

# 核技术利用建设项目

## 苏州星诺奇科技股份有限公司 新增 1 台 X 射线工业 CT 项目 环境影响报告表

苏州星诺奇科技股份有限公司

2018 年 1 月

环境保护部监制

# 核技术利用建设项目

## 苏州星诺奇科技股份有限公司 新增 1 台 X 射线工业 CT 项目 环境影响报告表

建设单位名称：苏州星诺奇科技股份有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：苏州市工业园区科智路 1 号

邮政编码：215122

联系人：刘轩吉

电子邮箱：[damon.liu@sinno-tech.com](mailto:damon.liu@sinno-tech.com)

联系电话：18351962738



## 建设项目环境影响评价资质证书

机构名称：苏州热工研究院有限公司  
住 所：江苏省苏州市金阊区西环路 1788 号  
法定代表人：王安  
证书等级：甲级  
证书编号：国环评证甲 字第 1904 号  
有效 期：至 2019 年 1 月 23 日  
评价范围：环境影响报告书类别——甲级：输变电及广电通讯；核工业\*\*\*  
环境影响报告表类别——一般项目环境影响报告表；特殊项目环境影响报告表\*\*\*



项目名称：苏州星诺奇科技股份有限公司新增 1 台 X 射线工业 CT 项目

评价单位（盖公章）：

法人代表（签章）：

环评项目负责人：王紫

编制人员情况

姓名	职称	证书编号	负责章节	签名
王紫	高工	A19040141200	全部章节	

	姓名: <u>王紫</u> Full Name _____ 性别: <u>女</u> Sex _____ 出生年月: <u>1972年10月</u> Date of Birth _____ 专业类别: _____ Professional Type _____ 批准日期: <u>2008年05月</u> Approval Date _____
持证人签名: Signature of the Bearer _____	签发单位盖章: Issued by  签发日期: <u>2008年07月29日</u> Issued on _____
管理号: File No.: <u>08353243507320181</u>	

环境影响评价工程师

序号	姓名	登记单位	登记证号	登记类别	登记有效期起 始日期	登记有效期终 止日期	职业资格证书号
1	鲍昕杰	苏州热工研究院有限公司	A190402010	输变电及广电通讯	2016-02-17	2019-02-17	00017097
2	陈超峰	苏州热工研究院有限公司	A190402911	核工业	2016-11-08	2019-11-08	0006975
3	陈洋	苏州热工研究院有限公司	A190402811	核工业	2016-04-27	2019-04-27	0012551
4	郝睿	苏州热工研究院有限公司	A190402710	输变电及广电通讯	2016-04-27	2019-04-27	0012547
5	江君	苏州热工研究院有限公司	A190403310	输变电及广电通讯	2016-12-15	2019-12-15	00018684
6	任子理	苏州热工研究院有限公司	A190402610	输变电及广电通讯	2016-02-17	2019-02-17	00017082
7	沙向东	苏州热工研究院有限公司	A190403111	核工业	2017-01-14	2020-01-14	0007679
8	上官志洪	苏州热工研究院有限公司	A19040031300	核工业类环境影响评价	2015-12-15	2018-12-14	0001691
9	覃春丽	苏州热工研究院有限公司	A190402311	核工业	2016-02-17	2019-02-17	00017093
10	陶云良	苏州热工研究院有限公司	A190403211	核工业	2017-01-14	2020-01-14	0007680
11	田新珊	苏州热工研究院有限公司	A19040081300	核工业类环境影响评价	2016-01-25	2019-01-24	0003575
12	王丰春	苏州热工研究院有限公司	A19040091300	核工业类环境影响评价	2016-01-25	2019-01-24	0003576
13	王紫	苏州热工研究院有限公司	A19040141200	输变电及广电通讯类环境影响评价	2015-05-25	2018-04-27	00008485
14	徐续	苏州热工研究院有限公司	A190403010	输变电及广电通讯	2017-01-14	2020-01-14	0007836
15	杨宗甄	苏州热工研究院有限公司	A190402411	核工业	2016-02-17	2019-02-17	00017090
16	游春华	苏州热工研究院有限公司	A190402511	核工业	2016-02-17	2019-02-17	00017087
17	张启明	苏州热工研究院有限公司	A19040131300	核工业类环境影响评价	2015-05-25	2018-04-27	0008487
18	张晓峰	苏州热工研究院有限公司	A19040151300	核工业类环境影响评价	2015-06-19	2018-06-14	0008486
19	赵锋	苏州热工研究院有限公司	A19040011300	核工业类环境影响评价	2015-12-15	2018-12-14	0001692
20	朱小康	苏州热工研究院有限公司	A190402211	核工业	2016-02-17	2019-01-24	0003574
21	朱鑫	苏州热工研究院有限公司	A19040021200	输变电及广电通讯类环境影响评价	2015-12-15	2018-12-14	0001693

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新增 1 台 X 射线工业 CT 项目							
建设单位		苏州星诺奇科技股份有限公司							
法人代表		叶茂	联系人		刘轩吉	联系电话		18351962738	
注册地址		苏州市工业园区科智路 1 号							
项目建设地点		苏州市工业园区科智路 1 号							
立项审批部门		/			批准文号		/		
建设项目总投资 (万元)		200	项目环保投资 (万元)		10	投资比例 (环保投资/总投资)		5%	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他				占地面积 (m <sup>2</sup> )		/	
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	/								
1. 项目概述									
<p>苏州星诺奇科技股份有限公司主要从事精密工业零部件的设计、制造和销售。企业因生产需要，在厂区车间一层新增 1 台 METROTOM 800 型 X 射线工业 CT，用于产品性能检测，核技术利用情况见表 1-1。</p>									
表 1-1 苏州星诺奇科技股份有限公司核技术应用情况一览表									
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	METROTOM 800 型 X 射线工业 CT	1 台	130	0.3	II 类	1 楼测量室	新增	本次环评	未许可未验收

## 2. 项目周围环境

苏州星诺奇科技股份有限公司位于苏州工业园区科智路 1 号（中新科技工业坊二期 E 栋、D 栋和 H 栋厂房），地理位置见图 1-1。

公司地处集中式工业小区，厂界四周是工业企业和道路。本项目位于工业小区 E 栋一楼，该建筑共二层，一楼是车间，二层是办公区。

新增 1 台 X 射线 CT 位于 E 栋车间西北侧的 CT 测量室内，CT 测量室东侧、东北侧均为 E 栋车间，西侧相隔区间道路与 D 栋厂房相邻，南侧是其它测量室。厂区平面布置及周围环境示意图见图 1-2 和见图 1-3。

## 3. 企业其它核技术利用情况回顾

企业首次开展核技术利用，厂区内没有其它辐射设备。

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射线工业CT	II类	1台	METROTOM 800	130	0.3	X射线无损检测	E栋1楼CT测量室	/

(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 ( $\mu$ 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 50 分钟后自动分解

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/m<sup>3</sup>，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<sup>3</sup>）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"> <li>1) 《中华人民共和国环境保护法》(修订), 2015 年 1 月 1 日;</li> <li>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》(修订), 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议通过, 2016 年 9 月 1 日起施行;</li> <li>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;</li> <li>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;</li> <li>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, 自 2017 年 9 月 1 日起施行;</li> <li>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;</li> <li>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;</li> <li>8) 《关于发布射线装置分类的公告》, 环境保护部, 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 6 日;</li> <li>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;</li> <li>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会公告第 142 号, 2008 年 1 月 1 日起执行;</li> <li>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。</li> </ol>
<p style="text-align: center;">技 术 标 准</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 技术导则和规范             <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016);</li> <li>(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);</li> <li>(3) 《辐射环境检测技术规范》(HJ/T61-2001)</li> </ol> </li> </ol>

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 节: 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 节: 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 $\mu$ Sv/周, 对公众不大于 5 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/h。

4.1.4 节: 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 $\mu$ Sv/h。

4.1.5 节: 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)

周剂量参考控制水平: 职业人员 $\leq$ 100 $\mu$ Sv/周; 公众 $\leq$ 5 $\mu$ Sv/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。

	<p style="text-align: center;">江苏省天然贯穿辐射水平调查结果* <span style="float: right;">(单位: nGy/h)</span></p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>室外剂量率</th> <th>室内剂量率</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>范围</td> <td>73.3~ 81.8</td> <td>108.9~ 123.6</td> </tr> <tr> <td>均值</td> <td>79.5</td> <td>115.1</td> </tr> <tr> <td>标准差 S</td> <td>7.0</td> <td>16.3</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">*: 结果含宇宙射线电离成分所致(空气吸收)剂量率。</p>		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
	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											
其他	<p><b>与本项目有关的文件</b></p> <p>附件一：环评委托书；</p> <p>附件二：辐射工作安全责任书；</p> <p>附件三：苏州星诺奇科技股份有限公司新增 1 台工业 CT 辐射环评本底检测报告，苏州热工研究院有限公司环境检测中心，2018 年 1 月 24 日；</p> <p>附件四：企业辐射安全管理机构文件；</p> <p>附件五：企业辐射防护规章制度；</p> <p>附件六，企业整厂环评批文。</p>												

表 7 保护目标与评价标准

**评价范围**

本项目评价范围：以新增 X 射线装置所在 CT 测量室建筑边界为中心，周围 50m 范围。

**保护目标**

CT 测量室周围 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和周围公众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
CT 测量室内	辐射操作岗位	/	辐射工作人员
CT 测量室东北侧	星诺奇 E 栋车间模具区	约 5m	厂区内非辐射工作人员
CT 测量室东侧	星诺奇 E 栋车间生产区	约 5m	厂区内非辐射工作人员
CT 测量室西侧	星诺奇 D 栋车间	约 10m	厂区内非辐射工作人员
CT 测量室南侧	星诺奇 E 栋其它测量室	约 2m	厂区内非辐射工作人员
CT 测量室顶部	星诺奇 E 栋二楼办公区	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

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 100 $\mu$ Sv/周，公众不大于 5 $\mu$ Sv/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 2.5 $\mu$ Sv/h。

表 8 环境质量和辐射现状

### 环境质量和辐射现状

2018年1月15日企业委托苏州热工研究院有限公司环境检测中心对苏州星诺奇科技股份有限公司新增1台X射线装置所在区域进行环境辐射本底检测。

#### 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- $\gamma$  剂量率。

#### 2. 监测方案

检测采用 6150AD5/H 型便携式环境 X- $\gamma$  剂量率仪，仪器在有效检定日期内（2017年12月4日~2018年12月3日）。

布点方案：在 X 射线 CT 测量室内外均匀布点，点位布设见图 8-1 中所示。



图8-1 环境辐射本底检测点位示意图

#### 3. 环境现状监测结果及评价

检测结果表明：苏州星诺奇科技股份有限公司新增 X 射线 CT 周围区域环境 X- $\gamma$  辐射剂量率在（153~165）nSv/h 范围（未扣除宇宙响应值），属于江苏省天然环境放射性水平的正常范围。

表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

### 1. 运行工况

企业新增 1 台 X 射线工业 CT 装置，运行后配备 4 名辐射工作（操作）人员，双班运行，不兼职其它辐射工作。设备年开机时间不超过 1000h，每周开机时间不超过 20h。每名辐射工作人员年受照时间不超过 500h，周受照时间不超过 10h。

### 2. 工艺流程和产污环节

本项目工业 CT 的工作原理是基于新型 X 射线断层扫描测量技术，采用高精度三维工业 CT 扫描系统，对工件三维复杂结构进行快速原型构建，以及工件内外尺寸与厚度的综合测量，实现工件几何尺寸与形位公差评定的要求，该类型产品常见于工业产品设计。

X 射线工业 CT 属于 II 类射线装置，非工作状态时不产生 X 射线产生，进行扫描测量工作时接通设备高压，发射 X 射线。

X 射线工业 CT 由 X 射线扫描箱体（包括箱体内部固定的 X 线发生器及影像接受器、连接电缆等）、显示器和控制柜等组成。工作流程和产污环节如下图 9-1 中所示。

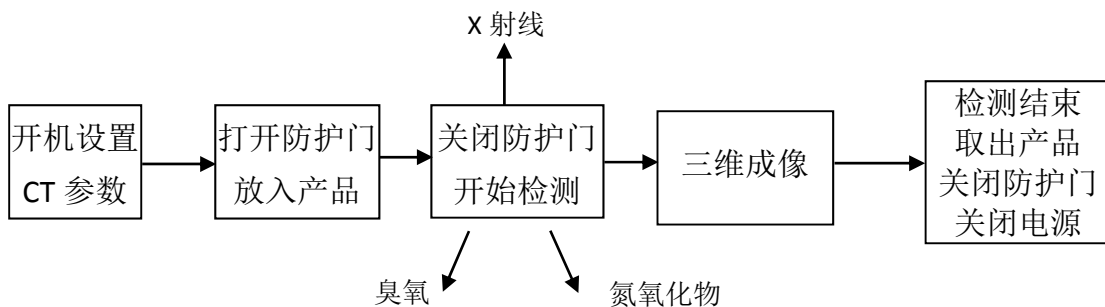


图 9-1 X 射线工业 CT 检测工作流程和产污环节示意图

### 3. X 射线装置设备参数

X 射线 CT 内置 1 个 X 射线发生器，额定管电压：130kV，额定管电流 0.3mA。CT 设备外部结构是钢+填充物+钢结构。填充物材料是基于环氧树脂的矿物铸件聚合物，能够吸收 X 射线，根据供应商提供的资料，外壳四周、顶部和底部的填充物防护效果不低于 5mm 铅当量。

X 射线 CT 装置（铅房）尺寸为 2190mm（长）×1310mm（宽）×1960mm（高）；X 射线主射线方向从左侧朝向右侧壁。装置外观示意图见图 9-2。

CT装置的操作台位于铅房左侧,铅房屏蔽结构设计见表 9-1 和图 9-2 和图 9-3。

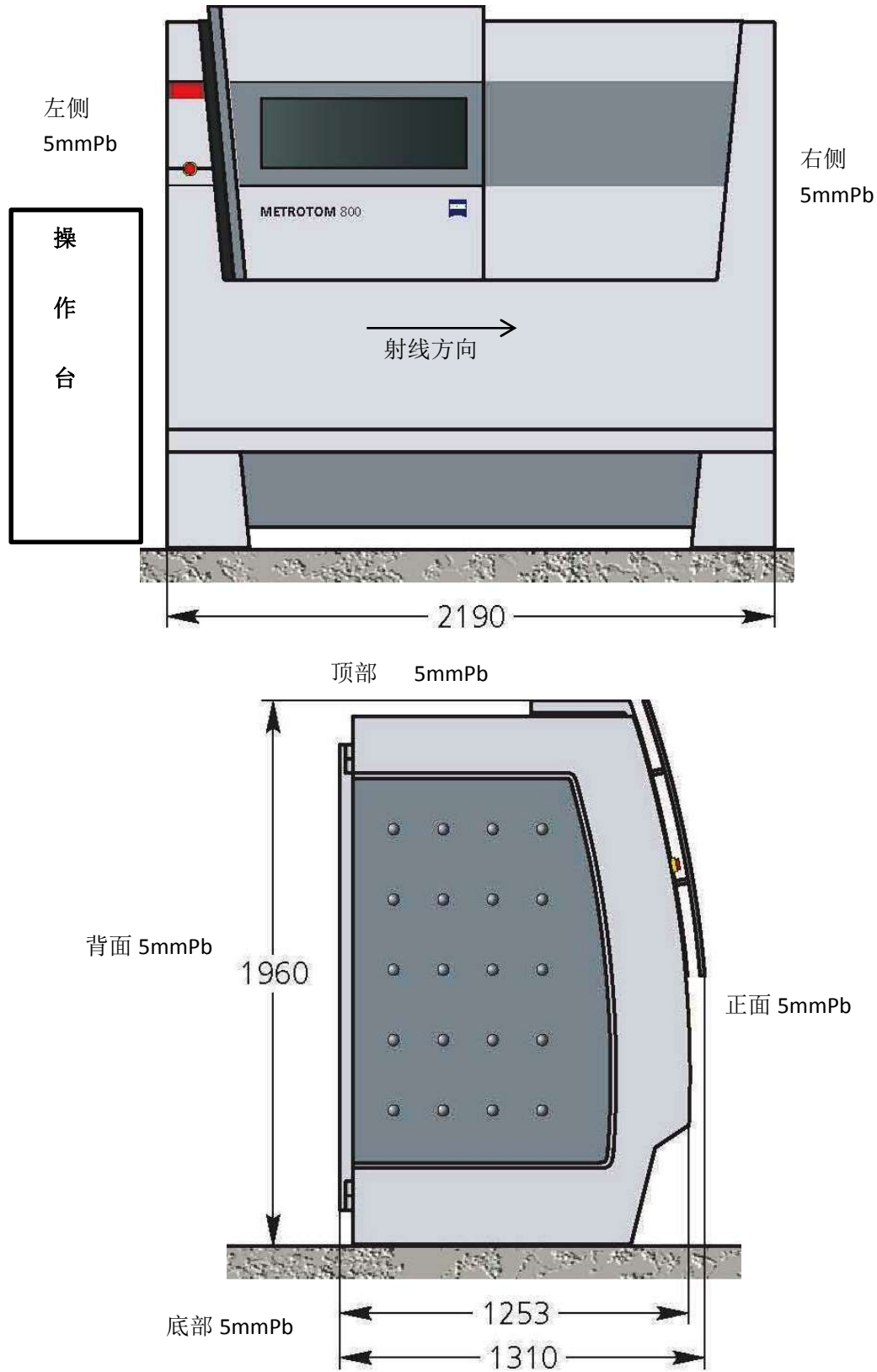


图 9-2 X 射线 CT 装置尺寸示意图

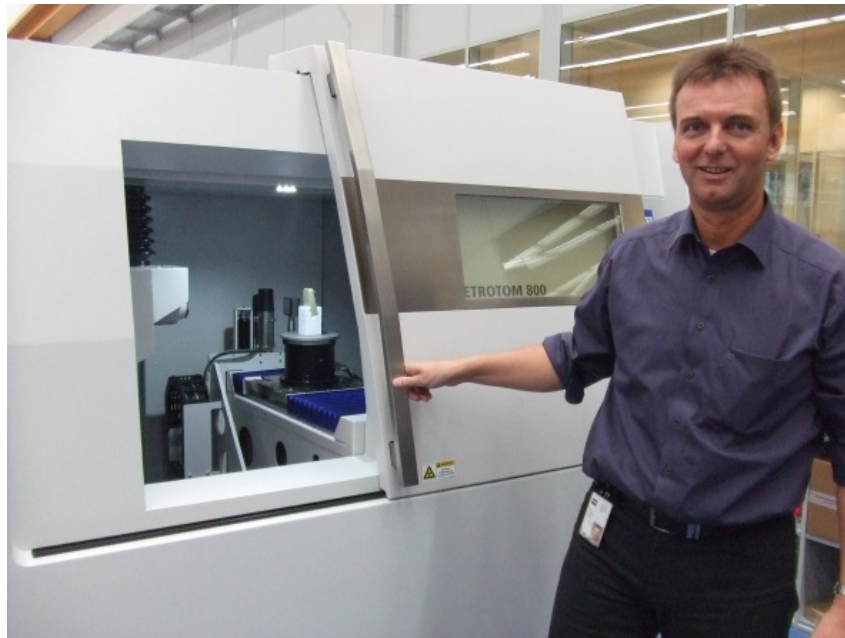


图 9-2 X 射线 CT 外观示意图



表 9-1 X 射线 CT 装置屏蔽参数一览表

位置	厚度
正面（前侧壁）	5mm 铅当量
背面（后侧壁）	5mm 铅当量
左侧壁	5mm 铅当量
右侧壁（主射线方向）	5mm 铅当量
顶部	5mm 铅当量
防护门	5mm 铅当量
观察窗	5mm 铅当量
底部	5mm 铅当量

#### 污染源项描述

##### 1. 放射性源项（X 射线）

130kV 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 3mm 铝过滤条件下的输出量为  $5.2\text{mGy}\cdot\text{m}^2/\text{mA}\cdot\text{min}$ 。

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 150kV 时取  $1.0\times 10^3\mu\text{Sv/h}$ 。

##### 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 50 分钟后自动分解为氧气，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三维影像，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 CT 测量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）采用门机联锁装置，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：CT 室入口处设置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。

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 CT 装置为自屏蔽的铅房结构，设备内部 X 射线出束方向朝向右侧壁。铅房四周侧壁、顶部、底部、防护门(观察窗)均为 5mm 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) 门机联锁：X 射线 CT 置（铅房）正面有 1 扇防护门，防护门与 X 射线发生器设置门机联锁。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。操作期间误打开防护门，可以立即实现 X 射线停止出束。

(2) CT 测量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) 设备操作台上安装急停开关。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 CT 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）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有关安全联锁、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**

本项目新增 1 台 X 射线 CT 装置放置于 CT 测量室内，CT 设备为自屏蔽结构，整体外购，车间和测量室等所有建筑已建设和装修完工，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 CT 装置额定管电压和管电流分别为 130kV 和 0.3mA，针对该台 X 射线 CT 装置最大工况条件（电压 130kV，电流 0.3mA）进行辐射环境水平和人员受照剂量的理论预测。

本项目 CT 装置主射线方向朝右侧壁，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，  $5.2 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{h}$ ；

I： X 射线装置在最高管电压下的最大管电流， mA；

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， 取 150kV-X 射线铅的什值层 0.96mm。

——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；

表 11-1 X 射线 CT 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	CT 设备正面 30cm	1	1/4	1.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
2	CT 设备防护门外 30cm	1	1/4	1.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
3	CT 设备观察窗外 30cm	1	1/4	1.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
4	CT 设备操作位	1	1	1.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
5	CT 设备背面 30cm	1	1/4	1.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
6	CT 设备右侧 30cm	1	1/4	1.0	5mm 铅当量	有用线束
7	CT 设备左侧 30cm	1	1/4	1.0	5mm 铅当量	泄漏辐射
8	CT 设备顶部 30cm	1	1/16	1.3	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
9	CT 测量室东北侧模具区	1	1	6.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
10	CT 测量室南侧其它测量室	1	1	3.4	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
11	CT 测量室东侧车间	1	1	6.0	5mm 铅当量	有用线束
12	CT 测量室西侧通道	1	1/4	3.0	5mm 铅当量	泄漏辐射
13	二层办公区	1	1	5.3	5mm 铅当量	泄露辐射 散射辐射
14	西侧 D 栋车间	1	1	11.0	5mm 铅当量	泄漏辐射

表 11-2 X 射线 CT 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	CT 设备正面 30cm	—	0.003	0.005	0.008	2.5
2	CT 设备防护门外 30cm	—	0.003	0.005	0.008	2.5
3	CT 设备观察窗外 30cm	—	0.003	0.005	0.008	2.5
4	CT 设备操作位	—	0.003	0.005	0.008	2.5
5	CT 设备背面 30cm	—	0.003	0.005	0.008	2.5
6	CT 设备右侧 30cm	0.579	—	—	0.579	2.5
7	CT 设备左侧 30cm	—	0.006	—	0.006	2.5
8	CT 设备顶部 30cm	—	0.004	0.006	0.010	2.5
9	CT 测量室东北侧模具区	—	0.0002	0.0002	0.0004	2.5
10	CT 测量室南侧测量室	—	0.001	0.001	0.001	2.5
11	CT 测量室东侧车间	0.016	—	—	0.016	2.5
12	CT 测量室西侧通道	—	0.001	—	0.001	2.5
13	二层办公区	—	0.0002	0.0003	0.0005	2.5
14	西侧 D 栋车间	—	0.0001	—	0.0001	2.5

根据表 11-2 估算结果，X 射线 CT 装置在最大工况下运行，CT 装置周围环境辐射剂量率在  $0.0001\mu\text{Sv/h}\sim 0.579\mu\text{Sv/h}$  之间，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

评价中所用的辐射剂量率数据，是依据本项目 X 射线 CT 装置最大工况下，X 射线 CT 装置周围 30cm 处辐射水平预测值（表 11-2）。

$$\text{估算模式: } P = D \times U \times T \times W \times 10^{-3} \quad (6)$$

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 CT 装置周围 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 ( $\text{mSv/a}$ )	周剂量 ( $\mu\text{Sv/周}$ )
1	CT 设备正面 30cm	0.008	职业人员	1/4	0.001	0.020
2	CT 设备防护门外 30cm	0.008	职业人员	1/4	0.001	0.020
3	CT 设备观察窗外 30cm	0.008	职业人员	1/4	0.001	0.020
4	CT 设备操作位	0.008	职业人员	1	0.004	0.081
5	CT 设备背面 30cm	0.008	职业人员	1/4	0.001	0.020
6	CT 设备右侧 30cm	0.579	职业人员	1/4	<b>0.072</b>	<b>1.448</b>
7	CT 设备左侧 30cm	0.006	职业人员	1/4	0.001	0.015
8	CT 设备顶部 30cm	0.010	职业人员	1/16	0.0003	0.006
9	CT 测量室东北侧模具区	0.0004	公众	1	0.0002	0.004
10	CT 测量室南侧测量室	0.001	公众	1	0.001	0.014
11	CT 测量室东侧车间	0.016	公众	1	<b>0.008</b>	<b>0.161</b>
12	CT 测量室西侧通道	0.001	公众	1/4	0.0001	0.002
13	二层办公区	0.001	公众	1	0.0003	0.005
14	西侧 D 栋车间	0.000	公众	1	0.00005	0.001

据表 11-3 结果, X 射线 CT 装置运行后, 职业人员年最大受照剂量为 0.072mSv/a, 公众年最大受照剂量 0.008mSv/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。因此本项目新增 1 台 X 射线 CT 装置屏蔽结构满足辐射防护要求。

职业人员和公众周剂量最大值分别为 1.448 $\mu\text{Sv/周}$ 和 0.161 $\mu\text{Sv/周}$ , 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 CT 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, 测量结束后打开防护门, 通过 CT 测量室自然通风排放, 臭氧 50 分钟后自动降解为氧气, 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 CT 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和公安部门报告。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机构，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

企业为本项目 1 台 X 射线 CT 装置配备 4 名辐射工作人员，双班运行，轮流操作，不兼职其它辐射工作。

#### 3. 注册核安全工程师配备情况

根据国家核安全局，国核安发[2010]25 号文，《发布注册核安全工程师执业资格关键岗位名录（第一批）》，对于使用 II 类射线装置的单位，暂未提出关键岗位配备注册核安全工程师的要求。本项目建设单位目前没有注册核安全工程师，建议企业加强这方面专业人员的培养。

### 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：“辐射安全防护制度”、“辐射岗位操作规程”、“辐射岗位职责”、人员培训和健康管理制度”、“环境和个人剂量监测制度”、“射线装置检修维护制度”、“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。



## 辐射监测

### 1. 环境监测方案

企业现有的“环境和人员剂量监测方案”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，开展辐射工作时必须随身佩戴，定期（每 2-3 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，必须立刻停机。

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的，应立即采取应急措施，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。辐射工作场所计划配备 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- $\gamma$  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“辐射安全管理与应急小组”，建立了“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 CT 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： 新增 1 台 X 射线工业 CT“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	建立辐射安全与环境保护管理机构，或配备不少于 1 名大学本科以上学历人员从事辐射防护和环境保护管理工作	企业成立辐射安全管理领导小组，并以文件形式明确机构职责，并配备 1 名大学本科学历人员从事辐射防护管理工作。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施	CT 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 $\mu$ 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 $\mu$ Sv/周；公众 5 $\mu$ Sv/周）	6
	安全措施（联锁装置、警示标志、工作指示灯、急停开关等）	CT 测量室入口处和 X 射线装置外壳显著位置处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。	0.5
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	辐射安全管理人员和职业人员参加环保部门培训，通过考核后持证上岗。	/
	个人剂量监测	辐射工作人员定期接受剂量监测	1
	人员职业健康监护	辐射工作人员接受职业健康监护	1
监测仪器和防护用品	环境辐射剂量巡测仪	工作场所配置 1 台巡检仪，企业平时自检使用	1
	个人剂量报警仪	X 射线 CT 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。	0.5
辐射安全管理制度	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、设备台账和使用登记制度、人员培训计划、监测制度、辐射事故应急措施	制度完善，并具有可操作性	/
总计	—	—	10

表 13 结论与建议

## 结论

### 1. 项目概况

苏州星诺奇科技股份有限公司计划在苏州工业园区科智路1号E栋厂房一楼CT测量室内新增1台METROTOM 800型X射线工业CT，用于产品性能检测。设备最大管电压130kV，最大管电流0.3mA。

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射线装置拟放置的CT测量室区域及周围环境辐射X-γ辐射剂量率在(153~165) nSv/h范围，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CT测量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带个人剂量计，X射线CT装置配备2台有效的个人剂量报警仪，人员进入CT测量室时携带。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CT装置在最大工况(管电压130kV，管电流0.3mA)，射线方向固定朝向右侧壁，CT装置周围环境辐射剂量率在0.0001μSv/h~0.579μSv/h之间，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分别为0.072 mSv/a和0.008 mSv/a，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 METROTOM 800 型 X 射线 CT 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

本项目新增 1 台 X 射线工业 CT，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。