

广西早春旱大气环流特征及其成因分析

古文保 施能

(广西区气象台, 南宁, 530022) (南京气象学院气象学系, 南京, 210044)

摘要 研究了广西早春旱的大气环流特征和成因的物理原因。指出, 澳大利亚高空的高压、副热带高压、热带对流活动及欧亚大陆高压脊等是影响广西早春旱的主要天气系统。早春早年的南半球及中低纬度的环流系统主要是强澳大利亚高空高压、强副热带高压; 中高纬是强高空西风急流, 欧亚大陆高压脊偏西, 冷空气活动路径偏东。

关键词 大气环流, 副热带, 早春旱

分类号 P448

春旱是广西的四大自然灾害之一。当春旱发生时, 不仅使旱地作物无法播种、早稻不能适时播种, 而且必然延误了晚稻生长季节, 避不开秋季寒露风的危害。因此, 从某种意义上讲, 广西春旱将影响全年的农业生产。然而, 对广西干旱研究极少, 研究春旱的工作尚是空白。本文旨在通过广西典型旱涝年以及广西早春降水及大气环流年际变化的研究, 探讨广西早春旱形成的物理原因, 为预测广西早春旱提供一定的理论依据。

1 资料及处理

取桂林、柳州、梧州、南宁、北海和百色6个代表站的1951~1987年2~3月平均降水资料代表早春降水。将2~3月降水资料逐年求平均, 将比历年平均值 $\pm 30\%$ 以上的年份分别划为早春涝年和旱年(见表1), 其中*为严重旱涝年。

表1 广西早春旱涝年表(1951~1987)

早春涝年	1952	1953*	1956	1957	1959*	1963	1981	1983*	1985	共9年
早春旱年	1954*	1962*	1966	1969	1971*	1974	1976	1977*	1984	共9年

500、100hPa 选用长期天气预报库月平均高度场资料。1983、1984年2、3月份的风分量 u 、 v 、温度 T 、相对湿度 R 资料来自欧洲中期天气预报中心逐日网格点资料。

2 广西早春典型旱涝年对比分析

为了解影响广西早春旱涝的天气系统, 我们选出有欧洲中期天气预报中心逐日网格点资料的1983、1984年为典型涝年和旱年进行对比分析。

2.1 早春旱涝的影响系统

查阅了出版的历史天气图,将 1983、1984 年 2~3 月份的影响系统列入表 2。

表 2 早春典型旱(1984)、涝(1983)年的各影响系统的天数

层 次	地 面			850hPa		500hPa	
	影响系统	静止锋	均压	冷高	高压环流	切变及低压	低槽
早春涝年 (1983 年共 59 天)	51	8	0	3	56	42	10°N 偏南
早春旱年 (1984 年共 60 天)	31	11	18	21	39	18	15°N 偏北

从表 2 看出,地面涝年静止锋在华南一带维持的天数比旱年明显多得多,而旱年较干燥的冷高压控制的天数则较多。850hPa,涝年多低值系统,而旱年多高压环流。500hPa 低槽影响的天数涝年比旱年多 1 倍多。此外,涝年副高脊线位置偏南,而旱年副高脊线从 2 月 15 日起到达较高的纬度(15°N),不利于地面冷空气在华南一带维持。

2.2 早春典型旱涝年的流场特征

将 1983、1984 年 2~3 月份逐日格点资料的风速分量 u 、 v 分别求时间平均,然后作 30°S~70°N 范围内的流场图。

(1) 200hPa 流场特征 从图 1 上看,涝年(图 1a)在澳大利亚和太平洋中部上空是两个弱的高压环流,高压环流北部的越赤道气流在 20°N 附近与北半球西风带气流汇合。旱年(图 1b)在澳大利亚上空为一较强的高压环流,高压环流北部的越赤道气流在 30°N 与北半球西风带气流汇合,比涝年偏北 10 个纬距左右。

表 3 给出了北半球 200hPa 上太平洋副高位置及强度。可以看出,旱年副高范围大,偏西,脊位置比涝年偏北 5 个纬距左右。

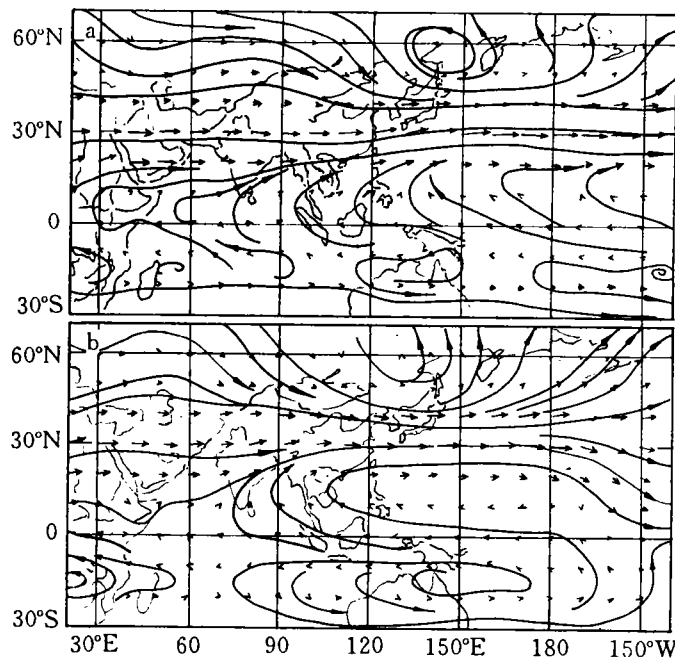


图 1 典型早涝年 200hPa 平均流场图 a. 涝年;b. 旱年

表 3 早涝年 200hPa 西太平洋副高位置、强度

	中心位置	脊线位置
涝年	130°W(偏东)	10°N 偏南
旱年	150°E(偏西、范围大)	15°N 偏北

由于澳大利亚高空高压及西太平洋副高脊位置及强度在旱涝年明显不同,所以北半球低纬东风气流、中纬度西风气流、南半球的东风气流均有较大的差别。从图 2(负值为东风)可以看出,北半球低纬度东风气流,早年明显比涝年强,占据的纬度比涝年宽广。说明澳大利亚高空高压北部的越赤道气流早年比涝年强,也说明早年的副热带高压比涝年强。此外,东西风零线,涝年在 8°N 左右,而早年在 15°N 左右,说明早年的副热带高压脊线比涝年偏北得多。还可以看出,高空西风急流也是早年比涝年强。

(2)500hPa 流场特征 由图 3 知,旱涝年北半球副高都形成了 3 个高压环流中心。但是在涝年,在 100~115°E 中南半岛到北部湾之间有一断裂口,此断裂口有利于西太平洋副高西北侧的西南气流输送暖湿空气到华南一带与北方南下冷空气汇合,形成静止锋。此断裂口说明涝年南支槽明显。在早年,从 40°W 到 145°E 均为一完整的高压环流,高压环流强大,没有涝年那样的断裂口,南支槽不明显,使南下冷空气很难在华南一带维持,形成静止锋,这就是早年静止锋维持天数较少的主要原因之一。再看西风带系统,涝年西风带高压脊位于 90°E 附近,脊前偏北气流明显,脊的位置有利于引导北方冷空气南下

达华南,与副热带高压断裂口处南支槽前向北输送的暖湿空气汇合。而早年(图 3b)欧亚大陆高压脊位于 50°E 附近,比涝年偏西 40 个经度,并且几乎是阻塞高压的环流形势,由于高压脊偏西并阻塞,所以不利于在我国范围内引导冷空气南下,冷空气活动不如涝年频繁,这也是早年静止锋维持天数明显少于涝年的主要原因之一。

从图 4 可以明显地看出,北半球低纬度的东风气流早年比涝年强得多。涝年东西风零线在 10°N 附近,而早年则在 15°N 附近,早年东风气流所到达的纬度比涝年偏北 5 个纬距左右。西风带最大风速涝年在 20°N 附近,而早年则在 40°N 左右,比涝年偏北 20 个纬距。以上特征与前述的早年 500hPa 副高比涝年偏强且偏北一致。由于早年西风带所到达的纬度偏北,这样就不利于北方冷空气南下,由于副高又偏北,南下冷空气不利于在华南一带维持,这就是早年静止锋维持天数较少,降水较少的原因。

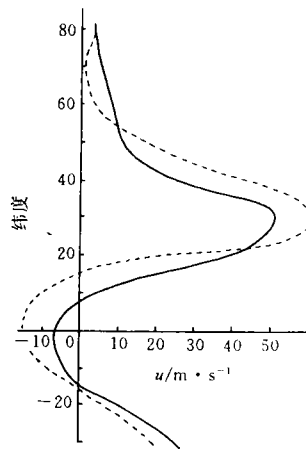


图 2 200hPa 平均 u 分量沿 110°E 经向剖面图
——1983 年(涝),……1984 年(旱)

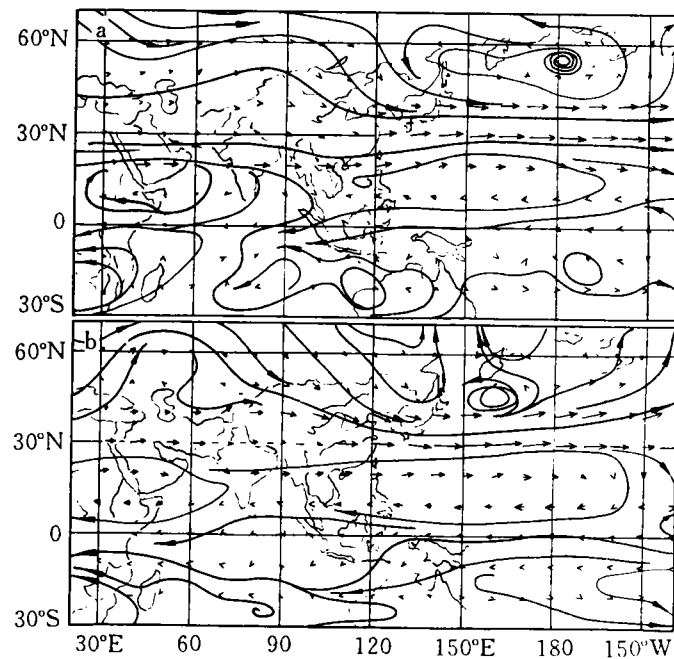


图 3 500hPa 平均流场图 a. 涝年, b. 旱年

(3)850hPa 流场特征 850hPa 典型旱涝平均流场图(图略)上,在低纬太平洋地区,涝年副高中心位于 165°E 附近,西脊点达 110°E ,华南为副高西侧的偏南气流控制,赤道太平洋有明显的气旋式环流,赤道辐合带明显。早年副高中心位于 160°W ,比涝年偏东 35 个经距,赤道太平洋地区为一致的偏东气流,赤道太平洋南侧,也是强大的高压环流,赤道辐合带不明显。涝年阿留申低压较强,控制着整个北太平洋;早年则分成两个较小的低压环流中心,强度都较弱。

(4)早春典型旱涝年的 100hPa 高空急流特征 采用文献[4]的方法,将常规使用的 100hPa 月平均高度场称为 H 场。沿同一经度以 10 个纬度的间隔把 H 场改换成南点减北点的高度差值场(称为 ADH 场), ADH 值与纬向风分量成正比,故将 ADH 值称为纬向风指数。例如同一经度下, $30\sim 40^{\circ}\text{N}$ 的 ADH 值表示为

$$ADH(30\sim 40^{\circ}\text{N}) = H(30^{\circ}\text{N}) - H(40^{\circ}\text{N})$$

其余类推(H 值以 1600 作 0)。按上式分别计算了 1956~1985 年 2、3 月份的 100hPa 的 ADH 场。比较 1983 年(涝年)和 1984 年(早年)2~3 月份平均的 ADH 值得知,虽然西风急流南北位置差不多,但是早年西风急流比涝年偏西 20 个经度,强度偏强。在流场分析时,我们已经对 200hPa 实测风的 u 分量场作过比较(见图 2),其结果与这里 100hPa 的结果是一致的。需要指出,这个结果与江淮流域夏季涝年高空急流偏强的结论正好相反(见文献[3])。

此外,我们还作涝年和早年 200hPa 平均 u 分量等值线图(图略)。表 4 列出了该图的东西风气流的位置、强度及对比特征(其中, $(80^{\circ}\text{E}, 0)$ 、强度为 $8.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $(140^{\circ}\text{W}, 0)$ 、强度为 $11.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的东风气流未列表中)。从表 4 可以看出,早年的 3 个西风急流中心与涝年位置相差不多,但是东半球的两个急流中心都是早年比涝年强,西半球的西风急流比涝年弱。早年低纬热带东风气流分成 3 个中心,在整个低纬带上的东风气流都比涝年强。特别是 $90\sim 180^{\circ}\text{E}$ 范围内,早年低纬东风气流范围大而强,与中纬度西风急流形成明显对比。早年赤道太平洋上空强东风气流,进一步说明了早年澳大利亚高空高压比涝年强。

表 4 旱涝年 200hPa 东西风气流位置、强度(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

	西风气流			东风气流		
	位置	强度	特征	位置	强度	特征
涝年	$(30^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N})$	52.0	强	$(140^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N})$	70.6	强
	$(70^{\circ}\text{W}, 30^{\circ}\text{N})$	55.7	弱	$(15^{\circ}\text{E}, 10^{\circ}\text{S})$	6.5	强
	$(170^{\circ}\text{E}, 0)$	10.2	强	$(80^{\circ}\text{W}, 12^{\circ}\text{S})$	7.3	强
早年	$(30^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N})$	53.4	强	$(140^{\circ}\text{E}, 30^{\circ}\text{N})$	74.7	强
	$(70^{\circ}\text{W}, 30^{\circ}\text{N})$	44.7	弱	$(15^{\circ}\text{E}, 10^{\circ}\text{S})$	11.6	强
	$(140^{\circ}\text{E}, 0)$	16.9	强	$(70^{\circ}\text{W}, 10^{\circ}\text{S})$	11.6	强

2.3 早春典型旱、涝年的水汽特征

大气中水汽输送的重要性已为广大学者公认。水汽输送的特征既是一种状态,又是潜在的热能和降水特征,与降水量的多寡有密切的联系^[2],因此水汽输送的研究不仅广泛用于天气诊断分析,而且也是气候形成和变化研究的重要内容。

(1)计算方法 根据质量输送方程,在时间 t_1 到 t_2 内,经由高度 Z_1 和 Z_2 ($Z_2 > Z_1$),单位宽度垂直截面的平均水汽输送通量为^[2]

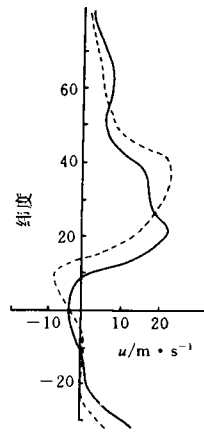


图 4 500hPa 平均 u 分量沿 110°E 经圈剖面
——1983 年,……1984 年

$$F = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \int_{p_1}^{p_2} \rho g V dZ dt = \frac{1}{g(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} \int_{p_2}^{p_1} q V d p dt \quad (1)$$

其中 ρ 为湿空气密度, q 为比湿, V 为风矢量, p_1 、 p_2 分别为高度 Z_1 、 Z_2 处的气压。设

$$q = \langle q \rangle + q' \quad V = \langle V \rangle + V' \quad (2)$$

式中符号“ $\langle \rangle$ ”表示对时间求平均, “ $'$ ”表示对时间平均的离差。则(2)式成为

$$F = \frac{1}{g} \int_{p_2}^{p_1} \langle q \rangle \langle V \rangle d p + \frac{1}{g} \int_{p_2}^{p_1} \langle q' V' \rangle d p \quad (3)$$

在某等压面上, 单位气压厚度的垂直截面内, 则有

$$F = \frac{1}{g} \langle q \rangle \langle V \rangle + \frac{1}{g} \langle q' V' \rangle \quad (4)$$

(3)和(4)式中左边代表水汽的(平均)总输送, 右边第一项是平均环流引起的水汽输送, 右边第二项是对时间平均的扰动有联系的水汽输送, 称为涡旋输送。

(2)水汽输送特征 着重分析中低层的水汽输送特征。1)制作了涝年和旱年 850hPa 平均水汽总输送和平均合成风矢量图(图略)。从图中可以看出, 涝年平均水汽总输送大值中心在海南岛一带, 大于 $0.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 的范围很宽, 与之相配合的是较一致的西南气流, 水汽向华南一带输送明显。而旱年平均水汽总输送的大中心在北部湾, 大于 $0.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 的范围与涝年相比小得多, 且在 20°N 以南主要以吹东风为主, 水汽输送显然不如涝年。2)在 700hPa 平均水汽总输送图上(图略), 涝年平均水汽总输送的大值中心在北部湾到海南岛之间, 与之相配合的平均风矢量为西南风, 对华南输送水汽有利。而旱年平均水汽总输送的大值中心在 $(25^\circ\text{N}, 115^\circ\text{E})$ 附近, 对华南一带输送水汽显然不如涝年。

此外, 还制作了 110°E 与 105°E 平均水汽总输送差值(110°E 减 105°E) 经向垂直剖面图(图略)。由前面的分析可以看出, 15°N 以北以偏西及西南气流为主, 所以差值为负时, 代表有水汽辐合, 反之则辐散。从图上看, 涝年在 $20 \sim 30^\circ\text{N}$, $105 \sim 110^\circ\text{E}$ 范围内, 从低层到高层水汽辐合明显, 辐合中心在 25°N 的 700hPa 附近。而旱年, 在上述范围内平均水汽是辐散的, 显然不利于降水的形成。总之, 涝年上风方向水汽输送大值区范围宽、水汽深厚, 旱年范围小而浅薄。涝年广西范围内水汽辐合明显, 旱年则水汽辐散明显。

通过以上分析可以看出, 广西早春旱、涝年的大气环流各系统及水汽特征是有明显区别的, 春旱的形成不是个别环流系统的孤立现象, 而是大气环流各系统、各要素的综合反映。

3 结 论

综上所述, 从低层到高层, 广西早春旱的成因及大气环流特征大致可归纳如下:

(1)旱年 200hPa 澳大利亚高空高压偏强, 其北部的越赤道气流到达 30°N 附近, 比涝年偏北 10 个纬距。旱年 200hPa 太平洋副高偏强、偏西、脊线位置偏北。

(2)500hPa 北半球西太平洋副高, 旱年明显偏强, 控制范围大, 其脊线位置比涝年偏北 5 个纬距左右; 从 110°E 平均 u 分量风速廓线可知, 大值风速轴线在 40°N 左右, 比涝年偏北 20 个纬距, 造成了旱年高层锋区偏北。另外, 旱年 500hPa 南支槽不明显, 造成水汽供应缺乏。

(3)500hPa 以上的高层, 旱年欧亚大陆高压脊较涝年偏西 50 个经距左右, 不利于引导冷空气南下到我国华南地区; 高空西风急流旱年偏强, 低纬东风气流风速偏大, 控制的纬度偏高。

(4)由于上述大气环流系统的配置和异常, 使得旱年水汽输送大值区范围小而浅薄。

(5)在 850hPa 以下层, 旱年在赤道太平洋地区为两半球之间一致的偏东气流, 没有明显

的热带对流活动,空气比较干燥,对向华南一带输送水汽显然不利。热带对流活动的多寡也是广西早春旱形成的重要原因之一。

关于广西早春旱的长期预报着眼点及物理因子,我们认为应该抓住上述关键区的系统变化,以量的形式反映该系统的大气环流变化特征,以这些量作为预报因子建立预报模型,将会达到较好的预报效果。关于这个问题,我们将另文叙述。

参 考 文 献

- 1 杨广基,梁佩焕.低纬对流层低空流场变化与长江中下游夏季持久性旱涝的关系.高原气象,1982,1(3):43~50
- 2 马开玉,高国栋.长江流域典型旱涝夏季大气中的水汽输送.气象科学,1992,12(1):48~57
- 3 朱文妹,赵卫,陶诗言.1978和1980年夏季江淮流域典型旱涝异常年份东亚季风环流的特征.见:国家气象局气象科学研究院主编.气象科学技术集刊:第11集.北京:气象出版社,1987.36~42
- 4 王截云.100hPa月均纬向风指数在环流分析和降水预报中的应用.高原气象,1992,11(2):192~196
- 5 施能,曹鸿兴.基于所有可能回归的最优气候预测模型.南京气象学院学报,1992,15(4):459~466
- 6 施能.气象统计预报中的多元分析方法.北京:气象出版社,1992.90~99
- 7 施能,古文保.大气环流异常分析中使用合成方法的一个问题.气象,1993,19(9):32~34

ANALYSIS OF ATMOSPHERIC CIRCULATION ANOMALY OF EARLY SPRING DROUGHT IN GUANGXI AND IT'S CAUSES

Gu Wenbao

(Guangxi Meteorological Administration, 530022, Nanning, PRC)

Shi Neng

(Department of Meteorology, NIM, 210044, Nanjing, PRC)

Abstract This paper investigates the relation of the severe calamity-early spring drought in Guangxi province to anomalous atmospheric circulation and its physical causes. Study shows that major weather systems associated with the disaster include the Australian upper-air high, subtropical high, tropical convective activities and Eurasian high ridge; the circulation systems over northern mid-low latitudes and in the Southern Hemisphere in the year of the drought happening are intense Australian upper-level high, vigorous subtropical high and strong upper westerly jet-streak at extratropics with the Eurasian high's ridge located westward of its mean and cold air passage shifted eastward.

Keywords atmospheric circulation, subtropical, early-spring drought