

# 强流质子超导直线加速器关键技术研究集体

中国科学院近代物理研究所、中国科学院高能物理研究所

## 1、推荐意见

团队在强流超导直线加速器物理设计、常温 RFQ 和超导腔连续波运行关键技术等方面，实现了创新性突破，建成了世界最高平均流强的超导直线加速器。团队提出纵向能量分离设计，突破了运行流强极限；首次实现零氦压影响创新设计，首创束流自动恢复技术，显著提高了束流可用性。2021 年在国际上首次实现了 10 毫安(约是国际同类装置的 5 倍)连续波质子束的稳定运行，使我国在该领域具有显著优势。

团队克服了跨入高流强连续波加速器“无人区”面临的挑战，实现了“自强引领”，提供了利用强流加速器解决重大科学问题和需求的方案，奠定了国家重大基础设施 CiADS 和 HIAF 建设的技術基础。

我单位推荐该研究集体为 2023 年度“中国科学院杰出科技成就奖”候选集体。

## 2、代表性论文专著和核心知识产权列表

### 代表性论文专著

序号	论文（专著）名称	刊名	年卷页码 (xx年xx卷 xx页)	发表时间 (年月日)	全部作者及排名
1	Research of beam matching on RFQ for CADS proton linac	International Journal of Modern Physics E	2021年30卷 2150027页	2021年04月29日	王超、窦为平、王志军、冯驰、王旺生、陈伟龙、贾永智、刘淑会、何源、秦元帅、陶玥
2	Design, fabrication and test of a taper-type half-wave superconducting cavity with the optimal beta of 0.15 at IMP	Nuclear Engineering and Technology	2020年52卷 1777-1783页	2020年01月24日	岳伟明、张升学、李春龙、蒋天才、刘鲁北、王若旭、黄玉璐、谭腾、郭浩、Evgeny Zaplatin、熊平然、吴安东、王锋锋、张生虎、皇世春、何源、姚泽恩、赵红卫
3	In situ mitigation strategies for field emission-induced cavity faults using low-level radiofrequency system	Nuclear Science and Techniques	2022年33卷 1-15页	2022年11月08日	邱丰、何源、吴安东、朱正龙、江国栋、蒋天才、高郑、陈奇、薛纵横、马瑾颖、徐呈业、杨自钦、黄贵荣
4	Design and Development of the 200-kW Beam Dump	Nuclear Science and Engineering	第14届国际加速器应用会议特选	2022年12月23日	贾欢、牛海华、蔡汉杰、袁辰彰、张勋超、秦元帅、谢宏明、汪柏帆、张鹏、黄郁旋、朱铁明、彭天骥、陈伟龙、初青伟、吴建强、张生虎、李翔、贾端阳、张斌、何源、赵红卫、詹文龙
5	Fabrication and cold test of prototype of spatially periodic radio frequency quadrupole focusing linac	Nuclear Science and Techniques	2021年32卷 1-9页	2021年01月19日	于培炎、张斌、王锋锋、李晨星、孙国珍、王志军、刘鲁北、袁辰彰、何源、徐珊珊

## 核心知识产权列表

序号	知识产权 (标准)类别	知识产权(标准)具体名称	国家 (地区)	授权号(标准 编号)	授权(标准 发布)日期	发明人(标 准起草人)	发明专利 (标准) 有效状态
1	发明专利	一种同位素生产设备	中国	CN110223796B	2020-11-10	何源、王志军、窦为平	授权
2	发明专利	一种射频四极场加速器及其加速方法	中国	CN110267426B	2021-04-02	窦为平、王志军、何源	授权
3	发明专利	一种超导腔制造方法	中国	CN112756460B	2022-03-08	张新颖、刘德贵、潘卫民、李继贞、王光伟、赵光远	授权
4	发明专利	复合结构超导谐振加速腔的制备方法及其超导谐振加速腔	中国	CN113388872B	2022-11-15	何源、詹文龙、杨自钦、皇世春、徐孟鑫、游志明、张生虎	授权
5	发明专利	一种高稳定铌基超导加速腔及其制备方法	中国	CN113385895B	2022-04-26	何源、杨自钦、皇世春、张升学、张生虎	授权
6	发明专利	一种全固态功率源系统	中国	CN113406985B	2022-11-15	何源、孙列鹏、施龙波、金珂安、曾凡剑、江国栋、黄贵荣	授权
7	发明专利	四翼型射频四极场加速器腔体安装平台及其装配方法	中国	CN113601130B	2022-09-27	金晓凤、王锋锋、张斌、李晨星、张周礼、窦为平、王志军、何源	授权
8	发明专利	一种超导腔零部件表面化学缓冲全自动抛光设备	中国	CN109943851B	2021-04-27	游志明、何源、熊平然、郭浩、李璐、张生虎	授权
9	发明专利	一种用于低温下超导高频腔耦合度调整的机械结构	中国	CN109936908B	2021-04-16	刘鲁北、李春龙、张斌、何源	授权
10	发明专利	一种超导腔固体传导冷却结构	中国	CN113593768B	2022-11-01	杨自钦、何源、白峰、蒋天才、张军辉、张生虎	授权

### 3、研究集体成员贡献情况

姓名	人员类型	工作单位	主要贡献
何源	突出贡献者	中国科学院近代物理研究所	ADS 先导专项近物所总体技术负责人, 提出了低频射频四极加速器 (RFQ) + 紧凑型半波长腔 (HWR) 的技术路线和全局优化动力学设计方法。提出了 HWR010 超导腔电磁机械结构耦合的优化设计和表面后处理工艺, 主导了 RFQ 的合作研制并提出了耦合器、功率加载等关键问题解决方案, 主持 25 兆电子伏质子超导直线加速器集成和高功率束流调试, 为高功率稳定运行提出了纵向发射度控制、快速恢复等多项技术改进措施。
潘卫民	突出贡献者	中国科学院高能物理研究所	战略性先导科技专项“未来先进核裂变能—ADS 嬗变系统”专项负责人, 项目二直线加速器负责人。总体负责高能物理研究所超导直线加速器的建设。负责协调 25 兆电子伏 sopke 加速单元及其附属设备的研制、系统集成和束流测试; 负责研制了超导 HWR010 的高功率输入耦合器和 RFQ 备用高功率耦合器。
赵红卫	突出贡献者	中国科学院近代物理研究所	战略性先导科技专项“未来先进核裂变能—ADS 嬗变系统”项目二直线加速器负责人。总体负责近代物理研究所超导直线加速器的建设, 组织协调项目实施。培养并建立了项目人才队伍。制定了 25 兆电子伏强流超导直线加速器的技术路线, 确定关键技术的发展策略, 制定了超导加速器研制进度计划, 并对重大技术变更进行审核和决策。
詹文龙	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	战略性先导科技专项“未来先进核裂变能—ADS 嬗变系统”专项总指挥。提出总体设想, 制定了中国 ADS 发展路线图。领导制定了强流超导直线加速器的发展目标和总体技术路线, 并参与了关键技术讨论。
徐珊珊	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	战略性先导科技专项“未来先进核裂变能—ADS 嬗变系统”专项负责人, 组织规划、编写了项目任务书和实施方案, 协调各参与单位按任务、按计划推进项目, 组织协调解决项目实施中遇到的重大技术问题。
张军辉	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	主导设计、加工、调试全国产液氦温区超导加速单元, 设计完成整套液氦生产、传输分配、回收纯化装置并长期稳定运行。发展了大体积、高精度氢气钎焊技术, 在国内多家大科学装置上得到广泛应用。

张生虎	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	负责超导腔的研制、表面处理、垂测、多腔集成与超导腔上线运行；主持制定超导腔研制规范和流程，为超导腔的成功研制提供技术保障；完成首台超导腔水平测试攻关和首次超导腔载束实验。
张斌	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	负责机械总体设计，研制测微准直望远镜的低温十字丝目标，研究束流位置监测器和低温螺线管联合标定新方法，完成了超导直线加速器元件的准直安装。开发 RFQ 高精度加工和焊接装配工艺。
王志军	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	负责 25 兆电子伏超导质子直线的物理设计和束流调试。负责完成了基于场模型的相位标定程序和 SVD 的自动轨道校正程序；在国际上提出了“单粒子—包络—多粒子”模型三步走的高功率束流调试策略。
贾欢	主要完成者	中国科学院近代物理研究所	负责强流中能传输线、高能束流传输线及百千瓦束流阻挡器研制及运行。负责射频四极加速器束流调试。深度参与定时系统设计，提出定时方案。提出了超导段场模型束流扫相方法，解决了扫相时遇到的物理问题。