 3、辐射安全年度评估计划

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令 第 18 号）的相关规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向相关机关提交上

一年度的评估报告。

安全和防护状况年度评估报告应当包括下列内容，年度评估发现安全隐患的应当立即整改。

- (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) 射线装置台账；
- (5) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据；
- (6) 辐射事故及应急响应情况；
- (7) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；
- (8) 存在的安全隐患及其整改情况；
- (9) 其他有关法律、法规规定的落实情况。

## 12.4 辐射事故应急

按照《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)的要求：应制定辐射事故应急预案。

为使本单位一旦发生紧急辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众及环境的安全，建设单位初步制定了《辐射事故应急预案》，该《预案》包括：应急救援机构、应急处理要求、辐射事故分类与应急原则、辐射事故应急处理程序及应急制度和人员培训和演习计划等，

### 1、辐射事故应急机构

建设单位成立了辐射事故应急小组，本单位应急处理工作由辐射事故应急小组统一组织协调。辐射事故应急小组见表 12-3。

表 12-3 辐射事故应急小组成员一览表

机构成员	姓名	职务	部门
组长	陈生	主管	赛博坦线
组员	冯当	总经理	总经办
	许劲	主管	安环部
	辐射工作人员 5 人 (待定)	辐射工作人员	赛博坦线

辐射事故应急小组的主要职责：

- (1)贯彻执行国家和辐射事故应急处理工作的法律、法规及方针政策；
- (2)负责单位辐射事故应急处理预案的审定和组织实施；
- (3)组织、协调和指挥单位应急准备和应急响应工作，包括组织事故调查评价，审定

事故应急处理报告等工作;

(4)向辐射事故应急小组和单位最高主管报告应急处理工作情况提出控制辐射事故危害,保障员工安全与健康,保护环境等措施建议;

(5)负责单位辐射事故应急处理能力建设。

## 2、人员培训和演习计划

为使参加应急处理的人员能熟悉和掌握应急预案的内容,保持迅速、正确、有效地执行应急技能和知识,提高辐射工作人员应付突发事件的能力,应进行培训和演练。

(1)人员培训

培训对象包括应急小组成员、辐射工作人员。

培训内容包括应急原则和实施程序,辐射安全与防护专业知识,可能出现的辐射事故及辐射事故经验和教训,辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等。

(2)演练计划

辐射事故应急小组须定期(每年一次)组织应急演练,提高辐射事故应急能力,并通过演练逐步完善应急预案。

小结:建设单位按要求成立了辐射事故应急小组,明确了应急分工和职责,制定的《辐射事故应急预案》具有可操作性,保证在发生辐射事故时,做到责任和分工明确,能够迅速、有序处理。

表 13 结论与建议

### 13.1 结论

南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司拟在南宁产投创新产业园三期 7 号厂房内使用 1 台单工位轮毂 X 光检测设备 (ISD-NIX58-A16 (LG)) 、 2 台在线轮毂检测设备 (ISD-NIX580-A16 (LG)) (最大管电压均为 160kV, 最大管电流均为 11.25mA), 这 3 台 X 射线检测设备均为 II 类射线装置, 均用于铸件产品的无损检测。本项目属于核技术利用新建项目。

#### 1、辐射安全与防护分析结论

辐射安全与防护措施分析表明, 项目拟使用的射线装置的辐射屏蔽设计方案、各项辐射安全与防护措施、工作场所布局和分区等均满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)等国家相关标准的要求。辐射安全管理措施分析表明, 建设单位制定了较完善的辐射安全管理制度和辐射事故应急预案, 人员培训和辐射监测计划等均符合相关法规的要求。

#### 2、环境影响分析结论

理论分析表明, 项目运行时射线装置外关注点的辐射水平均能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)规定的周围剂量当量率控制要求; 工作人员及公众的有效受照剂量分别低于职业照射和公众照射剂量约束值, 满足国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求。

#### 3、可行性分析结论

项目属于核技术工业应用项目, 根据《产业结构调整指导目录(2024 年本)》, 本项目生产过程中没有涉及限制及淘汰的设备、工艺和产能, 符合国家产业政策。

本项目的应用有助于企业对产品的质量检测和把控, 有利于企业为社会提供安全优质的产品, 在落实有效的辐射安全与防护措施、管理措施后, 能最大程度减少对周围环境的影响, 从代价和利益的角度考虑, 符合辐射实践的正当性。

建设单位应对本项目进行严格管理, 按照辐射安全与防护要求工作。在落实了本报告提出的各项措施后, 本项目对环境的辐射影响能够满足国家有关法规和标准的要求, 从环境保护的角度考虑, 建设单位本次核技术利用项目建设是可行的。

综上所述, 南宁金固阿凡达汽车零部件制造有限公司建设的 X 射线探伤机应用项目, 在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施后, 其配置的 X 射线探伤机应用项目

的运行对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设是可行的。

## **13.2 建议与承诺**

### **13.2.1 建议**

建议项目单位认真做好以下几项工作：

- (1) 本项目批复后应及时办理辐射安全许可证；设备运行后，应及时开展竣工环境保护验收。
- (2) 公司应安排所有辐射工作人员参加培训并取得辐射安全与防护培训证书，并按规定定期接受复训，做到持证上岗。
- (3) 建设单位应按照相关规定对公司辐射工作人员进行个人剂量监测，同时应为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案。

### **13.2.2 承诺**

为保护环境、保障人员健康，公司承诺：

- (1) 按《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》要求开展个人剂量监测、工作场所监测以及对本单位射线装置的安全和防护状态进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关及当地生态环境部门提交上一年度的评估报告。
- (2) 接受生态环境部门的监督检查并及时整改检查中发现的问题。
- (3) 完善规章制度并保证各种规章制度和操作规程的有效执行。
- (4) 按要求开展竣工环境保护验收。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

公 章

经办人

年 月 日

审批意见:

公 章

经办人

年 月 日