

夏季青藏高原热力场和环流场的诊断分析

I. 盛夏高原西部地区的水汽状况

杨伟愚 叶笃正 吴国雄

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100080)

提 要

本文使用青藏高原气象科学实验测站观测资料、欧洲中心 FGGE-III b 资料、GMS1 地球同步卫星云图资料、河流水文资料以及其他一些有关的资料, 详细分析了 1979 年 7 月青藏高原地区, 尤其是高原西部地区的水汽状况、水汽输入的通道, 讨论了夏季青藏高原地区高湿状况的维持机制。

通过研究, 发现在 1979 年盛夏青藏高原西部也是一个高水汽区域, 有利于大量的湿对流系统活动, 但西部比东南部的水汽含量要略低些; 潜热加热是夏季高原西部重要的热源之一; 除了过去已知的在高原东南和仲巴、定日一带的两条水汽通道外, 水汽还可从高原西侧边界进入高原西部。在讨论夏季高原地区高湿状况的维持机制时发现, 相对于高原东部, 只需要较少的水汽输入就足以维持高原西部大气的高湿状态; 高原西部的降水、蒸发和向土壤中渗透是接近于平衡的, 水分循环主要是局地的内循环。

关键词: 青藏高原; 湿度; 水汽通道; 水分收支平衡。

一、引 言

夏季青藏高原相对于四周同一高度的大气, 是一个高湿地区^[1]。关于夏季青藏高原上空水汽状况的分布, 比较普遍的看法是认为高原的东部, 特别是东南部水汽含量高, 降水量也多, 空气湿度和降水量向西北逐渐减少。这种观点体现在许多文章和有关高原状况的各种气候图集中, 如《青藏高原气象学》^[2]中的第四章, 《中国气候图集》^[3], 兰州大学等 (1974)^[4], 《高原气候图集》^[5], 汤懋苍等 (1975)^[6], 《中国水分气候图集》^[7]等。从而一般认为对于高原的加热场来说, 高原西部加热以感热加热为主, 潜热释放很少, 东部则以潜热释放加热为主 (如 [8]); 并且认为西部对流活动由于水汽少, 生成的低涡难以发展, 需移到高原东部才能发展^[9,10]。

1979 年 5—8 月我国进行了大规模的青藏高原气象科学实验。实验期间, 高原上的测站数目增加了数倍, 密度大大提高, 获得了大量宝贵的资料。樊云 (1985)^[11]将此资料和欧洲中心 FGGE-III b 资料相结合, 整理出一套目前有关夏季青藏高原的最完善最详细的资料, 这套资料能很好地反映高原地区天气系统的特征。

鉴于水汽含量是影响一个地区气候状况和热力场的主要因素之一, 考虑到 1979 年夏季是青藏高原历史上资料最多的时期, 我们用不同来源的资料分析了 1979 年 7 月份高原东西部地区的湿度分布。发现至少在该年盛夏期间青藏高原西部地区也是湿度较高

的地区,充沛的水汽可产生大量的湿对流活动系统,造成较强的凝结潜热释放;同时对西部地区水汽的来源和维持也做了一些讨论.

二、盛夏高原西部水汽状况的分析

1. 欧洲中心 FGGE-III b 资料和用青藏高原气象科学实验资料订正过的欧洲中心 FGGE-III b 资料

图 1a 为由欧洲中心 FGGE-III b 一天两次(00z 和 12z)资料计算的 1979 年 7 月月平均 300—500hPa 层垂直积分平均比湿场;图 1b 为相应地用青藏高原气象科学实验资料订正过的欧洲中心 FGGE-III b 资料^[11]比湿场.从图 1a 可清楚看出夏季青藏高原上空是高湿区,高湿中心位于高原西部.虽然欧洲中心 FGGE-III b 资料进行客观分析时没有高原西部地区测站的资料,但考虑到该资料的原始数据包含有来自卫星观测的水汽资料^[12,13],其结果可能有一定的参考价值.

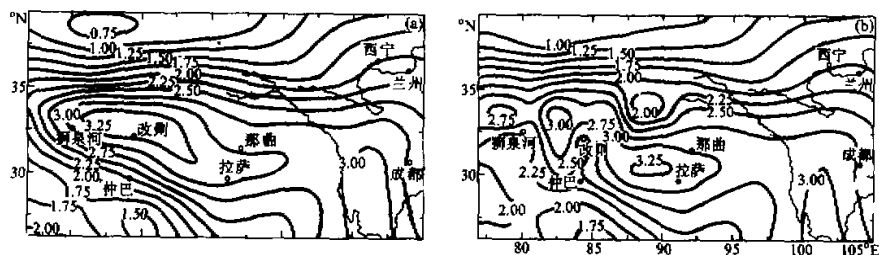


图 1 1979 年 7 月月平均一天两个时次(00z, 12z)平均的 300—500 hPa 层垂直积分平均比湿场(单位: g/kg)

(a) 欧洲中心 FGGE-III b 资料 (b) 用青藏高原气象科学实验资料订正过的欧洲中心 FGGE-III b 资料.

在图 1b 中,狮泉河和改则地区水汽要略少些,考虑到狮泉河地面为沙漠和干旷草原,改则下垫面为砂和碎石,这两个站水汽略少些是合理的(为了降低绘图机在这两个站附近的虚假摆动,我们将比湿场在这两个站附近的 4×4 的网格点,在 $1/2$ 格距的范围进行 $s=0.5$ 的 9 点平滑一次,平滑是很弱的,没有改变原比湿场的分布).在图 1b 中,高原西部和高原以外的地区相比较还是高湿区.

2. GMS1 地球同步卫星云图资料

根据布尔采夫和切斯加阔夫(1972)^[14],从云量覆盖的程度可估计出各高度上的平均垂直速度,如云量覆盖超过 50% 以上就可认为存在上升运动.反过来,在上升运动区域,只有当湿度较高时,才会有云存在.从我们对高原夏季垂直运动的分析^[1],可知高原主体地区对流层基本上平均为整层上升气流;另外高原上上升气流区域 500 hPa 层的水汽抬升凝结高度只有几十百帕,所以我们可以从云量的状况推断青藏高原地区空气中的水汽状况.

1) 杨伟恩,叶笃正,吴国雄,夏季青藏高原热力场和环流场的诊断分析 II 环流场的主要特征及其大型垂直环流场.

参照对夏季高原垂直运动的分析¹⁾，我们选取了高原上一个偏西北东南走向的四边形区域(图 2)，该区域在月平均场上是很强的上升气流区。对该区域我们分析了 1979 年 7 月 1 日至 31 日 15 时(当地时间)GMS1 同步卫星可见光云图逐日变化图(见文献[15]图 1, [16] 第 32 页)。图 2 中的粗虚线箭头为几条可能的夏季高原水汽供应通道(见下一节的讨论)。选取该区域进行云图分析是为了了解高原上上升气流区域的对流云情况，从而了解空气中水汽含量的状况，另外也可与以前认为高原地区夏季水汽分布是自东南向西北逐渐减少的观点^[2-7]进行比较。

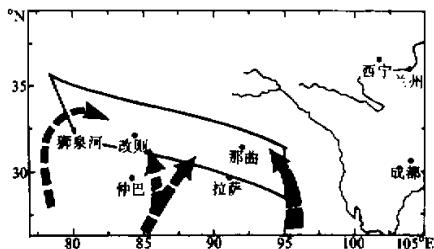


图 2 云量状况分析所取的区域
图中粗虚线箭头为几条可能的夏季青藏高原水汽供应通道

从云图可以看出，有一半以上的天数高原西部是多云天气，完全无云的天数很小，和东部地区比较，云量略少些；但也有几天高原西部云量很多，而东部那曲一带云量较少(如 2—4 日, 17 日)。从同期高原西部每 3 小时一次的红外云图(图略)也可看出，高原西部地区午后云量是很多的。我们还分析了 1979 年 7 月下午 3 时高原地区 2.5×2.5 经纬度网格区域内对流云出现的频数分布图(图略)，发现高原西部地区对流云出现的频数也可达到 90%，仅比东部地区略低。

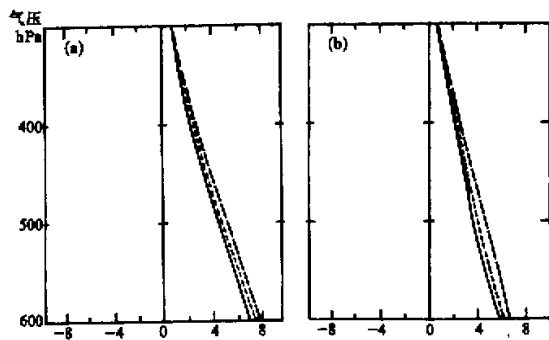


图 3 1979 年 7 月月平均测站平均比湿垂直分布图(单位: g/kg)

实线: 青藏高原西部测站平均, 点线: 青藏高原东部测站平均。
虚线: 青藏高原东部测站平均。(a) 6 时; (b) 18 时。

从云图上云的类型来看，白天高原上大多数云是由对流活动产生的细胞状云，高原西部尤其显著，这是高原西部存在旺盛的湿对流活动的明显证据。

3. 青藏高原气象科学实验测站资料

高原西部地区盛夏期间大气中水汽含量较高的第三个证据来自 1979 年 7 月高原气象科学实验中观测站的数据。我们以 90°E 为分界线，将西藏自治区的全部测站分为

1) 杨伟愚、叶笃正、吴国雄、夏季青藏高原热力场和环流场的诊断分析, II、环流场的主要特征及其大型垂直环流场。

东西两部分, 计算出东西两部分和整个自治区的测站平均值, 图 3 为 1979 年 7 月月平均东西两部测站平均比湿垂直分布图, 可看出西部比湿值大致为东部的 78% 至 90%, 其中 6 时(地方时)西部和东部差别较小, 18 时略大一些。

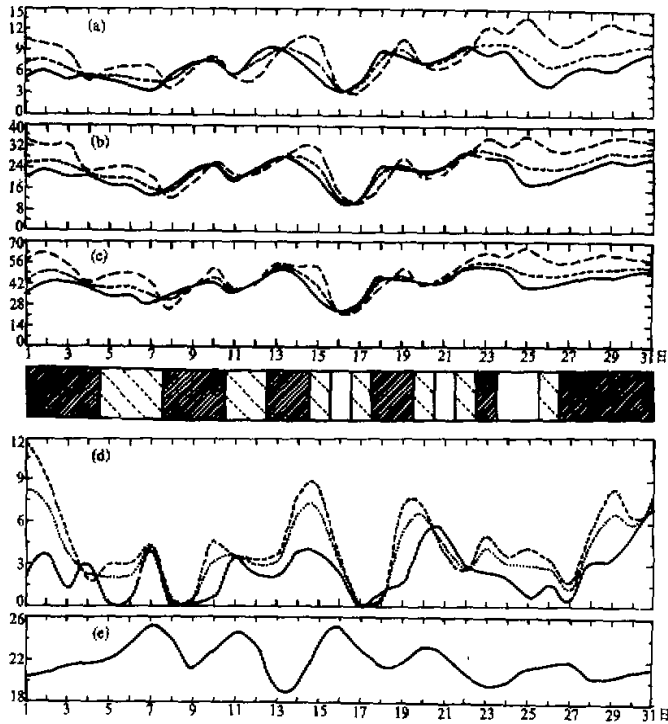


图 4 1979 年 7 月测站平均比湿和降水逐日变化图

(单位: 比湿, $\times 10^{-1} \text{ g/kg}$; 降水, mm)

实线: 高原西部测站平均, 虚线: 高原东部测站平均, 点线: 高原西部测站平均, 下部为 GMS1 卫星云图青藏高原地区云量逐日变化图, 深阴影区: 多云日, 浅阴影区: 中等云量日, 空白区: 少云日。

(a) 日平均 300 hPa 层, (b) 日平均 400 hPa 层, (c) 日平均 500 hPa 层, (d) 降水,

(e) 日平均 OLR (单位: $\times 10^{10} \text{ W/m}^2$)。

图 4a—c 为 1979 年 7 月日平均不同区域测站平均的各层比湿逐日变化图, 图下方为对应期间 GMS1 卫星云图高原主体地区 15 时(地方时)云量逐日变化, 最下方的图对应期间高原主体地区海拔 4500 m 以上区域平均的 OLR 逐日变化曲线。从图上可看出西部大气中水汽含量和东部地区差别不大, 平均不超过 20%; 水汽的变化与对流云量、OLR 的逐日变化对应得较好, 互相验证了资料的可靠性。

从测站平均降水资料来看, 7 月降水量西部为 75.6 mm, 东部为 140.4 mm, 差别较大, 其原因可能是

(1) 青藏高原地形西部高于东部, 西部 9 个测站平均海拔高度为 4275.2 m; 东部

17 个测站平均为 3853.1 m. 由于水汽含量随高度递减很快, 所以虽然各气压层比湿东西部相差不多, 但大气气柱中总水汽量的差别就比较大了.

(2) 高原西部测站少, 分布稀疏, 使有些地区缺乏观测资料, 而这些地区降水可能不少. 如对喀喇昆仑山的观测^[17], 中日联合考察队对西昆仑山的考察¹⁾都在原来认为是干旱的地区发现了较强的降水. 因此如果对高原西部进行更进一步地考察观测, 有可能得到更加详细准确的降水资料.

从 1979 年 7 月测站平均降水逐日变化曲线 (图 4d) 可看出, 和水汽逐日变化不同, 降水量变化和对流云量的逐日变化的对应关系较差, 表明降水资料可能需要进一步完善. 宋正山等^[18]也认为西部测站降水量的观测可能偏小, 不一定能代表区域平均的降水状况.

4. 其它的一些有关资料和分析

除了前面分析的资料之外, 中日联合考察西昆仑山地区的结果¹⁾也表明, 以前认为是十分干旱的西昆仑山地区降水较多. 位于 $80^{\circ}55'E$, $35^{\circ}19'N$ 的西昆化冰川地区 7 月份降水为 75.8 mm, 6000 m 处的降水量几乎是 5200 m 处的一倍以上; 根据冰川发育的规模和景观来看, 如果没有 400 至 500 mm 左右的年降水补给, 该处冰川区是无法维持目前的规模的. 考察的结果认为该地区年降水量约为 500 mm, 大大超过了《中国气候图集》^[3]和《高原气候图集》^[5]中该地区 50 mm 以上的降水量. 邹捍等^[17]也发现高原西北的喀喇昆仑山地区并不象以前认为的那么干旱, 也存在着较大降水; 据当地台站反映, 该地区冬季降水可能大于夏季, 冬季年年大雪封山, 积雪深度往往可达房屋的窗台.

由于高原西部夏季水汽较多, 使得加热场中水汽凝结潜热释放占有比较重要的地位. 我们用青藏高原气象科学实验资料订正过的欧洲中心 FGGE-III b 资料^[10]计算了 1979 年 7 月月平均的

$$Q_1 = \frac{d}{dt} (c_p T + gz)$$

和

$$Q_2 = -L \frac{dq}{dt}$$

值, 取高原西部狮泉河、改则一带和高原东部那曲一带的 2 个 9 点网格区域进行了面积平均. 发现由于西部地区水汽含量较高, 使得高原西部和东部潜热释放项 Q_2 的比值较高, 500 hPa 以上层垂直平均达 95.5%, 同时潜热加热占总加热的比例也较高, Q_2/Q_1 比值 500 hPa 以上层垂直平均高原西部为 41.2%, 东部为 57.7%; 潜热加热最强的 400 hPa 层值分别为 67% 和 73.5%. 潜热加热在高原西部是一个比感热略小的重要热源.

充沛的水汽和强烈地加热(感热加热与潜热加热)使得高原西部存在强盛频繁的对流系统活动, 这从卫星云图的分析可以证实. 这种强盛频繁的对流系统活动在高原西部产生一个对流活动上升中心, 从本文第二部分可知, 在夏季高原月平均场上存在东西两个

1) 康兴成, 1988, 个人书信来往.

对流活动上升中心,其中西部中心的出现与该地区大气的高湿状态有密切关系。

三、高原西部地区的水汽供应通道

夏季青藏高原上空是个高湿区,它是需要大量的水汽补充来维持的。现已知的水汽通道有高原东南部的^[19]和仲巴、定日一带的水汽通道^[20-22]。除此之外,青藏高原还有没有其它的水汽供给来源呢?经过分析1979年7月的卫星云图,发现经常有云自西方进入高原西部区域。图5(见图版I)是17日、18日9时,12时和15时(地方时)GMSI地球同步卫星可见光云图,可看出云系先自印度北部从 30°N , 80°E 位置进入高原 80°E 以西地区,然后东进到 80°E 以东的高原西部地区。图6是17日、18日和1979年7月月平均18时(地方时)500 hPa $q\vec{v}$ 场分布图,可看出有比较强的水汽输送从高原西侧进入高原西部地区。高原东南部地形较低,水汽主要从500 hPa以下层次进入高原,所以在500 hPa图上高原东南部水汽输入量不大。

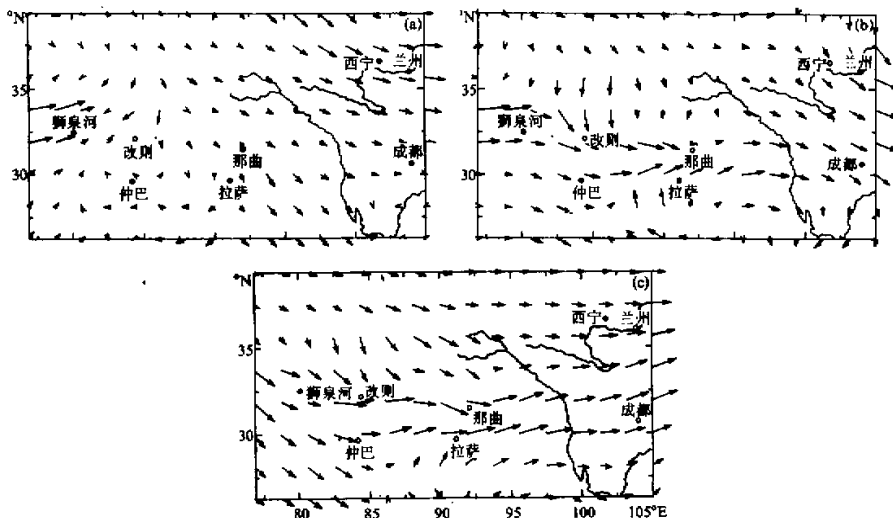


图6 1979年7月18时(地方时)500 hPa $q\vec{v}$ 场分布图

(a) 17日, (b) 18日, (c) 1979年7月月平均。

邹捍等^[17]对喀喇昆仑山观测期间最大的一次降水过程分析时发现,这次降水的水汽来源是孟加拉湾的水汽沿印度低压首先向西,然后向北到达喀喇昆仑山南侧地区,再由西风槽前偏南气流送至喀喇昆仑山地区,水汽来源的方向是新德里的方向。高登义等^[20]提供的1983年7—8月青藏高原四周向青藏高原水汽输送示意图中也表明存在从高原西侧和西南方向输入到高原西部地区的水汽。

综上所述,夏季青藏高原西部地区的水汽来源除了有仲巴至定日一带的水汽通道输送外,还有来自高原西侧的水汽输送(图2)。从高登义等^[19]的计算估计,向高原西部地区输送水汽的水汽通道的输送量要小于高原东南部的水汽通道,约为后者的40%左右。

四、夏季高原西部地区高湿状况的维持

前面提到有数条水汽输送途径将水汽输送到高原西部,我们认为这些水汽能够造成并维持高原西部的高湿状态.理由主要是高原西部对水汽的需求量比较小.高原西部不象其东部是好几条江河的发源地,黄河、长江、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江等江河带走了高原东部地区的大量水分,因而需要有大量的水汽持续不断地供应才能保证需求.叶笃正等^[2]曾指出,青藏高原为亚洲大陆好几条江河的发源地,径流总是向外流出,因而水汽的净辐合是必要的;是水汽的净辐合维持了地表径流,冰雪的融化与堆积只起调节作用.并认为仅需要向高原净辐合水汽的一小部分就可以维持高原上空大气的高湿.下面具体讨论一下:

取某一区域大气中的月总量水汽平衡,有

$$-P + E + Q_{in} = Q_{out} + \Delta Q, \quad (1)$$

对于地表层水分平衡,有

$$P - E + S = R, \quad (2)$$

其中 P 为降水量, E 为地表蒸发量, R 为径流流出带走的水量, S 为向土壤深层的渗水量和土壤本身的存水量, Q_{in} 为低层辐合的水汽, Q_{out} 为高层辐散的水汽, ΔQ 为空气中水汽量月平均值的月际变化,其值相对较小,在估算中可略去. (1)式加(2)式,得到

$$Q_{in} = Q_{out} + S + R, \quad (3)$$

上式表明,对某一区域,要达到水汽平衡所需的水汽输入量为右边三项之和.对于高原西部,取 90°E 以西的 4500 m 以上区域面积平均.利用资料[11],对主要的水汽辐散层 $300 - 400\text{ hPa}$ 层计算,1979年7月月平均一天两个时次(00z, 12z)平均的单位面积水汽向四周辐散量为 $Q_{out} = 9.9 \times 10^{-6}\text{ kg/m}^2\text{s}$,从水文资料^[23, 24]估算,考虑高原西部主要的外流河雅鲁藏布江(取奴各沙站, $89^\circ 42'\text{E}$, $29^\circ 21'\text{N}$)及其狮泉河流域的流量,多年平均7月的单位面积江河带走的水量为 $1.03 \times 10^{-6}\text{ kg/m}^2\text{s}$;而对于高原东部,考虑 $90^\circ - 100^\circ\text{E}$, $28^\circ - 36^\circ\text{N}$ 区域,仅多年平均7月的单位面积江河带走的水量就达 $4.22 \times 10^{-5}\text{ kg/m}^2\text{s}$,大约为西部地区 $Q_{out} + R$ 总量的4倍.因此可知,相对于高原东部,只需要较少的水汽输入就可维持高原西部地区的水汽平衡.由于在第2节已证明了该期间高原西部大气是高湿的,因而推出:相对于高原东部,只需要较少的水汽输入就可维持高原西部大气的高湿状态,即高原西部要维持高湿状态所需要的水汽供应是容易满足的.

分析(2)式的各项,将高原西部和高原东部比较,降水 P 基本为同量级,即使从对于西部地区数值偏小的1979年7月测站资料分析,西部降水也超过东部的一半;考虑到高原西部是总辐射^[25]和地面有效辐射^[18]的高值中心,下垫面是潮湿泥泞的^[18],地表蒸发量 E 也应和东部地区同一量级;而等式右边高原西部径流带出的水量很少,约合降水量 2.8 mm ,远远小于高原西部地区的降水量,也远远小于高原东部.因而得到:高原西部降水、蒸发和向土壤中渗透是接近平衡的.根据么枕生^[26]援引苏联学者的水分循环定义,高原西部的水分循环应主要是局地的内循环,并可能主要通过这种内循环加

上部分外来水汽补充维持其上空的高湿状态。宋正山等(1984)^[18]指出,高原西部地区低层大气高温高湿,地面多河流、湖泊、沼泽,这样一个潮湿泥泞的下垫面是维持上空高湿状态的重要因素。青海省气象科学研究所(1986)^[27]也认为,青藏高原水汽的内循环是造成青藏高原低云量多的原因之一。

五、结 论

综合本文内容,可归纳为以下几点:

(1) 1979年盛夏青藏高原西部也是一个高水汽区域,有利于大量的湿对流系统活动,但西部比东南部的水汽含量要略低些;潜热加热是夏季高原西部重要的热源之一。

(2) 除了过去已知的高原东南和仲巴、定日一带的两条水汽通道外,水汽还可从高原西侧边界进入高原西部。

(3) 相对于高原东部,只需要较少的水汽输入就足以维持高原西部大气的高湿状态。

(4) 高原西部降水,蒸发和向土壤中渗透是接近于平衡的,水分循环主要是局地的内循环。

由于仅分析了1979年7月一个月的资料,上述结论很可能有不全面之处,但至少说明高原西部是存在出现高湿多云的时期的。

文中有关内容的细节可参阅[16],本文下一部分将全面地分析夏季青藏高原平均环流场的主要特征和经纬向的大型垂直环流场。

致谢: 国家气象局气象科学研究所季风组何家骅和樊云提供了详细完整的青藏高原资料,谢安提供了 OLR 资料,高登义提供了部分水文资料,朱福康先生和我们进行了有益的讨论,同时他们对我们的工作提供了大量帮助,在此一并表示深深地感谢。

参 考 文 献

- [1] 叶笃正,李吉顺,高登义,1974,青藏高原气象论文选编(1974),19—28.
- [2] 叶笃正,高由禧等,1979,青藏高原气象学,科学出版社,39—48,216.
- [3] 中央气象局,1966,中国气候图集,地图出版社,101—147.
- [4] 兰州大学地理系气象专业,中国科学院兰州高原大气物理研究所,1974,青藏高原气象论文选编(1974),164—172.
- [5] 中国科学院兰州高原大气物理研究所,青藏高原气象科研协作领导小组,南京大学,1975,高原气候图集.
- [6] 汤懋荃等(高原气候图集会战组),1975,青藏高原气象论文集(1975—1976),22—33.
- [7] 陆淦蓉,高国栋,1984,中国水分气候图集,气象出版社.
- [8] 姚兰昌,王安宇,王谦谦,罗四维,1984,青藏高原气象科学实验文集(一),科学出版社,291—302.
- [9] 吕君宁,郑昌圣,1984,青藏高原气象科学实验文集(一),科学出版社,218—228.
- [10] 黄福均等,1984,青藏高原气象科学实验文集(一),科学出版社,203—217.
- [11] 樊云,1985,北京气象学院论文集—校庆卅周年论文专集,101—110.
- [12] 颜宏,刘晓梅,章俊根,1983,全球大气研究计划(GARP)第一次全球实验(FGGE)全球(LEVEL III b)及其使用方法,第一部分:综合介绍,高原气象,2,1期,74—86.
- [13] Smith, William L., Nagle, F. W., Hayden, C. M. and Woolf, H. M., 1981, Vertical mass and moisture structure from TIROS-N, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62, 388—393.
- [14] 布尔采夫和切斯加阔夫,1972,卫星云图的分析接收,第一集,7—15. (原文见世界气象组织文集283号).

- [15] 杨伟愚, 叶笃正, 吴国雄, 1990, 夏季青藏高原气象学若干问题的研究, 中国科学, B 辑, 1990 年, 10, 1100—1111.
- [16] 杨伟愚, 1988, 夏季青藏高原热力场和环流场的诊断分析, 博士论文, 中国科学院大气物理研究所, 北京.
- [17] 邹捍, 王维, 严江征, 1988, 喀喇昆仑山区降水的考察研究.
- [18] 宋正山, 朱抱真, 孙国武, 1984, 青藏高原气象科学实验文集(二), 科学出版社, 253—261.
- [19] 高登义, 邹捍, 王维, 1985, 雅鲁藏布江水汽通道对降水的影响, 山地研究, 3, 4 期, 239—249.
- [20] 钱正安, 单扶民, 1984, 青藏高原气象科学实验文集(一), 科学出版社, 229—242.
- [21] 黄福均, 沈如金, 1984, 青藏高原气象科学实验文集(二), 科学出版社, 215—224.
- [22] 徐淑英, 殷延珍, 1987, 青藏高原气象科学实验文集(三), 科学出版社, 73—85.
- [23] 水利电力部水文局, 1982, 全国主要河流水文特征统计.
- [24] 中国科学院, 国家计划委员会自然资源综合考察委员会, 1985, 水资源研究参考资料汇编.
- [25] 翁笃鸣, 潘守文, 沈志宝, 1984, 青藏高原地面辐射平衡和热量平衡考察概况, 气象, 8 期, 2—6.
- [26] 玄枕生, 1954, 农业气象学原理, 中国科学院出版, 107.
- [27] 青海省气象科学研究所, 1986, 青藏高原云图, 科学出版社, 学术出版社(美国佛罗里达奥兰多), 33.

附录 高原西部从大气中带走的水汽量和高原东部从江河中带走的水量的计算

夏季青藏高原西部 300—400 hPa 层是主要的水汽辐散层次, 500 hPa 是水汽辐合层, 我们计算了资料 [11]

表 1 (单位: m^3/s)

区域南侧边界			区域东侧边界			区域北侧边界			
河流 编号	河流名称	流量	河流 编号	河流名称	流量	河流 编号	河流名称	流量	
1	流入不丹的两条河 (91—92 °E)	769×2	13	理塘河	100	23	察汗乌苏河	70	
2	卡门河	300	14	雅砻江	533	24	柴达木河	70	
3	西巴霞曲	1739	15	达曲, 尼柯河	200×2	25	诺木洪河	30	
4	西洛木河	1590	16	多柯河	100	26	格尔木河(奈齐郭勒河, 修沟郭勒河)	45	
5	雅鲁藏布江	9500	17	黄河	900	27	区域西北部向区域内流 入的三条小河	-20×3	
6	丹巴曲	1503	18	黄河支流(甘德一带)	100	该侧流量总计		155	
7	贡日嘎布, 察隅河	1556	19	黄河支流(甘德, 玛沁之间)	50				
8	恩梅开江的上游	477	20	黄河支流(35 °N, 100 °E 一带)	70	区域西侧边界			
9	怒江	3400	21	曲什安河	120	28	偏北部向区域内流入的 四条小河	-20×4	
10	澜沧江	2800	22	黄河支流(兴海一带)	100	29	扎加藏布	100	
11	金沙江	9200	该侧流量总计		2473	30	31 °N 附近的两条向区 域内流入的河流	-20×2	
12	100 °E, 28 °N 附近 的小河流	50				31	雅鲁藏布江向区域内流 入部分	-886	
该侧流量总计		33653				该侧流量总计			-906
四条侧边界河流流出总计					35375				

的 1979 年 7 月月平均的 $\nabla \cdot q \vec{v}$ 值, 将高原西部 90°E 以西的 4500 m 以上区域进行了面积平均, 并将 300 至 400 hPa 层值进行平均, 得到一天两个时次 (00z, 12z) 的 $\nabla \cdot q \vec{v}$ 平均值为

$$\nabla \cdot q \vec{v} = 96.3 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

取标准大气值 300 hPa 高度为 9160 m, 400 hPa 高度为 7180 m, 得到 300 — 400 hPa 层厚度为 1980 m, 平均密度为 0.52 kg/m^3 , 最后得到单位面积的水汽辐散量为

$$\nabla q \vec{v} \cdot \rho \cdot h = 9.92 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}.$$

为了计算高原东部地区从江河中带走的水量, 我们取 $90^\circ - 100^\circ\text{E}$, $28^\circ - 36^\circ\text{N}$ 区域, 找出通过该区域边界的河流, 根据文献 [22, 23], 估算出各条河流多年平均 7 月的流量 (表 1).

下面说明一下表 1 的制作, 从 [22, 23], 有些河流可直接查到多年平均的 7 月流量值, 这些河流编号为 5, 9, 10, 17, 31. 雅鲁藏布江从奴各沙站 886, 羊村站 1800, 奴下站 4030, 河口处年平均流量 19800, 孟加拉国巴哈吐拉巴特年平均流量 19200, 推测该河流出高原边界处流量为 9500; 怒江, 澜沧江有资料的测站均在云南省, 考虑到云南降水要少于青藏高原东南部, 推测河流流出边界时比云南测站值要低些; 对于黄河, 无刘家峡水库时多年平均 7 月流量兰州为 2100, 考虑到贵德的年径流量为兰州的 2/3, 取流出边界值为 900; 31 取的是奴各沙站的值. 上述这些河流的 6 个测站的多年平均 7 月值与多年年平均流量之比的平均值为 1.87, 我们假定此值代表该区域河流的状况, 推算出一些只有多年年平均流量资料的河流情况, 它们编号为 3, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 26. 其余的河流流量没有任何资料可查, 故根据其附近的河流状况进行估计, 表上填写的是估计值. 由于这些河流流量均很小, 估计值的误差不会影响结论.

对于高原西部, 取雅鲁藏布江奴各沙站 ($89^\circ 42' \text{E}$, $29^\circ 21' \text{N}$) 多年平均 7 月流量为 $886 \text{ m}^3/\text{s}$; 取澜泉河和象泉河多年平均流量 $29 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $21 \text{ m}^3/\text{s}$, 将其乘 1.87 得到七月平均值 $54.2 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $41.1 \text{ m}^3/\text{s}$; 其它河流流量很小, 对讨论的结果影响很小, 所以没有考虑. 西部 90°E 以西 4500 m 以上区域面积大约为 $9.52 \times 10^{11} \text{ m}^2$, 相除得到单位面积江河带走的水量约为 $1.03 \times 10^{-6} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$.

The Influence of the Tibetan Plateau on the Summer Thermal and Circulation Fields over East Asia

I. The Humidity on the Western Tibetan Plateau in the Height of Summer

Yang Weiyu, Ye Duzheng and Wu Guoxiong

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080)

Abstract

Based on the Tibetan Plateau Meteorology Experiments (TIMEX) data, the ECMWF FGGE Level IIb data, the cloud atlas from the GMS1 earth synchronous satellite, the river hydrological data and some other relevant information, the moisture condition during the summer of 1979 on the Tibetan Plateau, especially on its western part, the moisture input channels, and the maintenance mechanism of the high humidity on this plateau in summer are detailed.

To summarize, the main results of this study are summarized as follows.

(a) There is a high humidity, which can be advantageous to enhance the activities of the frequent moisture convective activity systems, on the Western Tibetan Plateau in the height of summer 1979, so that the latent heat is one of the significant heat sources. But the humidity on the Western Tibetan Plateau is somewhat lower than those on its southeastern part.

(b) Besides of the two known moisture input channels which locate in the Southeastern

Tibetan Plateau and the Zhongba, Dingri area, water vapour can also be inputted into the Western Tibetan Plateau through its west boundary.

(c) In comparison with those on the Eastern Tibetan Plateau, just small amount of water vapour is quite enough to maintain of the high humidity condition on the Eastern Tibetan Plateau.

(d) In the water budget, the precipitation, the evaporation and the permeating of the soil are nearly balanced on the Western Tibetan Plateau, so that the water circle is a inner circle basically.

Key words: The Tibetan Plateau; Humidity; Moisture channel; Water budget.

涂长望诞辰 85 周年纪念活动在京举行

1991 年 10 月 28 日, 在国家气象局卫星气象中心学术报告厅举行了纪念涂长望诞辰八十五周年大会, 缅怀这位为我国科学事业做出杰出贡献的科学家。

涂长望是我国著名气象学家, 是我国现代气象科学的开拓者, 是新中国气象事业的奠基人。他早年留学于英国, 由于中国国内气象事业急需人材, 应竺可桢之邀, 中断了博士学位的学习, 于 1934 年回国, 在中央研究院气象研究所任研究员。他曾在多所大学任教, 培养的许多学生都成为知名的学者。1949 年他奉命筹建新中国的气象机构, 并出任中央人民政府军事委员会气象局局长。1953 年气象局转为政务院建制后, 他任中央气象局局长, 直至 1962 年 6 月 9 日因病逝世。

纪念大会上举行了第四次涂长望青年气象科技奖颁奖仪式, 纪念大会后举行了学术报告会, 知名学者作了学术报告。