

兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像 检测系统竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：兰州理工大学

编制单位：兰州宏溥检测技术有限公司

二〇二六年五月



建设单位法人代表:

冀良

(签字)

编制单位法人代表:

李泽宏

(签字)

项目负责人: 陈晓红

(签字)

填表人: 陈晓红

(签字)

建设单位: 兰州理工大学

(盖章)



电话: 15339316249

传真: /

邮编: 730050

地址: 甘肃省兰州市七里河区兰工坪路287号

编制单位: 兰州宏博检测技术有

限公司 (盖章)



电话: 0931-2317449

传真: /

邮编: 730050

地址: 甘肃省兰州市七里河区西津西路49号银信大厦1单元10层
1005-1007室

表一 项目基本情况

建设项目名称		兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统					
建设单位名称		兰州理工大学					
建设项目性质		☐ 新建 ☐ 改建 ☒ 扩建					
建设地点		甘肃省兰州市七里河区兰工坪路287号兰州理工大学（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室					
源项		放射源		无			
		非密封放射性物质		无			
		射线装置		RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统1台（II类射线装置）			
建设项目环评批复时间		2023年10月31日		开工建设时间		2023年11月1日	
取得辐射安全许可证时间		2026年01月20日		项目投入运行时间		2026年01月26日	
辐射安全与防护设施投入运行时间		2026年01月26日		验收现场监测时间		2026年05月19日	
环评报告表审批部门		兰州市生态环境局		环评报告表编制单位		江西省地质局实验测试大队	
辐射安全与防护设施设计单位		/		辐射安全与防护设施施工单位		/	
投资总概算	256 万	辐射安全与防护设施投资总概算		31.5 万	比例	12.3%	
实际总概算	262 万	辐射安全与防护设施投资实际总概算		34.5 万	比例	13.2%	
验收依据		1.1法律法规文件 <u>（1）《中华人民共和国生态环境法典》（2026年3月12日第十四届全国人民代表大会第四次会议通过，自2026年8月15日起施行）；</u> （2）《中华人民共和国环境保护法》，自2015年1月1日修订施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，自2003年10月1日施行； （4）《中华人民共和国环境影响评价法》，自2018年12月29日起修改施行；					

	(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，自2019年3月2日起修改施行； (6) 《建设项目环境保护管理条例》，自2017年10月1日修改施行； (7) 《甘肃省辐射污染防治条例》，自2021年1月1日起施行； (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，自2021年1月4日施行； (9) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，自2011年5月1日起施行； (10) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，2017年11月22日印发； (11) 《关于核技术利用辐射安全防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019第57号），自2020年1月1日起实施； (12) 《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录》（2021年版）； (13) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，自2017年12月6日施行； (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），2018年5月16日印发。 (15) 关于印发《建设项目环境保护事中事后监督管理办法（试行）》的通知（环发〔2015〕163号），自2015年12月11日印发。 (16) 《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》，2025年8月29日。 1.2技术标准 (1) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ1326-2023）；
--	--

	(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ; (3) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) ; (4) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014) ; (5) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》第1号修改单(GBZ/T 250-2014/XG1-2017) ; (6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) ; (7) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) ; (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019) ; (9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021) 。 1.3支持性文件和技术文件 (1) 委托书; (2) 《兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统环境影响报告表》(江西省地质局实验测试大队, 2023年10月) ; (3) 《兰州市生态环境局关于兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统环境影响报告表的批复》(兰环核审〔2023〕30号, 兰州市生态环境局, 2023年10月31日) ; (4) 其他相关技术资料。
验收执行标准	1.4射线装置工作场所辐射水平控制要求 参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 第6.1.3条要求, 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于2.5μSv/h; 环评文件选取数字射线实时成像检测系统铅房组件外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h, 作为项目工作场所剂量率参考控制水平。

	本次验收选取焊接过程数字射线实时成像检测设备屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h作为工作场所辐射参考控制水平。 1.5个人剂量限值 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第4.3.2.1条关于剂量限值内容，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2条规定的特殊情况外，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中规定的相应剂量限值，详见表1-1。 表1-1 个人剂量约束值 <table border="1" data-bbox="469 857 1345 1272"> <thead> <tr> <th data-bbox="469 857 655 904">关注对象</th><th data-bbox="655 857 1345 904">GB18871-2002 要求</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="469 904 655 1088">工作人员</td><td data-bbox="655 904 1345 1088"> ①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。 </td></tr> <tr> <td data-bbox="469 1088 655 1272">公众</td><td data-bbox="655 1088 1345 1272"> ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。 </td></tr> </tbody> </table> 根据环评文件及批复的要求，本项目取工作人员5.0mSv/a、公众0.1mSv/a的个人剂量约束值要求。 综上所述，本次验收选取工作人员、公众年剂量分别不大于5.0mSv/a、0.1mSv/a，作为项目个人剂量约束限值。	关注对象	GB18871-2002 要求	工作人员	①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。	公众	①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。
关注对象	GB18871-2002 要求						
工作人员	①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； ②任何一年中的有效剂量，50mSv； ③眼晶体的年当量剂量，150mSv； ④四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。						
公众	①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv； ③眼晶体的年当量剂量，15mSv； ④皮肤的年当量剂量，50mSv。						

表二 项目建设情况

2.1 建设单位情况

兰州理工大学（以下简称：学校）前身为创立于1919年的甘肃省立工艺学校，2003年正式更名为兰州理工大学，基本建成了一流工科、坚实理科、特色文科，进入国内同类高校高水平大学行列。学校现有兰工坪校区、彭家坪校区两个校区；有19个学院、1个教学研究部，设有研究生院、温州研究生联合培养基地；有全日制在校生近3万人，有教职工2507人。

学校现有9个学科门类，涵盖工学、理学、管理学、经济学、文学、法学、教育学、医学、艺术学；有20个省级重点学科、4个国防特色学科方向；有6个一级学科博士点，25个一级学科硕士点、20个省级重点学科；有72个本科专业，34个专业入选“双万计划”一流本科专业，17个专业通过工程教育认证。

为开展金属焊接结构研究，学校使用RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统1台，用于金属焊接结构分析工作。

2.2 项目进展

2023年10月，学校向兰州市生态环境局提交《兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统环境影响报告表》，项目建设内容为：项目计划使用FXE225.48型数字射线实时成像检测系统1台，用于金属焊接结构分析工作。FXE225.48型数字射线实时成像检测系统X射线管最大电压225kV、最大电流3mA，属于II类射线装置。项目安装地点位于学校（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室。FXE225.48型数字射线实时成像检测系统配备铅房组件，项目不涉及土建施工。

2023年10月31日，兰州市生态环境局以《兰州市生态环境局关于兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统环境影响报告表的批复》（兰环核审〔2023〕30号）对项目作出批复，批复文件见附件2。

2023年11月1日，项目开工建设。

2025年7月10日，项目竣工建成。建设内容为：项目使用RG-DR/225P（FXE225.48）型（射线装置型号FXE225.48，包括铅房在内的整个数字射线实时成像检测系统型号为RG-DR/225P，环评阶段以射线装置型号报批）数字射线实时成像检测系统1台，用于金属焊接结构分析工作。

2026年1月20日，学校取得了由甘肃省生态环境厅颁发的辐射安全许可证

(证书编号：甘环辐证[A1922])，见附件3。

2026年1月26日至2026年1月30日，项目进入调试阶段。

2026年3月15日，学校委托兰州宏溥检测技术有限公司承担项目的竣工环境保护验收监测报告表编制工作。委托书见附件1。

2026年4月20日，本项目环境保护设施竣工及调试时间进行了公示，网络链接分别为：<https://lzhpjc.com/info/377D9FCF3621223A37263B.html>；<https://lzhpjc.com/info/3186C96E3DC1211F7125BB.html>。同时，学校向所在地县级以上生态环境主管部门报送了相关信息，并接受监督检查。

2026年5月19日兰州宏溥检测技术有限公司对项目进行了现场验收检测。

2026年5月，兰州宏溥检测技术有限公司在查阅环评资料、环保档案、现场核查及环境监测的基础上，编制完成《兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统竣工环境保护验收监测报告表》。

2.3项目建设内容及规模

(1) 项目建设规模

项目使用RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统1台，用于金属焊接结构分析工作。RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统X射线管最大电压225kV、最大电流3mA，属于II类射线装置。项目安装地点位于学校（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室。

数字射线实时成像检测系统使用的射线装置型号为FXE225.48，包括铅房在内的整个数字射线实时成像检测系统型号为RG-DR/225P，环评阶段以射线装置型号报批，RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统配备铅房组件，项目不涉及土建施工。

项目建设情况见表2-1。

表2-1 环评文件及审批决定的建设内容与实际建设内容一览表

工程名称	环评建设内容及规模	验收内容及规模	结论
主体工程	使用FXE225.48型数字射线实时成像检测系统1台，用于金属焊接结构分析工作。	使用RG-DR/225（PFXE225.48）型数字射线实时成像检测系统1台（射线装置型号FXE225.48，包括铅房在内的整个数字射线实时成像检测系统型号为RG-	设备与环评一致

				DR/225P，环评阶段以射线装置型号报批），用于金属焊接结构分析工作。			
依托工程	公用工程	依托学校设施。		项目供电、给水、排水等依托学校现有设施。			
	辅助工程	项目工作人员办公、生活设施依托学校设施。		项目工作人员办公、生活设施依托学校设施。			
环保工程	辐射安全与防护措施	左面（有用线束照射方向，朝向东北）	15mmPb	左面（有用线束照射方向，朝向东北）	15mmPb	与环评一致	
		右面	8mmPb	右面	8mmPb		
		正面、背面	9mmPb	正面、背面	9mmPb		
		顶面、底面	8mmPb	顶面、底面	8mmPb		
		工件门	9mmPb	工件门	9mmPb		
	气体废物处理设施	FXE225.48型数字射线实时成像检测系统集成排风装置，用于排放臭氧、氮氧化物等。		系统集成排风装置，用于排放臭氧、氮氧化物等。排风装置安装在铅房组件顶面，排风量1050m³/h。系统排风孔处设有铅防护结构，铅当量8mmPb，补偿排风孔造成的防护减弱影响。系统排风孔接波纹管竖向布置，接入水平风管，至建筑东北外墙处，贯穿建筑外墙后，沿建筑外墙向上接至建筑顶部且高于建筑顶部，排入大气。			
	液体废物处理措施	工作人员办公及生活产生少量生活污水，依托学校污水处理设施处理后，接入市政管网。		工作人员办公及生活产生少量生活污水，依托学校污水处理设施处理后，接入市政管网。			
	固体废物处理措施	工作人员办公及生活产生少量生活垃圾，统一收集后交环卫部门处理。		工作人员办公及生活产生少量生活垃圾，统一收集后交环卫部门处理。			

(2) 劳动定员

项目环评阶段计划配备2名工作人员，项目实际共配备工作人员2人，使用人员已取得“X射线探伤”辐射安全与防护考核合格成绩单，兰州理工大学配备1名辐射安全管理人员（辐射安全管理人员为全校辐射安全与防护工作的专职人员，本项目纳入管理），管理人员已取得“辐射安全管理”辐射安全与防护考核合格成绩单，相关工作人员辐射安全与防护考核合格成绩单见附件5，后续如有新增使用人员，上岗前需通过辐射安全与防护考核，成绩合格后上岗。本

（2）劳动定员

项目环评阶段计划配备2名工作人员，项目实际共配备工作人员2人，使用人员已取得“X射线探伤”辐射安全与防护考核合格成绩单，兰州理工大学配备1名辐射安全管理人员（辐射安全管理人员为全校辐射安全与防护工作的专职人员，本项目纳入管理），管理人员已取得“辐射安全管理”辐射安全与防护考核合格成绩单，相关工作人员辐射安全与防护考核合格成绩单见附件5，后续如有新增使用人员，上岗前需通过辐射安全与防护考核，成绩合格后上岗。本

项目工作人员仅从事本项目金属焊接结构分析工作，不从事学校其他核技术利用工作。本项目实际配备的辐射工作人员见表2-2。

表2-2 项目配备人员相关信息

姓名	职务/岗位	辐射安全与防护培训证书	证书有效期至	结论
李富祥	专职管理人员	FS24GS2200005	2029-01-07	与环评一致
李春凯	有色金属先进加工与再利用国家重点实验室	FS23GS1200200	2028-10-14	
张刚	有色金属先进加工与再利用国家重点实验室	FS23GS1200253	2028-12-03	

2.4项目地理位置及平面布置

(1) 项目地理位置

兰州位于中国西北部、甘肃省中部，市中心位于北纬36°03'、东经103°40'，北与武威市、白银市接壤，东与定西市接壤、南与临夏回族自治州接壤。

项目位于甘肃省兰州市七里河区兰工坪路287号。该地点紧邻兰工坪路，交通便利。地理位置见附图1。

(2) 项目外环境情况

项目安装地点位于学校（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室，该建筑地上3/4层，无地下建构筑物。有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层平面布置情况，见附图3。

(3) 项目平面布置

有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室是公共平台，布置有激光熔覆设备、激光焊接机器人系统平台、C320型摩擦焊机、梯度合金激光3D打印机、等离子旋转电极雾化制粉设备等多个实验平台，主要开展异种金属焊接试验研究工作。项目的建设不改变场所用途。

101室东北是配电室和楼梯间，东南是院内空地，西北是轻金属平台/挤压平台，西南是荣誉展示室和门厅，顶部外是异种金属焊接平台MIG/TIG焊接机器区，底部以下是建筑基础。项目安装地点位于101室中部偏西位置。

(4) 环境保护目标

根据环评文件，项目评价范围为焊接过程数字射线实时成像检测系统铅房组

件外50m范围内区域。环境保护目标见附图5。

项目验收范围内环境保护目标见表2-3。

表2-3 项目环境保护目标情况

关注人群	环境保护目标		最近方位距离	备注	剂量约束值
	验收阶段	环评阶段			
工作人员	操作台	操作台	系统铅房组件西南0.5m	2人及部分学生	≤5mSv/a
公众	公共平台	激光焊接机器人系统平台	项目铅房组件东南5.5m	学校职工、学生及流动人群	≤0.1mSv/a
		C320型摩擦焊机	项目铅房组件东南5m		
		梯度合金激光3D打印机	项目铅房组件南5.6m		
		等离子旋转电极雾化制粉设备	项目铅房组件西南2.4m		
		激光熔覆设备	项目铅房组件东北3.6m		
	配电室	配电室	项目铅房组件东7m		
	3#楼梯间	3#楼梯间	项目铅房组件东北11.3m		
	荣誉展示室、门厅	荣誉展示室、门厅	项目铅房组件西南6.5m		
	轻金属平台/挤压平台	轻金属平台/挤压平台	项目铅房组件西北4.2m		
	异种金属焊接平台MIG/TIG焊接机器区	异种金属焊接平台MIG/TIG焊接机器区	项目铅房组件楼上		
	有色金属先进加工与再利用国家重点实验室	有色金属先进加工与再利用国家重点实验室	项目所在建筑室		
	材料工程及控制工程专业实验室	材料工程及控制工程专业实验室	项目铅房组件东36m		
	12#公寓	12#公寓	项目铅房组件东南20m		
	闲置楼	闲置楼	项目铅房组件西北46m		
	中试楼	中试楼	项目铅房组件东北30m		

2.5源项情况

根据学校提供的资料，RG-DR/225P（FXE225.48）型焊接过程数字射线实时成像检测系统主要技术参数见下表。

表2-4焊接过程数字射线实时成像检测系统主要技术参数表

最大管电压	225kV	最大管电流	3mA
最大管功率	320W	泄漏剂量率	5mSv/h
滤过条件	1mm Al	照射方式	定向
X射线束可用角射束	40°	距靶点1m处最大有用线束剂量率	2.74E+04mSv/h
光机升降	最大行程1000mm实际600mm		
面板/图像探测器升降运动单元	最大行程 1000mm实际600mm		
面板/图像探测器伸缩运动单元	最大伸缩335mm		

注：受最大管功率影响，管电流和管电压无法同时达到最大。

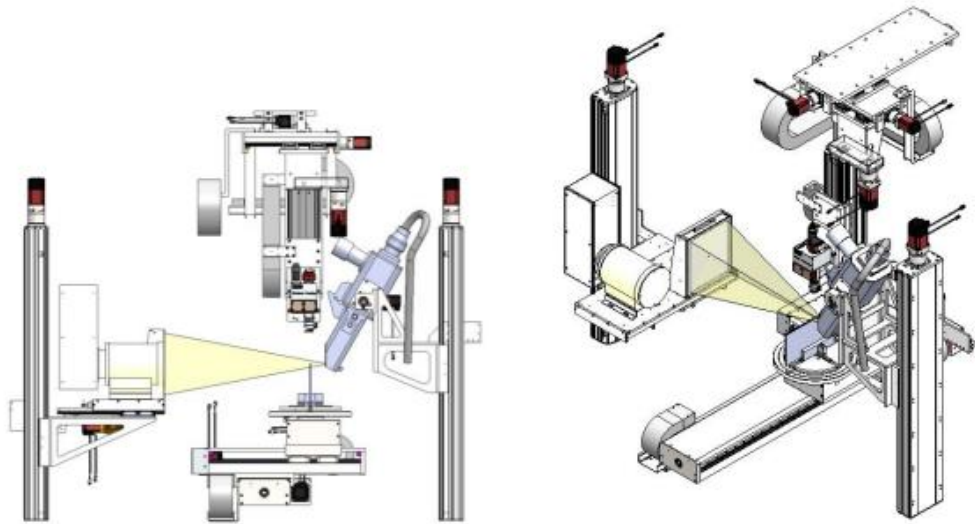


图2-1射线装置内部结构图

2.6 工程设备与工艺分析

2.6.1 项目工作原理

数字化X射线成像技术（Digital Radiography），是将X射线通过数字图像增强器换为数字化信号的技术。X射线透射工件后，经数字图像增强器接收转换成放大的数字信号后，经计算机处理得到数字化图像，具有检测灵敏度高、分辨率高、动态范围大，检测影像真实可靠、效率高、定位准确、维护简单的优点。

2.6.2 设备组成

RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统，主要由X射线机系统（控制器、高频高压发生器、金属陶瓷X射线管头、高压电缆、冷却系统）、数字平板探测器、机械系统、电气控制与操作系统、图像重建系统、辐射

安全防护系统等组成。

2.6.3项目设备工作流程

(1) 准备

工作人员佩戴好个人剂量计，拿取个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪，并按规范佩戴好个人剂量报警仪，监督学生佩戴好个人剂量报警仪，巡视防护箱体周围情况，检查防护箱体外观，确认各项辐射安全设施/措施正常后进行清场，关闭防护门，查看视频监控，确保防护箱体内无人员逗留。接通电源，打开控制台钥匙开关，系统开始自检测试，若测试正常，操作台显示器上提示工作人员可以进行相关操作，若测试故障，操作台显示器上显示故障代码。防护箱体外状态指示灯显示黄色“预备”文字，固定式辐射监测仪实时显示屏蔽体内剂量率。

使用前系统需进行训机，训机时间一般为 30min，训机过程中电压电流逐步升高，会有 X 射线、臭氧、氮氧化物产生。

准备过程中，工作人员处于操作台操作位，工件门处于关闭状态，样品台无样品。

(2) 样品安放

工作人员查看固定式辐射监测仪数据，确保设备训机结束，打开铅防护箱体工件门，将样品放置于样品台上，关闭系统铅防护箱体工件门。

(3) 参数设置

根据试验样品情况，工作人员设置扫描参数，包括：射线源、探测器、运动控制等参数。

(4) 扫描

工作人员启动系统，系统加载高压电源出束，实时跟踪 X 射线管运行状态，如发生异常情况，系统自动切断 X 射线管高压电源，蜂鸣器持续鸣响，提醒工作人员发生了故障。防护箱体外状态指示灯显示红色“出束中”文字，开始实时成像扫描，操作台显示试验样品图像，如发生紧急情况，按下急停按钮设备停止出束。

扫描完成后，工作人员查看固定式辐射监测仪数据，确保设备已停止出束，手持便携式辐射监测仪，打开防护门进入铅防护箱体，取出试验样品。

(5) 数据重建与处理

根据扫描数据，工作人员利用数据采集重建软件，重建样品图像。

(6) 结束

工作结束后，工作人员将系统运动机构复位，关闭软件；依次关闭各电源开关，关机完成，将个人剂量报警仪及便携式辐射监测仪放置储存场所，记录学生累计吸收剂量并签字。

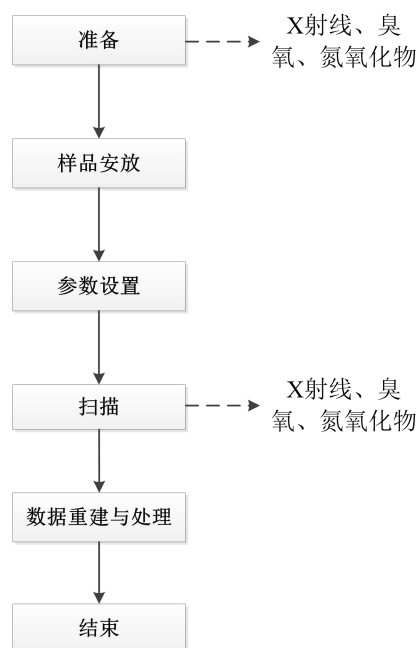


图2-1 工作流程及产污环节图

2.7主要污染源

(1) X射线

结合设备工作原理，电子束与阳极靶作用产生X射线，主要由韧致辐射能量谱和特征X射线能量谱组成。其中，特征X射线能量一般较低，强度也远小于韧致辐射。产生的X射线随着设备运行产生、停机消失。此外，射线与空气作用引起空气中氧分解生成自由基，产生臭氧和氮氧化物。设备开机工作产生X射线，关机状态下不产生X射线。X射线透射能力强，对周围人群及环境造成外照射影响较大，是主要污染因子。

(2) 臭氧及氮氧化物

空气中的氧气、二氧化氮、氮气在X射线作用下，发生辐射分解形成氧原子离子和一氧化氮等，氧原子离子和一氧化氮与空气作用，产生臭氧和氮氧化物。

(3) 固体废物

工作人员办公及生活产生少量生活垃圾。

(4) 废水

工作人员办公及生活产生少量生活污水。

综上所述，焊接过程数字射线实时成像检测系统在正常运行过程中不会产生放射性废气、放射性废水。主要影响因子为X射线、非放射性有害气体、非放射性固体废物。

表三 辐射安全与防护设施/措施

3.1辐射安全与环境保护设施/措施核查

3.1.1工作场所布局、辐射防护分区管理

(1) 工作场所布局

项目安装地点位于学校（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室，该建筑地上4层，无地下建构筑物。有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层平面布置情况，见附图3。

有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室为公共平台，主要开展异种金属焊接试验研究工作。项目的建设不改变场所用途。

项目安装地点位于101室中部偏西位置，RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统有用线束朝铅房组件左面（东北方向）照射，操作台处于西南侧，不处于有用线束照射方向。

(2) 辐射防护分区管理

按照分区管理的原则，将系统铅房组件划为控制区管理，将操作台区域及铅房组件周围1m范围划为监督区管理。项目工作场所辐射防护分区管理情况见附图6。

对于控制区，系统铅房组件工件门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明；对于监督区，在铅房组件周围1m处设置可移动围栏，定期对职业照射条件进行监督和评价。

项目工作场所的分区管理，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）分区管理的原则，工作场所分区合理。项目工作场所分区管理图见附图6。

3.1.2辐射安全与环境保护设施/措施

(1) RG-DR/225P（FXE225.48）型焊接过程数字射线实时成像检测系统铅房组件外部尺寸长、宽、高分别为2487mm、1980mm、2552mm，铅房组件内部尺寸长、宽、高分别为2300mm、1800mm、2000mm；铅房组件为型钢框架结构，由矩形管、槽钢焊接而成，采用8~15mm铅板作为防护材料，外饰板为2mm钢板。铅房组件各接缝处均采取搭接措施，避免射线泄漏；铅房组件走线孔、排风孔等部位，安装铅防护罩，铅当量与同侧面防护铅当量一致。具体防护情况见表3-1。

表3-1焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽防护

屏蔽体	屏蔽体材料及厚度（环评）	屏蔽体材料及厚度（实际）	等效铅当量	结论
左面（有用线束照射方向，朝向东北）	15mmPb	15mmPb	15mmPb	与环评阶段一致
右面	8mmPb	8mmPb	8mmPb	
正面、背面	9mmPb	9mmPb	9mmPb	
顶面、底面	8mmPb	8mmPb	8mmPb	
工件门	9mmPb	9mmPb	9mmPb	

根据验收监测结果，焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽防护效果有效。

（2）钥匙开关

系统操作台设有钥匙开关。打开钥匙开关后，系统接通电源、加载高压电源，X射线管才能出束。关闭状态下，钥匙才能拔出。钥匙专人保管，只允许本项目已取得“X射线探伤”辐射安全与防护考核合格成绩单者使用。

（3）自检测试

电源开启后，系统进行自检测试。若测试正常，操作台显示器上提示工作人员可以进行相关操作；若测试故障，操作台显示器上显示故障代码，提醒工作人员关闭电源，与厂家联系并维修。

（4）状态指示灯、声音提示装置

系统安装状态指示灯及声音提示装置，位于铅房组件工件门上及铅房组件内，用于显示、提示系统工作状态，且各工作状态声音提示信号不同。同时，系统状态指示灯、声光报警装置与高压电源控制器联锁。

其中，系统待机状态下，状态指示灯显示绿色“待机”文字；系统预备状态下，状态指示灯显示黄色“预备”文字，同时发出声音提示；系统出束扫描状态下，状态指示灯显示红色“照射中”文字，同时发出声音提示。

（5）联锁装置

当X射线管接通高压电源后，系统实时跟踪X射线管运行状态，发生异常情况时，系统自动切断X射线管高压电源。扫描过程出现故障时，系统将立即

切断X射线管高压电源，蜂鸣器持续鸣响，提醒工作人员发生了故障。

系统工件门与高压控制器联锁。当工件门处于开启状态时，系统工作状态指示灯绿灯点亮，无法出束扫描；当工件门关闭且确认后，系统工作状态指示灯黄灯点亮，可以启动扫描；扫描状态下，系统高压电源未关闭，防护门无法打开；扫描状态下，工件门意外打开，系统立即切断X射线管高压电源，停止出束扫描。

（6）紧急停束装置

系统设置紧急停束装置（急停开关），分别位于系统操作台、工件门内外等位置。应急状态下，人员按下紧急停束装置，可以立即切断系统高压电源，停止出束扫描。紧急停束装置切断高压电源后工件门、检修门可以正常开启。

（7）固定式辐射报警仪

系统安装固定式周围剂量当量率监测装置，设置于铅房组件内靠近地面处和铅房外工件门左侧，实时监测铅房组件内和铅房外辐射剂量水平。

（8）视频监控装置

系统安装视频监控装置，便于工作人员了解铅房组件内情况。其中，显示器位于控制台；监控摄像头安装在工件门内侧右上角。

（9）排风装置

系统安装集成排风装置，用于排放臭氧、氮氧化物等。排风装置安装在铅房组件顶面，排风量 $1050\text{m}^3/\text{h}$ 。系统排风孔处设有铅防护结构，铅当量 8mmPb ，补偿排风孔造成的防护减弱影响。

根据项目资料，系统铅房组件内体积约为 8.28m^3 ，排风量为 $1050\text{m}^3/\text{h}$ ，则系统排风次数约为 $126\text{次}/\text{h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）第6.1.10条要求。项目安装排风管道，将系统排气接引至室外，最终排入大气。系统排风孔接波纹管竖向布置，接入水平风管，至建筑东北外墙处，贯穿建筑外墙后，沿建筑外墙向上接至建筑顶部且高于建筑顶部，排入大气。

（10）系统铅房组件防护门、检修门上，张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。电离辐射警告标志按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

(GB18871-2002)附录F要求设置。

(11) 项目已配备便携式NT6106型X-γ辐射监测仪1台、个人剂量报警仪(型号: RG1100) 2台, 个人剂量计2个。

(12) 个人防护

项目配备铅橡胶防护衣1件。

(13) 教学过程中学生均不得操作设备, 学生需全程佩戴好个人剂量报警仪。研究生如果因为课题研究需要操作设备, 必须取得“X射线探伤”辐射安全与防护考核合格成绩单后才能使用, 且应佩全程戴个人剂量计。

3.2 项目投资及环保投资

本次验收项目实际投资262万元, 其中实际环保投资34.5万元, 环保投资占比13.2%。

表3-2 项目环评环保投资估算和实际环保投资对比情况

辐射安全措施	环评环保投资概算		实际环保投资	
	建设内容	环保投资(万元)	实际建设情况	环保投资(万元)
射线装置固有安全措施	(1) FXE225.48型数字射线实时成像检测系统配备铅防护组件, 铅房组件设计为型钢框架结构, 由矩形管、槽钢焊接而成, 采用8~15mm铅板作为防护材料, 外饰板为2mm钢板。铅房组件各接缝处均采取搭接措施, 避免射线泄漏; 铅房组件走线孔、排风孔等部位, 设计安装铅防护罩, 铅当量与同侧面防护铅当量一致。 (2) FXE225.48型数字射线实时成像检测系统设计采取的辐射安全措施, 包括: 钥匙开关、自检测试、状态指示灯、声音提示装置、联锁装置、紧急停束装置、固定式辐射报警仪、排风装置等。	30	数字射线实时成像检测系统配备铅防护组件, 铅房组件为型钢框架结构, 由矩形管、槽钢焊接而成, 采用8~15mm铅板作为防护材料, 外饰板为2mm钢板。铅房组件各接缝处均采取搭接措施, 避免射线泄漏; 铅房组件走线孔、排风孔等部位, 安装铅防护罩, 铅当量与同侧面防护铅当量一致。	31.5
辐射安全与防护措施	(1) 将系统铅房组件划为控制区管理, 将操作台及铅房组件周围1m的范围划为监督区管理。控制区出	0.8	(1) 已按照两区划分要求系统铅房组件划为控制区管理, 将操作台及铅房组件周围1m的范围划为	1.2

	入口设置电离辐射警告标志及中文警示说明。同时，计划在铅房组件周围1m处设置围栏。 (2) 系统铅房组件工件门上，设计张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。 (3) 项目计划安装排风管道，将系统排气接引至室外，最终排入大气。		监督区管理，地面设置可移动围栏。 (2) 铅房组件四周及工件门均张贴有电离辐射警告标志，对人员进行警示，防止无关人员误入。 (3) 设备安装有集成通风系统，并安装排风管道，排风管道由排风扇接引后向上布置，之后向南布置，将系统铅房组件的排气接引至室外，最终排入大气	
监测仪表	项目计划配备便携式 X-γ 辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台、直读式个人剂量计 2 个。	1.5	项目已配备便携式 NT6106 型 X-γ 辐射监测仪 1 台、个人剂量报警仪（型号：RG1100）2 台，个人剂量计 2 个。	1.5
个人防护	/	/	铅橡胶防护衣 1 件	0.3
环保投资合计		31.5	环保实际投资合计	34.5
项目总投资		256	项目实际总投资	262
环保投资占总投资比例		12.3%	环保投资占总投资比例	13.2%

3.3 项目变动分析

根据现场调查及收集有关文件可知，项目验收阶段与环评阶段的建设地点、性质、规模及环保措施保持一致。根据现场调查，按照《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》，对项目验收阶段与环评阶段的建设地点、性质、规模、工艺流程及辐射安全防护设施/措施对比分析，见表 3-3。

表 3-3 项目工程建设对比情况一览表

工程建设	条款要求	项目实际建设情况	是否涉及重大变动
性质	由核技术利用建设项目变更为其他类别建设项目	核技术利用建设项目	否
建设地点	重新选址	无变化	否
	调整辐射工作场所位置（包括总平面布置变化）导致调整后评价范围内出现新的环境保护目标	无变化	否
规模	射线装置类别升高	项目射线装置和环评一致，属于 II 类射线装置	否
	射线装置额定功率或输出剂量率增大 50%及以上	项目射线装置功率和环评阶段一致	否
	增加新的辐射工作场所	未增加新的辐射工作场所	否
工艺	生产工艺或使用方式变化导	生产工艺或使用方式和环评一	否

	致不利影响加重，含主要工艺装置、配套设备及放射性三废处理设施任何一项变化。	致	
辐射安全与防护措施	辐射防护措施改变导致不利影响加重	辐射防护措施和环评一致	否
	辐射安全联锁系统的联锁方式、联锁逻辑发生改变导致联锁功能减弱	辐射安全联锁系统和环评一致	否

注：本项目射线装置型号FXE225.48，与环评一致，包括铅房在内的整个数字射线实时成像检测系统型号为RG-DR/225P，环评阶段以射线装置型号报批。

根据现场调查，项目建设性质、建设规模、生产工艺均与环评一致，未发生变动。

3.4依托工程

项目供电、给水、排水等依托学校设施；办公及生活设施依托学校设施；废水、医疗废物、生活垃圾等依托学校设施。

3.5辐射安全与环境保护管理措施

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“营运管理”的要求，为减少人为因素造成辐射环境影响，项目建立了辐射安全与环境保护管理措施。

3.5.1辐射安全与环境保护管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第1款要求，使用Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

学校已成立辐射安全与防护管理工作小组，以冀宏为组长，韩建平为副组长，全面负责辐射安全与环境保护管理工作，小组职责如下：

- （1）完善辐射事故应急预案及处置方案。
- （2）组织制定辐射安全与防护管理制度及安全保卫制度、辐射安全与防护操作规程、并监督执行。
- （3）制定学校年度辐射工作人员培训计划、监测方案等并组织具体实施，组织实施辐射安全与防护知识培训与宣传教育。
- （4）配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个

人剂量测量报警、辐射监测仪器等。

(5) 组织开展学校辐射安全与防护工作监督检查，对查出的问题及时研究，制定整改措施，落实整改措施按期实施。

其中李富祥（博士学历）为专职辐射安全与环境保护管理人员（专职人员已取得“辐射安全管理”辐射安全与防护考核成绩单），职责如下：

(1) 了解并熟知相关法律法规，及时配合管理小组做好射线装置的安全和防护的责任。

(2) 辐射安全与环境保护管理专职人员负责设备的保管、建档、维修、维护等，严格按照操作规程和规章制度工作，为周围其他人员树立正确的辐射危害和防护知识，以身作则地杜绝非法操作。

(3) 及时修订辐射安全和防护管理规章制度、辐射事故应急预案，配备必要的防护用品和监测仪器。

(4) 工作人员个人剂量计由安全专职管理人员定期收集送交检测机构进行检测，并保存剂量报告。

(5) 监督工作人员及时参加培训，考试不合格不得上岗。

(6) 所有工作人员个人剂量监测报告、职业体检报告建档终生保存，辐射监测设备定期检定，监督各工作人员做好定期自测，确保在工作过程中有效区分监督区及控制区。

(7) 每年1月 31 日前在“全国核技术利用辐射安全申报系统”提交射线装置安全和防护状况年度评估报告。定期对全国核技术利用系统信息进行维护（包括辐射工作人员、个人剂量档案、辐射安全与防护管理机构等）。

3.5.2辐射安全与环境保护管理

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第16条第6款、第7款要求，有健全的操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、有完善的辐射事故应急措施等。

项目建成后，学校修订、补充及完善相关辐射安全与环境保护管理制度，包括如下制度。

(1) 辐射安全与防护管理制度：《辐射安全与防护管理制度》

(2) 操作规程：《焊接过程数字射线实时成像检测系统安全操作规程》

- (3) 岗位职责：《工作人员岗位职责》
- (4) 设备检修维护制度：《设备检修维护制度》
- (5) 辐射工作人员培训计划：《辐射工作人员培训计划》
- (6) 监测方案：《辐射监测方案》（包含个人剂量监测及环境监测）
- (7) 事故应急：《辐射事故应急预案》
- (8) 其他：《台账管理制度》

经现场核查，学校各项辐射安全与环境保护管理制度执行良好，项目辐射安全与环境保护管理有效，满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第16条第6款的要求，使用放射性同位素、射线装置的单位应当具备有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全与防护管理制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等；第7款要求，使用放射性同位素、射线装置的单位有完善的辐射事故应急措施。各项管理制度见附件4。

3.5.3辐射安全与防护培训考核

按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中第16条要求，从事辐射工作的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。

经现场调查，本项目工作人员均已参加“X射线探伤”辐射安全与防护考核，专职管理人员（博士学历）已参加“辐射安全管理”辐射安全与防护考核。辐射安全与防护考核合格成绩单见附件5。

3.5.4工作人员个人剂量监测与职业健康管理

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第29条要求，生产、销售、使用放射性同位素和射线装置的单位，应当严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理的规定，对直接从事生产、销售、使用活动的工作人员进行个人剂量监测和职业健康检查，建立个人剂量档案和职业健康监护档案。

学校已按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）要求委托甘肃秦州核与辐射安全技术有限公司承担辐射工作人员个人剂量计监测工作。

3.6 辐射事故应急

依据《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国突发事件应对法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《突发公共卫生事件应急条例》及相关法律法规的规定，结合学校实际情况拟定了本方案作为辐射事故应急处理预案。

3.6.1 应急原则

（1）预防为主、常备不懈。坚持预防与应急相结合，提高辐射工作单位防控意识，做好预案演练、宣传和培训工作，落实各项预防措施，切实做到辐射事故早发现、早报告、早处置，应对高效、有序。

（2）保护公众、保护环境。以人为本，把保障师生及其他公众生命财产安全作为首要任务，最大限度地减少辐射事故造成的人员伤亡和财产损失及对环境的危害。

（3）统一指挥、协同处置。明确应急管理机构职责，建立统一指挥、分工协作、反应灵敏、协调有序、运转高效的应急工作机制和响应程序。加强各部门密切协作，形成优势互补、资源共享的辐射事件联动处置机制。

3.6.2 适用范围

我校发生的辐射事故主要包括射线装置失控或辐射防护设施失效导致人员受到超剂量照射。

3.6.3 可能发生的辐射事故及分级

（1）射线装置失控导致人员受到超剂量照射；

（2）铅房损坏造成 X 射线泄漏使人员受到误照射。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》相关规定，我校发生辐射事故属于一般或较大辐射事故。

3.6.4 应急组织与职责

为保证辐射应急救援工作有效开展，减少辐射事故造成的损失，保障工作人员的人身安全，我校成立辐射事故应急救援领导小组。

组长：石玕（重点实验室主任）

副组长：喇培清（重点实验室常务副主任）

成员：张鹏林、李春凯、张刚、李富祥

3.6.5 主要职责

- (1) 贯彻执行国家辐射应急的方政策和辐射应急工作要求；
- (2) 应急期间充分调动人力、物力支援，实施统一指挥，统一组织，统一行动，采取各种有效快速的救援措施，最大限度地减少影响。
- (3) 组织编制和修订辐射事故应急救援预案，组织开展安全教育培训和不定期进行辐射事故演练。
- (4) 定期检查辐射事故应急系统和各岗位防护器材的备用完好情况。
- (5) 负责组织指挥事故现场的处理物资调配、人员疏散、现场控制等现场的具体工作。
- (6) 负责做好善后处理工作。
- (7) 按发生事故“四不放过”原则，组织或协助配合上级进行事故调查分析、处理工作。
- (8) 发生事故时，应立即赶赴现场组织指挥应急救援工作，同时向有关领导和部门报告事故情况。

3.6.6 信息报告

任何部门和个人在发现辐射事故时，应迅速、准确地报告应急办公室和值班领导。有关部门接到事故信息后，根据事故严重程度，立即启动辐射事故应急方案，采取应急措施。确认属于辐射事故 1 小时内向省、市生态环境部门、公安等部门或辐射应急机构报告。

3.6.7 辐射事故应急程序

3.6.7.1 应急启动

发生辐射事故时，相关辐射工作人员立即将事故性质、时间、地点、联系人、电话等向单位应急救援领导小组报告。应急救援领导小组在接到报告后，立即启动辐射事故应急预案。

3.6.7.2 应急处理措施

(1) 发现人员受到意外放射性照射后应立即切断电源并报告，报告程序为：本团队负责人→重点实验室主任→重点实验室辐射安全事故应急处理小组→政府主管部门（公安部门、环保部门和卫生部门）。情况紧急时，现场人员可直接向公安、环保和卫生主管部门报告，同时报告保卫处和实验室及设备管理处、联系校医院。

(2) 发生射线装置失控导致人员受到超剂量照射时，立即切断射线装置电源，组织现场人员撤离，最大限度控制实际影响，保护好现场，迅速、正确判断事故性质，将事故情况报告应急救援领导小组。安排受照人员接受医学检查或者在指定的医疗机构救治，并对照射域采取应急安全处理措施。查明辐射事故发生原因并进行整改。

(3) 辐射安全与防护措施/设施失效，导致人员受到超剂量照射时，立即切断电源，组织现场人员撤离，最大限度控制实际影响，保护好现场，迅速、正确判断事故性质，将事故情况报告应急救援领导小组。安排受照人员接受医学检查或者在指定的医疗机构救治，并对照射域采取应急安全处理措施。查明辐射事故发生原因并进行整改。

3.6.8 辐射安全事故调查及信息公开

(1) 事故现场应急处理完毕后，辐射安全事故应急处理小组应积极配合公安、环保、卫生等部门立即调查事故原因。

(2) 事故发生后，辐射安全事故应急处理小组应积极配合有关部门做好信息公开工作。

3.6.9 应急保障、人员培训和演练

(1) 应急保障。重点实验室应落实辐射安全事故应急所需的装备、器材和资金配备。

(2) 人员培训。辐射安全事故相关应急人员须经过培训，培训内容应包括辐射监测仪器、通讯及防护设施的使用和应急预案执行步骤等。

(3) 事故应急演练。辐射安全事故应急处理小组须每年开展一次事故应急演练，提高辐射事故应急能力，并通过演练逐步完善应急预案。

3.6.10 符合性分析

综上所述，学校制定了辐射事故应急预案，成立了应急组织机构，全面负责单位辐射事故应急工作，明确工作职责、工作程序等内容，配备应急物资，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中对事故应急的相关要求。

3.8 辐射安全许可证重新申领整改措施

辐射安全许可证重新申领文件技术审评现场踏勘意见及整改情况：

(1) 整改意见：铅房内紧急开门任何情况下可以打开防护门（急停状态下也要可以打开门）；

整改情况：经调试，铅房内紧急开门任何情况下可以打开防护门，按下紧急停束按钮防护门可以开启；

(2) 强化钥匙管控；

整改情况：钥匙专人保管，只允许本项目已取得“X射线探伤”辐射安全与防护考核合格成绩单者使用。

(3) 设置固定报警仪的阈值，使其具有报警功能。

整改情况：固定报警仪已设置报警阈值，超出报警阈值立即报警。

3.9 污染物处理和排放

3.9.1 X射线

设备工作时，各防护门紧闭，防止产生的X射线泄漏，设备关闭时，无X射线产生。

3.9.2 臭氧和氮氧化物

设备安装有集成通风系统，并安装排风管道，项目运行产生的少量臭氧和氮氧化物经排风口排至大气。

3.9.3 固体废物

工作人员办公及生活产生少量办公垃圾，统一收集后交环卫部门处理。

3.9.4 废水

项目运行后，工作人员办公及生活产生少量生活污水，依托学校污水设施处理后，接入市政管网。

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1环境影响报告表主要结论

4.1.1项目概况

项目使用 FXE225.48 型数字射线实时成像检测系统 1 台，用于金属焊接结构分析工作。FXE225.48 型数字射线实时成像检测系统 X 射线管最大电压 225kV、最大电流 3mA，属于 II 类射线装置。

项目安装地点位于学校（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室 1 层 101 室。FXE225.48 型数字射线实时成像检测系统配备铅房组件，项目不涉及土建施工。

项目总投资为 256 万元，环保投资 31.5 万元，环保投资占比 12.3%。

4.1.2产业政策符合性分析

按照《产业结构调整指导目录（2021 年本）》要求，项目不属于限制类、淘汰类项目，符合国家产业政策。

4.1.3 利益代价分析

项目的建设，可为工程实践提供理论研究数据，有利于金属加工技术发展，具有显著的社会效益和经济效益。项目计划采取一系列辐射安全与环境保护措施，以减少对环境造成的不利影响。

因此，项目在落实辐射安全与环境保护措施后，可以实现经济效益、社会效益的协调发展，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“实践正当性”要求。从利益代价角度分析，项目的建设是可行的。

4.1.4环境质量现状分析结论

监测显示，项目拟建场地及周围环境 γ 辐射剂量率在 50nGy/h~71nGy/h。对比《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所，1996）表 4 内容，兰州市原野、道路、室内等 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围值分别为 34.0nGy/h~104.5nGy/h、35.5nGy/h~73.3nGy/h、48.7nGy/h~132.3nGy/h，项目拟建场地及周围环境辐射水平未见异常。

4.1.5辐射安全与防护措施分析结论

项目辐射安全与防护措施，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）相关要求；项目工作场所辐射防护分区管理措施，满足《电离辐射防护

与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）关于分区管理要求，工作场所分区合理。

4.1.6环境影响分析

（1）施工期环境影响分析

不涉及。

（2）运行期环境影响分析

预测结果显示，FXE225.48 型数字射线实时成像检测系统最大运行工况下，铅房组件外 30cm 处周围剂量当量率 $2.35\text{E-}01\mu\text{Sv/h}\sim 2.12\text{E+}00\mu\text{Sv/h}$ ，满足评价提出的 FXE225.48 型数字射线实时成像检测系统外 30cm 处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量参考控制水平。

个人剂量估算显示，项目运行致工作人员年有效剂量为 $4.88\text{E-}02\text{mSv/a}\sim 5.70\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员 20mSv 年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），也满足评价提出工作人员 5mSv/a 的个人剂量约束值要求；项目运行致公众年有效剂量为 $3.02\text{E-}03\text{mSv/a}\sim 8.21\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.2.1公众中有关关键人群组的成员所受到 1mSv 的平均剂量限值，也满足评价提出公众 0.1mSv/a 的个人剂量约束值要求。

4.1.7辐射安全管理分析

学校已设立辐射安全与环境保护管理机构，负责辐射安全与环境保护管理工作，明确机构职责，机构成员由各相关职能部门负责人组成。

为了规范辐射安全与环境保护管理工作，学校制定了《辐射安全与防护管理制度》《辐射防护与安全保卫制度》《岗位职责》《操作规程》《辐射监测方案》《设备维修维护制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射事故应急预案》等制度，规范辐射安全与环境保护管理工作。项目建成后，学校将项目纳入辐射安全管理，结合项目实际，制定或完善相关辐射安全管理制度。

4.1.8事故影响分析

为科学有效、及时处置辐射事故，降低和减轻事故的损害和影响，保障公

众及从业人员安全和健康，保护辐射环境安全，维护社会稳定，学校已经制定了辐射事故应急预案，成立了应急组织机构，负责学校辐射事故应急工作，明确工作职责、工作程序、事故分级、联络接口等内容，配备应急物资，定期组织应急演练，满足《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中对事故应急的相关要求。

4.1.9环境影响评价综合性结论

综上所述，焊接过程数字射线实时成像检测系统符合《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“实践正当性”要求，项目在落实辐射安全与环境保护措施、辐射环境管理措施的前提下，项目运行对环境产生的辐射影响可以满足相关标准要求，符合环境保护的要求。因此，从辐射环境保护的角度分析项目可行。

4.2 建议和承诺

4.2.1 建议

（1）落实各项辐射安全与环境保护措施，完善辐射安全与环境保护管理制度，建立项目运行管理记录、环境监测记录、个人剂量管理记录及维修检查记录等，并存档备查。

（2）按照《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）第 5.3 条要求，工作人员应正确配备个人剂量计。

（3）定期开展辐射安全培训和教育，提高工作人员辐射安全意识。

（4）加强对仪器、设备、设施等的日常检查、维护管理工作，确保其能够满足项目正常运行需要。

（5）根据国家及地方最新出台的法律法规，对辐射安全与环境保护管理制度进行完善。

（6）每年 1 月 31 日前，向生态环境主管部门提交上一年度的安全和防护状况年度评估报告，且上传至全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn>）。

（7）项目批复后，及时向生态环境主管部门重新申请领取《辐射安全许可证》。申请辐射安全许可证前，在全国核技术利用辐射安全申报系统（<http://rr.mee.gov.cn>）进行相关信息的填写。

4.3审批部门审批决定

2023年10月31日，兰州市生态环境局以《兰州市生态环境局关于兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统环境影响报告表的批复》（兰环核审〔2023〕30号）对项目作出批复，批复内容如下：

一、项目主要建设内容

兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统项目安装地点位于兰州理工大学兰工坪校区有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室。项目计划使用1台FXE225.48型数字射线实时成像检测系统，用于金属焊接结构分析工作，该数字射线实时成像检测系统X射线管最大电压225kV，最大电流3mA，属于Ⅱ类射线装置。本项目总投资256万元，其中环保投资31.5万元，占总投资的12.3%。

该项目的实施可能对辐射安全 and 环境产生不利影响，在全面落实环境影响报告表和本批复提出的各项生态环境保护措施后，该项目所产生的不利生态环境影响可以得到一定缓解或控制。我局原则同意环境影响报告表的总体评价结论和拟采取的生态环境保护措施。

二、项目建设及运行中应重点做好的工作

（一）落实辐射环境管控措施。严格遵守报告表提出的各项辐射安全与防护措施，确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关标准要求。辐射工作场所应严格划定控制区、监督区并实行两区管理制度，落实钥匙开关、状态指示灯、声音提示装置、联锁装置、紧急停束装置和辐射水平监测报警装置等安全管理措施，加强设备运行期间安全管理。边界处应设置醒目的电离辐射警示警告标志，防止无关人员误入。做好辐射工作场所屏蔽防护工作，确保周围剂量当量率控制限值要求。

（二）落实辐射监测管理要求。配备必要的辐射监测仪器和个人剂量报警设备，铅房组件内设置固定式辐射检测仪，建立辐射环境监测制度，加强项目运行期间工作场所、周围环境的辐射水平监测并归档。严格落实个人剂量监测与管理制度，建立个人剂量和健康档案并长期保存。按照辐射防护最优化的原则，本项目确定工作人员年有效剂量管理限值为5mSv。

（三）落实辐射安全规章制度，建立健全设备操作规程，岗位职责、设备检修维护、辐射防护及安全保卫等辐射安全管理规章制度，做到制度上墙。制定完善的辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，确保区域辐射环境安全。相关管理人员及工作人员须参加相应级别的辐射安全培训和考核，严格持证上岗。

三、相关要求

（一）加大宣传力度，主动接受监督。加强公众沟通和科普宣传，及时解决公众提出的合理环境诉求，及时公开项目建设与环境保护信息，主动接受社会监督。

（二）落实环保制度，规范验收程序。项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，落实各项环境保护措施，环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的，应当按要求重新报批环境影响报告表。该项目竣工后，须按规定程序开展竣工环境保护验收。经验收合格后，项目方可投入运行。

（三）加强运行管理，强化日常监督。由市生态环境保护综合行政执法队、市生态环境局城关分局组织开展该项目的“三同时”监督检查和管理工作。你单位须按规定接受各级生态环境主管部门日常监督检查。

4.4环评文件提出的辐射安全与环境保护设施/措施落实情况

环评文件中提出的辐射安全与环境保护设施/措施落实情况，见表4-1。

表4-1 环评文件中提出的辐射安全与环境保护设施/措施落实情况

环评文件中提出的辐射安全与环境保护设施/措施			落实情况
辐射防护措施	分区管理	采取分区管理措施，将系统铅房组件划为控制区管理，将操作台区域及铅房组件周围1m 范围划为监督区管理。对于控制区，系统铅房组件工件门外设置电离辐射警告标志及中文警示说明；对于监督区，计划在铅房组件周围1m 处设置（实体）围栏，定期对职业照射条件进行监督和评价。	已落实。 采取分区管理措施，将系统铅房组件划为控制区管理，将操作台及系统铅房组件周围1m 的范围划为监督区管理，并用警戒线标明。 对于控制区，严禁人员进入，铅房四周及工件门外均设置电离辐射警告标志；对于监督区，在铅房组件周围1m处设置可移动围栏，定期对职业照射条件进行监督和评价。
	工作场所辐射安全与防护	（1）FXE225.48型数字射线实时成像检测系统铅房组件外部尺寸长、宽、高分别为2501mm、1996mm、2214.5mm，铅房组件内部尺寸长、宽、高分别为2300mm、1800mm、2000mm；铅房组件设计为型钢框架结构，由矩形管、槽钢焊接而成，采用5~15mm 铅板作为防护材料，外饰板为2mm 钢板。铅房组件各接缝处均采取搭接措施，避免射线泄漏；铅房组件走线孔、排风孔等部位，设计安装铅防护罩，铅当量与同侧面防护铅当量一致。 （2）系统固有安全措施：钥匙开关、自检测试、状态指示灯、声音提示装置、联锁装置、紧急停束装置、视频监控装置、固定式辐射报警仪、排风装置等。 （3）系统铅房组件工件门上，设计张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。 （4）安装排风管道，将系统排气接引至室外，最终排入大气。 （5）配备便携式 X-γ辐射监测仪1台、个人剂量报警仪2台。	已落实。 （1）RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统铅房组件外部尺寸长、宽、高分别为2501mm、1996mm、2214.5mm，铅房组件内部尺寸长、宽、高分别为2300mm、1800mm、2000mm；铅房组件为型钢框架结构，由矩形管、槽钢焊接而成，采用铅板作为防护材料，左面（有用线束照射方向，朝向东北）铅当量为15mmPb，右面铅当量为8mmPb，其他方向（正面、背面、顶面、底面）铅当量为9mmPb；工件门铅当量6mmPb；铅房组件各接缝处均采取搭接措施，避免射线泄漏；铅房组件走线孔、排风孔等部位，安装有铅防护罩，铅当量与同侧面防护铅当量一致。 （2）本项目已设置有安全措施：系统操作台设置有钥匙开关；电源开启后，系统进行自检测试；系统安装状态指示灯及声音提示装置，位于铅房组件工件门上及铅房组件内，用于显示、提示系统工作状态；当 X 射线管接通高压电源后，系统实时跟踪 X 射线管运行状态，发生异常情况时，系统自动切断 X 射线管高压电源，扫描过程出现故障时，系统将立即切断 X 射线管高压电源，蜂鸣器持续鸣响，提醒工作人员发生了故障；系统设置紧急停束装置（急停开关），分别位于系统操作台、工件门内外等位置。应急状态下，人员按下紧急停束装置，可以立即切断系统高压电源，停止出束扫描；系统安装视

			频监控装置，便于工作人员了解铅房组件内情况。其中，显示器位于控制台；监控摄像头安装在工件门内侧右上角；系统安装固定式周围剂量当量率监测装置，设置于铅房组件内靠近地面处和铅房外工件门左侧，实时监测铅房组件内和铅房外辐射剂量水平；设置有集成排风装置。 （3）铅房组件四周和焊接过程数字射线实时成像检测系统工件门均张贴有电离辐射警告标志。电离辐射警告标志按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录F要求设置。 （4）系统安装集成排风装置，用于排放臭氧、氮氧化物等。排风装置安装在铅房组件顶面，排风量1050m³/h。系统排风孔处设有铅防护结构，铅当量8mmPb，补偿排风孔造成的防护减弱影响。 （5）NT6106型X-γ辐射监测仪1台、个人剂量报警仪（型号：RG1100）2台，个人剂量计2个。
个人剂量监测		工作人员个人剂量计定期进行监测，并建立个人剂量档案。	已落实。 已委托甘肃秦州核与辐射安全技术有限公司对工作人员进行个人剂量计检测，每季度出具检测报告，并建立个人剂量档案。
人员职业健康监护		工作人员定期进行体检，并建立职业健康档案。	已落实。 工作人员定期进行职业健康体检，并建立职业健康档案。
监测限制要求	个人剂量监测	工作人员和公众年剂量，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作人员20mSv剂量限值和评价提出5mSv剂量约束值、公众1mSv剂量限值和评价提出0.1mSv剂量约束值的要求。	已落实 根据个人剂量结果估算，工作人员和公众所受到的年附加有效剂量低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中工作人员20mSv剂量限值和评价提出5mSv剂量约束值、公众1mSv剂量限值和评价提出0.1mSv剂量约束值的要求。

	工作场所 剂量率参 考控制水 平	在满足竣工环保验收要求工况下，FXE225.48型数字射线实时成像检测系统外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h。	已落实。 根据竣工环境保护验收报告，RG-DR/225P（FXE225.48）型焊接过程数字射线实时成像检测系统外满足30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h要求。
	辐射安全与环 境保护管理机 构	建立职责明确的辐射安全与环境保护管理管理机构，将本项目纳入管理。	已落实。 学校已成立辐射安全防护管理工作小组，设置有专职人员，并明确相应职责，本项目也已纳入管理。
	辐射安全与环 境保护管理制 度	有健全的操作规程、岗位职责、辐射安全与防护管理制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	已落实。 学校已修改相关的辐射安全与防护管理制度，《辐射安全与防护管理制度》《焊接过程数字射线实时成像检测系统安全操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射监测方案》《辐射事故应急预案》《台账管理制度》等。
	辐射事故应急	有完善的辐射事故应急措施。	已落实。 学校已制定《兰州理工大学辐射事故应急预案》制度。
	辐射防护与安全 培训和考核	工作人员应参加辐射安全与防护培训，考核合格后上岗。	已落实。 相关管理人员及操作人员均已取得辐射安全与防护考核成绩单。
综上所述，环评文件提出的辐射安全与环境保护措施要求，在项目建设阶段已全部落实。			

4.4环评批复文件提出的有关要求落实情况

环评批复文件中提出的与本次验收内容有关的要求落实情况，见表4-2。

表4-2 环评批复文件提出的有关要求落实情况

环评批复文件提出的有关要求	落实情况
落实辐射环境管控措施。严格遵守报告表提出的各项辐射安全与防护措施，确保满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关标准要求。辐射工作场所应严格划定控制区、监督区并实行两区管理制度，落实钥匙开关、状态指示灯、声音提示装置、联锁装置、紧急停束装置和辐射水平监测报警装置等安全管理措施，加强设备运行期间安全管理。边界处应设置醒目的电离辐射警示警告标志，防止无关人员误入。做好辐射工作场所屏蔽防护工作，确保周围剂量当量率控制限值要求。	已落实。 已严格落实报告表提出的各项辐射安全与防护措施，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等相关标准要求。 辐射工作场所已划定控制区与监督区，采取分区管理措施，将系统铅房组件划为控制区管理，将操作台及系统铅房组件周围1m的范围划为监督区管理，并用警戒线标明。 ①系统操作台设置有钥匙开关，打开钥匙开关后，系统接通电源、加载高压电源，X射线管才能出束。关闭状态下，钥匙才能拔出。②系统待机状态下，状态指示灯显示绿色“待机”文字；系统预备状态下，状态指示灯显示黄色“预备”文字，同时发出声音提示；系统出束扫描状态下，状态指示灯显示红色“照射中”文字，同时发出声音提示。③系统工件门与高压控制器联锁。当工件门处于开启状态时，系统工作状态指示灯绿灯点亮，无法出束扫描；当工件门关闭且确认后，系统工作状态指示灯黄灯点亮，可以启动扫描；扫描状态下，系统高压电源未关闭，防护门无法打开；扫描状态下，工件门意外打开，系统立即切断X射线管高压电源，停止出束扫描。④系统设置紧急停束装置（急停开关），分别位于系统操作台、工件门内外等位置。应急状态下，人员按下紧急停束装置，可以立即切断系统高压电源，停止出束扫描。⑤系统安装固定式周围剂量当量率监测装置，设置于铅房组件内靠近地面处和铅房外工件门左侧，实时监测铅房组件内和铅房外辐射剂量水平。⑥工作人员定期对辐射安全措施进行检修维护。⑦铅房组件四周和焊接过程数字射线实时成像检测系统工件门均张贴有电离辐射警告标志，对人员进行警示，防止无关人员误入。 根据验收检测报告结果显示，焊接过程数字射线实时成像检测系统防护屏蔽体外30cm周围剂量当量率满足相关标准要求。
落实辐射监测管理要求。配备必要的辐射监测仪器和个人剂量报警设备，建立辐射环境监测制度，加强项目运行期间工作场所、周围环境的辐射水平监测并归档。严格落实个人剂量监测与管理制度，建立个人剂量和健康档案并长期保	已落实。 已配备2台个人剂量报警仪和1台便携式辐射检测仪，并配备有1台固定式辐射检测仪，学校已制定辐射环境监测制度，每三个月工作人员对焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽体外周围剂量当量率进行自主检测，每年委托有资质的单位对焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽

存。按照辐射防护最优化的原则，本项目确定工作人员年有效剂量管理限值为5mSv。	体外周围剂量当量率进行检测，并对相关记录进行整理保存。已委托甘肃秦州核与辐射安全技术有限公司为2名设备使用人员配备个人剂量计，每季度出具个人剂量检测报告，根据检测结果分析工作人员年有限剂量是否满足限值要求，学校定期组织辐射工作人员进行职业健康体检，个人剂量检测档案和职业健康体检档案应对其进行保管并长期保存。
落实辐射安全规章制度，建立健全设备操作规程，岗位职责、设备检修维护、辐射防护及安全保卫等辐射安全管理规章制度，做到制度上墙。制度完善的辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，确保区域辐射环境安全。相关管理人员及工作人员须参加相应级别的辐射安全培训和考核，严格持证上岗。	已落实。 学校已制定相关辐射安全与防护管理办法：《辐射安全与防护管理制度》《焊接过程数字射线实时成像检测系统安全操作规程操作规程》《工作人员岗位职责》《设备检修维护制度》《辐射工作人员培训计划》《监测方案》《辐射事故应急预案》《台账管理制度》，焊接过程数字射线实时成像检测系统工作场所已制度上墙。学校每2年举行一次应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，确保区域辐射环境安全。焊接过程数字射线实时成像检测系统相关管理人员和工作人员均已参加相应级别的辐射安全培训和考核。
加大宣传力度，主动接受监督。加强公众沟通和科普宣传，及时解决公众提出的合理环境诉求，及时公开项目建设与环境保护信息，主动接受社会监督。	已落实。 已对项目竣工、调试时间进行公示，接受社会监督。
落实环保制度，规范验收程序。项目建设应严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，落实各项环境保护措施，环境影响报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的，应当按要求重新报批环境影响报告表。该项目竣工后，须按规定程序开展竣工环境保护验收。经验收合格后，项目方可投入运行。	已落实。 本项目建设严格按照环境保护“三同时”制度执行，配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用，已落实环评文件中各项环境保护措施，环境报告表经批准后，项目的性质、规模、地点或生态保护、污染防治措施发生重大变动的未出现重大变动，现项目已竣工，按规定程序开展竣工环保验收。
加强运行管理，强化日常监督。由市生态环境保护综合行政执法队、市生态环境局城关分局组织开展该项目的“三同时”监督检查和管理工作。你单位须按规定接受各级生态环境主管部门日常监督检查。	已落实。 我单位接受各级生态环境主管部门日常监督检查。
综上所述，环评批复提出的辐射安全与环境保护措施要求，在项目建设阶段已落实，项目竣工环境保护验收正在进行。	

4.5环保落实情况结论

由上述分析可知，本项目落实了环境影响报告表及其批复提出的各项辐射防护要求，焊接过程数字射线实时成像检测系统采取的辐射安全防护设施/措施满足相关标准的规定，经现场调查，本项目的辐射安全防护设施均正常运行，未见异常情况。建设单位在今后的日常管理中，应定期组织对本项目射线装置进行安全检查，排除隐患，发现问题及时解决，确保各项防护设施保持良好的运行状态，最大程度的避免辐射安全事故发生。

表五 验收监测质量保证及质量控制

根据《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）等关于质量保证相关要求，以及质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监测结果科学、有效。

针对项目特点，制定了监测方案，主要包括：监测目的、监测要求、监测因子、监测点位、监测频次、监测分析方法和依据、质量保证、监测计划安排、提交报告时间等。为保证监测结果反映环境真实水平的可靠性提供客观依据，制定了质量保证计划，主要质量保证和控制措施方案如下。

5.1人员培训与授权

对从事辐射监测和质量管理人员培训、资格、任用、授权、能力等进行规范管理，确保人员达到并保持与其承担的工作相适应的水平。

项目现场监测工作，由2名监测人员共同开展。对监测人员执行质量保证计划时，承担的责任和义务作明确规定。监测人员具备相应的专业技术水平，接受专业技术教育且经过专业培训考核合格，具备与其承担工作相适应的能力；掌握辐射防护基本知识，掌握辐射环境监测操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法；具备良好的敬业精神和职业操守，认真执行国家生态环境和其他有关法规标准。

5.2监测方法选择

本次验收监测方法选用《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等标准。

5.3仪器质量控制

5.3.1检定/校准

监测仪器投入使用前，在国家计量部门或其授权的校准机构检定/校准，并确保在有效期内使用；校准因子准确使用；监测仪器维修后、安装和恢复使用前，重新进行检定/校准。

5.3.2定期核查

为保证监测数据的准确可靠，对监测仪器进行定期维护、期间核查和（或）稳定性控制，并根据核查结果对仪器当前状态作出评价。核查周期的长

短取决于其可靠程度、故障率等因素。核查误差超过规定限度，仪器停用，检查原因，重新检定/校准。

5.3.3监测仪器选择

选用能量响应、时间响应、量程、相对误差、工作条件等均满足要求的检测仪器开展监测工作。

5.4数据处理中的质量控制

5.4.1数据记录

现场监测作业过程中，工作人员按规定的格式和内容填写记录文件，清楚、详细、准确地记录，不得随意涂改。

5.4.2数据校核

分析数据前，对原始数据进行整理、校核。校核人员校核原始记录是否符合相关规范要求，若有计算或记录错误，反复核算后予以订正。

5.4.3数据审核

审核人员对数据的准确性、逻辑性、可比性和合理性进行审核。审核由二人独立进行，或由未参与监测人员进行核算。

5.4.4数据保存

委托检测协议、现场检测通知单、原始记录、报告审核记录、监测报告、质量保证计划及其核查等资料，归档保存。

5.5内部质量控制

辐射环境监测机构建立并严格执行各项规章制度，包括但不限于：监测人员岗位责任制；实验室安全防护制度；仪器管理使用制度；原始数据、记录、资料管理制度等。实验室保持整洁、安全的操作环境。

表六 验收监测内容

6.1监测项目

周围剂量当量率、空气吸收剂量率。

6.2监测点位

结合项目工艺流程、照射途径及敏感人群分布特点，参考环评文件及《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）、《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）标准要求，验收监测采取布点与巡测相结合的方式开展监测工作。监测点位布设见图6-1、图6-2。

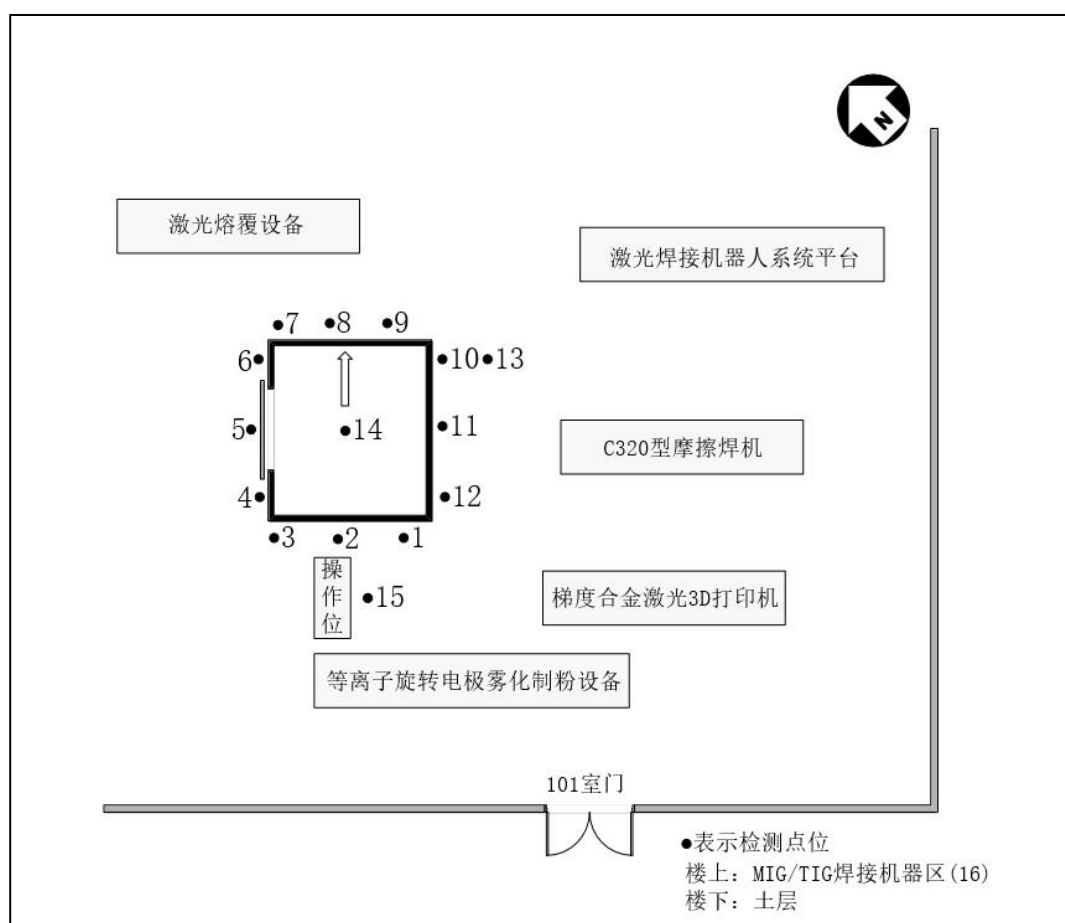


图6-1项目周围剂量当量率检测点位示意图

相对误差	$<\pm 15\%$	响应能量	15keV~10MeV
响应时间	30ms	工作温度	-30℃~40℃
工作湿度	$<RH95\%$ (35℃)	检定单位	中国辐射研究院放射性计量站
检定证书编号	检字第[2026]-R0133	检定日期	2026年01月09日
仪器名称	高灵敏环境级辐射剂量率仪	仪器型号	AT1120
设备编号	HPJC-039	量程	10nSv/h~150μSv/h
相对误差	$<\pm 15\%$	响应能量	20keV~7MeV
响应时间	$\leq 2s$	校准单位	湖南省电离辐射计量站
校准证书编号	DLJL20250504-1741	校准日期	2025年08月20日

6.4监测日期与环境条件

表6-2 监测日期与环境条件

监测日期	天气	气温 (℃)	湿度 (%)
2026年5月19日	晴	27.4~29.6	26.3~27.5

表七 验收监测

7.1验收监测期间生产工况记录

X射线的辐射影响程度与辐射源的能量及强度直接相关，能量越高、强度越大，参考相关书籍，X射线强度由单位时间内的光子数量和单个光子能量共同决定，其辐射强度与管电流呈正比，与管电压的n次方（n取值近似2~3）呈正比。本项目使用的射线装置型号FXE225.48，最大管电压225kV，最大管电流3mA，最大管功率320W(受管功率限值，管电压和管电流无法同时达到最大)。本项目光机升降、转角运动单元（最大行程1000mm实际600mm、最大偏摆±20），位于铅房右侧，面板/图像探测器升降、伸缩运动单元（最大行程1000mm实际600mm，最大伸缩335mm），位于铅房左侧，照射方向始终位于铅房左侧墙上。

验收监测期间，射线装置及环保设施均正常运行，设备运行工况见表7-1，检测工况为该设备使用时的最大工况。

表7-1 焊接过程数字射线实时成像检测系统验收监测工况

射线装置	检测条件	设备参数
RG-DR/225P (FXE225.48)型焊接过程数字射线实时成像检测系统	主束方向向东北照射，管电压220kV，管电流1.4mA； 工件：厚4.5cm、长16cm、宽0.7cm。	最大管电压225kV，最大管电流3mA，有用线束方向向东北

7.2验收监测结果

表7-2 焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽体外
周围剂量当量率监测结果

序号	检测点位	检测结果（μSv/h）
1	设备屏蔽体西南侧外30cm	0.147
2	设备屏蔽体西南侧外30cm	0.151
3	设备屏蔽体西南侧外30cm	0.158
4	设备屏蔽体西北侧外30cm	0.180
5	物料进出防护门上缝外30cm	0.191
	物料进出防护门下缝外30cm	0.155
	物料进出防护门左缝外30cm	0.166
	物料进出防护门右缝外30cm	0.178
	物料进出防护门中部外30cm	0.173
6	设备屏蔽体西北侧外30cm	0.172

7	设备屏蔽体东北侧外30cm	0.139
8	设备屏蔽体东北侧外30cm	0.134
9	设备屏蔽体东北侧外30cm	0.136
10	设备屏蔽体东南侧外30cm	0.146
11	设备屏蔽体东南侧外30cm	0.147
12	设备屏蔽体东南侧外30cm	0.150
13	穿线孔外30cm	0.68
14	设备屏蔽体顶部外30cm	0.132
15	操作位	0.149
16	楼上30cm	0.132
17	本底	0.116

注：检测结果未扣除宇宙射线响应值；检测时主束方向7、8、9号点位不放置工件，其余点位检测时放置工件。

表7-3 环境保护目标点位监测结果

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	备注
1	机器焊接机器人系统平台	86±1	楼房
2	激光熔覆设备	86±1	楼房
3	过道	86±1	楼房
4	等离子旋转电极雾化制粉设备	82±2	楼房
5	过道	79±2	楼房
6	C320型摩擦焊机	84±1	楼房
7	梯度合金激光3D打印机	84±2	楼房
8	101室门口	83±1	楼房
9	MIG/TIG焊接机器区	81±2	楼房
10	有色金属先进加工与再利用国家重点实验室楼门口	64±2	道路
11	12#公寓门口	62±2	道路
12	东北侧停车区	63±2	道路
13	中试楼	63±2	道路
14	材料成型及控制工程专业实验室	61±2	道路
15	闲置楼	62±1	道路
16	西北侧停车场	78±2	道路
17	西南侧停车场	62±2	道路
18	花园	63±2	道路

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值。

根据焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽体外周围剂量当量率监测结果，RG-DR/225P（FXE225.48）型焊接过程数字射线实时成像检测系统铅房组件30cm处周围剂量当量率为0.132μSv/h-0.68μSv/h，满足屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5μSv/h控制水平。项目环境保护目标环境γ辐射剂量率为61nGy/h~86nGy/h，对比《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所，1996）表4内容，兰州市原野、道路、室内等γ辐射（空气吸收）剂量率范围值分别为34.0nGy/h~104.5nGy/h、35.5nGy/h~73.3nGy/h、48.7nGy/h~132.3nGy/h，未发现明显上涨，项目运行未对周围环境产生影响。

验收监测结果表明，项目各项辐射安全与防护措施/设施运行良好，满足项目运行需要，满足相关标准要求。

7.3工作负荷

根据学校提供资料，项目运行中每个工作日束扫描时间约为1.5h、训机时间约为30分钟，每周工作1d，每年（按50周计）工作50d，合计全年束扫描时间约为75h、预热时间约为25h。

7.4个人剂量

本项目运行时间较短，尚未取得个人剂量监测报告，学校已委托甘肃秦州核与辐射安全技术有限公司开展个人剂量监测工作，本项目根据项目工作场所周围剂量监测结果对个人剂量进行估算。

（1）估算模式

参考《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录J内容，人体各组织器官T所受的有效剂量计算公式。

$$E = \sum_T w_T \cdot \sum_R w_R \cdot D_{T,R} \quad \dots\dots\dots (7-1)$$

式中：E-人体所受的有效剂量，Sv；

WT-人体组织或器官T的组织权重因数，无量纲；

WR-辐射R的辐射权重因数，无量纲；

D T,R-组织或器官T内的平均吸收剂量，Gy。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）J4.7关于辐射权重因数内容，所有能量的光子辐射权重因数均为1。

（2）居留因子

参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表A.1关于不同场所与环境条件下的居留因子内容，不同场所的居留因子见表7-4。

表7-4 不同场所的居留因子

场所	居留因子 (T)	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

7.4.1 个人剂量估算

设备运行时，辐射工作人员位于操作位或铅房四周，评价选取工作人员操作位处和铅房四周周围剂量当量率最大值进行辐射工作人员个人剂量估算。

设备运行时，铅房周围公众主要为培训人员和有色金属先进加工与再利用国家重点实验室其他设施的老师和学生，人员位于铅房四周，选取各点位周围剂量当量率最大值进行公众个人剂量估算。

本项目射线装置周工作时间为2h，年工作时间为100h，项目每周周围剂量当量估算见表7-5，年个人剂量估算见表7-6。

表7-5 每周剂量率估算结果

人员	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	周受照时间 (h)	人员周剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)	剂量约束值 ($\mu\text{Sv/周}$)	关注人群
辐射工作人员	0.149	1	2	0.298	100	工作人员
铅房西南侧	0.158	1/8	2	0.0395	工作人员 100 $\mu\text{Sv/周}$ ，公众 5 $\mu\text{Sv/周}$	工作人员、公众
铅房西北侧	0.191	1/8	2	0.04775		工作人员、公众
铅房东北侧	0.139	1/20	2	0.0139		工作人员、公众
铅房东南侧	0.68	1/20	2	0.068		工作人员、公众
楼上	0.132	1/2	2	0.132	5	公众

由表7-5可知，辐射工作人员年周效剂量为0.0139 $\mu\text{Sv/周}$ ~0.298 $\mu\text{Sv/周}$ ，项目运行致关注点公众周年有效剂量为0.0139 $\mu\text{Sv/周}$ ~0.132 $\mu\text{Sv/周}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）6.1.3中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 $\mu\text{Sv/周}$ ，对公众场所，其值应不大于5 $\mu\text{Sv/周}$ 的标准要求。

表7-6 个人剂量估算结果

人员	周围剂量当量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留因子	年受照时间 (h)	人员年剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/a)	关注人群
辐射工作人员	<u>0.149</u>	<u>1</u>	<u>100</u>	<u>1.49E-02</u>	<u>5</u>	工作人员
铅房西南侧	<u>0.158</u>	<u>1/8</u>	<u>100</u>	<u>1.98E-03</u>	<u>工作人员 5mSv/a, 公众 0.1mSv/a</u>	工作人员、公众
铅房西北侧	<u>0.191</u>	<u>1/8</u>	<u>100</u>	<u>2.39E-03</u>		工作人员、公众
铅房东北侧	<u>0.139</u>	<u>1/20</u>	<u>100</u>	<u>6.95E-04</u>		工作人员、公众
铅房东南侧	<u>0.68</u>	<u>1/20</u>	<u>100</u>	<u>3.40E-03</u>	<u>0.1</u>	工作人员、公众
楼上	<u>0.132</u>	<u>1/2</u>	<u>100</u>	<u>6.60E-03</u>		公众

注：未扣除本底影响。

由表7-6可知，辐射工作人员年有效剂量为 $6.95\text{E-}04\text{mSv/a}$ ~ $1.49\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员 20mSv 年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），也低于评价提出工作人员 5mSv/a 的个人剂量约束值要求。项目运行致关注点公众年有效剂量为 $6.95\text{E-}04\text{mSv/a}$ ~ $6.60\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的公众 1mSv 年平均有效剂量，也低于评价提出公众 0.1mSv/a 的个人剂量约束值要求。

同时，验收监测结果显示，项目各环保目标处周围剂量当量率 61nGy/h ~ 86nGy/h ，较本底水平基本相当。因此，项目运行对周围公众产生的辐射环境影响，也处于较低水平。

综上分析，项目运行产生的辐射影响满足标准要求，对环境及周围人群产生的辐射影响较小。

表八 验收监测结论

8.1项目概况

项目使用RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统1台，用于金属焊接结构分析工作。RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统X射线管最大电压225kV、最大电流3mA，属于Ⅱ类射线装置。

项目安装地点位于学校（兰工坪校区）有色金属先进加工与再利用国家重点实验室1层101室。RG-DR/225P（FXE225.48）型数字射线实时成像检测系统配备铅房组件，项目不涉及土建施工。

项目实际投资262万元，其中实际环保投资34.5万元，环保投资占比13.2%。

8.2验收监测结果

根据焊接过程数字射线实时成像检测系统屏蔽体外周围剂量当量率监测结果，RG-DR/225P（FXE225.48）型焊接过程数字射线实时成像检测系统铅房组件30cm处周围剂量当量率为 $0.132\mu\text{Sv/h}$ ~ $0.68\mu\text{Sv/h}$ ，满足屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 控制水平。项目环境保护目标环境 γ 辐射剂量率为 61nGy/h ~ 86nGy/h ，对比《甘肃省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（甘肃省环境保护研究所，1996）表4内容，兰州市原野、道路、室内等 γ 辐射（空气吸收）剂量率范围值分别为 34.0nGy/h ~ 104.5nGy/h 、 35.5nGy/h ~ 73.3nGy/h 、 48.7nGy/h ~ 132.3nGy/h ，未发现明显上涨，项目运行未对周围环境产生影响。

验收监测结果表明，项目各项辐射安全与防护措施/设施运行良好，满足项目运行需要，满足相关标准要求。

8.3辐射工作人员与公众剂量估算

根据个人剂量估算，辐射工作人员年有效剂量为 $6.95\text{E-}04$ ~ $1.49\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的工作人员 20mSv 年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），也低于评价提出工作人员 5mSv/a 的个人剂量约束值要求。项目运行致关注点公众年有效剂量为 $6.95\text{E-}04\text{mSv/a}$ ~ $6.60\text{E-}03\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录B1.1.1.1中由审管部门决定的连续5年的公众 1mSv 年平均有效剂量，也低于评价提出公众 0.1mSv/a 的个人剂量约束值要求。

8.4辐射安全管理措施

兰州理工大学已成立辐射安全与环境保护管理领导小组并明确了工作职责；制定符合要求的各项辐射安全管理制度；专职人员李富祥（博士）已通过“辐射安全管理”辐射安全培训考核；项目配备工作人员均通过“X射线探伤”辐射安全培训考核；已开展个人剂量监测与健康管理工作。

因此，学校从事辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求，具备从事辐射活动的能力及辐射环境管理的能力，采取的各项措施切实有效，符合实际，环保执行情况较好。

8.5结论

兰州理工大学焊接过程数字射线实时成像检测系统符合“辐射实践正当性”与“防护最优化”的原则，项目基本落实了环评文件及其批复提出的各项环境保护措施，成立了辐射安全与环境保护管理机构，建立了较为全面的辐射安全与环境保护管理制度。项目各项环保设施运行正常，未发生任何环境污染事故。现场监测表明，项目工作场所周围剂量当量率水平满足相关标准要求。工作人员和公众的年有效剂量满足国家标准要求。

故从环境保护的角度分析，本项目满足竣工环境保护验收的条件，建议通过竣工环境保护验收。

8.6建议

（1）根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求，后期新增人员上岗前需参加辐射安全防护培训合格后上岗，参加培训的人员严格禁止操作设备，专职人员应尽快考取“辐射安全管理”类别的辐射安全与防护培训证书。

（2）落实各项辐射安全与环境保护措施，减少辐射环境影响。在保障公众利益的基础上，发挥项目应有的经济效益和社会效益。

（3）项目运行中，按要求制定文件控制措施，根据国家及地方最新出台的法律法规，修订各项辐射安全与环境保护管理制度，对文件编制、审核、变更、修订、分发等进行控制，使工作人员能够及时获得最新的文件；严格执行各项辐射安全与环境保护管理制度，保障项目安全运行；定期组织事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性。

（4）公司在后期的运行过程中加强个人剂量监测的管理，及时获取个人剂量监测报告。对设备定期进行维护，每个季度进行自检，确保辐射工作人员安全；并建立辐射工作人员档案。

（5）每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交放射性同位素和射线装置安全和防护状况年度评估报告。