

陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖 申报项目公示

项 目 名 称	基于加速器和强激光大科学装置的高能量密度科学前沿
提 名 者	西安交通大学
申 报 奖 种	陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖
完 成 单 位	西安交通大学、中国科学院近代物理研究所、中国工程物理研究院激光聚变研究中心、浙江大学
完 成 人	赵永涛、任洁茹、栗建兴、李彦霏、王兴、周维民、吴栋、任雪光、程锐、邓志刚、徐忠锋

项目简介（限 500 字）

高能量密度科学是国防安全、聚变科学技术和天体物理等重大领域的新兴前沿课题，也是国内外大科学装置前沿研究的重要科学目标，相关研究极具前沿性和挑战性。新一代重离子加速器及强激光大科学装置不断将高能量密度前沿科学探索向宏观拓展、向微观深入、向更极端推进，相关基本科学问题孕育着重大突破，可望催生一批新的重要科学理论和颠覆性技术。

项目完成人及其团队长期从事基于加速器及强激光大科学装置的高能量密度科学前沿基础研究，围绕高能量密度物质的产生和发展规律、超强激光驱动的量子电动力学效应、粒子与物质相互作用微观动力学机制三个关键科学

问题，取得了创新性研究成果。其中，代表性成果主要包括：

(1) 揭示了极端强流离子束在稠密物质中的欧姆能损机制及输运新特性，发展了高功率离子束和辐射源驱动的高能量密度物质制备、诊断和数值模拟技术，提出了基于加速器和强激光大科学装置的实验室天体物理研究新方法和设计方案。代表性论文：

[1] Nat. Commun. 11 (2020) 5157.

[2] Phys. Rev. E 101 (2020) 051203 (快讯).

[3] Phys. Plas. 25 (2018) 113108.

2) 发展了包含粒子自旋的非线性康普顿散射和多光子 Breit-Wheeler 正负电子对产生理论，揭示了强激光场中辐射引起的粒子自旋随机反转和信息传递机理，提出了基于强激光的高能极化正负电子束和偏振高亮度伽玛光源制备方法。代表性论文：

[4] Phys. Rev. Lett. 124 (2020) 014801.

[5] Phys. Rev. Lett. 122(2019)154801.

[6] Matter Radiat. Extrem.5(2020)054402.

3) 搭建了离子与等离子体相互作用以及原子分子反应动力学实验平台，揭示了离子束在等离子体中的能损及电荷交换物理机制，加深了人们对离子、电子与原子分子碰撞中的量子多体动力学效应的认识。代表性论文：

[7] Phys. Rev. A 97(2018) 062704.

[8] Phys. Rev. A 92 (2015) 062710.

完成人对项目主要贡献

姓名	排名	职称	单位	主要贡献
赵永涛	一	教授	西安交通大学	策划和实施了基于加速器和强激光大科学装置的离子与等离子体相互作用微观动力学机制、离子束驱动高能量密度物理以及高电荷态离子与原子碰撞动力学相关的实验、理论和模拟研究，参加了激光与等离子体相互作用产生偏振伽马光的理论研究。代表性论文[1-3]共同通讯作者，代表性论文[8]通讯作者，代表性论文[6]共同作者。
任洁茹	二	副教授	西安交通大学	主导了激光加速离子束在稠密电离物质中的能量沉积以及高电荷态离子-原子碰撞中的电荷交换过程的整体实验测量与分析，揭示了强流质子束在稠密等离子体中的非线性能量沉积以及离子-原子碰撞中的准分子电子共振转移机制。代表性论文[1]共同第一作者，代表性论文[8]第一作者，代表性论文[2,3,6]共同作者。
栗建兴	三	教授	西安交通	全面负责强激光与电子束或等离子体相互作用产生自旋极化电

			大学	子源和伽马光源系列工作的理论发展、仿真计算以及方案实施。 代表性论文[4, 5]共同通讯作者, 代表性论文[6]通讯作者
李彦霏	四	副研究员	西安交通大学	开展了强激光与电子束相互作用产生自旋极化电子源和伽马光源工作的理论和仿真计算。 代表性论文[4, 5]第一作者
王兴	五	副教授	西安交通大学	主导了电子与原子分子碰撞中的电子动量谱实验结果分析, 揭示了分子结构中的扭曲波效应。负责了稠密等离子体的 X 射线辐射流测量以及密度标定工作。 代表性论文[7]第一作者, 代表性论文[1,8]共同作者。
周维民	六	研究员	中国工程物理研究院激光聚变研究中心	主导了星光 III 强激光实验平台及其综合诊断系统的完善和优化, 为本项目中的离子与等离子体相互作用实验测量和数据分析提供了重要支撑。 代表性论文[1]共同通讯作者
吴栋	七	副教授	浙江大学	发展了适用于高密度等离子体环境的粒子模拟技术, 为本项目中强流离子束与等离子体相互作用数值模拟提供了支撑。

				代表性论文[1,3]共同通讯作者
任雪光	八	教授	西安交通大学	搭建了原子分子反应动力学实验平台，指导了原子分子碰撞体系中的量子多体关联效应实验测量和数据分析工作。 代表性论文[7]共同通讯作者
程锐	九	副研究员	中国科学院近代物理研究所	搭建了离子与物质相互作用实验平台，参加了离子束驱动高能量密度物理模拟工作，负责了离子与等离子体相互作用中离子的飞行时间谱测量工作。代表性论文[1,3,8]共同作者。
邓志刚	十	副研究员	中国工程物理研究院激光聚变研究中心	发展了多通道的离子质谱分析技术，负责了激光加速准单能离子束产生技术以及能谱测量工作。 代表性论文[1]共同第一作者。
徐忠锋	十一	教授	西安交通大学	共同指导了离子束驱动高能量密度物理数值模拟以及电子与原子分子碰撞动力学微观机制研究工作，参与了激光及离子束与等离子体相互作用理论分析工作。 代表性论文[3, 7]共同通讯作者，代表性论文[1, 6]共同作者。

主要论文专著目录 (限 8 条)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码	发表时间
1	Observation of a high degree stopping for laser laser-accelerated intense proton beams in dense ionized matter	Nature Communications	Jieru Ren#, Zhigang Deng#, Wei Qi, Benzhen Chen, Bubo Ma, Xing Wang, Shuai Yin, Jianhua Feng, Wei Liu, Zhongfeng Xu, Dieter H. H. Hoffmann, Shaoyi Wang, Quanping Fan, Bo Cui, Shukai He, Zhurong Cao, Zongqing Zhao, Leifeng Cao, Yuqiu Gu, Shaoping Zhu, Rui Cheng, Xianming Zhou, Guoqing Xiao, Hongwei Zhao, Yihang Zhang, Zhe Zhang, Yutong Li, Dong Wu*, Weimin Zhou*, Yongtao Zhao*	2020 年 11 卷 5157 页	2020 年 10 月 14 日
2	Transport of intense particle beams in large-scale plasmas	Physical Review E	B.Z. Chen, D. Wu*, J. R. Ren, D. H. H. Hoffmann, and Y. T. Zhao*	2020 年 101 卷 051203 页	2020 年 05 月 26 日

3	Two dimensional hydrodynamic simulations of metal targets under irradiation of intense proton beams: Effects of target materials	Physics of Plasmas	Lin Zhang; Yong-tao Zhao*; Jie-ru Ren; Dong Wu; Wei Liu; Guan-song Feng; Wen-cai Ma; Rui Cheng; Guo-Qing Xiao; Dieter H. H. Hoffmann; Zhong-Feng Xu*	2018 年 25 卷 113108 页	2018 年 11 月 13 日
4	Ultrarelativistic electron beam polarization in single-shot interaction with an ultraintense laser pulse	Physical Review Letters	Yan-Fei Li, Rashid Shaisultanov, Karen Z. Hatsagortsyan*, Feng Wan, Christoph H. Keitel, Jian-Xing Li*	2019 年 122 卷 154801 页	2019 年 04 月 19 日
5	Polarized ultrashort brilliant multi-GeV Gamma-rays via single-shot laser-electron interaction	Physical Review Letters	Yan-Fei Li, Rashid Shaisultanov, Yue-Yue Chen, Feng Wan, Karen Z. Hatsagortsyan, Christoph H. Keitel, Jian-Xing Li*	2020 年 124 卷 014801 页	2020 年 01 月 09 日
6	Generation of highly-polarized high-energy brilliant gamma-rays via laser-plasma interaction	Matter and Radiation at Extremes	Kun Xue, Zhen-Ke Dou, Feng Wan, Tong-Pu Yu, Wei-Min Wang, Jie-Ru Ren, Qiao Zhao, Yong-Tao Zhao, Zhong-Feng Xu, Jian-Xing Li	2020 年 5 卷 054402 页	2020 年 03 月 16 日
7	Dynamic effects in electron	Physical Review A	Xing Wang, Shenyue Xu, Chuangang	2018 年	2018 年

	momentum spectroscopy of sulfur hexafluoride		Ning*, O. Al-Hagan, Pengfei Hu, Yongtao Zhao, Zhongfeng Xu*, Jingkang Deng, Enliang Wang, Xueguang Ren*, Alexander Dorn, and Don Madison	97 卷 062704 页	06 月 18 日
8	Charge-state dependence of inner-shell processes in collisions between highly charged Xe ions and solids at intermediate energies	Physical Review A	Jieru Ren, Yongtao Zhao*, Xianming Zhou, Xing Wang, Yu Lei, Ge Xu, Rui Cheng, Yuyu Wang, Shidong Liu, Yuanbo Sun, and Guoqing Xiao	2015 年 92 卷 062710 页	2015 年 12 月 11 日

主要知识产权证明目录 (限 10 条)

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	专利有效状态
发明专利	一种负氢离子的生成装置及方法	中国	CN109195298B	2020年03月03日	H05H1/46	西安交通大学	刘巍、赵永涛	有效
计算机软件著作权	自旋分辨的激光等离子体相互作用模拟软件	中国	2020SR0693616	2020年04月06日	05956115	西安交通大学	弯峰、栗建兴	有效

