

四川玖谊源粒子科技有限公司
回旋加速器生产及同位素应用研发基地（加
速器制造及调试一期）
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：四川玖谊源粒子科技有限公司

编制单位：四川久远环保安全咨询有限公司

二〇二五年七月

建设单位法人代表：（签字）

编制单位法人代表：（签字）

项目负责人：

填表人：

建设单位（盖章）

电话：17360424119

传真：/

邮编：621000

地址：四川省绵阳市经开区二环路南段 351

号

编制单位（盖章）

电话：0816-2486921

传真：0816-2486921

邮编：621900

地址：四川省绵阳市科学城绵山路 64 号

附图

附图 1 项目地理位置图

附图 2 厂区平面布置图

附图 3 项目外环境关系及评价范围图

附图 4 加速器制造厂房平面布置及本次验收区域示意图

附图 5 小加速器测试间三视图

附图 6 加速器制造厂房辐射安全设施布置图

附图 7 项目监测点位图

附图 8 项目辐射工作场所人流物流图

附件

附件 1 竣工验收委托书

附件 2-1 《辐射安全许可证》（川环辐证〔01100〕）

附件 2-2 《辐射安全许可证（副本）》

附件 3 环评批复（川环审批〔2022〕80 号）

附件 4-1 辐射安全许可证重新申请现场检查意见纪要

附件 4-2 辐射安全许可证重新申请整改报告

附件 5 危险废物处置合同

附件 6 辐射安全管理规章制度文件

附件 7-1 辐射工作人员持证清单

附件 7-2 辐射工作人员辐射安全许可证

附件 8-1 建设单位 2024 年辐射环境监测报告

附件 8-2 建设单位个人剂量检测报告

附件 8-3 建设单位声环境验收检测报告

附件 9-1 危险废物暂存间相关整改情况的情况说明

附件 9-2 机加工车间厂房及设备防渗支撑材料

表一 项目基本情况

建设项目名称	回旋加速器生产及同位素应用研发基地（一期）				
建设单位名称	四川玖谊源粒子科技有限公司				
建设项目性质	☒ 新建 ☐ 改扩建 ☐ 技改 ☐ 迁建				
建设地点	四川省绵阳经济技术开发区产业发展园区文武路				
源项	放射源	/			
	非密封放射性物质	/			
	射线装置	II类			
建设项目环评批复时间	2022 年 7 月 25 日		开工建设时间	2022 年 8 月	
取得辐射安全许可证时间	2023 年 10 月 27 日		项目投入运行时间	2023 年 11 月	
辐射安全与防护设施投入运行时间	2023 年 11 月		验收现场监测时间	2023 年 12 月 21 日	
环评报告表审批部门	四川省生态环境厅		环评报告表编制单位	四川久远环保安全咨询有限公司	
辐射安全与防护设施设计单位	中核第七研究设计院有限公司		辐射安全与防护设施施工单位	绵阳经开建设集团有限公司	
投资总概算	50000 万元	辐射安全与防护设施投资总概算	991 万元	比例	1.98%
实际总概算	5000 万元	辐射安全与防护设施实际总概算	196.5 万元	比例	4.00%
验收依据	1、建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度				

	(1) 《中华人民共和国环境保护法（修订本）》（2015 年 1 月 1 日施行）； (2) 《中华人民共和国环境影响评价法（修订本）》（2018 年 12 月 29 日施行）； (3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）； (4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 7 月 10 日修订，2017 年 10 月 1 日施行）； (5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日第二次修订实施）； (6) 《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 18 号令，2011 年 5 月 1 日施行）； (7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行）； (8) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》（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，2017 年 12 月 5 日施行）； (9) 《四川省辐射污染防治条例》（2016 年 3 月 29 日四川省第十二届人民代表大会常务委员会第二十四次会议，2016 年 6 月 1 日施行）。 (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 日施行）； (11) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）； (12) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）； (13) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (14) 《核医学放射防护要求》（GBZ120-2020）； (15) 《核医学辐射防护与安全要求》（HJ 1188-2021）。
--	--

	2、建设项目竣工环境保护验收技术规范 (1)《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收技术指南污染影响类〉的公告》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）； (2)《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范核技术利用》（HJ 1326-2023，2024 年 2 月 1 日施行）。 3、建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定 (1)《四川玖谊源粒子科技有限公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地环境影响评价报告表》（四川久远环保安全咨询有限公司编制，2022 年 7 月）； (2)《四川省生态环境厅关于四川玖谊源粒子科技有限公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地环境影响报告表的批复》（川环审批〔2022〕80 号）。 4、其他相关文件 (1)项目委托书； (2)《辐射安全许可证》（川环辐证（00630））； (3)项目危险废物处置合同； (4)辐射安全管理规章制度文件； (5)项目持证人员及辐安证清单； (6)项目验收监测报告。						
验收监测 执行标准	(1) 剂量管理限值和约束值 ①剂量管理限值 根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），职业人员和公众的剂量管理限值见下表 表 1 工作人员职业照射和公众照射剂量限值 <table> <tr> <th>类别</th><th>剂量限值</th></tr> <tr> <td>职业照射剂量限值</td><td> 应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv </td></tr> <tr> <td>公众照射剂量限值</td><td> 实践使公众有关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某 </td></tr> </table>	类别	剂量限值	职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv	公众照射剂量限值	实践使公众有关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某
类别	剂量限值						
职业照射剂量限值	应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： ①由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv ②任何一年中的有效剂量，50mSv						
公众照射剂量限值	实践使公众有关键人群组的成员所受的平均剂量估计值不应超过下述限值： ①年有效剂量，1mSv； ②特殊情况下，如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv，则某						

	一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv。
	②剂量管理约束值 根据《四川玖谊源粒子科技有限公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地环境影响报告表》及其环评批复（川环审批（2022）80 号）提出的项目职业照射和公众照射剂量管理约束值如下： 职业照射年有效剂量约束值应不超过 5mSv；公众照射年有效剂量约束值应不超过 0.1mSv。 ③工作场所屏蔽防护要求 根据《四川玖谊源粒子科技有限公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地环境影响报告表》及其环评批复（川环审批（2022）80 号），项目工作场所屏蔽防护要求为距射线装置所在机房防护门、机房墙体及屋顶等屏蔽体外表面 30cm 处的γ辐射剂量和中子周围剂量当量率应小于 2.5μSv/h。 （2）非放射性环境验收监测执行标准 ①环境质量标准 1、地表水环境执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水域标准； 2、大气环境执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）二级标准； 3、声环境执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）3 类标准。 ②污染物排放标准 1、废水排放执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中三级标准。 2、废气排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）中二级标准； 3、施工期噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）；营运期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）中 3 类标准。 本次验收执行上述标准。

表二 项目建设情况

项目建设内容

1、建设单位情况

四川玖谊源粒子科技有限公司（以下简称“玖谊源公司”，统一社会信用代码91510700MA633P590G）成立于2017年2月，为国资参股、主创团队持股结合民营资本的混合所有制企业，是中国绵阳科技城实施国家战略、倡导军民融合和军转民的重点示范企业。

玖谊源公司致力于质子回旋加速器及相关正电子放射性药物的研发、生产和应用，公司总部位于中国科技城绵阳，在北京及上海设有分支机构，并计划在成都和广东成立加速器及制药研发中心及分支机构。公司作为中国工程物理研究院流体物理研究所的产学研开发平台，拥有强大的科学家团队和高素质的应用人才，是国内唯一从事质子回旋加速器生产研发的企业。

2、项目建设内容和规模

四川玖谊源粒子科技有限公司投资5000万元在绵阳市经开区建设回旋加速器生产及同位素应用研发基地。项目占地面积30780m²，建设内容包括加速器制造厂房、同位素应用研发中心及配套的供水、供电等公辅设施，总建筑面积11740m²。加速器制造厂房建2条11MeV质子回旋加速器批量化生产线、1条7MeV质子回旋加速器批量化生产线、1条20MeV质子回旋加速器批量化生产线、6间小加速器测试间（1#-6#）和1间大加速器测试间，年加工、调试和销售7MeV质子回旋加速器100台、11MeV质子回旋加速器100台、20MeV质子回旋加速器100台。同位素应用研发中心使用质子回旋加速器生产正电子核素并进行同位素的合成研发，不生产和销售同位素药物。

项目分三期建设，一期建设加速器制造厂房部分区域，包括1#（原6#）小加速器测试间、4#（原3#）小加速器测试间和6#（原1#）小加速器测试间、机械加工车间、研发区、加速器组装区、控制柜组装区和成品区；二期建设加速器制造厂房剩余区域，包括大加速器测试间、2#（原5#）小加速器测试间、3#（原4#）小加速器测试间和5#（原2#）小加速器测试间；三期建设同位素应用研发中心，包括20MeV质子回旋加速器机房1间、11MeV质子回旋加速器机房1间、同位素研发区及配套房

间。

其中一、二期项目已取得辐射安全许可证（川环辐证（00630），2023年10月27日发证），上证区域为小加速器测试间（1#-6#）和大加速器测试间。本次验收一期项目，即1#（原6#）小加速器测试间、4#（原3#）小加速器测试间和6#（原1#）小加速器测试间、机械加工车间、研发区、加速器组装区、控制柜组装区和成品区。

表 2-1 本项目验收场所一览表

场所	环评区域	辐射安全许可证已上证区域	分期建设情况		备注
加速器制造厂房	小加速器测试间（1#-6#）、大加速器测试间、机械加工车间、研发区、加速器组装区、控制柜组装区、成品区、办公场所	小加速器测试间（1#-6#）、大加速器测试间	小加速器测试间（1#、4#和6#）、机械加工车间、研发区、加速器组装区、控制柜组装区、成品区、办公场所	一期项目	本次验收区域
			小加速器测试间（2#、3#和5#）和大加速器测试间	一期项目	后续验收区域
同位素应用研发中心	20MeV 质子回旋加速器机房、11MeV 质子回旋加速器机房、同位素研发区及配套房间	/	20MeV 质子回旋加速器机房、11MeV 质子回旋加速器机房、同位素研发区及配套房间	三期项目	

项目于2022年8月开工建设，2023年8月，本次验收部分建设完成。根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4号）的要求，四川玖谊源粒子科技有限公司委托我公司对“回旋加速器生产及同位素应用研发基地”项目开展竣工环境保护验收调查工作。

3、项目原辅物料及工艺设备

表 2-2 加速器制造厂房主要原辅材料情况表

环评阶段主要原辅物料情况		验收阶段主要原辅物料情况		备注
名称	年耗量	名称	年耗量	
切削液	129kg	切削液	30kg	验收阶段原辅物料仅包含24年生产加速器用量
磨削液	21kg	磨削液	5kg	
润滑油	9kg	润滑油	2kg	
润滑脂	9kg	润滑脂	2kg	
DT4 原材料	137t	DT4 原材料	30t	
不锈钢原材料	2.6t	不锈钢原材料	0.6t	
铝原材料	26t	铝原材料	6t	
铜原材料	17t	铜原材料	4t	
碳钢原材料	4t	碳钢原材料	1t	

H ₂	1 瓶	H ₂	1 瓶	一致
N ₂	1 瓶	N ₂	1 瓶	
He	1 瓶	He	1 瓶	
磁铁系统	50 套	磁铁系统	10 套	验收阶段原辅物料仅包含 24 年生产加速器用量
束流引出系统	50 套	束流引出系统	10 套	
高频系统	50 套	高频系统	10 套	
真空系统	50 套	真空系统	10 套	
控制系统	50 套	控制系统	10 套	
水冷系统	50 套	水冷系统	10 套	
靶系统	50 套	靶系统	10 套	
离子源	50 套	离子源	10 套	

注：建设单位 2024 年共生产、调试 10 台加速器（11Mev 加速器 3 台，7Mev 加速器 7 台）

表 2-3 加速器制造厂房工艺设备一览表

序号	环评阶段主要原辅物料情况		验收阶段主要原辅物料情况		与环评是否一致
	设备名称	数量	设备名称	数量	
1	加工中心	2	立式加工中心	2	设备变更
			立式车床	1	新增设备
			立式龙门加工中心	1	
2	数控车床	1	数控车床	1	一致
3	普车	1	普车	1	一致
4	线切割	1	线切割	2	新增一台设备
5	台钻	1	炮塔式铣床	1	设备变更
6	电动攻丝机	1	电动攻丝机	1	一致
7	砂轮机	1	砂轮机	1	
8	基准平台	2	基准平台	2	
9	氩弧焊机	1	氩弧焊机	1	
10	带锯床	1	带锯床	1	
11	磨床	1	磨床	1	设备变更
12	真空炉	1	热处理炉	1	

由表 2-2 可知，项目原辅物料种类与原环评一致，现有消耗情况为 2024 年度实际用量；由表 2-3 可知，环评阶段加速器厂房工艺设备共 14 台（套），项目建成投运后，设备变更 4 台（套），新增 3 台（套），实际共 17 台（套）

4、周边外环境关系及保护目标

（1）外环境关系

本次分期验收对象位于四川省绵阳经济技术开发区产业发展园区四川玖谊源粒子科技公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地加速器制造厂房。

①厂区周边环境关系

根据现场踏勘，厂界东侧 35m 为绵阳艾萨斯电子材料有限公司、东南侧 50m 为绵阳市金华洋电器制造有限公司、东南侧 200m 为三元社区居民区；南侧紧邻绵阳宏发一海机电制造有限公司；西侧为规划空地（工业用地）、西侧 260m 为长虹橡树郡（高层居民区）；北侧为空地、北侧 80m 为三江大道、北侧 122m 为绵阳华丰连接器产业园。

验收阶段厂区外环境关系与环评阶段的对照分析见下表。

表 2-4 验收阶段厂区外环境关系与环评阶段的对照分析一览表

环评阶段外环境关系			验收阶段外环境关系			与环评阶段是否一致
名称	方位	距离	名称	方位	距离	
绵阳艾萨斯电子材料有限公司	东	35m	绵阳艾萨斯电子材料有限公司	东	35m	一致
绵阳市金华洋电器制造有限公司	东南	50m	绵阳市金华洋电器制造有限公司	东南	50m	一致
三元社区居民区	东南	200m	三元社区居民区	东南	200m	一致
绵阳宏发一海机电制造有限公司	南	紧邻	绵阳宏发一海机电制造有限公司	南	紧邻	一致
规划空地（工业用地）	西	紧邻	规划空地（工业用地）	西	紧邻	一致
长虹橡树郡（高层居民区）	西	260m	长虹橡树郡（高层居民区）	西	260m	一致
空地	北	紧邻	空地	北	紧邻	一致
三江大道	北	80m	三江大道	北	80m	一致
绵阳华丰连接器产业园	北	122m	绵阳华丰连接器产业园	北	122m	一致

②本次验收区域外环境关系

本次验收对象位于加速器制造厂房，其中辐射工作场所位于厂房西北角。根据现场踏勘，小加速器测试间 50m 评价范围均位于厂区厂界内。其中测试间实体屏蔽外东侧 0~18m 为厂房过道，18~50m 为加速器制造厂房组装区；实体屏蔽外南侧 0~50m 依次为大加速器测试间、机械加工车间、原料库等；实体屏蔽外西侧 0~2m 为厂区绿化，2~50m 为厂区停车场；西南侧 0~25m 为厂区道路，25~50m 为同位素应用研发中心；实体屏蔽外北侧 0~50m 为厂区道路及配套设备生产中心预留空地。本项目小加速器测试间 50m 范围内具体外环境关系见附图。

本项目验收阶段项目外环境关系与环评阶段的对照分析见下表。

表 2-5 本项目验收阶段项目外环境关系与环评阶段对照分析一览表

环评阶段外环境关系				验收阶段外环境关系				与环评阶段是否一致
名称	位置	距离范围		名称	位置	距离范围		
		水平	垂直			水平	垂直	

加速器制造厂房过道	东侧	0~18m	0m	加速器制造厂房过道	东侧	0~18m	0m	一致
加速器制造厂房组装区		18~50m	0m	加速器制造厂房组装区		18~50m	0m	一致
大加速器测试间	南侧	10~25m	0m	大加速器测试间	南侧	10~25m	0m	一致
机械加工车间		25~50m	0m	机械加工车间		25~50m	0m	一致
原料库		25~50m	0m	原料库		25~50m	0m	原废物库移至同位素应用研发中心外
废物库		40~50m	0m					
厂区绿化	西侧	0~2m	0m	厂区绿化	西侧	0~2m	0m	一致
厂区内停车场		2~50m	0m	厂区内停车场		2~50m	0m	一致
厂区内道路	西南侧	0~25m	0m	厂区内道路	西南侧	0~25m	0m	一致
同位素应用研发中心		25~50m	0m	同位素应用研发中心		25~50m	0m	一致
厂区内道路	北侧	0~20	0m	厂区内道路	北侧	0~20	0m	一致
配套设备生产中心预留空地		20~50	0m	配套设备生产中心预留空地		20~50	0m	一致

由 2-4、2-5 可知，本项目除危废暂存间位置发生变化外，其余与环境影响报告表一致。

（2）项目平面布局

根据现场勘查，本项目加速器测试间位于厂房西北侧，加速器测试间南侧为机械加工车间和原料库，加速器测试间东侧为组装区，组装区南侧为原料库与研发区，组装东侧为控制柜组装区，加速器制造厂房二楼、三楼均为办公区。

（3）环境保护目标

本项目验收阶段环境保护目标与环评阶段的对照分析见下表。

表 2-6 项目验收阶段电磁环境保护目标与环评阶段的对照分析一览表

类型	环评阶段				验收阶段			
	保护目标	相对位置	距辐射源最近距离（m）	人数（人）	保护目标	相对位置	距辐射源最近距离（m）	人数（人）
职业照射	辐射工作人员	小加速器测试间南侧操作台	4.6	35	辐射工作人员	小加速器测试间南侧操作台	4.6	24
公众照射	组装区工作人员	小加速器测试间东侧组装区	18	约 20	组装区工作人员	小加速器测试间东侧组装区	18	约 20
	机械加工区工作人员	小加速器测试间南侧	28	约 20	机械加工区工作人员	小加速器测试间南侧	28	约 20
	地面停车场流动人员	小加速器测试间西侧	3.9	约 10	地面停车场流动人员	小加速器测试间西侧	3.9	约 10

厂区道路 流动人员	小加速器 测试间北 侧	3.1	约 10	厂区道路 流动人员	小加速器 测试间北 侧	3.1	约 10
配套设备 生产中心 工人	小加速器 测试间北 侧	24	/	配套设备 生产中心 工人	小加速器 测试间北 侧	24	/

注：配套设备生产中心暂未建设，区域已设立围栏，无人停留。

表 2-7 项目地表水环境保护目标

环境 要素	主要保护目标	方位	与公司厂 界距离	受影响 人数	保护级别	保护 时段
地表 水环 境	涪江	东	1.6km	/	《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）的Ⅲ类水域水质标准	施工期 运营期

综上，本项目环境保护目标验收阶段与环评阶段一致，未发生重大变动。

5、环保手续履行情况

本项目于 2022 年 7 月开展了环境影响评价，并于 2022 年 7 月 25 日获得了四川省生态环境厅下发的批复（川环审批〔2022〕80 号）。

2024 年 9 月 13 日，四川省生态环境厅组织对四川玖谊源粒子科技有限公司重新申请辐射安全许可证相关情况进行了现场检查，提出了 7 项整改意见 1.进一步修订公司的辐射安全管理制度，规范辐射工作场所四项上墙制度（外墙）。2.固定式辐射监测仪器和操作台连接起来，做到可实时监控监测数据。3.加强迷道外钥匙管控，建立巡检巡查制度，落实人防、技防措施防止人员误闯入；调试车间内的急停开关应增加中文标识；调试车间内视频监控要做到无死角、全覆盖。4.按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的验收要求，取得辐射安全许可证后，3 个月内完成新建设项目的自主验收工作；择优选择验收监测机构，规范做好新许可项目的竣工自主验收监测工作。5.辐射安全管理人员应取得“单位辐射安全与防护”类的培训合格证。6.落实专人使用好、维护好全国核技术利用辐射安全申报系统，两日之内补充完善有关信息；每年 1 月 31 日前在系统中提交年度自查评估报告。7.按照《四川省核技术利用辐射安全监督检查大纲》要求，建立辐射安全管理档案，做好辐射安全管理资料的收集、分类归档。

收到现场检查意见后，四川玖谊源粒子科技有限公司针对现场检查中存在的缺陷项目，召开了专门会议进行认真研究制定了限期整改措施，于 2024 年 10 月 15 日完

成了上述 7 项整改，详情见附件 4-2。

目前，四川玖谊源粒子科技有限公司已取得四川省生态环境厅核发的《辐射安全许可证》（川环辐证〔00630〕），许可种类和范围为生产、销售、使用Ⅱ类射线装置，有效期至 2028 年 11 月 11 日，本项目所涉及的辐射工作场所及相关设备已上证。

6、审批决定建设内容与实际建设内容对比分析

本次验收区域验收阶段的建设内容及规模与环评报告及批复的对照分析见下表。

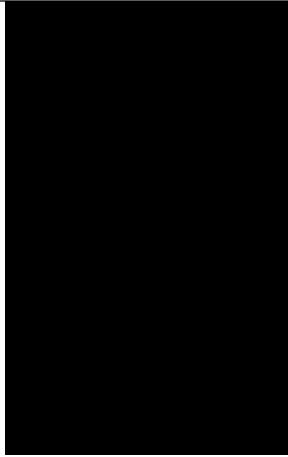
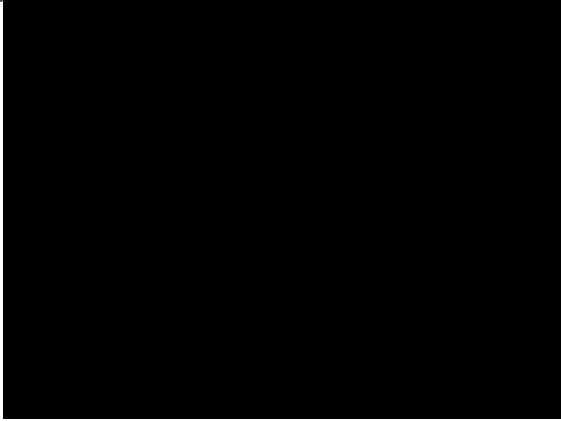
表 2-8 本次验收区域验收阶段的建设内容及规模与环评报告及批复的对照分析一览表

名称	环评阶段建设内容及规模	验收阶段建设内容及规模	与环评及批复是否一致
主体工程	①小加速器测试间 加速器制造厂房西北角并列布置 6 个小加速器测试间,用于 7 MeV 质子回旋加速器或 11 MeV 质子回旋加速器出束调试。小加速器测试间一侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道,迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土,迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯;其余三侧墙均为 1.2m 厚混凝土,设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土,顶板为 1.2m 厚混凝土。 ②机械加工车间 机械加工车间位于厂房西南部,配置数控车床、加工中心等机械及配套设备 14 台(套),用于磁铁系统、高频源系统、靶系统和离子源等部分零部件的机械加工,不涉及电镀和喷漆等工序。 ③研发区 研发区位于厂房屋南部,由靶系统实验室、合成模块研发区、机电调试试验区、机械工艺试验区、离子源试验区、电子电力学试验区等组成。 ④加速器组装区、控制柜组装区、成品区 加速器组装区位于厂房北部,由 17 个组装工位组成,主要进行加速器各部件或系统的组装,不涉及出束调	①小加速器测试间 加速器制造厂房西北角并列布置 6 个小加速器测试间,用于 7 MeV 质子回旋加速器或 11 MeV 质子回旋加速器出束调试。已建成 1#(原 6#)、4#(原 3#)和 6#(原 1#)小加速器测试间。4#、6#小加速器测试间东侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土,迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯,南墙(含楔形工件门)、西墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。1#小加速器测试间西侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土,迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯,南墙(含楔形工件门)、东墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。 ②机械加工车间 机械加工车间位于厂房西南部,配置数控车床、加工中心等机械及配套设备 17 台(套),用于磁铁系统、高频源系统、靶系统和离子源等部分零部件的机械加工,不涉及电镀和喷漆等工序。 ③研发区 研发区位于厂房屋南部,由靶系统实验室、合成模块研发区、机电调试试验区、机械工艺试验区、离子源试验区、电子电力学试验区等组成。	小加速器测试间编号变化,机械加工车间设备变更 4 台(套),新增 3 台(套),实际共 17 台(套)。其余建设内容一致

	试。控制柜组装区位于厂房东北部，主要进行控制柜的组装和通电调试。成品区位于厂房南部，用于加速器成品临时存放。	④加速器组装区、控制柜组装区、成品区 加速器组装区位于厂房北部，由 17 个组装工位组成，主要进行加速器各部件或系统的组装，不涉及出束调试。控制柜组装区位于厂房东北部，主要进行控制柜的组装和通电调试。成品区位于厂房南部，用于加速器成品临时存放。	
辅助工程	冷却水系统： 本次验收区域设置 1 套外循环水冷系统和 3 套内循环水冷系统，内循环水冷系统通过板式换热器与外循环水冷机进行热交换。每套内循环水流量为 10L/min，整个循环系统水量不超过 50L。外循环冷却水系统 Q=80m³/h，风冷式冷水机组放置于厂房北侧。	冷却水系统： 本次验收区域设置 1 套外循环水冷系统和 3 套内循环水冷系统，内循环水冷系统通过板式换热器与外循环水冷机进行热交换。每套内循环水流量为 10L/min，整个循环系统水量不超过 50L。外循环冷却水系统 Q=80m³/h，风冷式冷水机组放置于厂房北侧。	一致
	气体供应系统： 在加速器厂房西侧气瓶间暂存氢气、氮气和氦气各 1 瓶，通过汇流排引至各加速器测试间。	气体供应系统： 在加速器厂房西侧气瓶间暂存氢气、氮气和氦气各 1 瓶，通过汇流排引至各加速器测试间。	一致
	本项目拟安排 5 人参与加速器售后调试及维护维修服务。	本项目拟安排 5 人参与加速器售后调试及维护维修服务。	一致
公用工程	供电、供水由市政自来水管网供给	供电、供水由市政自来水管网供给	一致
仓储工程	在加速器制造厂房机械加工车间东侧设原料库 1 间，面积约 190m²。	在加速器制造厂房机械加工车间东侧设原料库 3 间，新建原料库为加速器制造厂房南部预留区域，面积共 530m²。	原料库面积增大为 530m²。
环保工程	放射性废气治理： 加速器制造厂房设备 2 套排风系统，小加速器测试间和大加速器测试间调试期间产生的放射性废气经高效过滤净化装置处理后分别由 2 个 15m 高排气筒排放。 非放废气治理： 拟在加速器制造厂房配置 1 台移动式有机废气收集净化装置，处理后的废气在厂内排放。	废气治理： 加速器制造厂房涉及的 6 个小加速器测试间，每 2 个测试间设置 1 套排风系统（风量为 850m³/h）和高效过滤装置（活性炭吸附，吸附效率保守为 95%）。调试期间产生的放射性废气经高效过滤净化装置处理后分别由 3 根 15m 高排气筒排放，每两个小加速器测试间共用一根排气筒（1#-2#共用 1 根排气筒，3#-4#共用 1 根排气筒，5#-6#共用 1 根排气筒）。 非放废气治理： 移动式有机废气收集净化装置不再使用。	每两个小加速器测试间共用一套高效过滤净化装置（活性炭吸附，吸附效率保守为 95%）和 1 根 15m 排气筒，本次验收区域共 3 套高效过滤净化装置与 3 个 15m 高排气筒，污染物排放量不增加。移动式有机废气收集净化装置不再

			使用。其余一致
	废水治理: 生活污水经厂区污水管网收集后排入城市污水管网。	废水治理: 生活污水经厂区污水管网收集后排入城市污水管网。	一致
	固废处置: 在加速器制造厂房设置危险废物暂存间1个,面积30m ² ,用于废切削液、废润滑油、沾有切削液的金属屑、废活性炭等危险固废暂存。在机械加工车间西南角设1处边角料暂存区,用于加工期间产生的废边角料(不包括沾有切削液的金属屑)暂存。	固废处置: 危险废物暂存间位置转移至厂区南侧,同位素制造厂房旁,面积为15m ² ,取消机械加工车间西南角设边角料暂存区。	危险废物暂存间由加速器制造厂房内部移至厂区南侧,同位素制造厂房旁,面积变为15m ² 。取消机械加工车间西南角设边角料暂存区。
	地下水防治: 危险废物暂存间的地面均进行重点防渗,机械加工间进行一般防渗。	地下水防治: 危险废物暂存间的地面均进行重点防渗,机械加工间进行一般防渗。危险废物和机械加工区域防渗措施详见附件9-1和附件9-2。	一致
	噪声防治: 选用低噪设备,基础减振	噪声防治: 选用低噪设备,基础减振/	一致

由上表可知,由2-8可知,在本次验收区域,主体工程实际建设情况为小加速器测试间名称改变、机械加工车间设备变更;仓储工程实际建设情况为原料库面积增大为530m²;环保工程实际建设情况为增加2套排风系统、2套高效过滤净化装置和2根15m高排气筒,移动式有机废气收集净化装置不再使用。危险废物暂存间由加速器制造厂房内部移至厂区南侧,面积变为15m²。取消机械加工车间西南角设边角料暂存区。其余情况与环评报告表及其环评批复建设内容一致。项目验收区域现场照片见下表。

表 2-9 项目主体工程现场照片	
小加速器测试间外部	小加速器测试间内部
	
机械加工车间	研发区
	
加速器组装区、控制柜组装区、成品区	冷却水系统
	
气体供应系统	



原料库



排气筒



高效过滤器



固废暂存间



危险废物暂存间



7、辐射安全与防护设施实际总投资

本次验收区域环境保护实际总投资 196.5 万元，主要用于加速器测试间的建设以及辐射防护设备的建设。验收阶段辐射防护设施（措施）及投资与环评阶段的对照分析见下表。

表 2-10 本次验收区域辐射防护设施（措施）及投资一览表

工作场所	环评要求	投资（万元）	实际落实情况	实际投资（万元）	对比结果
小加速器测试间	辐射屏蔽措施^① ①6#小加速器测试间 测试间西侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道，迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，测试间南墙、西墙和北墙为 1.2m 厚混凝土，南侧设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土，顶板为 1.2m 厚混凝土。采用 C50 型混凝土，主要成分为水泥、骨料（砂、石）和水，混凝土含水率控制在 5.5% 以上。 ②3#小加速器测试间 测试间东侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道，迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，测试间南墙、西墙和北墙为 1.2m 厚混凝土，南侧设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土，顶板为 1.2m 厚混凝土。采用 C50 型混凝土，主要成分为水泥、骨料（砂、石）和水，混凝土含水率控制在 5.5% 以上。 ③1#小加速器测试间 测试间东侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道，迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，测试间南墙、西墙和北墙为 1.2m 厚混凝土，南侧设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土，顶板为 1.2m 厚混凝土。采用 C50 型混凝土，主要成分为水泥、骨料（砂、石）和水，混凝土含水率控制在 5.5% 以上。	160	①1#小加速器测试间（原 6#小加速器测试间） 测试间西侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道，迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，测试间南墙、西墙和北墙为 1.2m 厚混凝土，南侧设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土，顶板为 1.2m 厚混凝土。采用 C50 型混凝土，主要成分为水泥、骨料（砂、石）和水，混凝土含水率控制在 5.5% 以上。 ②4#小加速器测试间（原 3#小加速器测试间） 测试间东侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道，迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，测试间南墙、西墙和北墙为 1.2m 厚混凝土，南侧设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土，顶板为 1.2m 厚混凝土。采用 C50 型混凝土，主要成分为水泥、骨料（砂、石）和水，混凝土含水率控制在 5.5% 以上。 ③6#小加速器测试间（原 1#小加速器测试间） 测试间东侧设长 4.4m、宽 1.0m 的 L 型迷道，迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，测试间南墙、西墙和北墙为 1.2m 厚混凝土，南侧设 1 道楔形工件门、为 1.2m 厚混凝土，顶板为 1.2m 厚混凝土。采用 C50 型混凝土，主要成分为水泥、骨料（砂、石）和水，混凝土含水率控制在 5.5% 以上。	160	一致
	辐射 门机联锁装置 3 套。	6	门机联锁装置 3 套。	6	每个测试间

其他	安全设施 ^②	门灯联锁装置 3 套。		门灯联锁装置 3 套, 3 套声光报警系统和 6 个工作状态指示灯箱		增加 6 个急停开关、3 个巡检开关、6 个工作状态指示灯箱和 3 个监控探头。
		门—剂量联锁装置 3 套		门—剂量联锁装置 3 套		
		电离辐射警示标志 3 个		电离辐射警示标志 3 个		
		紧急停机按钮（有中文标识）12 个（每个测试间 4 个），迷道出口处急停开关兼具应急开门功能。		紧急停机按钮（有中文标识）18 个（每个测试间 6 个），迷道出口处急停开关兼具应急开门功能。		
		巡检开关 2 个		巡检开关 3 个		
		火灾报警仪联锁 3 套		火灾报警仪联锁 3 套		
		控制系统开关钥匙控制系统 3 套		控制系统开关钥匙控制系统 3 套		
		视频监控装置 3 套（每套 3 个）		视频监控装置 3 套（每套 4 个）		
	监测设备 ^③	便携式 X-γ剂量率 2 台	14	便携式 X-γ剂量率仪 2 台	14	本次验收区域配备 24 名辐射工作人员。其中 19 人为厂内加速器调试、联调, 5 人为外场加速器调试、联调。
		便携式中子剂量率仪 2 台		便携式中子剂量率仪 2 台		
		固定式 X-γ剂量率仪 3 台		固定式 X-γ剂量率仪 3 台		
		固定式中子剂量率仪 3 台		固定式中子剂量率仪 3 台		
		个人热释光剂量计 48 个（每人 2 个）		个人热释光剂量计 48 个（每人 2 个）		
		个人剂量报警仪 24 台		个人剂量报警仪 24 台		
	固废处置 ^④	在加速器制造厂房一层设 1 间危险废物暂存间（30m ² ），危险废物定期委托有资质单位处置。	5	加速器危险废物暂存间移至同位素生产厂房南侧，危险废物定期委托有资质单位处置，	5	危险废物暂存间位置由加速器制造厂房移至厂区。

	噪声防治 ⑤	采用低噪设备、基础减振	5	采用低噪设备、基础减振	5	验收区域噪声防治措施
	废气处理 ⑥	加速器制造厂房涉及的6个小加速器测试间，每2个测试间设置1套排风系统（风量为850m ³ /h），调试期间产生废气经收集后引至楼顶高效过滤装置处理后由15m高排气筒排放。厂房内配置1台移动式活性炭吸附装置，擦拭有机废气处理后在厂房内排放。	4	本次验收加速器制造厂房部分区域涉及的6个小加速器测试间，每2个测试间设置1套排风系统（风量为850m ³ /h）、1套高效过滤装置和1根15m排气筒，调试期间产生废气经收集后经高效过滤装置处理后由15m高排气筒排放。厂房内配置1台移动式活性炭吸附装置不再使用。	6	增加2根15m高排气筒，污染物排放总量不变；移动式活性炭吸附装置主要处理电焊废气，其余一致。
	人员培训 ⑦	辐射工作人员上岗培训及再培训	1	辐射工作人员上岗培训及再培训	0.5	一致
合计			195	合计	196.5	/

注①（辐射屏蔽措施）：本次仅对已建成并投运的三个小加速器测试间进行验收，环评中6个小加速器测试间及1个大加速器测试间投资约600万元，本次验收的3个小加速器测试间投资约160万元。

注②（辐射安全设施）：环评中6个小加速器测试间及1个大加速器测试间共7套设备，投资14万元，本次验收3个小加速器测试间共3套设备，投资6万元。

注③（监测设备）：本次验收的3个小加速器测试间和现有辐射工作人员监测仪器共投资14万元。

注④（固废处置）：危险废物暂存间位置发生变化。

注⑤（噪声防治）：本次验收区域噪声防治措施投资为总噪声防治措施投资的一半

注⑥（噪声防治）：本次新增两根排气筒，验收区域共三根排气筒。

注⑦（人员培训）：本次验收的3个小加速器测试间所涉及的人员培训投资为总人员培训投资额的一半。

综上，本项目辐射防护设施（措施）不存在属于《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》中的重大变动，因此，可以进行验收。

源项情况

小加速器测试间用于 7MeV 质子回旋加速器和 11MeV 质子回旋加速器的调试。本项目所涉及的质子加速器相关参数如下表所示：

表 2-11 项目主要设备配置表

序号	名称	类别	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (μA)	额定管电压 (Kv)
1	7MeV 回旋加速器	II类	玖-7	质子	7	70	45
2	11MeV 回旋加速器	II类	玖-11	质子	11	100	45

工程设备与工艺分析

加速器制造厂房

1、设备组成

本项目涉及设备为 7MeV 回旋加速器和 11MeV 回旋加速器，回旋加速器主要由磁场系统、真空系统、高频系统、离子源系统、束流引出系统、靶系统和水冷系统组成。具体如下图所示。

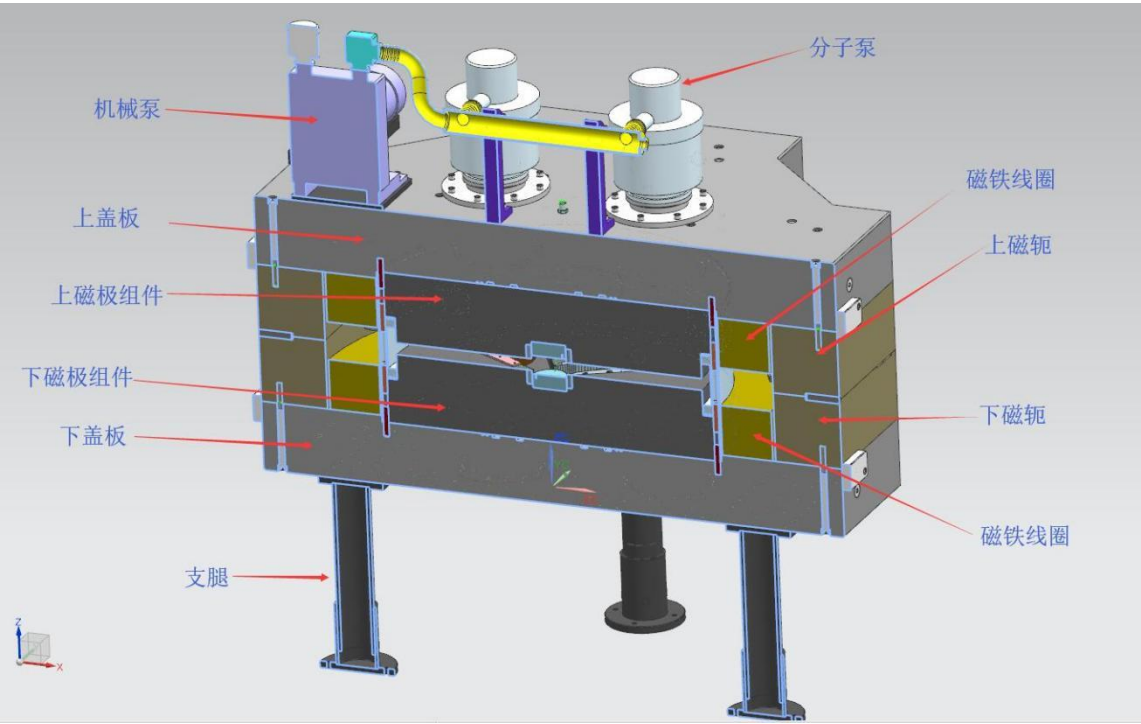


图 2-1 回旋加速器组成示意图

本项目加速器具体参数如下表

表 2-12 项目生产加速器参数一览表

系统类型		7MeV 回旋加速器	11MeV 回旋加速器
磁场系统	扇块	4	4
	磁极半径 Cm	37	45
	平均磁感应强度 T	1.18	1.18
真空系统	对 H2 抽速 L/s	≥4000	≥4000
高频系统	电压 kV	42	42
	频率 MHz	72	72
	电源功率 kW	8	8
离子源系统	种类: H-	H-	H-
	插入方式	横向	横向
	工作气流量	≤2	≤2
束流引出系统	束流强度	70μA	100μA
	能量	7MeV	11MeV
靶系统	靶种类	单靶（非旋转靶）	单靶（非旋转靶）
	靶数目	1 个/靶站	1 个/靶站
水冷系统	括水冷却系统和氦冷却系统。水冷却系统分为内循环冷却水系统和外循环冷却水系统，通过板式换热器与外循环水冷机进行热交换，内循环水总流量为 10L/min；外循环冷却水系统 Q=15~20m³/h，冷水机组放置于室外绿地内。内循环水系统采用纯水，并配套设置过滤树脂，避免水质硬化。氦冷却系统主要在轰击期间对靶室和靶窗的 havar 膜与钛膜之间进行冷却，主要由氦气、压缩机和流量计等组成。		

2、工作原理

回旋加速器是粒子加速器，是将离子源系统产生的氢负离子（离子源）在离子源偏压或高频电压作用下推至离子源通道并进入加速区域。在加速区域，负离子束流在磁场（D 型盒）的作用下做回旋运动，在高频电场多次作用下不断获得能量。在能量增加后，其运动半径也随之增大，故而束流的运动轨迹就变成了一种类螺旋形。获得加速的负离子束流通过碳膜（提取膜）时，其与氢结合松散的两个电子被剥离，导致束流从负电性变成正电性，它所受磁场的作用力的方向也发生改变，带正电荷的束流转向出口通过准直器后飞行并轰击靶，产生放射性核素。其工作原理示意如下图所示。

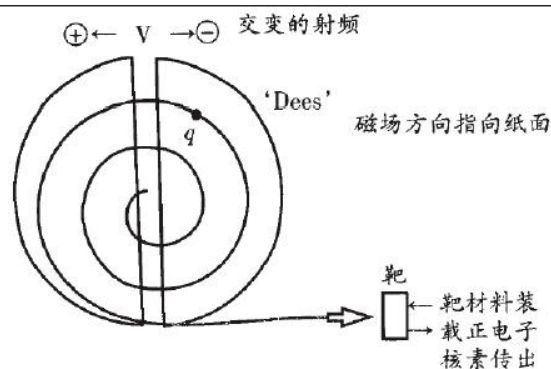


图 2-2 回旋加速器工作原理示意图

3、运行工况

加速器制造厂房主要进行回旋加速器生产、组装、调试和销售，装配部件主要外购（部分零件自行机械加工但不涉及电镀和喷漆）。另外，玖谊源公司将已装配好的回旋加速器运送至使用单位，负责加速器安装调试和维护维修。

玖谊源公司年生产、调试、销售 7MeV 质子回旋加速器 [REDACTED]、11MeV 质子回旋加速器 [REDACTED]，均属于正电子核素制备用加速器，属于II类射线装置。加速器制造厂房西北部设置小加速器测试间 6 个（本次验收其中的 1#、4#和 6#小加速器测试间）。本项目小加速器测试间仅涉及回旋加速器调试，单台设备调试出束时间最长为 [REDACTED]。

4、加速器制造及调试工艺流程

接到客户订单后，玖谊源公司外购束流引出系统、真空系统、控制系统、水冷系统和其他系统的部分零部件（剩余部分购买原材料进行自行机械加工），之后在加速器制造厂房的组装区进行组装，组装完成后将加速器转运至进测试间进行出束调试，束流流强和质子能量等指标到达预定值的外售给客户。另外，玖谊源公司负责回旋加速器的售后调试和维修服务工作。项目运营期工艺流程见图 9-4，工艺流程简述如下。

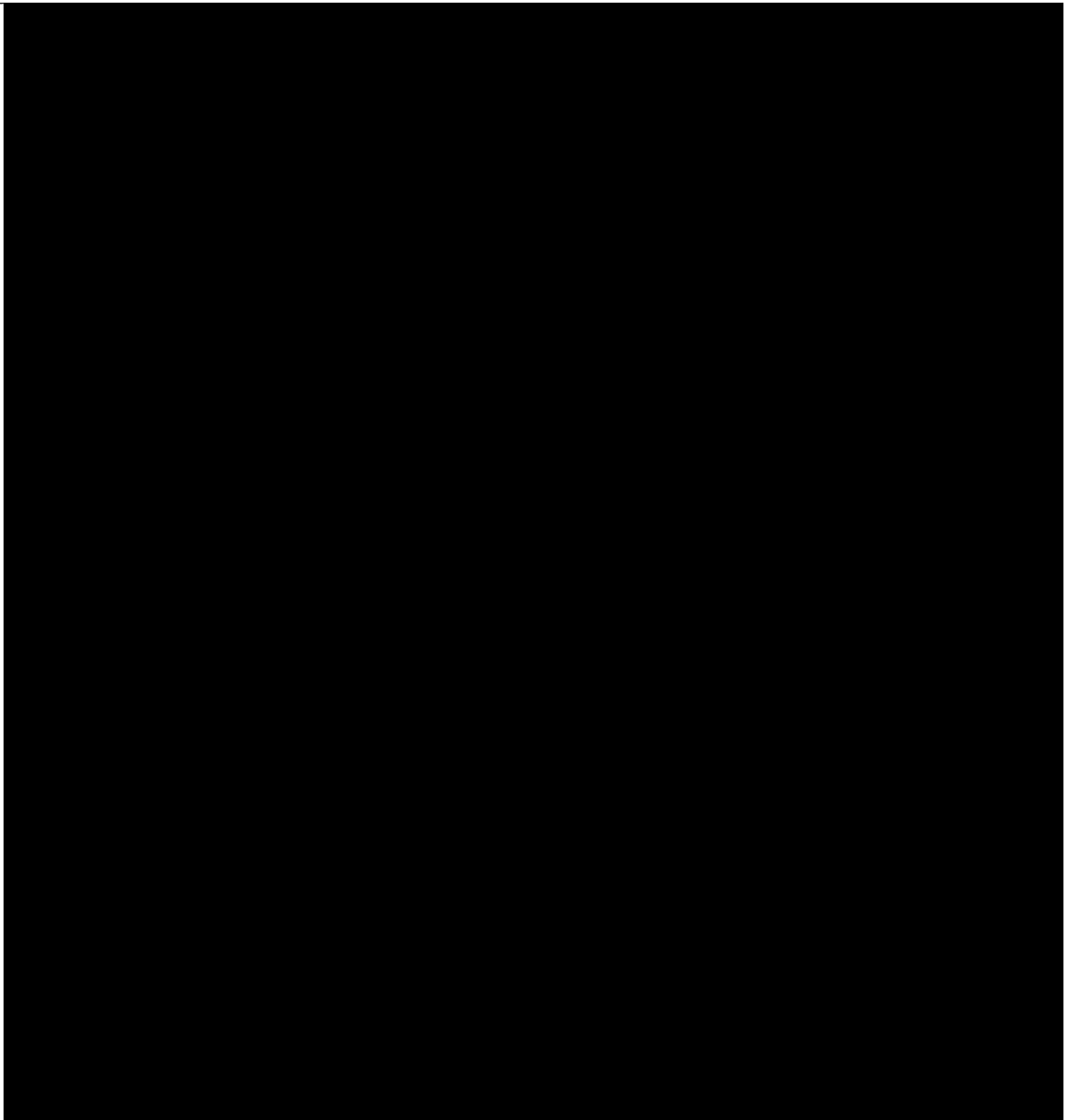


图 2-3 加速器生产工艺流程及产污环节图

(1) 订购原料：根据回旋加速器设计图，订购磁铁系统、束流引出系统、高频源系统、真空系统、控制系统、水冷系统、靶系统等装配部件；

(2) 机械加工

质子回旋加速器主要由磁场系统、真空系统、高频系统、离子源系统、束流引出系统、靶系统、水冷系统和控制系统等 8 个系统组成，每个系统涉及多种零部件。本项目针对束流引出系统、真空系统、控制系统、水冷系统进行整体外购，外购磁铁系统的密封圈、镶条、螺栓零件等，外购高频系统的高频源机柜等，外购靶系统的电磁

阀、气体管道等，外购离子源系统的陶瓷垫片、雷莫接头、阳极筒、阴极杆等。另外，项目对磁铁系统的上下盖板、封板、定位销、真空盒、真空盒封板进行自行加工，对高频系统的 Dee 板、谐振腔进行自行加工，对靶系统的束流准直器、靶材腔进行自行加工，对离子源系统的离子源支架进行自行加工。项目加工主要为机械加工，不涉及酸洗、电镀和喷漆。机械加工主要工艺流程及产污环节如下：

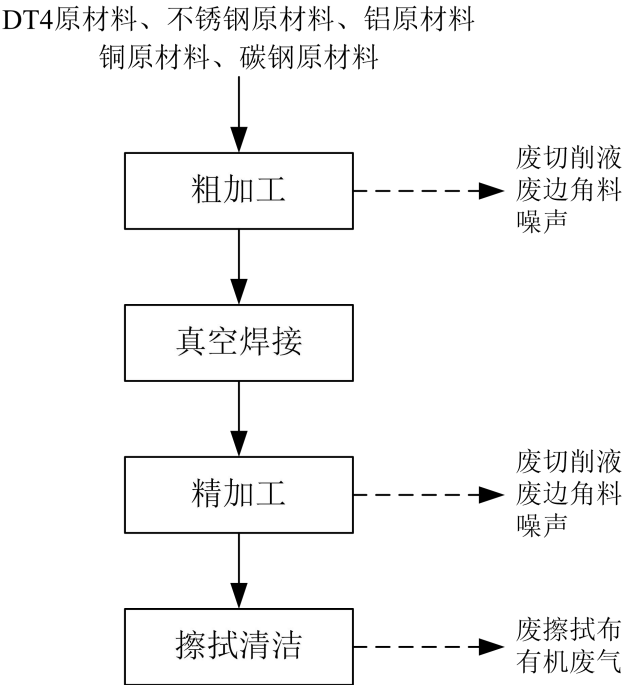


图 2-4 机械加工工艺流程及产污环节图

粗加工：采用线切割机、普车、架空中心、带锯床等对毛坯进行粗加工；

真空焊接：该步骤外委，部分零部件需要在真空炉（真空环境）下进行焊接，使用与焊接部件相同焊料（如 Cu 和 Al 等）。通过在拟连接零部件之间预先放置好焊料，通过加电流，焊接部位电阻大而发热进而熔化，不涉及焊接烟尘产生。

精加工：采用加工中心、数控车床、台钻、电动攻丝机、砂轮机、基准平台、埋弧焊机、磨床等进行精加工，加工尺寸满足图纸要求；

擦拭清洁：对自行加工零件表面进行蘸酒精擦拭清洁，确保表面不得有油污杂质。

（3）组装

在组装工位利用螺钉固定电源线，利用专用设备进行磁场调谐。该过程除了利用螺丝固定磁铁镶条外，不需要其他安装操作；

（4）冷调试

主要进行磁场调谐、高频调试和老炼、真空调试。调试时，磁场辐射源周围由加速器部件包围，壳体外电磁辐射影响可忽略。

（5）热调试

将组装后的加速器转运至加速器测试间内，利用远程控制开启设备，出束调试，产生的 H^- 束流通过碳膜进行电子的剥离变为带正电荷的质子，通过束流引出器，打在靶室内的铝制废束桶上，将 H^+ 质子束吸收。小加速器调试期间，工作人员位于南侧操作台位置进行远程操控，单台加速器最大出束时间为■■■，年累计出束时间为■■■；大加速器调试期间，工作人员位于东侧操作台位置进行远程操控，单台加速器最大出束时间为■■■，年累计出束时间为■■■。热调试工艺流程见图 9-6。

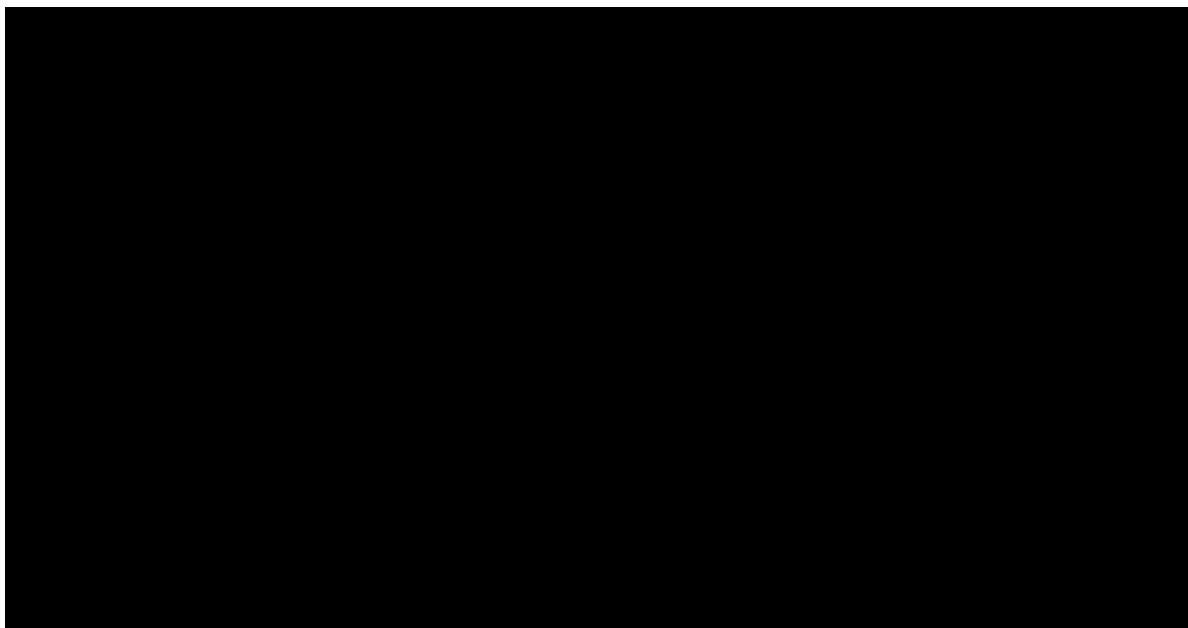


图 2-5 热调试工艺流程及产污环节图

（6）外售

将调试完毕的合格产品整机运至使用单位。

（7）售后服务

玖谊源公司负责回旋加速器维修和调试，调试工序产生的污染物主要为质子、中子、 γ 射线和感生放射性等。

5、劳动定员分析

(1) 工作制度：本项目加速器调试辐射工作人员每年工作 300 天，每天工作 8 小时，实行 2 班制。

(2) 劳动定员：根据环境影响评价文件，本项目所在的加速器制造厂内加速器调试、联调配有 24 名工作人员，外场加速器调试、联调工作人员 5 人，分为两组（每组 2 人）。人员均为定岗定责，配备至本项目后，不从事其他辐射工作。本次仅对 1#、4#和 6#小加速器进行验收，根据实际调查，加速器制造厂房内加速器调试、联调工作人员 19 人，外场加速器调试、联调工作人员 5 人。本项目辐射工作人员均已取得辐射安全培训证书，人员名单及证书编号详见附件 7-1 和附件 7-2。

本项目劳动定员一览表如下

表 2-13 项目生产加速器参数一览表

工序	位置	人员（人）
机械加工	机械加工车间	6
组装	加速器组装区、控制柜组装区、成品区	6
冷调试	小加速器测试间	6
热调试	小加速器测试间	19
售后服务	买方	5

表三 辐射安全与防护设施/措施

1、平面布局

(1) 加速器制造厂房平面布置

加速器制造厂房为主体一层局部三层建筑，一层设机械加工车间、成品区、研发区、配电室、控制柜组装区、加速器组装区、小加速器测试间和大加速器测试间等，局部二层和三层为办公室和会议室。

加速器测试间（6 个小加速器测试间和一个大加速器测试间）位于加速器厂房西北角，1#-6# 小加速器测试间从东到西横向布置，大加速器测试间在小加速器测试间南侧。加速器测试间南部为机械加工车间和成品区。加速器制造厂房中部北侧为加速器组装区，南侧为研发区及预留研发区，厂房东侧为控制柜组装区。

(2) 小加速器测试间平面布置

小测试间一侧设 L 型迷道，其余三侧均为墙体，南墙中部设置一道楔形混凝土工件门，迷道入口处配置复合防护门。测试间核心区域设置运输作业平台，用于加速器调试时进出测试间的运输。

(3) “人物”流动路径

根据现场调查，实际建设阶段人物流与环评一致，具体如下：

①人流

辐射工作人员经迷道门进入加速器测试间进行巡视后退出测试间并在控制台进行出束调试工作，调试结束后工作人员进入测试间拆除冷却水、氢气等管线，并将加速器运出测试间，最后由厂房北侧大门离开。

②物流

加速器组装完成后通过行吊运至加速器测试间外转运小车上，之后通过轨道由工件门转运至加速器测试间内。调试结束后，通过轨道运出测试间并利用行吊转运至成品区暂存。



图 3-1 人员、工件路径图

2、两区划分

为防止辐射对环境的影响，建设单位已按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）相应的要求，对放射工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。结合辐射防护和环境情况特点进行辐射分区划分，见表3-1和图3-1。

表 3-1 本项目“两区”划分一览表

工作场所	控制区	监督区
加速器制造厂房	小加速器测试间内	大加速器测试间和小加速器测试间之间的区域。
辐射防护措施	对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。在控制区边界标有电离辐射警告标志。	监督区范围内应限制无关人员进入。在监督区边界设有警示标识标牌与实体屏蔽措施。

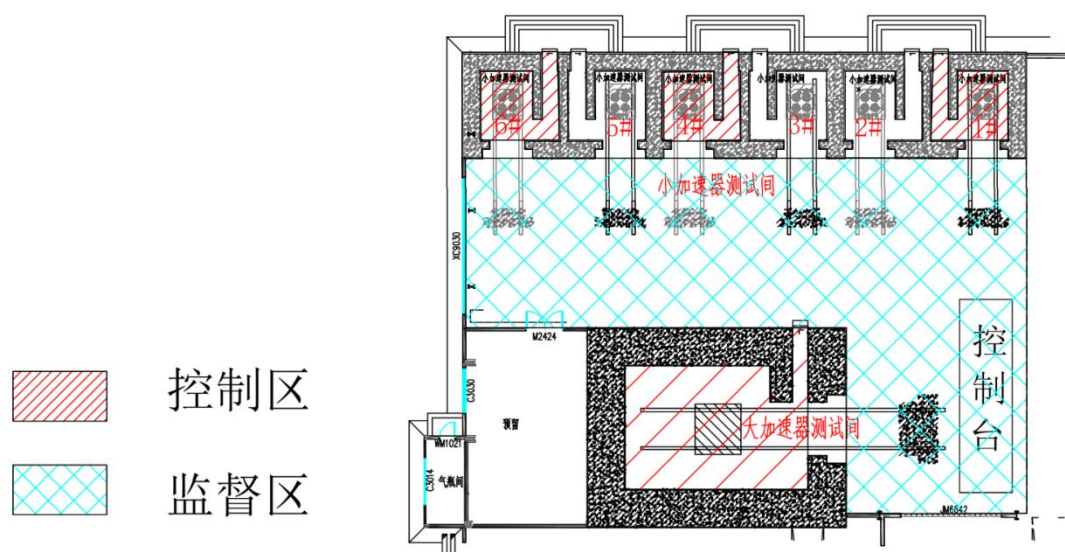


图 3-2 加速器制造厂房“两区”划分图

表 3-2 本项目“两区”划分现场图

控制区	监督区	实体隔离

3、辐射屏蔽措施

1#(原 6#)小加速器测试间西侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土,迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯,南墙(含楔形工件门)、东墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。

4#(原 3#)、6#(原 1#)小加速器测试间东侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土,迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯,南墙(含楔形工件门)、西墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。

采用 C50 型混凝土,主要成分为水泥、骨料(砂、石)和水,混凝土含水率控制在 5.5%以上。

本项目辐射屏蔽措施情况见表 3-3，本项目辐射屏蔽情况均与环评阶段设计保持一致，符合环评及主管部门批复中的要求，根据验收检测数据和理论计算，已建辐射屏蔽设施能够满足本项目需求，屏蔽效果良好。

表 3-3 本项目辐射屏蔽措施现场照片

工件门	迷道门
	

4、辐射安全措施

1、设备固有安全性

本项目设备本身采取了多种辐射安全防护措施：

（1）在回旋加速器出束前，会对磁铁电流、高频腔压、靶压、冷却氦气气压进行测量，如果实测值达不到预设值，或者各个设备冷却水单独一路的流量达不到最低值，此时系统将无法开启离子源，从而预防事故的发生。

（2）回旋加速器运行时，系统实时监控靶压以及冷却氦气气压，在正常运行情况下，靶压和冷却氦气气压保持在一定范围内，一旦靶膜破裂或氦冷却循环回路泄露（表现为压力骤降），此时系统将立刻关闭离子源电源、高频功率源输出及磁铁电源输出，从而停止打靶，防止产生过量的感生放射性或避免对加速器内部器件构成破坏。

（3）回旋加速器用户操作控制界面设有密码，只有被专门授权许可的操作人员才能实现回旋加速器的开机操作。

2、安全装置

（1）门机联锁

屏蔽门与回旋加速器联锁：测试间屏蔽门均设置1个限位开关，检测屏蔽门的开闭状态；将

限位开关与回旋加速器离子源系统进行联锁，当屏蔽门处于开启状态时，加速器离子源系统无法开启；屏蔽门意外打开的时候，加速器离子源系统停止工作。

表 3-4 门机联锁现场照片

工件门	限位开关
	

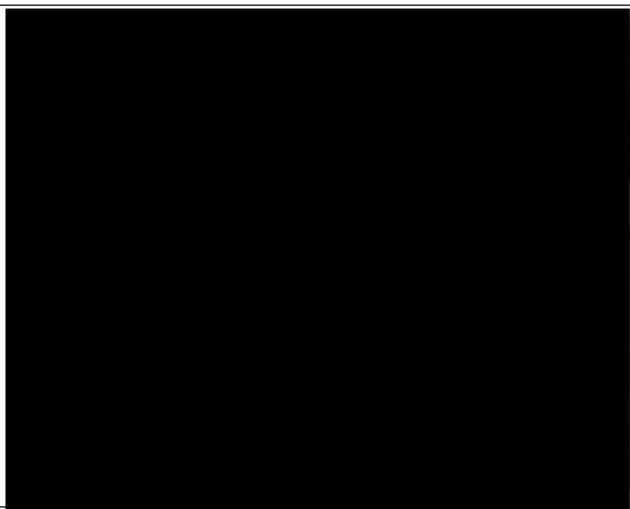
(3) 门灯联锁

本项目门灯联锁装置与声光报警装置合并。每个测试间工件门、迷道门和控制台安装三色警示灯，工件门和迷道门外加装工作状态指示灯箱，工件门外加装声光报警装置，共计9个三色警示灯，6个工作状态指示灯箱和3套声光报警装置，以上装置均与门联锁。

加速器进行调试前准备时，此时工件门与迷道门开启，三色警示灯为绿色，工作状态指示灯箱与声光报警装置不会启动；加速器调试前准备完成，工作人员进入进行巡视并通过迷道离开测试间，工件门及迷道门闭合，三色警示灯转为黄色，工作状态指示灯箱与声光报警装置不会启动；出束前，控制台工作人员通过视频监控、语音提示确认现场无人滞留后，加速器准备就绪，此时三色警示灯为红色，声光报警装置开启警告铃声（持续时间约20s），工作状态指示灯箱亮起；出束时，声光报警装置警告铃声停止，三色警示灯为红色，工作状态指示灯箱亮起。

表 3-5 门灯联锁现场照片

工件门及迷道门开启，未调试时



工件门及迷道门关闭时



出束前（此时声报警系统启动）



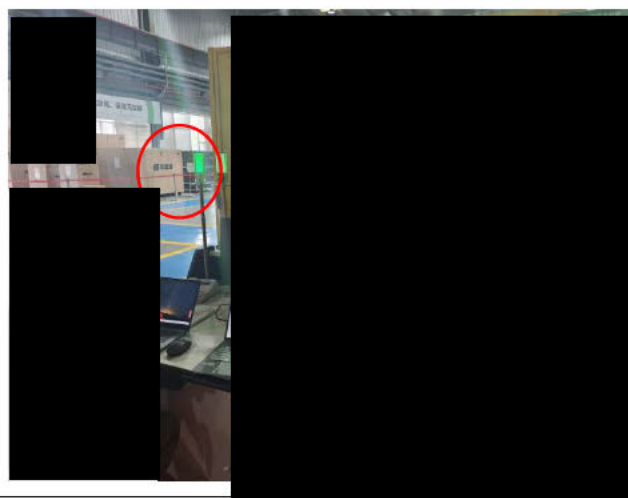
出束时



迷道门三色警示灯



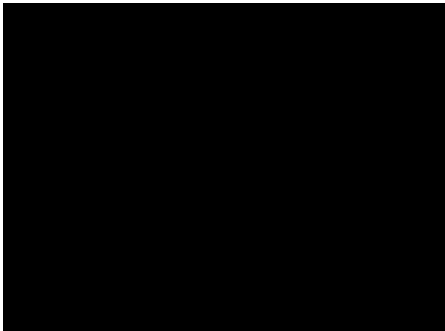
控制台三色警示灯



(3) 门与剂量联锁

每个测试间内安装1套固定式剂量监测系统（可测量X- γ 辐射剂量率和中子剂量率），且剂量与防护门联锁，当剂量超过设定限值（均设置为 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ）时，防护门无法从外部开启。每个小加速器测试间固定式辐射检测仪器信号与每个小加速器测试间控制台数据显示装置通过网线连接，可实时反馈房间内监控监测数据。

表 3-6 门与剂量联锁照片

固定式剂量监测系统	控制台监测数据显示装置一览表	单个控制台监测数据显示装置
		

(4) 火灾报警仪联锁

每个测试间内安装火灾报警仪1套，发生火灾触发报警时，加速器停止工作、通风系统开启排风。



图 3-3 火灾报警仪照片

(5) 控制系统开关钥匙

加速器系统将设置登录页面，所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录名和密码。加速器对不同的用户开放不同的权限等级，当操作人员下达没有使用权限的加速器指令时，加速器将不会执行相应的指令。上述权限等级的防护效果，优于开关钥匙控制的防护效果。

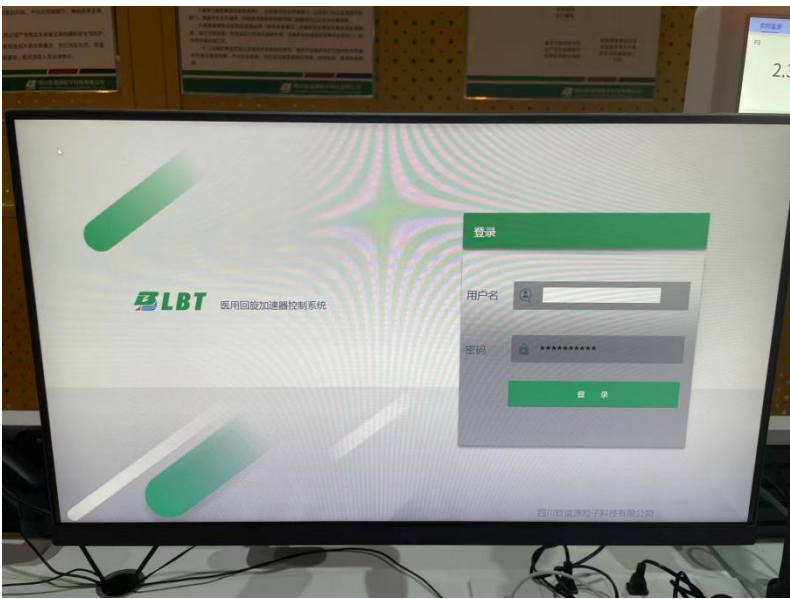


图 3-4 加速器控制台登录界面

(6) 紧急停机开关

在小加速器测试间设 4 个急停开关（测试间大厅内安装 2 个；迷道口安装 2 个，其中 1 个兼具应急开门功能）。同时，在控制台和工件门上各设置 1 个急停开关。上述急停开关均在按钮旁设置有明显的文字提示，并与加速器联锁，按下急停开关，加速器立即停止出束。

表 3-7 紧急停机开关图片

操作台上紧急制动按钮	测试间大厅（工件铅门）外急停开关
	
测试间大厅急停开关1	测试间大厅急停开关2



此外，靠近加速器迷道门出口处的急停开关兼具开门功能，当人员被关在机房内，在紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器立即停止出束。急停开关配置醒目并配套中文说明，机房内设置紧急出口标志及应急照明。



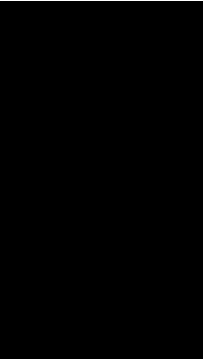
图 3-5 小加速器测试间应急出口与应急照明

（7）巡检开关

在小加速器测试间设3个巡检开关。当机房防护门打开后，巡检开关自动复位，工作人员在关闭防护门前，需先进行巡检，并按下所有巡检开关后，防护门方可关闭。若任一巡检开关未

被按下，即使下达关闭防护门的指令，防护门也不会关闭。巡检开关与加速器联锁，当巡检开关未被按下，加速器无法开启高压进行出束。在控制台设置巡检状态指示灯，全部开关按下后，指示灯为绿色；任一开关未复位，指示灯为红色。

表 3-8 小加速器测试间巡检开关

测试间迷道巡检开关	测试间西侧巡检开关	测试间东侧巡检开关	控制台巡检状态灯
			

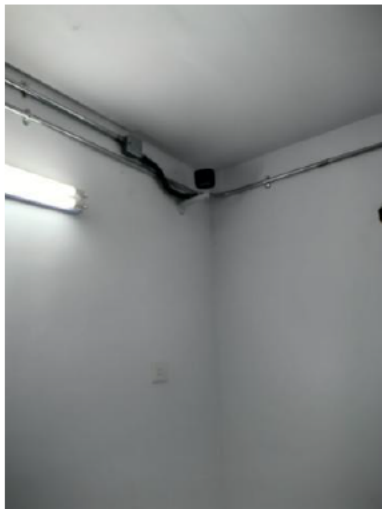
(8) 声光报警系统

回旋加速器机房设置声光报警装置，出束前警铃发声、警灯闪烁20s以提醒装置即将出束，之后警灯显示为红色表示装置正在出束，本项目声光报警装置与门灯联锁装置整合为同一套系统。

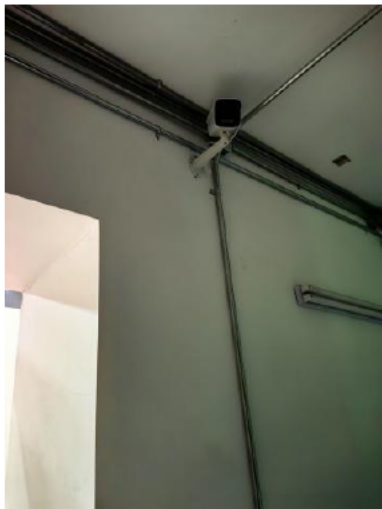
(9) 视频监控系统

回旋加速器机房内设置视频监控装置1套，P1小加速器测试间沿东北-西南对角线布置2个监控探头，P4和P6小加速器测试间沿西北-东南对角线布置2个监控探头，3个小加速器测试间均在迷道对向布置2个监控探头，每套装置共4个监控探头，可保证机房内无死角观察。在出束工作开展前，对回旋加速器机房内情况进行实时监控，防止出束时人员误入、人员滞留等辐射事故发生。

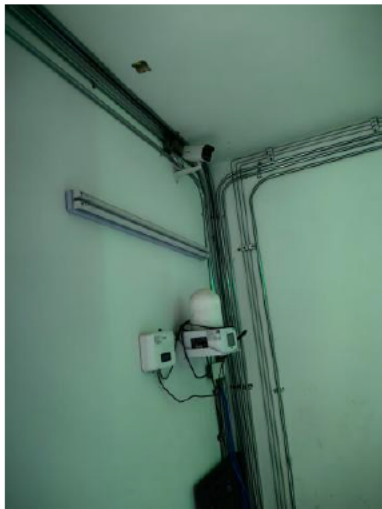
表 3-9 小加速器测试间摄像监控装置



测试间对角布置摄像头



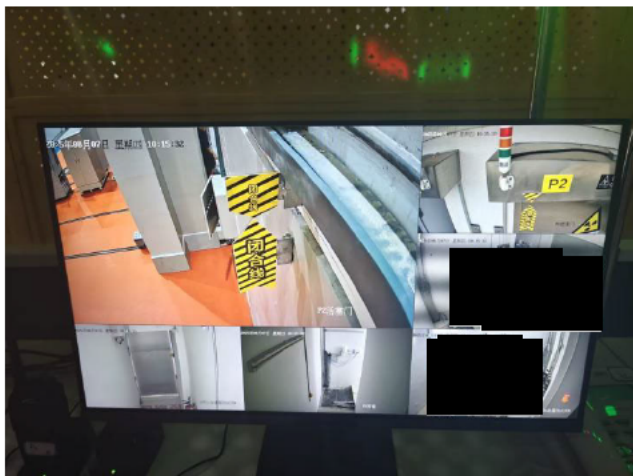
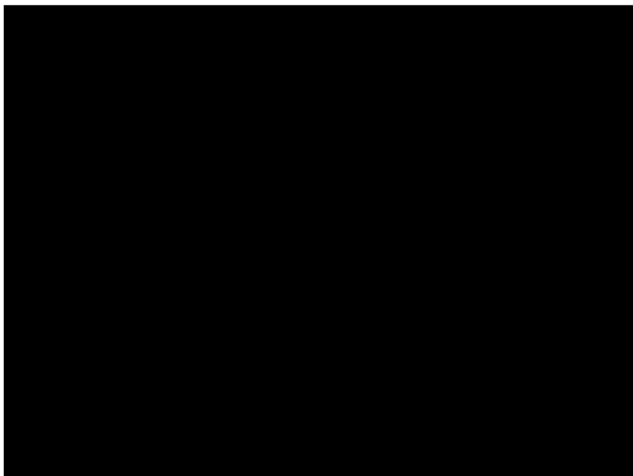
测试间对角布置摄像头



测试间迷道对向布置摄像头



测试间迷道对向布置摄像头



控制台监控显示装置

(10) 应急通信设施

测试间内装备通信设施（电话），用于应急对外通信。

表 3-10 小加速器测试间摄像监控装置

	
控制台通讯装置	测试间内部通讯装置

(11) 警示标志

在回旋加速器机房出入口处醒目位置设置固定的电离辐射警告标志。

表 3-11 小加速器测试间出入口电离辐射警告标志

		
1#测试间工件进出门上	4#测试间工件进出门上	6#测试间工件进出门上

(12) 剂量监测设施

辐射工作人员配置个人热释光剂量计48个，人均2个（一用一备），并要求在工作期间必须佩戴；同时配置便携式X-γ剂量率仪和中子剂量率仪各2台、固定式中子剂量率仪和X-γ剂量率仪各3台、个人剂量报警仪24台。

表 3-12 辐射剂量监测设施



便携式X-γ剂量监测仪



便携式中子剂量率仪



个人热释光剂量计



个人剂量报警仪



固定式X-γ剂量监测仪和固定式中子剂量率仪

(13) 管道穿墙屏蔽补偿措施

本项目涉及加速器测试间风管穿墙均采用S型结构，电缆、冷却水、原料传输管线均采用U型地沟穿墙。

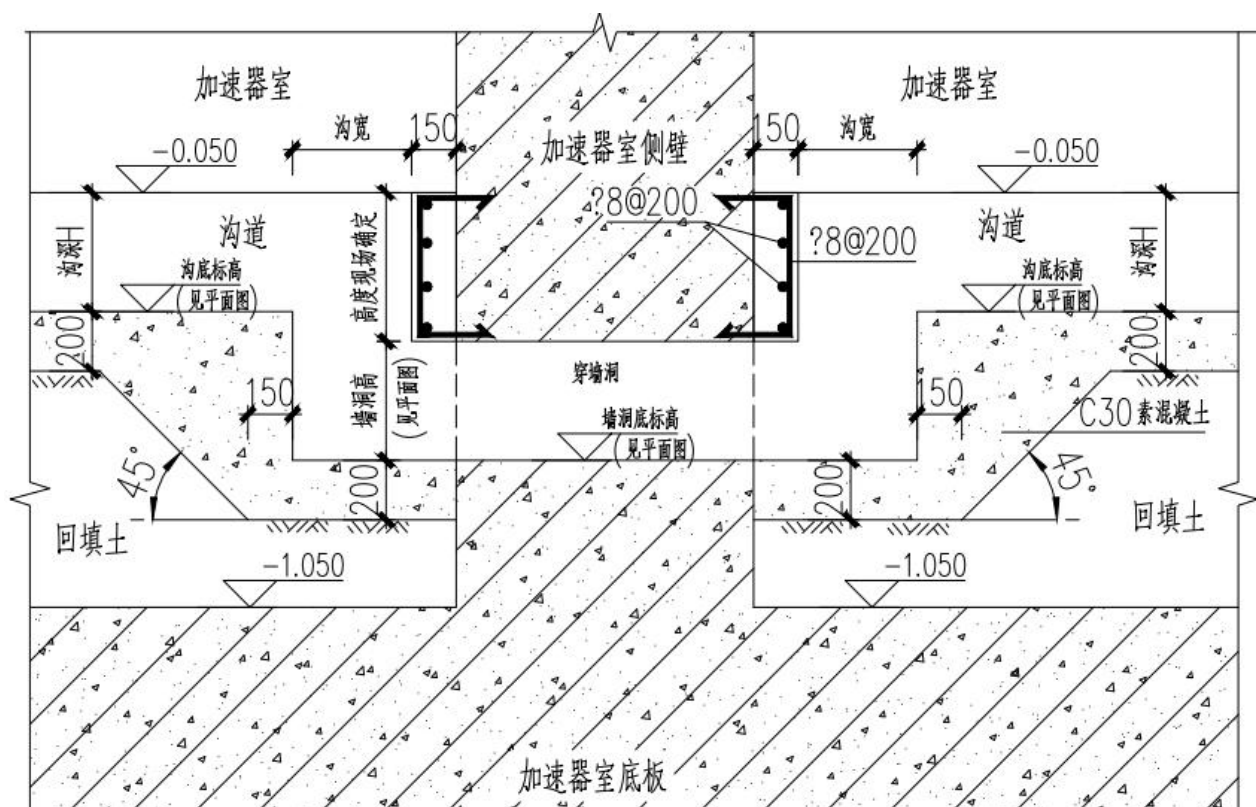
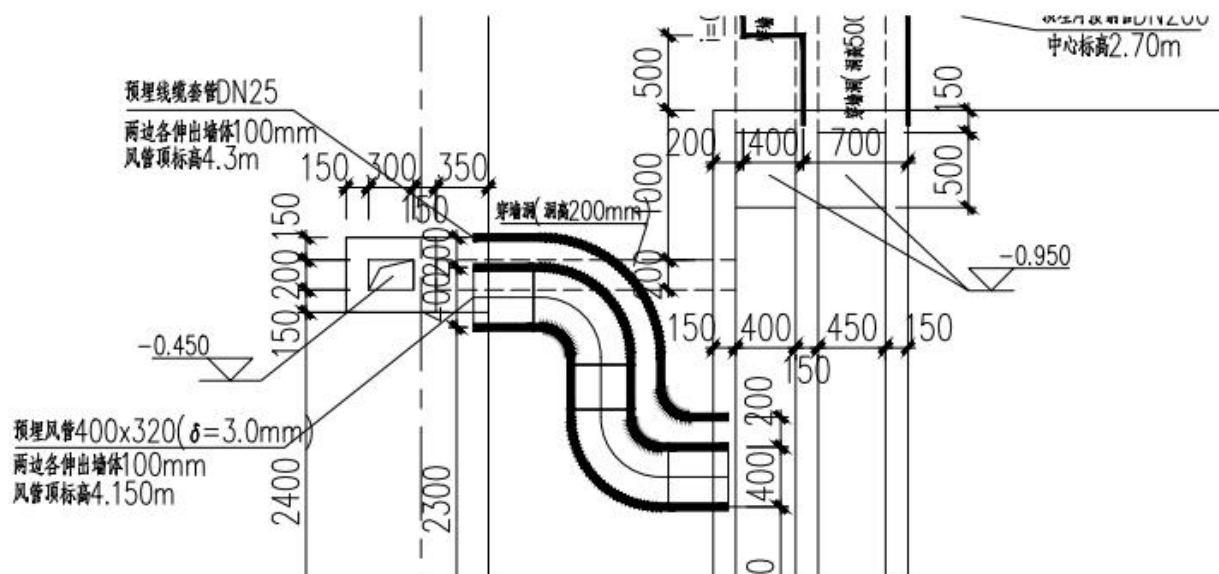


图 3-7 加速器机房或测试间电缆、冷却水、原料传输管线 U 型地沟穿墙示意图

(14) 辐射安全管理制度

根据实际情况，建设单位已制定了《辐射安全管理规定》《回旋加速器调试操作规程》《辐射防护设施设备维护维修制度》《辐射安全与环境保护制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作场所和辐射水平环境监测方案》《辐射工作人员剂量片管理制度》《辐射监测仪表使用

与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射事故应急预案》以及《假靶使用管理制度》等辐射安全管理规章制度。

以上制度内容全面，具有可操作性。部分管理制度（《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作人员岗位职责》《回旋加速器调试操作规程》和《辐射事故应急预案》）已按照要求进行上墙。工作人员在日常工作中按照制度要求执行，张贴情况见下图：

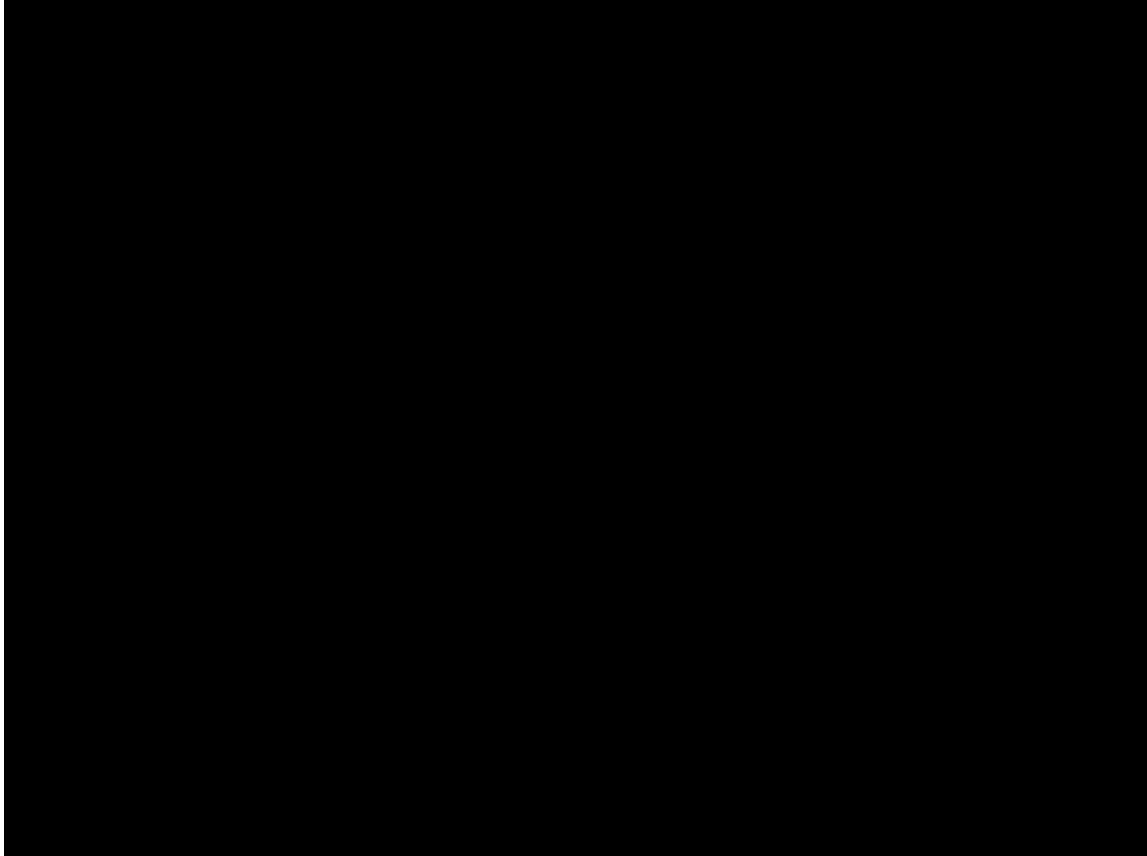


图 3-8 辐射安全管理制度上墙

5、三废的治理

（1）放射性废物治理

1）放射性废气治理

本项目营运期间产生的放射性废气主要为回旋加速器机房产生的含 ^{41}Ar 废气，加速器制造厂房涉及的 6 个小加速器测试间，每 2 个测试间设置 1 套排风系统，风量为 $850\text{m}^3/\text{h}$ ，小加速器测试间产生废气经收集后经高效过滤装置（活性炭，95%处理效率）处理后由 15m 高排气筒排放。

表 3-13 放射性废气治理设施

15m高排气筒	高效过滤器
	

2) 放射性废水治理

本次验收区域不涉及放射性废水，内循环冷却水受照射后产生放射性核素，主要是短半衰期核素如 ^{15}O ($T_{1/2}=2.03\text{min}$)、 ^{13}N ($T_{1/2}=9.96\text{ min}$) 及 ^{11}C ($T_{1/2}=20.4\text{ min}$) 和极少量的 ^7Be 、 ^3H 。内循环水系统采用纯水，并配套设置过滤树脂，避免水质硬化，可做到循环使用不外排；外循环水冷却内循环水，循环使用不外排。

3) 放射性固废治理

内循环水系统采用纯水并配套设置过滤树脂对循环水进行净化，以避免水质硬化。过滤树脂 3~5 年更换 1 次，单次更换产生废过滤树脂量为 1kg，其含 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^7Be 、 ^3H 等。本场所仅对回旋加速器进行调试，调试完毕的合格产品整机运至使用单位。调试期间不产生废过滤树脂。区域内已配置 1 个 10L 铅箱体（50mmPb）用于收集特殊情况下产生的放射性固废（因质量问题堵塞而更换的过滤树脂），收集后转运至放射性废物暂存间定期交有资质单位处理。



图 3-9 10L 铅箱体照片

另外，回旋加速器真空壁、准直器材质均为铝，加速离子为 H⁺ 离子，H⁺ 离子轰击上述材料会发生核反应产生感生放射性核素 ^{27}Si 。次生中子与上述材料和磁铁（主要材质为 ^{56}Fe ）发生核反应会产生 ^{27}Mg 、 ^{24}Na 和 ^{56}Mn 。单台回旋加速器在测试间内质子出束时间为 20 小时，其所致加速区结构部件活化影响可忽略。建设单位已经制订《假靶使用管理制度》，严格管理假靶，预防辐射事故及环境污染。

（2）非放射性废物治理

1）废气治理

加速器制造厂房机械加工工序涉及电焊工艺，将产生少量电焊废气，拟在厂房内配置 1 台移动式活性炭吸附装置，处理后在厂房内排放。因厂房面积问题，电焊工序暂时取消作业，现有电焊工艺零部件外协处理，电焊设备及移动式活性炭吸附装置暂时停止使用。

2）噪声治理措施

测试间设置有排风系统，排风系统工作时将产生一定的噪声。由于设备处于厂房内并通过减振等措施降噪，且距离厂界外部有一定距离，通过建筑墙体隔声及距离衰减后，对周边声环境影响较小。

3）废水治理措施

本项目非放射性废水主要为工作人员生活污水，生活污水由厂区收集处理后排入市政污水管网，最终经塘汛污水处理厂处理达《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）中一级A标准后排放。

4）固废治理措施

生活垃圾：工作人员产生的生活垃圾纳入厂区生活垃圾收集系统，由环卫部门定期清运处

理。

一般固体废物：项目加速器制造时产生的机加废边角料存于一般固体废物暂存间，定期外售。

危险废物：加速器制造过程中产生的废切削液、废润滑油及含油抹布和废活性炭暂存于危险废物暂存间内，定期委托四川星微环保科技有限公司处置。危险废物处置合同及处置单位资质见附件。含油铁屑收集后暂存于厂区危险废物暂存间内，建设单位承诺废铁屑处置前，与有资质单位签订协议规范处置。

6、项目环保三同时执行情况、环评和环评批复要求落实情况

按照国家有关环境保护的法律法规，四川玖谊源粒子科技有限公司进行了该项目的环境影响评价工作，履行了建设项目环境影响评价审批手续。验收区域监测时已建成，通过现场检查，项目的环保工程与主体工程同时设计，同时施工，同时投入运营，满足“三同时”要求。通过现场查阅竣工资料，与建设单位工作人员一同检查、验证各防护设施的运行状态。本项目按照环评阶段提出的辐射防护措施的落实情况见下表：

环评要求落实情况见下表 3-14。

表 3-14 环评要求落实情况表

序号	环评要求内容	实际落实情况	备注
1	4#（原 3#）、6#（原 1#）小加速器测试间东侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、西墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。1#（原 6#）小加速器测试间西侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、东墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。 加速器制造厂房涉及的 6 个小加速器测试间，每 2 个测试间设置 1 套排风系统（风量为 850m³/h），调试期间产生废气经收集后引至楼顶高效过滤装置处理后由 15m 高排气筒排放。	4#（原 3#）、6#（原 1#）小加速器测试间东侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、西墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。1#（原 6#）小加速器测试间西侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、东墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。 加速器制造厂房涉及的 6 个小加速器测试间，每 2 个测试间设置 1 套排风系统和 1 套高效过滤装置，调试期间产生废气经收集后由 15m 高排气筒排放。	已落实
2	门机联锁装置：屏蔽门与回旋加速器联锁：各机房或测试间屏蔽门均设置 1 个限位开关，检测屏蔽门的开闭状态；将限位开关与回旋加速器离子源系统进行联锁，当屏蔽门处于开启状态时，加速器离子源系统无法开启；屏蔽门意外打开的时候，加速器离子源系统停止工作。 门灯联锁装置：回旋加速器机房或测试间工件门和迷道门外侧和控制台上分别安装工作状态指示灯，并与门联锁。状态指示灯显示正在进行出束打靶作业时，门不能被打开，防止出束期间	门机联锁装置：屏蔽门与回旋加速器联锁：各机房或测试间屏蔽门均设置 1 个限位开关，检测屏蔽门的开闭状态；将限位开关与回旋加速器离子源系统进行联锁，当屏蔽门处于开启状态时，加速器离子源系统无法开启；屏蔽门意外打开的时候，加速器离子源系统停止工作。 门灯联锁装置：回旋加速器机房或测试间工件门和迷道门外侧分别安装工作状态指示灯，并与门联锁。状态指示灯显示正在进行出束打靶作业时，门不能被打开，防止出束期间人员误入发	已落实

	人员误入发生辐射事故。 门与剂量联锁装置：加速器机房内安装1套固定式剂量监测系统（可测量 X-γ 辐射剂量率和中子剂量率），且剂量与防护门联锁，当剂量超过设定限值时，防护门无法从外部开启。 火灾报警仪联锁：加速器机房内安装火灾报警仪1套，发生火灾触发报警时，加速器停止工作、通风系统开启排风。	生辐射事故。 门与剂量联锁装置：加速器机房内安装1套固定式剂量监测系统（可测量 X-γ 辐射剂量率和中子剂量率），且剂量与防护门联锁，当剂量超过设定限值时，防护门无法从外部开启。 火灾报警仪联锁：加速器机房内安装火灾报警仪1套，发生火灾触发报警时，加速器停止工作、通风系统开启排风。	
3	控制系统开关钥匙控制：加速器系统将设置登录页面，所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录名和密码。加速器对不同的用户开放不同的权限等级，当操作人员下达没有使用权限的加速器指令时，加速器将不会执行相应的指令。上述权限等级的防护效果，优于开关钥匙控制的防护效果。 紧急停机开关：在小加速器测试间设3个急停开关（测试间大厅内安装2个、迷道口安装1个）。同时，在各加速器机房控制台上设置1个急停开关。上述急停开关均应在按钮旁设置明显的文字提示，并与加速器联锁，按下急停开关，加速器立即停止出束。 此外，靠近加速器迷道门出口处的急停开关应兼具开门功能，当人员被关在机房内，在紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器立即停止出束。急停开关应配置醒目并配套中文说明，机房内设置紧急出口标志及应急照明。 巡检开关：在小加速器测试间设3个巡检开关，当机房防护门打开后，巡检开关自动复位，工作人员在关闭防护门前，需先进行巡检，并按下所有巡检开关后，防护门方可关闭。若任一巡检开关未被按下，即使下达关闭防护门的指令，防护门也不会关闭。巡检开关与加速器联锁，当巡检开关未被按下，加速器无法开启高压进行出束。	控制系统开关钥匙控制：加速器系统将设置登录页面，所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录名和密码。加速器对不同的用户开放不同的权限等级，当操作人员下达没有使用权限的加速器指令时，加速器将不会执行相应的指令。上述权限等级的防护效果，优于开关钥匙控制的防护效果。 紧急停机开关：在小加速器测试间设6个急停开关（测试间大厅内安装2个、迷道口安装2个、工件门出口及控制台各安装1个）。上述急停开关均应在按钮旁设置明显的文字提示，并与加速器联锁，按下急停开关，加速器立即停止出束。 此外，靠近加速器迷道门出口处的急停开关应兼具开门功能，当人员被关在机房内，在紧急情况下按下开关，可实现防护门从内部打开，同时加速器立即停止出束。急停开关应配置醒目并配套中文说明，机房内设置紧急出口标志及应急照明。 巡检开关：在小加速器测试间设3个巡检开关，在控制台增加巡检开关状态灯，当机房防护门打开后，巡检开关自动复位，工作人员在关闭防护门前，需先进行巡检，并按下所有巡检开关后，巡检灯变为绿色，防护门方可关闭。若任一巡检开关未被按下，巡检灯为红色，即使下达关闭防护门的指令，防护门也不会关闭。巡检开关与加速器联锁，当巡检开关未被按下，加速器无法开启高压进行出束。	紧急停机开关由4个增加为6个，控制台增加巡检开关信号灯。
4	声光报警系统：回旋加速器机房内设置声光报警装置，出束前警铃发声、警灯闪烁2分钟以提醒装置即将出束，之后警灯显示为红色表示装置正在出束。	声光报警系统：声光报警装置与门灯联锁整合为同一套装置，出束前警铃发声、警灯闪烁20s以提醒装置即将出束，之后警灯显示为红色表示装置正在出束。	声光报警装置与门灯联锁装置整合为一个系统，功能未发生变化。出束前警铃

			声调整为 20s。
5	视频监控装置： 回旋加速器机房内设置视频监控装置1套，2个摄像头位于对角墙角上、1个摄像头位于迷道，可保证机房内无死角观察。在出束工作开展前，对回旋加速器机房内情况进行实时监控，防止出束时人员误入、人员滞留等辐射事故发生。	视频监控装置： 回旋加速器机房内设置视频监控装置1套，2个摄像头位于对角墙角上、2个摄像头位于迷道，可保证机房内无死角观察。在出束工作开展前，对回旋加速器机房内情况进行实时监控，防止出束时人员误入、人员滞留等辐射事故发生。	迷道门出口增加一个监控探头
6	应急通信设施： 回旋加速器机房内装备通信设施（电话），用于应急对外通信。	应急通信设施： 回旋加速器机房内装备通信设施（电话），用于应急对外通信。	已落实
7	警示标志： 在回旋加速器机房出入门外醒目位置设置固定的电离辐射警告标志。	警示标志： 在回旋加速器机房出入门外醒目位置设置固定的电离辐射警告标志。	已落实
8	剂量监测设施： 辐射工作人员需配置个人热释光剂量计，人均 2 个（1 用 1 备），工作期间必须佩戴个人热释光剂量计。 拟配置固定式 X- γ 剂量率仪和固定式中子剂量率仪各 3 台，固定式监测仪的探头安装于机房工件门内侧墙壁处；配置便携式 X- γ 剂量率仪和便携式中子剂量率仪各 3 台，用于回旋加速器机房及周边环境辐射的自行监测。配置个人剂量报警仪 24 个，辐射工作人员进入回旋加速器机房时需佩戴，若发现问题可迅速撤离。另外，项目拟配备的 X- γ 剂量率仪量程应满足覆盖项目产生的 γ 射线最大能量。	剂量监测设施： 辐射工作人员需配置个人热释光剂量计，人均 2 个（1 用 1 备），工作期间必须佩戴个人热释光剂量计。 拟配置固定式 X- γ 剂量率仪和固定式中子剂量率仪各 3 台，固定式监测仪的探头安装于机房工件门内侧墙壁处；配置便携式 X- γ 剂量率仪和便携式中子剂量率仪各 3 台，用于回旋加速器机房及周边环境辐射的自行监测。配置个人剂量报警仪 24 个，辐射工作人员进入回旋加速器机房时需佩戴，若发现问题可迅速撤离。另外，项目拟配备的 X- γ 剂量率仪量程应满足覆盖项目产生的 γ 射线最大能量。	已落实
9	管道穿墙屏蔽补偿措施： 本项目涉及加速器机房或加速器测试间风管穿墙均采用 S 型结构，电缆、冷却水、原料传输管线均采用 U 型地沟穿墙。	管道穿墙屏蔽补偿措施： 本项目涉及加速器机房或加速器测试间风管穿墙均采用 S 型结构，电缆、冷却水、原料传输管线均采用 U 型地沟穿墙。	已落实

表 3-15 项目按照环评批复要求的落实情况

环评批复要求的环保措施	实际采取的环保措施	落实情况
项目建设过程中，必须认真落实报告中提出的各项辐射环境安全防护及污染防治措施和要求，落实环保措施及投资，确保环保设施与主体工程同步建设，各辐射工作场所射线屏蔽能力满足辐射防护要求，各加速器测试间和机房的迷道、门机联锁、固定式剂量报警仪及门剂量联锁、门灯联锁及语音提示、紧急停机按钮、操作警示装置、紧急开门按钮、巡检开关、警告标志等各项辐射防护与安全措施满足相关规定。	本项目环保设施与主体工程同步建设，各加速器测试间和机房的迷道、门机联锁、固定式剂量报警仪及门剂量联锁、门灯联锁及语音提示、紧急停机按钮、操作警示装置、紧急开门按钮、巡检开关、警告标志等各项辐射防护与安全措施满足相关规定。	已落实
应建立和健全核与辐射安全管理各项规章制度，明确管理组织机构和责任人，制订有针对性和可操作性的辐射事故应急预案。	建设单位已按照环评要求，针对辐射工作场所制定并完善辐射安全管理各项规章制度及辐射事故应急预案，将定期开展辐射事故应急演练，详见附件 6。	已落实
应配备 X- γ 辐射剂量率监测仪、中子辐射剂量率监测仪、表面污染监测仪、个人剂量计、个人剂量报警仪及个人防护用品等仪器设备，制定各辐射工作场所环境辐射监测计划。	建设单位已按照环评要求，对本次验收区域和人员配备 3 台固定式 X- γ 辐射剂量率监测仪、3 台固定式中子辐射剂量率监测仪、2 台 X- γ 辐射剂量率监测仪、中子辐射剂量率监测仪、48 台个人剂量计和 24 台个人剂量报警仪并定期开展环境辐射检测，并做好有关记录。	已落实
辐射从业人员应当按照有关要求，登录国家核技术利用辐射安全与防护培训平台，参加并通过辐射安全与防护考核。	本项目 24 名辐射工作人员均已取得辐射安全与防护考核证书，持证上岗，辐射工作人员定期进行个人剂量监测并建立个人剂量健康档案。	已落实
项目运行必须严格按照国家和省有关标准和规定实施。辐射工作人员的个人剂量约束值应严格控制在 5mSv/年以内。公众个人剂量约束值为 0.1mSv/年。	根据项目 2024 年度个人剂量检测报告和环境辐射监测报告，项目辐射工作人员和公众个人剂量约束值满足要求。	已落实
应加强各辐射工作场所和有关环保设施的日常管理和维护，定期检查各项辐射安全和防护以及污染防治措施，特别应做好加速器厂区测试以及售后调试、维	项目工作人员严格按照已建立辐射安全管理制度对辐射工作场所和环保设施进行管理和维护，加速器调试按照章程进行，	已落实

修期间的辐射安全与防护，确保各项措施实时有效、污染物稳定达标排放，严防运行故障，杜绝射线泄露、公众及操作人员被误照射等事故发生。	确保污染物达标排放，杜绝误照射事故发生。	
严格按照报告表要求，加强“两区”管理，设置加速器制造厂房小加速器测试间、大加速器测试间、同位素应用研发中心 11MeV 质子回旋加速器机房、20MeV 质子回旋加速器机房、同位素研发区前区、后区和放化实验室、放射性废物暂存间等为控制区，加速器制造厂房大加速器测试间和小加速器测试间之间的区域、大加速器测试间东侧 12m 范围内区域、同位素应用研发中心加速器机房准备区、控制间和同位素研发区配套用房等为监督区。控制区进出口处应设立醒目的警告标志，制定适用于控制区的职业防护与安全管理措施，运用管理程序和实体屏障限制进出控制区；监督区进出口处应设立表明监督区的标牌，以黄线警示监督区的边界。	验收区域“两区”划分与环评一致，控制区进出口处设立醒目的警告标志，已建立辐射安全管理制度；监督区进出口处应设立表明监督区的标牌，以黄线警示监督区的边界。	已落实
严格按照报告表要求，落实废气治理措施，项目运行期，各加速器测试间、加速器机房、同位素应用研发中心除热室和通风橱外其他区域产生的放射性废气及臭氧由机械排风系统通过各自专用排风管道引至屋顶进行排放，排风口处安装高效过滤器进行处理。同位素应用研发中心热室和通风橱产生的放射性废气经局排一级活性炭过滤器过滤处理后，由机械排风系统通过各自专用排风管道引至屋顶进行排放，排风口处安装高效过滤器进行二级处理。应定期更换高效过滤器滤芯，确保高效过滤效率不低于 99%。加速器制造厂房机械加工车间少量有机废气经移动式活性炭吸附装置净化处理。	小加速器测试间废气由机械排风系统由高效过滤器进行处理后由 15m 高排气筒排放。项目建成后，厂房内配置的移动式活性炭吸附装置主要用于处理电焊废气，处理后在厂房内排放。因厂房面积问题，电焊工序暂时取消作业，现有电焊工艺零部件外协处理，电焊设备及移动式活性炭吸附装置暂时停止使用。	已落实
严格按照报告表要求，规范放射性固体废物的收集和暂存，废靶膜、废靶托、废过滤树脂采用铅屏蔽箱收集并暂存在放射性废物暂存间内，委托有相应资质的单位定期收运储存。其余放射性固体废物采用铅屏蔽箱收集并暂存在放射性废物暂存间内，暂存超过 33 天并经监测符合排放标准（剂量率满足所处环境本底水平或 α 表面污染小于 0.08Bq/cm ² 、 β 表面污染小于 0.8Bq/cm ² ）后按一般固体	本次验收区域正常运行期间不会产生放射性固废，区域内已配置 1 个 10L 铅箱体（50mmPb）用于收集特殊情况下产生的放射性固废（因质量问题堵塞而更换的过滤树脂），收集后转运至放射性废物暂存间定期交有资质单位处理。	已落实

废物处理。废切削液、废润滑油及含油抹布、废活性炭等危险废物经集中收集暂存后交有危废处理资质的单位处理。做好有关暂存和监测记录并存档备查。	废切削液、废润滑油及含油抹布、废活性炭等危险废物经集中收集暂存后交由有资质单位处置（协议详见附件 5），并记录有关暂存情况并存档备查。含油铁屑收集后暂存于厂区危险废物暂存间内，建设单位承诺废铁屑处置前，与有资质单位签订协议规范处置。	
严格按照报告表要求，切实落实地下水污染防治措施。加强防渗设施的日常维护和隐蔽工程泄漏检测，确保防渗设施牢固安全，严防地下水污染。将放射性废物暂存间、危险废物暂存间划为重点防渗区，将加速器厂房机械加工间划为一般防渗区，并按照相关规范对重点污染防治区和一般污染防治区等采取分区防渗措施，防止地下水污染。	项目将放射性废物暂存间、危险废物暂存间划为重点防渗区，将加速器厂房机械加工间划为一般防渗区，具体防渗措施详见附件 9-1 和附件 9-2。	已落实
严格按照报告表要求，优化布局，强化声环境保护措施。选用低噪声设备，采取隔声、减振、消声等降噪措施，确保厂界噪声达标。	项目严格按照报告表要求，优化布局，强化声环境保护措施。选用低噪声设备，采取隔声、减振、消声等降噪措施，根据验收检测报告，厂界噪声达标。	已落实
应按照制定的环境辐射监测计划，定期自行开展环境辐射监测，并记录存档备查。每年应委托有资质单位开展年度环境辐射监测，并将监测结果纳入辐射安全和防护状况年度自查评估报告。	建设单位按照制定的环境辐射监测计划，定期自行开展环境辐射监测，并记录存档备查。每年应委托有资质单位开展年度环境辐射监测，并将监测结果纳入辐射安全和防护状况年度自查评估报告。	已落实
应依法对辐射工作人员进行个人剂量监测，建立辐射工作人员的个人剂量档案。个人剂量监测结果超过 1.25mSv/季的应核实，必要时采取适当措施，确保个人剂量安全；发现个人剂量监测结果异常(5mSv/年) 应当立即组织调查并采取措施，有关情况及时报告我厅。	建设单位按环评要求对辐射工作人员进行个人剂量监测，并建立辐射工作人员的个人剂量档案。根据项目 2024 年度个人剂量监测报告，项目运行期间未出现单季度个人剂量监测结果超过 1.25mSv 和个人剂量监测结果异常(5mSv/年) 的员工	已落实
应按有关要求编写辐射安全和防护状况年度自查评估报告，并于次年 1 月 31 日前经由“全国核技术利用辐射安全申报系统”上报我厅。同时，应做好“全国核技术利用辐射安全申报系统”中本单位相关信息的维护管理工作，确保信息准确完整。	项目已安排专人负责“全国核技术利用辐射安全申报系统”中本单位相关信息的维护管理工作，确保信息准确完整。	已落实

由表 3-14 和表 3-15 可知，由上表可知，项目采取的辐射防护与安全措施满足环评报告表和批复提出的相关要求。

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门决定

一、环境影响评价报告表要求与建议

1、要求

(1) 认真学习贯彻国家相关的环保法律法规，不断提高遵守法律的自觉性和安全文化素养，切实做好各项环保工作。

(2) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并及时报告上级主管单位和四川省生态环境厅。

(3) 建设单位在对辐射安全许可证进行增项之前，登录全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<http://rr.mee.gov.cn>）对建设单位所用射线装置、放射性同位素的相关信息进行填写。

2、项目竣工验收检查内容

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，建设单位是建设项目竣工环境保护验收的责任主体，应当按照本办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，公开相关信息，接受社会监督，确保建设项目需要配套建设的环境保护设施与主体工程同时投产使用，并对验收内容、结论和所公开的信息真实性、准确性和完整性负责，不得在验收过程中弄虚作假。本项目竣工环境保护验收一览表见下表。

表 4-1 环境保护设施验收一览表

类别	环保设施/措施	数量	备注
屏蔽措施	1#（原 6#）、4#（原 3#）、6#（原 1#）小加速器测试间	3 间	/
安全装置	门机连锁装置	3 套	每座测试间 1 套
	门灯连锁装置	3 套	每座测试间 1 套
	门—剂量连锁装置	3 套	每座测试间 1 套
	火灾报警仪连锁	3 套	每座测试间 1 套
	控制系统开关钥匙控制	3 套	每座测试间 1 套
	紧急停机开关	18 个	每座小加速器测试间设 4 个急停开关（迷道出口其中 1 个急停开关兼具应急开门功能）。同时，在各加速器机房控制台和工件入口处设置 1 个急停开关。
	巡检开关	9 个	每座测试间 3 个
	声光报警系统	3 套	每座测试间 1 套

	视频监控	3 套	每座测试间 1 套（每套 4 个监控探头）
	急通信设施	3 套	每座测试间 1 套
	警示标志	6 个	每座测试间 2 个
监测仪器	固定式 X- γ 剂量率仪	3 个	/
	固定式中子剂量率仪	3 个	/
	便携式 X- γ 剂量率仪	2 个	/
	便携式中子剂量率仪	2 个	/
	个人剂量计	48 个	每人 2 个（一用一备）
	个人剂量报警仪	24 台	/
台账管理	个人剂量档案	24 套	每人一套
规章制度	《辐射安全管理规定》《回旋加速器调试操作规程》《辐射防护设施设备维护维修制度》《辐射安全与环境保护制度》《辐射工作人员岗位职责》《辐射工作场所和辐射水平环境监测方案》《辐射工作人员剂量片管理制度》《辐射监测仪表使用与核验管理制度》《辐射工作人员培训制度》《辐射事故应急预案》以及《假靶使用管理制度》等辐射安全管理规章制度。	/	其中《辐射工作场所安全管理制度》《操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《应急响应程序》需张贴上墙
人员培训	辐射工作人员需参加辐射安全与防护培训，并取得相应的合格证书	/	辐射从业人员及管理人员均需上岗培训

3、建议与承诺

（1）建议

- ①不断提高工作人员素质，增强辐射防护意识，尽量避免发生意外事故。
- ②定期进行事故应急演练，检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性，不断地完善事故应急预案；
- ③根据国家及地方最新出台的法律法规，对公司辐射相关制度进行更新完善。

二、报告表的主要结论

①项目概况

项目名称：回旋加速器生产及同位素应用研发基地

建设单位：四川玖谊源粒子科技有限公司

建设地点：四川省绵阳经济技术开发区产业发展园区

建设性质：新建

本次评价内容及规模为：**1#、4#、6#**两个小加速测试间，位于加速器制造厂房西北角，用于7 MeV质子回旋加速器或11 MeV质子回旋加速器出束调试。**4#**（原3#）和**6#**（原1#）小加速测试间东侧迷道内墙和外墙均为0.6m厚混凝土，迷道门为2cm铅+25cm聚乙烯，南墙

（含楔形工件门）、西墙、北墙、屋顶均为1.2m厚混凝土；1#（原6#）小加速器测试间西侧迷道内墙和外墙均为0.6m厚混凝土，迷道门为2cm铅+25cm聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、西墙、北墙、屋顶均为1.2m厚混凝土。7MeV质子回旋加速器质子束最大能量为7MeV、束流强度最大为70 μ A，为II类射线装置；11 MeV质子回旋加速器质子束能量最大为11 MeV、束流强度最大为100 μ A，为II类射线装置。

②本项目产业政策符合性分析

本项目系核与辐射技术用于医学领域，根据中华人民共和国国家发展和改革委员会2021年第49号令《产业结构调整指导目录（2019年本、2021年修正）》，本项目属于该指导目录中鼓励类第六项“核能”中第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。

绵阳经济技术开发区经济发展和科学技术局以川投资备【2106-510796-04-01-172567】FGQB-0080号文件对本项目进行了备案。

③选址及总平面布置合理性

本项目选址位于四川省绵阳经济技术开发区产业发展园区，占地面积30780m²。项目所在地块已取得绵阳市自然资源和规划局颁发的《建设用地规划许可证》（编号510700202200025号），用地性质为一类工业用地。项目属于绵阳经济技术开发区产业发展园区鼓励类行业，符合工业集中发展区规划。项目建成投运后产生的环境影响主要为电离辐射，经屏蔽后对工作人员和公众的照射剂量低于《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）的剂量限值和本报告提出的剂量约束值。经预测分析，项目外排气载流出物所致其人员受照剂量值低于GB18871规定的公众剂量限值（1mSv/a）和本报告提出的剂量管理约束值（0.1mSv/a）。因此，本项目选址合理。

项目厂区总图布置做到了工艺流程合理、功能分区明确、雨污分流、人物分流，车间布置符合相关规范要求，环保设施布置合理，正常运行工况下，对周边环境影响较小。因此，从辐射防护和环境保护的角度而言，本项目厂区总平布置合理。

④区域环境质量现状评价结论

由监测数据可知，项目拟建场址周围环境X- γ 辐射剂量率监测值为45.6~84.1nSv/h，经换算后环境 γ 辐射空气吸收剂量率为36.9~68.0nGy/h，对比《2020年全国辐射环境质量报告》中四川省空气吸收剂量率自动监测结果67.5~121.3nGy/h，属于当地正常天然本

底辐射水平。项目区域中子剂量率低于仪器检测下限，未检出。

根据《2021年绵阳市环境质量状况年报》，绵阳市空气质量达标，涪江水质良好；涪江（谷渡口断面）水质类别达到了《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类水域标准的要求。另根据现场实测，项目厂界监测点位昼、夜噪声监测值满足《声环境质量标准》（GB3096-2008）中3类区标准昼间 $\leq 65\text{dB(A)}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB(A)}$ 要求，表明区域声学环境质量较好。

⑤正常运行工况下的辐射影响分析

项目建成投运后，工作人员受照剂量为 2.06mSv/a ，满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值（职业人员 20mSv/a ）和本报告执行的剂量约束值（职业人员 5mSv/a ）。公众受照剂量最大值为 $4.20\text{E-}02\text{mSv/a}$ ，满足《电离辐射防护与放射源安全基本标准》（GB18871-2002）要求的剂量限值（公众 1mSv/a ）和本报告执行的剂量约束值（公众 0.1mSv/a ）。

⑥辐射事故影响评价分析

经预测，假若本项目发生辐射事故，则最大的事故等级为较大辐射事故。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。

⑦辐射安全管理综合能力

玖谊源公司成立了辐射安全生产领导小组，在按照环评相关要求落实各项目管理制度后，对本项目辐射工作的种类、范围、场所而言，建设单位具备生产、销售、使用类射线装置和使用乙级非密封放射性工作场所的辐射安全管理综合能力。

⑨项目环境可行性结论

本项目符合国家产业政策，项目选址及平面布置合理，采取辐射防护措施技术可行，措施有效。在严格执行辐射防护的有关规定，辐射工作人员和公众照射剂量满足国家规定的年有效剂量限值和本评价提出的剂量约束值。评价认为，**本项目从辐射防护以及环境保护角度分析是可行的。**

二、审批部门审批决定

四川省生态环境厅于2022年7月25日以（川环审批〔2022〕80号）对《四川玖谊源粒子科技有限公司回旋加速器生产及同位素应用研发基地环境影响报告表》进行了批复。具体要求如下：

表五 验收监测质量保证及质量控制

本次验收监测单位为成都华亚科技有限公司，取得了四川省质量技术监督局颁发的资质认定证书，公司具备完整、有效的质量控制体系，并在允许范围内开展监测工作和出具有效的监测报告，保证了监测工作的合法性和有效性。具体质量保证和控制措施如下： （1）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性。 （2）监测方法采用国家有关部门颁布的标准，所有监测人员经考核并持有合格证书上岗。 （3）本次测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，按照国家相关规定及要求进行了设备检定或校准并持有合格证书，同时公司有良好的日常质量控制程序。 （4）每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否良好。 （5）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处理和填报； （6）仪器设备均定期进行相应的期间核查及实验室之间的比对，保证了设备的稳定及数据的准确性。 （7）监测报告经过严格的三级审核制度，确保了报告的质量。

表六 验收监测内容

一、放射性环境验收监测

1、监测因子

X-γ剂量率、中子剂量率

2、监测点位

成都华亚科技有限公司于 2024 年 12 月 16 日对项目辐射工作区域进行监测，本次监测点位着重考虑了防护设施的防护性能监测和对环境保护目标的影响，在设施的防护门、墙体处设置监测点。监测点位代表性强，有针对性，能够反映出本项目防护和敏感点关心情况。监测点位共计 42 个点位。（详见表 6-1 和附图 7）

表 6-1 监测布点一览表

监测点位编号	点位位置描述	
1	P1 机房南侧	机房门左侧（距门 30cm）
2		机房门中侧（距门 30cm）
3		机房门右侧（距门 30cm）
4		机房门上侧（距门 30cm）
5		机房门下侧（距门 30cm）
6	P1 机房北侧	迷道门左侧（距门 30cm）
7		迷道门中侧（距门 30cm）
8		迷道门右侧（距门 30cm）
9		迷道门上侧（距门 30cm）
10		迷道门下侧（距门 30cm）
11	P1 机房东侧	过道（距墙 30cm）
12	P1 机房南侧	大厅（距墙 30cm）
13	P1 机房西侧	P2 室（距墙 30cm）
14	P1 机房北侧	过道（距墙 30cm）
15	P4 机房南侧	机房门左侧（距门 30cm）
16		机房门中侧（距门 30cm）
17		机房门右侧（距门 30cm）
18		机房门上侧（距门 30cm）
19		机房门下侧（距门 30cm）
20	P4 机房北侧	迷道门左侧（距门 30cm）
21		迷道门中侧（距门 30cm）
22		迷道门右侧（距门 30cm）
23		迷道门上侧（距门 30cm）
24		迷道门下侧（距门 30cm）
25	P4 机房东侧	过道（距墙 30cm）
26	P4 机房南侧	大厅（距墙 30cm）
27	P4 机房西侧	P2 室（距墙 30cm）
28	P4 机房北侧	过道（距墙 30cm）
29	P6 机房南侧	机房门左侧（距门 30cm）
30		机房门中侧（距门 30cm）
31		机房门右侧（距门 30cm）

32	P6 机房北侧	机房门上侧（距门 30cm）
33		机房门下侧（距门 30cm）
34		迷道门左侧（距门 30cm）
35		迷道门中侧（距门 30cm）
36		迷道门右侧（距门 30cm）
37		迷道门上侧（距门 30cm）
38		迷道门下侧（距门 30cm）
39	P6 机房东侧	过道（距墙 30cm）
40	P6 机房南侧	大厅（距墙 30cm）
41	P6 机房西侧	P2 室（距墙 30cm）
42	P6 机房北侧	过道（距墙 30cm）

3、监测分析方法来源、使用仪器及单位

监测方法来源、使用仪器及单位见表 6-3，仪器信息见表 6-4。

表 6-3 监测方法及方法来源

项目	监测方法及来源
X-γ辐射剂量率	《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）
中子剂量率	《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）

表 6-4 监测仪器信息表

仪器名称及编号	检定/校准日期	检定/校准证书号	测量范围	能量响应范围	不确定度
X-γ辐射水平检测仪 型号：JC-5000 编号：44000513	2024.03.04	2024H21-20-512396 9001	0.01μGy/h~200μGy/h	48keV~3.0MeV	X:6.5%(k=2) γ：(k=2)
中子仪 型号：AT1117M 编号：N17401	2024.03.05	DLjs2024-02520	0.1μSv/h~10mSv/h	0.025MeV~10 MeV	4.6%(k=1)

二、非放射性环境验收监测

四川久测环境技术有限公司于 2024 年 10 月 17 日—2024 年 10 月 18 日对项目厂界噪声进行监测。

1、监测因子

等效连续 A 声级

2、监测点位

噪声检测点位信息见下表

编号	测点位置	噪声类型	检测频次	检测日期	主要声源
1#	项目东北侧厂界外 1m	工业企业厂界 环境噪声	检测 2 天，每 天昼夜各一次	2024.10.17-20 24.10.18	设备运行噪声
2#	项目东南侧厂界外 1m				
3#	项目西南侧厂界外 1m				
4#	项目西北侧厂界外 1m				

检测方法来源、使用仪器及单位见下表

检测类别	检测项目	分析方法来源	检测仪器	方法检出限值及单位
噪声	工业企业厂界环境噪声	工业企业厂界环境噪声排放标准 GB 12348-2008 环境噪声监测技术规范噪声测量值修正 HJ706-2014	多功能声级计编号: JC-XC-027	/

表七 验收监测

验收监测期间生产工况记录

验收检测期间 P1、P2 和 P4 小加速器测试间均为 11MeV 回旋加速器。调试期间，回旋加速器运行稳定，辐射安全防护措施建成并投入使用，符合《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）中相关要求。检测时束流强度及管电流均为正常调试工况，调试期间射线装置具体运营工况如下表。

表 7-1 监测期间射线装置运行工况

装置名称	技术参数	生产厂家	场所名称	检测条件
PET 医用回旋加速器		四川玖谊源粒子 科技有限公司	P1	11MeV、30μA
PET 医用回旋加速器			P4	11MeV、30μA
PET 医用回旋加速器			P6	11MeV、30μA

放射性环境验收监测结果分析

1、结果

X-γ剂量率及中子剂量率监测结果见下表 7-3。

表 7-2 验收监测 X-γ 剂量率及中子剂量率监测结果

点位信息			检测结果			
点位 编号	点位名称	检测 时间	设备正常运行			
			X-γ剂量率		中子剂量率	
			测量值 (nGy/h)	标准差	测量值 (μSv/h)	标准差
1	机房门左侧（距门 30cm）	2024 年 12 月 16 日	97	1	0.14	0.006
2	机房门中侧（距门 30cm）		98	1	0.14	0.009
3	机房门右侧（距门 30cm）		100	1	0.13	0.006
4	机房门上侧（距门 30cm）		98	1	0.13	0.006
5	机房门下侧（距门 30cm）		111	1	0.15	0.005
6	迷道门左侧（距门 30cm）		106	1	0.13	0.009
7	迷道门中侧（距门 30cm）		98	1	0.14	0.006
8	迷道门右侧（距门 30cm）		104	1	0.14	0.006
9	迷道门上侧（距门 30cm）		98	1	0.13	0.005
10	迷道门下侧（距门 30cm）		111	1	0.15	0.005
11	过道（距墙 30cm）		93	1	0.13	0.006
12	大厅（距墙 30cm）		96	1	0.13	0.006
13	P2 室（距墙 30cm）		93	1	0.14	0.005
14	过道（距墙 30cm）		98	1	0.13	0.006
15	机房门左侧（距门 30cm）		104	1	0.15	0.006

16	机房门中侧（距门 30cm）	103	1	0.15	0.006
17	机房门右侧（距门 30cm）	106	1	0.14	0.009
18	机房门上侧（距门 30cm）	105	1	0.15	0.006
19	机房门下侧（距门 30cm）	105	1	0.14	0.007
20	迷道门左侧（距门 30cm）	103	1	0.15	0.006
21	迷道门中侧（距门 30cm）	105	1	0.15	0.006
22	迷道门右侧（距门 30cm）	105	1	0.15	0.006
23	迷道门上侧（距门 30cm）	105	1	0.15	0.009
24	迷道门下侧（距门 30cm）	103	1	0.15	0.006
25	过道（距墙 30cm）	105	1	0.15	0.009
26	大厅（距墙 30cm）	104	1	0.14	0.006
27	P2 室（距墙 30cm）	106	1	0.15	0.009
28	过道（距墙 30cm）	106	1	0.15	0.005
29	机房门左侧（距门 30cm）	108	1	0.14	0.006
30	机房门右侧（距门 30cm）	106	1	0.14	0.006
31	机房门上侧（距门 30cm）	106	1	0.14	0.007
32	机房门下侧（距门 30cm）	108	1	0.15	0.005
33	迷道门左侧（距门 30cm）	108	1	0.15	0.006
34	迷道门中侧（距门 30cm）	108	1	0.15	0.006
35	迷道门右侧（距门 30cm）	109	1	0.14	0.007
36	迷道门上侧（距门 30cm）	109	1	0.15	0.006
37	迷道门下侧（距门 30cm）	107	1	0.15	0.006
38	过道（距墙 30cm）	106	1	0.15	0.006
39	大厅（距墙 30cm）	107	1	0.15	0.006
40	P2 室（距墙 30cm）	109	1	0.15	0.006
41	过道（距墙 30cm）	109	1	0.15	0.006
42					

注：1、以上监测结果未扣除本底值和仪器对宇宙射线的响应部分。

2、以上结果均已校准（设备正常运行时校准因子为 1.00，本底校准因子为 0.89）。

3、监测结果=校准因子×测量值×仪器检验源效率因子 k2（仪器无检验源，k2 取 1）。

4、空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393 附录 D 中表 D.2(监测值 Sv/Gy 取 1.20)。

（一）根据监测结果得知在正常工况下，P1 室内玖-11 回旋加速器工作时周围的 X-γ 辐射空气吸收剂量率变化范围为：93-111nGy/h,P1 中子剂量当量率范围为 0.13~0.15μSv/h; ②P4 室内玖-11 回旋加速器工作时周围的 X-γ辐射空气吸收剂量率变化范围为：103~105nGy/h, P4 中子剂量当量率范围为 0.14~0.15μSv/h;③P6 室内玖-11 回旋加速器工作时周围的 X-γ辐射空气吸收剂量率变化范围为：106~109nGy/h,P6 中子剂量当量率范围为

职业人员及公众受照剂量具体见下表：

表 7-5 职业人员受照剂量分析表

序号	场所名称	空气吸收剂量率变化范围 (μSv/h)	中子剂量当量率变化范围 (μSv/h)	全年累计受照射剂量 (μSv/h)	居留因子	年有效最大出束时间 (h)	受照剂量 (mSv/a)
					职业人员		职业人员
1	P1 室	0.11~0.13	0.13~0.15	0.28	1	160	4.48E-02
2	P4 室	0.12~0.13	0.14~0.15	0.28			
3	P6 室	0.13~0.13	0.14~0.15	0.28			
4	场所叠加 ^①	0.39	0.45	0.84		160	1.34E-01

注：①保守按三个场所叠加在一起数值计算最不利情况。

表 7-6 空气吸收剂量率换算结果一览表

序号	场所名称	空气吸收剂量率变化范围 (nGy/h)	空气吸收剂量率变化范围 (nSv/h)	空气吸收剂量率变化范围 (μSv/h)
1	组装区工作人员	93	112	0.11
2	机械加工区工作人员	325	390	0.39
3	地面停车场流动人员	109	131	0.13
4	厂区道路流动人员	325	390	0.39

注：1、组装区位于加速器测试间东侧，按 P1 室东侧监测数据叠加进行预测。

2、机加工区位于加速器测试间南侧，按 P1、P4 和 P6 室南侧监测数据叠加进行预测。

3、地面停车场位于加速器测试间西侧，按 P6 室西侧监测数据叠加进行预测。

4、厂区道路位于加速器测试间北侧，按 P1、P4 和 P6 室北侧墙外监测数据叠加进行预测。

5、空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393 附录 D 中表 D.2（监测值 Sv/Gy 取 1.20）。

表 7-7 公众人员受照剂量分析表

序号	场所名称	空气吸收剂量率 (μSv/h)	中子剂量当量率 ^① (μSv/h)	全年累计受照射剂量 (μSv/h)	居留因子	年有效最大出束时间 (h)	受照剂量 (mSv/a)
1	组装区工作人员	0.11	0.13	0.24	1/2	160	1.92E-02
2	机械加工区工作人员	0.39	0.45	0.84	1/2	160	6.72E-02
3	地面停车场流动人员	0.13	0.15	0.28	1/8	160	5.60E-03
4	厂区道路流动人员	0.39	0.45	0.84	1/8	160	1.68E-02

注：1、组装区位于加速器测试间东侧，按 P1 室东侧监测数据叠加进行预测。

- 2、机加工区位于加速器测试间南侧，按 P1、P4 和 P6 室南侧监测数据叠加进行预测。
- 3、地面停车场位于加速器测试间西侧，按 P6 室西侧监测数据叠加进行预测。
- 4、厂区道路位于加速器测试间北侧，按 P1、P4 和 P6 室北侧墙外监测数据叠加进行预测。

由上述计算结果可知：本项目设备在正常运行时，测试间工作人员受照剂量最大为 4.48E-02mSv/a，极端情况下三个场所同时运行叠加后的剂量率为 1.34E-01mSv/a。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值 20mSv/a 和本项目职业照射剂量约束值 5mSv/a 的要求；本项目设备在正常运行时，测试间外公众受照的最大受照剂量为 6.72E-02mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值 1mSv/a 和本项目公众照射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

5、职业人员个人剂量率监测值

项目辐射工作人员均专人专岗，建设单位每个季度安排辐射工作人员进行个人剂量进行监测，并建立辐射工作人员个人剂量档案。2024 年项目辐射工作人员个人剂量监测结果如下表。

表 7-8 辐射工作人员个人剂量监测结果

姓名	2024 年第一 季度监测结 果（mSv）	2024 年第二 季度监测结 果（mSv）	2024 年第三 季度监测结 果（mSv）	2024 年第四 季度监测结 果（mSv）	2024 年全年 剂量（mSv/a）	备注
■	0.1023	0.0256	0.0575	0.01 ^①	0.1379	/
■	0.0718	0.0646	0.0484	0.8199	1.0047	/
■	0.0722	0.6727	0.1333	0.1652	1.0434	/
■	0.144	0.0915	0.3828	0.8028	1.4211	/
■	0.1419	0.0887	0.0323	0.0465	0.3094	/
■	0.1137	0.1076	0.1969	0.1647	0.5829	/
■	0.0956	0.1758	1.028	0.1142	1.4136	/
■	0.073	0.01 ^①	0.1266	0.0675	0.2771	/
■	0.1292	0.1143	0.1285	0.091	0.463	/
■	0.0966	0.01 ^①	0.0229	0.1702	0.2997	/
■	0.1376	0.0886	0.0542	0.7972	1.0776	/
■	0.1106	0.01 ^①	0.0499	0.156	0.3265	/
■	0.01 ^①	0.1614	0.1244	0.0457	0.3415	/
■	0.01 ^①	0.01 ^①	0.0955	0.1808	0.2963	/
■	0.0382	0.01 ^①	0.0493	0.0594	0.1569	/
■	0.289	0.2516	0.2819	0.2098	1.0323	/
■	0.3445	0.1178	0.3348	0.3859	1.183	/
■	0.1235	0.1821	0.19	0.1639	0.6595	/
■	0.1013	0.2998	0.0606	0.124	0.5857	/
■	/	/	/	/	/	新员工
■	/	/	/	/	/	
■	/	/	/	/	/	

	/	/	/	/	/	
	/	/	/	/	/	

①检出值小于仪器检出限值，数据统一按仪器检出限值的 1/2 填报个人计量档案
②新员工进入辐射工作场所时间未满 3 个月，故未进行个人剂量监测。

根据表 7-7，2024 年度全厂辐射工作人员单季度剂量最大为 1.028mSv，未超过 1.25mSv 限值；全年累计剂量最大为 1.4211mSv，未超过 5mSv 限值。因此，2024 年全厂辐射工作人员个人剂量监测结果均满足要求。

声环境验收监测结果分析

四川久测环境技术有限公司于 2024 年 10 月 17 日—2024 年 10 月 18 日对建设单位厂界环境噪声进行监测，监测结果如下：

表 7-9 厂界环境噪声监测结果

监测日期	测点编号	昼间			夜间		
		监测结果	标准限值	评价	监测结果	标准限值	评价
2024.10.17	1#	58	65	达标	52	55	达标
	2#	53			43		
	3#	52			47		
	4#	51			47		
2024.10.18	1#	60			51		
	2#	52			45		
	3#	51			46		
	4#	50			46		

根据厂界环境噪声监测结果，该项目噪声检测结果符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）表 1 中三类标准限值。

表八 验收监测结论

1、项目建设内容

四川玖谊源粒子科技有限公司投资 5000 万元在绵阳市经开区建设回旋加速器生产及同位素应用研发基地。项目占地面积 30780m²，建设内容包括加速器制造厂房、同位素应用研发中心及配套的供水、供电等公辅设施，总建筑面积 11740m²。加速器制造厂房建 2 条 11MeV 质子回旋加速器批量化生产线、1 条 7MeV 质子回旋加速器批量化生产线、1 条 20MeV 质子回旋加速器批量化生产线，年加工、调试和销售 7MeV 质子回旋加速器 10 台、11MeV 质子回旋加速器 10 台、20MeV 质子回旋加速器 10 台。

根据实际建设及投运情况，本次对加速器制造厂房除大加速器测试间、2#（原 5#）小加速器测试间、3#（原 4#）小加速器测试间、5#（原 2#）小加速器测试间外的其他区域进行验收，主要包括 1#（原 6#）小加速器测试间、4#（原 3#）小加速器测试间和 6#（原 1#）小加速器测试间、机械加工车间、研发区、加速器组装区、控制柜组装区、成品区，其余建设内容在后续投运后分期进行验收。

在本次验收区域，实际建设情况除小加速器测试间名称改变、机械加工车间设备变更，固废处理设施位置变化和废气治理系统新增排气筒外，其余情况与环评报告表及其环评批复建设内容一致。项目验收区域现场照片见下表。

2、辐射安全设施和防护措施

（1）1#（原 6#）小加速器测试间西侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、东墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。4#（原 3#）、6#（原 1#）小加速器测试间东侧迷道内墙和外墙均为 0.6m 厚混凝土，迷道门为 2cm 铅+25cm 聚乙烯，南墙（含楔形工件门）、西墙、北墙、屋顶均为 1.2m 厚混凝土。

（2）本项目工件门及迷道门已设置“当心电离辐射”警告标志，工件屏蔽门已设置限位开关，检测屏蔽门的开闭状态并与加速器联锁；屏蔽门上方设置照射状态指示灯和告警装置并与加速器联锁；加速器测试间内部安装固定式剂量监测系统并与防护门联锁当剂量超过设定限值时，防护门无法从外部开启；每个测试间内安装火灾报警仪1套，发生火灾触发报警时，加速器停止工作、通风系统开启排风；加速器系统将设置登录页面，所有进行加速器操作的人员均将设置不同的登录名和密码。加速器对不同的用户开放不同的权限等

级，当操作人员下达没有使用权限的加速器指令时，加速器将不会执行相应的指令；在小加速器测试间设4个急停开关（测试间大厅内安装2个、迷道口安装2个）。同时，在各加速器机房控制台和工件门口各设置1个急停开关。上述急停开关均在按钮旁设置有明显的文字提示，并与加速器联锁，按下急停开关，加速器立即停止出束。此外，靠近加速器迷道门出口处的急停开关兼具开门功能；在小加速器测试间设3个巡检开关。当机房防护门打开后，巡检开关自动复位，工作人员在关闭防护门前，需先进行巡检，并按下所有巡检开关后，防护门方可关闭。

（3）本项目辐射工作人员已全部参加了辐射安全与防护培训并通过了辐射安全与防护考核，均配备个人剂量计，建立个人剂量和健康档案；配备了个人剂量报警仪和X/γ辐射监测仪等辐射监测设备。

（4）建设单位成立了辐射防护领导小组，明确了辐射管理机构和职责。完善了石墨体积分监测系统的操作规程、岗位职责等辐射安全管理制度，《辐射工作场所安全管理要求》《辐射工作设备操作规程》《辐射工作人员岗位职责》《辐射事故应急响应程序》已制定并上墙。

3、现场监测结果及评价结论

（二）根据监测结果可知，①P1 室内玖-11 回旋加速器工作时周围的 X-γ辐射空气吸收剂量率变化范围为：93-111nGy/h,P1 中子剂量当量率范围为 0.13~0.15μSv/h;②P4 室内玖-11 回旋加速器工作时周围的 X-γ辐射空气吸收剂量率变化范围为：103~105nGy/h, P4 中子剂量当量率范围为 0.14~0.15μSv/h;③P6 室内玖-11 回旋加速器工作时周围的 X-γ辐射空气吸收剂量率变化范围为：106~109nGy/h,P6 中子剂量当量率范围为 0.14~0.15μSv/h。④当三个加速器测试间同时进行调试时，X-γ辐射空气吸收剂量率保守最大叠加值为 325nGy/h，中子剂量率最大为 0.45μSv/h，能满足环评报告中提出的 2.5μSv/h 的剂量率限值要求。

由上述计算结果可知：本项目设备在正常运行时，测试间工作人员受照剂量最大为 4.48E-02mSv/a，极端情况下三个场所同时运行叠加后的剂量率为 1.34E-01mSv/a。低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）对职业人员要求的剂量限值 20mSv/a 和本项目职业照射剂量约束值 5mSv/a 的要求；本项目设备在正常运行时，测试间外公众受照的最大受照剂量为 6.72E-02mSv/a，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

（GB18871-2002）对公众要求的剂量限值 1mSv/a 和本项目公众照射剂量约束值 0.1mSv/a 的要求。

根据建设单位提供的 2024 年辐射工作人员个人剂量监测报告,2024 年度全厂辐射工作人员单季度剂量最大为 1.028mSv, 未超过 1.25mSv 限值; 全年累计剂量最大为 1.4211mSv, 未超过 5mSv 限值。因此, 2024 年全厂辐射工作人员个人剂量监测结果均满足要求。

根据厂界环境噪声监测结果, 本项目噪声检测结果符合《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）表 1 中三类标准限值。

综上, 本项目的建设符合公司《回旋加速器生产及同位素应用研发基地环境影响报告表》及其批复的要求, 环保设施已落实, 环保制度健全, 经现场检查无《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》中所列验收不合格情形存在, **建议通过环境保护验收。**

4、建议

（1）验收审查结束后将验收监测报告表及验收组意见进行公示和备案。

（2）经常检查辐射工作场所的电离辐射标志和电离辐射警告标志, 工作状态指示灯, 若出现松动、脱落或损坏, 应及时修复或更换。

（3）定期进行事故应急演练, 检验应急预案的可行性、可靠性、可操作性, 不断地完善事故应急预案。