

敦煌站简介

敦煌站位于甘肃省河西走廊敦煌市西部的双墩子戈壁滩（图1），包括有老站（94.516° E, 40.158° N, 1148m）和新站（94.150° E, 40.126° N, 1171m），占地面积约100亩，自2000年开始主要对极端干旱（年降水量在40 mm左右）的敦煌地区陆气相互作用开展综合立体观测试验，目前已累计获得24年的连续观测资料，观测试验目的是研究西北干旱区的陆气相互作用及对东部季风区气候变异的影响。



图1: 敦煌戈壁观测站在我国西北干旱区的位置

陆气相互作用特征

观测显示，敦煌戈壁下垫面在春夏季有很强的太阳辐射，在晴好天气下观测的向下太阳辐射在近中午时可达1000 W m⁻²以上，近中午时多日平均值可超过800 W m⁻²，净辐射主要转化为感热通量，在近中午时平均可达250 W m⁻²以上，潜热通量很小（图2）。感热通量的日平均值可达77 W m⁻²以上，感热输送非常强烈。

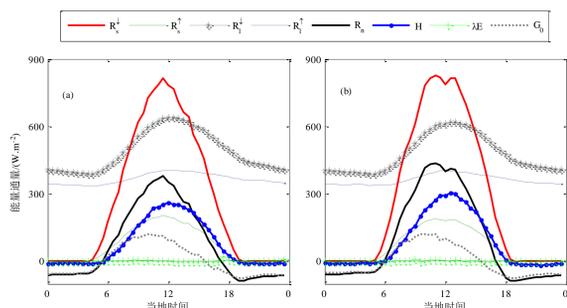


图2: 敦煌戈壁下垫面在夏季（左为6月份，右为8月份）的能量通量日变化特征（周德刚等，2012）

受地面强烈的感热输送影响，敦煌地区具有深厚边界层的特点。探空观测显示（图3），在5月份，白天的对流边界层最高可达5000 m以上，在近中午时感热通量可达350 W m⁻²；在7-8月份，白天的对流边界层一般在3000 m以上，对应地，在近中午时感热通量均在250 W m⁻²以上（有些天可达300 W m⁻²以上）；在10月份之后，边界层非常浅薄，对应地，辐射很弱，感热通量也不大。在敦煌站多次的探空观测（如韦志刚等，2010）均显示了夏季深厚对流边界层的特征。

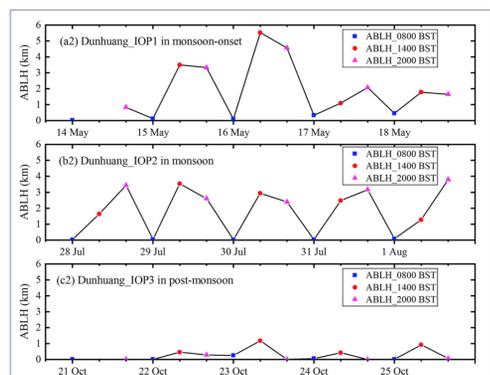


图3: 敦煌地区在不同季节的边界层特征 (Lai et al., 2023)

热力输送参数

湍流通量经过质量评价和质量控制后，选取质量等级较高的数据，分析了戈壁下垫面的热力输送特征。结果如图4所示，动量粗糙度在1 mm量级左右，热力学粗糙度在白天和晚上有很大的差异，由于晚上的感热通量质量等级较低在这里不考虑，白天的热力学粗糙度总体比动量粗糙度小一个量级。注意到，戈壁下垫面的动量粗糙度比模式中的裸土粗糙度小一个量级，这可能使得模式模拟中使用原始裸土参数模拟的风速偏小，而且地气温差也偏小。

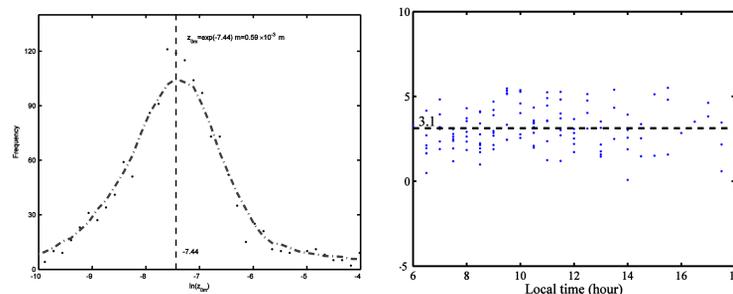


图4: 敦煌戈壁下垫面的动量粗糙度和附加阻尼的特征 (Zhou and Huang, 2011)

敦煌站的热力输送参数，对于结合气象台站资料再现西北干旱区感热输送的气候变化有重要的参考价值。图5是结合了敦煌站的热力参数，左图评价了多种参数化方案对敦煌气象站感热通量计算的适用性；右图是再现了西北干旱区的感热输送，并与再分析产品进行了比较，结果显示，ERA的产品相对其它再分析资料较为合理。

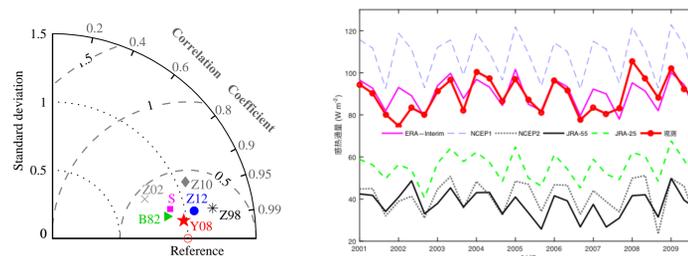


图5: 利用气象站资料计算感热通量时的参数化方案的评价（左图）和计算的感热通量与再分析产品的比较（右图）（周德刚，2016；王典等，2017）

西北干旱区陆气相互作用对东亚气候变异的影响

西北干旱区的陆气相互作用，可以通过感热输送的异常影响上升气流的异常，利用位涡理论和大气丝绸之路型遥相关波列理论（图6）可以解释它影响东亚季风系统变异的机理（如，Zhou and Huang, 2010；Chen and Huang, 2012），使得西北地区和华北地区的异常变化存在密切联系。我们也注意到，在21世纪初之后西北地区和华北地区的夏季降水呈现同步波动增加的趋势（Du et al., 2022）。

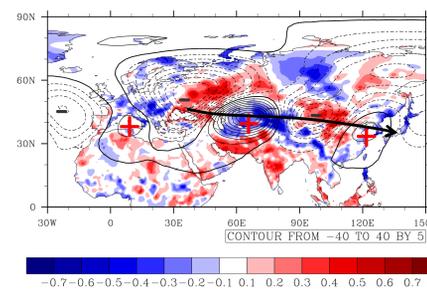


图6: 西北干旱区与东部季风区夏季降水异常可通过欧亚大陆对流层上层环流的丝绸之路型遥相关波列相关联 (Chen and Huang 2012)

讨论和展望

敦煌站将继续开展陆气相互作用观测试验，加强基础观测的研究以减少对热力输送认识的不确定性（中国科学院大气物理研究所和中国科学院青藏高原研究所，2021）；分析与东亚和高原陆气相互作用的异同及对东亚气候变异的影响；并为地球同化系统提供可靠的数据基础、相关模式参数和开展相关的比较验证。

主要参考文献

Lai Yue, Chen Xuelong, Ma Yaoming, Sun Fanglin, Zhou Degang, Xie Zhipeng. 2023. Variation of atmospheric boundary layer height over the northern, central, and southern parts of the Tibetan Plateau during three monsoon seasons. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 128, e2022JD038000. <https://doi.org/10.1029/2022JD038000>

Du Zhaoyang, Zhou Liantong, Yin Xiaoxue, 2022; In Interdecadal Enhancement of Relationship between Northwest and North China Summer Precipitation since early 2000. *Theoretical and Applied Climatology*, 150:1131-1144. DOI: 10.1007/s00704-022-04212-3.

Zhou Degang, Huang Ronghui. 2011. Characterization of turbulent flux transfer over a Gobi surface with quality-controlled observations. *Science China Earth Sciences*, 54: 753-763.

王典, 周德刚, 黄荣辉, 等. 2017. 基于敦煌戈壁站观测对几套再分析产品夏季地表感热通量的评估. *气候与环境研究*, 22 (5): 601-612.

中国科学院大气物理研究所, 中国科学院青藏高原研究所, 2021, 塔站协同观测下涡动观测系统湍流通量后处理软件V1.0., 登记号: 2021SR1645428.

Contact: zhougd@mail.iap.ac.cn