

原科恒辉技术有限公司

电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目

(一期)

竣工环境保护验收监测报告表

建设单位/编制单位：原科恒辉技术有限公司

2023 年 4 月

建设单位法人代表： (签字)

编制单位法人代表： (签字)

项 目 负 责 人：

填 表 人：

建设单位/编制单位：原科恒辉技术有限公司（盖章）

电话：15020074920

传真：/

邮编：264034

地址：烟台市莱山经济开发区金斗山路 5009 号

目 录

表 1 概述.....	1
表 2 项目工程概况.....	9
表 3 环评要求及落实情况.....	23
表 4 验收监测.....	26
表 5 职业与公众受照剂量.....	33
表 6 辐射安全管理.....	35
表 7 验收监测结论与要求.....	37

附件

1. 环境影响报告表批复.....	附件-1
2. 辐射安全许可证.....	附件-4
3. 辐射工作安全责任书.....	附件-8
4. 辐射管理规章制度.....	附件-10
5. 应急预案及应急演练记录.....	附件-26
6. 辐射安全与防护培训合格证.....	附件-32
7. 个人剂量档案及个人剂量检测报告.....	附件-36
8. 竣工环境保护验收监测报告.....	附件-47

表 1 概述

工程名称	电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目（一期）				
建设单位	原科恒辉技术有限公司				
法人代表	邹立文		联系人	孙鸿飞	
通讯地址	烟台市莱山经济开发区金斗山路 5009 号				
联系电话	15020074920	传真	——	邮政编码	264034
建设地点	烟台市莱山经济开发区金斗山路 5009 号，厂区生产车间内北侧东部				
工程性质	新建 ☒ 改扩建 ☐ 技改 ☐		行业类别	——	
环境影响 报告表名称	电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表				
环境影响评价单位	山东清朗环保咨询有限公司				
环境影响评价 审批部门	烟台市生态环境局	文号	烟环辐表审 [2020]32 号	时间	2020 年 10 月 26 日
竣工验收监测单位	山东鼎嘉环境检测有限公司				
工程总投资 (万元)	6000	项目环保投资 (万元)	120	环保投资占总 投资比例	4.17%
验收规模	2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房），使用 2 套 DZ10/20 型电子辐照加速器，各内置 1 台 10MeV 电子加速器，属使用 II 类射线装置				

1.1 公司简介

原科恒辉技术有限公司（下文简称“公司”）是由中核集团应国家科技成果转化政策要求，指导中国原子能科学研究院发起、依托山东恒辉节能技术集团有限公司为主体投资，以中国原子能科学研究院 10MeV/20kW 大功率辐照电子加速器核心技术为依托的产业化公司，成立于 2019 年 12 月，法定代表人为邹立文。公司位于烟台市莱山经济开发区金斗山路 5009 号，注册资本 12000 万元，经营范围辐照加速器及相关设备、零部件、软件的设计、研发、生产、销售、租赁；辐照工艺研究、开发和应用；以自有资金对辐照站、辐照行业进行投资及运营服务；辐照产品销售；辐照加速器维保服务；辐照站及辐照加速器相关技术服务；技术咨询、技术转让；货物及技术的进出口业务等。

1.2 验收任务由来

一、原有工程

2020 年 9 月 18 日，公司对销售电子辐照加速器应用项目进行了登记备案，备案内容为年销售电子辐照加速器 30 台，备案号为 202037061300000180，销售环节不再进行验收。

二、本次验收工程

2020 年 3 月，公司委托山东清朗环保咨询有限公司开展了《电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表》编制工作，项目建设内容为新建 2 个调试机房（1#调试机房、2#调试机房），用于组装后电子辐照加速器调试工作，新建 2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房），机房内各配置 1 套 DZ10/20 型电子辐照加速器（属 II 类射线装置），用于果蔬、食品等对外辐照加工业务。2020 年 10 月 26 日，烟台市生态环境局以“烟环辐表审[2020]32 号”文件对该项目进行审批。

根据项目实际情况，2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房）于 2022 年 7 月建成投入试运行，本次针对 2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房）进行验收；2 个调试机房主体已建成，由于电子辐照加速器生产线暂未投产，调试机房尚未投入使用，本次不对其进行验收。

公司现持有辐射安全许可证，证书编号：鲁环辐证[06806]，种类和范围为生产、销售、使用 II 类射线装置，有效期至 2026 年 4 月 25 日。本次验收涉及的 2 套 DZ10/20 型电子辐照加速器已进行许可登记。本次验收涉及的射线装置情况见表 1-1。

表 1-1 本次验收涉及的射线装置

名称	型号	类别	数量	加速 粒子	最大 能量	最大 束流	最大束 流功率	工作场所	应用 类型
电子辐照 加速器	DZ10/20	II 类	2 套	电子	10MeV	2mA	20kW	1#辐照机房、 2#辐照机房	使用

根据《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日）、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日）等有关法律法规的要求，公司对电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目（一期）开展竣工环保验收工作，对项目现场进行实地勘察和资料核查，查阅有关文件和技术资料，查看辐射防护措施的落实情况，根据验收监测结果和现场检查情况编制了《原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目（一期）竣工环境保护验收监测报告表》。

1.3 验收目的

1、核查建设项目在设计、施工和运行阶段对环境影响评价报告及批复中所提出的辐射防护措施及各级生态环境行政主管部门批复要求的落实情况。

2、核查建设项目所涉及的射线装置工作场所实际运行过程中对周围环境的辐射影响情况，以及已采取防护措施，分析各项防护措施实施的有效性；通过现场调查和实地监测，确定建设项目产生的环境影响达标情况。

3、核查公司环境管理机构设立情况、建设项目职业工作人员符合性和防护仪器的配置情况，核查公司各项辐射规章制度的制定及执行情况，指出建设项目存在的问题，并提出改进措施，以满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理和安全防护规定的要求。

4、根据现场监测、核查结果的分析与评价，形成验收监测结论，为建设项目竣工环境保护验收提供技术依据。

1.4 验收监测依据

一、法律、法规

1、《中华人民共和国环境保护法》，中华人民共和国主席令第9号公布，2014年4月24日修订，2015年1月1日施行；

2、《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第6号公布，2003年10月1日施行；

3、《建设项目环境保护管理条例（2017修订）》，国务院令第682号公布，2017年6月21日修订，2017年10月1日施行；

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号公布，2014年7月29日第一次修订，2019年3月2日第二次修订后实施；

5、《关于发布射线装置分类的公告》，环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日发布后施行；

6、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，环境保护部令第3号，2006.3.1施行，2008年11.21第一次修订，2017.12.12第二次修订，2019.8.22第三次修订；生态环境部令第20号修订，2021年1月4日施行；

7、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年4月18日公布，2011年5月1日施行；

8、关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告，环境保护部国环规环评[2017]4号，2017年11月20日发布后施行；

9、《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，国家环保总局环发[2006]145号，2006年9月26日发布；

10、《山东省辐射污染防治条例》，山东省人民代表大会常务委员会公告第37号，2014年5月1日施行；

11、《山东省环境保护条例》，山东省第十三届人民代表大会常务委员会第七次会议，2019年1月1日修正后施行。

二、行业标准、技术导则

1、关于发布《建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类》的公告，生态环境部公告2018年第9号，2018年5月；

2、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

3、《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；

4、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；

5、《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）；

6、《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）；

7、《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）；

8、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；

9、《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）。

三、技术文件依据

1、《原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表》，山东清朗环保咨询有限公司，2020年9月；

2、《原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表》审批意见，烟台市生态环境局，烟环辐表审[2020]32号，2020年10月26日；

3、辐射规章管理制度等支持性文件。

1.5 验收监测评价标准、限值

一、《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

1、职业照射和公众照射的年剂量限值

根据GB18871-2002附录B内剂量限值和表面污染控制水平要求。

①职业照射剂量限值

a）由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），

20mSv;

- b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv;
- c) 眼晶体的年当量剂量, 150mSv;
- d) 四肢(手和足)或皮肤的年当量剂量, 500mSv。

②公众照射剂量限值

- a) 年有效剂量, 1mSv;
- b) 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;
- c) 眼晶体的年当量剂量, 15mSv;
- d) 皮肤的年当量剂量, 50mSv。

该标准 11.4.3.2 规定, 剂量约束值通常在公众照射剂量限值 10%~30%的范围之内, 但剂量约束的使用不应取代最优化要求, 剂量约束值只能作为最优化值的上限。

二、《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-1985)

2 剂量当量限值

2.8 从事加速器工作的全体放射性工作人员, 年人均剂量当量应低于 5mSv。

2.10 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等, 对关键居民组的个人造成的有效剂量当量应低于每年 0.1mSv。

3 辐射防护设施的设计原则

3.2 辐射屏蔽

3.2.1 加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度以及靶材料等综合考虑; 按其可能的最大辐射输出进行设计。

3.2.2 加速器的屏蔽体厚度还应根据相邻区域的类型及其人口数确定, 使其群体的集体剂量当量保持在可以合理做到的尽可能低的水平。必须保证个人所接受的剂量当量不得超过相应的剂量当量限值。

3.3 辐射安全系统

3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。

3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装联锁装置, 只有门关闭后才能产生辐射。

3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点, 应安装紧急停机或紧急断束开关, 并且这种开关应当有醒目的标志。

3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或旋转式红色警告灯及音响警告装置；在通往辐射区的走廊、出入口和控制台上须安装工作状态热指示灯。

3.3.5 在高辐射区和辐射区，应该安装遥控辐射监测系统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时，该系统的音响和（或）灯光警告装置应当发出警告信号。

3.3.6 每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装置，如个人剂量计，可携式监测仪，气体监测仪等。

3.4 通风系统

3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。

3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。

3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显减弱屏蔽体的屏蔽效果。

三、《辐射加工电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

8.1.3 辐射防护安全要求

辐射防护安全要求如下：

c) 监督区的辐射剂量水平应符合 GB18871-2002 和 GB5172 中的职业照射剂量限值要求；在工程设计时，辐射防护设计的剂量规定为：职业人员个人年有效剂量限值为 5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv；

d) 控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设置；

e) 控制区和监督区及其入口处应设置显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志；

f) 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备；

g) 其他物理因素安全要求应满足 GBZ2.2-2007 规定的标准要求。

四、《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）

5.1.4 II、IV类 γ 射线辐照装置和 II 类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测。

5.1.4.3 测量结果应符合 GB17279 第 5 条（对监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 2.5×10^{-3} mSv/h）。

五、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

4.1.2 辐射工作场所的分区

按照 GB18871 的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：

控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；

监督区，如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

4.1.3 在控制区出入口处和其他必要的地方，应设立醒目的、符合 GB18871 规定的警告标示。

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

（3）个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

a 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；

B 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。

4.2.2 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。如屏蔽体外为社会工作区域，屏蔽体设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

6.2 安全设施

（1）钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门机联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；

（2）门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机；

（3）束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运动时，加速器应自动停机；

（4）信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子

加速器辐照装置联锁；

（5）巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡检有无人员误留；

（6）防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁；

（7）急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区。

根据《原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表》评价内容及批复文件，以 5.0mSv 作为职业人员的年管理剂量约束值；以 0.1mSv 作为公众成员的年管理剂量约束值；采用 2.5 μ Sv/h 作为电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域剂量率目标控制值。

六、环境天然放射性水平

根据山东省环境监测中心站对山东省环境天然放射性水平的调查，烟台市环境天然 γ 空气吸收剂量率见表 1-2。

表 1-2 烟台市环境天然辐射水平（ $\times 10^{-8}$ Gy/h）

监测内容	范 围	平均值	标准差
原 野	2.14~12.05	5.84	1.66
道 路	1.94~20.14	6.49	2.39
室 内	4.56~20.53	10.11	2.71

注：表中数据摘自《山东省环境天然放射性水平调查研究报告》，山东省环境监测中心站，1989 年。

表 2 项目工程概况

2.1 项目基本情况

2.1.1 项目名称

原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目（一期）。

2.1.2 项目性质

新建。

2.1.3 项目位置

原科恒辉技术有限公司位于烟台市莱山经济开发区金斗山路 5009 号，本项目辐照机房位于厂区生产车间内北侧东部。

项目所在区位见附图 1，周边关系影像见附图 2，厂区总平面布置见附图 3，生产车间平面布置示意图见附图 4，本次验收的辐照机房平面布置见附图 5、附图 7。

2.1.4 验收规模

环评规模：新建 2 个调试机房（1#调试机房、2#调试机房）用于组装后电子辐照加速器调试工作；同时为满足周边地区对辐照加工业务的需求，公司拟新建 2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房），机房内各配置 1 台电子辐照加速器（属 II 类射线装置），用于果蔬、食品等对外辐照加工业务。

验收规模：本项目分期建设、分期验收，生产车间内北侧东部建设有 2 个调试机房、2 个辐照机房。其中 2 个调试机房（1#调试机房、2#调试机房）主体已建成，由于电子辐照加速器生产线未投产，2 个调试机房尚未投入使用，本次不进行验收；2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房）已建成投入试运行，每个机房内运行 1 套 DZ10/20 型电子辐照加速器，最大能量 10MeV，属使用 II 类射线装置。因此本期针对 2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房）开展验收，验收监测时 2 套电子辐照加速器均正常运行。

本次验收规模见表 2-1 所示。

表 2-1 射线装置验收一览表

序号	设备名称	型号	数量	类别	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA)	用途	照射 方向	工作场所
1	电子辐照 加速器	DZ10/20	2 套	II 类	10	2	辐照消 毒灭菌	向下 照射	1#辐照机 房、2#辐照 机房

2.2 辐射安全防护与污染物处置

2.2.1 项目选址及现场布置

经现场勘查，本次验收的 2 个辐照机房位于公司厂内生产车间内北侧东部，机房所在位置四周 50m 范围内除北侧 25m 处莱山中医药产业园外，无医院、学校、居民区等其他环境保护目标，机房周围毗邻关系见表 2-2 所示，现场勘查情况见图 2-1 所示。

表 2-2（a） 1#辐照机房周围毗邻关系表

名称	方 向	毗邻情况	距场所距离
1#辐照机房	北 侧	厂内道路、25m 处莱山中医药产业园	相邻
	东 侧	2#辐照机房、冷库	相邻
	南 侧	上下货区、已辐照货物摆放区	相邻
	西 侧	2 座调试机房（未投运）、备品备件摆放区	相邻

表 2-2（b） 2#辐照机房周围毗邻关系表

名称	方 向	毗邻情况	距场所距离
2#辐照机房	北 侧	厂内道路、25m 莱山中医药产业园	相邻
	东 侧	冷库	相邻
	南 侧	上下货区、已辐照货物摆放区	相邻
	西 侧	1#辐照机房、2 座调试机房（未投运）、备品备件摆放区	相邻

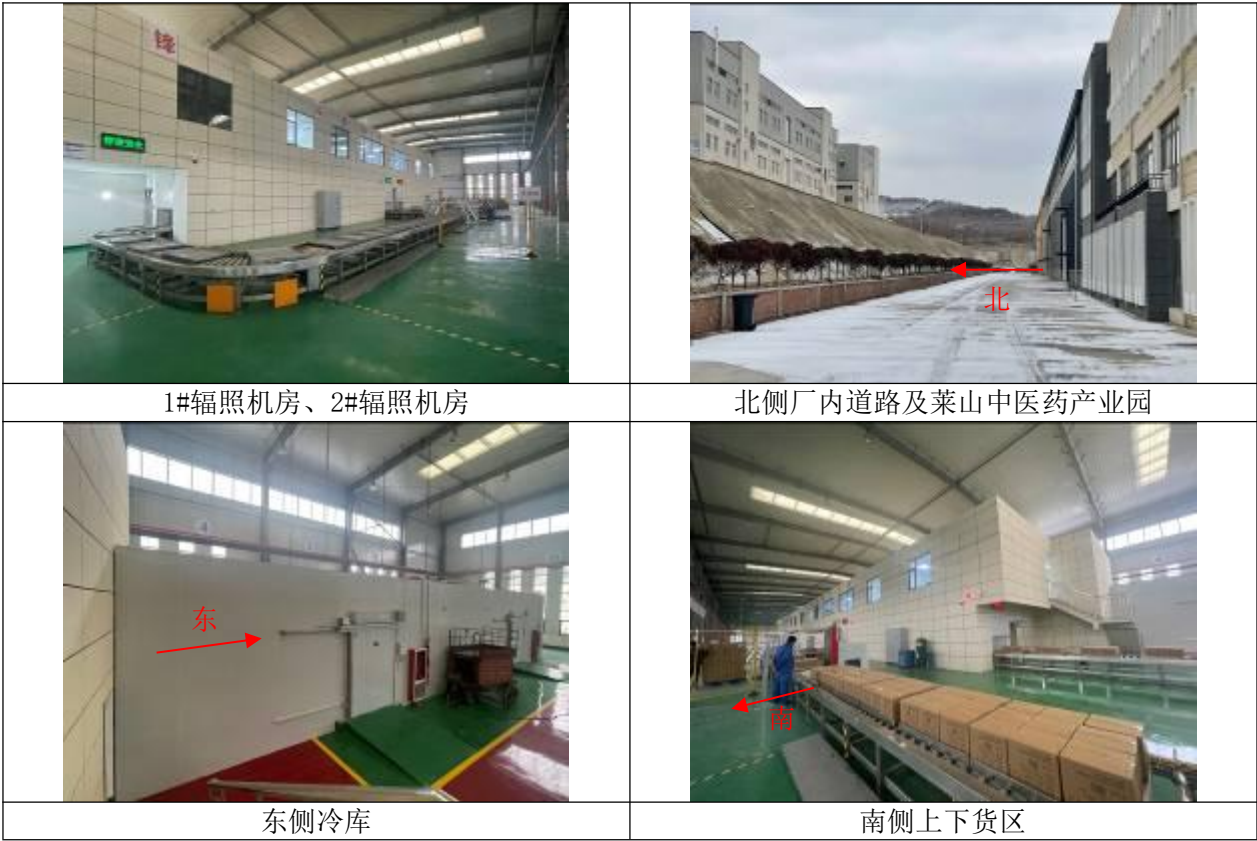


图 2-1 本次验收 1#辐照机房、2#辐照机房现场拍摄照片

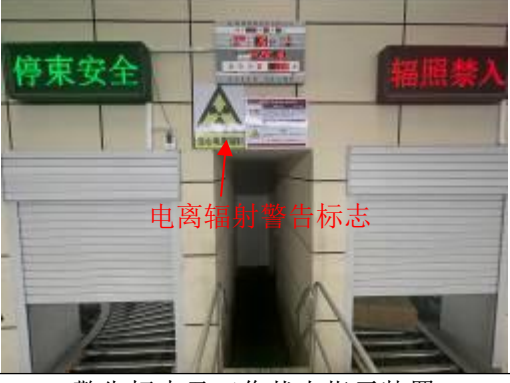
	
西侧调试机房（未投运）及备品备件摆放区	辐照室内部（一层）
	
传送带出入口	警告标志及工作状态指示装置
	
加速器出束口	拉线开关
	
应急开门按钮	光电开关

图 2-1（续） 本次验收 1#辐照机房、2#辐照机房现场拍摄照片

	
辐照室内监控	门机联锁
	
辐照主机室内部（二层）	辐照主机室防护门
	
紧急停机按钮	警铃、拉线开关
	
巡检按钮	控制台

图 2-1（续） 本次验收 1#辐照机房、2#辐照机房现场拍摄照片

	
剂量检测系统	钥匙开关、急停按钮
	
制度上墙	巡检出入口安全门
	
设备间	工具间
	
客户接待室、厕所	制造部办公室

图 2-1（续） 本次验收 1#辐照机房、2#辐照机房现场拍摄照片

2.2.2 辐射防护措施

本次验收的辐照机房采取实体屏蔽，为两层结构，主要包括：电子枪、加速管、供电系统、扫描系统、聚焦系统、真空系统、水冷却系统、风冷系统、控制系统和传输系统等设备。设置了控制区与监督区；操作台上设置了紧急停机按钮、钥匙开关；设置有门机联锁装置、束下装置联锁、电离辐射警告标志、工作状态指示灯、警灯警铃、剂量检测系统、巡检按钮、拉线开关、视频监控；辐照室外设置有防护围栏，且在四周设置电离辐射警告标志；每个辐照室设置了1套固定式在线辐射剂量监测仪。辐照机房各辐射安全与防护措施能有效运行。公司配备有4台便携式X- γ 辐射检测仪、5部个人剂量报警仪。

原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表与验收情况的对比见表2-3。

表2-3 环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
型号	待定	DZ10/20
位置及整体布局	2个辐照机房及电子辐照加速器位于生产车间内北侧东部。采用常规的辐照室、迷道、主机室设计组成，辐照装置设置于主机室内；机房一层自西向东为1#辐照室、2#辐照室、厕所，二层北侧自西向东为备品间、1#辐照主机室、设备间、2#辐照主机室、检测室、厕所，二层南侧为辅助用房，自西向东布设装卸平台、工具室、1#控制室、培训室、会议室、取样室、技术开发室、2#控制室、实验室和业务洽谈室	经核实，2个辐照机房及电子辐照加速器实际建设位置、整体布局与基本环评一致
电子束能量	10MeV	根据设备参数及现场勘查，与环评一致
最大束流功率	20kW	
额定电子束流强	2mA	
微波工作频率	2856MHz $\pm$ 0.5MHz	
脉冲重复频率	5Hz~530Hz	
扫描宽度	600mm~900mm	
束斑大小	Φ 75mm（钛窗下1000mm处）	
束流不稳定性	$\leq$ 5%	
主射束方向	向下	
加速器工作方式	自动控制	

续表 2-3 环境影响报告表与验收情况对比表

名称		环评内容	现场状况
1#辐照室	室内尺寸	室内东西净长 15m，南北净宽 15m，净高 2.1m~2.3m	经现场勘察核实，与环评基本一致，且工作状态指示灯、紧急停机按钮、门机联锁装置等安全防护设施均正常有效运行
	四周墙体、迷道	1#辐照室各墙体及迷道墙均为混凝土结构（采用 C35 混凝土，密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），北墙厚度为 1500mm~2700mm，西墙厚度为 1200mm~2500mm（与 2#调试辐照室共有），东墙厚度为 1000mm~2500mm（与 2#辐照室共有），南侧迷道内墙厚度为 2000mm，室内左侧、右侧均设置有「型迷道，迷道墙厚度为 1600mm，迷道南侧墙体厚度为 1000mm，南侧出入口处墙体厚度 1000mm，出入口处设有安全门，安全门为 30mm 厚不锈钢门（不锈钢 3mm+中空 24mm+不锈钢 3mm），安全门中间为防护网，供货物出入	
	室顶	辐照室室顶厚度不同，束下 I 区高度 2.1m，室顶厚 1200mm；主束拐弯处 II 区高度 2.3m，室顶厚 1000mm；主束三次折射后 III 区高度为 2.7m，室顶厚 600mm	
	净容积	考虑室内屏蔽层体积扣除，1#辐照室净容积约 414.5m^3	
1#辐照主机室	室内尺寸	东西净宽 4.8m，南北净长 10.9m，净高 6.5m（迷道高度 2.7m）	
	四周墙体、迷道	1#辐照主机室各墙体及迷道墙为混凝土结构（采用 C35 混凝土，密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），北墙、东墙、西墙底部厚度均为 1600mm，北墙、东墙、西墙上侧厚度均为 1100mm，室内南侧设置有「型迷道，迷道内墙厚度为 1600mm，迷道西侧墙体厚度为 1600mm，迷道南侧墙体厚度为 1000mm，迷道西侧宽度 1.2m，迷道南侧宽度 1.6m，出入口处设有安全门，安全门为 30mm 厚不锈钢门（不锈钢 3mm+中空 24mm+不锈钢 3mm）	
	室顶	室顶厚度为 1200mm	
	净容积	考虑室内屏蔽层体积扣除，室内总净容积为约 295.5m^3	
	运行方式	调试时于 1#辐照主机室内放置辐照装置，向下出束，束下 1#辐照室内安装传输链，宽度为 1200mm，高度为 650mm，呈环形结构，束下传输链为不锈钢材质	

续表 2-3 环境影响报告表与验收情况对比表

名称		环评内容	现场状况
2#辐照室	室内尺寸	室内东西净长 13.75m，南北净宽 15m，净高 2.1m~2.3m	经现场勘察核实，与环评基本一致，且工作状态指示灯、紧急停机按钮、门机联锁装置等安全防护设施均正常有效运行
	四周墙体、迷道	2#辐照室各墙体及迷道墙均为混凝土结构（采用 C35 混凝土，密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），北墙厚度为 1500mm~2700mm，西墙厚度为 1000mm~2500mm（与 1#辐照室共有），东墙厚度为 1200mm~2500mm，南侧迷道内墙厚度为 2000mm，室内左侧、右侧均设置有 L 型迷道，迷道墙厚度为 1600mm，迷道南侧墙体厚度为 1000mm，南侧出入口处墙体厚度 1000mm，出入口处设有安全门，安全门为 30mm 厚不锈钢门（不锈钢 3mm+中空 24mm+不锈钢 3mm），安全门中间为防护网，供货物出入	
	室顶	辐照室室顶厚度不同，束下 I 区高度 2.1m，室顶厚 1200mm；主束拐弯处 II 区高度 2.3m，室顶厚 1000mm；主束三次折射后 III 区高度为 2.7m，室顶厚 600mm	
	净容积	考虑室内屏蔽层体积扣除，2#辐照室净容积约 366m^3	
2#辐照主机室	室内尺寸	东西净宽 4.8m，南北净长 10.9m，净高 6.5m（迷道高度 2.7m）	
	四周墙体、迷道	2#辐照主机室各墙体及迷道墙为混凝土结构（采用 C35 混凝土，密度 $2.35\text{g}/\text{cm}^3$ ），北墙、东墙、西墙底部厚度均为 1600mm，北墙、东墙、西墙上侧厚度均为 1100mm，室内南侧设置有 J 型迷道，迷道内墙厚度为 1600mm，迷道东侧墙体厚度为 1600mm，迷道南侧墙体厚度为 1000mm，迷道西侧宽度 1.2m，迷道南侧宽度 1.6m，出入口处设有安全门，安全门为 30mm 厚不锈钢门（不锈钢 3mm+中空 24mm+不锈钢 3mm）	
	室顶	室顶厚度为 1200mm	
	净容积	考虑室内屏蔽层体积扣除，室内总净容积为约 295.5m^3	
	运行方式	调试时于 2#辐照主机室内放置辐照装置，向下出束，束下 2#辐照室内安装传输链，宽度为 1200mm，高度为 650mm，呈环形结构，束下传输链为不锈钢材质	

续表 2-3 环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
安全防护措施	1. 联锁措施 为避免工作人员受到意外照射，公司拟在加速器辐照装置辐射防护区设置完善的辐射安全联锁与警示设施，包括出束安全联锁钥匙开关、门联锁、巡检按钮、急停按钮或急停拉线、警铃、监视装置及其它安全辅助设备。安全联锁设施可控制加速器的出束或停束；只有在所有安全联锁设施都处于正常工作状态时射线源才可以出束，任何一个安全联锁设施不正常时，射线源不能出束或立即停止出束。 2. 安全设施 ①系统控制台钥匙控制：控制台安装采用钥匙控制的安全联锁开关。各机房辐照室及主机室入口处均设置钥匙开关，进入室内前须先拔下钥匙，不重新插入钥匙则加速器无法开启。控制台上有关复位确认按钮，联锁触动停机后须人工复位才能重启加速器。 ②门机联锁：在调制器柜门、进入辐照室和主机室的门上安装微动开关联锁装置。当各路门关闭时，加速器才允许出束。任一联锁门打开时，加速器不能出束或立即断高压停止出束。传送带出入口有安全门，不工作时封闭出入口。 ③束下装置联锁：设计有束下装置联锁，于电子辐照加速器辐照装置与束下装置之间建立接口和协议文件，束下装置发生故障偏离或停止运行时，加速器自动停机。 ④警灯、警铃、警示标志：辐照室通道内、辐照室通道出入口、主机室内和主机室出入口外安装警告灯及音响警告装置，主机室安全门外、辐照室通道口门外配备工作状态指示灯。加速器处于工作状态时，工作状态指示灯亮并警示灯发出闪烁红色信号且在准备加高压出束前 30 秒发出持续警报声，警示非工作人员不得入内；主机室安全门外、辐照室通道口门外有电离辐射标志、放射防护注意事项、醒目的工作状态指示灯，设警示语句。	经现场勘查，本项目安全防护措施设置与环评基本一致，且能正常运行，辐照机房内辐射安全设施布局示意图见附图 9、附图 10

续表 2-3 环境影响报告表与验收情况对比表

名称	环评内容	现场状况
安全防护措施	⑤巡检系统：各辐照室和主机室内部及进出口附近均设置多个巡检开关，对控制区进行巡检并依次按下巡检按钮后才能允许加高压出束。开机或中途停高压待机时，当有人员或其他原因触发主机室安全门联锁、主机室通道红外连锁、辐照室出入口门联锁、辐照室及其通道红外连锁中任意一个联锁保护，则需要工作人员分别对主机室控制区和辐照室控制区按照巡检路径进行巡检处理并依次按下巡检按钮确认安全后系统才能开机。 ⑥红外、烟雾报警装置、防火措施：在辐照室、主机室的出、入口处分别设有红外报警装置，有人员进入时，加速器不能出束或立即停止出束，需要人员巡检排除；在辐照室设有烟雾报警器，接入安全联锁，发生事故后会及时报警并切断加速器高压；机房内安装火灾自动报警装置，配备灭火器材，火灾报警装置与通风联锁，同时设置必要的应急照明设备和紧急出口标志。 ⑦急停开关：在控制室控制台上、调制器上、配电柜面板上、辐照室出入口、主机室等处安装急停按钮。在进入辐照室通道内墙上及辐照室内、进入主机室的通道内墙上及主机室内安装急停拉线。当紧急情况发生时，触发任何急停按钮或急停拉线，加速器立即停止出束。 ⑧辐射监测系统：在主机室通道内和辐照室通道设有固定式 X-γ 辐射监测仪，系统设剂量联锁，只有在设备停机时且剂量监测小于设定值或紧急开门开关被按下时，安全门才打开。 ⑨通风联锁：机房各设有 1 套专门的通风系统，通风量 12000m³/h，通风系统与控制系统联锁，电子加速器停束后达到预定时间前，安全门处于锁定状态，人员不能进入辐照室、主机室内。 ⑩视频监控系统：在主机室内、主机室通道及出入口、辐照室通道内及出入口安装一定数量的摄像装置，将相应的监视器装在系统控制室，以保证操作人员随时监视整个辐射防护区内的情况。	经现场勘查，本项目安全防护措施设置与环评基本一致，且能正常有效运行，每个辐照室内均设置有剂量监测探头 2 个（进口 1 个、出口拐弯处 1 个）、监控探头 10 个（每个弯道前后方向各 1 个）、急停按钮 5 个（进口、出口各 1 个，钛窗位置 1 个）、巡检按钮 4 个（进口、出口各 1 个，钛窗位置前后拐弯处各 1 个）；加速器机房内设置有剂量监测探头 1 个（进口拐弯处）、监控探头 4 个（进口处 2 个、设备厅 2 个）、急停按钮 2 个（进口处 1 个、设备厅 1 个）、巡检按钮 3 个（进口处 1 个、设备厅 2 个）；设置有通风联锁，电子加速器停束后达到预定时间前，安全门处于锁定状态，人员不能进入辐照室、主机室内，设置的风机通风量为 20000m³/h 设置的巡检系统出入口设有光电开关，巡检人员开始巡检后有人再次触发光电开关则加速器无法开机；加速器开关钥匙有且仅有 1 把，与巡检设备相连，在巡检时巡检人员手持巡检设备进行巡检；在加速器检修时，巡检仪器及钥匙由检修人员持有；加速器处于开机状态时，钥匙无法取下。辐照机房内辐射安全

		设施布局示意图 附图 9、附图 10
--	--	--------------------

续表 2-3 环境影响报告表与验收情况对比表

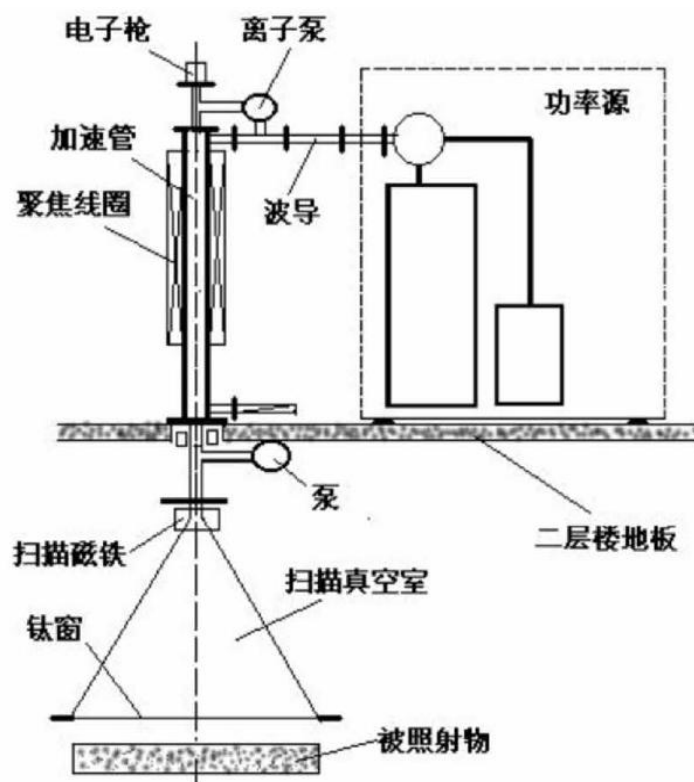
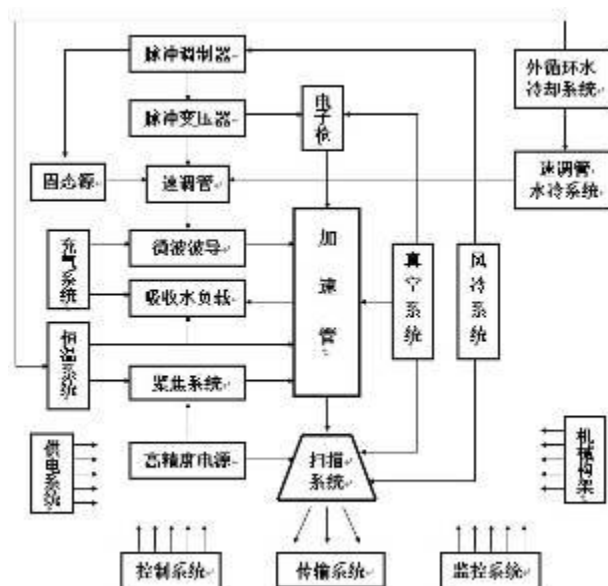
名称	环评内容	现场状况
仪器配备	公司拟配备个人剂量计 12 支（人手 1 支，由个人剂量检测单位配发）、个人剂量报警仪 4 部、辐射巡检仪 2 台	公司配备有 4 台 QZ42-3602 型便携式 X-γ 辐射检测仪，5 部 QZ44-1103 型个人剂量报警仪和 7 支个人剂量计，为本项目配备了 2 套固定式在线辐射监测仪
人员培训	公司拟配备 12 名职业人员专职从事电子辐照加速器生产和辐照加工，目前厂区正在建设，具体人员尚未确定，在确定人员名单后，公司将尽快安排职业人员参加国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行培训，经考核合格后上岗。	公司现有 7 名职业人员，均已参加辐射安全与防护培训，并取得培训合格证书，均在有效期内
规章制度	拟制定《电子辐照加速器安全操作规程》、《辐射安全岗位职责》、《电子辐照加速器安全防护制度》、《安全保卫制度》、《电子辐照加速器检修维护制度》、《电子辐照加速器使用登记制度》、《人员培训计划》、《电子辐照加速器辐射监测计划》、《辐射事故应急预案》等	制定了《辐照加速器安全操作规程》《辐射安全与环境保护岗位职责》《人员培训计划》《辐射安全与环境保护管理制度》《辐射环境监测方案》《电子加速器检修制度》等辐射管理制度，制定了《辐射事故应急预案》，并于 2022 年 12 月 23 日开展了应急演练
控制区	1#调试辐照室、2#调试辐照室、1#辐照室、1#辐照室、2#调试主机室、1#辐照主机室、2#辐照主机室；控制区在电子辐照加速器使用期间禁止无关人员入内，并设置明显的电离辐射标志	经现场勘查，本期分区管理与环评一致，本次验收的辐照机房分区管理示意图 附图 6、附图 8
监督区	将与辐照室相连的厕所，主机室相关的控制室、设备间和检测室等划分为监督区	

2.2.3 辐照系统组成、工作原理和 workflow

1、电子辐照加速器组成

电子辐照加速器系统是以电子加速器技术为核心，集辐射防护技术、电子技术、精密机械、物流输送、软件与控制技术于一体的新型高科技装备。加速器及其辐照区域都在辐射安全系统内，包括安全联锁系统和建筑及屏蔽墙体、通风系统。系统主要包括以下部分或系统：电子枪、加速管、供电系统、扫描系统、聚焦系统、真空系统、水冷却系统、风

加速器系统整体结构见图 2-2, 剖面基本结构图见图 2-3。



2、电子辐照加速器原理

电子加速器是使用微波电磁场加速电子的装置。脉冲调制器产生的相同频率的电子枪脉冲高压和速调管脉冲高压分别传入工作状态的电子枪和速调管；电子枪在脉冲高压下发射脉冲电子；速调管在脉冲高压和微波功率源的作用下产生脉冲微波功率。加速管由经速调管产生的脉冲微波功率在腔体内形成行波场，当脉冲电子同步进入加速管后，通过行波场等进行聚束和加速使其成为高能电子束，然后从加速器的真空区经扫描系统把高能电子束变成电子束带后引出，当待辐照产品经由传输系统传送到扫描窗下时，高能电子将穿透产品并杀灭产品所携带的细菌，达到消毒灭菌的目的。

3、工作流程

辐照产品先由工人自生产车间搬运到 1#辐照机房、2#辐照机房迷道入口外滚道传输系统传送带上，搬运完毕后无关人员即离开。进行辐照前，由工作人员进入辐照室和主机室内进行检查，确定无人员滞留后，按下所有巡检开关并离开控制区，关闭主机室防护门。工作人员在机房二层控制室内操作加速器系统。加速器开机后，辐照室进出口处的光电开关即启动，产品通过滚道传输系统经迷道入口进入辐照室后自动传送至电子束下方，经电子束辐照后，自迷道出口传出，完成一轮辐照消毒灭菌工作。公司工人自传送带上将产品搬下，对辐照后产品进行质量检验，检验完毕后，存放在生产车间内。

加速器辐照加工流程见图 2-4。

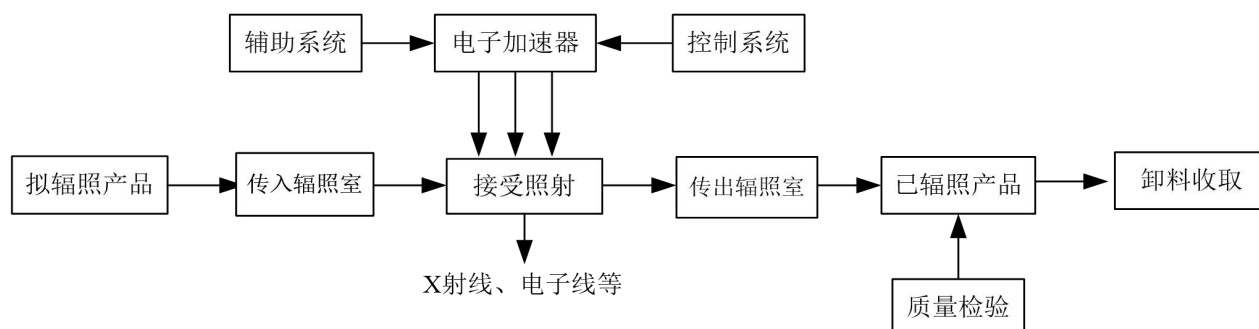


图 2-4 电子辐照加速器辐照加工流程图

2.2.4 污染因子及污染分析

1、X 射线、电子线

电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速，在横向扫描磁场的作用下，扫描扩展，成为均匀扫描宽度的电子束，利用电子束对产品进行辐照消毒。电子在

加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生 X 射线。此外，电子束打到高原自序数物质时也会产生高能电子束有用线束辐射、泄露辐射及散射辐射。

由于 X 射线的贯穿能力极强，对周围环境辐射造成辐射污染，但该 X 射线影响关机后即消失。加速器在运行时产生的高能电子束，因其贯穿能力远弱于 X 射线，在 X 射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。

2、非放射性有害气体

在加速器开机运行时，电子束与辐照室空气电离作用产生臭氧（ O_3 ）和氮氧化物（ NO_x ），在 NO_x 中以 NO_2 为主。它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。本项目 2 个辐照机房均设有专门的排风系统，辐照室、主机室内为自然进风方式，辐照室内、主机室内均设置 1 处排风口，位于受照区域正下方，设计为吸风地槽，经独立的排风竖井，通过地埋式排气管道穿墙进入排风道排气筒，向空中排放。管道口截面积 $800mm \times 800mm$ ，S 型穿墙方式，排风口垂直高度 18m（机房高度为 11m，生产车间高度为 16m），顶部设有遮雨盖，通过排风口向外抽风，排风量均为 $20000m^3/h$ 。辐照室内臭氧通过排风系统排出辐照室，再经排风管高于厂房屋顶排放。该通风系统可以满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对通风的要求。

3、放射性废水

加速器设备中设计有冷却水循环系统，这部分水可能由于活化而含有较强的放射性。本项目加速器冷却水为内循环水，正常运行时不外排，在外排前将提前放置一段时间，水中的放射性核素很快即可衰减至可忽略水平，因此本项目无放射性废水排放。

4、固体废物

本项目不产生放射性固体废物和放射性废气。

综上，本次验收主要考虑其 X 射线及非放射性有害气体。

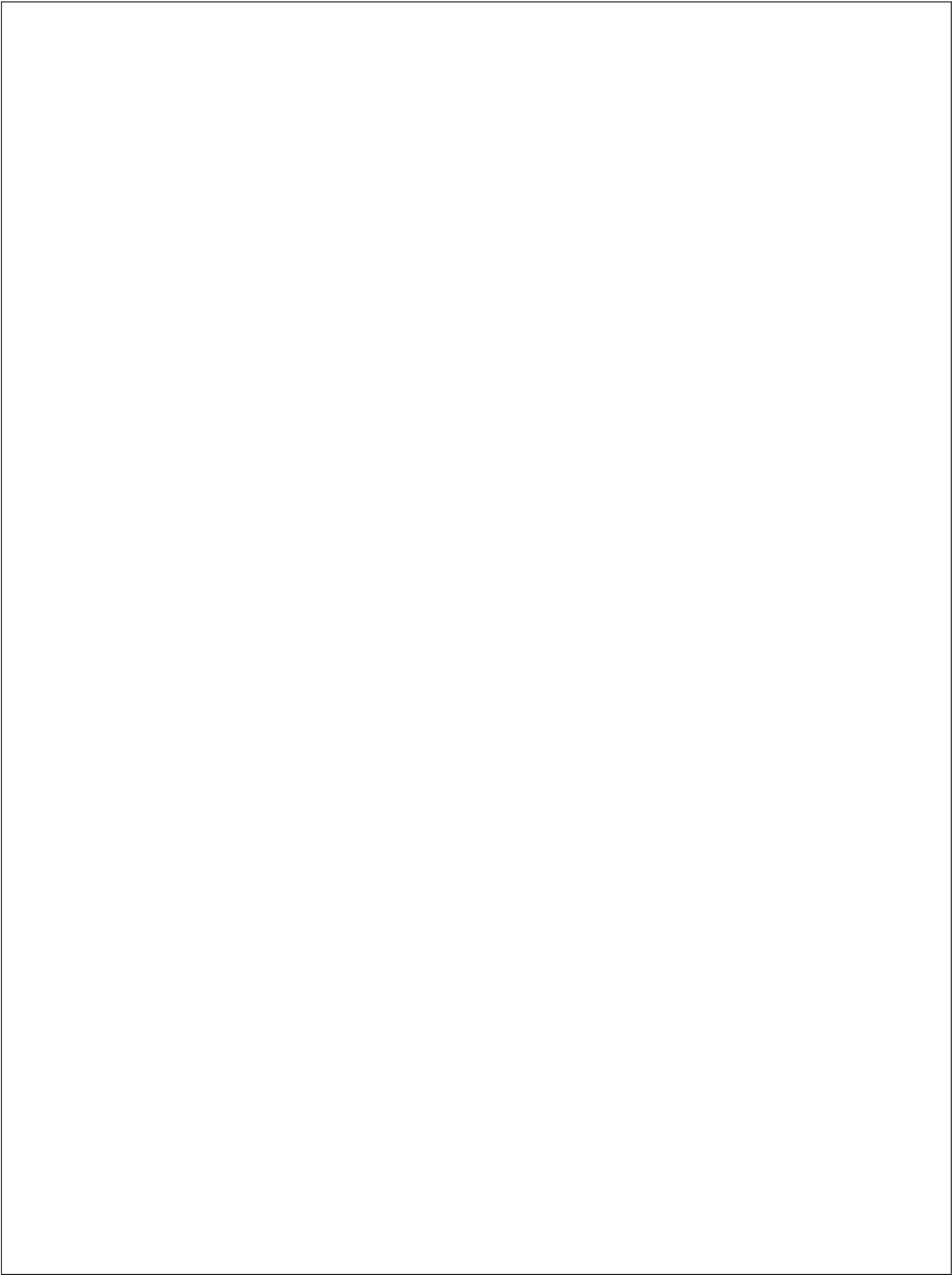


表 3 环评要求及落实情况

3.1 环境影响报告表批复与验收情况对比

项目环境影响报告表批复与验收情况对比见表 3-1。

表 3-1 环境影响报告表批复与验收情况对比

环境影响报告表及批复意见（综述）		验收时落实情况
一、原科恒辉技术有限公司拟新建 2 个辐照机房(1#辐照机房、2#辐照机房)，机房内各配置 1 台电子辐照加速器，最大能量为 10MeV，属 II 类射线装置，用于果蔬、食品等对外辐照加工业务。项目总投资 12500 万元，其中环保投资 250 万元。		原科恒辉技术有限公司于生产车间内北侧东部新建 2 个辐照机房(1#辐照机房、2#辐照机房)，机房内各配置 1 套 DZ10/20 型电子辐照加速器，内置 1 台 10MeV 电子加速器，用于对果蔬、食品等进行辐照消毒，属使用 II 类射线装置。本期项目总投资 6000 万元，其中环保投资 250 万元
二、该项目应严格按照环境影响报告表及以下要求，落实和完善该项目的辐射安全与防护措施，开展辐射工作	(一)严格执行辐射安全管理制度 1. 落实辐射安全管理责任制。公司法人代表为辐射安全工作第一责任人，分管负责人为直接责任人。设立辐射安全与环境保护管理机构，指定 1 名本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全管理工作，落实岗位职责。 2. 制定并严格落实电子辐照加速器使用登记制度、操作规程、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、培训计划和监测方案等，建立健全辐射安全管理档案。	1. 公司成立了辐射安全与环境保护管理小组，签订了辐射工作安全责任书，明确公司法人代表为本单位辐射工作安全责任人，指定专人负责射线装置的安全和防护工作。 2. 制定了《射线装置使用登记表》《辐照加速器安全操作规程》《辐射安全与环境保护管理制度》《电子加速器检修制度》《辐射安全与环境保护岗位职责》《人员培训计划》《辐射环境监测方案》等辐射管理制度等辐射管理制度，制定了《辐射事故应急预案》，等制度，建立辐射安全管理档案。
	(二)加强辐射工作人员的安全和防护工作 1. 制定培训计划，辐射工作人员应参加辐射安全培训和再培训，经考核合格后持证上岗；考核不合格的，不得从事辐射工作。	1. 公司制定了《人员培训计划》，现有 7 名职业人员，均已参加辐射安全与防护培训，取得培训合格证书，均在有效期内。

续表 3-1 环境影响报告表批复与验收情况对比

	环境影响报告表及批复意见（综述）	验收时落实情况
二、该项目应严格按照环境影响报告表及以下要求，落实和完善该项目的辐射安全与防护措施，开展辐射工作	2. 按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号）建立辐射工作人员个人剂量档案，做到 1 人 1 档。辐射工作人员应佩戴个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测，安排专人负责个人剂量监测管理。根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）》的规定和环评报告表的预测，该项目实施后，你单位公众和职业人员的剂量约束分别执行 0.1mSv/a 和 5mSv/a，发现个人剂量监测结果异常时，应当立即核实和调查，并向生态环境部门报告。	2. 公司已委托单位为职业人员配备了个人剂量计，每 3 个月进行 1 次个人剂量监测，安排了专人负责个人剂量监测管理，建立了个人剂量档案，监测结果通知个人并签字，做到了 1 人 1 档。根据个人剂量检测结果及本次验收监测结果估算，本项目公众成员及职业人员受照剂量均低于 0.1mSv/a 和 5mSv/a 的剂量约束值。个人剂量监测结果未出现异常。
	（三）做好辐射工作场所的安全和防护工作 1. 落实报告表中的实体屏蔽，严格按照《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定开展辐射工作，采取安全防护措施，确保人员可到达区域屏蔽体表面 30cm 处以及以外区域剂量当量率不大于 2.5 μGy/h。通风系统设计须满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对通风的要求，保证 O₃1h 平均浓度满足《环境空气质量标准》（GB3095-2012）辐照室外要求 0.2mg/m³。 2. 加强分区管理，将 1#调试辐照室、2#调试辐照室、1#辐照室、2#辐照室、2#调试主机室、1#辐照主机室、2#辐照主机室设置为控制区，将与辐照室相连的厕所，主机室相关的控制室、设备间和检测室等划分为监督区；控制区在电子辐照加速器使用期间禁止无关人员入内，并设置明显的电离辐射标志。	1. 本项目严格按照《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定，采取了安全防护措施。根据本次监测数据可知，防护门及辐照室屏蔽体外 30cm 处剂量率均不大于 2.5 μGy/h 的要求。根据本次验收监测结果估算，本项目公众成员及职业人员受照剂量均低于剂量约束值。1#辐照机房、2#辐照机房均设置了满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）要求的排风系统。 2. 1#辐照机房、2#辐照机房电按照相关要求进行了分区管理，控制区边界醒目位置设置了电离辐射警告标志，传送带出入口周围设置了围栏，入口处上锁，由职业人员负责，以防无关人员误入。

续表 3-1 环境影响报告表批复与验收情况对比

环境影响报告表及批复意见（综述）	验收时落实情况
二、该项目应严格按照环境影响报告表及以下要求，落实和完善该项目的辐射安全与防护措施，开展辐射工作	3. 在辐射工作场所醒目位置设置电离辐射警告标志，标志应符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。 4. 做好电子辐照加速器及辐射安全与防护设施的维护、维修工作，并建立检修、维修、维护档案，建立运行日志记录，确保钥匙控制、门机连锁、束下装置连锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量连锁、通风装置、烟雾报警、应急照明系统、高压连锁、防火系统及电离辐射警告装置等辐射安全与防护设施安全有效。 5. 配备至少 2 台 X-γ 辐射巡测仪，制定并严格执行辐射环境监测计划，开展辐射环境监测，并向环保部门上报监测数据。 6. 开展本单位辐射安全和防护状况的年度评估，每年 1 月 31 日前向省、市、县生态环境部门提交年度评估报告。
	3. 1#辐照机房、2#辐照机房周围醒目位置均设置了符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准 (GB18871-2002)》要求的电离辐射警告标志。 4. 制定了《电子加速器检修制度》，建立了维修、维护档案，经本次验收现场勘查，钥匙开关、警灯警铃、防人误入装置、急停开关、巡检开关、剂量连锁、通风装置、烟雾报警、应急照明系统、高压连锁、防火系统、工作状态指示灯及电离辐射警告标志等辐射安全与防护设施安全有效运行。 5. 公司配备了 4 台 QZ42-3602 型便携式 X-γ 辐射检测仪，制定了《辐射环境监测方案》，定期开展辐射环境监测。 6. 公司按要求于 1 月 31 日前向生态环境部门提交了年度评估报告。
	（四）制定并定期修订本单位的辐射事故应急预案，定期组织开展应急演练。若发生辐射事故，应及时向生态环境、公安和卫生等部门报告。
	公司制定了《辐射事故应急预案》，并于 2022 年 12 月 23 日开展了应急演练，运行期间未发生辐射事故。
	（五）定期维护国家核技术利用辐射安全监管系统中本单位相关信息，确保信息录入的准确、及时和完整。
	公司定期对国家核技术利用辐射安全监管系统中本单位相关信息进行了维护，确保信息录入的准确、及时和完整。

表 4 验收监测

为掌握电子辐照加速器正常运行情况下 1#辐照机房、2#辐照机房周围的辐射环境水平，根据现场条件和相关监测标准、规范的要求进行合理布点监测。

4.1 监测对象

1#辐照机房、2#辐照机房周围辐射环境水平。

4.2 监测项目

X- γ 辐射剂量率。

4.3 监测时间与条件

监测时间：2022 年 12 月 15 日；

监测天气：2022 年 12 月 15 日天气：阴，温度：1.1℃，相对湿度：39.7%。

4.4 监测技术规范

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）的要求和方法进行现场测量。每个监测点辐射剂量率读取 10 个测量值为一组，取其平均值，扣除宇宙射线响应值后作为最终测量结果。

4.5 监测单位

本次验收由具备生态环境监测资质的山东鼎嘉环境检测有限公司开展监测，检验检测机构资质认定证书编号 181512342017。

4.6 监测仪器

监测仪器为 BG9512P/BG7030 型便携式多功能射线检测仪，监测仪器主要技术参数见表 4-1。

表 4-1 监测仪器参数一览表

设备名称	便携式多功能射线检测仪
设备型号	BG9512P/BG7030
设备编号	A-2203-01
测量范围	吸收剂量率：10nGy/h~200 μ Gy/h 能量范围：25keV~3MeV
检定单位	华东国家计量测试中心
检定证书编号	2022H21-20-3869747001
检定有效期至	2023 年 03 月 24 日

4.7 监测点位

本次验收根据 1#辐照机房、2#辐照机房实际情况布设监测点位，于 1#辐照机房、2#辐照机房周围共布设了 58 个监测点位，即 A1~A29、B1~B29。

监测点位示意图 4-1、图 4-2。

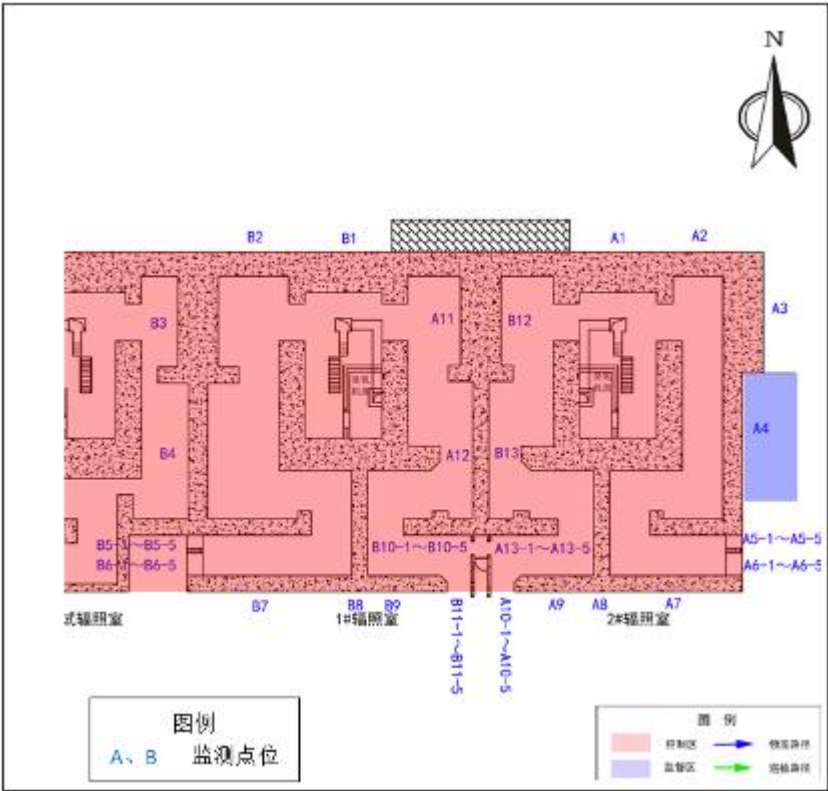


图 4-1 监测点位示意图

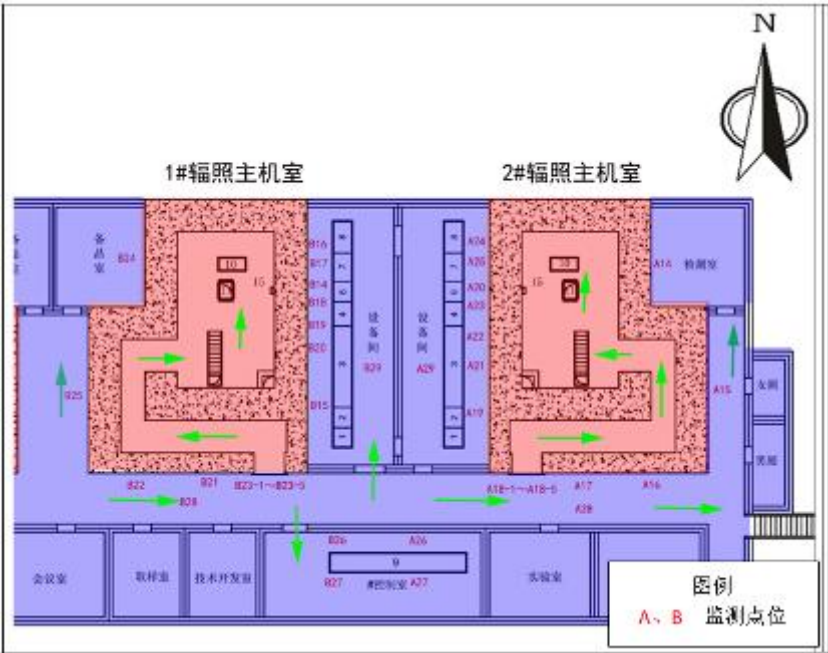


图 4-2 监测点位示意图

4.8 监测结果

各监测点位处 X- γ 辐射剂量率监测结果见表 4-2、表 4-3。

表 4-2 2#辐照机房周围 X- γ 辐射剂量率监测结果

单位: nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		监测值	标准偏差	监测值	标准偏差
A1	2#辐照室北墙主屏蔽体外 30cm 处	95.3	1.3	101.3	1.5
A2	2#辐照室北墙次屏蔽体外 30cm 处			92.2	1.3
A3	2#辐照室东墙主屏蔽体外 30cm 处	92.4	1.5	101.6	1.7
A4	2#辐照室东墙次屏蔽体外 30cm 处			96.5	1.6
A5-1	2#辐照室东侧防护门上侧门缝外 30cm 处	87.0	1.5	96.1	1.5
A5-2	2#辐照室东侧防护门下侧门缝外 30cm 处			96.2	1.7
A5-3	2#辐照室东侧防护门北侧门缝外 30cm 处			101.7	1.3
A5-4	2#辐照室东侧防护门南侧门缝外 30cm 处			95.1	1.5
A5-5	2#辐照室东侧防护门中间位置外 30cm 处			102.0	1.6
A6-1	2#辐照室进货口北侧位置外 30cm 处	83.4	1.7	110.4	1.5
A6-2	2#辐照室进货口南侧位置外 30cm 处			92.6	1.8
A6-3	2#辐照室进货口上侧位置外 30cm 处			101.2	1.6
A6-4	2#辐照室进货口下侧位置外 30cm 处			86.9	1.6
A6-5	2#辐照室进货口中间位置外 30cm 处			101.5	1.5
A7	2#辐照室南墙外偏东外 30cm 处	67.2	1.3	77.7	1.2
A8	2#辐照室南墙中间位置外 30cm 处			72.6	1.6
A9	2#辐照室南墙外偏西外 30cm 处			77.9	1.6
A10-1	2#辐照室出货口东侧位置外 30cm 处	75.2	1.9	78.3	1.4
A10-2	2#辐照室出货口西侧位置外 30cm 处			120.2	1.6
A10-3	2#辐照室出货口上侧位置外 30cm 处			101.6	1.7
A10-4	2#辐照室出货口下侧位置外 30cm 处			78.1	1.3
A10-5	2#辐照室出货口中间位置外 30cm 处			101.6	1.5
A11	2#辐照室西墙主屏蔽体外 30cm 处	95.1	1.2	104.2	1.5
A12	2#辐照室西墙次屏蔽体外 30cm 处			105.8	1.5
A13-1	2#辐照室西侧防护门上侧门缝外 30cm 处	87.7	1.1	147.0	1.5
A13-2	2#辐照室西侧防护门下侧门缝外 30cm 处			138.1	1.6
A13-3	2#辐照室西侧防护门南侧门缝外 30cm 处			142.2	1.4
A13-4	2#辐照室西侧防护门北侧门缝外 30cm 处			101.7	1.8
A13-5	2#辐照室西侧防护门中间位置外 30cm 处			92.9	1.6
A14	2#主机室东墙外 30cm 处 (检测室)	96.7	1.5	475.2	1.6
A15	2#主机室东墙外 30cm 处 (走廊)	87.0	1.5	105.4	1.5

续表 4-2 2#辐照机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

单位: nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		监测值	标准偏差	监测值	标准偏差
A16	2#主机室南墙外偏东 30cm 处	96.1	1.5	115.3	1.6
A17	2#主机室南墙外偏西 30cm 处			105.8	1.7
A18-1	2#主机室防护门上侧门缝外 30cm 处	87.9	1.5	110.8	1.8
A18-2	2#主机室防护门下侧门缝外 30cm 处			114.4	1.6
A18-3	2#主机室防护门西侧门缝外 30cm 处			121.0	1.6
A18-4	2#主机室防护门东侧门缝外 30cm 处			114.9	1.3
A18-5	2#主机室防护门中间位置外 30cm 处			101.6	1.5
A19	2#主机室西墙外偏南 30cm 处	86.0	1.4	95.1	1.5
A20	2#主机室西墙外偏北 30cm 处			102.6	1.8
A21	2#主机室管线口 1	85.1	1.5	92.8	1.7
A22	2#主机室管线口 2			201.7	1.6
A23	2#主机室管线口 3			610.9	1.5
A24	2#主机室冷却水管 1	92.3	1.4	538.5	1.3
A25	2#主机室冷却水管 2			274.5	1.5
A26	控制室管线口	78.0	1.7	82.4	1.5
A27	操作位	74.1	1.4	74.5	1.5
A28	楼上 30cm 处（走廊）	78.8	1.5	85.9	1.6
A29	楼上 30cm 处（设备机房）			96.8	1.5
注：1. 监测结果已扣除宇宙射线响应值 11.6nGy/h； 2. 监测时在 A1～A29 点位周围进行巡测, 在巡测最大值处进行监测；监测时，电子加速器电子线为 9.5MeV，主射束向下照射。					

表 4-3 1#辐照机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

单位: nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		监测值	标准偏差	监测值	标准偏差
B1	1#辐照室北墙主屏蔽体外 30cm 处	67.9	1.4	105.3	1.3
B2	1#辐照室北墙次屏蔽体外 30cm 处			92.6	1.7
B3	1#辐照室西墙主屏蔽体外 30cm 处	79.0	1.3	119.5	1.3
B4	1#辐照室西墙次屏蔽体外 30cm 处			97.4	1.6
B5-1	1#辐照室西侧防护门上侧门缝外 30cm 处	70.4	1.3	105.9	1.5
B5-2	1#辐照室西侧防护门下侧门缝外 30cm 处			101.6	1.4
B5-3	1#辐照室西侧防护门北侧门缝外 30cm 处			102.0	1.6
B5-4	1#辐照室西侧防护门南侧门缝外 30cm 处			110.7	1.4
B5-5	1#辐照室西侧防护门中间位置外 30cm 处			96.2	1.7

续表 4-3 1#辐照机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

单位: nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		监测值	标准偏差	监测值	标准偏差
B6-1	1#辐照室出货口北侧位置外 30cm 处	68.5	1.3	110.5	1.2
B6-2	1#辐照室出货口南侧位置外 30cm 处			120.3	1.7
B6-3	1#辐照室出货口上侧位置外 30cm 处			114.6	1.9
B6-4	1#辐照室出货口下侧位置外 30cm 处			92.8	1.4
B6-5	1#辐照室出货口中间位置外 30cm 处			83.5	1.8
B7	1#辐照室南墙外偏西 30cm 处	70.6	1.2	78.8	1.5
B8	1#辐照室南墙中间位置外 30cm 处			76.9	1.5
B9	1#辐照室南墙外偏东 30cm 处			73.9	1.3
B10-1	1#辐照室东侧防护门上侧门缝外 30cm 处	83.1	1.0	174.3	1.5
B10-2	1#辐照室东侧防护门下侧门缝外 30cm 处			157.0	1.3
B10-3	1#辐照室东侧防护门北侧门缝外 30cm 处			183.4	1.5
B10-4	1#辐照室东侧防护门南侧门缝外 30cm 处			201.7	1.4
B10-5	1#辐照室东侧防护门中间位置外 30cm 处			131.5	1.5
B11-1	1#辐照室进货口上侧位置外 30cm 处	67.8	1.3	128.7	1.7
B11-2	1#辐照室进货口下侧位置外 30cm 处			119.8	1.7
B11-3	1#辐照室进货口西侧位置外 30cm 处			87.9	1.5
B11-4	1#辐照室进货口东侧位置外 30cm 处			122.4	1.5
B11-5	1#辐照室进货口中间位置外 30cm 处			115.1	1.6
B12	1#辐照室东墙主屏蔽体外 30cm 处	67.5	1.2	114.4	1.9
B13	1#辐照室东墙次屏蔽体外 30cm 处			106.0	1.4
B14	1#主机室东墙外偏北 30cm 处	95.7	1.3	201.3	1.3
B15	1#主机室东墙外偏南 30cm 处			128.7	1.4
B16	1#主机室冷却水管 1	83.7	1.3	201.6	1.5
B17	1#主机室冷却水管 2			138.2	1.3
B18	1#主机室管线口 1	86.6	1.2	474.3	1.3
B19	1#主机室管线口 2			138.2	1.3
B20	1#主机室管线口 3			96.3	1.8
B21	1#主机室南墙外偏东 30cm 处	92.6	1.3	114.4	1.8
B22	1#主机室南墙外偏西 30cm 处			106.1	1.5
B23-1	1#主机室防护门上侧门缝外 30cm 处	88.0	1.4	102.1	1.6
B23-2	1#主机室防护门下侧门缝外 30cm 处			105.4	1.8
B23-3	1#主机室防护门东侧门缝外 30cm 处			110.3	1.6
B23-4	1#主机室防护门西侧门缝外 30cm 处			111.1	1.6
B23-5	1#主机室防护门中间位置外 30cm 处			95.9	1.3

续表 4-3 1#辐照机房周围 X-γ 辐射剂量率监测结果

单位: nGy/h

序号	点位描述	关机状态		开机状态	
		监测值	标准偏差	监测值	标准偏差
B24	1#主机室西墙外偏北 30cm 处	84.7	1.1	195.2	1.5
B25	1#主机室西墙外偏南 30cm 处			95.1	1.4
B26	控制室管线口	78.4	1.4	78.0	1.5
B27	操作位	73.9	1.2	74.7	1.6
B28	楼上 30cm 处 (走廊)	77.0	1.4	87.4	1.6
B29	楼上 30cm 处 (设备间)			101.2	1.3

注: 1. 监测结果已扣除宇宙射线响应值 11.6nGy/h;

2. 监测时在 B1~B29 点位周围进行巡测, 在巡测最大值处进行监测; 监测时, 电子加速器电子线为 9.5MeV, 主射束向下照射。

由表 4-2、表 4-3 可知, 电子辐照加速器关机状态下, 1#辐照机房、2#辐照机房周围 X-γ 辐射剂量率范围为 (67.2~96.7) nGy/h, 处于烟台市环境天然辐射水平范围内。

由表 4-2、表 4-3 可知, 电子辐照加速器开机状态下, 1#辐照机房、2#辐照机房周围 X-γ 辐射剂量率范围为 (73.9~610.9) nGy/h, 满足电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 的限值要求; 辐照室北侧 X-γ 辐射剂量率范围为 (92.2~105.3) nGy/h, 处于烟台市环境天然辐射水平范围内; 经距离衰减, 环境保护目标处 X-γ 辐射剂量率亦处于烟台市环境天然辐射水平范围内。

表 5 职业与公众受照剂量

5.1 年有效剂量估算公式

$$H = 0.7 \times D_r \times T$$

式中： H ——年有效剂量当量，Sv/a；
 T ——年受照时间，h；
0.7——吸收剂量对有效剂量当量的换算系数，Sv/Gy；
 D_r ——X 剂量率，Gy/h。

5.2 居留因子

不同环境条件下的居留因子见表5-1。

表5-1 居留因子的选取

场所	居留因子T	停留位置
全居留	1	控制室、暗室、办公室、临近建筑物中的驻留区
部分居留	1/2~1/5	走廊、休息室、杂物间
偶然居留	1/8~1/40	厕所、楼梯、人行道

5.3 照射时间确定

1#、2#辐照机房 2 台电子辐照加速器年总照射时间最大为 4000h。

5.4 职业人员受照剂量

本项目配置了 7 名职业人员，公司委托了烟台信达环境检测有限公司对职业人员进行了个人剂量监测。公司提供了 2022 年 6 月至 2023 年 1 月的个人剂量检测报告，本次根据 7 名职业人员的个人剂量检测报告结果对职业人员受照剂量进行分析。

表 5-2 职业人员个人剂量监测结果分析表 单位：mSv

序号	姓名	2022. 06. 30-2022. 10. 06	2022. 10. 07-2023. 01. 14	年有效剂量（折算）
1	赵希龙	0.005	0.06	0.13
2	李佳	0.05	0.08	0.26
3	陈虹甫	0.05	0.07	0.24
4	唐毅豪	0.05	0.04	0.18
5	崔家豪	0.13	0.09	0.44
6	徐少飞	0.16	0.01	0.34
7	王文涛	0.18	0.01	0.38

根据以上计算，职业人员最大年受照剂量为 0.44mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a，也低于环评批复提出的年管理剂量约束值 5.0mSv。

5.5 公众受照剂量分析

公司内部公众成员可到达位置剂量率最大处位于 1#辐照室进货口上侧位置外 30cm 处，监测值为 128.7nGy/h，公众成员主要为传送带处上货的工作人员，居留因子取 1/2，则公众成员的年有效剂量为：

$$H=0.7 \times (128.7-67.8) \text{ nGy/h} \times 4000\text{h} \times 1/2 \times 10^{-6} \approx 0.09\text{mSv}$$

根据以上计算，电子辐照加速器周围公众成员最大年受照剂量为 0.09mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评批复提出的年管理约束限值 0.1mSv。

表 6 辐射安全管理

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 号公布）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（原环境保护部令第 3 号）及生态环境主管部门的要求，射线装置使用单位应落实环评文件及环评批复中要求的各项管理制度和安全防护措施。为此对公司的辐射环境管理和安全防护措施进行了检查。

6.1 辐射安全与环境保护管理机构

公司成立了辐射安全与环境保护管理小组，签订了辐射工作安全责任书，明确公司法人代表为本单位辐射工作安全责任人，指定专人负责射线装置的安全和防护工作。

6.2 辐射安全管理制度及其落实情况

1、工作制度

公司制定了《辐照加速器安全操作规程》《辐射安全与环境保护岗位职责》《人员培训计划》《辐射安全与环境保护管理制度》《辐射环境监测方案》《电子加速器检修制度》和《辐射事故应急预案》等辐射安全管理制度并依照实施，落实了各制度要求。

2、操作规程

公司制定了《辐照加速器安全操作规程》，职业人员严格按照制度进行操作。

3、应急预案

公司制定了《辐射事故应急预案》，并于 2022 年 12 月 23 日开展了应急演练。

4、监测方案

公司制定了《辐射环境监测方案》，配备了 4 台 QZ42-3602 型便携式 X-γ 辐射检测仪定期对电子辐照加速器进行辐射巡检，同时委托具有检测资质的单位对其辐射工作环境进行监测，并定期向生态环境部门上报监测数据。

5、人员培训

公司制定了《人员培训计划》，本项目配置了 7 名职业人员，全部参加了辐射安全与防护培训并取得合格证，均处于有效期内。

6、个人剂量

公司已委托有资质的单位为职业人员佩戴了个人剂量计，开展个人剂量监测，建立了个人剂量档案，做到 1 人 1 档。

7、年度评估

公司每年均编制辐射安全和防护状况年度评估报告，并于每年的 1 月 31 日前向所在地生态环境部门提交。

8、辐射防护用品

公司配置了监测设备和辐射防护用品，见表 6-1。

表 6-1 防护仪器配置情况一览表

仪器名称	型号	仪器状态	数量
辐射检测仪	QZ42-3602	正常	4
个人剂量报警仪	QZ44-1103	正常	5
固定式在线辐射监测仪	QZ12-1103	正常	2
个人剂量计	/	正常	7

	
QZ42-3602 型辐射监测仪	QZ44-1103 型个人剂量报警仪
	
RM2030E 型固定式在线辐射监测仪	个人剂量计

图 6-1 本项目辐射防护用品照片

表 7 验收监测结论与要求

7.1 结 论

按照国家有关环境保护的法律法规，原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目（一期）进行了环境影响评价和履行了环境影响审批手续。该项目需配套建设的环境保护设施已与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

1、项目基本情况

原科恒辉技术有限公司位于烟台市莱山经济开发区金斗山路 5009 号，本项目电子辐照加速器位于公司生产车间内北侧东部。本次验收规模为 2 个辐照机房(1#辐照机房、2#辐照机房)，各安装 1 套 DZ10/20 型电子辐照加速器，加速器最大能量 10MeV，属使用 II 类射线装置。

2020 年 3 月，公司委托山东清朗环保咨询有限公司开展了《电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目环境影响报告表》编制工作，评价规模为于生产车间内北侧东部新建 2 个调试机房（1#调试机房、2#调试机房）、2 个辐照机房（1#辐照机房、2#辐照机房），辐照机房内各配置 1 台电子辐照加速器（属 II 类射线装置），用于果蔬、食品等对外辐照加工业务。2020 年 10 月 26 日，烟台市生态环境局以“烟环辐表审[2020]32 号”文件对该项目进行了审批。

公司现持有辐射安全许可证，证书编号：鲁环辐证[06806]，种类和范围为生产、销售、使用 II 类射线装置，有效期至 2026 年 4 月 25 日。本次验收的电子辐照加速器已进行许可登记。

2、现场监测结果

（1）在电子辐照加速器关机状态下，1#辐照机房、2#辐照机房周围及环境保护目标处 X- γ 辐射剂量率范围为（67.2~96.7）nGy/h，处于烟台市环境天然辐射水平范围内。

（2）在电子辐照加速器开机状态下，1#辐照机房、2#辐照机房周围 X- γ 辐射剂量率范围为（73.9~610.9）nGy/h，满足 2.5 μ Sv/h 的限值要求；经分析，环境保护目标处 X- γ 辐射剂量率处于烟台市环境天然辐射水平范围内。

3、职业与公众受照结果

根据个人剂量检测报告结果折算，职业人员最大年受照剂量为 0.44mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中规定职业人员的剂量限值 20mSv/a，也低于环评批复提出的年管理剂量约束值 5.0mSv。

根据监测结果估算，电子辐照加速器周围公众成员最大年受照剂量为 0.09mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定 1mSv/a 的剂量限值，也低于环评批复提出的年管理约束限值 0.1mSv。

4、现场检查结果

（1）公司成立了辐射安全与环境保护管理小组，签订了辐射工作安全责任书，明确公司法人代表为本单位辐射工作安全责任人，指定专人负责射线装置的安全和防护工作。

（2）公司制定了《辐照加速器安全操作规程》《辐射安全与环境保护岗位职责》《人员培训计划》《辐射安全与环境保护管理制度》《辐射环境监测方案》《电子加速器检修制度》等辐射安全管理制度。制定了《辐射事故应急预案》，并开展了应急演练。

（3）公司每年均编制了辐射安全和防护状况年度评估报告，并于每年的 1 月 31 日前向所在地生态环境部门提交。

（4）本项目配置 7 名职业人员，全部参加了辐射安全与防护培训并取得合格证，均处于有效期内。已委托有资质的单位职业人员佩戴了个人剂量计，开展个人剂量监测，建立了个人剂量档案，做到了 1 人 1 档，个人剂量档案长期保存。

（5）本项目电子辐照加速器采取实体屏蔽措施，为两层结构，主要包括：一层主要为辐照室，二层为主机室。设置了控制区与监督区；操作台上设置了紧急停机按钮、钥匙开关；设置有门机联锁装置、电离辐射警告标志、束下装置联锁、警灯警铃、工作状态指示灯、巡检系统、剂量检测系统、通风联锁、视频监控系统；辐照室外设置有防护围栏，且在四周设置电离辐射警告标志；辐射安全与防护措施能有效运行。

（6）公司配备了 4 台便携式 X- γ 辐射检测仪、5 部个人剂量报警仪、2 部固定式在线辐射监测仪和 7 支个人剂量计。

综上所述，原科恒辉技术有限公司电子辐照加速器生产、辐照加工应用项目（一期）落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，该项目对职业人员和公众成员是安全的，具备建设项目竣工环境保护验收条件。

7.2 建议

- 1、加强个人剂量检测管理，按规定时间开展职业人员个人剂量检测工作；
- 2、适时修订辐射安全管理制度及《辐射事故应急预案》，定期开展应急演练。