

强流重离子加速器装置 2023 年年度报告

一、设施简介

强流重离子加速器装置（High Intensity heavy-ion Accelerator Facility，简称 HIAF）是国家“十二五”重大科技基础设施建设内容之一。项目选址广东省惠州市，建设周期 7 年，总投资约 23 亿元，由项目建设法人单位—中国科学院近代物理研究所负责建设，项目主管部门为中国科学院。



图 1.1 HIAF 装置总体布局图

强流重离子加速器装置将建设一台具有国际领先水平的下一代强流重离子加速器装置，具备产生极端远离稳定线核素的能力，可提供国际上峰值流强最高的低能重离子束流、最高能量达 4.25 吉电子伏每核子（GeV/u）的脉冲重离子束流和国际上测量精度最高的原子核质量测量谱仪，为鉴别新核素、扩展核素版图、研究弱束缚核结构和反应机制、特别是精确测量远离稳定线短寿命原子核质量提供国际领先的研究条件。

HIAF 项目建设内容主要包括加速器系统、实验终端系统、相关配套设施及土建工程等。加速器系统以直线加速器、同步加速器、储存环为主体，提供高流强、高能量、高品质的重离子束流，产生极端远离稳定线的放射性核素。实验终端系统围绕 HIAF 可

提供的束流布局，为核物理、原子物理、核天体物理基础科学研究及材料、生物等应用技术研究提供国际领先的实验平台。

二、建设进展

2023 年，HIAF 工程土建进入收尾阶段，公用配套系统现场安装调试，工艺设备批量加工并分批进驻装置现场，2024 年 HIAF 将全面进入设备安装测试阶段。工艺设备方面，工艺设备 90% 进入批量加工，采取“加工与测试并行”的路线，现已测试完成 50%。配套系统方面，工艺冷却水、通风空调、高低压配电、低温等公用配套系统进场安装调试，根据工艺设备安装顺序分区分段运行，现已具备工艺设备进场安装条件。建安工程方面，现已完成工程总量 95%，预计 2024 年 4 月完成土建收尾。

（一）工艺设备

束流前端系统已完成设备的批量加工与测试，以及 4 种气体离子、2 种金属离子在兰州所区的安装与预调试，束流指标良好。春节前第一批设备已到达 HIAF 装置区综合测试大厅完成分段预装配，真空检漏一次性合格，漏率 $1\text{E-}10\text{mbar}\cdot\text{L/s}$ 量级。2024 年 6 月将完成束流前端系统设备隧道内安装、调试并首批出束。



图 2.1 束流前端设备分段试装配



图 2.2 束流前端设备真空检漏

超导直线加速器射频四极场加速器 RFQ 完成加工及装配，冷测达标，2024 年 3 月开展隧道安装，6 月调试出束。中能传输线 MEFT 设备正在开展加工与测试，2024 年 4 月全部交付，2024 年 7 月完成隧道内整体安装。超导腔系统 QWR007 和 HWR015 首套超导模组完成加工与测试，指标满足要求（含超导腔、耦合器、调谐器、超导螺线管、束诊、低温恒温器等），首套 HWR015 腔串超净间内成功装配。2024 年 4 月、6 月将分别完成两种型号首套超导模组 2K 超流氦水平测试，2024 年底完成 QWR007 和 HWR015 所有腔体加工以及 QWR007 超导模组装配与隧道安装。



图 2.3 超导直线加速器 RFQ 装配及冷测现场



图 2.4 超导直线加速器 QWR007（左）和 HWR015（右）低温恒温器首台

增强器 BRing 非谐振快循环加速核心关键技术已全面突破，BRing 设备批量加工完成 80%。二极铁、四极铁、六极铁及校正铁完成加工及部分测试，近期将分批发运 HIAF 装置区；首批高频、束诊及真空设备完成出厂测试并运至惠州开展离线测试；全储能快循环电源加工与测试并行，待装置区电源间支架完成后发运惠州。2024 年 3 月将全面开展 BRing 设备隧道安装与联合调试，2024 年 9 月 30 日前完成安装闭环。



图 2.5 BRing 磁铁系统批量加工

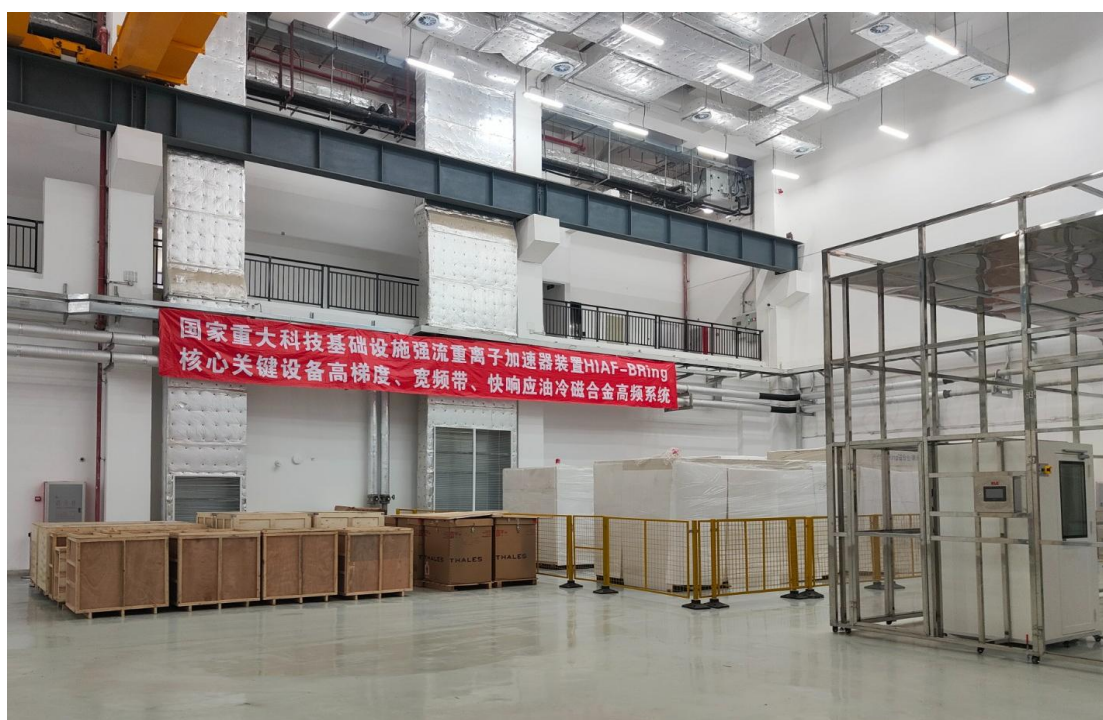


图 2.6 BRing 高频系统首批设备进驻现场



图 2.7 BRing 钛合金内衬薄壁二极铁真空室（左）和非拦截式束诊探针（右）批量加工

高精度环形谱仪 SRing 全面开展设备的批量加工与测试。磁铁系统完成不同类型首台测试，指标满足要求；电子冷却 70%设备及电子靶 40%设备完成加工与验收。2024 年 3 月陆续完成设备测试并开始进场安装，2024 年 9 月底完成 SRing 安装闭环。



图 2.8 SRing 二极磁铁离散性测试（左）和四极磁铁均匀性测试（右）



图 2.9 SRing 荧光靶离线测试（左）和电子冷却螺线管批量加工（右）

放射性束流线 HFRS 约 50%设备进入批量加工，剩余设备近期采购。温铁超导二极磁体 8 月完成低温测试；抗辐射磁铁 5 月~11 月陆续完成加工与测试；超导 DCT 多极组合低温恒温器首套正在集成安装，2024 年 3 月开展低温测试。束诊设备及真空标准设备均已到货。2024 年底完成所有设备批量加工与测试，2025 年 3 月完成安装。



图 2.10 HFRS 温铁超导二极磁体（左）和超导 DCT 多极组合低温恒温器（右）

束流传输线设备正在开展批量加工与测试。设备分段加工、分批发货，2024 年 4 月开始进场安装。实验终端探测器完成方案优化与样机研制，性能测试满足指标要求；60%探测器开始加工，2024 年底完成全部探测器加工与测试。



图 2.11 丰中子超重核谱仪气体单元与射频四极冷却聚束器样机

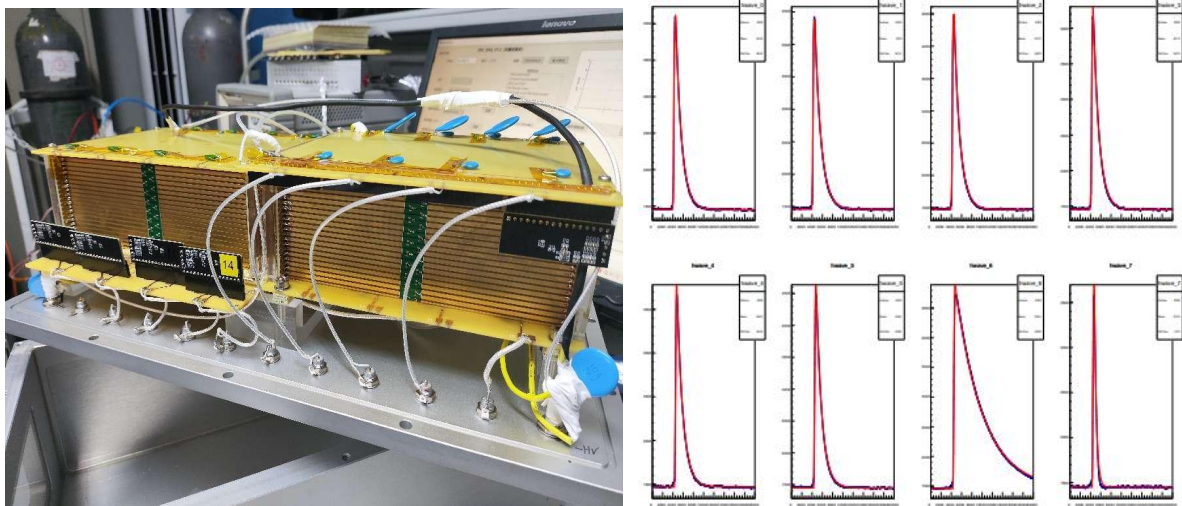


图 2.12 实验终端能损探测器（左）和其束流测试波形（右）

（二）公用配套及建安工程

公用配套系统（水、风、电、低温）全面进场安装调试，分段分区投入使用。一号测试大厅及二号测试大厅 5 个配电室完成安装及送电。一号制冷中心空调冷源、一号测试大厅空调机房启用，BRing 隧道具备设备安装条件。直线低温氮制冷机、压缩机及配件全部到货，正在开展系统集成；低温分配系统氮气储罐完成安装，开展常温管线集成；2024 年 8 月制冷机开机调试，2024 年 12 月底开始供液。

HIAF 建安工程已完成总工程量的 95%，2024 年 4 月底全部完工。加速器隧道、直线设备楼 2、二号综合站房、三号综合站房、综合测试大厅、一号制冷中心、一号测试大厅、二号测试大厅等单体工艺设备已进场交叉安装，运行楼已移交使用。



图 2.13 HIAF 装置区航拍图（2024 年 1 月 30 日）

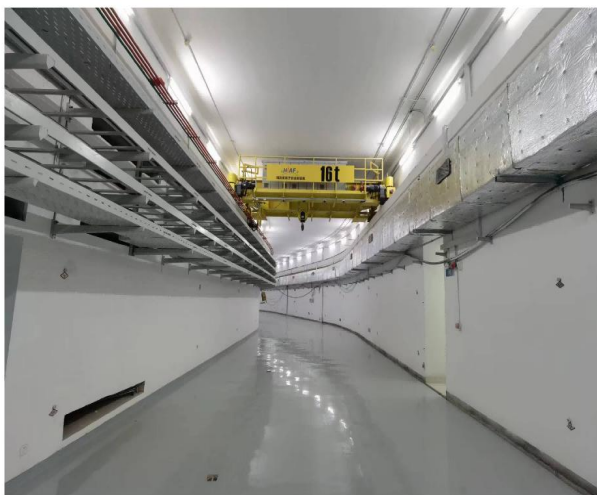


图 2.14 BRing 加速器隧道（左）和 HFRS 加速器隧道（右）



图 2.15 一号测试大厅（左）和二号测试大厅（右）



图 2.16 一号制冷中心（左）和三号综合站房（右）



图 2.17 一号测试大厅高低压配电室送电（左）和 1 号空调机房送风（右）

三、合作与交流

9 月 10 日-15 日，袁平等人行赴法国参加第 28 届磁铁技术国际会议（MT28）。

10 月 8 日-13 日，赵贺等人行赴瑞士参加第十四届束流冷却会议（COOL23）。



图 3.1 束流冷却会议留影

10 月 9 日-13 日，赵红卫、杨建成等人行赴瑞士参加第 68 届先进束流动力学高流强高亮度强子束研讨会（HB2023），并代表近代物理研究所成功申获 HB2025 会议承办权，会议地点广东惠州。

10 月 22 日-27 日，丛岩等人行赴韩国参加国际低电平会议（LLRF2023）。

2024 年 1 月 28 日-2 月 2 日，詹文龙、肖国青赴奥地利参加第 44 届强流离子束与激光驱动的高能量密度物理会议（PHEDM2024）。

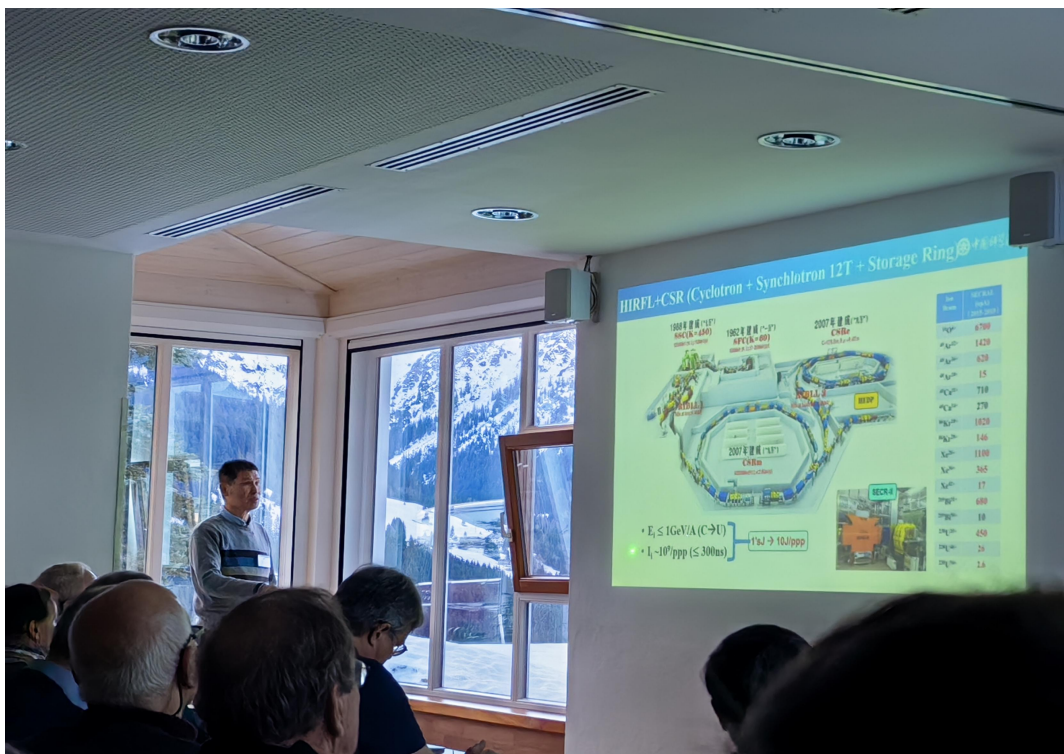


图 3.2 詹文龙院士报告现场

2024 年 2 月 12 日-14 日，申国栋等人一行赴奥地利参加第五届重离子加速器慢引出研讨会（SX5）。



图 3.3 加速器慢引出讨论会留影

四、大事记

4 月 18 日 HIAF 综合测试大厅 TH 配电站顺利通过测试验收，并由 110 站一次送电成功，这是 HIAF 项目首套投入运行的变配电装置。



图 4.1 综合测试大厅 TH 配电站

7月7日 BRing 全储能快循环二极铁电源首台测试总结会在甘肃天水召开。经专家组现场测试，该电源综合性能处于国际同类领先水平。



图 4.2 BRing 二极铁电源首台电源测试总结会现场

8月2日 惠州市委副书记、市长温金荣带队调研国家两大科学装置建设情况。



图 4.3 惠州市委副书记、市长温金荣带队调研装置现场

12月18日 HIAF 超导直线加速器 10kW 液氮制冷机顺利进驻装置现场。该液氮制冷机是 HIAF 工程最大的单体设备，它的顺利进驻克服了运输转运、吊装等一系列难题。



图 4.4 10kW 液氮制冷机安装就位

2024年1月12日-13日 HIAF 设备进场安装讨论会在惠州装置区召开，揭开了 HIAF 工艺设备全面进场安装的序幕。

强流重离子加速器装置HIAF 设备进场安装讨论会

2024.01.12-13 惠州HIAF装置区



图 4.5 HIAF 设备进场安装讨论会

2024 年 2 月 26 日-28 日 近代物理所在惠州举办了第一届极化束流与极化靶（物理与应用）国际讨论会，并与德国赫姆霍兹重离子研究中心（GSI）续签合作协议。



图 4.6 近代物理所与德国赫姆霍兹重离子研究中心（GSI）续签合作协议

五、单位通讯录

单位：中国科学院近代物理研究所

地址：兰州市城关区南昌路 509 号

邮编：730000

网址：<http://hiaf.impcas.ac.cn/>

电话：0931-4969977

邮箱：hiaf.pmo@impcas.ac.cn

六、编委与责任编辑

编委：肖国青

编辑：王一涵、盛丽娜