

核技术利用建设项目

X 射线探伤机核技术利用项目 环境影响报告表

建设单位：北京控制工程研究所

编制单位：中国电子工程设计院有限公司

2020 年 01 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

X 射线探伤机核技术利用项目 环境影响报告表

建设单位名称：北京控制工程研究所

建设单位法人代表（签名或签章）：袁利

通讯地址：北京市海淀区中关村南三街 16 号

邮政编码：100080

联系人：郭秉毅

电子邮箱：gby502502@163.com 联系电话：010-68111457

目 录

表 1 项目基本情况	1
表 2 放射源	3
表 3 非密封放射性物质	3
表 4 射线装置	4
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）	5
表 6 评价依据	6
表 7 保护目标与评价标准	8
表 8 环境质量和辐射现状	14
表 9 项目工程分析与源项	17
表 10 辐射安全与防护	19
表 11 环境影响分析	26
表 12 辐射安全管理	35
表 13 结论与建议	41
表 14 审批	45

附图：

附图 1 地理位置图

附图 2 区域位置图

附图 3 检测室平面布局图

附件：

附件 1：环评委托书

附件 2：本项目立项备案文件

附件 3：单位辐射安全许可证

附件 4：2019 年前三季度个人剂量检测报告

附件 5：现状检测报告及检测单位资质

附件 6：单位现有辐射安全管理制度

表 1 项目基本情况

建设项目名称		X 射线探伤机核技术利用项目			
建设单位		北京控制工程研究所			
法人代表	袁利	联系人	郭秉毅	联系电话	010-68111457
注册地址		北京市海淀区中关村南三街 16 号			
项目建设地点		河北省怀来县小南辛堡镇小山口村南侧山区加注设备调试厂房检测室			
立项审批部门		怀来县发展和改革局	批准文号	怀发改备字[2019]34 号	
建设项目总投资 (万元)	500	项目环保投资 (万元)	50	投资比例(环保投资/总投资)	10
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它		占地面积(m ²)	88
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				
	项目概述 1.1 单位简介 北京控制工程研究所始建于 1956 年 10 月 11 日,是我国最早集研究、开发、设计、生产、试验于一体的微型研制单位之一,技术力量雄厚,专业配套齐全,基础设施先进,军、民结合协调发展的综合性工程技术研究所。 北京控制工程研究所共有五个研究园区,其中怀来园区位于河北省怀来县小南辛堡镇小山口村南侧山区,所在地为怀来县规划的航天试验区,由多家航天单位组成,形成以航天科学研究机构和科研生产为主体,其它附属配套设施并行的高科技航天城。拟在怀来园区建设“X 射线探伤机核技术利用项目”,在设备调试厂房新增使用 1 台 X 射线探伤机,主要用于部件焊缝检测。				

1.2 核技术利用及辐射安全管理现状

怀来园区尚未正式投入使用，北京控制工程研究所在该园区目前尚无已批准或已建成的核技术利用项目。

1.3 本项目概况

本项目拟在北京控制工程研究所的怀来园区新增使用 X 射线探伤机，主要用于部件检测，拟使用的射线装置情况见表 1-3。

表 1-3 北京控制工程研究所新增射线装置使用情况

装置名称	规格型号	最大管电压 /能量	管电流 /流强	用途	备注
X 射线探伤机	德国依科朗视 Y.CT Modular MG226 型	225kV	7mA	部件焊缝检测	II类，新增，怀来园区加注设备调试厂房检测室

北京控制工程研究所针对研制任务，在现有研究条件基础上，新增使用 X 射线探伤机设备，可实现有针对性地补充一些关键研究条件，以确保研制工作的顺利完成，因而，本项目建设是十分必要的。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

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

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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

(二) X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压 (kV)	管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
1	X射线探伤机	II	1	德国依科朗视 Y.CT Modular MG226型	225kV	7mA	部件焊缝探伤	怀来园区加注设备 调试厂房检测室	定向

(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
O ₃	气态	/	/	/	1.2×10 ⁻⁴	0.0009	/	室外空气
NO _x	气态	/	/	/	6×10 ⁻⁵	0.0005	/	室外空气

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/m³；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/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 中华人民共和国主席令[2014]第九号《中华人民共和国环境保护法》(2014 年 4 月 24 日修订, 2015 年 1 月 1 日起施行); (2) 中华人民共和国主席令[2018]第二十四号《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订, 2018 年 12 月 29 日起施行); (3) 中华人民共和国主席令[2003]第六号《中华人民共和国放射性污染防治法》(2003 年 6 月 28 日通过, 自 2003 年 10 月 1 日起施行); (4) 原环境保护部令第 44 号《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2018 年生态环境部令第 1 号修正, 2018 年 4 月 28 日起施行); (5) 中华人民共和国国务院令第 682 号《国务院关于修改<建设项目环境保护管理条例>的决定》(2017 年 10 月 1 日); (6) 中华人民共和国国务院令第 449 号《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2005 年 12 月 1 日起施行, 2014 年 7 月 29 日第一次修订, 2019 年 3 月 2 日第二次修订); (7) 原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》(2017 年 12 月 5 日); (8) 原国家环境保护总局令第 31 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日发布, 2019 年 8 月 22 日经生态环境部令第 7 号第三次修改); (9) 原环境保护部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(2011 年 5 月 1 日); (10) 原河北省环境保护厅《建设项目环境影响评价文件审批及建设单位自主开展环境保护设施验收工作指引(试行)》(2017 年 11 月 23 日)。
------	---

技术标准	(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); (2)《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001); (3)《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-93); (4)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (5)《工业 X 射线探伤卫生防护要求》(GBZ117-2015); (6)《500kV 以下工业 X 射线探伤机防护规则》(GBZ22448-2008); (7)《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014); (8)《工业 x 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250—2014)第 1 号修改单
其他	(1) ICRP 第 33 号出版物; (2) NCRP 第 51 号出版物; (3) 建设单位提供的可研报告及立项备案通知书。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围 7.1.1 评价内容 本项目拟在河北省怀来县小南辛堡镇小山口村南侧山区加注设备调试厂房检测室使用 1 台 X 射线探伤机并配套新建 1 间探伤室。 7.1.2 关注问题 (1) 机房屏蔽厚度是否满足国家相关标准的要求。 (2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足新增使用射线装置的要求。 7.1.2 评价因子 X 射线、臭氧和氮氧化物。 7.1.3 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) 的规定,并结合该项目辐射为能量流污染的特征,根据能量流的传播与距离相关的特性,确定本项目评价范围为检测室外周围 50m 区域,见图 7-1 所示。
7.2 保护目标 本项目位于河北省怀来县小南辛堡镇小山口村南侧山区加注设备调试厂房(本项目所在厂房为地上 1 层,无地下建筑),院区用地规划为工业用地,主要用于生产研发。加注设备调试厂房(9 号建筑)东侧为空地(预留用地),南侧为 10 号楼,西侧为绿化区及 4、12 号楼,北侧为绿地及院内道路。检测室位于 9 号建筑内一层西侧偏北,检测室东侧为焊接区,南侧为设备调试间,西侧为建筑外空地,北侧为服务器间及检漏区。根据项目特点及周围毗邻关系,确定主要环境保护目标为该单位从事本项目射线装置操作的辐射工作人员、检测室周围其他公众成员,详见表 7-1。

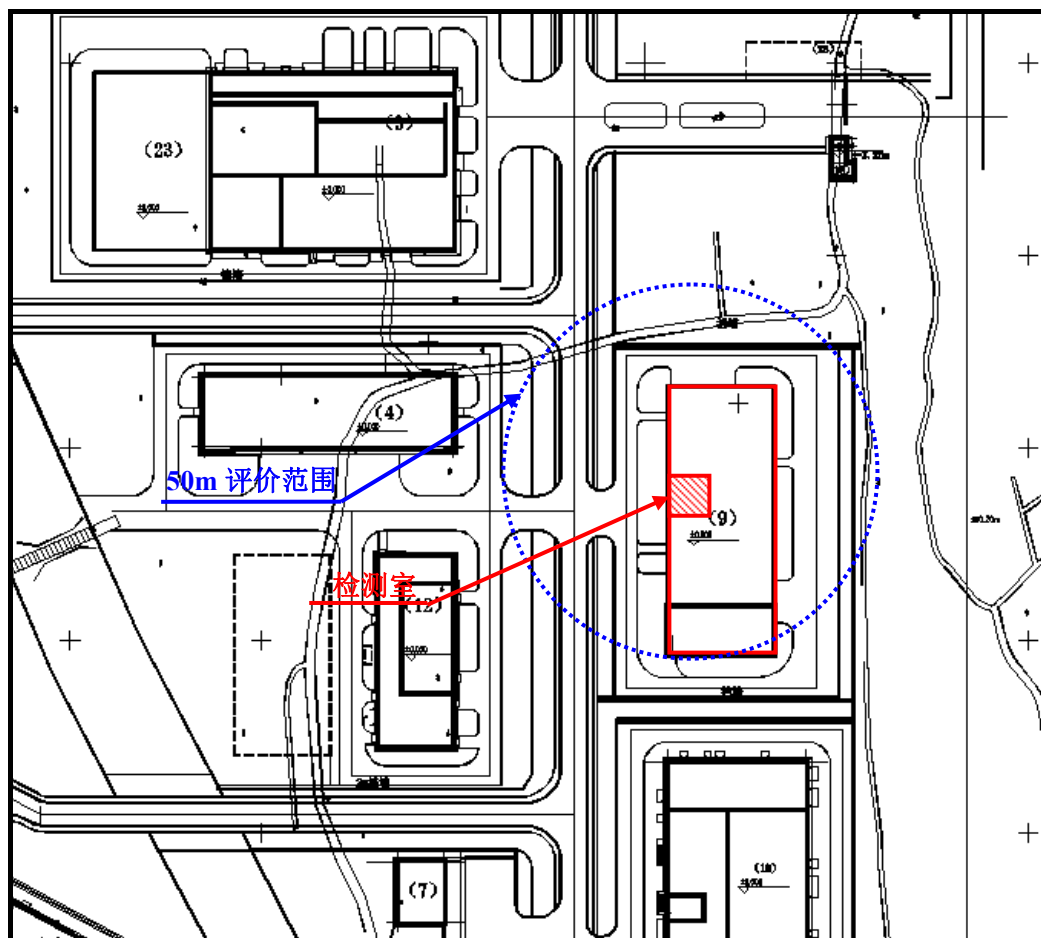


图 7-1 本项目评价范围图

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

序号	保护目标	距离	数量（人）	方位
1	本项目操作人员	紧邻	2	检测区北侧，控制室
2	车间内其他工作人员	紧邻	10	检测室东侧，焊接区
3	车间内其他工作人员	紧邻		检测室南侧，装配区

7.3 评价标准

7.3.1 剂量限值及剂量约束值

7.3.1.1 基本计量限值

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

(1) 职业照射

应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值：

(a) 由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量，20mSv；

(b) 任何一年中的有效剂量，50mSv。

(2) 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

(a) 年有效剂量，1mSv；

(b) 特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效
剂量可提高到 5mSv。

7.3.1.2 剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定职业照射连续 5 年的年
平均有效剂量不超过 20mSv；公众照射中关键人群组的成员所受的年有效剂量不超过
1mSv。

本次评价根据北京控制工程研究所的实际情况，对职业照射的剂量约束值仍设定为
2.0mSv/a；对公众照射的剂量约束值通常应在 0.5mSv/a。

7.3.1.3 剂量率控制水平

要求在满足上述年剂量约束值的同时，还需满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》
（GBZ117-2015）中“探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于
2.5μSv/h”要求；另外，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
考控制水平可取为 100μSv/h。本项目检测室四面墙、入口门和居留区域的周围剂量当量率
控制水平取 2.5μSv/h。

7.3.1.4 有害气体 O₃ 和 NO_x 浓度限值

根据《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》(GBZ2.1-2007),工作场所空气中 O₃ 和 NO_x (以 NO₂ 计) 的浓度限值分别为 0.3 mg/m³ 和 5mg/m³。

7.3.2 工业 X 射线探伤辐射安全与防护要求

依据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) 的要求如下:

(1) X 射线装置在额定工作条件下,距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率应符合表 7-2 的要求。

表 7-2 距 X 射线管焦点 1m 处的漏射线空气比释动能率

管电压 kV	漏射线空气比释动能率 mGy/h
<150	<1
150~200	<2.5
>200	<5

(2) 探伤室的设置应充分考虑周围的辐射安全,操作室应与探伤室分开并尽量避开有用线束照射的方向。

(3) 应对探伤工作场所实行分区管理。一般将探伤室墙壁围成的内部区域划为控制区,与墙壁外部相邻区域划为监督区。

(4) X 射线探伤室墙和入口门的辐射屏蔽应满足:关注点周围剂量当量率不大于 2.5 μSv/h。

(5) 探伤室应设置门-机联锁装置,并保证在门(包括人员门和货物门)关闭后 X 射线装置才能进行伤作业。门打开时应立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。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。

(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。

(7) 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

(8) 探伤室内、外醒目位置处应有清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(9) 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

(10) 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。按钮或拉绳应当带有标签,标明使用方法。

(11) 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。

(12) 控制台：

①应设置有 X 射线管电压及高压接通或断开状态的显示，以及管电压、管电流和照射时间选取及设定值显示装置。

②应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

③控制台或 X 射线管头组装体上应设置与探伤室防护门联锁的接口，当所有能进入探伤室的门未全部关闭时不能接通 X 射线管管电压；已接通的 X 射线管管电压在任何一个探伤室门开启时能立即切断。

④应设有钥匙开关，只有在打开控制台钥匙开关后，X 射线管才能出束；钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

⑤应设置紧急停机开关。

⑥应设置辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

(13) 安全操作要求

①探伤工作人员进入探伤室时除佩戴常规个人剂量计外，还应配备个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，剂量仪报警，探伤工作人员应立即离开探伤室，同时阻止其他人进入探伤室，并立即向辐射防护负责人报告。

②应定期测量探伤室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。测量值应当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。

③交接班或当班使用剂量仪前，应检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

④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。

⑤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。

(13) 运营单位的日检

每次工作开始前应进行检查的项目包括：

- ①探伤机外观是否存在可见的损坏；
- ②电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；
- ③液体制冷设备是否有渗漏；
- ④安全联锁是否正常工作；
- ⑤报警设备和警示灯是否正常运行；
- ⑥螺栓等连接件是否连接良好。

（14）运营单位的定期检查

定期检查的项目应包括：

- ①电气安全,包括接地和电缆绝缘检查；
- ②制冷系统过滤器的清洁或更换；
- ③所有的联锁和紧急停机开关的检查；
- ④机房内安装的固定辐射检测仪的检查；
- ⑤制造商推荐的其他常规检测项目。

（15）设备维护

①运营单位应对探伤机的设备维护负责,每年至少维护一次。设备维护应由受过专业培训的工作人员或设备制造商进行。

- ②设备维护包括探伤机的彻底检查和所有零部件的详细检测。
- ③当设备有故障或损坏,需更换零部件时,应保证所更换的零部件都来自设备制造商。
- ④应做好设备维护记录。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

8.1.1 地理位置

本项目拟建辐射工作场所位于河北省怀来县小南辛堡镇小山口村南侧山区加注设备调试厂房，加注设备调试厂房（9号楼）东侧为空地（预留用地）；南侧为10号楼，距离约25m；西侧为绿化区及4、12号楼，距离加注设备调试厂房均为50m；北侧为绿地及院内道路。地理位置图见附图1所示，怀来园区平面布局见附图2所示。

8.1.2 场所位置

检测室位于9号建筑内一层西侧偏北，检测室东侧为焊接区，南侧为设备调试间，西侧为建筑外空地，北侧为服务器间及检漏区。检测室周边照片见表8-1，平面布局图见附图3所示。

表 8-1 检测室及周边现状照片

	
拟建检测室现状	检测室东侧焊接区



检测室外装配焊接大厅



检测室北侧操作间



所在厂房照片



厂房外照片

8.2 环境辐射水平现状

环评单位通过了计量认证，持有计量认证资质证书(检测机构资质认定证书编号为180020013067)，对项目地及周围环境辐射水平进行了检测。检测使用青岛金仕达电子科技有限公司生产的便携式GH-102A型X- γ 剂量率仪（仪器情况见表8-2，检测时间及气象条件见表8-3），在距地面1m 高度测量 γ 辐射剂量率。评价区 γ 辐射水平调查结果见表8-4。

表 8-2 检测仪器参数

序号	名称	规格型号	测量范围	出厂编号	证书编号	校准日期	校准单位
1	环境 X- γ 剂量率仪	GH-102A	0.01Gy/h~10Gy/h	170967	DYjl2018-8080	2018-11-20	中国计量科学研究院

表 8-3 本项目监测时间及气象条件

监测气象条件	天气：晴 温度：12℃ 湿度：15% RH 风速：2.4m/s
监测时间	2019.10.15，11:00~12:00

表 8-4 评价区环境 γ 辐射剂量率

编号	地点	距探伤室距离 (m)	空气比释动能率 ($\mu\text{Gy/h}$)
1	502 综合楼西侧外空地	1	0.09
2	502 综合楼南侧外空地	45	0.09
3	探伤室内	0	0.09
4	探伤室操控室 (紧邻)	0	0.10
5	探伤室东侧工厂焊接区 (最近工位距探伤室最近距离 1.3m)	1.3	0.11
6	探伤室南侧工厂调试间 (紧邻)	0	0.10
7	探伤室北侧服务器间及检漏区 (距探伤室最近距离 2.9m)	2.9	0.11

由表 8-2 可见，监测结果基本与《河北省天然放射性水平调查研究报告》中张家口市天然放射性水平 60.7nGy/h~128.8 nGy/h 相符。

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 工作原理

工业 X 射线探伤机产生 X 射线的装置主要由 X 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，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所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构图见图 9-1。

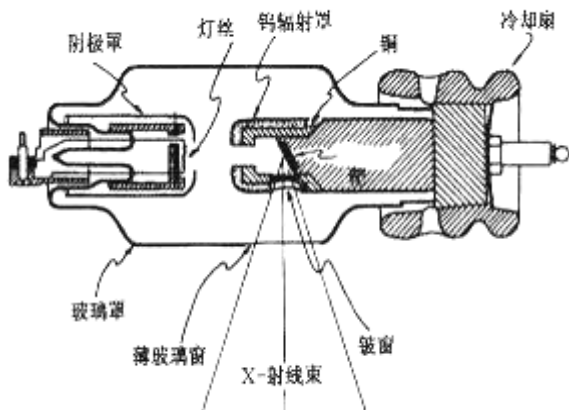


图 9-1 典型 X 射线管结构图

工业 X 射线探伤机数字检测系统主要由 X 射线探伤机及其控制系统、多通道高动态范围线阵列探测器、面阵列平板探测器、带 A/D 转换器的数据采集系统、图形工作站、处理软件、计算机系统等组成。

9.1.2 设备性能参数

本项目使用的 X 射线探伤机性能参数见下表所示。

表 9-1 本项目 X 射线探伤机性能参数一览表

序号	X 射线管头参数	指标
1	焦点大小	双焦点 1.0/3.0mm
2	高压范围	10kV-225kV
3	最大管电流	2.8mA/7.0mA
4	最大功率	0.64/1.6KW

5	辐射角	40°
6	辐射泄露值	<5.0mSv/h

9.2 污染源项描述

9.2.1 主要放射性污染物

由 X 射线装置的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。因此，该院使用的 X 射线装置在非诊断状态下不产生射线，只有在开机并处于出线状态时才会发出 X 射线。因此，在开机期间，X 射线成为污染环境的主要因子。

9.2.2 非放射性污染物

空气在射线的辐射作用下，吸收能量并通过电离作用产生极少量的臭氧和氮氧化物等有害气体。

9.2.3 污染途径

9.2.3.1 正常工况的污染途径

X 射线经透射、漏射和散射，对工作场所及其周围环境产生辐射影响。污染途径是 X 射线外照射。

9.2.3.2 事故情况下的污染途径分析

该单位使用的 X 射线装置属 II 类射线装置，发生的事故工况主要有以下三种情况：

（1）射线装置在对工件样品进行检测出束的工况下，门机联锁失效，工作人员误入检测室，受到意外的照射；

（2）门机联锁失效，防护门未完全关闭的情况下射线装置就能出束，致使 X 射线泄漏到检测室外面，给周围活动的人员造成意外的照射。

（3）防护门关闭照射时，工作人员误入检测室，受到意外的照射。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目工作场所布局分区情况

本项目中，X 射线探伤机所在的检测室称为 X 光检测室，检测室北侧为控制室，X 光检测区域的周围布局情况见表 10-1。

表 10-1 本项目射线装置所在位置的周围布局情况表

位置	X 射线探伤机
东侧	工厂焊接区
南侧	工厂调试间
西侧	室外绿化带
北侧	工厂服务器间及检漏区
楼上	屋顶（无人）
楼下	混凝土（无地下室）

10.1.2 辐射安全与防护设施

本项目新增 1 台 X 射线探伤机，位于检测室内，检测室屏蔽设计情况见表 10-2。检测室主体为混凝土结构，四面墙体均为 500mm 混凝土覆盖，内表面用 3mm 铅板覆盖，铅板安装时上下接缝处交叉错开，所有拼缝处、螺钉孔用铅条、铅块封补。检测室设有一个宽 3.2m、高 4m 的大防护门及一个宽 1.2m、高 2.4m 的小防护门，均为平移式门，防护厚度为 14mm 铅当量。

表 10-2 本项目检测室屏蔽设计一览表

场所名称	机房尺寸	屏蔽墙体方向	屏蔽材料及厚度
检测室	6×5.5×4.5	东、南、西、北墙	500mm 混凝土+ 3mm 铅
		小防护门（北）	14mm 铅
		大防护门（东）	14mm 铅
		顶	500mm 混凝土

10.1.3 工作场所安全防护设施管理

工作场所安全与防护设施设计要求见表 10-3。

表 10-3 安全和防护能力对照检查情况

序号	项目	检查内容	本项目	备注
1	A	入口电离辐射	√	拟贴有电离辐射警告标志，检测室内、外

	场所设施	警告标识		张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。
2		入口处机器工作状态指示灯和声音提示装置	√	检测室门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置
3		隔室操作	√	本项目设置单独操作间
4		迷道	×	不设迷道，防护门屏蔽厚度满足要求
5		防护门	√	本项目设置两道 14mmPb 的防护门，均为平开门
6		控制台有防止非工作人员操作的锁定开关	√	控制台设置防止误操作的锁定开关
7		门机联锁系统	√	射线装置的出束控制回路与防护门连锁。当检测室的防护门关好后，高压发生器和 X 射线装置上的电源才能接通；当检测室的防护门打开时，高压发生器上的电源和 X 射线装置上的电源均断开，X 射线装置不能工作；门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。
8		室内监控设施	√	安装 4 个摄像头
9		通风设施	√	机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气（6 次/h），防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。检测室的顶面开设排风孔，外面安装铅板防护罩。
10		控制台上紧急停机按钮	√	机器旁、工件门口、南墙及控制台均安装急停开关，方便紧急条件下使人员处在检测室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用其中断探伤机电源，急停开关与射线机高压实现安全联锁，当压下急停开关后，射线机将不能出束；任何时候按下任一个急停开关，机器整机断电，而且急停开关必须复位后，才能重新启动。急停按钮带有标签，标明使用方法。
11		紧急开门按钮	√	
12		准备出束声光提示	√	检测室门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置
13	B 监测设备	便携式辐射监测仪器仪表	√	拟配置 FJ1200 环境级 X、γ 辐射测量仪 1 台
14		个人剂量计	√	拟委托有资质的单位对辐射工作人员进行个人剂量检测
15		个人剂量报警仪	√	拟配置 TJ—III 型 X、γ 剂量率报警仪 2 台
16	C 应急物资	灭火器材	√	

注：有“设计建造”的划√，没有的划×，不适用的划/。

10.1.4 工作场所的辐射防护措施

(1) 检测室进行辐射屏蔽设计，确保检测室四周及室顶外 30cm 处辐射剂量率低于控制水平。

(2) 探伤工作区域与一层其它车间隔断，出入口采取门禁措施，限制无关人员进入，并按照控制区和监督区分区管理，检测室内为控制区，与检测室相邻的区域如操作位、防护门外、南墙外过道等为监督区。

(3) 检测室防护门为电动启闭平移门，减速机安装在防护门的上部，门的两端设有行程开关，检测室门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，拟贴有电离辐射警告标志，检测室内、外张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。

(4) 机器旁、工件门口、南墙及控制台均安装急停开关，方便紧急条件下使人员处在检测室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用其中断探伤机电源，急停开关与射线机高压实现安全联锁，当压下急停开关后，射线机将不能出束；任何时候按下任一个急停开关，机器整机断电，而且急停开关必须复位后，才能重新启动。急停按钮带有标签，标明使用方法。

(5) 射线装置的出束控制回路与防护门连锁。当检测室的防护门关好后，高压发生器和 X 射线装置上的电源才能接通；当检测室的防护门打开时，高压发生器上的电源和 X 射线装置上的电源均断开，X 射线装置不能工作；门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

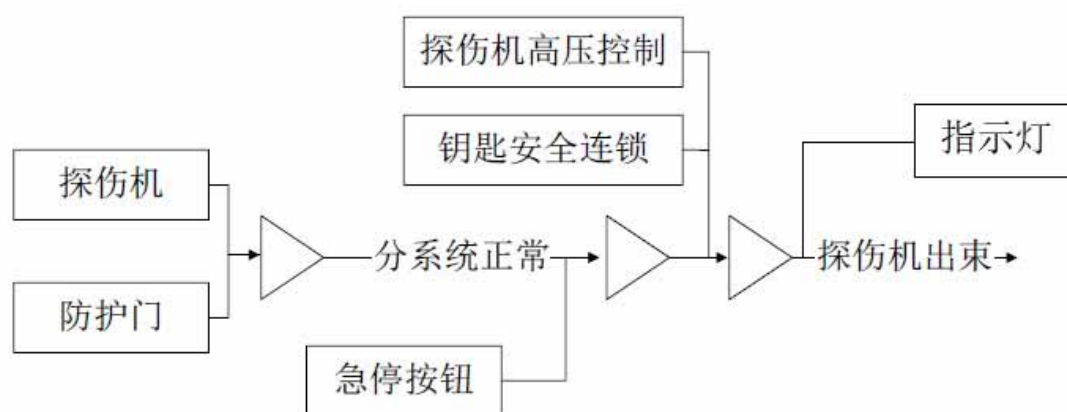


图 10-1 探伤机房安全连锁示意图

(6) 检测室内安装防护门应急开门按钮，供人员误留时使用。

(7) 检测室内拟安装 4 台监控摄像头，确保在控制台能观察到检测室内情况，同

时安装声音提示装置。

(8) 检测室内拟安装 1 台固定式剂量仪, 此外拟配置 1 台 FJ1200 环境级 X、 γ 辐射测量仪, 2 台 TJ—III 型 X、 γ 剂量率报警仪, 定期测量检测室外周围区域的辐射水平, 包括操作工位和周围毗邻区域人员居留处。工作人员工作时必须佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪, 报警仪能声音报警, 一旦超标, 会发出警告 (报警值为 $2.5\mu\text{Gy/h}$)。

(9) 机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气 (6 次/h), 防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。检测室的顶面开设排风孔, 外面安装铅板防护罩。

(10) 制定设备操作规程, 严格执行按照设备既定安装位置及主束方向作业, 并做好相关记录。

(11) 北京控制工程研究所应在运营过程中, 严格按照规范对探伤机进行日检和定期检查, 并每年由受过专业培训的工作人员或设备制造商维护至少一次, 做好检查和维护记录。

10.1.5 法规符合情况

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原环保部令第 3 号, 2019 年 8 月 22 日修订) 和《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, 2011 年) 规定, 现对北京控制工程研究所从事本项目辐射活动能力评价列于表 10-4 和表 10-5。

10.1.5.1 对照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求的满足情况

表 10-4 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》(原环保部令第 3 号, 2019 年 8 月 22 日修订) 对使用放射性同位素和射线装置单位承诺的对应检查情况。

表 10-4 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

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 要求	单位情况	符合 情况
第五条 射线装置的生产调试和使用场所, 应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目建设屏蔽机房, 配有门机联锁装置、工作状态指示灯声音提示装置、急停开关、监控摄像头和报警装置等, 检测室外和试验间出入口处设置电离辐射警告标识、中文警示说明以及张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。	符合
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置	北京控制工程研究所定期测量检测室外周围区域的辐射水平, 包括操	符合

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。	作工位和周围毗邻区域人员居留处，此外委托有辐射水平监测资质单位每年对环境和 workplaces 周围的辐射水平进行一次监测。	
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
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。	本项目的 2 名辐射工作人员均已参加环保部认可单位组织的辐射防护与安全培训。	符合
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，应当按照法律、行政法规以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。	所有从事辐射工作人员配备个人剂量计，拟委托有资质单位对本单位辐射工作人员进行每季度的个人剂量检测。	符合

10.1.5.1 对照“环保部 18 号令”要求的满足情况

环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照情况见表 10-5。

表 10-5 项目执行“环保部 18 号令”要求对照表

“环保部 18 号令”要求	单位情况	符合情况
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，其入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。	所有射线装置机房门口显著位置处设置放射性警告标识和中文警示说明，以及在防护门上方设置工作状态指示灯。	符合
第七条 放射性同位素被放射性污染的物品应当单独存放，不得与易燃、易爆、腐蚀性物品等一起存放，并指定专人负责保管。	不涉及该内容。	符合
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	北京控制工程研究所定期测量检测室外周围区域的辐射水平，包括操作工位和周围毗邻区域人员居留处，此外委托有辐射水平监测资质	符合

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。	单位每年对环境和场所周围的辐射水平进行一次监测。	
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
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。本项目新增的 2 名辐射工作人员均参加了环保部核与辐射安全中心组织的辐射防护与安全培训，并通过考核持证上岗。	符合
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，应当按照法律、行政法规以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检测；发现个人剂量检测结果异常的，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。	所有从事辐射工作人员配备个人剂量计，拟委托有资质单位对本单位辐射工作人员进行每季度的个人剂量检测。	符合
第二十四条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，不具备个人剂量检测能力的，应当委托具备条件的机构进行个人剂量检测。	拟委托有资质单位对本项目辐射工作人员进行个人剂量检测。	符合

以上分析可知，该单位从事本项目辐射活动的技术能力符合相应法律法规的要求。

10.2 三废的治理

(1) 本项目运行中，不产生放射性“三废”。

(2) X 射线机运行过程中，会产生少量的臭氧和氮氧化物，对环境的影响是十分轻微的，可以忽略。

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

该项目建设期间对环境的影响主要是铅房和设备安装过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在施工安装过程中（设备安装十分简单），将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间。本项目施工基本上都在室内进行，且工程量小，基本不影响单位的正常工作。

11.2 运行阶段对环境的影响

X 射线探伤机等设备运行过程中，不产生放射性三废，主要的污染物是 X 射线贯穿辐射，其次是伴随 X 射线产生的少量臭氧和氮氧化物。

11.2.1 贯穿辐射影响

11.2.1.1 辐射剂量估算公式

以下估算公式参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）。

（1）主射线束辐射

$$\dot{H} = \frac{H_0}{R^2} \times I \times B \quad (11-1)$$

式中： $\dot{H}$ 为估算点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

H_0 为距辐射源点（靶点）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 6×10^4 ，数值查 GBZ/T250-2014 标准中附表得到 H_0 ；

I 为 X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

R 为 X 线管靶点到关注点的距离，m；

B 为屏蔽透射因子，查 GBZ/T250-2014 标准中的曲线得到已知屏蔽厚度对应的透射因子。

（2）泄露辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L}{R^2} \times B \quad (11-2)$$

$$B = 10^{-X/\text{TVL}} \quad (11-3)$$

式中： $\dot{H}_L$ 为距 X 射线机靶 1m 处的泄露剂量；

X 为屏蔽物质的厚度；

TVL 为屏蔽物质什值层厚度；

其它因子含义同上。

(3) 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_s}{R^2} \times K^{-1} \times f \quad (11-4)$$

散射线最大能量的计算公式：

$$E_s = \frac{E_0}{1 + 1.96E_0(1 - \cos \theta_s)} \quad (11-5)$$

式中： $\dot{H}_s$ 为 X 射线机在散射面散射前的剂量， $\mu\text{Sv/h}$ ；

f 为散射因子，根据 GBZ/T250-2014 附录 B.4.2，取值为 0.02；

R 为散射面中心点到关注点的距离，m；

E_s (MeV)、 E_0 (MeV) 分别表示散射射线最大能量和入射线最大能量；

θ_s 为散射角；

其它因子含义同上。

(4) 年受照剂量

$$E = \sum W_T \times \dot{H} \times T \times t \quad (11-6)$$

式中：E 为年有效剂量， $\mu\text{Sv/a}$ ；

$\sum W_T$ 为组织 T 组织权重因数，对全身均匀照射 $\sum W_T = 1$ ；

$\dot{H}$ 为关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

T 为人员居留因子；

T 为年曝光时间，h/a。

11.2.1.2 屏蔽计算

本报告在设备最高辐射输出条件下估算检测室外关注点的辐射剂量，在计算中使用了 GBZ/T250-2014 中的有关方法与数据。

(1) 设备技术指标

根据单位提供的拟安装工业 X 射线探伤机的技术资料，设备与屏蔽估算相关的技术参数见表 11-1。

表 11-1 工业 X 射线探伤机技术参数

序号	X 射线管头参数	指标
1	最大管电压	225kV
2	最高压时最大管电流	7.0mA
3	1m 处 X 射线最大剂量率	—
4	1m 处的辐射泄露剂量率	<5.0mSv/h
5	X 射线输出张角	40°
6	照射方向	定向，向下（定向设备，因工作需求，射线管可移动）

移动驾车：为方便工件检测，射线管安装在移动驾车上，以便从不同角度对工件进行检测。

架车采用铝合金框架，传动装置采用滚珠丝杠和直线导轨；机头高度调节范围在 500mm~2700mm，能够电动进行升降；机头水平方向伸缩量不小于 1000mm。

机头转动灵活，能够保证射线束在平行地面和垂直地面之间的任意角度透照，且具有角度显示功能。移动架车稳定性好，且具有锁死功能。

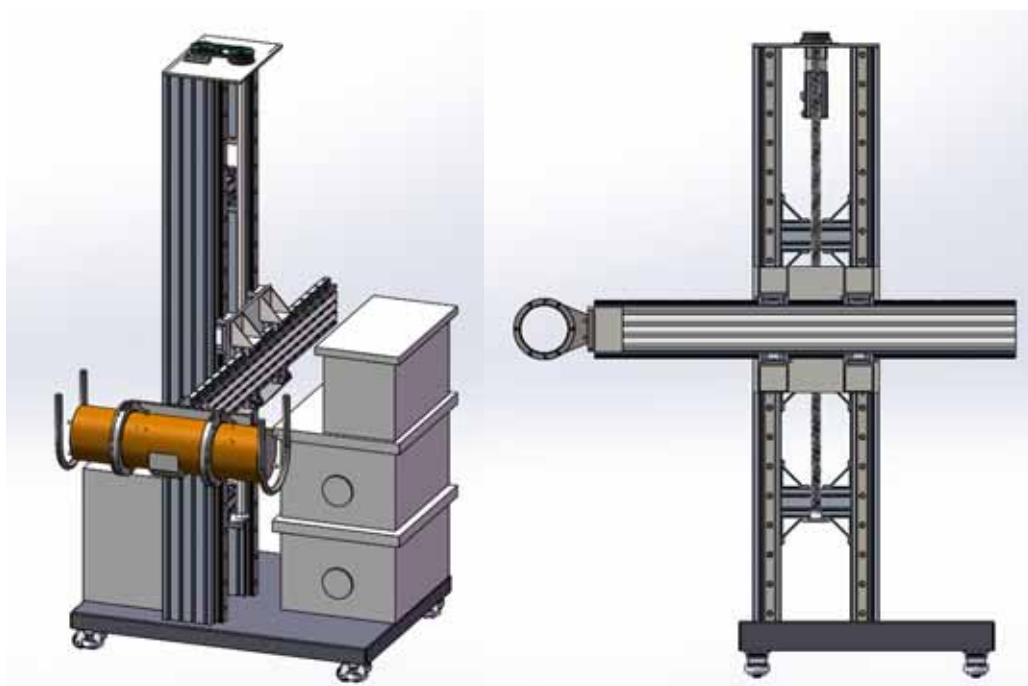


图 11-1 移动驾车示意图

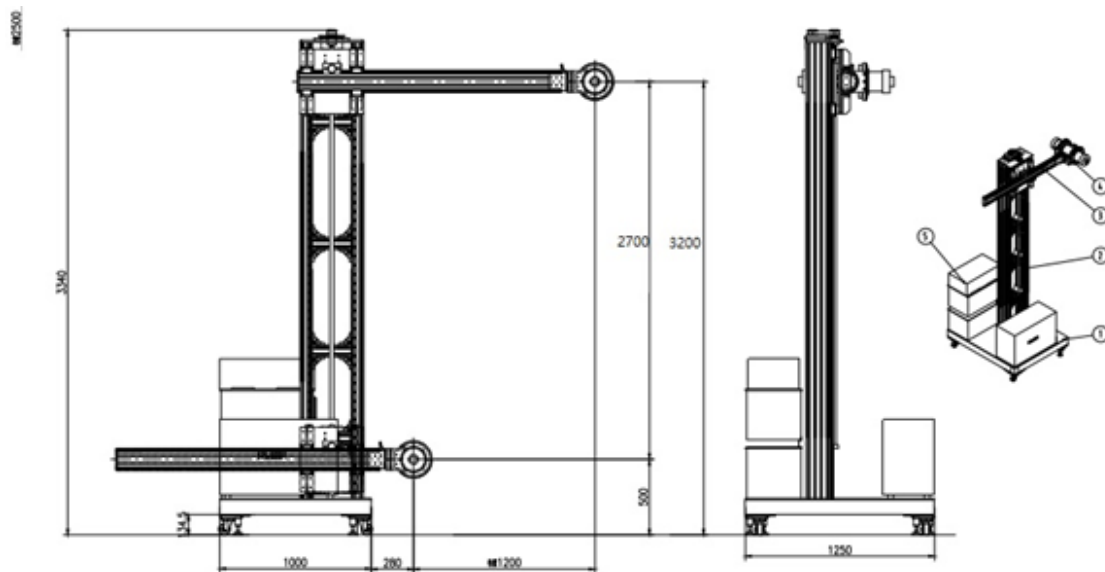


图 11-2 移动驾车尺寸示意图

(2) 检测室各墙防护的主要对象：

因本项目检测室内的 X 射线管装在移动驾车上，可向调整照射方向，根据北京控制工程研究所提供的设备操作规程，射线管不直接照射防护门方向，其他均可调节，因此墙体的防护均按主束区考虑，屏蔽门的防护按漏射区考虑。

主束区：仅考虑有用束的直接照射，忽略进入该区的泄漏辐射和散射辐射；

(3) 屏蔽计算的条件下：

①探伤机横向剖面周向照射；工作时工件位于检测室中央，由于限位条的限制，射线焦点距四面墙的距离按不小于 1m 计算，即焦点距离四周墙壁的最近距离均为 1m，距地面高度 0.5m，距检测室顶内表面 1.3m（顶高 4.5m-机头高 3.2m=1.3m）。

② 参照 GBZ/T250-2014 附录 A 不同场所与环境条件下的居留因子，检测室东墙外操作区居留因子 T=1，南墙、北墙外车间组装区其他工作人员居留因子 T=1；检测室其它周围毗邻区域属于建筑外，属偶然居留，公众按居留因子 T=1/8。

③ 本次估算采用 GBZ/T250-2014 标准中给出的 1m 处输出量，按 250kV、3mm 铝滤过情况保守估算，为 13.9mGy/mA · min，则根据设备功率计算出本项目 X 射线机；250kV 铅屏蔽的 TVL=2.9mm，混凝土屏蔽的 TVL=90mm。泄露辐射剂量率按>200kV 的 X 射线探伤机为 $5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 估算。

④ 根据单位提供的资料，每台设备每次曝光时间约为 2min，平均每天曝光 20 次，每

周工作 5 天，年曝光工作时间 $t=167h$ 。

(4) 检测室外关注点附加剂量率估算

根据 GBZ/T250-2014 计算检测室周围主要关注点的剂量率，计算点位见图 11-3，结果列于表 11-2。

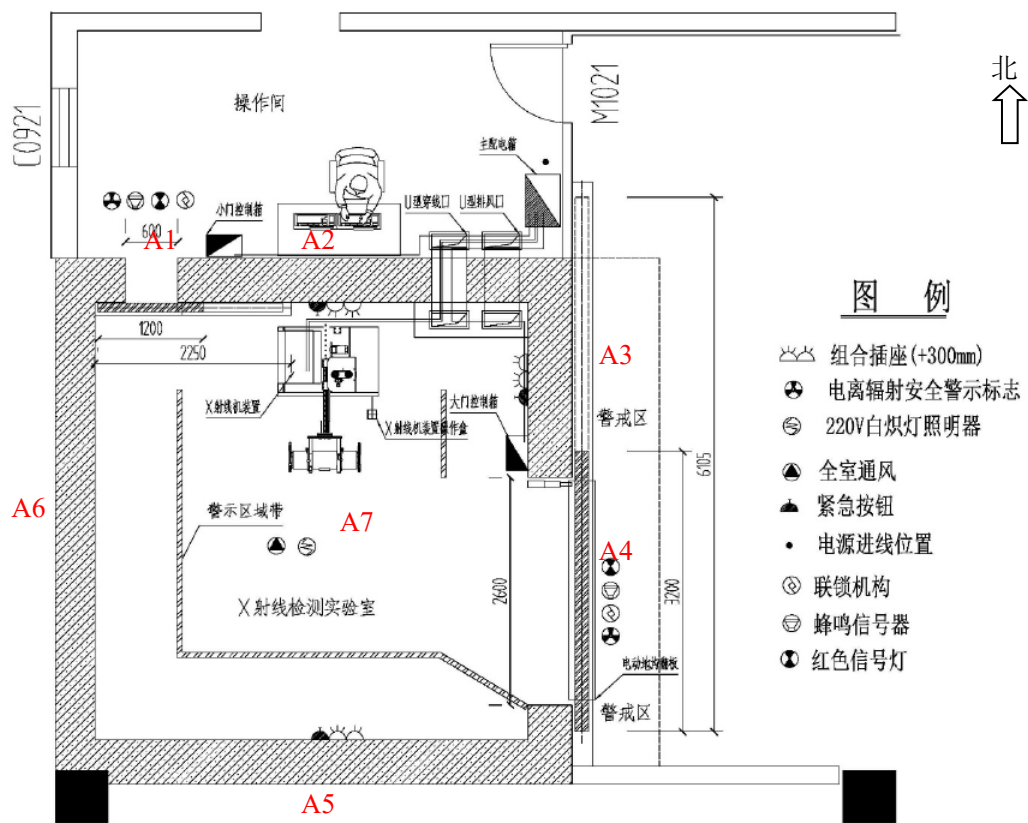


图 11-3 检测室外剂量估算点位示意图

表 11-2 关注点的剂量率估算结果

位置	距离 m	屏蔽厚度	射线束	透射因子B	剂量率 $\mu Sv/h$
小防护门外A1	1	14mm铅	漏射	1.00E-06	0.074
东墙外A2	1	500mm混凝土 +3mm铅	主束	2.57E-07	1.5
南墙外A3	1	500mm混凝土 +3mm铅	主束	2.57E-07	1.5
大防护门外A4	1	14mm铅	漏射	1.00E-06	0.074
西墙外A5	1	500mm混凝土 +3mm铅	主束	2.57E-07	1.5
北墙外A6	1	500mm混凝土 +3mm铅	主束	2.57E-07	1.5
检测室室顶	1.3	500mm混凝土	漏射	4.00E-04	0.001

注：1. GBZ/T250-2014标准中250kV，3mm Al曲线对应的透射因子，以及250kV管电压对应的TVL值。

根据以上估算，检测室四周墙外及室顶的周围剂量当量率最大值为 1.5μSv/h，均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“探伤室墙和入口门关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”要求。

（5）天空散射分析

本项目检测室室顶外 30cm 处剂量率仅为 0.001μSv/h，穿过检测室顶造成的天空散射（天空散射因子约为 10^{-5} ）的辐射影响可忽略。

（6）年附加有效剂量估计

根据检测室外剂量率估算结果，本项目 X 射线机对周围人员的辐射影响可忽略。根据单位提供的资料，检测室定向探伤机的年曝光工作时间为 167h，采用机房外各关注点最大剂量率及居留因子估算的工作人员和公众的年附加剂量见表 11-3，工作人员和公众年附加有效剂量分别均为 251μSv，低于评价设定的工作人员 2.0mSv 及公众人员 0.5mSv 的剂量约束值。

表 11-3 工作人员和公众的年附加剂量估算结果

位置	附加剂量率 (μSv/h)	居留因子	年出束时间 (h)	年附加有效剂量 (μSv)
检测室东墙外操作区	1.5	1	167	251
防护门外（公众）	0.074	1	167	13
南墙、北墙外车间组装区(公众)	1.5	1	167	251
检测室其它方向建筑外（公众）	1.5	1/8	167	32

11.2.2 O₃ 和 NO_x 分析

11.2.2.1 O₃ 的产额

根据以往的经验，工业 X 射线探伤机运行过程中，臭氧的产生量十分有限。公式 11-7～11-10 参考（中华放射医学与防护杂志 Vol14，2，P101～P103，1994），依照下式计算扩展射线束所致 O₃ 的产额：

（1）有用线束的O₃的产额

$$P = 2.43 \times \dot{D}_0 \times (1 - \cos\theta) \times R \times G \quad (11-7)$$

式中：P 为 O₃ 产额，mg/h；

$\dot{D}_0$ 为辐射有用束在距靶 1m 处的输出量，Gy·m²/min；

R 为靶到屏蔽物（墙）的距离，m；

G 为空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数（G=10）；

θ 为有用束的半张角。

（2）泄漏辐射的 O₃ 产额

将泄漏辐射看为 4π 方向均匀分布的点源（包括有用束区限定的空间区），并考虑机房壁的散射线使室内的 O₃ 产额增加 10%，O₃ 的产额 P（mg/h）为：

$$P = 3.32 \times 10^{-3} \dot{D}_0 \times G \times V^{1/3} \quad (11-8)$$

式中：V 为检测室的体积，m³，其余符号同（11-7）；

11.2.2.2 O₃ 的浓度

设：O₃ 的有效分解时间为 t_d（常取为 0.83h），机房通风换气周期为平均每次换气需通风 t_v 小时（h）。

机房最高饱和 O₃ 浓度（mg/h）为：

$$Q = \frac{P}{\bar{T}} \times \bar{T} \quad (11-9)$$

式中： $\bar{T}$ 为 O₃ 的有效清除时间（h）：

$$\bar{T} = \frac{t_v \times t_d}{t_v + t_d} \quad (11-10)$$

11.2.2.3 参数与结果

（1）O₃ 产额

探伤室和射线装置参数如下： $\dot{D}_0 = 97.3 \text{ mGy m}^2/\text{min}$ ；R=1.3m（最大值）；θ=40°；
V=6×5.5×4.5=148.5m³。

按（11-7）估算有用线束的 O₃ 产额，P=0.72mg/h，按（11-8）估算泄漏辐射的 O₃ 产额，P=0.02mg/h，此二项合计，P=0.74mg/h。

（2）O₃ 浓度

机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气（不小于 6 次/h），防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。按每小时通风 6 次考虑，t_v=0.17h，

$\bar{T}=0.192\text{h}$ ，Q=0.0009mg/m³，远低于工作场所中 O₃ 浓度限值 0.3mg/m³。因此 O₃ 的影响是轻微的。

（3）NO_x 分析

在多种氮氧化物（NO_x）中，以 NO₂ 为主，其产额约为 O₃ 的一半，工作场所中的限值为 O₃ 浓度的 16.7 倍，《环境空气质量标准》（GB3095-2012）中规定的外部环境中 NO₂ 的浓度限值与 O₃ 相近。因此，NO_x 的影响可忽略。

11.3 事故影响分析

11.3.1 事件（故）分析

该单位使用的工业 X 射线探伤机属 II 类射线装置，发生的事故状况主要有以下情况：

①工业 X 射线探伤机在对工件进行照相的工况下，门机联锁失效，工作人员误入探伤室，受到额外的照射；

②工业 X 射线探伤机在对工件进行探伤时，门机联锁失效，铅防护门未完全关闭的情况下工业 X 射线探伤机就能出束，至使 X 射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成额外的照射；

③防护门关闭照射时，工作人员误入检测室，受到意外的照射；

④工业 X 射线探伤机由于维护、检查不到位，造成的意外照射。

11.3.2 事件（故）防范措施建议

（1）探伤照射不能停束：操作人员必须严格按照操作规程操作设备，如发现探伤设备不能正常停止照射时，应立刻切断总电源，强制停止照射，然后请厂家进行设备检修。

（2）事故性出束：人员在检测室内工作时，操作人员误开机出束。

为防止人员误留受到照射，工作人员在每次进入检测室时携带 X 射线剂量报警仪；出束前应有声音报警，提示工作人员及时从检测室内撤出。此外，墙壁上设有紧急停止开关，供误留人员应急。还有定期维护门机联锁装置、灯机连锁装置，防止人员误入而受照。

（3）人员超剂量照射：一旦怀疑人员可能受到较大剂量照射，应及时送医院进行医学处理。

（4）潜在照射：设备在被盗或丢失后，如果在无屏蔽情况下出束将会发生人员误照射。所以，应加强安全管理，防止设备被盗或丢失。

（5）其它：地震等自然灾害导致正在探伤作业的检测室破损等的情况极少发生。自然灾害发生时，通常会停电，此时该设备将无法继续运行和出束。

（6）辐射事故

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十二条和国家环境保护总局环

发<2006>145 号文件之规定，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预案，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。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

为了加强辐射安全和防护管理工作，北京控制工程研究所成立了辐射防护领导小组，由所长担任组长，主管副所长及相应研究室主任担任副组长，并指定专职人员负责辐射安全管理工作；并且还规定了组长、副组长及各成员的职责分工。辐射安全与环境保护管理小组职责分工：

(1) 小组职责

- a、组织贯彻落实国家和地方政府、有关辐射安全与环境保护工作的方针、政策；
- b、定期（每半年一次）召开会议，听取辐射安全与环境保护工作情况汇报，讨论决定辐射安全与环境保护工作中的重大问题和采取的措施；
- c、负责行政许可审批，许可证申领、验收、人员培训，计量送检、体检和辐射安全年度评估等；
- e、组织制定放射性培训计划和辐射事故应急预案及演练计划；
- f、组织开展射线装置安全检查活动，组织处理、通报事故；

(2) 所长及主管所领导安全职责：

- a、监督本单位贯彻执行国家及上级部门辐射安全与环境保护的方针、政策、法律、法规、标准、规定；
- b、对辐射安全与环境保护工作进行监督检查；

(3) 部门领导和部门分管领导职责

- a、对部门辐射安全与环境保护工作负责；
- b、模范遵守射线装置各项规章制度，严格执行其操作规程，坚持原则，制止使用违章指挥、违章操作等行为；
- c、检查、督促部门人员正确使用放射性安全防护用品，做好辐射安全防护设备设施的管理及日常维护保养、检查工作；
- d、检查工作区设备及各岗位辐射安全生产情况，落实预防辐射事故安全措施。发现隐患及时组织整改，暂时不能整改的应采取防范措施，并立即向上级报告；
- e、发生辐射安全事故后立即向上级报告，要及时采取措施，迅速识别辐射事故现场危害因素，采取相应的辐射防护措施组织抢救并保护好现场。

f、人力资源部门主管培训，安全生产管理部门配合组织各类辐射人员培训。 g、射线装置使用部门负责本部门射线装置的现场管理和人员管理，确保设备合格使用和人员持辐射培训合格证上岗，辐射岗位体检不符合职业卫生要求，按要求调岗。 h、条件保障部门负责辐射监测仪表的计量和射线装置的维保、报废管理。 i、安全生产管理部门负责组织射线装置定期监测和辐射人员的辐射剂量监测送检及辐射人员职业卫生体检。 j、投资管理部门负责新增射线装置的三同时管理，安全生产部门配合组织开展射线装置的三同时工作和办理辐射许可等工作。 k、保卫处负责消防保卫等工作。
12.2辐射安全管理规章制度 北京控制工程研究所制订了完善的规章制度，包括《辐射安全管理制度》、《射线装置操作规程》、《射线装置使用、检查、维修制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员管理制度》、《射线装置安全和防护应急预案》、《环境监测和个人剂量监测制度》及各射线装置的操作规程等，本次补充探伤机的相关操作规程、监测方案以及应急预案等制度内容，进一步完善怀来园区的辐射安全管理制度，确保单位辐射防护工作按照规章制度进行。 12.3 工作人员培训情况 本项目拟新增 2 名辐射工作人员。2 名辐射工作人员均已于 2019 年 3 月参加了生态环境部门认可的辐射安全与防护培训班，培训证号 D1901080、D1901023。
12.4 个人剂量检测 北京控制工程研究所已有辐射工作人员个人剂量检测的管理制度，要求辐射工作人员接受个人剂量检测，并建立相应的个人剂量检测档案。个人剂量检测工作拟委托有资质单位承担，监测频度为每 3 个月检测一次。单位将严格要求辐射工作人员按照规范佩戴个人剂量计，规定在个人剂量计佩戴时间届满一个检测周期时，由专人负责收集人员佩戴的剂量计送检更换。 北京控制工程研究所拟按管理制度要求，对 2 名新增的辐射工作人员进行个人剂量检测。 12.5 工作场所及辐射环境监测辐射监测

(1) 工作场所监测

单位每年委托有资质的单位对辐射工作场所进行 1 次辐射水平监测，同时进行自主监测，建立辐射环境监测记录，包括测量位置、测量条件、测量仪器、测量时间、测量人员和剂量率数据等内容。

为加强单位辐射安全管理，使用单位拟自行配备的 1 台 FJ1200 环境级 X、 γ 辐射测量仪及 1 台固定式剂量仪对新增辐射工作场所进行自测，可以满足实际工作的需求，该单位应保证每年将辐射监测仪委托有资质部门校准或检定，并确保在校准或检定有效期内使用。

(3) 监测仪器情况

为满足本项目新增使用射线装置的需要，拟配置 1 台 FJ1200 环境级 X、 γ 辐射测量仪、检测室内设置一台固定式剂量仪，2 台 TJ—III 型 X、 γ 剂量率报警仪，本次新增 2 名辐射工作人员，因此新增 2 人的个人剂量检测。

12.6 工作场所自行监测方案

辐射工作人员使用辐射监测仪器对检测室周围进行监测，监测点位及频次见表 12-3，检测点位见图 12-1。

表 12-1 拟建检测室 X 射线剂量率监测点位频次

场所	测点位置	监测频次
检测室	操作台	1 次/年
	东墙外 30cm	1 次/年
	南墙外 30cm	1 次/年
	西墙外 30cm	1 次/年
	北墙外 30cm	1 次/年
	大防护门外 30cm	1 次/年
	小防护门外 30cm	1 次/年
	检测室顶部 30cm	1 次/年



12.7 辐射事故应急

北京控制工程研究所依据《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，已制定辐射事故应急预案，一旦发生辐射事故时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理，保护工作人员和公众的健康与安全，同时应在应急预案中进一步明确规定处理的组织机构及其职责分工、事故分级、应急措施、报告程序、联系方式等内容。

本次拟根据怀来园区所在县、市、省政府要求，修改完善已制定的应急预案，以满足新增场所的应急需求。

发生辐射事故时，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》，向当地环境保护部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。该单位将每年至少组织一次应急演练。

12.7 环保竣工验收

本项目建成试运行后进行按要求自行进行环保竣工验收，项目环保措施验收情况见下

表。

表 12-2 本项目竣工环保验收一览表

序号	验收项目	验收内容及要求
1	探伤室建设情况	新增一台德国依科朗视 Y.CT Modular MG226 型 X 射线探伤机,检测室长 6m,宽 5.5m,高 4.5m,操作室与检测室隔室建设。 (1) 检测室建设情况 ① 铅防护室四周厚度为:四面墙体均为 500mm 混凝土+3mm 铅,房顶厚度:500mm 混凝土,工件门厚度:14mmPb,人员门 14mmPb。 ②工件门与铅防护室为一体,工件门尺寸:3200mm×4000mm。 ③人员出入铅门与铅防护室为一体,人员出入铅门尺寸:1200mm×2400mm。 ④探伤室面积:33m²。 ⑤室内安装限位条,距墙体不低于 1m。 (2) 探伤工作区域与一层其它车间隔断,出入口采取门禁措施,限制无关人员进入,并按照控制区和监督区分区管理,检测室内为控制区,与检测室相邻的区域如操作位、防护门外、南墙外过道等为监督区。 (3) 检测室内拟安装 4 台监控摄像头,确保在控制台能观察到检测室内情况。 (4) 机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气(6 次/h),防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。检测室的顶面开设排风孔,外面安装铅板防护罩。
2	剂量限值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和环评报告建议,公众、职业照射剂量约束值执行 0.5mSv/a 和 2mSv/a;根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015),本项目检测室四面墙、入口门和居留区域的周围剂量当量率控制水平取 2.5μSv/h,探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平可取为 100μSv/h;根据《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》(GBZ2.1-2007),工作场所空气中 O₃ 和 NO_x(以 NO₂ 计)的浓度限值分别为 0.3 mg/m³ 和 5mg/m³。
3	电离辐射标志和中文警示	检测室内安装 4 个监控摄像头,防护门为电动启闭平移门,减速机安装在防护门的上部,门的两端设有行程开关,检测室门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置,拟贴有电离辐射警告标志,检测室内、外张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明。
4	安全连锁	射线装置的束束控制回路与防护门连锁。当检测室的防护门关好后,高压发生器和 X 射线装置上的电源才能接通;当检测室的防护门打开时,高压发生器上的电源和 X 射线装置上的电源均断开,X 射线装置不能工作;门打开时应立即停止 X 射线照射,关上门不能自动开始 X 射线照射。
5	急停措施	机器旁、工件门口、南墙及控制台均安装急停开关,方便紧急条件下使人员处在检测室内任何位置时都不需要穿过束射线束就能够使用其中断探伤机电源,急停开关与射线机高压实现安全连锁,当压下急停开关后,射线机将不能出束;任何时候按下任一个急停开关,机器整机断电,而且急停开关必须复位后,才能重新启动。急停按钮带有标签,标明使用方法。检测室内安装防护门应急开门按钮,供人员误留时使用。
6	规章制度	北京控制工程研究所制订了完善的规章制度,包括《辐射安全管理制度》、《射线装置操作规程》、《射线装置使用、检查、维修制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员管理制度》、《射线装置安全和防护应急预案》、《环境监测和个人剂量监测制度》及各射线装置的操作规程等,本次补充探伤机的相关操作规程、监测方案以及应急预案等制度内容,进一步完善怀柔园区的辐射安全管理制度,确保单位辐射防护工作按照规章制度进行。
7	辐射监测	制定了满足管理要求的辐射监测制度;监测记录存档;检测室内拟安装 1 台固定式剂量仪,此外拟配置 1 台 FJ1200 环境级 X、γ 辐射测量仪,2 台 TJ—III 型 X、γ 剂量率报警仪,定期测量检测室外周围区域的辐射水平,包括操作工位和周围毗邻区域

		人员居留处。工作人员工作时必须佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，报警仪能声音报警，一旦超标，会发出警告（报警值为 $2.5\ \mu\text{Gy/h}$ ）。
8	人员培训	所有从事放射性工作的人员环保认可的培训机构组织的辐射防护知识的培训和考核，且持证上岗。
9	应急预案	辐射事故应急预案符合工作实际，应急预案明确了的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。
10	设备维护	北京控制工程研究所应在运营过程中，严格按照规范对探伤机进行日检和定期检查，并每年由受过专业培训的工作人员或设备制造商维护至少一次，做好检查和维护记录。

表 13 结论与建议

13.1 结论

(1) 项目概况

北京控制工程研究所拟在怀来园区新增使用 1 台 X 射线探伤机。主要用于焊缝探伤。

(2) 实践的正当性

本项目为满足研制需要，在现有研究条件基础上，实现有针对性地补充一些关键研究条件，以确保研制工作的顺利完成，因而，符合实践正当性原则。

(3) 选址合理性

本项目位于怀来园区加注设备调试厂房检测室，检测室位于本单位厂区，周围 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感区域，且新建工作区域考虑了工作场所及周围场所的屏蔽防护与安全，故其选址是合理可行的。

(4) 辐射屏蔽设计合理

北京控制工程研究所将参照本环评对新建放射工作场所采取可行、有效的建筑屏蔽措施，采取分区管理，确保机房屏蔽防护符合辐射环保相关要求。

(5) 主要污染因子和辐射环境影响评价

① 工作期间产生的 X 射线辐射是环境污染的主要污染因子，其对环境的辐射影响随机器的开、关而产生和消失；

② 本项目中的射线装置拟采取辐射防护屏蔽合理、有效，满足放射污染防治的相关要求。射线装置的运行对周围环境造成的辐射污染较小，射线装置工作期间对职业人员的最大辐射剂量低于本环评设定的职业受照剂量约束值 2.0mSv/a；公众受照剂量低于本次评价设定的公众受照剂量约束值 0.5mSv/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；根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），本项目检测室四面墙、入口门和居留区域的周围剂量当量率控制水平满足 2.5 μ Sv/h 的要求，探伤室顶外表面 30cm 处的剂量率参考控制水平满足 100 μ Sv/h 的要求；根据《工作场所有害因素职业接触限值化学有害因素》（GBZ2.1-2007），工作场所空气中 O₃ 和 NO_x（以 NO₂ 计）的浓度分别满足 0.3 mg/m³ 和 5mg/m³ 的限值要求。

(6) 污染防治措施

① 拟建造符合标准规定的工作场所：北京控制工程研究所将严格按照规定合理布

局，不随意在机房内堆放与工作无关的杂物，检测室长 6m，宽 5.5m，高 4.5m，操作室与检测室隔室建设；机房内拟设置有通风系统进行机械通风换气（6 次/h），防止机房空气中少量臭氧和氮氧化物等有害气体累积。检测室的顶面开设排风孔，外面安装铅板防护罩；

② 辐射屏蔽防护措施：北京控制工程研究所将落实本环评的相关辐射屏蔽防护措施，铅防护室四周厚度为：四面墙体均为 500mm 混凝土+3mm 铅，房顶厚度：500mm 混凝土，工件门厚度：14mmPb，人员门 14mmPb，以满足相应的屏蔽防护要求；

③ 工作场所的分区管理：放射工作场所分为控制区和监督区，检测室内为控制区，与检测室相邻的区域如操作位、防护门外、南墙外过道等为监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制；

④ 安全连锁：射线装置的出束控制回路与防护门连锁。当检测室的防护门关好后，高压发生器和 X 射线装置上的电源才能接通；当检测室的防护门打开时，高压发生器上的电源和 X 射线装置上的电源均断开，X 射线装置不能工作；门打开时应立即停止 X 射线照射，关上门不能自动开始 X 射线照射。

⑤ 急停措施：检测室内拟安装 4 台监控摄像头，确保在控制台能观察到检测室内情况，同时安装声音提示装置。机器旁、工件门口、南墙及控制台均安装急停开关，方便紧急条件下使人员处在检测室内任何位置时都不需要穿过射线束就能够使用其中断探伤机电源，急停开关与射线机高压实现安全连锁，当压下急停开关后，射线机将不能出束；任何时候按下任一个急停开关，机器整机断电，而且急停开关必须复位后，才能重新启动。急停按钮带有标签，标明使用方法。检测室内安装防护门应急开门按钮，供人员误留时使用；

⑥ 放射工作场所工作人员必须按要求佩戴个人剂量计，并严格实施工作人员个人剂量检测计划，每季度检测一次，定期进行职业健康体检，建立个人剂量和健康档案；

⑦ 放射工作人员需经辐射安全与防护培训班培训、并取得合格证书后方可上岗，培训每四年需复训；

⑧ 制定环境辐射水平监测计划，并存档；拟配备 1 台环境级 X、 γ 辐射测量仪、1 台固定式剂量仪和 2 台个人剂量报警仪，定期测量检测室外周围区域的辐射水平，包括操作工位和周围毗邻区域人员居留处，此外委托有辐射水平监测资质单位每年对环境和

工作场所周围的辐射水平进行一次监测。；

⑨配备质量控制检测设备、制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，并有专人负责质量保证与质量控制检测工作；

⑩警示标识：检测室防护门为电动启闭平移门，减速机安装在防护门的上部，门的两端设有行程开关，检测室门口和内部拟同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，拟贴有电离辐射警告标志，检测室内、外张贴清晰的对“预备”和“照射”信号意义的说明；

⑪规章制度：北京控制工程研究所制订了完善的规章制度，包括《辐射安全管理制度》、《射线装置操作规程》、《射线装置使用、检查、维修制度》、《辐射工作人员培训制度》、《辐射工作人员管理制度》、《射线装置安全和防护应急预案》、《环境监测和个人剂量监测制度》及各射线装置的操作规程等，本次补充探伤机的相关操作规程、监测方案以及应急预案等制度内容，进一步完善怀来园区的辐射安全管理制度，确保单位辐射防护工作按照规章制度进行；

⑫北京控制工程研究所应在运营过程中，严格按照规范对探伤机进行日检和定期检查，并每年由受过专业培训的工作人员或设备制造商维护至少一次，做好检查和维护记录。

（7）实践的可行性

本项目是北京控制工程研究所更好的开展研制工作，增强工艺水平的重要手段，具有一定的社会效益和经济效益。与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环保部令第3号，2019年8月22日修订）及第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》进行逐条对比检查，总体上符合“第3号令”和“第18号令”各项具体要求。在落实本评价报告所提出的各项污染防治措施和辐射环境管理计划后，北京控制工程研究所将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施，其辐射装置运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，本项目的实践是可行的。

13.2 建议和承诺

为保护环境，促进射线装置的安全应用，保障公众和工作人员身体健康，预防事故

发生，建议加强辐射安全管理，落实辐射安全与防护设施，确保辐射工作人员持证上岗，并做好日常监测工作。同时，北京控制工程研究所郑重承诺：

（1）加强各射线装置工作场所的管理，加强人员培训，严格遵守辐射防护和环境保护的各项规定；

（2）加强机房安全联锁系统的检查维护，确保各种安全防护设施的正常使用；

（3）加强对各放射性工作场所工作人员的个人剂量检测；

（4）定期送 X- γ 剂量率仪等监测仪器至有资质单位进行检定/校准；

（5）不定期的对各放射性工作场所进行环境辐射水平监测；

（6）积极采取有效措施预防事故的发生，如发生事故及时向有关部门报告；

（7）项目建设和运行过程中，加强内部监督管理，不违规操作、不弄虚作假；

（8）项目竣工试运行后按要求及时办理自主环保验收，验收合格后方可投入使用；

（9）接受环保等其他部门的管理、监督及指导。

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

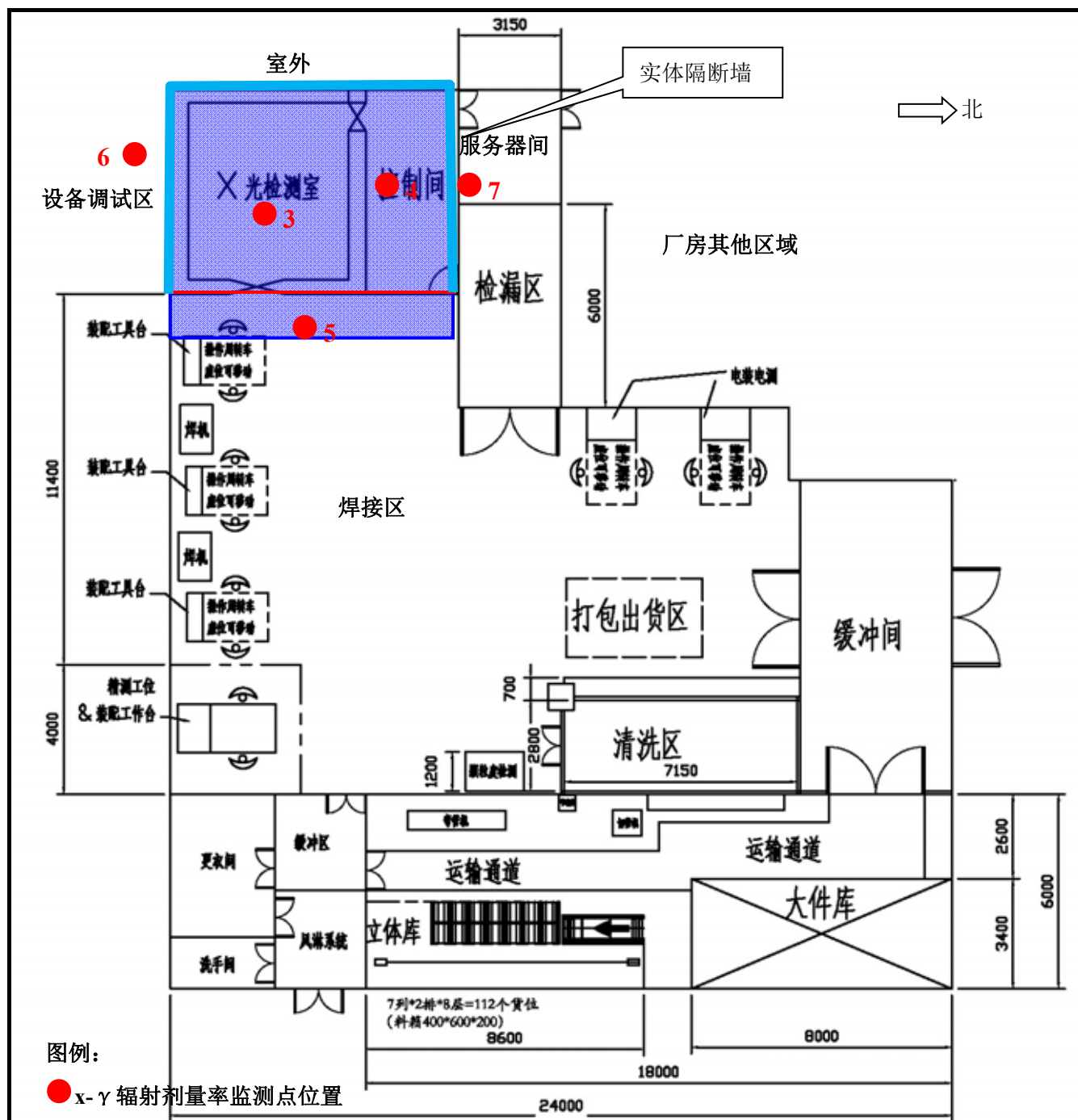
年 月 日



附图 1 地理位置图



附图2 区域位置图（探伤室所在处为单层建筑）



附图 3 检测室平面布局图