核技术利用建设项目

浙江杭锅能源装备有限公司
X 射线室内探伤与现场探伤建设项目
环境影响报告表
（公示稿）

浙江杭锅能源装备有限公司

2023 年 1 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

浙江杭锅能源装备有限公司
X 射线室内探伤与现场探伤建设项目
环境影响报告表

建设单位名称：浙江杭锅能源装备有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：王峻

通讯地址：浙江省湖州市德清县阜溪街道双山路 136 号 7 幢 304 室(莫干山国家高新区)

邮政编码：313205　　联系人：

电子邮箱：/　　联系电话：

目　录

表 1　项目基本情况 1
表 2　放射源 8
表 3　非密封放射性物质 8
表 4　射线装置 9
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物） 10
表 6　评价依据 11
表 7　保护目标与评价标准 13
表 8　环境质量和辐射现状 21
表 9　项目工程分析与源项 25
表 10　辐射安全与防护 35
表 11　环境影响分析 53
表 12　辐射安全管理 73
表 13　结论与建议 79
表 14　审批 84

附图：

附图 1 项目地理位置示意图

附图 2 公司总平面布置及项目周围环境示意图

附图 3 项目周围环境实景图

附图 4 探伤室平面布置及两区划分图（红色为控制区、黄色为监督区）

附图 5 X 射线数字成像系统平面布置及两区划分图（红色为控制区、黄色为监督区）

附图 6 管屏 DR 数字成像系统平面布置及两区划分图（红色为控制区、黄色为监督区）

附图 7 本项目现场探伤控两区划分示意图（红色为控制区、黄色为监督区）

附图 8 探伤室安全设施布置图

附图 9 X 射线数字成像系统安全设施布置图

附图 10 管屏 DR 数字成像系统安全设施布置图

附图 11 现场探伤工作场所安全设施布置图

附图 12 德清县环境管控单元分类图

附图 13 湖州市生态保护红线分布图

附件：

附件 1 环评委托书

附件 2 营业执照

附件 3 不动产权证

附件 4 浙江省企业投资项目备案（赋码）信息表

附件 5 主体工程环评批复

附件 6 危废处置协议

附件 7 辐射本底监测报告及检测资质

附件 8 专家函审意见及修改清单

表 1　项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">浙江杭锅能源装备有限公司 X 射线室内探伤与现场探伤建设项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">浙江杭锅能源装备有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td></td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">浙江省湖州市德清县阜溪街道双山路 136 号 7 幢 304 室(莫干山国家高新区)</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">德清县湖州莫干山高新技术产业开发区管理委员会</td><td>批准文号</td><td colspan="3">2012-330521-07-01-978034</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>5000</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>500</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td colspan="2">10%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">■新建　□改建　□ 扩建　□其他</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="5">□I类　□II类　□III类　□IV类　□V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□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="5">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="5">□乙　　□丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="5">□II类　□III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="5">□II类　□III类</td></tr>
<tr><td>■使用</td><td colspan="5">■II类　□III类</td></tr>
<tr><td>其他</td><td colspan="6">/</td></tr>
</table>

1.1 项目概述

1.1.1 建设单位简介

浙江杭锅能源装备有限公司（以下简称“公司”，统一社会信用代码为：91330521MA2D4UQU78），注册地址位于浙江省湖州市德清县阜溪街道双山路 136 号 7 幢 304 室(莫干山国家高新区)。公司成立于 2020 年 09 月 16 日，是一家专业从事特种设备制造、特种设备安装改造修理和通用设备制造的有限责任公司。

浙江杭锅能源装备有限公司选址于湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西，新增用地 103 亩，新增建筑面积 254129 平方米，总投资 65000 万元，建设 2 间生产厂房、1 间宿舍楼和 1 间员工食堂。计划建设新型焊接生产线，实施年产 10000m^2 堆焊加工；建设年产

200 套容器汽包生产线、年产 3000 只的集箱生产线、年产 1.5 万平的膜流生产线、年产 100 万米的蛇形管生产线和年产 600 只的管箱模块生产线等加工流水线，形成年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备的生产能力。项目已获得德清县湖州莫干山高新技术产业开发区管理委员会出具的项目备案（赋码）信息表，项目代码为：2012-330521-07-01-978034；《浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表》于 2021 年 4 月 2 日获得湖州市生态环境局的环评批复：湖德环建[2021]53 号。该项目正在建设中，公司不动产权证见附件 3。

1.1.2 项目任务由来

本项目为《浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目》的配套辐射环评项目，对公司自生产的锅炉、集箱、管屏与蛇形管等产品进行无损探伤检测工作。

经与建设单位核实，确定公司 5 年内的辐射活动规模为：拟在生产厂房三西侧区域新建 1 间锅筒探伤室与 1 间集箱/管道探伤室及控制室等配套房间，锅筒探伤室新增 2 台 350kV 的定向 X 射线探伤机与 1 台 350kV 的周向 X 射线探伤机，集箱/管道探伤室新增 2 台 280kV 的定向 X 射线探伤机、2 台 350kV 的定向 X 射线探伤机与 1 台 350kV 的周向 X 射线探伤机，分别对锅筒与集箱/管道进行无损探伤；拟在生产厂房三北侧区域新增 1 台 225kV 的 X 射线数字成像系统和 1 台 225kV 的管屏 DR 数字成像系统，分别对蛇形管和管屏焊缝进行无损探伤；拟在生产厂房三中间区域新增 1 处现场探伤区域，新增 4 台 280kV 的定向 X 射线探伤机，主要对移动性差的长管件及组件进行车间现场无损探伤。

根据原环境保护部、国家卫生计生委公告2017年第66号《关于发布射线装置分类的公告》，本项目X射线探伤机与X射线数字成像系统归入到“工业用X射线探伤装置”的范畴，属于II类射线装置。对照中华人民共和国生态环境部令第16号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，本项目属于五十五、核与辐射：172、核技术利用建设项目。本次评价内容为使用II类射线装置，应编制辐射环境影响报告表，并在环评批复后及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

为保护环境，保障公众健康，浙江杭锅能源装备有限公司委托杭州卫康环保科技有限公司对本项目进行辐射环境影响评价，环评委托书见附件1。评价单位接受委托后，通过现场踏勘、收集有关资料等工作，结合本项目特点，依据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环

境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关要求，编制完成了本项目的环境影响报告表。

1.1.3 项目建设内容与规模

（1）X射线探伤室建设内容与规模

公司拟在生产厂房三西侧区域新建X射线室内探伤工作场所，含1间锅筒探伤室与1间集箱/管道探伤室及1间共用控制室、1间暗室、1间干片室、1间评片室、1间焊接实验室等配套房间；锅筒探伤室新增3台X射线探伤机（2台定向X射线探伤机，型号未定，最大管电压为350kV、最大管电流为5mA；1台周向X射线探伤机，型号未定，最大管电压为350kV、最大管电流为5mA；均属于II类射线装置）对锅筒进行无损探伤；集箱/管道探伤室新增5台X射线探伤机（2台定向X射线探伤机，型号未定，最大管电压为280kV、最大管电流为5mA；2台定向X射线探伤机，型号未定，最大管电压为350kV、最大管电流为5mA；1台周向X射线探伤机，型号未定，最大管电压为350kV、最大管电流为5mA；均属于II类射线装置）对集箱与管道进行无损探伤。本项目探伤室射线装置配置一览表见表1-1。

表1-1　本项目探伤室射线装置配置一览表

工作场所	设备名称	类别	规格型号	数量	最大管电压/管电流	无损探伤工件类型
锅筒探伤室	X射线探伤机（定向）	II类	待定	2台	350kV，5mA	锅筒
	X射线探伤机（周向）	II类	待定	1台	350kV，5mA	
集箱/管道探伤室	X射线探伤机（定向）	II类	待定	2台	280kV，5mA	集箱与管道
	X射线探伤机（定向）	II类	待定	2台	350kV，5mA	
	X射线探伤机（周向）	II类	待定	1台	350kV，5mA	
注：1、周向机射线主射方向为南，北，顶棚和地坪垂直周向；定向机主射方向为南。 2、同一探伤室内不存在2台及2台以上X射线探伤机同时出束的情形。						

（2）X射线数字成像系统建设内容与规模

公司拟在生产厂房三北侧区域新建1个X射线数字成像系统工作场所与1个管屏DR数字成像系统工作场所。X射线数字成像系统工作场所由铅房、X射线数字成像系统与操作台等组成，工作场所边界由10m×9m的铁网栅栏围成。工作场所新增1套UND225型X射线数字成像系统（内含射线机型号未定，最大管电压为225kV，最大管电流为8mA，属II类射线装置），主要对蛇形管进行无损探伤；管屏DR数字成像系统工作场所由铅房、进料区、出料区与控制室等组成，工作场所1套ZXFlasee B-GP型管屏DR数字成像系统（含1台PTS320型管屏DRX射线机，最大管电压为225kV，最大管电流为25mA，属II类射线装置），主要对管屏焊缝进行无损探伤。本项目X射线数字成像系统配置一览表见表1-2。

表1-2　本项目X射线数字成像系统配置一览表

射线装置名称	类别	规格型号	数量	最大管电压/管电流	出束类型	无损探伤工件类型
X射线数字成像系统	II	UND225	1	225kV，8mA	定向，主射朝东	蛇形管件
管屏DR数字成像系统	II	ZXFlasee B-GP 225PT	1	225kV，25mA	定向，主射朝下	管屏焊缝

（3）现场探伤建设内容与规模

因检测大型工件的需要，公司计划新购4台X射线探伤机，拟在生产厂房三中部的划定区域（长100m、宽27m）内开展现场探伤作业，现场探伤作业的X射线探伤机贮存间位于集箱/管道探伤室的西侧，同时依托于探伤室的暗室和评片室开展探伤洗片和阅片工作。本项目现场探伤射线装置配置一览表见表1-3。

表1-3　本项目现场探伤射线装置配置一览表

序号	设备名称	类别	数量	型号	最大管电压/管电流	出束类型	备注
1	X射线探伤机	II类	4台	待定	250kV、5mA	定向，主射朝上	现场探伤
注：现场探伤过程中，同一作业地点不存在两台及两台以上X射线探伤机同时出束的情况。							

公司生产的产品包含锅筒、集箱、管屏、蛇形管件以及大型工件与管件，本项目针对不同的产品的特点和尺寸，分别设立了锅筒探伤室、集箱/管道探伤室、管屏DR数字成像系统、X射线数字成像系统以及现场探伤区域等辐射工作场所，分别从时间或空间上合理地安排各产品的无损探伤作业。

1.1.4 劳动定员及工作负荷

（1）劳动定员

本项目拟新增配备辐射工作人员 22 人，均为新增辐射工作人员。其中探伤室配备 8 人（每间探伤室配备 4 人，分为 2 组轮班），X 射线数字成像系统配备 4 人（分为 2 组轮班），管屏 DR 数字成像系统配备 4 人（分为 2 组轮班），现场探伤配备 6 人（每个工作组 3 人，分为 2 个工作组轮班）。公司辐射工作人员不承担检修工作，且不兼职其他辐射工作岗位；设备检修均由设备生产厂家承担。

（2）工作负荷

本项目各辐射工作场所的工作负荷情况见表1-4。

表1-4　本项目各辐射工作场所的工作负荷情况

工作场所	工作时间	年拍片张数/年探伤工件数	单次拍片出束时间	工作场所年出束总时间	单班辐射工作人年出束总时间
锅筒探伤室	每天工作12小时（8:00~20:00，两班轮换，每班工作6小时），每年工作300天	30000张	3min	1500h	750h
集箱/管道探伤室		30000张	3min	1500h	750h
X射线数字成像系统		30000个	3min	1500h	750h
管屏DR数字成像系统		30000个	3min	1500h	750h
现场探伤工作场所	单班工作8小时（22:00~6:00）,2个工作组轮换，每年工作300天	20000张	3min	1000h	500h

1.2 项目选址及周边环境保护目标

1.2.1 公司地理位置及外环境

浙江杭锅能源装备有限公司位于湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西，地理位置见附图 1。公司东侧为秋北路，隔路为德清县银苑化工有限公司在建厂房，南侧为阜溪支流，西侧为现状空地（规划工业用地），北侧为浙江西子新能源有限公司规划工业用地，周围环境情况见附图 2，周围环境实景见附图 3。

1.2.2 项目地理位置及周边环境

本项目 2 间探伤室拟建于生产厂房三（单层建筑，无地下层）西侧区域，探伤室东侧紧邻为过道与工件轨道区域，东侧 16m 为集箱管存放区域与周转区；探伤室南侧紧邻为过道，南侧 9m 为工件轨道区域、空压站、风机房等，南侧 34m 为板材存放区域；探伤室西侧紧邻为焊接实验室、X 射线探伤机贮存间、控制室、暗室、干片室与评片室，西侧 7m 为厂区道路，西侧 38m 为现状空地（规划工业用地）；探伤室北侧 12m 为机加工区域，北侧 36m 为管子存放区域；探伤室上层为无人可到达平台，无地下层。

本项目 X 射线数字成像系统拟建于生产厂房三北侧区域，铅房东侧 2m 为焊接区域，东侧 34m 为管子存放区；南侧 9m 为焊接区域，南侧 34m 为管屏校正区域；西侧 2m 为操作位，西南侧 25m 为管屏 DR 数字成像系统，西侧 8m 为焊工区域，西侧 35m 为机加工区域；北侧 1m 为厂内道路，北侧 8m 为生产厂房二。

本项目管屏 DR 数字成像系统拟建于生产厂房三北侧区域，铅房东侧 16m 为焊接区域，东北侧 40m 为 X 射线数字成像系统；南侧 1.5m 为控制室，南侧 6m 为焊接区域，南侧 16m 为集装车间（现场探伤区域）；西侧 15m 为试压区域；北侧 10m 为机加工区域，北侧 20m 为厂内道路，北侧 28m 为生产厂房二。

本项目现场探伤区域拟建于生产厂房三中部区域集装车间内，现场探伤区域四周紧邻为生

产厂房三车间内部，东侧 66m 为厂内道路，东侧 90m 为员工宿舍、员工食堂与活动中心，东侧 135m 为东厂界；南侧 75m、93m 分别为厂内道路与拟建垃圾房、丙烷站等，南侧 103m 为南厂界；西侧 81m 为厂内道路，西侧 103m 为西厂界；北侧 36m、44m 分别为厂内道路与生产厂房二，北侧 130m 为北厂界。

1.2.3 本项目现场探伤区域辅助用房

本项目现场探伤设备贮存间位于集箱/管道探伤室西侧，面积约18m^2，实行双人双锁并专人负责，具体位置见附图4。该贮存间仅为探伤设备的临时贮存，不涉及射线装置的使用、调试及检修工作。同时，X射线探伤机不开机状态下，对周围环境不会产生辐射影响。因此，设备贮存间的位置合理可行。现场探伤的暗室、阅片室依托于2间探伤室西侧的暗室、阅片室，现场探伤的危废暂存库位于生产厂房三南侧，面积约27m^2，具体位置见附图4。

1.2.4 环境保护目标

本项目环境保护目标为本项目辐射工作人员、公司其他工作人员和公众人员。

1.2.5 选址合理性分析

本项目评价范围主要为公司内部生产车间、厂内道路、员工宿舍、员工食堂与活动中心等，无居民点和学校等环境敏感点。同时，本项目现场探伤工作时间段一般为夜间，公司生产车间和室内探伤均夜间不工作，符合控制区和监督区的划分原则。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取辐射防护屏蔽和安全管理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。同时本项目用地性质属于工业用地（见附件3），周围无环境制约因素。

因此，本项目选址是合理可行的。

1.3 相关规划符合性分析

1.3.1 用地规划符合性分析

本项目位于位于湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西，根据建设单位提供的场所证明文件（不动产权证见附件3），项目用地性质为工业用地，且周围无环境制约因素，符合土地利用规划。

1.3.2“三线一单”符合性分析

本项目位于 ZH33052120006 湖州市德清县阜溪街道产业集聚重点管控单元。本项目“三线一单”符合性分析已在《浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表》进行了详细分析，本项目的建设符合“三线一单”的要求。

1.4 产业政策符合性分析

本项目属于核技术在工业领域内的运用，根据国家发展和改革委员会第49号令《关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

1.5实践正当性分析

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中4.3“辐射防护要求”，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行质检服务，以提高公司生产水平和确保产品的质量，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射屏蔽防护和安全管理后，其探伤装置运行所致辐射工作人员和周围公众成员的辐射剂量符合年剂量约束值的要求，也符合《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。因而，只要按规范操作，该公司使用探伤装置是符合辐射防护“实践的正当性”原则的。因此，本项目使用探伤装置是正当可行的。

1.6 原有核技术利用项目许可情况

浙江杭锅能源装备有限公司无现有核技术利用项目，目前没有取得辐射安全许可证。

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
本项目不涉及								

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
本项目不涉及										

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
本项目不涉及										

（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	X 射线探伤机（定向机）	II类	2 台	待定	350	5	无损探伤	生产厂房三锅筒探伤室	拟购，本次评价
2	X 射线探伤机（周向机）	II类	1 台	待定	350	5	无损探伤		拟购，本次评价
3	X 射线探伤机（定向机）	II类	2 台	待定	280	5	无损探伤	生产厂房三 集箱/管道探伤室	拟购，本次评价
4	X 射线探伤机（定向机）	II类	2 台	待定	350	5	无损探伤		拟购，本次评价
5	X 射线探伤机（周向机）	II类	1 台	待定	350	5	无损探伤		拟购，本次评价
6	X 射线探伤机（定向机）	II类	4 台	待定	250	5	无损探伤	生产厂房三 指定现场探伤区域	拟购，本次评价
7	X 射线数字成像系统	II类	1 台	UND225	225	8	无损探伤	生产厂房三膜式壁车间	拟购，本次评价
8	管屏 DR 数字成像系统	II类	1 台	ZXFlasee B-GP 225PT	225	25	无损探伤		拟购，本次评价

（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	
本项目不涉及													

表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和臭氧化物	气态	/	/	/	少量	少量	不暂存	直接排入大气，臭氧在常温常压下可自行分解为氧气
废显（定）影液	液态	/	/	/	约 1600kg	/	集中存放于危废暂存间	定期委托有资质的单位处理处置
废胶片	固态	/	/	/	约 24kg	/		

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

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

表 6　评价依据

法律文件	（1）《中华人民共和国环境保护法（2014 年修订）》，主席令第九号，2015 年 1 月 1 日起施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法（2018 年修订）》，主席令第二十四号，2018 年 12 月 29 日起施行； （3）《中华人民共和国固体废物污染环境防治法（2020年修订）》，主席令第四十三号，2020 年9 月1 日起施行； （4）《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令第六号，2003 年 10 月 1 日起施行； （5）《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行； （6）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行； （9）《关于发布射线装置分类的公告》，原环境保护部、国家卫生计生委公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行； （10）《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》，环发〔2006〕145 号，原国家环境保护总局，2006 年 9 月 26 日起施行； （11）《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日印发； （12）《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （13）《国家危险废物名录（2021 年版）》，生态环境部令第 15 号，2021 年 1 月 1 日起施行； （14）《关于发布<建设项目危险废物环境影响评价指南>的公告》，原环境保护部公告 2017 年第 43 号，2017 年 9 月 1 日印发； （15）《建设项目环境影响报告书（表）》编制监督管理办法》，生态环境部令第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；

	（16）《浙江省建设项目环境保护管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第388 号，2021 年 2 月 10 日起施行； （17）《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》，浙江省人民政府令第 388 号，2021 年 2 月 10 日起施行； （18）关于发布《省环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2015 年本）》及《设区市环境保护主管部门负责审批环境影响评价文件的重污染、高环境风险以及严重影响生态的建设项目清单（2015 年本）》的通知，浙环发〔2015〕38 号，原浙江省环境保护厅，2015 年 10 月 23 日起施行； （19）关于发布《省生态环境主管部门负责审批环境影响评价文件的建设项目清单（2019 年本）》的通知，浙环发〔2019〕22 号，浙江省生态环境厅，2019 年 12 月 20 日起施行。
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》（HJ 10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）； （3）《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）； （4）《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及第1号修改单； （5）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）； （6）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； （7）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； （8）《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB 8999-2021）； （9）《辐射事故应急监测技术规范》（HJ 1155-2020）； （10）《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001）及2013年修改单； （11）《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）及第1号修改单。
其他	（1）《辐射防护导论》，方杰主编； （2）公司提供的其他与工程建设有关的技术资料。

表 7　保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的规定，并结合本项目的实际情况，本项目评价范围为：探伤室实体边界 50m 区域、X 射线数字成像系统铅房边界 50m 区域、管屏 DR 数字成像系统铅房边界 50m 区域与现场探伤区域边界 100m 区域。

7.2 保护目标

本项目主要环境保护目标为本项目辐射工作人员、公司其他工作人员和公众人员，具体见表7-1~表7-4。

表7-1　本项目锅筒探伤室与集箱/管道探伤室主要环境保护目标

保护目标	所在位置	相对方位	与探伤室边界最近距离	人员规模
辐射工作人员	控制室、暗室、干片室与评片室	西侧	紧邻	8人
公众人员	焊接实验室、X射线探伤机贮存间	西侧	紧邻	约2人
	东侧过道	东侧	紧邻	流动人员
	集箱管存放区域、周转区	东侧	16m	流动人员
	南侧过道	南侧	紧邻	流动人员
	工件轨道区域、空压站、风机房等	南侧	9m	约10人
	板材存放区域	南侧	34m	流动人员
	厂区道路	西侧	7m	流动人员
	现状空地（规划工业用地）	西侧	38m	流动人员
	机加工区域	北侧	12m	约5人
	管子存放区域	北侧	36m	流动人员

表7-2　本项目X射线数字成像系统主要环境保护目标

保护目标	所在位置	相对方位	与铅房边界最近距离	人员规模
辐射工作人员	操作位	西侧	2m	4人
公众人员	焊接区域	东侧	2m	约5人
	管子存放区域	东侧	34m	流动人员
	机加工区域	南侧	9m	约5人
	管屏校正区域	南侧	34m	约5人
	焊接区域	西侧	8m	约5人
	机加工区域	西侧	35m	约5人
	厂内道路	北侧	1m	流动人员
	生产厂房二	北侧	8m	约100人

表7-3　本项目管屏焊缝X射线DR数字成像系统主要环境保护目标

保护目标	所在位置	相对方位	与铅房边界最近距离	人员规模
辐射工作人员	控制室	南侧	1.5m	4人
公众人员	焊接区域	东侧	16m	约10人

	焊接区域	南侧	6m	约10人
	集装车间（现场探伤区域）	南侧	16m	约20人
	试压区域	西侧	15m	约5人
	机加工区域	北侧	10m	约10人
	厂内道路	北侧	20m	流动人员
	生产厂房二	北侧	28m	约100人

表7-4　本项目现场探伤区域主要环境保护目标

保护目标	所在位置	相对方位	与探伤区域边界最近距离	人员规模
辐射工作人员	控制区外、监督区内	/	控制区边界	6人
公众人员	集箱组装区与机加工区域	东侧	紧邻	约20人
	厂内道路	东侧	66m	流动人员
	员工宿舍、员工食堂和活动中心	东侧	90m	约200人
	厂内道路	南侧	75m	流动人员
	拟建垃圾房、丙烷站等	南侧	93m	约2人
	机加工区域	西侧	紧邻	约20人
	厂内道路	西侧	81m	流动人员
	厂内道路	北侧	36m	流动人员
	生产厂房二	北侧	44m	约100人
	生产厂房三内部区域	四周	紧邻	约200人

7.3 评价标准

7.3.1《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

一、防护与安全的最优化

4.3.3.1 对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。

二、剂量限值

1）职业照射

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除本标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1.1.1 剂量限值

B1.1.1.1 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 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；

2）公众照射

B1.2.1 剂量限值

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；

三、辐射工作场所的分区

6.4辐射工作场所的分区

应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

6.4.1 控制区

6.4.1.1 注册者和许可证持有者应把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

6.4.2 监督区

6.4.2.1 注册者和许可证持有者应将下述区域定为监督区：这种区域未被定为控制区，在其中通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。

7.3.2《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置进行探伤的工作。

3.1.1.5 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 1 的要求。

表 1　X 射线管头组装体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

3.1.2 控制台

3.1.2.1 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。

3.1.2.2 应设置有高压接通时的外部报警或指示装置。

3.1.2.3 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。

3.1.2.4 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

停机或待机状态时才能拔出。

3.1.2.5 应设置紧急停机开关。

3.1.2.6 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。

3.1.3 连接电缆

对于移动式 X 射线装置，控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。

4.1.1 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。

4.1.2 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。

4.1.3 X 射线探伤室墙和入门口的辐射屏蔽应同时满足：

a）人员在关注点的周剂量参考控制水平，对职业工作人员不大 100μSv/周，对公众不大于 5μSv/周；

b）关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。

4.1.4 探伤室顶的辐射屏蔽应满足：

a）探伤室上方已建、拟建建筑物或探伤室旁邻近建筑物在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内时，探伤室顶的辐射屏蔽要求同 4.1.3；

b）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。

4.1.5 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 射线装置才能进行探伤作业。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。

4.1.6 探伤室门口和内部应同时设有显示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

4.1.7 照射状态指示装置应与 X 射线探伤装置联锁。

4.1.8 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。

4.1.9 探伤室防护门上应有电离辐射警告标识和中文警示说明。

4.1.10 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。

4.1.11 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。

5.1 X 射线现场探伤作业分区设置要求

5.1.1 探伤作业时，应对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识。

5.1.2 一般应将作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围内划为控制区。如果每周实际开机时间明显不同于 7h，控制区边界周围剂量当量率应按式（1）计算：

$$\dot{K} = \frac{100}{\mathrm{t}} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

式中：$\dot{K}$——控制区边界周围剂量当量率，单位为微希沃特每小时（μSv/h）；

t——每周实际开机时间，单位为小时（h）；

100——5mSv 平均分配到每年 50 工作周的数值，即 100μSv/周。

5.1.3 控制区边界应悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则应采取专门的防护措施。

5.1.4 现场探伤作业工作过程中，控制区内不应同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，X 射线探伤机应用准直器，视情况采用局部屏蔽措施(如铅板)。

5.1.5 控制区的边界尽可能设定实体屏障，包括利用现有结构（如墙体）、临时屏障或临时拉起警戒线（绳)等。

5.1.6 应将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 的范围划为监督区，并在其边界上悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

5.1.7 现场探伤工作在多楼层的工厂或工地实施时，应防止现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区。

5.1.8 探伤机控制台应设置在合适位置或设有延时开机装置，以便尽可能降低操作人员的受照剂量。

5.2 X 射线现场探伤作业的准备

5.2.1 在实施现场探伤工作之前，运营单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。评估内容至少应包括工作地点的选择、接触的工人与附近的公众、天气条件、探伤时间、是否高空作业、作业空间等。

5.2.2 运营单位应确保开展现场探伤工作的每台 X 射线装置至少配备两名工作人员。

5.2.3 应考虑现场探伤对工作场所内其他的辐射探测系统带来的影响（如烟雾报警器等）。

5.2.4 现场探伤工作在委托单位的工作场地实施的准备和规划，应与委托单位协商适当的探伤地点和探伤时间、现场的通告、警告标识和报警信号等，避免造成混淆。委托方应给予探伤工人充足的时间以确保探伤工作的安全开展和所需安全措施的实施。

5.3 X 射线现场探伤作业安全警告信息

5.3.1 应有提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

5.3.2 警示信号指示装置应与探伤机联锁。

5.3.3 在控制区的所有边界都应能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

5.3.4 应在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

5.4 X 射线现场探伤作业安全操作要求

5.4.1 周向式探伤机用于现场探伤时，应将 X 射线管头组装体置于被探伤物件内部进行透照检查。做定向照射时应使用准直器（仅开定向照射口）。

5.4.2 应考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施

5.5 X 射线现场探伤作业的边界巡查与监测

5.5.1 开始现场探伤之前，探伤工作人员应确保在控制区内没有任何其他人员，并防止有人进入控制区。

5.5.2 控制区的范围应清晰可见，工作期间要有良好的照明，确保没有人员进入控制区。如果控制区太大或某些地方不能看到,应安排足够的人员进行巡查。

5.5.3 在试运行（或第一次曝光）期间,应测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确。必要时应调整控制区的范围和边界。

5.5.4 现场探伤的每台探伤机应至少配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，应对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪应一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

5.5.5 现场探伤期间，工作人员应佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携巡测仪，两者均应使用。

6.3 现场探伤的分区及检测要求

6.3.1 使用移动式 X 射线探伤装置进行现场探伤时，应通过巡测确定控制区和监督区。

6.3.2 当 X 射线探伤装置、场所、被检物体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条

件发生变化时，均应重新进行巡测,确定新的划区界线。

6.3.3 在工作状态下应检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可接受的。

6.3.4 在工作状态下应检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保其低于国家法规和运营单位制定的指导水平。

6.3.5 探伤机停止工作时，还应检测操作者所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

7.3.3《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）

本标准适用于 500kV 以下工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

3.2.1 相应有用线束的整个墙面均考虑有用线束屏蔽，不需考虑进入有用线束区的散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0°入射探伤工件的 90°散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个什值层厚度（TVL）或更大时，采用其中较厚的屏蔽，当相差不足一个 TVL 时，则在较厚的屏蔽上增加一个半值层厚度（HVL）。

3.3 其他要求

3.3.1 探伤室一般应设有人员门和单独的工件门。对于探伤可人工搬运的小型工件探伤室。可以仅设人员门。探伤室人员门宜采用迷路的形式。

3.3.2 探伤装置的控制室应置于探伤室外，控制室和人员门应避开有用线束照射的方向。

3.3.3 屏蔽设计中，应考虑缝隙、管孔和薄弱环节的屏蔽。

3.3.4 当探伤室使用多台 X 射线探伤装置时，按最高管电压与相应该管电压下的常用最大管电流设计屏蔽。

3.3.5 应考虑探伤室结构、建筑费用及所占空间，常用的材料为混凝土、铅和钢板等。

7.3.4《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001 ）及 2013 年修改单

本标准规定了对危险废物贮存的一般要求，对危险废物包装、贮存设施的选址、设计、运行、安全防护、监测和关闭等要求。

7.2 危险废物贮存前应进行检验，确保同预定接收的危险废物一致，并登记注册。

7.3 不得接收未粘贴符合 4.9 规定的标签或标签没按规定填写的危险废物。

7.4 盛装在容器内的同类危险废物可以堆叠存放。

7.5 每个堆间应留有搬运通道。

7.6 不得将不相容的废物混合或合并存放。

7.7 危险废物产生者和危险废物贮存设施经营者均须作好危险废物情况的记录，记录上须注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、存放库位、废物出库日期及接收单位名称。危险废物的记录和货单在危险废物回取后应继续保留三年。

7.8 必须定期对所贮存的危险废物包装容器及贮存设施进行检查，发现破损，应及时采取措施清理更换。

7.3.5 本项目管理目标

（1）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中11.4.3.2条款：“剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%～30%（即0.1mSv/a~0.3mSv/a）的范围之内”，遵循辐射防护最优化的原则，结合项目实际情况，本次评价取相应剂量限值的四分之一作为本项目剂量约束值管理目标，具体见表7-2。

表7-2 剂量约束值

适用范围	剂量约束值
职业照射有效剂量	5mSv/a
公众照射有效剂量	0.25mSv/a

（2）辐射剂量率控制值

根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015），本项目各辐射工作场所的辐射剂量率控制值如表 7-3 所示。

表 7-3 本项目各辐射工作场所的辐射剂量率控制值

工作场所	关注点	辐射剂量率控制值（μSv/h）
探伤室工作场所	探伤室四周墙外、防护门外 30cm 处	2.5
	探伤室顶棚 30 cm 处	100
X 射线数字成像系统	铅房四周墙外、防护门外、顶棚 30 cm 处	2.5
管屏 DR 数字成像系统		
现场探伤工作场所	控制区边界	≤15
	监督区边界	≤2.5
注：本项目探伤室上方无已建、拟建建筑物，探伤室旁邻近建筑物不在自辐射源点到探伤室顶内表面边缘所张立体角区域内，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。		

表 8　环境质量和辐射现状

8.1 项目地理位置和场所位置

浙江杭锅能源装备有限公司位于湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西，地理位置见附图 1。公司东侧为秋北路，隔路为德清县银苑化工有限公司在建厂房，南侧为阜溪支流，西侧为现状空地（规划工业用地），北侧为浙江西子新能源有限公司规划工业用地；本项目 2 间探伤室拟建于生产厂房三西侧区域，X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统拟建于生产厂房三北侧区域，现场探伤区域拟建于生产厂房三中部区域集装车间内，周围环境情况见附图 2，周围环境实景见附图 3。

8.2 辐射环境质量现状

8.2.1检测目的

通过现场检测的方式掌握项目区域环境质量和辐射水平现状，为分析及预测本项目运行时对职业人员、公众成员及周围环境的影响提供基础数据。

8.2.2检测因子

根据项目污染因子特征，环境检测因子为 γ 辐射空气吸收剂量率。

8.2.3检测点位

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等要求，结合现场条件，对本项目各辐射工作场所及周围环境进行检测布点。本项目共布设 31 个检测点位，布点情况见图 8-2，检测报告及检测资质见附件 7。

8.2.4检测方案

（1）检测单位：浙江亿达检测技术有限公司（资质证书编号：211112051235）；

（2）检测时间：2022 年 9 月 28 日；

（3）检测方式：现场检测；

（4）检测依据：《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）等；

（5）检测频次：即时测量，每个监测点在仪器读数稳定后以 10 秒的间隔读取 10 个数据；

（6）检测工况：辐射环境本底；

（7）天气环境条件：天气：晴；温度：29℃；相对湿度：72%；

（8）检测仪器：该仪器在检定有效期内，相关设备参数见表 8-1。

表 8-1　检测仪器设备参数

仪器名称	X、γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H（内置探头：6150AD-b/H；外置探头：6150AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量　　程	内置探头：0.05μSv/h～99.99μSv/h；外置探头：0.01μSv/h～10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV≤±30%；外置探头：60keV-1.3MeV≤±30%
检定证书编号	2022H21-20-3813605002
检定有效期	2022 年 02 月 16 日至 2023 年 02 月 17 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心

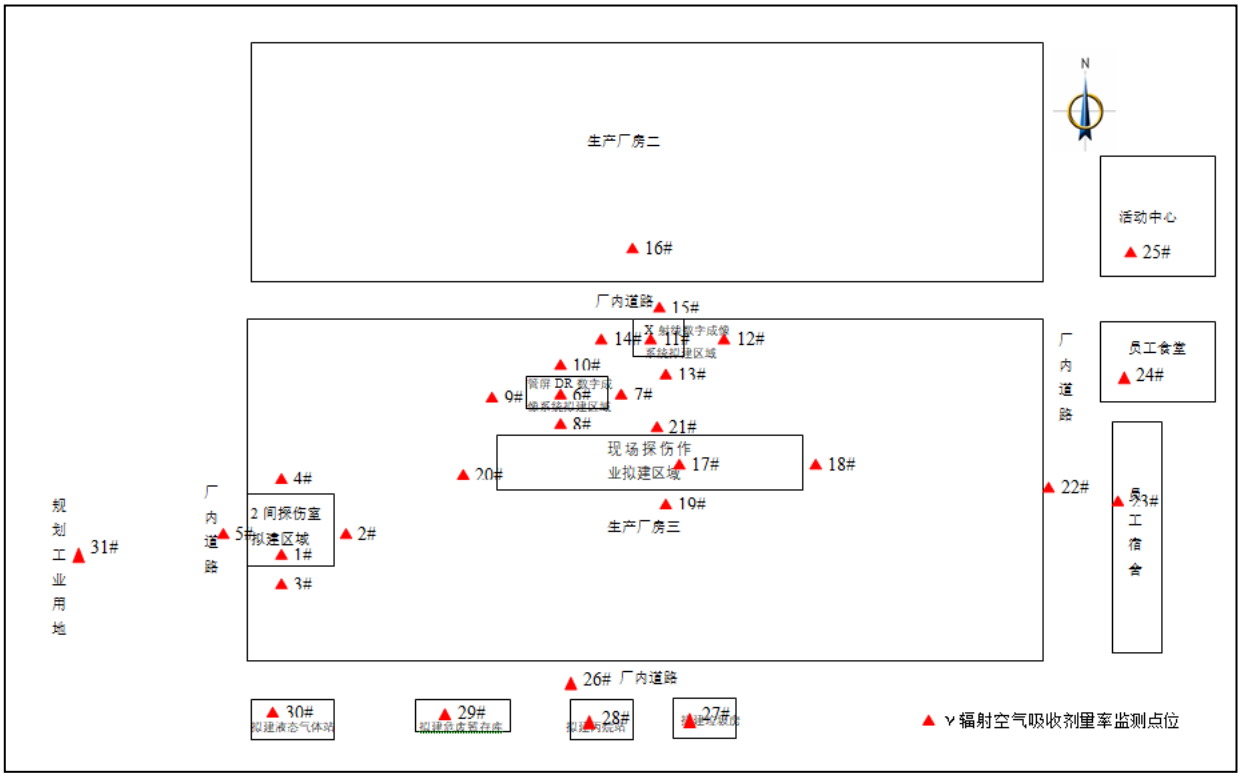


图 8-2　本项目辐射环境本底监测布点示意图

8.2.5质量保证措施

（1）合理布设检测点位，保证各检测点位布设的科学性和可比性，同时满足标准要求。

（2）检测方法采用国家有关部门颁布的标准，检测人员经考核并持合格证书上岗。

（3）检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

（4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

（5）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

（6）检测报告严格实行三级审核制度，经过校核、审核，最后由技术负责人审定。

8.2.6检测结果及评价

检测结果见表8-2。

表8-2　本项目拟建场所及周围环境环境辐射本底检测结果

测点号	点位描述	检测结果（nGy/h）	备注
1	2 间探伤室拟建区域	60	室内
2	2 间探伤室拟建区域东侧	50	室内
3	2 间探伤室拟建区域南侧	54	室内
4	2 间探伤室拟建区域西侧	54	室内
5	2 间探伤室拟建区域北侧	58	室内
6	管屏 DR 数字成像系统拟建区域	66	室内
7	管屏 DR 数字成像系统拟建区域东侧	52	室内
8	管屏 DR 数字成像系统拟建区域南侧	48	室内
9	管屏 DR 数字成像系统拟建区域西侧	53	室内
10	管屏 DR 数字成像系统拟建区域北侧	47	室内
11	X 射线数字成像系统拟建区域	63	室内
12	X 射线数字成像系统拟建区域东侧	48	室内
13	X 射线数字成像系统拟建区域南侧	49	室内
14	X 射线数字成像系统拟建区域西侧	48	室内
15	X 射线数字成像系统拟建区域北侧	67	室内
16	生产厂房二拟建区域	47	室外
17	现场探伤区域拟建区域	46	室内
18	现场探伤区域拟建区域东侧	46	室内
19	现场探伤区域拟建区域南侧	42	室内
20	现场探伤区域拟建区域西侧	44	室内
21	现场探伤区域拟建区域北侧	47	室内
22	厂内道路	60	室外
23	员工宿舍	45	室内
24	员工食堂	47	室内
25	活动中心	47	室内
26	厂内道路	59	室外
27	拟建垃圾房	58	室外
28	拟建丙烷站	54	室外
29	拟建危废暂存库	55	室外
30	拟建液态气体站	58	室外
31	规划工业用地	63	室外

注：l、本次测量时， 测量时仪器探头垂直向下， 距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、 本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393，使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、γ 辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值 30nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，室外点位取 l， 其余监测点位取 0.9。

由表8-2可知：本项目各检测点位室内的γ辐射剂量率在（42～67）nGy/h之间，室外的γ

辐射剂量率在（47～63）nGy/h之间。由《浙江环境天然贯穿辐射水平调查研究》可知，湖州室内的γ辐射（空气吸收）剂量率范围为（40～170）nGy/h，湖州市道路上γ辐射（空气吸收）剂量率为（13～139）nGy/h。因此，本项目工作场所拟建场所及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工程分析

本项目为主体工程的配套辐射内容，本项目土建内容施工及产污分析已包含在取得环评批复的《浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表》中，本项目不再重复评价。

本项目设备需要调试（该调试由生产厂家负责），调试阶段 X 射线机会产生 X 射线，同时设备安装完成后，会有少量的废包装材料产生。调试阶段在已经做好辐射防护的探伤室或铅房内进行，张贴辐射警示标识，避免无关人员靠近，经墙体的屏蔽及距离衰减后对环境的影响可以接受的。

9.2 工艺设备和工艺分析

本项目射线装置的主要参数见表 9-1。

表 9-1 本项目射线装置的主要参数

射线装置名称	工作场所	数量	型号	最大管电压	最大管电流	主射角	射束类型
X 射线探伤机	锅筒探伤室	2 台	待定	350kV	5mA	40°	定向朝南
		1 台		350kV	5mA	40°	南、北垂直周向
X 射线探伤机	集箱/管道探伤室	2 台	待定	280kV	5mA	40°	定向朝南
		2 台		350kV	5mA	40°	定向朝南
		1 台		350kV	5mA	40°	南、北垂直周向
X 射线探伤机	现场探伤区域	4 台	待定	250kV	5mA	40°	定向朝上
X 射线数字成像系统	X 射线数字成像系统工作场所	1 台	UND225	225kV	8mA	30°	定向朝东
管屏 DR 数字成像系统	管屏 DR 数字成像系统工作场所	1 台	ZXFlasee B-GP225PT	225kV	25mA	40°	定向朝下

9.2.1 锅筒探伤室与集箱/管道探伤室

公司拟在生产厂房三西侧区域新建 1 间锅筒探伤室与 1 间集箱/管道探伤室及配套房间，锅筒探伤室新增 2 台 X 射线定向探伤机与 1 台 X 射线周向探伤机对锅筒进行无损探伤，集箱/管道探伤室新增 4 台 X 射线定向探伤机与 1 台 X 射线周向探伤机对集箱与管道进行无损探伤。

（1）设备组成

便携式X射线探伤机是由X射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，探伤机设备外观及主要功能特点见图9-1。

图9-1　X射线探伤机外观图

（2）工作原理

便携式 X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钽等）制成。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。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为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。

典型的 X 射线管结构见图 9-2。

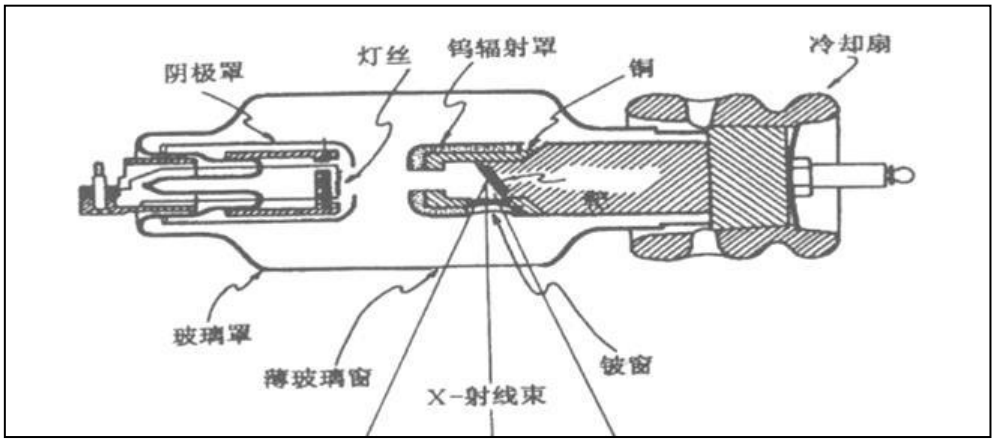


图9-2　典型X射线管结构图

（3）探伤过程及产污环节

锅筒、管道等产品的无损探伤均在固定的探伤室内，探伤室与车间相通，将需要进行射线探伤的工件放置于平板轨道上，送入探伤室内，设置适当位置，在工件待检部位布设X射线胶片并加以编号，检查无误，工作人员撤离探伤室，并将工件门关闭，然后根据探伤工件材质厚度、待检部位、检查性质等因素调节相应管电压、管电流和曝光时间等，检查无误即进行曝光，当达到预定的照射时间后，关闭电源。待全部曝光摄片完成后，工作人员进入探伤室，从探伤工件上取下已经曝光的X片，打开工件门将探伤工件送出探伤室外，待暗室冲洗处理后给予评片，完成一次探伤。探伤工艺流程及产污环节见图9-3。

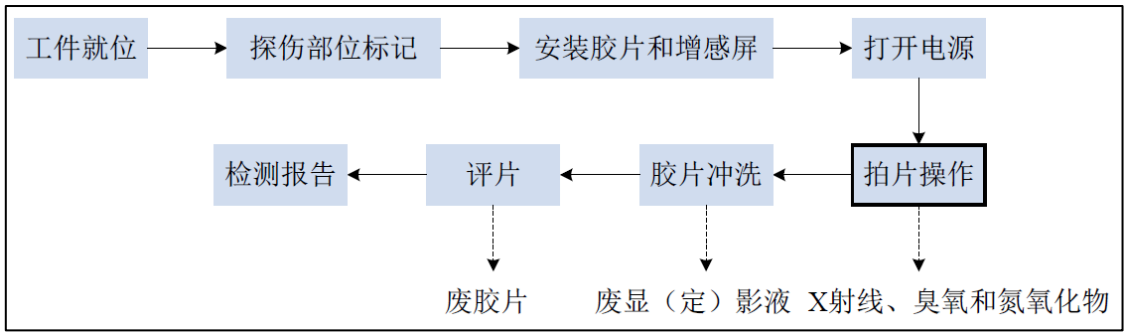


图9-3探伤工艺流程及产污环节示意图

（4）人员配备与工作负荷

本项目探伤机仅在固定式探伤室内使用，不在探伤室外使用，且不存在两台探伤机同时运行的工况。探伤工件为自生产锅筒（最大尺寸为Φ4m*12m）与管道（最大尺寸为Φ0.6m*12m），材质均为钢。每间探伤室计划配置4个辐射工作人员，每天共工作12小时（8:00~20:00，两班轮换，每班工作6小时），每年工作300天（60周）。每间探伤室年最大拍片均为30000张，单次拍片曝光时间最大为3min，每间探伤室年最大出束时间为1500h，则每组辐射工作人员年最大出束时间为750h。

9.2.2X 射线数字成像系统

（1）设备组成

X射线成像检测系统设备外观图见图9-4。X射线成像检测系统主要由X射线机系统、数字成像系统、图像处理系统、电气控制系统、机械传动系统、射线防护系统（铅房）及其它部分等构成。其中数字成像系统主要由工控计算机、平板数字成像器、采集卡、传输光缆、成像软件等部分组成。采用集中-分散型工业总线控制方式，将传感器、运动控制器、触摸屏、电机驱动、联锁保护、网络、通讯等技术结合在一起，组成灵活的硬件和软件模块设计，工作稳定性好，运行可靠。

图9-4　X射线成像检测系统整体外观示意图

（2）工作原理

本项目 X 射线数字成像系统运用计算机数字成像原理，由 X 射线机产生的 X 射线对公司生产的蛇形工件等产品进行照射，当射线在穿透工件时，由于材料的厚薄不等或者生产质量各异，从而使 X 射线的穿透量不同。材料与其中裂缝对 X 射线吸收衰减不同而形成 X 射线强度分布的潜像，再通过图像增强器将 X 射线图像转换成标准视频图像，即转换为可见像，从而实现检测缺陷的目的，如果工件质量有问题，在成像中显示裂缝所在的位置，从而实现无损探伤的目的。

X 射线管主要由 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为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管基本结构如图 9-2 所示。

（3）工作流程及产污环节

进行X射线探伤前，工作人员先打开防护门，将检测平台运行至门口，再将探伤工件手动放置在铅房内部的检测平台上，关闭防护门。操作人员开机，通过控制台操作位处的按钮调整好检测平台上高压跳线终端的位置后，X射线管开启后，发出警报声，且警示灯亮起，X射线管发射X射线。X射线对放置在铅房内检测平台上的工件进行检测，图像管接收透过物体的X射线，图像传送到计算机处理，由计算机经过软件处理输出图像。

操作人员根据X射线图像情况，对探伤工件进行连续检测、分析和判断，检测完成后关机。

本项目照射方向为定向向下东，完成一次检测后，X射线管不变动位置，工作人员通过控制台操作位上的按钮来调控检测平台，从而调整探伤工件的探伤位置，重复探伤操作直至完成整个探伤工件的探伤。检测完成后，工作人员打开铅防护门，工件由操作人员取出，完成一轮探伤。检验完成后关机，检查全部完成后，关闭电脑、铅房电源和总电源。本项目工作流程及产污环节分析图如图9-5所示。

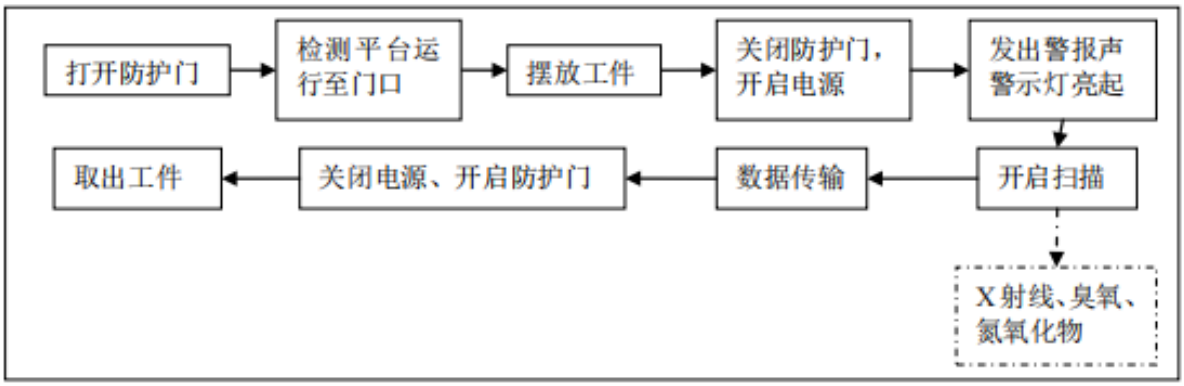


图9-5　X射线数字成像系统工作流程及产污环节图

由图9-5可知，本项目X射线成像检测系统运营中产生的主要污染物为扫描工作过程中产生的X射线、臭氧、氮氧化物。

（4）运行工况和人员配置计划

本项目X射线数字成像系统探伤工件主要为自蛇形管件（最大尺寸为Φ60mm），材质为钢。本项目X射线数字成像系统计划配置4个辐射工作人员，每天共工作12小时（8:00~20:00，两班轮换，每班工作6小时），每年工作300天（60周）。年检测工件最大为30000个，单个工件曝光时间最大为3min，年最大出束时间为1500h，则每组辐射工作人员年最大出束时间为750h。

9.2.3管屏DR数字成像系统

（1）设备组成

本项目管屏 DR 数字成像系统设备外观图见图 9-6。管屏 DR 数字成像系统由射线屏蔽防护室（含监控系统）、机械系统（含检测龙门摆臂、光栅、光闸与进出料辊道）、电控系统（含总操作台、配电柜、伺服电机与 PLC）、X 射线机（含 MXR-320HP/11 型 X 射线管、高压电缆、高压发生器、控制器与冷却器）、平板探测器（含探测器、电源适配器、千兆网卡与网线）与图像处理系统（含图像处理软件、计算机主机与显示器）组成。

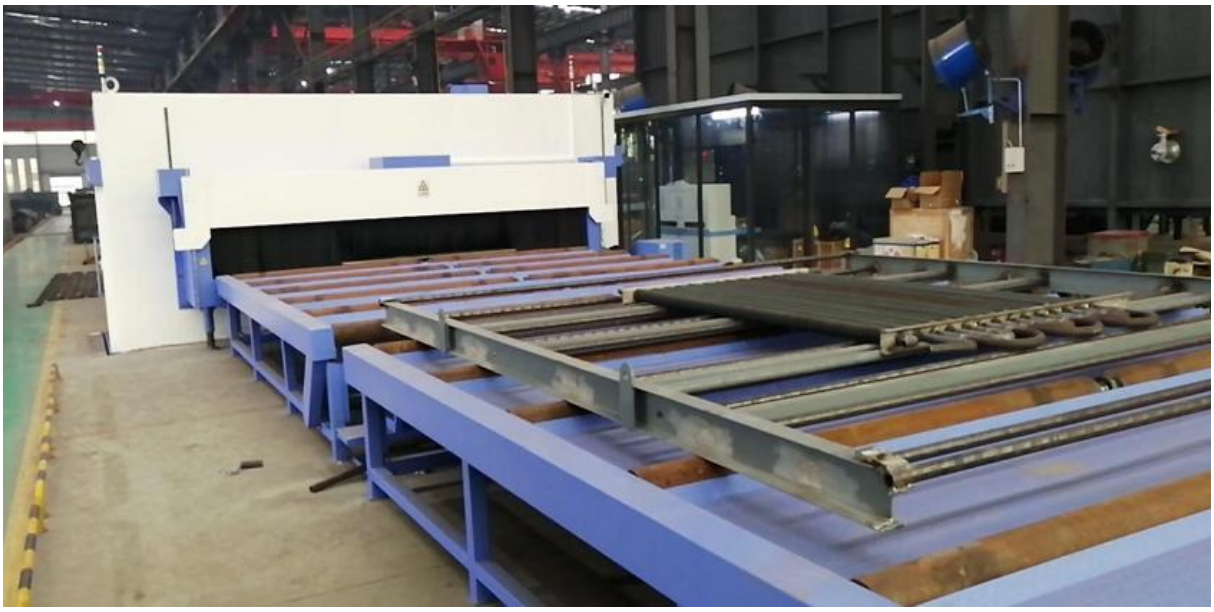


图9-6　管屏DR数字成像系统整体外观示意图

（2）工作原理

X 射线管主要由 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为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。X 射线管基本结构如图 9-2 所示。

当管屏 DR 的 X 射线机放在样品的一侧，探测器放在样品的另一侧，射线出束时就可以得到与厚度分布相应的强度分布，这种强度分布可以指示样品的内部结构。经计算机数据处理后，评片人员即可在显示器观察被检工件的缺陷。

（3）操作流程及产污环节

本项目是使用 X 射线在对需检测管屏工件的焊缝内部缺陷进行检测。待检管屏工件吊运至工作区，放置在传滚筒上；被检测工件采用机械传输，经铅房东侧的进料口输入铅房内，通过自动传输装置将要检测的焊缝进行自动摆位；关闭防护铅房的铅门、放下管屏工件进出口铅帘至覆盖少许工件位置，调整管屏工件待检测焊缝位置，将管屏 DR 的 X 射线机窗口对准被检管件焊缝，设置管屏 DR 的 X 射线机检测运行参数，选择合适的管电压、管电流和曝光时间。以上工作全部完成后，按键曝光。工作人员通过观看电子显示器画面，实时进行评片，进行检测数据的处理、存档，检测结束后，关闭管屏 DR 的 X 射线机。单个检测工件管屏 DR 数字成像系统工作流程及产污环节示意图见图 9-7。

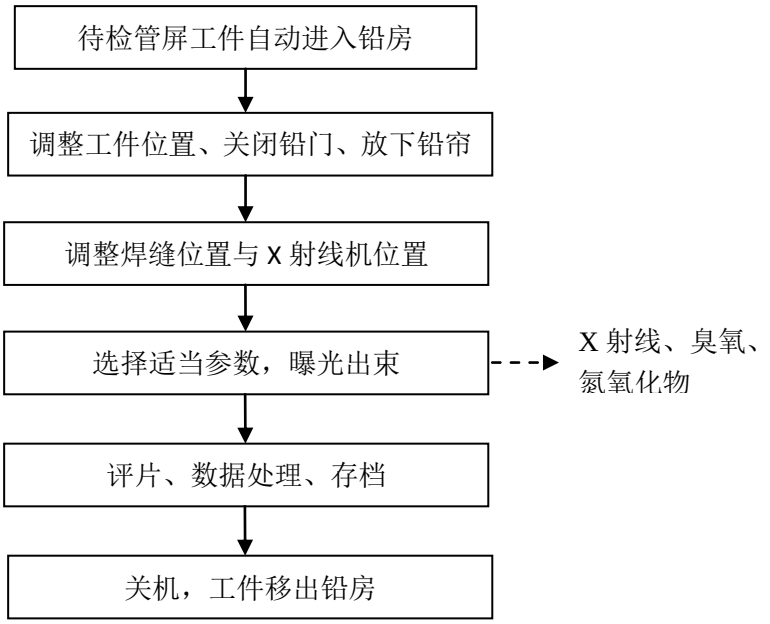


图9-7 管屏DR数字成像系统工作流程及产污环节图

（4）运行工况和人员配置计划

本项目管屏DR数字成像系统探伤工件主要为自蛇形管件（最大尺寸为Φ60mm），材质为钢。本项目管屏DR数字成像系统计划配置4个辐射工作人员，每天共工作12小时（8:00~20:00，两班轮换，每班工作6小时），每年工作300天（60周）。年检测工件最大为30000个，单个工件曝光时间最大为3min，年最大出束时间为1500h，则每组辐射工作人员年最大出束时间为750h。

9.2.4现场探伤作业

（1）设备组成

便携式X射线探伤机是由X射线发生器、控制器、连接电缆及附件组成，具有体积小、重量轻、携带方便、自动化程度高等特点，探伤机设备外观及主要功能特点见图9-1。

（2）工作原理

X 射线探伤机是利用 X 射线对物件进行透射拍片的检测装置。通过 X 射线管产生的 X 射线对受检工件焊缝处所贴的 X 线感光片进行照射，当射线在穿过裂缝时其衰减明显减少，胶片接受的辐射增大，在显影后的胶片上产生一个较黑的图像显示裂缝所在的位置，X 射线探伤机就据此实现探伤目的。

X 射线探伤机主要由 X 射线管和高压电源组成。X 射线管由阴极和阳极组成。阴极通常是装在聚焦杯中的钨灯丝，阳极靶则根据应用的需要，由不同的材料制成各种形状，一般用高原子序数的难融金属（如钨、铂、金、钽等）制成。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。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为靶所突然阻挡从而产生 X 射线。典型的 X 射线管结构见图 9-2。

（3）现场探伤工作流程及产污环节

①发布作业公示。公司在现场探伤作业前需要对公司内部员工及周边单位进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间（本项目为晚上 22:00-早晨 6:00）、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容；公告时间需提前 1~3 个工作日。

②设备出库。根据设备出入库管理制度，工作人员持任务单，打开设备贮存间，根据探伤对象的规格选择合适型号的 X 射线探伤机，并在出入库台账上登记，经过库房管理员确认后，领取设备。

③设备运输。采用手推车将 X 射线探伤机由设备贮存间运输到公司内划定的现场探伤区域，厂区内的运输路径均为指定路线。

④根据《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）对现场探伤工作场所进行分区管理，结合射线装置的最大管电压和最大管电流等参数理论估算出控制区及监督区的边界距离，进行初步的控制区和监督区边界划分。对划出的控制区及监督区的范围和边界进行确认，确认后在控制区边界拉起临时警戒线并设“禁止进入 X 射线区”的警告牌，在监督区边界上设“无关人员禁止入内”的警告牌，并设灯光提示装置，由辐射工作人员负责现场巡视及监督检查，清除控制区和监督区范围内的非辐射工作人员，确保探伤作业时公众成员撤离监督区范围。

⑤试曝光。探伤辐射工作人员均佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，工作人员确认场内无其他人员且各种辐射安全措施到位后，开始铺设电缆，检查无误，设备操作人员开机进行试曝光，工作人员使用便携式辐射监测仪进行巡测，根据监测结果，对控制区和监督区进行修正，保障控制区外边界的周围剂量当量率小于或等于 15μSv/h，监督区外边界的周围剂量当量率小于或等于 2.5μSv/h。

⑥曝光检测。工作人员工件待检部位布设 X 射线胶片并加以编号后，撤离至控制区外的操作位，开机进行曝光，同时记录照射时间。到预定曝光时间后，探伤检测结束。

⑦探伤结束，关闭机器。工作人员从检测工件上取下已曝光的底片，而后清理现场，解除警戒，工作人员离场。

⑧设备运回并入库。采用手推车运输并原路返回至 X 射线机贮存间，根据设备出入库管理制度，在出入库台账上登记，设备入库。

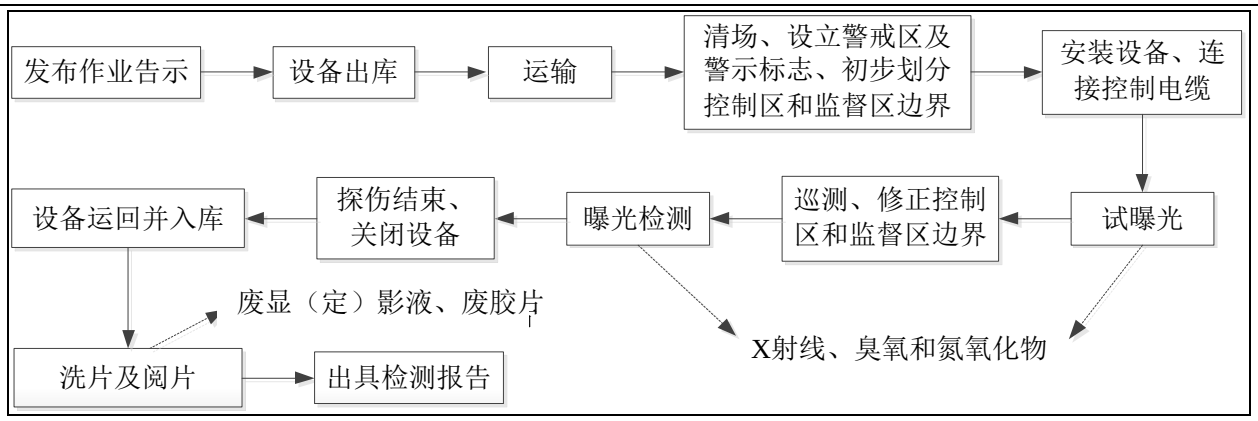


图9-8　X射线现场探伤及产污流程示意图

（4）运行工况与人员配置计划

本项目现场探伤区域探伤对象主要为公司自生产的管件（管件厚度最大为 60mm），材质为钢。

本项目现场探伤区域拟新增辐射工作人员 6 人，共分为 2 个工作组进行轮班，每年工作 300 天（60 周），单班次工作 8 小时（22:00~6:00），现场探伤作业每年最大拍片为 20000 张，每个工作组每年最大拍片为 10000 张，单次拍片曝光时间最大为 3min，每个工作组年最大总出束时间为 500h。公司辐射工作人员不承担检修工作，探伤机检修均由设备生产厂家承担。

9.2 污染源项描述

（1）X 射线

由 X 射线探伤机的工作原理可知，X 射线是随机器的开、关而产生和消失。本项目使用的 X 射线探伤机只有在开机并处于出线状态时（曝光状态）才会发出 X 射线。因此，在开机曝光期间，X 射线成为污染环境的主要污染因子，污染途径是 X 射线外照射。本项目 X 射线探伤机或 X 射线机的源项数据见表 9-2。

表 9-2　本项目 X 射线探伤机或 X 射线机的源项数据

工作场所	X 射线探伤机或 X 射线机	主射线或散射线源项（距辐射源点 1m 处输出量）	漏射线源项（辐射源点 1m 处泄漏辐射剂量率）	数据来源
X 射线数字成像系统工作场所	225kV X 射线机①	16.5 mGy m^2/（mA min）	5000μSv/h	主射线或散射线源项根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）附录 B 中表 B.1；漏射线源项根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1。
现场探伤工作场所	250kV X 射线探伤机	16.5 mGy m^2/（mA min）	5000μSv/h	
探伤室工作场所	280kV X 射线探伤机②	20.9 mGy m^2/（mA min）	5000μSv/h	
管屏 DR 数字成像系统工作场所	225kV X 射线机①	16.5 mGy m^2/（mA min）	5000μSv/h	
探伤室工作场所	350kV X 射线探伤机③	23.5 mGy m^2/（mA min）	5000μSv/h	

注：①保守取 250kV 管电压 0.5mm 铜过滤条件下输出量 16.5mGy ㎡/（mA ㎜）。
②保守取 300kV 管电压 3mm 铝过滤条件下输出量 20.9mGy ㎡/（mA ㎜）。
③保守取 400kV 管电压 3mm 铜过滤条件下输出量 23.5 mGy ㎡/（mA ㎜）。

（2）臭氧和氮氧化物

X射线探伤机或X射线机工作时产生射线，会造成空气电离产生少量的臭氧和氮氧化物。探伤室产生的少量臭氧和氮氧化物通过室顶排气口排入生产厂房三外部环境， X射线成像系统与管屏DR成像系统铅房产生的少量臭氧和氮氧化物通过铅房顶部排气口排入生产厂房三外部环境，现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产量小且作业场地为开放式，对周围环境影响较小。

（3）废显（定）影液、废胶片

本项目 X 射线探伤室探伤作业与现场探伤作业在洗片与阅片过程中产生的废显（定）影液、废胶片属于《国家危险废物名录》中感光材料废物，危废代码为 HW16（900-019-16），并无放射性。本项目 X 射线探伤室探伤作业与现场探伤作业年拍片量共 80000 张，按洗 1000 张片用 20L 显（定）影液，经估算项目工作过程中废显（定）影液年产生量约 1600L（约 1600kg），废胶片年产生量约 2400 张（废片率按 3%计算，约 24kg）。该部分危险废物定期委有资质的单位处理，完好的胶片由公司定期建档备查。根据《建设项目危险废物环境影响评价指南》要求，本次评价明确危险废物的名称、数量、类别、形态、危险特性和污染防治措施等内容，具体见表 9-3。

表 9-3 本项目危险废物基本情况汇总表

序号	危废名称	危废类别	危废代码	年产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废显（定）影液	HW16	900-019-16	1000kg	洗片	液态	显（定）影液	显（定）影液	每次现场探伤	T	收集于危废暂存间，定期委托有资质单位处理处置
2	废胶片	HW16	900-019-16	15kg	阅片	固态	废胶片	废胶片	每次现场探伤	T	

表 10　辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1辐射工作场所布局

本项目包含探伤室辐射工作场所（1 间锅筒探伤室与 1 间集箱/管道探伤室）、X 射线数字成像系统辐射工作场所、管屏 DR 数字成像系统辐射工作场所与现场探伤辐射工作场所。各辐射工作场所的六面情况（东、南、西、北、上、下）如表 10-1 所示。

表 10-1 各辐射工作场布局一览表

所在区域	辐射工作场所	东侧	南侧	西侧	北侧	上层	下层
生产厂房三	2 间探伤室辐射工作场所	过道与工件轨道区域	过道	焊接实验室、X 射线探伤机贮存间、控制室、暗室等辅助房间	机加工区域	无人可到达平台	土层
	X 射线数字成像系统辐射工作场所	焊接区域	焊接区域	操作位	厂内道路	无人可到达铅房顶棚	土层
	管屏 DR 数字成像系统辐射工作场所	焊接区域	控制室	试压区域	机加工区域	无人可到达铅房顶棚	土层
	现场探伤辐射工作场所	集箱组装区、机加工区域	集箱车间内部区域	机加工区域	焊接区域	单层建筑，无顶棚	土层

本项目探伤室辐射工作场所位于生产厂房三（共 1 层）内西侧，本项目控制室与探伤室分开。本项目探伤室工件门位于东侧，工件由平板轨道进入探伤室内。探伤室人员门位于北侧或南，采用“Z”型迷路形式。探伤室内 X 射线定向探伤机，主射方向朝南，周向探伤机主射方向为南、北、顶棚和地坪垂直周向，避免了主射线照射到控制室和工件门等区域，布局合理。

本项目 X 射线数字成像系统辐射工作场所与管屏 DR 数字成像系统辐射工作场所位于生产厂房三内北侧，两套数字成像系统均有铅房屏蔽，操作位或控制室均与铅房分开；X 射线数字成像系统主射朝东，管屏 DR 数字成像系统的主射方向由上朝下，均避免了主射线照射到控制室或操作台以及防护门等区域，布局合理。

本项目现场探伤辐射工作场所位于生产厂房三内中部区域，现场探伤作业区域边界 100m 区域均为公司车间、厂内道路与内部建筑；作业时间为 22:00~6:00，该时间段公司除现场探伤作业区域外无人上班；现场探伤作业区域探伤机主射均由下朝上，避免了主射的控制区与监督区跨越厂界，布局合理。

10.1.2辐射工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的要求，辐射工作场所可分为控制区、监督区，其划分原则如下：控制区是指需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域；监督区是指通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的要求，公司开展X射线现场探伤作业时，应根据现场具体情况，利用辐射巡测仪巡测，将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区，并在边界悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，并在边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时派专人警戒。

本项目各辐射工作场所分区情况详见表 10-2。

表 10-2　本项目各辐射工作场所分区表

工作场所	控制区	监督区
2 间探伤室辐射工作场所	锅筒探伤室与集箱/管道探伤室内部	探伤室四周屏蔽体外 1m 区域、焊接实验室、X 射线探伤机贮存间、控制室、暗室、评片室等辅助房间
X 射线数字成像系统辐射工作场所	铅房内部	铁网栅栏内部除铅房区域
管屏 DR 数字成像系统辐射工作场所	铅房内部	控制室、铅房周边 1m 区域、输送辊道
现场探伤辐射工作场所	作业场所中周围剂量当量率大于 15μSv/h 的范围	作业场所中周围剂量当量率大于 2.5μSv/h 且小于 15μSv/h 的范围

本项目以探伤室、探伤铅房为控制区边界，在探伤室、探伤铅房表面设置电离辐射警告标志及中文警示说明，现场探伤控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌；探伤室辐射工作场所、X 射线数字成像系统辐射工作场所与管屏 DR 数字成像系统辐射工作场所的监督区边界用黄实线标明，现场探伤监督区边界悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌。**本项目各辐射工作场所两区划分图见附图 4~附图 7。**

10.1.3辐射工作场所屏蔽防护设计

根据建设单位提供的设计资料，本项目各辐射工作场所的屏蔽防护设计方案见表 10-3。

表 10-3　　各辐射工作场所屏蔽防护设计方案

锅筒探伤室屏蔽防护设计方案	
项目	**屏蔽防护设计方案**
探伤室净尺寸	有效使用面积约为 126m^2（不含迷道），14.5m（长）×8.7m（宽）×8.7m（高）
四侧墙体	东、西墙 1300mm 混凝土，南墙 1200~2100mm 混凝土，北墙 900~1300mm 混凝土，
迷道	探伤室北侧设有 “L 型”迷道，迷道内墙采用 1300mm 混凝土，迷道外墙为 1000mm 混凝土；迷道长 5000mm ，宽 950mm

顶棚	900mm 混凝土
地坪	探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护
工件门	电动门，门洞的尺寸为 4.5m（宽）×5.8m（高）；门体的尺寸为 6.1m（宽）×6.6m（高），采用 1300mm 混凝土（门与墙体左、右搭接各为 800mm，上、下搭接各为 600mm、200mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
工作人员出入门	2 扇电动门，门洞的尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高）；门体的尺寸为 1.2m（宽）×2.2m（高），敷设 6mm 铅板（门与墙体左、右搭接各为 150mm，上、下搭接分别为 150mm、50mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
普通高压电缆、X 射线探伤机控制线缆	各类预埋管道分别敷设 1 根，合计 2 根。普通高压电缆以“U”型地埋管道穿越探伤室的北墙，连接至电源室，管径为 300mm，埋深大于 350mm。；控制线缆以“月牙弯”型地埋管道穿越探伤室的北墙，连接至控制室的控制台，管径为 120mm，埋深大于 350mm。
排风设施	设 1 套机械排风设施，设计风机风量为 4000m^3/h，排风管道 1 根，管道直穿探伤室的顶棚，顶棚有 800mm 混凝土的屏蔽补偿。排风口位于探伤室西南角，设计尺寸为 800mm（长）×800mm（宽），离地 300mm，排风管道高 10.1m。排气筒位于探伤室顶棚，离地高度为 25.2m。
集装/管道探伤室屏蔽防护设计方案	
项目	**屏蔽防护设计方案**
探伤室净尺寸	有效使用面积约为 90m^2（不含迷道），12.0m（长）×7.5m（宽）×6.8m（高）
四侧墙体	四侧墙体 700mm 混凝土
迷道	探伤室北侧设有 “L 型”迷道，迷道内墙采用 700mm 混凝土，迷道外墙为 500mm 混凝土；迷道长 5000mm ，宽 950mm
顶棚	400mm 混凝土
地坪	探伤室正下方为土层，无地下室，不做特殊防护
工件门	电动门，门洞的尺寸为 3.6m（宽）×4.5m（高）；门体的尺寸为 4.4m（宽）×4.9m（高），采用 39mm 铅防护（门与墙体左、右搭接各为 400mm，上、下搭接各为 100mm、300mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
工作人员出入门	2 扇电动门，门洞的尺寸为 0.9m（宽）×2.0m（高）；门体的尺寸为 1.2m（宽）×2.2m（高），敷设 6mm 铅板（门与墙体左、右搭接各为 150mm，上、下搭接各为 150mm、50mm，按照搭接长度须大于等于 10 倍间隙的原则，间隙应尽量小）。
普通高压电缆、X 射线探伤机控制线缆	各类预埋管道分别敷设 1 根，合计 2 根。普通高压电缆以“U”型地埋管道穿越探伤室的南墙，连接至电源室，管径为 300mm，埋深大于 350mm。；控制线缆以“月牙弯”型地埋管道穿越探伤室的南墙，连接至控制室的控制台，管径为 120mm，埋深大于 350mm。
排风设施	设 1 套机械排风设施，设计风机风量为 1000m^3/h，排风管道 1 根，管道直穿探伤室的顶棚，顶棚有 500mm 混凝土的屏蔽补偿。排风口位于探伤室西北角，设计尺寸为 630mm（长）×400mm（宽），离地 300mm，排风管道高 6.9m。排气筒位于探伤室顶棚，离地高度为 25.2m。
X 射线数字成像系统屏蔽防护设计方案	
项目	**屏蔽防护设计方案**
铅房净尺寸	铅房南北净长 4.80m、东西净宽 2.78m、净高 2.50m，净容积约 33.4m^3
铅房四侧防护面	铅钢复合结构，东侧防护面中间位置南北长 2.65m 的区域为加厚区域，为 20mm

	铅板+7mm 钢板，其余部分为 15mm 铅板+7mm 钢板；南、北侧防护面为 10mm 铅板+7mm 钢板；西侧防护面为 12mm 铅板+7mm 钢板
铅房顶棚防护面	铅钢复合结构，12mm 铅板+7mm 钢板。
防护门	铅房设有 1 个防护门，防护门采用铅钢复合结构，为电动平移式、气动控制、门机连锁、铅门与 X 射线高压互锁，保证在铅门没有关靠到位时，X 射线机的高压不能启动。门洞高 2.27m、宽 1.90m，门高 2.35m、宽 1.04m，总厚度 17mm，铅当量为 10mmPb。上下左右四个门边与防护面搭接宽度 20mm，防护门与防护面之间的缝隙不大于 2mm，搭接量与缝隙比例大于 10：1，可满足防护要求。
控制台	控制台位于铅房西侧。
X 射线管使用范围	实际工作时根据工件大小调整 X 射线管位置，X 射线管使用位置为铅房中间偏西位置。工件南北移动，X 射线管东西、上下方向移动，X 射线管使用范围为上下 1m，东西 0.75m。经核实，X 射线管距顶部防护面最近距离为 0.75m；X 射线管距东侧、西侧防护面的最近距离分别约为 1.08m、0.95m；距南侧、北侧防护面的固定距离约为 2.4m。
控制线缆	管线口拟设置在铅房北侧，地埋 U 型穿越地面，可避免 X 射线直接照射。
排风设施	铅房顶部设计有两处排风口，采用 12mm 铅板+7mm 钢板的防护。铅房内的废气通过排风口连接排风管道排至车间外环境，铅房排风口处安装轴流风机，有效通风换气量约 200m^3/h。
管屏 DR 数字成像系统屏蔽防护设计方案	
项目	**屏蔽防护设计方案**
铅房净尺寸	铅房南北长 6.8m、东西宽 2.1m、高 2.5m，净容积约 35.7m^3
铅房四侧防护面	采用铁板+铅板+铁板结构进行射线屏蔽，南北侧防护面为 10mmPb，东西侧防护面为 8mmPb。
铅房顶棚防护面	采用铁板+铅板+铁板结构进行射线屏蔽，顶棚为 10mmPb。
东西耳房防护	采用铁板+铅板+铁板结构进行射线屏蔽，各面均为 10mmPb。
防护门	南、北侧防护门为 10mmPb
防护铅帘	进出料口设置铅橡胶帘，进出各三层，东、西侧防护铅帘为 10mmPb
X 射线管使用范围	X 射线管能够沿垂直进管方向的水平方向移动，能够垂直升降。X 射线管使用范围为上下 0.5m，南北 4.8m。经核实，X 射线管距顶部防护面、底部最近距离为 1m；X 射线管距南侧、北侧防护面的最近距离约为 1m；距东侧、西侧防护面的距离约为 1.05m。
控制线缆	公司拟在铅房南侧与操作室之间设“U”型埋地电缆管道，电缆管道尺寸为 φ160mm，管道埋地深度约为 350mm，电缆均布设于电缆管道内，电缆管道的设置不破坏曝光室的屏蔽效果。
排风设施	铅房顶部设计有两处排风口，采用 14mmPb 的钢铅复合防护。铅房内的废气通过排风口连接排风管道排至车间外环境，铅房排风口处安装轴流风机，有效通风换气量约 200m^3/h。
注：表中混凝土的密度不小于 2.35g/cm^3，铅的密度不小于 11.34g/cm^3。	

10.1.4辐射安全和防护措施

10.1.4.1探伤室工作场所

（1）X 射线探伤机的固有安全属性

①X射线装置管头组装体能固定在任何需要的位置上并加以锁紧。

②X射线管头设有限束装置。

③X射线管头窗口孔径不大于额定最大有用线束射出所需尺寸。

④X射线管头具有如下标志：a、制造厂名称或商标；b、型号及出厂编号；c、X射线管的额定管电压、额定管电流；d、焦点的位置；e、出厂日期；f、电离辐射标志。

（2）控制室控制台安全防护措施

①拟设置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拟设置高压接通时的外部报警或指示装置；

③控制台或X射线管头组装体上拟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拟设钥匙开关，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拟设置紧急停机开关；

⑥拟设置电离辐射警告、出束指示和禁止非授权使用的警告等标识。

（3）探伤室安全防护措施

①本项目锅筒探伤室与集箱/管道探伤室的设置充分考虑周围的辐射安全，控制室与探伤室分开并避开有用线束照射的方向。

②应对锅筒探伤室与集箱/管道探伤室工作场所实行分区管理。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。

③探伤室的工件门和工作人员出入门安装时应尽量减小与墙体间的门缝，搭接的长度须大于等于 10 倍的间隙，防止射线外泄。

④锅筒探伤室与集箱/管道探伤室均拟设置门-机联锁装置，并保证在门（包括工件门和工作人员出入门）关闭后 X 射线装置才能进行探伤作业。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。

⑤锅筒探伤室与集箱/管道探伤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。“预备”信号应持续足够长的时间，以确保探伤室内人员安全离开。“预备”

信号和“照射”信号应有明显的区别，并且应与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

⑥锅筒探伤室与集箱/管道探伤室的照射状态指示装置均拟与每台 X 射线探伤装置联锁，设备之间拟设置联锁，防止两台及以上设备同时出束；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，探伤室防护门上应有电离辐射警告标志和中文警示说明。

⑦锅筒探伤室与集箱/管道探伤室内均拟设置紧急停机按钮（每间探伤室四侧墙体及控制室各设 1 个，两间探伤室共设 12 个），确保出现紧急事故时，能立即停止照射。按钮的安装，应使人员处在 X 射线探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮应当带有标签，标明使用方法。

⑧锅筒探伤室拟设置 1 套机械排风设施，设计风机风量为 4000m^3/h，探伤室总容积约为 1110m^3，每小时有效通风换气次数不小于 3 次。管道直穿探伤室的顶棚，顶棚有 800mm 混凝土的屏蔽补偿。排风口位于探伤室西南角，设计尺寸为 800mm（长）×800mm（宽），离地 300mm。排风筒位于探伤室顶棚，离地高度为 25.2m。集箱/管道探伤室拟设置 1 套机械排风设施，设计风机风量为 2000m^3/h，探伤室总容积约为 626m^3，每小时有效通风换气次数不小于 3 次。管道直穿探伤室的顶棚，顶棚有 500mm 混凝土的屏蔽补偿。排风口位于探伤室西北角，设计尺寸为 630mm（长）×400mm（宽），离地 300mm。排风筒位于探伤室顶棚，离地高度为 25.2m。本项目探伤室的通风管道示意图见图 10-1。

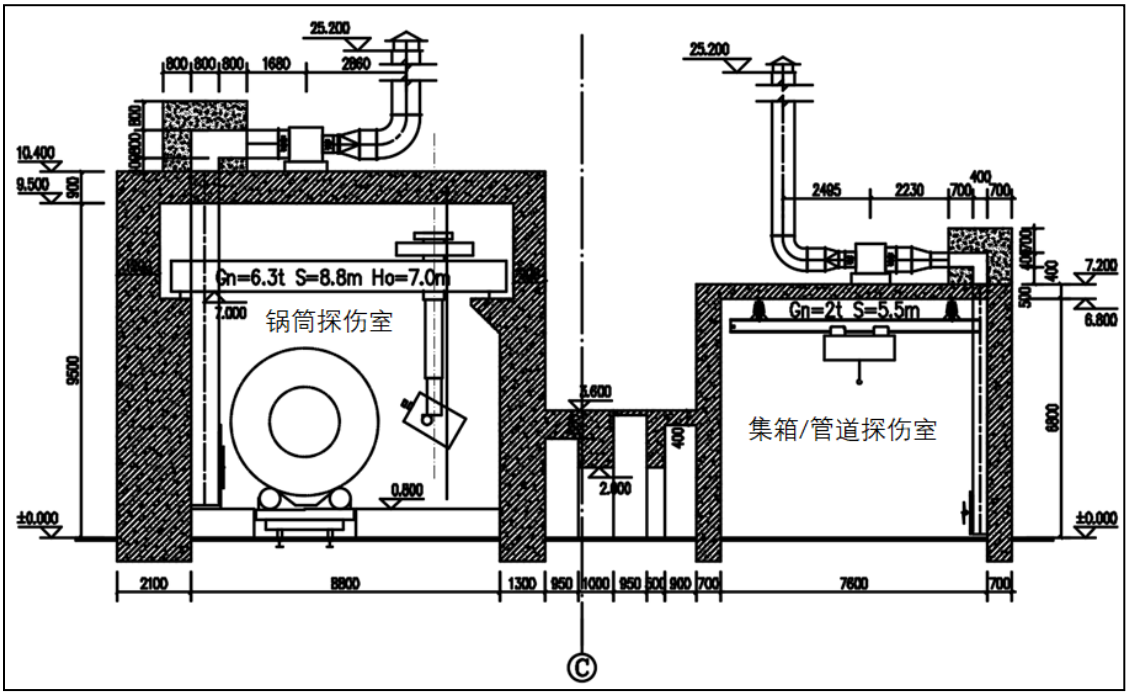


图 10-1 本项目探伤室的通风管道示意图

⑨锅筒探伤室普通高压电缆以“U”型地埋管道穿越探伤室的北墙，集箱/管道探伤室普通高压电缆以“U”型地埋管道穿越探伤室的南墙，均连接至电源室，管径为 300mm，埋深大于350mm；锅筒探伤室控制线缆以“月牙弯”型地埋管道穿越探伤室的北墙，集箱/管道探伤室控制线缆以“月牙弯”型地埋管道穿越探伤室的南墙，均连接至控制室的控制台，管径为 120mm，埋深大于 350mm。探伤室地埋管道的剖面图见图 10-2。

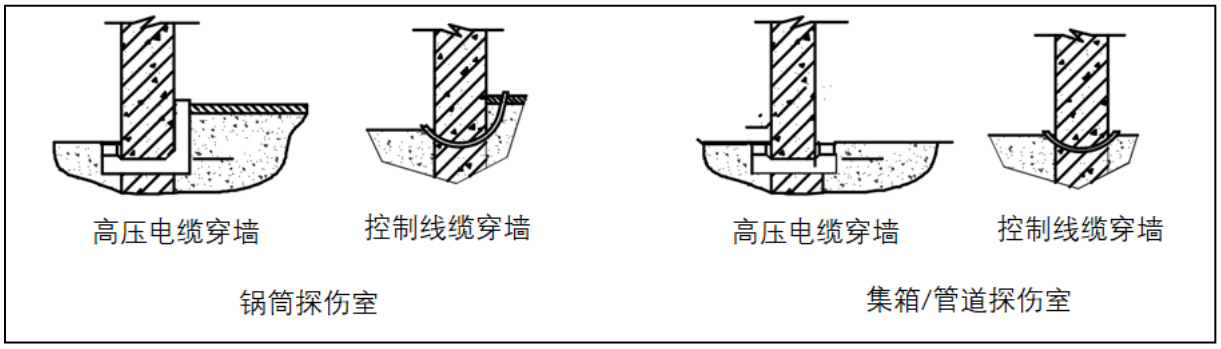


图 10-2　本项目探伤室地埋管道的剖面图

⑩两间探伤室内均拟设置视频监控系统，显示屏设置在控制台上，视频探头设置在探伤室内。保证监控无死角，实现全方位监控探伤室内全部情况。如有人员滞留于探伤室内，工作人员可以在操作室内及时观察发现。

（3）安全操作管理措施

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，个人剂量报警仪报警，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交接班或当班使用个人剂量报警仪前，应检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作，则不应开始探伤工作；

④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；

⑤探伤工作场所内拟设置灭火器材，作为应急物资使用；

⑥各项辐射环境管理规章制度拟张贴于控制室墙上；

⑦本项目危险废物暂存间，其建设须满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”等基本要求；

⑧拟建立X射线探伤机使用台账及相关危险废物管理台账。

（4）探伤机的检查和维护

①每次工作开始前应进行检查的项目

a) 探伤机外观是否存在可见的损坏；

b) 电缆是否有断裂、扭曲以及配件破损；

c) 各安全联锁是否正常工作；

d) 报警设备和工作指示灯是否正常运行；

e) 螺栓等连接件是否连接良好。

②运营单位定期检查项目

a) 电气安全，包括接地和电缆绝缘检查；

b) 所有的联锁和紧急停机开关的检查；

c) 制造商推荐的其他常规检测项目。

③设备维护

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。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。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。应做好设备维护记录。

10.1.4.2X射线数字成像系统工作场所

（1）控制台安全防护措施

控制台醒目处张贴“当心电离辐射”警告标志，其他安全防护措施同探伤室控制室控制台安全防护措施，略。

（2）设备固有安全措施

本项目 X 射线数字成像系统拟购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，设备本身采取了多种安全防护措施。

①实体屏蔽：本项目 X 射线数字成像系统采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。同时铅房与操作台分开，操作台位于铅房西侧，X 射线机主射方向由西向东，有用线束不朝操作台照射。

②门机联锁：铅房的工件门与 X 射线机联锁形成门机联锁装置，只有当工件门完全关闭后 X 射线机才能出束，工件门打开时立即停止 X 射线照射，关上工件门不能自动开始 X 射线照射。

③声光报警系统：防护铅房顶部设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与X射线装置联锁。防护门关闭和射线出束时，警示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近铅房或在其周围作不必要的逗留。公司拟于铅房内外醒目位置张贴对两种信号意义的说明。

④警示标志：南侧防护门外设计有电离辐射警告标识和中文警示说明，提醒无关人员勿靠近该装置。

⑤急停装置：铅房南侧防护面内侧和操作台共设计有2个急停按钮，确保出现事故时能立即停止照射，紧急停机按钮的位置可使其铅房内任何位置的人员都不需要穿过主射线束就能使用，且紧急停机按钮设计有明显标志，标明使用方法。

⑥视频监控装置：铅房内顶部配有2个监视装置，监控显示装置位于铅房东侧，操作人员实时监控工作状态和人员进出铅房情况。

⑦排风装置：铅房顶部设计有两处排风口，分别于铅房顶部东南侧、西南侧，采用铅板防护，防护情况：铅板厚度 10mm、钢板厚度 7mm，通风防护示意图见图 10-3。铅房内的废气通过排风口连接排风管道排至车间外环境，排风管道向上自车间顶部穿出所在车间，铅房排风口处安装轴流风机，有效通风换气量约 200m^3/h，铅房净容积约 33.4m^3，通风换气次数约为 6次/h，铅房顶部无人到达，且周围非人员密集区，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.11 款的管理要求。

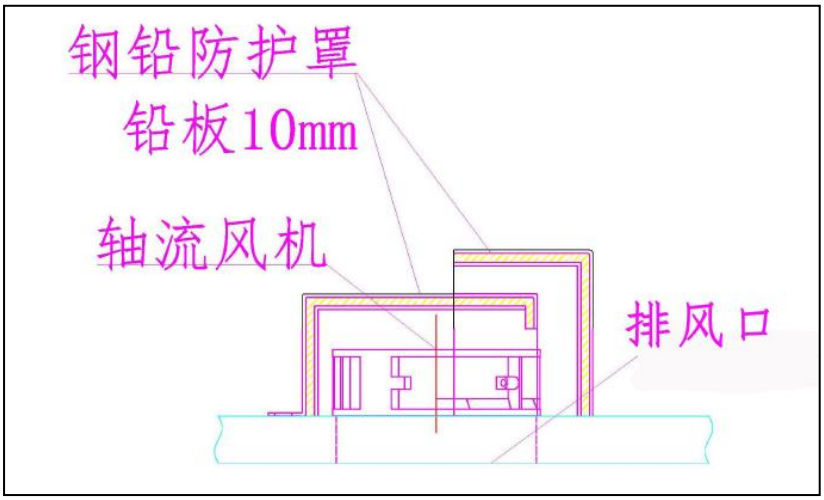


图 10-3　通风防护示意图

⑧电缆管线：管线口拟设置在铅房北侧中间位置，地下 U 型穿墙，可避免 X 射线直接照射。

（3）安全操作管理措施

①每名辐射工作人员配备个人剂量计（工作期间必须佩戴）、1台个人剂量报警仪固定放置于操作位且与主控钥匙串联。

②应定期测量铅房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铅房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交接班或当班使用个人剂量报警仪前，应检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作，则不应开始探伤工作；

④在每一次照射前，操作人员都应该确认铅房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；

⑤制定《射线装置检查和维护制度》，要求工作人员对设备做到日检、定期检查，对设备每年至少维护一次，设备维护应由受过专业培训的工作人员或者设备制造商进行；设备维护包括设备的彻底检查和所有零部件的详细检测；当设备有故障或者损坏，需要更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商，同时做好设备维护记录。

⑥各项辐射环境管理规章制度拟张贴于工作现场处；

⑦拟建立 X 射线数字成像系统使用台账，使用设备前填写使用台账，建立设备技术档案，保存设备说明书。

10.1.4.3管屏DR数字成像系统工作场所

（1）控制室控制台安全防护措施

同探伤室控制室控制台安全防护措施，略。

（2）设备固有安全措施

本项目管屏 DR 数字成像系统拟购买于正规厂家，设备各项安全措施齐备，设备本身采取了多种安全防护措施。

①实体屏蔽：本项管屏 DR 数字成像系统采用设备自带的防护铅房进行屏蔽，可保障工作人员在操作设备过程中的安全。同时铅房与操作台分开，操作台位于铅房南侧控制室，X 射线机主射方向由上朝下，有用线束不朝操作台照射。

②门机/帘机联锁：防护铅房的防护门/铅帘与管屏 DR 的 X 射线机联锁，即管屏 DR 的 X 射线机的高压电源与防护门/铅帘联锁，防护门/铅帘不到位，高压电源不能启动；高压电源未关闭，防护门/铅帘不能被打开。

③声光报警系统：防护铅房顶部设置“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置，并与 X 射线装置联锁。防护门关闭和射线出束时，警示灯和声音提示装置开启，警告无关人员勿靠近铅房或在其周围作不必要的逗留。公司拟于铅房内外醒目位置张贴对两种信号意义的说明。

④警示标志：防护铅房南侧防护门外与北侧防护门外设计有电离辐射警告标识和中文警示说明，提醒无关人员勿靠近该装置。

⑤急停装置：在操作台、防护铅房内及上下料段共设有 5 个紧停按钮，确保人员在操作室、送料线边、防护铅房都能在紧急情况下停止照射，且紧急停机按钮设计有明显标志，标明使用方法。

⑥视频监控装置：本项目拟安装 5 个视频摄像头（防护铅房内 3 个，进管位与出管位各 1 个），显示屏位于控制台的前方，工作人员通过显示屏查看防护铅房内的情况和进出料的情况。.

⑦固定式剂量监测报警仪：进出料口两侧各设置 1 台固定式剂量率监测报警仪(安装在进出料口两侧的铅屏风上，剂量率监测阈值 2.5μSv/h) ，泄漏剂量率超标后声光报警并自动切断高压输出。

⑧排风装置：铅房顶部设计有两处排风口，采用 14mmPb 的钢铅复合防护，防护与铅房的搭接尺寸为缝隙的 10 倍以上，通风防护示意图见图 10-4。铅房内的废气通过排风口连接排风管道排至车间外环境，铅房排风口处安装轴流风机，有效通风换气量约 200m^3/h，铅房净容积约 46.2m^3，通风换气次数约为 4 次/h，铅房顶部无人到达，且周围非人员密集区，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.11 款的管理要求。

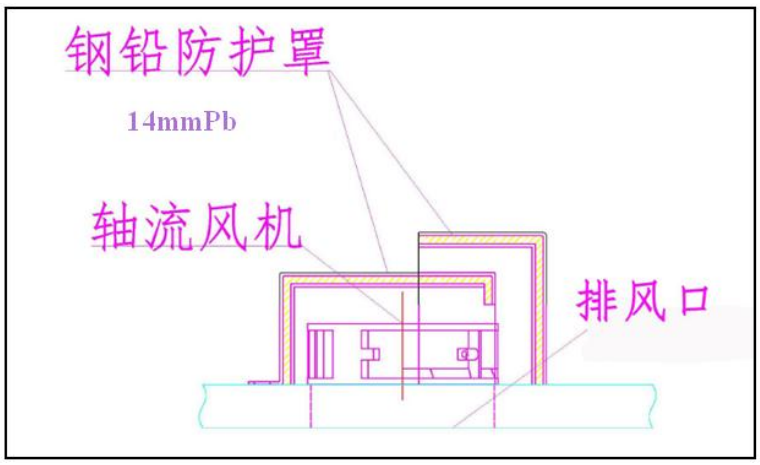


图 10-4　通风防护示意图

⑨电缆管线：公司拟在铅房南侧与操作室之间设“U”型埋地电缆管道，电缆管道尺寸为φ160mm，管道埋地深度约为 350mm，电缆均布设于电缆管道内，电缆管道的设置不破坏曝光

室的屏蔽效果。

（3）安全操作管理措施

①辐射工作人员操作管屏DR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，个人剂量报警仪报警，辐射工作人员应立即离开防护铅房，同时阻止其他人进入防护铅房，并立即向辐射防护负责人报告；

②应定期测量防护铅房外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括控制室操作位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交接班或当班使用个人剂量报警仪前，应检查个人剂量报警仪是否正常工作。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作，则不应开始探伤工作；

④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；

⑤控制室内拟设置灭火器材，作为应急物资使用；

⑥各项辐射环境管理规章制度拟张贴于控制室墙上；

⑦制定《射线装置检查和维护制度》，要求工作人员对设备做到日检、定期检查，对设备每年至少维护一次，设备维护应由受过专业培训的工作人员或者设备制造商进行；设备维护包括设备的彻底检查和所有零部件的详细检测；当设备有故障或者损坏，需要更换零部件时，应保证所更换的零部件都来自设备制造商，同时做好设备维护记录。

⑧拟建立管屏 DR 数字成像系统使用台账，使用设备前填写使用台账，建立设备技术档案，保存设备说明书。

10.1.4.4现场探伤辐射工作场所

（1）X射线探伤机的固有安全属性

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符合《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中第3.1.1.5条款的表1要求。其他同见本报告10.1.4.1。

（2）控制台安全防护措施

对于移动式 X 射线装置，控制器与 X 射线管头或高压发生器的连接电缆不应短于 20m。

经与建设单位核实，本项X射线探伤机的控制线缆长度为25m，可以满足现场探伤的作业要求。其他同见本报告10.1.4.1。

（3）设备贮存间的辐射安全和防护措施

①本项目现场探伤所用的 X 射线探伤机未探伤作业时，存放于集箱/管道探伤室西侧的设

备贮存间内。该场所仅存放设备，不进行射线装置的使用、调试及检修工作。X 射线探伤机检修由设备生产厂家承担，本公司人员不承担检修工作。

②设备贮存间实行双人双锁，由专职工作人员负责。设备暂存间采用防盗门窗，门上设有电离辐射警告标志，其入口处将安装视频监控系统。

③设备贮存间改造后满足“防盗、防火、防潮、防爆”要求。

④公司拟制订射线装置的领取、归还和登记制度，并建立设备管理台账。

（4）X射线探伤机运输过程中辐射安全和防护措施

①公司拟采用手推车的方式并按照指定路线进行探伤装置的安全运输。探伤作业结束后，将探伤装置按原路运输返回至设备贮存间。

②本项目 X 射线探伤机贮存间到公司内划定的现场探伤区域之间的路途较短，本次评价要求转运过程中，如人员需离开手推车，应至少保留 1 名工作人员负责探伤装置的看管，以免被盗。

（5）X射线探伤机现场探伤过程中的辐射安全和防护措施

①现场探伤作业时，探伤工作组按规范要求对工作场所实行分区管理，并在相应的边界设置警示标识，若周围环境不满足监督区和控制区的划分管控要求，则不开展作业。

②控制区边界拟悬挂清晰可见的“禁止进入 X 射线区”警告牌，探伤作业人员在控制区边界外操作，否则将采取专门的防护措施。

③现场探伤作业工作过程中，控制区内不同时进行其他工作。为了使控制区的范围尽量小，本项目 X 射线探伤机拟使用准直器（设备自带）；探伤时工件东侧（面向宿舍侧）拟设 1 块移动式铅屏风（长 1.5m×高 1.5m×厚 4mm 铅板），探伤时保证探伤机位于铅屏风的中心区域，探伤机离铅屏风距离小于 1m，如某些工件现场探伤时无法采取以上措施，则不能开展现场探伤作业。

④控制区的边界尽可能设定实体屏障，在车间内部进行探伤作业时，利用警戒线（绳）作为控制区与监督区的边界。

⑤在监督区边界上拟悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。

⑥本项目现场探伤工作场所为单层建筑，无地下层，不涉及在多楼层的工厂或工地实施现场探伤，不会出现现场探伤工作区上层或下层的人员通过楼梯进入控制区等不利情况。

⑦探伤机控制台设置在合适位置或设有延时开机装置，尽可能降低操作人员的受照剂量。

⑧在实施现场探伤工作之前，运营单位应对工作环境进行全面评估，以保证实现安全操作。

⑨X 射线现场探伤作业时，探伤工作组设置提示“预备”和“照射”状态的指示灯和声音提示装置。“预备”信号和“照射”信号有明显的区别，并且与该工作场所内使用的其他报警信号有明显区别。

⑩警示信号指示装置与探伤机联锁。

⑪在控制区的所有边界都能清楚地听见或看见“预备”信号和“照射”信号。

⑫在监督区边界和建筑物的进出口的醒目位置张贴电离辐射警示标识和警告标语等提示信息。

⑬考虑控制器与 X 射线管和被检物体的距离、照射方向、时间和屏蔽条件等因素，选择最佳的设备布置，并采取适当的防护措施。

⑭工作期间探伤工作组设置良好的照明，确保没有人员进入监督区。如果监督区太大或某些地方不能看到，将安排 2 名工作人员进行巡查。

⑮在试运行（或第一次曝光）期间，探伤工作组将测量控制区边界的剂量率以证实边界设置正确，根据监督区和控制区的理论计算范围，利用检测设备由远及近进行监督区和控制区的设置范围的验证，通过巡测确定控制区和监督区，必要时调整控制区的范围和边界。

⑯当探伤装置、场所、被检测体（材料、规格、形状）、照射方向、屏蔽等条件发生变化时，均重新进行巡测，确定新的划区界线。

⑰现场探伤时，配备一台便携式剂量仪。开始探伤工作之前，对剂量仪进行检查，确认剂量仪能正常工作。在现场探伤工作期间，便携式测量仪一直处于开机状态，防止 X 射线曝光异常或不能正常终止。

⑱在工作状态时探伤工作组检测操作位置，确保操作位置的辐射水平是可以接受的。

⑲在工作状态时探伤工作组将检测控制区和监督区边界线周围剂量当量率，确保控制区边界周围剂量当量率低于 15μSv/h，监督区边界周围剂量当量率低于 2.5μSv/h。

⑳探伤机停止工作时，探伤工作组将探伤机操作人员所在位置的辐射水平，以确认探伤机确已停止工作。

㉑公司在现场探伤作业前需要进行公告，公告内容包括：探伤作业的性质、时间、地点、控制区和监督区范围、探伤单位名称、项目负责人、联系电话、辐射事故报警电话等内容；公告时间需提前 1~3 个工作日，公告牌尺寸不小于 1.2m×1m。除了向可能受影响的公众进行必要的辐射告知外，还将进行清场工作，无法清场时，不开展现场探伤作业。

㉒探伤工作组将合理规划 X 射线现场探伤时间，避开人流高峰期。经与建设单位核实，本

项目现场探伤的时间段为夜间 22:00～次日 6:00，该段时间公司各车间均无人上班。因此，正常情况下，本项目现场探伤时厂区内部各区域均处于非工作状态，其中宿舍楼应在监督区边界之外。若出现临时性加班等特殊情况，公司应严格执行辐射告知和清场工作。

㉓现场探伤过程严格执行 X 射线现场探伤操作规程和 X 射线现场探伤流程，坚持先示警再开机的操作程序，以防发生误照射事故。

㉔对较薄工件选择合适机型和电压，禁止使用高电压对薄工件进行探伤。

㉕探伤作业人员严格执行在控制区边界外操作，每次作业将对工作现场情况进行详细记录，并存档备查。

㉖探伤作业严格按照相关要求开展，切实做好监督区和控制区辐射安全管理，高度重视工作人员个人防护和公众安全。

㉗公司的辐射管理制度须明确可移动性工件尽量用室内探伤工作场所进行无损检测，移动性差的大型工件方可使用现场探伤的无损检测方式。

（6）X射线探伤机的检查和维护

X 射线探伤机的检查和维护见本报告 10.1.4.1。

（7）安全操作措施

①公司确保每次现场探伤至少配备 3 名工作人员。

②现场探伤期间，工作人员佩戴个人剂量计、直读剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量报警仪不能替代便携式巡测仪，两者均应使用。如在检查过程中发现个人剂量报警仪不能正常工作，则不应开始探伤工作。

③各项辐射环境管理规章制度拟张贴于现场探伤处；

④本项目危险废物暂存间，其建设须满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”等基本要求；

⑤拟建立X射线探伤机使用台账及相关危险废物管理台账。

⑥本项目现场探伤辐射防护设施配置计划见表 10-4。

表 10-4　本项目现场探伤辐射防护设施配置计划

项目		环保设施
辐射防护	警告标识	警告牌8个（控制区边界4个、监督区边界4 个）
		安全警戒线 500m
		电离辐射警告标志 5 个（探伤现场 4 个、X 射线探伤机设备贮存间 1 个）；
	个人防护用品	个人剂量计 6 支
		直读式个人剂量报警仪 6 台（同时具有直读和报警功能）

	监测仪器	便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台
	安全装置	工作状态指示灯 4 组（具有“预备”和“照射”状态指示功能与声音提示装置）
		运输小车 1 辆
		铅屏风 1 块 4mmPb（长 1.5m×高 1.5m）
		准直器 4 个（探伤机自带）
辐射安全措施		设备贮存间设置防盗门、双人双锁、视频监控

上述用于 X 射线探伤装置放射防护检测的仪器，按规定进行定期检定，并取得相应证书。使用前，将对辐射检测仪器进行检查，包括是否有物理损坏，仪器对射线的响应等。

本项目各辐射工作场所的辐射安全防护设施示意图见附图 8~附图 11。

10.1.5 射线装置报废辐射安全管理要求

本项目投入使用后，对于拟报废的 X 射线探伤机，公司将按照《浙江省辐射环境管理办法（2021 年修正）》中第十八条要求，对射线装置内的高压射线管进行拆解，并报颁发辐射安全许可证的生态环境部门核销，不随意处置或丢弃。

10.1.6危险废物环境管理措施

本项目 2 间探伤室与现场探伤作业产生的所有胶片均在锅筒探伤室西侧暗室进行洗片，暗室产生的危险废物贮存于生产厂房三南侧的危废暂存间。根据《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001)及 2013 年修改单与《危险废物转移联单管理办法》等规定，为降低危险废物对环境的影响程度，建设单位针对危险废物的贮存、转移和处置等环节拟采取如下环境管理措施：

（1）危废的贮存

本项目危废暂存间位于生产厂房三南侧，建筑面积约 27m^2，具体位置见附图 2，该场所的装修应满足“防风、防雨、防晒、防渗、防腐”的要求，地面硬化拟防渗处理，你采用防盗门窗，拟设置危废标识，墙体内侧四周拟设围堰。同时，本项目危险废物产生量较小，贮存期限一般不超过半年，半年的危险废物储存约占地 15m^2，可以满足贮存的容积要求。

危废暂存间的日常管理要求：①专人管理，其他人员未经允许不得入内。②危险废物贮存前做好统一包装（液体桶装、固体袋装），防止渗漏，同时配备计量称重设备进行称重，危废包装容器粘贴符合规定的标签，注明危险废物名称、来源、数量、主要成分和性质。③危险废物将分类分区贮存，不同类危险废物间有明显间隔，严禁将不相容、具有反应性的危险废物混合贮存。④建立危险废物管理台账，管理人员做好危险废物情况的记录，记录上注明危险废物的名称、来源、数量、特性和包装容器的类别、入库日期、废物出库日期及接收单位名称。危

险废物的记录和货单在危险废物回取后继续保留十年。

（2）危废的转移

本项目危废委托有资质单位定期到公司收集并运输转移，危废转移过程中应严格执行转移联单管理制度，并加强转移联单的保管，联单保存期限为十年。

（3）危废的委托处置

建设单位已与浙江联明金属有限公司签订了危废委托处置协议，危废处置协议见附件 6，由浙江联明金属有限公司定期到公司收集并运输转移。

10.2 三废的治理

本项目的运行无放射性废水、放射性废气与放射性固废产生。

（1）本项目现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且作业场地为开放式场所，对周围环境影响较小；其他辐射工作场所探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且均设有通排风措施排至车间外环境，各辐射工作场所探伤室或铅房的通风换气次数大于 3 次/h，探伤室或铅房顶部无人到达，且周围非人员密集区，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）4.1.11 款的管理要求。

（2）本项目 X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统均为实时数字成像，不产生废显（定）影液及废胶片等危险废物；本项目探伤室探伤过程与现场探伤过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于危险废物，企业拟定期委托有资质公司处理。

10.3 环保投资估算一览表

本项目总投资预计为 5000 万元，其中辐射环保投资 500 万元，占总投资的 10%。本项目环保投资一览表详见表 10-5。

表 10-5　环保投资估算一览表

项目		设施（措施）	金额（万元）
锅筒探伤室与集箱/管道探伤室	辐射屏蔽措施	探伤室 2 间（含防护门）	400.0
	辐射安全措施	工作状态指示灯 2 套	0.5
		门-机联锁 6 套	1.0
		视频监控系统 2 套	1.0
		急停按钮 12 个	0.5
	废气处理设施	通排风系统 2 套	20.0
	电缆管线	管道预埋	1.0
	监测仪器及警示装置	辐射检测仪 1 台	2.0
		个人剂量计 8 支，个人剂量报警仪 4 台（每间探伤室配置 2 台）	2.0
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	0.5
X 射线	辐射屏蔽措施	自屏蔽铅房 1 套	10.0

数字成像系统工作场所	辐射安全措施	工作状态指示灯 1 套、声光报警系统	0.5
		门-机联锁 1 套	0.5
		视频监控系统 1 套	0.5
		急停按钮 2 个	0.5
	废气处理设施	通排风系统	3.0
	电缆管线	管道预埋	0.5
	监测仪器及警示装置	辐射检测仪与探伤室共用，个人剂量计 4 支，个人剂量报警仪 2 台	0.5
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	0.5
管屏 DR 数字成像系统工作场所	辐射屏蔽措施	自屏蔽铅房 1 套	10.0
	辐射安全措施	工作状态指示灯 1 套、声光报警系统	0.5
		门-机联锁 2 套、帘机联锁 2 套	1.0
		视频监控系统 1 套	0.5
		急停按钮 5 个	0.5
		固定式剂量监测报警仪 2 台	3.0
	废气处理设施	通排风系统	2.0
	电缆管线	管道预埋	0.5
	监测仪器及警示装置	辐射检测仪与探伤室共用，个人剂量计 4 支，个人剂量报警仪 2 台	0.5
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	0.5
现场探伤工作场所	辐射屏蔽措施	X 射线探伤机自身携带准直器	/
		设备贮存间、暗室与危废暂存间的建设	5.0
	辐射安全措施	探伤机运输小车	1.0
		工作状态指示灯 4 组	0.5
		声音提示装置 4 个	0.5
		警告牌 8 个（控制区边界 4 个、监督区边界 4 个）	0.5
		安全警戒线 500m	0.5
	监测仪器及警示装置	辐射检测仪 1 台	2.0
		个人剂量计 6 支，直读式个人剂量报警仪 6 台	2.0
		电离辐射警告标志、监督区、控制区标识若干	0.5
其他	制度上墙	操作规程，辐射安全防护与保卫制度，辐射事故应急制度，岗位职责等	0.5
	人员管理	辐射工作人员辐射安全防护培训、职业健康检查与个人剂量监测	2.0
	环境监测	委托有资质单位开展各辐射工作场所辐射环境年度监测。	1.0
	运行维护	监测仪器的维护、校准，安全设施的维护等	2.0
	环境风险投资	购买应急物资，开展辐射事件应急演练等	2.0
	环评与验收	环评与验收	16
合计			500

表 11　环境影响分析

11.1建设阶段对环境的影响

本项目为主体工程的配套辐射内容，其土建施工的环境影响分析包含在取得环评批复的《浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表》中，本项目不再重复评价。

本环评要求设备的安装与调试应请设备厂家专业人员进行，建设单位不得自行安装及调试设备。在设备安装调试阶段，应加强辐射防护管理。在此过程中应保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，在机房门外设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近，防止辐射事故的发生。

设备的安装和调试均在探伤室或铅房内进行，经过墙体的屏蔽和距离衰减后对环境的影响是可以接受的。设备安装完成后，建设单位需及时回收包装材料及其它固体废物作为一般固体废物进行处置，不得随意丢弃。

11.2运行阶段对环境的影响

目前项目处于筹建阶段，本次评价采用理论计算的方法分别从室内探伤与现场探伤两个方面来预测本项目各辐射工作场所运行过程中对周围环境的辐射影响。

11.2.1室内探伤

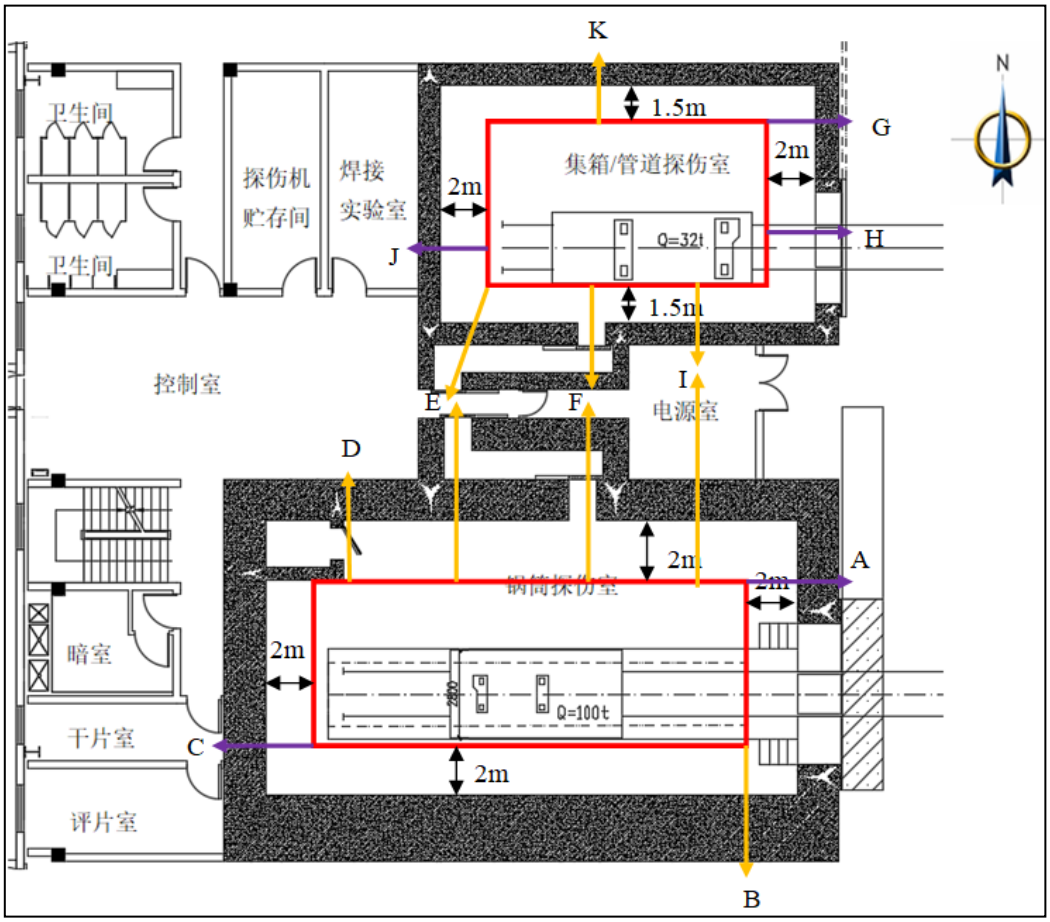
11.2.1.1关注点的设置

（1）探伤室

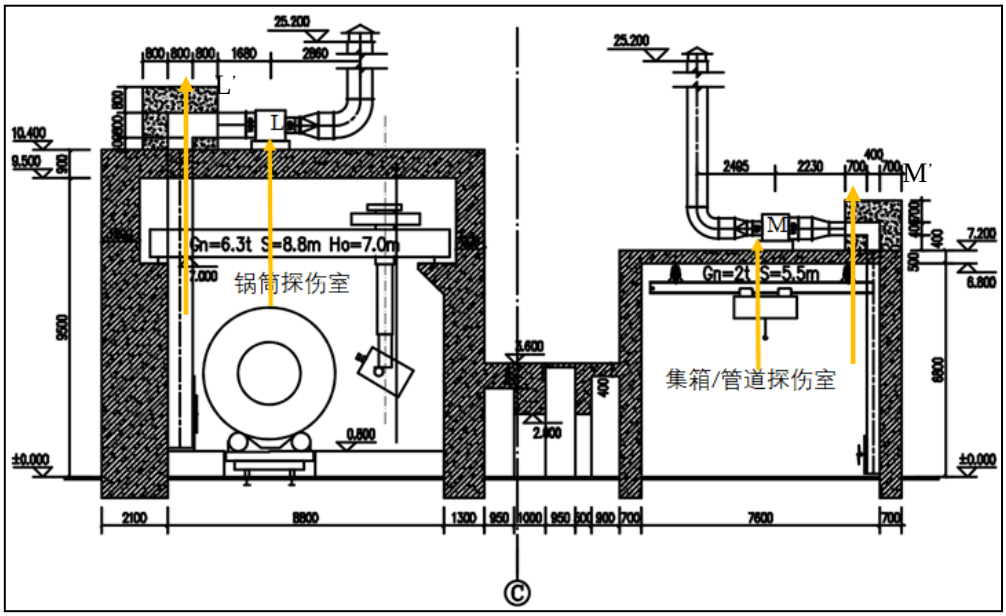
本项目锅筒探伤室配置 2 台 350kV 的 X 射线定向探伤机（主射方向朝南）和 1 台 350kV 的 X 射线周向探伤机（主射方向朝南、北、顶棚与地面），同一探伤室内不存在 2 台及 2 台以上 X 射线探伤机同时出束的情形，保守全按 350kV 的 X 射线周向探伤机进行预测。

本项目集箱/管道探伤室配置 2 台 280kV 的 X 射线定向探伤机（主射方向朝南）、2 台 350kV 的 X 射线定向探伤机（主射方向朝南）和 1 台 350kV 的 X 射线周向探伤机（主射方向朝南、北、顶棚与地面），同一探伤室内不存在 2 台及 2 台以上 X 射线探伤机同时出束的情形，保守全按 350kV 的 X 射线周向探伤机进行预测。

本项目探伤室的关注点位图见图 11-1。



a　探伤室平面布置关注点位图



b　探伤室剖面关注点位图

探伤机运行区域　有用线束　漏射或散射线束

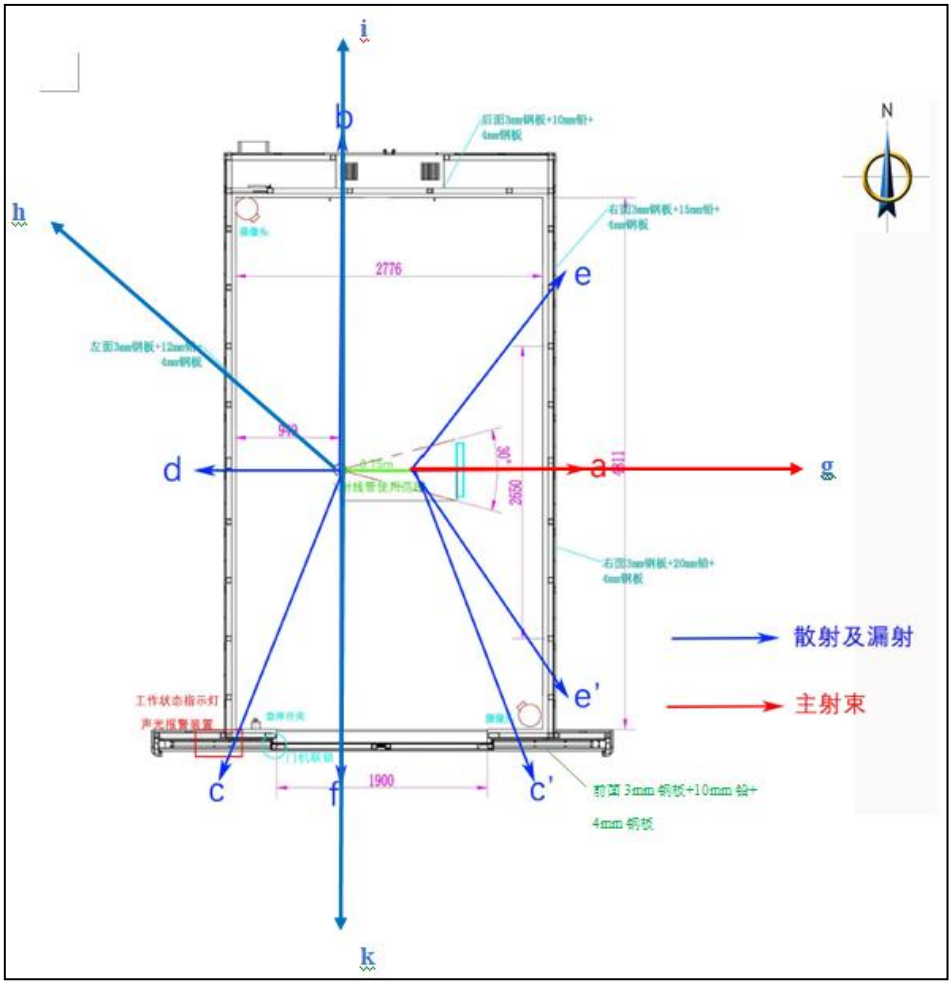
图 11-1　探伤室关注点位图

（2）X 射线数字成像系统

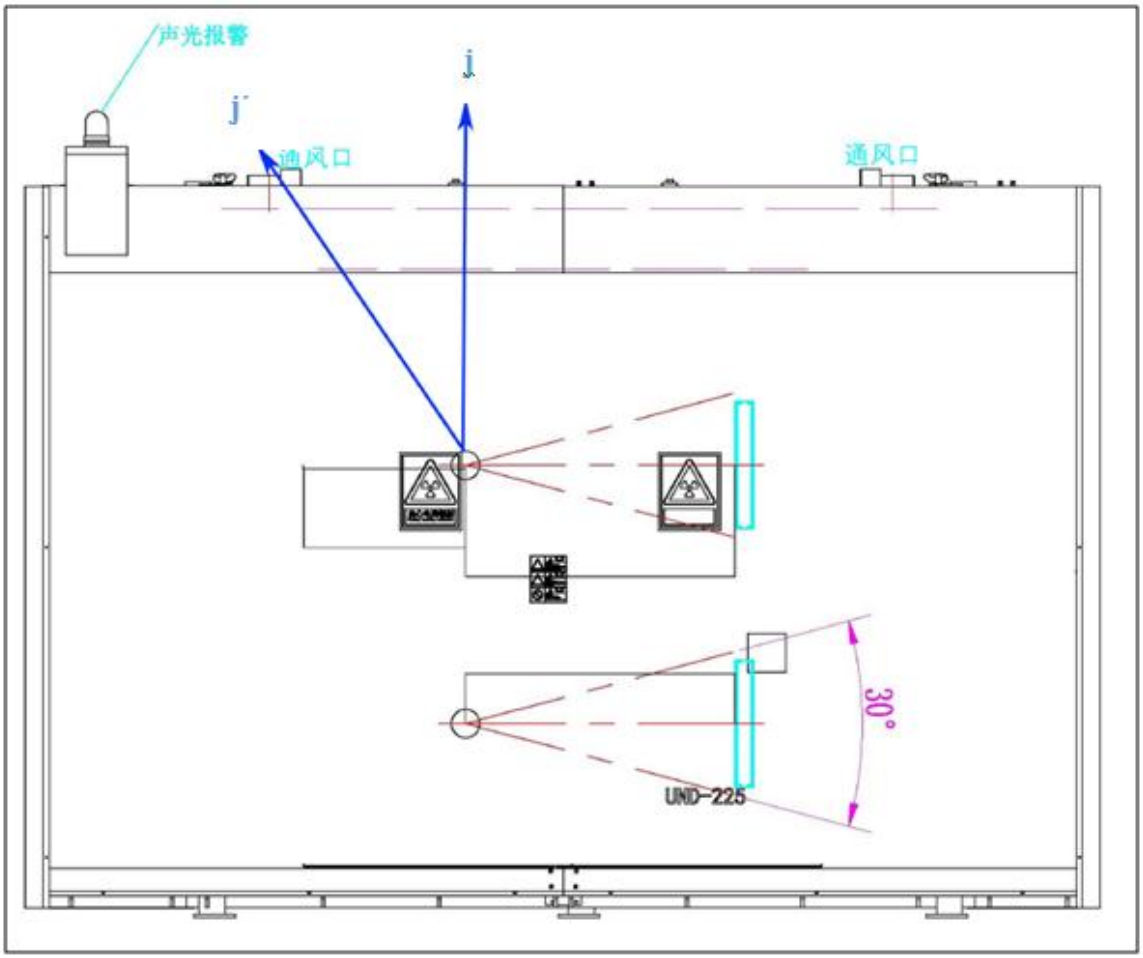
X 射线成像检测系统的 X 射线机有用线束朝东照射，有用束半张角为 15°，X 射线机靶点距东侧防护面最近约为 1.08m，距西侧防护面约为 0.95m，距南北两侧防护面最近均约为 2.4m，距室顶最近约为 1.08m，距东侧防护面的最远距离（2.78-0.95）m×tan15°≈0.49m，该距离小于靶点距南侧防护面和北侧防护面的最近距离，小于靶点距室顶的最近距离，因此有用线束不照射室顶、南北两侧防护面、西侧防护面、南侧大防护门及东侧防护面两侧。

综上所述，使用 X 射线数字成像系统时，东侧防护面中间位置（南北长 0.49m 的范围）考虑有用线束，其他防护面和防护门考虑漏射线和散射线。

本项目铅房的关注点位图见图 11-2。



a　铅房平面布置关注点位图



b 铅房平面布置关注点位图

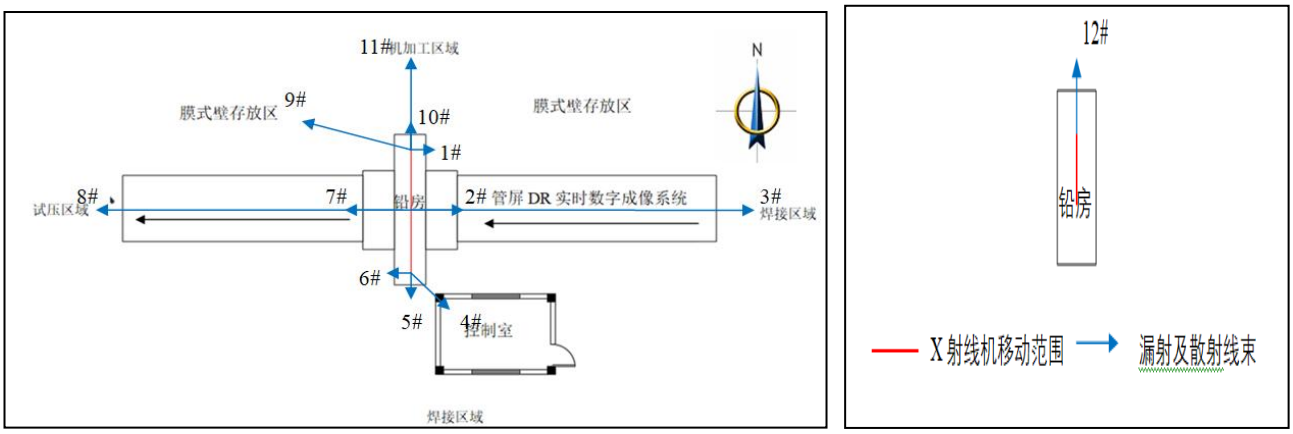
图 11-2 铅房关注点位图

（3）管屏 DR 数字成像系统

管屏 DR 数字成像系统的 X 射线机有用线束朝下照射，有用束半张角为 20°，X 射线机靶点距东、西侧防护面最近约为 1.05m，距南、北两侧防护面最近均约为 1m，距室顶、地面最近约为 1m，距底面的最远距离 2m×tan20°≈0.72m，该距离小于靶点距四侧防护面的最近距离，因此有用线束不照射四侧防护面与铅防护门或铅帘。

综上所述，使用管屏 DR 成像检测系统时，四侧防护面与铅防护门或铅帘均考虑漏射线和散射线，地面无地下层，不予考虑。

本项目铅房的关注点位图见图 11-3。



a　铅房平面布置关注点位图　　**b 铅房剖面关注点位图**

图 11-3 管屏 DR 铅房关注点位图

11.2.1.2计算公式的选取

（1）有用线束计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），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按式（11-1）计算，然后由附录 B.1 的曲线查出相应的屏蔽物质厚度：

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

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目 X 射线探伤机取值 5mA，X 射线数字成像系统取值 8mA，管屏 DR 数字成像系统取 25mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，μSv•m^2/（mA•h），以 mGy•m^2/（mA•min）为单位的值乘以 6×10^4；查 《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附表 B.1，本项目 X 射线探伤机保守取 400kV 管电压 3mm 铜过滤条件下输出量 23.5 mGy m^2/（mA min），X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统保守取 250kV 管电压 0.5mm 铜过滤条件下输出量 16.5 mGy m^2/（mA min）。

B：屏蔽透射因子；B 取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中的附录 B 中图 B.1 与图 B.2，本项目探伤室或铅房主射束屏蔽透射因子取值见表 11-1。

R：距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1。

（2）泄漏辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，

屏蔽体外关注点的泄漏辐射剂量率按式（11-2）计算：

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

式中：

$\dot{H}$：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率，单位为微希每小时（μSv/h），根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 1，当 X 射线管电压＞200kV 时，$\dot{H}_L$取值 5×10^3μSv/h。

B：屏蔽透射因子，取值见表 11-1；

R：距辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m），取值见表 11-1；

（3）散射辐射计算公式

根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），在给定屏蔽物质厚度 X 时，屏蔽体外关注点的散射辐射剂量率按式（11-3）计算。

$$\dot{H} = \frac{I\cdot\dot{H}_0\cdot B}{{R_S}^2}\cdot\frac{F\cdot\alpha}{{R_0}^2} \quad 式（11-3）$$

式中：

I：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA），本项目 X 射线探伤机取值 5mA，X 射线数字成像系统取值 8mA，管屏 DR 数字成像系统取 25mA；

H_0：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，同主射公式；

B：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 2 并查附录 B 表 B.2 的相应值，确定 90°散射的 TVL，然后按式（11-4）计算；

F：R_0处的辐射野面积，单位为平方米（m^2）；

α：散射因子，入射辐射被单位面积（$1m^2$）散射体散射在距其 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。与散射物质有关，在未获得相应物质的 α 值时，可以水的 α 值保守估计，见附录 B 表 B.3；

R_0：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离，单位为米（m）；

$\frac{{R_0}^2}{F\cdot\alpha}$：根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）B.4.2，当 X 射线探伤装置圆锥束中心轴和圆锥边界的夹角为 20°时，其值为：60（150kV）和 50（200~400kV）。本项目保守取值 50；

R_S：散射体至关注点的距离，单位为米（m），取值见表11-1；

$$B = 10^{-X/TVL} \quad 式（11-4）$$

式中：

X：屏蔽物质厚度，与 *TVL* 取相同的单位；

TVL：X 射线在屏蔽物质中的什值层厚度，mm，取值见表 11-1。

（4）天空反散射计算公式

（4）天空反散射计算公式

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{B \cdot \dot{D}_{10} \cdot \Omega^{1.3} \cdot 10^6}{0.67 \cdot r_1^2 \cdot r_s^2} \qquad （式 11-5）$$

$$\Omega = 4tg^{-1}\frac{a \cdot b}{c \cdot d} \qquad （式 11-6）$$

式中：$\dot{H}_{L,h}$：参考点相应的剂量当量率，μSv·h^{-1}；

B：辐射减弱的透射比；

$\dot{D}_{10}$：离源上方 1m 处的吸收剂量指数率，Gy ㎡ ㎜$^{-1}$，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附录 B 表 B.1，在未获得厂家给出的输出量，保守取 400kV 管电压下输出量为 23.5mGy•m^2/（mA•min），本项目 X 射线探伤机最大管电流为 5mA，则本项目取 1.18×10^{-1}Gy ㎡ ㎜$^{-1}$；

Ω：辐射源对屋顶张的立体角，sr。本项目 Ω 根据式 11-6 进行计算；其中 a 为屋顶长度之半，b 为屋顶宽度之半，c 为源到屋顶表面中心的距离，d 为源到屋顶边缘的距离，且 $d=\sqrt{a^2+b^2+c^2}$。本项目锅筒探伤室 a 取 7.25m，b 取 5m，源到地面距离为 0.5m-4.0m，本项目 c 取 5.5m， d 取 10.4m，代入式 11-6，计算得 Ω 约为 2.25sr；本项目集装/管道探伤室 a 取 6m，b 取 3.75m，源到地面距离为 0.5m-3.0m，本项目 c 取 4.2m， d 取 8.2m，代入式 11-6，计算得 Ω 约为 2.31sr。

r_1：辐射源到屋顶上方 2m 处的距离，m。本项目锅筒探伤室取 7.5m，集装/管道探伤室取 6.2m。

r_s：室外参考点 Q 到源的水平距离，m。本项目锅筒探伤室取 35m，集装/管道探伤室取 17m。

式中 0.67 是单位换算系数。

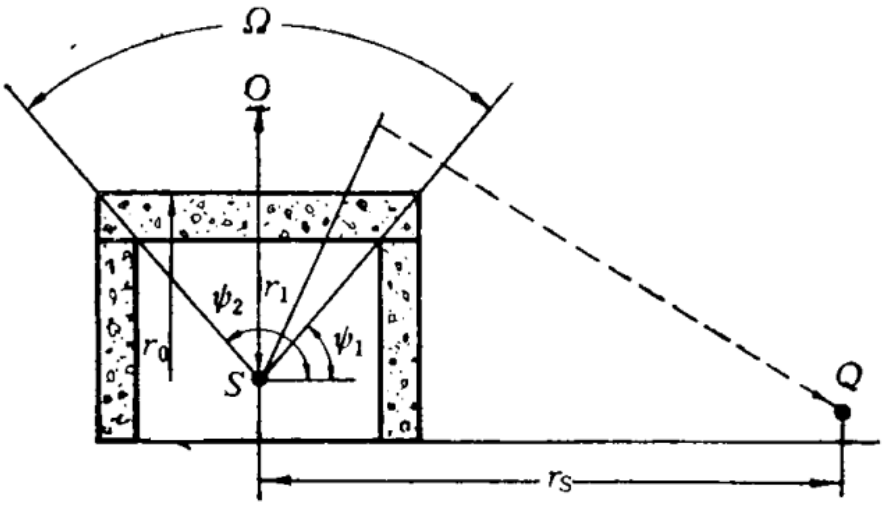


图 11-4　天空散射计算示意图

（5）年有效剂量计算公式

根据《辐射防护导论》（方杰主编），X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量按下列式 11-7 计算。

$$H_{E-r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} \quad \text{式（11-7）}$$

式中：

HE−r：年受照剂量，mSv/a；

Dr：关注点辐射剂量率，μSv/h；

T：居留因子；本项目的居留因子选取根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 A.1。

t：年受照时间，h/a。

11.2.1.3计算参数的选取

11.2.1.3计算参数的选取

本项目室内探伤的辐射剂量率计算相关参数一览表见表11-4。

表 11-4　辐射剂量率计算相关参数一览表

关注点位		源与关注点的距离（m）/TVL（mm）			屏蔽参数	透射因子 *B*	需考虑的屏蔽辐射类型
		有用线束	泄漏辐射	散射辐射			
探伤室工作场所							
A	锅筒探伤室东墙外 30cm 处（进料区域，墙、门防护一致）	——	3.6/100	——	1300mm 混凝土	1.0×10^{-13}	泄漏辐射
		——	——	3.6/90		3.59×10^{-15}	散射辐射

B	锅筒探伤室南墙外30cm 处（过道）	3.5/100	——	——	1200mm 混凝土	1.0×10^{-12}	有用线束
C	锅筒探伤室西墙外30cm 处（暗室、干片室、评片室）	——	3.6/100	——	1300mm 混凝土	1.0×10^{-13}	泄漏辐射
		——	——	3.6/90		3.59×10^{-15}	散射辐射
D	锅筒探伤室北墙外30cm 处（控制室）	3.2/100	——	——	900mm 混凝土	1.0×10^{-9}	有用线束
E	锅筒探伤室人员门外30cm 处	5.5/100（砼）、7（铅）	——	——	1300mm 混凝土+6mm 铅板	1.39×10^{-14}	有用线束
	集箱/管道探伤室人员门外 30cm 处	4.3/100（砼）、7（铅）	——	——	700mm 混凝土+6mm 铅板	1.39×10^{-8}	有用线束
F	锅筒探伤室迷道外过道	4.3/100（砼）、7（铅）	——	——	1000mm 混凝土+6mm 铅板	1.39×10^{-11}	有用线束
	集箱/管道探伤室迷道外过道	3.9/100（砼）、7（铅）	——	——	700mm 混凝土+6mm 铅板	1.39×10^{-8}	有用线束
G	集箱/管道探伤室东墙外30cm 处（进料区）	——	3.0/100	——	700mm 混凝土	1.0×10^{-7}	泄漏辐射
		——	——	3.0/90		1.67×10^{-8}	散射辐射
H	集箱/管道探伤室东侧工件门外 30cm 处（进料区）	——	3.0/7	——	39mm 铅	2.68×10^{-6}	泄漏辐射
		——	——	3.0/2.9		3.56×10^{-14}	散射辐射
I	电源室	2.5/100	——	——	700mm 混凝土	1.0×10^{-7}	有用线束
		7.3/100	——	——	1300mm 混凝土	1.0×10^{-13}	有用线束
J	集箱/管道探伤室西墙外30cm 处（焊接实验室等区域）	——	3.0/100	——	700mm 混凝土	1.0×10^{-7}	泄漏辐射
		——	——	3.0/90		1.67×10^{-8}	散射辐射
K	集箱/管道探伤室北墙外30cm 处（过道）	2.5/100	——	——	700mm 混凝土	1.0×10^{-7}	有用线束
L	锅筒探伤室顶棚 30cm 处（无人平台）	5.8/100	——	——	900mm 混凝土	1.0×10^{-9}	有用线束
M	集箱/管道探伤室顶棚30cm 处（无人平台）	4.5/100	——	——	400mm 混凝土	1.0×10^{-4}	有用线束
L'	锅筒探伤室排风口30cm 处	5.8/100	——	——	800mm 混凝土	1.0×10^{-8}	有用线束
M'	集箱/管道探伤室排风口30cm 处	4.5/100	——	——	700mm 混凝土	1.0×10^{-7}	有用线束
锅筒探伤室天空反散射点位		距离 35m/TVL100mm			900mm 混凝土	1.0×10^{-9}	天空反散射
集箱/管道探伤室天空反散射点		距离 17m/TVL100mm			400mm 混凝土	1.0×10^{-4}	天空

位							反散射
X 射线数字成像系统工作场所							
a	铅房东墙外 30cm	1.38/2.9	——	——	20mmPb	1.27×10^{-7}	有用线束
b	铅房北墙外 30cm	——	2.7/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	2.7/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
c/c’	铅房南墙外 30cm	——	2.9/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	2.9/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
d	铅房西墙外 30cm	——	1.25/2.9	——	12mmPb	7.28×10^{-5}	泄漏辐射
		——	——	1.25/1.4		2.68×10^{-9}	散射辐射
e/e’	铅房东墙两端	——	1.38/2.9	——	15mmPb	6.72×10^{-6}	泄漏辐射
		——	——	1.38/1.4		1.9×10^{-11}	散射辐射
f	铅房南侧防护门外 30cm	——	2.7/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	2.7/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
g	铅房东墙外焊接区域	3.38/2.9	——	——	20mmPb	1.27×10^{-7}	有用线束
h	铅房西墙外操作台	——	4.7/2.9	——	12mmPb	7.28×10^{-5}	泄漏辐射
		——	——	4.7/1.4		2.68×10^{-9}	散射辐射
i	铅房北墙外厂内道路	——	3.7/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	3.7/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
j	铅房顶棚外 30cm 处	——	1.38/2.9	——	12mmPb	7.28×10^{-5}	泄漏辐射
		——	——	1.38/1.4		2.68×10^{-9}	散射辐射
j’	铅房顶棚排风口 30cm 处	——	1.5/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	1.5/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
k	铅房南侧机加工区域	——	11.7/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	11.7/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
管屏 DR 数字成像系统工作场所							
1#	铅房东墙外 30cm	——	1.3/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	1.3/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
2#	铅房东侧铅帘外 30cm	——	3.0/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	3.0/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
3#	铅房东侧焊接区域	——	19/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	19/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
4#	铅房南侧控制室	——	3.3/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	3.3/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射

5#	铅房东南墙外 30cm（墙与防护门防护一致）	——	1.4/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	1.4/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
6#	铅房西墙外 30cm	——	1.3/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	1.3/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
7#	铅房西侧铅帘外 30cm	——	3.0/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	3.0/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
8#	铅房西侧试压区域	——	19/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	19/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
9#	铅房西北侧膜式壁存放区	——	19/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	19/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
10#	铅房北墙外 30cm（墙与防护门防护一致）	——	1.4/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	1.4/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
11#	铅房北侧机加工区域	——	11.4/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	11.4/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射
12#	铅房顶棚外 30cm（无人可达平台）	——	1.4/2.9	——	10mmPb	3.56×10^{-4}	泄漏辐射
		——	——	1.4/1.4		7.20×10^{-8}	散射辐射

注：1、TVL 值根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.2 直接取得或用内插法计算取得；

2、锅筒探伤室南北墙体的屏蔽防护保守取最低厚度进行相关计算（迷道内墙除外）；

3、所有关注点位保守均按 0°进行计算。

11.2.1.3辐射剂量率与有效剂量的计算

（1）辐射剂量率的计算

辐射屏蔽影响预测结果见表 11-5。

表 11-5　辐射屏蔽理论计算结果一览表

关注点位		有用线束（μSv/h）	泄漏辐射（μSv/h）	散射辐射（μSv/h）	总剂量率（μSv/h）	GBZ117-2015 标准限值（μSv/h）
探伤室工作场所						
A	锅筒探伤室东墙外30cm处(进料区域，墙、门防护一致）	——	3.86×10^{-11}	3.91×10^{-11}	7.76×10^{-11}	2.5
B	锅筒探伤室南墙外 30cm 处（过道）	5.76×10^{-8}	——	——	5.76×10^{-8}	2.5
C	锅筒探伤室西墙外30cm处(暗室、干片室、评片室）	——	3.86×10^{-11}	3.91×10^{-11}	7.76×10^{-11}	2.5
D	锅筒探伤室北墙外 30cm 处（控制室）	6.88×10^{-5}	——	——	6.88×10^{-5}	2.5
E	探伤室人员门外 30cm 处	5.3×10^{-4}	——	——	5.3×10^{-4}	2.5
F	探伤室迷道外过道	6.44×10^{-4}	——	——	6.44×10^{-4}	2.5

G	集箱/管道探伤室东墙外 30cm 处（进料区）	——	5.56×10^{-5}	2.62×10^{-4}	3.17×10^{-4}	2.5
H	集箱/管道探伤室东侧工件门外 30cm 处（进料区）	——	1.49×10^{-3}	5.58×10^{-10}	1.49×10^{-3}	2.5
I	电源室	0.11	——	——	0.11	2.5
J	集箱/管道探伤室西墙外 30cm 处（焊接实验室等区域）	——	5.56×10^{-5}	2.62×10^{-4}	3.17×10^{-4}	2.5
K	集箱/管道探伤室北墙外 30cm 处（过道）	0.11	——	——	0.11	2.5
L	锅筒探伤室顶棚 30cm 处（无人平台）	2.1×10^{-4}	——	——	2.1×10^{-4}	2.5
M	集箱/管道探伤室顶棚 30cm 处（无人平台）	34.8	——	——	34.8	100
L'	锅筒探伤室排风口 30cm 处	2.1×10^{-3}	——	——	2.1×10^{-3}	100
M'	集箱/管道探伤室排风口 30cm 处	3.48×10^{-2}	——	——	3.48×10^{-2}	100
锅筒探伤室天空反散射点位		7.34×10^{-9}				0.17
集箱/管道探伤室天空反散射点位		4.71×10^{-3}				0.17
X 射线数字成像系统工作场所						
a	铅房东墙外 30cm	0.53	——	——	0.53	2.5
b	铅房北墙外 30cm	——	0.24	1.56×10^{-3}	0.24	2.5
c/c‘	铅房南墙外 30cm	——	0.21	1.36×10^{-3}	0.21	2.5
d	铅房西墙外 30cm	——	0.23	2.72×10^{-4}	0.23	2.5
e/e‘	铅房东墙两端	——	0.02	1.58×10^{-5}	0.02	2.5
f	铅房南侧防护门外 30cm	——	0.24	1.58×10^{-6}	0.24	2.5
g	铅房东墙外焊接区域	0.09	——	——	0.09	2.5
h	铅房西墙外操作台	——	0.02	1.92×10^{-5}	0.02	2.5
i	铅房北墙外厂内道路	——	0.13	8.33×10^{-4}	0.13	2.5
j	铅房顶棚外 30cm 处	——	0.19	2.23×10^{-4}	0.19	2.5
j‘	铅房顶棚排风口 30cm 处	——	0.79	5.07×10^{-3}	0.79	2.5
k	铅房南侧机加工区域	——	0.01	8.78×10^{-5}	0.01	2.5
管屏 DR 数字成像系统工作场所						
1#	铅房东墙外 30cm	——	1.05	0.02	1.07	2.5
2#	铅房东侧铅帘外 30cm	——	0.20	3.96×10^{-3}	0.20	2.5
3#	铅房东侧焊接区域	——	4.93×10^{-3}	9.87×10^{-5}	5.03×10^{-3}	2.5
4#	铅房东南侧控制室	——	0.16	3.27×10^{-3}	0.17	2.5
5#	铅房南墙外 30cm	——	0.91	0.02	0.93	2.5
6#	铅房西墙外 30cm	——	1.05	0.02	1.07	2.5
7#	铅房西侧铅帘外 30cm	——	0.20	3.96×10^{-3}	0.20	2.5
8#	铅房西侧试压区域	——	4.93×10^{-3}	9.87×10^{-5}	5.03×10^{-3}	2.5
9#	铅房西北侧膜式壁存放区	——	4.93×10^{-3}	9.87×10^{-5}	5.03×10^{-3}	2.5
10#	铅房北墙外 30cm	——	0.91	0.02	0.93	2.5
11#	铅房北侧机加工区域	——	0.01	2.74×10^{-4}	0.01	2.5

12#	铅房顶棚外 30cm	——	0.91	0.02	0.93	2.5
注：天空反散射关注点剂量率控制水平为 0.25mSv/1500h/1（居留因子）*1000=0.17μSv/h。						

探伤室四周屏蔽墙及防护门外关注点辐射剂量率最大值为 0.11μSv/h，顶棚外辐射剂量率为 34.8μSv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“X 射线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；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”的要求。

X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统的铅房表面 30cm 处各预测点位的辐射剂量率均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中 2.5μSv/h 的限值要求。

（2）年有效剂量的计算

本项目各探伤室、各数字成像系统辐射工作人员每天共工作12小时（两班轮换，每班工作6小时），每年工作300天（60周）。根据建设单位提供的资料，本项目每间探伤室年最大拍片均为30000张，单次拍片曝光时间最大为3min，每间探伤室时间为1500h；X射线数字成像系统年最大拍片为30000张，单次拍片曝光时间最大为3min，年最大出束时间为1500h；管屏DR数字成像系统年最大拍片为30000张，单次拍片曝光时间最大为3min，年最大出束时间为1500h。每组辐射工作人员年出束时间为750h，公众人员年出束时间为1500h。

本项目X射线数字成像系统与管屏DR数字成像系统距离较近，考虑其辐射剂量率的叠加影响，距探伤室工作场所较远，在各自评价范围外，不考虑其辐射剂量率的叠加影响。根据公式11-6与表11-5的辐射剂量率数据，以及各辐射工作场所的工作负荷，本项目室内探伤的年有效剂量计算结果如表11-6所示。

表 11-6 本项目室内探伤人员年有效剂量计算结果一览表

人员属性		居留因子	对应关注点位	辐射剂量率 D_r（μSv/h）	年受照时间 t（h）	年受照总剂量 H_{E-r}（mSv）
探伤室工作场所						
职业人员	西侧操作室辐射工作人员	1	D+J	$6.88\times10^{-5}+3.17\times10^{-4}$	750	2.90×10^{-4}
公众人员	探伤室东墙外过道	1/5	H	1.49×10^{-3}	1500	4.47×10^{-4}
	探伤室东侧集箱管存放区域与周转区	1/5	H	1.49×10^{-3}	1500	4.47×10^{-4}
	探伤室南墙外过道	1/5	B	5.76×10^{-8}	1500	1.73×10^{-8}
	探伤室南侧工件轨道区域、空压站、风机房、板材存放区域	1	B	5.76×10^{-8}	1500	8.64×10^{-8}
	探伤室西侧外过道焊接实验室、X 射线探伤机贮存间等辅助房间	1	J	3.17×10^{-4}	1500	4.76×10^{-4}
	探伤室西侧厂区道路	1/5	D+J	$6.88\times10^{-5}+3.17\times10^{-4}$	1500	1.16×10^{-4}
	探伤室西侧现状空地	1	D+J	$6.88\times10^{-5}+3.17\times10^{-4}$	1500	5.79×10^{-4}

	迷道间过道	1/16	F	6.44×10^{-4}	1500	9.66×10^{-4}
	电源室	1/16	I	0.11	1500	0.01
	探伤室北侧机加工区域、管子存放区域	1	K	0.11	1500	0.17
X 射线数字成像系统工作场所						
职业人员	西侧操作台辐射工作人员	1	h	0.02	750	0.02
公众人员	东侧焊接区域、管子存放区域	1	g	0.09	1500	0.14
	南侧机加工区域、管屏校正区域	1	k	0.01	1500	0.03
		叠加管屏 DR 影响 7.55×10^{-3}mSv				
	西侧焊接区域、机加工区域	1	h	0.02	1500	0.05
		叠加管屏 DR 影响 0.02mSv				
	北侧厂内道路	1/16	i	0.13	1500	0.01
管屏 DR 数字成像系统工作场所						
职业人员	东南侧控制室辐射工作人员	1	4#	0.17	750	0.13
公众人员	东侧焊接区域、机加工区域	1	3#	5.03×10^{-3}	1500	0.03
		叠加 X 射线数字成像系统影响 0.02mSv				
	进料区域、出料区	1/5	2#、7#	0.2	1500	0.06
	铅房南、北侧	1/16	5#、10#	0.93	1500	0.09
	南侧焊接区域、集装车间	1	3#	5.03×10^{-3}	1500	7.55×10^{-3}
	西侧试压区域	1	8#	5.03×10^{-3}	1500	7.55×10^{-3}
	北侧机加工区域、厂内道路、生产厂房二	1	11#	0.01	1500	0.05
		叠加 X 射线数字成像系统影响 0.03mSv				

本项目室内探伤工作场所所致辐射工作人员受照年有效剂量最大为0.13mSv，满足本项目职业人员剂量约束值不超过5mSv/a的要求，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的工作人员所接受的职业照射水平不应超过20mSv/a的剂量限值要求。

根据辐射剂量率跟距离的平方成反比，近距离的公众年有效剂量可以满足要求，那么远距离的公众年有效剂量也可满足要求。本项目室内探伤工作场所所致公众最大受照年有效剂量为0.17mSv，满足本项目公众人员剂量约束值不超过 0.25mSv/a 的要求，同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中“实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过 1mSv/a”的剂量限值要求。

11.2.2现场探伤

公司计划新购4台X射线定向探伤机，拟在生产厂房三中部的划定区域（长100m、宽27m）内开展现场探伤作业，不得在划定区域外开展任何形式的探伤作业。本项目现场探伤均为双壁透照，不涉及单壁透照。当双壁透照时，探伤工件放在管架上（离工作面约850～1200mm），X射线探伤机摆放于地面并处于管道外侧，主射方向朝上，胶片敷贴于管道对侧。本项目主要对管材中间焊缝进行探伤，不对工件两端进行探伤，常规探伤位置距离管材两端至少200mm；

生产车间内现场探伤情景见图11-5。

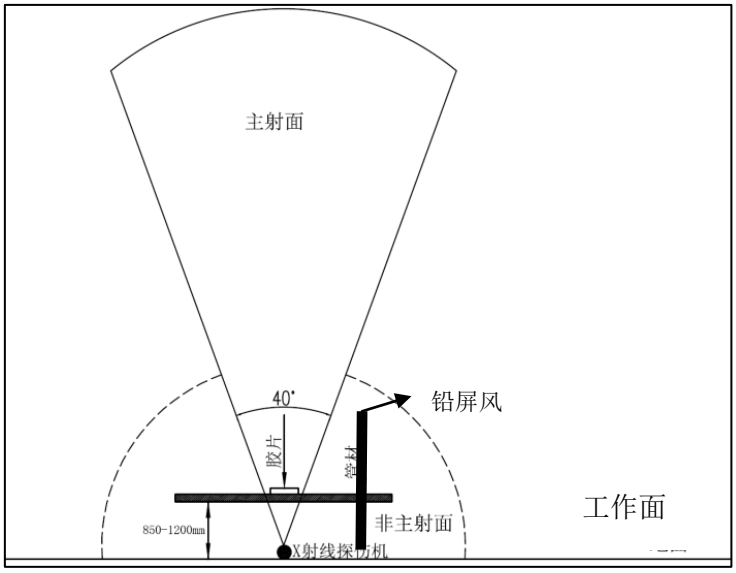


图11-5　现场探伤作业射线照射示意图

11.2.2.1现场探伤控制区和监督区的理论划分

（1）控制区边界与监督区边界周围剂量当量率的确定

建设单位将严格按照《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015），利用辐射剂量率仪将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h的范围内划为控制区，严禁任何人进入该区域；将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h的范围划为监督区，严禁公众成员进入该区域。

（2）现场探伤控制区和监督区的理论划分

本项目的辐射源强主要包括X射线主射束辐射、泄漏辐射、散射辐射（如以0°入射探伤工件的90°散射辐射等），主射束朝上，厂房为单层建筑且主射角40°内无建筑物，无地下层，因此本次评价仅考虑非有用线束方向的泄漏辐射和散射辐射。公司现场探伤时只开启1台X射线探伤机进行作业。

①漏射线控制区和监督区的划定

根据周围剂量当量率与距离的平方成反比的关系式，可以估算出探伤过程中泄漏射线的辐射影响范围，见式（11-8）。

$$K_1 = BK_0{R_0}^2/{R_1}^2 \qquad (11-8)$$

式中：K_1：距探伤机表面R处的空气比释动能率，mGy/h；对于控制区边界取0.015mGy/h，对于监督区边界取0.0025mGy/h（1mSv=1mGy）；

K_0：距离探伤机表面1m处的空气比释动能率，mGy/h；本项目250kV X射线探伤机取值5mGy/h；

R_0：射线源与工件的距离m，本项目取1m；

R_1：参考点距射线源的距离，m；

B：透射因子，东侧铅屏风根据式11-4进行计算，其他方位取1。

②散射线控制区和监督区的划定

本项目探伤机工作时，X射线一般只有经1次散射后到达工件外面时才对周围环境影响较大。假设主射线束经一次散射后到达工件外，散射线可根据《辐射防护导论》（方杰主编）P185页公式（6.6）计算：

$$\eta_{rR} \leq \mathrm{k}\frac{\dot{H}_{L,h}\cdot r_i^2\cdot r_R^2}{F_{j0}\alpha_r aq} \qquad (11-9)$$

由上式可以推导出：

$$\dot{H}_{L,h} = \frac{F_{j0}\cdot\alpha_r\cdot a}{r_i^2\cdot r_R^2}\cdot q\cdot\frac{1}{k}\cdot\eta_{rR} \qquad (11-10)$$

式中：

$\dot{H}_{L,h}$：参考点处周围剂量当量率的控制水平（Sv/h）；

$\dot{H}_{L,h}$（控制区）=1.5×10^{-5}Sv/h，$\dot{H}_{L,h}$（监督区）=2.5×10^{-6}Sv/h；

F_{j0}：辐射源处辐射水平（Gy m^2 min^{-1}），由$I\cdot\delta_\chi$确定； 根据《工业X 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）附表 B.1，F_{j0}取值如下：

250kV探伤机：$F_{j0}=I\cdot\delta_\chi$=16.5mGy m^2 mA^{-1} min^{-1}×5mA=0.0825Gy m^2 min^{-1}。

α_r：反射物的反射系数，根据《辐射防护导论》（方杰主编）P187页图6.4，散射光子能量取0.25MeV，单能光子在钢上的反射系数约为0.007。

a：X射线束在反射物上的投照面积（m^2），$a=\pi$（r_i×tan(θ/2)）^{2}，θ为辐射角，本项目取40°，即a=0.1；

r_i：辐射源同反射点之间的距离（m），取1m；

r_R：反射点到参考点的距离（m）；

k：单位换算系数，对于X射线源为1.67×10^{-2}；

q：参考点所在位置相应的居留因子，取1；

η_{rR}：透射因子，东侧铅屏风根据式11-4进行计算，其他方位取1。

（3）理论估算结果

本项目现场探伤每次探伤作业仅限单台探伤机开机操作。假设探伤作业时，设备满功率运

行，将相关参数带入公式（11-8）～（11-10），可估算出探伤机探伤时控制区和监督区的边界范围，见表 11-6。

表 11-6　X 射线现场探伤控制区与监督区估算结果

设备型号	射线类型	东侧控制区范围（m）	东侧监督区范围（m）	其他方位控制区范围（m）	其他方位监督区范围（m）
250kV 定向 X 射线探伤机	泄漏辐射	3.7	9.2	19	45
	散射辐射	1.1	2.8	31	75

综上所述，经理论计算本项目所用探伤机现场探伤作业时，控制区最大范围为距靶 45m 以内区域，监督区最大范围为距靶 75m 以内区域。本项目现场探伤作业区域距离东侧员工宿舍和员工食堂约 90m，距离东侧厂界约 135m，距离南侧厂界约 103m，距离西侧厂界 103m，距离北侧厂界约 130m。因此，本项目现场探伤的最大监督区范围不超出厂界，且监督区边界不涉及员工宿舍和员工食堂。本项目现场探伤的最大监督区范围仅涉及生产厂房三、生产厂房二与厂内道路，与建设单位核实，本项目现场探伤工作时间段为夜间 22:00～次日 6:00，公司各生产车间的工作时间段为 8:00～20:00，因此，正常情况下本项目现场探伤工作时厂区内各区域均处于非工作状态。若出现临时性加班等特殊情况，公司应严格执行辐射告知和清场工作。因此，本项目选址合理可行，符合现场探伤控制区和监督区的划分原则。

实际探伤过程中X射线探伤机的管电压的降低、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平下降，从而缩小控制区和监督区的范围。因此在实际探伤过程中探伤工作人员应根据《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的要求，在第一次曝光开始前，根据上述理论估算值和经验划定并标志出控制区边界；在试运行或第一次曝光期间，借助辐射环境巡测仪进行检测或修正，将作业场所中周围剂量当量率大于15μSv/h 以上的范围内划为控制区，将控制区边界外、作业时周围剂量当量率大于2.5μSv/h 的范围划为监督区。

（4）人员受照剂量估算

①辐射工作人员

本项目现场探伤共有 2 个工作小组进行轮班，每年工作 300 天（50 周），单班次工作 8 小时，现场探伤作业每年最大拍片为 20000 张，单次拍片曝光时间最大为 3min，年最大总出束时间为 1000h。

结合公司实际情况做保守假设：a、每个工作小组预计年拍片最大为 10000 张，单次拍片曝光时间最长 3min，每个工作小组年探伤时间为 500h；b、每个工作小组为 3 名辐射工作人员（1 名现场操作、2 名巡查），3 人轮换在控制区边界外进行探伤机操作，则单名工作人员年操作总

时间最大 500/3h，巡逻时间为 2×500/3h。c、本项目探伤作业人员在控制区边界外操作，剂量率保守取 15μSv/h；辐射工作人员在监督区边界巡逻，剂量率保守取 2.5μSv/h。d、居留因子按全居留考虑，保守取 1。

根据公式（11-7）计算，单名辐射工作人员的年受照有效剂量最大为3.33mSv。

② 公众人员

该公司在进行探伤前划定控制区和监督区，公众成员不得进入监督区区域，监督区边界的周围剂量当量率≤2.5μSv/h，保守以2.5μSv/h计算，其中东侧宿舍楼的周围剂量当量率按2.5μSv/h乘以铅屏风的屏蔽透射因子进行计算。年照射时间按总时间1000h计，现场探伤的公众年有效剂量计算结果见表11-7。

表11-7 现场探伤的公众年有效剂量计算结果

公众人员	辐射剂量率D_r（μSv/h）	年受照时间 t（h）	居留因子	年受照总剂量 H_{E-r}（mSv）
东侧宿舍楼公众人员	2.5×（9.2/90）^{2}*	1000	1	0.03
其他公众人员	2.5	1000	1/16	0.16
注：*代表根据监督区距离与宿舍离探伤区域的距离的比的平方来计算辐射剂量率。				

因此，本项目所致辐射工作人员与公众成员的年受照有效剂量小于本次评价项目年剂量约束值（职业人员≤5.0mSv/a、公众成员≤0.25mSv/a），同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”要求。

11.2.3“三废”环境影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

（1）臭氧和氮氧化物

X 射线室内探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风系统排至探伤室或铅房外至车间外环境开放场所，对周围大气环境影响较小；X 射线现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且探伤现场为空阔开放场所，对周围大气环境影响较小。

（2）固废

X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统带有探测器实时成像，无废显（定）影液及废胶片的产生；探伤室工作场所与现场探伤作业洗片和阅片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于危险废物，拟定期委托有资质的单位处置，危废暂存间已按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境基本不会造成影响。

11.3辐射事故影响分析

11.3.1辐射事故风险识别

11.3.1.1探伤室工作场所

（1）X射线探伤机在对工件进行照射的工况下，门-机联锁失效，至使防护门未完全关闭，X射线泄漏到探伤室外面，给周围活动的人员造成不必要的照射；或在门-机联锁失效探伤期间，工作人员误打开防护门，使其受到额外的照射。

（2）操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，引发辐射事故。

（3）X射线探伤机被盗，使不了解探伤机性能的人员开机引发辐射事故。

11.3.1.2X射线数字成像系统

（1）检测过程中，门-机联锁装置、紧急停机按钮等失效使工作人员和公众误闯或误留，引发辐射事故。

（2）操作人员违规操作，造成周围人员的不必要照射，引发辐射事故。

（3）射线装置调试或维修期间，调试或维修工程师误开机出束，引发辐射事故。

11.3.1.3管屏DR数字成像系统

（1）设备维修人员还未全部撤出铅房，外面人员启动开关进行探伤，或设备维修人员误出束引发辐射事故。

（2）安全联锁装置发生故障，射线装置工作时无关人员打开维修门并误入，或者操作人员误操作造成有人员被误照射，引发辐射事故。

（3）进出料口处防护铅帘失效，造成射线泄漏，引发辐射事故。

11.3.1.4现场探伤

（1）探伤机故障或控制失灵，出现异常曝光可致人员受到一定照射剂量，引发辐射事故。

（2）X射线探伤机探伤时，因作业现场未标划安全防护区、未设置警戒线、现场管理不到位或者曝光前未清查现场，使人员误入或者误留辐射区，引发辐射事故。

（3）X射线探伤机被盗，使不了解探伤机性能的人员开机引发辐射事故。

11.3.2辐射事故防范措施

（1）从事X射线探伤的辐射工作人员必须经过有关部门的专业培训，具备上岗资格证，业务熟练；严格遵守探伤机或数字成像系统的使用管理规定和操作规程，禁止违章操作、野蛮作业；作好探伤机或数字成像系统的日常维护保养，定期检查，保证设备始终处于完好状态。操作过程中，设备发生任何故障都要立即停机，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）定期检查维护，确保门机（帘机）联锁装置、紧急停机按钮、电离辐射警告标志、工作状态指示灯等安全措施正常运转，保持完好；定期对射线装置进行检修维护，定期对周围辐

射水平进行检测，发现异常，及时切断电源，请厂家对设备进行维护维修。

（3）射线装置在调试和使用时，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，调试和维修工作由厂家专业人员承担。

（4）为防止开展现场探伤时，公众误留、误入控制区或监督区，除探伤现场事先清场，布置足够的警戒绳等围挡防止公众入内、并在关键位置布设警戒灯和警示牌提示公众外，还必须安排专人巡查控制区和监督区边界。因此，每次现场探伤除1名操作人员外，还至少有2名安全巡查人员。贮存射线装置的场所，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，应安装防盗门窗、监控等。

发生辐射事故时，事故单位应当立即切断电源、保护现场，并立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成超剂量照射的，还应当同时向当地卫生行政部门报告。对于射线装置被盗事故，还应向公安部门报告。

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

12.1.1 机构设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定，使用II类射线装置的工作单位，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

本项目为建设单位首次开展核技术利用建设项目，目前处于筹建阶段。建设单位承诺尽快成立辐射安全与环境保护管理机构，全面负责单位的辐射安全与环境保护管理工作，并配备相应的成员，确定管理机构领导、成员及辐射防护管理专（兼）职人员，做到分工清晰、职责明确，并在日后运行过程中，根据人事变动情况及时调整机构组成。

12.1.2 辐射人员管理

本项目拟新增辐射工作人员共 22 人。

（1）个人剂量检测

建设单位拟为新增辐射工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪，现场探伤辐射工作人员还需配备直读剂量计。使用个人剂量报警仪或直读剂量计可及时知道自身所处环境的辐射水平，避免在不知情的情况下长时间在高辐射剂量率水平的工作场所滞留。个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，加强档案管理，个人剂量档案应终生保存。

（2）辐射工作人员培训

本项目所有新增的辐射工作人员，需要及时组织参加生态环境部培训平台的辐射防护与安全培训，经考核合格后方可上岗，并按时接受再培训。

（3）辐射工作人员职业健康体检

新增辐射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。上岗后辐射工作人员应定期进行在岗期间职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过 2 年，必要时可增加临时性检查。辐射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当对其进行离岗前的职业健康检查，并建立个人健康档案。

12.1.3 辐射安全和防护状况年度评估报告

建设单位核技术利用项目正式开展后，应对开展的核技术利用项目辐射安全和防护状况进

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辐射安全和防护状况年度评估报告。

12.2 辐射安全管理规章制度

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

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》等法律法规要求，建设单位承诺将制定以下方面的管理制度：

辐射安全和防护保卫制度：根据本项目的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是 X 射线探伤机、X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统的运行和维修时辐射安全管理。

安全操作规程：针对本项目 X 射线探伤机探伤室作业、X 射线探伤机现场探伤作业、数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统制定相应的操作规程，明确辐射工作人员的资质条件要求、设备操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施。

设备检修维护制度：对可能引起操作失灵的关键零配件及时进行更换。设备检修时禁止开启检测装置，待检修完毕，开启检测装置试探伤，确认检修完成。检修后主要性能未达仪器基本参数时不准重新投入使用。

辐射工作人员岗位职责：明确管理人员、本项目辐射工作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，并层层落实。

射线装置使用登记和台账管理制度：建立 X 射线探伤机等设备的档案和台账，对 X 射线探伤机等设备贮存、使用、出入库情况及时进行登记、检查，同时加强档案管理。

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

监测方案：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质单位进行监测，公司明确个人剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标，并做好岗前监测；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，公司建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

辐射事故应急预案：根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发[2006]145 号文）的要求，公司应成立单位负责人为领导的辐射事故应急领导

小组。针对可能产生的辐射污染情况制定事故应急制度，该制度要明确事故情况下应采取的防护措施和执行程序，有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证及时上报、渠道畅通，并附上各联系部门及联系人的联系方式。同时根据本单位实际情况，每年至少开展一次综合或单项的应急演练，应急演练前编制演习计划，包括演练模拟的事故事件情景；演练参与人员等。

自行检查和年度评估制度：定期对探伤设备的安全装置和防护措施、设施的安全防护效果进行检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患，必须立即进行整改，避免事故的发生。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用射线装置的单位，应当对本单位的射线装置的安全和防护状态进行年度评估，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。

危险废物处理制度：危险废物临时贮存场所严格按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2001）及修改单进行设计，采取基础防渗、防火、防雨、防晒、防扬散、通风，配备照明设施等防治环境污染措施。贮存场所处粘贴危险废物标签，并作好相应的记录。危险废物由危废处置单位定期清运处理，包装容器为密封容器，容器上粘贴标签，注明种类、成分、危险类别、产地、禁忌与安全措施等，并采用专用密闭车辆，保证运输过程无泄漏。

辐射安全档案管理制度：公司须建立个人剂量档案，辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。辐射工作人员如调离辐射工作岗位，公司应当将个人剂量档案长期保存；新增辐射工作人员应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，每一年或两年委托相关资质单位对放射工作人员进行职业健康检查，建立职业健康监护档案且长期保存。

现场探伤辐射安全管理制度：公司须建立现场探伤辐射安全管理，确保夜间现场作业的辐射安全。包含作业前的公示牌公示规定，作业前的清场细则以及现场探伤作业的辐射工作人员操作规程等内容。

综上所述，公司在落实上述制度后，能够确保本项目射线装置的安全使用，满足国家相关的辐射安全管理及技术层面要求。日后的工作实践中，公司应根据核技术利用具体情况以及在工作中遇到的实际问题，并根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021年修改）》的要求及时进行更新、完善，提高制度的可操作性。

12.3 辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，建设单位需建立辐射工作监测制

度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

12.3.1 监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，建设单位拟配备 2 台便携式剂量仪。所有新增辐射工作人员均拟配备个人剂量计，各工作场所均拟配备个人剂量报警仪，其中现场探伤辐射工作人员需配置具有累积剂量监测功能的个人剂量报警仪。

12.3.2 监测计划

（1）个人剂量监测和职业健康检查

本项目新增辐射工作人员需佩戴个人剂量计，监测周期一般为一个月，最长不超过三个月。辐射工作人员职业健康检查应至少每 2 年进行 1 次，并建立职业健康监护档案且终生保存。

（2）辐射工作场所及周围环境监测

A、年度监测

建设单位应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年；年度监测报告应作为《辐射安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

B、日常自行监测

建设单位应定期自行开展辐射监测，制定各工作场所的定期监测制度，监测数据应存档备案，监测周期为每次探伤前。

C、监测内容和要求

监测内容：周围剂量当量率。

监测布点及数据管理：监测布点应参考监测计划或验收监测布点方案。监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

表12-1　辐射监测计划

场所名称	监测内容	监测类型	监测点位	监测依据	监测周期
探伤室工作场所	周围剂量当量率	年度监测	探伤室顶棚、四侧墙体及防护门外30cm离地面高度1m处，控制室，各电缆管道口、通风口以及四周环境保护目标	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）	1次/年
		自主监测			1次/季
		验收监测			竣工验收
X射线数字成像系统工作场所	周围剂量当量率	年度监测	铅房顶棚、四周屏蔽体外及防护门外30cm离地面高度1m处，操作台，各电缆管道口、通风口以及四周环境保护目标	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）	1次/年
		自主监测			1次/季
		验收监测			竣工验收
管屏DR数字成像系统	周围剂量当量	年度监测	铅房顶棚、四周屏蔽体外及防护门外30cm离地面高度1m处、进出料口、控制室、穿墙孔洞、	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业X射线探伤放射防护要	1次/年
		自主监测			1次/季
		验收监测			竣工验收

工作场所	率		维修门外以及四周环境保护目标	求》（GBZ117-2015）	
现场探伤工作场所	周围剂量当量率	日常监测	控制区和监督区边界	《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）及《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）	每次现场探伤工作时
		验收监测			竣工验收
		年度监测			1次/年
/	个人剂量检测	个人剂量当量	所有辐射工作人员	《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）	一般为一个月，最长不得超过三个月

12.4 辐射事故应急预案

12.4.1 应急预案制定要求

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》第四十一条的规定，结合单位的实际情况和事故工况分析，该公司拟建立的辐射事故应急预案，主要内容应包括：

（1）应急机构和职责分工（具体人员和联系电话）。

（2）应急人员的组织、培训以及应急和救助的装备、资金、物资准备。

（3）辐射事故分级与应急响应措施。

（4）辐射事故调查、报告和处理程序。

（5）生态环境、卫生和公安部门的联系部门和电话。

（6）编写事故总结报告，上报生态环境部门归档。

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，采取必要的防范措施并在2小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先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，应同时向当地卫生行政部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。

12.5 环保竣工验收

建设单位应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格

后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。“三同时”验收一览表见表 12-2。

表 12-2 “三同时”验收一览表

项目	“三同时”措施	验收要求
辐射安全管理机构	拟设专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者指派 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。
工作场所机房屏蔽防护设计	探伤室、各铅房的屏蔽防护设计详见本报告表 10-3。	探伤室或铅房周围满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h。”的要求。
工作场所辐射防护措施	各辐射工作场所的辐射安全和防护措施详见本报告 10.1.4。	满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的相关要求。
辅助房间建设	X 射线贮存间实行双人双锁并专人负责；危废暂存间和暗室地面须硬化防渗处理，其中危废暂存库墙体内侧四周拟设围堰，并设危废标识，采用防盗门窗。	满足《危险废物贮存污染控制标准》（GB 18597-2001)及 2013 年修改单中的相关要求。
人员配备	本项目 22 名新增辐射工作人员均应参加辐射防护培训，取得成绩合格单，方可上岗。	满足《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》（2019 年，第 57 号）的要求。
	本项目 22 名辐射工作人员拟配置个人剂量计，个人剂量计监测周期一般为一个月，最长不超过三个月，并建立个人剂量监测档案。探伤室工作场所配置个人剂量报警仪 4 台，X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统各配置个人剂量报警仪 4 台，现场探伤工作场所配置直读式个人剂量报警仪 6 台。	满足《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）的要求。
	本项目 22 名辐射工作人员拟进行岗前、在岗或离岗职业健康检查，拟建立个人健康档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求。
辐射安全管理制度	建设单位拟制定一系列辐射安全管理制度，内容包括辐射防护与安全保卫制度、自行检查和年度评估制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案、危险废物处理制度、辐射安全档案管理制度、安全操作规程等辐射管理制度。	满足《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。

表 13　结论与建议

13.1 结论

13.1.1 辐射安全与防护分析结论

（1）项目概况

拟在生产厂房三西侧区域新建 1 间锅筒探伤室与 1 间集箱/管道探伤室及控制室等配套房间，锅筒探伤室新增 2 台 350kV 的定向 X 射线探伤机与 1 台 350kV 的周向 X 射线探伤机，350kV 的定向 X 射线探伤机新增 2 台 280kV 的定向 X 射线探伤机、2 台 350kV 的定向 X 射线探伤机与 1 台 350kV 的周向 X 射线探伤机，分别对锅筒与管道进行无损探伤；拟在生产厂房三北侧区域新增 1 台 225kV 的 X 射线数字成像系统和 1 台 225kV 的管屏 DR 数字成像系统，分别对蛇形管和管屏焊缝进行无损探伤；拟在生产厂房三中间区域新增 1 处现场探伤区域，新增 4 台 250kV 的定向 X 射线探伤机，对大型管件进行无损探伤。

（2）项目位置

浙江杭锅能源装备有限公司位于湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西，地理位置见附图 1。公司东侧为秋北路，隔路为德清县银苑化工有限公司在建厂房，南侧为阜溪支流，西侧为现状空地（规划工业用地），北侧为浙江西子新能源有限公司规划工业用地，周围环境情况见附图 2，周围环境实景见附图 3。

（3）选址合理性分析

本项目评价范围主要为公司内部生产车间、厂内道路、员工宿舍、员工食堂和活动中心等，无居民点和学校等环境敏感点。同时，本项目现场探伤工作时间段一般为夜间，公司生产车间和室内探伤均夜间不工作，符合控制区和监督区的划分原则。经辐射环境影响预测，本项目运营过程中产生的电离辐射，经采取辐射防护屏蔽和安全管理措施后，对周围环境与公众健康的辐射影响是可接受的。同时本项目用地性质属于工业用地（见附件3），周围无环境制约因素。因此，本项目选址是合理可行的。

（4）项目布局合理性分析

本项目探伤室辐射工作场所位于生产厂房三（共 1 层）内西侧，本项目控制室与探伤室分开。本项目探伤室工件门位于东侧，工件由平板轨道进入探伤室内。探伤室人员门位于北侧或南，采用迷路形式。探伤室内 X 射线定向探伤机，主射方向朝南，周向探伤机主射方向为南、北、顶棚和地坪垂直周向，避免了主射线照射到控制室、防护门等区域，布局合理。

本项目 X 射线数字成像系统辐射工作场所与管屏 DR 数字成像系统辐射工作场所位于生产

厂房三内北侧，两套数字成像系统均有铅房屏蔽，操作位或控制室均与铅房分开；X 射线数字成像系统主射朝东，管屏 DR 数字成像系统的主射方向由上朝下，均避免了主射线照射到控制室或操作台以及防护门等区域，布局合理。

本项目现场探伤辐射工作场所位于生产厂房三内中部区域，现场探伤作业区域边界 100m 区域均为公司车间、内部建筑；作业时间为 22:00~6:00，该时间段公司除现场探伤作业区域外无人上班；现场探伤作业区域探伤机主射均由上朝下，避免了主射的控制区与监督区跨越厂界，布局合理。

（5）项目所在地区环境质量现状

由监测结果可知，本项目工作场所拟建场所及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率处于当地一般本底水平，未见异常。

（6）辐射安全防护措施结论

①锅筒探伤室与集箱/管道探伤室

探伤室四侧墙体（含迷道）与顶棚均采用混凝土作为屏蔽材料，防护门采用混凝土或铅板作为屏蔽材料，根据表11的预测结果，探伤室的屏蔽设计合理，符合规范要求。对探伤室工作场所进行分区管理，划分为监督区和控制区，控制区设置相应的警示标志，限制无关人员进入；探伤室拟设置门-机联锁装置、工作状态指示灯、声音提示装置、紧急停机按钮、机械排风设施等辐射安全防护措施；探伤室工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪，各项辐射环境管理规章制度拟张贴于控制室墙上，拟建立X射线探伤机使用台账及相关危险废物管理台账等，符合《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）的相关要求。

②X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统

X射线数字成像系统与管屏DR数字成像系统均采用自屏蔽铅房，防护门采用铅板作为屏蔽材料，根据表11的预测结果，铅房的屏蔽设计合理，符合规范要求。对X射线数字成像系统与管屏DR数字成像系统工作场所进行分区管理，划分为监督区和控制区，控制区设置相应的警示标志，限制无关人员进入；工作场所拟设置门-机或帘机联锁装置、工作状态指示灯、声音提示装置、紧急停机按钮、机械排风设施等辐射安全防护措施；工作人员配置个人剂量计和个人剂量报警仪，各项辐射环境管理规章制度拟张贴于工作现场操作台处或控制室墙上，拟建立设备使用台账等，符合《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的相关要求。

③现场探伤工作场所

公司在进行X射线现场探伤时，严格按照《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

的要求划定控制区和监督区，在控制区边界悬挂清晰可见的“禁止进入X射线区”警告牌，在监督区边界悬挂清晰可见的“无关人员禁止入内”警告牌，必要时设专人警戒。项目辐射安全防护措施见本报告10.1.4.4章节，符合《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）的相关要求。

（7）辐射安全管理结论

建设单位应根据实际情况及本报告要求，尽快成立辐射安全与环境保护管理机构和建立健全相应的辐射管理制度和操作规程，以适应当前环保的管理要求；建设单位拟对新增辐射工作人员进行辐射防护培训、职业健康检查和个人剂量监测，并建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。公司在成立辐射安全与环境保护管理机构、建立健全相应的辐射管理制度和操作规程后，能够具备从事辐射活动的能力。

13.1.2 辐射环境影响分析结论

（1）污染因子

本项目探伤室工作场所与现场探伤作业工作场所的主要污染因子为X射线、臭氧、氮氧化物、废显（定）影液和废胶片；本项目X射线数字成像系统与管屏DR数字成像系统的主要污染因子为X射线、臭氧、氮氧化物。

（2）辐射剂量率结论

探伤室四周屏蔽墙及防护门外关注点辐射剂量率最大值为 0.11μSv/h，顶棚外辐射剂量率为34.8μSv/h，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中“X 射线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；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”的要求。

X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统的铅房表面 30cm 处各预测点位的辐射剂量率均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ 117-2015）中 2.5μSv/h 的限值要求。

（3）现场探伤工作场所控制区和监督区的划分

经理论计算本项目所用探伤机现场探伤作业时，控制区最大范围为距靶 45m 以内区域，监督区最大范围为距靶 75m 以内区域。以上理论计算结果仅为本项目 X 射线现场探伤控制区和监督区的划分提供参考，实际探伤过程中 X 射线探伤机的管电压的不同、射线水平照射角度的改变、被检测工件的厚度的增加以及探伤现场的遮蔽物都会使辐射场的辐射剂量水平产生变化，从而改变控制区和监督区的范围。

（4）保护目标剂量

根据剂量估算结果，本项目各辐射工作场所所致辐射工作人员与公众成员的年有效剂量当

量小于本次评价项目年剂量约束值（职业人员≤5.0mSv/a、公众成员≤0.25mSv/a），同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“剂量限值”要求。

（5）“三废”环境影响分析

本项目运行过程中无放射性废气、放射性废水及放射性固体废物产生。

①臭氧和氮氧化物

X 射线室内探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，通过机械排风系统排至探伤室或铅房外至车间外环境开放场所，对周围大气环境影响较小；X 射线现场探伤过程中产生的臭氧和氮氧化物，由于产生量小且探伤现场为空阔开放场所，对周围大气环境影响较小。

②固废

X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统带有探测器实时成像，无废显（定）影液及废胶片的产生；探伤室工作场所与现场探伤作业洗片和阅片过程中产生的废显（定）影液及废胶片属于危险废物，拟定期委托有资质的单位处置，危废暂存间已按照要求进行地面硬化，做到防腐防渗，对周围环境基本不会造成影响。

13.1.3 可行性结论

（1）产业政策符合性

本项目属于核技术在工业领域内的运用，根据国家发展和改革委员会第49号令《关于修改<产业结构调整指导目录（2019年本）>的决定》，本项目不属于其限制类和淘汰类项目，符合国家产业政策的要求。

（2）实践正当性

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中4.3“辐射防护要求”，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

本项目实施的目的是为了对自生产的产品进行质检服务，以提高公司生产水平和确保产品的质量，具有良好的经济效益与社会效益。经辐射屏蔽防护和安全管理后，其探伤装置运行所致辐射工作人员和周围公众成员的辐射剂量符合年剂量约束值的要求，也符合《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。因而，只要按规范操作，该公司使用探伤装置是符合辐射防护“实践的正当性”原则的。因此，本项目使用探伤装置是正当可行的。

13.1.4 环保可行性结论

综上所述，浙江杭锅能源装备有限公司 X 射线室内探伤与现场探伤建设项目，符合国家产业政策，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。建设单位在落实本报告提出的各项污染防治措施后，其辐射工作场所辐射安全措施及安全管理措施满足从事相应辐射活动的要求，辐射工作人员和公众年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求，营运期对周围环境产生的辐射影响在可接受范围内，因此本项目运行时对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

13.2 建议和承诺

（1）公司承诺将根据报告表的要求和生态环境主管部门的要求落实相应的污染防治措施和管理要求。

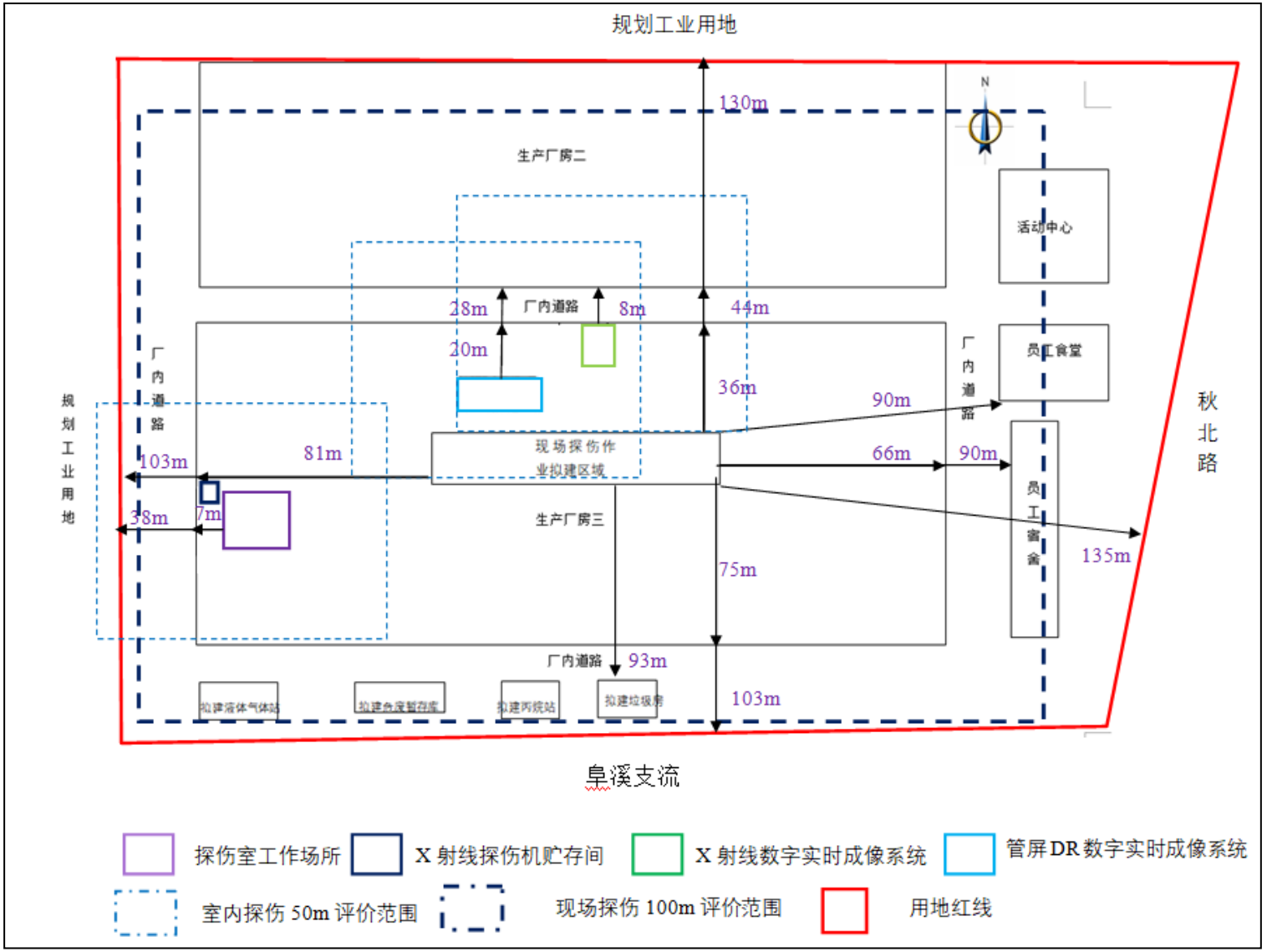
（2）环评报批后，公司及时向有权限的生态环境主管部门申领《辐射安全许可证》。

（3）建设项目竣工后，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产或者使用，并对验收内容、结论和所公开信息的真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。

表 14　审批

下一级生态环境部门预审意见：   公章 经办人（签字）：　　年　　月　　日
审批意见：   公章 经办人（签字）：　　年　　月　　日

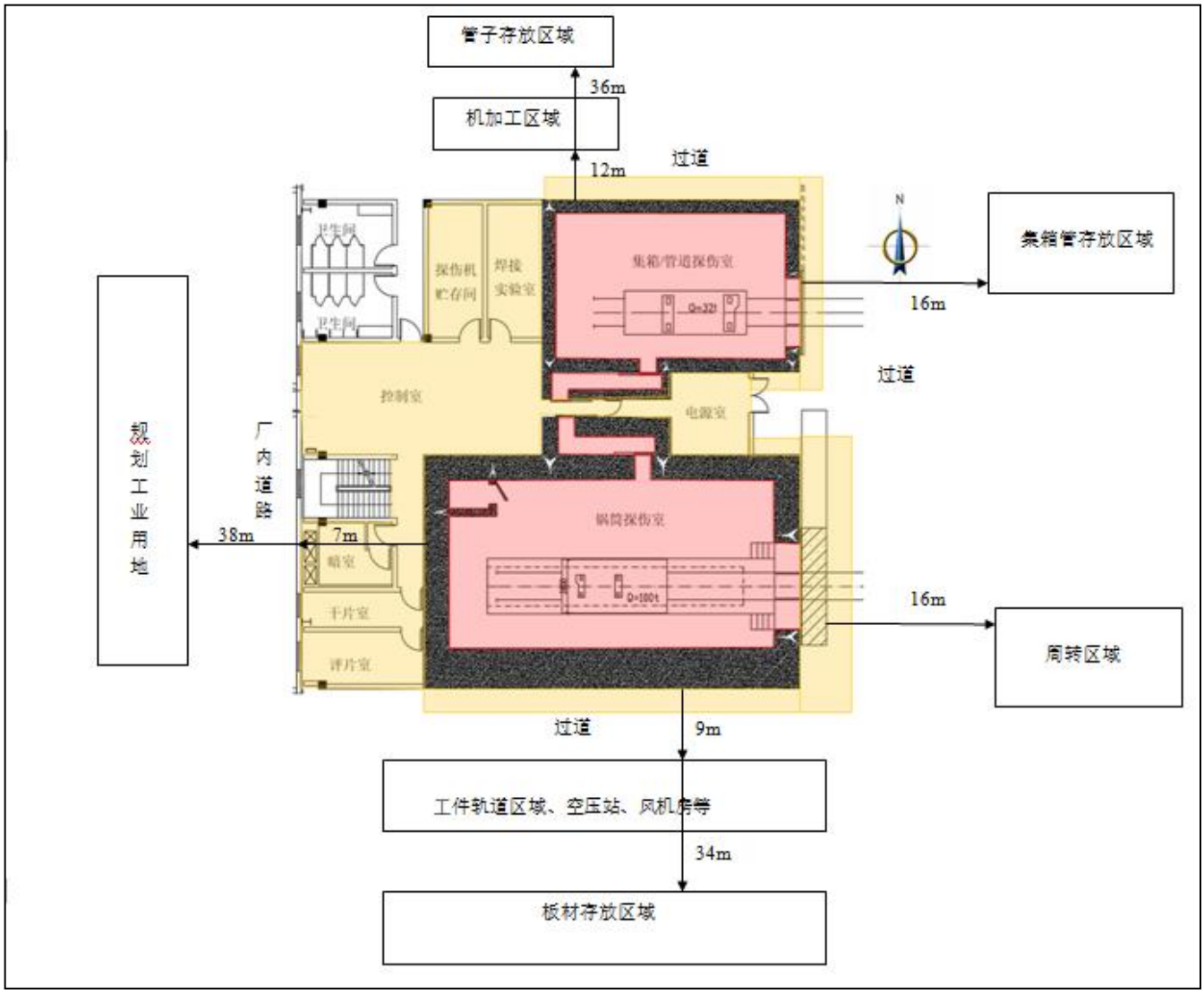
附图 1　项目地理位置示意图



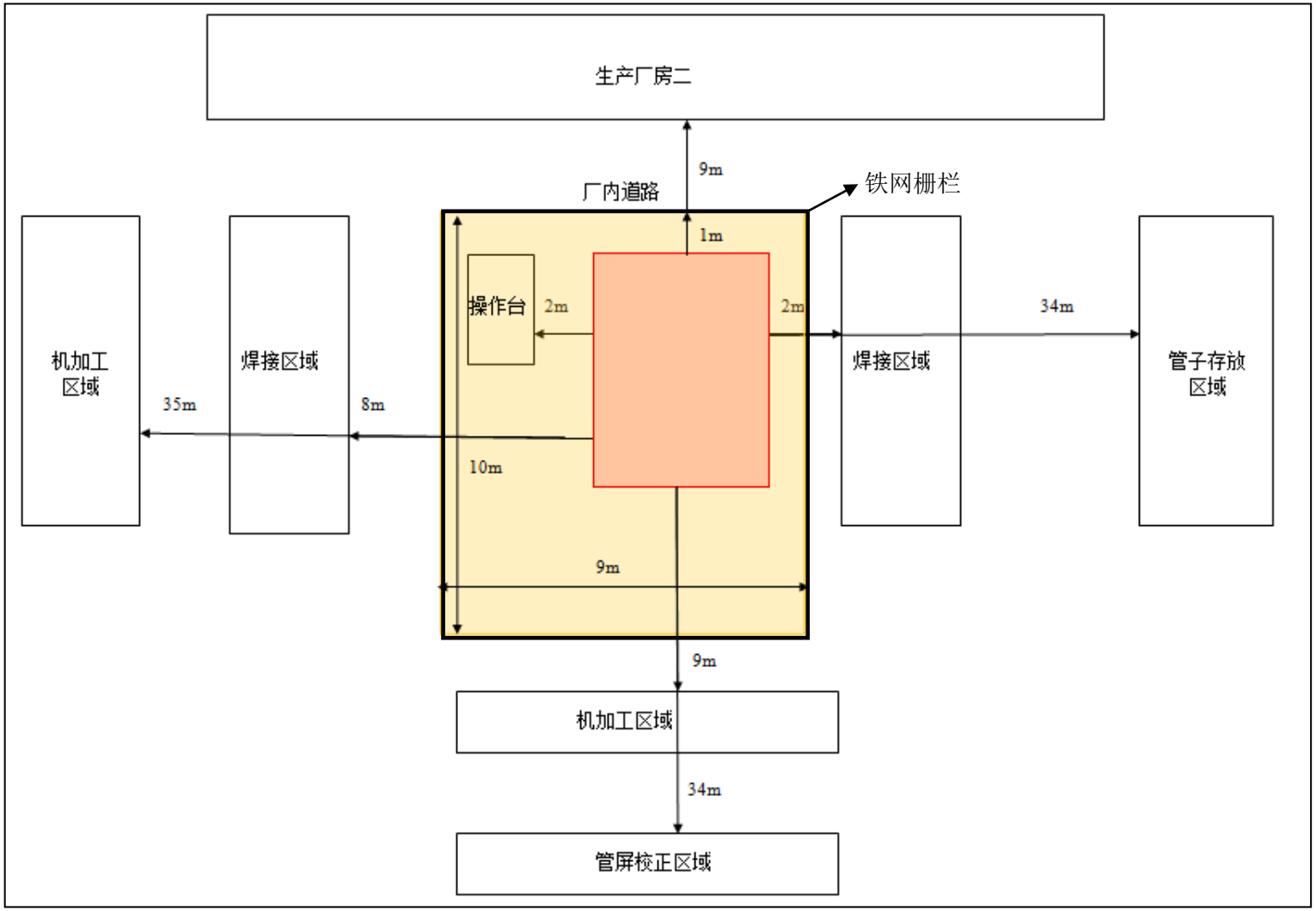
附图 2　公司总平面布置及项目周围环境示意图

<table>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>公司东侧秋北路及在建厂房</td><td>公司南侧阜溪支流</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td>公司西侧规划工业用地</td><td>公司北侧规划工业用地</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td colspan="2">本项目拟建场所</td></tr>
</table>

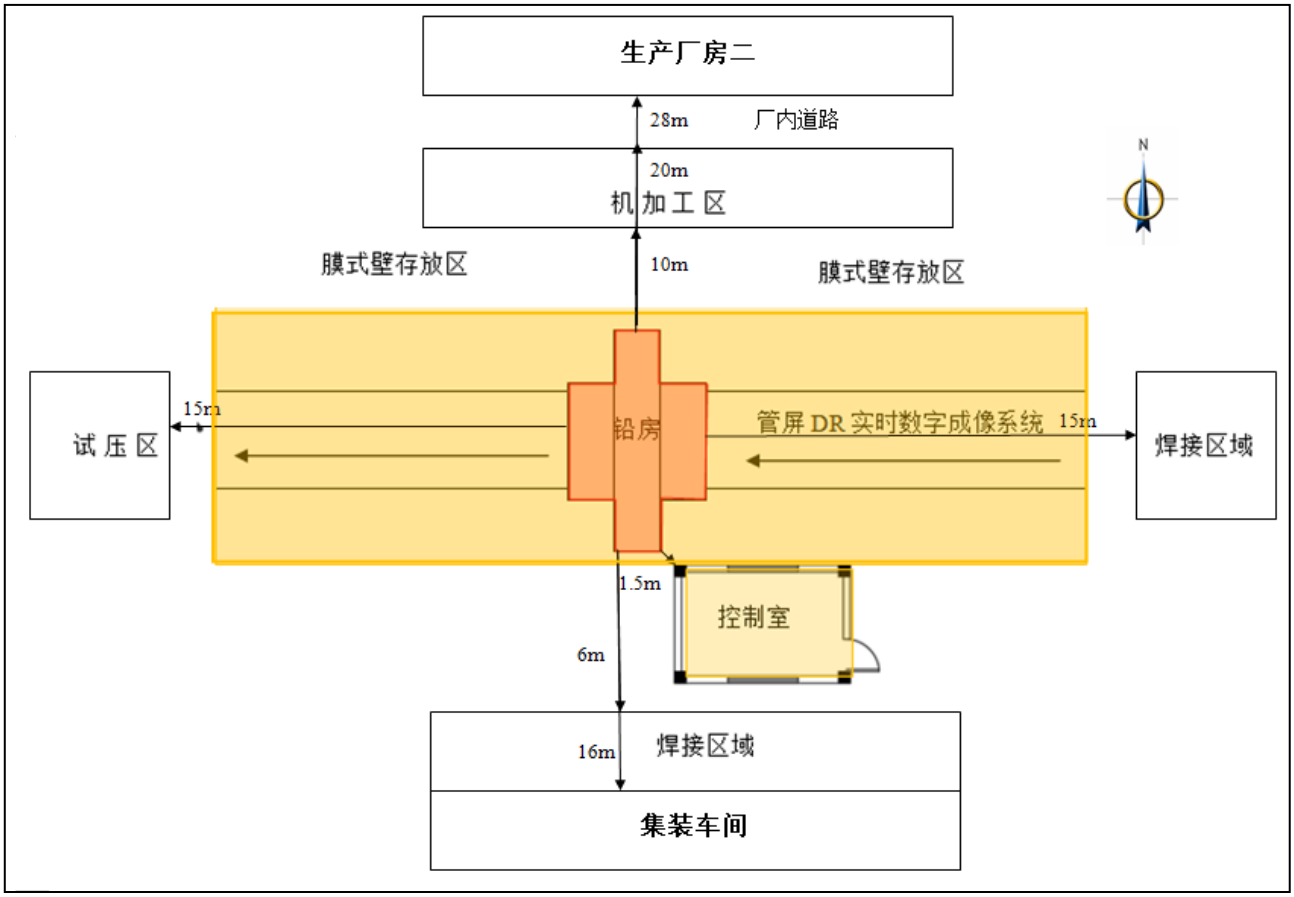
附图 3　项目周围环境实景图



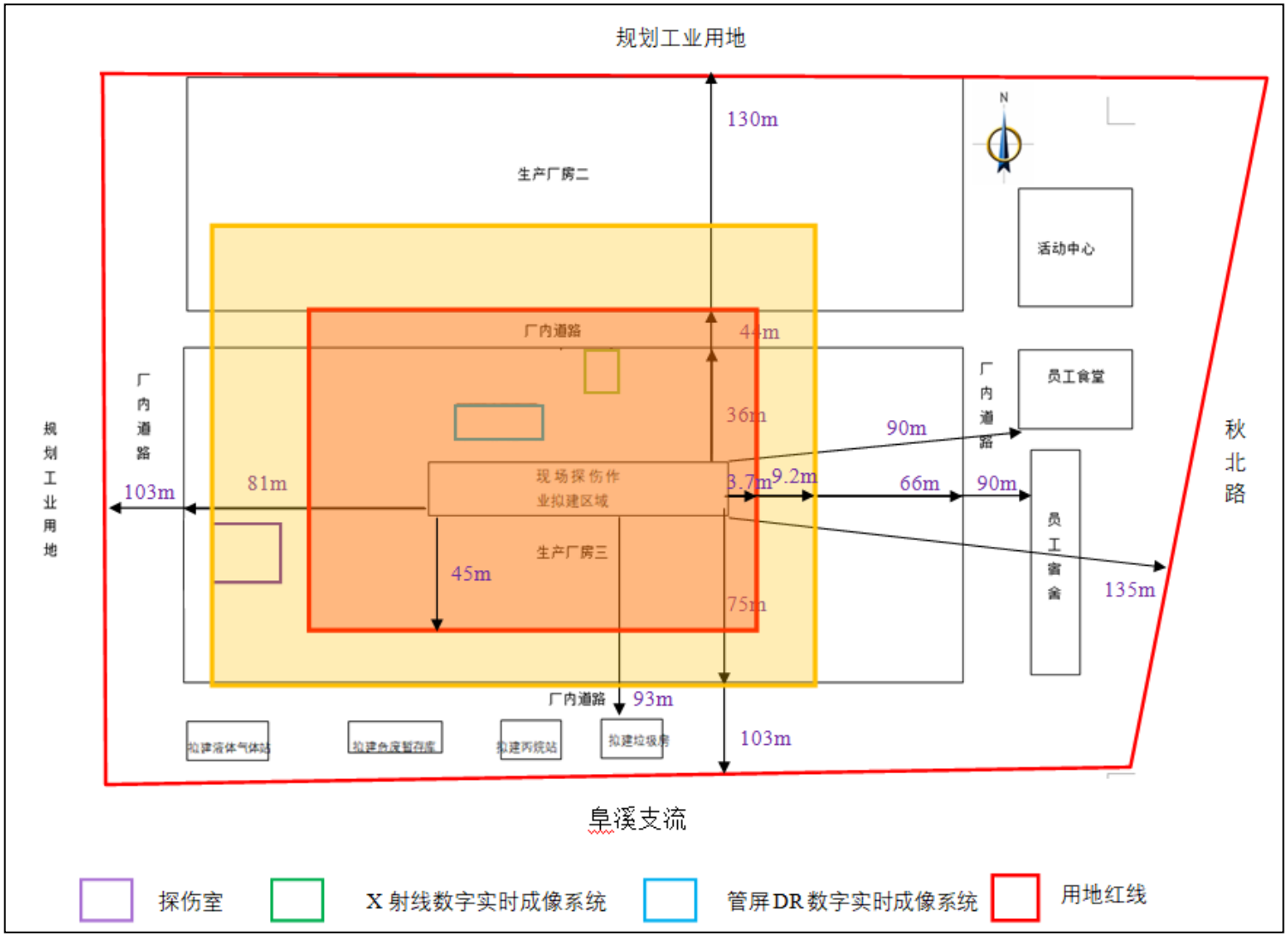
附图 4 探伤室平面布置及两区划分图（红色为控制区、黄色为监督区）



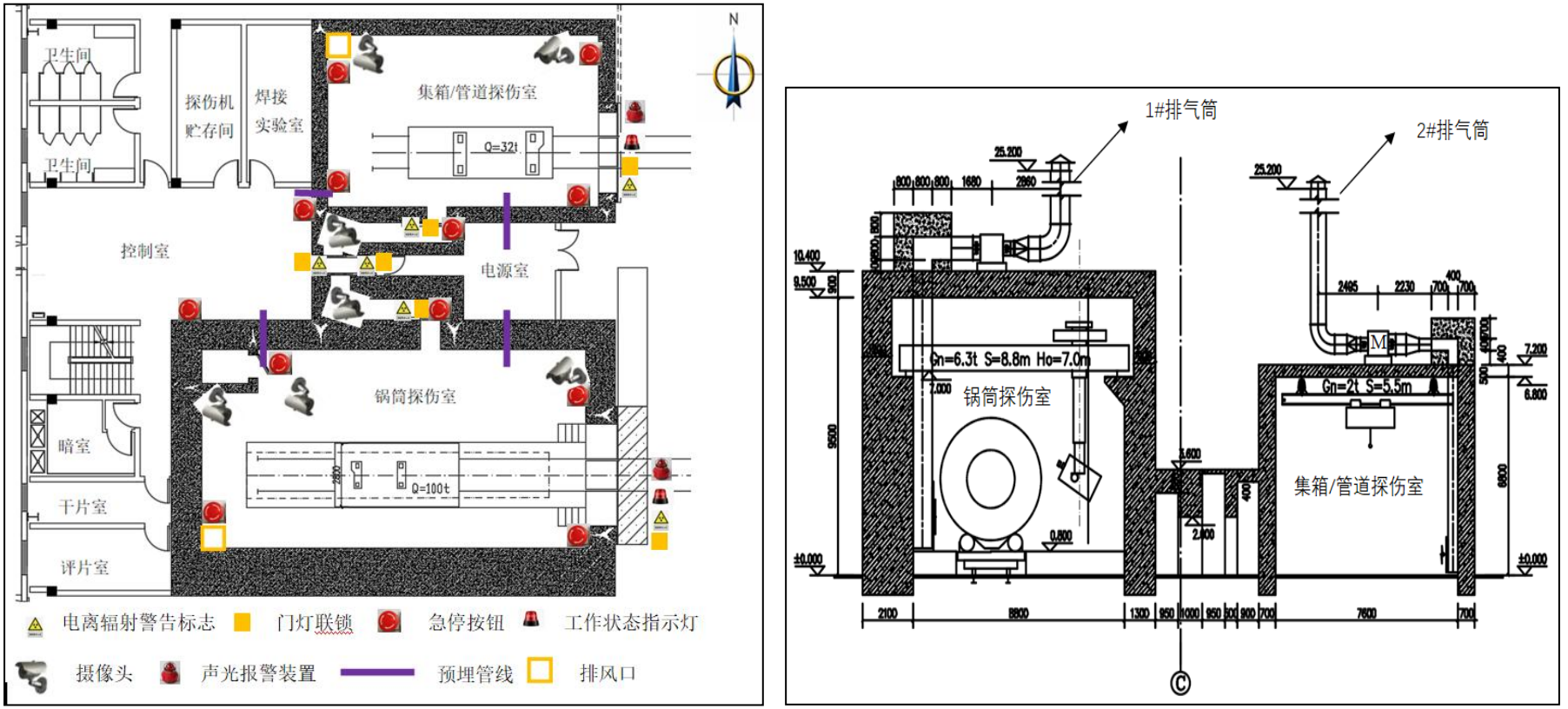
附图 5　X 射线数字成像系统平面布置及两区划分图（红色为控制区、黄色为监督区）



附图 6　管屏 DR 数字成像系统平面布置及两区划分图（红色为控制区、黄色为监督区）

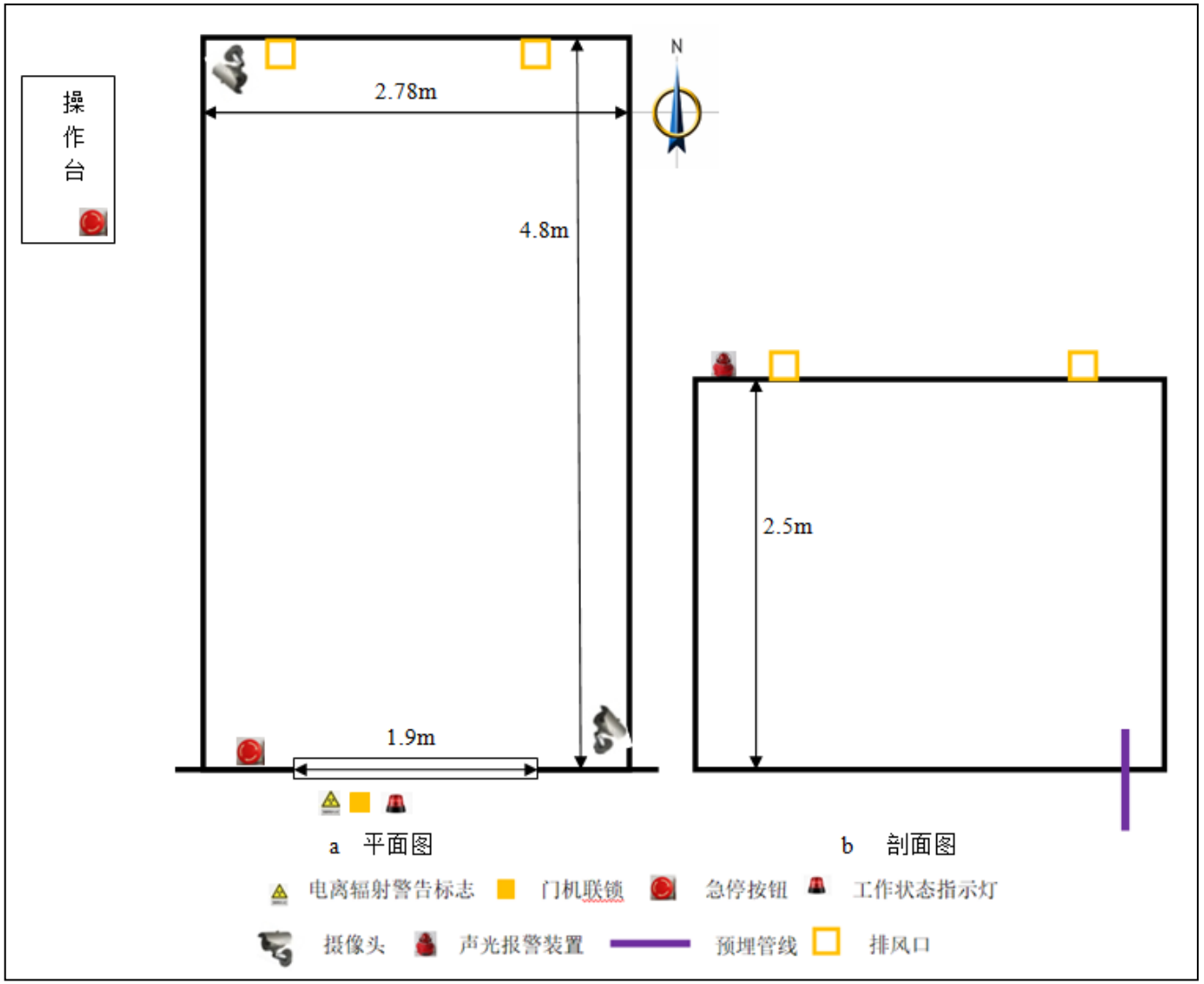


附图 7　本项目现场探伤控两区划分示意图（红色为控制区、黄色为监督区）

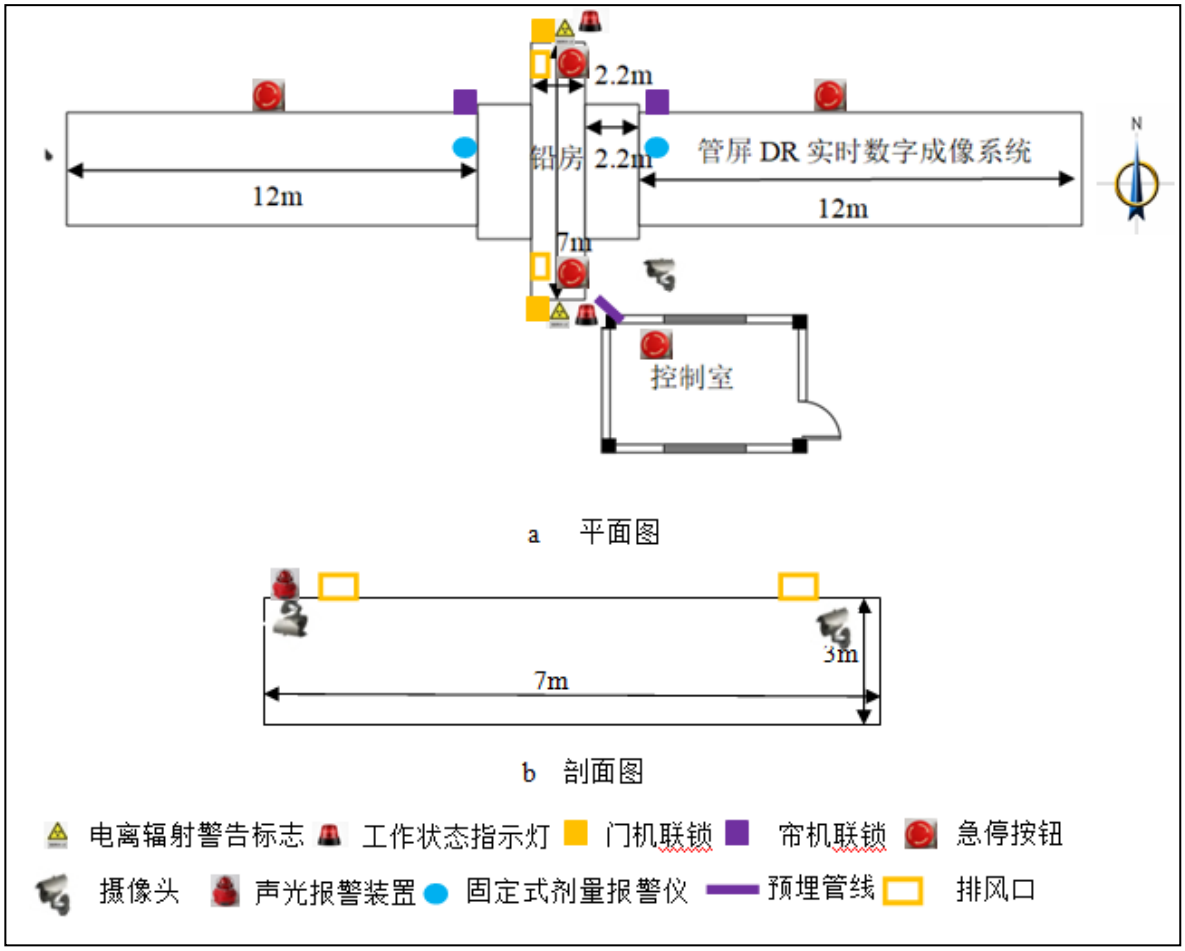


a　平面图　　b　剖面图

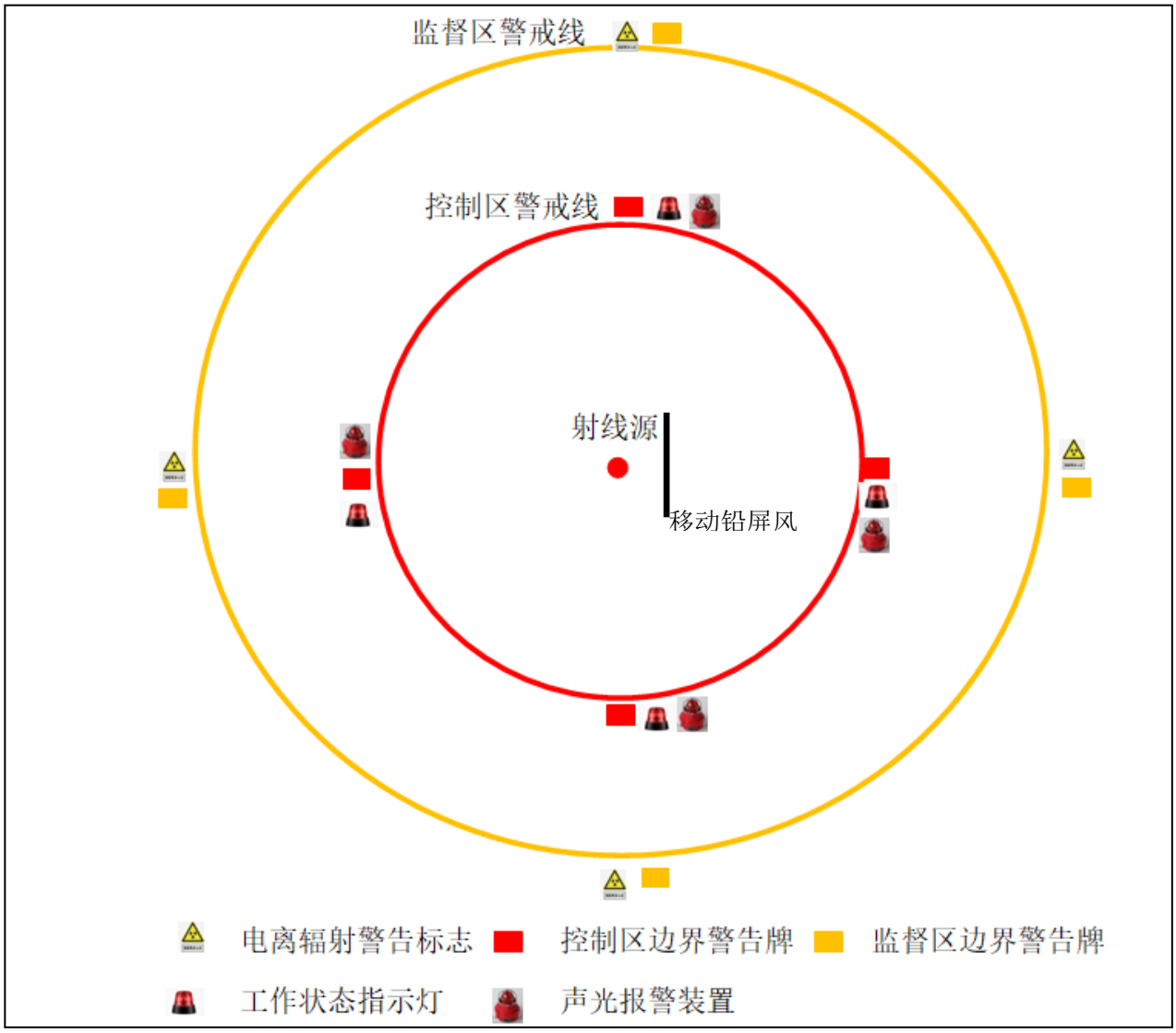
附图 8　探伤室安全设施布置图



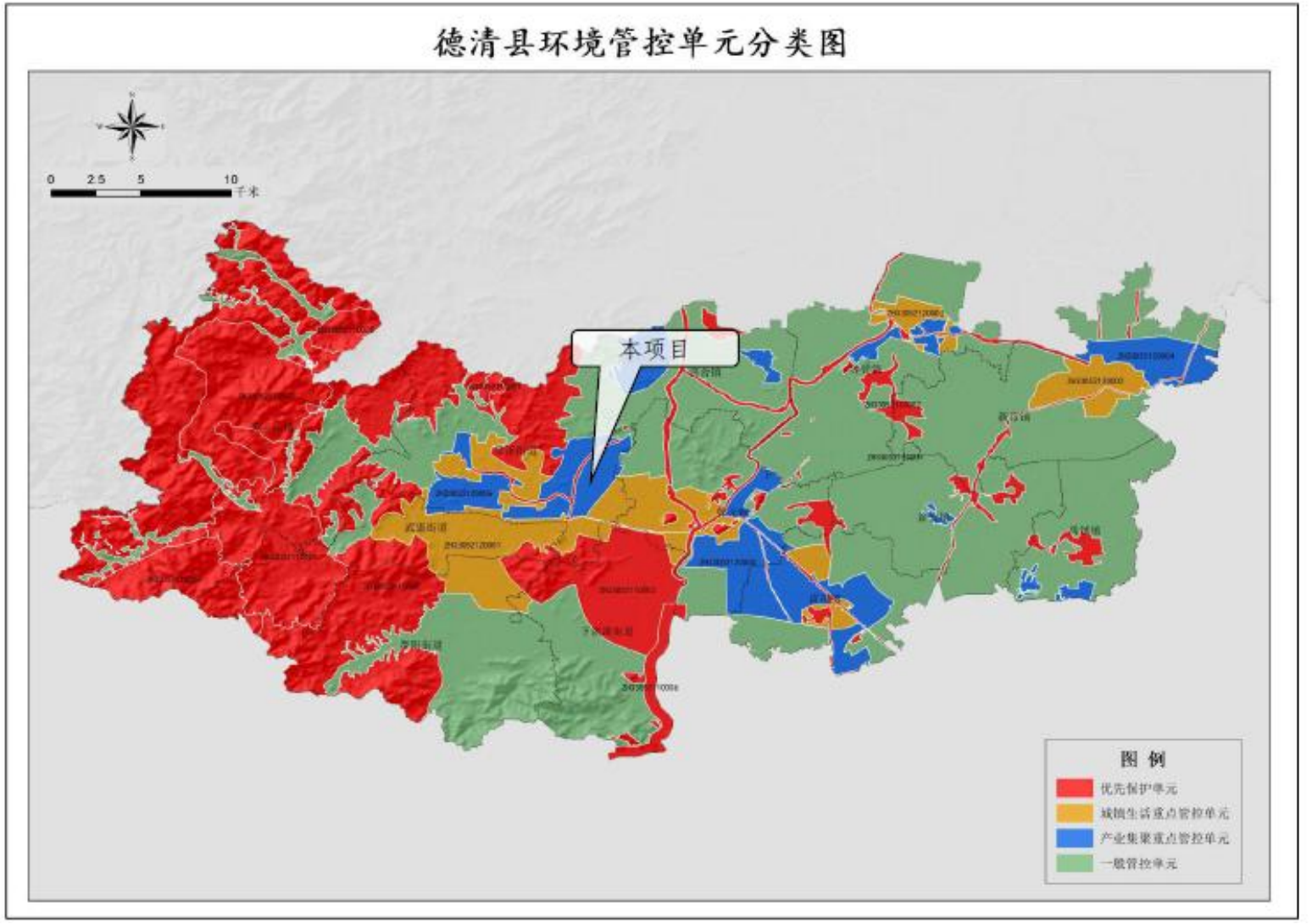
附图 9　X 射线数字成像系统安全设施布置图



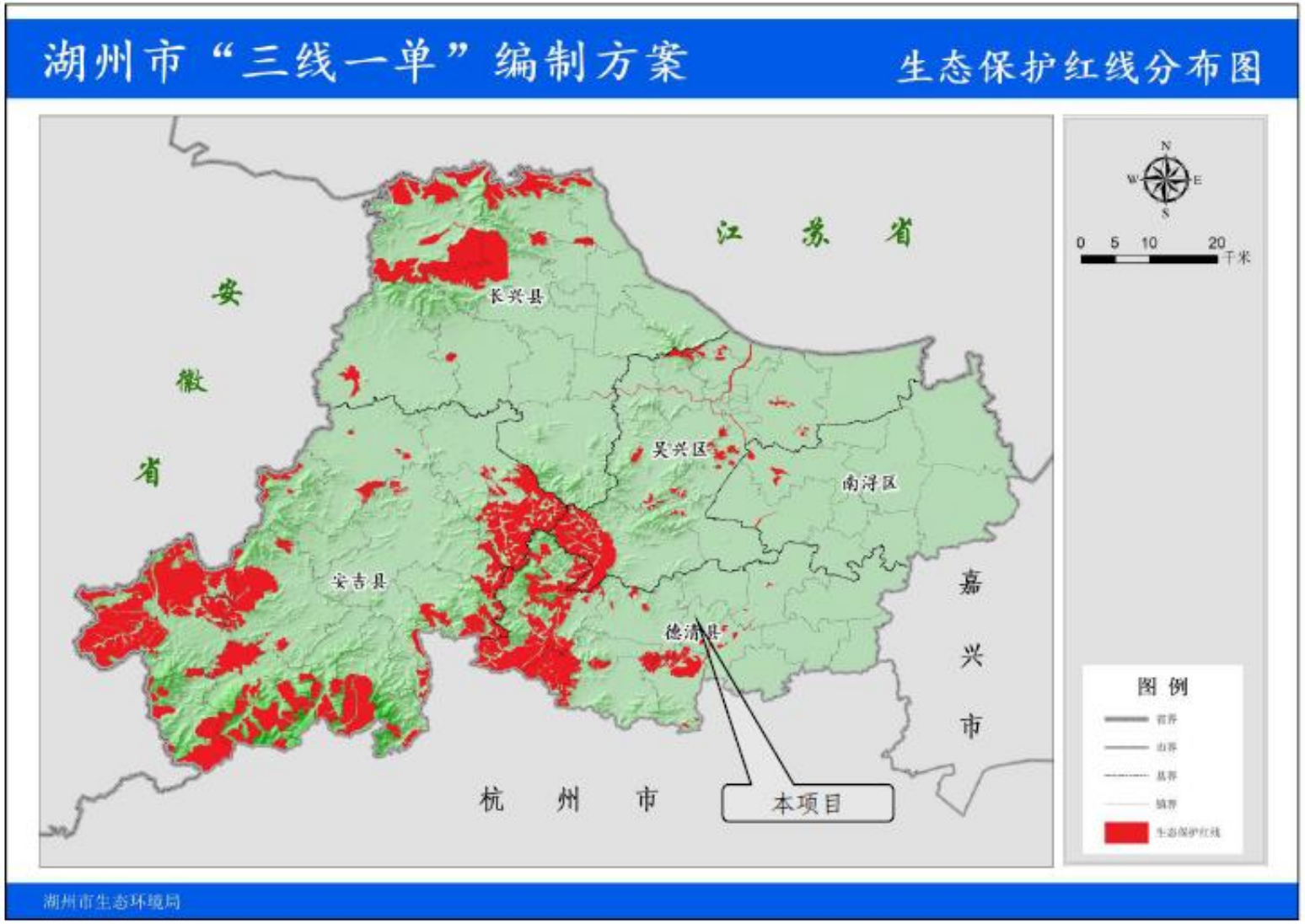
附图 10　管屏 DR 数字成像系统安全设施布置图



附图 11　现场探伤工作场所安全设施布置图



附图 12　德清县环境管控单元分类图



附图 13　湖州市生态保护红线分布图

附件 1　环评委托书

委　托　书

杭州卫康环保科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》的有关规定，我单位浙江杭锅能源装备有限公司 X 射线室内探伤与现场探伤建设项目需进行环境影响评价，现正式委托贵公司承担该项目环境影响评价工作，请接受委托后尽快开展工作。

特此委托。

委托单位（盖章）：浙江杭锅能源装备有限公司

2022 年 09 月 20 日

附件 2　营业执照

统一社会信用代码

91330521MA2D4UQU78 (1/1)

营业执照

（副 本）

扫描二维码登录"国家企业信用信息公示系统"了解更多登记、备案、许可、监管信息

名　　称　浙江杭锅能源装备有限公司

类　　型　有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）

法定代表人　王峻

经营范围　许可项目：特种设备制造；特种设备安装改造修理(依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准)。一般项目：通用设备制造（不含特种设备制造）(除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动)。

注册资本　伍仟万元整

成立日期　2020 年 09 月 16 日

营业期限　2020 年 09 月 16 日 至 长期

住　　所　浙江省湖州市德清县阜溪街道双山路 136 号 7 幢 304 室（莫干山国家高新区）

登记机关　德清县市场监督管理局

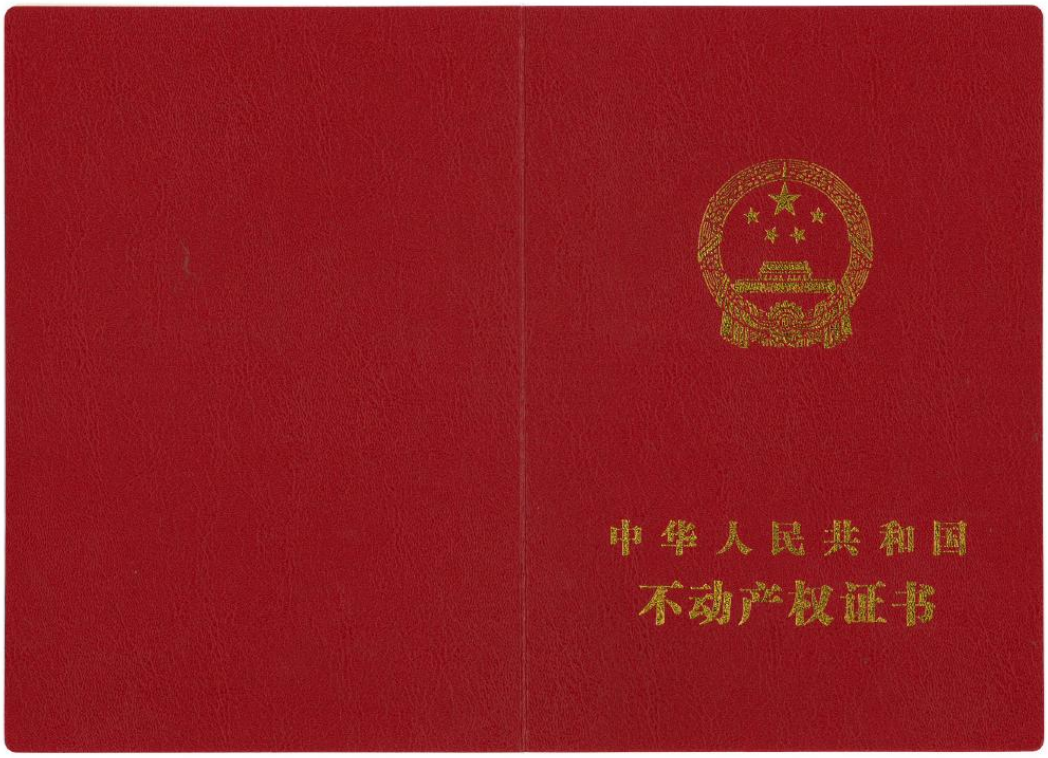
2020 年 09 月 16 日

国家企业信用信息公示系统网址：http://www.gsxt.gov.cn

市场主体应当于每年 1 月 1 日至 6 月 30 日通过国家信用公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

附件 3　不动产权证


中华人民共和国
不动产权证书

不动产权证书
根据《中华人民共和国物权法》等法律法规，为保护不动产权利人合法权益，对不动产权利人申请登记的本证所列不动产权利，经审查核实，准予登记，颁发此证。
登记机构（章）
年 月 日
中华人民共和国自然资源部监制
编号№ D33008466670

浙江省编号：BDC330521120219043921168

浙（2021）德清县 不动产权第 0022529 号

权 利 人	浙江杭钢能源装备有限公司
共有情况	单独所有
坐 落	湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西
不动产单元号	330521 001053 GB00047 W00000000
权利类型	国有建设用地使用权
权利性质	出让
用 途	工业用地
面 积	69098.00㎡
使用期限	国有建设用地使用权至2071年06月20日止
权利其他状况	

附 记

标准地
本宗地建设项目应在2023年04月15日之前竣工，在通过竣工验收后办理变更登记，并在2025年04月15日之前进行达产复核。

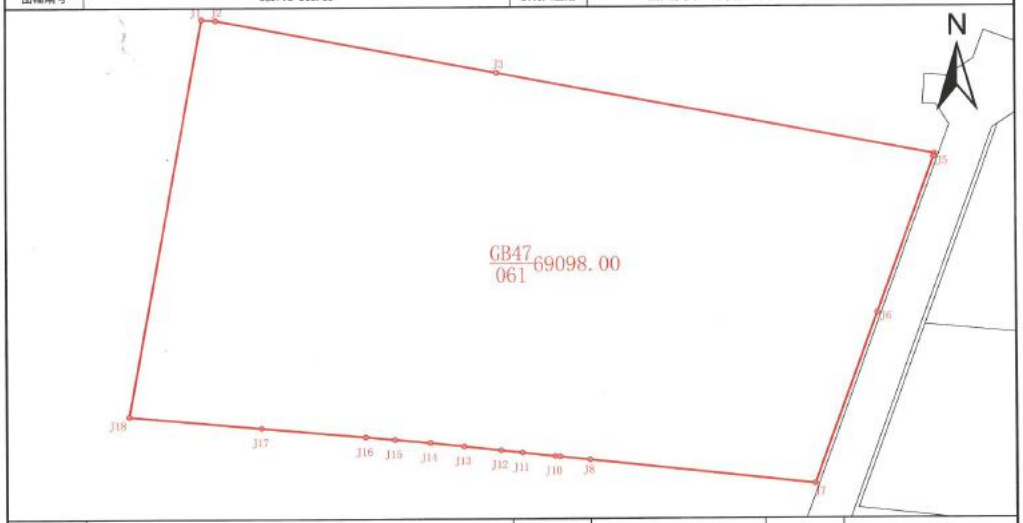
序号	所在层	总层数	户 号	规划用途	建筑面积	竣工年份

德清县自然资源和规划局 不动产登记专用章 (2) 3305211000488

附 图 页

宗地图

宗地编号	330521001053GB00047	权利人名称	浙江杭钢能源装备有限公司
图幅编号	382.75-502.00	权利人座落	湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西



使用权面积	69098.00	比例尺	1:2000	地图单位	米/平方米
独立使用面积	69098.00				
分摊面积		绘图员		绘图日期	2021/7/2
		审核员		审核日期	2018/9/20

附件 4 浙江省企业投资项目备案（赋码）信息表

浙江省企业投资项目备案（赋码）信息表

备案机关：德清县湖州莫干山高新技术产业开发区管理委员会　　备案日期：2020年12月23日

项目基本情况	项目代码	2012-330521-07-01-978034		
	项目名称	浙江杭锅能源装备有限公司年产200台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝净化设备项目		
	项目类型	备案类（内资基本建设项目）		
	建设性质	新建	建设地点	浙江省湖州市德清县
	详细地址	湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西		
	国标行业	锅炉及辅助设备制造（3411）	所属行业	机械
	产业结构调整指导项目	农林生物质资源收集、运输、储存技术开发与设备制造；农林生物质成型燃料加工设备、锅炉和炉具制造		
	拟开工时间	2021年01月	拟建成时间	2022年12月
	是否包含新增建设用地	是		
	其中：新增建设用地（亩）	103	土地出让合同电子监管号	
	总用地面积（亩）	103	新增建筑面积（平方米）	254129
	总建筑面积（平方米）	254129	其中：地上建筑面积（平方米）	250055
	建设规模与建设内容（生产能力）	拟新增工业用地103亩，项目主要实施的内容： 1）建设新型焊接生产线，包括180°堆焊、360°堆焊加工、装配流水线，实施年产10000m²堆焊加工； 2）建设年产200套容器汽包生产线、年产3000只的集箱生产线、年产1.5万平的膜流生产线、年产100万米的蛇形管生产线和年产600只的管箱模块生产线等加工流水线，实施年产余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备等节能环保治理产品200台（套）。		
	项目联系人姓名		项目联系人手机	
	接收批文邮寄地址	杭州市余杭区良运街123号		

项目投资情况	总投资（万元）							
	合计	固定投资60165.0000万元					建设期利息	铺底流动资金
		土建工程	设备购置费	安装工程	工程建设其他费用	预备费		
	65000.0000	25231.8000	24090.0000	3033.2000	3548.1000	4261.9000	1000.0000	3835.0000

资金来源（万元）					
合计	财政性资金	自有资金（非财政性资金）		银行贷款	其它
65000.0000	0.0000	45000.0000		20000.0000	0.0000

项目单位基本情况	项目（法人）单位	浙江杭锅能源装备有限公司	法人类型	企业法人
	项目法人证照类型	统一社会信用代码	项目法人证照号码	91330521MA2D4UQU78
	单位地址	德清县阜溪街道双山路136号7幢304室	成立日期	2020年09月
	注册资金（万）	5000	币种	人民币
	经营范围	许可项目：特种设备制造；特种设备安装改造修理(依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准)。一般项目：通用设备制造（不含特种设备制造）(除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动)。		
	法定代表人		法定代表人手机号码	
项目变更情况	登记赋码日期	2020年12月04日		
	备案日期	2020年12月23日		
	第1次变更日期	2020年12月06日		
项目单位声明	1.我单位已确认知悉国家产业政策和准入标准，确认本项目不属于产业政策禁止投资建设的项目或实行核准制管理的项目。 2.我单位对录入的项目备案信息的真实性、合法性、完整性负责。			

说明：

1.项目代码是项目整个建设周期唯一身份标识，项目申报、办理、审批、监管、延期、调整等信息，均需统一关联至项目代码。项目代码是各级政府有关部门办理审批事项、下达资金、开展审计监督等必要条件，项目单位要将项目代码标注在申报文件的显著位置。项目审批监管部门要将代码印制在审批文件的显著位置。项目业主单位提交申报材料时，相关审批监管部门必须核验项目代码，对未提供项目代码的，审批监管部门不得受理并应引导项目单位通过在线平台获取代码。

2.项目备案后，项目法人发生变化，项目拟建地址、建设规模、建设内容发生重大变更，或者放弃项目建设的，项目单位应当通过在线平台及时告知备案机关，并修改相关信息。

3.项目备案后，项目单位应当通过在线平台如实报送项目开工建设、建设进度、竣工等基本信息。项目开工前，项目单位应当登陆在线平台报备项目开工基本信息。项目开工后，项目单位应当按有关项目管理规定定期在线报备项目建设动态进度基本信息。项目竣工后，项目单位应当在线报备项目竣工基本信息

浙江政务服务网 投资在线平台 工程审批系统

附件 5 主体工程环评批复

湖州市生态环境局文件

湖德环建〔2021〕53 号

湖州市生态环境局德清分局关于浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表的审查意见

浙江杭锅能源装备有限公司：

你单位关于要求审批建设项目环境影响报告表的申请及其他相关材料收悉，根据《中华人民共和国环境影响评价法》等相关环保法律法规，经研究，对该项目环境影响报告表的审查意见如下：

一、根据你单位委托湖州南太湖环保科技发展有限公司编制的《浙江杭锅能源装备有限公司年产 200 台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表》（报批稿）（以下简称环评报告表）、落实项目环保措施法人承诺、浙江省企业投资项目备案（赋码）信息表（项目代码 2012-330521-07-01-978034）等，结合项目环评行政许可公示期间的公众意见反馈情况，原则同意《浙江杭锅能源装备有

限公司年产200台套余热锅炉、电站锅炉、生物质能锅炉、垃圾焚烧锅炉、烟气脱硫脱硝及净化设备项目环境影响报告表》结论。你单位必须按照报告表所列建设项目性质、规模、地点、生产工艺、环保对策措施及要求实施项目建设。

二、该项目建设地址为高新区秋北区块秋北路以西。

三、项目建设与运行管理中应重点做好以下工作:

（一）加强废水污染防治。项目须实行雨污分流，清污分流，建设完善的厂区给排水管网，提高中水回用率。项目水压实验废水、地面冲洗水及生活污水须有效收集后经厂内自建污水处理设施预处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准及《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》（DB33/887-2013）相应标准限值后纳管至污水处理厂作进一步达标处理。

（二）加强废气污染防治。项目须使用水性漆，主要废气为火焰切割、焊接、抛丸、喷丸、打磨、喷漆、晾干、烘干机、燃烧天然气等工序产生的工艺废气及食堂油烟，主要污染因子为颗粒物、SO_2、NO_X、非甲烷总烃、臭气、油烟等。你单位须按照环评要求认真落实废气污染防治措施，废气排放须达到《工业涂装工序大气污染物排放标准》（DB33/2146-2018）、《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）、《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB37822-2019）相关要求、《德清县打赢蓝天保卫战2020年度实施方案》（德治气办发[2020]1号）中炉窑废气排放限值要求及《饮食业油烟排放标准》（GB18483-2001）中要求。

（三）加强噪声污染防治。合理布局噪声设备，对噪声强度大的设备应采取隔音、消声、减振等降噪措施，确保厂界噪声达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348－2008）中相应标准，不得对周边居民造成影响。

（四）加强固废污染防治。建立固体废物台账制度，规范设置废物暂存库，并设置规范的废物识别标志，做好防风、防雨、

防晒、防渗漏等工作，危险固废和一般固废进行分类收集、堆放、分质处置。一般固废的贮存和处置须符合《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599-2001）及其修改单。危险固废须按照《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597—2001）及其修改单进行收集、贮存，并委托资质单位进行处置，规范转移，并严格执行转移联单制度。

（五）加强项目施工期环境管理。认真落实施工期各项污染防治措施，合理安排各类施工机械工作时间，确保施工场界噪声达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）标准；施工废水、生活废水按环评提出的治理措施妥善处理；有效控制施工扬尘，妥善处置施工弃土、弃渣和固体废弃物，防止施工废水、扬尘、固废、噪声、振动等污染环境。

四、你单位须按照“环保优先、绿色发展”的目标定位和循环经济、清洁生产的理念，进一步优化工艺路线和设计方案，选用环保型原材料和先进装备，强化各装置节能降耗措施，提高资源利用效率，从源头减少污染物的产生量和排放量。

五 、严格落实污染物排放总量控制措施及排污权有偿使用与交易制度。根据《环评报告表》结论，本项目投产后，你单位主要污染物排环境总量控制指标分别为 COD_{cr} ≤ 1.168t/a、氨氮 ≤ 0.117 t/a、颗粒物 ≤ 0.614t/a、SO_2 ≤ 0.056t/a、NO_X ≤ 0.424t/a、VOC_s ≤ 1.14t/a，本项目须完成的排污权交易量分别为：COD_{cr}1.402t/a、氨氮 0.14t/a、$SO_2$0.112t/a、NO_X0.848t/a，在项目发生实际排污行为之前，你单位须完成排污权交易，并依法进行排污许可证登记。

六、加强日常环保管理。企业应按照《环评报告表》要求落实自行环境监测计划、建立健全各项环保规章制度和岗位责任制，配备环保管理人员，加强对各种原辅材料运输、贮存、使用过程的管理；做好各类生产设备和环保设施的日常检修维护，确保环保设施稳定正常运行和污染物的稳定达标排放。

七、根据计算结果，项目不需设置大气环境防护距离。其它各类防护距离要求请业主、当地政府和有关部门按国家卫生、安全、产业等主管部门相关规定予以落实。

八、建立健全项目信息公开机制，按照环保部《建设项目环境影响评价信息公开机制》(环发〔2015〕162号）等要求，及时、如实向社会公开项目开工前、施工过程中、建成后全过程信息。

九、项目建设必须严格执行配套的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目竣工后，须依法依规开展建设项目竣工环保验收，环保设施验收合格后，主体工程方可正式投入生产或使用。

十、环评文件经批准后，该项目的性质、规模、地点、生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动，应当重新报批环评文件。自环评文件批复之日起，项目超过5年方决定开工建设，环评文件应当报我局重新审核。在项目建设、运行过程中产生其他不符合经审批的环评文件情形的，应依法办理相关环保手续。项目经批准后，发布或修订的标准、规范、排污许可管理类别及准入要求等对已经批准的建设项目有新要求的，按新要求执行。

十一、你公司对本审批决定有不同意见，可在接到本决定书之日起六十日内向湖州市人民政府申请复议，也可在六个月内依法向有管辖权的人民法院起诉。

湖州市生态环境局

2021年4月2日

抄送：高新区经发局，湖州南太湖环保科技发展有限公司

湖州市生态环境局德清分局办公室　　2021年4月2日印发

附件 6　危废处置协议书

危险废物委托处置协议

委托方（甲方）：浙江杭锅能源装备有限公司

受托方（乙方）：浙江联明金属有限公司

有效期限：2023 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日

危险废物委托处置协议

甲方（委托方）：浙江杭锅能源装备有限公司

乙方（受托方）：浙江联明金属有限公司

根据《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》和《中华人民共和国民法典》的有关规定，经甲乙双方共同友好协商，就甲方将产生的危险废物委托乙方处置的相关事宜，经双方协商一致达成协议如下：

一、危险废物名称、代码及数量：

1、感光材料废物，国家危险危废名录类别为：HW16（900-019-16），2023年计划委托处置数量为 2 吨；

2、废胶片，国家危险危废名录类别为：HW16（900-019-16），2023年计划委托处置数量为0.2 吨。

二、处置方式：再循环/再利用金属和金属化合物（代码：R4 ）。

三、双方责任

甲方：

（1）负责对危险废物的收集和管理；

（2）收集的废物按危险废物贮存相关要求进行包装、标识及贮存（包装容器自备）；

（3）负责危险废物管理计划的申报；

（4）在进行危险废物转移时，落实专人与乙方接收人员办理交接手续，若交付的废物混有特别注意的废物（强氧化性、强腐蚀性等），则应事先将废物种类、数量、特性以及处理上需予以注意的相关事项以书面方式通知乙方，供乙方在处理过程中作参考，确保所提供的危险废物特性与本协议和管理计划申报中一致，否则乙方有权拒绝接受，对由此所引发的一切责任及后果由甲方负责。

（5）废物转移时，在浙江省固体废物监管信息系统中提交联单，打印后随货一起移送至乙方。

（6）在协议履行期间，不得以任何形式借用乙方公司名称或资质进行任何业务，如违法转移，相关责任由甲方承担，乙方有权终止合同。

乙方：

（1）持有有效的危险废物经营资质，并将相关资质复印件提供甲方备案；

（2）废物到厂后，核对甲方移交的危险废物，确认后在浙江省固体废物监管信息系统中进行联单的接收，甲方移交的纸质联单经运输单位和接收单位盖章后送交甲方。；

（3）委托有资质的单位进行危险废物的转运，采取有效措施，防止泄漏运输途中发生安全和环境事故。

（4）按规范进行废物的利用处置，利用过程中产生的废水废气得到有效处置，新产生的危

险废物委托有资质单位进行处置。

（5）按生态环境管理部门的要求进行危险废物的接收、处置等经营情况的申报。

四、处置费用

处置费用与货物价值相当，由乙方免费处置。

五、双方约定的其他事项

（1）协议执行期间，如一方遇到停业、歇业、整顿以及其他不可抗力因素时，应及时通知另外一方，以便采取应急方案。

（2）计量：现场过磅（称），由双方签字确认。

六、其它

（1）本协议经双方代表签字盖章后生效，一式四份，甲乙双方各执二份。

（2）协议未尽事宜，双方协商后可签补充协议，并具有相等法律效力。

（3）如对本协议发生争议，双方友好协商解决，协商不成的，诉请起诉方所在地人民法院裁决。

（4）如本协议约定的危险废物转移计划未获得环保部门的批准，则本协议自动终止。

七、合同期限：自 2023 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日。

甲方（盖章）：浙江杭锅能源装备有限公司

地址：

代表人（签字）：

联系电话：

日期：　　年　　月　　日

乙方（盖章）：　浙江联明金属有限公司

地址：浙江省台州市仙居县现代工业集聚区司太立大道 6 号

代表人

联系电

日期：2022 年 12 月 30 日

附件 7　辐射本底监测报告及检测资质

亿达检测
Yida Testing

CMA
211112051235

浙江亿达检测技术有限公司

检 测 报 告

报告编号：浙亿检（环）字 HJ 2022 第 0093 号

委托单位：杭州卫康环保科技有限公司

受检单位：浙江杭锅能源装备有限公司

受检地址：湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西

检测性质：委托检测

项目名称：浙江杭锅能源装备有限公司 X 射线室内探伤、现场探伤与数字实时成像系统建设项目辐射环境质量现状监测

浙江亿达检测技术有限公司

2022 年 10 月 编制

声　明

1. 本报告依据国家有关法规、标准、协议和技术文件进行。本机构保证检测工作的公正性、独立性和可靠性，对检测的数据负责；不对部分摘录或引用本报告的有关数据造成的后果负责。
2. 本报告无检测人（或编制人）、审核人、签发人签名无效；报告中有涂改或未盖本公司红色检验检测专用章、无骑缝章和无 CMA 章无效。
3. 对本检测报告有异议者，请于收到报告书之日起十五日内向本单位提出复核申请，逾期不予受理。
4. 委托现场检测对委托单位现场实际状况负责；送样委托检测，仅对来样负责。
5. 未经本单位书面允许，对本报告的任何局部复制、使用和引用均为无效，本单位不承担任何法律责任。
6. 本报告一式贰份，客户方壹份，本公司留存壹份。
7. 本报告未经浙江亿达检测技术有限公司同意，不得以任何形式用于广告及商品宣传。

检测单位：浙江亿达检测技术有限公司
技术档案存放处：浙江亿达检测技术有限公司档案室
联系地址：　杭州市滨江区江陵路 88 号 5 号楼 3 层 C 区
邮政编码：　310051　联系电话：0571-86576138-转分机号
传　　真：
联 系 人：
网址：　www.yidatest.com
邮箱：yidajiance@foxmail.com

浙江亿达检测技术有限公司

检 测 报 告

（一）项目基本情况

检 测 项 目	γ射线剂量率		
委托单位名称	杭州卫康环保科技有限公司		
受检单位	浙江杭锅能源装备有限公司		
受检单位地址	湖州莫干山高新区城北高新园秋北区块秋北路以西		
联系人	陆晨	电话	15306540665
检 测 日 期	2022 年 09 月 28 日	受检场所个数	1 个
检测方式	现场检测		
检 测 依 据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）		

（二）检测仪器基本情况

检测仪器	X、γ辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	6150 AD 6/H （内置探头：6150 AD-b/H 外置探头：6150 AD 6/H）
仪器编号	167510+165455
生产厂家	Automess
量　　程	内置探头：0.05μSv/h～99.99μSv/h 外置探头：0.01μSv/h～10mSv/h
能量范围	内置探头：20keV-7MeV≤±30% 外置探头：60keV-1.3MeV≤±30%
检定证书编号	2022H21-20-3813605002
检定证书有效期	2022 年 02 月 18 日至 2023 年 02 月 17 日
检定单位	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心
校准因子 C_f	1.09
探测限	≥10nSv/h

浙江亿达检测技术有限公司

检 测 报 告

（三）监测结果：

样品编号 **HJ22084-1**

表 1　本项目辐射质量现状监测结果

监测的环境条件	天气：阴　　环境温度：29℃　　相对湿度：72%		
点位编号	点位描述	γ辐射空气吸收剂量率(nGy/h)	
		平均值	标准差
1#	2 间探伤室拟建区域	60	3
2#	2 间探伤室拟建区域东侧	50	3
3#	2 间探伤室拟建区域南侧	54	3
4#	2 间探伤室拟建区域北侧	54	3
5#	2 间探伤室拟建区域西侧	58	3
6#	管屏 DR 数字成像系统拟建区域	66	2
7#	管屏 DR 数字成像系统拟建区域东侧	52	2
8#	管屏 DR 数字成像系统拟建区域南侧	48	2
9#	管屏 DR 数字成像系统拟建区域西侧	53	1
10#	管屏 DR 数字成像系统拟建区域北侧	47	3
11#	X 射线数字成像系统拟建区域	63	2
12#	X 射线数字成像系统拟建区域东侧	48	3
13#	X 射线数字成像系统拟建区域南侧	49	3
14#	X 射线数字成像系统拟建区域西侧	48	3
15#	X 射线数字成像系统拟建区域北侧	67	2
16#	生产厂房二	47	3
17#	现场探伤区域拟建区域	46	3
18#	现场探伤区域拟建区域东侧	46	4
19#	现场探伤区域拟建区域南侧	42	3
20#	现场探伤区域拟建区域西侧	44	3
21#	现场探伤区域拟建区域北侧	47	3
22#	厂内道路	60	3
23#	员工宿舍	45	2
24#	员工食堂	47	2
25#	活动中心	47	3
26#	厂内道路	59	3

（接上表）

27#	拟建垃圾房	58	3
28#	拟建丙烷站	54	3
29#	拟建危废暂存库	55	3
30#	拟建液态气体站	58	2
31#	规划工业用地	63	3

注：1、本次测量时，测量时仪器探头垂直向下，距地面的参考高度为 1m，仪器读数稳定后，以 10s 为间隔读取 10 个数据；

2、本次检测设备测量读数的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG393,使用 ^{137}Cs 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数取 1.20Sv/Gy；

3、γ辐射空气吸收剂量率均已扣除宇宙射线响应值 30nGy/h，本样品中建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，5#、15#、22#、26#、31#点位取 1，其余监测点位取 0.9；

4、监测点位见图 1。

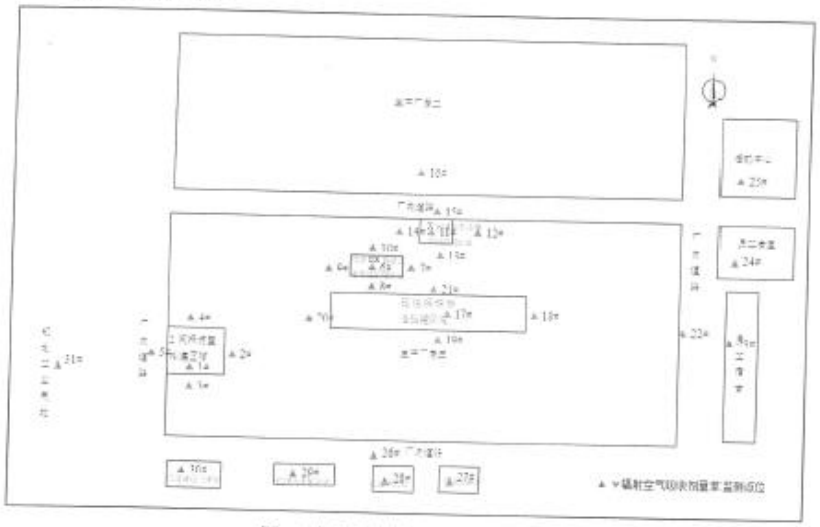


图 1 本项目辐射质量现状监测点位示意图

报告编制人 郑友平　审核人 [illegible]　签发人 [illegible]

编制日期 2022.10.9　审核日期 2022.10.9　签发日期 2022.10.9

检验检测机构
资质认定证书

证书编号：211112051235

名称：浙江亿达检测技术有限公司

地址：杭州市滨江区江陵路 88 号 5 幢 3 层 C 区

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力及授权签字人见证书附表。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律责任由浙江亿达检测技术有限公司承担。

许可使用标志

CMA

211112051235

发证日期：2021 年 09 月 27 日

有效日期：2027 年 09 月 26 日

发证机关：

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。

附件 8 专家函审意见及修改清单

环境影响报告专家审评意见表

专家姓名	徐向红	职称、职务	高工	专业	环境评价
工作单位	中辐环境科技有限公司	电话		日期	2022.11.21

主要评审意见：

《浙江杭锅能源装备有限公司 X 射线室内探伤和现场探伤建设项目环境影响报告表》编制规范，重点突出，评价结论可信。建议对报告在如下方面进行修改完善：

1）按照导则要求，明确现场探伤的评价范围（无实体边界的，应不少于 100m）；并明确评价范围内有无环境敏感保护目标，说明厂区内员工宿舍与现场探伤区域的最近距离；

2） 由于本项目厂区内探伤作业场所比较多，明确各探伤作业场所间有无辐射交叉影响；

3） 由于本项目为新建工程，补充说明选址和探伤室平面布置的合理性；

4） 在正常作业情况，预测分析对员工宿舍区的影响；

5） 在辐射环境管理制度上，应明确现场探伤和室内探伤作业的条件，尽量减少车间内的现场探伤。

徐向红

不够双另附页

浙江杭锅能源装备有限公司 X 射线室内探伤与现场探伤建设项目

环境影响报告表专家函审意见

专家姓名	刘新伟	职称、职务	高工	专业	环保
工作单位	浙江国辐环保科技有限公司		日期	2022.11.25	

主要函审意见：

一、该环境影响报告表内容较全面，重点突出，采用的评价方法合理，评价结论总体可信。经修改补充完善后，可作为项目环境保护建设管理的依据。

二、建议报告表作如下修改：

1、核实 P3 中 X 射线数字成像系统建设内容与规模的描述（管电压错误）；核实 P4 中劳动定员的描述（缺内容）；

2、补充车间现场探伤及室内探伤的各工件的尺寸范围，补充完善车间现场探伤的理由；

3、根据两区划分图及实际情况，对应核实探伤室周边环境描述（如探伤室西侧紧邻焊接实验室）；

4、完善管屏 DR 数字成像系统的产污环节示意图；

5、全文核实并统一各射线装置的最大管电压、管电流及对应的使用场所（表 1-1、1-2、1-3、表 4、表 9-1、9-2 等）；

6、核实完善辐射事故后果计算及分析；

7、总平图上明确 X 射线现场探伤机的贮存位置及要求，全文核实个人剂量报警仪的配备是否所有辐射工作人员（P77）。

刘新伟

环境影响报告书（表）专家审查意见表

专家姓名	梁梅燕	职务、职称	教高	专业	核能与核技术
工作单位	浙江省辐射环境监测站	电话		日期	2022.11.21

主要评审意见：

根据环评单位编制的环境影响报告表情况，形成专家函审意见如下：

一、该报告表符合环境影响评价技术规范，内容全面，评价方法正确，现场监测数据可信，评价专题设置合理，评价总体思路清晰，评价结论可信。

该报告表经适当修改补充报批后可作为该工程环境管理的依据。

二、建议报告表作如下修改：

1、完善项目由来的说明，进一步核实探伤机的最大管电压数据（比如P2,4,9,25 数据不一致）、两个室内探伤室和现场探伤所用探伤机型号和主射方向等技术参数和运行工况，明确本次评价的规模和内容；

2、环评报告补充现场探伤的操作流程，根据现场探伤划定的使用区域，结合理论计算及分析，明确控制区、监督区划分并做图示说明，明确现场探伤的必须具备的制度和辐射防护设施等要求，进一步加强夜间清场等保障要求；

3、结合本项目主要环境保护目标调查情况，细化现场探伤周围重要点位的的辐射环境影响预测分析，根据工作实际情况，受照剂量分析中采用技术参数需重新核定，比如：现场探伤拍片工作量，300 天（60 周），最大工作 200h（3 组工作人员，同住），以及工作人员现场操作时的剂量率等数据；

4、细化工程分析，X 射线数字成像系统和管屏 DR 数字成像系统工作场所，结合其在线成像的特点，细化说明工作的具体流程和风险分析，工作量分析应区别于普通探伤作业，剂量分析重点考虑管道进出口周边可到达点位；

5、辐射防护设备数量需根据工作场所和辐射工作人员足额配备，尤其是个人剂量计及便携式监测仪器等。

签名：梁梅燕

2022 年 11 月 21 日

浙江杭锅能源装备有限公司X射线室内探伤和现场探伤建设项目环境影响报告表函审意见修改清单

序号	函审意见	修改说明	修改位置
徐向红老师			
1	按照导则要求，明确现场探伤的评价范围（无实体边界的，应不少于 100m）；并明确评价范围内有无环境敏感保护目标，说明厂区内员工宿舍与现场探伤区域的最近距离。	已在报告表 P5 核实了厂区内员工宿舍与现场探伤区域边界的最近距离；已在报告表 P13 明确了现场探伤的评价范围为100m，其评价范围内的环境敏感保护目标见报告表 P14。	详见 P5、P13、P14
2	由于本项目厂区内探伤作业场所比较多，明确各探伤作业场所间有无辐射交叉影响。	已在报告表 P65~66 明确了评价范围内工作场所之间的叠加影响的计算范围，并进行了 X 射线数字成像系统与管屏 DR 数字成像系统的辐射剂量率的叠加影响计算。	详见 P65~66
3	由于本项目为新建工程，补充说明选址和探伤室平面布置的合理性。	已核实在报告表 P6 说明本项目的选址合理性分析；已核实在报告表P35 说明了各工作场所的布局合理性分析。	详见 P6、P35
4	在正常作业情况，预测分析对员工宿舍区的影响。	已在报告表P70 预测了本项目现场探伤区域夜间作业对员工宿舍的年有效剂量的符合性分析。	详见 P35
5	在辐射环境管理制度上，应明确现场探伤和室内探伤作业的条件，尽量减少车间内的现场探伤。	已在报告表P49 明确了公司的辐射管理制度须明确可移动性工件尽量用室内探伤工作场所进行无损检测。	详见 P49
刘新伟老师			
1	核实P3 中 X 射线数字成像系统建设内容与规模的描述（管电压错误）；核实 P4 中劳动定员的描述（缺内容）。	已在报告表 P3 修改了 X 射线数字成像系统的管电压描述；已在报告表 P4 完善了劳动定员的描述。	详见 P3、P4
2	补充车间现场探伤及室内探伤的各工件的尺寸范围，补充完善车间现场探伤的理由。	已核实在报告表 P27、P29、P31、P33 明确了现场探伤及室内探伤的各工件的尺寸范围；已在报告表P42 修改了周有效剂量的计算。已在报告表 P2 补充了现场探伤的主要对象和理由。	详见 P2、P27、P29、P31、P33
3	根据两区划分图及实际情况，	已在报告表 P5、P13 核实了	详见

	对应核实探伤室周边环境描述（如探伤室西侧紧邻焊接实验室）。	探伤室周边环境描述。	P5、P13
4	完善管屏 DR 数字成像系统的产污环节示意图。	已在报告表P31完善修改了管屏 DR 数字成像系统的产污环节示意图。	详见 P31
5	全文核实并统一各射线装置的最大管电压、管电流及对应的使用场所（表 1-1、1-2、1-3、表 4、表 9-1、9-2 等）。	已在报告表P33核实修改了各工作场所的射线装置的设备参数。	详见 P33
6	核实完善辐射事故后果计算及分析。	应专家建议已删除辐射事故后果计算及分析。	详见 P71
7	总平图上明确 X 射线现场探伤机的贮存位置及要求，全文核实个人剂量报警仪的配备是否所有辐射工作人员（P77）。	已在完善附图 2，补充了 X 射线探伤机贮存间的位置；已在报告表P77完善了各工作场所均拟配备个人剂量报警仪的描述。	详见 P77、附图 2
梁梅燕老师			
1	完善项目由来的说明，进一步核实探伤机的最大管电压数据（比如 P2，4，9，25 数据不一致）、两个室内探伤室和现场探伤所用探伤机型号和主射方向等技术参数和运行工况，明确本次评价的规模和内容。	已在报告表 P2 修改了管屏 DR 的参数描述，补充了设置现场探伤的理由，完善了项目由来。已在报告表 P2，4，9，25 核实了各工作场所的射线装置的型号、主射方向。	详见 P2、P4、P9、P25
2	环评报告补充现场探伤的操作流程，根据现场探伤划定的使用区域，结合理论计算及分析，明确控制区、监督区划分并做图示说明，明确现场探伤的必须具备的制度和辐射防护设施等要求，进一步加强夜间清场等保障要求。	已核实在报告表P33的X射线现场探伤及产污流程示意图；已核实附图7为本项目现场探伤控两区划分示意图；已在报告表P75 明确了现场探伤辐射安全管理制度制定的要求。	详见 P33、P75、附图 7
3	结合本项目主要环境保护目标调查情况，细化现场探伤周围重要点位的的辐射环境影响预测分析，根据工作实际情况，受照剂量分析中采用技术参数需重新核定，比如：现场探伤拍片工作量，300 天（60 周），最大工作 200h，以及工作人员现场操作时的剂量率等数据。	已在报告表 P69~70 完善了本项目辐射工作人员现场探伤作业时有效剂量计算的相关参数，并重新进行辐射工作人员和公众人员的有效剂量的计算；并完善了员工宿舍的有效剂量的计算。	详见 P69~70
4	细化工程分析，X 射线数字成像系统和管屏 DR 数字成像系统工作场所，结合其在线成像的特点，	已在报告表 P28-29 完善了X射线数字成像系统的工艺流程及负荷描述；已在报告表 P30~31	

	细化说明工作的具体流程和风险分析，工作量分析应区别于普通探伤作业，剂量分析重点考虑管道进出口周边可到达点位。	完善了管屏 DR 数字成像系统的工艺流程和产污环节图及负荷描述；已在报告表 P66 补充了管屏 DR 铅房南北侧人员可达处的年有效剂量的分析。	详见 P28~29、P30~31、P66
5	辐射防护设备数量需根据工作场所和辐射工作人员足额配备，尤其是个人剂量计及便携式监测仪器等。	已在报告表 P51~52 完善修改了辐射监测仪器的描述，已在报告表 P77 完善了各工作场所均拟配备个人剂量报警仪的描述。	详见 P51~52、P77

杭州卫康环保科技有限公司

2022 年 12 月 8 日