

青藏高原北侧地区干湿年夏季垂直环流差异的对比分析及青藏高原的热力影响*

吴统文 钱正安

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 兰州, 730000)

摘要

为了分析西北干旱的形成原因,本文首先利用高原北侧地区5站历年夏季的降水量资料等,制定了该区的干湿标准,划分了历年夏季的干湿等级。接着又利用ECMWF的格点资料等对比分析了该区干湿年夏季间垂直环流的差异,也探讨了青藏高原地面热状况与高原北侧干湿状况的联系。

其主要结论是:1)文中制定的以降水标准差为判据的干湿标准适合西北干旱区;2)高原北侧干湿年夏季间在高原北侧和高原上的垂直环流存在明显差异;3)青藏高原地面热状况与上列差异有关,也即青藏高原的热力作用是西北干旱的重要成因之一。

关键词:高原北侧地区,垂直环流,干湿年夏季对比分析,高原地表热状况。

1 引言

对我们这样一个农业大国来说,大范围旱涝的影响是可想而知的。但是,人们过去多注重我国东部旱涝的分析研究^[1-2]。西北地区气候的一个主要特点是干旱。它和中亚细亚地区同属世界上同纬度地区伸展最北的干旱带,范围广,干旱程度重。

目前,对西北干旱的成因主要有以下三种不同的看法。其一,李江风等认为西北干旱区深居内陆,远离海洋又受青藏高原(下称高原)地形屏障阻挡,水汽明显不足^[3-6];其二,注意高原的影响。或强调高原的热力作用,叶笃正等认为夏季因热源作用高原上空盛行上升气流,与之相联系的在高原北侧有补偿的下沉气流,加剧了西北地区干旱气候^[7]。最近宋正山等也以此来解释高原东侧的少雨带*。或强调高原的动力作用,徐国昌等认为,由于高原地形屏障,西风带气流在高原北侧绕流时常形成反气旋性的高压辐散下沉气流带,加强了西北干旱^[3,8];其三,Hahn和Manabe从有无高原地形的气候模拟结果,提出正是高原的存在才使印度西南季风能大大向北推进,造成高原雨季,从而减轻了西北干旱的几乎相反的观点^[9]。面对这些分歧颇大的看法,显然进一步的分析是必要的。

本文将利用更新更好的资料,从探讨西北地区典型干湿年夏季的平均垂直环流差异入手,进一步分析高原对西北干旱形成的影响。为此,这涉及到该地区降水特点的简要分

* 初稿时间:1994年4月18日;修改稿时间:1994年9月20日。

资助课题:中国科学院‘八·五’重大应用项目 KY85-10 资助。

* 宋正山,杨辉,我国夏季降水和青藏高原的作用,中科院 KY85-10 项目 1993 年年会摘要汇编, P. 29。

析,干湿标准的制定。本文只讨论高原北侧的南疆盆地及甘肃河西走廊中西段(下称高原北侧地区)夏季(6—8月)的干湿状况,因它正处于西北干旱区的中心地带^[13]。

本文主要利用 1952—1990 年 6—8 月南疆盆地南缘的诺羌、和田和甘肃河西走廊中西部的敦煌、酒泉及张掖 5 站(图 1)的单站降水量,并结合同期内逐年夏季的降水距平百分率图^[10-11],来分析高原北侧地区的干湿情况。同时利用 1979—1986 年 6—8 月逐日欧洲中期天气预报中心(ECMWF)各主要等压面上的 u, v, ω 等的 $2.5 \times 2.5^\circ$ 经/纬度格点资料,结合 1958—1990 年间青藏高原地面气温距平指数,以探讨干湿年夏季高原上及其

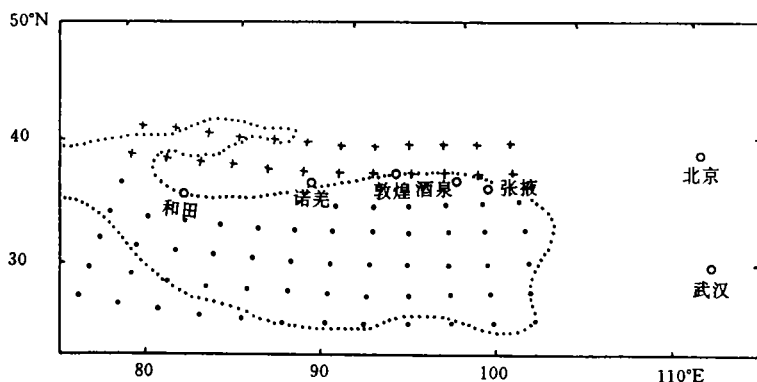


图 1 所用站点分布及分区示意图

(点线为青藏高原地形廓线(下同), \circ 为站点, \cdot 为高原区, $+$ 为高原北侧区)

北侧地区平均垂直环流的差异及高原热力作用的可能影响。

2 降水特征的简要分析

众所周知,降水的地域差异大。但南疆盆地和河西走廊中西部的地形及下垫面特征相似,各站降水量间相关性好^[14],在实际降水距平百分率分布图上也常符号相同,连片分布(图 2),所以一并分析这一地区。顺便指出,从下垫面特征和图 2,3 都可看出,柴达木盆地的降水特征也与该区相似。

首先,表 1 给出了前述高原北侧 5 站及北京、武汉 1961—1990 年多年平均的年降水量的若干统计。如表可见,高原北侧地区绝大多数站年降水量都在 100mm 以下,与中国东部同纬度带上的北京及长江中游的武汉两站相比较,要小 1—2 个量级。该地区是中国及北半球同纬度降水量最少的地区,其中,位于吐鲁番盆地中的托克逊站多年平均降水量才 6.9 mm,1968 年曾出现 0.5mm 的全国最低年雨量值^[5],更是西北干旱区中的‘旱极’。其次,从表 1 还可以看出,高原北侧地区夏季降水相对集中,6—8 月降水量约占年降水量的 60%左右,和田站更高达 71%,与北京相似。因而本文中先研究该地区夏季(6—8 月)的降水。再者,高原北侧地区年降水变率几乎全在 0.3—0.6 之间,比中国东部地区武汉和北京的降水变率(0.1—0.3)大得多(表 1)。即高原北侧地区各年的降水很不稳定。如诺羌站历年降水距平百分率常超过 50%或低于 -50%,甚至高达 513%,而北京站的降水距平百分率的摆动要小得多,正负距平百分率分布也较对称(图略)。上述特征在下面确定该区干湿标准时应予以考虑。

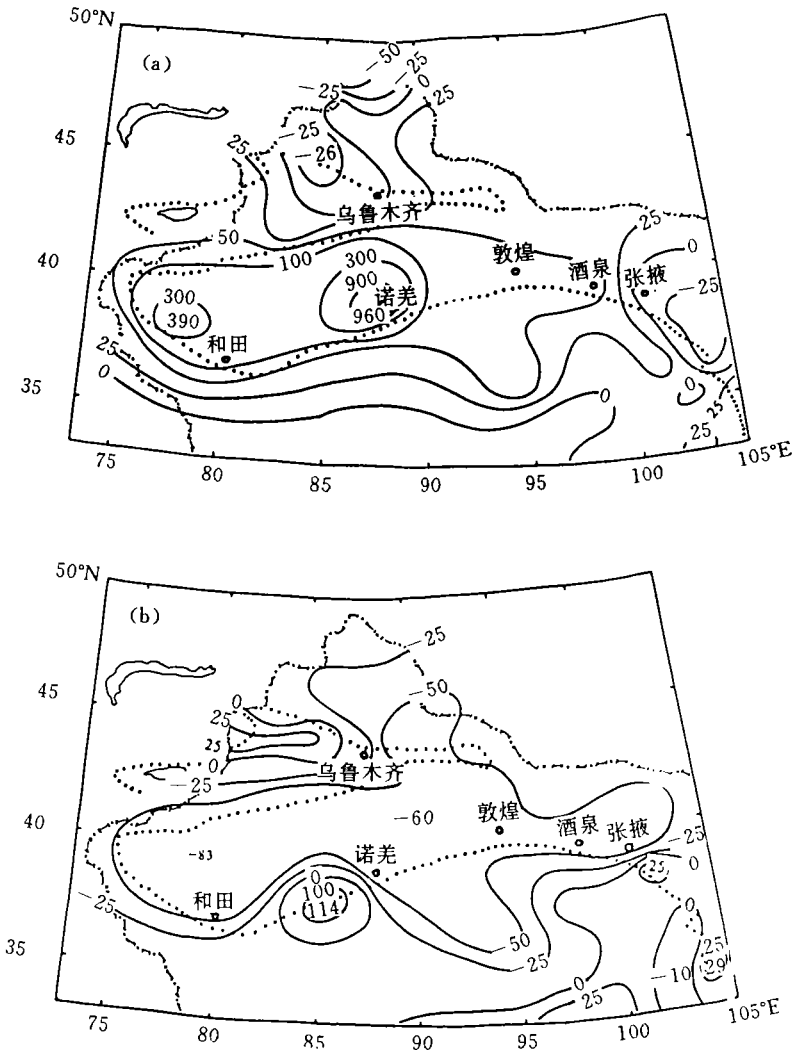


图2 1981(a)和1985(b)年6—8月降水距平百分率分布

表1 高原北侧5站及北京、武汉多年(1961—1990)平均降水量的若干统计

站名	和田	诺羌	敦煌	酒泉	张掖	北京	武汉
年降水量(mm)	24.9	34.8	38.9	88.4	127.8	577.8	1223.3
6—8月降水量占年降水量之比(%)	71	47	68	57	60	74	40
年降水变率	0.53	0.64	0.39	0.35	0.20	0.25	0.19

3 干湿标准及干湿年的划分

在分析干湿年垂直环流差异之前,首先遇到干湿标准的确定及干湿年的划分问题。在西北干旱区‘涝’年绝少出现,实际只存在相对少(多)雨的干(湿)年,故在西北干旱区以

‘干湿’代替‘旱涝’习语将更为确切。确定干湿标准是十分复杂的,它因地区、季节及研究对象而异,确实很难找到一个统一的标准^[3,12]。但无论研究本地区降水变化的规律或是探讨与其它地区降水的关系,又都需要制定比较简单、切合各地实际、也便于相互比较的干湿标准。

气象上常采用降水距平百分率(ΔR)或标准差(s)作判据,划分为5个旱涝等级^[10]。试验了下列4种标准划分高原北侧五单站历年夏季的干湿情况,亦分为湿、偏湿、正常、偏干和干5等级,分别计为1—5级(表2)。其中标准Ⅰ沿用了中国东部地区最常用的 ΔR 判据及其分级域值;标准Ⅱ是针对高原北侧降水的特点,修改了标准Ⅰ的各级域值,又因南疆的降水变率更大,所以其分级域值与河西稍有差别;标准Ⅲ沿用中国近五百年旱涝分布图集采用的 s 判据及其分级域值^[10];标准Ⅳ是针对高原北侧地区主干旱,降水变率大,各年降水量偏离平均值不对称分布等特点,仅修改标准Ⅲ偏干级的上下限域值,其余等级并无改动。显然,这样尽可能少地改动标准Ⅲ,为的是使其划分结果便于和中国近五百年旱涝分布图集中的旱涝状况比较。

表2 4种干湿标准及其分级*

	湿	偏湿	正常	偏干	干
标准Ⅰ(ΔR)	$\Delta R_i \geq 50\%$	$50\% \Delta R_i \geq 25\%$	$25\% \Delta R_i \geq -25\%$	$-25\% \Delta R_i \geq -50\%$	$-50\% \Delta R_i$
标准Ⅱ(ΔR)	$\Delta R_i \geq 60\%$	$60\% \Delta R_i \geq 30\%$	$30\% \Delta R_i \geq -30\%$	$-30\% \Delta R_i \geq -60\%$	$-60\% \Delta R_i$
标准Ⅲ(s)	$D_i \geq 1.17s$	$1.17s > D_i \geq 0.33s$	$0.33s > D_i \geq -0.33s$	$-0.33s > D_i \geq -1.17s$	$-1.17s > D_i$
标准Ⅳ(s)	$D_i \geq 1.17s$	$1.17s > D_i \geq 0.33s$	$0.33s > D_i \geq -0.50s$	$-0.50s > D_i \geq -1.00s$	$-1.00s > D_i$

*:1) ΔR_i 和 D_i 分别是各年的降水距平百分率(%)和离差(mm),下标 i 表示各年的相应量, s 为降水的标准差(mm),降水的多年平均值 R 取1961—1990年的平均。

2)对南疆的诺羌、和田站,标准Ⅰ由湿至干的 ΔR_i 的分级域值分别修改为80%,40%,-40%和-80%。

表3 4种干湿标准对和田站的分级频数(a)

	湿	偏湿	正常	偏干	干	评价
标准Ⅰ	8	2	9	8	12	分级比例不合适,未考虑干旱区特点
标准Ⅱ	6	4	13	12	4	分级比例相近,不便于比较
标准Ⅲ	5	5	11	17	1	分级比例相近,未考虑干旱区特点
标准Ⅳ	5	5	13	13	3	分级比例合适,考虑了干旱区特点,也便于比较

这样划分了该区5站1952—1990年共39a夏季的干湿等级。为比较各标准的可行性,不失一般性,现以和田站为例讨论4种标准的划分结果(表3)。和田站按标准Ⅰ划分分别出现12(8)a干(湿)年,所占比例太大(特别是湿年),有悖于西北干旱区主干旱的背景,而正常年的比例又小了。标准Ⅱ因考虑了高原北侧降水变率大的实际,调整了各级 ΔR 的域值,各等级比例合适,但由于分级域值因地而异,将不便于相互比较。看来在干旱区完全沿用中国东部地区的判据和分级域值不行。按标准Ⅲ各等级比例有明显改进,但因未考虑高原北侧降水偏离平均值呈不对称分布的特点,所以偏干年份太多,干年过少,正常年也偏少。按修改后的标准Ⅳ,出现正常年的频数占1/3,干、湿年各占1/10左右,这

与中国近五百年旱涝分布图集中各级比例相近^[10]。其中,偏干年明显多于偏湿年也更符合西北地区主干旱的背景。标准 IV 体现了该区降水变率大,偏离平均值明显呈不对称分

表 4 青藏高原北侧地区历年夏季干湿等级与前期(2-4月)或同期(6-8月)高原地面气温距平指数累积值*

年	综合等级	气温距平指数累积值及相关			
		前期		同期	
1952	2				
1953	3				
1854	2				
1955	3				
1956	4				
1957	4				
1958	3	-0.4	√	1.4	√
1959	3	-0.4	√	-1.6	×
1960	4	1.7	×	0.6	×
1961	5	0.1	×	2.7	×
1962	3	-2.3	×	-0.9	×
1963	3	-1.5	×	-0.8	×
1964	3	2.2	√	-1.0	×
1965	4	-2.0	√	-1.5	√
1966	3	3.1	√	1.5	√
1967	3	-2.1	×	0.0	√
1968	4	-3.2	√	-2.5	√
1969	3	3.2	√	0.3	√
1970	4	-2.5	√	0.1	×
1971	3	0.1	√	0.2	√
1972	2	1.1	√	3.2	√
1973	3	3.0	√	-1.2	×
1974	3	2.2	√	-0.3	√
1975	3	0.7	√	1.2	√
1976	2	0.5	√	-2.5	×
1977	3	-1.5	×	-0.6	×
1978	4	-1.4	√	-0.3	×
1979	1	0.8	√	0.0	√
1980	4	1.6	×	-0.7	√
1981	1	1.8	√	4.2	√
1982	3	2.0	√	0.8	√
1983	2	-6.1	×	-0.2	√
1984	3	4.5	√	-0.3	√
1985	5	1.5	×	0.0	×
1986	4	-1.4	√	0.6	×
1987	2	2.6	√	1.3	√
1988	2	3.1	√	2.3	√
1989	3	0.9	√	2.8	√
1990	3	-0.3	√	0.4	√

*: 缺 1952-1957 年高原地面气温距平指数。在前(同)期栏中,记“√”

为累积值 ≥ -1.0 (-0.3)对应 1.2 和 3 等级者,否则记为“×”。

布的特点。实际上张家宝等亦分别取不对称分布的 120%(-70%)的降水距平百分率定

义新疆地区多(少)雨年^[5]。这样既通过各地降水标准差本身及其稍加修改的分级域值反映了各地降水的特点,又由于各地的分级域值相对统一,其划分结果将便于比较。看来降水标准差判据更适合于干旱地区,因此最后选定了标准 N 。因上述5站均分布在南疆盆地南缘和祁连山北麓,为保证大范围的干湿分布不错划,最后以多数站(3站或以上)的干湿等级为依据,并参考同期内各年夏季南疆及甘肃与内蒙西部的降水距平百分率分布图^[10,11],综合得到1952—1990年全区的干湿等级(表4)。其中干、湿年各2a,偏干、偏湿年分别占9,7a,正常年19a。该区典型或比较典型的大范围湿或偏湿年有1952,1972,1976,1979,1981,1987和1988年,并以1981及1979年夏季最湿。典型或比较典型的大范围干或偏干年分别为1960,1961,1965,1978,1980,1985和1986年,并以1985和1961年夏季为最干。另外还有1963和1975年的南疆偏干年,1957和1968年的南疆偏湿年。这些划分结果与张家宝等一致^[5]。

4 干湿年垂直环流的差异

根据1960年代的资料,叶笃正等和徐国昌等曾指出夏季高原北侧存在平均下沉运动^[7-8]。这里根据ECMWF $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 经/纬度的逐日垂直速度格点资料,计算了1979—1986年8a夏季期间高原及其附近地区的平均垂直速度 $\bar{\omega}$ 。在500 hPa(图3)和300 hPa(图略)高空,一个十分清楚的特征是,高原上较强的平均上升运动区和几乎是连成一体的从西南、西北、和东北侧环绕高原的相对弱的平均下沉运动带,打下了清晰的高原地形影响的烙印。下沉带的伸展比早先叶笃正等指出的更东^[7],其平均下沉运动中心分别位于中亚细亚(最强)、南疆盆地东部(次强)和河套地区(最弱),正好分别与中亚细亚、中国西北、华北干旱区对应,再次证实了过去的结果^[7,8]。注意南疆盆地东部的‘早极’正是次强平均下沉中心所在,且华北干旱也带有高原地形影响的烙印。值得注意的是,这一下沉带不在Hadley环流下沉支的副热带高压带中,而是在其北侧的副热带西风急流下。这种平均下沉是如何形成的?无疑,这种定常的下沉运动也会加强这一干旱带。如果这样,干年的下沉理应更强些,而湿年则反之。为了证实这一点,本文先对比分析了高原北侧地区干湿年间垂直运动的差异。

根据上节该区各年夏季干湿等级的划分,在有ECMWF格点资料的8a中,1985(1979和1981)年为干(湿)年,1980和1986(1983)年为偏干(偏湿)年,1982和1984年为正常年。其中,1985(1981)年又几乎是该区39a中最典型的大范围干(湿)年。例如,1985年夏季和田和诺羌站降水很少,降水距平百分率在-90%左右,其他3站也在-60%左右(图2)。该年夏季南疆地区 $\geq 25\text{mm}/\text{日}$ 的强降水日一次也没有。而1981年夏季和田、诺羌站的雨量分别是平均值的3倍、6倍多,南疆地区夏季出现 $\geq 25\text{mm}/\text{d}$ 的强降水日12次。为了更有代表性,选这8a中3个干和偏干(3个湿和偏湿)的1985,1980和1986年(1979,1981和1983年),分别求取其夏季在高原上($27.5-37.5^{\circ}\text{N}$, $75-102.5^{\circ}\text{E}$)和高原北侧($40-42.5^{\circ}\text{N}$, $75-102.5^{\circ}\text{E}$)各层格点平均的垂直速度,并视为干、湿年的平均垂直速度,并再取850和700 hPa(500和300 hPa)垂直速度之平均,分别代表对流层低层(中高层)的平均速度。对典型干(湿)年1985(1981)年及正常年(1982和1984年)亦类同。

计算结果表明,无论在高原北侧,还是在高原地区上空,干湿年夏季间的平均垂直运

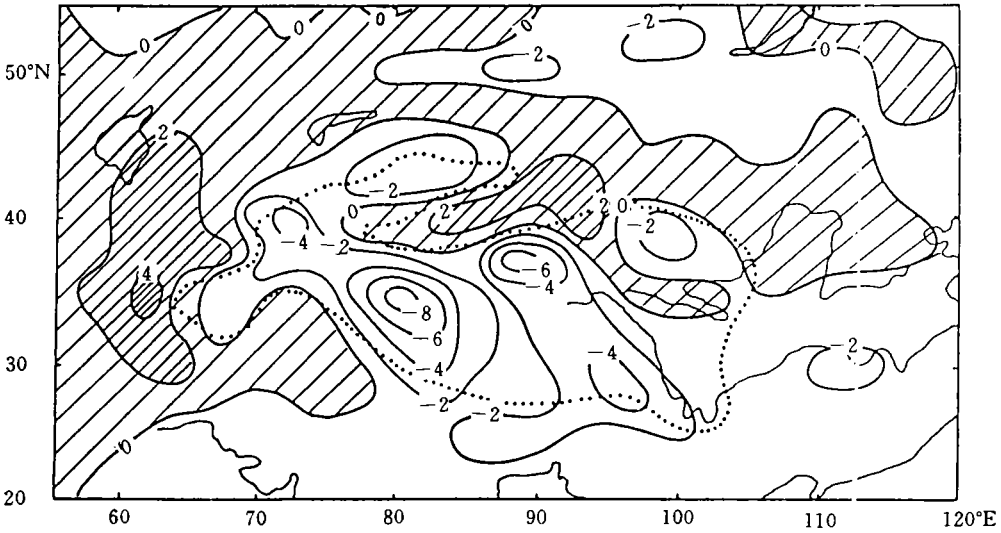


图3 1979—1986年6—8月500hPa平均垂直速度 $\bar{\omega}$ ($\times 10^{-4}$ hPa/s)

动都存在明显差别。

先看高原北侧地区,如表5所见,一方面,湿年时对流层整层平均都是上升运动,低层的上升更强,达 -0.4×10^{-3} hPa/s。在典型湿年(1981年)的平均上升运动又更强,特别是对流层中高层的平均上升速度竟然达 -1.0×10^{-3} hPa/s。与平均场上对流层中高层盛行下沉运动截然相反(图3,表5)。这种整层一致的上升运动形势利于成云致雨,因而造成了干旱区背景下出现相对多雨的偏湿或湿年。另一方面,亦如表5所见,干年时几乎与湿年相反,对流层中高层盛行较强的下沉运动,而且比正常年及8a平均的下沉速度更强。对流层低层平均虽为上升运动,但相当弱,既比湿年平均值弱得多,也比8a平均值弱。在典型干年(1985年)该区更是整层盛行一致的较强下沉运动。这种强于常年的平均下沉运动自然也加剧了原有的干旱程度,形成了该区的偏干或干年。

简言之,高原北侧地区的干湿状况与对流层(特别是中高层)的垂直速度关系密切,且大体呈下沉愈强,干旱程度也愈重的线性相关。

表5 干湿年夏季高原上及高原北侧区的平均垂直速度 $\bar{\omega}$ ($\times 10^{-3}$ hPa/s)

	干年(典型干年)	正常年	湿年(典型湿年)	8年平均
高原北侧中高层	0.18 (0.15)	-0.05	-0.02(-1.00)	0.05
高原北侧低层	-0.03 (0.10)	-0.15	-0.40 (-0.70)	-0.20
高原上中高层	-19.42(-1.50)	-1.67	-1.75 (-2.00)	-1.60

中国东部湿润地区的‘涝年’或‘涝季’或由持久的连阴雨天气所致,或由多场暴雨而成,与早年或旱季的盛行形势有别,因而旱涝年的平均环流差异明显易于理解。在高原北侧地区易出现局地性短时间的强降水,甚至有‘单点暴雨’和‘湿年一场雨’的说法。如何解释该区干湿年间垂直运动的明显区别呢?以该区典型干、湿年为例,诺羌站1981年7月5

日 14h 内破记录地下了 73.5mm ‘特大暴雨’ (按当地标准,下同),这次降水量占该站当年总雨量的 68%。实际上,一方面,该年 7 月 5 日在诺羌周围的铁干里克、库尔勒和且末等站都下了 ‘大一暴雨’。再计及西北地区台站稀疏的因素,因而实际降水范围较大,不是 ‘单点’;另一方面,该年夏季仅南疆地区在其他不同时间 (出现在 12d 中) 和不同站就出现了 $\geq 25\text{mm/d}$ 的 ‘暴雨日’ 13 站日,应该说是 ‘多场雨’。而形成明显对比的是,在典型干年 (1985 年) 夏季南疆盆地 $\geq 25\text{mm/d}$ 的 ‘暴雨日’ 却一次也未出现。这样,经时间和格点平均后的该区干湿年间的平均垂直运动自然差别明显了。

在高原上空,在高原北侧的干、湿年夏季虽均盛行上升运动 (表 5), 但湿年的上升运动比干年更强,干、湿年分别为 $-1.42, -1.75 \times 10^{-3} \text{hPa/s}$, 而且也是典型干 (湿) 年夏季的平均上升速度更弱 (更强)。

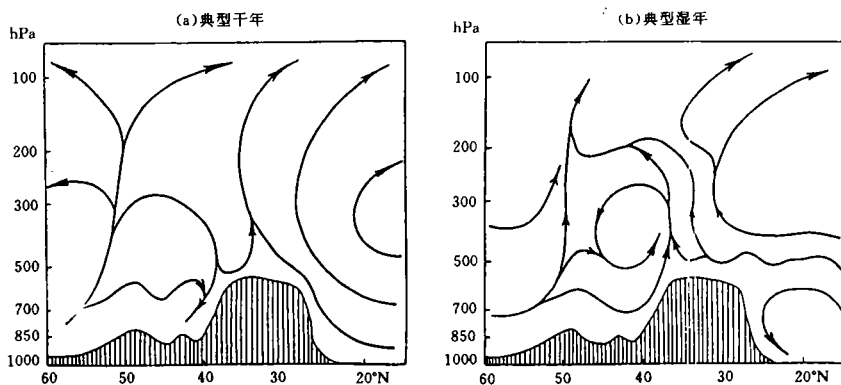


图 4 典型干湿年夏季沿 90°E 的平均经圈环流。

这种干湿年夏季间垂直运动的差异在其平均垂直经圈环流上也相当清楚。图 4 分别是典型干 (湿) 年 1985 (1981) 年夏季沿 90°E 的平均经圈环流, 叶笃正等早先指出的出现于 40°N 附近对流层中高层的次级闭合环流圈^[7], 在 1981 年夏季更强更完整, 闭合环流中心位置也更偏北, 因而 40°N 附近对流层为整层一致的上升运动; 而 1985 年夏季则未见这闭合环流, 40°N 附近上空整层转为下沉运动。这些与前面的垂直运动分析相吻合。值得指出的是在高原北侧湿年夏季天山南北两侧的平均垂直运动是反向的 (图 4b), 这可部分地说明南北疆地区降水的反相关现象。顺便指出, 在 1985 年高原南侧巨大的季风环流十分清楚, 而 1981 年却不很清楚, 甚至 500hPa 以下来自 20°N 以南的上升气流还在高原南侧折向下沉了。因在 1979—1986 年间的其他干和偏干与湿和偏湿年的平均经圈环流 (图略) 大体亦有以上类似的差别, 所以上述干湿年夏季间平均经圈环流的差别是有代表性的。

5 高原的热力影响

在干旱的高原北侧地区干湿年夏季间平均垂直运动仍存在明显的差异, 其原因是什么? 从环绕高原分布的下沉运动带 (图 3), 从干湿年夏季高原上空的平均垂直运动的明显差异, 启示可能是青藏高原的影响。本文先讨论高原的热力影响。叶笃正等认为夏季

高原北侧的平均次级经圈环流是高原加热作用的结果,而其下沉支又加强了西北干旱。众所周知,夏季高原地面是抬升了的巨大热源,那么在湿(干)年高原上这种更强(稍弱)的上升运动是否和其更强(稍弱)的热源相联系呢?徐国昌等曾用高原上6站的地面气温距平指数表示高原地面的热状况^[3]。在缺少同期内高原地面热源计算结果的情况下,亦先引用并按同样方法延伸计算了他们的计算值至1990年(表4),以夏季各月高原地面气温距平指数的累积值代表该年夏季高原地面的热状况。对照1958—1990年夏季高原北侧地区的干湿等级,统计表明,一般夏季高原地面气温距平指数累积值 $\geq -0.3^{\circ}\text{C}$ 者,高原北侧地区夏季多为湿、偏湿或正常年;反之,高原北侧同期内为干及偏干年(概括率为20/33,表4)。对湿和偏湿年,这一对应关系几乎无例外。典型湿年的高原地面气温距平指数累积值也最高,如1981年夏季达33a的最高值 4.2°C 。若不计正常年在内,在高原北侧夏季偏湿和湿年,高原地面气温距平累积值之平均值为 1.18°C ,而在干和偏干年其对应值为 -0.11°C 。换言之,如果高原地面加热强,高原北侧夏季多雨,否则反之。

类似地,分析了前期(2—4月)高原地面热状况和当年夏季高原北侧干湿状况的联系。一般前期高原地面气温距平指数累积值 $\geq -1.0^{\circ}\text{C}$ 者,高原北侧夏季多为湿、偏湿或正常年,否则为偏干或干年(概括率24/33,表4),比同期的对应关系更好。也是湿和偏湿年的对应关系最好。这暗示高原地面前期的累积热状况能被储存在大气中,继续影响其后高原北侧的干湿状况,据此可以预报高原北侧地区夏季的干湿状况。

再联系到高原北侧湿年高原上上升运动更强,干年则相反。于是,似乎可勾划出下列高原热力作用如何影响其北侧干湿年的图象:在高原地面偏暖年,高原地面热源强,高原上的上升运动加强,其北侧对流层低层流向高原的辐合上升运动发展,整层为上升运动,所以高原北侧为湿年;在高原地面偏冷年,高原地面热源弱,高原上空的上升运动也弱,高原北侧盛行较强下沉运动,主旱。也就是说高原的热力影响是西北干旱形成的重要原因之一。

6 讨论和结论

西北干旱气候的成因问题十分复杂,西北地区远离海洋,深居内陆,水汽条件差,这是环境背景;青藏高原的热力影响已如前述。虽然用高原地面气温距平指数来反映其地面偏冷或偏暖的状况是可以的,但它还不能直接代表高原地面热源的强弱。因此,还需要进一步的分析。如具体计算分析高原北侧干湿年夏季间高原地面和大气热源的强度,并通过数值模拟来验证;另外青藏高原的动力影响也不能忽视^[8];同样都是深居内陆,又同在几乎不变的高原地形的影响之下,为什么高原北侧地区还有干湿年之分呢?这可能还涉及到干湿年间环流条件的差异,以及不同因子间的相互作用问题,这是因为在不同环流条件下向西北地区的水汽输送情况将不一样,而且不同环流条件下高原的动力和热力影响也不相同。这些将另文分析^[13]。

由以上分析得到下列主要结论:

1) 经过试验制定了以降水标准差为判据的高原北侧地区的干湿标准,它适合于降水少、变率大的西北干旱区,又便于和中国东部地区划分的旱涝等级相比较。根据该标准,划分了该地区近39a来逐年夏季的干湿等级。

2)在夏季平均垂直速度分布图上,高原上对流层中高层为较强上升运动区,而围绕高原的是一连片分布的下沉运动带,其下沉运动中心分别与中亚细亚、中国西北和华北干旱区相对应。

3)在高原北侧地区的干湿年夏季间的垂直环流差别明显:湿年高原上的上升运动更强,高原北侧与常年相反,整层盛行上升运动,40°N附近的次级经圈环流更强更完整,且中心位置偏北;干年高原上的上升运动减弱,高原北侧中高层盛行比常年更强的下沉运动,40°N附近的次级经圈环流不明显。

4)高原北侧地区夏季的干湿状况与青藏高原地面热状况关系比较密切,显示了青藏高原地形热力作用对西北干旱气候形成的影响。

参考文献

- [1] 叶笃正,黄荣辉. 旱涝气候研究进展. 北京:气象出版社,1990. 10-18.
- [2] 罗四维,钱正安,王谦谦. 夏季100 hPa 青藏高压与我国东部旱涝关系的天气气候特征. 高原气象,1983, 2(1):1-10.
- [3] 白肇焯等. 中国西北天气. 北京:气象出版社,1988. 1-442.
- [4] 徐国昌,气候变化、干旱和沙漠化. 气象,1986, 3:24-26.
- [5] 张家宝,邓子凤. 新疆降水概论. 北京:气象出版社,1987. 44-58.
- [6] 李江风. 新疆气候. 北京:气象出版社,1991. 5-14.
- [7] 叶笃正,高由禧等. 青藏高原气象学. 北京:科学出版社,1979. 202-212.
- [8] 徐国昌,张志银. 青藏高原对西北干旱气候形成的作用. 高原气象,1983, 2(2):8-15.
- [9] Hahn D G and Manabe S. The role of mountains in the South Asian monsoon circulation. J Atmos Sci.,1975, 32: 1515-1541.
- [10] 中央气象局气象科学研究院等. 中国近五百年旱涝分布图集. 北京:地图出版社,1981. 263-318.
- [11] 中央气象局. 气象月报,1980-1990年.
- [12] 任尚义. 干旱概念研究. 中国干旱、半干旱地区气候、环境与开发研究论文集. 北京:气象出版社,1990. 54-55.
- [13] 吴统文,钱正安. 青藏高原北侧地区干湿年夏季间环流及高原动力影响差异的对比分析. 高原气象,1996,15(3):307-317.
- [14] 田荣湘,高玲,高由禧. 中国西北干旱区年降雨量的时空变化. 高原气象,1995,14(1):90-95.

**THE COMPARATIVE ANALYSES OF DIFFERENCES BETWEEN
VERTICAL CIRCULATION ON NORTH SIDE OF TIBETAN
PLATEAU IN WET AND DRY SUMMER AND
THERMAL EFFECTS OF THE PLATEAU**

Wu Tongwen Qian Zhengang

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Academia Sinica, Lanzhou, 730000)

Abstract

To analyze the causes of the drought over northwest China, first of all, the wet and dry year criterion and their division on the north side of Tibetan Plateau (NTP) centered the northwest China drought area have been made utilizing the precipitation data of five stations over the area during the period from June to August of 1952–1990 in this paper. Then, the differences between the vertical circulation over NTP in wet and dry summer have been comparatively analyzed using the gridded data of ECMWF from 1979 to 1986. At last, the connection between the surface thermal characteristic of the Plateau and the wet and dry summer over NTP was discussed as well.

The main results show that: 1) the wet and dry summer criterion with precipitation standard deviation is proper for the drought area of northwest China; 2) there are clear differences between the vertical circulations over NTP and the Plateau in wet and dry summer: in wet summer upward motion over NTP dominates and the upward motion over the Plateau is stronger, but vice versa in dry summer; 3) the wet and dry summer of NTP is closely related to the surface thermal condition of the Plateau, namely, the heating effect of the Plateau surface is stronger in wet summer than in dry summer.

Key words: North side of the Plateau, Vertical circulation, Comparative analyses in wet and dry summer, Surface thermal condition.