

核技术利用建设项目

昆山兴能能源科技有限公司

新建一台高分辨三维工业 CT 扫描系统项目

环境影响报告表

昆山兴能能源科技有限公司

2023 年 5 月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

昆山兴能能源科技有限公司

新建一台高分辨三维工业 CT 扫描系统项目

环境影响报告表

建设单位名称：昆山兴能能源科技有限公司

建设单位法人代表（签名或盖章）：

通讯地址：江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号

邮政编码：215300

联系人：吴伟

电子邮箱：

联系电话：

表 1 项目基本情况

建设项目名称		新建一台高分辨三维工业 CT 扫描系统项目			
建设单位		昆山兴能能源科技有限公司			
法人代表	陈国钟	联系人	吴伟		
注册地址		江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号			
项目建设地点		江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号			
立项审批部门		/		批准文号	/
建设项目总投资 (万元)	258	项目环保 投资 (万元)	5	投资比例 (环保投资/总 投资)	1.9%
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其他		占地面积 (m ²)	/
应用 类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
		☐ 使用	☐ I类 (医疗使用) ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类		
	非密封放 射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性物质		
		☐ 销售	/		
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙		
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类		
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类		
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类		
	其他	/			

1、建设单位基本情况、项目建设规模及任务由来

1.1 建设单位基本情况

昆山兴能能源科技有限公司地址位于江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号，成立于 2012 年 3 月 18 日，主营业务为：电池制造。

1.2 项目建设规模及任务由来

为保证公司生产产品质量，公司拟在厂区内二期厂房一层 CT 扫描室新增 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统，用于对公司产品进行无损检测工作。本项目新建的 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统设备型号为 nanoVoxel 2000，最大管电压为 150kV，最大管电流为 500μA，最大靶功率 30W，主射线向右照射。

昆山兴能能源科技有限公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，本项目 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统的年曝光时间约为 1500 小时。

本次评价核技术应用项目情况一览表见表 1-1。

表 1-1 昆山兴能能源科技有限公司本次环评核技术应用项目一览表

序号	射线装置名称及型号	数量	管电压 kV	管电流 μA	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	备注
1	nanoVoxel 2000 型高分辨三维工业 CT 扫描系统	1 台	150	500	II	二期厂房一层 CT 扫描室	拟购	新建项目本次环评	未许可	最大靶功率：30W；主射线向右

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》和《建设项目环境影响评价分类管理名录》等法律法规的规定，使用 II 类射线装置的单位应当在申请许可证前编制环境影响报告表。受昆山兴能能源科技有限公司委托，苏州苏大卫生与环境技术研究所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，编制该项目环境影响报告表。

2、项目周边保护目标及项目选址情况

昆山兴能能源科技有限公司位于江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号，厂界外东侧为牧田（中国）有限公司；南侧为南河路；西侧为昆山三星电机有限公司；北侧为康斐尔过滤设备（昆山）有限公司。地理位置见附图 1，厂区周围环境见图 2。

本项目拟建于昆山兴能能源科技有限公司二期厂房一层，二期厂房四周为厂区道路，无地下建筑。工业 CT 扫描系统拟建区域位于二期厂房一层的 CT 扫描室，区域相邻东侧依次为楼梯及电梯井道和厂内通道，南侧依次为空置用房和厂区道路，西侧为配电房，北侧依次为仓库通道及仓库，正上方为资讯机房，正下方无建筑。二期厂房在厂区的位置见厂区平面布局附图 3 所示，工业 CT 扫描系统 50m 评价范围见附图 4 所示，CT 扫描室及其周围平面布局见附图 5 所示

根据本项目特点，结合《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）的相关规定，确定以本项目边界外周围 50m 的范围作为评价范围。根据现场调查可知，本项目工业 CT 扫描系统周围 50m 范围内无居民区、学校等敏感点。本项目周围环境保护目标主要为从事本项目工业 CT 扫描系统操作

的放射工作人员及工业 CT 扫描系统周围评价范围内的公众。

3、原有核技术利用项目许可情况

昆山兴能能源科技有限公司目前已申领苏州市生态环境局颁发的辐射安全许可证，证书编号为苏环辐证[R0066]，许可种类和范围为“使用 III 类射线装置”，发证日期为 2023 年 4 月 24 日，有效期为 2028 年 4 月 23 日，辐射安全许可证见附件 7。

目前，昆山兴能能源科技有限公司现有 2 台 III 类射线装置，1 台位于公司一期厂房卷绕，1 台位于公司二期厂房卷绕。公司现有射线装置见表 1-2。

表 1-2 昆山兴能能源科技有限公司现有射线装置一览表

序号	射线装置名称	型号	类别	数量	用途	工作场所名称	环评、环保验收、许可情况	备注
1	X 射线装置	SOFTEX-100	III	1	产品检测	一期厂房卷绕	已许可	在用
2	X 射线装置	AX8200H	III	1	产品检测	二期厂房卷绕		在用

4、产业政策相符性评价

本项目不属于《产业结构调整指导目录（2019 年本）》、《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012）年本》中“限制类”、“淘汰类”项目。因此，项目符合国家 and 地方产业政策。

5、实践正当性评价

本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加拟建址周围的辐射水平，但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求。本项目的建设将满足企业的生产需求和提高产品质量，创造更大的经济效益和社会效益，在落实辐射安全与防护管理措施后，其带来的效益远大于可能对环境造成的影响，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

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)	年最大用量 (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	高分辨三 维工业 CT 扫描系统	II	1	nanoVoxel 2000	150	500	无损检测	二期厂房一层 CT 扫描 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 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方 式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5 废弃物

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放量	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	通过排风装置排入外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影 响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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.含有放射性的废弃物要注明，其排放浓度用比活度(Bq/l，或 Bq/kg，或 Bq/m³)，年排放总量分别用 Bq 和 kg。

表 6 评价依据

法规文件	(1) 《中华人民共和国环境保护法》（修订版），中华人民共和国主席令 第 9 号公布，2015 年 1 月 1 日施行 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 修正版），中华人民共和国主席令第 24 号公布，2018 年 12 月 19 日起施行 (3) 《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 日起施行 (4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年修正版），国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修正版），国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日起施行 (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年修订版），生态环境部令 第 16 号公布，2021 年 1 月 1 日起施行 (7) 《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 6 日起施行 (8) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年修正版），年修正）生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行 (9) 《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 日起施行 (10) 《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部令 第 9 号，自 2019 年 11 月 1 日起施行 (11) 《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 日起施行 (12) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日起施行 (13) 《关于进一步优化辐射安全考核的公告》生态环境部公告 2021 年第 9 号，2021 年 3 月 15 日起施行 (14) 《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
------	---

法规文件	套文件的公告》，生态环境部公告 2019 年第 38 号，2019 年 10 月 24 日 (15) 《关于启用环境影响评价信用平台的公告》，生态环境部公告 2019 年第 39 号，2019 年 10 月 21 日 (16) 《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正版），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会公告第 2 号，2018 年 5 月 1 日起施行 (17) 《江苏省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日 (18) 《省政府关于印发江苏省生态空间管控区域规划的通知》，苏政发〔2020〕1 号，2020 年 1 月 8 日 (19) 《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》，苏政发〔2020〕49 号，2020 年 6 月 21 日 (20) 《江苏省辐射事故应急预案》（2020 年修订版），苏政办函〔2020〕26 号，2020 年 2 月 19 日 (21) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2021 年修订），中华人民共和国国家发展和改革委员会令 49 号，2021 年 12 月 30 日 (22) 《江苏省工业和信息产业结构调整指导目录（2012 年本）》（2013 年修正），苏政办发〔2013〕9 号，2013 年 1 月 29 日 (23) 《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）
技术标准	(1) 《建设项目环境影响评价技术导则总纲》（HJ2.1-2016） (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》（HJ10.1-2016） (3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022） (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021） (5) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） (6) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002） (7) 《工业探伤放射防护要求》（GBZ117-2022） (8) 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）

其他	与本项目相关附件： （1）项目委托书（附件 1） （2）射线装置使用承诺书（附件 2） （3）屏蔽设计参数依据文件（附件 3） （4）营业执照（附件 4） （5）辐射环境现状检测报告（附件 5） （6）报告表编制主持人现场踏勘照片（附件 6） （7）现持有的辐射安全许可证（附件 7） （8）公司现行辐射安全管理规则制度等文件（附件 8） （9）本项目 2 名调配辐射工作人员辐射防护培训证书（附件 9） （10）公司现有辐射工作人员个人剂量检测报告（附件 10） （11）关于工业 CT 的 X 射线管的说明（附件 11）
----	---

表 7 保护目标与评价标准

评价范围

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ 10.1-2016）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 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统实体边界外 50m 区域。

保护目标

对照《江苏省国家级生态保护红线规划》（苏政发〔2018〕74 号）、《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）及《江苏省“三线一单”生态环境分区管控方案》（苏政发〔2020〕49 号），本项目评价范围不涉及国家公园、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（见附图 8）。对照《环境影响评价技术导则生态影响》（HJ 19-2022），本项目评价范围内不涉及受影响的重要物种、生态敏感区以及其他需要保护的物种、种群、生物群落及生态空间等生态保护目标。根据项目周边情况，本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统周围 50m 评价范围内没有居民区、学校等环境敏感目标，确定本项目保护目标主要为高分辨三维工业 CT 扫描系统的辐射工作人员及装置周围评价范围内的公众。

表 7-1 本项目环境保护目标一览表

环境保护目标		规模	方位	最近距离
辐射工作人员	装置操作人员	2 人	南侧	紧邻
公众	厂区道路	流动人群	南侧	7m
	昆山兴能能源科技有限公司二期厂房一层车间通道	流动人群	东侧	5m
	昆山兴能能源科技有限公司二期厂房一层保安工作处	2 人	东侧	5m
	昆山兴能能源科技有限公司二期厂房一层仓库通道	流动人群	北侧	2m
	昆山兴能能源科技有限公司二期厂房二层资讯机房	约 2 人	楼上	3m

评价标准

1 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）

表 7-2 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 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），20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。
公众照射 剂量限值	实践使公众有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，1mSv； ②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。

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。

2 《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）

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。

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 GB 18871 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 μ Sv/周，对公众场所，其值应不大于 5 μ Sv/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 μ Sv/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 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 μ Sv/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 GB 18871 要求的电离辐射警告标志和中文警示说明。

6.1.9 探伤室内应安装紧急停机按钮或拉绳, 确保出现紧急事故时, 能立即停止照射。按钮或拉绳的安装, 应使人员处在探伤室内任何位置时都不需要穿过主射线束就能够使用。按钮或拉绳应带有标签, 标明使用方法。

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。

3 《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014)

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 以下的工业 X 射线探伤装置的探伤室。

3.2 需要屏蔽的辐射

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

散射辐射。

3.2.2 散射辐射考虑以 0° 入射探伤工件的 90° 散射辐射。

3.2.3 当可能存在泄漏辐射和散射辐射的复合作用时，通常分别估算泄漏辐射和各项散射辐射，当它们的屏蔽厚度相差一个半值层厚度（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。搬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。

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

4 项目管理目标限值

综合考虑《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）等评价标准。

（1）本项目职业人员管理目标限值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中职业人员年有效剂量值的 $1/4$ ，即 **5mSv/a**；

（2）公众活动区域相关人员管理目标值取《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中公众年有效剂量值的 $1/10$ ，即 **0.1mSv/a**；

（3）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 μ Sv/周**，对公众不大于 **5 μ Sv/周**；

（4）本项目工业 CT 扫描系统屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率参考控制水平应不大于 **2.5 μ Sv/h**。

5 参考资料

《中国环境天然放射性水平》：江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平。

表 7-3 江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率调查结果（单位：nGy/h）

	原野	道路	室内
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
（均值 $\pm 3s$ ）*	50.4 $\pm$ 21.0	47.1 $\pm$ 36.9	89.2 $\pm$ 42.0

注：*：评价时参考数值。

表 8 环境质量和辐射现状

1 项目地理位置及场所位置

本项目建设地址位于江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号，项目地理位置见附图 1。企业厂界外东侧为牧田（中国）有限公司；南侧为南河路；西侧为昆山三星电机有限公司；北侧为康斐尔过滤设备（昆山）有限公司。厂区周围环境见附图 2。

本项目 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统拟建于昆山兴能能源科技有限公司二期厂房一层 CT 扫描室，拟建址东侧依次为楼梯及电梯井道和厂内通道，南侧依次为空置用房和厂区道路，西侧为配电房，北侧依次为仓库通道及仓库，正上方为资讯机房，正下方无建筑。本项目 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统所在二期厂房一层平面布局图见附图 4。本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统周围 50m 范围内没有居民区、学校等环境敏感目标。本项目保护目标主要为高分辨三维工业 CT 扫描系统的辐射工作人员及装置周围评价范围内的公众。本项目 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统拟建址及周围环境现状见图 8-1。



图 8-1 本项目拟建址及周围环境现状照片

2 环境现状评价的对象、监测因子和监测点位

评价对象：高分辨三维工业 CT 扫描系统拟建址周围辐射环境

监测因子：环境 γ 辐射剂量率

监测点位：在拟建址周围布置监测点位，共计 6 个监测点位

3 监测方案、质量保证措施及监测结果

3.1 监测方案

监测项目：环境 γ 辐射剂量率

监测布点：在高分辨三维工业 CT 扫描系统拟建址周围布置监测点位，具体点位见图 8-2

监测时间：2023 年 2 月 23 日

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司

监测仪器：FH40G 型便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪(探头型号 FHZ 672 E-10)
(设备编号：SDWH 2961，检定有效期：2017.09.08~2023.09.07)

监测方法：《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）

数据记录及处理：每个点位读取 10 个数据，读取间隔不小于 20s，并待计数稳定后读取数值。每组数据计算每个点位的平均值并计算方差。

3.2 质量保证措施

监测单位：苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司，公司已通过检验检测机构资质认定

监测布点质量保证：根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）有关布点原则进行布点

监测过程质量控制质量保证：本项目监测按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）的要求，实施全过程质量控制

监测人员、监测仪器及监测结果质量保证：监测人员均经过考核并持有检测上岗证，所有监测仪器均经过计量部门检定，并在有效期内，监测仪器使用前经过校准或检验，监测报告实行三级审核

3.3 监测结果

评价方法：参照江苏省 γ 辐射空气吸收剂量率天然辐射水平调查结果，监测结果见表 8-1，详细检测结果见附件 5。

表 8-1 本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统拟建址周围环境 γ 辐射剂量率测量结果

测点 编号	测点位置描述	测量结果（nGy/h）	
		平均值	标准差
1	X 射线工业 CT 检测装置拟建址处（室内）	70.0	0.7
2	X 射线工业 CT 检测装置拟建址东侧（室内走道）	67.2	0.6
3	X 射线工业 CT 检测装置拟建址南侧（厂区道路）	59.9	0.9
4	X 射线工业 CT 检测装置拟建址西侧（配电房）	67.0	0.7
5	X 射线工业 CT 检测装置拟建址北侧（室内道路）	69.9	0.7
6	X 射线工业 CT 检测装置拟建址楼上（资讯机房）	68.2	1.3

注：测量数据已扣除宇宙射线响应值，测点处宇宙射线响应值为 14.1nSv/h。

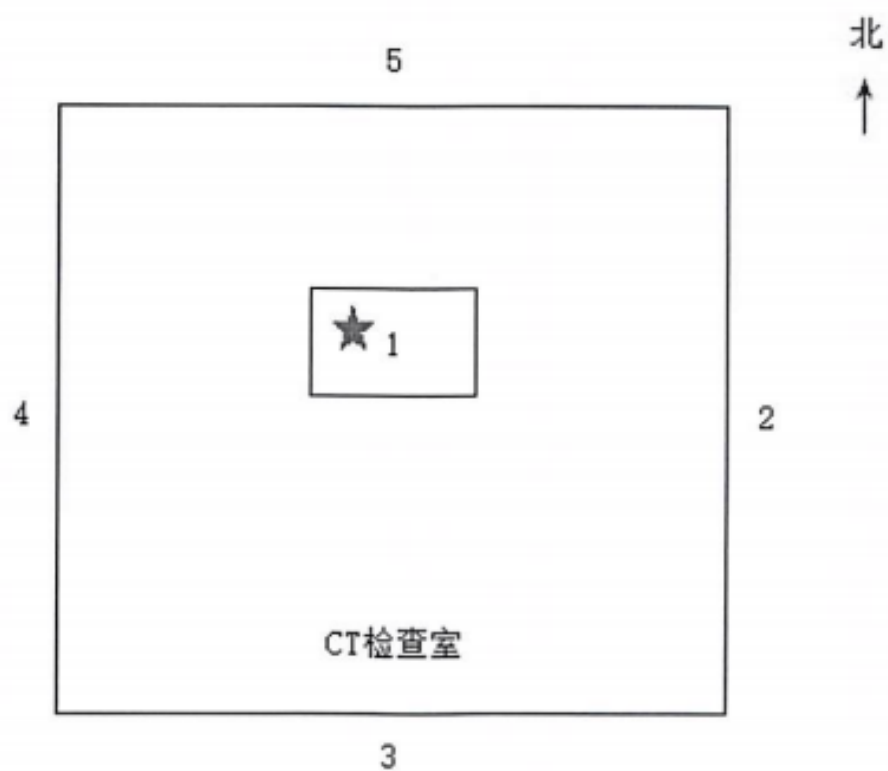


图 8-2 拟建址周围环境 γ 辐射剂量率监测点位示意图

4 环境现状调查结果评价

从现场监测结果可知，本项目拟建址周围环境 γ 辐射率为（59.9~70.0）nGy/h，处于江苏省环境天然放射性 γ 辐射空气吸收剂量率涨落范围内。

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

为保证公司生产产品质量，昆山兴能能源科技有限公司拟在厂区内二期厂房一层 CT 扫描室新增 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统,用于对公司产品进行无损检测工作。根据厂家提供的证明材料，本项目新建的 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统设备型号为 nanoVoxel 2000，最大管电压为 150kV，最大管电流为 500 μ A，最大靶功率 30W，靶材为钨靶，主射线向右照射，过滤条件为铝（0.5mm、1mm、2mm）、铜（0.5mm、1mm、2mm），距辐射源点（靶点）1m 处输出剂量率为 540 μ Gy/s。工业 CT 扫描系统外观图见图 9-1。

公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，该高分辨三维工业 CT 扫描系统的年曝光时间约为 1500 小时。

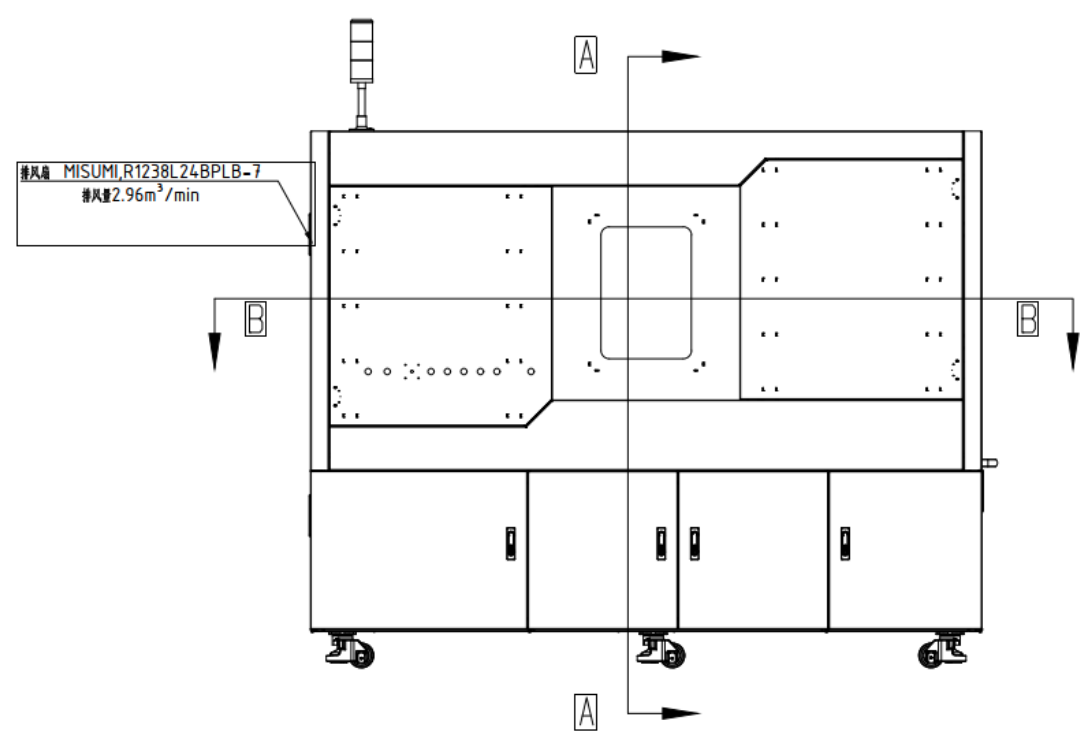


图 9-1 高分辨三维工业 CT 扫描系统外观图

2 高分辨三维工业 CT 扫描系统工作原理

本项目高分辨三维工业CT扫描系统主要是由X射线系统、实时成像系统、计算机图像处理系统、机械传动系统、电气控制系统、X射线防护系统组成，其核心部件是X射线管。X射线管是一个内真空的玻璃管，其中一端是作为电子源的阴极，另一端是嵌有靶材料的阳极。当两端加有高压时，阴极的灯丝热致发射电子。由于阴极和阳极两端存在电位差，电子向阳极运动，形成静电式加速，获取能量。具有一定动能的高速运动电子，撞击靶材料，产生X射线。常见典型的X射线管结构图见图9-2。

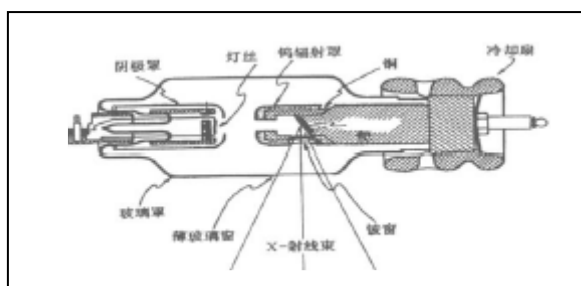


图 9-2 典型的 X 射线管结构图

在使用高分辨三维工业CT扫描系统进行无损检测过程中，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，射线强度减弱程度越大。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，其强度减弱的程度较小，即透过的射线强度较大，X射线穿透被检测工件后被图像探测器系统接收，经过采集处理将信息输入到计算机；之后利用计算机软件进行图像处理，以提高图像的对比度、清晰度，并将处理后的图像显示在显示屏上，可迅速对工件缺陷位置和被检样品内部的细微结构进行判别。

3 工作流程及产污环节

检测时辐射工作人员将被测件放置在试台上，关闭防护门后，辐射工作人员在操作台处进行操作，在对检测物体无损伤条件下，以三维立体图像的形式，清晰、准确、直观地展示被检测物体的缺损状况，其工作流程如下：

（1）准备：工作人员巡视设备周围情况，检查设备情况，根据待检工件的材质、厚度选取曝光条件、确定曝光参数；

（2）放置工件：打开设备防护门，放射工作人员位于工业CT扫描系统防护门外，人工将待检样品置于检测平台。清退设备周边人员，确认设备周边无人员滞留的情况

下关闭防护门，设备预备指示灯处于闪烁状态；

（3）曝光：设置管电压、管电流、曝光时间等参数后，在工业CT扫描系统出束时，指示灯处于闪烁状态，提醒周围人员注意防护。启动曝光，实施探伤作业，达到预定的曝光时间后关机，停止出束，完成曝光作业；

（4）工作人员利用图像工作站进行图像数据处理，得到检测结果，判断工件质量、缺陷等；

（5）检测无问题的工件将流流转至下一个工序。

本项目高分辨三维工业CT扫描系统工作流程及产污环节如图9-3。

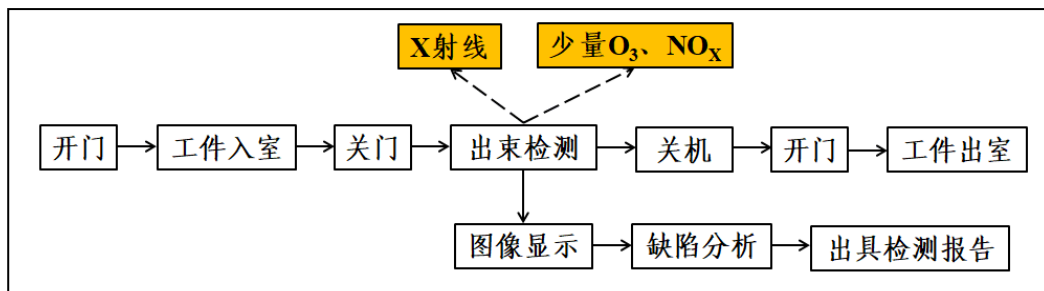


图 9-3 本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统工作流程及产污环节示意图

污染源项描述

1 放射性污染源分析

由高分辨三维工业CT扫描系统的工作原理可知，只有在X射线装置开机并处于出束状态时（曝光状态）才会发出X射线，因此正常工况时，在开机曝光期间，X射线是项目主要污染物，本项目X射线辐射类型主要分为有用线束辐射、漏射线辐射、散射辐射三类。

2 非放射性污染源分析

本项目高分辨三维工业CT扫描系统运行时无放射性废气、放射性废水和放射性固体废物产生。扫描系统在工作状态时，产生的X射线会使空气电离产生少量臭氧和氮氧化物，臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出，臭氧在空气中短时间内可自动分解为氧气，其产生的臭氧和氮氧化物对周围环境空气质量影响较小。

表 10 辐射安全与防护

项目安全设施

1 项目工作场所布局合理性分析

昆山兴能能源科技有限公司新建 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统包括曝光室（主机）及操作台等，操作台与曝光室分开设置，操作台位于曝光室的西南侧。本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统布局设计满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）和《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的布局和射线屏蔽防护要求，设计合理。

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中“辐射工作场所的分区”和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中“防护安全要求”的规定，建设单位拟对高分辨三维工业 CT 扫描系统的工作场所实行分区管理。本项目拟将高分辨三维工业 CT 扫描系统的曝光室边界作为本项目的辐射防护控制区边界，工作期间禁止任何人员进入；将 CT 扫描室其它区域作为辐射防护监督区，工作期间禁止无关人员靠近。高分辨三维工业 CT 扫描系统控制区及监督区划分见图 10-1，其中红色线范围为控制区，黄色线范围为监督区。

本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）中关于辐射工作场所的分区规定。



图 10-1 本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统平面布局及分区图

(: 控制区边界; : 监督区边界)

2 辐射防护屏蔽设计

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统曝光室屏蔽防护参数见表 10-1

表 10-1 本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统曝光室屏蔽防护参数一览表

高分辨三维工业 CT 扫描系统型号	曝光室屏蔽参数		尺寸参数	主射线方向
	位置	屏蔽体材料及厚度		
nanoVoxel 2000	前面	9mm Pb	2320mm (长) × 950mm (宽) × 1180mm (高)	向右
	左侧	6mm Pb		
	右侧	9mm Pb		
	后侧	9mm Pb		
	顶部	9mm Pb		
	底部	9mm Pb		
	工件进出口防护门	9mm Pb		
	前面视窗	40mm 铅玻璃, 相当于 9mmPb		
	检维修防护门	9mm Pb		

3 辐射安全措施

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统拟设计相应的辐射安全装置和保护措施，主要有：

①本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统防护门拟设置门机联锁装置，只有在所有防护门完全关闭时工业 CT 扫描系统才能出束照射，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。

②本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统曝光室顶部拟设置工作状态指示灯，并拟与 X 射线管联锁。工业 CT 扫描系统工作时，指示灯开启，警告无关人员勿靠近或作不必要的逗留。

③本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统表面拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明，提醒无关人员勿在其附近逗留。

④本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统设置操作台，操作台拟设置紧急停机按钮，确保出现紧急事故时，能立即停止射线照射。

⑤本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统操作台拟设置钥匙开关，只有在打开钥匙开关后，X 射线管才能出束，钥匙只有在停机或待机状态时才能拔出。

⑥本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统工件门与屏蔽体的间隙微小（可忽略），并设置搭接，防止射线泄漏。

⑦本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统设置排风装置，使用期间产生的微量废气可通过排风装置排出。排风孔加装带铅板夹层屏蔽保护罩（6mm 铅当量）作为开口地方的屏蔽补偿，屏蔽保护罩将排风孔完全遮蔽，夹层屏蔽保护罩铅板厚度与所在表面一致。排风孔设置在机身左面，采用 1 台排风扇进行通风，排风扇排风量为 $2.96\text{m}^3/\text{min}$ （合计 $177.6\text{m}^3/\text{h}$ ），该工业 CT 扫描系统曝光室的体积约为 2.6m^3 。排风扇在工作期间保持开启，可确保工业 CT 每小时有效通风换气次数为 68 次，大于 3 次/h，满足相关标准要求。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

三废处理

1 固体废物

本项目运行过程中无放射性固体废物产生。

2 液体废物

本项目运行过程中无放射性废液产生。

3 气体废物

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），少量臭氧和氮氧化物可通过防护门排出曝光室，进而通过车间机械排风排出，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统为曝光室和操作台等组成的一体式设备，由专业供应商直接安装到指定区域进行组装，组装过程中会产生少量的噪声和固体废物。但本项目施工期较短，施工量不大，对周围环境影响很小，施工期结束后，施工期环境影响将随之消失。

运行阶段对环境的影响

1 辐射环境影响分析

本项目新建 nanoVoxel 2000 型高分辨三维工业 CT 扫描系统，工业 CT 扫描系统最大管电压为 150kV，最大管电流为 500 μ A，主射线固定朝右侧照射。每台高分辨三维工业 CT 扫描系统投入运行后日开机曝光时间约 6 小时，周开机曝光 30 小时，年工作时间约为 50 周，年开机曝光时间约为 1500 小时。本次评价选取高分辨三维工业 CT 扫描系统在满功率运行时的工况进行预测。

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统运行时，主射线朝右侧照射，故计算时将曝光室右侧按照有用线束照射进行预测计算，将前面、左侧、后面、顶部、底部及各防护门和视窗均按照非有用线束照射进行预测计算。本项目预测计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的计算公式。本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统计算示意图见图 11-1。

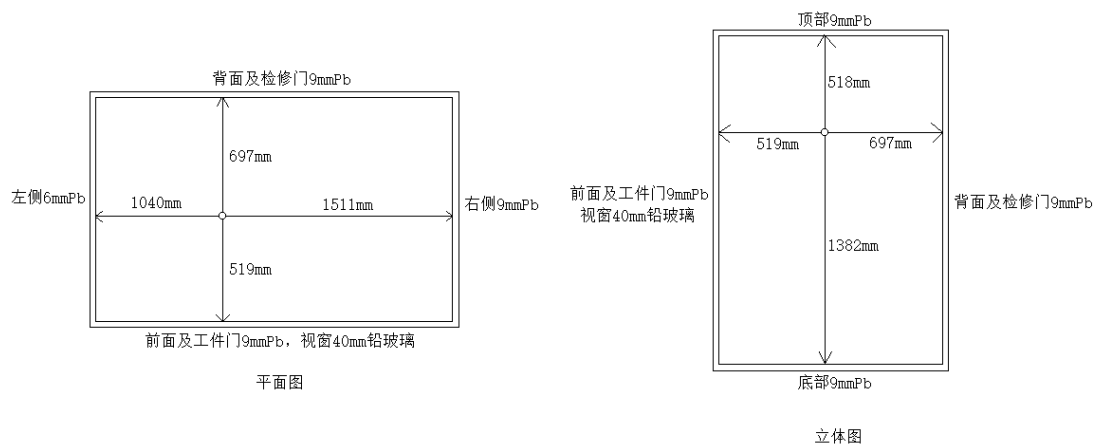


图 11-1 本项目工业 CT 扫描系统辐射源点到各侧屏蔽体最近距离示意图

1.1 有用线束方向屏蔽效果预测

高分辨三维工业 CT 扫描系统有用线束屏蔽预测计算模式采用《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：

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

式中： I ：X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流，单位为毫安（mA）。

H_0 ：距辐射源点（靶点）1m 处输出量，单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。距辐射源点（靶点）1m 处输出剂量率为 H_0 （距辐射源点（靶点）1m 处输出量）乘以 I （X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流），根据厂家提供的材料，本项目距辐射源点（靶点）1m 处输出剂量率为 $540\mu\text{Gy/s}$ ，经计算本项目工业 CT 扫描系统的 H_0 为 $77.76 \times 6 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，m。

B ：屏蔽透射因子，参考《辐射防护导论》（方杰主编）中的表 3.5，管电压 150kV 时，TVL 为 0.96mm 铅，然后按公式（2）计算得出。

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

式中： X ：屏蔽物质厚度，与 TVL 取相同的单位。

TVL：什值层厚度，mm。

1.2 非有用线束方向屏蔽效果预测

高分辨三维工业 CT 扫描系统非有用线束屏蔽预测计算模式采用《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泄露辐射

漏射辐射屏蔽计算模式采用《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的公式：

$$\dot{H} = \frac{\dot{H}_L \cdot B}{R^2} \quad (3)$$

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 射线探室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）中的表 1，取 $2.5 \times 10^3 \mu\text{Sv/h}$ 。

R ：辐射源点（靶点）至关注点的距离，单位为米（m）。

B: 屏蔽透射因子, 参考《辐射防护导论》(方杰主编)中的表 3.5, 管电压 150kV 时, TVL 为 0.96mm 铅, 然后按公式 (2) 计算得出。

② 散射辐射

$$\dot{H} = \frac{I \cdot H_0 \cdot B}{R_s^2} \cdot \frac{F \cdot \alpha}{R_0^2} \quad (4)$$

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

I : 扫描装置在最高管电压下的常用最大管电流, 单位为毫安 (mA)。

H_0 : 距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量, 单位为 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。距辐射源点 (靶点) 1m 处输出剂量率为 H_0 (距辐射源点 (靶点) 1m 处输出量) 乘以 I (X 射线探伤装置在最高管电压下的常用最大管电流), 根据厂家提供的材料, 本项目距辐射源点 (靶点) 1m 处输出剂量率为 $540 \mu\text{Gy/s}$, 经计算本项目工业 CT 扫描系统的 H_0 为 $77.76 \times 10^4 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$ 。

F : R_0 处的辐射野面积, m^2 ;

α : 散射因子, 入射辐射被单位面积 (1m^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 α 值时, 可以用水的 α 值保守估计, 取值参考《工业 X 射线探室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中的附录 B.4.2;

R_s : 散射体至关注点的距离, m;

R_0 : 辐射源点 (靶点) 至散射体的距离, m;

B: 屏蔽透射因子, 参考《辐射防护导论》(方杰主编)中的表 3.5, 管电压 150kV 时, TVL 为 0.96mm 铅, 然后按公式 (2) 计算得出。

2 屏蔽计算结果

2.1 理论计算结果

表 11-1 屏蔽计算参数列表

点位表述	距离 R	射线类型	屏蔽材料厚度
①工业 CT 扫描系统前面	0.82m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb
②工业 CT 扫描系统左侧	1.34m	泄露辐射、散射辐射	6mmPb
③工业 CT 扫描系统右侧	1.81m	有用线束	9mmPb
④工业 CT 扫描系统后面	1.00m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb
⑤工业 CT 扫描系统顶部	0.82m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb
⑥西南侧操作台工作位	1.45m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb
⑦CT 扫描室东侧楼梯间	5.51m	有用线束	9mmPb
⑧CT 扫描室南侧空置用房	2.06m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb
⑨CT 扫描室西侧配电房	5.04m	泄露辐射、散射辐射	6mmPb
⑩CT 扫描室北侧仓库通道	2.45m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb
⑪CT 扫描室上方资讯机房	4.52m	泄露辐射、散射辐射	9mmPb

注：R_① = 0.52m（辐射源距前面外表面最近距离）+ 0.3m（前面表面距关注点）= 0.82m
R_② = 1.04m（辐射源距左侧外表面最近距离）+ 0.3m（左侧表面距关注点）= 1.34m
R_③ = 1.51m（辐射源距右侧外表面最近距离）+ 0.3m（右侧表面距关注点）= 1.81m
R_④ = 0.70m（辐射源距后面外表面最近距离）+ 0.3m（后面表面距关注点）= 1.00m
R_⑤ = 0.52m（辐射源距顶部外表面最近距离）+ 0.6m（顶部表面距关注点）= 0.82m
R_⑥ = 0.52m（辐射源距前面外表面最近距离）+ 0.93m（西南侧操作台工作位）= 1.45m
R_⑦ = 1.51m（辐射源距右侧外表面最近距离）+ 4.0m（CT 扫描室东侧楼梯间）= 5.51m
R_⑧ = 0.52m（辐射源距前面外表面最近距离）+ 1.54m（CT 扫描室南侧空置用房）= 2.06m
R_⑨ = 1.04m（辐射源距左侧外表面最近距离）+ 4.0m（CT 扫描室西侧配电房）= 5.04m
R_⑩ = 0.70m（辐射源距后面外表面最近距离）+ 1.75m（CT 扫描室北侧仓库通道）= 2.45m
R_⑪ = 0.52m（辐射源距顶部外表面最近距离）+ 4.0m（CT 扫描室上方资讯机房）= 4.52m

表 11-2 有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点	厚度 (X)	I (mA)	H ₀ (μSv·m ² / (mA h))	B	R (m)	$\dot{H}$ (μSv/h)	剂量率参考控制水平 (μSv/h)	评价
③	9mmPb	0.5mA	77.76×6×10 ⁴	4.22×10 ⁻¹⁰	1.81	3.00×10 ⁻⁴	2.5	满足
⑦	9mmPb	0.5mA	77.76×6×10 ⁴	4.22×10 ⁻¹⁰	5.51	3.24×10 ⁻⁵	2.5	满足

表 11-3 非有用线束方向关注点屏蔽效果预测表

关注点		①	②	④	⑤	⑥	⑧	⑨	⑩	⑪
X 设计厚度		9mmPb	6mmPb	9mmPb	9mmPb	9mmPb	9mmPb	6mmPb	9mmPb	9mmPb
泄漏辐射	B	4.22×10^{-10}	5.62×10^{-7}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}	5.62×10^{-7}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}
	$\dot{H}_U(\mu\text{Sv/h})$	2.5×10^3								
	R (m)	0.82	1.34	1.00	0.82	1.45	2.06	5.04	2.45	4.52
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	1.57×10^{-6}	7.82×10^{-4}	1.06×10^{-6}	1.57×10^{-6}	5.02×10^{-7}	2.49×10^{-7}	5.53×10^{-5}	1.76×10^{-7}	5.16×10^{-8}
散射辐射	散射后能量对应的 kV 值	150kV								
	B	4.22×10^{-10}	5.62×10^{-7}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}	5.62×10^{-7}	4.22×10^{-10}	4.22×10^{-10}
	I (mA)	0.5								
	H_0 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 / (\text{mA} \cdot \text{h})$	$77.76 \times 6 \times 10^4$								
	$\frac{F \cdot a}{R_0^2}$	取 1/60 (数据取自《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) B.4.2)								
	Rs (m)	0.82	1.34	1.00	0.82	1.45	2.06	5.04	2.45	4.52
	$\dot{H}(\mu\text{Sv/h})$	2.44×10^{-5}	1.22×10^{-2}	1.64×10^{-5}	2.44×10^{-5}	7.80×10^{-6}	3.87×10^{-6}	8.60×10^{-4}	2.73×10^{-6}	8.03×10^{-7}
泄露辐射和散射辐射的复合作用($\mu\text{Sv/h}$)		2.60×10^{-5}	1.30×10^{-2}	1.75×10^{-5}	2.60×10^{-5}	8.31×10^{-6}	4.11×10^{-6}	9.16×10^{-4}	2.91×10^{-6}	8.55×10^{-7}
剂量率参考控制水平($\mu\text{Sv/h}$)		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
评价		满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足	满足

从表 11-2 及表 11-3 预测结果可以看出,当本项目每台高分辨三维工业 CT 扫描系统在管电压为 150kV, 管电流为 0.5mA 的满功率运行时, 装置屏蔽体表面 30cm 处和装置周围关注点的最大剂量率为 $1.22 \times 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$, 均能够满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ ”的剂量限值要求。

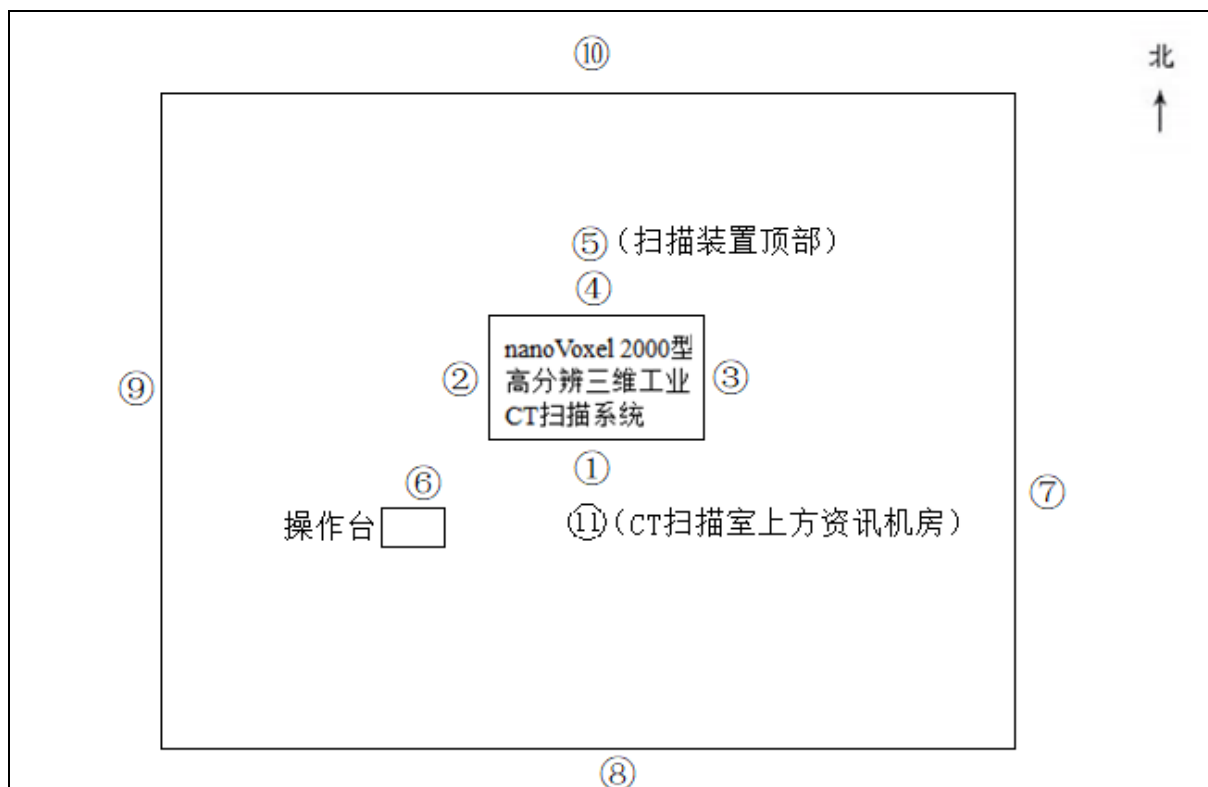


图 11-2 本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统辐射剂量率估算点位示意图

3 辐射工作人员和公众剂量估算

3.1 年有效剂量估算

对辐射工作人员和公众的受照辐射年剂量均按下式计算：

$$H_C = H_{c,d} \cdot t \cdot U \cdot T \quad (5)$$

式中： H_C ：关注点的年剂量水平，mSv/a；

$H_{c,d}$ ：关注点处剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：工业 CT 扫描系统年照射时间，h/a；

U ：工业 CT 扫描系统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。

3.2 辐射工作人员和公众年有效剂量估算

本项目辐射工作人员主要是装置操作人员，公众主要为装置周围其他非辐射工作人员。根据以上估算结果，分别选取各参考点处最大辐射剂量率值进行年有效剂量估算，详见表 11-5。

表 11-4 本项目 3 台工业计算机断层工业 CT 扫描系统周围人员年受照有效剂量结果评价

关注点	使用因子 U	居留因子 T	剂量率值 ($\mu\text{Sv/h}$)	年工作时间 (h)	年剂量估算值 (mSv/a)	目标管理值 (mSv/a)	评价
⑥ 西南侧操作台工作位	1	1	8.31×10^{-6}	1500h	1.25×10^{-5}	5 (职业人员)	满足
⑦ CT 扫描室 东侧楼梯间	1	1/4	3.24×10^{-5}	1500h	1.22×10^{-5}	0.1 (公众)	满足
⑧ CT 扫描室 南侧空置用房	1	1	4.11×10^{-6}	1500h	6.17×10^{-5}	0.1 (公众)	满足
⑨ CT 扫描室 西侧配电房	1	1/4	9.16×10^{-4}	1500h	3.44×10^{-4}	0.1 (公众)	满足
⑩ CT 扫描室 北侧仓库通道	1	1/4	2.91×10^{-6}	1500h	1.09×10^{-6}	0.1 (公众)	满足
⑪ CT 扫描室 上方资讯机房	1	1	8.55×10^{-7}	1500h	1.28×10^{-7}	0.1 (公众)	满足

从表 11-4 中预测结果可知，本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统辐射工作人员及周围公众的年受照有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）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，公众年有效剂量不超过 0.1mSv）。

事故影响分析

1、潜在事故分析

高分辨三维工业 CT 扫描系统只有在开机出束时才产生 X 射线，因此，X 射线无损检测事故多为开机误照射事故，主要有：

由于安全联锁装置失灵，导致工件门未关闭时人员开机工作受到误照射。

机器调试、检修时误照。工业 CT 扫描系统在调试或检修过程中，责任者脱离岗位，不注意防护或他人误开机使人员受到照射。

二人作业，配合失误照射。两人一起作业时，一人放置待测工件，而另外一人却仍误开机导致人员受到误照射。

作业前未按规定对工业 CT 扫描系统进行巡检，导致人员受到误照射。

昆山兴能能源科技有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行操作，并在实际工作中不断对辐射安全管理制度进行完善；加强职工辐射防护知识的培训，尽可能避免辐射事故的发生。

2、辐射事故处置方法及预防措施

本项目拟使用的高分辨三维工业 CT 扫描系统属于II类射线装置，根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》之规定，该类射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。在发生事故后：

辐射工作人员或操作人员应第一时间按下急停按钮，停止射线装置的出束，然后启动应急预案；

立即向单位领导汇报，并控制现场区域，防止无关人员进入；

对可能受到大剂量照射的人员，及时送医院检查和治疗。

昆山兴能能源科技有限公司应加强管理，严格要求辐射工作人员按照操作规程进行无损检测作业，每次使用高分辨三维工业 CT 扫描系统前均检查门机联锁、急停按钮等安全措施的有效性，定期检测装置周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。同时，公司在实际工作中应不断对辐射安全管理制度进行完善，加强职工辐射防护知识的培训，定期检查工业 CT 扫描系统及监测仪器的性能，尽可能避免辐射事故的发生。根据《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》及《江苏省辐射污染防治条例》，当发生或发现辐射事故时，公司将立即启动事故应急方案，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和公安部门报告，

并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。

表 12 辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理机构的设置

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》、《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》等法律法规要求，使用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；辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核；自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核，2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目开展产品检测的设备为高分辨三维工业 CT 扫描系统，属Ⅱ类射线装置。根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，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，并以文件形式明确管理人员职责。从事辐射工作的人员、辐射防护负责人必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员。配备的 2 名辐射工作人员只负责本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统操作，不再从事其他射线装置的操作。根据公司提供的个人资料，配备的 2 名辐射工作人员均已取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核（见附件 10）；根据公司提供的现有辐射工作人员近一年的个人剂量检测报告（见附件 11）可知，公司现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a，满足环保相关管理要求。

公司应在项目试运行前组织新增员工参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，辐射工作人员必须通过考核后方能正式进行作业。

公司应时刻关注辐射工作人员辐射安全与防护培训情况，培训证书到期前，应及时组织辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台报名并参加考核。公司应明确并牢记辐射安全主体责任，及时履行环保手续，加强企业自身的辐射安全

管理，强化辐射工作人员的法律法规学习，培植单位的核安全文化，防止事故发生。

辐射安全管理规章制度

公司已制定一系列辐射安全管理制度，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、监测方案等。在实际工作中，公司还应不断对上述辐射安全管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。本报告对各项管理制度制定要点提出如下建议：

操作规程：明确辐射工作人员的资质条件要求、高分辨三维工业 CT 扫描系统的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 扫描系统操作步骤以及作业过程中必须采取的辐射安全措施。

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。

辐射防护和安全保卫制度：根据企业的具体情况完善辐射防护和安全保卫制度，重点是高分辨三维工业 CT 扫描系统的运行和维修时辐射安全管理。

设备维修制度：明确高分辨三维工业 CT 扫描系统和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，确保射线装置、剂量报警仪等仪器设备保持良好工作状态。

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：制订辐射工作人员和工作场所及周围环境定期监测制度。按照有关标准、规范的要求定期对工作场所及周围环境进行监测或者委托有资质的机构进行监测。发现异常情况的，立即采取措施，并在一小时内向县（市、区）或者设区的市生态环境行政主管部门报告。对辐射工作人员定期组织个人剂量监测，建立个人剂量档案；发现个人剂量异常的，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。

台账管理制度：对高分辨三维工业 CT 扫描系统使用情况进行登记，标明使用日期、电压、电流等。

辐射监测

1、监测仪器

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求，使用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。

昆山兴能能源科技有限公司拟为本项目配备 1 台辐射巡检仪、2 台个人累积剂量报警仪。

2、监测方案

昆山兴能能源科技有限公司已根据辐射管理要求，制定了如下监测方案：

（1）请有资质单位定期对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行监测，周期：每年 1~2 次；

（2）辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期（不少于 1 次/3 个月）送有资质部门进行监测，建立个人累积剂量档案，终生保存；

（3）所有辐射工作人员上岗前均进行职业性健康体检，以排除职业禁忌证。开展辐射工作后，均定期开展职业健康体检（不少于 1 次/2 年），确认可继续从事放射工作，并建立个人职业健康档案。

（4）利用自配备的辐射巡测仪对辐射工作场所及周围环境辐射水平进行自主监测，建议每季度一次，并记录档案。

公司现有核技术利用项目已认真落实以上监测方案，每年请有资质监测单位对现有辐射工作场所及周围环境辐射水平进行了监测，并不定期的进行自主监测。现有辐射工作人员均配备了个人剂量计，委托有资质单位定期进行监测，现有辐射工作人员最近一年的受照剂量均未超过职业人员年剂量管理限值 5mSv/a，定期组织辐射工作人员进行了职业健康体检，现有辐射工作人员均可继续原放射工作，并已按相关要求建立了辐射工作人员个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司已于每年 1 月 31 日前在全国核技术利用辐射安全申报系统上提交了上一年度的评估报告。

本项目运行后，也应落实上述监测方案，方能满足辐射安全管理的要求。

辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于应急报告与处理的相关要求，核技术利用单位应针对本公司具体项目产生的辐射事故情况制定事故应急预案，应急预案内容包括：

- (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) 辐射事故分级与应急响应措施；
- (4) 辐射事故调查、报告和处理程序；
- (5) 辐射事故信息公开、公众宣传方案。

昆山兴能能源科技有限公司已制定《辐射事故应急处理预案》，其内容包括辐射事故类型及处理措施，辐射事故处理实行部门负责、分级管理和报告、立案制度，辐射事故发生的联系方式。

昆山兴能能源科技有限公司依据《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》及《江苏省辐射污染防治条例》的要求，已明确建立应急机构和人员职责分工，应急人员的组织、培训以及应急，辐射事故分类与应急响应的措施。并在今后工作中定期组织应急人员进行应急演练。

发生辐射事故时，公司应立即启动本单位的事事故应急预案，采取必要防范措施，在 1 小时内向所在地生态环境部门和公安部门报告，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，造成或者可能造成人员超剂量照射的，同时向卫生健康部门报告。事故发生后公司将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。

表 13 结论与建议

结论

1 实践正当性

昆山兴能能源科技有限公司在正确使用和管理射线装置的情况下，可以将辐射产生的影响降至尽可能小。项目产生的社会效益足以弥补辐射给职业人员、公众引起的辐射危害。本项目符合实践正当性要求

2 辐射安全与防护分析结论

2.1 项目位置

昆山兴能能源科技有限公司位于江苏昆山经济技术开发区南河路 688 号。企业厂界外东侧为牧田（中国）有限公司；南侧为南河路；西侧为昆山三星电机有限公司；北侧为康斐尔过滤设备（昆山）有限公司。本项目工业 CT 扫描系统拟建于昆山兴能能源科技有限公司二期厂房一层，二期厂房在厂区的位置见厂区平面布局附图 3 所示，二期厂房四周为厂区道路，无地下建筑。工业 CT 扫描系统拟建区域位于二期厂房一层 CT 扫描室，区域相邻东侧依次为楼梯及电梯井道和厂内通道，南侧依次为空置用房和厂区道路，西侧为配电房，北侧依次为仓库通道及仓库，正上方为机房，正下方无建筑。

2.2 项目分区及布局

昆山兴能能源科技有限公司新建 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统项目包括曝光室（主机）及操作台等，曝光室与操作台分开设置，操作台位于曝光室的南侧。

本项目拟将高分辨三维工业 CT 扫描系统的曝光室边界作为本项目的辐射防护控制区边界；将 CT 扫描室其他区域作为辐射防护监督区，辐射防护分区满足《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《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014）中辐射工作场所控制区和监督区的划分要求。

2.3 辐射安全措施

本项目拟落实的辐射安全措施包括：工业 CT 扫描系统防护门均拟设置门机联锁装置；曝光室顶部拟设置工作状态指示灯，并拟与 X 射线管联锁；工业 CT 扫描系统表面拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明；工业 CT 扫描系统设置操作

台，操作台拟设置紧急停机按钮和钥匙开关。

在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

2.4 辐射安全管理

昆山兴能能源科技有限公司已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，并以文件形式明确管理人员职责。同时在项目运行前，根据环评提出的制度要点，补充完善适合本单位的辐射安全管理制度，严格履行相关制度，认真落实辐射安全管理责任。公司拟为本项目配备 2 名辐射工作人员，均已取得辐射安全培训合格证书或通过生态环境部培训平台上的线上考核，公司已对辐射工作人员进行职业健康监护和个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案，开展职业健康监护评价，跟踪关注辐射工作人员职业健康，避免、减轻辐射职业病危害。公司拟配备 1 台辐射巡检仪、2 台个人累积剂量报警仪。

公司还应根据本项目具体情况对已建立的各项管理制度进行补充和完善，同时再工作中将其落到实处，确保辐射工作的安全。在落实以上辐射安全措施后，本项目的辐射安全措施能够满足辐射安全要求。

3 环境影响分析结论

3.1 辐射防护影响预测

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统曝光室尺寸均为：2320mm（长）×950mm（宽）×1180mm（高）。工业 CT 扫描系统采用铅板对 X 射线进行辐射屏蔽，左侧为 6mmPb，前面、右侧、后面和顶、底部及防护门均为 9mmPb，视窗铅玻璃屏壁厚度相当于 9mmPb。

根据理论预测结果，本项目运行后，本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统周围的辐射剂量率能够满足《工业探伤放射防护标准》（GBZ 117-2022）及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T 250-2014）的辐射剂量率限值要求。

3.2 保护目标剂量

据理论预测结果，本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统投入运行后辐射工作人员及周围公众年有效剂量均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中对职业人员和公众有效剂量限值要求以及本项目管理目标限值要求：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。

3.3 三废处理处置

本项目无放射性三废产生。

本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统在工作状态时，会使曝光室内的空气电离产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x），少量臭氧和氮氧化物可通过排风装置排出曝光室，臭氧常温下可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

4 可行性分析结论

综上所述，昆山兴能能源科技有限公司新建 1 台高分辨三维工业 CT 扫描系统项目在落实本报告提出的各项污染防治措施和管理措施后，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，其运行对周围环境产生的影响能够符合辐射环境保护的要求，从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

建议与承诺

1、该项目运行中，应严格遵守操作规程，加强对操作人员的培训，杜绝麻痹大意思想，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、项目建成后企业应及时重新申领辐射安全许可证，并按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定进行自主环境保护验收。

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	投资 (万元)
辐射安全管理机构	成立专门的辐射安全与环境保护管理机构,并以文件形式明确管理人员职责。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用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的管理要求。	/
辐射安全和防护措施	本项目高分辨三维工业 CT 扫描系统曝光室尺寸为: 2320mm (长) × 950mm (宽) × 1180mm (高)。装置采用铅板 X 射线进行辐射屏蔽,左侧为 6mmPb, 前面、右侧、后面和顶、底部及防护门均为 9mmPb, 视窗铅玻璃屏壁厚度相当于 9mmPb。	高分辨三维工业 CT 扫描系统运行后,装置周围的剂量率满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 及《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》(GBZ/T 250-2014) 中“关注点最高周围剂量当量率参考控制水平不大于 2.5μSv/h”的要求。	/
	本项目拟落实的辐射安全措施包括: 工业 CT 扫描系统防护门均拟设置门机联锁装置。曝光室顶部拟设置装工作状态指示灯, 并与 X 射线管联锁。操作台上拟设置钥匙开关, 拟设置紧急停机按钮。工业 CT 扫描系统表面均拟设置“当心电离辐射”警告标志和中文警示说明。	满足《工业探伤放射防护标准》(GBZ 117-2022) 中关于探伤室辐射防护措施的相关要求。	2
人员配备	公司辐射工作人员均参加并通过辐射安全和防护专业知识的培训和考核。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核的管理要求。	1
	辐射工作人员配备个人剂量计、定期(不少于 1 次/3 个月)送检, 并定期(不少于 1 次/2 年)进行职业健康体检, 单位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。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员必须开展个人剂量监测及建立个人剂量监测档案的管理要求。	1
	公司辐射工作人员均定期进行职业健康体检(不少于 1 次/2 年), 并建立职业健康监护档案。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射工作人员定期进行职业健康体检及建立职业健康监护档案的管理要求。	1
监测仪器和防护用品	配备 1 环境辐射剂量巡测仪和 2 台辐射剂量报警仪。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中辐射监测仪器配置要求。	/
辐射安全管理制度	对已制定的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台帐管理制度、人员培训计划、监测方案、辐射事故应急预案等辐射安全管理制度进行补充和完善。	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中使用射线装置的单位需具备有健全的辐射安全管理制度的管理要求。	/

以上措施必须在项目运行前落实。

表 14 审批

下一级环保部门预审意见

经办人签字

公章
年 月 日

审批意见：

经办人签字

公章
年 月 日