

济南德仁三坐标测量机有限公司
X 射线工业无损检测仪生产项目
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：济南德仁三坐标测量机有限公司

编制单位：山东鼎嘉环境检测有限公司

2022 年 4 月

建设单位法人代表：(签字)

编制单位法人代表：(签字)

项 目 负 责 人：

填 表 人：

建设单位：	济南德仁三坐标测量机有限公司（盖章）	编制单位：	山东鼎嘉环境检测有限公司（盖章）
电话：	18615595602	电话：	0531-59803517
传真：	/	传真：	/
邮编：	250100	邮编：	250100
地址：	山东省济南市高新技术产业开发区春晖路 2966 号 三板小镇 7 号楼	地址：	中国（山东）自由贸易试验区济南片区高新万达广场 2 号写字楼

目 录

表 1 概述.....	1
表 2 项目工程概况.....	7
表 3 环评要求及落实情况.....	15
表 4 验收监测.....	17
表 5 职业与公众受照剂量.....	20
表 6 辐射安全管理.....	23
表 7 验收监测结论与要求.....	24
附件	
1. 委托书.....	附件-1
2. 环境影响报告表批复.....	附件-2
3. 辐射安全许可证.....	附件-5
4. 专职机构成立文件及辐射工作安全责任书.....	附件-9
5. 辐射管理规章制度.....	附件-12
6. 应急预案及应急演练记录.....	附件-26
7. 辐射安全与防护考核成绩报告单及合格证.....	附件-33
8. 个人剂量档案及个人剂量检测报告.....	附件-37
9. 竣工环境保护验收监测报告.....	附件-52

表 1 概述

工程名称	X 射线工业无损检测仪生产项目				
建设单位	济南德仁三坐标测量机有限公司				
法人代表	禹麟勋		联系人	勾术卫	
通讯地址	山东省济南市高新技术产业开发区春晖路 2966 号三板小镇 7 号楼				
联系电话	18615595602	传真	——	邮政编码	250100
建设地点	山东省济南市高新技术产业开发区春晖路 2966 号， 三板小镇 7 号楼一层、二层、三层				
工程性质	新建 ☒ 改扩建 ☐ 技改 ☐		行业类别	C4029 其他专用仪器制造	
环境影响 报告表名称	X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表				
环境影响评价 单位	山东海美依项目咨询有限公司				
环境影响评价 审批部门	济南市生态环 境局	文号	济环辐表审 [2020]3 号	时间	2020 年 1 月 13 日
竣工验收监测 单位	山东鼎嘉环境检测有限公司				
竣工验收编制 单位	山东鼎嘉环境检测有限公司				
工程总投资 (万元)	200	项目环保投资 (万元)	20	环保投资占 总投资比例	10%
验收规模	生产（组装、调试）X 射线工业无损检测仪，属生产 II 类射线装置				

1.1 公司简介

济南德仁三坐标测量机有限公司系韩国德仁株式会社全资在中国成立的专门从事高精度设备研发、生产、销售的高科技企业，成立于 2003 年，注册资金 300 万美元；生产厂区位于济南市高新区春晖路 2966 号三板小镇 7 号楼，厂区占地面积约 1000 平方米、建筑面积约 6000 平方米。公司研发出 PFB、HIT、SIGMA 等一系列适合各行业的三坐标测量机，拥有年产 200 台三坐标测量机以及精度测量相关仪器的生产能力，同时代理销售 II 类射线装置（X 射线工业无损检测仪）及 III 类射线装置（X 射线食品检测仪）。

1.2 项目概况

1.2.1 现有工程

2018 年 7 月 6 日，公司组装车间项目环境影响登记表进行了登记备案，备案号：201837010001000000327。

2017 年 7 月 12 日，公司委托编制的《II 类、III 类射线装置销售项目环境影响报告表》取得了原济南市环保局审批意见（济环辐表审[2017]23 号），年代理销售 X 射线工业无损检测仪不大于 15 台（属 II 类射线装置）、X 射线食品检测仪不大于 15 台（属 III 类射线装置），不贮存、不参与设备的安装、调试及维护。

2019 年 4 月 30 日，公司委托编制的《X 射线工业无损检测仪应用项目环境影响报告表》取得了济南市生态环境局审批意见（济环辐表审[2019]18 号），年演示、调试 X 射线工业无损检测仪 30 台（属 II 类射线装置）。2019 年 6 月 12 日公司自主完成该项目的竣工环境保护验收工作，验收规模为 1 套 Bright160N 型 X 射线工业无损检测仪，仅进行演示，调试工作在客户现场进行。

2019 年 4 月 25 日，公司销售 X 射线工业无损检测仪、使用以及销售 X 射线食品检测仪项目进行了登记备案，年销售 X 射线工业无损检测仪 200 台、X 射线食品检测仪 200 台，并同时使用 X 射线食品检测仪进行演示，备案编号 201937010001000000171。

1.2.2 验收任务由来

公司根据订单计划及市场需求开展 X 射线工业无损检测仪生产项目，2019 年 12 月，公司委托山东海美依项目咨询有限公司编制了《X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表》，2020 年 1 月 13 日，取得了济南市生态环境局审批意见（济环辐表审[2020]3 号），项目规模为年生产（组装、调试）X 射线工业无损检测仪不大于 200 台（属 II 类射线装置）。本项目于 2022 年 1 月开始组装设备，2022 年 2 月组装完毕开始调试。

2020 年 4 月 9 日，公司重新申领了辐射安全许可证，证书编号为鲁环辐证[01791]，种类和范围为生产、销售、使用 II 类、III 类射线装置，有效期至 2022 年 8 月 2 日。许可规模为生产、销售、使用 II 类、III 类射线装置各 200 台/年。

公司现有辐射安全许可证使用规模见表 1-1。

表 1-1 已许可使用的射线装置一览表

序号	装置名称	型号	类别	最大管电压	最大管电流	用途	备注
1	工业 CT	Bright160 LCT	II 类	160kV	6mA	无损检测	原有
2	工业 CT	Bright160 MCT	II 类	160kV	3mA		本次验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号）相关要求，该项目须进行竣工环境保护验收监测工作。受济南德仁三坐标测量机有限公司委托，我公司于 2022 年 3 月 1 日对该项目进行了现场实地勘察和资料核查，在此基础上编制了《济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目竣工环境保护验收监测报告表》。

1.3 验收目的

1、核查建设项目在设计、施工和运行阶段对环境影响评价报告及批复中所提出的辐射防护措施及各级生态环境行政主管部门批复要求的落实情况。

2、核查建设项目所涉及的射线装置工作场所实际运行过程中对周围环境的辐射影响情况，以及已采取防护措施，分析各项防护措施实施的有效性；通过现场调查和实地监测，确定建设项目产生的环境影响达标情况。

3、核查公司环境管理机构设立情况、建设项目辐射工作人员符合性和防护仪器配置情况，核查公司各项辐射规章制度的制定及执行情况，指出建设项目存在的问题，并提出改进措施，以满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理和安全防护规定的要求。

4、根据现场监测、核查结果的分析与评价，形成验收监测结论，为建设项目竣工环境保护验收提供技术依据。

1.4 验收监测依据

一、法律、法规

1、《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第 9 号公布，2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日施行；

2、《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第 6 号公布，2003 年 10 月 1 日施行；

3、《建设项目环境保护管理条例（2017 修订）》，国务院令第 682 号公布，2017 年 6 月 21 日修订，2017 年 10 月 1 日施行；

4、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 449 号公布，2014 年 7 月 29 日第一次修订，2019 年 3 月 2 日第二次修订后实施；

5、《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日发布后施行；

6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令第 3 号，2006.3.1

施行，2008 年 11.21 第一次修订，2017.12.12 第二次修订，2019.8.22 第三次修订；生态环境部令第 20 号修订，2021 年 1 月 4 日施行；

7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第 18 号，2011 年 4 月 18 日公布，2011 年 5 月 1 日施行；

8、关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告，环境保护部国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日发布后施行；

9、《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》，国家环保总局环发[2006]145 号，2006 年 9 月 26 日发布；

10、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第 37 号，2014 年 5 月 1 日施行；

11、《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议，2019 年 1 月 1 日修正后施行。

二、行业标准、技术导则

1、关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告，生态环境部公告 2018 年第 9 号，2018 年 5 月；

2、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)；

3、《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)；

4、《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)；

5、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021)；

6、《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021)。

三、技术文件依据

1、《济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表》，山东海美依项目咨询有限公司，2019 年 12 月；

2、《济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表》审批意见，济南市生态环境局，济环辐表审[2020]3 号，2020 年 1 月 13 日；

3、公司提供的辐射规章制度等支持性文件。

1.5 验收监测评价标准、限值

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

1、职业照射和公众照射的年剂量限值

根据 GB18871-2002 附录 B 内剂量限值 and 表面污染控制水平要求。

①职业照射剂量限值

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

b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；

c) 眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d) 四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

②公众照射剂量限值

a) 年有效剂量，1mSv；

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

c) 眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d) 皮肤的年当量剂量，50mSv。

该标准 11.4.3.2 规定，剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%的范围之内，但剂量约束的使用不应取代最优化要求，剂量约束值只能作为最优化值的上限。

二、《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）

本标准规定了工业 X 射线探伤室探伤、工业 X 射线 CT 探伤与工业 X 射线现场探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用 500kV 以下的工业 X 射线探伤装置（以下简称 X 射线装置或探伤机）进行探伤的工作。

3.1 设备技术要求

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。

3.1.2.3 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一一个探伤室门开启时能立即切断。

4.1 防护安全要求

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。

4.1.3 X射线探伤室墙和入口门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于 $100 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众不大于 $5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

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。

4.1.11 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。

根据《济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表》评价内容及批复，以 2.0mSv 作为辐射工作人员的年管理剂量约束值；以 0.1mSv 作为公众成员的年管理剂量约束值；采用 $2.5 \mu\text{Sv}/\text{h}$ 作为铅房室顶、四周防护面及防护门外 30cm 处剂量率目标控制值。

三、环境天然放射性水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，济南市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 1-2。

表 1-2 济南市环境天然辐射水平 ($\times 10^{-8}\text{Gy}/\text{h}$)

监测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	4.43~8.08	6.26	0.77
道 路	1.84~6.88	4.12	1.40
室 内	6.54~12.94	8.94	1.91

注：表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989 年。

表 2 项目工程概况

2.1 项目基本情况

2.1.1 项目名称

X 射线工业无损检测仪生产项目。

2.1.2 项目性质

新建。

2.1.3 项目位置

济南德仁三坐标测量机有限公司位于山东省济南市高新技术产业开发区春晖路 2966 号三板小镇 7 号楼，本项目 X 射线工业无损检测仪生产、调试区位于厂区一层、二层、三层。其中，生产区分别位于一层西侧北部（生产区 1）、一层中间南部（生产区 2）、二层中间南部（生产区 3）、三层西侧南部（生产区 4）；调试区分别位于一层东侧南部（调试区 1）、一层西侧南部（调试区 2）、二层东侧南部（调试区 3）、三层中间南部（调试区 4）。X 射线工业无损检测仪均自带铅房屏蔽，不单独建设防护用房。

项目所在区位见附图 1，周边关系影像见附图 2，厂区一层、二层、三层平面布置见附图 3～附图 5。

2.1.4 验收规模

环评规模：拟于公司厂区一层、二层及三层生产（组装、调试）X 射线工业无损检测仪 200 台/年，拟设置四个调试区。涉及的设备型号为 Bright 90、Bright 130、Bright 160、Bright 225、Bright 240、Bright 300、Bright 320、Bright 350、Bright 400、Bright 420、Bright 450。

验收规模：于厂区一层、二层及三层设置四个生产区、四个调试区，生产（组装、调试）X 射线工业无损检测仪不大于 200 台/年，属生产 II 类射线装置。本次验收规模与环评规模一致。经与公司核实，X 射线工业无损检测仪根据客户订单需求量即时生产，公司不贮存成品 X 射线工业检测仪。本次验收涉及的射线装置见表 2-1。

表 2-1 本次验收射线装置一览表

序号	装置名称	型号	数量	类别	最大管电压	最大管电流	位置	射束方向
1	工业 CT	Bright160MCT	1 台	II 类	160kV	3mA	一层西侧南部（调试区 2）	定向

2.2 辐射安全防护与污染物处置

2.2.1 项目选址及现场布置

现场勘查时 Bright160 MCT 型 X 射线工业无损检测仪位于厂内一层西侧南部（调试区 2），铅房周围毗邻关系见表 2-2 所示，现场勘查情况见图 2-1 所示。

表 2-2 X 射线工业无损检测仪周围毗邻关系表

名称	方 向	场 所 名 称	距场所距离
铅房	南 面	控制柜摆放区域	相邻
	西 面	调试区域空地及电控柜	相邻
	北 面	其他设备调试区	相邻
	东 面	操作位	相邻



图 2-1 本次验收 X 射线工业无损检测仪现场照片

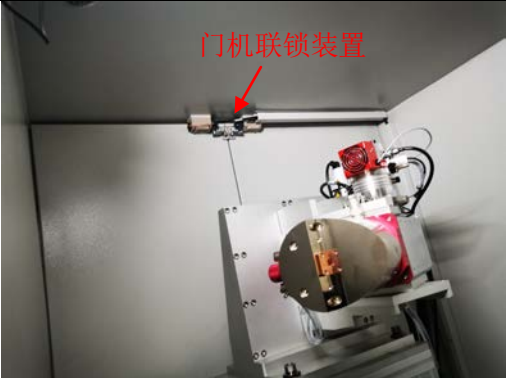
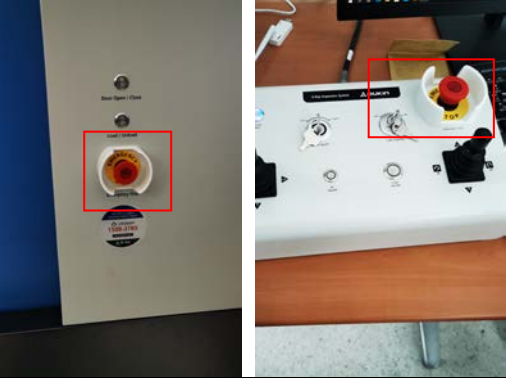
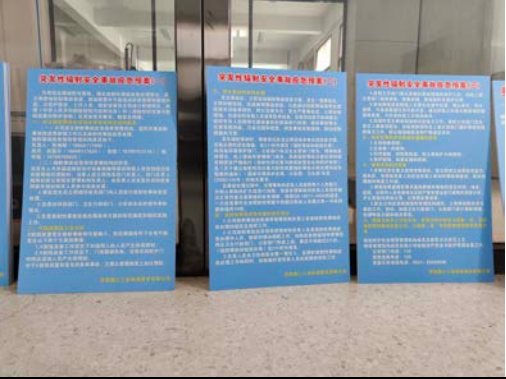
	
X 射线机	防护门防夹装置
	
检修门门机联锁装置	工作状态指示灯
	
防护门及检修窗门机联锁装置	紧急停机按钮及钥匙开关
	
铅房内监控	制度上墙

图 2-1（续） 本次验收 X 射线工业无损检测仪现场拍摄照片



图 2-1（续） 本次验收 X 射线工业无损检测仪现场拍摄照片

2.2.2 辐射防护措施

本次验收的 X 射线工业无损检测仪为一套整体式自带屏蔽 X 射线无损检测装置，主要由自带防护设施（以下简称“铅房”）、成像系统、X 射线机组成。设置有门-机联锁装置、工作状态指示灯、电离辐射警告标志、通风系统、紧急停机按钮、钥匙开关及监控装置。环境影响报告表中涉及的本次已生产的设备情况与验收阶段设备情况对比见表 2-3。

表 2-3 环境影响报告表中涉及的本次已生产的设备情况与验收阶段设备情况对比表

名称	环评内容	现场状况
型号	Bright160	Bright160 MCT
最大管电压	160kV	160kV
管电流	6mA	3mA
主射束方向	定向	与环评一致
铅房外观尺寸	1439×1488×2007	1950×2150×2200
操作位	根据不同型号及客户要求，每套系统单独设置操作位，厂内调试时操作台位于铅房北侧，距正面约 30cm	经现场勘查，本次验收的 X 射线工业无损检测仪操作位位于铅房东侧，距离铅房 1.5m

续表 2-3 环境影响报告表中涉及的本次已生产的设备情况与验收阶段设备情况对比表

名称	环评内容	现场状况
四周、室顶及底部防护	铅钢复合结构，主射束照射面防护能力为 7mmPb，正面防护能力为 6mmPb，其他防护面防护能力均为 5mmPb	与环评一致
防护门	铅房正面设有防护门 1 个，铅钢结构电动平移门，用于工件进出，宽 550mm、高 800mm，防护能力 7mmPb	与环评一致
检修门	铅房侧面（非主射束照射面）设有检修门 1 个，铅钢结构手动平开门，用于设备检修，宽 1364mm、高 1812mm，防护能力 5mmPb	与环评一致
检修窗	/	主射束照射面 X 射线探测器后方设有检修窗 1 个，铅钢结构手动平开门，用于设备检修，宽 600mm、高 510mm，防护能力 5mmPb
通风口	每台铅房均设有排风口，均位于铅房的顶部	铅房共设置 2 个通风口，分别位于铅房后面和底面，均设置了机械通风装置和铅屏蔽罩，X 射线机出束时通风装置持续工作

济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表中防护措施及设施与验收情况的对比见表 2-4。

表 2-4 环境影响报告表中防护措施及设施与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
区域划分	厂内拟设四个调试场所，分别设置在一层东侧及西侧、二层东侧及三层中部	生产区分别位于一层西侧北部（生产区 1）、一层中间南部（生产区 2）、二层中间南部（生产区 3）、三层西侧南部（生产区 4）；调试区分别位于一层东南南部（调试区 1）、一层西侧南部（调试区 2）、二层东南南部（调试区 3）、三层中间南部（调试区 4）
仪器配备	公司已配备个人剂量计 9 支、BG2010C 型个人剂量报警仪 1 部、R-EGD 型 X-γ 辐射巡检仪 1 台	公司配备了 1 台 R-EGD 型辐射监测仪、1 部 BG2010C 型个人剂量报警仪、1 件铅衣、7 支个人剂量计
人员培训	本项目拟利用现有的 9 名辐射工作人员从事调试工作，上述工作人员同时负责现有 X 射线工业无损检测仪的演示工作，均持有辐射安全与防护培训合格证书，做到持证上岗	公司共 7 名辐射工作人员从事射线装置的调试工作，均通过了核技术利用辐射安全与防护培训或取得了合格证，处于有效期内，做到了持证上岗

续表 2-4 环境影响报告表中防护措施及设施与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
其他防护设施及措施	每台 X 射线工业无损检测仪均设计有门机联锁装置，铅房顶部设有工作状态指示灯、正面设有电离辐射警告标志，正面及操作台上均设有紧急停机按钮等安全措施；各调试区均拟设电离辐射警告标示、视频监控装置	铅房防护门、检修门、检修窗均设置了门机联锁装置，铅房顶部及正面设置了工作状态指示灯，铅房正面设置了电离辐射警告标志，铅房内部设有 2 处监控摄像头，铅房正面及操作位共设置了 2 处紧急停机按钮，操作位设置了钥匙开关；调试区设置了监控
规章制度	公司已制定了《辐射安全和保卫制度》、《辐射安全与环境保护岗位职责》、《射线装置设备检修维护制度》、《射线装置使用登记制度》、《台账管理制度》、《射线装置安全操作规程》、《放射工作人员培训、体检及保健制度》、《监测方案》、《自行检查及年度评估制度》及《突发性辐射安全事故应急预案》等辐射安全管理制度	与环评一致

2.2.3 X 射线工业无损检测仪结构、工作原理和工作流程

1、X 射线工业无损检测仪结构

X 射线工业无损检测仪主要由 X 射线机、数字成像系统、防护设施（铅房）、连接电缆及附件组成。其中成像系统主要由图像增强器、光学镜头、摄像机、计算机、图像处理器、图像显示器和图像储存单元以及检测工装等设备组成。控制器采用先进的微机控制系统，可控硅规模快速调压，主、副可控硅逆变控制及稳压、稳流等电子线路和抗干扰线路，工作稳定性好，运行可靠。

2、工作原理

X 射线机主要由 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熔金属（如钨、铂、金、钼等）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作用的韧致辐射即为 X 射线。X 射线发生器结构见图 2-2 所示。

本项目铅房内部构件主要包括 X 射线机、载物台及 X 射线探测器；其中 X 射线机及 X 射线探测器分别位于铅房的两侧、同一水平线上，载物台位于两者之间。X 射线机发射的 X 射线对载物台上的受检工件进行照射，当射线在穿过气孔、夹渣等时其衰减明显减少，从

而 X 射线的穿透量不同。受检工件与其中缺陷对 X 射线吸收衰减不同从而形成 X 射线强度分布的潜像，X 射线探测器将 X 射线图像转换成标准视频图像，即转换为可见像，在实时成像显示器上产生较强的图像显示工件表面气孔的大小，使用厂家根据气孔判断产品是否合格，据此实现无损检测的目的。

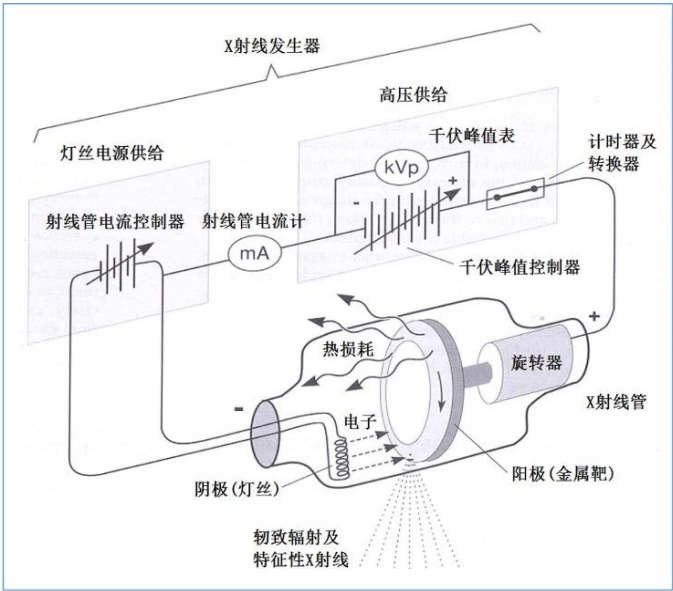


图 2-2 X 射线发生器结构示意图

3、工作流程

(1) 生产流程

公司接到订单后，外购配件，然后在厂区内进行组装，组装完成后在任一调试区进行厂内调试，调试合格后进行装箱、发货，然后在买方场所对所售设备进行安装、调试及检修。本项目生产工艺流程见图 2-3。

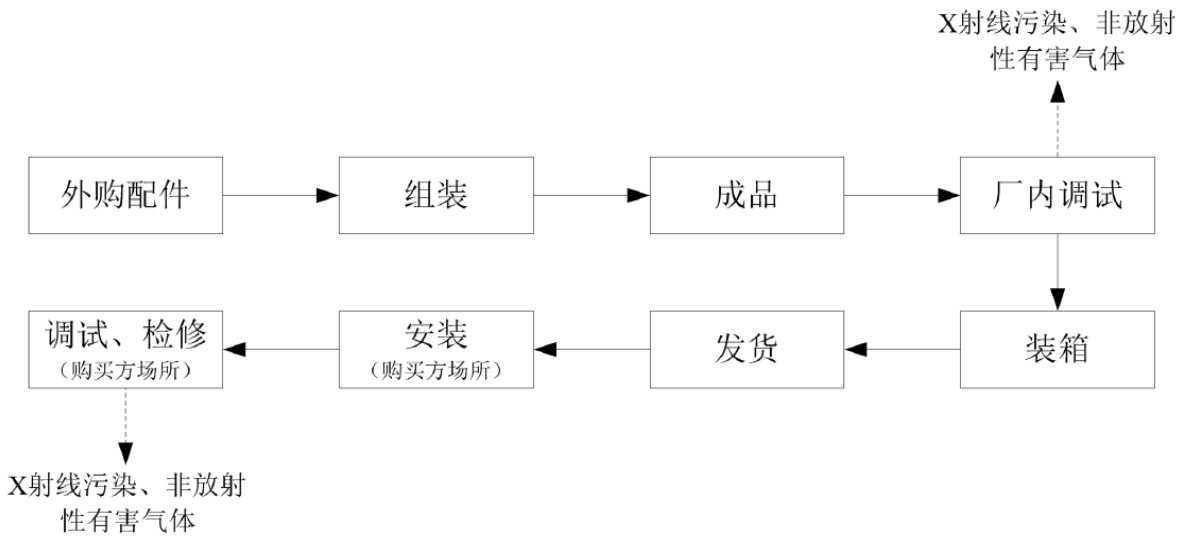


图 2-3 X 射线工业无损检测仪生产流程图

(2) 调试流程

X 射线工业无损检测仪组装完成后需进行调试，本项目包括厂内调试及销售后的现场调试及检修。调试前先检查设备各项装置是否完好，然后人工将样品工件放置在载物台上，关闭工作门，开机并操作设备发射 X 射线，使样品接受 X 射线扫描，接收器接收透过样品的 X 射线，照相后输出模拟信号至计算机，由计算机经过软件处理输出图像。图像检验完成后关机，工作门开启，人工取出样品工件，完成调试。调试工作流程示意图见图 2-4。

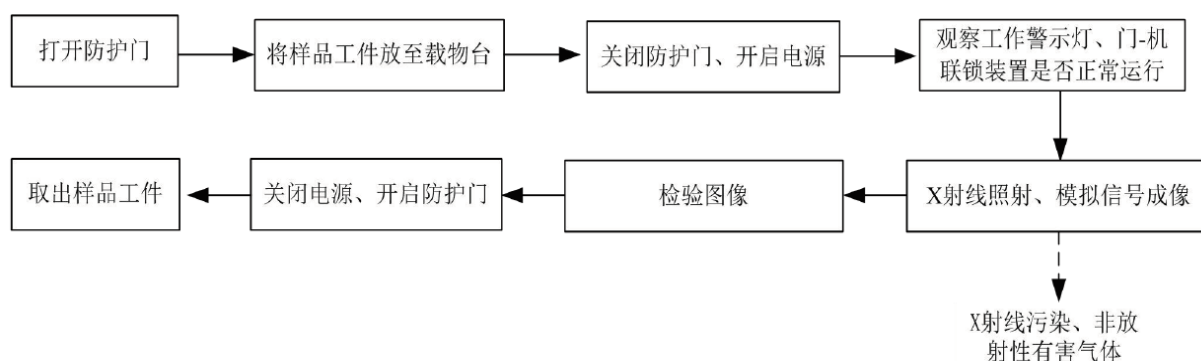


图 2-4 X 射线工业无损检测仪调试工作流程示意图

2.2.4 污染因子及污染分析

1、X 射线

X 射线工业无损检测仪开机调试后产生 X 射线，对周围环境产生辐射影响，关机后 X 射线随之消失。

2、放射性废物

X 射线机运行过程中不产生放射性固体废物、放射性废水和放射性废气。

3、非放射性污染因素分析

本项目 X 射线工业无损检测仪 X 射线机调试及运行过程中会产生少量臭氧和氮氧化物等非放射性有害气体。系统产生的非放射性有害气体经排风口排向铅房所在调试区，各调试区均设置了空调，利用空调换风将废气通过门窗排往外部环境，同时调试区所在各楼层均装有通、排风系统，可将废气排往外部环境，系统产生的非放射性有害气体不会积压，对周围环境影响和人员影响较小。

本项目 X 射线工业无损检测仪调试及运行过程中不产生废胶片和废显影液。

综上，本次验收主要考虑其 X 射线及非放射性有害气体。

表 3 环评要求及落实情况

3.1 环境影响报告表批复与验收情况对比

项目环境影响报告表批复与验收情况对比见表 3-1。

表 3-1 环境影响报告表批复与验收情况对比

环评批复意见		验收时落实情况
该项目位于济南市高新区春晖路 2966 号三板小镇 7 号楼，主要建设内容为拟在厂区一层、二层及三层生产 X 射线工业无损检测仪(属 II 类射线装置)，设计产能 200 台/年，主要生产工序为仪器组装及调试。厂内拟设四个调试场所，分别位于厂区一层东侧及西侧、二层东侧及三层中部。		济南德仁三坐标测量机有限公司位于位于济南市高新区春晖路 2966 号三板小镇 7 号楼，厂内设置了四个生产区、四个调试区生产 X 射线工业无损检测仪不大于 200 台/年(属生产 II 类射线装置)，主要生产工序为仪器组装及调试。生产区分别位于一层西侧北部及中间南部、二层中间南部、三层西侧南部；调试区分别位于一层东侧南部及西侧南部、二层东侧南部、三层中间南部。
二、项目建设及运行中应重点做好的工作	(一)做好辐射工作场所的环境安全防护工作。 1. X 射线工业无损检测仪自带铅房四周、顶部及底部均为铅钢复合结构，每台铅房正面设有一个防护门，为铅钢复合结构、推拉式，用于工件进出；铅房后面设一个检修门，为铅钢复合结构、平开式；防护门及检修门的防护能力与其所在防护面相同，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)。 2. 每台 X 射线工业无损检测仪均设门机联锁装置，铅房顶部设工作状态指示灯、正面设电离辐射警告标志，正面及操作台上均设紧急停机按钮等安全措施。各调试区均设电离辐射警告标志、视频监控装置。工作人员按要求配备防护用品，确保工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的相关要求。	1. 四周、室顶及底部防护面均为铅钢复合结构，主射束照射面防护能力为 7mmPb，正面防护能力为 6mmPb，其他防护面防护能力均为 5mmPb；铅房正面设有防护门 1 个，铅钢结构电动平移门，防护能力 7mmPb；铅房侧面（非主射束照射面）设有检修门 1 个，铅钢结构手动平开门，防护能力 5mmPb；主射束照射面 X 射线探测器后方设有检修窗 1 个，铅钢结构手动平开门，防护能力 5mmPb。经监测，铅房室顶、四周防护面及防护门外 30cm 处 X-γ 辐射剂量率均满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015)的要求。 2. 铅房防护门、检修门、检修窗均设置了门机联锁装置，铅房顶部及正面设置了工作状态指示灯，铅房正面设置了电离辐射警告标志，铅房内部设有 2 处监控摄像头，铅房正面及操作位共设置了 2 处紧急停机按钮，操作位设置了钥匙开关；调试区域设置了监控，一处为固定摄像头，一处为移动摄像头。经后文分析，工作人员和公众年有效剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)的要求

续表 3-1 环境影响报告表批复与验收情况对比

	环评批复意见	验收时落实情况
二、项目建设及运行中应重点做好的工作	(二) 建立并完善监测、评估、应急、培训等各项管理制度并组织实施。 1. 完善辐射环境监测方案，配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。定期开展监测，监测结果及时报济南市生态环境局高新分局。 2. 按要求开展辐射安全和防护状况年度评估工作，年度评估报告于每年 1 月 31 日前报济南市生态环境局高新分局。 3. 修订辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练，落实风险防范措施，切实防范辐射环境风险。 4. 定期开展辐射工作人员培训工作，建立辐射工作人员个人剂量档案，辐射工作人员须持证上岗。 5. 严格落实辐射安全管理责任制以及 X 射线工业无损检测仪使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度等。	1. 公司配备了 1 台 R-EGD 型辐射监测仪、1 部 BG2010C 型个人剂量报警仪，制定了《监测方案》，定期开展辐射环境监测并向生态环境部门报送监测数据。 2. 公司制定了《自行检查及年度评估制度》，每年按要求在规定时间内向生态环境部门提交了年度评估报告。 3. 公司制定了《突发性辐射安全事故应急预案》，并于 2021 年 9 月 15 日开展了应急演练，落实了各项风险防范措施。 4. 公司制定了《放射工作人员培训、体检及保健制度》，严禁未参加培训的人员从事辐射工作。公司配备了 7 名辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护培训或取得了合格证，均处于有效期内；公司已委托具有相关资质的单位为辐射工作人员配备了个人剂量计，建立了辐射工作人员个人剂量档案。 5. 公司成立了专职机构，签订了辐射工作安全责任书，明确了公司法人代表禹麟勋为本单位辐射工作安全责任人，指定张振刚负责射线装置的安全和防护工作，落实了岗位职责；制定了《辐射安全和保卫制度》《辐射安全与环境保护岗位职责》《射线装置设备检维修制度》《射线装置使用登记制度》《台账管理制度》《射线装置安全操作规程》《放射工作人员培训、体检及保健制度》《监测方案》《自行检查及年度评估制度》及《突发性辐射安全事故应急预案》等制度，落实了各制度要求，建立了辐射安全管理档案。

表 4 验收监测

为掌握该公司 X 射线工业无损检测仪正常运行情况下铅房周围的辐射环境水平，根据现场条件和相关监测标准、规范的要求进行合理布点监测。

4.1 监测对象。

铅房周围辐射环境水平。

4.2 监测项目

X- γ 辐射剂量率。

4.3 监测时间与条件

监测时间：2022 年 3 月 1 日；

监测天气：天气：晴，温度：7.8℃（室内），相对湿度：37.3%。

4.4 监测技术规范

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求和方法进行现场测量。每个监测点辐射剂量率读取 10 个测量值为一组，取其平均值，扣除宇宙射线响应值后作为最终测量结果。

4.5 检测单位

本次验收由具备生态环境监测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展监测，检验检测机构资质认定证书编号 181512342017。

4.6 监测仪器

监测仪器为 BG9512P/BG7030 型便携式多功能射线检测仪，监测仪器主要技术参数见表 4-1。

表 4-1 监测仪器参数一览表

设备名称	便携式多功能射线检测仪
设备型号	BG9512P/BG7030
设备编号	A-1804-01
测量范围	吸收剂量率：10nGy/h~200 μ Gy/h 能量范围：25keV~3MeV
检定单位	山东省计量科学研究院
检定证书编号	Y16-20210294
检定有效期至	2022 年 03 月 17 日

4.7 监测点位

本次验收监测时，对公司厂内一层西侧南部（调试区 2）处正在调试的 Bright160 MCT 型 X 射线工业无损检测仪开展验收监测，根据 X 射线工业无损检测仪实际情况于铅房周围布设 13 个监测点位，即 A1~A13。

监测点位示意图 4-1。

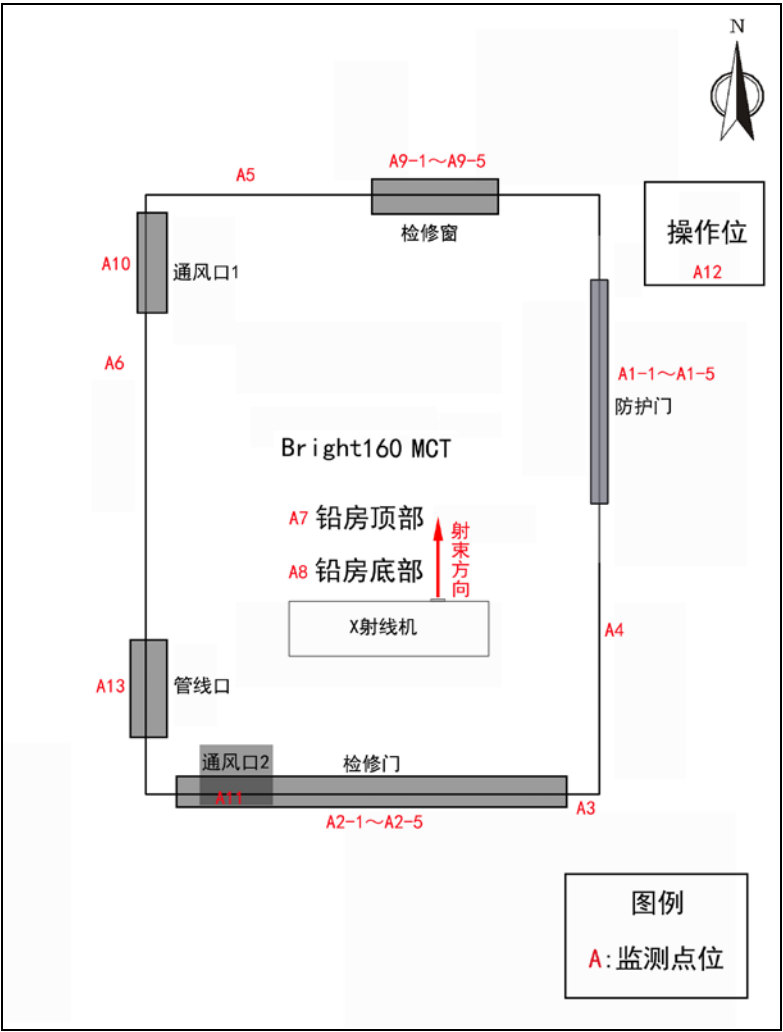


图 4-1 监测点位示意图

4.8 监测结果

各监测点位处 X-γ 辐射剂量率监测结果见表 4-2。

表 4-2 铅房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果 单位：nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
A1-1	防护门上侧门缝外 30cm 处	/	/	80.1	1.2
A1-2	防护门下侧门缝外 30cm 处	/	/	78.0	1.2

续表 4-2 铅房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

单位: nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		平均值	标准偏差	平均值	标准偏差
A1-3	防护门中部外 30cm 处	75.1	1.7	78.5	0.9
A1-4	工防护门北侧门缝外 30cm 处	/	/	79.1	1.3
A1-5	防护门南侧门缝外 30cm 处	/	/	78.6	1.0
A2-1	检修门上侧门缝外 30cm 处	/	/	81.0	2.0
A2-2	检修门下侧门缝外 30cm 处	/	/	79.1	1.3
A2-3	检修门中部外 30cm 处	75.6	1.7	77.5	1.3
A2-4	检修门东侧门缝外 30cm 处	/	/	82.4	1.3
A2-5	检修门西侧门缝外 30cm 处	/	/	82.2	1.8
A3	铅房南侧屏蔽体外 30cm 处	73.2	1.3	75.3	1.1
A4	铅房东侧屏蔽体外 30cm 处	73.9	1.2	76.2	1.1
A5	铅房北侧屏蔽体外 30cm 处	73.1	1.9	77.9	1.7
A6	铅房西侧屏蔽体外 30cm 处	73.9	1.2	83.4	1.3
A7	铅房顶部屏蔽体外 30cm 处	70.8	1.6	73.1	1.4
A8	铅房底部屏蔽体外 30cm 处	69.8	1.0	72.6	1.6
A9-1	检修窗中部外 30cm 处	69.6	1.0	72.2	1.2
A9-2	检修窗上侧缝隙外 30cm 处	/	/	73.5	1.1
A9-3	检修窗下侧缝隙外 30cm 处	/	/	75.0	1.5
A9-4	检修窗东侧缝隙外 30cm 处	/	/	75.1	1.5
A9-5	检修窗西侧缝隙外 30cm 处	/	/	75.5	1.8
A10	通风口 1	72.2	1.5	325.5	1.5
A11	通风口 2	69.8	1.3	73.8	1.2
A12	操作位	72.5	1.7	75.7	1.6
A13	管线口	73.5	1.3	77.0	1.3
注: 1. 监测结果已扣除宇宙射线响应值 11.1nGy/h; 2. X 射线工业无损检测仪型号为 Bright160 MCT, 开机监测时, X 射线机电压为 160kV, 电流为 3.0mA; 出束口距铅房顶部 0.54m, 距西侧 0.92m, 距南侧 0.68m, 射束定向向北, 室内无工件。					

由表 4-2 可知, X 射线工业无损检测仪关机状态下, 铅房周围 X-γ 辐射剂量率范围为 (69.6~75.6) nGy/h, 处于济南市环境天然辐射水平范围内; X 射线工业无损检测仪开机状态下, 铅房周围 X-γ 辐射剂量率范围为 (72.2~325.5) nGy/h, 满足 2.5 μSv/h 的限值要求。

表 5 职业与公众受照剂量

5.1 年有效剂量估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T$$

式中： H ——年有效剂量当量，Sv/a；

T ——年受照时间，h；

0.7——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy；

D_r ——X 剂量率，Gy/h。

5.2 居留因子

不同环境条件下的居留因子见表5-1。

表5-1 居留因子的选取

场所	居留因子T	停留位置
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

5.3 照射时间确定

经与公司确认，年生产X射线工业无损检测仪200台，每台厂内开机调试时间为1h/a，则厂内开机调试时间为200h；每台X射线工业无损检测仪外售后在买方场地开机调试时间为1h/a，外售后设备检修时的开机调试时间为10h/a；公司共7名辐射工作人员，根据实际情况分三组开展调试工作，每组调试时需2人；按照每人参加厂内调试、买方场地调试和售后检修调试的概率相等计算，每名辐射工作人员年调试仪器数量不得超过100台，则辐射工作人员开机调试时全年受照时间不大于1200h。

5.4 辐射工作人员受照剂量

经与公司确认，公司 7 名辐射工作人员负责对所有射线装置进行调试。公司已委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量监测。公司提供了 2020 年 12 月至 2021 年 12 月的个人剂量检测报告，本次根据 7 名辐射工作人员的个人剂量检测报告结果（具体见表 5-2）及本次验收监测结果对辐射工作人员受照剂量进行分析，以说明本项目正常运行过程中，公司辐射工作人员受照剂量情况。

表 5-2 辐射工作人员个人剂量监测结果分析表

单位: mSv

序号	姓名	2020.12.14- 2021.03.13	2021.03.14- 2021.06.11	2021.06.12- 2021.09.09	2021.09.10- 2021.12.08	年有效剂量
1	张恒	0.18	0.20	0.09	0.14	0.61
2	侯祥磊	0.05	0.71	0.14	0.13	1.03
3	臧广辉	0.04	0.48	0.14	0.01	0.67
4	程贤杰	0.05	0.68	0.19	0.16	1.08
5	滕林	0.13	0.56	0.17	0.15	1.01
6	刘金辉	0.10	0.40	0.18	0.05	0.73
7	张振刚	0.04	0.62	0.04	0.12	0.82

注: 赵嘉乐、张连宾已转岗, 不从事辐射工作。

根据本次验收监测结果, 在 X 射线工业无损检测仪开机状态下, 铅房周围 X- γ 辐射剂量率最大处为通风口 1, 检测结果为 325.5nGy/h, 居留因子保守取 1, 则辐射工作人员年受照剂量为:

$$H=0.7 \times 325.5 \times 1200 \times 1 \times 10^{-6} \approx 0.27 \text{mSv/a}$$

根据表 5-1, 辐射工作人员最大年有效累积剂量为 $1.08+0.27=1.35\text{mSv}$, 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定辐射工作人员的剂量限值 20mSv/a , 也低于环评报告表提出的 2.0mSv 年管理剂量约束值。

5.5 公众受照剂量分析

本项目公众成员主要为铅房周围其他工作人员, 铅房四周公众成员活动区域最大监测值为 325.5nGy/h, 位于通风口 1 处, 居留因子保守取 1, 则公众成员的年有效剂量为:

$$H=0.7 \times 325.5 \text{nGy/h} \times 200 \text{h} \times 1 \times 10^{-6} \approx 0.05 \text{mSv};$$

根据以上计算, X 射线工业无损检测仪周围公众成员最大年受照剂量为 0.05mSv , 低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定 1mSv/a 的剂量限值, 也低于环评报告表提出的年管理约束限值 0.1mSv 。

表 6 辐射安全管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号公布）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环境保护部令第 3 号）及生态环境主管部门的要求，射线装置使用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此对济南德仁三坐标测量机有限公司的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

6.1 辐射安全与环境保护管理机构

公司成立了专职机构安全部，签订了辐射工作安全责任书，明确了公司法人代表禹麟勋为本单位辐射工作安全第一责任人，指定了张振刚负责射线装置的安全和防护工作。

6.2 辐射安全管理制度及其落实情况

1、工作制度

公司制定了《辐射安全和保卫制度》《辐射安全与环境保护岗位职责》《射线装置设备检维修制度》《射线装置使用登记制度》《台账管理制度》及《自行检查及年度评估制度》等辐射安全管理制度并依照实施，落实了各制度要求。

2、操作规程

公司制定了《射线装置安全操作规程》，辐射工作人员严格按照操作流程操作 X 射线工业无损检测仪。

3、应急预案

公司制定了《突发性辐射安全事故应急预案》，并于 2021 年 9 月 15 日开展了应急演练。

4、监测方案

公司制定了《监测方案》，配备了 1 台 R-EGD 型辐射监测仪定期对 X 射线工业无损检测仪进行辐射巡检，同时委托具有检测资质的单位对其辐射工作环境进行监测，并定期向生态环境部门上报监测数据。

5、人员培训

公司制定了《放射工作人员培训、体检及保健制度》，公司配置了 7 名辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护培训或取得了合格证，处于有效期内。

6、个人剂量

公司已委托有资质的单位为辐射工作人员佩戴了个人剂量计，开展个人剂量监测，建

立了个人剂量档案，做到 1 人 1 档。

7、年度评估

公司每年均编制了辐射安全和防护状况年度评估报告，并于每年的 1 月 31 日前向所在地生态环境部门提交。

8、辐射防护用品

公司配置了监测设备和辐射防护用品，见表 6-1。

表 6-1 防护仪器配置情况一览表

仪器名称	型号	仪器状态	数量
辐射监测仪	R-EGD	正常	1
个人剂量报警仪	BG2010C	正常	1
个人剂量报警仪	MKS-05	正常	1
铅衣	/	正常	1
个人剂量计	/	正常	9

注：MKS-05 型个人剂量报警仪为 X 射线工业无损检测仪自带，每台 X 射线工业无损检测仪均配置一部个人剂量报警仪，将随 X 射线工业无损检测仪一同交付买方。



图 6-1 公司配备的辐射防护用品照片

表 7 验收监测结论与要求

7.1 结 论

按照国家有关环境保护的法律法规，济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目进行了环境影响评价和履行了环境影响审批手续。该项目需配套建设的环境保护设施已与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

1、项目基本概况

济南德仁三坐标测量机有限公司位于山东省济南市高新技术产业开发区春晖路 2966 号三板小镇 7 号楼，生产场所设在厂区一层、二层及三层，主要生产工序为仪器组装及调试，不大于 200 台/年。验收规模为 1 套 Bright160 MCT 型 X 射线工业无损检测仪，内置 1 台 X 射线机，属使用 II 类射线装置。

2019 年 12 月，公司委托编制了《济南德仁三坐标测量机有限公司 X 射线工业无损检测仪生产项目环境影响报告表》，评价规模为于厂区一层、二层及三层进行仪器生产（组装、调试），设计产能 200 台/年。2020 年 1 月 13 日，济南市生态环境局以“济环辐表审[2020]3 号”文件对该项目进行了审批。

2020 年 4 月 9 日，公司重新申领了辐射安全许可证，证书编号为鲁环辐证[01791]，种类和范围为生产、销售、使用 II 类、III 类射线装置，有效期至 2022 年 8 月 2 日。本次验收的 X 射线工业无损检测仪已进行许可登记。

2、现场监测结果

（1）关机状态下，X 射线工业无损检测仪周围 X- γ 辐射剂量率范围为（69.6～75.6）nGy/h，处于济南市环境天然辐射水平范围内。

（2）开机状态下，X 射线工业无损检测仪周围 X- γ 辐射剂量率范围为（72.2～325.5）nGy/h，满足 2.5 μ Sv/h 的限值要求。

3、职业与公众受照结果

根据个人剂量检测报告及验收监测结果叠加计算，辐射工作人员最大年受照剂量为 1.35mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定辐射工作人员的剂量限值 20mSv/a，也低于环评报告表提出的年管理剂量约束值 2.0mSv。

根据验收监测结果估算，X 射线工业无损检测仪周围公众成员最大年受照剂量为 0.05mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评报告表提出的年管理约束限值 0.1mSv。

4、现场检查结果

(1) 公司成立了专职机构，签订了辐射工作安全责任书，明确公司法人代表为本单位辐射工作安全第一责任人，指定专人负责射线装置的安全和防护工作。

(2) 公司制定了《辐射安全和保卫制度》《辐射安全与环境保护岗位职责》《射线装置设备检修维护制度》《射线装置使用登记制度》《台账管理制度》《射线装置安全操作规程》《放射工作人员培训、体检及保健制度》《监测方案》及《自行检查及年度评估制度》等辐射安全管理制度。制定了《突发性辐射安全事故应急预案》，并开展了应急演练。

(3) 公司编制了辐射安全和防护状况年度评估报告，并于1月31日前向所在地生态环境部门提交。

(4) 公司共7名辐射工作人员，均已通过核技术利用辐射安全与防护培训或取得了合格证，处于有效期内。已委托有资质的单位为辐射工作人员佩戴了个人剂量计，开展个人剂量监测，建立了个人剂量档案，做到了1人1档，个人剂量档案保存至辐射工作人员年满75周岁，或者停止辐射工作30年。

(5) 本项目X射线工业无损检测仪自带屏蔽铅房，操作位及铅房正面设置了紧急停机按钮，操作位设置了钥匙开关，调试区设置了监控；铅房设置了门-机联锁装置、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、监控等，各项辐射安全与防护措施均能有效运行。

(6) 本项目配备了1台辐射监测设备、1部个人剂量报警仪和9支个人剂量计。

综上所述，济南德仁三坐标测量机有限公司X射线工业无损检测仪生产项目落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，该项目对辐射工作人员和公众成员是安全的，具备建设项目竣工环境保护验收条件。

7.2 建议

- 1、加强个人剂量检测管理；
- 2、适时修订辐射安全管理制度及《辐射事故应急预案》，定期开展应急演练。