

核技术利用建设项目

新增 1 台工业 CT 机项目

环境影响报告表

建设单位：北京振兴计量测试研究所

二〇二四年五月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

新增 1 台工业 CT 机项目

环境影响报告表

建设单位名称：北京振兴计量测试研究所

建设单位法人代表（签章）：

通讯地址：北京市丰台区云岗北区西里 1 号院

邮政编码： 100077 联系人：高凯

电子邮箱： Ht303@263.net.cn 联系电话： 13911675717

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	7
表 3 非密封放射性物质.....	7
表 4 射线装置.....	8
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）.....	9
表 6 评价依据.....	10
表 7 保护目标与评价标准.....	12
表 8 环境质量和辐射现状.....	15
表 9 项目工程分析与源项.....	17
表 10 辐射安全与防护.....	20
表 11 环境影响分析.....	24
表 12 辐射安全管理.....	33
表 13 结论与建议.....	36
表 14 审批.....	38

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增 1 台工业 CT 机项目			
建设单位		北京振兴计量测试研究所			
法人代表	张晓宇	联系人	高凯	联系电话	13911675717
注册地址		北京市丰台区云岗北区西里 1 号院			
项目建设地点		北京市丰台区云岗北区西里 1 号院恒温楼 2110 室			
立项审批部门		无	批准文号	无	
建设项目总投资(万元)	120	项目环保投资(万元)	2	投资比例（环保投资/总投资）	1.67%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它		建筑面积(m ²)	37
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 type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input 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					

项目概述

1、建设单位概况

北京振兴计量测试研究所（以下简称北振所或所）始建于 1965 年，隶属于中国航天科工集团第三研究院（以下简称航天三院），是国防科技工业二级计量技术机构、航天科工集团元器件可靠性中心三院分中心、航天三院空天光学计量测试中心，是集空天光学技术研究、计量检测技术研究、元器件可靠性分析、测试设备设计制造为一体的综合性研究所，是国防科技工业以及武器系统科研生产的重要技术基础支撑单位。全所拥有数十项国家授权专利，先后建立了质量管理体系、环境管理体系、职业健康安全管理体系和武器装备质量体系。获得中国国家认证认可监督管理委员会(CMA)资质认定和中国评定合格国家认可委员会(CNAS)、国防科技工业实验室认可委员会(DILAC)能力认可。

全所下设八个职能部门、八个技术中心及十三个研究室，现有员工 500 余人，其中

专业技术人员 280 余人，其中博士 15 人，硕士 128 人，大学本科以上学历人员占 78%。

2、核技术利用及辐射安全管理现状

(1) 核技术利用现状情况

北振所于 2020 年 5 月 11 日办理了辐射安全许可证，许可证编号京环辐证[G0169]，有效期至 2025 年 5 月 10 日，其种类和范围为：使用Ⅲ类射线装置。

已获得许可的射线装置为 2 台Ⅲ类射线装置，该装置履行了环保手续。现有射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 已许可的射线装置环保手续履行情况

序号	射线装置名称	规格型号	类别	用途	场所	备案号	备注
1	X射线检测系统	Phoenix microme/x neo	Ⅲ	X 射线检测	恒温楼 2112室	202011010600 002659	在用
2	微焦点X射线检测仪	Y.COUGAR SMT	Ⅲ	X 射线探伤	恒温楼 2112室	丰环辐审 [2013]11号	维修

经现场调查及与建设单位核实，北振所使用的射线装置在使用期间未发生使用场所的变动，环保手续齐全，不存在违规建设等行为。

(2) 辐射安全管理情况

①辐射安全管理机构

北振所成立了辐射安全领导小组。辐射防护负责人为副所长孟庆伟，成员为部门主要负责人员。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
1	辐射防护负责人	孟庆伟	男	副所长	所办公室	兼职
2	成员	高凯	男	副处长	安全保卫处	专职
3	成员	王雯	女	助理员	安全保卫处	兼职
4	成员	闫玉波	男	研究室主任	元器件可靠性中心	兼职
5	成员	王志林	女	高级工程师	元器件可靠性中心	兼职
6	成员	李庆	男	工程师	元器件可靠性中心	兼职
7	成员	汪天航	女	助理工程师	元器件可靠性中心	兼职

②现有辐射安全管理制度

北振所制定了管理制度，包括：《辐射防护与安全管理制度》、《辐射安全管理体系和岗位职责》、《安全操作规程》、《辐射防护与安全保卫措施》、《设备维护保养、检修制度》、《辐射剂量监测管理制度》、《人员培训和管理制度》、《台账管理制度》、《辐射环

境、职卫监测制度》、《辐射应急预案》等，并严格按照规章制度执行，截止目前北振所未发生辐射安全事故。

③辐射工作人员培训

目前，从事辐射工作的操作人员（1人）已参加了生态环境部组织的辐射安全 and 防护考核，并考核合格。北振所为本项目新增辐射工作人员制定了培训考核计划，辐射工作人员考试合格方能上岗。

④个人剂量检测

北振所从事辐射工作的人员配备了个人剂量计，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。

2023年度北振所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1人，年受照剂量为0.144mSv/a，小于本单位剂量约束限值2mSv/a。

北振所今后将继续加强个人受照剂量监测工作，如果辐射工作人员的单季度个人剂量监测结果高于年剂量约束值的1/4，将对其受照原因进行调查，结果由本人签字后存档；必要时将采取调离工作岗位或控制从事辐射工作时间等措施，保障辐射工作人员的健康。当发现超过剂量约束值时，应报告生态环境主管部门。

⑤现有辐射防护监测设备

目前，北振所已配备1台便携式X-γ辐射剂量率检测仪，可用于本项目日常辐射剂量率的监测，此外，本项目拟配置2台个人剂量报警仪。

⑥工作场所及辐射环境监测

北振所已制定辐射工作场所监测制度和自行监测记录档案，监测方案内容含有工作场所辐射水平监测和环境辐射水平监测，监测方案中包括实施部门、监测项目、点位及频次等，并妥善保存，接受生态环境行政主管部门的监督检查。监测记录记载监测数据、测量条件、测量方法和仪器、测量时间和测量人员等信息。目前，北振所使用射线装置共2台，微焦点X射线检测仪因损坏已封存，无法进行检测。根据北京市职业病防治院2023年11月15日对X射线检测系统工作场所的例行监测报告显示，在用射线装置运行时，周围辐射水平为0.12μSv/h（未扣除本底值0.11μSv/h），检测结果与本底值相当，满足相关标准要求的控制水平2.5μSv/h。

⑦辐射事故应急管理

北振所依据《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

2023 年度，北振所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。

3、项目概况

本项目位于北京市丰台区云岗北区西里 1 号院恒温楼，建设内容为将恒温楼一层 2110 室（空置）改造为 CT 检测室，本项目拟在 CT 检测室新购使用 1 台 RMX 3000 型工业 CT 机（自屏蔽装置，II类射线装置，最大管电压/最大管电流：160kV/0.5mA，定向向上），用于开展无损检测工作。设备参数见表 1-3。

表 1-3 本项目拟新增设备参数一览表

名称	数量 (台)	规格 型号	照射 方向	最大管电 压(kV)	最大管电 流(mA)	类别	使用场所
新购工业CT机	1	RMX 3000	向上	160	0.5	II	丰台区云岗北区西里1号院恒温楼2110CT检测室

4、项目周边环境

(1) 项目所在建筑周边环境关系

航天三院整体修建围墙与外界相隔，北振所位于航天三院院内东部偏北，紧邻航天三院东院墙，北临所设置半封闭围墙与航天三院其他下属单位简单分隔。北振所共有建筑物 4 幢，分别为综合办公楼、恒温楼、流量实验室及环境实验室，本项目位于恒温楼一层。恒温楼周边环境如下：

恒温楼北侧 15m 处为北振所流量实验室、北振所环境实验室，北侧 37m 处为北京自动化控制设备研究所实验室；

恒温楼东侧 6m 处为航天三院东院墙，院墙东侧隔路为云岗北区西里小区；

恒温楼西侧 10m 处为北京自动化控制设备研究所实验室；

恒温楼南侧 10m 处为北振所综合办公楼。

恒温楼周边环境情况如图 1-1 所示。



图 1-1 恒温楼周边环境示意图

(2) 工作场所周边环境

CT 检测室（2110 室）所在恒温楼为 3 层建筑，无地下层，该建筑主要用于恒温实验。CT 检测室东侧为角度实验室（2108 室），西侧为 X 射线检测室（2112 室），北侧为室外空地，南侧为走廊，正上方为化学开封室（2210 室），正下方为土壤层。

5、工作场所布局

CT 检测室建筑面积 37m²，南北宽 5.6m，东西长 6.6m，层高 4m。

拟建项目工作场所平面布局见图 1-2。

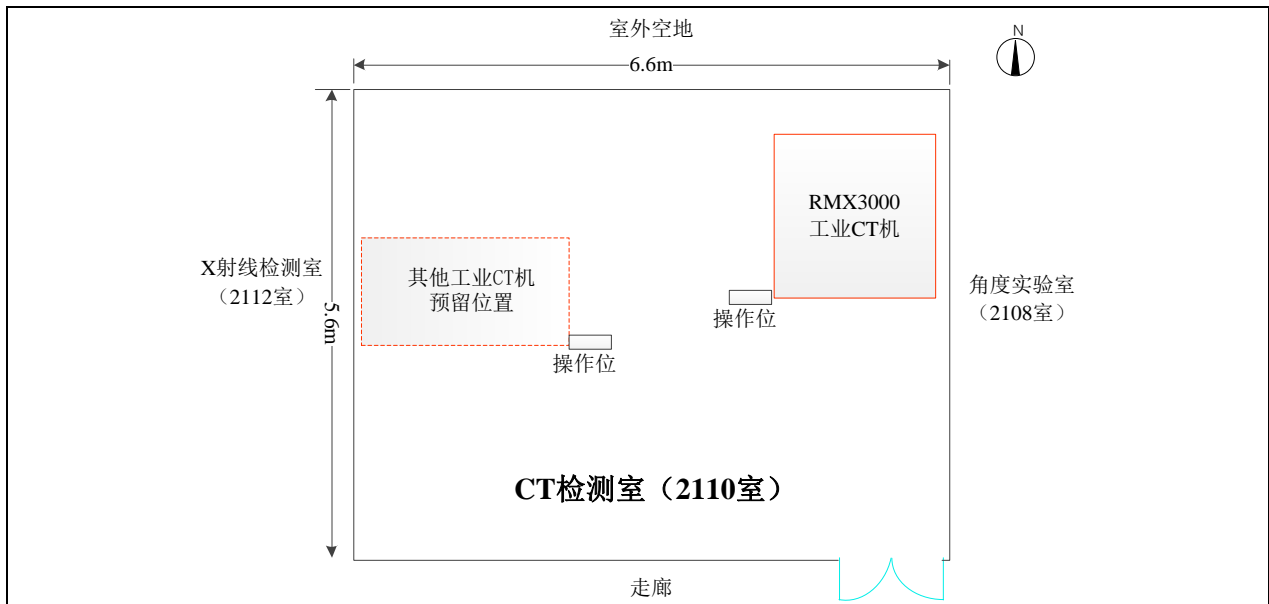


图 1-2 CT 检测室辐射工作场所平面布局图

6、项目建设必要性和实践正当性

北振所许可使用的两台射线装置目前在用的 1 台 X 射线透视检测设备为 III 类射线装置，主要用来检测元器件、PCB 板及组装工艺的内部形貌及缺陷，无法创建三维测量数据及准确还原被检测位置内部形貌及空间关系。因此北振所在需要分析元器件内部引线虚接、板级产品的焊点内部缺陷、BGA 器件的空洞位置、裂纹时，只能委托有检测能力的单位进行分析，委外流程较繁琐，影响了实验进度，无法确保航天的科研、实验任务按时完成。为此，迫切需要采购 1 台工业 CT 机，用于元器件、PCB 板的缺陷定位及分析，以满足对元器件、PCB 板等材料的无损检测需求。

本项目采用实时成像的无损检测手段，便于图像的储存、检索、统计和远程传输，同时高分辨率的微结构变化等信息可通过实时检测得到，为进一步的分析提供数据支撑。尽管本项目工业 CT 机对周边环境有少许辐射影响，但是借助上述设备用于无损检测，所获利益远大于其产生的辐射危害，故上述设备的使用具有实践正当性和建设必要性。

7、选址可行性分析

项目选址位于恒温楼 2110 室。本项目 50m 评价范围内除本建筑外，其他建筑均为科研、办公用房，无居住、教育等建筑物，恒温楼已取得《国有土地使用证》，产权明晰，建筑合法。因此本项目选址合理，符合规划要求。

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 (Gy/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	新购工业 CT 机 (定向向上)	II	1	RMX 3000	160	0.5	无损 检测	丰台区云岗北区西里 1 号 院恒温楼一层 CT 检测室 (2110 室)	照射方向：定向向上； 生产厂家：俐玛精密测量技术 (苏州) 有限公司

(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

<p>法规文件</p>	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》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》（2018 修订版），2018 年 12 月 29 日施行；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》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》国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日起实施；</p> <p>(5) 《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日起实施；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修订版，生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行）；</p> <p>(7) 《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 1 月 1 日；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令 第 18 号），2011 年 5 月 1 日起实施；</p> <p>(9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生计生委公告，2017 年 12 月 5 日起实施；</p> <p>(10) 《北京市辐射工作场所辐射环境自行监测办法（试行）》，北京市生态环境局文件，京环发[2011]347 号；</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）。</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），环境保护部；</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) 《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》（DB11/T1033-2013）；</p> <p>(7) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(8) 《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) 《辐射安全许可证》；</p>

	<p>(2) 《Ⅱ类非医用 X 线装置监督检查技术程序》（2020 版）；</p> <p>(3) 建设单位提供的资料及产品相关技术资料。</p>
--	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

按照《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，“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，确定本项目评价范围为：以拟新增工业 CT 机自屏蔽体为界，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（实体屏蔽物边界外半径 50m）示意图

保护目标

本项目评价范围内除本建筑外尚有其他建筑物（均为实验用房），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非辐射工作人员（公众人员）及恒温楼外其他实验楼的非辐射工作人员（公众人员）。

评价范围内主要保护目标见表 7-1。

表 7-1 工业 CT 周围 50m 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
恒温楼建筑内	室内	CT 检测室（2110 室）	0-4.5	4 人*	辐射工作人员
	一 东侧	角度实验室（2108 室）、实验室、	0.5-48m	约 10 人	/

敏感点	层		楼梯间			
		西侧	X射线检测室(2112室)、楼梯间	4.5-14.5m	约2人	公众人员
	南侧	走廊、实验室	3-11.5m	约2人	公众人员	
	二层	本项目正上方	化学开封室(2210室)	/	约2人	公众人员
		其他区域	实验室	/	约20人	公众人员
三层		实验室	/	约20人	公众人员	
外部敏感点	北侧	空地、北振所环境实验室(1F/2F)、北京自动化控制设备研究所实验楼(1F/2F)	0.5-50m	约30人	公众人员	
	东侧	空地	48-50m	流动人员		
	东北侧	空地、北振所环境实验室(1F)	1-50m	约3人		
	南侧	空地、北振所综合办公楼(8F)	11.5-50m	约200人		
	西侧	空地、北京自动化控制设备研究所实验楼(1F)	14.5-50m	约30人		

注：*4人包括本项目2人及2112室内另一台工业CT的工作人员2人。

评价标准

1、基本标准

(1) 基本剂量限值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)规定的剂量限值列于表7-2。

表7-2 个人剂量限值(GB18871-2002)

辐射工作人员	公众关键人群组成员
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 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

(2) 剂量约束值

对职业照射, 本项目辐射工作人员取 2mSv/a 作为剂量约束值; 对公众人员本项目取 0.1mSv/a 作为剂量约束值。

本项目拟新增辐射工作人员共 2 名, 岗位固定, 本项目开展后不兼职其他辐射工作, 本项目不考虑附加剂量累加。

(3) 屏蔽体外剂量率控制水平

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 要求, 本项目工业 CT 机自屏蔽体外 30cm 处最高剂量率不大于 2.5μSv/h。

2、射线装置安全防护要求

(1) 分级管理

《工业射线探伤辐射安全和防护分级管理要求》DB11/T1033-2013 将管理等级分为四级，管理等级的划分及相应的辐射安全和防护管理要求见表 7-3。

表 7-3 管理等级的划分及管理要求

管理等级	管理对象	管理要求
一级	γ 射线移动式探伤	通用管理要求及一级管理要求
二级	γ 射线固定式探伤	通用管理要求及二级管理要求
三级	X 射线移动式探伤	通用管理要求及三级管理要求
四级	X 射线固定式探伤	通用管理要求及四级管理要求

本项目管理等级为：四级。

(2) 辐射监测要求

①探伤室应配备便携式辐射监测仪。辐射工作人员均应配备个人剂量计，从事辐射工作时还应配备个人剂量报警仪。

②应保证至少有 1 台辐射监测仪经过有资质部门的检定或校准，并确保在检定或校准的有效期内使用，其他监测仪器应与经过检定或校准的仪器定期进行对比。

(3) 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(4) 应对探伤工作场所实行分区管理。

(5) 探伤室应设置门-机联锁装置。

(6) 照射状态指示装置应与X射线探伤装置联锁。

(7) 探伤室应设置机械通风装置。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目位于丰台区云岗北区西里 1 号院恒温楼，为掌握本项目工业 CT 机的辐射环境背景水平，委托北京中科灏业科技集团有限公司于 2024 年 4 月 2 日对本项目拟建工作场所和周围环境进行了 γ 辐射剂量率环境本底水平监测。

1、监测因子

环境 γ 辐射剂量率。

2、监测仪器

本次监测使用 γ 射线剂量率的辐射环境检测仪器，监测仪器的参数见表 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
多功能辐射检测仪	AT1117M+ BDKG-11	YQ-003	测量范围：0.01 μ Sv/h~10.0mSv/h 校准日期：2024.03.08 有效期至：2025.03.07 校准证书编号：DLjl2024-02176

3、监测布点

在 CT 检测室内、四周、楼上，环境实验室、流量实验室、综合办公楼及北京自动化控制设备研究所实验楼各布设一个监测点位。监测点位布设如图 8-1 所示。

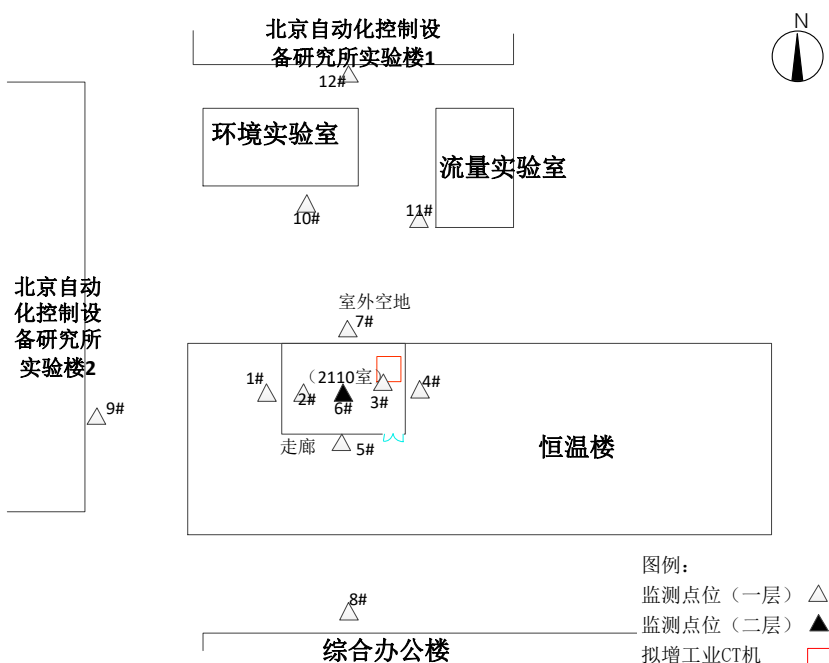


图 8-1 监测布点示意图

4、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。

5、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	监测结果* (nGy/h)	备注
1#	2110 房间西墙外 1m (2112)	80.8	室内
2#	2110 房间内西侧	84.2	室内
3#	2110 房间内东侧	85	室内
4#	2110 房间东墙外 1m (2108)	75.8	室内
5#	2210 房间南墙外 1m (走廊)	94.2	室内
6#	2210 房间室中心	87.5	室内
7#	2210 房间北墙外 1m (空地)	77.5	室外
8#	综合办公楼北门外	77.5	室外
9#	北京自动化控制设备研究所实验楼 2 门外 1m	72.5	室外
10#	环境实验室门外 1m	68.3	室外
11#	流量实验室窗外 1m	78.3	室外
12#	北京自动化控制设备研究所实验楼 1 南侧门外 1m	63.3	室外

注：(1) 监测结果未扣除设备对宇宙射线响应值。

(2) 参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)，空气比释动能和周围剂量当量的换算系数取 1.20Sv/Gy 进行计算。

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75.8nGy/h~94.2nGy/h之间，室外检测点位 γ 辐射剂量率在63.3nGy/h~77.5nGy/h之间。根据《北京市环境天然放射性水平调查研究》(1989)，北京市天然辐射水平范围为：室内69.8nGy/h~182nGy/h (含宇宙射线响应值)，室外60nGy/h~123nGy/h (含宇宙射线响应值)。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

工程设备和工艺分析

1、设备概述

本次拟购置的射线装置为俐玛精密测量技术（苏州）有限公司生产的 RMX 3000 型工业 CT 机。最高管电压 160kV，最高管电流 0.5mA，向上定向透照，年曝光时间约 750h。设备主要由微焦点开管射线源、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，设备外观如图 9-1（此图为厂家提供宣传图，非本项目现场图）所示。



图 9-1 典型设备外观图片（非本项目设备）

2、工作原理

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。X 射线源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。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 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等阻碍发生散射，称为散射辐射。本项目为透射靶 X 射线管，X 线产生原理见图 9-2。

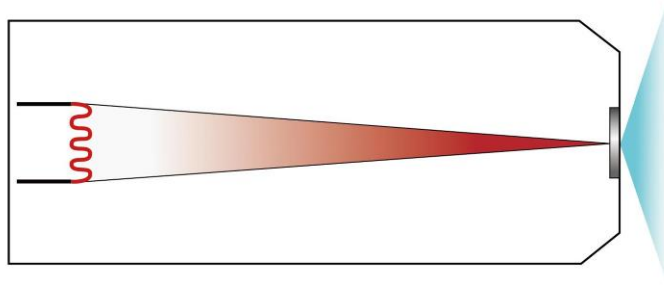


图 9-2 X 射线产生原理图

本项目工业 CT 机使用 X 射线对样品进行多角度、多层次扫描，通过计算机技术及图像重建技术，测量样品内部的三维结构，分析得到样品内部的细微缺陷。用于高精密材料、电子元器件的缺陷检测及结构分析，其检测分辨率可达微米量级，被誉为当今最佳无损检测和分析评估技术。

3、工艺流程

该设备是利用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，CT检测室人员接收检测工件，工件运至CT检测室；
- (2) 经具备放射性操作资质的作业人员确认，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控制台；
- (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，关闭电源，打开防护门，作业人员整理现场；
- (8) 设备使用完毕，确认后签字，整理保管。

本项目营运期产生的主要污染物为工业 CT 机出束过程中产生的 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。

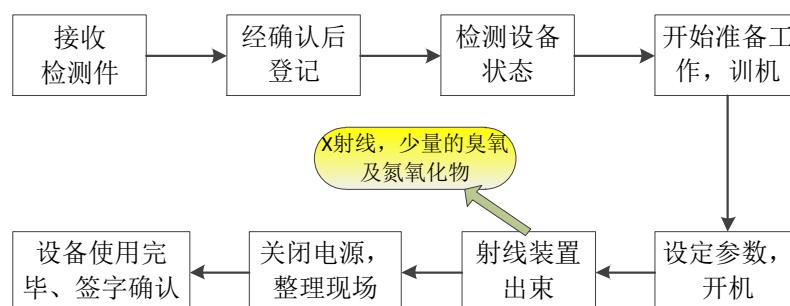


图 9-3 工业 CT 机工作流程及产污环节图

主要污染物和污染途径

1、污染源分析

(1) 由工业 CT 机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。工业 CT 机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) X 射线在工作状态时，会使设备内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，该废气通过设备排气孔排出，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。

(3) 本项目为计算机实时成像，不拍摄胶片，无废显影（定影）液产生，运行期无其它废气、废水和固体废物产生。

2、污染途径

本项目在工作状态下会产生 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 机主要的放射污染是 X 射线，污染途径是 X 射线外照射。新购工业 CT 机日常最大工况：160kV/0.5mA，只有在开机并处于出束状态时才会发出 X 射线。在开机出束时，有用束和漏射、散射的 X 射线对周围环境造成辐射污染。在工业 CT 机使用过程中，X 射线贯穿自屏蔽设施进入外环境中，将对操作人员及 CT 检测室周围人员造成辐射影响。此外，X 射线与空气作用会产生少量的臭氧、氮氧化物等有害气体。

(2) 事故工况

①射线装置发生控制系统或电器系统等故障，安全连锁失效，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维修检测时，门机连锁失效，维修人员肢体误入控制区内造成超剂量照射。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1、设备屏蔽方案

本项目射线装置拟安装于北振所恒温楼一层 CT 检测室（2110 室）内，CT 检测室四周墙壁（含顶板）为实体墙，设备自屏蔽措施见表 10-1。

表 10-1 射线装置屏蔽措施

名称	长×宽×高 (m)	屏蔽体	自屏蔽材料及厚度	等效铅当量
微焦点工业 CT 机	1.6×1.5×1.752 (含支座高度 0.10)	自屏蔽体顶板（主照面）	8mm 铅板	8mmPb
		设备左侧屏蔽体（主照面/侧照面）	8mm 铅板	8mmPb
		设备背面屏蔽体（主照面/侧照面）	8mm 铅板	8mmPb
		设备右侧屏蔽体（主照面/侧照面）	8mm 铅板	8mmPb
		设备正面屏蔽体（主照面/侧照面、防护门）	8mm 铅板	8mmPb
		自屏蔽体底板（背照面）	7mm 铅板	7mmPb
		观察窗	40mm 铅玻璃	8mmPb
		通风口及线缆穿孔处均采用迷宫铅罩屏蔽，防护罩铅板与对应自屏蔽体防护层厚度一致。		

设备自屏蔽措施如图 10-1 所示。

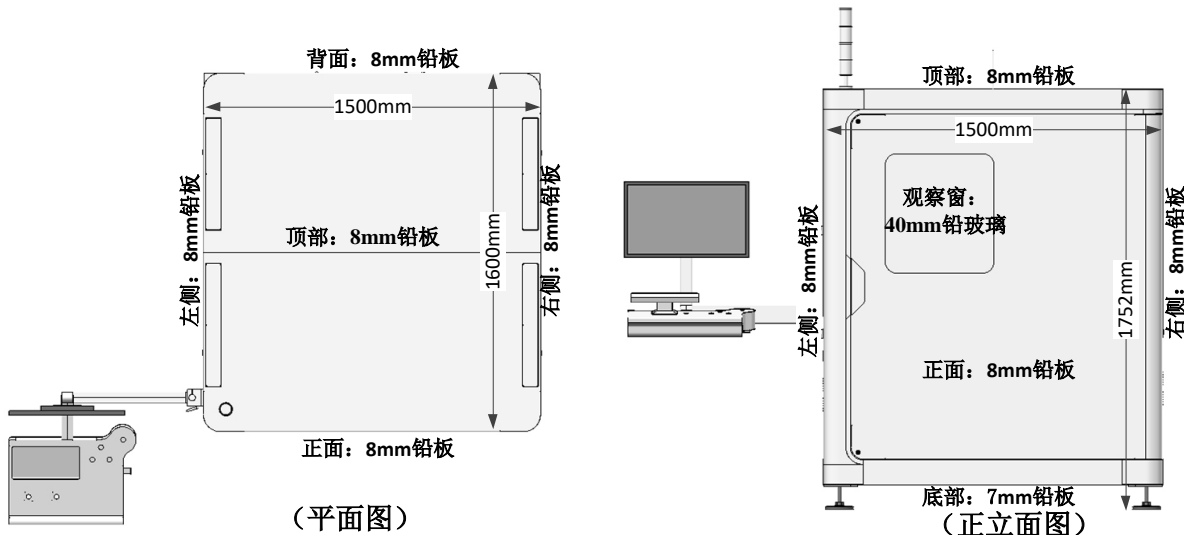


图 10-1 设备自屏蔽措施示意图

2、工作场所分区

本项目辐射工作场所为恒温楼一层 CT 检测室内，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求，结合本项目具体情况，设备自屏蔽体所在区域划分为控制区，CT 检测室内其他区域包括操作台划分为监督区。

本项目辐射工作场所控制区及监督区划分见图 10-2。

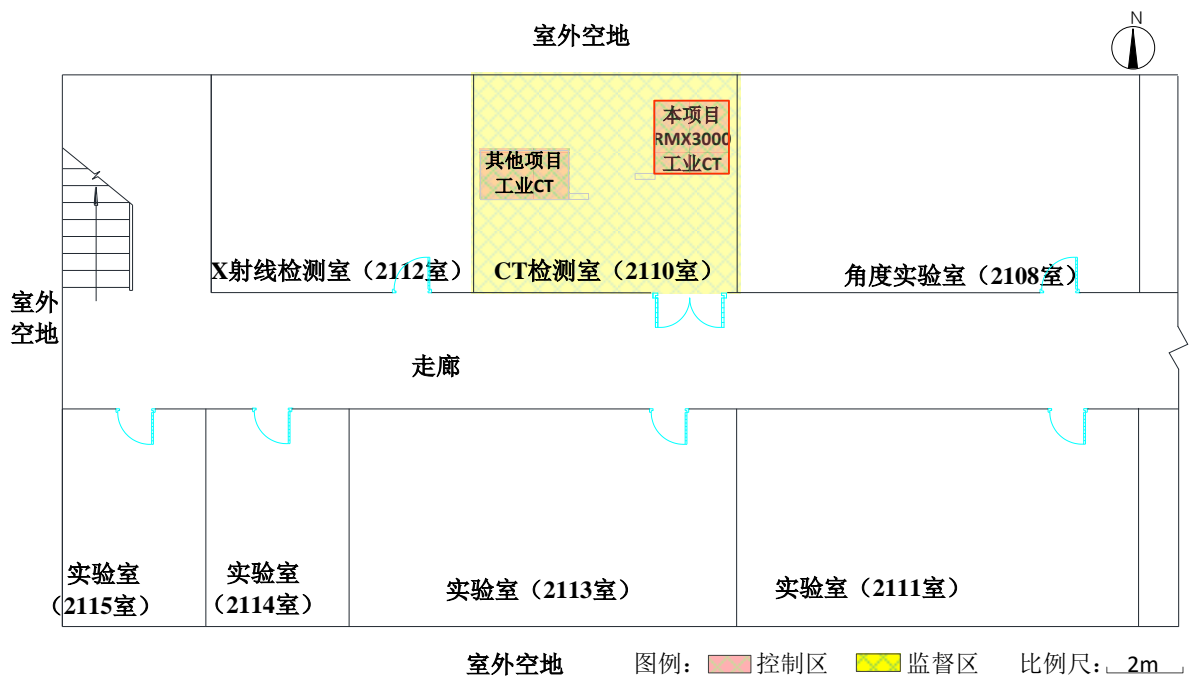


图 10-2 新购工业 CT 机控制区及监督区划分

3、辐射安全措施

(1) 北振所已配备 1 台便携式辐射监测仪，并定期进行检校，可用于本项目日常监测。本项目为每位辐射工作人员配备个人剂量计，并配备 2 台个人剂量报警仪；

(2) 工业 CT 机屏蔽体外和 CT 检测室进出口设置电离辐射警告标识和中文警示说明，无关人员不得靠近；

(3) 工业 CT 机设置门-机联锁装置，在防护门关闭后工业 CT 机才能进行作业。防护门打开后立即停止 X 射线照射，关上门才能再次开启 X 射线照射；

(4) 工业 CT 机上方设有工作状态指示灯，可灯光报警，并与工业 CT 机联锁；

(5) 本项目操作台设置 1 处紧急停机按钮及钥匙开关，钥匙由工作人员保管；

(6) 工业 CT 机安装有通风系统，排风口位于设备两侧，排风口内部迷宫铅罩屏蔽。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；

(7) 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。

门机联锁控制逻辑图见图 10-3。

表 10-3 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联锁、报警装置或者工作信号。	设备自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，拟配置个人剂量报警仪 2 台、便携式 X-γ 剂量率仪 1 台。	近期符合
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，近期符合。	近期符合
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。	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。	近期符合
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，应按照国家法律、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，建立个人剂量监测档案。	近期符合

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。

三废治理

本项目运行中，不产生放射性“三废”。

工业 CT 机只有在开机并处于出束状态时才会发出 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，新购工业 CT 机拟设置动力排风装置，并保持良好的通风。X 射线装置在使用过程中无其它废气、废水、固体废物产生。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目建设过程中，将会在建筑内进行简单室内施工，对室外环境和周围人群的影响较小，为了不影响周围环境，在施工过程中，将采取一些降噪、防尘措施，预计噪声可以控制在国家标准规定的范围之内。

运行阶段对环境的影响

(一) 辐射环境影响分析

本项目新购工业 CT 机位于恒温楼一层西北部，出束方向为定向（自下向上）。本项目运行后，单个样品检测时间约需 30min，日检测数量不超过 5 个，日最长出束时间不超过 2.5h，年工作 300 天，年总出束时间最多 750h。保守考虑最大管电压取 160kV，最大管电压时管电流最大值 0.5mA。新增工作人员 2 名，专人专岗，不兼职其他辐射项目。

以上条件下参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），就其运行过程中产生的主射束、漏射线和散射线对环境、工作人员及公众的影响进行分析。

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 机靶点固定，在屏蔽计算时，保守取设备靶点到屏蔽体和防护门外 30cm 处最近距离为估算点。本项目定向向上照射，区别于出束张角在 33° 左右的射线装置（仅有 1 个主照面），本项目工业 CT 机出束张角 160°，有用线束照射范围涉及 5 个主照面。因此，本次环评增设了 4 个主照面关注点。

本项目关注点分布情况见表 11-1、图 11-1。

表 11-1 设备靶点距离屏蔽体外 30cm 处最近距离

相对位置	靶点与屏蔽体外 30cm 处距离 (m)	自屏蔽体材料及厚度	自屏蔽体等效铅当量
顶部（主照面）A	1.15	8mm 铅板	8mmPb
左侧（主照面/侧照面）B/G	1.07/1.05	8mm 铅板	8mmPb
右侧（主照面/侧照面）C/H	1.07/1.05	8mm 铅板	8mmPb
正面（主照面/侧照面/防护门）D/I	0.987/0.972	8mm 铅板	8mmPb
背面（主照面/侧照面）F/J	1.247/1.228	8mm 铅板	8mmPb
观察窗（主照面）E	0.987	8mm 铅板	8mmPb
底部（背照面）M	0.852	7mm 铅板	7mmPb

操作位 K	1.5	8mm 铅板	8mmPb
正上方二层 2210 室 L	3.4	8mm 铅板+150mm 楼板	10mmPb

注：（1）表中铅的密度 11.3t/m³，混凝土的密度 2.35t/m³。

（2）根据 ICRP33，150mm 混凝土楼板在 160kV 下的等效铅当量为 2mmPb。

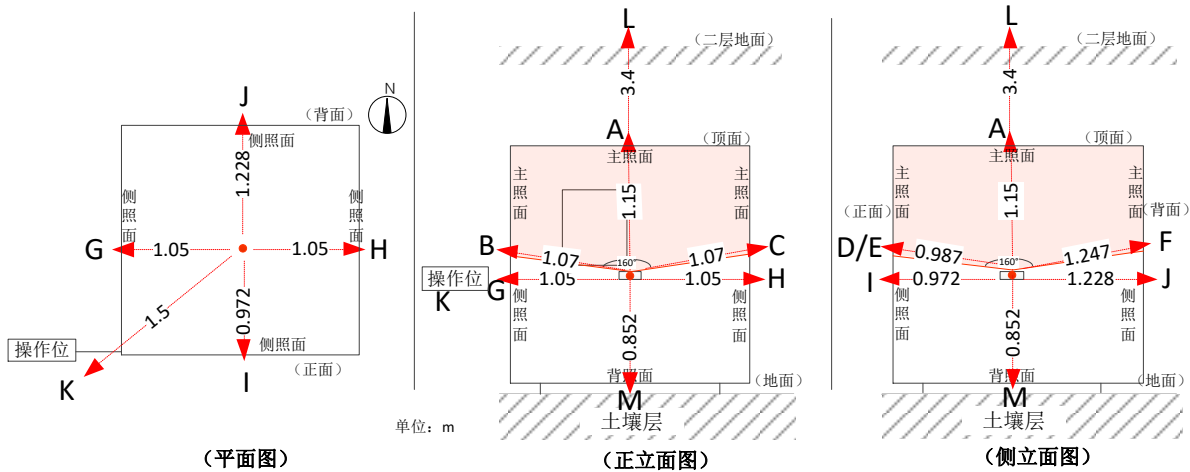


图 11-1 新购工业 CT 机关注点分布示意图

（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

设备名称	名称	技术参数
新增微焦点工业 CT 机	最大管电压	160kV
	最大管电流	0.5mA
	出束张角	160°
	滤波片厚度、材料	0.35mm 碳纤维
	最大泄露辐射剂量率	2.5mSv/h

（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(μSv/h)按(式 11-1)计算：

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

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；

H₀：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μGy·m²/（mA·h）。本项目滤波片为

0.35mm 碳纤维，参照《辐射防护导论》（方杰主编，原子能出版社出版）附图 3 中，160kV 条件下 1mm 铍滤波片的取值，本项目保守取值 $102\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即 $6.12\times 10^6\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ；

B：屏蔽透射因子，采用以下公式计算：

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

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，查 GBZ/T250-2014 表 B.2，经插值计算，160kV 条件下，TVL_铅取 1.05mm；

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：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (\text{式 11-3})$$

式中：

B：屏蔽透射因子，取值：由式 11-2 计算得出；

R：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m；

\dot{H} ：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， $150\text{kV}\leq\text{管电压}\leq 200\text{kV}$ ，取 $2500\mu\text{Sv/h}$ 。

关注点的散射辐射剂量率：

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

式中：

I：射线装置在最高管电压下的最大常用管电流，mA；

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Gy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，同式 11-1；

B：屏蔽透射因子，取值：由式 11-2 计算得出；

R_0 ：辐射源点（靶点）至工件的距离，m，本项目按 0.3m 计；

F： R_0 处的辐射野面积， m^2 ，本项目按 2.4m^2 计；

α ：散射因子，保守取值 $\alpha_w \cdot 10000/400$ ；

Rs: 散射体至关注点的距离, m。

2、关注点剂量率估算

(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	I mA	H ₀ μSv/h	等效 厚度 mmPb	B	R* m	H μSv/h
设备顶部屏蔽体上方 30cm 处 (主照面) A	0.5	6.12E+06	8	2.32E-08	1.15	5.56E-02
设备左侧屏蔽体外 30cm 处 (主照面) B	0.5	6.12E+06	8	2.32E-08	1.07	6.43E-02
设备右侧屏蔽体外 30cm 处 (主照面) C	0.5	6.12E+06	8	2.32E-08	1.07	6.43E-02
设备正面屏蔽体外 30cm 处 (主照面、防护门) D	0.5	6.12E+06	8	2.32E-08	0.987	7.55E-02
观察窗外 30cm 处 (主照面) E	0.5	6.12E+06	8	2.32E-08	0.987	7.55E-02
设备背面屏蔽体外 30cm 处 (主照面) F	0.5	6.12E+06	8	2.32E-08	1.247	4.73E-02
设备正上方二层 2210 室地面 30cm 处 L	0.5	6.12E+06	10	2.87E-10	3.4	7.92E-05

注: *R 值选取距离最小值, 以估算屏蔽体外最大辐射影响。

(2) 泄漏射线屏蔽体外剂量率估算

泄漏射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-4。

表 11-4 泄漏射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

关注点	H _L μSv/h	等效屏蔽 体厚度	B	R* m	H μSv/h
设备左侧屏蔽体外 30cm 处 (侧照面) G	2500	8mmPb	2.4E-08	1.05	5.45E-05
设备右侧屏蔽体外 30cm 处 (侧照面) H	2500	8mmPb	2.4E-08	1.05	5.45E-05
设备正面屏蔽体外 30cm 处 (侧照面、防护门) I	2500	8mmPb	2.4E-08	0.972	6.36E-05
设备背面屏蔽体外 30cm 处 (侧照面) J	2500	8mmPb	2.4E-08	1.228	3.99E-05
设备底部屏蔽体外下方 5cm 处 (背照面) M	2500	7mmPb	2.15E-07	0.852	7.42E-04
设备操作位 K	2500	8mmPb	2.4E-08	1.5	2.67E-05
2110 室北墙外 30cm 处 (室外空地)	2500	8mmPb	2.4E-08	1.7	2.08E-05
2110 室南墙外 30cm 处 (走廊)	2500	8mmPb	2.4E-08	4.2	3.41E-06
2110 室东墙外 30cm 处 (角度实验室)	2500	8mmPb	2.4E-08	1.4	3.07E-05
2110 室西墙外 30cm 处 (X 线检测室)	2500	8mmPb	2.4E-08	5.7	1.85E-06
北振所环境试验室	2500	8mmPb	2.4E-08	18	1.86E-07
北振所流量实验室	2500	8mmPb	2.4E-08	24	1.04E-07
北振所综合办公楼	2500	8mmPb	2.4E-08	22	1.24E-07
北京自动化控制设备研究所实验楼 1	2500	8mmPb	2.4E-08	37	4.39E-08
北京自动化控制设备研究所实验楼 2	2500	8mmPb	2.4E-08	25	9.62E-08

注：*R 值选取距离最小值，以估算屏蔽体外最大辐射影响；

**估算忽略自屏蔽体至关注点间建筑物墙壁屏蔽效果，仅考虑距离衰减。

(3) 散射线屏蔽体外剂量率估算

散射线屏蔽体外剂量率估算结果见表 11-5。

表 11-5 散射线屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表

关注点描述	H ₀ μSv/h	I mA	B	R _s m*	H μSv/h
设备左侧屏蔽体外 30cm 处（侧照面）G	6.12E+06	0.5	4.64E-09	1.05	1.63E-02
设备右侧屏蔽体外 30cm 处（侧照面）H	6.12E+06	0.5	4.64E-09	1.05	1.63E-02
设备正面屏蔽体外 30cm 处（侧照面、防护门）I	6.12E+06	0.5	4.64E-09	0.972	1.90E-02
设备背面屏蔽体外 30cm 处（侧照面）J	6.12E+06	0.5	4.64E-09	1.228	1.19E-02
设备底部屏蔽体外下方 5cm 处（背照面）M	6.12E+06	0.5	5.11E-08	0.852	2.73E-01
设备操作位 K	6.12E+06	0.5	4.64E-09	1.5	8.00E-03
2110 室北墙外 30cm 处（室外空地）	6.12E+06	0.5	4.64E-09	1.7	6.23E-03
2110 室南墙外 30cm 处（走廊）	6.12E+06	0.5	4.64E-09	4.2	1.02E-03
2110 室东墙外 30cm 处（角度实验室）	6.12E+06	0.5	4.64E-09	1.4	9.18E-03
2110 室西墙外 30cm 处（X 线检测室）	6.12E+06	0.5	4.64E-09	5.7	5.54E-04
北振所环境试验室	6.12E+06	0.5	4.64E-09	18	5.55E-05
北振所流量实验室	6.12E+06	0.5	4.64E-09	24	3.12E-05
北振所综合办公楼	6.12E+06	0.5	4.64E-09	22	3.72E-05
北京自动化控制设备研究所实验楼 1	6.12E+06	0.5	4.64E-09	37	1.31E-05
北京自动化控制设备研究所实验楼 2	6.12E+06	0.5	4.64E-09	25	2.88E-05

注：*R_s 值选取距离最小值，以估算屏蔽体外最大辐射影响；

**估算忽略自屏蔽体至关注点间建筑物墙壁屏蔽效果，仅考虑距离衰减。

(4) 预测结果汇总

根据上述估算，汇总各关注点处辐射剂量率计算结果见表 11-6。

表 11-6 屏蔽体外关注点辐射剂量率估算表（μSv/h）

关注点描述	有用线束 剂量率	漏射剂 量率	散射剂量率	屏蔽后 总剂量率
设备顶部屏蔽体上方 30cm 处（主照面）A	5.56E-02	/	/	5.56E-02
设备左侧屏蔽体外 30cm 处（主照面）B	6.43E-02	/	/	6.43E-02
设备右侧屏蔽体外 30cm 处（主照面）C	6.43E-02	/	/	6.43E-02
设备正面屏蔽体外 30cm 处（主照面、防护门）D	7.55E-02	/	/	7.55E-02
观察窗外 30cm 处（主照面）E	7.55E-02	/	/	7.55E-02
设备背面屏蔽体外 30cm 处（主照面）F	4.73E-02	/	/	4.73E-02
设备正上方二层 2210 室地面 30cm 处 L	7.92E-05	/	/	7.92E-05

设备左侧屏蔽体外 30cm 处（侧照面）G	/	5.45E-05	1.63E-02	1.64E-02
设备右侧屏蔽体外 30cm 处（侧照面）H	/	5.45E-05	1.63E-02	1.64E-02
设备正面屏蔽体外 30cm 处（侧照面、防护门）I	/	6.36E-05	1.90E-02	1.91E-02
设备背面屏蔽体外 30cm 处（侧照面）J	/	3.99E-05	1.19E-02	1.20E-02
设备底部屏蔽体外下方 5cm 处（背照面）M	/	7.42E-04	2.73E-01	2.74E-01
设备操作位 K	/	2.67E-05	8.00E-03	8.02E-03
2110 室北墙外 30cm 处（室外空地）*	/	2.08E-05	6.23E-03	6.25E-03
2110 室南墙外 30cm 处（走廊）*	/	3.41E-06	1.02E-03	1.02E-03
2110 室东墙外 30cm 处（角度实验室）*	/	3.07E-05	9.18E-03	9.21E-03
2110 室西墙外 30cm 处（X 线检测室）*	/	1.85E-06	5.54E-04	5.56E-04
北振所环境试验室*	/	1.86E-07	5.55E-05	5.57E-05
北振所流量实验室*	/	1.04E-07	3.12E-05	3.13E-05
北振所综合办公楼*	/	1.24E-07	3.72E-05	3.73E-05
北京自动化控制设备研究所实验楼 1*	/	4.39E-08	1.31E-05	1.32E-05
北京自动化控制设备研究所实验楼 2*	/	9.62E-08	2.88E-05	2.89E-05

注：*估算忽略自屏蔽体至关注点间建筑物墙壁屏蔽效果，仅考虑距离衰减。

（5）叠加影响分析

此外，因项目资金来源不同，2110 室内拟购置的另一台工业 CT 机（TV-M2000 型）需在其他环评中进行分析，本次环评仅考虑另一台工业 CT 机所致本项目关注点处附加剂量率的叠加影响。

TV-M2000 型工业 CT 机最大管电压 190kV，最大管电流 1mA，自屏蔽体主照面铅板等效厚度 12mmPb，背照面铅板等效厚度 9mmPb，所致本项目关注点剂量率叠加结果见表 11-7。

表 11-7 两台工业 CT 机辐射剂量率叠加估算结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）

关注点描述	RMX3000 贡献值	TV-M2000 工业 CT 机*				叠加值 ($\mu\text{Sv/h}$)
		H_0 ($\mu\text{Sv/h}$)	屏蔽体等 效厚度	R (m)	贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	
设备顶部屏蔽体上方 30cm 处（主照面）A	5.56E-02	6.48E+06	9mmPb	4	2.57E-04	5.59E-02
设备左侧屏蔽体外 30cm 处（主照面）B	6.43E-02	6.48E+06	9mmPb	2.8	5.24E-04	6.48E-02
设备右侧屏蔽体外 30cm 处（主照面）C	6.43E-02	6.48E+06	9mmPb	5.1	1.58E-04	6.45E-02
设备正面屏蔽体外 30cm 处（主照面、防护门）D	7.55E-02	6.48E+06	9mmPb	3.8	2.84E-04	7.58E-02
观察窗外 30cm 处（主照面）E	7.55E-02	6.48E+06	9mmPb	3.8	2.84E-04	7.58E-02
设备背面屏蔽体外 30cm 处（主照面）F	4.73E-02	6.48E+06	9mmPb	4.4	2.12E-04	4.75E-02

设备正上方二层 2210 室地面 30cm 处 L	7.92E-05	6.48E+06	9mmPb	5	1.64E-04	2.43E-04
设备左侧屏蔽体外 30cm 处 (侧照面) G	1.64E-02	6.48E+06	9mmPb	2.8	5.24E-04	1.69E-02
设备右侧屏蔽体外 30cm 处 (侧照面) H	1.64E-02	6.48E+06	9mmPb	5.1	1.58E-04	1.66E-02
设备正面屏蔽体外 30cm 处 (侧照面、防护门) I	1.91E-02	6.48E+06	9mmPb	3.8	2.84E-04	1.94E-02
设备背面屏蔽体外 30cm 处 (侧照面) J	1.20E-02	6.48E+06	9mmPb	4.4	2.12E-04	1.22E-02
设备底部屏蔽体外下方 5cm 处 (背照面) M	2.74E-01	6.48E+06	9mmPb	4	2.57E-04	2.74E-01
设备操作位 K	8.02E-03	6.48E+06	9mmPb	2.6	6.07E-04	8.63E-03
2110 室北墙外 30cm 处 (室外空地) *	6.25E-03	6.48E+06	9mmPb	4.6	1.94E-04	6.44E-03
2110 室南墙外 30cm 处 (走廊) *	1.02E-03	6.48E+06	9mmPb	5.2	1.52E-04	1.17E-03
2110 室东墙外 30cm 处 (角度实验室) *	9.21E-03	6.48E+06	9mmPb	5.2	1.52E-04	9.36E-03
2110 室西墙外 30cm 处 (X 线检测室) *	5.56E-04	6.48E+06	12mmPb	2.17	3.69E-03	4.25E-03
北振所环境试验室*	5.57E-05	6.48E+06	12mmPb	20	2.27E-08	5.57E-05
北振所流量实验室*	3.13E-05	6.48E+06	9mmPb	28	5.24E-06	3.65E-05
北振所综合办公楼*	3.73E-05	6.48E+06	12mmPb	21	2.06E-08	3.73E-05
北京自动化控制设备研究所实验楼 1*	1.32E-05	6.48E+06	12mmPb	39	5.97E-09	1.32E-05
北京自动化控制设备研究所实验楼 2*	2.89E-05	6.48E+06	12mmPb	20	4.35E-05	7.24E-05

注：*估算忽略自屏蔽体至关注点间建筑物墙壁及铅板屏蔽效果，仅考虑距离衰减。

从上述估算结果可知，新增工业 CT 机屏蔽体外剂量率最大值为 2.74E-01 μ Sv/h，出现在工业 CT 机底部屏蔽体下方 5cm 处，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“屏蔽体外 30cm 处最高剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h”的限值要求，本项目采取的自屏蔽体防护措施可行。

3、年有效剂量估算

(1) 年有效剂量估算公式

$$H_{E-r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

H_{E-r} ：年有效剂量当量，mSv/a；

D_r ：关注点处剂量率， μ Sv/h。

t：年受照时间，h；

T: 居留因子。

(2) 居留因子

表 11-8 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）。

(3) 附加年有效剂量估算

根据建设单位提供资料，拟新增工业 CT 机预计年曝光时间为 750h，配备专职工作人员 2 名，每名工作人员工作时间按 750h/a 计，2 名工作人员不兼职其他辐射工作，因此年有效剂量估算时不考虑剂量叠加。

本项目所致人员年附加剂量估算结果见表 11-9。

表 11-9 设备运行所致人员年附加剂量估算结果

位置	居留因子	年出束时间 (h/a)	附加剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	年附加剂量 (mSv)	估算对象
设备操作位 ⁽¹⁾	1	750	7.58E-02	5.69E-02	职业人员
设备正上方二层 2210 室	1	750	2.43E-04	1.82E-04	公众
2110 室北墙外室外空地	1/16	750	6.44E-03	3.02E-04	公众
2110 室南墙外走廊	1/4	750	1.17E-03	2.19E-04	公众
2110 室东墙外角度实验室	1	750	9.36E-03	7.02E-03	公众
2110 室西墙外 X 线检测室	1	750	4.25E-03	3.19E-03	公众
北振所环境试验室	1	750	5.57E-05	4.18E-05	公众
北振所流量实验室	1	750	3.65E-05	2.74E-05	公众
北振所综合办公楼	1	750	3.73E-05	2.80E-05	公众
北京自动化控制设备研究所实验楼 1	1	750	1.32E-05	9.90E-06	公众
北京自动化控制设备研究所实验楼 2	1	750	7.24E-05	5.43E-05	公众

注：(1) 工作人员操作位附加剂量率保守取防护门前估算点位最大值。

(2) 忽略自屏蔽体至关注点间建筑物墙壁及铅板等障碍物的屏蔽效果，仅考虑距离衰减。

由表 11-9 可知，职业人员年附加剂量 5.69E-02mSv，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 7.02E-03mSv/a，低于本报告提出的 0.1mSv/a 的管理约束限值。

(二) 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，但很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

异常事件分析与防范建议

1、事故风险类型

(1) 联锁装置失效

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) 操作失误

维修调试过程中，因维修人员操作失误导致设备出束，可能发生误照射。

2、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，发现问题及时联系厂家进行维修。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) 定期检查辐射安全管理制度落实情况，发现问题及时纠正；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；

(4) 配备辐射检测仪，并使其处于完好状态。

3、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停机，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

1、辐射安全与环境保护管理机构的设置

(1) 成立辐射安全管理小组

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。

根据法律、法规的规定，北振所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。

(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上级单位辐射防护的有关规定，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制定北振所培训计划，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制订辐射事故的预防措施和应急方案。

⑥负责辐射事故的调查、分析、处理。

⑦组织本单位的辐射安全和防护状况进行评估。

(3) 辐射工作人员

已制定培训计划，并安排辐射安全负责人及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。

(4) 辐射防护与监测设备

本项目拟配置 X-γ 剂量率仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台。

(5) 辐射安全管理规章制度

北振所已制定了较为齐备的辐射防护规章制度，涵盖了辐射工作人员岗位职责、人员培训、安全检查和维修、操作规程、个人剂量管理、应急预案、辐射环境监测制度、应急预案等，各项规章制度在日常工作中均得到落实，本项目实施后，需要补充新操作规程及监测计划，以满足管理需求。

2、辐射监测

本项目辐射环境监测方案具体如下：

(1) 个人剂量监测

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，并按环保部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》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) 工作场所监测

工作场所监测分为自行监测和委托监测。

自行监测每半年开展一次，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 X 射线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单保存，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。

工作场所辐射监测点位应包括自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。

(3) 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：自屏蔽体四周、防护门（观察窗）外、设备薄弱环节处（包括管线口等自屏蔽体穿孔处）、操作位等区域。

监测项目：X- γ 辐射空气吸收剂量率；

监测频次：自检 1 次/半年，委托有资质单位外检 1 次/年。

监测布点图见图 12-1。

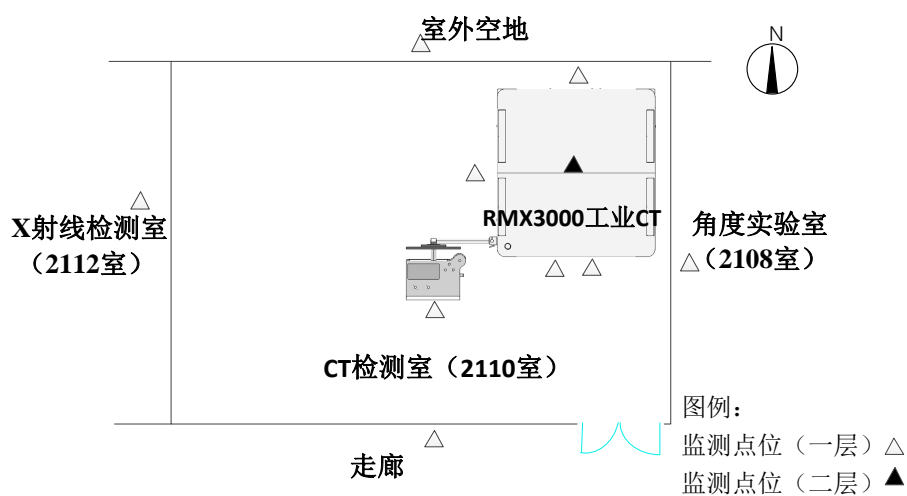


图 12-1 新增工业 CT 机监测布点示意图

3、辐射事故应急管理

北振所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。

4、“三同时”竣工验收

本项目“三同时”验收内容和要求见表12-1。

表12-1 项目竣工环保验收内容建议表

验收内容	验收要求
剂量约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告预测，公众、职业照射剂量约束值执行 0.1mSv/a 和 2mSv/a 要求。
	工业 CT 机自屏蔽体外 0.3m 处剂量当量率应不大于 2.5 μ Sv/h。
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。设备的屏蔽能力满足辐射防护的要求。
辐射安全设施	新购设备设置动力排风装置；检测室门外及设备外设置电离辐射警告标志，工作状态指示灯和工件门有效联动；设急停按钮、钥匙开关；配备 1 台 X- γ 辐射剂量率仪、个人剂量报警仪 2 台。
个人剂量档案	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。
规章制度	制定有效的各项辐射安全管理制度、操作规程、工作人员培训计划等制度。辐射安全管理制度和操作规程得到宣贯和落实。
人员培训	辐射工作人员参加生态环境部或市生态环境部门认可的培训机构的考核，并成绩合格。
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、处理原则、信息传递、处理程序和处理技术方案等。配备必要的应急器材、设备。针对使用射线装置过程中可能存在的风险，建立应急预案，落实必要的应急装备。
监测设备	工作人员配备相应的监测设备：个人剂量计、个人剂量报警仪

表 13 结论与建议

(一) 结论

1、项目概况

北京振兴计量测试研究所拟在丰台区云岗北区西里 1 号院恒温楼 2110 室，新购置 1 台微焦点工业 CT 机，拟新增 2 名辐射工作人员。

2、实践正当性分析

北振所持有北京市丰台区生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（京环辐证[G0169]），具有无损检测能力，北振所现有的 2 台 III 类射线装置无法对元器件、板材等进行三维立体分析，为此，需采购 1 台工业 CT，以满足对元器件、PCB 板等材料的无损检测需求。尽管本项目工业 CT 机对周边环境有少许辐射影响，但是借助上述设备用于无损检测，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。

3、选址合理性分析

本项目 50m 评价范围内除本建筑外，其他建筑均为科研、办公用房，无居住、教育等建筑物，且恒温楼已取得《国有土地使用证》，产权明晰，建筑合法。因此，从选址和布局上来说，本项目是合理的。

4、辐射防护屏蔽能力分析

通过辐射屏蔽措施分析可知，工业 CT 机自屏蔽体外周围剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，并设置门-机联锁、工作状态指示灯及电离辐射警示标识等措施，符合辐射安全防护的要求。

5、辐射环境评价

(1) 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。

(2) 本项目设备正常运行（使用）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，但很快被空气对流、扩散作用稀释，对大气环境影响较小。

(3) 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。有较健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、人员培训计划、健康体检制度、辐射事故应急预案和设备检修维护制度，能够满足本项目要求。

综上所述，北京振兴计量测试研究所新增 1 台工业 CT 机项目，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。

（二）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、建设完成后及时进行竣工环境保护验收，并按照《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》后，方可在许可范围内开展辐射工作。

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

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

