

核技术利用建设项目
使用 II 类射线装置项目
环境影响报告表

建设单位：北京光影智测科技有限公司

二〇二五年七月

生态环境部监制

核技术利用建设项目
使用 II 类射线装置项目
环境影响报告表



建设单位名称：北京光影智测科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：北京市丰台区汽车博物馆西路 10 号院

邮政编码： 100070

联系人：牛丛

电子邮箱： 573073762@qq.com

联系电话： 13811426894

打印编号：1747980448000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	9f0899		
建设项目名称	使用II类射线装置项目		
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）	北京光影智测科技有限公司		
统一社会信用代码	91110400MA04BP4A6F		
法定代表人（签章）	朱国柱		
主要负责人（签字）	朱溢侯		
直接负责的主管人员（签字）	周雪微		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	北京普冠科技有限公司		
统一社会信用代码	91110112MA04CQ760M		
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
王志红	2014035370350000003510370575	BH024934	王志红
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
王志红	项目基本情况、放射源、非密封性放射性物质、射线装置、废弃物、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状、项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议、审批	BH024934	王志红

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	8
表 3 非密封放射性物质.....	8
表 4 射线装置.....	9
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	10
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	18
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.....	32
表 12 辐射安全管理.....	48
表 13 结论与建议.....	57
表 14 审批.....	59

表 1 项目基本情况

建设项目名称		使用 II 类射线装置项目			
建设单位		北京光影智测科技有限公司			
法人代表	朱国柱	联系人	牛丛	联系电话	13811426894
注册地址		北京市丰台区汽车博物馆西路 10 号院 9 号楼东塔 3 层 303 号			
项目建设地点		北京市丰台区南苑路 112 号院 4 号厂房			
立项审批部门		无	批准文号	无	
建设项目总投资(万元)		1000	项目环保投资(万元)	5	投资比例（环保投资/总投资） 0.5%
项目性质		■新建 □改建 □扩建 □其它		建筑面积(m ²)	947
应用类型	放射源	□销售	□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类		
		□使用	□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类		
	非密封放射性物质	□生产	□制备 PET 用放射性药物		
		□销售	/		
		□使用	□乙 □丙		
	射线装置	□生产	□II类 □III类		
		□销售	□II类 □III类		
		■使用	■II类 □III类		
其他					
<p>1.1 建设单位概况</p> <p>北京光影智测科技有限公司（以下简称北京光影或公司）创建于 2021 年，公司总部江苏光影智测科技有限公司（以下简称光影智测）位于江苏省常州市，作为一家专业从事智能工业 CT 设备和软件研发、生产、销售和服务于一体的创新型高科技企业，已开发出 8 个系列 21 款产品，包括桌面 CT、高精度显微 CT、高能工业 CT、快速平板 CT、高精度平板 CT、科学级纳米 CT、卧式 CT 和加速器 CT。在工业 CT 扫描成像、重构、自动识别三大环节拥有完全自主知识产权的核心算法及高效的软硬件一体化设计能力。特别是在国内新能源汽车行业，结合市场发展需求，成功研制开发了新一代智能高速工业 CT，正式将 CT 从实验室导入工业产线，检测效率领先同业一个或数个数量级以上，应用前景广阔。</p> <p>北京光影智测科技有限公司（本项目建设单位）位于北京中关村丰台园，主要负责光影智测北方市场的运营及销售，目前公司定位方向为以销售为主的使用展示中心，并</p>					

得到了公司总部的资金支持及人才培养。

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

1.2.1 核技术利用现状情况

北京光影于 2023 年 3 月 27 日办理了辐射安全许可证，许可证编号京环辐证 [G0507]，有效期至 2028 年 3 月 26 日，其种类和范围为：销售II类射线装置。

已获得许可销售的射线装置为 27 台II类射线装置，以上装置履行了环保手续。证载射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 已许可销售的射线装置环保手续履行情况

序号	射线装置名称	类别	数量	活动种类	备案号
1	高速工业CT系统	II	5	销售	202311010600001471
2	桌面型工业CT系统	II	2	销售	
3	桌面型工业CT系统	II	2	销售	
4	高精度平板CT系统	II	2	销售	
5	高精度平板CT系统	II	2	销售	
6	在线高速平板CT系统	II	5	销售	
7	高分辨率工业CT系统	II	5	销售	
8	科学性微纳米CT系统	II	2	销售	
9	高能工业CT系统	II	2	销售	

1.2.2 辐射安全管理情况

(1) 辐射安全管理机构

北京光影成立了辐射安全领导小组。辐射防护负责人为安全总监周雪微，成员为相关部门主要负责人员。辐射安全领导小组成员见表 1-2。

表 1-2 辐射安全领导小组组成情况一览表

序号	人员类别	姓名	性别	职务或职称	工作部门	专/兼职	备注
1	辐射防护负责人	周雪微	女	安全总监	办公室	兼职	成绩单号： FS23BJ1201165
2	成员	朱溢佺	男	软件研发总监	办公室	兼职	
3	成员	张慧滔	男	部长	设计部	兼职	
4	成员	杨劲华	男	部长	安全部	兼职	
5	成员	石皓宇	男	部长	测试部	兼职	

6	成员	牛丛	女	专管员	办公室	专职	
---	----	----	---	-----	-----	----	--

(2) 现有辐射安全管理制度

北京光影制定了辐射安全管理制度，包括：《辐射安全防护管理工作制度》《辐射安全管理机构及职责》《岗位职责》《人员健康管理及培训制度》等。

(3) 辐射工作人员培训

目前，公司有辐射防护负责人及 3 名辐射工作人员均已参加了生态环境部组织的辐射安全和防护考核，并考核合格。

(4) 个人剂量检测

北京光影从事辐射工作的人员均配备了个人剂量计，并委托北京贝特莱博瑞技术检测有限公司进行个人剂量检测，每季度检测 1 次，个人剂量档案齐全。

2024 年度北京光影辐射工作人员的个人剂量检测结果统计表明，接受个人剂量监测人员 12 人，年受照剂量最大值为 0.282mSv/a，小于本单位剂量约束限值 2mSv/a。截至目前，以上 12 人中已有 6 名工作人员离职，其余为 3 名管理人员和 3 名销售人员。

(5) 现有辐射防护监测设备

北京光影已配备个人剂量报警仪 3 台，用于销售过程中的辐射环境监测。监测设备均运行良好，处于设备检定有效期内。

(6) 工作场所及辐射环境监测

北京光影仅从事销售射线装置工作，不涉及辐射工作场所监测公祖。

(7) 辐射事故应急管理

北京光影依据《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》等法律法规的要求，制定了关于本单位辐射项目的辐射事故（件）应急预案，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理放射事故，保护工作人员和公众的健康与安全，同时在预案中进一步明确规定本单位有关意外放射事件处理的组织机构及其职责、事故报告、信息发布和应急处理程序等内容。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。

(8) 其他情况

2024 年度，北京光影较圆满地完成了各项辐射安全防护工作，依据法律法规对本单

位射线装置的安全和防护状况进行了年度评估，并如实上报了年度评估报告。

1.3 项目概况

1.3.1 项目由来

北京光影智测科技有限公司办公地址位于北京市丰台区汽车博物馆西路 10 号院 9 号楼东塔 3 层 303 号，从事 II 类射线装置销售业务。公司战略目标主要分为三个阶段，短期目标（1-3 年）：进军销售市场，提升市场份额，提高盈利能力；中期目标（3-5 年）：拓展业务领域，成立使用展示中心，实现多元化发展；长期目标（5-10 年）：增加研发资质，增强核心竞争力，成为无损检测领军企业，引领行业发展。

目前，北京光影短期目标已经圆满完成，亟待开展使用展示中心业务，实现中期目标。原办公场所因空间结构和功能限制，无法满足新增业务的场地需求，因此租赁丰台区南苑路 112 号院（首农发展创新科技产业园）4 号厂房，使用 II 类射线装置进行产品展示及检测服务业务，并为长期目标预留研发空间。

4 号厂房现状为一层独栋厂房，改造装修后分隔为办公、检测/展示、库房三个区域，办公区及检测/展示间开展射线装置的销售、使用及展示工作，库房区为今后的设备研发预留区域，近期用于储存射线装置及其配套设备。本项目投入运行后，原丰台区汽车博物馆西路 10 号院 9 号楼东塔 3 层 303 号办公场所不再使用，整体搬迁至 4 号厂房进行办公。

1.3.2 建设内容及规模

本项目位于丰台区南苑路 112 号院，建设内容为在 4 号厂房检测/展示间使用 5 台工业 CT 系统用于无损检测及产品展示，分别为使用 1 台 Flash-130CT 型工业 CT 系统（130kV/0.5mA）、使用 1 台 Nano-160CT 型工业 CT 系统（160kV/0.5mA）、使用 1 台 HR-225CT 型工业 CT 系统（225kV/2mA）、使用 1 台 HR-300CT 型工业 CT 系统（300kV/3mA）、使用 1 台 Lami-160CT 型工业 CT 系统（160kV/0.5mA），以上设备均自带铅房进行屏蔽防护。设备技术参数见表 1-3。

表 1-3 本项目拟使用的设备参数一览表

序号	设备名称	型号	类别	最大管电压(kV)	最大管电流(mA)	照射方向	使用量(台)
1	高精度平板 CT 系统	Lami-160CT	II	160	0.5	自下向上	1
2	高分辨工业 CT 系统	HR-225CT	II	225	2	自西向东	1

3		HR-300CT	II	300	3	自西向东	1
4	在线高速平板 CT 系统	Flash-130CT	II	130	0.5	自下向上	1
5	科学型微纳米 CT 系统	Nano-160CT	II	160	0.5	自东向西	1

1.3.3 劳动定员

北京光影现有辐射工作人员 3 名，负责公司的销售业务，本项目开展后转岗为工业 CT 操作人员，兼职销售业务。本项目配备辐射工作人员 10 名（含新增 7 人），负责无损检测及产品展示。本项目配备的辐射工作人员具体情况见表 1-4，本项目开展前，所有辐射工作人员均应通过生态环境部组织的辐射安全与防护考核。

表 1-4 本项目涉及辐射工作人员及考核情况

所属部门	人员配置	姓名	拟定工作岗位	考核证书编号	证书有效期	备注
测试部	新增操作人员 7人	王兴涛	操作岗	FS23BJ1201163	2023年07月14日至 2028年07月14日	本项目开展后只参与工业 CT 操作工作
		孟凡松	操作岗	FS24BJ1201488	2024年12月02日至 2029年12月02日	
		田文灏	操作岗	FS25BJ1200097	2025年3月27日至2030 年3月27日	
		石林萍	操作岗	FS25BJ1200066	2025年3月6日至2030 年3月6日	
		翟欣雅	操作岗	FS25BJ1200278	2025年7月22日至2030 年7月22日	
		刘志恒	操作岗	FS22BJ1200752	2022年09月02日至 2027年09月02日	
		周智培	操作岗	暂无	/	
	现有销售人员 3人	石皓宇	操作岗、销售岗	FS22BJ1200619	2022年08月15日至 2027年08月15日	本项目开展后参与工业 CT 操作工作，兼职销售业务
		郑亚楠	操作岗、销售岗	FS22BJ1200620	2022年08月15日至 2027年08月15日	
		邹家杰	操作岗、销售岗	FS22BJ1200621	2022年08月15日至 2027年08月15日	

1.3.4 项目选址及周边环境情况

首农发展创新科技产业园（以下简称产业园）位于北京市丰台区南苑路 112 号，占地 80 余亩，由首农食品集团旗下的首农发展打造，是丰台区未来食品产业的重要承载地。本项目所在 4 号厂房（北京光影）位于产业园北部，4 号厂房周边环境如下：

4 号厂房北侧隔园区路及空地 28m 处为产业园北院墙，院墙北侧为停车场；

4 号厂房东侧隔园区路 15m 处为迈德康纳生物医药有限公司厂房（共一层），东侧约 275 米处为产业园东院墙；

4号厂房西侧12m处为首农发展综合楼（共四层），西侧约205m处为产业园西院墙，西南约26m处为北方昆曲剧院、北京京粮兴业商业管理有限公司（共五层）；

4号厂房南侧隔空地51m处为中欧地理标志文化贸易馆（共一层），南侧约110m处为产业园南院墙，东南约26m处为食品营养中心。

1.3.5 辐射工作场所布局

4号厂房为一层砖混结构，无地下层，建筑面积947m²，南北宽14.49m，东西长65.35m，层高6m。4号厂房布局从西至东依次为办公区、检测/展示区、库房区。

拟建项目辐射工作场所平面布局见图1-1。

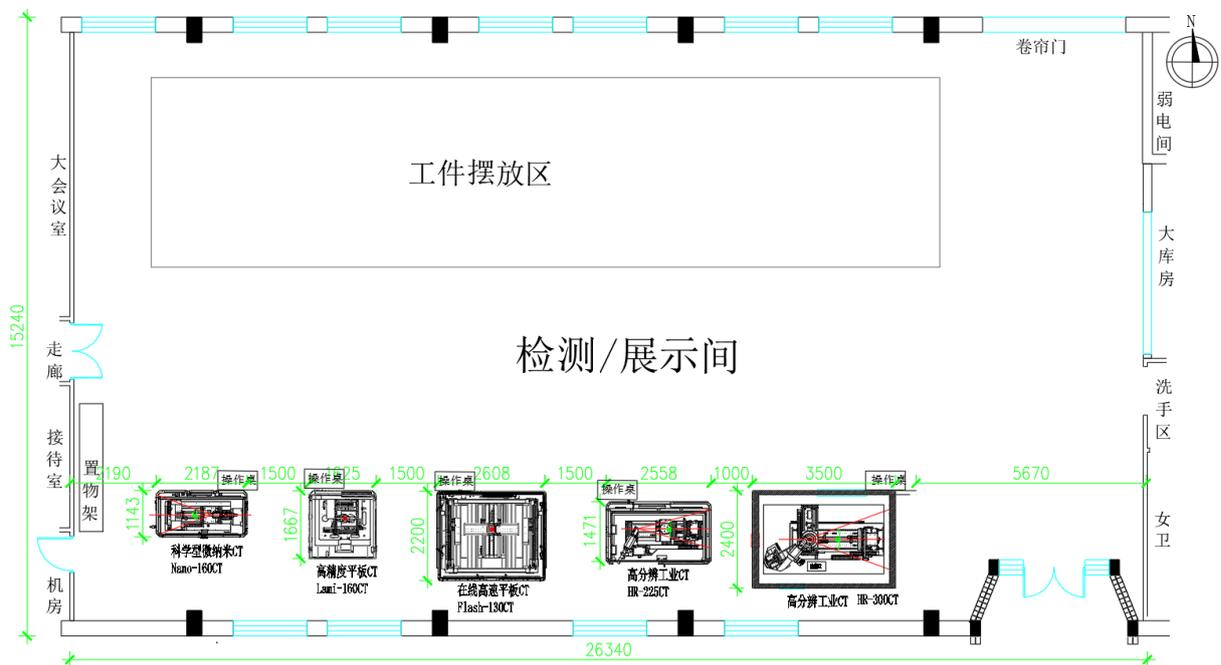


图 1-1 辐射工作场所（检测/展示间）平面布局图

1.3.6 选址可行性分析

项目选址位于4号厂房，北京光影已与北京京粮兴业商业管理有限公司签订房屋租赁合同，本项目50m评价范围内除本建筑外，其他建筑均为产业园内生产、办公用房，无居住、教育等敏感建筑物，因此从辐射安全角度分析，本项目选址是合理的。

1.4 项目建设必要性和实践正当性

北京作为全国科技创新中心，聚集了各行各业的领军企业，也涵盖了众多专注于细分领域的小微企业（以及科研机构、高校院所等），此类客户在生产研发过程中需要对样品进行无损检测时，会面临三大难以规避的难题：一是工业CT购置、维护费用高，

小微企业往往难以承受；二是通用检测方案难以适配特殊样品（如异形构件、高集成度芯片等）；三是北京及周边地区专业的检测服务企业较少，如果运至江苏光影智测科技有限公司进行检测，时间成本及运输风险都令该类客户望而却步。

本项目使用的 5 台工业 CT 系统型号各异，HR-225CT、HR-300CT 设备主要用于内部缺陷分析；Lami-160CT 主要用于对大尺寸 PCB 板、芯片内部缺陷、高密度封装电子元器件等的多维成像检测；Nano-160CT 适用于纳米材料、生物组织等中小型尺寸样品的超高分辨检测；Flash-130CT 用于小尺寸零部件的成像检测。以上设备几乎能涵盖小微企业的所有检测需求，此外还作为 Demo 机兼具展示功能，为潜在客户提供实体外观及现场演示操作，客户直观了解设备性能与检测效果，有效促进销售市场推广，进一步体现了本项目设备配置的科学性与实用性。因此本项目使用 5 台不同型号的工业 CT 系统对于公司的长远发展及社会的需求都是十分必要，也是十分迫切的。

尽管本项目工业 CT 系统对周边环境有少许辐射影响，但是借助上述设备用于产品展示及无损检测，为小微企业提供专业的检测服务，确保了产品质量安全；向社会输送优质的工业 CT 设备，为客户定制专用软件算法，提高设备精度、效率，提升区域整体检测水平，所获社会效益及经济利益远大于其产生的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求，故上述设备的使用具有实践正当性和建设必要性。

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
	无							

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
	无									

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 (Sv/h)	用途	工作场所	备注
	无									

(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	高精度平板 CT 系统	II	1 台	Lami-160CT	160	0.5	工业探伤	丰台区南苑路 112 号院 4 号厂房检测/展示间	照射方向：自下向上
2	高分辨工业 CT 系统	II	1 台	HR-225CT	225	2	工业探伤		照射方向：自西向东
3		II	1 台	HR-300CT	300	3	工业探伤		照射方向：自西向东
4	在线高速平板 CT 系统	II	1 台	Flash-130CT	130	0.5	工业探伤		照射方向：自下向上
5	科学型微纳米 CT 系统	II	1 台	Nano-160CT	160	0.5	工业探伤		照射方向：自东向西

(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	
	无												

表 6 评价依据

法规文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令[2014]第 9 号，2015 年 1 月 1 日起实施；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2002 年 10 月 28 日通过，2003 年 1 月 1 日起施行；2016 年 7 月 2 日第一次修正；2018 年 12 月 29 日第二次修正；</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[2003]第 6 号，2003 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 9 月 14 日经国务院令 449 号公布；2014 年 7 月 29 日经国务院令 653 号修订；2019 年 3 月 2 日经国务院令 709 号修订；</p> <p>(5) 《建设项目环境保护管理条例》，1998 年 11 月 29 日国务院令 253 号发布施行；2017 年 7 月 16 日国务院令 682 号修订，2017 年 10 月 1 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2006 年 1 月 18 日原国家环境保护总局令 31 号公布；2008 年 12 月 6 日经原环境保护部令 3 号修改；2017 年 12 月 20 日经原环境保护部令 47 号修改；2019 年 8 月 22 日经生态环境部令 7 号修改；2021 年 1 月 4 日生态环境部令 20 号修改并实施；</p> <p>(7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 版）》，生态环境部令[2020]第 16 号，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和防护管理办法》，原环境保护部令 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；</p> <p>(9) 关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部 原国家卫生和计划生育委员会公告[2017]第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行；</p> <p>(10) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，原北京市环境保护局文件，京环发[2011]347 号；</p> <p>(11) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告，国环规环评[2017]4 号，原环境保护部，2017 年 11 月 20 日；</p> <p>(12) 原北京市环境保护局办公室《关于做好辐射类建设项目竣工环境保护验收工作的通知》，京环办[2018]24 号，2018 年 12 月 6 日；</p> <p>(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》，生态环境部公告[2019]第 57 号，2019 年 12 月 23 日起施行；</p>
------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>(14) 《关于发布<建设项目环境影响报告书(表)编制监督管理办法>配套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 11 月 1 日起施行；</p> <p>(15) 《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；</p> <p>(16) 《北京市城乡规划条例》，2019 年 3 月 29 日修订；</p> <p>(17) 北京市生态环境局关于发布《〈建设项目环境影响评价分类管理名录〉北京市实施细化规定(2022 年本)》的通告，2022 年第 4 号，2022 年 4 月 1 日起实施；</p> <p>(18) 《北京市新增产业的禁止和限制目录(2022 年版)》。</p>
<p>技术标准</p>	<p>(1) 《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)；</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 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)；</p> <p>(4) 《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)；</p> <p>(5) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；</p> <p>(6) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)；</p> <p>(7) 《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》(DB11/T1033-2025)；</p> <p>(8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 环评委托书；</p> <p>(2) 施工图、辐射安全管理制度等；</p> <p>(3) 《II类非医用 X 线装置监督检查技术程序》，生态环境部，2020 版；</p> <p>(4) 建设单位提供的其他技术资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

7.1 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）中“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”的要求，本项目检测/展示间内射线装置布置靠近 4 号厂房南墙，因此确定本项目评价范围为：以检测/展示间南墙、东墙、西墙及检测/展示间中轴线为界，半径 50m 范围内的区域，评价范围如图 7-1 所示。

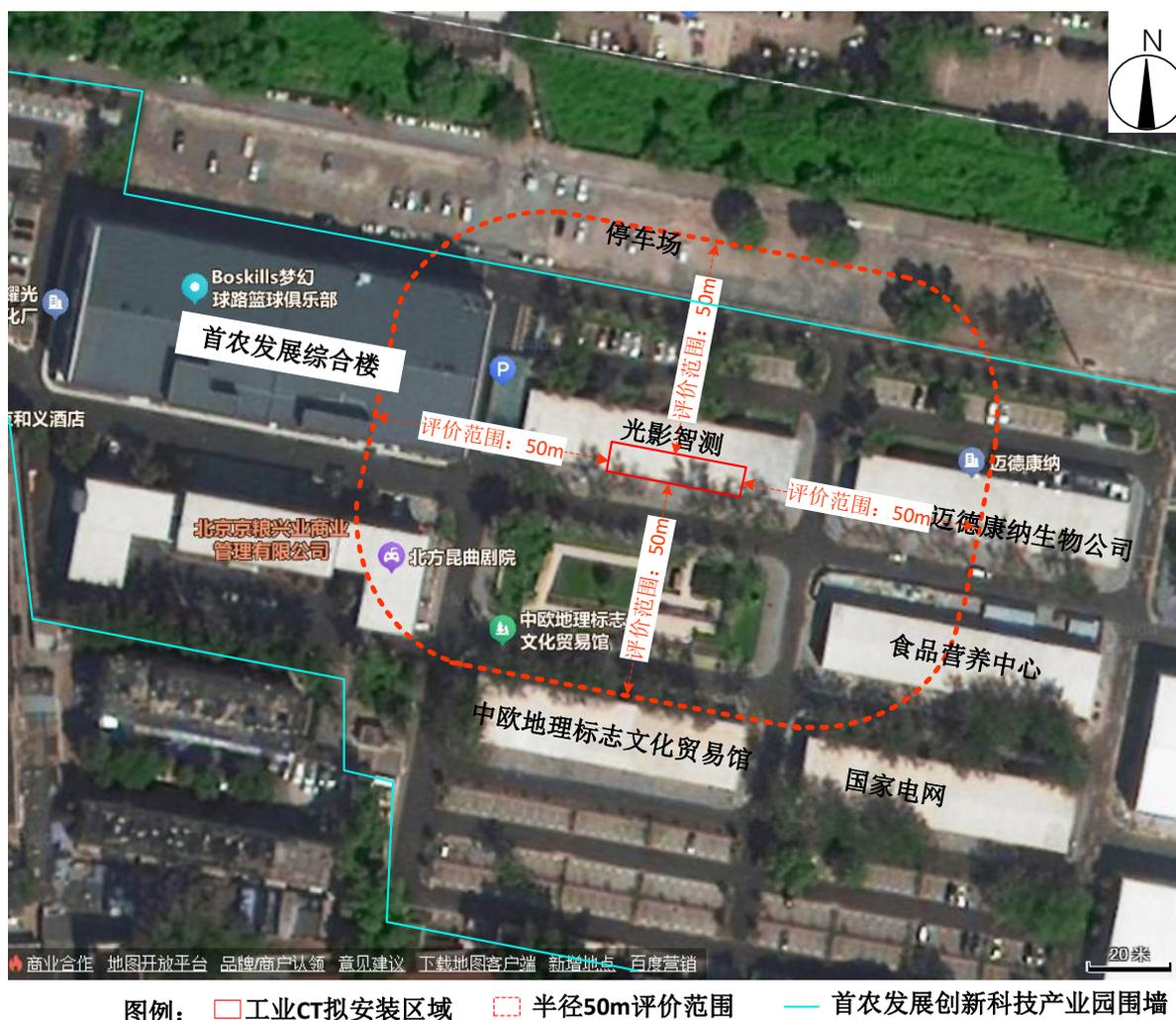


图 7-1 拟建项目评价范围示意图

7.2 保护目标

本项目评价范围内除本建筑外尚有其他建筑物，环境保护目标为该项目从事辐射作业的工作人员、辐射工作场所周围的公众人员。

评价范围内主要保护目标见表 7-1。

表 7-1 主要保护目标分布情况表

分类	方位	敏感目标名称	距离 (m)	人数	保护对象
4 号厂房内敏感点	室内	检测/展示间	/	10 人	辐射工作人员
	东	大库房、卫生间、库房	0-12m	流动人员	公众人员
	西	光影智测办公区	0-27m	约 20 人	
4 号厂房外部敏感点	北	道路、空地、停车场	0-50m	流动人员	
	东	道路、迈德康纳 (1F)	12-50m	20	
	南	道路、空地	0-50m	流动人员	
	西	空地、首农发展 (4F)	27-50m	约 50 人	
	西南	道路、北方昆曲剧院 (4F)	0-50m	约 50 人	
	东南	道路、食品营养中心 (1F)	5.5-50m	约 10 人	

7.3 评价标准

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

(1) 基本剂量限值

GB18871-2002 规定的剂量限值列于表 7-2。

表 7-2 个人剂量限值

职业照射的剂量限值	公众照射
连续五年平均有效剂量 20mSv, 且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv; 但连续五年平均值不超过 1mSv 时, 某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

(2) 剂量约束值

综合考虑射线装置的使用情况, 取基本剂量限值的十分之一作为公司的剂量约束值, 即对职业照射, 本项目辐射工作人员剂量约束值为 2mSv/a; 对公众人员本项目取 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

7.3.2 参考《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022)

1、屏蔽体外剂量当量率控制水平

①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 μ Sv/周, 对公众场所, 其值应不大于 5 μ 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 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

上述 a) 导出的周围剂量当量率参考控制水平和 b) 周围剂量当量率参考控制水平中，选择较小值作为关注点的周围剂量当量率参考控制水平。即本项目工作场所周围剂量当量率控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 作为管理目标值。

②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①；

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 $100 \mu\text{Sv/h}$ 。

本项目工业 CT 系统上方无已建、拟建建筑物，考虑到设备位于室内，工业 CT 系统顶部的周围剂量当量率控制水平取 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

2、X 射线探伤机在额定工作条件下，距 X 射线管焦点 100cm 处的漏射线所致周围剂量当量率应符合表 7-3 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/T26837 的要求：

表 7-3 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
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

3、探伤室放射防护要求

(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。

(2) 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合 GB 18871 的要求。

(3) 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。

(4) 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。

(5) 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) 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。

(7) 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。

(8) 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。

(9) 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

7.3.3 探伤室探伤操作的放射防护要求

(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。

(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。

(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。

(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。

(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) 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。

7.3.4 参考资料

《北京市环境天然放射性水平调查研究》（辐射防护第 12 卷第 6 期，1992 年 11 月），北京市环境保护科学研究所。

表 7-4 北京市环境天然 γ 辐射水平（单位：nGy/h）

/	原野	道路	室内
测值范围	29.2~88.9	14.7~105.0	42.3~151.6
均值	56.2	49.3	83.5
标准差 (s)	9.1	13.1	14.8

注：测量值已扣除宇宙射线响应值。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置

本项目位于北京市丰台区南苑路 112 号院 4 号厂房。公司东侧为迈德康纳生物医药有限公司厂房（共一层）；南侧为空地；西侧为首农发展综合楼（共四层）；北侧为首农发展创新科技产业园北院墙，院墙北侧为停车场；西南为北方昆曲剧院（共四层）。

本项目检测/展示间拟建地址周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目辐射环境保护目标主要为辐射工作人员及周围评价范围内的公众。

8.2 项目所在区域辐射环境质量情况

为掌握本项目辐射环境背景水平，委托核工业北京化工冶金研究院于 2025 年 4 月 29 日对本项目拟建工作场所和周围环境进行了辐射环境本底水平监测。

1、监测仪器

本次监测使用的仪器参数见表 8-1。

表 8-1 X-γ 辐射剂量率仪参数

仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
X-γ 辐射剂量率仪	FH40G+FH Z672E-10	YQ-HJ-0001	测量范围：10nSv/h~100 μSv/h 能量响应范围：36 keV~1.3 MeV 校准日期：2025.01.15 有效期至：2026.01.14 校准证书编号：DLj12025-00580

2、监测布点

依据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）和《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中的有关布点原则和方法，结合本次检测的实际情况，选取本项目所在位置及四周环境保护目标处进行布点监测，监测点位布设如图 8-1 所示。



图 8-1 监测布点示意图

3、质量保证措施

- (1) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- (2) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- (3) 监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。
- (4) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (5) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。
- (6) 通过国家级计量认证及中国实验室国家认可委员会认可。

4、监测结果及分析

本项目周围辐射环境本底监测结果见表8-2。

表 8-2 本项目周围辐射环境本底监测结果

编号	监测点位	γ 辐射空气吸收剂量率 (nGy/h ⁽²⁾)	
		监测结果 ⁽¹⁾	标准偏差
1	检测/展示间中央 (室内平房)	53.5	0.5
2	大库房中央 (室内平房)	64.7	0.7
3	库房中央 (室内平房)	59.6	2.1
4	洗手间中央 (室内平房)	74.7	1.9
5	大会议室中央 (室内平房)	53.7	0.7
6	接待室中央 (室内平房)	53.5	0.9
7	光影智测检测/展示间北墙外 30 cm 处	64.4	0.9
8	光影智测检测/展示间南墙外 30cm 处	67.5	1.2
9	迈德康纳生物公司西侧 (室外空地)	50.6	0.7
10	食品营养中心西侧 (室外空地)	46.9	1.0
11	首农发展综合楼东侧 (室外空地)	50.8	0.6
12	北方昆曲剧院东北侧 (室外空地)	45.8	0.8

注：⁽¹⁾ 监测结果已扣除设备对宇宙射线响应值。

⁽²⁾ 经核工业北京化工冶金研究院提供，根据HJ1157-2021中“空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照JJG393，使用137Cs和60Co作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取1.20Sv/Gy和1.16Sv/Gy”，本次使用检测设备使用137Cs作为检定/校准参考辐射源，表中监测结果为经1.20Sv/Gy换算后的数值。

由表8-2监测结果显示，拟建项目室内检测点位 γ 辐射剂量率在53.5nGy/h~74.7nGy/h之间，室外检测点位 γ 辐射剂量率在45.8nGy/h~67.5nGy/h之间。参照《北京市环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护第12卷第6期，1992年11月）调查结果，北京市扣除仪器宇宙射线响应值后的原野 γ 辐射水平为（29.2~88.9）nGy/h，道路 γ 辐射水平为（14.7~105）nGy/h，室内 γ 辐射水平为（42.3~151.6）nGy/h。由此表明，项目所在地的 γ 辐射剂量率本底水平未见异常。

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 设备概述

本次拟购置的 5 台射线装置为光影智测生产的工业 CT 系统；5 台射线装置最大管电压范围在 130kV~300kV 之间，最大管电流范围在 0.5mA~3mA 之间。设备主要由射线源、高分辨率非晶硅平板探测器、高精度多轴及控制系统、自屏蔽铅房组成，为一体化设计。设备外观见图 9-1（此图为厂家提供宣传图，非本项目现场图）。

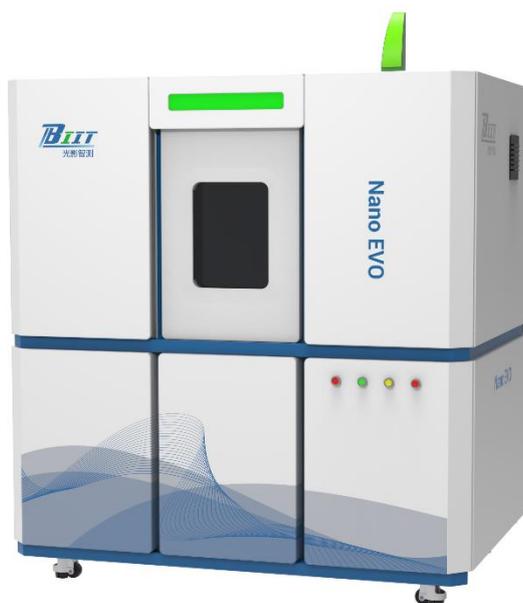


图 9-1 典型设备外观图片（非本项目设备）

各型号设备技术指标及规格尺寸见表 9-1、表 9-2。

表 9-1 各型号设备技术指标一览表

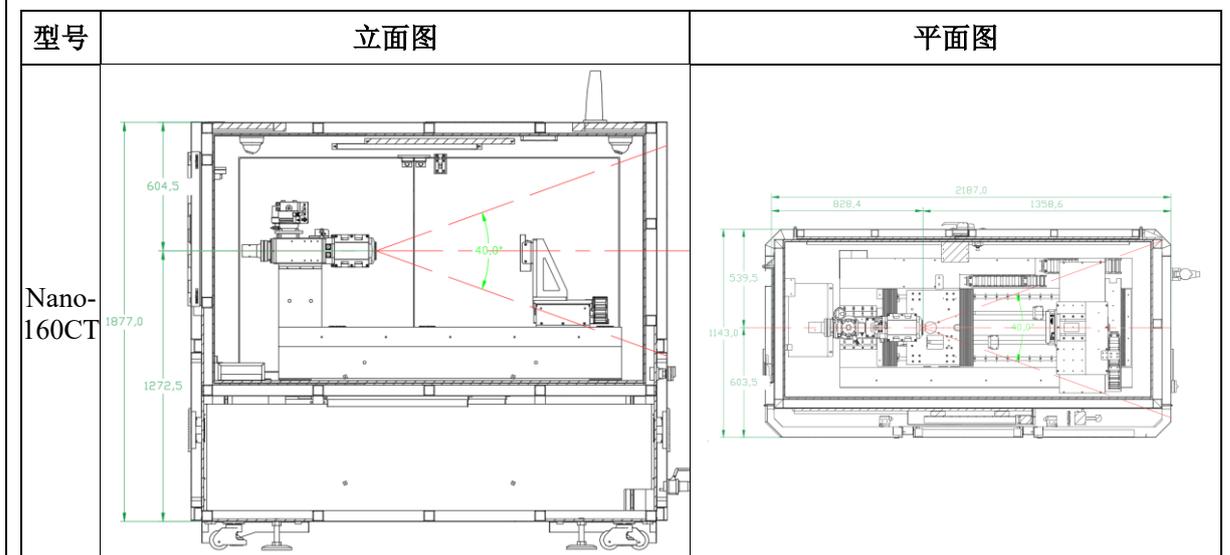
设备名称/ 型号	外形尺寸 ⁽¹⁾ (长× 宽×高)	最大管电压 /管电流 (kV/mA)	出束 张角	载物台位置 ⁽²⁾ (m)	探测器位置 ⁽²⁾ (m)	X 射线管位 置 ⁽²⁾ (m)
科学型微 纳米 CT 系 统/Nano- 160CT 型	2187mm× 1143mm× 1877mm	160/0.5	40°	至左表面：0.8284 至右表面：0.8586 至前表面：0.6035 至后表面：0.5395 至上表面：0.9625 至下表面：0.9145 左右移动范围：0.5	至左表面：1.502 至右表面：0.685 至前表面：0.3 至后表面：0.3 至上表面：0.4 至下表面：0.9145	至左表面：0.8284 至右表面：1.3586 至前表面：0.6035 至后表面：0.5395 至上表面：0.6045 至下表面：1.2725
高分辨工 业 CT 系统 /HR-225CT	2558mm× 1471mm× 1962mm	225/2	30°	至左表面：1.304 至右表面：0.756 至前表面：0.6636	至左表面：0.670 至右表面：1.890 至前表面：0.420	至左表面：1.7793 至右表面：0.7807 至前表面：0.6636

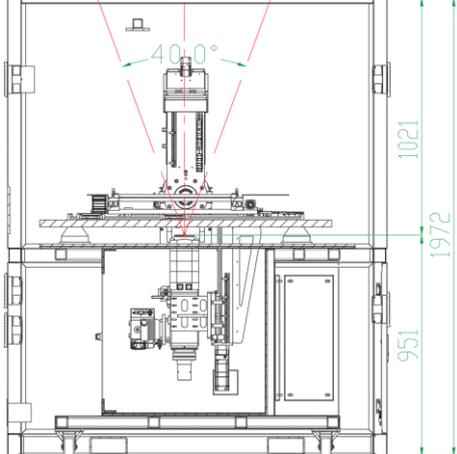
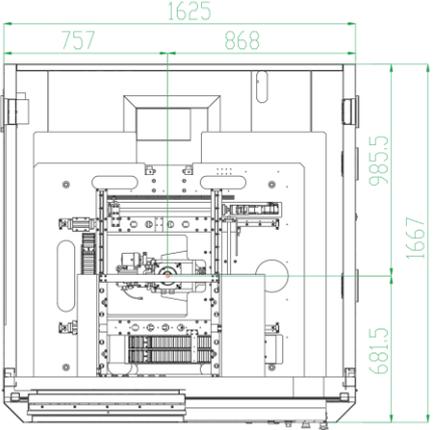
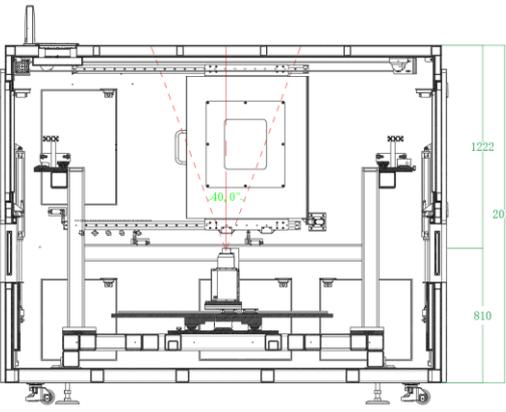
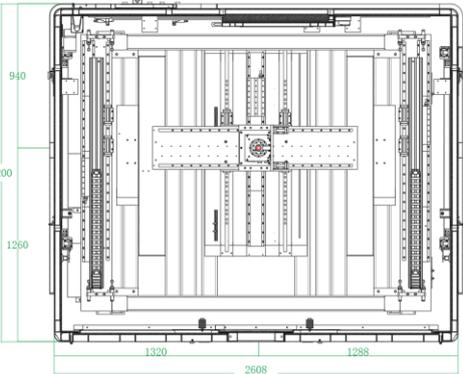
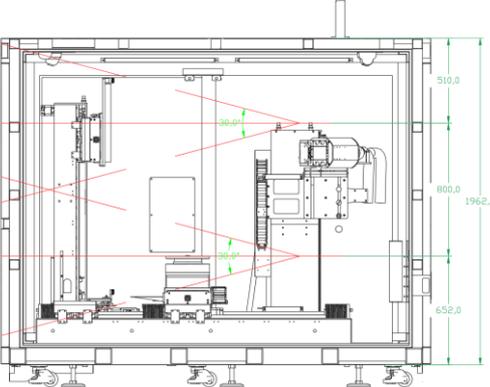
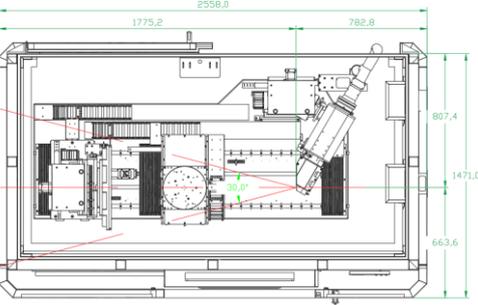
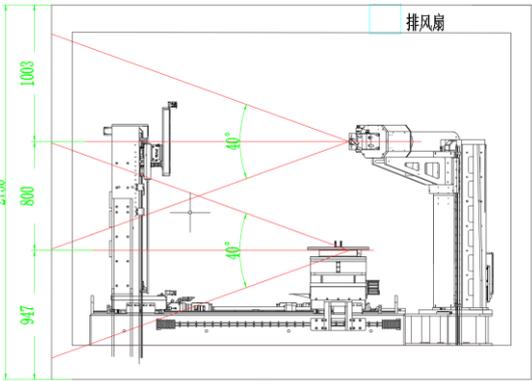
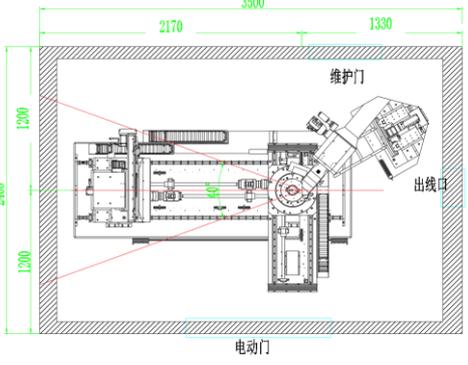
型				至后表面：0.8074 至上表面：1.310 至下表面：0.652 左右移动范围：0.5	至后表面：0.620 至上表面：0.270 至下表面：0.4 上下移动范围：0.8	至后表面：0.8074 至上表面：0.510 至下表面：0.652 上下移动范围：0.8
高分辨工业 CT 系统/HR-300CT 型	3500mm× 2400mm× 2750 mm	300/3	40°	至左表面：1.27 至右表面：1.33 至前表面：1.2 至后表面：1.2 至上表面：1.803 至下表面：0.947 左右移动范围：0.9	至左表面：0.87 至右表面：2.63 至前表面：0.9 至后表面：0.9 至上表面：0.3 至下表面：0.6 上下移动范围：1.3	至左表面：2.17 至右表面：1.33 至前表面：1.2 至后表面：1.2 至上表面：1.003 至下表面：0.947 上下移动范围：0.8
在线高速平板 CT 系统/Flash-130CT 型	2608mm× 2200mm× 2032mm	130/0.5	40°	至左表面：1.32 至右表面：1.288 至前表面：1.26 至后表面：0.94 至上表面：1.222 至下表面：0.81	至左表面：1.07 至右表面：1.038 至前表面：1.01 至后表面：0.69 至上表面：0.2 至下表面：1.832	至左表面：1.32 至右表面：1.288 至前表面：1.26 至后表面：0.94 至上表面：1.222 至下表面：0.81
高精度平板 CT 系统/Lami-160CT 型	1667 mm× 1625mm× 1972mm	160/0.5	40°	至左表面：0.757 至右表面：0.868 至前表面：0.6815 至后表面：0.9855 至上表面：0.821 至下表面：1.151	至左表面：0.5 至右表面：0.7 至前表面：0.75 至后表面：0.5 至上表面：0.4 至下表面：1.572	至左表面：0.757 至右表面：0.868 至前表面：0.6815 至后表面：0.9855 至上表面：1.021 至下表面：0.951

注：⁽¹⁾ 设备高度不含支脚高度。

⁽²⁾ 表中位置数据为最近距离。

表 9-2 设备关键部件位置一览



Lami-160CT		
Flash-130CT		
HR-225CT		
HR-300CT		

9.1.2 工业 CT 系统工作原理

(1) X 射线产生原理

工业 CT 系统主要由射线管和高压电源组成，X 射线管由安装在真空玻璃壳中的

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，聚焦杯使这些电子聚集成束，直接向嵌在铜阳极中的靶体射击。高压电压加在 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。高速电子与靶物质发生碰撞，就会产生韧致 X 射线和低于入射电子能量的特征 X 射线。其发射率随靶材料原子序数和电子能量的增加而增加。从管头组装体窗口发出的 X 射线称为主射束或有用线束；通过管头组装体泄漏出的 X 射线称为泄漏辐射。有用线束和泄漏辐射中，有一部分照射到墙面发生散射，称为散射辐射。X 射线产生原理见图 9-2。

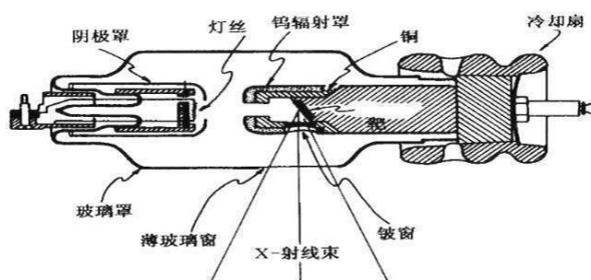


图 9-2 X 射线产生原理图

(2) X 射线检测原理

当样品放置在样品台上时，通过左右或前后调整样品台进而调整样品位置，并确保 X 射线源与样品、探测器在同一水平处。当 X 射线照射样品时，探测器接收信号，经处理转换后数字图像在显示器上显示出来，借助放大后的图像判断样品缺陷及物质分布等信息。本项目工业 CT 根据不同材料及厚度对 X 射线吸收程度的差异，通过 X 射线透视，显示出材料、零部件及焊缝的内部缺陷。根据观察其缺陷的形状、大小和部位来评定材料或制品的质量，从而防止由于材料或制品内部缺陷引起的事故。

9.2 工艺流程及产污环节

9.2.1 无损检测流程及产污环节

本项目设备利用 X 射线对工件进行三维无损检测，其工作流程如下：

- (1) 根据检测任务申请单，检测人员接收检测工件，工件运至检测/展示间；
- (2) 经具备辐射操作资质的操作人员确认，登记准备射线装置；
- (3) 检测设备状态，佩戴个人剂量计、个人剂量报警仪，并检查门机连锁、急停按钮、通风等装置工作是否正常；
- (4) 开始准备工作，训机；
- (5) 设定透照参数，按照工艺设置参数，确认参数无误后开机，开机过程人员

不得离开设备操作位；

(6) 开机出束，X射线从射线发生器窗口射出，照射于被检测位置，仪器成像，完成一次作业；

(7) 作业完成后，取出工件，关闭电源，操作人员整理现场；

(8) 设备使用完毕，确认后签字，整理保管。

本项目无损检测流程产生的主要污染物为射线出束后产生的 X 射线和少量臭氧及氮氧化物。工作流程及产污环节如图 9-3 所示。

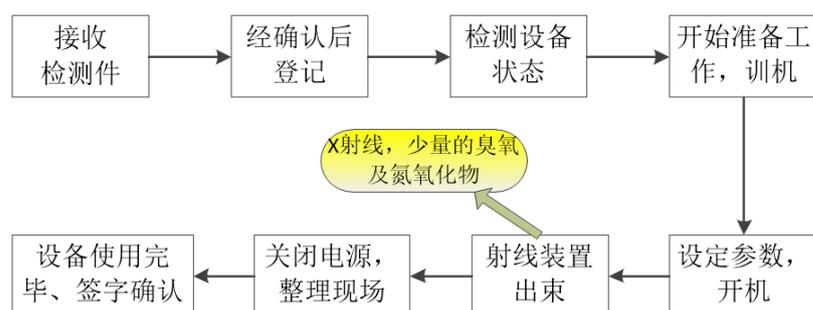


图 9-3 本项目检测工作流程及产污环节图

9.2.2 产品展示流程及产污环节

本项目还涉及为客户进行产品展示，其工作流程如下：

(1) 邀请参观：邀请潜在客户前往检测/展示间进行参观，演示操作期间停止其他检测任务；

(2) 开机前检查：工业 CT 系统打开前，先检查整机是否完好；

(3) 工作模式选择、摆放工件：根据受检材料的大小，选择工业 CT 系统的工作模式后，将工件摆放至载物平台上；

(4) 预置高压条件，确认后开始出束，此时有 X 射线产生；

(5) 出束阶段：根据设置的参数进行扫描，扫描时警示灯闪烁，此时有 X 射线产生；

(6) 检测结束后，出束指示灯灭，铅门解锁，从载物平台上取出工件，填写使用记录，完成扫描；

(7) 完成展示流程。待展示结束、客户离开检测/展示间后，继续进行检测工作。

演示过程中，演示操作产生 X 射线，演示操作流程及产污环节图见图 9-4。

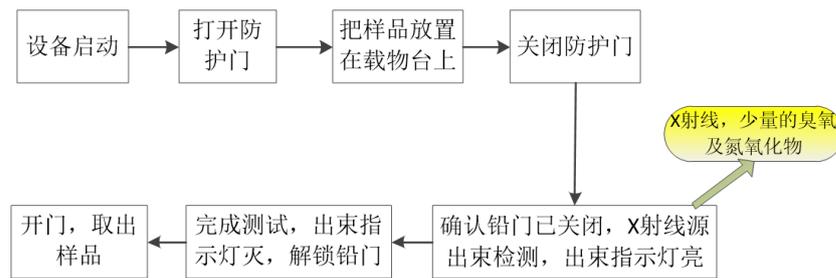


图 9-4 本项目演示操作流程及产污环节图

9.3 工作负荷

人员配置：建设单位拟配备 10 名辐射工作人员，每台设备配备 2 名工作人员，负责本项目工业 CT 系统的操作使用。

本项目工作负荷：根据建设单位提供的资料，本项目运行后，检测/展示间单个样品检测时间约需 30min，单台设备日检测数量不超过 8 个，日最长出束时间不超过 4h，年工作 250 天，单台设备年总出束时间最多 1000h。为潜在客户作销售演示，演示一台工业 CT 系统所需的射线出束时间约为 10min，一年最多演示 120 次，销售演示工作年总出束时间最多 20h。具体工作负荷情况见表 9-3。

表 9-3 本项目工作负荷一览表

项目	检测人员	销售演示	合计
工作负荷 (h/人)	1000	20	1020

由上表可知，本项目工作人员年受照时间最多 1020h。

9.4 污染源项描述

9.4.1 污染源分析

1、由工业 CT 系统的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。工业 CT 系统只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。因此，在开机出束期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子。

2、设备在作业状态时，X 射线会使设备内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

9.4.2 X 射线

本项目在作业状态下会产生 X 射线，其产生的污染源项、可能存在的事故工况主要为下述情况：

(1) 正常工况

工业 CT 系统只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线，有用线束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。工业 CT 系统使用过程中，X 射线贯穿自屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及检测/展示间周围人员造成辐射影响。

(2) 事故工况

①工业 CT 系统发生控制系统或电器系统等故障，安全联锁失效，铅防护门未完全关闭的情况下射线装置出束，对工作人员及公众造成额外的照射。

②工业 CT 系统自带屏蔽铅房失效且 X 射线出束，工作人员及公众受到照射。

9.4.3 臭氧及氮氧化物

工业CT系统开机作业时，X射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，该废气通过设备排气孔排出，再经自然通风排出室外，臭氧在空气中短时间可自动分解为氧气，这部分废气对周围环境影响比较小。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所平面布局与屏蔽

1、工作场所平面布局

本项目所在的4号厂房为独栋建筑，共一层，地基深入土壤层。4号厂房从西至东依次为办公区、检测/展示间（设计规格为长×宽×高：26.34m×15.24m×5m）、库房区，各区之间设置门、墙等隔档，形成独立区域。办公场所集中在西部，辐射工作场所集中在中部，库房集中在东部，布局合理。

2、工作场所辐射安全分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。根据控制区、监督区划分原则，结合《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的相关规定，拟将设备铅房所在区域划分为控制区，检测/展示间内其他区域划分为监督区。辐射工作场所平面布局及辐射安全分区见图10-1。

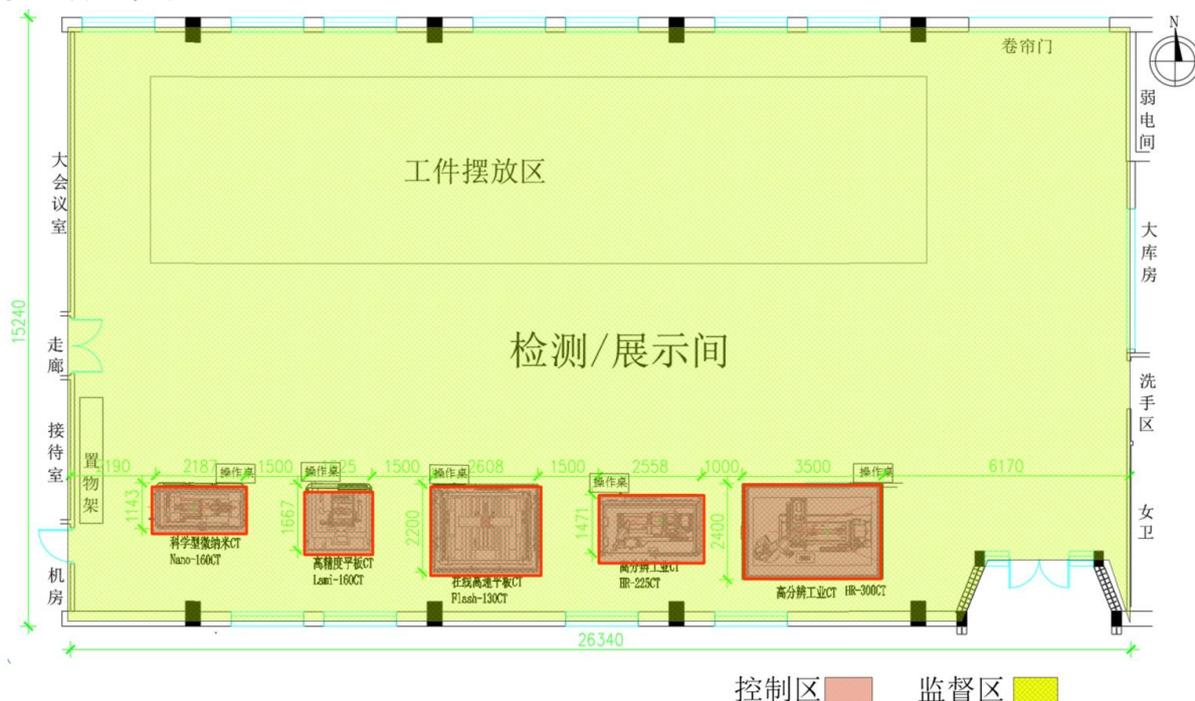


图 10-1 辐射工作场所平面布局及辐射安全分区图

3、设备屏蔽方案

建设单位拟使用的各型号工业 CT 系统均为自带铅房，自带铅房均由有资质单位设计并提供，可以保证性能的可靠性，设备屏蔽措施设计参数见表 10-1。

表 10-1 射线装置屏蔽措施一览表

设备名称/ 型号	外形尺寸/ 长×宽×高	屏蔽体方位	屏蔽材料及厚度	等效铅当量
科学型微纳 米 CT 系统 /Nano- 160CT 型	2187mm× 1143mm× 1877mm	右侧屏蔽体（主照面）	8mm 铅板+4mm 钢板	8mmPb
		左侧屏蔽体（背照面）	6mm 铅板+4mm 钢板	6mmPb
		屏蔽体正面、背面、顶板、底板，工件门及背部检修门 2 个防护门（侧照面）	6mm 铅板+4mm 钢板	6mmPb
		观察窗	30mm 铅玻璃	6mmPb
高分辨工业 CT 系统 /HR-225CT 型	2558mm× 1471mm× 1962mm	左侧屏蔽体（主照面）	16mm 铅板+4mm 钢板	16mmPb
		右侧屏蔽体（背照面）	12mm 铅板+4mm 钢板	12mmPb
		屏蔽体正面、背面、顶板、底板，工件门及背部检修门 2 个防护门（侧照面）	14mm 铅板+4mm 钢板	14mmPb
		观察窗	70mm 铅玻璃	14mmPb
高分辨工业 CT 系统 /HR-300CT 型	3500mm× 2400mm× 2750 mm	左侧屏蔽体（主照面）	34mm 铅板+4mm 钢板	34mmPb
		右侧屏蔽体（背照面）	22mm 铅板+4mm 钢板	22mmPb
		屏蔽体正面、背面、顶板、底板，工件门及背部检修门 2 个防护门（侧照面）	24mm 铅板+4mm 钢板	24mmPb
		观察窗	120mm 铅玻璃	24mmPb
在线高速平 板 CT 系统 /Flash- 130CT 型	2608mm× 2200mm× 2032mm	屏蔽体顶板（主照面）	6mm 铅板+4mm 钢板	6mmPb
		屏蔽体底板（背照面）	5mm 铅板+4mm 钢板	5mmPb
		屏蔽体正面、背面、左侧、右侧，工件门、背部检修门及左侧上料门*、右侧下料门*共 4 个防护门（侧照面）	5mm 铅板+4mm 钢板	5mmPb
		观察窗	25mm 铅玻璃	5mmPb
高精度平板 CT 系统 /Lami- 160CT 型	1667 mm× 1625mm× 1972mm	屏蔽体顶板（主照面）	8mm 铅板+4mm 钢板	8mmPb
		屏蔽体底板（背照面）	6mm 铅板+4mm 钢板	6mmPb
		屏蔽体正面、背面、左侧、右侧，工件门及背部检修门 2 个防护门（侧照面）	6mm 铅板+4mm 钢板	6mmPb
		观察窗	30mm 铅玻璃	6mmPb

通风口及线缆穿孔处均采用迷宫铅罩屏蔽，防护罩铅板与对应屏蔽体防护层厚度一致。

注：（1）屏蔽体方位中左侧、右侧为面向设备的左侧、右侧。

（2）参照 GBZ/T250-2014，铅的密度 11.3t/m³，钢的密度 7.8t/m³。

（3）*Flash-130CT 上料门、下料门为常闭状态，主要用于工业生产线的上下料，在本项目中仅用作展示，不使用该门。上料门、下料门铅板与所在屏蔽体厚度一致。

10.1.2 辐射安全与防护措施

(1) 门机联锁装置

本项目工业 CT 系统工件门、背部检修门各设置 1 个高灵敏度限位开关，只有在门体完全关闭到位之后，设备才能接收到高压联锁接通的信号，具备出束条件，任意门一旦打开，工业 CT 系统都无法出束，关上门不能自动开始 X 射线照射。

门机联锁控制逻辑图见图 10-2。

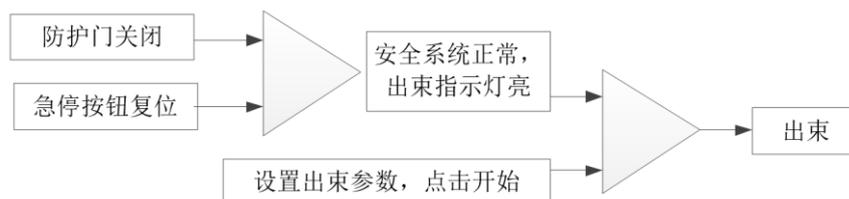


图 10-2 门机联锁控制逻辑图

(2) 工作状态指示灯及门灯联锁

为确保工作人员实时观察到设备内部的状态，设备顶部安装工作状态指示灯，指示灯与射线源、防护门实现安全联锁，设备系统上电之后，绿灯亮起，表明设备已经上电，具备工作状态；当防护门关闭时，黄灯亮起；当射线机开始出束时，红色灯开始闪烁。

(3) 电子联锁装置

设备设置冷却系统状态监测和载物台转动电子检测，设备冷却系统故障或载物台未能正常转动时，X 射线管将不能接通。

(4) 监控装置

工业 CT 系统内顶部安装一个云台摄像头，可遥控转动，方便操作人员从操作台屏幕上随时查看设备内的工作状态（转台、探测器及射线管三个部位）；

(5) 电离辐射警告标志

设备防护门体表面均贴有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志牌。

(6) 急停开关

为避免发生误照射事故，在每台工业 CT 系统正面安装一只急停开关（高分辨工业 CT 系统设备内部、外部各设一只），急停开关与门机安全联锁系统串联，只有当所有的急停开关都闭合时，射线机才具备出束条件，在紧急条件下，如果有人拍下急停开关，门机安全联锁系统立即断开，射线机切断高压，射线机出束中断。

(7) 通风系统

工业 CT 系统铅房安装有排风装置，排风口内部采用迷宫铅罩屏蔽。本项目工作场所的窗户与大气直接相通，臭氧、氮氧化物等有害气体很快被空气对流、扩散作用稀释。

(8) 软件防护

a.设备开机的时候系统自动进行诊断测试，诊断正常才能继续出束；

b.软件设置了管理员与操作员权限设置，操作员无法修改内部参数。工业CT设置用户名及登录密码，授权人员输入密码才能进入软件系统，否则无法开启高压。

(9) 钥匙开关

本项目控制面板设置钥匙开关，钥匙由专门的工作人员保管。

(10) 监测设备

北京光影为本项目新增 1 台便携式辐射监测仪；为每位辐射工作人员配备 1 支个人剂量计，共 10 支；配备个人剂量报警仪 5 台；新增 1 台固定式辐射监测仪（配 7 个探头）。

(11) 设备检修与维护

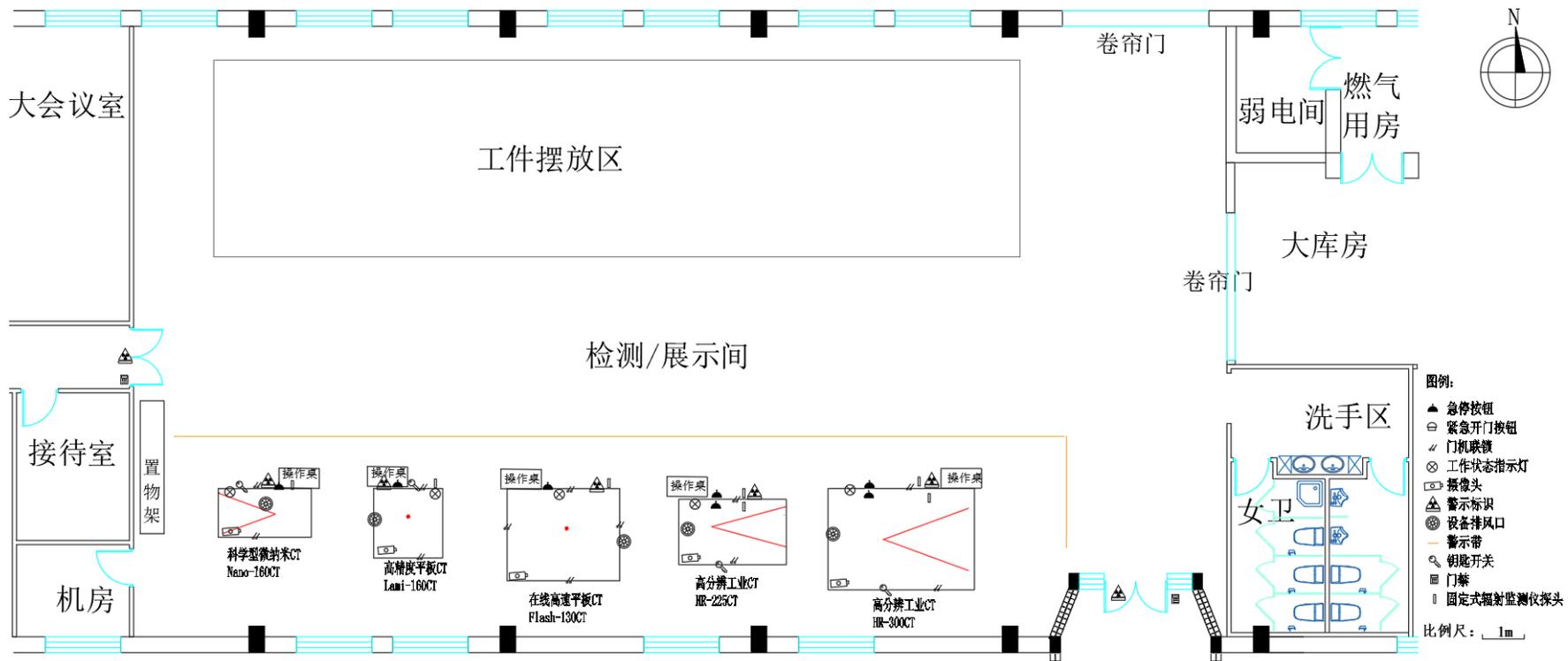
工作人员定期对设备运行状况进行检查并详细记录，为防护检修提供依据；督促使用人员进行维护保养，并做好维护记录，保证设备完好。

设备、铅房及工作场所配置的各项辐射安全设施见图 10-3。

10.2 三废治理措施

本评价项目中的工业 CT 系统仅在使用、展示期间出束，且由主机电脑控制出束成像，无放射性三废的产生。

工业 CT 系统开机使用时会发出 X 射线，X 射线与空气作用产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，这部分废气量产生量较少。每台工业 CT 系统均设置动力排风装置，并保持良好的通风，满足相关标准要求。



说明：检测/展示间日常仅西门及南门可进出

图 10-3 辐射安全设施平面布置示意图

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目拟利用北京市丰台区南苑路 112 号院 4 号厂房，开展工业 CT 设备使用工作。涉及到的装修施工范围较小，建设阶段主要有声环境、空气环境、水环境和固体废物的影响。

(1) 大气：本项目在施工期需进行的装修工程，将在施工区域产生地面扬尘，由于项目的工程量不大，且均在 4 号厂房内封闭施工，因此只要采取相应的洒水及围挡措施即可很大程度降低施工期的废气污染。

(2) 噪声：整个装修施工阶段，设备将产生不同程度的噪声，对厂房内及其周边的其他生产工人造成影响。因此，在施工时严格执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 的标准，尽量使用噪声低的先进设备，同时严禁夜间进行强噪声作业。

(3) 固体废物：项目施工期间，产生一定量以建筑垃圾为主的固体废弃物，建设单位委托有资质的单位及时清运处理。

(4) 废水：项目施工期间，会有少量含有泥浆的建筑废水产生，对这些废水不可随意外排，统一收集后进行沉淀处理，去除沉淀物后废水排入污水市政管网。

综上所述，本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，本项目对外界的影响小。

11.2 运行阶段对环境的影响

本项目新增 5 台工业 CT 系统于检测/展示间依南墙排布，参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)，项目开展后就其运行过程中产生的有用射线、泄漏射线和散射线对环境、工作人员及公众的影响进行分析。

11.2.1 设备自屏蔽外表面辐射环境影响分析

本项目使用的工业 CT 系统均带支撑地脚，因此对工业 CT 系统射线源至底面的辐射剂量率也需要进行屏蔽计算。

检测/展示间内会出现几台或 5 台设备同时出束的情况，因此本次评价还考虑设备之间的辐射叠加影响。

11.2.1.1 估算模式及参数选取

1、关注点位（估算点）分布

根据建设单位提供的资料，本项目工业 CT 系统部分靶点不固定，可上下移动，在屏蔽计算时，保守取设备靶点到屏蔽体外 30cm 处最近距离为估算点。

本项目关注点分布情况见表 11-1。

表 11-1 设备靶点距离屏蔽体外 30cm 处最近距离

工业 CT 系统类型	左表面 ⁽¹⁾ 外 30cm 处	右表面 ⁽²⁾ 外 30cm 处	上表面外 30cm 处	下表面外 30cm 处	前表面外 30cm 处	后表面外 30cm 处
HR-300CT 型高分辨 工业 CT 系统	2.47m (主照面 34mmPb ⁽³⁾)	1.63m (背照面 22mmPb)	1.303~ 2.103m (侧照面 24mmPb)	1.247~ 2.547m (侧照面 24mmPb)	1.5m (侧照面 24mmPb)	1.5m (侧照面 24mmPb)
HR-225CT 型高分辨 工业 CT 系统	2.0752m (主照面 16mmPb)	1.0828m (背照面 12mmPb)	0.81~1.61m (侧照面 14mmPb)	0.952~ 1.752m (侧照面 14mmPb)	0.9636m (侧照面 14mmPb)	1.1074m (侧照面 14mmPb)
Lami-160CT 型高精 度平板 CT 系统	1.057m (侧照面 6mmPb)	1.168m (侧照面 6mmPb)	1.321m (主照面 8mmPb)	1.251m (背照面 6mmPb)	0.9815m (侧照面 6mmPb)	1.2855m (侧照面 6mmPb)
Flash-130CT 型在线 高速平板 CT 系统	1.58m (侧照面 5mmPb)	1.62m (侧照面 5mmPb)	1.522m (主照面 6mmPb)	1.11m (背照面 5mmPb)	1.24m (侧照面 5mmPb)	1.56m (侧照面 5mmPb)
Nano-160CT 型科学 型微纳米 CT 系统	1.1284m (背照面 6mmPb)	1.6586m (主照面 8mmPb)	0.9054m (侧照面 6mmPb)	1.5725m (侧照面 6mmPb)	0.9035m (侧照面 6mmPb)	0.8395m (侧照面 6mmPb)

注：⁽¹⁾ 面向设备左侧，⁽²⁾ 面向设备右侧；⁽³⁾ 屏蔽层厚度。

2、技术参数

本项目射线装置技术参数配置如下表所示。

表 11-2 射线装置技术参数配置一览表

序号	名称	最大管电 压/管电流 (kV/mA)	滤波片厚 度、材料	输出量 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	出束 张角	TVL (主 束/散射 线)	泄漏辐射水 平 ($\mu\text{Sv/h}$)	$\frac{F\cdot\alpha}{R_0^2}$ 因子
1	Lami-160CT 高精 度平板 CT 系统	160	2mm 铝	$1.72\text{E}+06$	40°	1.05/0.96	2500	0.02
2	Nano-160CT 科学 型微纳米 CT 系统	160	2mm 铝	$1.72\text{E}+06$	40°	1.05/0.96	2500	0.02
3	HR-225CT 高分辨 工业 CT 系统	225	2mm 铝	$1.72\text{E}+06$	30°	2.15/1.4	5000	0.02
4	HR-300CT 高分辨 工业 CT 系统	300	3mm 铝	$1.25\text{E}+06$	40°	5.7/1.4	5000	0.02

5	Flash-130CT 在线高速平板 CT 系统	130	2mm 铝	1.10E+06	40°	0.96/0.96	1000	0.0167
---	--------------------------	-----	-------	----------	-----	-----------	------	--------

3、估算公式

(1) 有用线束估算

在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的有用线束辐射剂量率 $H(\mu\text{Sv/h})$ 按(式 11-1)计算：

$$H = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-1)}$$

式中：

I ：X 射线检测装置在最高管电压下的常用最高管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，本项目参照 GBZ/T250-2014 表 B.1 中取值；

B ：屏蔽透射因子，采用以下公式计算：

$$B = 10^{-X/TVL} \dots\dots\dots \text{(式 11-2)}$$

式中：

X ：屏蔽物质厚度，mm；

TVL ：X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，mm，本项目参照 GBZ/T250-2014 表 B.2 进行取值；

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

(2) 泄露射线估算

对于泄漏辐射屏蔽采用以下公式计算关注点处的辐射剂量率：

$$H_L = \frac{H_{L0} \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots \text{(式 11-3)}$$

式中：

H_{L0} ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，单位为 $\mu\text{Sv/h}$ ，根据 GBZ/T250-2014 表 1，各设备参数见表 11-2；

其余符号意义与前式相同。

(3) 散射线估算

关注点的散射辐射剂量率估算采用以下公式：

$$H_S = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \dots \dots \dots \text{(式 11-4)}$$

式中：

R_0 ：辐射源点（靶点）至工件的距离，m；

F ： R_0 处的辐射野面积， m^2 ；

α ：散射因子；

R_s ：散射体至关注点的距离，m；

其余符号意义与前式相同。

11.2.1.2 关注点处剂量率估算

本项目工业 CT 系统于检测/展示间南侧呈单排分布，对于设备间（设备间距约 1m 左右）的叠加计算，正面关注点及操作位的剂量率估算叠加其他 4 台设备的贡献值；考虑到本项目设备均自带铅房，对 X 射线具有屏蔽作用，因此左侧、右侧关注点在进行预测时仅叠加相邻设备在关注点处的剂量率贡献值，与之相隔的其他设备不再进行叠加计算；因铅房的屏蔽作用，设备背面、顶部、底部关注点处的剂量率可不考虑叠加计算。

1、Nano-160CT（科学型微纳米 CT 系统）

Nano-160CT 日常最大运行工况为管电压 160kV，管电流 0.5mA，出束方向为面向设备自东向西。东侧设备依次为 Lami-160CT、Flash-130CT、HR-225CT、HR-300CT。Nano-160CT 关注点分布情况见图 11-1。

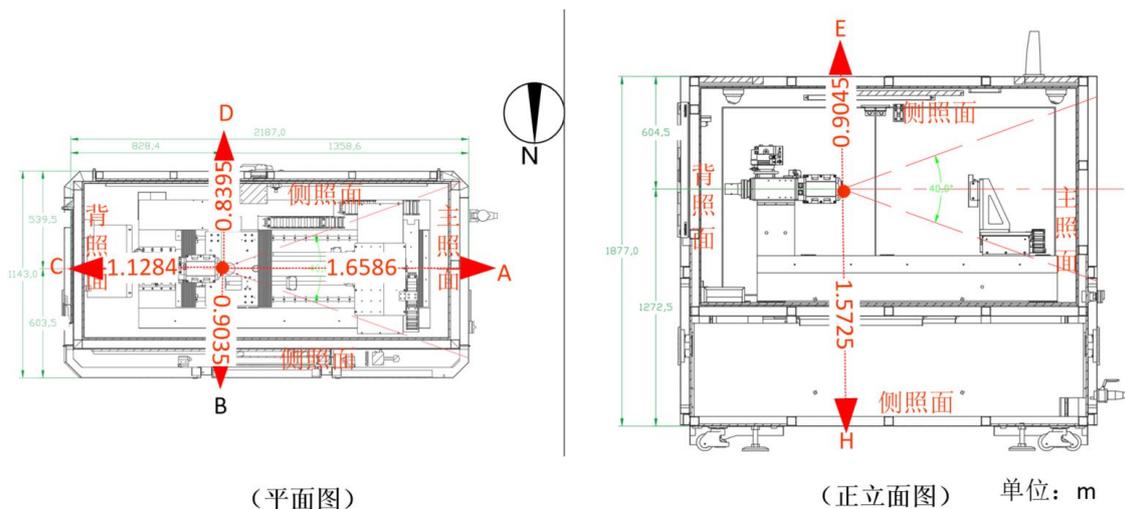


图 11-1 Nano-160CT 关注点分布示意图

(1) 有用线束屏蔽体外剂量率估算

有用线束屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-3。

表 11-3 有用线束关注点辐射剂量率估算表

关注点	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I (mA)	铅当量 (mm)	TVL	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
设备右侧(主 照面)A	1.72E+06	0.5	8	1.05	2.40E-08	1.6586	7.52E-03

(2) 泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算

泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-4。

表 11-4 泄漏射线及散射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

参数		左侧(背 照面) C	正面(侧 照面) B	背面(侧 照面) D	顶板(侧 照面) E	底板(侧 照面) H	设备操作 位 G
泄 漏 辐 射	$H_{L0}(\mu\text{Sv/h})$	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	铅当量 (mm)	6	6	6	6	6	6
	TVL _L (mm)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	B_L	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06
	$R_L(\text{m})$	1.1284	0.9035	0.8395	0.9045	1.5725	1.2
	$H_L(\mu\text{Sv/h})$	3.79E-03	5.91E-03	6.85E-03	5.90E-03	1.95E-03	3.35E-03
散 射 辐 射	$H_{s0}(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06
	TVL _S (mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	B_s	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07
	$F\cdot\alpha/R_0^2$	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02
	I(mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	$H_s(\mu\text{Sv/h})$	7.61E-03	1.19E-02	1.37E-02	1.18E-02	3.92E-03	6.72E-03
泄漏辐射和散射辐 射的复合作用 ($\mu\text{Sv/h}$)		1.14E-02	1.78E-02	2.06E-02	1.77E-02	5.87E-03	1.01E-02
其他设备贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)		6.84E-03	2.66E-03	/	/	/	2.66E-03
叠加后的剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)		1.82E-02	2.04E-02	2.06E-02	1.77E-02	5.87E-03	1.27E-02

由上表可知，Nano-160CT屏蔽体外剂量率最大值为0.0206 $\mu\text{Sv/h}$ ，出现在设备背面屏蔽体外 30cm 处，满足剂量率控制水平 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

2、Lami-160CT（高精度平板 CT 系统）

Lami-160CT 日常最大运行工况为管电压 160kV，管电流 0.5mA，出束方向为自下向上。两侧设备依次为 Nano-160CT、Flash-130CT、HR-225CT、HR-300CT。Lami-

160CT 关注点分布情况见图 11-5。

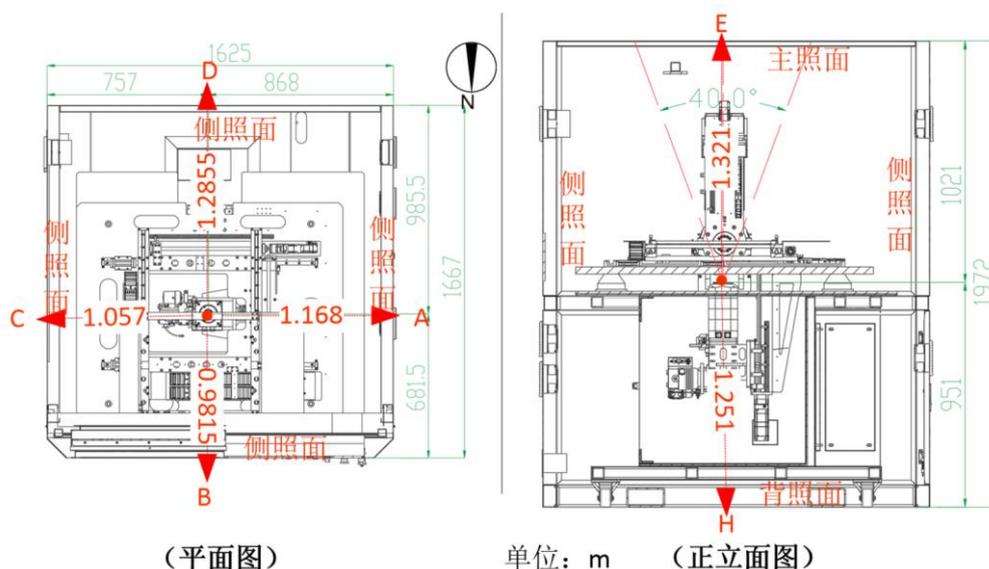


图 11-5 Lami-160CT 关注点分布示意图

(1) 有用线束屏蔽体外剂量率估算

有用线束屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-11。

表 11-11 有用线束关注点辐射剂量率估算表

关注点	I (mA)	H_0 ($\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$)	铅当量 (mm)	TVL	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv/h}$)
设备顶板(主照面)E	0.5	1.72E+06	8	1.05	2.40E-08	1.321	1.19E-02

(2) 泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算

泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-12。

表 11-12 泄漏射线及散射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

参数		左侧(侧照面)C	右侧(侧照面)A	正面(侧照面)B	背面(侧照面)D	底板(背照面)H	设备操作位G
泄漏辐射	$H_{L0}(\mu\text{Sv/h})$	2500	2500	2500	2500	2500	2500
	铅当量 (mm)	6	6	6	6	6	6
	$TVL_L(\text{mm})$	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
	B_L	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06	1.93E-06
	$R_L(\text{m})$	1.057	1.168	0.9815	1.2855	1.251	1.25
	$H_L(\mu\text{Sv/h})$	4.32E-03	3.54E-03	5.01E-03	2.92E-03	3.08E-03	3.09E-03
散射辐	$H_{S0}(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h}))$	1722000	1722000	1722000	1722000	1722000	1722000
	$TVL_S(\text{mm})$	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

射	Bs	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07	5.62E-07
	$F \cdot \alpha / R_0^2$	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02
	I(mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	H _s (μSv/h)	8.67E-03	7.10E-03	1.01E-02	5.86E-03	6.19E-03	6.20E-03
泄漏辐射和散射辐射的复合作用 (μSv/h)	1.30E-02	1.06E-02	1.51E-02	8.78E-03	9.27E-03	9.29E-03	
其他设备贡献值 (μSv/h)	1.54E-02	6.21E-03	1.59E-03	/	/	1.59E-03	
叠加后的剂量率 (μSv/h)	2.84E-02	1.68E-02	1.66E-02	8.78E-03	9.27E-03	1.09E-02	

由上表可知 Lami-160CT 屏蔽体外剂量率最大值为 0.0284μSv/h，出现在设备左侧屏蔽体外 30cm 处，屏蔽体的防护效果满足剂量率控制水平 2.5μSv/h 的要求。

3、Flash-130CT（在线高速平板 CT 系统）

Flash-130CT 日常最大运行工况为管电压 130kV，管电流 0.5mA，出束方向为自下向上。东西两侧设备为 Nano-160CT、Lami-160CT、HR-225CT、HR-300CT。Flash-130CT 关注点分布情况见图 11-4。

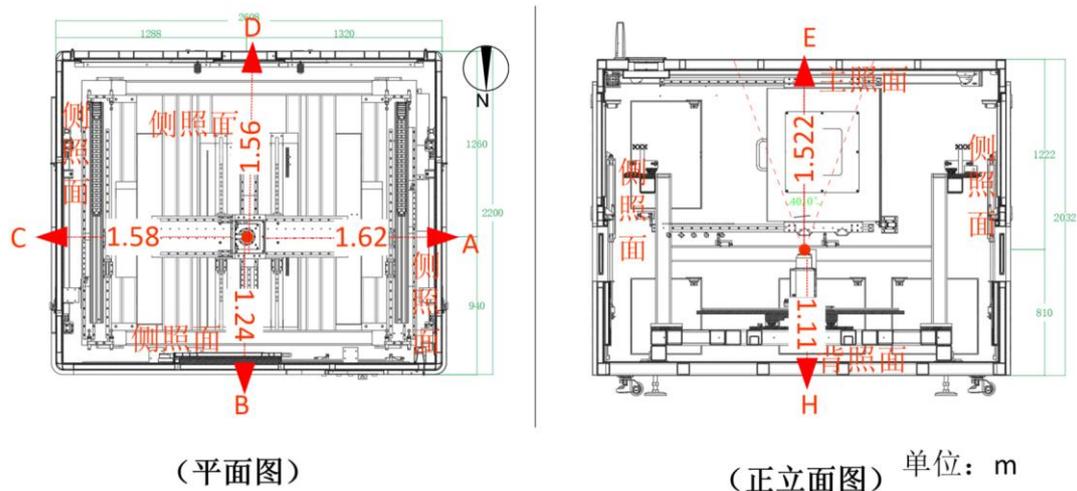


图 11-4 Flash-130CT 关注点分布示意图

(1) 有用线束屏蔽体外剂量率估算

有用线束屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-9。

表 11-9 有用线束关注点辐射剂量率估算表

关注点	I (mA)	H_0 (μSv·m ² /(mA·h))	铅当量 (mm)	TVL	B	R (m)	H (μSv/h)
设备顶板(主照面)E	0.5	1.10E+06	6	0.96	5.62E-07	1.522	1.33E-01

(2) 泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算

泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-10。

表 11-10 泄漏射线及散射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

参数		左侧（侧照面）C	右侧（侧照面）A	正面（侧照面）B	背面（侧照面）D	底板（背照面）H	设备操作位 G
泄漏辐射	H _{Lo} (μSv/h)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	铅当量 (mm)	5	5	5	5	5	5
	TVL _L (mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	B _L	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06
	R _L (m)	1.58	1.62	1.24	1.56	1.11	1.55
	H _L (μSv/h)	2.48E-03	2.36E-03	4.03E-03	2.54E-03	5.02E-03	2.58E-03
散射线辐射	H _{so} (μSv·m ² /(mA·h))	1.10E+06	1.10E+06	1.10E+06	1.10E+06	1.10E+06	1.10E+06
	TVL _s (mm)	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
	B _s	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06	6.19E-06
	F·α/R ₀ ²	1.67E-02	1.67E-02	1.67E-02	1.67E-02	1.67E-02	1.67E-02
	I(mA)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	H _s (μSv/h)	2.27E-02	2.16E-02	3.68E-02	2.33E-02	4.60E-02	2.36E-02
泄漏辐射和散射线辐射的复合作用 (μSv/h)	2.52E-02	2.39E-02	4.09E-02	2.58E-02	5.10E-02	2.61E-02	
其他设备贡献值 (μSv/h)	7.09E-03	6.84E-03	5.26E-03	/	/	5.26E-03	
叠加后的剂量率 (μSv/h)	3.23E-02	3.08E-02	4.61E-02	2.58E-02	5.10E-02	3.14E-02	

由上表可知，Flash-130CT 屏蔽体外剂量率最大值为 0.133EμSv/h，出现在设备顶板屏蔽体外 30cm 处，屏蔽体的防护效果满足剂量率控制水平 2.5μSv/h 的要求。

4、HR-225CT（高分辨工业 CT 系统）

HR-225CT 日常最大运行工况为管电压 225kV，管电流 1.0mA，出束方向为面向设备自西向东。东西两侧设备为 Nano-160CT、Lami-160CT、Flash-130CT、HR-300CT。HR-225CT 关注点分布情况见图 11-2。

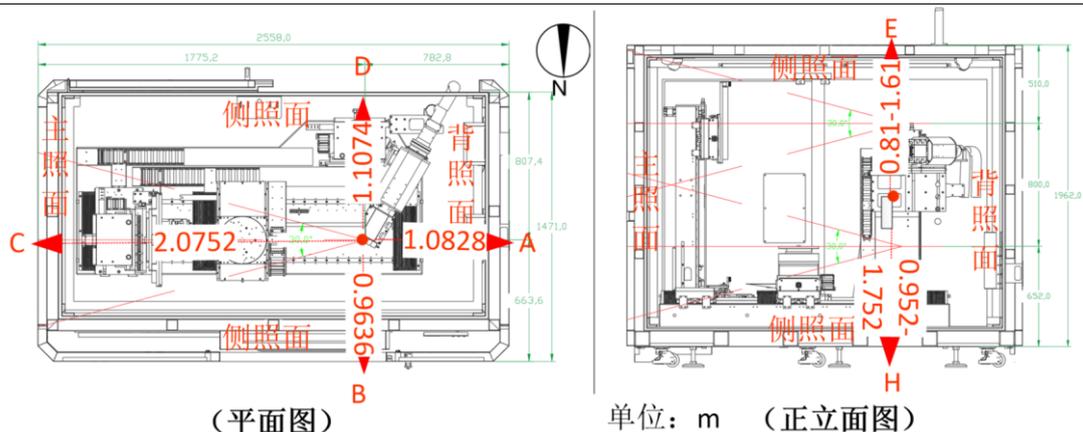


图 11-2 HR-225CT 关注点分布示意图

(1) 有用线束屏蔽体外剂量率估算

有用线束屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-5。

表 11-5 有用线束关注点辐射剂量率估算表

关注点	H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ $(\text{mA}\cdot\text{h})$	I (mA)	铅当 量 (mm)	TVL (mm)	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	HR- 300CT 贡献值 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	叠加后 剂量率 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
HR-225CT 左侧(主 照面)C	1.72E+0 6	1.0	16	2.15	3.62E -08	2.0752	1.45E-02	1.68E-01	1.82E-01

(2) 泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算

泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-6。

表 11-6 HR-225CT 泄漏射线及散射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

参数		右侧(背照 面)A	正面(侧 照面)B	背面(侧 照面)D	顶板(侧 照面)E	底板(侧 照面)H	设备操作 位 G
泄漏 辐射	$H_{L0}(\mu\text{Sv}/\text{h})$	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	铅当量 (mm)	12	14	14	14	14	14
	TVL _L (mm)	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
	B_L	2.62E-06	3.08E-07	3.08E-07	3.08E-07	3.08E-07	3.08E-07
	$R_L(\text{m})$	1.0828	0.9636	1.074	0.81	0.952	1.5
	H_L ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	1.12E-02	1.66E-03	1.33E-03	2.35E-03	1.70E-03	6.84E-04
散 射 辐 射	$H_{S0}(\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/$ $(\text{mA}\cdot\text{h}))$	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06	1.72E+06
	TVL _S (mm)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	B_s	2.68E-09	1.00E-10	1.00E-10	1.00E-10	1.00E-10	1.00E-10
	$F\cdot\alpha/R_0^2$	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02

	I(mA)	1	1	1	1	1	1
	H _s (μSv/h)	7.88E-05	3.71E-06	2.99E-06	5.25E-06	3.80E-06	1.53E-06
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		1.13E-02	1.66E-03	1.34E-03	2.35E-03	1.70E-03	6.86E-04
其他设备贡献值(μSv/h)		1.60E-02	1.86E-02	/	/	/	1.86E-02
叠加后的剂量率(μSv/h)		2.73E-02	2.03E-02	1.34E-03	2.35E-03	1.70E-03	1.93E-02

由上表可知，DHR-225CT 屏蔽体外剂量率最大值为 0.182μSv/h，出现在左侧屏蔽体外 30cm 处，屏蔽体的防护效果满足剂量率控制水平 2.5μSv/h 的要求。

5、HR-300CT（高分辨工业 CT 系统）

HR-300CT 日常最大运行工况为管电压 300kV，管电流 1.7mA，出束方向为面向设备自西向东。东西两侧设备为 Nano-160CT、HR-225CT、Flash-130CT、Lami-160CT。HR-300CT 关注点分布情况见图 11-3。

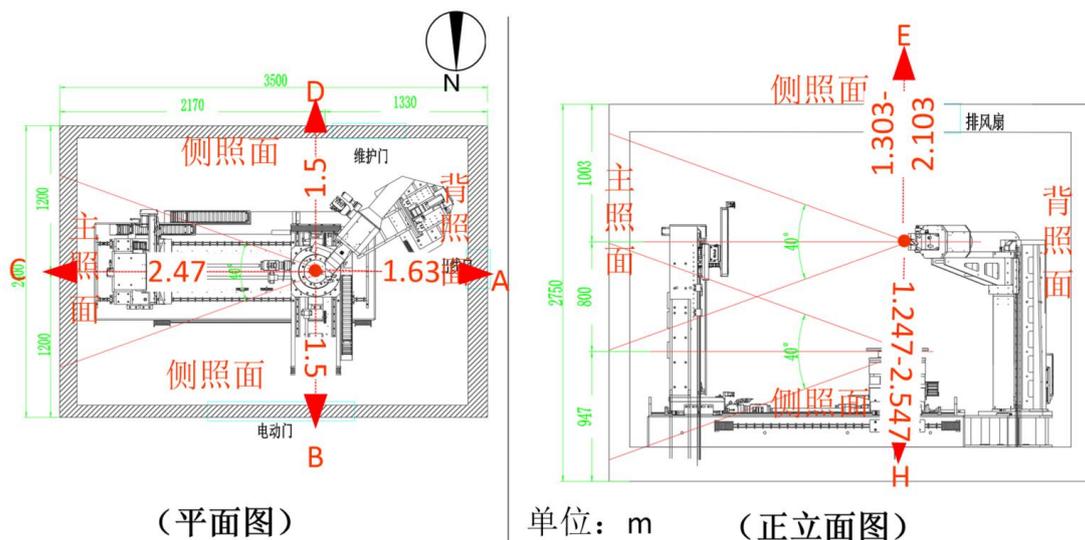


图 11-3 HR-300CT 关注点分布示意图

(1) 有用线束屏蔽体外剂量率估算

有用线束屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-7。

表 11-7 有用线束关注点辐射剂量率估算表

关注点	H ₀ μSv·m ² /(mA·h)	I (mA)	铅当量 (mm)	TVL (mm)	B	R (m)	H (μSv/h)	Flash-130CT 贡献值 (μSv/h)	叠加后 剂量率 (μSv/h)
HR-300CT 左侧（主照面）C	1.25E+06	1.7	34	5.7	1.08E-06	2.47	3.79E-01	2.31E-04	3.79E-01

(2) 泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算

泄漏射线及散射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-8。

表 11-8 HR-300CT 泄漏射线及散射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

参数		右侧(背照面)A	正面(侧照面)B	背面(侧照面)D	顶板(侧照面)E	底板(侧照面)H	设备操作位 G
泄漏辐射	H _{L0} (μSv/h)	5000	5000	5000	5000	5000	5000
	铅当量(mm)	24	24	24	24	24	24
	TVL _L (mm)	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
	B _L	6.16E-05	6.16E-05	6.16E-05	6.16E-05	6.16E-05	6.16E-05
	R _L (m)	1.63	1.5	1.5	1.303	1.247	2.1
	H _L (μSv/h)	1.16E-01	1.37E-01	1.37E-01	1.81E-01	1.98E-01	6.98E-02
散射辐射	H _{S0} (μSv·m ² /(mA·h))	1.25E+06	1.25E+06	1.25E+06	1.25E+06	1.25E+06	1.25E+06
	TVL _S (mm)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
	B _S	7.20E-18	7.20E-18	7.20E-18	7.20E-18	7.20E-18	7.20E-18
	F·α/R ₀ ²	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02
	I(mA)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
	H _S (μSv/h)	1.15E-13	1.36E-13	1.36E-13	1.81E-13	1.97E-13	6.96E-14
泄漏辐射和散射辐射的复合作用(μSv/h)		1.16E-01	1.37E-01	1.37E-01	1.81E-01	1.98E-01	6.98E-02
其他设备贡献值(μSv/h)		1.02E-02	1.09E-03	/	/	/	1.09E-03
叠加后的剂量率(μSv/h)		1.26E-01	1.38E-01	1.37E-01	1.81E-01	1.98E-01	7.09E-02

由上表可知, HR-300CT 屏蔽体外剂量率最大值为 0.379μSv/h, 出现在设备左侧屏蔽体外 30cm 处, 满足剂量率控制水平 2.5μSv/h 的要求。

5、5 台工业 CT 系统屏蔽体外剂量率汇总

5 台工业 CT 系统屏蔽体外剂量率汇总见表 11-13。

表 11-13 5 台工业 CT 系统屏蔽体外 30cm 处辐射剂量率汇总表

单位: μSv/h

设备型号	左侧	右侧	正面	背面	顶板	底板	操作位
Nano-160CT	1.82E-02	7.52E-03	2.04E-02	2.06E-02	1.77E-02	5.87E-03	1.27E-02
Lami-160CT	2.84E-02	1.68E-02	1.66E-02	8.78E-03	1.19E-02	9.27E-03	1.09E-02
Flash-130CT	3.23E-02	3.08E-02	4.61E-02	2.58E-02	1.33E-01	5.10E-02	3.14E-02

HR-225CT	1.82E-01	2.73E-02	2.03E-02	1.34E-03	2.35E-03	1.70E-03	1.93E-02
HR-300CT	3.79E-01	1.26E-01	1.38E-01	1.37E-01	1.81E-01	1.98E-01	7.09E-02

由上表可知，5台工业CT系统屏蔽体外剂量率最大值为0.379μSv/h，出现在HR-300CT设备左侧屏蔽体外30cm处，可知自带铅房的防护效果满足剂量率控制水平2.5μSv/h的要求。

11.2.2 展示阶段辐射影响分析

展示过程中，演示操作产生X射线，由表11-13可知，本项目使用的工业CT系统屏蔽体外30cm处的剂量率估算值，均满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）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。

通过以上估算可知，本项目采取的屏蔽防护措施是可行的。

11.2.3 年有效剂量估算

1、年有效剂量估算公式

年有效剂量参考联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A公式计算：

$$H=D \times t \times T \times 1 \times 10^{-3} \dots \dots \dots \text{（式 11-5）}$$

式中：

H：年有效剂量，mSv/a；

D：X-γ辐射空气吸收剂量率，μGy/h；

T：居留因子，详见表11-9；

表 11-14 不同场所与环境条件下的居留因子

场所	居留因子 T	示例
全居留	1	控制室、暗室、办公室、邻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

注：表中数据取自《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。

参照上表，本项目全居留取1，部分居留取1/4，偶然居留取1/8。

t：X-γ照射时间，h；

1：剂量换算系数，Sv/Gy。

2、年有效剂量估算

根据各关注点的辐射剂量率贡献值和工业CT系统的出束年累积时间，并考虑相关的居留因子计算辐射工作人员和公众的年有效剂量。

根据建设单位提供资料，本项目运行后，检测/展示间工业CT系统年总出束时间在100h~1000h之间，本次环评均按1000h保守进行估算，演示、培训、维修岗考虑剂量叠加年受照时间最多为29.5h。

本项目所致人员年有效剂量估算结果见表 11-15。

表 11-15 设备运行所致人员年有效剂量估算结果

	保护目标位置描述	居留因子	年出束时间 (h/a)	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年有效剂量 (mSv)	估算对象
4号厂房内保护目标	Nano-160CT 操作位	1	1020	1.27E-02	1.30E-02	职业
	HR-225CT 操作位	1	1020	1.09E-02	1.11E-02	职业
	HR-300CT 操作位	1	1020	3.14E-02	3.20E-02	职业
	Flash-130CT 操作位	1	1020	1.93E-02	1.97E-02	职业
	Lami-160CT 操作位	1	1020	7.09E-02	7.23E-02	职业
	大会议室	1/4	1020	2.43E-03	6.19E-04	公众
	走廊	1/4	1020	2.97E-03	7.56E-04	公众
	接待室	1/4	1020	3.74E-03	9.53E-04	公众
	机房	1/8	1020	3.45E-03	4.40E-04	公众
	大库房	1/8	1020	1.23E-02	1.57E-03	公众
	洗手间	1/8	1020	1.62E-02	2.07E-03	公众
4号厂房外保护目标	4号厂房北侧空地	1/8	1020	5.61E-03	7.16E-04	公众
	4号厂房东侧空地、道路	1/8	1020	2.14E-03	2.73E-04	公众
	迈德康纳生物医药有限公司厂房	1	1020	3.27E-04	3.33E-04	公众
	4号厂房南侧空地、道路	1/8	1020	4.67E-02	5.95E-03	公众
	食品营养中心	1	1020	3.71E-04	3.78E-04	公众
	京粮兴业商业管理有限公司	1	1020	3.14E-04	3.20E-04	公众
	首农发展综合楼	1	1020	4.05E-04	4.13E-04	公众

由表 11-15 可知，职业人员年有效剂量最大值 0.0712mSv，低于本报告提出的 2.0mSv/a 的管理约束限值；公众年有效剂量最大值为 0.00599mSv/a，低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理约束限值。

11.2.4 有害气体的环境影响

X 射线装置在开机并处于出束状态时，X 射线与空气作用产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体，废气经排气扇排入检测/展示间，再通过检测/展示间自然通风排入大气，废气很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

11.3 异常事件分析与防范建议

项目运行期间能发生的辐射事故主要是在 X 射线检测设备使用、展示时发生故障导致辐射工作人员受到辐射照射，污染途径为外照射。

11.3.1 事故风险类型

1、由于联锁装置失效，铅门未关闭或 X 射线出束时铅门被开启，造成射线外泄，可能对辐射工作人员产生误照射。

2、机房门未关闭时，工业 CT 系统软件控制系统故障，导致高低压错乱造成工作人员受到辐射照射。

11.3.2 误照事故剂量估算

事故情景：假设 HR-300CT 在以 300kV、1.7mA 工况运行，因工业 CT 系统门机联锁失效，人员至防护门处，防护门打开，个人剂量报警仪报警时，立即按下控制板急停按钮，时间约 3 秒。事故辐射剂量率采用泄漏辐射和散射辐射复合作用进行估算，计算公式参照式 11-3、式 11-4，具体计算参数如表 11-16 所示。

表 11-16 事故状态下辐射剂量率估算表

H_0 $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$	I (mA)	铅当量 (mm)	TVL (mm)	B	R (m)	H ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)	照射时间 (s)	受照剂量(mSv)
1.25E+06	1.7	0	5.7	1	1.2	4.07E+04	3	3.40E-02

由表 11-6 可知，一次事故下辐射工作人员受照的剂量最大为 0.034mSv，对工作人员的健康影响不大，且本项目均设置了门机联锁、急停按钮、固定式辐射监测仪等装置，能够有效防范上述事故的发生。

11.3.3 辐射事故风险防范措施

为防止意外事故发生，采取以下措施，降低风险事故。

(1) 操作人员须严格按照操作规程操作设备，如出现设备不能正常停止照射时，应立刻切断总电源，强制实行停止照射；

(2) 定期检查安全控制系统，发现问题及时维修。当设备门机联锁系统出现问题

时，停止使用，防止意外发生；

(3) 定期对工作场所周围进行剂量检测，对工作人员进行定期的体检，建立健康档案；

(4) 工作时佩戴常规个人剂量计，并通过固定式辐射监测仪实时监测环境中放射性辐射水平，当检测到超过安全阈值时，工作人员应采取防护措施；

(5) 如发生辐射事故，应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急措施，一旦怀疑人员可能受到较大剂量照射，应及时送往医院进行医学处理。

11.3.4 发生事故处理应采取的措施

(1) 操作过程中，设备发生任何故障都要立即切断设备电源，及时通知有关人员进行维修，并做好故障记录，不允许设备带故障运行。

(2) 当发生事故后应对事故影响人员进行医学检查，确定其所受到的辐射剂量水平，并在第一时间将事故情况通报生态环境、卫健委等主管部门。

(3) 分析确定发生事故的具体时间及发生事故的原因，写出事故报告，总结原因，吸取教训，采取补救措施。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与防护管理体系的设置

12.1.1 辐射安全管理机构

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第一款的要求，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。

北京光影已组建辐射安全领导小组，负责单位的辐射防护监督和管理工作的，其小组成员见表 1-2。

经分析，现有的辐射安全工作小组能够满足本项目要求。

12.1.2 辐射安全管理小组的职责

(1) 负责辐射安全和防护机构及人员的监督和管理工作的。

(2) 负责贯彻执行国家法规及规章，负责有关法规的教育、落实、指导、监督、检查，接受有关部门的辐射防护监督管理。

(3) 负责制定、修订《辐射安全管理制度》。

(4) 制定北京光影培训计划，负责辐射防护知识的培训和考核，建立培训档案，完善培训记录。

(5) 组织本单位的辐射安全和防护状况进行评估。

12.1.3 辐射工作人员配备及培训情况

建设单位已制定培训计划，并安排新增辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射防护与安全考核。

12.2 辐射安全管理规章制度

北京光影已制定了较为齐备的辐射防护规章制度，涵盖了辐射安全管理机构及职责、岗位职责、人员健康管理及培训制度等，各项规章制度在日常工作中均得到落实，本项目实施后，需要补充操作规程、辐射防护和安全保卫制度、监测方案、应急预案、台账管理和设备检修维护制度，以满足管理需求。

12.3 辐射监测

12.3.1 辐射监测设备情况

本项目拟新配便携式剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 5 台（现有 3 台，新增 2 台）、新增 1 台固定式辐射监测仪（配 7 个探头）。

12.3.2 辐射监测方案

本项目辐射环境监测方案具体如下：

1、个人剂量监测

辐射工作人员外照射个人剂量监测周期一般为 30 天，最长不应超过 90 天，并按原环保部令第 18 号和相关标准要求建立个人剂量档案。个人剂量监测工作将由具备资质的个人剂量监测技术服务机构承担。

2、工作场所常规监测

（1）工作场所监测分为自行监测和委托监测。

自行监测每季度开展一次，应新增拟建项目监测计划，监测人员须通过辐射安全与防护培训。自行监测采用便携式辐射监测仪进行监测，做好监测记录。每次监测结果均应建立档案保存，并交办公室保管。

委托监测每年开展一次，由有资质的辐射监测单位进行。

表 12-1 常规辐射监测和检查计划一览表

监测对象	监测点位	监测方案	监测项目	监测频率	监测方式
工业 CT 系统	屏蔽体外四周人员可达位置、观察窗外、薄弱环节处、操作位等	实测	辐射剂量率	每年一次	委托有资质单位监测
		实测	辐射剂量率	每季度一次	自行监测
	辐射防护装置	检查	安全联锁、指示灯等	每次开机前	自行检查

（2）监测方案

监测范围：射线装置周围可能受到影响的区域。

监测布点：设备屏蔽体四周（含设备上方）、防护门（上、下、左、右门缝及中部），设备薄弱环节处（包括管线口等屏蔽体穿孔处）、操作位，检测/展示间东墙、西墙、南墙、北墙内。

监测布点情况见表 12-2。

表 12-2 辐射工作场所周围剂量当量率监测点位一览表

编号	监测点位	剂量率/ $\mu\text{Sv/h}$	监测频次
----	------	-----------------------	------

1	Nano-160CT 工件门左门缝外 30cm 处		委托监测： 1 次/年 自行监测： 4 次/年	
2	Nano-160CT 工件门上门缝外 30cm 处			
3	Nano-160CT 工件门右门缝外 30cm 处			
4	Nano-160CT 工件门下门缝外 30cm 处			
5	Nano-160CT 工件门中心外 30cm 处			
6	Nano-160CT 左侧屏蔽体外 30cm 处			
7	Nano-160CT 背面屏蔽体外 30cm 处			
8	Nano-160CT 右侧屏蔽体外 30cm 处			
9	Nano-160CT 顶部屏蔽体外 30cm 处			
10	Nano-160CT 操作位			
11	Lami-160CT 工件门左门缝外 30cm 处			
12	Lami-160CT 工件门上门缝外 30cm 处			
13	Lami-160CT 工件门右门缝外 30cm 处			
14	Lami-160CT 工件门下门缝外 30cm 处			
15	Lami-160CT 工件门中心外 30cm 处			
16	Lami-160CT 左侧屏蔽体外 30cm 处			
17	Lami-160CT 背面屏蔽体外 30cm 处			
18	Lami-160CT 右侧屏蔽体外 30cm 处			
19	Lami-160CT 顶部屏蔽体外 30cm 处			
20	Lami-160CT 操作位			
21	Flash-130CT 工件门左门缝外 30cm 处			
22	Flash-130CT 工件门上门缝外 30cm 处			
23	Flash-130CT 工件门右门缝外 30cm 处			
24	Flash-130CT 工件门下门缝外 30cm 处			
25	Flash-130CT 工件门中心外 30cm 处			
26	Flash-130CT 左侧屏蔽体外 30cm 处			
27	Flash-130CT 上料门外 30cm 处			
28	Flash-130CT 背面屏蔽体外 30cm 处			
29	Flash-130CT 下料门外 30cm 处			
30	Flash-130CT 右侧屏蔽体外 30cm 处			
31	Flash-130CT 顶部屏蔽体外 30cm 处			
32	Flash-130CT 操作位			
33	HR-225CT 工件门左门缝外 30cm 处			
34	HR-225CT 工件门上门缝外 30cm 处			
35	HR-225CT 工件门右门缝外 30cm 处			
36	HR-225CT 工件门下门缝外 30cm 处			
37	HR-225CT 工件门中心外 30cm 处			
38	HR-225CT 左侧屏蔽体外 30cm 处			
39	HR-225CT 背面屏蔽体外 30cm 处			
40	HR-225CT 右侧屏蔽体外 30cm 处			
41	HR-225CT 顶部屏蔽体外 30cm 处			
42	HR-225CT 操作位			
43	HR-300CT 工件门左门缝外 30cm 处			
44	HR-300CT 工件门上门缝外 30cm 处			
45	HR-300CT 工件门右门缝外 30cm 处			
46	HR-300CT 工件门下门缝外 30cm 处			
47	HR-300CT 工件门中心外 30cm 处			
48	HR-300CT 左侧屏蔽体外 30cm 处			
49	HR-300CT 背面屏蔽体外 30cm 处			

50	HR-300CT 右侧屏蔽体外 30cm 处		
51	HR-300CT 顶部屏蔽体外 30cm 处		
52	HR-300CT 操作位		
53	检测/展示间东墙内侧		
54	检测/展示间南墙内侧		
55	检测/展示间西墙内侧		
56	检测/展示间北墙内侧		

监测布点图如下图所示。

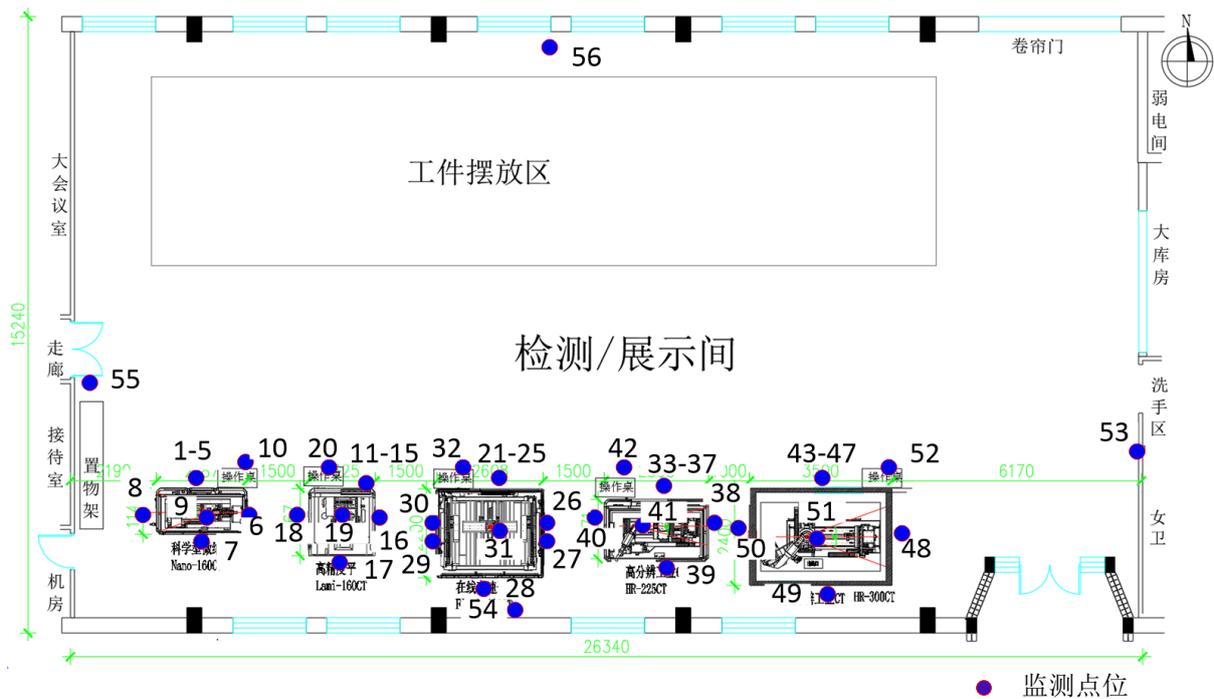


图 12-1 监测布点示意图

监测项目：辐射剂量率。

监测频次：自检 1 次/季度，委托有资质单位外检 1 次/年。

(3) 应急监测

在出现异常情况时应立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向当地生态环境部门及卫生健康部门报告，进行现场监测。

12.4 辐射事故应急管理

北京光影已制定辐射应急预案。辐射应急预案包括以下几方面内容：

- (1) 可能发生的事故种类。
- (2) 不同种类事故发生时的应急处理程序。

发生辐射事故时，单位应当立即启动应急预案，采取应急措施，并立即向生态环境主管部门、卫健委报告。

预案中明确了辐射事故应急处理机构名单、应急具体人员及职责、联系电话，符合辐射事故应急预案的要求。

本项目可能发生的事故类型与现有装置辐射类型一致，因此，现有辐射应急预案能够满足本项目的需求。

12.5 从事辐射活动能力评价

12.5.1 对照原环保部令第 3 号的符合情况

表 12-3 汇总列出了本项目对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修正）》相关要求，对北京光影承诺落实的防护措施对应检查其符合性。

表 12-3 项目执行《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求对照表

序号	办法要求	落实情况	是否符合要求
1	使用Ⅱ类射线装置的工作单位，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。	已成立辐射安全管理小组，全面负责公司的辐射防护监督和管理。辐射安全专职管理人员为本科学历。	符合
2	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。	制定了辐射工作人员培训计划，本项目拟增辐射工作人员均应考核合格。	落实后符合
3	射线装置使用场所防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全设施。	设备屏蔽体配有门机联锁装置、工作状态指示灯，屏蔽体外和工作场所出入口处设置电离辐射警告标识以及中文警示说明。	落实后符合
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、辐射监测等仪器。	本项目拟配置个人剂量报警仪 5 台、便携式剂量率仪 1 台、1 台固定式辐射监测仪（配 7 个探头）。	落实后符合
5	有健全的操作规程、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、设备检修维护制度、人员健康管理制度、人员培训计划、监测方案等。	完善辐射防护和安全管理。补充完善操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、监测方案、应急预案、台账管理和设备检修维护等制度。	落实后符合
6	有完善的辐射事故应急措施。	完善辐射事故应急预案。	落实后符合

12.5.2 对“环保部 18 号令”要求的满足情况

《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）对拟使用射线装置的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“原环保部 18 号令”要求的对照检查如表 12-4 所示。

表 12-4 项目执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》要求对照表

序号	办法要求	落实情况	是否符合要求
1	第五条生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其出口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全连锁、报警装置或者工作信号。	设备屏蔽体配有门机连锁装置、工作状态指示灯，屏蔽体外和工作场所出入口处设置电离辐射警告标识以及中文警示说明，拟配置个人剂量报警仪 5 台、便携式剂量率仪 1 台、1 台固定式辐射监测仪（配 7 个探头）。	落实后符合
2	第九条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	拟委托有辐射水平监测资质单位每年对辐射工作场所及其周围环境进行一次监测，落实后符合。	落实后符合
3	第十二条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	承诺每年 1 月 31 日前向生态环境部门提交年度评估报告。	落实后符合
4	第十七条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	制定了辐射工作人员培训计划，辐射防护负责人、本项目拟配备辐射工作人员均应考核合格。	落实后符合
5	第二十三条生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应按照法律、行政法规及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	本项目新增辐射工作人员应配备个人剂量计，并委托有资质的单位进行个人剂量监测。个人剂量计每季度送检 1 次。应严格执行个人剂量监测管理规定，建立个人剂量档案。	落实后符合

以上分析可知，建设单位从事本项目辐射活动的技术能力基本符合相应法律法规的要求。

12.5.3 《中国核与辐射安全管理体系现场监督检查和执法程序》（2020 版）对照情况

本项目拟设置安全防护设施，完善辐射安全管理制度，与《中国核与辐射安全管理体系现场监督检查和执法程序》（2020 版）的“II类非医用 X 线装置监督检查技术程序”（程序编号：NNSA HQ-08-JD-IP-024）对比结果见下表：

表 12-5 与“II类非医用 X 线装置监督检查技术程序”对照检查表

检查内容		项目基本情况	是否符合	
2 辐射安全防护设施与运行		/	/	
1	A 场所设施 (固定式)	入口处电离辐射警示标志	设备门拟张贴	落实后符合
2		入口处机器工作状态显示	设备上方自带工作状态指示灯	符合
3		隔室操作	/	不适用
4		迷道	/	不适用
5		防护门	设备设有防护门, 铅当量与所在屏蔽体铅当量一致。	符合
6		控制台有钥匙控制	设备设有钥匙控制	符合
7		门机联锁系统	设备设有门机连锁	符合
8		照射室内监控设施	设备内部设置监控	符合
9		通风设施	已设置通风系统	符合
10		照射室内紧急停机按钮	高分辨工业 CT 系统铅房内设急停按钮	符合
11		控制台上紧急停机按钮	紧急停机按钮设置在设备控制面板上	符合
12		出口处紧急开门开关	/	不适用
13		准备出束声光提示	设备上方自带准备出束警示灯	符合
14	C 监测设备	便携式辐射监测仪	拟为辐射工作人员配备	落实后符合
15		个人剂量报警仪		
16		个人剂量计		
17	D 应急物资	灭火器材	拟设置	落实后符合
4 管理制度与执行情况		/	/	
1	A 综合	辐射安全管理规定	已制定	符合
2		操作规程	拟制定	落实后符合
3		非固定场所使用的管理规定	/	不适用
4		辐射安全和防护设施维护维修制度(包括机构人员、维护维修内容与频度、重大问题管理措施、重新运行审批级别等)	拟制定	落实后符合
5	B 监测	监测方案	拟制定	落实后符合
6		监测仪表使用与校验管理制度	已制定, 拟完善	落实后符合
7	C 人员	辐射工作人员培训/再培训管理制度	已制定	符合

8		辐射工作人员个人剂量管理制度	已制定	符合
9	D 应急	辐射事故应急预案	拟制定	落实后符合

由上表对照情况可知，本项目辐射安全防护设施与运行方案设计合理，辐射安全管理制度健全，满足生态环境部相关监督检查的要求。

12.6 验收监测内容及要求

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位拟在项目竣工投产后 3 个月内完成该项目自主验收工作。委托有资质单位对辐射工作场所的辐射防护设施进行全面的竣工验收监测，做出辐射安全状况的评价，编制该项目竣工环境验收报告表。

建设项目“三同时”验收内容和要求见表12-6。

表 12-6 项目竣工环保验收内容及要求一览表

验收对象	检查内容	监测项目/检查内容
环保手续	履行情况	环评手续履行及辐射安全许可证申领情况。
检测/展示间	布局和屏蔽设计	辐射工作场所建设和布局与环评报告表描述内容一致。设备屏蔽体和防护门的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
	自屏蔽效果	设备屏蔽体四周、防护门外表面30cm处周围剂量当量率应不大于2.5 μ Sv/h。
	辐射防护装置	1、安全连锁装置： 设备门灯联动、门机连锁：应对配备的连锁装置进行检查，确保有效可行。 2、监测设备： 1台便携式辐射剂量率仪、5台个人剂量报警仪、1台固定式辐射监测仪（配7个探头）。应对配备的仪表进行检查，确保个人剂量报警仪可以开机，辐射剂量率仪经过检定机构检定。 3、个人剂量计： 应对配备的个人剂量计进行核查，确保辐射工作人员没有遗漏、戴错个人剂量计。 4、其他： 设置电离辐射警告标志、醒目的工作状态指示灯；指示灯、防护门与射线源有效联动；设备内配备有监控系统；设备配备急停按钮。
	通风装置	设备设置动力排风装置，换气次数不少于4次/h。
辐射事故预防	应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了应急处理组织机构及职责、处理程序和处理技术方案等。
	应急物资	1台便携式辐射剂量率仪、警示带。
相关档案	规章制度	应对建设单位制定的规章制度进行逐项核查，对比其与环评批复要求及相关法律法规要求的一致性，辐射安全管理制度和操作规程等是否得到宣贯和落实，对不完善之处进行查漏补缺。《应急报告程序》《操作规程》《辐射安全管理和保卫制度》等制度应在墙上醒目位置张贴。

	人员培训	辐射工作人员参加生态环境部组织的辐射安全与防护考核，并成绩合格。
	个人剂量及健康档案	所有辐射工作人员定期开展个人剂量检测和职业健康监护，并建立个人剂量档案和职业健康监护档案，按有关要求存档，个人剂量档案终身保存。

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

使用 II 类射线装置项目位于北京市丰台区南苑路 112 号院，建设内容为在 4 号厂房检测/展示间使用 5 台工业 CT 系统用于无损检测服务，分别为使用 1 台 Flash-130CT 型工业 CT 系统（130kV/0.5mA）、使用 1 台 Nano-160CT 型工业 CT 系统（160kV/0.5mA）、使用 1 台 HR-225CT 型工业 CT 系统（225kV/2mA）、使用 1 台 HR-300CT 型工业 CT 系统（300kV/3mA）、使用 1 台 Lami-160CT 型工业 CT 系统（160kV/0.5mA），以上设备均带有自屏蔽铅房。本项目配备 10 名辐射工作人员。

13.1.2 实践正当性分析

北京光影开展使用 II 类射线装置项目，不但为客户作产品展示，销售适配的工业 CT 系统，还为小微企业提供无损检测技术服务，以满足各个行业日益增加的质量检测需求。尽管本项目工业 CT 系统对周边环境有少许辐射影响，但是借助本项目设备用于产品展示及无损检测，为小微企业提供专业的检测服务，确保了小微企业的产品质量安全；向社会输送优质的工业 CT 设备，为客户定制专用软件算法，提高设备精度、效率，提升区域整体检测水平，所获社会效益及经济利益远大于其产生的辐射危害，所获利益远大于其产生的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践正当性”的要求。

13.1.3 选址合理性分析

项目选址位于 4 号厂房，北京光影已与北京京粮兴业商业管理有限公司签订房屋租赁合同，产权清晰，符合规划要求。本项目 50m 评价范围内除本建筑外，其他建筑均为产业园内生产、办公用房，无居住、教育等敏感建筑物，因此从辐射安全角度分析，本项目选址是合理的。

13.1.4 辐射环境影响分析

（1）辐射防护屏蔽能力分析

通过辐射屏蔽措施分析可知，本项目工业 CT 系统屏蔽体外周围剂量率不超过 2.5 μ Sv/h，并设置门机联锁、工作状态指示灯、急停按钮及电离辐射警示标识等措施，符合辐射安全防护的要求。

（2）本项目设备正常运行情况下，不产生放射性废气、放射性废水和放射性固废，仅在设备开机过程中，产生少量的臭氧及氮氧化物等有害气体，每台设备均安装

排风扇，废气通过排风扇排出铅房，再经自然通风排出室外，很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

13.1.5 年有效剂量估算

根据估算结果可知，辐射工作人员和公众的年受照剂量均低于相应剂量约束限值（2mSv/a、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。

13.1.6 辐射安全管理结论

建设单位已建立辐射安全与防护管理小组，负责辐射安全管理和监督及环境保护工作。有较健全的辐射安全与防护制度，北京光影将针对本项目实际情况进一步补充完善操作规程、辐射防护和安全保卫制度、岗位职责、监测方案、辐射事故应急预案、台账管理和设备检修维护制度，以上制度经补充完善后能够满足本项目要求。

综上所述，北京光影智测科技有限公司使用 II 类射线装置项目相应的辐射安全制度和辐射防护措施基本可行，在落实项目实施方案和本报告表提出的辐射防护措施前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的建设是可行的。

13.2 建议和承诺

为了保护环境，保障人员健康，北京光影承诺：

1、在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。如果出现辐射工作人员年受照剂量异常情况，应进行调查并报生态环境部门备案，严格按规章制度落实执行。

2、项目建设完成后按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的相关要求办理《辐射安全许可证》，方可在许可范围内开展辐射工作。取得《辐射安全许可证》后应及时进行竣工环境保护验收。

3、加强本单位的辐射安全管理，发现问题，及时整治，不断完善管理制度，落实管理责任。

