核技术利用建设项目

使用工业电子加速器项目

环境影响报告表

（公示本）

四川开物华包装材料有限公司

二〇二〇年三月

生态环境部监制

核技术利用建设项目

使用工业电子加速器项目

环境影响报告表

建设单位名称：四川开物华包装材料有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：四川省德阳市中江县兴隆镇芦花村 1 社

邮政编码：618113　　联系人：宋 XX

电子邮箱：pXX@qq.com　　联系电话：1XXXX

目 录

表 1　项目概况.....-1-
表 2　放射源.....-7-
表 3　非密封放射性物质.....-7-
表 4　射线装置.....-8-
表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）.....-9-
表 6　评价依据.....- 10 -
表 7　保护目标与评价标准.....- 12 -
表 8　环境质量和辐射现状.....- 14 -
表 9　项目工程分析与源项.....-16-
表 10　辐射安全与防护.....-19-
表 11　环境影响分析.....- 27 -
表 12　辐射安全管理.....- 40 -
表 13　结论与建议.....-41-
表 14　审批.....- 50 -

附图：

附图 1　项目地理位置图

附图 2　本项目所在企业外环境关系图

附图 3　项目所在企业平面布局图

附图 4　项目保护目标位置图

附件：

附件 1　环评委托书

附件 2 无辐射事故情况说明

附件 3 非放环评批复

附件 4 本项目辐射环境监测报告

附件 5 成立辐射安全领导小组的文件

附件 6 项目类比监测报告

表 1　项目概况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="7">使用工业电子加速器项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="7">四川开物华包装材料有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>宋 XX</td><td>联系人</td><td>宋 XX</td><td>联系电话</td><td colspan="3">13XXX</td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="7">四川省德阳市中江县兴隆镇芦花村 1 社</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业信用代码</td><td colspan="7">91XXX</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="7">中江县兴隆镇芦花村 1 社四川开物华包装材料有限公司厂房内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="3">/</td><td>批准文号</td><td colspan="3">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>XX</td><td>项目保护投资（万元）</td><td>12.5</td><td>投资比例(环保投资/总投资）</td><td colspan="2">XX%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建 □改建 □扩建 □其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td colspan="2">198.9</td></tr>
<tr><td rowspan="10">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>□销售</td><td colspan="6">□Ⅰ类 □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□Ⅰ类（医疗使用） □Ⅱ类 □Ⅲ类 □Ⅳ类 □Ⅴ类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="6">□制备 PET 用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="6">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="6">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="6">□Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="6">☑Ⅱ类 □Ⅲ类</td></tr>
<tr><td>其它</td><td colspan="7">/</td></tr>
</table>

项目概述

一、建设单位简介及项目由来

四川开物华包装材料有限公司（统一社会信用代码 9XXX）（简称：“开物华公司”）成立于 2013 年 5 月，是一家集生产、加工及销售一条龙式的生产商。物华公司厂区占地面积 120 亩，注册资本 600 万元，主要从事美纹纸胶带生产、加工和销售业务。开物华公司有着多年的胶粘剂生产技术的经验，拥有行业内优秀的员工队伍，为广大客户提供品质上乘的产品和服务。目前开物华公司已拥有 BOPP 压敏胶粘带高速涂布线 2 条，美纹纸生产线 2 条，后期将陆续建设多色印刷，分切、分

条设备，大型压敏胶乳液生产线等，以满足市场需要，并面向全球销售。该公司主导产品为BOPP封箱胶粘带及半成品母卷，美纹纸胶带及母卷，文具胶带，双面胶带，牛皮纸胶带，泡棉胶带，压敏胶乳液等。

（一）任务由来

随着社会经济和人们生活水平的快速提高，胶带已经完全融入到各行各业及人们日常生活中，全国各省市县均拥有大大小小批发市场销售胶带产品，比比皆是的建材店、五金店、小卖店、文具店、超市等都有包装胶带（印字胶带、透明胶带、美纹胶带）出售，广泛应用于各种建材行业、工业、电子行业、鞋业等用途，使用量大，市场潜力无限。为了提高公司生产的包装胶带的质量，产品在行业内的竞争力，使产品更加安全，建设单位拟在公司厂房内安装使用6台工业电子加速器，用于包装胶带消毒杀菌和改性。根据《射线装置分类》（2017年12月5日起实施》，本项目使用工业电子加速器为粒子能量小于100兆电子伏的非医用加速器，属于II类射线装置。

按照《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（国家环保部令第18号）的规定和要求，本项目需进行环境影响评价。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（国家环保部44号令）及《关于修改<建设项目环境评价分类管理名录>部分内容的决定》（生态环境部1号令，2018年4月28日实施）中“五十、核与辐射”第191条“核技术利用建设项目”中“使用II类射线装置的”的规定，本项目应编制环境影响报告表，根据《关于调整建设项目环境影响评价文件分级审批权限的公告》（四川省生态环境厅 2019年 第2号 ），本项目应报省生态环境主管部门审批。因此，四川开物华包装材料有限公司委托四川省中栎环保科技有限公司编制该项目的环境影响报告表（委托书见附件1）。

四川省中栎环保科技有限公司接受本项目环境报告表编制工作的委托后，在进行现场踏勘、实地调查了解项目所在地环境条件和充分研读相关法律法规、规章制度、技术资料后，在项目区域环境质量现状评价的基础上，对项目的环境影响进行了预测，并按相应标准进行评价。同时，对项目环境可能造成的影响、项目单位从事相应辐射活动的能力、拟采取的辐射安全和防护措施及相关管理制度等进行了评

价分析，在此基础上提出合理可行的对策和建议，编制完成本报告表。

二、产业政策符合性

本项目系核和辐射技术用于工业领域，属高新技术。根据中华人民共和国国家发展和改革委员会令第 29 号《产业结构调整指导目录（2019 年本）》（2020 年 1 月 1 日施行），本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、项目概况

（一）项目名称、性质、地点

项目名称：使用工业电子加速器项目

建设性质：新建

建设地点：德阳市中江县兴隆镇芦花村 1 社四川开物华包装材料有限公司

（二）建设内容与规模

本次评价内容及规模为：开物华公司拟在拟建 7#厂房内设置自屏蔽电子加速器安装 A 区、在拟建 11#厂房内设置自屏蔽电子加速器安装 B 区，并在两安装区内各安装使用 3 台自屏蔽工业电子加速器。拟使用自屏蔽工业电子加速器型号为 EB0201，最大 X 射线能量为 0.2MV ，最大电子线能量为 0.2MeV，最大年曝光时间为 6000h/台。本项目使用的自屏蔽工业电子加速器共计 6 台，均用于包装材料的消毒杀菌和改性，仅在自屏蔽工业电子加速器柜体内进行。

EB0201 型工业电子加速器外尺寸为（2.490m×1.135m×3.971m），屏蔽体四周和上方均采用钢板结构，四周厚度为 100mm 钢板，顶部为 110mm 钢板，底部为 30mm 钢板+10mm 铅板，射线出束方向向下。拟在自屏蔽式工业电子加速器约 2m 处设操作柜。自屏蔽工业电子加速器照射分为准备阶段和辐照阶段，准备阶段：进料部位内安装有滚筒装置（直径 100mm），需要辐照物料时，辐射工作人员将辐照物料按要求穿过滚筒后，将液压机和滚筒升起，滚筒组与上方屏蔽体形成 1500mm（长）×12mm(宽）缝隙；辐射阶段：外设流水线收放卷装置带动滚筒和被辐照物料运动，工业电子加速器电子束出束，从而完成被照射物料的消毒杀菌和改性。本项目不进行洗片，不产生定影液、显影液、胶片等。

项目组成及主要环境问题见表 1-1。

表 1-1　建设项目组成及主要的环境问题表

名称	建设内容及规模	可能产生的环境问题		备注
		施工期	营运期	
主体工程	使用场所：7#、11#厂房 设备尺寸：2.490m×1.135m×3.971m（长×宽×高） 非主射方向厚度：四周100mm钢板、顶部110mm钢板 主射方向厚度：底部钢板30mm+铅板10mm 曝光时间：公司仅开展自屏蔽体加速器内产品的消毒杀菌和改性，预计年最大曝光时间6000h/台。	购买一体机	电子线、韧致辐射、臭氧	新建
辅助工程	本项目自屏蔽工业电子加速器约 2m 处均设操作柜	/	生活垃圾	新建
公用工程	利用厂区其他公用设施	生活垃圾		依托
办公及生活设施	利用厂区其他办公及生活设施	生活垃圾		依托
仓储或其它	利用厂区其他设施	生活垃圾、生活污水		依托

（三）本项目主要原辅材料及能耗情况

本项目主要原辅材料及能耗情况见表 1-2。

表 1-2　主要原辅材料及能耗情况表

名称		名称	年耗量（单位）	来源	主要化学成分
能源	煤（T）	——	——	——	——
	电（kW）	——	800 kW· h/a	市政电网	——
	气（nM^3）	——	——	——	——
水量	地表水	——	——	——	——
	地下水	——	——	——	——

（四）本项目涉及射线装置

本项目涉及射线装置相关参数见表 1-3。

表 1-3　本项目使用 X 射线装置的相关情况

名称	型号	生产厂家	参数	射线类型	投射类型	数量	管理类别	场所	备注
工业电子加速器	EB0201	四川智研科技有限公司	最大电子束能量 0.2MeV 最大 X 射线能量 0.2MV	电子线	定向向下	6	Ⅱ	7#、11#厂房内	拟购

（五）项目外环境关系

开物华公司位于德阳市中江县兴隆镇芦花村 1 社，该公司西侧约 50m 外为金秋红叶家具厂；北侧约 41m 外为亚度家居制造中心；东侧空地外约 90m 为成巴高速；南侧紧邻昌盛路，约 35m 外为四川省天府神龙中药饮片有限公司；西南侧约 56m

外为四川合木园展示用品有限公司（中江工厂）。经现场调查，本项目所在区域的企业均为生产型企业，见附图 2。

（六）项目选址和平面布局的合理性

1、项目选址的合理性分析

建设单位已就（兴隆开物华）美纹纸胶带生产项目进行了环境影响评价，取得了原中江县环境保护局的批复文件（江环审批[2014]18 号）（见附件 3），厂房选址合理性已在相关环评报告中进行了论述，本项目仅为其配套建设项目，不新增用地，且建设的铅房为专门的辐射工作场所，有良好的实体屏蔽设施和防护措施，产生的辐射经屏蔽和防护后对周围环境影响较小，从辐射安全防护的角度分析，本项目选址是合理的。

2、项目平面布局合理性分析

开物华公司用地红线呈长方形布局，在该公司内，以拟建 3#厂房为中心，西侧约 24m 外为已建 1#厂房；东侧 17m 外为拟建 11#厂房，65m 外由南向北依次为已建 4#、5#厂房；南侧约 15m 外自西向东依次为已建 2#展厅、拟建 9#办公楼、已建 6#厂房；北侧约 21m 外自西向东依次为拟建 7#厂房、8#拟建员工活动楼。公司拟在拟建 7#厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 A 区，拟在拟建 11#厂房并在厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 B 区。

在开物华公司自屏蔽电子加速器安装 A 区，南侧约 28m 外为已建 1#厂房，东南侧约 60m 外为拟建 3#厂房；东侧约 165m 外为拟建 8#员工活动楼，在自屏蔽电子加速器安装 A 区内，拟安装 1#、2#、3#自屏蔽电子加速器；开物华公司 11#厂房自屏蔽电子加速器安装 B 区，南侧约 38m 外为已建 6#厂房，西侧约 28m 外为拟建 3#厂房，东侧约 28m 外为已建 4#厂房，东北侧约 74m 外为已建 5#厂房，北侧 135m 外为 8#拟建员工活动楼，在自屏蔽电子加速器安装 B 区内，拟安装 3#、4#、5#自屏蔽电子加速器。在 7#、11#厂房内，设置自动化流水生产线，周围不设固定工作岗位，在日常运行中，流水线和自屏蔽电子加速器周围仅有巡查和装卸料人员短期停留，因此，工业电子加速器周围人员活动相对较少，该布局对环境和人员无明显影响。由此可知，本项目从辐射安全与防护的角度讲，项目平面布局合理可行，厂房平面布局见附图 4。

（七）劳动定员及工作制度

劳动定员：本项目拟为每个工业电子加速器安装区配备 3 名工作操作人员，另外配备 1 名专职管理人员，总共陆续配置工作人员共计 7 名。

工作制度：实行 24 小时工作制，年工作日以 250 天计。

四、与本项目有关的原有污染情况及主要环境问题

建设单位目前无其他辐射源项目使用情况，未发生任何辐射安全事故(附件 2)，开物华公司已就（兴隆开物华）美纹纸胶带生产项目进行了环境影响评价，取得了原中江县环境保护局的批复文件（江环审批[2014]18 号）（附件 3）。不存在与本项目相关的原有污染问题。

五、环境影响评价报告信息公开

为进一步保障公众对环境保护的参与权、知情权和监督权，加强环境影响评价工作的公开、透明，方便公民、法人和其他组织获取环境保护主管部门环境影响评价信息，加大环境影响评价公众参与公开力度，依据国家环境保护部颁布的《建设项目环境影响评价政府信息公开指南》的规定，结合四川省生态环境厅的要求，建设单位在向环境保护主管部门提交建设项目环境影响报告表前，应依法主动公开建设项目环境影响报告表全本信息。本报告编制完成后，建设单位于2019年12月9日对该项目进行了全文公示，公示网址和截屏如下：

https://www.eiabbs.net/thread-237198-1-1.html

公示后，未收到单位和个人有关项目情况的反馈意见。

表 2　放射源

序号	核素名称	总活度(Bq)/ 活度(Bq)×枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度（n/s）。

表 3　非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量（Bq）	日等效最大操作量（Bq）	年最大用量（Bq）	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）。

表 4　射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）/剂量率（Gy/h）	用途	工作场所	备注
1	工业电子加速器	Ⅱ	6	EB0201	电子	0.2	最大电子束流 150mA/1m 处最大剂量率 0.08mGy/h	杀菌消毒、改性	四川开物华包装材料有限公司 7#、11#厂房内	拟购
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（二）X 射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大靶电流（mA）	中子强度（n/s）	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度（Bq）	贮存方式	数量	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

表 5　废弃物（重点是放射性废弃物）

名　称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧	气态	/	/	少量	少量	少量	不暂存	直接排向大气环境
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/	/	/	/	/	/	/

注：1.常规废弃物排放浓度，对于液态单位为 mg/L，固体为 mg/kg，气态为 mg/m^3,年排放总量用 kg。

2.含有放射性的废物要注明,其排放浓度、年排放总量分别用比活度(Bq/L 或 Bq/kg 或 Bq/m^3)和活度（Bq）。

表 6　评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》，主席令[2014]第九号（2014 年 4 月 24 日修订，2015 年 1 月 1 日起实施）； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，主席令[2016]第四十八号（2016 年 7 月 2 日修订，2018 年 12 月 29 日修正）； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》，主席令[2003]第六号（2003 年 6 月 28 日通过，2003 年 10 月 1 日起实施）； （4）《建设项目环境保护管理条例》，国务院 682 号令（2017 年 7 月 16 日修订，2017 年 10 月 1 日实施）； （5）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院第 449 号令（根据 2019 年 3 月 2 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订）； （6）《建设项目环境影响评价分类管理名录》，原环境保护部令 44 号（2017 年 9 月 1 日起实施），2018 年生态环境部部令 1 号修正（2018 年 4 月 28 日起实施）； （7）原环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号《关于发布<射线装置分类>的公告》（2017 年 12 月 5 日起实施）； （8）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，原国家环境保护总局第 31 号令，2017 年 12 月 20 日，原环境保护部令第 47 号修改，2019 年 8 月 22 日发布）； （9）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起实施； （10）《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》，环发[2006]145 号，原国家环境保护总局、公安部、卫生部文件，2006 年 9 月 26 日； （11）《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77 号，原环境保护部文件，2012 年 7 月 3 日； （12）《四川省辐射污染防治条例》，四川省十二届人大常委会第二十四次会议第二次全体会议审议通过，2016 年 6 月 1 日实施。

技术标准	（1）《辐射环境保护管理导则·核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）； （2）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； （3）《环境核辐射监测规定》（GB12379-90）； （4）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》（GB/T14583-1993）； （5）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）； （6）《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）； （7）《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）； （8）《职业性外照射个人监测规范》GBZ128-2016。
其他	（1）环评委托书； （2）《辐射防护手册》（第一分册—辐射源与屏蔽，原子能出版社，1987）； （3）《环境保护部辐射安全与防护监督检查技术程序》； （4）原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）的通知》（川环函〔2016〕1400 号）。

表 7　保护目标与评价标准

评价范围

本项目涉及工业电子加速器，按照《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》（HJ10.1-2006）要求，结合本项目环境影响因素（电离辐射）的特征和项目周围环境的特点，确定本项目辐射评价范围为以射线装置屏蔽体外侧为边界半径 50m 以内的区域。

保护目标

本项目评价范围内的主要环境保护目标有：辐射工作人员及辐射工作场所 50m 以内的公众。由于电离辐射水平随着距离的增加而衰减，因此选取离辐射工作场所较近、有代表性的环境保护目标进行分析。根据厂区平面布置情况及厂区周围外环境关系，依次确定本项目涉及的环境保护目标具体见表 7-1。

表 7-1　本项目环境保护目标

序号	辐射源拟设厂房	保护目标	相对辐射源方位	距辐射源最近距离（m）	人数（人/次·日）	照射类型	年剂量约束值（mSv）
1	拟建 7#厂房	电子加速器操作人员	/	1.5	≤7	职业照射	5.0
2		拟建 7#厂房内其他工作人员	周围	2	≤25	公众照射	0.1
3		1#厂房内的工作人员	南侧	28	≤20		
4		拟建 3#厂房内工作人员	东南侧	65	≤10		
5		7#厂房周围的其他工作人员	周围	6	流动		
6	拟建 11#厂房	电子加速器操作人员	/	1.5	≤7	职业照射	5.0
7		拟建 11#厂房内其他工作人员	周围	2	≤25	公众照射	0.1
8		已建 4#厂房内的工作人员	东南侧	30	≤20		
9		拟建 3#厂房内工作人员	西侧	28	≤10		
10		6#厂房内的工作人员	南侧	48	≤20		
11		厂区道路上的其他人员	周围	12	流动		

评价标准

一、环境质量标准

（1）大气：《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准。

（2）地表水：《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III 类标准。

（3）声环境：《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。

二、污染物排放标准

（1）废气：《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）二级标准。

（2）废水：《污水综合排放标准》（GB8978-1996）一级标准。

（3）噪声：施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中相关标准；运营期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3 类标准。

（4）电离辐射

①职业照射：根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.3.1 条的规定，对任何工作人员，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量不超过由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯平均）20mSv/a，项目要求按上述标准中规定的职业照射年有效剂量限值的 1/4 执行，即 5mSv/a。②公众照射：第 B1.2.1 条的规定，实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过年有效剂量 1mSv/a，项目要求按上述标准中规定的公众照射年有限剂量值的 1/10 执行，即 0.1mSv/a。

③辐射工作场所边界周围剂量率控制水平：参照《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）的规定，距射线装置实体屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5μGy/h。

表 8　环境质量和辐射现状

环境质量和辐射现状

本项目为使用自屏蔽工业电子加速器项目，主要的污染因子为电离辐射，对环境空气、地表水及地下水影响较小，因此本次评价没有对区域环境空气质量、地表水和地下水环境质量进行监测评价，重点对评价区域开展了辐射环境现状监测评价。为掌握项目所在地的辐射环境现状，2019 年 8 月，四川省永坤环境监测有限公司对项目拟建场所进行了现场监测，监测报告见附件 4。

一、监测方法与标准

（1）《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）；

（2）《环境地表γ辐射剂量率测定规范》(GB/T14583-1993)；

（3）《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

二、监测项目与监测方法

表 8-1　监测项目、方法及方法来源

项目	监测方法	仪器使用	仪器参数
γ辐射剂量率	《环境地表γ辐射剂量率测定规范》GB/T14583-93 《辐射环境监测技术规范》HJ/T61-2001	FD-3013B 型 X-γ辐射剂量当量率仪 编号：YKJC/YQ-02	①能量响应：60keV~3.0MeV ②测量范围：0.01μSv/h~200μSv/h ③校准有效期：2018.09.03~2019.09.02

辐射监测仪器已经由计量部门校准，且在有效期内，测量方法按国家相关标准实施，布点合理、人员合格、结果可信，可以作为电离辐射环境现状的科学依据。

三、质量保证

该公司通过了计量认证，具备完整、有效的质量控制体系。本次监测所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，均有有效的国家计量部门的检定合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的单位培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行数据处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。

四川省永坤环境监测有限公司质量管理体系：

（一）计量认证

从事监测的单位，四川省永坤环境监测有限公司于 2018 年 1 月通过了原四川省质量技术监督局的计量认证，证书编号为：182312050067，有效期至 2024 年 1 月 28 日。

（二）仪器设备管理

①管理与标准化；②计量器具的标准化；③计量器具、仪器设备的检定。

（三）记录与报告

①数据记录制度;②报告质量控制。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。

四、监测结果

表 8-2　本项目周围本底值监测结果　　单位：μSv/h

点位	平均值	标准差	监 测 位 置	备注
1	0.10	0.015	拟建 11#厂房所在位置	无
2	0.09	0.016	拟建 7 号厂房所在位置	

由监测结果得知，本项目周围γ辐射剂量率背景值为 0.09～0.10μSv/h，在普通生活环境状态下，辐射环境权重因子按 1 进行考虑，则拟建场所内γ辐射剂量率背景值为 0.09～0.10μGy/h，根据生态环境部发布《2018 年全国辐射环境质量报告》（2019 年 6 月），本项目拟建区域内空气吸收剂量率水平与相近的国控点绵阳三水厂站监测数据（66.5~181.8nGy）基本一致，因此属于正常天然本底辐射水平。

表 9　项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

一、施工期

开物华公司拟在拟建 7#厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 A 区，在拟建 11#厂房并在厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 B 区，在自屏蔽电子加速器安装 A 区内，拟安装 1#、2#、3#自屏蔽电子加速器，在自屏蔽电子加速器安装 B 区内，拟安装 4#、5#、6#自屏蔽电子加速器。项目所在的 7#、11#厂房的建设，该公司项目在非放环评时，已经考虑各厂房的建设、装修及设备安装过程中可能产生的污染，项目产生的污染物处置参考该公司非放环评处理措施进行处理。

二、运营期

（一）工作原理及设备组成

辐照杀菌：利用加速电子束的辐照来杀灭有害细菌和昆虫的一项技术，可将多种细菌和病毒（如大肠杆菌、鼠伤寒沙门氏菌、黑曲霉素、牛痘病毒等）杀死 90%，它可处理密封包装的物品，操作简便，可连续作业，适于大规模加工；它一般不产生不利的变化，无残留毒物，安全它非但能直接以细胞为靶子破坏微生物细胞核内的 DNA，而且射线所产生的活性粒子对细菌也有强烈的杀伤作用。

辐照改性：在电离辐射作用下，高分子化合物分子产生电离和激发，并发生交联反应、裂解反应及其他化学的和物理的变化，从而改变其固有性质的过程，本项目主要利用辐照交联反应。辐照交联是在电离辐射作用下，高分子链与链之间通过自由基或离子产生桥键，形成三维网状结构，这种网状结构的高聚物具有不溶解于溶剂、也不易熔融等性能。例如，未辐照交联的低密度聚乙烯，在 115～125°C 熔融为粘液，经 2×104Gy 剂量辐照之后，加热至 250°C，外形仍保持不变，但本身变得柔顺并富有弹性，其耐热性、耐电性、耐腐蚀性、耐冲击性等都大为提高。

自屏蔽工业电子加速器主要由调压器、直流高压电源、电子加速器主体、配电和高压控制系统、控制系统（PLC）、扫描偏转系统、聚焦系统、束流控制系统、通风系统、冷却系统、真空系统和安全连锁系统。电子加速器部分由加速器钢筒以及设在加速器钢筒内的电子枪、电子枪加热电源、加速管、电子流检测等

部分组成。

系统功能要求和自屏蔽工业电子加速器的特点，系统采用可编程控制系统（PLC）来控制，主要由 PCL 组成的主控制器单元、扫描偏转单元、聚焦单元、束流控制单元、测量单元、安全连锁单元和辅助设备控制单元组成，监测与控制系统采用分布式结构。具体的系统结构如图 9-1 所示。

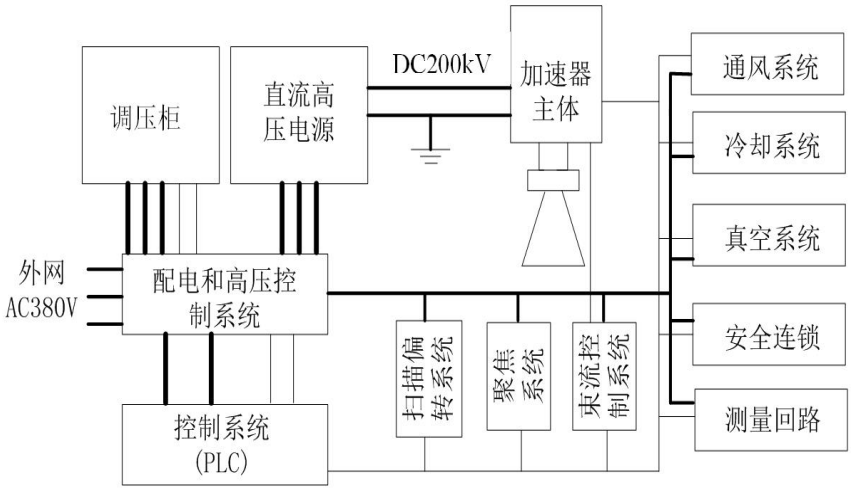

图 9-1　自屏蔽工业电子加速器设备组成图

高压控制系统：通过 PLC 的控制信号控制调压器输出电压，可以使直流高压电源输出高压与触摸屏操作画面设定的电压相同。高压是通过测量系统设在直流高压装置内部的分压电阻中的电流计算出来的，在 PLC 内比较实测值和设定值，通过输出控制，保证两者差值在稳定的范围来控制。

电子加速器系统：由加速器钢筒以及设在加速钢筒内的电子枪、电子枪加热电源、加速管、电子流检测等部分组成。

（1）电源钢筒和加速钢筒：电源钢筒与加速钢筒通过高压传输线管道相连，钢筒内充有压力约 0.8～1.6MPa 的绝缘气体二氧化碳加氮气。在加速钢筒里设有加速管的管电流输出以及电子枪加热控制电缆输出口。在电源钢筒侧面设有测量、监视气体温度的温度表、电源钢筒顶部设有安全排气阀。

（2）电子枪：电子枪是通过设在加速管顶部的“电子枪阴极”通电加热，产生热电子。由于电子枪阴极有使用寿命，需要定期更换电子枪阴极。

（3）加速器是由陶瓷和加速电极相互叠层连接而成，其内部和扫描盒及漂移管连接在一起并保持高真空。在加速器的周围设有将直流高压的分压电压送给各加速电极的“柱形电阻”，提供用于电子发射、加速的电场。

（4）自屏蔽工业电子加速器照射分为准备阶段和辐照阶段。准备阶段：进料部位内安装有滚筒装置（直径 100mm），需要辐照物料时，辐射工作人员将辐照物料按要求穿过滚筒后，将液压机和滚筒升起，滚筒组与上方屏蔽体形成1500mm（长）×12mm(宽）缝隙；辐射阶段：外设流水线收放卷装置带动滚筒和被辐照物料运动，电子加速器电子束出束，从而完成被照射物料的消毒杀菌和改性，加速器进出料示意见下图 9-2。

图 9-2　工业电子加速器进出料情况图

束流控制系统：通过 PLC 的控制信号对束流控制系统的控制，通过对电子枪灯丝电压的控制，并可以使电子枪灯丝输出电流值和设置值相同。

扫描偏转系统：扫描线圈由沿着照射范围进行电子束扫描的“X 扫描线圈”，与其呈直角方向扫描，并将通过钛箔的电子束进行分散的“Y 扫描线圈”组成。扫描偏转电源由控制柜内的扫描控制电源机箱和扫描控制器提供，分别产生 X 方向扫描的电流波形和 Y 方向扫描的波形。

真空系统：主要用于维持加速管和扫描盒内的高真空状态，控制系统设有监测真空度的传感器。在扫描漂移管的一侧设置有用于加速器正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空规等。

安全连锁系统：主要包括屏蔽室的防护门连锁、紧急按钮、剂量监测连锁和故障报警指示组成。

主控制器：主控制器执行数据采集并控制加速器设备各项功能。

人机界面：人机界面是 1 台触摸屏面板，除了实现人机交互作用外，还用来存储数据资料。操作人员可以通过对触摸屏的操作来控制加速器设备和显示设备的运行参数、状态等。

辅助装置的功能：辅助设备控制主要包括排风机、送风机。排风机主要排除辐照室产生的臭氧，送风机主要对加速器引出窗和扫描线圈进行冷却。

（三）工艺流程及产污环节

在进行包装胶带灭菌前，首先将工业电子加速器机系统开机，然后通过控制台控制液压机下降，人工穿入包装胶带（见图 9-2），在控制台控制液压机上升到设定位置，然后通过操作柜依次在操作平台点击“联机”、“高压”、“辐照剂量”设置系统的运行参数，设置完成后，检查控制柜上主画面设备状态指示灯，显示“系统妥备”灯亮绿色后，由生产线设备主机启动工业电子加速器连续出束，进行材料辐照和改性。据生产厂家提供信息，该设备可以长期自动运行，如发生异常，可以通过控制柜或者配电柜 QF 断路器紧急停机。

图 9-3 辐照材料进出料口示意图

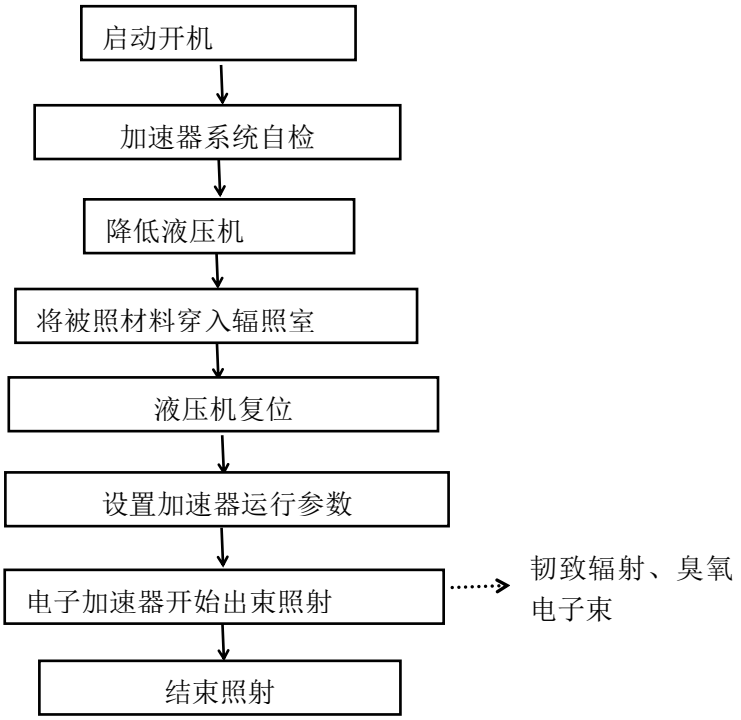

图 9-4 工业电子加速器工艺流程及产物环节图

由图 9-4 可知，本项目所使用工业电子加速器运营中产生的主要污染为辐照出束过程中产生的臭氧、韧致辐射产生的 X 射线。

（四）检测工况分析

1、工业电子加速器工况分析

开物华公司拟在拟建 7#厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 A 区，在拟建 11#厂房并在厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 B 区，在自屏蔽电子加速器安装 A 区内，拟安装 1#、2#、3#自屏蔽电子加速器，在自屏蔽电子加速器安装 B 区内，拟安装 4#、5#、6#自屏蔽电子加速器，用于包装材料的消毒杀菌和改性。拟均采购四川智研科技公司生产的 EB0201 型的自屏蔽工业电子加速器整机，自屏蔽式电子加速器电子束能量为 150keV～200keV，束流强度为 0mA～150mA，连续可调，电子束扫描面积为 1000mm×116mm。

开物华公司拟采购的自屏蔽工业电子加速器为Ⅱ类射线装置，设备生产厂家负责安装、调试和维修工作。在使用过程中，会产生电子线、韧致辐射产生的 X 射线、臭氧。年运行时间约 6000h/a，操作人员一般位于距离自屏蔽工业电子加速器 2m 左右的控制柜旁，操作完毕后，设备自动长期运行，不必留守在设备附近。自屏蔽工业电子加速器在运行过程中，电子束打在包装胶带上，产生韧致辐射发出 X 射线，设备四周采用钢板作为屏蔽材料。

2、污染源项描述

营运期产生的主要污染物为：①自屏蔽工业电子加速器在照射过程中，射线管发出的电子束；②自屏蔽工业电子加速器对包装胶带进行辐照，韧致辐射产生的 X 射线；③自屏蔽电子加速器内辐照过程中产生的臭氧。

表 10　辐射安全与防护

一、辐射工作场所两区划分

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防范工作，按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求在辐射工作场所内划出控制区和监督区。

控制区：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警告标志并给出相应的辐射水平和污染水平的指示。运用行政管理程序如进入控制区的工作许可和实体屏蔽（包括门锁和连锁装置）限制进出控制区，辐射工作场所应与非辐射工作场所隔开。

监督区：未被确定为控制区，正常情况下不需要采取专门防护手段或安全措施，但要不断检查其职业照射状况的制定区域。在监督区入口处的合适位置张贴电离辐射警示标记；并定期检查工作状况，确认是否需要防护措施和安全条件，或是否需要更改监督区的边界。

本次环评根据国际放射防护委员会对控制区和监督区的定义，结合各项目辐射防护和环境情况特点，将自屏蔽工业电子加速器实体区域范围内作为控制区，工业电子加速器安装区范围内划为监督区。本项目两区划分情况见表 10-1，两区划分见图 10-1。

表 10-1　本项目辐射工作场所两区划分情况

项目	控制区	监督区
工业电子加速器项目	工业电子加速器实体区域内	工业电子加速器实体边界 2m 的安装区域范围内

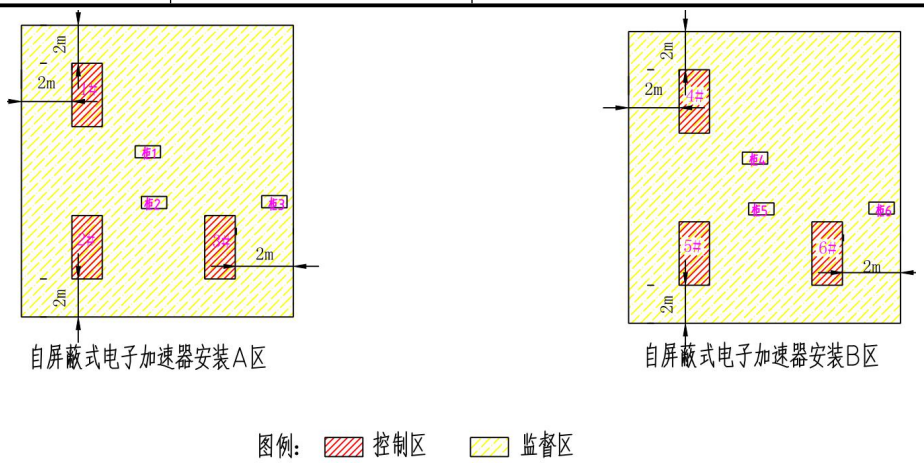

图 10-1　本项目工业电子加速器两区划分示意图

评价要求:建设单位需重视控制区和监督区的管理，进行分区管理。

三、辐射防护情况分析

（一）实体防护情况

1、工业电子加速器的实体防护情况

EB0201 型工业电子加速器外尺寸为（2.490m×1.135m×3.971m），屏蔽体四周和上方均采用钢板结构，四周厚度为 100mm 钢板，顶部为 110mm 钢板，底部为 30mm 钢板+10mm 铅板，其外观如下图 10-2 所示。

图 10-2　工业电子加速器结构及外观图

（二）固有安全性分析

在自屏蔽电子电子加速器旁 1.5~2m 的位置，设置操作柜，操作柜显示台面自带状态和数据显示面板，功能选项任何一项显示红色（故障/异常），设备均不能正常启动，设备启动界面，设备设置界面见图 10-3，操作柜及配电柜外观见图 10-4。

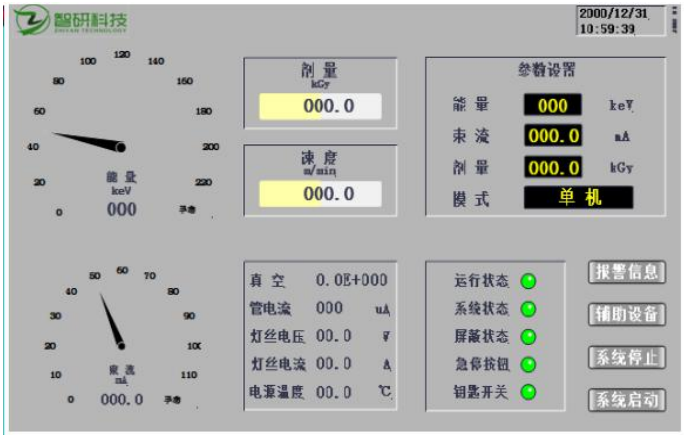

图 10-3　设备设置界面图

图 10-4　操作柜及配电柜外观图

（1）“紧急按钮”表示系统紧急按钮状态，当系统中的紧急按钮被按下则该状态显示为红色，当所有的紧急按钮都复位后显示为白色。

（2）“钥匙”表示启动钥匙开关，若系统启动钥匙开关没有打开则该状态显示为红色，打开后显示为白色。

（3）“剂量”表示加速器泄露剂量监测指示，若被监测点的环境剂量超过国家标准，则该状态显示为红色，若被监测点的环境剂量低于国家标准则状态显示为白色。

（4）“真空”表示系统运行时的真空状态，若真空值大于系统运行要求值则显示为红色，若真空值小于系统运行要求值状态显示为白色。

（5）“冷却水”表示水冷却系统，包括光缆冷却水、扫描盒冷却水、大滚筒冷却水、分子泵冷却水、高压电源冷却水的流量和温度，若冷却水的流量低于设定值或冷却水的温度高于设定值，状态显示为红色，若冷却水的流量及温度均正常则该状态显示为白色。

（6）“聚焦”表示扫描聚焦系统，若聚焦电流小于或大于设定值 10%以上，则该状态显示为红色，若聚焦电流位于正常范围内则状态显示白色。

（7）“偏转”表示扫描偏转系统，若扫描电流低于或高于设定值 10%以上，则状态显示为红色，若扫描电流位于正常范围内则状态显示为白色。

（8）“过压”表示高压电流输入电压，若电压高于程序中当前最高允许值，则该状态显示为红色，若电压低于程序中当前最高允许值，则该状态显示为

白色。

（9）“过流”表示高压电源输入电流，若电流高于程序中当前最高允许值，则该状态显示为红色，若电流低于程序中当前最高允许值，则该状态显示为白色。

因此，建设单位使用的自屏蔽工业电子加速器，固有安全性较高，能有效控制辐射照射事故风险的发生。

（三）安全联锁及紧急止动

（1）安全联锁

本项目自屏蔽工业电子加速器的操作系统装有安全连锁。液压机降下时，电子束处于不能出束的状态。

（2）工作状态指示灯

在工业电子加速器顶部安装有显示工作状态的警示灯，自屏蔽工业电子加速器在出束过程中，报警灯均会持续闪烁红光。

以上安全联锁装置可有效的保护操作人员和公众，避免因人为误入造成辐射安全事故。

（3）紧急止动装置

本项目使用的自屏蔽工业电子加速器在控制柜设置有紧急停止装置，在发生意外时，可以通过控制柜紧急停机按钮或者配电柜 QF 断路器紧急停机。

（4）专人控制

设备配置有安全钥匙，操作系统设置有密码，必须由经过专门培训的工作人员才能启动设备，安全钥匙和密码均由专人保管。

（四）其他辐射防护措施

（1）报警装置

本项目使用的工业电子加速器设计有灯光报警装置，在辐照过程中正常运行，具有灯光报警功能，提醒检测工作人员注意防护。

（2）辐射剂量监测装置

辐射工作人员需配置个人剂量片，人均两个，一用一备，辐射工作人员巡检作业期间必须佩戴个人剂量片，同时佩戴个人剂量报警仪。

（3）通排风系统

本项目采用自屏蔽电子电子加速器，被照射包装胶带从加速器下部凹槽通过

滚筒进入辐照室内，人员不能进入，设备自带通风管道和风机罩，故本项目工业电子加速器所在地未设置专门的通风设施。

（4）电缆进出口

工业电子加速器电缆线管的洞口，是屏蔽结构的薄弱处。为了减少检测作业时，韧致辐射产生的 X 射线泄漏，本项目工业电子加速器均为整体柜机，电缆出线口位于仪器后方，电缆线穿越口配置专用的铅罩进行屏蔽。

（5）安全控制

在自屏蔽工业电子加速器控制柜设置有安全钥匙控制开关，控制操作系统设置有密码。两个条件必须同时具备，设备才能运行。

五、环保投资

为了保证包装胶带杀菌改性工作安全持续开展，根据原国家环保部[环发〔2007〕8 号]和《环保部辐射安全与防护监督检查技术程序》的相关要求，公司需要投入一定的资金来建设必要的环保设施，配备相应的监测仪器和防护用品，本项目环保投资估算见表 10-2。

表 10-2　环保设施及投资估算一览表

项目	环保设施	数量（套/个）	投资金额（万元）	备注
工业电子加速器辐射安全设施	整体自屏蔽机房，四周厚度为 100mm 钢板，顶部为 110mm 钢板，底部为 30mm 钢板+10mm 铅板	6 套	仪器自带	已有
	固定的电离辐射警告标志	6 套		已有
	工作状态指示灯、声音警示	6 套		已有
	紧急停机按钮	6 套		已有
	紧急开门按钮	/		/
	摄像监控系统	/		/
	门机联锁系统	6 套		已有
其他	个人剂量片	7 套	1.5	需配置
	个人剂量报警仪	7 台	2.5	需配置
	便携式 X-γ 辐射剂量仪	1 台	3.0	需配置
	辐射安全与防护培训	/	1.5	需培训
	视屏监控系统	2 套	2.5	需配置
	灭火器	2 套	1.5	需配置
合计		/	12.5	/

本项目总投资 XX 万元，环保投资 12.5 万元，占总投资的 XX%。今后公司在项目实践中，应根据国家发布的法规内容，结合公司实际情况对环保设施做补

充，使之更能满足实际需要。同时建设单位应定期对环保设施、监测仪器等进行检查、维护。

三废的治理

X 射线与空气中的氧气作用产生少量臭氧和氮氧化合物，其中由于氮氧化物的产率仅为臭氧产率的十分之一，同时国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物，因此项目主要产生的废气污染物为臭氧。

工业电子加速器出束过程臭氧产额为 83.7mg/h。本项目所用的自屏蔽电子加速器进排风机罩各部分铆接在一起，滤网组件焊接在风机罩的侧板上滤芯采用双层不锈钢网，进风量为 583m^3/h，排风量为 2700~4200m^3/h。本项目产生的臭氧拟通过排风管道引出，高于楼顶排入环境大气后，经自然分解和稀释，不会对环境空气造成明显影响。

环评要求：长时间连续曝光过程中，应加强厂房内的通风。

本项目不产生废胶片、废显影液、废定影液。

表 11　环境影响分析

建设阶段对环境的影响

开物华公司拟在拟建 7#厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 A 区，在拟建 11#厂房并在厂房内设置自屏蔽式电子加速器安装 B 区，在自屏蔽电子加速器安装 A 区内，拟安装 1#、2#、3#自屏蔽电子加速器，在自屏蔽电子加速器安装 B 区内，拟安装 4#、5#、6#自屏蔽电子加速器。各厂房在非放环评时，已经考虑各厂房的建设、装修及设备安装过程中可能产生的污染，项目产生的污染物处置参考该公司非放环评处理措施进行处理。建设单位拟购买整机，由生产厂家进行组装、调试，因此不涉及建设期的环境影响问题。

运行阶段对环境的影响

一、X射线环境影响分析

自屏蔽工业电子加速器运行阶段主要环境影响为电子加速器工作时发射的电子产生的韧致辐射和臭氧对周围环境产生的影响。自屏蔽工业电子加速器在使用过程不产生废水、固体废物。

1、射线装置概况

本项目使用的自屏蔽工业电子加速器的型号为EB0201，设备基本工作参数见11-1。

表11-1 射线装置工作参数

设备型号	EB0201型自屏蔽工业电子加速器
总供电电压，V	交流380V/±5%，50Hz
电子能量，kV	150keV～200keV
电子束流，mA	0～150mA
泄露剂量，uSv/h	＜2.5uSv/h
年工作天数，天/a	250d/a
每年照射时间，h/a	6000h/a
最大扫描区	1000mm*116mm
主射方向	定向向下

2、曝光腔屏蔽厚度合理性分析

智研科技公司销售的 EB0201 型工业电子加速器（自带屏蔽体），电子束

能量为 150keV～200keV，束流强度为 0mA～150mA，连续可调，电子束与物料的距离为 1500mm，扫描尺寸为 1000mm*116mm，最大扫描范围见图 10-2。

自屏蔽工业电子加速器在辐照过程中，电子束打在受照包装材料上，产生韧致辐射，钢板作为韧致辐射产生的 X 射线吸收材料的。辐射工作人员一般位于距离自屏蔽工业电子加速器 1.5~2.0m 左右的控制柜旁。开物华公司拟配 13 名辐射工作人员负责厂区内的自屏蔽工业电子加速器的使用、维护和管理工作，可能存在剂量叠加的问题。在使用过程中主射束朝向地面，按其年受照射时间 6000 小时进行预测。

本项目使用的自屏蔽工业电子加速器，其四周屏蔽材料为钢板进行辐射防护，底部采用钢板+铅板进行防护，其屏蔽厚度合理性分析参照《放射卫生学》（原子能出版社，章仲候主编，P188～189），计算如下：

$$\eta_x = \frac{H_L \bullet r^2}{0.607IZE^2q} \qquad (1)$$

式中：

η_x—透射比；

q—居留因子；

H_L—离屏蔽层 r（m）处的剂量当量率控制水平，Sv/h；根据《辐射防护导论》,电子束在最大工作负荷时,设备表面处的照射量不得超过最大限值 0.1mR/h，即 8.73×10^{-7}Sv/h；

r—电子束枪头距离屏蔽体距离，本项目中取值为 1.5m；

I—电流强度，mA；

Z—吸收电子材料的原子序数，本项目取值为 82；

E—电子能量，本项目取值为 0.2MeV。

经计算，工业电子加速器透射比为2.92×10^{-9}。

与此相应的衰减倍数为：

$$K = \frac{1}{\eta_x} \qquad (2)$$

则衰减倍数为3.42×10^{8}。根据《辐射防护导论》附图12，查得本项目工业电子加速器自屏蔽体理论厚度为14.95mm的铅。本项目自屏蔽机房四周厚度为

100mm钢板（约合70mm铅板），顶部为110mm钢板（约合77mm铅板），底部为30mm钢板+10mm铅板（约合31mm铅板），因此，本项目工业电子加速器的屏蔽体是满足辐射防护的要求。

二、运营期正常工况环境影响分析

1、进出料口的辐射环境影响分析

自屏蔽工业电子加速器进出料口在穿好物料后，液压机和滚筒升起，滚筒组与上方屏蔽体形成形成约 12mm 宽的弓形通道，在进出料口形成 1500mm（长）×12mm(宽）缝隙，见下图 11-1。

图 11-1 进出料口缝隙局部示意图

根据厂家提供资料，进出料口位于散射方向。本次采用理论计算的方法对设备运行时的辐射环境影响进行预测，参考《工业 X 射线探伤室辐射屏蔽规范》（GBZ/T250-2014），关注点散射剂量率 $\dot{H}$ 计算如下：

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

式中：

$\dot{H}$ -关注点散射剂量率（uSv/h）；

I-电子束流，mA；取150mA；

H_0-距离辐射源点（靶点）1m处的输出量，查《辐射防护手册第一分册》原子能出版社，本项目取0.7Rad·m^2/（mA·min），换算为0.42mGy·m^2/（mA·h），漏射方向取1%;

B-屏蔽透射因子，1.0；

F-R_0处的照射野面积，取0.16m^2；

α-散射因子，取1.9×10^{-3}；

R_0-辐射源（靶点）至物料带的距离，1.5m；

R_S-散射体距关注点的距离，0.5m；

将相关参数带入公式可计算得到工业电子加速器在辐照过程中，散射最大有效剂量率为0.34μGy/h，低于《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中“距射线装置实体屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5μGy/h”的规定；此外，本项目缝隙宽度为12mm，进出料口搭接宽度为120mm，有足够的搭接宽度。因此本项目因散射辐射对周围环境带来的影响不再进行分析。

2、屏蔽体周围辐射环境影响分析

本项目涉及的工业电子加速器，本次采用理论计算的方法对设备运行时的辐射环境影响进行预测。根据《放射卫生学》（原子能出版社，章仲候主编，P188～189），工业电子加速器造成的辐射剂量可按照下式进行估算：

$$v_{r0}=60.7IZ(E/r_0)^2 \qquad （4）$$

$$X=t\times v_{r0}\times(r_o/R)^2\times f \qquad （5）$$

$$D=8.73\times10^{-3}X \qquad （6）$$

式中：

v_{r0}—距离射线装置r_0 m（r_0＝1m）处，由额定管电流（150mA）造成的照射量率，R/h；

I—电子束流，mA；取150mA；

Z—屏蔽体有效原子序数，取82；

E—韧致辐射能量，（0.2MeV）；

X—离射线装置r m处产生的照射量，R；

t—工作人员受照射时间，h，取6000h；

f—防护材料对X射线的减弱因子，无量纲，减弱因子取1.68×10^{-13}；

D—离射线装置r m空气吸收剂量，Gy。

自屏蔽工业电子加速器的尺寸为 2.49m×1.135m×3.971m，四周和上方均采用钢板结构，底部采用钢板+铅板结构进行防护。项目只有在设备运行过程中产生 X 射线，设备年运行时间为 6000 小时，本次预测结果见表 11-2。

表 11-2　本项目对屏蔽体周围辐射环境影响

预测点位	计算点位置	屏幕厚度	受照人员	居留因子	距离（m）	屏蔽体外 30m 处剂量率（uSv/h）	估算年剂量（mSv/a）
1	工业电子加速器东侧	100mm 钢板（折合为 70mm 铅板）	职业人员	1	1.55	1.82E-02	1.09E-04
2	工业电子加速器西侧	100mm 钢板（折合为 70mm 铅板）	职业人员	1	1.55	1.82E-02	1.09E-04
3	工业电子加速器南侧	100mm 钢板（折合为 70mm 铅板）	职业人员	1	0.85	6.06E-02	3.64E-04
4	工业电子加速器北侧	100mm 钢板（折合为 70mm 铅板）	职业人员	1	0.85	6.06E-02	3.64E-04
5	工业电子加速器顶上	110mm 钢板（折合为 77mm 铅板）	职业人员	1	2.3	8.28E-03	4.97E-05
6	工业电子加速器底部	30mm 钢板+10mm 铅板（折合为 31mm 铅板）	职业人员	1	2.3	8.28E-03	4.97E-05

由表 11-2 可知，在自屏蔽工业电子加速器屏蔽体周围 30cm 处，最大剂量率为 6.06×10^{-2}uSv/h，满足《电子直线加速器工业 CT 辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中“距射线装置实体屏蔽体（墙）表面大于或等于 30cm 处任何监测点的周围剂量当量率应不大于 2.5μGy/h”的规定；在使用出束 6000h 情况下，单台电子加速器所致最大年剂量为 1.75×10^{-4}mSv/a，由此可知，所致周围年剂量低于职业人员 5.0mSv 环评剂量约束值，亦低于公众 0.1mSv 环评剂量约束值，本项目的防护设计厚度满足辐射防护要求。

评价要求：①项目单位应为每一名辐射工作人员配备个人剂量计，每季度送有资质的单位进行个人剂量计测读，确保辐射工作人员的个人剂量不超标；②项目单位应严格按照相关规定执行控制区与监督区的划定规定，同时严格执行相应的管理措施和制度；③在辐射防护措施方面，建设单位须严格落实本报告“表 12-2（本项目辐射安全防护设施对照分析表）”及“表 10-2（环保设施及投资估算一览表）”中提出的相关防护措施。

在项目 6 台自屏蔽电子加速器均投用后，每台自屏蔽电子加速器 50m 范围内有多台同时工作，则在周围的工作人员可能受到多台电子加速器的辐射剂量叠加，本项目各厂房辐射源对周围主要保护目标的剂量贡献预测结果见表 11-3，各保护目标最大受照剂量统计结果见表 11-4。

表 11-3　本项目对保护目标的影响分析结果

序号	辐射源	保护目标	与辐射源最近距离（m）	照射类型	居留因子	估算年剂量（mSv/a）	剂量约束值（mSv/a）
1	1#电子加速器	1#电子加速器操作人员	1.5	职业照射	1	1.17E-04	5.0
2		2#电子加速器操作人员	3	职业照射	1	2.92E-05	5.0
3		3#电子加速器操作人员	10	职业照射	1	2.63E-06	5.0
4		拟建 7#厂房内其他工作人员	3	公众照射	1/4	7.30E-06	0.1
5		已建 1#厂房内的工作人员	36	公众照射	1/4	5.07E-08	0.1
6		厂区道路上的其他人员	10	公众照射	1/4	6.57E-07	0.1
7	2#电子加速器	1#电子加速器操作人员	3	职业照射	1	2.92E-05	5.0
8		2#电子加速器操作人员	1.5	职业照射	1	1.17E-04	5.0
9		3#电子加速器操作人员	10	职业照射	1	2.63E-06	5.0
10		拟建 7#厂房内其他工作人员	3	公众照射	1/4	7.30E-06	0.1
11		已建 1#厂房内的工作人员	30	公众照射	1/4	7.30E-08	0.1
12		厂区道路上的其他人员	13	公众照射	1/4	8.11E-07	0.1
13	3#电子加速器	1#电子加速器操作人员	10	职业照射	1	2.92E-05	5.0
14		2#电子加速器操作人员	3	职业照射	1	1.17E-04	5.0
15		3#电子加速器操作人员	1.5	职业照射	1	2.63E-06	5.0
16		拟建 7#厂房内其他工作人员	3	公众照射	1/4	7.30E-06	0.1
17		已建 1#厂房内的工作人员	30	公众照射	1/4	7.30E-08	0.1
18		厂区道路上的其他人员	13	公众照射	1/4	3.89E-07	0.1
19	4#电子加速器	4#电子加速器操作人员	1.5	职业照射	1	1.17E-04	5.0

20		5#电子加速器操作人员	3	职业照射	1	2.92E-05	5.0
21		6#电子加速器操作人员	10	职业照射	1	2.63E-06	5.0
22		拟建 11#厂房其他工作人员	3	公众照射	1/4	7.30E-06	0.1
23		已建 4#厂房内的工作人员	35	公众照射	1/4	5.36E-08	0.1
24		拟建 3#厂房内的工作人员	30	公众照射	1/4	7.30E-08	0.1
25		厂区道路上的其他人员	18	公众照射	1/4	2.03E-07	0.1
26	5#电子加速器	4#电子加速器操作人员	3	职业照射	1	2.92E-05	5.0
27		5#电子加速器操作人员	1.5	职业照射	1	1.17E-04	5.0
28		6#电子加速器操作人员	10	职业照射	1	2.63E-06	5.0
29		拟建 11#厂房其他工作人员	3	公众照射	1/4	7.30E-06	0.1
30		已建 4#厂房内的工作人员	35	公众照射	1/4	5.36E-08	0.1
31		拟建 3#厂房内的工作人员	30	公众照射	1/4	7.30E-08	0.1
32		厂区道路上的其他人员	18	公众照射	1/4	2.03E-07	0.1
33	6#电子加速器	4#电子加速器操作人员	10	职业照射	1	2.63E-06	5.0
34		5#电子加速器操作人员	3	职业照射	1	2.92E-05	5.0
35		6#电子加速器操作人员	1.5	职业照射	1	1.17E-04	5.0
36		拟建 11#厂房其他工作人员	3	公众照射	1/4	7.30E-06	0.1
37		已建 4#厂房内的工作人员	30	公众照射	1/4	7.30E-08	0.1
38		拟建 3#厂房内的工作人员	35	公众照射	1/4	5.36E-08	0.1
39		厂区道路上的其他人员	18	公众照射	1/4	2.03E-07	0.1

表 11-4 本项目保护目标最大受照剂量统计结果

序号	保护目标	照射类型	最大可能年剂量（mSv/a）	剂量约束值（mSv/a）
1	1#电子加速器操作人员	职业照射	1.75E-04	5.0
2	2#电子加速器操作人员	职业照射	1.75E-04	5.0
3	3#电子加速器操作人员	职业照射	1.75E-04	5.0
4	4#电子加速器操作人员	职业照射	1.49E-04	5.0
5	5#电子加速器操作人员	职业照射	1.75E-04	5.0
6	6#电子加速器操作人员	职业照射	1.22E-04	5.0
7	拟建 7#厂房内其他工作人员	公众照射	2.19E-05	0.1
8	已建 1#厂房内的工作人员	公众照射	1.97E-07	0.1
9	拟建 11#厂房其他工作人员	公众照射	1.80E-07	0.1
10	已建 4#厂房内的工作人员	公众照射	2.19E-05	0.1
11	拟建 3#厂房内的工作人员	公众照射	2.00E-07	0.1
12	厂区道路上的其他人员	公众照射	2.47E-06	0.1

综上所述，该公司 6 台自屏蔽电子加速器全部投入使用后，工作人员正确操作的情况下，职业人员最大年有效剂量为 1.75×10^{-4}mSv/a，公众年最大剂量为 2.19×10^{-5}mSv/a，均低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的职业人员 20mSv/a 和公众 1mSv/a 剂量限值，且均低于职业人员 5mSv/a，公众 0.1mSv/a 的管理约束值。本项目韧致辐射产生的 X 射线经过距离衰减后，辐射工作场所对外环境的影响更小，因此项目建设对保护目标的影响满足评价标准。

3、类比射线装置屏蔽体辐射影响分析

3.1、类比可行性分析

本次类比选用四川智研科技有限公司现有一台 CEB-200 型的自屏蔽工业电子加速器进行类比，该自屏蔽工业电子加速器监测时电子束能量为 200keV，束流强度为 500mA；屏蔽体参数与本项目使用的屏蔽体相同，类比自屏蔽工业电子加速器主要参数见表 11-5、11-6。

表 11-5　本项目 DSA 及类比 DSA 主要技术参数

名称	数量	设备主要技术参数		设备运行参数		备注
		电子束能量（keV）	电子束流（mA）	电子束能量（keV）	电子束流（mA）	

本项目自屏蔽工业电子加速器	1	200	150	200	150	-
类比自屏蔽工业电子加速器	1	200	500	200	500	-

表 11-6 本项目自屏蔽工业电子加速器及类比自屏蔽工业电子加速器主要技术参数

项目	本项目自屏蔽工业电子加速器	类比自屏蔽工业电子加速器	比较结果
屏蔽体	自屏蔽机房四周厚度为 100mm 钢板（约合 70mm 铅板），顶部为 110mm 钢板（约合 77mm 铅板），底部为 30mm 钢板+10mm 铅板（约合 31mm 铅板）	自屏蔽机房四周厚度为 100mm 钢板（约合 70mm 铅板），顶部为 110mm 钢板（约合 77mm 铅板），底部为 30mm 钢板+10mm 铅板（约合 31mm 铅板）	相同
缝隙宽度	12mm	12mm	相同
屏蔽体净空尺寸	2.490m×1.135m×3.971m（长×宽×高）	2.490m×1.135m×3.971m（长×宽×高）	相同

由表 11-5、11-6 可知，本项目自屏蔽工业电子加速器电子束能量与类比自屏蔽工业电子加速器电子束能量相同，本项目自屏蔽工业电子加速器电子束流小于类比自屏蔽工业电子加速器电子束流，本项目自屏蔽工业电子加速器屏蔽体及缝隙宽度与类比自屏蔽工业电子加速器屏蔽体及缝隙宽度相同。

综上所述，本项目采用四川智研科技有限公司现有一台 CEB-200 型的自屏蔽工业电子加速器进行作为类比自屏蔽工业电子加速器是可行的。

（2）监测单位、监测内容和监测条件

四川智研科技有限公司现有一台 CEB-200 型的自屏蔽工业电子加速器监测单位为四川世阳卫生技术服务有限公司。监测时间为 2020 年 3 月 23 日，监测内容为射线装置工作场所及周围辐射环境剂量率的监测。自屏蔽工业电子加速器监测工况见表 11-7。

表 11-7　自屏蔽工业电子加速器监测期间监测工况

设备名称	生产厂家	型号	管理类别	额定参数	监测参数
自屏蔽电子束设备	四川智研科技有限公司	CEB-200	II	200keV，500mA	200keV，500mA

（3）监测结果

类比自屏蔽工业电子加速器监测结果见表 11-8，监测布点情况见图 11-2。

表11-8 类比自屏蔽工业电子加速器监测结果　　单位:μSv/h

点位	监测位置	监测值	标准差
1	进料口（距入口30cm处）	0.25	0.020

2	进料口（距入口 100cm 处）	0.21	0.022
3	出料口（距入口 30cm 处）	0.25	0.015
4	出料口（距入口 100cm 处）	0.26	0.017
5	机身左侧（距设备外表面30cm处）	0.23	0.019
6	机身右侧（距设备外表面30cm处）	0.68	0.025
7	操作位	0.18	0.013
8	本底	0.10	0.012

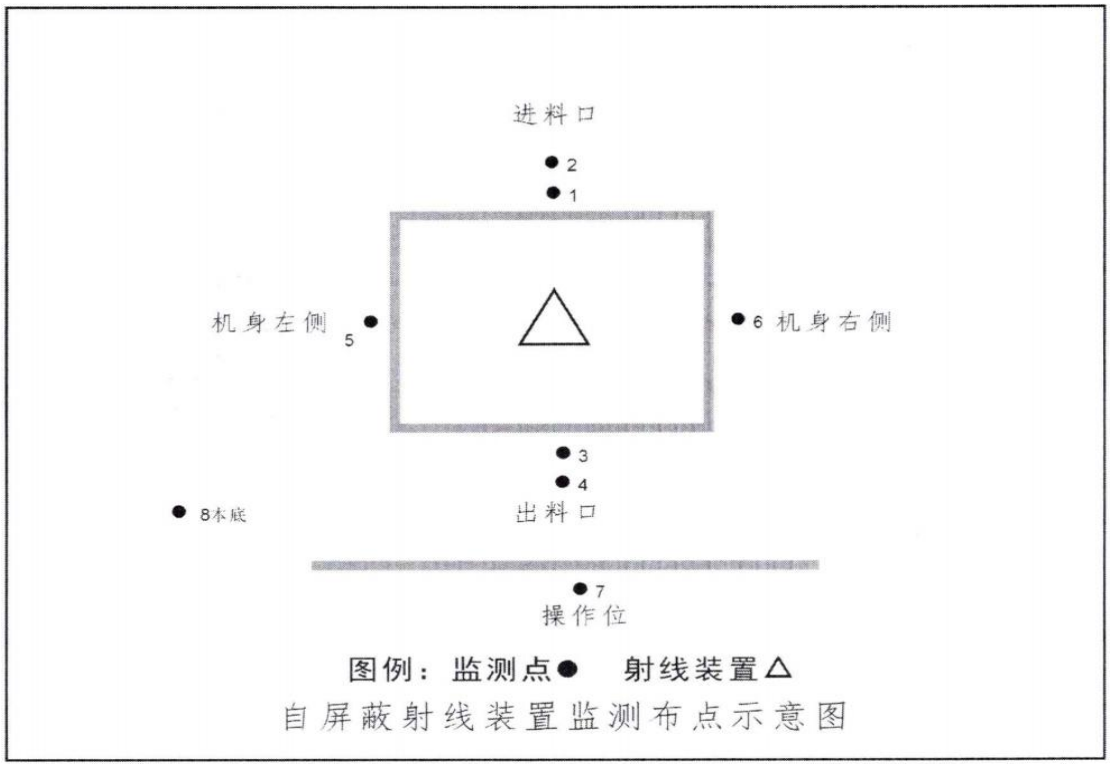

图11-2 监测布点示意图

由表11-8可知，类比自屏蔽工业电子加速器进料口和出料口剂量率为0.21μSv/h~0.26μSv/h，在类比自屏蔽工业电子加速器周围关注点剂量率为0.18μSv/h~0.68μSv/h，满足《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中规定的距射线装置实体屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5μGy/h的规定。

本项目自屏蔽工业电子加速器电子束流低于类比自屏蔽工业电子加速器电子束流，其他条件相同，根据公式（3）、公式（4）可知，自屏蔽工业电子加速器缝隙处及屏蔽体周围的环境辐射剂量率与电子束流的大小成正比，与因此自屏蔽工业电子加速器周围关注点剂量率小于类比自屏蔽工业电子加速器周围关注

点剂量率，也满足《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ785-2016）中规定的距射线装置实体屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5μGy/h的规定。

三、臭氧环境影响分析

工业电子加速器在工作状态时，产生的韧致辐射，使自屏蔽工业电子加速器内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。电子加速器输出的电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。臭氧产额大于氮氧化物，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此主要考虑臭氧的产生和排放影响。进风管和排风管与屏蔽室连接竖直管路均包铅。设备进风量为 583 立方米/小时，排风量为 2700~4200 立方米/小时。

根据《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）附录 E，假设本项目电子加速器在工作时，工业电子加速器屏蔽体内在通风、臭氧无分解且在自屏蔽体内均匀分布，则自屏蔽体内臭氧饱和浓度可采用下列经验公式计算：

$$C_p = 2.79 I d_e (1 - e^{-\mu t / V}) / V \qquad (7)$$

式中：

C_p-自屏蔽体内的臭氧饱和浓度，mg/m^3；

I-电子束流强度，加速器束流强度为 150mA；

V-室内有效体积，自屏蔽体内有效体积约为 2.5m^3；

d_e-电子束在空气中径迹长度，加速器出束口至包装材料的距离为 50cm；

μ-排风速率，本项目排风速率不小于 2700m^3/h（45m^3/min）；

t-加速器辐照时间，本项目加速器连续运行 24h。

加速器停止工作后，臭氧不再产生，通过通风系统使自屏蔽体内臭氧浓度降低至国家规定限值时，所需通风时间通过下式估算：

$$T = \ln(C_p / C_s) / (\mu / V) \qquad (7)$$

式中：C_s-《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010)中“臭氧最高允许浓度为 0.3mg/m^3”；

C_p、μ、V 意义同公式（6）相同。

将相关参数带入公式可计算得到工业电子加速器停止工作后，自屏蔽体内通风系统继续工作后，通过 5.3min 的通风排气，自屏蔽体内的臭氧浓度可达到《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010)中“臭氧最高允许浓度

为 0.3mg/m^3”。

环评要求：建设单位需为每一台自屏蔽式电子加速器设置排风管道，将本项目使用的自屏蔽式电子加速器在辐照过程中产生的臭氧通过排风管道引出，高于屋顶排放。将长时间曝光操作后，设备维护/操作人员应让本项目使用的自屏蔽电子加速器继续通风约六分钟后，才能打开辐照腔，且需加强厂房内的通风。

事故影响分析

一、事故风险识别

本项目所用工业电子加速器属于II类射线装置，其风险因子为X射线，按照国务院449号令第四十条关于辐射事故的分级原则，现将项目的风险物质、风险因子、潜在危害及可能发生的事故等级列于表11-9中。

表11-9 项目的风险因子辐射伤害程度与事故分级

风险因子	辐射伤害程度	事故等级	上报程序
X射线	若工业电子加速器失控导致人员受超年剂量限值的照射。	一般辐射事故	事故发生后2小时内报当地生态环境局。
	若工业电子加速器失控，导致9人以下(含9人)局部器官残疾。	较大辐射事故	事故发生后2小时内报省生态环境厅和当地生态环境局。

二、源项分析及最大可能性事故分析

自屏蔽式工业电子加速器固有安全性良好，因此风险事故发生率极低。本项目最大可能性事故情景分析如下：在维修过程中，突然发现工业电子加速器正处于出束状态，便立即离开中断电源。

三、最大可能性事故后果计算

假设维护时，维护人员位于主射束方向，距离靶 0.5m 的地方，停留时间为 30s，无任何屏蔽措施。根据上述条件，计算得出维护人员受照射剂量为 16mGy/人•次。

根据《实用辐射安全手册》（丛慧玲，北京：原子能出版社），见下表 11-10 分别给出了急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系。

表11-10 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系

辐射剂量/ Gy	发生率/%	辐射剂量/Gy	死亡率/%
0.70	1	2.00	1
0.90	10	2.50	10
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30

1.10	40	3.20	40
1.20	50	3.50	50
1.25	60	3.60	60
1.35	70	3.75	70
1.40	80	4.00	80
1.60	90	4.50	90
2.00	99	5.50	99

根据表 11-10，本项目使用射线装置不会造成工作人员死亡。在上述事故情景假设条件下，本项目自屏蔽工业电子加速器检修人员已受到超过年剂量限值的照射。

综上分析，本项目使用的工业电子加速器一旦发生辐射事故，最大可能事故为一般辐射事故。若发现工业电子加速器非正常出束，应立即切断电源，停止辐照工作。建设单位在日常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，杜绝此类事故发生。

四、事故防范措施

建设单位需制定辐射紧急事故的应急程序，对于可能发生的各种事故，除在硬件上配齐、完善各种防范措施外，在软件设施上应注意补充和完善，使之在安全工作中发挥约束和规范作用，其主要内容有：

①建立公司辐射安全与防护管理领导小组，组织管理公司的辐射安全工作。

②加强人员的培训，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制定公司重大事故处理预案、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，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目正常运营，也保障职业工作人员、公众的健康与安全。

表 12　辐射安全管理

辐射安全与环境保护管理

1、建设单位成立了辐射安全管理领导小组，并建立有领导分管的安全机构（附件 5）。辐射防护管理领导小组的职责是：①全面负责公司辐射安全管理工作；②认真学习贯彻国家相关法规、标准，结合本单位实际制定安全规章制度并检查监督实施；③负责公司辐射工作人员的法规教育和安全环保知识培训；④检查安全环保设施，开展辐射环境监测，对公司使用的射线装置安全防护情况进行年度评估；⑤实施辐射工作人员的个人剂量检测并做好个人剂量的档案管理工作；⑥编制辐射事故应急预案，并妥善处理有可能发生的辐射事故；⑦定期向环保和主管部门报告安全工作，接受环保监督、监测部门的检查指导。

2、建设单位有 1 名具有大专以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

3、辐射工作人员（包括管理和操作人员）应参加与其从事活动等级相适应的辐射安全与防护培训并考核合格后上岗，严禁无证人员从事辐射工作活动。

环评要求：辐射工作人员应严格按照生态环境部 2019 年第 57 号公告的要求，**自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（http:/fushe.mee.gov.cn）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。**

辐射安全管理制度

一、档案管理分类

根据原四川省环境保护厅关于印发《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》要求，辐射工作单位的相关资料应按照档案管理的基本规律和要求进行分类归档放置。档案资料可分以下十大类：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查记录”、“个人剂量档案”、“培训档案”、“辐射应急资料”、“野外探伤一事一档”和“废物处置记录”。公司应当根据以上要求结合实际辐射工作开展情况对档案进行分类管理。

二、规章制度

根据公司实际情况，辐射安全管理规章制度落实情况见下表 12-1。

表 12-1　本项目辐射管理制度汇总对照分析表

项目	规定的制度	落实情况
制度文件	1）辐射安全与环境保护管理机构文件	需制定
	2）辐射安全管理规定（综合性文件）	需制定
	3）辐射工作设备操作规程	需制定并上墙
	4）辐射安全和防护设施维护维修制度	需制定
	5）辐射工作人员岗位职责	需制定并上墙
	6）射线装置台账管理制度	需制定
	7）辐射工作场所和环境辐射水平监测方案	需制定
	8）监测仪表使用与校验管理制度	需制定
	9）辐射工作人员培训制度（培训计划）	需制定
	10）辐射工作人员个人剂量管理制度	需制定
台账	射线装置使用登记记录	需制定
监测检查	1）辐射工作场所和环境辐射水平监测记录	需制定
	2）监测仪器比对记录或刻度档案	需制定
	3）辐射安全和防护设施维护、检修记录（包括检查时间、检查人员、检查项目、检查方法、检查结果、处理情况）	需制定
	4）历次接受环保行政部门现场检查记录和整改记录	需制定
个人剂量	1）个人剂量检测报告	需委托
	2）剂量检测数值异常或超标的情况调查	需制定
	3）辐射工作人员个人计量片发放、回收记录	需制定
培训	从业人员辐射安全与防护培训/复训档案	需参加培训
应急	1）辐射事故应急预案	需制定并上墙
	2）辐射应急演习记录	/

需制定的制度包括：《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲（2016）》中规定的各种管理制度。其中《辐射监测方案》中应包含：“公司应委托有资质的单位对辐射工作场所的剂量进行监测，监测周期为 1 次/年”、“公司定期（监测周期为 1 次/月）对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改”；《辐射工作人员培训制度》中应包含“定期参加辐射安全防护培训和考核”的内容；《辐射工作人员个人剂量管理制度》中应包含“对于每季度检测数值超过 1.25mSv 的，要进一步开展调查，查明原因，撰写调查报告并由当事人在调查报告上签字确认；辐射工作人员个人剂量档案须终身保存”的内容。

需要上墙的规章制度：《辐射工作场所安全管理要求》、《辐射工作人员岗位职责》、《辐射工作设备操作规程》和《辐射事故应急响应程序》应悬挂于辐射工作场所。上墙制度的内容应体现现场操作性和实用性，字体醒目，尺寸大小

应不小于 400mm×600mm。

开物华公司应根据规章制度内容认真组织实施，并且应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对各项规章制度补充修改，使之更能符合实际需要。

二、射线装置使用能力综合评价

结合《辐射安全许可证》发放条件、中华人民共和国环境保护部第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、生态环境部核技术利用单位现场检查内容及原中华人民共和国环境保护部第 3 号令《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，将本项目采用的辐射安全防护措施列于下表 12-2。

表 12-2　本项目辐射安全防护设施要求表

规定的措施和制度		现有情况
固定式场所设施	建筑屏蔽	有钢板和铅防护
	射线仪进件门下方处电离辐射警示标志	需配置
	射线仪顶部机器工作状态灯显示	已有
	隔室操作	/
	防护门	已有（为进出料口）
	门机联锁系统	已有
	门灯联锁系统	已有
	射线仪内监控设施	/
	通风设施	自带通排风口，须增加排风管道
	紧急停机按钮	已有
	出口处紧急开门按钮	/
	准备出束声光提示	已有光报警提示
监测设备	便携式X-γ辐射剂量监测仪	需配备
	个人剂量片	需配备
	个人剂量报警仪	需配备
应急物资	灭火器材	需配备

表 12-3　《辐射安全许可证》发放条件对照分析

序号	环境保护部令第 3 号要求	项目实际情况分析
1	设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作	建设单位成立了辐射安全管理领导小组，具有本科及以上学历的技术人员负责辐射安全与环境保护工作。
2	从事辐射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核	建设单位组织辐射工作人员和管理人员参加辐射安全与防护专业知识

		培训和考核后满足。
3	射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施	工业电子加速器上设置有电离辐射警告标志和工作状态指示灯，操作柜上有紧急止动开关等。
4	配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量片、辐射测量等仪器	建设单位须为每个辐射工作人员配备个人剂量片，个人剂量报警仪，并配备 1 台便携式辐射监测仪，配备后满足。
5	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等	建设单位需按要求制定相应的规章制度，要求上墙的规章制度需按具体要求悬挂于辐射工作场所。
6	有完善的辐射事故应急措施	建设单位需制定辐射事故应急预案，并及时修订。

环评认为，建设单位完成上述内容后，具备《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于使用Ⅱ类射线装置的许可条件。

环评要求：建设单位在具备《辐射安全许可证》申领条件后，及时到四川省生态环境厅申请办理相关业务。

辐射监测

辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。

（一）个人剂量监测

每名辐射工作人员需佩戴个人剂量片，每季度将个人剂量片送往有资质的检测机构进行检测，并根据原四川省环境保护厅《关于进一步加强辐射工作人员个人剂量管理的通知》（川环办发[2010]49 号）做好个人剂量管理工作。

环评要求：

（1）建设单位应为每一名辐射工作人员配备个人剂量计，每季度将个人剂量片交有资质的检测单位进行检测。辐射剂量警示水平为（干预水平）1.25mSv 每季度；若全年个人累积剂量超过 5mSv/a，建设单位必须进行调查干预，将结果上报辐射安全许可证发证主管部门；年剂量超过 20mSv 的为事故剂量。

（2）辐射工作人员个人剂量档案内容应当包括个人基本信息、工作岗位、个人剂量监测结果等材料，建设单位应将个人剂剂量档案终身保存。

（二）辐射工作场所监测

1、日常自我监测：按照要求制定监测方案，开展辐射工作场所和环境的辐射水平监测，并记录备查；公司也可以委托有资质的单位定期开展场所的日常辐射监测。

2、委托监测：建设单位每年委托有资质的机构对辐射工作场所及周围环境至少进行 1 次辐射监测。该辐射监测报告应作为《放射性同位素与射线装置安全和防护状况年度评估报告》的重要组成内容一并提交给发证机关。

3、监测内容和要求：

（1）监测内容：X-γ空气吸收剂量率。

（2）监测布点及数据管理：监测布点应与环评监测布点、验收监测布点一致，监测数据应记录完善，并将数据实时汇总，建立好监测数据台账以便核查。

（3）监测范围：控制区和监督区域及周围环境

（4）监测质量保证

①制定监测仪表使用、校验管理制度，并利用监测部门的监测数据与公司监测仪器的监测数据进行比对，建立监测仪器比对档案；

②监测必须采用国家颁布的标准方法或推荐方法，自我监测时参考监测报告中的布点方案；

③制定辐射环境监测管理制度及方案。

此外，公司需定期和不定期对辐射工作场所进行监测，随时掌握辐射工作场所剂量变化情况，发现问题及时维护、整改。做好监测数据的审核，制定相应的报送程序，监测数据及报送情况存档备查。

（三）监测计划

建设单位按照实际情况制定的监测计划如表 12-4 所示。

表 12-4　监测计划一览表

项目	监测频次	监测内容
辐射工作场所 X-γ 辐射剂量率	委托有资质的单位每年监测 1 次	工业电子加速器四周及其他关注点
	公司每月自行监测 1 次	
环境保护目标 X-γ 辐射剂量率	委托有资质的单位每年监测 1 次	辐射工作人员操作位、电子加速器屏蔽体四周及附近固定工位
	公司每月自行监测 1 次	
个人剂量监测	辐射工作人员个人剂量片每季度监测 1 次	辐射工作人员进行辐照作业时佩戴个人剂量片（个人剂量片每季度送检），每次作业时个人剂量片应佩戴于胸前

辐射事故应急

一、事故应急预案

为了应对辐射事故和突发事件，建设单位需制订辐射事故应急预案。

建设单位辐射事故应急预案内容应包括：应急机构和职责分工，应急人员的培训，应急和救助的装备、资金、物资准备，辐射事故应急处理程序，辐射事故分级与应急响应措施，辐射事故调查、报告和处理程序，辐射事故的调查、预案管理。

在预案的实施中，应根据国家发布新的相关法规内容，结合公司实际及时对预案作补充修改，使之更能符合实际需要。

二、应急措施

若本项目发生了辐射事故，项目单位应迅速、有效的采取以下应急措施：

（1）发现误照射事故时，工作人员应立即切断电源，同时向公司主管领导报告。

（2）建设单位根据估算的超剂量值，尽快安排误照人员进行检查或在指定的医疗机构救治；对可能受放射损伤的人员，应立即采取暂时隔离和应急救援措施。

（3）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，还应同时向当地卫健行政部门报告。

（4）最后查清事故原因，分清责任，消除事故隐患。

表 13　结论与建议

结论

一、项目概况

四川开物华包装材料有限公司拟购四川智研科技有限公司生产的 EB0201 型自屏蔽工业电子加速器，在拟建 7#厂房内安装 1#、2#、3#自屏蔽工业电子加速器，在拟建 11#厂房内安装 4#、5#、6#自屏蔽工业电子加速器，共计 6 台，均属Ⅱ类射线装置，最大年曝光时间为 6000h/台，用于包装胶带的消毒杀菌和改性。

拟购的 EB0201 型工业电子加速器外尺寸为（2.490m×1.135m×3.971m），屏蔽体四周和上方均采用钢板结构，四周厚度为 100mm 钢板，顶部为 110mm 钢板，底部为 30mm 钢板+10mm 铅板，射线出束方向向下。

二、本项目产业政策符合性分析

本项目将核和辐射技术用于工业领域，属高新技术。根据《国家发展改革委关于修改<产业结构调整指导目录（2011 年本）>有关条款的决定》（国家发展改革委 2013 年第 21 号令）相关规定，本项目属鼓励类第六项“核能”第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业发展政策。

三、本项目选址合理性分析

本项目的建设地点位于四川省德阳市中江县兴隆镇芦花村 1 社成德工业园内，项目周围均为生产型企业，无敏感目标长期驻留。项目选址尽可能地远离公众以减小辐射对公众的影响，项目运营过程产生的电离辐射，经采取一定的防护治理措施后不会对周围环境与公众造成危害。由此可见，本项目选址是合理的。

四、工程所在地区环境质量现状

根据四川省永坤环境监测有限公司的监测报告，本项目周围环境γ辐射空气吸收剂量率为 0.09～0.10μSv/h，属于正常天然本底辐射水平。

五、环境影响评价分析结论

本项目使用自屏蔽式一体化工业电子加速器，不涉及施工期，在安装阶段对环境不会造成明显影响。

营运期环境影响分析：按照环评提出的要求严格落实后，本项目所致职业人员最大受照射剂量为 1.75×10^{-4}mSv/a，低于本次评价中所确定的职业人员 5mSv

的年剂量约束值；公众最大受照射剂量为 2.19×10^{-5}mSv/a，低于本次评价中所确定的公众 0.1mSv 的年剂量约束值；评价结果表明本项目辐射工作场所的防护性能符合要求。

六、环保设施与保护目标

按照环评要求落实后，公司环保设施配置较全，总体效能良好，可使本次环评中确定的保护目标所受的辐射剂量保持在合理的、可达到的尽可能低的水平。

七、事故风险与防范

建设单位按照环评要求制订合理可行的辐射事故应急预案和安全规章制度，并认真贯彻实施，可减少和避免发生辐射事故与突发事件。

八、辐射安全管理的综合能力

建设单位按照环评要求落实后，对本项目自屏蔽工业电子加速器和场所而言，建设单位具备辐射安全管理的综合能力。

九、项目环保可行性结论

在坚持“三同时”的原则，采取切实可行的环保措施，落实本报告表提出的各项污染防治措施的前提下，评价认为本项目在德阳市中江县兴隆镇芦花村 1 社四川开物华包装材料有限公司厂房内建设，从环境保护和辐射防护角度看是可行的。

建议和承诺

一、要求

1、落实本报告中的各项辐射防护措施和安全管理制度。

2、定期向当地生态环境主管部门报送辐射工作人员个人剂量信息。

3、建设单位须重视控制区和监督区的管理。

4、按照规定组织辐射工作人员和管理人员按照生态环境部2019年第57号公告的要求，自觉参加生态环境部网上免费学习考核平台（http:/fushe.mee.gov.cn）中辐射安全与防护专业知识的学习，考核通过后方能上岗。

5、定期开展场所和环境的辐射监测，据此对所用的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于每年1月31日前上报四川省生态环境厅，报送内容包括：①辐射安全和防护设施的运行与维护情况；②辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况；③辐射工作人员变

动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况；④场所辐射环境监测报告和个人剂量监测情况监测数据；⑤辐射事故及应急响应情况；⑥核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况；⑦存在的安全隐患及其整改情况；⑧其他有关法律、法规规定的落实情况。

6、建设单位必须在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：http：//rr.mee.gov.cn）中实施申报登记。申领、延续、更换《辐射安全许可证》、新增或注销射线装置以及单位信息变更、个人剂量、年度评估报告等信息均应及时在系统中申报。

二、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目环境保护管理条例》，工程建设执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应组织专家完成自主环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见下表13-1。

表 13-1　项目环保竣工验收检查一览表

项目	环保设施	数量
辐射安全设施	整体自屏蔽机房，四周厚度为 100mm 钢板，顶部为 110mm 钢板，底部为 30mm 钢板+10mm 铅板	6 套
	固定的电离辐射警告标志	6 套
	工作状态指示灯、声音警示	6 套
	紧急停机按钮	6 套
	紧急开门按钮	/
	摄像监控系统	/
	门机联锁系统	6 套
其他	个人剂量片	7 套
	个人剂量报警仪	7 台
	便携式 X-γ 辐射剂量仪	1 台
	辐射安全与防护培训	7 人
	视屏监控系统	2 套
	灭火器	2 套

验收时依据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国放射性污染防 治法》、《放射性同位素和射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》、《电离辐射防护与辐射源安

全基本标准》、《建设项目环境保护管理条例》、《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》等法律和标准，对照本项目环境影响报告表验收。

1、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日实施）文件第十七条规定：

（1）编制环境影响报告表的建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

（2）建设单位在环境保护设施验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

（3）除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

2、根据环保部《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评（2017）4号）规定：

（1）建设单位可登陆环境保护部网站查询建设项目竣工环境保护验收相关技术规范（http://kjs.mee.gov.cn/hjbhbz/bzwb/other）。

（2）项目竣工后，建设单位应当如实查验、监测、记载建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测（调查）报告。

（3）本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入使用，未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。

（4）除按照国家需要保密的情形外，建设单位应当通过其网站或其他便于公众知晓的方式，向社会公开下列信息：①本项目配套建设的环境保护设施竣工后，需在9个月内完成项目自主验收；②对项目配套建设的环境保护设施进行调试前，公开和项目竣工时间和调试的 起止日期；③验收报告编制完成后5个工作日内，公开验收报告，公示的期限不得少于20个工作日。 建设单位公开上述信息的同时，应当在建设项目环境影响评价信息平台（http://114.251.10.205/#/pub-message）中备案，且向项目所在地环境保护主管部门报送相关信息，并接受监督检查。

表 14　审批

下一级环保部门预审意见：   公　章 经办人　　年　月　日
审批意见：   公　章 经办人　　年　月　日