

目录

一、头条	2
1. 遐陬艰途，砺本守初 清华大学地球系统科学系二〇二五年新年贺词	2
2. 北京市公安局出入境管理局到访清华地球系统科学系	3
二、科研进展	11
1. 清华大学地球系统科学系关大博教授团队提出全球铝冶炼行业 1.5° C 温控目标的差异化技术方案	11
2. 可持续发展中跨学科交互的挑战	14
3. 清华大学蔡闻佳课题组发布创新减排策略，助力煤电行业低成本转型	16
4. 清华大学地球系统科学系李伟课题组揭示无碳中和目标国家种植生物能源作物对气候变化减缓的贡献	18
5. 清华大学付昊桓课题组“中国长时间序列逐年人造夜间灯光数据集（1984-2020）”成果获得十大最具价值年度数据集奖项	20
6. 清华大学黄小猛团队联合多家机构研制出全球-区域嵌套气象大模型——OneForecast	21
7. 清华大学地球系统科学系王焱课题组提出基于生态适应的植被冠层碳通量模拟新方案	25
三、工作动态	29
1. 地球系统科学系午餐沙龙：中国城市间贸易隐含土地空间分布及潜力评估	29
2. 天津大学刘丛强院士一行访问地球系统科学系	31
3. 地球系统科学系午餐沙龙：气候变化下的生物多样性保护	32
4. 地球系统科学系举行 AI for Ecology 学术沙龙活动	34
5. 地学系分工会组织女教职工圆明园健步走活动	35
6. 地学系分工会组织“探寻中轴线，用影像定格古都灵魂”活动	36
7. 地球系统科学系党委召开 2024 年度党支部书记述职评议会	37

一、头条

1. 遐陟艰途，砺本守初 | 清华大学地球系统科学系二〇二五年

新年贺词

海日生残夜，江春入旧年。在这辞旧迎新的美好时刻，清华大学地球系统科学系向在学术领域辛勤耕耘、默默奉献的全体师生员工，向时刻情系母校、远在全球各地的校友及其家人，向一直以来关心支持清华地学学科不断发展的各级领导，向无私地倾心相助的海内外各界挚友，表达我们崇高的敬意、深情的问候以及诚挚的感谢！

回首 2024 年，我们始终坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入学习贯彻党的二十届三中全会和二十届三中全会精神，扎实推进《清华大学全面贯彻落实党的二十届三中全会精神行动方案》的各项工作，取得了一系列重要成果。

精优教育体系，擢升人才培养质效。深化课程思政、导学思政，王焱课题组入选清华大学首批导学思政示范课题组培育名单。入选学校课程思政“一院一策”试点，两门课程获评“课程思政示范课”。卢麾获评第十九届“良师益友”。优化地球系统科学辅修专业培养方案，新增 5 门课程。进一步提升课程质量，新增 2 门校级精品课，开设 2 门全英文课程。生态学一级博士学位授权点顺利通过周期性合格评估。上海市气象局研究生实践基地晋升为四星实践基地。博士生孙艺达一作发表《自然》正刊论文，并获首批国家自然科学基金青年学生基础研究项目。毕业生就业率保持 100%，学术就业率达 70%。

贯彻战略布局，激发教师群体活力。在学校的大力支持和系党政通力配合下，陈德亮院士全职加盟清华大学地球系统科学系，引领清华地学学科迈向新高度，为青年教师发展提供全方位支持。完善队伍建设规划，制定全球人才招聘计划，充实学科人才库，努力延揽和培养更多世界顶尖学者。关大博入选美国地球物理联合会会士，获评“科学探索奖”。白玉琪荣获“地理信息领域 ISO 卓越贡献奖”。完成两位海外优秀青年学者引进。两名教师通过长聘考核，同丹晋升副教授。6 人次入选科睿唯安 2024 年度“全球高被引科学家”名单。科研办公面积几近倍增，工作环境焕然一新，师生幸福感与获得感显著提升。

创新驱动发展，科研成果硕果昭然。张强获国家自然科学奖二等奖，实现地学系以第一完成人身份获国家科技三大奖之零的突破。刘利以第一完成人获北京市科学技术进步奖二等奖。地球系统数值预报耦合器 C-Coupler3 入选“中国十大气象科技进展”，全球极端野火生消机制与气候环境效应入选“中国生态环境十大科技进展”。强化有组织科研，持续推进地球系统模式 CIESM 新版本研发。作为挂靠单位牵头组建中国气象学会气象人工智能专业委员会。参与国际月球科研站大科学工程的立项论证。地学系冠名的第一颗卫星——“清华地学号”成功入轨。发布《2024 年柳叶刀人群健康与气候变化倒计时中国报告》，在线观看发布会直播人数突破 10 万人次。

作为第一作者单位共发表 SCI、SSCI 论文 280 余篇，其中《自然》正刊论文 1 篇。代表

性成果包括：

关大博团队突破地球系统模式与社会经济模型耦合的壁垒，构建“气候-健康-经济”子系统有机连接的灾害足迹模型，精准识别并重点分析了脆弱国家和关键产业的气候风险。成果以“全球价值链放大未来极端高温风险的经济成本”为题发表于《自然》期刊。另外，团队基于投入产出分析方法追踪了各国生产端和消费端二氧化碳排放变化，盘点了发达国家完成“哥本哈根协议”中减排目标承诺的情况，评估了各国在经济增长与减排目标实现过程中所面临的挑战。相关成果以“重新审视哥本哈根气候减缓目标”为题发表于《自然·气候变化》期刊。

同丹课题组揭示了过去 40 年全球风光发电系统潜在极端电力短缺事件的变化趋势及其驱动因素。研究成果以“气候变化对全球风光系统极端电力短缺事件的影响”为题在《自然-通讯》期刊上发表。同时，课题组创新海量情景寻优技术，揭示了中国煤电低碳转型路径的不确定性可能带来气候、环境、健康效益和经济成本的差异以及与政策预期目标的偏离。成果以“成本效益不确定性可能会干扰中国煤电转型决策”为题在《自然-通讯》在线发表。

王勇课题组针对湿热浪物理机制问题开展研究，揭示了小雨通过增强陆面焓通量和降低边界层高度加剧极端湿热。发展随机对流方案，缓解全球气候模式对小雨频率高估的问题，在很大程度上减小了湿热浪在蒸散发能量约束区低估、在水分约束区高估的模拟偏差。相关研究成果以“小雨加剧极端湿热”为题在《自然-通讯》在线发表。

国际水准进阶，合作交流深耕广行。目前，全职外籍教师达到 3 位，占教研系列教师的 11.5%。授予英国皇家学会院士、欧洲科学院院士等 3 人“清华大学杰出访问教授”。全年博士生出国（境）学习交流 91 人次，占全系在校学生的 51.7%，同比增长 14.3%。外籍专家来访 46 人次，同比增长 64%。接待美国气象学会和法兰西院士等代表团来访。全年组织“全球变化科学紫荆论坛”49 期，同比增长 25.6%。

涉遇不止以艰险，期凌崇岳；砥砺为本之方圆，始证初终。展望 2025 年，我们将以更加积极进取的姿态，深入推进全面改革，激发高质量发展的新活力。我们将深化复杂地球系统科学的基础研究和应用探索，以科研成果赋能国家科技进步与经济社会发展，为维护地球生态环境的安全与可持续性贡献中国智慧和清华力量。

祝愿大家在新的一年里福瑞满盈，阖家康泰，万事顺遂！

2.北京市公安局出入境管理局到访清华地球系统科学系

1 月 16 日，北京市公安局出入境管理局局长赵兴、副局长郭睿君等一行莅临清华大学地球系统科学系开展访问交流活动。清华大学副校长王宏伟、地球系统科学系讲席教授陈德亮院士于蒙民伟科技大楼南楼 818 会议室热情接待了来访嘉宾。此次会议由地球系统科学系主任罗勇主持。

会议伊始，罗勇对北京市公安局出入境管理局一行的到来致以热烈欢迎与诚挚谢意。他指出，长期以来，出入境管理局在我系外籍教授出入境事务方面给予了大力支持与诸多便利，为推动我系国际化进程、促进学术交流合作发挥了无可替代的重要作用。

在会议过程中，赵兴局长郑重地为陈德亮院士颁发了外国人永久居留身份证。赵兴表示，陈德亮院士作为地球系统科学领域的国际顶尖学者，不仅具备卓越的专业能力，更拥有广阔

的全球视野，在国际学术界影响力深远。此次北京市公安局出入境管理局提供上门服务，彰显了北京市对高层次人才的高度重视以及积极引进人才的坚定决心。

随后，郭睿君副局长详细介绍了“扬帆·聚才”计划。她表示，北京市公安局出入境管理局将持续致力于优化外籍人才来京的全流程服务体系，为北京吸引人才、汇聚智慧提供坚实保障。

陈德亮院士对出入境管理局的大力支持和优质服务表示衷心感谢。他强调，未来将继续充分发挥自身优势，全力以赴为国家、北京市以及清华大学的发展贡献力量，并期待今后能与北京市公安局出入境管理局开展更为广泛深入的交流与合作。

王宏伟副校长对赵兴局长一行亲自到访清华大学，为陈德亮院士提供贴心服务表达了诚挚的感激之情。同时，王宏伟对国家不断优化人才出入境政策给予了高度评价。他表示，成功引进陈德亮院士这样的国际顶尖科学家，对于清华大学的学科建设、人才培养，乃至国家的科技创新与教育强国建设，都将产生极为重要的推动作用。在未来的发展中，清华大学将在各级部门的大力支持下，继续发挥“以才引才、以大师引大师”的独特优势，推动学校迈向高质量发展的新征程。

双方还围绕进一步落实出入境创新举措、如何充分发挥“扬帆·聚才”计划的作用等重要议题展开了深入的交流与探讨。

中关村外国人服务管理处处长孙庆祥、副处长党子兰，清华大学人事处处长于歆杰，地球系统科学系党委书记耿睿、党委副书记卢麾等相关人员一同参加了此次会见。



与会人员合影

3.国家重点研发计划项目“面向‘昆蒙框架’的生物多样性快速 评估体系研究与国别实践”正式启动

2025 年 3 月 24 日，清华大学地球系统科学系俞乐副教授主持的“十四五”国家重点研发计划“典型脆弱生态系统保护与修复”重点专项“面向‘昆蒙框架’的生物多样性快速评估体系研究与国别实践”项目启动暨实施方案论证会在北京召开。科学技术部国际合作司李沛处长、中国 21 世纪议程管理中心刘荣霞副处长、清华大学科研院副院长李水清教授、清华大学地球系统科学系主任罗勇教授出席了本次会议。会议邀请了 10 位评审专家，包括中国科学院院士魏辅文研究员、中国科学院院士郭华东研究员、中国科学院院士傅伯杰研究员、清华大学兴华卓越讲席教授陈德亮院士、生态环境部卫星环境应用中心高吉喜研究员、中国科学院新疆生态与地理研究所张元明研究员、中国环境科学研究院全占军研究员、生态环境部对外合作与交流中心王新研究员、北京大学王志恒教授、北京华大生命科学研究院邓子卿研究员。此外，项目负责人、课题负责人、项目骨干等 40 余人参加了会议。



会议现场

罗勇对各位领导、专家出席项目启动会表示最热烈的欢迎和最诚挚的谢意。他表示，地球系统科学系高度重视该项目，将积极为项目做好各方面保障。李沛强调，项目要通过科技研发助力高水平科技自立自强，通过科技合作支撑开放创新体系建设。李水清表示，清华大学一直重视做有组织的科研，一定会为项目的顺利实施提供全方位的支持与保障，希望项目团队严格依照重点研发计划相关管理要求开展工作。刘荣霞指出，项目要强化过程管理，严格执行国家重点研发计划各项制度，加强成果转化，将项目落实到位。



嘉宾致辞。从左至右分别是罗勇、李沛、李水清。



刘荣霞介绍项目管理要求

俞乐分别从立项背景、研究内容、考核指标、技术路线、实施方案、预期成果、组织管理等方面详细汇报了项目情况。随后，课题负责人俞乐、华东师范大学生态与环境科学学院斯幸峰教授、东北林业大学林学院王洪峰高级实验师、中国环境科学研究院生态所王金洲副研究员、生态环境部对外合作与交流中心履约二处王也副处长分别汇报了课题实施方案。



课题负责人作汇报。从左至右分别是俞乐、王洪峰、斯幸峰、王金洲、王也。

与会专家对项目 and 课题实施方案进行讨论和质询，充分肯定了实施方案，从标志性创新点、成果集成及落地应用等多个方面，提出了具体的指导意见和建议。



江西农业大学校长、中国科学院动物所研究员魏辅文院士



可持续发展大数据国际研究中心主任、中国科学院空天信息创新研究院研究员郭华东院士



中国科学院生态环境研究中心研究员傅伯杰院士



清华大学兴华卓越讲席教授陈德亮院士



专家点评。从左至右、从上至下分别是张元明研究员、全占军研究员、王志恒教授、邓子卿研究员。

“面向‘昆蒙框架’的生物多样性快速评估体系研究与国别实践”项目(2024YFF1307600)于 2024 年 12 月立项, 下设 5 个课题。项目由清华大学牵头, 华东师范大学、东北林业大学、中国环境科学研究院、生态环境部对外合作与交流中心作为课题牵头单位, 南京大学、中国科学院地理科学与资源研究所、四川大学、中国科学院植物研究所、中国科学院大气物理研究所作为参与单位, 项目旨在面向全球“昆蒙框架”目标执行与进展快速盘点需求, 开发数据-知识-计算一体化时空智能服务平台, 构建生物多样性保护成效量化评估指标体系, 研发“昆蒙框架”全球目标进展盘点快速评估技术, 支持全球-区域-国家多尺度“昆蒙框架”目标进展的快速评估, 推动全球生物多样性保护实践。



与会人员合影

二、科研进展

1. 清华大学地球系统科学系关大博教授团队提出全球铝冶炼行业 1.5° C 温控目标的差异化技术方案

全球铝冶炼行业是工业温室气体排放的重要来源。作为清洁能源制造和现代基础设施中不可或缺的工业材料,铝需求持续增长,使得原铝生产减排成为实现全球碳中和的关键一环。然而,各地原铝冶炼过程用电需求巨大、生产工艺复杂,且能源结构差异显著,给行业减排路径设计带来严峻挑战。

针对这一问题,清华大学地球系统科学系关大博教授课题组基于全球原铝生产冶炼厂的最新调查数据,开发了自下而上的全球铝业温室气体排放清单(CEADs-AGE),从设备层面识别了全球电解铝冶炼设备的技术配置及其用电来源,并据此为各冶炼厂量身定制减排策略。相关研究成果发表于《自然-气候变化》(Nature Climate Change)。

技术进步取得重要进展,但电力结构挑战并存

研究显示,全球新建铝冶炼厂正逐步采用更高安培数的电解槽技术,然而,基于化石燃料的自备电比重逐年提高,部分抵消了技术进步带来的减排成效。数据显示,全球以自备电厂供电进行生产的铝产量占比从 2012 年的 37% 升至 2021 年的 49%。2021 年全球铝冶炼行业自备火电装机容量达到 91 GW,其中 70 GW 是在 2010 年后建设,机组较新,未来仍可能长期运营。

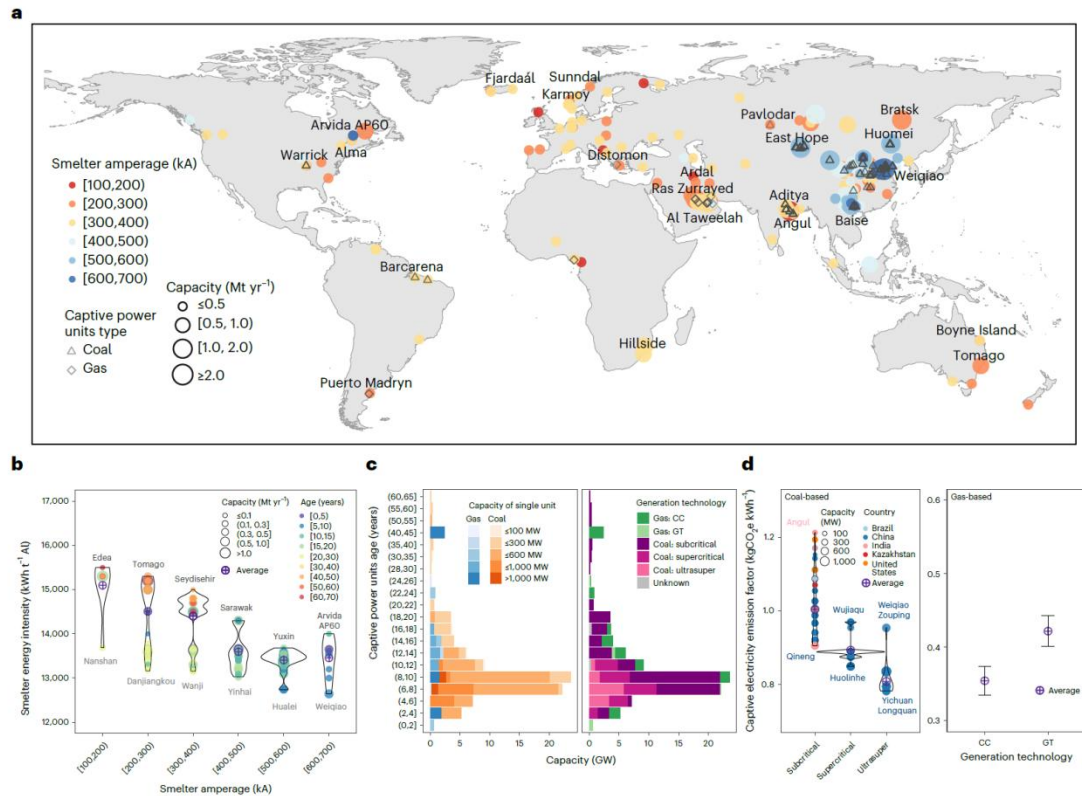


图 1 2021 年全球铝冶炼厂及其化石燃料自备发电机组的技术特征与温室气体排放
差异化减排路径：技术创新与电力结构规划并重

由于各地铝冶炼厂的电解槽设计与能源结构差别较大,为每个设施量身定制减排策略至关重要。研究结合 5 种社会经济情景与 4 类关键技术应用情景,构建了 120 种未来情景组合,揭示了全球及不同地区的电解铝行业减排潜力与挑战。结果显示,在保持当前技术水平且不采用额外减排技术的基线情景下,到 2050 年全球铝行业总排放量将达到 6.75 亿吨二氧化碳当量,而 2020 至 2050 年的累积排放量则高达 224 亿吨。

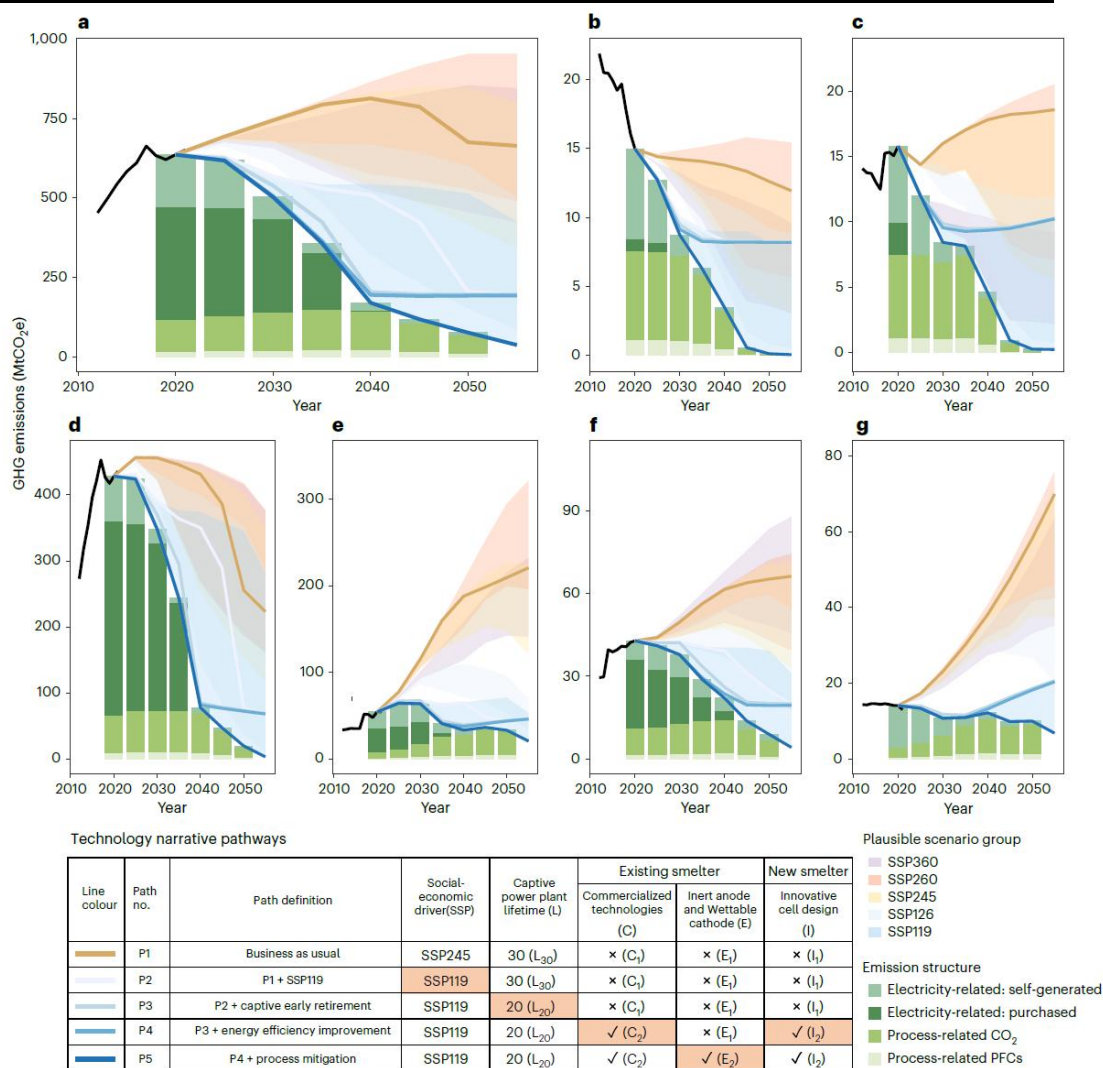


图2 全球及各地区原铝生产行业温室气体排放发展路径。各子图分别表示：（a）全球、（b）欧洲、（c）北美、（d）中国、（e）印度、（f）中东、（g）非洲的原铝冶炼部门温室气体总排放量。

电力脱碳：潜力大但仍有局限

随着区域电网逐步低碳化，2020–2050 年全球铝行业的累积排放量可降至 152 亿吨。研究结果显示，若将自备电厂寿命从 30 年缩短至 20 年，可使 2020–2050 年期间的全球铝行业累积排放量额外减少 34 亿吨。要实现这一目标，需要在 2030 年前停运当前 91 GW 自备发电机组中 26% 的产能，2030 至 2035 年间退役 53% 的产能。

创新技术助力行业碳中和目标实现

电力脱碳虽是必要路径，但难以单独实现无碳铝生产，需要铝行业自身进一步技术创新。惰性阳极和可湿润阴极的技术组合在降低电解铝生产过程相关排放方面尤为关键。通过基于惰性阳极技术的电解槽改造升级，一座现有的电解铝厂的排放强度可减少 1.3–1.8 吨 CO_2e /吨铝。在不同产量情景下，这些新技术可为全球带来 0.5–4.2 亿吨的累积减排量；这要求至少 18% 的全球原铝冶炼产能在 2040 年前完成这类改造，至 2050 年改造率需提升至 67%。

研究提出了全球电解铝行业设施尺度差异化减排技术组合，为不同行业与地区的碳中和路径提供了科学依据。同时，研究呼吁在全球范围内推动供应链各环节的协同减排，为 1.5°

C 温控目标和全球铝行业的可持续发展奠定重要基础。

清华大学地学系 2021 级博士研究生谭畅为论文第一作者。研究得到《碳中和与能源智联》国际科学大计划、国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目资助。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41558-024-02193-x>

2. 可持续发展中跨学科交互的挑战

清华大学陈德亮教授在 Cell Press 细胞出版社交叉学科期刊 Nexus 发表题为“Challenges in Cross-disciplinary Interactions for Sustainable Development Goals”的文章。跨学科协作对解决可持续发展目标（SDGs）至关重要。然而，跨学科互动面临文化差异、信息过载、学术与产业分歧及评价体系局限等挑战。为应对这些问题，文章提出需要加强沟通、建立共同目标、构建信任，并改善领导力和评价体系。通过“水-能源-粮食纽带”等跨学科协作模式，可激发创造力，提供更全面的解决方案，从而推动 SDGs 的实现和可持续未来发展。

跨学科合作的重要性

要解决社会上最复杂的挑战（如可持续发展目标，SDGs）需要超越单一学科的研究。要实现可持续发展，解决方案必须整合社会、经济和环境等多方面资源，这也正是跨学科和多学科合作至关重要的地方。

跨学科合作是指将一种学科的方法和见解应用于另一学科，而不打破各学科的界限。学科本身是一种利用特定理论和方法进行分工的体系，每个学科都有其特定的文化和规则。跨学科合作则涉及打破这些规则并制定新的规则。

多学科合作则是将多个学科的方法和视角融合在一起。当许多学科彼此互动并共享概念和方法时，就会产生跨学科的综合方法和解决方案。这种方法的重点通常在于整体系统的整合，而不仅仅是其组成部分。

在实际应用中，这两种方法通常是交替使用的。在本文中，我们将二者统一归入更广义的“跨学科互动”之中。这些互动是创新的关键，推动着发现和技术进步，这些正是实现 SDGs 所必需的。例如，气候研究人员与计算机科学家的合作推动了人工智能在气候预测和气候行动中的应用进展。

挑战与解决方案

尽管跨学科合作十分重要，但它通常面临着显著的挑战，尤其是在专注于工业创新以实现 SDG 目标时。这些挑战通常源于合作伙伴在目标、语言、方法和文化上的差异。此外，机构间的分隔以及各学科成员不愿跳出自身舒适区也会成为阻碍成功合作的因素。如果缺乏相互理解和目标对齐，可能会导致误解和冲突，从而减缓进展，甚至在最糟糕的情况下使目标无法实现。以下是四个主要的挑战领域：

1. 文化差异

学科或机构之间的文化差异可能是看不见但至关重要的挑战。每个学科都有其特定的价值观、规范和思维方式。如果处理不当，这些差异可能会引起摩擦或不信任。

例如，“韧性”这一概念在不同学科中的理解差异：

工程学中，“韧性”通常是指系统在干扰后恢复到原始状态的能力，例如电力供应系统

在极端天气干扰后恢复的能力。

生态学中，“韧性”则指系统适应和转变的能力，有时这种转变会使系统达到比原状态更优的水平。例如，森林生态系统在经历一场野火后可能进化并改善其功能。

当工程师和生态学家在城市地区的景观规划上合作时，这种对“韧性”的不同解读可能导致目标冲突。工程师可能更注重恢复，而生态学家则更倾向于适应和转变。为避免此类问题，需从一开始就明确关键术语并对齐目标。然而，这些差异也可以成为一种优势。当管理得当时，它们可以通过多种视角激发创造性问题解决，从而带来更具创新性的解决方案。这正是跨学科合作的核心价值所在。

2. 信息过载

跨学科工作通常需要整合来自不同领域的知识，这可能导致信息过载。参与者可能难以处理来自不同学科的大量高专业化数据，从而影响协作效率，也难以形成一致的策略。

例如，一个结合气候科学、经济学和公共政策的项目中，各领域可能会贡献复杂的数据和知识。如果没有有效的工具来管理这些复杂信息，项目参与者可能难以理解这些数据并做出决策。

为解决此问题，可以采用系统化方法和先进的数据管理工具来组织和分析数据集。例如，数据可视化软件可以帮助合作伙伴发现不同类型之间的模式和关系，从而支持更明智的决策。

3. 学术界与工业界的鸿沟

学术界和工业界之间的分歧是跨学科合作中的一个普遍挑战。学术界更注重理论进步和长期研究，而工业界更关注实际应用和短期成果。这种期望差异如果缺乏相互理解，可能导致双方的挫败感，甚至阻碍合作。

为弥合这一鸿沟，促进科学、政策和工业之间的对话至关重要。以下策略可以帮助解决这一问题：

鼓励开放沟通：定期透明的对话有助于避免误解。

创建共同愿景：围绕共同目标（如实现 SDGs）对齐努力方向。

建立基于信任的伙伴关系：增强团队成员的尊重与合作文化，减少竞争，推动有效合作。

4. 评价与奖励体系

现有的学术和职业奖励体系通常优先考虑单一学科的成就，从而阻碍了对跨学科工作的参与。例如，大多数当前的资助计划和奖励结构都是针对特定学科的，跨学科努力往往缺乏积极的评估和奖励机会。

解决这一问题需要发展能够认可和奖励跨学科贡献的评价指标，例如其在实际应用或协作成果上的影响。一些大学已采用双隶属职位的方式来缓解这一问题，这也是某些资助机构正在鼓励的方向。

论文总结

跨学科互动对于实现 SDGs 至关重要。这些合作整合了多样化的视角，创造了单一学科无法实现的创新解决方案。尽管文化差异、信息过载以及学术界与工业界的鸿沟等挑战可能减缓进展，但通过强有力的领导、有效沟通和长期信任建设，团队可以克服这些障碍。

通过开放的对话、建立共同目标、确保相互理解与尊重，以及构建基于信任的伙伴关系，

跨学科合作可以推动突破性创新，助力 SDGs 议程的推进，为更可持续的未来做出贡献。

作者介绍

文章作者为清华大学陈德亮教授。陈德亮教授是国际著名的气候学家、地球系统科学的倡导者和践行者，在气候变化、气候动力学等领域成就斐然。他作为全球科学界最有权威的非政府国际组织国际科学理事会成立以来唯一一位华人执行主任，组织制定了全球自然科学和地球系统科学远景规划，领导发起了大型国际科学研究计划“未来地球”，对全球生态、环境、气候研究和可持续发展产生了深远影响。

原文链接：<https://doi.org/10.1016/j.ynexs.2023.100002>

3.清华大学蔡闻佳课题组发布创新减排策略，助力煤电行业低成本转型

在巴黎协定提出的 1.5℃ 温控目标框架下，全球燃煤电厂排放需要快速下降。然而，中国和印度等发展中国家燃煤电厂的装机容量和数量非常庞大且多为近年来新建，强制退役这些燃煤电厂可能会导致巨额资产搁浅。除了强制退役外，燃煤电厂还可通过生物质掺烧、碳捕获与封存、基于灵活性改造降低发电小时数等改造策略减少排放，或是通过生物质掺烧耦合碳捕获与封存实现负碳排放。而采用过于单一减排策略（如：强制退役）和不合理的碳减排路径则可能会抬高煤电转型成本。

针对这一问题，清华大学地球系统科学系蔡闻佳教授课题组开发了一个厂级递归动态优化模型（PLAnT-level dynamic Optimization model, PLATO），旨在探究燃煤电厂在多种减排策略下递归动态的转型路径。在该模型中，燃煤电厂可根据自身的装机容量、投产时间、周围生物质资源量、距离碳封存点位的距离等特征，在多种减排策略中进行决策。同时，随着国家碳减排目标的提高，模型将帮助燃煤电厂开展多期的序贯决策。在这一模型基础上，通过构建多条满足相同累计碳减排目标的碳减排情景，研究探究了不同情景的曲线形态对厂级转型路径及其转型成本的影响。

通过将模型应用至中国 4200 多个燃煤电厂，研究发现，若燃煤电厂不采取任何转型措施，正在运行和即将投产的电厂将提前锁定 1600 亿吨碳排放。若以 50% 的累计减排量作为减排目标，成本最低的碳减排曲线形态为：在 2030 年达到较低的峰值，在 2050 年维持低水平排放（如图 1 所示）。

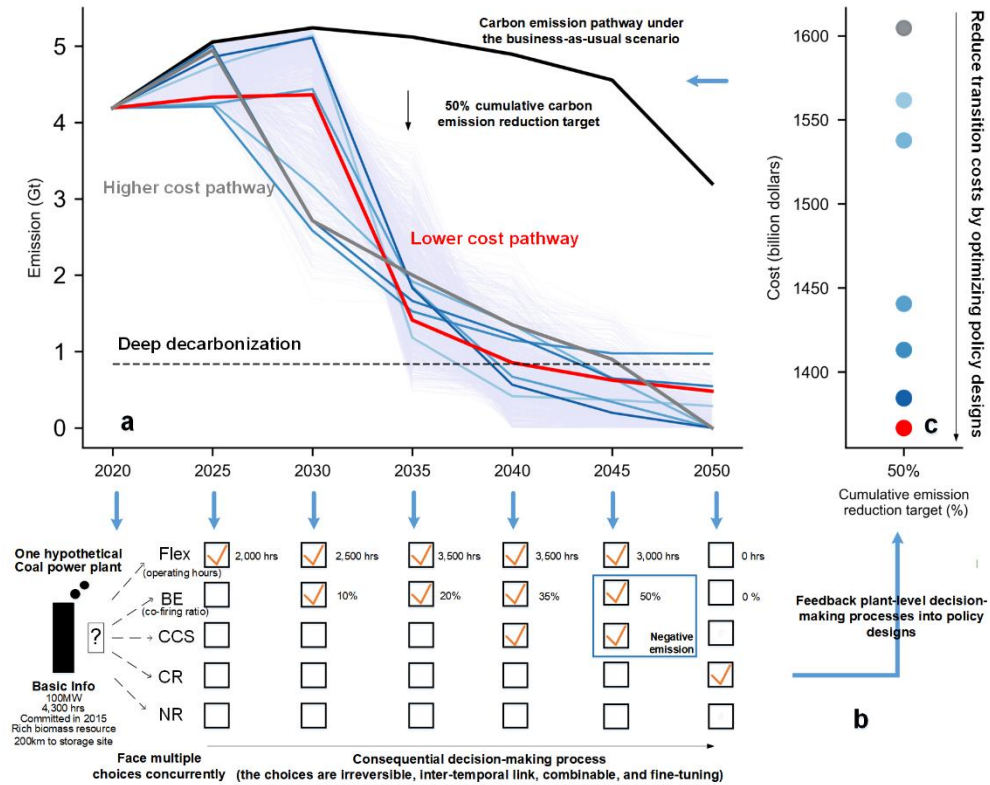


图 1 碳减排路径下的厂级动态决策过程

在这一碳减排情景下，约 88.3%、6.2%和 2%的煤电机组在其动态转型过程中将采取灵活性改造、碳捕获与封存和生物质掺烧措施，而仅有 7.3%的煤电装机会提前退役。该情景的总转型成本约为 1.37 万亿美元，其中，受总装机容量、电厂数量和剩余寿命的影响，新疆、山东和内蒙古等地区的转型成本较高。

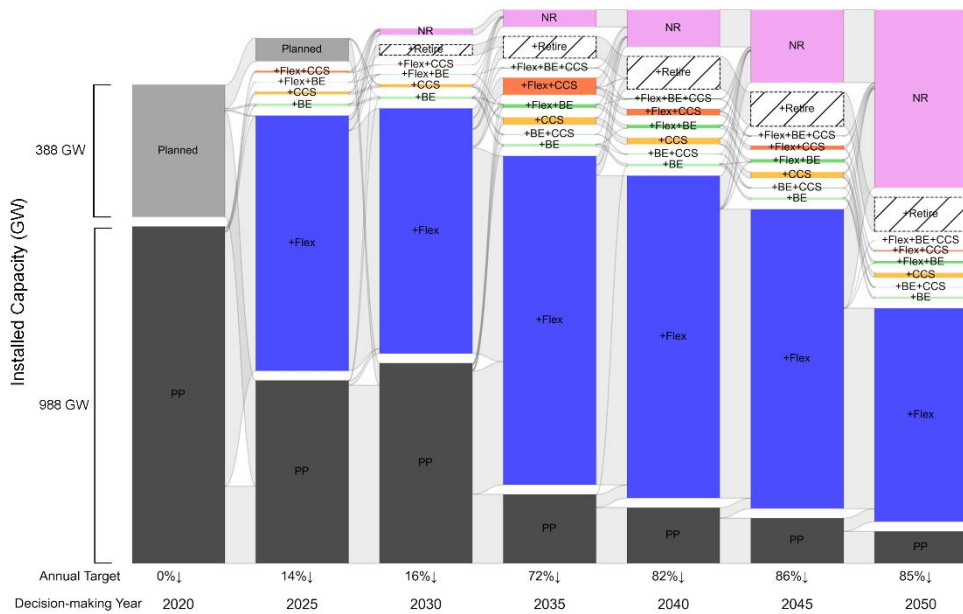


图 2 50%累计减排目标下低成本情景的减排技术结构演变过程

研究发现，在中国双碳目标下，煤电行业排放达峰时间和 2050 年是否实现净零排放均

不是降低燃煤电厂转型成本的关键。而在 2030 年至 2040 年间快速提升减排目标，实现深度脱碳，对于降低中国燃煤电厂转型成本具有重要作用。同时，合理设置碳减排路径可在不额外增加成本的情况下实现更高的累计碳减排量。

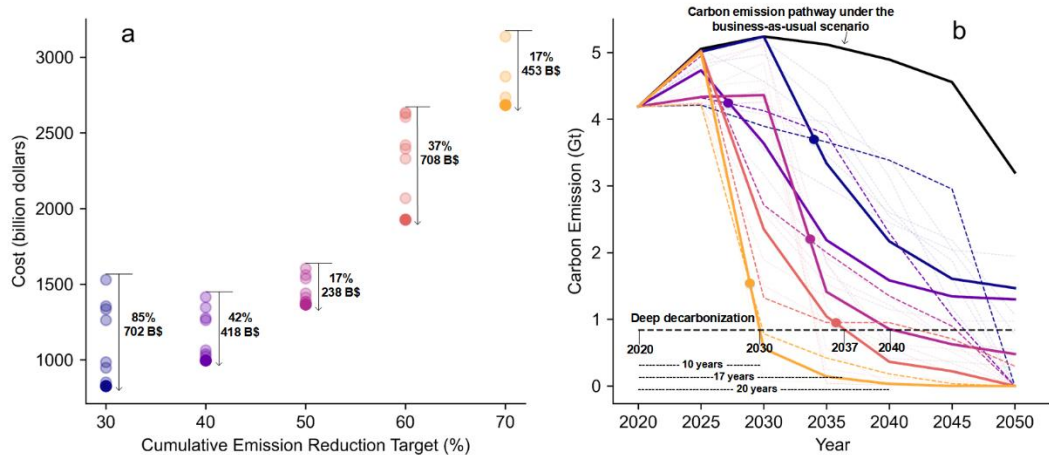


图 3 各累计碳减排目标下成本更低的碳减排情景（图 a 表示不同累计减排目标下各碳减排情景的转型成本。图 b 表示不同累计碳减排目标下碳减排情景的曲线形态；实线表示低成本情景；虚线表示高成本情景；曲线颜色与图 a 对应；深度减排表示二氧化碳排放相比于 2020 年水平降低 80%）

相关研究成果以“Reducing transition costs towards carbon neutrality of China’s coal power plants”（降低中国燃煤电厂实现碳中和的转型成本）为题，于 2025 年 1 月 2 日在《自然-通讯》（Nature Communications）在线发表。

清华大学地学系 2020 级博士生汪蕊为论文第一作者，蔡闻佳教授为论文通讯作者。论文合作者包括马里兰大学崔宜筠副教授、微软亚洲研究院黄麟、马卫东、张佳、边江研究员，中国石油大学（北京）祁彬彬博士，清华大学环境学院李浩然博士后、清华大学地学系张诗卉博士后、博士生沈鉴翔，中国 21 世纪议程管理中心张贤研究员、北京师范大学中国绿色发展协同创新中心张九天教授、清华大学地学系俞乐、李伟副教授、清华大学电机系张宁副教授、清华大学环境学院王灿教授。该研究得到国家自然科学基金、清华-力拓资源联合研究中心和微软亚洲研究院合作研究项目的支持。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-024-55332-5>

4.清华大学地球系统科学系李伟课题组揭示无碳中和目标国家种植生物能源作物对气候变化减缓的贡献

生物能源碳捕获与封存（bioenergy with carbon capture and storage, BECCS）技术已经成为实现全球碳中和目标的关键途径之一。其基本原理是通过种植生物能源作物，利用作物快速生长的特性，吸收和固定大气中的二氧化碳（CO₂），将收获的生物质转化为能源，并对过程中产生的 CO₂ 排放进行捕集与封存。当前，关于生物能源作物大规模种植效应的评估大多基于全球同步种植的假设，而在现实层面，各国对生物能源作物的种植可能并不会同步推进。此外，全球各地种植生物能源作物对陆地净气温变化的反馈作用涉及复杂的非线性过程，也无法简单地按照种植面积的比例来进行分配。

针对上述问题,清华大学地球系统科学系李伟副教授课题组联合国内外多所研究机构展开研究。研究依据各个国家是否提出碳中和目标,将全球分为有碳中和目标国家及无碳中和目标国家(以下简称“碳中和国家”及“非碳中和国家”)。碳中和国家往往更倾向于推动大规模生物能源作物种植,而非碳中和国家由于缺乏明确的减排承诺,其相关行动部署的可能性相对较低。

研究团队通过差分模拟的方法,量化了碳中和国家和非碳中和国家大规模生物能源作物种植对全球气候变化减缓的贡献,并探讨了不同种植区域的分布与种植面积对碳循环和生物物理温度变化的影响。研究通过采用包含自主研发生物能源作物模块的动态全球植被模型,借助简化地球系统模式对生物能源作物种植的生物地球化学效应进行模拟。同时,将模型与大气模式耦合,定量评估了生物能源作物种植的生物物理温度效应。结果显示,仅在碳中和国家种植柳枝稷(代表性生物能源作物),至 2100 年可为全球贡献 43~78 PgC 净碳去除量。在此基础上,若非碳中和国家选择进一步种植,还可额外贡献 9~20 PgC; 这些净碳去除量将通过生物地球化学效应产生 0.01~0.02 °C 的降温效果,其贡献比例超过了这些国家种植面积的比例(14~20%)。尽管这种生物地球化学降温效应会被生物物理升温效应部分抵消,但非碳中和国家的种植仍为全球陆地贡献了额外的降温效益(图 1)。研究表明,非碳中和国家的气候缓解潜力将为全球气候目标的实现提供重要支持。在未来 BECCS 技术的推广与实施过程中,各国应加强合作,依据地区特点优化生物能源作物种植策略,并协调应对生物物理增温效应,以推动全球气候目标的实现。

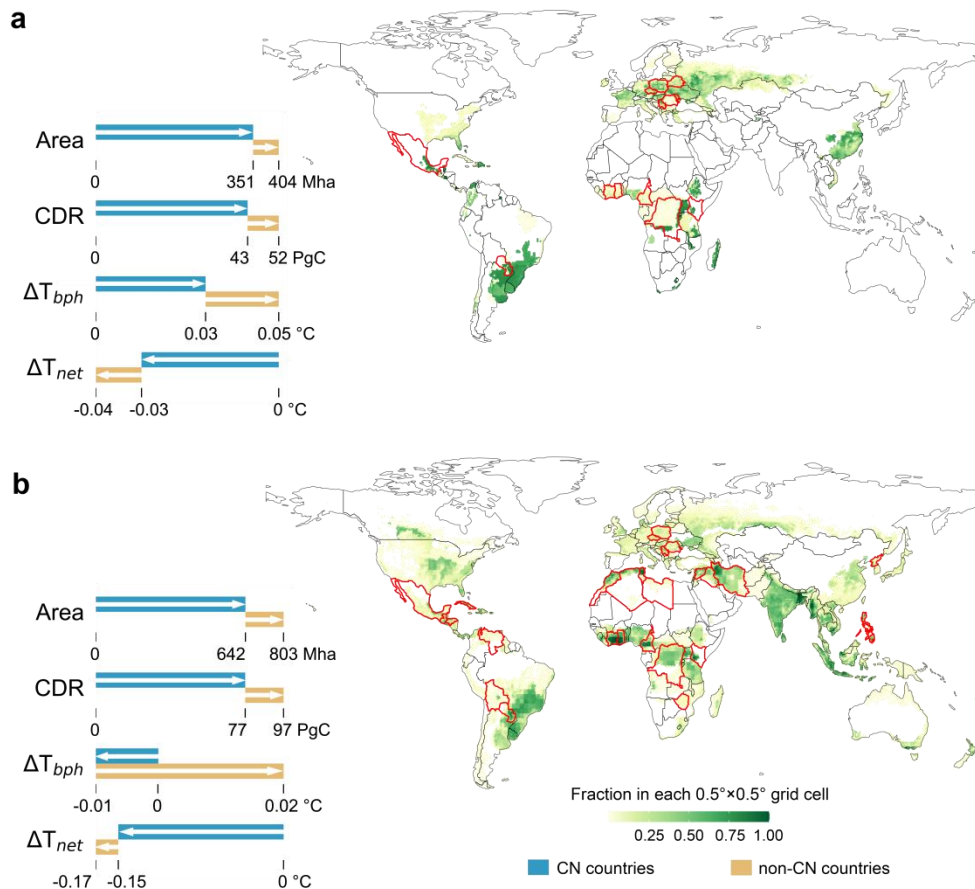


图 1 生物能源作物种植分布及碳中和与非碳中和国家对全球气候变化缓解的贡献（红色边框表示种植面积超过 1 公顷的非碳中和国家）

上述成果近日以“无碳中和目标国家在减缓全球变暖中的贡献”（Contributions of countries without a carbon neutrality target to limit global warming）为题在《自然-通讯》（Nature Communications）期刊发表。清华大学地学系 2022 级博士生周嘉馨为论文第一作者，李伟副教授为论文通讯作者。合作者包括法国气候与环境科学实验室（LSCE）的 Philippe Ciais 教授，国际应用系统分析研究所（IIASA）的 Thomas Gasser 研究员，中国农业大学的李钊副教授，中国科学院地理科学与资源研究所的何家莹助理研究员，清华大学地学系的刘利教授、黄小猛教授、博士毕业生王景萌、博士后韩梦杰、孙敏轩和博士生朱磊。研究得到了国家自然科学基金、清华大学自主科研计划、云南省西南联合研究生院科技专项等项目支持。

论文链接：<https://www.nature.com/articles/s41467-024-55720-x>

5.清华大学付昊桓课题组“中国长时间序列逐年人造夜间灯光数据集（1984-2020）”成果获得十大最具价值年度数据集奖项

近日，第三届优秀共享开放遥感数据集征集活动颁奖典礼在广州举行。由国家超级计算深圳中心、清华大学、可持续发展大数据国际研究中心和香港大学共同发布的中国长时间序列逐年人造夜间灯光数据集（1984-2020）获得“十大最具价值年度数据集”奖项，清华大学付昊桓团队获得“十大最有贡献数据团队”称号。

“中国长时间序列逐年人造夜间灯光数据集（1984-2020）”由清华大学地球系统科学系博士毕业生张立贤、任浙豪，教授徐冰、付昊桓，香港大学教授陈斌、宫鹏等研究人员共同完成。该数据集首次将夜光观测数据延拓至 1984 年，为城市化研究、环境监测、资源管理等领域提供更深入、更全面的来自太空的遥感观测视角，帮助研究者结合超级计算机更好地理解 and 应对人类活动的时空变化。成果于 2024 年 4 月在 Scientific Data 上以数据论文形式发布，目前数据浏览量超过 31000 次，下载量超过 8000 次，关联论文入选 ESI 高被引论文。

第三届优秀共享开放遥感数据集征集活动由国家地观测科学数据中心、国家青藏高原科学数据中心、国家冰川冻土沙漠科学数据中心、国家极地科学数据中心和《遥感学报》《中国科学数据》《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》《全球变化数据学报（中英文）》等期刊联合举办，自 2024 年 4 月正式启动以来，共收到了全国 120 多个团队投稿的 192 件数据集作品，代表了我国遥感领域科学数据开放共享的最高水平。

数据集评选结果公布网页：

https://aircas.cas.cn/tzgg/202411/t20241126_7446514.html

文章链接：

<https://www.nature.com/articles/s41597-024-03223-1>

数据链接：

<https://data.tpdc.ac.cn/en/data/e755f1ba-9cd1-4e43-98ca-cd081b5a0b3e/>



图：十大最具价值年度数据集颁奖现场（第一排左三为张立贤）

6. 清华大学黄小猛团队联合多家机构研制出全球-区域嵌套气象大模型——OneForecast

准确的天气预报对于防灾减灾、农业规划和水资源管理等非常重要。传统的数值天气预报方法（NWP）提供了物理上可解释的高精度预报，但计算成本高，且无法充分利用快速增长的历史数据。近年来，人工智能方法在天气预报中取得了重大进展，但仍然存在挑战，例如平衡全球低分辨率和区域高分辨率的预报、在极端事件预报中过度平滑以及对动力系统建模不足等。为解决上述问题，清华大学地球系统科学系黄小猛教授研究团队联合多家机构，研发了基于图神经网络（GNNs）的全球区域嵌套的天气预报通用框架——OneForecast。相关论文以预印本形式在线发表（<https://arxiv.org/abs/2502.00338>），同时相关代码也已开源发布（<https://github.com/YuanGao-YG/OneForecast>）。

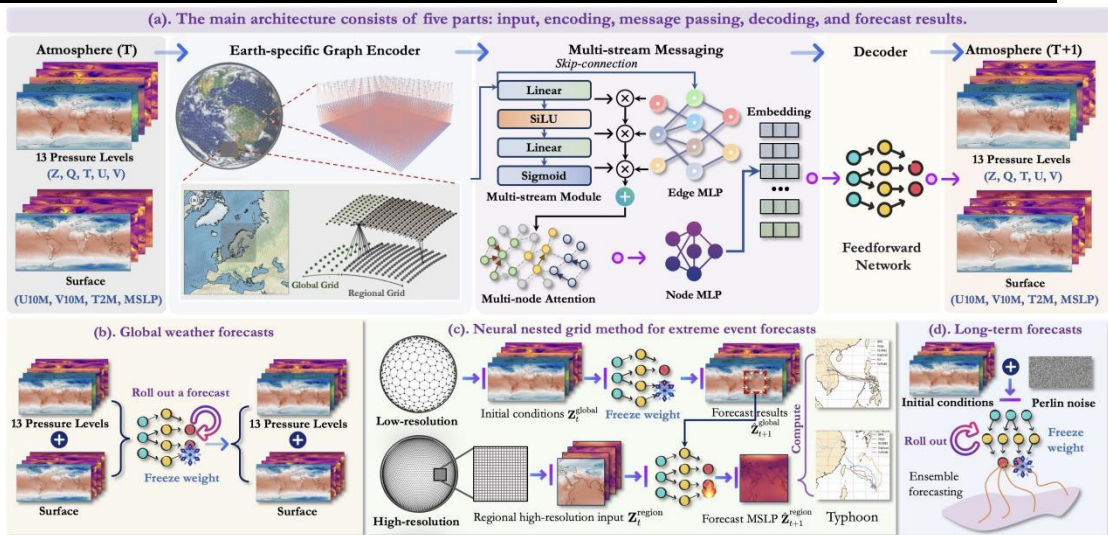


图 1 OneForecast 整体架构图

OneForecast 主要由区域细化的多尺度图结构、多相流消息传递模块、神经嵌套网格方法等构成。对于区域细化的多尺度图结构，受多尺度图和多重网格的启发，OneForecast 引入地球特定的基于区域细化的多尺度图结构，以建模复杂动力学系统中节点之间的相互作用。这种设计不仅可以建模各种尺度的大气运动，还能根据需要提升特定区域的预报精度。

此外，为解决复杂动态系统中节点之间信息传递不充分的问题，OneForecast 提出多相流消息传递模块（Multi-stream Messaging, MSM），该模块由自适应消息传递机制组成，包括动态的多头门控边更新模块和多头节点注意机制。对于多头门控边更新模块，与传统的基于 MLP 的边更新方法不同，OneForecast 引入动态门控和多头机制，以更精准地控制信息流。对于每条边，首先将其自身的特征与源节点和目标节点的特征拼接，其次通过两层 MLP 生成门控向量以调节信息流。随后，使用基于边相加的 MLP（ESMLP）对边特征进行线性转换和非线性激活以更新边特征。最后，通过加权平均的方式将门控向量和更新后的边特征结合得到更新后的边特征。并且，与传统的节点更新方法相比，多头注意机制可以更精确地捕获节点之间的复杂关系，并通过注意力权重动态调整信息汇聚的方式。

虽然低分辨率模型的训练成本相对较低，但其预报细节不足。然而，直接使用高分辨率区域数据进行训练通常由于边界条件缺失或者数据量不足等原因而导致区域预报效果差。为了在全球低分模型的基础上实现特定区域的高分辨率预报，OneForecast 提出神经嵌套的网格方法（Neural Nested Grid, NNG）。该方法将全球低分辨率的未来预报与区域高分辨率数据结合，以提高区域高分辨率预报的精度。NNG 充分利用了全球模型信息并且为区域预报提供了必要的边界条件。

对于全球预报，OneForecast 使用 1.5°版本的 WeatherBench2，该数据集是 ERA5 再分析数据的子集。其中，1959–2017 年用于训练，2018–2019 年用于验证，2020 年用于测试。使用的数据包括 5 个 13 层压力层变量（位势（Z）、比湿（Q）、温度（T）、风速的分量（U）和（V））和 4 个地表变量（10 米风速的分量（U10M）和（V10M）、2 米温度（T2M）和海平面气压（MSLP））。对于区域高分辨率预报，使用 0.25°分辨率的 ERA5 数据。OneForecast 示范性地选取 U10M 和 T2M 进行区域高分辨率预报。

OneForecast 评估了全球天气预报、区域高分辨率预报、极端事件预报、长期预报和集

合预报的结果。对于 1.5° 全球天气预报，OneForecast 6h、1 天、4 天、7 天、10 天的预报结果与现有方法相比具有竞争力（每隔 6h 一个初始条件，共 1300 个初始条件的平均值）。具体来说，与 Pangu、Fengwu、Graphcast 和 Fuxi 相比，OneForecast 在均方根误差（RMSE）和异常相关系数（ACC）两个指标上均取得了更好的结果。此外，OneForecast 的预报结果在视觉上更符合物理一致性。

MODEL	METRIC									
	6-HOUR		1-DAY		4-DAY		7-DAY		10-DAY	
	RMSE	ACC	RMSE	ACC	RMSE	ACC	RMSE	ACC	RMSE	ACC
PANGU-WEATHER (BI ET AL., 2023)	0.0921	0.9958	0.1635	0.9868	0.3723	0.9305	0.5576	0.8414	0.6680	0.7763
FENGWU (CHEN ET AL., 2023A)	0.1428	0.9913	0.2584	0.9738	0.5186	0.8958	0.7874	0.8061	1.2370	0.7409
GRAPHCAST (LAM ET AL., 2023)	0.0887	0.9962	0.1634	0.9878	0.3962	0.9308	0.6026	0.8362	0.7374	0.7625
FUXI (CHEN ET AL., 2023B)	0.1106	0.9941	0.1838	0.9838	0.4329	0.9055	0.6056	0.8116	0.6913	0.7571
ONEFORECAST(OURS)	0.0683	0.9976	0.1294	0.9917	0.2954	0.9577	0.4823	0.8839	0.6306	0.8025
ONEFORECAST(PROMOTION)	19.11%	0.11%	19.38%	0.38%	20.66%	2.89%	13.49%	5.05%	5.59%	3.38%

图 2 全球天气预报定量评估

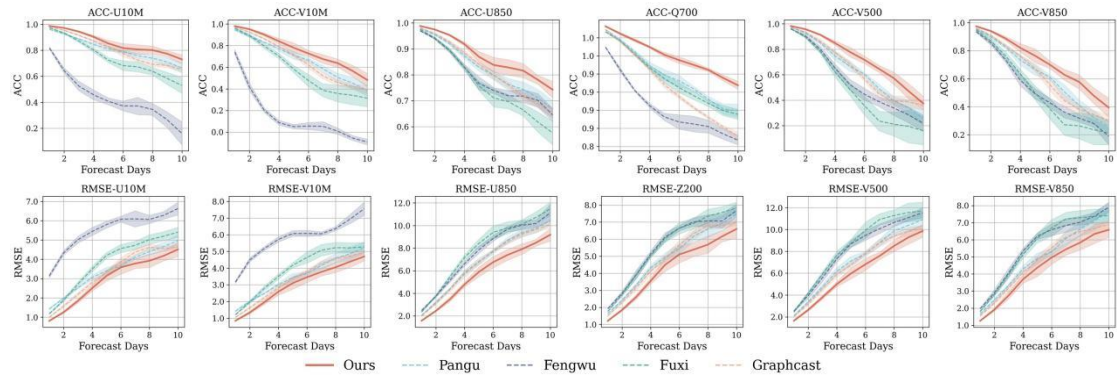


图 3 单个变量全球预报定量评估

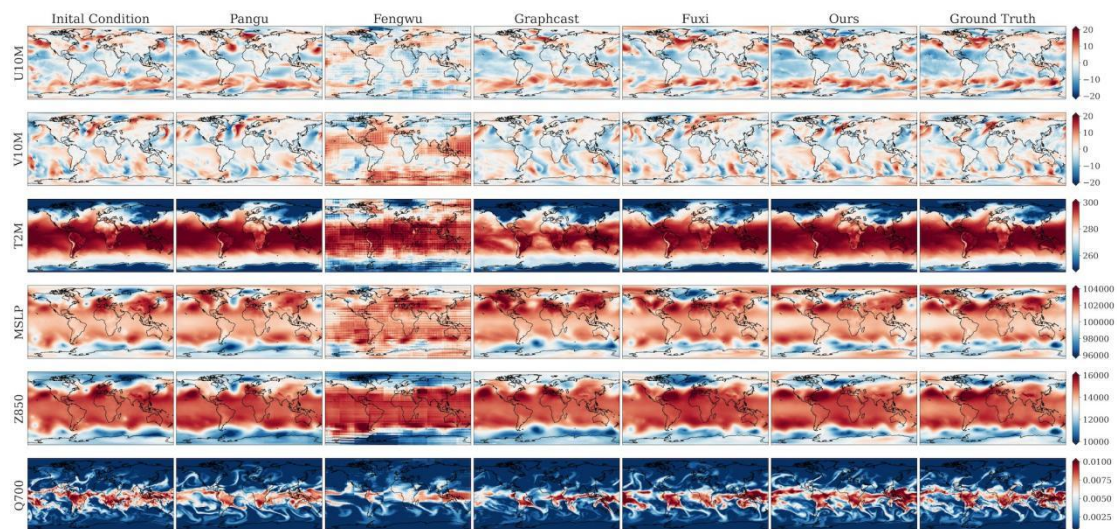


图 4 10 天预报结果

对于区域高分辨率预报，尽管 Graph-EFM 提出的区域预报方法提高了预报精度，但它仍然受高分辨率区域模型中缺少全球信息的限制。OneForecast 提出的神经嵌套网格方法（NNG）结合了边界条件和全球未来信息，可实现更高精度的区域预报。此外，NNG 充分利用了全球

模型的预报结果，可以以极低的训练成本实现区域高分辨率预报。因此，OneForecast 仅示范性地对两个变量（U10M、MSLP）进行区域高分辨率预报，而无需使用所有变量进行训练（例如，用于训练全球模型的 69 个变量）。实验结果表明，仅使用区域数据进行训练时，长期推理结果差。Graph-EFM 考虑了边界条件，提高了预报效果。OneForecast 提出的 NNG 考虑了区域边界条件，并且充分利用了全球模型的未来预报信息，可实现区域长期稳定预报。

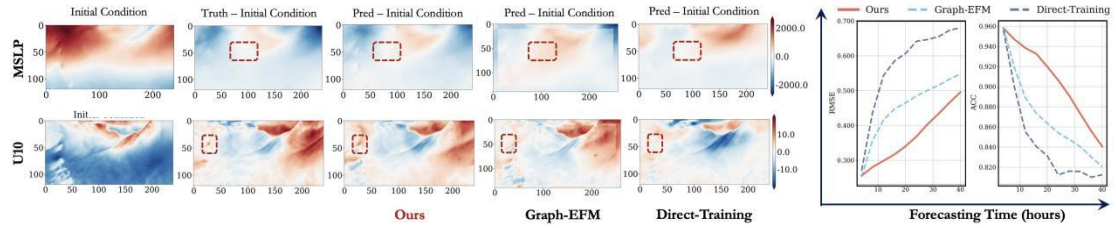


图 5 区域高分辨率预报结果

此外，在对 2018 年台风 Yagi 和 2020 年台风 Molave 的预报中，OneForecast 能够准确预报台风路径。尽管 OneForecast 使用的是较低分辨率（ 1.5° ）的数据，但其在台风路径预报方面的能力与使用更高分辨率（ 0.25° ）数据的基线模型相当。OneForecast 提出的多相流传递模块（MSM）可以更好地捕获高频信息，从而在长期预报和极端事件预报中取得了令人满意的结果。

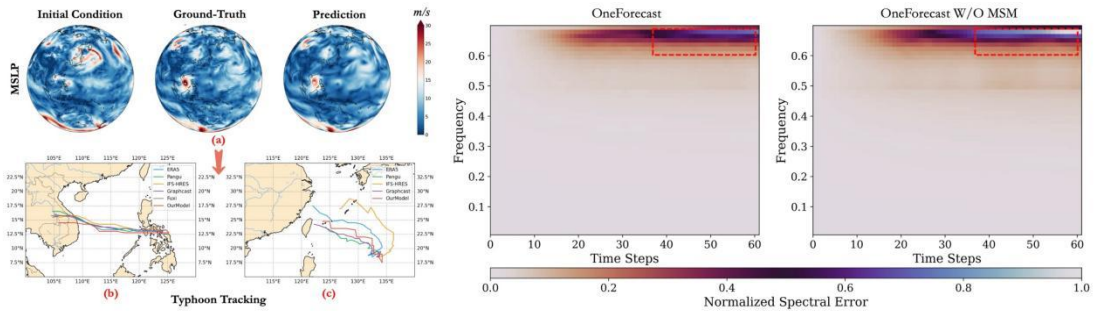


图 6 极端事件（台风）预报评估（左）；本文提出的 MSM 和传统基于 MLP 消息传递的谱偏差（右）

最后，该研究评估了长期预报和集合预报的结果。基于人工智能的天气预报模型通常不能实现长期稳定推理，该研究分析了表现最好的两个基线模型长时间推理的效果。例如，Pangu 在 100 天的预报中出现伪影，而 Graphcast 由于误差累积过大导致物理场崩溃。相比之下，OneForecast 可实现长期稳定推理，有效地捕获了大气状态，不会出现物理场崩溃等问题。此外，由于大气状态的初始条件具有不确定性，合理量化这种不确定性可以提升预报性能。OneForecast 通过在初始条件中加入 Perlin 噪声实现集合预报。10 个初始条件（每个具有 50 个集合成员）的 4 天、10 天预报结果表明，OneForecast 优于其他模型。此外，由于 OneForecast 可以准确建模大气状态，在短期如 4 天的预报中，确定性预报的结果更好，而其他模型由于误差过大等因素，短期预报仍需要使用集合预报方法来提高性能。

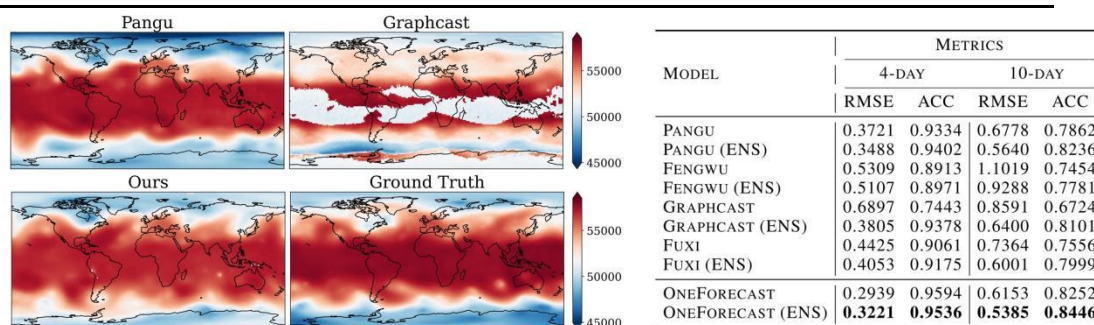


图 7 100 天长期推理评估（左）；集合预报定量评估（右）

综上所述，OneForecast 是一个基于多尺度图神经网络的全球区域嵌套的天气预报通用框架。通过将动力系统原理与多网格结构相结合，OneForecast 具有重点区域细化的图结构，可建模各种尺度的大气运动并提高重点区域的预报精度。具有动态门控单元的多相流消息传递模块可缓解过度平滑并增强节点边缘特征表示，更好地捕获高频信息，提高了预报极端事件的能力。此外，提出的神经嵌套网格方法（NNG）可充分利用全球模型信息，有效缓解边界缺失的问题，提高了区域高分辨率预报的性能。实验结果表明，OneForecast 在全球和区域尺度上实现了更高精度的天气预报，尤其是对于长期和极端事件的预报。这标志着基于人工智能的天气预报模型具有良好的潜力，逐渐成为传统数值方法的有力补充。

高分辨率数据往往能够解析更复杂的动力系统，未来 OneForecast 将平衡分辨率与计算成本，实现更高精度、更高效的天气预报。此外，地球系统是由多圈层构成的统一整体，更高精度的预报需要考虑多圈层之间的相互作用，团队即将发布基于图神经网络的大气-海洋耦合预报模型，以提升预报的准确性，尤其是提升极端事件的预报能力。

清华大学地球系统科学系教授黄小猛为论文通讯作者，博士生高远、硕士生吴昊（中大信智学部-腾讯机器学习平台部联培硕士生）、博士生舒睿骥为论文共同第一作者。合作者包括中国科学技术大学信息智能学部硕士生董桓硕、许帆，清华大学交叉信息研究院姚班本科生陈锐，香港科技大学计算机科学与工程系博士生严一博，松鼠 AI 学习人工智能负责人兼首席科学家文青松，香港科技大学计算机科学与工程系助理教授胡旭明，南洋理工大学计算机科学与工程学院博士后王琨，香港理工大学电子计算系博士生吴家豪，香港理工大学电子计算系教授李青，香港科技大学计算机科学与工程系教授熊辉。研究受到国家重点研发计划和国家自然科学基金资助。

7.清华大学地球系统科学系王焱课题组提出基于生态适应的植被冠层碳通量模拟新方案

理解和预测植物对全球变化的适应性响应及其对陆地生态系统碳循环的影响，一直是全球变化生态学研究的核心内容之一。地球系统模式是定量研究该问题的重要工具，传统地球系统模式陆面分量在模拟冠层碳通量时，通常假设同一种植被类型或植物功能类型的最大羧化能力（ $V_{\text{cmax}, 25}$ ）和叶片基础呼吸速率（ R_{25} ）等功能性状固定不变。然而，大量观测证据表明，植物会通过生理调节对长期环境变化产生适应性响应。例如，温暖环境下，植物会下调 $V_{\text{cmax}, 25}$ 和 R_{25} ，以减少维持生命活动的碳消耗。传统模式忽略了这些动态调节过程，对气候变化情境下的陆地生态系统碳收支进行预测时，存在较大的不确定性。

清华大学地球系统科学系王焱副教授课题组基于光合与呼吸的生态演化最优性理论,构建了简洁普适的冠层光合-呼吸通量模拟方案,并在传统的陆面模式 Noah-MP 中引入该方案。结果表明,改进后的 Noah-MP 参数减少且无需植物功能型分配,增强了模型的普适性和计算效率,同时还显著提升了短期和长期冠层碳通量的模拟效果。相关研究成果在 Journal of Advances in Modeling Earth Systems (《地球系统建模进展杂志》) 发表,为评估和预测陆地碳汇动态提供了更可靠的工具。

新方案放弃了传统模式中植物功能型的概念,通过引入普适性的生态演化最优性理论,作为模式中植物光合和呼吸功能性状变化的约束条件,实现对植物功能型静态参数的动态预测。该方案以 15 天为滑动时间窗口,作为光合与呼吸的生理适应时长,动态计算该时段内温度、辐射、土壤水分等环境因子的均值,并根据生态演化最优性理论,预测 $V_{\text{cmax},25}$ 和 R_{25} 适应该环境条件的最优值。相较于 Noah-MP 中依赖 12 个植物功能类型静态参数的传统方案,新方案仅需 3 个普适性参数,不仅实现了对光合和呼吸性状季节动态的精细刻画,更大幅简化了模型复杂度。

研究通过全球 168 个通量塔站点和 53 个性状观测点的数据验证表明:(1) 性状模拟方面,新方案对 $V_{\text{cmax},25}$ 和 R_{25} 季节变化的解释度分别高达 62% 和 73%,传统方案则完全忽略了该变化(图 1);

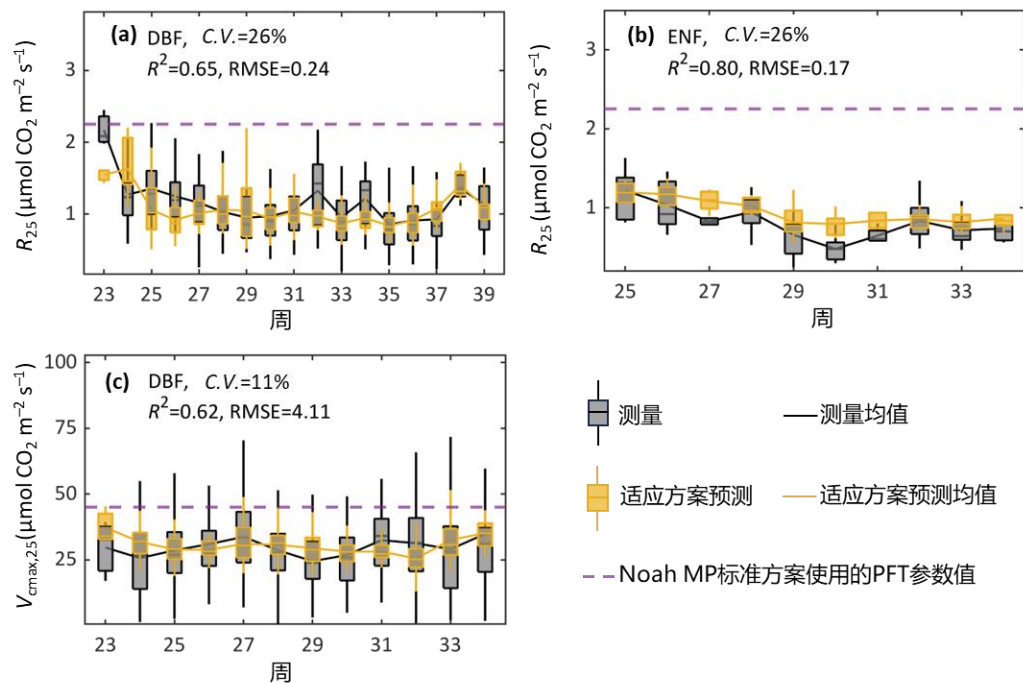


图 1 两个方案对呼吸性状和光合性状的模拟表现

(2) 碳通量模拟方面,新方案将半小时尺度总初级生产力模拟的均方根误差从 $3.6 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 降至 $2.4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$,将月尺度总初级生产力的低估幅度从 10% 缩小至 2%,将冠层呼吸 的模拟偏差从 200% 降至 8% (图 2、3);

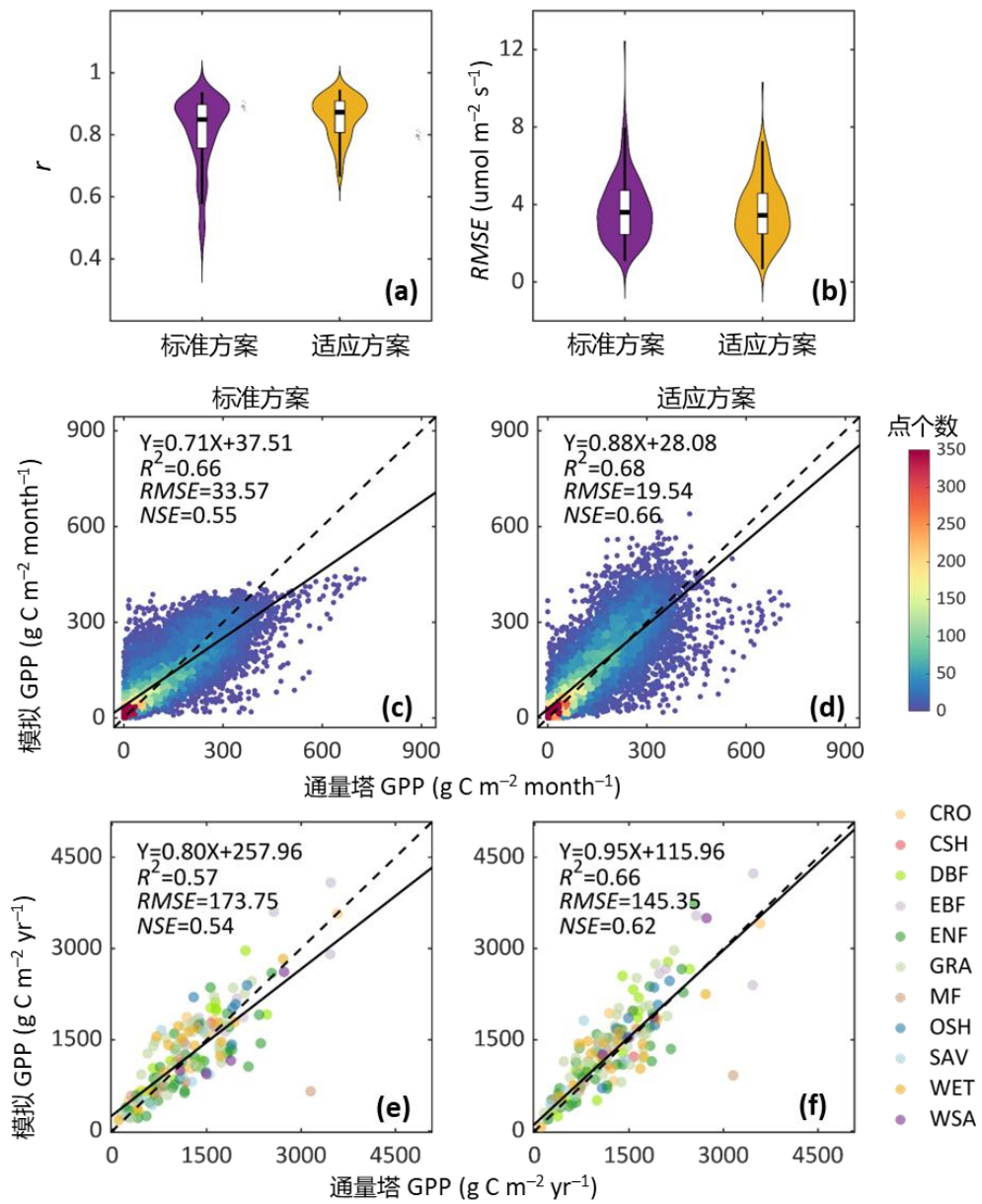


图 2 两个方案对总初级生产力的模拟效果

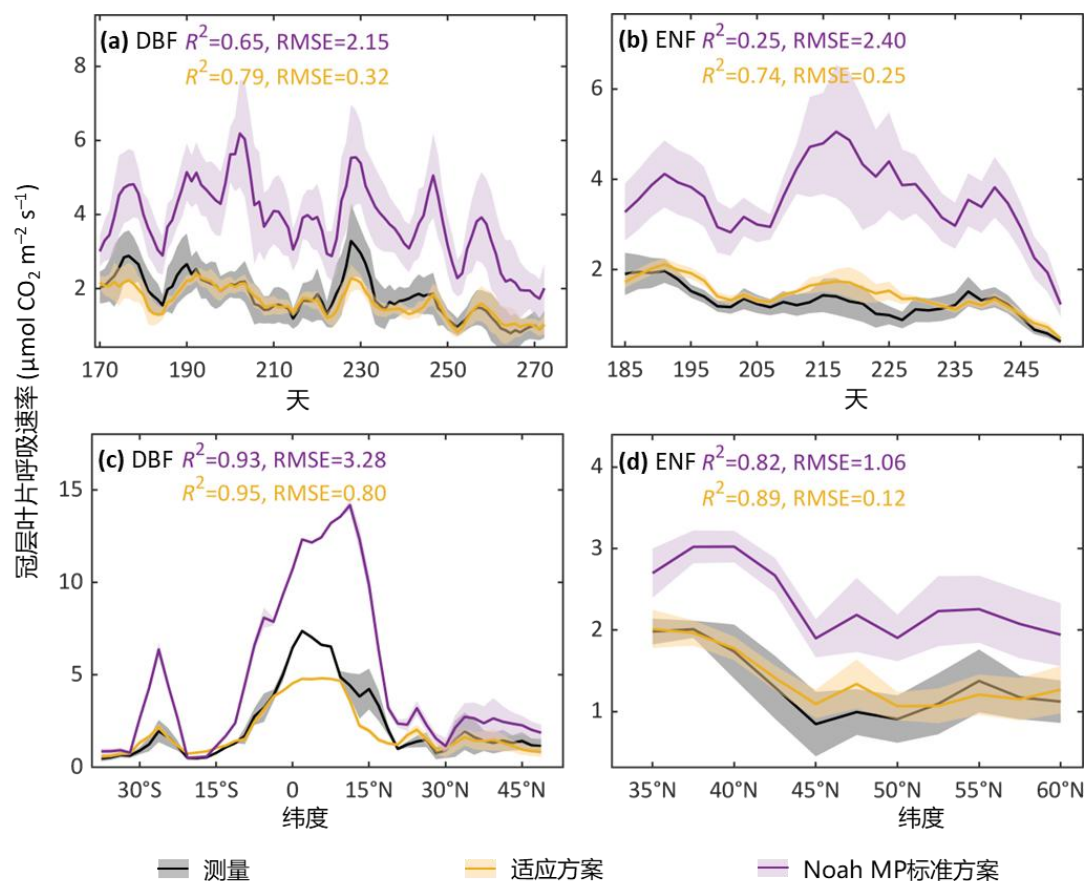


图 3 两个方案对冠层呼吸的模拟效果

(3) 气候响应方面, 新方案显示, 由于植物的生理生态调节和适应性响应过程的发生, 升温对总初级生产力的促进作用较传统模型会降低 60%, 但同时这种对升温的生理适应也会导致冠层呼吸的增幅减少, 且幅度更大约 80% 左右。另外, 新方案的模拟结果表明, 大气二氧化碳浓度升高会通过降低 R_{25} 进一步抑制冠层呼吸的碳释放 (图 4)。结果表明, 植物的生理适应有利于提升陆地生态系统在全球变暖背景下的气候韧性, 增强固碳能力。而传统模式对该过程的忽略, 可能会导致对未来气候情境下陆地碳汇能力的低估, 夸大地球系统的气候-碳正反馈效应。

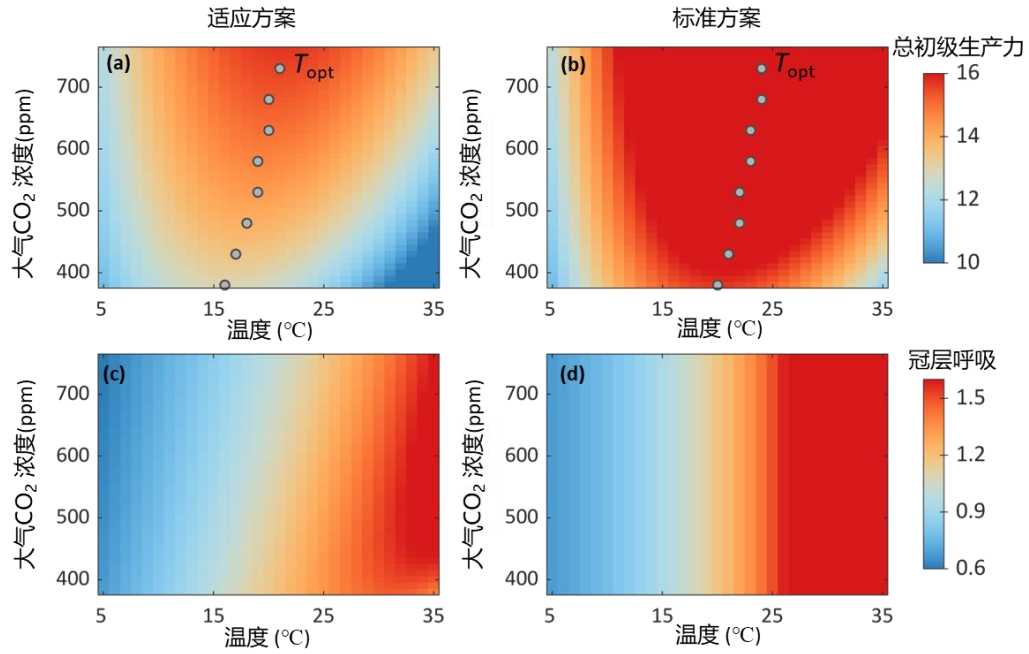


图 4 总初级生产力和冠层呼吸速率对温度和大气 CO₂ 浓度变化的响应

研究不仅推动了陆面模式的生理机制刻画,也为全球碳收支评估和气候政策制定提供了更可靠的科学工具。清华大学地球系统科学系 2021 级博士生任扬航为论文第一作者,王烱副教授为通讯作者,阳坤教授以及来自雷丁大学、帝国理工大学、西南大学、明尼苏达大学、密西根大学、西悉尼大学等单位的研究人员为共同作者。该研究受到了国家自然科学基金专项项目(72140005)等科研项目的支持。

文章链接:

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2024MS004599>

三、工作动态

1. 地球系统科学系午餐沙龙: 中国城市间贸易隐含土地空间分布及潜力评估

2025 年 02 月 27 日,地球系统科学系在蒙民伟科技大楼 S927 举办了本学期第 1 期午餐沙龙学术交流活动。本次活动邀请了博士后王振宇作为主讲人,围绕“气候变化-社会经济-土地利用模型”主题作分享。



王振宇作分享

土地资源在社会经济格局中起着举足轻重的作用,随着全球化和区域经济一体化的不断发展,贸易对土地的空间分布和不平等产生了重大影响。王振宇的研究通过编制全部门土地清单并在城市级 MRIO 表中分解第一产业,分析了城际贸易中隐含土地的空间和部门特征,包括规模、结构和空间分布等,揭示了城际贸易中隐含土地的明显不平衡等内容。

研究结果表明,净出口者通常集中在较低地区,而净进口者则集中在较高地区。较高的出口强度主要出现在低地区,尤其是东北部和东南部,而较高的城市往往表现出较低的出口强度。就部门贡献而言,农业在中低端地区出口的隐含土地中发挥着核心作用,但随着迁移到更高的区域,此角色会转移到低技术服务。人均 GDP 较低地区的隐含土地主要流向中等区域。此外,城际贸易中相关的隐含土地主要由家庭消费和资本投资驱动。



午餐会现场

在随后的讨论环节，参会老师围绕模型展开了热烈讨论，并详细探讨了模型的应用前景与改进方向。

2. 天津大学刘丛强院士一行访问地球系统科学系

2025 年 3 月 12 日，应陈德亮院士邀请，天津大学刘丛强院士、朱佳雷教授一行访问了地球系统科学系。清华大学地球系统科学系陈德亮院士、系主任罗勇、党委书记耿睿和各学科带头人十余人在自强科技楼 2-1103 会议室会见来宾。

会上，刘丛强院士全面阐述了天津大学地球系统科学学院（以下简称天大地科院）的建设背景、发展历程、目标方向及未来规划等情况。天大地科院以应对全球变化，服务人类可持续发展为核心使命，致力于发展多学科深度交叉融合的地球系统科学，着力培养具有全球视野、创新精神和实践能力的高层次地学人才。陈德亮院士对天大地科院的办学理念给予高度认同，并围绕“复杂系统”等核心概念与刘丛强院士展开了深入探讨，就地球系统科学的未来发展前景和方向达成诸多共识。

罗勇详细介绍了清华大学地球系统科学系的历史沿革、建设理念、学科发展和研究成果以及未来目标等内容。他提到，地球系统科学系自成立以来，始终以探索地球系统科学前沿、服务国家重大战略需求为己任，构建了跨学科、跨领域的综合性研究体系。近年来，地球系统科学系在地球系统模式研发、气候变化应对、生态系统演化、可持续发展等领域取得了一系列具有国际影响力的研究成果，培养了大批高素质的地球科学人才，为应对气候变化挑战提供了科学支撑和解决方案。

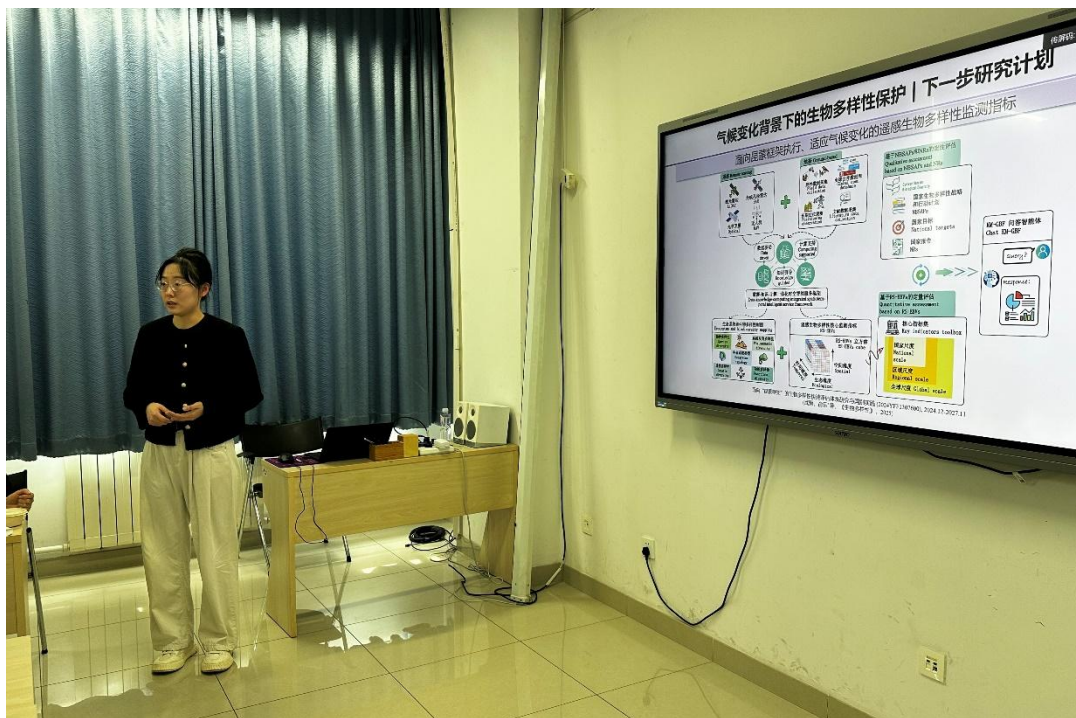


与会双方合影。从左至右分别是杨军、关大博、朱佳雷、林岩鑫、罗勇、刘丛强、陈德亮、耿睿、张强、卢麾、阳坤。

作为国内高等教育体系中仅有的两个地球系统科学系，此次交流为双方搭建了重要的对话平台。通过深入探讨，两校在学科发展规划与前沿方向展望上达成了高度共识，并就创新型人才培养模式进行了初步探索。双方一致表示，将进一步加强合作，共同致力于提升中国在地球系统科学领域的国际话语权与学术影响力。此次交流不仅深化了彼此的了解，为未来开展实质性合作奠定了坚实基础，也在地球系统科学领域的协同创新迈出了重要一步。

3.地球系统科学系午餐沙龙：气候变化下的生物多样性保护

2025 年 3 月 13 日，地球系统科学系在蒙民伟科技大楼 S927 举办了春季学期第 2 期午餐沙龙学术交流活动。本次活动邀请了地球系统科学系俞乐副教授课题组博士后武慧作为主讲人，围绕“气候变化下的生物多样性保护”主题作分享。



武慧作分享

气候变化和生物多样性丧失已成为全球面临的两大环境危机，威胁人类福祉与可持续发展。武慧系统介绍了自己在该领域的系列研究成果，包括气候变化下的物种分布范围转移、生态系统脆弱性评估、保护地格局质量评价以及人与自然共同福祉的关系等。通过对中国东北地区、中国西南地区、中国—东盟国家等典型研究区域的案例分析，研究尝试厘清保护地格局在适应与减缓气候变化中的协同机制、揭示其对人与自然福祉的影响机理，并探索支撑高质量发展所需的高质量保护路径。



午餐会现场

分享结束后，与会教师围绕极端气候事件的级联效应、物种对气候变化的适应性响应机

制及科技赋能生物多样性保护等前沿议题展开了热烈讨论。

4.地球系统科学系举行 AI for Ecology 学术沙龙活动

3 月 11 日晚，首期“AI for Ecology”学术沙龙在自强科技楼 1003 举行。本次沙龙以“生成式人工智能加速生态学研究”为主题，地球系统科学系博士生周宣宏作主讲人，系师生 20 余人参加。

报告聚焦生成式人工智能（Generative Artificial Intelligence，简称 GAI）技术在生态学中的前沿应用。周宣宏系统综述了 GAI 技术在生态学中的发展脉络，介绍了其在生态学研究从个体、种群、景观、生态系统到全球尺度的应用现状，指出 GAI 在数据处理、模式识别和预测等方面的巨大潜力。随后，他通过稀有物种数据生成、未被观测到的生态格局的发现、自动化文献知识提取与生成科学假设、以及复杂生态系统建模等领域的案例，介绍了 GAI 在生态学研究中的具体应用方式。

与会听众针对 GAI 驱动的生态格局发现、大语言模型在科学假设发现中的应用等问题进行了热烈的讨论，探讨了人工智能在生态学领域的应用潜能和未来发展趋势。



周宣宏（左一）与地球系统科学系教师俞乐（右一）讨论



地球系统科学系教师杨军（右一）参与讨论



与会师生合影

AI for Ecology 学术沙龙由清华大学地球系统科学系城市生态研究组、可持续土地系统（LANDS）研究组、植被模拟与理论生态研究组和气候风险与生物地球化学研究组共同发起，旨在分享 AI 在生态学研究中的应用知识，交流 AI 在各自研究中的应用经验。沙龙拟不定期举办，面向所有感兴趣的清华师生开放。如果想了解更多信息或参与分享交流，可通过邮件 sunzl23@mails.tsinghua.edu.cn 联系。

5.地学系分工会组织女教职工圆明园健步走活动

为庆祝第 115 个“三八”国际劳动妇女节，丰富女教职工的精神文化生活，3 月 13 日上，地学系分工会组织女教职工开展了“春风十里，不如与你同行”圆明园健步走活动。

活动当天，地学系的女教职工们齐聚圆明园南门，精神饱满，热情高涨。在欢声笑语中，大家从南门出发，开启了健步走之旅。沿着湖边步道，大家或漫步赏景，或驻足拍照，或畅聊生活，感受着运动的快乐，尽情享受春日的春光。一路上，大家欣赏着圆明园的美景，感受着历史的厚重。断壁残垣诉说着昔日的辉煌，也激励着大家铭记历史，砥砺前行。



女教职工合影

此次健步走活动不仅锻炼了身体，放松了心情，更增进了同事间的交流，增强了团队凝聚力。大家纷纷表示，将以更加饱满的热情和昂扬的斗志投入到今后的工作中，为地学系的发展贡献自己的力量。

地学系分工会今后将继续组织类似活动，丰富教职工的业余生活，促进身心健康，增强团队凝聚力，为地学系的持续发展注入新的活力。

6.地学系分工会组织“探寻中轴线，用影像定格古都灵魂”活动

为丰富教职工文化生活，深入感受北京中轴线的历史底蕴与文化魅力，地学系分工会于 3 月 26 日组织开展了“探寻中轴线，用影像定格古都灵魂”徒步摄影活动。本次活动以钟楼为起点，途经万宁桥、景山、故宫外围东侧、太庙，最终抵达天安门北侧，全程约 4.9 公里。

活动当天，教职工们从钟楼出发，步行至万宁桥。万宁桥是元代大运河漕运的重要遗迹，教职工们驻足拍摄镇水兽，用镜头记录下古桥、河水与镇水兽的交融之美。



教职工拍摄的镇水兽

活动中，教职工们不仅用脚步丈量历史，还通过摄影创作表达对中轴线文化的理解。他们用镜头记录建筑细节、光影变幻，以及人景之间的互动，传递中轴线独特的魅力。大家一边分享拍摄心得，一边探讨中轴线申遗的意义。经过 3 小时的徒步，队伍抵达终点天安门北侧。参与活动的教职工表示，中轴线不仅是地理坐标，更是凝结中华文明智慧的“脊梁”。这次活动既锻炼了身体，又增强了对北京城市规划和历史传承更深的认识。



从左至右，从上至下分别是参加活动的教职工分别在故宫、景山公园、鼓楼、钟楼前合影。

未来，地学系分工会将持续创新活动形式，精心策划一系列融合文化底蕴与团队建设的特色活动，进一步提升教职工的工作积极性和团队凝聚力。同时，分工会将充分发挥专业优势，积极参与北京历史文化遗产工作，为首都文化建设注入新的活力。

7.地球系统科学系党委召开 2024 年度党支部书记述职评议会

3 月 3 日，地球系统科学系党委在蒙民伟科技大楼南楼 S818 会议室召开 2024 年度党支部书记述职评议会。系党委委员、学生和教职工党支部书记、师生代表 20 余人参加评议会。会议由系党委副书记卢麾主持。



图 会议现场

会上，全体师生党支部书记聚焦党建第一责任人职责，重点围绕学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想、以高质量党建引领高质量发展、在立德树人中发挥战斗堡垒作用等，就 2024 年工作、目前存在的不足和今后努力方向进行述职。系党委委员对各党支部书记本年度抓党建工作给予了充分的肯定，并对各党支部书记提出了建议与希望。

系党委书记耿睿在总结中对各党支部书记过去一年的工作表达了感谢。她希望各党支部书记带领支部继续深化党纪学习教育成果，通过全面从严治党不断夯实基层党组织建设，在接下来的工作中深入领悟和践行学校进一步全面深化改革实施方案的精神，发挥好地球系统科学学科特色，展现蓬勃发展势头，为迎接地学系建系 10 周年作好准备。

四、学生工作

1. 祝贺！清华大学地球系统科学系博士生周杰威获 2024 年清华大学优秀助教奖

近日，2024 年清华大学优秀助教奖评选结果揭晓，清华大学地球系统科学系周杰威同学荣获 2024 年清华大学“优秀助教奖”。

“清华大学优秀助教奖”于 2022 年开始设立，每年评选一次，旨在通过构建助教荣誉体系，进一步加强助教队伍建设，发挥优秀助教的示范引领作用，激发助教的主动性和创造性，落实学校“三位一体”教育理念，助力学校教育教学质量提升。

地球系统科学系始终将课程建设视为核心任务，自 2022 年秋季学期开始，不断强化助教队伍建设，严格按照学校要求积极组织助教同辈分享会，请有经验的助教同学分享他们的助教经验。发扬传帮带的传统，使得助教可以更好地协助支持教师的教学工作开展。

助教在教师与学生之间发挥着重要的桥梁作用，需要高度的责任心，专业的知识背景，饱满的工作热情，良好的沟通能力。周杰威同学以其专业知识和细致耐心的教学辅导，赢得了师生们的认可与喜爱。作为助教，他认真负责，不仅有效地支持了课堂教学，还用心倾听并解答了同学们的学习困惑。这份荣誉是对他辛勤工作的肯定。

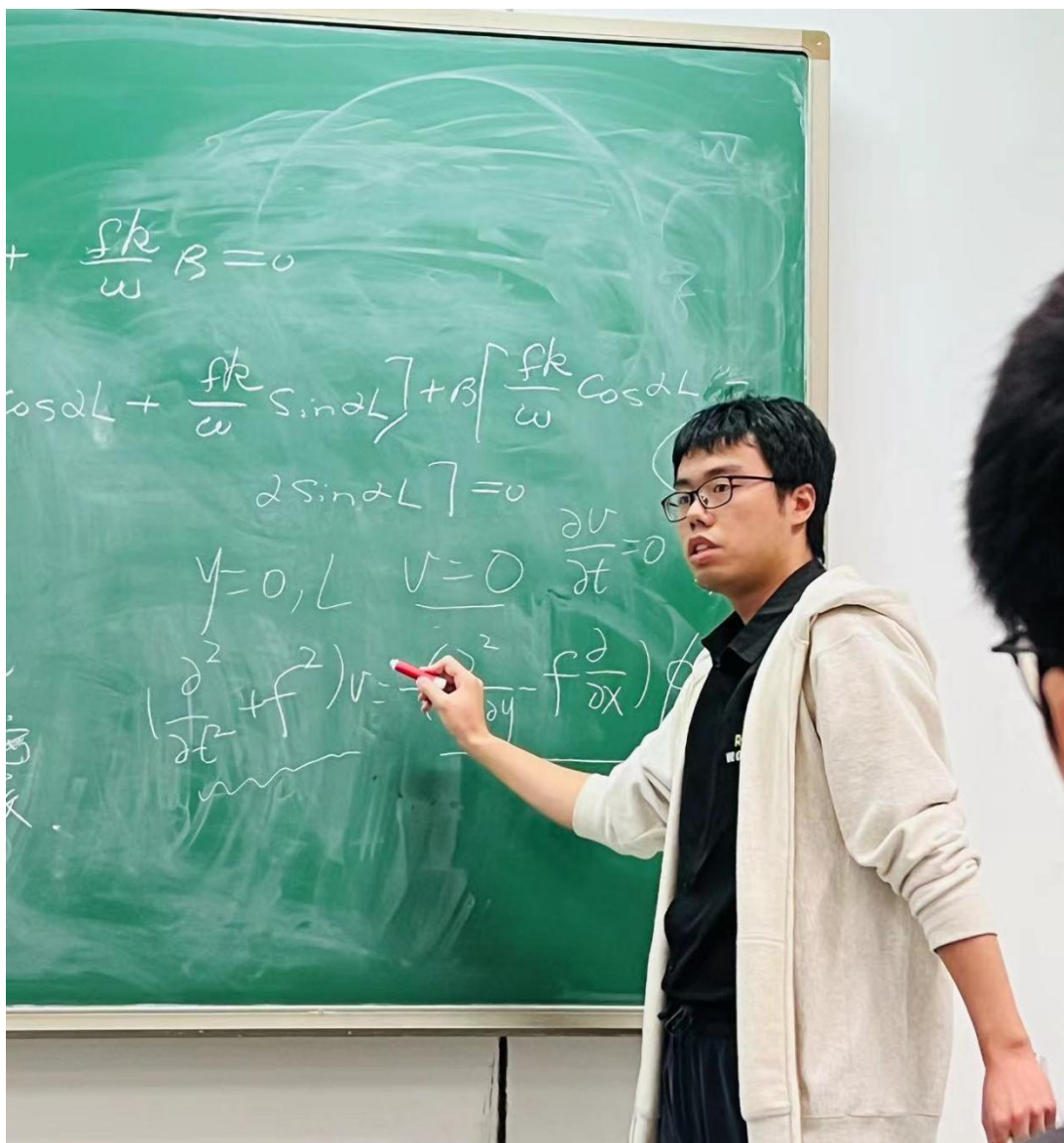
祝贺周杰威！

周杰威，地球系统科学系 2021 级博士生，曾两次担任 2022 年和 2023 年秋季学期《地

球物理流体动力学》课程的助教。《地球物理流体动力学》是清华大学地球系统科学系大气科学方向唯一的必修课，选课人数在 20 位左右，内容艰深难懂，对数学和物理的基础较高，课程内容和作业主要以数理公式推导为主。而周杰威同学具有良好的数学物理，尤其是流体动力学的基础，曾在学习该门课程内容时取得了很好的成绩。



周杰威向后辈助教分享经验



周杰威在课上为同学们总结错题

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - c_0^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) u = 0 \quad (10)$$

$$\left(c_0^2 \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} - f \frac{\partial}{\partial t} \right) u = 0 \quad (11)$$

我们之后代入波形解会发现，(9)(10)(11)这三个式子推导到的结果各不相同，那这是怎么回事呢？

这其实就从另一个角度说明了这样做出来的结果是错误的。原因我也在那次讲过了，因为边界条件是 $v = 0$ ，它同时隐含着 $\frac{\partial v}{\partial t} = 0$ 和 $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$ ，但是不满足 $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$ 。

这也是为什么这样得到(9)(10)(11)这几个式子都是错误的原因，因为可以注意到(4)(5)(6)中的 v 前面都包括了 y 的部分。

有些同学明白不能直接让 $\frac{\partial v}{\partial y} = 0$ 的部分为 0，因此想试图用其他的式子求解边界条件，但是必须注意不能再对已经代入过边界条件的式子再做 $\frac{\partial}{\partial y}$ 的处理，否则还是错误的。

周杰威对错误率较高的题目整理撰写的答案

在任教期间，周杰威同学完成了交代的各项工作：随堂听课，维护课堂秩序，了解教学进度和教学内容。平时协助授课教师批改作业，批阅试卷，收集整理教学资料，并经常耐心细致地为同学们答疑解惑。曾经有一道作业题，因为一些流传已久的误解，一直存在一份错误的答案，在不同年级的学生间传递。在他担任助教的第一年，识别并纠正了这个错误，为同学们指出问题所在，并编写了一份带有详细注释和说明的标准答案。到了第二年，这样的错误基本没有再发生了。

周杰威表示，连续两年的助教工作让他在提升自身能力和结识新朋友的同时，对“知识传递”这一核心职责有了更深的体悟。他在助教的过程中不断学习、成长。他希望各位助教同学也能在工作中收获满满，共同进步。

地球系统科学系举办 2025 年春季学期助教朋辈分享交流会

为提升提升研究生助教工作能力，促进助教经验的交流与分享，地球系统科学系于 2025 年 3 月 13 日在蒙民伟科技大楼 S818 举办了助教朋辈分享交流会。

本次交流会特别邀请了地球系统科学系 2020 级博士生魏麟懿和 2023 级博士生杨慧迪进行分享。

魏麟懿结合自己在“物理气候学和“大气物理学”课程中的助教经历，围绕教师需求、同学需求和个人收获，详细介绍了助教在教学辅助、考核组织和跨学科交流等方面的工作。她强调，助教需要具备课堂组织能力和技术支持能力，要在教学过程中关注同学的学习需求、合理安排课程讨论、及时关注学生反馈。她还分享了自己在助教过程中提高科研技能、收获成长的心得。



魏麟懿同学分享助教经验

杨慧迪围绕“地球物理流体动力学”课程助教工作展开分享。她详细介绍了助教工作的全流程：从课前的设备调试、材料准备，到课中的课堂支持和答疑，再到课后的作业批改、考试安排和成绩管理，每个环节都需要助教的细心和责任心。她特别强调，助教要在时间管理、沟通协调和应急处理等方面不断提升，确保教学工作的顺利进行。

在自由讨论环节，与会助教们围绕如何提高助教效率、平衡助教与科研的时间安排、有效组织课堂活动等问题展开深入交流。本次助教朋辈分享交流会不仅促进了助教间的经验共享，也为新助教如何胜任这一工作提供了宝贵的参考。助教工作不仅是对教师教学的辅助，更是助教自身能力提升的重要契机。希望通过此次交流会，能够进一步推动助教工作的专业

化与规范化，助力地球系统科学系教学质量的持续提升。