

核技术利用建设项目

张家港市核华康辐照有限公司

γ 辐照装置改造项目

环境影响报告书

张家港市核华康辐照有限公司

2026年5月

生态环境部监制

目录

1 概述	- 1 -
1.1 项目名称、地点	- 1 -
1.2 项目概况	- 2 -
1.3 编制依据	- 19 -
1.4 评价标准	- 22 -
1.5 评价范围和保护目标	- 28 -
2 自然环境和社会环境状况	- 35 -
2.1 自然环境状况	- 35 -
2.2 社会经济状况	- 39 -
2.3 环境质量和辐射现状	- 40 -
2.4 场址合理性评价	- 49 -
3 工程分析与源项	- 51 -
3.1 项目规模与基本参数	- 51 -
3.2 工程设备与工艺分析	- 57 -
3.3 污染源项	- 68 -
4 辐射安全与防护	- 72 -
4.1 场所布局与屏蔽	- 72 -
4.2 辐射安全与防护措施	- 83 -
4.3 三废的治理	- 101 -
4.4 服务期满后的环境保护措施	- 102 -
5 环境影响分析	- 104 -
5.1 建设阶段对环境的影响	- 104 -
5.2 运行阶段环境影响分析	- 112 -
5.3 事故影响分析	- 126 -
6 辐射安全管理	- 133 -
6.1 机构与人员	- 133 -

6.2 辐射安全管理规章制度	- 135 -
6.3 辐射监测	- 137 -
6.4 辐射事故应急	- 141 -
7 利益-代价简要分析	- 146 -
7.1 利益分析	- 146 -
7.2 代价分析	- 147 -
7.3 正当性分析	- 148 -
8 结论与建议	- 149 -
8.1 项目工程概况	- 149 -
8.2 辐射安全与防护	- 150 -
8.3 环境影响分析	- 150 -
8.4 辐射安全管理	- 152 -
8.5 公众参与	- 153 -
8.6 建议和承诺	- 153 -

1 概述

1.1 项目名称、地点

项目名称：张家港市核华康辐照有限公司 γ 辐照装置改造项目

建设地点：苏州市张家港市凤凰镇西张创业路 88 号（地理位置示意图见图 1-1）

建设性质：改建

建设单位：张家港市核华康辐照有限公司

建设规模：现拟进行技术升级，拆除厂区辐照室内原有 SQ(H)-636 型（悬挂链式） γ 辐照装置，对辐照室部分屏蔽墙体进行适应性改造，安装 1 套 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置，最大装源活度不变，仍为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源（属于 I 类放射源），建成后主要用于食品、医疗用品、调味品、中药等产品的辐射灭菌，提高放射源利用率和运行稳定性，进一步提升装置安全性。本次改造后，迷道将分为上、下两层，下层为货物迷道，上方为人员迷道，拟将下层货物迷道入口处配备的 1 枚活度约为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ （ $10\mu\text{Ci}$ ）的 ^{137}Cs 检测源（属于 V 类放射源）设置到上层人员迷道入口处，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。

项目投资：项目总投资约为 1560.01 万元，其中环保投资约为 234 万元，占总投资的 15.0%。

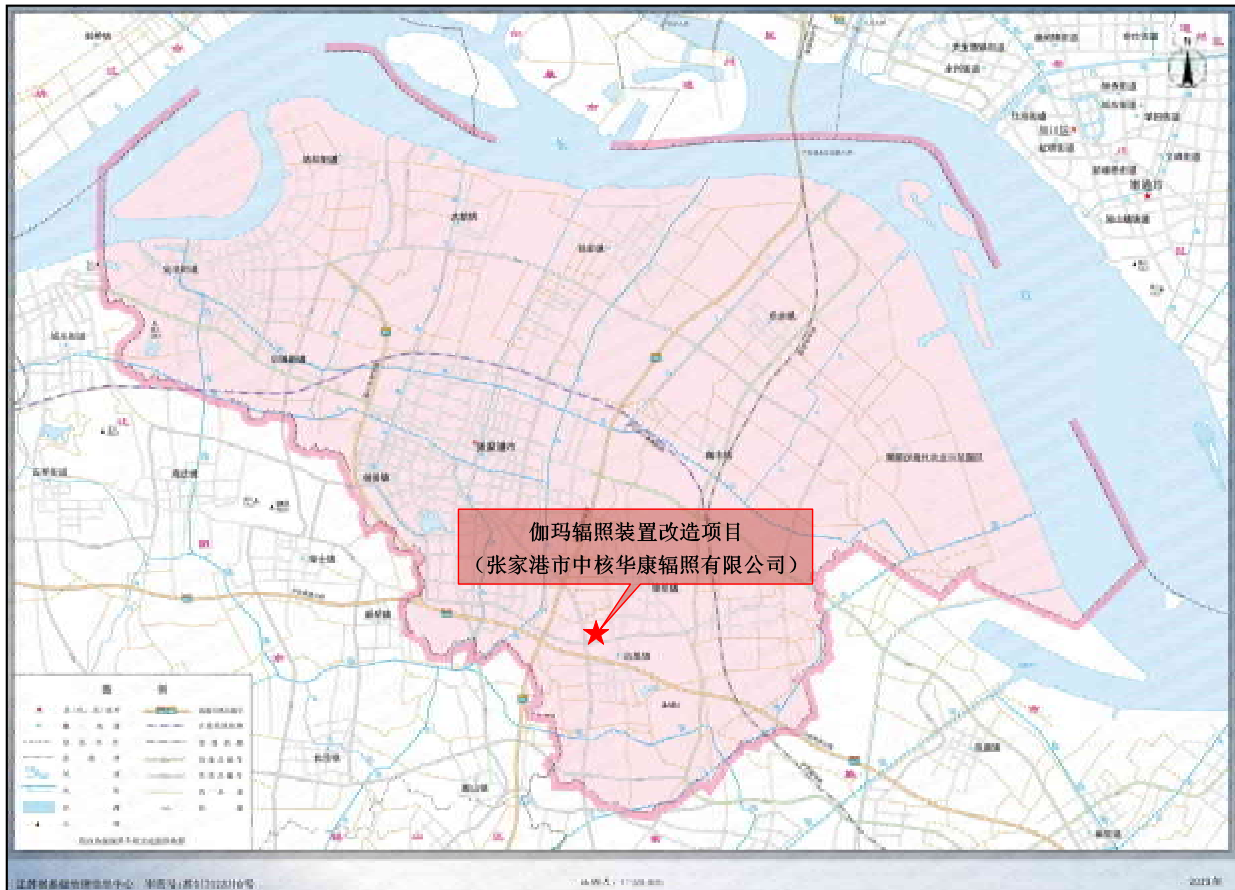


图 1-1 张家港市中核华康辐照有限公司 γ 辐照装置改造项目地理位置示意图

1.2 项目概况

1.2.1 建设单位概况

张家港市中核华康辐照有限公司（以下简称“华康辐照”）前身张家港市新高辐射技术应用有限公司，于 2002 年 11 月 5 日在张家港市市场监督管理局登记成立，经营范围包括伽玛射线辐照灭菌；橡塑制品购销；自营和代理各类商品及技术的进出口业务等，主要从事医疗用品、药品、食品、化妆品等的辐照灭菌，以及橡胶、塑料等高分子材料的辐照改性。华康辐照隶属于中核集团旗下的中国同辐股份有限公司（以下简称“中国同辐”）。

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（ ^{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，从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 and 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。

华康辐照成立于 2002 年，公司严格按照国际、国家标准建成了从事辐照加工服务的现代化高新技术产业基地，具有了完备的辐照加工设备条件和质量控制条件、手段，并按照现代企业制度的要求实施规范的内部管理和市场运作，经过多年的自我完善和发展，公司已成为辐照加工行业内初具规模的加工企业，并保持着良好的发展态势和发展空间。

华康辐照于 2003 年建成有 1 套 SQ(H)-636 型（悬挂链式） γ 辐照装置（最大装源活度为 $7.40E+16Bq$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源），至今已运行超过 20 年。现有 SQ(H)-636 型 γ 辐照装置采用在辐照室外换层方式，装卸货及换层时间过长，导致主控时间无法降低，产品容易超剂量照射。随着技术的发展和市

场需求的变化，现有设备在源利用率、运行稳定性以及技术先进性方面已无法满足当前的生产需求。

为了提升生产效率、降低维护成本，并确保技术的持续领先，华康辐照计划拆除现有 SQ (H) -636 型 γ 辐照装置并引入 1 套 BFT-5 型 γ 辐照装置（最大装源活度为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源），同时进行辐照室部分土建的适应性改造工程。

BFT-5 型 γ 辐照装置采用辊道输送结合电动传输方式实现产品输送和辐照，实现了产品的自动/手动装卸、自动换位、换层、换面。BFT-5 型 γ 辐照装置采用货物超盖放射源模式，货物紧密排列在源架周围，在辐照室内实现自动换层、换面，一次出货。具有射线利用率高，不均匀度小，自动化程度高等优点。项目建成后，将实现 γ 辐照装置的技术升级，显著提高放射源利用率和运行稳定性，进一步提升装置安全性。

1.2.3 本次环评内容

“张家港市核华康辐照有限公司 γ 辐照装置改造项目”位于苏州市张家港市凤凰镇西张创业路 88 号厂区内辐照室，公司厂区总平面示意图见图 1-2。



图 1-2 张家港市核华康辐照有限公司厂区总平面示意图

华康辐照拟将辐照室内现有 1 套 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置拆除，安装 1 套 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置。为满足 BFT-5 型 γ 辐照装置的安装需求，华康辐照拟对辐照室内部分屏蔽墙体进行适应性改造并增加设备用房，主要包括：

(1) 在辐照室两侧迷道内墙南段各开凿一个预留洞，将辐照室内东南角、西南角下半部分削掉形成预留洞（洞底标高-0.25m，洞顶标高 2.15m），以便地面辊道式输送系统运行，并在辐照室东墙、西墙外对应位置敷设 6cm 铅板进行屏蔽补偿（由地面敷设至标高 2.20m，东墙外配电间处铅板宽度为 1.20m、西墙外办公室处铅板宽度为 1.44m）；

(2) 将辐照室和迷道地面挖低，挖低后辐照室和内部迷道地面标高为-0.25m、外部迷道地面标高为-0.35m；同时削低贮源井的混凝土井壁、不锈钢井覆面约 0.45m，以与改造后的辐照室地面平齐；

(3) 本次改造后，迷道分为上、下两层，下层为货物迷道，上方为人员迷道，为便于人员进出，拟于辐照室外新建平台（悬空设置，底板标高 2.10m），于平台上新建控制室，室内净高 2.30m；

□

=====

=====

|| |

||



图 1-3 (b) 辐照室改造前平面布局示意图 (顶部)

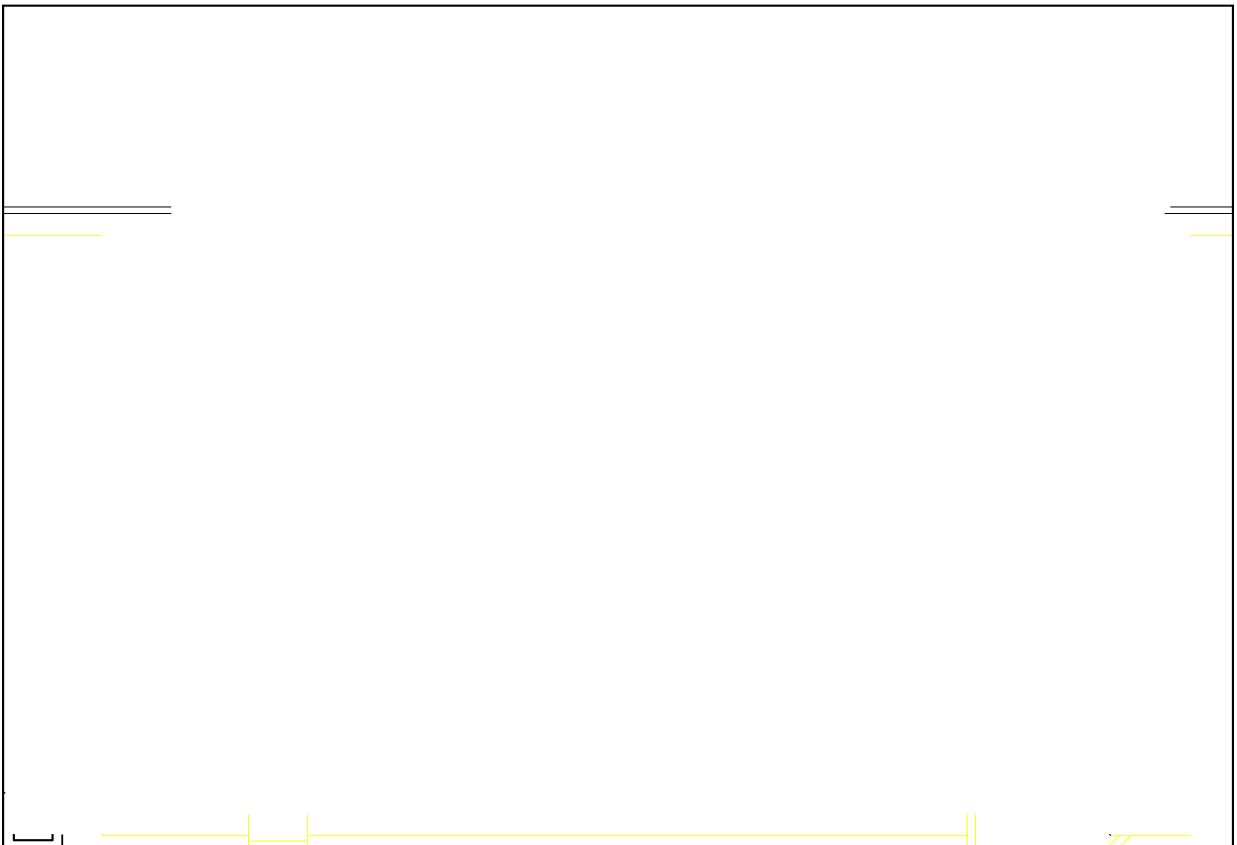


图 1-4 (a) 辐照室改造后平面布局示意图

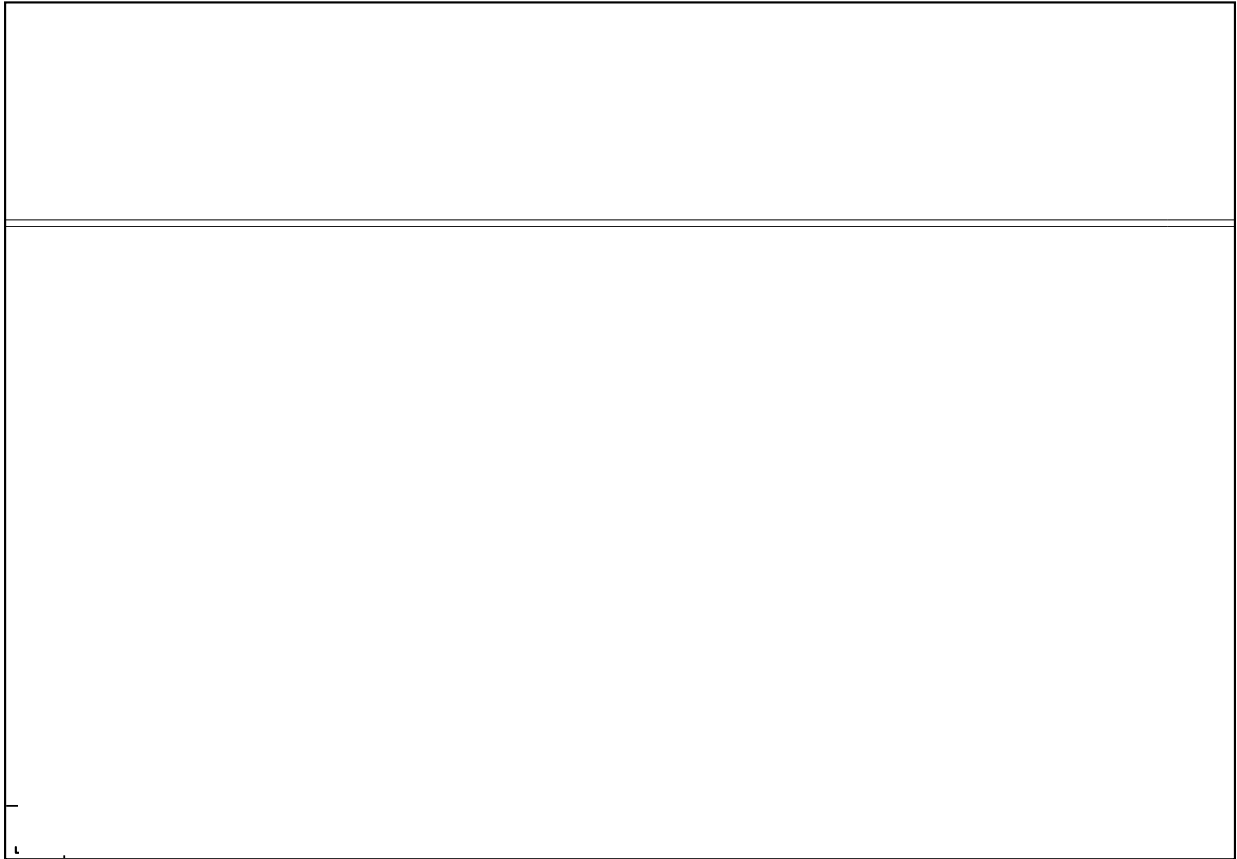


图 1-4 (b) 辐照室改造后平面布局示意图 (顶部)

现有 SQ (H) -636 型 γ 辐照装置内在用的 ^{60}Co 放射源为工业用钴-60 密封放射源, 共计 203 根, 为 CN-101B 型、D 型、E 型放射源 (中国原子能科学研究院生产)、RSL2089 型放射源 (REVISS Services (UK) Limited 生产), 外形尺寸 $\phi 11.1 \times 451.4\text{mm}$, 能够适配 BFT-5 型 (辊道式) γ 辐照装置源架模块。

在 γ 辐照装置改造项目实施前, 华康辐照计划将现有 203 根 ^{60}Co 放射源转让至苏州中核华东辐照有限公司 (与华康辐照同属中国同辐旗下企业), 已签订放射源转让协议, 并办理放射源转让审批表 (批准文号: 苏环辐审 (2025) 332 号, 见附件 5)。本次改造后, 拟将下层货物迷道入口处配备的 1 枚 ^{137}Cs 检测源 (V 类放射源) 由设置到上层人员迷道入口处, 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。

华康辐照拟在辐照室内配备 1 套 BFT-5 型 (辊道式) γ 辐照装置, 设计装源能力为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ (200 万 Ci) 的 ^{60}Co 放射源 (属于 I 类放射源), 主要用于食品、医疗用品、调味品、中药等产品的辐射灭菌, 同时进行辐照室部分土建的适应性改造工程。另于辐照室人员迷道入口处放置 1 枚活度约为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$

(10 μ Ci) 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 1-1。

表 1-1 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 \times 枚数	类别	活动种类	用途	工作场所名称	贮存方式与地点
1	^{60}Co	7.40E+16	I 类	使用	辐照	辐照室	贮源水井
2	^{137}Cs	3.70E+05	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 射线用于食品、医疗用品、调味品、中药等产品的辐射灭菌。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。

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

本项目位于苏州市张家港市凤凰镇西张创业路 88 号华康辐照厂区内, 该地块用地性质为工业用地, 建设单位已于 2003 年 6 月 4 日取得张家港市规划局颁发的《建设工程规划许可证》(编号: 村 2003-201, 见附件 4)。

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 “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凤凰镇一般管控单元(编码:ZH32058230466)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重点管控单元。本项目为核技术利用项目,根据现场监测和环境影响预测,项目建设满足环境质量底线要求,不会造成区域环境质量下降,满足一般管控单元管控要求(本项目江苏省生态环境分区管控综合查询报告书见附件12)。

(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)可知,本项目距离最近的生态空间管控区域凤凰山风景名胜区最近距离为4km,其生态保护规划如表1-2所示。

表 1-2 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	生态管控区域面积(km ²)	方位/距离(km)
		生态空间管控区域范围		
凤凰山风景名胜区	自然与人文景观保护	东至凤凰山茶园东侧道路,南至山前路、小山山体南侧,西至永庆寺,北至凤恬路	0.62	东南; 4

由上表可知,本项目不占用凤凰山风景名胜区,不在其管控区域内,故本项目建设与《江苏省生态空间管控区域规划》(苏政发〔2020〕1号)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一干河新港桥饮用水水源保护区,位于项目东南侧约8km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 1-3 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	地理位置	区域面积 (km ²)	方位/距离 (km)
张家港市	一干河新港桥饮用水水源保护区	饮用水水源保护区	一级保护区：取水口（120°33'47"E，31°54'10"N）上游 1000 米至下游 500 米，及其两岸背水坡之间的水域范围和一级保护区水域与相对应的两岸背水坡堤脚外 100 米之间的陆域范围。沙洲湖整个水域以及沿一干河的保护区水域与相对应的两岸背水坡堤脚外 100 米之间的陆域范围。二级保护区和准保护区：一级保护区以外上溯 4000 米、下延 1500 米的水域范围和相对应的两岸背水坡堤脚外 100 米之间的陆域范围	1.30	东南，8

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

根据张家港市人民政府公开发布的《2024年张家港市生态环境质量状况公报》中的结论，2024年张家港市环境空气有效监测天数为365天，全年优135天，良180天，优良率为86.1%，环境空气质量综合指数为4.10，城区空气质量总体基本稳定。2024年，降尘年均值为1.8吨/（平方公里·月），达到《苏州市2024年大气污染防治工作计划》中的考核要求（2.0吨/平方公里·月）。降水pH均值为5.66，酸雨出现频率为24.7%。张家港市SO₂、NO₂、PM₁₀、CO、O₃的现状浓度满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012及修改单）二级标准，PM_{2.5}的现状浓度不满足《环境空气质量标准》（GB 3095-2012及修改单）二级标准。项目所在区域为不达标区，为了进一步改善环境质量，根据《苏州市空气质量持续改善行动计划实施方案》（苏府〔2024〕50号）要求，“到2025年，全市PM_{2.5}浓度稳定在30μg/m³以下，重度及以上污染天数控制在1天以内；氮氧化物和VOCs排放总量比2020年分别下降10%以上，完成省下达的减排目标，通过采

取如下措施：1) 优化产业结构，促进产业绿色低碳升级；2) 优化能源结构，加快能源清洁低碳高效发展；3) 优化交通结构，大力发展绿色运输体系；4) 强化面源污染治理，提升精细化管理水平；5) 强化多污染物减排，切实降低排放强度；6) 加强机制建设，完善大气环境管理体系。届时，张家港市大气环境质量状况可以得到持续改善。

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

本项目为改建项目，建筑面积 743m²，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 1-4 《长江经济带发展负面清单指南（试行，2022 年）》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

序号	文件要求	本项目情况	相符性
2	<p>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</p>	<p>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</p>	符合
3	<p>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決定》《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</p>	<p>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</p>	符合
4	<p>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</p>	<p>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</p>	符合

序号	文件要求	本项目情况	相符性
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。长江干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
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

序号	文件要求	本项目情况	相符性
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
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张家港市凤凰镇西张创业路 88 号华康辐照厂区内，厂区东侧为张家港市朋友纺织有限公司、张家港华双塑胶制品有限公司和张家港市丰达塑料包装厂，南侧为创业路、西张建筑工程有限公司和张家港精达日用塑料制品有限公司，西侧为张家港茂欣家居用品有限公司，北侧为农田，项目周围环境见图 1-5。



图 1-5 本项目周边关系图

1.2.6 核技术利用现状

华康辐照现持有生态环境部核发的辐射安全许可证（国环辐证[00084]），有效期至：2026年9月30日，许可种类和范围为“使用 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类放射源”。华康辐照辐射安全许可证正副本见附件 2，原有核技术利用项目情况见表 1-5。

表 1-5 核技术利用项目基本情况一览表

放射源								
序号	放射源名称	数量	单枚活度 (Bq)	放射源类别	工作场所名称	使用情况	环评、许可及验收情况	备注
1	Co-60	1	7.4E+16	I 类	辐照室	使用	已许可、已验收	/
2	Cs-137	1	1.8E+5	V 类	辐照室	使用	已许可、已验收	/

华康辐照现有在用的 1 套 SQ (H) -636 型 (悬挂链式) γ 辐照装置于 2003 年建成, 已于 2004 年取得验收认可书 (文号: 苏卫放验字 (2004) 第 08 号, 见附件 3)。

2025 年度华康辐照已委托苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测, 监测结果均符合国家相关标准要求; 已委托江苏省苏核辐射科技有限责任公司、江苏省辐射环境保护咨询有限公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测, 所有辐射工作人员监测结果均符合国家相关标准要求。

华康辐照每年编写辐射安全和防护状况年度评估报告表, 包括放射源台账、辐射安全和防护设施的运行与维护情况、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容, 每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据华康辐照《2025 年度辐射安全和防护状况年度评估报告表》(见附件 13) 显示, 2025 年度公司未发生辐射事故, 公司辐射安全和防护设施运行良好, 定期开展了维护工作, 定期检查防护情况, 发现的隐患及时处理; 公司已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施, 各项制度和措施得到了落实。公司自开展核技术利用项目以来未发生过辐射事故。

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〈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；

(13) 《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；

(14) 《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；

(15) 《省政府关于印发江苏省国家级生态保护红线规划的通知》，苏政发〔2018〕74 号，2018 年 6 月 9 日发布；

(16) 《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；

(17)《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；

(18) 《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；

(19) 《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 3095-2026）；

(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) 《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）；
- (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) (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）；
- (20) 《γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ/T 141-2002）；
- (21) 《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）。

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) 辐射安全许可证，见附件 2；
- (3) 现有项目验收认可书，见附件 3；

- (4) 建设工程规划许可证，见附件 4；
- (5) 放射源转让审批表，见附件 5；
- (6) 辐射工作人员培训证书，见附件 6；
- (7) 辐射工作人员健康证明，见附件 7；
- (8) 辐射工作人员近一年度的个人剂量检测报告，见附件 8；
- (9) 规章制度，见附件 9；
- (10) 环境质量和辐射现状监测报告，见附件 10；
- (11) 辐照室辐射防护计算说明，见附件 11；
- (12) 江苏省生态环境分区管控综合查询报告书，见附件 12；
- (13) 2025 年度辐射安全和防护状况年度评估报告表，见附件 13；
- (14) 辐照室改造方案图，见附件 14；
- (15) 贮源井水和树脂情况说明，见附件 15；
- (16) 《 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）；
- (17) 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见表 1-6。

表 1-6 工作人员职业照射和公众照射剂量限值

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。
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，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
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 工作场所污染物限值

(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⁶⁰Co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⁶⁰Co总活度不应超过 1×10^6 Bq；
- ②每一次排放的⁶⁰Co总活度不应超过 1×10^5 Bq，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1-7。

表 1-7 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/cm^2 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 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ；

（2）辐照室外的臭氧小时平均浓度不应超过 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ；

（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 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

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 3095-2026）二级标准。主要评价因子标准见表 1-8。

表 1-8 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	30	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
		24 小时平均	50	
		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 1-9。

表 1-9 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 1-10。

表 1-10 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《施工场地扬尘排放标准》（DB32/4437-2022）相关要

求，具体要求详见表 1-11。

表 1-11 施工场地扬尘排放浓度限值

工程阶段	污染物	浓度限值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	执行标准
施工期	TSP	500	《施工场地扬尘排放标准》(DB32/4437-2022)
	PM ₁₀	80	

1.4.3.2 水污染物排放标准

本项目为改建项目，运营期间无新增废水排放，在项目运行过程中仅产生生活废水，生活污水接入市政污水管网排入张家港市清泉水处理有限公司集中处理。

为满足 BFT-5 型 γ 辐照装置的安装需求，华康辐照拟将辐照室和迷道地面挖低，同时削低辐照室内贮源井的混凝土井壁、不锈钢井覆面，以与改造后的辐照室地面平齐，待将辐照室内 ^{60}Co 放射源转移后，拟对贮源井水进行水质监测，满足排放要求经生态环境主管部门批准后，可接入市政污水管网解控排放至张家港市清泉水处理有限公司集中处理，不向外环境排放。

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《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025) 规定的排放限值，详见表 1-12。

表 1-12 建筑施工场界噪声排放限值

执行标准	噪声限值 (Leq: dB (A))	
	昼间	夜间
《建筑施工噪声排放标准》 (GB 12523-2025)	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

本项目贮源井水、生活污水均接入市政污水管网排入张家港市清泉水处理有限公司集中处理，不向外环境排放，不会对土壤造成影响，不涉及有毒有害和易燃易爆危险物质生产、使用和储存，故不开展地表水、地下水、土壤和环境风险等环境影响评价。

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 声环境评价等级

本项目所在区域属于 3 类声环境功能区，运营期主要噪声源为辐照生产线及配套设施中的机电设备，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。

1.5.2 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 γ 辐照装置严格按照我国相关法规标准的要求进行辐照室的辐射屏蔽设计，采用混凝土作为主屏蔽材料，确保辐照室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 γ 辐照装置自身特点及其辐射污染源种类和大小，评价范围取辐照室四周实体屏蔽体向外 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

本项目 γ 辐照装置所在辐照室位于公司厂房南部，根据现场踏勘，华康辐照

厂区东侧依次为张家港市朋友纺织有限公司（距辐照室约 38m）、张家港华双塑胶制品有限公司（距辐照室约 62m）及张家港市丰达塑料包装厂（距辐照室约 91m），南侧依次为创业路和西张建筑工程有限公司（距辐照室约 69m）、张家港精达日用塑料制品有限公司（距辐照室约 74m）、蔡塘里（居民区）（距辐照室最近约 149m，距厂区最近约 100m），西侧为张家港茂欣家居用品有限公司（距辐照室约 39m），北侧依次为农田和双龙村五十一组（居民区）（距辐照室最近约 124m，距厂区最近约 53m）。

根据《声环境质量标准》（GB 3096-2008）中对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。”本项目声环境影响评价范围（厂界外 200m 范围）内有 2 处声环境保护目标（蔡塘里、双龙村五十一组）。

本项目辐照室周边环境影响评价范围示意图见图 1-6。

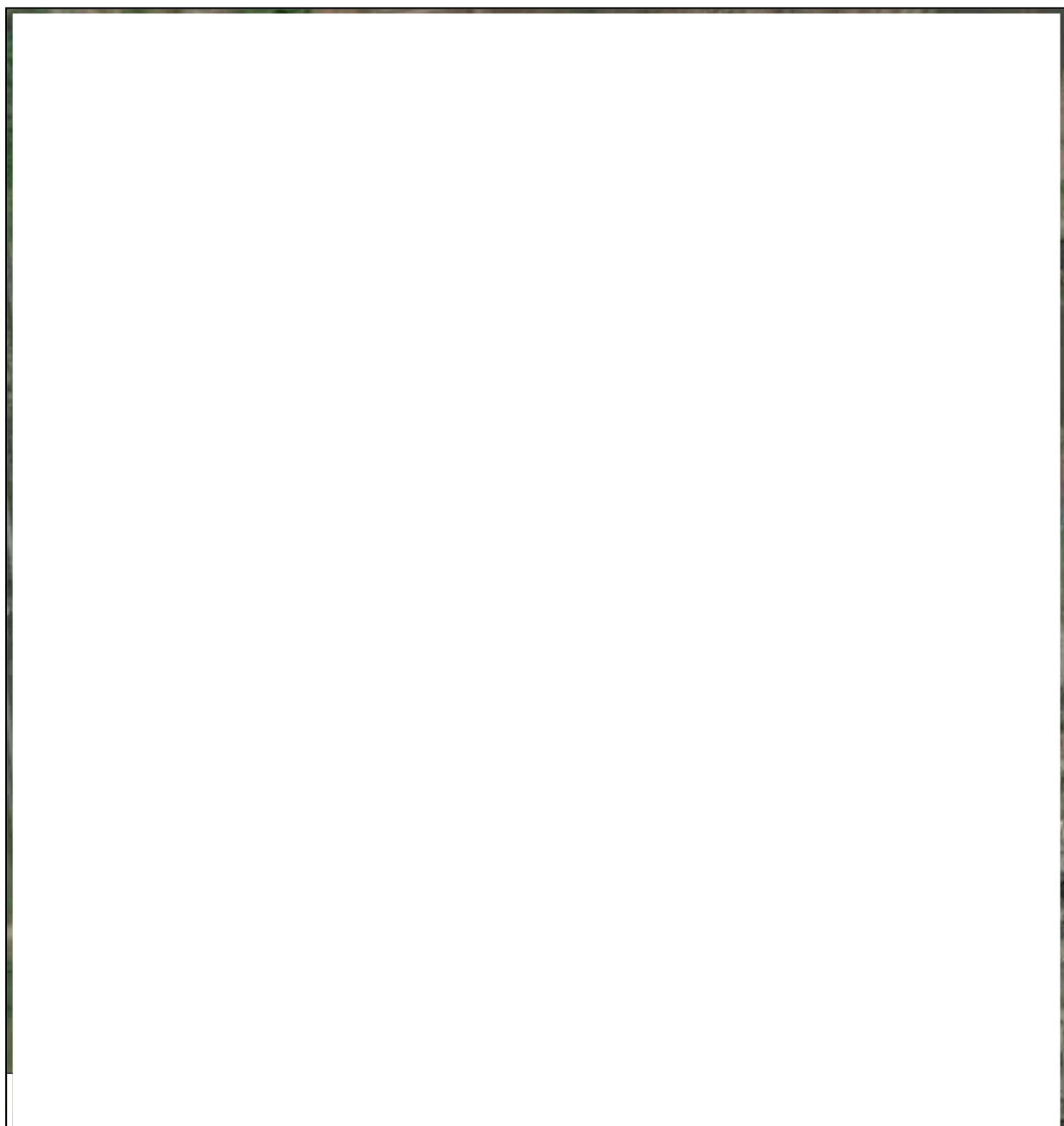


图 1-6 本项目环境影响评价范围及位置关系图

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對象。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 1-7 至图 1-17。

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	厂区内	东侧	备用房间、维修间、化学计量室、仪器室、门厅、办公室、设备间、卫生间	紧邻		职业人员
		西侧	配电间、水处理间、安装间、通风空压机房	紧邻		
		北侧	控制室（架空设置）、操作大厅	紧邻		
		上方	进源间、设备间	紧邻		
	厂区内	东侧	厂内道路	约 14m		公众
		南侧	厂内道路	约 1m		
			办公楼	约 10m		
		西侧	厂内道路	约 10m		
	厂区外	东侧	未辐照仓库、已辐照仓库	约 15m		公众
			张家港市朋友纺织有限公司	约 38m		
			张家港市华双塑胶制品有限公司	约 62m		
		南侧	张家港市丰达塑料包装厂	约 91m		
			创业路	约 48m		
西张建筑工程有限公司			约 69m			
西侧		张家港市精达日用塑料制品有限公司	约 74m			
	张家港市茂欣家居用品有限公司	约 39m				
北侧	农田	约 64m				
声环境	厂区外	东南侧	蔡塘里（居民区）	约 149m		公众
		西北侧	双龙村五十一组（居民区）	约 124m		

保护类别	方位	保护目标	距本项目最近距离	人口规模	备注
	东北侧	双龙村五十一组（居民区）	约 247m		

图 1-7 公司厂房

图 1-8 操作大厅

图 1-9 通风空压机房

图 1-10 未辐照仓库

图 1-11 已辐照仓库

图 1-12 进源间

图 1-13 办公楼

图 1-14 张家港茂欣家居用品有限公司 图 1-15 张家港市朋友纺织有限公司

图 1-16 创业路

图 1-17 农田

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

张家港市位于长江下游南岸，江苏省东南部。东、东南连常熟市，西南、西接江阴市，西北、北、东北临长江，是沿海和长江两大经济开发带交汇处的新兴港口工业城市。地理坐标北纬 $31^{\circ} 43' 12'' \sim 32^{\circ} 02'$ ，东经 $120^{\circ} 21' 57'' \sim 120^{\circ} 52'$ 。大中城市环绕四周，东南距上海市 96 公里；南近太湖，分别距无锡市、苏州市 58 公里；西距常州市 55 公里、南京市 200 公里；北隔江距南通市 62 公里，属长江三角洲的重要组成部分。

凤凰镇位于张家港市最南端，东、南与常熟市接壤，西与江阴市、杨舍镇交界，北靠塘桥镇，全镇总面积 78.8 平方公里。

华康辐照位于苏州市张家港市凤凰镇西张创业路 88 号，厂区东侧为张家港市朋友纺织有限公司、张家港华双塑胶制品有限公司和张家港市丰达塑料包装厂，南侧为创业路、西张建筑工程有限公司和张家港精达日用塑料制品有限公司，西侧为张家港茂欣家居用品有限公司，北侧为农田。华康辐照地理位置示意图见图 2-1。



图 2-1 华康辐照地理位置示意图

2.1.2 地形、地质、地貌

张家港市境内基本地质构造格架为“二隆二凹”构造形式。“二隆”是段山—张家港褶断束、顾山—同官山褶断束；“二凹”是祝塘—锦丰凹陷、谢桥凹陷。境内有北北西向、北西向和北东向（华夏）构造发育，形成网络系统。境内主要是第四系沉积覆盖。第四系覆盖层的厚度为 90 米~240 米，是全新统现代沉积。第四系覆盖层的可耕层为 2 米~3 米。根据张家港市建筑设计院历年工程地质勘探资料，境内的地耐力一般为每平方米 10 吨左右，其中南部黏土一般为每平方

米 20 吨左右，亚黏土一般为每平方米 18 吨左右，轻亚黏土一般为每平方米 10 吨左右；北部粉黏土一般为每平方米 8 吨左右。

张家港市地跨长江三角洲平原的两个地貌副区，即长江南岸古代沙嘴区和靖江常阴古沙洲区。北面临江，双山沙子立江中，长江水域宽阔，沿岸滩地绵长。古长江岸线把境内陆地分为南北两个部分，南部属老长江三角洲的古代沙嘴区，成陆 8000 年以上，地势高亢，高程（吴淞零点，下同）为 5 米~8 米，散落着大小 11 座山丘；北部属新长江三角洲，由数十个沙洲积涨连接而成，成陆最早的距今约 800 年，地势低平，高程为 3 米~5 米。根据地面黄海高程，全境地貌可分为丘陵、高平田、平田、低平田和圩田。其中，南部地区主要为高平田、平田和低平田，北部地区均为圩田，丘陵主要散落在塘桥镇的妙桥地区、金港镇的南沙地区和凤凰镇的少量地区。全境河港纵横，土地肥沃。

2.1.3 气候特征

张家港市地处北亚热带南部湿润气候区，季风环流是支配境内气候的主要因素。四季分明，雨水充沛，气候温和，无霜期长，冬季寒冷干燥，夏季温高湿润，春温多变，秋高气爽，是典型的季风气候。全年光照充足，降水充沛，7 月、8 月为最热月份，1 月为最冷月份。6 月中旬至 7 月上旬是梅雨期，降水季节变化明显，夏季多雨，冬季少雨。冬季受极地大陆气团主宰，盛行偏北风，寒冷干燥；夏季多受热带海洋气团控制，盛行低纬太平洋的偏南风，温高湿润；春秋为冬夏季风的更换季节，冷暖气团互相争雄，锋面交错，气旋活动频繁，形成了张家港市四季分明的气候特征。

张家港市常年平均气温 15.2℃，极端最高气温为 38.1℃，极端最低气温为 -11.3℃。年均降水量 1034.3 毫米，主要集中在 4—9 月份，占全年降水量的 71.7%，年平均日照时数为 2080 小时，平均相对湿度为 80%。冬季盛行东北风和西北风，春夏季盛行东南风，常年平均风速为 2.07 米/秒。遇寒潮或台风过境，则风速较大。本地区属强雷暴区，年均雷暴日数为 30.8 日，一般出现在 3 月 10 日—9 月 22 日之间。

2.1.4 水文水系

张家港市水系属长江流域太湖水系，境内水网贯通，交织成网，有大小河道 8073 条，总长 4074.3km，平均每平方公里陆地有河道 5.18km。长江萦绕于西北、北和东北面，属典型平原感潮河网地区。

当地河道纵向称为浦、港，横向的称塘、套，也有通称河、泾。有市级以上河道 24 条，具体有张家港河、二干河（又称十一圩港）、盐铁塘、东横河、南横套、新沙河、新市河、三丈浦、奚浦塘、华妙河、十字港、天生港、太字圩港、朝东圩港、一干河、三千河、四千河、五千河、六干河、七干河、永南河、五节桥港、北中心河。通江河道有张家港河、太字圩港、朝东圩港、一干河、二干河、三千河、四千河、五千河、六干河、七干河等 20 条。

这些河道均为排灌河流，受人工闸控制的原因，流速均很小，且流向不定。当从长江引水时水流自西北向东南；当开闸放水时水流则相反。临近的长江河段位于潮流界内，潮位每日两涨两落，落潮历时大于涨潮历时，总历时约 12 小时 25 分。

历年最高潮位：7.14m（1997.8.19）

历年最低潮位：0.51m

平均高潮位：3.87m

平均低潮位：1.88m

五十年一遇高潮位：6.60m

防汛水位（百年一遇）：6.70m

2.1.5 生态环境

本项目所在区域生态和自然资源情况如下：

（1）土壤：属淤土类灰淤土亚类。土属，沿江岸为砂土，其余为夹砂土。由冲击母质发育而成，有石灰性反映，有机质矿化率高，耕性适宜耐旱作物。

(2) 植被：以人工栽培为主，没有连片湿地。江滩丛生芦苇、芦竹；河塘洼地种蒲草、茭白、慈菇、藕、水草、荸荠、水花生、浮萍及其它水草；路、堤两旁、家前屋后种有水杉、刺槐、杞柳等乔灌木及小片竹、果、菜园；农田植被为稻、棉、麦轮作或纯棉，少量绿化及其它经济作物。

(3) 动物：以常见的家禽、鸟雀（含水禽）、鼠、蛙、蛇、龟、兔等为主，塘洼养殖水产。长江是江海洄游鱼通道，中华鲟、白鳍豚、江豚是国家保护的珍稀动物。

(4) 自然资源：主要为土地资源（含岸线、滩涂）资源、水资源和渔业资源，是著名的“长江三鲜”一鲥、刀鲚、河豚鱼的主要产地，鱼纲有 30 余种。目前鲥鱼已绝迹。

2.2 社会经济状况

2024 年地区生产总值增长 4%，居民人均可支配收入达 7.48 万元、增长 4.1%，完成一般公共预算收入 220.5 亿元、同口径增长 4.1%。

2024 年，张家港市规上工业总产值达 5638 亿元、增加值增长 5%，90 个工业经济新增长点项目完成产值 280 亿元。冶金新材料产业产值达 2235 亿元、占规上工业比重下降 1.1 个百分点，优特钢产品占比提升 8.9 个百分点。智能高端装备产业产值达 1003 亿元、增长 17%，占规上工业比重上升 2.6 个百分点。

2024 年，张家港市研发支出占地区生产总值比重达 3.8%。新增国家专精特新“小巨人”企业 20 家，创历年新高。获评国家重点研发计划 1 项、省科学技术奖 7 项。完成优质科技招商项目 1100 个，有效高企达 1220 家。实现进出口总额 2698 亿元，出口总额 1412 亿元、增长 10.7%，新能源汽车出口超 6 万辆，跨境电商进出口增长 50%。完成铁矿砂进口 38.2 亿美元、大豆进口 52 亿美元。

2024 年，张家港市城镇新增就业 1.7 万人。新增社保参保人员 5 万人、公积金开户 4.8 万人。减免失业保险费 6.5 亿元，发放稳岗资金 1.1 亿元。群众就医自费比例下降 3 个百分点，困难群众医保综合保障率达 90.7%。

2.3 环境质量和辐射现状

2.3.1 监测内容

本项目为改建项目，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，对放射源应用项目，应提供评价范围内贯穿辐射现状水平。

本项目不向周围环境排放放射性废水，产生的贮源井水、生活污水接入市政污水管网排入张家港市清泉水处理有限公司集中处理，不向外环境排放。经调查， γ 辐照装置运行至今，未发生放射源破损辐射事故，贮源井水检测无超标记录，未向周围环境排放贮源井水，未向周围环境排放含放射性的废水，未造成环境污染；项目评价范围内无使用同类放射源企业。综合以上区域环境现状和本项目污染物排放特点，故本次环境现状监测时未进行地表水、地下水和土壤取样。

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。

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、环境噪声和贮源井水中 γ 核素（本项目为 ^{60}Co ）、电导率、 Cl^- 、pH 值。

南京瑞森辐射技术有限公司于 2026 年 1 月 29 日对改建项目周围环境 γ 空气吸收剂量率进行了监测，检测报告编号：瑞森（综）字（2026）第 0118 号。

苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司于 2025 年 2 月 25 日、3 月 7 日对华康辐照厂界环境噪声进行了监测，检测报告编号：SDWH-E202500414。

苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司于 2025 年 8 月 26 日对华康辐照辐照室贮源井水中 ^{60}Co 、电导率、 Cl^- 、pH 值进行了监测，检测报告编号：

SDWH-E202500710、SDWH-E202502292。

环境现状监测对象和监测项目列于表 2-1。

表 2-1 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	贮源井水	γ 核素 (^{60}Co)、电导率、 Cl^- 、pH 值

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室及周围有公众居留的区域，共设置 15 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。

对辐照室贮源井水取样并进行实验室分析测量，检测水中 γ 核素 (^{60}Co)、电导率、 Cl^- 、pH 值。

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 2-2。环境 γ 辐射空气吸收剂量率、厂界噪声、贮源井水监测、分析时相关仪器设备均处于检定有效期内。

表 2-2 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
环境监测用 X、 γ 辐射吸收剂量率仪	BG9511	NJRS-221	能量响应：35keV~3MeV 测量范围：10nGy/h~600 μ Gy/h 检定证书编号：Y2025-0103723 检定有效期限：2025.10.22~2026.10.21

仪器名称	仪器型号	仪器编号	主要技术指标
多功能声级计	AWA6228+	SDWH1466	测量范围：23dB（A）～133dB（A） 检定有效期限：2024.4.7～2025.4.6
		SDWH1473	测量范围：23dB（A）～133dB（A） 检定有效期限：2024.5.10～2025.5.9
声校准器	AWA6221A	SDWH1468	检定有效期限：2024.4.7～2025.4.6
		SDWH1496	检定有效期限：2024.6.5～2025.6.4
超低本底宽能高纯锗γ谱仪	GEM-C50-L-B-C	SDWH3594	校准有效期限：2024.9.27～2026.9.26
台式电导率测量仪	STAR A212	SDWH3001	校准有效期限：2025.7.31～2026.7.30
离子色谱仪	Aquion RFIC	SDWH2833	校准有效期限：2024.11.8～2025.11.7
笔式 pH 计	SX-620	SDWH1516	校准有效期限：2025.8.14～2026.8.13

2.3.3.2 监测方法

本项目具体监测方法见表 2-3。

表 2-3 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	在项目辐照室及其周围布设 γ 辐射空气吸收剂量率监测点位，共计 15 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	对公司四周厂界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）
3	贮源井水中 γ 核素	在项目辐照室贮源井中取样，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。	《高纯锗γ能谱分析通用方法》（GB/T 11713-2015）、《水中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T 16140-2018）

序号	监测对象	监测方法	标准依据
4	贮源井水中电导率	在项目辐照室贮源井中取样，样品送实验室分析，用台式电导率测量仪进行电导率测量。	《水和贮源井水监测分析方法》（第四版增补版）
5	贮源井水中 Cl ⁻	在项目辐照室贮源井中取样，样品送实验室分析，用离子色谱仪进行 Cl ⁻ 浓度测量。	《水质 无机阴离子（F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻ ）的测定 离子色谱法》（HJ 84-2016）
6	贮源井水中 pH 值	在项目辐照室贮源井中取样，样品送实验室分析，用笔式 pH 计进行 pH 值测量。	《水质 pH 值的测定 电极法》（HJ 1147-2020）

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、噪声监测点位布设位置见图2-2和图2-3。

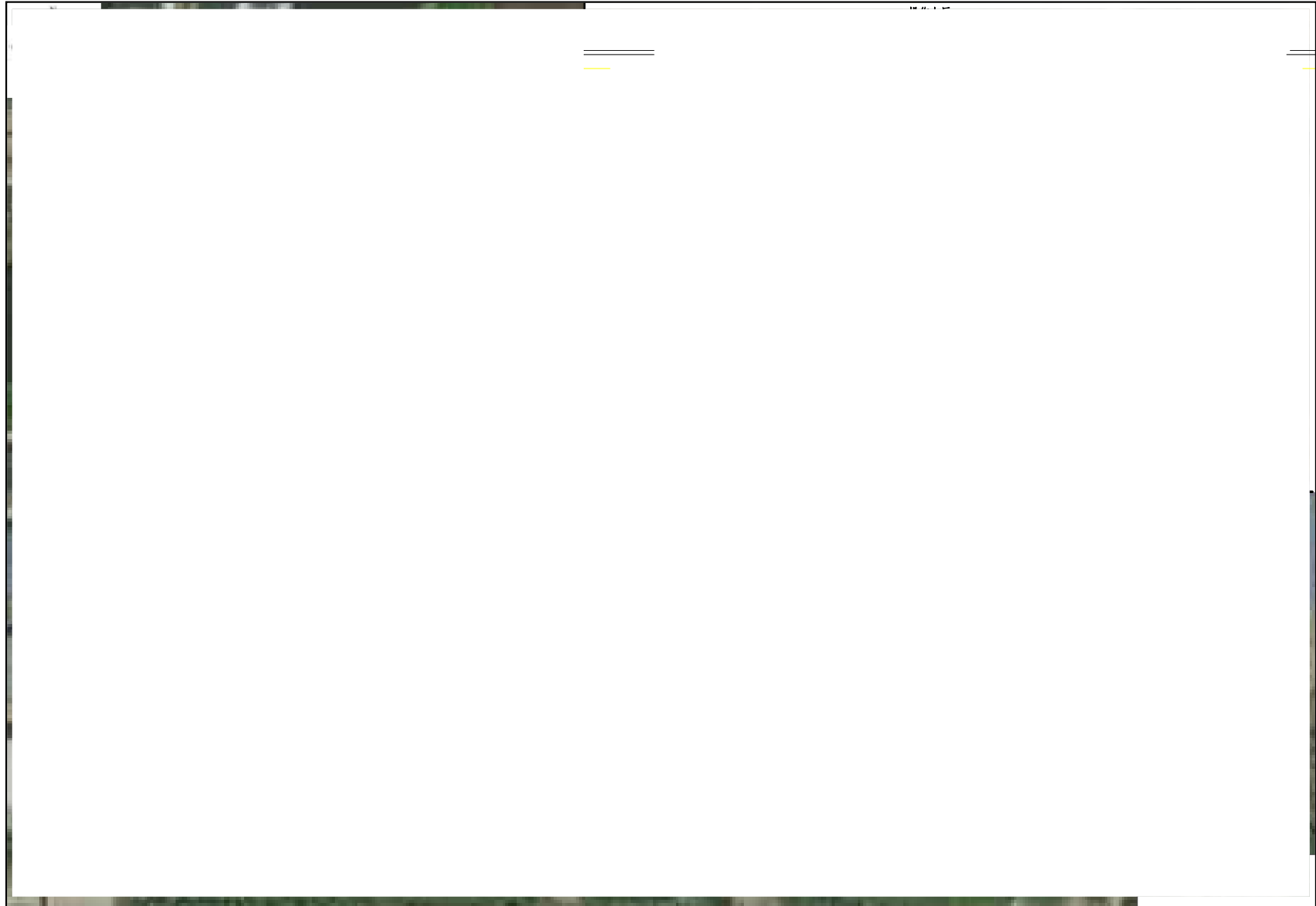


图 2-2 辐照室及周边环境 γ 辐射剂量率监测点位布设示意图

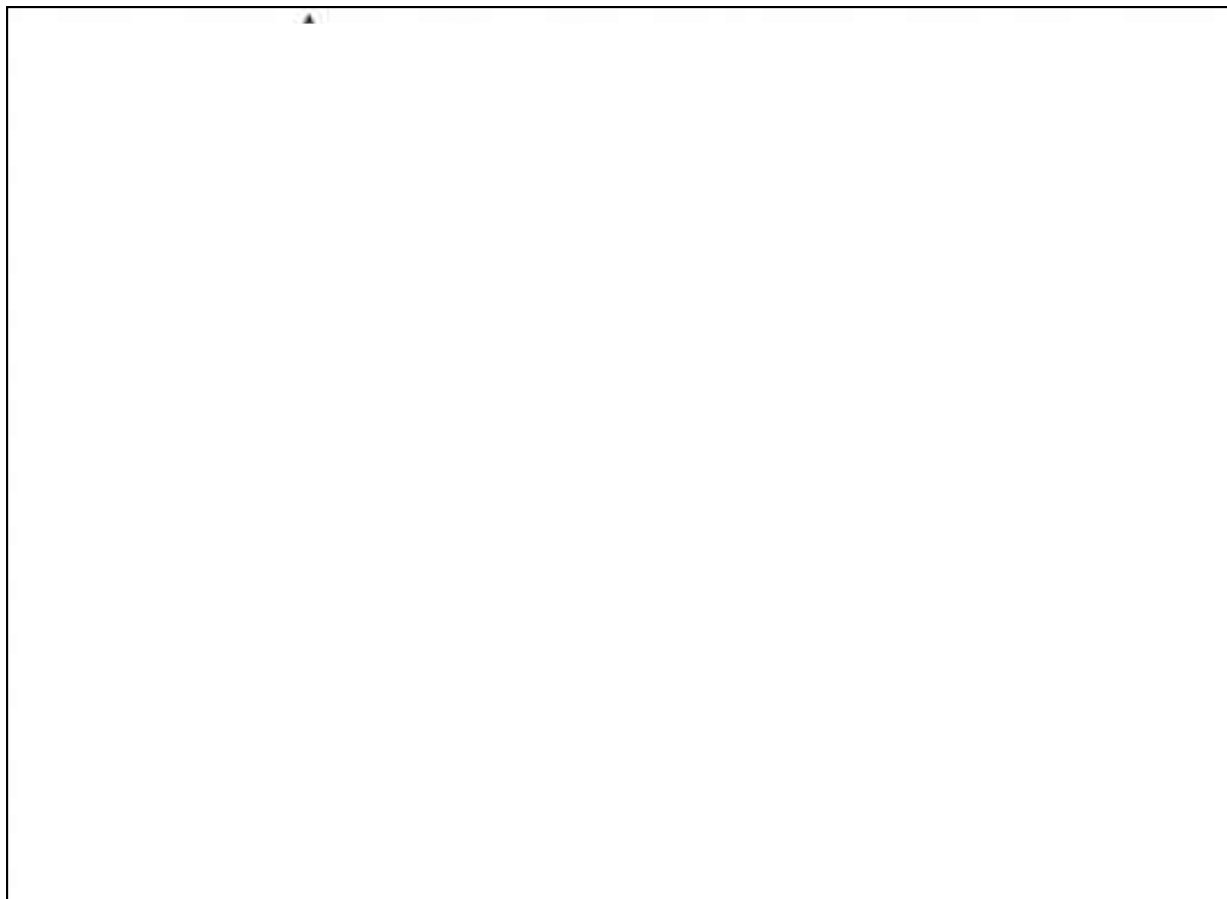


图 2-3 华康辐照四周厂界监测点位布设示意图

2.3.5.1 陆地 γ 辐射

本项目辐照室及周围环境的 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果见表 2-4。

表 2-4 辐照室及其周围 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)	标准差	备注
1	辐照室内	82	2	楼房
2	贮源井水表面	98	1	楼房
3	辐照室东侧控制室内	75	1	楼房
4	辐照室东侧设备间内	80	1	楼房
5	辐照室南侧道路	58	1	道路
6	辐照室西侧道路	62	1	道路
7	辐照室西侧通风空压机房内	69	1	楼房

测点编号	点位描述	监测结果 (nGy/h)	标准差	备注
8	辐照室北侧操作大厅	59	1	楼房
9	辐照室上方进源间内	64	1	楼房
10	辐照室屋顶	53	2	楼房
11	办公楼北侧	63	1	道路
12	张家港市朋友纺织有限公司西侧	70	1	道路
13	创业路	62	1	道路
14	张家港茂欣家居用品有限公司南侧	64	1	道路
15	农田	57	2	原野

注：1、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 $\dot{D} = C_f(E_f\bar{X} - \mu_c X_c')$ 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； \bar{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； 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7nGy/h；

2、辐照室内 γ 辐照装置处于降源状态，内含203枚 ^{60}Co 放射源，检测时放射源总活度约为 $3.085\text{E}+16\text{Bq}$ 。

由监测结果可知，本项目辐照室及其周围原野（15#点位）周围环境 γ 辐射剂量率为57nGy/h，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）；室内（1#~4#、7#~10#点位）周围环境 γ 辐射剂量率在53nGy/h~98nGy/h，属江苏省建筑物室内 γ 辐射（空气吸收）剂量率本底水平（50.7nGy/h~129.4nGy/h）；室外（5#、6#、11#~14#点位）周围环境 γ 辐射剂量率在58nGy/h~70nGy/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，本项目辐照室及其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

华康辐照厂址四周厂界的声环境质量现状检测结果见表2-5。

表 2-5 华康辐照场址四周厂界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)))
Z1	北厂界外 1 米	51.1	42.5
Z2	东厂界外 1 米	54.7	50.9
Z3	南厂界外 1 米	56.9	47.9
Z4	西厂界外 1 米	54.6	49.0

由监测结果可知，华康辐照厂址四周厂界的昼间声环境噪声为（51.1~56.9）dB（A），夜间声环境噪声为（42.5~50.9）dB（A），项目区域及周围环境声环境质量良好。

2.3.5.3 贮源井水

本项目辐照室贮源井水中 γ 核素（ ^{60}Co ）、电导率、 Cl^- 、pH 值分析测量结果见表 2-6。

表 2-6 辐照室贮源井水监测结果

样品名称	检测项目	检测结果
贮源井水	^{60}Co	<DL (0.0260Bq/L)
	电导率	1.48 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	Cl^-	0.365mg/L
	pH 值	7.9

注：DL 为本次检测时的探测下限。

由表 2-6 监测结果可知，辐照室贮源井水中放射性核素 ^{60}Co 活度浓度低于探测限，电导率、 Cl^- 、pH 值均满足《 γ 辐照装置设计建造和使用规范》（GB/T 17568-2019）的标准要求。

2.4 场址合理性评价

本项目为改建项目，华康辐照于 2003 年建成有 1 座辐照室，并于辐照室内配备 1 套 SQ(H)-636 型（悬挂链式） γ 辐照装置（最大装源活度为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源），已安全运行多年。本次改建仅对辐照室内部分墙体进行修整，拆除原有 γ 辐照装置，配备 1 套 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置，其最大装源活度不变，仍为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源。华康辐照位于工业园区，周围环境和用地性质均未发生显著变化，未扩大污染源项，未新增环境保护目标，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。

（1）华康辐照拟将辐照室内 γ 辐照装置进行更换，在辐照室内部分墙体新建预留洞并进行墙角修整，在辐照室外增设控制室、进源间等设备用房。辐照室位于公司厂房南部，场地平整，地质条件稳定，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）本项目辐照室建设址处无高压输变电路，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）华康辐照厂区位于苏州市张家港市凤凰镇，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）华康辐照厂区用地方正，场地整体较为平整，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。

3 工程分析与源项

3.1 项目规模与基本参数

华康辐照在厂区南部建设有 1 座辐照室，现拟进行技术升级，拆除厂区辐照室内原有 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置，对辐照室部分屏蔽墙体进行适应性改造，安装 1 套 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置，最大装源活度不变，仍为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源（属于 I 类放射源），建成后主要用于食品、医疗用品、调味品、中药等产品的辐射灭菌，提高放射源利用率和运行稳定性，进一步提升装置安全性。本次改造后，迷道将分为上、下两层，下层为货物迷道，上方为人员迷道，拟将下层货物迷道入口处配备的 1 枚活度约为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ （ $10\mu\text{Ci}$ ）的 ^{137}Cs 检测源（属于 V 类放射源）设置到上层人员迷道入口处，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。

SQ (H) -636 型 γ 辐照装置内在用的 203 根 ^{60}Co 放射源，单根放射源现有活度为 $3.302\text{E}+13\text{Bq}\sim 3.375\text{E}+14\text{Bq}$ ，总活度约为 $3.018\text{E}+16\text{Bq}$ （81.56 万居里，均为截至 2026 年 3 月 31 日的放射源活度）。此外，辐照室人员迷道门口处配备有 1 枚活度约为 $1.115\text{E}+05\text{Bq}$ 的 ^{137}Cs 检测源（为截至 2026 年 3 月 31 日的放射源活度，出厂活度为 $1.85\text{E}+05\text{Bq}$ ，为 V 类放射源）。

本次改造项目建设期不新增 ^{60}Co 放射源，改造后运营期初始装源活度约为 80 万居里，计划第 2 年增加约 60 万居里活度的 ^{60}Co 放射源；第 3 年增加约 50 万居里活度的 ^{60}Co 放射源；第 4 年、第 5 年增加约 30 万居里活度的 ^{60}Co 放射源；第 6 年后每年增加约 24 万居里活度的 ^{60}Co 放射源。 ^{60}Co 和 ^{137}Cs 放射源相关特性见表 3-1。

表 3-1 放射源相关特性一览表

核素名称	半衰期	衰变方式	主要 α 、 β 辐射能量与强度 (MeV)	伴随的 γ 射线的能量 (MeV)
^{60}Co	5.27a	β^- (99.89%) γ_1 (99.87%) γ_2 (99.98%)	β^- : 0.3183 (99.89%)	γ_1 : 1.173 (99.87%) γ_2 : 1.332 (99.98%)
^{137}Cs	30.08a	β^-_1 (94.6%) β^-_2 (5.3%) γ (85.0%)	β^- : 0.5116 (94.6%) β^- : 1.1732 (5.4%)	γ : 0.662 (85.0%)

本项目拟采用国产 CN-101 型亦或相同规格的 ^{60}Co 放射源，单枚 ^{60}Co 放射源活度约为 $3.70\text{E}+14\text{Bq}$ (1 万 Ci)，结构为双层不锈钢包壳，如图 3-1 所示。

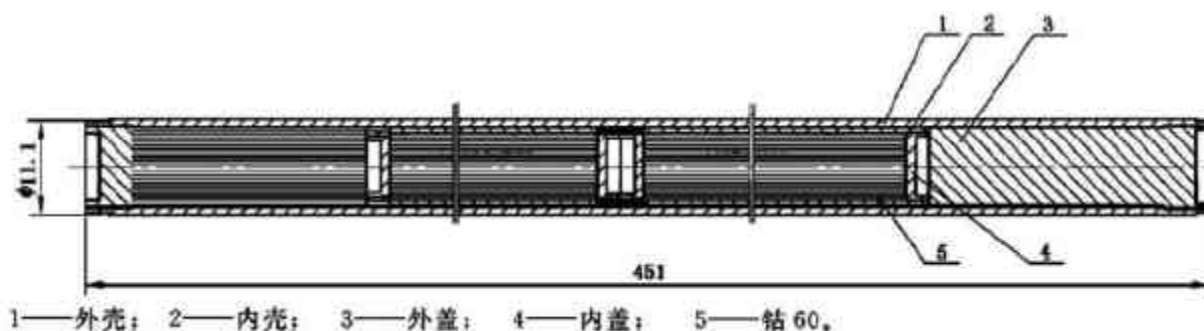


图 3-1 单枚放射源结构图

BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置设两台源架，并列放置，每台源架包含 12 个放射源模块，参见图 3-2。每个模块可容纳 38 枚源，两台源架共可容纳 912 枚放射源，每枚放射源尺寸均为 $\phi 11.1 \times 451.5\text{mm}$ 。源活度可近似看作均匀分布，参见图 3-3。

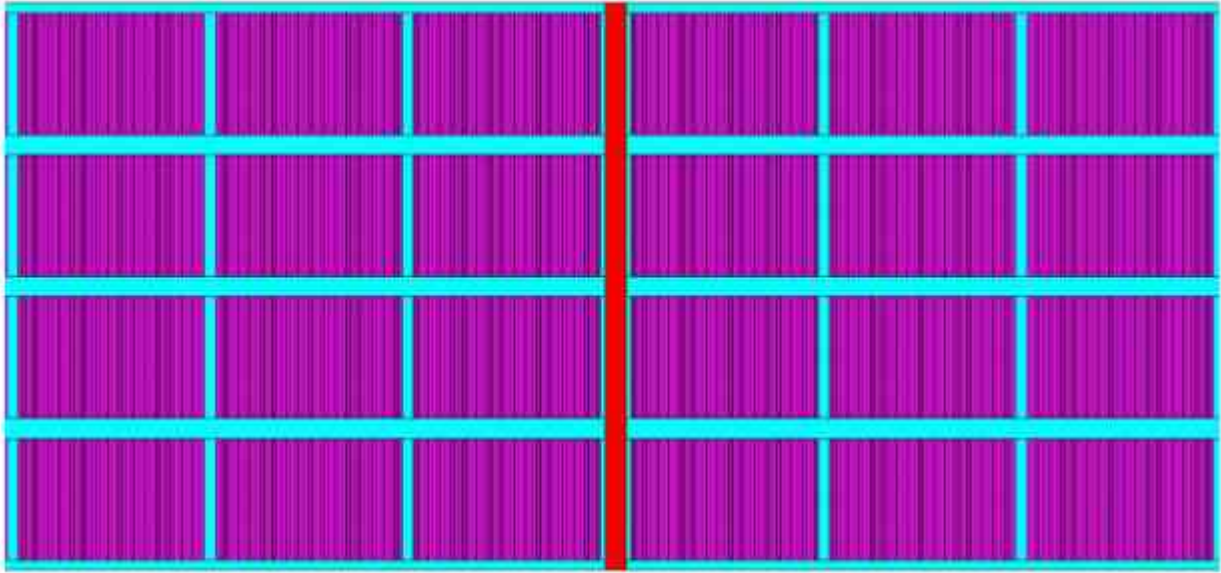


图 3-2 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置源架

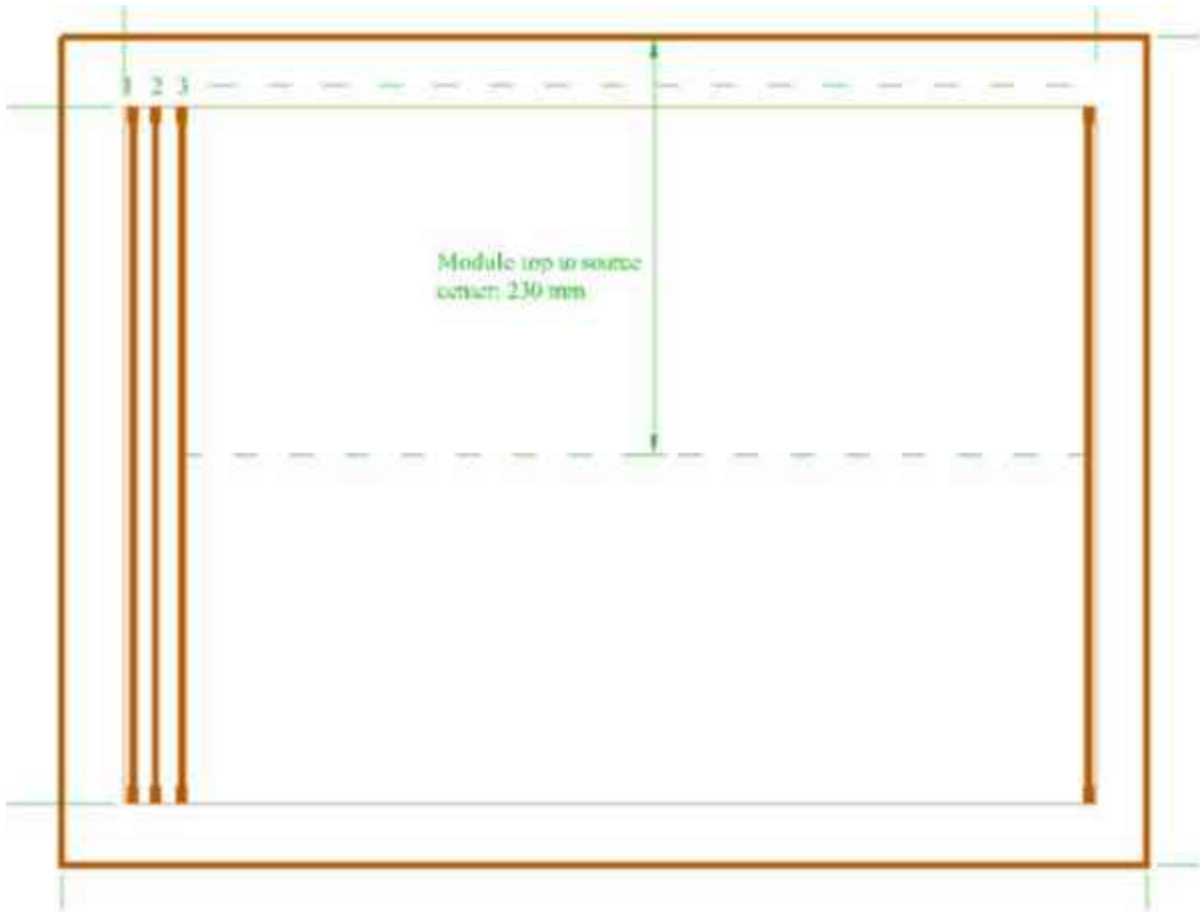


图 3-3 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置源架模块

本项目 γ 辐照装置以辐照室为中心配置其它各种相应设施。货物迷道口紧邻操作大厅；两迷道口之间设控制室（架空设置），原控制室不再使用，作为备用房间。控制室外平台设有实验线装卸区；西侧设有水处理间、配电间、安装间、

通风空压机房；东侧设有备用房间、维修间、化学计量室、仪器室、门厅、办公室、设备间、卫生间等；二层设有进源间、设备间。

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人工或机械设备装入输送系统的辐照箱中，进入辐照室进行辐照。辐照完成后产品进入卸货段，卸货后发给客户或转入已照区。操作大厅内配备电瓶叉车，供搬运产品用。

水处理间位于辐照室西侧。该房间远离控制室，可以减小噪声及潮气的影响。水处理间主要有反渗透（RO）设备、离子交换设备、板式换热器等。

控制室位于两个迷道口之间。主控设备设置在控制室内。控制室装有大型玻璃窗，以便对操作大厅进行观察。

化学计量室是剂量人员测量产品吸收剂量的房间，室内设有实验台和化验盆等设施。剂量人员进行辐照箱剂量布点、从产品箱取出剂量计等工作都需要与控制人员密切协调，且测量结果会影响控制人员选取工艺参数，故需要经常与控制室人员联络。

维修间紧邻操作大厅。内部主要设有电焊机、台钻、砂轮切割机等设备。维修间内侧还可作为配件间存放备用的机电零部件。

通风空压机房紧邻排风塔，便于风管连接。通风空压机房内设有两台排风机和两台进风机以及相应的管道、阀门等。

进源间设置在辐照室屋顶上，主要有电动葫芦等设备。

在辐照室屋顶上围绕进源间新设一个设备间，容纳放射源提升设备及输送系统设备等。

辐照室及辐照室上方平面布局图见图 3-4 至图 3-5。

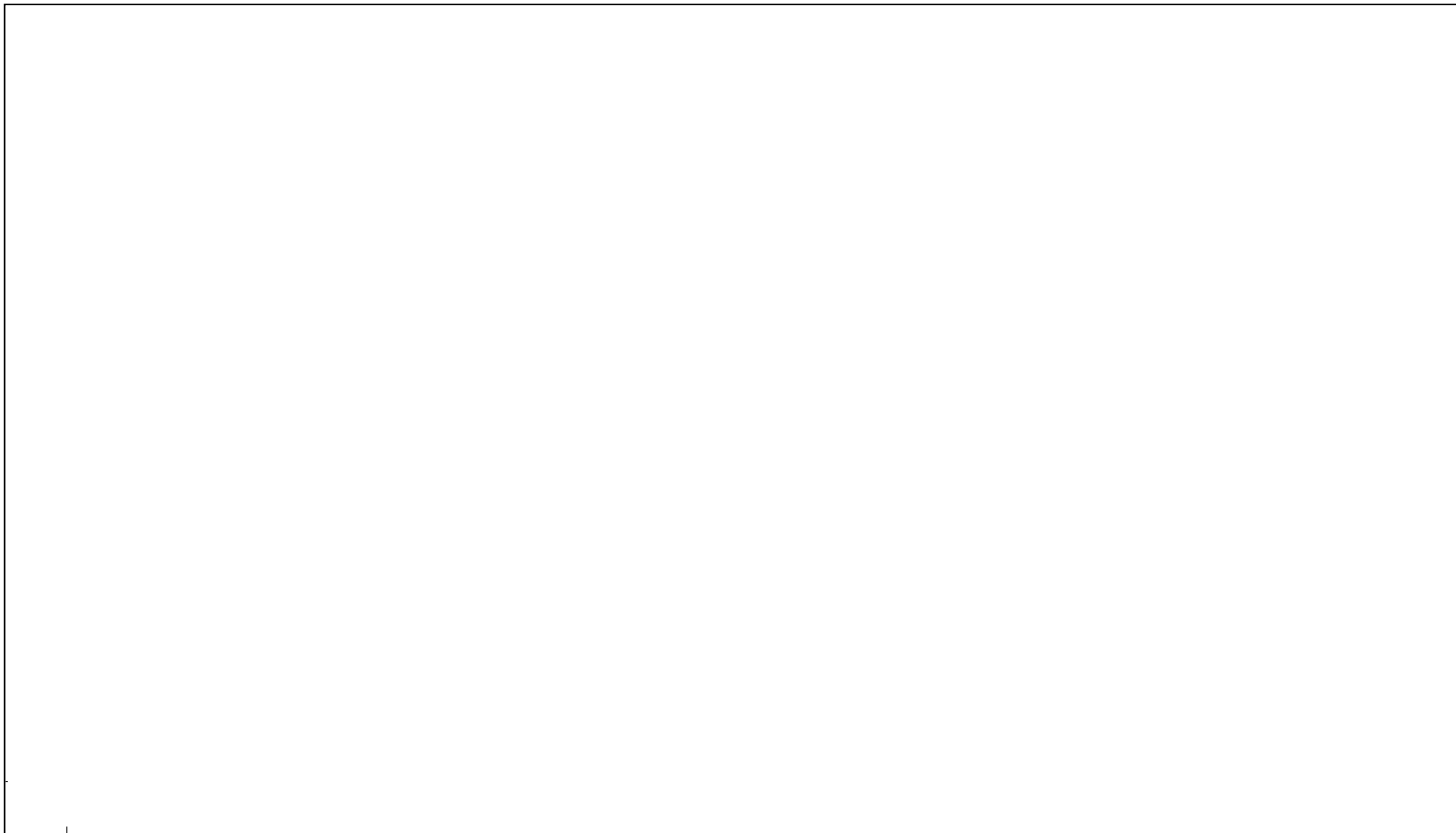


图 3-4 辐照室平面布局图

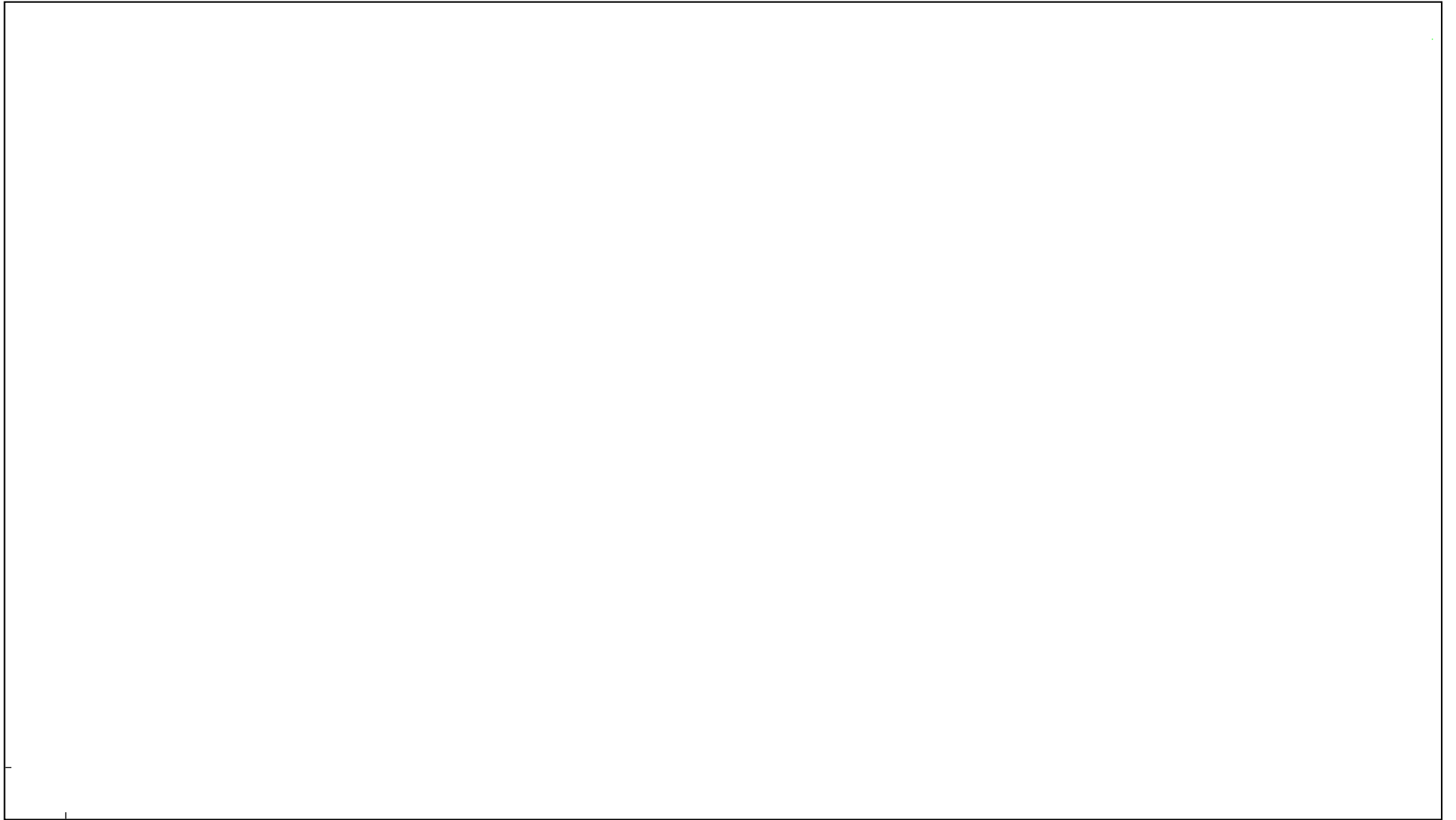


图 3-5 辐照室顶部平面布局图

3.2 工程设备与工艺分析

3.2.1 工程设备

本次拟将原 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置更换为 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置，BFT-5 型 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。BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置示意图见图 3-6。

图 3-6 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置示意图

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。

产品输送系统位于辐照室内的部分又称作过源机械。主要由地面辊道、屋顶悬挂轨道、辐照箱提升机、移行机及电机等组成。过源机械包含 4 条输送线路，分别设置在源架两侧。每条输送线路分为上下两层，下层辐照箱位于辊道上，上层辐照箱悬挂于屋顶轨道。每路每层设有 5 个工位，过源机械共 40 工位。按照控制系统指令，各个工位上的辐照箱步进方式移动。

辐照箱紧密排列，提高了射线利用率。

为减少辐射对机电设备的损害，过源机械的驱动机构均设置在屋顶上。

产品输送系统位于迷道内的部分又称作过渡区输送系统，包括货物输入迷道设备及货物输出迷道设备，作用分别是将辐照箱由操作大厅输入到辐照室、由辐照室输出到操作大厅。该部分输送系统主要由地面辊道、转运小车及电机等组成。

产品输送系统位于操作大厅内的部分又称作装卸区输送系统，主要由地面辊道、装货平台、卸货平台、剪式升降机等组成。主要作用是完成装货、卸货。

输送系统中还包含辐照箱。辐照箱框架主要材料为 300 系列不锈钢型材及板材焊接而成。底架上表面覆盖约 1mm 厚度不锈钢板；顶架上表面覆盖约 0.6~0.8mm 厚度不锈钢板；底架下表面覆盖 5~6mm 不锈钢板。辐照箱左右两侧面、箱门以及后侧面内侧覆盖 2mm 高强度铝合金铝板。侧架加强筋为不锈钢压型板，两端与顶架和底架焊接，中间与铝板铆接，辐照箱内侧铆钉头经专门处理与铝板内表面平齐，可防止产品被划伤。辐照箱在生产线上连续运转，工况有下托及上挂两种方式。

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。源架中心工作位置为高于地面 2225mm。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-5 型（辊道式） γ 辐照装置为利用 ^{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IAEA/FAO/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 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BFT-5型（辊道式） γ 辐照装置采用产品超盖方式。

3.2.2.3 辐照工艺流程概述

BFT-5型（辊道式） γ 辐照装置采用产品超盖方式，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，产品超盖方式要求产品在辐照过程中进行上下换层，其工作流程如下：

- 1、在产品辐射加工投产前，根据预定的剂量参数要求，确定工艺运行参数。
- 2、待辐照产品利用叉车运至操作大厅辐照产品输送系统的装货工位，由产品装卸人员（搬运工）将产品装至输送辊道上的产品辐照箱内，并在适当数量辐照箱中安放剂量计，用于监测产品吸收剂量并验证辐照均匀性。每个辐照箱外壁粘贴条形码或标签，便于自动跟踪。
- 3、辐照箱经由货物迷道入口自动输送至辐照室内进行辐照。产品辐照箱在过源时，按设置的过源输送线路，通过移行机实现自动换面，并通过升降机自动换层，即下层辐照箱被推箱机推动进入升降机，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，

被推箱机推进升降机，触发占位开关自动降至下层，再由推箱机推入过源辊道。辐照箱根据设定的过源次数反复进行“换面+换层”循环，自动换面换层使产品均匀受照。控制系统根据剂量监测数据和过源次数综合判断辐照是否完成，达到目标剂量后，辐照箱被导向出口方向。

4、产品完成辐照后经由货物迷道出口输出辐照室。在货物迷道出口设有辐射监测探头并与输送系统联锁，如监测到辐射水平超过阈值，则自动停止货物输送系统，同时降源并发出声光报警，以防止钴源随货物被带出辐照室。随后辐照箱自动输送至操作大厅卸货工位，由产品装卸人员（搬运工）人工卸出产品，并取出安放的剂量计进行读数记录。卸空后的辐照箱通过返回辊道送回装货工位，循环使用。

5、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。

BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置工作流程及产污环节如图 3-7 所示，

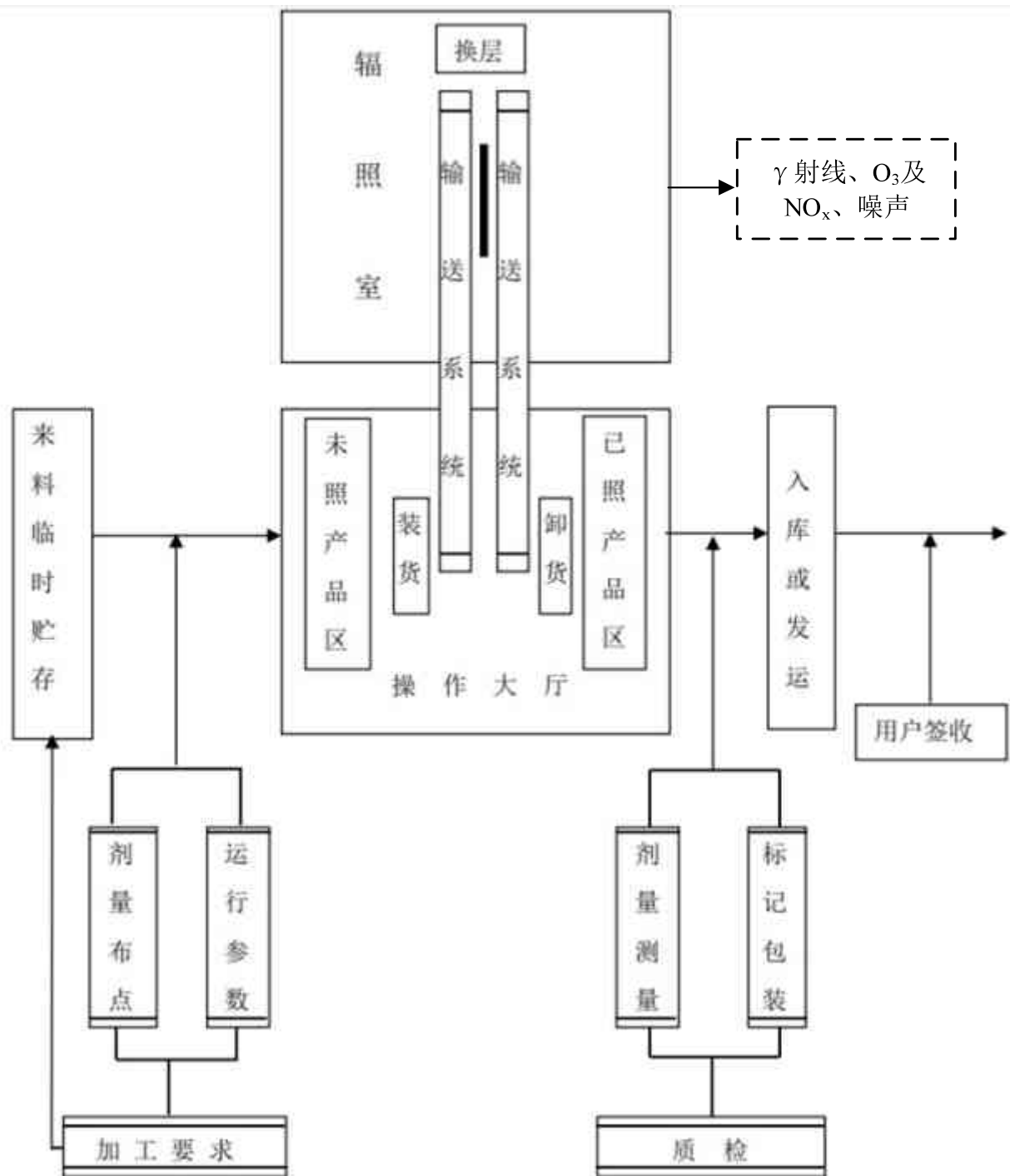


图 3-7 辐照加工工艺流程及产污环节示意图

3.2.2.4 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

根据华康辐照提供的工作量，本项目运行后， γ 辐照装置的工作时间保持不变，每天持续运行约 24h，全年运行约 350 天，年出束时间约为 8400h。

华康辐照已配备有 10 名辐射工作人员（名单见表 3-2），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。辐射工作人员均已通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核（见附件 6），并对其进行健康体检及个人剂量监测，建立个人职业健康监护档案和个人剂量档案。

表 3-2 本项目已配备的辐射工作人员名单

姓名	性别	培训合格证书编号	体检单位及结果
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)

姓名	性别	培训合格证书编号	体检单位及结果
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)
	男		可继续原放射工作 (张家港澳洋医院)

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。

辐射工作人员首先通过监控系统放射源状态指定灯确定源在贮存位,而后佩戴个人剂量计并携带个人剂量报警仪、便携式辐射剂量监测仪,用与便携式辐射剂量监测仪连接的升源钥匙将人员通道口门打开,在检测源(^{137}Cs 放射源)处校验便携式辐射剂量监测仪的有效性,按下防跟随按钮,开始巡视。

迷道分为上下两层,上层是人员通道,下层是货物通道。开始巡视后,从迷道上层至辐照室内东南角下楼梯到迷道下层货物通道,打开检修门开始巡视,先巡视下层货物通道,然后至辐照室内西南角上楼梯巡视人员通道。巡视过程中确认无人员滞留后依次按下1#巡视按钮、2#巡视按钮、3#巡视按钮、4#巡视按钮和5#巡视按钮。挂好安全链,退出辐照室,关好人员通道口门。辐射工作人员巡检路线见图3-8。

巡检过程中,辐照室人员通道内设有防跟随按钮及三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。

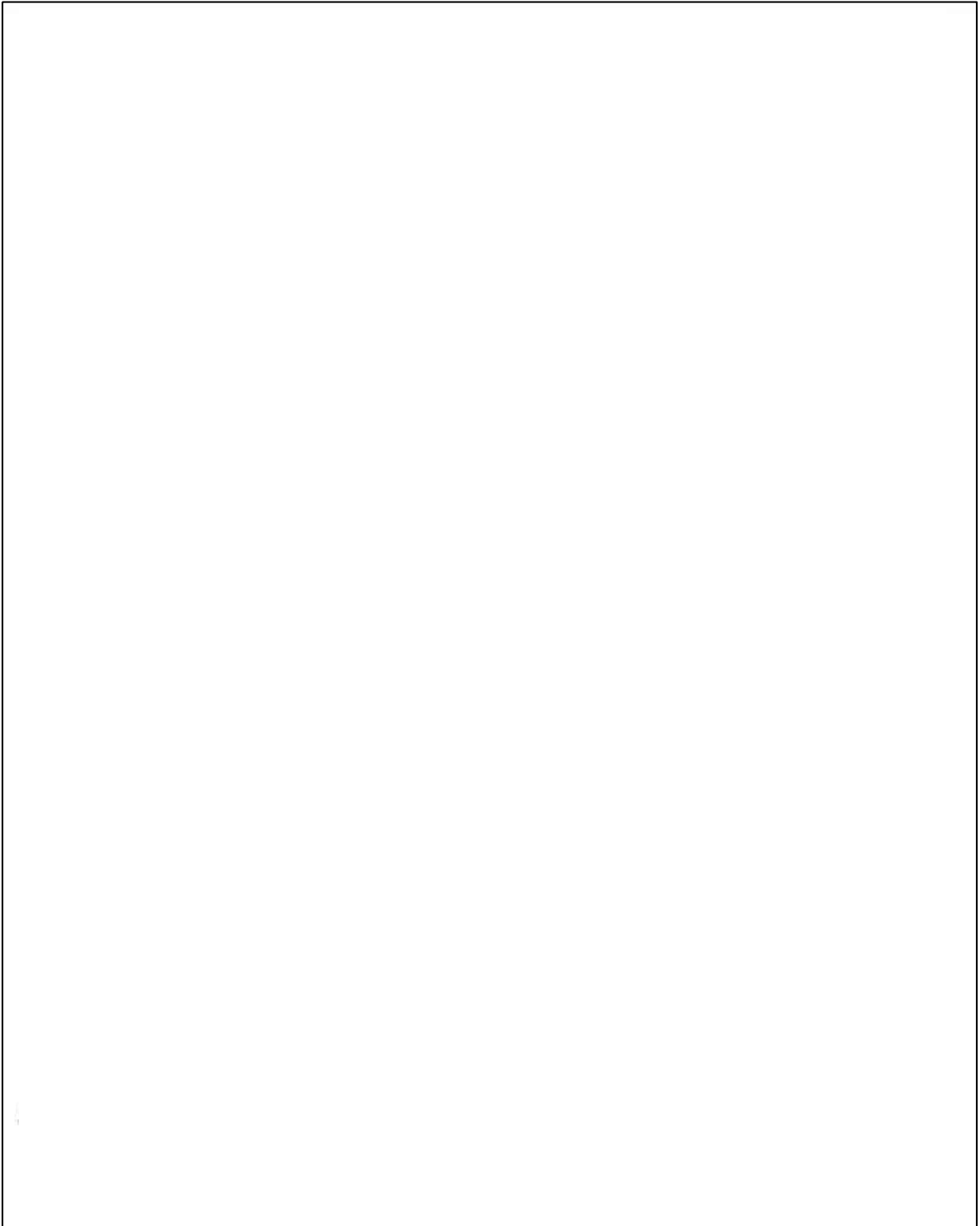


图 3-8 (a) 人员巡检路径规划示意图 (第 1 步)



图 3-8 (b) 人员巡检路径规划示意图 (第 2 步)

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，沿辊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 3-9。

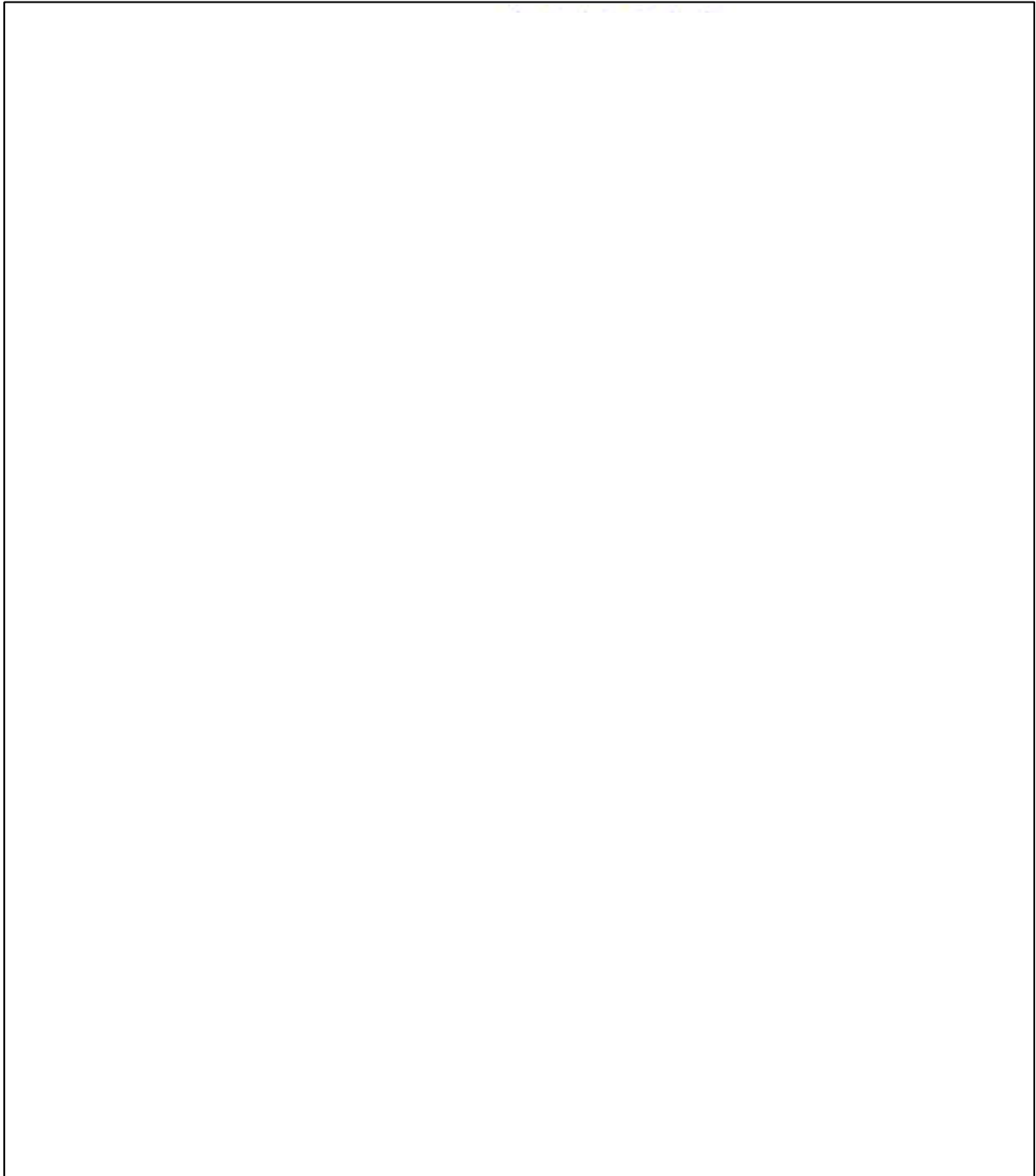


图 3-9 货物辐照路径规划示意图

本项目 BFT-5 型（辊道式） 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 $\phi 11.1\text{mm} \times 451.5\text{mm}$ ，单枚 ^{60}Co 放射源活度约为 $3.70\text{E}+14\text{Bq}$ （1 万 Ci）。此次设置两台板源架，单套板源架最多可装 456 根源棒，两台源架共可容纳 912 根源棒。两套板源架并列放置。

辐照室为水井贮源，贮源井深度为 7.05m，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。屋顶设有进源间，安装有 8t 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，借助水下照明灯，操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 3-10 所示。

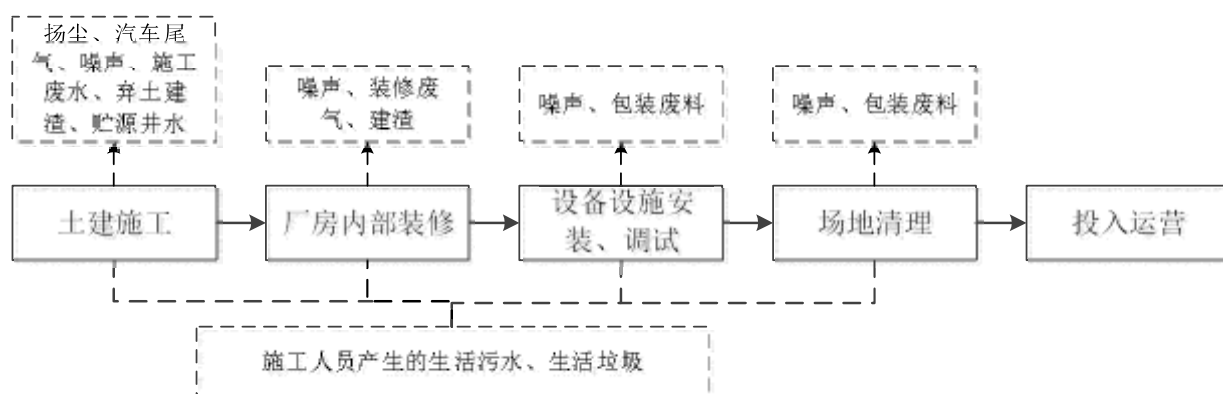


图 3-10 施工期产污流程图

3.3.1.1 废气

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

3.3.1.2 废水

施工期废水包括施工废水及施工人员生活废水。施工废水包括各种车辆冲洗、混凝土养护以及水泥搅拌机用水等。

为满足 BFT-5 型 γ 辐照装置的安装需求，华康辐照拟将辐照室和迷道地面挖低，同时削低辐照室内贮源井的混凝土井壁、不锈钢井覆面，以与改造后的辐照室地面平齐，在将辐照室内 ^{60}Co 放射源转移后，拟对贮源井水进行水质监测，

满足排放要求经生态环境主管部门批准后，可接入市政污水管网解控排放至张家港市清泉水处理有限公司集中处理，不向外环境排放。

3.3.1.3 噪声

施工期的噪声主要来源于施工过程中使用的运输车辆及装修设备等，主要有载重汽车、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 固体废物

本项目施工期固体废物包括拆除的 SQ(H)-636 型（悬挂链式） γ 辐照装置源架、输送系统等、施工产生的建筑垃圾及施工人员产生的生活垃圾。装修产生的建筑垃圾包括砂土、石块、水泥、废金属、钢筋、铁丝等杂物。

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 $0.308\mu\text{Sv}/(\text{h}\cdot\text{MBq})$ 。射线穿透能力强，穿过屏蔽墙进入环境，可能会对辐照室周围环境和人员产生影响。

此外辐照室人员迷道门口处放置 1 枚活度约为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ ($10\mu\text{Ci}$) 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张家港市清泉水处理有限公司集中处理。

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 78dB (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

本项目固体废物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

华康辐照位于苏州市张家港市凤凰镇西张创业路 88 号，本项目 γ 辐照装置所在辐照室位于公司厂房南部，本次改造拟在两迷道口之间设控制室（架空设置），原控制室不再使用，作为备用房间，并在辐照室屋顶上围绕进源间新设一个设备间，其余辅助用房未发生变化。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 γ 辐照装置以辐照室为中心配置其它各种相应设施。改造后，辐照室东侧为备用房间、维修间、化学计量室、仪器室、门厅、办公室、设备间、卫生间，南侧为道路，西侧为配电间、水处理间、安装间及通风空压机房，北侧为控制室（架空设置）和操作大厅，下方为土层，上方为进源间和设备间。

本项目辐照室货物迷道口紧邻操作大厅；两迷道口之间设控制室（架空设置），原控制室不再使用，作为备用房间。控制室外平台设有实验线装卸区；西侧设有水处理间、配电间、安装间、通风空压机房；东侧设有备用房间、维修间、化学计量室、仪器室、门厅、办公室、设备间、卫生间等；二层设有进源间、设备间。

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人工或机械设备装入输送系统的辐照箱中，进入辐照室进行辐照。辐照完成后产品进入卸货段，卸货后发给客户或转入已照区。操作大厅内配备电瓶叉车，供搬运产品用。

水处理间位于辐照室西侧。该房间远离控制室，可以减小噪声及潮气的影响。水处理间主要有反渗透（RO）设备、离子交换设备、板式换热器等。

控制室位于两个迷道口之间。主控设备设置在控制室内。控制室装有大型玻璃窗，以便对操作大厅进行观察。

化学计量室是剂量人员测量产品吸收剂量的房间，室内设有实验台和化验盆等设施。剂量人员进行辐照箱剂量布点、从产品箱取出剂量计等工作都需要与控制人员密切协调，且测量结果会影响控制人员选取工艺参数，故需要经常与控制室人员联络。

维修间紧邻操作大厅。内部主要设有电焊机、台钻、砂轮切割机等设备。维修间内侧还可作为配件间存放备用的机电零部件。

通风空压机房紧邻排风塔，便于风管连接。通风空压机房内设有两台排风机和两台进风机以及相应的管道、阀门等。

进源间设置在辐照室屋顶上，主要有电动葫芦等设备。

在辐照室屋顶上围绕进源间新设一个设备间，容纳放射源提升设备及输送系统设备等。

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：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间划分为临时控制区。

（2）监督区：操作大厅、控制室、水处理间、配电间、安装间、通风空压机房、备用房间、维修间、化学计量室、仪器室、门厅、办公室、设备间、卫生间等区域。

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。



图 4-4 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。

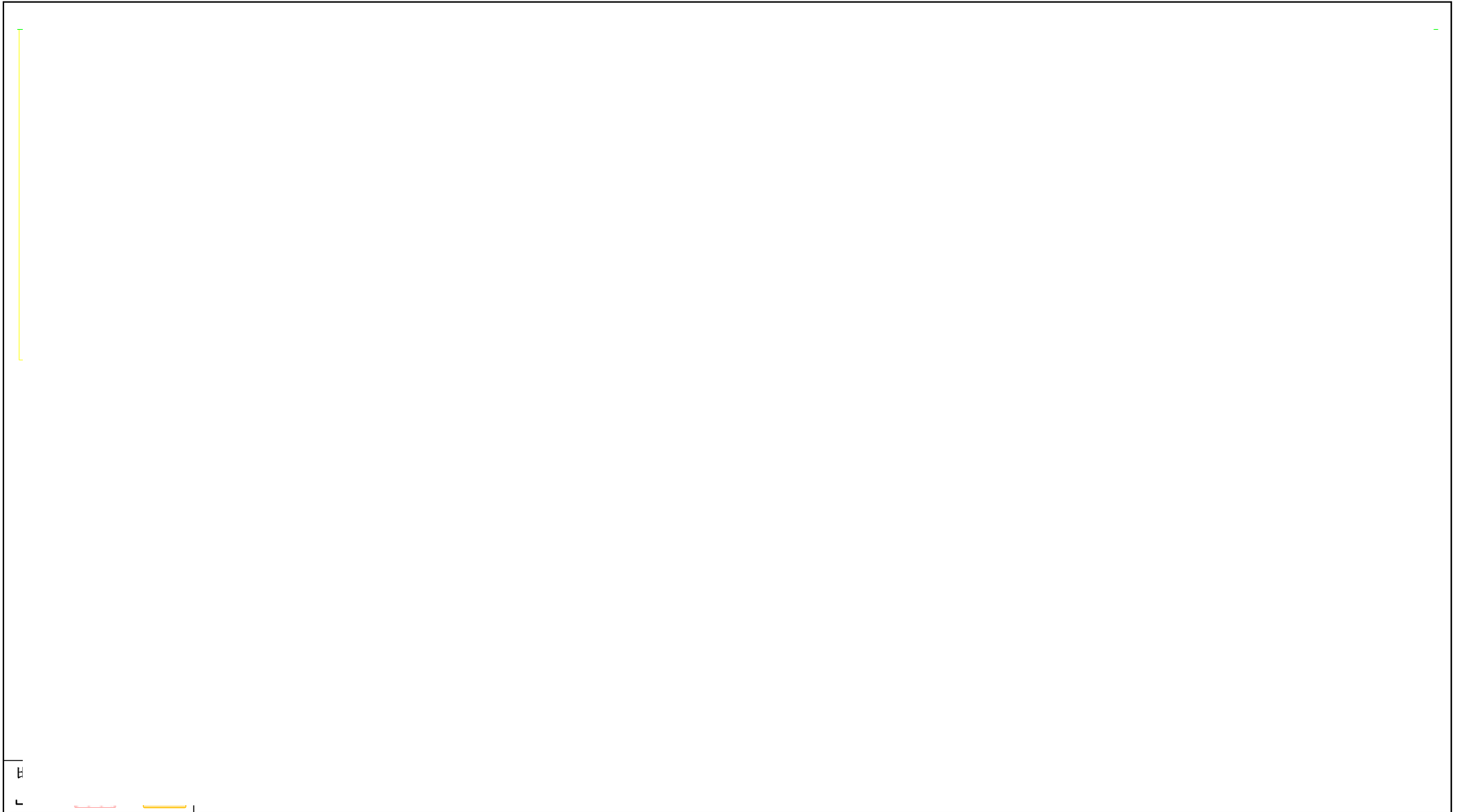


图 4-2 辐照室平面布局及分区示意图

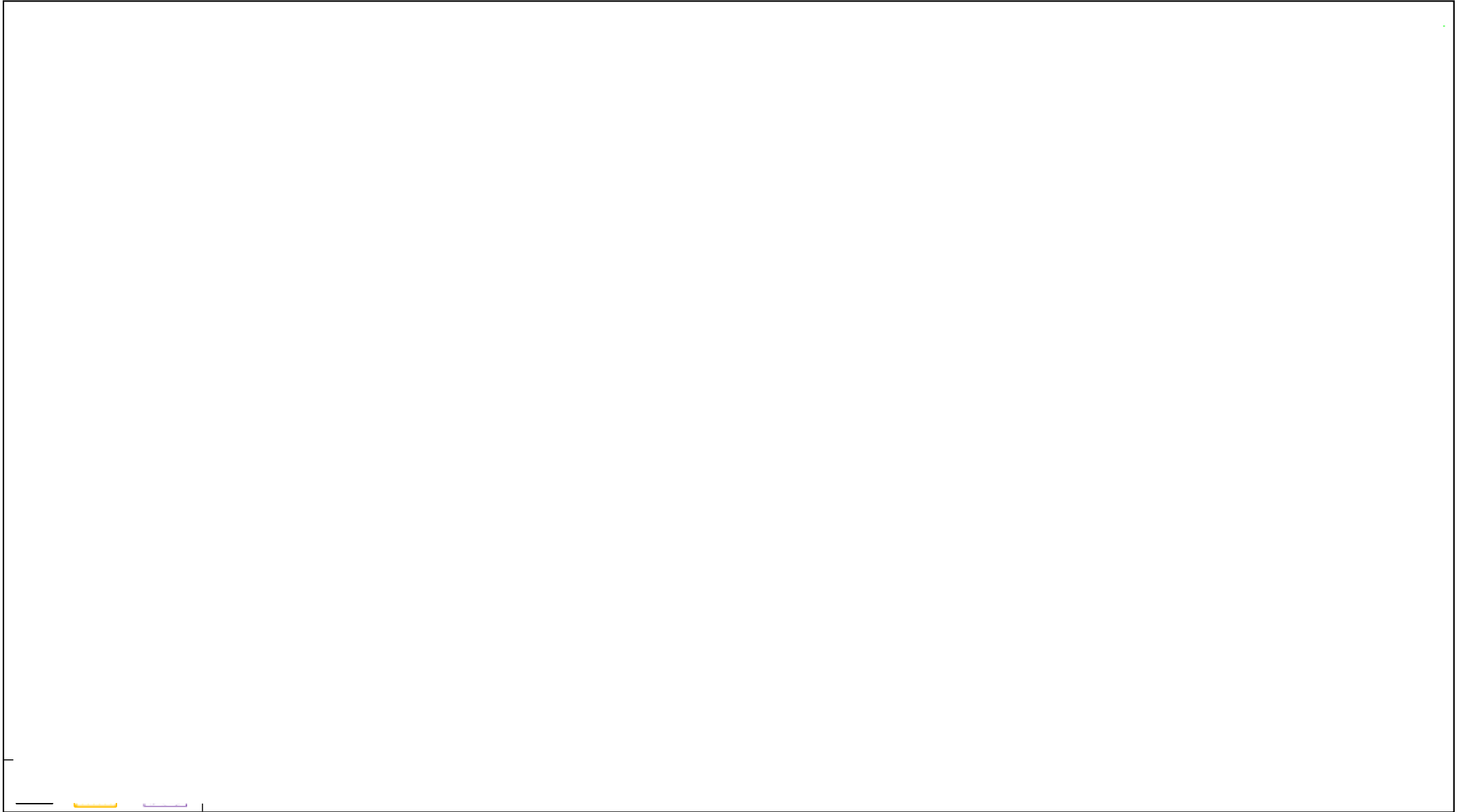


图 4-3 辐照室顶部平面布局及分区示意图

4.1.2 屏蔽设计

根据建设单位提供的项目设计资料，主要依托现有辐照室墙体进行辐射屏蔽，为满足 BFT-5 型 γ 辐照装置的安装需求，华康辐照拟对辐照室内部分屏蔽墙体进行适应性改造，主要包括：在辐照室两侧迷道内墙南段各开凿一个预留洞，将辐照室内东南角、西南角下半部分削掉形成预留洞，并在辐照室东墙、西墙外对应位置敷设 6cm 铅板进行屏蔽补偿；将辐照室和迷道地面挖低，同时削低贮源井的混凝土井壁、不锈钢井覆面以与改造后的辐照室地面平齐。具体屏蔽防护设计方案见表 4-1，辐照室改造方案示意图见图 4-5。

表 4-1 本项目辐照室屏蔽设计一览表

场所名称	位置		主要屏蔽材料及厚度	改造区域
辐照室	墙体	东墙		
		南墙		
		西墙		

场所名称	位置		主要屏蔽材料及厚度	改造区域
		北墙		
	顶部			
	贮源井			
	货物安全门、 人员通道口门			

注：1、铅密度为 11.3g/cm³，混凝土密度为 2.35g/cm³。

2、辐照室下方为土层，人员不可达。

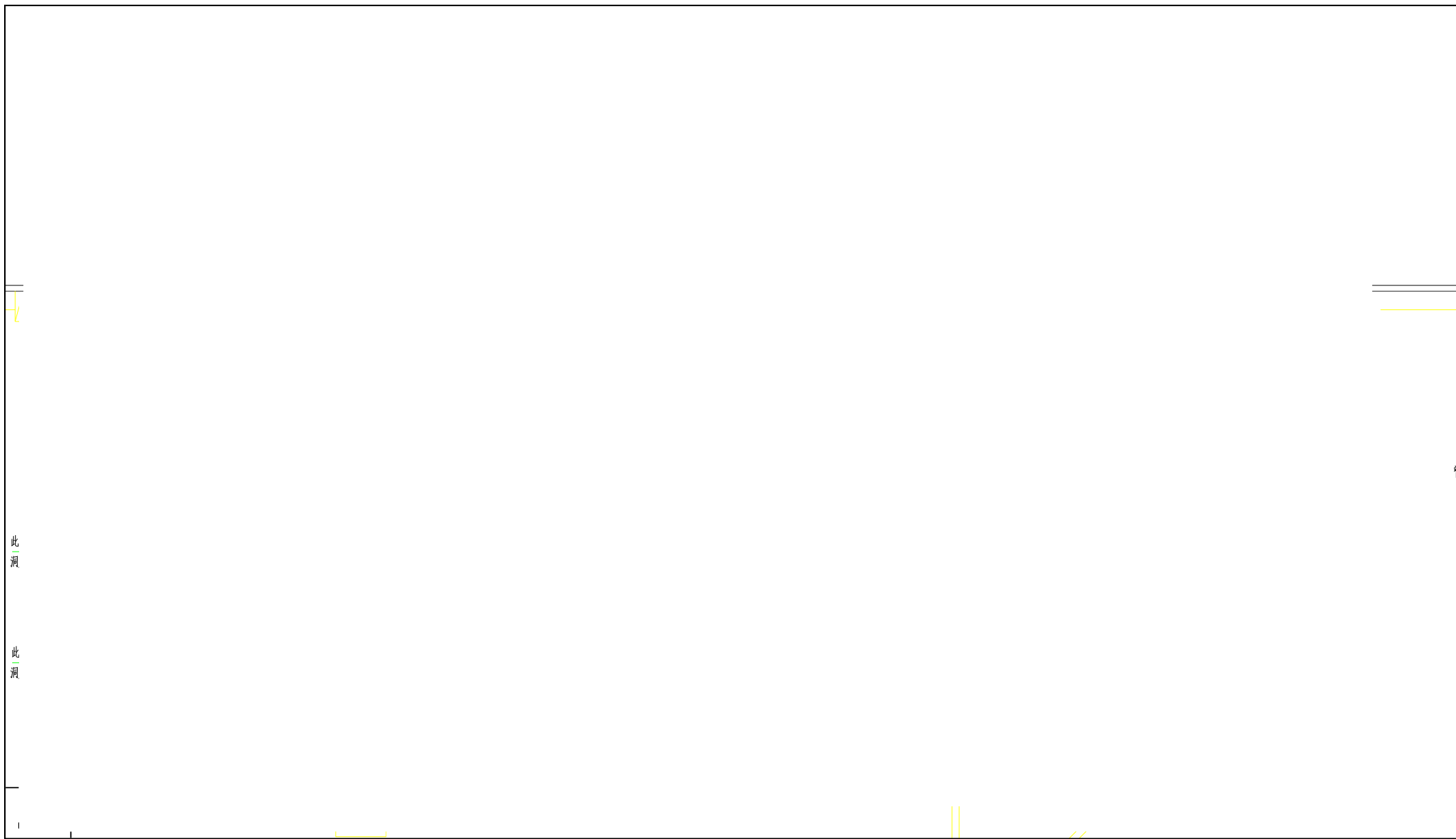


图4-5 (a) 辐照室屏蔽及改造方案示意图 (平面图)

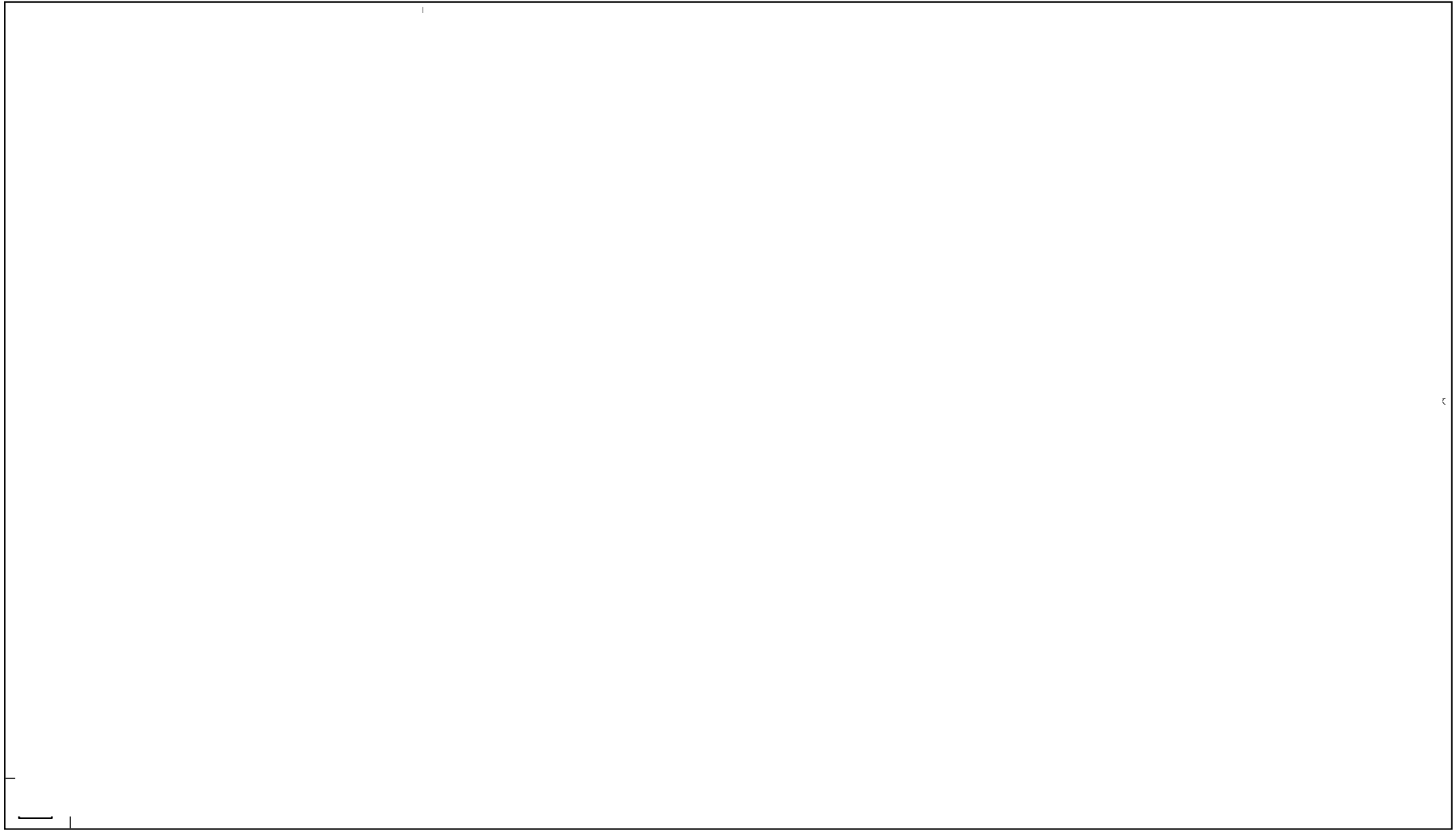


图4-5 (b) 辐照室屏蔽及改造方案示意图 (A-A剖面图)

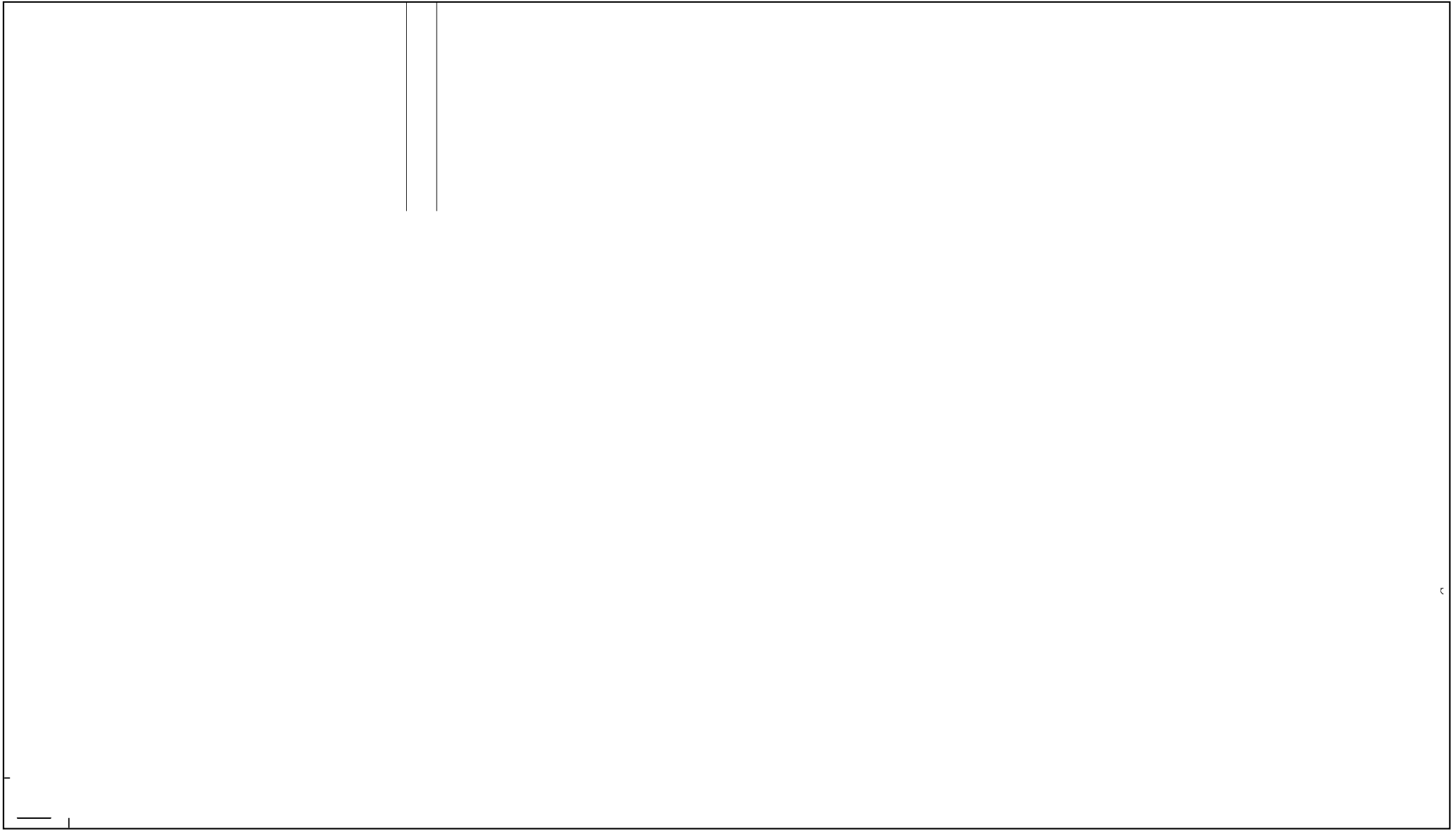


图4-5 (c) 辐照室屏蔽及改造方案示意图 (B-B剖面图)

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 射线和电子束辐照装置的辐射安全》（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。这就要求必须做到：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。本项目辐照室安全联锁系统布置见图 4-6。

本项目 γ 辐照装置属于强放射性设施，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。

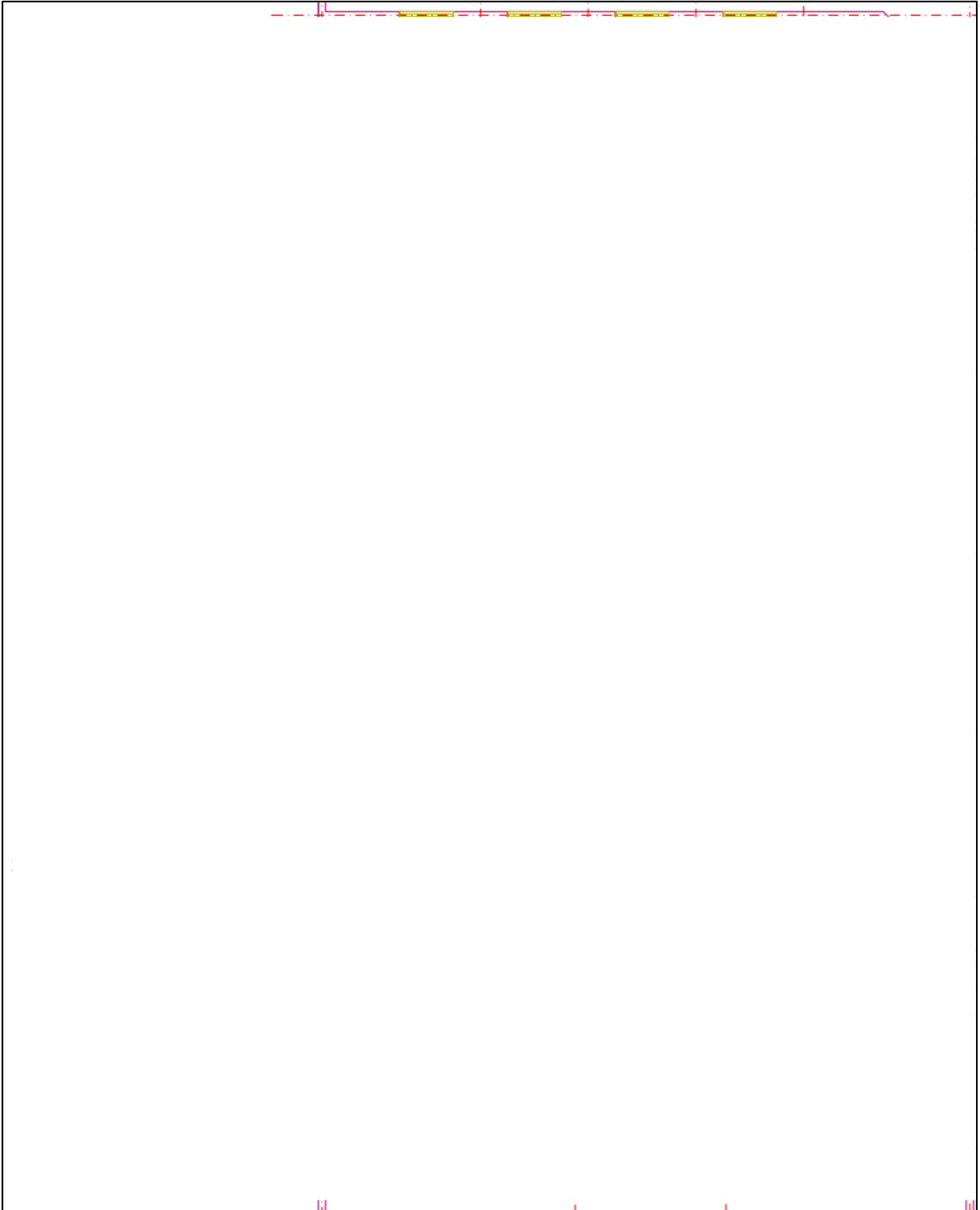


图 4-6 辐照室安全联锁系统布置示意图

(9) 辐照室与迷道内设巡视按钮，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) 产品进出口门与辐照箱的移动联锁，只有当辐照箱进出迷道时，门才会开启，辐照箱离开迷道口后，门会自动关闭。

(12) 升降源的灯光及声响报警。

(13) 人员迷道内设三道防人光电装置，货物迷道出口和入口各设两道光电装置，并与升降源联锁。

(14) 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。

(15) 屋顶进源通道的屏蔽塞正确就位与升降源联锁。

(16) 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 电离辐射警告标志

在辐照室货物迷道出口和入口、人员通道口、校验源处张贴电离辐射警告标志和中文警示说明。

4.2.2 升源前巡视

辐射工作人员首先通过监控系统放射源状态指定灯确定源在贮存位，而后佩戴个人剂量计并携带个人剂量报警仪、便携式辐射剂量监测仪，用与便携式辐射剂量监测仪连接的升源钥匙将人员通道口门打开，在检测源（Cs-137 放射源）处校验便携式辐射剂量监测仪的有效性，摘下安全链，再按下防跟随按钮，开始巡视。人员巡视路线图参见图 3-8。

迷道分为上下两层，上层是人员通道，下层是货物通道。开始巡视后，从迷道上层至辐照室内东南角下楼梯到迷道下层货物通道，打开检修门开始巡视，先巡视下层货物通道，然后至辐照室内西南角上楼梯巡视人员通道。巡视过程中确认无人员滞留后依次按下 1#巡视按钮、2#巡视按钮、3#巡视按钮、4#巡视按钮

和 5#巡视按钮。挂好安全链，退出辐照室，关好人员通道口门。完成巡视开始升源。

如果检修门没有开启过，则只需巡视上层人员通道。巡视过程中确认无人员滞留后依次按下 3#巡视按钮、4#巡视按钮和 5#巡视按钮。挂好安全链，退出辐照室，关好人员通道口门。完成巡视开始升源。

此过程中在按下 1#或 3#巡视按钮后，启动声光报警。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红色报警灯开始闪烁，并有铃声警示，警告任何人员不得进入屏蔽体。同时升源准备计时器开始计时。如果 150 秒内未完成巡视，则需重新巡视。

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。

升源前巡视及升源操作流程图见图 4-7。

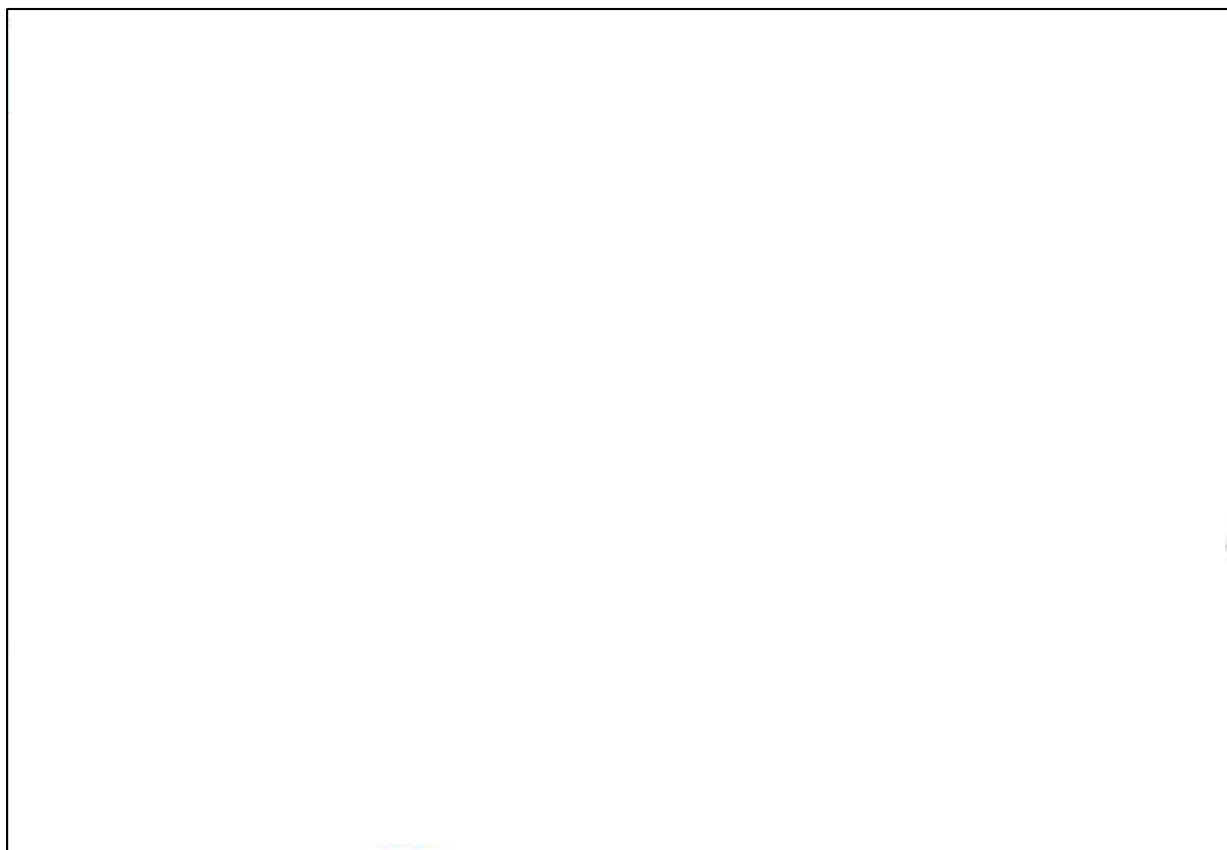


图 4-7 升源前巡视及升源操作流程图

4.2.3 升源联锁

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：

源架在贮存位置；

巡视按钮依次投入；

人员通道门关闭；

辐照室屋顶屏蔽塞检测开关投入生效；

安全链已挂好；

防人光电投入；

固定式辐射剂量监测仪投入生效，且未报警；

通风系统投入运行；

拉线开关未动作；

源井水位正常；

控制台紧急停止按钮未动作；

辐照室温度检测正常；

地震仪状态正常；

无烟雾报警；

控制台无其他报警信号。

4.2.4 故障引发降源

为保证辐照过程的安全性，下列任何故障发生都会引发降源：

人员通道口门开；

辐照室屋顶屏蔽塞检测开关动作；

控制台上的升源电磁阀故障；

防人光电动作；

拉线开关动作；

迷道出口超剂量；

水处理超剂量；

监测辐照室剂量水平的固定式辐射剂量监测仪发生故障，有失效报警输出；

排风机故障；

源井低水位报警；

控制台紧急停止按钮动作；

高温报警；

地震仪动作；

烟雾报警；

防碰撞开关动作；

当源在工作位置时，突然发生停电；

其他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急停按钮或拉动拉线开关降源停机。降源到位后控制台上会有显示信号。

4.2.5 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。

4.2.6 失水补给措施

为保证贮源井水保持可靠的安全屏蔽水位，在源井边缘处设置水位计，以监测井水水位。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。

4.2.7 防火及降温措施

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。

放射源工作时，始终有一台排风机运行，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。

4.2.8 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。每批产品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。

4.2.9 源架监视

主要包括：①位于贮源井内的摄像头，其作用为监视源架贮存位置；②位于进源间内的摄像头，其作用为监视升源动滑轮所处位置；③源架位移传感器与动滑轮所连接，传送到控制台指示仪表，可直观指示源架位置及升降动态过程。

4.2.10 辐射安全监测

辐射安全监测分为源提升辐射剂量监测、辐照室工作场所和附近公众环境辐射剂量的监测、工作人员的个人剂量监测、贮源井水放射性污染监测和钴源运输容器放射性沾污监测。

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，本装置除规定了必要的个人剂量计、便携式辐射检测报警仪和便携式个人剂量报警仪外，还配备了 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配备有 3 个探头，其中 1#探头设在人员通道内并与人员通道门联锁，用于监测辐照室内的剂量水平。如源在贮存位时监测到辐射水平超过阈值，则人员通道门无法打开；2#探头安装在迷道的产品出口处并与输送系统联锁，如监测到辐射水平超过阈值，则自动停止货物输送系统，

同时降源并发出声光报警，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，如监测到辐射水平超过阈值，则自动停止水处理系统同时降源，并发出声光报警。

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。

选择袖珍式辐射仪作为个人剂量报警仪。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。

此外，定期取水样送往有资质机构进行测量也是贮源井水放射性污染监测的一种必需方式。

钴源运输容器放射性沾污监测通常是在放射源装源前，在容器上方预留接口灌水，水流经内部后在下方孔洞排出，收集后进行放射性测量确保没有受到放射性污染。放射源从容器内取出后需对空容器再次测量，没有放射性污染后才能运输。

4.2.11 防止卡源措施

本项目 γ 辐照装置源架保护措施为：在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。防止卡源措施见图4-8。

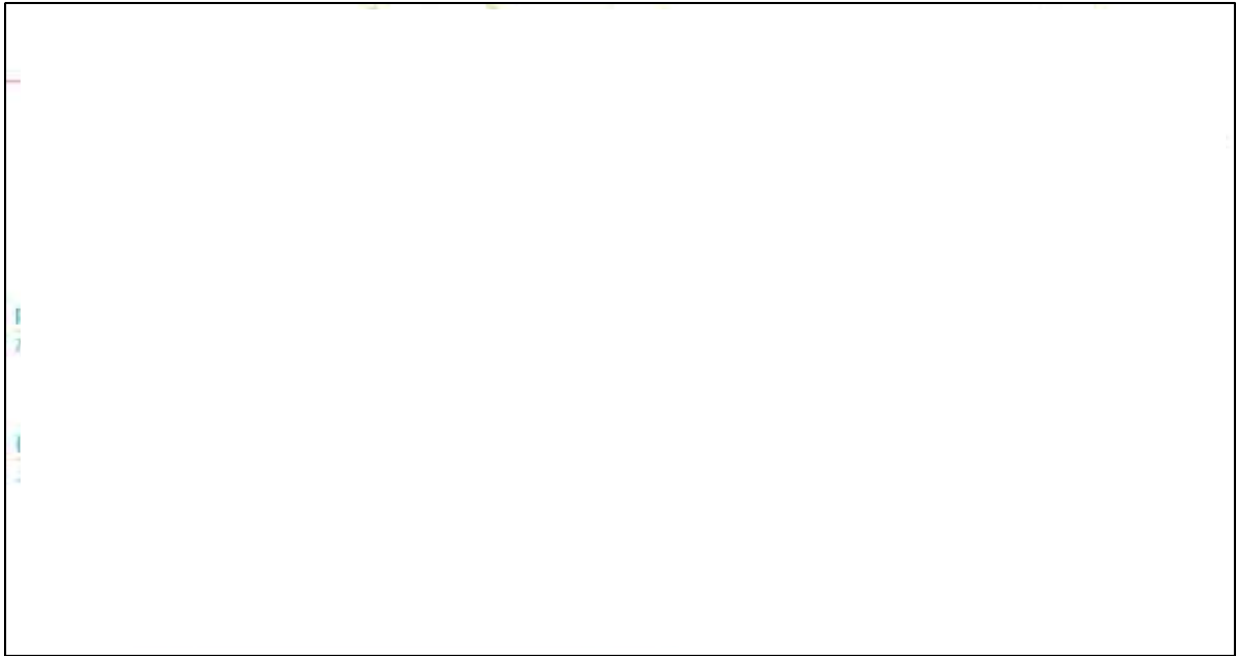


图 4-8 防止卡源措施

辐照箱设计为顶部开口，四周进行实体覆盖。辐照箱框架采用钢管及几字型不锈钢压型板焊接而成，周边封板采用铝合金板封闭，由于没有辐照箱门，杜绝了因辐照箱开门造成的卡源风险。

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。

4.2.12 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。驱动装置安装在辐照室外，具有正反双向运行功能，见图 4-9。

输送轨道沿人员通道及辐照室墙壁敷设，使摄像系统可以到达源架两侧及过源设备其他任何位置进行拍摄。摄像系统由云台、摄像头等组成。摄像系统控制器安装在辐照室外，可根据需要调整拍摄范围和拍摄角度。摄像系统具有图像储存功能。

摄像头采用可变焦镜头，镜头加铅防护，前端加铅玻璃，减轻射线对成像的干扰。该系统已经应用于多个同类型工程项目，成像清晰。

4.2.13 喷淋系统

利用已安装的喷淋系统。

以上辐射安全装置均能满足本项目 γ 辐照装置安全运行，其安全联锁逻辑示意图见图 4-10。



图 4-9 移动摄像监控系统

图 4-10 γ 辐照装置安全联锁逻辑示意图

4.2.14 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做注水检查，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/T 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。

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。

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。	辐照室人员通道门、巡视按钮钥匙与辐照装置的升源启动共用一把升源钥匙，升源钥匙与便携式辐射剂量监测仪牢固连接，钥匙唯一且由运行值班长使用。升源钥匙与升降源系统、货物输送系统联锁，若在控制台上拔出升源钥匙，辐照装置将自动降源，货物输送系统停止运行。	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通道口门上和货物通道进、出口门上设置明显可见的当心电离辐射警告标志。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巡视按钮，并与升降源联锁，以强迫操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、货物迷道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; 当货物迷道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能自动开启。	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; 在货物迷道进出口, 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, 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, 在贮源井边缘设置水位计, 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。 本项目辐照箱四周不设门, 其上端开口用于装卸货物, 因而杜绝了因辐照箱开门造成的卡源风险。在货物迷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。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。	本项目使用已有的喷淋系统, 其采用 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。本项目辐照室已设计有排风系统，选用有效风量（去除风道等因素造成的损失后）为 $12751\text{m}^3/\text{h}$ 的风机两台，辐照过程中只开动一台风机，保证换气次数达到每小时15次。当源降入水井，辐射工作人员需要进入辐照室内时，则需即刻启动另外一台风机，加强排风，换气次数增加到每小时30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，仍有一台风机运行，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

本项目不新增工作人员，无新增生活废水排放，废水排放处理措施维持现状不变，生活污水接入市政污水管网排入张家港市清泉水处理有限公司集中处理。

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

本项目不新增工作人员，无新增生活垃圾排放，固废排放处理措施维持现状不变，运行期间，生活垃圾集中收集后，统一交由环卫部门处理。

4.3.3.2 退役放射源

本项目运行时不会产生放射性固体废物，退役后的⁶⁰Co放射源由生产厂家回收，退役的¹³⁷Cs校验源交城市放射性废物库。建设单位应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两年更换一次，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<0.1Bq/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，应向监管部门提交申请延期报告，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。

华康辐照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装修及设备安装。施工过程中产生扬尘、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，此外还有少量的其他废气污染源，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) 各种建筑材料、建筑垃圾临时堆放过程中产生的扬尘；
- (2) 各种建筑物料、建筑垃圾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/m² 时，道路扬尘影响范围约为 20~30m 间，而道路积尘量为 0.6kg/m² 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。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）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。

（4）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。

（5）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。

(6) 施工现场在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。

(7) 建筑材料转运时，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

施工期废水包括贮源井水、施工废水及施工人员生活废水。

5.1.2.1 贮源井水

在 γ 辐照装置改造项目实施前，华康辐照计划将现有 203 根 ^{60}Co 放射源转让至苏州中核华东辐照有限公司（与华康辐照同属中国同辐旗下企业），已签订放射源转让协议，并办理放射源转让审批表（批准文号：苏环辐审〔2025〕332 号，见附件 5）。

待辐照室内 ^{60}Co 放射源转移后，对贮源井水进行水质监测，满足排放要求经生态环境主管部门批准后，可接入市政污水管网解控排放至张家港市清泉水处理有限公司集中处理，不向外环境排放。贮源井水排放应满足《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB 10252-2009）中的相关要求：

- (1) 贮源井水中 ^{60}Co 的放射性活度浓度应控制在 10Bq/L 以下；
- (2) 排放的 ^{60}Co 总活度不应超过 $1\times 10^5\text{Bq}$ ；
- (3) 经监管部门批准后方可排放。

5.1.2.2 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。

5.1.2.3 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，生活污水依托厂区现有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))
拆除阶段	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
	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

施工阶段	声源	声源强度 (dB (A))	治理措施	治理后声级 (dB (A))
	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, 确定改建项目的噪声影响主要来源于施工现场的声源噪声, 这些噪声将对作业人员和项目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:

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

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;

ΔL —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:

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

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
拆除阶段	90	70.0	64.0	62.0	58.0	56.0	50.0	46.5	44.0	以施工期最强噪声值预测
装修阶段	100	80.0	74.0	72.0	68.0	66.0	61.0	56.5	54.0	

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《建筑施工噪声排放标准》（GB 12523-2025）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扩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，场内运输主要为建筑垃圾转运，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包括拆除的 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置源架、输送系统等、施工产生的建筑垃圾及施工人员产生的生活垃圾等。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 拆除的 γ 辐照装置

待本项目现有 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置内 203 根 ^{60}Co 放射源安全转让至苏州中核华东辐照有限公司、贮源井水解控排放后，拟对 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置源架、输送系统等、辐照室内墙面和地面、贮源井的井覆面进行 γ 辐射和表面污染水平监测，确保其 γ 辐射剂量率处于本底水平、 β 表面污染低于 $0.8\text{Bq}/\text{cm}^2$ ，可对原有 γ 辐照装置进行拆除和辐照室内的土建改

造工程。若监测数据超标，则应采取去污、受控拆除、污染控制、废物隔离等废物最小化措施，降低放射性废物的产生量。

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石块、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往市政指定堆场。

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

本项目仅对辐照室内部分屏蔽墙体进行改造，并新增部分辅助用房，本项目的建设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

本项目拟将现有 1 套悬挂链型 γ 辐照装置拆除，安装 1 套 BFT-5 型(辊道式) γ 辐照装置，最大装源活度不变，仍为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万居里） ^{60}Co 放射源，

并对辐照室内部分屏蔽墙体进行改造，以满足 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置的安装需求。

另于辐照室人员迷道门口处放置 1 枚活度约为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ ($10\mu\text{Ci}$) 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。

本项目拟配备的 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置已于 2026 年初在重庆市梁平区投入正式运行，预计每年可为 8 万吨药品、食品、农副产品等提供杀虫、灭菌、保鲜等服务，有利于延伸梁平高新区相关产业链，可满足安全、稳定、高效、可靠的标准。

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 MCNP 程序（MCNP5_RSICC，1.51），对本项目辐照室进行屏蔽防护效果的计算。

MCNP（Monte Carlo N-Particle Transport Code System）是美国洛斯阿拉莫斯国家实验室开发的程序，它是一个通用几何，时间关联，中子—光子—电子联合运输的蒙特卡罗粒子输运程序，配备的截面数据库覆盖了所有常用核素，并可作连续能量截面方式和多群截面方式，可以解决中子、光子、电子输运及中子—光子，中子—光子—电子，光子—电子，电子—光子的联合输运问题。该程序处理的中子能量范围从 10^{-11}Mev 到 20Mev ，光子和电子能量范围从 1Kev 到 1000Mev 。它在计算粒子输运方面得到广泛应用。核反应机制考虑细致，如中子考虑了热散射效应，光子考虑了荧光发射和韧致辐射效应。

本工程设两台源架，并列放置，每台源架包含有 12 个放射源模块，见图 5-1。

图 5-1 源架

每个模块可容纳 38 根源，两台源架共可容纳 912 根放射源。每根放射源尺寸： $\phi 11.1 \times 451.5\text{mm}$ 。假设源活度均匀分布，见图 5-2。

图 5-2 源架模块

井内设装卸源平台，距地面 5.15m。装源时，最多可将两个铅罐内的盛源花篮以及 4 个源架模块放置该平台。同时，再将一个源架模块提起。此为装源时井口最大剂量率状态，见图 5-3，具体参数见表 5-4。

表 5-4 装源模块

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	5.15	4.85
源架模块 (4 个, 放置在装源平台上)	80	5.15	4.85
源架模块 (1 个, 提起的)	20	4.10	3.80
源架	60 (200 减去前三项)	4.60	4.30

图 5-3 装源模型

使用 VisED 软件的“3D view”功能对本项目辐照室进行建模, 如图 5-4 和图 5-5 所示。



图 5-4 屏蔽体 3D 图显示



图 5-5 贮源井 3D 图显示

启动 MCNP5 绘图功能，结合 Xming 视窗界面软件（版次：6.9.0.31），显示屏蔽体内剂量率分布图。如图 5-6 所示：

图 5-6 屏蔽体内剂量率分布图 (Sv/h)

图 5-7 贮源井内剂量率分布图 (Sv/h)

升源状态下，辐照室外关注点处的辐射剂量率计算结果见表 5-5。

表 5-5 辐照室屏蔽体外关注点处辐射剂量率计算结果汇总

点位序号	关注点位描述	辐射剂量率 (Sv/h) *
1	辐照室迷道墙外 30cm 处	1.37E-06
2	辐照室迷道墙外 30cm 处	9.39E-07
3	辐照室人员迷道口外 30cm 处	1.51E-09
4	辐照室顶部屏蔽体外 30cm 处	1.55E-06

注：1、计算误差均在 10%以内；

2、在使用 MCNP 程序对改造后的辐照室进行建模时，保守未考虑辐照室东墙、西

墙外进行屏蔽补偿的 6cm 铅板的屏蔽影响。

根据采用 MCNP 程序模拟辐照室内 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置在装源活度为 $7.40E+16Bq$ (200 万居里) 情况下对辐照室外和贮源井内的剂量估算结果， γ 辐照装置工作状态时本项目辐照室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 $0.0001\mu Sv/h$ ，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

华康辐照已配备有 10 名辐射工作人员，本次更换 γ 辐照装置后，其辐射工作人员和年工作量均未发生变化。根据华康辐照提供的辐射工作人员在近一年度的个人剂量检测报告（江苏省苏核辐射科技有限责任公司、江苏省辐射环境保护咨询有限公司，编号：（2025）苏核辐科（综剂）字第（0046）号、（2025）苏核辐科（综剂）字第（0126）号、（2025）苏辐咨（综剂）字第（0046）号、（2025）苏辐咨（综剂）字第（0121）号，详见附件 8），检测结果见表 5-6。

表 5-6 现有辐射工作人员个人剂量监测结果

编号	姓名	检测结果（mSv）				年有效剂量（mSv）
		2025 年第一季度	2025 年第二季度	2025 年第三季度	2025 年第四季度	
		<MDL	<MDL	<MDL	0.035	0.096
		<MDL	<MDL	0.038	<MDL	0.099
		<MDL	<MDL	<MDL	0.047	0.108
		<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.076
		<MDL	<MDL	<MDL	0.033	0.094
		<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.076
		<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.076
		<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.076

编号	姓名	检测结果 (mSv)				年有效剂量 (mSv)
		2025 年 第一季度	2025 年 第二季度	2025 年 第三季度	2025 年 第四季度	
		<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.076
		<MDL	<MDL	<MDL	<MDL	0.076

注：2025 年第一、第二季度的 MDL 值为 0.046mSv，2025 年第三、四季度的 MDL 值为 0.030mSv。

由表 5-6 可知，本项目辐射工作人员年有效剂量最大值为 0.108mSv。

参考点人员的年有效剂量由《辐射防护导论》给出的公式进行估算：

$$D_{eff} = H \cdot t \cdot T \cdot U \quad \text{公式 (5.3)}$$

将表 5-5 中辐照室外各关注点处的辐射剂量率估算值代入公式 (5.3)。本项目 BFT-5 型 (辊道式) γ 辐照装置每天持续运行约 24h，全年运行约 350 天，年出束时间约为 8400h。华康辐照已配备有 10 名辐射工作人员，按照四班配置，每日生产实行三班制，则单名辐射工作人员的年受照时间不超过 2100h。考虑周围公众及辐射工作人员的居留因子，根据公式 (5.3) 估算公众及辐射工作人员的年有效剂量，计算结果列于表 5-7。

表 5-7 辐照室周围人员年有效剂量

序号	关注点	关注点 所在场所	居留 因子 T	居留 时间 (h)	剂量率 估算值 (Sv/h)	人员可达 处年有效 剂量 (mSv/a)	保护对象 (mSv/a)	结论
1	辐照室迷道 墙外 30cm 处	水处理间、配电 间、安装间、通 风空压机房、备 用房间、办公室、 设备间、卫生间	1	2100	1.37E-06	2.88	5	满足
2	辐照室迷道 墙外 30cm 处		1		9.39E-07	1.97	5	满足
3	辐照室人员 迷道口外 30cm 处	操作大厅	1	2100	1.51E-09	<0.01	0.1	满足
		控制室	1			<0.01	5	满足
4	辐照室顶部屏蔽 体外 30cm 处	进源间、设备间	1/16	2100	1.55E-06	0.20	5	满足

根据表 5-7 结果分析可知，该项目 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置投入运行后，辐照室外辐射工作人员年有效剂量最大为 2.88mSv、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）。

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：

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

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）：

$$Q(t) = \frac{Q_0 \bar{T}}{V} (1 - e^{-t/\bar{T}}) \quad \text{公式（5.5）}$$

式中： $Q(t)$ — t 时刻辐照室空气中臭氧的浓度， mg/m^3 ；

\bar{T} —有效清除时间， h ，计算公式见公式（5.6）：

$$\bar{T} = \frac{t_v \cdot t_d}{t_v + t_d} \quad \text{公式 (5.6)}$$

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

$$Q_s = \frac{Q_0 \bar{T}}{V} \quad \text{公式 (5.7)}$$

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 5-8。

表 5-8 本项目辐照室内臭氧平衡浓度

参数	计算结果	
A_0 (TBq)	7.40E+04	2.22E+05
G	6	
V (m^3)	902	
Q_0 (mg/h)	7.34E+04	
排风速率 (m^3/h)	12751 (1 台风机启动)	12751×2 (2 台风机同时启动)
\bar{T} (h)	0.065	0.034
Q_s (mg/m^3)	5.30	2.76

(3) 臭氧的排放

由表 5-8 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，辐射工作人员不能直接进入辐照室，两台风机同时运行，加强通风，降源后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -\bar{T} \ln \frac{Q_0}{Q_s} \quad \text{公式 (5.8)}$$

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

T —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间， h 。

表 5-9 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
\bar{T} (h)	0.034
Q_0 (mg/m^3)	0.3
Q_s (mg/m^3)	2.76
T (h)	0.075 (4.52min)

由以上参数计算得出，本项目 γ 辐照装置停止工作后，辐照室内两台排风机以通风速率不低于 $12751\text{m}^3/\text{h}$ 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 ($0.3\text{mg}/\text{m}^3$)。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，辐照工作人员方可进入辐照室。项目设置的排风口位于辐照室所在厂房楼顶，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

本项目不新增工作人员，无新增生活废水排放，废水排放处理措施维持现状不变，生活污水接入市政污水管网排入张家港市清泉水处理有限公司集中处理。

5.2.3.3 固体废物

本项目不新增工作人员，无新增生活垃圾排放，固废排放处理措施维持现状

不变，运行期间，生活垃圾集中收集后，统一交由环卫部门处理。

5.2.3.4 噪声

本项目噪声主要来源于辐照室配备的两台排风系统机组（声源强度约 78dB（A））、一台空压机（声源强度约 90dB（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。辐照室配备的排风系统机组和空压机均位于辐照室西侧的通风空压机房内，考虑到通风空压机房、厂界墙体等产生的声传播衰减值约大于 10dB，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 5-10。

表 5-10 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	55	昼间	54.7	45.7	55.2	65
		夜间	50.9	45.7	52.0	55
南侧厂界	56	昼间	56.9	45.6	57.2	65
		夜间	47.9	45.6	49.9	55
西侧厂界	32	昼间	54.6	50.4	56.0	65
		夜间	49.0	50.4	52.8	55
北侧厂界	65	昼间	51.1	44.3	51.9	65
		夜间	42.5	44.3	46.5	55

注：本项目辐照室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

本项目仅对辐照室内部分屏蔽墙体进行改造，并新增部分辅助用房，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 5-11。

表 5-11 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。
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 5-11，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 γ 辐照装置使用的 ^{60}Co 放射源设计装源能力为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 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⁶⁰Co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

γ 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迷道口设置“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控制室内设置“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，对贮源井水质定期监测，如发现井水被污染，检验样的总放射性活度大于 20Bq 时，认定该放射源为可疑密封不合格源，应单独跟踪检测或送往源的生产厂家检验；当检验样的总放射性活度大于 185Bq 时，判明放射源泄漏。确认放射源已发生泄漏，应立即停止使用辐照装置，并关闭水循环系统和通风系统，以防止污染扩散。同时尽快上报有关管理和监督部门，并与放射源的供应商和制造厂取得联系，迅速采取处理措施。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/T 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。

破损源及污染物应经有关管理和监督部门的批准，才能进行处理。

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 厚不锈钢井覆面，且混凝土井壁也做了防渗漏处理，因此贮源井具有两道屏障保证井水不渗漏，井覆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。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。辐照室属于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气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 $\geq 0.3g$ 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。

由于整个辐照室均为钢筋混凝土结构，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，并且衬以不锈钢井覆面，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 5-12。

表 5-12 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，并且辐照室周围人员分布较少，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他安全事故；
- 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，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，最大限度地减少或消除隐患，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，华康辐照应成立专门的辐射安全与环境保护管理机构。

华康辐照现持有生态环境部核发的辐射安全许可证（国环辐证[00084]），有效期至：2026年9月30日，许可种类和范围为“使用I类、II类、III类、IV类、V类放射源”。

华康辐照 γ 辐照装置改造项目属于改建项目，华康辐照作为辐射安全许可证的持证单位，已成立专门的辐射安全与环境保护管理机构，本次 γ 辐照装置改造项目投入运行后，辐射安全与环境保护管理机构未发生变化。

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。建设单位已配备1名注册核安全工程师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

华康辐照已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

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。

华康辐照已配备有 10 名辐射工作人员（名单见表 3-2），每日生产实行三班制，辐射工作人员按照四班配置。辐射工作人员均已通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，并配备有 1 名注册核安全工程师负责全公司的辐射安全工作。

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，华康辐照已制定相应的辐射安全管理制度，主要包括《辐射安全与防护管理规定》《辐照装置安全检查操作规程》《放射源管理制度》《设备设施管理制度》《辐射工作人员职业健康管理制度》《教育培训管理》《废物管理制度》《监测仪表使用与校验管理制度》《人员进出管理制度》《安全生产应急管理》《辐射事故专项应急预案》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）《辐射安全与防护管理规定》，给出辐射防护原则、辐射安全组织体系及职责、个人剂量管理、环境辐射水平控制原则和措施、辐射监测要求和计划、辐射工作人员职业健康管理、教育和培训等总体要求。

（2）《辐照装置安全检查操作规程》，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。建议公司针对拟配备的 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置的特点，修订完善《辐照装置安全检查操作规程》等规章制度，体现新装置的操作要求和联锁逻辑。

（3）《设备设施管理制度》，明确设备和各项联锁装置等在日常使用过程中

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。

(4) 《教育培训管理》，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。

(5) 《放射源管理制度》，明确放射源台账和使用登记记录，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，账物相符。

(6) 《监测仪表使用与校验管理制度》，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。

(7) 《辐射工作人员职业健康管理制度》，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。

(8) 《辐射事故专项应急预案》，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。

华康辐照每年编写放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告，包括放射源台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容，每年 1 月 31 日前将年度评估报告上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

根据华康辐照《2025 年度辐射安全和防护状况年度评估报告表》显示，2025

年度公司未发生辐射事故，公司辐射安全和防护设施运行良好，定期开展了维护工作，定期检查防护情况，发现的隐患及时处理；公司已制定和完善了相应辐射安全和防护制度及措施，各项制度和措施得到了落实。

公司应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做出明确要求和规定，能够很好地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。

华康辐照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和个人剂量报警仪，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。

辐射工作人员进入辐射工作场所必须佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量计须送有资质单位进行监测，监测周期不超过三个月，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

华康辐照已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。

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	辐照室四周的建筑物内外（升降放射源时对辐照室四周屏蔽墙外，控制室及工作人员办公室进行监测，加强辐照室薄弱环节风机口、迷道进出口、源室顶和水处理装置的监测，对环境四周 8~10 个点	γ 辐射空气吸收剂量率	不少于 1 次/半年	自行监测

华康辐照已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) 公司已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

华康辐照已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	辐照室四周的建筑物内外（升降放射源时对辐照室四周屏蔽墙外，控制室及工作人员办公室进行监测，加强辐照室薄弱环节风机口、迷道进出口、源室顶和水处理装置的监测，对环境四周 8~10 个点和公众敏感点	γ 辐射空气吸收剂量率	2 ^a	委托监测
贮源井水	贮源井	⁶⁰ Co、电导率、Cl ⁻ 、pH 值	2 ^b	委托监测
土壤 ^c	辐照装置建筑物外围 10~30cm 土壤	⁶⁰ Co	1	委托监测
<p>^a 源增加时，应重新监测。</p> <p>^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。</p> <p>^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，应及时对周围土壤开展监测。</p>				

6.3.4 监测设备

本项目已配备和计划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

仪器名称	数量	型号	性能状态	校准证书编号	备注
固定式辐射水平监测仪器	1 套	BN3301H 型	/	/	本次更新
便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪	1 台	FD-3013B 型	良好	2024H21-10-5506634001 (上海市计量测试技术研究院)	/
个人剂量报警仪	4 台	LANS 31-083B 型	良好	Y16-20247472 (山东省计量科学研究院)	/
			良好	Y16-20247473 (山东省计量科学研究院)	/
			良好	Y16-20248234 (山东省计量科学研究院)	/
			良好	Y16-20248235 (山东省计量科学研究院)	/
个人剂量计	1 支/人	/	良好	/	/

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,本项目除已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,计划配备 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,其中 1#探头设在人员通道内并与人员通道门联锁,用于监测辐照室内的剂量水平。如源在贮存位时监测到辐射水平超过阈值,则人员通道门无法打开;2#探头安装在迷道的产品出口处并与输送系统联锁,如监测到辐射水平超过阈值,则自动停止货物输送系统,同时降源并发出声光报警,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,如监测到辐射水平超过阈值,则自动停止水处理系统同时降源,并发出声光报警。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 枚检验源（约 10 μ Ci 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。

辐射工作人员已佩戴个人剂量计，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。

华康辐照已根据监测计划，明确监测项目，定期（不少于 1 次/月）使用辐射监测仪器对项目周围辐射环境进行自检，并保留自检记录，每年委托有资质的单位定期对项目周围环境 X- γ 辐射剂量率进行监测，监测结果上报生态环境行政主管部门。

华康辐照已为现有辐射工作人员配备个人剂量计，组织辐射工作人员进行个人剂量监测（1 次/季）和职业健康体检（1 次/2 年），辐射安全与环境保护管理机构负责公司辐射工作人员个人剂量的收发和管理以及职业健康监护、个人剂量监测档案的存放保管。

2025 年度华康辐照已委托苏州苏大卫生与环境技术研究有限公司开展了辐射工作场所的辐射安全与防护年度监测，监测结果均符合国家相关标准要求；已委托江苏省苏核辐射科技有限责任公司、江苏省辐射环境保护咨询有限公司完成了辐射工作人员的个人剂量监测，所有辐射工作人员监测结果均符合国家相关标准要求。

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，华康辐照已成立辐射事故应急机构，制定《辐射事故专项应急预案》，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

华康辐照已设立辐射事故应急指挥部，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。

辐射事故应急指挥部由总经理任总指挥，组员主要由辐射专职管理人员、副总经理、各部门负责人组成。

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地疏散及财物的转移，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，建设单位已针对

本项目操作放射源的辐射事故风险，制定《辐射事故专项应急预案》，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辐射事故应急指挥部，在接到报告后由辐射事故应急指挥部通知应急总指挥、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地疏散及财物的转移，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。若发生放射源泄漏造成人员体表产生表面污染，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。

辐射事故应急指挥部提交《辐射事故后续报告表》，组织调查事故原因和总结经验反馈，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、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

辐射事故应急指挥部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。

本项目地处长三角地区，食品和药品的辐射加工有着巨大的市场。 γ 辐照装置服务半径可以覆盖周边数百公里，是配套医疗器械和医用耗材的基础设施，服务距离越近，被服务企业的成本和风险越小，保障程度越高。

当前全球钴源紧缺情况下，符合 γ 辐照灭菌的资源一直处于紧缺状态。项目改造提升后，辐照能力提升显著，在招商引资方面会成为一项很有吸引力的资源，实现“筑巢引凤”效果。

长三角是我国制造业聚集地，高端医疗器械和生物医药创新与制造的显著优势区域，张家港市交通便利，周边生物医药产业园众多，相关制造业企业聚集，改造升级辐照设备，将推动相关企业进一步向此区域集聚，强化区域发展优势。

本项目工程实施后，可有效地解决区域医疗设备及食品加工生产企业的辐照灭菌加工需求，为区域内相关企业服务，促进片区相关行业的发展。

本项目选用的 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。

本项目建设运行可以提高医疗产品及食品安全保障能力，提高地方产业配套

服务能力，并因此吸引更多相关产业方向的企业投资，增加当地就业机会，拉动地方经济，增加地方财政收入，这对改善当地的投资环境，促进经济繁荣有着重大的意义，其社会效益显著。

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，本项目为改建项目，项目所在辐照室位于华康辐照厂房南部，无新增用地，项目运行依托公司厂区现有的基础设施，不单独建设供水、排水系统，故社会损失可忽略。

能源方面，本项目计划将现有 1 套 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置拆除，更换 1 套 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置，项目运行后， γ 辐照装置的工作时间和人员配置均保持不变，运行期间水、电等能源均依托厂区现有设施。

本项目总投资约 1560.01 万元，其中环保投资约 234 万元，占总投资的 15.0%。

表 7-1 本项目环保投资一览表

序号	项目	投资（万元）
1	建安工程费	
2	工艺设备购置费	
3	工程建设其他费用	
4	基本预备费	
5	铺底流动资金	
	合计	

7.2.2 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-5 型（辊道式） γ 辐照装置，主要用于食品、医疗用品、调味品、中药等产品的辐射灭菌。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，而且对财政税收作出积极贡献，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

张家港市核华康辐照有限公司拟对苏州市张家港市凤凰镇西张创业路 88 号厂区辐照室内部分屏蔽墙体进行改造，拆除原有 SQ (H) -636 型（悬挂链式） γ 辐照装置，安装 1 套 BFT-5 型（辊道式） γ 辐照装置，最大装源活度不变，仍为 $7.40\text{E}+16\text{Bq}$ （200 万 Ci）的 ^{60}Co 放射源（属于 I 类放射源），建成后主要用于食品、医疗用品、调味品、中药等产品的辐射灭菌。另于辐照室人员迷道入口处放置 1 枚活度约为 $3.70\text{E}+05\text{Bq}$ （ $10\mu\text{Ci}$ ）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

本项目主要工程设备包括：放射源、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、安全连锁系统、自动控制系统、剂量监测系统、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) 本项目辐照室设计了安全、冗余的辐射安全联锁系统，包括源升降联锁系统、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：本项目辐照室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。经计算辐照室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辐照室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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，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

本项目辐照室内设有通风系统，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

本项目不新增工作人员，无新增生活废水排放，废水排放处理措施维持现状不变，生活污水接入市政污水管网排入张家港市清泉水处理有限公司集中处理，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；本项目不新增工作人员，无新增生活垃圾排放，固废排放处理措施维持现状不变，运行期间，生活垃圾收集后，统一交由环卫部门处理。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 50.4dB（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

本项目为改建项目，张家港市核华康辐照有限公司已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。公司已按相关规定要求制定相应的辐射安全管理制度，主要包括《辐射安全与防护管理规定》《辐照装置安全检查操作规程》《放射源管理制度》《设备设施管理制度》《辐射工作人员职

业健康管理制度》《教育培训管理》《废物管理制度》《监测仪表使用与校验管理制度》《人员进出管理制度》《安全生产应急管理》《辐射事故专项应急预案》等。

张家港市核华康辐照有限公司已配备有 10 名辐射工作人员，均已通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。

公司已制定《辐射事故专项应急预案》，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。经对拟订应急预案内容的分析，项目辐射事故应急预案是可行的。

本项目辐照室已配备 1 台便携式辐射检测报警仪、4 台便携式个人剂量报警仪等辐射监测仪器，计划配备 1 套 BN3301H 型固定式辐射水平监测仪器，已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

张家港市核华康辐照有限公司应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戴个人剂量计、个人剂量报警仪外，定期进行辐射安全培训，参与辐射应急演练。

(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

张家港市核华康辐照有限公司已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

张家港市中核华康辐照有限公司已根据国家核安全法规的要求，配备 1 名注册核安全工程师作为辐射安全专职管理人员。

(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，张家港市中核华康辐照有限公司拟建设的“张家港市中核华康辐照有限公司 γ 辐照装置改造项目”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。张家港市中核华康辐照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。