核技术利用建设项目

中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目

环境影响报告书

（公示版）

中核（江苏）辐照技术有限公司

2024 年 11 月

生态环境部监制

1 概述

1.1 项目名称、地点

项目名称：中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目

建设地点：苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块（地理位置示意图见图 1-1）

建设性质：新建

建设单位：中核（江苏）辐照技术有限公司

建设规模：拟在厂区内新建辐照厂房 1 座、门卫室 2 座及配套室外工程，拟于辐照厂房中部建造 2 套γ辐照装置，分别为 BFT 型（辐照箱式）和 BFP 型（托盘式）γ辐照装置，设计装源能力均为 2.22E+17Bq（600 万居里）的 ^{60}Co 放射源（属于Ⅰ类放射源），主要用于医疗用品辐射灭菌、食品辐照保鲜、调味品灭菌、药材辐照以及材料改性等。

项目投资：项目总投资约为 35020.13 万元，其中环保投资约为 4858 万元，占总投资的 13.87%。

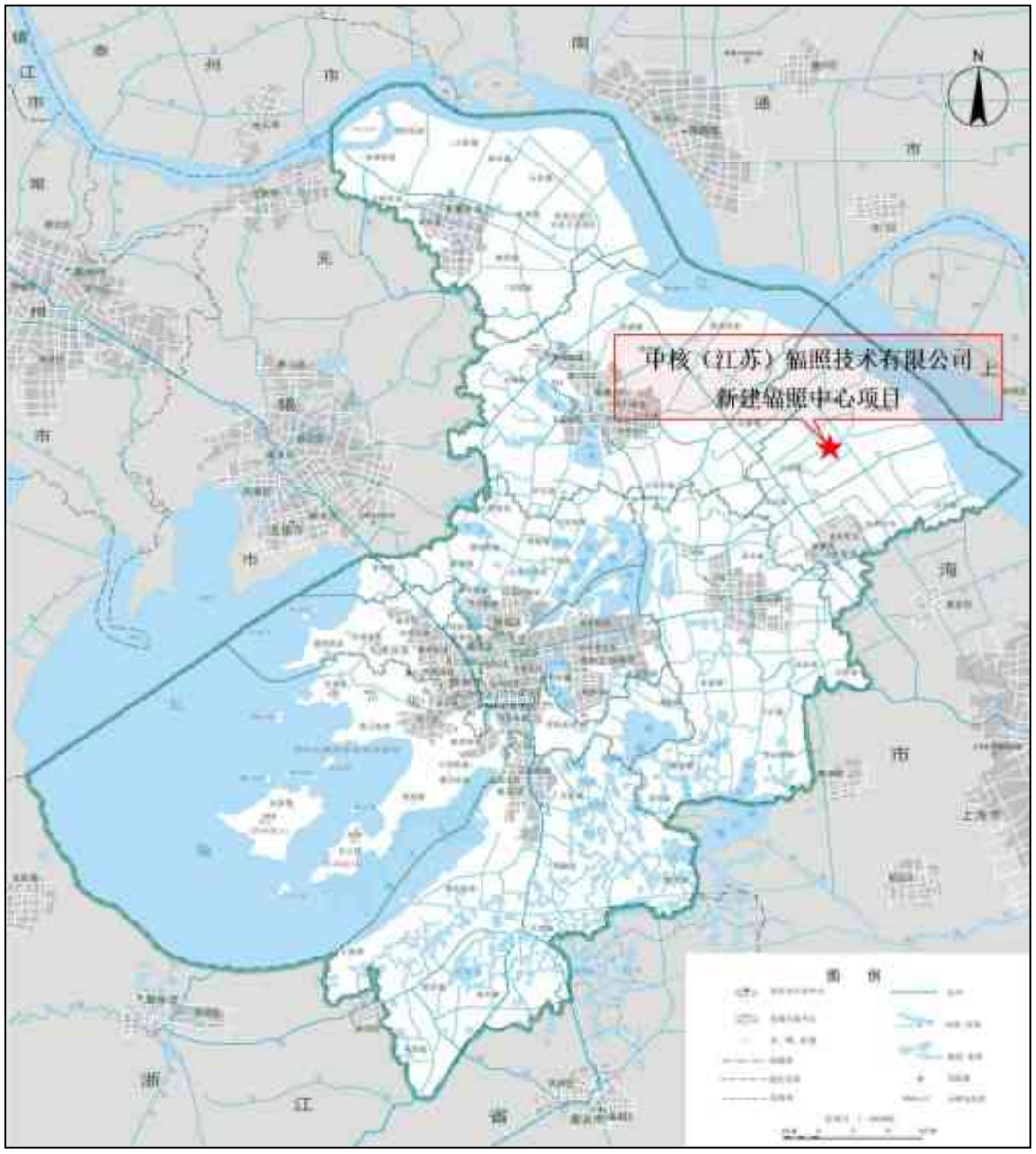

图 1-1 中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目地理位置示意图

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

中核（江苏）辐照技术有限公司（以下简称“江苏辐照”），成立于 2024 年 2 月，经营范围：Ⅰ类放射源销售；Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类放射源销售；Ⅱ、Ⅲ类射线装置销售；检验检测服务；道路货物运输（不含危险货物）（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以审批结果为准）

一般项目；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；科技推广和应用服务；新材料技术研发；合成材料销售；电线、电缆经营；机械电气设备制造；机械电气设备销售；国内贸易代理；销售代理；货物进出口；普通货物仓储服务（不含危险化学品等需许可审批的项目）（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。公司实缴注册资本金 20000 万元人民币，由中国同辐股份有限公司（以下简称“中国同辐”）全资控股。

1.2.2 项目背景、意义

辐照加工是指将电子加速器产生的电子线、X 射线或放射源（^{137}Cs 或 ^{60}Co 放射源）产生的γ射线的能量转移给被辐照物质，产生电离和激发，释放出轨道电子，形成自由基，通过控制辐射条件，而使被辐照物质的物理性能和化学组成发生变化并能使其成为人们所需要的一种新的物质，或使生物体（微生物等）受到不可恢复的损失和破坏，达到人们所需要的目标。这种新的加工技术称为辐射加工技术，是以射线装置和放射源为工具的现代高新技术，具有极高的灵敏度、特异性、选择性、抗干扰性和穿透性等特点，广泛应用于国民经济各个领域，比如：使高分子材料分别实现接枝、聚合、裂解或交联，抑制或刺激生物生长，有效地杀灭害虫、虫卵、病菌等。

近年来，随着辐照技术的发展，我国核技术产业进入快速发展阶段，工业电子加速器和γ辐照装置等辐照技术装备正在向高度机械化、自动化、大型工业化发展，其在辐照食品、辐照消毒、辐射化工、新材料开发和辐射育种等方面的应用越来越广泛，为社会经济发展做出的贡献也越来越大。

中国同辐是我国集研发、生产、销售、服务于一体的核技术应用龙头企业，业务领域涵盖核医疗健康和辐照应用两大产业方向，包括放射性药物、医学诊断、核医疗装备、放射源、辐照应用、核素制造、进出口贸易等 7 个业务单元。在医学应用领域，中国同辐是我国规模最大的诊断及治疗用放射性药物供应及服务企业。在放射源及应用领域，中国同辐是全球三大辐射加工用钴-60 放射源供应商之一。在辐射技术服务及应用领域，中国同辐是我国唯一拥有辐照技术完整产业链设计、产品供应与技术服务的供应企业。中国仅有的三个辐照 EPC 服务资质

牌照中，中国同辐拥有两个。

根据中国同辐辐照产业发展规划要求，以及产业需求，拟将辐照产业总部落地在本项目基地内，项目建设内容包含钴源辐照装置 2 座、立体库 2 座，辐照技术研发中心和检测中心，同时为远期扩大辐照加工能力预留 X 射线辐照装置安装场地。项目选择的工艺设备，经前期分析论证，拟采用的γ辐照工艺是国内先进及成熟的辐照灭菌工艺，符合市场加工要求，技术路线成熟可靠，设备运行的可靠性及源的利用率均达到国际先进水平；拟采用的立体库设备在国内医药、电子等产品加工及物流行业广泛应用，其设备符合货物的储存及装卸要求，能够实现人工替代，提高了货物运输的安全性和高效性；工艺设备配和可靠，设备自动化、智能化、成套化水平是全球同类型辐照中心的最高水平，其可规划的加工能力也是全球同类型辐照中心最强的企业之一。

本项目新建设计装源量均为 2.22E+17Bq（600 万居里）的辐照箱式和托盘式γ辐照装置各 1 座、立体库 2 座，辐照技术研发中心和检测中心，以及其他配套用房。全部装置可实现货物入库、辐照加工、货物出库等关键环节工艺设备自动化、智能化运行。建成后，将成为亚洲辐照加工能力最强、自动化及智能化水平最高的辐照加工中心，开展辐照加工、辐照技术创新研发和检验测试等业务，将大幅度提高中国同辐辐照加工市场占有率、提升辐照领域技术创新能力、实现辐照产业高质量发展。

1.2.3 本次环评内容

“中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目”选址建于苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块，新征规划建设用地面积约 35 亩，建设总建筑面积 24987.97m^2，包括辐照厂房 1 座、门卫室 2 座及配套室外工程。公司厂区总平面示意图见图 1-2。



1#辐照厂房	辐照加工区	1/0（局部二层）	18.7	1F：γ辐照装置机房、贮源井（井深7.6m或8.9m）、操作大厅、辐照产品装卸货区、水处理间、维修间、配电间、仓管室、休息室等辅助房间
				2F：控制室、排烟机房、风机平台等
	库房	1/0	24	未辐照库、已辐照库
	生产试验车间	9/1	50.75	-1F：消防水池、泵房等设备用房及预留远期试验车间
				1F：主入口门厅、生产试验用房及变配电用房
				2F：生产试验用房、企业展示区及业务洽谈区

项目		层数（地上/地下）	规划高度（m）	建筑功能布局
				3F~6F：预留远期检测实验车间
				7F：生产辅助用房
				8F~9F：预留远期检测实验及生产辅助用房
2#门卫室		1/0	4.85	/
3#门卫室		1/0	4.85	/

注：规划建筑高度计算基准点为厂区南侧入口处，绝对标高 3.25m。

中核（江苏）辐照技术有限公司拟在辐照厂房中部建造 2 座辐照装置机房，分别配备 1 套 BFT 型（辐照箱式）和 BFP 型（托盘式）辐照装置，设计装源能力均为 2.22E+17Bq（600 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源（属于Ⅰ类放射源），每套装置初装源量均为 3.70E+16Bq（100 万 Ci），主要用于医疗用品辐射灭菌、食品辐照保鲜、调味品灭菌、药材辐照以及材料改性等。另于辐照室人员迷道入口处各放置 1 枚活度约为 3.70E+05Bq（10μCi）的 ^{137}Cs 检测源（属于Ⅴ类放射源），用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的剂量仪表是否工作正常。本项目放射源使用情况详见表 1-2。

表 1-2 本项目放射源使用情况一览表

序号	放射源名称	总活度（Bq）/活度×枚数	类别	活动种类	用途	工作场所名称	贮存方式与地点	备注
1	^{60}Co	2.22E+17	Ⅰ类	使用	辐照	1 号辐照装置机房	储源水井	BFT 型
2	^{137}Cs	3.70E+05×1 枚	Ⅴ类	使用	校准源		人员迷道入口	/
3	^{60}Co	2.22E+17	Ⅰ类	使用	辐照	2 号辐照装置机房	储源水井	BFP 型
4	^{137}Cs	3.70E+05×1 枚	Ⅴ类	使用	校准源		人员迷道入口	/

1.2.4 产业政策和规划符合性

1.2.4.1 产业政策符合性

本项目为利用 ^{60}Co 放射源衰变产生的γ射线用于医疗用品辐射灭菌、食品辐照保鲜、调味品灭菌、药材辐照以及材料改性等。根据《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改），本项目属于鼓励类第六项“核能”中第 4 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”项目，属于目前国家鼓励发展的新技术应用项目。

本项目已取得江苏省投资项目备案证，备案证号：沙政发备〔2024〕141 号（项目代码：2409-320554-89-01-127819），见附件 3。

1.2.4.2 规划符合性分析

1.2.4.2.1 用地规划符合性分析

拟建项目位于苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块地块，该地块用地性质为工业用地，建设单位已于 2024 年 9 月 30 日取得太仓市沙溪镇人民政府颁发的《建设用地规划许可证》（地字第 3205852021YG0155498 号，见附件 4），因此，本项目建设符合太仓市城乡建设规划。

综上所述，本项目的建设符合相关政策和规划的要求。

1.2.4.2.2 与《太仓市生物医药产业园控制性详细规划》相符性分析

（1）规划结构

规划区形成“两轴、两心、三社区”的空间布局结构。

两轴：南北贯通整个产业片区的科创发展轴和东西沿通港公路链接城镇与港口的区域发展轴。

两心：链接生物创新产业社区和外包服务产业社区，以商业、商务服务为主，打造的产业服务核心和黄泥泾水域及周边绿地为核心，以人才公寓、产业园管理为主，打造的生活服务核心。

三社区：以产城融合为理念，以产业发展方向为主导，构建生物创新产业社区、外包服务产业社区、医疗器械产业社区。

（2）园区产业定位

规划区产业定位：以生物制药、医疗器械、医药服务外包、精密机械、高端装备为主导产业，重点发展疫苗、抗体、基因疗法、创新性核酸药、细胞疗法等生物药及其附属行业领域，体外诊断、高值耗材、可穿戴医疗设备、医疗影像、临床监护设备、治疗设备、康复器械等医疗器械及其附属行业领域。同时集生物医药 CRO、CMO、CDMO 为一体的医药服务外包领域，并囊括化学药与中药的制剂环节。打造以研发创新为驱动，以特色产业化为基础的综合型生物医药产业园。

其中规划研发范围主要包括：以生物制品、化学药物（仅为研发小试）及新型药物制剂为主的药物研发；以体外诊断试剂、高端智能治疗设备、组织工程材料为主的医疗器械研发；以药物发现的创新技术研发及大分子药物生产的创新技术研发等为主，进行医药外包服务（CRO、CMO、CDMO）业务研发推广。规划研发企业规模为平均 1000~2000 平方米/家。医疗器械、精密机械、高端装备不涉及电镀工序，生物制药禁止新建含化工合成工序的项目，化学药与中药的制剂环节不含原料药的合成。

本项目位于太仓市生物医药产业园，主要从事医疗用品辐射灭菌、食品辐照保鲜、调味品灭菌、药材辐照以及材料改性等，符合规划要求。

综上，项目建设与《太仓市生物医药产业园控制性详细规划》要求相符。

1.2.4.2.3 “三线一单”相符性分析

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。根据《自然资

源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通知（试行）》（自然资发〔2022〕142 号）、《关于印发<生态环境分区管控管理暂行规定>的通知》（环环评〔2024〕41 号）要求，经江苏省生态环境厅江苏省生态环境分区管控综合服务系统查询，本项目所在地块位于太仓市生物医药产业园重点管控单元（编码：ZH32058520241）内，不在苏州市生态保护红线内，评价范围内也不涉及优先保护单元和一般管控单元。本项目为核技术利用项目，满足重点管控单元管控要求（本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书见附件 5）。

（1）生态保护红线

根据《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）和《太仓市 2021 年度生态空间管控区域优化调整方案》可知，本项目距离最近的生态空间管控区域老七浦塘（太仓市）清水通道维护区最近距离为 129m，其生态保护规划如表 1-3 所示。

表 1-3 本项目与江苏省生态空间管控区域相对位置一览表

生态空间保护区域名称	主导生态功能	红线区域范围 生态空间管控区域范围	生态管控区域面积（km^2）	方位/距离（m）
老七浦塘（太仓市）清水通道维护区	水质水源保护	老七浦塘及两岸各 100 米范围。（其中长江湿地至随塘河河道水面；随塘河至滨江大道北岸范围为 20 米，南岸范围为 100 米；滨江大道至南章浦两岸各 20 米；南章浦以西 260 米北岸范围为 100 米，南岸范围为 20 米；新泾河至印溪东路两岸各 20 米；印溪东路至南院北路到规划河口线；南院北路至湘涛漂染有限公司两岸各 20 米；湘涛漂染有限公司以西至张青河东 50 米北岸范围为 100 米，南岸范围为 20 米；G204 至东姚泾到规划河口线；东姚泾以西 200 米北岸范围为 20 米，南岸范围为 100 米。）	4.444487	南；129

由上表可知，本项目不占用老七浦塘（太仓市）清水通道维护区，不在其管控区域内，与水质水源保护要求相符。所以本项目建设与《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）和《太仓市 2021 年度生态空间管控区域优

化调整方案》相关要求相符。

根据《江苏省国家级生态保护红线规划》（2018 年），距离本项目所在地最近的国家级生态红线区域为太仓金仓湖省级湿地公园，位于项目西南侧约 7km 处。本项目不在国家级生态红线范围内，符合《江苏省国家级生态保护红线规划》。

表 1-4 本项目与江苏省国家级生态红线区域相对位置一览表

所在行政区域	生态保护红线名称	类型	政区域生态保护红线名称 类型地理位置	区域面积（km^2）	方位/距离（km）
太仓市	太仓金仓湖省级湿地公园	湿地生态系统保护	太仓金仓湖省级湿地公园总体规划中确定的范围（包括湿地保育区和恢复重建区等）	1.99	西南/7

综上，本项目不在江苏省生态管控区和生态红线区域保护范围之内，选址符合《江苏省生态空间管控区域规划》（苏政发〔2020〕1 号）及《江苏省国家级生态保护红线规划》的相关规定。

（2）环境质量底线

根据苏州市太仓生态环境局公开发布的《2023 年太仓市环境状况公报》中的结论，2023 年太仓市环境空气有效监测天数为 365 天，优良天数为 305 天，优良率为 83.6%，细颗粒物（$PM_{2.5}$）年均浓度为 26μg/m^3。项目所在区域 O_3 超标，因此判定为环境空气质量不达标区。根据《苏州市空气质量改善达标规划（2019~2024 年）》，空气质量达标期限与分阶段目标如下：力争到 2024 年，苏州市 $PM_{2.5}$ 浓度达到 35μg/cm^3 左右，O_3 浓度达到拐点，除 O_3 以外的主要大气污染物浓度达到国家二级标准要求，空气质量优良天数比率达到 80%。苏州市环境质量在 2024 年实现全面达标。因此预计区域大气环境质量状况可以得到进一步改善，能够达标。

本项目在运营期会产生一定的污染物，如废气、废水、噪声、固废等，本项目的建设在落实相应的污染防治措施后，各类污染物均能实现达标排放，对区域环境质量影响较小，不会降低项目所在地的环境功能质量，符合环境质量底线的要求。

（3）资源利用上线

本项目为新建项目，建设总建筑面积24987.97m^2，根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，本项目建设工程符合国土空间规划和用途管制要求。在项目运行期间需用水、电等能源。项目的建设不会突破区域资源利用上线。

（4）环境准入负面清单

本项目位于长江经济带，本项目与《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022年）》（长江办[2022]7号）相符性分析见下表。

表1-5 《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022年）》（长江办[2022]7号）相符性分析

序号	文件要求	本项目情况	相符性
1	禁止建设不符合国家港口布局规划和《江苏省沿江沿海港口布局规划（2015-2030年）》《江苏省内河港口布局规划（2017-2035年）》以及我省有关港口总体规划的码头项目，禁止建设未纳入《长江干线过江通道布局规划》的过长江通道项目	本项目不属于码头项目和过长江通道项目	符合
2	严格执行《中华人民共和国自然保护区条例》，禁止在自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围内投资建设旅游和生产经营项目。严格执行《风景名胜区条例》《江苏省风景名胜区管理条例》，禁止在国家级和省级风景名胜区核心景区的岸线和河段范围内投资建设与风景名胜资源保护无关的项目。自然保护区、风景名胜区由省林业局会同有关方面界定并落实管控责任	本项目不在自然保护区核心区、缓冲区的岸线和河段范围内，亦不在风景名胜区核心景区的岸线和河段范围内	符合

序号	文件要求	本项目情况	相符性
3	严格执行《中华人民共和国水污染防治法》《江苏省人民代表大会常务委员会关于加强饮用水源地保护的决定》《江苏省水污染防治条例》，禁止在饮用水水源一级保护区的岸线和河段范围内新建、改建、扩建与供水设施和保护水源无关的项目以及网箱养殖、畜禽养殖、旅游等可能污染饮用水水体的投资建设项目：禁止在饮用水水源二级保护区的岸线和河段范围内新建改建、扩建排放污染物的投资建设项目：禁止在饮用水水源准保护区的岸线和河段范围内新建、扩建对水体污染严重的投资建设项目，改建项目应当消减排污量。饮用水水源一级保护区、二级保护区、准保护区由省生态环境厅会同水利等有关方面界定并落实管控责任	本项目不在饮用水水源一级保护区的岸线和河段范围内，亦不在饮用水水源二级保护区的岸线和河段范围内	符合
4	严格执行《水产种质资源保护区管理暂行办法》，禁止在国家级和省级水产种质资源保护区的岸线和河段范围内新建围湖造田、围海造地或围填海等投资建设项目。严格执行《中华人民共和国湿地保护法》《江苏省湿地保护条例》，禁止在国家湿地公园的岸线和河段范围内挖沙、采矿，以及任何不符合主体功能定位的投资建设项目。水产种质资源保护区、国家湿地公园分别由省农业农村厅、省林业局会同有关方面界定并落实管控责任	本项目不在水产种质资源保护区的岸线和河段范围内，亦不在国家湿地公园的岸线和河段范围内	符合
5	禁止违法利用、占用长江流域河湖岸线。禁止在《长江岸线保护和开发利用总体规划》划定的岸线保护区和保留区内投资建设除事关公共安全及公众利益的防洪护岸、河道治理、供水生态环境保护、航道整治、国家重要基础设施以外的项目。长江千支流基础设施项目应按照《长江岸线保护和开发利用总体规划和生态环境保护、岸线保护等要求，按规定开展项目前期论证并办理相关手续。禁止在《全国重要江河湖泊水功能区划》划定的河段及湖泊保护区、保留区内投资建设不利于水资源及自然生态保护的项目	本项目不在《长江岸线保护和开发利用总体规划》划定的岸线保护区内，亦不在岸线保留区内，亦不在《全国重要江河湖泊水功能区划》划定的河段保护区、保留区内	符合
6	禁止未经许可在长江干支流及湖泊新设、改设或扩大排污口	本项目未在长江干支流及湖泊新设、改设或扩大排污口	符合

序号	文件要求	本项目情况	相符性
7	禁止长江干流、长江口、34 个列入《率先全面禁捕的长江流域水生生物保护区名录》的水生生物保护区以及省规定的其他禁渔水域开展生产性捕捞	本项目不开展生产型捕捞活动	符合
8	禁止在距离长江干支流岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。长江干支流一公里按照长江干支流岸线边界（即水利部门河道管理范围边界）向陆域纵深一公里执行	本项目不在长江干支流岸线一公里	符合
9	禁止在长江干流岸线三公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库和磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外	本项目不在长江干流岸线三公里范围内	符合
10	禁止在太湖流域一、二、三级保护区内开展《江苏省太湖水污染防治条例》禁止的投资建设活动	本项目位于太湖流域三级保护区内，本项目生产行为不属于条例禁止投资建设活动	符合
11	禁止在沿江地区新建、扩建未纳入国家和省布局规划的燃煤发电项目	本项目不属于燃煤发电项目	符合
12	禁止在合规园区外新建、扩建钢铁、石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目。合规园区名录按照《〈长江经济带发展负面清单指南（试行，2022 年版）>江苏省实施细则合规园区名录》执行	本项目不属于石化、化工、焦化、建材、有色、制浆造纸等高污染项目	符合
13	禁止在取消化工定位的园区（集中区）内新建化工项目	本项目不属于化工项目	符合
14	禁止在化工企业周边建设不符合安全距离规定的劳动	本项目周边数百米范围内无化工企业	符合
15	禁止新建、扩建不符合国家和省产业政策的尿素、磷铵、电石、烧碱、聚氯乙烯、纯碱等行业新增产能项目	本项目不属于尿素、磷铵、电石、烧碱、聚氯乙烯、纯碱等行业	符合

序号	文件要求	本项目情况	相符性
16	禁止新建、改建、扩建高毒、高残留以及对环境影响大的农药原药（化学合成类）项目，禁止新建、扩建不符合国家和省产业政策的农药、医药和染料中间体化工项目	本项目不属于农药原药（化学合成类）项目，不属于农药、医药和染料中间体化工项目	符合
17	禁止新建、扩建不符合国家石化、现代煤化工等产业布局规划的项目，禁止新建独立焦化项目	本项目不属于石化、现代煤化工、独立焦化项目	符合
18	禁止新建、扩建国家《产业结构调整指导目录》《江苏省产业结构调整限制、淘汰和禁止目录》明确的限制类、淘汰类、禁止类项目，法律法规和相关政策明令禁止的落后产能项目，以及明令淘汰的安全生产落后工艺及装备项目	本项目不属于《产业结构调整指导目录》《江苏省产业结构调整限制、淘汰和禁止目录》明确的限制类、淘汰类、禁止类项目；不属于法律法规和相关政策明令禁止的落后产能项目，不属于明令淘汰的安全生产落后工艺及装备项目	符合
19	禁止新建、扩建不符合国家产能置换要求的严重过剩产能行业的项目。禁止新建、扩建不符合要求的高耗能高排放项目	本项目不属于严重产能过剩行业，不属于高耗能高排放项目	符合
20	法律法规及相关政策文件有更加严格规定的从其规定	从新、从严执行	符合

本项目不在上述负面清单所列范围。

综上，本项目符合生态保护红线，不违背环境质量底线和资源利用上线，不属于环境准入负面清单项目，本项目符合“三线一单”的要求

1.2.5 周边环境概况

本项目建设地点位于苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块，位于太仓市生物医药产业园内，公司厂区包括辐照厂房 1 座、门卫室 2 座及配套室外工程，本项目 2 座γ辐照装置机房位于辐照厂房中部，项目周围环境见图 1-3。

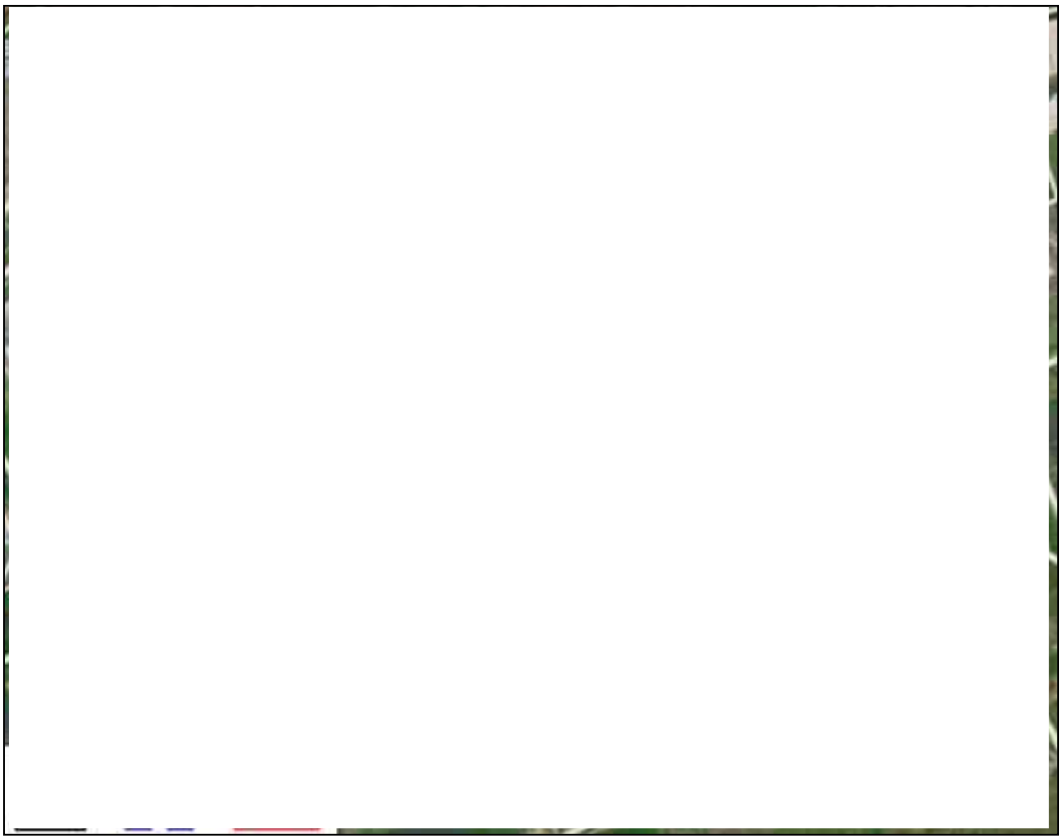

图 1-3 本项目周边关系图

1.2.6 核技术利用现状

目前，中核（江苏）辐照技术有限公司首次开展核技术利用项目，无原有核技术利用情况。

1.3 编制依据

1.3.1 法律、法规和规章

（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，2015 年 1 月 1 日起实施；

（2）《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修正版），中华人民共和国主席令 第二十四号，2018 年 12 月 29 日发布施行；

（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 第六号，2003 年 10 月 1 日起实施；

（4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令 第 449 号，2005 年 12 月 1 日起施行；2019 年修改，国务院令 第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行；

（5）《建设项目环境保护管理条例》（修订版），国务院令 第 682 号，2017 年 10 月 1 日发布施行；

（6）《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；

（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），生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；

（8）《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》，生态环境部部令 第 9 号，2019 年 11 月 1 日起施行；

（9）《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，2021 年 1 月 1 日起施行；

（10）《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，2019 年 12 月 24 日发布；

（11）《放射源分类办法》，国家环境保护总局公告 2005 年 第 62 号，2005

年 12 月 23 日起施行；

（12）《关于发布〈环境空气质量标准〉（GB 3095-2012）修改单的公告》，生态环境部公告 2018 年 第 29 号，自 2018 年 9 月 1 日起施行；

（13）《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》，环境保护部、工业和信息化部、国防科工局公告 2017 年公告第 65 号公布，自 2018 年 1 月 1 日起施行；

（14）《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（2023 年修改），国家发展和改革委员会第 49 号令，2021 年 12 月 27 日施行；

（15）《江苏省辐射污染防治条例》（2018 年修正本），江苏省第十三届人民代表大会常务委员会第二次会议第 2 号公告，2018 年 5 月 1 日起实施；

（16）《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 日发布；

（17）《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 28 日发布；

（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 日发布；

（19）《江苏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 日发布；

（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 日发布。

1.3.2 技术导则、标准

（1）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）；

（2）《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）；

（3）《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）；

（4）《声环境质量标准》（GB 3096-2008）；

（5）《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）；

（6）《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）；

（7）《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）；

（8）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）；

（9）《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）；

（10）《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）；

（11）《环境影响评价技术导则 总纲》（HJ 2.1-2016）；

（12）《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）；

（13）《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）；

（14）《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）；

（15）《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ 19-2022）；

（16）《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）；

（17）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；

（18）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；

（19）《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）；

（20）《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ 2.1-2019）；

（21）《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）；

（22）《核技术利用设施退役核安全导则》（HAD 401/14-2021）。

1.3.3 其他文件、资料

（1）本项目环境影响评价委托书，见附件 1；

（2）建设单位营业执照，见附件 2；

（3）中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目备案证，见附件 3；

（4）建设用地规划许可文件，见附件 4；

（5）江苏省生态环境分区管控综合查询报告书，见附件 5；

（6）环境质量和辐射现状监测报告，见附件 6；

（7）辐照装置机房辐射防护计算说明，见附件 7；

（8）《γ射线和电子束辐射装置的辐射安全》（IAEA No.107 安全丛书，1992 版）；

（9）建设单位提供的与本项目相关的技术资料。

1.4 评价标准

1.4.1 电离辐射相关标准

1.4.1.1 剂量限值和剂量约束值

（1）剂量限值

执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定，工作人员的职业照射和公众照射的剂量限值如下：

对象	要求
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv； ②任何一年中的有效剂量，50mSv。

对象	要求
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，lmSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 lmSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
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。	

（2）剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）照射剂量约束和潜在照射危险约束的防护要求，综合考虑《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）等评价标准要求，本项目剂量约束值为：辐射工作人员职业照射的剂量约束值为 5mSv/a，公众照射的剂量约束值为 0.1mSv/a。

1.4.1.2 辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平

参照《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中的相关规定，本项目辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平应按照下述规定确定：

（1）在设计最大装源量的前提下，在距屏蔽体表面 30cm 处，由放射源辐射产生的平均剂量率不大于 2.5μSv/h；

（2）在设计最大装源量的前提下，在迷道口外 30cm 处，平均剂量率不应大于 2.5μSv/h；

（3）在辐照室内设一深水井，源架在非工作状态时应位于井下贮存位置，以达到屏蔽目的并可在该位置完成装换放射源操作。距井口表面 30cm 处，由放射源辐射所产生的平均剂量率应不大于 2.5μSv/h。

1.4.1.3 工作场所的放射性物质污染限值

（1）贮源井水放射性污染控制

依据《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）和《γ辐照

装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的规定，贮源井水中 ^{60}Co 的放射性活度浓度应控制在 10Bq/L 以下，电导率不大于 10μS/cm，总氯离子（Cl^-）含量不大于 1mg/L，pH 值为 5.5~8.5。贮源井水排放应满足下列要求：

①每月排放到下水道的 ^{60}Co 总活度不应超过 1×10^6Bq；

②每一次排放的 ^{60}Co 总活度不应超过 1×10^5Bq，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗；

③经监管部门批准后方可排放。

（2）表面沾污控制

①依据《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）和《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的规定，工作人员的衣服、体表及工作场所的设备、工具、地面等表面β放射性物质污染控制水平见表 1-6。

表 1-6 表面β放射性物质污染控制水平 单位为 Bq/cm²

表面类型		β放射性物质
工作台、设备、墙壁、地面	控制区	4×10
	监督区	4
工作服、手套、工作鞋	控制区、监督区	4
手、皮肤、内衣、工作袜		4×10^{-1}

②依据《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）的规定，工作场所内的设备与用品，经去污后，其污染水平低于 0.8Bq/cm² 时，经有资质的机构测量并经监管部门许可后，可作普通物件使用，但不应用于炊具。

1.4.1.4 有害气体浓度限值

依据《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）和《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的规定，本项目有害气体浓度限值应满足下列要求：

（1）辐照室内当放射源降至水井下贮存位 5min 后，臭氧浓度不应超过 0.3mg/m^3；

（2）辐照室外的臭氧小时平均浓度不应超过 0.2mg/m^3；

（3）辐照室内当放射源降至井水下贮存位 5min 后，NO_2 浓度（包括：NO、N_2O、NO_2 等各种氮氧化物换算出的 NO_2 浓度）不应超过 5mg/m^3；

（4）辐照室外的二氧化氮小时平均浓度不应超过 0.24mg/m^3。

1.4.2 环境质量标准

1.4.2.1 环境空气质量标准

根据本项目所在区域的大气环境功能区划分，属二类区（即居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区），执行《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）二级标准。主要评价因子标准见下表。

表 1-7 环境空气质量评价标准

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值	单位
1	二氧化氮（NO_2）	年平均	40	μg/m^3
		24 小时平均	80	
		1 小时平均	200	
2	臭氧（O_3）	日最大 8 小时平均	160	
		1 小时平均	200	

1.4.2.2 地表水环境质量标准

本项目受纳水体为七浦塘，评价区域地表水环境现状评价执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）Ⅳ类标准，主要指标限值见表 1-8。

表 1-8 地表水环境质量标准基本项目标准限值

序号	指标	标准值	依据
1	pH（无量纲）	6~9	《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）Ⅳ类标准
2	溶氧量	≥3mg/L	
3	高锰酸盐指数	≤10mg/L	
4	化学需氧量（COD）	≤30mg/L	
5	五日生化需氧量（BOD_5）	≤6mg/L	
6	氨氮（NH_3-N）	≤1.5mg/L	

1.4.2.3 声环境质量标准

本项目建设地点位于苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块，位于太仓市生物医药产业园内，所在区域属于《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中 3 类声功能区，执行《声环境质量标准》（GB 3096-2008）3 类标准，环境噪声限值见表 1-9。

表 1-9 环境噪声限值

声环境功能区类别	标准值（L_{eq}：dB(A)）	
	昼间	夜间
3 类	65	55

1.4.3 污染物排放标准

1.4.3.1 大气污染物排放标准

施工期扬尘排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）相关要求，具体要求详见表 1-10。

表 1-10 大气污染物排放标准限值

工程阶段	污染物	污染物排放限值		执行标准
施工期	总悬浮颗粒物（TSP）	拆除工程/土方开挖/土方回填阶段	5.0mg/m^3	《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）
		其他工程阶段	5.0mg/m^3	

1.4.3.2 水污染物排放标准

本项目仅产生生活废水，生活污水接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理。项目厂区总排口执行《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）表 4 中三级标准及《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）表 1 中 B 等级标准，水污染物排放标准具体见表 1-11。

表 1-11 水污染物排放标准限值表

排放口名称	执行标准	取值表号标准级别	指标	标准限值	单位
厂排口	《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）	表 4 中三级标准	pH	6~9	无量纲
			BOD_5	300	mg/L
			COD	500	mg/L
			SS	400	mg/L
	《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T 31962-2015）	表 1 中 B 等级标准	石油类	15	mg/L
			氨氮	45	mg/L
			TN	70	mg/L
			TP	8	mg/L

1.4.3.3 环境噪声排放标准

（1）施工期

项目施工期噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB

12523-2011）规定的排放限值，详见表 1-12。

表 1-12 建筑施工场界环境噪声排放限值

执行标准	噪声限值（Leq：dB（A））	
《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB 12523-2011）	昼间	夜间
	70	55

（2）运营期

项目运营期厂界环境噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）中的 3 类功能区标准，详见表 1-13。

表 1-13 运行期厂界噪声排放标准

执行标准	噪声限值（Leq：dB（A））	
《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3类标准	昼间	夜间
	65	55

1.5评价范围和保护目标

1.5.1 评价等级

1.5.1.1 辐射环境评价等级

《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）未对核技术利用项目评价工作等级进行规定，根据本项目特点，由于本项目采用高活度的放射源进行辐照加工，工艺流程中产生的电离辐射影响是本项目最主要的环境影响因子，因此，环境影响评价中对电离辐射作重点关注，通过详细计算和评价，确定本项目对环境、辐射工作人员和公众的影响。

1.5.1.2 大气环境评价等级

对于非放类大气污染物，需依据《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ

2.2-2018）进行评价工作分级判定。

根据污染源项分析，项目营运期辐照室内γ射线与空气相互作用产生少量的O_3和NO_X，其影响程度和影响范围有限，因此只调查项目所在区域环境质量达标情况。

1.5.1.3 地表水评价等级

本项目运营过程贮源水井中的去离子水将进行净化处理，处理后的水重新注入贮源水井中重复使用。运营期主要废水来源于生活废水，生活污水接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理，排放方式为间接排放，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ 2.3-2018）评价工作等级划分原则与方法，本项目地表水环境影响评价工作等级为三级 B，可不进行水环境影响预测。

1.5.1.4 声环境评价等级

本项目位于工业区域内，属于 3 类声环境功能区，运营期主要噪声源为空压机和风机，项目建设前后评价范围内敏感目标噪声及增高量在 3dB 以下，且受影响的人口数量变化不大，根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），评级等级确定为三级。

1.5.1.5 地下水评价依据

本项目所在区域无集中式饮用水源地、特殊地下水资源保护区以及分散式居民饮用水水源等环境敏感区，地下水敏感程度为不敏感，且项目正常运行过程中，无废水排放至地下水，根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016），本项目不需要开展地下水环境影响评价。

1.5.1.6 土壤环境评价等级

本项目属于《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》中“五十五核与辐射”中“172 核技术利用建设项目”，《环境影响评价技术导则 土壤环境》（HJ 964-2018）不适用于核与辐射建设项目。本项目所处区域土壤环境不

敏感，且项目正常运行过程中，不会对土壤造成污染影响和生态影响，本项目不开展土壤环境影响评价工作。

1.5.1.7 环境风险评价等级

本项目不涉及有毒有害和易燃易爆危险物质生产、使用和储存，运营期主要环境风险源为Ⅰ类、Ⅴ放射源，风险因子为γ射线，可能构成特别重大、重大、较大和一般辐射事故发生，《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ 169-2018）不适用于核技术利用类建设项目，本次评价重点是判断可能发生的环境风险，并提出防范及应急措施。

1.5.2 评价范围

1.5.2.1 辐射环境评价范围

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）“1.5 节评价范围和保护目标”中的相关规定“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边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围），对于Ⅰ类放射源或Ⅰ类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大”，本项目辐照加工用的放射源为Ⅰ类放射源，考虑到拟使用的辐照装置严格按照我国相关法规标准的要求进行γ辐照装置机房的辐射屏蔽设计，采用混凝土作为主屏蔽材料，确保机房屏蔽体外剂量率满足要求。综上所述，参照《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）的要求，并考虑到辐照装置自身特点及其辐射污染源种类和大小，评价范围取机房四周实体屏蔽墙向外 100 米的范围。

1.5.2.2 声环境评价范围

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021），对于三级评价，评价范围确定为厂界外 200m 范围。

1.5.3 环境保护目标

“中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目”选址建于苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块，包括辐照厂房 1 座、门卫室 2 座及配套室外工程。本项目 2 座辐照装置机房位于辐照厂房中部。

根据现场踏勘，建设单位拟建场址东侧依次为经二路、苏州博创医疗器械有限公司（距辐照装置机房约 75m）及江苏泰应生物科技有限公司（距辐照装置机房约 179m），南侧依次为纬四路和七浦塘，西侧依次为空地和沙溪镇工业污水处理厂（距辐照装置机房约 178m），北侧依次为新北路和太仓国鑫生命科技产业发展有限公司（距辐照装置机房约 115m）、江苏美迅医疗科技有限公司（东北侧，距辐照装置机房约 148m）。本项目拟建址周边 100m 范围内主要为工业用地，200m 范围无学校、医院及大型居民区等环境敏感目标，本项目拟建址周边环境影响评价范围示意图见图 1-4。

根据《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中对于噪声敏感建筑物的定义：“指医院、学校、机关、科研单位、住宅等需要保持安静的建筑物。”本项目声环境评价范围（厂界外 200m 范围）均为工业企业，不列入声环境保护目标。

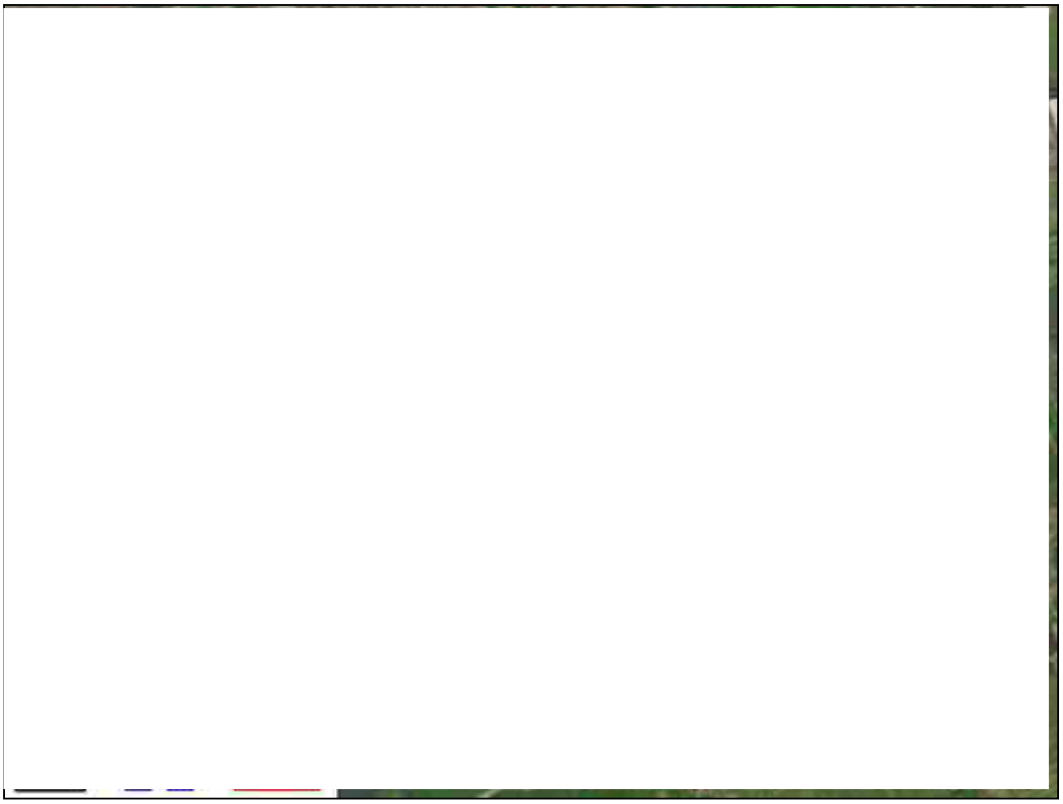

图 1-4 本项目环境影响评价范围及位置关系图

由此可知，本项目评价范围内无自然保护区、风景名胜和文物古迹等需要特殊保护的对象，无居民小区、学校等环境敏感点。评价范围内的环境保护目标以本项目相关工作人员、周边相关场所其他工作人员以及在相关场所活动的公众成员为主，具体列于表 1-14。评价范围内周边保护目标现状照片详见图 1-5 至图 1-7。

表 1-14 本项目辐射环境影响评价范围内环境保护目标情况

保护类别		方位	保护目标	距本项目最近距离	人口规模	备注
辐射环境	辐照厂房内	东侧	水处理间 1、走廊、楼梯	紧邻	24 人	职业人员
		南侧	辐照产品装卸货区	紧邻		
		西侧	配电间、水处理间 2、走廊	紧邻		
		北侧	辐照产品装卸货区	紧邻		

保护类别		方位	保护目标	距本项目最近距离	人口规模	备注
		辐照装置机房上方	控制室、排烟机房、风机平台	紧邻		
		东侧	未辐照库	约 3m	6 人	公众
		南侧	大厅、生产试验车间	约 8m	30 人	
		西侧	已辐照库	约 3m	6 人	
		北侧	维修间、仓管室、司机休息室、卫生间、库房装卸区	约 10m	4 人	
	厂区内	南侧	2#门卫室	约 74m	2 人	公众
		北侧	3#门卫室	约 54m	2 人	
		四周	道路、停车场、绿化	约 25m	流动人员	
	厂区外	东侧	经二路	约 59m	流动人员	公众
			苏州博创医疗器械有限公司	约 75m	30 人	
		南侧	纬四路	约 88m	流动人员	
		西侧	空地	约 46m	流动人员	
		北侧	新北路	约 80m	流动人员	



图 1-5 项目拟建址



图 1-6 项目拟建址东侧苏州博创医疗器械有限公司



图 1-7 项目拟建址南侧纬四路

2 自然环境和社会环境状况

2.1 自然环境状况

2.1.1 地理位置

太仓市位于江苏省东南部，长江口南岸，地理位置是北纬31°20′~31°45′，东经120°58′~121°20′，处在长三角腹地，与上海隔新浏河，东濒长江，与崇明岛隔江相望。南邻上海市宝山区、嘉定区，西连昆山市，北接常熟市。总面积809.93平方公里，长江水域面积143.97平方公里，陆地面积665.96平方公里。

沙溪镇位于太仓市中北部，太仓市生物医药产业园位于沙溪镇中东部，距离太仓港约15公里，沙溪镇全镇总面积132.41平方公里。

2.1.2 地形、地质、地貌

太仓属长江三角洲冲积平原。全境地势平坦，自东北向西南略呈倾斜。东部为沿江平原，西部为低洼圩区。地面高程：东部3.5~5.8m（基准：吴淞零点），西部2.4~3.8m。地质上属新华夏系第二隆起带，淮阳山字形构造宁镇反射弧的东南段。区内断裂构造规模不大，基底构造相对稳定。新构造运动主要表现为大面积的升降运动，差异不大，近期呈持续缓慢沉降。

太仓位于长江三角洲入海口东南边缘，属扬子断块区中江南断块，区域地壳稳定，属弱震区。50年超越概率10%地震动峰值加速度为0.05g，相应的地震基本烈度Ⅵ度。太仓市位于新华夏系第二隆起带，淮阳山字形构造宁镇反射弧的东南段。区内断裂构造规模不大，基底构造相对稳定。新构造运动主要表现为大面积的升降运动，差异不大，近期呈持续缓慢沉降。项目所在地为广阔的长江三角洲冲积平原，地势低平，高程2.5~2.8米（以黄海基面计，下同），沿江有长江大堤，堤顶高程6.3~7.0米。江面开阔，边滩宽300~1100米，10米等深线距岸堤1000~1400米。

太仓市地区的地层状况为：

（1）表层为种植或返填土，厚度0.6米~1.8米左右。

（2）第二层为亚粘土，色灰黄或灰褐，湿度饱和，0.3~1.1 米厚。

（3）第三层为淤质亚粘土，呈青灰色，湿度饱和，密度高，厚度为 0.5 米~1.9 米，地耐力为 100~120kPa。

（4）第四层为轻亚粘土，呈浅黄，厚度在 0.4 米~0.8 米，地耐力为 80~100kPa。

（5）第五层为粘土，少量粉砂，呈灰黄色或青色，湿度高，稍密，厚度为 1.1km 左右，地耐力约为 120~140kPa。

2.1.3 气候特征

太仓市属北亚热带南部湿润气候区，四季分明，雨水丰沛，气候温和，日照充足，无霜期长；全年相对湿度 80%。全年风向有明显的季节变化，春、夏为东南偏南风；秋为东风，冬为西北风。长江自西北向东南流经太仓，境内长江南支河段是一个中等强度的潮汐河口，潮汐性质属非正规半日浅海潮，潮流除中泓外均呈往复流。每天两涨两落，一般涨潮历时 4 小时左右，落潮历时 8 小时左右，并有较明显日潮不等现象。长江径流有明显的季节变化规律，每年的 5 至 10 月份为洪水期，径流量占全年的 71.7%；11 月至次年 4 月为枯水期。全年流量以 7 月份为最大，2 月份最小。根据近二十年统计资料，各气象要素均值见表 2-1。

表 2-1 气象要素均值

编号	项目		单位	数值
1	气温	年平均气温	℃	15.3
		极端最高温度		40.6
		极端最低温度		-11.5
2	风速	年平均风速	m/s	3.7
3	气压	年平均大气压	kPa	101.5
4	空气湿度	年平均相对湿度	%	81
		最热月平均湿度		85

编号	项目		单位	数值
		最低月平均湿度		76
5	降雨量	年平均降水量	mm	1064.8
		日最大降水量		219.6
		小时最大降水量		93.2
6	积雪、冻土深度	最大积雪深度	cm	150
		冻土深度		200
7	风向和频率	年主导风向和频率	E15.1%	
		春季主导风向和频率	SE17.9%	
		夏季主导风向和频率	E27.0%	
		秋季主导风向和频率	E18.1%	
		冬季主导风向和频率	NW13.9%	

2.1.4 水文水系

太仓市地处长江入海口三角洲地带，长江两岸陆地地形低平，其内人工渠道或运河纵横交错。大气降水等形成的地表水通过地表沟系排入沟渠及长江内。沟渠或运河内水位与长江水位基本一致，涨潮时长江水向运河内倒灌，其他时段运河内水向长江排泄。

太仓境内主要河道有区域性河道浏河、杨林塘、七浦塘、盐铁塘等 4 条，共长 100.7 千米；市级河道浪港、新泾、钱泾等 13 条，共长 211.3 千米；镇级河道 162 条，共长 496 千米；村级河道 3000 条，共长 2694 千米。河道总长 3500 千米，河网密度每平方千米 5.3 千米，年径流总量 1.8 亿立方米，年径流最大总量 2.9 亿立方米，年排涝量 15.4 亿立方米，年最大排涝量 25 亿立方米。

（1）长江

①流量

目前，长江干流下游无流量站，因此本河段的流量采用上游大通流量站的资料。据该站 1950~1999 年资料统计，其流量特征值如下：

多年平均流量：28700m^3/s

历年最大洪峰流量：92600m^3/s（1954 年 8 月 1 日）

历年最小流量：4620m^3/s（1979 年 1 月 31 日）

长江径流量有明显的季节性变化：5~10 月为洪季，径流量占全年总量的 71.8%；11~4 月为枯季，占全年总量的 28.2%，最大、最小流量之比为 20：1。全年以七月最大，二月为最小，是国内主要河流中变幅最小、最均匀的河流之一。其年内各月平均流量及年径流量百分比如表 2-2 所示。

表 2-2 长江太仓段流量特征值（m^3/s）

月份	月平均	月份	月平均
1	11000	7	49700
2	10800	8	44300
3	14900	9	40100
4	24100	10	34500
5	35500	11	23700
6	41200	12	14200
年平均	28700		

②潮位及设计潮位

长江太仓段感潮强度较强，潮汐为非正规半日潮，且日潮不等，涨落潮平均历时为 12 小时 25 分钟，涨潮历时为 4 小时 6 分钟，落潮历时为 8 小时 19 分钟。潮位变化具有典型的长江河口段特征：年内各月平均高、低潮位值接近，潮位高低与径流的大小关系不大，高、低潮位年际变化不大，年内月平均高潮位以 9 月为最高。长江太仓段潮汐特征值如下表：

表 2-3 长江太仓段潮汐特征值

历年最高潮位	4.51m
历年最低潮位	-1.53m
历年平均高潮位	1.71m
历年平均低潮位	-0.56m
历年平均潮差	2.19m
历年最大潮差	4.90m
历年最小潮差	0.01m

③潮流

长江太仓段距入海口近，感潮强度较强，全年内均为涨落潮双向流。长江（工程河段）由于河床平缓宽阔，潮差较大，涨潮波可以深入内陆很长距离。长江口的涨潮量巨大，由于涨潮流的倒灌及涨潮期径流的滞留，本江段的落潮流流量远大于大通站下泄的径流流量，落潮流是塑造本河段河床的主要动力因素。据实测水文资料统计，长江南支水域流速特征值如下：

平均涨潮流速：0.55m/s

平均落潮流速：0.98m/s

涨潮最大流速：3.12m/s

涨潮最小流速：0.32m/s

落潮最大流速：2.78m/s

落潮最小流速：0.62m/s

④泥沙

据七丫口断面水文测验资料统计，南支河段涨潮含沙量大于落潮含沙量，涨潮平均含沙量为 1.76kg/m^3，落潮平均含沙量为 1.50kg/m^3；

而涨潮输沙量小于落潮输沙量，涨潮每潮平均输沙量为 148.32 万吨、落潮

每潮平均输沙量为382.67万吨。而且主槽输沙量远大于边滩输沙量。

南支河段的河床质d50在涨、落急时约为0.047mm，憩流时为0.027mm，平均约为0.037mm，底部悬移质的d50相当于河床质的d30，悬移级配与床沙级配有相当大部分的重合，说明本河段悬沙与床沙之间存在频繁的交换。

⑤地下水状况

场地内浅层地下水主要赋存于第四系土层中，形式以孔隙潜水和承压水为主。水位变化主要受大气降水和地表水体的影响，并呈季节性变化。稳定水位埋深较浅，一般为0.40~0.90m。承压水主要蕴涵于深部的砂土中。地下水位与江水位、沟渠内水位基本一致，主要向长江及沟渠内排泄。

地下水水质对混凝土结构一般无腐蚀性；在长期浸水条件下对钢筋混凝土结构中钢筋有弱腐蚀性，在干湿交替条件下对钢筋混凝土结构中钢筋具有弱腐蚀性；对钢结构具有弱腐蚀性。

（2）七浦塘河

项目周围主要河流为七浦塘河，七浦塘河西起阳澄湖，东至长江，途经相城区、昆山市、常熟市、太仓市5镇26村，全长43.89公里，太仓境内长22.2公里，是太湖流域阳澄淀澳区的主要通江河道之一。

由于区域内河港湖泊水流都相互串通，无封闭的集水周界，建设项目周围水文情势较为复杂。地面径流的自然流向总的趋势是由西北向东南，由沿江流向腹部。同时由于地势低平，高程相差较小，河流比降小，水道多而致水流平缓、迂回，在局部气象要素或沿江水闸引排水等人为因素影响下，七浦塘河流向有时顺逆不定。

七浦塘河入江口节制闸为七浦闸，距离入江口约360m。七浦闸开启关闭情况根据长江潮汐情况而定，一般一日开启2次，每次2~3小时（不同水期有所变化，洪水期根据水情及水资源管理要求等变化很大）。

2.1.5 生态环境

（1）陆域动植物种类及分布

野生动物中哺乳类主要有野兔、家鼠、田鼠、黄鼬、獾、刺猬、蝙蝠等。鸟类有麻雀、家燕、喜鹊、乌鸦、啄木鸟、猫头鹰、杜鹃等。

经过近年的开发建设，野生动物数量和种类锐减。

太仓地处苏南水乡，湖荡密布，气候温暖湿润，物种丰富，植物生长迅速。近几年太仓经济发展迅速，土地利用率非常高，自然植被已基本消失，次生植物以高度次生的野生灌草丛植物为主，分布在暂未开发的荒地和田埂。常见的种类有紫花地丁、菟丝子、马鞭草、夏枯草、曼陀罗、车前草、蒲公英、艾蒿等。

该地区人工植被以城市绿化和农作物为主，没有珍稀濒危物种。

城市绿化主要包括园林绿化、道路绿化和四周植树等。园林绿化主要花木品种有雪松、罗汉松、桧柏、广玉兰、桂竹、紫藤、山茶、南天竹、桂花、棕榈、黄杨、夹竹桃、月季、玫瑰、绣球等。道路绿化和四周植树主要有水杉、池杉、香樟、泡桐、杞柳、广玉兰等。

农作物主要粮食作物有水稻、小麦。经济作物有油菜、青菜、茼蒿、韭菜、黄瓜、芹菜、萝卜、花菜、辣椒、茄子、西红柿、菠菜、大蒜、茭白、莴笋等。

（2）水生动植物种类

周围河流中鱼类及其他水生动物种类较多，鱼类有鲤鱼、鲫鱼、青鱼、草鱼、乌鱼、鲑鱼、泥鳅、黄鳝等，甲壳类有河虾、蟹等，贝类有田螺、蚌等，以人工养殖为主。

水生植物主要有沼泽植物和沉水植物构成。

水生维管束植物中常见的有水花生、水车前、凤眼莲、金鱼藻、满江红等。淀粉类植物有芡实、菱角等。主要沼泽植物有芦苇、菖蒲及黑三棱等。

2.2 社会经济状况

2023 年末户籍人口 54.25 万人，比上年增加 9459 人。其中，男性 25.72 万人，女性 28.53 万人。户籍人口出生率为 4.81‰，死亡率为 10.47‰，自然增长率为-5.66‰。年末常住人口 84.80 万人，城镇化率为 71.15%。

全年城镇居民人均可支配收入 82639 元，农村居民人均可支配收入 46462 元，分别增长 4.3%和 6.3%。城镇居民人均生活消费支出 49376 元，农村居民人均生活消费支出 32390 元，分别增长 6.4%和 9.2%。城乡居民食品支出占生活费支出的比重分别为 26.1%和 27.4%。

2023 年，太仓市实现地区生产总值 1734.94 亿元，按可比价格计算，比上年增长 5.3%。其中，第一产业增加值 24.33 亿元，增长 2.7%；第二产业增加值 813.97 亿元，增长 3.0%；第三产业增加值 896.64 亿元，增长 7.5%。三次产业占比 1.4:46.9:51.7。按常住人口计算，人均地区生产总值 20.51 万元。

2023 年全年实现社会消费品零售总额 548.83 亿元，比上年增长 7.5%。其中，限额以上企业实现社会消费品零售总额 129.75 亿元，增长 15.0%。按消费形态统计，限上批发和零售业实现零售额 125.79 亿元，增长 14.1%；限上住宿和餐饮业实现零售额 3.96 亿元，增长 53.8%。

2023 年全年新批外资项目 123 个，其中德资项目 39 个。注册外资 11.35 亿美元，比上年下降 51.9%。实际使用外资 5.34 亿美元，下降 4.1%。实现服务外包接包合同额 12.19 亿美元，增长 0.8%，离岸服务外包执行额 4.32 亿美元，下降 8.5%，在岸服务外包执行额 6.20 亿美元，增长 3.0%。

2023 年全年实现货物贸易进出口总额 152.77 亿美元，比上年下降 7.9%，其中出口总额 82.85 亿美元，下降 7.6%；进口总额 69.92 亿美元，下降 8.3%。服务贸易进出口总额 32.57 亿美元，增长 4.1%。知识密集型服务贸易进出口总额 21.41 亿美元，增长 0.8%。

2023 年末全市私营企业总量为 46372 户，比上年增长 2.2%，在册私营企业注册资本 2817.27 亿元，增长 4.6%。

2.3 环境质量和辐射现状

为了解本项目辐照装置机房拟建址及周围环境的辐射环境、声环境现状，建设单位委托南京瑞森辐射技术有限公司（CMA 证书编号：221020340350）对拟建址及周围环境进行了环境质量现状检测，检测期间辐照装置机房尚未开始土建施工。监测报告见附件 6。

2.3.1 监测内容

本项目为新建项目，涉及使用Ⅰ类、Ⅴ类放射源，属于核技术利用中使用放射源和射线装置项目。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）“2.3 环境质量和辐射现状”要求，本项目辐射环境监测内容为评价范围内的水体、地表水、地下水、土壤等环境介质中与项目相关的放射性核素含量及贯穿辐射现状水平。

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中“5.3 核技术利用辐射环境监测”对应用密封型放射源应用项目的监测要求，本项目选取γ辐射空气吸收剂量率和特征核素含量作为本次监测因子。

本项目不向周围环境排放放射性废水，本项目产生的生活污水接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理。现场踏勘发现项目拟建址南侧边界外有地表水（七浦塘），经走访附近没有地下水取水井，建设单位周围也没有向环境排放放射性废水的企业。综合以上区域环境现状和本项目污染物排放特点，本次环境现状监测时对拟建厂址周围地表水取样，未进行地下水取样。

根据本项目主要辐射污染因子的类别和特征，本次环境质量现状调查选取的监测因子包括环境γ辐射空气吸收剂量率、土壤中γ核素、水中γ核素、水中总α、总β、环境噪声。

由于本项目涉及使用的核素种类有 ^{60}Co 和 ^{137}Cs 共 2 种。南京瑞森辐射技术有限公司于 2024 年 10 月 10 日对拟建厂址环境介质（土壤、地表水）中的特征核素含量与总α、总β进行了取样并监测，对拟建厂址的γ空气吸收剂量率和噪声进行了监测，检测报告详见附件 6。

环境现状监测对象和监测项目列于表 2-4。

表 2-4 监测对象和项目

序号	监测对象	监测项目
1	陆地γ辐射	γ辐射空气吸收剂量率
2	噪声	厂界和周围区域声环境质量
3	土壤	γ核素（^{60}Co）
4	地表水	γ核素（^{60}Co）、总α、总β活度浓度

注：因本项目使用的 ^{137}Cs 放射源为微居里级的 V 类仪器校准用小密封放射源，故不对土壤、水体中的 ^{137}Cs 活度浓度进行监测。

2.3.2 监测/取样点位

环境γ辐射空气吸收剂量率监测点位主要布设在辐照装置机房拟建址及周围有公众居留的区域，共设置 9 个检测点位。

在四周厂界的声环境质量现状进行检测，检测频次为昼夜各 1 次。

选取辐照装置机房拟建址进行土壤取样，并进行实验室分析测量，检测土壤中γ核素（^{60}Co）。

根据周围地表水分布情况，在厂区南侧七浦塘中进行地表水取样并进行实验室分析测量，检测水中γ核素（^{60}Co）、总α、总β。

2.3.3 监测设备和监测方法

2.3.3.1 监测设备

本次监测使用的仪器设备详见表 2-5。环境γ辐射空气吸收剂量率、噪声监测时间和土壤、地表水取样时间为 2024 年 10 月 10 日，土壤样品、地表水样品分析的时间为 2024 年 10 月 12 日~10 月 26 日。监测、分析时仪器设备均处于检定有效期内。

表 2-5 仪器设备及性能指标

仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
X-γ辐射监测仪	6150 AD 6/H+6150AD -b/H	NJRS-126	能量响应：20keV～7MeV 测量范围：1nSv/h～99.9μSv/h 检定证书编号：Y2023-0173796 检定有效期限：2023.10.30～2024.10.29
多功能声级计	AWA6228+	NJRS-042	测量范围：23dB（A）～133dB（A） 检定证书编号：第 01665309 号 检定有效期限：2024.6.25～2025.6.24
声校准器	AWA6221A	NJRS-034	检定证书编号：E2024-0083926 检定有效期限：2024.8.9～2025.8.8
低本底α、β测量仪	RJ41-2	NJRS-938	校准证书编号：2023H21-20-4661277002 校准有效期限：2023.6.21～2025.6.20 通道一α探测效率为 83.2%，β探测效率为 52.8%；通道二α探测效率为 84.2%，β探测效率为 52.2%；通道一α本底≤0.0041 计数 $min^{-1}·cm^{-2}$，β本底≤0.15 计数 $min^{-1}·cm^{-2}$；通道二α本底≤0.0030 计数 $min^{-1}·cm^{-2}$，β本底≤0.18 计数 $min^{-1}·cm^{-2}$
GEM40 型高纯锗伽马谱仪	GEM40	NJRS-833	校准证书编号：Y2022-3076934 校准有效期限：2022.11.1～2024.10.31 测量范围：能量非线性＜0.01%

2.3.3.2 监测方法

本项目具体监测方法见表 2-6。

表 2-6 监测方法

序号	监测对象	监测方法	标准依据
1	γ辐射空气吸收剂量率	在项目拟建址及其周围布设γ辐射空气吸收剂量率监测点位，共计 9 个监测点位。采用便携式监测仪表，以定点测量方式进行。每个监测点位测量 10 次，监测结果取平均值。	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）
2	噪声	对四周厂界和公众居留区域的声环境质量现状进行检测，昼夜各 1 次。	《声环境质量标准》（GB 3096-2008）

序号	监测对象	监测方法	标准依据
3	土壤中γ核素	采集在项目拟建址 10~30cm 土壤，除去树枝、石块、草根等杂物，将采集到的样品现场混合后取约 2kg。土壤样品送实验室预处理后采用高纯锗γ谱仪测量γ核素活度浓度。	《高纯锗γ能谱分析通用方法》（GB/T 11713-2015）、《土壤中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB/T 11743-2013）、《水中放射性核素的γ能谱分析方法》（GB/T 16140-2018）、《水质总α放射性的测定厚源法》（HJ 898-2017）、《水质总β放射性的测定厚源法》（HJ 899-2017）
4	地表水中γ核素、总α、总β	在项目拟建址南侧七浦塘中取样，样品送实验室分析，用高纯锗γ能谱仪进行γ核素活度浓度测量，用低本底α、β测量仪进行总α、总β活度浓度测量。	

2.3.4 质量保证措施

（1）监测单位具备所监测项目的资质；

（2）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；

（3）针对各类样品的采集，监测单位制定了操作规程，要求参加采样人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行；

（4）采样器符合国家技术标准的规定，使用前须检验并确认其性能良好后方可采样，保证采样器和样品容器的清洁，防止交叉污染。

（5）采样时注意样本的均匀性和稳定性，严格按照要求采集样品。

（6）采样后按规定方法进行暂存或预处理，并尽快送往实验室，做好样品交接工作；

（7）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗；

（8）监测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用；

（9）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

（10）由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录；

（11）监测报告严格实行三级审核制度，经过校验、审核，最后由技术总负责审定。

2.3.5 监测结果

本次监测的γ辐射空气吸收剂量率、噪声监测点位和土壤、地表水采样点位布设位置见图 2-1。

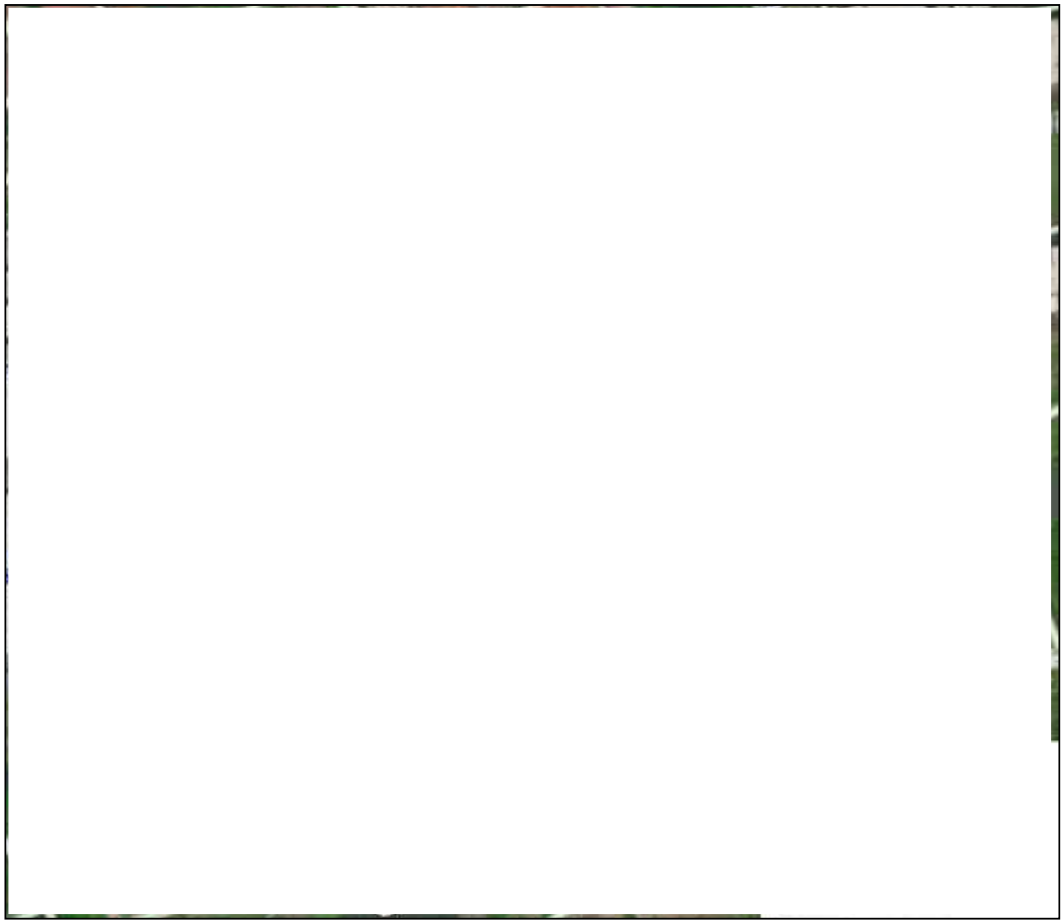

图 2-1 辐照装置机房拟建场址及周边监测点位布设示意图

2.3.5.1 陆地 γ 辐射

本项目拟建址及周围环境的γ辐射空气吸收剂量率监测结果见表 2-7。

表 2-7 项目拟建址周围γ辐射空气吸收剂量率监测结果

测点编号	点位描述	监测结果（nGy/h）	备注
1	辐照装置机房拟建址内	56	原野
2	拟建厂址内东部	43	原野
3	拟建厂址内南部	51	原野
4	拟建厂址内西部	50	原野
5	拟建厂址内北部	45	原野
6	拟建厂址东侧苏州博创医疗器械有限公司西侧厂界	45	道路
7	拟建厂址南侧纬四路	44	道路
8	拟建厂址西侧沙溪镇工业污水处理厂东侧厂界	42	道路
9	拟建厂址北侧太仓国鑫生命科技产业发展有限公司南侧厂界	39	道路

注：上表数据已扣除检测仪器宇宙射线响应值。环境γ辐射剂量率测量结果按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中公式$\dot{D} = C_f\left(E_f\dot{X} - \mu_c\dot{X_c}'\right)$计算，其中，$C_f$为仪器量程检定/校准因子；$E_f$为仪器检验源效率因子；$\dot{X}$为现场监测时仪器 n 次读数的平均值；μ_c为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；$\dot{X_c}'$为测点处仪器对宇宙射线的响应值，本仪器的宇宙射线响应值为 30nGy/h。

由监测结果可知，本项目拟建址原野（1#~5#点位）周围环境γ辐射剂量率在43nGy/h～56nGy/h 之间，属江苏省原野γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（33.1nGy/h～72.6nGy/h）；室外（6#~9#点位）周围环境γ辐射剂量率在 39nGy/h～45nGy/h，属江苏省道路γ辐射（空气吸收）剂量率本底水平（18.1nGy/h～102.3nGy/h），均位于江苏省环境天然γ辐射水平涨落区间。因此，本项目拟建址及周围环境的辐射环境质量现状无异常。

2.3.5.2 声环境质量现状

拟建厂址四周厂界的声环境质量现状检测结果见表 2-8。

表 2-8 项目拟建址周围声环境现状监测结果

测点编号	点位描述	昼间噪声值（Leq（dB（A）））	夜间噪声值（Leq（dB（A）））
1	拟建厂址东侧	51	44
2	拟建厂址南侧	49	41
3	拟建厂址西侧	49	42
4	拟建厂址北侧	45	40

由监测结果可知，拟建厂址四周厂界的昼间声环境噪声为（45~51）dB（A），夜间声环境噪声为（40~44）dB（A），项目区域及周围环境声环境质量良好。

2.3.5.3 土壤

本项目拟建址土壤样品中γ核素的活度浓度测量结果见表 2-9。

表 2-9 土壤样品中γ核素活度浓度监测结果

采样地点/样品编号	^{60}Co（Bq/kg）
拟建址南侧 1#土壤/2400953	＜DL（0.060）
拟建址西侧 2#土壤/2400954	＜DL（0.043）
拟建址东侧 3#土壤/2400955	＜DL（0.037）
拟建址处 4#土壤/2400956	＜DL（0.098）
拟建址北侧 5#土壤/2400957	＜DL（0.067）

注：DL 为本次检测时的探测下限。

由表 2-9 监测结果可知，拟建址土样中放射性核素 ^{60}Co 活度浓度均低于探测限，属于正常本底水平。

2.3.5.4 地表水

本项目拟建址地表水中γ核素、总α、总β的活度浓度分析测量结果见表 2-10 至表 2-11。

表 2-10 地表水中γ核素活度浓度监测结果

采样地点/样品编号	^{60}Co（Bq/L）
项目拟建址上游 500 米河水/2400958	＜DL（0.0144）
项目拟建址下游 500 米河水/2400959	＜DL（0.0182）

注：DL 为本次检测时的探测下限。

由表 2-10 监测结果可知，拟建址区域地表水中放射性核素 ^{60}Co 活度浓度均低于探测限，属于正常本底水平。

表 2-11 地表水中总α、总β活度浓度监测结果

采样地点/样品编号	总α（Bq/L)	总β（Bq/L)
项目拟建址上游 500 米河水/2400958	＜LLD（0.017）	＜LLD（0.036）
项目拟建址下游 500 米河水/2400959	＜LLD（0.018）	＜LLD（0.043）

注：LLD 为本次检测时的探测下限。

由表可 2-11 知，拟建址区域地表水监测断面总α、总β低于仪器探测下限，属于正常本底水平。

2.4 场址合理性评价

（1）本项目 2 套γ辐照装置拟建于太仓市生物医药产业园内，项目拟建址场地平整，地址条件稳定，符合《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中“γ辐照装置的厂址宜选择场地稳定、地质条件较好的地段”的规定要求。

（2）本项目 2 套γ辐照装置拟建址处无高压输变电线路，周边企业无易燃易爆场所，符合《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中“按国家相关规范要求避开高压输电走廊和易燃易爆场所”的规定要求。

（3）本项目 2 套γ辐照装置拟建址位于苏州市太仓市沙溪镇，根据历史文献资料显示该区域地震活动频度不高，强度不大，符合《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中“在抗震设防区应满足国家相关标准的要求，不应在危险地段建造辐照装置”的规定要求。

（4）本项目 2 套γ辐照装置拟建于苏州市太仓市沙溪镇，用地方正，场地整体较为平整，用地以南为七浦塘水系，沿河为城市道路，道路红线宽度 7 米，用地东侧北侧均为城市道路用地以西约 400 米为西北至东南走向的岳麓线公路，1.5 公里为沈海高速，场地周边道路及市政配套设施较为完善，交通便利。符合《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中“选址应满足运行内容和运行目标的需求。辐射加工用途的厂址应具备基本物流条件，科研用途的厂址应利于相关活动的开展”的规定要求。

综上，项目选址合理，同时经预测分析，项目在采取相应辐射安全与防护措施及环保防治措施后，能保证污染物达标排放，对周边环境影响轻微。

因此，本项目的建设与周边环境相容，项目的选址从环境保护角度可行。



图 3-1 单枚放射源结构图

BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置设两台源架，并列放置，每台源架四层高，包含有 16 个放射源模块，参见图 3-2。每个模块可容纳 50 枚源，两台源架共可容纳 1600 枚放射源，每枚放射源尺寸均为φ11. 1×451.5mm。源活度可近似看做均匀分布，参见图 3-3。

图 3-2 BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置源架

图 3-3 BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置源架模块

BFP 型（托盘式）γ辐照装置亦设两台源架，并列放置。每台源架六层高，包含有 18 个放射源模块，参见图 3-4。每个模块可容纳 45 枚源，两台源架共可容纳 1620 枚放射源，每枚放射源尺寸均为φ11. 1×451.5mm。源活度可近似看做

均匀分布，参见图 3-5。

图3-4 BFP型（托盘式）γ辐照装置源架

图 3-5 BFP 型（托盘式）γ辐照装置源架模块

本项目辐照装置以屏蔽体为中心配置其它各种相应设施。屏蔽体一层北侧有BFT型（辐照箱式）γ辐照装置的操作大厅、实验线装卸货区、维修间、仓管室、剂量实验室等辅助房间；东侧有楼梯间、1号水处理间；西侧有配电间、2号水处理间；南侧有BFP型（托盘式）γ辐照装置的操作大厅、实验线装卸货区。两套装置共用一间控制室，位于迷道屋顶上方。空压机系统也位于辐照室屋顶。

操作大厅是辐照产品装卸的场所。未辐照的产品在装货段由机械设备自动装入输送系统的辐照箱或托盘中，进入辐照室进行辐照，完成辐照的产品输出辐照室后运至卸货段自动卸出。

主控设备设置在控制室内。控制室装有大型玻璃窗，以便对厂区进行观察。

两个水处理间位于屏蔽体东西两侧，管道采用地下预埋的方式，可使设于贮源井与水处理间之间的循环水管更加简捷顺畅，水处理间主要有反渗透（RO）及离子交换等设备。

维修间布置在厂房北侧靠近厂房出入口，便于维修人员到室外进行焊接等工作。维修间内主要有切割机、台钻、砂轮机、钳工台、电焊机等设备。

辐照厂房一层及2座辐照装置机房上方平面布局图见图3-6至图3-7。

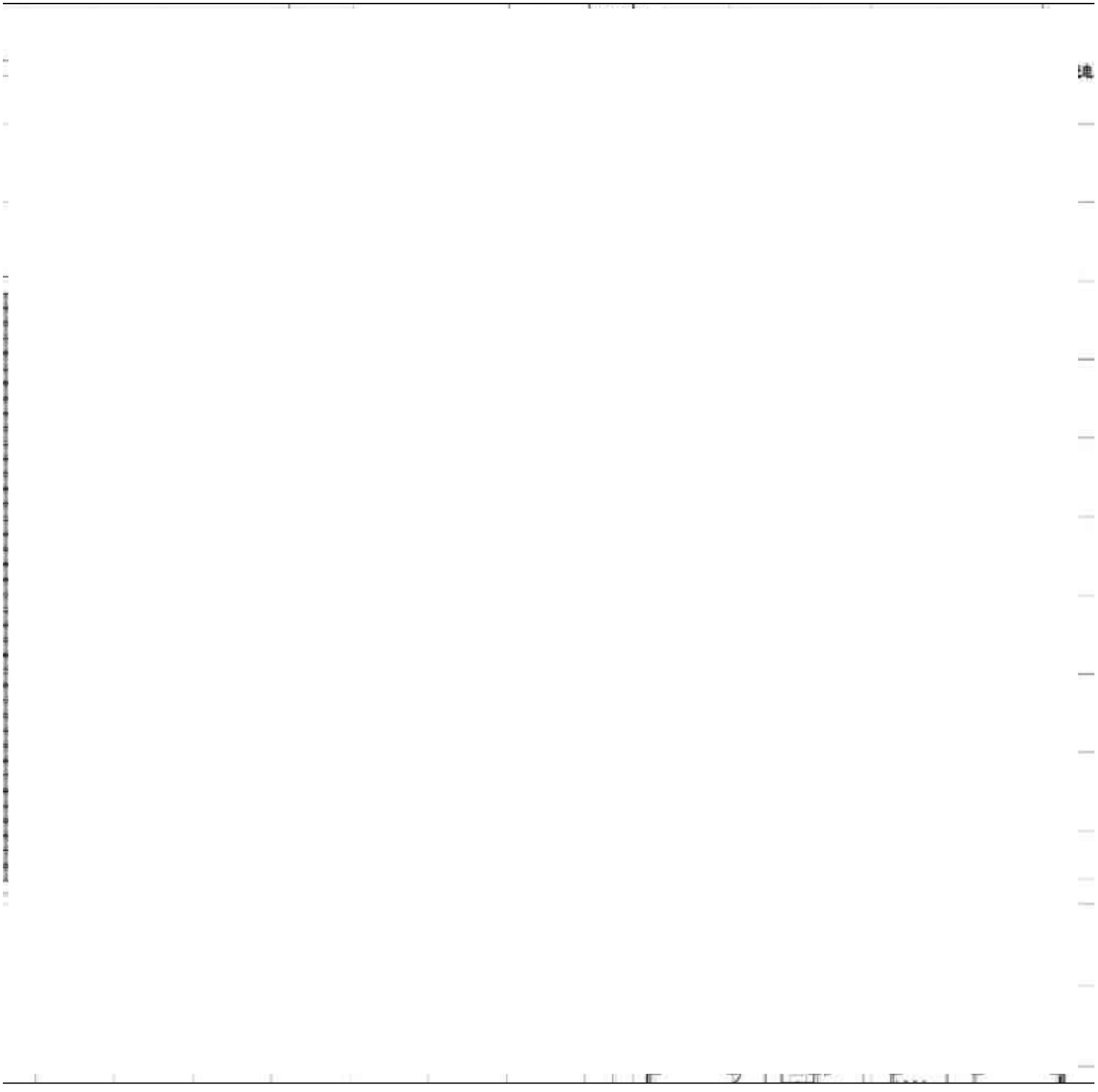

图 3-6 2 座辐照装置机房平面布局图



图 3-7 2 座辐照装置机房顶部平面布局图

3.2 工程设备与工艺分析

3.2.1 工程设备

本次拟配备 1 套 BFT 型（辐照箱式）和 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置主要由产品输送系统、源的升降及其设备系统、源架监视系统、移动式电视监视系统等组成。

3.2.1.1 产品输送系统

在操作大厅与辐照室之间设有形成闭合回路的辐照产品输送系统，其驱动方式为电动辊道及气动输送相结合。辐照室板源架的两侧设计有密集排列的积放线路。产品的输送是步进方式，即按照一定的时间间隔开启迷道货物入口门，输入进一个辐照箱（BFT 型 γ 辐照装置）或托盘（BFP 型 γ 辐照装置）。这个时间间隔即为主控时间。主控时间长短是依据产品吸收剂量、实际装源量、产品容重等参数设定。

（1）输送系统按辐照工艺要求的功能划分为三段：操作间输送段、迷道过渡输送段及辐照室过源输送段。

①操作间输送段：用以实现辐照产品装卸货、积放等待及存贮空辐照箱。主要包括装货平台、卸货平台、定位机构、辊道式输送机、差动滚轮式输送机（BFT 型 γ 辐照装置）、停止器等设备。

②迷道过渡输送段：将未辐照产品输送到辐照室，以及将已辐照产品输送出辐照室。主要包括辊道式输送机和电动转运小车等设备。BFT 型 γ 辐照装置货物输入迷道和输出迷道是分开的、各自独立的，迷道净高均为 3.5m；BFP 型 γ 辐照装置输入迷道和输出迷道共用一条，该迷道净高 6.1m，下半部分为货物输入轨道，上半部分是货物输出轨道。

③辐照室过源输送段（过源机械）：对位于放射源两侧的辐照产品进行辐射加工，以及完成辐照工艺要求的换层及换面作业。主要包括升降机、移行机、辊道式输送机、无动力边滚输送机（BFT 型 γ 辐照装置）、推箱机、止退器等设备。

BFT 型γ辐照装置过源机械分为 6 路双层，每层每路 6 工位。下层辐照箱位于辊道输送机上，上层辐照箱悬挂在两根平行轨道上。上、下两层产品之间间距很小；BFP 型γ辐照装置过源机械分为 4 路双层，每层每路 5 工位。下层托盘位于辊道输送机上，上层托盘位于上方辊道输送机上。上、下两层产品之间间距较大。

（2）辐照箱或托盘的积放运行实行集中自动控制。为减少辐射对机电设备的损害，辐照室内过源机械的驱动机构均设置在屋顶上。

整个输送及工艺过程采用可编程控制器（PLC）进行自动控制，按预定运行方式运行。

3.2.1.2 源的升降及其设备系统

装载钴源的板源架，在不工作时贮存在贮源井的底部，当工作时，将其提升到井上一定的高度。源架中心工作位置分别为高于地面 2280mm（BFT 型γ辐照装置）、2935mm（BFP 型γ辐照装置）。源架的升降是由气动式钴源升降装置实现的。

源架的所在位置通过位置指示开关显示。在贮源井底部安装有源架位置指示机构，当源架下降到位时，压迫该机构引发开关动作，则控制台会有信号反映出源已下降到位。在源工作位置上也装有行程开关，当源架被提升到工作位置时，会触发该开关，从而控制台会收到源架升到工作位的信号。另外源架在升降过程中还有超时监测和控制。

3.2.1.3 源架监视系统

贮源井内安装一个摄像头，位于井口表面以下 4.0m 处。摄像头连接到控制室内的电视监视器上，控制人员从监视器上可直接看到源架是否在井底贮存位置。

3.2.1.4 移动式电视监视系统

为用于万一发生卡源故障的观察与处理，设置了移动式电视监视系统。该系统主要包括 GX 系列轻型悬挂输送机、摄像系统、照明灯及线缆等。摄像头输送机轨道由迷道进入辐照室，并沿辐照室墙壁围绕一周。使摄像系统可以到达辐照

室过源设备四周任何位置进行拍摄。摄像系统由云台、摄像头、镜头控制器组成。镜头控制器安装在辐照室外，可对云台朝向以及镜头变焦进行控制，根据需要调整拍摄范围和拍摄角度。移动监控系统具备图像储存功能。

3.2.2 工艺分析

3.2.2.1 辐照工作原理

本项目拟配备的 1 套 BFT 型（辐照箱式）和 1 套 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置均为利用 ^{60}Co 衰变释放出γ射线来照射物质，与物质相互作用使其发生物理、化学、生物学反应，使物质的性能改变或改善，或者影响微生物的生理活性，以达到材料改性、材料性能提升、产品消毒灭菌等目的，可以广泛应用在材料、医疗器械、药品、食品、包装、环保等领域。在材料改性与性能提升方面，辐照技术可以提升材料的机械强度、耐应力开裂、化学稳定性、阻燃性等性能，可应用于化工、电子、汽车、建材、军工等领域。在消毒灭菌方面，辐照技术可对病毒、细菌、微生物等进行杀灭，可应用于冷冻食品、医疗器械以及污废水处理领域。我国辐照技术于 20 世纪 80 年代开始起步，现阶段，γ 射线辐照辐照技术应用更为成熟。消毒灭菌是辐照技术的重要应用领域，与传统的化学药剂灭菌技术相比，具有杀灭彻底、无残留、无污染等优点。

辐照技术特点：一是使用安全环保，不产生任何残留污染；二是常温常压加工、对物质无损伤；三是功率大、效率高、适用范围广；四是使用能耗低、无残毒、无废弃物；五是加工过程简便、易于控制；六是加工处理后的产品附加值增高，辐射安全性强。根据对大量辐照食品的营养和其它成分的研究报告，国际原子能机构、联合国粮农组织、世界卫生组织联合专家委员会进行了综合评估，于 1980 年作出结论：在不超过 10MeV 能量、10kGy 剂量下，不会导致任何营养上的以及毒理学的特殊问题。1997 年在日内瓦举行的 IAEAFAO/WHO 联合专家组会议上，得出高于 10kGy 的辐照剂量“将不会使营养损失达到对个人或群体的营养状态产生任何危害影响的程度”的研究结论。

3.2.2.2 辐照工艺流程概述

（1）BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置工艺流程：将需要辐照的产品由未辐照产品库自动运至操作大厅装料段，由机械设备自动装至输送辊道上的辐照箱内，经由迷道入口自动输入辐照室进行辐照。辐照箱在过源时自动换面，并通过升降装置自动换层，即下层辐照箱被推箱机推动进入升降装置，触发占位开关，自动提升到上层，再由推箱机从升降机推至过源辊道，经各个工位辐照后到达下一路上层辊道端头，被推箱机推进升降装置，触发占位开关自动降至下层，再由推箱机推入过源辊道。辐照箱自动换面换层使产品均匀受照。产品完成辐照后经由迷道出口输出辐照室，在操作大厅卸料段由机械设备自动卸出。

（2）BFP 型（托盘式）γ辐照装置工艺流程：将需要辐照的产品由未辐照产品库自动运至操作大厅装料段，整体缠膜，由机械设备自动装至输送辊道上的金属母托盘上。货物进出共用一条迷道。货物输入轨道在迷道口下方，沿下层辊道输入辐照室内过源机械。辐照产品在过源时自动换面。在下层各工位辐照后通过提升装置升至上层辊道，实现了自动换层。再经上层各个工位辐照后输出至迷道。辐照产品在迷道上层辊道输出至操作大厅，在操作大厅卸料段由机械设备自动卸出。

（3）辐照完毕的产品经质检合格后入库。整个辐照过程均由控制系统自动控制。辐照工艺流程如图 3-8 所示。

图 3-8 辐照加工工艺流程图

3.2.2.3 产品的辐照方式

产品的辐照方式有两种：产品超盖和源超盖。

产品超盖，即产品的装箱高度大于源架的活性区高度。该方式能提高放射源的能量利用率，产品的剂量均匀性也比较好。然而产品超盖方式要求产品在辐照过程中进行上下换层，因而其设备结构、运行程序较复杂。

源超盖，即产品的装箱高度小于源架的活性区高度，该方式无需产品换层，设备及运行程序较简单。

为提高钴源利用率，本项目拟配备的两套γ辐照装置均采用产品超盖方式。

3.2.2.4 增量辐照

考虑到项目建成后，辐照中心会有不同种类的小批量产品需要辐照，因此BFT 型（辐照箱式）γ 辐照装置设置了增量辐照模式。辐照箱上贴有条形码，当不同种类的产品经过一次辐照后，控制系统根据各辐照箱内产品对吸收剂量的不同要求，将已达到要求值的产品送往卸货段卸货，而未达到要求值的产品则将再次被输往产品入口处，继续辐照，直至该产品的吸收剂量达到要求值。

3.2.2.5 辐照产品的质量控制

辐射加工的产品质量控制就是对产品吸收剂量的控制，其控制的准确程度直接影响着产品的辐射加工效果。

对各种不同的辐照产品，根据辐照处理目的，规定了其平均吸收剂量和剂量均匀性标准，只有满足了这些标准方为合格。

为在辐射加工中对辐照剂量参数进行有效的控制，采取以下方法：

（1）进行产品辐射加工工艺研究：应根据辐射效应与剂量的关系，确定产品控制剂量水平。

（2）在产品辐射加工投产前，应根据预定的剂量参数要求，确定工艺运行参数。

（3）在产品正式辐照过程中，通过对产品受照剂量的取样测量，检验运行参数的正确与否，达到控制辐照产品质量的目的。

3.2.3 工作负荷

在日常工作中，每套 γ 辐照装置每天持续运行约 24h，全年运行约 350 天，则年出束时间约为 8400h。

本项目拟为 2 套 γ 辐照装置分别配备 12 名辐射工作人员，实行每周 42 小时工作制，每年工作 50 周。每日生产实行三班制，辐射工作人员按照四班配置。

3.2.4 场所人流、物流路径规划

3.2.4.1 辐射工作人员路径

本项目辐射工作人员在开机运行前，需对安全联锁系统及物料输送系统进行检查，并对辐照室、装卸区等区域进行清场，严禁无关人员在此逗留。

在保证源在贮存位的前提下，辐射工作人员佩戴个人剂量计并携带便携式辐射检测报警仪，在人员通道入口标准源处校验便携式辐射检测报警仪的有效性，再用与便携式辐射检测报警仪固连的钥匙将人员通道门打开，按动防跟随按钮，进入辐照室（进入时随时观察便携式辐射检测报警仪的读数）进行巡视。

辐射工作人员用升源钥匙打开辐照装置机房的人员通道门进入迷道，打开迷道内的过渡区检修门，进入过渡区进行巡视，确认无人员滞留后拧动 1#无人钥匙开关，然后进入迷道另一端巡视，确认无人后按下 2#无人钥匙开关，沿迷道返回，关好过渡区检修门（带联锁装置）。再进入辐照室巡视，检查室内有无人员滞留。确认无人员滞留后，按动 3#无人按钮。辐射工作人员沿人员通道退出，确认无人员滞留后拧动 4#无人钥匙开关，关好人员通道口门。辐射工作人员巡检路线见图 3-9。

巡检过程中，辐照室人员通道内均设有防跟随按钮及 3 道光电装置可防止人员跟随，巡检过程中，如果有其他人员误入，巡检失效，辐射工作人员需要清场，并重新巡检。

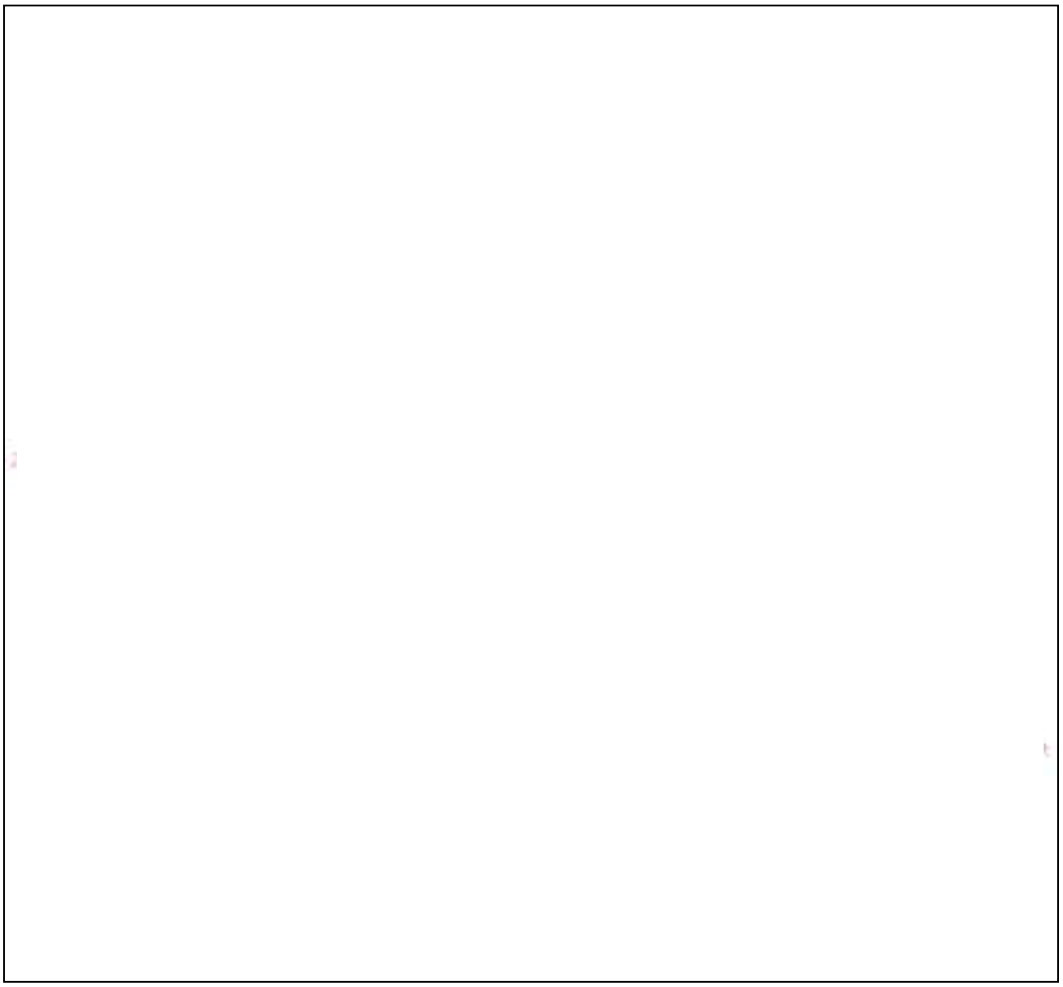

图 3-9 人员巡检路径规划示意图

3.2.4.2 物流路径

物流路径为：被工作人员放置于装货平台上的待辐照物品沿着辊道输送到直接接受辐照的辊道上，接受辐照，完成后，沿着道输送到卸货平台上，最终在卸货平台上被工作人员卸下完成整个辐照过程。货物辐照路线见图 3-10。

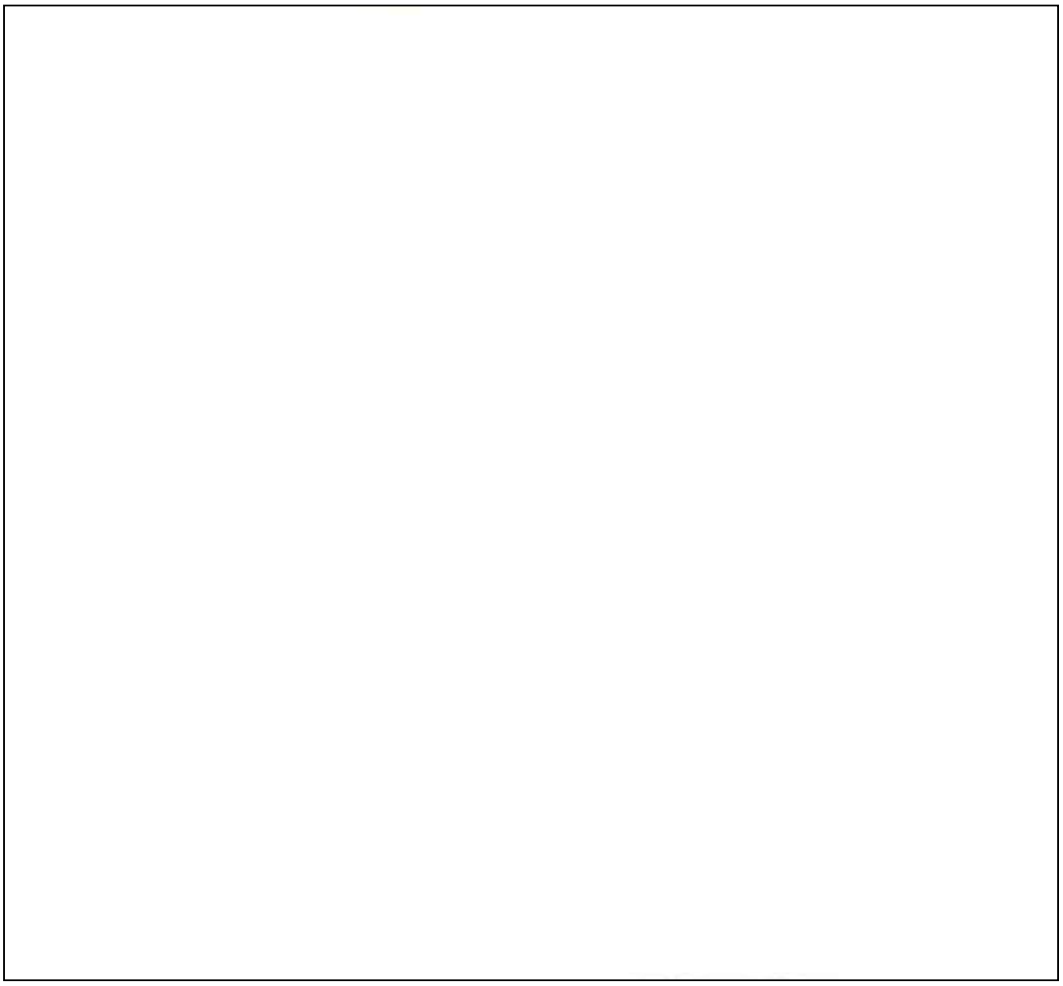

图 3-10 货物辐照路径规划示意图

本项目γ辐照装置拟采用进口 C-188 型或国产 CN-101 型亦或相同规格的 ^{60}Co 放射源，每枚放射源尺寸为 ϕ 11.1mm×451.5mm，单枚 ^{60}Co 放射源活度约为 3.70E+14Bq（1 万 Ci）。单块板源架最多可装放射源数量分别为 800 枚（BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置）、810 枚（BFP 型（托盘式）γ辐照装置）。每套装置采用两块板源架并列放置。

辐照室为水井贮源，贮源井深度分别为 7.6m（BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置）、8.9m（BFP 型（托盘式）γ辐照装置），贮源井内盛去离子水作为屏蔽。为了进行装换源工作，辐照室顶部留有装源孔道，平时用屏蔽塞盖住。屋顶上方安装有 10t 单轨电动葫芦。装源时将屏蔽塞吊起移开，然后再将盛源铅罐通过装源孔道吊至贮源井底。在井水的安全屏蔽下，借助于水下照明灯，辐射工作人员在井口处用长杆工具将铅罐中的钴源取出，再装入源架中，完成装源操作。装源

前，应由政府主管部门事先对铅罐中的放射源进行注水检验，只有经检验证明放射源无泄漏的情况下方可装源。

3.3 污染源项

3.3.1 施工期污染源项

本项目施工环节主要包括：土建施工、厂区装修、设备设施安装、场地清理等，施工期主要环境污染因子包括废气、废水、噪声、固体废物等。施工期工艺流程如图 3-11 所示。



图 3-11 施工期产污流程图

3.3.1.1 废气

本项目废气主要来源于土建施工阶段产生的施工扬尘，以及装修过程油漆和喷涂产生的少量有机废气。

3.3.1.2 废水

施工期要废水包括施工废水及施工人员生活废水。施工废水包括土方阶段排水、结构阶段混凝土养护排水及各种车辆冲洗废水等。类比同类工程，施工废水排放量约 5m^3/d。废水主要含油石油类污染物和大量悬浮物。

施工高峰期工人人数可达 50 人左右，生活用水量按每人 0.1m^3/d 计算，产生量为 5m^3/d，以排放系数为 0.8 计，生活污水排放量为 4m^3/d。

3.3.1.3 噪声

施工期的噪声主要来源于施工现场的各类机械设备噪声，主要有载重汽车、振荡机、电锯、电钻、点焊机、吊车等，这些机械的噪声一般在 80～100dB（A）之间。

3.3.1.4 固废废物

本项目施工期固体废物包括基础开挖产生的弃土、施工建筑垃圾，以及施工人员的生活垃圾。

3.3.2 装源过程中的污染源项

正常工况下装源过程的污染源主要为 ^{60}Co 放射源衰变产生的 γ 射线及由 γ 射线致空气电离辐射产生的臭氧及氮氧化物（以二氧化氮为主）等气体。

装源过程中发生源罐跌落、源破损等事故时，其污染源主要为 ^{60}Co 放射源衰变产生的 γ 射线（大剂量照射）及由 γ 射线致空气电离辐射产生的臭氧及氮氧化物（以二氧化氮为主）等气体。

3.3.3 运行过程中的污染源项

3.3.3.1 电离辐射

辐照用密封型 ^{60}Co 放射源是辐照装置运营期间的主要污染源，^{60}Co 放射源在其衰变过程中产生γ辐射，能量为 1.17MeV 和 1.33MeV，平均能量为 1.25MeV，半衰期为 5.27 年。^{60}Co 放射源的空气比释动能率常数为 0.308μSv/（h·MBq）。射线穿透能力强，穿过屏蔽墙进入环境，可能会对辐照装置机房周围环境和人员产生影响。

此外辐照装置机房人员迷道门口处各放置 1 枚活度约为 3.70E+05Bq（10μCi）的 ^{137}Cs 检测源，用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的便携式辐射检测报警仪是否工作正常。

3.3.3.2 废气

本项目γ辐照装置所产生的非放射性大气环境污染源项主要是从排风系统排出的臭氧及氮氧化物。

3.3.3.3 废水

本项目生活污水接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理。

3.3.3.4 噪声

本项目主要噪声为排风系统机组、空压机、空调机组运行时产生的噪声，无论在γ辐照装置工作时还是处于贮源井中，都有风机运行，其噪声源项低于 73dB（A），空压机噪声源项低于 90dB（A）。此外生产线设备、货包装卸车辆也可能产生噪声。

3.3.3.5 固体废物

本项目固废主要为工作人员生产生活产生的生活废弃物，将通过厂区内统一收集、转运、运输、处理处置。

正常工况下，产生的废离子交换树脂不存在放射性污染；当发生事故时，可能会沾染放射性物质。由于废离子交换树脂本身就属于危险废物，因此对于废离子交换树脂，首先经过检测，若无放射性物质残留，可装袋收集，提前联系生产厂家回收更换或交由有资质单位处理；若存在放射性物质残留，送城市放射性废物库贮存。

3.3.4 退役过程中的污染源项

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部 18 号令）的要求，I 类放射源在闲置或废弃后三个月内，按照废旧放射源返回协议规定，将废旧放射源交回生产单位或者返回原出口方。因此公司购源时与供源方签订退役钴源返回供源方的协议，退役 ^{60}Co 放射源及时返回生产厂家。

^{137}Cs 校验源为 V 类放射源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的

要求办理相关手续，送城市放射性废物库。

4 辐射安全与防护

4.1场所布局与屏蔽

中核（江苏）辐照技术有限公司新建厂区位于苏州市太仓市沙溪镇新北路以南、纬四路以北、经二路以西地块，建设总建筑面积 24987.97m^2，包括辐照厂房 1 座、门卫室 2 座及配套室外工程。

本项目 2 座γ辐照装置所在辐照厂房由单层厂房、库房、高层生产试验车间组成，高层生产试验车间位于建筑东南部，建筑南侧设置装卸通道，东西两侧为未辐照库及已辐照库，中部为辐照加工区。高层生产试验车间为地上 9 层、地下 1 层，辐照加工厂房为地上 1 层、局部 2 层。厂区平面布置示意图见图 4-1。

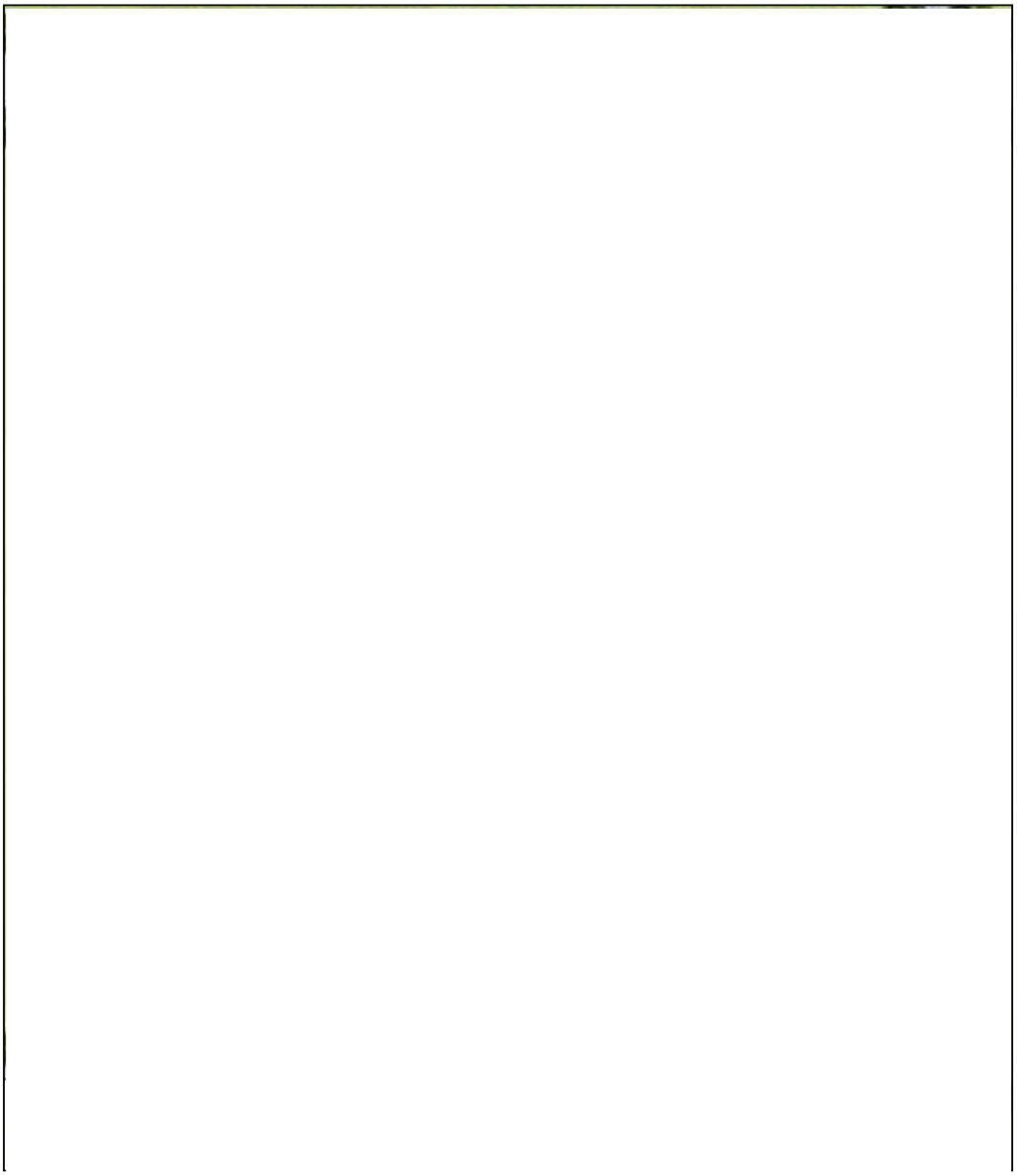

图 4-1 厂区平面布置示意图

4.1.1 场所布局与分区

本项目辐照装置以屏蔽体为中心配置其它各种相应设施。屏蔽体一层北侧有BFT 型（辐照箱式）γ 辐照装置的操作大厅、实验线装卸货区、维修间、仓管室、剂量实验室等辅助房间；东侧有楼梯间、1 号水处理间；西侧有配电间、2 号水处理间；南侧有 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置的操作大厅、实验线装卸货区。2

套γ辐照装置共用1间控制室，位于2号辐照装置机房迷道屋顶上方。空压机系统也位于辐照室屋顶。

操作大厅是辐照产品装卸的场所。未辐照的产品在装货段由机械设备自动装入输送系统的辐照箱或托盘中，进入辐照室进行辐照，完成辐照的产品输出辐照室后运至卸货段自动卸出。

主控设备设置在控制室内。控制室装有大型玻璃窗，以便对厂区进行观察。

两个水处理间位于屏蔽体东西两侧，管道采用地下预埋的方式，可使设于贮源井与水处理间之间的循环水管更加简捷顺畅，水处理间主要有反渗透（RO）及离子交换等设备。

维修间布置在厂房北侧靠近厂房出入口，便于维修人员到室外进行焊接等工作。维修间内主要有切割机、台钻、砂轮机、钳工台、电焊机等设备。

为加强辐射防护管理和职业照射控制，根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定，将本项目辐射工作场所分为控制区和监督区进行管理，以便于辐射防护管理和职业照射控制。结合本项目辐射工作场所内工艺系统布置、工艺特点、人物流路径规划及辐射场所辐射水平、辐射安全防护措施等因素，确定本项目控制区和监督区。

控制区是在正常工作情况下控制正常照射或防止污染扩散，以及在一定程度上预防或限制潜在照射，要求或可能要求专门防护手段和安全措施的限定区域。在控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的当心电离辐射警告标志及标明控制区的标志，并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序禁止无关人员进入，职业人员在进行日常工作时尽量缩短在控制区内停留时间。监督区通常不需要专门的防护手段或安全措施，需要对职业照射条件进行监督和评价。监督区入口处设置标明监督区的标志。监督区范围内限制无关人员进入。

本项目辐射工作场所控制区和监督区划分具体如下：

（1）控制区：2座辐照装置机房辐照室及其迷道。在放射源装卸过程中，将放射源卸货区和进源平台划分为临时控制区。

（2）监督区：辐照产品装卸货区、水处理间 1、水处理间 2、配电间、2 座辐照装置机房顶部（包括控制室、排烟机房、风机平台等）、相邻走廊、楼梯间等区域。

具体分区情况见图 4-2 至图 4-3。

4.1.1.1 控制区的防护手段与安全措施

（1）控制区的进出口及其他适当位置处设立醒目的警告标志（见图 4-4）；

（2）制定辐射防护与安全管理措施，包括适用于控制区的规则和程序；

（3）运用行政管理程序（如进入控制区的工作许可制度）和实体屏障（包括门锁）限制进出控制区；

（4）定期审查控制区的实际状况，以确保是否有必要改变该区的防护手段、安全措施或该区的边界。



（a）电离辐射的标志　　（b）电离辐射警告标志

图 4-4 电离辐射的标志和电离辐射警告标志

4.1.1.2 监督区防护手段与安全措施

（1）以黄线警示监督区的边界；

（2）在监督区的入口处的适当地点设立表明监督区的标牌；

（3）定期检查该区的条件，以确定是否需要采取防护措施和做出安全规定，或是否需要更改监督区的边界。

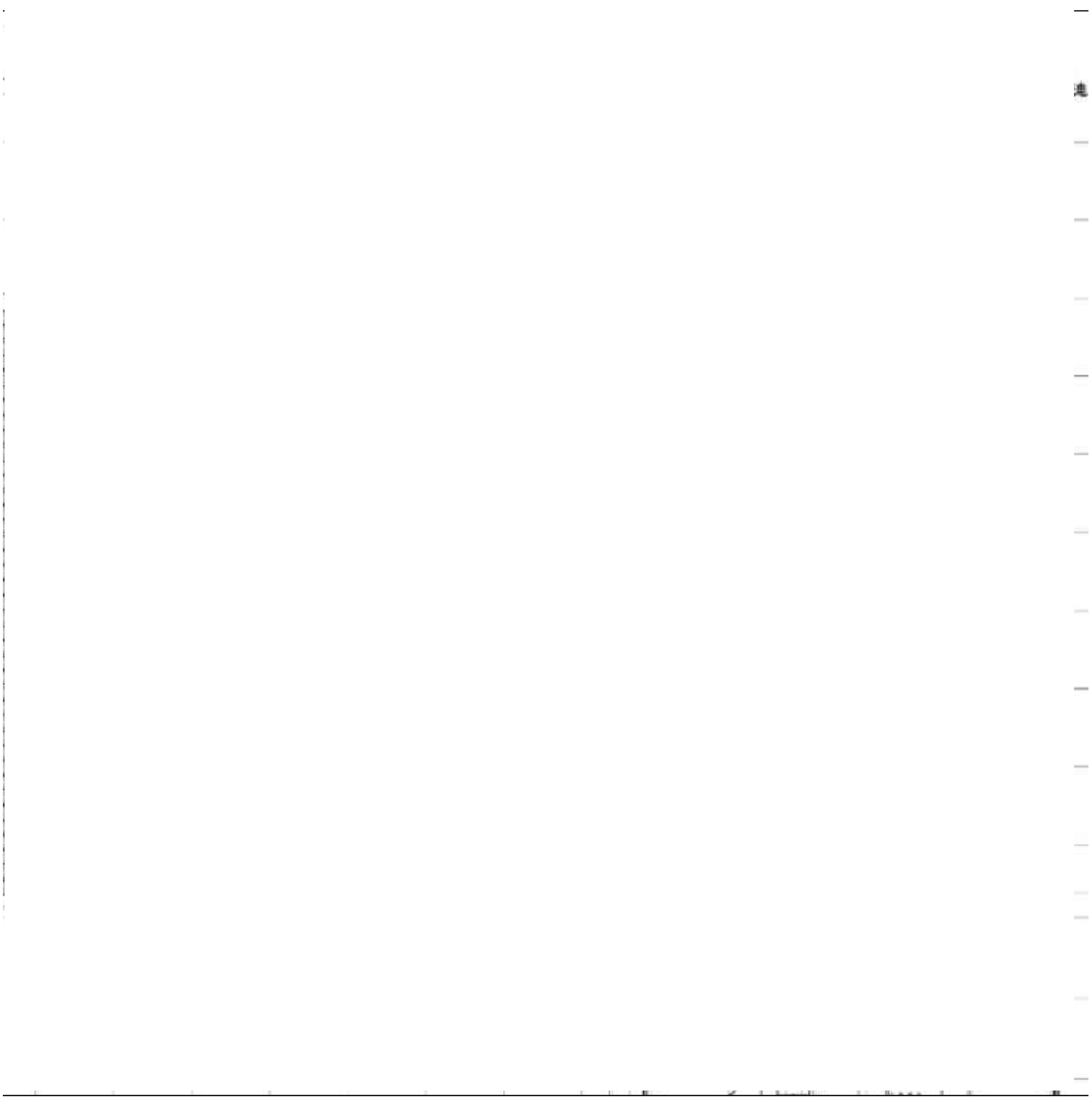

图 4-2 2 座辐照装置机房平面布局及分区示意图



图 4-3 2 座辐照装置机房顶部平面布局及分区示意图

4.1.2 屏蔽设计

根据建设单位提供的项目设计资料，本项目 2 座辐照装置机房屏蔽墙体主要通过浇筑混凝土（密度 2.35g/cm^3）进行屏蔽，辐照室进出口采用迷道，1 号、2 号辐照装置机房贮源井深分别为 7.6m、8.9m，混凝土排风道沿辐照室迷道地下绕行通向室外，具体屏蔽防护设计方案见表 4-1 和图 4-5。

表 4-1 本项目 2 座辐照装置机房屏蔽设计一览表

场所名称	位置	屏蔽设计（厚度及材质）	
1 号辐照装置机房	墙体	东墙	
		南墙	
		西墙	
		北墙（货物迷道）	
		北墙（人员迷道）	
	顶部	辐照室顶部：2000mm 混凝土	
	贮源井		
	货物通道安全门、人员通道门、过渡区检修门		
2 号辐照装置机房	墙体	东墙	
		南墙（货物迷道）	

场所名称	位置	屏蔽设计（厚度及材质）	
		南墙（人员迷道）	
		西墙	
		北墙	
	顶部		
	贮源井		
	货物通道安全门、人员通道门、过渡区检修门		

图 4-5（a） 2 座辐照装置机房屏蔽防护设计平面图



图 4-5（b） 1 号辐照装置机房屏蔽防护设计 1-1 剖面图

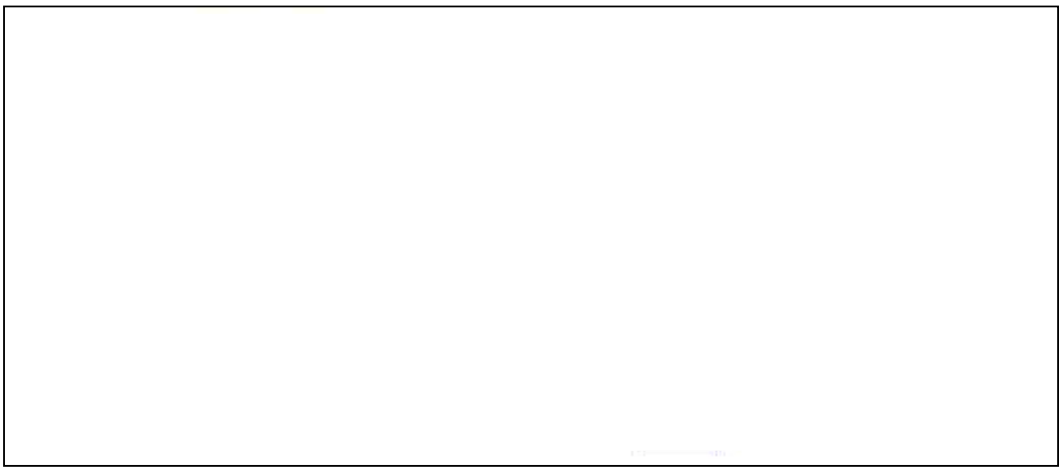

图 4-5（c） 2 号辐照装置机房屏蔽防护设计 2-2 剖面图



图 4-5（d） 2 号辐照装置机房屏蔽防护设计 3-3 剖面图

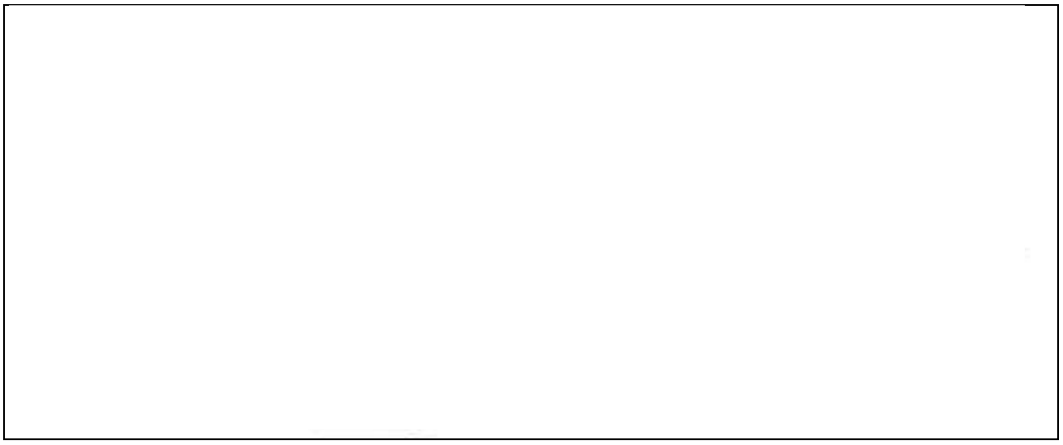

图 4-5（e） 1 号辐照装置机房屏蔽防护设计 4-4 剖面图

4.2辐射安全与防护措施

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）以及《γ射线和电子束辐射装置的辐射安全》（IAEA No.107 安全丛书，1992 版）规定：辐射安全应符合纵深防御的原则，其安全设施应符合冗余性、多样性和独立性的要求。这就要求必须作到：在升源前无人误留于辐照室内，在升源中误留在辐照室的人员能自我解救，升源后正常运营期间人员不能误入。本项目 2 座辐照装置机房安全联锁系统布置见图 4-6。

本项目γ辐照装置属强放射性设施，为了保证操作人员及公众的安全，在设计中除保证设施屏蔽安全及设备运行安全外，还在控制系统中特别设置了必要的安全联锁和规定了严格的管理措施。装置中的安全联锁设置如下：

（1）固定式辐射水平监测仪器如果发生故障则自动降源。

（2）人员通道口门的钥匙与便携式辐射检测报警仪固连在一起。

（3）监测辐照室内辐射水平的固定式辐射水平监测仪器与人员通道口门联锁。

（4）监测产品出口辐射水平的剂量仪表与升降源联锁，如果仪表报警则自动降源。

（5）监测贮源井水辐射水平的剂量仪表与水处理系统联锁。

（6）风机运行与升降源联锁，如果风机没有投入运行，则不能升源。升源时，如果风机故障停止运行则自动降源。

（7）降源后，必须等待 5 分钟（加强通风，排除臭氧）才能打开人员通道口门。

（8）贮源井水位与人员通道口门及升降源联锁。如果水位低于正常水位 300mm 则自动降源，人员通道口门不能被打开。



图 4-6 2 座辐照装置机房安全联锁系统布置示意图

（9） 辐照室内设 1 个无人按钮，迷道内设 3 个无人钥匙开关，并与升降源联锁，以强迫升源前进行巡视。

（10）拉线开关与升降源联锁。

（11）货物通道进出口安全门与辐照箱的移动联锁，只有当辐照箱进出迷道时，安全门才会开启，辐照箱离开迷道口后，安全门会自动关闭。

（12）升降源的灯光及声响报警。

（13）人员通道迷道内设 3 道防人光电装置（各含 2 套光电开关，高度分别为 400mm 和 800mm），货物输入迷道和输出迷道各设 3 道光电装置，并与升降源联锁。

（14）分别在辐照室的人员迷道、货物出口及水处理间内设置固定式辐射水平监测仪器探头，并各自设定相应阈值；当人员迷道内的辐射水平超过阈值时，人员通道门打不开；当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止货物输送系统，同时降源，并发出声光报警；当水处理的探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止水处理系统，同时降源，并发出声光报警。

（15）辐照室内设置了感温探测器，辐照室屋顶设置了感烟探测器，并与升降源及风机联锁。一旦探测到有火警发生，立即降源并停止风机运行，防止助燃，同时输送系统停止运行。

（16）屋顶进源通道的屏蔽塞正确就位与升降源联锁。

（17）进源间的电动葫芦与升降源联锁。源在工作位时，无法启动电动葫芦。

4.2.1 源升降联锁系统

升源程序与安全系统联锁、产品输送系统与源升降系统联锁、升降源系统与控制系统联锁。

当辐照室升源前，工作人员首先检查源是否在贮存位，同时固定式辐射水平监测仪器指示值在低剂量本底水平。

在保证源在贮存位的前提下，工作人员佩戴个人剂量计并携带便携式辐射检测报警仪，在人员通道入口标准源处校验便携式辐射检测报警仪的有效性，再用与便携式辐射检测报警仪固连的钥匙将人员通道门打开，按动防跟随按钮，进入辐照室（进入时随时观察便携式辐射检测报警仪的读数）进行巡视。

辐射工作人员在升源前必须携带个人剂量计和便携式辐射检测报警仪，用升源钥匙打开辐照装置机房的人员通道门进入迷道，打开迷道内的过渡区检修门，进入过渡区进行巡视，确认无人员滞留后拧动 1#无人钥匙开关，同时发出声光报警信号，迷道内闪光报警灯开始闪烁，报警蜂鸣器开始报警，人员通道口门和操作大厅的“辐照危险”报警灯开始闪烁，并有铃声警示，警告任何人员不得进入辐照室。同时升源准备计时器开始计时。然后进入迷道另一端巡视，确认无人后按下 2#无人钥匙开关，沿迷道返回，关好过渡区检修门。再进入辐照室巡视，检查室内有无人员滞留。确认无人员滞留后，按动 3#无人按钮。辐射工作人员沿人员通道退出，确认无人员滞留后拧动 4#无人钥匙开关，关好人员通道口门（以上操作限定于 90 秒内完成，若超时或未按顺序完成，则需重新巡视）。在所有升源条件具备后，扭动主控钥匙至启动位，同时依次按下“双板源”、“自动”、“主控”按钮，松开钥匙开关，钥匙开关自动返回运行位，源架开始上升。当源架上升到位后，声光报警信号停止，红色报警灯由闪光转为平光。

当源升到工作位后，控制台上显示源在工作位，迷道口源位指示红色灯亮，电视监视器显示源架离开贮存位，固定式辐射水平监测仪器 1#探头剂量指示有远高于本底的剂量读数，完成升源过程。

为保证辐照过程的安全性，升源程序与安全系统联锁，必须满足以下条件才能允许升源：

（1）源架在贮存位置；

（2）无人巡视按钮依次投入；

（3）人员通道门关闭；

（4）检修门关闭；

（5）辐照室屋顶屏蔽塞检测开关投入生效；

（6）升源气路压力正常；

（7）安全链已挂好；

（8）防人光电投入；

（9）固定式辐射水平监测仪器投入生效，且未报警；

（10）通风系统投入运行；

（11）拉线开关未动作；

（12）源井水位正常；

（13）控制台紧急停止按钮未动作；

（14）辐照室温度检测正常；

（15）地震仪状态正常；

（16）无烟雾报警；

（17）控制台无其他报警信号。

为保证辐照过程的安全性，下列任一故障发生都引发降源：

（1）人员通道口门开；

（2）检修门开；

（3）辐照室屋顶屏蔽塞检测开关动作；

（4）气路压力低；

（5）控制台上的升源电磁阀故障；

（6）防人光电动作；

（7）拉线开关动作；

（8）迷道出口超剂量；

（9）水处理超剂量；

（10）监测辐照室剂量水平的 BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器发生故障，有失效报警输出；

（11）排风机故障；

（12）源井低水位报警；

（13）控制台紧急停止按钮动作；

（14）高温报警；

（15）地震仪动作；

（16）烟雾报警；

（17）防碰撞开关动作；

（18）当源在工作位置时，突然发生停电；

（19）其它可引发降源的机械设备故障。

装置运行中，如有上述故障或异常情况发生，监控系统会自动弹出报警画面，并显示相应的报警指示。如突然遇有紧急情况，可以按动控制台上的紧急停机按钮或拉动拉线开关降源停机。降源到位后控制台上有显示信号。

本项目的源提升装置为气动方式，依靠压缩空气系统提供动力提升源架并使其保持在工作位置。断电后空气压缩机停止运行，气缸压力下降，源架依靠自身重量降入贮源井内。

控制系统配备的 UPS 可为固定式辐射水平监测仪器、PLC、监控系统计算机，以及各种安全联锁装置等继续供电 0.5 小时。

4.2.2 人员出入辐照室的管制系统

人员出入辐照室的管制系统包括：升源启动锁与人员通道口门锁共用 1 把钥匙；在迷道内，设防人光电，使其与降源联锁；人员通道口门与固定式辐射水平监测仪器联锁；安全链与升源气路联锁。

（1）在辐照室出入口处上方显著位置设有辐照室工作状态的 LED 指示灯。当源处在贮存位时，绿色“源在贮存位”信号灯亮，辐射工作人员可进入辐照室。当源在工作位时，红色“源在工作位”信号灯亮，警示人员不可进入辐照室。

（2）辐照室人员与货物的进出口分开。货物通道进出口设有安全门，仅在辐照生产时，安全门才为进出的辐照箱即时开启并随之关闭。倘有人员误入迷道，则将触动防人光电，随即导致自动降源，输送系统停止运行。

（3）人员通道门设有电控锁，与升源用同一把钥匙，并与固定式辐射水平监测仪器联锁。如果源在工作位时，人员通道口门被强行打开，则引发降源。

（4）在人员通道口门的内侧设有与升源气路联锁的安全链，如果源在工作位时，安全链被摘下，则升源气路断开引发自动降源。

（5）人员通道内设有防跟随按钮及 3 道光电装置：第一道光电位于入口门内侧，包含两套光电开关，高度分别为 400mm 和 800mm；再往内侧是第二道、第三道光电。人员进入巡视按动防跟随按钮，则光电开关投入。升源过程中或升源后有人员误入时，光电开关动作，引发自动降源。

4.2.3 防止人员意外辐照及其它安全措施

（1）固定式辐射水平监测仪器监测与报警；

（2）升源前操作人员必须进辐照室巡视，顺序操作无人钥匙开关及无人按钮；

（3）迷道和辐照室内设有拉线开关；

沿辐照室和迷道的墙壁上还设有拉线开关，其高度为 1500mm，万一升源时有人滞留在辐照室内，当其听到报警铃声后可迅速就近拉动拉线开关，以中止升源操作，将源降到安全位置。

（4）在人员通道门内侧设置带灯式紧急开门按钮，并与源升降系统联锁；

（5）控制台上设有紧急降源按钮；

（6）设有贮源井水位监测报警与补水系统；

（7）火灾报警与自动降源联锁；

（8）停电自动降源，另外配置的不间断电源用来满足停电后其他设备运转；

（9）设有仪表检测源，检测所用仪表工作是否正常。项目投产后，建设单位制定规章制度，按照剂量仪表的技术要求，定期到有关部门对仪表进行校准。

4.2.4 屋顶屏蔽塞联锁

辐照室屋顶的进源通道屏蔽塞处设有行程开关，以检测屏蔽塞是否正确就位，并与源升降实现联锁。如果屏蔽塞未正确就位，则无法升源。另外用于起吊屏蔽塞的电动葫芦与控制台联锁，源在工作位时，电动葫芦无法启动，即屏蔽塞不能随意吊起。

4.2.5 失水补给措施

为使贮源井水保持可靠的安全屏蔽水位，通过预埋管道在水处理间设置水位计，对贮源井水位进行监测。当水位比正常值低 100mm 时，水位计会发出信号，通过控制台控制水处理系统实施自动补水，当补充到正常水位时停止。另外，还设有低水位和高水位报警信号，并与源升降联锁。如果出现水位低于正常值 300mm 的情况，则水位计发出低水位报警信号，并自动降源，以提醒工作人员检查水处理系统、贮源井等相关设备、设施，查出失水原因，并解决失水问题。如果源井水位比正常水位高 100mm，则水位计发出高水位报警信号，以提醒工作人员检查补水系统。

4.2.6 防火和喷淋系统

设有烟雾报警器。如有火灾迹象即发出报警，排风机立即自动关闭（以免助燃），源架同时由工作位置降到井底贮存位置。

喷淋系统干管由水处理间进入迷道，沿迷道顶棚进入辐照室，与 6 根（BFT 型（辐照箱式）γ 辐照装置）或 4 根（BFP 型（托盘式）γ 辐照装置）喷淋支管连接，见图 4-7。迷道及辐照室内的管道均为不锈钢，外部管道为镀锌钢管或其他符合消防要求的管材。

该系统与厂区消防管网干管连接的管道设一个手动阀门以及一个单向截止阀。预留一个与消防车对接的接口，卡口连接，并设一个手动阀门。

本装置的火灾危险等级按照《建筑设计防火规范》丙类第 2 项设计。喷淋管的高度为贴近屋顶，视现场空间进行调节安装。

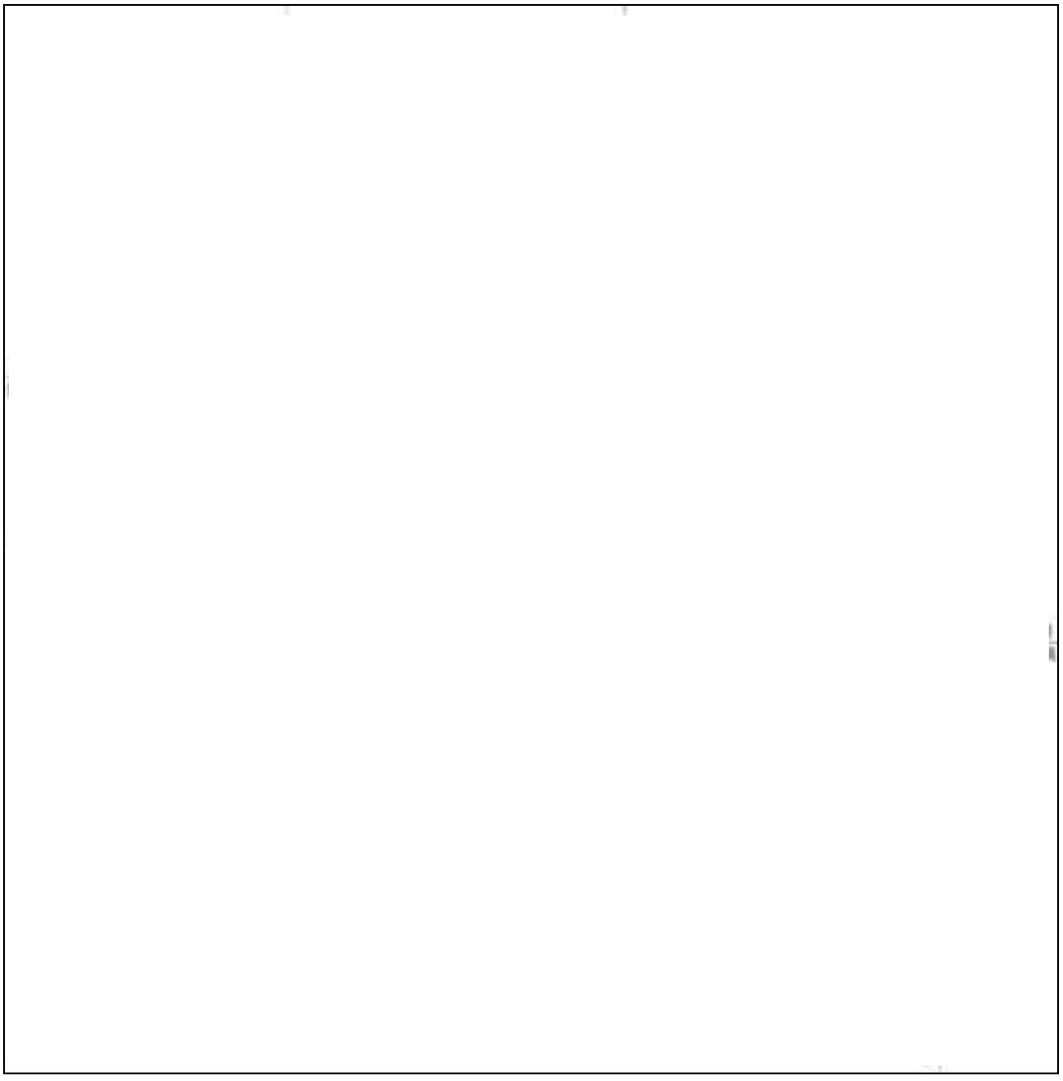

图 4-7 喷淋系统

4.2.7 降温措施

放射源工作时，始终有 1 台排风机运行，会及时将放射源产生的热量排到室外，因此，不会造成辐照室温度明显升高，更不会造成放射源将被照产品引燃的

情况。当放射源（>37PBq）降入井内贮存位置并长时间（超过 48h）贮存时，需要运行井水冷却系统，因此水温不会明显升高。

水冷却系统主要包括：制冷机组、板式换热器、自吸泵、管道、阀门等。本项目采用风冷式制冷机组，设置在屏蔽体北侧，露天放置便于散热。机组为水箱式，内置不锈钢水箱。并配有循环泵，使其冷却水循环流过板式换热器。水冷却系统的制冷量≥84.7kW。

预埋两根管道连接源井与板式换热器。其中 1 根管道与 1 台自吸泵连接，将井水抽取进入板式换热器，流经整个换热器之后，被制冷机组的冷却水冷却再回流进入源井。井水与制冷机组的冷却水有物理隔离，不会混合。万一发生放射源破损事故，制冷机组的冷却水不会被污染。

4.2.8 井水被污染的处理措施

钴源为双层不锈钢包壳，出厂前经过严密的探漏检查。运源容器必须符合国际安全标准，运输过程中放射源破裂的可能性极小。但为了确保安全，在装源前，应事先对铅罐的表面剂量进行测定，并对铅罐中的放射源作注水检查，只有在确认符合安全标准后方可进行放射源装载操作。

要求对井水进行定期或不定期的取样检验，测量其有无放射性污染。此外在水处理间还设置了固定式辐射水平监测仪器，一旦发现超过允许剂量水平，水处理设备应马上停止运行。并立即通知放射源供应商及相关部门，由钴源供应商按照《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）第 5.4.2.1 款找出泄漏钴源或可疑密封不合格源，将其装入铅罐内运往源的生产厂家检验与处理。对已被污染的井水视其污染程度，采用不同的方法进行处理，如采用离子交换树脂、加絮凝剂等，使之达到允许排放的水平。

4.2.9 程序控制

在每批产品开始辐照前应预先设定辐照模式和产品辐照时间。升源后，被辐照产品则自动输入辐照室进行辐照。操作大厅装卸货区不断将待辐照产品和已辐照产品装入辐照箱和卸出辐照箱。辐照完毕后降源停机。整个过程均采用可编程

序控制器自动控制，并配有上位机监控。另外，输送系统与源升降系统也实现联锁。辐照室内的过源机械如果发生故障，会自动降源。

控制系统采用可编程序控制器对设定的各操作过程实施自动控制，实行上位机监控。按预先设定的各种事故工况，控制台上配备有灯光、警铃报警信号。

4.2.10 防止卡源措施

本辐照装置的防止卡源技术措施是根据环境保护部颁发的《关于开展辐照装置卡源故障专项整治工作的通知》（环办函[2009]1277 号）和《关于印发<辐照装置卡源故障专项整治技术要求（试行）>等两个文件的通知》（环办函[2010]662 号）中的相关要求进行设计的。

本项目γ辐照装置源架保护措施为：在 2 座辐照装置机房辐照室内源架工作位置两侧装有防撞杆，防护杆材料为不锈钢管材，直径 38mm，壁厚 3mm。其中上部一对防撞杆可防止上层辐照箱上部向源架方向倾倒，护源罩框架的数条横梁，也相当于护杆在辐照箱万一倾倒时对源架起到保护作用。所有防撞杆的两端与源架两端外侧的 12#槽钢立柱牢固连接，槽钢立柱的上下端分别与辐照室的顶棚及地面牢固连接在一起，组成对源架的保护屏障，详见图 4-8。

BFT 型（辐照箱式）γ辐照装置辐照箱设计为顶部开口，四周围进行实体覆盖。辐照箱框架采用 40×20×3 钢管及 2mm 几字型不锈钢压型板焊接而成，周边封板采用 2mm 铝合金板封闭，由于没有辐照箱门，彻底杜绝了因辐照箱开门造成的卡源风险。BFP 型（托盘式）γ辐照装置在源护罩外又设置了防护网，防止托盘上产品倾倒触碰源架，详见图 4-9。

图 4-8 BFT 型（辐照箱式）γ 辐照装置防卡源设施

图 4-9（a） BFP 型（托盘式）γ 辐照装置防卡源设施（结构示意图）

图 4-9（b） BFP 型（托盘式）γ 辐照装置防卡源设施（俯视图）

升降源装置钢丝绳滑轮组装有防脱槽构件。由于本装置的升降源驱动机构位于源架正上方的进源间内，最大限度地减少了钢丝绳经过的滑轮数量，尤其在辐照室内没有导向滑轮，因此发生钢丝绳卡阻的几率明显减少且便于处理。

在源架两端的槽钢立柱上安装有防碰撞报警装置与传输系统和源架升降系统相联锁，一旦辐照箱开门、倾斜或货物从辐照箱内伸出时触发开关能报警停机，可有效避免碰撞源，充分保护源架安全。上下层轨道均装设了导向限位轴承及限位板，确保在运行过程中辐照箱不会发生倾斜。货物进入迷道前有超高检测，对 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置还增加了产品超高检测。

4.2.11 电视监控系统

监控系统选用 GX 系列轻型悬挂输送机，将摄像机、照明灯及线缆输送到辐照室，对辐照室过源设备状态进行观察（见图 4-10）。驱动装置安装在辐照室外，具有正反方向双向运行功能。轨道采用开口矩形形式。摄像机、照明灯及线缆吊挂在链条的吊具上，随链条一起运行。

轨道系统由人员通道进入辐照室，沿辐照室墙壁绕行。使摄像机可以到达源架一侧及过源设备其他任何位置进行拍摄。摄像系统由云台、摄像头、镜头控制器组成。镜头控制器安装在辐照室外，可对云台朝向和变焦进行控制。根据需要调整拍摄范围和拍摄角度。监控系统具有图像储存功能。

成像系统的摄像头采用 27 倍可变焦镜头，镜头加铅防护，前端加 6 厘米铅玻璃，防止射线对成像的干扰。该成像系统已经实际工程检验，成像结果清晰。

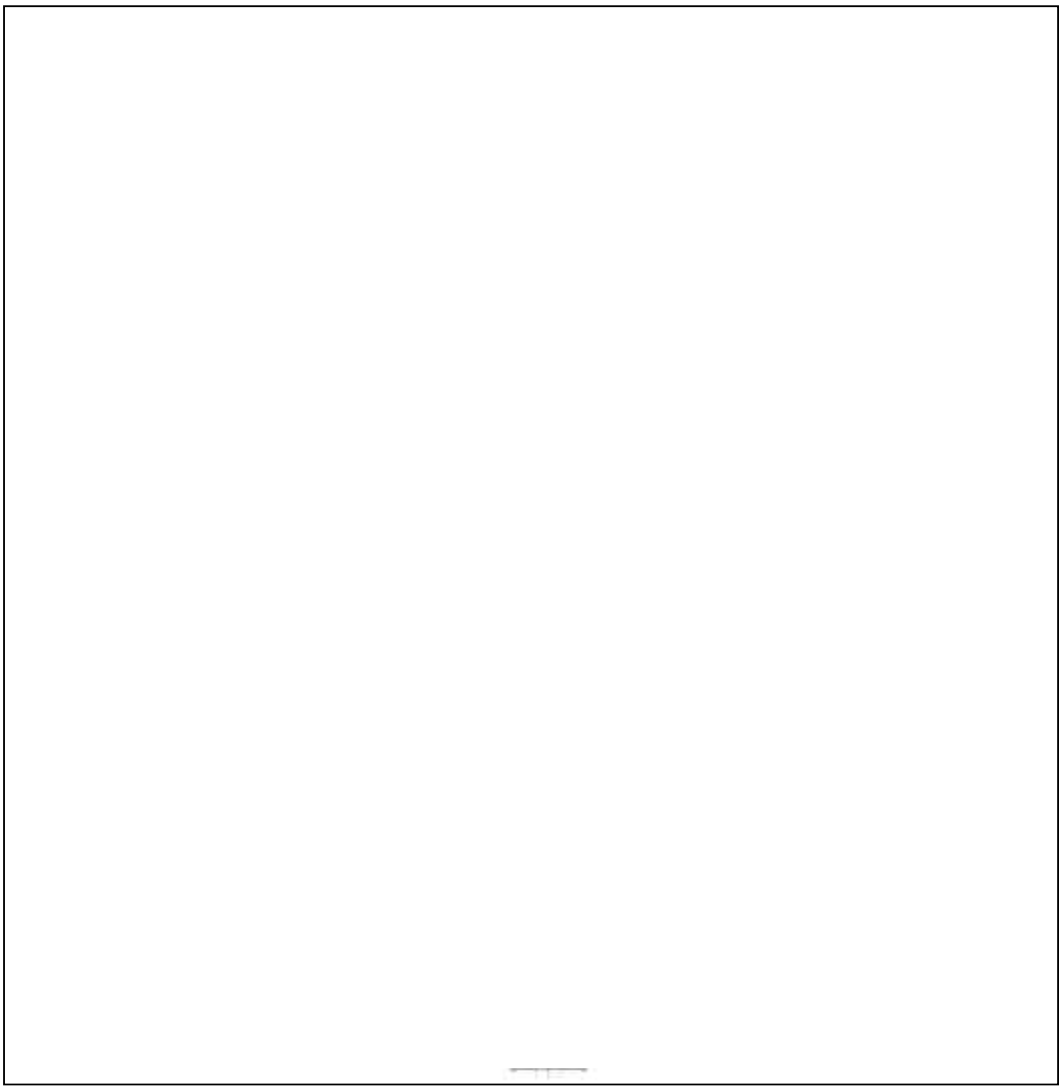

图 4-10 移动摄像监控系统

贮源井内安装 1 个摄像头，其位于井口表面以下 4.0m 处。摄像头连接到控制室内的电视监视器上，控制人员从监视器上可直接看到源架是否在井底贮存位置。

以上辐射安全装置均能满足本项目γ辐照装置安全运行，本项目γ辐照装置的安全联锁逻辑示意图见图 4-11。本项目拟设辐射安全设施与《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中相关要求的对比分析见表 4-2。

图 4-11 本项目γ辐照装置安全联锁运行逻辑示意图

表 4-2 本项目γ辐照装置设计的安全措施与 GB/T 17568-2019 安全设施要求的比较分析

GB/T 17568-2019对γ辐照装置的安全设施的要求	本装置设计的情况	结论
1）钥匙控制。源升降装置、辐照室人员通道门和货物通道门应由同一把独立钥匙或多个串在一起的钥匙进行控制，这一把或一串钥匙还应与一台有效的便携式辐射检测报警仪相连，如从控制台上取出钥匙，放射源则自动降到安全位置。只有获得资格且经运营单位授权运行人员才能使用该钥匙。	放射源的升降使用钥匙开关控制，且升源钥匙必须留在插孔内才能维持升源的状态，同时辐照室人员通道门开闭控制也采用这同一把钥匙。因此只要使用该钥匙去开启人员通道口门，就会保证放射源不被升起或导致自动降源。上述钥匙与有效的便携式辐射检测报警仪牢固地连在一起。该钥匙只有值班人员才能使用。	符合
2）在辐照室所有门口醒目的地点设灯光音响信号装置，用于对辐照室外人员的警示。	在通往辐照室的人员迷道门上和货物进、出口安全门上设置明显可见的电离辐射警告标示。门上方设置状态指示灯，放射源状态指示包括源在安全位、工作位和源在升降过程中。门上方设有灯光警示牌和警铃，升源时发出声光报警信号。	符合
3）在辐照室内应设置无人检查按钮，并与控制台联锁，升源前操作人员必须进入辐照室内巡视检查，无人检查按钮设置位置应避免巡视检查盲区。	辐照室及迷道内设置无人按钮及无人钥匙开关（需依次按下），并与升降源联锁，以强迫辐射工作人员升源前进行巡视。	符合
4）在辐照室内设紧急降源（一般为拉线开关）和开门按钮，紧急降源（一般为拉线开关）按钮应覆盖整个辐照室和迷道区域。	在辐照室内和迷道沿墙壁设有拉线开关，万一升源时有人逗留在室内，听到准备升源的声响后可迅速拉动拉线开关，此时源不能再升起；如果源已经升起或正在升起，则源将自动降到安全位。人员通道口门内设有应急开门按钮，应急开门按钮与源升降系统联锁。如果按动应急开门按钮，则会降源或中止升源。	符合
5）在控制台上应安装紧急停止按钮，可在任何时刻终止辐照装置的运行并将放射源降至安全位。	控制台上设有紧急降源按钮，按动按钮则自动降源。	符合

GB/T 17568-2019对γ辐照装置的安全设施的要求	本装置设计的情况	结论
6）设置人员通道门与源升降系统联锁。如果门未关闭，不能升源；当源架在非安全位时，打不开人员通道门，如果强行打开人员通道门，则自动降源；当停电时，按正常操作程序打不开人员通道门。	人员通道门与源升降系统联锁；门未关闭，不能升源；当源架在非安全位时，打不开人员通道门，如果强行打开人员通道门，则自动降源；当停电时，打不开人员通道门。	符合
7）设置固定式辐射水平监测仪，分别在辐照室的迷道、货物出口及水处理装置设置探头，并与控制系统联锁。分别设定剂量报警阈值。当辐照室迷道的探头探测到的辐射水平超过阈值时，人员通道门打不开；当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止货物输送系统，同时降源，并发出声光报警；当水处理的探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止水处理系统，同时降源，并发出声光报警。	分别在辐照室的人员迷道、货物出口及水处理间内均设置固定式辐射水平监测仪器探头，并各自设定相应阈值；当人员迷道内的辐射水平超过阈值时，人员通道门打不开；当货物出口处探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止货物输送系统，同时降源，并发出声光报警；当水处理的探头探测到的辐射水平超过阈值时，自动停止水处理系统，同时降源，并发出声光报警。	符合
8）在货物出口处设置安全门（或者设置辐照容器堵门功能），与辐照容器输送配合开闭防止人员进入，并与控制系统联锁。当源架在非安全位及停电时，按照正常操作程序无法打开或无法移动辐照容器。	在货物迷道进口和出口都设置了安全门，只有辐照箱进出安全门才自动开启。	符合
9）在人员通道入口内及货物出入口内设置防人光电，并与控制系统联锁。当源架在非安全位时。如触发光电报警，则自动降源；当源架在安全位时，如光电开关未投入，则无法升源。	升源启动钥匙开关与人员迷道门钥匙开关共用一把钥匙；在货物进出口，设防人光电并与降源联锁；人员通道内设有三道光电装置，当有人员误入时，将引发自动降源；人员迷道口门与固定式辐射水平监测仪器联锁，如果源在工作位时，人员迷道口门被强行打开，则引发降源。	符合
10）在辐照室人员入口处必须设校验源，例如0.37MBq的铯-137源。操作人员进入辐照室之前应用校验源检查剂量仪表是否正常。	在人员迷道门口处放置一个^{137}Cs检测源，活度约为3.70E+05Bq（10μCi），辐射工作人员每次进入辐照室前都必须将携带的便携式辐射检测报警仪放到此源前检验，以检查仪表是否工作正常。	符合

GB/T 17568-2019对γ辐照装置的安全设施的要求	本装置设计的情况	结论
11）设置停电自动降源系统，避免因停电导致各监控仪表失灵而引发照人员受照事故。	控制系统采用长延时在线式不间断电源供电，容量为3kVA，在电网失电的情况下，可作为控制系统的应急电源，供电时间不低于30分钟，保障控制设备和安全锁设备复位。当放射源在工作位置时，如突然发生停电则源自动降至贮存位置；配备的UPS可给控制台短时供电。降源到位后在控制台上有显示信号。	符合
12）设源架迫降系统，以便在升降源发生某种故障时，使源架得以解脱；	板源架在井上工作位置及井下安全位置均设有直接指示信号。一旦发生板源架运行受阻不能降至存放位置的故障，可以通过解脱钢丝绳的方法将板源架溜放到井底。为防止辐照箱倾倒接触板源架，在板源架工作位置的两侧设有防撞杆，并在板源架工作位置两端的槽钢上设有防碰撞开关，一旦开关被触动，板源架会自动降到井下贮存位置。	符合
13）设贮源井水位监测报警与补给系统，避免因贮源井水位下降引起辐照室内辐射剂量水平上升。当出现超低水位报警时，按正常操作程序打不开人员通道门。	为保证贮源井水保持可靠的安全屏蔽水位，在水处理间设置水位计，通过地下埋管与储源井连通，以监测井水水位。另外还设有低水位和高水位报警信号并与源升降联锁。	符合
14）辐照室应设置通风系统，并与控制系统联锁。通风系统故障时，自动降源或者无法升源。	辐照室设有排风系统，配备2台排风机，在辐照完毕后辐射工作人员需进入前，2台风机同时运行，加强通风。如果加强排风时间不足5min，则人员迷道口门无法打开。当放射源位于井底时，仍有1台风机运行，以避免井水辐解产生的氢气累积。排风系统与源升降联锁，通风系统故障时，不能升源。	符合
15）辐照室应设置烟雾报警装置并与控制系统联锁，遇有烟雾报警时，自动停止通风系统，自动降源，货物传输系统停止运行。	在辐照室内设有烟雾报警器。如有火灾迹象即发出报警，排风机立即自动关闭（以免助燃），源架同时由工作位置降到井底贮存位置。	符合

GB/T 17568-2019对γ辐照装置的安全设施的要求	本装置设计的情况	结论
16）辐照室各拆式屏蔽塞包括装源用屏蔽塞应与控制系统联锁，以便在装、卸源过程中屏蔽塞被卸下的情况下，自动降源或者无法升源。	辐照室屋顶的进源通道屏蔽塞设有行程开关，以检测屏蔽塞是否正确就位，并与源升降实现联锁。如果屏蔽塞未正确就位，则无法升源。	符合
17）源架应设有护罩或防撞杆，并与辐照室构筑物牢固连接，其强度和结构应能有效防止货物倒塌、货物冒出、货箱倾斜，吊具脱钩等意外情况致使护罩或防撞杆变形或倾斜而卡阻源架。对于动态辐照装置，货物输送系统，过源段应设有导向定位机构，并在入口设置防撞报警装置，该装置应与货物输送系统和源架的升降系统联锁。辐照箱门锁的结构应具有防止意外开启功能，并设置开门检测装置。源升降滑轮系统应设有防止钢丝绳脱槽的设施。	源架设有护罩或防撞杆，与辐照室构筑物牢固连接，其强度和结构能有效防止货物倒塌、货物冒出等意外情况致使护罩或防撞杆变形或倾斜而卡阻源架。过源段是地面辊道结构，有定位功能。并在入口设置防撞报警装置，该装置与货物输送系统和源架的升降系统联锁。BFT型装置的辐照箱四周不设门，其上端开口用于装卸货物，因而彻底杜绝了因辐照箱开门造成的卡源风险。在货物通道入口前设置了货物超高检测装置，一旦检测到货物比辐照箱高，则该辐照箱自动停止，并有报警信号输出。BFP型（托盘式）γ辐照装置托盘上产品在进入迷道前整体绕膜缠绕，在源护罩外又设置了防护网，防止产品倾倒触碰源架。在货物通道入口前设置了货物超高、超宽检测装置，一旦检测到货物比预设值高或宽，则该托盘产品自动停止，并有报警信号输出。源升降滑轮系统设有防止钢丝绳脱槽的设施。	符合
18）应设移动电视监控系统并自带照明功能，保证辐照状态下能清楚监视辐照室内和源架情况，并具有图像存储功能。	设有移动电视监控系统并自带照明功能，并具有图像存储功能。	符合
19）辐照室内应设喷洒装置。喷洒装置在屏蔽体内的管道应采取不锈钢材料；在屏蔽体外采取双阀门人工控制方式；应预留与消防车的接口。	本项目喷淋系统采用304型不锈钢管材，采取双阀门人工控制方式，设置了消防水泵接合器，可保证喷淋系统管道与消防车管道快速对接。	符合

4.3 三废的治理

4.3.1 废气治理措施

本项目正常运行过程中没有放射性废气产生，但 2 座辐照装置机房辐照室内的空气在γ射线辐照下产生臭氧和氮氧化物等气体。本项目 2 座辐照装置机房均已设计有排风系统，选用有效风量（去除风道等因素造成的损失后）为 23000m^3/h 的风机 2 台，通常只开动 1 台风机，保证换气次数达到每小时 25 次。当源降入水井，人员需要进入辐照室内时，则需即刻启动另外 1 台风机，换气次数增加到每小时 50 次。换气 5 分钟左右人员方可进入。如果加强排风时间不足 5 分钟，则人员通道口门无法打开。当放射源位于井底时，仍有 1 台风机运行，以避免井水辐解产生的氢气累积。通风系统的排风口设计在辐照室最内侧，项目运行过程中产生的废气通过预埋的管道进入 20m 高的排气筒进行排放。

4.3.2 废水治理措施

4.3.2.1 生活污水

本项目运行过程中拟新增工作人员 75 人（其中辐射工作人员 24 人），生活废水产生量为 7.5m^3/d，生活污水接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理。

4.3.2.2 工艺生产废水

项目正常运行过程中，贮源井水中的水是循环利用的，不向外排放。如果需要进行井内维护保养需要外排时，水中的 ^{60}Co 放射性活度浓度应低于 10Bq/L 以下要求，γ辐照装置设置了反渗透+离子交换纯水处理系统，该系统对井水进行去离子、除渣、过滤后循环使用，并可自动向贮源井补水。贮源井水采用离子交换树脂进行定期净化，循环使用（不排放）。

4.3.3 固体废物治理措施

4.3.3.1 生活垃圾

本项目运行期间，生活垃圾产生量约 60kg/d，通过集中收集后，统一交由环卫部门处理。

4.3.3.2 退役放射源

项目运行时不会产生放射性固体废物，退役后的 ^{60}Co 放射源由生产厂家回收，退役的 ^{137}Cs 校验源交城市放射性废物库。建设单位应将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续。

4.3.3.3 离子交换树脂

本项目运营期离子交换树脂二年更换一次，辐照装置正常营运期间废树脂不会有放射性污染，对所产生的废树脂需经监测达标，满足《可免于辐射防护监管的物料中放射性核素活度浓度》（GB 27742-2011）要求（钴-60 活度浓度<0.1Bg/g）后装袋收集，提前联系生产厂家回收更换或交由有资质单位处理。事故情况下，由于钴源泄漏造成贮源井水污染，进行水净化处理时，产生的废离子交换树脂、凝聚物等作为放射性固体废物，送城市放射性废物库。

4.4服务期满后的环境保护措施

根据《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）、《核技术利用设施退役核安全导则》（HAD 401/14-2021）规定，γ辐照装置设计寿期为 40 年。若达到退役年限但运行者要求延期的，应向监管部门提交中请延期报告，说明延期的理由，提供可以延期的支持性资料，其建筑物和安全防护设施均满足《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）和《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）的要求，并按规定向监管部门提交延期使用的安全评估报告和其他支持性资料，经评审批准后，方可延期运行。延期时间的长短视装置的具体情况而定，对无法修复或改造的装置，应强制其退役。

γ辐照装置退役按照《核技术利用设施退役核安全导则》（HAD 401/14-2021）规定进行，如果设备无污染作普通废物处理；如有污染，去污达到标准后作普通废物处理，污染无法去除的设备送城市放射性废物库收贮，厂址退役和物料解控要求均按照《核技术利用设施退役核安全导则》（HAD 401/14-2021）中的相关规定执行。

建设单位的辐射安全管理机构负责项目退役前、退役过程中以及退役后的辐射安全管理工作。退役时，建设单位将按照相关规定、程序和要求办理退役手续，经监管部门批准后实施退役。

5 环境影响分析

5.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为土建施工、装修及设备安装。施工过程产生扬尘、噪声、废水、固体废弃物，此外还对生态环境产生一定影响。

5.1.1 施工期废气

施工期产生的最主要的大气污染物是扬尘，此外还有少量的其它废气污染源，如施工机械设备燃料燃烧排放的废气、装饰装修使用的油漆、人造板、含某些有害物质（如苯系物、甲醛、酚等）的涂料等产生的有机废气。

5.1.1.1 扬尘

施工期扬尘来源主要包括：

（1）土石方开挖和回填过程产生的扬尘；

（2）各种建筑材料（如白灰、水泥、沙、石子、砖等）、建筑垃圾、挖填土方临时堆放过程中产生的扬尘；

（3）各种建筑物料、建筑垃圾、挖填土方运输和装卸过程中产生的扬尘。

根据建筑施工工地的有关数据，当风速为 2.4～2.9m/s 时，施工场地内的 TSP 浓度是上风向对照点的 1.5～2.3 倍，影响范围一般在下风向 150m 之内：下风向 0～50m 为重污染带、50～100m 为较重污染带、100～150m 为轻污染带。本工程项目所在地年平均风速小于 1.5m/s，施工扬尘对周边环境影响较小。

车辆运输产生扬尘影响道路两侧的环境空气，路面积尘量在 0.1kg/m^2 时，道路扬尘影响范围约为 20～30m 间，而道路积尘量为 0.6kg/m^2 时，汽车行驶时影响范围可达 120m～150m。通过对路面洒水，可有效抑制扬尘的散发量，洒水降尘效果见下表。

抑制扬尘的一个简洁有效措施是洒水。如果在施工期内对车辆行驶的路面实施洒水抑尘，每天洒水 4~5 次，可使扬尘减少 70%左右。施工场地洒水抑尘的

试验结果见下表。

表 5-1 施工路段洒水降尘试验结果

距离（m）		5m	20m	50m	100m
TSP（mg/m^3）	不洒水	10.14	2.89	1.15	0.86
	洒水	2.01	1.40	0.67	0.60

由表中数据可看出对施工场地实施每天洒水 4~5 次，可有效控制施工扬尘，并可将 TSP 污染距离缩小到 20~50m 范围。

根据《中华人民共和国大气污染防治法》（2015 年修订）等相关要求，为减轻扬尘对大气环境造成的危害，做到“六个百分百”要求（工地周边围挡、物料堆放覆盖、出入车辆冲洗、施工现场道路及材料堆场硬化、工地湿法作业及渣土车辆密闭运输）。建设单位应采取如下措施：

（1）加强施工管理，加强扬尘防治教育工作，施工人员入场施工前，建设单位应组织以国家法律法规、技术规范、管理制度和操作规程为主要内容的扬尘防治入场教育培训和考核，建立扬尘防治教育培训制度，完善扬尘防治教育培训档案。

（2）加强扬尘防治检查工程，建设单位应建立扬尘防治检查制度，安排专职人员负责施工现场检查工作，组织开展日常巡查、定期检查和不定期抽查工作，针对检查中发现的扬尘污染问题及时整改。

（3）土石方开挖作业前采用移动式人工软管（安装雾化喷嘴）对开挖表面喷水，做到湿法作业。

（4）在装车时降低料斗高度，减小卸料落差，可减少粉尘的产生。另外，采用带有雾化喷嘴的人工软管对装卸作业面进行洒水。

（5）临时弃土堆场、材料堆场、表土堆场等堆场表面进行拍实，并用彩条布进行遮盖，针对暂不扰动堆场在表面喷洒抑尘剂。

（6）对于施工现场零星的砂浆抹面作业，如果采用散装水泥，袋装水泥须

就近堆存，并用彩条布遮盖，减少刮风扬尘；袋装水泥开袋、倾倒、收袋做到轻拿轻放，尽量减少扬尘；水泥开袋之后立即进行拌合；水泥用完后，水泥袋集中收集并妥善处理。

（7）施工现场在平整场地、土方开挖、土方回填、清运建筑垃圾和渣土等作业时，应当边施工边适当洒水，防止产生扬尘污染。

（8）建筑材料、土石方转运时，运输车辆不得超载超速行驶，装车与车厢平齐，并用挖掘机拍紧，于表面洒水后用篷布遮盖，避免运输途中尘土飘溢、洒落的现象发生；空车返程时，篷布捆绑扎紧，收放于车厢中，避免篷布迎风飘扬造成尘土飘溢。

综上，只要项目施工期做到文明施工，严格落实各项扬尘控制措施，则可有效控制施工期扬尘对环境空气质量影响，使其对环境空气的影响达到可接受的水平。

5.1.1.2 施工机械尾气

本工程施工机车尾气中污染物主要有 CO 和烃类。其特点是排放量小，且属间断性无组织排放，由于这一特点，对于施工过程中的汽车尾气，应通过控制车辆行驶速度降低影响，通过大气的自净作用可以得到净化，鉴于施工场地开阔，扩散条件良好，因此对大气环境的影响甚微。

5.1.1.3 装修废气

施工期在装饰工程施工中有机溶剂的挥发，项目拟采取以下的控制措施：

（1）采用质量好，国家有关部门检验合格，有毒有害物质含量少的油漆和涂料产品。

（2）加强施工管理，最大限度地防止跑、冒、滴、漏现象发生，减少原料浪费带来的废气排放。

（3）施工作业空间加强通风，保证空气流通，降低废气污染物浓度。

（4）采用低甲醛含量和不含甲醛的室内装修材料，在施工中，让表面装饰

的油漆涂料充分固化，形成抑制甲醛散发的稳定层。

（5）保持室内空气流通。可选用有效的空气换气装置，或者在室外空气好的时候打开窗户通风，有利于室内材料的甲醛散发和排出。

（6）装修后的不宜立即迁入，而应当有一定的时间让材料中的甲醛以较高的力度散发。

综上，由于本项目的建设活动，将使施工道路沿线及施工场地周围环境空气质量有所下降。但由于施工场地比较空旷，有利于大气污染物的扩散，其影响范围主要为运输道路沿线和施工场地周围，施工期的环境污染将随着施工期的结束而结束，采取相应的抑尘措施后，对区域环境空气质量影响较小。

5.1.2 施工期废水

施工期废水包括施工废水及施工人员生活废水。

5.1.2.1 施工废水

本项目施工期间的产生的施工废水主要为施工机械冲洗废水、车辆冲洗废水，废水中主要污染物为 SS。施工废水禁止外排，施工现场设置冲洗区，配套设置沉淀池，施工废水经沉淀池收集处理后回用于冲洗用水或用于施工场地洒水降尘，不外排。

5.1.2.2 生活污水

本项目施工期生活废水主要为施工人员如厕、洗手等产生的生活废水，生活污水经厂区内拟建的临时污水处理设施处理后排入市政管网。

综上所述，施工期废水产生量较小，在采取相应治理措施后全部回用，不外排。因此，施工期产生的废水不会对附近地表水环境造成大的影响。且施工期的不利影响是短期的，随着施工期的结束，该类污染物随之消失。

5.1.3 施工期噪声

5.1.3.1 噪声源

项目施工期对声环境的影响主要是各种施工机械噪声和车辆行驶的交通噪声。施工过程中，大型机械设备和运输车辆的运行等都将产生较强的噪声，本项目根据施工设备选型情况主要设备、车辆噪声源强见下表。

表 5-2 施工期主要噪声源及其声级值

施工阶段	声源	声源强度（dB（A））	治理措施	治理后声级（dB（A））
基础开挖	自卸汽车	80	合理安排运输路线，运输车辆控制车速，减少鸣笛	75
	挖土机	85	选用低噪声设备，加强日常维护和保养；合理布局，合理安排作业时间，设置施工围挡	80
	空压机	90	设置隔声罩	80
底板与结构阶段	自卸汽车	80	合理安排运输路线，运输车辆控制车速，减少鸣笛	75
	装载机	85	选用低噪声设备，加强日常维护和保养；合理布局，合理安排作业时间，设置施工围挡	75
	振捣器	95		90
	电锯	90		85
	电焊机	90		85
装修安装阶段	电钻	95	选用低噪声设备，加强日常维护和保养；合理布局，合理安排作业时间，设置施工围挡	90
	电锤	100		95
	手工钻	90		85
	轻型载重汽车	80	合理安排运输路线，运输车辆控制车速，减少鸣笛	75

5.1.3.2 施工期噪声影响分析预测

5.1.3.2.1 预测模式

本项目施工期噪声源主要为场地开挖、清理等使用的施工机械产生的固定声源噪声以及施工运输车辆的流动噪声。经建筑工程施工工地噪声源强类比调查分析，确定拟建工程的噪声影响主要来源于施工现场（项目区内）的声源噪声，这些噪声将对作业人员和场址周围环境造成一定影响。

本预测采用点声源几何衰减模式，仅考虑距离衰减值、厂界围墙屏障等因素，其噪声预测公式为：

$$L_2 = L_1 - 20lg\ （r_2/r_1）\ - \Delta L \qquad \text{公式（5.1）}$$

式中：L_2—距声源 r_2 处声源值，dB（A）；

L_1—距声源 r_1 处声源值，dB（A）；

r_1，r_2—与声源的距离，m；

△L—厂界围墙引起衰减量，m。

由上式预测单个噪声源在评价点的贡献值，将不同声源在该点的贡献值叠加，得出多个噪声源对该点噪声的贡献值，采用的模式如下：

$$L = 10lg\sum_{i=1}^{n} 10^{L_i/10} \qquad \text{公式（5.2）}$$

式中：L—叠加后总声压级，dB（A）；

L_i—各声源的噪声值，dB（A）；

n—声源个数。

5.1.3.2.2 预测结果

施工期噪声预测结果见下表。

表 5-3 施工期噪声预测结果 单位：dB（A）

噪声源强值		预测距离（m）								备注
		10	20	25	40	50	100	150	200	
场平阶段	85	65.0	59.0	57.0	53.0	51.0	45.0	41.5	39.0	以施工期最强噪声值预测
结构阶段	100	80.0	74.0	72.0	68.0	66.0	61.0	56.5	54.0	
装修阶段	85	65.0	59.0	57.0	53.0	51.0	45.0	41.5	39.0	

通过上表分析可得以下结论：

（1）根据上表可知施工期噪声预测结果可知当多台机械设备同时运转时，昼间距离噪声源 40m 处才能达到《建筑施工场界噪声排放标准》（GB 12523-2011）中的昼间限值标准，在场地外围 40m 范围内的人员将受到不同程度的影响，夜间距离噪声源 200m 范围内的人员将受到不同程度的影响。

（2）在实际施工过程中可能出现多台机械同时在一处作业，则此时施工噪声影响的范围比预测值还要大。因此在施工过程中要引起重视。

（3）噪声治理措施

本项目施工噪声可分为施工区设备噪声以及运输车辆噪声。针对不同噪声来源，本项目采取以下噪声治理措施：

1）施工设备噪声

①合理安排施工时间，项目施工时较大的产噪设备尽量避开休息时间施工，禁止午间（12:00~14:00）和夜间（22:00~6:00）施工。

②施工设备尽量采用先进低噪声设备，保证做到定期保养、维护，避免设备因故障运行增大对周围声环境的影响程度；

③施工前做好协调和准备工作，包括人、物、材料等，并有专人指挥施工，争取在最短时间内完工，尽量缩短施工噪声的影响；

④加强管理与宣传，配套施工人员环保意识，对一些零星的手工作业，如拆

装模板、装卸建材，尽可能做到轻拿轻放，并辅以一定的减缓措施。同时应避免在同一地点安排大量动力机械设备，以避免局部声级过高。

2）运输车辆噪声

本项目运输车辆包括场内运输和场外运输，场内运输主要为开挖土石方转运，场外运输包括施工材料运输以及建筑垃圾外运等。针对运输车辆噪声，本项目采取以下治理措施：

①减少或禁止鸣笛，严禁超速、超载行驶。

②定期对运输车辆进行维修，避免故障车辆运输。

③合理规划对场外路线，禁止鸣笛，严禁超速行驶。

④合理安排运输任务，夜间不得进行运输任务。

综上所述，由于施工期噪声影响是暂时性的，将随着施工期的结束而消失，在采取相关措施后，施工期噪声不会对周边环境造成较大影响。

5.1.4 固体废物

本项目施工期产生的固体废物主要为基础设施施工开挖产生的挖方以及建筑垃圾、生活垃圾等。这些固体废物若随意倾倒和堆放会占用土地并污染周围环境。

5.1.4.1 挖方弃渣

本项目施工期土石方主要来源于厂区建筑基础开挖，本项目施工期产生的挖方弃土运往指定市政弃土堆场。

表 5-4 施工期土石方平衡表

工作名称	工程量（m^3）
挖方	27215.9
填方	27090

5.1.4.2 建筑垃圾

本项目施工过程中产生的建筑垃圾包括水泥土块、废钢筋等，产生量较少。对于可以回收利用的建筑材料，如废钢筋等应尽量回收利用；其他不能回收利用的建筑垃圾运用往市政制定堆场。

5.1.4.3 生活垃圾

施工现场设置专门的垃圾分类收集桶对生活垃圾进行收集，当天施工结束后清运至附近垃圾暂存点，交环卫部门统一处理。

综上所述，施工期产生的土石方、建筑垃圾和生活垃圾都能得到妥善处理，去向明确，不会造成二次污染。

5.1.5 生态影响分析

本项目厂区建设基础开挖，施工过程中造成场地内土质结构松散，易被雨水冲刷造成水土流失，项目方施工期要配套建设中的水土保持措施。施工时采取修建临时挡土墙、排水沟、覆盖塑料布等措施，可有效防止水土流失。施工结束后应立即恢复植被，实行绿色覆盖，减少硬覆盖。项目施工期水土流失量很小，对生态环境不会产生明显影响。

项目建设应根据《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）等标准要求明确各职能部门要求，按照消防部门和住建部门等要求进行施工建设。

综上分析，本项目在施工过程中，由于施工点规模不大，且大量物料外购，对周围环境的影响较小。待施工完全结束后，施工期大气、水、噪声污染将消失，建筑垃圾、装修废料等可得到合理的处理处置，不会造成二次污染。

5.2运行阶段环境影响分析

5.2.1 辐射环境影响分析

本项目拟于辐照厂房中部建设2座辐照装置机房，于1号、2号辐照装置机房内分别配备1套BFT型（辐照箱式）和BFP型（托盘式）γ辐照装置，设计

装源能力均为2.22E+17Bq（600万Ci）的^{60}Co放射源。

另于辐照室人员迷道门口处各放置1枚活度约为3.70E+05Bq（10μCi）的^{137}Cs检测源，用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的便携式辐射检测报警仪是否工作正常，V类放射源属于极低危险性的放射源，不会对周围环境和工作人员产生辐射影响。

由于本项目所用^{60}Co放射源达到百万居里级以上，源架尺寸较大，选用《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）附录A中点源近似的计算模式不够合理，故本项目采用PHITS程序（Version-3.34），对本项目辐照装置机房进行屏蔽防护效果的计算。

PHITS （Particle and Heavy Ion Transport code System）是由日本原子能机构联合其他单位共同开发的蒙特卡罗粒子输运程序，主要应用于加速器设计、转换靶的设计、放射医学以及天文学等邻域，可以在较广的能量范围内模拟包括中子、质子、光子、电子、介子和重带电粒子在内的几乎所有粒子的输运问题。该软件可以通过使用多个核反应模型和数据库来传输运算能量高达1Tev的粒子，基于对50多个辐照场景的研究对程序进行了全面验证。在模拟几何中，PHITS可以定义各种类型的辐射源，例如具有任何能量和角度分布的点、圆、矩形、高斯分布、球体和球壳源。从源发射的粒子通过模拟空间传输，并根据总截面数据对输运中的粒子和组件材料的宏观碰撞进行采样。PHITS提供了丰富的TALLY计数卡，可以从运输模拟中获得通量，注量，能量沉积等各种结果。并且PHITS支持基于开放多过程的共享内存和分布式内存并行计算框架，分别采用开放式多重处理（Open Multi-Processing，OMP）和消息传递接口（Message Passing Interface，MPI）技术；使用这两种并行技术可以大大加快运行速度。

在进行辐射剂量率计算时，为使模拟更贴合真实情况，对每枚^{60}Co放射源分别进行建模，放射源结构参考《高活度钴60密封放射源》（GB/T 7465-2015），同时为方便建模，将^{60}Co放射源整体简化为圆柱，外侧为不锈钢外壳（标示为黄色），内部为钴源（标示为绿色），单枚^{60}Co放射源建模示意图（露出内部钴源）见图5-1。

图 5-1 单枚 ^{60}Co 放射源建模示意图

BFT 型（辐照箱式）、BFP 型（托盘式）γ 辐照装置各设有两台源架，其放射源排布情况见图 5-2 至图 5-3。

图 5-2 BFT 型（辐照箱式）γ 辐照装置放射源排布示意图

图 5-3 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置放射源排布示意图

使用 PHITS 程序包的“PHIG-3D”功能对本项目 2 座γ辐照装置机房进行建模，详见图 5-4。

图 5-4 γ辐照装置机房建模示意

本项目采用 PHITS 程序对 2 套γ辐照装置单独升源状态下和同时升源状态下辐照装置机房屏蔽体外 30 cm 处的辐射剂量率以及贮源状态下和换源状态下贮源井口上方 30 cm 处的辐射剂量率进行计算。

本项目γ辐照装置机房四周和顶部屏蔽体外的辐射剂量率关注点布设情况如图 5-5 至图 5-6 所示。

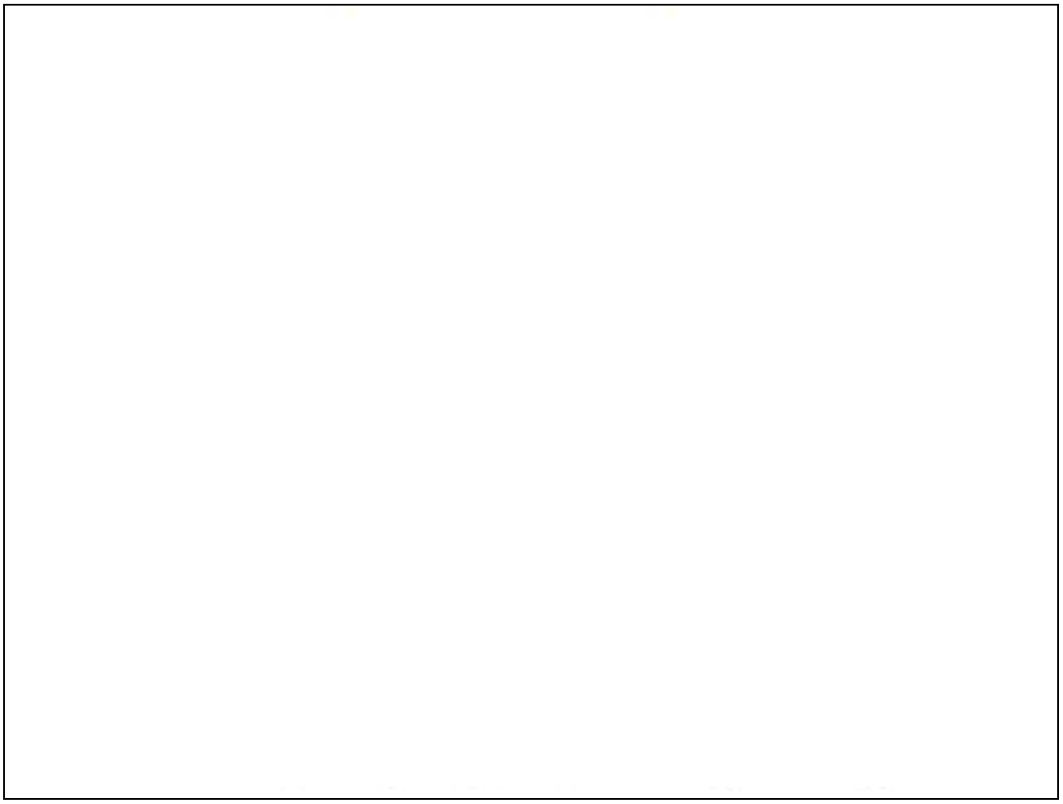

图 5-5 γ辐照装置机房四周屏蔽墙外辐射剂量率点位布设示意图

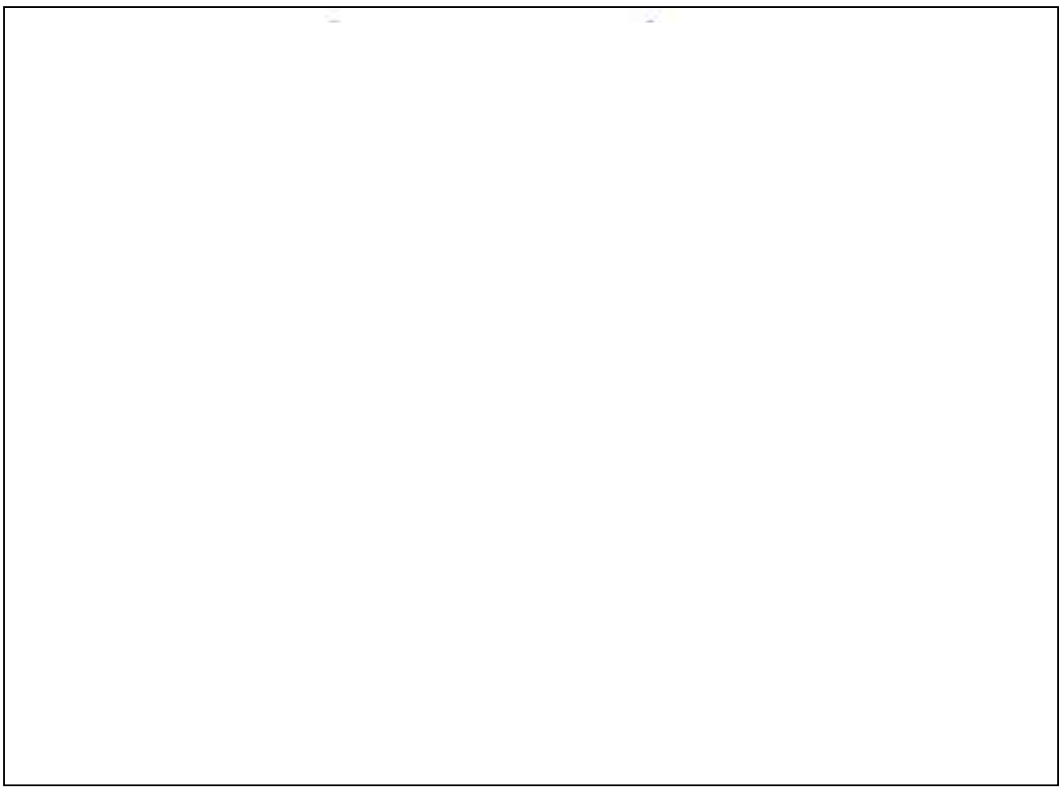

图 5-6 γ辐照装置机房顶部屏蔽墙外辐射剂量率点位布设示意图

5.2.1.1 1 号辐照装置机房（BFT 型γ辐照装置）辐射水平

5.2.1.1.1 升源状态下

升源状态下，BFT 型γ辐照装置源架位置示意图见图 5-7。过源架中心位置的三个方向的切面（水平方向和两个垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-8 至 5-10 所示。图中粉色包络线为 2.5μSv/h 的辐射剂量率限值边界。从图中可知，2.5μSv/h 的包络线均位于 1 号辐照装置机房的屏蔽体内，即 1 号辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率均不超过 2.5μSv/h。

图 5-7 BFT 型γ辐照装置升源状态下源架位置示意图

图 5-8 BFT 型γ辐照装置升源状态水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-9 BFT 型γ辐照装置升源状态垂直方向辐射剂量率分布图（南北向剖面图）

图 5-10 BFT 型γ辐照装置升源状态垂直方向辐射剂量率分布图（东西向剖面图）

本项目 1 号辐照装置机房内 BFT 型γ辐照装置单独升源状态下，机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率见表 5-5。

表 5-5 1 号辐照装置机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率（单独升源状态下）

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
1	1 号辐照装置机房货物出口外 30cm 处	<1E-03
2	1 号辐照装置机房北侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
3	1 号辐照装置机房货物入口外 30cm 处	<1E-06
4	1 号辐照装置机房北侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
5	1 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	<1E-06
6	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
7	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
8	1 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-06

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
9	1 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-06
10	1 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-03
11	2 号辐照装置机房货物出入口外 30cm 处	<1E-06
12	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03
13	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03
14	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03
15	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-06
16	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03
17	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03
18	1 号辐照装置机房通风管道墙外 30cm 处	<1E-06
19	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-03
20	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
21	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
38	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
39	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	2.28E-03
40	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
41	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
42	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
43	1 号、2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
44	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
45	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
46	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
47	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
48	1 号辐照装置机房顶部通风管道口外 30cm 处	<1E-06
49	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03

由表 5-5 模拟计算结果可知，BFT 型γ辐照装置单独升源状态下，源架中心点正上方 1 号辐照装置机房顶部的辐射剂量率最大，为 2.28E-03μSv/h。

5.2.1.1.2 贮源状态下

贮源状态下，BFT 型γ辐照装置贮源井建模示意见图 5-11。过源架中心位置的两个方向的切面（水平方向和垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-12 至图 5-13 所示。经模拟计算，贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率最大为 5.15E-06μSv/h。

图 5-11 BFT 型γ辐照装置贮源状态下贮源井建模示意

图 5-12 BFT 型γ辐照装置贮源状态贮源井水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-13 BFT 型γ辐照装置贮源状态贮源井垂直方向辐射剂量率分布图

（南北向剖面图）

5.2.1.1.3 换源状态下

贮源井内设装卸源平台，距地面 5.05m。装源时，最多可将 2 个铅罐内的盛源花篮以及 4 个源架模块放置该平台。同时，再将 1 个源架模块提起。此为装源时井口最大剂量率状态。具体参数见表 5-6，装源模型示意图见图 5-14，换源状态下贮源井建模示意见图 5-15。

表 5-6 BFT 型γ辐照装置装源模型

名称	最多容纳放射源活度（万 Ci）	距地面距离（m）	屏蔽水层厚度（m）
盛源花篮（2 个）	40	5.05	4.55
源架模块（4 个，放置在装源平台上）	200	5.05	4.55
源架模块（1 个，提起的）	50	4.62	4.32
源架	310 （600 减去前三项 290）	5.17	4.87

图 5-14 BFT 型γ辐照装置装源模型示意图

图 5-15 BFT 型γ辐照装置换源状态贮源井 3D 模型

过源架中心位置的两个方向的切面（水平方向和垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-16 至图 5-17 所示。经模拟计算，贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率最大为 3.23E-04μSv/h。

图 5-16 BFT 型γ辐照装置换源状态贮源井水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-17 BFT 型γ辐照装置换源状态贮源井垂直方向辐射剂量率分布图

（南北向剖面图）

5.2.1.2 2 号辐照装置机房（BFP 型γ辐照装置）辐射水平

5.2.1.2.1 升源状态下

升源状态下，BFP 型γ辐照装置源架位置示意图见图 5-18。过源架中心位置的三个方向的切面（水平方向和两个垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-19 至 5-10 所示。图中粉色包络线为 2.5μSv/h 的辐射剂量率限值边界。从图中可知，2.5μSv/h 的包络线均位于 2 号辐照装置机房的屏蔽体内，即 2 号辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率均不超过 2.5μSv/h。

图 5-18 BFP 型γ辐照装置升源状态下源架位置示意图

图 5-19 BFP 型γ辐照装置升源状态水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-20 BFP 型γ辐照装置升源状态垂直方向辐射剂量率分布图（南北向剖面图）

图 5-21 BFP 型γ辐照装置升源状态垂直方向辐射剂量率分布图（东西向剖面图）

本项目 2 号辐照装置机房内 BFP 型γ辐照装置单独升源状态下，机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率见表 5-7。

表 5-7 2 号辐照装置机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率（单独升源状态下）

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
5	1 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	<1E-06
11	2 号辐照装置机房货物出入口外 30cm 处	<1E-06
22	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	<1E-03
23	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	<1E-03
24	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	<1E-03
25	2 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-03
26	2 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-03
27	2 号辐照装置机房通风管道墙外 30cm 处	<1E-06

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
28	2 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
29	2 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
30	2 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	<1E-06
31	2 号辐照装置机房南侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
32	2 号辐照装置机房西侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
33	2 号辐照装置机房西侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
34	2 号辐照装置机房西侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
35	2 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-06
36	2 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03
37	2 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-06
40	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
43	1 号、2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
45	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
46	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
47	2 号辐照装置机房顶部通风管道口外 30cm 处	<1E-06
49	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
50	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	2.87E-03
51	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
52	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06

由表 5-7 模拟计算结果可知，BFP 型γ辐照装置单独升源状态下，源架中心点正上方 2 号辐照装置机房顶部的辐射剂量率最大，为 2.87E-03μSv/h。

5.2.1.2.2 贮源状态下

贮源状态下，BFP 型γ辐照装置贮源井建模示意见图 5-22。过源架中心位置的两个方向的切面（水平方向和垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-23 至图 5-24 所示。经模拟计算，贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率最大为 3.80E-06μSv/h。

图 5-22 BFP 型γ辐照装置贮源状态下贮源井建模示意

图 5-23 BFP 型γ辐照装置贮源状态贮源井水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-24 BFP 型γ辐照装置贮源状态贮源井垂直方向辐射剂量率分布图

（南北向剖面图）

5.2.1.2.3 换源状态下

贮源井内设装卸源平台，距地面 5.05m。装源时，最多可将 2 个铅罐内的盛源花篮以及 4 个源架模块放置该平台。同时，再将 1 个源架模块提起。此为装源

时井口最大剂量率状态。具体参数见表 5-8，装源模型示意图见图 5-25，换源状态下贮源井建模示意见图 5-26。

表 5-8 BFP 型γ辐照装置装源模型

名称	最多容纳放射源活度（万 Ci）	距地面距离（m）	屏蔽水层厚度（m）
盛源花篮（2 个）	40	5.05	4.55
源架模块（4 个，放置在装源平台上）	200	5.05	4.55
源架模块（1 个，提起的）	50	4.66	4.36
源架	310 （600 减去前三项 290）	5.21	4.91

图 5-25 BFP 型γ辐照装置装源模型示意图

图 5-26 BFP 型γ辐照装置换源状态贮源井 3D 模型

过源架中心位置的两个方向的切面（水平方向和垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-27 至图 5-28 所示。经模拟计算，贮源井口上方 30cm 处的辐射剂量率最大为 2.24E-04μSv/h。

图 5-27 BFP 型γ辐照装置换源状态贮源井水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-28 BFP 型γ辐照装置换源状态贮源井垂直方向辐射剂量率分布图

（南北向剖面图）

5.2.1.3 2 套γ辐照装置同时升源状态下辐射水平

升源状态下，分别过 BFT 型、BFP 型γ辐照装置源架中心位置的三个方向的切面（水平方向和两个垂直剖面）的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-29 至 5-33 所示。图中粉色包络线为 2.5μSv/h 的辐射剂量率限值边界。从图中可知，2.5μSv/h 的包络线均位于辐照装置机房的屏蔽体内，即 2 座辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率均不超过 2.5μSv/h。

图 5-29 2 套γ辐照装置同时升源状态水平方向辐射剂量率分布图（平面图）

图 5-30 2 套γ辐照装置同时升源状态垂直方向辐射剂量率分布图

（过 BFT 型γ辐照装置源架中心位置南北向剖面图）

图 5-31 2 套γ辐照装置同时升源状态垂直方向辐射剂量率分布图

（过 BFP 型γ辐照装置源架中心位置南北向剖面图）

图 5-32 2 套γ辐照装置同时升源状态垂直方向辐射剂量率分布图

（过 BFT 型γ辐照装置源架中心位置东西向剖面图）

图 5-33 2 套γ辐照装置同时升源状态垂直方向辐射剂量率分布图

（过 BFP 型γ辐照装置源架中心位置东西向剖面图）

本项目 2 座辐照装置机房内γ辐照装置同时升源状态下，机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率见表 5-9。

表 5-9 2 座辐照装置机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率（同时升源状态下）

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
1	1 号辐照装置机房货物出口外 30cm 处	<1E-03
2	1 号辐照装置机房北侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
3	1 号辐照装置机房货物入口外 30cm 处	<1E-06
4	1 号辐照装置机房北侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
5	1 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	<1E-06
11	2 号辐照装置机房货物出入口外 30cm 处	<1E-06
12	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
13	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03
14	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03
15	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-06
16	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03
17	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03
18	1 号辐照装置机房通风管道墙外 30cm 处	<1E-06
19	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
20	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
21	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
22	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	<1E-03
23	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	<1E-03
24	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	<1E-03
25	2 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-03
26	2 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-03
27	2 号辐照装置机房通风管道墙外 30cm 处	<1E-06
28	2 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
29	2 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
30	2 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	<1E-06
31	2 号辐照装置机房南侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06
38	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
39	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	2.42E-03
40	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）
41	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
42	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
43	1 号、2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
44	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
45	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
46	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
47	2 号辐照装置机房顶部通风管道口外 30cm 处	<1E-06
48	1 号辐照装置机房顶部通风管道口外 30cm 处	<1E-06
49	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03
50	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	2.87E-03
51	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06
52	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06

由表 5-9 模拟计算结果可知，2 套γ辐照装置同时升源状态下，源架中心点正上方 2 号辐照装置机房顶部的辐射剂量率最大，为 2.87E-03μSv/h。

5.2.1.4 通风管道辐射水平

本项目正常运行过程中没有放射性废气产生，但 2 座辐照装置机房辐照室内的空气在γ射线辐照下产生臭氧和氮氧化物等气体。本项目 2 座辐照装置机房均已设计有排风系统，选用有效风量（去除风道等因素造成的损失后）为 23000m3/h 的风机 2 台，排风道在地下沿辐照室迷道绕行通向室外。通风系统的排风口设计在辐照室最内侧，项目运行过程中产生的废气通过预埋的管道进入 20m 高的排气筒进行排放。2 座辐照装置机房地下风道布设情况见图 5-34，其建模示意见图 5-35。



图 5-34 辐照装置机房地下风道布设示意图

图 5-35 辐照装置机房地下风道建模示意

本项目 1 号辐照装置机房内 BFT 型γ辐照装置、2 号辐照装置机房内 BFP 型

γ辐照装置分别单独升源状态下和同时升源状态下，地下风管的辐射周围剂量当量率分布图如图 5-36 至 5-38 所示。

图 5-36 BFT 型γ辐照装置单独升源状态地下风管辐射剂量率分布图

图 5-37 BFP 型γ辐照装置单独升源状态地下风管辐射剂量率分布图

图 5-38 2 套γ辐照装置同时升源状态地下风管辐射剂量率分布图

经模拟计算得到，本项目 1 号辐照装置机房内 BFT 型γ辐照装置、2 号辐照装置机房内 BFP 型γ辐照装置分别单独升源状态下和同时升源状态下，2 座辐照装置机房顶部通风管道口外的辐射周围剂量当量率均小于 1E-6 μSv/h。

5.2.1.5 计算结果汇总及评价

综上所述，2 座辐照装置机房屏蔽体外关注点处的辐射剂量率计算结果汇总见表 5-10。

表 5-10 2 座辐照装置机房屏蔽体外关注点处辐射剂量率计算结果汇总

放射源状态	点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）		
			BFT 型单独升源	BFP 型单独升源	2 套装置同时升源
升源状态下	1	1 号辐照装置机房货物出口外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	2	1 号辐照装置机房北侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	3	1 号辐照装置机房货物入口外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	4	1 号辐照装置机房北侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06

放射源状态	点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）		
			BFT 型单独升源	BFP 型单独升源	2 套装置同时升源
	5	1 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	<1E-06	<1E-06	<1E-06
	6	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06	/	/
	7	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06	/	/
	8	1 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-06	/	/
	9	1 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-06	/	/
	10	1 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	<1E-03	/	/
	11	2 号辐照装置机房货物出入口外 30cm 处	<1E-06	<1E-06	<1E-06
	12	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	13	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	14	1 号辐照装置机房南墙外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	15	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	16	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	17	1 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	18	1 号辐照装置机房通风管道墙外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	19	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-06
	20	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	21	1 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	22	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	/	<1E-03	<1E-03
	23	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	/	<1E-03	<1E-03
	24	2 号辐照装置机房北墙外 30cm 处	/	<1E-03	<1E-03
	25	2 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	/	<1E-03	<1E-03

放射源状态	点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）		
			BFT 型单独升源	BFP 型单独升源	2 套装置同时升源
	26	2 号辐照装置机房东墙外 30cm 处	/	<1E-03	<1E-03
	27	2 号辐照装置机房通风管道墙外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
	28	2 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
	29	2 号辐照装置机房东侧迷道墙外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
	30	2 号辐照装置机房人员通道口外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
	31	2 号辐照装置机房南侧迷道墙外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
	32	2 号辐照装置机房西侧迷道墙外 30cm 处	/	<1E-06	/
	33	2 号辐照装置机房西侧迷道墙外 30cm 处	/	<1E-06	/
	34	2 号辐照装置机房西侧迷道墙外 30cm 处	/	<1E-06	/
	35	2 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	/	<1E-06	/
	36	2 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	/	<1E-03	/
	37	2 号辐照装置机房西墙外 30cm 处	/	<1E-06	/
	38	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	39	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	2.28E-03	/	2.42E-03
	40	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06	<1E-06	<1E-06
	41	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	42	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-06
	43	1 号、2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06	<1E-03	<1E-03
	44	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03	/	<1E-03
	45	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06	<1E-06	<1E-06

放射源状态	点位序号	关注点位描述	辐射剂量率（μSv/h）		
			BFT 型单独升源	BFP 型单独升源	2 套装置同时升源
	46	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-06	<1E-06	<1E-06
	47	2 号辐照装置机房顶部通风管道口外 30cm 处	<1E-06	<1E-06	<1E-06
	48	1 号辐照装置机房顶部通风管道口外 30cm 处	<1E-06	/	<1E-06
	49	1 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	<1E-03	<1E-06	<1E-03
	50	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	/	2.87E-03	2.87E-03
	51	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
	52	2 号辐照装置机房顶部屏蔽体外 30cm 处	/	<1E-06	<1E-06
贮源状态下	1 号辐照装置机房贮源井口上方 30cm 处		5.15E-06	/	/
	2 号辐照装置机房贮源井口上方 30cm 处		/	3.80E-06	/
装源状态下	1 号辐照装置机房贮源井口上方 30cm 处		3.23E-04	/	/
	2 号辐照装置机房贮源井口上方 30cm 处		/	2.24E-04	/

由表 5-10 可知，γ 辐照装置工作状态时本项目 2 座辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率、非工作状态时贮源井表面辐射剂量率均不大于 2.5μSv/h，能够满足《γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中的相关规定。

5.2.2 人员受照剂量

本项目辐射工作人员和公众的年有效剂量按公式（5.3）计算：

$$H = D \times t \times T \qquad \text{公式（5.3）}$$

式中：H—人员年受照剂量，mSv/a；

D—人员所在场所辐射剂量率，mSv/h；

t—人员年受照时间，h/a；

T—居留因子，无量纲。

本项目拟为 2 套γ辐照装置分别配备 12 名辐射工作人员，实行每周 42 小时工作制，每年工作 50 周。每日生产实行三班制，辐射工作人员按照四班配置。

根据各关注点处估算的辐射剂量率，结合工作时间、辐射工作人员和公众居留因子，即可得到各关注点处辐射工作人员和公众的年受照剂量，计算结果见表 5-11。

表 5-11 本项目辐射工作人员和周围公众年有效剂量

工作场所	放射源状态	位置	涉及点位序号	辐射剂量率（μSv/h）	年受照时间	居留因子	年有效剂量（mSv/a）	关注对象
1 号辐照装置机房	升源状态下	货物进出口及装卸货区	1~4、22~24	<1E-03	8h/天×350 天/年	1/16	＜0.001	工作人员
		人员通道口	5	<1E-06		1/8	＜0.001	工作人员
		西侧走廊	18~21	<1E-06		1/5	＜0.001	公众
		水处理间	16、17	<1E-03		1/16	＜0.001	公众
		配电间	15	<1E-06		1/16	＜0.001	公众
		顶部风机平台	38~44、47~50、52	2.87E-03		1/16	＜0.001	公众
		控制室	45、46	<1E-06		1	＜0.001	工作人员
		排烟机房	51	<1E-06		1/16	＜0.001	公众
	贮源状态下	贮源井口上方	/	5.15E-06	巡检 5min/天×350 天/年	1	＜0.001	工作人员
	装源状态下	贮源井口上方	/	3.23E-04	5h/次	1	＜0.001	工作人员
2 号辐照装置机房	升源状态下	货物进出口及装卸货区	11~14、31	<1E-03	8h/天×350 天/年	1/16	＜0.001	工作人员
		人员通道口	30	<1E-06		1/8	＜0.001	工作人员

工作场所	放射源状态	位置	涉及点位序号	辐射剂量率（μSv/h）	年受照时间	居留因子	年有效剂量（mSv/a）	关注对象
		东侧走廊	27~29	<1E-06		1/5	＜0.001	公众
		水处理间	26	<1E-03		1/16	＜0.001	公众
		楼梯	25	<1E-03		1/16	＜0.001	公众
		顶部风机平台	38~44、47~50、52	2.87E-03		1/16	＜0.001	公众
		控制室	45、46	<1E-06		1	＜0.001	工作人员
		排烟机房	51	<1E-06		1/16	＜0.001	公众
	贮源状态下	贮源井口上方	/	3.80E-06	巡检 5min/天×350 天/年	1	＜0.001	工作人员
	装源状态下	贮源井口上方	/	2.24E-04	5h/次	1	＜0.001	工作人员

注：1、辐射剂量率选取三种升源状态下涉及点位中的最大值；

2、辐射工作人员每次巡检时间较短，按每天巡查 1 次、耗时 5min 计算；倒源过程辐射工作人员接触时间短，保守按照接触时间 5h/次计算。

根据表 5-11 计算结果可知，本项目 2 套γ辐照装置投入运行后，辐射工作人员和周围公众的年有效剂量不超过 0.01mSv，均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中对职业人员、公众的剂量限值要求和本项目剂量约束值要求（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）。

5.2.3 非辐射环境影响分析

5.2.3.1 废气

本项目运营期间会使空气发生辐射分解，产生臭氧和氮氧化物。其中，臭氧的危害大，产额高，毒性大，同时氮氧化物的产额只有臭氧产额的约 1/2。因此本次计算主要考虑臭氧的影响。

（1）臭氧的产生率

臭氧的产生率按公式（5.4）进行估算：

$$Q_0 = 1.71 \times 10^{-2} A_0 G V^{1/3}$$ 公式（5.4）

式中：Q_0—臭氧产生率，mg/h；

A_0—^{60}Co 源活度，TBq；

G—空气吸收 100eV 的γ射线能量产生的臭氧分子数，G 值取 6；

V—辐照室体积，m^3。

（2）辐照室臭氧的饱和浓度

考虑连续排风和臭氧的分解时，辐照室空气中臭氧的平均浓度计算见公式（5.5）：

$$Q(t) = \frac{Q_0 \overline{T}}{V}\left(1 - e^{-t/\overline{T}}\right)$$ 公式（5.5）

式中：$Q(t)$—t 时刻辐照室空气中臭氧的浓度，mg/m^3；

$\overline{T}$—有效清除时间，h，计算公式见公式（5.6）：

$$\overline{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d}$$ 公式（5.6）

式中：t_v—换气一次所需时间，h；

t_d—臭氧的有效分解时间，h，约为 50 分钟。

当 $t >> \overline{T}$ 时，臭氧的平衡浓度 Q_S 由公式（5.7）计算：

$$Q_S = \frac{Q_0 \overline{T}}{V}$$ 公式（5.7）

将参数代入以上公式可计算得出辐照室内臭氧的平衡浓度 Q_S，其计算结果见表 5-12。

表 5-12 本项目γ辐照装置机房辐照室内臭氧平衡浓度

参数	计算结果			
工作场所	1 号辐照装置机房		2 号辐照装置机房	
A_0（TBq）	2.22E+05	2.22E+05	2.22E+05	2.22E+05
G	6			
V（m^3）				
Q_0（mg/h）				
排风速率（m^3/h）	23000（1 台风机启动）	23000×2（2 台风机同时启动）	23000（1 台风机启动）	23000×2（2 台风机同时启动）
$\overline{T}$（h）				
Q_S（mg/m^3）				

（3）臭氧的排放

由表 5-12 计算结果可知，γ 辐照装置长期正常运行期间，降源时，辐照室内臭氧浓度远高于 GBZ 2.1-2019 所规定的工作场所最高容许浓度（0.3mg/m^3）。因此，当装置停止运行后，人员不能直接进入辐照室，2 台风机同时运行，加强通风，降源后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -\overline{T} In \frac{Q_0}{Q_S} \qquad \text{公式（5.8）}$$

式中：Q_0—GBZ 2.1 所规定的臭氧的最高容许浓度，0.3mg/m^3；

T—为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间，h。

表 5-13 本项目为使辐照室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间

参数	计算结果	
工作场所	1 号辐照装置机房	2 号辐照装置机房
$\overline{T}$（h）	0.019	0.019
Q_0（mg/m^3）	0.3	0.3

参数	计算结果	
Q_S（mg/m^3）		
T（h）	0.054（3.22min）	0.053（3.16min）

由以上参数计算得出，本项目γ辐照装置停止工作后，辐照室内2台排风机以通风速率不低于23000m^3/h同时继续工作，通过约5min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ 2.1-2019规定的臭氧最高容许浓度（0.3mg/m^3）。为安全起见，本项目制定了相关规定并拟设置通风联锁装置，停机后必须继续排风5min后，辐射工作人员方可进入辐照室。项目设置的排风口位于辐照厂房楼顶，排风口高于屋顶，厂房为室外道路，人员很少到达，本项目臭氧经自然分解对周边环境影响较小。

本项目运营期间氮氧化物的产额只有臭氧产额的约1/2，且氮氧化物的危害、毒性较小，故本项目产生的氮氧化物对周围环境和公众的影响较小。

综上所述，本项目运行时所产生的O_3、NO_x等气体不会对公众人员造成影响，对周边环境空气影响很小。

5.2.3.2 废水

本项目新增外排的非放废水包括员工办公生活污水，新增废水量很少，建设单位所排废水满足园区污水处理厂纳管要求（见表5-14），接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理。

表5-14 沙溪污水处理厂接管标准

序号	项目	接管标准
1	pH（无量纲）	6~9
2	COD	500mg/L
3	SS	400mg/L
4	氨氮	40mg/L

序号	项目	接管标准
5	总磷	3mg/L

5.2.3.3 固体废物

本项目按照固体废弃物“减量化、资源化和无害化”的处置原则，项目对非放固体废弃物实行最大程度的资源化分类处置，主要为分类收集之后交由废品收购站处置，对不可回收的固体废物集中收集后交由市政环卫部门处理。生活垃圾经袋装收集后置于生活垃圾收集点，再由环卫部门定时清运。

5.2.3.4 噪声

本项目噪声主要来源于 2 座辐照装置机房配备的 4 台排风系统机组（声源强度约 73dB（A））、2 台空压机（声源强度约 90dB(A)）和高层生产试验车间的空调机组（声源强度约 75dB（A））运行噪声，公司拟选用低噪声设备，同时采取减振、房间隔声等降噪措施。2 座辐照装置机房配备的 4 台排风系统机组和 2 台空压机均位于机房顶部，高层生产试验车间的空调机组布设在车间顶层，根据本章噪声计算公式（5.1）、公式（5.2），运行期厂界噪声排放预测结果见表 5-15。

表 5-15 运营期噪声排放预测结果（单位：dB（A））

预测位置	距离（m）	时段	背景值	贡献值	叠加值	标准限值
东侧厂界	4 台排风系统机组：57 2 台空压机：57 空调机组：30	昼间	51	50.3	54	65
		夜间	44	50.3	51	55
南侧厂界	4 台排风系统机组：85 2 台空压机：85 空调机组：37	昼间	49	46.9	51	65
		夜间	41	46.9	48	55
西侧厂界	4 台排风系统机组：49 2 台空压机：49 空调机组：103	昼间	49	51.4	53	65
		夜间	42	51.4	52	55
北侧厂界	4 台排风系统机组：60 2 台空压机：60	昼间	45	49.6	51	65

预测位置	距离（m）	时段	背景值	贡献值	叠加值	标准限值
	空调机组：137	夜间	40	49.6	50	55

注：本项目 2 座辐照装置机房配备的排风系统机组和空压机需 24 小时稳定运行，故昼间、夜间噪声贡献值保守按全部机组同时运行考虑。

根据上表，运行期间本项目噪声排放满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348–2008）3 类标准，对周边环境影响轻微。

5.2.3.5 生态环境影响

本项目位于太仓市生物医药产业园内，评价范围内主要为工业企业，产生的“三废”经处理满足排放要求后排放，故本项目生态环境影响小。

5.3 事故影响分析

5.3.1 事故等级划分依据

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号），根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故（Ⅰ级）、重大辐射事故（Ⅱ级）、较大辐射事故（Ⅲ级）和一般辐射事故（Ⅳ级）等四级，本项目涉及使用Ⅰ、Ⅴ类放射源，事故等级划分情况见表 5-16。

表 5-16 辐射事故等级划分

事故等级	事故类型
特别重大辐射事故（Ⅰ级）	Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控造成大范围严重辐射污染后果，或者放射性同位素和射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
重大辐射事故（Ⅱ级）	Ⅰ类、Ⅱ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 2 人以下（含 2 人）急性死亡或者 10 人以上（含 10 人）急性重度放射病、局部器官残疾。
较大辐射事故（Ⅲ级）	Ⅲ类放射源丢失、被盗、失控，或者放射性同位素和射线装置失控导致 9 人以下（含 9 人）急性重度放射病、局部器官残疾。

事故等级	事故类型
一般辐射事故（Ⅳ级）	Ⅳ类、Ⅴ类放射源丢失、被盗、失控，或放射性同位素和射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射

根据表 5-16，本项目可能发生的事故等级包括：特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故。

5.3.2 主要事故风险

本项目 2 套γ辐照装置使用的 ^{60}Co 放射源设计装源能力均为 2.22E+17Bq（600 万 Ci），属于 I 类放射源，在 ^{60}Co 放射源的运输、倒源、存储和使用过程中，如果不对其进行安全管理或可靠保护，就会对处理这类源或在短时间内接触这类源的人员造成伤害。放射源的运输过程中事故风险及其防范不包含在本次评价范围内。

可能发生的事故包括：

（1）“人源见面”事故：由于误操作，工作人员未撤离辐照室即提升 ^{60}Co 放射源，或工作人员误入正在辐照运行中的辐照室内而发生此类事故。

（2）卡源事故：由于导向钢丝绳被拉毛、断股，或因辐照箱运行故障而导致源架受阻不能降回贮源井安全位置的事故。

（3）钴源泄漏事故：由于钴源双包壳破损导致放射性核素泄漏。

（4）火灾事故：被辐照货物及其包装燃烧引起的火灾事故。

5.3.3 事故处理的一般原则

（1）事故发生后，立即降源，尽快查明其影响范围，并设立明显的标志。

（2）及时处理。事故处理过程中，应尽快调集人力、物力，由负责处理事故的相关领导有组织、有计划地进行处理，恢复正常工作状态，消除再次发生类似事故的隐患。

（3）迅速把受照超剂量的人员送往医院进行检查治疗与急救处置。

（4）在事故处理过程中，应在可以合理做到的条件下尽可能减少照射。

5.3.4 事故预防措施及应急措施

辐照装置投产后，建立安全生产小组，对出现的紧急事故进行高效组织处理。对于可能出现的事故，有针对性地采取不同的具体措施。

（1）防止“人源见面”措施

①人员通道口门与固定式辐射水平监测仪器联锁，如果 固定式辐射水平监测仪器的测量值大于安全水平，门不能被打开。

②人员通道口门与源升降联锁。源在工作位置时，门不能被打开。如果意外情况下门被打开，联锁装置将引发降源指令，放射源自动降入水井安全贮存位置。

③由专人控制升源权力，控制台的升源锁与人员进出口门锁共用一把钥匙，一旦从控制台锁孔内取出钥匙，则不能升源或联锁给出降源指令自动降源至安全位置。

④人员通道口内设安全链并与升源装置联锁。人员进入辐照室时，必须摘下安全链，升源气路由此被切断，保证放射源不会被提升，如果放射源在工作位置，则会自动降回井底安全贮存位置。

⑤迷道口设“源状态”的灯光显示，当源处于工作位置时，迷道口上方红色警示灯亮。

⑥控制室内设“源状态”的灯光指示，迷道内的γ剂量率辐射水平通过二次仪表显示，人员可依此判断放射源是在工作位置还是贮存位置。

⑦人员进出辐照室迷道及货物进出通道迷道均设有光电保护装置，如果源在工作位置，人员试图进入辐照室时，光电装置会给出指令自动降源并发出音响信号。

⑧辐照室内壁四周及迷道设有紧急拉线开关，可供误入或误留人员紧急降源自救。

⑨工作人员进入辐照室内必须携带便携式辐射检测报警仪和个人剂量计。

⑩ 辐照室及迷道内设无人钥匙开关以强制工作人员在升源前进行巡视，确认所有人员全部撤出辐照室并依次旋转无人钥匙开关后方能进行升源操作。

⑪控制台升源前将有 30s 的灯光和音响报警。

⑫本项目的源提升装置为气动方式，依靠压缩空气系统提供动力提升源架并使其保持在工作位置。断电后空气压缩机停止运行，气缸压力下降，源架依靠自身重量降入贮源井内。

（2）卡源事故的处理

对于因导向钢线绳被拉毛或断股所造成的卡源事故，可从进源间解脱导向钢丝绳，将源架缓缓放回井底。

为防止辐照箱倾倒接触源架，在板源架工作位置的两侧设有防撞杆。并在源架工作位置两端的槽钢立柱上设有防碰撞开关，一旦开关被触动，源架会自动降到井下贮存位置。

（3）泄漏事故的处理

通过固定式辐射水平监测仪器，对贮源井水质量定期监测，如发现井水被污染，水处理设备应马上停止运行。并立即通知放射源供应商及相关部门，由钴源供应商按照《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ 141-2002）第 5.4.2.1 款找出泄漏钴源或可疑密封不合格源，将其装入铅罐内运往源的生产厂家检验与处理。由于装置运行中对井水有实时剂量监测和主管部门定期检测，因而，一旦发生此类事故便会及时发现和采取措施使井水污染程度不会进一步发展。对被污染的井水，采用离子交换或加絮凝剂等方法进行处理，直到井水符合国家标准《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）的规定。产生的废树脂等固体废物可送城市放射性废物库贮存。

在处理泄漏事故时，只要严格遵守事故处理程序，工作人员不会受到过量照射，即不会损害工作人员的健康。

由于贮源井内有 3mm 厚不锈钢井复面，且混凝土井壁也作了防渗漏处理，因此贮源井具有两道屏障保证井水不渗漏，井复面焊好后要经过严格的探伤检漏。

装源前一个月，要将井内注满水，观察井是否渗漏，只有确认井水不渗漏才能进行装源工作。因为有两道屏障，因此即便发生钴源泄漏污染井水的事故，周围环境的地下水不会受到放射性污染。

（4）防止氢气爆炸措施

正常生产运行中，辐照室不可能发生爆炸。但如果辐照物中含有易爆物质或者辐照室长时间不运行、不通风，钴源在井水中使水分解产生氢气。当氢气浓度积累到安全浓度以上，再次启动辐照装置时，由于静电效应、机械摩擦或其他原因产生的火花有可能引起爆炸。^{60}Co 放射源贮存于井下时，井水每吸收 100eV 辐射能量可产生 0.45 个氢分子，氢气在空气中的含量达到 12%（体积比）时即可爆炸，其控制值为 4.1%。^{60}Co 放射源产生γ射线平均能量为 1.25MeV，可以估算出装源 2.22E+17Bq 时，氢气产生量为 334.5L/h，保守地假定氢气不溶于水而 100%的逸出水面进入辐照室空气中，1 号、2 号辐照装置机房辐照室体积分别为 918m^3（BFT 型）、904m^3（BFP 型），当停止排风后，其达到爆炸控制值所需时间为 11 天左右。本项目实际运行时，即使源长时间位于井底，每座辐照室仍有 1 台风机始终运行，因而不会发生氢爆。

（5）防火措施

辐照中心属于一般性消防工程，是不存在易燃易爆等危险的建设项目。厂区、建筑物与给排水等，均按国家防火规范要求设计，其耐火等级不低于二级。辐照装置机房属密封型放射源工作场所，放射源中的 ^{60}Co 被封装在双层不锈钢包壳内。

考虑到钴源辐射对电器设备寿命的影响和防火需要，源升降装置等电气设备，均设在辐照室外。辐照室内除照明、电源插座及信号开关外，不设任何电气设备，所以一般不存在引起火灾的火种。而且在辐照室内设有火灾探测器，万一有火险发生就会报警。

一旦辐照室内的火灾探测器报警，则立即自动降源，同时排风机自动关闭（以免助燃），判明火情后，应利用设在迷道口附近的消防栓和灭火器进行灭火。

在火险情况下，具有双层不锈钢包壳的钴源降回井底后，不会因火灾使其包壳破坏而造成放射性污染。辐照室混凝土墙也不会因火灾而引起明显破坏，仍将不失原有对射线的安全屏蔽作用。本项目防火措施能够满足《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的要求。

（6）抗震措施

根据《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）和《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）的要求，在可能（50 年内可能性为 90％）发生严重破坏性地震（地面水平加速度≥0.3g 的地震）的地区设计建造γ辐照装置应装备地震探测器。一旦探测器有反应动作，则放射源能立即自动降回井底安全贮存位置。

本装置设置有地震仪，当地震仪探测到地震发生时，如果源架在工作位置则会立即自动降至贮存位以确保安全。

由于整个辐照室是整体连续浇灌的超厚钢筋混凝土结构，因而即使发生强烈地震，屏蔽体仍足以保持其完整性。贮源井内壁亦为钢筋混凝土结构，并且衬以不锈钢井复面，因此能够满足控制泄漏的要求。因而即使地震发生，也不会造成放射性的泄漏。

综上所述，本项目运行过程中可能出现概率较大或后果较严重的事故见表 5-17。

表 5-17 本项目环境风险因子、潜在危害

装置名称	环境风险因子	可能发生辐射事故的意外条件
γ辐照装置	γ射线	（1）升源时有人员尚未撤离辐照室，造成人员误照射，引发辐射事故。 （2）安全联锁装置或报警系统发生故障，发生卡源事故，引发辐射事件。

本项目设置有多重辐射安全措施、急停装置和监控装置等，一旦发生事故能够较快发现和响应处置，并且机房周围人员分布较少，发生放射源失控造成大范围严重辐射污染的可能性极低。

通过上述辐射事件或事故分析，一旦发生辐射事故，公司应立即启动应急预案，采取有效的事故处理措施，防止事故恶化。事故发生后的 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地生态环境主管部门和公安部门报告。造成或可能造成超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康部门报告。

建设单位在管理中必须认真执行安全操作规程和各项规章制度，强化安全管理，避免各辐射工作场所出现人员滞留事故发生；定期检查各辐射工作场所的门机联锁等辐射安全环保设施是否有效，同时应当加强控制区和监督区的管理，避免人员误入事故的发生。

当事故发生时应当立即启动事故应急程序，对于可能发生的各种事故，公司方面除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上也注意了建设、补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立安全管理领导小组，组织管理公司的安全工作；

②加强人员的辐射安全与防护专业知识的学习，考试（核）合格、持证上岗；

③建立岗位的安全操作规程和安全规章制度，注意检查考核，认真贯彻实施；

④定期检查辐照室的辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免人员误入正在工作中的辐照室和可能发生的其它安全事故；

⑤制定公司事故处理预案、完善组织、落实经费、准备物资、加强演练、时刻准备应对可能发生的各种事故和突发事件。

以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免辐射安全事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障工作人员、公众的健康与安全。

6 辐射安全管理

6.1 机构与人员

6.1.1 辐射安全与环境保护管理机构

加强环境管理是贯彻执行环境保护法规，实现建设项目的社会、经济和环境效益的协调统一，以及公司可持续发展的重要保证。

6.1.1.1 机构设置

为有序开展放射源的使用工作，加强辐射安全与环境保护管理，应对可能发生的意外情况，最大限度的减少或消除隐患，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》及生态环境主管部门的要求，中核（江苏）辐照技术有限公司应设成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目属于新建项目，也是中核（江苏）辐照技术有限公司首次开展核技术利用项目，公司承诺在项目建设时严格按照有关规定成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

本项目为使用Ⅰ类、Ⅴ类放射源项目，根据《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发〔2015〕40号），建设单位应设1个辐射安全关键岗位，为辐射防护负责人，最少在岗人数1名。建设单位拟配备1名注册核安全工程师为辐射安全防护负责人，同时作为辐射安全专职管理人员，进行全面安全管理。

6.1.1.2 辐射安全与环境保护管理机构主要职责

本项目拟设立的辐射安全与环境保护管理机构履行主要职责如下：

（1）组织学习并贯彻国家和江苏省的环境保护法规、政策、法令、标准，进行环保知识教育，不断提高核安全文化素养和安全意识；

（2）组织编制和修改本单位的辐射安全与环境保护管理制度，并监督执行；

（3）负责收集、整理、分析全公司辐射防护的有关资料，根据国家、江苏省和行业主管部门等规定的环境质量要求，及时制定并采取防护措施；

（4）负责检查辐射安全与环境保护设施，开展辐射安全监测，对本项目安全与防护情况进行年度评估，记录环保管理台账，确保各污染物控制措施可靠、有效；

（5）负责建立公司放射源的使用台账，并实行动态管理；

（6）负责制定公司辐射安全培训计划，组织人员参加辐射安全与防护考核；

（7）负责组织辐射工作人员开展职业健康检查、个人剂量监测，并做好相应资料的档案管理工作；

（8）负责组织编制公司辐射事故应急预案，组织辐射事故时的应急响应，参与放射源事故的调查处理；

（9）负责放射源在使用过程中的辐射安全、环境保护、职业安全与卫生及安全生产标准化监督管理；

（10）接受生态环境主管部门的业务指导和监督，积极配合生态环境主管部门的工作，按要求上报各项管理工作的执行情况及有关环境数据。

6.1.2 辐射工作人员配置情况

本项目建成后拟为2套γ辐照装置分别配备12名辐射工作人员。

根据《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）中“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，应当通过生态环境部‘核技术利用辐射安全与防护培训平台’（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）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”。本项目拟配置的辐射工作人员须在生态环境部“核技术利用辐射安全与防护培训平台”报名参加辐射安全与防护相关知识的学习，并参加考核，考核合格后方可上岗。根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，考核合格的人员，

每 5 年接受一次再培训考核。

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》等相关规定：

（1）项目所有辐射工作人员在上岗前，公司应组织其进行岗前职业健康检查，并建立个人健康档案，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作；

（2）所有辐射工作人员应在上岗前参加辐射安全与防护考核，考核合格持证上岗，并且公司应当建立并保存辐射工作人员考核取证档案；

（3）根据国家核安全局《关于规范核技术利用领域辐射安全关键岗位从业人员管理的通知》（国核安发〔2015〕40 号）的要求，结合本项目生产特点，本项目应设置辐射安全关键岗位一个，为辐射防护负责人，最少在岗人数 1 名；关键岗位配备注册核安全工程师。

本项目运行后，中核（江苏）辐照技术有限公司为保障公司工作人员与公众的健康和安全，保护环境，结合本项目γ辐照装置的运行特点，公司拟成立辐射安全与环境保护管理机构并建立相应的辐射安全管理规章制度。中核（江苏）辐照技术有限公司承诺在申请辐射安全许可证前，配备相应岗位和数量的辐射工作人员，并承诺项目投入运行前在核安全关键岗位配备相应资格的注册核安全工程师。

6.2 辐射安全管理规章制度

为保障项目运行辐射安全，保护工作人员、公众和环境，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》及《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关管理要求，中核（江苏）辐照技术有限公司应制定相应的辐射安全管理制度，主要包括但不限于《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《放射源使用登记制度》《监测方案》《辐射事故应急响应预案》《辐射安全与防护管理大纲》《监测仪表使用与校验管理制度》及《辐射工作人员个人剂量管理制度》等，各项制度应满足辐射安全管理需求，

主要管理制度要点总结如下：

（1）辐射防护和安全保卫制度：定期检查相关的辐射安全装置及检测仪器，发现问题及时修理或更换，确保辐射安全装置、个人剂量报警仪等保持良好工作状态；辐射工作人员定期开展个人剂量监测和职业健康体检；做好辐射工作场所的安全保卫工作，并定期检查。

（2）操作规程：明确γ辐照装置的操作规程；明确辐射工作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施、操作步骤以及工作过程中注意要点；明确工作时必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪或检测仪器，避免辐射事故发生。

（3）岗位职责：明确辐射安全管理人员、操作人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（4）设备检修维护制度：明确设备和各项联锁装置等在日常使用过程中维护保养以及发生故障时采取的措施，确保辐射安全装置有效运转；重点是辐射安全联锁装置、个人剂量报警仪或检测仪器等必须保持良好工作状态。

（5）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。

（6）放射源使用登记制度：明确放射源台帐和使用登记记录，对购入的放射源的使用情况进行专人登记和跟踪记录，确保正确无误，帐物相符。

（7）监测方案：明确监测方法、监测项目、监测点位和监测频次，监测结果记录存档，并定期上报生态环境行政主管部门。此外，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中相关要求，使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前在全国核技术利用辐射安全申报系统提交上一年度的评估报告。

（8）个人剂量监测方案和职业健康体检制度：明确辐射工作人员开展辐射工作时均应佩戴个人剂量计，个人剂量计定期送有资质部门进行监测，明确个人

剂量计的佩戴和监测周期，个人剂量监测结果及时告知辐射工作人员，使其了解其个人剂量情况，以个人剂量检测报告为依据，严格控制职业人员受照剂量，防止个人剂量超标；明确辐射工作人员进行职业健康体检的周期，建立个人累积剂量和职业健康体检档案。

（9）辐射事故应急响应预案：明确应急机构和职责分工、应急人员的组织、培训、事故报告制度、辐射防护措施及事故处理程序等，以有效控制事故，及时制止事故的恶化，保证上报渠道通畅。

公司拟根据相关法律法规及实际情况定期对各管理制度进行梳理、补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。从操作人员岗位责任、辐射防护和安全保卫、设备检修、放射设备的使用等方面分别作出明确要求和规定，能够很好的保障从事辐射工作的人员和公众的健康与安全。

6.3 辐射监测

6.3.1 监测要求

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及相关管理要求，建设单位应为辐射工作人员配备个人防护用品和个人剂量计，同时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。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）、《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中的相关规定，本项目个人剂量监测、工作场所及周围环境监测要求如下。

6.3.2 个人剂量监测

本项目辐射工作人员个人剂量监测采取累积式个人剂量计监测为主、个人剂量报警仪为辅的方式进行。

建设单位辐射工作人员在日常接触辐射工作过程中应正确佩戴个人剂量计，个人剂量计应有足够的可靠性、灵敏度和准确度，对于比较均匀的辐射场，当辐

射主要来自前方时，个人剂量计应佩戴在人体躯干前方中部位置，一般在左胸前或锁骨对应的领口位置。在辐射水平较高或者可能突然升高的地方工作时，工作人员应使用个人剂量报警仪。

辐射工作人员进入辐射工作场所必须佩戴个人剂量计，个人剂量计须送有资质单位进行检测，检测周期不超过 3 个月，并建立个人剂量档案，信息包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等，建设单位应当将个人剂量档案终身保存。当出现个人剂量异常情况，应立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。

6.3.3 辐射工作场所及环境监测

6.3.3.1 工作场所监测

建设单位拟为本项目配备各项辐射监测仪器，对工作场所定期进行自行监测，建立监测档案并长期保存。

监测方法：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）、《γ辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）等执行，监测方案详见下表。

表 6-1 工作场所辐射环境监测表

监测对象	采样（监测）布点	监测项目	监测频次	备注
γ辐射				自行监测

监测设备：公司自行监测应配备相应的辐射监测仪，并保证仪器的准确性和可靠性。

监测质量保证：

（1）公司应安排专人负责自行监测任务；

（2）制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用有资质监测单位的监测数据与自有监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

（3）制定辐射环境监测管理制度。

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护管理办法》等规定：

（1）辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案；

（2）若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因；

（3）从事辐射监测的人员应具有辐射安全及环境监测的相关知识。自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。

6.3.3.2 环境监测

建设单位拟委托有资质的单位对环境及介质中的辐射水平进行定期监测，监测方案详见下表。

表 6-2 辐射环境监测内容

监测对象	采样（监测）布点	监测项目	监测频次/（次/年）	备注
γ辐射				委托监测
贮源井水				委托监测
土壤[c]				委托监测

[a] 源增加时，应重新监测。

[b] 贮源井水排放前和辐照装置安装（更换）放射源前、后及贮源井清洗前后要进行监测。正常运行时，不少于每半年一次。

[c] 对不向环境排放贮源井水且无泄漏的，则不需监测。若发生放射源泄漏可能对周围环境产生污染，应及时周围土壤开展监测。

6.3.4 监测设备

本项目拟配备的主要监测设备包括：固定式辐射水平监测仪器、便携式辐射检测报警仪、便携式个人剂量报警仪和个人剂量计。具体见表 6-3。

表 6-3 辐射监测设备清单

序号	仪器名称	数量
1	BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器	2 套（3 探头）
2	便携式辐射检测报警仪	2 台
3	便携式个人剂量报警仪	2 台/座，共 4 台
4	个人剂量计	1 支/人

根据 IAEA 和国家标准《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的要求，对γ辐照装置必须进行分区管理和监测，本项目除拟配备必要的个人剂量计、便携式辐射检测报警仪和便携式个人剂量报警仪外，每座辐照装置机房均拟配备 1 套 BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器。

BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器有 3 个探头，1#探头设在迷道内，用于监测辐照室内的剂量水平，并与人员通道口门联锁。如果降源后，该表测量值高于 2.5μSv/h，则人员通道口门不能被打开。2#探头安装在迷道的产品出口处以防止钴源随货物被带出辐照室。3#探头安装在水处理间的离子交换柱旁边，用以监测井水是否受到放射性污染，即监测钴源是否泄漏。BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器的主机安装在控制室内。

选择便携式辐射检测报警仪作为辐照室工作场所和附近公众环境的辐射剂量监测仪表。

选择便携式个人剂量报警仪作为个人辐射剂量报警仪。一旦遇到意外受照事故或处理事故时，该仪表能测量累积剂量，从而为医疗诊治提供依据。

在人员通道口门旁边，装有 1 个小检验源（约 10μCi 的 ^{137}Cs 检测源），当人员要进入辐照室时，先将所携带的便携式辐射检测报警仪放在该源前检验，以确定仪表工作是否正常。

辐射工作人员拟佩戴个人剂量计，并建立个人剂量档案，该档案长期保存。

建设单位按计划配备相应的监测仪器后，能满足项目辐射防护和环境保护的要求，监测仪器应定期送有资质单位进行校准和检验，校准和检验合格后方可使用。

6.4辐射事故应急

为了加强对射线装置及放射源的安全和防护的监督管理，促进核技术利用项目的安全应用，保障人体健康，保护环境，建设单位拟成立辐射事故应急机构，拟制定《辐射事故应急预案》，拟配备辐射防护、环境监测等应急物资，每年定期开展应急培训和演练，以提高辐射事故应急处置能力。

6.4.1 辐射事故应急机构及职责

6.4.1.1 应急机构的设立

建设单位拟设立辐射事故应急管理小组，全面承担制定辐射事故应急预案并组织演练，辐射事故应急响应等具体工作。

辐射事故应急管理小组由公司法人任组长，组员主要由辐射专职管理人员、生产部负责人、安全质量环保部负责人、主要生产人员组成。

6.4.1.2 应急机构职责

（1）统一指挥应急响应行动，宣布应急状态，启动应急组织，决策应急中止，为应急能力保持提供必要条件。

（2）协调各级、各专业力量实施应急支援行动，向上级主管部门报告事故，组织事故原因调查和经验反馈。

（3）负责实施车辆调配及后勤物资供应，迅速调配抢险物资器材至事故发

生地；提供和检查抢险人员的装备和安全防护；事件后负责现场的善后处理清洁及器材补充。

（4）负责场内紧急救治，对外联系专业医院，提供应急处置人员医疗防护建议。

（5）负责组织人员安全有序的疏散及财物的转移，确保通道畅通，现场救援有序实施。

（6）负责现场工作场所监测和环境监测，人员体表污染监测，提供辐射防护建议。

6.4.2 辐射事故应急预案

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等规定，建设单位拟针对本项目操作放射源的辐射事故风险，制定《辐射事故应急预案》，辐射事故应急预案应包括下列内容：

（1）应急组织机构和职责分工；

（2）辐射事故类型与应急响应程序；

（3）辐射事故现场处置方案；

（4）辐射事故应急保障措施；

（5）辐射事故调查、报告和处理程序；

（6）应急培训及应急演练计划。

工作场所放置辐射事故应急处置规程（书），配备辐射剂量监测报警仪和个人防护用品。

6.4.3 应急响应程序

6.4.3.1 应急启动

发生辐射事故时，现场人员应立即报告应急管理小组，在接到报告后由应急

管理小组通知应急总指挥、各相关专业人员，并立即启动辐射事故应急预案，根据应急总指挥指示开展现场警戒和处理措施。

建设单位应在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地人民政府生态环境主管部门报告。发生辐射事故的，还应同时向当地人民政府、公安部门和卫生健康主管部门报告。

6.4.3.2 应急响应行动

立即组织人员安全有序的疏散及财物的转移，建立事故警戒、控制区，人员进入现场须经批准，离开现场须经辐射监测和去污。

调配抢险物资器材至事故发生地，必要时，建立交通控制通道，保障事故处理人员、设备或物资通畅。

对现场的辐射水平进行监测，检查应急处置人员防护设备，设置环境监测点，开展人员剂量监测和污染监测，根据事故处理进展提供防护建议。

对有急性照射的人员进行医疗救治或联系送厂外专业医院治疗，为现场处理人员提供医疗防护。医疗救助人员协助事故处理人员体表污染的去污（头发、鼻、耳、咽等部位）。

保护好现场，并认真配合生态环境、公安、卫生健康等部门调查事故原因，追回丢失、被盗放射源，防止事故再次发生。

6.4.3.3 应急终止

应急终止需满足以下条件：

（1）事故得到控制，事故影响已经消除；

（2）放射性物质的泄漏或释放已降到规定限值以下；

（3）事故现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要。

应急总指挥确认终止条件和时机，发布应急终止命令。

应急管理小组提交《辐射事故后续报告表》，组织调查事故原因和经验反馈，

改进安全措施。

6.4.4 应急物资与保障

根据应急预案的职责分工，准备好应对辐射事故的人力、物力、车辆、通讯和资金保障工作，主要有：

（1）便携式γ辐射剂量率仪、便携式α/β表面污染仪、应急 TLD 等物项；

（2）人员急救医疗设施等；

（3）对讲机、专用操作工具、防护用品、隔离带、去污用品等；

（4）应急救援车辆。

6.4.5 应急培训与演练

6.4.5.1 培训

应急管理小组应组织辐射事故应急人员每年参加不低于 1 次的辐射事故专项应急预案培训，熟悉事故类型、危害与处置程序，使之正确理解应急响应要求，有效执行应急响应。应急培训应形成记录并保存。

6.4.5.2 演练

每年开展不低于 1 次的针对放射源辐射事故专项应急预案的应急演练，使相关人员熟悉应急预案、应急处置方案，并能有序、协调配合；

每次演练后，针对演练中发现的问题，及时对应急预案加以必要修改和完善，以提高应对突发辐射事故的应急处置能力。

7 利益-代价简要分析

7.1 利益分析

辐照产业是新兴的高新技术产业，有“绿色加工产业”和朝阳产业之称，广泛应用于工业、农业、医疗卫生和环境保护等方面，有着巨大的经济效益和社会效益。辐照加工技术及其产业已被列入国家“十一五”、“十二五”、“十三五”、“十四五”重点支持的高新技术领域，是对传统产业进行技术改造的有效手段。

γ辐照装置是核技术利用产业中一项重要的高新技术，广泛应用于国民经济各个领域。本项目辐射源为^{60}Co放射源产生的γ射线，具有诸多优点：一是属于“冷加工”技术，能很好地保持物质原有的内外在品质；二是可对包装好的产品进行加工，操作简便、快捷；三是没有化学药物残留，不污染环境；四是杀虫、杀菌彻底，卫生安全性高；五是处理成本低，能耗少，节省能源。原子能辐照技术作为一项低碳、绿色、安全、高效的多功能、多用途新兴加工技术，正广泛应用于农业、医学、发电、现代工业、运输、公共安全、环境保护等行业。近年来，随着辐照技术的发展，我国原子能技术产业进入快速发展阶段，γ辐照装置和电子加速器等辐照技术装备正在向高度机械化、自动化、大型工业化发展，其在辐照食品、辐照消毒、辐射化工、新材料开发和辐射育种等方面的应用越来越广泛，为社会经济发展做出的贡献也越来越大。

人民生命健康是国家“十四五”规划中科技创新发展的“四大面向”之一，是实现美好生活需要的基本要求和根本保障。然而，绿色生态是保证人们身体健康和提升人民生活品质，满足人民日益增长的美好生活需要的重要支撑。原子能技术代表了绿色生产方式的主流，辐照是原子能技术应用的重要领域之一，它除了高效、节能、不排出二氧化碳，是清洁、绿色的新型技术外，还对被加工物品起到保护作用，是一种安全、提质的加工方式。在食品、药品、化妆品和医疗器械等民用生活物资的辐照保鲜或消毒方面的优势更加突出，辐照既可以通过破坏病原体来降低食源性疾病的传播风险，减少负载微生物存活量降低食品腐败速度，还可以避免使用环氧乙烷等熏蒸剂或其他化学品或食品防腐剂，避免了化学残留引起的食品安全、医护人员身体健康及环境污染等不良问题的发生。加快原子能

技术应用产业发展，进而推动绿色经济高质量发展，对解决人民群众日益增长的美好生活向往问题具有极其重要的时代意义。

社会治理和环境保护将成为未来原子能技术发展的强大推动力，在改善能源结构方面，原子能可控制温室气体和大气颗粒物的排放，实现生活物资绿色加工和“三废”绿色治理，以及2060年碳中和目标。聚焦数字化、绿色化、国际化转型，推动高质量发展、加强高水平治理、创造高品质生活，为打造新发展格局战略支点提供重要支撑。同时有利于为当地构建现代产业体系，优化产业空间布局，加快建设现代服务业，构建战略性新兴产业体系，提高竞争力和影响力。有利于坚持人与自然和谐共生，以碳达峰、碳中和目标为引领，筑牢绿色生态屏障，走出一条绿色低碳的发展路子。

我国辐照产业经过三十多年的发展，产业化进程进入快速发展阶段，并已形成一定的技术能力和产业规模。近年来，我国食品安全事件经常发生，对广大人民群众的生命健康构成了一定的威胁。传统的消毒方法已经不能很好地满足需求，而食品辐照消毒技术以独特的优势正逐渐应用于食品的消毒中。目前，国家正在稳步推进医改，以解决老百姓看病难的问题，辐照治疗作为一种新型的医疗技术，正逐渐被人们接受。我国已成为辐照技术服务发展最为迅速的国家之一，在工业、农业、医疗保健、环保等国民经济领域均得到了一定程度的规模化应用，产业结构逐步优化，技术创新成果显著。

本项目选用的两套γ辐照装置是最新型辐照装置，达到国际先进水平。操作大厅及迷道输送部分采用辊道输送机，而在辐照室内采用多路多层的气动/电动过源机械形式。产品通过电动运输辊道自动送至辐照室内与气/电动传输系统的连接处，再由气缸推入气/电动过源机械系统。产品围绕放射源按照一定路线移位、换面和换层。特点：能实现多路多工位密集排列辐照；产品上下间距小，并能在辐照室内自动换层，一次出货。辐照均匀性好，射线能量利用率高，运行灵活方便，并且能同时辐照吸收剂量不同的产品，将带来巨大的社会效益和经济效益。

7.2代价分析

7.2.1 社会代价

社会代价主要考虑资源和能源方面。

资源方面，本项目选址位于太仓市生物医药产业园内，项目用地属于工业用地，无土地、农作物和其他经济作物征购问题，也不存在新建道路问题，项目运行依托公司厂区内拟建的基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略。

能源方面，项目单位运行期间需用水、电等能源，年耗量见下表。

表 7-1 运行期间能源消耗情况一览表

名称	年消耗量	来源
水	3.318 万立方米	市政给水管网
电	480 万 kWh	市政供电系统

7.2.2 经济代价

本项目总投资约为 35020.13 万元，其中环保投资约为 4858 万元，占总投资的 13.87%。

表 7-2 本项目环保投资一览表

序号	项目	投资（万元）
1	屏蔽体土建投资	
2	辐照室相关机电设备	
3	排水污水系统	
4	绿化	
5	机房吸声构造	
6	检测设备	

序号	项目	投资（万元）
7	辐射安全联锁装置	
合计		

7.2.3 环境代价

本项目环境代价主要表现在：

（1）项目建设施工阶段，将产生一定的噪声、废气、固废，如果不加强施工管理将对周围环境造成一定影响。

（2）项目运行阶段，将产生一定的生活污水、废气、生活垃圾，以上三废均可委托有资质单位进行处置，对周围环境影响很小。

经预测，本项目对环境的影响满足国家标准要求，对环境的影响是可接受的。

7.3 正当性分析

本项目拟配备 1 套 BFT 型（辐照箱式）和 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置，主要用于医疗用品辐射灭菌、食品辐照保鲜、调味品灭菌、药材辐照以及材料改性等。被辐照产品无放射性残留，无毒性，加工操作简便快捷、机械化自动化程度高，是环境友好型的高技术服务业。

本项目的运行，将会促进地方经济发展，并进一步完善地方产业结构还会拉动相关行业的发展，增加就业机会，而且对财政税收做出积极贡献，具有良好的社会效益和经济效益，经辐射防护屏蔽和安全管理后，本项目的建设和运行对受照个人或社会所带来的利益能够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》（GB 18871-2002）“实践的正当性”的原则。

8 结论与建议

8.1项目工程概况

8.1.1 项目规模

中核（江苏）辐照技术有限公司拟在厂区内新建辐照厂房 1 座、门卫室 2 座及配套室外工程，拟于辐照厂房中部建设 2 座辐照装置机房，于 1 号、2 号辐照装置机房内分别配备 1 套 BFT 型（辐照箱式）和 BFP 型（托盘式）γ 辐照装置，设计装源能力均为 2.22E+17Bq（600 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源（属于Ⅰ类放射源），每套装置初装源量均为 3.70E+16Bq（100 万 Ci），主要用于医疗用品辐射灭菌、食品辐照保鲜、调味品灭菌、药材辐照以及材料改性等。另于辐照室人员迷道门口处各放置 1 枚活度约为 3.70E+05Bq（10μCi）的 ^{137}Cs 检测源（属于Ⅴ类放射源），用于辐射工作人员进入辐照室之前应用该校验源检查携带的剂量仪表是否工作正常。

8.1.2 工艺流程

整个辐照过程均由控制系统自动控制。待辐照产品运至操作大厅装货区装入输送辊道上的辐照箱内，经由迷道入口自动输入辐照室。辐照箱在过源时由移行机实现自动换面，并通过升降装置实现自动换层，使产品均匀受照。产品完成辐照后经由迷道出口输出辐照室，在操作大厅卸货区由人工卸出。辐照完毕的产品经质检合格后入库。

8.1.3 工程设备

本项目主要工艺设备包括：放射源、放射源升降系统、安全联锁系统、自动控制系统、剂量监测系统、产品输送系统、水处理系统、通风系统等。

8.1.4 污染源项

施工期主要污染物有粉尘、生活废水、建筑垃圾、机械噪声；正常运行时，对环境产生影响的主要污染源有γ辐射、O_3、NO_x、生活污水、生活垃圾以及噪声等。

8.2辐射安全与防护

（1）辐射工作场所分区：按照控制区和监督区对辐射工作场所进行划分，采取安全控制措施严防人员进入控制区内。

（2）本项目 2 座辐照装置机房均设计了安全、冗余的辐射安全联锁系统，包括源升降连锁系统、安全联锁系统、防火和灭火系统、源架监视系统、移动电视监视系统、通风系统、水冷系统、剂量监测系统、电离辐射警告标志、屋顶屏蔽塞联锁等一系列安全防护措施，可有效防止工作人员和公众受到意外照射。

（3）辐射屏蔽：本项目 2 座辐照装置机房四周墙体和顶部均采用混凝土作为主屏蔽体，γ 辐照装置中的 ^{60}Co 放射源不工作时贮存在贮源井内进一步屏蔽。经计算 2 座辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率均能满足《γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）和《γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）的相关要求。

8.3环境影响分析

8.3.1 施工期环境影响

施工期间的主要污染因素有扬尘、噪声、废水、建筑垃圾、生活垃圾，但因施工期短，施工范围小，通过采取污染防治措施，加强施工现场的管理等手段，对周围环境影响较小，施工期环境影响是短暂、可逆的，随着施工期结束而消失。

8.3.2 运行期环境影响

8.3.2.1 辐射环境影响

通过理论预测，γ辐照装置工作状态时本项目2座辐照装置机房屏蔽体外辐射剂量率、非工作状态时贮源井表面辐射剂量率均不大于2.5μSv/h，能够满足《γ辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）中的相关规定。

本项目正常运行期间，在做好个人防护措施和安全措施的情况下，项目对辐射工作人员及周围的公众产生的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》（GB 18871-2002）中对职业人员和公众受照剂量限值要求以及本项目管理目标剂量约束值要求（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）。

8.3.2.2 废气影响分析

本项目2座辐照装置机房内均设有通风系统，各配备有2台风机，γ辐照装置运行停止后加强通风，在降源5分钟后再进入辐照室是安全的。

8.3.2.3 废水影响分析

本项目废水主要是生活污水废水，生活污水接入市政污水管网排入沙溪污水处理厂集中处理，对地表水环境影响较小。贮源井水采用离子交换树脂进行定期净化，循环使用（不排放），对地表水环境较小。

8.3.2.4 固体废物影响分析

建设单位购源时与供源方签订退役钴源返回供源方的协议，退役^{60}Co放射源及时返回生产厂家。

^{137}Cs校验源为V类放射源，建设单位将根据相关法律法规以及监管部门的要求办理相关手续，送城市放射性废物库。

本项目固体废物包括废旧离子交换树脂及生活垃圾。辐照装置正常营运期间，产生的废树脂需经监测达标后装袋收集，提前联系生产厂家回收更换或交由有资

质单位处理；生活垃圾收集后，统一交环卫部门处理。本项目产生的各种固体废物均得到有效处置，不会对周围环境影响较小。

8.3.2.5 噪声影响

本项目运营期间厂界外 1m 处，昼间、夜间噪声最大贡献值为 36dB（A），可以满足《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB 12348-2008）3 类标准中的昼间 65dB（A）和夜间 55dB（A）限值要求。

8.3.2.6 环境风险

本项目运营期可能发生辐射事故，通过完善辐射防护安全设施、制定相关管理规章制度和辐射事故应急措施，辐射环境风险可控。

本评价认为在科学管理和完善的预防和应急处置机制保障下，本项目发生环境风险事故的可能性是比较低的。采取本评价提出的风险防范措施后，环境风险可防控。

8.3.3 事故影响分析

对几种潜在事故的分析表明：只要加强管理和监测，严格遵守各种规章制度和操作规程，采取有效的事故预防措施，制定事故应急方案等，可以防止事故的发生，减小和缓解事故的影响。

8.4辐射安全管理

本项目为新建项目，中核（江苏）辐照技术有限公司承诺在项目投运前成立辐射安全与环境保护管理机构，负责公司辐射安全与环境保护工作，并按照本环评提出的机构管理职责制定相关内容。公司承诺在项目投运前，按相关规定要求及本环评提出的辐射安全管理制度建立要求，制定相应的辐射安全管理制度，主要包括但不限于《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《岗位职责》《设备检修维护制度》《人员培训计划》《放射源使用登记制度》《监测方案》《辐射事故应急响应预案》《辐射安全与防护管理大纲》《监测仪表使用与校验管理制度》及《辐射工作人员个人剂量管理制度》等。

中核（江苏）辐照技术有限公司承诺在项目投运前完成所有辐射工作人员的辐射安全与防护考核，确保辐射工作人员考核通过，持证上岗。

本项目拟制定《辐射事故应急预案》，其内容包括目的、使用范围、职责分工、事故处理程序、应急总结、事故预防措施、应急设备及保障、记录与报告、通讯等内容。经对拟定应急预案内容的分析，项目辐射事故应急预案是可行的。

本项目 2 座辐照装置机房均拟配备相应的辐射监测仪器，并制定有相应的环境监测制度。环境监测方案包含工作场所监测项目、监测频次、监测点位及监测方法，监测方案满足相关环境监测规范要求，能够满足本项目运行的要求。

8.5公众参与

本项目参照《环境影响评价公众参与办法》的要求，主要通过网络公示、报纸媒体公示、现场粘贴的方式进行了公众参与，期间均未收到反馈社会公众、国家机关、社会团体、企事业单位以及其他组织的反馈意见。

8.6建议和承诺

（1）关于辐射安全管理的承诺

建设单位拟加强对辐射工作场所控制区、监督区的管控，不参与辐射工作的人员不能进入辐射工作场所。辐射工作人员除了佩带个人剂量计、个人剂量报警仪外，定期进行辐射安全培训，参与辐射应急演习。

（2）关于建立和完善辐射安全管理机构和辐射规章制度的承诺

中核（江苏）辐照技术有限公司拟设立辐射安全与环境保护管理机构，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以公司内部文件形式明确其管理职责。建设单位承诺在申请辐射安全许可证之前，完善辐射规章制度。

（3）关于核安全关键岗位设置的承诺

建设单位承诺根据国家核安全法规的要求，项目投入运行前使本单位核安全关键岗位的人数达到相关规定要求，配备相应的注册核安全工程师。

（4）关于投入使用前开展委托监测并取得相应许可的承诺

建设单位承诺取得相应的辐射安全许可后，按照《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ 1326-2023）和《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的相关要求，履行竣工环境保护设施验收手续，委托有资质的单位开展验收监测，经检测满足相关国家标准、竣工环保验收合格后正式投入使用。

综上所述，中核（江苏）辐照技术有限公司拟建设的“中核（江苏）辐照技术有限公司新建辐照中心项目”在严格按照环评中的要求进行建设后，项目运行期间对工作人员和周围环境的辐射影响符合环境保护的要求，该项目对环境的辐射影响是可以接受的。中核（江苏）辐照技术有限公司在落实本报告书中的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护能力，故从环境保护的角度考虑，本项目的建设是可行的。