

核技术利用建设项目

中国超重元素专用加速器装置项目

环境影响报告书

(征求意见稿)

建设单位：中国科学院近代物理研究所

环评单位：中国原子能科学研究院

编制日期：2020年9月

说明

中国原子能科学研究院受中国科学院近代物理研究所的委托，承担“中国超重元素专用加速器装置项目”的环境影响评价工作。现根据国家法规及规定，并经中国科学院近代物理研究所同意向公众进行第二次信息发布，公开环评内容。

本文内容为现阶段环评成果。下一阶段，将在听取公众、专家等各方面意见的基础上，进一步修改完善。

目 录

1	概述.....	5
1.1	项目名称、地点.....	5
1.2	本项目建设目的与意义.....	5
1.2.1	建设目的.....	5
1.2.2	必要性.....	5
1.2.3	建设规模及内容.....	6
1.3	编制依据.....	7
1.3.1	遵循的法律、法规、部门规章和导则.....	7
1.3.2	采用的标准.....	7
1.4	评价标准.....	8
1.4.1	剂量限值.....	8
1.4.2	剂量约束值.....	9
1.4.3	事故控制值.....	9
1.4.4	加速器机房屏蔽体外剂量率控制水平.....	9
1.4.5	臭氧和氮氧化物控制标准.....	9
1.4.6	水污染物排放标准.....	10
1.5	评价范围和保护目标.....	10
1.5.1	评价范围.....	10
1.5.2	保护目标.....	11
2	自然环境与社会环境概况.....	13
2.1	地理位置.....	13
2.2	自然环境概况.....	13
2.2.1	地形、地貌特征.....	13
2.2.2	地质构造.....	13
2.2.3	气候气象.....	14
2.2.4	水文概况.....	14
2.3	社会经济状况.....	15
2.3.1	人口情况.....	15
2.3.2	经济状况.....	16
2.4	辐射环境现状.....	16
3	建设项目环境影响预测及拟采取的主要措施及效果.....	17
3.1	污染因子.....	17
3.1.1	正常工况.....	错误!未定义书签。
3.1.2	事故工况.....	错误!未定义书签。
3.2	主要环境影响及其预测评价结果.....	18
3.2.1	正常运行阶段.....	18
3.2.2	事故情况下.....	19
3.3	辐射防护措施.....	19
3.3.1	工作场所分区.....	19
3.3.2	辐射屏蔽.....	19
3.3.3	安全联锁系统.....	19

3.3.4	其他防护措施.....	20
3.4	三废治理.....	20
3.4.1	废气处理措施.....	20
3.4.2	放射性废液处理措施.....	20
3.4.3	放射性固体废物处理措施.....	21
4	环境影响评价结论.....	21

1 概述

1.1 项目名称、地点

项目名称：中国超重元素专用加速器装置项目

建设性质：改建

建设地点：兰州市南昌路 509 号中国科学院近代物理研究所 4 号楼一楼大厅（半地下室）

1.2 本项目建设目的与意义

1.2.1 建设目的

开展超重元素合成与核反应新机制研究（前沿基础、重大科学问题研究），依托装置提供的 4~7MeV/u 重离子束流和先进鉴别技术，成为世界领先的超重元素合成研究专用装置，提供的束流强度与国际同类装置相比最强，是目前国际最高水平 2 倍以上，有利于保障我国在超重元素合成国际竞争中的优势地位。

1.2.2 必要性

化学元素是具有相同核电荷数的一类原子的总称。92 号元素铀是天然存在的最重元素，超铀元素都是利用核反应人工合成的。通常认为核电荷数大于 103 的原子核为超重核素，对应的元素为超重元素。产生超重元素的前提是合成超重核素。超重元素和超重核素研究统称为超重研究。在超重研究中，合成新元素拓展化学元素周期表、确定超重元素的化学性质、探索超重核稳定岛是核物理前沿焦点研究领域。

经过半个多世纪的不懈努力，合成了第七周期所有元素，已将元素周期表扩展至 118 号元素，取得了巨大成就。目前，超重核研究最大的关切是合成 119 和

120 号新元素、开启周期表第八周期；确定 118 号以上元素的化学性质，检验元素周期律的外推性。

在本世纪初期，依托兰州重离子加速器装置，中国科学院近代物理研究所部署了超重核实验研究。在国家的支持下，中科院近代物理研究所研制了充气反冲分离器和单原子核鉴别测量装置，取得了以合成两种超重新核素和若干缺中子超重新核素为代表的研究成果。

依托强流重离子加速器，利用熔合反应是产生新元素的唯一方法。由于超重元素产生截面极低，为了合成新元素并研究超重元素的化学性质，必须建造强流重离子加速器装置。根据先导专项 B “新元素合成与超重核稳定岛探索”的计划要求，中科院近代物理研究所计划研制超重核研究专用强流重离子加速器，产生能量为 7MeV/u 国际上最强重离子束流，为合成超重新元素、研究超重元素的化学性质、利用多核子转移反应产生丰中子超重核素提供国际先进实验条件。

1.2.3 建设规模及内容

本项目为近物所现有质子直线加速器辐射工作场所改建而成，主要是将现有 25MeV 的质子直线加速器改造成超重元素专用加速器装置场所，其加速器离子由原来的质子扩张到超重离子，本项目超重元素专用加速器装置位于中科院近代物理研究所 4 号楼一楼大厅(半地下室)内，涉及占地面积约 1200m²。

超重核研究专用强流重离子加速器是在原来 25MeV 超导强流质子直线加速器的基础上，更换常温质子源为超导离子源，拉长了低能传输线（LEBT）的长度，更换了 RFQ，超导加速段中去掉原 CM4，同时将原 CM3 变为 CM4，增加与 CM1 和 CM2 相同的 CM 作为 CM3，增加超重终端和实验终端，增加相应的磁铁、电源、控制等响应设备，增加实验终端区域的屏蔽。

根据项目特点，改造后单个超重离子的最大能量为 7MeV/u，以 ⁵⁸Fe²⁰⁺ 为例，该离子总能量为 406MeV，根据《射线装置分类办法》的规定，本项目属于使用 I 类射线装置项目。

1.3 编制依据

1.3.1 遵循的法律、法规、部门规章和导则

本报告书的编制遵循或参考下述法规文件：

- (1) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年；
- (2) 《中华人民共和国环境保护法》，2014 年；
- (3) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2019 年；
- (4) 《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；
- (5) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院第 682 号令，2017 年；
- (6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，2019 年；
- (7) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2018 年 4 月 28 日；
- (8) 《放射性废物安全管理条例》，国务院第 183 次常务会议，2011 年 11 月 30 日；
- (9) 《射线装置分类》国家环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 06 日；
- (10) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》，生态环境部公告 2019 年第 57 号，2019 年 12 月 24 日；
- (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 9 月 20 日；
- (11) 项目委托书。。

1.3.2 采用的标准

本报告书遵循以下主要标准：

- (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (2) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）；
- (3) 《辐射环境监测技术规范》（HJ/T61-2001）；
- (4) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；
- (5) 《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第五部分：质子加速器放射治疗机房》（GBZ/T201.5-2015）；
- (6) 《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）；
- (7) 《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》（GBZ2.1-2019）；
- (8) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）；
- (9) 《污水综合排放标准》（GB8978-1996）。

1.4 评价标准

1.4.1 剂量限值

本项目执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）的规定，剂量限值如下：

1.4.1.1 职业照射

应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过以下限值：

- a) 由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量，20mSv；
- b) 任何一年中的有效剂量，50mSv；
- c) 四肢或皮肤的当量剂量，500mSv/a。

1.4.1.2 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过以下限值：

- a) 年有效剂量, 1mSv;
- b) 特殊情况下, 如果 5 个连续年的年平均剂量不超过 1mSv, 则某一单一年份的有效剂量可提高到 5mSv;
- c) 四肢或皮肤的当量剂量, 50mSv/a。

1.4.2 剂量约束值

1.4.2.1 工作人员剂量约束值

本项目工作人员的剂量约束值为 5mSv/a。

1.4.2.2 公众剂量约束值

本项目公众照射的剂量约束值取上述限值的 1/10, 为 0.1 mSv/a。

1.4.3 事故控制值

结合本项目的特点, 事故时, 工作人员剂量控制值取 5mSv, 公众剂量控制值取 0.1mSv。

1.4.4 加速器机房屏蔽体外剂量率控制水平

根据《放射治疗机房的辐射屏蔽规范第五部分: 质子加速器放射治疗机房》(GBZ/T 201.5-2015), 如屏蔽外人员居留因子如 $<1/2$, 则屏蔽外的剂量率限值为 $10 \mu\text{Sv/h}$; 如人员居留因子 $\geq 1/2$, 则其限值为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

根据以上标准及该项目的具体情况, 对该项目采用的剂量管理约束值如下:

- (1) 超重元素专用加速器装置所在场所地下一层、屋顶屏蔽体外剂量率控制水平设为 $10 \mu\text{Sv/h}$;
- (2) 其他区域屏蔽体外剂量率控制水平设为 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

1.4.5 臭氧和氮氧化物控制标准

实验室内臭氧和氮氧化物的浓度执行《工作场所有害因素职业接触限值-化学有害因素》标准，即臭氧的最高允许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物的短间接接触允许浓度 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

场所周围臭氧和氮氧化物标准执行《环境空气质量标准》（2012年）中的二级标准，即臭氧的浓度限值一小时平均为 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，二氧化氮的浓度限值一小时平均为 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 。

1.4.6 水污染物排放标准

根据《污水综合排放标准》（GB8978-1996），车间或者车间处理设施排放口处总 α 和总 β 排放限值分别为 $1\text{Bq}/\text{L}$ 和 $10\text{Bq}/\text{L}$ 。

根据《电离辐射与辐射源安全基本标准》的第 8.6.2 款规定，不得将放射性废液排入普通下水道，除非经审管部门确认是满足下列条件的低放废液，方可直接排入流量大于 10 倍排放流量的普通下水道，并应对每次排放作好记录：

a) 每月排放的总活度不超过 10ALImin （ ALImin 是相应于职业照射的食入和吸入 ALI 值中的较小者，其具体数值可按 B1.3.4 和 B1.3.5 条的规定获得）；

b) 每一次排放的活度不超过 1ALImin ，并且每次排放后用不少于 3 倍排放量的水进行冲洗。

1.5 评价范围和保护目标

1.5.1 评价范围

为确保本项目周围区域内活动的公众和工作人员所受到的辐射低于相应的剂量约束值，根据《辐射环境保护管理导则——技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（2016）的规定和要求，放射源和射线装置应用项目的评价范围，通常取装置所在场所实体屏蔽物边界外 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），对于 I 类放射源或 I 类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大。本项目评价内容为使用 I 类射线装置场所

实体边界外 100m 的区域。

1.5.2 保护目标

保护目标为以 I 类射线装置使用场所实体边界外 100m 区域内的相关人员，其敏感目标主要为评价范围内的企事业单位、学校、医院及居民点；通过现场调查，评价范围内保护目标分布情况见图 1-1 和表 1-1。

表 1-1 辐射工作场所 100m 范围敏感目标情况

序号	方位	周围敏感目标场所	人员类别	最近距离, m
1	北	兰州泰基新技术有限责任公司研制中心	公众,约 100 人	45
2	北北东	科化写字楼	公众, 约 100 人	50
3	东北	化物所二区 4 号和 7 号居民楼	公众, 约 300 人	80
4	东	兰州分院学生公寓	公众, 约 100 人	25
5	东南	寒旱所南昌路家属楼	公众, 约 300 人	75
6	东南	分院食堂	公众, 约 300 人	22
7	东南南	蓝楼公寓	公众, 约 200 人	50
8	南	化物所办公楼	公众, 约 40 人	90
9	南	CSR 水泵房	一般无人	3
10	南	9 号楼磁场机械楼	公众, 约 100 人	50
11	南南西	7 号楼重离子束治疗研究中心	公众, 10 人	60
12	西南	低温科研楼	公众, 20 人	15
13	西南	兰州重离子加速器国家实验室	公众, 约 20 人	30
14	西	3 号楼电子加速器及应用研究中心	公众, 约 20 人	5
15	西	放射源库	偶有公众, 约 2 人	15
16	西	2 号楼离子源室	公众, 约 25 人	100
17	西北	8 号楼 (渭源路派出所、商业办公)	公众, 约 50 人	30
18	西北	兰州化物所科化小区一区商业办公楼	公众, 约 50 人	70
19	西北	收发门卫室	公众, 约 2 人	90
20	西北	南昌路 674 号商业办公楼	公众, 约 50 人	95

2 自然环境与社会环境概况

2.1 地理位置

本项目位于甘肃省兰州市南昌路 509 号近物所院内的甘肃先进加速器技术工程实验室地下一层大厅，其东为化物所道路，北面为南昌路，南面为篮球场，西面为空地及放射源暂存库。

2.2 自然环境概况

2.2.1 地形、地貌特征

兰州市位于黄河中上游黄土高原，是一个东西长(约 50km)，南北窄(约 2~8km)的连续河谷盆地中的沿河带状城市。受地质构造的控制，黄河在兰州段形成三个串珠状阶地型河谷盆地，即新城-河口盆地、西固-七里河盆地和城关-雁滩盆地。黄河自西向东纵贯全市，市区位于西固-七里河盆地和城关-雁滩盆地，分割成城关、盐场、七里河、安宁、西固等五块自然小区。全市地貌可分为石质、高、中、低山地；黄土丘陵峁沟谷地；河谷川台盆地；这三种类型分别占全市面积的 65%、20%、15%。市区海拔 1520m，南有皋兰山，海拔 2159m，北有九州台，海拔 2067m，地形相对高差最大约 600m。

2.2.2 地质构造

兰州市位于北西西向马衔山-兴隆山-通渭断裂带和北北西向庄浪河断裂带的交汇部位。前一断裂带的马衔山-雾宿山断裂在市区以南通过，距市区最近距离约 17km；庄浪河断裂在河口附近进入兰州黄河谷地、距城关区约 20km。城关区内未发现区域性规模较大的断裂，但存在上述两构造方向的次一级断裂，主要为：金城关断层为第四纪早中期断层，长约 25km；雷坛河断层活动时代为第四纪早中期，长度为 13.5km，逆断层；寺儿沟断层活动时代为第四纪早中期，长度约 10.0km，逆断层；西津村断层活动时代为第四纪早期，长度约 29km；马

街山北缘断层具分段活动性。其中，中东段马街山段为晚更新世-全新世早期活动，中西段得七道梁段为晚更新世中期活动，而西段的雾宿山段为晚更新世-全新世活动。

2.2.3 气候气象

据兰州市气象台多年资料统计，主要气象要素平均值及极值见下错误!未找到引用源。。

表 2-1 厂址地区气象特征

项目	气象特征	特征值
气温	年平均气温	9.3℃
	一月平均气温	-6.8℃
	七月平均气温	22.6℃
	极端最高气温	39.1℃
	极端最低气温	-21.7℃
风向	年主导风向	NE
风速	年平均风速	1.0m/s
	1 月份平均风速	0.6 m/s
	7 月份平均风速	1.4 m/s
静风频率	全年静风频率	62%
	1 月份静风频率	79%
	7 月份静风频率	49%
气压	年平均气压	829hpa
相对湿度	年平均相对湿度	59%
降水	年平均降水量	327.7mm
	平均蒸发量	1482mm
日照	年平均日照时数	2520.3h
积雪	最大积雪厚度	10cm

2.2.4 水文概况

(1) 地表水

本项目所在地的地表水系主要是黄河。黄河是区内最大的过境河流，自西固达川进入城区，由西向东横贯兰州城区，于城关桑园峡流出城区。城区内流

程约 45km，河面宽度 100~700m，水深多在 1.5~3.0m，河道平均比降约 1%，兰州水文站以上流域面积 222551km²。

据黄河兰州水文站统计资料，近代黄河水文历史总体可以分为三个阶段：1968 年刘家峡水库蓄水以前，黄河水流呈自然状态，据 1935~1968 年统计资料，多年平均流量 1100m³/s，历年最大流量 5900m³/s，最小流量 60.2m³/s，多年平均含沙量 3.56kg/m³；1968 年刘家峡水库建成蓄水后，对黄河流量起到了调节作用，据 1971~1983 年统计资料，多年平均流量 997m³/s，多年平均含沙量 1.59kg/m³；1986 年 4 月龙羊峡水库建成蓄水后，对黄河流量起到进一步的调节，受人工控制调节，径流的年际和年内分配趋于平稳，黄河上游遇洪水发生几率降低，枯水流量基本保持稳定、变化幅度小。据 1987 年~2005 年统计资料，其间多年平均流量 817m³/s。市内主要支流有雷坛河、寺儿沟、西果园沟、黄峪沟等，市区其余小型沟谷均为季节性沟谷，遇暴雨产生洪水或泥石流。

(2) 地下水

黄河从场区北侧流过，为本区主要地表水来源，也是地下水的主要补给来源。河堤普遍存在地下水，属阶地潜水类型，与黄河水直接连通，地下水位主要随黄河水位涨落而有升降，一般春、冬季较低，夏、秋季较高。地下水埋藏于第四系粉细砂及卵石层层中，透水性较好，水位标高变化与 1506.55m~1508.08m 之间，一般由西南向东北方向流动。场区地下水对混凝土具有弱中等腐蚀性。

2.3 社会经济状况

2.3.1 人口情况

根据《2019 年兰州市国民经济和社会发展统计公报》，2019 年年末兰州市全市户籍人口为 331.92 万人，其中，城镇人口 235.72 万人，乡村人口 96.2 万人。年末全市常住人口 379.09 万人，比上年末增加 3.73 万人。其中，城镇人口 307.21 万人，占常住人口比重(常住人口城镇化率)为 81.04%，比上年末提高 0.01 个百分点。全年出生人口 3.41 万人，出生率为 9.0‰；死亡人口 2.1 万

人，死亡率为 5.53%；人口自然增长率为 3.47%。

2.3.2 经济状况

根据《2019 年兰州市国民经济和社会发展统计公报》，2019 年，兰州市全年地区生产总值 2837.36 亿元，比上年增长 6%。其中，第一产业增加值 51.68 亿元，增长 5.5%；第二产业增加值 945.38 亿元，增长 1.9%；第三产业增加值 1840.3 亿元，增长 8.4%。三次产业结构比为 1.82:33.32:64.86。按常住人口计算，人均地区生产总值 71772 元，比上年增长 5.1%。

年末全市就业人员 230.86 万人，其中城镇就业人员 165.46 万人。全年城镇新增就业 9.36 万人，其中失业人员再就业 3.75 万人。年末城镇登记失业率为 3.38%。全年输转城乡富余劳动力 25.94 万人，创劳务收入 64.17 亿元。

全年居民消费价格累计上涨 2.2%。其中，食品烟酒上涨 5.6%，衣着上涨 1.3%，生活用品及服务上涨 1.2%，医疗保健上涨 2.5%，教育文化和娱乐上涨 0.8%，其他用品和服务上涨 2.5%，交通和通信下降 0.4%，居住下降 0.1%。商品零售价格累计上涨 2.0%。

按照每人每年 3800 元(2010 年不变价)的农村贫困标准计算，年末全市农村贫困人口为 0.38 万人，比上年末减少 1.02 万人；农村贫困发生率 0.32%，比上年下降 0.9 个百分点。

2.4 辐射环境现状

环评单位对辐射工作场所及周围环境进行了 γ 剂量率水平、中子剂量率水平调查和监测，结果表明，项目所在地周围现状辐射水平没有异常，处于环境本底水平。

3 建设项目环境影响预测及拟采取的主要措施及效果

3.1 污染因子

离子加速器运行时产生的辐射场，包括加速器运行时产生的“瞬发辐射场”和加速器停机后依然存在的“残余辐射场”。瞬发辐射是加速器运行时损失束流与加速器部件和屏蔽体等发生核反应产生，特点是能量高、辐射强，但会随着加速器的停机而完全消失；残余放射性主要来自加速器部件、设备冷却水、隧道内空气被主束或次级粒子轰击产生的活化产物，在加速器停机后依然存在。

对于加速器，其能量、流强变化大，束流在轰击靶时全部损失。加速器运行时产生的辐射主要是高能粒子引起的核反应而发射的瞬发中子，主要包括由核内级联产生的高能中子及复合核退激出射的蒸发中子（各向同性部分）两部分，其它粒子（电子， γ 射线等）不论是产生的量还是穿透能力皆小于中子，同时，次级中子也是造成空气、冷却水和屏蔽体活化。

（1）瞬发辐射

加速器瞬发源项是由束流损失部位和材料决定的本项目质子束流单个核子能量和束流最大，主要考虑质子束流形成、加速、传输、引出以及对束流能量和截面的调整过程中发生束流损失，损失的质子与加速器的部件，如磁铁、选能器、准直器、夹缝、束流阻挡器等物质的原子发生相互作用(称为打靶)，由此产生大量中子和 γ 射线，束流损失点正是瞬发辐射的源点，本项目加速器的前级束流损失较小，束流损失最大的位置是终端，其中质子束流的终端 beamdumper 处束流损失最大。

（2）感生放射性

感生放射性主要是主束或次级中子与靶、加速器部件、设备冷却水及隧道内的空气相互作用引起的。其辐射水平取决于加速离子的能量、流强、加速器运行时间、冷却时间和被照材料性质等诸多因素。一般来说，半衰期长的核素产生的速率很低，而半衰期短的核素则衰变得非常快，因此，所关注的核素为

那些半衰期在几分钟到几年之间的核素（与加速器运行时间相当），其中短寿命的核素在运行中总能达到饱和活度，当加速器刚停机时是辐射剂量的主要来源。

3.1.1 事故情况下

（1）安全联锁失效事故

超重元素合成装置运行时，由于安全联锁装置失灵，运行期间工作人员或公众可能误入加速器大厅内未及时发现，造成工作人员或公众误照。

（2）人员滞留事故

事故工况的极端状态就是加速器开机但加速器强大厅内有人员滞留的情况。在辐射防护联锁系统的保护下，人员不可能在加速器建筑周围防护门完全关闭，加速器待开机前还滞留在大厅；一旦发生这种极端情况，人员也可以通过安装在大厅内的紧急开门打开防护门离开大厅。射线装置的辐射场性质为瞬发场，极端事故情况时加速器会立即停止，切断辐射源。

（3）通风系统故障事故

在加速器运行过程中通风系统出现故障，加速器仍然长时间运行，导致臭氧积累使工作室内浓度增高；

（4）冷却水管道破裂事故

加速器放射性冷却水冷却管道破裂，造成放射性冷却水外泄。

3.2 主要环境影响及其预测评价结果

3.2.1 正常运行阶段

（1）屏蔽墙外剂量率、工作人员及公众受照剂量

通过屏蔽计算，加速器装置工作场所屏蔽墙体外及防护门外剂量率水平满足剂量率控制水平的要求。加速器装置运行过程中，工作人员和公众所受剂量

均低于其剂量约束值（工作人员：5mSv/a；公众 0.1mSv/a）。

（2）有害气体

加速器装置运行过程中，产生的臭氧和氮氧化物对工作人员是安全的。

3.2.2 事故情况下

通过对典型事故情景分析及对工作人员和公众造成的剂量计算可知，事故情况下工作人员的受照剂量低于事故控制值 5mSv，对公众造成的剂量小于其控制值，其影响是可以接受的。

3.3 辐射防护措施

本项目为保证工作人员及公众安全，本项目所采取的措施主要有：

3.3.1 工作场所分区

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应将辐射工作场所分为监督区和控制区，以便于辐射防护管理和职业照射控制，需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，对控制区运用行政管理程序（如工作许可证制度）和门禁装置限制进入控制区。监督区通常不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价。因此，本项目地下一层加速器装置所在区域为控制区，地下一层除加速器装置意外其他区域、装置所在屋顶划为监督区。

3.3.2 辐射屏蔽

加速器装置其四周和屋顶采用混凝土或其他材料进行屏蔽，屏蔽厚度满足要求。

3.3.3 安全联锁系统

加速器装置所在实验室设置了安全联锁系统，安全联锁系统主要包括门机

联锁、急停及清场按钮、束流闸、红外探头、在线监测等组成。

3.3.4 其他防护措施

(1) 电离辐射警告标志：在各防护门入口醒目位置设置电离辐射警告标志；

(2) 在线监控系统：在加速器隧道及终端设置摄像机，其显示屏设置在控制室，实现全景监控；

(3) 通风系统：加速器隧道和终端设有排风系统，排风管道经高于本建筑屋顶 3m 排放；

(4) 门禁系统：在该建筑一层各入口处设有门禁系统，只有授权人员才能进入该大楼；

(5) 其他：在加速器隧道大厅及实验终端内放置应急照明灯和安全出口指示灯，箭头指向出口处。加速器运行时关闭照明灯，安全门被打开后开启照明灯。加速器机房有火灾报警系统，配有灭火用品。

3.4 三废治理

3.4.1 废气处理措施

放射性废气来源于高能中子与空气中氮和氧反应产生的感生放射性，产生的气态感生放射性核素主要为短半衰期核素，经过一段时间后可自行衰变至较低水平，加速器终端大厅设有通风系统，通过加强通风，将产生的感生放射性气体经活性炭过滤后由距离屋顶 3m 排放口排出。

3.4.2 放射性废液处理措施

本项目的放射性废液主要是活化的冷却水，由于冷却水为循环用水，一般情况下不外排，如果由于设备维修等原因需要向外排放时，在排放前必须进行取样测量，经检测放射性满足 1.4.6 水污染物排放标准后再排放。

3.4.3 放射性固体废物处理措施

加速器运行期间产生的放射性固废主要为活化部件、以及手套面纱等，年产生量约 10kg，用专用包装容器收集、包装后，经物料转运通道运至放射源暂存库，待达到一定量后，外运至皋兰废物库（中科院近物所专用）作进一步处理。

4 环境影响评价结论

建设单位拟将现有 25MeV 的质子直线加速器改造成超重元素专用加速器装置场所，本项目的建设符合国家相关的法律规定和国家产业政策，建设项目目的明确、理由正当，同时具备了技术、人员和经费等条件。

环境影响预测结果表明，本项目运行时对周围环境的影响满足我国法规标准的要求，是可以接受的。本项目在认真落实本报告书中的各项污染防治措施和管理措施后，将具备所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护能力，项目建成投入运行后对环境的影响符合环境保护的要求，故从环境保护角度考虑，本项目的建设是可行的。