

合肥光源储存环束流提升及新增线站项目

竣工环境保护验收监测报告

建设单位：中国科学技术大学
编制单位：安徽祥安环保有限公司

2025 年 7 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:

(签字)

报告编写人:

(签字)

建设单位: 中国科学技术大学 (盖章)

电话: 0551-63602184

传真: 0551-63602184

邮编: 230026

地址: 安徽省合肥市金寨路 96 号

编制单位: 安徽祥安环保有限公司 (盖章)

电话: 0551-65650768

传真: 0551-65650768

邮编: 230031

地址: 安徽省合肥市蜀山区长江西路 297 号金域华府写字楼 1-707



检验检测机构 资质认定证书

证书编号: 241212051319

名称:

安徽祥安环保有限公司

地址:

合肥市蜀山区长江路297号金城华府写字楼1-707

经审查,你机构已符合国家有关法律、行政法规规定的
基本条件和能力,现予批准,可以向社会出具具有证明作用的
数据和结果,特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

检验检测能力(含食品)及授权签字人见证书附表。授权
名称和分支机构名称见附页。

许可使用标志



241212051319

发证日期: 2024年08月28日

有效期至: 2030年08月27日

发证机关:



本证书由国家认证认可监督管理委员会监制,在中华人民共和国境内有效。

仅用于合肥光源储存环束流提升及新增线站项目竣工环境保护验收监测报告使用

目录

A.1	项目概况	- 5 -
A.2	验收依据	- 8 -
A.2.1	项目环境保护相关法律、法规和规章制度	- 8 -
A.2.2	项目竣工环境保护验收技术规范	- 9 -
A.2.3	项目环境影响报告书及其审批部门审批决定	- 9 -
A.2.4	其他相关文件	- 9 -
A.3	验收执行标准	- 10 -
A.3.1	剂量限值和剂量约束值	- 10 -
A.3.2	放射性废水排放	- 11 -
A.3.3	放射性固废处置	- 12 -
A.4	项目建设情况	- 13 -
A.4.1	地理位置及平面布置	- 13 -
A.4.2	建设内容	- 17 -
A.4.3	源项	- 19 -
A.4.4	工程设备与工艺分析	- 20 -
A.4.5	项目变动情况	- 28 -
A.5	辐射安全与防护设施/措施	- 31 -
A.5.1	场所布局	- 31 -
A.5.2	辐射安全与防护设施/措施	- 33 -
A.5.3	放射性三废的处理	- 40 -
A.5.4	辐射安全与防护设施“三同时”落实情况	- 42 -
A.6	环境影响报告书主要结论及其审批部门审批决定	- 44 -
A.6.1	环境影响报告书主要结论与建议	- 44 -
A.6.2	审批部门审批决定	- 47 -
A.7	验收监测内容	- 49 -
A.7.1	验收期间工况要求	- 49 -
A.7.2	验收监测因子	- 49 -
A.7.3	监测点位	- 50 -

A. 7. 4	监测分析方法	- 52 -
A. 7. 5	验收监测数据分析	- 54 -
A.8	质量保证和质量控制	- 58 -
A. 8. 1	质量保证和控制措施方案	- 58 -
A. 8. 2	监测仪器及性能参数	- 59 -
A.9	验收监测结果	- 60 -
A. 9. 1	运行工况	- 60 -
A. 9. 2	辐射防护与安全设施/措施运行情况	- 60 -
A. 9. 3	验收监测结果	- 77 -
A.10	验收监测结论	- 79 -
附件 1	委托书	- 81 -
附件 2	环评批复	- 82 -
附件 3	最近申领的辐射安全许可证	- 86 -
附件 4	个人剂量检测报告	- 110 -
附件 5	职业健康体检报告	- 198 -
附件 6	辐射安全考核成绩通知单及注册核安全工程师注册证	- 224 -
附件 7	辐射安全管理相关制度	- 230 -
附件 8	验收检测报告	- 261 -
附件 9	监测设备校准证书（部分）	- 278 -
附件 10	本次验收场所防护相关图件材料	- 290 -

A.1 项目概况

项目名称：合肥光源储存环束流提升及新增线站项目

性质：改扩建

建设单位：中国科学技术大学

建设地点：合肥市蜀山区合作化南路 42 号中国科学技术大学国家同步辐射实验室

项目概况：中国科学技术大学国家同步辐射实验室的合肥光源设计建造于二十世纪 80 年代，1991 年正式对用户开放，1999 年至 2004 年进行二期工程建设，新建 8 条光束线站，更新了加速器系统部分设备以改善光源稳定性。2013 年国家同步辐射实验室编制《合肥光源重大维修改造项目环境影响报告书》并取得了生态环境主管部门的批复文件（皖环函（2014）30 号），并于 2016 年通过了验收。该项目对储存环的磁铁系统、真空与机械系统、注入系统、光束线站以及公共设施部分进行了改造。

合肥光源自 1983 年国家立项建设以来，经过一期、二期建设以及重大维修改造，建成了能量为 800MeV、流强 300mA 的电子储存环，以及光电子能谱、ARPES、软 X 射线成像、催化与表面科学、XMCD、红外谱学和显微成像、燃烧、质谱、原子分子物理、计量等光束线和实验站，在同步辐射装置建设关键技术方面，具有良好传承和基础。

为推动软物质基础研究，促进软物质工业的发展，学校与浙江光电子研究院合作共建一条软 X 射线共振散射线站——“金华线站”，聚焦于软 X 射线能区（240eV-700eV），依托共振散射特有的化学分辨能力，实现对软物质材料的定量化构效关系研究，致力于推动生物医药、能源材料、光伏、新型显示等领域的快速发展。该项目是由金华市以浙江光电子研究院名义投资，由中国科学技术大学建设管理，其中金华支线是国家发展改革委立项的重点攻关项目。该项目计划总投资 3880 万元。

同时为了满足用户对更高的同步辐射光子通量的需求，学校计划将储存环束流流强从 300mA 提升至 500mA，光子通量将提升 67%，将提高光源积分亮度以及束流流强的稳定度，极大提升供光的品质以及用户连续实

验的时间。2024 年 5 月，合肥光源束流提升项目经校长办公会审议同意立项，项目预计总投资 120 万元，主要用于储存环铅砖屏蔽及环评验收。

2024 年 6 月学校委托核工业二七〇研究所将上述两个项目合并开展环境影响评价工作，项目内容为将储存环运行流强从 300mA 提升至 500mA，并新增 1 条光束线站，合计总投资 4000 万元。该项目依托现有直线加速器注入器及电子储存环，不改变注入器屏蔽结构及设备设施，仅在储能环真空室外新增铅砖屏蔽及在已有预留线站处安装新线站设备。2024 年 9 月 2 日，《合肥光源储存环束流提升及新增线站项目环境影响报告书》取得了安徽省生态环境厅的批复（皖环函〔2024〕790 号）。

2024 年 10 月合肥光源储存环束流提升及新增线站项目开工，并于 2024 年 12 月竣工。2025 年 2 月，学校并向生态环境部重新申领了辐射安全许可证（证书编号：国环辐证[00308]；有效期：2029 年 3 月 31 日；活动种类和范围：使用 I 类、II 类、IV 类、V 类放射源；使用 I 类、II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所），本次验收的储存环及新增线站已取得辐射安全许可证，详见附件 3。

目前，项目已完成改扩建，合肥光源储存环束流已调试至环评和辐射安全许可的最大束流强度 500mA，金华光束线站也在调试运行，本次进行项目竣工环境保护验收。本次验收的射线装置详见表 A.1-1。

表 A.1-1 本次验收的射线装置一览表

序号	射线装置名称	型号	数量	技术参数	类别	工作场所名称	活动种类	环评、许可、验收情况
1	800MeV 电子储存环	自研	1	管电压 800MeV、管电流 500mA	I 类	储存环大厅	使用	已环评、已许可，本次验收
2	金华光束线站（（包括金华散射实验站及 2 个散射支线实验线站））	自研	1	粒子能量 700eV				

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《建设项目环境保护管理条例》《放射性同位素与射线装置安全和

防护条例》《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》和《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律法规的规定及环评批复要求，2025年6月学校委托安徽祥安环保有限公司组织开展本项目的竣工环境保护验收工作。验收单位随即根据《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）编制此验收监测报告，确定验收监测方案，并委托检测单位（中核化学计量检测中心（核工业北京化工冶金研究院分析测试中心）、核工业二七〇研究所、安徽祥安环保有限公司）开展现场验收监测、采样工作。

A.2 验收依据

A.2.1 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》，于 2014 年 4 月 24 日修订通过，自 2015 年 1 月 1 日起施行）；

(2) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2005 年 12 月 1 日首次施行，后经 2014 年、2019 年两次修订；

(2) 《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 号第四次修订，2021 年 1 月 4 日施行；

(3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日起施行；

(4) 《关于发布〈射线装置分类〉的公告》环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告，公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 6 日起施行；

(5) 《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》国家环保总局，环发〔2006〕145 号；

(6) 《关于明确核技术利用辐射安全监管有关事项的通知》环境保护部，环办辐射函〔2016〕430 号；

(7) 《关于发布〈注册核安全工程师执业资格关键岗位名录〉（第一批）的通知》国家核安全局，国核安发〔2010〕25 号；

(8) 《关于发布〈放射性废物分类〉的公告》环境保护部、工业和信息化部、国防科工局，公告 2017 年第 65 号，2018 年 1 月 1 日起施行；

(9) 《放射工作人员职业健康管理辦法》卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行；

(10) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告，环境保护部〔2017〕4 号；

(11) 《关于印发〈污染影响类建设项目重大变动清单（试行）〉的通知》，生态环境部办公厅，环办环评函〔2020〕688 号，2020 年 12 月 13 日印发；

(12) 《安徽省环境保护条例》，2024 年 11 月 22 日安徽省第十四届人民代表大会常务委员会第十二次会议修正，2024 年 11 月 26 日起施行。

A. 2. 2 项目竣工环境保护验收技术规范

- (1) 《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）；
- (2) 《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）；
- (3) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；
- (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；
- (5) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-1985）；
- (6) 《粒子加速器工程设施辐射防护设计规范》（EJ346-1988）；
- (7) 《 γ 辐照装置的辐射防护与安全规范》（GB10252-2009）；
- (8) 《核技术利用放射性废物、废放射源收贮准则》（DB11/639-2009）；
- (9) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；
- (10) 《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）；
- (11) 《医疗、工业、农业、研究和教学中产生的放射性废物管理》（HAD401/16-2023）；
- (12) 《低、中水平放射性固体废物暂时储存规定》（GB11928-1989）；
- (13) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）。

A. 2. 3 项目环境影响报告书及其审批部门审批决定

《合肥光源储存环束流提升及新增线站项目环境影响报告书》及其批复（皖环函〔2024〕790号）。

A. 2. 4 其他相关文件

- (1) 合肥光源一期工程环评审批意见；
- (2) 合肥光源二期工程环评审批意见；
- (3) 《合肥光源重大维修改造项目环境影响报告书》审批意见及环保验收意见；
- (4) 辐射安全许可证；2024年度辐射安全年度评估报告；
- (7) 辐射工作人员台账、辐射安全与防护考核合格证、个人剂量报告、职业健康检查报告；
- (8) 辐射安全与防护管理机构及管理制度；

(9)生态环境部华东核与辐射安全监督站现场检查笔录及整改情况汇报。

A.3 验收执行标准

依据环评报告表中采用的各种标准和安徽省生态环境厅对项目批复决定列出本次验收执行标准名称、标准号、标准限值如下：

A.3.1 剂量限值和剂量约束值

①剂量限值

该项目正常运行期间对辐射工作人员和公众中任何个人造成的有效剂量的限值，执行《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定：“对任何辐射工作人员的职业照射的剂量限值由审管部门决定，连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）不超过20mSv，其中任何一年中的有效剂量不超过50mSv；公众照射剂量限值是公众中有关关键人群组的成员所受到的平均个人年有效剂量估计值不超过1mSv”。

②剂量约束值

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《合肥光源重大维修改造项目环境影响报告书》并参考合肥先进光源等同类型项目，本次验收以5mSv/a作为本项目的职业人员剂量约束值（针对本项目），以0.5mSv/a作为用户单位科研人员剂量约束值；以0.1mSv/a作为公众人员剂量约束值。

③辐射工作场所屏蔽体外剂量率/剂量控制水平

本项目射线装置辐射工作场所屏蔽体外剂量率/剂量控制水平应按照表A.3.1-1执行。

表 A.3.1-1 本项目辐射工作场所屏蔽体外剂量率/剂量控制水平

工作场所	位置		剂量率/剂量控制水平	
			正常工况	丢失工况
注入器隧道、储存环隧道	四周屏蔽体、顶板及门外 30cm 等人员可达处	居留因子 $T>1/2$	$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	$\leq 1\text{mSv/次}$
		居留因子 $T\leq 1/2$	$\leq 10\mu\text{Sv/h}$	
	人员不可达处		$\leq 100\mu\text{Sv/h}$	
线站	线站工作场所		$\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	

A.3.2 放射性废水排放

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002，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倍排放量的普通下水道，并应对每次排放做好记录：

1) 每月排放的总活度不得超过10ALImin（ALImin是相应于职业照射的食入和吸入ALI值中的较小者）；

2) 每一次排放的总活度不得超过1ALImin，并且每次排放后用不少于3倍排放量的水进行冲洗。

根据该项目活化冷却水废水主要放射性核素排放限值详见表A.3.2-1。

表 A.3.2-1 活化冷却水主要放射性核素排放限值

核素名称	DL (mSv)	$e_j(\text{Sv/Bq}^{-1})$		ALI(Bq)		ALI _{min} (Bq)	月排放限值 (Bq)	单次排放限值 (Bq)
		吸入	食入	吸入	食入			
H-3	0.1	1.20E-09	6.40E-11	8.33E+04	1.56E+06	8.33E+04	8.33E+05	8.33E+04
Be-7	0.1	2.80E-10	1.80E-10	3.57E+05	5.56E+05	3.57E+05	3.57E+06	3.57E+05
C-14	0.1	1.90E-08	1.60E-09	5.26E+03	6.25E+04	5.26E+03	5.26E+04	5.26E+03

注：1、高能中子与冷却水中的氧发生散裂反应，产生³H、⁷Be、¹¹C、¹³N、¹⁵O等放射性核素，上述放射性核素中，¹¹C、¹³N、¹⁵O的半衰期很短，合肥光源装置停机后，这些核素将迅速衰变，浓度也会很快降低，因此，冷却水中的感生放射性核素主要考虑半衰期较长的³H、¹⁴C、⁷Be；2、根据GB18871-2002中B1.3.4款规定，DL为相应的职业人员或公众的有效剂量的年剂量限值，DL保守按公众成员取0.1mSv； e_j 的取值来自附录B6、附录B7（p78、p108，保守取相应表格中各年龄段对应的最大值），ALI=DL/ e_j 。

根据《污水综合排放标准》（GB8978-1996），总α放射性和总β放射性属于第一类污染物，一律在车间或车间处理设施排放口采样，最高允许排放浓度必须达到表A.3.2-2的要求。

表 A.3.2-2 活化冷却水主要放射性核素排放限值

污染物	最高允许排放浓度
总α放射性	1Bq/L
总β放射性	10Bq/L

A. 3. 3 放射性固废处置

本项目运行期间产生的活化固体废物的清洁解控参照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录A中A2.1的规定“任何时间段内在进行实践的场所存在的给定核素的总活度或在实践中使用的给定核素的活度浓度不超过表A-1所给出的或审管部门所规定的豁免水平”。对于存在一种以上放射性核素的情况，仅当各放射性核素的活度或活度浓度与其相应的豁免活度或豁免活度浓度之比的和小于1时，方可给予豁免。

对于超出豁免水平的放射性固废执行《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-1989）。

根据环评文件：为提高放射性废物管理的实操性，报告提出：本项目放射性固体废物的解控条件为：单包（质量10kg）放射性固体废物表面30cm处辐射剂量率 H_p 不高于 $0.14\mu\text{Sv/h}$ ，且 H_p 与单包质量成正比关系。满足上述条件并经审管部门同意后可按一般废物处理，不满足解控要求的作为放射性废物统一处理。

A.4 项目建设情况

A.4.1 地理位置及平面布置

合肥光源（Hefei Light Source）位于合肥市蜀山区黄山路443号中国科学技术大学西校区国家同步辐射实验室。其所在地理位置图详见图A.4.1-1。

国家同步辐射实验室南侧为太湖路；西侧为合作化南路，隔道路为自行车厂小区、合肥馨怡家园小区；北侧隔校内绿化带为校内道路（寰宇南路）及学校实验楼、国家火灾重点实验室等；东侧为专家楼、学生公寓区。国家同步辐射实验室总体布局见图A.4.1-2。

本项目为原址改建项目，与环境影响报告书相比，项目建设地点、周围环境均无变化。

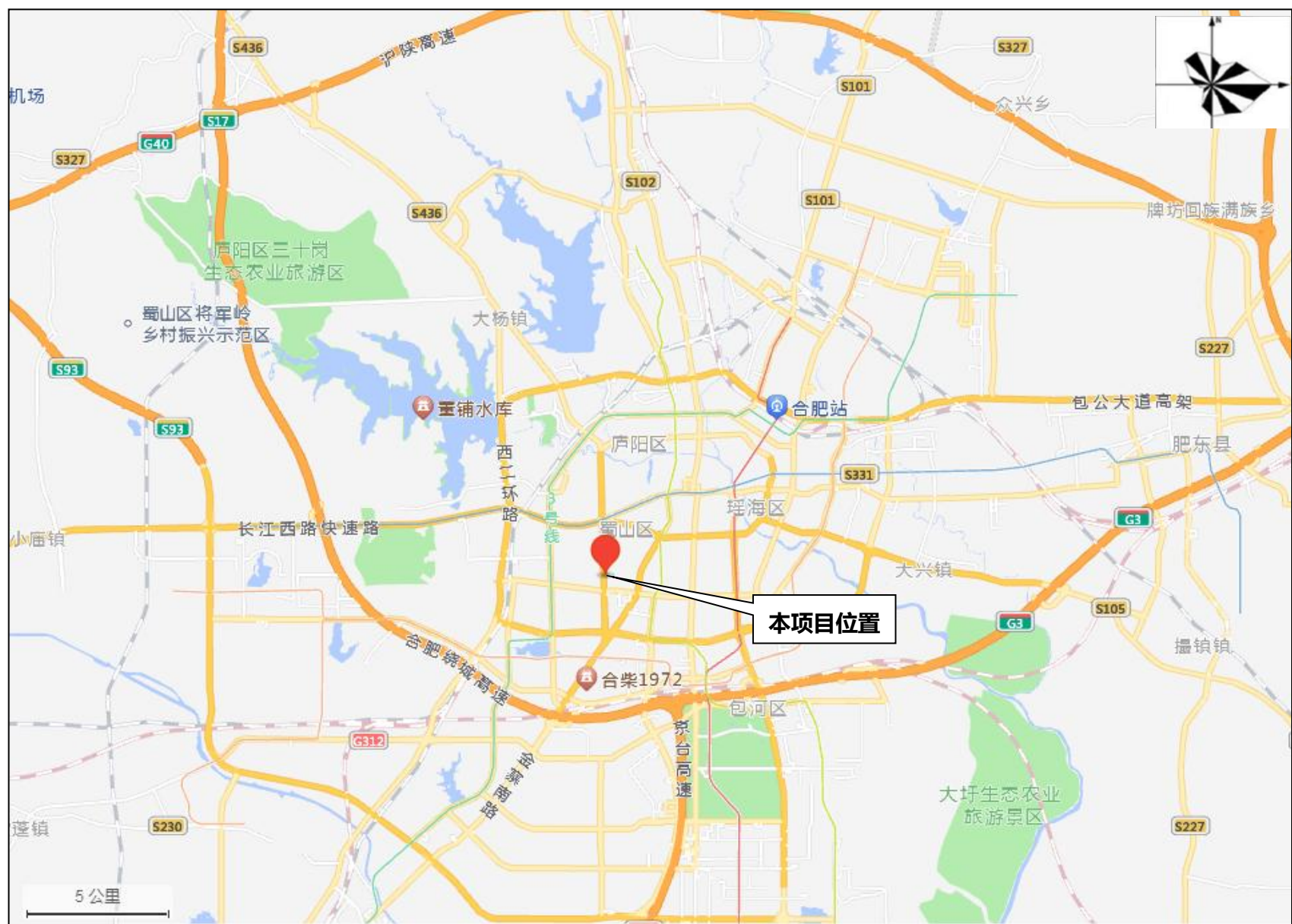


图 A.4.1-1 建设项目地理位置图

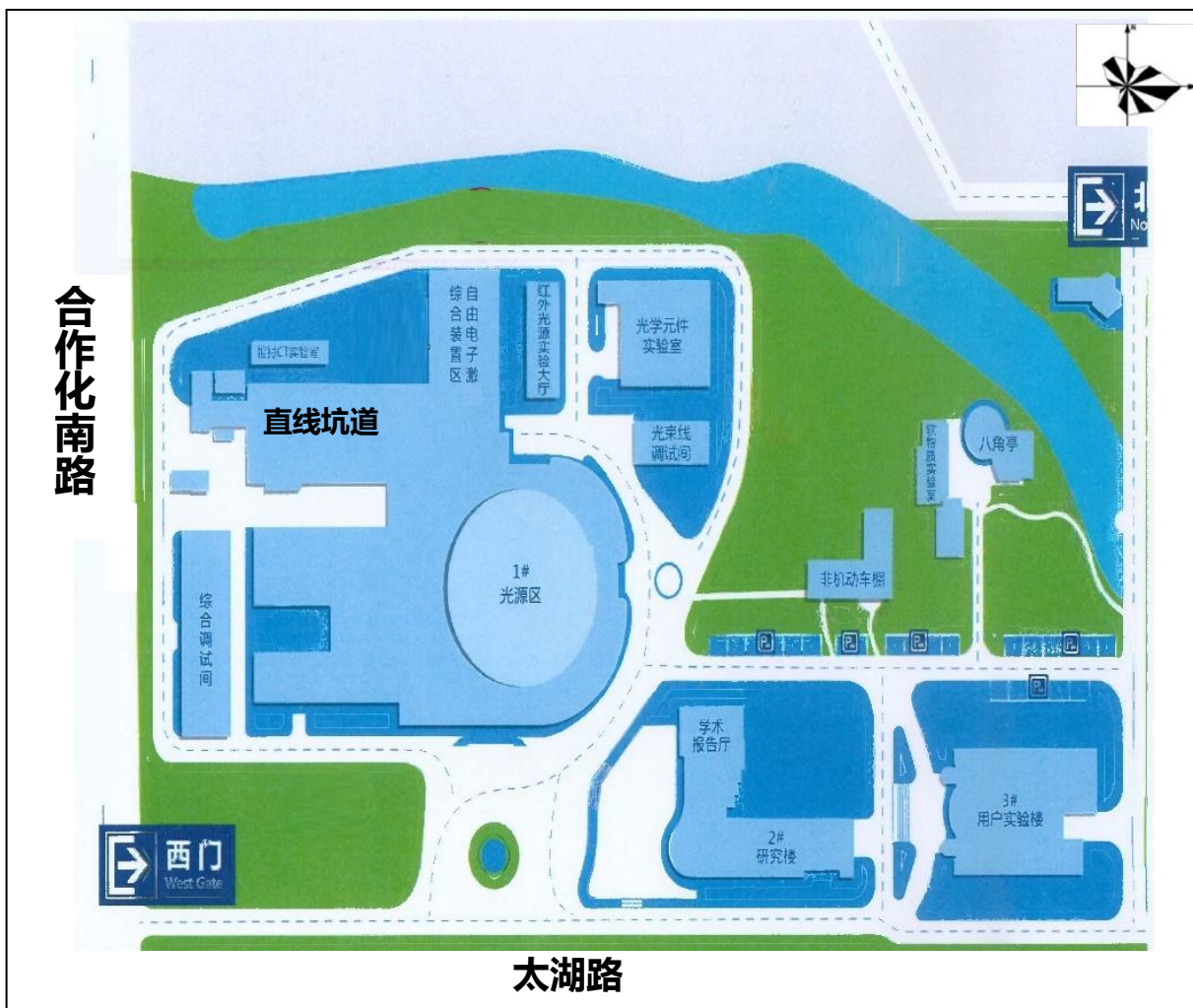
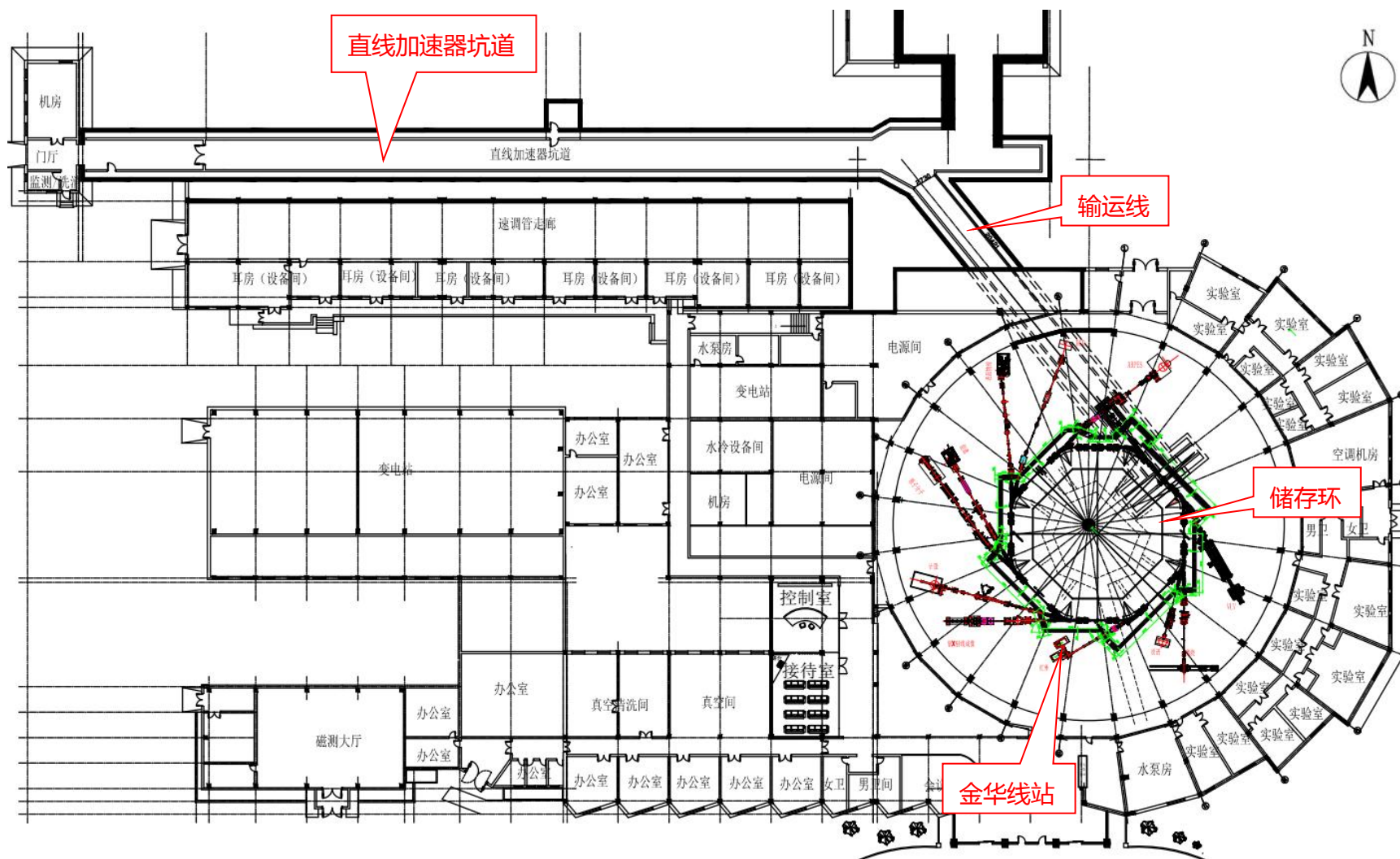


图 A.4.1-2 国家同步辐射实验室总体布局图



图A.4.1-3 合肥光源装置总体布局示意图

A.4.2 建设内容

A.4.2.1 简述项目规模、建设内容，辐射安全与防护设施实际总投资

表 A.4.2-1 本项目建设内容一览表

名称	项目内容	备注
主体工程	线站设备设施，包括波荡器、高次谐波抑制镜组件及镜箱精密机械真空系统、前端及光束线分支分束镜箱、实验站自动化传样及控制系统、共振散射实验站、扫描实验站等	新建
	储存环束流提升	技术改造
环保工程	放射性废物暂存间	改建
	储存环束流管外侧新增铅屏蔽	改建
依托工程	注入器系统	/
	储存环大厅排风设施	

本次项目改建不涉及注入器的屏蔽结构、安全防护设施及措施的任何改变，也不改变注入器工作介质的能量、流强。

项目总投资4000万元人民币，其中环保投资：120万元，占总投资的3%。环保投资约120万元，主要包含场所新增屏蔽、环保设施、环境管理、环境监测、环境影响评价及事故防范措施等费用。

表 A.4.2-2 环保投资一览表

项目	污染物及其防治（辐射防护）措施		投资（万元）	备注
废水治理	非放射性废水	工作人员生活污水，预处理后排入市政污水管网	/	依托已建化粪池及污水管网
废气治理	非放射性废气	通过辐射工作场所通风系统，外排大气环境	/	依托现有设施
	放射性气态流出物			
固体废物处置	非放射性固体废物	工业固体废物收集后由物资公司回收利用；危险废物由学校统一委托有资质单位处置；生活垃圾由环卫部门统一集中收集后处理	/	依托现有收储运体系
	放射性固体废物	分类包装后暂存于放射性固废暂存库，定期送交有资质单位处置	5	改建
辐射防护补	储存环新增铅屏蔽、新建线站屏蔽措施，严格按照设计要求		65	新增

充措施	求的厚度进行建设		
安全设施	安全联锁系统、监测系统、监控系统	/	依托现有
环境影响评价及环保验收		50	/
合计	/	120	/

A.4.2.2 对于改、扩建项目应简单介绍原有项目情况，以及本项目与原有项目的依托关系等

合肥光源近几年履行环保审批和环保竣工验收手续情况见表A.4.2-3。

表 A.4.2-3 合肥光源历年来履行环保审批和环保竣工验收手续情况

序号	项目名称	国家计委复函/ 环评批复文号	环保验收文号	备注
1	合肥光源一期工程	计科〔1983〕 470号	1984年开工、 1989年4月建 成、1991年12 月通过国家验收	/
2	合肥光源二期工程	计投资〔1999〕 416号	1999年建设， 2004年12月二 期工程通过国家 验收	新建8条光束线站，更新了加速器系统部分设备以改善光源稳定性
3	合肥光源重大维修改造项目	皖环函 〔2014〕30号	2018年4月自主 验收	该项目对储存环的磁铁系统、真空与机械系统、注入系统、光束线站以及公共设施部分进行了改造，建成了能量为800MeV、流强300mA的电子储存环，以及光电子能谱、ARPES、软X射线成像、催化与表面科学、XMCD、红外谱学和显微成像、燃烧、质谱、原子分子物理、计量等光束线和实验站
4	合肥光源储存环束流提升及新增线站项目	皖环函 〔2024〕790 号	本次验收	建成了能量为800MeV、流强500mA的电子储存环，并新增金华光束线

本次验收项目依托现有直线加速器注入器及电子储存环,不改变注入器工作介质的能量、流强,也不改变其屏蔽结构及设备设施;根据工艺原理可知,储存环内电子束在插入件波荡器中进行周期性的振荡运动(类似正弦函数),在波荡器中沿电子束传输的切线方向产生同步辐射光,经光束线系统传输到实验站。储存环电子束流提升至原来的5/3倍,仅在储存环真空室外新增铅砖屏蔽及在已有预留线站处安装新线站设备。

A.4.3 源项

表 A.4.3-1 本次验收项目核技术利用建设内容一览表

装置名称	建设内容	数量	主要技术指标		备注
合肥光源 (HLS)	储存环	1 台	原有参数: 储存环能量: 800MeV 流强: 300mA 寿命: 8h 发射度: 40nm·rad 轨道稳定性: 5 μ m (V)	改造后参数: 储存环能量: 800MeV 流强: 500mA 寿命: 8h 发射度: 40nm·rad 轨道稳定性: 5 μ m (V)	束流提升
	光束线站	11 条	BL01B: 红外谱学与显微成像实验站 (光子使用能量范围: 1meV~1eV)		现有
			BL03U: 燃烧线 (光子使用能量范围: 5~24.5 eV)		现有
			BL04B: 质谱实验站 (光子使用能量范围: 7.5~16.5eV)		现有
			BL07W: 软 X 射线成像 (光子使用能量范围: 250 ~800eV)		现有
			BL08B: 光谱辐射标准与计量实验站 (主线 25~1000eV、支线 6~31eV)		现有
			BL09U: 原子与分子物理 (光子使用能量范围: 7~124 eV)		现有
			BL10B: 光电子能谱 (光子使用能量范围: 100 eV~1000 eV)		现有
			BL11U: 催化与表面科学线站 (光子使用能量范围: 20~600eV)		现有
			BL12B: 同步辐射 X 射线磁圆二色实验站		现有

			XMCD~a/XMCD~b (光子使用能量范围: 50~1000eV)	
			BL13U: 角分辨光电子能谱 (ARPES) 实验站 (光子使用能量范围: 5~100eV)	现有
			金华光束线, 包含金华散射实验站 (240~700eV) 及 2 个散射支线实验线站 (77~124eV)	新增

A. 4. 4 工程设备与工艺分析

A. 4. 4. 1 装置原理

同步辐射光源是一种强度大、亮度高、频谱连续、方向性及偏振性好、有脉冲时间结构和洁净真空环境的优异的新型光源,可应用于物理、化学、材料科学、生命科学、信息科学、力学、地学、医学、药学、农学、环境保护、计量科学、光刻和超微细加工等众多基础研究和应用研究领域。

合肥光源 (HLS) 目前拥有椭圆极化波荡器、准周期波荡器、永磁扭摆器、永磁波荡器、准周期型波荡器5台插入元件产生高品质同步辐射光,弯转磁铁同步辐射波长覆盖红外到软X射线波段,特征波长为 $24\text{\AA}$ 。主要设备包括800MeV直线加速器注入器和一个800MeV电子储存环。直线加速器总长74.5m,由电子枪、预聚焦器、聚束器和8个6m加速段组成。直线加速器输出的高品质电子束团经55米长输运线传输到储存环注入点。储存环周长66.13m,由磁铁系统、注入系统、高频系统、超高真空系统、束测系统、插入元件系统组成,电子束流进入储存环在环内做圆周运动,长时间动态储存,为同步辐射实验提供高品质同步辐射光。

合肥光源已有10条光束线及实验站,包括5条插入元件线站,分别为燃烧、软X射线成像、催化与表面科学、角分辨光电子能谱和原子与分子物理光束线和实验站;以及5条弯铁线站,分别为红外谱学和显微成像、质谱、计量、光电子能谱、软X射线磁性圆二色及软X射线原位谱学光束线和实验站,本次新增1条金华光束线站。

A. 4. 4. 2 储存环主要参数

表 A.4.4-1 合肥光源储存环主要技术参数

主要参数	原有参数	升级后参数
储存环系统	储存环能量: 800MeV	储存环能量: 800MeV
	流强: 300mA	流强: 500mA

	寿命：8h	寿命：8h
	发射度：40nm·rad	发射度：40nm·rad
	轨道稳定性：5 μ m（V）	轨道稳定性：5 μ m（V）

合肥光源储存环束流发射度小于40nm·rad，储存环直线节8个，其中2个用于安装加速器系统的高频子系统和注入子系统，其余6个可用于安装波荡器。

储存环磁铁布局见图A.4.4-1。储存环周长66.13m，由8块弯转磁铁、32块四级磁铁和32块多功能六极磁铁组成。储存环有8个直线节，一个直线节用于安装储存环注入系统，把注入器的束流注入到储存环中，一个直线节用于安装高频系统，用于补充电子束流的同步辐射能量损失，其它6个直线节可根据同步辐射实验需求安装不同类型插入元件。

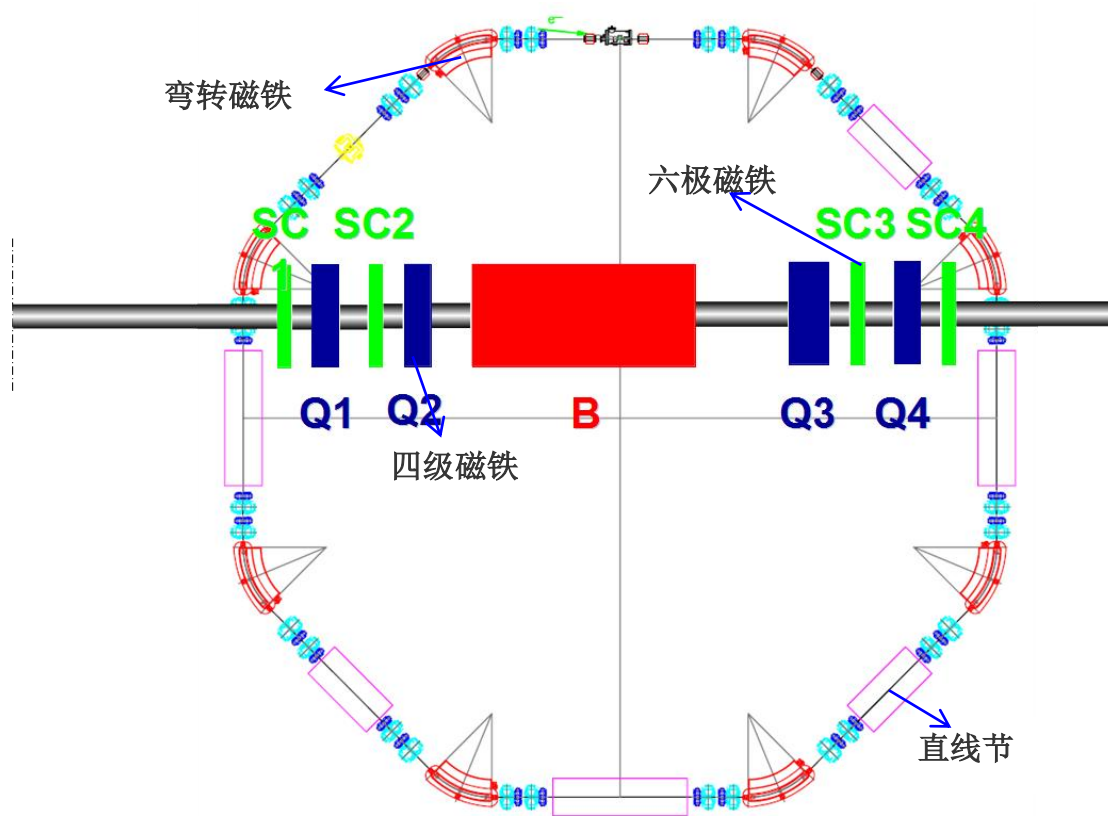


图 A.4.4-1 储存环磁铁布局示意图

储存环束流提升后，储存环流强由300mA提升到500mA，注入器的参数保持不变，储存环注入期间注入束团参数不变，只是束流初次积累时间变长。改造后仅储存环内电流增大，流强提升后，束流损失率按原先1%，相当于损失的电子数增加，所致核反应释放的射线量增大，可能导致储存环屏蔽体外辐射剂量率增

加，为此，本次改造在储存环真空室外增加了铅砖屏蔽措施。自然发散度、耦合度、轨道稳定性等均为设备性能指标，基本不会对外照射产生影响。

A. 4. 4. 3 光束线站

电子经直线加速器被加速到800MeV，通过输运线注入到储存环，储存环中的电子绕环运动经过弯铁或特制的插入件，放出能量较低的同步辐射，光束线站用不同的光学元件、光束阀等部件引出不同波长的光提供给实验站。

光束线只在实验运行状态下接收从储存环发出的光辐射，其他状态下，所有来自储存环的光辐射都被安装在储存环前段出口的水冷光屏（水冷光屏是用于阻挡同步光进入光束线的铜制金属块部件，金属块内有冷却水路）完全吸收，转变成热量，被冷却水带走。

合肥光源储存环电子能量为800MeV，其辐射出的光谱范围是从软X射线—真空紫外—远红外。其中，对人体有害的软X射线及真空紫外波段的光谱辐射可被各种材料强烈吸收，包括大气。所以这一波段的所有实验都要在高真空环境下进行，也就是说，所有的光路调整以及样品测试都是在密闭的真空室内完成。并且这一波段的光由于样品本身，或是真空室金属壁的强烈吸收，将不可能穿透光束线及实验站的真空管壁，从而不会泄露到周围环境中，也不会对环境产生辐射危害。

金华散射光束线站是基于软X射线共振效应的散射方法是检测软物质结构的线站，它的建成将突破软物质结构难以研究的限制，不仅能推动软物质基础研究，而且可以促进软物质工业的发展。这项技术开发的最大难点在于，人们难以获得高效率的软X射线发生器。合肥光源作为应用支撑型科技基础设施，其优化能区正好位于真空紫外和软X射线能区，完美地解决了以上难题，为软X射线共振散射技术开发提供有力支持。金华散射线站聚焦于软X射线能区（240eV~700eV），克服传统硬X射线散射技术在软物质研究中对比度差的缺点，依托共振散射特有的化学分辨能力，实现对软物质材料的定量化构效关系研究。

表 A.4.4-2 新增金华光束线站情况一览表

线站名称	能区, eV		实验方法	主要面向领域
金华散射实	能量范围	240eV~700eV	软 X 射线共	软物质基础研

验站	分辨本领	$E/\Delta E > 1500 @ 244.4 \text{ eV}$	振散射	究、软物质工业
	光子通量	$\text{Flux} > 1 \times 10^{11} \text{ phs/s} (@ 244.4 \text{ eV}, 360 \text{ mA}, @ \text{光束线末端})$		
	焦点处光斑尺寸	小于 $0.7 \times 0.25 (H \times V) \text{ mm}^2$		
支线 1	能量范围	覆盖 92 eV		
	能量带宽	优于 4%		
	实验站光子通量	$\geq 3 \times 10^{13} \text{ phs/s} @ 4\% \text{ BW} @ 360 \text{ mA}$		
	实验站光斑尺寸	$\geq 1.5 \text{ mm}$		
支线 2	波长范围	$10\text{-}16 \text{ nm}$		
	能量分辨本领 ($E/\Delta E$)	$1600 @ 92 \text{ eV}$		
	光束线光子通量 @Pinhole2	$\geq 1 \times 10^{12} \text{ phs/s} @ 0.1\% \text{ BW} @ 360 \text{ mA} @ 92 \text{ eV}$		
	发散角 ($H \times V$)	$\leq 1 \times 1 \text{ mrad}^2$		

A. 4. 4. 4 工艺分析

合肥光源装置的直线加速器产生最高能量为800MeV的电子束，经输运线注入到储存环，储存环产生的同步光经光束线引出至光束线站。在光束线站里照射样品，开展同步辐射实验。光束线站处于实验状态时，安全光闸打开，允许同步光传输至光束线站；其他状态下（如工作人员进入放置样品等），安全光闸落下，阻挡同步光和韧致辐射进入实验站。用户在实验准备间内准备样品，样品准备好后送至光束线站进行科学实验。

①注入器系统

注入器以1Hz的重复频率产生电子束流用于储存环注入。电子枪产生能量为100keV的电子束流，电荷量为1.5nC，经过预聚束器与聚束器后，束流能量提高到约15MeV，电子存活率接近70%，此时电子束团电荷量约为1.05nC。近似看作均匀损失，可以理解为“在15MeV以下时损失0.45nC，后面基本不损失，在束流垃圾桶和BEAM-STOP处就按照损失1.05nC。”

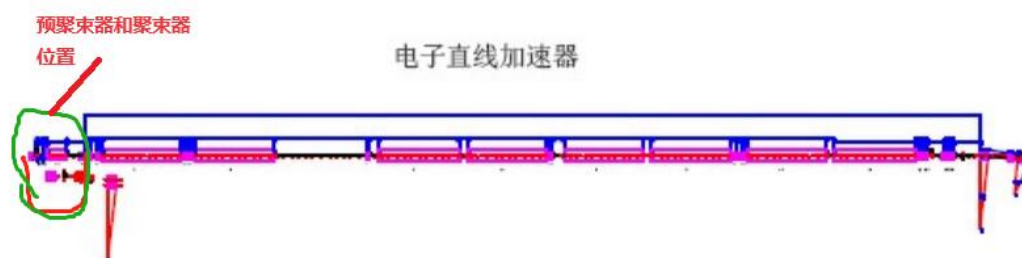


图 A.4.4-2 注入器系统结构示意图

经过8段6m加速段加速后，束流能量提高到800MeV。在直线加速器调试期间，电子束团直接引入束流垃圾箱，全部丢弃。在注入开始初期，电子束团被传输到能谱分析靶用于测量束流能量，全部损失。正常运行期间，电子束流将被传输到储存环注入点，传输效率大于95%，即有电荷量约1nC电子束团用于储存环注入。在注入器正常运行期间，电子损失率约为0.05nC/s。

②储存环

储存环正常运行期间，储存束流500mA，电荷量110.3nC，能量为800MeV。正常注入状态下，注入器总的输出束流脉冲电荷量为 $Q=1\text{nC}$ ，脉宽为 $t=1\text{ns}$ ，储存环注入效率为95%，即每次存储在储存环中的电荷量为 $Q_i=0.95\text{nC}$ 。电子在储存环中的回旋频率为 $f_r=4.53\text{MHz}$ ，回旋周期 $T=1/f_r$ ，存储束流的平均流强 $I_b=Q_i/T=Q_i \cdot f_r=0.95 \times 10^{-9}\text{C} \times 4.53 \times 10^6\text{s}^{-1} \approx 4.3\text{mA}$ 。由于注入过程是每秒一次，所以储存环的积累效率约为4.3mA/s。束流初次积累期间，束流损失率约为0.05nC/s，大约116s积累到运行流强。储存环有如下两种运行模式：

1) 衰减模式

在此模式运行期间，注入器停止产生束流。储存环中束流运行8小时左右，衰减到约184mA时主动踢掉束流，然后重新注入束流至500mA，运行期间储存束流共损失316mA，电子束流损失率平均约为39.5mA/h。

2) 恒流运行模式

此模式运行期间，储存束流每降低1%，即储存流强为495mA时注入一次，每次注入5mA，1.1nC的电子束流，注入束流损失约为0.055nC；每次间隔约6分钟，两次注入间隔期间储存束流损失约5mA。可以看作均匀损失约六分钟注入一次，每次5mA，注入效率95%，电子束流损失率平均约为52.6mA/h。

③光束线

电子经过弯转磁铁或者波荡器运动轨迹发生改变，产生同步辐射光，光子沿着高能电子原运动轨迹的延长线运动进入光束线，然后经过光学元件偏转，单色化，聚焦到达试验站。

光束线只在实验运行状态下接收从储存环发出的光辐射，其他状态下，所有来自储存环的光辐射都被安装在储存环前段出口的水冷光屏（水冷光屏是用于阻挡同步光进入光束线的铜制金属块部件，金属块内有冷却水路）完全吸收，转变成热量，被冷却水带走。合肥光源储存环电子能量为800MeV，其辐射出的光谱范围是从软X射线—真空紫外—远红外。其中，对人体有害的软X射线及真空紫外波段的光谱辐射可被各种材料强烈吸收，包括大气。所以这一波段的所有实验都要在高真空环境下进行，也就是说，所有的光路调整以及样品测试都是在密闭的真空室内完成。并且这一波段的光由于样品本身，或是真空室金属壁的强烈吸收，将不可能穿透光束线及实验站的真空管壁，从而不会泄露到周围环境中，也不会对环境产生辐射危害。合肥光源装置的工艺流程及产污环节详见下图。

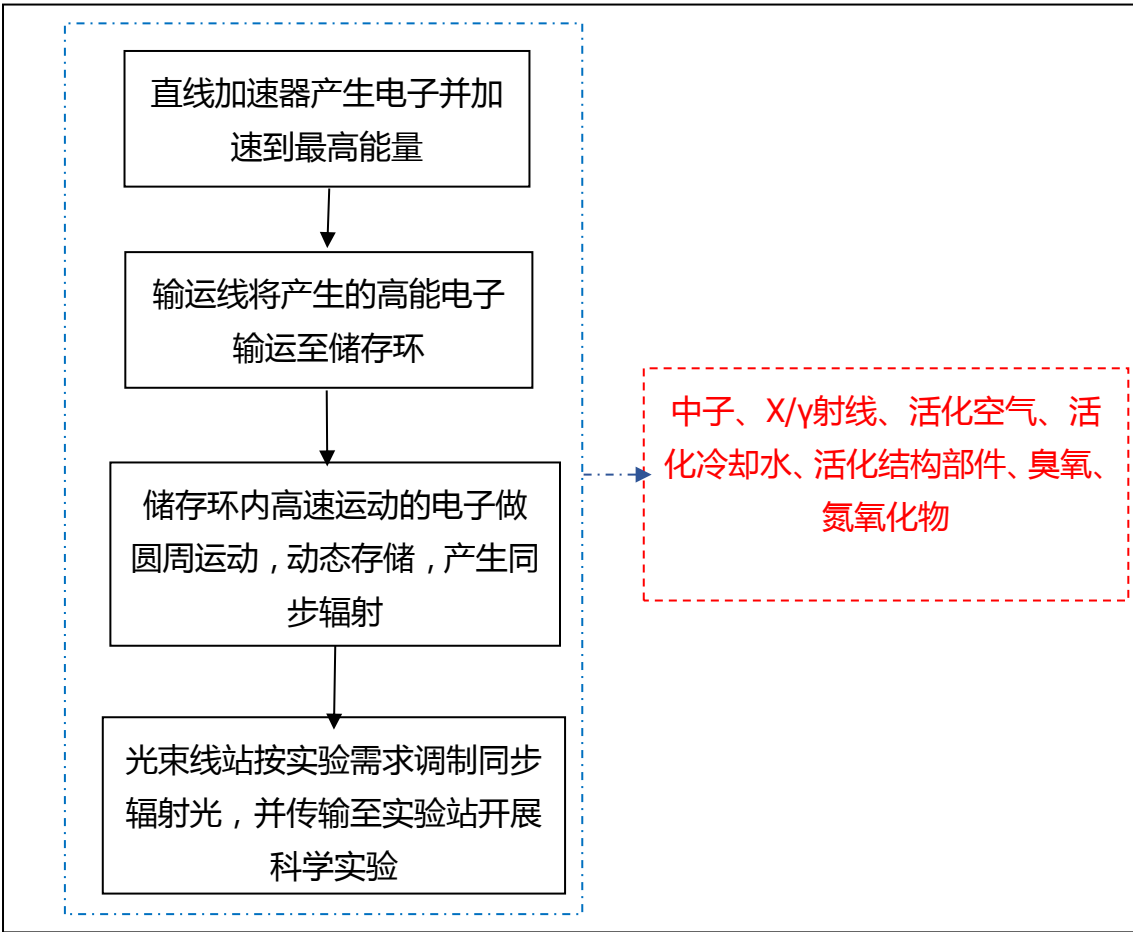


图 A.4.4-3 合肥光源装置产污流程图

A.4.4.5 工作负荷

①合肥光源装置出束时间

合肥光源装置整体年运行时间7200h，年停机检修时间360h。本次储存环束流提升调试期按30天，金华光束线站调试期按30天。

表 A.4.4-3 调试期间装置出束时间

名称	调试工况束流参数	调试天数, 天	每天出束时间, h
注入器	800MeV、1.05nC、1Hz	30	10
储存环	800MeV、500mA	30	24
光束线站	800MeV、500mA	30	24

表 A.4.4-4 合肥光源装置正常运行期间出束时间

名称	年出束时间, h
注入器	720
储存环	7200
光束线站	7200

②工作人员工作负荷

合肥光源现有辐射工作人员175人，分为加速器运维、储存环束流提升调试及维修维护、光束线站联锁控制与数据处理、线站安装调试与运行等岗位，本次改造不新增辐射工作人员。工作制度为三班制，维护维修期间工作人员的工作时间见表A.4.4-5。11条线站全部开放后，每年预计接待用户2000人次，每人每次实验在光源实验大厅停留约48小时，最长不会超过84小时。

表 A.4.4-5 合肥光源装置维护维修期间工作人员的工作时间

名称	进入该区域单次维护维修的时间, h	每年的维护维修次数, 次
直线加速器	1	15
输运线	0.5	5
储存环	1	20

A.4.4.6 污染源项

正常工况下，本项目的主要污染源包括瞬时辐射源、感生放射性污染源。其中瞬发辐射来源主要有：

- 1) 束流包络周边粒子沿途随机损失在管壁（可视为均匀损失）；
- 2) 整个束团突然丢失（束团100%损失）；

- 3) 储存环的点损失;
- 4) 电子在储存环中绕环运动发出的同步辐射光。

感生放射性主要考虑结构部件的活化及隧道内空气的活化。活化的设备冷却水在运行期间循环使用不排放, 仅考虑事故状态下向外环境排放。

A. 4. 4. 7 改扩建项目现状运行情况

合肥光源已运行三十余年, 每年均委托有资质单位对加速器和储存环屏蔽体外剂量率进行监测, 对循环冷却水采样检测。

根据现状监测结果, 加速器和储存环屏蔽体外剂量率均满足标准要求, 未出现超标情况。

合肥光源长期运行条件下, 设备循环冷却水总 α 活度浓度未检出, 总 β 活度浓度 0.017Bq/L, 放射性核素铍-7、钠-22 活度浓度均低于相应的探测限, 说明设备循环冷却水未明显活化, 低于 GB18871-2002 中计算出的排放限值, 经审管部门确认后可直接排放。

合肥光源在直线速调管走廊耳房南侧设置一处放射性固体废物库, 用于暂存活化部件等放射性固体废物, 目前无暂存的放射性固体废物。

储存环隧道无强制通风设施, 储存环大厅设 2 台风机强制排风, 隧道内空气对外围大厅线站工作场所有一定的负压, 正常运行时隧道内活化空气不会进入外环境。储存环停机检修时, 停机 45min 后打开隧道门依托环大厅的强制排风系统进行排风 2h, 此期间环大厅门 (1~7#门) 保持联锁, 无人员进入。因此, 合肥光源通风的设计、运行能够满足相关标准的要求, 感生放射性废气对工作场所的影响很小。

A.4.5 项目变动情况

本项目验收的实际建设内容与环境影响报告书及审批决定的建设内容作比较,以确定项目是否有工程变更情况,屏蔽防护措施依据环评内容和竣工图进行对比,详细信息如表 A.4.5-1 所列。

表 A.4.5-1 建设内容对比一览表

项目		环境影响报告表及审批决定的 建设内容	验收的实际建设内容	变更情况
建设地点		合肥市蜀山区合作化南路 42 号中国科学技术大学国家同步辐射实验室	合肥市蜀山区合作化南路 42 号中国科学技术大学国家同步辐射实验室	无变更
主要建设内容		合肥光源是一台专用真空紫外和软 X 射线同步辐射光源,主要设备包括 800MeV 直线加速器注入器和一个 800MeV 电子储存环。目前,合肥光源储存环运行流强约 300mA,现有 10 条线站。为了向用户提供更好的实验条件,拟将储存环运行流强提升至 500mA,并新增 1 条光束线站。	本次验收项目合肥光源储存环运行流强已提升至 500mA,并新建了金华光束线(包含金华散射实验站(240~700eV)及 2 个散射支线实验线站(77~124eV))	无变更
储存环屏蔽措施	环内侧屏蔽及顶屏蔽	双层 3mm 钢板中间夹保温层(原有)	双层 3mm 钢板中间夹保温层(原有)	无变更
	锯齿长墙	双层 3mm 钢板中间夹保温层+30cm 厚混凝土防护墙(高度 2.5m)(原有)	双层 3mm 钢板中间夹保温层+30cm 厚混凝土防护墙(高度 2.5m)(原有)	
	锯齿短墙	双层 3mm 钢板中间夹保温层+50cm 厚混凝土防护墙(高度 2.5m)(原有)	双层 3mm 钢板中间夹保温层+50cm 厚混凝土防护墙(高度 2.5m)(原有)	
	棚屋内紧靠储	-40cm~-12.5cm 处新增 5cm 厚铅砖, -12.5cm~12.5cm 处为现有	-40cm~30cm 处均为 5cm 厚铅砖	12.5cm~

	存环束流管外侧	5cm 厚铅砖，12.5cm~30cm 处新增 3cm 厚铅砖（现有铅砖中心为束流平面高度，定义为水平线 0）			30cm 处增加了防护			
	线缆孔	储存环短墙贴近地面处有尺寸 450mmx200mm 的线缆孔，总共 6 个，每个锯齿短墙一个（原有）		储存环短墙贴近地面处有尺寸 450mmx200mm 的线缆孔，总共 6 个，每个锯齿短墙一个（原有）	无变更			
	地面	20cm 厚混凝土防护墙（原有）		20cm 厚混凝土防护墙（原有）				
金华线站屏蔽措施	M1 镜处镜箱	不锈钢，两个侧面 1cm，上/下/前/后均为 0.5cm		不锈钢，两个侧面 1cm，上/下/前/后均为 0.5cm	无变更			
	末端铅吸收器	6cmPb，高 50cm，宽 50cm		6cmPb，高 50cm，宽 50cm	无变更			
辐射环境周边保护目标		项目	保护目标		项目	保护目标		变更情况
		辐射环境	储存环隧道周围：环大厅实验站	辐射工作人员：约 30 人；科研人员：约 40 人	辐射环境	储存环隧道周围：环大厅实验站	辐射工作人员：约 30 人；科研人员：约 40 人	无变更
			东南侧：2 号办公楼及学术报告厅	公众人员：约 100 人		东南侧：2 号办公楼及学术报告厅	公众人员：约 100 人	
			西侧：主控室、磁测大厅、综合调试间变电站	辐射工作人员：约 10 人；公众人员：约 2 人		西侧：主控室、磁测大厅、综合调试间变电站	辐射工作人员：约 10 人；公众人员：约 2 人	
			北侧：红外自由电子激光装	辐射工作人员：约		北侧：红外自由电子激	辐射工作人员：	

		置工作场所、 实验大厅	5 人		光装置工作 场所、实验 大厅	约 5 人	
		东北侧：光学 实验室、调试 间	科研人 员：约 10 人		东北侧：光 学实验室、 调试间	科研人 员：约 10 人	
		西北侧：相衬 实验室	科研人 员：约 10 人		西北侧：相 衬实验室	科研人 员：约 10 人	
		周围内部道 路、停车场、 太湖路	公众人 员：约 5 人		周围内部道 路、停车场、 太湖路	公众人 员：约 5 人	
环保投资	120 万元			120 万元			无变更

由表 A.4.5-1 所列内容可以看出：

①本项目建设地点、建设内容与环境影响报告表及审批决定的建设内容一致；

②本项目储存环及金华线站的参数均与环评一致；储存环补充屏蔽措施较环评设计更优化，金华线站屏蔽措施建设与环评一致；

③本项目辐射环境 50m 范围内周边保护目标无变化，与环评一致；

④本项目实际环保投资与环评时估算环保投资使用目标基本一致，环保投资无变更；

综上所述，依据《污染影响类建设项目重大变动清单（试行）》（环办环评函〔2020〕688 号）的规定，本项目储存环补充屏蔽措施较环评设计更优化，不属于重大变动。

A.5 辐射安全与防护设施/措施

A.5.1 场所布局

合肥光源辐射工作场所位于主体建筑内，包括注入器隧道、储存环隧道及线站大厅。注入器隧道（含直线加速器及输运线）位于储存环隧道的北侧。线站大厅位于主体建筑中心圆环区内。储存环隧道位于线站大厅中央。线站大厅有光束线沿切线方向从储存环隧道的锯齿墙（短墙）引出，并在光束线的延长方向搭建实验用束线站。

合肥光源在直线速调管走廊耳房南侧设置了 1 间放射性固体废物暂存库。

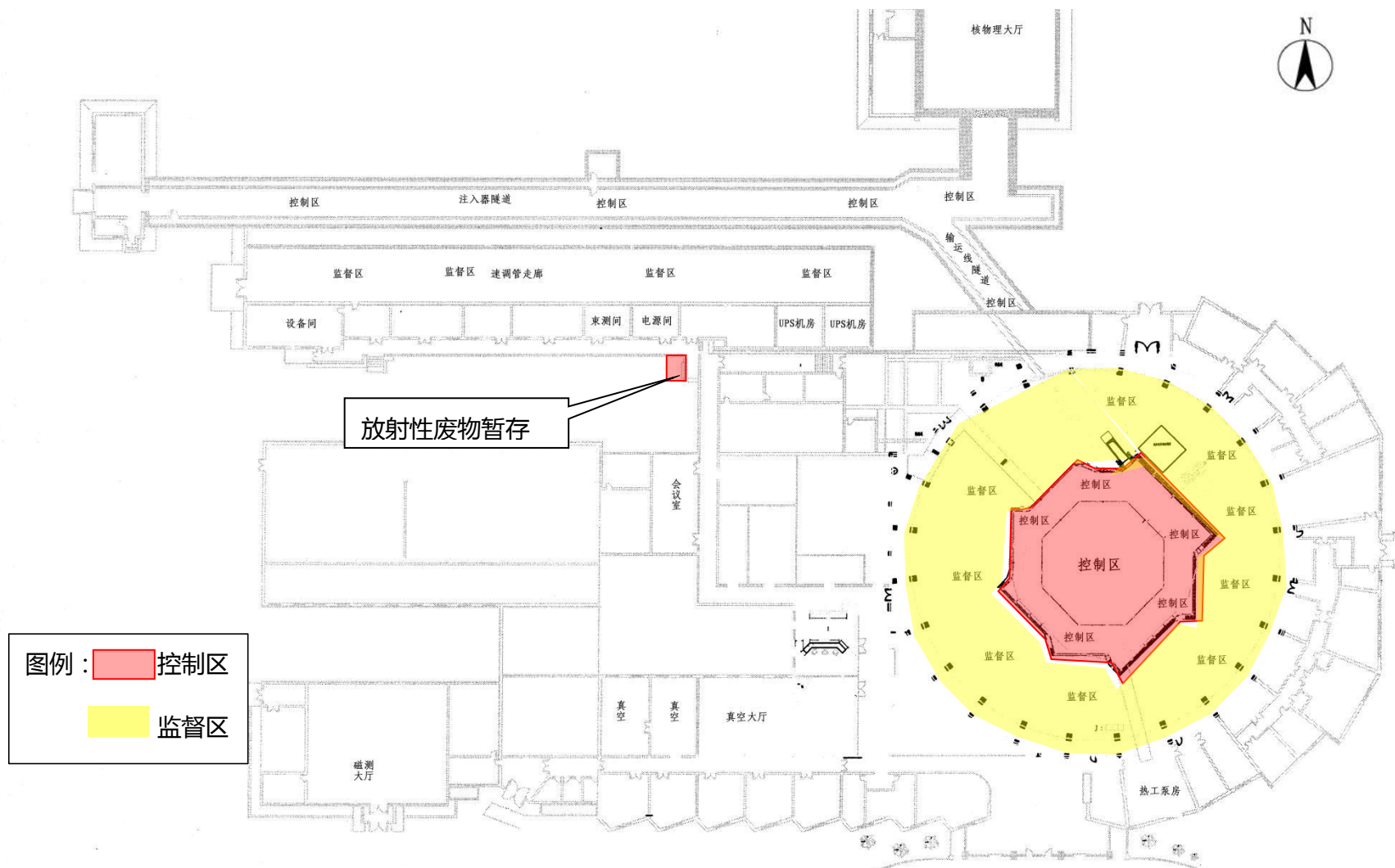


图 4.1-1 本项目涉及的工作场所辐射工作场所分区图

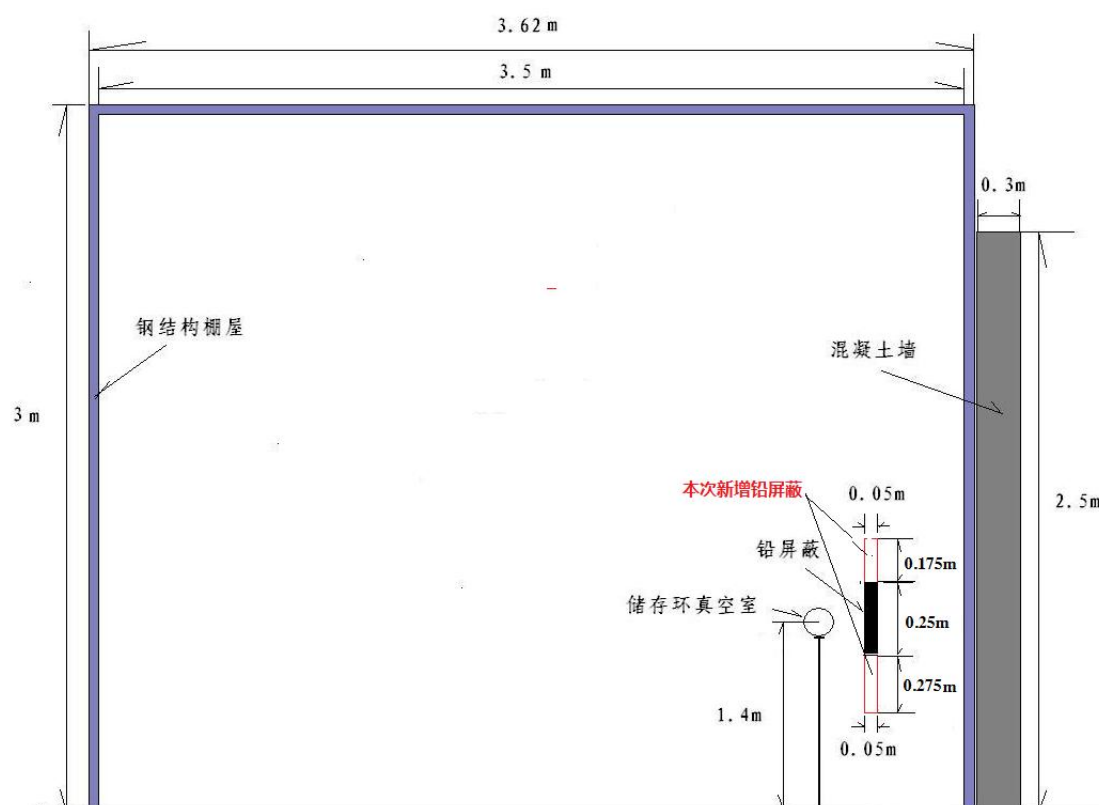
A. 5. 2 辐射安全与防护设施/措施

A. 5. 2. 1 储存环屏蔽措施

已建成的储存环大厅为混凝土墙，房顶结构为 12cm 钢筋混凝土+3mm 铝板+8cm 保温材料（岩棉）。

储存环安装于储存环棚屋内，束流平面距储存环棚屋地面 1.4m，紧靠储存环真空室安装铅砖屏蔽(束流平面下方 40cm 为 5cm 厚铅砖、束流平面上方 12.5cm 为 5cm 厚铅砖，再向上 17.5cm 为 3cm 厚铅砖)。铅砖外为棚屋，棚屋净宽 3.5m，净高 3.0m，采用钢结构系统：为双层 3mm 钢板中间夹保温层。本次新增铅屏蔽措施详见图 A.5.2-1 所示。

棚屋外建造全封闭 30cm 混凝土防护墙，墙体高度 2.5m，长墙墙厚 30cm，短墙墙厚 50cm，采用预制钢筋混凝土结构，见图 A.5.2-2。



铅砖用铝箔包裹

图 A.5.2-1 储存环屏蔽示意图及现场实物照片（铅砖采用支架支撑）

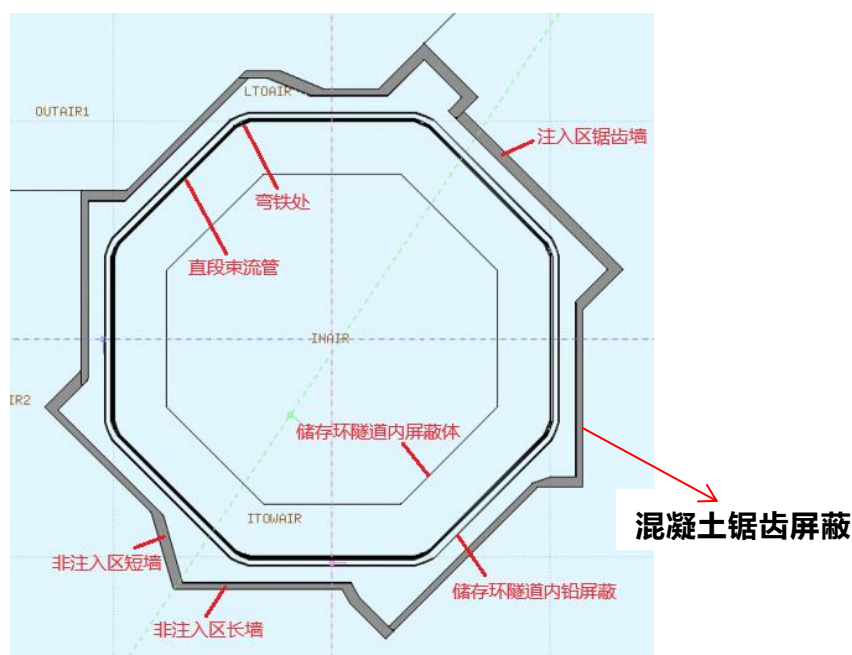


图 A.5.2-2 储存环混凝土锯齿屏蔽墙示意图（长墙厚度 30cm，短墙厚度 50cm，高 2.5m）

A.5.2.2 金华光束线站屏蔽措施

金华光束线包含 3 个支线，分别为金华散射实验站（2.55°掠入射 M1 镜）及 2 个散射支线实验线站（10.5°掠入射 M1 镜）。其工作模式为同步辐射光源每次只能供给一个线站使用。

表 A.5.2-1 金华散射线站计算时采用的屏蔽措施

序号	位置	屏蔽措施	距离直线节末端距离
1	M1 镜处镜箱	不锈钢，两个侧面 1cm，上/下/前/后均为 0.5cm	9.5m
2	末端铅吸收器	6cmPb，高 50cm，宽 50cm	18.6m

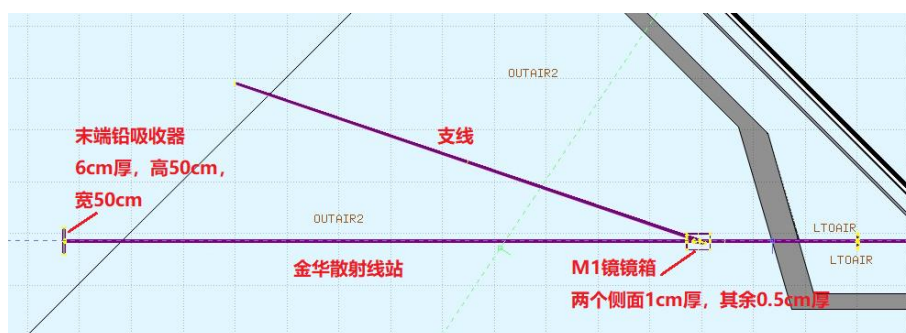


图 A.5.2-3 金华光束线屏蔽位置示意图

A.5.2.3 辐射安全与防护措施

合肥光源（HLS）的人身安全联锁系统（PSS）是借鉴国内外粒子加速器 PSS 的优秀实践设计而成，已有多年的运行经验，未发生辐射事故，系统的具有高可靠性和稳定性。本次改扩建项目不改变现有安全联锁系统。

合肥光源处于不同调试、运行模式，人身安全联锁系统会要求不同的控制区处于联锁状态。联锁系统将注入器和储存环控制区域设计了 3 种状态。

表 A.5.2-2 合肥光源加速器调试与运行模式统计表

模式	注入器	储存环
HLS 总调试、运行	ON	ON
注入器调试、运行	ON	OFF
储存环调试、运行	OFF	ON

合肥光源正常运行期间人身安全联锁系统的基本工作流程如图 A.5.2-4 所示。

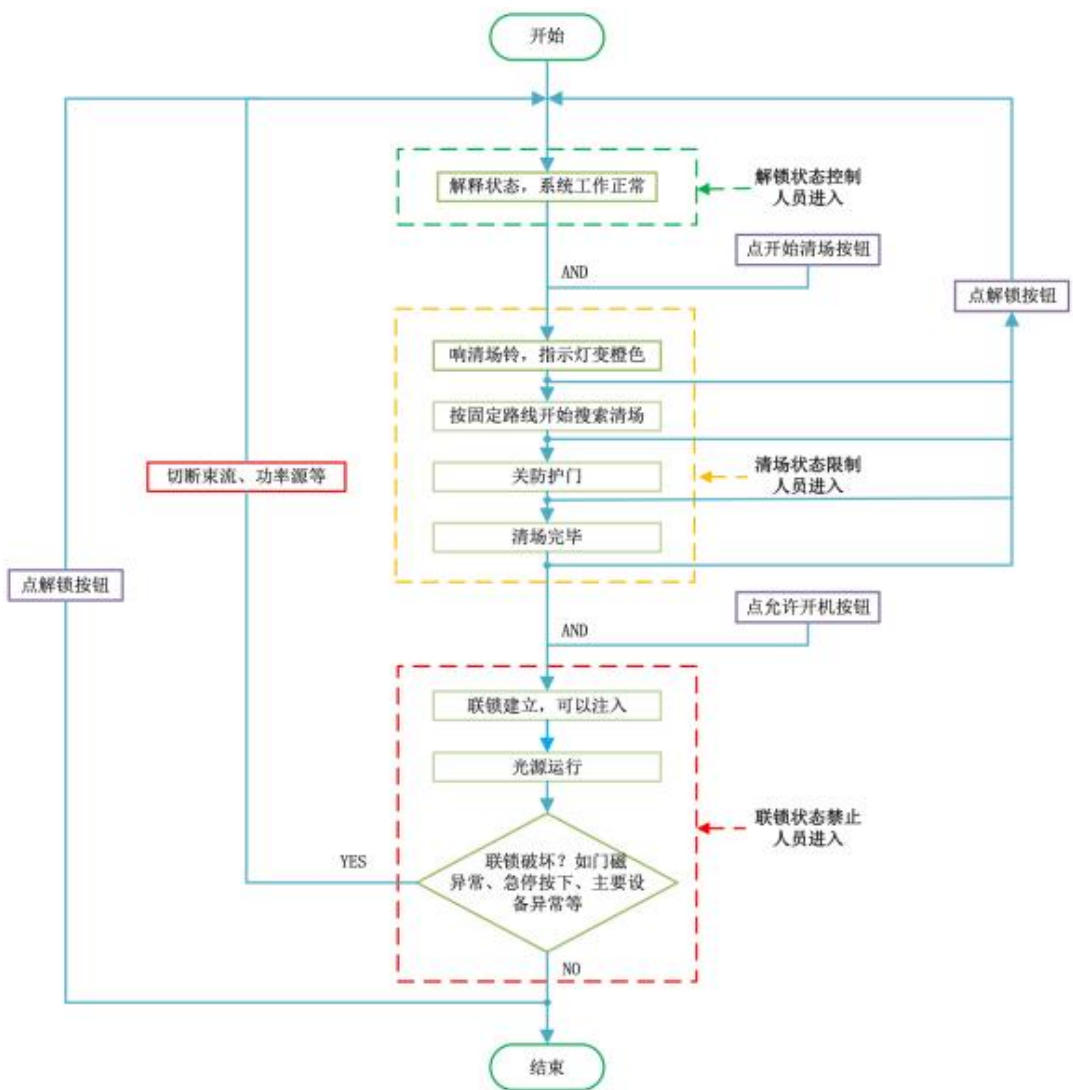


图 A.5.2-4 合肥光源安全联锁运行流程图

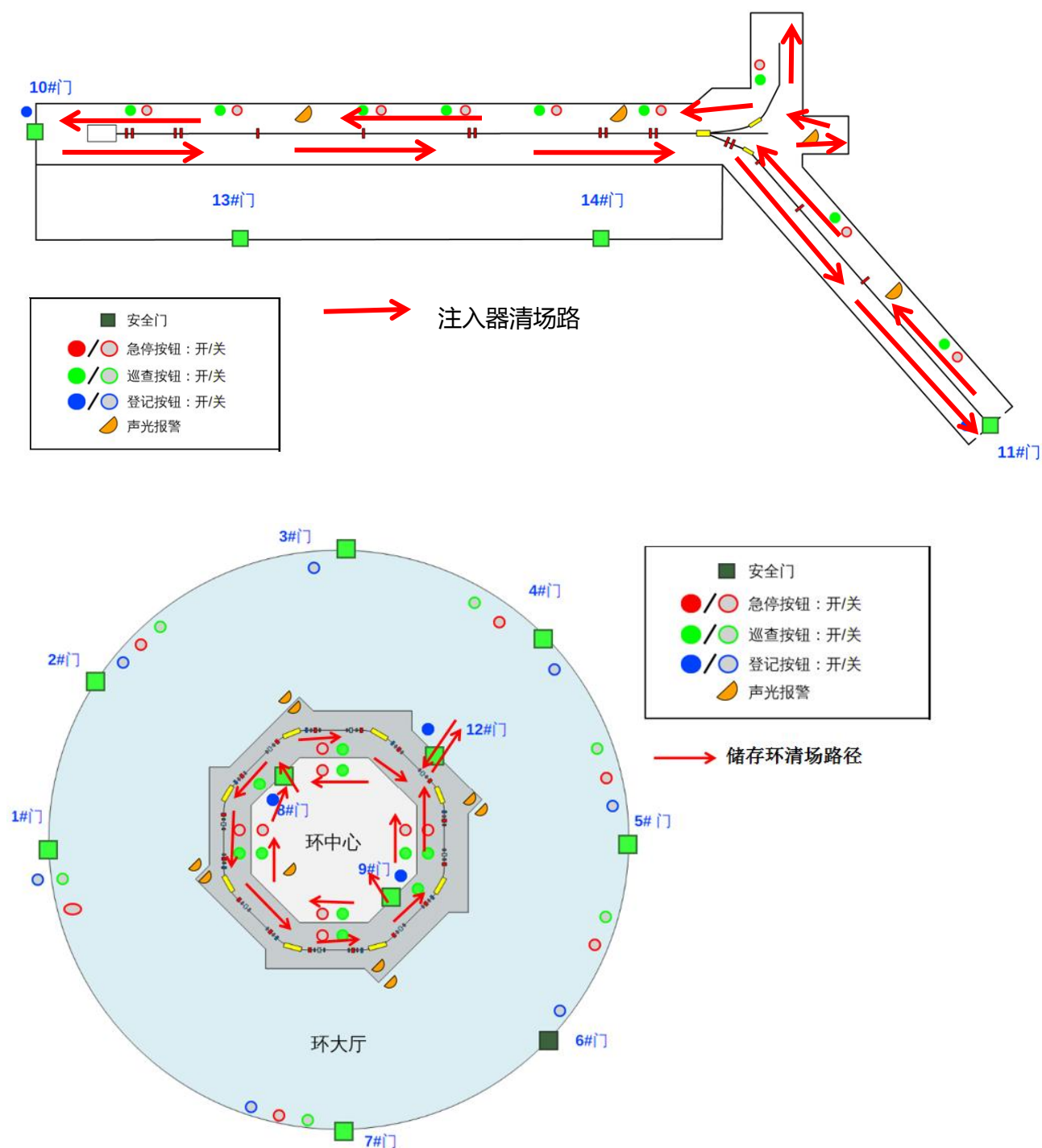


图 A.5.2-5 注入器、储存环清场路线

人身安全联锁系统是通过设置在控制站的联锁控制器 PLC 来处理和交换信号，通过分布在控制区内的现场设备来采集信号和执行动作。主要现场设备有：门禁与安全门锁、联锁卡盒、登记按钮及指示灯、巡查按钮及指示灯、急停按钮、声光报警、状态显示 OPI、束流阀门及光闸等，合肥光源设备数量统计如表 A.5.2-3 所示。

表 A.5.2-3 合肥光源人身安全联锁系统联锁控制组件数量统计表

联锁控制组件	注入器	储存环	线站	总计
安全门	2+2	3	7	14
门禁联锁组件	2+2	3	7	14
登记按钮及指示灯	2	3	7	12
巡查按钮及指示灯	9	10	6	25
急停按钮	9	10	6	25
声光报警	4	4	4	12
紧急开门按钮	2	3	4	9
监视器	10	4+8	7	29
监视器显示屏	3	/	3	6

根据合肥光源空间分布，将加速器段划分为两个联锁控制区域：注入器联锁控制区和储存环联锁控制区，如图 A.5.2-6 所示。

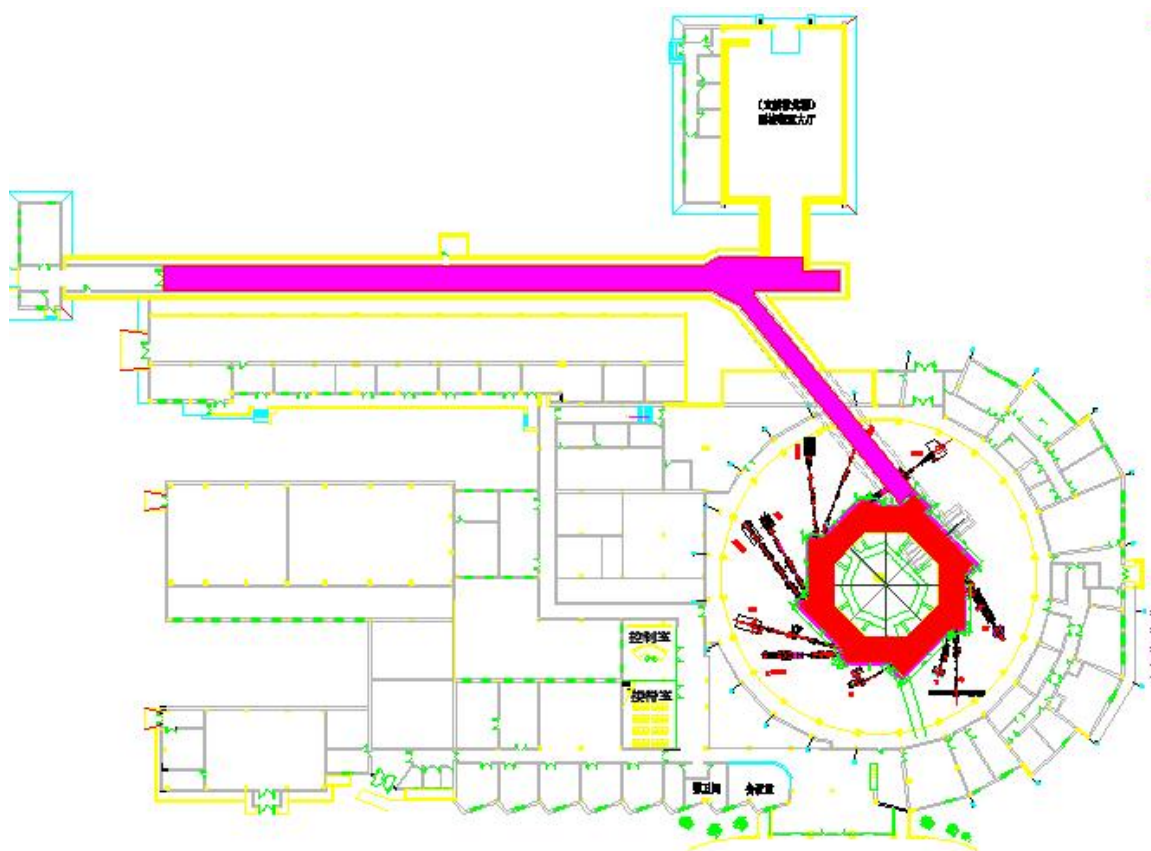


图 A.5.2-6 合肥光源联锁控制分区示意图

注入器控制区（上图紫红色区域）全长约 120 米，净宽 3.5 米，有 2 个人员出入口设置联锁门；储存环控制区（上图红色区域）为环形，净宽约 3.5 米，有 3 个人员出入口设置联锁门。通过不同控制区域联锁组合实现合肥光源不同的运行模式。

A. 5. 2. 4 辐射监测系统

合肥光源场所固定剂量监测系统包含两部分功能：环境剂量监测和区域剂量监测。当任何一个探测器的瞬时剂量值超过 $20\mu\text{Sv/h}$ 时，会触发联锁事件，将辐射安全联锁对应的继电器信号置为 0，触发辐射安全联锁系统，切断电子枪和注入系统。

合肥光源场所固定剂量监测点的设置情况详见图 A.5.2-7：

环境监测点：2 个，M1、M2 点，分别位于实验室西围墙和南围墙边。

注入器区，3 个监测点，分别为 M3~M5，位于速调管走廊。由于速调管走廊与注入器隧道之间的屏蔽墙开孔较多，虽然是监督区域，但是仍然需要重点监测。

储存环区及线站区，共设 11 个监测点，分别为 M6~M16，位于注入区短墙和走廊立柱。注入区是需要重点监测的区域，走廊立柱位于光束线站末端，人员活动较密集。

其他人员活动密集区域，环厅 4 号门和 5 号门外，中央控制室及北侧走廊，门卫处，设 5 个监测点。



图 A.5.2-7 合肥光源辐射监测系统

A. 5. 3 放射性三废的处理

合肥光源属于高能电子加速器，除产生瞬发辐射外，初始和次级粒子还可能使加速器隧道里的束流管等设备，以及冷却水、空气等发生活化，这些放射性废物的流出可能对周围环境产生辐射影响。

1) 活化冷却水

合肥光源可能产生的放射性废液主要来自活化冷却水。冷却水为去离子水，去离子水在运行期间循环使用不排放。仅考虑事故状态下向外环境排放。

合肥光源已运行三十余年，每年均委托有资质单位对循环冷却水采样检测，根据现状监测结果（合肥光源长期运行条件下），设备循环冷却水总 α 活度浓度未检出，总 β 活度浓度 0.017Bq/L，放射性核素铍-7、钠-22 活度浓度均低于相应的探测限，说明设备循环冷却水未明显活化，低于 GB18871-2002 中计算出的排放限值，经审管部门确认后可直接排放。本次验收的合肥光源储存环束流提升及新增线站项目不会对设备循环冷却水的活化水平产生显著影响，依托现有处理措施是可行的。

2) 活化固体废物

合肥光源可能产生的活化固体废物主要有：活化部件。加速器运行到一定阶段，一些部件由于质量下降或损坏被更换下来，这些部件往往具有一定的感生放射性。

合肥光源在直线速调管走廊耳房南侧设置一处放射性固体废物库，用于暂存活化部件等放射性固体废物。换下来的活化部件根据其污染水平，分类存放于放射性固体废物暂存间中。暂存一定时间后，满足解控要求（根据环评文件，单包（质量10kg）放射性固体废物表面30cm处辐射剂量率 H_p 不高于 $0.14\mu\text{Sv/h}$ 可作为清洁解控条件，且 H_p 与单包质量成正比关系），经审管部门同意后可按一般废物处理，不满足解控要求的作为放射性废物统一处理。

目前放射性固体废物库内无暂存的废物。

历史处置情况：因升能改造需要，中国科学技术大学国家同步辐射实验室于2012年5月对原有设备进行了拆除，其中有部分坑道和管线设备具有放射性。经过两年多的冷却后，中国科学技术大学辐射安全工作人员通过仔细的辐射检测，将这些放射性废物按放射性水平进行分类，并于2015年3月向安徽省环保厅辐射环境监督站提出检查监测指导申请，以确定最终的处置方案。2016年10月，安徽省辐射环境监督站完成了放射性废物鉴别工作，并最终于2017年4月前将同步辐射装置场所产生的放射性废物送交给安徽省城市放射性废物库集中贮存（2017年4月19日生态环境部华东核与辐射安全监督站监督检查时已确认上述废物已完成处置）。

3) 放射性废气

合肥光源储存环束流提升后，运行期间所产生的放射性气体的主要核素为 ^{11}C （半衰期20.39min）、 ^{13}N （半衰期9.965min）、 ^{15}O （半衰期2.037min）和 ^{41}Ar （半衰期1.8h）。

储存环隧道体积约为 1800m^3 ，隧道无强制通风设施，储存环大厅已设置2台风机强制排风，排风量均为 $10580\text{m}^3/\text{h}$ 。隧道内空气对外围线站工作场所有一定的负压，正常运行时隧道内活化空气不会进入外环境。储存环停机检修时，停机45min后打开隧道门依托环大厅的强制排风系统进行排风2h，此期间环大厅门（1~7#门）保持联锁，无人员进入。本次验收项目依托现有排风措施是可行的。

A.5.4 辐射安全与防护设施“三同时”落实情况

合肥光源自运行以来未发生辐射安全事故或人员超剂量照射事件，现有辐射安全设施运行良好。本次改扩建项目不改变现有储存环场所分区，依托合肥光源现有辐射安全场所设施、安全联锁系统、通风系统及监测系统，新增的线站处已设固定式辐射监测探头（DM6、DM7），不需要新增设置，依托现有设施设备可满足本次改扩建项目需求。

针对储存环补充屏蔽措施及金华光束线站屏蔽措施，学校向宜兴市诚鑫辐射防护器材有限公司采购了相关防护材料，并委托专业施工单位进行安装，施工过程中由学校辐射防护组工作人员进行全过程监督，相关验收材料详见附件 10。

表 A.5.4-1 “三同时”验收一览表

项目		“三同时”验收内容		验收要求	落实情况
管 理 措 施	管 理 机 构	成立辐射安全管理领导小组，辐射安全负责人通过核技术应用辐射安全与防护知识考核。本项目申请的核技术应用类型（使用 I 类射线装置），辐射安全关键岗位一个，为辐射防护负责人，最少在岗人数 1 名，辐射安全关键岗位应由注册核安全工程师担任		辐射安全负责人须学习辐射安全与防护知识并通过考核，并执有注册核安全工程师证书	辐射安全负责人（张宪锋）执有注册核安全工程师证书（ZHZA202301010）
	管 理 措 施	应有健全的设备操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、工作人员个人剂量监测与管理、工作场所辐射监测方案及辐射事故应急预案等		根据要求修订完善	已落实
储 存 环 屏 蔽 措 施	混凝土防护墙短墙		50cm 厚混凝土、高 2.5m	居留因子 $T > 1/2$ ，瞬时剂量率不超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 居留因子 $T \leq 1/2$ ，瞬时剂量率不超过 $10\mu\text{Sv/h}$	储存环真空室铅砖局部铅厚度高于原设计；验收监测结果满足要求
	混凝土防护墙长墙		30cm 厚混凝土、高 2.5m		
	储存环棚屋		双层 3mm 钢板中间夹保温层		
	储存环真空室铅砖		束流平面下方 40cm 为 5cm 厚铅砖、束流平面上方 12.5cm 为 5cm 厚铅砖，再向上 17.5cm 为 3cm 厚铅砖		

	输运线末端与 储存环注入口 连接处	2.5×1×0.5m 长方孔，长方孔 上部有三角形斜面，该斜面 两侧为斜三角钢筋混凝土结 构，上部为两层 3cm 钢板中 间夹 6cm 铅。		
	隧道底部环大厅 一侧防护门（12 号门）	门高 2.65m、两层 5mm 厚钢 板、中间夹 2cm 厚铅板和 3cm 厚石蜡。		
金华光 束线站 屏蔽措 施	M1 镜处镜箱	不锈钢，两个侧面 1cm，上/下 /前/后均为 0.5cm		
	末端铅吸收器	6cmPb，高 50cm，宽 50cm		
安全措 施	设置人员安全联锁系统（包含清场功能、急停功 能、使能功能、报警功能），安全联锁设备设置 位置及数量详见表 4.3-2 及图 4.3-2； 设置场所辐射监测系统（共布设 21 个固定监测 点位，布置伽玛和中子剂量率监测探头）；设 置视频监控、双向对讲系统，设置通风系统		均依托现有	已落实
	控制区入口处明显位置张贴电离辐射警告标 志，监督区地面设置黄色警示线； 防护门外应有电离辐射警告标志；门上方应有 醒目的工作指示灯		均依托现有	
	岗位职责和操作规程等工作制度在合适张贴上 墙		按要求张贴	
个人防 护	辐射工作人员上岗前应学习辐射安全与防护知 识并通过考核		按要求落实	已落实
	辐射工作人员均佩戴个人剂量计，开展个人剂 量监测送检周期不大于 3 个月		按要求佩 戴、送检	已落实
	辐射工作人员开展岗前体检、岗中（周期不大 于 2 年/次）及离岗职业健康体检		按要求落实	已落实
	已配置便携式γ巡检仪 1 台、便携式中子巡检仪 1 台、表面污染仪 1 台、直读式个人剂量报警仪 20 支，已配置的确保仪表可正常使用		按要求送检	已落实

A.6 环境影响报告书主要结论及其审批部门审批决定

A.6.1 环境影响报告书主要结论与建议

结论与建议

1、项目工程概况

中国科学技术大学国家同步辐射实验室的合肥光源设计建造于二十世纪80年代，1991年正式对用户开放，1999年至2004年进行二期工程建设，新建8条光束线站，更新了加速器系统部分设备以改善光源稳定性。2013年国家同步辐射实验室编制《合肥光源重大维修改造项目环境影响报告书》并取得了生态环境主管部门的批复文件，并于2016年通过了验收。该项目对储存环的磁铁系统、真空与机械系统、注入系统、光束线站以及公共设施部分进行了改造。

合肥光源是一台专用真空紫外和软X射线同步辐射光源，主要设备包括800MeV直线加速器注入器和一个800MeV电子储存环。目前，合肥光源储存环运行流强约300mA，现有10条线站。为了向用户提供更好的实验条件，本次拟将储存环运行流强提升至500mA，并新增1条光束线站。本次评价项目拟依托现有直线加速器注入器及电子储存环，不改变注入器屏蔽结构及设备设施，仅在储存环真空室外新增铅砖屏蔽及在已有预留线站处安装新线站设备。

项目预计总投资约为约4000万元人民币，其中环保投资约120万元，占总投资的3%。该项目建成后主要用于开展科研活动，为相关领域的创新和发展作出更大贡献。

项目调试及运行期产生的瞬发辐射和感生放射性为该项目主要的污染源。

2、辐射安全与防护

(1) 辐射工作场所分区：合肥光源已按照控制区和监督区对辐射工作场所进行划分，采取安全控制措施严防人员进入控制区内。

(2) 辐射安全连锁系统：合肥光源已建立了安全、冗余的辐射安全连锁系统，包括钥匙控制、清场搜索、急停按钮、声光报警器，以及状态指示信号、视频监控以及放射性警告标志和中文警示说明，可有效防止工作人员和公众受到意外照射。

(3) 辐射屏蔽：根据我国法规标准要求确定各辐射工作场所屏蔽体外剂量率控制水平，本次拟在储存环真空室外新增铅砖屏蔽，经计算储存环束流提升后，各辐射工作场所屏蔽体外瞬时剂量率均低于其剂量率控制水平。

(4) 通风系统：注入器隧道及储存环大厅设有通风系统，其排风量、换气次数等的设计均能确保排入环境中的放射性废气对环境及公众的影响满足相关标准要求。

(5) 工作场所辐射监测系统：注入器及储存环外重点关注点均设有固定式辐射监测仪，对场所剂量率水平进行实时监测和显示，确保工作人员和公众的安全。

3、环境影响分析

该项目建设期工程量非常小，产生废水、噪声、固体废物经妥善处置后对外环境的影响是可接受的。

经过理论预测，合肥光源储存环束流提升后，该项目正常运行所致辐射工作人员、科研人员及公众年受照剂量均满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）规定的20mSv/a的职业照射有效剂量基本限值和1mSv/a的公众照射有效剂量基本限值，也低于此次评价确定的剂量约束值（分别为职业人员5mSv/a、科研用户0.5mSv/a、公众0.1mSv/a）。本次改扩建项目拟采取的屏蔽措施符合国家标准规范的要求。

经过理论预测，该项目所排放的活化气体对公众影响极其轻微。

该项目产生的放射性固体废物主要为废束流管等，设置一处放射性固体废物暂存库暂存。拆除的活化结构部件若存在比活度超过豁免限值的，应集中存放在暂存间内，经暂存一定时间后满足解控条件的可清洁解控，不满足解控要求的最终委托项目所在地城市放射性固废处置中心或其他有资质的单位处置。

臭氧和二氧化氮的室内浓度及排放浓度均满足标准限值要求；生活废水排入市政污水管网，不会直接排入当地水体。项目产生的一般工业固体废物由物资公司回收利用，生活垃圾由环卫部门收集处置，实验过程中产生的危险废物委托有资质的单位处置。非放射性污染物均得到了有效治理与处置，对环境的影响轻微。

4、辐射安全管理

中国科学技术大学已成立了专门的辐射安全与防护管理委员会，并建立了一系列辐射安全管理制度，内容涵盖人员岗位职责、辐射防护、设备检修、人员培训、辐射监测等；制定了辐射工作人员培训制度，确保辐射工作人员在上岗前参

加辐射安全与防护考核，并考核合格后方可上岗；目前制定的辐射环境监测方案能够满足该项目运行要求。

5、结论

综上所述，合肥光源储存环束流提升及新增线站项目在严格按照环评中的要求进行建设后，项目运行期间对工作人员和周围环境的辐射影响符合环境保护的要求，该项目对环境的影响是可以接受的。

建设单位在落实此报告书中的各项污染防治措施和管理措施后，将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护能力，故从辐射防护和环境保护的角度考虑，该项目的建设是可行的。

6、建议和承诺

（1）建议

①严格落实分区管理制度；完善束流提升调试期间各项操作规程，完善现有辐射安全相关管理制度。

②应确保注入器隧道及储存环大厅通风措施有效，降低空气中放射性物质浓度。

③放射性固体废物贮存库应设置双人双锁，门口张贴明显的电离辐射警告标志，并建立出入口台账制度。

④辐射事故应急要求：项目建设单位应根据可能发生的辐射事故风险，制订完善的辐射事故应急预案，并定期演练。

⑤项目建成后，如因科研需求，调整或扩大建设区域的情况，应按照国家法规制度，根据项目变动情况，开展环境影响后评价或重新进行环境影响评价。

（2）承诺

为了保证人员和环境安全，学校做出如下承诺：

①严格遵守国家相关规定，在取得《辐射安全许可证》后方可开展储存环束流提升及相关线站的测试工作。

②按照《低、中水平放射性固体废物暂时贮存规定》（GB11928-1989）的要求，做好放射性固体废物的分类收集、包装和暂存工作。

③按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（环境保护部令第3号）第四十二条之规定编写放射性同位素安全与防护状况年度评估报告，于每年1月31日前报送辐射安全许可证发证机关。

A. 6.2 审批部门审批决定

以下引自《安徽省环境保护厅关于合肥光源储存环束流提升及新增线站项目环境影响报告书审批意见的函》（皖环函〔2024〕790号）：

《合肥光源储存环束流提升及新增线站项目环境影响报告书》（以下简称《报告书》）收悉。根据《报告书》、省环境工程评估中心评估意见（环评估函〔2024〕114号）和专家组的技术评审意见，现提出如下审批意见：

一、建设项目内容

2012—2014年，你校完成了“合肥光源重大维修改造项目”，显著提升了合肥光源总体性能，建成了800MeV直线加速器注入器和能量为800MeV、流强300mA的电子储存环（I类射线装置）以及光电子能谱、软X射线成像等10条实验线站，达到国际同类装置先进水平。现为向用户提供更好的实验条件，拟将电子储存环运行流强提升至500mA，并新建1条金华光束线站（包括金华散射实验站及2个散射支线实验线站）。项目依托现有直线加速器注入器及电子储存环，直线加速器注入器系统仅增加运行时间（约720h/年，未超出已许可的工作负荷），电子储存环真空室外新增铅砖屏蔽。

本项目符合辐射实践正当性的原则，项目在落实《报告书》中提出的各项污染防治和辐射防护措施后，对周边环境、公众和辐射工作人员的环境影响满足国家规定的相关标准限值要求，我厅同意《报告书》的结论和拟采取的辐射防护和污染防治措施。

二、项目建设与运行期间重点注意事项

（一）你校应严格按照《报告书》要求落实项目建设期和运行期噪声、废水、废气、固体废物和放射性废气、废液、固体废物的管理和控制措施。活化部件等放射性固废需分类贮存在放射性固体废物暂存间，贮存后满足解控要求的，经审管部门同意后可按一般废物处理，不满足解控要求的作为放射性废物交由有资质单位处置。

（二）合肥光源设计有功能齐全、安全冗余的安全联锁系统。你校应做好辐射工作场所分区管理工作，加强相关辐射防护设施和安全联锁

系统的日常检查、维护保养，确保光源在受控条件下安全、稳定运行，保障辐射工作人员和公众人员辐射安全。

（三）你校应按监测方案定期对辐射工作场所及周围辐射水平进行监测，同时加强场所周围有关环境介质活化核素的跟踪监测工作，做好监测结果记录分析工作。

（四）你校应根据项目进展完善辐射安全管理体系，定期开展辐射事故应急演练。同时加强辐射工作人员管理及外来人员辐射安全管理，辐射工作人员通过核技术辐射安全和防护知识考核后方能上岗。严格执行辐射工作人员个人剂量监测、职业健康体检和单位辐射安全与防护工作年度评估报告等制度。

三、本项目运行前需向生态环境部重新申请辐射安全许可证并获批准后方可使用。严格按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序和标准，及时自行开展竣工环境保护验收。

四、本项目环境影响评价文件自批准之日起满 5 年方开工建设的，其环境影响评价文件应当报我厅重新审核。项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，应当重新报批项目环境影响评价文件。

五、你校应在收到本批复后 20 个工作日内，将批准后的《报告书》送至合肥市生态环境局，并按规定自觉接受各级生态环境主管部门的日常监督检查。

安徽省生态环境厅

2024 年 9 月 2 日

A.7 验收监测内容

A.7.1 验收期间工况要求

一、验收工况

1、运行负荷要求

- 1) 监测期间生产负荷需达到设计能力的 75%以上，确保工况代表性。
- 2) 设施需连续稳定运行至少 15 天，期间无重大故障或超标排放。

2、监测覆盖性

- 1) 需覆盖所有放射性核素排放环节（如废气、废水、固体废物处理系统）。
- 2) 对周边环境介质（空气、土壤、水体）同步开展放射性水平监测。

二、特殊情形处理

异常工况：若监测期间出现异常数据，需补充监测并说明原因。

A.7.2 验收监测因子

2025 年 6 月 11 日—6 月 12 日，中核化学计量检测中心（核工业北京化工冶金研究院分析测试中心）对本次验收项目场址周围空气、土壤、地表水、循环冷却水中核素的活度浓度进行了现场采样。

2025 年 6 月 11 日，安徽祥安环保有限公司于同步对储存环屏蔽体外 30cm 处及环大厅线站工作区 X- γ 辐射剂量率进行了验收监测；2025 年 7 月 1 日，核工业二七〇研究所对储存环屏蔽体外 30cm 处及环大厅线站工作区中子周围剂量当量率进行了验收监测。

验收监测期间工况均符合要求。

表A.7.2-1 监测对象和监测因子

序号	监测对象	监测因子
1	空气	氢-3、碳-14
2	气溶胶	铍-7、钠-22
3	土壤	铍-7、钠-22
4	地表水	总 α 、总 β 、氢-3、铍-7、钠-22
5	循环冷却水	总 α 、总 β 、氢-3、铍-7、钠-22
6	外照射	X- γ 辐射剂量率

		中子周围剂量当量率
--	--	-----------

A.7.3 监测点位

因本项目为原址改扩建项目，项目已长期运行多年，按照环评阶段现状监测方案，本次验收监测对项目所在地周围土壤中 ^7Be 、 ^{22}Na ，水中 ^3H 、 ^7Be 、 ^{22}Na 核素的活度浓度进行了采样分析监测。此外，考虑到总 α 、总 β 能够反映某区域的总放射性水平，对地表水及循环冷却水中总 α 、总 β 的活度浓度也进行了采样分析监测；对空气中 ^3H 、气溶胶中 ^7Be 、 ^{22}Na 进行采样检测。

项目区无地下水井、无暂存的放射性固体废物，故未采样检测。储存环隧道无强制通风设施，隧道内空气对外围线站工作场所有一定的负压，正常运行时隧道内空气经辐照产生的臭氧及氮氧化物不会进入外环境，故未监测工作场所臭氧及氮氧化物浓度。

对储存环外照射水平，储存环在电子能量 800MeV、束流强度 500mA 运行条件下屏蔽体外及实验线站工作区的 X- γ 辐射剂量率和中子剂量当量率进行监测。



图 A.7.3-1 辐射环境采样点位示意图（空气、气溶胶、土壤）

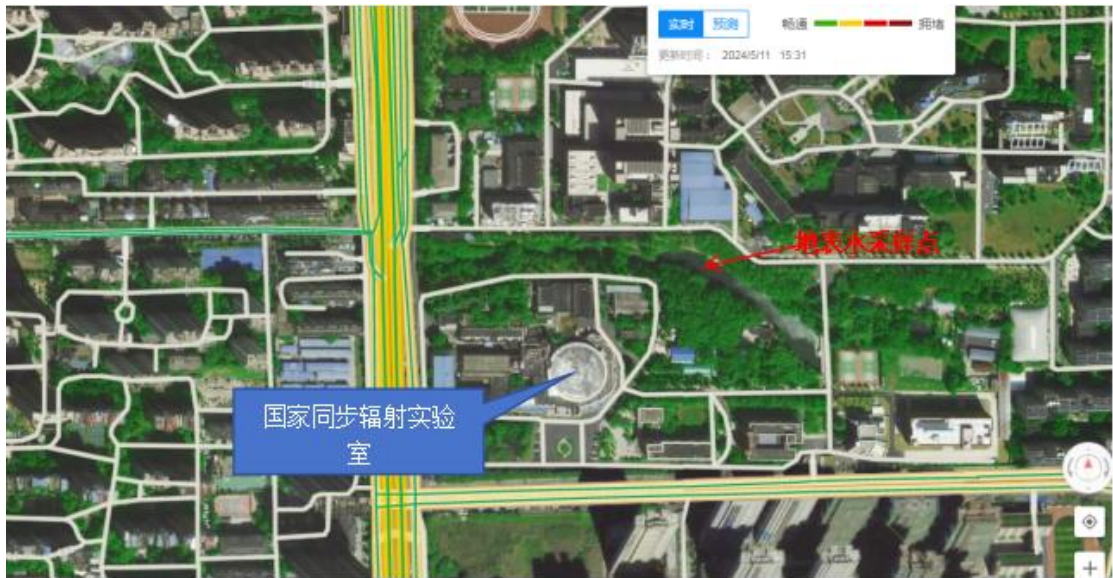


图 A.7.3-2 地表水环境采样点位示意图

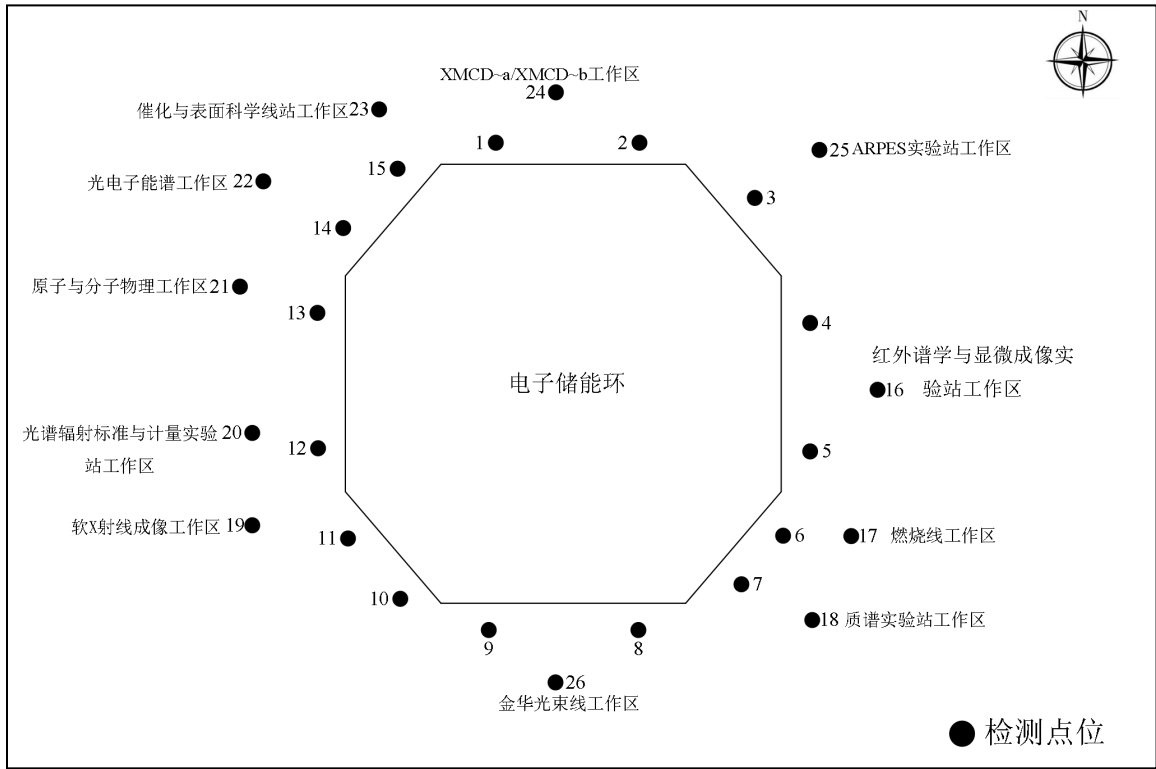


图 A.7.3-3 外照射监测点位示意图

A. 7. 4 监测分析方法

表A.7.4-1 监测方法和布点原则

序号	监测对象	监测项目	监测方法	监测分析方法	分析方法的最低检出限
1	土壤	铍-7、钠-22	在国家同步辐射实验室四周围布点采样法，共采取了4个土壤样。土壤样送实验室预处理后，采用高纯锗 γ 谱仪测量 γ 核素活度浓度	《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T16145-2022）	铍-7：0.1-0.5 Bq/L（固体样品） 钠-22：0.01-0.05 Bq/L（固体样品）
2	水样	总 α 、总 β 、氢-3、铍-7、钠-22	取国家同步辐射实验室北侧池塘水样及循环冷却水样各1个，水样状态：澄清透明；送实验室预处理后采用低本底 α 、 β 测量仪测量总 α 、总 β 活度浓度，采用高纯锗 γ 谱仪和液闪谱仪测量 γ 核素的活度浓度	《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》（HJ 898-2017）、《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》（HJ 899-2017）、《水中氚的分析方法》（HJ1126-2020）、《环境及生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法》（GB/T16145-2022）	总 α ：0.043Bq/L 总 β ：0.015 Bq/L 氢-3：2.0 Bq/L 铍-7：0.05-0.2 Bq/L（液体样品） 钠-22：0.005-0.02 Bq/L（液体样品）
3	空气	氢-3	在国家同步辐射实验室东北侧电动车棚内设1个采样点，空气样送实验室预处理后采用高纯锗 γ 谱仪测量 γ 核素活度浓度	《水中氚的分析方法》（HJ1126-2020）（空气水分中氚）	2.0 Bq/L
4	空气	碳-14		《空气中 ^{14}C 的取样与测定方法》（EJ/T 1008-96）	0.04Bq/m ³
5	气溶胶	铍-7、钠-22		《环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片 γ 能谱法》（HJ1149-2020）	铍-7：45 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ 钠-22：5 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$

6	外照射	X- γ 辐射剂量率、 中子周围剂量当 量率	在项目场址、环境敏感点、厂界等关 注点处布设贯穿辐射剂量率监测点 位，共计 26 个监测点位。采用便携式 检测仪表，以定点测量方式进行。	《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）、《辐射防护仪器中子周 围剂量当量（率）仪》（GB/T 14318-2019）	检测仪器检出限： FH40G:10nSv/h AT1123: 50nSv/h
---	-----	-------------------------------------	---	--	--

A. 7. 5 验收监测数据分析

A. 7. 5. 1 验收监测结果

表A.7.5-1 外照射检测结果

项目名称		合肥光源储存环束流提升及新增线站项目验收监测		
所测射线装置		800MeV 电子储存环		
设备参数		能量 800MeV、流强 500mA	型号	自研
测量工况		能量 800MeV、流强 500mA		
设备所在工作场所		合肥光源储存环大厅		
序号	点位描述	X-γ辐射剂量率 (nSv/h)	中子周围剂量当 量率 (nSv/h)	总辐射剂量率 (nSv/h)
1	屏蔽体外 30cm 处	114-121	45.2~46.1	167.1
2	电子引出口外 30cm 处	0.31-0.38(μSv/h)	60.1~65.5	445.5
3	屏蔽体外 30cm 处	125-132	45.5~46.2	178.2
4	屏蔽体外 30cm 处	116-123	45.1~47.0	170
5	电子引出口外 30cm 处	128-133	62.7~64.5	197.5
6	屏蔽体外 30cm 处	127-134	44.1~44.6	178.6
7	电子引出口外 30cm 处	134-140	67.0~70.1	210.1
8	屏蔽体外 30cm 处	119-130	50.3~54.7	184.7
9	电子引出口外 30cm 处	98-104	50.2~56.6	160.6
10	屏蔽体外 30cm 处	133-140	45.6~52.1	192.1
11	电子引出口外 30cm 处	152-158	53.8~58.0	216
12	屏蔽体外 30cm 处	118-124	50.1~52.8	176.8
13	电子引出口外 30cm 处	144-154	53.7~56.5	210.5
14	屏蔽体外 30cm 处	130-136	50.1~53.5	189.5
15	电子引出口外 30cm 处	140-149	55.3~56.5	205.5
16	红外谱学与显微成像实 验站工作区	149-154	67.1~73.2	227.2
17	燃烧线工作区	119-125	41.3~42.1	167.1
18	质谱实验站工作区	109-119	34.2~37.5	156.5
19	软 X 射线成像工作区	156-163	42.4~44.0	207
20	光谱辐射标准与计量实 验站工作区	109-115	34.2~37.1	152.1

21	原子与分子物理工作区	116-124	36.3~38.1	162.1
22	光电子能谱工作区	108-114	44.4~46.0	160
23	催化与表面科学线站工作区	158-165	50.0~52.1	217.1
24	XMCD~a/XMCD~b 工作区	120-125	42.2~43.4	168.4
25	ARPES 实验站工作区	134-141	53.1~54.5	195.5
26	金华光束线工作区	119-126	39.4~40.2	166.2

注：1、X-γ辐射剂量率本底值为 101~107nSv/h，上述监测结果未扣除本底值；

2、X-γ辐射剂量率仪器探测下限 LLD=50nSv/h；中子周围剂量当量率仪器探测下限 LLD=10nSv/h；

3、总辐射剂量率为 X-γ辐射剂量率与中子周围剂量当量率之和，保守考虑均取检测结果的最大值求和。

根据前述表 A.7.5-1 监测结果可知：储存环屏蔽体外 30cm 处（包括电子引出口处）及各线站工作区总辐射剂量率在 152.1~445.5nSv/h（即 0.152~0.446μSv/h），均低于 2.5μSv/h。

表A.7.5-2 水样中放射性核素活度浓度检测结果

序号	点位名称	样品编号	总α (Bq/L)	总β (Bq/L)	钠-22 (mBq/L)	铍-7 (mBq/L)	氚 (mBq/L)
1	项目北侧池塘	WL20255454-01	6.93×10^{-2}	0.172	<0.321*	<1.46*	<1.36*
2	循环冷却水	WL20255454-02	5.19×10^{-2}	< 3.48×10^{-2} *	<0.321*	<1.46*	<1.36*

备注：*表示测量结果为放射性核素探测下限。

表A.7.5-3 土壤样品中放射性核素活度浓度检测结果

序号	点位名称	样品编号	铍-7 (Bq/kg)	钠-22 (Bq/kg)
1	学生公寓区	WS20255454-01	7.20	<0.341*
2	合安花园小区	WS20255454-02	5.10	<0.341*
3	自行车小区	WS20255454-03	6.62	<0.341*
4	国家同步辐射实验室北	WS20255454-04	6.01	<0.341*

备注：*表示测量结果为放射性核素探测下限。

表A.7.5-4 空气样品中放射性核素活度浓度检测结果

序号	点位名称	样品编号	铍-7 (mBq/m ³)	钠-22 (mBq/m ³)
1	国家同步辐射实验室东北侧电动车车棚内	WG20255454-01	4.10	<9.23×10 ⁻² *
序号	点位名称	样品编号	氚 (mBq/m ³)	/
2	国家同步辐射实验室东北侧电动车车棚内	WG20255454-02	<0.70*	/
序号	点位名称	样品编号	碳-14 (mBq/m ³)	/
3	国家同步辐射实验室东北侧电动车车棚内	WG20255454-03	162	/

备注：*表示测量结果为放射性核素探测下限。

A. 7. 5. 2 人员受照剂量估算

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002），外照射人均年有效附加剂量按下列公式计算：

$$E = H \times t \times T \times 10^{-3} (mSv) \quad (1)$$

E：外照射人均年附加有效剂量，mSv；

H：所在区域剂量率，μSv/h；

t：年受照时间，h；

T：人员居留因子，无量纲。

(1) 辐射工作人员受照剂量估算

储存环正常运行期间对周围工作人员的影响主要集中在储存环大厅内光束线站联锁控制与数据处理工作人员，按储存环每年运行 7200h 计算，剂量率取上表 A.7.5-1 中储存环屏蔽体外剂量率最大值 0.446μSv/h 计。

储存环维护维修期间装置不出束，维修工作人员主要受到隧道内感生放射性的影响，进入时必须佩戴个人剂量报警仪，隧道内靠近束线处剂量率低于 2.5μSv/h 方可进入，保守取 2.5μSv/h。单次维护维修的时间按 1h，每年的维护维修次数按 10 次计算。

光束线站的用户科研用户是不固定的，每人每次实验在光源实验大厅停留约最长不会超过 84 小时，按每年实验 3 次估计。剂量率保守取上表 A.7.5-1 中各实验站工作区的剂量率最大值 $0.227\mu\text{Sv/h}$ 进行计算。

表A.7.5-5 本项目辐射工作人员受照剂量计算

序号	工作人员类型	H 剂量率, $\mu\text{Sv/h}$	t 年受照时间, h	T 居留因子	E 年有效剂量	剂量约束值, mSv/a
1	储存环大厅光束线站联锁控制与数据处理工作人员	(0.446-0.107)	7200	1	2.441	5
2	储存环维修维护工作人员	(2.5-0.107)	10	1	0.0239	
3	实验线站科研人员	(0.227-0.107)	84*3	1	0.0302	0.5

注：计算年有效剂量时，扣除了天然辐射本底值的贡献。

(2) 公众人员受照剂量估算

除受邀参观等情形外，合肥光源运行期间一般公众人员不会进入主体建筑内。根据前述表 A.7.5-1 检测结果，保守取各实验站工作区的剂量率最大值 $0.227\mu\text{Sv/h}$ 进行计算，按照储存环每年运行 7200h 计算，公众人员居留因子取 1/16，计算得到该处公众外照射的年受照剂量约为 $(0.227-0.107) * 7200 * 1/16 / 1000 = 0.054\text{mSv}$ 。

从上述计算结果可知，本项目辐射工作人员所受年附加剂量最大值为 2.441mSv ，科研用户所受年附加剂量最大值为 0.0302mSv ，周围公众所受年附加剂量最大为 0.054mSv ，均能满足环评文件中提出的剂量约束值（辐射工作人员年有效剂量不超过 5mSv ，科研用户不超过 0.5mSv ，公众不超过 0.1mSv ）。

A.8 质量保证和质量控制

A.8.1 质量保证和控制措施方案

(1) 监测单位取得了《检验检测机构资质认定证书》（中核安徽计量检测有限公司，证书编号 161200140346；核工业二七〇研究所，证书编号 171421180789；安徽祥安环保有限公司，证书编号 241212051319），现场监测时间在其证书有效期内。监测项目均在各检测单位《检验检测机构资质认定证书附表》批准的检验检测能力范围内。

(2) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

(3) 针对各类样品的采集，监测单位制定了操作规程，要求参加采样人员在实施采样前充分了解，并在采样过程中严格执行。

(4) 采样器符合国家技术标准的规定，使用前须检验并确认其性能良好后方可采样，保证采样器和样品容器的清洁，防止交叉污染。

(5) 采样后按规定方法进行暂存或预处理，并尽快送往实验室，做好样品交接工作。

(6) 监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

(7) 监测仪器定期由资质机构检定或校准，合格后方可使用，且在检定有效期内。

(8) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。

(9) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。

(10) 监测报告严格实行三级审核制度。

A. 8. 2 监测仪器设备及性能指标

表A.8.2-1（a） 监测仪器设备及性能指标

监测因子	仪器名称	仪器型号（编号）	主要技术指标
总 α 、总 β 放射性	低本底 α/β 测量仪	LB6008(YQ-HJ-0135)	探测效率： α 源： $^{241}\text{Am} \geq 65\%(2\pi)$ β 源： $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y} \geq 65\%(2\pi)$ 检定/校准有效日期：2025.06.24~2027.06.23
铍-7、钠-22	高纯锗 γ 能谱仪	GMX50P4-83(YQ-HJ-0133)	能量范围：7keV-10MeV 分辨率：2.2keV(FWHM, $^{1332}\text{keV}^{60}\text{Co}$) 检定/校准有效日期：2025.01.10~2027.01.09
氚、碳-14	低本底液体闪烁计数器	Quantulus 1220(YQ-HJ-0103)	测量范围： $\geq 2.0\text{Bq/L}$ 探测效率：53.2% 检定/校准有效日期2025.01.10~2027.01.09

表A.8.2-1（b） 监测仪器设备及性能指标

监测因子	仪器名称	型号	编号	技术指标
X- γ 辐射剂量率	便携式辐射防护X、 γ 剂量当量率仪	AT1123	54380	能量响应：0.015~10MeV（本次使用0.06~10MeV探头） 测量范围：5*10 ⁻⁸ ~10Sv/h 检定单位：安徽省放射性计量站 证书编号：2025J0507 有效期：2025.5.12~2026.5.11

表A.8.2-1（c） 监测仪器设备及性能指标

监测因子	仪器名称	型号	编号	技术指标
中子周围剂量当量率	中子周围剂量当量率仪	主机 FH40G；探头FHT762	030981+10623	测量范围：0.01 $\mu\text{Sv/h}$ ~100mSv/h 能量响应：0.025keV~5GeV 检定单位：中国计量科学研究院 证书编号：DLjs2025-01657 有效期：2025.6.10~2026.6.9

A.9 验收监测结果

A.9.1 运行工况

验收监测期间：合肥光源 Top-off 稳定运行，储存环最大粒子能量 800MeV、流强 500mA，项目各项辐射安全与防护设施运行正常，储存环大厅及注入器隧道强制排风系统正常运行，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）中的要求。

A.9.2 辐射防护与安全设施/措施运行情况

A.9.2.1 辐射安全与防护设施运行

针对储存环束流管外侧补充屏蔽措施，已严格按照环评文件及批复要求落实，详见下表及附件 10。

表A.9.2-1 储存环补充屏蔽措施落实情况

位置	环评文件中提出的屏蔽措施改建情况		落实情况
	改造前	改造后	
环内侧屏蔽及顶屏蔽	双层 3mm 钢板中间夹保温层	不变	/
锯齿长墙	双层 3mm 钢板中间夹保温层+30cm 厚混凝土防护墙（高度 2.5m）	不变	/
锯齿短墙	双层 3mm 钢板中间夹保温层+50cm 厚混凝土防护墙（高度 2.5m）	不变	/
棚屋内紧靠储存环束流管外侧	厚 5cm、高 25cm 铅砖*	-40cm~-12.5cm 处新增 5cm 厚铅砖，-12.5cm~12.5cm 处为现有 5cm 铅砖，12.5cm~30cm 处新增 3cm 厚铅砖	已落实，详见附件 10（-40cm~30cm 处均为 5cm 厚铅砖）
线缆孔	储存环短墙贴近地面处有尺寸 450mmx200mm 的线缆孔，总共 6 个，每个锯齿短墙一个	不变	/
地面	20cm 厚混凝土防护墙	不变	/

*注：现有铅砖中心为束流平面高度，定义为水平线 0，则原有铅砖高度范围-12.5cm~12.5cm。

表A.9.2-2 金华线站屏蔽措施

序号	位置	屏蔽措施	落实情况
1	M1镜处镜箱	不锈钢，两个侧面1cm，上/下/前/后均为0.5cm	已落实，详见附件10
2	末端铅吸收器	6cmPb，高50cm，宽50cm	

对照安徽省生态环境厅关于合肥光源储存环束流提升及新增线站项目环境影响报告书审批意见的函（皖环函〔2024〕790号），环评批复落实情况见下A.9.2-3。

表A.9.2-3 环评批复落实情况

环评批复要求	现场调查结果与落实情况
一、建设项目内容 2012—2014年，你校完成了“合肥光源重大维修改造项目”，显著提升了合肥光源总体性能，建成了800MeV直线加速器注入器和能量为800MeV、流强300mA的电子储存环（I类射线装置）以及光电子能谱、软X射线成像等10条实验线站，达到国际同类装置先进水平。现为向用户提供更好的实验条件，拟将电子储存环运行流强提升至500mA，并新建1条金华光束线站（包括金华散射实验站及2个散射支线实验线站）。项目依托现有直线加速器注入器及电子储存环，直线加速器注入器系统仅增加运行时间（约720h/年，未超出已许可的工作负荷），电子储存环真空室外新增铅砖屏蔽。	一、本项目建设内容与环评一致
二、项目建设与运行期间应重点关注的事项 （一）你校应严格按照《报告书》要求落实项目建设期和运行期噪声、废水、废气、固体废物和放射性废气、废液、固体废物的管理和控制措施。活化部件等放射性固废需分类贮存在放射性固体废物暂存间，贮存后满足解控要求的，经审管部门同意后可按一般废物处理，不满足解控要求的作为放射性废物交有资质单位处置。 （二）合肥光源设计有功能齐全、安全冗余的安全联	（一）已严格落实项目建设期三废和运行期放射性废气、废液、固体废物的管理和控制措施；已设置放射性固废暂存场所，并针对其暂存和处置建立了制度保障措施，目前暂无需处置的放射性固体废物。 （二）合肥光源已严格落实分区管理制度，并加强了辐射安全防护设施及安全联锁系统的日常检查及养

锁系统。你校应做好辐射工作场所分区管理工作，加强相关辐射防护设施和安全联锁系统的日常检查、维护保养，确保光源在受控条件下安全、稳定运行，保障辐射工作人员和公众人员辐射安全。 （三）你校应按监测方案定期对辐射工作场所及周围辐射水平进行监测，同时加强场所周围有关环境介质活化核素的跟踪监测工作，做好监测结果记录分析工作。 （四）你校应根据项目进展完善辐射安全管理体系，定期开展辐射事故应急演练。同时加强辐射工作人员管理及外来人员辐射安全管理，辐射工作人员通过核技术辐射安全和防护知识考核后方能上岗。严格执行辐射工作人员个人剂量监测、职业健康体检和单位辐射安全与防护工作年度评估报告等制度。	护，全部安全稳定运行，目前未发生过辐射安全事故与事件； （三）学校每年委托有资质单位对辐射工作场所开展年度检测；合肥光源设置了数量充足的固定式监测仪，并联网监控，配备了便携式辐射巡测仪；本次验收对工作场所周围有关环境介质开展了跟踪检测。 （四）医院已完善辐射安全管理制度，定期开展辐射事故应急演练；辐射工作人员均通过了辐射安全与防护知识考核再上岗，严格落实了个人剂量定期送检制度、职业健康检查制度；每年按时提交上年度辐射安全评估报告并接受生态环境主管部门监督检查。
三、本项目运行前需向生态环境部重新申请辐射安全许可证并获批准后方可使用。严格按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》规定的程序 and 标准，及时自行开展竣工环境保护验收。	三、已重新申领了辐射安全许可证，并组织开展竣工环境保护验收。
四、本项目环境影响评价文件自批准之日起满 5 年方开工建设的，其环境影响评价文件应当报我厅重新审核。项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的，应当重新报批项目环境影响评价文件。	四、环评要求均已落实，无重大变动
五、你校应在收到本批复后 20 个工作日内，将批准后的《报告书》送至合肥市生态环境局，并按规定自觉接受各级生态环境主管部门的日常监督检查。	五、已按要求报送并积极配合接受日常监督检查

本项目已按照环评文件及批复要求落实了相关辐射安全与防护设施的建设。

本次改造项目不改变现有储存环工作场所分区，依托合肥光源现有辐射安全场所设施、安全联锁系统、通风系统及监测系统，新增的金华光束线处已设固定式辐射监测探头（DM6、DM7），不需要新增设置。

辐射安全与防护设施运行情况：

1)储存环大厅控制区设置有明显的电离辐射警告标志，监督区入口处设标牌表明监督区；设置了视频装置系统和声光报警系统。钥匙联锁列入安全联锁系统，加速器束束调试期间禁止进入，装置停机后经授权并解除联锁后才能进入。

2)储存环隧道门与束流联锁；环大厅门（1~7#门）与储存环运行状态保持联锁；储存环停机检修时，停机 45min 后打开隧道门依托环大厅的强制排风系统进行排风 2h，此期间无人员进入。

3)联锁触动停机后须人工复位才能重启加速器；实验站内有足够数量的紧急停机按钮。

4)实验站内固定式辐射剂量监测仪器；同步辐射实验室配备了数量充足的便携式 γ 和中子剂量测量仪、个人剂量报警仪，为辐射工作人员配备了个人剂量计。

5)强活化部件贮存容器有电离辐射标志；更换下来的强活化部件有专设的存放地点及相应标志；实验站部件活化较高剂量率区的电离辐射标志及提示。

6)储存环大厅设置了强制通风系统。

综上所述，本项目已落实环评文件及批复中辐射安全与防护设施相关要求。现有辐射安全设施、设备完备，验收监测期间正常运行。



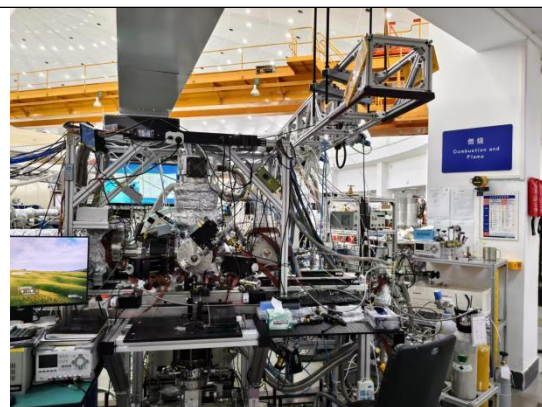
储存环大厅

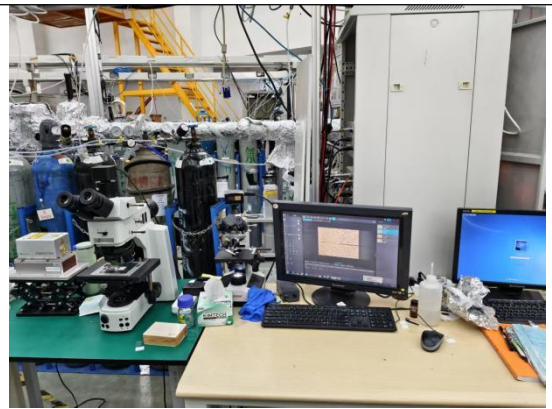


环大厅监督区入口门

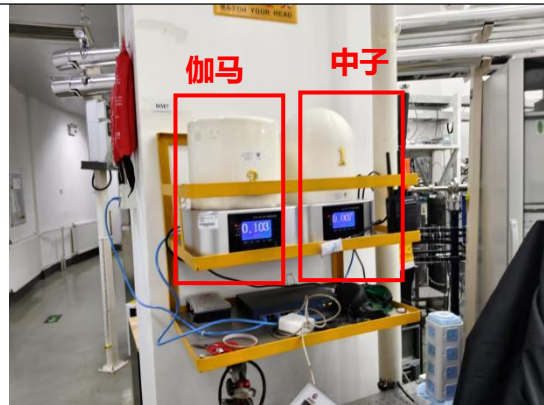


入口门旁人身安全联锁系统显示屏

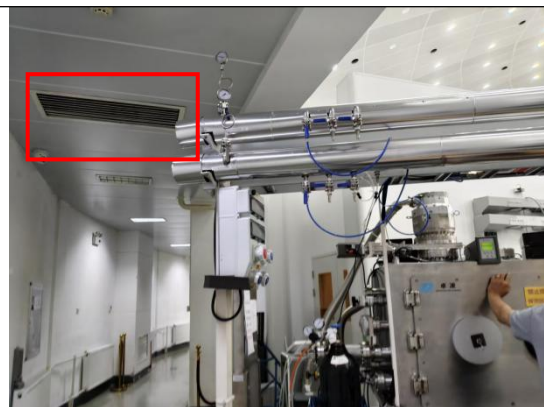




沿储存环引出的各光束线站工作区



线站工作区固定式辐射剂量监测仪（伽马监测仪和区域中子监测仪）



环大厅排风口

新风口



视频监控系统



主控室内固定式辐射剂量监测仪显示终端



7#门内侧（巡查按钮、急停按钮、门禁系统刷卡器）



辐射工作人员佩戴个人剂量计

规章制度上墙

图 A.9.2-1 辐射安全防护设施现场图片

A. 9. 2. 2 辐射安全与防护措施

A.9.2.2.1 放射性“三废”治理措施：

①放射性废气

储存环隧道无强制通风设施，储存环大厅已设置 2 台风机强制排风，可正常运行。隧道内空气对外围线站工作场所有一定的负压，正常运行时隧道内活化空气不会进入外环境。储存环停机检修时，停机 45min 后打开隧道门依托环大厅的强制排风系统进行排风 2h，此期间环大厅门（1~7#门）保持联锁，无人员进入。

②放射性废水

设备冷却水运行期间循环使用不排放。仅考虑事故状态下向外环境排放。根据本次验收检测结果，循环冷却水未明显活化，低于 GB18871-2002 中计算出的排放限值，经审管部门确认后可直接排放。

③放射性固体废物

合肥光源在直线速调管走廊耳房南侧设置一处放射性固体废物库，用于暂存活化部件等放射性固体废物。

A.9.2.2.2 辐射安全与防护管理

(1) 管理机构

根据学校相关文件显示，为更好地遵守辐射防护法规，加强辐射防护管理及安全防护操作，中国科大成立了学校核与辐射安全管理委员会，该小组由 1 名主任、1 名副主任、16 名成员组成（详见附件 7），委员会成员张宪峰（已取得注册核安全工程师注册证，编号 ZHZA202301010），负责学校的日常辐射安全与防护工作，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》中关于“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环境保护管理工作”的规定。

(2) 管理制度及落实情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，中国科大已根据学校现有核技术利用项目现状，制定了《辐射安全管理与辐射防护制度》《辐射工作人员培训方案》《辐射工作岗位职责》《辐射监测方案》《设备检修维护制度》《辐射工作人员健康管理》等一系列规章制度及操作规程等一系列规章制度，并专门制定了《国家同步辐射实验室辐射安全应急预案》和《国家同步辐射实验室辐射防护与安全管理制度》（详见附件 7）。各辐射安全的规章制度基本完善，其中各岗位职责和操作规程均上墙明示，落到实处。

(3) 环境影响评价

2024 年合肥光源储存环束流提升及新增线站项目委托核工业二七〇研究所进行环境影响评价工作，并于 2024 年 9 月 2 日取得了安徽省生态环境厅的批复，批复号为皖环函〔2024〕790 号（详见附件 2）。

(4) 辐射安全许可证

2025 年 2 月，学校向生态环境部重新申领了辐射安全许可证，本次验收的合肥光源储存环束流提升及新增线站已取得许可。许可证编号：国环辐证[00308]，有效期：2029 年 3 月 31 日；活动种类和范围：使用 I 类、II 类、IV 类、V 类放射源；使用 I 类、II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、

丙级非密封放射性物质工作场所），详见附件 3。

（5）监测

中国科大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工作（个人剂量监测报告见附件 4），并做好个人剂量档案管理工作；学校每年委托具有相应资质能力的单位对辐射工作场所及周边环境开展年度监测。

国家同步辐射实验室已配备的主要监测设备包括：固定式 γ 探测器、固定式中子探测器、便携式 γ 巡检仪、便携式中子巡检仪和直读式个人剂量报警仪，具体见下表。已配备的辐射监测仪表的能量响应适合合肥光源的中子及 γ 射线的辐射场。

表 A.9.2-4 已配备的防护用品和监测仪器

仪器名称	型号	购置日期	仪器状态	数量
低本底高纯锗 γ 谱仪	ORTEC	20170522	正常	1
便携式 Gamma 巡测仪 SIM-MAX	ADC-3	20170522	正常	1
中子巡测仪	FHT762	20191229	正常	1
个人剂量报警仪	/	20191229	正常	20
表面沾染仪	/	20191229	正常	1
γ 监测仪	AGM	20190828	正常	14
γ 监测仪	YP201	20190828	正常	7
γ 监测仪	EGM-5	20190828	正常	6
中子监测仪	ANM	20190828	正常	20
中子监测仪	NG204	20190828	正常	3
中子监测仪	HANM	20190828	正常	3

（6）人员管理

①辐射工作人员辐射安全与防护知识考核

根据学校提供资料显示，合肥光源（国家同步辐射实验室）现有 175 名辐射工作人员，均通过了辐射安全与防护知识考核，详见表 A.9.2-5。本次储存环束流提升及新增线站项目不新增辐射工作人员。

合肥光源共配备了 3 名注册核安全工程师。辐射工作人员考核成绩通知单及注册核安全工程师注册证见附件 6。需要指出的是 的注册核安全工程师证书已过期，正在办理延续手续。

②个人剂量监测

根据学校提供个人剂量监测报告（2024 年第二季度至 2025 年第一季度）显示，已委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司对辐射工作人员进行个人剂量的监测。其中 2025 年第一季度同步辐射实验室辐射工作人员开始开展中子个人剂量监测，从中子个人剂量检测报告来看，基本均低于最低探测下限。

该学校建立了个人剂量档案。个人剂量监测报告见附件 4。

③职业健康检查

根据学校提供职业健康检查与档案管理制度文件及与学校核实，每两年组织辐射工作人员定期体检，该学校建立了健康监护方案。

根据学校提供的相应体检结果显示，国家同步辐射实验室辐射工作人员于 2024 年 4 月至 2024 年 9 月期间进行了放射职业健康检查，体检结果均为可继续从事相应岗位工作。辐射工作人员体检结果见附件 5。

表 A.9.2-5 本次验收所涉辐射工作人员一览表

序号	姓名	岗位	辐射安全考核证书编号	2024 年 4— 2025 年 3 月个人剂量（mSv）	体检日期/体检结果
1		3F	FS24AH2300340	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
2		3F	FS21AH2300149	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
3		3F	FS21AH2300207	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
4		3F	FS21AH2300188	0.165	可继续从事电离辐射岗位工作
5		3F	FS21AH2300172	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
6		3F	FS21AH2300142	0.13	可继续从事电离辐射岗位工作
7		3F	FS21AH2300194	0.13	可继续从事电离辐射岗位工作
8		3F	FS21AH2300204	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
9		3F	FS21AH2300153	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
10		3F	FS21AH2300161	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
11		3F	FS21AH2300209	0.235	可继续从事电离辐射岗位工作

12		3F	FS21AH2300156	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
13		3F	FS21AH2300116	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
14		3F	FS21AH2300198	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
15		3F	FS21AH2300125	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
16		3F	FS21AH2300173	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
17		3F	FS21AH2300241	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
18		3F	ZHZC202301002	0.135	可继续从事电离辐射岗位工作
19		3F	FS21AH2300131	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
20		3F	FS21AH2300120	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
21		3F	FS21AH2300123	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
22		3F	FS21AH2300185	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
23		3F	FS21AH2300220	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
24		3F	FS21AH2300181	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
25		3F	FS21AH2300169	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
26		3F	FS21AH2300164	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
27		3F	FS21AH2300202	0.12	可继续从事电离辐射岗位工作
28		3F	FS21AH2300162	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
29		3F	FS21AH2300208	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
30		3F	FS21AH2300130	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
31		3F	FS21AH2300183	0.155	可继续从事电离辐射岗位工作
32		3F	FS21AH2300171	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
33		3F	FS21AH2300151	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
34		3F	FS21AH2300170	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
35		3F	FS21AH2300212	0.145	可继续从事电离辐射岗位工作
36		3F	FS23AH2300307	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
37		3F	FS21AH2300166	0.105	可继续从事电离辐射岗位工作
38		3F	FS21AH2300192	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
39		3F	FS21AH2300119	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
40		3F	FS21AH2300205	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
41		3F	FS21AH2300159	0.135	可继续从事电离辐射岗位工作

42		3F	FS21AH2300180	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
43		3F	FS21AH2300174	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
44		3F	FS21AH2300242	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
45		3F	FS21AH2300158	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
46		3F	FS21AH2300145	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
47		3F	FS21AH2300186	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
48		3F	FS21AH2300195	0.255	可继续从事电离辐射岗位工作
49		3F	FS21AH2300200	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
50		3F	FS21AH2300111	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
51		3F	FS21AH2300114	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
52		3F	FS21AH2300127	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
53		3F	FS21AH2300139	0.16	可继续从事电离辐射岗位工作
54		3F	FS21AH2300160	0.12	可继续从事电离辐射岗位工作
55		3F	FS21AH2300197	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
56		3F	FS21AH2300128	0.165	可继续从事电离辐射岗位工作
57		3F	FS21AH2300147	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
58		3F	FS21AH2300196	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
59		3F	FS21AH2300187	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
60		3F	FS21AH2300193	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
61		3F	FS21AH2300133	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
62		3F	FS21AH2300218	0.17	可继续从事电离辐射岗位工作
63		3F	FS21AH2300154	0.13	可继续从事电离辐射岗位工作
64		3F	FS21AH2300210	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
65		3F	FS21AH2300225	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
66		3F	FS21AH2300118	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
67		3F	FS20AH1000108	0.07	可继续从事电离辐射岗位工作
68		3F	FS21AH2300132	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
69		3F	FS22AH2300127	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
70		3F	FS21AH2300135	0.165	可继续从事电离辐射岗位工作
71		3F	FS21AH2300201	0.12	可继续从事电离辐射岗位工作

72		3F	FS21AH2300115	0.12	可继续从事电离辐射岗位工作
73		3F	FS21AH2300179	0.13	可继续从事电离辐射岗位工作
74		3F	FS21AH2300182	0.055	可继续从事电离辐射岗位工作
75		3F	FS24AH2300267	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
76		3F	FS24AH2300230	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
77		3F	FS24AH2300111	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
78		3F	FS24AH2300013	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
79		3F	FS24AH2300122	0.14	可继续从事电离辐射岗位工作
80		3F	FS24AH2300188	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
81		3F	FS21AH2300190	0.145	可继续从事电离辐射岗位工作
82		3F	FS24AH2300262	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
83		3F	FS20AH1000037	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
84		3F	FS24AH2300266	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
85		3F	FS24AH2300268	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
86		3F	FS24AH2300344	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
87		3F	FS23AH2300239	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
88		3F	FS21AH2300140	0.045	可继续从事电离辐射岗位工作
89		3F	FS21AH2300215	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
90		3F	FS21AH2300137	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
91		3F	FS21AH2300222	0.045	可继续从事电离辐射岗位工作
92		3F	FS21AH2300245	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
93		3F	FS21AH2300152	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
94		3F	FS21AH2300228	0.055	可继续从事电离辐射岗位工作
95		3F	FS21AH2300203	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
96		3F	FS21AH2300240	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
97		3F	FS21AH2300229	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
98		3F	FS21AH2300199	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
99		3F	FS21AH2300136	0.025	可继续从事电离辐射岗位工作
100		3F	FS21AH2300223	0.18	可继续从事电离辐射岗位工作
101		3F	FS21AH2300168	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作

102		3F	FS21AH2300124	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
103		3F	FS21AH2300129	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
104		3F	FS21AH2300117	0.13	可继续从事电离辐射岗位工作
105		3F	FS21AH2300150	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
106		3F	FS21AH2300167	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
107		3F	FS21AH2300121	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
108		3F	FS21AH2300216	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
109		3F	FS21AH2300233	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
110		3F	FS21AH2300214	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
111		3F	FS21AH2300243	0.13	可继续从事电离辐射岗位工作
112		3F	FS21AH2300239	0.175	可继续从事电离辐射岗位工作
113		3F	FS21AH2300238	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
114		3F	FS21AH2300236	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
115		3F	FS21AH2300221	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
116		3F	FS21AH2300211	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
117		3F	FS21AH2300178	0.135	可继续从事电离辐射岗位工作
118		3F	FS21AH2300175	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
119		3F	FS21AH2300126	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
120		3F	FS21AH2300112	0.115	可继续从事电离辐射岗位工作
121		3F	FS21AH2300237	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
122		3F	FS21AH2300232	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
123		3F	FS21AH2300213	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
124		3F	FS22AH2300040	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
125		3F	FS22AH2300048	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
126		3F	FS22AH2300049	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
127		3F	FS22AH2300047	0.12	可继续从事电离辐射岗位工作
128		3F	FS22AH2300046	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
129		3F	FS22AH2300052	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
130		3F	FS21AH2300246	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
131		3F	ZHZC202402012	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作

132		3F	FS21BJ2300951	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
133		3F	FS24AH2300265	0.015	可继续从事电离辐射岗位工作
134		3F	FS22AH2300173	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
135		3F	FS22AH2300129	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
136		3F	FS22AH2300130	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
137		3F	FS22AH2300113	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
138		3F	FS22AH2300136	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
139		3F	FS22AH2300185	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
140		3F	FS21GD2300513	0.135	可继续从事电离辐射岗位工作
141		3F	FS24AH2300011	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
142		3F	FS20BJ1001763	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
143		3F	FS23AH2300037	0.1	可继续从事电离辐射岗位工作
144		3F	FS23AH2300072	0.135	可继续从事电离辐射岗位工作
145		3F	FS23AH2300074	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
146		3F	FS23AH2300073	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
147		3F	FS23AH2300156	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
148		3F	FS23AH2300134	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
149		3F	FS23AH2300141	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
150		3F	FS23AH2300137	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
151		3F	FS23AH2300095	0.11	可继续从事电离辐射岗位工作
152		3F	FS23GS2300616	0.09	可继续从事电离辐射岗位工作
153		3F	FS24AH2300261	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
154		3F	FS23AH2300215	0.025	可继续从事电离辐射岗位工作
155		3F	FS23AH2300109	0.115	可继续从事电离辐射岗位工作
156		3F	FS23AH2300238	0.055	可继续从事电离辐射岗位工作
157		3F	FS23AH2300184	0.055	可继续从事电离辐射岗位工作
158		3F	FS22AH2300250	0.12	可继续从事电离辐射岗位工作
159		3F	FS23AH2300108	0.075	可继续从事电离辐射岗位工作
160		3F	FS21AH2300134	0.14	可继续从事电离辐射岗位工作
161		3F	FS23AH2300306	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作

162		3F	FS24AH2300081	0.02	可继续从事电离辐射岗位工作
163		3F	FS24AH2200143	0.035	可继续从事电离辐射岗位工作
164		3F	FS22GD2300795	0.015	可继续从事电离辐射岗位工作
165		3F	FS24AH2300203	0.07	可继续从事电离辐射岗位工作
166		3F	FS24AH2300176	0.015	可继续从事电离辐射岗位工作
167		3F	FS24AH2300232	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
168		3F	FS24AH2300221	0.08	可继续从事电离辐射岗位工作
169		3F	FS24AH2300233	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
170		3F	FS24AH2300234	0.07	可继续从事电离辐射岗位工作
171		3F	FS24AH2300274	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
172		3F	FS24AH2300263	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
173		3F	FS24AH2300240	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
174		3F	FS24AH2300239	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作
175		3F	FS24AH2300273	0.065	可继续从事电离辐射岗位工作

表 A.9.2-6 合肥光源配备的注册核安全工程师人员信息

序号	姓名	性别	专业	毕业院校	学历	注册证书编号	注册证有效期至
1							
2							
3							

(7) 年度评估报告上传情况

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，该医院应定期开展辐射安全状况检查，基于实际运行情况，完成辐射安全年度评估报告，按时向省生态环境厅和当地生态环境局备案，并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。年度评估报告应当包括射线装置台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、事故和应急以及档案管理等方面的内容。

中国科大已于 2025 年 1 月 31 日前完成 2024 年度评估报告，并上传至全国核技术利用辐射安全申报系统。

A.9.3 验收监测结果

根据前述表 A.7.5-1 监测结果可知：储存环屏蔽体外 30cm 处及各线站工作区辐射剂量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。

同时对照束流提升前后储存环大厅固定式监测仪表（DM8 号点位）24h 连续监测结果（详见下图 A.9.3-1）：束流提升前 DM8 号点位处 γ 辐射剂量率主要在 120~160nSv/h 范围内，中子辐射剂量率在 0~60nSv/h 范围内；束流提升运行工况下 DM8 号点位处 γ 辐射剂量率主要在 150~160nSv/h 范围内，中子辐射剂量率主要在 0~40nSv/h 范围内。可以看出，束流提升后储存环屏蔽体外线站工作区辐射剂量率未显著改变，储存环屏蔽性能良好。

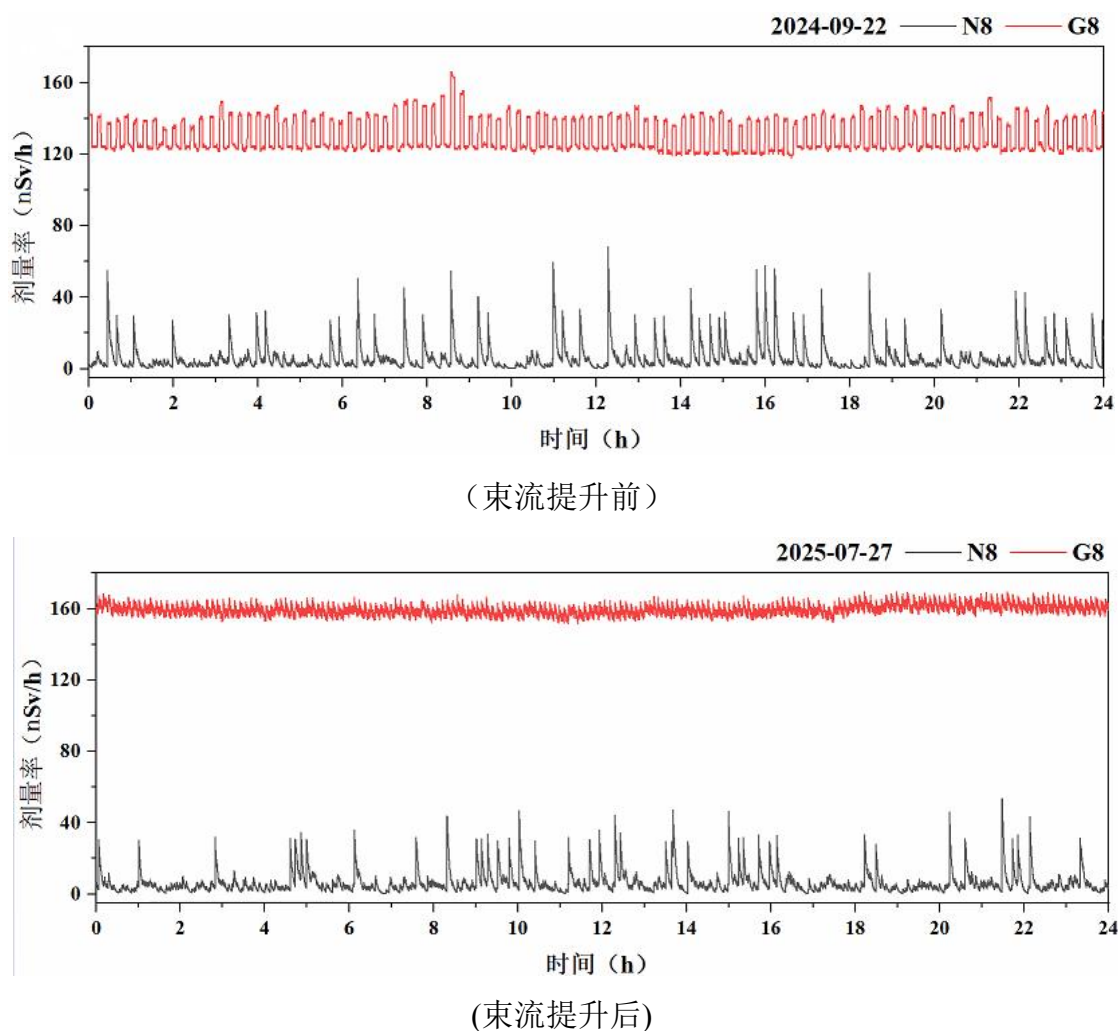


图 A.9.3-1 储存环大厅固定式监测仪表（DM8 号点位）24h 连续监测结果



图 A.9.3-2 固定式监测仪表（DM8 号）点位示意图

根据前述表 A.7.5-2 监测结果可知：项目场址周围地表水中总 α 活度浓度为 $6.93 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ ，总 β 活度浓度 0.172Bq/L ，放射性核素氢-3、铍-7、钠-22 活度浓度均低于相应的探测限。设备循环冷却水中总 α 活度浓度为 $5.19 \times 10^{-2} \text{Bq/L}$ ，总 β 活度浓度未检出，放射性核素氢-3、铍-7、钠-22 活度浓度均低于相应的探测限。上述检测结果表明本次验收项目设备循环冷却水总 α 、总 β 活度浓度远低于《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的排放限值（总 α 不高于 1Bq/L 、总 β 不高于 10Bq/L ），放射性核素氢-3、铍-7、钠-22 未检出，满足 GB18871 中的排放限值要求；周围地表水均未明显活化。

根据前述表 A.7.5-3 监测结果可知：项目场址周围土壤中放射性核素铍-7 活度浓度在 $5.1 \sim 7.2 \text{Bq/kg}$ 干、钠-22 活度浓度低于仪器探测限。

根据前述表 A.7.5-4 监测结果可知：国家同步辐射实验室周围环境空气中氢-3 的活度浓度低于检出限，气溶胶中铍-7 的活度浓度为 4.1mBq/m^3 ，钠-22 的活度浓度低于检出限；碳-14 的活度浓度检测结果为 162mBq/m^3 （即 0.162Bq/m^3 ），对照陆地环境空气中碳-14 活度浓度的典型区间为 $0.20 \sim 0.27 \text{Bq/m}^3$ ，可知本项目周围环境空气中碳-14 的活度浓度属于正常本底范围。上述检测结果表明空气氢-3、碳-14、铍-7、钠-22 的活度浓度均未见明显异常。

综上所述，储存环屏蔽措施能满足最大粒子（电子）能量 800MeV 、流强 500mA 条件下运行需求，满足本次验收的要求。流出物监测结果表明本项目运行未导致周围相关环境介质明显活化。

A.10 验收监测结论

合肥光源是一台专用真空紫外和软 X 射线同步辐射光源，主要设备包括 800MeV 直线加速器注入器和一个 800MeV 电子储存环。合肥光源储存环原运行流强约 300mA，已有 10 条光束线站。为了向用户提供更好的实验条件，本次拟将储存环运行流强提升至 500mA，并新增 1 条光束线站。该项目于 2024 年委托核工业二七〇研究所开展环境影响评价工作，并于 2024 年 9 月 2 日取得了安徽省环境保护厅的批复，批复号为皖环函〔2024〕790 号。

学校在完成合肥光源储存环束流提升及新增线站项目建设后，于 2025 年 1 月向生态环境部重新申领了辐射安全许可证，并于 2024 年 2 月 5 日取得了重新申领的辐射安全许可证（证书编号：国环辐证[00308]；发证日期：2024 年 2 月 5 日；有效期：2029 年 3 月 31 日；活动种类和范围：使用 I 类、II 类、IV 类、V 类放射源；使用 I 类、II 类、III 类射线装置；使用非密封放射性物质，乙级、丙级非密封放射性物质工作场所）。

学校于 2025 年 3 月开始储存环束流强度提升的调试工作，并委托安徽祥安环保有限公司组织开展该项目竣工环境保护验收工作。目前，合肥光源储存环流强已提升至环评和辐射安全许可的 500mA，新增的金华光束线已调试运行，本次进行项目竣工环境保护验收，验收结论如下：

1、《合肥光源储存环束流提升及新增线站项目》落实了环境影响评价制度、辐射安全许可制度和建设项目环境保护“三同时”制度。环境影响报告书及环评批复中所确定的辐射防护和安全措施、各项污染防治措施已基本落实。

2、现场监测结果表明：合肥光源储存环运行流强提升至 500mA 工况下，储存环屏蔽体外 30cm 处及周围 11 个线站工作区处的总辐射剂量率在 0.147~0.406 μ Sv/h，均低于环评文件及批复中提出的辐射剂量率控制水平的要求（居留因子 $T>1/2$ ，屏蔽体外辐射剂量率 $<2.5\mu$ Sv/h；居留因子 $T\leq 1/2$ ，屏蔽体外辐射剂量率 $<10\mu$ Sv/h）；流出物监测结果表明本项目运行未导致周围相关环境介质明显活化。本次验收监测结果符合环境影响报告书及批复的要求，满足本次验收监测的相关标准要求。

3、现场检查结果表明，合肥光源已落实控制区和监督区的分区管理；已建立了安全、冗余的辐射安全联锁系统，包括钥匙控制、清场搜索、急停按钮、声

光报警器，以及状态指示信号、视频监控以及放射性警告标志和中文警示说明，可有效防止工作人员和公众受到意外照射；设置场所辐射监测系统（共布设 21 个固定监测点位，布置伽玛和中子剂量率监测探头）；设置视频监控、双向对讲系统；储存环实验站大厅设置了动力通风系统；岗位职责和操作规程等工作制度均已在合适位置张贴上墙；且以上措施均能正常运行。

4、该单位辐射安全管理机构健全，辐射防护和安全管理制度基本完善，辐射防护管理工作基本规范，辐射防护和环境保护相关档案资料齐备，相关法规要求基本落实。

5、该项目从事辐射工作的人员均通过了辐射安全与防护知识考核，持证上岗。学校组织进行了辐射工作人员职业健康体检，体检结果均合格。

6、配备了必要的巡测仪等监测仪器，并委托天津瑞丹辐射检测评估有限责任公司对全校辐射工作人员进行个人剂量定期送检。

7、制定了相对完善的辐射事故应急预案。

8、年附加有效剂量估算表明，本项目辐射工作人员、科研人员及周围公众人员年有效剂量均能满足本次验收项目剂量管理目标，满足“剂量限值”的要求。

综上所述，合肥光源储存环束流提升及新增线站项目满足相关标准及环评批复要求，具备储存环束流提升至 500mA 运行所需安全防护措施条件，其运行对周围环境产生的影响符合辐射防护和环境保护的要求，项目建设符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定，具备竣工验收条件，建议通过竣工环境保护验收。