

强流离子超导直线加速器关键技术

(科技攻关奖)

(中国科学院近代物理研究所)

1、推荐意见

强流高功率离子加速器是解决粒子物理核物理等前沿科学问题和满足国家重大需求不可替代的重要工具。高能质子加速器平均束流强度长期限制在 2 毫安左右，突破 5 毫安是 20 多年来国际离子加速器领域的巨大挑战。经过 10 多年攻关，团队在一系列关键物理问题与核心技术上率先突破，建成质子超导直线加速器，在国际上首次实现 10 毫安、20 兆电子伏连续波质子束稳定加速与运行，专家现场测试百千瓦质子束、连续运行百小时的可靠性好于 93%，多年来持续保持国际领先。这为我国相关领域前沿研究和发展，创造了前所未有的先进实验条件。该加速器已为用户供束超过 1.5 万小时，应用于新元素合成、医用同位素制备、核废料嬗变和强流重离子加速器重大科技基础设施等研究。

2、代表性论文专著列表（基础研究奖）/主要发明专利 列表（技术发明奖、科技攻关奖）

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	一种面向中子俘获治疗的连续波 RFQ 加速器系统	中国	ZL202211402846.9	2025-07-22	何源; 王志军; 窦为平; 张周礼; 王锋锋; 朱铁明; 张斌; 张军辉; 张生虎	授权
2	发明专利	一种自适应权重的多粒子束流传输模拟方法及装置		ZL202511005531.4	2025-09-12	何源、金超、齐新、王志军、田园、李中义、陈小龙	授权
3	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	ZL202110647653.9	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
4	发明专利	一种全固态功率源系统	中国	ZL202110755041.1	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
5	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	ZL202110890571.7	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
6	发明专利	一种用于强流超导直线加速器和高功率靶的束窗系统	中国	ZL202211438516.5	2023-09-12	何源、牛海华、王锋锋、蔡汉杰、贾欢、刘鲁北、秦元帅	授权
7	发明专利	基于束腔相互作用原理的束流信息在线测量方法及系统	中国	ZL202311818326.0	2024-08-06	邱丰、何源、徐呈业、曾日华、王志军、杨丽娟、马瑾颖、喻静为、薛纵横	授权
8	发明专利	一种超导直线加速器的束流分束驱动次临界装置	中国	ZL202210979409.7	2025-04-08	何源、张勋超、贾欢、秦元帅、蔡汉杰、普能、李翔	授权
9	发明专利	一种超导腔固体传导冷却结构	中国	ZL202110896013.1	2022-11-01	杨自钦、何源、白峰、蒋天才、张军辉、张生虎	授权
10	发明专利	加速器控制系统及方法	中国	ZL202311737425.6	2024-06-14	何源、周德泰、陈又新、王志军、郑海、王嘉铭、郭玉辉、杨锋、刘海涛、崔文娟、李姣赛、陈雨婷	授权

3、其他知识产权和标准等列表

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
1	Beam physics design of a superconducting linac	Physical Review Accelerators and Beams	2024 年 27 卷 010101 页	2024-01-18	Wang, Zhijun; Liu, Shuhui; Chen, Weilong; Dou, Weiping; Qin, Yuanshuai; He, Yuan; Jia Yongzhi; Feng, Chi; Yi, Man; Chu, Yimeng; Jia, Duanyang; Huang, Junren; Zhao, Hongwei
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	2020-01-24	Yue, Weiming; Zhang, Shengxue; Li, Chunlong; Jiang, Tiancai; Liu, Lubei; Wang, Ruoxu; Huang, Yulu; Tan, Teng; Guo, Hao; Zaplatin, Evgeny; Xiong, Pingran; Wu, Andong; Wang, Fengfeng; Zhang, Shenghu; Huang, Shichun; He, Yuan; Yao, Zeen; Zhao, Hongwei
3	Machine Learning for Online Control of Particle Accelerators	Science China Physics Mechanics and Astronomy	2025 年 68 卷 220511 页	2024-11-07	Chen, Xiaolong; Wang, Zhijun; He, Yuan; Zhao, Hong; Su, Chunguang; Liu, Shuhui; Chen, Weilong; Zhao, Xiaoying; Qi, Xin; Sun, Kunxiang; Jin, Chao; Chu, Yimeng; Zhao, Hongwei
4	Design and Development of the 200-kW Beam Dump	Nuclear Science and Engineering	2024 年 198 卷 64-78 页	2023-03-01	Jia, Huan; Niu, Haihua; Cai, Han-Jie; Yuan, Chenzhang; Zhang, Xunchao; Qin, Yuanshuai; Xie, Hongming; Wang, Baifan; Zhang, Peng; Huang, Yuxuan; Zhu, Tieming; Peng, Tianji; Chen, Weilong; Chu, Qingwei; Wu, Jianqiang; Zhang, Shenghu; Li, Xiang; Jia, Duanyang; Zhang, Bin; He, Yuan; Zhao, Hongwei; Zhan, Wenlong
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	2021-01-19	Yu, Pei-Yan; Zhang, Bin; Wang, Feng-Feng; Li, Chen-Xing; Sun, Guo-Zhen; Wang, Zhi-Jun; Liu, Lu-Bei; Yuan, Chen-Zhang; He, Yuan; Xu, Hu-Shan

4、成员贡献情况

排序	姓名	工作单位	主要贡献
1	何 源	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，提出技术路线和全局优化动力学设计方法。提出了超导腔和 RFQ 稳定运行的结构设计和关键问题解决方案，主持高功率超导直线加速器集成和束流调试，为高功率稳定运行提出了纵向发射度控制、快速故障自愈、束流恢复和预测控制等多项解决方案。
2	赵红卫	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。
3	詹文龙	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。
4	徐瑚珊	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。
5	张军辉	中国科学院近代物理研究所	主导设计、加工、调试了全国产液氮温区超导加速单元，设计完成整套液氮生产、传输分配、回收纯化装置并长期稳定运行。发展了大体积、高精度氦气钎焊技术，在国内多家大科学装置上得到广泛应用。
6	张生虎	中国科学院近代物理研究所	负责强流离子加速器超导腔的研制、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。
7	张 斌	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。
8	王志军	中国科学院近代物理研究所	负责超导离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和基于深度学习的自动调试策略。

9	贾 欢	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200千瓦束流阻挡器研制及运行。深度参与定时系统设计，提出定时方案以及基于超导段场模型的束流扫相方法，解决了低能传输束流相位差异造成的束流传输问题。
10	陈又新	中国科学院近代物理研究所	负责强流高功率控制系统研制，构建高可靠机器保护系统，负责系统快速自愈运行程序开发并实现束流秒量级的自动恢复。

说明：公示内容须与推荐书相关部分一致。