

Monitoring Water and Energy Cycles at Climate Scale in the Third Pole Environment (CLIMATE-TPE) (ID. 32070)

Yaoming Ma^{1,2,3}, Z.(Bob) Su⁴, Lei Zhong⁵, Weiqiang Ma^{1,2,3}, Jun Wen⁶, Yanbo He⁵

¹Key Laboratory of Tibetan Environment Changes and Land Surface Processes, Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

²CAS Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

³University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

⁴Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, Enschede 7500 AA, Netherlands

⁵School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

⁶Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

⁷National Meteorological Center, Beijing 100081

摘要:

第三极环境（TPE）以青藏高原和喜马拉雅山为中心，孕育了亚洲大量的河流，为10个国家的15亿人口提供水源。由于其高海拔，第三极环境在全球大气环流中扮演着重要的角色，同时对气候变化非常敏感。水和能量强烈的交换发生在不同时间、空间尺度的亚洲季风、高原陆地表面（湖泊、冰川、雪和永久冻土）及高原大气之间，但我们对其耦合尤其是在气候尺度上细节的基本理解仍然缺乏。

在原位测量、卫星遥感和数值模拟的基础上，目前已经取得了几个主要的成果，以促进对青藏高原水和能源循环的理解。（1）原位测量：分析了高山湿地和高山草甸的湍流结构和湍流动能转换的温暖季节特征。我们发现，在风速小于2 m/s的情况下，湍流强度随风速的增加而急剧下降，另外由于高温，正午时分的二氧化碳通量也非常小。我们还发现，土壤水分的变化对高山草原生态系统的碳交换有重要影响。光合作用和呼吸作用在高土壤水分含量条件下都很活跃，在缺水时期则受到抑制。此外，我们还对高海拔小湖泊的蒸发进行了精确测量，并理解了不同时间尺度上的湍流热通量的物理控制。根据测量，小湖的总蒸发值为812mm，在非冻结期，能量收支通常是闭合的。同时，我们还分析了喜马拉雅中部山脉北坡和南坡地区每日降水极值的变化和趋势。结果表明，降水增加的同时，

喜马拉雅山脉南部的极端天气也越来越频繁，而降水量的极端指数和较高海拔的环流指数之间则没有关系。（2）遥感观测：基于平均多日MODIS传感器的资料，建立了每月平均地表温度的精确估计，均方根误差为2.65，平均偏差小于1。结合卫星遥感数据和地表气象强迫数据，得到了青藏高原多时空尺度的地表热通量。通过引入参数视角系数（*SVF*）和地形结构因子（*C_t*），改进了TESEBS模型的扩散和反射向下短波辐射通量的参数化方案。此外，还引入了一种有效粗糙度长度的参数化方法，并将其引入到SEBS模型计算次网格尺度中的地形影响。结果显示，在2001年至2012年期间，青藏高原感热通量总体呈下降趋势，而潜热通量则增加了。（3）模型模拟：对两种常用的湖-气交换模型体积空气动力传递模型（B模型）和多层模型（M模型）进行评估，分析了纳木错的湖-空气相互作用。研究发现，这两种模型都低估了湍流通量，这是由于计算水面的粗糙度的重要参数Charnock系数和粗糙度雷诺数的不准确。发展的陆面模式基于水文改进的HydroSiB2模式，并耦合了积雪和冻土过程，结果表明，积雪内部过程和土壤水相变化有显著的改善。同时，应用区域大气模拟系统（RAMS）对青藏高原的地形高度对2008年11月至2009年1月在中国东部发生的严重干旱的影响进行了研究。（4）水文模型：从印度河上游盆地（UIB）产生的河流起源于巴基斯坦的兴都库-卡拉库-喜马拉雅地区。最初的水供应在冬季后恢复，取决于积雪总量和随后的温度。季节性的温度决定了夏季积雪和冰川融化的状态。最近，高山地区变暖证据更加明显，被认为是依赖海拔高度的变暖（EDW）。我们已经确定了趋势、分析了变化、并评估了年际和季节性的最大值、最小值、平均值和昼夜温度的变化。（5）在气候和环境领域对青年科学家进行培训。四名博士生已被派往欧洲合作伙伴进行联合培训。其中两名在欧洲的Z.(Bob) Su教授和中国的马耀明教授的指导下获得了特温特大学的博士学位，我们合作伙伴的几位欧洲学生也会定期来中国进行实地考察和学术交流。