

核技术利用建设项目

广东鸿图南通压铸有限公司
扩建 1 台 X 射线实时成像装置项目
环境影响报告表

广东鸿图南通压铸有限公司

2019 年 1 月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

广东鸿图南通压铸有限公司 扩建 1 台 X 射线实时成像装置项目 环境影响报告表

建设单位名称：广东鸿图南通压铸有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：南通市高新技术产业开发区杏园西路 777 号

邮政编码：226000

联系人：季双燕

电子邮箱：jsy@ght-china.com

联系电话：18796165665

表 1 项目基本情况

建设项目名称		扩建 1 台 X 射线实时成像装置项目			
建设单位		广东鸿图南通压铸有限公司			
法人代表	徐飞跃	联系人	季双燕	联系电话	18796165665
注册地址		南通市高新技术产业开发区杏园西路 777 号			
项目建设地点		南通市高新技术产业开发区杏园西路 777 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	100	项目环保投资 (万元)	20	投资比例 (环保投资/总投资)	20%
项目性质		<input type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input checked="" type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²)	/
应用类型	放射源	销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
		使用	<input type="checkbox"/> I 类 (医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类		
	非密封放射性物质	生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		销售	/		
		使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
		使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类		
其他	/				
<p>1. 项目概述</p> <p>广东鸿图南通压铸有限公司成立于 2011 年，是广东鸿图科技股份有限公司的全资子公司，主要从事铝合金、镁合金等金属制品的压铸、精密加工。</p> <p>企业在压铸车间 X 射线检测室内已有 2 台 X 射线装置（编号 1#、2#），属于 II 类射线装置，由于产品检测需要，企业计划再增加 1 台 X 射线实时成像装置，用于企业生产的压铸产品无损检测。</p> <p>本次环评的射线装置情况详见表 1-1。</p>					

表 1-1 广东鸿图南通压铸有限公司核技术应用情况一览表（本次环评）

序号	射线装置名称	数量	管电压 kV	输出电 流 mA	射线装 置类别	工作场所 名称	使用 情况	环评情况及 审批时间	许可情 况
1	FST-T160 型 X 射线实时成像装 置（3#）	1 台	160	3	II 类	压铸车间 X 射线 检测室	新增	本次环评	未许可 未验收

2. 项目周围环境

广东鸿图南通压铸有限公司位于南通市高新技术产业开发区杏园西路 777 号，企业地理位置详见图 1-1。

企业地处开发区工业集中区域，四周都是工业企业和道路。厂界北侧是杏园西路，东侧是大连路，西侧是金江大道，南侧与鸿劲金属铝业有限公司相邻。本项目位于一期压铸车间东侧、二期压铸车间的西侧，厂区平面图见图 1-2。

X 射线检测室西侧是压铸车间，东侧是资料室，北侧相隔过道是存储室、员工休息室、南侧是理化实验室和办公室。X 射线装置周围 50m 范围内无居民点、学校、医院等环境敏感目标。项目周围环境情况见图 1-3。

3. 企业其它核技术利用情况回顾

广东鸿图南通压铸有限公司压铸车间 X 射线检测室内现有 2 台 X 射线装置，已履行了环评手续，取得了辐射安全许可证（编号苏环辐证【F0448】，有效期至 2019 年 4 月 1 日），许可种类和范围：使用 II 类射线装置。2 台设备均已通过了环保部门的竣工验收，具体见表 1-2，环评和验收批文详见附件九。

表 1-2 广东鸿图南通压铸有限公司核技术应用情况一览表（已有射线装置）

序号	射线装置 名称	数量	管电压 (kV)	管电流 (mA)	射线装 置类别	工作 场所 名称	使用 情况	环评验收情况 及审批时间
1	XG-1604T/C 型 X 射线实 时成像检测 装置（1#）	1 台	160	4	II	压铸 车间 X 射线 检测 室	在用	已环评，批文： 苏环辐（表）审 [2013]153 号、 通核表复 [2015]014 号 已验收，批文： 通环核验 [2016]027 号
2	XG-1604T/C 型 X 射线实 时成像装置 （2#）	1 台	160	4	II		在用	

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)	年最大操 作量 (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》(GB18871-2002)

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射线实时成像装置	II类	1台	FST-T160型	160	3	X射线无损检测	压铸车间X射线检测室	/

(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 (μ A)	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
臭氧和氮氧化物	气体	/	/	少量	少量	/	自然通风排入大气环境	臭氧自动分解

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m³，年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明，其排放浓度、年排放总量分别用比活度（Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m³）和活度（Bq）。

表 6 评价依据

<p style="text-align: center;">法规文件</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订), 2015 年 1 月 1 日; 2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(修订), 全国人民代表大会常务委员会关于修改《中华人民共和国劳动法》等七部法律的决定(2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员第七次会议通过), 决定自公布之日起施行; 3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起实施; 4) 《建设项目环境保护管理条例》, 国务院令第 682 号, 自 2017 年 10 月 1 日起施行; 5) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》环境保护部令第 44 号公布, 自 2017 年 9 月 1 日起施行; 关于修改《建设项目环境影响评价分类管理名录》部分内容的决定, 生态环境部令 1 号, 自 2018 年 4 月 28 日起施行; 6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》, 国务院第 449 号, 自 2005 年 12 月 1 日起实行, 国务院令 653 号修订, 2014 年 7 月 29 日; 7) 关于修改《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的决定, 中华人民共和国环境保护部第 3 号令, 自 2008 年 12 月 6 日起实施; 2017 年 12 月 20 日发布环保部令第 47 号, 修改部分内容; 8) 《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, 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日起施行; 9) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》, 环发(2006) 145 号, 2006 年 9 月 26 日; 10) 《江苏省辐射污染防治条例》, 江苏省第十届人民代表大会常务委员公告第 142 号; 江苏省人大常委会公告 2 号(修订), 于 2018 年 3 月 28 日公布, 2018 年 5 月 1 日起施行; 11) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 环保部令第 18 号, 2011 年 5 月 1 日起实施。
<p style="text-align: center;">技术标准</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技术导则和规范 <ol style="list-style-type: none"> (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016); (2) 《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/T 10.1-2016); (3) 《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001)。

2. 评价标准

(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002): 工作人员职业照射和公众照射剂量限值:

	剂量限值
职业照射	工作人员所接受的职业照射水平不应超过下述限值: ① 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量 (但不可做任何追溯平均), 20mSv; ② 任何一年中有效剂量, 50mSv。
公众照射	实践使公众有关关键人群组的成员所受的平均剂量估算不应超过下述限值: ③ 年有效剂量, 1mSv; 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1 mSv, 则某个单一年份的有效剂量可提高到 5 mSv。

(2) 《工业 X 射线探伤放射防护要求》(GBZ117-2015);

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, 对职业人员部大于 100 μ Sv/周, 对公众不大于 5 μ Sv/周;

b) 关注点最高周围剂量当量参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h。

4.1.4: 探伤房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 100 μ Sv/h。

4.1.5: 探伤房应设置门—机联锁装置。

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

3.1.1 探伤房墙和入口门外周围剂量当量率 (以下简称剂量率) 和每周周围剂量当量 (以下简称周剂量) 应满足下列要求:

a) 周剂量参考控制水平 (H_c)

人员在关注点的周剂量参考控制水平 H_c 如下:

职业工作人员: $H_c \leq 100 \mu\text{Sv}/\text{周}$; 公众: $H_c \leq 5 \mu\text{Sv}/\text{周}$ 。

(4) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》,《辐射防护》1993年3月第13卷第2期。

江苏省天然贯穿辐射水平调查结果* (单位: nGy/h)

	室外剂量率	室内剂量率
范围	73.3~ 81.8	108.9~ 123.6
均值	79.5	115.1
标准差 S	7.0	16.3
均值 $\pm 3s$	79.5 ± 21.0	115.1 ± 48.9

*: 结果含宇宙射线电离成分所致(空气吸收)剂量率。

根据上表,本报告取江苏省天然贯穿辐射水平调查结果中“均值 ± 3 倍标准差”为参考范围。

其他

与本项目有关的文件

附件一: 环评委托书;

附件二: 辐射工作安全责任书;

附件三: 广东鸿图南通压铸有限公司现有2台工业X射线装置环境现状检测报告,江苏省苏核辐射科技有限责任公司,2018年11月30日;广东鸿图南通压铸有限公司1台X射线实时成像装置辐射环境现状检测,苏州热工研究院有限公司环境检测中心,2019年1月17日;

附件四: 企业辐射安全管理机构文件;

附件五: 企业辐射防护规章制度;

附件六: 企业营业执照和辐射安全许可文件;

附件七: 企业辐射工作人员近1年个人剂量检测报告,江苏省苏核辐射科技有限责任公司,2017.11月~2018年11月;

附件八: 企业辐射工作人员参加辐射安全知识培训的证书;

附件九: 企业现有2台X射线装置环评、验收批复文件。

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

本项目评价范围：以 X 射线装置所在 X 射线检测室建筑边界周围 50m 范围。

保护目标

X 射线检测室周围 50m 范围为工业设施、道路等，没有居民点、学校、医院等环境敏感目标。

本项目对环境的影响主要是 X 射线装置工作时对周围环境产生的辐射影响，辐射工作人员和厂区内其它工作人员均是需要关注的对象。

环境保护目标分布一览表

方位	主要建筑设施	距离	人员
X 射线检测室内	辐射操作岗位	/	辐射工作人员
X 射线检测室北侧	存储室、员工休息室、厕所	约 5m	厂区内非辐射工作人员
X 射线检测室西侧	压铸车间	约 5m	厂区内非辐射工作人员
X 射线检测室东侧	资料室、压铸车间	约 2~10m	厂区内非辐射工作人员
X 射线检测室南侧	理化实验室、车间办公室	约 2m	厂区内非辐射工作人员
X 射线检测室二楼	车间样品区	约 4m	厂区内非辐射工作人员

评价标准

1. 人员年受照剂量管理目标，取 GB18871-2002 人员受照剂量限值的 1/4：

职业人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.25mSv。

2. 人员周剂量限值

职业人员不大于 100μSv/周，公众不大于 5μSv/周。

3. 环境剂量率限值

X 射线装置（铅房）四周、顶部和防护门外 30cm 处，辐射剂量率不超过 2.5μSv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

2018年11月14日企业委托江苏苏核辐射科技有限责任公司对广东鸿图南通压铸有限公司 X 射线检测室内现有 2 台 X 射线实时成像装置（1#和 2#）进行了辐射环境现状检测，检测时检测室内有 2 名辐射工作人员，对现有 2 台射线装置轮流开机操作，本项目新增的 1 台 X 射线装置（3#）未工作。

1. 环境监测因子

根据项目污染因子特征，环境监测因子：空气中 X- γ 剂量率。

2. 现有 2 台射线装置现状检测方案

江苏苏核辐射科技有限责任公司采用 FH40G 型便携式 X- γ 辐射剂量率仪，仪器在有效检定日期内（2018.10.14~2019 年 10 月 13 日）。

监测点位布设：2 台 XG-1604T/C 型 X 射线实时成像装置（1#和 2#）分别开机（额定管电压和管电流分别为 160kV、4mA），在设备操作位、防护门、铅房四周 30cm 处监测布点，射线方向朝南侧壁，主射线方向无工件。点位布设见图 8-1 中所示。

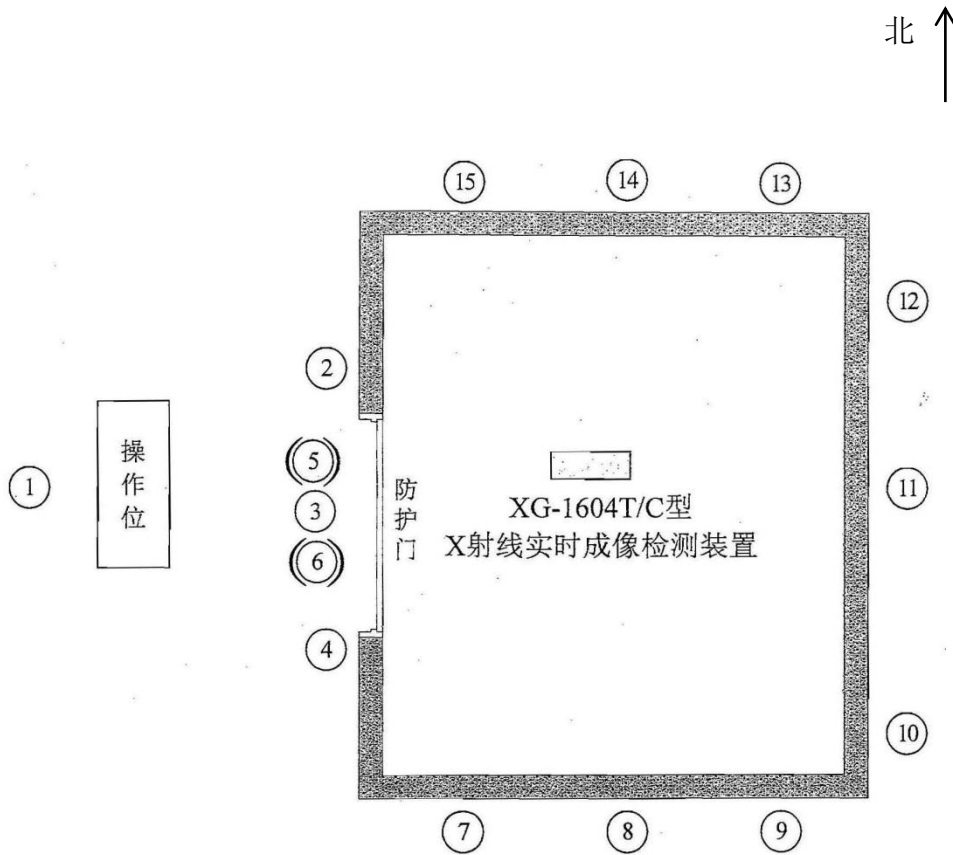


图8-1 1#X射线实时成像装置辐射环境现状监测点位示意图

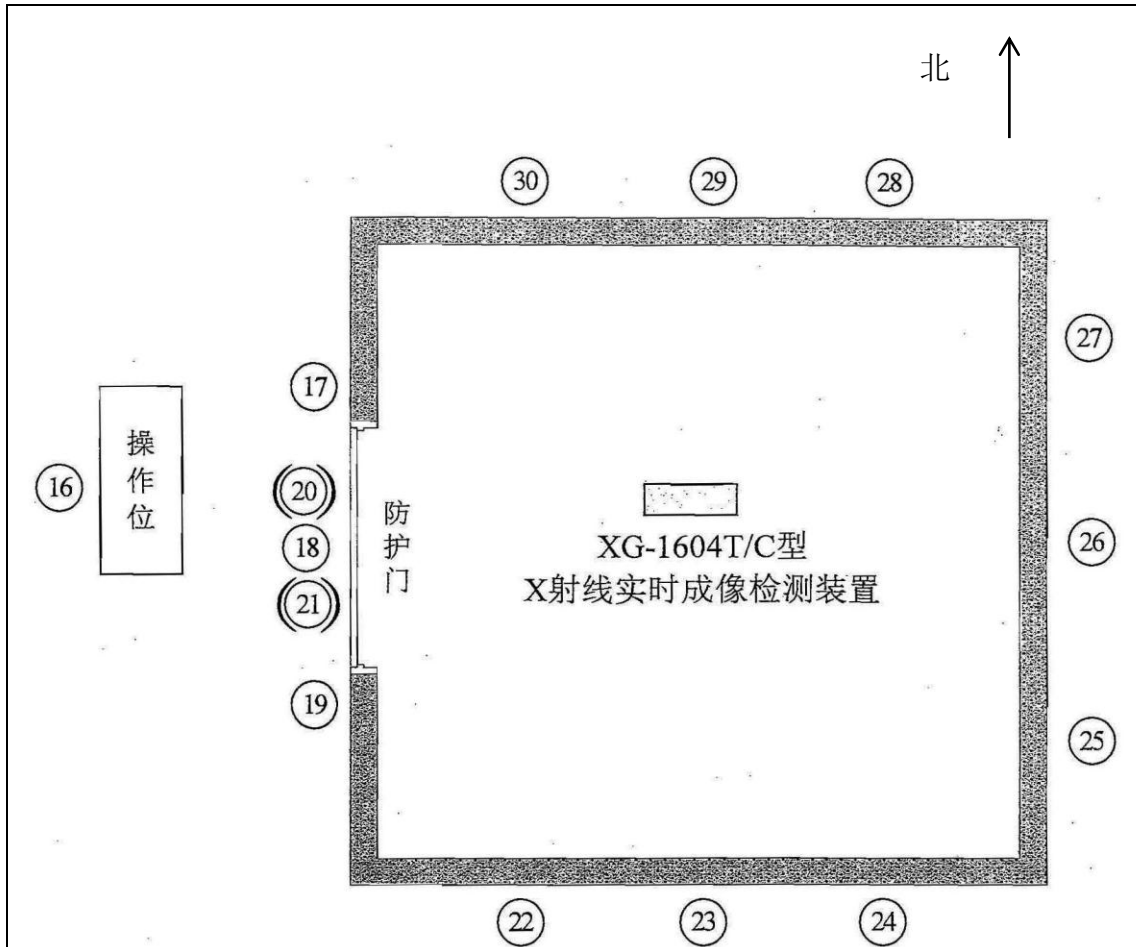


图8-2 2#X射线实时成像装置辐射环境现状监测点位示意图

3. 现有 2 台射线装置环境现状监测结果及评价

检测结果见表 8-1 和表 8-2,

表 8-1 1#XG-1604T/C 型 X 射线成像装置现状检测结果

(开机工况: 104kV、1.07mA, 射线方向朝南侧壁, 无工件)

点位序号	检测点位描述	辐射剂量率
1	操作位	95
2~6	防护门外 30cm	70~76
7~9	铅房南侧 30cm	75~111
10~12	铅房东侧 30cm	77~96
13~15	铅房北侧 30cm	79~81

表 8-1 表明: 广东鸿图南通压铸有限公司 1#X 射线实时成像装置开机时, 周围环境 X- γ 辐射剂量率在 (70~111) nSv/h 范围, 满足 GBZ117-2015 中屏蔽设施外 30cm 处剂量率低于 2.5 μ Sv/h 的要求。

表 8-2 2#XG-1604T/C 型 X 射线成像装置现状检测结果
(开机工况: 110Kv、1.12mA, 射线方向朝南侧壁, 无工件)

点位序号	检测点位描述	辐射剂量率
16	操作位	82
17~21	防护门外 30cm	88~91
22~24	铅房南侧 30cm	73~89
25~27	铅房东侧 30cm	77~87
28~30	铅房北侧 30cm	84~96

表 8-2 表明: 广东鸿图南通压铸有限公司 2#X 射线实时成像装置开机时, 周围环境 X- γ 辐射剂量率在 (73~96) nSv/h 范围, 满足 GBZ117-2015 中屏蔽设施外 30cm 处剂量率低于 2.5 μ Sv/h 的要求。

4. 新增 3#射线装置现状检测方案

2018 年 12 月 26 日企业委托苏州热工研究院有限公司对广东鸿图南通压铸有限公司 X 射线检测室内新增 1 台 X 射线实时成像装置 (3#) 周围环境进行了辐射环境现状 (本底) 检测, 检测时检测室 1#和 2#射线装置未开机, 3#射线装置 (本项目评价对象) 未运行。

环境监测因子: 空气中 X- γ 剂量率。检测采用 6150AD5/H 型便携式 X- γ 辐射剂量率仪, 仪器在有效检定日期内 (2018.10.10~2019 年 10 月 9 日)。设备探头的能响范围是 20keV~7MeV, 剂量率测量范围是 5nSv/h~99.9 μ Sv/h。检测点位布设见图 8-3 中所示。

检测方法参照《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T4583-1993)、《辐射环境监测技术规范》(HJ/T61-2001) 中的要求进行, 监测时仪器探头水平距离地面 1m, 每组读 10 个数据, 读数间隔 10s。在 3#射线装置所在区域、二楼及检测室周围环境进行布点, 共计布点 9 个。检测结果见表 8-3。

表 8-3 新增 3#X 射线装置现状检测结果

(工况：1#、2#装置未开机，检测环境本底)

点位序号	检测点位描述	辐射剂量率
1	扩建射线装置 1 号点位	112
2	扩建射线装置 2 号点位	108
3	扩建射线装置 3 号点位	111
4	扩建射线装置 4 号点位	101
5	已有 2#射线装置区域	113
6	已有 1#射线装置区域	113
7	南侧理化实验室	96
8	北侧过道	91
9	二层样品摆放区	113

表 8-3 表明：本项目新增的 3#X 射线实时成像装置未运行时，所在区域及周围环境 X-γ 辐射剂量率在 (91~113) nSv/h 范围，处于江苏省天然环境辐射水平的正常范围内。

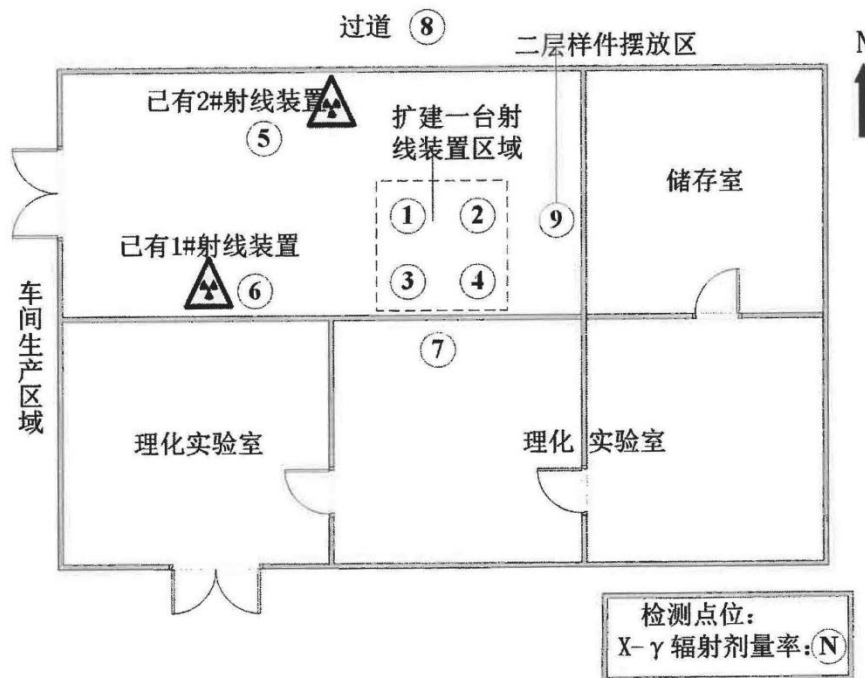


图 8-3 新增 3#射线装置环境现状 (本底) 检测点位布设示意图

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

1. 人员安排和设备运行工况

企业现有 2 台 X 射线装置，已配备 6 名辐射工作人员，本项目增加 1 台 X 射线实时成像装置，运行后不新增辐射工作人员。操作人员三班运行，每班 2 人，不兼职其它辐射工作。3 台 X 射线装置位于同一间 X 射线检测室内，2 名辐射工作人员轮流操作，每次只开其中的 1 台设备。

新增设备年开机时间不超过 500h，每周开机时间不超过 10h。

2. 工艺流程和产污环节

本项目 X 射线实时成像装置也是一种无损检测设备，以实时成像的技术，取代传统的拍片方式。通过 X 射线管产生的 X 射线透过被检测物体后衰减，由图象增强器接收并转换成数字信号，利用半导体传感技术、计算机图像处理技术和信息处理技术，将检测图像直接显示在显示器屏幕上，可显示出材料内部的缺陷性质、大小、位置等信息，按照有关标准对检测结果进行工件缺陷评定，从而达到无损检测的目的。

X 射线实时成像装置属于 II 类射线装置，非工作状态时不产生 X 射线产生，进行透视工作时接通设备高压，发射 X 射线。工作流程和产污环节如下图 9-1 中所示。

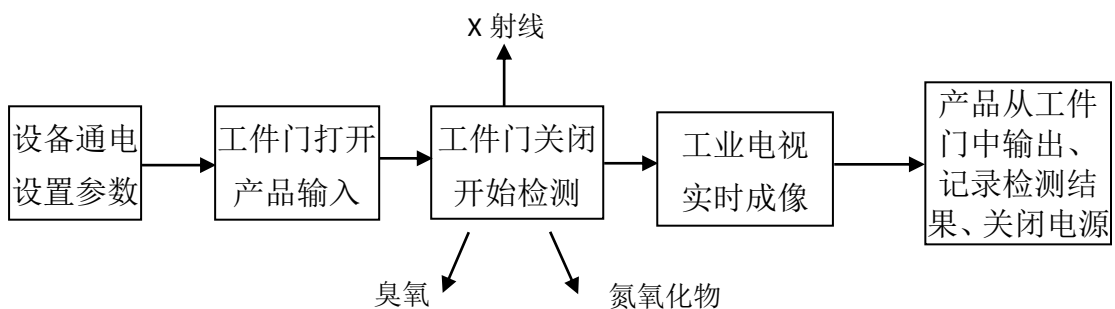


图 9-1 X 射线实时成像装置工作流程和产污环节示意图

3. X 射线装置设备参数

X 射线装置内置 1 个 X 射线发生器，额定管电压：160kV，额定管电流 3mA。设备铅房结构是钢+铅+钢结构。根据供应商提供的资料，铅房外壳四周、顶部和底部的防护材料不低于 8mm 铅当量。

X 射线装置（铅房）尺寸为 1.8m（长）×1.7m（宽）×2.1m（高）；X 射线主射线方向朝向后侧壁。装置外观示意图见图 9-2。

X 射线装置的操作台位于铅房左侧，铅房屏蔽参数见表 9-1。

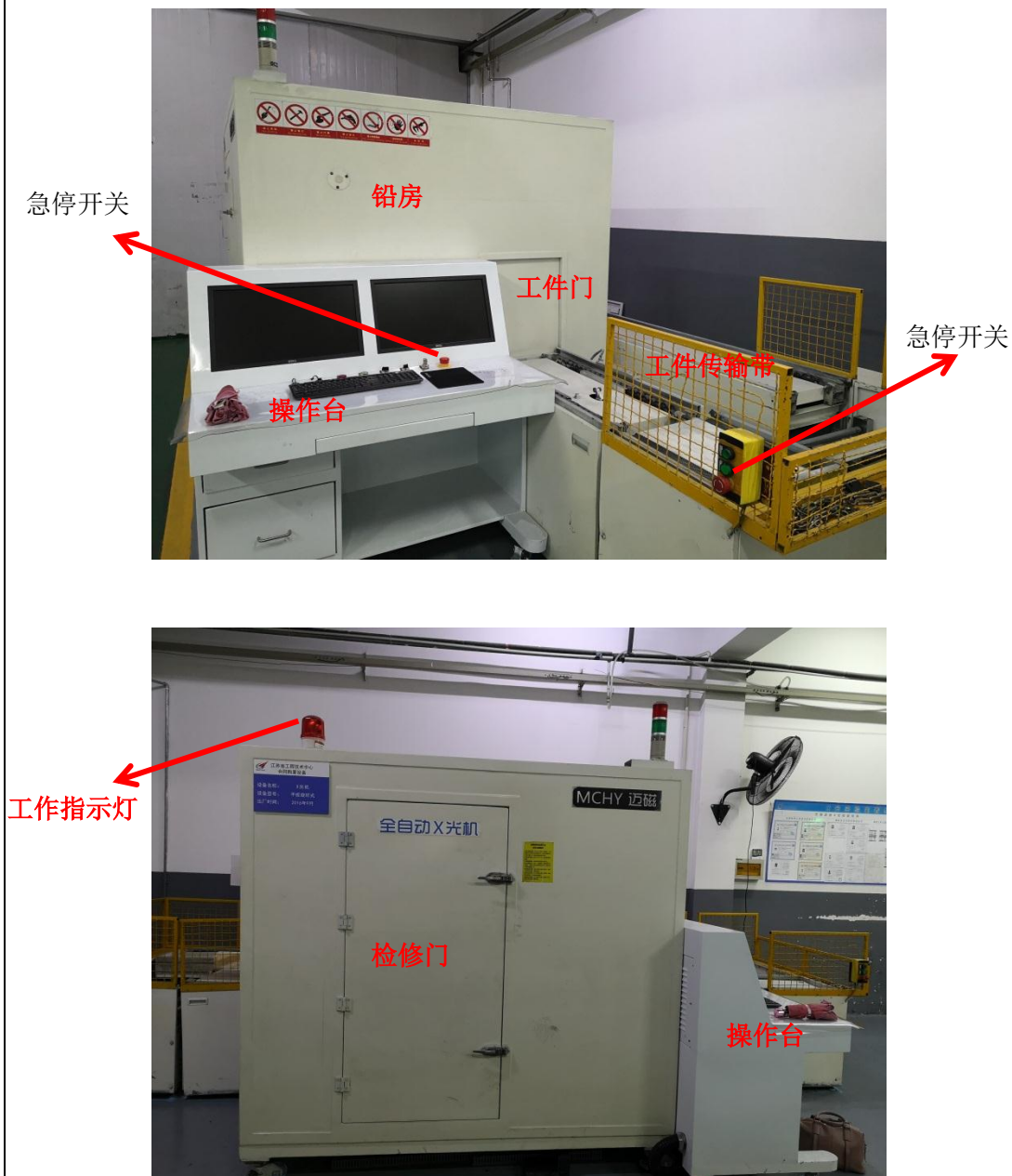


图 9-2 X 射线装置外观示意图

表 9-1 X 射线装置屏蔽参数一览表

位置	厚度
正面（前侧壁）	8mm 铅当量
背面（后侧壁）	8mm 铅当量
左侧壁	8mm 铅当量
右侧壁	8mm 铅当量
顶部	8mm 铅当量
正面（检修门）	8mm 铅当量
左侧工件门	8mm 铅当量
右侧工件门	8mm 铅当量
底部	8mm 铅当量

污染源项描述

1. 放射性源项（X 射线）

160kV 管电压工况下主射线方向 X 射线输出量，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），取 200kV 电压，3mm 铝过滤条件下的输出量为 $8.9\text{mGy m}^2/\text{mA} \cdot \text{min}$ 。

距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1，X 射线管电压低于 200kV 时取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

2. 非放射性源项（废气）

射线装置开机时 X 射线电离空气产生少量臭氧和氮氧化物，排放周围大气环境，其中臭氧自动分解为氧气，这部分废气量产生量较少，不作定量分析。

设备开机扫描工件并通过工业电视形成影像，无洗片废水。

表 10 辐射安全与防护

项目采取的辐射安全措施

1. 辐射工作场所分区管理

企业将辐射工作场所进行分区管理，以设备铅房边界作为控制区边界，以设备所在 X 射线检测室建筑边界作为监督区边界，管理措施如下：

控制区边界（铅房）采用门机连锁装置，设备上显著位置设置电离辐射标志和工作指示灯。检测期间禁止打开铅房防护门。

监督区边界：X 射线检测室入口处设置门锁，张贴电离辐射标志和警示说明，设备开机时禁止公众进入监督区。人员进入监督区内工作期间必须佩戴合格的报警仪和个人剂量计。

企业对于辐射工作场所的分区管理措施是合理可行的，可有效加强辐射安全管理。

2. 辐射安全场所屏蔽设计方案

X 射线装置为自屏蔽的铅房结构，设备内部 X 射线出束方向朝向后侧壁。铅房四周、顶部、底部、防护门(正面维修门、两侧工件门)均为 8mm 铅当量防护。上述厚度的铅板防护结构能有效屏蔽和降低铅房四周、顶部的辐射水平。

3. 辐射安全设施描述及评价

(1) 门机连锁：X 射线装置（铅房）设有 3 扇防护门，所有防护门与 X 射线发生器设置门机连锁。防护门未完全关闭时，铅房内部 X 射线发生器不能接通高压出束。操作期间打开任何一扇防护门，可以立即实现 X 射线停止出束。正常运行期间设备正面的检修门保持关闭，铅房两侧防护门用于工件进出。工件门打开时，设备停止出束，工件门全部关闭后 X 射线出束。

(2) 检测室入口和设备正面醒目位置处设置电离辐射警告标志，设备顶部安装工作状态指示灯，设备出束期间工作指示灯亮。

(3) 设备操作台和铅房外工件输送轨道一侧安装急停开关。发生紧急状况时按下急停开关，立即终止 X 射线出束。急停开关使用后需复位后方可进行下一次检测工作。

X 射线装置上述辐射安全设计，符合《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中有关安全连锁、工作指示灯、警示标志、急停开关等安全设施的要求。

三废的治理

本项目不产生放射性废物。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目增加 1 台 X 射线装置放置于检测室内，设备为自屏蔽结构，整体外购，本项目不需要开展土建施工，没有施工期环境影响。

运行阶段对环境的影响

1. 运行期环境辐射水平估算

(1) 环境影响评价思路

本项目 X 射线装置额定管电压和管电流分别为 160kV 和 3mA，针对该台 X 射线装置最大工况条件（电压 160kV，电流 3mA）进行辐射环境水平和人员受照剂量的理论预测。

本项目 X 射线装置主射线方向朝设备后部，设备铅房其它三侧壁、顶部和底部考虑泄露辐射及散射辐射。

评价模式

——有用线束

$$H=H_L \cdot B \cdot I / R^2 \quad (1)$$

式中： H： 关注点辐射剂量率， μSv/h；

H_L ： 距辐射源 1m 处输出量， $8.9 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Gy m}^2/\text{mA} \cdot \text{h}$ ；

I： X 射线装置在最高管电压下的最大管电流， 3mA；

R： 辐射源靶点至关注点的距离， m；

B： 屏蔽透射因子， 无量纲。

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

X： 屏蔽物质厚度， mm；

TVL： 屏蔽物质的什值层厚度， 根据 GBZ/T250-2014 表 B.2 内插取 160kV-X 射线铅的什值层 1.0mm。

——泄露辐射

$$H=H_L \cdot B / R^2 \quad (3)$$

式中： H： 关注点泄露辐射剂量率， μSv/h；

H_L : 距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄露辐射剂量率, 参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014), X 射线管电压 160kV, 时, 取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$;

R: 辐射源靶点至关注点的距离, m

B: 屏蔽透射因子, 计算见公式 (2)。

——散射辐射

$$H = (I H_0 B / R_s^2) \cdot (F \cdot \alpha / R_0^2) \quad (4)$$

式中: H: 关注点泄露辐射剂量率, $\mu\text{Sv/h}$;

I: X 射线装置最大管电流, mA;

H_0 : 距辐射源点 1m 处输出量, $8.9 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Gy m}^2/\text{mA} \cdot \text{h}$;

B: 参考公式 (2), 散射线能量不超过 150kV, 铅值层厚度为 0.96mm

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

$F \cdot \alpha / R_0^2$: 参考 GBZ/T 250-2014, 保守取 1/50。

(2) 环境辐射水平预测

本项目 X 射线装置屏蔽结构及相关计算参数详见表 11-1, X 射线装置周围剂量率计算结果见表 11-2, 计算点位见图 11-1。

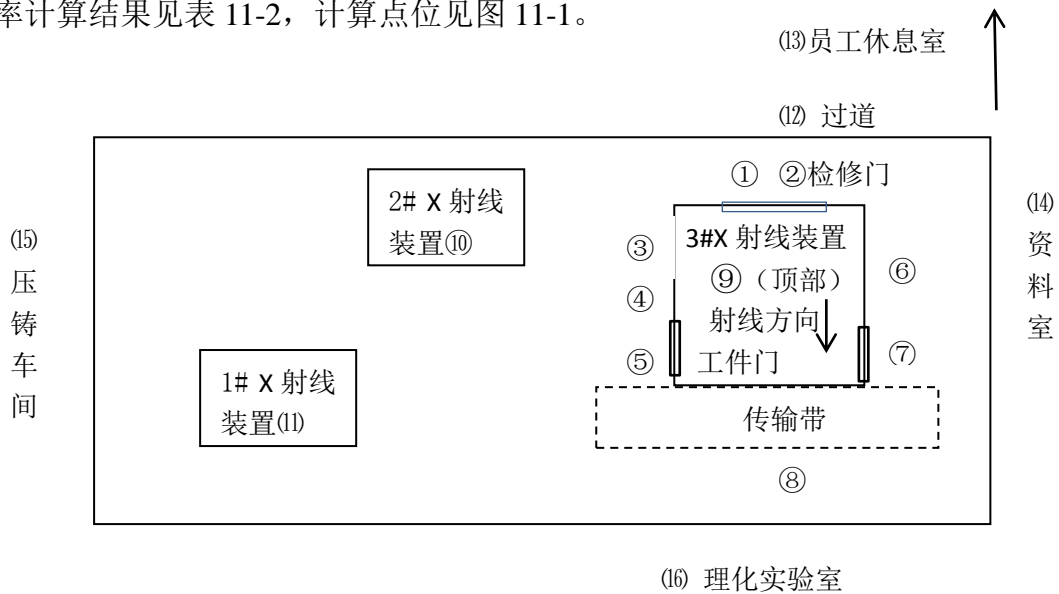


图 11-1 3#X 射线装置计算点位示意图

表 11-1 X 射线装置屏蔽结构及相关计算参数

点位	位置	方向因子 U	居留因子 T	距离 R(m)	屏蔽材料	需屏蔽的辐射源
1	设备正面 30cm	1	1/4	1.15	8mm 铅当量	泄漏辐射
2	设备检修门外 30cm	1	1/4	1.15	8mm 铅当量	泄漏辐射
3	设备操作位	1	1	1.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
4	设备右侧 30cm	1	1/4	1.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
5	设备右侧工件门外 30cm	1	1/4	1.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
6	设备左侧 30cm	1	1/4	1.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
7	设备左侧工件门外 30cm	1	1/4	1.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
8	设备后部传输带外 30cm	1	1/4	2.15	8mm 铅当量	有用线束
9	设备顶部 30cm	1	1/16	1.35	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
10	2#X 射线装置操作位	1	1	5.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
11	1#X 射线装置操作位	1	1	6.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
12	检测室北侧过道	1	1/4	3.15	8mm 铅当量	泄漏辐射
13	检测室北侧员工休息室	1	1/4	6.15	8mm 铅当量	泄漏辐射
14	检测室东侧资料室	1	1	3.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
15	检测室西侧压铸车间	1	1	11.20	8mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
16	检测室南侧理化实验室	1	1	3.15	8mm 铅当量	有用线束

表 11-2 X 射线装置运行时周围辐射剂量率计算结果

点位	位置	有用线束 ($\mu\text{Sv/h}$)	泄露辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	散射辐射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	GBZ117-2015 国标限值 ($\mu\text{Sv/h}$)
1	设备正面 30cm	—	<0.001	—	<0.001	2.5
2	设备检修门外 30cm	—	<0.001	—	<0.001	2.5
3	设备操作位	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
4	设备右侧 30cm	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
5	设备右侧工件门外 30cm	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
6	设备左侧 30cm	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
7	设备左侧工件门外 30cm	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
8	设备后部传输带外 30cm	0.003	—	—	0.003	2.5
9	设备顶部 30cm	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
10	2#X 射线装置操作位	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
11	1#X 射线装置操作位	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
12	检测室北侧过道	—	<0.001	—	<0.001	2.5
13	检测室北侧员工休息室	—	<0.001	—	<0.001	2.5
14	检测室东侧资料室	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
15	检测室西侧压铸车间	—	<0.001	<0.001	<0.001	2.5
16	检测室南侧理化实验室	0.002	—	—	0.002	2.5

根据表 11-2 估算结果，本项目 3#X 射线装置在最大工况下运行，设备周围环境辐射剂量率不高于 $0.003\mu\text{Sv/h}$ ，满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关注点周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 要求。

(3) 人员受照剂量预测评价

依据本项目 X 射线装置最大工况下，X 射线装置周围 30cm 处辐射水平预测值（表 11-2）来估算人员受照剂量，估算模式如下：

$$P = D \times U \times T \times W \times 10^{-3} \quad (6)$$

其中：P：年受照剂量，mSv/a；

D：辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

U: 方向因子, 无量纲;

T: 居留因子, 无量纲;

W: 年受照时间, 根据运行工况职业人员与公众受照时间取 500h/a。

计算工作人员的年受照剂量时, 在设备周围 30cm 处、防护门外、操作位及周围公众居留区域布置点位。人员受照剂量估算结果见表 11-3。

表 11-3 人员年受照剂量计算结果

点位	位置	辐射剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)	人员	居留因子	年受照剂量 (mSv/a)	周剂量 ($\mu\text{Sv/周}$)
1	设备正面 30cm	<0.001	职业人员	1/4	<0.001	<0.001
2	设备检修门外 30cm	<0.001	职业人员	1/4	<0.001	<0.001
3	设备操作位	<0.001	职业人员	1	<0.001	<0.001
4	设备右侧 30cm	<0.001	职业	1/4	<0.001	<0.001
5	设备右侧工件门外 30cm	<0.001	职业人员	1/4	<0.001	<0.001
6	设备左侧 30cm	<0.001	职业人员	1/4	<0.001	<0.001
7	设备左侧工件门外 30cm	<0.001	职业人员	1/4	<0.001	<0.001
8	设备后部传输带外 30cm	0.003	职业人员	1/4	0.0004	0.008
9	设备顶部 30cm	<0.001	职业	1/16	<0.001	<0.001
10	2#X 射线装置操作位	<0.001	职业	1	<0.001	<0.001
11	1#X 射线装置操作位	<0.001	职业	1	<0.001	<0.001
12	检测室北侧过道	<0.001	公众	1/4	<0.001	<0.001
13	检测室北侧员工休息室	<0.001	公众	1/4	<0.001	<0.001
14	检测室东侧资料室	<0.001	公众	1	<0.001	<0.001
15	检测室西侧压铸车间	<0.001	公众	1	<0.001	<0.001
16	检测室南侧理化实验室	0.002	公众	1	0.001	0.020

据表 11-3 结果, 3#X 射线装置运行后, 职业人员年最大受照剂量为 0.0004mSv/a, 公众年最大受照剂量 0.001mSv/a, 满足 GB18871-2002 中对个人年有效受照剂量(职业人员 20mSv/a, 公众 1mSv/a)的要求, 并低于本项目剂量约束值: 职业人员 5mSv/a, 公众 0.25mSv/a。因此本项目扩建 1 台 X 射线装置屏蔽结构满足辐射防护要求。

新增 3#射线装置后, 不新增辐射工作人员, 因此考虑 1#、2#和 3#射线装置对人员的辐射叠加影响。根据企业辐射工作人员 2017 年 11 月~2018 年 11 月 1 整年的个人剂量检测报告, 年受照剂量最大值不超过 0.049mGy/a。叠加后职业人员受照剂

量不超过 0.057 mGy/a，仍低于 5mSv/a 的剂量约束值。

本项目职业人员和公众周剂量最大值分别为 0.008 μ Sv/周和 0.020 μ Sv/周，满足《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中对人员周剂量参考控制水平的要求。

（4）其它污染物排放对环境的影响

X 射线装置设备每天累积开机时间不超过 2 小时，连续开机时间较短，单次开机在 2~3 分钟，臭氧和氮氧化物废气产量很小。设备为整体封闭式铅房结构，检测结束后打开防护门，X 射线检测室自然通风，臭氧可以自动降解为氧气，对周围环境影响很小。

事故影响分析

1. 最大可信事故

本项目最大可信事故是：X 射线装置门机联锁失灵，人员打开防护门时 X 射线装置仍处于出束状态，造成人员意外照射。

2. 事故后果

本项目中的 X 射线装置属于 II 类射线装置，为中危险射线装置，事故可能引起急性放射性损伤。长时间、大剂量照射甚至导致死亡。

3. 事故预防措施

分析事故发生的原因，此类事故大都是人为因素造成的，即由于忽视辐射安全管理，违规操作造成的辐射事故。为有效预防各类辐射事故发生，企业采取以下事故预防措施：

（1）企业内部加强辐射安全管理，辐射安全管理人员定期监督检查。

（2）严格执行辐射安全管理制度，按照操作规程工作。每天设备开机运行前，检查确认安全联锁、急停开关、工作指示灯等各项安全措施的有效性，杜绝联锁装置旁路情况下开机操作。

（3）辐射工作人员注意佩戴好个人剂量计、报警仪等监测仪表。辐射工作人员按照规定操作时携带有效的个人剂量报警仪，当报警仪发出报警声时，人员可立即知晓并按下急停开关，设备可立即停止出束，有效减少人员受照时间和受照剂量。

（4）X 射线装置开机作业至少 2 人或以上共同作业，开机状态下人员不得脱岗。

（5）在发生辐射事故时，事故单位应当立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在 1 小时内向当地环境保护部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

1. 辐射安全管理机构设置情况

企业已建立了辐射安全与环境保护管理小组（以红头文件任命），配备 1 名专职辐射安全管理人员，参加环保部门培训后持证上岗，负责企业辐射安全管理工作。

2. 人员配备与职能

X 射线检测室内共有 3 台 X 射线装置，企业共有 6 名辐射工作人员，三班运行，3 台射线装置不同时开机，人员不兼职其它辐射工作。

辐射安全管理规章制度

根据已修订的“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（环境保护部第 3 号令）”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、设备使用登记制度、人员培训计划、检测方案等，并有完善的辐射事故应急措施。

企业根据上述“管理办法”的要求，已建立了相应的规章制度，包括：“辐射防护和安全保卫制度”、“X 射线实时成像装置操作规程”、“辐射工作人员、管理人员和维修人员岗位职责”、人员培训和健康管理制度”、“辐射环境监测方案、个人剂量监测管理制度”、“设备检修维护制度、射线装置及联锁定期检查维修制度”、“射线装置使用登记、台账管理制度”、“辐射事故应急预案”。

对照国家“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法”的要求，企业建立的辐射安全管理制度已基本完备。企业现有 2 台 X 射线装置（1#和 2#）与扩建的 3#X 射线装置同在一个 X 射线检测室内，1#和 2#设备运行时，按照制定的辐射安全管理制度进行运行和管理，自取得辐射安全许可以来，未出现辐射安全事故。

辐射监测

1. 环境监测方案

企业现有的辐射环境监测方案和个人剂量监测管理制度基本满足辐射防护要求，内容主要是：

(1) 个人剂量监测

所有辐射工作人员配备个人剂量仪，开展辐射工作时随身佩戴，定期（每3个月）委托有资质单位开展个人外照射剂量监测。

设备开机时，需保证至少2名辐射工作人员在现场，现场配备2台移动式报警仪，报警仪异常报警立刻停机。

个人剂量值超过5mSv/a，立即查明原因，采取改进措施，暂停放射工作；并在接到职业人员个人剂量监测报告之日起5日内上报环境保护、卫生部门调查处理，剂量值超过国家标准年限值（20 mSv/a），则视情况对受照人给予及时送医检查和治疗。

(2) 环境监测

企业每年委托有资质单位对设备开机时环境辐射水平进行一次年度监测。企业内配备1台巡检仪，企业定期自我进行环境水平检测，并保留记录。在年度检测和企业自我检测时发现异常情况，立即采取应急措施，并在1小时之内向县（市、区）或者设置区的市环境主管部门报告。

2. 环境监测仪器配备

企业为每个辐射工作人员配备1枚个人剂量计，开展辐射工作时随身佩戴。辐射工作场所配备2台有效的个人移动式报警仪，辐射工作人员工作时随身佩戴。企业内配备1台X-γ辐射剂量率巡检仪，定期自检，保存检测记录。

辐射事故应急

辐射事故应急响应机构、预案建立情况、辐射事故和预案的可行性

企业内已建立“辐射事故应急领导小组”，发布了“辐射事故应急预案”，制度中规定了发生辐射事故后逐级上报的流程和联系方式、上报的时限。分析认为，现有应急预案内容应补充以下内容：

(1) 针对X射线装置可能发生的门机联锁失灵、未佩戴个人报警仪等事故工况，给出相应的人员应急操作程序，细化现有的辐射事故应急预案。

(2) 补充事故应急的培训和演习计划，并在日常工作中给予落实和记录。

附： X 射线装置辐射防护“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预计投资 (万元)
辐射安全管理机构	设立专门的辐射安全与环境保护管理机构，有专人负责辐射安全工作管理。	建立健全辐射安全与环境管理机构，专人负责辐射安全管理。	/
辐射安全和防护措施	X 射线铅房四周、顶部和底部、防护门（检修门和工件门）均采用 8mm 铅板防护。	X 射线装置周围 30cm 处辐射剂量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》GBZ117-2015 中关注点最高周围剂量当量参考控制水平不大于 2.5 μ Sv/h 的要求。人员年受照剂量满足剂量约束值：职业人员 5mSv/a、公众 0.25mSv/a 的要求；同时满足人员周剂量参考控制水平（职业人员 100 μ Sv/周；公众 5 μ Sv/周）	6
	X 射线检测室入口处和 X 射线装置外壳显著位置设置电离辐射警示标识，设备上安装工作指示灯，防护门和 X 射线出束实现门机联锁，操作台设有急停开关。	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯、急停开关等）满足 GBZ117 -2015 的要求。	0.5
人员配备	辐射工作人员和辐射安全管理人员参加培训，通过考核，持证上岗。	辐射工作人员和辐射安全管理人员具有基本的辐射安全与防护知识。	/
	辐射工作人员佩戴个人剂量计，每 3 个月送有资质单位检测，建立个人剂量检测档案。	建立和完善个人剂量检测档案，长期保存。	1
	辐射工作人员接受职业健康监护，1~2 年体检一次并建立职业健康档案。	建立职业健康档案，长期保存。	1
监测仪器和防护用品	工作场所配置 1 台巡检仪，企业平时自检使用	人员进入 X 射线检测室时随身佩戴。	1
	X 射线装置工作场所配备 2 台个人报警仪，进行辐射工作时随身携带。	定期巡检，保存检测结果记录。	0.5
辐射安全管理制度	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、放射性设备使用登记制度、人员培训计划、检测方案以及辐射事故应急措施	根据“放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（环保部第 3 号令）”中要求制定，具有可操作性，不断完善。	/
总计	—	—	10

表 13 结论与建议

结论

1. 项目概况

广东鸿图南通压铸有限公司计划在南通市高新技术产业开发区杏园西路 777 号压铸车间 X 射线检测室内新增 1 台 FST-T160 型 X 射线实时成像装置，用于产品性能无损检测。设备最大管电压 160kV，最大管电流 3mA。

企业地处工业集中区，厂界周围 50m 范围内主要是工业企业和道路，没有居民点、学校和医院等环境敏感点。

经检测 X 射线装置所在 X 射线检测室及周围环境辐射 X-γ 辐射剂量率处于江苏省天然环境放射性本底水平的正常范围内。

2. 辐射安全防护结论

设备所在 X 射线检测室入口处和设备正面醒目位置处设置“电离辐射”警示标志，设备顶部安装工作指示灯，防护门和 X 射线出束实现门机联锁，设备操作台上安装急停开关。上述安全设施满足《工业 X 射线探伤放射卫生防护要求》（GBZ117-2015）中有关门机联锁、急停开关、安全警示标识和等安全措施要求。

辐射工作人员在上岗前参加环保部门组织的辐射防护知识培训，经考核合格后上岗操作。辐射工作人员在操作时佩戴个人剂量计，X 射线检测室配备 2 台有效的个人剂量报警仪，人员进入检测室工作时携带。企业配备 1 台 X-γ 辐射剂量率巡检仪，定期自检。

3. 环境影响分析结论

根据理论计算，新增 X 射线装置在最大工况（管电压 160kV，管电流 3mA），射线方向固定朝向后侧壁，经预测铅房周围环境辐射剂量率满足《工业 X 射线探伤放射防护要求》（GBZ117-2015）中关注点剂量当量参考控制水平不大于 2.5μSv/h 的要求。

职业人员和公众的最大年受照剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对个人年有效受照剂量（职业人员 20mSv/a，公众 1 mSv/a）的要求，并低于个人剂量约束限值（职业人员 5mSv/a，公众 0.25 mSv/a）；同时满足人员周剂量参考控制水平（职业人员 100 μSv/周；公众 5μSv/周）。

因此本项目 1 台 FST-T160 型 X 射线装置的屏蔽设施和安全装置满足辐射防护要求，开机运行时对周围人员辐射影响较小。

射线装置开机产生少量臭氧等废气通过自然通风排放，不会对周围环境产生影响。

4. 可行性分析结论

本项目扩建（增加）1 台 X 射线实时成像装置，出于企业正常生产需要，设备设计采用门机联锁等多项辐射安全措施，采取保守的屏蔽设计方案，人员受照剂量和环境辐射剂量率处于较低的水平，符合“辐射防护三原则”的要求。

从保护环境的角度而言，在实现本项目“三同时”一览表中的各项辐射防护措施的前提下，本项目是可行的。

建议

1. 该项目运行中，严格遵循操作规程，加强对操作和管理人员有关辐射防护培训，避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响。
2. 每天工作前对门机联锁、工作指示灯、急停开关的有效性和可靠性进行检查。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见:

经办人

公 章

年 月 日

审批意见:

经办人

公 章

年 月 日