

表 1 项目基本情况

建设项目名称	宝鸡钛业股份有限公司质量部铸件站 1#探伤室改造项目				
建设单位	宝鸡钛业股份有限公司				
法人代表	王文生	联系人	侯海锋	联系电话	18291709524
注册地址	陕西省宝鸡市高新开发区高新大道 88 号				
项目建设地点	陕西省宝鸡市渭滨区钛城路 1 号				
立项审批部门	/		批准文号	/	
建设项目总投资 (万元)	50	项目环保投资 (万元)	18.5	投资比例 (环保投资/总投资)	37%
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积 (m ²)	/
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"/> I类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
其它					
<p>项目概述</p> <p>一、建设单位概况</p> <p>1、建设单位简介</p> <p>宝鸡钛业股份有限公司成立于 1999 年 7 月，由宝钛集团有限公司作为主发起方设立，是中国最大的钛及钛合金生产、科研基地，是国家高新技术企业，所在地被誉为“中国钛城”、“中国钛谷”。公司目前已建立起“海绵钛、熔铸、锻造、板材、带材、无缝管、焊管、棒丝材、铸造、原料处理”十大生产系统，形成 30000t 钛铸锭和 20000t 钛加工材生产能力，是我国钛及钛合金生产、科研基地。</p> <p>2、项目由来</p> <p>为满足高端产品无损检测、理化检测及新技术研发等需求，并提高现有探伤机房</p>					

防护水平，宝鸡钛业股份有限公司拟对质量部铸件站现有 1#探伤室进行改造，现有探伤设备均已注销，本次探伤室改造完成后拟重新购置 4 台 X 射线探伤机（定向：350kV/5mA、300kV/5mA、250kV/5mA，周向：250kV/5mA）进行无损检测。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》，本项目需进行环境影响评价。根据《射线装置分类》，本项目为工业用 X 射线探伤装置，属于 II 类射线装置，依据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版），本项目属于“五十五、核与辐射—172、核技术利用建设项目”中“生产、使用 II 类射线装置的”项目，应编制环境影响报告表。

宝鸡钛业股份有限公司于 2020 年 11 月 30 日委托我公司对本项目开展环境影响评价工作。接受委托后，我公司随即组织技术人员开展资料收集、现场踏勘、数据核算等工作，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《宝鸡钛业股份有限公司质量部铸件站 1#探伤室改造项目环境影响报告表》。

二、项目概况

1、建设规模

宝鸡钛业股份有限公司拟对质量部铸件站现有 1#探伤室进行改造，现有探伤设备已于 2012 年停用。本次探伤室主要改造内容为：屋面增加防护厚度，工件防护门和迷道防护门增加防护厚度，并将手动门改造为自动门。改造完成后重新购置 4 台使胶片感光的 X 射线探伤机，其中定向探伤机照射方向向下，周向探伤机在水平面周向照射。本项目射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 射线装置情况表

序号	设备类型	型号	来源	具体参数		工作场所
1	X 射线探伤机	XXG-3505	丹东	最大管电压/管电流	350kV/5mA	宝鸡钛业股份有限公司质量部铸件站改造后 1#探伤室
				曝光类型	定向	
2	X 射线探伤机	XXG-3005	丹东	最大管电压/管电流	300kV/5mA	
				曝光类型	定向	
3	X 射线探伤机	XXG-2505	丹东	最大管电压/管电流	250kV/5mA	
				曝光类型	定向	
4	X 射线探伤机	XXHZ-2505	丹东	最大管电压/管电流	250kV/5mA	
				曝光类型	周向	

2、工作制度及劳动定员

本项目 X 射线探伤室改造完成后，由宝鸡钛业股份有限公司质量部负责管理，X

射线探伤室定员3人，拟从现有辐射工作人员中调配。现有辐射工作人员均已进行辐射安全培训并取得合格证书，配备了个人剂量计，进行了职业健康体检，建立了个人剂量档案和健康档案。

根据建设单位提供的资料，项目建成后，4台X射线机不同时使用，每次最多使用1台，1台预计年工作50周，最多出束时长15h/周，年最长出束时间为750h。

三、产业政策符合性及实践正当性分析

本项目利用射线装置进行无损检测，系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据《产业结构调整指导目录（2019年本）》，属于鼓励类中“十四、机械—6、科学研究、智能制造、测试认证用测量精度达到微米以上的多维几何尺寸测量仪器，自动化、智能化、多功能材料力学性能测试仪器，工业CT、三维超声波探伤仪等无损检测设备，用于纳米观察测量的分辨率高于3.0纳米的电子显微镜”中的“工业CT无损检测设备”，符合国家产业政策。

项目建成后可提升宝鸡钛业股份有限公司的无损检测技术水准，提高整体装备水平和产品质量。在综合考虑社会、经济和其他因素之后，X射线对社会所带来的利益远大于可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

四、项目选址及周边环境关系

(1) 地理位置

项目位于陕西省宝鸡市渭滨区钛城路1号，地理位置与交通图见图1-1。

(2) 周边环境关系

X射线探伤室位于姚家山村宝鸡钛业股份有限公司厂区内，探伤室西侧紧邻厂区墙体，东南侧临路为机加车间等，南侧为洗片室，北侧为控制室，东北侧为危废暂存间、一区变电所、废物料厂房、模型厂房、成品车间办公室等，X射线探伤室上方无建筑，地下为土层。

X射线探伤室位置及周边环境关系示意图见图1-2，X射线探伤室平面布置见图1-3。



图 1-1 地理位置与交通图



图 1-2 X 射线探伤室位置及周边环境关系示意图

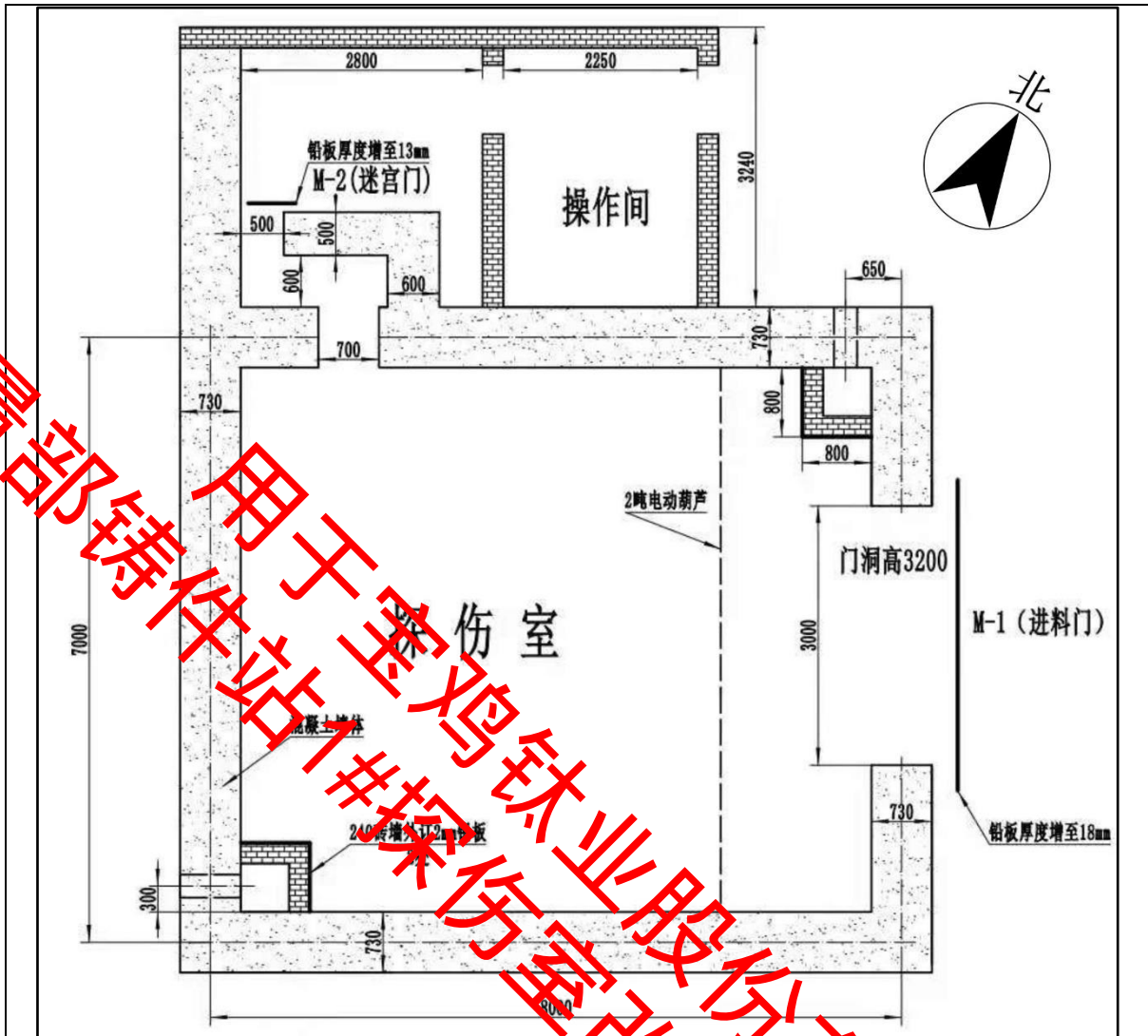


图 1-3 X 射线探伤室平面布置图

五、现有核技术利用项目情况

1、现有核技术利用项目许可情况

2020年8月1日宝钛集团有限公司取得变更后的辐射安全许可证，许可证编号为陕环辐证（10017），许可证种类和范围为使用II类射线装置，使用IV类放射源，有效期至2025年7月31日。宝鸡钛业股份有限公司核技术利用项目许可统一纳入宝钛集团有限公司统一管理，辐射安全许可证台账明细见表1-2。

表 1-2 宝钛集团有限公司辐射安全许可证台账明细

放射源							
序号	核素	出厂日期	出厂活度 (贝可)	编码	类别	用途	场所
1	²⁴¹ Am	20041201	3.7E+9	0104AM223234	IV	测厚仪	宝鸡市渭滨区钛城路1号钛带材料公司四车间
2	²⁴¹ Am	20041201	3.7E+9	0104AM223224	IV	测厚仪	
射线装置							
序号	装置名称	规格型号	类别	场所		活动种类	
1	工业探伤机	XXG2505	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：铸件站探伤室		使用	
2	工业探伤机	XYD-225	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：铸件站探伤室		封存未用	
3	工业探伤机	XXG2005	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：铸件站探伤室		已坏	
4	工业探伤机	MXR451/26	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：铸件站探伤室		已坏	
5	工业探伤机	Y.TC450/240	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：铸件站探伤室		使用	
6	工业探伤机	XXGH2505	II类	宝鸡市钛城路1号宝钛特种金属有限公司：宝钛特种金属探伤室		使用	
7	工业探伤机	XXGH2505	II类	宝鸡市钛城路1号宝钛特种金属有限公司：宝钛特种金属探伤室		使用	
8	工业探伤机	XXGHZ3505	II类	宝鸡市钛城路1号宝钛特种金属有限公司：宝钛特种金属探伤室		使用	
9	工业探伤机	EV0-200D	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：复合板站探伤室		使用	
10	工业探伤机	XXG3005C	II类	宝鸡市钛城路1号质量部：复合板站探伤室		使用	

2、辐射安全管理现状

宝鸡钛业股份有限公司隶属于宝钛集团有限公司，其辐射环境安全纳入宝钛集团有限公司管理。根据《宝钛集团有限公司 2020 年辐射安全年度评估报告》对宝钛集团有限公司的辐射安全管理现状进行说明：

(1) 辐射防护管理机构

宝钛集团有限公司已成立辐射管理工作监督管理小组，组长为主管生产的副总经理，成员由各辐射工作单位的行政一把手和环保管理人员组成。办公室设在生产安全环保部。

(2) 规章制度建设及落实情况

公司已制定了一系列辐射环境管理规章制度，包括辐射设备操作规程、辐射防护管理制度等。公司已编制并下发了《宝钛集团有限公司辐射事故应急预案》，确保辐射作业中的安全防护。

(3) 工作人员培训情况

目前，宝钛集团有限公司在岗辐射工作人员 18 人，均已参加陕西省核安全辐射工作单位人员技术培训，并取得合格证书。

(4) 个人剂量检测及职业健康检查情况

公司为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质单位承担辐射工作人员个人剂量检测工作，每季度检测 1 次。根据陕西新高科辐射技术有限公司出具的职业性外照射个人剂量监测报告，2020 年 1 月至 2020 年 12 月期间，宝鸡钛业股份有限公司质量部放射工作人员个人剂量当量为 0.16~0.94mSv，未超过《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中规定的剂量限值，检测数据由环保监督科存档。

现有辐射工作人员于 2019~2020 年在延安大学咸阳医院进行职业健康体检，体检结果显示适宜从事辐射工作。

(5) 工作场所及辐射环境监测情况

公司现有 1 台 X-γ 辐射巡测仪，并制定了《宝钛集团有限公司辐射环境监测方案》，委托有资质单位对辐射工作场所每年进行 1 次定期监测，后期应根据使用放射源及射线装置的厂区数量适当增加监测仪器。

根据西安志诚辐射环境检测有限公司出具的 2020 年宝钛集团有限公司核技术利用项目辐射环境监测报告(监测报告编号: XAZC-JC-2020-237, 见附件), 宝钛集团有限公司控制室、车间空地(辐射环境背景)、现有探伤室周围及关注点的 X、γ 辐射剂量率测量值范围均符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015), 现有钛带材料公司四车间 2 台测厚仪外表面 5cm 和 100cm 处以及操作台 X、γ 辐射剂量率测量值均符合《含密封源仪表的放射卫生防护要求》(GBZ 125-2009)。

公司已按时向陕西省生态环境厅提交 2020 年度放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。

六、评价目的

(1) 通过对公司拟新增射线装置基础资料收集、分析及对拟改造场所辐射环境水平的监测，了解项目所在区域辐射环境背景情况。

(2) 通过对公司拟改造后场所新增射线装置产生的辐射环境影响进行预测、分析，确定其对环境的影响程度与影响范围，分析辐射防护措施的效果，提出减少辐射影响的防护措施。

(3) 对项目运行过程中对周围环境可能产生的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”。

(4) 满足国家和地方环境保护部门对项目环境管理规定的要求，为项目的辐射环境管理提供科学依据。

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：包括民用、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	X 射线探伤机	II类	1	XXG-3505	350	5	无损检测	宝鸡钛业股份有限公司质量部铸件站 现有 1#探伤室	新增
2	X 射线探伤机	II类	1	XXG-3005	300	5	无损检测		新增
3	X 射线探伤机	II类	1	XXG-2505	250	5	无损检测		新增
4	X 射线探伤机	II类	1	XXHZ-2505	250	5	无损检测		新增

(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)	最大管电流 (mA)	中子强度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										厚度 (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	年排放量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
废显（定）影液	液体	/	/	/	230L	/	专用容器分类收集，暂存在暗室内	定期交由有资质单位处置
废胶片	固体	/	/	/	10kg	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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》(修订版), 2015 年 1 月 1 日;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》, 2018 年 12 月 29 日;</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日;</p> <p>(4) 《建设项目环境影响评价分类管理目录》(2021 年版);</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院令 449 号, 2005 年 12 月 1 日实行, 国务院令 709 号修订, 2019 年 3 月 2 日起实施;</p> <p>(6) 《关于修改<放射性同位素与射线装置安全许可管理办法>的决定》, 环保部令 第 7 号, 2019 年 8 月 22 日;</p> <p>(7) 《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;</p> <p>(8) 《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 6 日;</p> <p>(9) 《陕西省放射性污染防治条例(2019 年修正)》, 2019 年 11 月 6 日发布;</p> <p>(10) 《关于印发新修订的<陕西省核技术和利用单位辐射安全管理标准化建设项目表>的通知》, 陕环办发〔2018〕29 号文。</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》(GB 18871-2002);</p> <p>(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015);</p> <p>(3) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ 125-2014);</p> <p>(4) 《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001) 及其修改单;</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) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2021)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 《辐射防护导论》;</p> <p>(2) 《放射卫生学》;</p> <p>(3) 宝鸡钛业股份有限公司质量部铸件站 1#探伤室改造项目环境影响评价委托书。</p>

表 7 保护目标及评价标准

<p>评价范围</p> <p>根据《辐射环境保护管理导则—核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)中“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”的要求,确定本项目评价范围为射线装置实体屏蔽墙为边界,半径 50m 范围内的区域,评价范围图见图 1-2。</p>					
<p>保护目标</p> <p>根据 X 射线探伤室周边环境关系(见图 1-3),项目环境保护目标主要为辐射工作人员、探伤室周边其他工作人员及公众。详见表 7-1。</p>					
<p>表 7-1 本项目主要环境保护目标</p>					
工作场所	保护对象	人数	相对方位	相对探伤室距离(m)	剂量约束值(mSv/a)
X 射线探伤室	辐射工作人员	3 人	北侧控制室	0m	5
			南侧暗室、洗片室	2m	
	公众	约 30 人	北侧成品车间办公室	50m	0.25
		约 10 人	北侧模锻厂房	50m	
		约 15 人	东南侧成品车间(机加、精整)	26~50m	
		约 20 人	东南侧包装车间	42~50m	
		约 10 人	西侧陈家山村	23~50m	
流动人员	西侧活动广场、绿化区,西、北侧道路,北侧废物料厂房、危废暂存间,南侧库房	14~50m			

评价标准

一、职业人员和公众的辐射剂量约束值

1、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职业水平进行控制,使之不超过下述限值:由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均),20mSv。

本项目职业照射年有效剂量管理约束值按本标准职业照射剂量限值的 1/4 执行,即 5mSv/a。

2、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。

本项目射线装置的公众照射年有效剂量管理约束值按本标准公众照射剂量限值的 1/4 执行，即 0.25mSv/a。

二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业 X 射线探伤装置和探伤作业场所及有关人员的放射卫生防护要求。本标准适用于 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置）的生产和使用。

4.1 防护安全要求

4.1.1 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

4.1.2 应对探伤工作场所进行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区，与墙壁外部相邻区域划为监督区。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 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 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/周；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4 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临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 4.1.3；

b) 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 μ Sv/h。

4.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，并保证在门（包括人员门和货物门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射。关闭门不能自动开始 X 射线照射。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。

4.1.6 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。“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。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。按钮或拉绳应当带有标签，标明使用方法。

4.1.11 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。

三 《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关内容

所有危险废物产生者和危险废物经营者应建造专用的危险废物贮存设施，也可利用原有构筑物改建成危险废物贮存设施。在常温常压下不水解的、不挥发的固体危险废物可在贮存设施内分别堆放，必须将危险废物装入容器内。禁止将不相容（相互反应）的危险废物在同一容器内混装。装载液体、半固体危险废物的容器内须留足够空间，容器顶部与液体表面之间保留 100mm 以上的空间。盛装危险废物的容器上必须粘贴符合本标准所示的标签。应当使用符合标准的容器盛装危险废物。装载危险废物的容器及材质要满足相应的强度要求。装载危险废物的容器必须完好无损。盛装危险废物的容器材质和衬里要与危险废物相容（不相互反应）。危险废物堆放场所基础必须防渗，防渗层为至少 1m 厚粘土层（渗透系数 $\leq 10^{-7}$ cm/s），或 2mm 厚高密度聚乙烯，或至少 2mm 厚的其他人工材料，渗透系数 $\leq 10^{-10}$ cm/s。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

1、项目地理和场所位置

项目位于陕西省宝鸡市渭滨区钛城路 1 号，地理位置见图 1-1；X 射线机探伤室位于姚家山村宝鸡钛业股份有限公司厂区内，具体位置见图 1-2。

2、辐射环境质量现状

建设单位委托西安志诚辐射环境检测有限公司于 2020 年 9 月 11 日对拟改造项目地及周围环境进行了辐射环境现状监测，监测报告编号 XAZC-JC-2020-172(见附件)。

(1) 监测因子：X、 γ 辐射剂量率

(2) 监测仪器

表 8-1 监测仪器一览表

监测仪器	环境监测用 X、 γ 辐射空气吸收剂量率仪		
型号规格	FD-3013R	仪器编号	XAZC-YQ-016
检出限	0.01 μ Sv/h~200 μ Sv/h	检定单位	上海市计量测试技术研究院
检定证书编号	2020H11-2019508586001	检定有效期	2020.5.20~2021.5.19

(3) 监测点位

拟改造质量部铸件站 1#探伤室及周围人员活动区域布点，监测点位具体见图 8-

1。



图 8-1 项目 X、 γ 辐射剂量率监测点位示意图

(4) 监测结果质量保证

① 监测人员持证上岗；

② 严格按照《辐射环境监测技术规范》(HJ/T 61-2001)、《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993) 和《环境监测用 X、 γ 辐射监测仪 第一部分 剂量率仪型》(EJ/T 984-1995) 进行监测；

③ 监测结果经三级审核，保证监测数据的准确。

(5) 监测结果

监测结果见表 8-2。

表 8-2 项目 X、 γ 辐射剂量率监测结果

监测点 位	点位描述	X、 γ 辐射剂量率 ($\mu\text{Gy/h}$)	
		测值范围	均值
1	1#探伤室内	0.13~0.16	0.15
2	控制室	0.15~0.17	0.16
3	洗片、评片室	0.12~0.15	0.14
4	1#探伤室外厂区道路	0.10~0.13	0.11
5	危废暂存间	0.10~0.13	0.11
6	成品车间(机加)	0.10~0.12	0.11
7	成品车间(精整)	0.10~0.12	0.11
8	包装车间	0.10~0.12	0.11
9	一区变电所门口	0.10~0.12	0.11
10	廖家沟村道路	0.09~0.11	0.10
11	廖家沟村活动广场	0.09~0.11	0.10
12	廖家沟村杜友生家	0.09~0.11	0.10
13	廖家沟村出租房	0.09~0.11	0.10
14	廖家沟村王栓录家	0.09~0.11	0.10

经现场监测，拟改造探伤室及周围各监测点位 X、 γ 辐射剂量率测量值范围为 0.09~0.17 $\mu\text{Gy/h}$ 。

参照《陕西省环境天然贯穿辐射水平调查研究》中表 5 陕西省原野、道路、建筑物室内 γ 辐射(空气吸收)剂量率和天然 γ 辐射所致人均年有效剂量当量，宝鸡地区原野 γ 辐射剂量率范围为 41.0~120.0nGy/h，平均值为 61.0nGy/h；宝鸡地区道路 γ 辐射剂量率范围为 37.0~146.0nGy/h，平均值为 67.0nGy/h；宝鸡地区室内 γ 辐射剂量率范围为 64.0~140.0nGy/h，平均值为 99.0nGy/h。经比较，本项目拟建场所辐射环境现状监测结果属于天然辐射环境本底波动水平。

表 9 项目工程分析和源项

工程设备和工艺分析

一、放射性污染源

本项目改造现有探伤室后新增 4 台 X 射线机，在工作时发出的 X 射线对产品进行无损检测。根据《关于发布<射线装置分类>的公告》，X 射线探伤机属于 II 类射线装置，事故时可以使受到照射的人员产生较严重放射损伤，其安全与防护要求较高。

二、工艺原理及产污环节

1. 工艺原理及组成

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金、钼等）制成。

当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接射向嵌在金属阳极中的靶体，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度，这些高速电子轰击靶物质，与靶物质作用产生韧致辐射，释放出 X 射线，X 射线探伤所利用的就是其释放出的 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

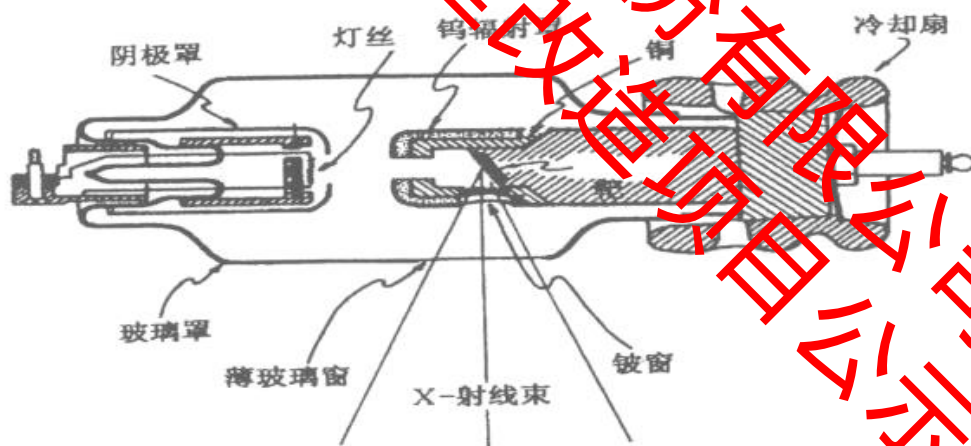


图 9-1 典型的 X 射线管结构图

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的无损检测装置，它利用射线透过物体时，会发生吸收和散射这一特性，通过测量材料中因缺陷存在影响射线的吸收来探测缺陷的。当 X 射线照射胶片或其他检测器时，与普通光线一样，能使胶片或其他检测器感光，接收射线越多的部位颜色越深。根据底片或检测器上有缺陷部位与

无缺陷部位的黑度图像不一样，就可判断出缺陷的种类、数量、大小等。

探伤机根据曝光类型可分为定向探伤机和周向探伤机，本项目包括 3 台 X 射线定向探伤机和 1 台周向探伤机。

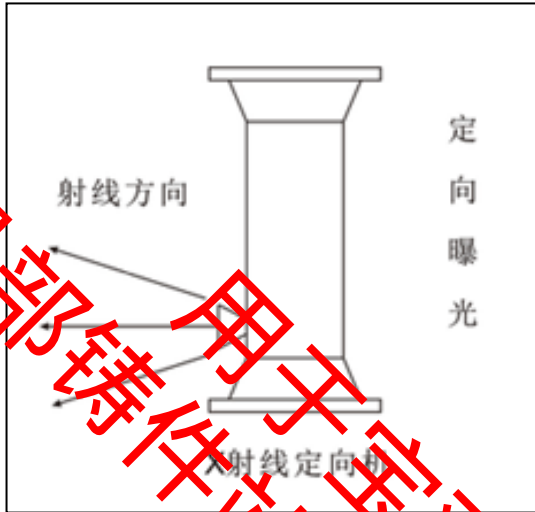


图 9-2 定向探伤机

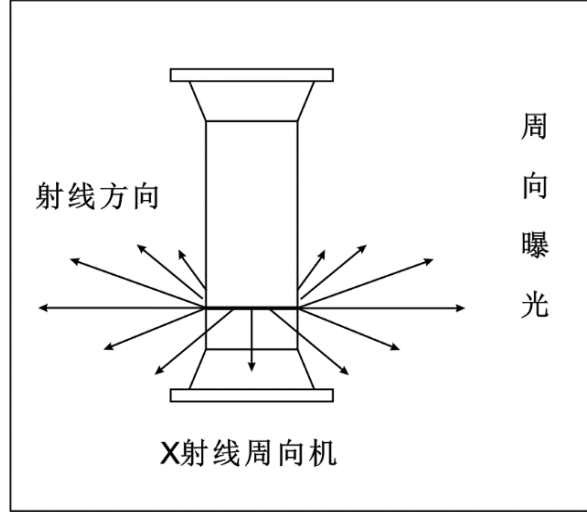


图 9-3 周向探伤机

2、工作流程及产污环节

项目4台X射线探伤机安装于同一座探伤室内，不同时工作，每次最多使用1台。

工作流程为：将工件运送至探伤室内，置于 X 射线发生器射线出束口附近，在工件的另一侧贴上胶片；将控制器与 X 射线发生器的连接电缆连接好，确认各连接电缆连接正确，接通电源、开机；根据检测工件的材料厚度设定曝光参数，（曝光所使用的管电压值和曝光时间值）启动曝光操作。曝光结束，取回胶片，洗片，根据胶片分析工件或容器焊缝是否有缺陷。

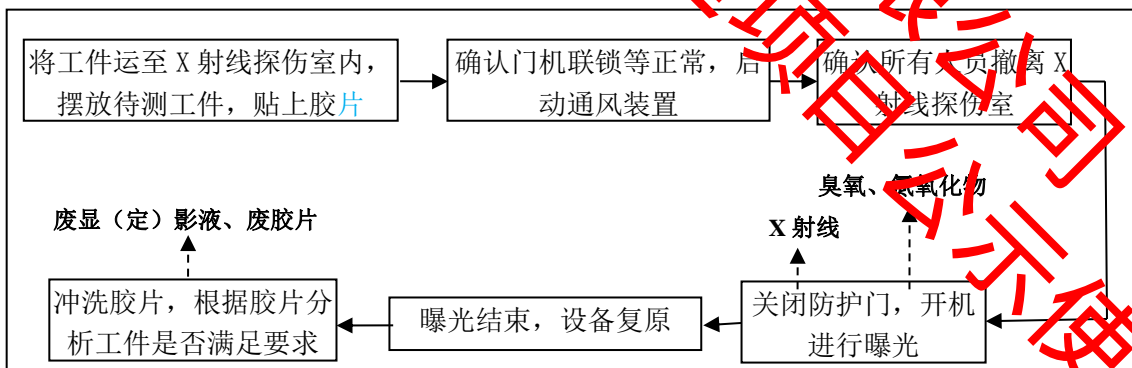


图 9-4 X 射线探伤机工作流程及产污环节图

3、正常工况的污染途径

X射线探伤机产生的韧致辐射X射线，主要通过透射、漏射、散射后等途径对工作场所及其周围环境产生辐射影响；空气在探伤机产生的X射线强辐射作用下，吸收

能量并通过电离作用产生O₃和NO_x等有害气体，可能对探伤室内外环境产生影响。

4、事故工况的污染途径

本项目在运行过程中可能发生的事故有：

- ① 开机检测时，门机联锁或报警系统失效，辐射工作人员或公众误入X射线探伤室内造成误照射。
- ② 人员未及时撤离探伤室，X射线探伤机运行产生误照射。
- ③ 门机联锁失效使防护门未完全关闭的情况下射线装置出束，防护门处泄露X射线对辐射工作人员及公众造成额外照射。

污染源项描述

1、X射线

X射线探伤机主要污染因子为开机曝光期间产生的X射线，随X射线探伤机的开、关而产生和消失，辐射途径为外照射。

2、O₃、NO_x

当电压为0.6kV以上时，X射线能使空气电离，本项目探伤机工作管电压分别为250kV、300kV、350kV，运行时产生的X射线会使空气电离产生少量O₃、NO_x。本项目X射线探伤室拟安装机械通排风系统，在开机状态下持续通风，排风管道外口设置于厂房顶部，避开人员活动密集的区域，在良好通风条件下，O₃和NO_x很快弥散在大气环境中，O₃在自然环境下分解成氧气。

3、废显（定）影液、废胶片

本项目X射线机拍片后洗片产生的废显（定）影液、废胶片为危险废物，属于《国家危险废物名录》中“HW16感光材料废物”。根据建设单位提供的资料，本项目开展后废显（定）影液预计产生量为230L/a，废胶片产生量预计为10kg/a。

项目X射线探伤室的暗室划定专用区域进行以上废物暂存，暂存区需进行防渗，废胶片装于收集箱内、废显（定）影液装于桶内，容器外粘贴危险废物标签，暂存区防渗及盛装容器需满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关要求。最终交由有资质单位处置。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、辐射工作场所分区及布局合理性分析

(1) 布局合理性分析

X 射线探伤室位于姚家山村宝鸡钛业股份有限公司厂区内，位置较独立，周边各方向人员活动较少。控制室位于探伤室北侧，定向 X 射线探伤机主要向下照射，避开控制室及迷道方向；周向 X 射线探伤机主要在水平面周向照射，布局较为合理，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全，操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向”的要求。

(2) 工作场所分区

控制区：将 X 射线探伤室防护门内的所有区域划分为控制区。建设单位应在防护门进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合规定的警告标志，防护门上方安装工作状态警示灯，设备正常工作时，警示灯亮，告诫无关人员远离探伤室。

监督区：根据现场调查，探伤室北侧紧邻控制室，西侧紧邻土层，南侧约 2m 为洗片室，东侧约 0.3m 为道路，因此将 X 射线探伤室西侧不划监督区，北侧控制室、南侧外 1m 范围，东侧外 0.3m 范围划分为监督区，采用黄色警戒线划出监督区的边界，设立表明监督区的标牌，探伤机工作过程中，除辐射工作人员外，其他人员应尽量远离监督区。

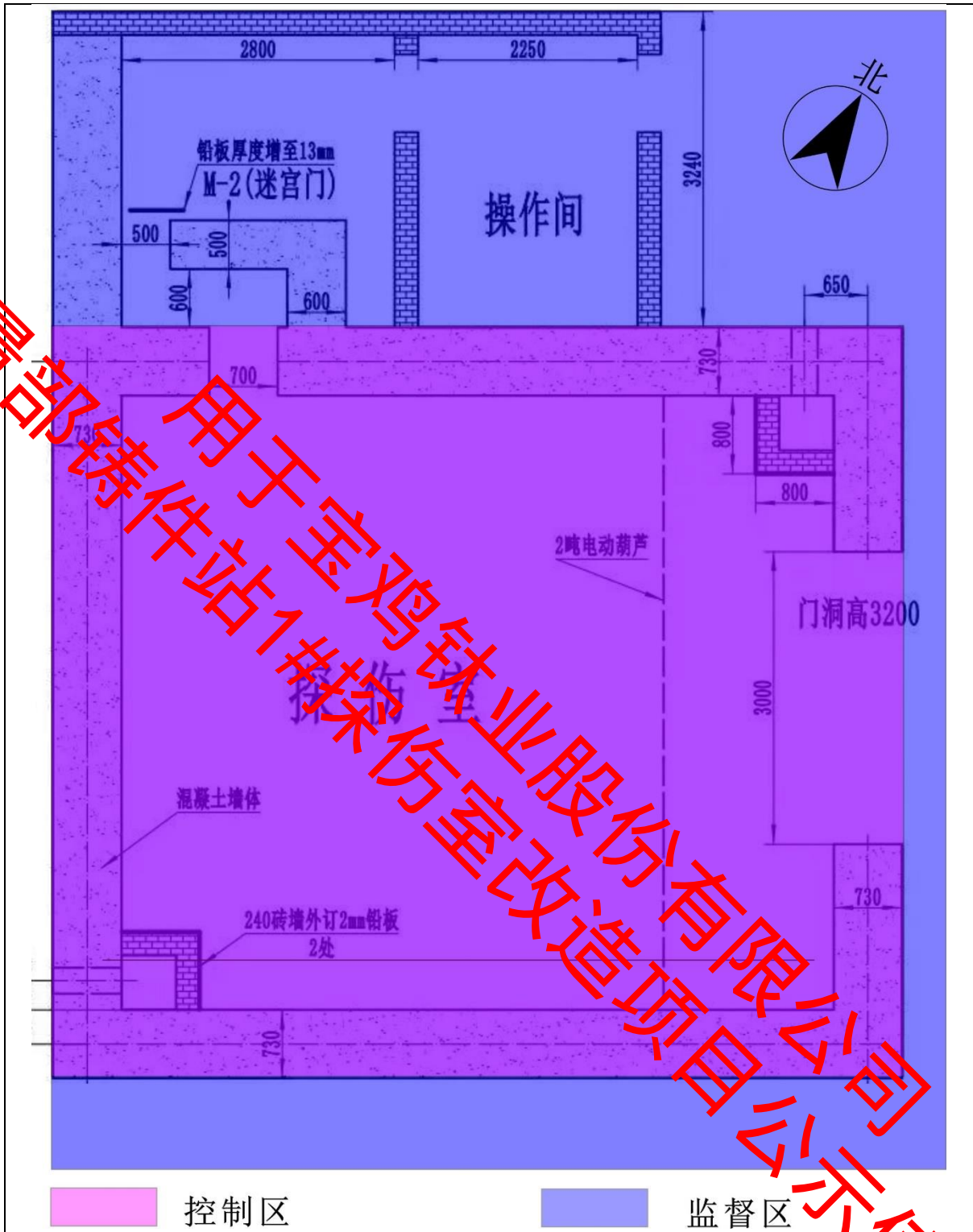


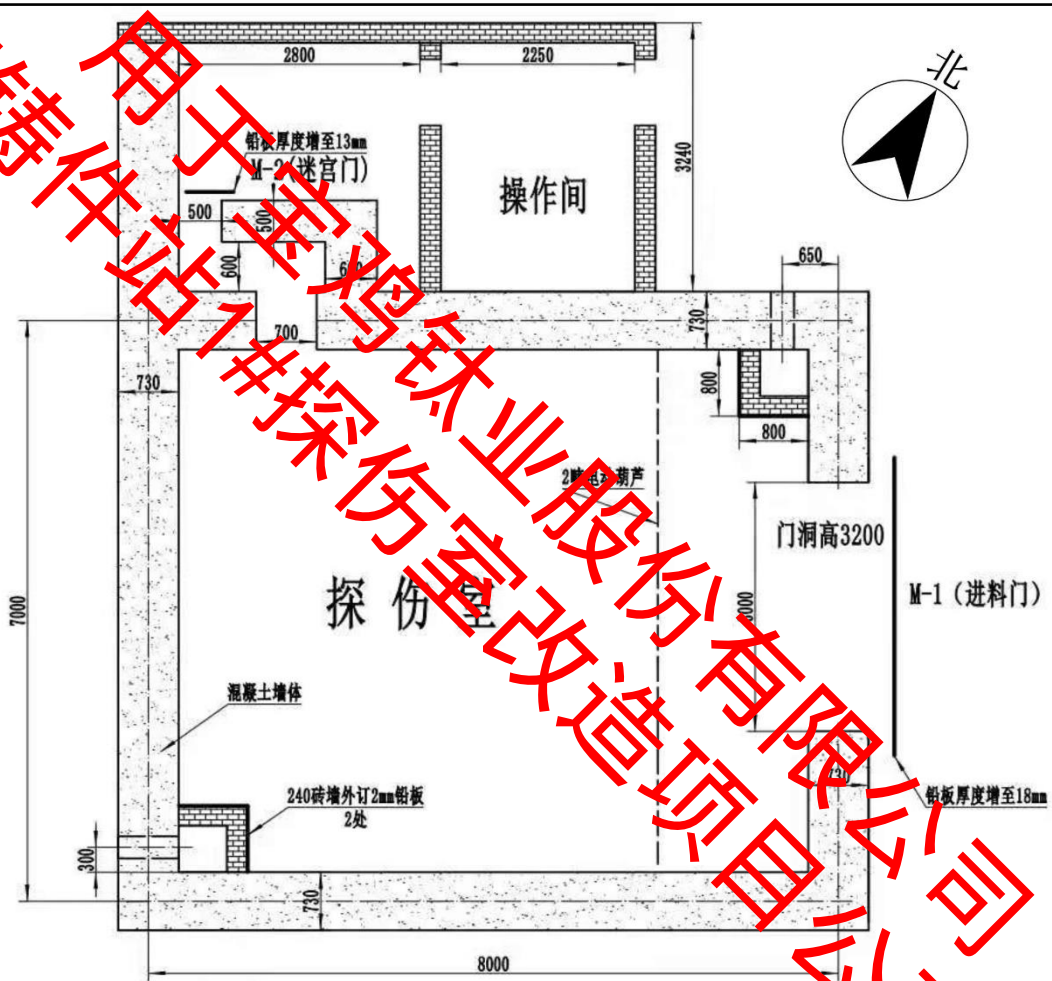
图 10-1 X 射线探伤室分区示意图

2、探伤室辐射屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，X 射线探伤室的屏蔽设计参数见表 10-1，X 射线探伤室屏蔽设计图见图 10-2。

表 10-1 X 射线探伤室屏蔽设计参数

场所	项目	屏蔽设计
X 射线探伤室	探伤室内净尺寸	长 7.27m×宽 6.27m×高 5.2m，迷道宽 0.7m×高 2.0m
	东墙	730mm 混凝土
	南墙	730mm 混凝土
	西墙	730mm 混凝土
	北墙	730mm 混凝土
	屋顶	350mm 混凝土
	东侧工件防护门	18mmPb
	迷道侧防护门	13mmPb
	迷道墙	500mm 混凝土



说明

- 1、进料门M-1：目前是用4mm铅板内外双层包裹，铅板总厚度8mm。按《350kV定向探伤机屏蔽厚度理论估算》要求：铅板厚度应>16mm，因此设计时可按9mm内外双层包裹，总厚18mm计算；
- 2、迷宫门M-2：目前是单层铅板，厚度8mm。按要求：铅板厚度应≥13mm，因此设计时可按总厚13mm计算；
- 3、探伤室内净高5200，操作室净高3200；
- 4、通风设备功率3Kw，风量1700m³/h；
- 5、计划使用4台探伤射线机，功率分别为350kw 1台、300kw 1台、250kw 1台、周向250kw 1台，一个工位。

图 10-2 X 射线探伤室屏蔽设计示意图

3、辐射安全措施

X 射线探伤室拟采取的防护措施如下：

① 探伤机控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置，设有钥匙开关和紧急停机按钮，设置辐射警告等标识，只有在打开钥匙开关后 X 射线管才能出束。

② X 射线探伤室工件防护门、迷道防护门设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与 X 射线探伤装置联锁，探伤室内外醒目位置设置清晰的信号意义说明。

③ X 射线探伤室工件防护门、迷道防护门上设置电离辐射警示标志和警示说明。

④ 探伤室内各面墙应各安装 1 个紧急停机按钮，或安装紧急停机拉绳，按钮或拉绳带有标签，标明使用方法。

⑤ X 射线探伤室内设置机械通风装置，通风量不小于 $1700\text{m}^3/\text{h}$ ，每小时有效通风换气次数不小于 7 次。排风管道出口避免朝向人员活动密集区。

⑥ X 射线探伤室通风系统紧贴探伤室墙角布设于探伤室内，2 处通风系统均采用 240 砖墙外订 2mm 铅板。

⑦ 铅防护门应考虑与周围侧壁的重叠搭接，根据经验，建议门与侧壁之间的间隙小于 1cm，门四周与侧壁及底面的重叠宽度应大于门缝的 10 倍，方能有效避免门缝处的射线泄露。

⑧ 辐射工作人员进入探伤室时应配备个人剂量计、个人剂量报警仪。

4、安全管理措施

① 制定 X 射线探伤机操作规范及管理辦法，加强辐射工作人员培训，提高安全防护意识。

② 定期对 X 射线探伤室的辐射安全防护设施进行检查，确保其安全防护性能。

③ 进入 X 射线探伤室的辐射工作人员应佩戴个人剂量报警仪，个人剂量计应定期送检，建立监测档案。

④ 宝钛集团有限公司目前已配备 1 台 X- γ 辐射巡测仪，运行后应针对本项目新增 1 台 X- γ 辐射巡测仪，定期对本次新增 X 射线探伤室进行巡测，并建立监测档案。每年委托有资质单位对新增探伤室进行不少于 1 次辐射工作场所环境监测，监测结果纳入本年度放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告，于次年 1 月

31 日前向辐射安全许可证发证机关和当地生态环境主管部门提交。

三废的治理

本项目不产生放射性“三废”，产生的非放射性废物主要包括 O₃、NO_x、废显（定）影液、废胶片。

1、O₃、NO_x

X 射线探伤机使用过程中产生一定量的 O₃、NO_x，X 射线探伤室内设置机械通风装置，排风量约 1700m³/h，每小时有效通风换气次数不小于 7 次，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）规定。

2、废显（定）影液、废胶片

本项目 X 射线探伤机拍片后洗片，将产生废显（定）影液约 230L/a，废胶片约 10kg/a，暗室划定专用区域进行危险废物暂存，暂存区需进行防渗，废胶片装于收集箱内、废显（定）影液装于桶内，容器外粘贴危险废物标签，暂存区防渗及盛装容器需满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及其修改单相关要求。最终交由有资质单位处置。危废处置协议见附件。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目 X 射线探伤室为改扩建，施工期对环境的影响主要为施工扬尘、噪声、固废及施工人员生活污水。施工期通过围挡等可有效避免对周边的扬尘影响。项目周边主要为厂房，距离居民区较远，施工期噪声影响较小。施工期生活废水可依托厂区现有污水处理设施处理，建筑垃圾由建设单位施工结束后统一运至建筑垃圾填埋场处置。综上所述，本项目建设阶段对环境产生影响较小。

运行阶段对环境的影响

一、辐射防护屏蔽能力分析

1、参数设置

根据建设单位提供的资料，本项目 4 台 X 射线探伤机安装于同一 X 射线探伤室内，不同时使用，每次最多使用 1 台。探伤工件主要为铸件，小型工件由辐射工作人员安放，大型工件用叉车、吊车等运送、吊装，工件最大尺寸为 1.5m×1.2m，探伤机最大穿透厚度为 120mm。

根据建设单位提供的资料，对以下 2 种使用情况进行估算：① 250kV、300kV、350kV 共 3 台 X 射线探伤机位置固定于图 11-1 所示区域，照射方向均向下，对 350kV 探伤机工作时所需屏蔽厚度进行估算。当探伤室满足 350kV 探伤机屏蔽要求时，也能够满足 250kV 和 300kV 定向探伤机屏蔽需求。② 250kV 探伤机使用位置固定于图 11-1 所示区域，照射方向为水平面周向照射，对 250kV 周向探伤机所需屏蔽进行估算。

综合考虑探伤室内导轨位置及工件的安装空间并结合建设单位提供资料，西围墙为土层，不考虑，对 350kV 定向探伤机和 250kV 周向探伤机所需屏蔽进行估算时，分别取以下三种情况进行估算：①与东墙外关注点距离取 3.73+0.3m，②与南墙外关注点距离取 1.73m+0.3m，③与北墙外关注点距离取 1.73+0.3m，X 射线探伤机与各墙体位置关系示意图 11-1。

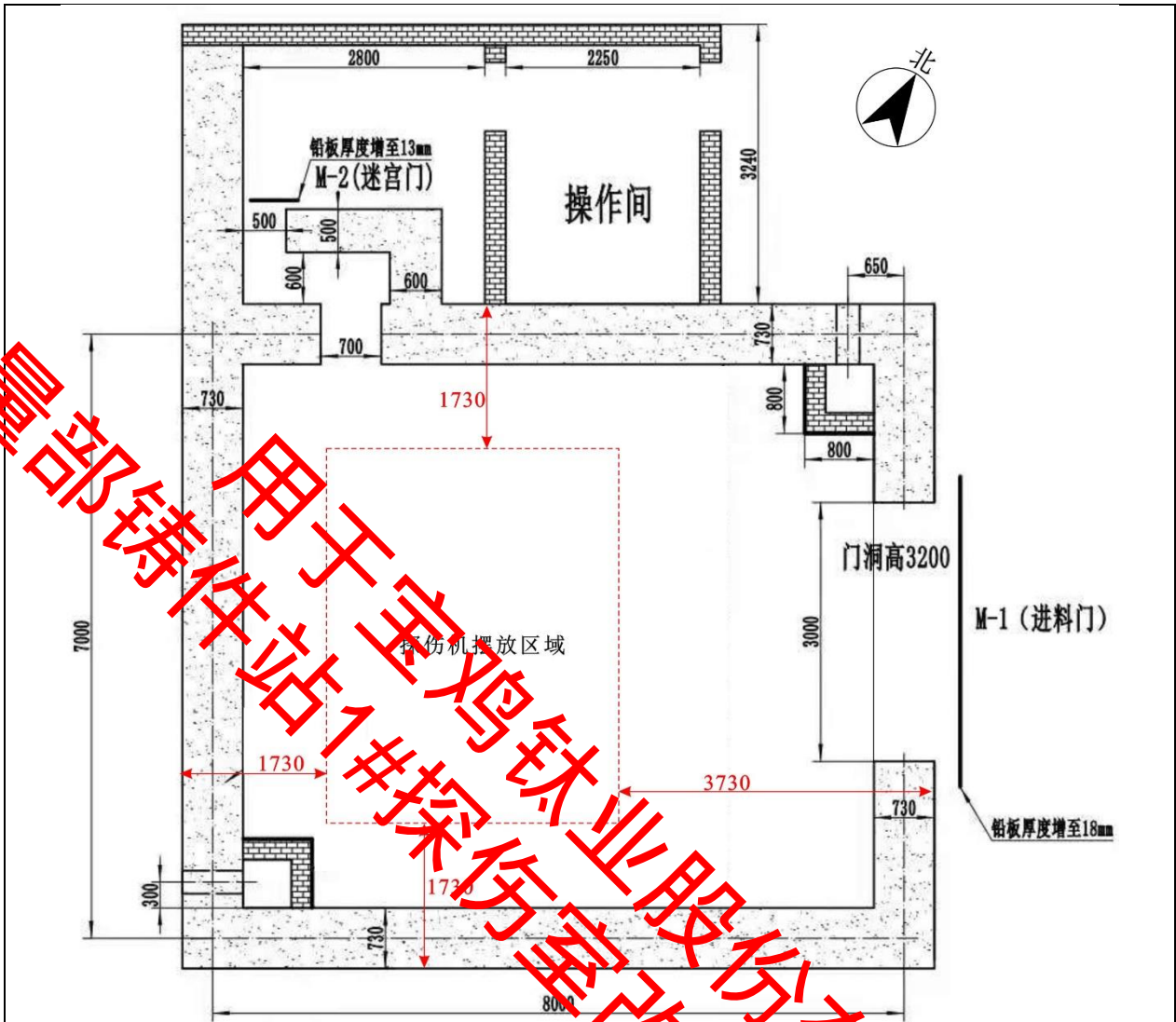


图 11-1 3 种不同位置探伤机与墙体位置关系图

350kV 探伤机有用线束输出量引用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中管电压 400kV, 3mm 铜过滤条件下的输出量 $25.5 \text{ mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 250kV 探伤机引用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中 0.5mm 铜过滤条件下的输出量 $16.5 \text{ mGy} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$, 周出束时间以 15h 计, 各关注点的距离、 V 、 U 因子见表 11-1。

表 11-1 X 射线探伤机及探伤室参数选取

序号	设备	屏蔽射线	关注点	使用因子 U	居留因子 T	辐射源与关注点距离 R (m)
1	350kV 探伤机	泄露+散射	东墙外 0.3m	1	1/16	4.03
2		泄露+散射	南墙外 0.3m	1	1/4	2.03
4		泄露+散射	北墙外 0.3m	1	1	2.03
5		泄露+散射	屋顶外 0.3m	1	1/16	5.3
6		泄露+散射	工件防护门外 0.3m	1	1/16	4.03
7		泄露+散射	迷道侧防护门外 0.3m	1	1	3.44 (泄露) 4.87 (散射)
9		250kV 探伤机	有用线束	东墙外 0.3m	1	1/16
10	有用线束		南墙外 0.3m	1	1/4	2.03
12	有用线束		北墙外 0.3m	1	1	2.03
13	泄露+散射		屋顶外 0.3m	1	1/16	5.3
14	有用线束		工件防护门外 0.3m	1	1/16	4.03
15	泄露+散射		迷道侧防护门外 0.3m	1	1	3.44 (泄露) 4.87 (散射)

注：探伤室西墙外为土质，不考虑；

T 居留因子参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中附录 A 表 A.1, 南墙外走廊取 1/4, 东墙外道路、工件防护门外道路, 均取 1/16。

2、屏蔽墙体厚度复核

依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)：

(1) 探伤室辐射屏蔽的剂量参考控制水平

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：

① 相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$ ($\mu\text{Sv/h}$) 按以下公式计算。

$$\dot{H}_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T) \quad \text{公式 (11-1)}$$

式中： H_c —周剂量参考控制水平，单位为 $\mu\text{Sv/周}$ ，职业工作人员 $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ，公众 $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ；

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 h/周。

t 按以下公式计算：

$$t = W / (60 \cdot I) \quad \text{公式 (11-2)}$$

式中：W—X 射线探伤的周工作负荷（平均每周 X 射线探伤照射的累积“mA·min”值），mA·min/周；

60—小时与分钟的换算系数；

I—X 射线探伤装置在最大管电压下的常用最大管电流，mA。

② 关注点最高剂量率参考控制水平 $H_{c,max}$ ：

$$H_{c,max}=2.5\mu\text{Sv/h} \quad \text{公式 (11-3)}$$

③ 关注点剂量率参考控制水平

H_c 为上述 $H_{c,d}$ 和 $H_{c,max}$ 二者的较小值。

(2) 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

① 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公式（11-1）。

② 除①的条件外，应考虑下列情况：

a 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（11-2）的剂量率参考控制水平 H_c ($\mu\text{Sv/h}$) 加以控制。

b 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 $100\mu\text{Sv/h}$ 。

(3) 有用线束屏蔽估算

关注点达到剂量率参考控制水平 \dot{H}_c 时，屏蔽设计所需的屏蔽透射因子 B 按下式计算：

$$B=\dot{H}_c \cdot R^2/(I \cdot H_0) \quad \text{公式 (11-4)}$$

式中： B —为屏蔽所需透射因子；

\dot{H}_c —为剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R —为辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

I —为 X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —为距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 。

对于估算处的屏蔽透射因子 B ，所需屏蔽物质厚度 X 按下式计算：

$$X = -TVL \cdot \lg B \quad \text{公式 (11-5)}$$

式中： TVL —为屏蔽物质的什值层厚度，mm；

B—达到剂量率参考控制水平 H_c 时所需的屏蔽透射因子。

(4) 泄漏辐射和散射辐射屏蔽

① 泄漏辐射屏蔽

泄露辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \dot{H}_c \cdot R^2 / H_L \quad \text{公式 (11-6)}$$

式中： \dot{H}_c —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R—辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

H_L —距离辐射源点（靶点）1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

② 散射辐射屏蔽物质的透射因子 B 按下式计算：

$$B = \dot{H}_c \cdot R_s^2 / (I \cdot H_0) \cdot R_0^2 / (F \cdot a) \quad \text{公式 (11-7)}$$

式中： \dot{H}_c —剂量率参考控制水平， $\mu\text{Sv/h}$ ；

R_s —散射体至关注点的距离，m；

R_0 —辐射源点至探伤工件的距离，m；

I—X 射线探伤装置在最高管电压下的最大管电流，mA；

H_0 —距离辐射源点（靶点）1m 处的输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以 $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 为单位的值乘以 6×10^4 ；

F— R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

a—散射因子，入射辐射被单位面积散射体散射到距离 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。

③ 泄露辐射和散射辐射的复合作用

分别估算泄露辐射和散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度 (HVL)。

④ 对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子按下式计算：

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad \text{公式 (11-8)}$$

式中：X 为屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同单位；

TVL 为屏蔽物质的半值层厚度，mm。

⑤ 屏蔽估算结果

根据以上公式，估算 350kV、250kV 探伤机工作时各屏蔽面所需的屏蔽厚度，估算

结果见表 11-2、表 11-3。

表 11-2 X 射线探伤室屏蔽厚度理论估算结果

射线装置	屏蔽面		\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽透射因子 B	估算防护厚度 (mm)		设计防护厚度 (mm)	符合性
350kV 探伤机	东墙 (混凝土)	泄露	2.5	8.12×10^{-3}	198	318	730	符合
		散射		2.88×10^{-4}	318			
	南墙 (混凝土)	泄露	1.33	1.10×10^{-3}	281	397	730	符合
		散射		3.90×10^{-5}	397			
	西墙 (混凝土)		土层, 不考虑					
	北墙 (混凝土)	泄露	2.5	2.06×10^{-3}	255	358	730	符合
		散射		1.04×10^{-4}	358			
	屋顶 (混凝土)	泄露	2.5	1.40×10^{-2}	176	297	350	符合
		散射		7.09×10^{-4}	283			
	工件防护门 (铅)	泄露	2.5	8.12×10^{-3}	14	14	18	符合
散射		4.10×10^{-4}		7				
250kV 探伤机 (周 向)	东墙 (混凝土)		2.5	2.13×10^{-5}	421		730	符合
	南墙 (混凝土)		1.33	7.20×10^{-7}	553		730	符合
	西墙 (混凝土)		土层, 不考虑					
	北墙 (混凝土)		2.5	5.40×10^{-6}	474		730	符合
	屋顶 (混凝土)	泄露	2.5	1.40×10^{-2}	167	271	350	符合
		散射		7.09×10^{-4}	271			
	工件防护门 (铅)		2.5	2.13×10^{-5}	14		18	符合

注：1、公式 (11-4) 中 $R_0^2/F \cdot a$ 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ T250-2014) 附表 B.4.2 取 50；
 2、TVL：参照 ICRP Publication 33 表 3，采用内插法，管电压为 350kV 的 X 射线有用束在铅中的什值层取 6.95mm，半只层取 2.1mm，在混凝土中什值层取 95mm，半只层取 30mm；散射辐射取 250kV 的 X 射线对应的铅什值层 2.9mm，混凝土什值层 90mm。管电压为 250kV 的 X 射线有用束在铅中的什值层取 2.9mm，在混凝土中取 90mm；散射辐射取 200kV 的 X 射线对应的铅什值层 1.4mm，混凝土什值层 86mm。
 4、X 射线探伤室屋顶的剂量率参考控制水平保守取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。
 5、分别考虑工件为铝合金（密度 6.49g/cm^3 ）和钛合金（ 4.54g/cm^3 ）的自身屏蔽时，250kV 周向探伤机墙体和防护门所需屏蔽厚度，且以最不利条件参考含钡砂浆（密度 3.2g/cm^3 ）250kV 电压情况下，工件厚度为 20mm（铝合金）和 50mm（钛合金）时，铅当量分别为 1.2mm 和 3.7mm。

表 11-3 X 射线探伤室迷道屏蔽厚度理论估算结果

射线装置		屏蔽面	估算关注点剂量 ($\mu\text{Sv/h}$)		\dot{H}_c ($\mu\text{Sv/h}$)	估算防护厚度 (mm)	设计防护厚度 (mm)	符合性
350kV 探伤机	散射	迷道侧防护门 (铅)	2.05	2.14	2.5	7	13	符合
	泄露		0.09					
250kV 探伤机 (周向)	散射	迷道侧防护门 (铅)	2.34	2.40	2.5	4	13	符合
	泄露		0.06					

注：考虑距散射点 1m 处的最大散射率为 3.6%，r 距离处的散射线的剂量服从平方反比定律。

由表 11-2 和表 11-3 可知，350kV 探伤机工作时，X 射线探伤室东墙需 318mm 混凝土，设计厚度 730mm；南墙需 397mm 混凝土，设计厚度 730mm；西墙紧邻土层，本次不考虑；北墙需 358mm 混凝土，设计厚度 730mm；屋顶需 297mm 混凝土，设计厚度 350mm；工件防护门需 14mmPb，设计厚度 18mmPb；迷道侧防护门需 7mmPb，设计厚度 13mmPb，X 射线探伤室的设计厚度满足防护要求。

250kV 探伤机工作时，X 射线探伤室东墙需 421mm 混凝土，设计厚度 730mm；南墙需 553mm 混凝土，设计厚度 730mm；西墙紧邻土层，本次不考虑；北墙需 474mm 混凝土，设计厚度 730mm；屋顶 277mm 混凝土，设计厚度 350mm；工件防护门需 14mmPb，设计厚度 18mmPb；迷道侧防护门需 4mmPb，设计厚度 13mmPb，X 射线探伤室的设计厚度满足防护要求。

3、关注点剂量率估算

X 射线探伤室关注点示意图见图 11-2，350kV/5mA、250kV/5mA 探伤机工作时各关注点的剂量率估算结果见表 11-7。

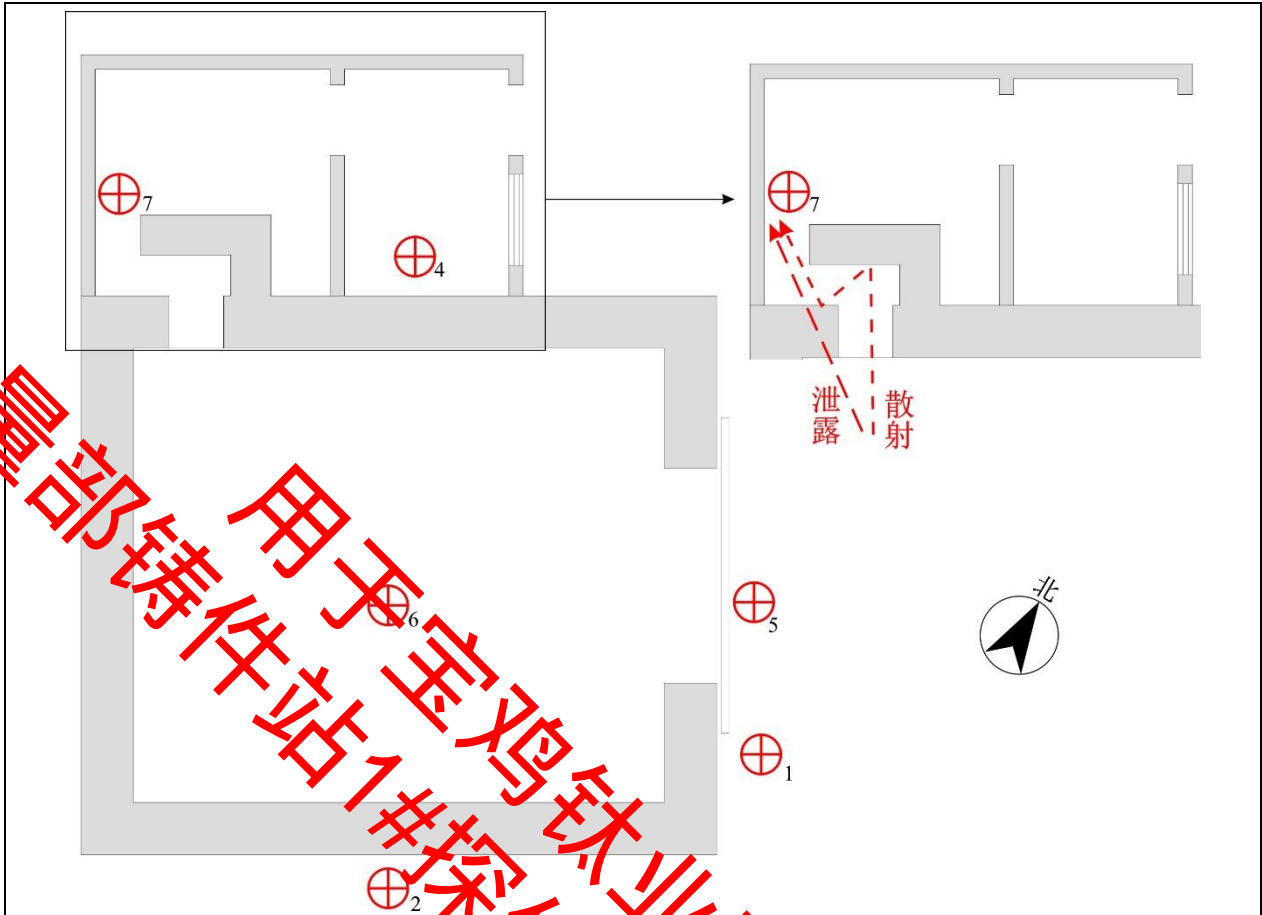


图 11-2 X射线探伤室关注点示意图

表 11-4 X射线探伤室各关注点剂量率估算结果

射线装置	序号	关注点	距离 R (m)	屏蔽厚度 (mm)	H 剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	
350kV 探伤机	1	东墙外 0.3m	4.03	730	泄露	6.37×10^{-6}
					散射	4.72×10^{-5}
	2	南墙外 0.3m	2.03	730	泄露	1.96×10^{-5}
					散射	1.45×10^{-4}
	3	西墙外 0.3m	土层, 不考虑			
	4	北墙外 0.3m	2.03	730	泄露	2.51×10^{-5}
					散射	1.86×10^{-4}
	5	工件防护门外 0.3m	4.03	18	泄露	0.791
					散射	0.002
	6	屋顶外 0.3m	5.3	350	泄露	0.037
					散射	0.455
	7	迷道防护门外 0.3m	3.44	13	泄露	2.85×10^{-7}
					散射	2.23×10^{-4}

续表 11-4 X 射线探伤室各关注点剂量率估算结果

射线装置	序号	关注点	距离 R (m)	屏蔽厚度 (mm)	H 剂量率 (μSv/h)		
250kV 探伤机 (周向)	1	东墙外 0.3m	4.03	730	0.305		
	2	南墙外 0.3m	2.03	730	1.201		
	3	西墙外 0.3m	土层, 不考虑				
	4	北墙外 0.3m	2.03	730	1.201		
	5	工件防护门外 0.3m	4.03	18	0.305		
	6	屋顶外 0.3m	泄露	5.3	350	0.023	0.185
			散射			0.162	
7	迷道防护门外 0.3m	泄露	3.44	13	4.11×10^{-8}	3.17×10^{-7}	
		散射	4.87		2.76×10^{-7}		

由表 11-4 可知, 在 350kV 探伤机工作时, 探伤室墙体、工件防护门及迷道防护门外各关注点的剂量率为 $3.44 \times 10^{-5} \sim 0.793 \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。探伤室屋顶外关注点的剂量率为 $0.492 \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

250kV 探伤机工作时, 探伤室墙体、工件防护门及迷道防护门外各关注点的剂量率为 $3.17 \times 10^{-7} \sim 1.201 \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。探伤室屋顶外关注点的剂量率为 $0.185 \mu\text{Sv/h}$, 满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

4、个人剂量估算结果

年有效剂量可按下式计算:

$$P_{\text{年}} = H \cdot U \cdot T \cdot t \quad (\text{公式 11-9})$$

式中: $P_{\text{年}}$ 为年有效剂量, mSv/a;

t 为年工作时间, h。

(1) 周有效剂量

根据上文, 本次分别对 350kV 定向探伤机和 250kV 周向探伤机周边公众及职业人员受到的周有效剂量进行估算。估算结果见表 11-5。

表 11-5 X 射线探伤室公众及职业人员周有效剂量估算结果

射线装置	关注人群	位置	关注点总剂量率 (μSv/h)	T	t 周 (h)	周有效剂量 (μSv/周)	
						估算结果	标准限值
350kV 探伤机	职业人员	北侧控制室	2.11×10 ⁻⁴	1	15	3.17×10 ⁻³	100
		迷道侧防护门外	2.24×10 ⁻⁴	1	15	3.35×10 ⁻³	
		南侧暗室	1.64×10 ⁻⁴	1/4	15	6.17×10 ⁻⁴	
	公众	东侧道路	5.36×10 ⁻⁵	1/16	15	5.02×10 ⁻⁵	5
		西侧土层	不考虑				
		工件防护门外	0.793	1/16	15	0.744	
250kV 探伤机 (周向)	职业人员	北侧控制室	1.201	1	15	18.018	100
		迷道侧防护门外	3.17×10 ⁻⁷	1	15	4.76×10 ⁻⁶	
		南侧暗室	1.201	1/4	15	4.504	
	公众	东侧道路	0.305	1/16	15	0.286	5
		西侧土层	不考虑				
		工件防护门外	0.305	1/16	15	0.286	

X 射线探伤室 350kV 探伤机工作时，辐射工作人员周有效剂量为 6.17×10⁻⁴~3.17×10⁻³μSv/周，公众的周有效剂量为 5.02×10⁻⁵~0.744μSv/周；250kV 探伤机周向工作时，辐射工作人员周有效剂量为 4.76×10⁻⁶~18.018μSv/周，公众的周有效剂量为 0.286μSv/周，均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ 117-2015) 中“人员在关注点的周剂量参考控制水平，对放射工作人员不大于 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周”的控制要求。

(2) 年有效剂量

分别以 350kV 定向探伤机和 250kV 周向探伤机工作对各关注点的剂量对 X 射线探伤室周边公众及职业人员受到的周有效剂量进行估算，估算结果见表 11-10。

表 11-6 X 射线探伤室公众及职业人员年有效剂量估算结果

射线装置	关注人群	位置	关注点总剂量率 (μSv/h)	T	t 周 (h)	年有效剂量 (mSv/a)	
						估算结果	标准限值
350kV 探伤机	职业人员	北侧控制室	2.11×10 ⁻⁴	1	750	1.583×10 ⁻¹	5
		迷道侧防护门外	2.24×10 ⁻⁴	1	750	1.677×10 ⁻¹	
		南侧暗室	1.64×10 ⁻⁴	1/4	750	3.084×10 ⁻¹	
	公众	东侧道路	5.36×10 ⁻⁵	1/16	750	2.511×10 ⁻⁶	0.25
		西侧土层	不考虑				
		工件防护门外	0.793	1/16	750	0.037	
250kV 探伤机 (周向)	职业人员	北侧控制室	1.201	1	750	0.901	5
		迷道侧防护门外	3.17×10 ⁻⁷	1	750	2.378×10 ⁻⁷	
		南侧暗室	1.201	1/4	750	0.225	
	公众	东侧道路	0.305	1/16	750	0.014	0.25
		西侧土层	不考虑				
		工件防护门外	0.305	1/16	750	0.014	

由表 11-6 可知，X 射线探伤室 350kV 探伤机工作时，辐射工作人员年有效剂量为

$3.084 \times 10^{-5} \sim 1.584 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，公众年有效剂量为 $2.511 \times 10^{-6} \sim 0.037 \text{mSv}$ ；250kV 探伤机周向工作时，辐射工作人员年有效剂量为 $2.378 \times 10^{-7} \sim 0.901 \text{mSv}$ ，公众年有效剂量为 0.014mSv ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本次评价提出的剂量限值要求（辐射工作人员 $< 5 \text{mSv/a}$ ，公众 $< 0.25 \text{mSv/a}$ ）。

以上估算是在距离探伤室屏蔽体外 0.3m 处，居留因子取值较保守的最不利情况下进行估算，实际运行时，受监督区控制，公众与墙体距离大于 0.3m，且道路区、工件防护门外均为流动人员，居留时间更短，因此公众实际所受剂量更小。

5. 小结

(1) 根据核算，X 射线探伤室各屏蔽面设计厚度均大于估算所需防护厚度，可以达到防护要求。

(2) 根据估算，在 350kV 探伤机工作时，探伤室墙体、工件防护门及迷道防护门外各关注点的剂量率为 $3.44 \times 10^{-7} \sim 0.793 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。探伤室屋顶外关注点的剂量率为 $0.47 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

250kV 探伤机工作时，探伤室墙体、工件防护门及迷道防护门外各关注点的剂量率为 $3.17 \times 10^{-7} \sim 1.201 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。探伤室屋顶外关注点的剂量率为 $0.185 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

(3) 正常运行的情况下，辐射工作人员周有效剂量为 $6.17 \times 10^{-4} \sim 3.17 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/周}$ ，公众的周有效剂量为 $5.02 \times 10^{-4} \sim 0.744 \mu\text{Sv/周}$ ；250kV 探伤机周向工作时，辐射工作人员周有效剂量为 $4.76 \times 10^{-6} \sim 18.018 \mu\text{Sv/周}$ ，公众的周有效剂量为 $0.286 \mu\text{Sv/周}$ ，均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“人员在关注点的周剂量参考控制水平，对放射工作人员不大于 $100 \mu\text{Sv/周}$ ，对公众不大于 $5 \mu\text{Sv/周}$ ”的控制要求。

X 射线探伤室 350kV 探伤机工作时，辐射工作人员年有效剂量为 $3.084 \times 10^{-5} \sim 1.584 \times 10^{-4} \text{mSv}$ ，公众年有效剂量为 $2.511 \times 10^{-6} \sim 0.037 \text{mSv}$ ；250kV 探伤机周向工作时，辐

射工作人员年有效剂量为 $2.378 \times 10^{-7} \sim 0.901 \text{mSv}$ ，公众年有效剂量为 0.014mSv ，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)及本次评价提出的剂量限值要求(辐射工作人员 $< 5 \text{mSv/a}$ ，公众 $< 0.25 \text{mSv/a}$)。

二、非放射性污染物环境影响分析

1、O₃、NO_x

(1) O₃影响分析

在考虑通风情况下，探伤室内空气中臭氧的平衡浓度Q (mg/m³)为：

$$Q = Q_0 \cdot T/V \quad (\text{公式11-10})$$

式中：

Q₀—臭氧的辐射化学产额，mg/h；

T—有效清洗时间，h；

V—探伤室的体积，本项目为237.93m³。

臭氧的辐射化学产额Q₀ (mg/h)为：

$$Q_0 = 0.32 \cdot D_0 \cdot S \cdot R \cdot G \quad (\text{公式11-11})$$

式中：

D₀—距靶1m处的最大剂量率，本项目取600Gy/h；

S—照射野面积，本项目取0.04m²；

R—靶距探伤室墙的距离，本项目取1m；

G—每吸收100eV辐射能量产生的臭氧分子数，一般为6~10，本次保守估算取10。

有效清洗时间T (h)为：

$$T = T_v \cdot T_d / (T_v + T_d) \quad (\text{公式11-12})$$

式中：

T_v—换气一次所需的时间，h；

T_d—臭氧有效分解时间，0.83h。

本项目探伤室内设置通风设施，每小时有效通风次数不小于7次，排风量约1790m³/h，根据以上公式计算得探伤室内空气中臭氧的平衡浓度为0.055mg/m³，低于《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2007)中O₃最高容许浓度0.3mg/m³，对环境影响较小。

(2) NO_x影响分析

X射线电离空气产生多种氮氧化物中以NO₂为主，其产额约为O₃的一半，且工作场所NO₂容许浓度限值大于O₃的容许浓度，因此在O₃浓度可以满足标准要求时，NO_x的浓度也可以满足标准要求。

本项目X射线探伤室安装通排风设施，通排风量和通风换气次数可以满足臭氧的浓度限值需求，因此也可以满足氮氧化物的浓度限值要求，对室内外环境影响较小。

2、废显（定）影液、废胶片

本项目X射线探伤机拍片后洗片产生的废显（定）影液为危险废物，属于《国家危险废物名录》（2021版）中“HW16感光材料废物”。根据建设单位提供的资料，本项目运行后废显（定）影液产生量约为230L/a，废胶片产生量约为10kg/a，废显（定）影液、废胶片使用专用容器收集，暂存于暗室内，最终送交有资质单位处置。

事故影响分析

1、事故分析

本项目中，射线装置运行期间，如安全联锁装置出现故障，防护门未完全关闭就出束，将会对工作人员造成误照射。因而，工作人员在进行操作前，需检查安全联锁装置是否正常。

设备因短路或其他原因造成火灾事故也可能使设备处于失控状态，因而对环境造成不利影响，发生此类事故应立即启动事故应急预案，并及时上报监管部门。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）有关规定，工作人员连续5年接受的年平均有效剂量不应超过20mSv，任何一年接受有效剂量不应超过50mSv。

有用线束焦点R米处的剂量率与距离衰减公式为：

$$X=X_0 \left(R_0/R \right)^2 \quad (\text{公式11-13})$$

式中：X₀——距X射线管固定距离R₀米处的剂量率；

R——距X射线管焦点的距离；

X——距X射线管固定距离R米处的剂量率。

则在距离靶源1m处受到20mSv和50mSv有效剂量的时间估算如下：

表11-7 在射线装置出束口1m处收到20mSv和50mSv剂量当量的时间

设备	受到20mSv有效剂量所需时间	受到50mSv有效剂量所需时间
检测系统（350kV/5mA）	10.21s	25.53s

根据以上估算结果，在设备以最大管电压、管电流工作的条件下，误入探伤室在出束

口1m处收到20mSv剂量当量的时间为10.21s，收到50mSv剂量当量的时间为25.53s，由此可见近距离接触时，短时间内即会对人员产生大剂量照射。因此应加强放射工作人员的管理，防止辐射事故的发生。

2、事故防范措施建议

(1) 定期认真地对设备的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，制定各项管理制度并严格按照要求执行，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生。

(2) 公司需制定严格的操作规范，运行期必须按操作规程执行，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在辐射工作人员可看到的显眼位置；

(3) 定期检查辐射安全管理制度落实情况，发现问题及时纠正；如发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

宝鸡钛业股份有限公司隶属于宝钛集团有限公司，其辐射环境安全纳入宝钛集团有限公司管理。

根据调查，宝钛集团有限公司已成立了环境保护委员会，委员会主任为公司总经理；辐射管理工作是环境保护工作的内容之一，并成立了辐射管理工作监督管理小组，组长为主管生产的副总经理，成员有各辐射工作单位的行政一把手和公司环保管理人员组成。辐射安全防护管理机构办公室设在生产安全环保部。

生产安全环保部的主要职责为：

- (1) 贯彻执行公司辐射安全防护管理机构的决定、指示和会议精神；
- (2) 组织开展辐射安全宣传教育及培训工作；
- (3) 审查新建、改建、扩建项目的辐射评价，参加项目过程检查和竣工验收；
- (4) 组织开展检查及有利于保证安全的其他活动；
- (5) 统计、分析、上报辐射相关数据信息；
- (6) 督查辐射安全工作，及时提出整改措施建议；
- (7) 办理环境保护委员会交办的其他事项。

辐射安全管理规章制度

1、辐射安全管理制度

宝钛集团有限公司目前已制定了一系列辐射环境管理规章制度，如下：

- (1) 操作规范：《宝钛集团有限公司 X 射线探伤安全技术操作规程》；
- (2) 管理制度：《宝钛集团有限公司辐射防护管理办法》、《宝钛集团有限公司辐射工作人员剂量管理制度》、《宝钛集团有限公司辐射工作安全保卫制度》、《宝钛集团有限公司辐射工作人员职业健康管理制度》、《宝钛集团有限公司辐射岗位安全责任制》、《宝钛集团有限公司辐射设备的使用及安全防护设施维护与维修制度》、《宝钛集团有限公司辐射防护管理控制程序》、《宝钛集团有限公司辐射工作人员剂量管理制度》、《宝钛集团有限公司辐射作业设备操作规程》；
- (3) 监测制度：《宝钛集团有限公司辐射环境监测方案》；
- (4) 应急预案：《宝钛集团有限公司辐射事故应急预案》；
- (5) 培训制度：《宝钛集团有限公司辐射人员培训管理制度》。

针对本项目，公司应及时制订新增 X 射线探伤机的操作规范及 X 射线探伤室管理制度、岗位职责，并将新增射线装置纳入应急预案、监测制度、设备管理等制度中。

2、人员管理培训制度

宝钛集团有限公司已制定《宝钛集团有限公司辐射人员培训管理制度》。目前在岗辐射工作人员共计 18 人，均已参加陕西省核安全辐射工作单位人员技术培训，并取得合格证书。本项目辐射工作人员约 3 人，均从原工作人员中调配。

本项目建成后运行后，若新增辐射工作人员，宝鸡钛业股份有限公司应组织新增人员参加相应的辐射防护知识培训及相关法律法规的培训，培训合格后方可上岗。

5. 核技术利用单位辐射安全管理标准化建设

根据陕环办发〔2018〕29 号关于印发新修订的《陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表》的通知，核技术利用单位应进行辐射安全管理标准化建设。根据建设单位提供资料，宝鸡钛业股份有限公司辐射安全管理实际建设情况详见表 12-1；本项目拟采取的辐射安全防护措施详见表 12-2。

表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分

管理内容	管理要求	有/无	
人员管理	就确保辐射安全目标做出明确的文字承诺，并指派有决策层级的负责人负责辐射安全工作	有	
	年初工作安排和年终工作总结时，应包含辐射环境安全管理工作内容	有	
	明确涉辐部门和岗位辐射安全职责	有	
	提供确保辐射安全所需的人力、资源及物质保障	有	
	辐射防护负责人	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗；熟知辐射安全法律法规及相关标准的具体要求并向员工和公众宣传辐射安全相关知识	有
		负责编制辐射安全年度评估报告，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度评估报告	有
建立辐射安全管理制度，跟踪落实各岗位辐射安全职责		有	
人员管理	建立辐射环境安全管理档案	有	
	对辐射工作场所定期巡查，发现安全隐患及时整改，并有巡查及整改记录	有	
	岗前进行职业健康体检，结果无异常	有	
	参加辐射安全与防护培训并通过考核取得合格证，持证上岗	有	
	了解本岗位工作性质，熟悉本岗位辐射安全职责，并对确保岗位辐射安全做出承诺	有	
	熟悉辐射事故应急预案的内容，发生异常情况时，能有效处理	有	

续表 12-1 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（二）—辐射安全管理部分		
管理内容	管理要求	有/无
机构建设	设立辐射环境安全管理机构和专（兼）职人员，以正式文件明确辐射环境安全管理机构和负责人	有
制度建立与执行	建立全国核技术利用辐射安全申报系统运行管理制度，指定专人负责系统使用和维护，确保业务申报、信息更新真实、准确、及时、完整	有
	建立放射性同位素与射线装置管理制度，严格执行进出口、转让、转移、收贮等相关规定，并建立放射性同位素、射线装置台账	需针对本项目完善
	建立本单位放射性同位素与射线装置岗位职责、操作规程，严格按照规程进行操作，并对规程执行情况进行检查考核，建立检查记录档案	需针对本项目完善
	建立辐射工作人员培训管理制度及培训计划，并对制度的执行情况及培训的有效性进行检查考核，建立相关检查考核资料档案	需针对本项目完善
	建立辐射工作人员剂量管理制度，每季度对辐射工作人员进行个人剂量监测，对剂量超标人员及时复查，保证职业人员健康档案的连续有效性	需针对本项目完善
	建立辐射安全防护设施的维护与维修制度（包括维护维修内容与频次、重大问题管理措施、重新运行审批级别等内容），并建立维护、维修工作记录档案（包括检查项目、检查方法、检查结果、处理情况、检查人员、检查时间）	需针对本项目完善
	建立辐射环境监测制度，定期对辐射工作场所及周围环境进行监测，并建立有效的监测记录或监测报告档案	需针对本项目完善
应急管理	建立辐射环境监测设备使用与检定管理制度，定期对监测仪器设备进行检定，并建立检定档案	需针对本项目完善
	结合本单位实际，制定可操作性的辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练	需针对本项目完善
应急管理	应急预案应当包括下列内容：①可能发生的辐射事故及危害程度分析；②应急组织指挥体系和职责分工；③应急人员培训和应急物资准备；④辐射事故应急响应措施；⑤辐射事故报告和处理程序	需针对本项目完善，并备案

表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）
辐射安全防护措施部分——工业探伤类

项目	具体要求	本项目
工业 X 射线探伤	X射线管头应具有制造厂商、型号及出厂编号、额定管电压电流等标志	拟配备
	控制台设有X射线管电压及高压接通或断开状态的显示装置	
	控制台设置有高压接通时的外部报警或指示装置	
	控制台或X射线管头组装体上设置探伤室门连锁接口	
	控制台设有钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X射线管才能出束	
	控制台设有紧急停机开关	

续表 12-2 陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设项目表（五）
辐射安全防护措施部分——工业探伤类

项目		具体要求	本项目	
工业 X 射线探伤	固定式探伤作业场所	分区	按标准要求划分控制区、监督区 控制区：探伤室墙围成的内部区域 监督区：探伤室墙壁外部相邻的区域	拟设置
		布局	操作室与探伤室分开，并避开有用线束照射的方向	满足
		通风	探伤室设置机械通风装置，排风管道外口避开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	拟配备
	标志及指示灯		探伤室防护门上设置电离辐射警示标志和中文警示说明 探伤室门口和内部同时设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，照射状态指示装置与X射线探伤装置联锁	拟配备
			探伤室内、外醒目位置处设置清晰的“预备”和“照射”信号意义说明	
	辐射安全与连锁	探伤室设置门-机联锁装置 探伤室内设置紧急停机按钮或拉绳，并带有标签，标明使用方法	拟配备 拟配备	
	监测设备及个人防护用品	X-γ剂量率监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪等	个人剂量计已配备，其余拟配备	

辐射监测

宝鸡钛业股份有限公司隶属于宝钛集团有限公司，根据调查，宝钛集团有限公司目前已配备 1 台 X-γ 辐射巡测仪，并制定了《宝钛集团有限公司辐射环境监测方案》，每年委托有资质单位对辐射工作场所进行 1 次定期监测，每年按时向环保部门提交本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。公司为现有辐射工作人员配备了个人剂量计，并委托有资质每季度对辐射工作人员进行个人剂量检测，个人剂量检测报告存档。

本项目投产后，应针对本项目新增 1 台 X-γ 辐射巡测仪，定期对 X 射线探伤室进行监测，监测要求如下：

辐射工作场所环境监测：(1) 委托有资质单位进行 X 射线探伤室监测，监测频次不少于 1 次/年，辐射工作场所环境监测结果应记录并存档。(2) 利用企业已有的辐射监测仪器定期对 X 射线探伤室进行监测，若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。(3) 将 X 射线探伤室的检测结果纳入本单位辐射安全和防护状况评估报告，在每年的 1 月 31 日前上报当地环保主管部门。

个人剂量监测：(1) 本项目辐射工作人员从已有人员中调配，已配置个人剂量计，

应委托有资质单位定期对辐射工作人员进行个人剂量检测，建立个人剂量检测档案。

(2) 在每年的辐射安全和防护状况评估报告中，应包含辐射工作人员剂量监测数据及安全评估的内容。运行期监测计划见表 12-3。

表 12-3 本项目运行期监测计划（建议）

监测项目	监测地点		监测周期
X、 γ 辐射空气吸收剂量率	工作场所监测点	X 射线探伤室防护门外 0.3m 处及门缝四周；控制室内人员操作位、电缆线管道孔及通风口等位置	建设单位定期进行自主监测；每年委托有资质单位监测 1 次
	周边环境监测点	X 射线探伤室屏蔽墙体外 0.3m 处、人员可达屋顶、周围人员活动较频繁的区域如其他工区等	

环保投资和竣工验收清单

1. 环保投资

本项目总投资 50 万元，其中环保投资 18.5 万元，占总投资的 37%，主要用于环保设施、辐射安全防护设施建设、个人防护用品购置等。环保投资估算见表 12-4。

表 12-4 项目环保投资估算表

实施时段	类别	污染源	污染防治措施或设施	费用
运营期	辐射防护措施	X 射线	屏蔽铅门、门机连锁、警示灯、电离辐射标志、急停按钮等	10
		NO _x 、Q ₃	排风系统	1.0
		废显（定）影液、废胶片	依托现有危废暂存间，定期交由有资质单位处置	0.5
	个人防护用品	X 射线	X、 γ 剂量率监测仪	5.0
环境监测			工作场所定期监测	1.0
			个人剂量定期监测	1.0
总投资（万元）				18.5

2. 项目竣工环保验收内容及要求

根据《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），本项目竣工后，建设单位应及时对项目配套建设的环境保护设施进行自主验收，编制验收监测报告。验收合格后，方可投入生产或使用。

表 12-5 项目竣工环境保护验收清单（建议）

序号	验收项目	采取措施	效果和环境预期目标
1	辐射防护设施验收	X 射线探伤室墙体、屋顶、防护门满足防护技术要求；	X 射线探伤室周边各关注点剂量满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）要求；对工作人员、公众所致有效剂量低于相应人员年剂量限值（工作人员 5mSv/a，周边公众 0.25mSv/a）
2	安全设施	门机联锁装置、监视设备、探伤室和控制室分别设置急停开关、探伤室入口处安装醒目的照射指示灯及辐射标志、探伤室内设置紧急开门按钮等	满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）等要求，避免辐射事故的发生
3	通风设施	X 射线探伤室内安装通风设施	探伤室通风系统排风量应满足《工作场所所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2007）要求；X 射线探伤室内安装机械通风装置，确保通风换气次数不小于 3 次/h
4	辐射监测	对工作人员、公众活动区域辐射水平进行监测，工作人员按要求佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，配备监测仪器	根据监测计划定期对辐射工作场所进行监测，避免对环境造成辐射污染，保护职业人员、公众免受不必要的辐射
5	档案管理	定期对工作场所进行监测，定期对个人剂量进行检测；定期对工作人员进行体检	建立监测档案、个人剂量档案和健康档案
6	管理机构	成立辐射安全管理机构，落实相关管理职责	本项目纳入现有辐射安全管理机构进行管理
7	建立健全规章制度	完善加速器及探伤机相关《岗位职责》、《操作规程》、《辐射安全制度》，完善《宝钛集团有限公司辐射事故应急预案》并进行备案	根据标准化建设要求不断补充完善相关规章制度和应急预案，并张贴上墙
8	培训及人员配备	制定培训计划，辐射工作人员按要求参加辐射安全和防护知识培训	提高辐射工作人员的技术水平，取得培训合格证后方可上岗

辐射事故应急

1、辐射事故应急工作情况

宝钛集团有限公司已于 2019 年 1 月编制并下发了《宝钛集团有限公司辐射事故应急预案》，将宝鸡钛业股份有限公司纳入其中管理。公司已成立辐射事故应急领导小组，组长为主管生产的副总经理。

应急预案中明确规定了应急组织体系及职责、应急人员培训和应急物资准备、可能发生的辐射事故及危害程度分析、辐射事故应急响应措施、辐射事故报告和处理程序等具体制度。

根据宝钛集团有限公司 2020 年度辐射安全评估报告，2020 年度辐射工作正常，未发生辐射事故，为提升事故应急响应处理能力，进行了辐射事故应急演练，取得良好效果。

2、本项目辐射事故应急措施

本项目新增 4 台 X 射线探伤机，因此应根据《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和防护管理办法》、《陕西省放射性污染防治条例》以及《陕西省环境保护厅办公室关于印发新修订的〈陕西省核技术利用单位辐射安全管理标准化建设工作项目表〉的通知》（陕环办发〔2018〕29 号）中对于辐射事故应急预案的要求，将本次新增设备纳入现有应急预案，进一步完善以下几点：

(1) 针对新增 X 射线探伤机，进一步完善信息报告程序、应急处置措施和应急物资保障等部分。

(2) 明确本项目应急救援各成员的职责，辐射防护领导小组和应急救援指挥部应定期开会，总结公司辐射防护管理方面的经验并不断改进相关管理规章制度。

(3) 应急预案完善后应及时备案，运行期定期进行应急演练并总结演练结果。

表 13 结论与建议

结论

1、项目概况

为满足高端产品无损检测、理化检测及新技术研发等需求，宝鸡钛业股份有限公司拟对质量部铸件站现有 1#探伤室进行改造，现有探伤设备均已停用。本次探伤室改造完成后拟重新购置 4 台 X 射线探伤机（定向：350kV/5mA、300kV/5mA、250kV/5mA，周向：250kV/5mA）进行无损检测。

本项目主要用于铸件产品所需的无损检测，其对宝鸡钛业股份有限公司和社会所带来的利益远大于其可能产生的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

2、辐射环境影响

(1) 根据核算，X 射线探伤室各屏蔽面设计厚度均大于估算所需防护厚度，可以达到防护要求；

(2) 根据估算，在 350kV 探伤机工作时，探伤室墙体、工件防护门及迷道防护门外各关注点的剂量率为 $3.44 \times 10^{-7} \sim 0.793 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。探伤室屋顶外关注点的剂量率为 $0.29 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

250kV 探伤机工作时，探伤室墙体、工件防护门及迷道防护门外各关注点的剂量率为 $3.17 \times 10^{-7} \sim 1.201 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的要求。探伤室屋顶外关注点的剂量率为 $0.185 \mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“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 $100 \mu\text{Sv/h}$ ”要求。

(3) 正常运行的情况下，辐射工作人员周有效剂量为 $6.17 \times 10^{-4} \sim 3.17 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/周}$ ，公众的周有效剂量为 $5.02 \times 10^{-4} \sim 0.744 \mu\text{Sv/周}$ ；250kV 探伤机周向工作时，辐射工作人员周有效剂量为 $4.76 \times 10^{-6} \sim 18.018 \mu\text{Sv/周}$ ，公众的周有效剂量为 $0.286 \mu\text{Sv/周}$ ，均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中“人员在关注点的周剂量参考控

制水平，对放射工作人员不大于 100 μ Sv/周，对公众不大于 5 μ Sv/周”的控制要求。

X 射线探伤室 350kV 探伤机工作时，辐射工作人员年有效剂量为 $3.084\times 10^{-5}\sim 1.584\times 10^{-4}$ mSv，公众年有效剂量为 $2.511\times 10^{-6}\sim 0.037$ mSv；250kV 探伤机周向工作时，辐射工作人员年有效剂量为 $2.378\times 10^{-7}\sim 0.901$ mSv，公众年有效剂量为 0.014mSv，均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）及本次评价提出的剂量限值要求（辐射工作人员 <5 mSv/a，公众 <0.25 mSv/a）。

3、辐射安全管理

宝鸡钛业股份有限公司隶属于宝钛集团有限公司，辐射环境安全纳入其统一管理，宝钛集团有限公司已成立了环境保护委员会和辐射管理工作监督管理小组，制定了一系列辐射安全管理制度、人员培训制度、辐射监测制度及辐射事故应急预案，用于指导、规范生产作业过程中的辐射安全。公司严格按照规章制度执行，可有效避免人为事故的发生，保证辐射安全。针对本项目新增 4 台射线装置，应进一步完善相关操作规程、岗位职责、监测制度等规章制度，将其纳入到公司辐射安全管理体系中。

4、项目环境可行性结论

宝鸡钛业股份有限公司拟改建现有的 X 射线探伤室，新增 4 台 X 射线机进行无损检测，本项目在落实报告中提出的防护措施后，可以使辐射影响达到合理尽可能低的水平，满足辐射防护最优化原则。项目运行所致工作人员和公众年附加有效剂量满足国家相关标准规定限值要求，符合剂量限值约束原则。从辐射环境保护角度，本项目可行。

建议与承诺

- (1) 项目应严格按照设计及本项目提出的防护措施进行施工，建设过程中应严把质量，防止墙体和防护门因施工质量原因泄漏射线。
- (2) 竣工后应及时办理验收手续，验收合格后方可正式投入使用，如新增其他射线装置或使用其他放射源及时向环保部门申报审批；
- (3) 运行期加强人员培训，加强安全联锁系统等辐射防护设施和设备的检查维护，确保各种安全防护设施的正常使用；

(4) 定期对本项目辐射工作人员的个人剂量进行检测，对新增工作场所进行环境辐射水平监测；

(5) 进一步完善辐射事故应急预案，定期进行辐射事故应急演练；

(6) 每年1月31日前向陕西省生态环境厅提交本单位上一年度的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况环境评估报告。

(7) 根据陕环办发〔2018〕29号文件要求，进一步完善辐射安全管理标准化建设。

质量部铸件站1#探伤室改造项目公示使用

表 14 审批

下一级环保部门预审意见：

质量部铸件站1#探伤室改造项目公示使用

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

质量部铸件站1#探伤室改造项目公示使用

经办人

公章
年 月 日