

HPJC(YS) - 2026007

兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描  
成像分析系统建设项目竣工环境保护验收  
监测报告表

建设单位：



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:

陈泽宏

(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          |       | 兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目                                                                  |  |                                          |    |              |  |
| 建设单位名称          |       | 兰州理工大学                                                                                         |  |                                          |    |              |  |
| 建设项目性质          |       | <input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 |  |                                          |    |              |  |
| 建设地点            |       | 兰州理工大学（兰工坪校区）石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室CT室                                                        |  |                                          |    |              |  |
| 源项              |       | 放射源                                                                                            |  | 无                                        |    |              |  |
|                 |       | 非密封放射性物质                                                                                       |  | 无                                        |    |              |  |
|                 |       | 射线装置                                                                                           |  | nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统1台（II类射线装置） |    |              |  |
| 建设项目环评批复时间      |       | 2023年8月25日                                                                                     |  | 开工建设时间                                   |    | 2023年8月28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02月02日  |  |
| 辐射安全与防护设施投入运行时间 |       | 2026年02月02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                                |    | 甘肃核创环保科技有限公司 |  |
| 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           | 365 万 | 辐射安全与防护设施投资总概算                                                                                 |  | 50 万                                     | 比例 | 13.7%        |  |
| 实际总概算           | 368 万 | 辐射安全与防护设施投资实际总概算                                                                               |  | 52 万                                     | 比例 | 14.1%        |  |
| 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；                                                         |  |                                          |    |              |  |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>(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；</p> <p>(6) 《建设项目环境保护管理条例》，自2017年10月1日修改施行；</p> <p>(7) 《甘肃省辐射污染防治条例》，自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许可管理办法》，自2021年1月4日施行；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p> <p>(12) 《核技术利用辐射安全考核专业分类参考目录》（2021年版）；</p> <p>(13) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，自2017年12月6日施行；</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），2018年5月16日印发。</p> <p>(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。</p> <p>(16) 《核技术利用建设项目重大变动清单（试行）》，2025年8月29日。</p> <p><b>1.2技术标准</b></p> <p>(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）；</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(3) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）；</p> <p>(4) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>(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）；</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(7) 《环境<math>\gamma</math>辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）。</p> <p><b>1.3支持性文件和技术文件</b></p> <p>(1) 委托书；</p> <p>(2) 《兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目环境影响报告表的批复》（甘肃核创环保科技有限公司，2023年8月）；</p> <p>(3) 《兰州市生态环境局关于兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目环境影响报告表》（兰环核审〔2023〕21号，兰州市生态环境局，2023年8月25日）；</p> <p>(4) 其他相关技术资料。</p> |
| 验收执行标准 | <p><b>1.4射线装置工作场所辐射水平控制要求</b></p> <p>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2.5<math>\mu</math>Sv/h；</p> <p>环评文件选取材料体素高分辨扫描成像分析系统屏蔽箱体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5<math>\mu</math>Sv/h，作为项目工作场所</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>剂量率参考控制水平。</p> <p>本次验收选取土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目设备屏蔽体外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。</p> <p><b>1.5个人剂量限值</b></p> <p>根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，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。</p> |                                                                                                                    |
| <p style="text-align: center;"><b>表1-1 个人剂量约束值</b></p>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                    |
| <b>关注对象</b>                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>GB18871-2002 要求</b>                                                                                             |
| 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；<br>②任何一年中的有效剂量，50mSv；<br>③眼晶体的年当量剂量，150mSv；<br>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；<br>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；<br>③眼晶体的年当量剂量，15mSv；<br>④皮肤的年当量剂量，50mSv。         |
| <p>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。</p> <p>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。</p>                                                                                                                                                |                                                                                                                    |

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。

为开展教学研究，学校使用材料体素高分辨扫描成像分析系统1台，用于材料分析工作。

### 2.2 项目进展

2023年8月，学校向兰州市生态环境局提交《兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目环境影响报告表》，项目建设内容为：兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统项目拟建于兰州理工大学（兰工坪校区）石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角，项目拟在自屏蔽箱体中使用1台材料体素高分辨扫描成像分析系统，用于开展教学研究。

2023年8月25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土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目环境影响报告表的批复》（兰环核审〔2023〕21号）对项目作出批复，批复文件见附件2。

2023年8月28日，项目开工建设。

2025年7月16日，项目竣工建成。建设内容为：项目使用nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统1台，用于教学研究工作。

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2月2日至2026年2月6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://lzhpj.com/info/377D9FCF3621223A37263B.html>；<https://lzhpj.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《兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目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nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统1台，用于教学研究工作。nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统X射线管最大电压225kV、最大电流3mA，属于II类射线装置。

项目安装地点位于兰州理工大学（兰工坪校区）石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角CT室。nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统配备屏蔽箱体，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 | 新购1座自屏蔽箱体4000-C28-225KV，箱体内尺寸3205（长）×1205（宽）×2009（高）mm，采用钢-铅-钢夹层结构。防护右侧面14mmPb+4.5mm钢板；防护左侧面8mmPb+4.5mm钢板；防护正/背/顶面10mmPb+4.5mm钢板；正面50mm铅玻璃具有和10mmPb同等的屏蔽能力；防护底面10mmPb+7mm钢板。出线口位于箱体左侧，通风口同样位于箱体左侧。箱体内安装使用的是材料体素高分辨扫描成像分析系统 | 使用1座自屏蔽箱体4000-C28-225KV，箱体内尺寸3205（长）×1205（宽）×2009（高）mm，采用钢-铅-钢夹层结构。防护右侧面14mmPb+4.5mm钢板；防护左侧面8mmPb+4.5mm钢板；防护正/背/顶面10mmPb+4.5mm钢板；正面50mm铅玻璃具有和10mmPb同等的屏蔽能力；防护底面10mmPb+7mm钢板。出线口位于箱体左侧，通风口同样位于箱体左侧。箱体内安装使用的是材料体素高分辨扫描成像分析系统 | 与环评一致 |

|      |         |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                            |       |
|------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|      |         | nanoVoxel4000, 额定管电压为225kV, 额定管电流为3mA, 出束方向为水平向右, 属于II类射线装置。                                                                                                                                   | nanoVoxel4000, 额定管电压为225kV, 额定管电流为3mA, 出束方向为水平向右, 属于II类射线装置。                                                                                                                               |       |
|      | 辅助工程    | 摇杆控制台(设备自带); 通风口位于箱体左侧, 采用MISUMI 公司 型号R1238L24BPLB-7的排风扇; 排风量为2.96m <sup>3</sup> /min, 换气次数不小于20次/h。电缆孔及排风孔处均<br>配备钢铅结构防护罩, 防护罩采用铅板厚度与相对应墙体防护层厚度一致。建设单位拟在箱体通风口处连接排风管道, 将排风管道引出并延伸至高出实验室屋顶1m排放。 | 设备自带摇杆控制台, 通风口位于箱体左侧, 采用MISUMI 公司型号R1238L24BPLB-7的排风扇; 排风量为2.96m <sup>3</sup> /min, 换气次数不小于20次/h。电缆孔及排风孔处均<br>配备钢铅结构防护罩, 防护罩采用铅板厚度与相对应墙体防护层厚度一致。建设单位在箱体通风口处连接排风管道, 将排风管道引出并延伸至高出实验室屋顶1m排放。 | 与环评一致 |
| 依托工程 | 公用工程    | 配电、供电等, 两名工作人员生活废水依托建设单位现有污水处理系统, 生活垃圾经现有设施收集后, 由环卫部门统一清运。                                                                                                                                     | 项目供电、给水等依托学校现有设施, 两名工作人员生活废水依托建设单位现有污水处理系统, 生活垃圾经现有设施收集后, 由环卫部门统一清运。                                                                                                                       | 与环评一致 |
|      | 办公及生活设施 | 办公用房(原有)                                                                                                                                                                                       | 项目工作人员办公、生活设施依托学校设施。                                                                                                                                                                       | 与环评一致 |

## (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教学研究工作, 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 |
| 尚明刚 | 西部先进土木工程材料创新研究中心实验室 | FS24GS1200098 | 2029-09-14 |       |
| 张玖福 | 西部先进土木工程材料创新研究中心实验室 | FS25GS1200072 | 2030-07-18 |       |

## 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。区域环境功能主要为科研院校、居民住宅区及社会公共服务场所。地理位置见附图1。

### (2) 项目外环境情况

本项目位于兰州理工大学兰工坪校区石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角CT室，实验室东侧由西向东依次为风洞实验室、院区内道路、绿色矿山产业研究院；西侧为院区内道路；南侧为兰州理工大学表面工程技术中心，北侧由南向北依次为工大嘉园菜市场、院区内道路。其四周环境见附图2。

### (3) 项目平面布置

本项目建设于兰州理工大学兰工坪校区石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室CT室，其东侧为风洞实验室，西侧为微观测试室；南侧为门厅；北侧为工大嘉园菜市场，西部先进土木工程材料创新研究中心实验室为一层建筑，项目正下方为土层。

### (4) 环境保护目标

根据环评文件，项目评价范围为土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽箱体外50m范围内区域。环境保护目标见附图2。

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 | 控制台                    | 控制台                    | 箱体西侧0.5m    | 2人及部分学生      | ≤5mSv/a   |
| 公众   | 西部先进土木工程材料创新研究中心实验室内区域 | 西部先进土木工程材料创新研究中心实验室内区域 | 项目所在建筑      | 学校职工、学生及流动人群 | ≤0.1mSv/a |
|      | 风洞实验室                  | 风洞实验室                  | 项目屏蔽箱体东0.5m |              |           |
|      | 仓库                     | 绿色矿山产业研究院*             | 项目屏蔽箱       |              |           |

|  |                |                |            |  |  |
|--|----------------|----------------|------------|--|--|
|  |                |                | 体东30m      |  |  |
|  | 兰州理工大学表面工程技术中心 | 兰州理工大学表面工程技术中心 | 屏蔽箱体南侧20m  |  |  |
|  | 仓库             | 工大嘉园菜市场*       | 屏蔽箱体北侧1.8m |  |  |
|  | 材料焊接实验室        | 材料焊接实验室        | 屏蔽箱体东南侧35m |  |  |
|  | 机械实验室          | 机械实验室          | 屏蔽箱体东南侧46m |  |  |

\*注：环评阶段为仓库，验收阶段建筑物功能发生变化。

## 2.5源项情况

根据学校提供的资料，nanoVoxel4000型土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目主要技术参数见下表。

**表2-4土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目主要技术参数表**

| 装置名称    |              | 材料体素高分辨扫描成像分析系统               |
|---------|--------------|-------------------------------|
| 型号      |              | nanoVoxel4000                 |
| 类别      |              | II类                           |
| 数量      |              | 1台                            |
| X射线发生装置 | 装置类型         | 开放式微米焦点X射线管                   |
|         | 最大管电压        | 225kV                         |
|         | 最大管电流        | 3mA                           |
|         | 最小焦点         | 4 $\mu$ m                     |
|         | 最大管功率        | <b>350W（管电压和管电流不能同时达到最大值）</b> |
|         | 最大靶功率        | 300W                          |
| 探测器     | 探测器类型        | 非晶硅数字动态平板                     |
|         | 像素大小         | 139 $\mu$ m                   |
|         | 像素矩阵         | 3072pixel $\times$ 3072pixel  |
|         | 探测器 X 射线感应区域 | 427mm $\times$ 427mm          |
|         | 探测器最大帧频      | 18ps                          |
|         | 灰度值 AD 转化位数  | 16位                           |
| 系统      | 可扫描的最大样品尺寸   | 直径：550mm 高度：800mm 重量：150kg    |
|         | 最小空间分辨率      | 2 $\mu$ m（空间分辨率测试卡实拍）         |
|         | 密度分辨率        | 0.8%                          |
|         | 最大几何放大倍率     | $\geq 200\times$              |
| 辐射角     |              | 40°                           |

|                 |                                      |
|-----------------|--------------------------------------|
| 使用时出束方向         | 水平向右                                 |
| 靶头过滤片的厚度及材料     | 3mm Al                               |
| 设备总运动轴数         | 7 轴                                  |
| 机械运动重复性定位精度     | $\pm 2\mu\text{m}$                   |
| 探测器与射线管焦点之间最大距离 | 1300mm，可电动调节                         |
| 系统的载物平台前后水平移动距离 | $\geq \pm 200\text{mm}$              |
| 平板探测器前后水平移动距离   | $\geq \pm 200\text{mm}$              |
| 系统的射线源和探测器升降行程  | 600mm                                |
| 工作方式            | 连续工作                                 |
| 生产厂家            | 天津三英精密仪器股份有限公司                       |
| 使用场所            | 石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角CT室自屏蔽箱体内部 |

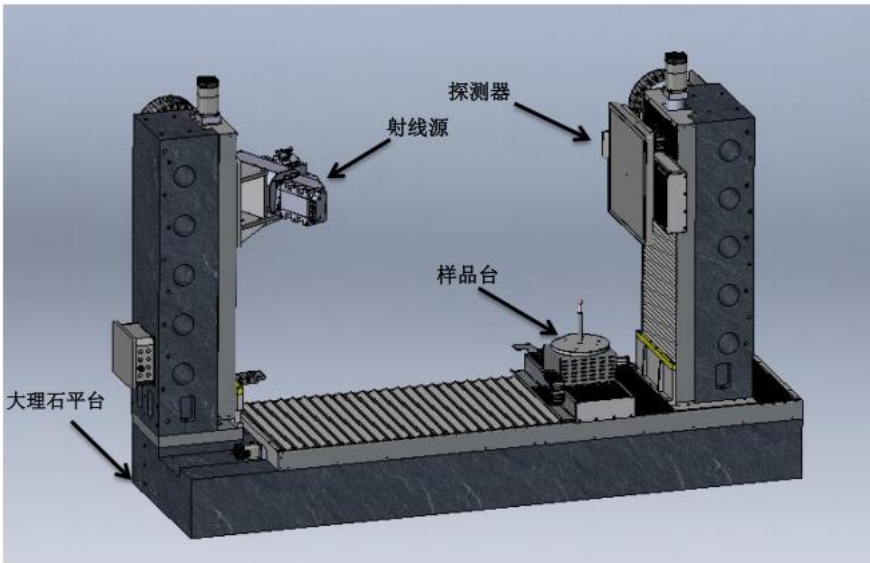
## 2.6 工程设备与工艺分析

### 2.6.1 项目工作原理

采用独特的X光光学显微成像技术，利用不同角度的X射线透视图像，结合计算机三维数字重构技术，提供样品内部复杂结构的高分辨率三维数字图像，对样品内部的微观结构进行亚微米尺度上的数字化三维表征，以及对构成样品的物质属性进行分析。

### 2.6.2 设备组成

材料体素高分辨扫描成像分析系统主要由主控计算机、X 射线源、X 射线成像探测器、精密样品台、图像采集系统、三维图像重建和处理系统等组成。



**图2-1 nanoVoxel 4000材料体素高分辨扫描成像分析系统内部图**

## **2.6.3项目设备工作流程**

### **2.6.3.1开机步骤**

(1) 工作人员佩戴好个人剂量计，佩戴个人剂量报警仪，监督学生佩戴好个人剂量报警仪；

(2) 将仪器电源插入插座，确保电源接触良好，仪器供电正常；

(3) 旋转启动开关，启动开关绿灯常亮，仪器上电；

(4) 按下仪器控制单元各模块电源按钮，按钮指示灯亮起，各模块上电；

(5) 旋动射线源控制旋钮，射线源上电。

(6) 打开前端机工作站，打开扫描软件 VoxelStudioScan 进入软件操作界面。弹出仪器自检对话框，点击“一键自检”按钮，仪器开始自检功能，其中包括射线源连接检测、探测器连接检测、控制器连接检测、控制器回零、射线源预热、自检完成表明设备各部件与前端机完成通讯，可以正常工作。

射线源通电之后会自动抽真空，直到真空值达到最低要求，然后输入需要预热的电压，进行预热，射线源预热约需时 20 分钟至 30 分钟，预热过程中电压电流逐步升高，会有 X 射线、臭氧、氮氧化物产生。

为了确保设备的正常运行，建议勾选“开启软件后自动自检”项。勾选电机联动后代表射线源和探测器的 Z 轴同步运动，只需移动射线源 Z 轴，探测器会同步运动。

### **2.6.3.2 样品安装**

(1) 样品夹持器安放

各种样品夹持器只针对固体样品设计，对于液体样品，在密闭封装后再使用夹持器夹持，防止液体溅落到夹持器或样品台上，对样品夹持器和样品台造成污染甚至损坏；

根据样品夹持器所能夹持的样品尺寸和待测样品的尺寸，选择合适的样品夹持器；对于尺寸较大的样品，需对样品进行适当的加工，防止由于样品尺寸过大，扫描过程中碰撞仪器其它部件。将样品固定在选择好的样品夹持器上，打开仪器前工件门，将样品夹持器置于样品台上，确保样品夹持器放置牢固，样品安装完成；

## （2）放置待测样品

根据样品形态选择合适样品座，将待测样品固定于样品座上。打开防护门，将安装好的待测样品放置于样品台上。请确保样品固定于样品座上，在扫描过程中不会发生晃动。打开或关闭防护门时请谨慎小心，防止碰撞或夹手。

### 2.6.3.3 参数设置

#### （1）探测器参数设置

##### ①探测器类型

探测器控制界面包括四个设置内容：探测器类型、曝光时间(s)、图像合并数以及像素合并数。

##### ②曝光时间设置

曝光时间栏设置采集每帧图像的曝光时间，单位为秒，按回车键设置生效。

##### ③图像合并数

图像合并数栏点击加减键设置图像合并数，设置为 N 代表采集 N 张图像合并为一帧图像。

##### ④像素合并数

像素合并数下拉菜单可选择合并像素数，可选项为 1、2 和 4。选择合并像素 1 时，得到图像为原始尺寸图像，选择合并像素 2 时得到图像长宽尺寸分别为原始尺寸的 1/2，选择合并像素 4 时得到图像长宽尺寸分别为原始尺寸的 1/4。

#### （2）射线源参数设置

在软件界面右边栏的“射线源”功能区，可对射线源电压以及电流进行设置

### 2.6.3.4 动态扫描

#### （1）开启射线源

开启射线源，请等待射线源电压以及电流当前值与目标值一致后再进行下一步操作。

#### （2）开启动态扫描

点击动态扫描开启图标，开启动态扫描模式。图像显示区域显示采集到的

样品图像。

### (3) 关闭动态扫描

点击动态扫描关闭图标，关闭动态扫描。图像显示区域会显示动态扫描采集到的最后一帧图像。

### (4) 图像查看

使用图像查看功能可以对采集到的图像进行简单处理，查看感兴趣区域。

## 2.6.3.5 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。

## 2.6.3.6 关机步骤

- 1、确定样品扫描结束，射线源处于未发射 X 射线状态，即射线发射指示灯处于关闭状态；
- 2、将各电机全部回零，关闭扫描软件；
- 3、依次关闭电源控制面板各模块电源开关；
- 4、关闭射线源按下停止键关机断电；
- 5、关闭前端机工作站。
- 6、记录学生累计吸收剂量并签字。

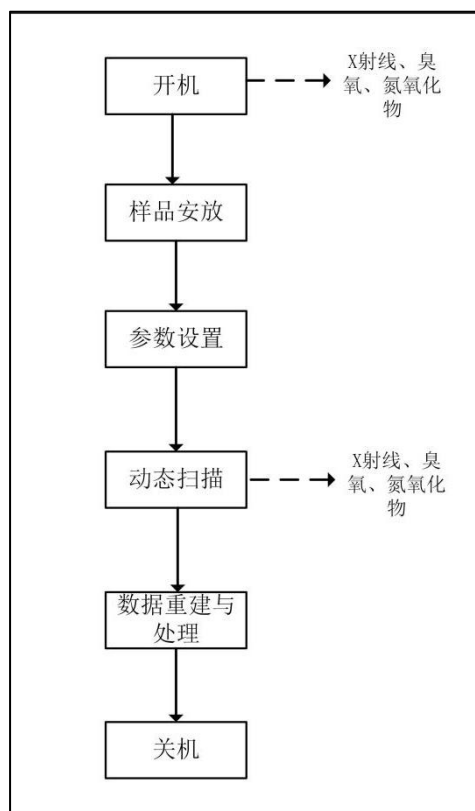


图2-1 工作流程及产污环节图

## 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，主要由轫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，强度也远小于轫致辐射。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，土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目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）西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角CT室，该建筑地上1层，无地下建构筑物。西部先进土木工程材料创新研究中心实验室平面布置情况，见附图4。

nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统有用线束朝屏蔽箱体右面（东方向）照射，控制台处于西侧，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，将系统屏蔽箱体划为控制区管理，将屏蔽箱体所处CT室划为监督区管理。项目工作场所辐射防护分区管理情况见附图3。

对于控制区，系统屏蔽箱体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，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3。

**3.1.2辐射安全与环境保护设施/措施**

(1) nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统屏蔽箱体外部尺寸长、宽、高分别为3420mm、1606mm、2203mm，内部尺寸长、宽、高分别为3205mm、1205mm、2009mm，设备由天津三英精密仪器股份有限公司生产制造，采用钢-铅-钢夹层结构。屏蔽箱体各接缝处均采取搭接措施，避免射线泄漏；出线口位于自屏蔽箱体左侧、通风口也位于箱体左侧且电缆孔及排风孔处均配备钢铅结构防护罩，防护罩采用铅板厚度与相对应墙体防护层厚度一致，屏蔽箱体内防护结构图见附图6，箱体搭接防护见附图7。具体防护情况见表3-1。

**表3-1土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽防护**

| 屏蔽体              | 屏蔽体材料及厚度<br>(环评) | 屏蔽体材料及厚度<br>(实际) | 等效铅当量  | 结论      |
|------------------|------------------|------------------|--------|---------|
| 右面（有用线束照射方向，朝向东） | 14mmPb           | 14mmPb           | 14mmPb | 与环评阶段一致 |

|                 |        |        |        |
|-----------------|--------|--------|--------|
| 左面              | 8mmPb  | 8mmPb  | 8mmPb  |
| 正面、背面、顶面        | 10mmPb | 10mmPb | 10mmPb |
| 底面              | 10mmPb | 10mmPb | 10mmPb |
| 正面工件门，背面<br>检修门 | 10mmPb | 10mmPb | 10mmPb |
| 左侧检修门           | 8mmPb  | 8mmPb  | 8mmPb  |
| 通风口、出线口         | 8mmPb  | 8mmPb  | 8mmPb  |

根据验收监测结果，土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽防护效果有效。

（2）钥匙开关

系统控制台设有钥匙开关。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）警示标识

系统屏蔽箱体工件门、检修门上，已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。

（4）状态指示灯和声光报警装置

箱体正上方设置状态指示灯，绿灯亮：仪器处于上电状态；黄灯亮：箱体防护门（工件门、检修门）处于关闭状态，可安全开启射线源；红灯闪亮：射线源处于发射 X 射线状态，且启动声音报警装置，提醒周围人员注意防护。

（5）联锁装置

门机联锁：箱体屏蔽门与高压控制器联锁；当屏蔽门关紧后，系统才能启动探伤，否则处于断电状态不能启动。系统的高压电源未关闭，屏蔽门不能被打开。

灯机联锁：在箱体外安装有显示工作状态的警示灯，并与系统联锁，工作状态指示灯亮显示正在工作。

(6) 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，设置于工件门内侧，实时监测屏蔽箱体组件内辐射剂量水平。

(7) 视频监控装置

系统安装视频监控装置，便于工作人员了解屏蔽箱体组件内情况。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。

(8) 紧急止动装置

控制台自带紧急止动装置，箱体内、外各安装1个紧急止动装置，在发生意外时，按下紧急止动装置可立即切断高压电源，材料体素高分辨扫描成像分析系统停止出束。紧急止动装置切断高压电源后工件门、检修门可以正常开启。

(9) 通、排风设施

箱体左侧安装通、排风设施，采用MISUMI公司型号R1238L24BPLB-7的排风扇，开机出束时箱体内产生的臭氧及氮氧化物经通、排风设施排放至环境空气，确保臭氧及氮氧化物的扩散。箱体通、排风口位置具有与同侧屏蔽体相同的屏蔽能力。

根据项目资料，通风口位于自屏蔽箱体左侧，排风量为 $2.96\text{m}^3/\text{min}$ ，屏蔽箱体内部体积为 $7.68\text{m}^3$ ，换气次数为23次/h。建设单位在箱体通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室屋顶1m排放。

(10) 项目已配备便携式RP6000型X- $\gamma$ 辐射监测仪1台、个人剂量报警仪（型号：RG1100）2台，个人剂量计3个。

(11) 个人防护用品

项目已配备铅橡胶防护衣1件。

(12) 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368万元，其中实际环保投资52万元，环保投资占

比14.1%。

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<br>(万元) | 实际建设情况                              | 环保投资<br>(万元) |
| 屏蔽措施       | 自屏蔽箱体1座（新增）                       | 45           | 自屏蔽箱体 1 座（新增）                       | 45           |
| 安全装置       | 门机联锁装置1套（箱体自带）                    |              | 门机联锁装置 1套（箱体自带）                     |              |
|            | 门灯联锁装置1套（箱体自带）                    |              | 门灯连锁装置 1套（箱体自带）                     |              |
|            | 紧急止动装置2个（箱体内、外自带）                 |              | 紧急止动装置 2个（箱体内、外自带）                  |              |
|            | 电离辐射警示标志（箱体自带）                    |              | 电离辐射警示标志（箱体自带）                      |              |
| 废气处理       | 通风系统（设备自带，需在通风口衔接管道并延伸至室外）        |              | 通风系统（设备自带，建设单位在通风口衔接管道并延伸至室外）       |              |
| 检测设备       | 便携式辐射监测仪1台（利旧）                    | /            | 便携式辐射监测仪1台（利旧）                      | /            |
|            | 个人剂量报警仪1台（厂商赠）                    | /            | 个人剂量报警仪（型号：RG1100）2台（厂商赠送1台，学校购置1台） | 1            |
|            | 个人剂量计3个（含1个对照点）                   | 1            | 个人剂量计3个                             | 监测单位提供       |
| 场所检测       | 工作场所辐射环境检测（每年）                    | 1            | 工作场所辐射环境检测（每年）                      | 0.2          |
| 设备维护       | 对系统的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件（定期，应预留） | 3            | 对系统的配件、机电设备进行检查、维护、及时更换部件（定期，应预留）   | 3.5          |
| 监控设施       | /                                 | /            | CT 机房和屏蔽箱体内存加监控设施                   | 2            |
| 个人防护用品     | /                                 | /            | 铅橡胶防护衣 1 件                          | 0.3          |
| 环保投资合计     |                                   | 50           | 环保实际投资合计                            | 52           |
| 项目总投资      |                                   | 365          | 项目实际总投资                             | 368          |
| 环保投资占总投资比例 |                                   | 13.7%        | 环保投资占总投资比例                          | 14.1%        |

### 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<br>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<br>总平面布置变化）导致调整后<br>评价范围内出现新的环境保护<br>目标         | <b>辐射场所位置未变化，项目<br/>北侧建筑物原为仓库后现为<br/>工大嘉园菜市场，东侧仓库<br/>现为绿色矿山实验室</b> | 否        |
| 规模                | 射线装置类别升高                                                      | 项目射线装置和环评一致，<br>属于 II 类射线装置                                         | 否        |
|                   | 射线装置额定功率或输出剂量<br>率增大 50%及以上                                   | 项目射线装置功率和环评阶<br>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致<br>不利影响加重，含主要工艺装<br>置、配套设备及放射性三废处<br>理设施任何一项变化。 | 生产工艺或使用方式和环评<br>一致                                                  | 否        |
| 辐射安全<br>与防护措<br>施 | 辐射防护措施改变导致不利影<br>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<br>式、联锁逻辑发生改变导致联<br>锁功能减弱                        | 辐射安全联锁系统和环评一<br>致                                                   | 否        |

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。**本项目辐射场所位置未变化，项目北侧建筑物原为仓库后现为工大嘉园菜市场，东侧仓库现为绿色矿山实验室，环境保护目标变动原因为原建筑功能改变，不属于由于本项目变动导致出现新的环境保护目标，因此，本项目不涉及重大变动。**

### 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:《材料体素高分辨扫描成像分析系统安全操作规程》
- (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类型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) 屏蔽箱体损坏造成 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，兰州理工大学成立了辐射事故应急救援领导小组。

组长：石玓（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针政策 and 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，最大限度地控制实际影响，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：铅室内应安装紧急开门按钮；

整改情况：铅房内已经安装紧急开门按钮，位于工件门内侧；

(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) 应设置单独的视频显示终端。

整改情况：已经增设单独的视频显示器。

### **3.9污染物处理和排放**

#### **3.9.1X射线**

设备工作时，各防护门（工件门、检修门）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**

(1) 项目名称：兰州理工大学材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目

(2) 建设地点：兰州理工大学（兰工坪校区）石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角

(3) 建设性质：新建

**4.1.2产业政策符合性分析**

本项目使用的材料体素高分辨扫描成像分析系统，属于国家发展和改革委员会第29号令《产业结构调整指导目录（2021年本）》中鼓励类第十四项“机械”中第6条“工业CT等无损检测设备”，符合国家当前的产业政策。

**4.1.3选址合理性**

本项目周围50m范围内无固定人员居留场所，周围没有项目建设的制约因素，本项目通过采取相应有效治理和屏蔽措施后对周围环境影响较小，因此选址是合理的。

**4.1.4工程所在地区环境质量现状**

监测数据表明，本项目拟建场所室内 $\gamma$ 辐射剂量率检测范围为（84.4～95.1）nGy/h，室外为（84.4～98.0）nGy/h，与《2020年全国辐射环境质量报告》公布的甘肃省空气吸收剂量率自动监测站点年均值范围（92.6～98.2）nGy/h相比，无显著差异。

**4.1.5屏蔽能力分析**

本项目自屏蔽箱体设计时已考虑了拟配备设备的性能和辐射水平，在满足施工质量前提下，自屏蔽箱体各屏蔽墙体、铅门外表面30cm处辐射空气吸收剂量率不大于2.5 $\mu$ Sv/h，能够满足《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中辐射剂量率限值要求。

**4.1.6本项目所致职业人员个人年附加有效剂量**

经理论估算，本项目正常运行后所致职业人员受到的附加年有效剂量为0.2mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定的年有效剂量基本限值20mSv和本次项目评价5mSv剂量约束值要求。

#### **4.1.7本项目所致公众个人最大年附加有效剂量**

经理论估算，本项目正常运行后所致公众受到的附加年有效剂量为 $5.0 \times 10^{-2}$  mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定年有效剂量1mSv基本限值和本次评价公众0.1mSv剂量约束值要求。

#### **4.1.8辐射环境管理结论**

建设单位已成立《辐射安全与防护领导小组》，制定了《辐射工作人员岗位职责》《材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目安全操作规程》《设备维护保养制度》《辐射工作场所和个人剂量监测制度》《射线装置台账管理制度》《辐射事故应急预案》，以上制度具有可操作性，但均需按照相关法律法规及实际工作经验进行细化完善。

#### **4.1.9环境影响评价综合性结论**

本项目采取辐射防护措施后，能够使其对周边环境的辐射影响降到了尽可能合理低的水平，且满足辐射防护最优化原则；项目运行所致职业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。因此，从辐射环境保护的角度分析认为本项目可行。

### **4.2 建议和承诺**

#### **4.2.1建议**

①项目在运行过程中必须严格落实项目设计及本报告表提出的安全防护措施和相关管理要求；

②定期进行射线装置台账核查，做到物账相符；

③定期检查项目辐射安全与防护设施、措施，确保其正常有效；

④根据实际经验，不断完善辐射安全与防护相关制度，定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断的完善事故应急预案；

⑤本项目取得环评批复后，建设单位应尽快办理辐射安全许可证及竣工环保验收。

#### **4.2.2承诺**

①每年1月31日前通过“全国核技术利用辐射安全申报系统”上报辐射安全和防护状况年度评估报告，并接受生态环境主管部门监督检查；

②及时安排本项目已配备工作人员、新增、转岗及培训合格证到期的辐射工作人员（包括专职人员）通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）学习相关知识并参加报名考核，持证上岗。

#### 4.3审批部门审批决定

2023年8月25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土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目环境影响报告表的批复》（兰环核审〔2023〕21号）对项目作出批复，批复内容如下：

##### 一、项目主要内容

兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统项目拟建于兰州理工大学兰工坪校区石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角。项目拟在屏蔽箱体内使用1台材料体素高分辨扫描成像分析系统，用于开展教学研究。该项目总投资365万元，环保投资50万元，环保投资占总投资比例为13.7%。

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，加强设备运行期间安全管理。屏蔽箱体外应设置醒目的电离辐射警示警告标志、状态指示灯和声光报警装置、门机联锁和灯机联锁、紧急止动和钥匙开关等安全措施，防止误操作和无关人员误入。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。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。

（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，屏蔽箱体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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自屏蔽箱体                  | 自屏蔽箱体、门外表面0.3m 处辐射剂量率 | 各监测点位 X 射线辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中不大于2.5uSv/h 的要求 | 已落实。<br>根据竣工环境保护验收监测结果，nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统各监测点位满足周围剂量当量率不大于2.5μSv/h要求。                                                                                                                                                                                                                                                |
|                        | 联锁装置、警示标志、工作指示灯、报警装置  | 门灯联锁、灯机联锁、警示标志、报警装置、工作指示灯正常、有效                             | 已落实。<br>门机联锁：箱体屏蔽门与高压控制器联锁；当屏蔽门关紧后，系统才能启动探伤，否则处于断电状态不能启动。系统的高压电源未关闭，屏蔽门不能被打开。<br>灯机联锁：在箱体外安装有显示工作状态的警示灯，并与系统联锁，工作状态指示灯亮显示正在工作。<br>系统屏蔽箱体工件门、检修门上，已张贴电离辐射警告标志及中文警示说明。<br>系统安装固定式周围剂量当量率监测装置，设置于工件门内侧，实时监测屏蔽箱体组件内辐射剂量水平。<br>箱体正上方设置状态指示灯，绿灯亮：仪器处于上电状态；黄灯亮：箱体防护门（工件门、检修门）处于关闭状态，可安全开启射线源；红灯闪亮：射线源处于发射 X 射线状态，且启动声音报警装置，提醒周围人员注意防护。 |
|                        | 监视装置                  | 运行良好，切实有效                                                  | 已落实。<br>CT机房和屏蔽箱体内均安装了视频监控装置，显示器位于控制台，屏蔽箱体内监控摄像头安装在工件门内侧右上角，视频监控装置运行正常。                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                        | 通风换气设施                | 通风次数≥3 次/h，通风量不小于150m <sup>3</sup> /h                      | 已落实。<br>系统安装集成排风装置，用于排放臭氧、氮氧化物等。通风口位于自屏蔽箱体左侧，排风量为2.96m <sup>3</sup> /min，屏蔽箱体内部体积为7.68m <sup>3</sup> ，换气次数为23次/h。建设单位在箱体通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室屋顶1m排放。                                                                                                                                                  |
|                        | 紧急停机开关                | 控制台自带的急停开关有效                                               | 已落实。<br>控制台自带有紧急停机开关，如果误开机，能够及时地按下停机开关。                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                                         |                  |                                                                                                |                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 人员配备                                    | 辐射安全与防护培训考核      | 本项目工作人员接受辐射安全防护教育和培训，持证上岗                                                                      | 已落实。<br>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，持证上岗。                                                                                  |
|                                         | 个人剂量检测           | 本项目工作人员按要求进行个人剂量监测并建立个人剂量档案管理制度                                                                | 已落实。<br>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。                                                             |
|                                         | 个人职业健康体检         | 本项目工作人员按要求进行职业健康体检并建立职业健康监护档案                                                                  | 已落实。<br>工作人员定期进行职业健康体检，并建立职业健康档案                                                                                           |
| 管理措施                                    | 本项目辐射安全与防护管理制度   | 根据本报告表要求，修改完善相关规章制度，满足《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》以及《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等中的相应防护标准的要求 | 已落实。<br>学校已修改制度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》《材料体素高分辨扫描成像分析系统安全操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《台账管理制度》《辐射工作人员培训计划》《辐射监测方案》《辐射事故应急预案》等。 |
| 防护用品、监测仪器                               | 个人剂量计            | 配备与辐射工作人员数量匹配的个人剂量计                                                                            | 已落实<br>本项目主要工作人员2人，已配备个人剂量计3个。                                                                                             |
|                                         | 辐射环境监测仪、个人剂量报警仪  | 配备与本项目辐射类型和辐射水平相适应的监测设备                                                                        | 已落实。<br>项目已配备便携式RP6000型X-γ辐射监测仪1台、个人剂量报警仪（型号：RG1100）2台。                                                                    |
| 两区管理                                    | 辐射工作场所划分为监督区和控制区 | 严格执行区域划分                                                                                       | 已落实。<br>采取分区管理措施，将系统屏蔽箱体划为控制区管理，CT机房划为监督区管理。<br>对于控制区，严禁人员进入，射线装置工件门及检修门外均设置电离辐射警告标志；对于监督区，定期对职业照射条件进行监督和评价。               |
| 环境监测计划                                  | 放射性工作场所辐射监测计划    | 按照报告表中制定                                                                                       | 已落实。<br>已委托甘肃秦州核与辐射安全技术有限公司每年对辐射工作场所监测一次                                                                                   |
| 应急措施                                    | 完善应急预案           | 制定可行的辐射事故应急预案，并张贴上墙                                                                            | 已落实。<br>学校已制定《兰州理工大学辐射事故应急预案》制度并张贴上墙。                                                                                      |
| 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。 |                  |                                                                                                |                                                                                                                            |

#### 4.5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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>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，加强设备运行期间安全管理。屏蔽箱体外应设置醒目的电离辐射警示警告标志、状态指示灯和声光报警装置、门机联锁和灯机联锁、紧急止动和钥匙开关等安全措施，防止误操作和无关人员误入。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。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。</p> | <p>已落实。</p> <p>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。</p> <p>辐射工作场所已划定控制区与监督区，采取分区管理措施，将系统屏蔽箱体划为控制区管理，将CT机房划为监督区管理。</p> <p>屏蔽箱体（正面）和CT机房工作场所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。箱体正上方设置状态的指示灯和声光报警装置。</p> <p>门机联锁：箱体屏蔽门与高压控制器联锁；当屏蔽门关紧后，系统才能启动探伤，否则处于断电状态不能启动。系统的高压电源未关闭，屏蔽门不能被打开。</p> <p>灯机联锁：在箱体外安装有显示工作状态的警示灯，并与系统联锁，工作状态指示灯亮显示正在工作。</p> <p>控制台自带紧急停机开关，如果误开机，能够及时的按下停机开关。</p> <p>系统控制台设置有钥匙开关，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。</p> <p>系统安装集成排风装置，用于排放臭氧、氮氧化物等。通风口位于自屏蔽箱体左侧，换气次数为23次/h。建设单位在箱体通风口处连接排风管道，将排风管道引出并延伸至高出石化仓库西部先进土木工程材料创新研究中心实验室屋顶1m排放。</p> |
| <p>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。</p>                                                                                                                                                             | <p>已落实。</p> <p>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土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目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土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽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效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。</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>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。</p>                                                                   | <p>已落实。<br/>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》《材料体素高分辨扫描成像分析系统操作规程》《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》，本项目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。土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目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。</p> |
| <p>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。</p>                                                                                                                                                          | <p>已落实。<br/>已对项目竣工、调试时间进行公示，接受社会监督。</p>                                                                                                                                                                                                       |
| <p>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。</p>                                          | <p>已落实。<br/>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。</p>                                                                                       |
| <p>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。</p>                                                                                                                                    | <p>已落实。<br/>我单位接受各级生态环境主管部门日常监督检查。</p>                                                                                                                                                                                                        |
| <p>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。</p> <p><b>4.5环保落实情况结论</b></p> <p>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，土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目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</p> |                                                                                                                                                                                                                                               |

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，最大程度地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 $\gamma$ 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的培训、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 $\gamma$ 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。

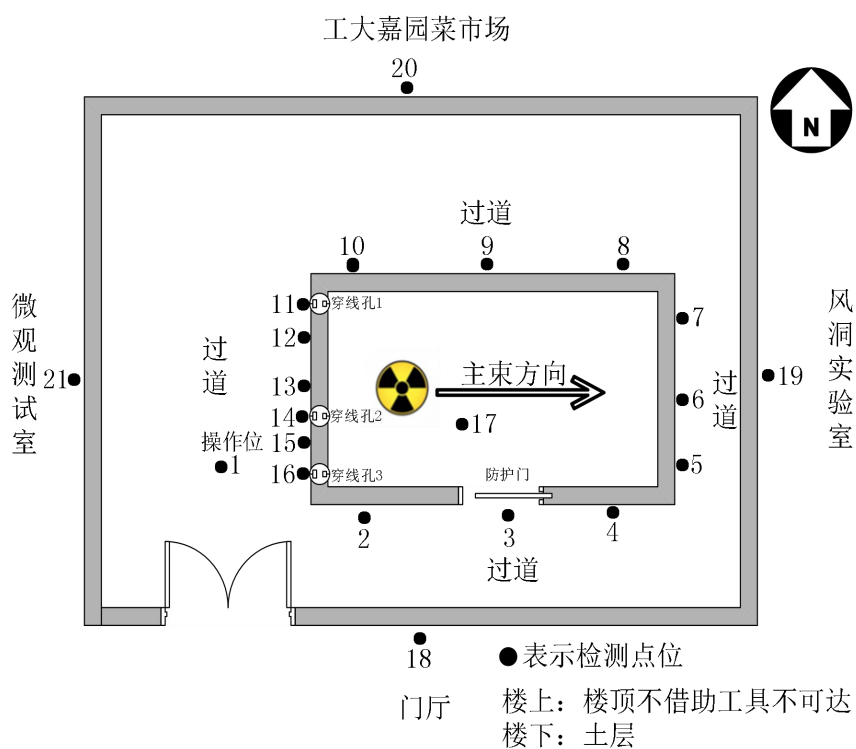


图6-1项目周围剂量当量率检测点位示意图



图6-2项目空气吸收剂量率检测点位示意图

### 6.3监测仪器选择

表6-1 监测仪器

|        |                   |      |                  |
|--------|-------------------|------|------------------|
| 仪器名称   | X-γ辐射剂量率仪         | 仪器型号 | AT1121           |
| 设备编号   | HPJC-008          | 量程   | 50nSv/h~10Sv/h   |
| 相对误差   | <±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   | <±15%             | 响应能量 | 20keV~7MeV       |
| 响应时间   | ≤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nanoVoxel4000，最大管电压225kV，最大管电流3mA，最大管功率350W。本项目光机升降、转角运动单元（最大行程600mm、最大偏摆±20°），位于铅房右侧，平板探测器前后平移距离≥±200mm，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 土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目验收监测工况

| 射线装置                                  | 检测条件                                            | 设备参数                         |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| nanoVoxel4000型土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目 | 主束方向向东照射，管电压220kV，管电流1mA；<br>工件：厚4cm、宽4cm、高4cm。 | 最大管电压225kV，最大管电流3mA，有用线束方向向东 |

注：验收监测工况为实际设备能调节的最大工况。

### 7.2验收监测结果

表7-2 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  | 操作位             | 0.135       |
| 2  | 设备屏蔽体南侧外30cm    | 0.147       |
| 3  | 物料进出防护门上缝外30cm  | 0.156       |
|    | 物料进出防护门下缝外30cm  | 0.145       |
|    | 物料进出防护门左缝外30cm  | 0.152       |
|    | 物料进出防护门右缝外30cm  | 0.154       |
|    | 物料进出防护门中部外30cm  | 0.160       |
|    | 物料进出防护门观察窗外30cm | 0.137       |
| 4  | 设备屏蔽体南侧外30cm    | 0.151       |
| 5  | 设备屏蔽体东侧外30cm    | 0.161       |
| 6  | 设备屏蔽体东侧外30cm    | 0.165       |
| 7  | 设备屏蔽体东侧外30cm    | 0.158       |
| 8  | 设备屏蔽体北侧外30cm    | 0.136       |
| 9  | 设备屏蔽体北侧外30cm    | 0.142       |

|    |                     |       |
|----|---------------------|-------|
| 10 | 设备屏蔽体北侧外30cm        | 0.135 |
| 11 | 穿线孔1外30cm           | 0.159 |
| 12 | 设备屏蔽体西侧外30cm        | 0.142 |
| 13 | 设备屏蔽体西侧外30cm        | 0.143 |
| 14 | 穿线孔2外30cm           | 0.165 |
| 15 | 设备屏蔽体西侧外30cm        | 0.152 |
| 16 | 穿线孔3外30cm           | 0.150 |
| 17 | 设备屏蔽体顶部外30cm        | 0.138 |
| 18 | CT室南墙外30cm（门厅）      | 0.136 |
| 19 | CT室东墙外30cm（风洞实验室）   | 0.133 |
| 20 | CT室北墙外30cm（工大嘉园菜市场） | 0.139 |
| 21 | CT室西墙外30cm（微观测试室）   | 0.144 |
| 22 | 本底                  | 0.115 |

注：检测结果未扣除宇宙射线响应值和环境本底；检测时主束方向5、6、7号点位不放置工件，其余点位检测时放置工件。

**表7-3 环境保护目标监测结果**

| 序号 | 检测点位           | 检测结果（nGy/h） | 备注 |
|----|----------------|-------------|----|
| 1  | 兰州理工大学表面工程技术中心 | 68±1        | 道路 |
| 2  | 机械实验室          | 70±2        | 道路 |
| 3  | 材料焊接实验室        | 66±2        | 道路 |
| 4  | 绿色矿山产业研究院      | 65±1        | 道路 |
| 5  | 工大嘉园菜市场        | 66±2        | 道路 |

注：检测结果已扣除宇宙射线响应值。

根据土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽体外周围剂量当量率监测结果，nanoVoxel4000型土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽箱体30cm处周围剂量当量率为0.135μSv/h-0.165μSv/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65nGy/h~70nGy/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明显影响。

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，项目运行中每次预热加束扫描时间共1h、每周开机1~2次，年开机次数为80次，合计全年出束扫描时间约为80h。

### 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<sub>T,R</sub>-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<br>(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，按照操作位剂量检测结果进行个人剂量估算；

设备运行时，本项目屏蔽箱体周围涉及到的公众主要为兰州理工大学其他

设施的老师和学生，人员位于CT室四周，CT室东、南、西侧涉及到的公众主要为做实验的学生及老师，北侧主要为工大嘉园菜市场的摊贩和前来购买的老师和学生，各个点位按照年最大负荷进行计算。

**本项目射线装置周最大工作时间为2h，年工作时间为80h，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**

| 关注点              | $D_{T,R}$<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 居留因子 | 周受照时间 | 人员周剂量<br>( $\text{mSv/周}$ ) | 剂量约束值<br>( $\mu\text{Sv/周}$ ) | 关注人群 |
|------------------|-----------------------------------|------|-------|-----------------------------|-------------------------------|------|
| 操作位              | 0.135                             | 1    | 2     | 0.270                       | 100                           | 工作人员 |
| CT室南侧<br>(门厅)    | 0.136                             | 1/5  | 2     | 0.0544                      | 5                             | 公众   |
| CT室东侧<br>(风洞实验室) | 0.133                             | 1/5  | 2     | 0.0532                      |                               | 公众   |
| CT室北侧(工大嘉园菜市场)   | 0.139                             | 1    | 2     | 0.278                       |                               | 公众   |
| CT室西侧<br>(微观测试室) | 0.144                             | 1/2  | 2     | 0.144                       |                               | 公众   |

由表7-5可知，辐射工作人员年周效剂量为 $0.270\mu\text{Sv/周} \sim 0.330\mu\text{Sv/周}$ ，项目运行致关注点公众周年有效剂量为 $0.0532\mu\text{Sv/周} \sim 0.278\mu\text{Sv/周}$ ，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 个人年剂量估算结果**

| 关注点              | $D_{T,R}$<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 居留因子 | 年受照时间 | 人员年剂量<br>( $\text{mSv/a}$ ) | 剂量约束值<br>( $\text{mSv/a}$ ) | 关注人群 |
|------------------|-----------------------------------|------|-------|-----------------------------|-----------------------------|------|
| 操作位              | 0.135                             | 1    | 80    | $1.08\text{E-}02$           | 5                           | 工作人员 |
| CT室南侧<br>(门厅)    | 0.136                             | 1/5  | 80    | $2.18\text{E-}03$           | 0.1                         | 公众   |
| CT室东侧<br>(风洞实验室) | 0.133                             | 1/5  | 80    | $2.13\text{E-}03$           |                             | 公众   |
| CT室北侧(工大嘉园菜市场)   | 0.139                             | 1    | 80    | $1.11\text{E-}02$           |                             | 公众   |
| CT室西侧<br>(微观测试室) | 0.144                             | 1/2  | 80    | $5.76\text{E-}03$           |                             | 公众   |

由表7-6可知，辐射工作人员年有效剂量为 $1.08\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，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 $20\text{mSv}$ 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 $2.13\text{E-}03\text{mSv/a}$ ~ $1.11\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，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 $65\text{nGy/h}$ ~ $70\text{nGy/h}$ ，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nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统1台，用于教学研究工作。nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统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）西部先进土木工程材料创新研究中心实验室东北角CT室。nanoVoxel4000型材料体素高分辨扫描成像分析系统配备屏蔽箱体，项目不涉及土建施工。

项目实际投资368万元，其中实际环保投资52万元，环保投资占比14.1%。

### 8.2验收监测结果

根据土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽体外周围剂量当量率监测结果，nanoVoxel4000型土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽箱体30cm处周围剂量当量率为0.135 $\mu$ Sv/h-0.165 $\mu$ Sv/h，满足nanoVoxel4000型土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目屏蔽体外30cm处周围剂量当量率不大于2.5 $\mu$ Sv/h控制水平。项目环境保护目标环境 $\gamma$ 辐射剂量率为65nGy/h~70nGy/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 $\gamma$ 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明显影响。

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1.08E-02mSv/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2.13E-03mSv/a~1.11E-02mSv/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**

兰州理工大学土木学院材料体素高分辨扫描成像分析系统建设项目符合“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。