项目编号：2025-032

核技术利用建设项目

农业农村部黑土地保护与利用重点实验室

CT 检测建设项目环境影响报告表

黑龙江省黑土保护利用研究院

2025 年 7 月

核技术利用建设项目

农业农村部黑土地保护与利用重点实验室

CT检测建设项目环境影响报告表

建设单位名称：　黑龙江省黑土保护利用研究院

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：　哈尔滨市南岗区学府路368号

邮政编码：　150080　　联 系 人：　张楠

电子邮箱：　zhangnan1461@163.com　联系电话：　13314616664

打印编号：1752127009000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	i36oo1
建设项目名称	农业农村部黑土地保护与利用重点实验室CT检测建设项目
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目
环境影响评价文件类型	报告表
一、建设单位情况	
单位名称（盖章）	黑龙江省黑土保护利用研究院
统一社会信用代码	12230000MB1M853761
法定代表人（签章）	孙磊
主要负责人（签字）	张楠
直接负责的主管人员（签字）	张楠
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	黑龙江众安环保科技有限公司
统一社会信用代码	91230102MA1B1R3H6N
三、编制人员情况	

1. 编制主持人

姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
樊海燕	10352343509230174	BH016592	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
樊海燕	第9、10、11、13章	BH016592	
王莉博	第1、2、3、4、5、6、7、8、12章	BH063916	

目　录

表 1 项目基本情况.....1
表 2 放射源.....6
表 3 非密封放射性物质.....6
表 4 射线装置.....7
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....8
表 6 评价依据.....9
表 7 保护目标与评价标准.....11
表 8 环境质量和辐射现状.....17
表 9 项目工程分析与源项.....21
表 10 辐射安全与防护.....26
表 11 环境影响分析.....33
表 12 辐射安全管理.....42
表 13 结论与建议.....46
表 14 审批.....49
附件 1 现状监测报告.....50
附件 2 屏蔽及工况说明.....57
附图 1 本项目地理位置及周边关系图.....58
附图 2 农科创新大厦一楼南侧局部平面布置图.....59
附图 3 X 射线检测室布局图.....60
附图 4 X 射线检测室剖面布局图.....61
附图 5 微焦点 X 射线 CT 装置屏蔽设计图.....62
附图 6 微焦点 X 射线 CT 装置急停按钮等设施示意图.....63

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">农业农村部黑土地保护与利用重点实验室 CT 检测建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">黑龙江省黑土保护利用研究院</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>孙磊</td><td>联系人</td><td>张楠</td><td>联系电话</td><td colspan="3">13314616664</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">黑龙江省哈尔滨市南岗区学府路 368 号</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">哈尔滨市南岗区学府路 368 号农科创新大厦一楼南侧</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>489.7</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>3.5</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">0.7%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="4">☑新建□改建□扩建□其他</td><td>占地面积（m^2)</td><td>67.5</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□I类□II类□III类□IV类□V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□I类（医疗使用）□II类□III类□IV类□V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□乙□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□II类□III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□II类□III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑II类□III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="7"></td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位情况

2021 年 4 月，经中共黑龙江省委编制委员会批准成立黑龙江省黑土保护利用研究院。该研究院由黑龙江省农业科学院土壤肥料与环境资源研究所、农村能源与环保研究所合并组建，隶属于黑龙江省农业科学院。

承担黑土监测与评价、黑土土壤培肥与地力提升、黑土农田障碍消减、黑土地高效施肥、黑土环境保护、黑土微生物、土壤肥料检测、农村能源开发利用、生产生活节能及清洁取暖技术、乡村农业废弃物资源化利用、生活垃圾处理与利用等研究工作。

研究院目前拥有在职员工 59 人，高级职称 36 人、博士 29 人。拥有“黑土资源保护与持续利用”国家重点领域创新团队和省级专业技术领军人才梯队土壤

学；拥有两个省部级重点实验室：“农业农村部东北平原农业环境重点实验室”、“黑土地保护与利用重点实验室”；2 个省部级观测实验站：“农业农村部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站”、“农业农村部黑龙江耕地保育与农业环境科学观测实验站”；1 个国家级科普基地“东北黑土资源与环境保护科普基地”以及 6 个省级重点实验室和工程技术研究中心（黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室、黑龙江省秸秆能源化重点实验室、黑龙江省肥料工程技术研究中心”、黑龙江省黑土保护工程技术研究中心、黑龙江省农业微生物菌剂工程技术研究中心、黑龙江省土壤微生物生态联合实验室）；1 个 CMA 资质认证检测中心（黑龙江省黑土保护利用研究院检测评价中心），全国第三次土壤普查黑龙江省土壤样本库依托单位，联合国粮食及农业组织国际黑土研究院秘书长单位。

“十二五”以来先后承担了国家科技重大专项、国家重点研发项目、科技支撑计划、国家自然科学基金、公益性行业科研专项、省重大专项等各级科研项目 300 余项。获得各级成果 56 项，其中国家科学技术进步二等奖 1 项，省级科技奖励 32 项（一等奖 4 项）；发明专利 176 项、制定标准 85 项、出版论著 86 部、发表论文 600 余篇。

黑龙江省黑土保护利用研究院立足于土地资源，服务于农业生产，为黑龙江省、为国家粮食安全、土壤生产力的提高和环境质量的改善，提供决策依据和关键实用技术，积极开展国际间合作交流，以高水平的科研创新能力为黑土地保护利用提供科学依据和技术支撑。

1.1.2原有核技术利用项目许可情况

黑龙江省黑土保护利用研究院尚无核技术利用项目获批和在用，无辐射安全许可证。

1.2项目建设规模

黑龙江省黑土保护利用研究院拟在哈尔滨市南岗区学府路368号农科创新大厦一楼南侧新建1间X射线检测室，使用1台自带X射线防护箱的微焦点X射线CT装置，属于II类射线装置，用于对土壤结构、农作物根系等微观层面结构研究，提升科研能力。

本项目X射线检测室利用闲置房间改造，重新装修室内地面和墙面，安装通风装置、门禁等辐射安全防护设施。微焦点X射线CT装置自带X射线防护箱和操

作台，为分体设计，X射线防护箱安装于X射线检测室内中部（正面向北），操作台设置于X射线防护箱的东侧。X射线防护箱采用双层钢板内夹铅板结构全包围辐射防护，箱体正面设置1扇装载门，门体带有铅玻璃观察窗；箱体两侧分别设置1扇检修门。

预计微焦点X射线CT装置每周出束时长不超过1小时，年出束时长50小时。本项目拟从研究院内调配2名辐射工作人员，将参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”工业X射线探伤类辐射安全与防护考核，考核成绩合格后上岗。

本项目拟使用射线装置情况详见表 1-1。项目组成情况见表 1-2。

表 1-1 拟使用射线装置一览表

序号	仪器名称	型号	数量	类别	曝光类型	所在位置
1	微焦点 X 射线 CT 装置	inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus	1 台	II类	定向	X 射线检测室

表 1-2 项目组成一览表

名称	建设项目及规模	备注
主体工程	农科创新大厦一层南侧，利用闲置房间改造为 X 射线检测室，建筑面积 67.5m^2。	利旧改造
	X 射线检测室内中部安装使用 1 台微焦点 X 射线 CT 装置，属于 II 类射线装置。	新建
公用工程	给水依托原有市政供水管网。	依托
	本项目使用 CT 装置成像检测，无放射性废液、固废、废气产生；本项目不新增工作人员，生活污水经院区化粪池处理后排入市政管网。	
	供电依托市政电网供给。	
环保工程	微焦点 X 射线 CT 装置自带 X 射线防护箱，采用两侧钢板内夹铅板防护，设置电动防护门、铅玻璃观察窗、门机联锁、急停按钮、信号灯、电离辐射警告标志、视频监控；X 射线检测室安装机械通风装置和门禁；配备便携式辐射剂量检测仪、个人剂量计和个人剂量报警仪等辐射防护用品。	新建
	本项目不新增工作人员，生活污水经院区化粪池处理后排入市政管网。	依托
	生活垃圾由市政环卫部门收集处置。	依托

1.3项目选址与周围环境

黑龙江省黑土保护利用研究院位于哈尔滨市南岗区学府路 368 号，在黑龙江省农业科学院院区内。黑龙江省农业科学院东侧为鲁商松江新城，南侧为鲁商龙悦府，西侧为学府路，北侧为哈尔滨最佳西方财富酒店和科研街，农科创新大厦

位于省农业科学院院区的西南侧。农科创新大厦为地下一层、地上十层建筑，其东侧为草业研究所，西侧为院区边界，南侧和北侧均为院区内空地。本项目地理位置及周边关系图见附图 1。

本项目 X 射线检测室选址位于农科创新大厦一楼南侧，利用现有 1 间闲置房间改造，建筑面积 67.5m^2，室内中部安装 1 台微焦点 X 射线 CT 装置，自带 X 射线防护箱和操作台，其他区域均为空地。X 射线检测室其东侧紧邻库房，南侧紧邻室外，西侧紧邻展厅，北侧紧邻走廊，上方为土壤微生物实验室，下方为库房。农科创新大厦一楼南侧局部平面布置图见附图 2，X 射线检测室平面布局图见附图 3。

本项目评价范围内，无居民楼、学校、自然保护区、风景名胜区、饮用水水源保护区等环境敏感区。主要环境保护目标为 X 射线检测工作场所辐射工作人员以及评价范围内的公众成员。本项目 X 射线防护箱采用实体屏蔽，执行严格的射线装置管理措施。因此，该项目在满足射线装置的安全、职业照射、公众照射的条件下，选址是合理的。

1.4 产业政策和实践正当性

本项目建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类“三十一项、科技服务业”第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合产业政策要求。

黑龙江省黑土保护利用研究院使用 1 台微焦点 X 射线 CT 装置用于对土壤结构、农作物根系等微观层面结构研究，提升科研能力，CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但建设单位在做好各项辐射防护措施，严格落实各项规章制度情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

1.5 项目由来

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、 国务院 2017 年第 682 号令《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，并对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（原环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），本

项目使用的微焦点 X 射线 CT 装置属于II类射线装置，应当进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号），本项目属于“五十五、核与辐射”“172、核技术利用建设项目”中“使用II类射线装置的”，应编制环境影响报告表。黑龙江省黑土保护利用研究院委托黑龙江众安环保科技有限公司承担该项目的环境影响评价工作。评价单位通过资料调研、现场监测和评价分析工作，按照国家《辐射环境管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1−2016）要求，编制完成本项目的辐射环境影响报告表。

1.6 评价目的

（1）对该研究院新增使用II类射线装置项目进行环境影响评价，以掌握其运行后 X 射线防护箱周围的辐射水平。

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

（3）满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为该项目的辐射环境管理提供科学依据。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度（Bq）/ 活度（Bq）×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压	最大管电流	用途	工作场所	备注
1	微焦点 X 射线 CT 装置	II类	1 台	inspeXio SMX-225CT FPD HR Plus	225kV	1mA	无损检测	X 射线检测室	新增

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（μA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	少量	少量	/	/	排入大气，臭氧约 50 分钟后自动分解为氧气
氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	/	通风稀释，排入大气
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于气态为 mg/m^3，液态单位为 mg/L，固态为 mg/kg；年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第二十二号，2014年4月24日修订，2015年1月1日起施行）； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》（中华人民共和国主席令第七十七号，2003年9月1日起施行，2018年12月29日第二次修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号，2003年10月1日起施行）； （4）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（中华人民共和国主席令第四十三号，2020年9月1日起施行）； （5）《建设项目环境保护管理条例》（中华人民共和国国务院令第253号，1998年11月29日起施行，2017年7月16日修订）； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院令第449号，2005年12月21日起施行，2019年3月2日修订）； （7）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原国家环境保护总局令第31号，2006年3月1日起施行，2021年1月4日第四次修正）； （8）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（原环境保护部令第18号，2011年5月1日起施行）； （9）《射线装置分类》（原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日）； （10）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（生态环境部令第16号，2021年1月1日起施行）； （11）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（原国家环保总局，环发〔2006〕145号，2006年9月26日）； （12）《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委令第7号公布，2024年2月1日起施行）； （13）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部 2019 年第 57 号公告，2019 年 12 月 23 日）； （14）《黑龙江省辐射污染防治条例》（黑龙江省第十一届人民代表大会常务委员会公告第43号，2011年9月1日起施行，2018年4月26日修正）。

技术标准	（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871−2002）； （2）《辐射环境管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1−2016）； （3）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61−2021）； （4）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157−2021）； （5）《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）； （6）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第1号修改单（2017）； （7）《无损检测工业计算机层析成像（CT）检测通用要求》（GB/T 29070-2012）； （8）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128−2019）； （9）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ 98-2020）。
其他	（1）《黑龙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》黑龙江省环境监测中心站（1989年5月） 黑龙江省室内、外环境γ辐射空气吸收剂量率本底范围是： 室内（26.2～134.4）nGy/h；室外（21.6～196.9）nGy/h。 （2）《2023年黑龙江省辐射环境质量报告》； （3） 建设单位提供的其他材料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

按照《辐射环境管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定：放射源和射线装置应用项目的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围。确定本项目的评价围为微焦点 X 射线 CT 装置自带的 X 射线防护箱外 50m 区域。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为 X 射线检测工作人员以及评价范围内公众人员。详见表 7-1。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

污染源	环境要素	保护目标		位置	与屏蔽体距离(m)	人数
微焦点 X 射线 CT 装置	电离辐射	职业人员	X 射线检测室工作人员	X 射线检测室内	—	2 人
		公众成员	库房人员、草业研究所及室外人员	X 射线防护箱外东侧	3.2～50	约 20 人
			室外人员	X 射线防护箱外南侧	3.2～50	约 20 人
			展厅人员及室外人员	屏蔽体外西侧	3.2～50	约 5 人
			走廊、展厅等农科创新大厦人员及室外人员	屏蔽体外北侧	3.2～50	约 10 人
			2F、3F土壤微生物实验室人员，4F~10F办公室人员	屏蔽体外上方	1.3～27	约 30 人
			-1F库房人员	屏蔽体外下方	0～3	约 2 人

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871−2002）规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

（1）职业照射

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：a)由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；b)任何一年中的有效剂量，50mSv；

（2）公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a) 年有效剂量，1mSv；

b) 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。

7.3.2 剂量约束值

综合考虑核技术利用现状和将来的工作负荷可能增加情况，本项目取年有效剂量限值的 1/4 作为职业人员年剂量约束值，即 5mSv/a。取年剂量限值的 1/10 作为公众剂量约束值，即 0.1mSv/a。

7.3.3 放射防护安全要求

（1）参考《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117－2022）

该标准规定了 X 射线和 γ 射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600 kV及以下的X射线探伤机和 γ 射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

4 使用单位放射防护要求

4.1 开展工业探伤工作的使用单位对放射防护安全应负主体责任。

4.2 应建立放射防护管理组织，明确放射防护管理人员及其职责，建立和实施放射防护管理制度和措施。

4.3 应对从事探伤工作的人员按 GBZ 128 的要求进行个人剂量监测，按 GBZ 98 的要求进行职业健康监护。

4.4 探伤工作人员正式工作前应取得符合 GB/T 9445 要求的无损探伤人员资格。

4.5 应配备辐射剂量率仪和个人剂量报警仪。

4.6 应制定辐射事故应急预案。

5 探伤机的放射防护要求

5.1 X 射线探伤机

5.1.1 X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100 cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 1 的要求，在随机文件中应有这些指标的说明。其他放射防护性能应符合 GB/T 26837 的要求。

表 1 X 射线管头组装体漏射线所致周围剂量当量率控制值

管电压， kV	漏射线所致周围剂量当量率，mSv/h
>200	<5

6 固定式探伤的放射防护要求

6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X 射线探伤室的屏蔽计算方法参见 GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB18871 的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a) 关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 100μSv/周，对公众场所，其值应不大于 5μSv/周；

b) 屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 2.5μSv/h。

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a) 探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面 30cm 处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 100μSv/h。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。门-机联锁装置的设置应方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与探伤机联锁。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。在醒目的位置处应有对 “照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专

用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮或拉绳的安装，应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签，标明使用方法。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

6.2 探伤室探伤操作的放射防护要求

6.2.1 对正常使用的探伤室应检查探伤室防护门-机联锁装置、照射信号指示灯等防护安全措施。

6.2.2 探伤工作人员在进入探伤室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

6.2.3 应定期测量探伤室外周围区域的剂量率水平，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止探伤工作并向辐射防护负责人报告。

6.2.4 交接班或当班使用便携式 X-γ 剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式 X-γ 剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

6.2.5 探伤工作人员应正确使用配备的辐射防护装置，如准直器和附加屏蔽，把潜在的辐射降到最低。

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

6.2.7 开展探伤室设计时未预计到的工作，如工件过大等特殊原因必须开门探伤的，应遵循本标准第 7.1 条～第 7.4 条的要求。

（2）参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250－2014）

3 探伤室屏蔽要求

3.1.1 探伤墙和入口门外周围剂量当量率和每周周围剂量当量应满足下列要求：

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

1）人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员：H_c≤100μSv/周

公众：H_c≤5μSv/周

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

$$\dot{H}_{c,d}=\frac{H_c}{t\cdot U\cdot T} \qquad (1)$$

式中：H_c——周剂量参考控制水平，单位为微希每周（μSv/周）；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

t 按式（2）计算：

$$t=\frac{W}{60\cdot I} \qquad (2)$$

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

60——小时与分钟的换算关系；

I——X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安 （mA）。

b) 关注点最高剂量率参考控制水平$\dot{H}_{c,max}$

$$\dot{H}_{c,max}=2.5\ \mu Sv/h$$

c) 关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$：

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

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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

b)除3.1.2的条件外，应考虑下列情况：

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

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

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需要考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门，对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室，可以仅设人员门，探伤室人员门宜采用迷路形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压和相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 环境质量和辐射现状

8.1.1 项目地点

本项目 X 射线检测室位于哈尔滨市南岗区学府路 368 号，黑龙江省黑土保护利用研究院农科创新大厦一楼南侧，本项目地理位置及周边关系图见附图 1，农科创新大厦一楼南侧局部平面布置图见附图 2，X 射线检测室平面布置图见附图 3。

8.1.2 辐射环境现状

本次监测由取得省技术监督局计量认证资质的单位黑龙江源宁环境检测有限公司进行辐射环境背景监测。现状监测 X-γ 辐射空气吸收剂量率。

（1）监测仪器与监测规范

监测仪器各项参数见表 8-1。

表 8-1 环境γ辐射剂量率仪器参数与规范

仪器名称	多功能辐射测量仪
规格型号	FH40G-X+FHZ672E-10
测量范围	1nSv/h-100μSv/h
检定有效期	2024 年 12 月 25 日~2025 年 12 月 24 日
检定单位	黑龙江省电离辐射仪器检定站
监测规范	《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》（HJ 61-2021）

（2）评价对象：X 射线检测室所在区域及周围辐射环境。

（3）监测因子：X-γ 辐射空气吸收剂量率。

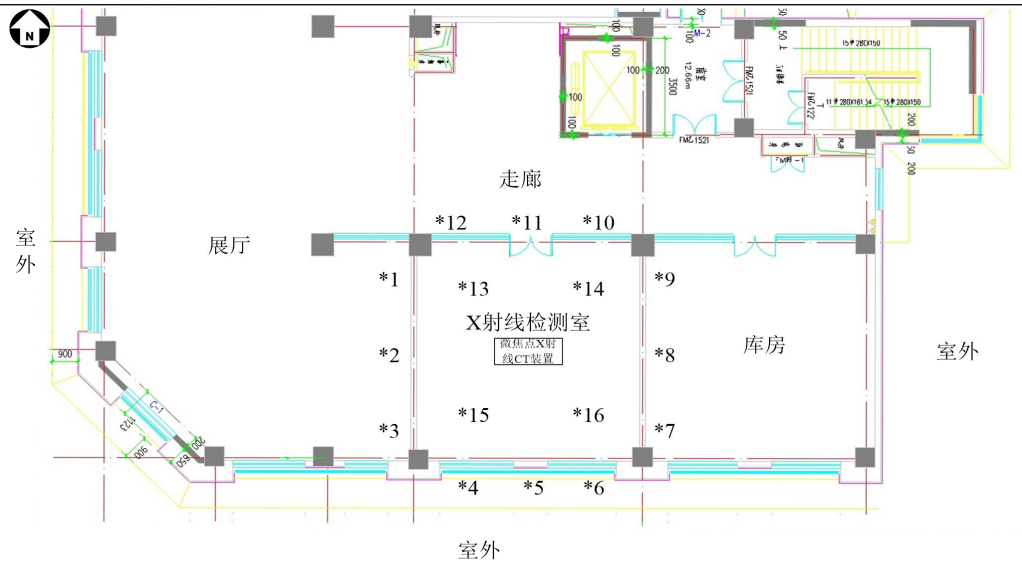
（4）监测点位布设

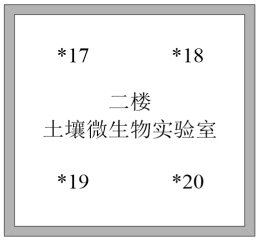
本项目对拟建 X 射线检测室所在区域、楼上、楼下以及周围敏感目标处布点监测。监测布点图见图 8-1。

（5）监测时间：2025 年 5 月 11 日。

（6）监测方法

利用环境 X、γ 剂量率仪，根据《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》（HJ 61-2021），每个测点测量 10 个数，仪器及数据处理按相关技术规范进行。


走廊
室外
展厅
*12
*11
*10
*1
*13
*14
*9
X射线检测室
微焦点X射线CT装置
*2
*8
库房
室外
*15
*16
*3
*7
*4
*5
*6
室外


*17
*18
二楼
土壤微生物实验室
*19
*20

*21
*22
负一楼
库房
*23
*24

好再来风味餐馆
省农科院家属楼
6号3栋
16号2栋
哈尔滨市社会福利
学生宿舍2号楼
爱诚地产
2号7栋
16号1栋
学生宿舍1号楼
2号3栋
哈尔滨市南岗区龙盛种子商店
涮记
科研街
G102
农科烘焙
世界农业科技成果交易中心
一地块1号楼
1号楼
最佳西方财富酒店
鲁商·松江新城1地块
学府路
中才楼
中影中数国际影城
1地块3号楼
创融地产
黑龙江昆仑上德体检中心
大豆研究所
黑龙江省农业科学院
2期2栋
4号楼
南岗区人民法院档案馆
卓睿幼儿园
*28
作物资源研究所
哈尔滨北驰皇徽汽车销售服务有限公司
农科创新大厦
蔬菜研究所
*25
*27
*26
黑龙江省蚕学会
6号楼
食品加工研究所
鑫立汽车维修
耕作栽培所
哈达
鲁商龙悦府
哈尔滨职业技术大学学府院区
图 例
省农科院边界
本项目位置
50米评价范围
50米

图8-1 监测布点图

（7）质量保证措施

a. 监测前制定监测计划，合理布设监测点位，选择监测点位时充分考虑使监测结果具有代表性，以保证监测结果的科学性和可比性；

b. 监测方法采用国家有关部门颁布的技术规范进行监测，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

c. 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

d. 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，选择稳定场进行校验。

e. 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（8）监测结果与评价

表 8-2 X-γ辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	X-γ辐射空气吸收剂量率（μGy/h）	
		监测结果	标准差
1	1*西墙外北侧 30cm 处	0.06	0.01
2	2*西墙外中间 30cm 处	0.06	0.01
3	3*西墙外南侧 30cm 处	0.05	0.01
4	4*南墙外西侧 30cm 处	0.07	0.01
5	5*南墙外中间 30cm 处	0.06	0.01
6	6*南墙外东侧 30cm 处	0.06	0.01
7	7*东墙外南侧 30cm 处	0.06	0.01
8	8*东墙外中间 30cm 处	0.07	0.01
9	9*东墙外北侧 30cm 处	0.06	0.01
10	10*北墙外东侧 30cm 处	0.06	0.01
11	11*北墙外中间 30cm 处	0.06	0.01
12	12*北墙外西侧 30cm 处	0.06	0.01
13	13*X 射线检测室室内监测点	0.07	0.01
14	14*X 射线检测室室内监测点	0.06	0.01
15	15*X 射线检测室室内监测点	0.05	0.01

16	16*X 射线检测室室内监测点	0.05	0.01
17	17*二楼土壤微生物实验室监测点	0.05	0.01
18	18*二楼土壤微生物实验室监测点	0.05	0.01
19	19*二楼土壤微生物实验室监测点	0.06	0.01
20	20*二楼土壤微生物实验室监测点	0.06	0.01
21	21*负一楼库房监测点	0.05	0.01
22	22*负一楼库房监测点	0.06	0.01
23	23*负一楼库房监测点	0.06	0.01
24	24*负一楼库房监测点	0.06	0.01
25	25*草业研究所监测点	0.07	0.01
26	26*室外空地监测点	0.05	0.01
27	27*室外空地监测点	0.05	0.01
28	28*农科创新大厦监测点	0.06	0.01

注：上述数值已进行修正，已扣除宇宙射线响应值；

根据《黑龙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》报告，黑龙江省室内环境γ辐射空气吸收剂量率范围是（26.2～134.4）nGy/h；室外环境γ辐射空气吸收剂量率范围是（21.6～196.9）nGy/h。

根据黑龙江省生态环境厅公布的《2023年黑龙江省辐射环境质量报告》，黑龙江省辐射环境自动站连续空气吸收剂量率处于本底涨落范围内，27个自动站年均值范围为（60.9～93.9）nGy/h；黑龙江省累积剂量测得的空气吸收剂量率处于当地天然本底涨落范围内，14个监测点的年均值为（94～120）nGy/h，其中哈尔滨市均值为95nGy/h。

由黑龙江源宁环境检测有限公司提供的监测报告（详见附件1）可知，该研究院X射线检测室所在区域及周围区域X-γ辐射空气吸收剂量率监测结果为（0.05～0.07）μGy/h，均在《黑龙江省环境天然贯穿辐射水平调查研究》报告中的环境γ辐射空气吸收剂量率本底范围。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备组成

本项目拟使用的 inspeXio SMX-225CT FPD HR 型微焦点 X 射线 CT 装置自带钢铅结构的 X 射线防护箱、X 射线发生器、平板检出器、CT 载物台、数据处理系统和操作台等组成。设备外观结构图见图 9-1、设备内部结构图见图 9-2、设备各部件名称一览表见表 9-1、设备主要性能参数见表 9-2。

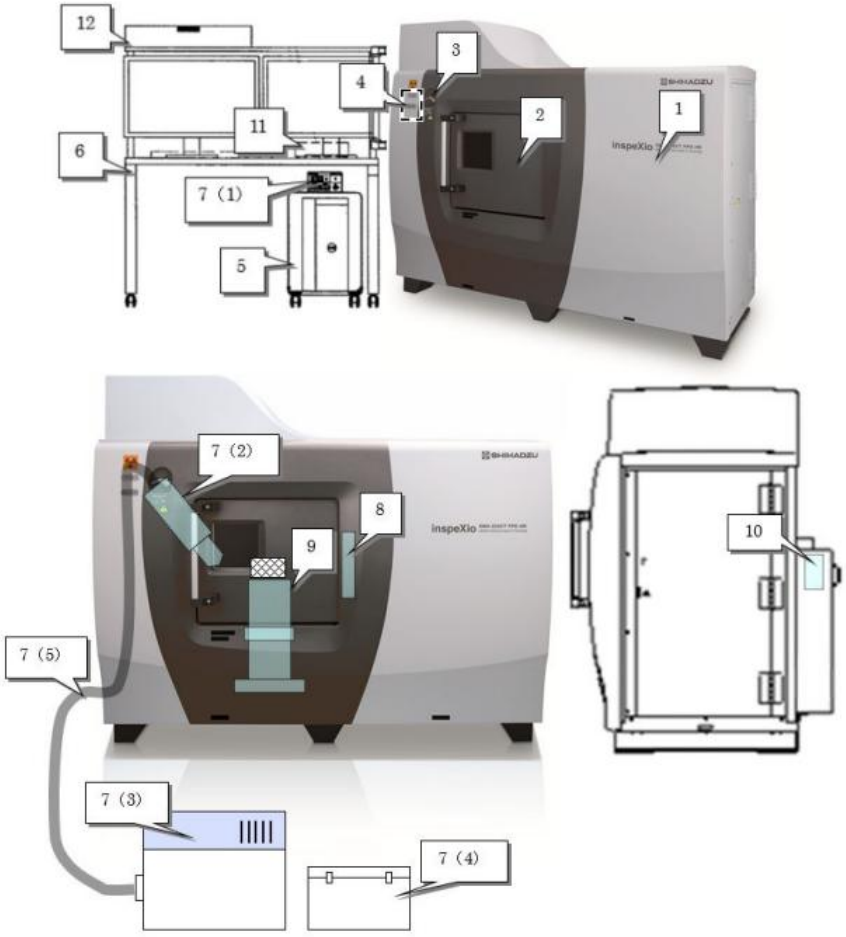


图 9-1　设备外观结构图

表 9-1 设备各部件名称一览表

编号	名称	编号	名称
1	防护箱	7	X 射线发生器
2	装载门	8	平板检出器
3	门安全装置	9	CT 载物台
4	[X-RAY ON]指示灯 [READY]指示灯	10	主电源断路器 [POWER ON]开关总通电计时器
5	辅助桌	11	操作箱
6	控制计算机桌	12	CT 附件收纳箱

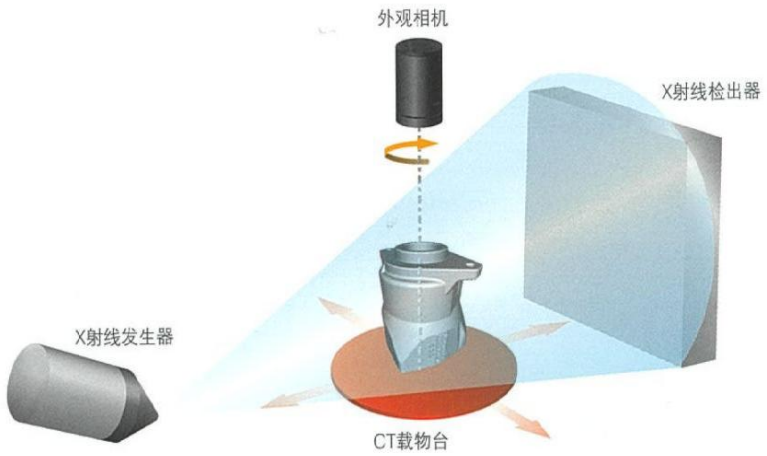


图 9-2 设备内部结构图

X 射线发生器：该装置内置 X 射线管，可产生的最大管电压 225kV，最大管电流 1mA，最大输出功率为 135W，产生的最小焦点尺寸为 4μm。

X 射线检出器：该平板检出器用于探测 X 射线发生装置产生的射线。

CT 载物台：用于盛放检测物件，可搭载的最大尺寸为φ400mm×H300mm，最大搭载质量为 12kg。

CT 处理系统：用于处理 CT 扫描时产生的图像，该处理系统对拍摄过的 CT 数据感兴趣区域进行放大重建。对于很难提高几何放大倍数的样品图像，这个功能可以获得较高放大倍数的局部断面图像。本系统使用了高分辨率检出器，如果进行放大扫描，也可以获得高放大倍数的图像。本功能可以省去再次拍摄的作业，直接获得高放大倍数图像。

表 9-2 微焦点 X 射线 CT 装置参数性能一览表

设备型号	inspeXio SMX-225CT FPD HR
生产厂家	株式会社应用技研
最大管电压	225kV
最大管电流	1mA
最大输出功率	135W
主束方向	定向（向西）
照射角	68°
X 射线防护箱的 X 射线泄漏率	X 射线防护箱外表面为 1μSv/h 以下

9.1.2 工作原理

将样品摆放进行固定，关闭防护门后可通过旋转轴上方安装的相机来决定样

品的拍摄位置，通过系统控制电脑的程序命令，将高压发生器产生的高电压由高压线缆传输至射线管，X射线管利用高压电场的作用将内部产生的高速电子流撞击靶，高速电子流的能量转换，其中一部分生成X射线。数字探测器可以将经过照射被检测样品的X射线转化成电子信号而形成实时灰度成像，得到显示内部结构的二维图像，并且可以将待测物旋转一周而得到的一系列二维图像数据用安装在图像处理工作站的程序进行图像数据的三维重建，得到待测物的三维结构数据，可以进行样品在二维空间上进行断层观察。X射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难熔金属（如钨、铂、金等）制成。当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射击。高电压加在X射线管的两极之间，使电子在射到靶体之前被加速达到很高的速度。这些高速电子到达靶面为靶所突然阻挡从而产生X射线。可以通过所加电压，电流来调节X射线的强度。典型X射线管结构图见图9-3。

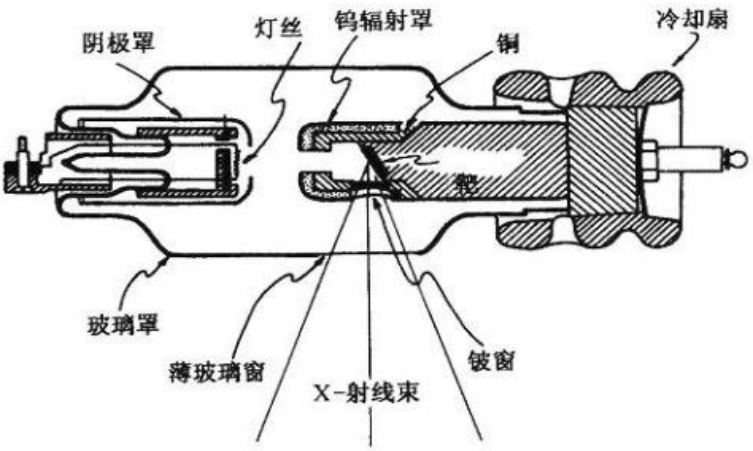


图 9-3 典型的 X 射线管示意图

9.1.3 工作流程

（1）接通电源，检查监视系统，打开电气控制柜总开关，确认防护措施是否启动。

（2）按下控制台上的启动按钮和计算机的电源按钮，启动计算机，等待计算机屏幕可正常使用后，启动软件系统。

（3）设备初始化，依次打开操作软件，自动检测程序。

（4）打开防护门后，将检测样品放置在 CT 载物台上，关闭防护门。

（5）防护门关闭后，触发联锁装置，系统处于可操作状态。通过观察窗和

监视器确定设备内是否有人员滞留。

（6）启动参数设置，根据检测样品的形状、工艺要求，设置管电压、管电流、出束时间、灵敏度、采集图片束等参数，使样品结构图像处于最清晰状态。

（7）开始检测工作，CT 设备进入自动采集扫描状态，持续时间从几分钟至十五分钟不等，其间 X 射线持续出束，样品自动完成检测。自动检测过程中，操作人员无需干预，在控制台监控整个检测过程。此过程会产生 X 射线、少量臭氧和氮氧化物。

（8）检测结束，关闭射线控制器，停止出束。打开防护门，取出检测样品，检测完成。

（9）检测完成后，若机器内部温度较高，冷却循环系统将持续工作 15~20 分钟，待循环系统中的液体完全降温后自动停止，此期间不得关闭电源。

（10）关闭系统及电源，拔出控制台钥匙。

微焦点 X 射线 CT 装置工艺流程及产污环节见图 9-4。

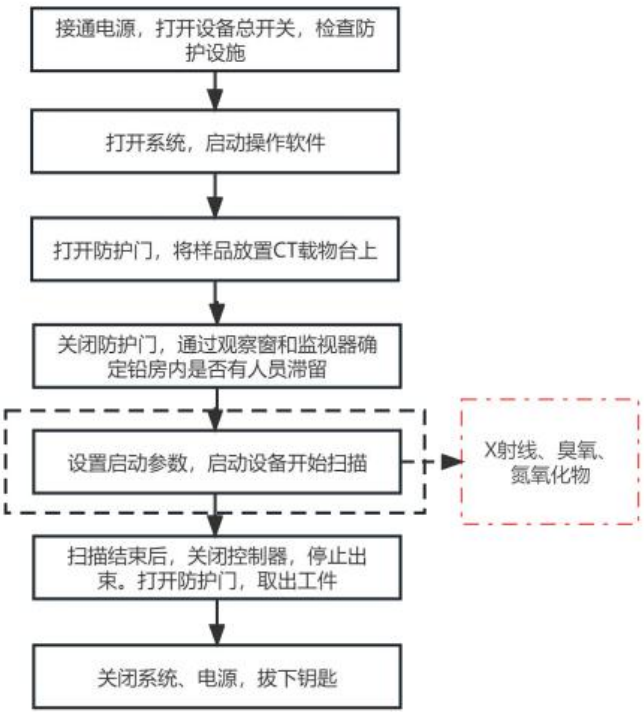


图 9-4　微焦点 X 射线 CT 装置工艺流程及产污环节

9.2 污染源项描述

9.2.1 污染因子

由工艺过程可知，CT 装置在使用中主要产生以下污染物：

（1）X 射线：本项目的主要放射性污染是 X 射线贯穿辐射。CT 装置的 X

射线是随机器的开、关而产生和消失。当设备开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线可能对周围环境造成辐射污染，可能会对操作人员及机房周围人员产生辐射影响。

（2）废气：CT 工作时，使 X 射线防护箱内空气电离会产生一定量的臭氧和氮氧化物。本项目中 X 射线产生的臭氧和氮氧化物量很少。

9.2.2正常工况污染途径

（1）CT 是通过 X 射线的穿透能力，进行透视检测成像，从而可以观察检测物质其内部结构。CT 仅在接通电源时产生 X 射线，有用束和漏射、散射的 X 射线可能会对操作人员及机房周围人员产生辐射影响，切断电源，X 射线即消失。

（2）CT 工作时，使防护箱内空气电离会产生一定量的臭氧和氮氧化物。

9.2.3事故工况污染途径

（1）仪器故障：可能发生的事故为 X 线机漏射线指标达不到《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的要求，或 CT 故障以及控制系统失灵，出现异常曝光可致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

（2）CT 装置在对工件进行检测工况下，门-机联锁失效，工作人员误打开或未完全关闭屏蔽门，至使 X 射线泄漏到防护箱外面，给周围活动的人员造成不必要的照射，使其受到额外的照射。

（3）防护门或观察窗损坏，使 X 射线泄漏到 X 射线防护箱外，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（4）设备检修移除安全装置时，误操作使维修人员受到额外的照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局及分区管理

（1）工作场所的布局

本项目 X 射线检测室位于农科创新大厦一层南侧，拟使用 1 台微焦点 X 射线 CT 装置，自带 X 射线防护箱和操作台，为分体设计，X 射线防护箱安装于 X 射线检测室内中部（正面向北），操作台设置于 X 射线防护箱的东侧，室内其他区域均为空地。X 射线检测室东侧紧邻库房，南侧紧邻室外，西侧紧邻展厅，北侧紧邻走廊，上方为土壤微生物实验室，下方为库房。

本项目 X 射线检测室平面布局图见附图 3、剖面布局图见附图 4。

（2）分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871−2002）中控制区和监督区的定义进行辐射工作场所分区：

控制区：需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围；

监督区：未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

（3）区域划分情况

本项目将X射线检测工作场所实行分区管理。将X射线检测室内设备的X射线防护箱划为控制区，将X射线检测室内除X射线防护箱外其他区域、X射线检测室上方土壤微生物实验室及下方库房划分为监督区。

控制区通过实体屏蔽措施、电离警示标志等进行控制管理；监督区定期委托有资质的单位对周围剂量当量率进行监测。

本项目控制区和监督区划分见表10-1，分区图见图10-1。

表 10-1　本项目工作场所分区表

位置	控制区	监督区
X 射线检测工作场所	X 射线检测室内防护箱	X 射线检测室内除 X 射线防护箱外区域、X 射线检测室上方土壤微生物实验室及下方库房。

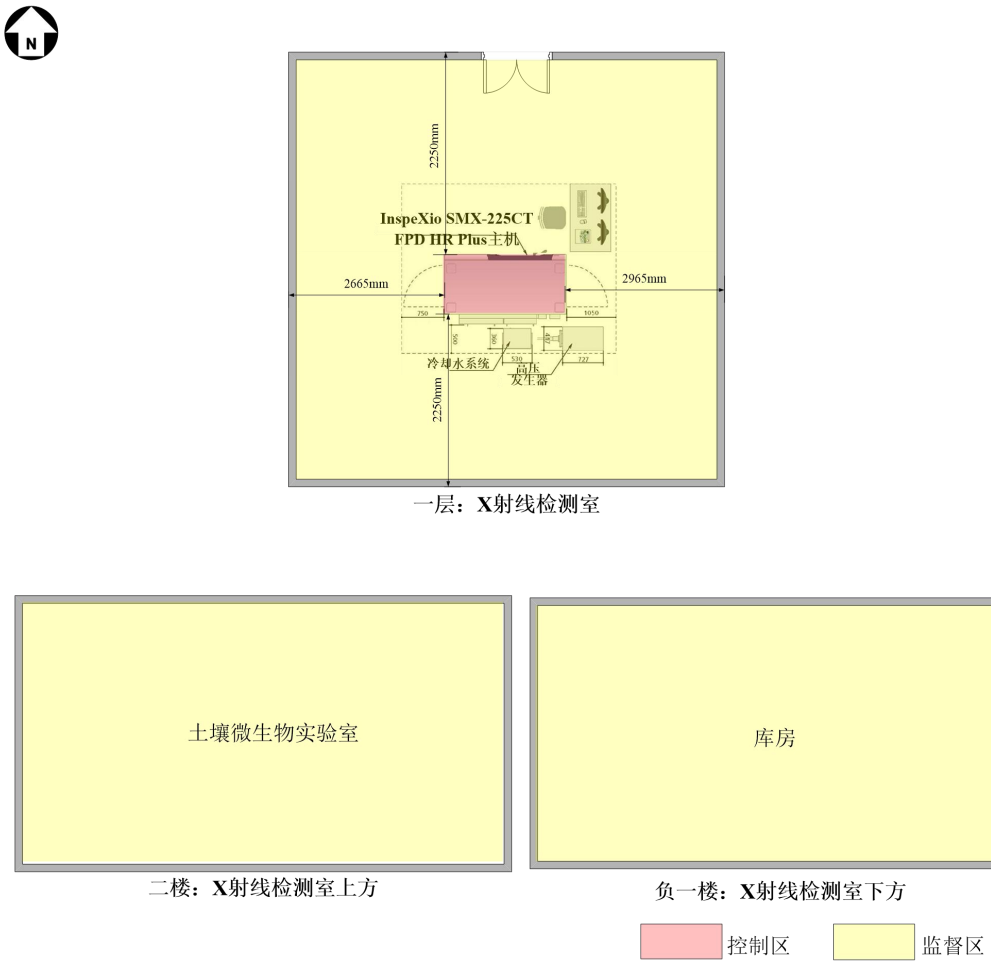


图10-1 X射线检测室分区示意图

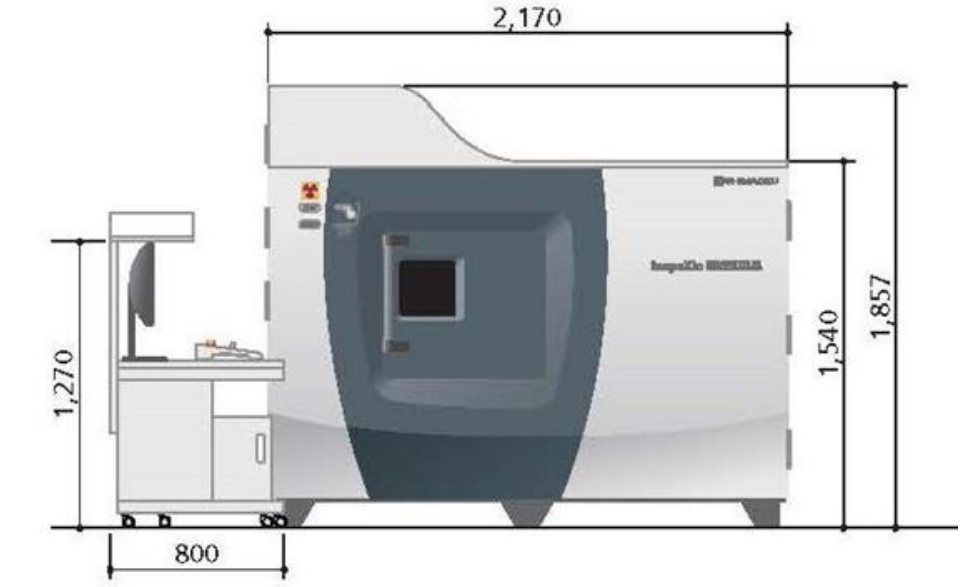
10.1.2 辐射防护屏蔽设计

本项目微焦点 X 射线 CT 装置的 X 射线防护箱采用两层钢板内夹铅板结构全包围防护，箱体正面设置 1 扇装载门，门体带有铅玻璃观察窗；箱体两侧分别设置 1 扇检修门，内外交互处全部采用 U 形设计，电缆孔处设置同种结构材料防护罩进行屏蔽。本项目防护满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的要求。X 射线防护箱的屏蔽设计见表 10-2，屏蔽设计图见附图 5，微焦点 X 射线 CT 装置外观尺寸见图 10-2。

表 10-2 微焦点 X 射线 CT 装置自带 X 射线防护箱设计参数一览表

位置		屏蔽材料
微焦点 X 射线 CT 装置	正面	2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	背面	2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	左面	2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板

	右面		2.3mm 钢板+10mm 铅板+1.6mm 钢板
	顶面	左侧	2.3mm 钢板+7mm 铅板+1.6mm 钢板
		右侧	2.3mm 钢板+10mm 铅板+1.6mm 钢板
	底面		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	装载门	门体	2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
		观察窗	10mmPb 铅玻璃
	左侧检修门		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	右侧检修门		2.3mm 钢板+10mm 铅板+1.6mm 钢板
	外部尺寸		2170mm 长×934mm 宽×1857mm 高



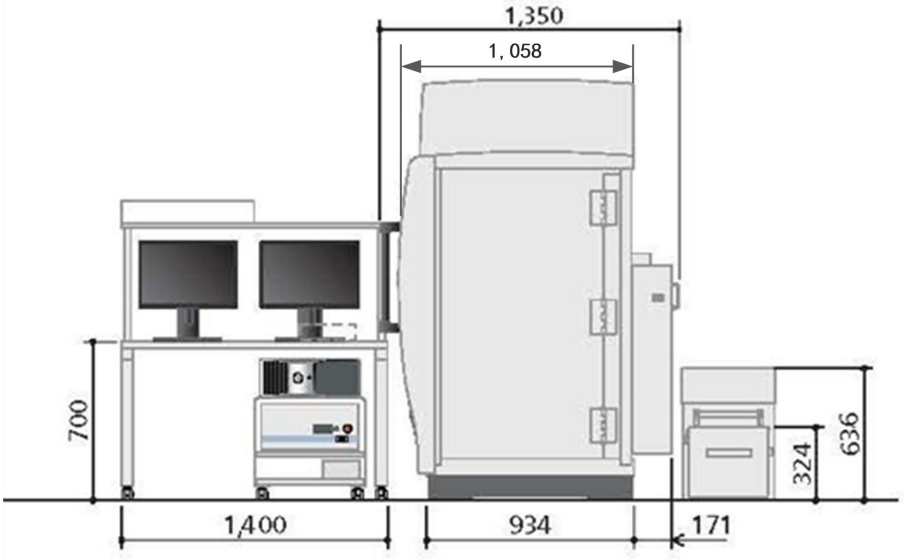


图 10-2 微焦点 X 射线 CT 装置外观尺寸设计图

10.1.3 辐射安全与防护措施

参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等相关要求，本项目拟采取以下辐射防护措施：

（1）微焦点 X 射线 CT 装置自带防护箱，在独立的空间（防护箱）内使用微焦点 X 射线 CT，其位置设置充分考虑了周围的辐射安全。本项目辐射工作场所的操作台位于防护箱外东侧，与防护箱分开设置，有用线束向西，已避开有用线束照射的方向。

（2）根据表 10-2 屏蔽设计可知，防护箱各门均与所在屏蔽面的屏蔽防护参数相同，满足无迷路的检测室门的防护性能不小于同侧墙的防护性能的要求。防护箱的屏蔽厚度充分考虑了源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素，其外表面 X 射线泄漏率小于 1μSv/h。

（3）本项目射线装置设有门-机联锁装置，装载门、检修门在打开或者没有关到位的情况下，高压电源无法打开；门打开时高压电源将随即关闭，X 射线停止出束，重新关上门后不会自动打开高压电源。

（4）本项目射线装置防护箱正面左上方设有工作状态指示灯，具有两种工作状态的指示：[READY]灯亮－装置准备就绪，安全联锁正常，可以出束；[X-RAY ON]灯亮－X 射线正在出束。由于设备内部空间狭小，人员无法进入，设备内部未设置工作状态指示灯。

（5）本项目射线装置自带电离辐射警告标志，位于工作状态指示灯上方，应补充设置中文警示说明。X 射线检测室入口设置门禁装置，防止无关人员进入。

（6）本项目射线装置设有 1 个钥匙开关、1 个主电源开关，分别设在操作台和设备右侧见附图 6，只有两个开关同时打开后设备才能启动，任何一道开关未打开 X 射线都将无法正常出束。检测工作结束后将拔出钥匙，交由专人保管，只有授权的工作人员才能使用钥匙，非授权人员无法操作射线装置。

（7）本项目射线装置操作台显眼位置设有 1 个急停按钮见附图 6，按下可立即停止 X 射线出束。当发生紧急事故时也可以迅速切断设备的主电源，立即停止出束。本项目拟使用的射线装置内部空间狭小，人员不能进入设备内部，设备内部未设置急停按钮。

（8）本项目射线装置设有安全联锁系统。安全联锁设计要求钥匙开关闭合、

急停按钮复位、装载门正常关闭、检修门正常关闭、指示灯正常的情况下射线装置才能启动，才能正常出束，一旦其中有一道设施未到位射线装置不能启动。X射线出束期间，任何一道安全设施触发或者发生故障，X 射线立即切断出束，复位后 X 射线不会自动出束。

（9）射线装置自带视频监控设施，可监控防护箱内部情况，操作台设有专用显示器。

（10）X射线检测室设有机械通风装置。X射线检测室体积约为180m^3，设计通风量为1000m^3/h，每小时有效通风换气次数可达5次/h，换气次数满足不少于3次/h的要求。室内排风口位于棚顶，排风经通风管引入所在建筑排风井高于楼顶排放，已避开朝向人员活动密集区。

（11）本项目X射线检测工作场所实行分区管理。将X射线检测室内设备的X射线防护箱划为控制区，将X射线检测室内除X射线防护箱外其他区域、X射线检测室上方土壤微生物实验室及下方库房划分为监督区。

（12）辐射工作人员在进入 X 射线检测室时，必须佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，辐射工作人员应立即按下急停按钮退出 X 射线检测室，同时防止其他人进入 X 射线检测室，并立即向辐射防护负责人报告。定期向有资质单位送检个人剂量计，建立辐射工作人员个人剂量档案，以保证工作人员的受照剂量始终处于可控范围内。

（13）应定期监测X射线检测工作场所的剂量率水平，测量值应与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止X射线检测工作并向辐射防护负责人报告。

（14）交接班或当班使用便携式 X-γ剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X-γ剂量率仪不能正常工作，则不应开始X射线检测工作。

（15）建立辐射安全与环境保护管理组织，明确管理人员及职责。制定辐射安全管理规章制度、辐射事故应急预案，做好工作记录。

（16）根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第四十二条规定：辐射工作单位应当编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，于每年1月31日前报原发证机关。

年度评估报告包括射线装置台帐、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射

安全和防护制度应急措施的建立和落实，事故和应急以及档案管理等方面的内容。

（18）从事X射线检测的工作人员必须经过有关部门的专业培训，具备上岗资格证，业务熟练；严格探伤机使用管理规定和操作规程，禁止违章操作、野蛮作业；做好探伤机的日常维护保养，定期检查，保证探伤机始终处于完好状态。

根据生态环境部辐射安全与防护监督检查技术程序，表 10-3 列出了本项目射线装置采取的安全与防护设施设计方案及符合性。

表10-3 本项目射线装置安全与防护设施设计要求

序号	检查项目		设计建造	备注
1*	A 场所设施 （固定式）	入口处电离辐射警告标志	√	
2*		入口处机器工作状态显示	√	
3		隔室操作	√	
4		迷道	×	无迷道设计
5*		防护门	√	
6*		控制台有钥匙控制	√	
7*		门机联锁系统	√	
8*		照射室内监控设施	√	
9		通风设施	√	
10*		照射室内紧急停机按钮	√	
11*		控制台上紧急停机按钮	√	
12*		出口处紧急开门开关	√	
13*		准备出束声光提示	√	
14*	B 场所设施 （移动式）	控制台有钥匙控制	×	本项目 固定场所探伤
15*		控制台上紧急停机按钮	×	
16*		声光报警	×	
17*		警戒线及警示标志	×	
18*	C 监测设备	便携式辐射监测仪	√	
19*		个人剂量报警仪	√	
20*		个人剂量计	√	
21	D 应急物资	灭火器材	√	

注：加*的项目是重点项，有设计建造的划√，没有的划×。

本项目射线装置防护箱设计、防护措施及管理要求满足《电离辐射防护与辐

射源安全基本标准》（GB 18871−2002）、《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）的相关要求。

10.2 三废的治理

（1）微焦点 X 射线 CT 装置工作时，使空气电离会产生一定量的臭氧和氮氧化物。本项目中 X 射线产生的臭氧和氮氧化物量很少且设计了通风装置，室内排风经排风管引入所在建筑排风井高于楼顶排放，已避开朝向人员活动密集区。

（2）本项目为 X 射线 CT 成像检测，不使用胶片成像，因此无废显定影液、废胶片等危险废物产生。

（3）本项目工作人员产生少量生活污水和生活垃圾。由于本项目不新增工作人员，在单位内部调剂，生活污水和生活垃圾的产生量不增加。工作人员产生的生活污水经院区排水管网排入市政管网，生活垃圾由市政环卫部门收集处置。

10.3 其他

表10-4 环保投资一览表

项目	环保设施（措施）	投资额（万元）
微焦点 X 射线 CT 装置	自带防护箱钢铅结构屏蔽	/（设备一体）
	门机联锁、工作状态指示灯、监控装置、急停按钮、钥匙开关、电离辐射警告标志等	
	机械通风装置	1
	个人剂量计、个人剂量报警仪、门禁装置、便携式 X-γ 剂量率仪及防护用品等	3
	环保设施运行维护费用、环境管理与监测费等	0.5
环保投资合计（万元）		3.5
本项目总投资（万元）		489.7
环保投资占总投资比例		0.7%

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目利用闲置房间改造为 X 射线检测室，重新装修室内地面和墙面，安装视频监控系统、通风装置、门禁等辐射安全防护设施。在施工过程中会产生扬尘、施工废水、噪声及施工废渣等污染物。

本项目施工阶段会对周围声环境产生一定的影响，但本项目工程量小，施工期短，通过作业时间的控制，合理安排好各种噪声施工机具的使用时间，加强施工现场的管理，对周围声环境影响较小，且该影响是暂时性的，对周围声环境的影响随建设期的结束而消失。施工所产生的少量生活污水经院区排水管网排入市政管网，生活垃圾由市政环卫部门收集处置。建设施工所产生的少量施工废渣送指定的建筑垃圾处置场。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目拟使用的inspeXio SMX-225CT FPD HR型微焦点X射线CT装置，最大输出功率为135W，最大管电压225kV时，最大管电流为0.6mA。为了分析该射线装置运行时对周围环境的影响，参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）的相关公式，估算X射线出束时，射线装置屏蔽体外的周围剂量当量率水平。

本项目射线装置的X射线管位于装置内部左上侧，射线管位置固定，不能移动。有用线束方向朝西侧照射。

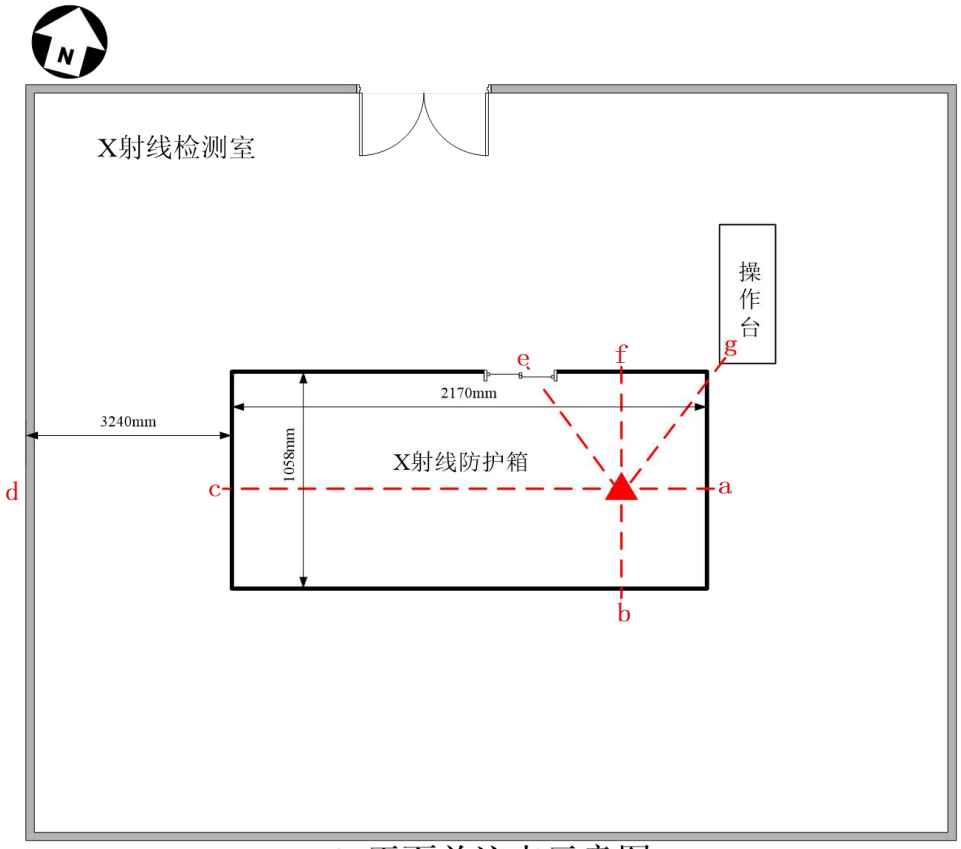
表11-1 本项目射线源距屏蔽体外表面最近距离

射线源	屏蔽体位置	射线源距屏蔽体外表面的最小距离
微焦点 X 射线 CT 装置	北侧	591mm
	南侧	467mm
	西侧	1640mm
	东侧	530mm
	上方	1040mm
	下方	817mm

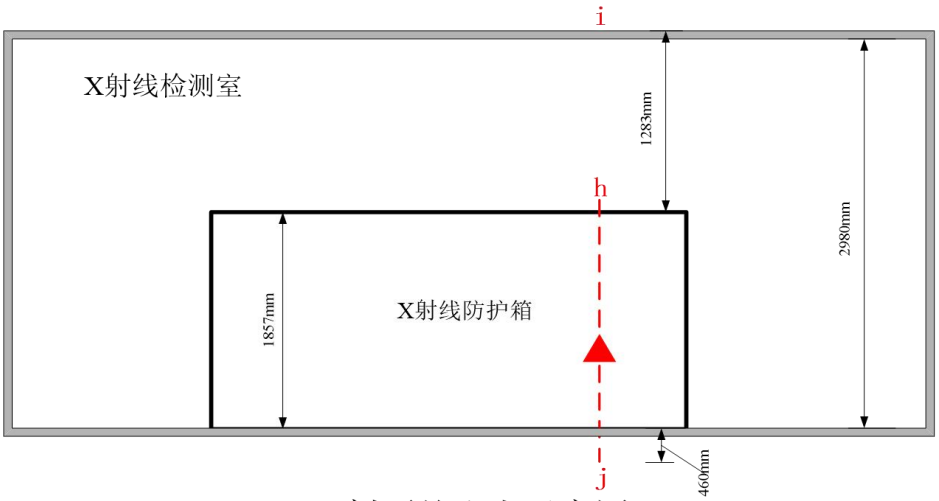
11.2.1 关注点位的设置及剂量率参考控制水平

本项目 X 射线防护箱下方关注点位置选取 X 射线检测室下方的库房室内距其顶棚 30cm 处，其余关注点位置选取 X 射线防护箱外表面 30cm 处，关注点分布示

意图见图 11-1。



A. 平面关注点示意图



B. 剖面关注点示意图

图 11-1 关注点分布示意图

依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），确定本项目射线装置屏蔽体外表面 30cm 处关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$ 应不大于下述 a）、b）

和 c）所确定的关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$：

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

1）人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下：

职业工作人员：H_c ≤100 μSv/周；

公众：H_c≤5μSv/周。

2）相应 H_c 的导出剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）按式（11-1）计算：

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

H_c——周剂量参考控制水平，单位为（μSv/周）；

U——探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

T——人员在相应关注点驻留的居留因子；

t——探伤装置周照射时间，单位为小时每周（h/周）。

t 按式（11-2）计算

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

b）关注点最高剂量率参考控制水平 $\dot{H}_{c,max}$

$\dot{H}_{c,max}$=2.5μSv/h

c）关注点剂量率参考控制水平 $\dot{H}_c$

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

根据院方提供的资料，本项目微焦点 X 射线 CT 装置每周出束时长不超过 1 小时，年出束时长 50 小时。关注点剂量率参考控制水平见表 11-2。

表 11-2 关注点剂量率参考控制水平（有用线束向西）

方向	关注点		U	T	$\dot{H}_{c,d}$（μSv/h）	$\dot{H}_{c,max}$（μSv/h）	H_c（μSv/h）	需屏蔽的辐射源
东	a	屏蔽体外 30cm 处（X 射线检测室内）	1	1	100	2.5	2.5	泄漏和散射
南	b	屏蔽体外 30cm 处（X 射线检测室内）	1	1	100	2.5	2.5	泄漏和散射
西	c	屏蔽体外 30cm 处（X 射线检测室内）	1	1	100	2.5	2.5	有用线束
	d	屏蔽体外 3.24m 处（走廊）	1	1/4	20	2.5	2.5	
北	e	屏蔽体外 30cm 处（X 射线检测室内）	1	1	100	2.5	2.5	泄漏和散射

	f	装载门外 30cm 处（X 射线检测室内）	1	1	100	2.5	2.5	
	g	操作位（X 射线检测室内）	1	1	100	2.5	2.5	
上方	h	屏蔽体外 30cm 处（X 射线检测室内）	1	1/40	4000	2.5	2.5	泄漏和散射
	i	屏蔽体外 1.28m 处（土壤微生物实验室）	1	1	5	2.5	2.5	
下方	j	屏蔽体加地面楼板下方 30cm 处（库房内）	1	1/5	25	2.5	2.5	泄漏和散射

11.2.2 屏蔽体外辐射剂量估算

本项目微焦点 X 射线 CT 装置有用线束方向（向西）按照初级 X 射线进行考虑，其他方向按照泄漏和散射 X 射线进行预测分析。

1、有用线束屏蔽估算

关注点的剂量率 H（μSv/h）按式（11-3）计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \qquad \text{式（11-3）}$$

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为（mA），本项目为 0.6mA；

H_0—距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为μSv·m^2 /（mA·h），以 mSv·m^2 /（mA·min）为单位的值乘以 6×10^4。本项目 X 射线最大管电压为 225kV，为保守评价，本项目按照 250kV 的参数进行辐射剂量率估算。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.1，偏安全考虑，本项目取 250kV 下 0.5mmCu 过滤条件的 X 射线输出量 H_0=16.5×6×10^4=9.90×10^{5}μSv·m^2 /（mA·h）。

B —屏蔽透射因子；

R —距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

2、屏蔽物质厚度 X 与屏蔽透射因子 B 的相应关系

对于给定的屏蔽物质厚度 X，相应的辐射屏蔽透射因子 B 按式（11-4）计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \qquad \text{式（11-4）}$$

式中：

X —屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位；

TVL —什么值层厚度，单位为毫米（mm），见附录B表B.2。

3、泄漏辐射屏蔽估算

关注点的泄漏辐射剂量率 H（μSv/h）按式（11-5）计算：

$$H = \frac{H_L \cdot B}{R^2}$$ 式（11-5）

B —屏蔽透射因子；

R —辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）；

H_L —距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（μSv/h），见 GBZ/T 250-2014 表 1。H_L=5×10³μSv/h。

4、散射辐射屏蔽

关注点的散射辐射剂量率 H（μSv/h）按式（11-6）计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot a}{R_0^2}$$ 式（11-6）

I —X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目为 0.6mA；

H_0 —距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为μSv·m²/（mA·h），以 mSv·m²/（mA·min）为单位的值乘以 6×10⁴。本项目取 H_0=H_0=16.5×6×10⁴=9.90×10⁵μSv·m²/（mA·h）。

B —屏蔽透射因子；

F —R_0 处的辐射野面积，单位为平方米（m²）；

α —散射因子，入射辐射被单位面积（1m²）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。α与散射物质有关，在未获得相应物质的α值时，以水散射体的α值保守取值，本项目依据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 的 B.4，α取 0.0475；

R_0 —辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

R_s —散射体至关注点的距离，单位为米（m）。

本项目圆锥束中心轴和圆锥边界夹角θ为34°，经换算$F \cdot \alpha / R_0^2 = \pi \tan\theta^2 \alpha \approx 0.06$。

预测参数及计算结果见表 11-2 和表 11-3。

表11-3　X射线防护箱辐射屏蔽参数表

关注点	铅当量厚度	距离（m）	H_0（主射/散射）（μSv·m²/（mA·h））	H_L（泄漏）（μSv /h）	B 主射/泄漏/散射透射因子
a	9mm 铅板+3.9mm 钢板	0.830	9.90×10⁵	5×10³	3.84×10⁻⁵（泄漏） 2.20×10⁻⁷（散射）

b	9mm 铅板+3.9mm 钢板	0.767	9.90×10^{5}	5×10^{3}	3.84×10^{-5}（泄漏） 2.20×10^{-7}（散射）
c	10mm 铅板+3.9mm 钢板	1.940	9.90×10^{5}	5×10^{3}	1.32×10^{-5}（有用线束）
d	10mm 铅板+3.9mm 钢板	4.880	9.90×10^{5}	5×10^{3}	1.32×10^{-5}（有用线束）
e	9mm 铅板+3.9mm 钢板	0.891	9.90×10^{5}	5×10^{3}	3.84×10^{-5}（泄漏） 2.20×10^{-7}（散射）
f	9mm 铅板+3.9mm 钢板	0.891	9.90×10^{5}	5×10^{3}	3.84×10^{-5}（泄漏） 2.20×10^{-7}（散射）
g	9mm 铅板+3.9mm 钢板	0.891	9.90×10^{5}	5×10^{3}	3.84×10^{-5}（泄漏） 2.20×10^{-7}（散射）
h	7mm 铅板+3.9mm 钢板	1.340	9.90×10^{5}	5×10^{3}	3.27×10^{-4}（泄漏） 5.90×10^{-6}（散射）
i	7mm 铅板+3.9mm 钢板 +160mm 混凝土	2.323	9.90×10^{5}	5×10^{3}	3.27×10^{-4}（泄漏） 5.90×10^{-6}（散射）
j	9mm 铅板+3.9mm 钢板 +160mm 混凝土	1.277	9.90×10^{5}	5×10^{3}	6.41×10^{-7}（泄漏） 3.67×10^{-9}（散射）

注：偏安全考虑，关注点距离均取距离屏蔽体最近的垂直距离；根据《工业 X 射线探伤机室辐射屏蔽规范》（GBZ/250-2014）附录 B 表 B.2，得管电压 225kV 的 X 射线在铅中的 TVL=2.15mm，管电压 200kV 的 X 射线在铅中的 TVL=1.4mm；钢的 TVL 依据《辐射防护导论》（方杰主编）图 3.23，偏保守均取管电压 250kV，TVL=17mm；i、j 点还需考虑 160mm 混凝土的屏蔽，根据《工业 X 射线探伤机室辐射屏蔽规范》（GBZ/250-2014）附录 B 表 B.2，偏保守均取管电压 250kV，TVL=90mm。

表 11-4　X 射线防护箱屏蔽效果理论计算统计表

关注点	有用线束至关注点剂量率（μSv/h）	泄漏辐射至关注点剂量率（μSv/h）	散射辐射至关注点剂量率（μSv/h）	关注点叠加剂量率（μSv/h）	关注点参考控制水平（μSv/h）
a	—	0.28	0.01	0.29	2.5
b	—	0.33	0.01	0.34	2.5
c	2.08	—	—	2.08	2.5
d	0.33	—	—	0.33	2.5
e	—	0.24	0.01	0.25	2.5
f	—	0.24	0.01	0.25	2.5
g	—	0.24	0.01	0.25	2.5
h	—	0.91	0.11	1.02	2.5
i	—	5.06×10^{-3}	6.28×10^{-4}	5.69×10^{-3}	2.5
j	—	1.96×10^{-3}	7.74×10^{-5}	2.04×10^{-3}	2.5

根据理论计算结果，本项目X射线防护箱外各关注点的最大剂量率为2.08μSv/h，满足表11-2中各关注点参考剂量控制水平，符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250－2014）要求。

11.2.2人员年有效剂量估算

人员受到的年有效剂量由下面公式进行计算：

$H_E=H\times t\times T\times 10^{-3}$

其中：

H_E——X-γ射线外照射人均年有效剂量，mSv；

H——X-γ射线剂量当量率，μSv/h；

t——X-γ照射时间，h；

T——居留因子；

10^{-3}——单位转换系数。

1、职业人员的年有效剂量估算

根据院方提供的资料，本项目微焦点 X 射线 CT 装置年出束时长 50 小时，依据表 11-4 预测职业人员年有效剂量，计算参数及结果见表 11-5。

表 11-5　职业人员年有效剂量估算

关注点	计算点剂量当量率 H（μSv/h）	居留因子 T	受照时间 t（h）	年有效剂量（mSv）	年剂量约束值
（a）东侧屏蔽体外 30cm 处	0.29	1	50	0.01	5mSv
（b）南侧屏蔽体外 30cm 处	0.34	1	50	0.02	
（c）西侧屏蔽体外 30cm 处	2.08	1	50	0.10	
（e）北侧屏蔽体外 30cm 处	0.25	1	50	0.01	
（f）装载门外 30cm 处	0.25	1	50	0.01	
（g）操作位	0.25	1	50	0.01	
（h）上方屏蔽体外 30cm 处	1.02	1/40	50	1.28×10^{-3}	

通过计算可知，本项目引起的职业人员年有效剂量最大值为 0.10mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中小于剂量约束值 5mSv/a 的要求。

X射线检测工作时，职业人员应按照《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）要求，佩戴个人剂量计进行跟踪性监测，按时送检个人剂量计。院方应加强对职业人员的个人剂量监测管理，当个人年有效剂量接近5mSv时，应及时告知本人，并减少辐射工作量或为其调整工作岗位，确保其年有效剂量不超过年剂量约束值。

2、公众人员的年有效剂量估算

本项目X射线检测室内公众人员不可达，X射线检测室外周围公众人员可达区域关注点处人员年有效剂量计算参数及结果见表11-6。

表11-6 公众人员年有效剂量估算

保护目标名称	计算点剂量当量率 $\dot{H}$（μSv/h）	T	受照时间t（h）	年有效剂量（mSv）	年剂量约束值
（d）展厅人员	0.33	1/4	50	4.13×10^{-3}	0.1mSv
（i）土壤微生物实验室人员	5.69×10^{-3}	1	50	2.85×10^{-4}	
（j）库房内人员	2.04×10^{-3}	1/5	50	2.04×10^{-5}	

由上表可知，X射线检测室外周围公众人员年有效剂量最大值为4.13×10^{-3}mSv/a，小于公众人员年剂量约束值0.1mSv/a，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

根据剂量率与距离平方成反比以及评价范围内固有建筑物的屏蔽，则在本项目屏蔽体外周围50m评价范围内的办公室等全居留场所人员的年有剂量均小于最大预测值，因此，本项目公众人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求。

综上所述，本项目微焦点X射线CT装置可以满足正常工作时的辐射防护要求，其屏蔽能力符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250－2014）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

11.2.3 其他影响分析

本项目使用微焦点X射线CT装置进行土壤结构检测，设备运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物。

CT装置工作时，X射线使空气电离会产生一定量的臭氧和氮氧化物。本项目中X射线产生的臭氧和氮氧化物量很少且X射线检测室设计了机械通风装置，有效通风换气次数可达5次/h，满足不小于3次/h的要求，室内排风经排风管引入所在建筑排风井高于楼顶排放，已避开朝向人员活动密集区，对外环境影响很小。

本项目工作人员产生少量生活污水和生活垃圾。生活污水排入市政污水管网，生活垃圾由市政环卫部门收集处置，对外环境影响很小。

11.3 事故影响分析

根据本项目 CT 装置检测过程中的实际情况分析，其事故类别主要归纳为：

（1）仪器故障：可能发生的事故为 X 线机漏射线指标达不到《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）规定的要求，或 CT 装置故障以及控制系统失灵，出现异常曝光可致人员受到一定的照射剂量，造成工作人员不必要的照射。

（2）CT 装置在 X 射线检测时，门-机联锁失效，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

（3）CT 装置工作时，防护门未完全关闭或损坏，至 X 射线泄漏到防护箱外面，给周围活动的人员造成不必要的照射。

（4）操作人员违反操作规程或误操作，造成意外照射。

（5）CT 装置丢失，对公众人员的照射。

11.4 事故风险防范措施

（1）定期对设备进行维护、维修，出现异常情况应立即关闭电源或按下应急开关。规范工作秩序，严格执行《仪器操作规程》和《安全管理制度》，放射防护管理小组定期检查安全规章和制度落实情况，发现问题及时纠正。

（2）定期检测防护箱周围的剂量率水平，检查防护箱的辐射防护设施，保证门机安全联锁、急停开关和警示灯等工作有效。

（3）X 射线防护箱、防护门处设置电离辐射警示标志、中文警告说明和工作状态指示灯，每次检测前，确定防护设施安全有效，确保 X 射线检测室内无非职业人员停留。

（4）从事 X 射线检测的工作人员必须经过有关部门的专业培训，考核成绩合格，业务熟练。

（5）X 射线检测室设置门禁，防止无关人员进入和设备被盗。

（6）一旦发生事故立即启动事故应急预案，及时上报监管部门。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 管理机构

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》及生态环境主管部门的要求，该单位将成立辐射安全管理领导小组，要求该机构内职责清晰，任务明确，以满足辐射安全与环境保护管理机构的设置要求。辐射安全管理领导小组职责应主要应包括：

（1）全面负责本单位辐射安全管理工作；

（2）认真学习贯彻国家相关法律法规、标准，制定本单位辐射安全管理制度并检查监督实施；

（3）负责辐射工作人员的法规教育和辐射安全与防护相关知识培训；

（4）检查安全环保设施，开展环境监测，对本单位安全防护情况进行年度评估；

（5）安排辐射工作人员个人剂量检查和健康检查，并做好档案管理工作；

（6）编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；

（7）定期向生态环境主管部门报告工作，接受监督检查。

12.1.2辐射技术能力

本项目拟从研究院内调配 2 名辐射工作人员，将参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”工业 X 射线探伤类辐射安全与防护考核，考核成绩合格后上岗。

12.2 辐射安全管理规章制度

黑龙江省黑土保护利用研究院为了保证辐射安全，保障工作人员和公众的身体健康，拟制定以下规章制度：辐射工作人员岗位职责、辐射事故应急预案、辐射工作人员培训制度、辐射防护制度和保卫制度、设备检修维护制度、人员健康及个人剂量管理制度、辐射环境监测方案、射线装置台账管理制度、射线装置操作规程等，以满足工作要求。

12.3 辐射监测

按照《黑龙江省辐射污染防治条例》中第十六条和第十八条的要求制定监测计划，包括辐射工作场所监测计划、辐射工作人员个人剂量监测计划和职业健康

检查计划，将建立个人剂量档案和健康档案，由专人进行管理。定期对 X 射线检测室环境进行辐射监测，对发现的隐患，应及时整改，监测数据每年年底向省生态环境厅和当地生态环境局上报备案。

本项目在运行期的辐射监测项目分为个人剂量监测和工作场所及周围环境监测。

12.3.1个人剂量监测

该单位应对辐射工作人员开展个人剂量监测，严格按照要求建立个人剂量监测档案，由专人管理。按每年不少于四次的频度（每季度一次）委托有资质的放射防护技术服务机构承担个人剂量常规监测，单位有专职人员配合委托单位及时发放个人剂量计并建立个人剂量档案，对职业照射个人剂量档案终身保存。

工作人员除正确佩带个人剂量计外，还应当携带个人剂量报警仪。

12.3.2工作场所及周围环境监测

辐射工作人员在进入 X 射线检测室时，除佩戴常规个人剂量计外，还应携带个人剂量报警仪和便携式 X-γ剂量率仪。该单位拟配置一台便携式剂量仪，严格按照操作方法进行操作，并定期进行检定。

（1）监测仪器：便携式 X-γ 剂量率仪

（2）监测方案

按照国家相关法律、法规和标准的要求，结合企业实际情况制定辐射环境监测方案如表 12-1。监测记录应清晰、完整，并纳入档案管理。

表 12-1 辐射环境监测计划表

项目	监测点位	监测内容	频率
微焦点 X 射线 CT 装置	巡测 X 射线防护箱周围外表面 30cm 处的剂量率水平	周围剂量当量率	每 3 个月自行监测 1 次，每年由有资质单位监测 1 次
	防护箱门外 30cm 离地面高度 1m 处，观察窗外 30cm 处，门的左、中、 右侧点位及门缝四周		
	人员经常活动的位置（如操作台）		
	X 射线检测室周围		

12.3.3职业健康检查

该研究院应组织所有辐射作人员进行上岗前的职业健康检查，合格者才能上岗；从事辐射工作后，应定期开展职业健康检查（不少于1次/2年）；辐射工作

人员离岗时也应进行职业健康检查，该研究院应建立辐射工作人员职业健康监护档案并终身保存，并有专人负责管理。

12.4 辐射事故应急

该研究院将制定辐射事故应急预案，并成立辐射事故应急领导小组，组织、开展辐射事件的应急处理救援工作。

内容应包括：

（1）编制目的；

（2）编制依据；

（3）适用范围；

（4）组织机构和职责；

（5）辐射事故等级划分；

（6）辐射事故应急响应程序及处理措施；

（7）应急响应终止；

（8）辐射事故调查、报告和处理程序；

（9）应急通讯录及应急物质等。

依据国家相关法律法规、标准，不断进行修改、完善，使应急预案更具有操作性、可行性。同时加强应急预案演练，提高事故应急处置能力。

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第四十四条的规定，发生辐射事故时，院方应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取应急措施，并在两小时内填写初始报告，向当地生态环境主管部门、当地人民政府、公安部门和卫生主管部门报告。

12.5 竣工环境保护验收内容

本项目建议竣工环境保护验收内容见表 12-2。

表 12-2　竣工环境保护验收内容一览表

验收内容	验收要求
剂量管理约束值	公众，职业照射剂量约束值分别满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)不大于 0.1mSv/a 和 5mSv/a 的要求；

布局和屏蔽设计	辐射工作场所实行分区管理，将 X 射线检测室内防护箱划为控制区；将 X 射线检测室内除防护箱外区域、X 射线检测室上方土壤微生物实验室及下方库房划分为监督区；X 射线防护箱外关注点的周围剂量当量率符合《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250－2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中的参考控制水平要求。
辐射安全设施	CT 装置自带 X 射线防护箱，设置防护门、观察窗、门-机联锁、工作状态指示灯、辐射警告标识、急停按钮，操作台有专用的监视器；X 射线检测室安装门禁、机械通风装置，有效通风换气次数应不小于 3 次/h。
辐射防护用品及监测设备	配备便携式辐射监测仪，为辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪。
辐射监测	有满足管理要求的辐射监测制度，定期开展职业健康检查，按季度开展个人剂量常规监测，建立职业人员健康档案和个人剂量档案。
规章制度	成立辐射防护管理组织、制定辐射相关规章制度。
人员培训	辐射工作人员参加“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”工业 X 射线探伤类辐射安全与防护考核，考核成绩合格后上岗。
应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确应急处理组织机构及职责，处理原则，信息传递，处理程序和处理技术方案等，配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备，组织进行辐射事故应急演练。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 产业政策符合性分析

本项目建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》鼓励类“三十一项、科技服务业”第 1 条“质量认证和检验检测服务”，符合产业政策要求。

13.1.2 实践正当性

黑龙江省黑土保护利用研究院使用 1 台微焦点 X 射线 CT 装置用于对土壤结构、农作物根系等微观层面结构研究，提升科研能力，CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但建设单位在做好各项辐射防护措施，严格落实各项规章制度情况下，可将上述辐射影响降至尽可能小。因此，在考虑了社会、经济和代价等有关因素之后，其对受照个人和社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，因此符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

13.1.3 建设内容

本项目黑龙江省黑土保护利用研究院拟在哈尔滨市南岗区学府路368号农科创新大厦一楼南侧新建1间X射线检测室，使用1台自带X射线防护箱的微焦点X射线CT装置，属于II类射线装置，用于对土壤结构、农作物根系等微观层面结构研究，提升科研能力。

本项目X射线检测室利用闲置房间改造，重新装修室内地面和墙面，安装通风装置、门禁等辐射安全防护设施。微焦点X射线CT装置自带X射线防护箱和操作台，为分体设计，X射线防护箱安装于X射线检测室内中部（正面向北），操作台设置于X射线防护箱的东侧。X射线防护箱采用双层钢板内夹铅板结构全包围辐射防护，箱体正面设置1扇装载门，门体带有铅玻璃观察窗；箱体两侧分别设置1扇检修门。

本项目拟从研究院内调配2名辐射工作人员，预计微焦点X射线CT装置每周出束时长不超过1小时，年出束时长50小时。

13.1.4 辐射环境现状评价

由黑龙江源宁环境检测有限公司提供的监测报告可知：该研究院 X 射线检测室所在区域及周围区域 X-γ 辐射空气吸收剂量率处于黑龙江省天然 γ 辐射剂

量率范围内，监测结果未见异常。

13.1.5 辐射安全与防护

微焦点 X 射线 CT 装置自带实体屏蔽、设置有门-机联锁装置、指示灯、电离辐射警告标志，操作台设置急停按钮；X 射线检测室内设置有门禁装置、安装机械通风装置，工作场所分区管理，并建立了相关的规章制度。

本项目微焦点X射线CT装置的屏蔽设计、防护措施及管理要求满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）等相关要求。

13.1.6 辐射环境影响分析

根据微焦点 X 射线 CT 装置的辐射防护屏蔽理论计算结果分析，项目建成运行时，对屏蔽体外表面 30cm 处关注点的周围剂量率均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《工业 X 射线探伤机室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）规定的限值要求。

本项目辐射工作人员和公众所受的年有效剂量分别低于剂量约束限值5mSv/a和0.1mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

13.1.7 辐射安全管理制度

该研究院拟设置专门的辐射安全管理机构，制定有射线装置操作规程、维修制度、人员培训计划、辐射事故应急预案等相关规章制度，建立个人剂量档案和健康档案等，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定。

13.1.8 可行性分析结论

综上所述，黑龙江省黑土保护利用研究院拟在哈尔滨市南岗区学府路 368 号农科创新大厦一楼南侧新建 X 射线检测室，新增使用 1 台微焦点 X 射线 CT 装置，用于对土壤结构、农作物根系等微观层面结构研究，提升科研能力，符合国家产业政策以及“实践的正当性”的要求。只要严格落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射管理计划，该项目对工作人员、公众和周围环境的辐射影响就可以控制在国家允许的标准范围之内。

因此，从辐射安全和环境保护角度，农业农村部黑土地保护与利用重点实验

室 CT 检测建设项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

（1）落实环评及批复提出的管理措施和辐射防护措施要求，不断完善相应的辐射管理制度、环境监测计划和事故应急预案。

（2）辐射工作人员应定期参加辐射安全培训。持续做好辐射工作人员的个人剂量监测、健康检查和辐射环境水平监测工作，建立健全个人剂量档案和健康档案，监测结果报生态环境部门备案，并接受其定期监督和监测。

（3）及时办理辐射安全许可证相关事项。

表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见： 公章 经办人　　年　月　　日
审批意见 公章 经办人　　年　月　　日

附件 1 现状监测报告

CMA
250812050086

监 测 报 告

黑源检字【2025】0710-01 号

项目名称：农业农村部黑土地保护与利用重点实验室 CT 检测建设项目

委托单位：黑龙江省黑土保护利用研究院

监测类别：委托监测

报告日期：2025 年 07 月 10 日

黑龙江源宁环境检测有限公司

（检验检测专用章）

说　明

1、　报告无本单位测试报告专用章、骑缝章、CMA章无效。

2、　复制报告未重新加盖本单位测试报告专用章无效。

3、　报告涂改无效。

4、　自送样品的委托测试，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。

5、　对监测报告如有异议，请于报告发出之日起的两个月之内以书面形式向本站提出，逾期不予受理。

单位名称：黑龙江源宁环境检测有限公司　电　　话：15765560188

单位地址：哈尔滨市南岗区文景头道街115号1-2层3号

邮政编码：150000　　电子邮件：hljyuanningjc@163.com

黑源检字【2025】0710-01 号

监 测 报 告

监测项目	X-γ辐射空气吸收剂量率		
委托单位	黑龙江省黑土保护利用研究院		
委托单位地址	哈尔滨市南岗区学府路 368 号		
监测类别	委托监测	监测方式	现场监测
委托日期	2025 年 05 月 8 日		
环境条件	监测时间：2025 年 05 月 11 日 天气：多云，室内温度：25℃；监测湿度：42%		
监测地点	哈尔滨市南岗区学府路 368 号农科创新大厦一楼		
监测仪器	仪器名称	多功能辐射测量仪	
	规格型号	FH40G-X+FHZ672E-10	
	测量范围	1nSv/h ～100μSv/h	
	仪器校准有效日期	2024 年 12 月 25 日-2025 年 12 月 24 日	
监测方法	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）		
监测结果	监测结果见附表 1		
监测布点	监测布点示意图见附图 1		
监测结论	该研究院 X 射线检测室所在区域及周围区域 X-γ辐射空气吸收剂量率监测结果为：0.05～0.07μGy/h。		

报告编写人：黄海全　审 核 人：王海涛　授权签字人：刘昊

审核日期：2025.07.10　授权日：2025.07.10

（检验检测专用章）

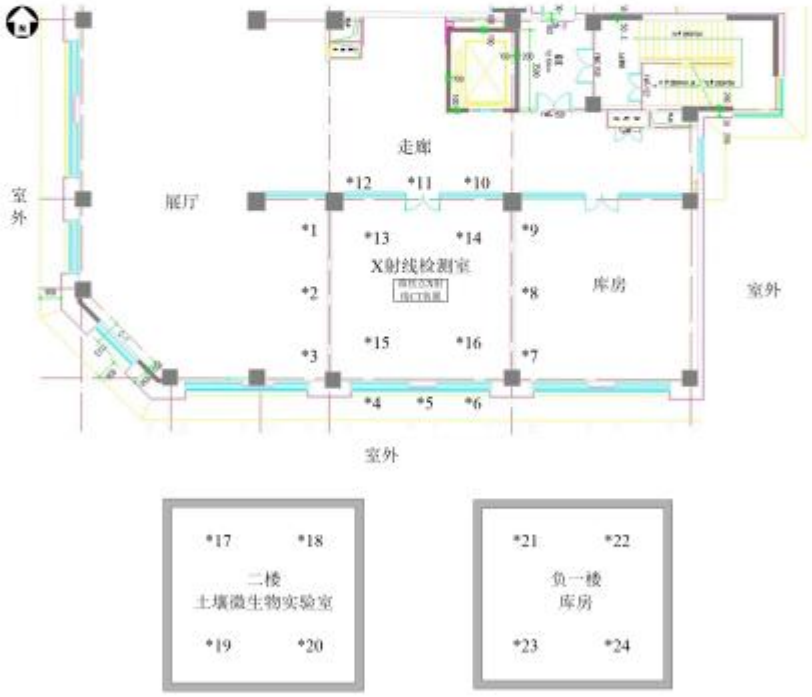
附表 1

表 1　X-γ辐射空气吸收剂量率监测结果

序号	监测点位	X-γ辐射空气吸收剂量率（μGy/h）		备注
		监测结果	标准差	
1	1*西墙外北侧 30cm 处	0.06	0.01	
2	2*西墙外中间 30cm 处	0.06	0.01	
3	3*西墙外南侧 30cm 处	0.05	0.01	
4	4*南墙外西侧 30cm 处	0.07	0.01	
5	5*南墙外中间 30cm 处	0.06	0.01	
6	6*南墙外东侧 30cm 处	0.06	0.01	
7	7*东墙外南侧 30cm 处	0.06	0.01	
8	8*东墙外中间 30cm 处	0.07	0.01	
9	9*东墙外北侧 30cm 处	0.06	0.01	
10	10*北墙外东侧 30cm 处	0.06	0.01	
11	11*北墙外中间 30cm 处	0.06	0.01	
12	12*北墙外西侧 30cm 处	0.06	0.01	
13	13*X 射线检测室室内监测点	0.07	0.01	
14	14*X 射线检测室室内监测点	0.06	0.01	
15	15*X 射线检测室室内监测点	0.05	0.01	
16	16*X 射线检测室室内监测点	0.05	0.01	
17	17*二楼土壤微生物实验室监测点	0.05	0.01	
18	18*二楼土壤微生物实验室监测点	0.05	0.01	
19	19*二楼土壤微生物实验室监测点	0.06	0.01	
20	20*二楼土壤微生物实验室监测点	0.06	0.01	
21	21*负一楼库房监测点	0.05	0.01	
22	22*负一楼库房监测点	0.06	0.01	

23	23*负一楼库房监测点	0.06	0.01	
24	24*负一楼库房监测点	0.06	0.01	
25	25*草业研究所监测点	0.07	0.01	
26	26*室外空地监测点	0.05	0.01	
27	27*室外空地监测点	0.05	0.01	
28	28*农科创新大厦监测点	0.06	0.01	
注：上述数值已进行修正，已扣除宇宙射线响应值；				

附图 1



一、监测布点示意图

注：*为监测点。

监测员：刘昊　　记录员：黄海金

以下空白

检验检测机构
资质认定证书

证书编号：250812050086

名称：黑龙江源宁环境检测有限公司

地址：黑龙江省哈尔滨市南岗区文景头道街115号1-2层3号

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由黑龙江源宁环境检测有限公司承担。

许可使用标志

CMA

250812050086

发证日期：2025 年 02 月 25 日

有效期至：2031 年 02 月 24 日

发证机关：黑龙江省市场监督管理局

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

附件 2 屏蔽及工况说明

关于微焦点 X 射线 CT 装置屏蔽及工况说明

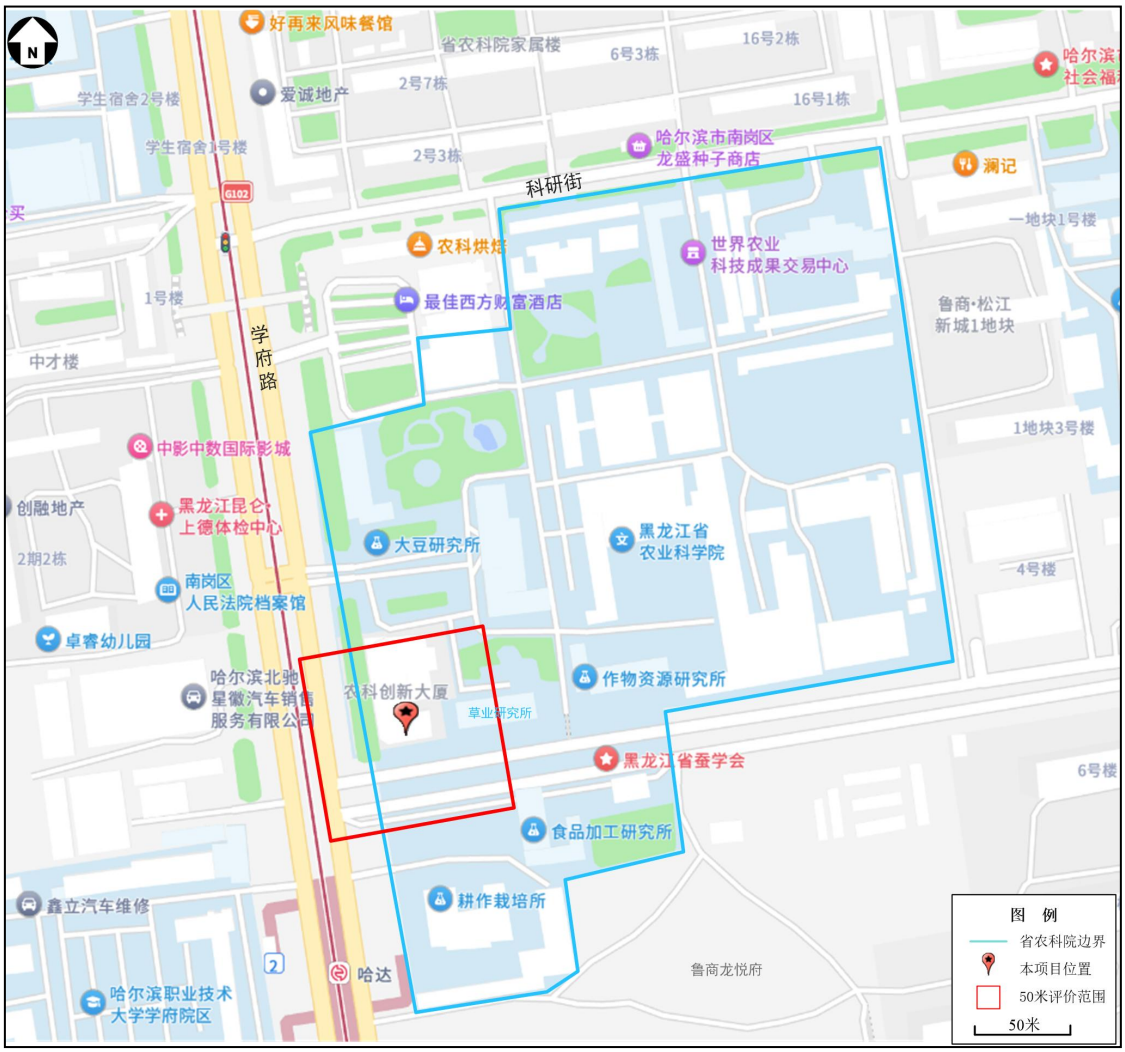
我院拟在农科创新大厦一楼利用现有闲置房间改造 1 间 X 射线检测室，安装使用 1 台微焦点 X 射线 CT 装置，用于土壤结构、农作物根系等微观层面结构研究，提升科研能力。预计微焦点 X 射线 CT 装置每周出束时长不超过 1 小时，年出束时长 50 小时。

本项目设备自带 X 射线防护箱，其屏蔽设计参数见下表：

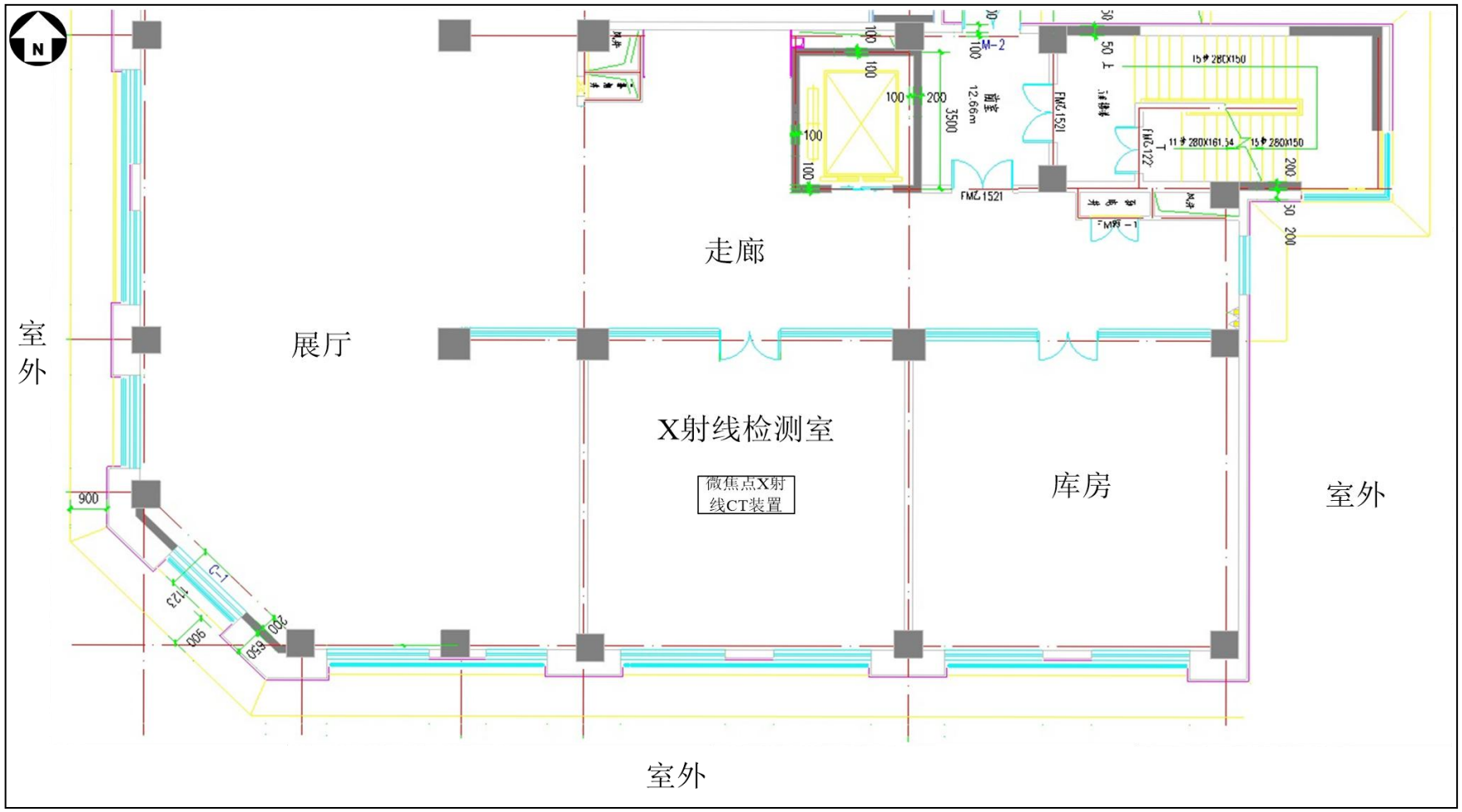
位置			屏蔽材料
X 射线防护箱	正面		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	背面		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	左面		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	右面		2.3mm 钢板+10mm 铅板+1.6mm 钢板
	顶面	左侧	2.3mm 钢板+7mm 铅板+1.6mm 钢板
		右侧	2.3mm 钢板+10mm 铅板+1.6mm 钢板
	底面		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	装载门	门体	2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
		观察窗	10mmPb 铅玻璃
	左侧检修门		2.3mm 钢板+9mm 铅板+1.6mm 钢板
	右侧检修门		2.3mm 钢板+10mm 铅板+1.6mm 钢板
	净尺寸		2170mm 长×934mm 宽×1857mm 高

黑龙江省黑土保护利用研究院

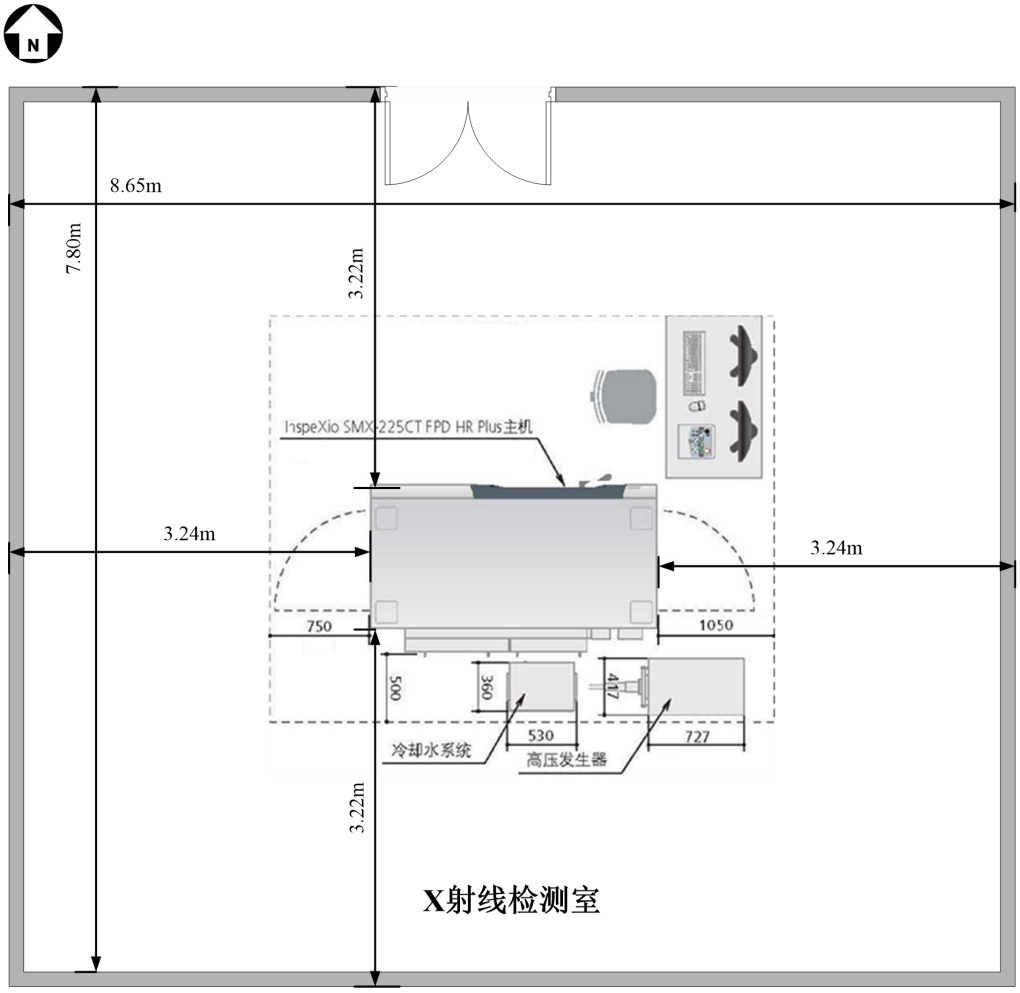
附图1 本项目地理位置及周边关系图



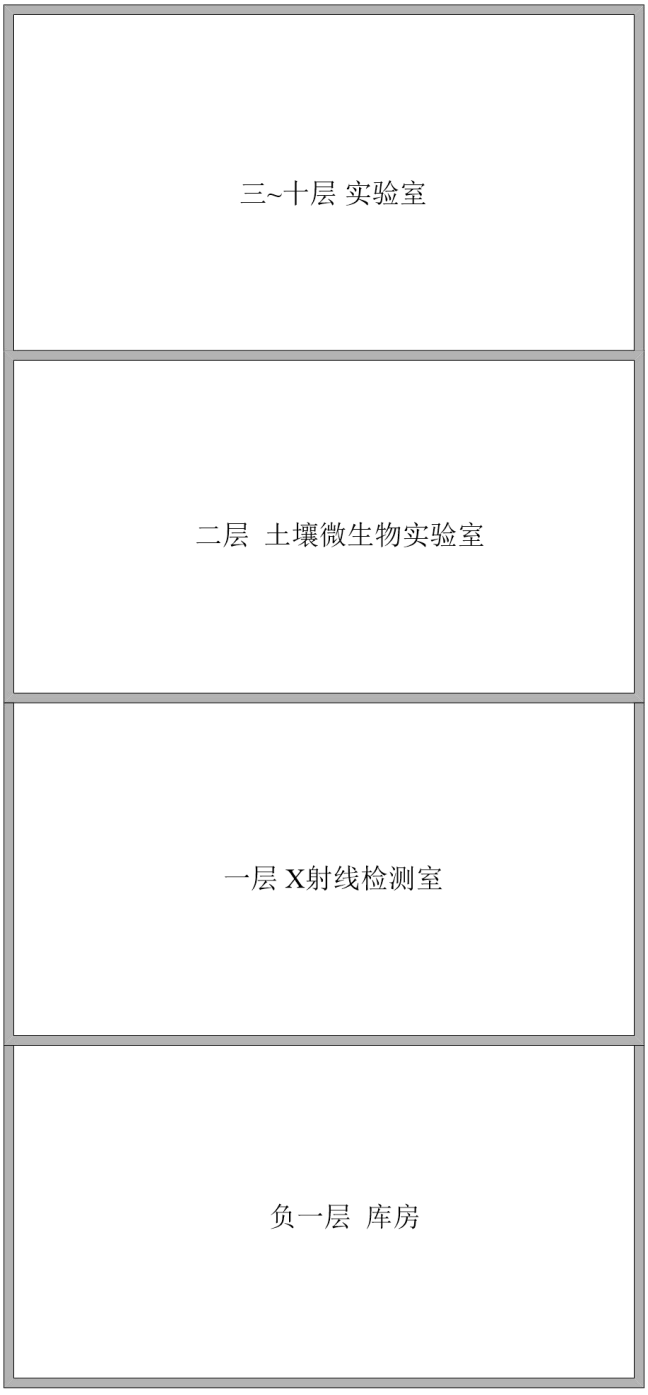
附图 2 农科创新大厦一楼南侧局部平面布置图



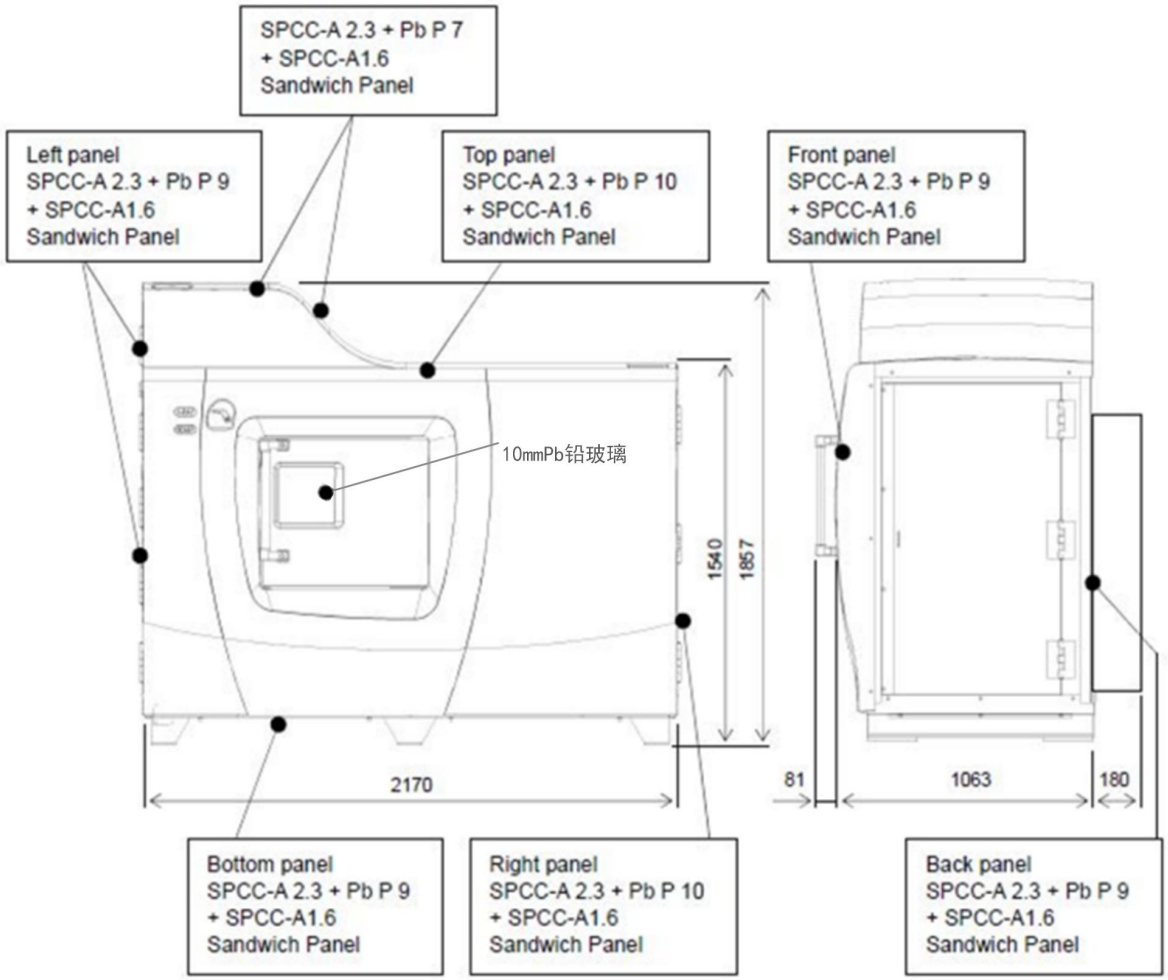
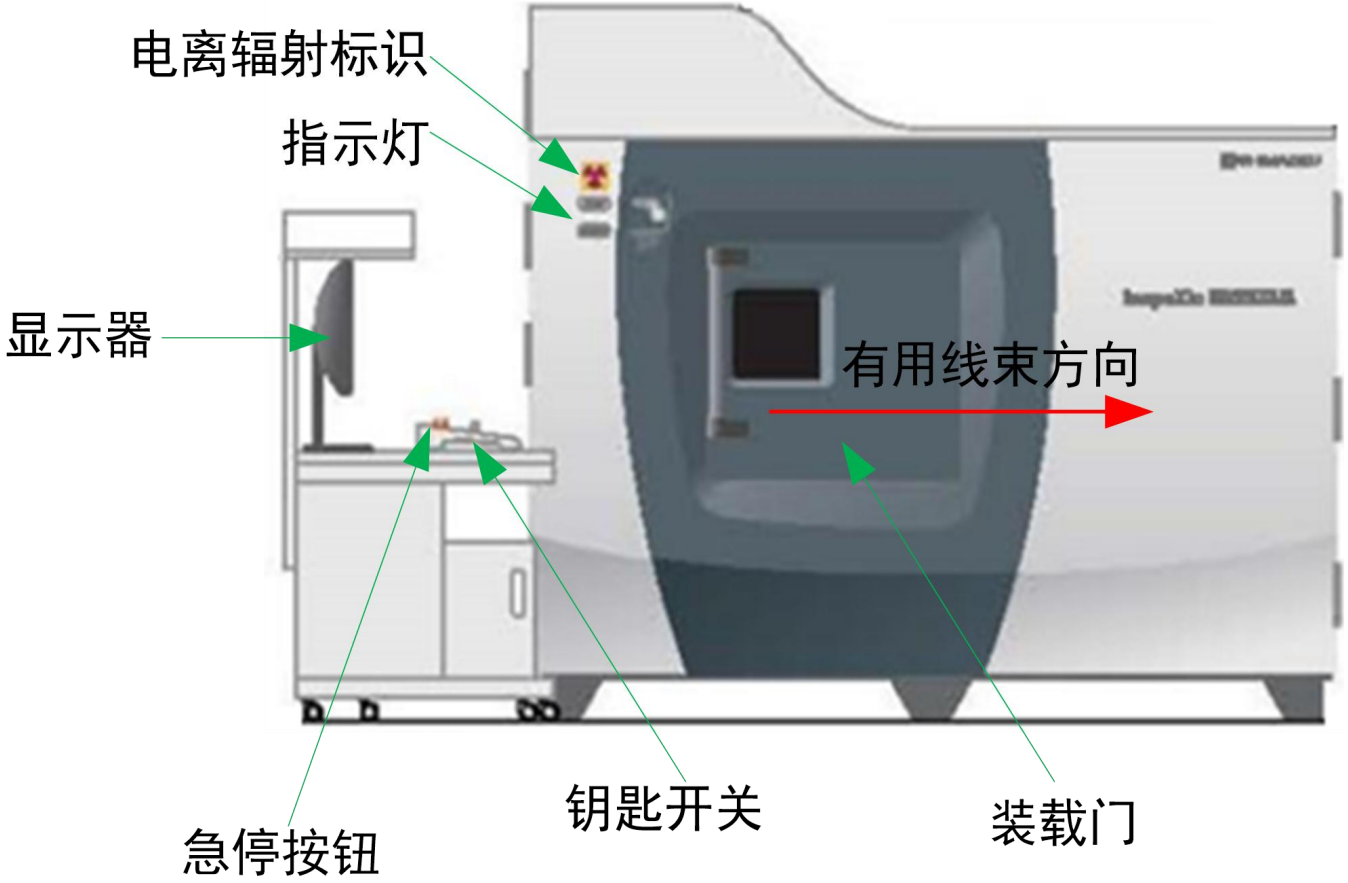
附图 3 X 射线检测室布局图



附图 4 X 射线检测室剖面布局图



附图 5 微焦点 X 射线 CT 装置屏蔽设计图



附图 6 微焦点 X 射线 CT 装置急停按钮等设施示意图