

清华地学 研究导报

2021

辛丑年
恭贺新禧



清华大学地球系统科学系
Department of Earth System Science, Tsinghua University

CONTENT

目录

感谢信

- 致关心清华大学地学学科建设的领导与各界朋友的感谢信 03

Part1 地球系统观测

- 清华大学地球系统科学系发布新一代地球观测数据与制图成果 05
- 地学系宫鹏教授研究组发布全球1982~2015年逐年长时序动态土地覆盖数据产品 06
- 清华大学地学系宫鹏研究组发布多时相高分辨率全球城市边界数据集 08
- 北京市平原造林遥感监测与未来空间适宜性评价模拟 10
- 清华大学地学系与商汤科技共同发布3米分辨率地表覆盖制图 11
- 地学系俞乐课题组发布马来西亚和印度尼西亚油棕种植园分布数据 13
- 清华大学地学系付昊桓教授研究组发文提出了一种新的跨区域油棕识别方法 14

Part2 地球系统过程

- 地学系林岩奎课题组揭示热带中尺度对流系统活动影响平流层水汽变化 15
- 地学系阳坤教授课题组揭示青藏高原浅薄积雪消融的关键过程 16
- 清华大学地学系阳坤教授研究组发文揭示20世纪90年代中期以来羌塘高原变湿的原因 17
- 地学系阳坤教授课题组发文揭示近四十年来青藏高原南部夏季降水年代际变化及机理 18
- 清华大学地学系徐芳华研究组揭示北欧海高密度溢出流水体的来源与上游路径 19
- 清华大学地学系彭怡然研究组揭示全球不同区域气溶胶影响长波云辐射强迫的具体机理 21
- 清华大学地学系林岩奎教授课题组揭示不可逆湿过程对台风结构的影响 22

Part3 地球系统模式

- 清华大学地学系地球系统模式研发再上新台阶 23
- 阳坤教授团队王岩博士发文提出复杂地形山区降水模拟新方案 24
- 地学系徐世明研究组提出基于CESM耦合模式的海气动力耦合过程新方案 26
- 清华地学系刘利课题组解决全球公里级分辨率耦合的高效通信路由生成问题 27
- 清华大学地学系首次参加全国汛期气候趋势滚动预测会商 29

Part4

地球系统管理

- 地学系蔡闻佳、环境学院王灿课题组发布共享社会经济路径（SSPs）下未来中国分省人口及公里级分布数据 30
- 清华大学地学系关大博教授研究组发文评估全球疫情控制政策对经济的影响 31
- 地学系张强教授研究组发文揭示中国污染减排可抵消全球变暖对空气质量的负面影响 33
- 清华大学地学系刘竹研究组揭示空气污染对能源需求及供给的影响 34
- 清华大学地学系徐冰教授研究组提出新冠疫情全球分批次联合防控策略 35
- 地学系张强研究组构建碳排放动态反演技术，揭示新冠疫情下中国碳排放变化的驱动力 36
- 气候变化与健康危机交织，协同应对迫在眉睫——“柳叶刀倒计时”2020年度报告发布会暨柳叶刀倒计时亚洲中心成立仪式 38
- 清华大学地学系关大博教授研究组发文揭示加州山火的灾害足迹 41

Part5

建设与影响

- 黄小猛副教授团队基于机器学习的预报订正方法研究斩获殊荣 43
- 中国城市土地利用制图委员会第四次会议召开：众智共度现时艰，协力同测千城变 44
- 地学系白玉琪获授第七届中国电子学会优秀科技工作者荣誉称号 47
- 地学系宫鹏教授出席2020世界人工智能大会论坛 48
- 清华大学地学系主任宫鹏应邀参加第三届世界顶尖科学家论坛 49
- 应对气候变化 保护生态环境 关切公共卫生健康
——第二届国际工程教育论坛“气候、环境与健康”分论坛在线举行 51

感谢信



致关心清华大学地学学科建设的领导与各界朋友的感谢信

尊敬的各位领导、专家和朋友们：

值此2021年来临之际，恭祝大家身体健康、工作顺利、阖家幸福、万事如意！

2020年是极不平凡的一年，也是清华大学地学学科发展极为重要的一年。一年来，在清华大学各级领导的支持下，在以徐冠华院士为主任的科学指导委员会的指导下，在社会各界的帮助下，清华大学地球系统科学系（以下简称“地学系”）又取得了进一步发展。

首先，年初面对突如其来的新冠肺炎疫情，地学系按照国家和学校部署，做到了疫情防控不松懈，教学科研不停步，改革发展不放松。地学系勇挑重担，发挥自身学科优势迅速组建了“流行病学传播预测与对策”科技抗疫突击队。突击队在新冠疫情防控和流行病学研究方面取得多项突破性成果，包括在《自然-人类行为》（Nature Human Behaviour）合作发表题为“全球疫情控制政策对经济影响的评估”的研究论文，指出中国所实行的严格管理和有序放开举措对全球经济重启及产业链复苏起到了决定性作用；在《美国国家科学院院刊》（PNAS）发表题为“新型冠状病毒肺炎

全球大流行需要联合干预以防控未来传播浪潮”的研究论文，提出新冠疫情全球分批次联合防控策略；在《自然-通讯》（Nature Communications）上发文揭示新冠疫情下全球二氧化碳排放创纪录下降；在《科学进展》（Science Advances）发表题为“卫星遥感反演新冠疫情期间中国二氧化碳排放的下降与反弹”的研究论文，揭示出新冠疫情防控措施对工业活动的影响和解封后工业活动的迅速反弹是新冠疫情期间我国二氧化碳排放变化的最主要驱动力。由于上述丰硕研究成果，突击队荣获“清华大学抗击新冠肺炎疫情先进集体”称号。徐冰教授和任浙豪同学获得清华大学抗击新冠肺炎疫情先进个人。

第二，在师资队伍建设方面，地学系根据国家和学校有关“破五唯”精神，制定了新的教师队伍学术评价标准并获得学校通过。多名教师获得多项荣誉。俞乐副教授通过教研系列长聘资格考核。王焱助理教授获得基金委优秀青年科学基金资助。阳坤教授获评清华大学第17届良师益友。罗勇教授获得大禹水利科学技术奖科技进步奖一等奖（排名第2）。张强教授获得第三批国家生态环境保护专业技术领军人才，蔡闻佳副教授获得青年拔尖人才。宫鹏教授当选欧洲科学院外籍院士。

第三,在教育教学方面,地学系进一步加强了全系的学风建设。地学系通过了《博士生资格考试实施办法》和《博士学位论文同行专家匿名评审实施办法》,加强博士生培养质量目标管理,有效保证博士学位论文质量。多名教师和学生教育教学方面获得多项荣誉。宫鹏教授开设的“地球系统科学前沿”研究生课程获清华大学2019年度教学优秀奖。罗勇教授参与的“气候变化科学概论”课程获中国科学院教育教学成果一等奖。地研18班被评为2020年北京市高校“十佳班集体”,这是清华大学今年唯一获得该奖项的班集体。地研18班党支部还入选清华大学第二批标兵党支部建设集体。曹超纪同学获得2020年度清华大学启航奖金奖。

第四,在科学研究方面,地学系教师共获得66个项目资助,包括10项国家重点研发计划课题,以及2项基金委重大项目课题。本年度地学系师生在包括Nature和Nature子刊、Science和Science子刊、Lancet和Lancet子刊以及PNAS等高影响力刊物上发表27篇论文。

以下四项成果引起特别关注:

(1)在地球系统观测方向取得重要研究成果,包括基于亚马逊云服务(AWS)完成了世界唯一的全球30米分辨率逐日无缝遥感观测数据集(2000~2020年)及相应逐季节地表覆盖图;全球5公里分辨率的1982~2015年逐年长时序动态土地覆盖数据产品;多时相高分辨率全球城市边界数据集等。

(2)地球系统模式研究再上新台阶。今年6月,国际模式发展主流期刊《地球系统模拟进展》(Journal of Advances in Modeling Earth Systems)发表了介绍地学系主导研发的联合地球系统模式的论文。模式整体性能优异,与已有的CMIP5模型相比,各方面性能处于国际前列。地学系师生还在《自然-通讯》(Nature Communications)上发文揭示北欧海高密度溢出流水体的来源与上游路径等。

(3)发布第五部“柳叶刀倒计时”全球报告和首部中国报告。“柳叶刀倒计时”人群健康与气候变化报告的持续发布,使清华地学系在人群健康的研究方面继续保持国际前沿水平,为世界各国应对气候变化带来的健康挑战提供了科学依据。今年,在清华地学系的带领下,国内外19家顶尖学术机构和77位专家学者一起合作,在《柳叶刀-公共卫生》(The Lancet Public Health)上发表了首部中国版“柳叶

刀倒计时”报告,为推动中国的低碳发展和健康中国建设提供了有针对性的政策建议,同时也标志着我系在涵养学术生态、深化学科交叉和学科认知、发挥更有力的政策影响方面迈出了坚实的一步。

(4)继续加大学科交叉力度,在地球科学和预防医学、计算机科学、环境科学以及经济学领域取得多项成果,如在《自然-气候变化》(Nature Climate Change)发表“Weakening aerosol direct radiative effects mitigate climate penalty on Chinese air quality”的研究长文,指出我国未来污染减排将导致气溶胶辐射效应减弱和大气污染扩散条件改善,进而抵消全球变暖对我国空气质量与人群健康的负面影响等。

第五,在国际合作方面,地学系2020年度向学校推荐并获批两名荣誉教授:普林斯顿大学的Simon Levin教授和牛津大学的Charles Godfray教授。Simon Levin教授是美国科学院院士和美国生态学会主席。Charles Godfray教授是欧洲科学院院士和英国生态学会主席。两位教授的加盟将有助于进一步提升清华生态学科的办学水平和国际影响力。此外,地学系还于12月4日成功举办了第二届国际工程教育论坛“气候、环境与健康”分论坛。论坛举办目的在于为全世界来自气候变化、公共健康等领域的专家学者以及公众间搭建一个交流的平台,让该领域的专家学者一起探讨气候变化、健康以及环境对教育带来的影响。论坛的举办加强了清华地学系国际学术交流,提升了我系学术影响力。

第六,在实验室建设方面,地球系统数值模拟教育部重点实验室通过了教育部评估,获得良好等级。依托地学系建设的清华大学全球变化研究院也通过了三年评估。去年获批的东亚迁徙鸟类与栖息地生态学教育部野外科学观测研究站正在加紧建设,以便更好地服务于国家生态文明建设。

展望2021年,我们将勇担职责使命,力争在人才培养、科学研究、学科建设、行政服务和文化氛围建设等方面取得更大成绩,扎根中国大地建设世界一流地学学科,为地球系统科学发展和应对全球变化做出更大的贡献。

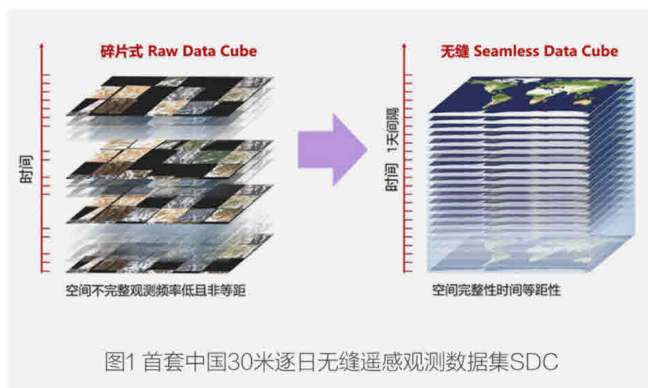
衷心感谢您给予我们的厚爱和指导!希望继续得到您更多的关怀和支持!

清华大学地球系统科学系
二〇二〇年十二月三十一日

清华大学地球系统科学系发布新一代地球观测数据与制图成果

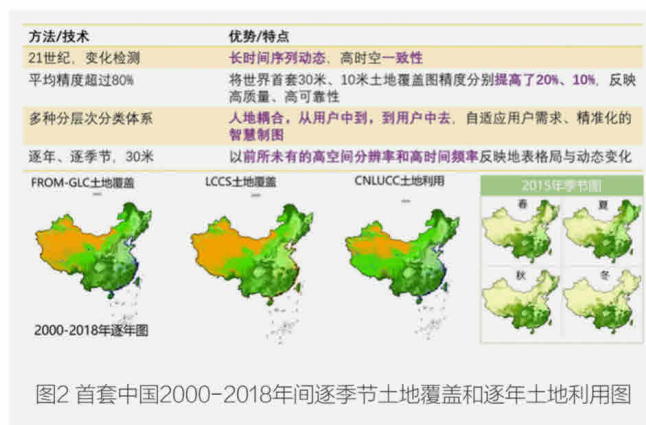
2020年4月15日，清华大学地球系统科学系举行新一代地球观测数据与制图成果发布会。清华大学理学院院长、地学系主任宫鹏教授和博士研究生刘涵一起，对外发布了清华大学基于亚马逊云服务（AWS）完成的新一代中国地区地球观测数据集（Seamless Data Cube, 简称SDC）——2000~2018年30米分辨率逐日无缝遥感观测数据，和在此基础上研制的中国逐季节地表覆盖和逐年土地利用制图成果。财新网、科技日报、中国科学报、科普时报等多家媒体，以及参与项目合作的亚马逊云服务（AWS）和光环云数据有限公司团队参加了发布会。

清华大学新研制的无缝数据集，填补了高空间分辨率和时间频率观测的空白。

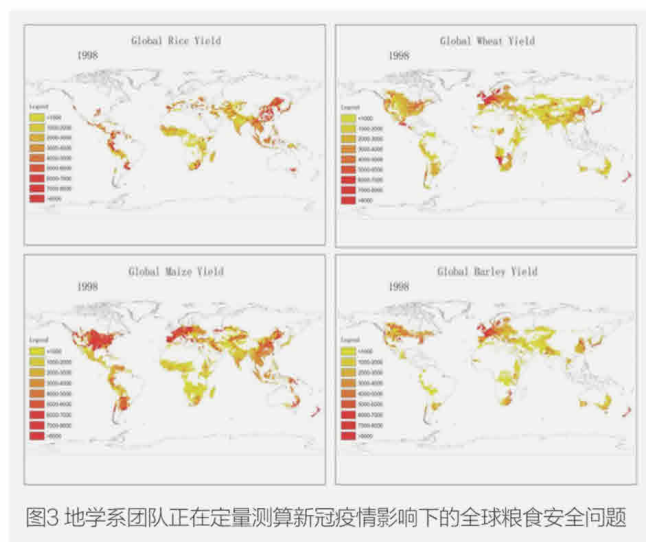


目前世界上主流的地球观测卫星Landsat每16天才能对全球扫描一遍，所获得的数据集是不完整的。宫鹏教授团队采用时空遥感技术手段和MODIS图像辅助研发的无缝遥感观测数据集Seamless Data Cube，使得每一天都有一套完整的全球30米分辨率的观测数据。正是这些逐日数据使得地球长时间观测序列有了很好的时空一致性。基于无缝数据集，宫鹏教授团队提取了30米空间分辨率土地覆盖变化的情况，设计和训练了一套适应遥感大数据的深度遥感特征学习和分

类模型，最终得到了世界首套中国逐季节土地覆盖和逐年土地利用制图（从2000年到2018年）。



无缝遥感观测数据集SDC以及逐季节土地覆盖和逐年土地利用制图，开辟了中国卫星遥感数据处理和信息提取的新范式。它能够服务于国民经济众多行业，比如农业集约化和土地闲置的监测、城市化与自然植被丧失的识别、土地退化和粮食安全、环境变化与健康、造林和土壤含水量的关系、城市扩张与热岛效应，以及碳储备等。



无缝遥感观测数据集SDC有助于打造世界顶级的在线制图服务的平台，并产生新的数据产品。比如依靠这个数据集，清华大学地学系研发了全球粮食估产模型，该模型输入不同地方的作物种植和气候预测数据，就可以提前两个月估算出全球粮食产量情况。

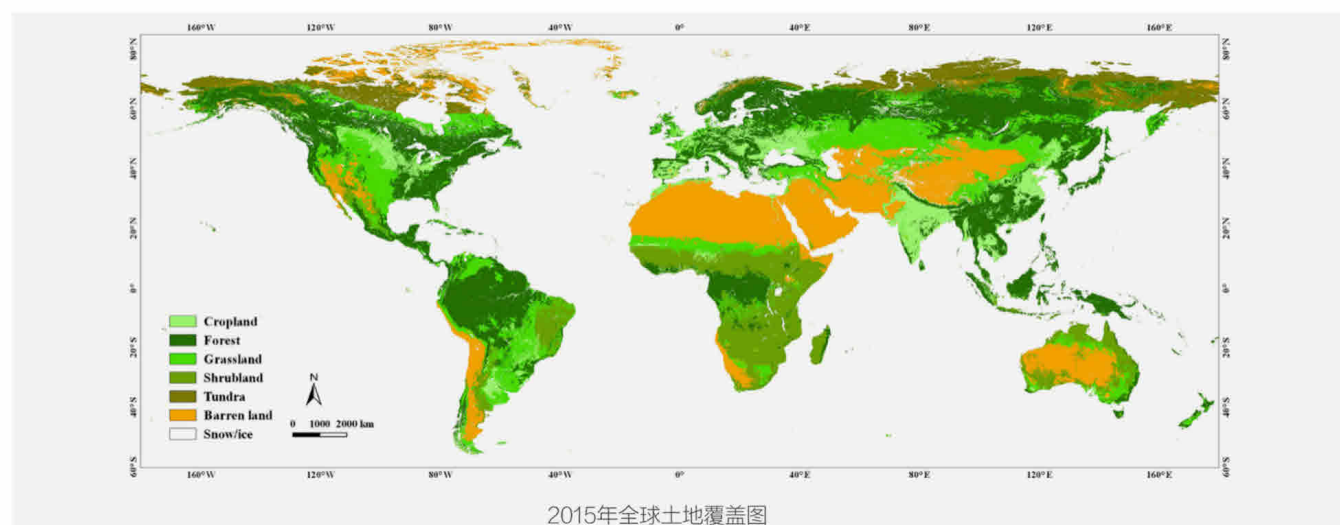
无缝遥感观测数据集的研制得到了亚马逊云服务（AWS）的大力支持。据AWS技术人员介绍，宫鹏教授团

队采用AWS云服务算力，相当于全世界现在TOP200的高性能计算机所能提供的能力。AWS并不简单地提供储存和数据服务，而是在云服务里就包括了人工智能与机器学习的计算框架。采用AWS云服务后，地表覆盖制图的精度提高了10~20%。

地学系宫鹏教授研究组发布全球1982~2015年逐年长时序动态土地覆盖数据产品

2020年6月3日，清华大学地球系统科学系宫鹏教授科研团队在地学领域顶级期刊《地球系统科学数据》（Earth System Science Data）上发表题为“全球1982~2015年土地覆盖逐年动态及长期变化”（Annual dynamics of global land cover and its long-term changes from 1982 to 2015）的论文，对外发布了全球1982~2015年逐年长时序动态土地覆盖数据产品（GLASS-GLC）。

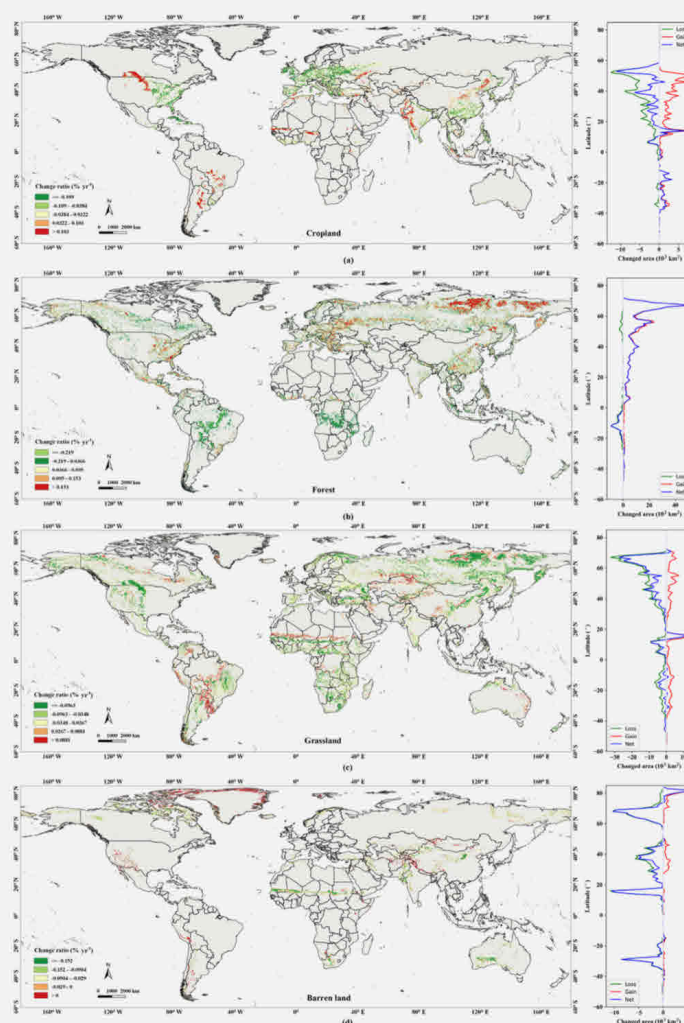
近年来，随着全球环境变化特别是人类活动导致土地利用和土地覆盖不断变化，人们迫切需要对全球土地覆盖和土地利用进行有效监测和全面分析。然而，当前全球长时序、全类别、高精度土地覆盖变化数据产品十分缺乏。针对这种情况，宫鹏教授团队研发了具有5km空间分辨率和34年长时序逐年动态的全球土地覆盖数据产品GLASS-GLC。作为地球系统模式的关键输入参数之一，这套产品对于全球碳和水循环、植被动态和气候变化、生物多样性保护等全球环境变化及模拟研究具有重要价值和意义。同时，作为农林生产、土地政策、城市建设、抵御洪涝、火灾防范和传染病传播模拟等方面的重要基础数据，GLASS-GLC也将服务于生态和资源环境的评估、管理和决策，为联合国可持续发展目标的实现提供支持。



地球系统观测

GLASS-GLC产品以1982~2015年的全球陆表特征参量数据集（GLASS CDR）为数据源，借助谷歌地球引擎（Google Earth Engine）平台进行开发，涵盖耕地、森林、草原、灌木、苔原、裸地和冰雪等七大土地覆盖类别。基于本团队研发的全季节普适样本库，在有限样本稳定分类理论的支撑下，GLASS-GLC数据集采集了全球均匀分布、高代表性和典型性的上万个大型一致样本（Huge homogeneous samples, H-homo），并结合滤波重建的数据立方体和四维时空谱特征立方体，以及分类后时空一致性后处理，有效确保了数据产品的可靠性和地物判别的有效性。经全球独立样本库检验，GLASS-GLC数据集年平均精度达82.81%，同时还能向用户提供详细的制图不确定性空间分布图。

GLASS-GLC反映了长达34年的全球土地覆盖时空变化格局，包括热带地区耕地增加，北半球森林增加以及亚洲的草地减少等显著现象。定量分析表明，在土地覆盖显著变化地区，人类活动对环境的影响水平高达25.49%。分析结果还显示，人类活动影响与植被面积增加有很强的相关性。同已有土地覆盖数据产品相比，GLASS-GLC数据集具有高精度、高一致性、高可比性、更丰富类别信息和更长时间覆盖范围的特点，填补了当今世界已有制图产品的空白。



1982~2015年全球土地覆盖变化动态

清华大学地学系博士生刘涵为论文第一作者，地学系教授宫鹏和清华海峡研究院人工智能地球实验室总工程师王杰为通讯作者，其他合作者包括谷歌公司工程师尼古拉斯·克林顿、清华大学地学系副教授白玉琪、武汉大学遥感信息工程学院教授梁顺林。该产品的生产得到了国家重点研发计划项目的资助。

原文链接: <https://essd.copernicus.org/articles/12/1217/2020/>

数据网址: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.913496>

清华大学地学系宫鹏研究组发布多时相高分辨率全球城市边界数据集

2020年6月11日，清华大学地球系统科学系宫鹏教授研究组联合国内外多家研究机构在《环境研究快报》（Environmental Research Letter）上发表题为“基于全球人造不透水面GAIA的全球城市边界制图”（Mapping global urban boundaries from the global artificial impervious area (GAIA) data）的论文，对外发布了全球1990、1995、2000、2005、2010、2015和2018年的全球城市边界数据集。

过去30年来，全球经历了空前的城市化进程。当前，全球城市人口已经超过了农村，且城市人口的比例预计在未来将会继续增加。这些新增的城市人口将主要集中在发展中国家和区域（例如东亚和非洲），对当地的生态环境和可持续发展提出了新挑战。评估城市建成区和周边生态环境依赖于空间显性的城市区域范围，对于城市发展和生态保护愈发重要。但目前这类数据特别是多时相数据的获取仍然以人工目视解译为主，缺乏在区域和全球尺度上较为一致的制图方法和相关的数据集。针对这一问题，宫鹏研究组发起基于已开发的全球高分辨率（30米）人造不透水面制图产品（Global Artificial Impervious Area-GAIA）提取多时相（1990、1995、2000、2005、2010、2015和2018年）的全球城市边界（Global Urban Boundary-GUB）数据集的研究。

GUB数据集采用全球一致的边界定义和绘制方法，通过算法能自动地根据不透水面的分布进行划定。得到的边界数据是评价城市生态环境和建成区构成的重要基础数据和评价单元。同时，作为全球城市研究的重要基础数据，GUB数据能够支持联合国可持续发展目标的相关研究，为全球城市科学发展提供决策支持。

GUB数据集以长时序的GAIA数据为基础，包括了全球所有面积超过1平方公里的城市及周边居民点的边界。其算法内涵是结合宏观尺度的核密度分析和微观尺度的邻域扩张算法，叠加上边界地区的形态学处理，实现自动地划定城市的空间范围和轮廓。该数据集主要借助谷歌地球引擎（Google Earth Engine）平台进行开发，绘制了全球多时相的城市边界数据。通过对比人工解译的结果，GUB数据集能够很好地捕获到城乡边缘地区的轮廓特征，并且可以实现全球范围的快速制图和多时相结果更新，从而大大降低了人工解译城市边界的人力成本和定义的主观性。该算法具有较好的鲁棒性，能同时很好地刻画大城市和小城市的轮廓特征。在国家尺度上，基于GUB城市边界数据得到的城市大小与人工解译数据较为接近，证明了算法在推广到全球和多期制图的可行性。

地球系统观测

通过分析GUB多时相城市边界数据，研究人员可以获取城市的面积，包括了城市内部的不透水面及相关的附属类型（例如绿地和水体等）。研究人员进一步发现，目前全球超过1000平方公里的城市边界主要集中在北美、欧洲以及中国和日本的沿海城市。从1990年到2018年，全球面积超过1000平方公里的城市从400个激增到1000多个，呈现出明显的城市化进程。同时，在全球尺度上，研究成果显示城市边界内的不透水面占城市面积的比例从1990年的53%增加到了2018年的60%，说明全球城市不透水面的增长变得更加集约。分析发现，美国的城市面积是中国的1.2倍，但是人均城市面积却是中国的近3倍。由于高密度的人口分布，日本是城市边界内部不透水面占比最高的区域（约为70%）。

清华大学博士毕业生、现美国爱荷华州立大学的李雪草博士后为论文第一作者，地学系宫鹏教授和美国爱荷华州立大学周宇宇副教授为通讯作者。国内外多家合作组织和机构参与了论文的研究工作，包括清华大学中国新型城镇化研究院健康城市研究中心、清华大学中国城市研究院、北京师范大学、中山大学、华东师范大学、北京城市规划设计研究院、美国加州大学戴维斯分校、美国USGS和Google等相关机构的研究人员。该研究得到了清华大学Delos Living LLC项目和唐仲英基金会、爱荷华州立大学以及国家重点研发项目（2019YFA0607201和2017YFA0604404）的资助。

原文链接：<https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab9be3>

数据网址：<http://data.ess.tsinghua.edu.cn/>

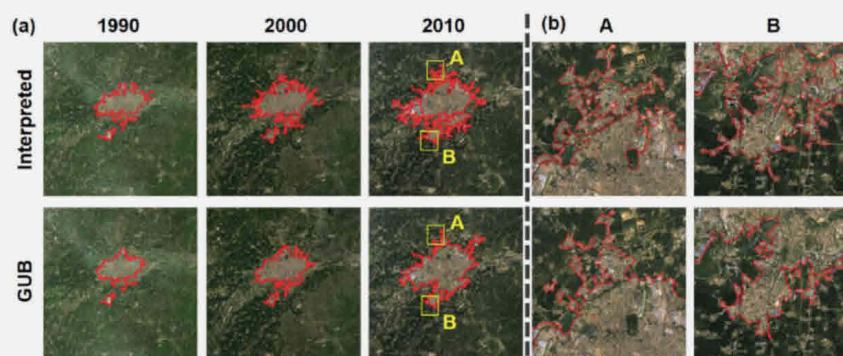


图1 本研究获取的城市边界与人工解译结果对比。左图（a）是两套数据在沈阳地区的多期结果对比图；右图（b）是在左图城乡交界处的放大结果。

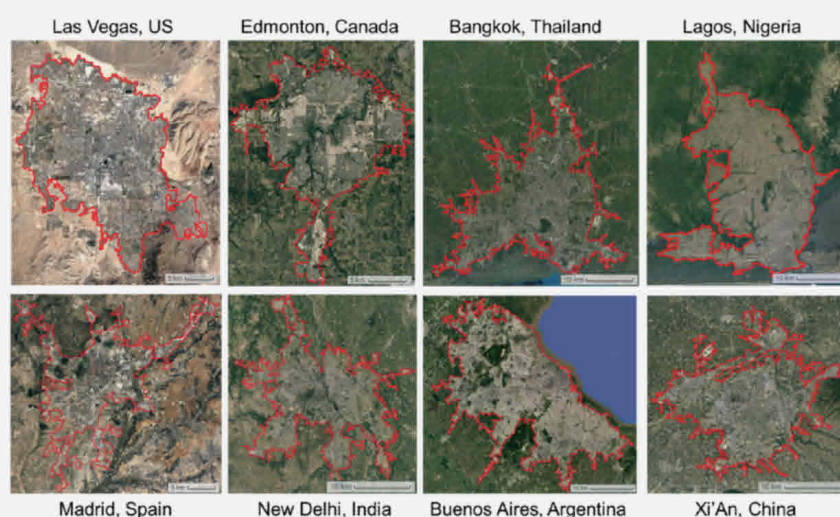


图2 选取的8个全球代表性城市的边界结果（2018年）

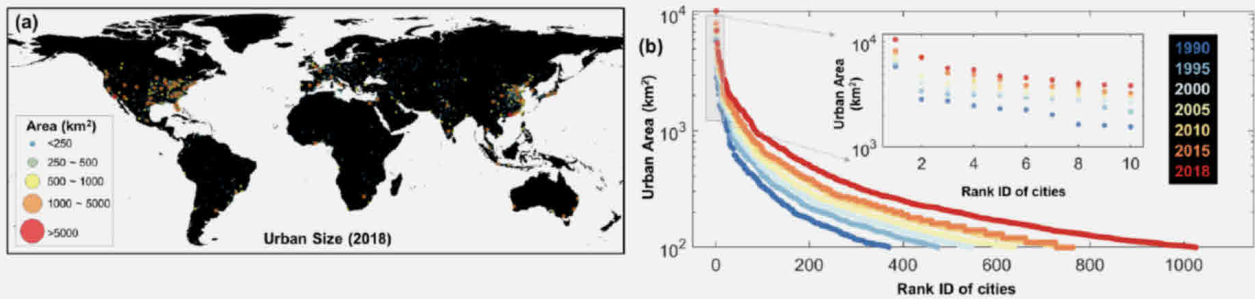


图3 (a) 全球城市边界面积超过100平方公里的城市分布 (2018年); (b) 多期城市面积-大小排序曲线, 小图代表着多期排名前10的城市面积-大小排序。可以看到, 1990年全球排名前10的城市群主要包括洛杉矶 (美国), 达拉斯 (美国), 东京 (日本), 芝加哥 (美国), 约翰内斯堡 (南非), 迈阿密 (美国), 底特律 (美国), 纽约 (美国), 旧金山湾区 (美国), 西雅图 (美国)。到2018年, 全球排名前10的城市群主要包括珠三角区域 (中国), 洛杉矶 (美国), 除上海外的长三角地区 (中国), 芝加哥 (美国), 达拉斯 (美国), 休斯顿 (美国), 北京 (中国), 约翰内斯堡 (南非), 纽约 (美国) 和上海 (中国)。

北京市平原造林遥感监测与未来空间适宜性评价模拟

清华大学宫鹏等以北京市“百万亩平原造林”（简称造林工程）为例，利用长时序遥感影像监测林地生长状况及其变化、土地利用改变对林地生长的影响，评价造林工程的植被生长状况特征变化。通过分析北京地区的长时序Landsat遥感影像时间序列获取的植被长势及变化趋势，评价一期造林工程林地斑块绿色空间生长变化情况。结合造林前后斑块内植被生长状况变化，空间异质性和特殊地类约束等特征，研究提出了基于对象的新一轮平原造林的空间模拟框架（图1）。模拟的造林区域空间分布特征能够为政府的林业管理部门提供重要的决策支持。该项研究成果发表在《中国科学：地球科学》上。



图1 研究提出的平原造林空间模拟框架

地球系统观测

基于遥感影像时间序列数据对一期造林工程的生态效益分析发现,其仍有明显的提升空间。研究发现,第一期造林工程中存在部分对区域原有绿色空间生长破坏的情况,主要发生在初始绿色空间生长状况较好且内部植被生长的空间异质性小的林地斑块以及优质的、较大规模的耕地,具有这些特征的斑块原则上不适宜开展造林工作。

基于对第一期造林工程实施评估的分析, 根据城市化过程对绿色空间格局的潜在影响分析, 研究构建第二期“百万亩造林工程”中绿色空间生长适宜性评价变量, 探索在城市土地利用扩展的情景下新一轮造林工程中新增绿色空间分布的模拟方法。所提出的方法从新增植被的生长状态、变化趋势以及空间格局出发, 对整个区域的林地适宜斑块进行了划分和评价。研究发现未来新增的林地斑块主要集中在通州区、大兴区、顺义区等区域(图2)。这些地区不仅是城市建设重点, 也是加强绿色空间、建设宜居城市的重要区域。同时, 新增的林地斑块在空间景观上能够很好地弥补现有造林斑块, 从而满足造林斑块的空间均衡发展并实现其生态效益最大化。

该研究所建立的评价方法可推广至全国范围,对区域造林监测和未来造林规划提供借鉴。

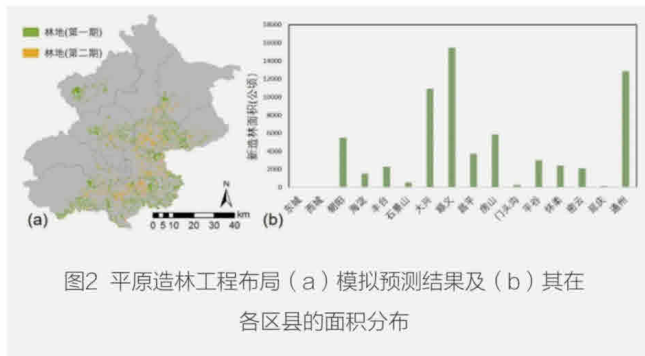


图2 平原造林工程布局 (a) 模拟预测结果及 (b) 其在各区县的面积分布

相比于网格化的模型,所提出的对象化的模拟框架能够很好地契合真实的林地发展状态。同时,研究提出的适宜性评价方案可以比较灵活地进行扩充。在未来的研究中,造林生态效应的衡量指标可以进一步涉及人居感官的多个指标,从而提供更加完善的评价体系,为政府林地资源管理和生态文明建设提供重要的科学支持。

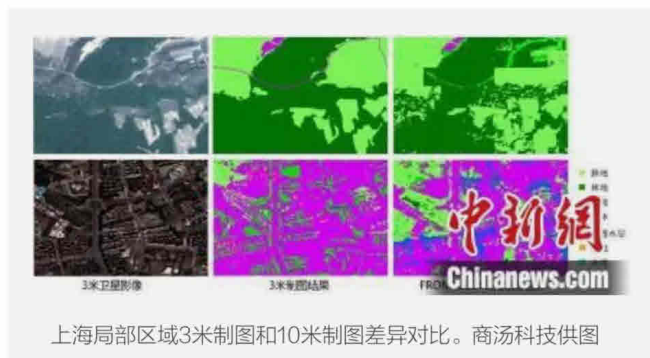
英文版链接:

Hu T, Li X, Gong P, Yu W, Huang X. 2020. Evaluating the effect of plain afforestation project and future spatial suitability in Beijing. *Science China Earth Sciences*, <https://doi.org/10.1007/s11430-019-9636-0>

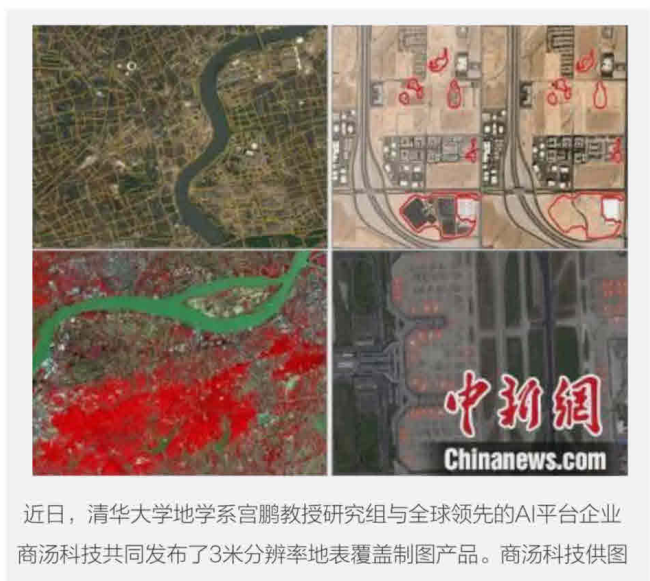
清华大学地学系与商汤科技共同发布3米分辨率地表覆盖制图

中新网北京8月24日电（郭超凯）记者24日获悉，清华大学地学系宫鹏教授研究组与全球领先的AI平台企业商汤科技近日共同发布了3米分辨率地表覆盖制图产品，年内将完成全世界陆地地表覆盖制图工作。

这是继30米地表覆盖制图和10米分辨率全球地表覆盖图（FROM-GLC10）后，宫鹏教授研究组与商汤科技在全球遥感制图领域完成的一次突破性成果。该成果也代表了AI技术将遥感制图引入“高清”时代。



随着人类活动的加剧，土地信息的变化也在加快。为了进行更加科学合理的规划和施行相应的措施，精细化的土地分类管理势在必行。因此，及时、准确地获取地球表面特征变化等要素，开展全球及区域地表信息数据的研究，就显得尤为重要。在这样的趋势下，行业各界对更高空间分辨率的全球地表覆盖产品，也均提出了迫切需求。



基于AI遥感智能解译深度学习算法，3米分辨率地表覆盖制图产品对超过50000张102424像素图像进行学习，采用样本迁移技术，总体解译精度达到86%，实现了对世界自然环境、经济社会发展的解读。同时，得益于AI技术的应用，数以万计的高像素遥感影像高效自动处理从不可能变为可能。AI技

术和遥感技术的跨领域“共振”，开创了遥感制图全新的发展趋势。

专家表示，3米地表覆盖制图的完成，将带动相关产业和应用进一步提速，城市体检便是其中之一。今年6月，住建部印发《关于支持开展2020年城市体检工作的函》，对部分城市开展城市体检工作，共计36个城市被选定为2020年城市体检样本城市。

作为城市创新型治理的手段，城市体检是支撑未来城市高质量发展和精细化管理的有效手段。其中的“生态宜居”指标主要反映城市的大气、水、绿地等各类生态环境要素保护情况。以3米地表覆盖制图的应用作为基础，结合产业界提供的多维度数据支撑，可以在生态宜居性、交通便利性等多个层面为政府决策提供科学建议。

地学系俞乐课题组发布马来西亚和印度尼西亚油棕种植园分布数据

2020年4月，地学系俞乐课题组在《地球系统科学数据》（Earth System Science Data）上发表题为“2001–2016年逐年马来西亚和印度尼西亚油棕种植园分布数据集”（Annual oil palm plantation maps in Malaysia and Indonesia from 2001 to 2016）的论文，发布了一套2001–2016年印度尼西亚和马来西亚100米空间分辨率逐年油棕分布数据集。

近年来，全球对植物油和生物燃料的需求不断增长，导致东南亚（尤其是马来西亚和印度尼西亚）的油棕种植园显著扩张，大量侵占东南亚地区的热带森林。据统计，1990–2005年间50%的新增油棕种植园面积来源于森林砍伐。此外，油棕扩张还造成生物多样性丧失和温室气体排放增加。定量分析油棕扩张造成的环境影响需要时空分辨率更高的油棕土地覆盖动态数据集。

本研究中使用合成孔径雷达数据ALOS PALSAR，ALOS-2 PALSAR-2和中分辨率成像光谱仪MODIS数据集得到首套2001–2016年印度尼西亚和马来西亚100米逐年油棕分布数据集。首先，采用前期建立的全球油棕样本库和随机森林监督分类器对PALSAR数据进行分类，得到2007–2010和2015–2016年油棕分布范围；然后，在数据缺失年份（2011–2014年和2001–2006年）使用MODIS数据和变化检测算法补全变化年份得到逐年油棕变化数据集。基于验证样本的精度评价表明，该数据集制图精度为86.61%，变化精度为75.74%。分析结果表明，在2001–2016年间，马来西亚和印度尼西亚的油棕种植园面积分别增加了146.60%和322.46%。该数据集还可以被进一步应用于区域碳循环、农业管理、生物多样性保护以及油棕产业的可持续发展等研究。

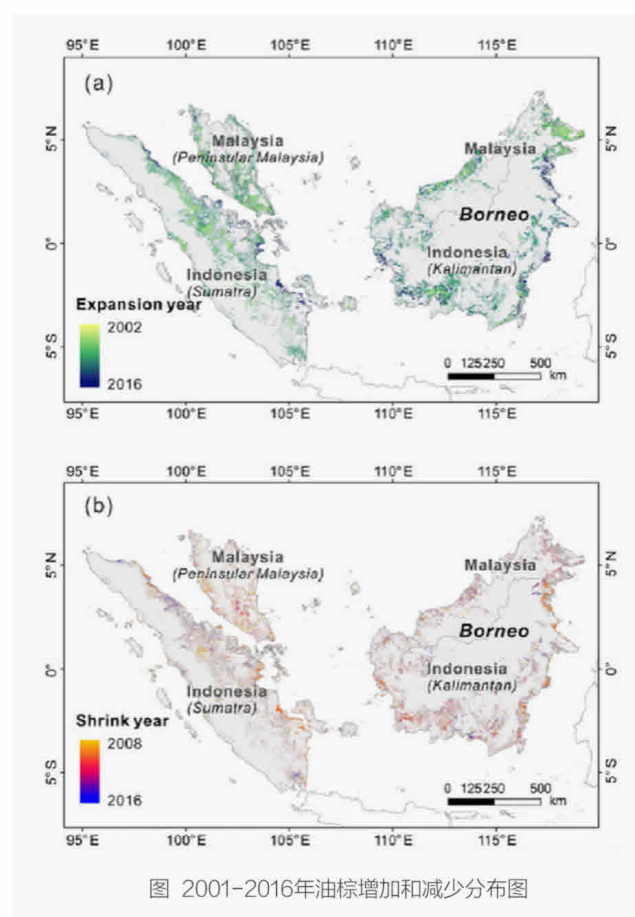


图 2001–2016年油棕增加和减少分布图

俞乐课题组博士生徐伊迪为论文第一作者，俞乐副教授为论文通讯作者。合作者包括清华大学地学系宫鹏教授、李伟副教授、程瑜琪博士生和法国气候变化与环境研究所Philippe Ciais教授。本研究得到了国家重点研发计划项目和清华大学项目的资助。

原文链接：<https://www.earth-syst-sci-data.net/12/847/2020/essd-12-847-2020.html>

数据网址：<https://doi.org/10.5281/zenodo.3467071>

清华大学地学系付昊桓教授研究组发文提出了一种新的跨区域油棕识别方法

油棕作为一种重要的热带产油作物，具有很高的经济效益和生态研究价值。对油棕的准确识别有利于更好地管理油棕种植园，从而促进棕榈油产量的提高。基于遥感影像和深度学习模型，目前已有很多研究工作实现了高准确率的油棕识别。但是已有的工作主要聚焦于单一的、有限的研究区域。当使用不同传感器、不同时间、不同区域的复杂区域影像时，如果直接运用传统模型做预测，会因为遥感影像之间存在的明显差异，导致油棕检测结果精度出现大幅度的下降（如图1）。这时如果想要保持识别准确率，需要将新的影像样本加入到识别训练中，然而这将会需要更多的人工标记成本。

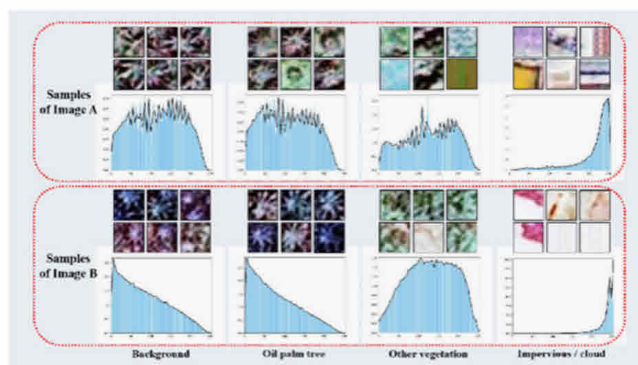


图1 影像A和影像B对于四种不同类别的光谱差异示例图

近日，清华大学地学系付昊桓教授研究组在遥感领域高影响期刊《ISPRS-摄影测量与遥感》（ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing）上发表题为“基于多层次注意力机制的跨区域油棕检测方法”（Cross-regional oil palm tree counting and detection via a multi-level attention domain adaptation network）的研究论文。研究组设计了一种新的领域自适应模型，在不针对新研究区域增加标注成本的前提下，面向全新的遥感影像数据和研究区域，将油棕识别的准确率提高了15%。这种方法为大尺度、跨区域、低成本的油棕识别提供了参考。

为了进一步将油棕识别应用于更大规模区域，付昊桓研究组提出了一种新的领域自适应模型（Multi-level Attention Domain Adaptation Network, MADAN）。该方法不需要重新标注目标域的样本，只需要源域的样本和目标域的影像信息即可。MADAN 采用了基于对抗学习的多层次注意力机制，有效地度量了不同影像以及同一影像不同区域的迁移能力，同时极大改善了目标域中容易混淆的样本预测的置信度。研究组成员以马来西亚三个不同区域及其遥感影像为例（如图2），发现MADAN与现有最新的方法相比，精度上实现了3.55~14.49%的显著提升。

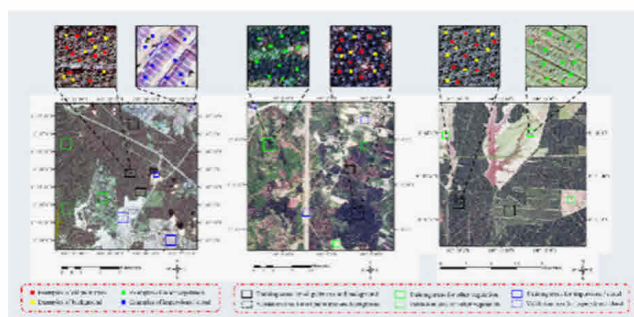


图2 三个不同的研究区域。区域A（左）为QuickBird影像，区域B（中）和C（右）为Google Earth影像。

清华大学地学系博士生郑珏鹏为论文第一作者，地学系博士毕业生、香港中文大学博士后研究员李唯嘉为通讯作者。地学系付昊桓教授和俞乐副教授共同指导了该研究工作。本工作得到了国家重点研发计划（No.2017YFA0604500，2017YFB0202204和No.2017YFA0604401），国家自然科学基金（No.51761135015和U1839206）以及青岛海洋科学与技术试点国家实验室的支持。

论文链接：<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.07.002>

地学系林岩奎课题组揭示热带中尺度对流系统活动影响平流层水汽变化

2月21日，地学系林岩奎教授课题组在《地球物理研究快报》（Geophysical Research Letters）上发表题为“热带中尺度对流系统活动变化在平流层水汽中的足迹（Footprint of Tropical Mesoscale Convective System Variability on Stratospheric Water Vapor）”的研究论文。

作为地球上主要的降水系统，对流活动通常会组织成宽达几十到几百公里尺度的中尺度对流系统。热带中尺度对流系统是热带主要的天气系统，不仅带来大量的降水（占热带降水的50~70%），也是热带环流的重要组成部分。长期以来人们普遍认为热带中尺度对流系统活动的年际变化是相对稳定的，之前也鲜有研究探究全球范围长时间尺度上的中尺度对流系统活动变化情况。

课题组先前采用一个新颖的中尺度对流系统跟踪算法得到了1985-2008年全球热带地区中尺度对流系统数据，在此基础上，第一次发现热带中尺度对流系统整体有明显的年代际变化：中尺度对流系统整体发生的频率在1995-2002年间比1995年之前和2002年之后低10%左右（如图1）。但这一变化是什么原因导致的呢？

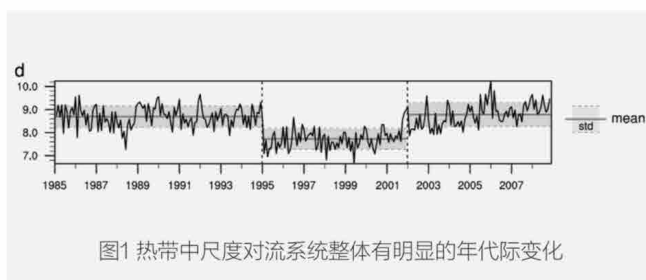


图1 热带中尺度对流系统整体有明显的年代际变化

通过一系列分析，课题组发现这一变化和热带海温的变化有密切联系。热带中太平洋增温（也称作中太平洋厄尔尼诺）有利于更多的中尺度对流系统发生，改变热带沃克环流，影响对流层顶温度，从而导致热带平流层低层变干（如图2）。

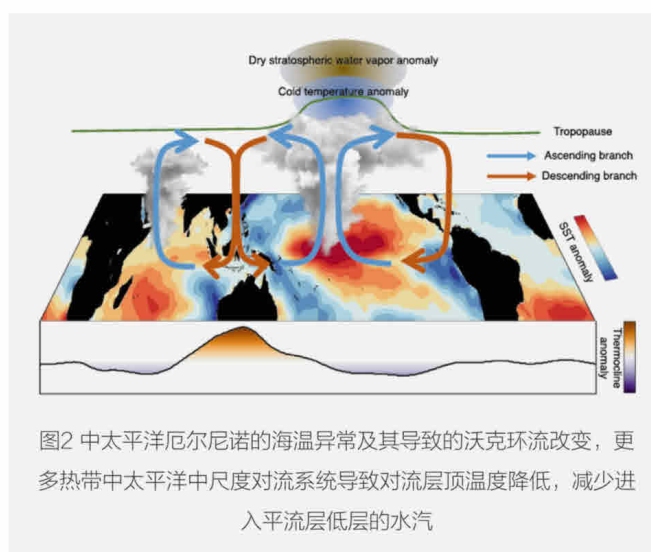


图2 中太平洋厄尔尼诺的海温异常及其导致的沃克环流改变，更多热带中太平洋中尺度对流系统导致对流层顶温度降低，减少进入平流层低层的水汽

本研究的第一作者为地学系博士毕业生董文浩（目前为美国普林斯顿大学地球物理流体动力学实验室GFDL博士后），通讯作者为地学系林岩奎教授，合作者包括美国纽约州立大学石溪分校张明华教授和地学系黄小猛副教授。

原文链接：

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019GL086320>

地学系阳坤教授课题组揭示青藏高原浅薄积雪消融的关键过程

2020年4月，地球系统科学系阳坤教授研究组在期刊《水文气象》（Journal of Hydrometeorology）在线发表了题为“青藏高原浅薄积雪参数化研究”（Characterizing surface albedo of shallow fresh snow and its importance for snow ablation on the interior of the Tibetan Plateau）的论文。研究发现浅薄积雪反照率高度依赖于雪深，对青藏高原腹地积雪过程有极其重要的影响；通过发展新雪反照率参数化方案并引入到陆面模型中，大大地提高了陆面模型对青藏高原积雪的模拟精度。

积雪因其反照率高、传热效率低，可以极大地改变地表的能量平衡并调节陆地与大气的相互作用；此外，春季融雪为许多地区与河流提供着水资源，因此积雪是气候系统中非常重要的物理变量。然而，目前的气候模式严重高估了青藏高原腹地的积雪厚度。青藏高原是中国的三大积雪区之一，但是积雪主要发生在高原周边和高山区，而高原腹地很少有稳定积雪。本研究基于观测数据发现，青藏高原腹地的积雪很薄，新雪反照率高度依赖于积雪厚度，远低于模式中设置的固定值（0.8左右）。为此，研究组根据积雪辐射传输模型发展了新雪反照率的简化方案，并引入到陆面过程模型Noah-MP中。在青藏高原45个气象站的积雪模拟表明：引入新雪反照率参数化后，能真实地再现青藏高原的积雪和融雪过程；而在模型中采用固定的新雪反照率（0.82），则积雪厚度模拟值会远远大于观测值（图1）。下垫面对积雪消融的重要影响与青藏高原腹地独特的气候条件（积雪薄、辐射强）密切相关，而在高纬度地区并不明显。因此，未来对青藏高原的气候模拟应当考虑反照率与雪深的关系，将有助于模拟积雪水文和能量平衡，并减小气候模式在该区域的冷偏差。

地学系博士后王文丽是本文第一作者，导师阳坤教授为通讯作者。文章合作者还有地学系卢麾副教授，以及来自于中科院、中国气象局和其他高校的相关研究人员。

文章引用：Wang, W.; Yang, K.; Zhao, L.; Zheng, Z.; Lu, H.; Mamtimin, A.; Ding, B.; Li, X.; Zhao, L.; Li, H.; Che, T.; Moore, J. Characterizing surface albedo of shallow fresh snow and its importance for snow ablation on the interior of the Tibetan Plateau, Journal of Hydrometeorology, 21, 815–827, DOI: 10.1175/JHM-D-19-0193.1.

论文链接：<https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JHM-D-19-0193.1>

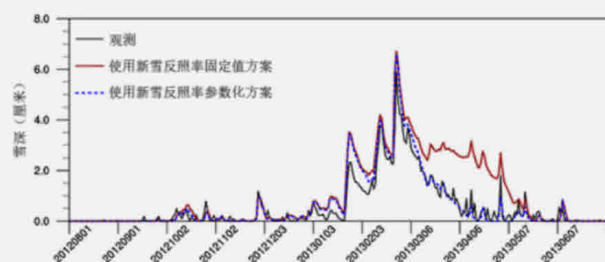
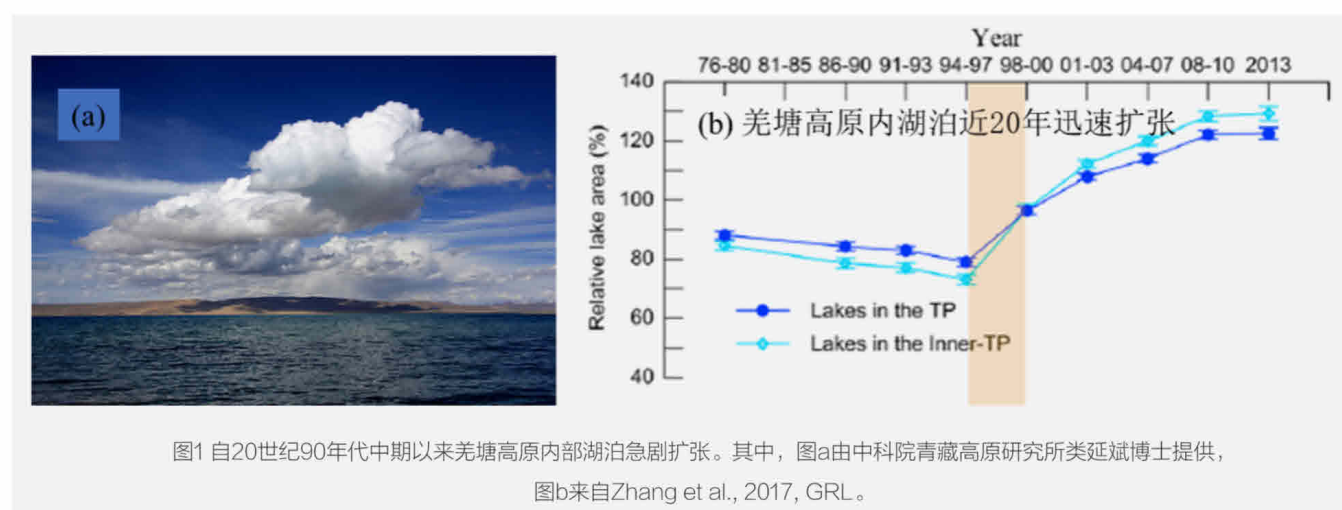


图1 基于青藏高原45个站点模拟的积雪积融曲线，以2012–2013年为例。可以看到，使用新雪反照率参数化方案（蓝色点线）模拟的积雪厚度与观测（黑色实线）非常接近，而使用固定的新雪反照率（红色实线）则会严重高估春季积雪。

清华大学地学系阳坤教授研究组发文揭示20世纪90年代中期以来羌塘高原变湿的原因

青藏高原被称为亚洲水塔，自20世纪90年代中期以来其内部湖泊急剧扩张，并且这些湖泊大多分布在羌塘高原内。已有研究发现，尽管冰川融水增加对羌塘高原内湖泊的扩张有一定贡献，但近20多年来降水增加是湖泊扩张的主因。然而，人们目前还不清楚该区域降水增加的原因。



基于以上背景，阳坤教授研究组分析了1979~2018年与羌塘高原变湿过程相关的大气环流及水汽变化特征。研究结果表明，该变湿过程与青藏高原上空减弱的西风相对应，后者在年代际尺度上又受北大西洋年代际振荡（AMO）的调控。自20世纪90年代中期以来，AMO一直处于暖位相（即北大西洋表面异常增暖），诱发了一系列沿欧亚大陆副热带西风急流传输的气旋和反气旋异常，导致青藏高原附近的副热带急流异常北移和/或减弱。具体过程如图2所示。从图2可以看到，在羌塘高原东侧存在一个异常反气旋，其西侧存在一个异常气旋。前者减弱西风，使得西风携带的水汽不能进一步向东输送，从而在羌塘高原上空聚集；后者则使得羌塘高原南侧的西南风增强，有利于来自阿拉伯海的水汽进入羌塘高原。因此，上述有利的动力和水汽条件共同增强了羌塘高原上空的水汽辐合，使得自20世纪90年代中期以来，羌塘高原夏季降水增加。考虑到未来10年AMO可能仍处于正相位，预计羌塘高原近期夏季降水仍以偏多为主，有利于湖泊扩张。

2020年8月31日，清华大学地学系阳坤教授研究组在地学高影响期刊《气候杂志》（Journal of Climate）在线发表题为“为什么羌塘高原自1990s中期以来变湿？”（Why Has the Inner Tibetan Plateau Become Wetter since the Mid-1990s?）的研究论文，揭示了20世纪90年代中期以来青藏高原内流区（羌塘高原）普遍变湿而青藏高原东部变湿不明显的机理。清华大学地学系博士生孙静为论文第一作者，地学系阳坤教授为论文通讯作者，南京大学郭维栋教授和清华大学地学

系卢麾副教授参与了该项研究工作。本工作得到了中国科学院战略先导专项（XDA2006010201）和国家自然科学基金（91537210和41975125）的支持。

论文链接如下：

<https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0471.1>。

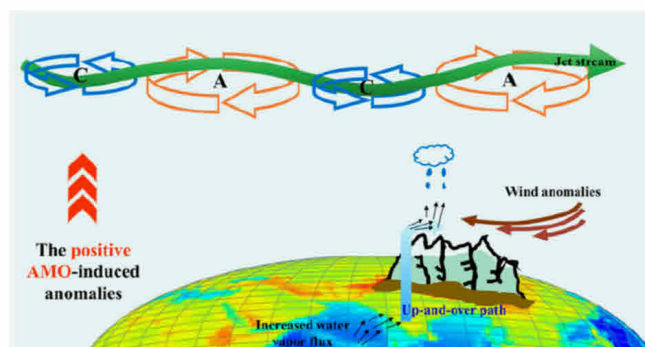


图2 AMO影响羌塘高原夏季降水变化的示意图（图中“A”表示反气旋异常，“C”表示气旋异常）

地学系阳坤教授课题组发文揭示近四十年来青藏高原南部夏季降水年代际变化及机理

自上世纪九十年代中后期开始，青藏高原总体上降水增多，大部分湖泊明显扩张。地学系阳坤教授课题组近期在研究（Sun et al., 2020, Journal of Climate）中指出，大西洋多年代际振荡（AMO）是高原降水增加和湖泊扩张的主要原因。但是自上世纪末，青藏高原南部出现暖干化，致使该地区大部分湖泊水量减少，冰川快速退缩。因此，揭示该区域降水变化及其成因对理解和预测藏南水资源和冰川变化至关重要。

针对该问题，课题组与夏威夷大学王斌教授课题组开展了合作研究，发现1979–2018年间高原南部的夏季降水量存在以十年为周期的年代际变化：1998年前后降水由多转少，但在2007年后降水量逐步回升。在整个40年期间，降水没有明显的变化趋势。该研究进一步指出，赤道地区的海温梯度以及降水异常偶极子在高原南部夏季降水甚至整个南亚季风降水的年代际变化中起着十分重要的作用。当赤道太平洋

中西部海温异常偏冷而东印度洋海温异常偏暖时，由此产生的纬向温度梯度会导致赤道东风增强，使得水汽在海洋大陆（Maritime Continent）地区汇流，进而增加海洋大陆上空的降水。另一方面，在赤道异常东风气流的促进下，菲律宾海附近生成一个反气旋异常，抑制上升气流，减少了菲律宾海上空的季风降水。由于赤道地区的降水差异而形成的热源偶极子会进一步激发向西传播的罗斯贝波，有利于10–20° N干燥条带的生成（图1）。海洋的长时记忆和大气–海洋正反馈使得该干燥条带在季风期间能够持续存在，并通过经向环流影响高原南部的夏季降水。

2020年12月21日，地球系统科学系阳坤教授课题组在期刊《环境研究快报》（Environmental Research Letters）在线发表了题为“Mechanisms of the Decadal Variability of Monsoon Rainfall in the Southern Tibetan Plateau”的论文介绍了这一发现。

地球系统过程

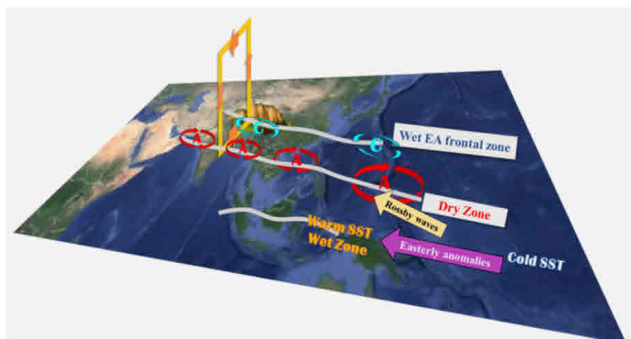


图1 青藏高原南部夏季降水偏多时的大气环流特征。

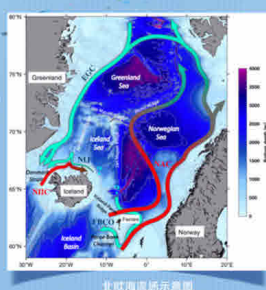
图中“A”代表反气旋中心；“C”代表气旋中心。赤道太平洋中部海温异常冷而东印度洋海温异常暖时，赤道东风增强，西太平洋地区出现下沉运动和大面积的干燥异常，并在上空形成了一个反气旋，其脊从菲律宾海延伸至印度半岛。在这个干燥条带的南面和北面分别形成两条湿润带，南面的降水带与海洋大陆（Maritime Continent）相连，北面的降水带从喜马拉雅山区向东延伸。

地学系直博生岳思妤是该文第一作者，受“清华大学辅导员海外研修计划”的支持。夏威夷大学王斌教授是该文的共同作者，受美国国家自然科学基金“Climate Dynamics Award”项目支持。此外，该研究工作得到了第二次青藏高原科学考察研究和中国科学院“丝路专项”资助。

论文链接：

<https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/abcb36>

清华大学地学系徐芳华研究组揭示北欧海高密度溢出流水体的来源与上游路径



清华大学地学系徐芳华研究组揭示
北欧海高密度溢出流水体的
来源与上游路径

大西洋经向翻转流（AMOC）是全球海洋环流的重要组成部分，对全球气候变化有重大影响。北欧海高密度溢出流水体是AMOC下支最冷、密度最大的水体，然而该水体形成于何处，如何流向冰岛北部，一直不明确。清华大学地学系徐芳华研究组联合4家国内外单位，基于历史水文资料、卫星遥感资料，应用海洋位势密度-湿度坐标系，首次发现北欧海内高密度溢出流水

体形成于格陵兰海涡流区域，水体形成后下沉，沿海底地形向南流向冰岛北部。该研究成果以“北北海高密度溢出流水体的来源与上游路径”为题（Sources and upstream pathways of the densest overflow water in the Nordic Seas），发表于高影响科技期刊Nature Communications（自然通讯）上。

北北海内高密度溢出流水体主要在冬季开阔大洋对流通风作用下形成。但受冬季海况影响，难以对该过程进行现场观测，水体形成后下沉，在海洋次表层流动，对其路径的研究具有很大难度。虽然前人在冰岛北部证实了沿冰岛陆坡分别向东西两侧流动的溢出流水体路径（如图1所示），但该水体的形成区域与上游路径仍不清楚。本研究通过计算海洋位势密度-位势湿度坐标系中不同水体间的距离（sigma- π 距离），追踪了冰岛陆坡处的高密度溢出流水体。从冬季混合层内水体与冰岛陆坡处高密度溢出流水体间sigma- π 距离极小值的分布图（如图2a所示）中可以发现，高密度溢出流水体主要形成于格陵兰海涡流区域，水体形成后沿Mohn脊和冰岛海东西两侧流向冰岛北部的路径分别在250-300米与600-650米水层sigma- π 距离极小值的分布图（如图2b-c所示）中体现，并进一步在绝对地转流速场中得到验证。

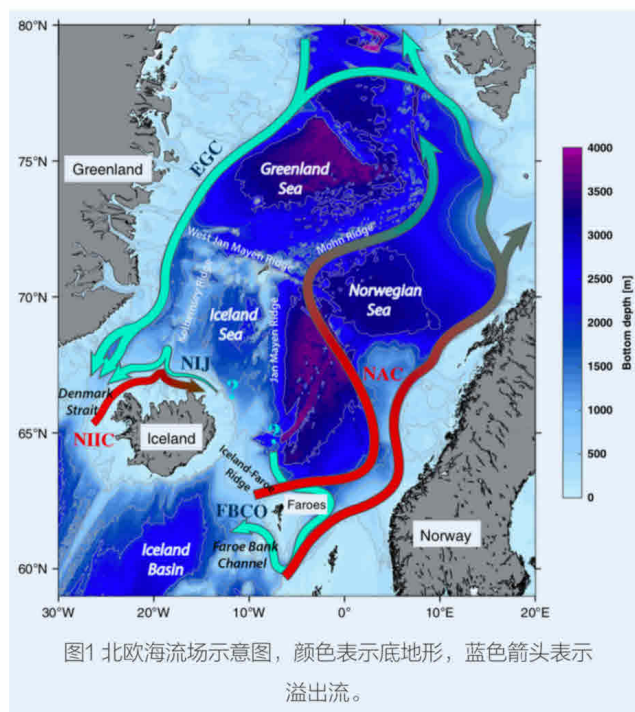


图1 北北海流场示意图，颜色表示底地形，蓝色箭头表示溢出流。

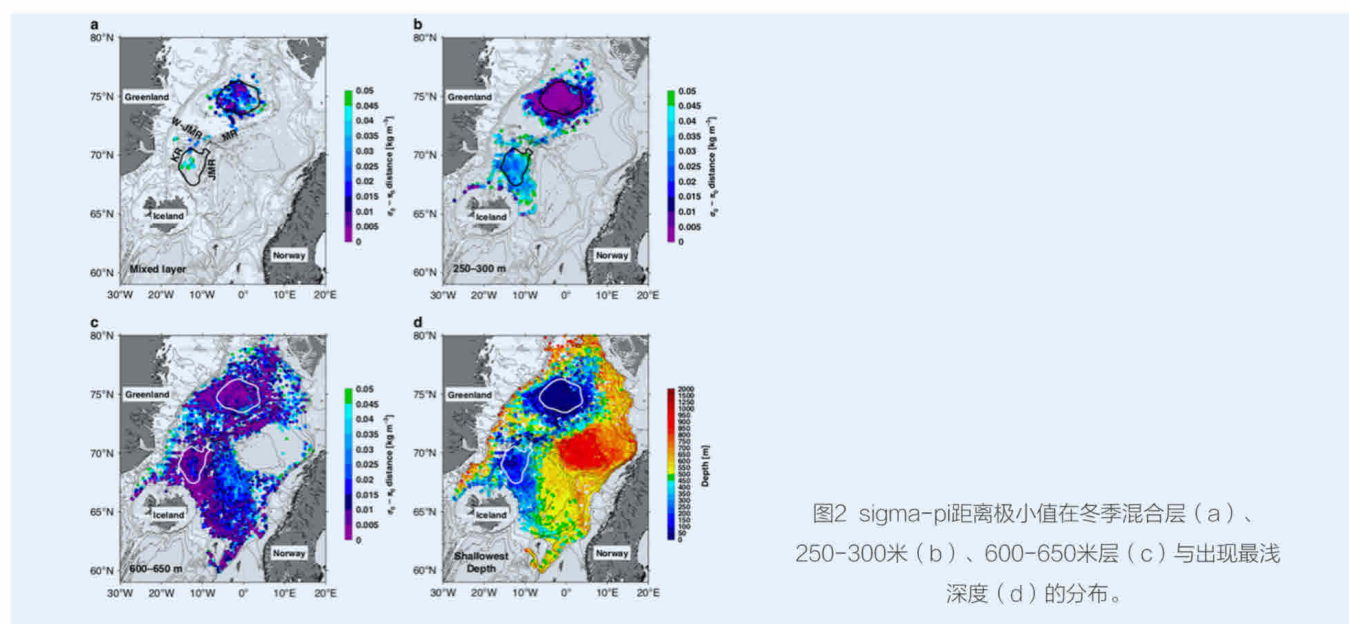


图2 sigma- π 距离极小值在冬季混合层（a）、250-300米（b）、600-650米层（c）与出现最浅深度（d）的分布。

本研究同时指出，北北海内高密度溢出流水体的形成区域存在年代际变化，即从格陵兰海涡流边缘区域（1986~2004年）转变为涡流中心区域（2005~2015年），但水体形成后流向下游的路径没有发生太大变化。水体形成区域的变化与气候变化背景下北北海冬季对流通风过程的减弱、格陵兰海涡流强度的减弱等因素有关。理解北北海高密度水体的形成源区与路径，是理解AMOC深水形成和长期变化规律的重要前提，因此，本研究在全球海洋环流系统及气候变化领域具有重要的科学意义。

清华大学地球系统科学系博士生黄杰为论文的第一和通讯作者，地球系统科学系徐芳华副教授、伍兹霍尔海洋研究所高级科学家Robert S. Pickart、黄瑞新教授、博士后林培根、挪威卑尔根大学博士生Ailin Brakstad为论文合作者。该研究得到中国与美国自然科学基金的支持。

清华大学地学系彭怡然研究组揭示全球不同区域气溶胶影响长波云辐射强迫的具体机理

气溶胶-云相互作用是气候变化研究关注的重点问题。气溶胶的变化可以通过改变地气系统的辐射通量、大气的热动力状况以及云的微物理性质等影响冰云的云高、云量和云的生命时间。由于气溶胶对冰云的影响机理相对复杂，在气候模式中估算由气溶胶引起的长波云辐射强迫的变化仍具有很大的不确定性。

清华大学地学系彭怡然副教授研究组针对目前仅有粗略估算而缺乏明确机理的气溶胶长波云辐射影响展开分析，通过全球气候模式CAM5.3的一系列模拟试验，解释了东南亚和亚马逊地区气溶胶影响长波云辐射强迫的不同主导机理。该研究成果以“气候模式CAM5.3模拟的东南亚和亚马逊地区气溶胶对长波云辐射强迫的不同影响”（Contrasting aerosol effects on longwave cloud forcing in South East Asia and Amazon simulated with Community Atmosphere Model version 5.3）为题，发表于在地学领域具有高影响力的期刊《地球物理研究-大气》（Journal of Geophysical Research-Atmosphere）上。

本研究在模拟试验中使用双向偏辐射扰动法，将气溶胶对云的复杂影响拆分成四个效应项，分别为RA（气溶胶-辐射相互作用的快速调整过程）效应、CCN（云凝结核）效应、IN（冰核）效应和剩余效应。在气溶胶影响长波云辐射强迫的分解项中（如图1），CCN效应和IN效应尤为显著。研究发现，亚马逊地区气溶胶引起的长波冷却主要由CCN效应主导，而东南亚地区气溶胶引起的长波增暖主要由IN效应主导。

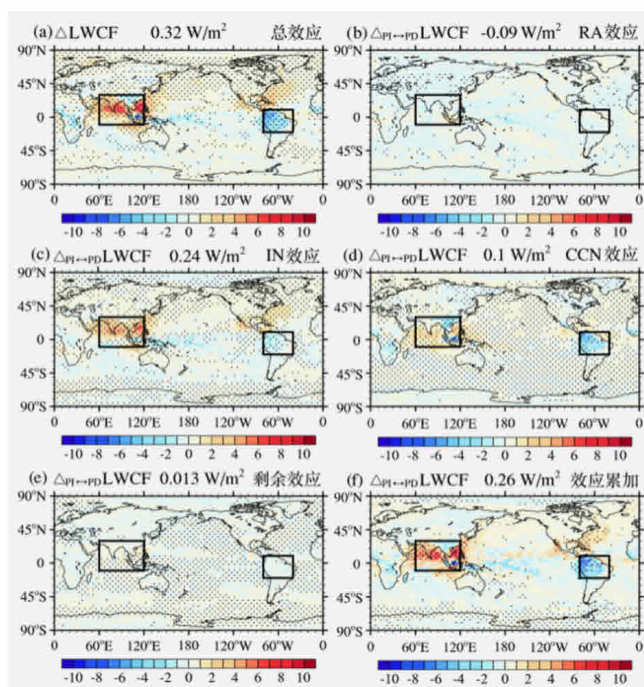
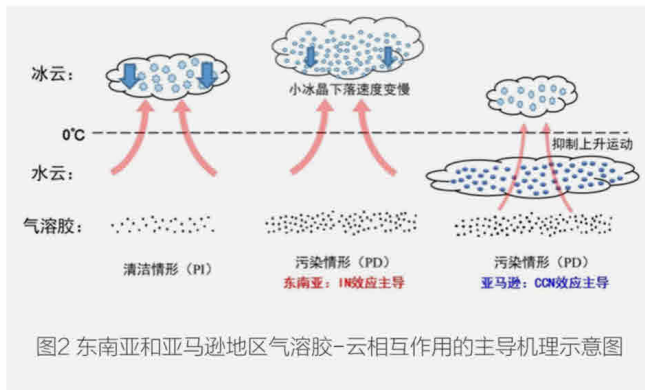


图1 气溶胶影响长波云辐射强迫的全球分布及其分解项，包括（a）气溶胶总效应；（b）RA效应；（c）IN效应；（d）CCN效应；（e）剩余效应；（f）四种效应的累加。

其中，CCN效应主要体现为云凝结核的增加，使得暖云的反照率增强，引起地表冷却，从而抑制了冰云部分向上发展，体现为大气层顶的长波冷却（见图2右）。IN效应主要体现为冰核数浓度增加引起冰晶粒径减小，小冰晶粒子的下落速度变慢，使得冰云可以维持在更高的高度，且冰云的生命时间延长（见图2）。该研究揭示了CAM5.3模式中气溶胶影响长波云辐射强迫在不同区域的具体机理，有助于更合理地评估气溶胶的全球气候影响。



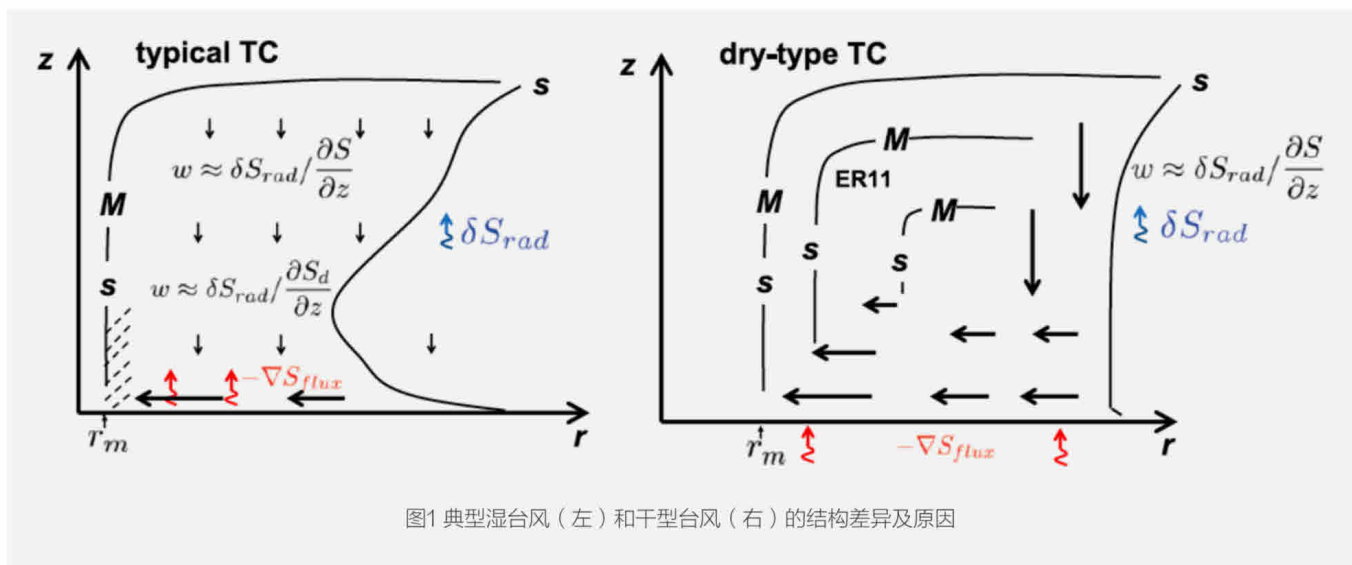
清华大学地学系博士生王敏琦为论文的第一作者，地学系彭怡然副教授为论文通讯作者，美国布鲁克海文国家实验室刘延刚教授为论文合作者。该研究得到了国家科技部重点研发项目（No.2017YFC1501404）、国家自然科学基金（No.41605106和No.41775137）以及美国能源部大气系统研究计划的支持。

全文链接：<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020JD032380>

清华大学地学系林岩鑫教授课题组揭示不可逆湿过程对台风结构的影响

台风作为一种常见的自然灾害，其结构主要由外围区、最大风速区和台风眼三部分组成。有关影响台风结构和强度的因素，虽然上世纪80年代国际著名大气科学家 Kerry Emanuel提出的台风潜在强度理论可以较好地解释台风的最大强度，但迄今为止，还没有研究很合适地揭示影响台风结构和强度的因子。

近日，清华大学地球系统科学系博士生王丹阳和林岩鑫教授在研究中提出了可逆湿台风模型（其中水汽凝结物不下落而随气块一起运动），并通过数值模拟证明了可逆湿台风与干台风具有等价的结构，进而说明了并非水汽本身而是湿大气的饱和和特征造成了干型台风（包括干台风和可逆湿台风）与典型湿台风的结构差异。干型台风的下沉区垂直熵梯度（或稳定度）远小于典型湿台风，导致干型台风具有大一个量级的下沉速度，从而造成了干型台风更宽广的内核区（图1）。



地球系统模式

研究发现，造成典型湿台风相对于干型台风更紧密内核区的本质原因是其远小于干型台风的大气热机效率。典型湿台风内部降水耗散、水汽扩散以及不可逆相变这三个不可逆湿过程产生大量不可逆熵增而使系统具有更高的不可逆程度。基于前人建立的大气热力学框架，通过能量与熵收支方程，研究首次提出了台风表面风场紧密度参数与系统不可逆程度的定量关系式。该关系式表明，系统不可逆程度越高，台风内核结构越紧密。干型台风更宽广的内核区源于其远小于典型湿台风的不可逆程度。由于大气的不可逆程度随大气含水量的增加而增加，预测未来随着全球气候变暖，台风内核风场结构将变得更加紧密。

基于上述研究的论文连续两篇在《大气科学杂志》（Journal of Atmospheric Sciences）上发表。地球系统科学系博士生王丹阳为第一作者，林岩奎教授为通讯作者。

文章链接：

<https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/77/6/JAS-D-19-0229.1.xml>

<https://journals.ametsoc.org/view/journals/atsc/aop/JAS-D-20-0192.1/JAS-D-20-0192.1.xml>

清华大学地学系地球系统模式研发再上新台阶

经过多年发展，清华大学联合国内多家单位于2019年顺利完成联合地球系统模式（Community Integrated Earth System Model, CIESM）1.1版本的开发。日前，国际模式发展主流期刊《地球系统模拟进展》（Journal of Advances in Modeling Earth Systems）发表了介绍该模式的论文。

联合地球系统模式CIESM包含13个自主开发或改进的物理方案和模块，如改进的深对流参数化方案、单冰云微物理方案、统计云宏物理方案、四流短波辐射计算方案、次网格地形拖曳方案、海气通量方案、海洋混合方案、新热力学粗糙度方案等，以及自主的耦合器C-Coupler2、新的共形映射海洋网格、高可扩展海洋正压求解器、新的土壤和土地利用数据和高效陆地碳氮循环模块等。其中C-Coupler2被国内多家单位采用，高可扩展海洋正压求解器已被美国NCAR最新一代的地球系统模式CESM2.0采用。同时，通过大量的移植和优化工作，该模式在国产高性能计算机“神威·太湖之光”上完成所有参与第六次国际耦合模式比较计划（CMIP6）的试验，为将来更好地应用国产高性能计算机打下了坚实的基础。

联合地球系统模式已顺利完成各种第六次国际耦合模式比较计划（CMIP6）模拟并上传了相关数据。模式整体性能优异，和已有的CMIP5模型相比，各方面性能处于国际前列（如图），特别在困扰国际模式界的几个主要问题，如热带降水分布、海洋边界层云、厄尔尼诺南方涛动（ENSO）强度和周期等方面有明显改进。未来需要改进的问题主要是南北极海冰在暖季偏少和较高的平衡气候敏感度。

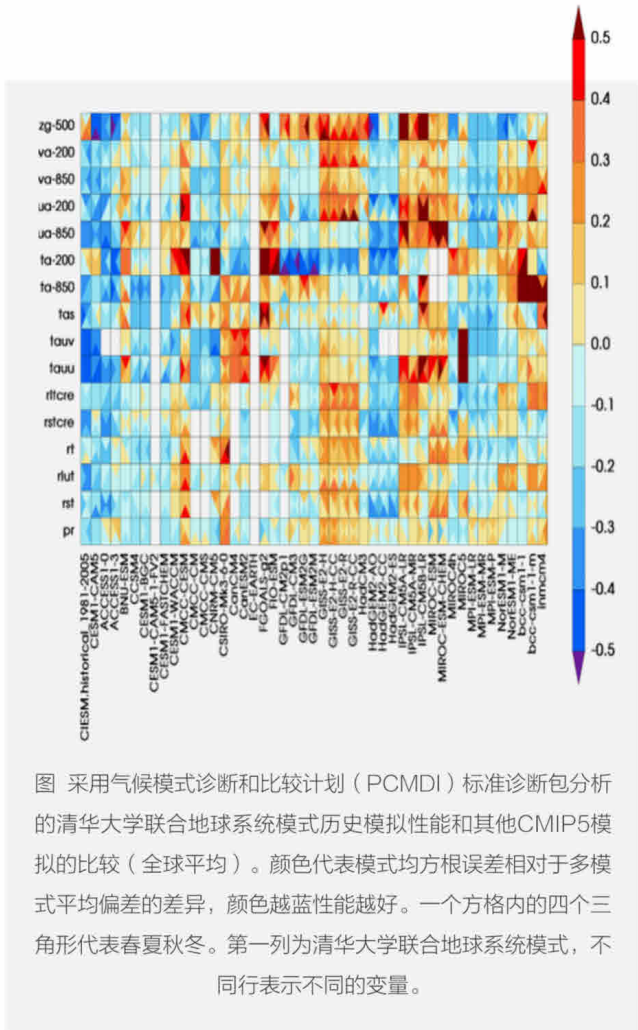


图 采用气候模式诊断和比较计划（PCMDI）标准诊断包分析的清华大学联合地球系统模式历史模拟性能和其他CMIP5模拟的比较（全球平均）。颜色代表模式均方根误差相对于多模式平均偏差的差异，颜色越蓝性能越好。一个方格内的四个三角形代表春夏秋冬。第一列为清华大学联合地球系统模式，不同行表示不同的变量。

目前清华大学正以此模式为基础，积极开展相关研究，不断满足国家在气候变化研究方面的重大战略需求，全面提高我国应对极端天气气候事件的减灾防灾能力。未来模式还将进一步增加各种分量，如冰盖模型、大气化学、各种生物地球化学过程，并实现与社会经济模型的耦合，为我国可持续发展和应对气候变化提供坚实的科学基础和政策指导。

文章链接：

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2019MS002036>

阳坤教授团队王岩博士发文提出复杂地形山区降水模拟新方案

2020年1月5日，地学系阳坤教授课题组王岩博士在《Climate Dynamics》发表题为“Synergistic effect of orographic drag parameterization and high resolution reduces WRF-simulated precipitation bias in central Himalaya”的研究论文，指出对于像喜马拉雅山区这样地形高度复杂的区域，使用高分辨率描述中尺度地形作用，同时使用次网格地形参数化描述小尺度复杂地形引起的拖曳效应，对水汽输送和降水的模拟至关重要。

前期研究发现青藏高原降水模拟湿偏差与水汽输送过多息息相关。为了量化喜马拉雅山区降水模拟偏差并改善该地区气候模拟，在位于喜马拉雅中段南坡海拔高于2800m的亚东河谷建立了由14个雨量筒组建的降水观测网。本文在此基础上利用WRF（Weather Research and Forecast model）区域模式，探索中尺度和小尺度地形对水汽输送和降水的作用，结果如图1所示。发现即使使用10km分辨率，误差依旧高达近400%；当使用高分辨率（约3km）来表达中尺度地形，不仅可以提高模拟降水量与观测降水量的空间一致性（相关系数为0.94），而且可以显著降低模拟湿偏差（约为130%），表明中尺度地形对降水起着决定性作用。当进一步利用湍流地形拖曳参数化方案来表示次网格小尺度地形作用，模拟降水偏差进一步减小（平均偏差~86%），主要是减小了强降水过程（> 10 mm hr⁻¹）的降水量，说明小尺度地形拖曳作用对水汽传输和降水有重要影响。

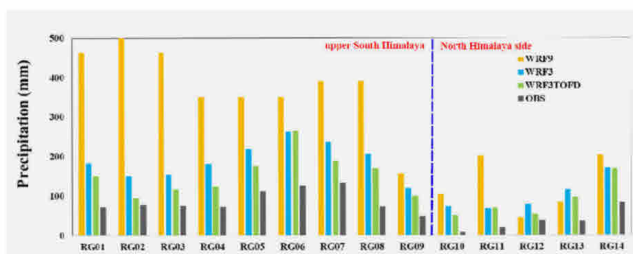


图1 三组WRF实验模拟降水（WRF9：0.09°分辨率WRF模拟，未使用次网格湍流拖曳参数化TOFD方案；WRF3：0.03°分辨率WRF模拟，未使用TOFD参数化方案；WRF3TOFD：0.03°分辨率WRF模拟，使用TOFD参数化方案；）与观测降水（OBS）的对比（RG为雨量站，RG01-09处于喜马拉雅山脉南坡，RG10-14处于喜马拉雅山脉北坡）

以上模拟试验表明，对地形异常复杂的喜马拉雅山脉，即使使用通常所谓的高分辨率（~10 km）的模式对该地区地形仍然会有很大程度的平滑。气团在爬山过程中，真实地形会给气团一个极大的地形拖曳力，使大量水汽在低海拔区域辐合衰减，产生大量降水；小部分水汽可以随气团继续爬山至高海拔区域，在大地形的抬升作用下，产生少量降水；极少水汽可以翻越喜马拉雅山脉进入青藏高原（图2a）。但是在模式中，当真实复杂地形被平滑后，气团在喜马拉雅山脉南坡爬山过程中受到的地形阻力大幅度减小（图2b）。因此，低海拔区域水汽辐合衰减减弱，致使气团爬升更高的海拔，形成过多降水，以及造成过多水汽进入青藏高原。对复杂地形多尺度拖曳作用考虑不完善，是造成气候模式模拟喜马拉雅山脉降水，高海拔出现湿偏差、低海拔出现干偏差的关键原因之一。同时使用高分辨率和次网格地形拖曳参数化方案可以显著减小气候模式在高海拔的降水湿偏差。

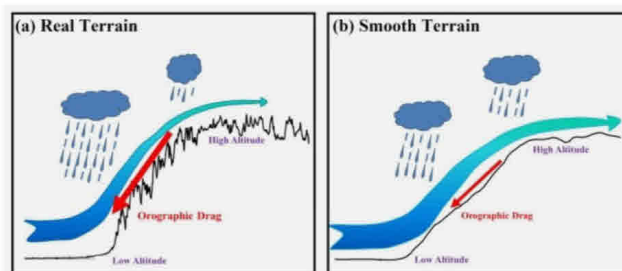


图2 模式中多尺度复杂地形影响水汽输送和降水过程示意图

博士后王岩为论文第一作者，阳坤教授为通讯作者，合作者包括地学系的卢麾副教授、欧阳琳博士生，中科院青藏所周旭博士、陈莹莹副教授、拉珠博士、王宾宾博士以及瑞典哥德堡大学陈德亮教授。本研究受国家自然科学基金委重点项目（91537210）与国家重点研究计划项目（2018YFA0605400）的资助。

原文链接：

<https://doi.org/10.1007/s00382-019-05080-w>

地学系徐世明研究组提出基于CESM耦合模式的海气动力耦合过程新方案

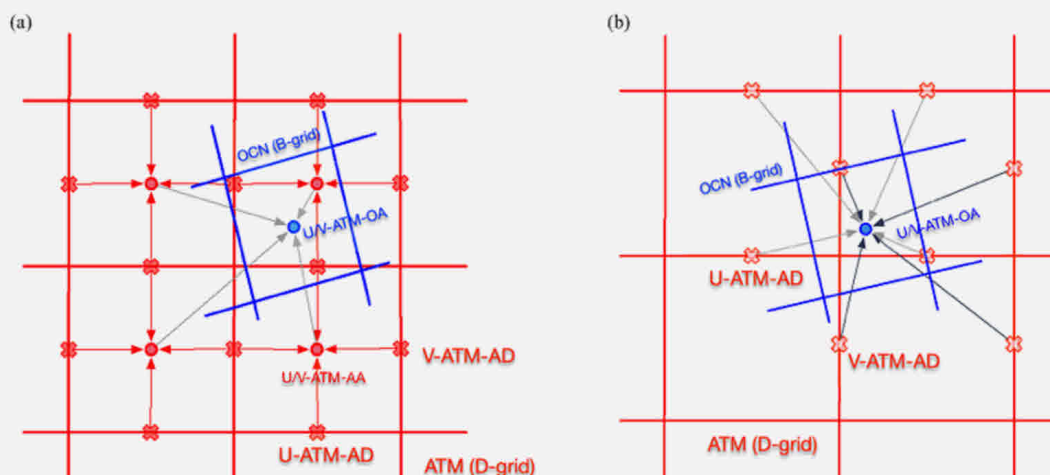
6月21日，地学系徐世明副教授研究组在《地球系统模型发展》（Journal of Advances in Modeling Earth Systems）杂志上发表题为“基于CESM模式降低大气海洋动力耦合数值耗散（Reducing Numerical Diffusion in Dynamical Coupling between Atmosphere and Ocean in Community Earth System Model (CESM), version 1.2.1）”的论文，提出一个基于CESM耦合模式的海气动力耦合过程新方案。

耦合气候系统模式（如CESM）通常包含独立发展的大气和海洋分量，通过通量耦合器完成不同网格间的状态映射和海气耦合。大气海洋分量内部通常包含动力框架和各种物理过程参数化方案，以及动力-物理耦合过程。针对CESM模式大气分量CAM-FV中动力框架的风速预报定义在D网格点、动力-物理耦合以及海气耦合在A网格点的现状，研究组设计了新型大气动力框架和物理过程参数化方案分离的海气动力耦合方案。该方案有效减少了动力-物理耦合插值过程对海气动力耦合所造成的数值耗散（图a、b以双线性插值为例展示新旧插值过程区别）。

新方案可提高关键海气动力耦合区域的模拟性能，可缓解大洋东边界模式暖偏差、CESM模式南极海冰高估等现有模式偏差。同时，对太平洋暖池和ENSO模拟也有一定程度的改进。新方案涉及对大气模式CAM和耦合器CPL的代码改动，可保证模式完美重启，并提供标准分辨率下的CESM和CIESM模式集成和开源使用。

清华大学地学系博士生马佳良为论文第一作者，地学系徐世明副教授为论文通讯作者，地学系卓越教授王斌指导了课题研究工作。本项工作得到了“全球变化及应对”国家重点研发计划（2017YFA0603902）等项目的支持。

论文链接：<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2020MS002052>



图（a）原海气动力耦合方案；（b）新方案（以双线性插值为例）

清华地学系刘利课题组解决全球公里级分辨率耦合的高效通信路由生成问题

地球系统模式和耦合数值预报模式（合称耦合模式）是气候研究和气象海洋预报等不可或缺的基础科学工具，耦合器是实现耦合模式中多个分量模式系统集成的基础软件支撑。分量模式间的数据传输是耦合器的最基本功能之一，两组进程间通信路由关系建立是数据传输功能的初始化操作。大部分国内外耦合器采用了并行可扩展性差的全局方法来实现通信路由的构建，这成为全球公里级分辨率耦合的性能瓶颈。

近日，清华大学地学系刘利副教授负责的耦合器课题组设计实现了基于分布式并行排序的通信路由并行生成方法，其具有明显优于全局方法的并行可扩展性，在国际上率先解决了全球公里级分辨率耦合的高效通信路由生成问题。

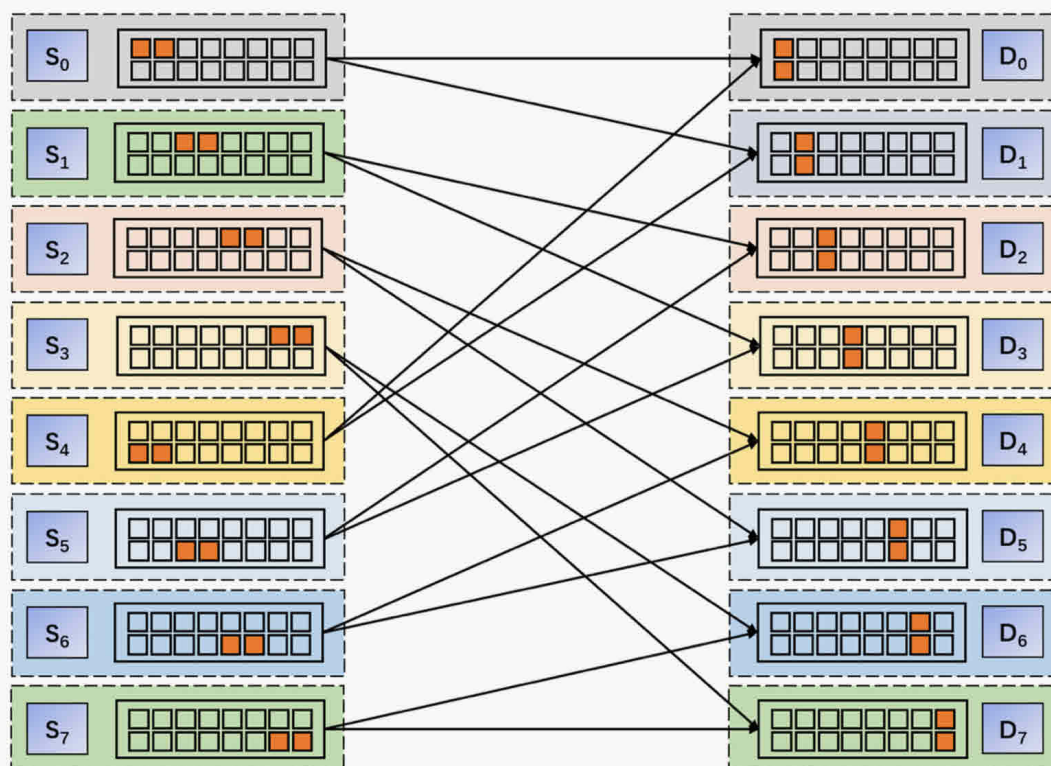


图1 通信路由举例：左右部分分别表示源和目标分量模式、中间部分的箭头表示通信路由。

该研究成果的发明专利“一种并行通信路由建立方法及系统”已被授权（ZL202010127096.3；国际申请号：PCT/CN2020/126790）。论文“DiRong1.0: a distributed implementation for improving routing network generation in model coupling”已发表在地学高影响期刊《地球科学模式发展》（Geoscientific Model Development）上。该研究成果集“产学研用”于一体，已应用于国产耦合器C-Coupler2和中国耦合模式的改进或升级，加快了C-Coupler2和耦合模式的初始化，对欧美耦合器（如MCT、CPL6/CPL7、OASIS3-MCT等）的未来改进也有重要的潜在意义。

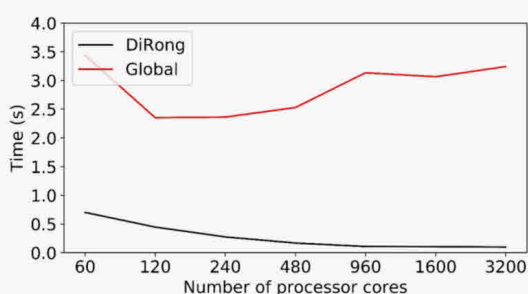


图2 通信路由并行生成方法（DiRong）与全局方法（Global）的并行可扩展性对比，水平网格规模为1600万格点。

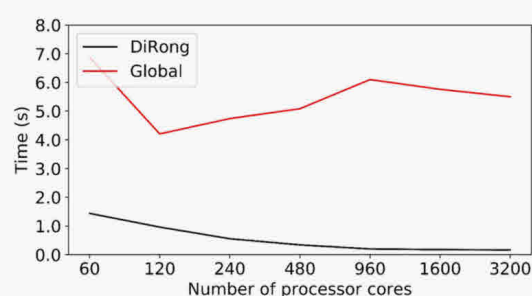


图3 通信路由并行生成方法（DiRong）与全局方法（Global）的并行可扩展性对比，水平网格规模为3200万格点。

C-Coupler2是由地学系耦合器组研制的开源国产耦合器，具有优于欧美耦合器的多项功能，于2018年开始在GitHub开源释放，已广泛应用于中国多家单位和多个重点科研项目的耦合模式，对促进中国自主发展耦合模式发挥了积极意义。

清华大学地学系首次参加全国汛期气候趋势滚动预测会商

5月22日，清华大学地学系罗勇教授团队参加了2020年汛期气候趋势滚动预测电视电话会商会议，通过网络会商的形式提供2020中国汛期降水距平百分率预测结果，参与分析、研判和订正汛期气候趋势预测。会议由国家气候中心联合水利信息中心在京共同举办，参加会商的还有南京大学、中科院大气所、中国气象科学研究院以及各区域气候中心。

罗勇教授团队通过与国家气候中心和地学系有关专家的合作，采用深度学习技术开展了全国汛期降水趋势的客观化预测方法研究和系统研制。在预测模型的训练过程中，既使用了国家气候中心的气候模式BCC-CSM1.1m，以及英国气象局的GloSea5模式、欧洲中期天气预报中心的SEAS5模式等多个业务预测模式结果，又充分利用了观测资料信息。测试表明，近两年（2018和2019年）模型的汛期降水预测回算PS评分均在70分以上。首次参加汛期气候趋势滚动预测会商，标志着该团队在将研究成果应用于国家级气候业务方面迈出了坚实的一步。

汛期旱涝灾害对我国经济建设和社会发展造成严重影响，对人民生命财产和国民经济发展都带来重大损失。汛期气候趋势预测是国家级气候业务的重中之重。但受季风气候的影响，我国汛期降水年际变化大，影响因素复杂，预测难度大。通过多部门参与的滚动会商机制，根据气候形势不断更新预测意见，可以为有关部门提供防汛抗旱决策的科学依据。

该项工作得到重点研发计划项目课题2016YFA0602103和中国气象局天气气候数值模拟重点开放实验室（清华大学）（筹）的支持。



2020年汛期气候趋势滚动预测电视电话会商会议

地学系蔡闻佳、环境学院王灿课题组发布共享社会经济路径（SSPs）下未来中国分省人口及公里级分布数据

3月9日，清华大学地学系蔡闻佳、环境学院王灿课题组在自然研究《科学数据》（Scientific Data）期刊在线发表题为《共享社会经济路径下2010至2100年中国分省及网格化人口预测》（Provincial and gridded population projection for China under shared socioeconomic pathways from 2010 to 2100）的研究论文。研究首次构建了2010至2100年五种共享社会经济路径下中国未来分省人口（含性别、年龄、受教育水平）及高分辨率（1km）网格化人口数据库。该工作对开展气候变化影响评估、制定精准的气候变化应对策略具有重要意义，对于开展健康风险评估、公共卫生政策制定、资源需求和分配乃至社会公平相关政策的制定也具有重要意义。

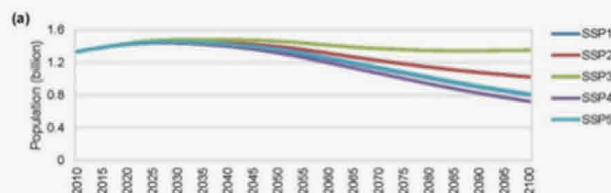
共享社会经济发展路径（SSPs）是政府间气候变化专门委员会（IPCC）为了促进对未来气候变化影响、适应和减缓的综合分析而构建的新一代情景组合。它描绘了未来经济社会系统五种不同的发展模式，反映了经济社会发展与应对气候变化减缓适应挑战间的关联，是开展气候变化影响评估和制定气候政策的核心基础。当前国际机构已建立了国家尺度的社会经济驱动要素（人口、GDP和城市化率）长期预测数据库，然而该数据库存在两方面问题：一是在情景参数设定中未能充分反映我国的现实情形，使预测数据存在一定的系统性偏差；二是该数据以国家为单位，难以对气候变化和气候政策的影响进行高空间精度的评估，难以满足精细化应对气候变化的实际需要。因此，构建一套适应我国国情的次国家尺度和网格化高分辨率的SSPs基础要素数据，具有迫切的开发需求和重要的研究价值。

本研究使用多维递归模型，在五种社会经济发展路径下

估算了2010年至2100年中国省级人口数量及性别、年龄、受教育水平等结构信息，研究考虑了国家生育政策和落户政策调整的影响，减少了现有国别研究结果中的系统性偏差。根据典型浓度路径（RCPs）城市网格和历史人口网格，将预测的分省人口分配为分辨率为1km的人口网格。研究基于最新的分省和地级市统计年鉴数据、国际机构发布的人口网格化现状产品数据，对预测的分省人口总量、结构化信息以及网格化数据结果进行了验证比较。

研究结果发现，我国人口将在2027年至2034年间达到峰值。在中等发展路径（SSP2，可理解为现有政策情景）中我国人口将在2029年达峰，峰值约为14.6亿；不均衡发展路径（SSP4）下最快达峰（2027年），且峰值人口最低，约为14.4亿；全球区域竞争路径（SSP3）下达峰时间最晚（2034年），且峰值人口最高，约为14.8亿。到2050年，我国人口总量在不同情景下变化不大，为13.2亿至14.6亿之间；到2100年，我国人口总量在不同情景下差别巨大，有可能维持13.5亿的水平，也有可能低至8.1亿。

本文数据（含2010至2100年SSP情景下中国分省人口及人口城市化预测数据、省级分性别、年龄和受教育水平人口数据、SSP-RCP情景组下1km分辨率人口网格化数据）可供非商业用途研究使用，文章地址和数据免费下载地址见文末链接。



五种共享社会经济发展路径下，2010至2100年国家层面未来人口数量

清华大学环境学院2017级博士生陈艺丹为论文第一作者，清华大学地学系蔡闻佳副教授为论文的通讯作者。地学系蔡闻佳与环境学院王灿课题组长期致力于气候变化经济学、能源环境经济系统模拟、减缓气候变化的环境和健康影响评估研究。本研究得到了国家重点研发计划（2017YFA0603602）、国家自然科学基金委（No.71773061, No.71773062 和 No.71525007）等项目支持。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41597-020-0421-y>

数据免费下载地址：<https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.4605713>

清华大学地学系关大博教授研究组发文评估全球疫情控制政策对经济的影响

2020年6月3日，清华大学地球系统科学系关大博教授研究组联合国内外多所研究机构在《自然·人类行为》（Nature Human Behaviour）合作发表题为“全球疫情控制政策对经济影响的评估”（Global supply-chain effects of COVID-19 control measures）的研究论文。此论文是全球首篇经过同行评议发表的针对疫情控制措施对全球产业链影响评价的研究。本研究的评估结果显示中国虽在积极抗疫中承受了巨大损失，但把疫情持续时间降到最短，对全球其他国家产生了显著有利影响，且中国所实行的严格管理和有序放开举措，也最符合全球经济利益，对全球经济重启及产业链复苏起到了决定性作用。

目前除了对防控措施的有效性和实施成本进行验证之外，研究不同防控措施对世界经济以及全球关键产业链的影响，对于减轻经济损失和指导经济恢复同样具有重要意义。本研究运用最新开发的全球灾害足迹核算模型，结合全球贸易及产业链数据库，从设定空间传播范围、控制措施的严格性、持续时间等系列情景来定量评估疫情对全球140多个国家和关键产业链的经济影响，更为全面地揭示与COVID-19相关的经济损失将如何在全球供应链中分摊。该研究可以为各国政府制定恰当的疫情防控措施，加快经济复苏进程提供数据支持和科学依据。

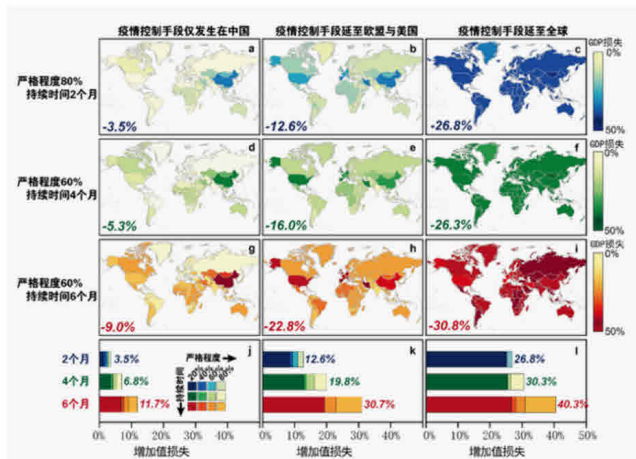


图1 不同防控措施情景下COVID-19对全球经济的影响
(增加值损失)

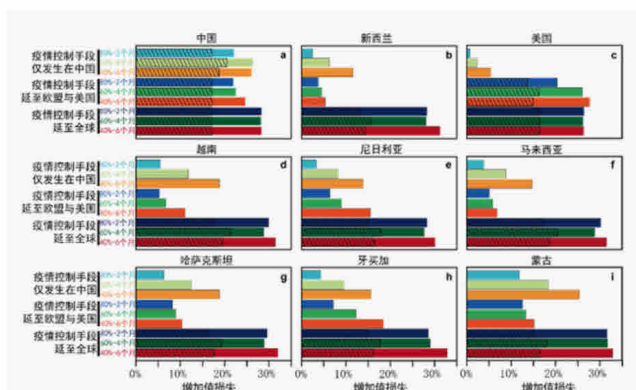


图2 9种情景下选定国家的COVID-19直接和间接增值损失

研究结果显示,首先,严格的防控措施不是导致经济损失的最主要原因,若各国通过严格有效的控制措施以缩短疫情持续时间,将减轻全球经济损失。其次,产业链传导效应放大了疫情对部分国家的经济影响,没有直接受到疫情影响的国家也可能遭受巨大经济损失,尤其是中低收入国家更易受到间接的经济影响,如以能源出口为主的中亚国家和以旅游为主的加勒比地区。与此同时,全球范围内的关键产业链受疫情影响严重,鉴于产业链联系的紧密性,产业链条中断和终端消费需求下降导致全球性的行业衰退,如中国电子制

造业和德国汽车制造业的产量预计分别下降13%-53%和2%-49%;且在疫情得到初步控制后,全球经济重启的过程要注意循序渐进。研究认为若快速“解封”导致疫情再次失控,全球经济将遭受更为惨重的损失。

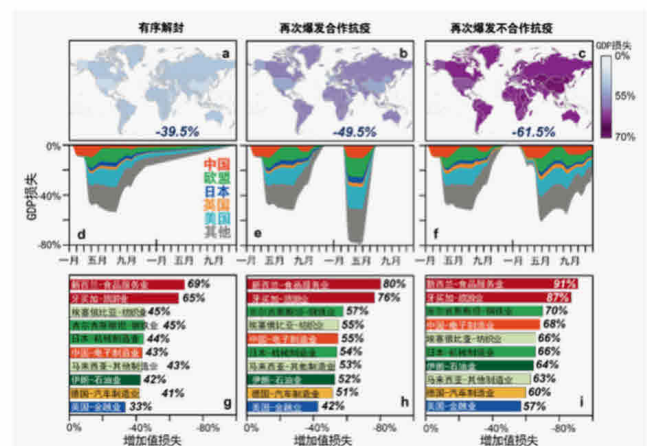


图3 在三种新冠疫情大流行后恢复情景下,全球经济的恢复预测

疫情防控是具有正外部性的公共物品,没有国家可独善其身,国家积极的防控态度、严格有效的防控措施可减少自身和其他贸易伙伴的经济损失。因此,在全球疫情严峻的当下,做好疫情防控显得尤为重要。只有加强国际合作、弥补全球防控的薄弱环节,才能尽量减少经济损失、保障全人类的健康和福祉。

原文链接: <https://www.nature.com/articles/s41562-020-0896-8>

地学系张强教授研究组发文揭示中国污染减排可抵消全球变暖对空气质量的负面影响

8月3日，清华大学地球系统科学系张强教授研究组在《自然-气候变化》（Nature Climate Change）在线发表题为“气溶胶直接辐射效应减弱可减缓气候变化对中国空气质量的惩罚效应”（Weakening aerosol direct radiative effects mitigate climate penalty on Chinese air quality）的研究长文（Article），指出我国未来污染减排将导致气溶胶辐射效应减弱和大气污染扩散条件改善，进而抵消全球变暖对我国空气质量与人群健康的负面影响。

全球气候变暖将导致未来极端高温事件和静稳事件日趋频繁，从而加剧区域空气污染，威胁人类健康。已有研究表明气候变暖可能对全球空气质量产生不利影响。然而，以往的研究通常没有单独评估短寿命气溶胶变化带来的辐射效应及其影响。实际上，气溶胶可通过改变大气辐射收支影响气候系统，进而影响空气质量。我国正在实施的一系列清洁空气行动计划将大幅削减未来大气污染物排放及气溶胶浓度，从而减弱气溶胶辐射效应并进一步影响空气质量。

针对上述问题，由清华大学地学系张强教授研究组领导的国际科研团队通过耦合全球与区域气候-化学模式以及健康效应模型，定量评估了未来减排导致的气溶胶辐射效应变化对我国空气质量与人群健康的影响。研究发现，未来我国污染减排将导致气溶胶辐射效应减弱，改变大气动力学过程，改善污染扩散条件，从而带来额外的空气质量改善和健康效益。在典型浓度路径4.5（RCP4.5）情景下，到本世纪中叶，我国减排导致的气溶胶辐射效应减弱预计可将PM_{2.5}暴露减少约4%，并避免每年约1.4万人因空气污染过早死亡。这一额外收益将在很大程度上抵消全球变暖加剧空气污染导致的健康损失。

研究表明短寿命污染物和长寿命温室气体减排均可影响区域气候条件，从而降低气候变化对我国空气质量带来的潜在不利影响。然而，温室气体对空气质量的潜在威胁可能已部分锁定，其大力减排仍需全球通力合作。在国家层面上，减排大气污染物带来的额外收益将更为直接、快速。当前我国正致力于改善区域空气质量，削减大气污染物排放的努力在获得空气质量改善直接收益的基础上，还可通过削减气溶胶辐射效应获得额外收益，从而减缓全球变暖对我国空气质量的潜在威胁。

清华大学地学系张强教授和美国东北大学张阳教授为论文共同通讯作者，张强教授团队博士研究生洪朝鹏（现为美国加州大学欧文分校博士后）为论文第一作者。美国加州大学欧文分校史蒂文·戴维斯（Steven Davis）副教授、地学系关大博教授、刘竹副教授、环境学院贺克斌院士为论文合作者。该研究得到了国家自然科学基金委的支持，论文前期的模型开发工作得到了国家留学基金委的支持。

原文链接：<https://www.nature.com/articles/s41558-020-0840-y>

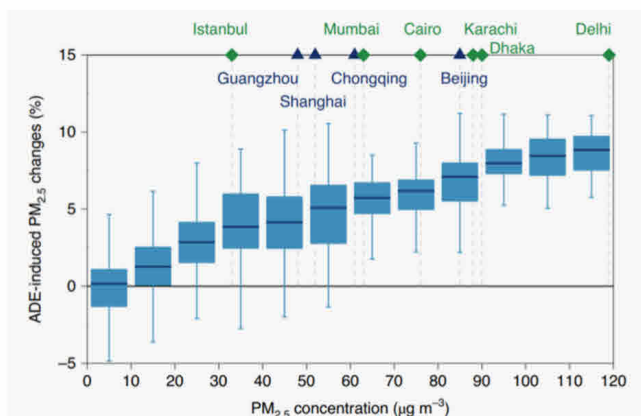


图 不同PM_{2.5}污染水平下气溶胶辐射效应导致的PM_{2.5}浓度变化情况（2010年数据）

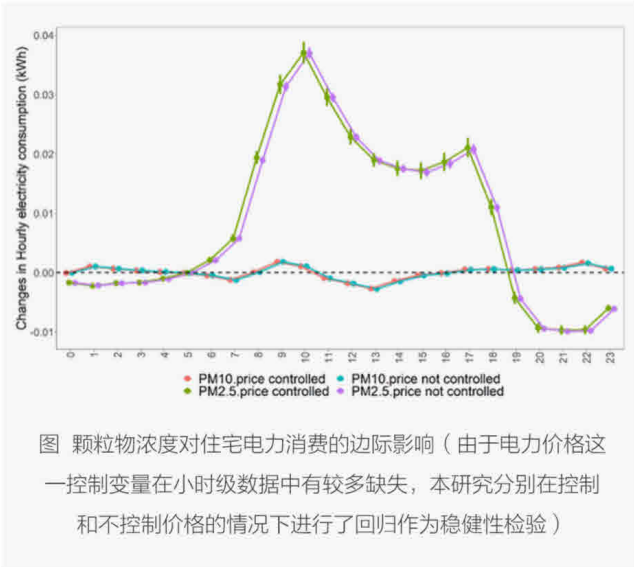
清华大学地学系刘竹研究组揭示空气污染对能源需求及供给的影响

空气污染在引发一系列健康及经济损失的同时，也可能导致消费者行为和能源生产条件的变化，从而改变这些损失的强度。清华大学地学系刘竹副教授研究组博士后何盼与国内外学者合作，采用统计回归模型方法，应用微观级别电力消费数据，探究了空气污染导致的能源需求和供给的改变及其可能带来的间接损失。

本研究以美国亚利桑那州凤凰城大都市区为案例，利用2013-2018年间小时级别住宅及商用建筑电力消费和太阳能发电数据，从需求端和供给端分析了空气污染对住宅及商用建筑电力消费和分布式太阳能发电量的影响。模型采用工具变量方法解决空气污染和能源使用互为因果导致的内生性问题，结合高精度电力消费记录及调查数据，精确刻画不同社会经济地位群体的能源使用模式并评估其受到空气污染的影响。

分析结果显示，PM10和PM2.5的浓度上升均会导致住宅用电量的显著增加，其中PM2.5的影响更大。产生这一结果的原因在于消费者可能因规避空气污染带来的健康损失而减少室外活动。而随着室内活动时间变长，能源的需求（包括空调、供暖及各类电器使用）也可能有所上升，同时自然通风变为机械通风，亦可能带来更多的能源使用。通过对小时级数据进行进一步分析，本研究发现这一增长主要集中在白天，而夜晚的能源消费反而有所下降。这可能是由于居家时间变长，导致消费者将许多原本在夜晚进行的活动（如洗衣服等家务劳动）移至白天进行所导致的结果。同时，低收入组和西班牙裔家庭受到的影响更大，可能的原因在于处于不利社会经济地位的消费者在空气污染下的暴露水平可能更高，且住宅和电器的能源效率可能更低，从而因空气污染带

来的电力消费增长可能更大。对商业建筑而言，空气污染的影响整体并不显著，但零售业、娱乐与服务业的商用建筑出现了电力消费的上升，表明此类商业建筑成为了室外娱乐活动的替代场所。在能源供给侧，PM2.5和PM10浓度均会造成太阳能发电量的下降，住宅受到的影响程度更大。这可能是由于其养护程度低于商用建筑电池板。



作为当前世界各国环境管理的重点，大气污染防治正不断趋于科学化、精准化。在污染控制政策的设计中，无论是控制目标的制定，还是不同政策工具的选取，都需要费用-效益分析为决策过程提供辅助和支持；而这一分析的可靠性，有赖于对空气污染带来健康和经济损失的准确衡量。现有研究对空气污染损失的评估多集中于暴露带来的直接损害，而较少关注因消费者行为和能源生产过程受到影响而导致的损失。本研究结果表明，在计算空气污染造成的边际损害素时，政策制定者需要明确考虑因消费者行

为和清洁能源技术受到的影响而产生的损失，否则将低估导致污染控制政策带来的收益及其对能源公平的促进作用。同时，清洁能源的发展应考虑空气污染的负面影响，并采取相应的措施（例如住宅用户传达清洁和维护太阳能电池板的重要性）以降低这一负面影响。

9月21日，刘竹研究组在《自然-能源》（Nature Energy）上发表了这篇题为“颗粒物污染导致住宅电力消费增加”（Increase in domestic electricity consumption from particulate air pollution）的研究论文。清华大学地学系博士后何盼、美国马里兰大学公共政策系邱月明副教授、博士生梁静为本文第一共同作者及通讯作者，杜克大学环境学院博士生李青染及Salt River Project的首席分析师Xing Bo在数据采集、模型构建和论文撰写方面提供了重要帮助。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41560-020-00699-0>

清华大学地学系徐冰教授研究组提出新冠疫情全球分批次联合防控策略

新型冠状病毒肺炎自2019年出现以来，呈现出全球性大流行趋势。尽管许多国家已采取社交隔离等多种方法来减缓该病毒的快速传播，降低对公共卫生和医疗资源的压力，但这些举措的强度和实施时间在各个国家之间存在很大差异，导致全球范围内新冠肺炎病例数仍居高不下。持续的社会封锁和旅行限制已对世界社会经济造成了重大的负面影响，亟需从更广泛更深入的角度寻求有效抑制全球范围内该病毒大规模流行的策略。清华大学地球系统科学系成立了以宫鹏教授、徐冰教授为首的研究组，并联合挪威奥斯陆大学生态与进化综合中心Nils Chr. Stenseth教授，开展多学科、跨领域合作研究。9月28日，该研究组在《美国国家科学院院刊》（Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America）发表题为“新型冠状病毒肺炎全球大流行需要联合干预以防控未来传播浪潮”（Global COVID-19 pandemic demands joint interventions to the suppression of future waves）的研究论文。

该项研究开发了一个气象条件和人口空间流动的数学模型，研究不同防控策略对全球新冠疫情传播的影响，提出分批次的全球联合防控策略。该传染病数学模型纳入了两种可能影响新冠肺炎流行趋势的因素：1）受当地气候条件的季节性影响，人们室内外活动时间发生相应的季节性波动，进而影响新冠肺炎在各地的流行趋势；2）国际旅行增加了病例输入的可能性，促进了新冠肺炎在各地进一步扩散的风险。在全球59个高风险地区中，此模型评估了不同防控策略、干预强度和干预开始的时间对抑制新冠肺炎传播的效果。研究表明，在暴发最高风险的地区实行为期8周的严格防控，随后在爆发次高风险的地区依据新冠肺炎在各地开始流行的时间同样实行为期8周的严格防控，这样可以兼顾全球防疫的效率与地区间流行趋势的差异。全球协作及时开展新冠肺炎的严格防控对于应对未来的新冠肺炎大流行至关重要。这种分层干预策略可以极大地整合全球和地方防疫资源，降低新冠肺炎等其他诸多传染病对公共卫生资源与社会等各方面造成的压力。

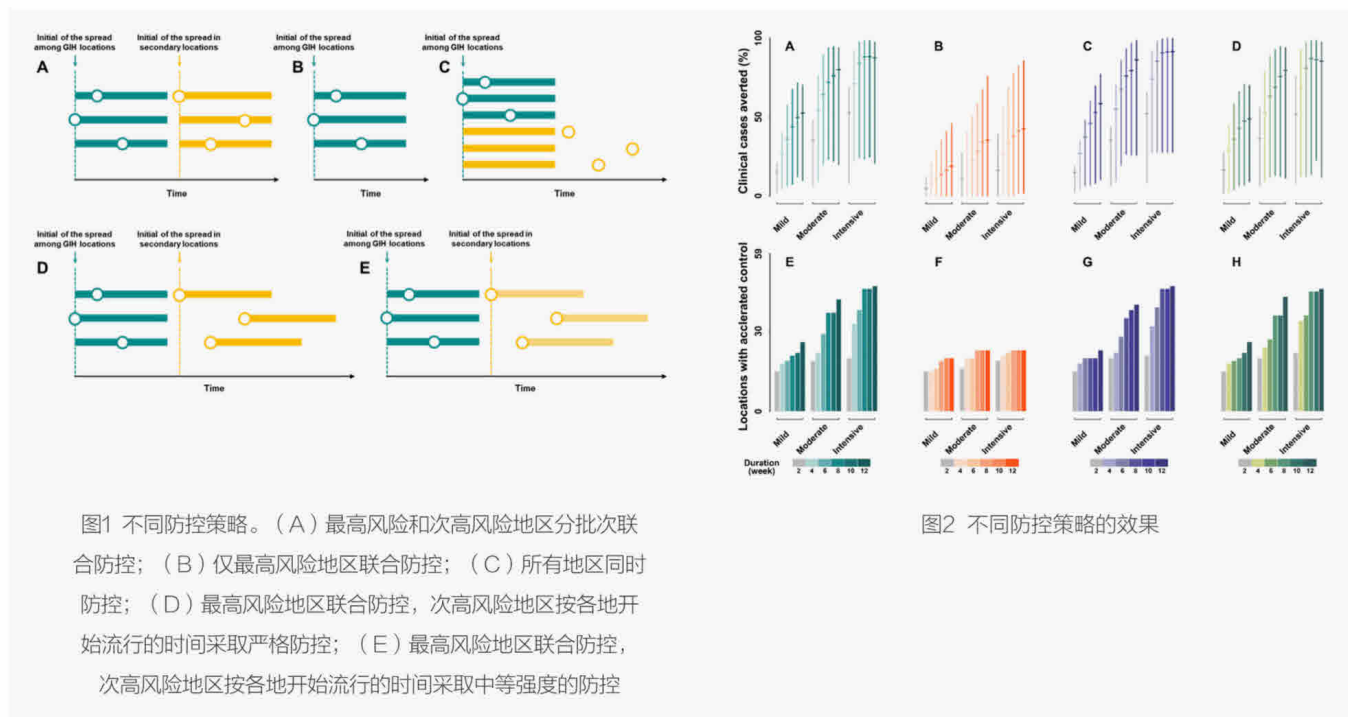
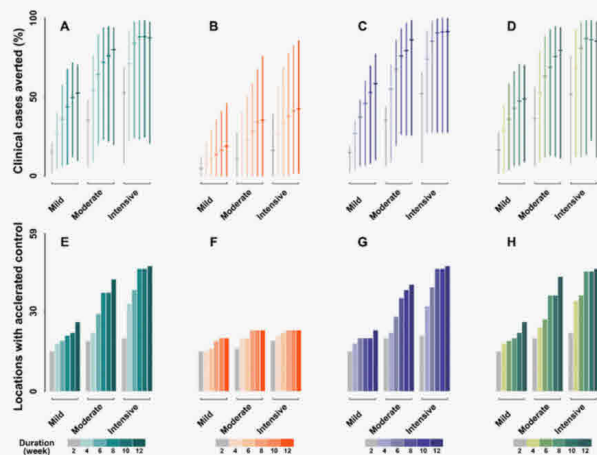


图2 不同防控策略的效果



清华大学地学系徐冰教授课题组的李瑞云博士和陈斌博士为论文共同第一作者，地学系徐冰教授、宫鹏教授、关大博教授和挪威奥斯陆大学Nils Chr. Stenseth教授为论文共同通讯作者。本研究得到国家重点研发项目（2016YFA0600104）、奥斯陆大学COVID-19 Seasonality项目（312740）共同支持。

论文链接：<https://www.pnas.org/content/early/2020/09/25/2012002117>

地学系张强研究组构建碳排放动态反演技术，揭示新冠疫情下中国碳排放变化的驱动力

12月2日，清华大学地球系统科学系张强教授研究组发表论文，构建了融合卫星遥感观测资料和自下而上排放源信息的碳排放高时空分辨率动态反演技术，并在此基础上给出了2020年1-4月中国分省分部门二氧化碳排放的逐日动态变化，进而揭示出新冠疫情防控措施对工业活动的影响。该研究认为，解封后工业活动的迅速反弹成为新冠疫情期间中国二氧化碳排放变化的最主要驱动力的结论。论文以“卫星遥感反演新冠疫情期间中国二氧化碳排放的下降与反弹”（Satellite-based estimates of decline and rebound in China's CO₂ emissions during COVID-19 pandemic）为题，在线发表在《科学进展》（Science Advances）上。

二氧化碳是气候变化的主要驱动因子和气候能源政策的核心约束目标。2020年上半年，封城、停产停工、交通管制等新冠疫情控制措施降低了社会经济活动强度，大幅减少了化石能源消耗量与二氧化碳排放量，而疫情缓解后的经济刺激政策又可能助推排放的反弹。及时、准确地追踪人类活动二氧化碳排放的动态变化对于增强气候变化的应对能力，提高政策行动的灵活性和适应性具有重要意义。基于宏观统计资料和近实时大数据的排放定量方法，能够及时测算疫情期间排放的动态变化，但近实时数据在日尺度上的部门和空间覆盖并不完整，由此引入的不确定性缺乏观测数据的独立验证。

针对这一问题，张强教授研究组领导建立了耦合近实时氮氧化物卫星遥感观测、大气化学传输模型和自下而上排放源信息的二氧化碳高时空分辨率排放反演技术，首次基于观测资料定量分析新冠疫情期间中国分省分部门二氧化碳排放放在日尺度上的动态变化。研究发现，2020年1月底-2月初大范围封城时，全国二氧化碳排放与2019年同期相比下降幅度超过40%。随着中国国内新冠疫情迅速得到遏制，自2月中下旬开始，低风险地区有序复工复产，全国二氧化碳排放逐渐反弹。自4月初全国解封后，4月的二氧化碳排放量同比2019年高出2.7%。2020年前四个月，中国二氧化碳排放比2019年同期下降了11.5%。

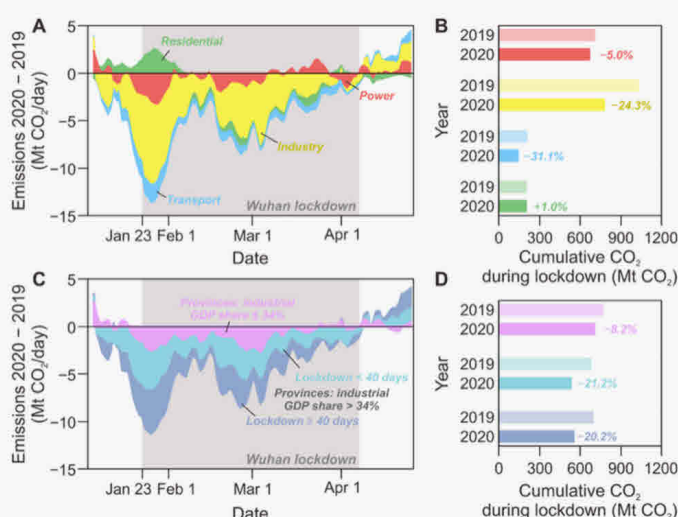


图 2020年新冠疫情期间中国分部门分区域CO₂逐日排放同比变化幅度

研究表明，各省份的经济生产结构、疫情封城防控力度、经济刺激措施强度等共同决定了人为源二氧化碳排在新冠疫情期间下降与反弹速度。基于卫星遥感的排放反演结果显示，除疫情管控措施最为严厉的湖北、京津冀和长三角地区之外，由工业经济主导的省份在封城管控措施期间排放下降幅度更为显著。与此同时，这些省份在封城措施结束后的排放反弹也更为迅猛。中国以工业为主体的经济结构决定了二氧化碳排放对新冠疫情的动态响应幅度，即工业部门是新冠疫情期间中国二氧化碳排放下降与反弹的主要驱动力。本研究建立了一套新的二氧化碳排放变化高分辨率近实时反演技术体系，该方法体系未来可推广应用至美国、欧洲和印度等人类活动排放主导地区，测算这些地区新冠疫情期间排放的动态变化。

法国环境与气候科学实验室博士后郑博（现为清华大学深圳国际研究生院助理教授）和清华大学环境学院助理研究员耿冠楠为论文共同第一作者，清华大学地球系统科学系张强教授为论文通讯作者。法国环境与气候科学实验室Philippe Ciais教授、美国加州大学欧文分校Steven Davis教授、清华大学地球系统科学系关大博教授、清华大学环境学院贺克斌教授等为论文合作

者。研究得到了国家自然科学基金委创新研究群体项目和国家杰出青年科学基金的支持。

原文链接: <https://advances.sciencemag.org/content/6/49/eabd4998>

气候变化与健康危机交织，协同应对迫在眉睫——“柳叶刀倒计时”2020年度报告发布会暨柳叶刀倒计时亚洲中心成立仪式

2020年12月3日，由柳叶刀倒计时指导，柳叶刀倒计时亚洲中心主办，清华大学地球系统科学系协办的“柳叶刀倒计时”2020年度报告发布会在北京文津国际酒店举行。

清华大学地球系统科学系副主任罗勇主持发布会



《柳叶刀》杂志亚洲主编Helena Wang致辞

发布会由清华大学地球系统科学系副主任罗勇教授主持，特邀嘉宾《柳叶刀》杂志亚洲主编Helena Wang、“柳叶刀倒计时”共同主席、伦敦大学学院全球卫生及可持续发展学教授安东尼·科斯特洛（Anthony Costello）分别于发布会现场以及通过视频的方式为活动致辞。

本次活动采用线上和线下相结合、全球双语同步直播的方式进行。来自报告作者团队的多位专家学者、生态环境部宣传教育中心、中国气象局等机构的相关人士，新华社、人民日报、环球时报、健康报、科学通报、澎湃新闻等五十余家媒体参加了发布会。

地球系统管理

受人类活动的影响，近几十年来全球气候呈现显著变暖的趋势，进而引发了高温热浪、干旱洪水和森林火灾等极端天气气候事件，以及粮食安全、海平面上升等一系列问题，对人群健康产生了重大影响。在此背景下，自2015年起，来自全球30余家顶尖学术机构的120余位专家共同完成的“柳叶刀倒计时报告”作为全面解析气候变化趋势，为各国政府提供政策建议的专业报告，受到各国政府、学术机构以及公众的高度关注。

作为柳叶刀倒计时本年度的重磅活动之一，本次发布会共发布了两部报告——《2020年度柳叶刀倒计时全球报告》以及首部《柳叶刀倒计时中国报告》。



活动现场

全球报告：强化协同效应，共对复合危机



清华大学理学院院长、地球系统科学系主任
宫鹏作报告解读

2015年以来，《柳叶刀倒计时全球报告》每年持续监测气候变化造成的健康影响，并对应对气候变化的行动进行独立评估。柳叶刀倒计时今年发布的是第五部全球报告。与去年相比，今年的报告包括43个指标，其中新指标有热相关早逝、气候移民和流离失所、城市绿地的可及性、低碳饮食的健康效益、极端高温和热相关劳动生产力损失的经济成本、净碳价、各国国家自主贡献（NDC）中包括健康相关问题的数量等。

报告对于2019年全球范围内为应对气候变化而采取的行动进行了梳理。在积极行动方面，报告中提到，2019年可再生能源提供了1150万的就业岗位，比2018年增加4.5%。在低碳发电方面，低碳能源发电量持续上升，2017年比2015年增长10%。其中，中国是最主要的贡献者。在健康出行方面，2018年全球电动车数量比2017年增加65%。报告还梳理了气候变化对全球造成的负面影响。例如，全球65岁以上人群经历的热浪暴露次数比1986-2005年均值增加了4.75亿次，刷新了2016年的记录。在煤炭消费量上，继前几年的短暂下降后又持续反弹，2018年比2017年增加1.2%，比1990年高出74%。在室外空气污染方面，全球室外空气污染相关的早逝人数总数依然在上升等。

作为全球报告的解读嘉宾，同时也担任柳叶刀倒计时项目全球共同主席的宫鹏教授表示，“在未来，同时面对多重复合危机将成为新常态。我们必须在不同的政策、目标之间强化协同效应。例如，将应对气候变化和新冠肺炎疫情的复苏方案有机结合起来，才能有效应对这些交织的危机。”

中国报告：波及面积广，行动成果多，提升空间大

和以往的发布会不同，此次发布会上发布了首部《柳叶刀倒计时中国报告》。该报告由来自19家国内外顶尖学术机构的70余位专家共同撰写。报告通过追踪近30项与中国气候变化趋势及其对人群健康影响相关指标的变化，揭示了气候变化对中国各省人群健康的影响。同时，报告模拟了中国为减缓气候变化而采取的行动，以及该行动带来的人群健康效益。另外，报告还对推进低碳发展、构建健康中国的目标提出了相关政策建议。

报告显示，中国各省市均不同程度受到因气候变化而引发的各类健康问题的影响。例如，位于中国东北部的黑龙江地区，野火等灾害威胁着当地居民的安全及健康；而所处于中国东南沿海地区的广东省，也因热浪、台风、登革热等灾害在劳动生产方面蒙受了损失。

通过研究发现，在中国政府的领导以及全社会的共同行动之下，中国在应对气候变化方面已取得一些成效。数据显示，2019年单位GDP的二氧化碳排放比2005年下降了48%，超额完成原定于2020年实现的目标。另外，中国对于新建煤电厂的投资自2015年起一直呈下降趋势。与此同时，对于低碳电力的投资明显增多，其投资规模是煤电投资的9倍。其中，2019年可再生能源的投资规模达到了864亿美元。报告对公众普遍关心的PM2.5问题也进行了分析。数据显示，和2015年相比，2019年中国主要城市PM2.5浓度已经下降了28%，因空气污染导致的死亡人数也减少了近9万人。

但同时和其他国家相比，在制定与气候变化相关的规划方面，中国还存在着一定差距。目前，全球已经有51个国家制定了气候变化与人群健康相结合的国家级适应规划文件，48个国家完成了气候变化对人群健康影响的科学评估。而目前中国仅有3个省市制定了上述的规划文件，仅有6个省市正在开展相关的评估工作。

为应对气候变化带来的挑战，《柳叶刀倒计时中国报告》中也提出了相应的政策性建议。例如，多部门应协同合作，充分预估气候变化带来的健康风险；应制定妥善的针对气候变化健康风险的应对措施；加强气候变化对健康影响方面的科学研究和公众宣传；加速碳减排，制定健康的碳中和实现路径。报告还针对新冠肺炎疫情防控措施对经济的影响问题，建议制定新冠疫情经济复苏方案时必须充分考虑人群健康这一重要因素。

作为《柳叶刀倒计时中国报告》的首席作者之一、柳叶刀倒计时亚洲中心主任、清华大学地球系统科学系蔡闻佳副教授表示，作为全球最大的二氧化碳排放国和世界五分之一人口的居住地，中国应对气候危机的方式对中国自己和全球都至关重要。在已经颁布的许多积极的健康政策基础上，中国还应进一步升级和制定更多的气候行动计划，这样才能避免整个国家可能遭受到气候变化带来的公共健康威胁。

气候变化对人群健康产生的影响不可忽视。面对气候变化带来的健康挑战，“柳叶刀倒计时”报告让全球、全社会充分认识到健康风险的存在，并为做好预判提供了科学的依据。为减缓气候变化的速度，全球应一起努力，共同构建更健康、更光明的未来。

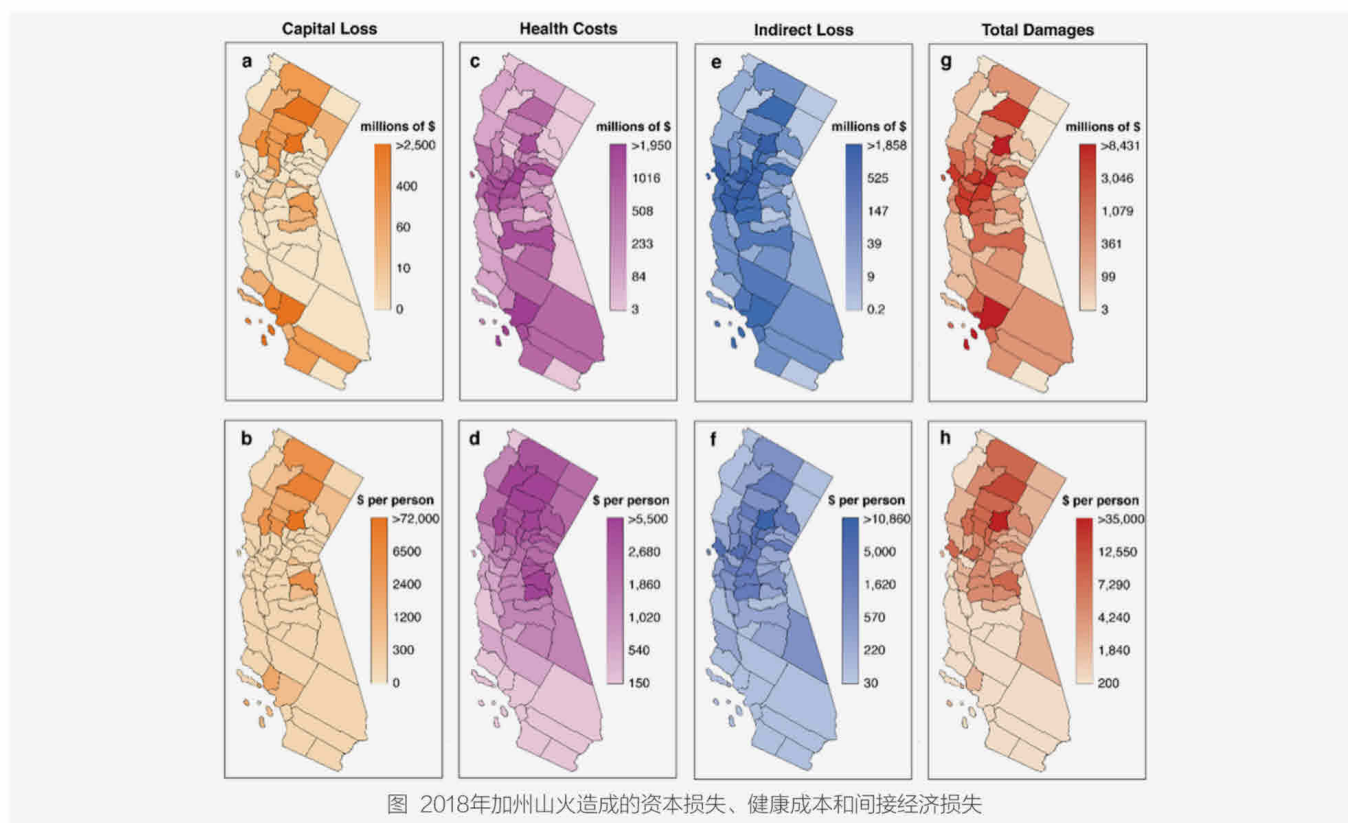
清华大学地学系关大博教授研究组发文揭示加州山火的灾害足迹



近日，清华大学地球系统科学系关大博教授研究组构建了耦合大气化学传输模型、环境效益分析系统和经济评估模型的灾害足迹模型，系统评估了2018年加州山火的灾害足迹，包括被摧毁和损坏的物质资本的价值、与空气污染暴露相关的健康成本，以及这些直接损失在区域级和国家级供应链网络中造成的间接损失。研究结果揭示了山火灾害的损失构成及损失的传导机制，为山火灾害的管理提供了关键信息。

近年来，全球范围内森林火灾发生的频率不断增加，规模不断扩大。火灾对森林生态系统的健康发展发挥了重要作用，但如果在人类聚居区域发生大型火灾，就会为社会经济带来复杂的影响。火灾不但会烧毁大量房屋和基础设施、迫使道路关停，而且会释放大量的空气污染物，影响周围居民的身体健康。这些直接影响又会造成供应链扰动，冲击在供应链上不断传导，造成进一步的经济损失。火灾为社会经济造成的复杂影响，也给灾害管理带来了巨大挑战。对火灾危害进行全面评估并深刻理解其传导机制成为制定防灾政策和减轻灾害损失的关键。但是现有文献对山火灾害影响的评估多集中在直接损失方面，例如被破坏的建筑物数量、被破坏的基础设施的价值、死亡人数等。

针对这一问题，关大博教授研究组领导建立了耦合物理、流行病学和经济模型的灾害足迹模型，首次全面估计了2018年加州山火造成的经济影响，包括被摧毁和损坏的资本的价值、与空气污染暴露相关的健康成本以及与之有着经济关系的间接损失。结果显示，2018年的加州山火造成的损失总计约1485亿美元（约占美国年度GDP的0.7%），其中直接资本损失为277亿美元（19%）、健康成本为322亿美元（22%）、间接损失为886亿美元（59%）。评估结果表明，与加州野火有关的大部分经济影响可能是间接的，并且通常会影响到远离火灾的行业和地区（例如，2018年间接损失的52%发生在加利福尼亚州以外）。



尽管数额巨大，2018年加州山火相关的直接资本损失在本研究的估计中，仅占全州范围内总损失的27%，在某些县和特定行业部门的影响中所占比例甚至更低。研究表明，此前很少被量化的健康成本和间接经济损失分别占全州总损失的31.5%和41.5%。在某些情况下，这些间接影响也对远离大火的地点（例如Sacramento县）和产业（例如化学制造业）造成了严重影响。研究显示，加州山火对加州以外的美国其他地区造成的经济损失达459亿美元。通过量化分析，研究绘制出这些以前不被重视，但却在2018年山火中受到巨大损失的结论。例如，在加利福尼亚州或美国西部其他州发生的大规模山火并不是孤立存在的。研究结果进一步表明，在加利福尼亚州或其他西部州发生的大规模野火所造成的影响，不仅局限于火灾发生地区。尽管火灾造成的人员伤亡和物质损失仅限于特定社区，但对经济和健康所造成的影响波及范围更广。统计野火造成的经济影响和范围能够为土地和森林管理、灭火工作的开展等决策提供重要参考。例如，可以考虑把防火工作重点放在主要的人群居住地、重要的工业或交通基础设施附近的区域，以此来降低医疗成本和减少未来火灾的间接损失。另外，对于野火潜在的规模以及造成的间接影响，应投入大量资源来降低火灾风险，并为整个州及地区制定协调计划提供支持。

12月7日，本论文以“2018年加州山火的经济足迹”（Economic footprint of California wildfires in 2018）为题，在线发表于期刊《自然-可持续发展》（Nature Sustainability）上。

上海财经大学城市与区域科学学院博士生王道平和清华大学地球系统科学系关大博教授为论文共同第一作者，关大博教授为论文通讯作者。清华大学地球系统科学系张强教授、雷天扬博士生、宫鹏教授，清华大学环境学院耿冠楠博士，加州大学尔湾分校朱曙鹏博士、Michael Mac Kinnon博士、Steven J. Davis教授，挪威科技大学郑赫然博士，华东理工大学邵帅教授为论文合作者。研究得到了中国国家自然科学基金和美国国家科学基金的支持。

黄小猛副教授团队基于机器学习的预报订正方法研究斩获殊荣

2020年3月5日，黄小猛副教授团队《基于机器学习的模式预报订正方法研究》一文荣获2019智慧海洋高端论坛论文一等奖，国家超算无锡中心-清华大学地球系统数值模拟联合实验室许立兵为第一作者，黄小猛副教授为通讯作者。于2019年12月6日落下帷幕的2019智慧海洋高端论坛，由中国海洋学会、国家海洋信息产业发展联盟、国家海洋信息中心、舟山市人民政府共同主办。经论坛学术委员会评审，本次论坛共评选出论文一等奖3篇，二等奖8篇，三等奖10篇，优秀奖13篇。

文章合作者还包括国家海洋环境预报中心陈幸荣、邢建勇以及刘克威，国家超级计算无锡中心王安喜，地学系博士生陈悦等。

《基于机器学习的模式预报订正方法研究》提出了一种基于随机森林和深度神经网络结合的WRF预报结果订正方案，从而可以进行精细化预报，验证了机器学习方法进行场预报的优越性。随机森林是基于特征决策树的集合模型，可以统计某一特征被选为分裂特征的次数、带来的平均增益以及该特征对每棵树的覆盖率，具有良好的可解释性。

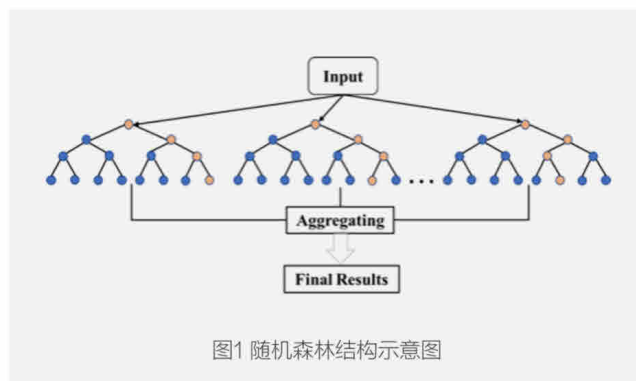


图1 随机森林结构示意图

该研究结合中尺度数值模式WRF预报数据和ERA5再分析资料，利用机器学习方法对WRF预报场的风场、温度、气压进行预报订正。与原始WRF预报相比，利用随机森林模型实现预报精度平均提升44%以上，利用深度神经网络模型实现预报精度平均提升29%以上。同时分析了输入特征对各预报要素的重要程度，实验结果符合各要素的基本物理关系。在海陆交界区域，精度未有提升，初步分析其原因是由于这些区域地形复杂，模型未能捕捉到其非线性关系。后续研究将考虑针对不同区域训练不同的模型，提高模型的非线性表达能力，以提高预报精度。

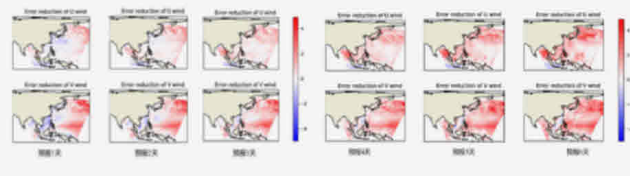


图2 U10、V10在1-6天的空间改善情况效果图

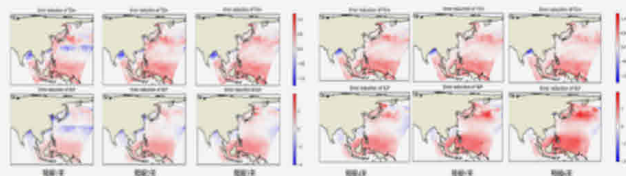


图3 T2、SLP在1-6天的空间改善情况效果图

中国城市土地利用制图委员会第四次会议召开：众智共度现时艰，协力同测千城变



在清华大学中国城市研究院院长宫鹏教授的倡议和召集下，中国城市土地利用制图委员会于2019年6月成立，旨在推动联合开展全国城市土地利用制图工作，为国家高质量城市建设、管理和国土空间规划等提供更加精细的数据支持，致力于推进全球城市土地利用制图研究。在中国城市土地利用制图委员会成立不到一年的时间里，已有几十位遥感、土地利用专家加入该委员会，并且已于2019年7月、9月和12月，分别在北京、深圳、上海召开了三次工作会议。2020年6月5-7日，中国城市土地利用制图委员会第四次工作会议于青岛召开。本次会议由山东科技大学承办，共有30余位海内外专家学者莅临现场，也有20余位专家学者在线参会。

会议的第一部分是专家学者的工作进展报告。其中，清华大学地学系博士生董润敏代表清华大学地学系和商汤公司介绍了基于10米分辨率全球地表覆盖制图（FROM-GLC10）结果完成的中国3米分辨率的地表覆盖制图。武汉大学遥感信息工程学院研究生杨俊静、河南大学环境规划学院研究生王喆、深圳市规划国土发展研究中心苏墨工程师分别介绍了城市功能识别、建筑物高度提取以及城市边界制图方法及实验结果；美国爱荷华州立大学李雪草博士和加州大学戴维斯分校陈斌博士介绍了中国以外41个典型城市基本城市土地利用分类制图结果；清华大学海峡研究院王熙老师、中科院山地所雷光斌博士分别展示了厦门市和成都市的土地利用分类实验结果；山东科技大学孙林教授介绍了多年来在云检测、气溶胶反演以及地表专题信息（温度、不透水层、火点等）提取方法和数据集生产等方面积累的经验。

建设与影响



图1 青年学者作工作进展报告（从左到右分别是：清华大学 董润敏；河南大学王海鹰研究组 王喆；深圳市规划和国土发展研究中心 苏墨；美国加州大学戴维斯分校 陈斌）

会议第二部分由宫鹏教授介绍清华大学“流行病学传播与对策”突击队在过去4个多月针对新冠疫情开展的系列研究课题及进展，以及结合土地利用制图开展武汉-北京-广州基于个体尺度的COVID-19传播模拟研究。他进一步介绍了清华大学中国城市研究院主持的第三方城市体检工作，同时展示了2861公司对我国主要城市的独立第三方评估的部分打分结果。中山大学遥感与GIS工程系向雨和刘小平教授、同济大学建筑与城市规划学院研究生贾颖慧、中科院深圳先进技术研究院孙博博士分别就长沙市城市体检、城市扩张问题和城市光污染等研究工作作了精彩的报告。



图2 专家学者作专题报告（从左到右分别是：中科院成都山地灾害与环境研究所 雷光斌；同济大学王兰研究组 贾颖慧；清华大学海峡研究院 王熙；山东科技大学 孙林）



图3 专家学者在云会议室作线上报告



图4 会议现场 - 专家讨论

点评嘉宾《Remote Sensing of Environment》（环境遥感）杂志主编，福建师范大学陈镜明教授和遥感科学国家重点实验室主任施建成研究员对多项制图研究提出进一步科学应用的建议，并提议向《环境遥感》投稿综述论文。亚马逊AWS中国产学研合作负责人汤竹女士、光环启云数据公司宁琪先生、杨慧芳女士，商汤公司代表夏天先生，河钢集团贾永坡博士等作为参会企业代表表达了对城市土地利用分类和城市数据科研工作的大力支持，以及对该领域科研成果成功实现市场化的期待。



图5 企业代表与专家合影（从左到右，夏天、王熙、孙林、杨慧芳、汤竹、宁琪、陈镜明、施建成、宫鹏）

宫鹏教授提出将来的土地利用制图与城市研究工作要向多维度扩展，向全球更高分辨率高精度目标推进，探索建立起更全面的城市指标体系，形成完整的数据储备；启动中国城市展望分专题年报工作；并希望中国城市土地利用制图委员会团队围绕着共同的目标，众志成城，形成更强的凝聚力与影响力，不断创新，并持续发展下去。



图6 清华大学中国城市研究院院长 宫鹏教授



图7 （从左至右）福建师范大学陈镜明教授，清华大学地球系统科学系科学指导委员会主任委员、中国科学院院士徐冠华，遥感国家重点实验室研究员施建成



图8 徐冠华院士发言

徐冠华院士充分肯定中国城市土地利用制图委员会的工作形式，指出这种由科学精神驱动的科研合作活动形式是难能可贵的，对于科学技术的发展是一次有益探索。他鼓励大家进一步形成持续的动力机制，加强校企合作，保证相关研究能够沿着科学性、实用性的方向长期稳定地发展。他也对未来研究提出殷切希望。首先，他强调在实现遥感制图技术突破的同时，要注重与国家社会经济发展的切实需求相结合，用技术解决问题，在应用中发展技术；其次，要关注宏观问题，增强数据的动态收集和处理能力；要重视预测能力，强化数学模型的运用，加强与数学、计算机科学等专业的结合；定期发布报告，对成果进行科学解读，对高质量城市发展提出建议，扩大影响力，形成品牌效应。最后，他鼓励大家不忘初心，回归科学研究的本色，回归到科学要为人、为国家服务的本色中。

地学系白玉琪获授第七届中国电子学会优秀科技工作者荣誉称号

地学系白玉琪
荣获第七届中国电子学会
优秀科技工作者荣誉称号



地学系白玉琪长聘副教授日前被评为“第七届中国电子学会优秀科技工作者”。

白玉琪长期从事地球观测数据和地球模拟数据的管理和服务的方法研究。他建立了被国际同行评价为“第一个有文献记录的”互联网OGC服务主动搜索模型；主持研发了CEOS全球卫星遥感影像聚合搜索系统（CWIC）和GEOSS的核心系统，实现了全球10大遥感数据中心1.9亿幅影像、全球183个对地观测数据中心10大类共计4.2亿观测资源的聚合搜索，国际访问量来自121个国家和地区；建立了CWIC的第一个中国数据节点，实现了中国研制的全球陆表特征参量数据产品的国际共享；主持研制了清华大学第一项（中国第四项）ISO TC/211国际地理信息标准。

白玉琪现为国家遥感中心中国GEO部际协调小组支撑专家、国家对地观测科学数据中心技术总体组成员、中国电子学会遥感遥测遥控分会委员。同时，他也是国际地球观测组织（GEO）基础设施工作组（GIDTT）中国国家代表以及世界气候研究计划（WCRP）耦合模拟工作组（WGCM）地球模式数据基础设施委员会（WIP）的成员。他还是IEEE高级会员、国际华人地理信息科学协会（CPGIS）终身会员。

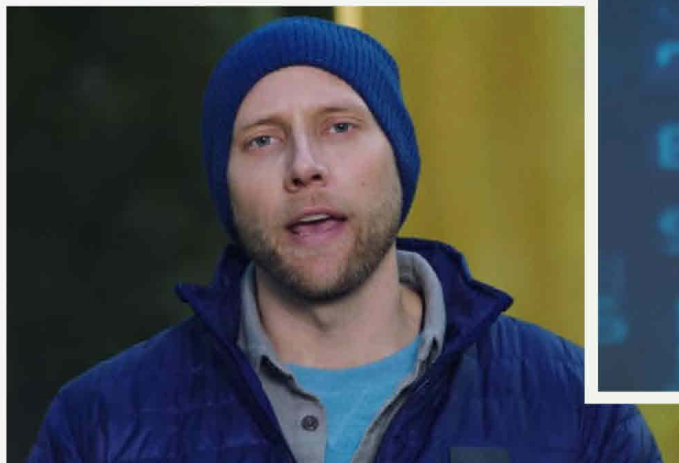
中国电子学会成立于1962年，现拥有个人会员10万余人，团体会员600多个，专业分会45个，专家委员会15个，工作委员会9个，编委会1个。45个专业分会覆盖了半导体、计算机、通信、雷达、导航、微波、广播电视、电子测量、信号处理、电磁兼容、电子元件、电子材料等电子信息科学技术的所有领域。学会编辑出版学术类、技术类、科普类和产品信息类等各种类型的期刊10余种。

地学系宫鹏教授出席2020世界人工智能大会论坛

7月10日，2020世界人工智能大会云端峰会“人工智能予力永续未来”论坛举行。论坛旨在围绕AI和物联网技术在城市建设、传染病防护、节能减排等多个领域的应用，探讨前沿科技如何推进社会的可持续发展，共创永久存续的未来。清华大学理学院院长、地学系主任宫鹏教授出席论坛并作演讲。

宫鹏将当前地球面临的最大问题总结为：地球生态系统难以支撑人类社会快速发展的需求。当前人类活动正迅速而剧烈地改变着自然界，造成地球生态服务功能难以为继，表现为生物多样性锐减、环境污染等问题。为了保护大自然和生物多样性，科学家们要对所有物种的健康状况进行监测和分析，然而目前尚没有足够的整合数据能帮助科学家们了解地球生态系统的全貌。宫鹏同时还指出，当前学科研究日益细分、深化，这容易导致研究人员失去宏大的视角、面对全球变化这样宏观而综合的问题难以提出解法。

微软首席环境官Lucas Joppa



清华大学理学院院长、地学系主任宫鹏教授

为了解决这个问题，微软首席环境官Lucas Joppa提出，可以将此看作一个全球性的优化问题，而人工智能可以帮助我们解决这个问题。由此，Lucas Joppa提出了“行星计算机”的概念，即打造一个能够提供地球上所有物种、资源分布情况的系统。Lucas Joppa 进一步介绍说，“行星计算机”其实是一个能够随时随地访问和更新的庞大的数据库，其目标是将全球的数万亿环境数据与生态系统数据连接起来，帮助世界各地的科学家监测、建模和管理地球自然资源，共同解决环境和可持续发展的挑战。然而，目前计算机的存储和计算性能尚不能满足“行星计算机”的要求。

建设与影响

宫鹏教授指出，当前生态系统服务功能的降低和衰退是地球面临的巨大挑战。计算机可以将模拟能力、科学认识和数据观察三者有效结合，能够更好地去评估未来的发展政策。无论是构建数据尺度更细致的行星计算机，还是通过推理得到对地球的抽象认识和模拟预测，都对计算机的存储和计算性能提出了极高的要求。未来，地球科学与计算机科学必将继续并肩前行。

清华大学地学系主任宫鹏应邀参加第三届世界顶尖科学家论坛

10月30日至11月1日，由世界顶尖科学家协会发起、上海市人民政府主办的第三届世界顶尖科学家论坛在上海举行。11月1日，清华大学理学院院长、地球系统科学系主任宫鹏应邀参加本届论坛气候峰会并发表演讲。本届论坛以云端线上和现场线下相结合的方式举行，包括61位诺贝尔奖获得者在内的全球137位顶尖科学奖项得主、30多位国内两院院士、100余名世界优秀青年科学家参会。



视频截图：与会科学家合影。从左至右、从上至下分别是戴维·格罗斯、西蒙·莱文、格雷厄姆·法夸尔、戴维·齐尔伯曼、宫鹏。

本届世界顶尖科学家论坛的气候峰会以“何去何从：气候变化与人类命运”为主题，2004年诺贝尔物理奖得主戴维·格罗斯，2005年京都奖基础科学奖得主西蒙·莱文，2017年京都奖基础科学奖得主格雷厄姆·法夸尔，2019年沃尔夫农业奖得主戴维·齐尔伯曼，清华大学理学院院长、地球系统科学系主任宫鹏等五位科学家参加论坛并发表演讲。



视频截图：宫鹏发表演讲。

在演讲中，宫鹏首先介绍了地球与人类以及自然的关系。他表示，人类健康与地球系统的健康应视为一体，人人都可以、都应该保护地球。无论是对于科学家、个人或商业社会而言，都能够通过相应的措施促进气候变化朝着更好的方向发展。他在演讲中分享了清华大学的研究团队用时五年研究中国各省水环境安全边界的情况。另外，宫鹏还介绍了发表于《柳叶刀》（《The Lancet》）的气候变化报告，明确了国家与个人应对气候变化的角度和措施。

宫鹏强调，地球的健康问题是可以应对的，而且需要应对。政府、企业、个人都可以发挥很好的作用。他指出，接下来面对的两大主要挑战，一是多重环境变化对人类健康的复合影响作用；二是如何借助计算数据和定量工具对该影响进行测量，从而辅助发展中国家的环境决策。

同时，宫鹏也在论坛中分享了中国经验。他表示，或许科研人员很难从机构直接面向公众，但媒体乃至高校内的新闻传播机构在传播中的作用更应该被强调。在中国，通过媒体中潜移默化的公众教育来强化地球保护意识，这一方法在培养公众意识层面作用显著。但其局限是，公众对“为什么”的理解并不到位，这也在一定程度上影响了具体措施的落实。

世界顶尖科学家论坛开始于2018年，于每年10月29日至31日在中国上海举行，已成为世界科学界高规格的科学界盛会。

应对气候变化 保护生态环境 关切公共卫生健康——第二届国际工程教育论坛“气候、环境与健康”分论坛在线举行

12月4日，由清华大学地球系统科学系承办的第二届国际工程教育论坛“气候、环境与健康”分论坛在线举行。清华大学理学院院长、地球系统科学系主任宫鹏，清华大学万科公共卫生与健康学院院长陈冯富珍，英国伦敦卫生与热带医学院前主任安迪·海恩斯，中山大学公共卫生学院教授黄存瑞，香港中文大学空间分析与健康领域杰出教授关美宝，哈佛大学公共卫生学院教授叶志敏和中国疾病预防控制中心传染病预防控制所研究员刘起勇作为嘉宾，围绕论坛主题进行深入探讨。在线参会的观众达150余名。

在论坛正式开始前，宫鹏对参加论坛的嘉宾作了简短介绍。他表示，此次论坛举办的目的是，在来自气候变化、公共健康等领域的专家学者以及公众之间搭建一个交流的平台，让大家有机会一起探讨气候变化、健康以及环境问题对教育带来的影响。

应对气候变化，刻不容缓

在论坛中，陈冯富珍从人类最早开始关注气候对健康产生影响的古希腊哲学家谈起，指出频发的极端气候事件验证了人类对于气候变化威胁健康的忧虑。在发言中，她以公共卫生为切入点，谈到了与之相关的政策，特别是中国在保护环境与公共卫生方面的一些举措，以及取得的重要成果。例如，将对空气污染较为严重的工厂迁移至远郊、加大对清洁能源的使用、屠呦呦发现青蒿素等。“我出差来到北京，看到的是蓝天的天数越来越多。”陈冯富珍坦言道。

她在发言中倡议，在气候与环境领域，人类作为参与者、执行者、关注者，应共同努力减轻气候变化对健康的影响。同时，气候和公共卫生健康等领域的科学家也要通力合作。

陈冯富珍高度肯定了中国在二氧化碳减排以及碳中和方面做出的承诺。她表示，中国的承诺为国际社会发出了强有力的信号。在实施绿色低碳政策的过渡时期，也应制定长期的低碳战略，以此来推动全球治理气候变化的进程。

安迪·海恩斯在发言中谈到了星球健康，以及人类活动对于自然环境的影响等问题。他表示，人类对于一次能源、化石燃料、肥料以及水资源的大量使用，虽然推动了社会经济的发展，但是对于自然资源的滥用，也造成了很多不利影响，特别是对于人类健康的损害。他指出，气候变化威胁生态系统、引发极端天气气候事件，对于健康带来直接或间接的影响。同时，他还提到了当前在应对气候变化问题上，人类在认知、知识以及行动方面面临的挑战。他表示，在认知方面，人类社会不应该过度关注GDP的增长，而应把经济放至人类健康和星球健康中重新定义；在知识方面，不能只关注生物制药领域，还应加强对工程学、人类学、城市研究、营养学等学科全方面的关注度；在措施方面，应考虑减少对于化石燃料的使用，增加城市的公共交通、低碳船运等的利用。最后，对于减缓全球变暖的速度，安迪·海恩斯认为应必须迅速采取行动，只有这样，才能在本世纪中叶达到零碳排放的目标。

黄存瑞在发言中结合自己所从事的中国区域的健康风险评估工作，对于气候变化带来的健康风险状况进行了阐述；同时提出应加强在疾病与气候变化关系方面的教育，建议将这些内容加入到医学院的课程设置中。另外，对于医学工作者而言，应当首先成为新政策的倡导者，因为好的政策不仅能够预防气候变化，也能为人类带来健康。同时，医疗工作者也应在工作中担任咨询的角色，通过改变人类的行为来减少气候变化或极端天气给人类健康带来的影响。在发言最后，他表示，21世纪改善人类健康的最好机会可能就是妥善应对气候变化。气候变化强迫人们重新思考消费习惯、能源的选择以及生活方式。“处理气候变化不是明天的选择，而是今天我们要考虑的一个重点。”黄存瑞说。

关美宝在发言中论述了“可持续发展与环境的平衡”问题，强调经济增长和社会发展的相互关系。她以自己所从事的研究为切入点，通过具体案例介绍了人类的空间活动轨迹对于环境所造成的影响。通过研究发现，人类的移动对环境有着重要的影响，但由于人类移动的不确定性，因此需要相关的政策来更合理地平衡二者的关系。

叶志敏表示，虽然与气候、环境、健康相关的知识储备越来越多，但是更重要的是要真正付诸行动。她提到了中国为实现2030的健康计划目标，机构间的协调以及如何有效贯彻落实。同时，她还提到了传统的卫生部门在新时代下的角色转变问题。她在发言中说，政府对于在健康方面的投入通常被看成是一种消费或是成本，建议应重新思考。对于国家在环境、健康方面的投资问题应转变观念，应相信这些投入能带来非常大的并且有意义的变化。她呼吁，不仅要关注气候、环境对身体健康的影响，也要关注对于心理健康的影响。她还提到，新冠疫情的爆发也促使人类社会增加对构建更好的基层医疗体系的思考，应以此为契机，打破传统的思维模式，重新思考基层医疗应该发挥的作用。

中国疾病预防控制中心传染病预防控制所研究员刘起勇以“气候变化健康风险适应的实践和未来的建议”为题进行了介绍。他结合自己参与的“气候变化与健康”的项目，以中国为例，谈到了气候逐渐变暖的长期升温趋势以及降水变化对健康的影响，极端天气事件和极端气候事件对健康的影响，中国的脆弱人群和地区差异的情况，建立针对气候敏感疾病的示范性适应研究等方面的内容。他提出，应加强针对气候变化、健康风险管理的顶层设计，在国家层面不仅有政策，还要有具体的措施和指南。另外，应加强针对气候变化，特别是对于极端天气事件的公共卫生应急管理。再次，应加强气候变化健康风险的评估和适应行动。他表示，无论是健康领域的从业者还是相关政策的制定者，都有责任、有义务在适应气候变化以及减缓气候变化方面有所行动。

探索学科交叉间的教育，势在必行

与会嘉宾结束个人发言后，围绕论坛主题进行了自由讨论。

叶志敏表示，首先，自己在未来的工作中，会一如既往地鼓励更多的中国年轻人参与到公共卫生领域中来；其次，她表示科学不应只关注发表论文的数量，而应更多地应用于实践，否则就是“纸上谈兵”。

陈冯富珍表示，人类的健康是一直要思考的问题，也是每个人的责任。新成立的清华大学万科公共卫生与健康学院要教育教职工和学生们应当把科学上的规划转变为行动，否则就失去了重点。新冠疫情实际上是对人类社会敲响了警钟，但同时也是机会。因为它促使领导层更加深刻地认识到气候变化、公共卫生及医疗体系的重要性。同时，她鼓励交叉学科的工作，建议应关注每个人的个人能力，并对其赋能，这样才能促使其采取正确的行动来解决重要的事情。

安迪·海恩斯提出，应在个人健康、人类健康与自然环境之间建立很好的连接，同时表达了对于清华大学万科公共卫生与健康学院未来所开展的工作的期待。在谈到教育时，他认为，应鼓励学生拓展在其他学科方面的学习，不仅要了解某一个领域的专业知识，同时也要开拓思维，在不同的学科间融会贯通，了解不同问题之间的关系，同时要有系统性的思考能力。“我相信，清华大学拥有建立交叉学科的环境，能够培养出更多的专家和精通多个领域的人才。”安迪·海恩斯说。

宫鹏在讨论中分享了最新发布的“柳叶刀倒计时”2020年度全球报告的部分内容。他表示，在应对气候变化的问题上，没有一个国家能够置身事外。他以报告中所提到的美国西部森林大火、发生在中国东北部的台风等事件为例，指出气候变化对于生态系统以及人类健康系统的影响。他介绍说，报告还提到了今年爆发的新冠肺炎疫情让人们深刻认识到，必须采取联合行动应对气候变化和新冠肺炎疫情。同时联合行动也在改善公共卫生健康、促进经济可持续发展、保护环境等方面发挥积极作用。“应对气候变化需要加快努力的速度，而新冠肺炎更要求我们更快采取行动。”宫鹏说。

宫鹏认为，中国当前正处于制定“十四五”规划和2035年远景目标的关键时期（对于相关领域的科研工作者而言，编者注）。如果能将一些发现融入到国家的规划制定当中去，就将在促进机构合作、加强紧急健康事件的应对能力以及提升恢复力方面发挥更加积极作用。他建议，在公共卫生系统方面需要构建一个全链路的系统，该系统除了有专业的健康和环境的数据支撑外，还应该社会大数据的广泛支持。这样就可以构建一个全网、全链路的信息感知体系。同时，也应建立一个实践和空间传播的模拟和预测的体系，不管是对新冠肺炎还是新的传染病，对其未来传播趋势都应该有预测能力。只有这样，在发生紧急卫生健康事件时，才能对下一步的发展做出准确的预判和分析，才能支配相应部门去调动资源并制定对策。同时，也要做好大数据的管理工作，使其随时更新并支持我们（相关领域的研究工作者，编者注）开展的工作。

随后，其他嘉宾围绕个人健康数据的共享与保护进行了探讨。与会嘉宾还解答了线上观众提出的问题。

在作论坛总结发言时，与会嘉宾均表示，通过对于气候变化、环境与人类健康等方面多角度、深层次的探讨，收获很大，希望这种跨学科的交流活动今后能定期举行。

国际工程教育论坛是由清华大学、中国工程院、联合国教科文组织共同主办的系列国际性学术会议，每两年举办一次。首届论坛于2018年9月24-25日在清华大学举办。



清华大学地球系统科学系



清华大学地球系统科学系
Department of Earth System Science, Tsinghua University

主办：清华大学地球系统科学系/全球变化研究院 办公室

主编：宫鹏 罗勇

编辑：武海平 王佳音 付美娟 李娟 刘晓婷

排版：胡仙霏

电话/传真：(010) 62797419/ (010) 62797284

电子邮件：dess@mail.tsinghua.edu.cn

办公地址：北京市海淀区清华大学蒙民伟科技大楼南楼801、803、805室

邮编：100084

Producer: Department of Earth System Science, Tsinghua University/
Institute for Global Change Studies, Tsinghua University

Editor-in-chief: Gong Peng, Luo Yong

Editors: Wu Haiping, Wang Jiayin, Fu Meijuan, Li Juan, Liu Xiaoting

Typesetting: Hu Xianfei

Tel/Fax: (010)62772750 (010)62797419

Email: dess@mail.tsinghua.edu.cn

Address: S801,S803, S805, Mengminwei Science and Technology Building

Zip code: 100084