

核技术利用建设项目

天津蓝孚高能物理技术有限公司
新增使用 II 类射线装置（辐照加速
器）项目环境影响报告表

天津蓝孚高能物理技术有限公司

2022年9月

环境保护部监制

核技术利用项目

天津蓝孚高能物理技术有限公司
新增使用 II 类射线装置（辐照加速
器）项目环境影响报告表

建设单位名称：天津蓝孚高能物理技术有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：天津经济技术开发区现代产业区滨湖街 18 号天津茶淀工业
区服务中心 350 室

邮政编码：300480

电子邮箱：632760934@qq.com

联系人：常超

联系电话：022-59916866



打印编号: 1662103548000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	6f3sqi		
建设项目名称	天津蓝孚高能物理技术有限公司新增使用II类射线装置（辐照加速器）项目		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	天津蓝孚高能物理技术有限公司		
统一社会信用代码	91120116690670895G		
法定代表人（签章）	李连茂		
主要负责人（签字）	李连茂		
直接负责的主管人员（签字）	常超		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	国家卫生健康委职业安全卫生研究中心		
统一社会信用代码	121000004009028982		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
彭建亮	2016035110350000003510110060	BH009560	彭建亮
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
赵锡鹏	表10-13、附件、附图	BH052545	赵锡鹏
彭建亮	表1-9	BH009560	彭建亮

目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	10
表 3	非密封放射性物质.....	11
表 4	射线装置.....	12
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	13
表 6	评价依据.....	14
表 7	保护目标与评价标准.....	16
表 8	环境质量和辐射现状.....	25
表 9	项目工程分析与源项.....	31
表 10	辐射安全与防护.....	37
表 11	环境影响分析.....	53
表 12	辐射安全管理.....	70
表 13	结论与建议.....	77
表 14	审批.....	81
附图 1	天津蓝孚公司地理位置示意图	82
附图 2	天津蓝孚公司厂区平面布局图	83
附图 3	天津蓝孚公司拟建辐照车间所在地下一层和一层平面布局图.....	84
附图 4	天津蓝孚公司拟建辐照车间上方（加速器生产车间二层、三层）毗邻关系图.....	85
附图 5	天津蓝孚公司加速器生产车间立面图	86
附件 1	天津蓝孚公司辐射安全许可证	87
附件 2	天津蓝孚公司主体工程环评批复	91
附件 3	天津蓝孚公司环境本底监测报告	93
附件 4	个人剂量监测报告	98
附件 5	技术评估会会议纪要	111
附件 6	报告表修改索引	113

表 1 项目基本情况

建设项目名称		天津蓝孚高能物理技术有限公司新增使用 II 类射线装置（辐照加速器）项目					
建设单位		天津蓝孚高能物理技术有限公司					
法人代表		李连茂	联系人	常超	联系电话	022-59916866	
注册地址		天津经济技术开发区现代产业区滨湖街 18 号天津茶淀工业区服务中心 350 室					
项目建设地点		天津市滨海新区茶淀工业园滨湖街 18 号天津蓝孚高能物理技术有限公司电子加速器生产车间					
立项审批部门		无		批准文号	无		
建设项目总投资（万元）		1000	项目环保投资（万元）	190	投资比例（环保投资/总投资）	19%	
项目性质		☐ 新建 ☒ 改建 ☒ 扩建 ☐ 其它			占地面积（m ² ）	900	
应用类型	放射源	☐ 销售	☐ I类 ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类				
		☐ 使用	☐ I类（医疗使用） ☐ II类 ☐ III类 ☐ IV类 ☐ V类				
	非密封放射性物质	☐ 生产	☐ 制备 PET 用放射性药物				
		☐ 销售	/				
		☐ 使用	☐ 乙 ☐ 丙				
	射线装置	☐ 生产	☐ II类 ☐ III类				
		☐ 销售	☐ II类 ☐ III类				
		☒ 使用	☒ II类 ☐ III类				
	其他	无					
	1.1 单位概况 天津蓝孚高能物理技术有限公司（以下简称“天津蓝孚公司”）位于天津市滨海新区茶淀工业区，是山东蓝孚高能物理技术股份有限公司加速器辐照加工示范中心、技术研发和推广中心。公司成立于 2009 年，占地面积 21282.17m²，采用山东蓝孚高能物理技术股份有限公司自产的 VF-DZ-10/20 型 10MeV 电子加速器专业从事电子束辐照加工服务，服务领域包括农副产品、食品、药品、医疗器械的灭菌保质，化妆品的消毒灭菌，化工材料、电子元器件及高科技新材料的改性等。 1.2 核技术利用及辐射安全管理现状 1.2.1 核技术利用现状 天津蓝孚公司已取得了天津市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》（津						

环辐证[00552]，换证日期为 2021 年 12 月 9 日，有效期至 2027 年 1 月 17 日，见附件 1)，许可的种类和范围是：使用 II 类射线装置。具体为在辐照车间使用 2 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器（最大能量 10MeV，最大束流 2mA），用于食品、药品、医疗器械等辐照灭菌。

1.2.2 近几年履行环保审批情况

天津蓝孚公司主体工程项目环评于 2010 年取得原天津市汉沽区环境保护局批复（津汉环保许可表（2010）35 号，详见附件 2）。天津蓝孚公司近年来共有 2 个核技术利用环评报告表项目，具体情况见表 1-1。

表 1-1 核技术利用项目环评审批及竣工验收落实情况

序号	环评批复文号	项目名称	竣工验收文号	备注
1	津环保许可表 [2011]038 号	新建生产、销售、 使用电子加速器	津环保许可验 [2017]062 号	验收内容为：使用 1 台 VF/DZ-10/20 型 电子加速器
2	津环保许可表 [2022]025 号	改建使用 II 类射线 装置(电子加速器)	/	建设中

1.2.3 辐射安全与环境保护管理现状

天津蓝孚公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律、法规的要求，已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，由法人担任第一责任人，指定专人作为核辐射防护负责人，全面负责公司的辐射安全与环境保护管理工作，成员组成详见表 12-1。

1.2.4 辐射工作人员持证情况

天津蓝孚公司现有 14 名辐射工作人员，均已参加核技术利用辐射安全与防护考核，并取得考核合格证书，持证上岗，证书均在有效期内。

1.2.5 制度建设及执行情况

天津蓝孚公司已制定相应的规章制度，包括：《辐射安全教育培训制度》、《辐射安全防护制度》、《电子加速器操作岗位职责》、《电子加速器操作规程》、《设备检修维护制度》、《车间管理制度》、《个人剂量监测方案》、《辐射监测方案》、《辐射安全应急预案》、《电子加速器安全联锁系统管理制度》，运行期间认真落实各项规章制度，按操作规程操作。

1.2.6 个人剂量监测情况

天津蓝孚公司指定专人负责个人剂量监测管理工作。目前已委托天津瑞丹

辐射检测评估有限责任公司开展个人剂量监测，并为辐射工作人员建立个人剂量监测档案，终生保存。2021 年度（2021.4.13~2022.1.26）个人剂量监测结果表明，辐射工作人员年受照剂量满足天津蓝孚公司辐射工作人员年剂量约束值（2mSv/a）要求，个人剂量监测结果见附件 4。

1.2.7 工作场所辐射监测情况

（1）自行监测

天津蓝孚公司对现有的辐照车间，开展辐照加工区域及其周围环境的自行监测，利用自配的便携式 X- γ 剂量率仪，对以上工作场所每周开展一次自行监测，并对监测结果进行记录，妥善保存。便携式 X- γ 剂量率仪定期送中国计量科学研究院等有资质的部门检定。监测方法：按照《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）执行。监测方案详见表 1-2。

表 1-2 工作场所自行监测方案

监测项目	点位布设	监测频次
γ 辐射空气吸收剂量率	现有辐照车间的辐照室和主机室屏蔽墙外 30cm 处、主机室和辐照室出入口、控制台、二层平台、已辐照产品暂存区和未辐照产品暂存区、评价范围内环境保护目标处。	1 次/周

（2）委托监测

天津蓝孚公司委托有资质的单位，每年对现有辐照车间开展 1 次辐射工作场所防护检测。2021 年已委托有资质单位开展年度防护检测，检测结果表明，开机状态下所有位点周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中“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 μ Sv/h”的要求。

1.2.8 辐射事故应急管理

天津蓝孚公司依据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的要求，制定了关于本单位辐射项目的《辐射事故应急预案》，以保证本单位一旦发生辐射意外事件时，即能迅速采取必要和有效的应急响应行动，妥善处理辐射事故，保护工作人员和公众的健康与安全。

1.3 本次申请项目概况

1.3.1 项目由来

天津蓝孚公司现有一座辐照车间、一座加速器生产车间。辐照车间里安装有 2 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器，主要用于食品、药品、医疗器械等辐照灭菌；加速器生产车间为三层建筑，原计划用于加速器生产、调试、销售（原计划生产销售 VF/DZ-10/10 型电子加速器 6 台、VF/DZ-10/20 和 VF/DZ-10/25 型电子加速器共计 6 台），由于公司业务调整，加速器生产车间建造完成后闲置至今，未开展加速器生产、调试等生产内容。

近年来，天津蓝孚公司辐照加工业务量不断增涨，为减少客户等待时间，提高辐照加工产能，天津蓝孚公司拟将闲置的加速器生产车间改造为新的辐照车间，新增使用 1 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器对产品进行辐照灭菌。

根据原环保部、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》规定，本项目电子加速器属于Ⅱ类射线装置（工业辐照用加速器）。根据生态环境部令第 16 号《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》，本项目属于“五十五、核与辐射——172 核技术利用建设项目”中“生产、使用Ⅱ类射线装置的”，应编制环境影响报告表。根据生态环境部《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》（2019 年生态环境部令第 9 号）最新要求，国家卫生健康委职业安全卫生研究中心符合第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。单位有专职环评工程师，有能力开展环境影响评价工作。受天津蓝孚公司的委托，评价机构环评人员在现场踏勘、监测、收集资料的基础上，对该项目建设和运行对环境的辐射影响进行了分析评价，并编制了环境影响报告表。

1.3.2 本项目环境影响评价内容

天津蓝孚公司原计划用于加速器生产、调试的加速器生产车间设有加速器调试机房和辐照室，位于生产车间西端，其中一层为加速器调试机房，其下方地下一层为辐照室，无物料传输系统。

本项目拟在已有的调试机房和辐照室屏蔽设施基础上，进行局部改造，建成新的加速器主机室和辐照室，并增加货物传输系统，新增使用 1 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器（最大能量 10MeV，最大束流 2mA）开展货物辐照业务。

1.4 项目选址及周边环境保护目标

1.4.1 项目选址

天津蓝孚公司位于天津市滨海新区茶淀工业区。公司中心坐标为：经度 $117^{\circ}44'46.600''$ ，纬度 $39^{\circ}12'22.990''$ 。公司四至情况：东侧隔绿化带为高新路，南侧隔绿化带为百鸟街，西侧和北侧为空地，见图 1-1。

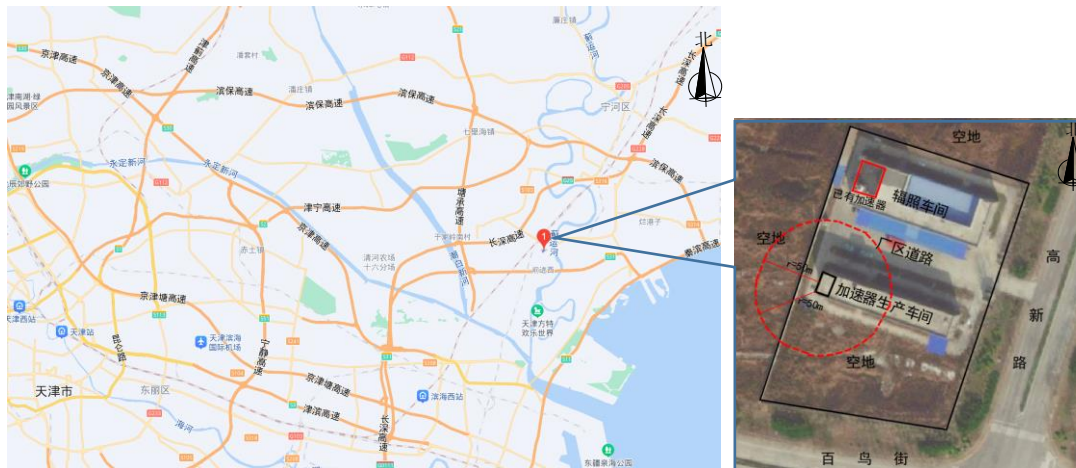


图 1-1 天津蓝孚公司地理位置图

如图 1-1 右图所示，天津蓝孚公司厂区现有辐照车间和加速器生产车间 2 座车间。本项目拟对加速器生产车间西端的加速器调试机房和辐照室进行局部改造，作为新的辐照车间使用。加速器生产车间四周现场照片见图 1-2，加速器调试机房和辐照室现状见图 1-3。



图 1-2 加速器生产车间周边现场照片



图 1-3 加速器调试机房和辐照室现场图

本项目拟对加速器调试机房和辐照室进行局部改造，具体方案如下：

(1) 加速器主机室

拟建加速器主机室，即原加速器调试机房，位于厂区内加速器生产车间西端地上一层。其东侧为大厅和库房，西侧和北侧为厂区内部道路，南侧隔走廊为一层户外。加速器主机室正下方为辐照室，正上方（三层）现为封闭房间。

本项目拟在原加速器调试机房安装辐照加速器主机，并在主机室南侧走廊外施工，形成一条由地面进入地下的东西向斜坡，与地下一层辐照室南侧走廊相连接。

(2) 辐照室

辐照室位于厂区内加速器生产车间西端地下一层，无内迷道和货物传输系统。辐照室东侧、西侧、北侧均为土层，南侧现为走廊，走廊南侧墙外亦为土层。辐照室正上方（一层）为加速器主机室。

本项目拟在辐照室内增设内迷道，并将南侧走廊与主机室南侧拟新建的斜坡通道相连，作为辐射工作人员进出辐照室的巡检通道以及物料进出辐照室的传输通道，拟实现货物由一层大厅东侧的上货区，经货物传输通道进入地下一层的辐照室内照射，其后经货物传输通道回到一层控制大厅的下货区。

本项目改造前和拟改造后的主机室（即原加速器调试机房）和辐照室平面

布局图分别见图 1-4 和图 1-5，拟改造后主机室和辐照室立面图见图 1-6。

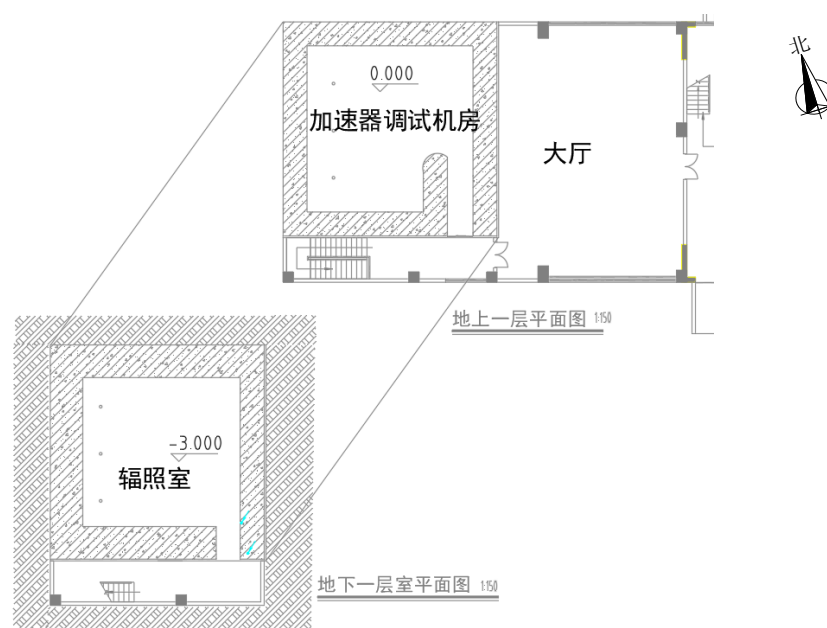


图 1-4 本项目改造前加速器调试机房和辐照室平面布局图

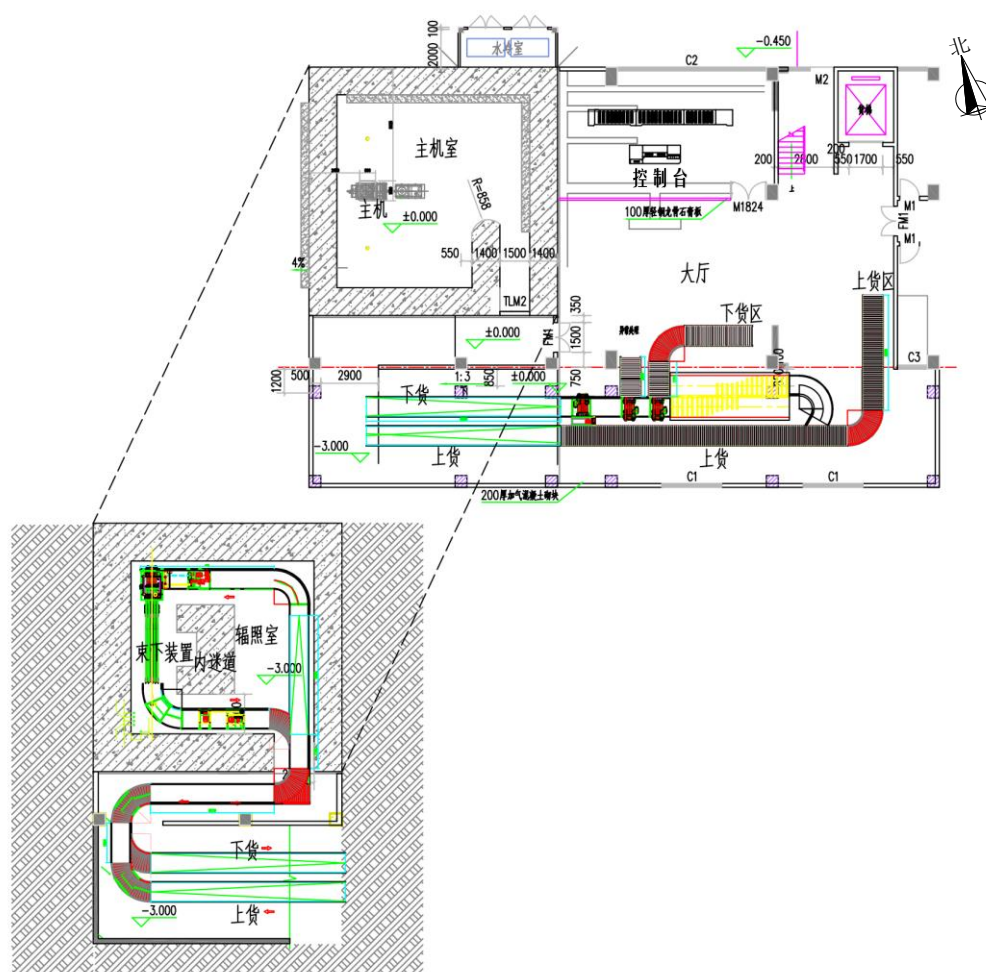


图 1-5 本项目拟改造后主机室和辐照室平面布局图

表1-3 本项目劳动定员及工作负荷信息

工作班次, 班	每班人数, 人	年工作 天数,d	日出束 时间,h	年出束 时间,h	辐射工作人员年最 长受照时间,h
2	4	250	16	4000	2000

1.6产业政策符合性分析

依据《国家发展改革委关于修改〈产业结构调整指导目录（2019 年本）〉的决定》（国家发展和改革委员会第29号令），本项目不属于上述目录中的淘汰类和限制类项目，符合国家产业政策要求。同时，本项目不属于《市场准入负面清单（2020 年版）》禁止事项。本项目符合相关产业政策。

1.7规划符合性分析

本项目位于天津市滨海新区茶淀工业区天津蓝孚公司厂区内，厂区用地已取得土地证，用地性质为工业用地，项目选址符合用地规划要求。

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
无								

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
无										

注：日等效最大操作量和操作方式见国家标准《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

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	电子辐照加速器	II类	1	VF/DZ-10/20	电子	10	2mA	工业辐照	加速器生产 车间	无

(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
无									

(三) 中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

序 号	名称	类 别	数 量	型号	最大管电 压 (kV)	最大靶电 流 (μA)	中子强 度 (n/s)	用途	工作场所	氚靶情况			备注
										活度 (Bq)	贮存方式	数量	
无													

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
O ₃	气态	/	/	46 kg	551 kg	9.9 mg/m ³	/	经排气筒排入大气环境，50min后自动分解。
NO _x	气态	/	/	15 kg	184 kg	3.3 mg/m ³	/	经排气筒排入大气环境。

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/m³；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/m³）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》，2015 年 1 月 1 日。 (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日。 (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日。 (4) 《建设项目环境保护管理条例》，2017 年 10 月 1 日。 (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019 年 3 月 2 日。 (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2021 年 1 月 1 日。 (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2021 年 1 月 4 日。 (8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，2011 年 4 月 18 日。 (9) 《关于发布<射线装置分类>的公告》，环境保护部、国家卫生计生委公告第 66 号，2017 年 12 月 5 日。 (10) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收暂行办法>的公告》，国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日。 (11) 《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。 (12) 《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，原国家环保总局，2006 年 9 月 26 日。 (13) 《天津市生态环境保护条例》，2019 年 3 月 1 日。
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），环境保护部； (2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； (4) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； (5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）； (6) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）；

	(7) 《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 及其修改单; (8) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019)。
其他	(1) 核与辐射安全管理体系 (第三层级)《电子辐照加速器监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-022); (2) 《天津市环境天然贯穿辐射水平调查研究》, 辐射防护, 第 13 卷第 3 期 (唐旭兴、梁维华, 田金池); (3) 《2020 年天津市生态环境状况公报》; (4) 天津蓝孚公司提供的建筑结构设计图以及与建设项目相关的其他技术资料, 2022 年 7 月。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

7.1.1 评价内容

本项目为加速器生产车间拟新增的 1 台工业电子辐照加速器。

7.1.2 关注问题

(1) 加速器主机室、辐照室屏蔽厚度是否满足国家相关标准的要求。

(2) 辐射安全管理情况及污染防治措施是否满足射线装置安全使用要求。

7.1.3 评价因子

有电子束、韧致辐射（X 射线）、O₃ 和 NO_x 等。由于电子的最大射程与所产生的 X 射线的射程相比很小，因此，X 射线成为该加速器辐照项目的主要辐射防护对象，O₃ 和 NO_x 为该项目考虑的主要污染物。

7.1.4 评价范围

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》（HJ 10.1—2016）的规定“放射源和射线装置的评价范围通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 50m 的范围（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于 100m 的范围）”。结合本项目工程特征及射线装置周围的具体情况，确定本项目评价范围为加速器主机室、辐照室屏蔽边界外 50m 内区域，评价范围见图 7-1，评价范围内除西墙外空地之外其他区域均属公司内部。



图 7-1 评价范围示意图

7.2 环境保护目标

本项目加速器机房屏蔽边界外 50m 评价范围内无学校、医院、居民区等类型环境敏感点，涉及主要环境敏感点为控制台、辐照货物上货区、下货区以及厂区内公众等。其中辐射工作人员为辐射安全防护管理人员、操作人员、装卸人员，公众为评价范围内其他固定工位的工作人员及途经公众。本项目评价范围内环境保护目标详见表 7-1。

表 7-1 本项目评价范围内主要保护目标

序号	环境保护目标	方位	人数	性质
1	一层控制台操作人员	东侧	4	辐射工作人员
2	下货区装卸人员	东侧	2	
3	上货区装卸人员	东侧	2	
4	东侧库房及楼上二层、三层其他工作人员	东侧	20	公众
5	评价范围内的途经公众（楼梯间、厂区内道路等）	四侧	20	公众

注：具体点位见图 11-1 至图 11-4。

7.3 评价标准

7.3.1 电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB 18871-2002）

应对任何工作人员的照射水平和公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值进行控制，使之满足表 7-2 的限值要求。

表 7-2 个人剂量限值（GB18871-2002）

辐射工作人员	公众关键人群组成员
连续五年平均有效剂量 20mSv，且任何一年有效剂量 50mSv	年有效剂量 1mSv；但连续五年平均值不超过 1mSv 时，某一单一年可为 5mSv
眼晶体的当量剂量 150mSv/a 四肢或皮肤的当量剂量 500mSv/a	眼晶体的当量剂量 15mSv/a 皮肤的当量剂量 50mSv/a

7.3.2 电子加速器辐照装置辐射安全和防护（HJ 979-2018）

本标准适用于辐射加工用能量不高于 10MeV 的电子束辐照装置和能量不高于 5MeV 的 X 射线辐照装置。

4.1 辐射安全要求

4.1.1 安全原则

4.1.1.1 纵深防御

应对电子加速器辐照装置的应用及其潜在照射的大小和可能性采取相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），以确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到：

- （1）防止可能引起照射的事故；
- （2）减轻可能发生的任何类似事故的后果；
- （3）在任何这类事故之后，将装置恢复到安全状态。

4.1.1.2 冗余性

采用的物项应多于为完成某一安全功能所必须的最少数目的物项，在运行过程中万一某物项失效或不起作用的情况下可使其整体不丧失功能。例如辐照室和主机室的人员出入口应设 3 道及以上联锁。

4.1.1.3 多元性

多元性能够提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。系统多元性和多重剂量监测可以采用不同的运行原理、不同的物理变量、不同的运行工况、不同的元器件等。例如：辐照室和主机室的人员出入口的安全联锁可以分别采用机械的、电气的、电子的和剂量的联锁。

4.1.1.4 独立性

独立性是指某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用。通过功能分离和实体隔离的方法使安全机构获得独立性。为提高系统的独立性，可采取下列措施：

- （1）保证冗余性（多道联锁）各部件之间的独立性；
- （2）保证纵深防御各部件之间的独立性；
- （3）保证多元性各部件之间的独立性；
- （4）保证安全重要物项和非安全重要物项之间的独立性。

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它必要的地方,应设立醒目的、符合 GB18871 规定的警告标志。

4.1.4 使用手册、操作规程和应急程序等文件以及关键的安全部件标识和安全标识都应使用中文。

4.2 辐射防护要求

4.2.1 辐射防护原则

(1) 辐射实践的正当性

电子加速器辐照装置的建设立项,必须进行正当性分析,以确定其该项目的正当性。

(2) 辐射防护的最优化

电子加速器辐照装置的设计和建造要求所有照射剂量都保持在规定限值内,并在考虑社会和经济因素后,个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均应保持在可合理达到尽量低的水平,即 ALARA (As Low As Reasonably Achievable) 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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。如屏蔽体外为社会公众区域,屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

本标准适用的能量不高于 10MeV 的电子束和能量不高于 5MeV 的 X 射线,在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

5 电子加速器辐照装置的辐射屏蔽

5.1 屏蔽设计原则

电子加速器辐照装置在屏蔽设计时，不仅要考虑最大束流功率时的屏蔽要求，在能量和束流强度可调情况下，还要考虑在最大能量和/或最大束流强度组合下的屏蔽差异。

6 电子加速器辐照装置的安全设计

6.1 联锁要求

在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。

安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。

安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

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联锁。如从控制柜上取出该钥匙，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行时，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”，巡查有无人员误留。

(6) 防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内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;

(8) 剂量联锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪,与辐照室和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时,主机室和辐照室门无法打开;

(9) 通风联锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁,加速器停机后,只有达到预先设定的时间后才能开门,以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值;

(10) 烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置,遇有火险时,加速器应立即停机并停止通风。

6.3 其他要求

6.3.1 电气系统

(1) 必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计,确保电压电流的稳定度。

(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。

(3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。

(4) 凡有高压危险的部位,应设置高压联锁、高压放电保护装置。

6.3.2 给水系统

(1) 应根据加速器装置总用水要求,提供有一定裕量的水流量和水压。

(2) 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。

6.3.3 通风系统

(1) 主机室和辐照室应设置通风系统,以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。

(2) 臭氧的产生和排放,其计算模式和参数见附录 B。

(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置,例如扫描窗下方的位置。

(4) 排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。

6.3.4 防火系统

辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。

7 日常检修（管理）及记录

7.1 装置的维护与维修

辐照装置营运单位必须制定辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

安全设施的变更，需经设计单位认可，并经监管部门同意后才能进行。

7.1.1 日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应至少包括以下内容：

- (1) 工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- (2) 辐照装置安全联锁控制显示状况；
- (3) 个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态。

7.1.2 月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目至少应包括：

- (1) 辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- (2) 控制台及其他所有紧急停止按钮；
- (3) 通风系统的有效性；
- (4) 验证安全联锁功能的有效性；
- (5) 烟雾报警器功能正常。

7.1.3 半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每 6 个月定期进行检查，发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括：

- (1) 配合年检修的检测；

(2) 全部安全设备和控制系统运行状况。

7.2 记录

辐照装置营运单位必须建立严格的运行及维修维护记录制度，运行及维修维护期间应按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项一般不少于下列内容：

- (1) 运行工况；
- (2) 辐照产品的情况；
- (3) 发生的故障及排除方法；
- (4) 外来人员进入控制区情况；
- (5) 个人剂量计佩戴情况；
- (6) 个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；
- (7) 检查及维修维护的内容与结果；
- (8) 其它。

7.3.3 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)，辐射工作人员所受职业照射的剂量限值为连续 5 年内平均年有效剂量不超过 20mSv，关键组公众人员的年有效剂量限值为 1mSv。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)，辐射工作人员和公众成员年有效剂量约束值分别为 5mSv 和 0.1mSv。

根据辐射防护最优化原则并结合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)以及本项目特点，为确保辐射工作人员和公众的安全，建设单位对于本项目取 2mSv/a 作为辐射工作人员的年剂量约束值，0.1mSv/a 作为公众的年剂量约束值。

7.3.4 《环境空气质量标准》GB 3095-2012

本项目所在区域为二类环境空气功能区，根据《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)环境空气污染物基本项目浓度限值，臭氧(O₃)1 小时平均二级浓度限值为 200μg/m³，NO_x1 小时平均浓度限值 0.25mg/m³。

7.3.5 工作场所臭氧控制水平

根据《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)附录 E (有关非放射危害的几个问题) E.2 臭氧 有关规定: E.2.1 加速器设施内应有良好的通风, 以保证臭氧的浓度低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$; 以及《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1-2019)表 1 规定工作场所空气中臭氧容许浓度为 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

综上, 确定本项目电子加速器停机后, 辐射工作人员进入辐照室时, 辐照室内的臭氧浓度应小于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 地理位置

天津市滨海新区地处于华北平原北部，位于山东半岛与辽东半岛交汇点上、海河流域下游、天津市中心区的东面，渤海湾顶端，濒临渤海，北与河北省丰南县为邻，南与河北省黄骅市为界，地理坐标位于 N38°40'至 39°00'，E117°20'至 118°00'。滨海新区拥有海岸线 153km，陆域面积 2270km²，海域面积 3000km²。

天津蓝孚公司位于天津市滨海新区茶淀工业区。公司东侧隔绿化带为高新路，南侧隔绿化带为百鸟街，西侧和北侧为空地。公司地理位置和四周毗邻情况见附图 1、附图 2 和图 1-1。

8.2 自然环境简况

(1) 地质地貌

滨海新区地貌属于滨海冲积平原，西北高，东南低，海拔高度 1~3m，地面坡度小于 1/10000；主要地貌类型有滨海平原、泻湖和海涂。海河、蓟运河、永定新河、潮白河、独流减河等主要河流均从滨海新区入海，区内还有北大港、北塘、营城、黄港、钱圈等水库以及大面积的盐田和众多的坑塘，因此水域面积大和地势低平成为本区主要地貌特征。

滨海新区跨越了沧县隆起、黄骅拗陷两个地质构造单元，区内包括：沧东断裂、海河断裂等壳断裂、汉沽断裂等盖层断裂以及其他一般性断裂。滨海新区地质构造属于新华夏构造体系的黄骅凹陷带，而且孕育着以海河断裂为代表的构造带，断裂两侧地质有明显的落差，对两侧建设造成一定影响。地表主要是第四纪河相海相沉积物，故形成承载力仅 6-8t/m² 的松软地质基础。

(2) 气候气象

滨海新区属于暖温带季风型大陆气候，四季变化明显，基本特点是冬寒夏热，四季分明，降水集中，日照充足，季风显著，春季多风少雨，夏季高温多雨，秋季冷暖适宜，冬季雨雪稀少。全年平均气温 12.8℃，其中 7 月份平均气温最高为 25.8℃，1 月份平均气温最低为-1.8℃，年极端最高气温为 40.9℃。滨海新区年平均风速 4.1m/s，年平均相对湿度为 59%，年均降水量 405.4mm。

(3) 水文特征

滨海新区地处海河流域下游，境内自然河流与人工河道纵横交织，水系较为发达。区内有一级河道 8 条，二级河道 14 条，其它排水河道 2 条，水库 7 座。一级河道总长度约 160km，二级河道长度约 21km。水库 7 座，其中大型水库 1 座，北大港水库，水面面积 149km²。中型水库 6 座，包括营城水库、黄港水库、北塘水库、官港水库、钱圈水库、沙井子水库，水面总面积 48.8km²。

滨海新区浅层地下水水位埋深较浅，一般为 0~2m，主要补给源自大气降水，水力坡度小、径流缓慢，主要化学类型为氯化钠或氯化钠镁型水，约占整个滨海新区面积的 83%，为咸水水化学类型；深层地下水埋藏较深，主要靠侧向径流和越流补给，呈现由北向南或由东北向西南的水平水化学分带规律。

(4) 土壤

滨海新区土壤在长期的海退和河流泥沙不断沉积的过程中，经过人为改造而逐渐形成。全区土壤可分为盐化潮土、盐化湿潮土和滨海盐土三个亚类。滨海新区土壤盐碱化是由于土壤及地下水中的盐分主要来自于海水，土壤积盐过程先于成土过程；不同盐碱度的土壤和不同矿化度的地下水，平行于海岸呈连续的带状分布，或不连续的带状分布；频繁的季节性积盐和脱盐交替过程；越趋向海岸，土壤含盐越重。滨海地区土壤平均含盐量在 4%~7%左右，pH 值在 8 以上，含盐量大于 0.1%的盐渍化土壤面积约为 195890km²，约占滨海新区总面积的 86.3%。

8.3 社会环境简况

滨海新区辖 5 个功能区，分别是开发区、保税区、高新区、东疆保税港区、生态城等五个经济功能区。滨海新区下辖 21 个街镇，分别是塘沽街道、新北街道、杭州道街道、新河街道、大沽街道、北塘街道、胡家园街道、新城镇、汉沽街道、寨上街道、茶淀街道、杨家泊镇、大港街道、海滨街道、古林街道、太平镇、小王庄镇、中塘镇、泰达街道、新港街道、新村街道。

滨海新区 2020 年工业战新产业增加值占规上工业增加值的 27%，高技术制造业增加值占 17.5%，高技术服务业和现代新兴服务业增加值占服务业比重达 35.7%。城镇登记失业率控制在 3.5%以内。

8.4 场所位置

本项目拟对原加速器生产车间一层的加速器调试机房和地下一层的辐照室进行局部改造，建成新的加速器主机室和辐照室，开展货物辐照业务。加速器主机室和辐照室位于加速器生产车间西端，加速器生产车间地下一层至地上三层的平面布局图和加速器生产车间立面图见附图 3、附图 4 和附图 5。

8.5 辐射环境现状监测

2022 年 7 月 8 日，评价单位对改造前的加速器调试机房和辐照室等场所的环境本底辐射水平进行了检测（检测过程中该公司位于辐照车间内的电子加速器为正常运行状态），并出具了检测报告（报告编号为 FS2022012）。检测仪器参数见表 8-1，检测结果见表 8-2，检测点位见图 8-1，项目本底检测报告见附件 3。

表 8-1 监测仪器参数、监测规范和质量保证措施

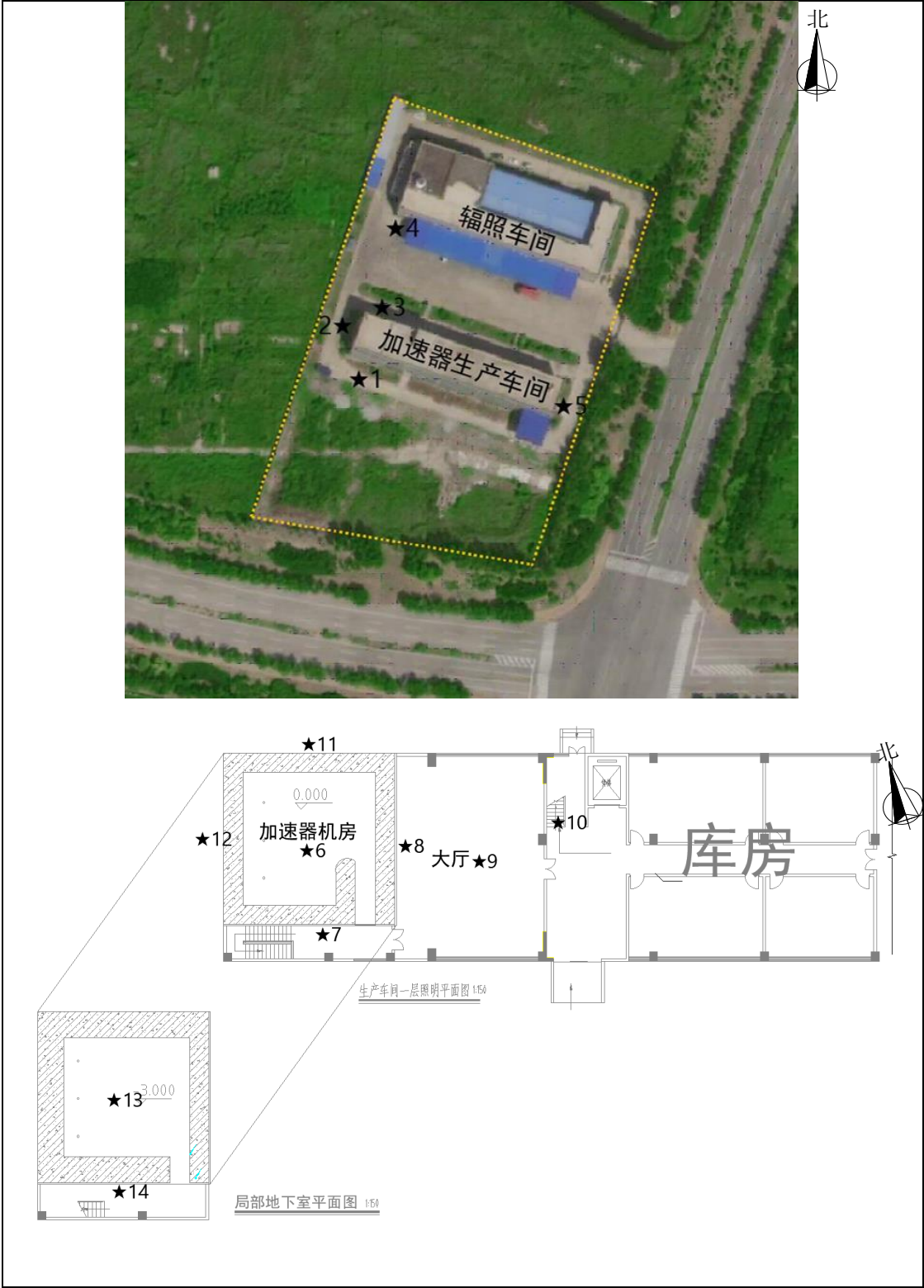
仪器名称	X、 γ 剂量率仪
型号/编号	FH40G+FHZ672E-10
生产厂家	美国 Thermo 公司
能量响应	不超过对 ^{137}Cs , γ 辐射响应的 $\pm 30\%$
量程	X- γ : 10nSv/h~100 μ Sv/h
检定证书	中国计量科学研究院 (检定证书编号: DLj12022-01311) 有效期: 2022 年 2 月 9 日~2023 年 2 月 8 日
监测规范	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)
质量保证措施	①监测仪器经计量部门检定合格并在检定有效期内; ②测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好,并做好使用记录; ③监测方法采用国家有关部门颁布的标准,由专业人员按照操作规程操作监测仪器,并认真做好记录; ④检测评价报告实行项目负责人、授权审核人、报告签发人三级审核制度,专人负责质量保证及核查、检查工作。

表 8-2 拟建场所本底辐射水平检测结果

检测位点编号	检测位置	检测结果 (nGy/h)
1	加速器生产车间南侧道路	69.0±3.2
2	加速器生产车间西侧道路	57.1±2.8
3	加速器生产车间北侧道路	61.3±2.9
4	辐照车间南侧道路	60.8±3.0
5	加速器生产车间东侧道路	63.8±3.0
6	加速器生产车间一层加速器机房内	61.0±2.8
7	加速器生产车间一层加速器机房南墙外 30cm	90.2±3.8
8	加速器生产车间一层加速器机房东墙外 30cm	89.7±3.8
9	加速器生产车间一层加速器机房东侧大厅	63.5±2.9
10	加速器生产车间一层楼梯间	91.9±3.9
11	加速器生产车间一层加速器机房北墙外 30cm	76.9±3.5
12	加速器生产车间一层加速器机房西墙外 30cm	79.4±3.6
13	加速器机房地下一层	53.1±2.6
14	加速器机房地下一层南侧过道	80.0±3.3
15	加速器生产车间二层加速器机房东墙外 30cm	83.4±3.7
16	加速器生产车间二层加速器机房东墙外大厅	84.4±3.7
17	加速器生产车间三层闲置房间	89.7±3.9
18	加速器生产车间三层闲置房间	89.3±3.9
19	加速器生产车间三层闲置房间	96.0±4.1
20	加速器生产车间三层闲置房间	95.8±4.1

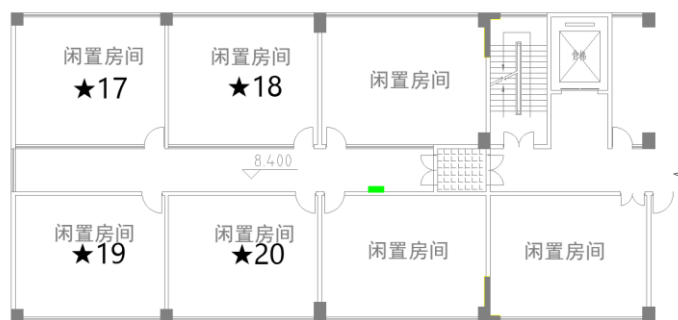
注：检测结果均扣除宇宙射线响应值。

根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究》(1983-1990)，天津市道路、室内的环境 γ 辐射剂量率水平分别为 20.8~104.0nGy/h、48.0~140.4nGy/h。天津蓝孚公司拟安装工业辐照加速器的场所环境本底辐射监测结果属于天津市正常天然本底水平。





生产车间二层照明平面图 1:50



生产车间三层照明平面图 1:50

图 8-1 环境本底辐射检测布点示意图

表 9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 设备情况

电子加速器主要由控制系统、脉冲调制器、微波系统、加速管系统、电子束输出装置、水冷系统、安全联锁系统、剂量检测系统、视频监控系统 and 束下运输线等部分构成。电子加速器主要性能参数详见表 9-1，主要组成部分见图 9-1。

表 9-1 电子加速器性能参数一览表

设备型号	VF-DZ-10/20 型
主机型号	DZ-10/20
束流能量	10MeV
输出功率	20kW
束流强度	2mA
照射野尺寸	由顶角为 34°的锥形准直锥孔限定
电子束扫描最大宽度	1000mm
出束窗与扫描工件距离	10~50cm
电子束扫描的均匀度	±5%
束下装置型号	GT-800/8
束下装置的传输速度	0.6-8m/min



控制系统



脉冲调制器



加速管系统



水冷系统

图 9-1 电子加速器主要组成图

9.1.2 工作原理

电子加速器的脉冲调制器产生两路高压脉冲，一路高压脉冲送入微波功率源（速调管），功率源产生的高功率微波脉冲经微波传输系统馈入加速管，在加速管中建立加速电场；另一路高压脉冲加载到电子枪阴极上，引出电子束并注入加速管；电子束在加速管受到加速电场的同步加速（聚焦线圈产生的特征磁场约束电子束始终沿着加速管中心传输，并保持小的束团直径），直至其达到 10MeV；加速管出射的 10MeV 电子束经输运系统传输到扫描段，扫描线圈产生的横向交变磁场将电子束流在一个固定的角度内循环往复的偏转扫描，扩大了电子束出射的宽度；最后，经钛窗输出的电子束就可以循环往复扫描方式完成货物的辐照加工。电子加速器工作原理示意图见图 9-2。

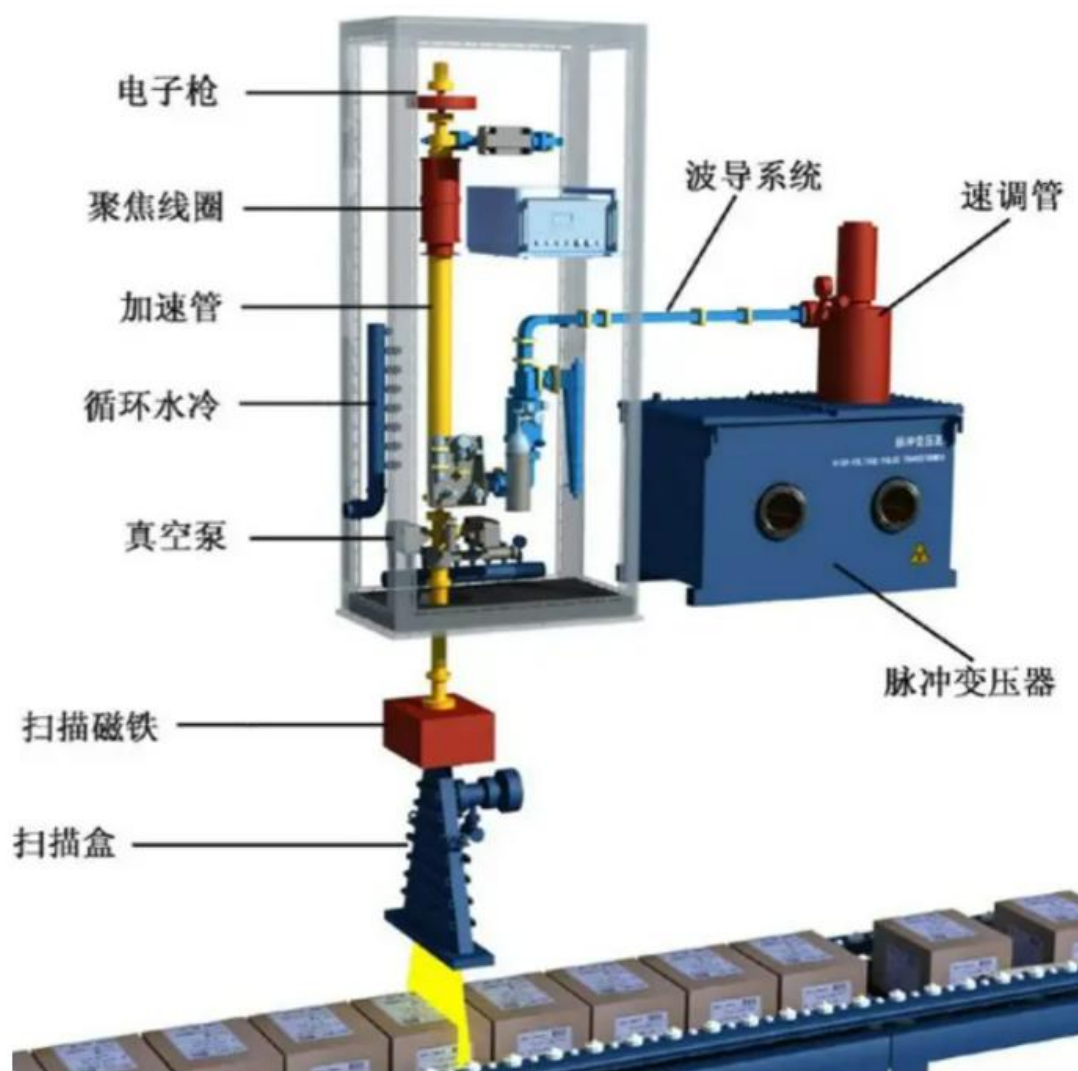


图 9-2 电子加速器工作原理示意图

电子加速器辐照加工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。电子加速器产生高能电子束并将其扫描成一均匀分布的线性束后引出，传输装置承载被检物以辐照工艺需要的相应速度通过辐照区域，经过电子束的辐照，实现辐照工艺所需的处理。

电子辐照加工是利用电子束与物质作用所产生的生物、化学和物理效应，对被加工物品进行处理的高科技绿色加工技术。通过选择电子束的剂量和加工工艺条件可以实现不同目标产品的生物灭活和材料改性目的。

建设单位主要利用电子加速器进行辐照灭菌。灭菌是指使产品无活微生物的加工。在灭菌加工中，微生物的死亡遵循指数函数的规律，任何单件产品上微生物的存在可用概率表示，该概率可以减少到非常低的数目。辐照灭菌法与化学灭菌法、高压蒸汽灭菌法相比，具有节约能源、污染小、操作安全，可对包装物品和热敏材料进行灭菌，可实现连续自动化生产等优点。

9.1.3 工艺流程

加速器装置的主要部分安装在一层的主机室内，束流输出系统位于加速器装置机身正下方，通过一层地板伸向地下一层的辐照室，而接受辐照的物品通过自动传送系统从上货区的产品入口经迷道进入辐照室，到达束流输出系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照，之后又经过迷道从产品出口离开辐照室，到达大厅东侧的下货区。电子加速器工作时，操作人员位于一层的控制台设置机器参数并监控加速器运行情况，装卸人员分别位于一层主机室外东侧的上货区和下货区装卸产品。电子加速器出束时，主机室及辐照室内均无人员停留。本项目辐照加工的工艺流程：

（1）建设单位接到客户送来的待辐照产品后，准备启动电子加速器系统。启动前检查通风系统、冷却水系统、供电系统、安全联锁系统等是否正常且相关参数是否在规定范围内，并做好相应记录。辐射工作人员（2名操作人员，1名守住入口、1名巡检）进入辐照室、主机室按序按动巡检按钮，巡查有无人员停留。辐照室、主机室内的所有巡检按钮按序按动一遍，确认无人员停留，同时确认设备安全，确认安全联锁系统就位，电子加速器才能正常启动。

（2）控制台的操作人员根据客户要求的辐照剂量设定辐照参数和束下线的传输速度。

(3) 装卸人员将待辐照后的产品搬上束下传输系统的传输带进行辐照，此时会产生电子束、X 射线、臭氧 (O₃)、氮氧化物 (NO_x)。

(4) 根据辐照计划，产品接受足够的辐照剂量照射后，装卸人员将辐照后的产品搬下，质检员进行质检，合格后装车出库。

(5) 辐照结束后，按操作规程关闭电子加速器系统和其它各系统。

9.1.4 工作时间及人员编制

本项目辐照装置投入运行后，拟增配8名辐射工作人员，采取2班制，4人一班，包括2名操作人员和2名装卸人员，每班组年工作最长时间2000小时。辐射工作人员均为隔室操作。详见表1-3。

表1-3 本项目劳动定员及工作负荷信息

工作班次,班	每班人数,人	年工作天数,d	日出束时间,h	年出束时间,h	辐射工作人员年最长受照时间,h
2	4	250	16	4000	2000

9.1.5 冷却循环水系统

本项目电子加速器采用集成式冷水机组冷却循环系统来降低热能。加速器冷却水系统分为冷却水、恒温冷却水、二次冷却水系统三部分。冷却水循环使用，不外排。

9.2 污染源描述

9.2.1 主要放射性污染物和污染因子

电子加速器运行时会产生瞬发辐射和缓发辐射。瞬发辐射包括初级辐射（被加速的电子束）及其与物质相互作用产生的次级辐射（X 射线）。瞬发辐射在加速器开机时产生，停机后消失；缓发辐射包括次级 X 射线和中子与周围物质相互作用产生的感生放射性。

(1) 电子束

电子加速器加速的电子本身在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其它构件所阻止，不会直接造成危害。然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出来后，成为能量较高的外电子束，它在空气中的射程较长，人员直接被照射后会造成辐射损伤。

(2) X 射线

电子束受到加速器部件、阻挡板、地板、辐照物品等材料的阻挡后，产生很强的韧致辐射（X 射线），韧致辐射的最大能量为最大可能的电子能量。由

于电子的最大射程与所产生的 X 射线的射程相比很小，因此在电子加速器的屏蔽要求上，主要考虑 X 射线的屏蔽。

（3）中子和感生放射性

当电子加速器工作在 10MeV 以上时，无论 X 射线状态还是电子束状态，都可使被照射物质原子核产生某种有意义的光核反应，加速器部件、冷却水中及空气等活化后会发射 β 、 γ 辐射。

本项目电子加速器最大电子能量为 10MeV，不考虑中子和感生放射性的影响。

（4）臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）

电子加速器出束时加速器机房内空气被部分电离或激发从而产生 O₃ 和 NO_x（主要是 NO₂）。其中 O₃ 的毒性最大，产额最高（NO_x 的产额约为 O₃ 的三分之一），不仅对人体产生危害，还会使设备材料（如橡胶）加速老化。

因此，韧致辐射（X 射线）成为该加速器辐照项目的主要辐射防护对象，O₃ 和 NO_x 为该项目考虑的主要污染物。

9.2.2 污染途径

（1）正常工况时的污染途径

电子加速器工作时发射出的电子束照射在辐照材料上将会产生 X 射线。X 射线穿透屏蔽材料或经迷道散射至加速器机房外，可能会对周边环境产生辐射影响。

在电子加速器运行过程中，电子束、X 射线会使空气中的氧气发生电离继而产生 O₃ 和 NO_x。O₃ 和 NO_x 由风机经加速器机房外的排气筒排放。

（2）事故工况的污染途径

本项目使用的电子加速器和建设的加速器机房配备了多重安全联锁装置，包括门机联锁、信号指示灯联锁、剂量联锁、通风联锁、防人误入装置安全联锁，并设置了拉线开关、紧急停机按钮、开门开关等安全装置，以上措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）关于纵深防御、冗余性、多元性、独立性的辐射安全原则，均可确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，有效提高装置的安全可靠性，降低共因故障。因此正常情况下发生辐射事故的概率很低，但安全联锁部分或全部

失效后，装置的纵深防御能力降低，在人员违反操作规程进入辐照室、主机室后，极有可能会发生人员超剂量受照事故。

①通风装置联锁失效，电子加速器停机后，未达到预先设定的时间，防护门即开启，检修人员进入臭氧浓度超标的主机室时吸入过量 O_3 。

②加速器机房屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

③设备维修或调试时设置临时旁路，维修或调试终止后未及时拆除旁路开关，造成辐射事故发生。

④设备故障，设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启加速器，使检修人员受到意外照射。

⑤剂量联锁装置失效，电子加速器停机后，辐照室和主机室内的剂量率未达到安全阈值下，防护门即开启，辐射工作人员进入导致被意外照射。

事故工况下的主要污染因子为 X 射线、电子线、 O_3 、 NO_x 。为防止事故的发生，建设单位在使用过程中要定期检查和维持联锁系统及安全保障系统，辐射工作人员应严格按照操作规程进行运行操作，每次开机前必须要确认辐照室、主机室内无人员后，才能开机运行。

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 加速器生产车间改造为新辐照车间建设内容

本项目拟利用闲置的加速器生产车间改造为新的辐照车间。加速器生产车间原计划用于加速器生产、调试，车间西端地上一层为加速器调试机房和控制大厅，调试机房正下方（地下一层）为机房对应的辐照室，无物料传输系统和内迷道。加速器生产车间调试机房和辐照室及所在的地下一层和一层平面布局图见图 10-1。

本项目拟在原加速器调试机房安装辐照加速器主机，作为新的加速器主机室。在主机室正下方的辐照室内增加内迷道，并在主机室南侧走廊外施工，形成一条由地面进入地下的东西向斜坡，与地下一层辐照室南侧走廊相连接，作为辐射工作人员进出辐照室的巡检通道以及货物进出辐照室的传输通道。经过上述改造，拟实现货物由一层大厅东侧的上货区，经货物传输通道进入地下一层的辐照室内照射，其后经货物传输通道回到一层控制大厅的下货区。本项目拟改造后主机室和辐照室布局平面布局图和立面图见图 10-2 和图 10-3。

此外，天津蓝孚公司拟将加速器主机室和大厅上方的三层房间（包括三层楼梯口西侧所有房间）入口建墙封闭、通往楼顶的楼梯口设置栅栏门并上锁，禁止无关人员进入楼顶。

10.1.2 工作场所布局与分区

10.1.2.1 辐射工作场所布局

如 10.1.1 节所叙，本项目拟改建的加速器辐照车间位于厂区南侧的加速器生产车间西端，包括辐照室和加速器主机室。

（1）辐照室

辐照室位于厂区内加速器生产车间西端地下一层。如图 10-2 所示，拟改建的辐照室东侧、西侧、北侧均为土层，南侧为辐照货物传送带和人员巡检通道（地下部分），正上方为加速器主机室。

（2）加速器主机室

加速器主机室，即原加速器调试机房，位于厂区内加速器生产车间西端地上一层。如图 10-1 和图 10-2 所示，其东侧为设备间、大厅（含加速器控制台）、下

货区、上货区、库房等，西侧和北侧为厂区内部道路，南侧隔走廊为辐照货物传送带和人员巡检通道（地上部分）。加速器主机室正上方（三层）为封闭房间。加速器生产车间地下一层至地上三层的平面布局图见附图 3-附图 5。

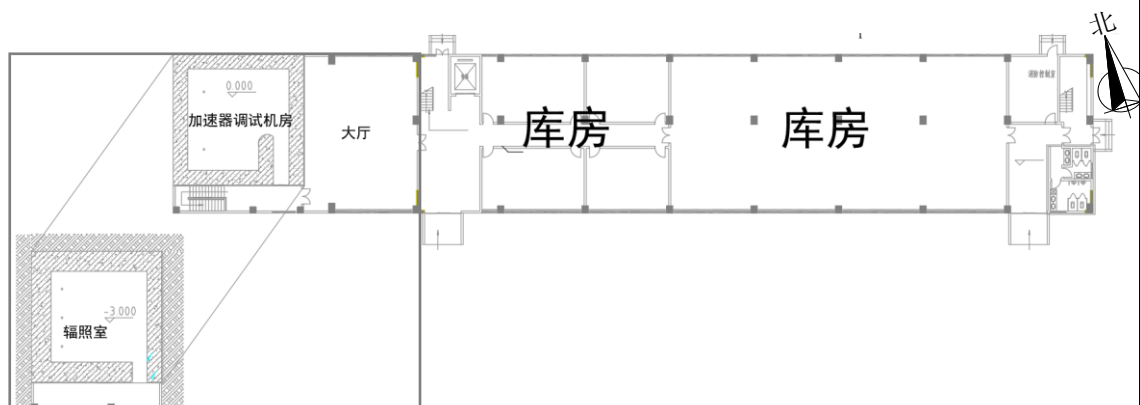


图 10-1 加速器生产车间调试机房和辐照室现状图（方框内）

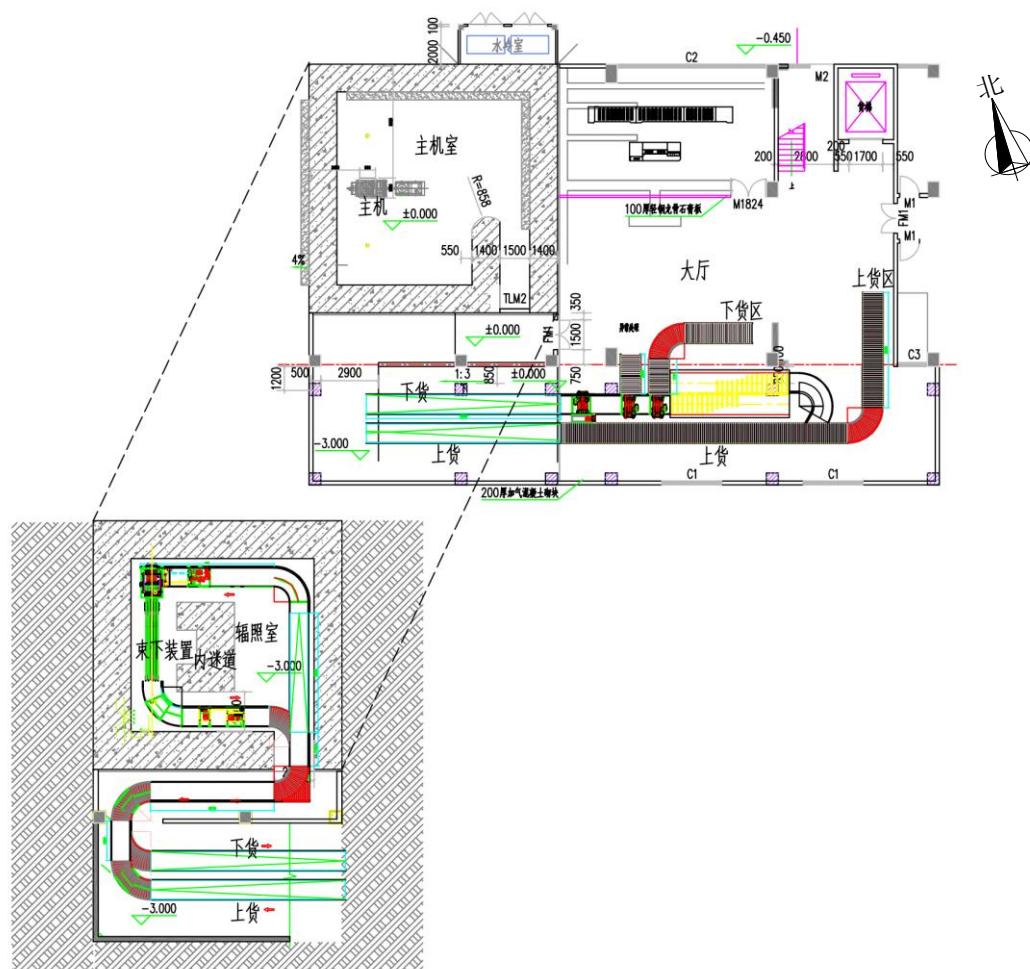


图 10-2 本项目拟改造后主机室和辐照室平面布局图

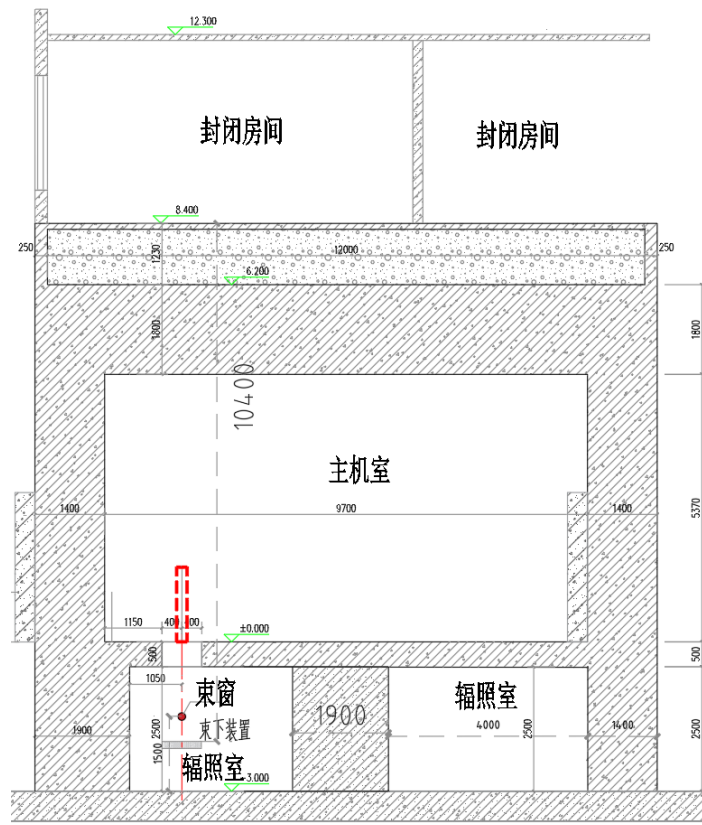


图 10-3 本项目拟改造后主机室和辐照室立面图

电子加速器工作时，操作人员位于加速器机房东侧的控制台进行操作，设置机器参数并监控加速器运行情况。通向加速器机房的走廊入口、人员巡检通道入口拟设置门禁系统，加速器机房迷道入口拟设置铅防护门，保证加速器运行时人员不能进入加速器主机室和辐照室。因此，本项目控制台和货物装卸等区域等与辐照室、加速器主机室分开单独设置，且设置物理屏障或门禁系统等，区域划分明确，布局基本合理。

10.1.2.2 辐射工作场所分区

为加强辐照加工区域的管理，建设单位对辐照加工区域划定控制区和监督区，进行分区管理。《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中控制区和监督区的定义如下：控制区为在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内要求或可能要求采取专门的防护手段和安全措施；监督区为未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。结合标准要求与本项目实际情况，本项目控制区和监督区划分示意图

见图 10-4、图 10-5 和表 10-1。

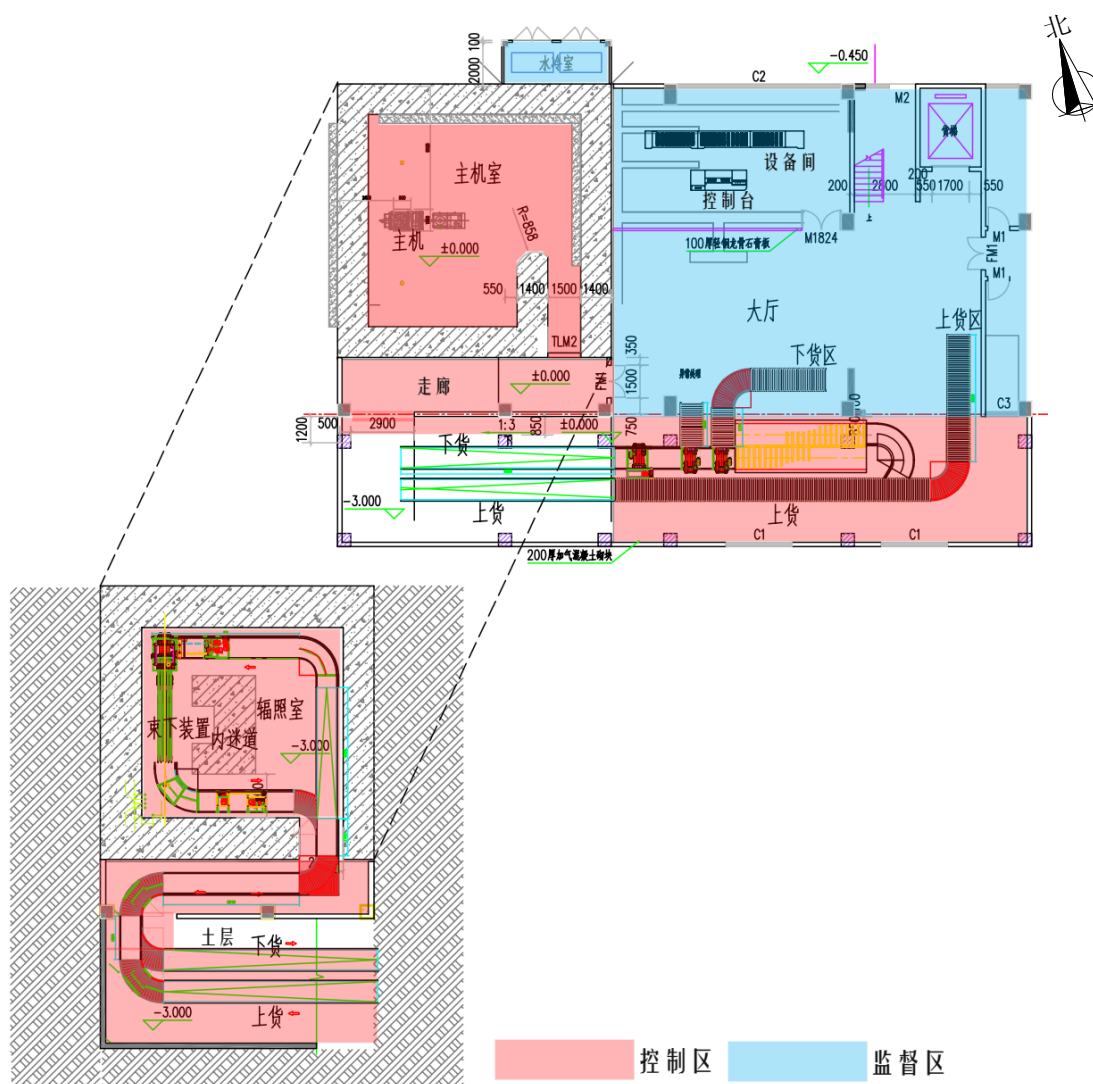


图 10-4 本项目辐射工作场所分区示意图（地下一层和一层）

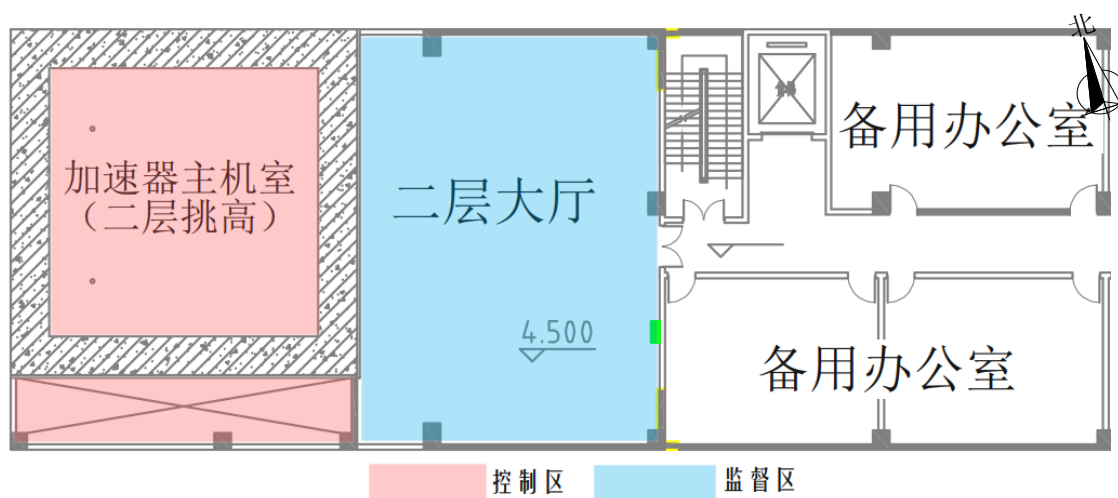


图 10-5 本项目辐射工作场所分区示意图（二层）

表 10-1 本项目辐射工作场所控制区和监督区的划分

分区	区域	管理要求
控制区	辐照室（包含迷道）、主机室（包含迷道）、主机室南侧走廊区域、人员巡检通道及货物传输通道。	（1）控制区的进出口设置醒目的电离辐射警告标志和中文提示说明； （2）设有钥匙锁和密码锁，进出口门上方安装工作状态指示灯。
监督区	设备间、水冷室、控制台、大厅上货区、下货区、二层主机室东侧大厅等。	（1）已辐照和未辐照产品暂存区边界设有黄色带锁围栏。辐照加工区域边界地面划定红色警示线；控制室入口处设置钥匙锁和中文警示，非辐射工作人员禁止进入控制室； （2）水冷机房门设置钥匙锁，非检修情况下不能进入及到达水冷机房内。

注：加速器主机室北侧、西侧和东侧屏蔽墙外为公众区域，未对其进行分区。

10.1.3 辐射防护屏蔽设计

加速器相关机房的屏蔽防护按最大电子能量（10MeV）和最大束流（2mA）进行设计。本项目使用的 1 台 VF-DZ-10/20 型电子加速器安装在工业辐照专用的加速器机房内，以屏蔽电子加速器装置运行时产生的辐射影响，保证加速器机房外人员的安全。辐照室、主机室均采用混凝土进行屏蔽防护，主机室门采用铅钢材料进行屏蔽。加速器机房屏蔽防护设计参数见表 10-2，辐射防护屏蔽示意图见图 10-6 和图 10-7。

表 10-2 加速器机房屏蔽防护设计参数一览表

场所		改建前	改建后	变化情况
辐照室	长×宽×高 （净尺寸）	9.2m×8.7m×2.5m	9.2m×8.7m×2.5m	无变化
	南、北、西 侧屏蔽墙	1.9m 厚普通混凝土	1.9m 厚普通混凝土	无变化
	东侧屏蔽墙	1.4m 厚普通混凝土	1.4m 厚普通混凝土	无变化
	内迷道	无内迷道	两端 2.9m 厚普通混凝土， 中间 1.9m 厚普通混凝土。	增 加 内 迷 道
	屋顶	0.5m 厚普通混凝土	0.5m 厚普通混凝土	无变化
主机室	长×宽×高 （净尺寸）	9.7m×9.7m×5.37m	9.3m×9.3m×5.37m	北 侧 和 东 侧 内 墙 增 加 0.4m 厚 普 通 混 凝 土
	北、西、东 侧屏蔽墙	1.4m 厚普通混凝土	在 1.4m 厚普通混凝土基 础上，另附加 0.4m 厚普通 混凝土	增 加 0.4m 厚 普 通 混 凝 土
	南侧屏蔽墙	1.4m 厚普通混凝土	1.4m 厚普通混凝土	无变化

	屋顶	1.92m 厚普通混凝土, 1.11m 厚轻质混凝土	1.92m 厚普通混凝土, 1.11m 厚轻质混凝土	无变化
	迷道	迷道墙体: 1.4m 厚普通混凝土, 高 2m	迷道墙体: 1.4m 厚普通混凝土, 高 2m。迷道上口封闭。	迷道上口封闭
	主机室门	无	铅钢结构, 其中铅为 30mm。	增设主机室门

注: 普通混凝土密度 2.35g/cm^3 , 轻质混凝土密度 0.6g/cm^3 。

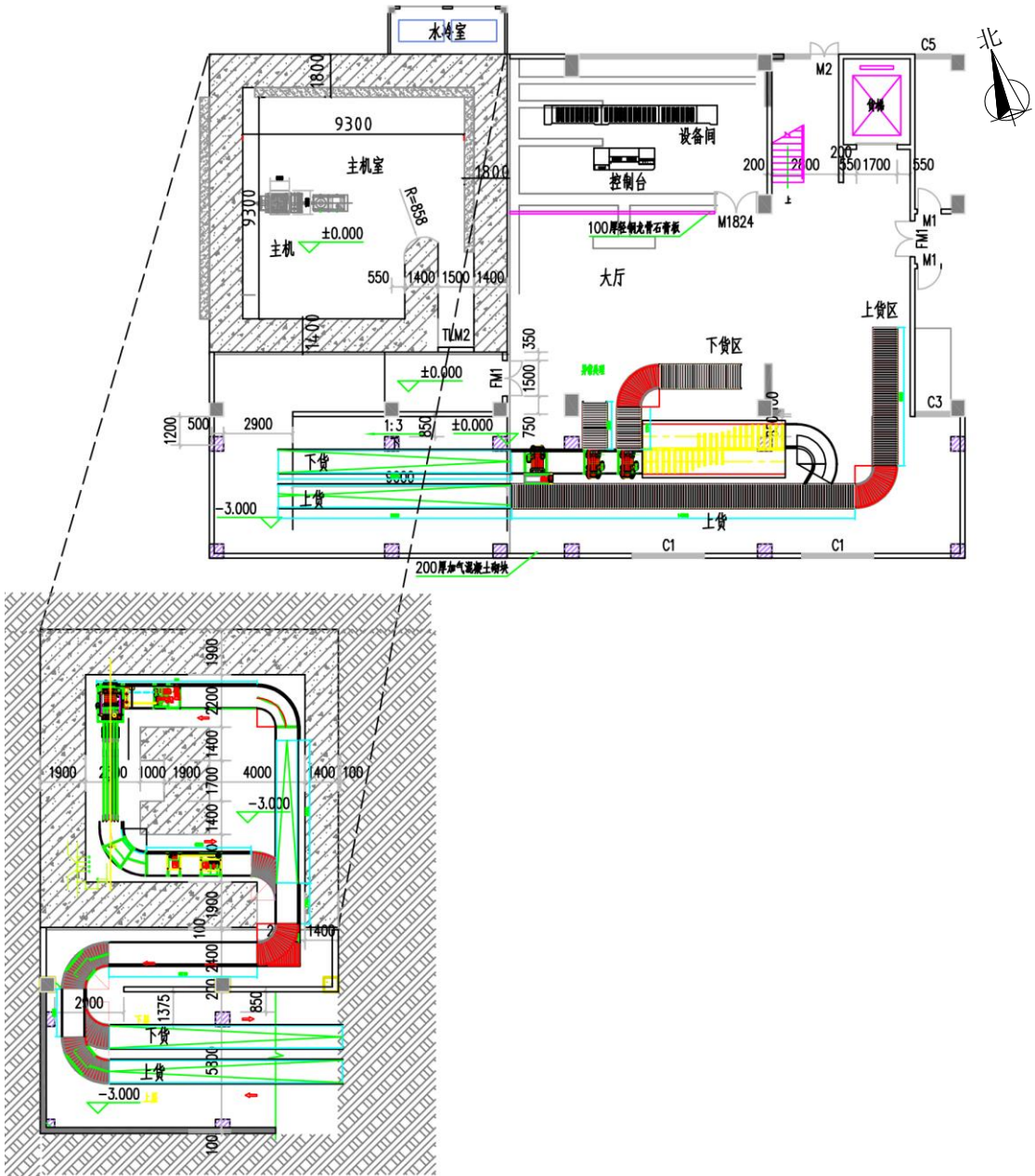


图 10-6 主机室和辐照室屏蔽防护示意图

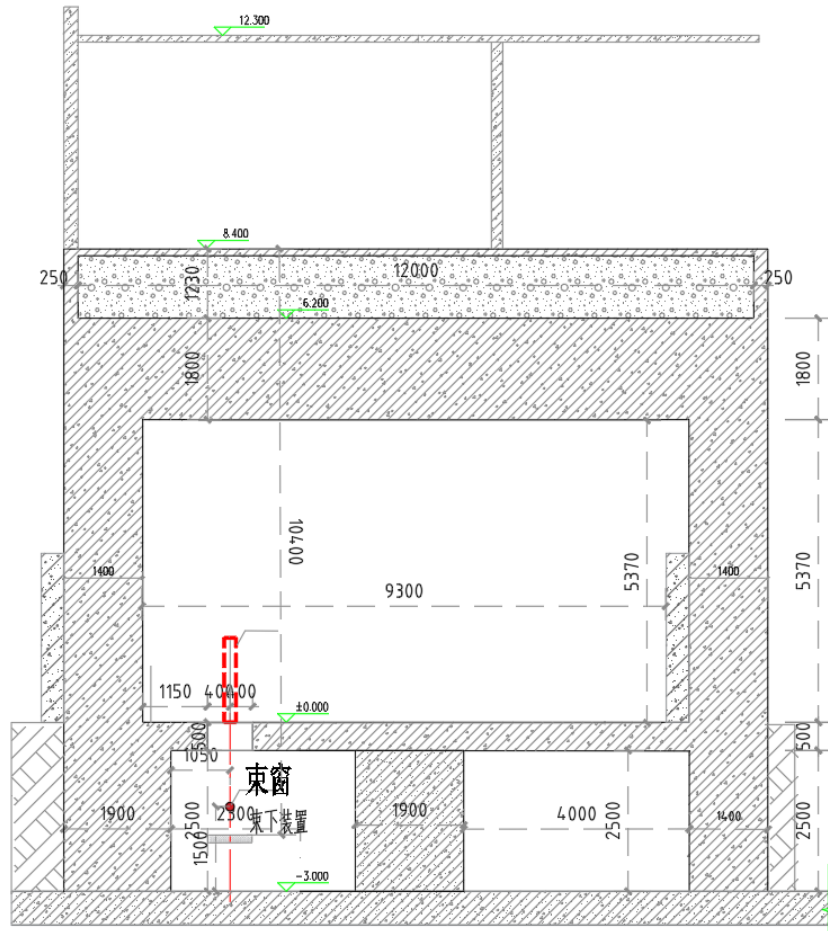


图 10-7 加速器机房屏蔽防护设计立面图

10.1.4 辐射安全警示措施

建设单位拟在本项目辐照加工区域周围采取辐射安全警示措施，主要包括：

（1）在已辐照（下货区）和未辐照产品暂存区（上货区）边界设有黄色带锁围栏，辐照加工区域边界地面划定红色警示线，并在围栏上、辐照车间入口、控制区外张贴电离辐射警告标志和中文警示说明“当心电离辐射”；

（2）辐照室巡检出入口、主机室门外设置醒目的电离辐射警告标志和中文警示说明，如“当心电离辐射”；

（3）辐照室巡检出入口、主机室门外设有钥匙锁和密码锁，防止无关人员进入；

（4）辐照室人员巡检出入口、通往主机室走廊门外、辐照室迷道内、主机室内均设有声光报警装置，开机出束前发出报警声，对辐照室和主机室内的人员进行警示。当电子加速器出束工作时，灯光和音响警示信号发红光并发出“鸣、

鸣”警报声响。

辐照室人员巡检出入口上方、主机室门外上方设置工作状态指示灯，并与电子加速器联锁。电子加速器准备时，工作状态指示灯变绿并提示“准备中”字样；电子加速器束束工作时，工作状态指示灯变红并提示“工作中”字样。

10.1.5 辐射安全联锁

本项目使用的电子加速器拟设计功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对主机室的防护门、加速器的束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时将自动切断加速器高压，安全联锁发生故障时，加速器将不能运行。本项目安全联锁逻辑示意图见图 10-8，具体安全联锁布置示意图见图 10-9。

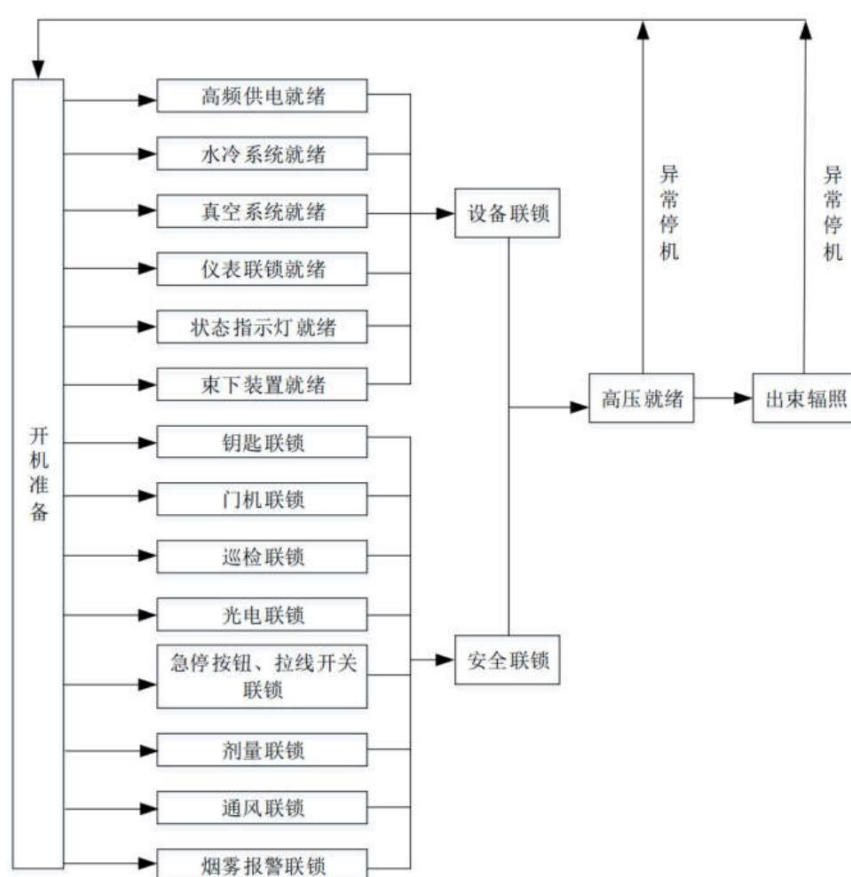
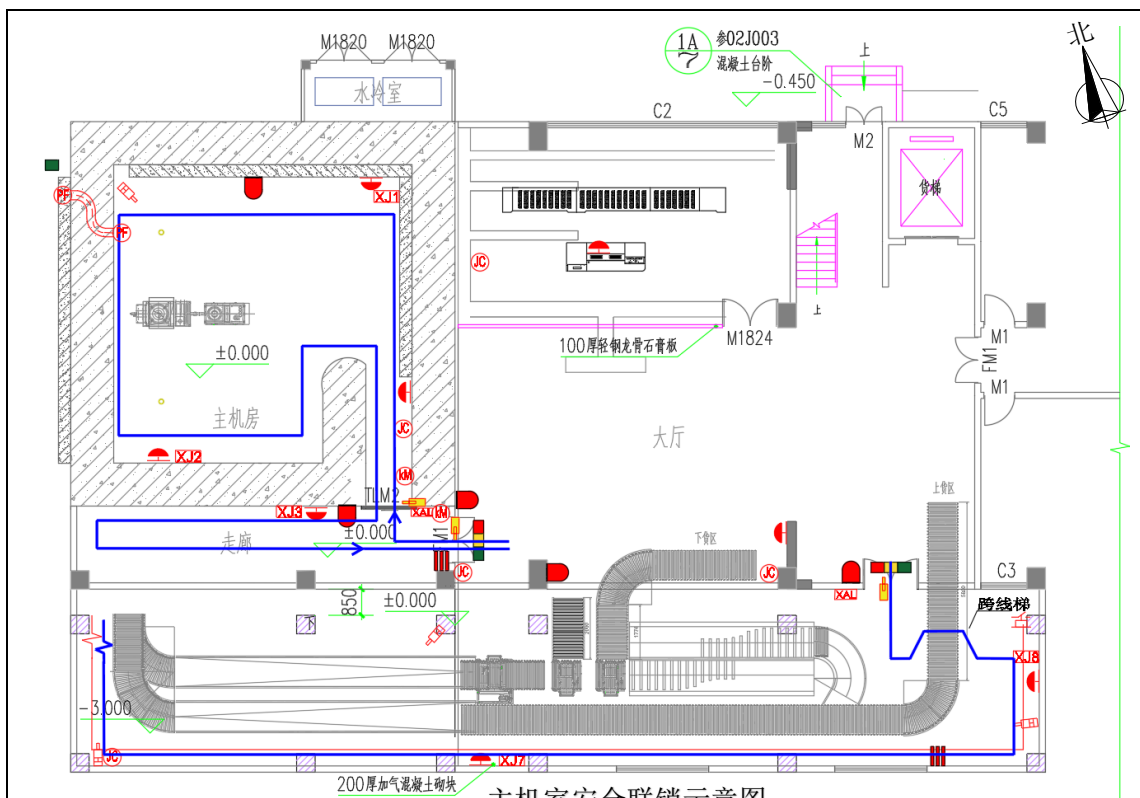


图 10-8 电子加速器辐照系统安全联锁逻辑图



- 工作状态指示灯 ■ ■
- 声光报警 ■
- 急停按钮 ■
- 巡检按钮 XJ
- 巡检确认按钮 XAU
- 门机联锁 ■
- 摄像头 ■
- 监测探头 JC
- 紧急开门按钮 KM
- 拉线开关 ■
- 防人误入光电 ■
- 烟雾报警 ■
- 巡检路线 ---
- 排风系统 PF

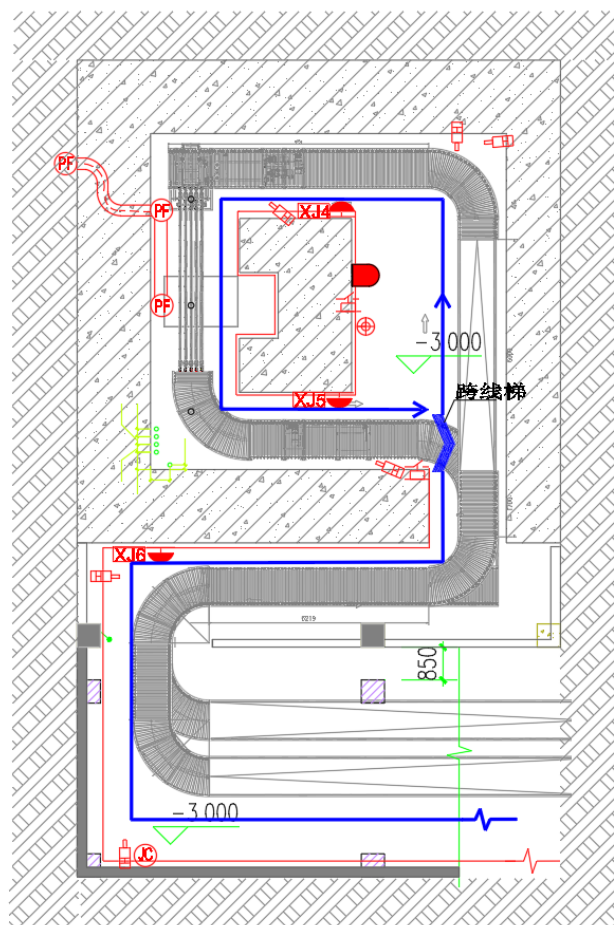


图 10-9 本项目安全联锁示意图

(1) 钥匙控制。本项目控制台上设有主控钥匙。主控钥匙与通往主机室的走廊门、主机室门、辐照室巡检出入口门及电子加速器联锁。如从控制台上取出主控钥匙，加速器将自动停机。主控钥匙与 1 台便携式辐射监测报警仪相连。在加速器运行过程中，主控钥匙由值班班组长保管。

(2) 门机连锁。本项目辐照室巡检出入口门、通往主机室的走廊门、主机室门与束流控制和加速器高压联锁，上述门被打开时，加速器不能开机。加速器运行中若上述门被打开则加速器自动停机。

(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拟建立接口和协议文件并进行联锁。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，电子加速器自动停机。

(4) 信号警示装置。通往主机室走廊门外、主机室防护门外、主机室内、辐照室人员巡检出入口、辐照室内均设有声光报警装置，开机出束前发出报警声，对辐照室和主机室内的人员进行警示。当电子加速器出束工作时，灯光和音响警示信号发红光并发出“呜、呜”警报声响。辐照室人员巡检出入口上方、主机室门外上方设置工作状态指示灯，并与电子加速器联锁。电子加速器准备时，工作状态指示灯变绿并提示“准备中”字样；电子加速器出束工作时，工作状态指示灯变红并提示“工作中”字样。

(5) 巡检按钮。共设置 8 个巡检按钮，编号为 XJ1~XJ8，巡检按钮与主控钥匙联锁。巡检时，采用双人巡检，1 名操作人员守住入口，1 名操作人员开展巡检操作。首先，辐射工作人员进入主机室，关闭主机室门，按序(XJ1→XJ2→XJ3)按动“巡检按钮”，巡查辐照室有无人员误留，巡检完成关闭主机室门并按动主机室门外的“巡检确认按钮”。然后辐射工作人员由一层巡检入口门进入辐照室按序(XJ4→XJ5→XJ6→XJ7→XJ8)按动“巡检按钮”，巡查辐照室有无人员误留。所有巡检按钮按序按动一遍，确认均无人员停留并按动巡检通道出口门内的“巡检确认按钮”后，加速器才能正常启动，如果有一个按钮未按动，加速器都不能正常开启。

(6) 防误入装置。辐照室出入口、通往主机室的走廊出入口各设置三道防误入光电开关，并与加速器的开、停机联锁。当检测到有人员通过时，加速器高压立即切断，停止出束。

(7) 急停装置。本项目拟在控制台上(1个)、主机室内(3个)、通往主机室的走廊内(1个)、辐照室内(2个)、传输通道和巡检通道内(3个)、下货区(1个)均设置紧急停机按钮。辐照室内部及人员巡检通道均设置拉线开关并覆盖全部区域。主机室防护门内、通往主机室的走廊出入口门内、辐照室巡检通道出入口门内屏蔽墙上均设置紧急开门开关。一旦辐照室、主机室内有人被关时,可迅速按动任意急停按钮、拉线开关和开门开关,可迅速关闭加速器,离开辐照室和主机室。所有急停开关处设置中文提示说明。

(8) 剂量联锁。在主机室迷道内、走廊出口外、通往辐照室的巡检通道内墙上各安装1个固定式辐射监测仪。固定式辐射监测仪与通往辐照室的巡检入口门、主机室门联锁,在线进行辐射环境监测。当辐照室、主机室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时,辐照室门、主机室门无法打开。

(9) 通风联锁。辐照室、主机室设有强制通风系统,并与加速器控制系统联锁,加速器停机后,达到预先设定的时间后才能开门,确保室内 O_3 等有害气体浓度低于允许值。

(10) 烟雾报警。辐照室内设有1个烟雾报警装置。当发生火灾时,加速器立即停机,通风系统立即停止,防止通风状态下火势扩大。

(11) 视频监控。辐照室和主机室内均设置摄像头(其中辐照室内4个、主机室内1个、通往辐照室巡检通道内3个),可使加速器操作人员有效监控辐照室内、主机室内和辐照加工区域的实际情况,正确操控设备。

(12) 加速器冷却系统联锁。电子加速器设备将与加速器各管路冷却回水的流量进行联锁,只有当各管路冷却回水的流量正常时,加速器方可启动进行出束作业;在加速器正常运行后,各管路冷却回水的流量将实时监控,若任意管路的冷却回水流量出现异常,则系统将立即切断该加速器电源,使得加速器立即停止出束。

(13) 本项目拟将加速器主机室和大厅上方的三层房间(包括三层楼梯口西侧所有房间)入口建墙封闭、通往楼顶的楼梯口设置栅栏门并上锁,禁止无关人员进入楼顶。

综上所述,本项目辐照室、主机室设置的钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、

烟雾报警等安全联锁装置以及安全设施均符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的相关要求。

10.1.6 辐射安全原则符合性分析

（1）纵深防御

本项目加速器机房设置了门机联锁、信号警示装置联锁、剂量联锁、通风联锁、防人误入装置，加速器机房内设置了拉线开关、紧急停机按钮、紧急开门开关、巡检复位开关等应急安全装置，以上措施均可确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，达到预防照射事故、减轻类似事故和事故发生后装置恢复到安全状态的效果。

（2）冗余性

本项目在辐照室和主机室出入口分别设置防人误入的安全联锁装置，并与加速器的开、停机联锁；在运行过程中某一道防人误入安全装置失效或不起作用的情况下可保证其整体不丧失功能。

（3）多元性

辐照室、主机室设置了门机联锁、信号警示装置联锁、剂量联锁、通风联锁，并在辐照室和主机室出入口分别设置防人误入的安全联锁装置等。防护措施的多元性能够提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。

（4）独立性

本项目安全联锁的设置保证了多道联锁之间的独立性、各部件之间的独立性、纵深防御各部件之间的独立性，从而保证某一安全部件发生故障时，不会造成其它安全部件的功能出现故障或失去作用。

综上所述，本项目使用的电子加速器和建设的加速器机房配备了多重安全联锁装置，包括门机联锁、信号指示灯联锁、剂量联锁、通风联锁、防人误入装置安全联锁，并设置了拉线开关、紧急停机按钮、开门开关等安全装置，以上措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）关于纵深防御、冗余性、多元性、独立性的辐射安全原则，均可确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，有效提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。

10.1.7 通风系统

本项目加速器机房拟设专门的排风系统：①拟在辐照室内西墙靠近加速器束窗位置设置排风口，经排风管道连接至西墙北侧原有的排风管道，排风管呈 S 形斜穿墙体后引至楼顶排放，排风机位于楼顶；②主机室拟利用位于西墙北侧原有的排风口进行排风，该排风口亦呈 S 形斜穿墙体后引至楼顶。在西墙外主机室以上，辐照室和主机室共用同一根排风管道，辐照室、主机室产生的 O_3 和 NO_x 在风机作用下引至辐照车间屋顶排放。

本次改建拟新配置风机，经计算（见本报告 11.2.3 节），分别在停机约 9min 和 7min 后，辐照室和主机室内 O_3 浓度已经低于 $0.3mg/m^3$ ，满足工作场所空气中 O_3 容许浓度小于 $0.3mg/m^3$ 的要求。此外，排风管道拟采用“S 型”方式穿墙通过，不直接穿过屏蔽墙，X 射线如经排风口到达辐照室外需经多次散射，每次散射将降低 1~2 个数量级，因此排风管道的布设基本不会减弱屏蔽墙体效果，影响较小。本项目现有排风装置见图 10-10，拟布设排风管道示意图见图 10-11。



图 10-10 本项目现有排风装置情况

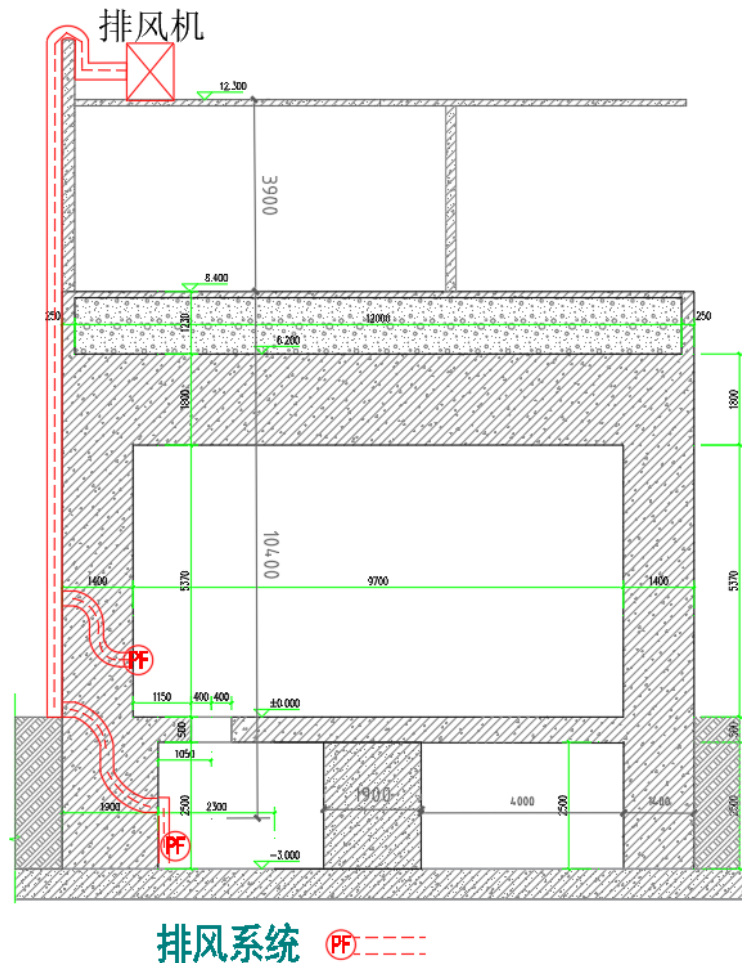


图 10-11 本项目拟布局设排风管道示意图

10.1.8 其他辐射防护措施

除防护辐照室硬件安全防范措施外，公司还将完善和加强以下几个方面的措施：

(1) 根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2021 年 1 月 4 日生态环境部第 20 号修改) 中第十六条第五款要求，企业配备的防护用品和监测仪器需满足工业电子加速器辐照工作的要求。对从事与放射性和射线装置有关的职业人员要求随身佩戴个人剂量计，以监督个人剂量的变化情况，控制接受剂量，保证职业人员的健康水平。本项目公司拟新增配 1 台便携式 X- γ 剂量率仪、2 台个人剂量报警仪，并拟为本项目新增辐射工作人员每人配备一个人剂量计（由个人剂量检测单位配发）。

(2) 建立工作人员个人剂量档案。应委托有资质的单位对操作人员个人剂量每三个月进行检测，建立放射性职业人员个人剂量档案，一人一档，由专人负

责保管和管理，个人剂量档案应当终生保存。辐射工作人员调换单位的，原用人单位应当向新用人单位或者辐射工作人员本人提供个人剂量档案的复制件。

（3）定期为工作人员健康查体，建立工作人员健康档案。

（4）参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的要求，公司拟对电子加速器辐照系统进行日检查、月检查及半年检查，做好日常检修（管理）及记录。

10.1.9 辐射防护与环保投资

本项目辐射防护与环保投资主要用于屏蔽防护的局部改造、安全联锁及其控制系统升级改造、配备个人剂量计、场所年度防护性能监测等，环保投资总计约 190 万元，约占总投资的 19%，详见表 10-3。

表 10-3 辐射防护与环保投资

序号	项目	投资估算 (万元)	备注
1	加速器机房屏蔽设施	110	局部屏蔽设施改造、加厚，增设辐照室内迷道，增设主机室防护门，封闭三层主机室正上方房间入口。
2	在线辐射监测系统、电离辐射警示标志	8	—
3	个人剂量报警仪、便携式 X- γ 剂量率仪	12	—
4	排气设施	10	排气管道铺设；更换风机
5	安全联锁及其控制系统升级改造	50	—
合计	190		

10.2 三废的治理

（1）废水

本项目电子加速器采用集成式冷水机组冷却循环系统来降低热能。加速器冷却水系统分为冷却水、恒温冷却水、二次冷却水系统三部分。冷却水循环使用，不外排。

（2）废气

本项目辐照室和主机室设有专用的排风设施。辐照室内西墙靠近加速器束窗位置设有排风口，废气经排风管道从西墙北侧斜穿引至楼顶排放，在接近于地面处设置 1 个排风口，排气管道（排气管道孔径为 $\Phi 400\text{mm}$ ）连接至排气筒；主机

室在西侧墙体上设置斜穿孔洞，孔径为 $\Phi 400\text{mm}$ ，连接至排气筒。排气筒连接至风机（风量为 $17000\text{m}^3/\text{h}$ ），辐照室、主机室产生的 O_3 和 NO_x 在风机作用下引至辐照车间屋顶排放。

本项目中辐照室和主机室的体积分别为 660m^3 和 464m^3 ，经计算，在停机约 9min 和 7min 后，辐照室和主机室内 O_3 浓度已经低于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ，即可满足工作场所空气中 O_3 容许浓度小于 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 的要求（详见本报告 11.2.3 节），公司规定辐照结束后 15min 后可进入辐照室。可有效保护辐射工作人员的安全健康。

表 11 环境影响分析

11.1 建设期环境影响

该项目施工活动对环境的影响主要是楼体局部改造施工和防护装修过程中产生的噪声、粉尘以及振动等，为了不影响周围环境，在施工过程中，将采取一些降噪、防尘措施。如在施工现场设置隔离带、设立声障，这样既可有效的减少扬尘的污染，又可降低噪声；合理安排施工时间，对振动较大的施工，尽量安排在下班或节假日进行。本项目是对原有车间进行改造，工程量小，施工基本上都在公司内进行，项目所在地区的地面已经过硬化，无裸露地面，因此产生的扬尘相对较小，且施工现场周围的公司外部区域均为闲置空地。因此基本不影响单位和周围其他单位的正常工作。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1 核技术利用项目概况

天津蓝孚公司拟将闲置的加速器生产车间改造为辐照车间，建成新的加速器主机室和辐照室，并增加物料传输系统，新增使用 1 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器对产品进行辐照灭菌。

11.2.2 辐射环境影响分析

11.2.2.1 剂量关注点选取

根据本项目工程特征及加速器机房周围环境状况，选取辐照室及主机室四周屏蔽墙外30cm处、辐照室和主机室出入口、控制台、上货区和下货区等位点为剂量关注点，共13个。建设单位拟将加速器主机室和大厅上方的三层房间（包括三层楼梯口西侧所有房间）入口建墙封闭，并在通往楼顶的楼梯口处设置栅栏门并上锁，因此三层封闭房间和楼顶区域为人员不可达区域，不再作为剂量关注点，仅分析天空反散射对上述关注点的影响。

剂量关注点选取示意图见图11-1至图11-4，关注点具体情况见表11-1。

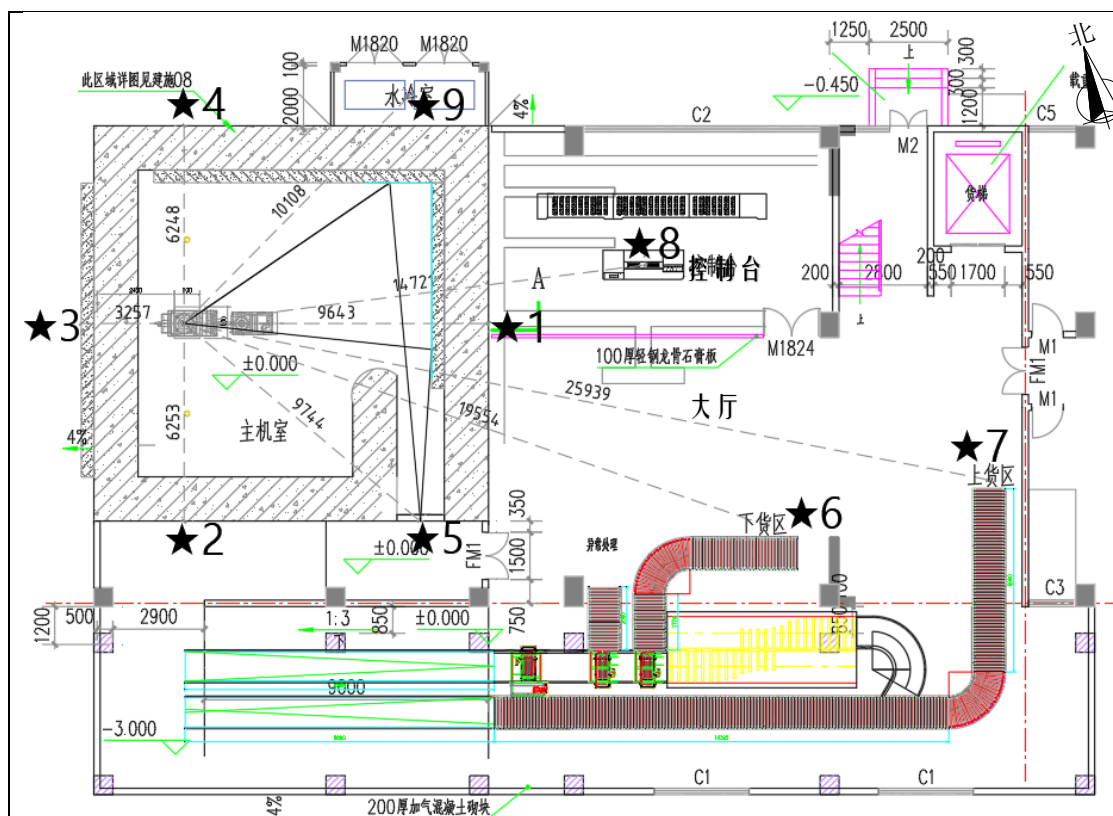


图11-1 主机室周围剂量关注点示意图

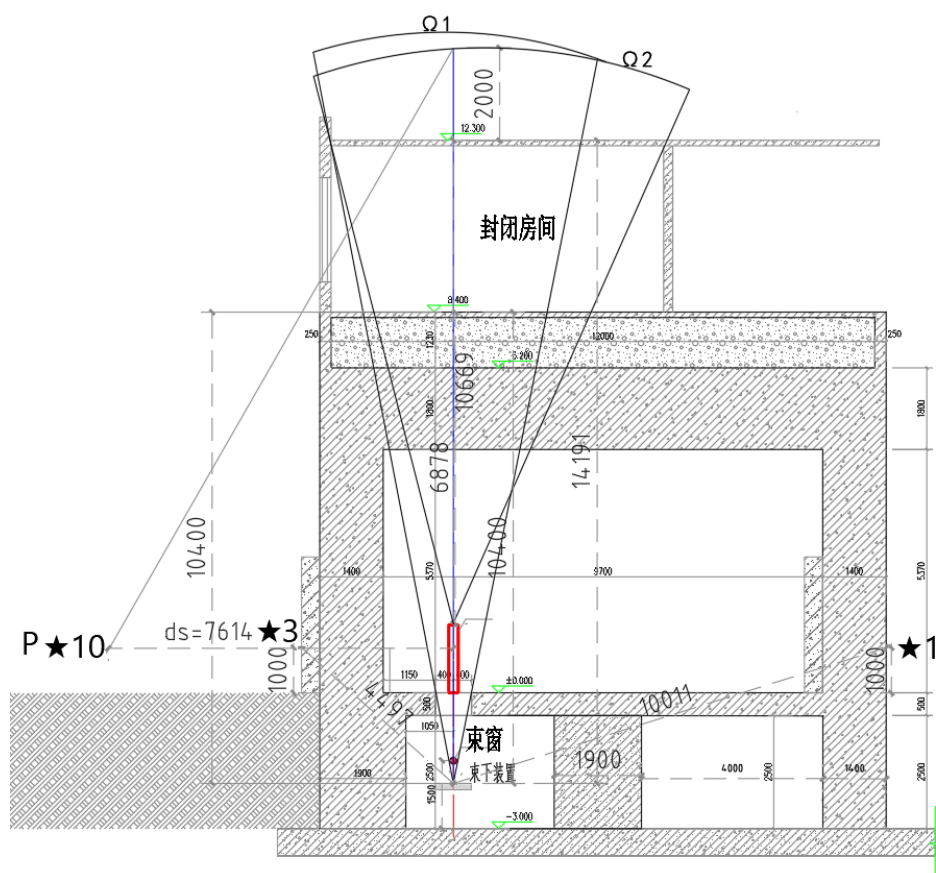


图11-2 自三楼顶天空反散射及辐照室周围剂量关注点示意图

表11-1 剂量关注点选取情况一览表

关注点 序号	关注点位置	位置特征
1	主机室东侧屏蔽墙外 30cm	控制室大厅
2	主机室南侧屏蔽墙外 30cm	走廊
3	主机室西侧屏蔽墙外 30cm	厂区西侧道路
4	主机室北侧屏蔽墙外 30cm	厂区北侧道路
5	主机室门外 30cm	主机室迷道口
6	下货区	下货区和已辐照产品暂存区
7	上货区	上货区和未辐照产品暂存区
8	控制台	加速器控制台
9	水冷室	加速器水冷室
10	主机室西侧屏蔽墙外 7.6m	自楼顶反散射至西墙外（高 1m）
11	主机室西侧屏蔽墙外 20m	自 3 楼顶经窗户反散射至西墙外（高 1m）
12	货物传送带通往地下出入口处	货物传送带通往地下出入口处
13	南侧加气混凝土墙外 30cm	南侧加气混凝土墙外 30cm

11.2.2.2 剂量率计算公式

关注点处的周围剂量当量率根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 提供的方法进行估算。

（1）透射计算公式

$$H_M = \frac{D_{10} B_x}{1 \times 10^{-6} \times d^2} \quad (11-1)$$

式中：

H_M —关注点（参考点）周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

d —X 射线源与关注点（参考点）之间的距离，m；

D_{10} —距离 X 射线辐射源（即靶）1m 处的标准参考点的吸收剂量率，Gy/h，其计算方法为：

$$D_{10} = 60 Q I f_e \quad (11-2)$$

式中：

Q —X 射线的发射率， $\text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ；

I —电子束流强度，mA；

f_e —X 射线的发射率修正系数；

B_x —X 射线的屏蔽透射比，可用十分之一值层法计算，其计算方法为：

$$B_x = 10^{-n} \quad (11-3)$$

$$n = (S - T_1) / T_e + 1 \quad (11-4)$$

式中：

n —十分之一值层的个数；

S —屏蔽体厚度，cm；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层厚度，cm；

T_e —平衡十分之一层厚度，cm。

(2) 散射计算公式

$$H_{l, rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (11-5)$$

式中：

$H_{l, rj}$ —关注点（参考点）散射的周围剂量当量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

A_2 —迷道的截面积（ m^2 ，假设整个迷道的截面积近似常数，高宽之比在 1~2 之间）；

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离；

$d_{r1} d_{r2} \dots d_{rj}$ —沿着迷道长轴的中心线距离；

j —指第 j 个散射过程。

(3) 天空反散射公式

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），天空反散射计算公式如下：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{XS} \times D_{10} \times \Omega^{1.3}) \times 10^3}{(d_i \times d_s)^2} \quad (11-6)$$

式中：

H —在距离 X 射线辐射源 ds 处地面，天空反散射的 X 射线周围剂量当量率（ $\mu\text{Sv/h}$ ）；

B_{XS} —X 射线屋顶的屏蔽的透射比；

Ω —由 X 射线辐射源与屏蔽墙对向的立体角（Sr）；

d_i —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离 (m);

d_s —X 射线辐射源至 P 点的距离 (m)。

(4) 人员受照剂量估算公式

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)附录B1.3.3、附录 J4.13 J4.17 和《辐射防护基础》(李星洪主编)公式 2.35 可得人员年受照剂量估算公式如下:

$$H_{Er}=H\times T\times t\times 10^{-3} \quad (11-7)$$

式中:

H_{Er} —年受照剂量, mSv/a;

H —周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$;

t —照射时间, h;

T —居留因子。

11.2.2.3 计算参数选取

11.2.2.3.1 计算模式选取

(1) 辐照室

电子加速器运行时, 电子束出束方向朝下, 不直接射向辐照室顶部和四周屏蔽墙, 辐照室内电子束可能轰击的物质有3种:

- ①辐照室混凝土地面;
- ②电子扫描器下方的传输装置 (不锈钢材料);
- ③辐照产品, 主要为食品、药品、医疗器械等。

在以上几种轰击物质中, 不锈钢的Z值最大, X射线发射率最高, 90° 方向的X射线发射率修正系数为0.5。但本项目从辐射防护角度保守的取X射线发射率修正系数为1。

针对辐照室辐射源项, 由于辐照室四周屏蔽墙外均为土层, 本项目辐射防护评价时主要考虑: ①X射线斜向上贯穿辐照室和主机室屏蔽墙后的透射, 本项目以透射距离最近的主机室西墙外和居留因子最大的东墙外为代表进行计算, 关注点见图11-2的点1和点3; ③X射线经辐照室迷道多次散射对货物传输通道口、南侧加气混凝土墙外的影响, 关注点见图11-4的点12和点13。

(2) 主机室

一层主机室内主要辐射源项主要是尚未加速到最高能量的电子在加速过程中由于束流损失而与钢筒作用产生的轫致辐射X射线。

针对主机室内辐射源项，本项目辐射防护评价时主要考虑：①X射线贯穿四周屏蔽墙后的透射，关注点见图11-1的点1-9；②X射线经辐照室迷道多次散射和X射线贯穿迷道内墙后对迷道口处辐射剂量的叠加影响，关注点见图11-1的点5。

考虑到散射后X射线能量降低1个数量级，剂量率降低2~3个数量级，本项目未考虑由源点发出的X射线经四周屏蔽墙散射后再次穿透屏蔽墙的剂量影响。

(3) 天空反散射

各关注点除考虑上述轫致辐射初级 X 射线、多次散射 X 射线外，还需综合考虑天空反散射的影响。本项目分别计算：①辐照室和主机室X射线贯穿三楼房顶后，反散射X射线经三层窗户直接到达地面，关注点见图11-2的点10。从保守的角度，未考虑三楼楼顶（厚10cm）对反散射X射线的屏蔽；②辐照室和主机室X射线贯穿主机室房顶后，X射线在三层房间内发生天空反散射经窗户至地面，关注点见图11-3的点11。

11.2.2.3.2 X射线发射率

(1) 辐照室X射线发射率

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A表A.1查询X射线发生率。由于辐照的靶材料为低Z材料，X射线发射率需乘以对应能量的低Z靶材料X射线发射率修正系数进行修正。本次计算保守的取X射线发射率修正系数为1。按式（11-2）计算，可得辐照室距离X射线辐射源靶1m处标准参考点的吸收剂量率见表11-2。

(2) 主机室X射线发射率

根据加速器生产厂家提供的资料，本项目加速器束流损失率为2%，即电子束流强度为0.04 mA，束流损失点的能量为 3MeV。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1 查询 X 射线发生率。按式（11-2）计算，可得主机室距离 X 射线辐射源靶 1m 处标准参考点的吸收剂量率见表11-2。

表11-2 辐照室和主机室X射线吸收剂量率计算参数

项目	辐照室	主机室
入射电子能量,MeV	10	3
等效入射电子能量,MeV	6	1.9
X 射线发射率 $Q, \text{Gy} \cdot \text{m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$	13.5	3.2
电子束流强 I, mA	2	0.04
距源 1m 处参考点吸收剂量率, Gy/h	1620	7.68

(3) 散射X射线发射率

韧致辐射初级 X 射线的能量为 6.0MeV、1.9MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)，保守考虑，其散射一次后的能量均为 0.5MeV。对于初级 X 射线，散射系数 a_1 约为 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 a_2 (假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$) 取值为 2×10^{-2} 。

11.2.2.3.3 十值层厚度

根据等效入射电子能量和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 附录A 表A.2、A.3可得宽束 X 射线在铅和混凝土中的十值层数值如表 11-3所示。

表11-3 宽束 X 射线在铅和混凝土中的十值层数值

材质	射线	第一个十分之一值层厚度 T_1 (cm)	平衡十分之一层厚度 T_e (cm)
混凝土	6.0MeV宽束X射线	35.5	35.5
	1.9MeV宽束X射线	22.1	20.1
铅	6.0MeV宽束X射线	5.42	5.58
	1.9MeV宽束X射线	3.2	4.09

对于主机室迷道口防护门铅当量计算，当入射电子能量为1.9MeV时散射一次后X射线的能量为0.5MeV，铅的 T_1 和 T_e 值分别为 $T_1=0.5\text{cm}$ ， $T_e=1.19\text{cm}$ 。

11.2.2.4 剂量率计算结果

(1) 周围剂量当量率计算结果

加速器运行时加速器机房外各关注点处的周围剂量当量率预测相关参数及结果详见表11-4。

表11-4 各关注点周围剂量当量率预测相关参数及结果

关注点序号	射线来源	d 或 d_i 或 d_s 或 $\Omega, \text{mm/sr}$	屏蔽体厚度, mm	周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$	
				预测值	叠加值
1	主机室初级X射线	9943	1800	1.08×10^{-4}	1.08×10^{-4}
	辐照室初级X射线	10311	5612	6.07×10^{-10}	
2	主机室初级X射线	6553	1400	2.44×10^{-2}	2.44×10^{-2}
3	主机室初级X射线	3557	1800	8.45×10^{-4}	1.40×10^{-1}

	辐照室初级X射线	4797	3090	1.39×10^{-1}	
4	主机室初级X射线	6548	1800	2.50×10^{-4}	2.50×10^{-4}
5	主机室初级X射线	10044	1400	0.13×10^{-2}	0.99×10^0
	主机室多次散射X射线	d1=7845 dr1=4825 A1=44.62m ² A2=8.01m ²	30	0.99×10^0	
6	主机室初级X射线	19854	2880	1.15×10^{-10}	1.15×10^{-10}
7	主机室初级X射线	26239	1837	1.02×10^{-5}	1.02×10^{-5}
8	主机室初级X射线	15021	1814	4.04×10^{-5}	4.04×10^{-5}
9	主机室初级X射线	10408	2535	2.18×10^{-8}	2.18×10^{-8}
10	天空反散射-主机室	ds=7614 di=12669 $\Omega=0.53$	2200	1.30×10^{-10}	1.48×10^{-4}
	天空反散射-辐照室	ds=7614 di=16191 $\Omega=0.15$	2200	1.48×10^{-4}	
11	天空反散射-主机室	ds=19955 di=8911 $\Omega=1.46$	2080	5.61×10^{-10}	7.76×10^{-5}
	天空反散射-辐照室	ds=19955 di=12400 $\Omega=0.15$	2080	7.76×10^{-5}	
12	辐照室多次散射后X射线	d1=3357 d1'=3246 dr1=7120 dr1'=7142 dr2=10562 dr2'=3958 dr3=8368 dr4=5038 dr5=10734 A1=16.11m ² A1'=15.86m ² A2=5.0m ² A2'=5.0m ²	-	方向1: 1.00×10^{-6} 方向2: 7.44×10^{-6}	8.44×10^{-6}
13	辐照室2次散射后透射X射线	7875	1575	2次散射后: 1.53×10^3 透射后: 1.79×10^{-7}	1.79×10^{-7}

注：1.辐照室源点取在束下装置位置处；2.主机室源点保守的取在电子加速器的顶部；3.除位点5屏蔽物质为铅外，其他位点屏蔽物质均为普通混凝土；4.主机室楼顶包含轻质混凝土（ $\rho=0.6\text{g/cm}^3$ ）部分、辐照室南侧走廊外土墙为夯实土（ $\rho=1.5\text{g/cm}^3$ ），计算时已将其折合为普通混凝土（ $t=2.35\text{g/cm}^3$ ）的厚度。

由表11-4可知，在现有屏蔽厚度条件下，加速器开机运行时，所有位点屏蔽体外周围剂量当量率预测结果均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

（2）天空反散射计算结果

本项目分别分别计算了两种情况下的天空反散射：①辐照室和主机室X射线贯穿三楼房顶后，反散射X射线经三层窗户直接到达地面，本计算从保守的角度出发，未考虑三楼楼顶（厚10cm）对反散射X射线的屏蔽；②辐照室和主机室X射线贯穿二楼主机室房顶后，X射线在三层房间内发生天空反散射经窗户至地面。计算结果见表11-4关注点13和14，结果显示两种情况下天空反散射预测值分别为 $1.48 \times 10^{-4} \mu\text{Sv/h}$ 和 $7.76 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ 。

此外，考虑到天空反散射X射线到达车间内各关注点时还要经过各房间墙体或墙顶的衰减，实际天空反散射剂量率值远低于上述计算值。因此天空反散射对各关注点的剂量贡献可以忽略不计。

（3）本项目拟建加速器和已有加速器同时运行时辐射剂量率叠加分析

根据《天津蓝孚高能物理技术有限公司改建使用II类射线装置（电子加速器）项目环境影响报告表》（编号：P-2021-9834），辐照车间已有2台加速器同时运行时，距离本项目评价范围最近的关注点位（位点13#“卸货平台”，见图11-5）周围剂量当量率预测值为 $2.05 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，已远低于环境本底水平。本项目机房外关注点距已有加速器的距离更远，随着距离增加，已有加速器辐射源对本次评价关注点的辐射剂量贡献要远小于 $2.05 \times 10^{-5} \mu\text{Sv/h}$ ，可忽略。

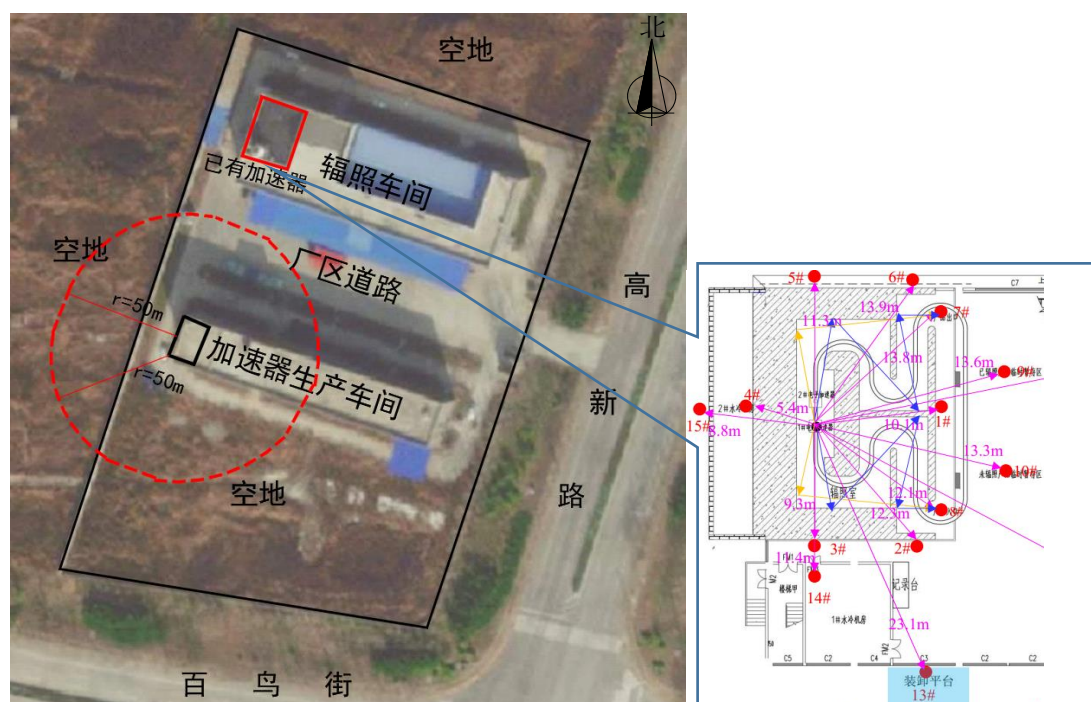


图 11-5 剂量关注点 13#位置示意图

根据天津蓝孚公司2021年委托检测报告（报告编号：津核人检字（DL）

(2021)第(0101)号G): ①距离本项目评价范围最近的关注点位为位点13#“辐照加工区域南侧1#水冷机房”,其周围剂量当量率检测结果为 $0.10\mu\text{Sv/h}$ (检测时2台加速器只有1台开机;检测结果未扣除环境本底);②位点30#“辐照车间外南侧加速器生产车间”检测结果为 $0.09\mu\text{Sv/h}$ (检测时2台加速器只有1台开机;检测结果未扣除环境本底)。从实测结果来看,以上2个位点检测结果均为环境本底水平,检测位点13#和30#位置见图11-6。

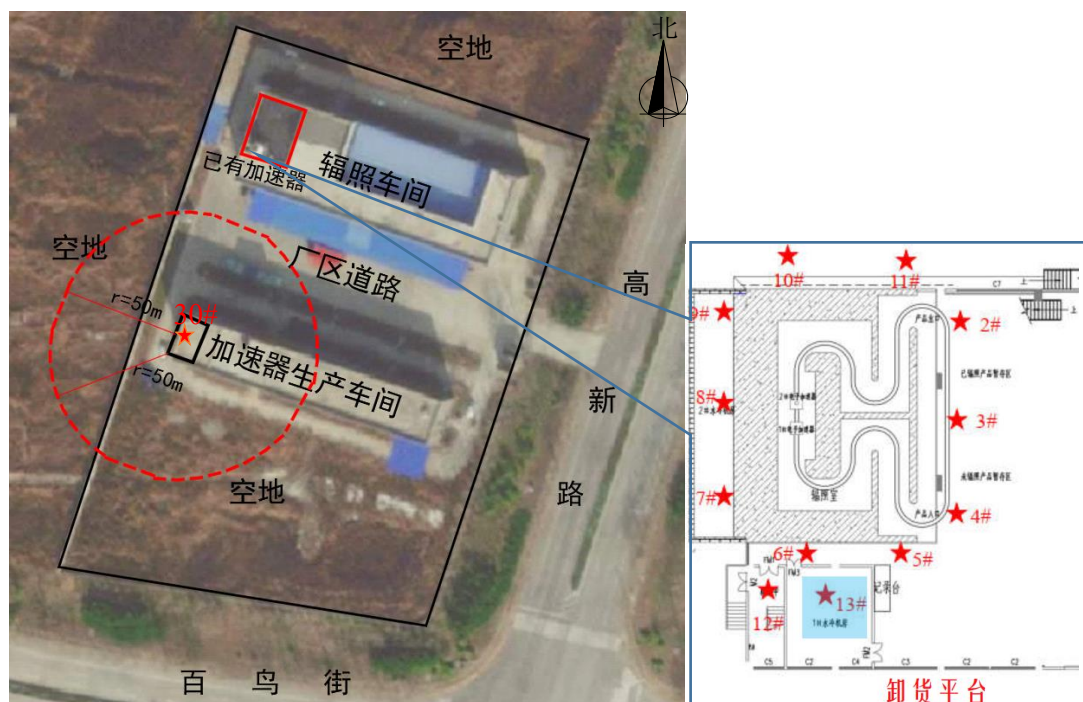


图 11-6 检测位点 13#和 30#位置示意图

综上,根据理论计算和实际环境检测结果,可以认为已有加速器对本项目关注点的辐射剂量叠加影响可以忽略。

(4) 年附加剂量计算结果

人员年受照剂量仅考虑环境保护目标处,即辐射工作人员和公众居留处。

本项目电子加速器预计每天最长出束 16h,年出束 250 天,则年最长出束时间为 4000h。本项目拟新增 8 名辐射工作人员,实行两班两倒制,4 人一组,共 2 组,每组辐射工作人员平均年受照时间为 2000h。周边固定工序和环境保护目标处公众为单班工作制,年受照时间电子加速器运行年最长出束时间 4000h 计。人员年受照剂量预测结果见表 11-5。

表 11-5 人员年受照剂量预测结果

关注点序号	关注点位置	周围剂量当量率, $\mu\text{Sv/h}$	居留因子	年受照时间, h	年受照剂量, μSv	照射对象
1	主机室东侧屏蔽墙外30cm	1.08×10^{-4}	1	2000	2.16×10^{-1}	辐射工作人员
3	主机室西侧屏蔽墙外30cm	1.40×10^{-1}	1/16	4000	3.50×10^{-1}	公众
4	主机室北侧屏蔽墙外30cm	2.50×10^{-4}	1/16	4000	6.25×10^{-2}	公众
6	下货区	1.15×10^{-10}	1	2000	1.63×10^{-7}	辐射工作人员
7	上货区	1.02×10^{-5}	1	2000	2.04×10^{-2}	辐射工作人员
8	控制台	4.04×10^{-5}	1	2000	0.81×10^{-1}	辐射工作人员
9	水冷室	2.18×10^{-8}	1/16	2000	2.73×10^{-6}	辐射工作人员

由表11-5可知,辐射工作人员年最大受照剂量为 $0.81\times 10^{-1}\mu\text{Sv/a}$,满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中分别关于辐射工作人员“剂量限值”和“个人剂量约束”的要求;本项目所有位点公众最大受照剂量为 $3.50\times 10^{-1}\mu\text{Sv/a}$,均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中分别关于公众“剂量限值”和“个人剂量约束”的要求。

11.2.3 O_3 和 NO_x 环境影响分析

空气在辐射照射下产生 O_3 和 NO_x 等有害气体。 NO_x 的产额约为 O_3 的三分之一,且以 O_3 的毒性最高,所以主要考虑 O_3 的产生及其防护。

辐照室和主机室共用一套风机,风机位于加速器机房屋顶,风机排风量为 $17000\text{m}^3/\text{h}$ 。拟在辐照室和主机室排风口设置风阻,使辐照室和主机室排风量分别约为 $14000\text{m}^3/\text{h}$ 和 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 。

(1) 臭氧产量计算

电子束在轰击靶时,加速器机房内空气被部分电离或激发从而产生臭氧。加速器辐照室和主机室内 O_3 浓度可按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录B,平行电子束所致臭氧用公式(11-8)计算:

$$P=45dIG \quad (11-8)$$

式中:

P —单位时间电子束产生 O_3 的质量 (mg/h);

I —电子束流强度, mA ;

d —电子束在空气中的行程，本项目取150cm。

G —空气吸收100eV辐射能量产生的 O_3 分子数，保守值可取10。

根据表11-2，加速器辐照室和主机室电子束流强分别按2mA和0.04mA计算，经式11-8计算可知，本项目中加速器运行时辐照室和主机室 O_3 的产量分别为 $1.35 \times 10^5 \text{mg/h}$ 和 $2.70 \times 10^3 \text{mg/h}$ 。

(2) 辐照室内臭氧的平衡浓度

假设臭氧在辐照室内均匀分布，辐照室内的 O_3 平衡浓度随辐照时间 t 的变化计算公式如下：

$$C_{(t)} = \frac{P \times T_e}{V} \left[1 - e^{-\frac{t}{T_e}} \right] \quad (11-9)$$

式中：

$C_{(t)}$ —辐照室空气中在 t 时刻 O_3 的浓度 (mg/m^3)；

P —单位时间电子束产生 O_3 的质量 (mg/h)；

V —辐照室的体积， m^3 ；

t —开机运行时间， min ；

T_e —对 O_3 的有效清除时间， h 。

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad (11-10)$$

式中：

T_v —辐照室换气一次所需时间 (h)；

T_d —臭氧的有效化学分解时间 (h)，约为50min。

根据建设单位提供资料，本项目中辐照室和主机室的体积 V 分别为 660m^3 和 464m^3 ，则换气一次所需时间 T_v 分别为为0.05h和0.15h，代入公式(11-10)计算可得，辐照室臭氧的有效清除时间 T_e 分别为0.04h和0.13h。

此种情况下， $T_v \ll T_d$ ，因而 $T_e \approx T_v$ 。当长时间照射时，则臭氧平衡浓度 C_s 为： $C_s = P T_e / V$ 。经计算，本项目中辐照室和主机室内臭氧平衡浓度分别为 9.1mg/m^3 和 0.76mg/m^3 。

(3) 臭氧的排放

正常情况下辐射工作人员无需进入辐照室工作。由于电子加速器的连续供束时间都非常长，会连续工作几小时，甚至几十小时。直到电子加速器停机后，

辐照室内的O₃浓度将随着通风设施的运行逐渐降低。电子加速器停机后，排风机继续工作，则辐照室和主机室内O₃浓度可按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录B（B-7）计算模式，用公式（11-11）计算：

$$C=C_s e^{\frac{-t}{T_e}} \quad (11-11)$$

式中：

t ——停机后的等待时间，h。

C_s ——臭氧的平衡浓度，mg/m³。

关闭加速器后风机还需运行的持续时间公式为：

$$T=-T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (11-12)$$

式中：

C_0 ——GBZ2.1 规定的臭氧最高容许浓度， $C_0=0.3\text{mg/m}^3$ ；

T ——为使室内臭氧浓度低于规定浓度所需时间，h。

根据式11-12计算，分别在停机约9min和7min后，辐照室和主机室内O₃浓度已经低于0.3mg/m³，满足工作场所空气中O₃容许浓度小于0.3mg/m³的要求。为保险起见，建设单位要求在加速器停止出束后至少需要继续排风约15min后方可进入。

（4）O₃和NO_x环境影响分析

根据建设单位提供的资料，本项目加速器辐照系统采用连续作业方式，年工作250天，平均每天出束16h，全年出束约4000h，产生的O₃和NO_x经风机排至室外大气。加速器机房内配备排风系统，风量为17000m³/h，风机位于楼顶高约13.3m。本项目中NO_x的产生量要低于O₃产生量。NO_x的排放量按O₃排放量（未分解前）的三分之一进行估算。采用AERSCREEN估算模式预测O₃和NO_x排放的环境影响，预测参数和结果见表11-6。

表11-6 O₃和NO_x排放预测参数和结果

参数	O ₃	NO _x
排放速率（g/s）	0.047	0.016
排气口高度（m）	14.0	14.0
排气口内径（m）	0.4	0.4
风机风量（m ³ /h）	17000	17000
出口流速（m/s）	37.6	37.6
排放温度（℃/K）	25 / 298.15	25 / 298.15

最高环境温度（℃/K）	40.9 / 314.05	40.9 / 314.05
最低环境温度（℃/K）	-16.3 / 256.85	-16.3 / 256.85
最大落地浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	14.7	4.9
最大落地距离（m）	45	45

注：不考虑地形和岸线熏烟。

由表11-6可知，当电子加速器运行时，排气管排放 O_3 和 NO_x 的最大落地浓度均出现在距排气管45m处，其最大落地浓度分别为 $14.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $4.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。根据《天津蓝孚高能物理技术有限公司改建使用II类射线装置（电子加速器）项目环境影响报告表》（编号：P-2021-9834），辐照车间两台加速器同时运行时 O_3 和 NO_x 的最大落地浓度分别为 $15.8\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $5.28\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，两个车间 O_3 和 NO_x 最大落地浓度叠加值为 $30.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $10.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，分别低于《环境空气质量标准》（GB 3095-2012）（二级）中臭氧1小时平均浓度限值 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 和 NO_x 1小时平均浓度限值 $0.25\text{mg}/\text{m}^3$ ，不会对周边环境空气质量造成显著的不利影响。

11.3 事故影响分析

11.3.1 可能发生的辐射事故

本项目电子加速器和加速器机房配备了多重安全联锁装置，包括门机联锁、信号指示灯联锁、剂量联锁、通风联锁、防人误入装置安全联锁，并设置了拉线开关、紧急停机按钮、开门开关等安全装置，以上措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）关于纵深防御、冗余性、多元性、独立性的辐射安全原则，均可确保当某一层次的防御措施失效时，可由下一层次的防御措施予以弥补或纠正，有效提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。因此正常情况下发生辐射事故的概率很低，但安全联锁部分或全部失效后，装置的纵深防御能力降低，极有可能会发生人员超剂量受照事故。

（1）通风装置联锁失效，电子加速器停机后，未达到预先设定的时间，防护门即开启，检修人员进入臭氧浓度超标的主机室时吸入过量 O_3 。

（2）加速器机房屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

（3）设备维修或调试时设置临时旁路，维修或调试终止后未及时拆除旁路开关，造成辐射事故发生。

（4）设备故障，设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启加速器，使检修人员受到意外照射。

(5) 剂量联锁装置失效，电子加速器停机后，辐照室和主机室内的剂量率未达到安全阈值下，防护门即开启，辐射工作人员进入导致被意外照射。

11.3.2 防范措施

为了杜绝事故发生，建设单位设置了安全联锁装置、紧急停机开关、通风系统等安全设施及其它各项辐射防护措施，制定详细的安全管理制度和安全操作规程，并加强辐射工作人员的安全教育和培训，严格按照操作规程进行作业，确保安全。具体如下：

(1) 辐射工作人员上岗前须参加核技术利用辐射安全与防护考核，持证上岗。

(2) 设立辐射安全与环境保护管理领导小组负责单位的辐射安全管理、制定各项规章制度和操作规程，并对辐射工作人员做好培训。

(3) 建立完善的辐射事故应急措施。不断增强应急响应能力，责任到人，将事故和危害降到最低限度。

(4) 定期检查电子加速器的安全联锁系统，确保其系统正常运行，出现隐患及时排除；定期检查送、排风系统，确保其处于良好状态。

(5) 辐射工作人员均要求佩戴常规个人剂量计及个人剂量报警仪。当辐射水平达到设定的报警水平时，报警仪报警，监测人员应立即按下急停开关，并立即向辐射防护负责人报告。

(6) 定期测量加速器机房周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，包括操作者工作位置和周围毗邻区域人员居留处。当测量值高于参考控制水平时，终止辐照工作并向辐射防护负责人报告。

(7) 要求工作人员交接班或当班使用剂量仪前，检查剂量仪是否正常工作。如在检查过程中发现剂量仪不能正常工作，则不应开始检查工作。

(8) 辐照加工结束后，辐射工作人员将控制台的主控钥匙交车间班组长妥善保管，并做好安全记录。

(9) 设置冗余、多重的安全装置，采用多样化的部件，以保证当某一部件或系统发生故障时，检查系统均能建立起一种安全状态。

(10) 按照核与辐射安全管理体系（第三层级）《电子辐照加速器监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-022）的要求做好自查并记录。

(11) 制定《辐射安全应急预案》，发生辐射事故时，立即启动应急预案，采取应急措施，并向生态环境主管部门和安监部门报告。

11.3.3 应急处置措施

根据《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理和报告制度的通知》，该项目所使用的射线装置可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。本项目辐射事故应急措施主要包括以下几个方面：

(1) 第一时间按下紧急停机按钮，切断电子加速器的电源。

(2) 现场人员应迅速撤至安全区域，保护现场，通知辐射安全与环境保护管理领导小组。

(3) 发生辐射事故时，应立即启动本单位的《辐射安全应急预案》，采取必要的防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向天津市生态环境局报告。应急小组应对受照情况作出初步判断，造成或可能造成人员超剂量照射的，立即采取暂时隔离和应急救援措施，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(4) 积极配合生态环境主管部门及卫生部门调查事故原因，并做好后续工作。

(5) 事故未解决，现场未达到安全状态，不得解除封锁，将事故的后果和影响控制在最低限度。出现故障的装置经专业技术人员维修（人员须持有核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，并保证在有效期内，证书类别应为电子加速器辐照），经有资质的检测机构对其进行检测，合格后方可启用，达不到要求不得投入使用。

表 12 辐射安全管理

12.1 辐射安全与环境保护管理机构的设置

12.1.1 辐射安全与环境保护管理领导小组

天津蓝孚公司根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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》等相关法律、法规的要求，已成立辐射安全与环境保护管理领导小组，由法人担任第一责任人，指定专人为核辐射防护负责人（无需注册核安全工程师担任），全面负责公司的辐射安全与环境保护管理工作，成员组成详见表 12-1。

表 12-1 辐射安全与环境保护管理领导人员

姓名	职务	管理人员	专（兼）职	主要职责
李连茂	经理	负责人	兼职	第一责任人
常超	副总经理	核辐射防护负责人	专职	负责公司的射线装置的辐射安全防护工作的指导、监督、检查和管理。
王伟	经理	成员	兼职	安全管理人员，负责收集、整理、分析公司辐射防护的有关资料，及时制定并采取防护措施；负责制定射线装置操作维护规程，督促各有关部门采取有效的防护措施、合理使用个人防护用品，并对辐射工作人员建立健康档案；负责辐射防护的培训、咨询及技术指导；负责突发辐射事件的应急处置的领导和组织，包括应急救治，环境监测、人员防护、信息上报等。

注：本次改建项目不改变原有辐射安全与环境保护管理领导小组构成。

12.1.2 辐射工作人员持证情况

本项目拟增加 8 名辐射工作人员，拟参加核技术利用辐射安全与防护考核，在取得考核合格证书后持证上岗，并按规定进行个人剂量监测和职业健康体检。

12.2 辐射安全管理规章制度

建设单位已按照《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》和核与辐射安全管理体系（第三层级）《电

子辐照加速器监督检查技术程序》(NNSA/HQ-08-JD-IP-022)相关要求,制定了射线装置使用、操作及管理等相关制度,主要包括:《辐射安全教育培训制度》、《辐射安全防护制度》、《电子加速器操作岗位职责》、《电子加速器操作规程》、《设备检修维护制度》、《车间管理制度》、《个人剂量计监测方案》、《辐射安全应急预案》、《辐射安全应急预案》、《电子加速器安全联锁系统管理制度》。建设单位现有制度满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》相关要求,运行期间认真落实各项规章制度,按操作规程操作。

本次改建完成后,建设单位将在现有辐射安全管理制度基础上按照实际情况和最新的法律法规,对相关制度进行更新完善,并结合日常实践进一步完善辐射安全管理制度,确保辐射防护工作按照规章制度进行。同时每年编写辐射安全和防护状况年度评估报告,于每年 1 月 31 日之前报天津市生态环境局。

12.3 辐射监测

12.3.1 个人剂量监测

为了确保辐射工作人员的身体健康,需要加强对辐射工作人员个人剂量监测和职业健康管理。

建设单位已委托天津瑞丹辐射监测评估有限责任公司开展 2021 年度个人剂量计年度监测。2021 年度个人剂量监测结果表明辐射工作人员年受照剂量满足职业人员年剂量约束值(2mSv/a)要求。

建设单位拟为本项目辐射工作人员配备个人剂量计和个人剂量报警仪。个人剂量计三个月送检一次。当发现个人剂量监测结果异常时及时上报,查明原因。安排专人负责个人剂量监测管理,建立辐射工作人员个人剂量档案并终生保存。定期安排辐射工作人员开展职业健康检查,建立个人职业健康检查档案并终生保存。

12.3.2 工作场所和辐射环境监测

(1) 自行监测

建设单位依法开展辐照加工区域及其周围的自行监测,拟利用自配的便携式 X- γ 剂量率仪,对工作场所每周开展一次自行监测,并对监测结果进行记录,妥善保存。

测量值应当与参考控制水平相比较。当测量值高于参考控制水平时，应终止辐照工作并向辐射防护负责人报告。便携式 X- γ 剂量率仪应定期送有资质部门检定。监测方法按照《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）执行。监测方案详见下表。

表 12-2 工作场所自行监测方案

监测项目	监测项目	监测频次
γ 辐射空气吸收剂量率	主机室屏蔽墙外 30cm、主机室门外 30cm、主机室外走廊门外 30cm、辐照室巡检入口门外 30cm、下货区、上货区、控制台、水冷室、主机室屏蔽西墙外（天空反散射）、南侧加气混凝土墙外 30cm、加速器生产车间四周道路、辐照车间南侧道路。	1 次/周

（2）委托监测

建设单位 2021 年已委托有资质单位开展年度防护性能监测。监测结果表明，开机状态下周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处以及外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

建设单位拟委托有资质的单位对辐照加工区域的辐射水平进行定期监测，并出具监测报告，妥善保存。监测方法按照《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）。监测方案详见下表。

表 12-3 工作场所辐射监测方案

监测项目	监测项目	监测频次
γ 辐射空气吸收剂量率	主机室屏蔽墙外 30cm、主机室门外 30cm、主机室外走廊门外 30cm、辐照室巡检入口门外 30cm、下货区、上货区、控制台、水冷室、主机室屏蔽西墙外（天空反散射）、南侧加气混凝土墙外 30cm、加速器生产车间四周道路、辐照车间南侧道路。	1 次/年

12.4 辐射事故应急管理

建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》的要求制定了《辐射安全应急预案》，确定辐射事故应急机构的组成和职责，明确事故应急行动的原则，应急程序和应急救援预案通讯联络方式，应急演练时间等。建设单位配备有个人剂量报警仪、便携式 X- γ 剂量率仪等辐射事故应急设施，已于 2021 年 2 月完成本年度辐射安全事故应急预案演练。截至目前，建设单位辐射事故应急设施和管理制度运行良好，未发生过辐射事故。

本项目加速器自带剂量联锁监测功能，在设备运行过程中将持续监测设备周边剂量，当发现剂量超过正常范围时无法启动照射或立刻停止照射。可能发生的事故是安全联锁装置失灵或人为失误造成工作人员发生超剂量照射事故。

如若发生辐射事故时，建设单位应立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的应急防范措施，并在 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向滨海新区生态环境局、天津市生态环境局和公安局报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向卫生行政部门报告。

12.5 从事辐射活动能力评价

(1) 与原国家环保总局令第 31 号《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2006 年 1 月 18 日公布，2021 年 1 月 4 日生态环境部令第 20 号修改) 符合情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2019 年 8 月 22 日生态环境部令第 7 号修改)，使用放射性同位素、射线装置的单位申请领取许可证，应当具备下列条件。建设单位现状从事辐射活动能力的评价详见表 12-2。

表 12-2 从事辐射活动能力评价

《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》要求具备条件	建设单位情况	是否符合
(一) 使用 I 类、II 类、III 类放射源，使用 I 类、II 类射线装置的，应当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。	建设单位已设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全与环境保护管理工作。	符合
(二) 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。	本项目拟新增的 8 名辐射工作人员均计划在通过核技术利用辐射安全与防护考核后持证上岗。	符合
(三) 使用放射性同位素的单位应当有满足辐射防护和实体保卫要求的放射源暂存库或设备。	本项目不涉及放射性同位素方面的内容。	不涉及
(四) 放射性同位素与射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	加速器机房拟设多项安全保护联锁及紧急停机断束开关，以防止意外照射的发生。	符合
(五) 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。	建设单位现已有 1 台便携式 X-γ 剂量率仪，可以满足对辐射工作场所的常规监测。同时建设单位拟委托有辐射水平监	符合

	测资质单位每年对工作场所周围的辐射水平进行监测。	
(六) 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、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已制定一系列辐射安全管理规章制度。	符合
(七) 有完善的辐射事故应急措施。	已编制《辐射安全应急预案》，制定辐射事故应急措施。	符合
(八) 产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗的单位，还应当配备质量控制检测设备，制定相应的质量保证大纲和质量控制检测计划，至少有一名医用物理人员负责质量保证与质量控制检测工作。	本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物，且不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗等业务。	不涉及

以上分析表明，天津蓝孚公司在制定落实各项辐射安全管理制度和辐射防护措施后，可以满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求。

(2) 与原环保部令第 18 号《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》符合情况

原环保部 2011 年第 18 号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对拟使用射线装置和放射性同位素的单位提出了具体条件，本项目具备的条件与“18 号令”要求的对照情况见表 12-3。

表 12-3 与“18 号令”安全和防护能力对照检查情况

原环境保护部令第 18 号要求具备条件	建设单位情况	是否符合
第五条 生产、销售、使用、贮存放射性同位素与射线装置的场所，应当按照国家有关规定设置明显的放射性标志，其入口处应当按照国家有关安全和防护标准的要求，设置安全和防护设施以及必要的防护安全联锁、报警装置或者工作信号。射线装置的生产调试和使用场所，应当具有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	本项目加速器机房拟设多项安全联锁，加速器机房外拟设置醒目的电离辐射警示标志和中文警示说明，并安装声光报警装置和工作状态指示灯。	符合
第九条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。	建设单位拟每年委托有资质单位对辐射工作场所进行辐射监测，并出具监测报告；定期对辐射环境进行自行监测，做好记录，并妥善保存。	符合
第十二条 生产、销售、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	建设单位拟对其射线装置的安全和防护进行年度评估，并于	符合

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日前向发证机关提交上一年度的评估报告。	每年1月31日前报发证机关。	
第十七条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事生产、销售、使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。	本项目拟新增的8名辐射工作人员均计划在通过核技术利用辐射安全与防护考核后持证上岗。	符合
第二十三条 生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，对本单位的辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。	建设单位拟为现有辐射工作人员配备个人剂量计并委托有资质承担个人剂量监测工作，建立个人健康档案。	符合

综上所述，建设单位拟按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的要求采取辐射安全和防护管理措施，在落实各项措施后可满足管理办法要求。

(3) 与核与辐射安全管理体系（第三层级）《电子辐照加速器监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-022）对照情况

本项目拟设置安全防护设施和辐射安全管理制度，与核与辐射安全管理体系（三层级）《电子辐照加速器监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-022）对比结果见表12-4。

表12-4 与《电子辐照加速器监督检查技术程序》对照检查情况

《电子辐照加速器监督检查技术程序》检查内容			建设单位情况	是否符合
辐射安全防护设施运行	出入口控制	入口电离辐射警示标志	拟设置	符合
		入口加速器工作状态显示	拟设置	
		厅门连锁钥匙开关（辐照室、主机室）	拟设置	
		视频监控系统	拟设置	
		门内紧急开门按钮	拟设置	
		紧急出口指示	拟设置	
		应急照明	拟设置	
	安全连锁	门与加速器高压触发连锁	拟设置	符合
		加速器开机前声、光报警	拟设置	
		辐照室、主机室内固定式辐射剂量监测仪，且与门连锁	拟设置	
		传输系统与束流连锁	拟设置	
		通风系统与加速器连锁	拟设置	
		火灾报警仪、且与通风连锁	拟设置	
		人员通道 2~3 道防误入装置（光电、红外等）	拟设置	
		货物进出通道 2~3 道防误入装置	拟设置	

管 理 制 度 与 执 行 情 况		控制台上复位确认按钮	拟设置	
		清场巡更系统	拟设置	
	紧 急 停 机 装 置	控制区内醒目位置设置紧急停机按钮（或拉线开关）、并附说明指示	拟设置	符合
		控制台紧急停机按钮	拟设置	
	监 测 设 备	控制区内固定式辐射剂量监测仪	拟配备	符合
		个人剂量报警仪	拟配备	
		个人剂量计	拟配备	
		便携式辐射监测仪	拟配备	
	其他	必要应急物资等	拟配备	符合
	综合	辐射安全防护管理规定	拟制定	符合
		安全防护设施的维护与维修制度	拟制定	
	场所	场所分区管理规定	拟制定	符合
		加速器操作规程	拟制定	
	监测	场所及环境监测方案	拟制定	符合
		监测仪表使用与校验管理制度	拟制定	
	人员	辐射工作人员培训/再培训制度	拟制定	符合
		辐射工作人员个人剂量管理制度	拟制定	
	应急	辐射事故/事件应急预案	拟制定	符合
	三废	放射性“三废”管理规定	不涉及	不 涉 及

综上所述，建设单位在采取各项安全防护设施，落实各项辐射安全管理制度后可符合核与辐射安全管理体系（第三层级）《电子辐照加速器监督检查技术程序》（NNSA/HQ-08-JD-IP-022）相关要求。

12.6 核技术利用项目环保办理手续流程

根据相关法律法规，核技术应用项目环保手续办理流程如图 12-1 所示。建设单位应按流程履行完环保手续后，建设项目方可投入运行。

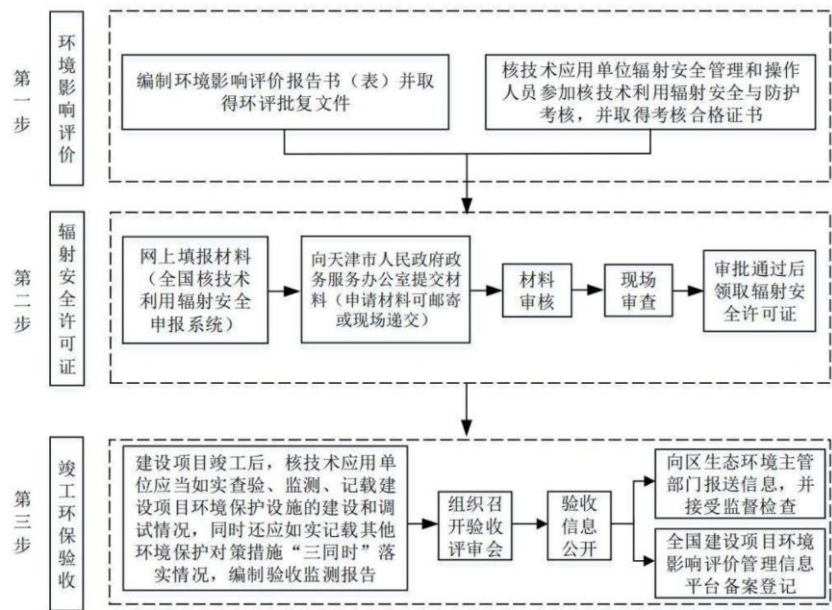


图 12-1 核技术应用项目环保手续办理流程图

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

天津蓝孚公司持有天津市生态环境局颁发的《辐射安全许可证》(津环辐证[00552], 换证日期为 2021 年 12 月 9 日, 有效期至 2027 年 1 月 17 日, 许可的种类和范围是: 使用 II 类射线装置。随着业务量不断增涨, 为减少客户等待时间, 提高辐照加工产能, 天津蓝孚公司拟将闲置的加速器生产车间改造为辐照车间, 新增使用 1 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器对产品进行辐照灭菌。

13.1.2 实践正当性分析

虽然射线对人体有所危害, 但本项目将通过足够的辐射屏蔽防护、辐射安全设施、定期辐射检测和辐射安全管理等方式, 加速器产生的射线对周围环境影响和工作人员健康影响非常小。而使用电子加速器进行辐照灭菌, 可以节约能源, 具有污染小、操作安全、实现连续自动化生产等优点, 具有显著的社会和经济效益。因此本项目在考虑了社会、经济和其他有关因素之后, 对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害, 因此, 本项目的建设符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 中关于辐射防护“实践的正当性”的要求。

13.1.3 选址合理性分析

天津蓝孚公司位于天津市滨海新区茶淀工业区。公司拟在厂区南侧改建有一座加速器机房并新购 1 台电子加速器进行辐照灭菌, 加速器机房的设置充分考虑了周围场所的安全与防护, 对辐射工作人员和公众的辐射影响较小。同时控制台与辐照室、主机室分开设置, 加速器有用线束照射的方向(定向向下)避开了控制台。加速器机房屏蔽边界 50m 评价范围内无学校、医院、居民区等类型环境敏感点, 加速器机房的选址和设置充分考虑了周围的辐射安全, 本项目选址和布局基本合理。

13.1.4 辐射安全与防护措施

本项目加速器机房采用混凝土作为屏蔽材料, 墙体、迷道、室顶等进行了辐射屏蔽防护设计, 主机室门采用铅钢结构进行屏蔽, 屏蔽能力满足相应辐射防护的要求。辐照室、主机室设置了钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信

号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警、摄像头监控系统等安全联锁装置以及安全设施，与电子加速器联锁。建设单位已制定各项辐射环境管理制度和辐射安全应急预案。

13.1.5 辐射环境评价

(1) 根据预测，电子加速器运行时，关注点处的周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中的要求，即“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h”。

(2) 本项目所有剂量关注点处辐射工作人员、公众的年受照剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中关于剂量限值和个人剂量约束的要求。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位应该进行调查并报生态环境部门备案。

(3) 加速器机房设有通风装置，电子加速器电离辐射与空气相互作用产生的 O₃ 和 NO_x 经气筒排至室外大气。辐照室内的 O₃ 浓度满足《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-85)和《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》(GBZ2.1-2019)中相关规定。

因此，本项目在落实好各项辐射防护措施与加强加速器运行管理的条件下，具备环境可行性。

13.1.6 辐射安全管理

建设单位已设置专门的辐射安全与环境保护管理领导小组负责公司的辐射安全与环境保护管理；已制定一系列辐射安全管理规章制度；已编制《辐射安全应急预案》，制定应急措施，定期组织辐射事故应急演练，已制定辐射监测计划。建设单位拟安排新增的 8 名辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，持证上岗，在落实各项辐射安全管理措施后能够有效控制辐射风险。

本项目与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的规定对照检查，满足要求。

13.1.7 结论

综上所述，本项目相应的辐射安全和防护措施基本可行，在落实项目实施

方案和本报告表提出的污染防治措施及建议前提下，其运行对周围环境产生的辐射影响，符合环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，本项目的运行是可行的。

13.2 建议和承诺

(1) 承诺

①公司将组织辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，确保所有辐射工作人员按要求持证上岗。对新进辐射工作人员，按规定开展个人剂量监测和职业健康体检，建立并妥善保管相关监测档案；

②严格按照工程设计施工，保证工程建设质量。建设项目竣工后，建设单位应对配套建设的环境保护设施进行验收；

③项目竣工许可后应按照环保相关法规要求及时自行办理竣工验收，并接受生态环境部门的监督检查；

④健全完善各项规章制度，在辐射项目运行中决不容许违规操作和弄虚作假等现象发生，如若发现相关现象接受相关处理。对于辐射工作人员年受照剂量异常情况，单位进行调查并报生态环境部门备案。

(2) 建议

①设备检修维护后，应对辐照室、主机室的防护性能和设备性能进行监测，监测合格后方可继续使用；

②建设单位应根据实际情况不断完善操作规程，定期按法律法规的规定更新相关规章制度；

③加强对工作人员的教育和培训，避免辐射事故（事件）发生。

附图和附件

附图 1 天津蓝孚公司地理位置示意图；

附图 2 天津蓝孚公司厂区平面布局图；

附图 3 天津蓝孚公司拟建辐照车间所在地下一层和一层平面布局图；

附图 4 天津蓝孚公司拟建辐照车间上方（加速器生产车间二层、三层）毗邻关系图；

附图 5 天津蓝孚公司加速器生产车间立面图；

附件 1 天津蓝孚公司辐射安全许可证；

附件 2 天津蓝孚公司主体工程环评批复；

附件 3 天津蓝孚公司环境本底监测报告；

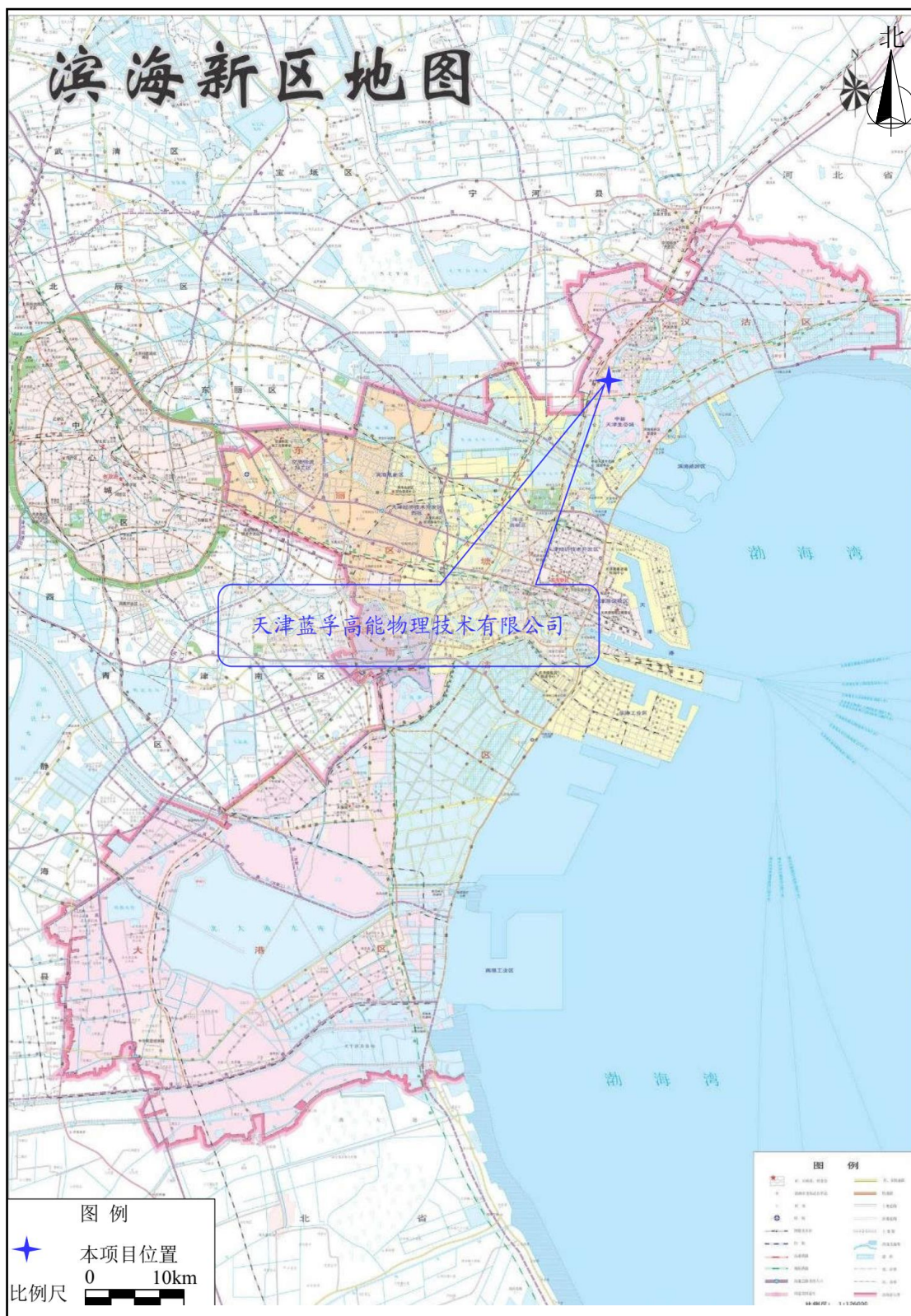
附件 4 个人剂量监测报告；

附件 5 技术评估会会议纪要；

附件 6 报告表修改索引。

表 14 审批

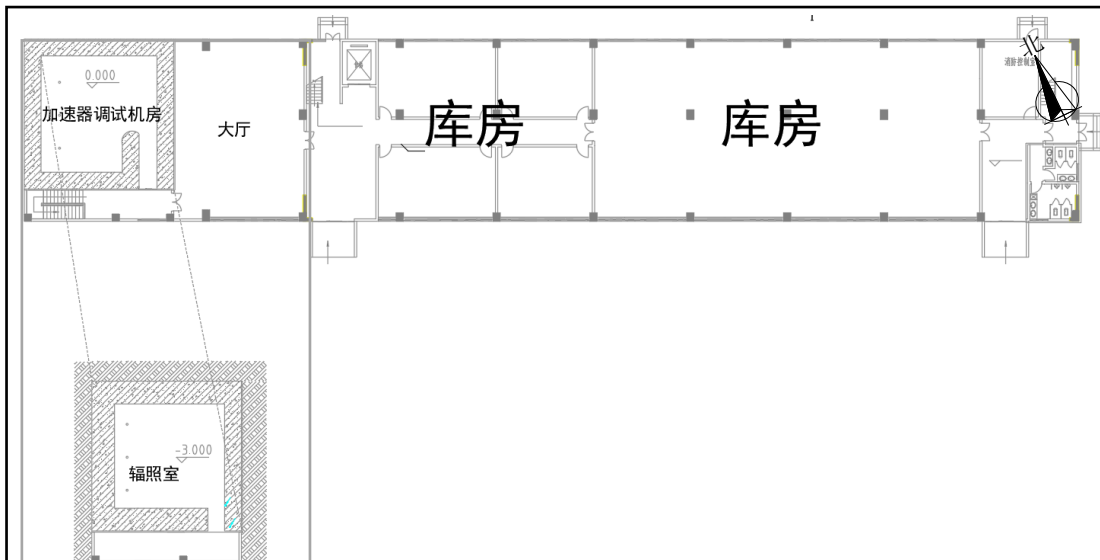
下一级环保部门预审意见： 公章 经办人年月日
审批意见： 公章 经办人年月日



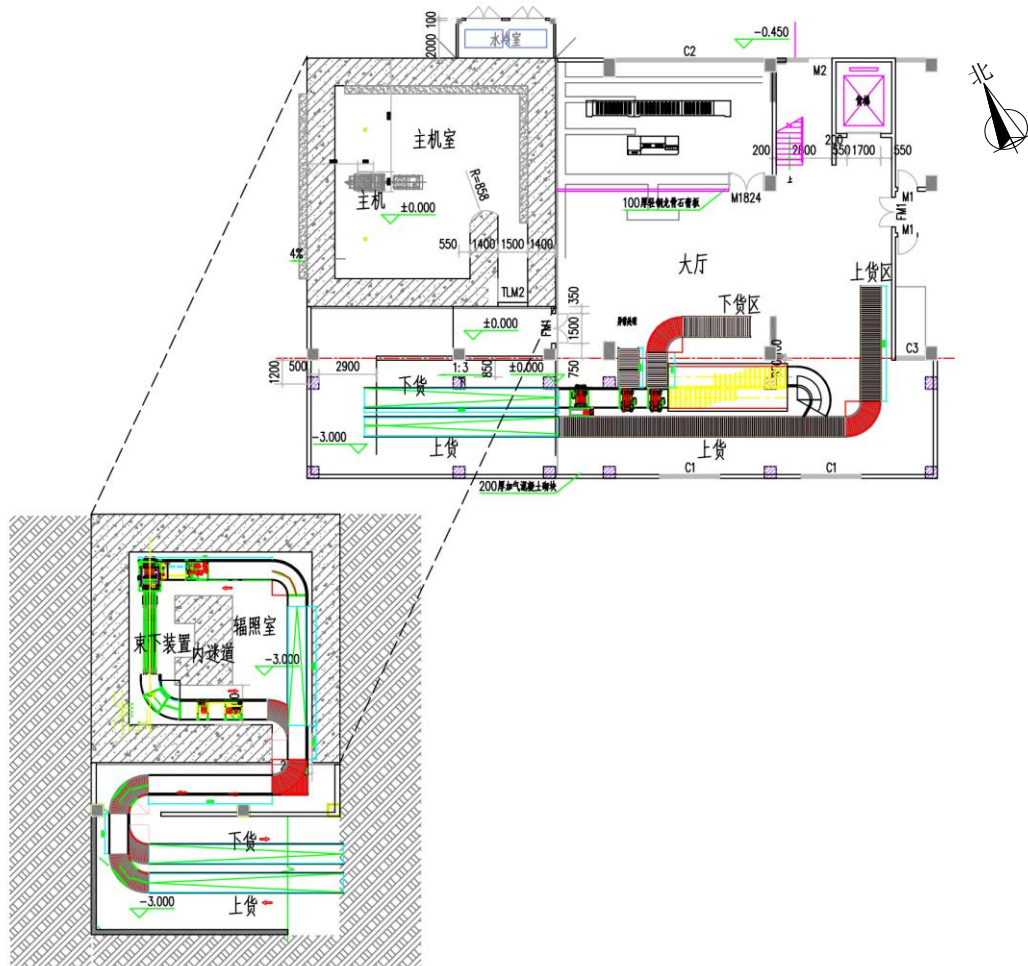
附图 1 天津蓝孚公司地理位置示意图



附图 2 天津蓝孚公司厂区平面布局图

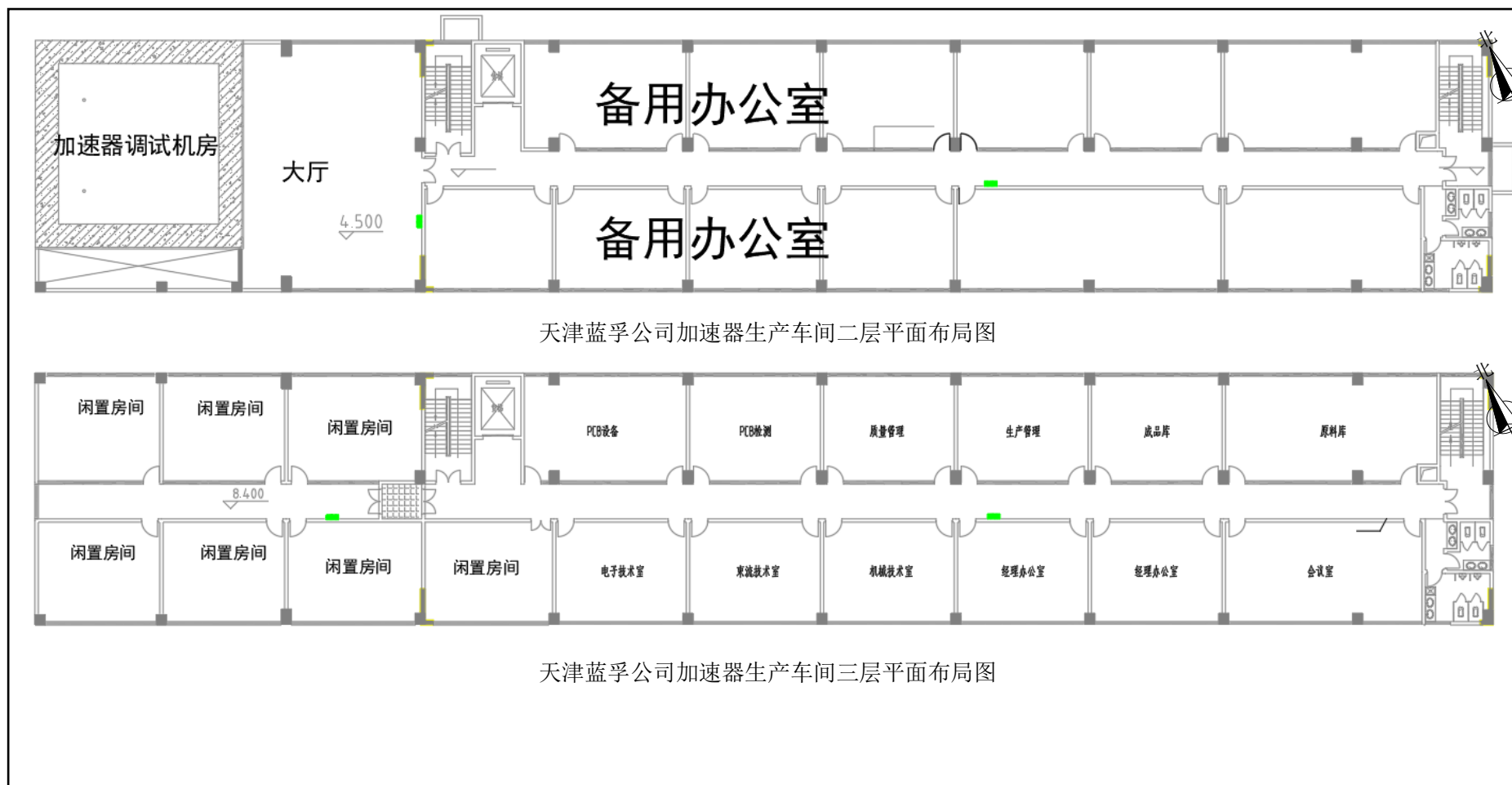


加速器生产车间一层和地下一层加速器调试机房和辐照室现状图（方框内）

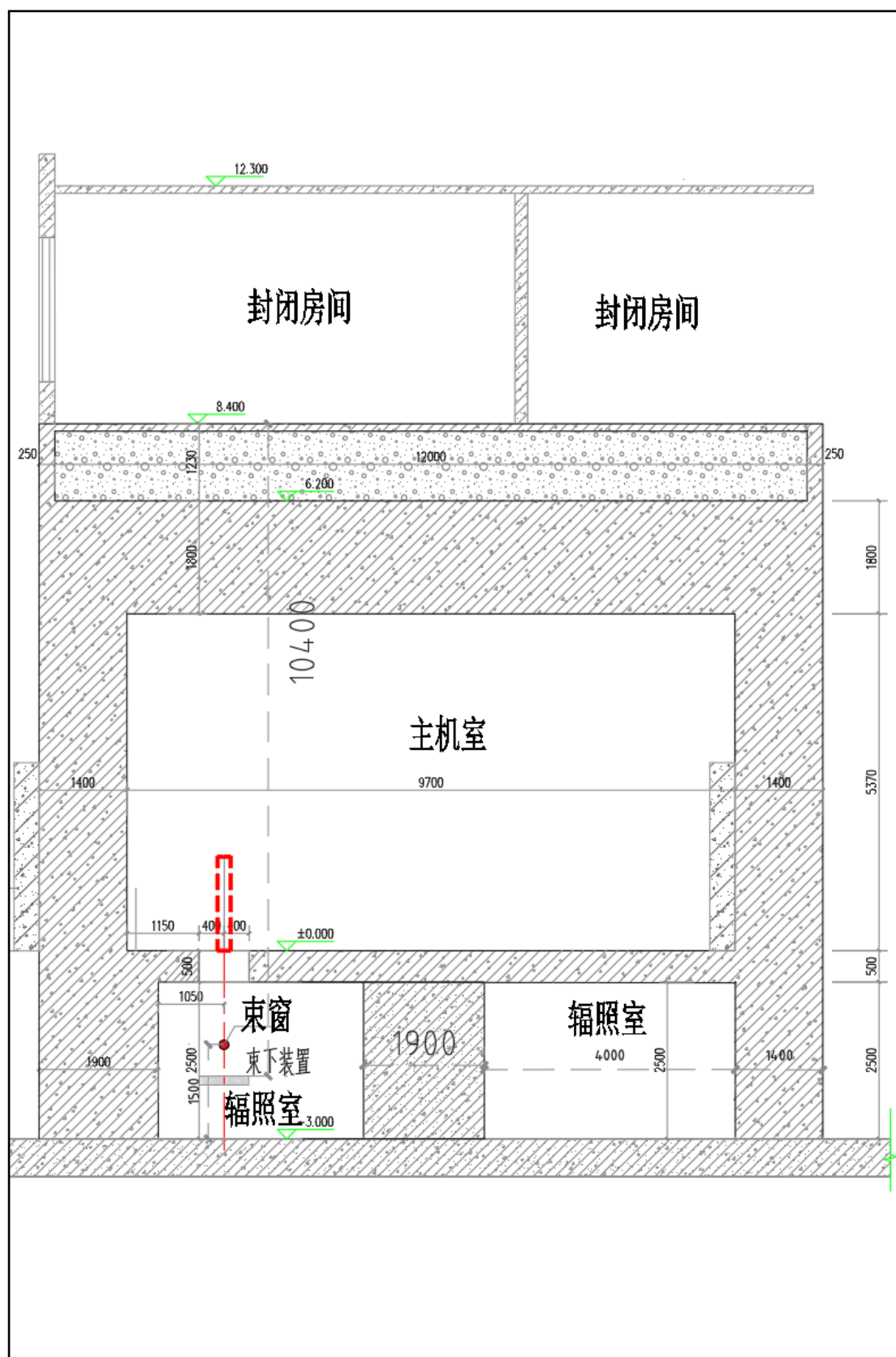


本项目拟改造后主机室和辐照室平面图

附图3 天津蓝孚公司拟建辐照车间所在地下一层和一层平面布局图



附图 4 天津蓝孚公司拟建辐照车间上方（加速器生产车间二层、三层）毗邻关系图



附图 5 天津蓝孚公司加速器生产车间立面图

附件 1 天津蓝孚公司辐射安全许可证



辐射安全许可证

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定，经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称： 天津蓝孚高能物理技术有限公司

地 址： 天津市经济技术开发区现代产业区滨湖街18号天津茶淀工业区服务中心350室

法定代表人： 李连茂

种类和范围： 使用Ⅱ类射线装置。

证书编号： 津环辐证[00552]

有效期至： 2027 年 01 月 17 日



发证机关： 天津市生态环境局

发证日期： 2021 年 12 月 09 日



中华人民共和国生态环境部制

根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法律法规的规定,经审查准予在许可种类和范围内从事活动。

单位名称	天津蓝孚高能物理技术有限公司		
地 址	天津市经济技术开发区现代产业区滨湖街18号天津茶淀工业 区服务中心350室		
法定代表人	李连茂	电话	022-59916869
证件类型	身份证	号码	131124196509161434
涉 源 部 门	名 称	地 址	负责人
	生产部	天津市滨海新区茶淀工业 公司园内辐照车间	常超
种类和范围	使用 II 类射线装置。		
许可证条件	使用: II 类射线装置。		
证书编号	津环辐证[00552]		
有效期至	2027 年 01 月 17 日		
发证日期	2021 年 12 月 09 日 (发证机关章)		

活动种类和范围

(三) 射线装置

证书编号: 津环辐证[00552]

[illegible]

天津市汉沽区环境保护局文件

津汉环保许可表(2010)35号

关于对天津蓝孚高能物理技术有限公司生产、销售、使用 电子加速器项目环境影响报告表的批复

天津蓝孚高能物理技术有限公司:

你单位呈报的《天津蓝孚高能物理技术有限公司生产、销售、使用电子加速器项目环境影响报告表》及报批申请等有关材料收悉,经研究,批复如下:

一、天津蓝孚高能物理技术有限公司拟投资 8000 万元人民币在生态型高新技术产业园区内新建从事电子加速器的生产、销售、使用,专用设备制造业项目,预计年产 12 台电子加速器,型号包括 VF-DZ-10/10、VF-DZ-10/20 和 VF-DZ-10/25 三种。项目占地面积 21282.17 平米,建筑面积 18951.22 平方米,主要建设办公楼、加速器制造中心以及加速器辐照加工产业示范中心。项目环保投资约 40 万元人民币,占项目总投资的 0.5%,主要用于施工期和运营期的各项污染防治工作及排污口规范化等。该项目已经汉沽计划委员会批准备案,符合汉沽区域总体规划及产业政策要求,生产工艺基本符合清洁生产原则,项目选址可行。根据环境影响报告表评价结论,该项目在落实各项环保措施的前提下具备环境可行性,报告表中的环保措施应作为该项目落实环保“三同时”及管理工作的依据,同意环评结论,同意本项目建设。

二、建设单位在项目施工期和运营期应严格落实报告表提出的各项环保措施,并重点做好以下工作:

1、施工期严格落实环评报告提出的各项抑尘降噪措施,将施工对环境的影响降至最低,噪声执行 GB12523-90《建筑施工场界噪声限值》各阶段要求;运营期选用低噪声设备,并采取有效的消

音、隔声、减震措施，确保厂界噪声排放达到 GB12348-2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》3类标准。

2、妥善处理施工期各类废水，严禁肆意排放，避免对水环境造成污染；运营期职工生活污水经化粪池收集处理后达到 DB12/356-2008《污水综合排放标准》三级标准后排入污水管网，最终排入高新技术产业园区污水处理厂。

3、做好固体废物的分类收集及合理处置工作，加强施工期渣土和废弃建筑材料等固体废物的管理，及时清运，并按有关规定送往指定地点，避免二次污染；生产过程中产生的铁屑、塑料渣等边角碎料，由物资回收企业回收利用；施工期和运营期的生活垃圾由环卫部门统一清运处理。

三、建设单位应按照市环保局《关于加强我市排放口规范化整治工作的通知》要求做好排污口规范化工作。

四、严格制定和落实各项事故防范及应急处理措施，并设专职环保管理人员，加强对环保治理设施的管理和维护，防止事故造成的环境污染。

五、若建设项目的性质、规模、地点、生产工艺或防治污染的措施发生重大变动，你单位应重新报批建设项目的环境影响评价文件。

六、项目建设过程中应严格执行环保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，项目竣工后，建设单位必须按规定程序申请环保设施竣工验收，验收合格后方可正式投入运行。

七、本项目加速器调试、使用过程中产生的放射性影响、放射性设备及防护措施须另行履行环评手续，报请有审批权限的主管部门审批。

此复



主题词：环境影响 报告表 批复



检测报告编号: FS2022012

检 测 报 告

项目名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司环境
本底辐射监测

委托单位: 天津蓝孚高能物理技术有限公司

检测类别: 委托检测

国家卫生健康委职业安全卫生研究中心

二〇二二年七月十五日



检 测 报 告

检测报告编号: FS2022012

第 1 页, 共 4 页

检测项目: X、 γ 辐射剂量率检测依据: 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

检测	设备名称	设备型号	设备编号	检定有效期
设备:	X、 γ 剂量率仪	FH40G+FHZ672 E-10	FS-004	2022.2.9-2023.2.8

辐射源项: /

采样日期: / 采样地点: /

检测日期: 2022 年 7 月 8 日

检测地点: 天津市滨海新区茶淀工业园滨湖街 18 号

检测单位名称: 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心

检测单位地址: 北京市门头沟区石龙北路 27 号

委托单位名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司

委托单位地址: 天津经济技术开发区现代产业区滨湖街 18 号天津茶淀工业
业区服务中心 350 室

委托单位邮编: 300480

联系电话: 022-59916866

一、基本情况

天津蓝孚高能物理技术有限公司拟对公司厂区内加速器生产车间进行改造并计划安装一台工业辐照电子加速器。2022 年 7 月 8 日 (天气晴), 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心对改造前工业辐照加速器的场所及环境本底辐射水平进行了检测, 检测布点示意图见图 1、图 2。检测过程中该公司现有辐照车间电子加速器为正常运行状态。

检测人: 彭建东

复核人: 赵锡鹏

签发人: 张震

签字日期: 2022 年 7 月 13 日

2022 年 7 月 13 日

2022 年 7 月 15 日

检 测 报 告

检测报告编号: FS2022012

第 2 页, 共 4 页

二、检测结果

表 1 天津蓝孚高能物理技术有限公司环境空气吸收剂量率检测结果

检测位 点编号	检测位置	检测结果 (nGy/h)	备注
1	加速器生产车间南侧道路	69.0±3.2	检测结果均 扣除宇宙射 线响应值 (12.6±0.1. 1nGy/h)。
2	加速器生产车间西侧道路	57.1±2.8	
3	加速器生产车间北侧道路	61.3±2.9	
4	辐照车间南侧道路	60.8±3.0	
5	加速器生产车间东侧道路	63.8±3.0	
6	加速器生产车间一层加速器机房内	61.0±2.8	
7	加速器生产车间一层加速器机房南墙外 30cm	90.2±3.8	
8	加速器生产车间一层加速器机房东墙外 30cm	89.7±3.8	
9	加速器生产车间一层加速器机房东侧大厅	63.5±2.9	
10	加速器生产车间一层楼梯间	91.9±3.9	
11	加速器生产车间一层加速器机房北墙外 30cm	76.9±3.5	
12	加速器生产车间一层加速器机房西墙外 30cm	79.4±3.6	
13	加速器机房地下一层	53.1±2.6	
14	加速器机房地下一层南侧过道	80.0±3.3	
15	加速器生产车间二层加速器机房东墙外 30cm	83.4±3.7	
16	加速器生产车间二层加速器机房东墙外大厅	84.4±3.7	
17	加速器生产车间三层闲置房间	89.7±3.9	
18	加速器生产车间三层闲置房间	89.3±3.9	
19	加速器生产车间三层闲置房间	96.0±4.1	
20	加速器生产车间三层闲置房间	95.8±4.1	

三、检测结论

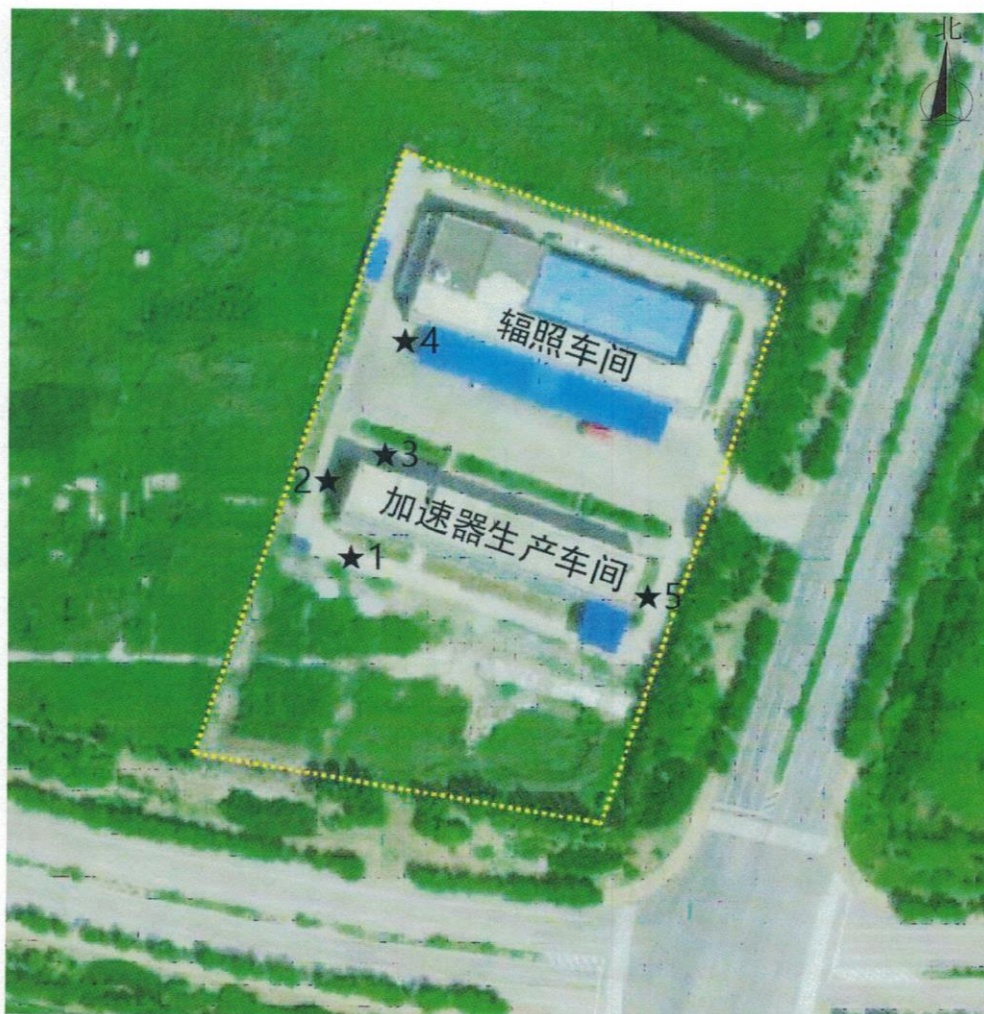
根据《全国环境天然贯穿辐射水平调查研究》(1983-1990),天津市道路、室内的环境 γ 辐射剂量率水平分别为 20.8~104.0nGy/h、48.0~140.4nGy/h。天津蓝孚高能物理技术有限公司拟安装工业辐照加速器的场所环境本底辐射监测结果属于天津市正常天然本底水平。

检 测 报 告

检测报告编号: FS2022012

第 3 页, 共 4 页

四、检测布点示意图



★1~★5 表示检测位点

图 1 天津蓝孚高能物理技术有限公司环境本底辐射检测布点示意图

检 测 报 告

检测报告编号: FS2022012

第 4 页, 共 4 页

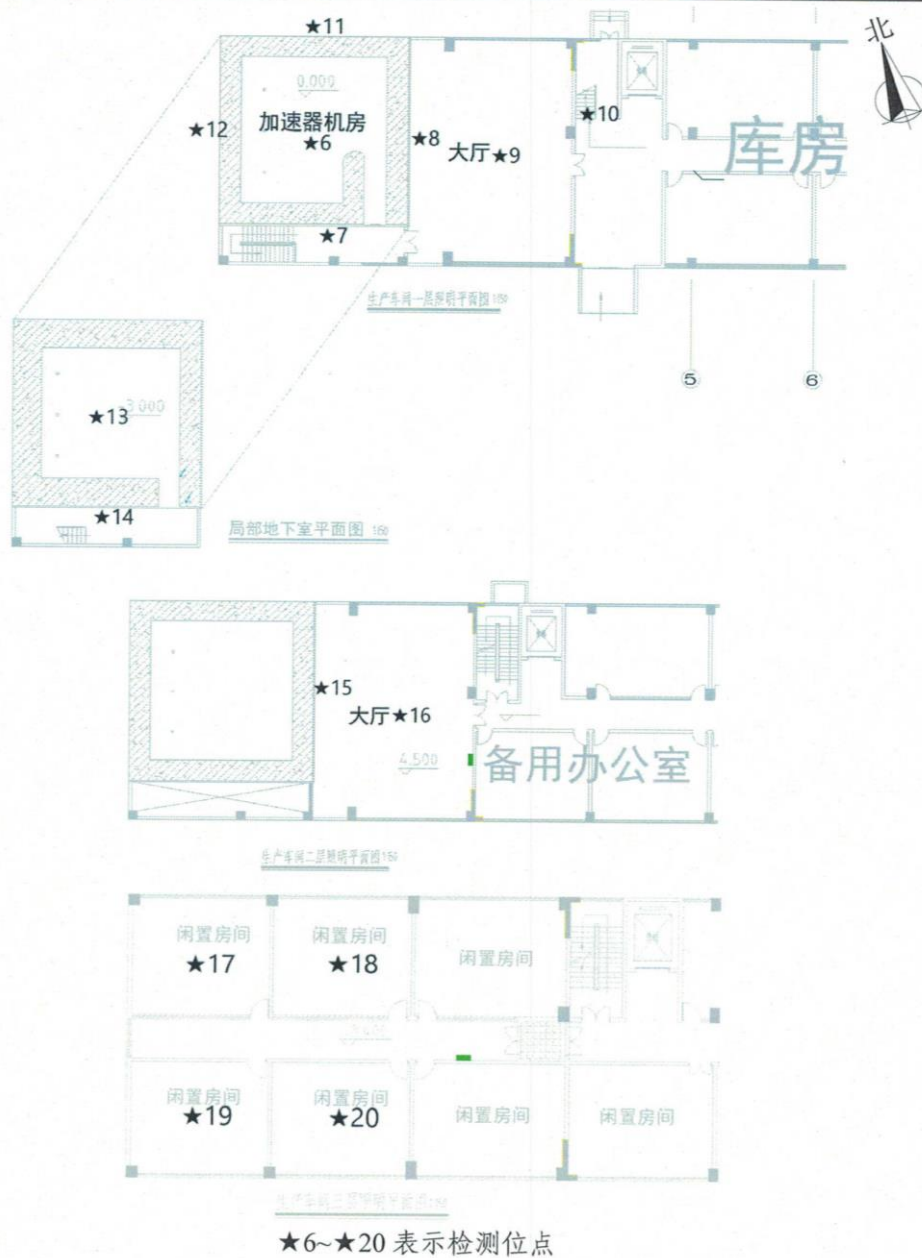


图 2 天津蓝孚高能物理技术有限公司环境本底辐射检测布点示意图
(以下空白)

附件 4 个人剂量监测报告



检 测 报 告

报告编号: RPDM2021-03981

样品名称: K 胸章剂量计 (α 、 γ 、 β)

单位名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司

检测类型: 委托检测

报告日期: 2021 年 04 月 13 日

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

天津滨海新区海洋高新区海榆中道199号 E3-6 300459

Tel: 022-65153978

Fax: 022-65153975

Email: radgrjlservice01@163.com

<http://www.tjrad.cn>

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

个人剂量检测报告

报告编号：第 RPDM2021-03981 号

用户编号：3004Q21 用户名称：天津蓝孚高能物理技术有限公司

联系人：王秀清 单位地址：天津经济技术开发区现代产业区天津茶淀工业区

邮政编码：300480 电话：022-59916868 剂量计类型：K

监测周期：20210201-20210331 本次收回个数：21 过程号：P031251

收回日期：2021-04-07 测量日期：2021-04-09 报告日期：2021-04-13

检测仪器型号/名称：RE2000A/全自动热释光测量仪 仪器出厂序列号：350002 检测方法：TL

检测依据：GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》 检测项目：外照射个人剂量

个人 编号	姓名 身份(证)号	性别 职业类别	注释	辐射 品质	光子辐射个人剂量当量 (mSv)			中子辐射个人剂量当量 (mSv)
					H _p (10)	H _p (3)	H _p (0.07)	H _p (10)
00000	对照 3004Q2100000000				0.44			
00002	常超 130582198107115615	男 3F			M			
00003	王继成 120108198508130018	男 3F			M			
00004	王伟 120221198208100315	男 3F			M			
00005	左黎明 152324198811160840	女 3F			M			
00006	国传琦 210283198810187290	男 3F			M			
00007	国家坤 210225197905090194	男 3F			M			
00008	吕凤德 120108198611013012	男 3F			M			
00009	张军 120108198512143516	男 3F			M			
00010	李志亮 120108198209252517	男 3F			M			
00011	辛颖 12010819810205051X	男 3F			M			



个人	姓名	性别	注释	辐射	光子辐射个人剂量当量			中子辐射个人剂量当量
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$
00012	张欢欢	女			M			
	130921198709184246	3F						
00013	崔彬	男			M			
	12010819841109003X	3F						
00014	李峰	男			M			
	12010819840110301X	3F						
00015	杨建平	女			M			
	120108198204154029	3F						
00016	备用1				M			
	3004Q2100000016	3F						
00017	备用2				M			
	3004Q2100000017	3F						
00018	备用3				M			
	3004Q2100000018	3F						
00019	备用4				M			
	3004Q2100000019	3F						
00020	备用5				M			
	3004Q2100000020	3F						
00021	备用6				M			
	3004Q2100000021	3F						

检测人: 杨瑞

签发人:

签字日期: 2021.4.13

审核人: 坤

监测专用章



天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

个人剂量检测报告

报告编号: 第 RPDM2021-03981-1 号

用户编号: 3004Q21		用户名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司						
联系人: 王秀清		单位地址: 天津经济技术开发区现代产业区天津泰达工业区						
邮政编码: 300480		电话: 022-59916868	剂量计类型: K					
监测周期: 20210201-20210331		本次收回个数: 1	过程号: P031764					
收回日期: 2021-04-13		测量日期: 2021-04-14	报告日期: 2021-04-16					
检测仪器型号/名称: RE2000A/全自动热释光测量仪		仪器出厂序列号: 370007	检测方法: TL					
检测依据: GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》		检测项目: 外照射个人剂量						
个人 编号	姓名 身份证号	性别 职业类别	注释	辐射 品质	光子辐射个人剂量当量 (mSv)		中子辐射个人剂量当量 (mSv)	
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$
00001	李连茂 131124196509161434	男 3F			M			

检测人:

杨瑞

签发人:

丁

签字日期:

2021.4.16

审核人:

杨

监测专用章





检测报告

报告编号: RPDM2021-06651

样品名称: K 胸章剂量计 (α 、 γ 、 β)

单位名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司

检测类型: 委托检测

报告日期: 2021 年 07 月 06 日

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

天津滨海高新区塘沽海洋科技园塘沽海环路199号东3-6号楼 300459

Tel: 022-65153978

Fax: 022-65153975

Email: radlab@tjrad.cn

<http://www.tjrad.cn>

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

个人剂量检测报告

报告编号: 第 RPDW2021-06651 号

用户编号: 3004Q21		用户名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司						
联系人: 王秀清		单位地址: 天津经济技术开发区现代产业区天津茶淀工业区						
邮政编码: 300480		电话: 022-59916868			剂量计类型: K			
监测周期: 20210401-20210630				本次收回个数: 22		过程号: P034481		
收回日期: 2021-07-01		测量日期: 2021-07-05		报告日期: 2021-07-06				
检测仪器型号/名称: RE2000A/全自动热释光测量仪				仪器出厂序列号: 350002		检测方法: TL		
检测依据: GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》				检测项目: 外照射个人剂量				
个人 编号	姓名 身份(证)号	性别 职业类别	注释	辐射 品质	光子辐射个人剂量当量 (mSv)			中子辐射个人剂量当量 (mSv)
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$
00000	对照 3004Q2100000000				0.40			
00001	李连茂 131124196509161434	男 3F			0.01			
00002	常超 130582198107115615	男 3F			M			
00003	王继成 120108198508130018	男 3F			M			
00004	王伟 120221198208100315	男 3F			M			
00005	左黎明 152324198811160840	女 3F			M			
00006	国传琦 210283198810187290	男 3F			M			
00007	国家坤 210225197905090194	男 3F			M			
00008	吕凤德 120108198611013012	男 3F			M			
00009	张军 120108198512143516	男 3F			M			
00010	李志亮 120108198209252517	男 3F			M			

个人	姓名	性别	注释	辐射	光子辐射个人剂量当量			中子辐射个人剂量当量
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$
00011	辛颖 12010819810205051X	男 3F			0.04			
00012	张欢欢 130921198709184246	女 3F			M			
00013	崔彬 12010819841109003X	男 3F			M			
00014	李峰 12010819840110301X	男 3F			M			
00015	杨建平 120108198204154029	女 3F			M			
00016	备用1 3004Q2100000016	3F	HC		M			
00017	备用2 3004Q2100000017	3F			M			
00018	备用3 3004Q2100000018	3F			M			
00019	备用4 3004Q2100000019	3F			M			
00020	备用5 3004Q2100000020	3F			M			
00021	备用6 3004Q2100000021	3F			M			

检测人: 杨瑞

签发人:

签字日期: 2021.7.6

审核人: 坤

监测专用章:





180220340060



检测报告

报告编号: RPD2021-10627

样品名称: K 胸章剂量计 (α 、 γ 、 β)

单位名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司

检测类型: 委托检测

报告日期: 2021 年 10 月 15 日

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

天津滨海高新区塘沽海洋科技园塘沽海峰路 199 号东 3-6 号楼 300459

Tel: 022-65153978

Fax: 022-65153975

Email: radlab@tjrad.cn

http://www.tjrad.cn

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

个人剂量检测报告

报告编号: 第 RPD2021-10627 号

用户编号: 3004Q21	用户名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司
联系人: 王秀清	单位地址: 天津经济技术开发区现代产业区天津茶淀工业区
邮政编码: 300480	电话: 022-59916868
剂量计类型: K	
监测周期: 20210701-20210930	本次收回个数: 20
过程号: P039121	
收回日期: 2021-10-14	测量日期: 2021-10-15
报告日期: 2021-10-15	
检测仪器型号/名称: RE2000A/全自动热释光测量仪	仪器出厂序列号: 350002
检测方法: TL	
检测依据: GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》	检测项目: 外照射个人剂量

个人 编号	姓名 身份(证)号	性别 职业类别	注释	辐射 品质	光子辐射个人剂量当量 (mSv)			中子辐射个人剂量当量 (mSv)
					H _p (10)	H _p (3)	H _p (0.07)	H _p (10)
00000	对照 3004Q2100000000				0.43			
00001	李连茂 131124196509161434	男 3F			0.01			
00002	常超 130582198107115615	男 3F			M			
00003	王继成 120108198508130018	男 3F			0.02			
00004	王伟 120221198208100315	男 3F			0.01			
00005	左黎明 152324198811160840	女 3F			M			
00006	国传琦 210283198810187290	男 3F			M			
00007	国家坤 210225197905090194	男 3F			M			
00008	吕凤德 120108198611013012	男 3F			0.08			
00009	张军 120108198512143516	男 3F			M			
00010	李志亮 120108198209252517	男 3F			0.04			

个人	姓名	性别	注释	辐射	光子辐射个人剂量当量			中子辐射个人剂量当量
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$
00012	张欢欢	女			M			
	130921198709184246	3F						
00013	崔彬	男			M			
	12010819841109003X	3F						
00014	李峰	男			M			
	12010819840110301X	3F						
00015	杨建平	女			M			
	120108198204154029	3F						
00016	备用1				M			
	3004Q2100000016	3F						
00017	备用2				M			
	3004Q2100000017	3F						
00018	备用3				M			
	3004Q2100000018	3F						
00019	备用4				M			
	3004Q2100000019	3F						
00020	备用5				M			
	3004Q2100000020	3F						

检测人:

杨瑞

签发人:

王峰

签字日期:

2021.10.15

审核人:

杨

监测专用章





检测报告

报告编号: RPDM2022-01628

样品名称: K 胸章剂量计 (α 、 γ 、 β)

单位名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司

检测类型: 委托检测

报告日期: 2022 年 01 月 26 日

天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司

天津滨海高新区塘沽海洋科技园塘沽海纬路 199 号东 3-6 号楼 300459

Tel: 022-65153978

Fax: 022-65153975

Email: radlab@tjrad.cn

<http://www.tjrad.cn>

个人剂量检测报告

报告编号: 第 RPDM2022-01628 号

用户编号: 3004Q21 用户名称: 天津蓝孚高能物理技术有限公司
 联系人: 王秀清 单位地址: 天津经济技术开发区现代产业区天津茶淀工业区
 邮政编码: 300480 电话: 022-59916868 剂量计类型: K
 监测周期: 20211001-20211231 本次收回个数: 20 过程号: P043613
 收回日期: 2022-01-26 测量日期: 2022-01-26 报告日期: 2022-01-26
 检测仪器型号/名称: RE2000A/全自动热释光测量仪 仪器出厂序列号: 350002 检测方法: TL
 检测依据: GBZ 128-2019《职业性外照射个人监测规范》 检测项目: 外照射个人剂量

个人 编号	姓名 身份(证)号	性别 职业类别	注释	辐射 品质	光子辐射个人剂量当量 (mSv)			中子辐射个人剂量当量 (mSv)
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	
					$H_p(10)$			
00000	对照 3004Q2100000000				0.50			
00001	李连茂 131124196509161434	男 3F			M			
00002	常超 130582198107115615	男 3F			M			
00003	王继成 120108198508130018	男 3F			M			
00004	王伟 120221198208100315	男 3F			M			
00005	左黎明 152324198811160840	女 3F			M			
00006	国传琦 210283198810187290	男 3F			M			
00007	国家坤 210225197905090194	男 3F			M			
00008	吕凤德 120108198611013012	男 3F			0.06			
00009	张军 120108198512143516	男 3F			M			
00010	张青 131127199001023850	男 3F			M			



个人	姓名	性别	注释	辐射	光子辐射个人剂量当量			中子辐射个人剂量当量
					$H_p(10)$	$H_p(3)$	$H_p(0.07)$	$H_p(10)$
00012	张欢欢	女						
	130921198709184246	3F			M			
00013	崔彬	男						
	12010819841109003X	3F			M			
00014	李峰	男						
	12010819840110301X	3F			M			
00015	杨建平	女						
	120108198204154029	3F			M			
00016	备用1							
	3004Q2100000016	3F			0.08			
00018	备用3							
	3004Q2100000018	3F			M			
00019	备用4							
	3004Q2100000019	3F			M			
00020	备用5							
	3004Q2100000020	3F			M			
00021	张天钦	男						
	120221199406281617	3F			M			

检测人: 杨瑞

签发人:

签字日期: 2022.1.26

审核人: 坤

监测专用章



附件 5 技术评估会会议纪要

天津蓝孚高能物理技术有限公司新增使用 II 类射线装置（辐照加速器）项目环境影响报告表技术评估会会议纪要

天津市生态环境科学研究院于 2022 年 9 月 26 日通过网络视频方式主持召开了《天津蓝孚高能物理技术有限公司新增使用 II 类射线装置（辐照加速器）项目环境影响报告表》技术评估会，参加会议的有建设单位天津蓝孚高能物理技术有限公司、报告编制单位国家卫生健康委职业安全卫生研究中心。会议由 3 名专家组成技术评审组，名单附后。

会前，天津市生态环境科学研究院与建设单位、报告编制技术单位进行了现场踏勘。会议听取了报告编制单位汇报的项目现场影像资料和报告表主要编制内容，建设单位对工程情况做了补充说明，与会者对报告表进行了认真讨论和评审，形成主要评审意见如下：

一、建设内容及环境可行性

天津蓝孚高能物理技术有限公司坐落于天津市滨海新区茶淀工业园滨湖街 18 号，公司拟将闲置的加速器生产车间改造为新的辐照车间，新增使用 1 台 VF/DZ-10/20 型电子加速器对产品进行辐照灭菌。

本项目符合辐射实践的正当性要求。在落实报告中辐射防护措施及强化管理的条件下，根据报告表评价结论，本项目具备环境可行性。

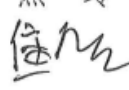
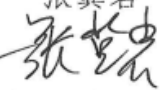
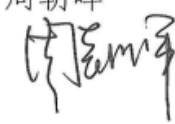
二、报告表编制质量

报告表编制符合技术指南要求，建设项目基本情况和工程分析基本清楚，区域环境质量现状、环境保护目标调查可信，评价标准确定适宜，保护措施可行，从环境保护角度，评价结论成立。报告表应在 10 个工作日内完成修改报至评估单位，经评估完成后的报告可呈报行政主管部门审批。

三、对报告表修改建议

1、补充相应的法规文件、自然环境简况和社会环境简况；工程设备和工艺介绍中补充设备的组成、性能参数和设备照片；补充完善环境质量监测中的质量保证措施以及建设单位日常工作场所和辐射环境监测的监测方案。

- 2、核实控制区和监督区的划分及其划分的依据。
- 3、说明辐照室和主机室设定剂量联锁的阈值来源。
- 4、核实居留因子的选取和关注点位对应的射线来源。
- 5、补充说明主机室和辐照室排风的控制技术。
- 6、承诺中建议增加人员的个人剂量检测和健康档案。

评审专家：焦 玲 张冀岩 周朝晖
  
2022 年 9 月 26 日

附件 6 报告表修改索引

天津蓝孚高能物理技术有限公司新增使用 II 类射线装置（辐照加速器）项目环境影响报告表修改索引

技术评估会会议召开时间：2022 年 9 月 26 日 填表人：赵锡鹏 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心 联系人：彭建亮 联系电话：13810452380
修改日期：2022 年 10 月 8 日

类别	修改意见	修改前报告内容	修改后报告内容
会议纪要意见	补充相应的法规文件、自然环境简况和社会环境简况；工程设备和工艺介绍中补充设备的组成、性能参数和设备照片；补充完善环境质量监测中的质量保证措施以及建设单位日常工作场所和辐射环境监测的监测方案。	① P14，法规文件“(12)《辐射安全与防护监督检查技术程序》，生态环境部，2020 年 2 月”； ② P25，无“自然环境简况”、“社会环境简况”内容； ③ P31，无“设备的组成、性能参数和设备照片”内容； ④ P27，无“环境质量监测中的质量保证措施”内容； ⑤ P71，无“日常工作场所和辐射环境监测的监测方案”内容。	① P14，将原法规文件(12)删除，新增一条“(12)《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，原国家环保总局，2006 年 9 月 26 日”； ② P25~P26，新增“8.2 自然环境简况”、“8.3 社会环境简况”； ③ P31，新增“9.1.1 设备情况”，补充了设备的组成、性能参数和设备照片； ④ P27，在表 8-1 中新增“质量保证措施”的内容； ⑤ P71，新增“表 12-2”和“表 12-3”，补充了日常工作场所和辐射环境监测的监测方案。
	核实控制区和监督区的划分及其划分的依据。	P39~P41，未对二层区域进行控制区和监督区的划分。	P40~P41，将本项目辐射工作场所二层东侧毗邻区域划分为监督区，补充了二层辐射分区图，见图 10-5 和表 10-1；按 GB18871-2002 和 HJ979-2018 的规定，加速器主机室北侧、西侧和东侧屏蔽墙外为公众区域，而非辐射工作场所，不宜划分为针对职业照射考虑的监督区，故未对其进行分区。
	说明辐照室和主机室设定剂量连锁的	P47，“(8)剂量连锁”末句原表述为：“当	“(8)剂量连锁”末句原表述修改为：“当辐



类别	修改意见	修改前报告内容	修改后报告内容
	阈值来源。	辐照室、主机室内的辐射水平高于仪器设定的阈值（阈值为 25 μ Sv/h）时，辐照室门、主机室门无法打开”。	照室、主机室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，辐照室门、主机室门无法打开”。仪器设定的阈值可由建设单位根据实际情况自行确定。
	核实居留因子的选取和关注点位对应的射线来源。	① P62，“表 11-5”中 1 号关注点“主机室东侧屏蔽墙外 30cm”居留因子为 1/16； ② P58~P59，“11.2.2.3.1 计算模式选取”中关注点位对应的射线来源与图 11-1 至图 11-4 存在表述不一致的情况。	① P62，表“11-5”中 1 号关注点“主机室东侧屏蔽墙外 30cm”居留因子修改为 1； ② P58~P59，对“11.2.2.3.1 计算模式选取”中关注点位对应的射线来源的表述进行了核实与修改，与图 11-1 至图 11-4 保持一致。
	补充说明主机室和辐照室排风的控制技术。	P63~P66，“11.2.3 O ₃ 和 NO _x 环境影响分析”中无主机室和辐照室排风控制的内容。	P63~P66，“11.2.3 O ₃ 和 NO _x 环境影响分析”中增加主机室和辐照室排风控制的内容：“辐照室和主机室共用一套风机，风机位于加速器机房屋顶，风机排风量为 17000m ³ /h。拟在辐照室和主机室排风口设置风阻，使辐照室和主机室排风量分别约为 14000m ³ /h 和 3000m ³ /h”。并对 O ₃ 和 NO _x 产量等相关计算过程和结果进行了相应修改。
	承诺中建议增加人员的个人剂量检测和健康档案。	P78，第 13.2 节“建议和承诺”中未体现关于个人剂量检测和健康档案的建议。	P78，“13.2 建议和承诺”的“（1）承诺”中增加了关于个人剂量检测和健康档案的建议：“对新进辐射工作人员，按规定开展个人剂量监测和职业健康体检，建立并妥善保管相关监测档案”。
其他意见	核实建设单位设定的辐射工作人员年剂量约束值。	P23，“7.3.3 剂量约束值”：“建设单位对于本项目取 5mSv/a 作为辐射工作人员年剂量约束值”	P23，“7.3.3 剂量约束值”修改为：“建设单位对于本项目取 2mSv/a 作为辐射工作人员年剂量约束值”

注：1.其他意见为技术评估会议中专家提出但未写入会议纪要中的意见；

2.“修改前报告内容”是指报告（送审稿）未经修改前相关内容；“修改后报告内容”是指报告按会议纪要等修改后的相关内容。