

编者按 9月11日至15日，“龙计划”五期2023年度国际学术研讨会举行。科技部与欧洲空间局于2004年启动的“龙计划”是地球观测领域大型科技合作研究计划。19年来，“龙计划”取得了一系列具有国际影响力的研究成果，为遥感领域培养了一批科技人才。为此，本版推出特别策划，分享多年来“龙计划”取得的代表性成就。

“龙计划”：搭建中欧遥感科技深度合作桥梁

◎本报记者 孙瑜

9月11日至15日，“龙计划”五期2023年度国际学术研讨会在内蒙古呼和浩特市举行。这是一场中欧遥感科技深度合作的盛会。300余名中欧科学家就遥感技术及其应用展开了深入交流。

“龙计划”是科技部与欧洲空间局(以下简称欧空局)于2004年启动的一项地球观测领域大型科技合作研究计划。“龙计划”四年为一期，今年是“龙计划”五期的第三年。

“‘龙计划’历经19年，已发展成为我国在遥感应用领域最大的国际合作项目，参与五期合作的中欧双方科学家超过700人。科技部与欧空局积极为双方科研人员搭建平台，合作机制不断完善，合作范围也在不断扩展。”国家遥感中心主任赵静表示，通过“龙计划”，中欧双方建立起一支地球观测联合研究队伍，取得了一大批具有国际先进水平的研究成果，极大地促进了双方地球观测技术水平的提高。

遥感技术合作互利共赢

赵静表示，“龙计划”探索出了“政府搭建平台，科学家自主参与，共享地球观测数据”的国际科技合作新机制，这也正是“龙计划”实现19年来长期友好合作互利共赢的秘诀。

1997年至2002年，科技部与欧空局围绕欧洲资源卫星开展遥感应用合作，组织科学家围绕中国南方水稻监测、北京土地利用制图、洪水灾害监测、中国森林制图等开展联合研究。2002年6月，时任科技部部长徐冠华访问欧空局，中欧双方表达了在遥感领域深入合作的愿望。

“前期合作为‘龙计划’诞生奠定了良好基础，政府高层会谈推动了‘龙计划’落地。”“龙计划”中方首席科学家、中国林业科学研究院资源信息研究所研究员李增元介绍，2004年“龙计划”正式启动实施，合作的主要目标是建立对地观测数据应用研究的中欧联合队伍，促进双方卫星遥感应用技术水平的提升。

政府搭建起平台，科学家广泛参与科学研究，推动了项目的实施。中欧双方为“龙计划”确定的参与原则是“自主参与、自找合作主题”，建立首席科学家机制，由科学家牵头推动项目实施，开展多层次全流程管理，从机制流程上保障科学研究合作。

纯粹、宽松而友好的科研氛围使得“龙计划”顺利开展。自计划执行以来，我国参与“龙计划”合作项目的科学家达1167人次；参与合作的欧洲国家共17个，欧方科学家达804人次；合作研究项目从一期的16个扩展到五期的55个，范围涉及10个地球观测应用合作研究领域。

共享数据也越来越多。据介绍，中方提供了17种在轨卫星数据，欧方提供了18种在轨卫星数据，几乎涵盖了欧洲“哥白尼计划”和科学探索类的所有在轨卫星。此外，欧空局还提供了16种第三方卫星数据和3种卫星存档数据。

面向全球碳盘点需求共筑合作基础

◎实习记者 齐笠名

9月11日下午，2023年“龙计划”温室气体遥感专题暨中欧温室气体卫星监测合作专家会议在内蒙古师范大学召开。在“龙计划”五期2023年度国际研讨会期间，参加中欧温室气体卫星监测合作专家会议的双方科学家在取得既有成就的基础上，围绕全球温室气体卫星遥感监测的最新研究进展进行了研讨。

此次会议上，中欧双方多位科学家分

为遥感科技研究培养青年力量

◎实习记者 齐笠名

9月12日下午，“龙计划”五期2023年度国际学术研讨会青年科学家海报展览在内蒙古师范大学如期举行。展览在大气、定标和真实性检验、气候变化、冰冻圈与水文、城市化与大数据分析、生态系统、海洋与海岸带、固体地球、可持续农业与水资源等9个领域展出142张海报，旨在展示青年科学家的创新研究成果。

展出的海报内容包括对青年科学家



▲图为青年科学家在“龙计划”五期2023年度国际学术研讨会青年科学家海报展览现场。

▲9月12日上午，“龙计划”五期2023年度国际研讨会开幕式举行。图为开幕式现场。本报记者 周维海摄

别介绍了我国下一代碳监测卫星(TanSat-2)和欧盟下一代碳监测卫星(CO2M)的设计和科学设计结果，重点介绍了卫星反演算法、碳通量计算方法、地面验证计划等多方面的科学应用计划和已取得的科研成果。

会上，中国科学院微小卫星创新研究院副院长尹增山首先介绍了我国下一代碳监测卫星的总体设计、关键技术和研发进展。芬兰气象研究所的哈卡赖宁(Hakkariainen)博士介绍了利用已有温室气体监测卫星开展城市和点源排放核算的成果，

特别介绍了在与中方的合作研究中，利用中国碳卫星(TanSat)对南非、日本等地区排放的研究结果。来自中国科学院合肥物质科学研究所的叶涵博博士介绍了我国GF-5卫星在温室气体遥感方面的研究进展和未来计划。

主题报告后，中欧双方开展了对未来温室气体卫星计划的讨论。双方面向全球碳盘点需求，从卫星设计、卫星发射、数据共享、反演算法、碳通量计算方法、地面验证与数据产品等方面对未来卫星计划的改进和优化提出了建议。中欧双方对未来两

区植被进行遥感监测，发现中国碳汇能力被低估；另一项研究发现热带地区是甲烷重要排放源地。

“中国碳汇能力被低估这项研究的相关成果发表在《自然》杂志上。”刘毅说，这项研究的想法萌生于参与“龙计划”年度会议后返程中的一次讨论。而研究能成功归功于中欧“龙计划”项目长达10年的支持，以及中欧双方研究人员的长期合作。

“大气遥感监测是非常复杂、难度挑战很大的遥感研究领域。”刘毅坦言，通过“龙计划”，中欧双方科研人员利用上千颗大气成分卫星遥感数据，以及先进技术与研究方法，推动了大气遥感科研和应用发展。

通过“龙计划”，我国还突破了合成孔径雷达干涉测量的相位信号分析等关键技术，实现了地震地表形变、城市地面沉降等高精度监测，监测精度达毫米级……

从“龙计划”三期合作开始，我国开始提供环境减灾、风云、海洋等卫星遥感数据，丰富了合作研究数据资源，扩大了我国地球观测卫星数据的国际影响力。

“龙计划”五期合作至今，中欧项目团队发表学术论文、专利、获奖数量已达486项，其中论文461篇、专著6部、专利10项、获奖9项。我国著名遥感专家、中国科学院院士李德仁认为，“龙计划”无论是合作规模、研究水平，还是所取得的成效，都堪称空前，已引起国内外同行的广泛关注。

中欧合作科研成果斐然

“‘龙计划’以技术合作为核心，开辟了中欧遥感数据共享的特殊渠道，实现了我国多项遥感技术从无到有的突破，取得了一大批国际先进的合作研究成果。”赵静告诉记者。

借助共享的遥感数据资源，中欧双方开展了多项研究，联合发表了不少具有国际影响力的论文，科技成果斐然。

中国科学院大气物理研究所研究员刘毅有两项关于大气遥感研究的重要成果得益于“龙计划”中欧双方鼎力合作。他向记者介绍，其中一项研究通过对我国西南地

各自研究领域的研究问题、方法、结果和结论的简明摘要。共有112位来自中欧的青年科学家对海报做了讲解。与会科学家还与参展者进行了互动交流与课题讨论。

草地是陆地生态系统的重要组成部分，但由于人类活动和自然环境变化，草地生态系统的生产力和生态服务能力有所下降。土地沙漠化、草地退化等生态环境问题已成为全球关注的热点。

已为全球关注的热点。生态系统的海报展示的不仅包括中欧双方科学家基于卫星数据融合的森林

区植被进行遥感监测，发现中国碳汇能力被低估；另一项研究发现热带地区是甲烷重要排放源地。

“中国碳汇能力被低估这项研究的相关成果发表在《自然》杂志上。”刘毅说，这项研究的想法萌生于参与“龙计划”年度会议后返程中的一次讨论。而研究能成功归功于中欧“龙计划”项目长达10年的支持，以及中欧双方研究人员的长期合作。

“大气遥感监测是非常复杂、难度挑战很大的遥感研究领域。”刘毅坦言，通过“龙计划”，中欧双方科研人员利用上千颗大气成分卫星遥感数据，以及先进技术与研究方法，推动了大气遥感科研和应用发展。

通过“龙计划”，我国还突破了合成孔径雷达干涉测量的相位信号分析等关键技术，实现了地震地表形变、城市地面沉降等高精度监测，监测精度达毫米级……

从“龙计划”三期合作开始，我国开始提供环境减灾、风云、海洋等卫星遥感数据，丰富了合作研究数据资源，扩大了我国地球观测卫星数据的国际影响力。

“龙计划”五期合作至今，中欧项目团队发表学术论文、专利、获奖数量已达486项，其中论文461篇、专著6部、专利10项、获奖9项。我国著名遥感专家、中国科学院院士李德仁认为，“龙计划”无论是合作规模、研究水平，还是所取得的成效，都堪称空前，已引起国内外同行的广泛关注。

青年科技人才脱颖而出

“‘龙计划’合作始终将人才培养作为重点，为中欧青年学者的快速成长创造了有利条件。”国家遥感中心副主任刘志春表示，中方参与“龙计划”的专家近80%都是45岁以下中青年学者。通过多种活动，“龙计划”为青年人才交流搭建了平台，大批学者成长为国际各遥感应用领域技术带头人。

在刚刚过去的“龙计划”五期2023年度国际学术研讨会上，广州商学院信息技术与工程学院讲师李长龙带着他的最新研究来到了青年科学家海报会议现场。

“这是我第四次参加‘龙计划’青年海报展览活动。”李长龙告诉记者，“青年海报展览是‘龙计划’年度国际学术研讨会的固定环节之一，展览上都是年轻人的研究，现场会有相关专家来点评指导。”

“我从研究生时期开始接触‘龙计划’，通过系列学术交流活动受益匪浅。”李长龙特别提到，“2017年‘龙计划’青年海报展览活动上，我的研究获得了‘优秀海报’荣誉，这对我是很大的鼓励。”

在李长龙看来，“龙计划”为青年人才成长营造了良好的环境氛围，通过免费的培训班、学术交流活动，让青年人有机会接受国际知名遥感专家的指导，和同行碰撞出火花。

法比奥·罗卡于2005年和2008年作为高级授课专家策划并参加了“龙计划”在北京和武汉举办的陆地遥感培训班。作为欧空局资深科学家，法比奥·罗卡亲自制定授课方案、选编教材和组织实习平等，带动了一大批欧洲的科学家积极参与到与中方的合作项目中来。

据统计，中欧合作举办了16次陆地、海洋、大气遥感高级培训班。“龙计划”为我国培养了1200多名青年遥感科技后备人才，促进了我国遥感领域人才队伍建设。

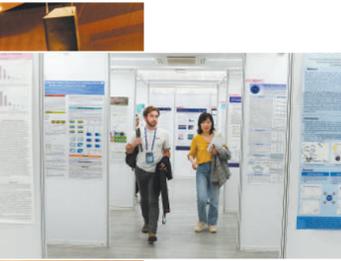
“‘龙计划’使青年人有机会与中欧顶尖的科学家学习和交流，开拓视野，从根本上提高了青年科技人员的科学研究能力，增强了中欧遥感科技研究后劲。”刘志春说。

目前，“龙计划”六期合作正在酝酿中。中欧双方有望借此拓展合作领域和渠道，进一步促进双方科研人员交流，不断完善科研合作机制和平台建设，为携手应对气候变化等全球挑战提供科技支撑，为中欧全面战略伙伴关系注入新的内涵。

个卫星系统的协同观测和数据协同应用均抱有较高的期待。

据国家遥感中心官网报道，此前，中欧温室气体遥感监测合作不仅成功建立了中欧数据共享渠道，改进了碳卫星数据精度及反演算法，还在联合应用研究领域取得重大突破。2021年4月9日，中欧双方经协商一致制定《落实温室气体合作框架协议行动计划》，并建立联合工作组机制，推动开展更深入的合作研究。

本次会议由国家遥感中心主办，中国科学院大气物理研究所碳中和研究中心主任刘毅研究员主持。会议在中欧温室气体合作框架协议的支持下召开，初步完善了合作专家组的组成，在合作层面为下一步中欧双方温室气体全球监测奠定了基础。



▲图为青年科学家在“龙计划”五期2023年度国际学术研讨会青年科学家海报展览现场。

▲9月12日上午，“龙计划”五期2023年度国际研讨会开幕式举行。图为开幕式现场。本报记者 周维海摄

别介绍了我国下一代碳监测卫星(TanSat-2)和欧盟下一代碳监测卫星(CO2M)的设计和科学设计结果，重点介绍了卫星反演算法、碳通量计算方法、地面验证计划等多方面的科学应用计划和已取得的科研成果。

会上，中国科学院微小卫星创新研究院副院长尹增山首先介绍了我国下一代碳监测卫星的总体设计、关键技术和研发进展。芬兰气象研究所的哈卡赖宁(Hakkariainen)博士介绍了利用已有温室气体监测卫星开展城市和点源排放核算的成果，

特别介绍了在与中方的合作研究中，利用中国碳卫星(TanSat)对南非、日本等地区排放的研究结果。来自中国科学院合肥物质科学研究所的叶涵博博士介绍了我国GF-5卫星在温室气体遥感方面的研究进展和未来计划。

主题报告后，中欧双方开展了对未来温室气体卫星计划的讨论。双方面向全球碳盘点需求，从卫星设计、卫星发射、数据共享、反演算法、碳通量计算方法、地面验证与数据产品等方面对未来卫星计划的改进和优化提出了建议。中欧双方对未来两

区植被进行遥感监测，发现中国碳汇能力被低估；另一项研究发现热带地区是甲烷重要排放源地。

“中国碳汇能力被低估这项研究的相关成果发表在《自然》杂志上。”刘毅说，这项研究的想法萌生于参与“龙计划”年度会议后返程中的一次讨论。而研究能成功归功于中欧“龙计划”项目长达10年的支持，以及中欧双方研究人员的长期合作。

“大气遥感监测是非常复杂、难度挑战很大的遥感研究领域。”刘毅坦言，通过“龙计划”，中欧双方科研人员利用上千颗大气成分卫星遥感数据，以及先进技术与研究方法，推动了大气遥感科研和应用发展。

通过“龙计划”，我国还突破了合成孔径雷达干涉测量的相位信号分析等关键技术，实现了地震地表形变、城市地面沉降等高精度监测，监测精度达毫米级……

从“龙计划”三期合作开始，我国开始提供环境减灾、风云、海洋等卫星遥感数据，丰富了合作研究数据资源，扩大了我国地球观测卫星数据的国际影响力。

“龙计划”五期合作至今，中欧项目团队发表学术论文、专利、获奖数量已达486项，其中论文461篇、专著6部、专利10项、获奖9项。我国著名遥感专家、中国科学院院士李德仁认为，“龙计划”无论是合作规模、研究水平，还是所取得的成效，都堪称空前，已引起国内外同行的广泛关注。

交叉定标与验证 提高卫星数据质量

◎实习记者 齐笠名

“‘龙计划’以技术合作为核心，开辟了中欧遥感数据共享的特殊渠道，实现了我国多项遥感技术从无到有的突破，取得了一大批国际先进的合作研究成果。”赵静告诉记者。

借助共享的遥感数据资源，中欧双方开展了多项研究，联合发表了不少具有国际影响力的论文，科技成果斐然。

中国科学院大气物理研究所研究员刘毅有两项关于大气遥感研究的重要成果得益于“龙计划”中欧双方鼎力合作。他向记者介绍，其中一项研究通过对我国西南地

区植被进行遥感监测，发现中国碳汇能力被低估；另一项研究发现热带地区是甲烷重要排放源地。

“中国碳汇能力被低估这项研究的相关成果发表在《自然》杂志上。”刘毅说，这项研究的想法萌生于参与“龙计划”年度会议后返程中的一次讨论。而研究能成功归功于中欧“龙计划”项目长达10年的支持，以及中欧双方研究人员的长期合作。

“大气遥感监测是非常复杂、难度挑战很大的遥感研究领域。”刘毅坦言，通过“龙计划”，中欧双方科研人员利用上千颗大气成分卫星遥感数据，以及先进技术与研究方法，推动了大气遥感科研和应用发展。

成果汇

温室气体高精度监测 助力“双碳”目标实现

刘毅 中国科学院大气物理研究所研究员，“龙计划”温室气体卫星遥感监测项目中方负责人

“龙计划”五期执行期内，“龙计划”温室气体卫星遥感监测项目推动了中欧温室气体卫星监测协议的签署，将中国碳卫星的观测精度提升至1.5ppm，先后生产了碳卫星的二级产品、通量产品、叶绿素荧光产品(SIF)，开展了城市碳排放的研究。同时，项目利用卫星和地面观测发现了我国西南地区存在大体量碳汇，相关研究成果在《自然》发表。项目还发现，热带地区是全球甲烷排放的重点，相关研究成果在《自然·通讯》发表，对于更有针对性地采取减排措施、减缓全球变暖具有重要意义。

“龙计划”五期项目经历了新冠疫情。研发团队攻坚克难，维系着密切的国际合作。团队成员朱思虹等人坚持在国外进行交流研究，对项目研究作出了重要贡献。项目成果丰硕，实现了中国碳卫星数据反演和应用的多项突破，是我国空间碳监测的核心力量。

碳卫星时代已拉开序幕。下一步，项目团队将开展新的全链条研究，与欧空局在卫星协同观测和数据协同应用等领域开展深度合作，为“双碳”目标的实现提供数据支撑。

地形测量技术 竖起灾害“防火墙”

廖明生 武汉大学测绘遥感国家重点实验室教授、博士生导师，“龙计划”地形测量项目中方负责人

武汉大学测绘遥感国家重点实验室团队一直是“龙计划”项目的参与者。团队在“龙计划”一期项目中承担了“地形测量”主题的合作研究，在国内率先掌握了永久散射体雷达干涉测量技术，并针对我国工程应用的迫切需求提出了创新性算法。通过项目合作，我国地形测量技术迅速赶上国际前沿水平。从“龙计划”四期项目开始，团队研究领域从地表监测拓展到次地表探测这一新方向。目前，团队正在不断拓展相关技术在地质灾害隐患排查和重要基础设施安全监测方面的应用。

团队历经4期“龙计划”项目，收获累累。武汉大学地形测量研究团队获得了2014年国家科技进步奖创新团队奖、2019年国家科技进步奖二等奖等奖项，地形测量项目欧方负责人法比奥·罗卡获得了2013年度中华人民共和国国际科学技术合作奖和“庆祝中华人民共和国成立70周年”纪念章。

法比奥·罗卡曾说，中国合作伙伴头脑聪慧，对工作投入且无私，他们的发展与进步不可限量。现在他们已经走在了世界前列，在最顶尖的领域期刊上，每周都能看到他们发表的论文。

交叉定标与验证 提高卫星数据质量

申旭辉 应急管理部国家自然灾害防治研究院研究员，“龙计划”卫星电磁场与等离子体数据的交叉定标与验证项目中方负责人

“‘龙计划’卫星电磁场与等离子体数据的交叉定标与验证项目基于中国张衡一号卫星和欧空局Swarm卫星同时在轨、轨道高度相近、搭载同类型载荷等特点，利用同步观测数据深入开展磁场和等离子体观测数据的在轨标定和交叉检验工作，进一步优化和提升双方卫星数据处理算法。在此基础上，项目还开展空间等离子体环境和全球地磁场建模等研究工作。”

在中欧双方团队的共同努力下，项目完成了等离子体与空间环境耦合关系研究、磁场时空坐标优化等内容，发展了两卫星间的数据质量交叉检验和评估算法，切实提升了双方卫星数据质量。项目研究实现了张衡一号卫星和欧空局Swarm卫星优势互补，通过全面、深入的中欧合作，推动了国际电磁卫星数据处理技术的发展，对提升电磁卫星在轨数据质量，进而服务于后续科学研究作出了重要贡献。项目还培养了一批走向国际舞台的年轻科学家，促进了国际科学友好交流。

目前张衡一号卫星和Swarm卫星都在超期服役中，随着时间推移，其载荷性能将逐步下降。长期在轨定标是项目团队面临的挑战，也是团队下一步的工作重点。

遥感技术赋能 水资源可持续利用

贾立 中国科学院空天信息创新研究院研究员，“龙计划”光学定量遥感、遥感在陆面过程及气候变化中的应用研究项目中方负责人

“‘龙计划’光学定量遥感、遥感在陆面过程及气候变化中的应用研究项目的具体研究主题是利用卫星观测改善灌溉用水管理。项目利用卫星观测研发具有高分辨率、高精度和连续时空覆盖的关键地表参数和参量数据产品，结合地面水文气象数据，模拟和监测灌溉用水需求、作物水分生产力和水分利用效率，研究缺水区域的水循环过程变化特征及其效应等。”

3年来，项目通过与意大利米兰理工大学水文遥感团队进行交流，取得了许多突破性进展。例如，针对复杂农业种植系统，项目实现了流域尺度复杂作物种类的高分辨率作物分类制图和作物种类早期识别制图；发展了高分辨率作物蒸散发、作物生物量和产量的估算方法，为进一步开展流域精细尺度农作物水分生产力和水分利用效率评估奠定重要基础。项目还首次开发了全球尺度时空无缝逐日1公里分辨率土壤水分产品，发展了农田初级生产力及净生产力遥感估算方法，为评估全球农业水资源可持续利用提供科学依据。

项目将进一步利用卫星观测开展农田水分利用效率及水资源核算等研究，为水资源和土地资源综合管理及可持续利用提供先进的科学方法。(本栏目稿件由本报记者孙瑜整理)