

大连相干光源

综述及基本情况

总体情况

大连相干光源（Dalian Coherent Light Source, DCLS），全称为“基于可调极紫外相干光源的综合实验研究装置”，是由国家自然科学基金委员会资助，中国科学院大连化学物理研究所和上海应用物理研究所联合资助的重大仪器研制项目，坐落于大连市长兴岛经济技术开发区。这是我国第一台自由电子激光大型用户装置，也是世界上唯一工作在极紫外波段的自由电子激光装置，是世界上最亮的极紫外光源。

2018年7月12日，大连相干光源正式通过了现场验收。专家组一致认为，该项目完成了实施方案规定的研制任务，达到了项目预期目标，同意项目通过验收。

目前，大连相干光源整体运行情况良好，单个脉冲长度为皮秒或百飞秒量级，包含超过 100 万亿（ 10^{14} ）个光子，波长可在整个极紫外区域（50—150 nm）完全连续可调，具有完全的相干性。此外，大连相干光源研发团队还在世界上首次在种子型自由电子激光中采用了“taper 波荡器”技术，使得 HGHG 模式的极紫外激光脉冲峰值功率达到了 210 μJ ，是设计指标的 2 倍。2018 年度，大连相干光源总体运行平稳，整体光源性能得到进一步优化，出光品质得到明显提升，有效保障了科学研究的开展。



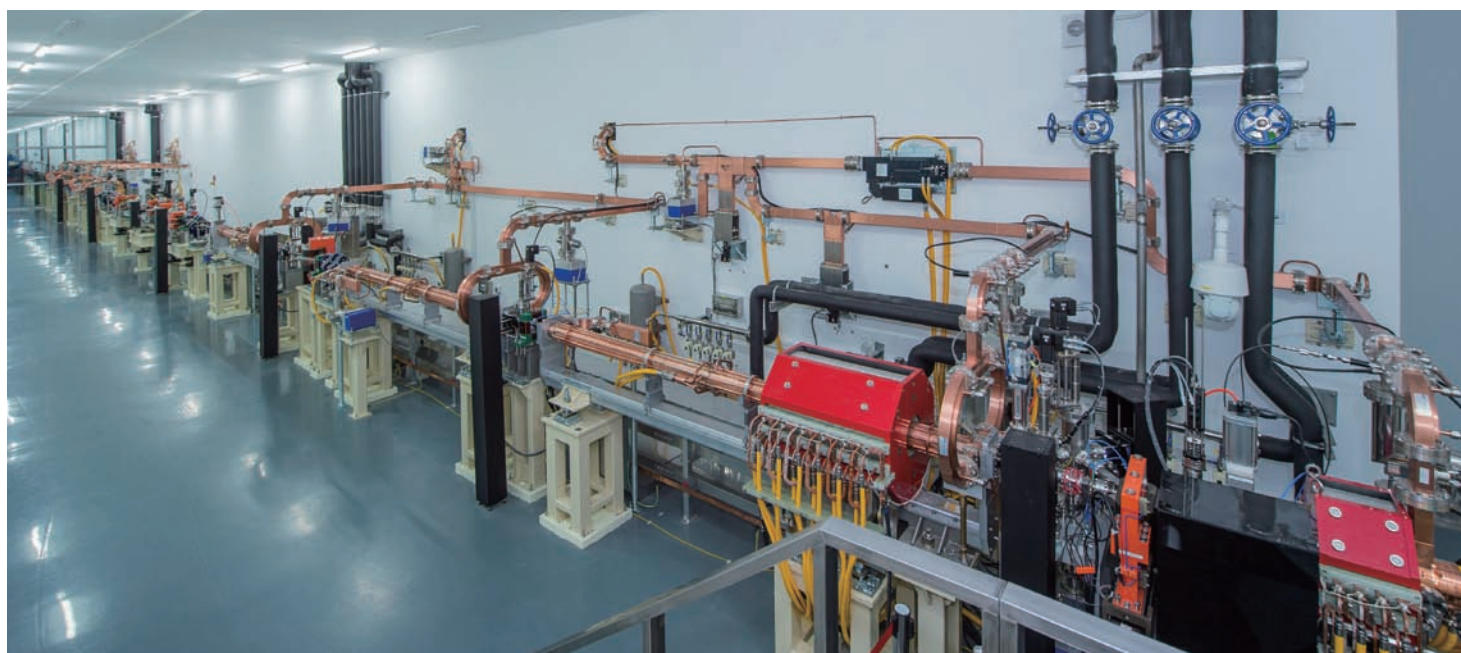
总体目标与学术方向

大连相干光源的总体目标是研制一套基于 HGHG 模式的可调极紫外自由电子激光相干光源的综合实验装置。通过发展具有国际领先水平的 HGHG 模式的可调极紫外相干光源，以及利用这一性能优越光源的实验研究装置，将先进相干光源的发展和高灵敏度探测方法的发展紧密结合起来，开发出独到的探测实验技术，并且将这些新的实验方法通过特殊实验研究装置的研制，应用于与能源相关的重要基础物理化学问题的研究。

大连相干光源共有 6 个实验站正在开展科学研究，分别用于开展光化学、中性水团簇、交叉分子束、气溶胶、自由基光谱动力学等能源化学领域的研究工作，部分工作已取得较好的进展。2018 年度，发表高水平学术论文 2 篇，光源项目负责人受邀到德国等地开展学术交流并作报告，介绍大连相干光源的建设和运行情况。

大连相干光源的科学目标是紧密围绕能源化学若干重大科学问题，开展前沿性、基础性研究，力求在燃烧、表界面催化、团簇结构、大气雾霾化学等领域取得重要突破。在已经开展的实验中，科研人员取得了一些重要进展。例如，科研人员利用大连相干光源，在水分子研究方面取得新进展。水是人类重要的生命因素，水无时无刻不在影响着自然界的各类活动，人类生存和社会发展都离不开水。尽管水分子的化学组成简单，仅是由 1 个氧原子和 2 个氢原子组成，但其存在很多反常的性质，且人类对其在物理、化学、生物学过程中的作用机理知之甚少，如氢键的构成等。利用大连相干光源，科研人员对水分子在极紫外波段的光解动力学进行了系统性的研究，发现了罕见的三体解离过程和高振转分布的产物·OH 自由基，这些发现将帮助人类理解星际中·OH 自由基的产生和能级分布。此外，结合红外光谱技术，科研人员首次测得水中性团簇（三聚体、四聚体、五聚体）的红外光谱，获得团簇的结构信息，深入解析了水中氢键的构成，这对于理解空气中水分子的聚集过程（雾霾过程的重要部分）有着重要意义。

作为第一个国际用户，英国皇家学会院士、Bristol 大学教授 Mike Ashfold 专程到大连相干光源开展了 2 周的实验数据采集，用于星际化学研究工作，并对大连相干光源的性能给予了高度评价。



大连相干光源装置——直线加速器

研究进展与成果

大连相干光源建成

在国家自然科学基金委员会国家重大科研仪器研制项目支持下，中国科学院大连化学物理研究所杨学明团队及其合作者于2018年成功研制大连相干光源。该装置是我国第一台自由电子激光大型用户装置，同时是目前世界上唯一工作在极紫外波段的自由电子激光装置，是世界上最亮的极紫外光源。极紫外区域光源是探测分子、原子及其外壳层电子结构最重要的光子能量区域，是对分子进行激发和软电离最有效的光源，有助于科学家在原子分子水平上开展一系列重大科学问题研究。该装置中90%的仪器设备均由我国自主研发，标志着我国在该领域相关技术已达国际先进水平，有望引领全球极紫外自由电子激光及相关领域的发展。



大连相干光源装置——波荡器



光束线及实验站