

探寻中更新世气候转型之谜

第四纪以来（距今 260 万年）地球气候经历了大幅的冰期 - 间冰期波动，最引人注目的是距今 1.2—0.7 Ma（百万年）期间冰盖消长、海温变化等由对称的 4 万年波动转变为不对称的 10 万年旋回，简称为中更新世转型（Mid-Pleistocene Transition, MPT）。2005 年美国《Science》杂志在庆祝创刊 125 周年之际，公布了未来亟需解决的 125 个重要的科学难题，其中“*What causes ice ages? 是什么引发了 10 万年冰期旋回?*”，与中更新世气候转型密切相关。经典的米兰科维奇理论认为北半球高纬夏季太阳辐射是驱动全球气候变化的主要诱因，然而，具有准 10 万年周期的偏心率引起的太阳辐射变化甚微，不足以导致 10 万年冰期气候旋回的发生。因此，中更新世气候转型及 10 万年冰期旋回出现的诱发机理，一直是困扰古气候研究的谜题。

近 10 年来，中科院地球环境研究所孙有斌研究员团队与美国和比利时科学家合作，聚焦黄土高原西北部巨厚的黄土沉积，通过环境钻探获取了靖远 430 米高质量岩心，结合古地磁、 $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ 定年和黄土 - 古土壤地层对比构建黄土发育的年代标尺。利用高分辨率黄土碳酸盐碳同位素 ($\delta^{13}\text{C}_{\text{IC}}$) 记录，重建了过去 1.7 Ma 以来季风降水影响的植被变化，揭示出在 1.2 Ma 以前以 2 万年周期为主，到 0.7 Ma 以后表现为混合的 10 万年、4 万年和 2 万年周期，显著不同于深海氧同位素和太阳辐射的周期演化。通过数值模拟实验，揭示出轨道强迫、冰盖及 CO_2 浓度对温度和降水变化的影响存在空间差异，就中国北方而言，温度变化由岁差和 CO_2 调控，而降水则主要受岁差影响，中更新世之后的冰盖扩张和 CO_2 浓度降低，抑制了耦合的季风 - 植被演化对太阳辐射的直接响应。

2019 年 1 月 21 日，《Nature Communications》杂志在线发表了中国科学院地球环境研究所孙有斌研究员团队与比利时和美国科学家合作完成的研究论文“*Diverse manifestations of the Mid-Pleistocene climate transition*”。该论文提出了“中更新世气候转型多样性表现”的新概念，强调了冰盖消长和温室气体浓度变化会改变地球气候系统尤其是低纬水文循环对外部强迫的响应，为理解过去季风变化机理和预测未来气候变化趋势提供了新视角。该工作得到科技部重点研发计划（2016YFA0601902）和国家自然科学基金项目（41472163, 41525008, 41572164）的支持。

（孙有斌, sunyb@ieecas.cn, DOI: 10.7515/JEE193001）

探究亚洲沙尘积雪反馈对印度夏季风爆发的影响机理

亚洲作为沙尘的重要源区之一，该区域广泛分布的大气沙尘对局地气候变化作用显著。在地质历史时期（如冰期 - 间冰期循环），亚洲沙尘更被认为是左右全球气候变化的重要因子之一。一直以来，亚洲沙尘的气候效应得到科学界广泛关注。沙尘和黑碳等吸收性气溶胶可以沉降在积雪上，使积雪变脏，降低其反照率，同时吸热使雪表增暖，最终促进积雪融化从而改变区域能量分布，影响气候，这种气溶胶 - 积雪反馈被称为“融雪剂”效应。得益于人类活动的加剧，黑碳的积雪反馈已被研究工作证实，但沙尘的积雪反馈到底如何

仍不甚清楚。

中科院地球环境研究所石正国研究员等利用公用气候模式对沙尘的直接辐射效应和积雪反馈对印度夏季风的影响进行评估。结果表明：沙尘的积雪反馈会显著削弱爆发阶段的印度夏季风环流和降水。这是由于春季中亚内陆沙尘源区，存在大量沙尘沉降与广泛的积雪分布，因此沙尘导致的变暖范围可向西延伸至里海附近。变暖中心及范围的扩张显著调制了大气环流形式的响应，来自寒冷干旱中亚大陆的分支增强而来自暖湿印度洋的分支减弱，最终使得印度夏季风降水减少。相反，黑碳的积雪反馈导致高原积雪减少，高原热源加强，有利于印度夏季风爆发，二者区别主要来自于其空间分布差异。对于直接辐射效应来说，沙尘通过使阿拉伯半岛变暖促进水汽向印度大陆的传输，有利于季风降水形成。

该文以《*Snow-darkening versus direct radiative effects*

of mineral dust aerosol on the Indian summer monsoon onset: role of temperature change over dust sources》为题于2019年2月7日在《Atmospheric Chemistry and Physics》杂志在线发表。该工作得到科技部重点研发计划

(2016YFA0601904)和中国科学院战略性先导科技专项(XDA20070103)等项目的支持。

(石正国, shizg@ieecas.cn,
DOI: 10.7515/JEE193002)

黄土高原治沟造地生态效应评估

沟道工程治理是黄土高原水土保持治理的一项重要措施,至今已有400多年历史。人们常见的淤地坝、水库,包括现今实施的治沟造地工程,均为沟道治理的工程措施。近30年来,国内针对淤地坝的水土保持功能已进行了大量的研究,充分认识到淤地坝在黄土高原拦截泥沙、淤地造田中的重要作用;而针对治沟造地这种新式工程,其生态效应如何,一直缺乏系统的科学认识和数据支撑。基于这一科学问题,中科院地球环境研究所金钊研究员团队以延安市甘谷驿镇顾屯治沟造地流域为研究对象,对治沟造地后地形地貌的变化、地下水位的变化以及土壤盐碱化的现状和趋势进行了评估,获得以下关键性认识:

(1) 治沟造地显著改变了河谷的地形地貌。通过对比治沟造地前后高分辨率的遥感影像发现:治沟造地前,河谷耕地主要分布在河道两侧或山边的缓坡上;治沟造地后,耕地全部集中到平整的河谷中,原有的河道被改到河谷的一侧,沟道土地变得更加平整,有利于机械化耕作。(2) 流域治沟造地后,河谷新造耕地的地下水抬升明显。沿主沟道从下游至上游调查了17个地块,14个地块表现出较浅的地下水影响深度(≤ 3 m),其中7个地块的影响深度小于1 m。并且,越靠近坝前下游的耕地,地下水影响的土层深度越浅,表明水库底部存在渗水或漏水现象。(3) 治沟造地后,流域上游出现明显的盐碱化。治沟造地流域,表层0—20 cm土壤可溶性盐的浓度范围为0.23—2.55 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,其中超过一半点位盐分含量高于1 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,表明存在轻度盐碱化现象。越靠近流域上游,盐碱化趋势越明显。受土壤次生盐碱化影响,流域上游土地已无法耕种,因此流域上游是盐碱化的高风险区,不适宜造地。(4) 盐碱化土壤离子组成以 Na^+ 和 Cl^- 为主。通过离子色谱分析发现,黄土母质和水库中盐分离子组成相似, Na^+ 和 HCO_3^- 是其主要离子成分;未治沟造地的坡耕地中,所有阳离子浓度都非常低, HCO_3^- 浓度相对较高;出现明显盐碱化的土壤中,盐分离子浓度显著升高,其中 Na^+ 和 Cl^- 为主要盐分离子。

以上研究结果2019年1月以《Valley reshaping and damming induce water table rise and soil salinization on the Chinese Loess Plateau》为题发表在《Geoderma》杂志。该研究得到中科院STS项目《延安治沟造地科学性、生态效应评估及增产模式》和黄土与第四纪地质国家重点实验室培育项目《治沟造地对小流域盐分输出的阻截效应及土壤次生盐碱化风险评估》的支持。

(金钊, jinzhao@ieecas.cn, DIO: 10.7515/JEE193003)

亚硝酸及居民取暖做饭燃烧对京津冀冬季二次有机气溶胶生成的重要贡献

近年来,我国京津冀地区重霾事件频发,呈现污染程度重,范围广,持续时间长的特点,引发公众的广泛关注及讨论。有机气溶胶是 $\text{PM}_{2.5}$ 重要的组成成分,质量可占 $\text{PM}_{2.5}$ 的20%—90%。有机气溶胶主要由一次和二次有机气溶胶组成。二次有机气溶胶由大气中挥发性有机

气体经过复杂的化学氧化过程或含羰基化合物的液相吸收过程生成。二次有机气溶胶是 $\text{PM}_{2.5}$ 重要的化学组分,我国北方严重雾霾发生时二次有机气溶胶浓度最高可达 $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。臭氧会光解生成氢氧自由基(OH),OH是白天挥发性有机气体氧化生成二次有机气溶胶最主要的氧化剂。冬