

核技术利用建设项目

新建 1 台工业 CT 装置项目  
环境影响报告表

宜兴市新立织造有限公司(公章)



2024 年 8 月

生态环境部监制



打印编号：1723617772000

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	3g81i5		
建设项目名称	宜兴市新立织造有限公司新建1台工业CT装置项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
<b>一、建设单位情况</b>			
单位名称（盖章）	宜兴市新立织造有限公司		
统一社会信用代码	9132028268585792XK		
法定代表人（签章）	伍立立		
主要负责人（签字）	宗晟		
直接负责的主管人员（签字）	周婵颖		
<b>二、编制单位情况</b>			
单位名称（盖章）	江苏睿源环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91320106MA20BXME57		
<b>三、编制人员情况</b>			
<b>1 编制主持人</b>			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
赵凌宇			赵凌宇
<b>2 主要编制人员</b>			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵凌宇	表9项目工程分析与源项 表10辐射安全与防护 表11环境影响分析 表12辐射安全管理 表13结论与建议		赵凌宇
李玉	表1项目基本情况 表2放射源 表3非密封放射性物质 表4射线装置 表5废弃物（重点是放射性废弃物） 表6评价依据 表7保护目标与评价标准 表8环境质量和辐射现状		李玉

## 目录

表 1 项目基本情况 .....	1
表 2 放射源 .....	5
表 3 非密封放射性物质 .....	5
表 4 射线装置 .....	6
表 5 废弃物（重点是放射性废弃物） .....	7
表 6 评价依据 .....	8
表 7 保护目标与评价标准 .....	11
表 8 环境质量和辐射现状 .....	16
表 9 项目工程分析与源项 .....	20
表 10 辐射安全与防护 .....	26
表 11 环境影响分析 .....	30
表 12 辐射安全管理 .....	38
表 13 结论与建议 .....	42
表 14 审批 .....	46
附表 辐射污染防治措施“三同时”措施一览表 .....	47

**附图：**

- 1) 附图 1 本项目地理位置图
- 2) 附图 2 本项目周围环境图
- 3) 附图 3 本项目厂区平面分布图
- 4) 附图 4 本项目所在研发中心区布局示意图（2 层）
- 5) 附图 5 本项目 SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置屏蔽设计图
- 6) 附图 6 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图
- 7) 附图 7 工程师踏勘现场照片

**附件：**

- 1) 附件1 委托书
- 2) 附件2 射线装置承诺书
- 3) 附件3 营业执照
- 4) 附件4 不动产权证
- 5) 附件5 厂区大环评备案证、批复及验收意见
- 6) 附件6 现状检测报告及检测资质
- 7) 附件7 屏蔽设计说明

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建 1 台工业 CT 装置项目			
建设单位		宜兴市新立织造有限公司			
法人代表	伍立立	联系人		联系电话	
注册地址		宜兴市芳桥街道工业集中区			
建设项目地点		宜兴市芳桥街道工业集中区郁南路 3 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)		项目环保投资 (万元)		投资比例(环保投 资/总投资)	
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> )	31
应用 类型	放射源	<input type="checkbox"/> 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		
		<input type="checkbox"/> 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	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物		
		<input type="checkbox"/> 销售	/		
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙		
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类		
	其他				
	<b>项目概述:</b>				
<b>1. 建设单位基本情况、项目建设规模、任务由来及原有核技术利用项目许可情况</b>					
宜兴市新立织造有限公司成立于2009年3月2日,注册地为宜兴市芳桥街道工业集中区,法定代表人为伍立立(营业执照见附件3)。经营范围包括一般项目:产业用纺织制成品制造,石墨及碳素制品制造,玻璃纤维及制品制造,面料纺织加工,针织或钩针编织物及其制品制造,新型陶瓷材料销售,高性能纤维及复合材料销售,工程和					

技术研究和试验发展，技术服务、技术开发、技术咨询，技术交流、技术转让、技术推广，产业用纺织制成品销售，针纺织品及原料销售，纺织专用设备销售，木制容器制造，木制容器销售，工业工程设计服务，租赁展务，新材科技术研发等。

宜兴市新立织造有限公司注册地为宜兴市芳桥街道工业集中区，不动产权证见附件4。本公司航空航天、军工、特种设备用高性能纤维织物及制品建设项目于2022年9月21日取得江苏省投资项目备案证（备案证号宜行审投备(2022)498号作废），项目代码为2020-320282-30-03-625236（见附件5），公司于2020年8月5日《宜兴市新立织造有限公司高性能纤维织物及制品建设项目环境影响报告表》取得无锡市行政审批局批复（见附件5），并于2022年10月31日对该项目进行了竣工环境保护验收（见附件5）。

现因高性能纤维织物及制品建设项目的产品质检需求，宜兴市新立织造有限公司拟购置 1 台工业 CT 装置，型号为 SEAMASTER PRO 型，最大管电压 160kV，最大管电流 3.125mA，最大功率 500W，用于高性能纤维预制体的无损检测，高性能纤维预制体是树脂基、陶瓷基、碳基等复合材料的结构增强体，是高性能复合材料研制的关键基础材料，最长直径为 1 米。

宜兴市新立织造有限公司拟为本项目配备2名辐射工作人员，并安排其中一名辐射工作人员担任本项目辐射防护负责人。工业CT装置预计周曝光时间20h，年工作50周，年曝光时间最大约为1000h。

在此之前，宜兴市新立织造有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为宜兴市新立织造有限公司首次开展核技术利用项目。

宜兴市新立织造有限公司核技术利用项目详见表1-1：

表1-1 宜兴市新立织造有限公司核技术利用项目情况表

序号	射线装置名称、型号	数量	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	类别	工作场所名称	活动种类	环评情况	许可情况	验收情况	备注
1	工业 CT 装置 (SEAMASTER PRO 型)	1	160	3.125	II	工业 CT 室	使用	本次环评	未许可	未验收	最大功率 500W

根据《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《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》等法律法规的规定，本项目需进行环境影响评价，依照《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），本项目为使用工业 CT 装置，属于“172 核技术利用建设项目”中的“使用 II 类射线装置的”，本项目应编制环境影响报告表。受宜兴市新立织造有限公司委托，江苏睿源环境科技有限公司承担该项目的环评工作。我公司通过资料调研、现场监测、评价分析，在此基础上编制该项目环境影响报告表。委托书见附件 1，射线装置承诺书见附件 2。

## 2. 项目周边保护目标及项目选址情况

本项目位于宜兴市芳桥街道工业集中区郁南路3号宜兴市新立织造有限公司厂区内，宜兴市新立织造有限公司东侧为江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司，南侧为郁南路，西侧为龙泉北路，北侧为无锡迪斯凯包装容器有限公司。

本项目工业CT装置拟放置在工业CT室内，工业CT室拟设置在宜兴市新立织造有限公司新立③车间的研发中心区一层南部，新立③车间东侧、西侧、北侧为厂区道路，南侧隔厂区道路为新立②车间和新立①车间。研发中心区（2层）东侧为编织车间，南侧为过道，西侧为编织车间和过道，北侧为厂区道路。工业CT室东侧为编织车间，南侧为更衣室，西侧隔走廊为力学测试室，北侧为检验室，楼上为办公室，楼下为土层。本项目地理位置图见附图1，本项目周围环境图见附图2，厂区平面分布图见附图3，研发中心区布局示意图见附图4。

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图6。

本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。

本项目的建设符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及新立③车间、厂区道路、新立②车间、新立①车间、无锡迪斯凯包装容器有限公司、江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。



### 3. 实践正当性

宜兴市新立织造有限公司因产品检测需要，新建 1 台工业 CT 装置对高性能纤维预制体进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

**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
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

**(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	工业 CT 装置	II	1	SEAMASTER PRO 型	160	3.125	无损检测	工业 CT 室	最大功率 500W

**(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	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

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、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	/	不暂存	直接排入大气,臭氧在常温常压下稳定性较差,常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟,可自动分解为氧气。
生活垃圾	固态	/	/	30kg	360kg	/	暂存	由公司统一收集后,交给环卫部门清运。
生活污水	液态	/	/	2.4m <sup>3</sup>	28.8m <sup>3</sup>	/	不暂存	进入公司污水管道,最终进入污水处理站处理。
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，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

法规 文件	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014年修订本），中华人民共和国2014年主席令第9号，自2015年1月1日起施行；</li> <li>2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正本），中华人民共和国2018年主席令第24号，自2018年12月29日起施行；</li> <li>3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国2003年主席令第6号，自2003年10月1日起施行；</li> <li>4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017年修正本），中华人民共和国2017年国务院令第682号，自2017年10月1日起施行；</li> <li>5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，中华人民共和国原环境保护部令第18号公布，自2011年5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》（2019年修正本），中华人民共和国2019年国务院令第709号，自2019年3月2日起施行；</li> <li>7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修正本），中华人民共和国生态环境部令第20号修正，自2021年1月4日起施行；</li> <li>8) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》，中华人民共和国生态环境部令第16号，自2021年1月1日起施行；</li> <li>9) 《射线装置分类》，中华人民共和国环境保护部和国家卫生和计划生育委员会2017年公告第66号，自2017年12月5日起施行；</li> <li>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》，中华人民共和国原国家环保总局环发〔2006〕145号，自2006年9月26日起施行；</li> <li>11) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，中华人民共和国生态环境部公告2019年第39号，自2019年11月1日起施行；</li> <li>12) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，中华人民共和国生态环境部2019年部令第9号，自2019年11月1日起施行；关于发布《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》配套文件的公告，中华人民共和国生态环境部2019年公告第38号，自2019年11月1日起施行；</li> <li>13) 《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》，中华</li> </ol>
----------	---

	<p>人民共和国生态环境部公告2019年第57号，自2020年1月1日起施行；</p> <p>14) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018年修正本），江苏省人民代表大会常务委员会公告2018年第2号，自2018年5月1日起施行；</p> <p>15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2018〕74号，自2018年6月9日起施行；</p> <p>16) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，江苏省人民政府苏政发〔2020〕1号，自2020年1月8日起施行；</p> <p>17) 《省政府关于印发江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案的通知》，江苏省人民政府办公厅苏政发〔2020〕49号，自2020年6月21日起施行；</p> <p>18) 《省生态环境厅关于进一步做好建设项目环境影响报告书（表）编制单位监管工作的通知》（苏环办〔2021〕187号），2021年5月31日印发；</p> <p>19) 《产业结构调整指导目录（2024年本）》（国家发展改革委令第7号公布自2024年2月1日起施行），自2024年2月1日起施行。</p>
<p>技术标准</p>	<p>1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）</p> <p>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 10.1-2016）</p> <p>3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）</p> <p>4) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）</p> <p>5) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）</p> <p>6) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）</p> <p>7) 《工业X射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）及其修改单</p> <p>8) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）</p>

<p>其他</p>	<p><b>附图：</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 附图 1 本项目地理位置图</li><li>2) 附图 2 本项目周围环境图</li><li>3) 附图 3 本项目厂区平面分布图</li><li>4) 附图 4 本项目所在研发中心区布局示意图（2 层）</li><li>5) 附图 5 本项目 SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置屏蔽设计图</li><li>6) 附图 6 本项目与生态空间管控区域相对位置关系图</li><li>7) 附图 7 工程师踏勘现场照片</li></ol> <p><b>附件：</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) 附件1 委托书</li><li>2) 附件2 射线装置承诺书</li><li>3) 附件3 营业执照</li><li>4) 附件4 不动产权证</li><li>5) 附件5 厂区大环评备案证、批复及验收意见</li><li>6) 附件6 现状检测报告及检测资质</li><li>7) 附件7 屏蔽设计说明</li></ol>
-----------	--

表 7 保护目标与评价标准

评价范围							
<p>本项目为新建工业CT装置项目，工业CT装置为工业用X射线计算机断层扫描(CT)装置，属于II类射线装置。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》（HJ10.1-2016）中“放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外50m的范围”相关规定，确定本项目评价范围为本项目工业CT装置屏蔽体外50m区域，见附图2。</p>							
保护目标							
<p>本项目工业CT装置位于宜兴市芳桥街道工业集中区郁南路3号宜兴市新立织造有限公司新立③车间南部工业CT室内，本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。</p> <p>对照《江苏省国家级生态保护红线规划》和《江苏省生态空间管控区域规划》，本项目评价范围内不涉及江苏省国家级生态保护红线区域、江苏省生态空间管控区域，本项目与生态空间管控区域相对位置关系图见附图6。</p> <p>本项目评价范围内不涉及国家公园、自然保护区、风景名胜区、世界文化和自然遗产地、海洋特别保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区。</p> <p>本项目的建设符合江苏省及无锡市“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）要求。</p> <p>根据本项目评价范围确定本项目环境保护目标为：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1、操作工业CT装置的辐射工作人员；</li> <li>2、工业CT装置项目周围公众。</li> </ol>							
表7-1 本项目保护目标情况一览表							
装置名称	工作场所	保护目标	方位	距装置最近距离	规模	保护目标类型	年剂量约束值 (mSv/a)
工业CT装置 (SEAM ASTER PRO型)	新立③车间工业CT室	操作台				辐射工作人员	5
	新立③车间	编织车间				周围公众	0.1
		更衣室					



	走廊				
	检验室				
	办公室				
	其余区域				
	厂区道路				
	新立②车间				
	新立①车间				
	无锡迪斯凯包装容器有限公司				
	江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司				

**评价标准**

**1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）**

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量需满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中个人剂量限值，如下表：

表 7-2 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

类别	剂量限值
职业照射 剂量限值	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（但不可作任何追溯性平均），20 mSv； ②任何一年中的有效剂量，50 mSv。
公众照射 剂量限值	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下述限值： ①年有效剂量，1 mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1 mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高至 5 mSv。

**4.3.4 剂量约束和潜在照射危险约束**

4.3.4.1 除了医疗照射之外，对于一项实践中的任一特定的源，其剂量约束和潜在照射危险约束应不大于审管部门对这类源规定或认可的值，并不大于可能导致超过剂量限值和潜在照射危险限值的值。

11.4.3.2 剂量约束值通常应在公众照射剂量限值10%~30%（即0.1mSv~0.3mSv）

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（见4.3.4）。（参考）

## 2) 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

本标准规定了X射线和γ射线探伤的放射防护要求。

本标准适用于使用600kV及以下的X射线探伤机和γ射线探伤机进行的探伤工作（包括固定式探伤和移动式探伤），工业CT探伤和非探伤目的同辐射源范围的无损检测参考使用。

本标准不适用于加速器和中子探伤机进行的工业探伤工作。

### 6 固定式探伤的放射防护要求

#### 6.1 探伤室放射防护要求

6.1.1 探伤室的设置应充分注意周围的辐射安全，操作室应避开有用线束照射的方向并应与探伤室分开。探伤室的屏蔽墙厚度应充分考虑源项大小、直射、散射、屏蔽物材料和结构等各种因素。无迷路探伤室门的防护性能应不小于同侧墙的防护性能。X射线探伤室的屏蔽计算方法参见GBZ/T 250。

6.1.2 应对探伤工作场所实行分区管理，分区管理应符合GB18871的要求。

6.1.3 探伤室墙体和门的辐射屏蔽应同时满足：

a)关注点的周围剂量当量参考控制水平，对放射工作场所，其值应不大于 $100\mu\text{Sv}/\text{周}$ ，对公众场所，其值应不大于 $5\mu\text{Sv}/\text{周}$ ；

b) 屏蔽体外30cm处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 $2.5\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.4 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6.1.3；

b) 对没有人员到达的探伤室顶，探伤室顶外表面30cm处的周围剂量当量率参考控制水平通常可取 $100\mu\text{Sv}/\text{h}$ 。

6.1.5 探伤室应设置门-机联锁装置，应在门（包括人员进出门和探伤工件进出门）关闭后才能进行探伤作业。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。在探伤过程中，防护门被意外打开时，应能立刻停止出束或回源。探伤室内有多台探伤装置时，每台装置均应与防护门联锁。

6.1.6 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，并与探伤机联锁。“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。在醒目的位置处应有对“照射”和“预备”信号意义的说明。

6.1.7 探伤室内和探伤室出入口应安装监视装置，在控制室的操作台应有专用的监视器，可监视探伤室内人员的活动和探伤设备的运行情况。

6.1.8 探伤室防护门上应有符合GB18871要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.10 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。

6.1.11 探伤室应配置固定式场所辐射探测报警装置。

### 6.3 探伤设施的退役

当工业探伤设施不再使用，应实施退役程序。包括以下内容：

c) X射线发生器应处置至无法使用，或经监管机构批准后，转移给其他已获许可机构。

e) 当所有辐射源从现场移走后，使用单位按监管机构要求办理相关手续。

f) 清除所有电离辐射警告标志和安全告知。

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

本标准规定了工业X射线探伤室辐射屏蔽要求。

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 $0^\circ$ 入射探伤工件的 $90^\circ$ 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。

### 参考资料

1) 《江苏省环境天然贯穿辐射水平调查研究》（辐射防护 第 13 卷第 2 期，1993 年 3 月），江苏省环境监测站。

表 7-3 江苏省全省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果 单位：nGy/h

项目	原野	道路	室内
测值范围	33.1~72.6	18.1~102.3	50.7~129.4
均值	50.4	47.1	89.2
标准差 (s)	7.0	12.3	14.0

现状评价时，参考“测值范围”数值进行评价。表格中数据已扣除宇宙响应值。

2) 《辐射防护导论》，方杰主编。

### 项目管理目标

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）确定本项目管理目标：

#### 1) 本项目装置周围剂量当量率参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022），确定本项目工业CT装置表面外（含顶部）30cm处周围剂量当量率不超过**2.5 $\mu$ Sv/h**。（因工业CT装置上方拟建楼上办公室区域，故装置顶部保守取2.5 $\mu$ Sv/h限值）。

#### 2) 本项目职业人员和公众周围剂量当量参考控制水平：

根据《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）确定：

本项目职业人员的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于**100 $\mu$ Sv/周**；

公众的周围剂量当量参考控制水平，其值应不大于**5 $\mu$ Sv/周**。

#### 3) 本项目辐射工作人员和公众的剂量约束值：

职业人员按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值1/4取值，公众按照其剂量限值的1/10取值，确认本项目管理目标为：

职业人员年剂量约束值不超过**5mSv**；

公众年剂量约束值不超过**0.1mSv**。

表 8 环境质量和辐射现状

## 环境质量和辐射现状

## 1. 项目地理和场所位置

本项目位于宜兴市芳桥街道工业集中区郁南路3号宜兴市新立织造有限公司厂区内，宜兴市新立织造有限公司东侧为江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司，南侧为郁南路，西侧为龙泉北路，北侧为无锡迪斯凯包装容器有限公司。

本项目工业CT装置拟放置在工业CT室内，工业CT室拟设置在宜兴市新立织造有限公司新立③车间的研发中心区一层南部，新立③车间东侧、西侧、北侧为厂区道路，南侧隔厂区道路为新立②车间和新立①车间。研发中心区（2层）东侧为编织车间，南侧为过道，西侧为编织车间和过道，北侧为厂区道路。工业CT室东侧为编织车间，南侧为更衣室，西侧隔走廊为力学测试室，北侧为检验室，楼上为办公室，楼下为土层。本项目地理位置图见附图1，本项目周围环境示意图见附图2，厂区平面布置图见附图3，研发中心区布局图见附图4。

本项目50m范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目50m范围内涉及新立③车间、厂区道路、新立②车间、新立①车间、无锡迪斯凯包装容器有限公司、江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业CT装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。

本项目工业CT装置放置位置周围环境照片见图8-1。

本项目工业 CT 装置拟建址及东侧编织车间

本项目工业 CT 室楼上

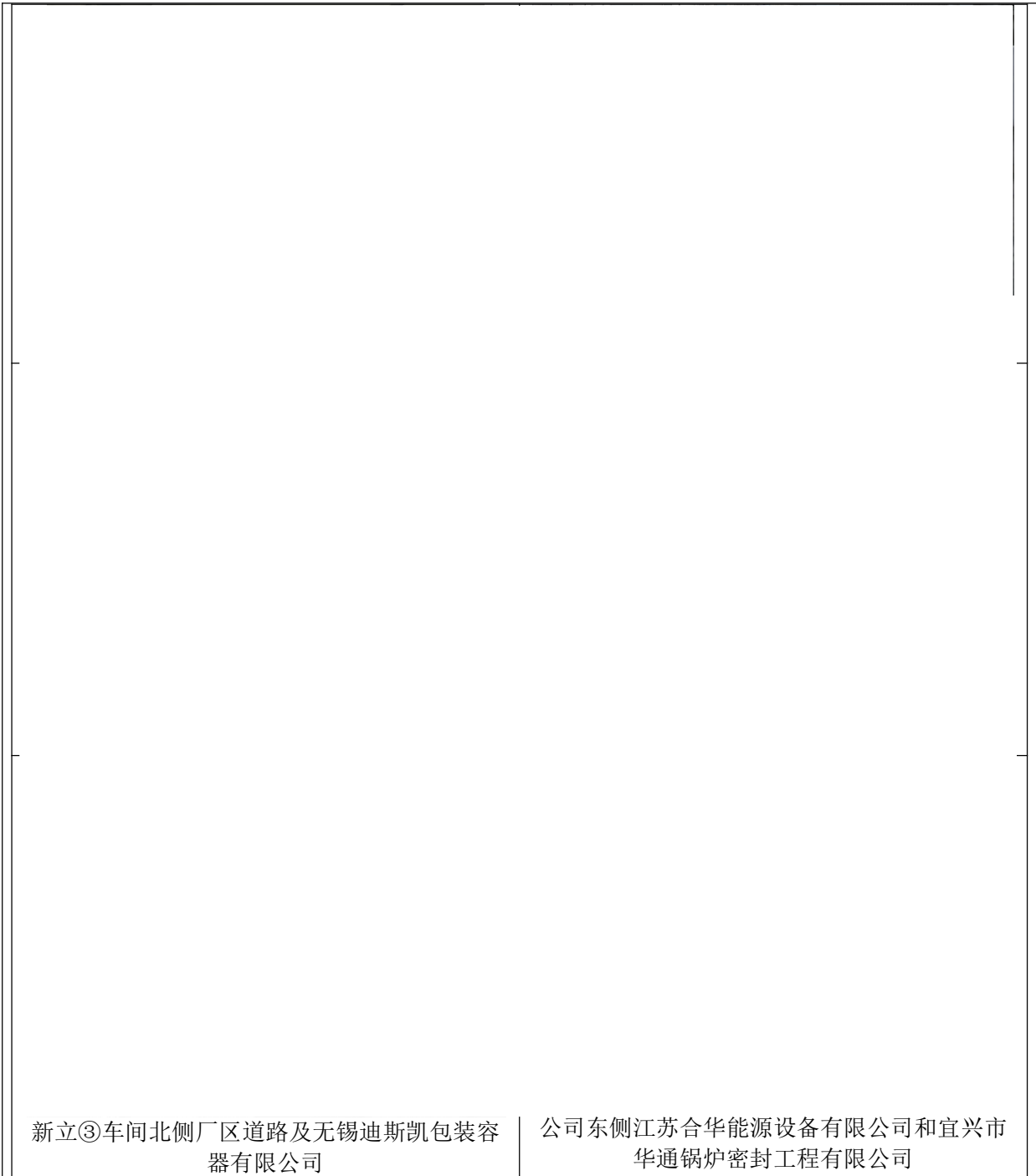


图 8-1 本项目工业 CT 装置放置位置周围环境现状

## 2. 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

**评价对象：**本项目工业 CT 装置拟建址及周围辐射环境。

**监测因子：**本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

**监测点位：**在工业 CT 装置拟建址及周围布置监测点位，分别位于工业 CT 装置周围，共计 16 个监测点位。

### 3. 监测方案、质量保证措施

**监测方案：**根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）在工业 CT 装置放置位置及周围布设监测点位，测量工业 CT 装置放置位置周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

**质量保证措施：**检测单位已通过 CMA 计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；检测单位制定有质量管理体系文件，实施全过程质量控制；检测单位所用监测仪器均经过计量部门检定并在检定有效期内，使用前后进行校准或检查，定期参加权威部门组织的仪器比对活动；实施全过程质量控制，全程实验数据及监测记录等均进行存档；检测人员持证上岗规范操作；检测报告实行三级审核。

### 4. 监测结果与环境现状调查结果评价

监测单位：江苏睿源环境科技有限公司

仪器设备：X- $\gamma$ 辐射监测仪

型号/规格：BG9512P

设备编号：RY-J018

检定有效日期：2024.2.23——2025.2.22

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

检定证书编号：2024H21-20-5105948002

测量范围：10nGy/h~200 $\mu$ Gy/h

能量响应范围：主机：48keV~1.5MeV；外置探头：25keV~3MeV

监测日期：2024.7.4

天气：多云，温度：39 $^{\circ}$ C，湿度：45%

评价方法：参考表 7-3 江苏省全省环境天然 $\gamma$ 辐射剂量率调查结果，评价该项目周围环境辐射水平。

监测结果：本项目工业 CT 装置拟建址及周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率监测结果见表 8-1（报告见附件 6），监测布点示意图见图 8-2。

表 8-1 本项目工业 CT 装置放置位置周围环境 $\gamma$ 辐射剂量率

序号	检测点位	检测结果（nGy/h）	备注
1	工业 CT 装置拟建址东侧		
2	工业 CT 装置拟建址南侧		
3	工业 CT 装置拟建址西侧		
4	工业 CT 装置拟建址北侧		

5	工业 CT 装置拟建址中部	
6	工业 CT 装置所在工业 CT 室南部	
7	工业 CT 装置拟建址楼上	
8	新立③车间中部	
9	新立①车间北侧	
10	工业 CT 装置拟建址南侧厂区道路	
11	新立②车间北侧	
12	工业 CT 装置拟建址西侧厂区道路	
13	工业 CT 装置拟建址北侧厂区道路	
14	工业 CT 装置拟建址东侧厂区道路	
15	江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司南侧	
16	无锡迪斯凯包装容器有限公司西侧	

注：已扣除宇宙响应值（仪器的宇宙响应值为13nGy/h）。X-γ辐射监测仪检定使用<sup>137</sup>Cs辐射源。建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为0.8，平房取值为0.9，原野、道路取值为1，上述结果为修正后结果。

根据表 8-1 的监测结果可知，宜兴市新立织造有限公司本项目工业 CT 装置拟建址周围环境γ辐射剂量率在（32~51）nGy/h 范围内，其中室内环境辐射剂量率在（32~47）nGy/h 范围内，由于地面材质原因，稍低于江苏省室内天然γ辐射剂量率测值范围，道路环境辐射剂量率为（47~51）nGy/h，处于江苏省道路天然γ辐射剂量率测值范围内。

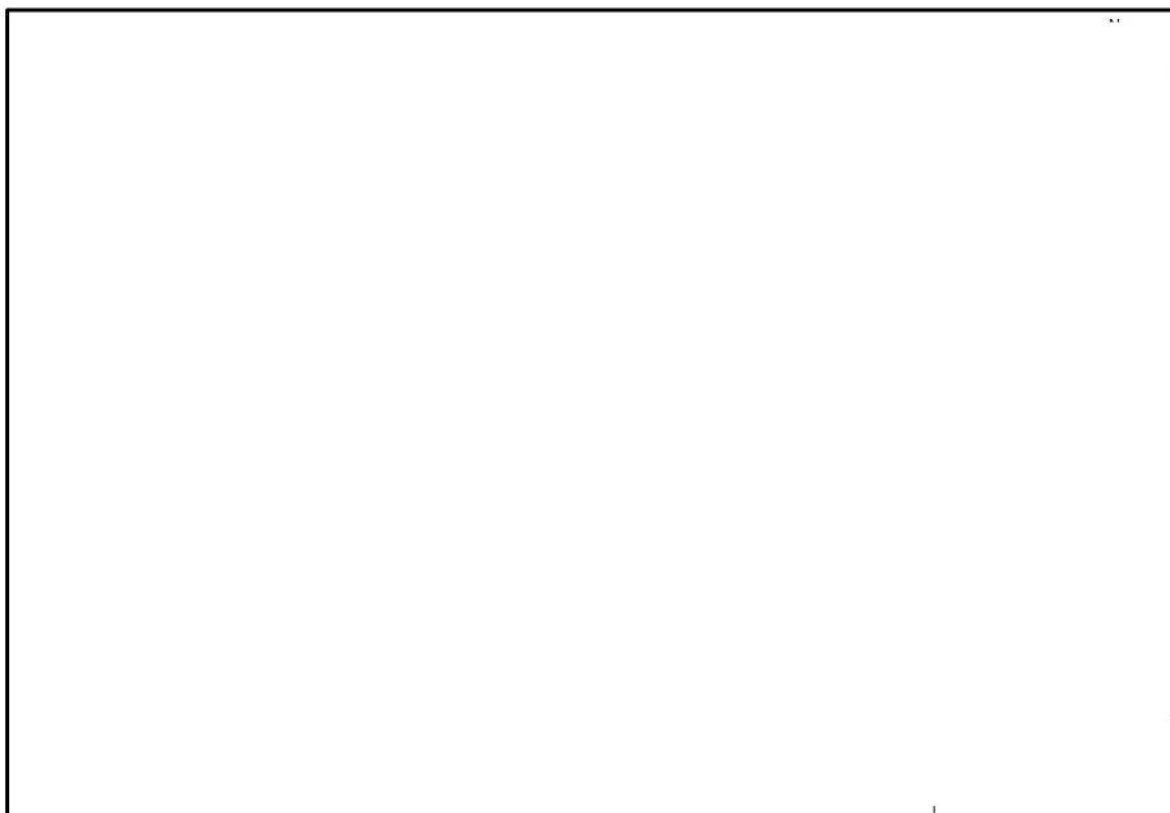


图 8-2 检测点位示意图



表 9 项目工程分析与源项

## 工程设备和工艺分析

## 1. 工程设备情况

本项目新建 1 台工业 CT 装置，型号为 SEAMASTER PRO 型，由检测室及操作台组成。该装置是按自屏蔽式设计的单独立柜式设备，可分为内部组件和外部结构。其内部组成可分为射线源组件、载物组件、平板探测器组件、计算机分析扫描组件、散热组件以及其他连接组件；外部组件由自屏蔽体、线缆、计算机显示组件等组成。

其中，射线源组件是聚焦与出束装置，提供 X 射线成像的能量线束用以穿透试件，根据射线在试件内的衰减情况实现以各点的衰减系数表征图像；载物组件是承物台，实现扫描试件时的旋转或平移以及射线源、试件、平板空间位置的调整，检测时受检物件置于载物组件之上；平板组件为整个设备的图像采集组件；计算机系统(PC)组件负责扫描过程控制、参数调整，完成图像显示及处理。

该装置外尺寸约为 2715.5mm（长）×2008.5mm（宽）×2006mm（高），该装置电动门既为工件门又为检修门。检测室采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽，定义电动门所在面为装置前侧。检测室左侧屏蔽体为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板，其他侧（含电动门）均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板。射线管可上下移动，移动行程为 800mm，出束角度为 20°，该装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 3.125mA，最大功率 500W。根据装置摆放位置，主射线朝西侧，主射线范围仅为西墙，操作台位于东侧。

工业 CT 装置可实现样品三维微观结构的扫描，在不破坏样品状态的情况下三维数字化直观描述金属样品的内部结构，如孔隙度分布、密度变化、夹杂分布及大小、裂缝、孔洞等，并能为所检测样品进行三维尺寸测量，为产品研发、制造提供可靠数据。工业 CT 装置结构示意图见图 9-1。



图 9-1 SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置结构示意图

## 2. 工业 CT 装置工作原理

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，阳极靶则根据需要，可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，高电压加在 X 射线管的两极之间，使电子向嵌在金属阳极中的靶体射击，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被靶突然阻挡从而产生 X 射线，X 射线的波长很短一般为  $0.001 \sim 10\text{nm}$ 。X 射线以光速直线传播，不受电场和磁场的影响，可穿透物质，在穿透过程中有衰减，X 射线无损检测的实质是根据被检验工件与其内部缺欠介质对射线能量衰减程度不同，而引起射线透过工件后强度差异。X 射线无损检测过程中，由于被检工件内部结构密度不同，其对射线的阻挡能力也不一样，物质的密度越大，射线强度减弱越大。当工件内部存在气孔、裂缝、夹渣等缺陷时，射线穿过有缺陷的路径比没有缺陷的路径所透过的物质密度要小得多，其强度减弱较小，即透过的射线强度较大，可以从图像上的差异判断焊接的质量、缺陷位置和被检样品内部的细微结构等。

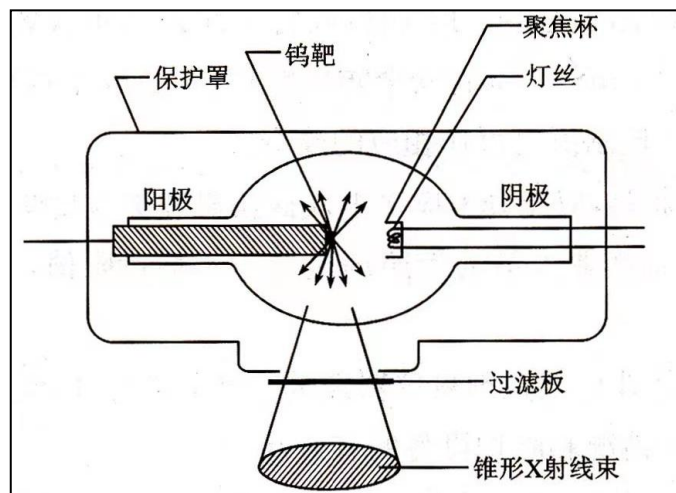


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

工业 CT 装置是将穿过零件的 X 射线经图像增强器、CCD(电荷耦合器件)摄像系统以及计算机转换成一幅数字图像，这种图像是动态可调的，电压、电流等参数实时可调，同时计算机可对动态图像进行积分降噪、对比度增强等处理，以得到最佳的静态图像。工业 CT 装置是结合 X 射线成像技术、计算机图像处理技术、电子技术、机械自动化技术为一体的高科技产品。该系统的自动化程度高，检测速度快，极大地提高了射线探伤的效率，降低了检验成本，检测数据易于保存和查询等优点，多年来该系统

已成功应用于航空航天、军工兵器、石油化工、高压容器、汽车造船、锅炉焊管、耐火材料、文物、各种铸件、陶瓷行业等诸多行业的无损检测中。

工业CT装置通常由射线源、机械扫描系统与自动控制系统、探测器系统及数据采集系统、计算机系统、辅助系统等组成。其中，最核心的原理是：计算机控制射线源发出射线束，数控扫描平台承载被测物体，可以在计算机控制下移动或旋转，平板探测器则负责采集扫描数据；屏蔽设施确保射线不外泄以及扫描过程的安全；最后，计算机通过采集到的投影数据重建工业CT切片图像，并对图像中存在的缺陷进行分类。

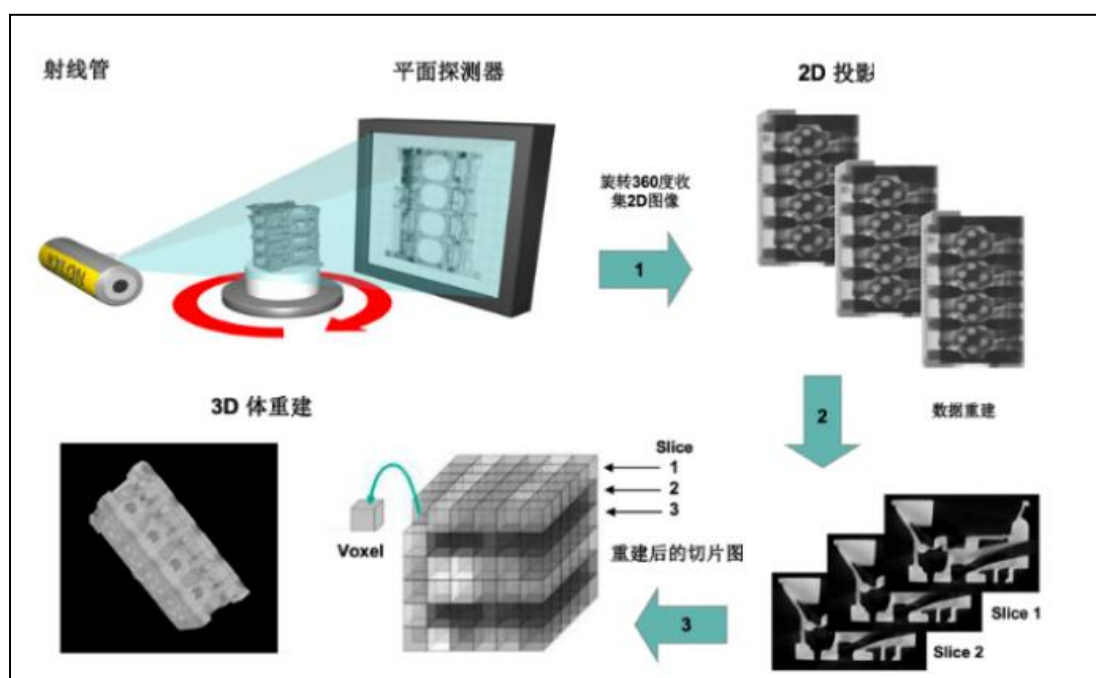


图9-3 工业CT原理图

### 3. 工艺流程及产污环节分析

本项目工业CT装置工作时，辐射工作人员将被检测工件放置于装置检测室内，辐射工作人员在操作台处进行操作，对工件需检测部位进行无损检测，其工作流程如下：

- (1) 辐射工作人员工作前检查装置辐射防护措施的有效性；
- (2) 确保各辐射安全装置可以有效工作后，辐射工作人员将工件运至工业CT室；
- (3) 辐射工作人员启动检测系统，控制工业CT装置，打开电动门；
- (4) 辐射工作人员将工件送入检测室内载物台上；
- (5) 辐射工作人员确认周围环境及辐射工作人员安全后关闭电动门；

- (6) 辐射工作人员在操作台处控制检测系统，将载物台调整到合适位置；
- (7) 加高压、打开X射线出束开关，开始检测；装置利用载物台旋转和移动工件调整至不同位置，通过平板探测器获取大量不同角度被测对象受X射线照射后的断层扫描图像。检测期间X射线管发出X射线，X射线电离检测室中的空气产生少量臭氧（O<sub>3</sub>）和氮氧化物(NO<sub>x</sub>)；
- (8) 曝光结束，关闭X射线；
- (9) 辐射工作人员开启电动门，移出工件，关闭电动门；
- (10) 检测结束后，辐射工作人员通过操作台的显像器调取储存的图像进行缺陷分析，将断层扫描图像按照重建算法重构得到完整的三维数模，判断工件质量、缺陷等；
- (11) 装置关机。

本项目工作流程如下图所示：

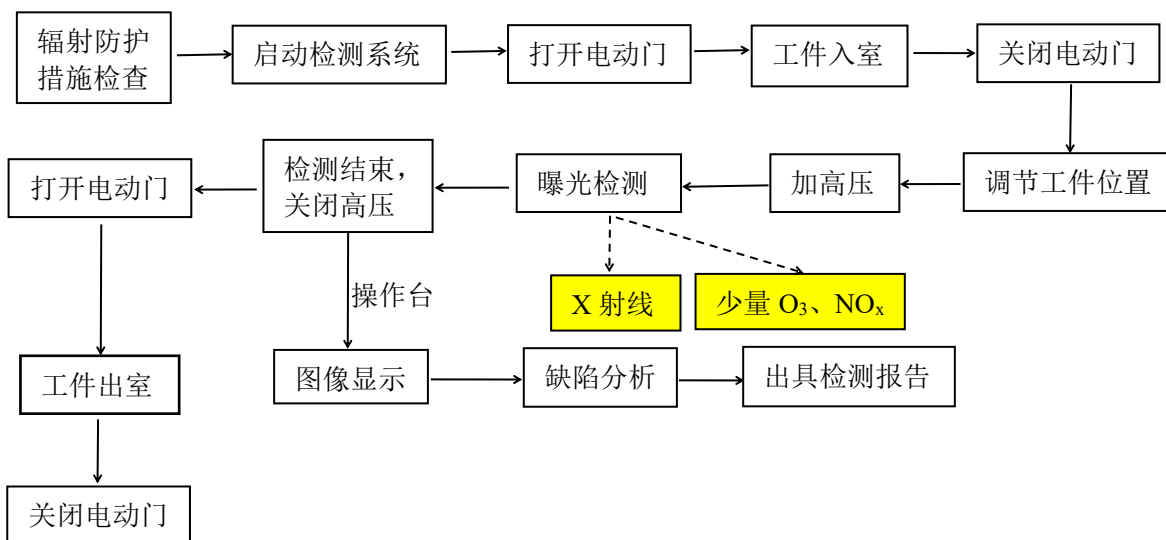


图 9-4 本项目工业 CT 装置工作流程及产污环节

#### 4. 工件信息及工作方式

本项目工业 CT 装置检测的工件主要为高性能纤维预制体，高性能纤维预制体是树脂基、陶瓷基、碳基等复合材料的结构增强体，是高性能复合材料研制的关键基础材料，最长直径为 1 米。本项目产品示意图见图 9-5。

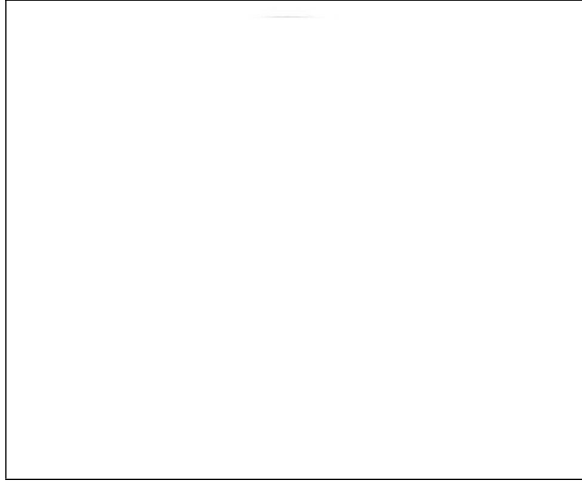


图 9-5 本项目产品示意图

### 5.人员配置及工作制度

宜兴市新立织造有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，并安排其中一名辐射工作人员担任本项目辐射防护负责人。本项目工业 CT 装置预计周曝光时间 20h，年工作 50 周，年曝光时间最大不超过 1000h，本项目辐射工作人员不从事其他辐射工作岗位，不存在兼岗情况。

### 污染源项描述

#### 1. 辐射污染源分析

由工业 CT 装置工作原理可知，工业 CT 装置只有在开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出 X 射线，对检测室外工作人员和周围公众产生一定外照射，因此工业 CT 装置在开机曝光期间，X 射线是项目主要污染物。

本项目工业 CT 装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 3.125mA，根据厂家提供的数据（附件 7），射线管滤过保守用 3mm 铝，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）表 B.1 中，保守根据 150kV 管电压与 200kV 管电压的 3mmAl 下输出量参数内插法求得，输出量为  $5.94\text{mGy}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即距辐射源点输出剂量率为  $3.564\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，为主射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 1 中取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为  $2500\mu\text{Sv/h}$ ，即泄漏射线源强。根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）表 2 中取得  $90^\circ$  散射辐射最高能量为 150kV，为散射线能量。

表 9-1 本项目工业 CT 装置源强一览表

装置、型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	输出量 mGy·m <sup>2</sup> / (mA·min)	1m 处的泄漏辐射剂量率 (μSv/h)	散射能量 (kV)
工业 CT 装置 SEAMASTE R PRO 型	160	3.125	5.94 (根据 150kV 与 200kV 管电压 3mmAl 输出量参数内插法求得)	2500	150

本项目正常运行时可能产生的 X 射线影响具体包括以下几种：X 射线有用线束辐射、泄漏辐射、散射辐射。

## 2. 非辐射污染源分析

### 2.1 固体废物

本项目运行后不会产生放射性固体废物。本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾，预计月排放量为 30kg，年排放量为 360kg。

### 2.2 废水

本项目运行后不会产生放射性废水。本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水，预计月排放量为 2.4m<sup>3</sup>，年排放量为 28.8m<sup>3</sup>。

### 2.3 气体废物

工业 CT 装置在工作状态时，会使装置检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物。

表 10 辐射安全与防护

## 项目安全措施

## 1. 工作场所布局及分区

本项目工业 CT 装置设计有检测室及操作台，操作台位于检测室外，由图 10-1 可知，操作台位于检测室东侧，主射线不朝操作台照射，主射线朝向仅为西侧。工业 CT 装置放置在工业 CT 室内，因此，工业 CT 室门上拟设置工作状态指示灯，并张贴电离辐射警告标志及中文警示说明，提醒非辐射工作人员不靠近工业 CT 室；同时，工业 CT 室将设有门禁系统，除了本项目辐射工作人员有进入钥匙外，其他非辐射工作人员不能擅自进入工业 CT 室。本项目工业 CT 装置工作场所布局设计基本合理。

本项目将工业 CT 装置检测室作为控制区，将检测室与工业 CT 室围成的区域（包括操作台）作为监督区；在监督区边界处悬挂“无关人员禁止入内”警告牌并张贴警示说明（“监督区”标牌）以作警示，并在醒目位置设置当心电离辐射警告标志及中文警示说明。本项目分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图见图 10-1。

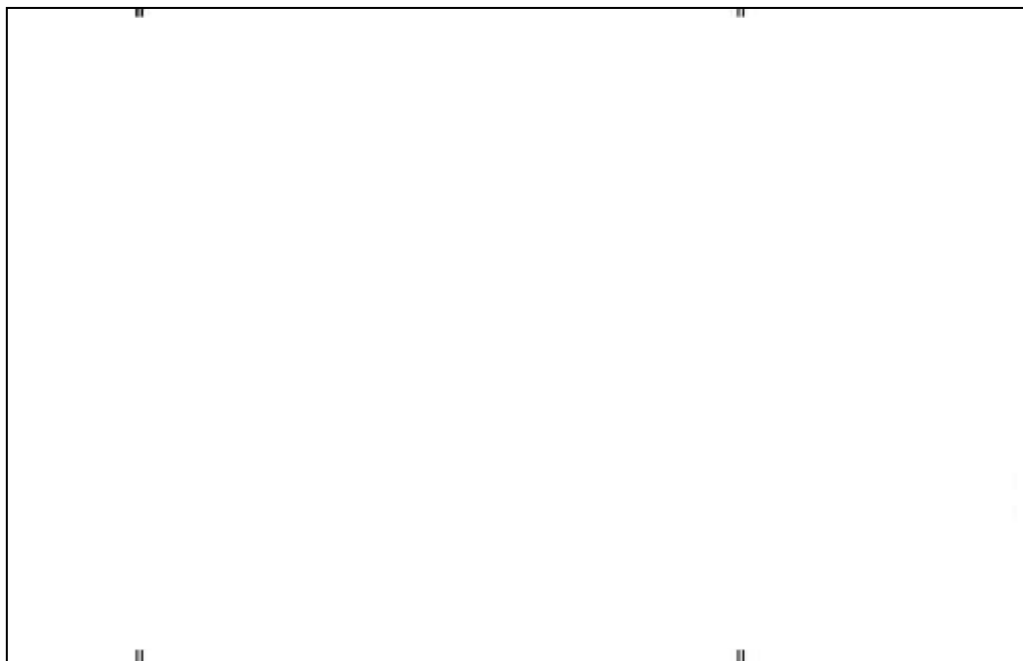


图 10-1 本项目工业 CT 装置监督区及控制区示意图

表 10-1 本项目辐射工作场所两区划分情况

项目环节	控制区	监督区
两区划分范围	检测室	检测室与工业 CT 室围成的区域（包括操作台）

划分依据	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)6.4.1。	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002): 6.4.2.1“注册者或者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”。 6.4.2.2 a) “采取适当的手段划出监督区的边界”。
分区管理措施	对控制区进行严格控制, 工业 CT 装置在曝光过程中严禁任何人进入。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 6.4.1.4 c) 在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的、符合附录 F 规定的警告标志。	监督区为辐射工作人员操作仪器时工作场所, 禁止非相关人员进入, 避免受到不必要的照射, 并根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002) 6.4.2.2 b) 在监督区入口处的适当地点设立表明监督区的标牌。
辐射防护措施	工业 CT 装置表面外粘贴电离辐射警告标识。	工业 CT 室入口处粘贴监督区警示标识。

## 2. 工作场所辐射屏蔽设计

本项目工业 CT 装置由检测室和操作台组成。

工业 CT 装置外尺寸为 2715.5mm (长) × 2008.5mm (宽) × 2006mm (高), 检测室采用钢-铅-钢对 X 射线进行屏蔽, 定义装置电动门所在面为前侧, 则主射线朝装置左侧, 操作台位于检测室右侧。

本项目装置屏蔽参数见表 10-2。

表 10-2 工业 CT 装置屏蔽设计参数

装置名称	屏蔽体方位 (定义电动门为前侧)	屏蔽体材料及材料厚度	等效铅当量
SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置	检测室右侧屏蔽体	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	6.3mm
	检测室前侧屏蔽体 (含电动门)	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	6.3mm
	检测室左侧屏蔽体 (主射方向)	2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板	8.3mm
	检测室后侧屏蔽体	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	6.3mm
	检测室底部屏蔽体	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	6.3mm
	检测室顶部屏蔽体	2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板	6.3mm

注: 折合铅当量取值参考《无损检测仪器 1MV 以下 X 射线设备的辐射防护规则 第 3 部分: 450kV 以下 X 射线设备辐射防护的计算公式和图表》(GBZ 41476.3-2022)表 4, 由 150kV 及 200kV 内插得 160kV 下 2.56mm 钢对应 0.2mm 铅, 则 4mm 钢对应铅板厚度约为 0.3mm。

## 3. 工作场所辐射安全和防护措施

- 1) 屏蔽防护:** 本项目工业 CT 装置采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护;
- 2) 联锁装置:** 本项目工业 CT 装置电动门设计有门机联锁装置, 只有在电动门



完全关闭时工业 CT 装置才能出束照射，门打开时立即停止 X 射线照射，关上门时不能自动开始 X 射线照射；

**3) 工作状态指示灯：**本项目工业 CT 装置上方设有工作状态指示灯，当 X 射线管曝光时，警示灯（红色）亮起，信号灯可以有效的提醒工作人员 X 射线管的曝光状态，工作状态指示灯与装置连锁；

**4) 电离辐射警告标识：**本项目工业 CT 装置表面外设置有“当心电离辐射”的电离辐射警告标志及中文警示说明；

**5) 两区划分：**本项目拟将工业 CT 装置检测室作为本项目的控制区，将检测室与工业 CT 室围成的区域（包括操作台）作为本项目的监督区，仅辐射工作人员能够进入。在工业 CT 装置电动门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在工业 CT 室入口处张贴监督区的标牌。

**6) 门缝搭接：**本项目工业 CT 装置电动门与装置外壳搭接处重叠宽度为 40mm，工件门与装置外壳之间的缝隙宽度不大于 1mm，工件门与装置外壳重叠部分不小于门缝间隙宽度的 10 倍；

**7) 紧急停机按钮：**因装置电动门尺寸约为 1.2m×0.8m，成年人员不能工业 CT 检测室内，故本项目工业 CT 装置前侧屏蔽体拟设有急停按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。

**8) 钥匙开关：**本项目工业 CT 装置前侧屏蔽体设有钥匙开关，只有打开钥匙开关后工业 CT 装置才能出束，钥匙只有在停机或待机状态下才能拔出。

**9) 开门及关门：**本项目工业 CT 装置前侧屏蔽体设有开门及关门按钮，控制电动门的开启和关闭，关闭设备前先关闭电动门。

**10) 电缆孔防护：**本项目在检测室的右侧顶部设置小过线口，孔洞直径约为 35mm，设置 6mm 铅板结构防护罩进行屏蔽；右侧底部设置大过线口，孔洞直径约为 115mm，设置 6mm 铅板结构防护罩进行屏蔽。

**11) 通风口防护：**本项目工业 CT 装置内采取右侧上方风扇式机械排风，在通风孔设置铅板防护，防护采用 6mm 铅防护罩。

**12) 辐射防护管理机构：**公司拟成立辐射防护管理机构，拟建立相关辐射安全管理规章制度及辐射事故应急预案，检测过程中严格执行相应的规章制度，避免发生误照射事故。

**13) 辐射防护仪器设备:** 公司拟配备 1 台辐射剂量巡测仪和 2 台个人剂量报警仪, 用于对工业 CT 装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警。

**14) 摄像装置:** 本项目工业 CT 检测装置检测室内设有摄像装置, 通过电脑控制系统能清楚看见检测室内情况, 避免误照射情况发生。

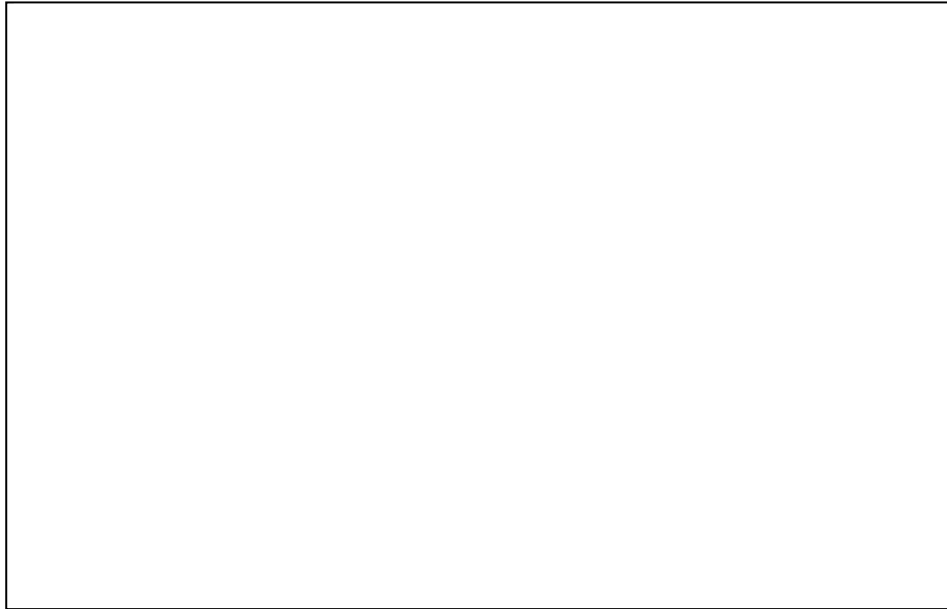


图 10-2 本项目工业 CT 装置的辐射安全与防护

### 三废的治理

#### 1. 固体废物

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾, 预计月排放量为 30kg, 年排放量为 360kg; 本项目产生的生活垃圾由公司统一收集后, 交给环卫部门清运。

#### 2. 废水

本项目运行后辐射工作人员会产生一定量的生活污水, 预计月排放量为 2.4m<sup>3</sup>, 年排放量为 28.8m<sup>3</sup>; 本项目产生的生活污水进入公司污水管道, 最终进入污水处理站处理。

#### 3. 气体废物

工业 CT 装置在工作状态时, 会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物, 人员不得进入检测室。工业 CT 装置检测室内部容积约为 5.4m<sup>3</sup>, 检测室内右上方设置通风孔, 安装 1 个排气扇进行机械排风, 单个风扇排风量约为 100m<sup>3</sup>/h, 并通过开关电动门进行通风换气。能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求, 可将产生的少量臭氧和氮氧化物排至室外, 臭氧在常温常压下稳定性较差, 常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟, 可自动分解为氧气, 对环境影响较小。

表 11 环境影响分析

**建设阶段对环境的影响**

本项目工业 CT 装置为整体购买设备，在设备安装组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。

**①噪声**

工业 CT 装置在安装过程中会产生少量的设备安装组装噪声，由于本项目评价范围大部分位于公司厂区内部，部分为其他公司，设备安装组装噪声远远小于厂区内部生产经营产生的生产噪声，因此施工噪声对周围环境影响较小。

**②固体废物**

工业 CT 装置在组装过程中，会拆除一定的外包装材料，包装材料为一般固废，部分回收利用；部分与办公垃圾一同依托厂区现有垃圾收集设施收集处置，对周围环境影响较小。

**③废水**

工业 CT 装置在组装及调试过程中，安装及调试人员会产生少量的生活污水，经厂区污水管网，最终进入污水处理站处理，对周围环境影响较小。

**运行阶段对环境的影响**

本项目工业 CT 装置采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行防护，根据公司所提供的数据本项目运行后装置年曝光时间最大约为 1000h。

本项目型号为 SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置，最大管电压为 160kV，最大管电流为 3.125mA，最大功率 500W；本项目工业 CT 装置定义电动门所在位置为前侧，工作时主射线固定朝左侧照射（根据装置摆放情况实际为朝西照射），出束角度为 20°，射线管可以上下移动，移动行程为 800mm，因此本项目工业 CT 装置左侧屏蔽体按主射线照射考虑，其余侧屏蔽体均按非主射线照射考虑。

本报告以工业 CT 装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 3.125mA，最大功率 500W 对设备四周、顶部和底部辐射环境影响进行预测；预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式：

**1. 有用线束屏蔽估算**

预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中有用线束屏蔽估算的计算公式：

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，mA；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ ，本项目工业 CT 装置输出量为  $5.94\text{mSv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{min})$ ，即距辐射源点输出剂量率为  $3.564\text{E}+05\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

$B$ ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），因采用附录表 B.2（根据 150kV 与 200kV 管电压什值层厚度内插法求得 160kV 管电压什值层厚度为 1.048mm），再根据公式  $B=10^{-X/\text{TVL}}$  计算取得 160kV 下 8.3mm 铅板对应透射因子  $1.20\text{E}-08$ ；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

## 2. 非有用线束屏蔽估算

装置非有用线束屏蔽体预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中非有用线束屏蔽估算的计算公式：

### ① 泄漏辐射

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$\dot{H}_L$ ：距靶点 1m 处 X 射线管组装体的泄漏辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1，取得距靶点 1m 处的泄漏辐射剂量率为  $2500\mu\text{Sv/h}$ 。

$B$ ：屏蔽透射因子，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014），因附图 B.1 曲线中没有 160kV，故采用附录表 B.2（根据 150kV 与 200kV 管电压什值层厚度内插法求得 160kV 管电压什值层厚度为 1.048mm），再根据公式  $B=10^{-X/\text{TVL}}$  计算取得 160kV 下 6.3mm 铅板对应透射因子  $9.74\text{E}-07$ ；

$R$ ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

### ② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\dot{H}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$I$ ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流， $\text{mA}$ ；

$H_0$ ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量， $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ ，本项目工业 CT 装置输出量为  $5.94\text{mSv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{min})$ ，即距辐射源点输出剂量率为  $3.564\text{E}+05\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ 。

$B$ ：屏蔽透射因子，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中表 2 可知，本项目 160kV 下 X 射线 90° 散射辐射最高能量为 150kV，根据《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中附录表 B.2 取得 150kV 管电压什值层厚度为 0.96mm，再根据公式  $B=10^{-X/\text{TVL}}$  计算取得 150kV 下 6.3mm 铅板对应透射因子  $2.74\text{E}-07$ ；

$F$ ： $R_0$  处的辐射野面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：散射因子，入射辐射被单位面积（ $1\text{m}^2$ ）散射体散射到距其 1m 处的散射辐射剂量率与该面积上的入射辐射剂量率的比。与散射物质有关，在未获得相应物质的  $\alpha$  值时，可以用水的  $\alpha$  值保守估计，取值参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的附录 B 表 B.3；

$R_s$ ：散射体至关注点的距离， $\text{m}$ ；

$R_0$ ：辐射源点（靶点）至探伤工件的距离， $\text{m}$ 。

### 3. 参考点的周/年剂量水平估算

$$H_c = \dot{H}_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： $H_c$ ：参考点的周剂量水平， $\mu\text{Sv/周}$ 、 $\mu\text{Sv/年}$ ；

$\dot{H}_{c,d}$ ：参考点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$t$ ：探伤装置周照射时间， $\text{h/周}$ 、 $\text{h/年}$ ；

$U$ ：探伤装置向关注点方向照射的使用因子；

$T$ ：人员在相应关注点驻留的居留因子。

### 4. 参考点处剂量率理论计算结果

关注点位示意图见图 11-1，图中距离均为到装置表面距离。

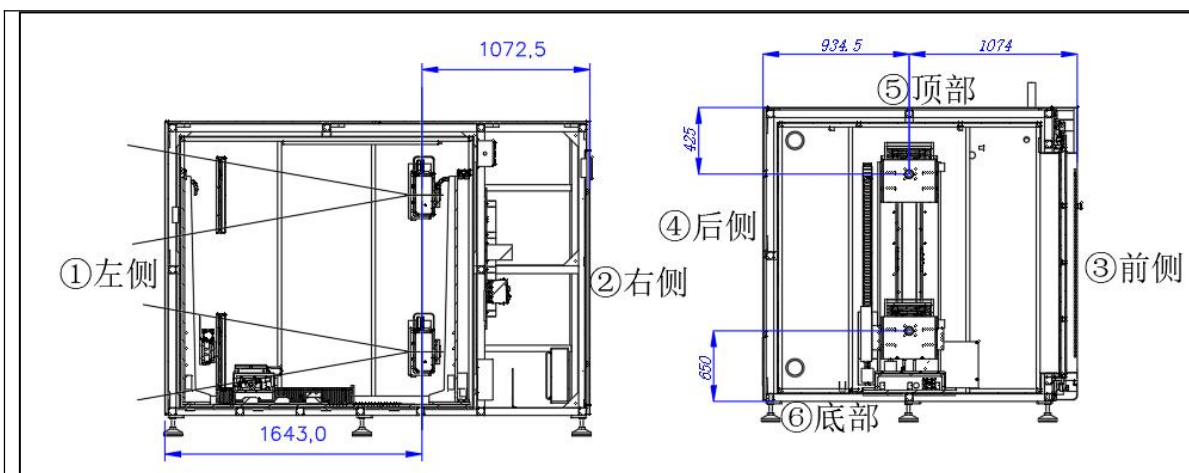


图 11-1 SEAMASTER PRO 型工业 CT 装置各关注点位示意图

表 11-1 有用线束方向屏蔽效果预测表

关注点	等效铅板厚度 (mm)	I (mA)	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )	B	R (m)	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )	剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	评价
①左侧								

注：①R 值根据图 11-1 取值，取装置表面外 30cm 为关注点。

表 11-2 非有用线束方向屏蔽效果预测表

参数	关注点				
	②右侧	③前侧 (含电动门)	④后侧	⑤顶部	⑥底部
屏蔽材料					
等效铅板厚度					
泄漏辐射	$B_1$				
	$\dot{H}_L$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
	R (m)				
	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
散射辐射	散射线能量 (kV)				
	$B_2$				
	I (mA)				
	$H_0$ ( $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/(\text{mA}\cdot\text{h})$ )				
	$F * \alpha / R_0$				
	$R_s$ (m)				
	$\dot{H}$ ( $\mu\text{Sv/h}$ )				
泄漏辐射和散射辐射的复合作用					
剂量率参考控制水平 ( $\mu\text{Sv/h}$ )	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价	满足	满足	满足	满足	满足

注：①R 值根据图 11-1 取值，取装置表面外 30cm 为关注点，底部为装置表面外关注点；

②B<sub>1</sub> 以射线能量为 160kV 值取，B<sub>2</sub> 以射线能量为 150kV 值取。

根据表 11-1、11-2 中预测结果，当本项目工业 CT 装置满功率运行时，装置表面外 30cm 处辐射剂量率均能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平的要求。

## 5.反散射辐射影响分析

### 5.1 天空反散射

参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中“3.1.2 b) 1) 穿过探伤室顶的辐射与室顶上方空气作用产生的散射辐射对探伤室外地面附近公众的照射。该项辐射和穿出探伤室墙的辐射在相应关注点的剂量率总和，应按 3.1.1c) 的剂量率参考控制水平 H<sub>c</sub>（μSv/h）加以控制。”

根据表 11-2，本项目工业 CT 装置顶部外 30cm 处辐射剂量率最大为 **1.62E-02μSv/h**，经天空反散射到达地面辐射剂量率远小于 **1.62E-02μSv/h**，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

### 5.2 底部反散射

根据摆放位置，装置主射线朝西侧照射，根据表 11-2 计算结果，到达底部剂量率为 **2.02E-02μSv/h**，经底部地面散射后剂量率远小于 **2.02E-02μSv/h**，能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中辐射屏蔽剂量率参考控制水平要求。

## 6.电缆孔、通风孔辐射影响分析

本项目工业 CT 装置右侧设置底部大电缆孔和顶部小电缆孔，均采用外置 6mm 铅防护罩，利用散射降低管道口的辐射水平，避免 X 射线直接照射电缆孔，X 射线进入电缆孔后散射示意图如图 11-2。X 射线需至少经过三次散射才能到达管道口。

本项目工业 CT 装置内采取右侧上方风扇式机械排风，在通风孔设置铅板防护，防护采用 6mm 铅防护罩，避免 X 射线直接照射通风口，利用散射降低通风孔的辐射水平，最大程度上避免射线泄露，X 射线进入通风孔后散射示意图如图 11-3。根据《辐射防护导论》P193“一般经三次以上散射后γ射线的剂量当量率已降得很低了，实例也证明了这一点。”，本项目工业 CT 装置电缆孔及通风孔设计能够满足辐射防护要求。

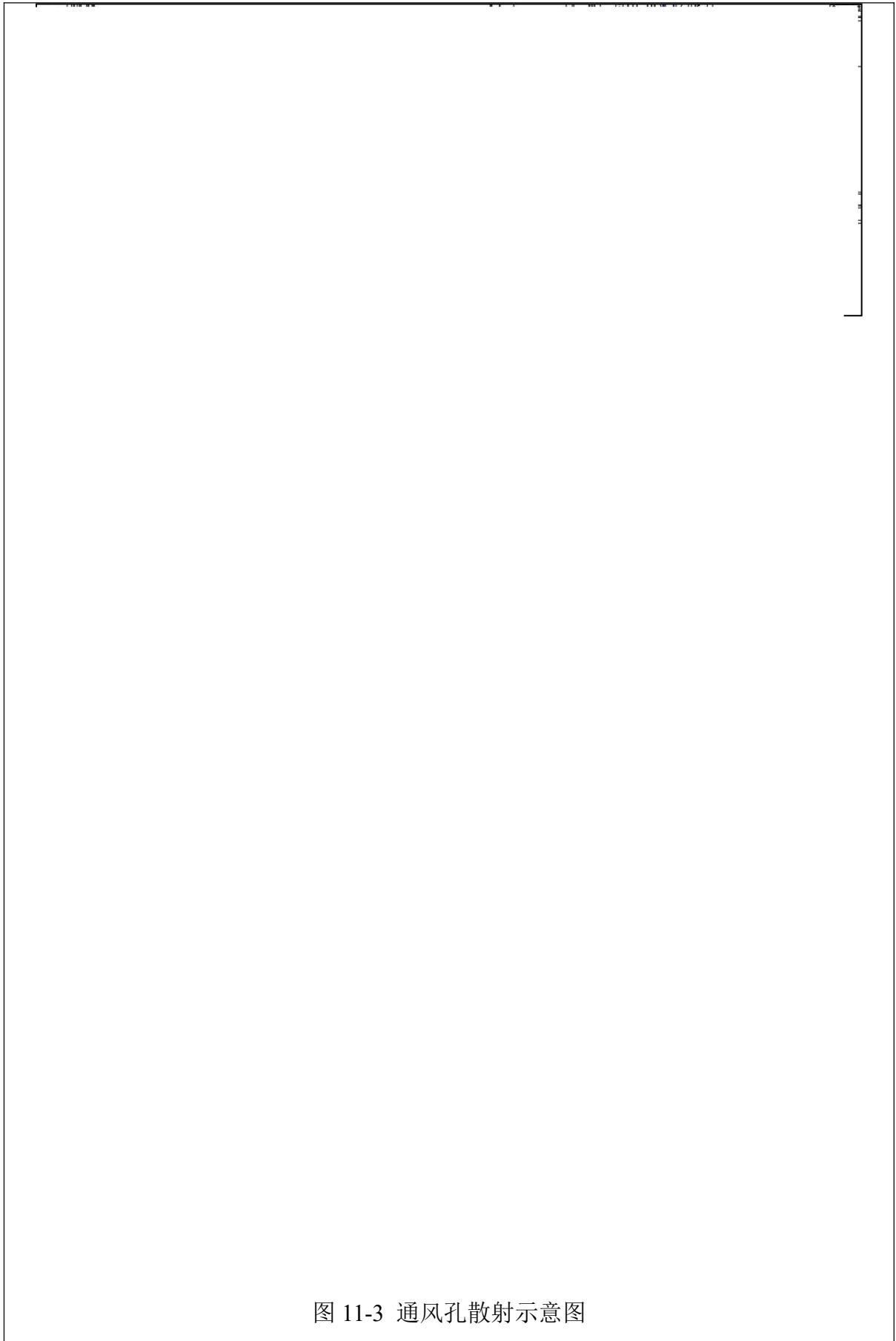


图 11-3 通风孔散射示意图



### 7.保护目标剂量评价

**表 11-3 辐射工作人员年有效剂量估算结果**

位置	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 (μSv/h)	剂量率控制水平(μSv/h)	周剂量估算值(μSv/周)	目标管理值 (μSv/周)	年剂量估算值(mSv/年)	目标管理值 (mSv/年)	结论
右侧	1	1							

注：①工业 CT 装置曝光检测时，辐射工作人员基本位于操作台，与装置有一定距离，但辐射工作人员仍位于监督区内，因此保守以装置四周表面外最大剂量率来预测计算辐射工作人员最大有效剂量，居留因子取 1；

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 20h/周；一年按照 50 周计算，年曝光时间最大不超过 1000h。

本项目工业 CT 装置周围公众周有效剂量及年有效剂量计算结果见表 11-4，由于辐射剂量率随距离增大而衰减，车间内更远处的关注点辐射剂量率不会高于该位置，相应有效剂量也不会高于该位置。

**表 11-4 周围公众及保护目标年有效剂量估算结果**

关注点	关注点方位及与装置距离	距源点距离 (m)	居留因子	关注点辐射剂量率 (μSv/h) *	周有效受照剂量 (μSv/周)	目标管理值 (μSv/周)	年有效受照剂量 (mSv/a)	剂量约束值 (mSv/年)
新立③车间	编织车间	东侧1m						
	更衣室	南侧2m						
	走廊	西侧2m						
	检验室	北侧1m						
	办公室	楼上2m						
	其余区域	东侧、西侧、南侧、北侧、楼上4m						
厂区道路	东侧、西侧、南侧、北侧7m					5		0.1
新立②车间	南侧16m							
新立①车间	南侧16m							
无锡迪斯凯包装容器有限公司	北侧31m							
江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司	东侧35m							

注：①保护目标分主射线及非主射线方向预测计算，主射线方向根据公式（1）进行预测计算，非主射线方向根据公式（2）、公式（3）进行预测计算，仅考虑距离衰减。

②本项目工业 CT 装置周曝光时间约为 20h；一年按照 50 周计算，年曝光时间最大不超过 1000h。

从表 11-3 及表 11-4 中预测结果可以看出，本项目工业 CT 装置满功率运行时，辐射工作人员所受周有效剂量最大为  $1.13\text{E-}01\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为  $5.65\text{E-}03\text{mSv}$ ；周围公众所受周有效剂量最大为  $4.58\text{E-}02\mu\text{Sv}$ ，年有效剂量最大为  $2.29\text{E-}03\text{mSv}$ 。根据理论计算结果，本项目辐射工作人员及周围公众受照剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）及本项目剂量约束值要求（职业人员年有效剂量不超过  $5\text{mSv}$ ，公众年有效剂量不超过  $0.1\text{mSv}$ ）。

## 事故影响分析

### 1) 主要事故风险

- ①工业 CT 装置门机联锁失效，装置电动门未关闭就对工件进行曝光，致使人员受到意外照射；
- ②工业 CT 装置进行检修、维修发生误照射对周围人员造成意外照射。

### 2) 事故处理方法及预防措施

本项目针对上述可能出现的主要事故建议性地给出处理方法或者预防措施：

- ①应加强管理，加强对辐射工作人员的培训，严格执行安全操作规程；
- ②定期检查门机联锁装置，确保无损检测工作正常进行；
- ③工业 CT 装置工作时辐射工作人员应使用辐射巡检仪进行巡检，发现异常情况应立即停止出束，并检查排除异常，并做好记录；
- ④发生事故时应按下急停开关切断电源，确保装置停止出束；
- ⑤对人员造成额外照射，发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实与调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关；
- ⑥厂家专业人员维修严禁自行拆装维修。

宜兴市新立织造有限公司在日常工作中应加强辐射安全管理，定期对工业 CT 装置进行检查、维护，发现问题及时维修；严格要求辐射工作人员按照操作规程进行工业 CT 装置操作，每次操作前检查工业 CT 装置门机联锁、急停按钮等安全防护措施的有效性，定期检测工业 CT 装置的周围辐射水平，确保安全措施有效运行；同时针对可能发生的辐射安全事故，进一步完善辐射事故应急预案，以能够有序应对事故。此外，公司应按照计划进行应急演练，配备应急物品，通过演练确定应急措施是否可行。同时公司应在今后的工作实践中不断完善辐射安全制度，提高制度的可操作性。

表 12 辐射安全管理

**辐射安全与环境保护管理机构的设置**

宜兴市新立织造有限公司从未开展过核技术利用项目，本项目为宜兴市新立织造有限公司首次开展核技术利用项目，公司拟配备 2 名辐射工作人员，其中一人为辐射防护负责人。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，使用Ⅱ类射线装置的单位应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，本项目管理人员报考类别为“辐射安全管理”，管理人员必须通过辐射防护和安全专业知识及相关法律法规的考核。使用射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。

宜兴市新立织造有限公司拟成立相应的辐射安全管理机构，并以文件形式明确各成员管理职责。本项目拟配备 2 名辐射工作人员，辐射工作人员应在项目运行前自主在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全和防护专业知识及相关法律法规，然后报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行上岗作业，辐射工作人员考核类型为“X 射线探伤”。

**辐射安全管理规章制度**

本项目为使用Ⅱ类射线装置项目，宜兴市新立织造有限公司拟按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》制定一系列的辐射安全管理制度，包括操作规程、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、事故应急制度等。

宜兴市新立织造有限公司在日后实际工作中，应根据具体情况和实际问题，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求及时更新、完善的制度的可操作性，本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

- **岗位职责：**明确管理人员、辐射工作人员、维修人员的岗位责任，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。
- **操作规程：**明确本项目工业 CT 装置辐射人员的资质条件要求、工业 CT 装置操作流程及操作过程中应采取的具体防护措施，重点是明确工业 CT 装置操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

- **辐射防护和安全保卫制度：**根据企业的具体情况制定辐射防护和安全保卫制度，重点是工业 CT 装置的运行和维修时辐射安全管理。
- **设备检修维护制度：**明确工业 CT 装置的辐射监测设备维修计划、维修的记录和在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保工业 CT 装置、巡测仪、个人剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。
- **射线装置使用登记、台账管理制度：**根据射线装置使用具体情况制定，重点是射线装置使用状况的记录。
- **人员培训计划：**制定人员培训计划，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：**方案中应明确监测频次和监测项目，监测结果定期上报生态环境行政主管部门。
- **事故应急预案：**依据《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）、《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）及《江苏省辐射污染防治条例》的要求针对本项目可能发生的辐射事故（意外照射等）制定事故应急预案，应急预案内容包括：应急机构和职责分工、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、应急演习计划；辐射事故分级与应急响应措施、辐射事故调查、报告和处理程序；应急领导小组成员姓名及联络电话、当地的救援报警电话，事故发生后公司应积极配合生态环境保护部门、公安部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。
- **监测异常报告制度：**如果发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。如果工作场所及周围环境监测中发现异常情况的，应当立即采取措施，并在一小时内向生态环境行政主管部门报告。

宜兴市新立织造有限公司应严格按照制度执行，在今后的工作实践中不断完善，提高制度的可操作性。

## 辐射监测

### 1.监测方案

- 1) 公司应每年委托有资质的单位对工业 CT 装置周围进行年度监测，应当对本

单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，公司应于每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告和年度监测报告，具体辐射监测方案见表 12-1；

2) 辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（常规监测周期一般为一个月，最长不应超过三个月）送有资质部门进行监测，建立个人剂量档案；若发现个人剂量有异常的，应当对有关人员采取保护措施，并在接到监测报告之日起五日内报告发证的生态环境、卫生健康部门调查处理。

3) 工业 CT 装置进行作业时辐射安全管理人员定期对工业 CT 装置周围的辐射水平进行监测，并做好相关记录。若发现辐射异常情况，应当立即采取措施，并一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。

表 12-1 辐射监测方案

监测对象	监测项目	监测因子	监测方式	监测周期	监测点位
工业 CT 装置	验收监测	X- $\gamma$ 周围剂量当量率	委托有资质单位进行	项目运行前 1 次	①通过巡测发现辐射水平异常高的位置； ②工业 CT 装置表面外 30cm 处，电动门四周门缝及表面外 30cm 处； ③人员经常活动的位置。
	年度监测		委托有资质单位进行	每年一次	
	自主监测		自行监测	每月一次	
辐射工作人员	个人剂量当量监测	个人剂量当量	委托有资质单位进行	每 3 个月一次	/

## 2. 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》及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）等要求，使用 II 类射线装置的单位应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；宜兴市新立织造有限公司拟配备 1 台 X- $\gamma$  辐射剂量巡测仪和 2 台 X- $\gamma$  个人剂量报警仪，且辐射剂量巡测仪需定期对其开展检定/校准工作，项目运行后应定期对工业 CT 装置周围环境辐射水平监测，并做好监测记录。

宜兴市新立织造有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，应在项目运行前委托有资质的单位对辐射工作人员开展个人剂量检测，并定期组织职业健康体检，建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。

落实以上措施后，本项目所配备的防护用品和监测仪器能够满足相关管理要求。

## 辐射事故应急

宜兴市新立织造有限公司拟设置辐射事故应急小组，并制定《辐射事故应急预案》，公司应根据本项目可能产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容应包括：

- (1) 应急机构和职责分工；
- (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) 应急演习计划；
- (4) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (5) 辐射事故调查、报告和处理程序。

宜兴市新立织造有限公司应依据《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）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，单位应当立即启动本单位的应急方案，采取必要防范措施，在事故发生后1小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，造成或者可能造成人员超剂量照射的，还应当同时向卫生健康部门报告。并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》。报告内容包括单位信息，许可证信息，事故发生时间、地点、类型，射线装置名称及型号，事故经过等信息。

事故发生后应积极配合生态环境部门、公安部门及卫生健康部门调查事故原因，并做好后续工作。

宜兴市新立织造有限公司应加强管理，严格执行安全操作规程。应经常监测本项目工业CT装置周围的环境辐射剂量率等，发现问题及时排查，确保辐射工作安全有效运转。

表 13 结论与建议

**结论****1. 实践正当性**

宜兴市新立织造有限公司因产品检测需要，使用 1 台工业 CT 装置对高性能纤维预制体进行无损检测，确保其产品质量。本项目的建设将满足企业提供产品质量的需求，创造更好的经济效益，从社会角度而言，能够使用安全系数更高的产品，减少安全事件发生的可能性。虽然在运行期间，工业 CT 装置的应用可能会对周围环境、工作人员及周围公众造成一定辐射影响，但公司在做好各项辐射防护措施，严格按照规章制度运营本项目的情况下，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。因此，在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

**2. 与产业政策的相符性**

本项目使用工业 CT 装置对公司生产的产品进行无损质量检测，根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2024 年 2 月 1 日施行），本项目不属于限制类、淘汰类。故本项目的建设符合国家现行产业政策。

**3. 辐射安全与防护分析结论****1) 选址、布局合理性**

本项目位于宜兴市芳桥街道工业集中区郁南路3号宜兴市新立织造有限公司厂区内，宜兴市新立织造有限公司东侧为江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司，南侧为郁南路，西侧为龙泉北路，北侧为无锡迪斯凯包装容器有限公司。

本项目工业CT装置拟放置在工业CT室内，工业CT室拟设置在宜兴市新立织造有限公司新立③车间的研发中心区一层南部，新立③车间东侧、西侧、北侧为厂区道路，南侧隔厂区道路为新立②车间和新立①车间。研发中心区（2层）东侧为编织车间，南侧为过道，西侧为编织车间和过道，北侧为厂区道路。工业CT室东侧为编织车间，南侧为更衣室，西侧隔走廊为力学测试室，北侧为检验室，楼上为办公室，楼下为土层。

本项目 50m 范围内无居民区、学校等环境敏感目标。本项目 50m 范围内涉及新

立③车间、厂区道路、新立②车间、新立①车间、无锡迪斯凯包装容器有限公司、江苏合华能源设备有限公司和宜兴市华通锅炉密封工程有限公司。本项目周围环境保护目标主要为从事工业 CT 装置操作的辐射工作人员及装置周围公众。

## 2) 辐射防护措施

该装置外尺寸约为 2715.5mm（长）×2008.5mm（宽）×2006mm（高），该装置电动门既为工件门又为检修门。检测室采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽，定义电动门所在面为装置前侧。检测室左侧屏蔽体为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板，其他侧（含电动门）均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板。射线管可上下移动，移动行程为 800mm，出束角度为 20°，该装置最大管电压为 160kV，最大管电流为 3.125mA，最大功率 500W，电缆孔及通风孔处均设置 6mm 铅板结构防护罩。

## 3) 辐射安全措施

工业CT装置前侧屏蔽体上设置有钥匙开关，电动门与装置设置门-机安全联锁装置，装置设置工作状态指示灯，灯与装置设置灯-机安全联锁装置，定期检查门-机联锁装置和灯-机安全联锁装置，确保有效；装置外表面设置“当心电离辐射”警告标志，提醒无关人员勿在其附近出入和逗留。本项目工业CT装置前侧屏蔽体上设计安装有紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止照射。检测室内设置有视频监控。本项目工业CT装置前侧屏蔽体设有开门及关门按钮，控制电动门的开启和关闭，关闭设备前先关闭电动门。公司拟配备1台辐射剂量巡测仪，拟配备2台个人剂量报警仪，用于对工业CT装置工作时周围环境辐射水平监测及对瞬时辐射剂量率的实时报警，以上措施能够满足辐射安全管理的要求。

本项目拟将工业CT装置检测室作为本项目的控制区边界，将检测室与工业CT室围成的区域（包括操作台）作为本项目的监督区边界，仅辐射工作人员能够进入。在工业CT装置门上拟设置电离辐射警告标志及中文警示说明，并在工业CT室入口处张贴监督区的标牌。

## 4) 通风措施评价

工业 CT 装置在工作状态时，会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，人员不得进入检测室。工业 CT 装置检测室内部容积约为 5.4m<sup>3</sup>，检测室内右上方设置通风孔，安装 1 个排气扇进行机械排风，单个风扇排风量约为 100m<sup>3</sup>/h，并通过开关电动门进行通风换气。能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求，可将产



生的少量臭氧和氮氧化物排至室外，臭氧在常温常压下稳定性较差，常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟，可自动分解为氧气，对环境影响较小。

#### 4. 辐射环境影响分析结论

本项目工业 CT 装置通过自带铅板和钢板对 X 射线进行屏蔽。经理论预测结果可知，本项目工业 CT 装置以最大功率运行时装置表面外 30cm 处辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）的辐射剂量率限值要求。

由预测结果可知，本项目工业 CT 装置满功率运行时，辐射工作人员及周围公众所受周有效剂量和年有效剂量能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）剂量限值和本项目管理目标限值的要求（职业人员年有效剂量不超过 5mSv，周有效剂量不超过 100 $\mu$ Sv；公众年有效剂量不超过 0.1mSv，周有效剂量不超过 5 $\mu$ Sv）。

#### 5. 辐射环境管理

- 1) 委托有资质的单位每年对辐射工作场所周围环境辐射剂量率进行检测；
- 2) 拟为本项目配备 1 台辐射剂量巡测仪及 2 台个人剂量报警仪，定期对工作场所辐射水平进行检测；
- 3) 在项目运行前，委托有资质的单位开展个人剂量监测，所有辐射工作人员均佩戴个人剂量计，定期按时送检，并建立辐射工作人员个人剂量监测档案。
- 4) 在项目运行前安排 2 名辐射工作人员进行职业健康体检并定期复检，并建立职业健康监护档案。
- 5) 宜兴市新立织造有限公司拟成立辐射防护管理机构，并以文件的形式明确各成员管理职责。在项目运行前制定辐射安全管理制度；本项目拟配备 2 名辐射工作人员；项目投运后，辐射工作人员上岗前应报考全国核技术利用辐射安全与防护考核，必须通过考核后方能正式进行作业。

综上所述，宜兴市新立织造有限公司新建 1 台工业 CT 装置项目符合实践正当性原则，拟采取的辐射安全和防护措施适当，工作人员及公众受到的周/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）及《工业探伤放射防护标准》（GBZ117-2022）中关于“剂量限值”的要求，也符合本项目剂量约束值的要求。在落实本报告提出的各项污染防治和管理措施后，将具有与其所从事的辐射活动相适应的技术能力和具备相应的辐射安全防护措施，其设施运行对周围环境产生

的影响较小，故从辐射环境保护角度论证，项目可行。

#### 建议和承诺

1)该项目运行后，应严格遵循操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思，以避免意外事故造成对公众和职业人员的附加影响，使对环境的影响降低到最低。

2)各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

3) 定期进行辐射工作场所的检查及监测，对于监测结果偏高的地点应及时查找原因、排除事故隐患，把辐射影响减少到“可以合理达到的尽可能低的水平”。

4) 建设单位在获得本项目环评批复后且工业 CT 装置建成后根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求申领辐射安全许可证。

5) 根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》第十二条 除需要取得排污许可证的水和大气污染防治设施外，其他环境保护设施的验收期限一般不超过 3 个月；需要对该类环境保护设施进行调试或者整改的，验收期限可以适当延期，但最长不超过 12 个月。建议建设单位在本项目环境保护设施竣工后及时进行竣工环保验收。

6) 建设单位应按照江苏省生态环境厅发布的《核技术利用单位辐射安全标准化建设指南（工业射线探伤类）》编制自评估报告，每年一月各单位根据上一年度辐射安全改进提升情况再次进行自评估，自评估报告作为年度评估报告附件，于 1 月 31 日前一并上传至国家核技术利用申报系统。

### 表 14 审批

下一级生态环境部门预审意见：

经办人

公 章

年 月 日

审批意见：

经办人

公 章

年 月 日

附表

辐射污染防治措施“三同时”措施一览表

项目	“三同时”措施	预期效果	预期投资 (万元)
辐射防护措施	该装置外尺寸约为 2715.5mm (长) ×2008.5mm (宽) ×2006mm (高), 该装置电动门既为工件门又为检修门。检测室采用钢-铅-钢的防护设计对 X 射线进行屏蔽, 定义电动门所在面为装置前侧。检测室左侧屏蔽体为 2mm 钢板+8mm 铅板+2mm 钢板, 其他侧 (含电动门) 均为 2mm 钢板+6mm 铅板+2mm 钢板。射线管可上下移动, 移动行程为 800mm, 出束角度为 20°, 该装置最大管电压为 160kV, 最大管电流为 3.125mA, 最大功率 500W, 电缆孔、通风口处均设置 6mm 铅板结构防护罩。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的剂量率限值要求。辐射工作人员年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 及本项目剂量管理目标 (职业人员年有效剂量不超过 5mSv, 公众年有效剂量不超过 0.1mSv。)	25
辐射安全措施	本项目工业 CT 装置电动门与装置设置门-机安全联锁装置, 装置设置工作状态指示灯及灯机联锁; 装置外表面设置“当心电离辐射”警告标志及中文警示说明。工业 CT 装置前侧屏蔽体上设计安装有紧急停机按钮。工业 CT 装置前侧屏蔽体上设有钥匙开关。检测室内设置有视频监控。本项目工业 CT 装置前侧屏蔽体设有开门及关门按钮, 控制电动门的开启和关闭, 关闭设备前先关闭电动门。	能满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ117-2022) 的要求。	4
	本项目以检测室作为本项目的控制区, 将检测室与工业 CT 室围成的区域 (包括操作台) 作为监督区, 在工业 CT 装置表面、工业 CT 室入口处设置电离辐射警告标志及中文警示说明, 在监督区张贴警示说明 (“监督区”标牌) 以作警示。	两区划分满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 6.4.1 中相关要求。	/
	拟配置 1 台 X-γ辐射剂量巡测仪及 2 台 X-γ个人剂量报警仪。	按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》配备个人剂量测量报警、辐射监测, 满足工作场所日常监测要求。	1
污染防治措施	废气: 工业 CT 装置在工作状态时, 会使检测室内的空气电离产生少量臭氧和氮氧化物, 人员不得进入检测室。工业 CT 装置检测室内部容积约为 5.4m <sup>3</sup> , 检测室内右上方设置通风孔, 安装 1 个排气扇进行机械排风, 单个风扇排风量约为 100m <sup>3</sup> /h, 并通过开关电动门进行通风换气。能够满足每小时有效换气次数 3 次的通风需求, 可将产生的少量臭氧和氮氧化	本项目臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气, 其产生臭氧和氮氧化物环境影响较小。	/

	<p>物排至室外,臭氧在常温常压下稳定性较差,常温常态常压的空气中臭氧有效化学分解时间约为 50 分钟,可自动分解为氧气,对环境影响较小。</p> <p>生活污水:进入公司污水管道,最终进入污水处理站处理。</p> <p>生活垃圾:由公司统一收集后,交给环卫部门清运</p>		
<b>辐 射 安 全 管 理</b>	制定辐射安全管理机构,并以文件形式明确各成员职责。	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》制定安全管理机构。	/
	管理制度:制定操作规程、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、事故应急制度、射线装置使用登记、台账管理制度等。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求。	/
	本项目拟配备 2 名辐射工作人员,上岗前应通过辐射安全与防护考核。	根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《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》,辐射工作人员应持有考核合格证。	定期投入
	委托有资质单位对所有辐射工作人员开展个人剂量检测,并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案。辐射工作人员均应佩戴个人剂量计。(常规监测周期一般为 1 个月,最长不应超过 3 个月。)	根据《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)辐射工作人员正常开展个人剂量监测,根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(原环境保护部令第 18 号),个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁,或者停止辐射工作三十年。	每年投入
	职业健康体检:定期组织职业健康体检,并按相关要求建立辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案(两次检查的时间间隔不应超过 2 年,必要时可增加临时性检查。)	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》,使用放射性同位素和射线装置的单位,应当严格按照国家关于健康管理的规定,对直接从事使用活动的工作人员进行个人职业健康检查,建立职业健康监护档案。	每年投入

以上措施必须在项目运行前落实。