核技术利用建设项目

工业 X 射线固定探伤应用项目

环境影响报告表

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司

2021 年 6 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

工业X射线固定探伤应用项目

环境影响报告表

建设单位名称：河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：山东省青岛市平度市南村镇沈海高速连接线西段南侧

邮政编码：266700　　**联 系 人：**闫振华

电子邮箱：dekaiqingdao@163.com　　**联系电话：**15940043359

表 1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">工业X射线固定探伤应用项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>庞运阳</td><td>联系人</td><td>闫振华</td><td>联系电话</td><td>15940043359</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">山东省青岛市平度市南村镇沈海高速连接线西段南侧</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">青岛市平度市南村镇沈海高速连接线西段南侧，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司生产厂区航空轻质合金精密成型件车间内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>450</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>60</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>13.33%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其它</td><td>占地面积(m^2)</td><td>约579</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="4">□Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□Ⅰ类(医疗使用) □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

1 概述

1.1 公司概况

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司成立于2019年10月31日，占地面积为186146m^2(其中租赁青岛高纳科技有限公司场地136603m^2)，建筑面积为130674.5m^2。公司经营范围包括新材料技术开发、咨询、转让技术；铝合金、镁合金、合金制品加工；机械设备租赁、房屋租赁。

1.2 现有项目概况

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司无其他核技术利用项目应用，本次属首次开展核技术利用建设项目。

1.3 拟建项目概况

为满足生产需求，保证生产产品的质量，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司拟购置1套X射线实时成像检测系统，安装于航空轻质合金精密成型件车间内东侧中间区域，X

射线实时成像检测系统自带防护单元(铅房)，无需单独建设曝光室；拟在航空轻质合金精密成型件车间东南侧建设一处探伤室(包括8座曝光室、序号依次为1#～8#，1间控制室、1间洗片与评片室)，并拟购置8台X射线探伤机；上述射线装置均用于固定(室内)场所的无损检测。依据主管部门关于射线装置的分类管理办法，X射线实时成像检测系统和X射线探伤机均属于Ⅱ类射线装置，详见表1-1。

表 1-1　本次评价涉及的 X 射线探伤装置情况一览表

序号	射线装置名称	型号	生产厂家	最大管电压	最大管电流	辐射角度	数量	备注
1	X 射线实时成像检测系统	ISOVOLT 450kV	通用电气公司	450kV	3.3mA	30°×40°	1 套	定向向北
2	X 射线探伤机	ISOVOLT TITAN 320kV	通用电气公司	320kV	45mA	30°×40°	2 台	定向向下
3	X 射线探伤机	ISOVOLT TITAN 450kV	通用电气公司	450kV	45mA	30°×40°	6 台	定向向下
注：1#和 2#曝光室各使用 1 台 ISOVOLT TITAN 320kV 型 X 射线探伤机，3#～8#曝光室各使用 1 台 ISOVOLT TITAN 450kV 型 X 射线探伤机								

1.3 目的和任务的由来

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司“铝镁钛轻质合金精铸件项目、铸造母合金与高温合金精铸件扩产项目”已于2021年5月7日取得青岛市生态环境局平度分局出具的批复文件(平环审〔2021〕76号)，预计明年建成投产，届时将形成年产铝合金铸件500吨、钛合金铸件300吨、高温合金铸件500吨、镁合金铸件200吨的生产能力。为保证生产产品的质量，公司拟配套建设工业X射线固定探伤应用项目；通过X射线探伤设备通电产生的X射线在穿透物体过程中与物质发生相互作用，缺陷部分和完好部分的透射强度不同，底片上相应部分会呈现黑度差/显示器屏幕上图像相应部分会呈现灰度差，评片人员根据底片黑度/图像灰度变化判断生产产品是否存在缺陷以及缺陷类型等，通过及时将检测结果进行反馈，使工作人员调整生产工艺参数等，从而确保公司生产产品的质量。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规对伴有辐射建设项目环境管理的有关规定，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司委托我单位对该公司工业X射线固定探伤应用项目进行环境影响评价。接受委托后，在进行现场勘察、充分收集和分析有关资料、实地辐射环境监测以及预测估算等基础上，依照《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)，编制了本

项目的环境影响报告表。

2 项目周边保护目标及项目选址情况

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司位于山东省青岛市平度市南村镇沈海高速连接线西段南侧，其东侧、西侧和北侧为农田，南侧为青岛钢研昊普有限公司和农田。河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司地理位置示意图见图1-1，周边影像关系见图1-2，总平面布置示意图见图1-3。

航空轻质合金精密成型件车间位于公司生产厂区北侧、倒U型分布，为地上一层钢架结构厂房，屋顶为压型彩钢板，其东西长234m、南北长126m、高7m，平面布置示意图见图1-4；其东侧为厂内道路、隔厂区围墙为农田，南侧为厂内道路、变电所、1#预留车间、1#综合服务楼等，西侧为厂内道路、隔厂区围墙为农田，北侧为厂内道路和危废间、隔厂区围墙为农田。

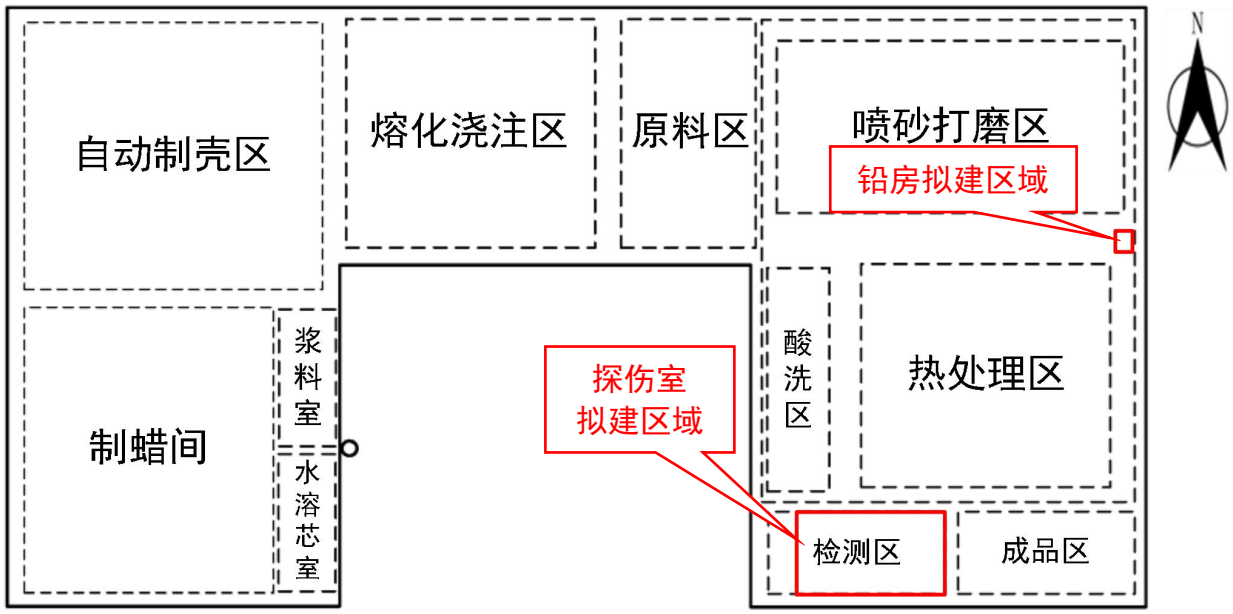


图 1-4　航空轻质合金精密成型件车间平面布置示意图

本项目铅房拟建于航空轻质合金精密成型件车间内东侧中间区域，其(实体屏蔽边界外50m的区域)东侧航空轻质合金精密成型件车间内部区域(铅房距东墙最近距离为1.5m)、厂内道路与空地、隔厂区围墙为农田，南侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域(热处理区、成品区)，西侧及西南侧为操作位(铅房距操作位最近距离为2.0m)、航空轻质合金精密成型件车间内部区域(热处理区、酸洗区、喷砂打磨区)，北侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域(喷砂打磨区)，上方为航空轻质合金精密成型件车间内部区域、距车间顶约

3.7m，正下方无建筑。距离探伤室最近距离为56.6m。

1#～8#曝光室拟建于航空轻质合金精密成型件车间东南侧，其(实体屏蔽边界外50m的区域)东侧航空轻质合金精密成型件车间内部区域(成品区)、厂内道路与空地，南侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域、厂内道路、空地等，西侧及西南侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域、变电所、厂内空地，北侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域(酸洗区、热处理区、原料区、喷砂打磨区)，上方为航空轻质合金精密成型件车间内部区域、距车间顶约2.3m，正下方无建筑。距离铅房最近距离为56.6m。

在设计阶段充分考虑将本项目工作场所设置于一侧或一端，通过实体屏蔽、防护门等防护设施和措施，将本项目工作场所与周围环境相对独立起来；经下文分析，本项目曝光室和铅房周围辐射水平可满足国家相关要求，且探伤装置运行过程对周围辐射工作人员和公众人员的辐射影响较小；本项目工作场所拟建于现有厂区内，现有厂区已取得不动产权证书(含租赁合同)，用地性质为工业用地。综上所述，本项目选址合理可行

3 项目与产业政策符合性分析

本项目为利用X射线探伤装置进行固定(室内)场所无损检测，对照《产业结构调整指导目录(2019年本)》，不属于鼓励类、限制类和淘汰类项目，属允许建设项目，不违背国家产业政策。

4 利益和代价分析

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司拟利用X射线实时成像检测系统、X射线探伤机检测生产产品是否存在缺陷。项目投入使用后，可以更好地满足公司高质量的探伤检测要求，提高公司对生产产品的探伤检测能力；在评判生产产品好坏的同时提高产品的质量，为公司创造更大的经济和社会效益；虽然在探伤过程中，射线装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在按照国家、省、市相关辐射防护要求下正确使用和管理X射线探伤机，根据下文预测分析，工作场所外辐射水平及人员受照剂量能满足相应标准要求。

因此，本项目从利益和代价方面分析，其对受电离辐射照射的个人和社会所带来的利益远大于其引起的辐射影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

图 1-1　河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司地理位置示意图

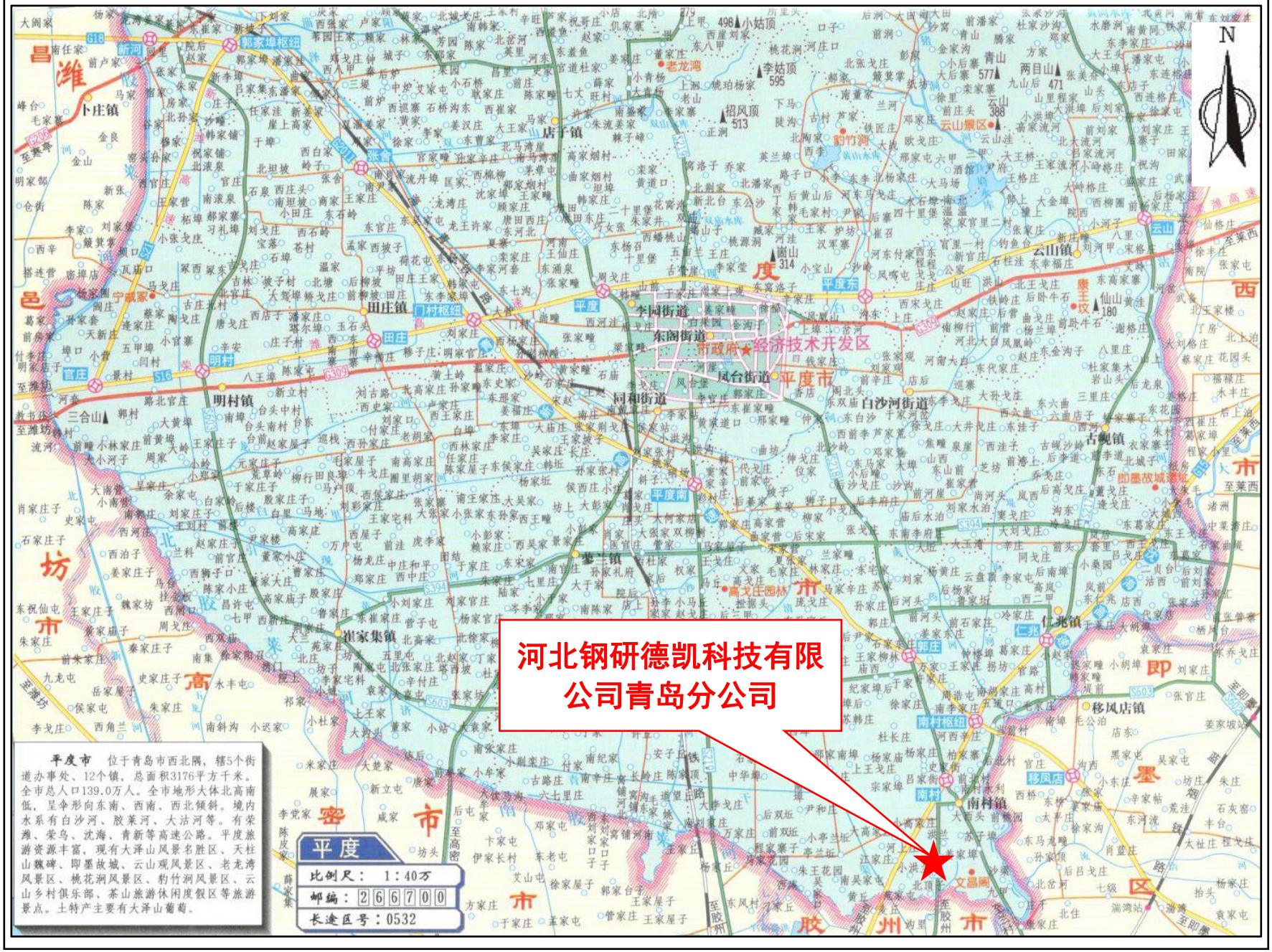


图 1-2　河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司周边影像关系图

图 1-3　河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司总平面布置示意图

表 2 射线装置

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	X 射线实时成像检测系统	Ⅱ类	1	ISOVOLT 450	450	3.3	固定(室内)无损检测	铅房	定向向北
2	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 320kV	320	45		1#曝光室	定向向下
3	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 320kV	320	45		2#曝光室	
4	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 450kV	450	45		3#曝光室	
5	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 450kV	450	45		4#曝光室	
6	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 450kV	450	45		5#曝光室	
7	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 450kV	450	45		6#曝光室	
8	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 450kV	450	45		7#曝光室	
9	X 射线探伤机	Ⅱ类	1	ISOVOLT TITAN 450kV	450	45		8#曝光室	

表 3 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
废显(定)影液	液态	/	/	/	500kg	/	危废间内专用贮存容器(依托现有)	交由有相应资质的危废处理单位处置
废胶片	固态	/	/	/	500kg	/		
非放射性气体	气态	O_3和NO_x	/	少量	少量	/	/	车间外环境

表 4 评价依据

法规文件	➢《中华人民共和国环境保护法》(中华人民共和国主席令第 9 号，2015.1.1) ➢《中华人民共和国环境影响评价法》(中华人民共和国主席令第 24 号，2018.12.29) ➢《中华人民共和国放射性污染防治法》(中华人民共和国主席令第 6 号，2003.10.1) ➢《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(中华人民共和国主席令第 43 号，2020.9.1) ➢《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号，2017.10.1) ➢《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院令第 449 号，2005.12.1 施行；国务院令第 709 号第二次修订，2019.3.2) ➢《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，2021.1.1) ➢《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(原环境保护部令第 31 号，2006.1.18；生态环境部令第 20 号第四次修订，2021.1.4) ➢《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，2011.5.1) ➢《产业结构调整指导目录(2019 年本)》(国家发展和改革委员会令第 29 号，2020.1.1) ➢《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 年第 66 号，2017.12.5) ➢《国家危险废物名录(2021 年版)》(生态环境部令第 15 号，2021.1.1) ➢《危险废物转移联单管理办法》(国家环保总局令第 5 号，1999.10.1) ➢《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(原国家环境保护总局、公安部、原卫生部，环发〔2006〕145 号，2006.9.26) ➢《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》(生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020.1.1) ➢《山东省环境保护条例》(山东省人大常务委员会公告第 41 号修订，2019.1.1) ➢《山东省辐射污染防治条例》(山东省人大常务委员会公告第37号，2014.5.1)

技术标准	➢《辐射环境保护管理导则核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016) ➢《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(HJ1157-2021) ➢《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021) ➢《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) ➢《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015) ➢《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及其修改单 ➢《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及其修改单 ➢《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)
其他	➢河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司工业X射线固定探伤应用项目环境影响评价委托书 ➢《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站，1989年) ➢建设单位提供的有关技术资料

表 5 保护目标与评价标准

5.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016)的规定及本项目的辐射特性，确定本项目辐射环境评价范围为1#～8#曝光室、铅房实体屏蔽边界外50m的区域，详见图1-2。

5.2 保护目标

本项目保护目标为辐射工作人员，以及评价范围内的公众人员，使其接受的辐射水平低于国家规定的标准限值及本项目的管理剂量约束值。

5.3 评价标准

5.3.1 职业照射和公众照射

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B中对“剂量限值”要求如下：

一、职业照射剂量限值

1.由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均)，20mSv；

2.任何一年中的有效剂量，50mSv。

二、公众照射剂量限值

1.年有效剂量，1mSv；

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

本次评价取GB18871-2002中规定的年剂量限值的1/10作为年剂量约束值，即：以2.0mSv作为职业工作人员年剂量约束值，以0.1mSv作为公众人员年剂量约束值。

5.3.2 剂量率参考控制水平

根据《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中第4.1.3款要求“X射线探伤室墙和入口门外关注点最高周围当量剂量率参考控制水平不大于2.5μSv/h”，第4.1.4款要求“对不需要人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的剂量率参考控制水平通常可取为100μSv/h”。

综合考虑，本次评价以2.5μSv/h作为曝光室和铅房四周实体屏蔽层外30cm处各关注

点的剂量率参考控制水平；同时曝光室和铅房室顶不借助工具无法到达、且无人员停留，以100μSv/h作为曝光室和铅房室顶(含通风口)外30cm处关注点的剂量率参考控制水平。

5.3.3 青岛市环境天然辐射水平

《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》(山东省环境监测中心站，1989年)提供的青岛市环境天然辐射水平见表5-1。

表5-1　青岛市环境天然辐射水平(×10^{-8}Gy/h)

监测内容	范　围	平均值	标准差
原　野	4.24～13.00	6.62	1.45
道　路	1.15～12.40	6.90	2.38
室　内	3.12～16.16	11.09	2.33

表 6 环境质量和辐射现状

6.1 项目地理和场所位置

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司位于山东省青岛市平度市南村镇沈海高速连接线西段南侧，航空轻质合金精密成型件车间位于公司生产厂区北侧。

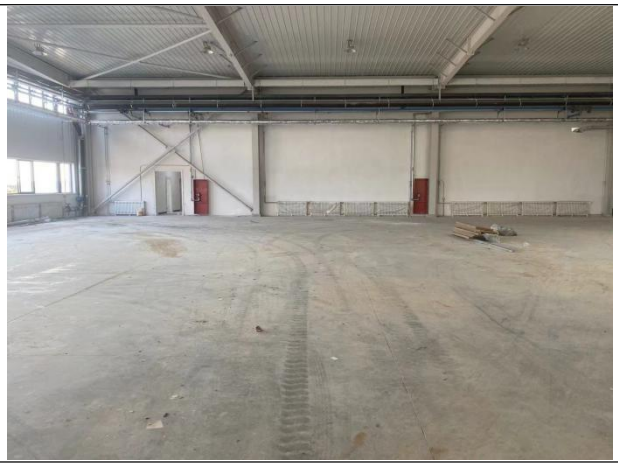
本项目铅房拟建于航空轻质合金精密成型件车间内东侧中间区域，其东侧航空轻质合金精密成型件车间内部区域、厂内道路与空地、隔厂区围墙为农田，南侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域(热处理区、成品区)，西侧及西南侧为操作位、航空轻质合金精密成型件车间内部区域(热处理区、酸洗区、喷砂打磨区)，北侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域(喷砂打磨区)，上方为航空轻质合金精密成型件车间内部区域，正下方无建筑。

1#～8#曝光室拟建于航空轻质合金精密成型件车间东南侧，其东侧航空轻质合金精密成型件车间内部区域(成品区)、厂内道路与空地，南侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域、厂内道路、空地等，西侧及西南侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域、变电所、厂内空地，北侧为航空轻质合金精密成型件车间内部区域(酸洗区、热处理区、原料区、喷砂打磨区)，上方为航空轻质合金精密成型件车间内部区域，正下方无建筑。

本项目踏勘现场时，铅房、曝光室拟建区域及其周围现状图片见图 6-1。

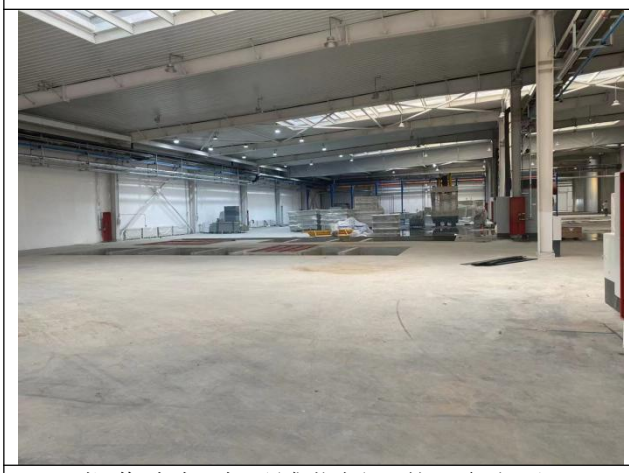
铅房拟建区域现状	铅房拟建区域东侧现状 (航空轻质合金精密成型件车间东墙)

铅房拟建区域东侧现状(航空轻质合金精密成型件车间东墙外厂区道路、空地)	铅房拟建区域南侧现状(热处理区)
铅房拟建区域西侧现状	铅房拟建区域北侧现状(喷砂打磨区)
探伤室拟建区域现状	探伤室拟建区域东侧现状(成品区)
探伤室拟建区域南侧现状 (航空轻质合金精密成型件车间南墙)	探伤室拟建区域南侧现状(航空轻质合金精密成型件车间南墙外厂区道路)



探伤室拟建区域西侧现状

探伤室拟建区域西侧现状(厂区道路)



探伤室拟建区域北侧现状(酸洗区)

危废间外观现状(正在建设)

图 6-1　铅房、探伤室拟建区域及其周围现状图(2021 年 6 月)

6.2 辐射环境现状调查

为了解本项目拟建区域的辐射环境现状，山东鼎嘉环境检测有限公司(证书编号 42321Q30225R0S)对探伤室、铅房建设区域及其周围区域的辐射环境现状进行检测。

1.检测因子：环境γ空气吸收剂量率

2.检测点位：根据本项目平面布置和周围环境情况，共设 14 个辐射环境现状调查检测点位，点位编号 1#～14#，检测点位描述见表 6-1，检测布点见图 6-1。

3.质量保证措施：

(1)检测设备

检测设备名称：便携式多功能射线检测仪，设备型号：BG9512P/BG7030，设备编号：A-1804-01，吸收剂量率范围：10nGy/h～200μGy/h，能量范围：25keV～3MeV。经山东省计量科学研究院检定合格，检定证书编号：Y16-20210294，检定有效期至 2022 年 3 月 17 日。

(2)检测人员

本次由两名检测人员共同进行现场检测，两人均为持证上岗。

(3)检测依据

《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)

(4)检测布点、检测过程及检测结果质量保证

根据《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)有关布点原则进行布点；同时按照上述技术规范要求，实施全过程质量控制；检测报告实行三级审核。

4.检测时间与条件：2021 年 6 月 18 日，天气：晴，温度：31.4° C，相对湿度：27.8%。

5.检测结果

检测结果见表 6-1。

表 6-1　本项目拟建区域及其周围环境γ空气吸收剂量率检测结果

序号	点位描述	检测结果(nGy/h)	
		平均值	标准偏差
1#	X 射线实时成像检测系统拟建区域中部位置	56.6	1.7
2#	X 射线实时成像检测系统拟建区域北部位置	53.3	1.3
3#	X 射线实时成像检测系统拟建区域东部位置	56.3	1.8
4#	X 射线实时成像检测系统拟建区域南部位置	53.9	1.2
5#	X 射线实时成像检测系统拟建区域西部位置	54.3	1.4
6#	X 射线探伤室拟建区域中部西侧位置	47.3	1.6
7#	X 射线探伤室拟建区域中部东侧位置	45.2	1.3
8#	X 射线探伤室拟建区域北部西侧位置	47.5	1.7
9#	X 射线探伤室拟建区域北部东侧位置	47.8	1.8
10#	X 射线探伤室拟建区域东部位置	44.0	1.4
11#	X 射线探伤室拟建区域南部东侧位置	46.9	1.7
12#	X 射线探伤室拟建区域南部西侧位置	47.0	2.0
13#	X 射线探伤室拟建区域西部位置	49.7	1.3
14#	航空轻质合金精密成型件车间外南侧位置	59.8	1.6
注：表中检测数据已扣除宇宙射线响应值 11.1nGy/h			

根据表 6-1 中检测数据，本项目拟建区域及其周围环境γ空气吸收剂量率现状值为(44～59.8)nGy/h[(4.40～5.98)×10^{-8}Gy/h]，处于表 5-1 青岛市环境天然放射性水平范围内[道路(1.15～12.40)×10^{-8}Gy/h、室内(3.12～16.16)×10^{-8}Gy/h]。

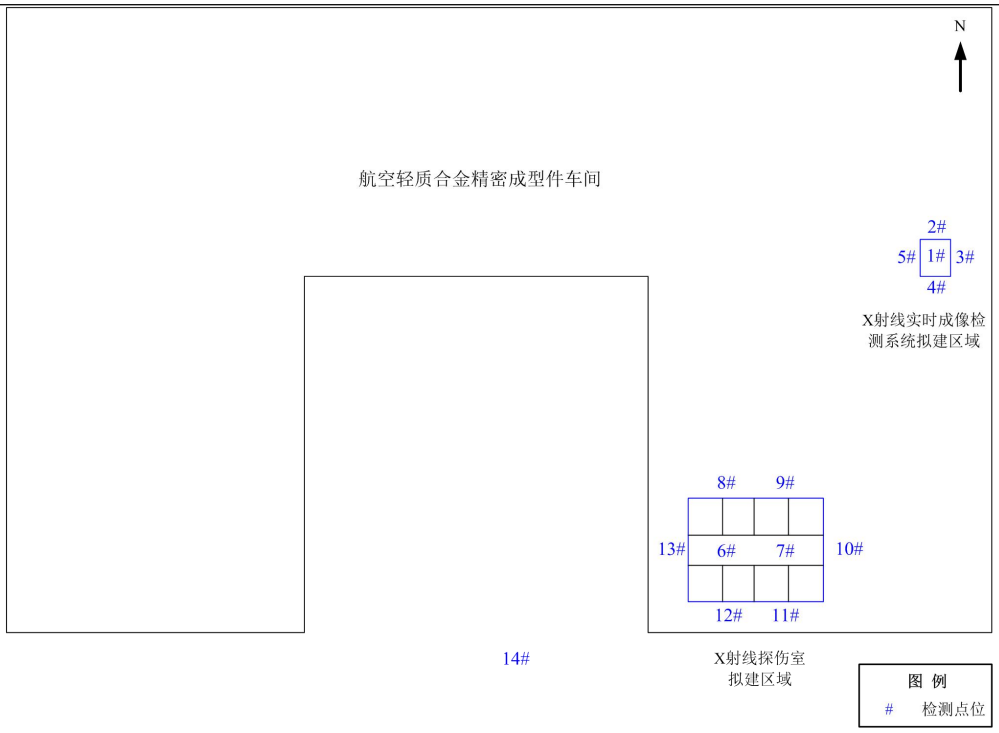


表 6-1　现状监测点位示意图

表 7 项目工程分析与源项

7.1 建设阶段工程分析

本项目建设阶段主要包括探伤工作场所土建施工、场所辐射安全设施安装等，会产生施工噪声、施工扬尘、废水、固体废物。

其中，施工期的噪声主要为施工过程中各种机械作业产生的噪声；施工扬尘主要来自于地基开挖、材料运输和装卸等过程；废水主要为施工废水和施工人员产生的生活污水；固体废物主要为建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

7.2 营运阶段工程分析

7.2.1 X射线实时成像检测系统

公司拟购置1套X射线实时成像检测系统，安装于航空轻质合金精密成型件车间内东侧中间区域铅房内进行固定(室内)无损检测，检测产品最大尺寸(长×宽×高)为1.5×1.5m×0.8m。X射线实时成像检测系统主要技术参数详见表1-1。

一、X射线实时成像检测系统简介

X射线实时成像检测系统主要由X射线机、成像系统、数字平板探测器、机械装置(机匣旋转工装车等)、配电控制系统、通风系统、X射线防护单元(铅房)组成。其中成像系统主要由摄像机、图像增强器、图像处理器、图像显示器和图像储存单元等结构组成；X射线机主要由X射线管、高压发生器、冷却系统及高压控制器组成。X射线实时成像检测系统外型示意图见图7-1。

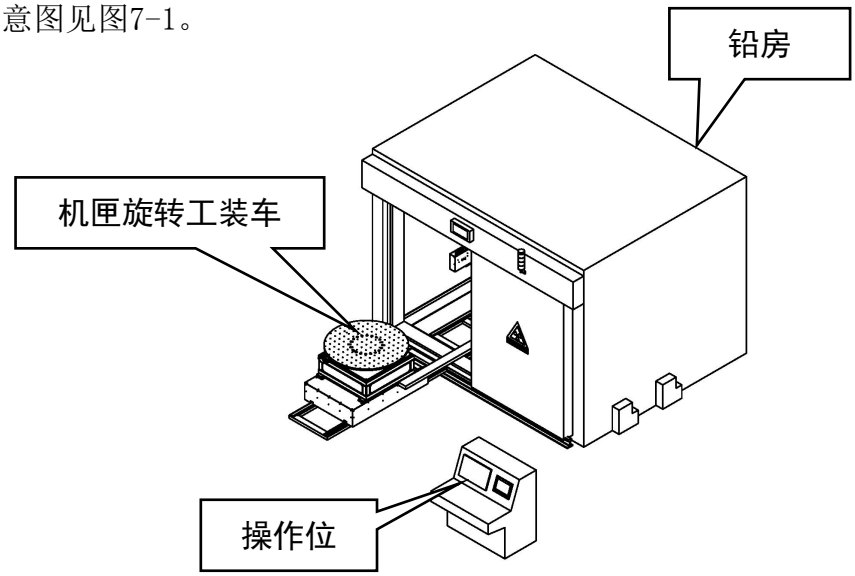


图7-1　X射线实时成像检测系统外型示意图

二、X射线产生原理

X射线的产生是利用X射线管中高速度电子去撞击阳极靶，从而产生X射线。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。聚焦杯的作用是使这些电子聚焦成束，直接向阳极中的靶体射去。高压加在X射线管两极之间，使电子在射到靶体之前被加速到很高的速度。靶体一般用高原子序数的难熔金属，如钨或铂等制成。当电子到达靶原子核附近时，在原子核库仑场的作用下，运动突然受阻，其能量以电磁波(X射线)的形式释放。为减少无用的低能光子的照射，常用适当厚度的过滤片把低能光子滤掉。典型的X射线管结构示意图见图7-2。

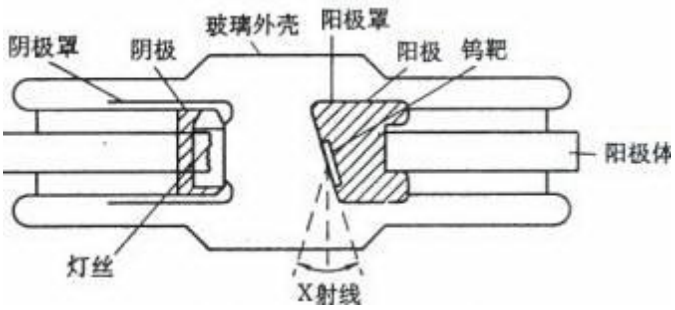


图7-2　典型的X射线管结构示意图

三、X射线探伤原理

X射线实时成像检测系统通过X射线对受检产品进行照射，当X射线在穿透材料时，由于材料的厚薄不等，缺陷对X射线吸收衰减不同而形成X射线强度分布的潜像，再将这个潜像用图像增强管转换为可见像，如果受检产品存在裂缝，在成像中显示裂缝所在位置、大小等信息，从而实现无损检测的目的。

四、工作流程

1.辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪；

2.辐射工作人员将受检产品运至机匣旋转工装车上、并固定好，机匣旋转工装车通过地轨进入铅房内部，关闭铅房防护门；

3.辐射工作人员于操作位打开X射线实时成像检测系统，X射线管发射X射线，对放置在机匣旋转工装车上的受检产品进行检测，平板探测器接收透过受检产品的X射线，经图像处理器处理后，由操作位图像显示器显示实时检测结果；

4.无损检测结束后，关闭X射线实时成像检测系统、打开铅房防护门，将受检产品从

机匣旋转工装车上卸下。

其中X射线管可通过射线机支架调整距地高度、距受检产品距离，然后通过机匣旋转工装车的前进、后退和旋转实现受检产品的前进、后退和360°旋转，从而对受检产品进行全方位无损检测。

X射线实时成像检测系统工作流程及产污环节见图7-3。

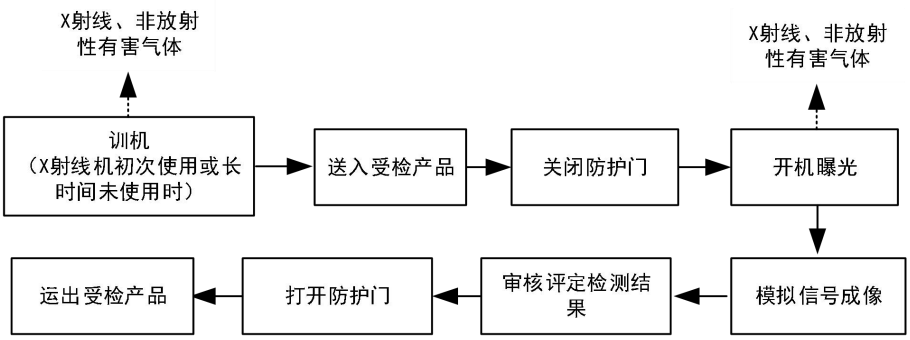


图7-3　X射线实时成像检测系统工作流程及产污环节示意图

五、X射线实时成像检测系统进行无损检测时X射线管有用射束方向及探伤作业范围

铅房内地面拟设 2 条平车轨道，间距为 1.5m，用于导引工件。

根据公司提供资料及 X 射线实时成像检测系统使用特性等，X 射线管在铅房内进行无损检测时，其有用射束方向定向向北。X 射线管距铅房地面最远距离为 0.8m，距东面最近距离为 1.5m，距南面最近距离为 1.95m，距西面最近距离为 1.51m，距北面最近距离为 1.3m，距防护门最近距离为 1.8m。X 射线管探伤作业范围详见图 7-4(a)和图 7-4(b)。

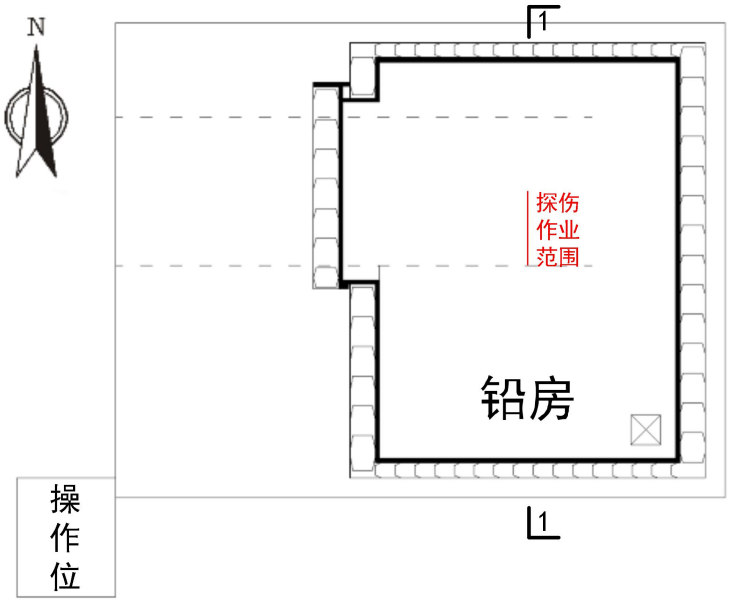


图7-4(a)　X射线管探伤作业范围平面示意图

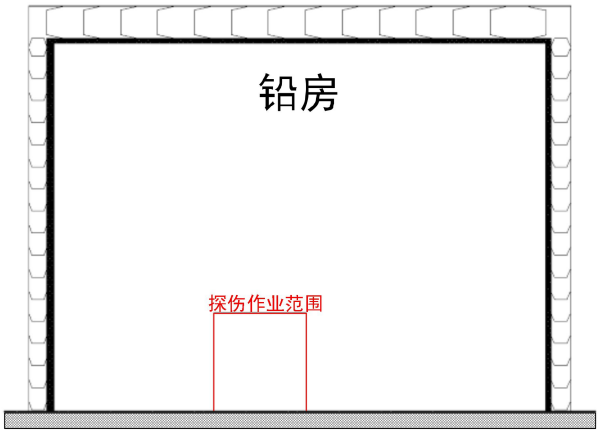


图7-4(b)　X射线管探伤作业范围1-1剖面示意图

7.2.2 X射线探伤机

公司拟购置 8 台 X 射线探伤机，分别于航空轻质合金精密成型件车间东南侧拟建的1#～8#曝光室内进行固定(室内)无损检测，每个曝光室每次只有 1 台 X 射线探伤机进行无损检测；不进行无损检测时，贮存于相应曝光室内。X 射线探伤机用于检测产品最大尺寸(长×宽×高)为 1.5m×1.5m×1.0m。X 射线探伤机主要技术参数详见表 1-1。

一、X射线探伤机简介

X射线探伤机主要由X射线管、高压发生器、控制器、连接电缆、冷却系统、支架及附件组成。X射线探伤机外型及安装布局模拟示意图见图7-5。

二、X射线产生原理

同X射线实时成像检测系统产生X射线原理一致，详见7.2.1小节。

三、X射线探伤原理

X射线探伤机通过X射线对受检产品进行照射，当射线在穿过材料时，由于材料的厚薄不等或存在裂缝等情况，对X射线吸收衰减也不同；材料薄或存在裂缝时X射线衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，根据曝光强度的差异判断焊接、铸造等质量。如有焊接、铸造质量等问题，在显影后的胶片上产生较强的图像显示裂缝所在的位置，X射线探伤机据此实现探伤的目的。

四、工作流程

1.辐射工作人员佩戴个人剂量计及个人剂量报警仪，根据受检产品尺寸大小、厚度等，确定选用X射线探伤机型号及曝光室；

2.辐射工作人员打开曝光室通风换气系统，将受检产品通过轨道运至曝光室内，摆放

在适当位置固定好，在待检测部位贴胶片并做标记；

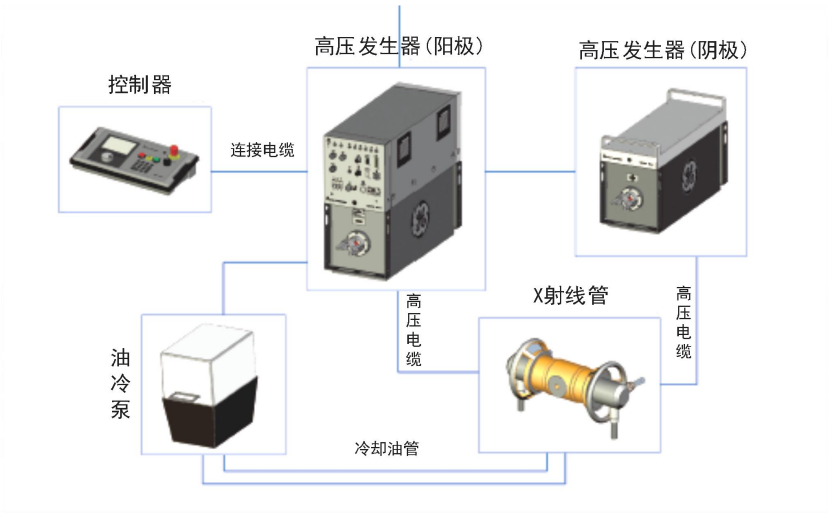


图7-5　X射线探伤机外型及安装布局模拟示意图

3.根据无损检测要求，辐射工作人员将X射线管摆放到距待检测部位合适位置后，离开曝光室、关闭防护门；必要时对X射线探伤机进行训机(探伤机存在长时间不用或初次使用等情况，需先进行训机，其目的是提高X射线管真空度，如果真空度不良，会击穿射线管，导致故障，甚至报废；初次使用探伤机之前需制作相应的曝光曲线，每年至少对曝光曲线进行校验一次，大修后的设备应重新制作曝光曲线)；

4.在控制室内，辐射工作人员打开探伤机，操作控制器设定曝光管电压、电流、时间等参数，对受检产品实施曝光；曝光结束后，关闭探伤机；

5.辐射工作人员打开防护门后，进入曝光室整理现场、关闭通风换气系统后离开；

6.将取下的胶片送洗片与评片室进行冲洗，冲洗后的胶片用清水清洗，然后进行评片，出具探伤报告等。

X射线探伤机工作流程及产污环节见图7-6。

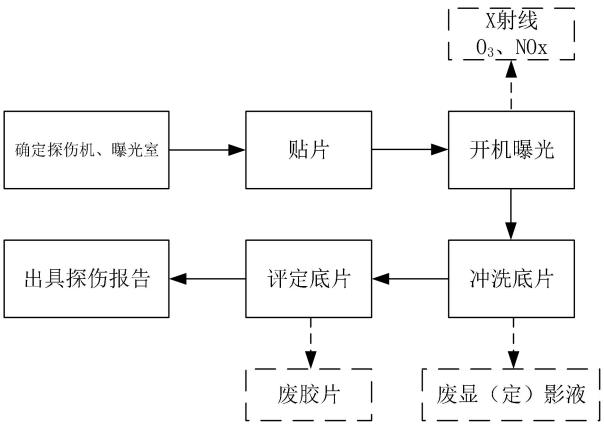


图7-6　X射线探伤机工作流程及产物环节示意图

五、X射线探伤机进行无损检测时有用射束方向及探伤作业范围

1#～8#曝光室内地面均拟设 2 条平车轨道，间距为 0.8m，用于导引工件。

根据公司提供资料及探伤机使用特性等，本项目 X 射线探伤机在曝光室内进行无损检测时，其有用射束方向定向向下。探伤机距曝光室地面最远垂直距离为 1.0m，距东墙最近距离为 0.35m，距南墙最近距离为 0.80m，距西墙最近距离为 2.65m，距北墙最近距离为 1.3m，距防护门(忽略防护门实体屏蔽厚度)最近垂直距离为 2.1m。本项目探伤机探伤作业范围详见图 7-7(a)和图 7-7(b)。

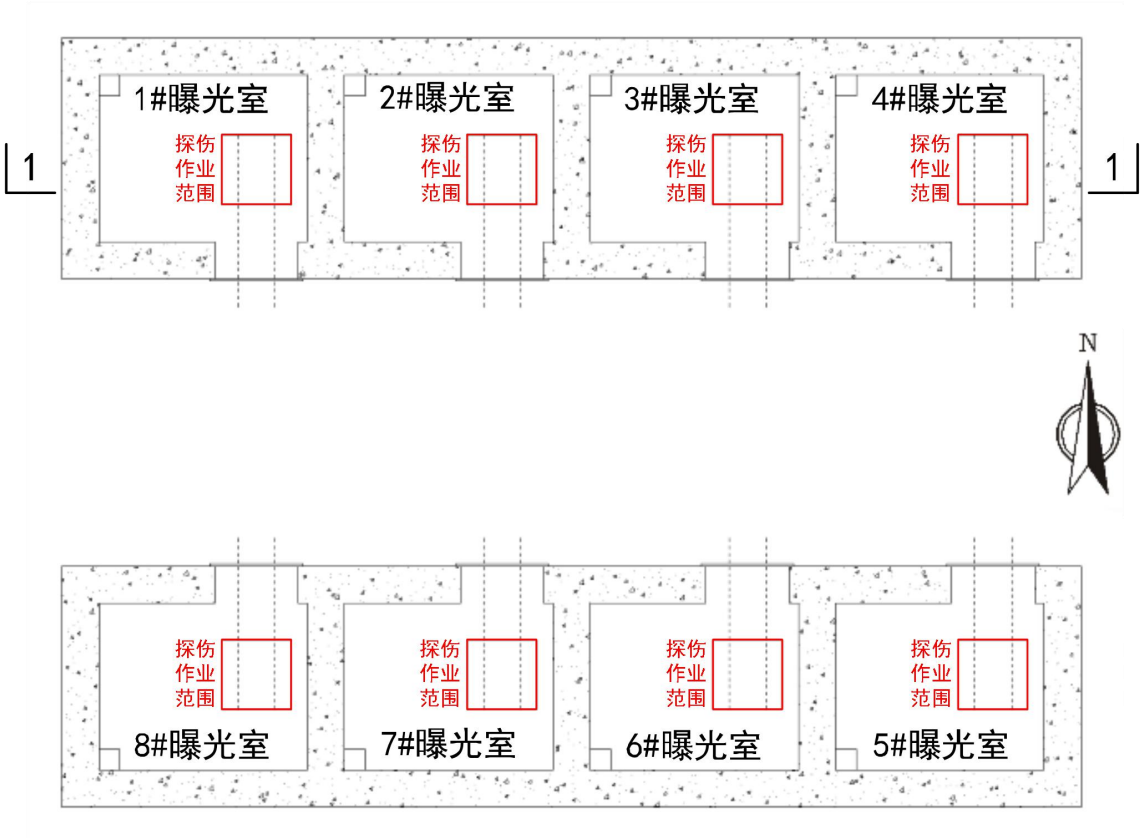


图7-7(a)　X射线探伤机探伤作业范围平面示意图

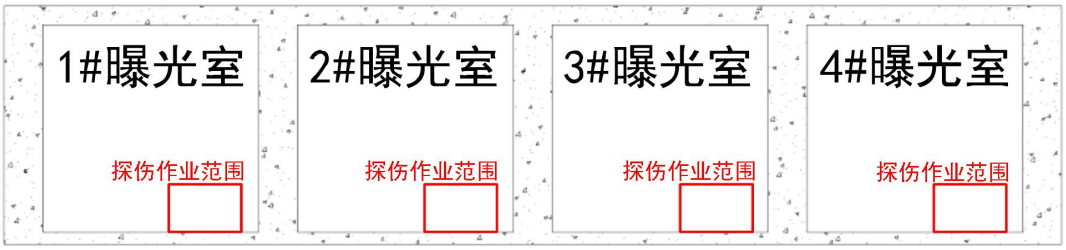


图7-7(b)　X射线探伤机探伤作业范围1-1剖面示意图

7.2.3 工作负荷及辐射工作人员配备

根据公司提供资料，X 射线实时成像检测系统年累计曝光时间不超过 1000h；每台 X 射线探伤机年累计曝光时间不超过 500h，8 台 X 射线探伤机年累计总曝光时间不超过 4000h，每年最多拍 50000 张片子；拟为本项目配备 9 名辐射工作人员，专职从事室内(固定)无损检测。

7.3 污染源项描述

一、建设阶段的污染源项

本项目建设阶段的污染源项主要是探伤工作场所土建施工、场所辐射安全设施安装等过程中产生的施工噪声、施工扬尘、废水、固体废物。

1.施工噪声

施工噪声主要来自探伤工作场所地基开挖、场地平整、辐射安全设施安装等几个阶段，主要噪声源为施工机械运转时的噪声以及建筑材料运输过程中的交通噪声，另外还有突发性、冲击性、不连续性的敲打撞击噪声。

2.施工扬尘

本项目在建设阶段需进行探伤工作场所土建施工、辐射安全设施安装等作业，上述施工过程将产生施工扬尘，另外机械和运输车辆作业时排放废气和扬尘，但这些方面的影响仅局限在施工现场附近区域。

3.废水

废水主要是施工废水和施工人员产生的生活废水。

4.固体废物

固体废物主要是建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。

综上分析，本项目建设阶段环境影响评价的评价因子主要为施工噪声、施工扬尘、废水和固体废物。

二、运行阶段的污染源项

本项目运行阶段不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物，运行阶段的污染源项主要是X射线、非放射性有害气体、危险废物。

1.X射线

X射线实时成像检测系统、X射线探伤机在进行室内(固定)探伤检测或训机过程中，均会产生X射线，对周围环境及人员将产生辐射影响。X射线随着射线装置的开、关而产生和消失。

2.非放射性有害气体

在X射线实时成像检测系统、X射线探伤机进行探伤检测或训机过程中产生的X射线照射下，空气吸收辐射能量并通过电离作用可产生少量非放射性有害气体，主要为臭氧(O_3)和氮氧化物(NOx)。

3.危险废物

X射线实时成像检测系统进行探伤检测时，X射线管产生的X射线透过被受检产品后衰减，由平板探测器接收，经图像处理器处理后，在操作位图像显示器显示实时检测结果，不会产生废胶片和废显(定)影液。

X射线探伤机完成探伤检测后，拍片、洗片过程中会产生废胶片、废显(定)影液等，属于危险废物，废物类别为HW16感光材料废物，废物代码为900-019-16，危险特性为毒性，产废周期为每次洗片、评片结束，贮存周期为半年、最长不超过一年。根据公司提供资料，同时参考同类型项目情况，本项目每年产生500kg废胶片和500kg废显(定)影液。

综上分析，本项目运行阶段环境影响评价的评价因子主要为X射线、非放射有害气体和危险废物。

表 8 辐射安全与防护

8.1 项目安全设施

8.1.1 铅房

拟建铅房位于航空轻质合金精密成型件车间东侧中部区域，其平面及剖面布置见图8-1。

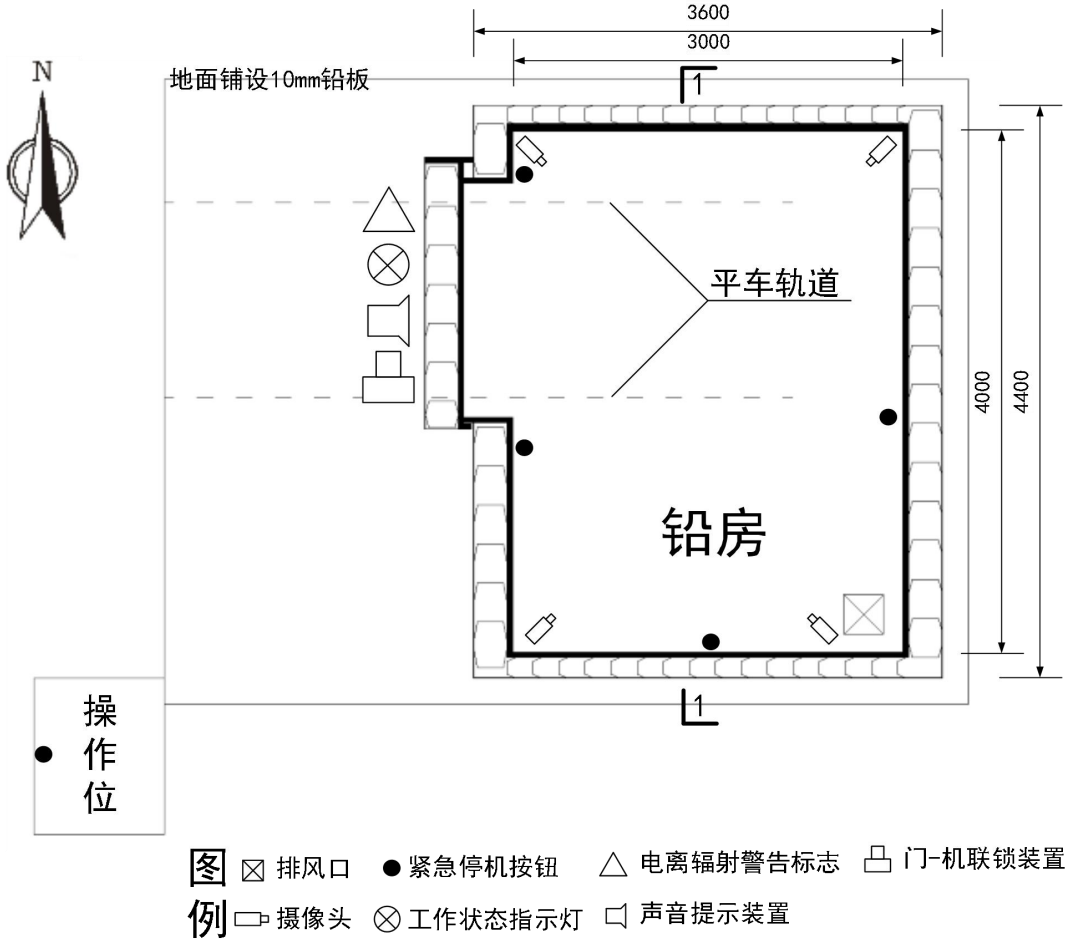


图8-1(a)　铅房平面布置示意图(比例尺为1:1000)

一、铅房分区情况

建设单位拟对铅房进行分区管理，划分为控制区和监督区；其中铅房划分为控制区，铅房周围相邻区域划分为监督区；各区严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求进行管理，分区划分示意图见图8-2。

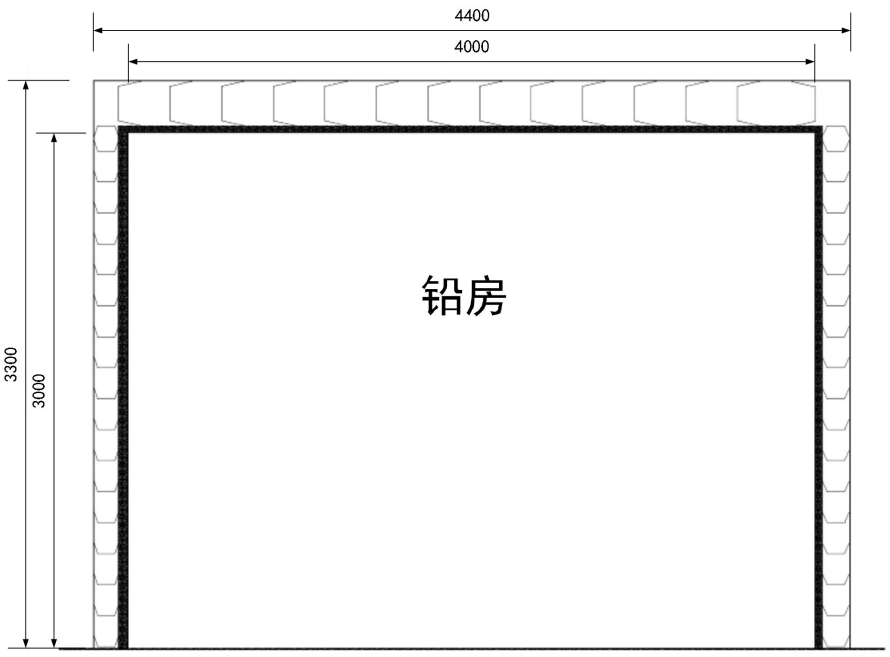


图8-1(b)　铅房1-1剖面布置示意图(比例尺为1:1000)

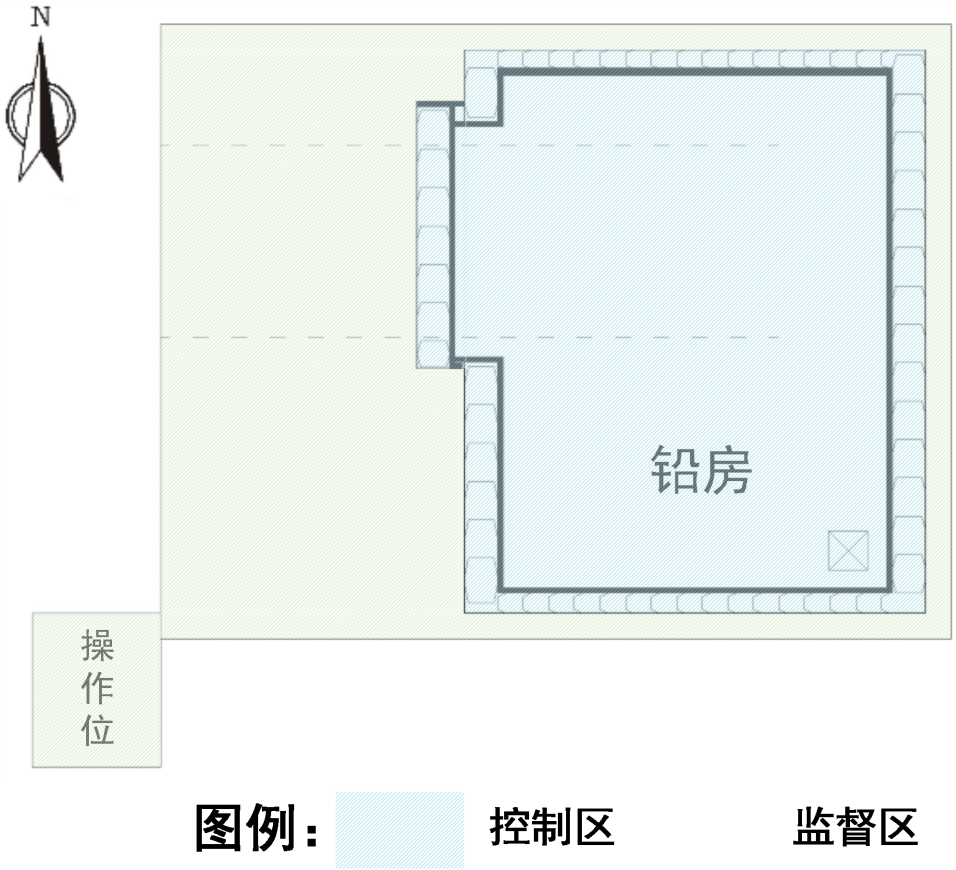


图8-2　铅房分区示意图

二、铅房辐射防护屏蔽设计情况

铅房设计尺寸、容积及屏蔽参数详见表8-1。

表8-1　铅房设计尺寸、容积及屏蔽参数一览表

名　称	设计参数
外型尺寸(长×宽×高)	4.4m×3.6m×3.3m
内径尺寸(长×宽×高)	4.0m×3.0m×3.0m
面　积	$12m^2$
容　积	$36m^3$
四周面屏蔽材质及厚度	北面(由内向外)：3mm 钢板+55mm 铅板+1.5mm 冷轧板 其余面(由内向外)：3mm 钢板+40mm 铅板+1.5mm 冷轧板
顶面屏蔽材质及厚度	3mm 钢板+35mm 铅板+1.5mm 冷轧板(由内向外)
地面屏蔽材质及厚度	200mm 混凝土
防护门洞口尺寸(宽×高)	1.8m×2.4m
防护门尺寸(宽×高)、屏蔽材质及厚度	2.0m×2.7m，2mm 钢板+40mm 铅板+2mm 冷轧板(由内向外)
注：铅板与冷轧板间采用钢槽骨架固定，钢(冷轧板)、铅的密度分别为 $7.85g/cm^3$ 和 $11.3g/cm^3$	

铅房内地面拟低于铅房外四周地面30mm，铅房外四周地面拟铺设10mm铅板。

铅房的防护门为下沉式电动推拉防护门，在专用地槽沟内移动；防护门洞口拟安装铅板门套，铅板宽度(220mm)大于西面厚度(150mm)、向西凸起；门套北侧垂直方向拟设置宽375mm、高2700mm的铅板，防护门南边向东设置宽60mm、高2700mm的铅板，当防护门关闭时，可使门套与防护门左、右两侧形成L型搭接，增加射线反射次数，减少射线从门缝位置泄漏，左右两侧搭接宽度与缝隙比例均大于10:1；防护门与门套搭接处设计间隙≤10mm，其上、下与防护面的设计搭接量分别为150mm和150mm，搭接宽度与缝隙比例均大于10:1。

三、辐射安全防护措施

1.铅房拟设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后X射线装置才能进行探伤作业。门打开时将立即停止X射线装置，关上门不能自动开始X射线照射。门-机联锁装置的设置可方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.5款规定。

2.铅房门口和内部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，其中工作状态指示灯与X射线机联锁；X射线探伤机工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员请勿靠近铅房或在铅房外做不必要的逗留。“预备”信号需持续足够长时间，确保铅房内人员安全离开；“预备”和“照射”信号需有明显的区别，且与工作场所内其他报警信号有明显区别；在醒目处位置设置“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.6、4.1.7、4.1.8款规定。

3.铅房防护门上拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.9款规定。

4.铅房内拟设置4处紧急停机按钮(东面中部、南面中部、西面门洞南侧和北侧各设置置1处，详见图8-1(a))，操作位拟设置1处紧急停机按钮，各紧急停机按钮的设置可使人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，且均标明使用方法。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.10款规定。

5.铅房拟于顶面东南角设置1处通风口、其尺寸为300mm×300mm，内置排风扇、设计通风量为660m^3/h，有效通风次数大于3次/h；通风口外侧拟设置L型铅钢防护罩、防护效果不小于35mmPb、尺寸为600mm×600mm(立面图详见图8-3(a))；非放射性有害气体经通风口及通风管道(通风管道接通风口、向西走线穿航空轻质合金精密成型件车间西墙)排入航空轻质合金精密成型件车间西侧外环境(厂内道路)。排风口不朝向人员密集区。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.11款规定。

6.铅房电缆孔采用L型铅钢防护罩，详见图8-3(b)。

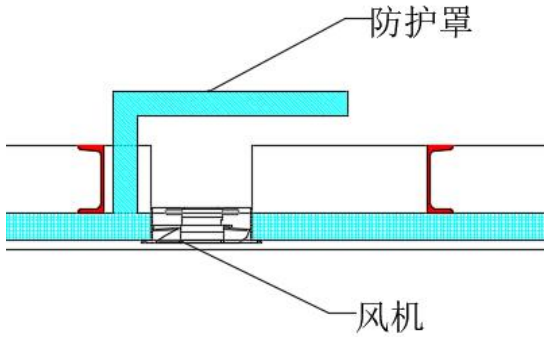


图8-3(a)　通风口外防护示意图

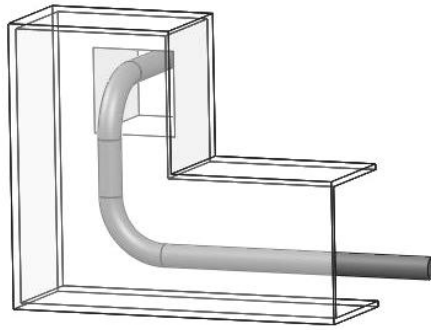


图8-3(b)　电缆孔外防护示意图

7.拟配备1台辐射环境检测仪。

8.1.2 探伤室

一、探伤室分布情况

拟建探伤室位于航空轻质合金精密成型件车间东南侧，由1#～8#曝光室、控制室、洗片与评片室组成，其平面及剖面布置见图8-4。

二、探伤室分区情况

建设单位拟对探伤室进行分区管理，划分为控制区和监督区；其中1#～8#曝光室划分为控制区，控制室、曝光室周围区域划分为监督区；各区严格按照《电离辐射防护与辐射

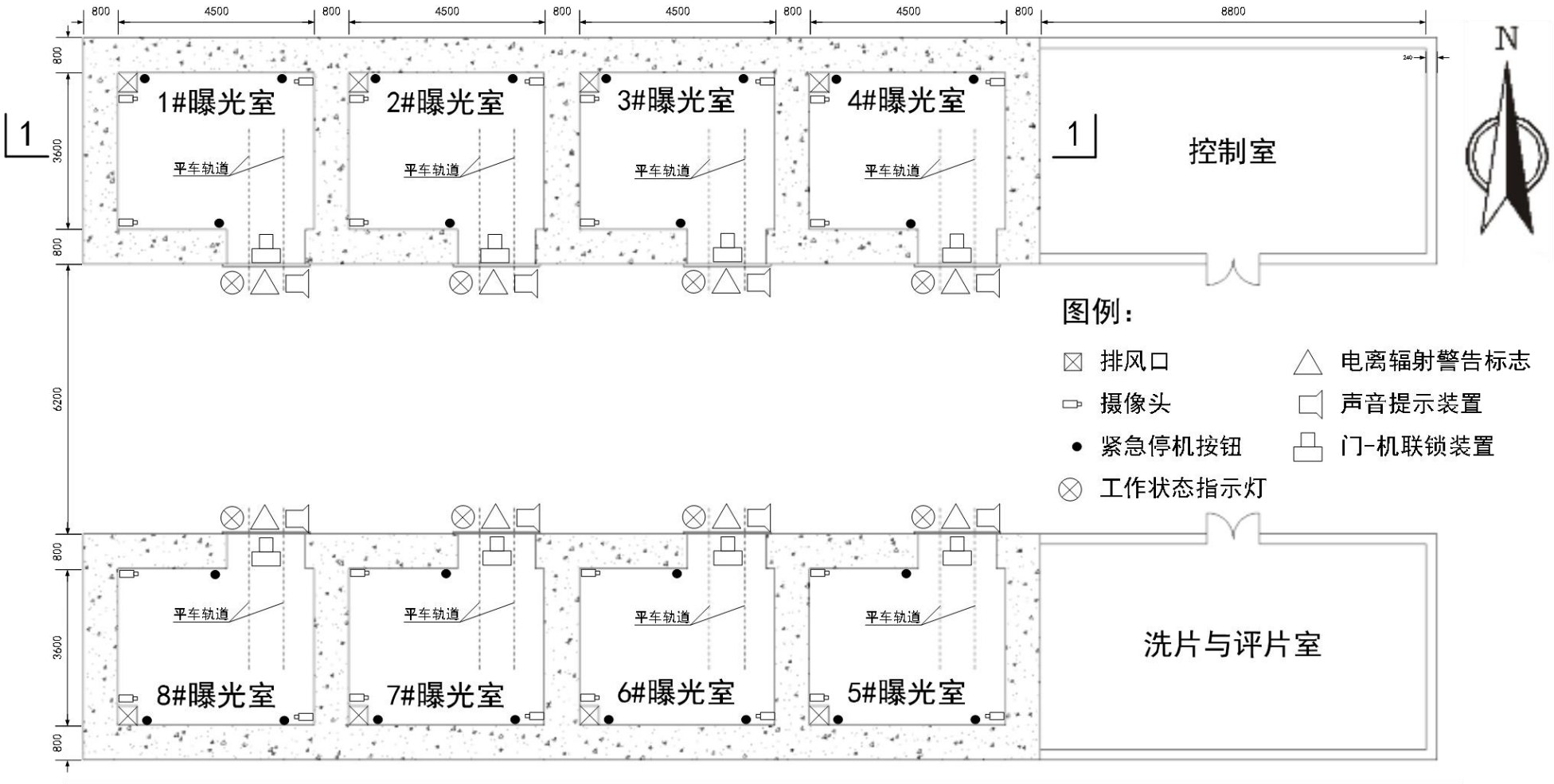


图 8-4(a)　探伤室平面布置示意图(比例尺为 1:1000)

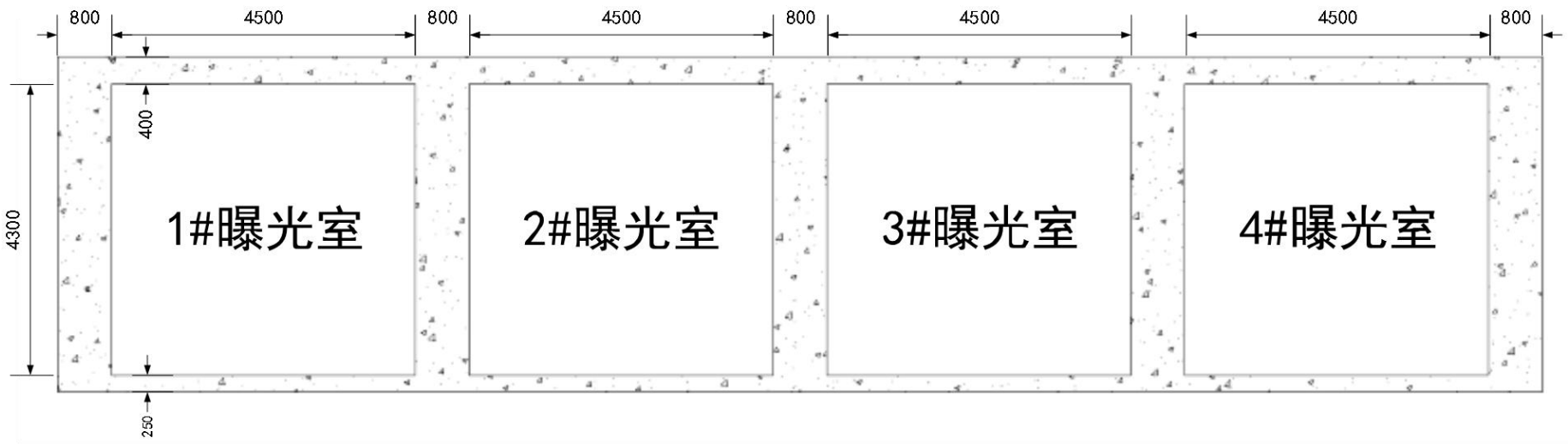


图 8-4(b)　探伤室 1-1 剖面示意图(比例尺为 1:1000)

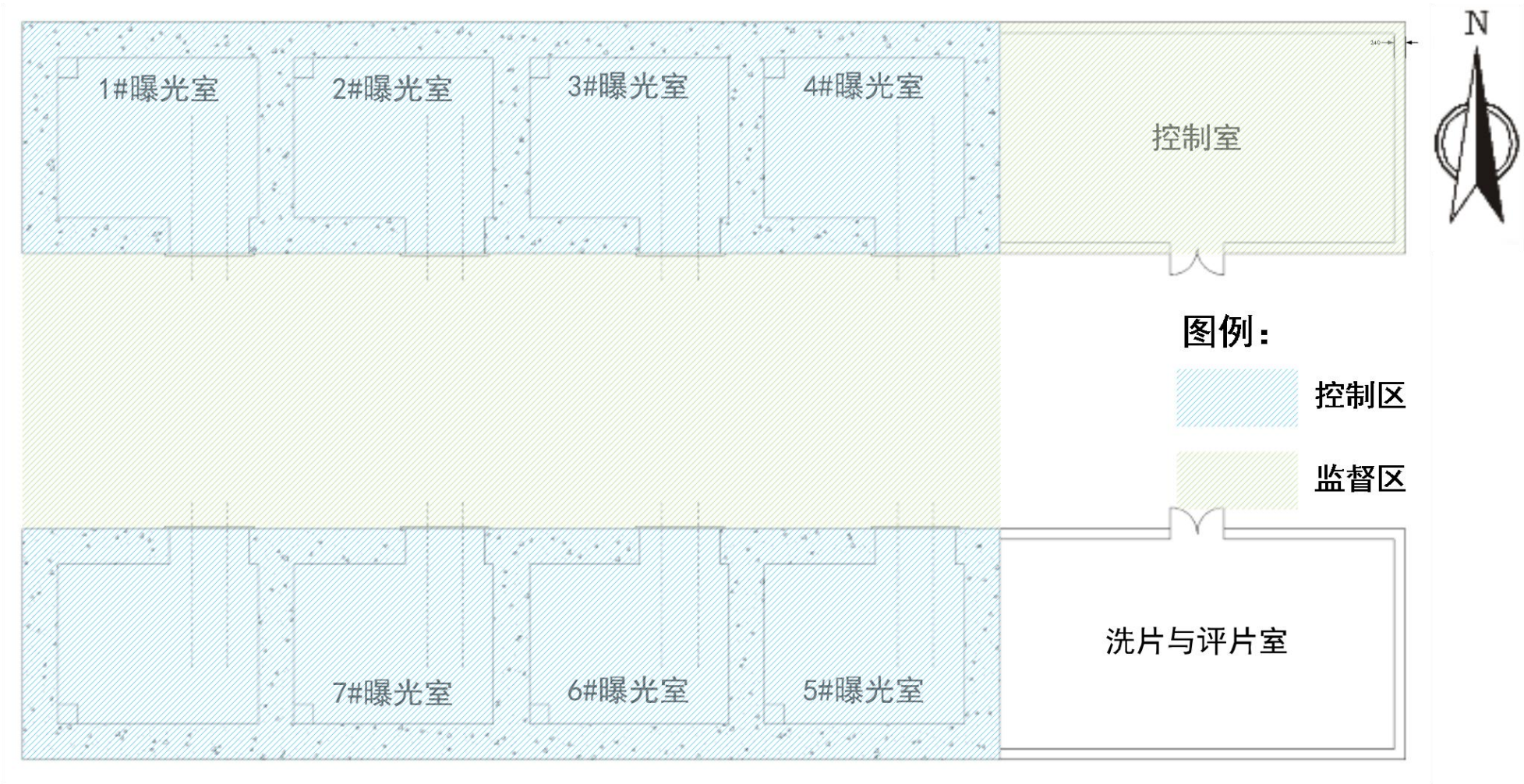


图 8-5　探伤室分区示意图

源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求进行管理，分区划分示意图见图8-5。

三、探伤室辐射防护屏蔽设计情况

1#、2#、3#、4#曝光室由东向西依次排布，4座曝光室的内径尺寸、屏蔽体材质与厚度、防护门门洞尺寸、防护门尺寸均一致；5#、6#、7#、8#曝光室由东向西依次排布，4座曝光室的内径尺寸、屏蔽体材质与厚度、防护门门洞尺寸、防护门尺寸均一致；1#曝光室与8#曝光室沿中间通道呈镜像对称分布，除防护门、通风口、摄像头、紧急停机按钮、平车轨道等设置位置存在差异，曝光室的内径尺寸、屏蔽体材质与厚度、防护门门洞尺寸、防护门尺寸均一致。曝光室设计尺寸、容积及屏蔽参数详见表8-2。

表8-2　曝光室设计尺寸、容积及屏蔽参数一览表

名　称	设计参数
内径尺寸(长×宽×高)	4.5m×3.6m×4.3m
面　积	16.2m^2
容　积	69.66m^3
四周墙体屏蔽材质及厚度	800mm 混凝土
室顶屏蔽材质及厚度	400mm 混凝土
地面屏蔽材质及厚度	250mm 混凝土
防护门洞口尺寸(宽×高)	1.8m×2.2m
防护门尺寸(宽×高)	2.4m×2.8m，铅钢复合结构、防护能力为 50mmPb
注：混凝土、铅的密度分别为 2.35g/cm^3 和 11.3g/cm^3	

1#～8#曝光室的防护门均为下沉式电动推拉防护门，在专用地槽沟内移动；防护门与洞口搭接处设计间隙≤20mm，其上、下、左、右与四周墙壁的设计搭接量均为300mm，搭接宽度与缝隙比例均大于10:1。

四、辐射安全防护措施

1.1#～8#曝光室均拟设置门-机联锁装置，并保证在门关闭后X射线装置才能进行探伤作业。门打开时将立即停止X射线装置，关上门不能自动开始X射线照射。门-机联锁装置的设置可方便探伤室内部的人员在紧急情况下离开探伤室，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.5款规定。

2.探伤室门口和内部拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，其中工作状态指示灯与X射线探伤机联锁；X射线探伤机工作时，指示灯和声音提示装置开启，警告无关人员请勿靠近探伤室或在探伤室外做不必要的逗留。“预备”信号需持续足

够长时间，确保探伤室内人员安全离开；“预备”和“照射”信号需有明显的区别，且与工作场所内其他报警信号有明显区别；在醒目处位置设置“预备”和“照射”信号意义的清晰说明。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.6、4.1.7、4.1.8款规定。

3.防护门上拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明，满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.9款规定。

4.1#～8#曝光室内均拟设置3处紧急停机按钮(1#～4#曝光室内北墙东段和西段各设置1处，防护门西侧南墙处设置1处；5#～8#曝光室内南墙东段和西段各设置1处，防护门西侧南墙处设置1处，详见图8-4(a))，控制室内操作位拟设置1处紧急停机按钮，各紧急停机按钮的设置可使人员处在铅房内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用，且均标明使用方法。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.10款规定。

5.1#～4#曝光室均拟设置通风换气系统，设计通风量均为300m^3/h;通风口尺寸为450mm×450mm，位于曝光室西北角室顶处；通风口外侧均拟设置防护能力不小于35mm铅防护罩，尺寸为600mm×600mm；非放射性有害气体经通风口及通风管道(通风管道将1#～4#曝光室通风口串联起来，向上走线穿航空轻质合金精密成型件车间室顶)排入航空轻质合金精密成型件车间上方外环境。

5#～8#曝光室均拟设置通风换气系统，设计通风量均为300m^3/h；通风口尺寸为450mm×450mm，位于曝光室西南角室顶处；通风口外侧均拟设置防护能力不小于35mm铅防护罩，尺寸为600mm×600mm；非放射性有害气体经通风口及通风管道(通风管道将5#～8#曝光室通风口串联起来，向上走线穿航空轻质合金精密成型件车间室顶)排入航空轻质合金精密成型件车间上方外环境。

本项目通风换气次数均不低于3次/h，且排风口不朝向人员密集区。满足《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）第4.1.11款规定。

6.辐射工作人员首先将探伤检测过程中产生的危险废物暂存于洗片与评片室内专用贮存容器中，每天安排专人运送到航空轻质合金精密成型件车间北侧危废间(依托现有)内，危废暂存间具体位置示意图见图1-3，现状照片见图6-1。根据《铝镁钛轻质合金精铸件项目、铸造母合金与高温合金精铸件扩产项目环境影响报告表》及其批复文件，公司将按照《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)及修改单相关要求进行建设。

7.曝光室设备管线采用U型管道穿墙。

8.拟配备1台辐射环境检测仪。

9.曝光室间走廊两端设置带锁栅栏，无损检测期间栅栏关闭。

8.1.3 辐射工作人员

公司拟为每位辐射工作人员配置个人剂量计1支(由个人剂量检测单位配发)，拟配备9台个人剂量报警仪。

将定期为辐射工作人员健康查体和个人剂量检测，将建立工作人员个人剂量档案和健康档案，每人一册，由专人负责保管和管理，档案终身保存年。

8.2 三废的治理

8.2.1 建设阶段

一、施工扬尘

施工期间对施工场地实行围挡作业，并对施工场地定期增湿，严禁空中抛撒废弃物；施工场地禁止搅拌混凝土；施工场地应当在出口处设置车辆冲洗装置，对车辆进行冲洗，无冲洗条件的，应当将车辆清理干净，方可驶离；施工运输车辆上路须对拉运物采取全封闭措施。

二、噪声

优先选用低噪声的机械设备，合理安排施工时间和工序，并注意维护和保养机械设备。

三、废水

针对施工废水，在施工区内设置一定容量的沉淀池，把施工废水汇集入沉淀池充分沉淀后，上清水回用，沉积物回填于开挖基础处；

针对施工人员产生的生活污水，依托厂区现有污水处理设施进行收集、处理，不外排。

四、固体废物

针对建筑垃圾，对其进行分类收集，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到环卫部门指定地点；

针对施工人员产生的生活垃圾，依托厂区现有垃圾收集设施，由环卫部门定期清运，不得随意丢弃。

8.2.2 运行阶段

一、X射线实时成像检测系统

X射线实时成像检测系统运行时产生的少量非放射性有害气体主要靠铅房自带排风扇

排入航空轻质合金精密成型件车间西侧外环境(厂内道路)。

二、X射线探伤机

X射线探伤机运行时产生的少量非放射性有害气体主要靠通风换气来控制，1#～8#曝光室均拟设置通风换气系统，每小时通风换气次数均可达4.3次，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“第4.1.11款 每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求；非放射性有害气体经通风口及通风管道排入航空轻质合金精密成型件车间上方外环境。

拍片、洗片过程中会产生的危险废物，即废胶片、废显(定)影液，拟暂存于危废间内放置专用贮存容器中(依托现有)。公司将对本项目产生的危险废物实行联单管理和台账管理，定期委托具备危废运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置；也将在本项目运行后尽快与具有相应危废处置资质的单位签订危废处置协议；还将完善危废管理计划，及时报生态环境主管部门备案。

表 9 环境影响分析

9.1 建设阶段对环境的影响

本项目建设阶段主要包括探伤工作场所土建施工、场所辐射安全设施的安装等过程。

一、施工扬尘影响分析

施工期的扬尘主要来自于地基开挖、打桩以及材料运输、装卸等过程。在施工期间采取对施工场地实行围挡作业、定期增湿，严禁空中抛撒废弃物，禁止搅拌混凝土，清洗运输车辆等措施，可有效减少扬尘量，施工扬尘对周围环境的影响较小。

二、噪声影响分析

施工期的噪声主要为施工过程中各类机械设备作业产生的机械噪声，应选用低噪声的机械设备，合理安排施工时间和工序，并注意维护保养情况下，可有效降低机械噪声。

由于施工噪声影响持续时间较短，施工结束噪声即消失，且施工场地在现有厂区内。只要施工单位做到文明施工，合理安排施工时间和工序，高噪声施工机械避免夜间施工，工程施工噪声对周边环境的影响较小。

三、废水影响分析

施工期污水主要为施工废水和施工人员产生的生活污水。在施工区内设置一定容量的沉淀池，把施工废水汇集入沉淀池充分沉淀后，上清水回用，沉积物回填于开挖基础处。施工人员产生的生活污水，依托厂区现有污水处理设施进行收集、处理。施工废水和施工人员产生的生活污水可得到妥善处理，对周围环境的影响较小。

四、固体废物影响分析

施工期间固体废物主要为建筑垃圾和施工人员产生的生活垃圾。将建筑垃圾进行分类收集，尽量回收其中尚可利用的部分建筑材料，对没有利用价值的废弃物运送到环卫部门指定地点。施工人员产生的生活垃圾，依托厂区现有垃圾收集设施，由环卫部门定期清运，不得随意丢弃。施工期产生固体废物可得到妥善处置和综合利用，对周围环境的影响较小。

综上所述，本项目施工期对周围环境的影响是小范围和短暂的。随着施工期的结束，对环境的影响也逐步消失。

9.2 运行阶段对环境的影响

9.2.1 铅房周围辐射水平估算与评价

一、预测点选取

根据X射线实时成像检测系统使用时有用线束照射方向、铅房平面布置及其周围环境特征，在铅房四周面、顶面及防护门外等位置布设8个预测点，预测点分布见图9-1(a)和图9-1(b)。

预测参考点选取主要考虑以下两方面：1.原则上铅房四周面、顶面、防护门、通风口外30cm处以及操作位均布设预测参考点；2.预测参考点到靶点距离取最近距离；3.铅房与探伤室间最近距离为56.6m，预测点处不再考虑探伤室辐射影响。

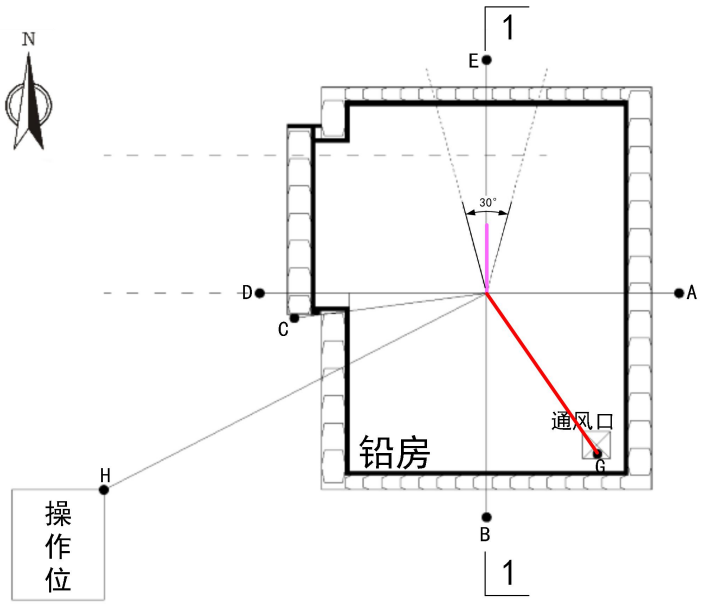


图9-1(a)　铅房平面预测点示意图

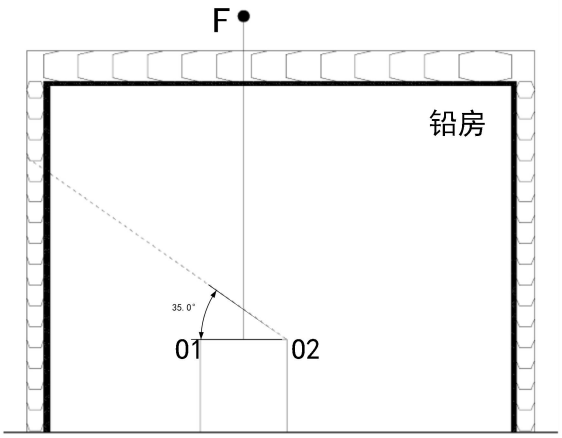


图9-1(b)　铅房1-1剖面预测点示意图

(二)计算公式选取

本次评价公式参考《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T250-2014)及其修改单，详见式9-1～式9-4。

1.有用线束在关注点处的剂量率计算公式：

$$H=I\times H_0\times B\div R^2 \quad (式 9-1)$$

式中：

H	有用线束在关注点处的剂量率，μSv/h
I	X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA
H_0	距辐射源点(靶点)1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，以 mSv·m^2/(mA·min)为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点(靶点)至关注点的距离，m

2.屏蔽透射因子计算公式：

$$B=10^{-X/TVL} \quad (式 9-2)$$

式中：

B	屏蔽透射因子
X	屏蔽物质厚度
TVL	X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度

3.泄漏辐射在关注点处的剂量率计算公式

$$H_1=H_L\times B\div R^2 \quad (式 9-3)$$

式中：

H_1	泄漏辐射在关注点处的剂量率，μSv/h
H_L	距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，μSv/h
B	屏蔽透射因子
R	辐射源点(靶点)至关注点的距离，m

4.关注点的散射辐射剂量率计算公式

$$H_2=I\times H_0\times B\times F\times \alpha \div (Rs^2\times R_0^2) \quad (式 9-4)$$

式中：

H_2	关注点的散射辐射剂量率，μSv/h
I	X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA
H_0	距辐射源点(靶点)1m 处输出量，μSv·m^2/(mA·h)，以 mSv·m^2/(mA·min)为单位的值乘以 6×10^4
B	屏蔽透射因子

F	R_0处的辐射野面积，m^2
α	散射因子，入射辐射被单位面积($1m^2$)散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比
Rs	散射体至关注点的距离，m
R_0	辐射源点(靶点)至探伤工件的距离，m

(三)主要预测参数选取

1.根据公司提供资料及X射线实时成像检测系统使用特性等，X射线管在铅房内进行无损检测时，其有用射束方向定向向北，有用射束不照射东面、西面、防护门和顶面[X射线管有用线束半张角最大为15°，当X射线管距北面最远处(距南面最近)朝北照射，其距北墙最远距离为2.25m，则有用线束中心线距边缘最大距离为tan15°×2.25m=0.603m，该距离小于X射线管有用线束中心线距东面(1.5m)、西面(1.51m)和防护门(1.8m)的最近距离，因此X射线管有用线束不会照射东面、西面和防护门；当X射线管距离地面最远、距南面最近处(即O2)朝北照射，其距北面最远距离为2.25m、距地面最远距离为0.8m，则有用线束边缘距水平面最大距离为tan35°(考虑X射线管旋转角度的一半20°)×2.25m=1.576m，该距离小于X射线管距顶面的最近距离2.2m，因此X射线管有用线束不会照射顶面，详见图9-1]；X射线管距铅房地面最远距离为0.8m，距东面最近距离为1.5m，距南面最近距离为1.95m，距西面最近距离为1.51m，距北面最近距离为1.3m，距防护门最近距离为1.8m。

X射线管最大管电压为450kV，最大管电流为3.3mA，辐射角度为30°×40°。

2.根据《医用外照射源的辐射防护》中P56图3，X射线管管电压为450kV、3mm铜滤过条件下，X射线输出量为25mSv·m^2/(mA·min)。

由于《医用外照射源的辐射防护》未列出X射线管管电压为450kV时，X射线在铅、混凝土中什值层厚度数据，本次评价采用插值法计算出X射线管管电压为450kV时，X射线在铅、混凝土中什值层厚度数据，分别为9.25mm和109.5mm；铅的密度为11.3t/m^3，混凝土的密度为2.35t/m^3。

根据标准GBZ/T250-2014及其修改单，X射线管管电压为450kV时，距靶点1m处的泄漏辐射剂量率取5000μSv/h。

根据标准GBZ/T250-2014及其修改单，未查到原始X射线能量为450kV时，X射线90°散射辐射最高能量的数据；根据《医用外照射源的辐射防护》P86中“在0.5兆伏以下，90°散射辐射可以设想与初级辐射具有相同的衰减特性，因此，初级辐射的透射数据可以用于估算散射辐射所需的屏蔽”，因此，本次评价保守X射线能量为450kV时，其在铅、混凝土

中什值层厚度数据作为450kVX射线90°散射辐射在铅、混凝土中什值层厚度数据。

根据标准GBZ/T250-2014及其修改单中表B.3中备注C，X射线管管电压为450kV时，入射辐射被面积为400cm^{2}水模体散射至1m处的相对剂量比份αw保守取1.9×10^{-3};则散射因子α=1.9×10^{-3}×10000÷400=0.0475。R_0处的辐射野面积F为π×(R_0×tan15°)^2,则R_0^2/(F•α)为R_0^2÷π÷(R_0×tan15°)^2÷0.0475=93.38。

(四)预测结果

1.有用线束在实体屏蔽层外预测点处的剂量率

根据式9-1和式9-2，计算得到有用线束在预测点的辐射剂量率，详见表9-1。

表9-1　铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点1m处输出量	屏蔽层材质及厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离	辐射剂量率（μSv/h）
E点	3.3mA	25mSv•m^2/(mA•min)	3mm钢板+55mm铅板+1.5mm冷轧板	5.209×10^{-7}	1.3m+0.3m+0.8m=1.9m	0.7143
注：将不同厚度的钢板(冷轧板)折算为相应屏蔽效果的铅板进行计算，即4.5mm钢板=4.5×7.85÷11.3≈3.12mm铅板，钢板(冷轧板)、铅板的密度分别为7.85g/cm^{3}和11.3g/cm^3						

2.泄漏辐射和散射辐射在实体屏蔽层外预测点处的剂量率

(1)泄漏辐射在预测点处的剂量率

根据式9-2和式9-3，计算得到泄漏辐射在预测点的辐射剂量率，详表9-2。

表9-2　铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率	屏蔽层材质及厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离	辐射剂量率（μSv/h）
A点	5000μSv/h	3mm钢板+40mm铅板+1.5mm冷轧板	2.179×10^{-5}	1.5m+0.3m+0.3m=2.1m	0.0248
B点				1.95m+0.2m+0.3m=2.45m	0.0182
C点				2.11m	0.0245
D点		2mm钢板+40mm铅板+2mm冷轧板	2.378×10^{-5}	1.8m+0.3m+0.3m=2.4m	0.0207
F点		3mm钢板+35mm铅板+1.5mm冷轧板	7.566×10^{-5}	2.2m+0.3m+0.3m=2.8m	0.0483
H点		3mm钢板+40mm铅板+1.5mm冷轧板	2.179×10^{-5}	4.69m	0.0050
注：①预测点C和H处辐射剂量率仅考虑铅房西面设计屏蔽层厚度； ②将不同厚度的钢板(冷轧板)折算为相应屏蔽效果的铅板进行计算，即4.5mm钢板=4.5×7.85÷11.3≈3.12mm铅板、4mm钢板=4×7.85÷11.3≈2.77mm铅板，钢板(冷轧板)、铅板的密度分别为7.85g/cm^{3}和11.3g/cm^3					

(2)散射辐射在预测点处的剂量率

根据式9-2和式9-4，计算得到散射辐射在预测点处的辐射剂量率，详见表9-3。

表9-3　铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点1m处输出量	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	散射体至预测点最近距离	辐射剂量率（μSv/h）
A点	3.3mA	25mSv•m^2/(mA•min)	3mm钢板+40mm铅板+1.5mm冷轧板	2.179×10^{-5}	1.5m+0.3m+0.3m=2.1m	0.2620
B点					1.95m+0.2m+0.3m=2.45m	0.1925
C点					2.11m	0.2596
D点			2mm钢板+40mm铅板+2mm冷轧板	2.378×10^{-5}	1.8m+0.3m+0.3m=2.4m	0.2189
F点			3mm钢板+35mm铅板+1.5mm冷轧板	7.566×10^{-5}	2.2m+0.3m+0.3m=2.8m	0.5117
H点			3mm钢板+40mm铅板+1.5mm冷轧板	2.179×10^{-5}	4.69m	0.0526

注：①预测点C和H处辐射剂量率仅考虑铅房西面设计屏蔽层厚度；

②将不同厚度的钢板（冷轧板）折算为相应屏蔽效果的铅板进行计算，即4.5mm钢板=4.5×7.85÷11.3≈3.12mm铅板、4mm钢板=4×7.85÷11.3≈2.77mm铅板，钢板(冷轧板)、铅板的密度分别为7.85g/cm^3和11.3g/cm^3

(3)预测点处的总剂量率

预测点处的总剂量率由泄漏辐射在该点处剂量率叠加散射辐射在该点处剂量率，详见表9-4。

表9-4　铅房周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	泄漏辐射（μSv/h）	散射辐射（μSv/h）	总剂量率（μSv/h）
A点	0.0248	0.2620	0.2868
B点	0.0182	0.1925	0.2107
C点	0.0245	0.2596	0.2841
D点	0.0207	0.2189	0.2396
F点	0.0483	0.5117	0.56
H点	0.0050	0.0526	0.0576

3.通风口外剂量率

铅房拟设置的通风口位于顶面东南角、尺寸为300mm×300mm，通风口外侧拟设置L型铅钢防护罩、防护效果不小于35mmPb、尺寸为600mm×600mm。

由“(三)主要预测参数选取”可知，X射线管在铅房内进行无损检测时，其有用射束方向定向向北，有用射束不照射东面、西面、防护门和顶面，因而通风口处只考虑泄漏辐射和散射辐射的影响，辐射路径平面示意图详见图9-1(a)红色实线，斜剖图详见图9-2。

(1)泄漏辐射

X射线管在铅房内进行无损检测时，水平方向上距通风口外30cm处最近距离为2.13m、垂直方向上距通风口外30cm最近距离为2.8m，则X射线管距通风口外30cm处最近距离为3.52m(即X射线管处于探伤作业范围南端O2、距地面0.8m处)。

根据式9-2和式9-3，计算得到通风口外30cm处泄漏辐射剂量率为$5000\times10^{-((35/9.25，仅考虑铅罩设计屏蔽厚度)}\div3.52^2=0.0668$μSv/h。

(2)散射辐射

根据式9-2和式9-4，计算得到通风口外30cm处散射辐射水平为$3.3\times25\times6\times10^4\times10^{-((35/9.25，仅考虑铅罩设计屏蔽厚度)}\div3.52^2\div93.38=0.7079$μSv/h。

(3)总剂量率

预测点处的总剂量率为泄漏辐射和散射辐射在该点处剂量率叠加为0.7747μSv/h。

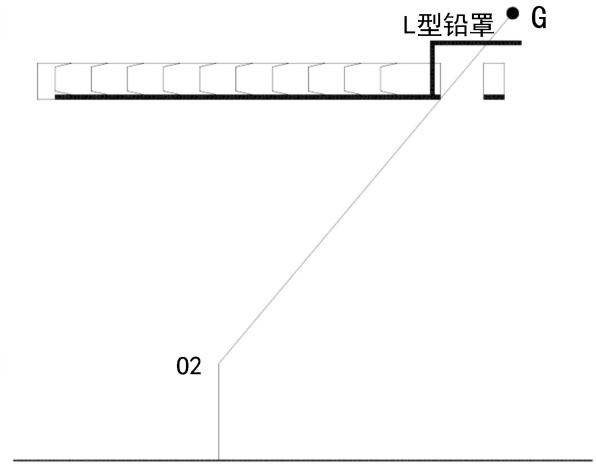


图9-2　铅房通风口辐射路径示意图(斜剖图)

4.天空反散射辐射影响

由表9-4可知，X射线实时成像检测系统在最大管电压450kV、最大管电流3.3mA进行无损检测时，铅房顶面上方30cm处的最大剂量率仅为0.56μSv/h，远远小于室顶外30cm处辐射剂量率目标控制值100μSv/h，因此，不再考虑天空反散射的辐射影响。

5.铅房四周面、顶面、防护门、通风口外及操作位处预测点辐射剂量率评价

铅房四周面、顶面、防护门、通风口外及操作位处预测点辐射剂量率评价结果见表9-5。

表9-5　铅房四周面、顶面、防护门、通风口外及操作位处预测点辐射剂量率评价结果

预测点	辐射剂量率值(μSv/h)	目标值(μSv/h)	是否达标
A点(东面外30cm处)	0.2868	2.5	是
B点(南面外30cm处)	0.2107	2.5	是

C 点(西面外 30cm 处)	0.2841	2.5	是
D 点(防护门外 30cm 处)	0.2396	2.5	是
E 点(北面外 30cm 处)	0.7143	2.5	是
F 点(顶面外 30cm 处)	0.56	100	是
G 点(通风口外 30cm 处)	0.7747	100	是
H 点(操作位处)	0.0576	2.5	是

由上表可知，X射线实时成像检测系统在最大管电压450kV、最大管电流3.3mA进行无损检测时，铅房四周面、顶面、防护门、通风口外30cm及操作位处辐射剂量率均小于相应目标控制值。

9.2.2 曝光室周围辐射水平估算与评价

由于1#～4#曝光室的尺寸(曝光室、门洞、防护门、通风口、平车轨道等)、屏蔽体材质与厚度、防护门和通风口设置位置、探伤范围等均一致；5#～8#曝光室的尺寸(曝光室、门洞、防护门、通风口、平车轨道等)、屏蔽体材质与厚度、防护门和通风口设置位置、探伤范围等均一致；1#曝光室与8#曝光室沿中间通道呈镜像对称分布，除防护门、通风口、平车轨道等设置位置存在差异，尺寸、屏蔽体材质与厚度均一致。同时。1#和2#曝光室各使用1台ISOVOLT TITAN 320kV型X射线探伤机，3#～8#曝光室各使用1台ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机；ISOVOLT TITAN 320kV型X射线探伤机管电压低于ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机，管电流相同。因此，本次评价主要考虑ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机在最大管电压和管电流条件下运行时，预测4#曝光室周围辐射水平。

一、预测点选取

根据X射线探伤机使用时有用线束照射方向、4#曝光室平面布置及其周围环境特征，在4#曝光室四周墙体、室顶、防护门外等位置布设7个预测点(因有用线束定向朝下照射、且下方为土层，故不再布设预测点位)，预测点分布见图9-3(a)和图9-3(b)。

预测参考点选取主要考虑以下两方面：1.原则上曝光室四周墙体、室顶、防护门、通风口外30cm处均布设预测参考点；2.预测参考点到靶点距离取最近距离；3.铅房与探伤室间最近距离为56.6m，预测点处不再考虑铅房辐射影响。

(二)计算公式选取

计算公式同式9-1～式9-4。

(三)主要预测参数选取

1.X射线探伤机在曝光室内进行无损检测时，其有用射束方向定向向下，有用射束不

照射东墙外、南墙、西墙、北墙、防护门和室顶[当X射线管距离地面最远、距东墙最近处(即02)朝下照射，其距地面最远距离为1.0m，则有用线束边缘距水平面最大距离为tan35°（考虑X射线管旋转角度的一半20°+X射线管有用线束半张角15°）×1.0m=0.70m，该距离小于距东墙外(1.15m)、南墙(0.80m)、西墙(2.65m)、北墙(1.3m)、防护门(2.1m)的最近距离；因此X射线管有用线束会照射东墙，不会照射东墙外、南墙、西墙、北墙、防护门，详见图9-3]；探伤机距曝光室地面最远垂直距离为1.0m，距东墙最近距离为0.35m，距南墙最近距离为0.80m，距西墙最近距离为2.65m，距北墙最近距离为1.3m，距防护门(忽略防护门实体屏蔽厚度)最近垂直距离为2.1m。

X射线管最大管电压为450kV，最大管电流为45mA，辐射角度为30°×40°。

2.根据《医用外照射源的辐射防护》中P56图3，X射线管管电压为450kV、3mm铜滤过条件下，X射线输出量为25mSv·m^2/(mA·min)。

由于《医用外照射源的辐射防护》未列出X射线管管电压为450kV时，X射线在铅、混凝土中什值层厚度数据，本次评价采用插值法计算出X射线管管电压为450kV时，X射线在铅、混凝土中什值层厚度数据，分别为9.25mm和109.5mm；铅的密度为11.3t/m^3，混凝土的密度为2.35t/m^3。

根据标准GBZ/T250-2014及其修改单，X射线管管电压为450kV时，距靶点1m处的泄漏辐射剂量率取5000μSv/h。

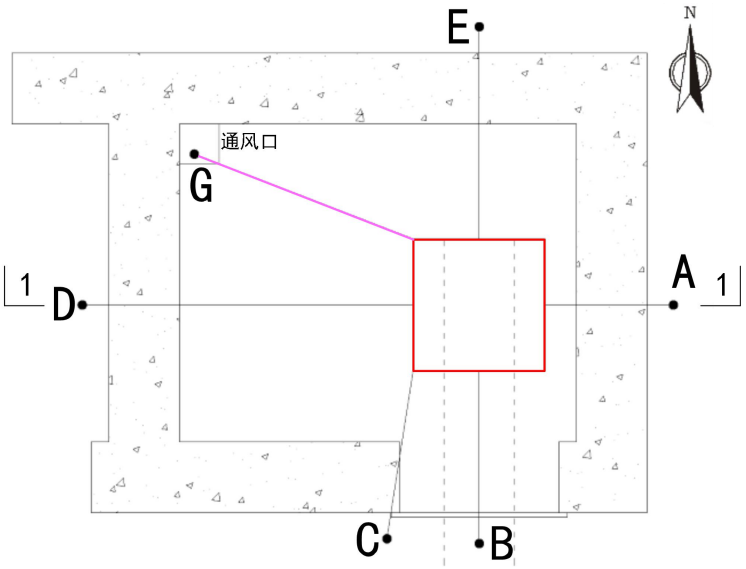


图9-3(a)　4#曝光室平面预测点示意图

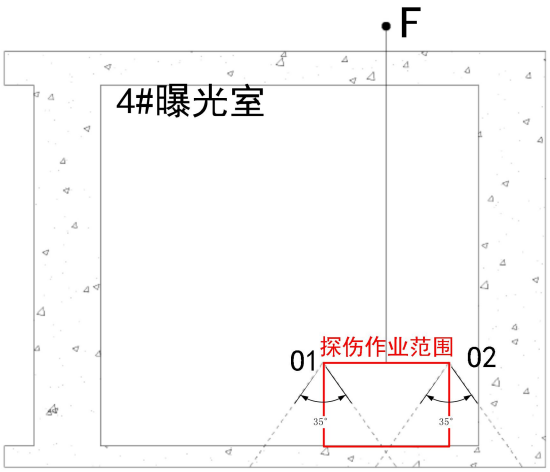


图9-3(b)　4#曝光室1-1剖面预测点示意图

根据标准GBZ/T250-2014及其修改单，未查到原始X射线能量为450kV时，X射线90°散射辐射最高能量的数据；根据《医用外照射源的辐射防护》P86中“在0.5兆伏以下，90°散射辐射可以设想与初级辐射具有相同的衰减特性，因此，初级辐射的透射数据可以用于估算散射辐射所需的屏蔽”，因此，本次评价保守X射线能量为450kV时，其在铅、混凝土中什值层厚度数据作为450kVX射线90°散射辐射在铅、混凝土中什值层厚度数据。

根据标准GBZ/T250-2014及其修改单中表B.3中备注C，X射线管管电压为450kV时，入射辐射被面积为400cm^{2}水模体散射至1m处的相对剂量比份α w保守取1.9×10^{-3}；则散射因子α=1.9×10^{-3}×10000÷400=0.0475。R_0处的辐射野面积F为π×(R_0×tan15°)^2，则R_0^2/(F•α)为R_0^2÷π÷(R_0×tan15°)^2÷0.0475=93.38。

(四)预测结果

1.泄漏辐射和散射辐射在实体屏蔽层外预测点处的剂量率

(1)泄漏辐射在预测点处的剂量率

根据式9-2和式9-3，计算得到泄漏辐射在预测点的辐射剂量率，详表9-6。

表9-6　4#曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	距靶点1m处X射线管组装体的泄漏辐射剂量率	屏蔽层材质及厚度	屏蔽透射因子	靶点至预测点最近距离	辐射剂量率(μSv/h)
A点	5000μSv/h	800mm混凝土	4.9438×10^{-8}	0.35m+0.8m+0.3m=1.45m	1.176×10^{-4}
B点		50mmPb	3.9318×10^{-6}	0.8m+0.8m+0.3m=1.9m	0.0055
C点		800mm混凝土	4.9438×10^{-8}	1.9m	6.848×10^{-5}
D点		800mm混凝土	4.9438×10^{-8}	2.65m+0.8m+0.3m=3.75m	1.758×10^{-5}

E 点		800mm 混凝土	4.9438×10^{-8}	1.3m+0.8m+0.3m=2.4m	4.292×10^{-5}
F 点		400mm 混凝土	2.2234×10^{-4}	3.3m+0.4m+0.3m=4.0m	0.0695
注：①预测点 B 忽略防护门厚度； ②靶点至预测点 C 的最近距离取靶点至预测点 B 的距离					

(2)散射辐射在预测点处的剂量率

根据式9-2和式9-4，计算得到散射辐射在预测点处的辐射剂量率，详见表9-7。

表9-7　4#曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	最大管电流	距靶点 1m 处输出量	屏蔽材料厚度	屏蔽透射因子	散射体至预测点最近距离	辐射剂量率（μSv/h）
A 点	45mA	25mSv•m^2/(mA•min)	800mm 混凝土	4.9438×10^{-8}	0.35m+0.8m+0.3m=1.45m	0.0170
B 点			50mmPb	3.9318×10^{-6}	0.8m+0.8m+0.3m=1.9m	0.7873
C 点			800mm 混凝土	4.9438×10^{-8}	1.9m	0.0099
D 点			800mm 混凝土	4.9438×10^{-8}	2.65m+0.8m+0.3m=3.75m	0.0026
E 点			800mm 混凝土	4.9438×10^{-8}	1.3m+0.8m+0.3m=2.4m	0.0063
F 点			400mm 混凝土	2.2234×10^{-4}	3.3m+0.4m+0.3m=4.0m	10.0453
注：①预测点 B 忽略防护门厚度； ②靶点至预测点 C 的最近距离取靶点至预测点 B 的距离						

(3)预测点处的总剂量率

预测点处的总剂量率由泄漏辐射在该点处剂量率叠加散射辐射在该点处剂量率，详见表9-8。

表9-8　3￥曝光室周围预测点辐射剂量率一览表

预测点	泄漏辐射（μSv/h）	散射辐射（μSv/h）	总剂量率（μSv/h）
A 点	1.176×10^{-4}	0.0170	0.0172
B 点	0.0055	0.7873	0.7928
C 点	6.848×10^{-5}	0.0099	0.0100
D 点	1.758×10^{-5}	0.0026	0.0027
E 点	4.292×10^{-5}	0.0063	0.0064
F 点	0.0695	10.0453	10.1148

2.通风口外剂量率

3#曝光室拟设置的通风口位于室顶西北角、尺寸为450mm×450mm，通风口外侧拟设置铅防护罩、防护效果不小于35mmPb、尺寸为600mm×600mm。

由“(三)主要预测参数选取”可知，X射线探伤机在4#曝光室内进行无损检测时，其有用射束方向定向向下，有用射束不照射室顶，因而通风口处只考虑泄漏辐射和散射辐射的影响，辐射路径平面示意图详见图9-3(a)红色实线，斜剖图详见图9-4。

(1)泄漏辐射

X射线探伤机在4#曝光室内进行无损检测时，水平方向上距通风口外30cm处最近距离为2.84m、垂直方向上距通风口外30cm最近距离为4.0m，则X射线探伤机距通风口外30cm处最近距离为4.9m(即X射线探伤机处于探伤作业范围东端O2、距地面1.0m处)。

根据式9-2和式9-3，计算得到通风口外30cm处泄漏辐射剂量率为$5000\times10^{-((35/9.25，仅考虑铅罩设计屏蔽厚度)}\div4.9^2=0.0343$μSv/h。

(2)散射辐射

根据式9-2和式9-4，计算得到通风口外30cm处散射辐射水平为$45\times25\times6\times10^4\times10^{-((35/9.25，仅考虑铅罩设计屏蔽厚度)}\div4.92^2\div93.38=4.9531$μSv/h。

(3)总剂量率

预测点处的总剂量率为泄漏辐射和散射辐射在该点处剂量率叠加为4.9874μSv/h。

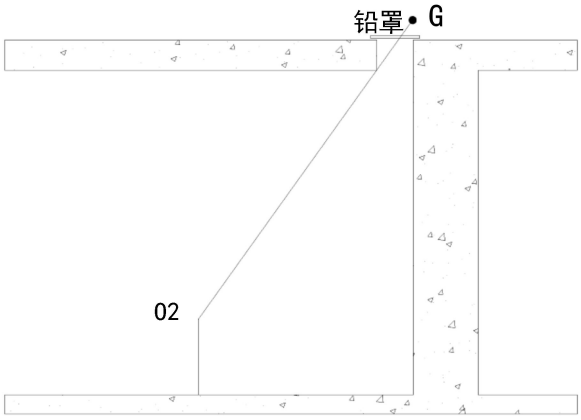


图9-4　4#曝光室通风口辐射路径示意图(斜剖图)

3.天空反散射辐射影响

由表9-8可知，ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机在最大管电压450kV、最大管电流45mA进行无损检测时，曝光室室顶上方和通风口外30cm处的最大剂量率为10.1148μSv/h，远小于室顶外30cm处辐射剂量率目标控制值100μSv/h，经天空反散射，剂量率将大大降低，对周围环境影响较小。

4.4#曝光室四周墙体、室顶、防护门、通风口外预测点辐射剂量率评价

4#曝光室四周墙体、室顶、防护门、通风口外预测点辐射剂量率评价结果见表9-9。

表9-9　4#曝光室四周墙体、室顶、防护门、通风口外预测点辐射剂量率评价结果

预测点	辐射剂量率值(μSv/h)	目标值(μSv/h)	是否达标
A点(东墙外30cm处)	0.0172	2.5	是
B点(防护门外30cm处)	0.7928	2.5	是
C点(南墙30cm处)	0.0100	2.5	是

D 点(西墙外 30cm 处)	0.0027	2.5	是
E 点(北墙外 30cm 处)	0.0064	2.5	是
F 点(室顶外 30cm 处)	10.1148	100	是
G 点(通风口外 30cm 处)	4.9874	100	是

由上表可知，ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机进行无损检测时，4#曝光室四周墙体、室顶、防护门、通风口外等预测点处辐射剂量率均小于相应目标控制值。

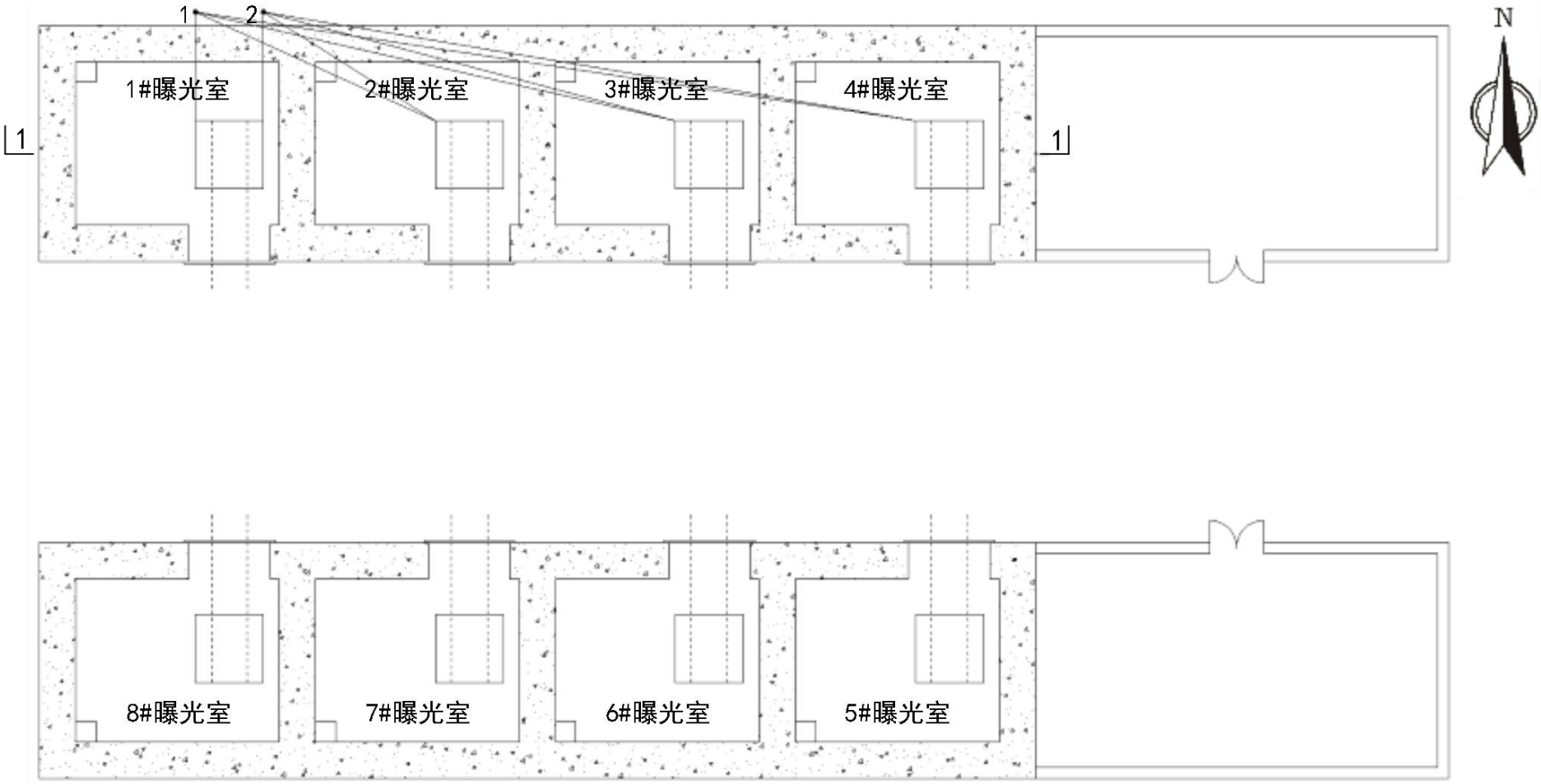
5.探伤室周围辐射水平预测与评价

本次评价考虑1#～8#曝光室均使用ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机(实际情况1#和2#曝光室使用ISOVOLT TITAN 320kV型X射线探伤机)同时进行无损检测，且X射线探伤机在最大管电压和管电流条件运行；由式9-2～式9-4，计算得到探伤室周围预测点辐射剂量率，详见表9-10。

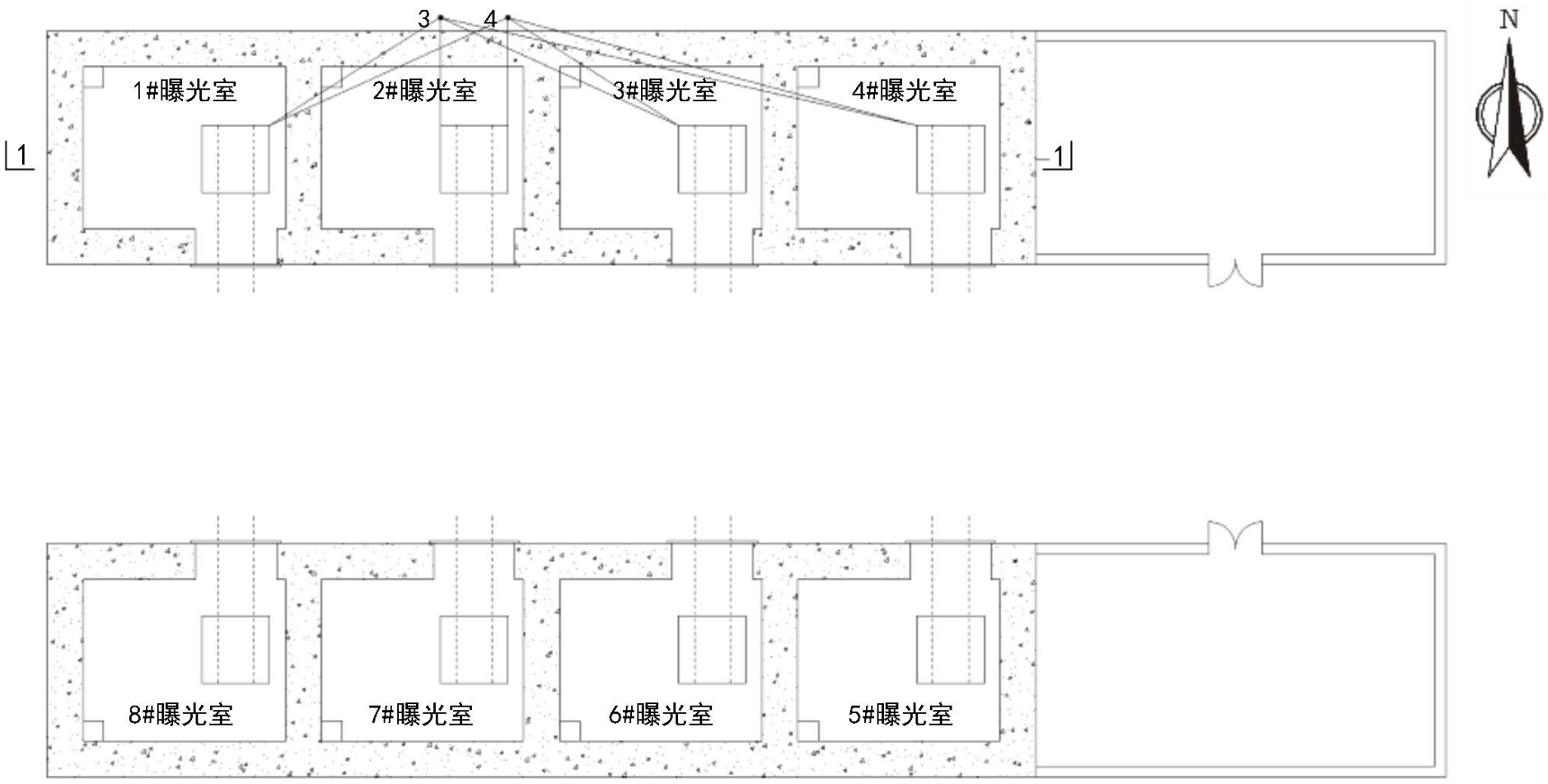
由于1#～4#曝光室的尺寸(曝光室、门洞、防护门、通风口、平车轨道等)、屏蔽体材质与厚度、防护门和通风口设置位置、探伤范围等均一致；5#～8#曝光室的尺寸(曝光室、门洞、防护门、通风口、平车轨道等)、屏蔽体材质与厚度、防护门和通风口设置位置、探伤范围等均一致；1#曝光室与8#曝光室沿中间通道呈镜像对称分布，除防护门、通风口、平车轨道等设置位置存在差异，尺寸、屏蔽体材质与厚度均一致。则探伤室南侧和北侧预测点预测结果相同，西侧预测点预测结果小于东侧预测点预测结果(因X射线探伤机在曝光室内探伤范围偏东，则X射线探伤机到西侧预测点距离大于东侧，由式9-2和9-4均可推导出，除距离参数外其他参数相同情况下，距离参数越大辐射剂量率越小)。因此，本次评价在探伤室北侧、东侧、室顶布设22个预测点，预测点分布见图9-5。

表9-10　探伤室周围预测点辐射剂量率一览表　　(单位：μSv/h)

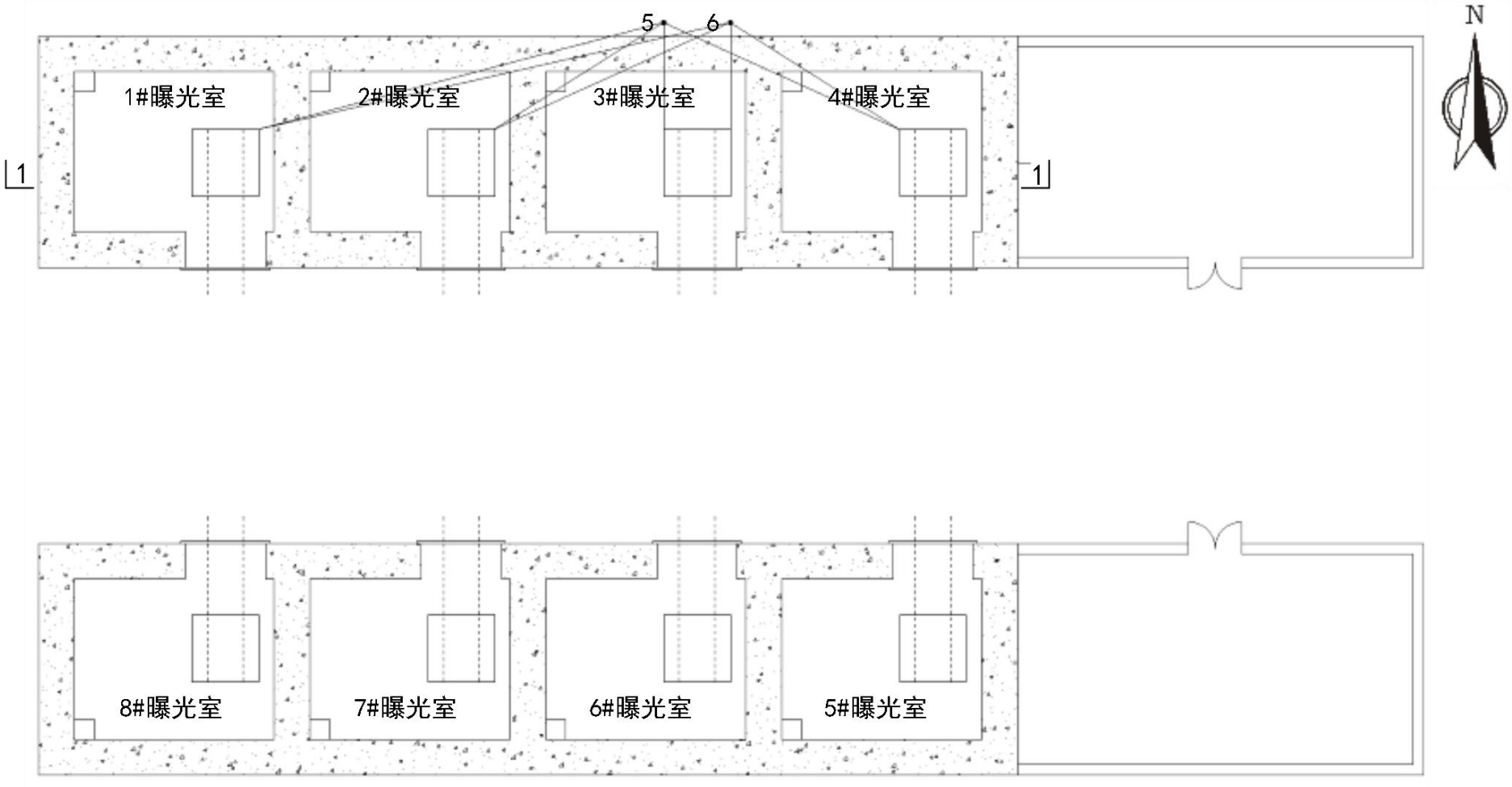
预测点	1#曝光室	2#曝光室	3#曝光室	4#曝光室	5#曝光室	6#曝光室	7#曝光室	8#曝光室	总剂量率
1	0.0064	/	/	/	/	/	/	/	0.0064
2	0.0064	/	/	/	/	/	/	/	0.0064
3	/	0.0064	/	/	/	/	/	/	0.0064
4	/	0.0064	/	/	/	/	/	/	0.0064
5	/	/	0.0064	/	/	/	/	/	0.0064
6	/	/	0.0064	/	/	/	/	/	0.0064
7	/	/	/	0.0064	/	/	/	/	0.0064
8	/	/	/	0.0064	/	/	/	/	0.0064
9	/	/	/	0.0172	9.63×10^{-6}	/	/	/	0.0173
10	/	/	/	1.81×10^{-5}	4.80×10^{-6}	/	/	/	2.29×10^{-5}
11	10.1148	/	/	/	/	/	/	/	10.1148



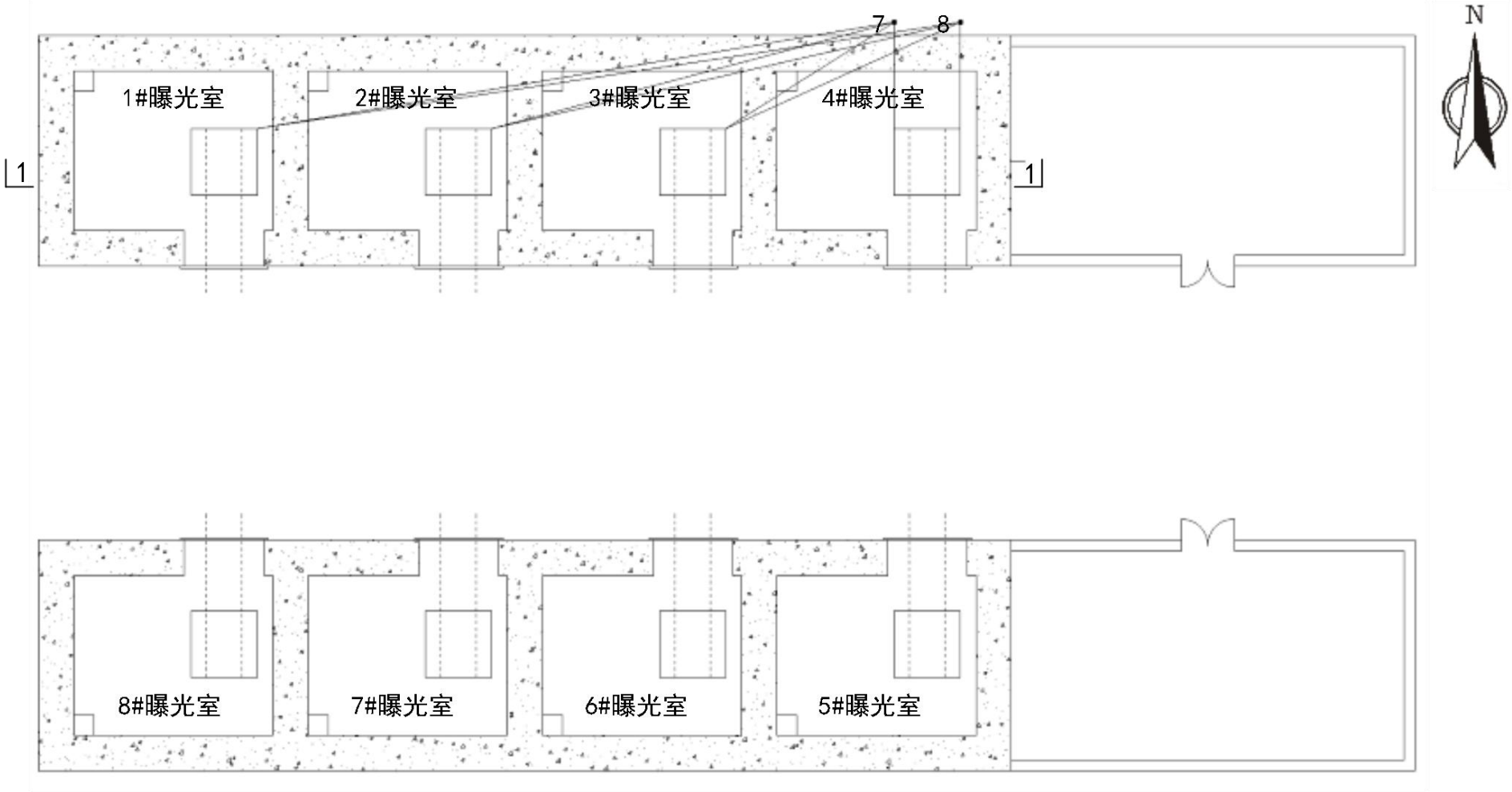
平面



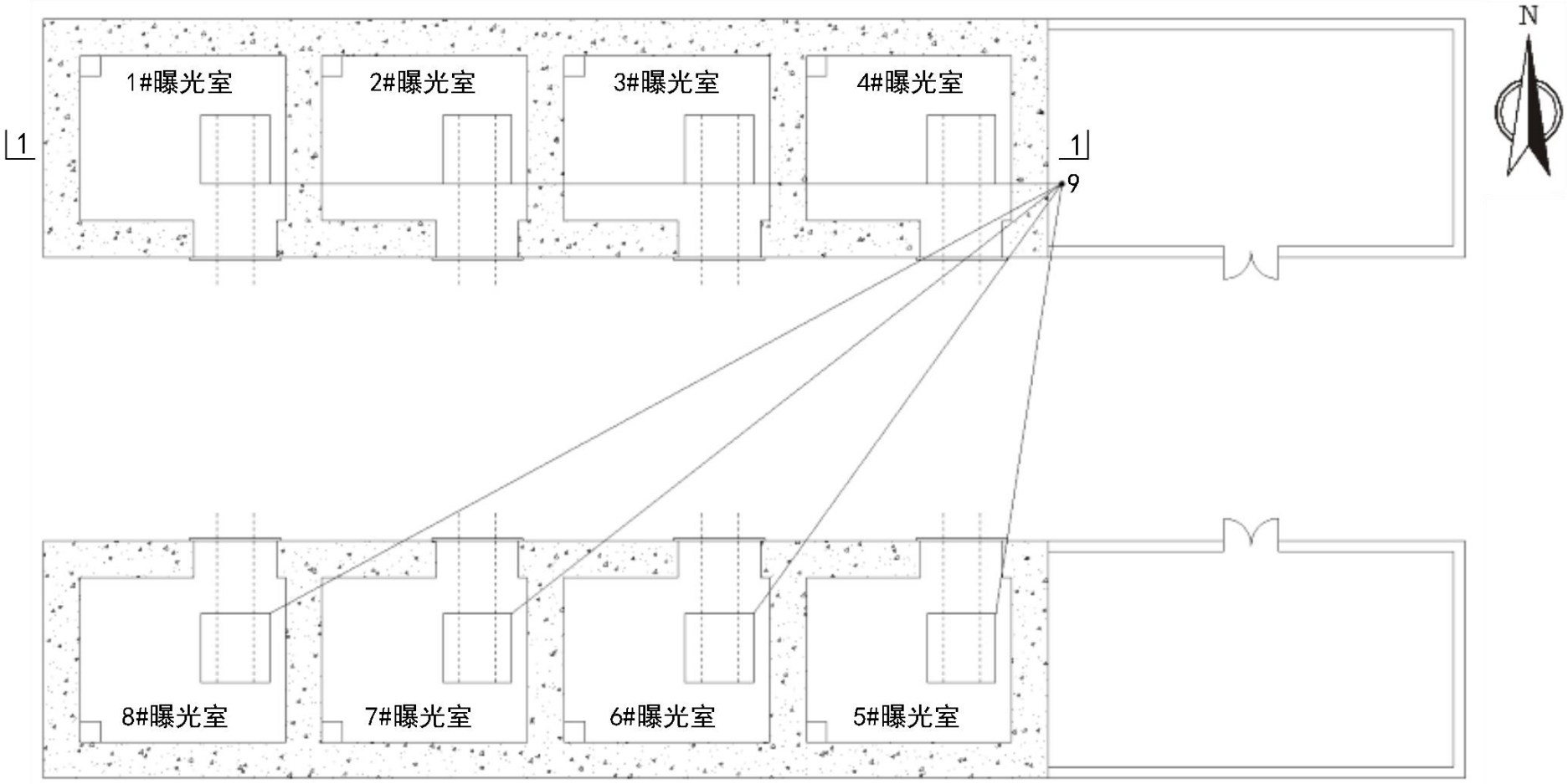
平面



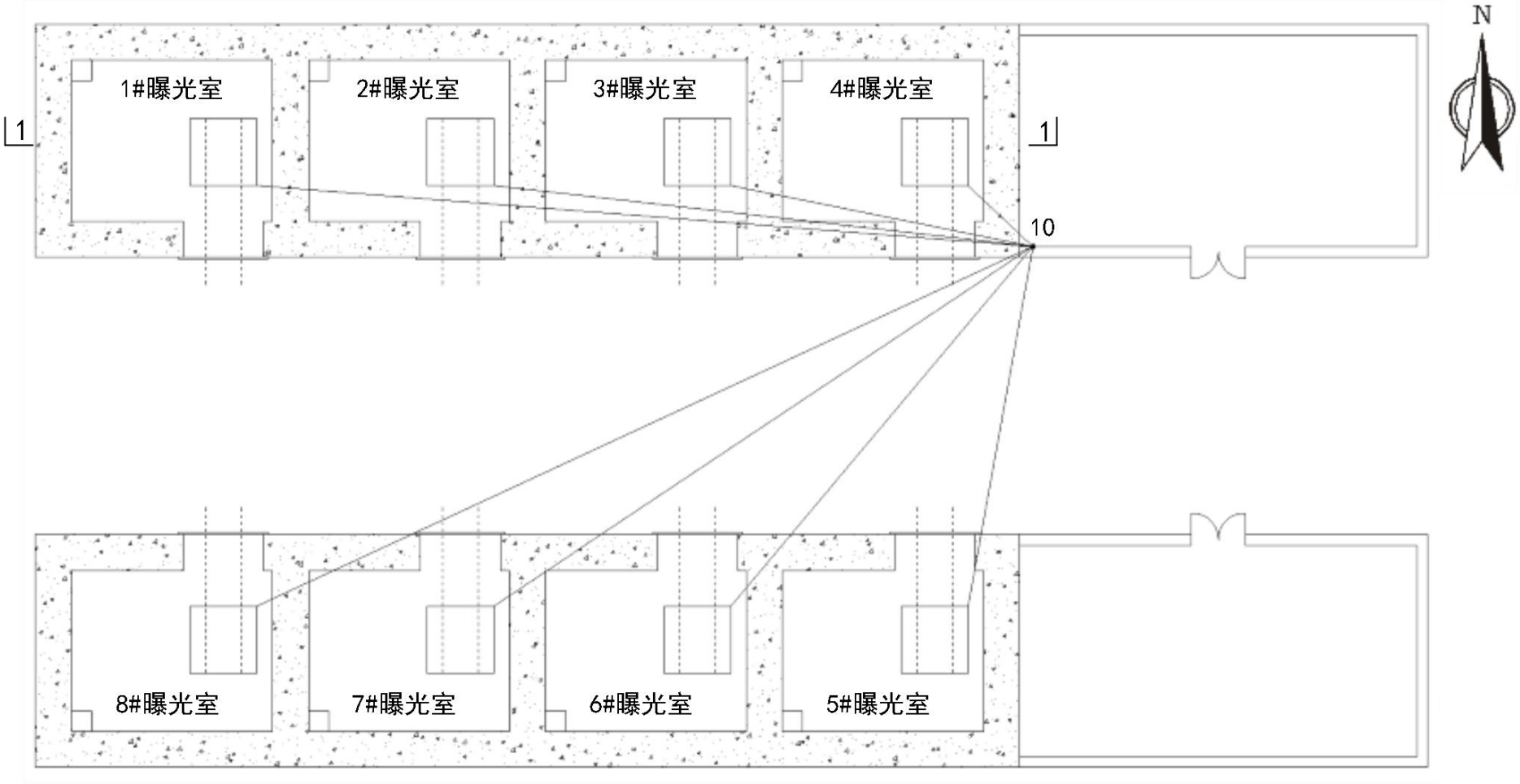
平面



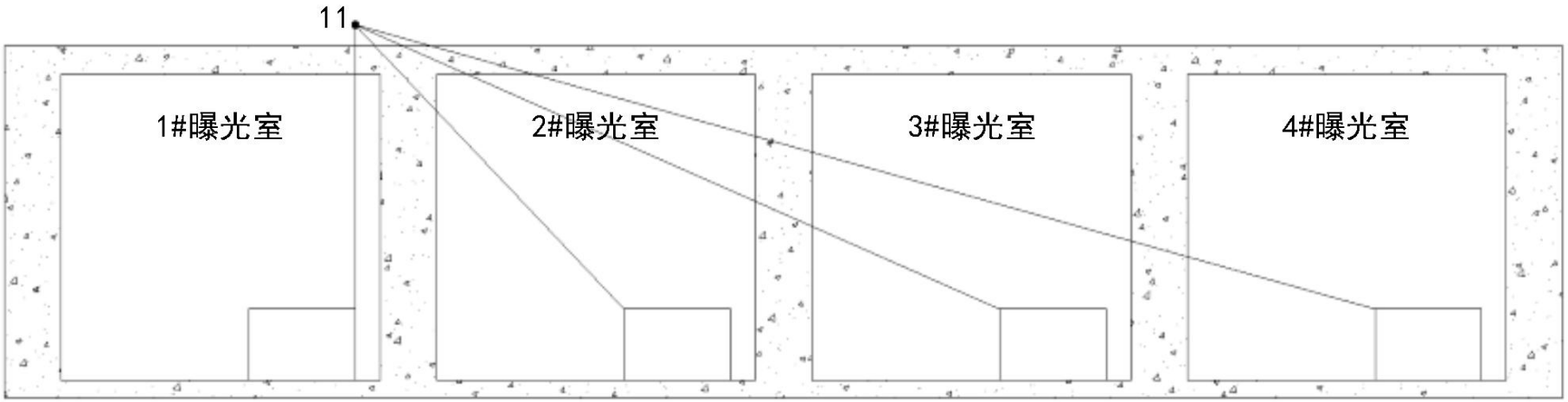
平面



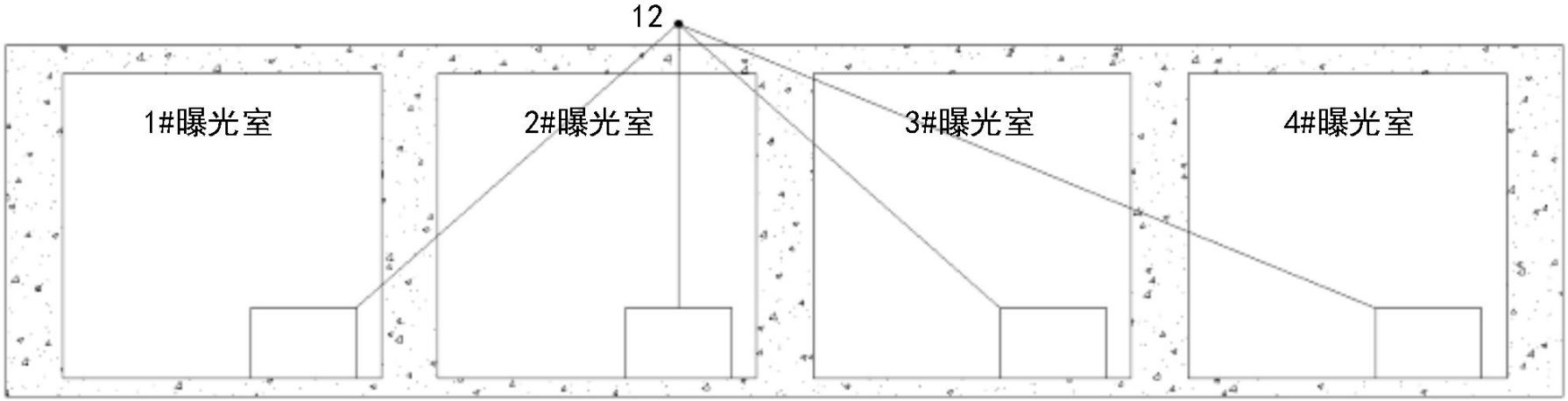
平面



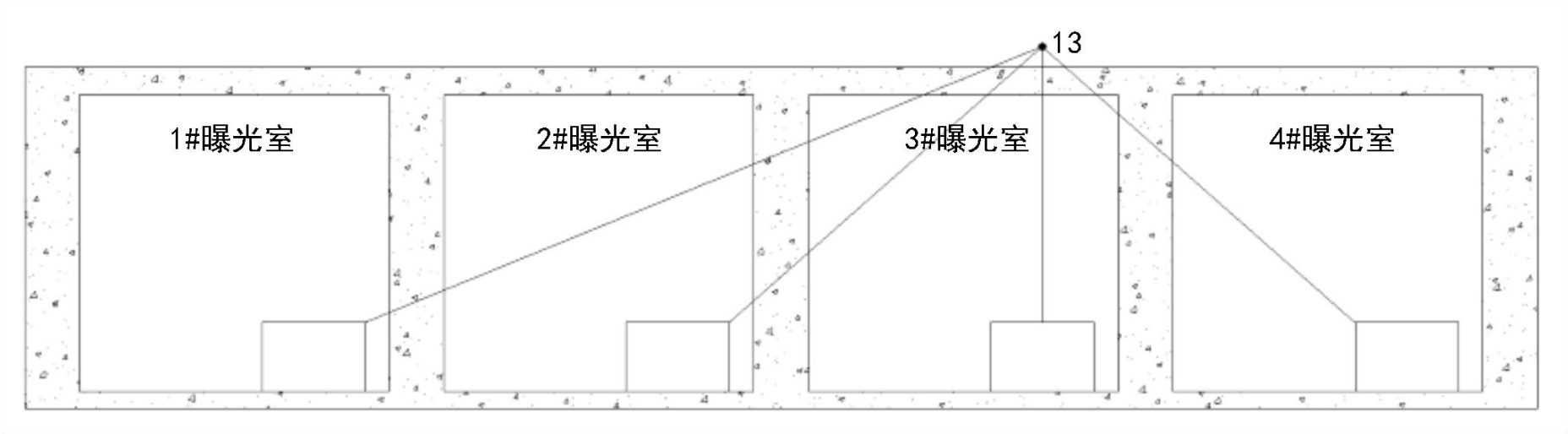
平面



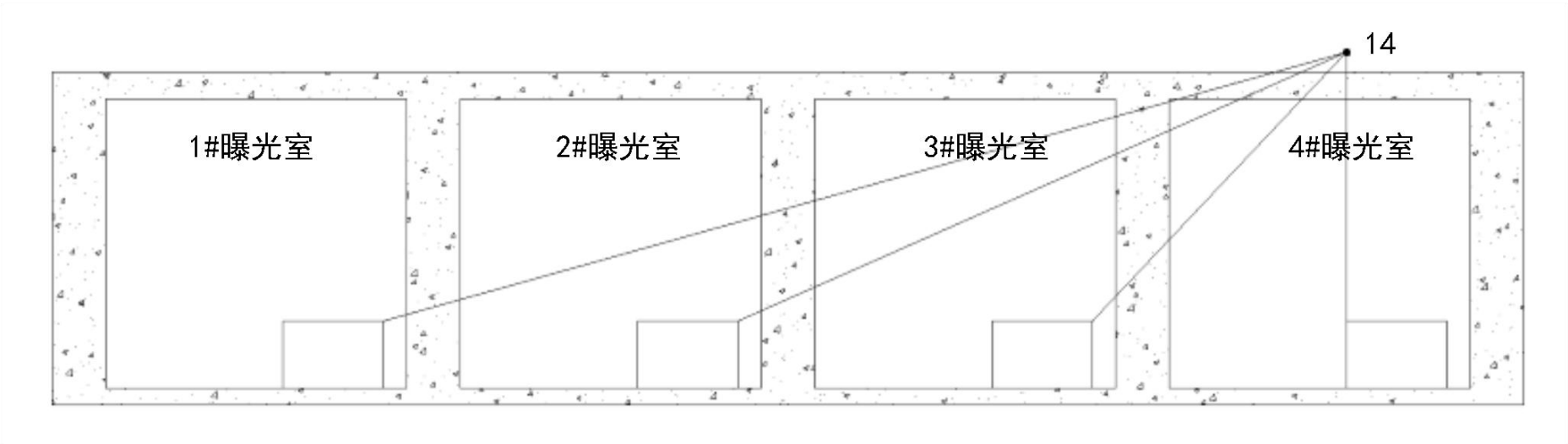
1-1 剖面



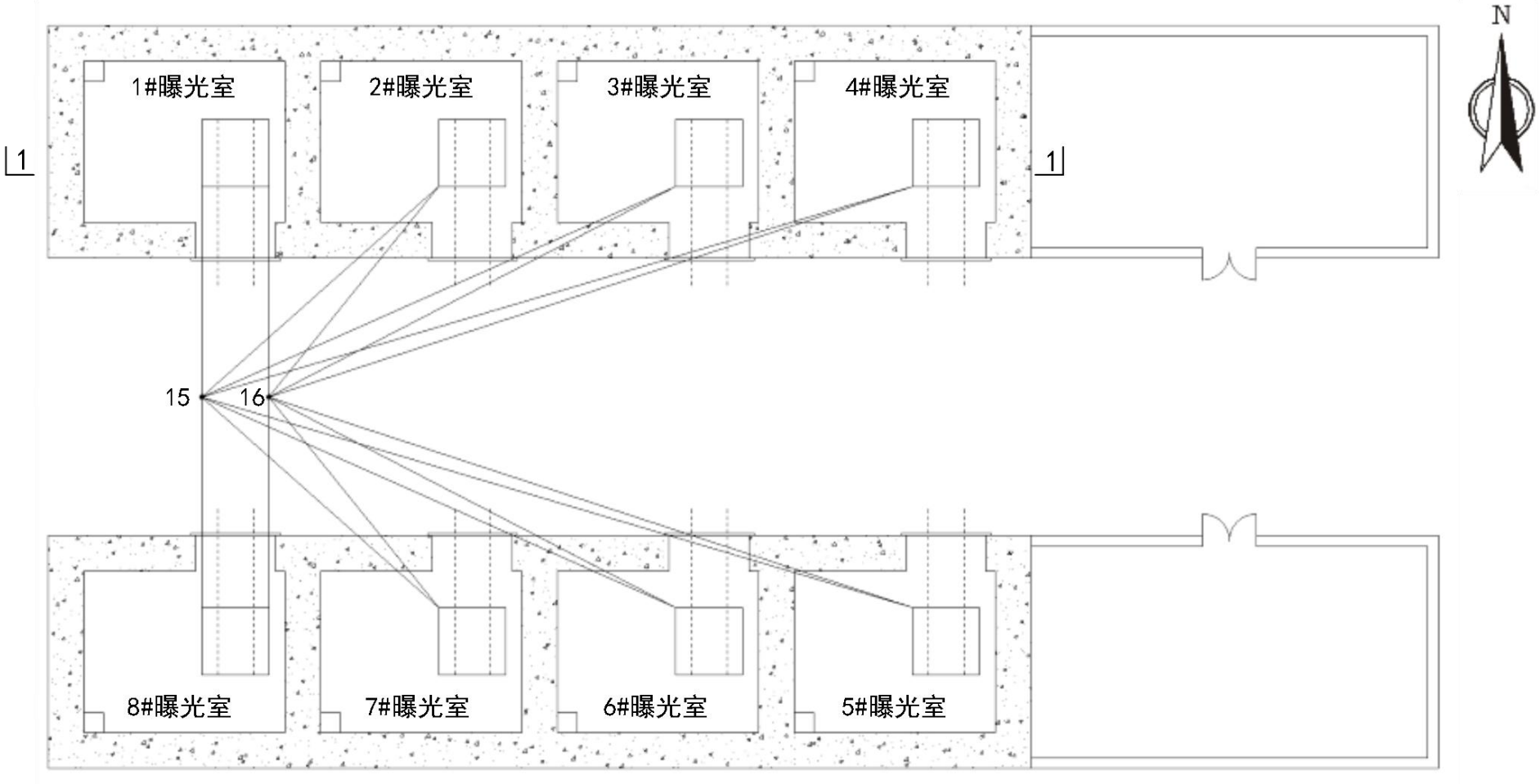
1-1 剖面



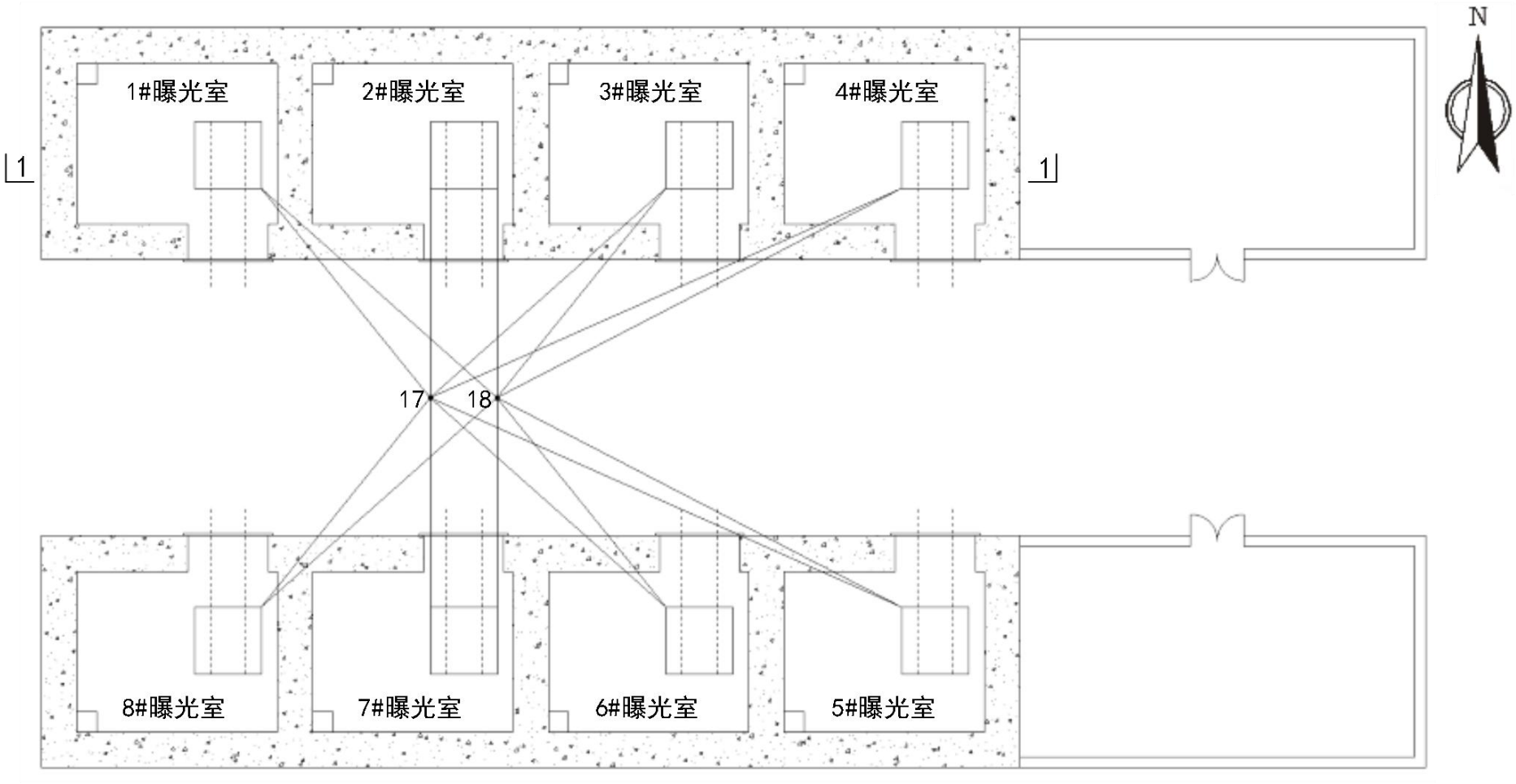
1-1 剖面



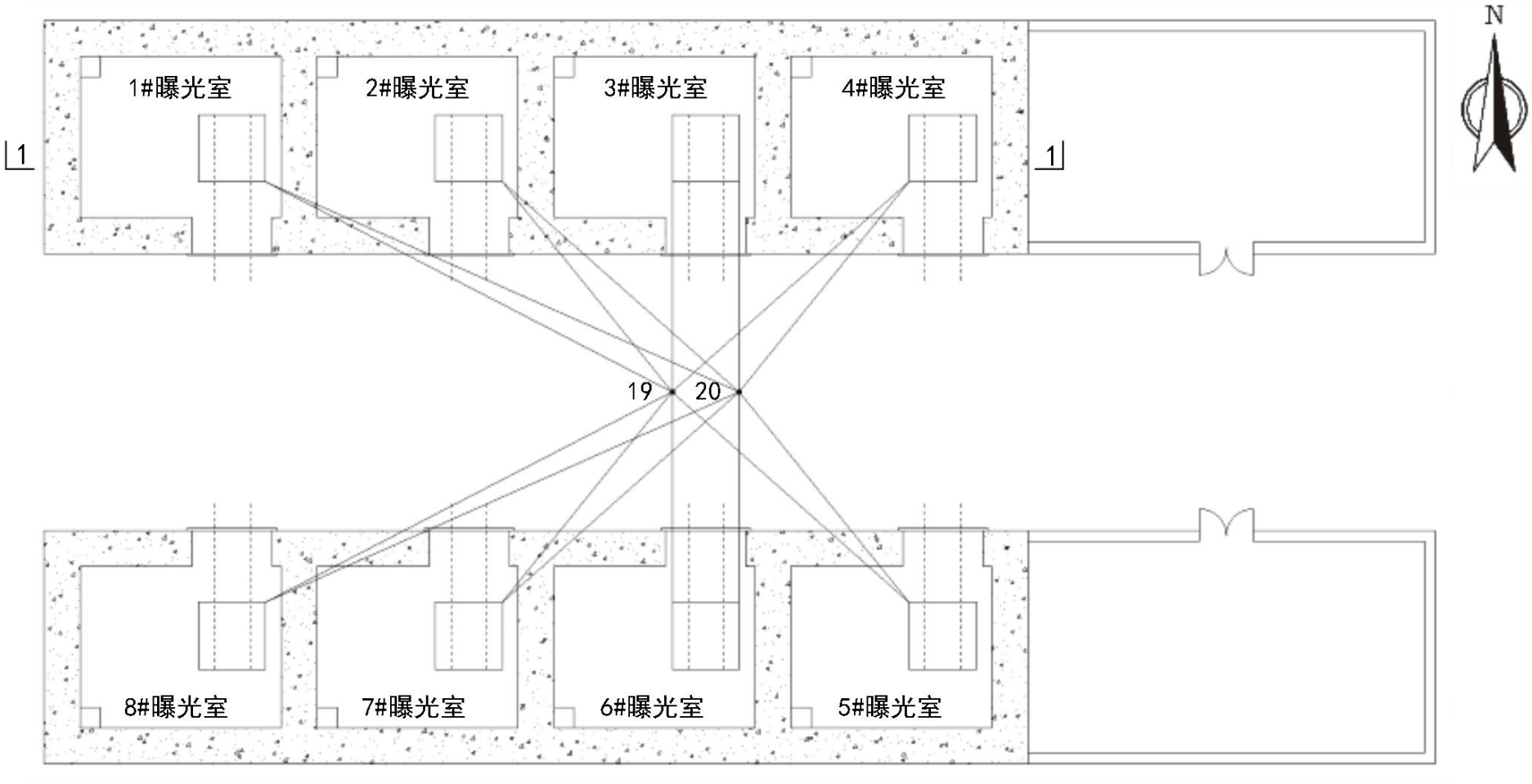
1-1 剖面



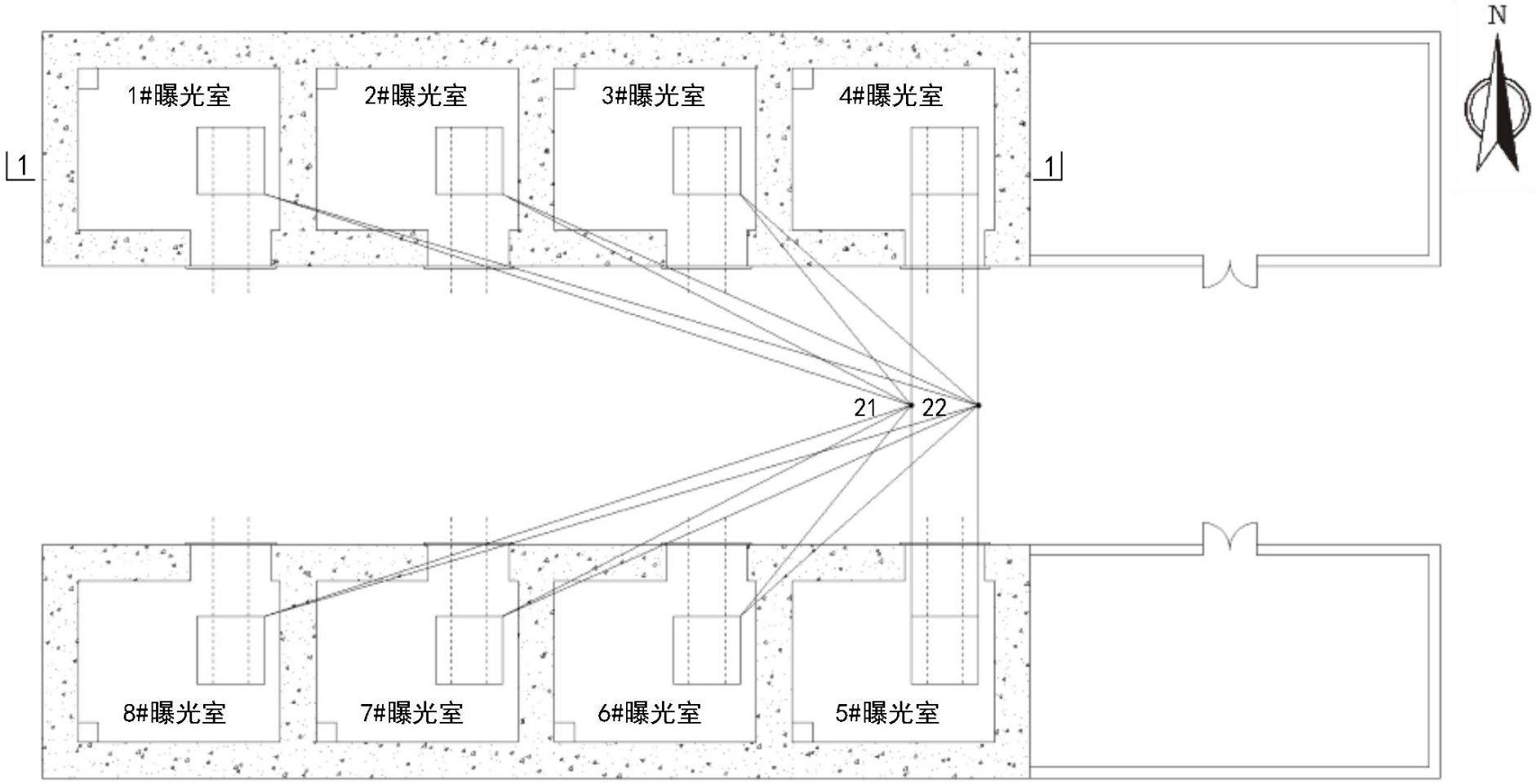
平面



平面



平面



平面

图 9-5　探伤室内部及周围预测点平面及 1-1 剖面布置示意图

12	/	10.1148	/	/	/	/	/	/	10.1148
13	/	/	10.1148	/	/	/	/	/	10.1148
14	/	/	/	10.1148	/	/	/	/	10.1148
15	0.0016	1.1×10^{-7}	/	/	/	/	1.1×10^{-7}	0.0016	0.0033
16	0.0016	5.6×10^{-6}	/	/	/	/	5.6×10^{-6}	0.0016	0.0034
17	/	0.0016	1.1×10^{-7}	/	/	1.1×10^{-7}	0.0016	/	0.0033
18	/	0.0016	5.6×10^{-6}	/	/	5.6×10^{-6}	0.0016	/	0.0034
19	/	/	0.0016	1.1×10^{-7}	1.1×10^{-7}	0.0016	/	/	0.0033
20	/	/	0.0016	5.6×10^{-6}	5.6×10^{-6}	0.0016	/	/	0.0034
21	/	/	/	0.0016	0.0016	/	/	/	0.0032
22	/	/	/	0.0016	0.0016	/	/	/	0.0032
注：”/“表示经计算剂量率小于 1×10^{-7}									

由上表可知，1#～8#曝光室内ISOVOLT TITAN 450kV型X射线探伤机同时使用时，探伤室周围及室顶外等预测点处辐射剂量率均小于相应目标控制值。

9.2.3 人员所受辐射剂量估算与评价

一、计算公式

$$H=0.7\times D\times t\times T\div 1000 \qquad (式 9-5)$$

式中：

H	人员年受照剂量，mSv/a
0.7	吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy
D	所在位置的辐射水平，μGy/h
t	年受照时间，h
T	居留因子

二、居留因子

参照《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)及其修改单选取，具体数值见表 9-11。

表 9-11　居留因子的选取

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

三、估算结果及评价

根据公司提供资料，X 射线实时成像检测系统年累计曝光时间不超过 1000h；每台 X 射

线探伤机年累计曝光时间不超过 500h，8 台 X 射线探伤机年累计总曝光时间不超过 4000h；拟为本项目配备 9 名辐射工作人员，专职从事室内(固定)无损检测。

根据式 9-5，计算得到曝光室周围驻留的辐射工作人员和公众人员年有效剂量，详见表 9-12。

表 9-12　人员年有效剂量

停留人员		最大剂量率（μSv/h）	居留因子	时间(h/a)	年最大有效剂量(mSv)
辐射工作人员	铅房	0.0576	1	1000	0.0885
	控制室	0.0173	1	4000	
探伤室周围驻留的公众人员		0.0173	1/2	4000	0.0241
铅房周围驻留的公众人员		0.7143	1/8	1000	0.0626
注：保守考虑，全年探伤作业由 1 名辐射工作人员完成； 铅房、曝光室周围驻留的公众人员所受剂量率取能靠近铅房或曝光室周围驻留区域最大剂量率					

由上表可知，辐射工作人员所受年辐射剂量最大为 0.0885mSv，满足本评价采用的辐射工作人员年剂量约束值不超过 2.0mSv 的管理要求。

铅房或曝光室周围驻留的公众人员所受年辐射剂量最大为 0.0626mSv，满足本评价采用的公众年剂量约束值不超过 0.1mSv 的管理要求。

9.2.4 非放射有害气体环境影响分析

X射线实时成像检测系统运行时产生的少量非放射性有害气体主要靠铅房自带排风扇排入航空轻质合金精密成型件车间西侧外环境、即厂内道路，人员驻留较少，同时非放射性有害气体产生量较少，对周围环境和人员影响较小。

X射线探伤机运行时产生的少量非放射性有害气体主要靠曝光室通风换气来控制，1#～8#曝光室均拟设置通风换气系统，设计通风量均为300m^3/h，曝光室容积均为69.66m^3，每小时通风换气次数均可达4.3次，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“第4.1.11款 每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求；非放射性有害气体经通风口及通风管道排入航空轻质合金精密成型件车间上方外环境，人员很少驻留；同时非放射性有害气体产生量较少，对周围环境和人员影响较小。

9.2.5 危险废物环境影响分析

拍片、洗片过程中会产生的危险废物，即废胶片、废显(定)影液，首先暂存于洗片与评片室内专用贮存容器中，每天安排专人运送到航空轻质合金精密成型件车间北侧危废间

(依托现有)内。公司将对本项目产生的危险废物实行联单管理和台账管理，定期委托具备危废运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置；也将在本项目运行后尽快与具有相应危废处置资质的单位签订危废处置协议；还将完善危废管理计划，及时报生态环境主管部门备案。总之，危险废物可以得到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

9.3 事故影响分析

9.3.1 事故风险识别

1.无损检测过程中，由于门-机联锁、工作指示灯、急停开关等失效，辐射工作人员和公众误闯或误留，使其受到不必要照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

2.辐射工作人员不遵守操作规程，违规操作，造成周围人员的照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

3.射线装置被盗或丢失，使探伤机使用不当，造成周围人员的照射，严重者可能造成辐射损伤甚至危及生命；

9.3.2 事故风险防范措施

1.制定自检制度，定期对门-机联锁、工作指示灯等进行检查和维护，以防止其失效；同时人员误留铅房或曝光室时，操作位的工作人员使用紧急停机按钮，使之停止出射线。

2.制定完善的操作规范，对辐射工作人员定期培训，使之熟练操作，严格按照操作规范操作，禁止未经过培训的操作人员操作探伤机；辐射工作人员进行探伤作业时，个人剂量剂佩戴于左胸前，携带个人剂量报警仪。

3.加强探伤机在贮存、使用的管理，防止探伤机被盗、丢失发生；一旦发生此类事件，公司应立即按规定启动本单位《辐射事故应急预案》，并及时报告当地生态环境部门、公安部门和卫生健康部门。

表 10 辐射安全管理

10.1 辐射安全管理机构设置

10.1.1 机构的设置

按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规要求，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司拟成立辐射安全管理机构，拟签订辐射安全工作责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，由辐射安全管理机构全面主持辐射安全管理工作，统一指挥射线装置运行安全的工作，负责射线装置的工作及职业工作人员的管理，组织落实辐射工作的各项管理规章制度和操作规程，防止辐射安全事故的发生。

10.1.2 辐射工作人员配备

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司拟配备9名工作人员专职从事室内(固定)无损检测工作，目前人员尚未确定，待人员确定后；公司将及时组织上述人员到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习并参加考核，考核合格后上岗；此外，还将组织本项目辐射工作人员按时进行再培训。

10.2 辐射安全管理规章制度

为认真贯彻执行国家、省和市有关规定，加强公司内部管理，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司将制定了一系列的辐射管理制度，包括：《X射线实时成像检测系统操作规程》、《X射线探伤机操作规程》、《X射线实时成像检测系统的保养与维护》、《X射线探伤机的保养与维护》、《射线装置储存管理办法》、《辐射事故应急预案》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射防护和安全保卫制度》、《辐射工作人员体检制度》、《辐射工作人员个人剂量监测管理制度》、《射线装置台帐管理制度》、《辐射环境监测方案》、《辐射人员培训计划》、《自行检查及年度监测制度》、《射线装置使用登记制度》、《危险废物管理制度》等；同时还将在项目运行后中，根据实际情况不断对上述辐射制度进行完善，以确保相关制度能够得到有效运行。

本次环评要求拟制定的规章制度中需对操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、辐射设备的使用等方面分别做出明确的要求和规定，保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全，保护环境。本项目铅房、探伤室投入使用时，应切实落实各项辐射管理规章制度。

公司须由辐射安全管理机构和辐射安全负责人宣传贯彻辐射安全的相关政策及法规，

制定合理的规章制度及防护措施，对探伤工作提出合理建议并进行监督管理，对环境风险事故处理进行指导，对辐射工作人员的工作过程进行管理。

10.3 辐射监测

10.3.1 个人剂量监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》有关要求，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司将安排专人负责个人剂量监测管理，将建立辐射工作人员个人剂量档案，拟为辐射工作人员人手配备1支个人剂量计，并委托有资质的检测机构每三个月检测一次，检测数据填入个人剂量档案。个人剂量档案内包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案终身保存。当1个季度个人剂量监测结果超过0.5mSv，应调查其原因。

10.3.2 工作场所监测计划

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司拟制定《辐射环境监测方案》，拟为铅房和探伤室各配备1台辐射巡检仪，《辐射环境监测方案》建议按照如下内容制定：

一、工作场所辐射水平监测

1.监测因子：X(γ)空气吸收剂量率。

2.监测点位：

(1)铅房、曝光室防护门外30cm离地面高度为1m处，门的左、中、右侧3个点和门缝四周；

(2)铅房、曝光室实体屏蔽层外30cm离地面高度为1m处，每个面至少测3个点；

(3)铅房、曝光室室顶外30cm处，至少测1个点；

(4)通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；

(5)人员经常活动的位置；

(6)每次探伤结束后，应监测铅房、曝光室的入口，以确保射线装置已经停止工作。

3.监测频率：

定期监测：正常情况下，每年进行1～2次辐射水平检测；

应急监测：如发现异常情况或怀疑有异常情况，应及时进行应急检测；

年度监测：每年委托有资质单位对探伤室周围的辐射剂量率进行检测，出具年度检测报告，并随年度评估报告上报生态环境部门。

二、安全联锁、警示灯等检查

铅房、曝光室门机-安全联锁、警示灯等安全措施设施，每日检查一次。

10.4 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规要求，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司拟制定《辐射事故应急预案》，一旦发生风险事件时，能迅速采取必要和有效的应急响应行动，保护工作人员、公众和环境的安全。预案应包括以下几方面内容：

一、辐射事故应急处理机构与职责

1.公司成立辐射事故(事件)应急处理领导小组，组织开展风险事件的应急处理工作。

2.明确应急处理领导小组职责：

(1)定期组织对检测探伤现场、设备和人员进行辐射防护情况自查和检测，发现事故隐患及时督导整改；

(2)发生人员受超剂量照射事故，应启动本预案；

(3)事故发生后立即组织有关部门和人员进行事故应急处理；

(4)负责向生态环境部门及卫生健康部门及时报告事故情况；

(5)负责辐射事故应急处理具体方案的研究确定和组织实施工作；

(6)人员受照时，要通过个人剂量计或其它工具、方法，迅速估算受照人员的受照剂量；

(7)负责迅速安置受照人员就医，及时控制事故影响。

二、辐射事故应急原则

1.迅速报告原则；

2.主动抢救原则；

3.生命第一的原则；

4.科学施救，控制危险源，防止事故扩大的原则；

5.保护现场，收集证据的原则。

三、辐射事故应急处理程序

1.事故发生后，当事人应立即通知同工作场所的工作人员离开，及时上报辐射事故应急处理领导小组，并在2小时内填写《辐射事故初始事故表》，及时报告生态环境部门、公

安部门和卫生健康部门；

2.应急处理领导小组召集专业人员，根据具体情况迅速制定事故处理方案；

3.事故处理必须在应急处理领导小组的领导下，在有经验的工作人员和辐射防护人员的参与下进行；

4.各种事故处理以后，必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生原因，从中吸取经验教训，采取措施防止类似事故重复发生。

总之，为减少事故发生，必须加强管理力度，提高职业人员的技术水平，严格按规范操作，认真落实应急预案，并加强设备检查和维修，减少故障发生，提高单位应急能力。

四、辐射事故应急演练

公司应结合本公司具体情况，根据辐射事故(事件)应急方案或计划定期组织不同规模的演练，对演练中暴露的问题及时进行整改，并做好演练记录，演练结束后，应及时总结评估辐射事故应急预案的可行性，必要时，对应急预案做出修改和完善。

表 11 结论与建议

11.1 结论

1.项目概述

河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司位于山东省青岛市平度市南村镇沈海高速连接线西段南侧，公司拟购置1套X射线实时成像检测系统，安装于航空轻质合金精密成型件车间内东侧中间区域，X射线实时成像检测系统自带防护单元(铅房)，无需单独建设曝光室；拟在航空轻质合金精密成型件车间东南侧建设一处探伤室(包括8座曝光室、序号依次为1#～8#，1间控制室、1间洗片与评片室)，并拟购置8台X射线探伤机；上述射线装置均用于固定(室内)场所的无损检测。X射线实时成像检测系统和X射线探伤机均属于Ⅱ类射线装置。

本项目符合“实践正当性”原则，不违背国家产业政策。

2.辐射环境现状

由现状检测结果表明：本项目区域周围环境γ空气吸收剂量率现状值处于青岛市环境天然放射性水平范围内。

3.辐射安全与防护

(1)铅房

拟对铅房及其周围区域进行分区管理，划分为控制区和监督区。

铅房内径尺寸(长×宽×高)：4.0m×3.0m×3.0m，北面：3mm钢板+55mm铅板+1.5mm冷轧板，东、南、西面：3mm钢板+40mm铅板+1.5mm冷轧板。拟于铅房西侧设置1个下沉式电动推拉防护门，由2mm钢板+40mm铅板+2mm冷轧板组成。

铅房拟设置门-机联锁装置；防护门上拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明，拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，其中工作状态指示灯与X射线探伤机联锁。铅房内拟设置4处紧急停机按钮，操作位拟设置1处紧急停机按钮，并标明使用方法。拟于顶面东南角设置1处通风口，内置排风扇、设计通风量为660m^3/h；通风口外侧拟设置L型铅钢防护罩、防护效果不小于35mmPb。铅房电缆孔采用L型铅钢防护罩，拟配备1台辐射环境检测仪。

(2)探伤室

探伤室由1#～8#曝光室、控制室、洗片与评片室组成，拟对其进行分区管理，划分为

控制区和监督区。

1#～8#曝光室四周墙体均为800mm混凝土，室顶均为400mm混凝土；每个曝光室设置1个下沉式电动推拉防护门，铅钢复合结构、防护能力为50mmPb。

1#～8#曝光室均拟设置门-机联锁装置；防护门上拟设置电离辐射警告标识和中文警示说明，拟设置显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，其中工作状态指示灯与X射线探伤机联锁。1#～8#曝光室内均拟设置3处紧急停机按钮，控制室内操作位拟设置1处紧急停机按钮，并标明使用方法。1#～8#曝光室均拟设置通风换气系统，设计通风量均为300m^3/h；通风口外侧均拟设置防护能力不小于35mm铅防护罩。设备管线采用U型管道穿墙，拟配备1台辐射环境检测仪。

4.环境影响分析

经估算，探伤设备进行探伤作业时，铅房和曝光室四周屏蔽层、防护门和通风口外辐射剂量率均低于2.5μSv/h的剂量率参考控制水平，室顶(顶面)外30cm处的辐射剂量率低于100μSv/h的剂量率参考控制水平。

辐射工作人员、铅房或曝光室周围驻留的公众人员所受年辐射剂量均满足本评价采用的辐射工作人员及公众年剂量约束值分别不超过2.0mSv和0.1mSv的管理要求。

X射线实时成像检测系统运行时产生的少量非放射性有害气体主要靠铅房自带排风扇排入航空轻质合金精密成型件车间西侧外环境、即厂内道路，人员驻留较少，同时非放射性有害气体产生量较少，对周围环境和人员影响较小。X射线探伤机运行时产生的少量非放射性有害气体主要靠曝光室通风换气来控制，1#～8#曝光室均拟设置通风换气系统，每小时通风换气次数均可达4.3次，能够满足《工业X射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)中“第4.1.11款 每小时有效通风换气次数应不小于3次”的要求；非放射性有害气体经通风口及通风管道排入航空轻质合金精密成型件车间上方外环境，人员很少驻留；同时非放射性有害气体产生量较少，对周围环境和人员影响较小。

拍片、洗片过程中会产生的危险废物，即废胶片、废显(定)影液，将暂存于航空轻质合金精密成型件车间北侧危废间(依托现有)内专用贮存容器中。公司将对本项目产生的危险废物实行联单管理和台账管理，定期委托具备危废运输资质的单位运输至有相应危废处置资质的单位处置；也将在本项目运行后尽快与具有相应危废处置资质的单位签订危废处置协议；还将完善危废管理计划，及时报生态环境主管部门备案。总之，危险废物可以得

到妥善处置，不会对周围环境造成影响。

5.辐射安全管理

公司拟设立辐射安全管理机构，拟签订辐射安全工作责任书，法人代表为辐射安全工作第一责任人，拟制定各类辐射安全管理规章制度。在运行过程中，须将各项安全防护措施落实到位，在此条件下，可以确保工作人员、公众的安全，并有效应对可能的突发事故(事件)。

公司拟配备9名辐射工作人员，专职进行室内探伤作业，待人员确定后；公司将及时组织上述人员到国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习并参加考核，考核合格后上岗；此外，还将组织本项目辐射工作人员按时进行再培训。

公司拟为每位辐射工作人员配置个人剂量计1支(由个人剂量检测单位配发)，拟配备9台个人剂量报警仪。

本项目设施较为简单，环境风险因素单一，在根据本次评价要求进一步完善各项风险防范措施的条件下，环境风险是可控的。

综上所述，河北钢研德凯科技有限公司青岛分公司工业X射线固定探伤应用项目，在切实落实报告中提出的辐射管理、辐射防护等各项措施，严格执行相关法律法规、标准规范等文件，严格落实各项辐射安全管理、防护措施的前提下，该项目对辐射工作人员和公众人员是安全的，对周围环境产生的辐射影响较小，不会引起周围辐射水平的明显变化。因此，从环境保护角度分析，项目建设是可行的。

11.2 建议和承诺

一、建议

建议公司加强对辐射工作人员的辐射防护知识宣传教育，使其熟知防护知识，能合理的应用“距离、时间、屏蔽”的防护措施，使公众人员和自身所受到的照射降到“可合理达到的尽量低水平”。

二、承诺

1.项目环境影响评价文件取得环评批复后，公司将及时向生态环境部门申领辐射安全许可证；

按照环境影响评价文件及审批文件要求同步进行主体工程和环保设施的建设，落实各项环保措施和辐射环境管理措施。

项目建成后，公司将按最新环保管理要求开展竣工环境保护验收。

2.公司将加强探伤设备的安全管理工作，严格落实探伤设备使用登记制度，建立使用台账；做好探伤设备的安全保卫工作，防止丢失或被盗。

按照相关规定划定控制区和监督区，各区严格按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求进行管理。

3.公司将及时组织辐射工作人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台网上培训，考核合格后上岗。建立健全辐射防护工作档案，对工作人员的辐射防护培训、个人剂量检测、健康查体和辐射防护检测等资料要分开保管并长期保存。

4.公司将对辐射工作人员参与探伤的时间和次数进行记录。安排专人负责个人剂量监测管理，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。

5.加强对废显(定)影液和废胶片等危险废物的日常管理，暂存在耐腐蚀的专用容器内；建立管理台帐，严控环境风险。结合公司其他项目产生的危险废物等情况，根据《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2001)建设专用贮存仓库，包装物粘贴危险废物警示标识，暂存场所外设置危险废物警示标志。

6.严格执行监测计划，发现问题及时处理。

7.根据辐射建设项目实际情况，编制辐射事故应急预案并到生态环境部门备案；按照辐射事故应急方案和报告制度，根据各类可能出现辐射事故的情形编制应急演练脚本，定期开展应急演练，分析、总结存在的问题，并不断完善应急预案。

表 12 审批

下一级生态环境部门意见 经办人　　公　章 年　　月　　日
审批意见 经办人　　公　章 年　　月　　日