

遥感科学动态

1-2

2020年



遥感科学国家重点实验室
State Key Laboratory of Remote Sensing Science

中国科学院空天信息创新研究院 • 北京师范大学
Aerospace Information Research Institute, CAS • Beijing Normal University

2020年第1-2期合订本
(总第24-25期)

State Key Laboratory
of Remote Sensing Science





遥感科学动态

2020年第1-2期合订本
(总第24-25期)

主 编: 施建成

执行主编: 柳钦火

编 委: 张 颢、陈良富、阎广建、杨晓峰、倪文俭

编 辑: 王莹珞

主办单位: 遥感科学国家重点实验室

投稿邮箱: rslab@aircas.ac.cn

Contents目录

实验室简报

实验室要闻

- 02 科技部: 组建若干国家实验室, 同时重组国家重点实验室体系
- 03 《科学》发布: 武汉封城等措施使中国新冠病例减少 96%
- 05 遥感科学国家重点实验室应急启动疫情监测与防控专项工作

科研动态

- 06 遥感科学国家重点实验室生态系统遥感团队农情监测云平台 (CropWatch) 助力全球战疫粮食安全
- 07 塞罕坝机械林场与遥感科学国家重点实验室科技合作启动会顺利召开
- 08 遥感科学国家重点实验室建成怀来定量遥感地面精细试验观测区
- 09 遥感科学国家重点实验室湿地生态系统评价工作取得重大进展
- 10 碳循环、水循环和能量平衡遥感综合试验数据共享

学术交流

- 11 第十届陆表卫星遥感数据反演理论与方法暑期学校圆满结束
- 12 第二届中国湿地遥感大会顺利召开

成果快报

- 14 嫦娥四号探测数据形貌与矿物科学研究取得系列成果



- 16 全球农情遥感速报系统及 COVID-19 疫情对粮食安全影响
- 17 新冠肺炎疫情传播风险时空预测分析
- 18 2019 年度中国科学院科技成果登记, 实验室 12 项成果汇总

实验室简讯

国际动态

战略前沿

- 29 地球系统科学三十年发展回顾与展望

技术创新

- 36 欧盟资助 1260 万欧元用于海洋观测
- 36 德国研发新型小型卫星 INNOcube
- 36 无人机用光学和热成像摄像机监测火山爆发
- 37 NASA 基于机器学习开发云检测的新方法
- 38 NASA 新雷达将从空中监测火山和地震
- 38 嫦娥四号着陆器和“玉兔二号”月球车进入第十八月夜, 科学成果揭示着陆区月壤成分和成熟度

遥感应用

- 40 Science 特刊讨论南极冰盖过去与未来的变化
- 41 WMO 关注新冠肺炎疫情对其全球观测系统的影响

- 42 欧洲风神卫星开始公开分发风场观测数据
- 42 ECMWF 和 ORNL 完成首个 1 km 分辨率季节尺度全球模拟
- 43 NASA 卫星观测揭示过去 16 年来极地冰盖的减少

国际要闻

- 44 OSTP 发布《2019 年国家民用对地观测计划》
- 45 欧洲空间局发布技术战略报告
- 46 EMB 发布《未来科学 — 海洋科学中的大数据》报告
- 47 UKRI 发布空间气象监测创新项目
- 48 NERC 资助启动大气测量与观测设施中心
- 49 英国建立新的卫星数据中心帮助应对气候变化
- 49 WMO 和 ECMWF 启动新的气象观测数据质量监测工具

科技部：组建若干国家实验室，同时重组国家重点实验室体系

基础研究是创新之源，也是科学技术进步的关键。2019 年代表委员关注了哪些基础研究方面的问题？在加强基础研究方面，科技部又是如何具体落实的？

5 月 9 日，国务院新闻办公室举行国务院政策例行吹风会，介绍 2019 年国务院部门办理人大代表建议和政协委员提案情况。科技部副部长李萌在回答记者提问时介绍，2019 年，人大代表、政协委员围绕基础研究提出了 47 件建议和提案，包括人才培养、基础研究的投入、长期稳定支持的环境、基础平台建设，这些都是代表委员比较关心的。

科技部按照代表委员的建议，全面加强基础研究，大幅度提升原始创新能力。做了几方面工作，有针对性进行了部署。

第一，制定了《加强“从 0 到 1”基础研究工作方案》。对整个基础研究进行了系统安排，从优化原始创新环境、强化国家科技计划项目的原创导向、加强基础研究人才培养、创新科学研究方法和手段、提升企业的自主创新能力这些方面进行了具体的部署。

第二，持续加强前瞻性重大科学问题的研发部署。包括对干细胞、纳米、蛋白质、合成生物学、病原学、全球变化及应对、量子信息、量子计算、脑科学等方面，加大了支持力度。

第三，对数学、物理学等基础学科进行了倾斜性支持。发布了《关于加强数学科学研究工作方案》，已批准在北京、上海、广东、天津、山东等地首批建设 13 个国家应用数学中心。通过这些数学研究中心，凝聚起全球高端的数学人才进行长期数学研究。

第四，加快国家实验室建设。

围绕国家长远发展的重大创新领域，组建若干国家实验室，使他们成为引领基础研究的战略力量。同时正在重组国家重点实验室体系，围绕原始创新和关键核心技术领域突破，建设一批国家重点实验室，使国家实验室和国家重点实验室形成基础研究的梯次布局。

第五，提高基础研究投入在整个研发投入中的比重。

2019 年，整个国家的基础研究经费是 1209 亿元，比 2018 年增长了 10.9%。

引导地方结合自身优势加大基础研究的投入，现在很多地方科学研究的水平很高，他们也愿意投入基础研究。

加大落实研发费用加计扣除力度，主要是激励企业加大对基础研究的投入。

探索共建新型研发机构，联合资助等措施来引导社会力量加强基础研究，通过中央财政投入、地方财政投入、企业投入和社会力量投入来共同提高基础研究投入在全社会研发投入中的比重。

第六，完善符合基础研究规律的分类评价体系。包括注重新发现、新观点、新原理、新机制等标志性成果，弘扬科学家精神，倡导“十年磨一剑”的专注精神，支持更多科研人员特别是青年科技人员勇闯科研“无人区”。

《科学》发布：武汉封城等措施使中国新冠病例减少96%

3月31日,《科学》在线发表了题为“新冠肺炎疫情暴发最初50天内中国传播控制措施的效果研究”论文。

该研究由北京师范大学田怀玉团队联合英国牛津大学、美国普林斯顿大学、中国军事医学科学院等中外15个团队完成。上述团队根据我国发布的新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情数据,定量评估了流行病的传播和控制效果,得出如下结论:

- 武汉市的封城措施使疫情传播到其他城市的速度降低了2.91天,从而延迟了中国其他地区的疾病扩散和传播。这一重要结论被世界卫生组织(WHO)采纳,并在新冠肺炎全球研究路线图中公布。

- 在干预措施中,最有效的措施是暂停城市内公共交通,关闭娱乐场所和禁止公共聚会。

- 全国的紧急行动措施延缓了COVID-19疫情的增长,并限制了其流行范围。截至2月19日(第50天),避免了全国范围内数十万例病例的发生。

注:此项研究曾于3月10日发表在预印本平台medRxiv上,当时未经同行评议。

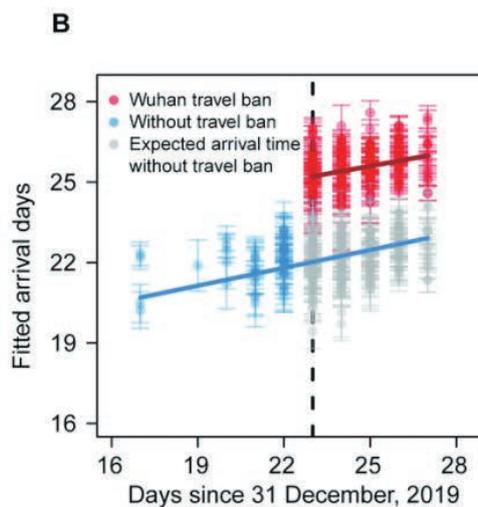
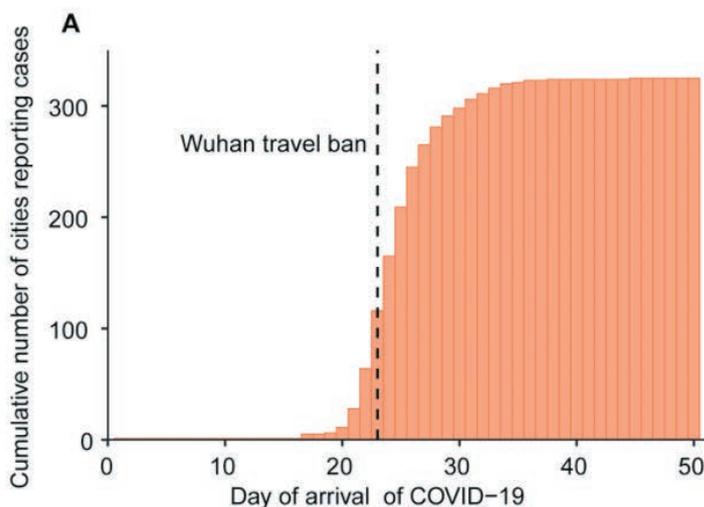
研究团队对中国新冠肺炎疫情暴发的最初50天内(2019



年12月31日~2020年2月19日),中国实施的旅行限制和传播控制措施带来的影响进行了定量分析。研究发现:

1) 武汉出行禁令将中国其他城市的疫情暴发时间平均推迟2.91天

1月23日,也就是武汉实施出行禁令的当天,首次报告新冠肺炎的城市数量达到了59个的峰值。到1月30日,即武汉封城一周后,各省报告的病例总数与来自武汉的旅客总



↑ 中国新冠肺炎的空间扩散

数密切相关。人口越多以及来自武汉的人员较多的城市，新冠肺炎较早暴发。

不过，武汉的出行禁令还是将新冠肺炎在其他城市的暴发时间平均推迟了 2.91 天（95% 置信区间：2.54-3.29 天）。这一结论已经被世界卫生组织采纳，在新冠肺炎全球研究路线图图中公布。

实施封城措施后，中国有超过 130 个城市受益于这一措施而推迟疫情到达，这些城市覆盖了中国一半以上的地理面积和人口。

2) 各地重大突发公共卫生事件一级响应作用显著

研究涉及全国 342 个城市。所有城市都实施了学校停课、隔离疑似和确诊患者，以及信息公开的措施。有 64.3% 的城市禁止公共集会和关闭娱乐场所。136 个城市（39.7%）暂停市内公共交通，219 个城市（64.0%）禁止城际出行（表 1）。

表 1 全国 342 个城市干预措施实施情况

Level 1 response to major public health emergencies	Number of cities implementing control measures	Average lags (days) between implementation and 31 December 2019†
Identify the affected area of a city*	342	0
Close schools*	342	0
Close entertainment venues and ban public gatherings	220	27.17 (2.82)
Isolate patients with infectious diseases*	342	0
Isolate suspected patients*	342	0
Suspend intra-city public transport (bus and subway)	136	29.00 (2.60)
Prohibit inter-city travel	219	27.86 (1.49)
Collect, evaluate, report and publish information on public health emergencies daily*	342	0
Assist subdistrict, township (town), neighbourhood and village committee staff*	342	25.32 (1.07)

不过，数学模型表明，干预措施的不同以及实施的早晚，对本市疫情的发展也有一定的影响。

与较晚开始控制的城市相比，在新冠肺炎暴发之前已率

先实施一级应对措施的城市在疫情暴发第一周报告的实验室确诊病例减少 33.3%（95% 置信区间：11.1-44.4%）。

但具体措施的影响有差异。

其一，有证据表明，暂停市内公共交通、关闭娱乐场所、禁止公众集会的城市，在其疫情暴发的第一周报告的病例较少。

其二，没有证据表明，各地跟进实施的城市间出行禁令，可以减少武汉外和湖北外其他城市的病例数量。

其三，隔离疑似和确诊患者、追踪接触者和关闭学校，可能有助于疫情控制的因素，但尚不清楚哪些有效。

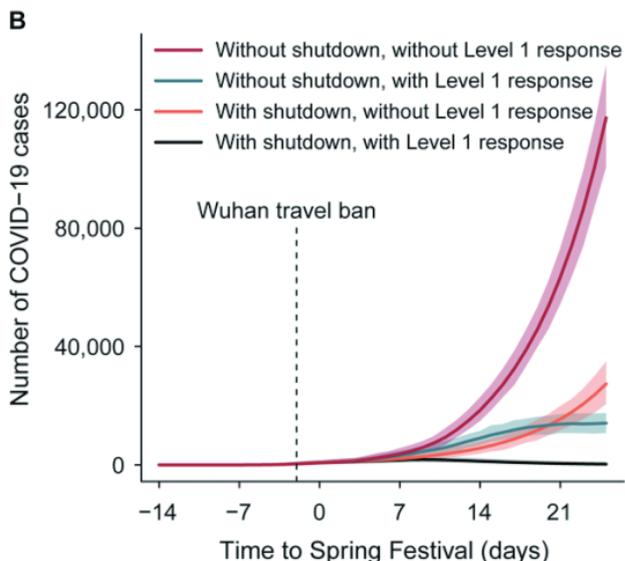
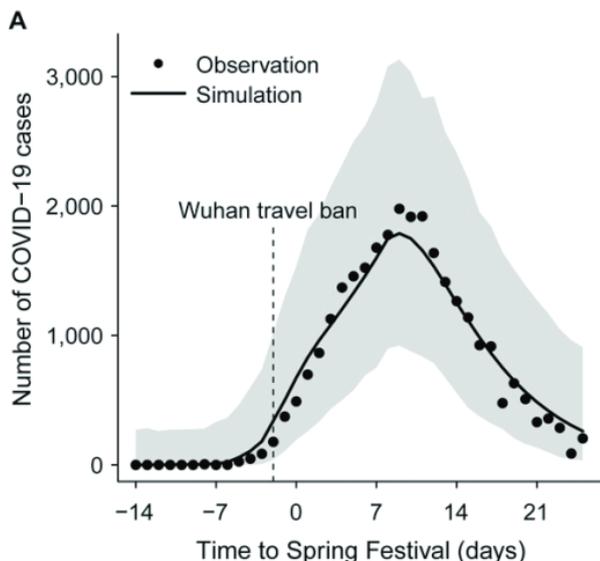
同时，数据显示，在 1 月 23 日启动应急响应之前，基本传染数 (R_0) 是 3.15。1 月 23 日开始防控措施实施范围扩大（第一阶段），根据各自控制措施的实现速度，三组省份的 R_0 ($C1R_0$) 分别下降至 0.97、2.01、3.05。一旦干预措施在所有地方的实施完成了 95%（第二阶段），平均 R_0 下降到 0.04 ($C2R_0$)，这也与发病率的快速下降相一致。

3) 没有干预措施情况下，武汉以外确诊病例在疫情暴发第 50 天累计达到 70 余万

科学家基于模型与各省每日病例报告的拟合，研究了防控措施对武汉以外疫情轨迹的总体影响。

结果表明：如果没有武汉出行禁令和国家应急响应，到 2 月 19 日，在武汉以外地区确诊的新冠肺炎病例将达到 74.4 万例（±15.6 万）。

2 月 19 日，武汉以外地区报告确诊病例数 29839 例，也就是说，实际发生总病例数相比没有干预措施的情况减少了 96%。



↑ 干预措施在控制中国 COVID-19 暴发中的效果

同时，如果单凭国家应急干预措施，该病例数只能减少到 19.9 万例（±8500）；而单凭武汉出行禁令这一项，通过推迟疫情的增长，武汉以外地区确诊的新冠肺炎病例将减少到 20.2 万例（±1 万）。

任何一项单独措施，都无法在 2 月 19 日之前扭转发病率上升的趋势。

作为最终结论，中国城市化和快速交通系统的发展加速了新冠肺炎的传播，但前所未有的武汉出行禁令和各地迅速实施的一级应急响应，推迟了中国境内新冠肺炎疫情的增长，并大

大限制了其规模。

不过，论文作者表示，要警惕的是，中国人口中有很大一部分人仍然面临感染新冠肺炎的风险，放松控制措施可能导致传播死灰复燃。

此外，鉴于病毒继续在世界范围内传播，上述控制手段和结果是否可以在中国以外复制，以及哪些干预措施最有效，急切需要进行调查总结。

作者：崔雪芹

遥感科学国家重点实验室应急启动疫情监测与防控专项工作

自新型冠状病毒疫情发生以来，遥感科学国家重点实验室于 1 月 31 日应急启动相应专项，设立了“传染病传播风险时空预测分析”和“基于时空大数据的疫情风险评价”等两方面工作。

其中，实验室北京师范大学分部田怀玉副教授与北京市疾病预防控制中心联合，在最短时间内建立了北京市新冠肺炎传播风险预测预警技术平台，对此次疫情特征进行分析，构建数学模型定量评估防控管制对于疫情进一步传播的作用，得出管控措施将疫情传播延缓了两至三天的重要结论。每天形成的报告辅助研判、有力支持了一系列措施的制定。协助北京市疾病预防控制中心形成报告每日向市政府汇报，支持决策，对医疗资源、支援物资的调配提供重要依据支撑。研究组评估了旅行限制对新冠肺炎病毒传播作用的影响，其结论被世界卫生组织 WHO 采纳。田怀玉副教授也已受邀成为世界卫生组织外部专家，并被聘为北京市疾病预防控制中心数据分析专家，其关于新冠肺炎病毒传播风险预测报告有关内容被世界卫生组织采用，相关工作受到主要领导同志的表扬与批复。

实验室中科院空天信息创新研究院分部参加中国电子科技集团有限公司牵头的疫情防控综合研判大数据分析工作组，代表空天信息创新研究院作为空间模型分析组的牵头单位，由实验室张新研究员组织和联合了我院的徐敏副研究员、刘冬林副研究员、王刚副研究员、程博研究员、陈甫副研究员等科研人员，协同中科院地理所、南京大学、北京联合大学、



↑ 传播风险时空预测有关结论被世界卫生组织采用

数字中国研究院等 11 家单位的 40 多位专家，承担了时空大数据分析、遥感监测等工作。综合应用多家部委提供的全国确诊、疑似病例、密切接触者、外来流入人口、遥感监测等数据，开展全国疫情传播的时空特性、医治效率的区域差异特征、全国县域疫情风险分级、空间传播链计算、重点城市群复工复产遥感监测等工作。形成 34 个省级行政区域、294 个地级市、2846 区县三级分级疫情风险评价图，作为国家卫生健康委员会全国分级的重要依据，服务于全国各地的分级管控。相关成果为国务院办公厅、国家卫生健康委员会提供了疫情研判信息与技术支撑，得到了国家领导人、国家卫生健康委员会领导的高度肯定。

来源：实验室网站

遥感科学国家重点实验室生态系统遥感团队农情监测云平台（CropWatch）助力全球战疫粮食安全

6月11日，联合国科技促进发展委员会（UNCSTD）组织召开第23届年会，中科院院长白春礼在“探索空间技术促进可持续发展及开展相关国际合作研究”主题下作主旨发言，发言中，对实验室生态系统遥感团队自主研发的全球农情监测云平台（CropWatch）在疫情期间全球粮食安全方面做出的突出贡献给予了充分肯定。

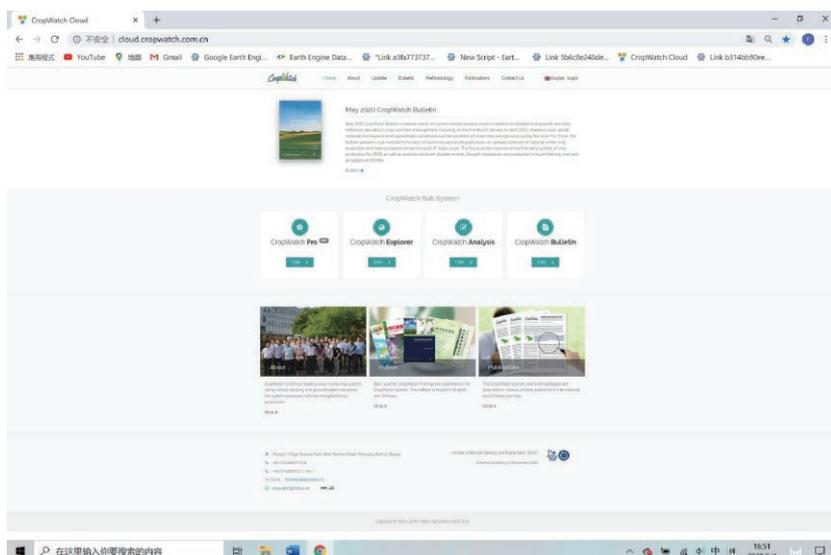
白春礼院长指出，新冠疫情的爆发让人类充分认识到团结一致开展国际合作、加强科技创新应对共同挑战的重要意义。疫情也为各国粮食安全带来重大挑战。发展中国家普遍缺乏农情监测系统，粮食信息获取度普遍不足，亟需建立重要监测系统以促进科学决策、保障粮食安全。

白春礼院长介绍，中科院发挥遥感卫星对地观测方面的学科优势，在农情监测领域积极与发展中国家开展合作。中科院科研团队自主研发的全球农情监测云平台（CropWatch），可帮助发展中国家运用遥感数据实现独立的农业信息与作物生产监测与分析，为莫桑比克定制的农情监测云平台已经在该国实现业务化运行，有力支撑了该国粮食安全领域的科学决策；此外，CropWatch通过系统定制、技术培训等途径提升了蒙古、赞比亚和湄公河下游国家等的农情监测技术水平，未来可帮助更多国家提升粮食安全监测与预警能力。

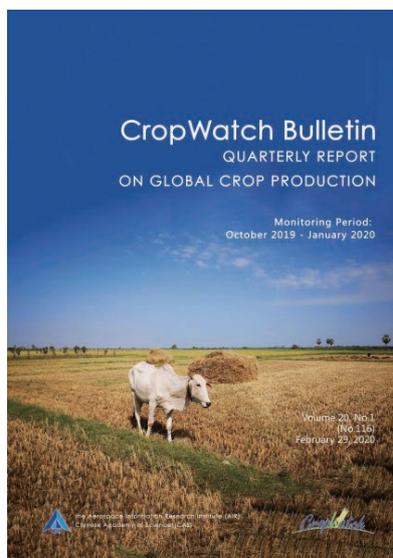
白春礼院长还介绍了中科院抗击新冠疫情科技攻关的相

关进展，以及ANSO的相关情况。他宣布，将在UNCSTD与ANSO合作框架下，发起ANSO农业估产创新计划，依托UNCSTD等重要多边舞台开展合作，通过开展培训、技术转让、本地化等相关活动，推广CropWatch平台的应用，为全球抗击新冠疫情合作、通过科技创新合作实现联合国可持续发展目标、构建人类命运共同体作出更大贡献。（以上内容来源中国科学院官方报道）

全球农情监测云平台（CropWatch）简介：自1998年“中国农情遥感速报”（CropWatch）建成以来，CropWatch持续为全国乃至全球的公众提供农情信息服务22年。2013年以来，CropWatch发展构建了全新的多尺度、多时空分辨率、多指标相结合的多层次全球农情定量监测技术与指标体系，实现从全球到田间的多尺度无缝监测。基于阿里云研发的参与式全球农情遥感监测云平台（CropWatch-Cloud）（平台主页：<http://cloud.cropwatch.com.cn>），为不同的农情信息需求者提供不同的农情信息服务，包含全球农情遥感监测计算（CropWatch Pro）、全球农情遥感监测信息在线浏览（CropWatch Explorer）、全球农情遥感速报在线分析（CropWatch Analysis）与在线发布（CropWatch Bulletin）在内的四大模块，实现监测模型处理云端化、数据信息透明化、分析参与开放化以及监测成果公开化的链式无缝集成。



↑ CropWatch Cloud 主页



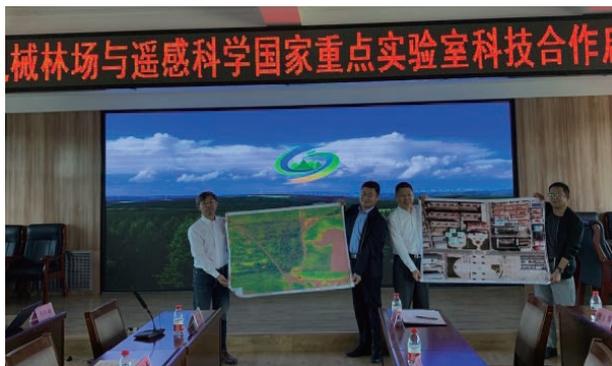
↑ CropWatch 季度报告

塞罕坝机械林场与遥感科学国家重点实验室科技合作启动会顺利召开

8月4日，塞罕坝机械林场与遥感科学国家重点实验室（以下简称“实验室”）科技合作启动会在塞罕坝机械林场召开，机械林场总场书记安长明、科研院所所长程顺、林业科科长李永东、规划院院长丁伯龙，遥感科学国家重点实验室常务副主任柳钦火、副主任阎广建、杨晓峰，中国林业科学研究院庞勇研究员等出席了启动会。

安长明书记代表机械林场对实验室各位人员的到来表示欢迎。他指出，2019年两家单位本着“精诚合作，平等双赢”的理念，合作建设优势互补、务实高效、开放灵活的“冀北生态功能研究平台”，促进了两家单位在遥感技术应用、生态建设方面的合作，同年6月双方联合开展的遥感技术培训也受到了学员的热烈反响。机械林场建场58年，建成了百万亩林海，发挥了巨大生态效应、社会效应和经济效应，生态建设成就被国内外社会各界高度关注，但在森林遥感、信息、数字林业、森林生态机理机制等前沿科学方面还需要更深入的了解和研究。实验室具备强大的遥感科学基础，将遥感科学应用到森林动态三维场景模拟，在林业生物量估算、碳储量动态变化监测等方面做了大量工作，取得了大量前沿成果，实验室的这些优势正好能够补充林场在这方面的短板，促进林场深入挖掘，持续发展，绿色发展，将这些成果运用到塞罕坝的森林经营中，从而形成塞罕坝生态建设和森林可持续经营的局面，为林场和国家做出更大贡献。林业需要遥感，遥感在林业方面大有可为，希望今后双方继续加强合作，使塞罕坝的科技水平上升到新的高度，同时塞罕坝的资源和服务也能为科研工作助力出更多、更好的成果。

柳钦火副主任代表实验室讲话，指出塞罕坝机械林场第一代林业创业者留给我们的不仅是宝贵的生态资产，更是艰苦创业的精神财富。林场人的奉献和坚守，使荒漠变成了绿水青山，绿色发展的塞罕坝精神值得我们好好学习。实验室立足遥感科学基础研究，更要面向国家重大需求，和不同行业、不同区域、不同地方应用紧密结合。塞罕坝机械林场试验条件非常好，实验室自2014年开始与林场合作，开展了大量工作，包括遥感模型验证、遥感产品验证和遥感应用示范，并于2017年牵头组织了全国多个高校、科研单位参与的大型星-机-地同步综合观测试验。双方在2019年签订了战略合作协议，并联合开展了遥感技术培训。随着3座科研观测塔的建成，极大提升了遥感科学研究试验能力，希望双方未来继续深化合作，



↑ 柳钦火副主任、阎广建副主任向林场赠送遥感图像



↑ 与会人员合影



↑ 科研观测塔正式启用

实现优势互补，为塞罕坝生态工程建设，为全国乃至全球的生态文明建设做出更长远的贡献。

阎广建副主任介绍了实验室科技成果与合作交流情况，蔡尚书同学用专业软件为塞罕坝机械林场展示了尚海纪念林遥感模拟数据。柳钦火副主任、阎广建副主任向林场赠送了尚海纪念林激光雷达高度图和场部高分辨率遥感图像。

会后，实验室与塞罕坝机械林场双方共同见证了科研观测塔正式启用。经过1年的建设，塞罕坝的三座40米观测塔正式完工，覆盖落叶松，樟子松，白桦三个主要树种典型分布区，可以提供气象、通量、结构、荧光、物候等观测信息。

遥感科学国家重点实验室建成怀来定量遥感地面精细试验观测区

2020年8月，遥感科学国家重点实验室依托空天信息创新研究院建成怀来遥感综合试验站定量遥感地面精细试验观测区（以下简称“观测区”）。观测区占地约1公顷，可以承担目标地物反射、辐射和发射特性观测及配套参数的精细观测试验，可用于遥感模型构建和高分卫星定量遥感产品验证，在农业、林业和生态等领域的应用具有良好前景，目前已达到稳定运行状态。

观测区从2009年开始构建，由定量遥感地面试验四维轨道塔吊观测平台、可见光热红外多角度传感器集成观测系统、目标地物特性配套参数观测节点、塔基遥感数据后期处理以及数据发布数据库五个主要分系统组成，形成了集观测、数据后期处理与分发一体化的综合遥感地面试验能力。

其中，四维轨道塔吊观测平台采用轨道与塔吊结合方式，实现包括26米升降、32米变幅、84米行走、360度旋转的四维运行模式。平台具有良好的通讯、供电和控制能力，云台最大载荷重量达250kg，可作为一个通用平台，搭载各类型地面遥感试验传感器，模拟卫星和航空平台运动，用于目标地物辐射/散射特性的传感器测试及观测试验。

可见光热红外塔基多角度传感器集成观测系统具有观测和数据后期处理能力，在通过使用精准几何位置靶标对塔基多角度遥感信息准确提取的同时，采用“相机倾斜安装+往返观测+直线轨迹+视场切割法”的多角度信息观测与提取方案，通过相机倾斜安装观测，采用视场切割法可实现不同方位角信息的提取生产完整极坐标图，并形成多角度和多波段数据集，以此提高试验观测效率和降低数据处理门槛。



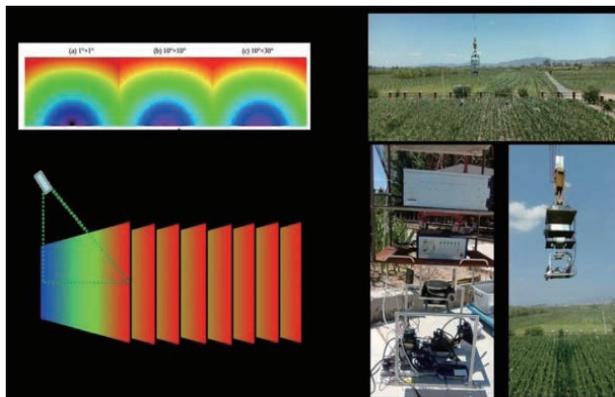
定量遥感地面精细试验观测区全景
(图片来源于2020年6月10日无人机成像)



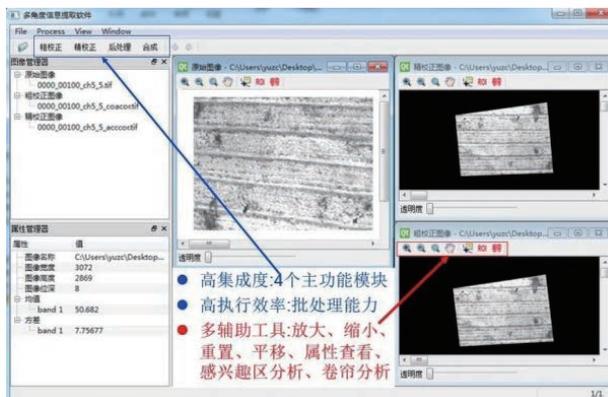
四维轨道塔吊全景



可升降几何靶标布设(左)及植被生长靶标矩阵(白色)场景(右)



多角度观测集成设备及其数据处理



多角度信息提取软件界面及数据处理示例

观测区以塔吊轨道为东西分界线，东部为三个农作物样本亚区，西部为三个林地样本亚区，每个样区面积约为 30 米*30 米。目标地物特性配套参数的 5 个观测节点分布于试验区不同观测亚区，通过架设自动观测设备和人工观测辅助方式，实现影响遥感反射、辐射和发射特性的关键参数综合观测，这其中主要有气象、植被冠层结构和状态以及土壤剖面特性的观测，重点关注了遥感有关的地物反射、辐射和发射特性观测。形成了地物特性配套参数的综合观测能力，并与遥感观测传感器协同观测。

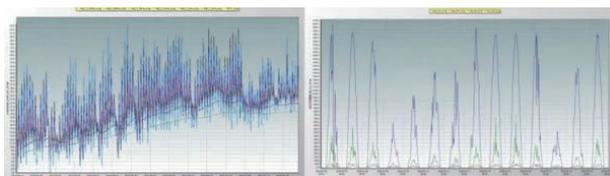
观测区所采集的观测数据在怀来遥感综合试验站数据库定期发布，数据具备线上查询、申请和下载的分发能力。数据库最大的特点是对异构类型数据的管理，能够持续为新加的自动设备或者人工辅助观测数据，提供管理和分发通道。

观测区主要采用两种运行方式。一是遥感站自身开展目标地物长期例行定位观测，通过积累长时间序列数据，为目标地物的遥感反射、辐射和发射特性与目标地物理化特性的关系的探索提供支撑；二是满足特定科研团体和人员的试验观测需求，提供定量遥感地面观测试验共性观测设备和前期数据集需求，提高观测试验效率。

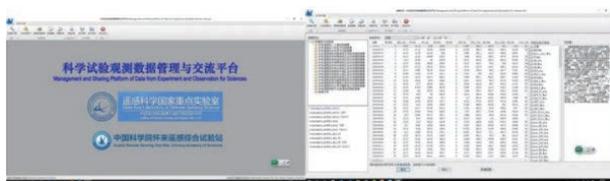
观测区陆续得到了遥感科学国家重点实验室仪器设备购置改造项目、中国科学院科学事业单位修缮购置专项资金仪器设备购置类项目、国家自然科学基金重点和面上项目、以及中国科学院野外台站年度运行费的多方支持，通过观测设备购置和研发、观测方法集成和软件开发的方式建成。



↑ 植被状态与环境综合观测节点



↑ 土壤剖面温度及冠层吸收性光合有效辐射样本数据



↑ 数据库登录及数据共享窗口界面

遥感科学国家重点实验室湿地生态系统评价工作取得重大进展

以遥感科学国家重点实验室曹春香研究员为首席的环境健康遥感诊断团队，率领在中国湿地监测与研究、教育领域有丰富经验的西北林业调查规划设计院、华东林业调查规划设计院、北京林业大学等 8 家单位共同完成的湿地生态系统评价工作取得了重大进展。

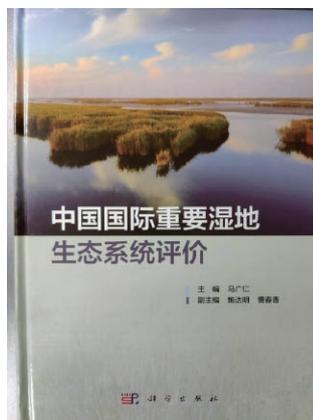
团队从 2007 年给国家湿地管理办公室提交建议到 2012 年，历时 5 年研发和制定的《湿地生态系统评价指标体系》和《湿地生态系统评价指标测量技术手册》，于 2012 年 2 月 29 日通过了国家林业和草原局（原国家林业局）科技委的专



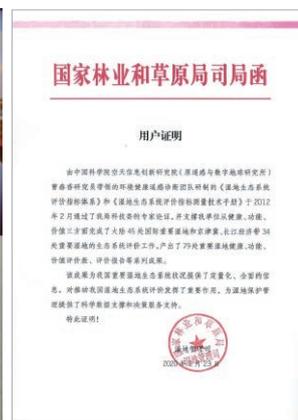
↑ 湿地生态系统评价指标体系论证会（2012）

家论证。按照论证意见要求，在有效利用国家林草局湿地办行政资源的基础上，从2013年到2019的6年间，将《湿地生态系统评价指标体系》和《湿地生态系统评价指标测量技术手册》直接服务与生产实践，从健康、功能、价值三个角度对中国大陆45处国际重要湿地和京津冀地区、长江经济带34处重要湿地的生态系统实现了阈值化的评价。在实施湿地生态系统评价的同步，为行业部门做了了300余人次的培训，并将79处湿地评价的结果，按照健康、功能、价值系列梳理生成了各级报告。重要科研成果等会同湿地主管单位撰写了多篇论文和《中国国际重要湿地生态系统评价》专著。尤其《湿地生态系统评价指标体系》是参照国际湿地公约，为中国的国际重要湿地、国家重要湿地的生态系统状况的科学把握量身定制的一把科学“尺子”。这把“尺子”不仅通过生产单位的实际应用尝试了科学研究成果直接落地生产力的新思路，而且通过实践证明了其能为湿地管理部门提供指导生产单位的湿地管理工作等，并能为适时量化地把握我国湿地动态变化形成全面的技术支撑。

遥感科学国家重点实验室面向国家需求而研发的战略目标的实现，正是通过像环境健康遥感诊断研究团队所示范的



↑ 中国国际重要湿地生态系统评价



↑ 国家林业和草原局用户证明

模式，结合生产实践将科研人员们的基础研究成果有效转应用，并实现支撑面向行业部门的具体需求。通过满足各行各业的需求，拉动实现科研成果直接落地生产力的目标，以其科学有效地推动针对具体目标的科学研究成果对社会经济发挥有效作用。

碳循环、水循环和能量平衡遥感综合试验数据共享

陆地碳循环、水循环和能量平衡是影响地球系统变化的三大核心过程，对其高精度和高时空分辨率的立体观测，将促进遥感与地球系统模式的结合，回答有关地球系统变化的一系列科学问题。为此，遥感科学国家重点实验室联合国内优势单位于2017-2019年共同设计和组织开展了“碳循环、水循环和能量平衡遥感综合试验”，本次试验聚焦于流域尺度，将观测和模拟相结合，以驱动地球系统的三大核心过程（碳循环、水循环和能量平衡）为主要研究对象，是一次大型天-空-地一体化联合观测科学试验。

试验选择典型代表性区域分布式开展，以京津冀生态水文涵养区滦河流域为重点区域，并选择以鲜明农、牧、林交错带为主要特征的滦河上游地区（ $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 范围）：闪电河流域和小滦河流域作为核心试验区，同步开展“大气模式与参数反演遥感综合试验”、“水循环与能量平衡遥感综合试验”以及“复杂地表碳循环遥感综合试验”特色试验。采用星-机-地协同综合观测的方式，针对特殊及典型区域开展了航空遥

感试验，搭载微波及光学等多源传感器设备，获取大气和地表典型区域地表水热循环、碳循环关键参量；同步开展地面观测试验，在典型区域进行大气、植被和土壤等关键参数的精细观测，并针对不同典型地表类型开展全波段主动地面协同观测，研究异质地表和山地条件下像元尺度遥感关键参量的观测方案、反演理论与方法，为我国空间地球科学、国家空间基础设施的发展提供关键数据和理论支撑。

为保证“碳循环、水循环和能量平衡遥感综合试验”数据的安全管理，提高使用效益，根据《碳循环、水循环和能量平衡遥感综合试验数据共享管理办法（试行）》的有关规定，试验数据暂行采用协议共享方式，欢迎广大高校与科研机构研究人员获取使用，为国家各类科研项目提供有效支撑。

数据共享协议及说明见附件，试验数据获取联系人如下。

闪电河流域：赵天杰 zhaotj@aircas.ac.cn

小滦河流域：穆西哈 muxihan@bnu.edu.cn

第十届陆表卫星遥感数据反演理论与方法暑期学校圆满结束

2020年7月13-19日,由北京师范大学地理科学学部、遥感科学国家重点实验室、北京市陆表遥感数据产品工程技术研究中心主办,北京师范大学地理科学学部遥感科学与工程研究院承办的“第十届陆表卫星遥感数据反演理论与方法暑期学校”及“2020 IEEE GRSS Summer School”成功举办。

受疫情影响,此次暑期学校首次采用线上授课的方式举行,共有4580名学员注册参加了本次课程学习,包括来自国内33个省市的4472名学员和来自阿尔及利亚、阿根廷、澳大利亚、孟加拉、印度、美国、英国等32个国家的108名留学生、科研人员。学员单位包括全球363家高校、166家科研院所、155家事业单位和79家公司。

本课程通过B站、知网、小鹅通三个平台同步对外全网直播,受到全球各相关领域的学者、研究生及技术人员的广泛关注,取得了巨大的反响和良好的评价。

今年是第五次与IEEE GRSS合作举办英文暑期学校,今年的主题是“Modeling in Microwave and Optical Remote Sensing”。邀请了Jiancheng Shi、Qinhua Liu、Yang Du、Wenjian Ni、Lori Mann Bruce、Mahta Moghaddam、Jun Li、Gustau Camps-Valls等国际知名专家进行授课,设置8场英文专题报告,国际和国内学生认真学习、积极提问,学习氛围活跃。IEEE GRSS主席Paolo Gamba教授首次出席暑期学校,并为各位学员介绍了IEEE GRSS的使命和在中国地区的发展。

中文暑期学校于7月15-19日举行,地理科学学部执行部长宋长青教授出席开幕式并致辞。地球科学家、中国科学院院士、发展中国家科学院(TWAS)院士、国际欧亚科学院院士、中国科学院A类战略性先导科技专项“地球大数据科学工程”首席科学家郭华东研究员做了题为“地球大数据支撑可持续发展目标”的特邀报告。

中文暑期学校围绕“遥感数据定量化处理与信息提取”、“植被生态系统遥感模型与反演”、“陆地水循环与水环境遥感”、“新型传感器遥感数据处理与应用”、“时间序列遥感数据动态监测与变化分析”、“定量遥感产品生产”、“遥感综合实验观测与真实性检验”、“遥感综合应用”等8个专题展开,设置29场精彩专题报告。

北京师范大学地理科学学部和遥感科学国家重点实验室已连续10年举办定量遥感暑期学校,并多次与IEEE Geoscience



↑ B站直播课程



↑ 知网直播课程



↑ 获得学员好评

and Remote Sensing Society (IEEE GRSS) 合作举办英文 Summer School,旨在针对广大遥感科研工作者和研究生的需求,帮助学员了解定量遥感原理,为学员提供全面理解和应用定量遥感研究成果的途径,并可促进相关学科研究成果的国际交流与应用。



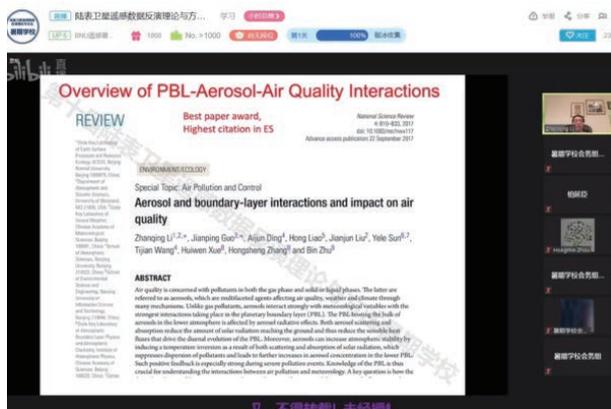
↑ 宋长青执行部长致辞



↑ IEEE GRSS 主席 Paolo Gamba 教授出席暑期学校



↑ 郭华东院士授课

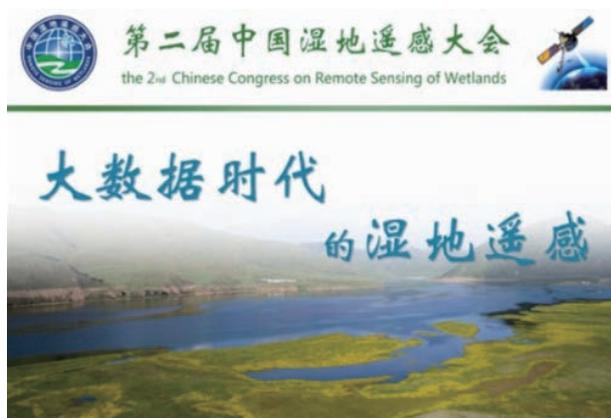


↑ 李占清教授授课

第二届中国湿地遥感大会顺利召开

2020年8月15日，由遥感科学国家重点实验室共同主办的第二届“中国湿地遥感大会”在腾讯会议顺利召开，并通过知网、B站平台同步直播，吸引了全国各地从事湿地遥感研究的科研和管理等共3.7万人次在线观看。本届大会由北京师范大学地理科学学部、中国科学院东北地理与农业生态研究所、广州大学、中国科学院空天信息创新研究院、首都师范大学、中国科学院烟台海岸带研究所、中国林业科学研究院资源信息研究所、深圳大学和国家地球系统科学数据中心9家单位共同主办。

新时期生态文明建设和自然资源保护对湿地管理提出了新要求。遥感技术在湿地系统保护、生态修复和可持续利用，



对“山水林田湖草”生态建设、湖长制和河长制实施、“美丽中国”和生态文明建设具有重要作用。本次大会围绕“大数据时代的湿地遥感”主题，大会分会会场4个特邀报告和下午8个分会场的103个分会场口头报告举行，共有国内外50家单位科研人员参加。

大会第一分会场“遥感大数据与湿地分类”由中国科学院空天信息创新研究院遥感科学国家重点实验室牛振国研究员和首都师范大学宫兆宁教授召集并主持，来自中国科学院空天信息创新研究院、首都师范大学、复旦大学、北京林业大学、中国科学院东北地理与农业生态研究所、安徽大学、东华理工大学、中国科学院青藏高原研究所、北京师范大学、桂林理工大学等10个单位的专家学者分享了在湿地遥感理论、方法和技术应用等最新研究成果和应用实践，来自全国356名代表通过腾讯会议或知网直播在线参加了本专题会议。

与会专家表示，“中国湿地遥感大会”目前已在全国形成良好的影响力和显著的知名度。希望“中国湿地遥感大会”能够成为从事湿地遥感的产学研密切合作、相互支持的学术共同体，成为中国湿地遥感管理咨询服务的智库平台。

大会同时得到了《遥感学报》《自然资源学报》《湿地科学》《地理科学进展》、《遥感技术与应用》《水利水电技术》《IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS)》《Remote Sensing》、《Watershed Ecology and the Environment》等9个知名学术期刊的支持。

中国湿地遥感大会是由中国科学院东北地理与农业生态研究所、北京师范大学、中国科学院空天信息创新研究院、首都师范大学、中国科学院烟台海岸带研究所2019年共同倡议发起，围绕“湿地遥感技术与应用”这一主题，总结和交流

近年来湿地遥感理论、方法和技术应用等方面的最新研究成果；研讨社会经济发展和全球变化的背景下湿地开发、利用、保护和管理与区域协调发展的问题；探索新时代中国湿地遥感面向世界科技前沿、面向经济建设、面向国家重大需求的发展路径，为从事该领域研究的专业人员与研究生们提供交流平台，大会将每年举办一次。

本次会议在线回播信息如下

主会场：

知网：<https://k.cnki.net/CInfo/Index/8845>

B站：<https://www.bilibili.com/video/BV1XC4y1t7Nu?t=451>

第一分会场：遥感大数据与湿地分类

知网：<https://k.cnki.net/CInfo/Index/8847>

第二分会场：高分遥感湿地精准监管

知网：<https://k.cnki.net/CInfo/Index/8848>

第三分会场：湿地植被与红树林遥感

知网：<http://k.cnki.net/CInfo/Index/8849>

第四分会场：河流与湖泊水环境遥感

知网：<http://k.cnki.net/CInfo/Index/8850>

第五分会场：河口三角洲生态遥感

知网：<http://k.cnki.net/CInfo/Index/8851>

第六分会场：海岸带湿地资源遥感

知网：<http://k.cnki.net/CInfo/Index/8852>

第七分会场：湿地保护与修复遥感

知网：<http://k.cnki.net/CInfo/Index/8854>

第八分会场：城市湿地与生态遥感

知网：<http://k.cnki.net/CInfo/Index/8855>

B站：<https://www.bilibili.com/video/BV1jT4y1L7o6>



↑ 第一分会场大会部分合影

嫦娥四号探测数据形貌与矿物科学研究取得系列成果

在嫦娥四号工程任务中，遥感科学国家重点实验室行星遥感团队（www.pmrslab.cn）研发了月球车导航定位与月面环境感知技术与软件，在北京航天飞行控制中心业务化应用于遥操作任务，在着陆点定位、月面三维地形重建、障碍识别、月球车视觉导航定位等方面做出了重要贡献。

在参加工程任务的同时，行星遥感团队利用嫦娥四号获取的影像和光谱等数据，与相关科研团队和载荷研制团队合作，开展了着陆区形貌制图与演化分析、表面矿物反演等科学研究，取得了系列成果。

利用玉兔二号月球车全景立体影像制作的 5cm 分辨率 DEM 及已有中低分辨率 DEM，识别和量测了着陆区的线性溅射物地形特征，并结合附近撞击坑形成过程的数值模拟，指出着陆区表层是厚度约 70 米的溅射物，这些溅射物是玉兔二号探测器所直接观测的物质，其中最上层的东北-西南向线性溅射物来自芬森坑，叠加在东南-西北向的艾德勒坑的溅射物上。量测和数值模拟表明玉兔二号所探测的月球物质来自于南极艾肯盆地底部，而不是着陆区下部的玄武岩。相关成果 2019 年发表于 GRL。

利用玉兔二号就位测量的光谱数据分析嫦娥四号着陆区矿物成分，指出着陆区的矿物成分以橄榄石和辉石为主；并且由于南极艾肯盆地形成时已将月亮减薄甚至完全剥离，撞击产生的熔融物甚至会发生分异，所以着陆区的月壤可能主要来自月幔或者撞击熔融分异物。相关成果 2019 年发表于 EPSL。

利用玉兔二号就位测量的光谱进一步分析嫦娥四号着陆区矿物成分，光谱拟合结果表明着陆区月壤含有富镁橄榄石和富镁斜方辉石矿物，二者相对含量基本相等。根据镁铁质矿物成分和芬森撞击坑空间位置，进一步分析认为着陆区月壤可能源自南极艾肯盆地撞击事件形成的撞击熔融分异物或一套富镁岩石。相关成果 2020 年发表于 Icarus。

利用玉兔二号就位测量的光谱数据分析嫦娥四号着陆区太空风化效应，分析结果表明主要源于芬森撞击坑溅射物的月壤已发育成熟。与嫦娥三号着陆区未成熟月壤相比，嫦娥四号着陆区月壤中亚微观金属铁含量随月球车与着陆器距离远近并未产生明显变化，说明嫦娥四号着陆区月壤的快速形成过程充分混合了最表层已高度成熟的月壤。相关成果 2020 年发表于 EPSL。

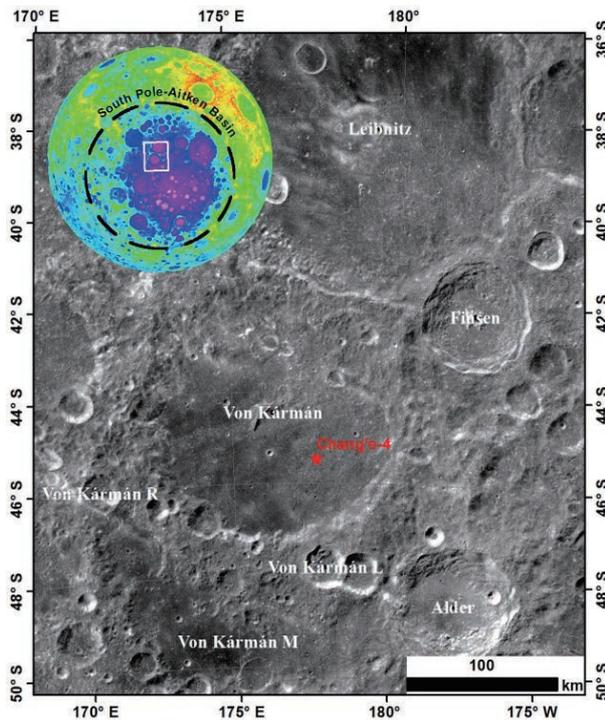


图 1 嫦娥四号着陆区

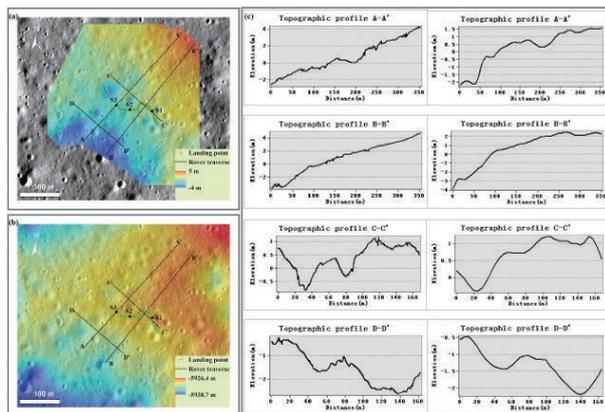


图 2 嫦娥四号着陆区地形剖面图 (Di et al., 2019)

利用国内外轨道器影像、嫦娥四号着陆器降落相机影像、玉兔二号月球车导航相机及全景相机影像等多源数据，基于摄影测量地形制图和视觉定位方法技术，制作了米级至厘米级分辨率的数字高程模型和数字正射影像图等产品，直接应用于嫦娥四号工程任务，并支持了着陆区形貌与地质构

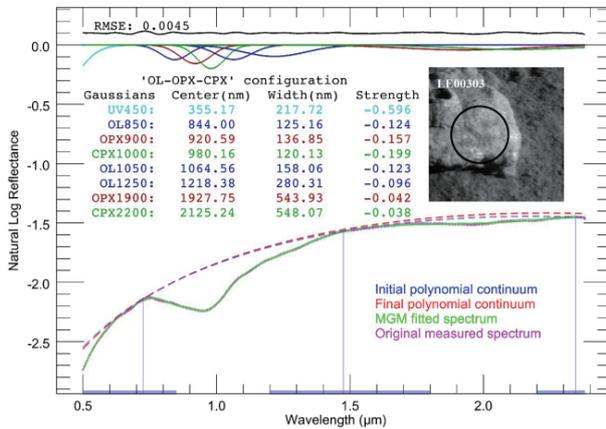


图 3 玉兔二号就位测量光谱分析结果 (Gou et al., 2020)

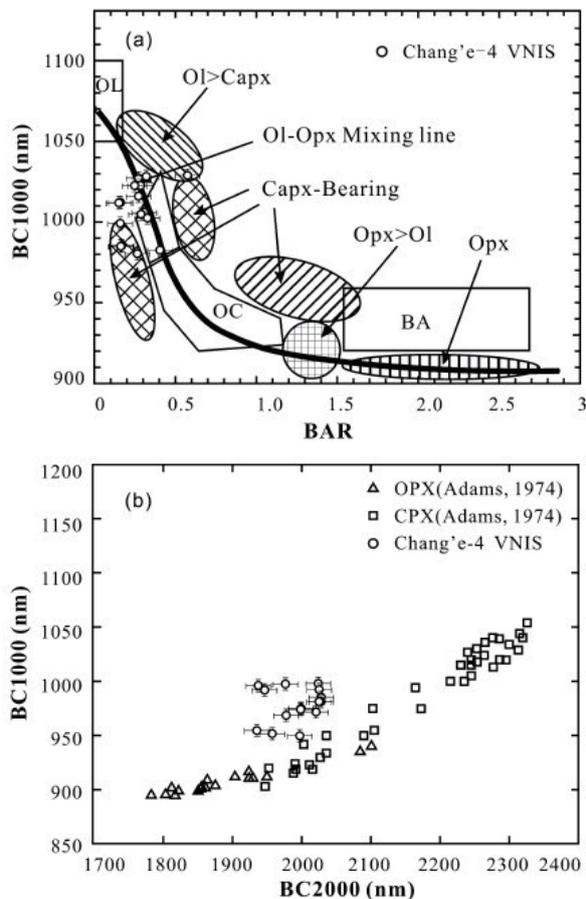


图 4 玉兔就位测量光谱数据的光谱参数图 (Gou et al., 2019)

造分析等科学研究。相关成果 2020 年发表于 Science China Information Sciences 和 Remote Sensing。

上述研究得到了中国科学院先导科技专项、国家自然科学基金、国家重点研发计划的资助。

发表的论文:

[1] Di, K., Zhu, M., Yue, Z., Lin, Y., Wan, W., Liu, Z., Gou, S., Liu, B., Peng, M., Wang, Y., Niu, S., Zhang, J., Li, J., Xie, J., Xi, L., Yang, J., Xue, B., 2019. Topographic Evolution of Von Kármán Crater Revealed by the Lunar Rover Yutu-2. Geophysical Research Letters, 46, 12764-12770.

[2] Gou, S., Di, K., Yue, Z., Liu, Z., He, Z., Xu, R., Lin, H., Liu, B., Peng, M., Wan, W., Wang, Y., Liu, J., 2019. Lunar deep materials observed by Chang'e-4 rover. Earth and Planetary Science Letters, 528, 115829.

[3] Gou, S., Di, K., Yue, Z., Liu, Z., He, Z., Xu, R., Liu, B., Peng, M., Wan, W., Wang, Y., Liu, J., 2020. Forsteritic olivine and magnesium-rich orthopyroxene materials measured by Chang'e-4 rover. Icarus, 345, 113776.

[4] Gou, S., Yue, Z., Di, K., Wan, W., Liu, Z., Liu, B., Peng, M., Wang, Y., He, Z., Xu, R., 2020. In situ spectral measurements of space weathering by Chang'e-4 rover. Earth and Planetary Science Letters, 535, 116117.

[5] Liu, Z., Di, K., Li, J., Xie, J., Cui, X., Xi, L., Wan, W., Peng, M., Liu, B., Wang, Y., Gou, S., Yue, Z., Yu, T., Li, L., Wang, J., Liu, C., Xin, X., Jia, M., Bo, Z., Liu, J., Wang, R., Niu, S., Zhang, K., You, Y., Liu, B., Liu, J., 2020. Landing site topographic mapping and rover localization for Chang'e-4 mission. Science China Information Sciences, 63, 170-181.

[6] Wang, Y., Wan, W., Gou, S., Peng, M., Liu, Z., Di, K., Li, L., Yu, T., Wang, J., Cheng, X., 2020. Vision-Based Decision Support for Rover Path Planning in the Chang'e-4 Mission. Remote Sensing, 12, 624.

全球农情遥感速报系统及COVID-19疫情对粮食安全影响

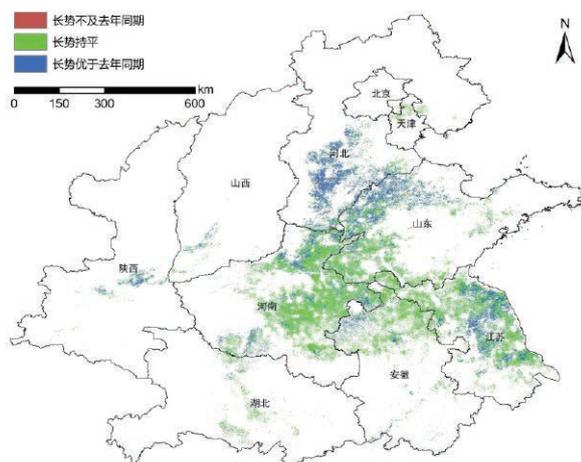
实验室研发的全球农情遥感速报系统 (CropWatch) 在稳定运行多年的基础上, 突破了云计划和大数据等核心关键技术, 全面升级为全球农情遥感监测云系统 (CropWatch Cloud)。针对 COVID-19 疫情, 对全球农情与粮食供应形势进行了监测分析, 提交了相关咨询报告, 为保障国家粮食安全提供了决策依据。

1. 全球农情遥感速报系统关键核心技术取得新突破

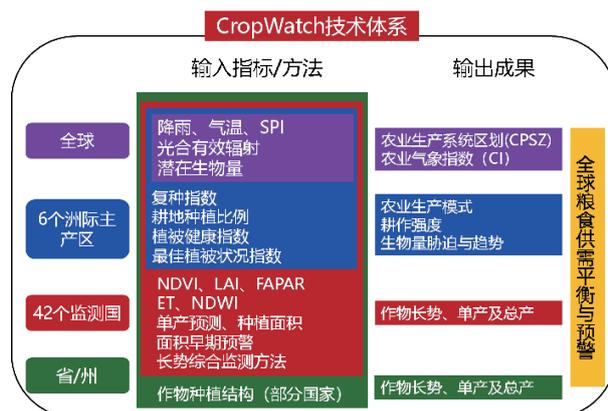
结合云计划和大数据技术, 全球农情遥感监测系统全面升级为 CropWatch Cloud 系统, 创新了多尺度 (全球尺度、洲际主产区尺度、国家尺度、省州尺度、农场尺度)、多时空分辨率 (25km、1km、30m、16m)、多指标 (农业气象、农情、产量) 的全球大宗作物监测技术体系, 采用层次渐进的方式, 可综合评估全球、6 大粮食主产区、43 个农业生产与出口国农业气象状况与作物生产形势。

农情速报系统已经实现业务化运行, 每 3 个月以中英双语向全球提供一次作物产量和长势综合分析, 2019 年 4 期全球农情遥感速报累计下载量已经超过万次。已经成为全球三大农情监测平台之一, 服务 158 个国家和地区, 并在多个第三世界国家开展系统定制与移植。2019 年已在莫桑比克开展云平台定制化与系统移植, 制定了泰国、越南、柬埔寨、老挝和缅甸东南亚 5 国系统移植实施方案。

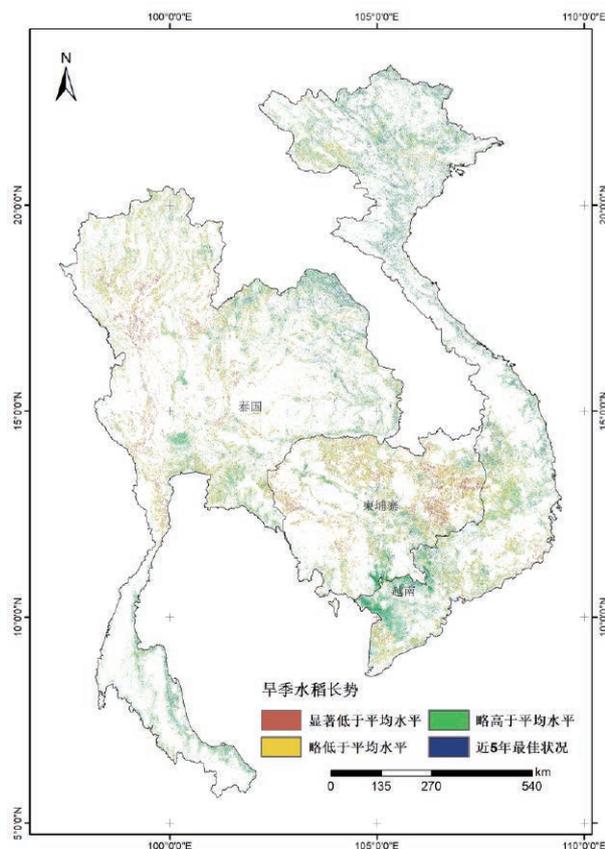
2. 开展了 COVID-19 疫情对全球农情与粮食安全的影响监测分析



↑ 2020 年 4 月全国主要产区农作物长势分布图



↑ CropWatch 全球大宗作物监测技术体系



↑ 湄公河流域三国 2020 年 4 月旱季水稻长势空间分布

受 COVID-19 疫情影响，粮食安全问题已经成为全球关注的热点，实验室迅速响应，应用全球农情遥感速报系统开展了“全球粮食安全形势”监测和分析。监测结果显示：（1）最近 3 年，全球粮食大宗粮油作物产量处于历史高位，粮食供应稳定。南半球的产粮大国巴西和阿根廷的玉米和大豆产量同比增长，受疫情影响不大。（2）COVID-19 疫情造成湖北省的早稻移栽面积有所下降，但对我国夏粮生产总体影响较小，粮食生产总体形势良好。（3）2020 年 2-4 月湄公河流域 5 个国家和中国云南地区降水亏缺严重，发生了不同程度的气象旱情，对粮食产量有一定的影响。（4）由于全球疫情的持续发展，可能会对今年农业产生重要的影响，特别是可能造成部分地区粮食供应形势紧张，后续将要进一步加强全球农情与粮食安全监测分析与预警。

疫情对我国夏粮生产影响较小，粮食生产总体形势良好，疫情的影响主要集中在湖北：最新的监测显示，截止到 4 月中旬，仅湖北省的早稻移栽面积有所下降，而全国早稻备耕和移栽总面积较 2019 年增加了 2% 左右；4 月上旬，夏粮主产区的作物长势好于过去 5 年平均水平，仅湖北中部、安徽中部等地夏粮长势低于过去 5 年平均水平。从冬小麦主产区

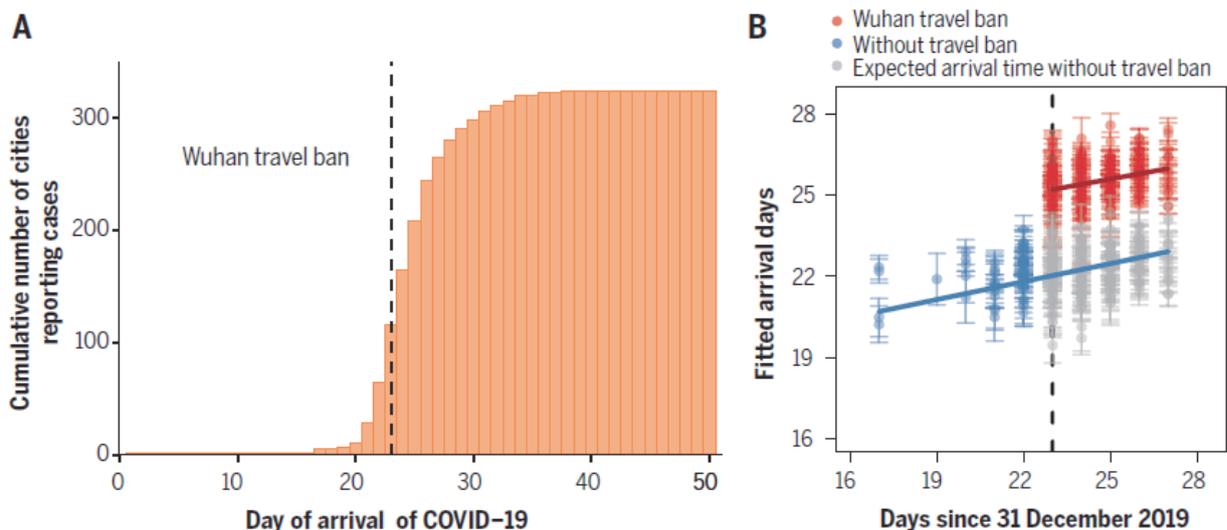
总体情况看，有 36% 的耕种面积长势好于去年同期，主要包括河北省大部、山东省西北部、江苏省中部和东北部、陕西省大部以及山西省中南部；62% 的耕种面积长势与去年同期持平，主要包括河南省大部、安徽省北部、山东省西部以及江苏省东部和西北部；2% 的耕种面积长势不如去年同期，呈零散分布状态。

2020 年 2-4 月湄公河流域 5 个国家和中国云南地区降水亏缺严重，发生了不同程度的气象旱情，2 月份的降水亏缺主要发生在湄公河下游地区，3 月份主要发生在柬埔寨，4 月份在缅泰老边境地区。柬埔寨，泰国和越南的旱季水稻受到了干旱的严重影响，单产分别同比下降 8%、12% 和 1%，产量分别下降 30%，15% 和 10%，旱季大米总产量仅为 199 亿吨，比去年同期减少 373 万吨，降幅为 16%。但 2019 年 9 月至 2020 年 4 月收获或将要收获的柬埔寨、泰国和越南大米总产量仍然增加了 32 万吨，这是因为 2020 年 2 月之前收获的雨季水稻产量比去年同期增长了 17%，考虑到最近三年的稻米产量，这三个国家的稻米产量仅下降了 1%，对其稻米出口的影响有限。

新冠肺炎疫情传播风险时空预测分析

自新型冠状病毒感染的肺炎疫情发生以来，遥感科学国家重点实验室积极行动，发挥实验室在传染病时空分析及预

测预警方面的技术优势，于 2020 年 1 月启动了新型冠状病毒肺炎传播风险时空预测分析。主要工作及成果包括：



↑ 我国防控措施将新冠肺炎传播减缓 2.91 天

(1) 进行发病规模及其时空扩展预测，获中央最高层批示

于1月下旬通过种群遗传学理论推测武汉市首例病例出现于2019年10月底-11月底，至1月下旬疫情已经自然流行超过2个月；通过构建传染病模型，于1月下旬提前一个月准确预估了武汉市新冠肺炎发病规模，得出最乐观情况也有5万人感染的结论；于2月初，通过传染病模型估算了武汉市现有患病人数，模拟解封后对北京市的发病风险，得出武汉市在3月的床位缺口峰值至少1.6万张的结论。相应报告（遥感科学国家重点实验室排名第一）分别于2020年1月22日、2月7日由军事医学科学院向中央最高层提交，支持了国家相关决策。

(2) 积极发出中国科学家的声音，科学评估我国采取干预措施的效果

科学、客观地评估中国采取的武汉封城等措施对新冠肺炎疫情传播的影响。相应研究成果以“An investigation of transmission control measures during the first 50 days of the COVID-19 epidemic in China”为题，于2020年3月31日以实验室为第一完成单位、第一作者在《科学》(Science)上在线发表。研究发现武汉市的封城措施使疫情传播到其他城市的速度降低了2.91天(95% CI: 2.54-3.29天)，从而延迟了中国其他地区的疾病扩散和传播，这一重要结论被世界卫生组织采纳，并在新冠肺炎全球研究路线图中公布。全

证明

兹证明全球变化与地球系统科学研究院田怀玉老师撰写的《成功避免70万例感染——中国新冠肺炎疫情防控措施作用的量化评估》研究报告，通过全国哲学社会科学工作办公室《国家高端智库报告》(第25期，3月18日刊发)上报党中央，获得党中央和国务院领导同志重要批示。

特此证明。



↑ 《国家高端智库报告》相应报告或领导人批示证明

国的紧急行动措施延缓了COVID-19疫情的增长，并限制了其流行范围。截止到2月19日(第50天)，避免了全国范围内数十万例病例的发生。

《国家高端智库报告》第25期3月18日全文刊发了他的研究报告《成功避免70万例感染——中国新冠肺炎疫情防控措施作用的量化评估》。报告上报党中央后，得到了党中央、国务院领导同志的重要批示。

2019年度中国科学院科技成果登记，实验室12项成果汇总

多尺度遥感数据按需快速处理与定量遥感产品生成关键技术

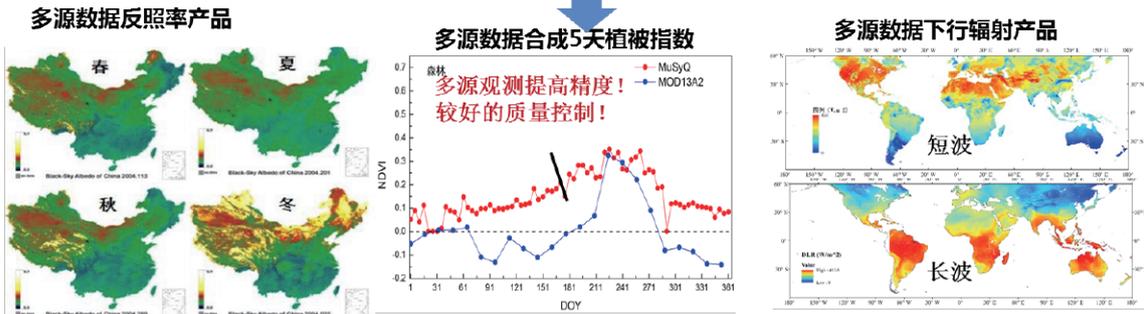
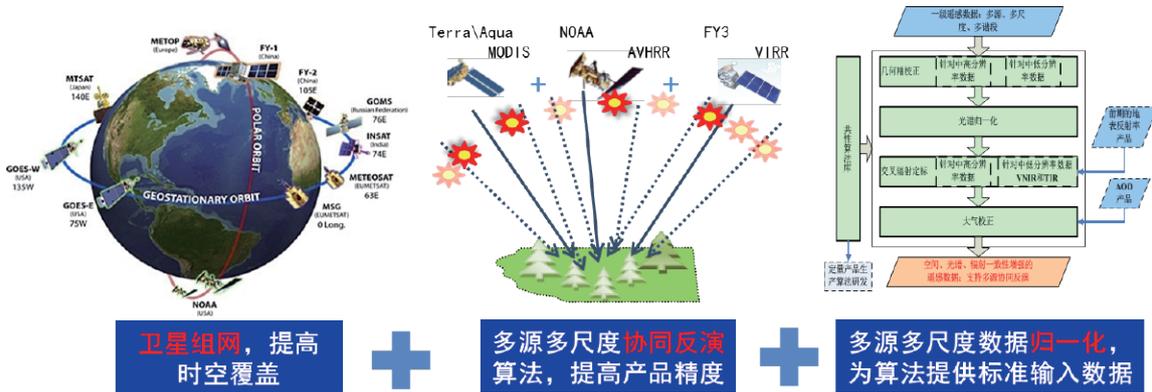
攻克了多源遥感协同高精度定量反演与多尺度定量遥感产品生产关键技术，包括：1) 研发了中高、中低与静止卫星等不同尺度遥感数据多尺度数据归一化处理算法，根据不同数据的特点与需求，完成了面向三十余种遥感数据与遥感产品的归一化处理流程，形成了自动化批量处理的能力；2) 完成并提交辐射收支、植被结构与生长状态、冰雪变化以及地表水热通量参数定量遥感产品90%算法分析报告24份；

针对卫星组网和多源数据的特点，发展25km、5km、1km、300m、30m等5种尺度共44个产品的反演算法关键技术，设计了相应的算法流程。

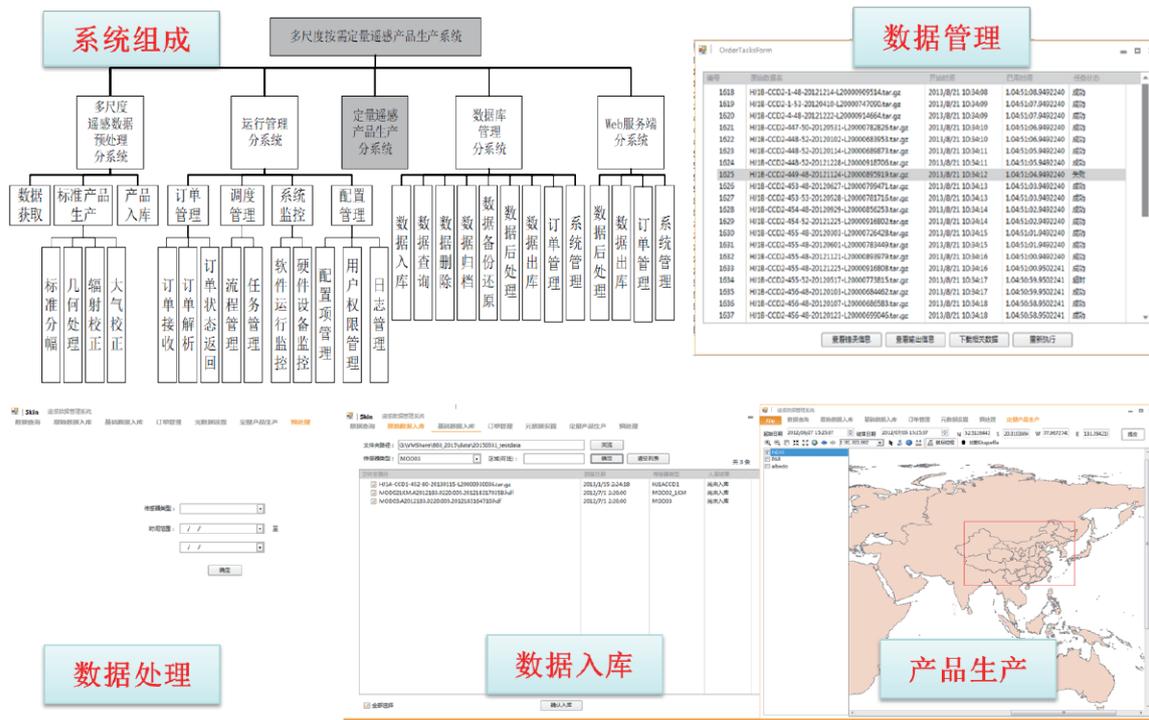
制定了全球陆表综合观测定量遥感产品技术体系标准规范3大类，包括多源遥感数据归一化处理技术、多源协同定量遥感产品生成技术体系以及多源协同定量产品生产系统；建立了全球陆表综合观测的定量遥感产品技术体系。

研发了"多源数据协同定量遥感产品生产系统",该系统包括数据管理、运行管理、归一化处理及定量遥感产品生产四个分系统,实现了按需流程定制的多尺度遥感数据按需快速处理与定量遥感产品生产的功能;利用所研发的"多源数

据定量遥感产品生产系统"在全球、中国-东盟及重点试验区三个不同尺度上完成了100TB以上遥感数据的归一化处理与20余种定量遥感产品的生产,形成了生产能力。支撑编写了国家遥感中心GEOARC 18份报告中的4份。



通过卫星组网、多源多尺度数据归一化处理及多源协同等方式极大的提升了定量遥感产品的时空分辨率和精度



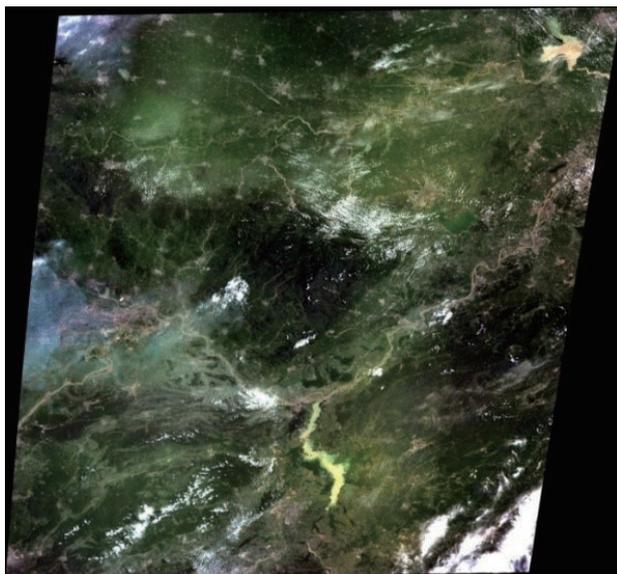
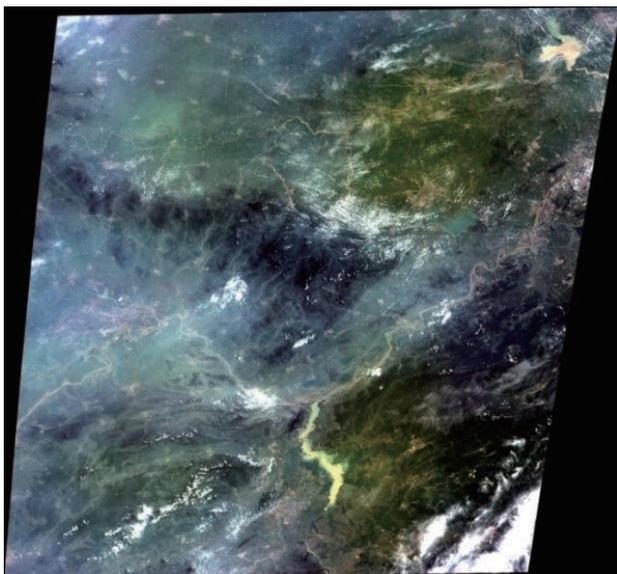
形成了"多源数据协同定量遥感产品生产系统",具有PB级数据处理与产品生产能力

高分四号卫星图像辐射校正技术

本成果在 GF-4 图像辐射定标, GF-4 图像云检测及图像恢复, GF-4 可见光通道快速大气校正, GF-4 图像高精度大气校正和反射率反演和 GF-4 图像中红外发射率反演 5 方面攻克了 8 项关键技术。提出了一种基于 Landsat-8/OLI 及 ZY-3/TLC 数据的交叉辐射定标方法, 定标系数误差小于 5%, 优于实验室定标系数; 提出了一种面向对象的云检测方法和一种基于全国地表反射率底图的云检测方法, 云检测精度达到 90%; 提出了一种利用 GF-4 时间序列数据对高噪声区域的地表反射率修补技术, 有效解决了高噪声条件下(薄云、雾、霾等)的数据应用问题; 提出了一种 GF-4 可见光通道快速大气校正方法, 单景 GF-4 图像处理速度优于 1 分钟; 提出了一种基于空间扩展的大气校正方法, 有效解决了全地

表类型气溶胶光学厚度反演的难题, 地表发射率反演精度优于 80%; 提出了一种基于植被覆盖度的 GF-4 中红外发射率反演方法, 中红外发射率反演误差小于 0.03。

研发了辐射性能评价插件, 交叉辐射定标插件, 云及阴影检测插件, 雾霾检测插件, 可见光通道快速大气校正插件, 基于物理模型的可见光近红外通道大气校正及反射率反演插件, 高噪声区地表反射率填补插件, 中红外发射率反演插件共 8 个软件插件, 并在民政部国家减灾中心, 中国林业科学院资源信息研究所, 中国地震局地震预测研究所, 国家卫星气象中心, 航天宏图等高分四号卫星主用户部门开展了典型应用测试, 实现了共用共享。



↑ GF-4 图像大气校正结果(左: 大气校正前, 右: 大气校正)

复杂地表遥感辐射散射机理及建模

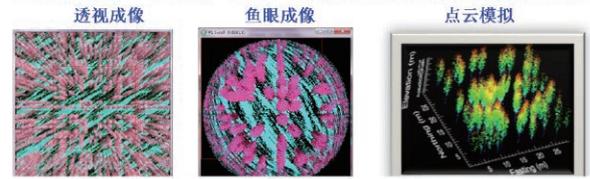
科技成果“复杂地表遥感辐射散射机理及建模”的经费来源为科技部 973 项目课题 1 项(编号: 2013CB733401; 2013.01 至 2017.12, 经费 520 万)及国家自然科学基金委员会面上项目 5 项(经费合计 325 万), 由来自国内五家单位的十五名科研骨干攻关完成, 第一完成人为柳钦火研究员。

随着我国高分辨率对地观测重大专项和空间基础设施的实施, 遥感对地观测进入了新的发展阶段, 在生态文明、“一带一路”建设、生态文明、防灾减灾等国家发展战略方面发

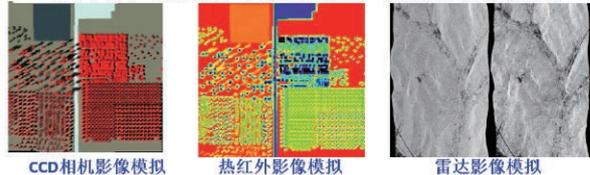
挥着重要作用。遥感应用的基础是遥感机理和建模, 即研究电磁波与地物的相互作用机理并建立遥感观测的电磁辐射信息与地表参数关系的模型。本项目瞄准定量遥感发展的国际前沿, 针对我国地形起伏地块破碎的特点进行攻关, 在复杂地表遥感辐射散射机理及建模方面取得多项重要成果, 为提高定量遥感产品精度、扩展遥感应用范围打下了重要基础, 并在我国国产卫星地面系统建设中得到了应用。显著提升了复杂地表二向反射特性的模拟精度, 并将模型的适用范围从全

国的 33% 提高到 90%。研发了国际上功能最先进的能够基于统一的景观尺度三维森林场景对多频雷达干涉、星载摄影测量和双模式激光雷达三类遥感信号进行模拟的遥感机理模型 LandRS。开辟了可见光 - 热红外 - 微波全波段联合模型研究的新领域。在社会效益方面，本项目研发的复杂地表遥感辐射散射机理模型及模拟系统支撑了国家空间基础设施规划的碳卫星的关键载荷研制，本项目研发的基于遥感辐射传输模型的地表 - 大气 - 传感器全链路成像模拟系统支撑了高分五号卫星的地面数据处理与应用系统建设。

国际上第一个光学-红外-微波全波段联合模拟平台



具备多波段多传感器信号的模拟能力



陆表能量和水分交换过程的关键控制状态变量的遥感监测方法

在陆表能量和水分交换过程与全球变化相互作用的研究中，最大的挑战之一就是如何减小陆表能量和水分交换过程的关键控制状态变量的误差和不确定性。国家重大科学研究计划项目“全球陆表能量与水分交换过程及其对全球变化作用的卫星观测与模拟研究”针对当前再分析数据中由于空间分辨率低引起的不确定性较大等问题，开发了陆表能量和水分交换过程中 6 大关键控制状态变量（土壤水分、积雪、冻融状态、动态水体、辐射和蒸散发等）的新型遥感方法，大幅度提升了遥感反演精度和分辨率，均具备了国际领先的水平，为全球能量、水分循环研究提供了关键数据集和科学参考。

主要代表性成果包括：

(1) 日均地表辐射平衡的公里级估算方法：利用多源数据的全球快速算法和利用静止星观测并能系统性消除山区地形影响的区域反演技术；

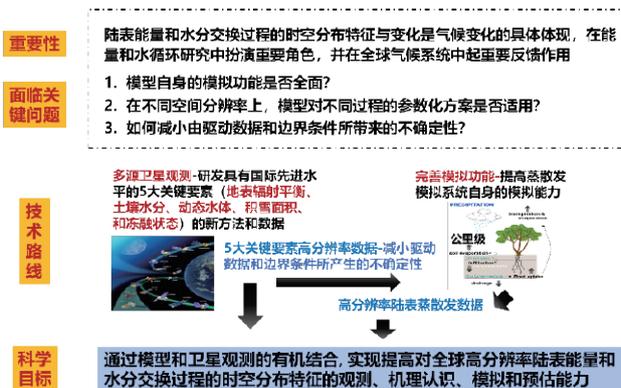
(2) 发展了利用 SMOS 卫星多角度观测的土壤水分反演新算法，和针对 AMSR-E/AMSR-2 的土壤水分时间序列重构方法，形成了更高精度的年代际土壤水分遥感产品；

(3) 发展了微波与红外结合的地表冻融状态降尺度方法，率先形成了高分辨率（公里级）、高精度的近地表冻融状态遥感产品；

(4) 发展了利用不同卫星观测、具有物理机制的混合像元分解算法，形成了时空连续的公里级日积雪和水体覆盖度算法及产品；

(5) 通过改进土壤水分胁迫、冠层截留、和积雪升华的模拟能力，发展了机理性稳健、更适于复杂地表的高分辨率地表蒸散发遥感估算模型。

以上遥感观测方法、能力的提升促进了陆面模式“面源”参数优化方法的发展，增强了陆面模式对地球表层系统时空异质性的表达能力，有效提高了陆面模式的模拟能力和模拟精度。



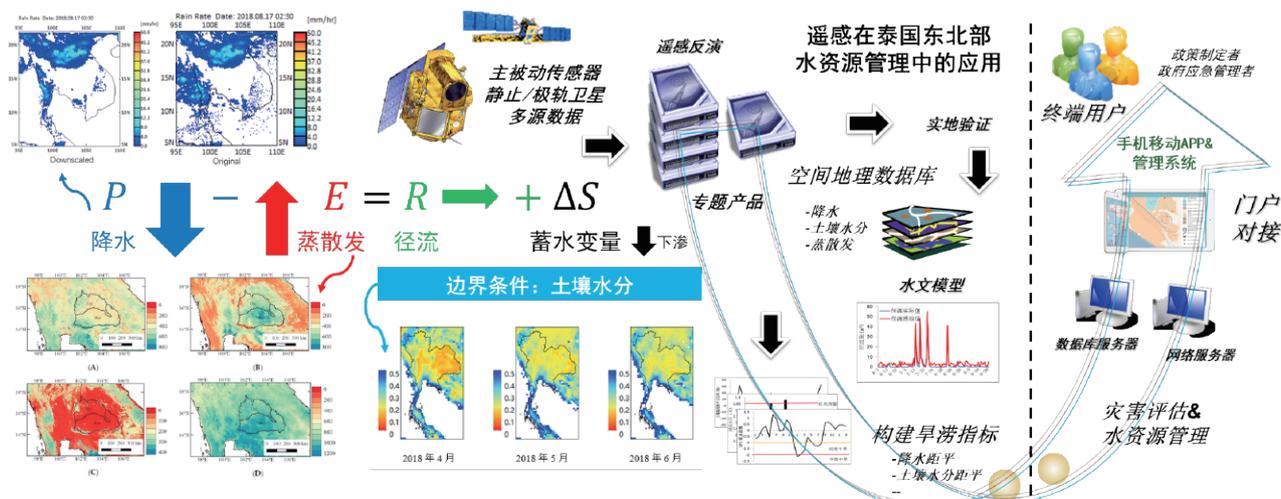
泰国东北部水资源遥感监测方法

经中泰政府间科技联委会第 21 次会议协商确定，政府间国际科技创新合作重点专项“遥感在泰国东北部水资源管理中的应用”面向澜沧江-湄公河流域的泰国东北部地区，中国科学院遥感与数字地球研究所（RADI）联合泰国孔敬大学（KKU）、地理信息与空间技术发展署（GISTDA）共同开展遥感技术在泰国东北部水资源管理中的应用研究。项目通过引入遥感技术获取水资源相关的重要参量，旨在改善和增强现有模型对于洪水和干旱的空间分布、发生及持续时间的监测、模拟和预测能力，为政府决策和减灾救灾提供科技支持。

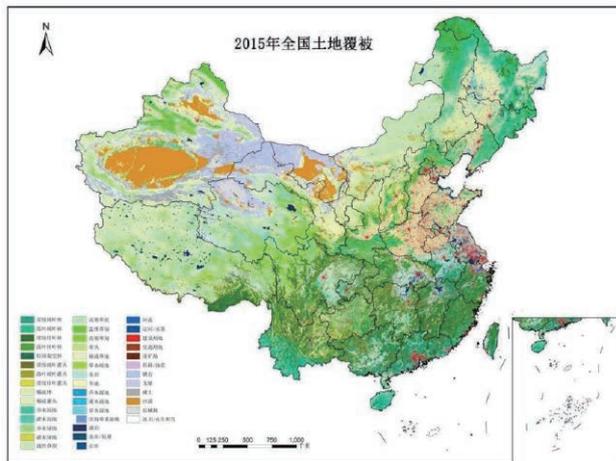
在为期两年的国际合作研究中，中泰双方通力配合，开展了泰国东北部地区的水资源关键参量的遥感反演、产品生产及其在水资源管理中的应用研究，技术成果主要包括：（1）基于 GPM-IMERG NRT 降水融合数据以及葵花 8 号红外亮温数据，利用概率密度匹配算法发展了降水识别与反演算法，生成了每 10 分钟一次的遥感降水监测数据；综合考虑地形、地表植被覆盖等因素的影响，引入高分辨率的静止卫星降水数据，建立粗分辨率 IMERG 降水数据的降尺度模型，生成空间分辨率为 $0.05 \times 0.05^\circ$ 精度为 0.8399 mm/h 的降水数据。（2）利用被动微波对土壤水分变化的高敏感性，面向国产风云卫星发展了双通道土壤水分反演算法，获得了空间采样分辨率为 25 km 的大尺度土壤水分产品；利用主动微波对植被

和粗糙度变化的敏感性，以及光学数据提供的植被信息作为辅助，针对哨兵一号雷达发展了双时相-双通道土壤水分反演算法，生产了空间采样分辨率为 1 km 的中尺度土壤水分产品，最小反演误差均达到 $0.04 \text{ m}^3/\text{m}^3$ 的水平。（3）针对泰国东北部地表环境特征，改进了遥感蒸散发模型对土壤水分胁迫和冠层截留模拟能力不足的问题，完成了空间分辨率为 1 km 的泰国东北部蒸散发产品（2001-2015 年），验证均方根误差为 0.97 mm/d 。（4）针对泰国东北部水旱灾害的特点，结合以上遥感信息与水文模型，基于径流监测指标用于评估植被旱灾和洪水淹没范围，提高了泰国东北部旱涝灾害的监测与评估能力。

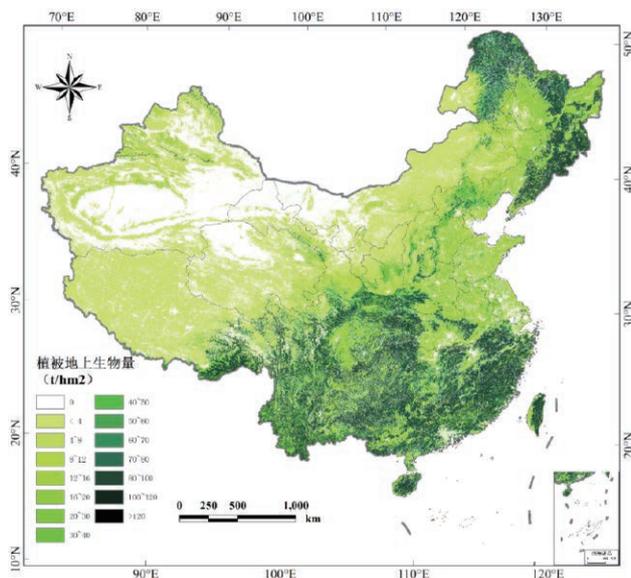
本项目通过与泰国在遥感技术和水资源管理方面开展合作研究，充分发挥了双方的科技优势，提高了水资源相关遥感产品的空间分辨率及精度，促进了遥感产品在水资源管理系统中的行业应用水平。通过研究合作、技术培训，以及互访交流的形式，将我国发展的先进遥感技术和反演方法应用至更为广泛的领域，极大提升了我国科研机构的科技影响力，促进了中国和东盟国家之间的水资源管理和生态环境保护等方面的科技合作，项目成果将促进“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的共同建设，同时也是对国家外交战略“澜湄合作”的有力响应。



全国土地覆被和生态参数遥感监测与验证



↑ 2015年全国土地覆被数据



↑ 2015年全国植被地上生物量

经过两年时间，项目严格按照任务书要求，组织研究力量实施研究计划，圆满完成了预定研究任务和考核指标。完成了大规模全国范围的地面调查，形成了包括土地覆被和生态参数的时间连续、空间一致、可对比、可分析的全国生态环境数据集。

项目创建了土地覆被类型与生态参数一体化遥感监测方法，提出了基于深度学习和 Google Earth Engine 云平台的分专题、分层次、适用于高分辨率遥感数据的土地覆被分类方法，创建了全国尺度普适类与区域尺度特色类相结合的土地覆被分类体系。完成了 2015 年全国尺度 30 米空间分辨率土地覆被数据集，并基于新的方法更新了 2017 年全国尺度 30 米分辨率土地覆被数据集，同时完成了 2017 年全国尺度 10 米分辨率土地覆被数据集。完成了 2015 年全国尺度 250 米植被地上生物量数据集、2011 至 2015 年全国尺度 250 米月度归一化植被指数、植被覆盖度、叶面积指数、净初级生产力、地表温度和北方地区 1 公里月度蒸散数据集。项目构建了生态参数遥感监测云计算系统，包括野外调查数据采集平台 GVG app、土地覆被数据在线管理、验证与分析平台 ChinaCover Online 和生态参数遥感监测云平台(EcoWatch)。

项目成果支持了国家环境保护部与中国科学院联合开展的全国生态状况变化（2010-2015 年）调查评估，为《全国生态状况变化（2010-2015 年）遥感调查评估报告》提供了数据支撑。

基于PROBA-V BRDF模型的空气动力学粗糙度反演方法研究

本成果来源于国家自然科学基金青年基金项目。针对空气动力学粗糙度的多角度遥感反演方法开展深入研究，采用比利时 / 欧空局 Proba-V 卫星，基于 RossThick 核与 LiSparseR 核构建半经验 BRDF 模型。在地面梯度风温湿站点观测数据的支持下，提出了改进的归一化冷热点植被指数模型，发展了适用于农田地区的空气动力学粗糙度新型估算模型，并利用实测数据对模型进行了评价。项目于 2015-

2016 年完成了对河北馆陶站点气象梯度仪器的补充，实时收集了气象梯度数据，包括多层的风速、风向、空气温度和湿度，通过基金委黑河计划，申请了黑河大满的梯度风地面观测数据，重点针对农田地区开展研究。收集、处理了上述站点所在研究区的 PROBA-V 300 米每天的多角度遥感数据，总数据量 600G。本项目的研究成果将多角度遥感估算的空气动力学粗糙度数据分辨率从原来的 MODIS 500-1000 米

提高至 100-300 米，所提出的基于 Proba-V BRDF 模型的动力学粗糙度遥感反演模型，全面刻画了农田地区的空气动力学粗糙度的空间异质性和动态变化特征，有利于改善蒸发遥感估算模型、风沙传输模型、陆面过程模型的模拟精度，

有效促进了遥感和地理、生态学科的交叉和融合。未来需要就如何实现瞬时空气动力学粗糙度的遥感估算和应用开展进一步的深入研究。项目发表 SCI 文章 3 篇，完成了既定研究目标。

中国比利时全球粮食监测科学卫星计划论证

"中国比利时全球粮食监测科学卫星计划"是中国科学院国际合作局对外合作重点项目。粮食安全是国家安全的战略基础，是中国比利时 / 欧洲共同面临的问题。中比两国都愿意对世界承担更多的责任，致力于解决全球变化、粮食安全和水危机等全球性问题，尤其是利用两国的全球观测能力对世界作出贡献。通过国际合作，联合卫星计划将进一步提升两国在国际空间科学和技术领域的技术和影响力，服务世界发展。

中比联合团队通过召开八次现场研讨会和五次视频会议，联合征集了国内外用户需求，完成了用户需求报告，完成了卫星计划技术可行性研究报告、总体实施方案和技术实施方案，通过欧空局 CDF (Concurrent Design Facility) 的方案可行性论证，推动在两国元首见证下两国政府间航天合作协议的签署。

项目提出的通过双星组网实现光学与热红外同步多角度遥感观测，来实现对于作物胁迫因子和产量构成因子方面的有效监测，是目前卫星计划未涉及到的创新性观测手段，将填补全球每天 100 米覆盖条件下光学与热红外同步多角度遥感观测的空白，可明显缩短获取多角度信息的时间频率，增

加多角度观测的信息量，从而有效获取地面目标的三维结构和组分温度，为解决全球植被生物量、耗水量和产量监测提供科学手段，为全球粮食安全、全球变化以及碳循环、水循环关键要素的反演算法、产品生产以及信息服务提供新型数据支撑，开启数据产品与服务新模式。尤其是卫星计划提出的双星运行，热红外传感器视场角达到了 102 度，将填补国内外长期以来热红外多角度观测的数据空白，可以提供更多角度的热红外观测信息，同时获取地物光照面与阴影面的温度，突破现有热红外多角度观测无法同时获取热点与冷温度的限制，将显著提升植被冠层、土壤背景的混合像元组分温度反演精度，并进一步区分植被蒸腾和土壤蒸发量，为植被生长的水分胁迫因子监测提供重要监测手段。两个角度的多时相同步观测、夜间观测、昼夜温差等新的数据特征提供了全新的研究和应用领域。通过和比利时 / 欧空局联合开展卫星计划的深度国际合作，有助于中国航天学习比利时 / 欧洲在高精度量化全球植被观测传感器研制、全球遥感数据自动化处理与质量控制、几何和辐射定标等对地观测技术方面的丰富经验，提升中国全球植被定量化遥感领域的技术和应用水平。

“树流感”爆发风险遥感诊断与预警技术

"树流感"的学名是"栎树猝死病"(Sudden Oak Death)，是由栎树猝死病菌引起的林木和观赏植物病害，能够在短时间内对树木造成致命伤害。目前"树流感"主要爆发在美国西海岸地区，欧洲的英国、法国、德国等地，但随着人类生产生活全球化的进程，国际森林木材产品贸易日益密切，森林病虫害的爆发及传播愈发频繁，"树流感"传播到其他适宜区域的可能性在不断增大。

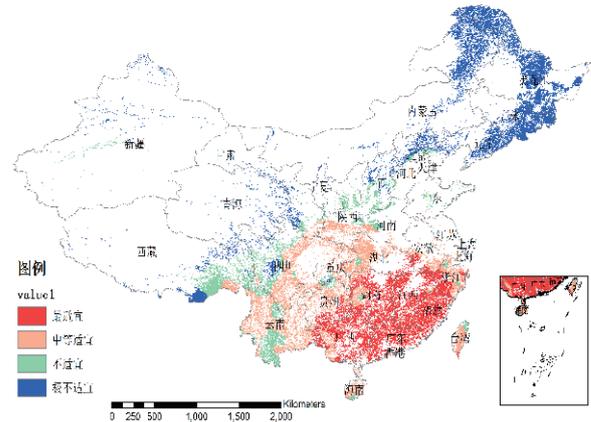
为了防止"树流感"在中国的爆发，中国科学院空天信息创新研究院遥感科学国家重点实验室的曹春香研究员带领遥感诊断研究团队开展了"树流感"爆发风险遥感诊断与预警研究。基于林业公益性行业科研专项(编号 201504323)

的支持，收集了遥感、气候、地理等多源数据，建立了全球"树流感"环境背景因子数据集，研究了"树流感"在全球的时空分布特征；以遥感和 GIS 等空间信息技术为主要手段分析了影响"树流感"分布和传播的主要环境因子，并对其在全球的潜在适生区进行划分；根据有害生物风险评估理论，建立了"树流感"的入侵风险评估指标体系和预警模型，针对"树流感"在中国的潜在入侵及传播风险进行预测预警。基于理论预测研究和实地调查验证发现，利用遥感等空间信息技术诊断"树流感"并对其爆发风险进行预测预警，可以获取病菌潜在寄主的分布状况，发现"树流感"的时空分布及传播规律，识别全球及中国"树流感"的潜在爆发高风险区。虽

然“树流感”目前在国内尚未爆发，但其主要寄主植物在我国都有广泛的分布，一旦病菌侵入中国典型高风险区域，该病害将快速扩散，并在短期内到达爆发高峰期，从而改变我国森林树种构成，对我国的森林资源及森林生态安全造成极大的破坏，给社会经济和人民生活产生巨大的影响。因此基于本项目研究，进而向国家林业和草原局提出建议报告，建议各级林业主管部门重点在我国与喜马拉雅山脉接壤的云南、西藏、四川地区以及东南部的江西、福建、海南、台湾地区，做好风险预警和入境检疫工作，时刻警惕“树流感”病菌入侵和传播，进而为最大限度保障“树流感”高风险区域的森林植被安全提供技术支持。

遥感和地理信息系统等空间信息技术不仅仅适用于“树流感”的风险预测和传播预警工作，在其他森林病虫害的防治方面也大有可为，因此本项目研发的模型和方法同样适用于松毛虫、松材线虫病、美国白蛾等其他森林病虫害的大范围、长时间序列监测和预测，为保护我国森林植被资源、保障国家森林健康和林业生态安全提供数据支撑和技术服务。目前基于该项目的研究成果正计划开展松材线虫病风险预测和预警，本项目的成果具有广阔的推广应用前景和极高的应用效益。

在本项目第一资助下发表文章 15 篇，其中 SCI 检索期刊文章 7 篇，EI 检索会议论文 4 篇，CSCD 核心检索期刊论

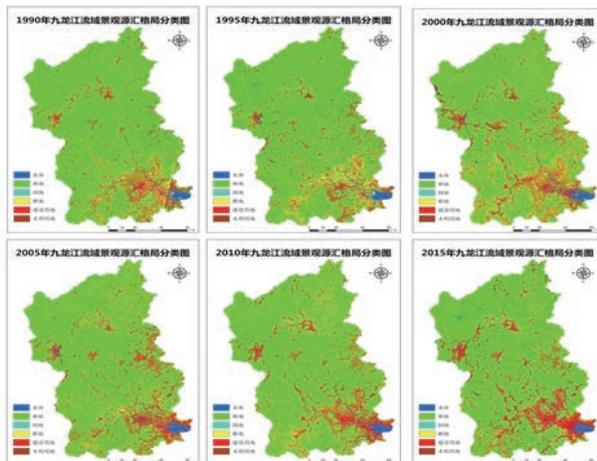


基于 AHP-模糊综合评价方法的“树流感”在中国的潜在适生分布图

文 4 篇。此外，在项目支持下已出版专著 1 部，《环境健康遥感诊断指标体系》（科学出版社 2017 年 6 月出版，第一资助）。2016 年已与中国林业出版社签订专著合同《中国树流感爆发风险评估及预测预警》，该本专著的内容完全为本项目的成果产出。人才培养方面，基于该项目的资助目前培养博士研究生一人（田海静），硕士研究生两人（江厚志，谢颖）。成果专利方面，获得实用新型专利授权 2 项和软件著作权登记 2 项。项目实施后建成“树流感”爆发风险预测示范点 4 个。

流域非点源污染景观源汇格局因子空间定量计算方法研究

该成果充分利用遥感多光谱、多尺度、多时相等特点获取流域非均匀下垫面介质参数，结合定点观测与实验分析，提出了面向流域非点源污染景观源汇格局优化配置的空间定



提出了海岸带流域非点源污染景观“源-汇”格局的定量计算模型

量分析理论与技术体系。

首先，提出流域非点源污染景观源汇格局因子空间定量计算的智能理解模型，将流域非点源污染景观源汇格局影响污染物随地表、地下径流迁移运输、削减的物理化学过程，转化为基于高分辨率对地观测的宏观层次，以及多站点、多参数、多粒度定点连续观测的微观层次等几个维度，解析景观源汇格局与人类活动、生态环境过程之间的空间关联关系，丰富流域非点源污染景观源汇格局与河流水质之间关系的理论与方法体系；

其次，提出了融合遥感影像“图-谱”特征的流域非点源污染景观格局因子多尺度遥感信息智能提取方法，提高了要素信息提取的自动化水平与精细化程度。进而提出以水文响应单元（HRU）为最小单位的位置加权景观对比度指数，构建了流域非点源污染景观源汇格局多因子空间配置动态优化模拟技术系统，为流域非点源污染景观源汇格局多因子优

化配置定量计算提供支持。

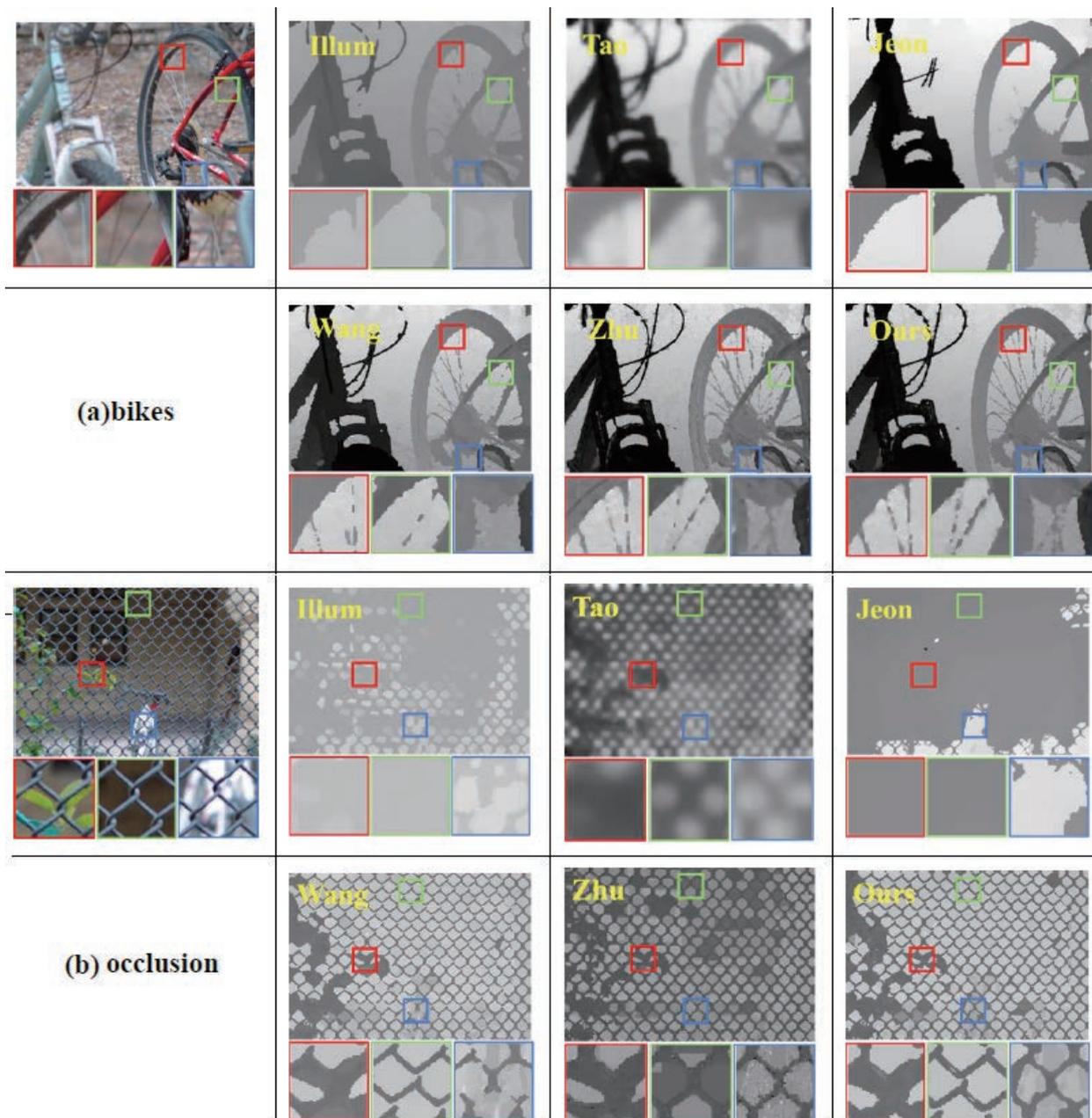
在成果应用方面，选取九龙江流域为示范区，定量计算了其近 30 年“源”“汇”景观格局的变化、空间特征以及各

景观类型转移特征，对研究区域 2025 年的景观源汇格局分布进行预测并分析，为我国流域非点源污染防治、治理和水环境生态安全格局的构建提供科学理论与技术支撑。

光场相机摄影测量模型与方法

本成果以光场相机的严格成像几何模型为基础，研究并建立了微透镜光场相机高精度标定模型。对于光场相机，没有从主透镜中心穿过的光线不能很好地适用常规畸变模型，

项目提出了一种考虑多种畸变的 14 个参数畸变模型，建立了微透镜光场相机成像严密几何模型关系，直接利用原始影像进行光场相机标定，提高了未通过主透镜中心光线的畸变校



↑光场相机遮挡场景深度图重建结果对比

正精度。在高精度校正的基础上，构建了双目光场相机的摄影测量模型和双目光场相机深度估计优化，通过实验验证了双目光场相机可以有效提高深度估计精度，克服单目光场相机深度估计精度受限问题，拓展了光场相机摄影测量应用范围。

项目研究改进了单目光场相机影像的深度估计方法。推导了光场相机的理论测量误差方程，分析了单目光场相机应用场景，提出了一种改进的深度估计方法，有效解决了弱纹理区域噪声和混叠等因素影响造成的异常值问题。针对深度

估计中存在的遮挡问题，提出了一种光场相机多遮挡问题的解决方法。该方法首先通过重聚焦方法有效提取出遮挡像素，利用自适应未遮挡视角识别方法精确选取未遮挡像素的未遮挡视角；其次通过只用未遮挡视角进行成本估计，并应用傅里叶平移理论估计子影像的子像素平移，实现了极窄基线下子像素级匹配，达到提高深度估计精度的目的。下图实验结果证明了本文方法的有效性。

火星壁垒撞击坑成因机制分析及数值模拟

撞击坑是类地行星表面最普遍、最重要的地质过程，能够保存在在表面活动不活跃的类地行星表面上，例如火星。同其他类地行星表面的撞击坑形态类似，大多数火星表面的撞击坑也包括碗型、平底型、中央峰型撞击坑，但是，与其它类地行星表面撞击坑不同的是，火星表面还存在一种“壁垒撞击坑”。这种撞击坑最大的特点是坑周围具有流体化的溅射席，而且，这种溅射席可能具有单层、双层、或者多层。一般认为，这些撞击坑形成时靶体表层具有液态水，因此，通过对这种撞击坑的研究可以反推其形成时的火星表层液态水的信息。

然而，受限于以往的数据源以及研究手段，对这种撞击坑的具体形成过程以及特点并不十分清楚，为此，在本项目的支撑下主要做了两方面的工作：

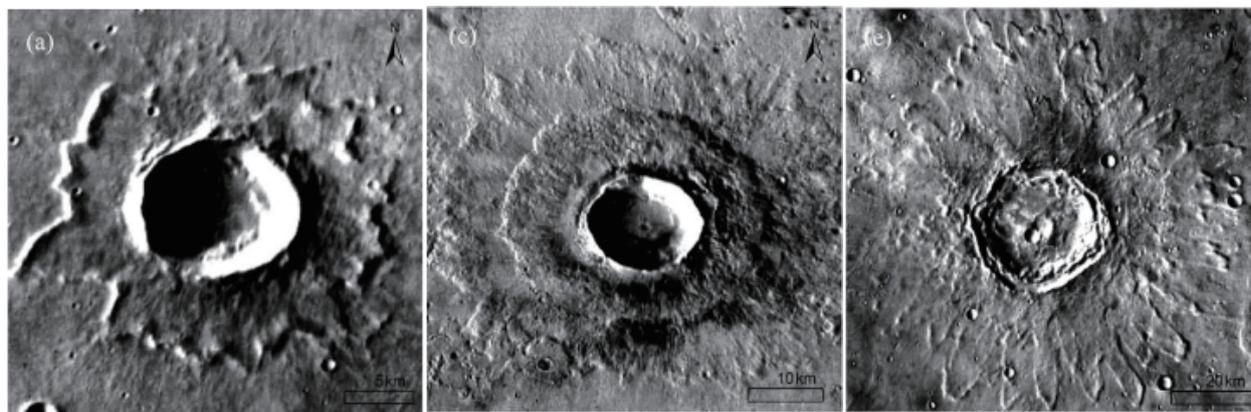
(1) 利用高分辨率的火星遥感影像数据，全面提取了整个火星表面的壁垒撞击坑，并利用三维高程数据，系统分析了壁垒撞击坑的地形特征。主要得到以下两方面的结论：①壁垒撞击坑全球都有分布，表明火星表层水是全球分布的；

②火星壁垒撞击坑的起始直径在中高纬度更小，表明火星浅层地下水的深度在中高纬度更低。

(2) 在遥感观测的基础上，选取了两个典型壁垒撞击坑进行数值模拟，定量反演了含水量与火星壁垒形态之间的关系。

本项目的研究揭示了火星地质演化过程，为我国今后的火星探测任务提供了背景知识。所得研究成果发表在国际期刊，并指导博士研究生一名，撰写了相关毕业论文。

目前，已经全部完成了在遥感观测方面的工作，建立了9945个壁垒撞击坑数据库，并将它们分类，而且还计算了流动性、起始直径等重要参数。本研究的不足之处在于数值模拟方面，由于壁垒撞击坑形成时的靶区条件较为复杂，既要考虑不同物质成分在不同深度的状态，还要考虑含水量的影响，此外还要考虑撞击后水的相态，只有全部了解了这些复杂的过程，才能透彻理解壁垒撞击坑的形成机制，这也是下一步的工作方向。



↑火星表面“壁垒撞击坑”。左：单层壁垒撞击坑；中：双层壁垒撞击坑；右：多层壁垒撞击坑。图片来源：Li et al., 2015.

01

2020年7月15日，遥感科学国家重点实验室学术委员会主任、中国科学院院士、发展中国家科学院(TWAS)院士、国际欧亚科学院院士、中国科学院A类战略性先导科技专项“地球大数据科学工程”首席科学家郭华东研究员应邀出席第十届陆表卫星遥感数据反演理论与方法暑期学校(在线)开学典礼，并为4500余名学员做了题为“地球大数据支撑可持续发展目标”的特邀报告。

02

2020年7月17日，遥感科学国家重点实验室在中国科学院空天信息创新研究院召开了2020年度实验室开放基金项目评审会，经过实验室专家评审会讨论，确定资助开放基金课题23项。

03

2020年1月28日起，中国科学院空天信息创新研究院牵头相关团队参与中电科集团开展疫情防控综合研判工作，其中，遥感科学国家重点实验室张新研究员组织院内相关团队承担了时空大数据分析、遥感监测等工作。

04

2020年8月31日，遥感科学国家重点实验室副研究员曾江源博士凭借第一作者论文“Development and validation of a new passive microwave based soil moisture index”获得国际摄影测量与遥感学会(ISPRS)第24届大会最佳青年作者奖(ISPRS Best Young Author Award)，此奖在全世界范围内共评选出10人。

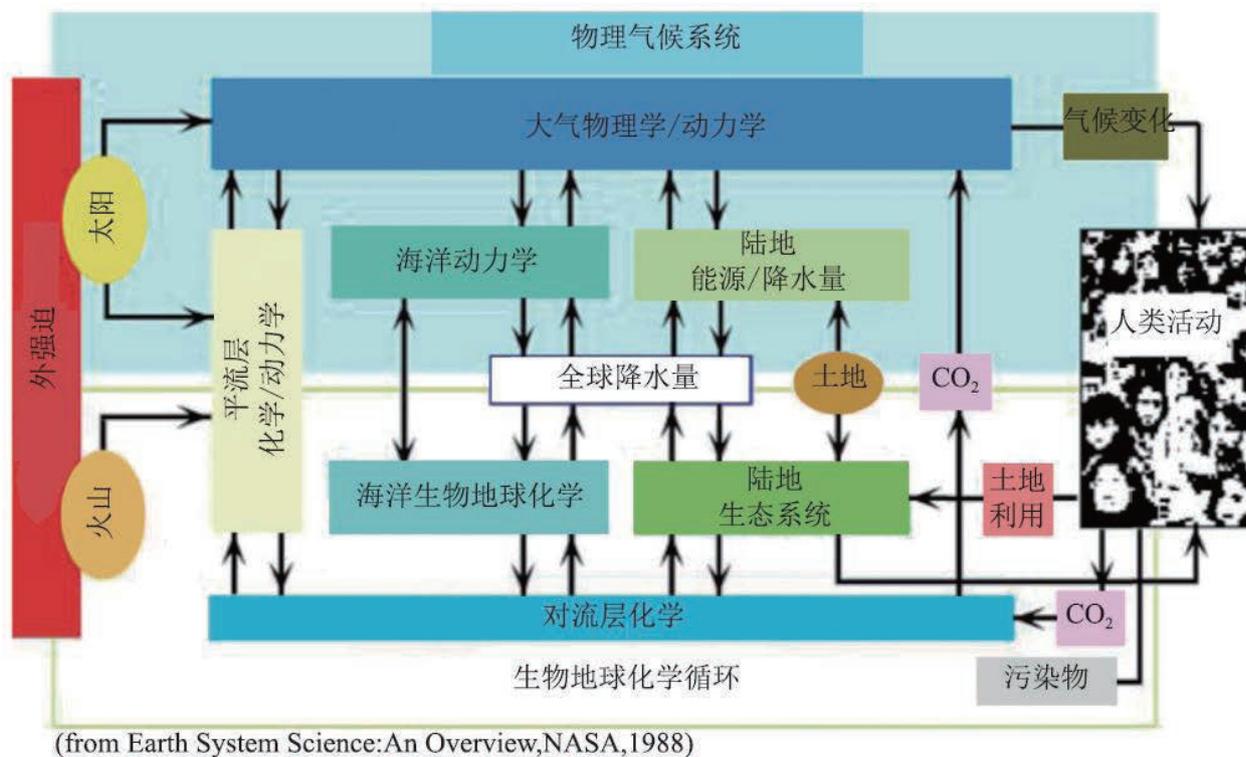
地球系统科学三十年发展回顾与展望

作为一个日趋成熟的学科，地球系统科学为人类世和行星边界等概念奠定了坚实基础。国际地圈生物圈计划（IGBP）的实施和推进，与地球系统概念的形成和地球系统科学的发展密不可分。本文基于 IGBP 核心项目研究，梳理了其发展脉络，阐释了 IGBP 与地球系统科学耦合发展的关系。IGBP 经历了三个阶段：1986 年 IGBP 启动初期，工作重点是构建国际研究网络和全球数据库，这是了解认识地球系统组成部分的关键。21 世纪初，IGBP 首次开展合成研究，通过跨学科交叉推动了地球系统理论发展。人类活动被认为是地球系统不可缺少的一部分，人类世概念逐渐形成。近年来，IGBP 加强可持续性研究，在多个层面参与了政策研究过程。经过 30 年实施和推进，IGBP 于 2015 年底并入未来地球计划。30 年发展历程表明：IGBP 有能力及时调整其科学研究与组织架构，适应不断变化

的科学技术与社会现实。IGBP 的成功，为未来地球计划提供了宝贵的经验，必将有力地推进人类社会可持续发展与相关解决方案的国际合作研究。

1. 引言

地球作为一个系统的概念和以研究地球过去、现在与未来过程为主要内容的地球系统科学，目前已经作为一个分支学科在学界得以确立。1986 年启动的国际地圈生物圈计划（IGBP）对于地球系统科学理念和理论的发展起到核心作用。IGBP 推动高层次国际协作和合作，探求“将作为评估未来一百年地球可能变化的基础”的科学知识。这一任务要求形成并构建最重要的概念框架，描述作为一个系统的地球及其变化的响应。IGBP 是在 20 世纪早期国际科技合作的背景下酝酿启动的，对



↑ 地球系统概念模型示意图

环境问题的日益关注和全球化的快速发展驱动了国际科技合作向更高层次发展。

经过 30 年发展, IGBP 于 2015 年并入未来地球计划。IGBP 在 2012 年发起全局性综合研究, 有三条主线: 一是地球系统科学, 二是人类世, 三是核心项目记录与成就。IGBP 与地球系统科学的共同发展, 可划分为三个阶段。第一阶段, 从 1986 年至 2000 年; 第二阶段, 从 2000 年至 2010 年前后; 第三阶段, 从 2010 年至 2015 年。第一阶段的重点工作是构建国际研究网络和理解地球系统各组成部分的作用过程。第二阶段从集成与综合研究入手, 重点了解地球系统各组成部分之间的相互作用。人类活动被认为是地球系统不可缺少的一部分, 并提出了人类世概念。第三阶段的特点是重视可持续性研究, 并且大力参与政策研究。与社会科学融合、共同设计和共同协商, 预示着“未来地球计划”国际合作新时代的来临。本文所运用的文献资料, 来自 IGBP 档案、个人通信、审查过的 IGBP 学术出版物和在 IGBP 网络内部及外部机构发表的学术论文。

2. 国际地圈生物圈计划启动背景

IGBP 的起源, 可追溯至第一个国际地球物理年(1957 年)以及国际生物计划的发起年(1964 年)。国际地球物理年为地球物理学家之间的国际合作提供了新的机遇。1967 年启动了全球大气研究计划。科学家、政治家和民间团体对全球环境的日益担心, 在 1972 年斯德哥尔摩联合国人类环境大会上达到高潮。那届大会的一个成果, 就是成立联合国环境规划署(UNEP), 协调和推动联合国系统的环境保护活动。

20 世纪 70 年代, 气候变化开始提上政治议程。气候变化对社会的潜在影响促成了 1979 年第一届世界气候大会, 这届大会评估了气候的知识状况, 产生的一个有形成果就是在一年后设立了世界气候计划(WCP)及其研究机构——世界气候研究计划组织(WCRP)。

国际地球物理年的最初发起者——国际科学理事会(ICSU)于 1985 年成立了一个临时规划小组, 谋划“全球化学与生物作用过程”国际研究计划。该小组第一任组长是时任国际科学理事会主席的约翰·肯德鲁爵士, 第二任组长是瑞典气象学家波特·博林教授。“全球化学与生物作用过程”国际研究计划设想源自如下观点: 传统上独立发展的大气物理学与化学、生态学、地理学、海洋学和海洋生物学等地球物理学科, 需要树立地球是一个系统的理念, 并在这一框架下共同发展。规划小组的成立在一定程度上受到了托马斯·马龙的激励。托

马斯·马龙多年来一直在游说国际科学理事会认真考虑物理与生物世界及人类之间的相互作用。

1986 年 5 月, 美国国家航空航天局出版了《地球系统科学回顾——全球变化计划》。该书由美国国家航空航天局的地球系统科学委员会编写, 时任主席是气象学家弗朗西斯·布雷塞顿。该书清楚地阐述了地球系统科学的目标: “加深整个地球系统在全球尺度上的理解, 阐明地球系统各个组成部分及其相互作用是如何演化的, 地球系统各个组成部分是如何起作用的, 以及地球系统各个组成部分在所有时间尺度上会如何继续演化的。”这个新兴学科面临的挑战是, 开发能预测未来十年至一百年地球变化的能力, 包括自然变化和人类活动引起的变化。

地球系统概念模型中(示意图), 把“人类活动”放在图中最右边的方框中。该图是由贝里恩·摩尔绘制的, 他后来成为 IGBP 主席。“气候变化”和“陆地生态系统”方框的箭头指向这个方框。这个方框出来的箭头指向“土地使用”、“二氧化碳”和“污染物”。之后的几十年中, 这个方框的位置和与这个方框的联系成为很多讨论的焦点, 人们越来越清醒地认识到人类活动是地球系统变化和响应的一个因素。在 IGBP 发展的 30 年中, 这个认识的提升非常明显, “人类”越来越被当作所有研究活动中不可或缺的部分。

1986 年 9 月, 博林领导的委员会向国际科学理事会大会汇报: “我们需要的是一个跨学科计划”。根据临时规划委员会报告, 1987 年国际科学理事会大会成立了 IGBP 全球变化研究专门委员会, 委员会主席是詹姆斯·麦卡锡, 任务是进一步推动 IGBP 规划。1987 年 IGBP 秘书处设在斯德哥尔摩瑞典皇家科学院成立。1988 年国际科学理事会总裁约翰·肯德鲁爵士说: “IGBP 肯定会是国际科学理事会最有雄心的项目, 范围最广泛的项目, 从我们认识人类未来各个可能性影响方面来看, 是国际科学理事会有史以来实施的最重要项目。IGBP 宗旨是, 研究这个星球上地球环境过去与未来的渐进变化; 发现变化的自然原因与人为原因, 并且对长期未来以及对人类福祉、甚至人类生存的危险进行预测; 调查最小化可能会受到人类干预的那些危险的方式。”国际支持越来越多。1987 年召开了国际北极全球变化研讨会, 研讨会领导人是杰克·艾迪和威廉姆·法伊伏, 目的是确保北极科学的各个维度在 IGBP 内有一席之地。这个会议推动了国际北极科学理事会的发起。1989 年联合国通过了 44/207 号决议, 建议各国政府“加强对 IGBP 活动的支持, 包括监测大气组成和气候状况”, 并且建议国际社会支持发展中国家参与这些科学活动。

3. 第一阶段：理解地球系统的各个组成部分

3.1 基本情况

1986年IGBP第一份报告十分有预见地指出：“如果从现在开始规划的话，IGBP能在20世纪90年代运行，这是预测变化的一个重要时期，在这个时期我们可以预料能观察到温室气体浓度的气候影响”。在此之前，尚没有人能够预测即将出现的系列事件。

1989年11月，柏林墙倒塌，冷战猝然终结，为迈向更大程度的全球化和数据共享铺平了道路。在副总统阿尔·戈尔领导下，美国发布了冰域和厚度的海军潜艇数据。虽然航空摄影和卫星图像能够监测海冰范围，但是只有潜艇收集的数据能够追踪海冰厚度。互联网、地球观测卫星的持续改进和越来越强大的超级计算机彻底改变了科学研究方式，扩大了研究工作的可能性。IGBP是科学家研究地球系统的全球网络，所有这些对于IGBP持续发展非常重要。

关于气候变化的担心还在加剧。博林在其自传中说道：“需要加强研究工作，世界气候研究计划和IGBP正在进行规划和组织。关键问题仍未解决：科学界、利益相关方和有可能在政治上提出这个问题的政治家之间应当如何互动交流。”在联合国环境规划署（UNEP）和世界气象组织的支持下，1988年成立了政府间气候变化小组（IPCC）。UNEP主任穆斯塔法·托尔巴邀请博林担任小组组长，从1988年至1997年博林一直担任组长，头两次评估是在此期间进行的。IPCC和IGBP始终保持着密切联系。

IGBP长期规划和组织的核心是过程研究、观测、全球模型、全球以往变化，最后是全球数据和通信系统。到1991年，IGBP实施了5个国际项目。这5个项目中有几个是自下而上的项目，由各个学术团体开展研究，然后被IGBP吸纳。到1995年已经有10个项目在执行。

3.2 研究进展

认识地球系统需要从全球视角看待地球大气层、区域和局部相互连接的海洋和陆地内部及之间的相互作用。认识地球系统的基础是，开发能记录系统关键组分时空变化的全球数据库。例如，国际大气化学项目研究人员汇编了第一批对流层活性示踪物种（一氧化二氮、氧化氮、甲烷和二甲基硫等）和气溶胶分布与排放全球数据库中的几个数据库。这项工作得到了世界各地实地测量和空中活动的支持。与此同时，利用先进的遥感技术，IGBP数据信息系统工作组编制了全球陆地覆盖分类方案，土地共分为17类，根据IGBP核心项目的要求确定类别，

用于编制全球1千米陆地覆盖数据库。IGBP数据信息系统工作组与美国地质调查局、美国国家航空航天局、美国国家海洋与大气管理局、欧洲航天局积极合作。直到今天，这个分类方案仍在广泛地应用于评估森林采伐、农田、城市化和气候变化的区域乃至全球变化。IGBP举办的研讨会对土地覆盖案例研究进行综合，使得能够发现常见的驱动因素和因果关系模式。创建了通量塔自动化全球网络，测量陆地通量，标准化测量，这是认识了解全球碳通量的关键。海上项目联合全球海洋通量研究和全球海洋生态系统动态研究，十分重视数据可得性、数据存档和数据质量，促使数据处理和存档方式方法发生了根本性变化。这推动了应对气候变化和人为变化的全球海洋生态系统和生物地球化学变化的分析。联合全球海洋通量研究在绘制全球二氧化碳海洋通量地图方面取得重大进展，对于认识海洋对于气候变化的作用非常重要。

生物学是IGBP计划研究的关键部分，直到今天依然是。当IGBP发起时，地球系统层面的研究主要注重于物理维度，有机物、生态系统和生物地球化学变化的作用没有充分探索。显而易见的是，IGBP的初期项目考虑了这个要素。例如，为了确定陆地植物对二氧化碳浓度提高的反应，除气候、水和养分可利用性以外，还发现了植物多样性。联合全球海洋通量研究确定了海洋和大气之间二氧化碳通量的数量，并且探索二氧化碳在海洋中生物转化过程以及最终沉入深海的过程。这个项目突出微生物对海洋碳循环的作用，之前主要归因于浮游植物和浮游动物。这些项目得益于他们与太空机构的合作，包括美国国家航空航天局和欧洲航天局，把卫星观测与地面观测网络组合起来。

气候变化不是IGBP初期研究的重点，但是在IGBP第一个10年结束时改变了这种情形。如上所述，最近四个冰川周期大气组成和气候的循环形态让人们前所未有地认识了地球系统的响应，在1999年日本举行的IGBP代表大会上引起热烈讨论，由此组织召开了IGBP“地球系统科学下生物地球化学循环研讨会”。据前执行主任威尔·斯蒂芬说，这个研讨会“增强了IGBP推进碳循环研究的立场，并且推动了与波特·博林讨论IGBP如何促进IPCC的工作。”

通过过程研究和建模相结合，对于地球系统组成部分动态及其相互作用的理解不断深化。IGBP为全球气候模型中陆地和海洋碳循环生物地球化学组成部分的发展提供了支持，主要包括IPCC第一份评估报告（1990年）中气候系统的物理学组成部分。IGBP十分重视碳循环各子系统的分析。这包括模

型开发和模型比较,从而大大提高了碳库和碳通量的定量化程度,加强了陆地初级生产和海洋碳循环不确定性的分析。例如,揭示了陆地生态系统和大气之间反馈过程的至关重要性;湿地和稻田对于全球甲烷排放的巨大作用和农业对于全球氨排放的巨大作用;加深了对生物圈大气相互作用影响以及对全球对流层组成作用的理解。水文循环生物圈方面研究表明:在未来数十年乃至数百年陆地生态系统是水循环、大气二氧化碳浓度变化、气候变化的重要决定性因素。全球变化与陆地生态系统的几个研究组在 20 世纪 90 年代中期制作了动态全球植被模型原型(DGVM),并在之后的十年中加以修正完善。动态全球植被模型被认为是地球系统模型不可或缺的组件,像海洋和大气一样重要。上述研究进展与同期的科技发展,推动了后期地球系统动态模型及组件的研发。

海岸地区陆海相互作用项目研究人员开创了陆地与近海生物地球化学之间联系的全球性方法,包括人口和径流的控制性作用。这涉及世界各地 150 多个场址的河流养分通量测量与建模和近岸海洋内部的生物和非生物转化过程。第一阶段的显著特征是促进了国际协作和学科交叉。例如,大气化学研究吸引了生物学家、生态学家、生物地球化学家和其他学科的科学家,共同深入研究地球系统中大气过程的作用。在海洋领域,物理学家、化学家、生物地球化学家和生物海洋学家开始与微生物生态学家和渔业生物学家一起合作。水文学家、气象学家和生物学家开始更密切地合作,并产生了新的视角:植被对于气候和天气确实非常重要。而且,水文循环生物圈方面项目开始涉足人类维度,促进了水资源综合管理和脆弱性概念的发展。

3.3 成果影响

到 20 世纪 90 年代末,IGBP 已经形成了庞大的地球系统基础知识,为各个核心项目的合成奠定了基础。这些成为 IGBP 丛书的内容,许多在 21 世纪初出版,形成了 IGBP 第一阶段成果。对地球系统各个组成部分的了解比 IGBP 计划刚启动时,我们知道的多了许多,并且正在建设关于地球系统各个组成部分之间相互作用的知识体系。IGBP 和 IPCC 之间的互动交流增加,与 IGBP 有关的许多科学家被邀请参加专题报告或章节的写作团队,而且 IGBP 的部分成果直接推动了 IPCC 头两次评估工作。我们还在人类对地球气候和环境影响的性质和强度方面获得了更大的确定性。IGBP 计划范围进行大综合的时机已经成熟,这将形成一个更全面更明晰的画面。

4. 第二阶段:人类成为地球系统的组成部分

4.1 基本情况

20 世纪 90 年代后期和 21 世纪头十年初期是 IGBP 密集产生研究成果的时期。IGBP 领导层敏锐地意识到需要在计划层面开展综合研究工作,对已经开展的项目层面综合研究进行提升。在 1999 年科学委员会会议上,生态学家帕梅拉·马特森代表临时设立的整合观察组提出了综合研究大纲,包括地球系统动态、人类在怎样改变地球系统和这些改变对地球系统的响应、后果和风险将如何显现。IGBP《全球变化新闻通讯》详细阐述了综合研究的时间安排和总体框架。

IGBP 已经认识到:人类已经使环境发生改变并将持续使环境发生改变的程度。实际上,在 2000 年科学委员会会议记录中就提到了“人类世”。之后,时任 IGBP 计划副主席保尔·克鲁岑和尤金·斯托摩尔在 IGBP《全球变化新闻通讯》的一篇文章中向学术界介绍了这一概念。由于克鲁岑在 IGBP 中的高级领导作用,随着 IGBP 核心项目推进综合研究,这一概念在整个 IGBP 得到快速推广,也成为计划层面综合研究的突出特点。在计划层面,研究人员采用“大加速图”的方式尝试对其进行量化。

人类世概念在科学界迅速传播的一个例子是 2000 年在博尔德举行的 IGBP 水研究组第一次会议。会议由 IGBP 发起,海岸地区陆地海洋相互作用影响研究组、全球以往变化研究组和水文循环生物圈方面研究组的代表参加了会议,主要研讨“人类活动和气候变化如何影响水文循环中沉积物的‘正常’供应和迁移”。人类活动的区域影响与全球影响已经成为地学界关注的重要主题之一。

与此同时,IGBP 在探索新的研究组织架构。2000 年和 2001 年科学委员会会议讨论认为需要探索更为综合的地球系统研究方法。其后,基于讨论所撰写的一篇文章,论述了实现“合成与分析方式之间的有效协同”所面临的挑战。最终,上述头脑风暴促进了 IGBP 第二阶段研究架构的调整,IGBP 核心项目或者对应于地球系统的各个组成部分,或者对应于地球系统各个组成部分之间的界面。

第三届 IGBP 大会“地球系统的连通性”在英国班芙市召开,大会审查了 IGBP 第二阶段的新方向与实施路径。大会认识到“IGBP 必须识别出能为人类活动所改变的地球系统的主要因素和功能,并确定人类所能承受与不可承受的改变。”

IGBP 热衷于与全球变化研究的世界气候研究计划(WCRP)、国际生物多样性计划和国际全球环境变化人文因素计划等计划建立更加密切的合作伙伴关系。建立“综合性地球系统科学计划”的愿望最终使得地球系统科学伙伴计划和联合项目的启动实施。地球系统科学伙伴计划的成立(2001 年)

意味着碳、水、粮食安全和健康开始由 4 个国际全球变化研究计划联合开展调查研究。IGBP 认识到自然科学家和社会科学家之间加强交流的重要性，并与国际全球环境变化人文因素计划成为 IGBP 两个项目的共同发起人。

2001 年在阿姆斯特丹举行的全球变化开放科学大会，是 IGBP 第二阶段初期的一个重要事件。大会由 IGBP 与其他全球变化研究计划联合召开。会议突出了各个计划研究所取得的科研成果以及 IGBP 首次综合研究成果。全球变化开放科学大会探讨了未来十年地球系统科学研究路线。全球变化开放科学大会最令人难忘的或许是《阿姆斯特丹宣言》。宣言明确指出，人类活动“在范围和影响方面可与自然的一些巨大力量相提并论”。宣言还呼吁制定“地球系统管理全球职责和战略道德框架”。乌尔奎斯特解释了这个宣言，并强调地球系统是地学研究 and 全球治理的核心对象。

4.2 研究进展

第二阶段研究主要基于这个日益加深的认识：人类活动是地球行星变化的主要驱动力。理解人类世需要更加综合的地球系统研究方法，因而更加强调整跨学科交叉研究。在项目内部研究和项目之间互动方面都突出了跨学科研究。人类维度在研究中更加明确，利益相关方的参与更为充分。气候成为很多项目研究议题更加突出的内容。

学科交叉是全球土地项目（GLP）新一轮研究的一个重要特征。社会科学、经济科学、地理科学和自然科学的科学家参与研究陆地系统变化及其社会经济、生物物理驱动因素之间的相互作用。中国与其他国家在非洲获取土地的分析表明：粮食生产体系和决策在空间上与其自然资源基地、生产链需求侧不断拉大距离。人类占用陆地净初级生产的全球分析表明，对人类之外其他物种所减少的营养能量占全球陆地净初级生产量的 24%。进一步的研究为采取降低人类活动对生态系统压力的预防措施提供了基础信息。

2002 年，在国际氮倡议（INI）的号召下，“氮”科学家、产业代表、政府和从业人员成立了研究团队，成为 IGBP 第一个阶段发包模式项目。其核心目标是“优化氮在可持续粮食生产中的有益作用，最小化粮食和能源生产对人类健康和环境造成的负面影响”。全球氮通量问题的初步评估表明，有必要加强区域尺度到全球尺度各相关方的沟通与联系。沟通工具的发展有助于增强关于生物地球物理作用与社会作用之间反馈的政治与社会意识。例如，氮可视化工具是一个在线互动工具，用户能调查食品结构改变或使用更多化石燃料对世界环境或全球饥荒的影响。

IPCC 第四次评估报告明确认可了 IGBP 对 IPCC 的贡献。“此次评估大大受益于国际气候科学界的高度合作和世界气象组织世界气候研究计划（WCRP）和国际地圈生物圈计划（IGBP）的协调”。气候变化持续出现在许多核心项目的研究议程上。IPCC 在 2007 年举办了一个综合研讨会，参会人员既有从事气候、化学、碳循环、陆地和土地利用的模型研究科学家，又有从事排放、经济学、政策、薄弱性和影响的社会科学家。地球系统分析、综合与建模工作组是这个成果的重要贡献者，这个成果成为下一代气候仿真的新策略，为 IPCC 第五次评估模型试验研究奠定了基础。2007 年，全球碳项目（GCP）发布第一个全球碳预算，之后每年通过了解碳循环人类活动的新进展而更新全球碳预算。

国际全球大气化学工作组着重于空气污染与气候之间的联系。海岸地区陆地海洋相互作用影响工作组与北极理事会等伙伴合作，描绘了一张全面的现状图景，以及北极敏感海岸地区气候和其他力引起的当前变化和未来变化。这个项目还把三角洲看成是变化的热点。对世界各地 33 个三角洲进行了分析，结论是绝大多数正在发生沉降，除了气候变化引起海平面上升的原因以外，还包括沉积泥沙减少、城市化、水和矿石开采、土地利用变化和流域修建大坝等原因。

陆地 - 大气研究揭示了极端气候中本地和区域因素的作用。研究发现土地覆盖在 2003 年 - 2006 年欧洲热浪期间对地区酷热天气起到了关键作用。草地地区的最高气温高于森林地区的最高气温，这归因于草地地区的土壤水分亏缺。

同时，海洋和大气界面研究，除了开展大气物质（铁和氮）供给影响研究，还加强了二氧化碳、一氧化二氮和二甲基硫（DMS）等气候相关气体的研究。海洋学家、大气学家、化学家、生物学家和物理学家越来越加强合作。结合新技术和一代又一代的新化学传感器，我们对大气海洋界面生物地球化学的认识、界面物质交换和模型开发的不确定性减少了。

所有这些研究合在一起推动了区域到全球模型的发展，地球系统各子系统模型之间的联系不断增强。地球系统模型在将碳循环反馈融入气候系统和陆地生态系统 - 大气交换过程方面，取得了重要进步。

把生物地球化学与食物链联系起来的端对端模型已经出现，并且将在第三阶段继续发展。使用中等复杂程度地球系统模型简化了地球系统古代动态随时间变化的方程，并且通过全球分析整合与建模，中等复杂程度地球系统模型不断发展，许多模型开发需要与世界气候研究计划和其他伙伴密切合作。

4.3 成果影响

21世纪头十年，人类世概念得到IGBP研究人员的广泛接受。基于地球系统新理念，IGBP进行重新架构，人类维度更加明确。气候科学以及与IPCC、联合国气候变化框架公约的互动交流持续增强，开发很多产品推进科学传播，促进了决策者的科学理解。

2009年，国际科学理事会和国际资助机构集团发布了IGBP评估报告。评估组在认可IGBP对科学与政策做出重大贡献的同时，建议IGBP最大程度影响科学、政策与实践。评估组强调说“在确定IGBP相关活动的未来优先重点时，找到实际问题的解决方案必须比IGBP迄今为止开展的活动更重要。”

评估报告还间接指出全球环境变化研究的日益复杂性。评估组特别指出“各个计划之间、各个计划和地球系统科学伙伴计划之间的安排越来越复杂且难以控制、令人困惑。”评估组指出“为本次评估提供证据的大多数人认为从现在起的十年不应该有四个独立的全球地球系统研究计划。”国际科学理事会发起了一个“地球系统愿景”工作，目标是制定一个应对全球可持续性研究挑战的十年工作计划。

2010年，IGBP修订其愿景，呼吁加强自然科学、社会科学和政策领域的整合研究。IGBP继续鼓励发展中国家和经济转型国家的科学家参与计划相关委员会、项目、研讨会和其他活动。

2007年及之后的IGBP内部评估、国际科学理事会和国际资助机构集团的外部评估等共同促进IGBP在第三阶段朝着增强政策互动、更加重视交流沟通和专注于解决方案与可持续性的方向迈进。各个计划正在修订科学规划，越来越重视政策相关性、相关利益方参与、共同设计与共同实施。国际合作正在进入一个新时代：新的未来地球计划。

5. 第三阶段：迈向可持续性

5.1 研究实施与主要进展

在第三阶段，IGBP继续研究地球系统过程，但更加重视研究的实用性和相关性。IGBP呼吁联合国更全面更综合地审视联合国环境相关的500多个国际条约和公约。除了继续重视《联合国气候变化框架公约》和IPCC外，IGBP还把大量工作投入到沟通交流和科学与政策界面，跟踪联合国可持续发展大会、《生物多样性公约》和《联合国可持续发展目标》进展。IGBP编写了许多政策简报，尤其是通过各种会议和参加国际海洋酸化参考用户组促进决策者对海洋酸化的认识。IGBP通

过用户友好工具向公众传播知识。IGBP与全球碳项目密切合作，以确保尽可能广泛地传播全球碳项目年度碳预算计算。2010年IGBP举办了第二届全球变化大会“承压的行星”。这是IGBP历史上规模最大、最雄心勃勃、参与最广泛的会议。这届大会2012年在伦敦举办，现场与会者3000多人，还有3000人以在线方式参会。IGBP为全球可持续性研究未来地球计划提供了核心思想。联合国秘书长潘基文在大会上致辞时说他已经准备好与科学界一起实施这个新计划。与阿姆斯特丹大会一样，“承压的行星”大会产生了一个宣言——《行星状态宣言》。《行星状态宣言》确认地球上相互联系的社会、经济和环境系统变化迅速，遍及全球，“呼吁采取更综合、更国际化和面向解决方案的新研究方法”。大会还提出了一些复杂挑战，尤其是传统地球系统科学技术面临的挑战，这些挑战后来被迈克·劳帕赫总结在他为IGBP全球变化杂志写的文章中。鉴于地球系统变化和驱动力知识的不全面、保持公平和不同价值观的重要性、高风险和行动的紧迫性，劳帕赫指出“地球系统科学不能继续保持‘价值中立’和对政策漠不关心。”

2010年，IGBP启动了对特定主题的综合研究。在综合范围与方法上，这与21世纪头十年初期IGBP计划层面的综合是不相同的。这次综合主要集中在IGBP科学委员会、其他国际全球变化研究计划、IPCC等相关方共同确定的主题方面。并且这次综合工作邀请了很多IGBP之外的科学家、政策研究者等相关人员参加。综合研究的广泛参与取得了明显成效，推动了IPCC第五次评估报告重视氮与气候的关系，推动了地质工作的生态系统影响评估，推进了全球环境变化对最不发达国家社会经济影响与响应的评估等。大气污染与气候之间联系的综合研究还推动了国际全球大气化学工作组发起大气污染、健康和气候之间联系的多学科研究倡议。

许多核心项目承担了不同主题的综合研究工作。城市地区是大气污染数据合成的重点。认识到对人类健康和生态系统的持久负面影响，国际全球大气化学工作组发起了第一次全球对流层臭氧评估。全球以往变化工作组进行了一次大综合，书面记录了过去两千年世界各个地区的气温与降水。海洋表面低层大气研究工作组与国际海洋碳协调项目一道，继续编制全球地表水二氧化碳分布和二甲基硫排放数据库：这些数据用于模型比较、海洋碳汇量化及其时空变化。多种气候与地球系统模型正在研发之中，为IPCC第五次评估报告做准备的一项重要工作是模型比较，以增进对气候与地球系统模型不确定性的了解。模型比较需要与世界气候研究计划以及其他伙伴密切合作。

生物地球物理过程与社会驱动力相互作用的研究不断深化。环境变化与管理响应研究让人们加深了对拉布拉多、纽芬

兰和巴伦支周边海域鳕鱼业崩溃与恢复模式的理解。气候驱动的有利环境条件与渔业管理的及时响应，使得巴伦支海鳕鱼恢复和复原；而在纽芬兰和拉布拉多周边海域，由于环境条件差，减少捕鱼压力反应迟缓，大量鳕鱼死亡，导致鳕鱼存量骤减。

人类世和遥相关等概念的重要性不断增加。全球土地项目的研究人员越来越关注驱动因素和影响之间的反馈、适应行为、社会系统与生态系统之间的相互影响、世界各个地区、城市和乡村之间的远距离遥相关。IGBP 计划秘书处发起的研讨会“人类世行星管理”汇聚了自然科学家、社会学家以及联合国与世界银行的专家。对城市化和城乡远距离遥相关的重视突出了城市体系对推动全球可持续性起到的核心作用。

全球变化研究组织架构方面的变化，意味着共同设计、共同实施等概念是在第三阶段出现的。全球土地项目开始建设土地变化科学共同实施/共同设计知识库。海岸地区陆地海洋相互作用影响工作组继续推动自然科学和社会科学的合作研究，制定了海岸带生态系统社会-生态动态管理和生态系统变化治理评估的概念框架。为了响应政策制定的需要，国际全球大气化学工作组与世界气候研究计划 SPARC 项目合作，对黑碳的气候影响进行了一次重要的综合研究。研究发现黑碳是仅次于二氧化碳的气候作用力。国际氮倡议继续推动氮相关环境与社会问题的综合，并且开发与相关方的通信工具，促进政治与社会意识的提高。欧洲氮评估是这类合作的成果。通过与世界自然基金会等组织合作，他们所撰写的研究简报能及时传播到世界自然基金会网络。综合海洋生物地球化学与生态系统研究的人类维度工作组开发了一个综合评估框架，框架的基础是从过去应对全球变化的经验学到的知识。这个框架使政策制定者、科研人员、管理者等相关人员能够评估把资源最有效地分配到哪些地方才能降低脆弱性和增强海岸人民和社会对全球变化的复原力。

2012 年，IGBP 启动了最后一次综合研究工作。IGBP 核心项目在总结历史与研究成果的同时，为并入未来地球计划做好准备。本文的目的是展示 IGBP 对地球系统科学发展所起到的重要作用。通过刊载于《全球环境变化》专刊的一系列论文，IGBP 综合研究突出了人类世的理念。这些论文力图使我们的认识超越人类世概念的生物物理范畴，向各个层面延伸，促进更深刻细致的认识。IGBP 综合研究还更新了“大加速图”，并将 1950 年以后的变化细分成经济合作与发展组织成员国（OECD）和非 OECD 国家。

5.2 研究展望

回顾 IGBP 过去 30 年发展历程，一个值得深思的问题是，IGBP 是像它的发起者所期望的那样发展的吗？当时的想法有

创新精神、雄心勃勃、勇气可嘉。例如，“物理与生物学界和人文之间的相互作用”，把地球系统的各个组成部分融合成一个更综合的认识；认识自然和人类原因引起的地球过去和未来变化；调查最小化这些风险的方式；IGBP 对 IPCC 评估做出重要贡献。在这 30 年中，IGBP 构建了新的国际合作网络，汇集了来自发达国家和发展中国家的数千名科学家。除了遍布全球外，IGBP 还把传统上不在一起工作的学科汇聚在一起，从而能够更加综合地研究地球系统。IGBP 全球数据库的建立、过程研究和地球系统建模为地球系统组成及相互作用的深入研究奠定了基础。IGBP 影响的一个表现是，近五年仅是核心项目在《自然》上就发表了 144 篇论文。IGBP 以人类世的概念描述了人类活动对于地球系统变化与响应的核心与主导作用。

IGBP 的贡献不局限于科学领域。随着时间的推移，IGBP 对政策制定的贡献不断加大。IGBP 根据决策者的需要撰写了海洋酸化、大气化学等新环境问题的研究概要，其中有一部分报告是决策者和联合国机构直接要求的。IPCC 在其多个评估报告中对 IGBP 核心项目和计划倡议提供的大量科学资料表示感谢。为了保持全球变暖气温控制在不高于工业化前气温 2℃，在联合国二十一届缔约方大会上世界各国领导人签署了里程碑性的协定，IGBP 通过为 IPCC 工作做出的贡献，为签订这个协定的科学基础做出了显著贡献。

与 30 年前一样，IGBP 的初衷在今天依然有效。但是，世界发生了很大变化。经济大规模全球化，技术进步，资源利用增加，人口增长，财富增长，经济差距扩大。人类世让人们能透视社会过程和生态过程之间的相互联系。新时代的这些挑战需要各个学科、各相关方更加紧密的协作，需要发展中国家更大程度地参与，而这是 IGBP 难以胜任的。地球系统科学的研究、传播与应用需要新的模式，这也是启动未来地球计划的部分理由。未来地球计划的成功与否将取决于出资人和现有学术群体能接受和适应研究组织新模式的程度。

来源：本文选自《地球系统科学与地质工作转型发展战略研究》

◎ 欧盟资助1260万欧元用于海洋观测

2019年11月29日，英国国家海洋学中心（NOC）发布信息称，欧盟资助1260万欧元用于欧洲海洋观测新项目（EuroSea）。该项目有55个合作伙伴参加，旨在显著改善欧洲及其他地区的海洋观测，聚焦收集数据的质量和可用性，更好地结合欧洲海洋观测系统的现有能力，以填补现有的空白，并使结果数据和信息更容易提供给用户或是将数据用于业务预测服务的系统。

该项目将促进在所有时间尺度的决策中使用海洋学数据，从港口安全、效率和环境管理所需的日常运营信息，到规划和沿海恢复所需的关于海平面变化的长期建议。NOC负责课题5，通过将观测结果、模型数据和卫星产品组合成新的决策工具，展示从观测（包括新一代潮汐测量技术）到各种利益相关者对其更广泛使用的端到端连接。这项工作的重点是发展新的沿海管理产品，其中包括缩小港口和海港作业的海洋分析和预测的规模，以及提供海平面资料供政策和规划之用。主要包括两项内容：①演示如何将气候质量海平面测量应用到海平面服务中，用于政策制定和长期管理，最初的重点是地中海，但随后与非洲的发展中国家连接；②为港口和城市管理其海洋经济提供海洋服务的综合观测和模型的示范。

（侯典炯，吴秀平 编译）

原文题目：New International Project on Effective Ocean Observation

来源：<https://noc.ac.uk/news/new-international-project-effective-ocean-observation>

◎ 德国研发新型小型卫星INNOcube

2020年4月7日，德国维尔茨堡大学发布消息称，该校同不伦瑞克工业大学的一个联合研究团队正在研发一款新型的小型卫星INNOcube，且仅有纸箱般大小（重约4kg，尺寸为34cm×10cm×10cm），成本更低。



↑ INNOcube 在轨运行效果图

INNOcube 由德国航空航天中心（DLR）—空间管理部和联邦经济事务和能源部共同资助。卫星设计的核心是两种高度创新的技术，即 Skith 和 Wall # E。该卫星在两个技术方面具有亮点：

（1）电池由特殊纤维结构制成。Wall#E 是由太空系统研究所（Institute of Space Systems）开发一种特殊的纤维增强结构，可以储存电能，同时可以作为卫星的支撑结构。研发人员表示，这种电池可以在保持卫星性能不变的情况下，大幅降低卫星的质量和体积。Wall#E 代表“用于能量存储的纤维增强航天器壁（Fiber Reinforced Spacecraft Walls）”。

（2）无线控制无线电模块。无线卫星基础设施 Skith（Skip the harness）起由维尔茨堡大学研发。通过启用超宽带无线电的数据传输，消除了卫星组件的内部布线。无线电模块的低信号强度意味着卫星上高度敏感的仪器不会受到干扰。Skith 还可以确保减少卫星的质量、复杂性和集成工作。例如，即使在火箭发射前不久，也可以轻松地更换单个卫星组件。

INNOcube 将首次整合 Skith 和 Wall # E 这两项新技术，卫星重量约四公斤，尺寸为 34cm×10cm×10cm，将在 350 ~ 600km 的高度环绕地球运行，预计将在 2023 年底由火箭发射入轨道。轨道试验的结果将被纳入地面技术和与空间有关的技术中。研究人员预计，Skith 和 Wall # E 的组合将使卫星的结构能够减少电缆和蓄能的外壁，这样可以减轻重量，并可能为电动飞行打开大门。INNOcube 项目于 2020 年 4 月 1 日正式开始。

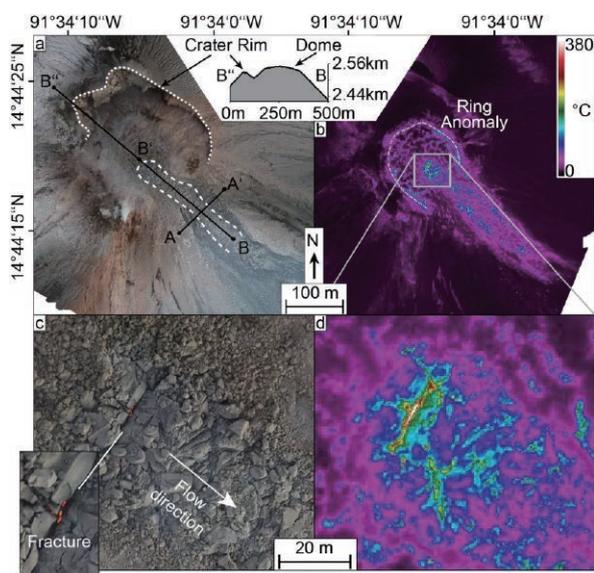
（刘文浩 编译）

原文题目：Innovative Technologies for Satellites

来源：<https://www.uni-wuerzburg.de/en/news-and-events/news/detail/news/innovative-technologies-for-satellites/>

◎ 无人机用光学和热成像摄像机监测火山爆发

2020年5月25日，《科学报告》（Scientific Reports）杂志上发表了题为《美国无人机系统对危地马拉桑蒂亚托熔岩穹丘的追踪》（UAS-based tracking of the Santiaguito Lava Dome, Guatemala）的文章指出，来自德国GFZ研究中心的研究人员，通过用光学和热成像摄像机进行的反复飞行拍摄在危地马拉创建了厘米分辨率的火山三维模型。经研究发现，熔岩穹丘在两个不同的时间尺度上都有运动：缓慢的扩张和生长，以及粘性熔岩的



↑ 活动 Caliente 熔岩穹隆和熔岩流的光学 (a, c) 和热红外 (b, d) 正射影像

快速挤压。

研究人员给无人机配备了不同的摄像头，然后用无人机在不同的时间间隔在火山口上空飞行，用一种特殊的立体摄影技术测量熔岩流和熔岩穹丘的运动，其精度前所未见。通过比较无人机的数据，研究小组能够确定火山的流速、运动模式和表面温度。这些参数对于预测火山爆发的危险性很重要。研究人员还成功地从这些数据中得出了熔岩的流动特性。

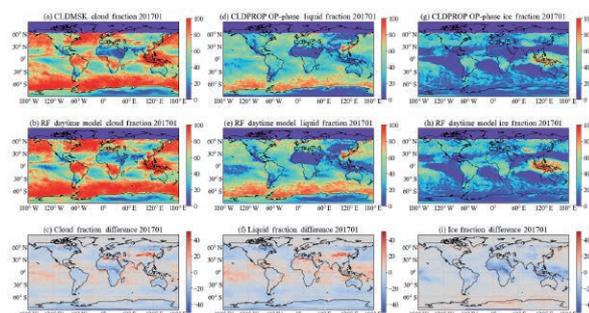
根据这项研究，该无人机在圣玛丽亚火山卡里恩特火山锥上使用的两个摄像头，一方面可以拍摄高分辨率照片，另一方面可以进行热成像。并使用一种特殊的计算机算法，研究人员能够从这些图像中创建完整和详细的 3D 模型。他们获得了该火山的三维地形和温度模型，分辨率只有几厘米。无人机任务大大降低了火山学家的风险，因为摄像机可以直接飞到危险地点，而科学家们无需亲自前往。同时，最大的挑战在于模型的后期处理和计算。

(王立伟 编译)

原文 题目: UAS-based tracking of the Santiaguito Lava Dome, Guatemala
来源: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-65386-2>

☉ NASA 基于机器学习开发云检测的新方法

2020 年 5 月 11 日，欧洲地球科学联盟 (EGU) 网站刊登的亮点文章介绍了来自美国国家航空航天局 (NASA)



↑ VIIRS 日间云掩模产品、CALIOP 热力学相态产品与 RF 模型比较

戈达德太空飞行中心 (Goddard Space Flight Center)、马里兰大学等机构的一项最新研究，研究人员开发了一种基于机器学习的用于云掩模和相位检测的方法，其总体性能优于传统方法。相关研究发表在《大气测量技术》(Atmospheric Measurement Techniques) 上，题为《一种利用被动谱观测基于机器学习的云检测和热力学相位分类算法》(A Machine-Learning-Based Cloud Detection And Thermodynamic-Phase Classification Algorithm Using Passive Spectral Observations)。

该研究利用索米国家极地轨道合作伙伴关系 (Suomi National Polar-Orbiting Partnership, SNPP) 卫星搭载的可见光红外成像辐射计 (VIIRS) 谱观测，训练了两种用于云掩模和热力学相位检测的随机森林 (Random Forest, RF) 机器学习模型。为了提高两种模型的性能，该研究考虑了多达 7 种地表类型，即海洋、森林、农田、草地、冰雪、荒漠和灌木。将云气溶胶激光雷达 (CALIOP) 产品作为参考，对云掩模和热力学相位的检测结果与两种 RF 模型进行了比较。

结果表明，与 CALIOP 参考值相比，这两种 RF 模型具有较高的云掩模和热力学相位检测准确率。对于白天的激光雷达观测，两种 RF 模型以及 MODIS MYD06 光学特性相位产品是排名前三的算法。而对于夜间的激光雷达观测，RF 全天模型最适合于云探测和相位检测，尤其适用于冰雪表面的像素。这项研究证明了在云掩模和热力学相位检测中使用机器学习模型 (特别是随机森林模型) 的优势。与手动调整方法相比，可以针对不同的地表类型和使用不同的输入变量来有效地训练与测试 RF 模型。

(刘燕飞 编译)

原文 题目: A Machine-Learning-Based Cloud Detection And Thermodynamic-Phase Classification Algorithm Using Passive Spectral Observations
来源: <https://www.atmos-meas-tech.net/13/2257/2020/amt-13-2257-2020.html>

◎ NASA新雷达将从空中监测火山和地震



↑ 夏威夷大岛基拉韦厄火山的火山灰羽流
(2018年5月12日, 国际空间站)

2020年4月2日, 美国国家航空航天局(NASA)宣布其资助的一项研究完成了一种新仪器, 即立方体卫星(CubeSat)地球科学成像雷达(CIRES)的研发。这一新仪器将为未来的小型卫星群的发射铺平道路, 而这些卫星群致力于监测火山活动、地震和地表变化及其影响。

一张详细描述陆地海拔随时间变化的全球地图可以帮助科学家在地震和火山爆发之前、期间和之后精确定位地面运动, 并有助于识别洪水和地下水抽取的影响。CIRES可以帮助决策者和应急管理人员在危险事件发生后尽快获得观测结果, 以便他们更好地做好救灾准备。

CIRES 装备了 S 波段干涉合成孔径雷达(InSAR)。S 波雷达能够穿透植被到达地面。CIRES 在两个不同的时间从空间上大致相同的位置获取特定区域的两幅雷达图像, 然后对这两幅图像进行处理, 以确定它们之间的差异。由小型 InSAR 卫星组成的星座可以与 NISAR 任务协同工作(NISAR 是 NASA 目前开发的第一颗专用 InSAR 卫星), 多颗小卫星可以通过火山爆发、地震和山体滑坡等快速演变过程收集频繁的数据, 为 NISAR 系统化的全球数据提供补充。

在轨道上, 一系列小型 InSAR 卫星可以俯瞰并记录地面变形的变化。火山在喷发前往往伴随着岩浆膨胀, 虽然很难预测火山喷发的规模有多大, 或者喷发时间有多长, 但通过 2018 年在夏威夷火山国家公园的基拉韦厄(Kilauea)火山对新仪器进行的测试, 科学家可以得出结论: “这座火山开始膨胀, 它喷发的概率较大。”

CIRES 信号处理和实验设计负责人表示, InSAR 可以让人们获得广阔的覆盖范围, 并能看到火山口的一部分相对于另一部分是如何变化的。通常情况下, 研究人员会在火山的特定部位放置数量有限的 GPS 传感器, 以监测火山的任何运动, 而 CIRES 应该能够覆盖整个火山口。

CIRES 项目于 2015 年 1 月在 SRI International 开始实施, 由 NASA 地球科学技术办公室提供资金, 用 2 年时间开发该仪器的雷达电子硬件。然后, 它又获得了 3 年的额外资金支持, 用于准备空间用雷达, 通过飞机(包括机载和遥控飞行器)演示成像能力, 并借助一个可在空中部署的天线来完成该仪器。

(赵纪东 编译)

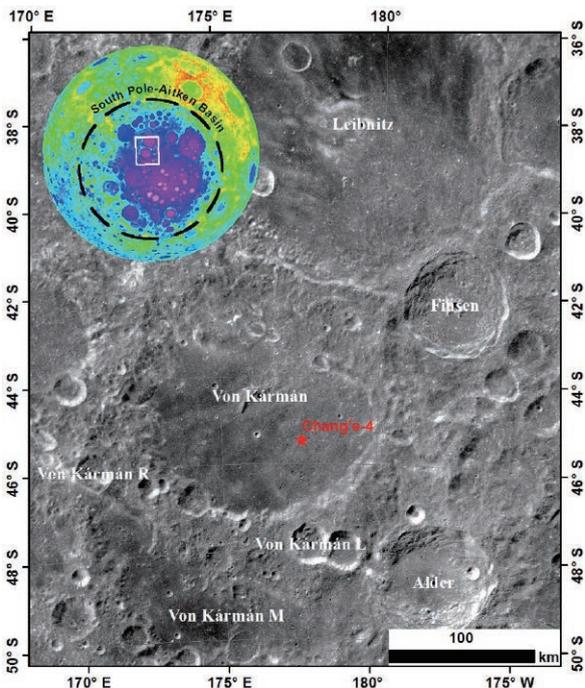
原文题目: New NASA Radar Looks to Monitor Volcanoes and Earthquakes from Space

来源: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/new-nasa-radar-looks-to-monitor-volcanoes-and-earthquakes-from-space>

◎ 嫦娥四号着陆器和“玉兔二号”月球车进入第十八月夜, 科学成果揭示着陆区月壤成分和成熟度

嫦娥四号着陆器和“玉兔二号”月球车分别于 5 月 29 日 17 时和 7 时 15 分结束第十八月昼工作, 按地面指令完成月夜模式设置, 进入月夜休眠。

在第十八月昼期间, “玉兔二号”为天问一号让路, 配合我国首次火星探测任务地面深空测控站的适应性改造, “玉兔二号”搭载的科学载荷并未开机, 原地待命。在通信能力受限的情况下, 嫦娥四号着陆器上仅有月表中子与辐射剂量探测仪开机进行了常规探测。目前, 深空测控站的改造工程已



↑ 图 1. 嫦娥四号着陆区背景图

接近尾声，待完成后，将为计划7月开展的火星探测和嫦娥四号工程后续科学探测工作提供更稳定、更强大的支持。

“玉兔二号”虽然在本月昼没有移动，但地面科学团队继续对已获取的科学数据进行深度研究分析，不断取得新的科学成果和科学发现。中国科学院空天信息创新研究院遥感科学国家重点实验室苟盛博士，中科院比较行星学卓越创新中心及类地行星先导专项骨干成员、中国科学院空天信息创新研究院遥感科学国家重点实验室邱凯昌研究员、岳宗玉研究员及其合作者，利用玉兔二号就位测量光谱数据，开展了嫦娥四号着陆区月壤矿物成分分析和太空风化效应研究，探讨了月壤来源和月壤成熟度。

月球背面的南极-艾特肯盆地（South Pole-Aitken Basin）是已知太阳系最大、最深和最古老的撞击盆地，并可能暴露月幔物质，为探测月球深部物质提供了天然窗口。2019年1月3日，嫦娥四号成功在此区域着陆（图1），实现了人类探测器首次月背着陆和巡视探测。

截至2020年5月29日，嫦娥四号探测器已在月背高效工作18个月昼，“玉兔二号”月球车累积行走447.68米，并获得了大量的科学探测数据。其中，红外成像光谱仪获取的月壤高光谱图像及红外光谱数据，支撑科学团队获取了着陆区月壤的精细光谱（图2），为月壤的矿物组成和太空风化等研究提供科学探测数据，推动人类对着陆区月壤演化的研究和认识。

光谱分析表明着陆区月壤含有富镁橄榄石和富镁斜方辉石矿物（图3），二者相对含量基本相等。地形特征分析表明着陆区月壤主要来自芬森（Finsen）撞击坑溅射物。该团队根据镁铁质矿物成分和芬森撞击坑空间位置，进一步分析认为着陆区月壤可能来自南极艾肯盆地撞击事件形成的撞击熔融分异物或一套富镁岩石。研究成果以“Forsteritic olivine and magnesium-rich orthopyroxene materials measured by Chang'e-4 rover”为题发表于《Icarus》。

该团队还发现主要源于芬森撞击坑溅射物的月壤发育成熟。与嫦娥三号着陆区未成熟月壤相比，嫦娥四号着陆区月壤中亚微观金属铁含量随月球车与着陆器距离远近并未产生明显变化，说明嫦娥四号着陆区月壤的快速形成过程充分混合了最表层已高度成熟的月壤。研究成果以“In situ spectral measurements of space weathering by Chang'e-4 rover”为题发表于《Earth and Planetary Science Letters》。

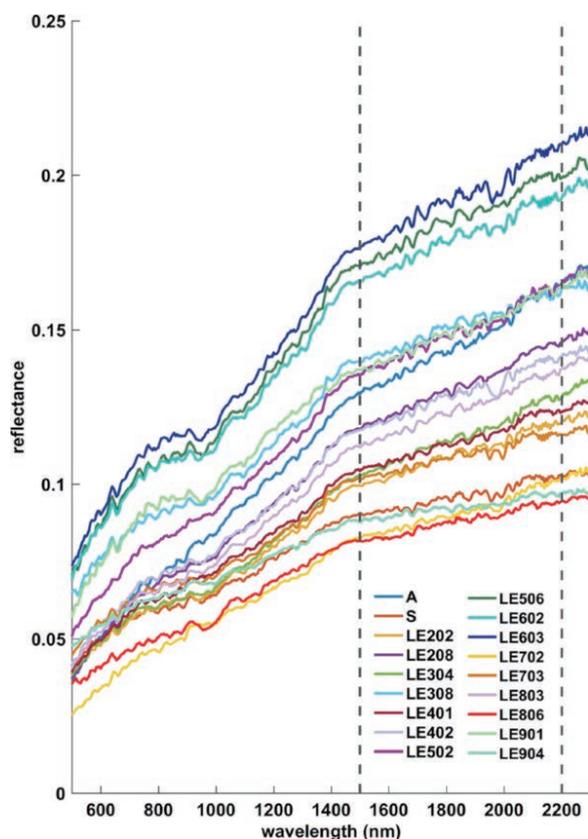


图2. 红外成像光谱仪前九月昼获取的光谱

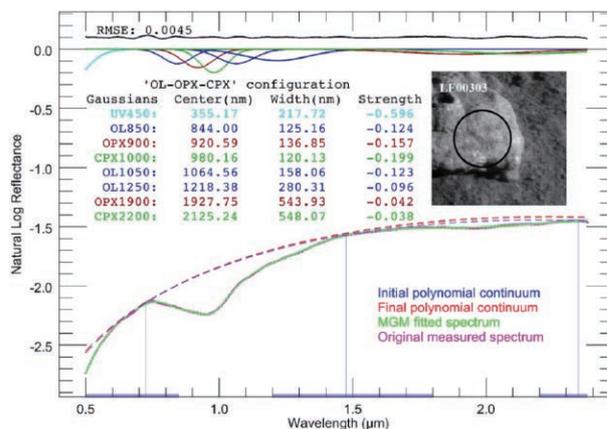


图3. LE303 站点就位测量光谱分析结果

Science特刊讨论南极冰盖过去与未来的变化

2020年3月20日,《科学》(Science)发表南极主题特刊,回顾了南极冰盖的形成历史及控制其存在的地质过程,分析了冰盖的演化与其周围海洋相互作用的影响,讨论了未来气候变化背景下南极冰盖可能发生的变化。本文就该主题特刊的主要内容进行了整理,以供参考。

1 南极冰盖的变化

《南极冰盖的历史、质量损失、结构和动力学行为》(History, Mass Loss, Structure, and Dynamic Behavior of the Antarctic Ice Sheet)一文指出,通过来自卫星和机载系统多种相互独立的观测,量化得到近期南极冰层变化的证据包括:质量损失、表面高度下降和表面速度增加。

(1) 质量损失。重力恢复与气候实验(GRACE)卫星数据显示,2002—2017年,南极西部冰盖的质量损失集中在阿蒙森海(Amundsen)和别林斯高晋海(Bellingshausen),而南极东部部分地区和坎布冰河(Kamb Ice Stream)沿岸的质量有所增加。

(2) 表面高度下降。在南极西部的阿蒙森海、别林斯高晋海以及南极东部的威尔克斯地(Wilkes Land),海拔高度在25年间明显下降。松岛冰川(Pine Island)、思韦茨冰川(Thwaites)和史密斯-波普-科勒冰川(Smith-Pope-Kohler)在此期间经历了最大的海拔下降,变化速度高达9 m/年。由于降雪量的增加,南极东部某些边缘的海拔高度正在增加。沿塞普尔海岸(Siple Coast),坎布冰河内部在过去20年以0.65 m/年的速度增厚。

(3) 表面速度增加。基于干涉式合成孔径雷达(SAR)观测和斑点跟踪(speckle tracking)的速度观测显示,南极半岛冰盖速度的变化非常显著,在拉森冰架坍塌后冰川补给加速。1990—2010年,松岛冰川的流动速度翻倍,而其接地线位置后退了30多公里。南极半岛的平均气温在1950—2000年上升了4℃,在此期间,拉森A和B冰架分别于1995年和2002年坍塌,之后冰川对拉森B冰架的补给加速。在拉森B冰架坍塌之前,冰架表面被湖泊覆盖,这表明气温升高和表层融水会破坏冰架的稳定性,导致南极的冰更快地流入全球海洋。

2 预测南极冰盖的未来

《南极冰盖不确定的未来》(The Uncertain Future of the Antarctic Ice Sheet)一文指出,南极冰盖质量损失速度正在逐渐加快,在未来几十年和几百年,冰盖的流失

很可能会继续。

制约准确预测南极冰盖未来变化响应的一个主要因素是,全球变暖如何与海洋动力学产生联系,使绕极深层水(CDW)穿越大陆架,从而使次表层冰架融化增加。过去10年,科学家已经进行了大量模拟研究,分析在未来不同的气候变暖情景下,最脆弱的西南极洲(WAIS)是否会发生崩塌。研究发现,未来几个世纪到一千年的时间范围内,冰川接地区将撤退到西南极洲中部地区,对全球平均海平面上升的贡献达到几米。尽管崩塌开始的时间在各个模型和情景中都大不相同,但在百年时间尺度上未能减缓温室气体排放的情景下,所有模型中都会发生西南极洲崩塌。

在全球持续变暖的情况下,南极冰架能够继续存在且冰盖保持稳定的阈值是全球年平均气温与目前相比升高幅度不高于1.5~2℃。当超过这一阈值,将有大量冰盖变化和海平面上升,这可能数千年才能完全实现,并且在更长的时间尺度上可能是不可逆的。由于冰-气候系统强烈的正反馈作用,冰盖的某些区域达到临界点,可能导致海平面上升的速度至少比现在观测到的大一个数量级。

3 未来需要填补的知识缺口

过去10年,科学家在了解冰盖、大气和海洋之间基本过程以及冰盖不稳定性机理方面已经取得了可观的进步。但是,除了缺少关于冰盖变化驱动因素的知识外,对于海洋冰盖退缩动力学内在的关键物理过程仍然知之甚少。这些过程包括:①导致海陆冰架融化的海-冰界面过程;②崩塌和水力破裂过程;③冰盖基底滑移和冰下沉积物变形;④冰川静力调整(GIA)。这些知识缺口将造成无法准确预测南极冰盖质量损失发生的时机和量级,以及确定南极冰盖可能的临界点。

由于南极质量损失而导致的海洋体积变化仍然是目前科学界最大的未知问题之一。对海冰和冰架覆盖区域的测深、深层水的温度、表层融水的去向、冰盖下方条件等基础知识方面存在的知识差距,为科学家预测南极未来的能力带来了局限性。

(刘燕飞 编译)

参考文献:

- [1] Smith J, Kintisch E, Bell R E, et al. The Frozen Continent[J]. Science, 2020, 1316: 1317. <https://science.sciencemag.org/content/367/6484/1316>
- [2] Pattyn F, Morlighem M. The Uncertain Future of the Antarctic Ice Sheet[J]. Science, 2020, 367(6484):

1331-1335. <https://science.sciencemag.org/content/367/6484/1331.full>

[3] Bell R E, Seroussi H. History, Mass Loss, Structure, and Dynamic Behavior of the Antarctic Ice Sheet[J]. Science, 2020, 367(6484): 1321-1325. <https://science.sciencemag.org/content/367/6484/1321.full>

WMO关注新冠肺炎疫情对其全球观测系统的影响

2020年4月9日,世界气象组织(WMO)发表声明,对全球新冠肺炎疫情对天气观测和预报以及对大气和气候监测的影响表示关注。WMO的全球观测系统是WMO 193个成员国和地区向其公民提供的所有天气及气候服务与产品的中枢,其通过陆基、海洋和天基观测设施开展对大气和海洋表面状态的观测,以为天气分析、预报、报告及预警提供数据支撑。

WMO秘书长Petteri Taalas表示,尽管全球新冠肺炎大流行带来了严重的挑战,但国家气象和水文部门仍在继续履行其基本的全天候职能,向他们保护生命和财产的奉献精神致敬,但同时也必须注意到能力和资源日益因此而受到限制。不仅如此,气候变化的影响和越来越多与天气有关的灾难仍在继续。新冠肺炎大流行构成了一个额外的挑战,并可能在单一国家层面加剧多种灾害发生的风险。因此,尽管当前面临新冠肺炎疫情危机,但各国政府仍有必要关注本国的预警及天气观测能力。

WMO全球观测系统的大部分,例如其卫星组件和许多地面观测网络,都是部分或完全自动化的。因此,短期内其运行不会受到太大影响。但是,如果疫情持续数周以上,那么系统运行将会因缺少维修、维护和供应工作以及缺少重新部署而受到影响。目前,部分观测系统已经受到影响。最明显的影响来自空中交通的显著减少,而飞行中环境温度、风速和风向的测量是天气预报和气候监测的重要信息来源。

1 对飞机观测的影响

商用客机是WMO飞机气象数据中继计划(AMNDAR)的重要支撑,该计划利用机载传感器、计算机和通信系统,通过卫星或无线电链路自动收集、处理、格式化气象观测数据并将其发送到地面站。

在世界许多地方,特别是在欧洲和美国,商业航班的数量的减少导致了由欧洲气象观测网(EUMETNET)提供的飞机气象观测服务减少了50%~80%以上。目前,隶属于EUMETNET的国家(欧洲31个国家)正在讨论如何提高其观测网络其他部分的短期能力,以在一定程度上减

少飞机观测的损失。

此外,WMO、EUMETNET和AMNDAR国家计划合作方正在与航空电子公司FLYHT合作,以确保在此次疫情紧急时期向WMO及其成员国提供来自其航空网络的任何可用的额外飞机观测资料。

2 对地基观测的影响

在大多数发达国家,地面天气观测现在几乎完全自动化。然而,在许多发展中国家,气象观测工作仍依赖由气象观测员人工采集观测数据并传送到国际网络,以用于全球天气及气候模型的构建。过去两周,WMO发现这类人工观测的可用性显著下降。推测可能是由于目前疫情所致,但尚不清楚是否还有其他因素的作用。WMO目前正在对此展开调查。

对此,WMO基础设施部地球系统分部负责人Lars Peter Riishojgaard指出,目前,观测资料损失对天气预报产品质量的不利影响预计仍将维持相对温和的程度。但随着飞机天气观测的可用性继续下降并扩大,预测的可靠性会逐渐下降。同时,如果基于地面的天气观测继续减少,特别是如果疫情影响发展中国家气象观测人员开展工作的能力,情况也会如此。WMO将继续监测这种情况,并与成员国合作,尽可能地减轻其影响。此外,为了在一定程度上减轻飞机观测频率下降的影响,一些WMO成员国,特别是欧洲成员国,增加了无线电探空仪的发射次数。

与此同时,WMO还在监测来海洋观测系统运行情况,海洋观测系统提供了来自地球表面2/3被海洋覆盖的地区的重要信息。这些系统大部分是完全自动控制的,但是由于疫情持续而错过了修复、替换或再补给工作的机会,其观测量也将减少。目前,已经发现来自船只和一些自主观测平台的观测次数略有减少,不过影响尚不明显。

3 对天基观测的影响

值得肯定的是,目前的情况表明空间观测系统组成部分的重要性和稳定性,WMO成员国越来越依赖空间观测系统。目前,有30颗气象卫星和200颗研究卫星,正在提供连续的、高度自动化的观测。这些卫星对运行管理由WMO气象卫星协调小组(CGMS)和地球观测卫星委员会(CEO)负责。尽管,在短期内,天基观测系统将不受影响并全面运作,但WMO正在与气象卫星运行管理人员联系,以评估此次疫情可能产生的长期影响。

除上述以外,WMO观测系统还包括:超过10000个人工及自动地面气象观测站、1000个高空气象站、7000艘船只、100个系泊浮标及1000个漂流浮标、数百个天气

雷达以及 3000 架特别装备的商用飞机。这些观测设施全天候观测大气、陆地及海洋表面的关键参数。

(张树良 编译)

原文题目: WMO is concerned about impact of COVID-19 on observing system

来源: <https://public.wmo.int/en/media/press-release/wmo-concerned-about-impact-of-covid-19-observing-system>

欧洲风神卫星开始公开分发风场观测数据

2020 年 5 月 14 日, 世界气象组织 (WMO) 网站报道了一项天气预报和大气监测的重大进展, 欧洲气象卫星应用组织 (EUMETSAT) 于 5 月 12 日开始, 利用“风神” (Aeolus) 卫星对风的垂直分布进行观测, 并将风场观测数据公开分发至欧洲国家气象服务部门, 以便各国国家气象服务部门进行天气预报。

风神卫星由欧洲航天局 (ESA) 于 2018 年 8 月发射, 首次在太空中部署了多普勒测风激光雷达以改善风的观测。风神卫星将提供来自太空的首个垂直解析的风场观测, 这也是 20 多年来 WMO 最重要的观测需求之一。

全球风场观测资料的缺乏限制了科学家对天气和气候的理解与预测, 风神卫星将提供关于风如何影响地球表面与大气之间的热量和水分交换的信息, 这是理解气候变化的重要方面。风神卫星上搭载的多普勒测风激光雷达是有史以来最先进的仪器之一, 它能够发出紫外脉冲, 测量不同层次大气后向散射的多普勒频移信号, 提供最低 30 km 处的垂直风廓线。

EUMETSAT 与 ESA 达成协议, 将风神卫星的近实时 (3 小时内) 风产品二次分发给欧洲各国国家气象服务部门、卫星数据广播系统 EUMETCast 以及 WMO 全球电信系统。欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 与法国、德国、英国和挪



↑ “风神”卫星工作示意图

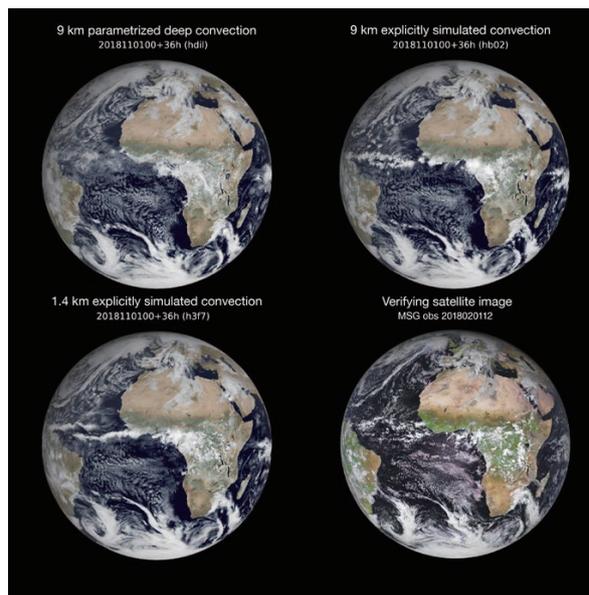
威的气象服务部门已经评估了数据的质量, 风神卫星数据在全球范围内显示出对数值天气预报的积极影响。

(刘燕飞 编译)

原文题目: Aeolus provides data on Earth's winds

来源: <https://public.wmo.int/en/media/news/aeolus-provides-data-earth%E2%80%99s-winds>

ECMWF和ORNL完成首个1 km分辨率季节尺度全球模拟



↑ 全球尺度大气模拟及对比

(左上: 9km 参数化深对流, 右上: 显式模拟对流;)
(左下: 1.4km 显式模拟对流; 右下: 用于验证的卫星影像)

2020 年 6 月 22 日, 欧洲中期天气预报中心 (ECMWF) 与美国橡树岭国家实验室 (Oak Ridge National Laboratory, ORNL) 科学家合作研究团队, 完成了世界上首个以 1 km 网格间距运行的季节尺度全球大气模拟。研究团队利用 ECMWF 集成预报系统 (IFS) 完成了此次模拟, 模拟在世界上最快的计算机 (截至 2019 年 11 月) —— 橡树岭国家实验室的超级计算机“顶点” (Summit) 上运行。

目前, ECMWF 的业务数值天气预报 (NWP) 在 9 km 网格间距上运行, 此次在 1 km 网格间距上实现的模拟数据为评估业务数值天气预报的优缺点提供参考。这些数据将为未来卫星任务的规划提供支持, 因为新的卫星工具可以用于全球大气模拟的评估。1 km 网格间距上的模拟可以被看作地球的“数字孪生”原型。模拟结果表明, 在 1 km 的平均网格间距下, 持续改进的 IFS 静力数值天气预报模式表现良好。这似乎挑战了动力气象学中在 1 km 分辨率级别上将需要非静力方程这一普遍观点, 此次运行结果为衡量未来的非静

力模拟提供了基准。

尽管 ECMWF 的 IFS 已经积累了 40 多年的数值天气预报经验，但模拟仍然面临着未知领域。障碍包括模式能否在一个季节内保持稳定，是否存在显式解析对流或者因陡峭地形而出现的问题。在 9 km 网格间距下模拟的喜马拉雅山脉高度达到约 6000 m，而在 1 km 网格间距下利用 IFS 可将此高度精确到 8172 m。尽管与实际情况还存在一点误差，但是已经非常接近。

通过深对流和地形的解析反馈以及相关的罗斯贝波和惯性重力波，以 1 km 网格间距对地球大气进行的模拟，能够逼真地模拟出全球平均环流并改善平流层的表达。模拟结果还首次提供了极端天气的直接指示，例如发生龙卷风的可能性。研究得到的参考数据集将直接支持模式的开发工作，并有助于估算未来观测系统的影响。研究人员发现，在 1 km 网格间距的模拟（显式深对流）和 9 km 网格间距的模拟（参数化的深对流）中，全球能量再分布是相似的。值得注意的是，如果以较粗的分辨率不进行深对流参数化，将无法得到这些特征。

（刘燕飞 编译）

原文题目：A Baseline for Global Weather and Climate Simulations at 1 km Resolution

来源：<https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/science-blog/2020/baseline-global-weather-and-climate-simulations-1-km>

🔴 NASA卫星观测揭示过去16年来极地冰盖的减少

2020年4月30日，《科学》（Science）杂志发表题为《普遍的冰盖质量损失反映了相互对抗的海洋和大气过程》（Pervasive Ice Sheet Mass Loss Reflects Competing Ocean and Atmosphere Processes）的文章，通过目前最精确的卫星观测，测量了过去16年（2003—2019年）格陵兰和南极冰盖的变化情况，结果显示，自2003年以来，南极冰盖的净损失以及格陵兰岛冰盖的萎缩，导致了全球海平面上升了14 mm。

量化地球上冰盖的变化并确定气候驱动因素，对于改善海平面的预测至关重要。由美国华盛顿大学（University of Washington）研究人员领导的团队通过美国国家航空航天局（NASA）的“冰、云和陆地高程”卫星ICESat和ICESat-2上搭载的激光测高仪器，对2003—2019年格陵兰岛和南极冰盖的变化进行了精确测量。

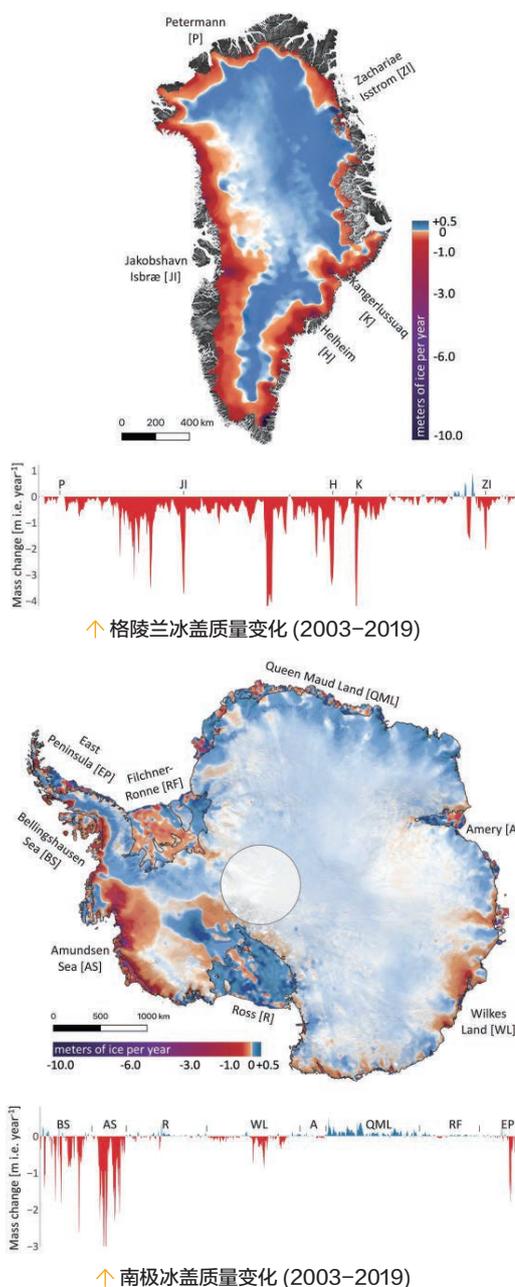
数据揭示了与气候过程相关的极地冰盖变化：格陵兰沿

海（表面融化增加）、南极冰架（海洋融化增加）以及格陵兰和南极冰架（对海洋融化的动态响应）的冰损失，因冰盖内部质量的增加（积雪增加）而部分得到补偿。格陵兰每年损失200 Gt接地冰和南极每年损失118 Gt接地冰，贡献了14 mm的海平面上升，这使得极地冰盖的损失超过增加。西南极洲冰架的质量损失占南极冰损失总量的30%以上。

（刘燕飞 编译）

原文题目：Pervasive Ice Sheet Mass Loss Reflects Competing Ocean and Atmosphere Processes

来源：<https://science.sciencemag.org/content/early/2020/04/29/science.aaz5845>



OSTP发布《2019年国家民用对地观测计划》

2019年12月，美国白宫科技政策办公室（OSTP）发布《2019年国家民用对地观测计划》（2019 National Plan For Civil Earth Observations），该观测计划概述了政府的优先事项，并聚焦国家的民用地球观测工作。它不仅在部门和机构之间，而且在整个地球观测民用企业范围内促进了协调、合作和强有力的对话。计划列明了其主要目标、具体目标以及相关行动，以下就该计划的主要内容做简要整理，以供参考。

1 计划背景

新发布的观测计划源于2014年7月美国首次发布的《国家民用对地观测计划》。根据法律，该计划将每3年更新一次，以加强联邦民用对地观测系统的协调。

美国政府在在对地观测领域投资数十亿美元，其获得的观测资料被尽可能广泛地访问，以增进人类知识，实现商业部门的增值服务以及供公众使用。与此同时，私营企业正在迅速开发和部署新的观测技术和分析方法。这些公司设计了将业务实践与地球观测相结合的创新产品。对这些创新产品和先进分析方法的需求的激增为联邦机构提供了令人振奋的机遇，以重塑对地观测数据的收集和使用策略。特朗普政府致力于保持美国在科学技术领域的全球领导地位。对地球观测而言，这点表现为利用地球观测民用企业的、每个部门强有力的独特、互利和协作的作用。

2 主要目标 1：支持和平衡对地观测资料

具体目标及参与机构	具体行动
优先考虑地球观测的可用性和连续性 DOE、DOI、EPA、NASA、NOAA、NSF、SI、USDA	为美国地球观测组织制定一个框架和指导原则，以改善机构之间对地观测投资决策的协调
	向 OSTP 提供一份地球观测系统未来 2 ~ 3 年可能面临的风险清单
	从经济部门的支持角度分析当前地球观测工作的优势和劣势
实施创新的联邦采购和收购战略 DOI、NASA、NOAA、USDA	在整个地球观测企业范围内开展工作，扩大对地球观测的使用，以提高季节到次季节预报的技能
	与商业数据提供商和分析公司合作，为商业数据购买开发一套最佳实践
	探索以市场为导向的地球观测数据和分析采购结算中心的试点机制
	确定与土地成像有关的共同机构需求，并评估通过加强机构协调最佳地解决这些需求的方案

加强研究，提高可用性 DOE、DOI、NASA、NIST、NOAA、NSF、SI、USDA	保持对利用地球观测的基础科学和应用科学的支持
	协调基础科学、应用研究、建模、算法开发、机器学习、人工智能和数据融合方面的活动，以提高地球观测对最终用户的实用性和价值
	与标准机构和利益相关者合作，开发传感器校准和相互校准的程序，推进数据同化和历史数据的重新分析
提供长期管理 DOE、DOI、NASA、NOAA、SI、USDA	确定商业云服务和高性能计算访问和使用的最佳实践和协调投资，包括与联邦首席信息官社区协调管理、调整、使用和网络安全
	与联邦首席数据官委员会合作，协调并鼓励在数据管理技术和方法方面的努力，以改进地球观测数据的发现和可用性
	检查机构如何编写联邦资助申请，以确保所有联邦资助的项目数据都提供给一个可公开访问的档案库，符合联邦政策和法规

3 主要目标 2：加强对地观测企业的参与

具体目标及参与机构	具体行动
加强地球观测企业内部协调 DOI、NASA、NIST、NOAA、STATE、USDA	制定参与计划，以了解和减轻地球观测企业内部协调的约束
	与商业供应商合作，了解促进中小企业和初创企业发展的问题和政策
	为地球观测企业创造机会，在重要的新观测系统的制定过程中提供反馈
协调研发实验技术与方法 DOI、NASA、NOAA、NSF、USDA	进行可行性研究，以通过诸如加速器、孵化器和产业集群之类的活动来推进地球观测企业
	与地球观测企业合作，确定高度优先研究领域，探索协调投资以推进实验技术的发展
	共同制定一项公开竞赛计划，该计划将结合创新的地球观测数据来源，包括确定发展途径和度量标准，以识别和衡量孵化器的成功
识别和分析将数据作为战略资产的计划模型 DOI、NASA、NOAA、SI、USDA	探索现有的评估观测源的项目，并为改进或扩展此类模型提供建议
	识别和评估联邦/非联邦提供地球观测和网络服务的现有模型，以突出需要增加参与的领域
	开展一项有针对性的短期行动，从非联邦来源发现新的地球观测结果，并确定使数据可发现和可访问的路径

4 主要目标 3：提升地球观测的影响

具体目标及参与机构	具体行动
阐明地球观测的价值 DOE DOI NASA NIH NOAA NSF SI USDA	收集当前机构委托进行的经济研究并综合了解地球观测的经济价值，包括其投资回报、加速创新的能力以及对经济增长的贡献
	制定一份量化地球观测的社会和经济价值的方法目录。收集、编录和发布关于地球观测的好处的定性叙述和定量示例

通过学习和适应改进地球观测工作 DOE、DOI、EPA、NASA、NIH、NOAA、NSF、USDA	先进的分析工具和功能可以分析地球观测资料中的关键点、有用的测量值、相关性以及与商业数据的联系 进行两年一次的卫星需求处理，包括分析每个机构如何实施或应用现有卫星数据以满足机构任务目标
促进和利用国际合作 DOI、EPA、NASA、NOAA、SI、STATE、USDA	加强国际合作，建设更强大的地球观测体系 通过国际框架开展工作，增加对海外数据的访问。通过确保公平竞争的环境来促进和增进美国的利益 通过参与政府间地球观测组织和美国地球观测组织，加强全球和地区领导
培养熟练和有能力的地球观测工作者 DOI、NASA、NOAA、NSF、SI、USDA	评估地理空间劳动力培训的概况，包括现有的地理空间和地球观测培训合作计划和奖学金，并确定和解决知识与劳动力缺口 制定路线图，展示利用地球观测的职业道路。促进与教育计划的联系，以发展地球观测工作者 探索如何使地球观测数据和材料在课堂上使用，以激发对地球和分析科学的早期和持续的兴趣

DOE——美国能源部；DOI——美国内政部；EPA——美国环境保护署；NASA——美国国家航空航天局；NIH——美国国立卫生研究院；NIST——美国国家标准技术研究所；NOAA——美国国家海洋和大气管理局；NSF——美国国家科学基金会；SI——史密森学会；STATE——各州；USDA——美国农业部。

(刘学 编译)

原文题目：2019 National Plan for Civil Earth Observations
来源：<https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/12/Natl-Plan-for-Civil-Earth-Obs.pdf>

欧洲空间局发布技术战略报告

2019年10月31日，欧洲空间局（ESA）发布《ESA技术战略》报告，提出4项技术战略目标，凝练出4个优先技术主题以及10个技术创新领域，旨在为ESA负责预研、实施和协调开展的所有技术研发活动的规划、开发和部署提供指导。

报告提出的4项具体且可测度的ESA技术战略目标是：到2023年实现航天器建造速度提高30%；每一代产品的成本效率提高一个数量级；创新技术的开发和应用速度提高30%；到2030年减少空间碎片的产生。

通过分析用户需求和科技创新带来的新能力，报告将各类技术需求归纳为空间活动的4个优先技术主题。①先进制造：识别新材料和新工艺，并从航天产业部门之外引

进颠覆性材料和制造工艺；②设计-生产数字化：研发、引进和验证核心技术，实现从任务设计到运行和数据挖掘的工程数字化流程；③清洁空间和可持续性：重点关注维护空间环境的技术；④网络安全：应对由于越来越多的空间系统与地面系统集成导致的空间系统脆弱性问题。

ESA通过技术投资组合确保各个技术研发计划之间的衔接和有效，在开展使能型关键核心技术研发以及最大程度地投资能够显著提高任务绩效的增强型技术和颠覆性技术之间进行平衡。

最后，报告提出了10个技术创新领域，并明确了相关具体技术，见下表。

表1 ESA技术创新领域

技术创新领域	具体技术 / 描述
电气、电子、(微)机电和光子系统	旨在通过创新、有成本效率、及时可用的电气、电子和机电（EEE）元器件、光子器件和微机电系统（MEMS）解决方案，保障未来任务需求
结构、机械装置、材料、热	可展开的吊杆和充气结构，稳定轻型结构，机械装置各模块可用性，增强性和可改变游戏规则的摩擦学技术，焊接和连接，增材制造，虚拟制造，电子组件和印刷电路板，复合材料，先进涂层，污染，粘合剂，低温与焦平面冷却，两相传热系统，散热系统 / 散热器
航电系统	数据系统，在轨软件，控制系统，传感器，姿态和轨道控制系统与制导、导航和控制系统，光学和射频测量技术，测控应答机和有效载荷数据发送机
电力架构、动力能源、电磁兼容	燃料电池、核动力系统使能性技术，太阳能电池等关键增强性技术，电力管理分配、电磁兼容、能量存储等其他领域转移技术，提高电力系统的集成度，电气、电子和机电元器件可靠性预测技术，采用更多商用现成的电气、电子和机电元器件，简化重复性平台的电力架构
射频和光学系统	天线和有效载荷技术，地面终端技术，用户终端技术，雷达，辐射计，光学传感器，光路技术
生命和物理科学有效载荷、生命保障、机器人和自动化	环境控制和生命保障技术，机器人模块，空间碎片主动移除和轨道支持服务技术，在轨组装和机器人模块化空间系统，健康监测和应对措施及远程医疗应用设备，生命和物理科学及空间探索仪器，自主空间探索，原位资源利用技术
推进、空间运输和再入飞行器	满足无毒推进、反向推进、节流能力、超高推力等新需求的推进技术以及新型可重复使用推进技术、组件和系统等，实现可重用性、开发高超声速亚轨道和轨道飞行能力、实现空间服务等空间运输技术，非破坏性地球和其他行星进入 / 再入所需的先进材料、制导、导航和控制概念、新型热子系统结构和进入和再入使能技术
地面系统和任务运行	先进空间运行概念，射频跟踪、遥测、指挥系统和有效载荷数据传输系统，光学频段有效载荷数据传输系统，任务运行数据系统和标准化接口

数字工程	空间任务数字工程利用权威的系统数据和模型源关联多个学科，支持端到端的工程流程和全生命周期活动，4个关键问题是：调整空间系统生命周期（开发、采购和运行）过程，使之以基于权威数据源无缝集成的数字模型为中心；通过模型数据和传感器数据掌握该系统需要开发先进的数据展示和分析工具；数据展示和分析工具需要支持数据阶段的开发和复杂查询，并为项目和评审团队实际使用提供可视化的数据关系；需要制定保护空间任务资产和产品的有效概念、机制和架构
航天动力学、空间碎片和空间环境	空间碎片技术，空间环境和影响相关技术、工具和方法，航天动力学 - 空间飞行动力学技术，全球导航卫星系统技术

(韩淋 编译)

原文题目：ESA's Technology Strategy.

来源：http://esamultimedia.esa.int/docs/technology/ESA_Technology_Strategy_Version_1_0.pdf

● EMB发布《未来科学—海洋科学中的大数据》报告

2020年4月5日，欧洲海洋局(EMB)发布《未来科学—海洋科学中的大数据》(Future Science Brief: Big Data in Marine Science)报告，概述了大数据支持海洋科学的最新进展、挑战和机遇。为了制定解决关键社会挑战的方案，越来越需要对传统上孤立的学科和部门进行更复杂的跨学科分析，EMB制定了增加数字化和在海洋科学中应用大数据的发展目标，提出为气候科学和海洋生物地球化学、海洋保护绘制生境图、海洋生物观测和水产养殖部门的病虫害控制等面临的挑战与对策建议。

1 气候与海洋生物地球化学面临的挑战及建议

了解海洋中的物理、生物地球化学和生物过程将如何应对和影响未来的气候变化，是当前社会面临的最紧迫的重大挑战之一。气候变化对海洋的影响包括升温、分层、海平面上升、海洋热浪、海冰融化以及脱氧、海洋吸收二氧化碳、相关的海洋酸化和对海洋生态系统服务的影响。采用大数据方法有可能彻底改变人们预测气候变化趋势及其对海洋和社会影响的研究能力。

大数据对于理解海洋生物地球化学在气候中的作用是非常重要的。目前相关数据分析模型正变得越来越复杂，应对海洋模型输出的多样性和复杂性是大数据研究的一项关键挑战。另一个挑战是的数据收集。数据收集受到区域限制，未经允许，船上的科学家在进入国家专属经济区时必须关掉他们的仪器。国际层面正努力将海洋生物地球化

学观测结果纳入区域和全球数据产品，并纳入国际气候谈判进程。然而，一个关键的瓶颈是由于数据格式不同、数据准确性以及科学家对数据共享背后的伦理原因缺乏了解，导致许多海洋气候观测尚未进入数据储存库并能够广泛获得。许多机构已经制定了数据收集、管理和存储的最佳做法，但这些做法尚未把数据全部集中管理起来。

为了更好地理解大数据在气候变化与海洋生物地球化学中的价值，报告中建议：①采用基于公平原则的全球运行数据标准；②采用最佳做法协调和集中海洋观测；③鼓励数据发起者和资助机构使用现有海洋数据基础设施，使所有海洋气候观测易于获取和互操作；④加强海洋数据管理基础结构和电子基础结构之间的合作，以提供可视化和综合分析各种数据的无缝工具；⑤采用新的分析工作流程，如“零下载”范式，科学家使用云计算处理和分析他们的数据；⑥为继续提供准确的原位生物地球化学观测，并将其纳入气候研究和国际气候谈判提供长期资金；⑦实施一项高水平的地表海洋二氧化碳测量协议，增加时空分辨率，以及在国家专属经济区的测量；⑧在海洋科学家和工业界之间建立正式的伙伴关系，例如，仪器和传感器最好是在政府支持下使用，为高质量数据收集做出商业船只长期使用承诺；⑨加强跨学科合作，例如海洋生态学家、生物地球化学和物理海洋学家、气候科学家、统计学家、社会经济学家、数据管理者和计算机科学家之间的合作。

2 海洋保护生境制图面临的挑战及建议

随着海洋观测站的发展和数据采集的指数增长，大数据已成为海洋保护和人类活动管理不可缺少的信息。气候变化、不可持续的捕鱼、航运和污染的负面影响正在迅速增加，迫切需要保护沿海和近岸环境以及近海和深海地区的海洋生态系统，建议在广阔的深海空间范围内建立海洋保护区(MPA)的生态连贯网络。在绘制高分辨率的栖息地地图时，大数据将发挥重要的作用，这些地图可以将测深数据与其他多学科、大规模的栖息地数据结合起来。巴里峡(Bari Canyon)的案例研究证明了这一点，该研究侧重于创建局地尺度的栖息地地图，为规划新的深海保护区的潜在地点提供信息。

Bari Canyon 案例研究展示了地方一级多学科观测系统所需的全面数据管理和分析，其目的是创建高分辨率的栖息地地图，以便使用大数据方法规划新的海洋保护区。随着海洋观测设备的不断监测和后续发展的需要，使得海洋科学家不断增加数据量，进入大数据时代。合并和集中大量的多样性数据是一个关键的挑战。机器学习有可能用真正自主的传感器取代一些海洋学设备，这些传感器能够

实时提取信息，但也会对人工因素导致的对水深和其他特征误判。

为增加使用大数据绘制局地尺度的海洋保护生境地图，报告建议：①使用公平原则管理数据生命周期；②基于研究对象的数据集成与分析；③越来越多地采用机器学习进行数据处理、分析和建模，以减少人为干预；④在每个潜在 MPA 站点设计网络和更大规模地集成数据采集和分析；⑤继续开发新技术，包括卫星和宽带网络连接，以提高数据传输效率和实时或接近实时的数据传输；⑥确保数据的完整性和准确性，并指导人们使用机器学习来最小化风险。

3 海洋生物观测的挑战及建议

实现广泛、协调和标准化的全球生物观测网络是未来十年海洋研究的一个关键目标，它将使与基本生物多样性变量和基本海洋变量相关的科学可行的数据产品成为可能，为海洋战略框架实施和其他海洋生物多样性管理立法提供关键数据。海洋生物学研究向大数据驱动学科的转变，需要建立真正的大数据集。处理复杂数据对海洋生物学家来说是一个突出的挑战。将大数据方法应用于生物数据具有许多优点，例如易于按比例放大采集仪器产生的数据，以及减少了人类在数据收集和分析中的偏差。然而，也存在相当大的挑战，例如缺乏标准化的数据管理和存档实践。另一个挑战是缺乏对数据机器学习算法及其结果分类的专业知识。

为了将海洋生物研究转变为大数据驱动的学科，并改进海洋生物观测，报告建议：①以标准化方式存储和保存生物数据；②在现有生物研究基础设施和科学网络的基础上，建立可持续、全球连接的长期生物观测站网络；③促进开放科学，建立研究人员之间信任的国际方案新倡议，并支持欧洲数据倡议，例如，地球观测生物多样性观测网络和基因组标准联盟的海洋生物多样性观测网络；④提高现有海洋数据基础设施的技术和语义互操作性；⑤加强海洋科学研究与欧洲开放科学的合作，通过探索更多的大数据应用案例，实现更大规模、跨学科的分析和社会相关的数据产品；⑥仔细检查新生物数据源的准确性，包括图像、水声学 and 基因序列，并培训分类学专家，以确保高质量的数据输入大数据应用程序。

4 海洋与海洋提供的食物的挑战及建议

渔业和水产养殖是快速增长的部门，需要进行可持续管理，以尽量减少环境影响，并实现零饥饿（SDG2）和水下生活（SDG14）的可持续发展目标。在水产养殖和野生捕获渔业的一系列应用中，已经认识到大数据方法在可持

续海产品生产的方面有潜力。要在水产养殖中实现更大的数据应用，需要克服商业竞争者之间共享关键业务数据与预测模型的数据质量提高的关键问题。

针对海虱子爆发的预测和管理，报告建议：①开发智能传感器，例如基于照相机的海虱计数器、自动鱼类监测系统和改进的自动环境监测系统，以提高生物和环境数据的时间分辨率，从而改进预测算法；②改善传感器连通性和数据传输，以便更好地提取数据；③在整个海洋数据价值链上使用基于公平原则的数据标准；④让数字公司（如 IBM）参与跨行业协作和技术交叉应用；⑤在政府、行业、大学和数字部门之间开展有效合作，提供实时数据分析，预测海虱疫情；⑥开发可行与可持续的商业模式，维护和扩大监控网络。

针对养殖鲑鱼逃逸自动监控，报告建议：①使用基于公平的原则开发来自许多地点的自动数据收集、存储和处理设备；②通过使用云计算资源获得数据并集中分析；③利用深度学习算法保证获得高质量的图像；④使用越来越多的结构化数据来训练算法并迭代改进分析；⑤通过关键利益相关者的参与，将数据管理、云计算和机器学习整合到水产养殖监控和管理价值链中；⑥制定专门的人员培训方案，支持跨学科项目，以发展和维持监测基础设施。

（吴秀平 编译）

原文题目：Big Data in Marine Science

来源：https://www.marineboard.eu/sites/marineboard.eu/files/public/publication/EMB_FSB6_BigData_Web_0.pdf

● UKRI发布空间气象监测创新项目

2020年6月27日，英国研究与创新署（UKRI）公布了空间气象仪器、测量、建模和风险（SWIMMR）主题的第一阶段资助项目，由英国自然环境研究委员会（NERC）资助逾900万英镑，项目为期4年，主要通过融合新的研究，进一步提高英国气象局空间天气业务中心所使用的空间天气模型的精度，旨在提高英国预测和减轻空间天气的危害的能力。

太空辐射影响飞机系统、高层大气变化、通信和卫星轨道，以及电网和其他地面系统，项目将重点研究太空辐射，保障人们日常生活中所依赖的基础设施所面临的重大风险。SWIMMR是由英国科学与技术设施理事会（STFC）和NERC领导的空天气监测创新项目，四年共资助2000万英镑，将提高英国空天气监测和预测的能力。该项目是英国战略优先基金（SPF）的一部分，以推动高质量的

多学科和跨学科的研究和创新。此次公布的五个项目，将通过融合新的研究，提高空间天气事件发生时间和地点的预测精度，将使英国气象局能够更快地发布警告和建议，让运营商有更多的时间操纵卫星和隔离电网等必要的行动，以确保尽可能减少来自空间天气的干扰。

表 1 SWIMMR 项目详情

SWIMMR 主题	项目名称	牵头机构	参与机构	资助金额 (万)
N1 卫星风险预测	卫星辐射风险预测	英国南极调查局	谢菲尔德大学 伦敦大学学院 雷丁大学 伦敦帝国理工学院	217
N2 航空风险预测	SWIMMR 航空风险模型 (SWARM)	萨里大学	英国地质调查局 伦敦大学学院 中央兰开夏大学	217
N3 GNSS 和 HF 航空预报	空间气象仪器、测量、建模和风险评估: 电离层 (SWIMMR-I)	伯明翰大学	英国巴斯大学 莱斯特大学 兰开斯特大学 利兹大学	217
N4 地面效应预测	SWIMMR 活动地面效应	英国地质调查局	英国南极调查局 伦敦大学学院 伦敦帝国理工学院	174
N5 卫星阻力预测	空间气象仪器、测量、建模和风险评估: 热层 (SWIMMR-T)	伯明翰大学	南安普顿大学 英国南极调查局 兰开斯特大学	102

英国科学部长 Amanda Solloway 指出，卫星对人们的日常生活至关重要，它支撑着从手机到全球定位系统等一系列不断依赖的技术。因此，太空天气造成的任何破坏都可能对社会的正常运转产生深远影响。NERC 执行主席 Duncan Wingham 指出，SWIMMR 是 NERC 与 STFC 和其他合作伙伴合作支持国际先进环境研究的一个示范案例，将在很大程度上改善空间天气的预测能力，更好地保障政府和企业的正常运行。英国气象局空间气象项目经理 Simon Machin 指出，SWIMMR 将为英国的太空天气监测、预警和预测能力提供一个跨越式的发展，支持将尖端科学引入操作服务中，这将使英国气象局能够根据用户的需求提供更广泛、更准确的服务，并巩固英国发展和开发空间领域的战略目标。

(牛艺博 编译)

原文题目: Innovative space weather monitoring projects receive UKRI funding

来源: <https://nerc.ukri.org/latest/news/nerc/innovative-space-weather-monitoring-projects-receive-ukri-funding/>

NERC 资助启动大气测量与观测设施中心

2020 年 4 月 1 日，英国自然环境研究理事会 (NERC) 宣布未来 3 年将资助 290 万英镑，用于启动大气测量与观测设施中心 (Atmospheric Measurement & Observation Facility, AMOF)。该设施中心将由英国国家大气科学中心 (NCAS) 管理，为英国大气科学界提供联合服务，利用专家资源规划并开展世界一流的大气观测，进行先进的数据质量评估，并提供开放数据存储服务。

AMOF 将为英国大气科学界提供全球移动观测仪器、实验室和观测站的访问途径。AMOF 在大气观测方面的专业知识将支持最新的天气、气候和空气污染研究，涵盖一系列研究领域、应用与合作。AMOF 将支持英国科学家收集应对环境挑战的数据，包括预报干旱和空气污染、预测气候变化以及测量汽车尾气排放。

AMOF 由两个设施中心合并而来，包括大气测量设施中心 (Atmospheric Measurement Facility, AMF) 和 NERC 大气雷达研究设施中心 (NERC Facility for Atmospheric Radar Research, NFARR)。此次合并旨在提高科学服务的效率，并在 NCAS 的领导下保持 NERC 世界领先的大气观测能力。

AMOF 将成为 NCAS 管理的 4 个设施中心之一，其他 3 个设施中心包括机载大气测量设施中心 (FAAM)、环境数据分析中心 (CEDA) 和计算建模服务中心 (CMS)。AMOF 与英国多个相关机构建立紧密联系，包括英国环境、食品与农村事务部 (Department for Environment, Food & Rural Affairs)、英国环境局 (Environment Agency)、苏格兰环境保护局 (Scottish Environmental Protection Agency) 和英国气象局 (UK Met Office)。在国际上，与欧洲航天局 (European Space Agency)、冰岛气象局和美国国家大气研究中心 (NCAR) 等机构建立了合作伙伴关系，并参与了气溶胶、云和微量气体研究基础设施 (ACTRIS)、气溶胶自动观测网 (AERONET)、综合碳观测系统 (ICOS) 等国际观测网络和基础设施计划。

(刘燕飞 编译)

原文题目: New Facility for Atmospheric Measurements Launches April 2020

来源: <https://nerc.ukri.org/press/releases/2020/new-facility-for-atmospheric-measurements-launches-april-2020/>

英国建立新的卫星数据中心帮助应对气候变化

2019年12月30日，英国商业、能源与工业战略部（BEIS）和英国航天局（UK Space Agency）宣布，资助500万英镑建立一个新的卫星数据中心来帮助应对气候变化。该中心将使用尖端的卫星技术，分析气候变化对英国的影响，帮助制定减少碳排放的政策，并为实现净零目标做出贡献。

新建的环境科学卫星数据中心（Centre for Satellite Data in Environmental Science, SENSE）是一个虚拟的学术合作组织，由爱丁堡大学和利兹大学组成，将汇集英国50名最优秀的研究人员来帮助解决气候变化问题。在未来3年内，英国自然环境研究理事会（NERC）将提供核心赠款资金，英国航天局将提供资金用于支持特定的学生活动，并且有来自商业/行业以及大学自有资金的额外资助。

卫星数据中心将使用最先进的卫星技术来帮助应对气候变化，包括降低人们遭受洪水影响的风险。对海平面上升、温室气体以及冰川和森林萎缩的卫星观测将有助于为决策者、政府和企业提供所需的数据和知识，以便其更好地了解气候变化的影响并做出未来的预测。这些知识和数据为脆弱地区带来预防与适应措施，例如安装防洪设施以保护沿海城镇，确定日益遭受洪水威胁的地区并监控城镇的污染水平。

（刘燕飞 编译）

原文题目：UK Satellites to Help Lead the Fight Against Climate Change

来源：<https://www.gov.uk/government/news/uk-satellites-to-help-lead-the-fight-against-climate-change>

WMO和ECMWF启动新的气象观测数据质量监测工具

2020年3月17日，世界气象组织（WMO）和欧洲中期天气预报中心（ECMWF）启动了新的Web界面工具，用于帮助监测全球气象观测的可用性和质量。

新工具是世界气象组织综合观测系统（WIGOS）数据质量监视系统（WDQMS）的一部分。新系统从德国国家气象局（DWD）、ECMWF、日本气象厅（JMA）和美国国家环境预测中心（NCEP）等4个WIGOS监测中心收集6小时质量监测报告，根据其提供的近实时信息来监控地面观测与高空观测的可用性和质量。

WDQMS将接收到的各监测中心的观测值与WMO观测系统能力分析和评审工具（OSCAR）地基元数据库计划执行的观测值进行比较，标记出计划执行的内容和实际观测到的内容之间的差异，并突出显示出现的问题。质量监控是通过对各监测中心提供的质量统计数据与OSCAR需求存储库中定义的观测需求进行比较来实现。

新系统可按观测站点、时间间隔、观测变量和监测中心分类汇总监测信息，并生成以地图或时间序列形式显示的可用性和质量报告。然后，以6小时间隔、每日间隔以及每月间隔等3种格式进行时间聚合。新系统还可以基于各监测中心的5天滑动平均值进行汇总，向WMO区域综合观测系统中心（RWC）的工作人员警告潜在的观测问题。

新系统通过对各数值天气预报中心的数据覆盖范围和质量统计数据进行比较，为全球数值天气预报中心提供了增强监测能力的机会，并确保所有国家气象部门近实时地收到有关其观测资料使用和质量的反馈。未来，该工具将发展到为每个WMO地面观测站制作观测质量月度绩效报告，涵盖可用性、质量和及时性的绩效指标，并将扩展到WIGOS的其他组件，包括海洋和航空观测。

（刘燕飞 编译）

原文题目：WMO and ECMWF launch new web tool to monitor quality of observations

来源：<https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/news/2020/wmo-and-ecmwf-launch-new-web-tool-monitor-quality-observations>



遥感科学国家重点实验室

State Key Laboratory of Remote Sensing Science

中国科学院空天信息创新研究院 • 北京师范大学
Aerospace Information Research Institute, CAS • Beijing Normal University

中国科学院空天信息创新研究院分部：
北京市朝阳区大屯路甲20号北
邮编：100101
电话：010-64848730
Email：rslab@aircas.ac.cn

北京师范大学分部：
北京市海淀区新街口外大街19号
邮编：100875
电话：010-58801865
Email：crs@bnu.edu.cn

(内部刊物，仅供交流)