

青藏高原周边异常多雨中心 及其水汽输送通道^①

苗秋菊 徐祥德 施小英

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

采用整层水汽通量诊断分析方法重点探讨了青藏高原周边多雨中心的水汽输送结构,揭示了高原东南部整层水汽输送扰动尺度辐合特征及其与高原周边多雨中心的相关关系,并分析了整层水汽通量合成相关矢量场,揭示出高原周边多雨中心水汽源及其多通道的异常辐合特征。

关键词: 青藏高原 水汽输送 辐合结构 多雨中心

引 言

青藏高原为全球最大与最高的高原大地形,是长江、黄河的发源地。青藏高原东南部是中国生物多样性最丰富的生态气候区。高原隆升与其伴生的断裂活动和地壳的水平位移,对独具特色的西部水系的形成有直接的作用,使高原成为“中国水塔”和“亚洲水塔”^[1]。

青藏高原对西风系统的分支动力作用,不同于落基山脉,青藏高原夏季存在强垂直运动及旺盛的对流活动。高原的非绝热加热对于季风环流和行星尺度环流的维持起了重要作用^[2,3]。

Flohn^[4]根据卫星云图估算高原地区积雨云密度,强调高原东南部巨大的积雨云对上层大气输送热量的烟囱效应。第一次青藏高原大气科学试验揭示出高原上空具有激发对流发展十分有利的温湿与环流场特征。据统计^[5],高原地区的积雨云频率与中国东南沿海高频区域相近。第二次青藏高原科学试验期间那曲地区雷达观测亦发现高原中部存在对流云呈水平尺度小,垂直厚度高的柱状单体。徐祥德等^[6]根据1998年6~7月长江流域特大暴雨过程卫星云图动态资料集的分

析可发现,长江洪涝过程中青藏高原地区中部和东部出现爆米花状对流云频发现象,且呈显著东移特征。上述特征描述了高原为中国区域对流云系的源地。

青藏高原边缘多雨带可分析出7个多雨中心。其中印度卡西山(乞拉朋齐位于此)、四川雅安(天漏)、祁连山东段和叶尔羌河源区等4个,已为人们所熟知。藏东南、克什米尔和车尔臣河源区3个多雨中心,也刚好是3个卫星云量的大值中心^[7]。

上述研究结果揭示出高原周边的多雨中心及汛期降水对高原东南部以及长江源头水资源具有重要的贡献,因此探讨高原周边的多雨中心成因对于中国区域水资源的评估及防灾、减灾决策均具有重要的社会、经济意义。本文以高原东南地区长江上游水资源关键区、异常多雨中心成因问题作为探讨青藏高原及中国西南地区区域性水资源气候演变及其影响因子的“突破口”。

1 青藏高原周边异常多雨中心

徐祥德等^[8]的研究指出,青藏高原南侧有来自相邻的印度洋、南海等地区的异常显著的暖湿气流,并在高原东南部拐弯转向长江流域构成强偏西水汽流,实现其水汽输送

^① 本研究资助课题:基金委重点项目“青藏高原与周边地区水分循环特征及其对全球变化影响机理”

的“转运”功能。

由夏季气候平均比湿场分布(图略)可发现,500hPa上沿高原地形边缘地带水汽梯度非常大,形成“湿锋”结构。

图1为夏季气候平均降水场,由图可见,除了东南沿海夏季降水值比较大以外,中国西南地区,即高原东南部也分布了若干夏季降水高值区(本文称其为多雨中心),即四川雅安、云南西南部和广西钦州等位于青藏高原地形东南侧边缘的多雨中心,尤其是被称

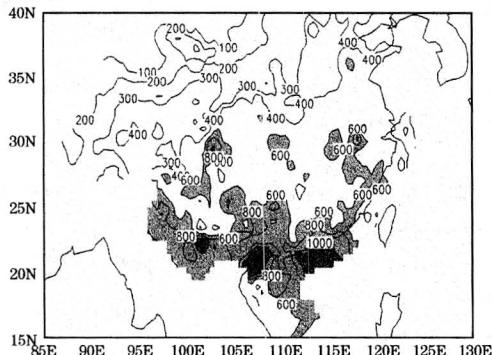


图1 全国600站夏季气候平均
(1958~1997年)降水场
阴影区为降水超过600mm的区域

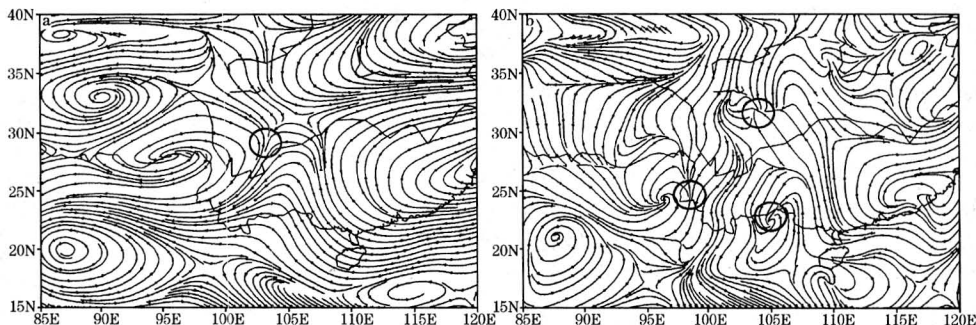


图2 NCEP资料(1958~1997年)夏季气候平均水汽通量场扰动

(a)500hPa水汽通量扰动;(b)整层水汽通量扰动

图中圆圈为对应于上述多雨中心的水汽通量辐合区位置

3 区域性异常多雨中心与整层水汽输送相关特征

研究表明,青藏高原、印度洋、孟加拉湾和南海是影响中国干旱、洪涝异常气候的季风水汽输送关键区,其综合相关特征揭示了高原与亚洲季风等多因素具有显著相互作用与影响^[8]。高原地区构成了长江流域季风水汽输送“转运站”;在长江流域的旱涝年,高原

为“天漏”的四川雅安地区,位置深居大陆内部,但其夏季降水的气候平均值几乎与东南沿海相当。另外,这些多雨中心位置恰好处于水汽强非均匀分布“湿锋”附近。这表明高原南侧局地的水汽强非均匀性分布及地动力强迫抬升作用,加上局地动力扰动是高原周边多雨中心形成的重要原因。

2 青藏高原水汽输送多尺度辐合结构特征

本文采用对整层和单层(500hPa)水汽通量进行尺度分离的方法,探讨高原周边多雨中心水汽通量结构特征(图2)。有关整层水汽通量的计算方法如下:

$$Q = \frac{1}{g} \left(\int_{300}^{P_s} u q dp i + \int_{300}^{P_s} v q dp j \right)$$

其中 u 、 v 分别为纬向风和经向风分量, q 是比湿, P_s 是地面气压。

对比图2a、图2b可见,若采用单层水汽通量扰动场(图2a),只分析出四川雅安地区水汽通量辐合特征;但若采用整层水汽通量算法可分析出高原东南3个多雨中心整层水汽通量扰动辐合特征(图2b)。上述结论表明,四川雅安等区域性异常多雨中心与整层水汽输送扰动尺度辐合区存在显著的关系。

与季风区水汽分布特征亦出现异常特征。

根据上述高原周边多雨中心及其水汽通量场辐合特征,求取四川雅安地区夏季降水与春季水汽通量的相关场(图3),由图3可发现雅安夏季降水与春季南海、孟加拉湾以及高原南侧来自低纬海洋的偏南水汽输送存在显著相关。图3的相关特征反映了高原周边雅安等夏季区域性强降水中心的水汽源可

能来自低纬海洋(印度洋、南海)长期持续的远距离水汽输送,即与伴随季风活动的水汽输送特征密切相关。

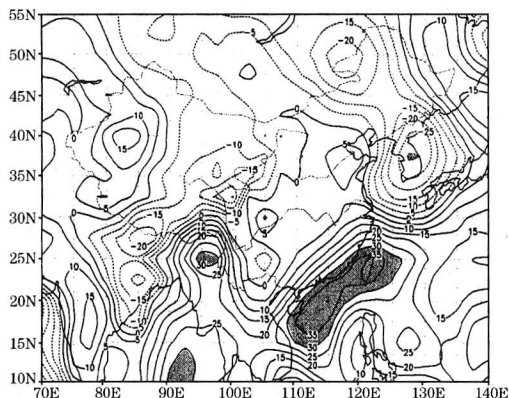


图3 四川雅安夏季降水与春季整层经向水汽通量相关场
阴影区为信度超过0.95的区域

为了认识高原周边多雨中心与水汽通量各分量相关的综合特征,本文还采用雅安夏季降水与水汽通量分量合成相关矢量(图4)分析方法,描述与多雨中心成因相关的高原与季风相互作用下水汽输送综合特征。有关相关矢量数学模型如下:

$$\mathbf{R}(x, y) = R_u(x, y)\mathbf{i} + R_v(x, y)\mathbf{j}$$

上式中 R_u 为降水序列与 qu 分量相关场, R_v 为降水序列与 qv 分量相关场, $\mathbf{R}$ 为两个相关场的合成矢量。由图4可发现,雅安的水汽输送来自南海、孟加拉湾及高原南侧强偏南水汽流,并与高原西侧偏西水汽输送相关,构成了被称为“天漏”的四川雅安地区异常降水中心水汽输送多通道交叉的综合特征,这表明四川雅安夏季降水的关键影响因素是来自低纬海洋的远距离水汽输送,这亦是长江流域上游空中水资源状况的重要影响因素及其降水预报关键环节。值得指出的是,此夏季水汽通量相关矢量计算结果与前期春季整层经向水汽通量高原南侧高相关区十分吻合,即雅安多雨中心同期相关矢量场及前期水汽输送经向分量相关场“追踪”的水汽源存在一致性。

4 结论

本文重点探讨了青藏高原周边多雨中心

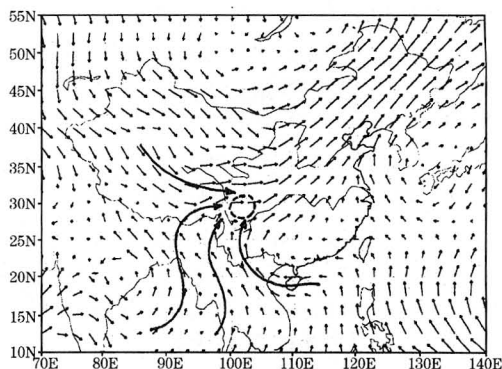


图4 四川雅安夏季降水与整层水汽输送合成相关矢量场

图中虚线圆圈为雅安多雨中心

的水汽输送结构,获得如下研究结果:

(1)高原周边异常多雨中心与高原南侧强非均匀水汽“湿锋”及高原东南边缘地形动力强迫作用密切相关;

(2)高原大地形东南部水汽输送的多尺度辐合特征是高原东部周边“多雨中心”形成的重要因素;

(3)水汽通量相关合成矢量场描述出高原东南部多雨中心水汽流来自南海、孟加拉湾等水汽源多通道特征,亦反映了高原周边水分循环过程与季风活动相互作用的特征。

参考文献

- 1 汤懋苍. 青藏高原对西部环境演变的作用. 王绍武, 董光荣主编, 中国西部环境演变评估(第一卷)中国西部环境特征及其演变. 北京: 科学出版社, 2002: 145~170.
- 2 Huang R H. Numerical simulation of three-dimensional teleconnections in the summer circulation over the northern atmosphere. Adv. Atmos Sci, 1985, (2): 81~92.
- 3 黄荣辉, 李维京. 夏季热带西太平洋的热源异常对东亚上空副热带高原的影响及其物理机制. 大气科学(特刊), 1998: 107~116.
- 4 Flohn H. Contributions to a meteorology of the Tibetan Highlands. Atmos. Sci, 1968: 130, 120.
- 5 戴加洗. 青藏高原气候. 北京: 气象出版社, 1990: 227~234.
- 6 徐祥德, 周明煜, 陈家宜等. 青藏高原地-气过程动力、热力结构综合物理图景. 中国科学, 2001, 31(5): 428~440.
- 7 钟强. 高原地区的云及辐射强迫作用, 汤懋苍等主编: 青藏高原近代气候变化及对环境的影响(第三章). 广州: 广东科技出版社, 1998: 61~79.
- 8 徐祥德, 陶诗言, 王继志等. 青藏高原——季风水汽输送“大三角扇型”影响域特征与中国区域旱涝异常的关系. 气象学报, 2002, 60(3): 257~266.

Water Vapor Transport Structure of Anomalous Rainy Centers in the Ambient Area of Tibetan Plateau

Miao Qiuju Xu Xiangde Shi Xiaoying

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

The water vapor transport structure of anomalous rainy centers in the southeast of Tibetan Plateau is analyzed with the whole layer moisture flux diagnostic method. The convergence feature of the whole layer moisture flux disturbance is revealed in the rainy centers. The whole layer moisture flux compositive correlation vector field shows the multi-channels convergence feature and the water vapor sources of the rainy centers.

Key Words: Tibetan Plateau water vapor transport convergence structure rainy center