
精密测量院高离化态离子（HCI）精密光谱研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13100.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

光频标是目前精度最高的原子频标，是验证基本物理规律和探索新物理的重要工具之一。冷原子/离子光频标已达到 10^{-18}

量级的不确定度和稳定度。利用这样的光频标已高精度地检验引力红移、洛伦兹不变性和检验精细结构常数是否随时间变化等。科研人员在理论上提出高离化态离子（HCI）适合研制不确定度达到 10^{-19}

甚至更低的光频标，应用于更高精度检验基本物理规律，寻找超越标准模型的新物理。2015年，德国马克斯-普朗克研究所Crespo López-Urrutia研究组和德国

联邦物理技术研究院Schmidt研究组合作

，开展了基于 Ar^{13+} 的HCI光钟的研究，已实现 Ar^{13+}

的逻辑光谱探测。然而，国际上，HCI光钟相关的研究仍处于起步阶段，原子谱线数据库中高精度的HCI离子相关数据仍存在部分缺失，HCI光钟相关的部分技术尚未成熟。因此，探寻HCI光钟的优选体系/对象和搭建HCI光钟的实验平台是精密测量物理领域中理论和实验的前沿课题。

中国科学院精密测量科学与技术创新研究院开展了HCI光钟的理论和实验研究。精密测量院囚禁离子物理研究团队同复旦大学研究团队合作，于2019年研制出一台小型高温超导电子束离子阱（SW-EBIT）。测试结果表明，该EBIT具备产生并引出HCI离子能力，可以作为HCI光钟所需的离子源（Review of Scientific Instruments）。在此基础上，精密测量院囚禁离子物理组和外场理论组，联合加拿大新不伦瑞克大学教授严宗朝、美国内华达大学教授Andrei

Derevianko，在

理论上详细计算了Ni不同价态

HCI离子的原子结构参数，分析得出 $^{61}\text{Ni}^{11+}$ 、 $^{61}\text{Ni}^{12+}$ 、 $^{61}\text{Ni}^{14+}$ 和 $^{61}\text{Ni}^{15+}$

离子中的4条磁偶极（M1）和2条电四极（E2）光学跃迁非常适合研制新一代光钟。实验上，基于SW-EBIT制备了这些离子，并首次使用共轭的观测与校刻光学系统直接或间接测量了其中4条M1跃迁和1条E2跃迁的波长。其波长测量值的不确定度比NIST推荐值小1-2个量级，其中2条M1跃迁为首次在实验室环境被直接观测到。该研究结合高精度原子结构理论计算和高精度离子光谱实验测量，首次在单一元素中提出了多个HCI光钟候选体系，丰富了实验对象的选择。为后续研究工作中的HCI离子减速、协同冷却和量子逻辑光谱探测打下了坚实的基础。同时，该工作也为天体物理和等离子体物理提供了更高效、更精确的发射荧光光谱测量方案和可靠的观测数据（Physical Review A）。

研究工作得到中科院战略性先导科技专项（B类）和国家自然科学基金委重点项目的资助。

论文链接：[1](#)、[2](#)

研究团队单位：精密测量科学与技术创新研究院

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发