

核技术利用建设项目

新巍拓（苏州）科技有限公司

生产、销售、使用工业 X 射线探伤装  
置搬迁项目环境影响报告表

新巍拓（苏州）科技有限公司

2023 年 2 月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

新巍拓（苏州）科技有限公司

生产、销售、使用工业 X 射线探伤装置  
搬迁项目环境影响报告表

建设单位名称：新巍拓（苏州）科技有限公司

建设单位法人代表（签字或盖章）：

通讯地址：常熟市虞山高新区建业路 2 号常熟先进制造业科技园 7B 东侧

邮政编码：215505

项目联系人：\*\*\*

电子邮箱：liyilin@nvtasz.com

联系电话：\*\*\*\*\*

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	5
表 3 非密封放射性物质 .....	5
表 4 射线装置 .....	5
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	6
表 6 评价依据 .....	7
表 7 保护目标与评价标准 .....	10
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 .....	28
表 11 环境影响分析 .....	36
表 12 辐射安全管理 .....	48
表 13 结论与建议 .....	52
表 14 审批 .....	56
辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 .....	57

**表 1 项目基本情况**

建设项目名称		生产、销售、使用工业 X 射线探伤装置搬迁项目			
建设单位		新巍拓（苏州）科技有限公司			
法人代表	韦建国	联系人	***	联系电话	*****
注册地址		常熟市虞山高新区建业路 2 号常熟先进制造业科技园 7B 东侧			
项目建设地点		常熟市虞山高新区建业路 2 号常熟先进制造业科技园 7B 东侧			
立项审批部门		/	批准文号	/	
建设项目总投资（万元）		150	项目环保投资（万元）	20	投资比例（环保投资/总投资） 13.3%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input checked="" type="checkbox"/> 其他（迁建）		占地面积（m <sup>2</sup> ）	44
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类（医疗使用） <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input checked="" type="checkbox"/> 生产	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 销售	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
	其他	/			
	<p><b>1、建设单位基本情况、建设项目规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况</b></p> <p>新巍拓（苏州）科技有限公司成立于 2019 年 4 月 15 日，经营范围主要包括从事机电设备、检测设备研发、生产和销售，相关软件研发、销售；无损检测领域的技术开发、技术转让、技术咨询、技术服务；设计、加工、销售机械自动化设备及零配件等。</p> <p>企业于 2021 年 2 月编制了《新巍拓（苏州）科技有限公司生产、销售、使用工业 X 射线探伤装置项目》，于 2021 年 3 月 16 日取得苏州市生态环境</p>				

局行政许可决定书（苏环核评字[2021]E005号）（项目内容：NDR-90/225型工业X射线探伤装置，设备参数为225kV，18mA，11台/年），并于2022年8月20日通过竣工环境保护验收（验收内容：NDR-90/225型工业X射线探伤装置，设备参数为225kV，8mA，11台/年）。公司已申领苏州市生态环境局颁发的辐射安全许可证，辐射安全许可证的编号为“苏环辐证[E1677]，许可种类和范围为“生产、销售、使用II类射线装置”，发证日期为2021年05月19日，有效期至2026年05月18日。

由于原有厂房房东发展规划调整等原因，企业无法续租（常熟市联丰路创元高新产业园21幢1层），因此由原厂址常熟市联丰路创元高新产业园21幢1层搬迁至常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园7B一楼东侧。新厂址污染类项目《新巍拓（苏州）科技有限公司新建非标设备生产项目环境影响评价报告表》已于2021年10月13日通过苏州市生态环境局审批（苏环建[2021]81第0113号）。

本项目为迁建项目，拟开展工业X射线探伤装置的生产、使用、销售工作。出厂前会对设备进行调试。设备出厂后，在客户厂内对设备进行调试演示、检维修工作。本次环评的内容对上述设备出厂前调试，客户厂内调试演示、检维修时的辐射环境影响进行评价，核技术应用情况表见表1-1。

**表1-1本项目核技术应用情况一览表**

序号	射线装置名称	数量	管电压 kV	管电流 mA	射线装 置类别	工作场 所名称	活动种类
1	NDR-90/225型工业X 射线探伤装置	11台/年	225	8*	II	实验室	生产、销售、 使用

注：\*设备最大功率1800W，在达到最大电压时，电流最大8mA。

NDR-90/225型工业X射线探伤装置为自屏蔽设备，可通过升级软件的方式选配CT功能，本项目生产的射线装置为II类射线装置。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《建设项目环境保护管理条例》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价。根据《射线装置分类》，本项目工业X射线探伤装置属于II类射线装置，依照《建设项目环境影响评价分类管理名录》

（生态环境部令第16号，2021年版），本项目为生产、销售、使用II类射线装置，属于“五十五、核与辐射”中“172核技术利用建设项目”的“生产、使用II类射线装置的”，应编制环境影响报告表。受新巍拓（苏州）科技有限公司委托，我单位承担该项目的环评工作。我单位通过资料调研、现场监测、评价分析，编制该项目环境影响报告表。

## 2、项目周边保护目标及项目选址情况

新巍拓（苏州）科技有限公司厂址位于常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园7B一楼东侧，根据现场踏勘，企业东侧为产业园内部道路，南侧为星特自动化科技（苏州）有限公司（7A一层），西侧为共慧冶金设备科技（苏州）有限公司（7B一楼西侧），北侧为苏州光舵微纳科技股份有限公司（7C一层）。产业园东侧为徐州路，道路以东为常熟星和电机有限公司、邵家村小区；南侧为建业路，道路以南为汀伊兰服饰；西侧为江苏新泰针织有限责任公司；北侧为常熟市忠鑫织造有限公司。企业地理位置见附图1，厂区平面布置见附图2。

本项目工业X射线探伤装置位于7B厂房一楼东侧实验室内，7B厂房为四层建筑。实验室东侧为前厅；南侧为仓库；西侧为机加工车间；北侧为装配车间；实验室楼上隔层为办公室及会议室；楼上（二楼）厂房目前空置，下方为土层，无地下建筑。企业平面布局见附图3-1、附图3-2。自屏蔽装置周围50m范围均为产业园内部厂房及内部道路，没有居民区、学校等环境敏感目标。

本项目周围环境保护目标主要为从事工业X射线探伤装置操作的辐射工作人员及装置周围公众，50m范围内涉及7B厂房、7A厂房、7C厂房、1#厂房、8#厂房。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条（一）中的环境敏感区。对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发

(2020) 49号)，本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

### **3、产业政策相符性**

对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》、《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》（2021年第49号令），本项目为生产、销售、使用工业X射线探伤装置，本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

### **4、实践正当性**

根据企业自身发展，新巍拓（苏州）科技有限公司由原厂址搬迁至常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园7B一楼东侧。项目建成后，推动了项目所在地X射线图像铸造缺陷的智能识别设备研发及产业化领域的发展，具有良好的社会效益和经济效益。在落实本次环评辐射防护和辐射安全管理后，其获得的效益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

**表 2 放射源**

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

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

**表 4 射线装置**

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等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 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	工业 X 射线探伤装置	II 类	11 台/年	NDR-90/225	225	8	生产、使用、销售	7B 一楼东侧实验室	最大功率 1800W
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

(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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	通风排放	排入大气, 臭氧在 50 分钟后自动分解

注: 1. 常规废弃物排放浓度, 对于液态单位为 mg/L, 固体为 mg/kg, 气态为 mg/m<sup>3</sup>; 年排放总量用 kg。

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

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订版), 中华人民共和国主席令第9号公布, 2015年1月1日起施行;</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(2018年修订本), 2018年 12月29日中华人民共和国主席令第24号公布实施;</p> <p>(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6号公布, 2003年10月1日起实施;</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》(2017年修订本), 国务院令第682号, 2017年10月1日起实施;</p> <p>(5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年修改版), 生态环境部令第16号, 自2021年1月1日起施行;</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019年修改), 国务院令709号, 2019年3月2日起实施;</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第18号, 自2011年5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》(2021年修正本), 中华人民共和国生态环境部令第20号修正, 自2021年1月4日起施行;</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》办法的公告, 国家环保部、国家卫生和计划生育委员会, 2017年第66号, 2017年12月5日;</p> <p>(10) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》, 环发(2006)145号, 2006年9月26日;</p> <p>(11) 《建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法》, 生态环境部令第9号, 2019年9月20日公布, 自2019年11月1日起施行;</p> <p>(12) 《生态环境部关于启用环境影响评价信用平台的公告》(生态环境部公告2019年第39号, 2019年11月1日起启用);</p> <p>(13) 《关于发布&lt;建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法&gt;配套文件的公告》(生态环境部公告2019年第38号);</p> <p>(14) 《江苏省辐射污染防治条例》(修正), 江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第2号公告修正, 2018年3月28日通过, 自</p>
------	--

	<p>2018年5月1日起施行；</p> <p>（15）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告2019年第57号，2019年12月24日印发，2020年1月1日起施行；</p> <p>（16）《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74号，2018年6月9日；</p> <p>（17）《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1号，2020年1月8日；</p> <p>（18）《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，苏政发〔2020〕49号，2020年6月21日。</p> <p>（19）《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域监督管理办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕20号，自2021年5月1日起施行；</p> <p>（20）《省政府办公厅关于印发江苏省生态空间管控区域调整管理暂行办法的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政办发〔2021〕3号，自2021年2月1日起施行；</p> <p>（21）《产业结构调整指导目录（2019年本）》（国家发展和改革委员会2019年令29号），自2020年1月1日起施行；</p> <p>（22）《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019年本）〉的决定》（国家发展和改革委员会2021年令49号），自2021年12月30日起施行；</p>
<p>技 术 标 准</p>	<p>（1）《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；</p> <p>（2）《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）；</p> <p>（3）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2021）；</p> <p>（4）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>（5）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）；</p> <p>（6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>（7）《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），2023年3月1日实施，</p>

	替代《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）。
其他	<p><b>与本项目有关的文件</b></p> <p>附图1 项目地理位置图</p> <p>附图2 厂区平面布置图</p> <p>附图3-1 7B-1F平面布置图</p> <p>附图3-2 7B-1F隔层平面图</p> <p>附件1：委托书</p> <p>附件2：本项目辐射环境现状检测报告</p> <p>附件3：核技术利用项目承诺书</p> <p>附件4：建设单位拟采购X射线系统的企业的辐射安全许可证</p> <p>附件5：建设单位拟采购屏蔽体的企业的营业执照和辐射安全许可证</p> <p>附件6：建设单位软件著作权登记证书</p> <p>附件7：房屋租赁合同</p> <p>附件8：辐射工作安全责任书</p> <p>附件9-1：现有项目环保手续</p> <p>附件9-2：现有项目辐射安全许可证</p> <p>附件10：本项目污染类环境影响评价批复</p> <p>附件11：生产情况告知书</p> <p>附件12：营业执照</p>

**表 7 保护目标与评价标准**

**评价范围**

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016），放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m范围。本项目的实体屏蔽物为工业X射线探伤装置的铅房，因此以铅房外50m范围作为本项目的的评价范围。

**保护目标**

本项目周围50m范围内涉及企业所在产业园内的7B厂房、7A厂房、7C厂房、1#厂房、8#厂房，无居民点、学校和医院等环境敏感目标。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜區、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区；同时，本项目评价范围内不涉及《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》第三条（一）中的环境敏感区。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：

- 1、从事工业X射线装置操作的辐射工作人员；
- 2、工业X射线装置项目拟建址周围公众。

本项目保护目标情况一览表见表7-1，本项目工业X射线装置周围环境保护目标平面布置图见图7-1、图7-2。

**表7-1 X射线装置周边环境保护目标一览表**

序号	环境保护目标		方位	距离	人员数量	人员性质	
1	工业X射线探伤装置	辐射工作人员	工业X射线装置操作位	东北侧	约0.48m	2人	职业人员
2		厂内工作人员	实验室东侧(前厅)	东侧	约8.05m	1人	公众
3			实验室南侧(仓库)	南侧	约1.33m	1人	公众
4			实验室西侧	西侧	约0.36m	2人	公众

			(机加工车间)				
5			实验室北侧 (装配车间)	北侧	约1.41m	3人	公众
			实验室上方一楼隔 层办公室	上方	约6.06m	4人	公众
6	其他企 业工作 人员		7B一楼西侧企业	西侧	约10.92m	10人	公众
7			7B二楼东侧企业	上方	约9.56m	目前 空置	公众
8			7A一楼企业	南侧	约15.09m	10人	公众
9			7C一楼企业	北侧	约17.61m	10人	公众
10			8#企业	东南侧	约31.78m	15人	公众
11			1#企业	南侧	约42.76m	10人	公众

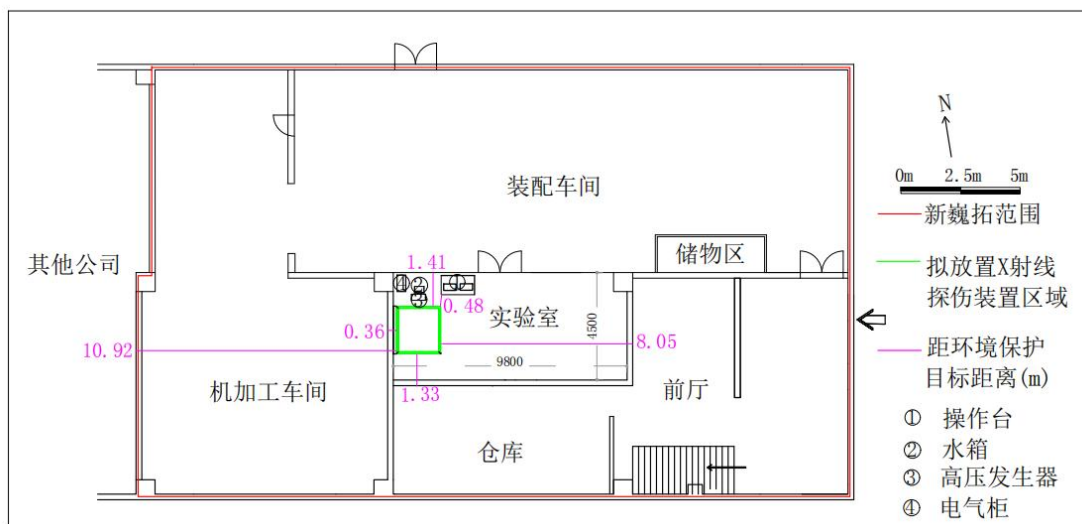


图7-1 X射线装置周边环境保护目标平面布置图

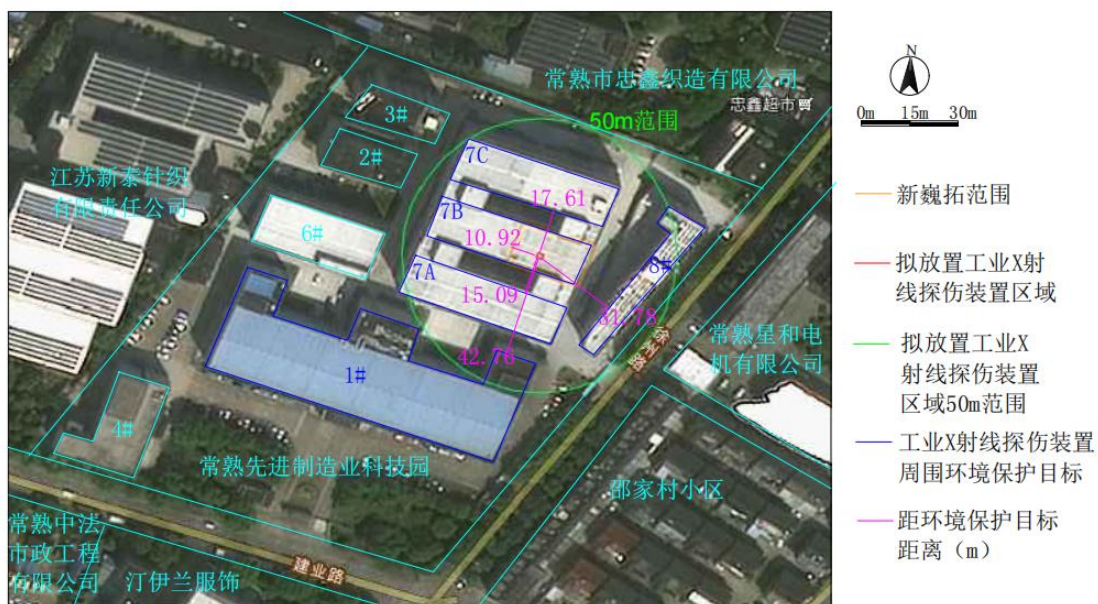


图7-2 X射线装置周边环境保护目标平面布置图

## 评价标准

### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

表7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

	剂量限值
职业照射 剂量限值	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值： ①由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30% (即0.1mSv~0.3mSv) 的范围之内。但剂量约束的使用不应该取代最优化的要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

### (2) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 2023年3月1日实施，替代《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)。

本标准规定了X射线和 $\gamma$ 射线探伤的放射防护要求。本标准适用于使用600kV及以下的X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。

#### 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/T250。

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100  $\mu$  Sv/周，对公众场所，其值应不大于5  $\mu$  Sv/周；

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

6.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

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

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

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GB18871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- $\gamma$ 剂量率仪。当剂量率达到设定的报警阈值报警时，



探伤工作人员应立即退出探伤室，同时防止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

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- $\gamma$  剂量率仪前，应检查是否能正常工作。如发现便携式X- $\gamma$  剂量率仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

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。

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

本标准规定了工业X射线探伤室辐射屏蔽要求。本标准适用于500kV以下的工业X射线探伤装置的探伤室。

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

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

1) 人员在关注点的周剂量参考控制水平 $H_c$ 如下：

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

公众： $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

2) 相应的导出剂量率参考控制水平 $H_{c,d}$ （ $\mu\text{Sv}/\text{h}$ ）按式计算：

$$H_{c,d} = H_c / (t \cdot U \cdot T)$$

$H_c$ ：周剂量参考控制水平，单位为微希每周（ $\mu\text{Sv}/\text{周}$ ）； $U$ ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子； $T$ ：人员在相应关注点驻留的居留因子； $t$ ：探伤装置周照射时间，单位为小时每周（ $\text{h}/\text{周}$ ）；

$t$ 按照式计算：

$$t = W / (60 \cdot I)$$

$W$ ：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“ $\text{mA} \cdot \text{min}$ 值），

$\text{mA}\cdot\text{min}/\text{周}$ ；60：小时与分钟的换算系数；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 $H_{c,\max}$ ： $H_{c,\max}=2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$

c)关注点剂量率参考控制水平 $H_c$ : $H_c$ 为上述a)中 $H_{c,d}$ 和b)中的 $H_{c,\max}$ 二者的较小者。

3.1.2 探伤室顶的剂量率参考控制水平应满足下列要求：

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

b)除3.1.2a)的条件外，应考虑下列情况：

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

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

## 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 $0^\circ$ 入射探伤工件的 $90^\circ$ 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。

#### (4) 江苏省天然贯穿辐射水平

来自《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第13卷第2期，1993年3月），江苏省环境监测站。

**表7-3江苏省全省环境天然 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率调查结果 单位：nGy/h**

项目	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差(S)	7.0	12.3	14.0

注：现状评价时参考“均值 $\pm 3s$ ”数值：原野为 $(50.4 \pm 21.0)$  nGy/h；道路为 $(47.1 \pm 36.9)$  nGy/h；室内为 $(89.2 \pm 42.0)$  nGy/h。

#### (5) 项目管理目标

##### 1. 人员受照剂量管理目标（剂量约束值）

职业人员年有效剂量取GB18871-2002中职业人员年有效剂量值的1/4，即“5mSv”，公众年有效剂量取GB18871-2002中公众年有效剂量值的1/10，即“0.1mSv”。

周剂量控制水平，参考GBZ117-2022（2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015，标准更新后，周剂量控制水平不变），对职业人员不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，公众不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ 进行管理。

##### 2. 环境剂量率控制限值

工业X射线探伤装置铅房四周、顶部及防护门外30cm处，最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

### 1、项目地理位置和场所位置

新巍拓（苏州）科技有限公司位于常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园7B一楼东侧，地理位置见附图1。企业周围为产业园内其他企业，企业所在产业园东侧为徐州路，道路以东为常熟星和电机有限公司、邵家村小区；南侧为建业路，道路以南为汀伊兰服饰；西侧为江苏新泰针织有限责任公司；北侧为常熟市忠鑫织造有限公司。企业所在厂区平面布置见附图2。

企业位于7B厂房一楼东侧。企业所在的7B厂房为4层建筑，1层层高12米，2至4层层高均为7米。实验室位于企业中部位置，实验室北侧为装配车间，东侧为前厅，南侧为仓库，西侧为机加工车间。实验室楼上为隔层，用于办公，楼上2层暂无企业入驻，3~4层均为工业企业。

本项目实验室周围环境现状照片见图8-1。



图8-1 实验室周围环境图

## 2、环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：X射线探伤装置拟建址及周围辐射环境

监测因子： $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

监测点位：在拟放置X射线探伤装置区域及周围布置检测点位，共15个点位。

## 3、监测方案、质量保证

监测方案：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在拟放置工业X射线探伤装置区域及四周、楼上及周围保护目标处布设监测点位，测量拟放置工业X射线探伤装置区域及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率。

质量保证措施：检测单位已通过CMA计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

## 4、监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：苏州热工研究院有限公司

仪器设备：X- $\gamma$ 剂量率仪

型号/规格：主机：6150AD6/H；探头：6150AD-b/H HJ-130

能量响应范围：20keV-7MeV；

剂量率测量范围：5nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h；

检定有效期：2022-06-27至2023-06-26

监测时间：2022年11月18日

评价方法：参考表7-3江苏省全省环境天然 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平

环境条件：天气阴、温度10℃、湿度：63%RH

监测结果：本项目拟放置工业X射线探伤装置区域及周围环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率监测结果见表8-1，监测布点示意图见图8-2、图8-3。

**表 8-1 本项目工业 X 射线探伤装置拟建址周围环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率**

序号	检测点位	测量结果(nGy/h)
1	拟放置工业 X 射线探伤装置区域西北部检测点位	79
2	拟放置工业 X 射线探伤装置区域东北部检测点位	81

3	拟放置工业 X 射线探伤装置区域西南部检测点位	78
4	拟放置工业 X 射线探伤装置区域东南部检测点位	80
5	拟放置工业 X 射线探伤装置区域东侧实验室空置区域	77
6	拟放置工业 X 射线探伤装置区域南侧实验室空置区域	87
7	拟放置工业 X 射线探伤装置区域西侧机加工车间	88
8	拟放置工业 X 射线探伤装置区域北侧实验室空置区域	89
9	实验室南侧仓库	82
10	实验室东侧前厅	80
11	实验室北侧装配车间	87
12	拟放置工业 X 射线探伤装置区域上方 1 楼隔层办公室	78
13	拟放置工业 X 射线探伤装置区域上方 2 楼厂房	79
14	科技园 1#楼北侧	83
15	科技园 8#西侧	82

注：检测结果已扣除宇宙射线影响值。

由表8-1的监测结果可知，新巍拓（苏州）有限公司拟放置工业X射线探伤装置区域及周围检测点位环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率为77~89nGy/h范围内，其中室内环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在77~89nGy/h范围内，道路环境 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率在82~83nGy/h范围内。测量结果在江苏省天然 $\gamma$ 辐射剂量率室内（ $89.2\pm 42.0$ ）nGy/h、道路为（ $47.1\pm 36.9$ ）nGy/h的水平涨落范围。

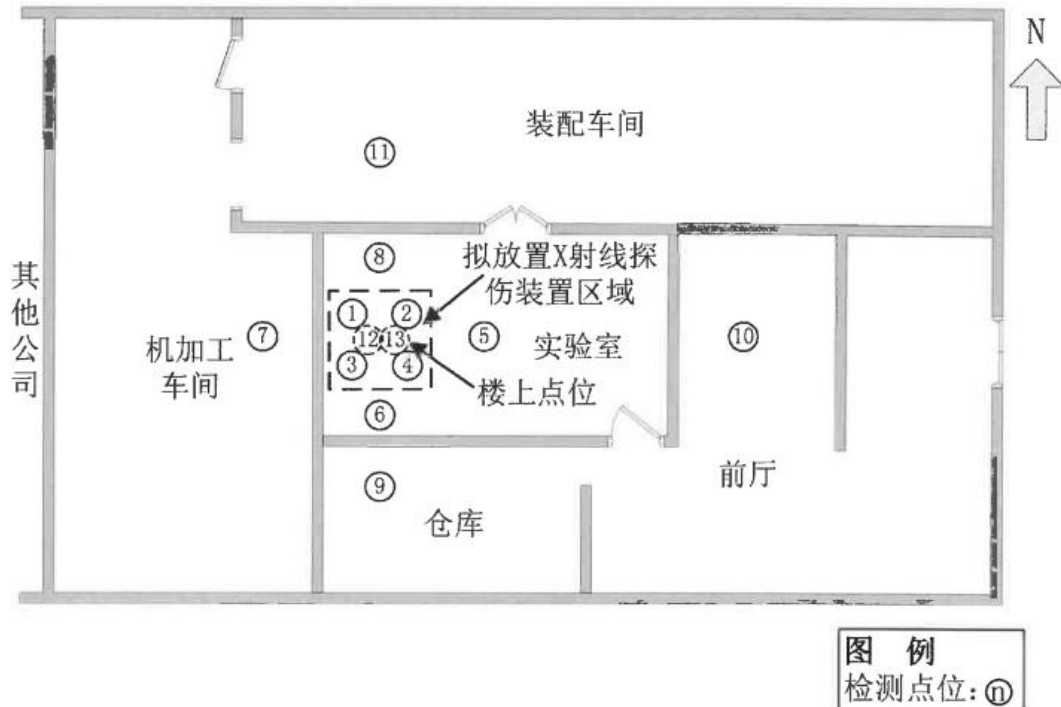


图 8-2 环境辐射现状检测点位示意图



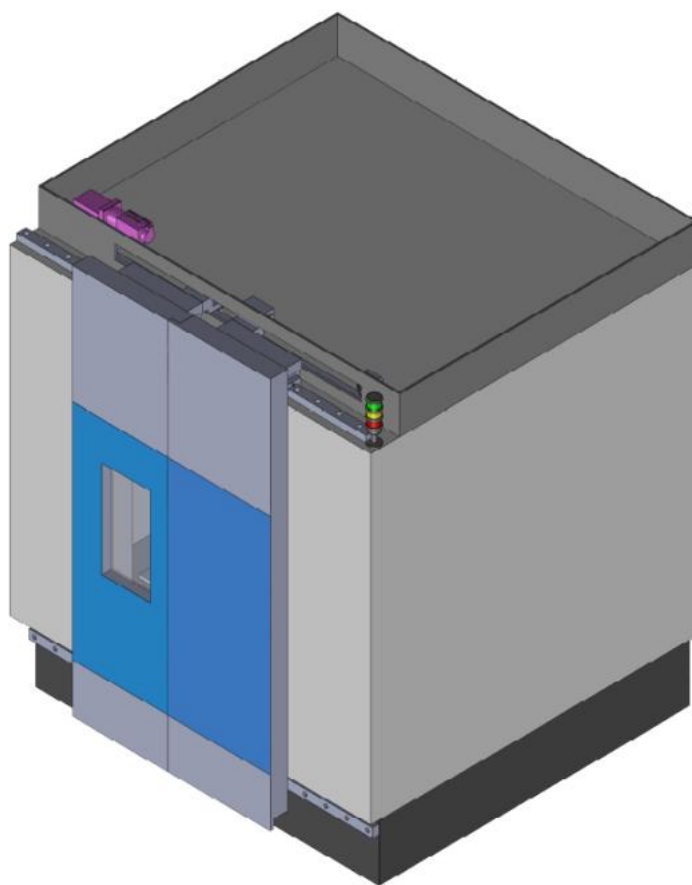
图 8-3 环境辐射现状检测点位示意图

**表 9 项目工程分析与源项**

**工程设备与工艺分析**

**1、设备组成**

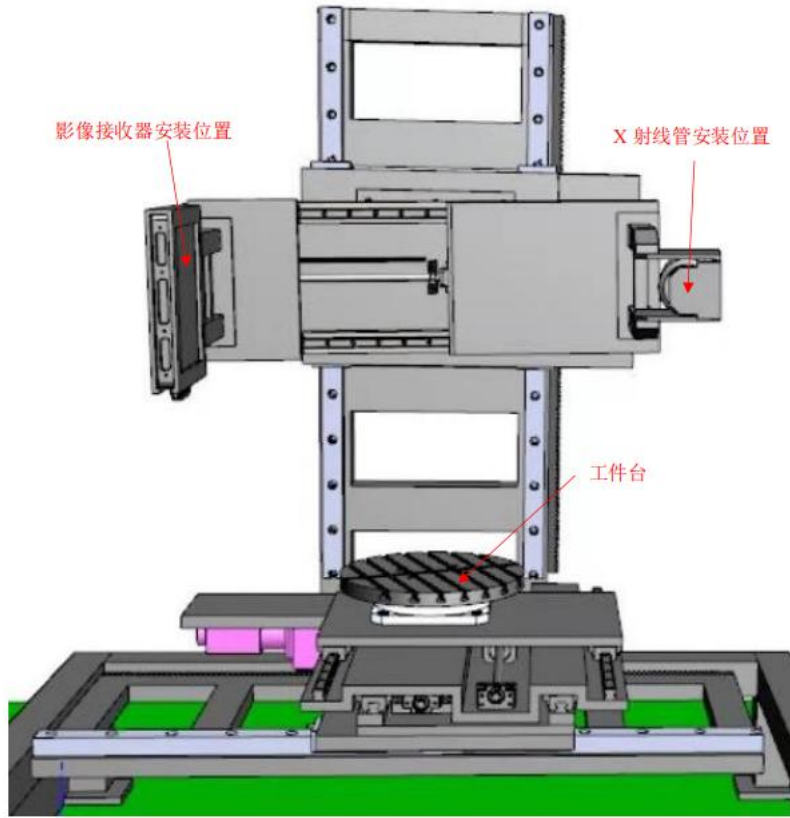
企业生产、使用（调试）、销售的NDR-90/225型工业X射线探伤装置为自屏蔽式射线装置，其主要设备组成包括：X射线发生器、影像接收器、内部结构件、屏蔽铅房、操作台等设备。屏蔽铅房外观示意图见图9-1，内部结构件示意图见图9-2，X射线发生器见图9-3，设备和电脑连接，放置电脑的台面为操作台。



**图9-1 屏蔽铅房外观示意图**

工业X射线探伤装置屏蔽铅房设置1扇防护门，防护门位于设备正面，即作为工件门又作为检修门，左侧的防护门上设置铅玻璃的观察窗，观察窗铅当量和防护门相同，外观示意图见图9-1。





**图9-2 内部结构件示意图**

X射线发生器为1套系统，主要由高压发生器、水冷系统、X射线管以及连接线缆组成，各部件外观示意图见图9-3。根据本项目的的设计，高压发生器、水冷系统放置在屏蔽铅房外，最终产生X射线的X射线管安装在铅房内的结构件上，安装位置见图9-2，各部件通过连接电缆进行连接。



图 9-3 X 射线发生器各部件示意图

本项目生产调试的每台设备（铅房）内置1个固定恒压X射线发生器系统，X射线系统所用的射线管型号均为：GIT-225HP/11，最大功率1800W，达到最大电流18mA时，电压最大为100kV，当达到最大电压225kV时，电流为8mA。企业生产、使用、销售的NDR-90/225型工业X射线探伤装置的X射线源的设计参数见表9-1。

表9-1 工业X射线探伤装置的设计参数

型号	最大电压 kV	最大电流 mA	射线方向	备注
NDR-90/225 型工业 X 射线探伤装置	225	8	固定水平向左	最大功率 1800W
	100	18		

NDR-90/225型工业X射线探伤装置为自屏蔽设备，可通过升级软件的方式选配CT功能，为II类射线装置。

## 2、工作原理

本项目工业X射线探伤装置属于II类射线装置，非工作状态下不产生X射线，进行检测工作时接通设备高压，发射X射线。

X射线发生器的核心部件为X射线管，射线管由安装在真空包壳中的阴极和阳极组成，阴极是钨制灯丝，它装在聚焦杯中，当灯丝通电加热时，电子就“蒸发”出来，而聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在金属阳极中的靶体射

击。靶体一般采用高原子序数的难熔金属制成。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被靶突然阻挡从而产生X射线。X射线管基本结构如图9-4 所示。

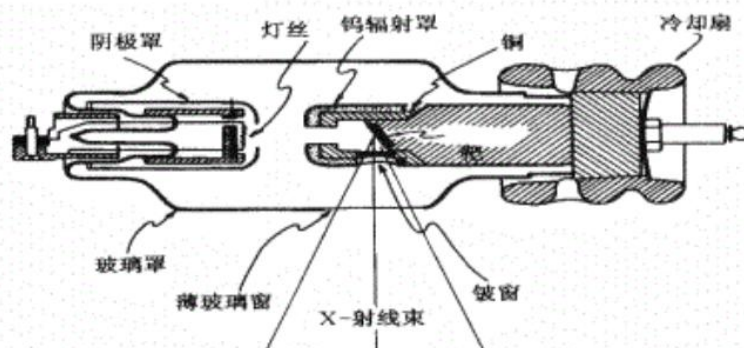


图9-4 典型X射线管结构图

本项目工业X射线探伤装置由X射线发生器（包括高压发生器、水冷系统、X射线管以及连接线缆）、影像接收器、内部结构件、屏蔽铅房、操作台等组成。正常使用时，利用受检材料对X射线吸收并成像的原理，采用X射线进行透照，并在设备外部连接的工业电视显示器上观察、分析被检测件的内部缺陷。工作人员调试设备时，在控制台利用软件观察设备各组件的运行参数，保证设备出厂前可以正常运行。

### 3、工艺流程

#### (1) 工业X射线探伤装置的生产、安装流程

公司根据销售合同，确定需生产工业X射线探伤装置数量，随后采购或者外协加工零部件，其中X射线系统拟从甘尔美电子设备（上海）有限公司（辐射安全许可证号（沪环辐证【32104】））购买成品。在装配车间主要对部件进行组装，直至完成整机安装。工业X射线探伤装置的屏蔽铅房拟委托无锡市赛盾辐射防护科技有限公司外协加工，该企业有能力生产工业无损检测设备并取得了辐射安全许可证（苏环辐证【B1467】），屏蔽体部件、防护门等在企业内完成组装。成像软件系统由本公司开发，软件著作权登记证书见附件6。

#### (2) 工业X射线探伤装置的调试（使用）流程

在工业X射线探伤装置安装成整机成品后，在实验室对X射线管及设备整机进行调试，设备整机调试主要包括对安全联锁进行测试、对辐射防护进行测试、对系统相关参数进行设置、对系统稳定性进行测试。加高压测试时，为保

证安全，首先测试门机联锁，将防护门不完全密闭，然后测试是否能开启高压，在此期间，在防护门外放置剂量探头，剂量探头接入设备控制系统，探头读数与X射线发生器高压联锁，在门机联锁失灵时，射线会从未关严的防护门缝中泄漏，门外剂量率会明显增加，这时设备X射线管的高压切断。在确认门机联锁没有问题后关闭防护门测试屏蔽效果，逐步调高X射线发生器的电压，在逐步升压过程中使用巡检仪检测设备外表面各处的剂量率，当X射线发生器达到最高电压后设备外任何部位的剂量率均满足控制标准，说明其屏蔽设计和防护效果均合格。后续测试时保证GIT - 225HP/11型固定恒压X射线系统被满足防护要求的自屏蔽体所屏蔽。通过所有辐射防护检测和功能检验后作为合格产品外售。

本项目设备的生产、安装、调试流程及产污环节如图9-5所示。

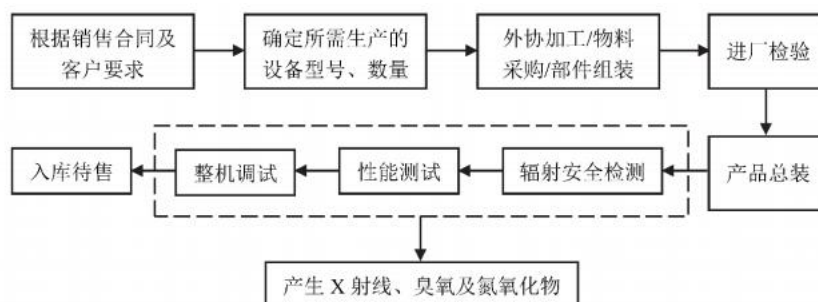


图9-5 本项目工业X射线探伤装置的生产、安装、调试流程及产污环节示意图

### (3) 工业X射线探伤装置的销售流程

在设备出厂前，使用企业配备的巡检仪检测设备在最大可达工况下周围的剂量率水平。检测记录台账需包含被检测设备的编号、检测工况及开机状况下设备周围剂量率水平，并长期保存备查。

在协助客户通过环评并获得辐射安全许可后，在客户厂内许可的调试区域内，由本项目调试设备的辐射工作人员进行安装调试，满足要求并通过验收后提交给客户，此阶段开机曝光主要以演示为主。客户厂内的辐射设备不定期进行检、维修，由本项目调试设备的辐射工作人员负责。客户厂内调试演示及检维修过程开机曝光时间每台按4h计，设备本身有屏蔽，周围剂量率控制在小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的水平。本项目工业X射线探伤装置的销售流程及产污环节如图9-6所示。

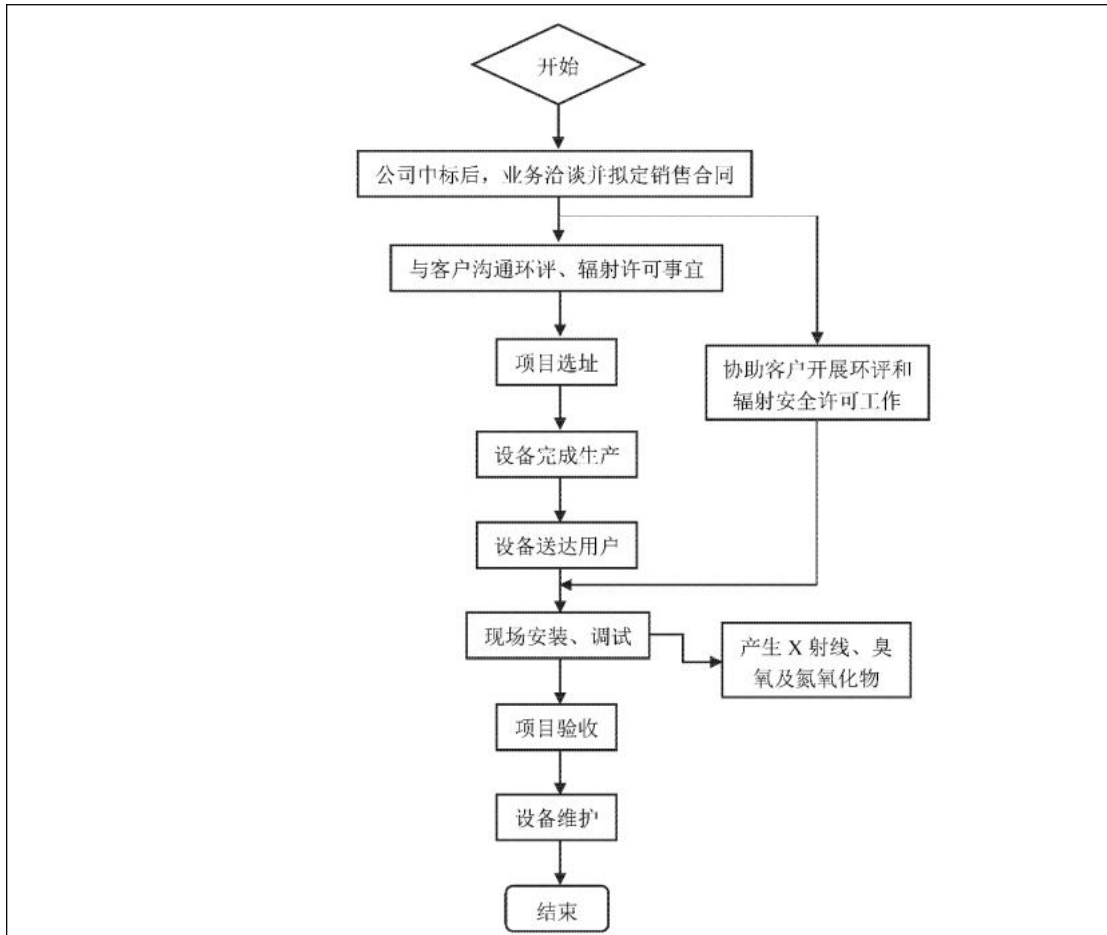


图9-6 本项目工业X射线探伤装置的销售流程及产污环节示意图

本项目企业配备了2名辐射工作人员，企业厂内调试工作由2名辐射工作人员共同完成，同一时段内只开机调试一台设备，单班运行。设备年总开机曝光时间不超过44h（本项目工业X射线探伤装置年产量为11台，每台设备开机调试时间不超过4h计算），每周最多调试1台设备，辐射工作人员周受照时间则不超过4h。

客户厂内设备调试演示及检维修过程的年开机曝光时间不超过44h，由企业内调试人员同时负责。

## 污染源项描述

### 1.辐射污染源分析

本项目NDR-90/225型工业X射线探伤装置使用GIT-225HP/11型X射线管，该射线管使用3mm铝过滤片，达到最大电压225kV时电流为8mA。参照《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表1及附录B，给出工业X射线探伤装置放射性源项，详见表9-2。

**表 9-2 工业 X 射线探伤装置放射性源项参数表**

射线装置型号	主射线剂量率 输出量 $H_0^*$ $mGy \cdot m^2 / (mA \cdot min)$	距靶点1m处的泄漏辐 射剂量率 $H_L$
NDR-90/225型(最大电 压225kV、最大功率 1800W)	11.4(按200kV、250kV 3mm铝滤过 内插取值)	$5 \times 10^3 \mu Sv/h$

\*注：GBZ/T250-2014中以等量值的 $mSv \cdot m^2 / (mA \cdot min)$ 进行屏蔽计算。

## 2.非辐射污染源分析

### (1) 废气

本项目产生的废气主要是X射线电离空气产生的少量臭氧和氮氧化物，通过铅房顶部排风排出至实验室，通过实验室排风扇将少量臭氧和氮氧化物排至厂房外。臭氧50分钟后在大气中自然分解为氧气，这部分废气对环境影响较小，不作定量分析。

### (2) 废水

本项目所有设备均通过显示器成像，不洗片，无洗片废水。

**表 10 辐射安全与防护**

**项目安全措施**

**1. 辐射工作场所分区管理**

企业在厂房内划分出一块独立的实验室，用于开展工业X射线探伤装置的开机调试工作。企业将辐射工作场所进行分区管理，以工业X射线探伤装置的铅房边界作为控制区边界，以实验室做为监督区边界，辐射工作场所平面布置见图10-1，管理措施如下：

控制区边界（铅房）采用门机联锁装置，设备上显著位置设置电离辐射警告标识及工作状态指示灯，设备开启高压调试期间任何人不得打开铅房的防护门。

监督区边界设置固定的实体房间，外墙上挂警示标识，进出大门上锁，钥匙由辐射工作人员保管，设备调试期间禁止公众进入，辐射工作人员进入监督区必须携带合格的个人剂量报警仪。正常情况下设备的铅房具备对射线的有效屏蔽作用，调试间边界处的剂量当量率会控制在 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 以下，起到对周围人员的保护作用。调试时，工作人员居住在调试间内的设备周围进行操作或测试。

企业对于辐射工作场所的分区管理措施是合理可行的，可有效加强辐射安全管理。

**表10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况**

两区	控制区	监督区
两区划分范围	设备自屏蔽铅房	实验室
划分依据	<p>②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）：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中6.4.1.1要求。</p> <p>③根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.1.1注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区。</p>	<p>②根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）：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中6.4.2.1要求。</p> <p>②根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）：6.4.2.1注册者或者许可证持有者应将下述区域定位监督区：这种区域未被定位控制区，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。</p>
分区管理措施	对控制区进行严格控制，工业X射线探伤装置在曝光过程中严禁任何人	监督区为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非相关人员进入，避免受到

<p>进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：6.4.1.4 c)在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录F规定的警告标志；d)制定职业防护与安全措施，包括适用于控制区的规则与程序；e)运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可证制度）和实体屏障（包括门锁和联锁装置）限制进出控制区；限制的严格程度应与预计的照射水平和可能性相适应；f)按需要在控制区的入口处提供防护衣具、监测设备和个人衣物贮存柜；</p>	<p>不必要的照射。 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）：6.4.2.2 b)在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。</p>
---	--

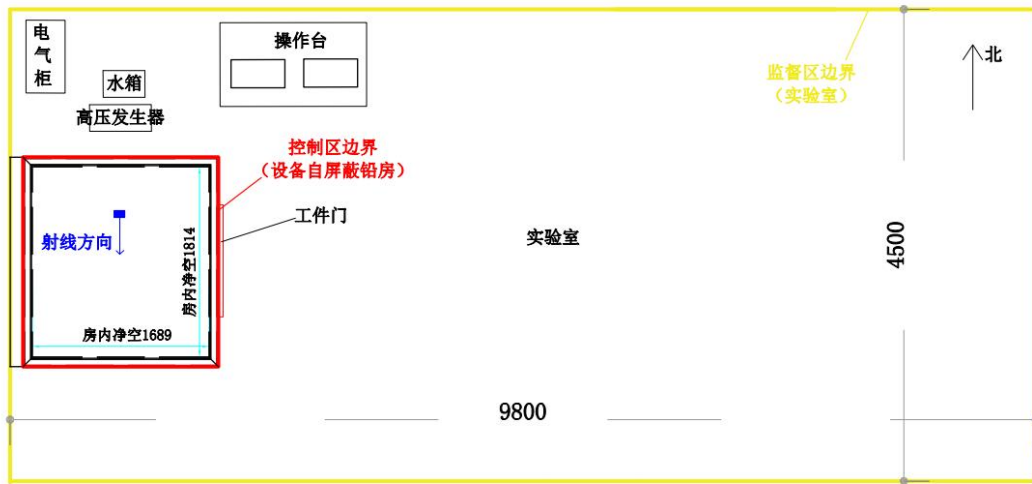


图10-1 辐射工作场所平面布置图

## 2. 辐射工作场所屏蔽设计方案

企业生产、销售、使用的工业X射线探伤装置为自屏蔽的铅房结构，尤其对X射线主线束方向的铅板进行加厚，可有效屏蔽和降低铅房周围的辐射水平。理论预测，企业生产、销售、使用的工业X射线探伤装置满足辐射防护要求。工业X射线探伤装置的屏蔽设计参数见表10-1，装置的屏蔽结构见图10-2~图10-3。

表10-2 工业X射线探伤装置的屏蔽设计参数

型号	铅房尺寸（mm）	屏蔽设计
NDR-90/225型工业X射线探伤装置	2080×1993×2440	设备内部X射线出束方向朝左（南）侧，左侧采用14mm铅板；正面、背面、右侧采用10mm铅板；顶部和底部采用9mm铅板，视窗铅玻璃采用10mm铅当量。



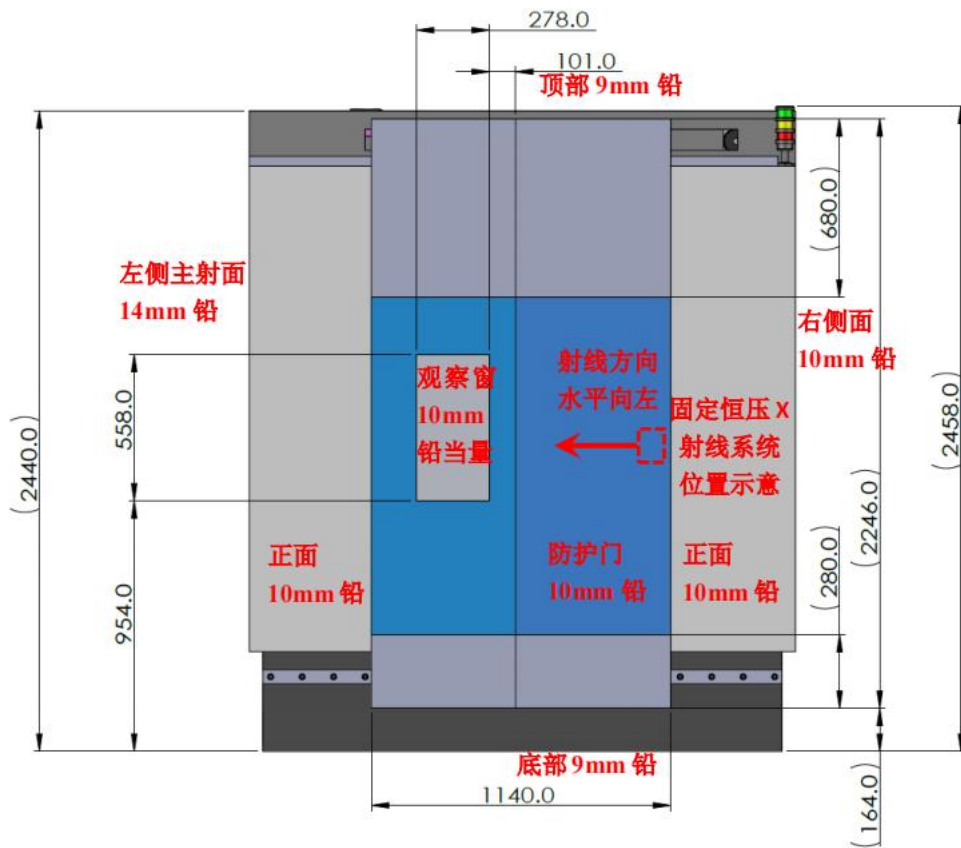


图 10-2 NDR-90/225 型工业 X 射线探伤装置正视图 (单位: mm)

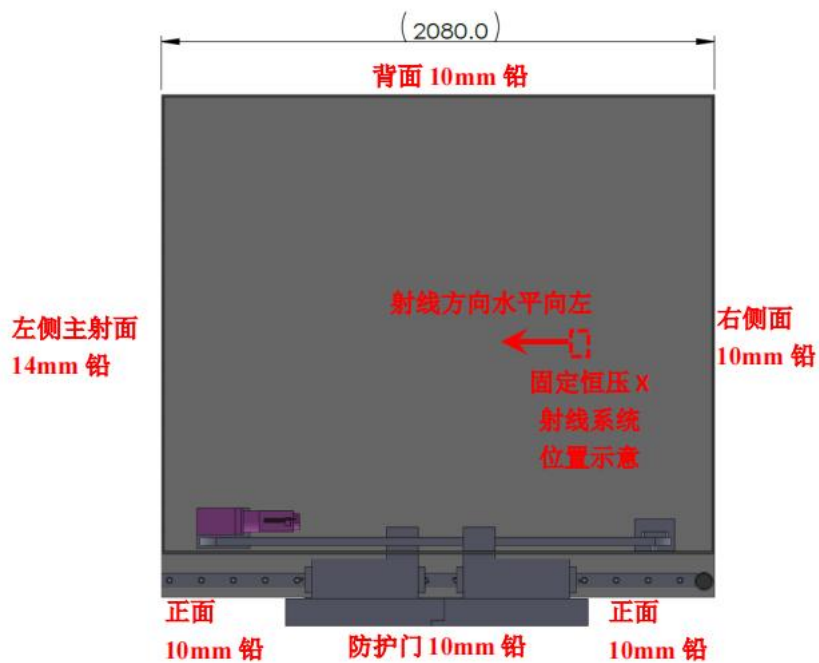


图10-3 NDR-90/225型工业X射线探伤装置俯视图 (单位: mm)

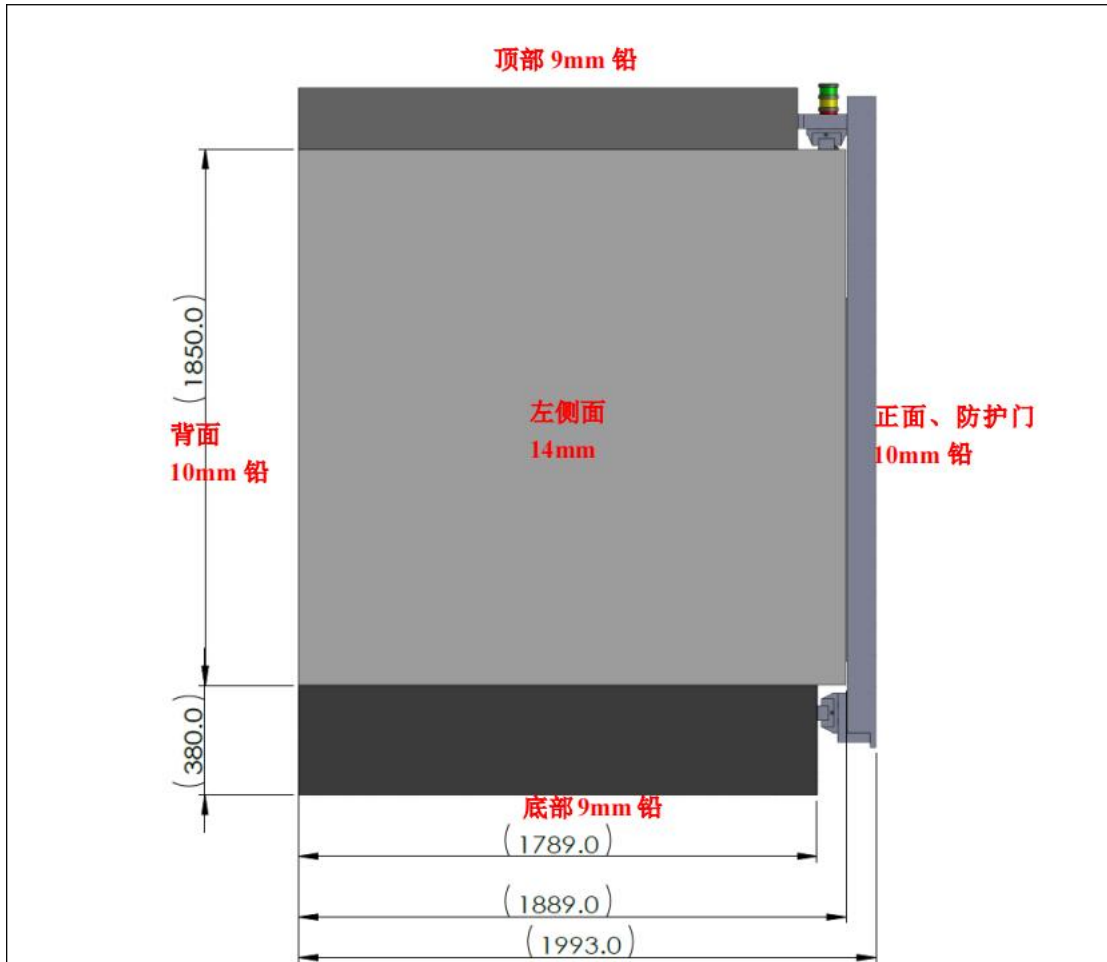


图10-4 NDR-90/225型工业X射线探伤装置左视图（单位：mm）

#### 穿屏蔽体管线的屏蔽补偿

本项目电线电缆通过屏蔽体开孔穿过屏蔽体，开孔位置位于右侧屏蔽体的右下角，出线口大小16cm×13cm，位置示意图见图10-5，该位置为X射线管主射方向的反向，且距离X射线管距离较远。线缆穿墙后，在穿孔位置的屏蔽体外采用“L”形的屏蔽补偿，屏蔽补偿示意图见图10-6。穿孔处的空隙填充铅橡胶进行补偿。

#### 通风的屏蔽补偿

本项目通风口设置在铅房顶部，通风口大小约15cm×15cm，位置示意图见图10-5。小型通风风机安装在铅房顶部的外侧，通风风机外设置“之”字形的屏蔽补偿，屏蔽补偿示意图见图10-7。

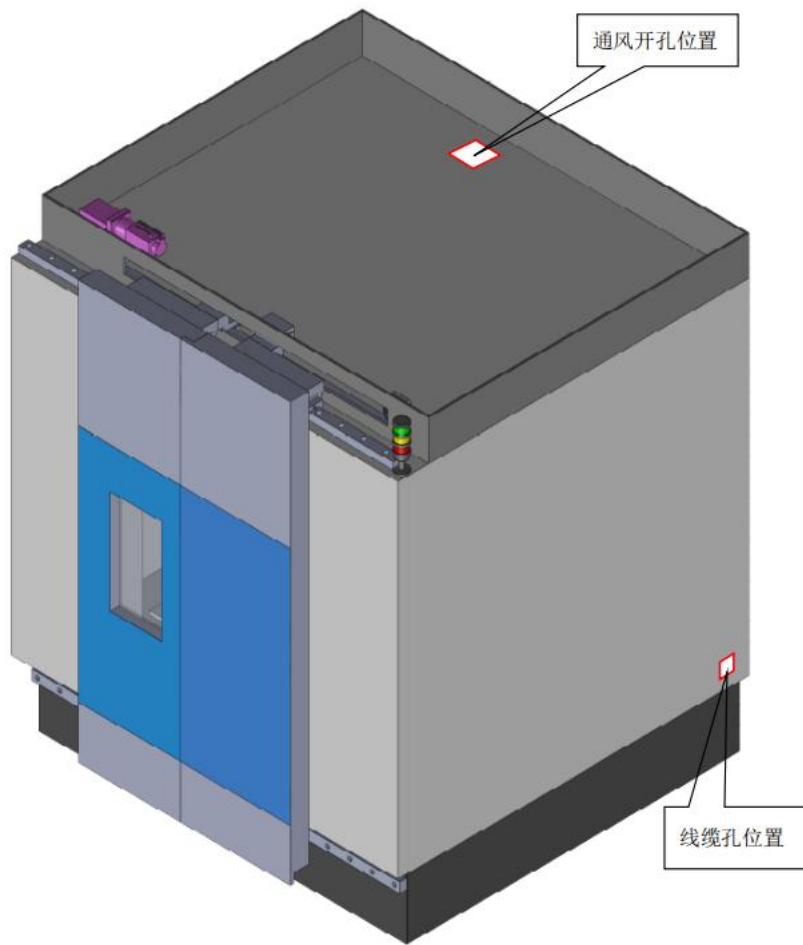


图10-5 线缆开孔位置和通风开孔位置示意图

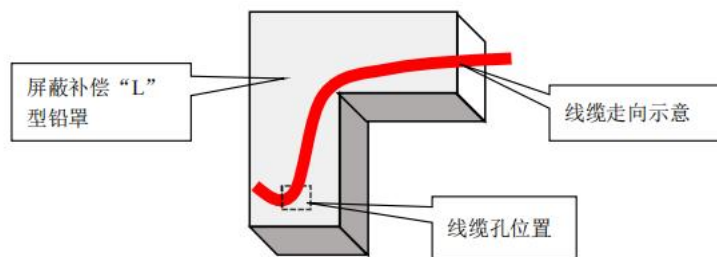


图 10-6 线缆孔屏蔽补偿示意图

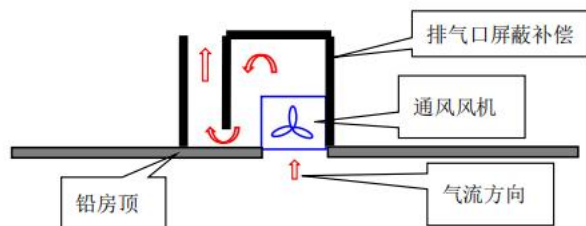


图10-7 通风口屏蔽补偿示意图

## 防护门的优化

本项目防护门为对开式防护门，两扇防护门的门缝处做成了阶梯状的拼接，铅房与防护门之间也做了“之”字形的拼接，可以有效防止射线的泄漏，门缝处的搭接措施见图10-8。

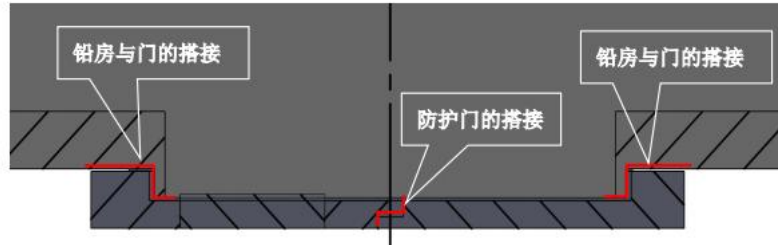


图10-8 防护门与铅房的搭接

### 3. 辐射安全设施描述及评价

(1) 门机联锁：工业X射线探伤装置（铅房）的防护门与恒压X射线系统设置了门机联锁，任何时候防护门未完全关闭，铅房内部的X射线发生器都不能接通高压出束。操作期间误打开防护门，可立即停止X射线的出束。

(2) 设备周围醒目位置设置电离辐射警告标识和工作状态指示灯，X射线出束期间工作状态指示灯亮，并具备声光报警功能。

绿色：铅房系统电源指示灯，整个系统接通电源一直保持亮；

黄色：铅房门关闭时亮起，允许开高压及出束；

红色：出束时亮起，闪动。

(3) 设备操作台上及内部安装急停开关，发生紧急状况时按下急停开关，可立即终止X射线的出束，急停开关需复位后方可进行下一次检测工作。铅房内安装1个急停开关，安装在前侧屏蔽体的中部，防护门边，具体安装位置见图10-9。

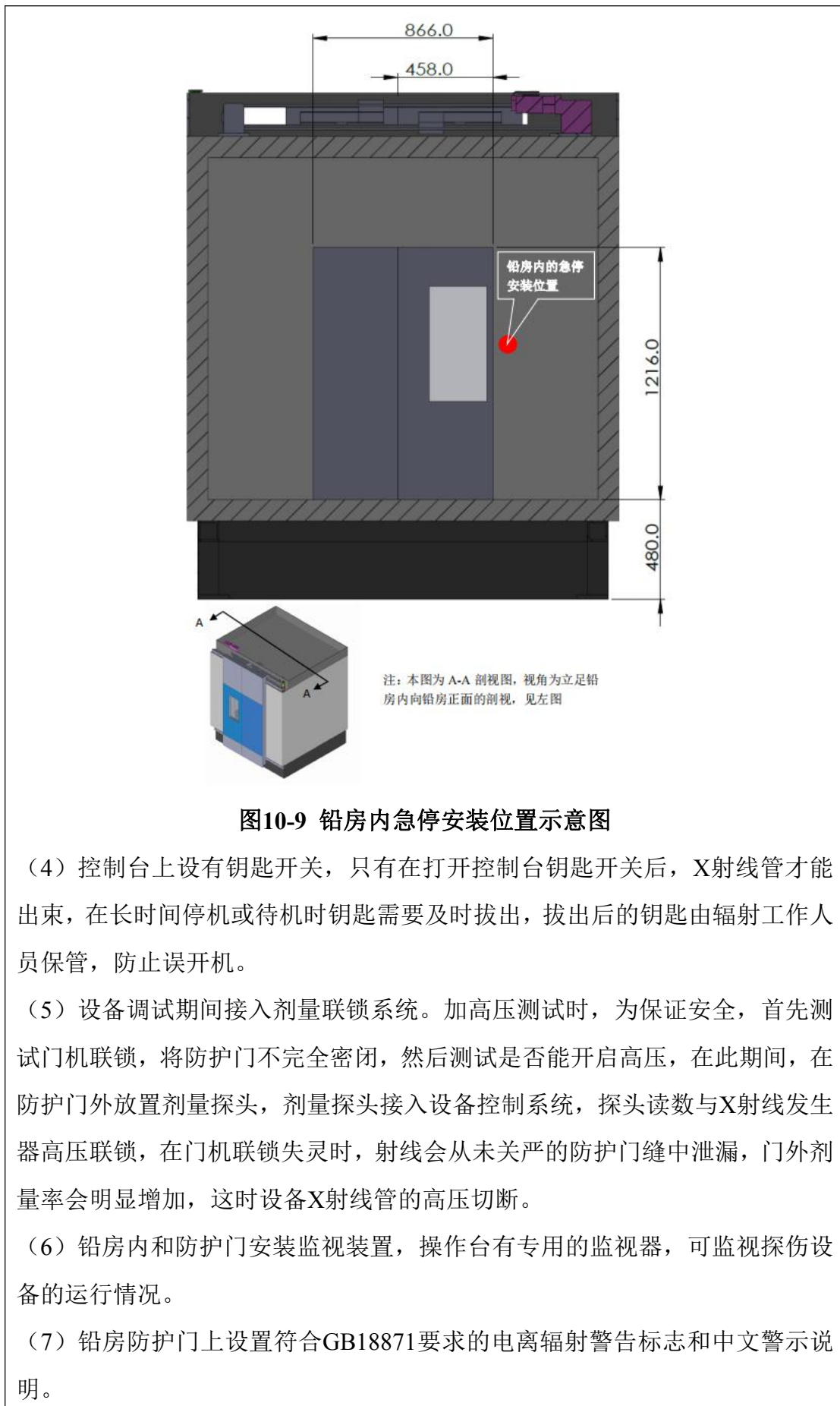


图10-9 铅房内急停安装位置示意图

(4) 控制台上设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X射线管才能出束，在长时间停机或待机时钥匙需要及时拔出，拔出后的钥匙由辐射工作人员保管，防止误开机。

(5) 设备调试期间接入剂量联锁系统。加高压测试时，为保证安全，首先测试门机联锁，将防护门不完全密闭，然后测试是否能开启高压，在此期间，在防护门外放置剂量探头，剂量探头接入设备控制系统，探头读数与X射线发生器高压联锁，在门机联锁失灵时，射线会从未关严的防护门缝中泄漏，门外剂量率会明显增加，这时设备X射线管的高压切断。

(6) 铅房内和防护门安装监视装置，操作台有专用的监视器，可监视探伤设备的运行情况。

(7) 铅房防护门上设置符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

(8) 铅房顶部和实验室设置排风口和排风风机，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。

(9) 铅房配置固定式监测仪。

(10) 配备个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式X- $\gamma$  剂量率仪。

综上所述，企业对工业X射线探伤装置的设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的要求。

### 三废的治理

本项目不产生放射性废物。在X射线管工作时，会产生少量的臭氧和氮氧化物。本项目仅进行设备出厂前的开机调试，因此单次开机时间和全年开机时间均较短，臭氧、氮氧化物的产生、排放量少。工业X射线探伤装置在铅房顶部设置排风口和排风风机，风机风量约40立方米/小时，铅房内的臭氧和氮氧化物，通过顶部排风排出至实验室。本项目工业X射线探伤装置体积约为10m<sup>3</sup>，风机风量能够满足每小时有效通风换气次数不少于3次的需求。实验室中的少量臭氧和氮氧化物通过实验室排风扇排至厂房外。

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

企业租用常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园开展核技术利用项目，无需进行混凝土浇筑等土建施工，因此没有施工期环境影响。

**运行阶段对环境的影响**

**1.运行期环境辐射水平估算**

工业X射线探伤装置工作时产生的X射线将对周围环境造成一定的辐射影响。

本项目辐射防护目标是符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的辐射防护三原则：即“实践的正当性，防护与安全的最优化和个人剂量限值”。

本项目工业X射线探伤装置采用了自屏蔽铅房结构，报告通过理论计算，预测当工业X射线探伤装置按最大工况运行时，设备铅房设计的屏蔽厚度是否能满足屏蔽要求。

人员受照剂量率可根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式进行计算，各类周围剂量当量率计算方式如下：

**(1) 有用线束方向屏蔽效果预测**

$$H=I \cdot H_0 \cdot B / R^2$$

式中：H：关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

I：工业 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ ：距辐射源点 1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，以  $\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$  为单位的值乘以  $6 \cdot 10^4$ ；本项目滤过条件为 3mm 铝，查 GBZ/T250-2014 中表 B.1 可知：200kV 时铅取  $8.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，250kV 时，铅取  $13.9 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ；使用插值法可知 225kV 时  $H_0$  为  $11.4 \text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ 。

R：辐射源至关注点的距离，m。

其中：

$$B=10^{-X/\text{TVL}}$$

B: 屏蔽透射因子;

X: 屏蔽物质厚度, mm;

TVL: 屏蔽物质的什值层厚度, 查GBZ/T 250-2014中表B.2可知: 200kV时铅取1.4mm; 250kV时铅取2.9mm; 使用插值法可知225kV时铅取2.15mm (注: 此值为X射线经强衰减后的值)。

## (2) 非有用线束方向屏蔽效果预测

### ① 泄漏辐射

$$H=H_L \cdot B/R^2$$

式中: H: 关注点泄漏辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

$H_L$ : 距靶点1m处X射线管泄漏辐射剂量率, 在X射线管电压 $<150\text{kV}$ 时, 取 $1 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ , 在X射线管电压 $>200\text{kV}$ 时, 取 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ ;

R: 辐射源靶点至关注点的距离, m;

其中:

$$B=10^{-X/\text{TVL}}$$

B: 屏蔽透射因子;

X: 屏蔽物质厚度, mm;

TVL: 屏蔽物质的什值层厚度, 查GBZ/T250-2014中表B.2可知: 200kV时铅取1.4mm; 250kV时铅取2.9mm; 使用插值法可知225kV时铅取2.15mm (注: 此值为X射线经强衰减后的值)。

### ② 散射辐射

$$H=(I \cdot H_0 \cdot B/R_s^2) \cdot (F \cdot \alpha/R_0^2)$$

式中: H: 关注点散射辐射剂量率,  $\mu\text{Sv/h}$ ;

I: X射线装置在最高管电压下的常用最大管电流, mA;

$H_0$ : 距辐射源点1m处输出量,  $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2/(\text{mA} \cdot \text{h})$ ;

$R_s$ : 散射体至关注点的距离, m; 本项目取探伤工件为散射体;

F:  $R_0$ 处的辐射野面积;  $F=\pi(0.2 \times \tan 20^\circ)(0.2 \times \tan 10^\circ)/2+\pi(0.2 \times \tan 20^\circ)^2/2=0.0124\text{m}^2$ ;

$\alpha$ : 散射因子, 入射辐射被单位面积( $1\text{m}^2$ )散射体散射到距其1m处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比,  $1.9 \times 10^{-3} \times 10000/400=0.0475$ ;



$R_0$ : 辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，取0.2m。

其中：

$$B=10^{-X/TVL}$$

B: 屏蔽透射因子；

X: 屏蔽物质厚度，mm；

TVL: 屏蔽物质的什值层厚度，查GBZ/T250-2014中表2和表B.2，当原始X射线 $200 < kV \leq 300$ 时， $90^\circ$ 散射辐射最高能量取200kV，铅的什值层厚度取1.4mm（注：此值为X射线经强衰减后的值）。

工业X射线探伤装置的屏蔽计算点位见图11-1、图11-2、图11-3。

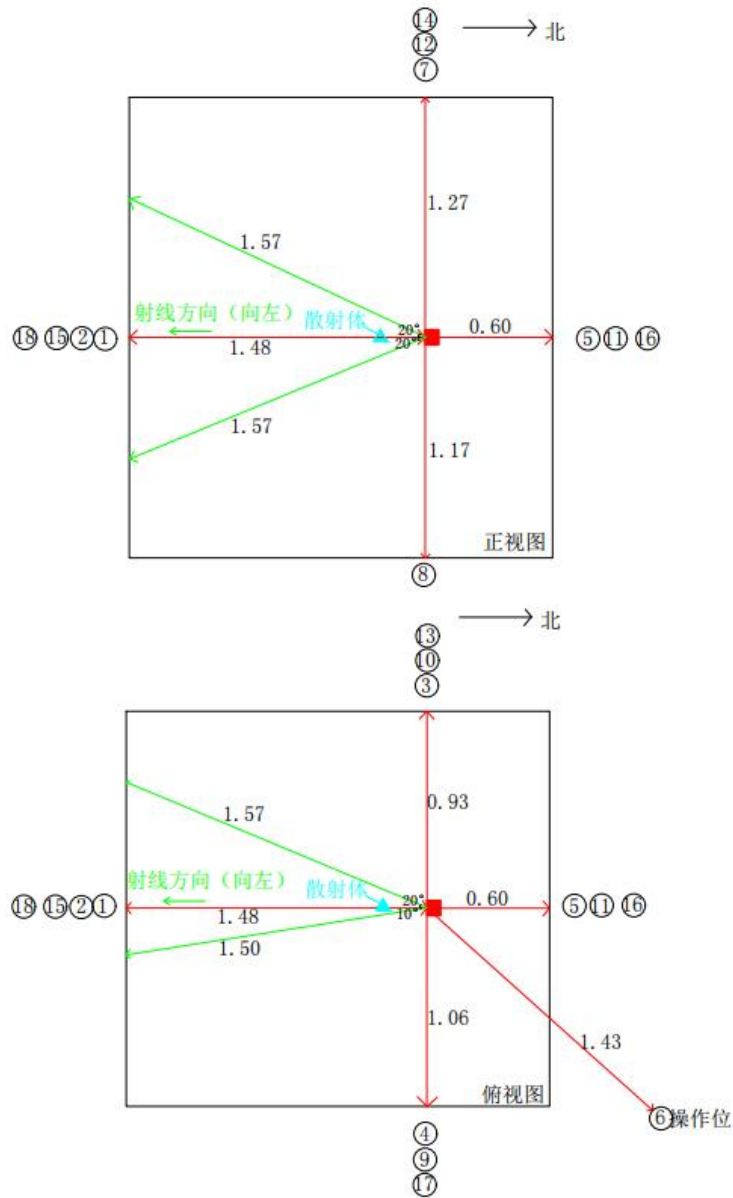


图 11-1 本项目工业 X 射线探伤装置计算点位分布示意图

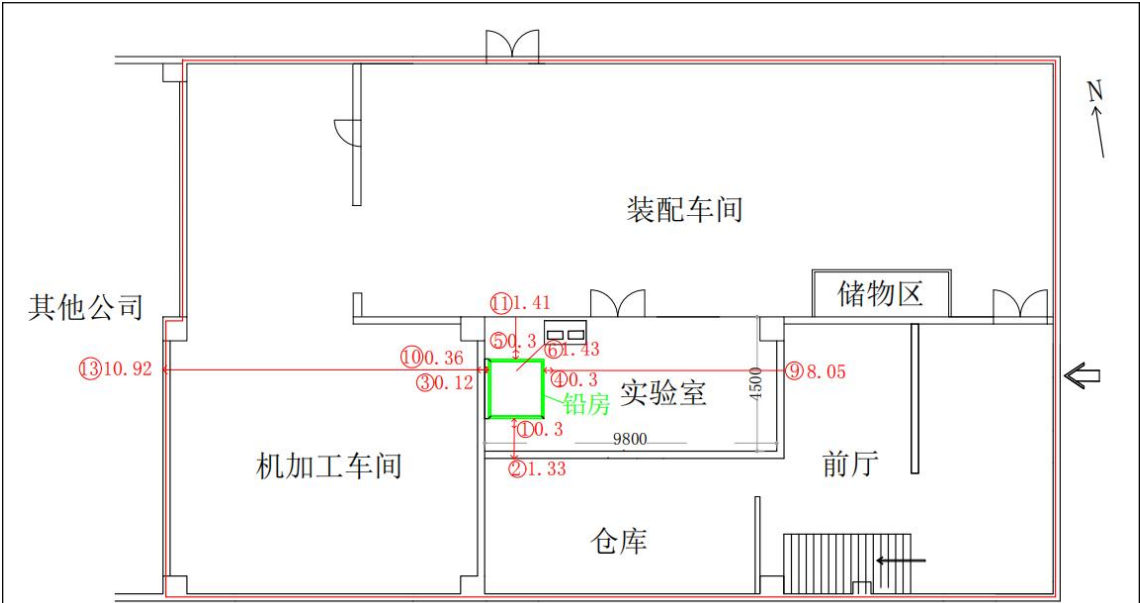


图 11-2 本项目工业 X 射线探伤装置实验室周围计算点位分布示意图

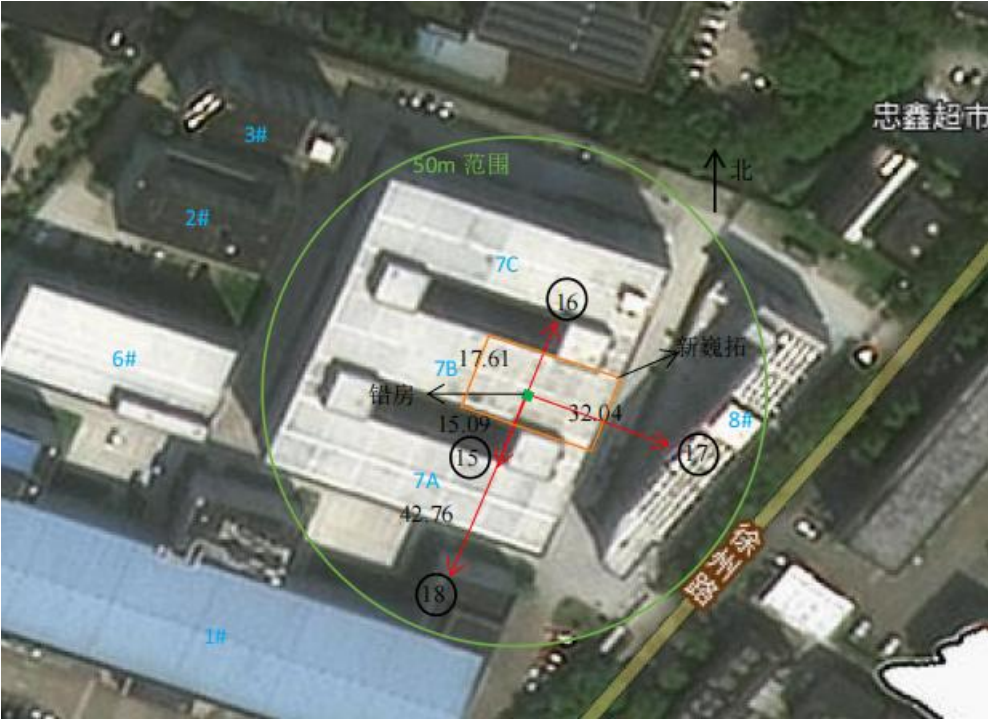


图 11-3 新巍拓周围计算点位分布示意图

工业X射线探伤装置周围的辐射环境剂量率计算结果详见表11-1、表11-2、表11-3。

表11-1 有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表

序号	关注点	设计厚度	I(mA)	$H_0$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	B①	R(m)	H( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv}/\text{h}$ )	评价
1	铅房南侧(左)	14m m铅	8	$11.4*6*10^4$	$3.1*10^{-7}$	1.78	0.535	2.5	满足
2	实验室南侧外墙	14m m铅	8	$11.4*6*10^4$	$3.1*10^{-7}$	2.81	0.215	2.5	满足

注：结合建设单位提供装置说明书，取装置表面外0.3m为关注点。

表11-2非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表1

关注点		取值							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		铅房西侧	铅房东侧	铅房北侧	工业X射线装置操作位	铅房顶部	铅房底部	实验室东侧外墙	实验室西侧外墙
屏蔽材料		10mm铅	10mm铅	10mm铅	10mm铅	9mm铅	9mm铅	10mm铅	10mm铅
泄漏辐射	B	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$
	R (m)	1.05	1.36	0.90	1.43	1.57	1.17	9.11	1.29
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	0.100	0.059	0.136	0.054	0.132	0.237	0.001	0.066
散射辐射	散射后能量对应kV值	200kV							
	B	$7.2 \times 10^{-8}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$3.7 \times 10^{-7}$	$3.7 \times 10^{-7}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$7.2 \times 10^{-8}$
	I (mA)	8	8	8	8	8	8	8	8
	$H_0 (\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h}))$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$
	F (m <sup>2</sup> )	0.0124×0.0475/0.2 <sup>2</sup> =0.015 (数据取至《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B.4.2)							
	α								
	R <sub>0</sub> (m)								
	R <sub>s</sub> (m)	1.07	1.37	1.10	1.59*	1.58	1.19	9.11	1.31
$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	0.005	0.003	0.005	0.002	0.012	0.021	$7.12 \times 10^{-5}$	0.003	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		0.105	0.063	0.141	0.056	0.144	0.259	0.001	0.070
剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

注：结合建设单位提供装置说明书，取装置表面外0.3m为关注点。

\*散射体到关注点6的R<sub>s</sub>距离由建设单位提供的平面图量取得出。

表11-3非有用线束方向屏蔽墙屏蔽效果预测表2

关注点		取值							
		11	12	13	14	15	16	17	18
		实验室北侧外墙	实验室上方一楼隔层办公室	7B一楼东侧企业西外墙	7B二楼东侧企业	7A一楼企业	7C一楼企业	8#企业	1#企业
屏蔽材料		10mm铅	9mm铅	10mm铅	9mm铅	14mm铅	10mm铅	10mm铅	14mm铅
泄 漏 辐 射	B①	$2.2 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$6.5 \times 10^{-5}$	$3.1 \times 10^{-7}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$3.1 \times 10^{-7}$
	$\dot{H}_L(\mu\text{Sv/h})$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$5 \times 10^3$
	R (m)	2.01	7.33	11.85	10.83	16.57	18.21	33.10	44.24
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	0.027	0.006	0.001	0.003	$5.65 \times 10^{-6}$	$3.32 \times 10^{-4}$	$1.00 \times 10^{-4}$	$7.92 \times 10^{-7}$
散 射 辐 射	散射后能量对应kV值	200kV							
	B②	$7.2 \times 10^{-8}$	$3.7 \times 10^{-7}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$3.7 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-10}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$7.2 \times 10^{-8}$	$1.0 \times 10^{-10}$
	I (mA)	8	8	8	8	8	8	8	8
	$H_0(\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h}))$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$	$11.4 \times 6 \times 10^4$
	F (m <sup>2</sup> )	0.0124×0.0475/0.2 <sup>2</sup> =0.015 (数据取自《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B.4.2)							
	α								
	R <sub>0</sub> (m)								
	R <sub>s</sub> (m)	2.21	7.33	11.85	10.83	16.37	18.41	33.10	44.04
$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	0.002	$7.54 \times 10^{-4}$	$5.61 \times 10^{-5}$	$3.45 \times 10^{-4}$	$4.08 \times 10^{-8}$	$2.32 \times 10^{-5}$	$7.19 \times 10^{-6}$	$5.64 \times 10^{-9}$	
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)	0.029	0.007	0.001	0.003	$5.69 \times 10^{-6}$	$3.55 \times 10^{-4}$	$1.08 \times 10^{-4}$	$7.98 \times 10^{-7}$	
剂量率参考控制水平(μSv/h)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
评价	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	

注：结合建设单位提供装置说明书，取装置表面外0.3m为关注点。

根据上述理论计算，企业生产、销售的各型号工业X射线探伤装置在最大工况下运行，设备铅房周围的环境辐射剂量率和实验室（监督区）外的环境辐射剂量率均小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的限值要求。

## 2、反散射辐射影响分析

根据《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中“3.1.2b)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辐射在相应关注点的剂量率总和，应按3.1.1c)的剂量率参考控制水平 $H_c$ （ $\mu\text{Sv/h}$ ）加以控制。”

根据表11-2，本项目顶部屏蔽体外30cm处辐射剂量率 $0.144\mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，经天空反散射到达地面辐射剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，能够满足《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求，因此不考虑天空反散射。

由于装置主射线朝左照射，漏射线和主射线经过装置左侧屏蔽体散射后到达底部，然后经过地面散射从装置底部与地面的缝隙到达装置底部四周关注点。根据表11-2计算结果，到达底部剂量率为 $0.259\mu\text{Sv/h}$ ，小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，经底部地面散射后剂量率小于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，因此计算装置周围辐射工作人员及公众的辐射剂量时以装置四周关注点的剂量率作为参考点剂量率，不考虑底部散射剂量率。

## 3、电缆口、通风口辐射影响分析

本项目电线电缆通过屏蔽体开孔穿过屏蔽体，开孔位置位于右侧屏蔽体的右下角，该位置为X射线管主射方向的反向，且距离X射线管距离较远。线缆穿墙后，在穿孔位置的屏蔽体外采用“L”形的屏蔽补偿。穿孔处的空隙填充铅橡胶进行补偿。

本项目通风口设置在铅房顶部，小型通风风机安装在铅房顶部的外侧，通风风机外设置“之”字形的屏蔽补偿。

上述补偿措施，能够最大程度上避免射线泄漏，降低电缆口和通风口的辐射水平。

## 4、人员受照剂量估算

估算模式:

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

$\dot{H}_{c,d}$ :参考点处辐射剂量率, mSv/h或 $\mu$ Sv/h;

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, h/周; 本项目设备出厂前调试时间 $t=1920/(60 \cdot 8)=4$ h/周; 本项目设备出厂后调试演示及检维修时间 $t=1920/(60 \cdot 8)=4$ h/周

其中:

$$t=W/(60 \cdot I)$$

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; 本项目周工作时间为4h, 最大管电流为8mA, 因此 $W=1920$ mA·min/周;

60: 小时与分钟的换算系数;

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); 本项目最大管电流为8mA。

(1) 设备出厂前调试过程人员受照剂量估算

人员受照剂量估算结果见表11-4。

表11-4 设备出厂前调试人员受照剂量计算结果

点 位	位置	辐射剂量率 $\mu$ Sv/h	人员	居留因子 T	使用因子 U	周剂量 ( $\mu$ Sv/周)	年受照剂量 (mSv/a)
1	铅房南侧(左)	0.535	职业人员	1	1	<b>2.140</b>	<b>0.024</b>
2	实验室南侧外墙	0.215	公众	1	1	<b>0.860</b>	<b>0.009</b>
3	铅房西侧	0.105	职业人员	1	1	0.420	0.005
4	铅房东侧	0.063	职业人员	1	1	0.252	0.003
5	铅房北侧	0.141	职业人员	1	1	0.564	0.006
6	工业X射线装置 操作位	0.056	职业人员	1	1	0.224	0.002
7	铅房顶部	0.144	职业人员	1/16	1	0.036	$3.96 \times 10^{-4}$
8	实验室东侧外墙	0.001	公众	1	1	0.004	$4.40 \times 10^{-5}$

9	实验室西侧外墙	0.070	公众	1	1	0.280	0.003
10	实验室北侧外墙	0.029	公众	1	1	0.116	0.001
11	实验室上方一楼隔层办公室	0.007	公众	1	1	0.028	$3.08 \times 10^{-4}$
12	7B一楼东侧企业西外墙	0.001	公众	1	1	0.004	$4.40 \times 10^{-5}$
13	7B二楼东侧企业	0.003	公众	1	1	0.012	$1.32 \times 10^{-4}$
14	7A一楼企业	$5.69 \times 10^{-6}$	公众	1	1	$2.28 \times 10^{-5}$	$2.50 \times 10^{-7}$
15	7C一楼企业	$3.55 \times 10^{-4}$	公众	1	1	0.001	$1.56 \times 10^{-5}$
16	8#企业	$1.08 \times 10^{-4}$	公众	1	1	$4.32 \times 10^{-4}$	$4.75 \times 10^{-6}$
17	1#企业	$7.98 \times 10^{-7}$	公众	1	1	$3.19 \times 10^{-6}$	$3.51 \times 10^{-8}$

注:设备每周开机时间不超过4h,年开机时间不超过44h;本项目位于一楼,无地下建筑,铅房底部人员无法到达,因此不计算铅房底部人员受照射剂量。

据表11-4结果, X射线探伤装置运行后, 职业人员在设备出厂前调试过程年最大受照剂量为0.024mSv/a, 公众年最大受照射剂量为0.009mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求, 并低于本项目剂量约束值: 职业人员5mSv/a, 公众0.1mSv/a。因此, 本项目X射线探伤装置的屏蔽满足辐射防护要求。

职业人员和公众每周受照的剂量最大值分别为2.140 $\mu$ Sv/周和0.860 $\mu$ Sv/周, 满足国家标准对人员周剂量参考控制水平的要求(职业人员100 $\mu$ Sv/周, 公众5 $\mu$ Sv/周)。

#### (2) 设备出厂后调试演示及检维修过程人员受照剂量估算

设备出厂后调试演示及检维修过程由本项目生产调试设备的辐射工作人员负责, 演示过程及设备维修后试运行涉及开机曝光, 时间按每台设备4h计, 年开机时间为44h。X射线开启时, 人员位于操作位, 由于客户厂内操作位距离铅房距离与企业厂内基本一致, 辐射剂量率参考企业厂内计算结果。

**表11-5 设备出厂后调试演示及检维修过程人员受照剂量计算结果**

点位	位置	辐射剂量率 $\mu$ Sv/h	人员	居留因子 T	使用因子 U	周剂量 ( $\mu$ Sv/周)	年受照剂量 (mSv/a)
1	工业X射线装置操作位	0.056	职业人员	1	1	0.224	0.002

根据表11-5结果, 职业人员在设备出厂后调试演示及检维修过程年受照剂量0.002mSv/a, 满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求, 并低于本项目剂量约束值: 职业人员5mSv/a。因此, 设备出厂后调试演示及检维修过程X射线探伤装置的屏蔽满足辐射防护要求。



职业人员每周受照的剂量为0.224 $\mu$ Sv/周, 满足国家标准对人员周剂量参考控制水平的要求(职业人员100 $\mu$ Sv/周)。

本项目设备出厂前调试过程人员主要位于操作位, 操作位职业人员受照的年有效剂量为0.002mSv/a。与设备出厂后调试演示及检维修过程受到的剂量叠加后为0.004mSv/a, 仍低于本项目剂量约束值: 职业人员5mSv/a。

因此, 本项目X射线探伤装置的屏蔽满足辐射防护要求。

## 5. 放射性固体废物和流出物排放对环境的影响

### 1) 废气处置

工业X射线探伤装置铅房内产生的臭氧和氮氧化物的量较少, 通过铅房顶部排风排出至实验室, 通过实验室排风扇将少量臭氧和氮氧化物排至厂房外。臭氧50分钟后在大气中自然分解, 对周围环境影响很小。

### 2) 废水处置

本项目所有设备均通过显示器成像, 不洗片, 无洗片废水。

## 事故影响分析

### 1、可能发生的辐射事故

①工业X射线探伤装置的密封性受到破坏, 造成X射线泄漏事故, 对辐射工作人员和公众受到意外照射;

②工业X射线探伤装置门机连锁失效, 设备防护门未关闭就对工件进行曝光, 致使人员受到意外照射。

③工业X射线探伤装置进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射。

### 2、事故处理方法及预防措施

事故预防措施主要分为硬件投入和管理措施。

#### (1) 硬件投入:

①出束调试期间, 工业X射线探伤装置的防护门口配备剂量探头并与设备高压连锁。

②调试间配备2套铅防护服, 辐射工作人员在X射线发生器加高压出束时穿着铅防护服工作, 降低射线泄漏造成的伤害。

#### (2) 管理措施:

①严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每次在调试功能、参数前，检查确认门机联锁、急停开关、工作状态指示灯等各项安全措施的有效性，严禁在联锁装置等安全设施故障的情况下开机操作。加强辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程，防止人员误入误留在装置内。

②协助专业人员对受照人员进行受照剂量估算并协助进行身体检查和医学观察。

③辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计并携带个人剂量报警仪等监测仪表。若辐射工作人员按照规定在操作时携带有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人员可立即知晓情况并按下急停开关，设备可停止出束，此时人员不会受到大剂量照射。

④每台工业X射线探伤装置开机作业需由2人或以上共同操作，开机状态下人员不得脱岗。

⑤检修人员应拔出操作台的开机钥匙或者切断设备的电源，防止设备意外启动，待检修完成才能接通电源试运行，试运行正常才能正式投用。

⑥针对可能发生的辐射安全事故，制定切实可行的辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。公司应完善应急计划演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。

⑦公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

**表 12 辐射安全管理**

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

本项目开展工业X射线探伤使用的设备为工业X射线探伤装置，属Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用Ⅱ类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。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。

新巍拓（苏州）科技有限公司拟成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备2名辐射工作人员，辐射工作人员须参加辐射安全与防护培训，考核合格后方可上岗。公司还应定期安排辐射工作人员参加复训。

**辐射安全管理规章制度**

本项目为迁建项目，新巍拓（苏州）科技有限公司已按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定了一系列辐射安全管理制度，包括探伤操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备维修制度、人员培训计划、监测方案、台账管理制度、事故应急预案等。公司还应针对本项目，对已有辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度要点完善提出如下建议：

①探伤操作规程：明确X射线探伤辐射人员的资质条件要求、X射线探伤机操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确X射线探伤机操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

②岗位职责：明确管理人员、探伤工作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

③辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是X射线探伤铅房的运行和维修时辐射安全管理。

④设备维修制度：明确X射线探伤机、辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保X射线探伤机、

剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

⑤人员培训计划：制定人员培训计划，明确培训对象、内容、周期、方式以及考核的办法等内容，并强调对培训档案的管理，做到有据可查。

⑥监测方案：制定辐射工作人员剂量监测工作制度和工作场所定期监测制度。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境部门、卫生健康部门调查处理。发现工作场所监测异常的，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境部门报告。

⑦台账管理制度：对X射线探伤机使用情况进行登记，标明设备名称、型号、电压、电流等，并对X射线探伤机使用进行严格管理。

⑧事故应急预案：依据《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》的要求完善事故应急预案。

应急预案内容包括：应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联系电话、当地的救援报警电话。

当发生事故时，公司应当立即启动辐射事故应急方案，采取有效防范措施，及时制止事故的恶化，并在1小时内向当地生态环境部门和公安部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

公司已制定了一系列辐射安全管理制度，并严格执行；公司已为辐射工作人员建立个人剂量档案和职业健康档案，定期进行个人剂量监测及职业健康体检；公司于2021年至今，X射线探伤装置均未在本项目厂内及客户厂内进行开机调试，因此现有核技术利用项目暂未开展工作场所监测及环境监测。

综上所述，公司目前辐射安全管理制度等制度执行情况良好。公司应在今后的工作实践中不断完善相关管理制度，提高制度的可操作性，并严格执行。

## 辐射监测

### 1.正常运行时环境监测方案

#### 1) 个人剂量监测

企业开展辐射工作人员个人剂量监测，每3个月将个人剂量计收集后统一送

有资质的单位检测。企业内辐射安全管理机构对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，长期保存。发现个人剂量异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

### 2) 工作场所监测

工业X射线探伤装置进行作业时辐射安全管理人员定期对工业X射线探伤装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

### 3) 环境监测

请有资质的单位定期对本项目工业X射线探伤装置周围环境辐射剂量率进行检测，每年1~2次；

辐射项目建成后3个月内，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。建设单位应参照《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》编制验收监测报告，建设单位不具备编制验收监测（调查）报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制。建设单位对受委托的技术机构编制的验收监测（调查）报告结论负责。

### 2.环境监测仪器配备

本项目运行后，企业将委托有资质单位对2名辐射工作人员开展个人剂量监测。企业已为本项目配备了2台有效的个人剂量报警仪，辐射工作人员在设备操作时随身携带，另外配备1台X-γ剂量率巡检仪，作为日常自检时使用。

### 3、现有核技术利用项目辐射监测的开展情况

公司于2021年至今，X射线探伤装置均未在本项目厂内及客户厂内进行开机调试，因此现有核技术利用项目暂未开展工作场所监测及环境监测。现有辐射工作人员均已配备个人剂量报警仪，并每三个月送有资质单位进行个人剂量监测，企业内辐射安全管理机构对个人剂量监测结果（检测报告）统一管理，建立档案，长期保存。

## 辐射事故应急

企业应完善辐射事故应急预案，规定事故后的应急措施。应急预案应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (2) 应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备；
- (3) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。
- (6) 应急组织机构中各成员的姓名和24小时联系电话以及上报环保、卫生等管理机构中事故报告部门的负责人和24小时联系电话。

对于在企业定期自我监测或委托监测时发现异常情况的，应根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《江苏省辐射污染防治条例（2018年修正本）》，并向县（市、区）或者设置区的市环境主管部门报告。在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并根据国家环保总局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，在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境部门和公安部门报告，根据《江苏省辐射污染防治条例》要求“在事故发生后一小时内向所在地生态环境和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告”；根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求“在两小时内填写初始报告，向当地人民政府生态环境主管部门报告”。

企业应加强对应急人员的培训演练，并制定培训演练计划，定期并根据人员的变动情况，对辐射应急技术人员和管理人员进行国家有关法规和应急专业知识培训和继续教育，提高应急技能。同时，定期组织开展公司内的辐射事故应急演练，根据企业实际情况，在公司相关辐射工作人员有变动的情况下应重新组织应急演练，并根据公司实际情况定期修改应急预案并组织实施。

每次演练应将培训演练情况通过文字、图片、影像等形式记录存档。企业应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目工业X射线探伤装置周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

公司已制定辐射事故应急预案，已进行组织应急演练，公司应在今后的应急演练中不断完善应急预案，提高制度的可操作性，严格执行。

## 表 13 结论与建议

### 结论

#### 1、实践正当性

根据企业自身发展，新巍拓（苏州）科技有限公司由原厂址搬迁至常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园7B一楼东侧。项目建成后，推动了项目所在地X射线图像铸造缺陷的智能识别设备研发及产业化领域的发展，具有良好的社会效益和经济效益。在落实本次环评辐射防护和辐射安全管理后，其获得的效益远大于对环境的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

#### 2、“三线一单”及产业政策相符性

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线、江苏省生态空间管控区域。根据《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49号），本项目拟建址评价范围内不涉及江苏省内优先保护单元。

对照《产业结构调整指导目录（2019年本）》、《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》（2021年第49号令），本项目为生产、销售、使用工业X射线探伤装置，本项目不属于限制类、淘汰类，故本项目的建设符合国家现行产业政策。

#### 3、辐射安全与防护分析结论

##### （1）选址、布局合理性

新巍拓（苏州）科技有限公司厂址位于常熟市虞山高新区建业路2号常熟先进制造业科技园7B一楼东侧。产业园东侧为徐州路，道路以东为常熟星和电机有限公司、邵家村小区；南侧为建业路，道路以南为汀伊兰服饰；西侧为江苏新泰针织有限责任公司；北侧为常熟市忠鑫织造有限公司。

7B厂房为四层建筑，本项目工业X射线探伤装置位于7B厂房一楼东侧实验室内。实验室东侧为前厅；南侧为仓库；西侧为机加工车间；北侧为装配车间；实验室楼上隔层为办公室及会议室；楼上（二楼）为空置厂房，下方为土层，无地下建筑。企业平面布局见附图。铅房周围50m范围均为产业园内部厂房及

内部道路，没有居民区、学校等环境敏感目标。

本项目拟将X射线探伤装置铅房边界作为控制区边界，将X射线探伤装置所在实验室作为辐射防护监督区。本项目辐射防护分区的划分符合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

## **（2）辐射防护措施**

企业生产、销售、使用的工业X射线探伤装置为自屏蔽的铅房结构。装置上均设置电离辐射警告标识和工作状态指示灯，防护门和X射线装置高压出束设置门机联锁，人员在控制台上进行操作，控制台设钥匙开关，设备的操作台及铅房内部设置急停开关。上述安全设施设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中有关门机联锁、工作状态指示灯、急停开关、安全警告标识等安全措施的要求。

在落实以上辐射措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

## **（3）辐射安全管理**

公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前制定和完善辐射安全管理制度。本项目拟配备的2名辐射工作人员均须参加辐射安全与防护知识的培训，通过考核后才能上岗。公司拟对2名辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并拟为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

公司拟为本项目X射线探伤装置配备1台环境辐射剂量巡测仪和2台个人剂量报警仪，能够满足审管部门关于仪器配置的要求。

公司应定期检查辐射防护措施，确保有效。

在落实以上辐射安全管理措施后，本项目的辐射安全管理措施能够满足辐射安全管理要求。

# **4、环境影响分析结论**

## **（1）辐射防护影响预测**



根据理论计算，工业X射线探伤装置在最大工况（管电压225kV，管电流8mA），射线方向固定朝向左（南）侧壁，设备周围50米范围内环境辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）及《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中关注点剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

### （2）保护目标剂量

根据理论计算可知，本项目投入运行后辐射工作人员和公众的最大年受照剂量均满足本项目剂量约束值（职业人员 $5\text{mSv/a}$ ，公众 $0.1\text{mSv/a}$ ）。同时满足《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》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）中的人员周剂量参考控制水平（职业工作人员： $H_c \leq 100\mu\text{Sv/周}$ ；公众： $H_c \leq 5\mu\text{Sv/周}$ ）的要求。

### （3）非辐射污染源分析

工业X射线探伤装置铅房内产生的臭氧和氮氧化物的量较少，通过铅房顶部排风排出至实验室，通过实验室排风扇将少量臭氧和氮氧化物排至厂房外。臭氧50分钟后在大气中自然分解，对环境影响较小。

## 5、辐射环境管理

（1）委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；

（2）本项目已配置1台环境辐射剂量巡测仪及2台个人剂量报警仪，用于对工业X射线探伤装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警。

（3）在项目运行前，公司委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。

（4）在项目运行前对辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。

（5）公司成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。同时在项目运行前制定完善的辐射安全管理制度；公司本项目配备的辐射工作

人员在上岗前参加并通过辐射安全与防护知识的培训；

综上所述，“新巍拓（苏州）科技有限公司生产、销售、使用工业X射线探伤装置搬迁项目”符合实践正当性原则。拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目目标管理值的要求。本项目在落实本报告提出各项污染防治措施和管理措施后，该项目将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

#### 建议和承诺

（1）该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

（2）各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

（3）定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

（4）项目建成后企业应及时办理自主验收相关手续。

**表 14 审批**

下一级环保部门预审意见：

公章

经办人

年 月 日

审批意见：

公章

经办人

年 月 日

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资（万元）
辐射安全管理机构	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派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	公司成立辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员职责，并配备1名大学本科学历人员从事辐射防护管理工作	5
辐射安全和防护措施	NDR-90/225型工业X射线探伤装置铅房主照面（左侧）采用14mm铅板；正面、背面、右侧采用10mm铅板；顶部和底部采用9mm铅板，视窗铅玻璃采用10mm铅当量。	铅房周围30cm处辐射剂量率满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）中关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于2.5μSv/h的要求。人员年受照剂量满足剂量约束值：职业人员5mSv/a、公众0.1mSv/a的要求；同时满足人员周剂量参考控制水平（职业人员100μSv/周、公众5μSv/周）	9
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯、急停开关等）	满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022，2023年3月1日实施，替代GBZ117-2015）的要求	2
人员配备	辐射安全管理人员和操作人员参加生态环境部门培训，通过考核，持证上岗	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求	1
	辐射工作人员每季度接受剂量监测，建立个人剂量检测档案	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求	0.5
	辐射工作人员每年接受职业健康监护，建立健康档案	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求	0.5
监测仪器和防护用品	工作场所配置1台巡检仪，企业平时自检使用	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求	1
	每名辐射工作人员配备1台有效的个人剂量报警仪，开展辐射工作时随身携带。工作场所配备2套铅防护服，工作人员在开展调试工作时穿戴	符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求	0.5
辐射安全管理制度	操作规程、岗位职责、辐射防护制度、安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训制度、台帐管理制度和监测方案、辐射事故应急措施	制度完善，并具有可操作性	0.5
总计	—	—	20