

2001年华西秋雨时空分布特点及其成因分析*

鲍媛媛 阿布力米提 李 峰 王秀文

(国家气象中心,北京 100081)

摘 要

分析了2001年华西秋雨的时空分布特点和大尺度环流背景及天气系统的主要特征,并对秋雨形成的主要物理机制进行了诊断和分析。结果显示,2001年秋季,华西地区阴雨日数多,雨区集中,强降水时段集中在9月份。该月,巴尔喀什湖地区500 hPa呈准稳定的低压槽,其上不断有短波分裂东移,携带冷空气经高原东移,与强大的副热带高压西南侧的东南暖湿气流和来自孟加拉湾的西南暖湿气流交汇于四川盆地、陇南、陕南一带,致使该地区持续阴雨天气。诊断分析表明,9月,青藏高原地区对流旺盛,水汽凝结释放潜热,使其成为一个强大的热源中心;而江淮、江南一带多受西北太平洋副热带高压控制,盛行下沉气流,为热源低值区;四川盆地处于高原高能量带与盆地以东低能量带之间的能量锋区。此能量锋区的存在促使从巴尔喀什湖低压槽分裂东移的短波槽在该地区发展。同时,东路冷空气的渗入进一步加大了能量锋区的强度,激发不稳定能量释放,造成了四川盆地部分地区出现大暴雨甚至特大暴雨。

关键词: 华西秋雨 物理机制 环流特征 能量锋区

引 言

绵绵秋雨是西南地区秋季气候的主要特色,也是该地区主要气象灾害之一。长时间的阴雨寡照,可对农业生产造成损失,如影响晚稻抽穗扬花、使棉花烂桃等。同时也给人们的生产生活带来不便。有些年份由于雨量大,持续时间长,造成洪涝灾害,直接关系到工农业生产和人民生命财产安全。华西秋雨就是指我国西部地区秋季多雨的这种特色天气,主要指出现在四川、贵州、陇南、关中和陕南、鄂西、湘西等地区的秋雨。我国气象工作者早年对华西秋雨及其灾害研究较多,20世纪50年代,高由禧等人就对华西秋雨作了详细的研究,此后直至80年代,出现了一些有关华西地区秋雨的论著^[1~3],但90年代,对华西秋雨的研究并不多见。前人的研究主要揭示了华西秋雨的年际变化、华西秋雨与大气环流季节转变的关系及热带季风、高原季风和冬季风的进退与华西秋雨起讫的关系等。对华西地区持续秋雨和雨势增强的物理机制尚缺乏系统深入的研究。

2001年9~10月份,华西地区阴雨天气较多,局部地区雨量大,并造成了人员伤亡。本文的目的是通过分析2001年9~10月华西秋雨的时空分布特征,以9月份为例,分析秋雨期间大尺度环流特点和华西秋雨的水汽及动力热力条件,探讨华西秋雨的物理机制,并希望能在华西秋雨业务预报中起一定的参考作用。

* 2002-03-01 收到,2002-07-23 收到修改稿。

1 资料

本文所用资料为 NCEP/NCAR 提供的全球逐日日平均资料,时间为 2001 年 9~10 月,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,物理量为 12 层等压面(100 hPa,150 hPa,200 hPa,250 hPa,300 hPa,400 hPa,500 hPa,600 hPa,700 hPa,850 hPa,925 hPa,1000 hPa)的风速(u, v),垂直速度(ω),温度(T),相对湿度(仅到 300 hPa)。文中所用降水资料为中央气象台提供的逐日 08:00(北京时,下同)24 h 实时观测降水资料。

2 2001 年华西秋雨时空分布特征

2001 年 8 月下旬,川西高原就开始了绵绵秋雨,9 月初至 9 月 27 日,四川盆地、陕南、陇南相继出现秋雨沥沥的天气,特别是四川盆地淫雨不断,雅安、绵阳、都江堰、阆中及陕西略阳等地总雨量达 220~530 mm,主要的大暴雨和特大暴雨出现在 18~19 日,其中绵阳 9 月 18 日降雨量达 235 mm。月末,华西秋雨一度中断。10 月 1 日以后,华西地区主要为过程性降雨,主要降雨过程有 4 次,分别出现在 1~3 日、4~8 日、12~16 日和 24~26 日;每次过程落区均较大,几乎覆盖了整个华西地区,降水量分布较均匀,但雨势较 9 月份明显减弱,一般为小到中雨,在 24~26 日的降雨过程中,贵州、鄂西部分地区出现了 50 mm 左右的降雨。此后,华西地区阴雨天气基本结束。

图 1 给出了 2001 年 9、10 月份我国华西地区降雨日数分布(若全国基本站点中某一站点某日降雨量大于或等于 1 mm,则认定此日为该站点的一个降雨日)。由图可见,9 月份华西地区降雨日数呈明显的西北部多东南部少的特点。湖北西部、贵州大部及湘西地区降雨日数不到 10 d;而四川、陇南及陕南等地一般有 16~20 d,其中四川省的部分地区多达 22~25 d。10 月份,华西地区降雨日数分布较均匀,大部地区在 10 d 左右,其中四川盆地南部、云南大部地区雨日为 15 d 以上,但不足 20 d。就 9 月份和 10 月份总降雨日数而言(图略),湖北西部、四川大部、陕南、陇南一般在 24 d 以上,其中四川盆地超过 30 d,

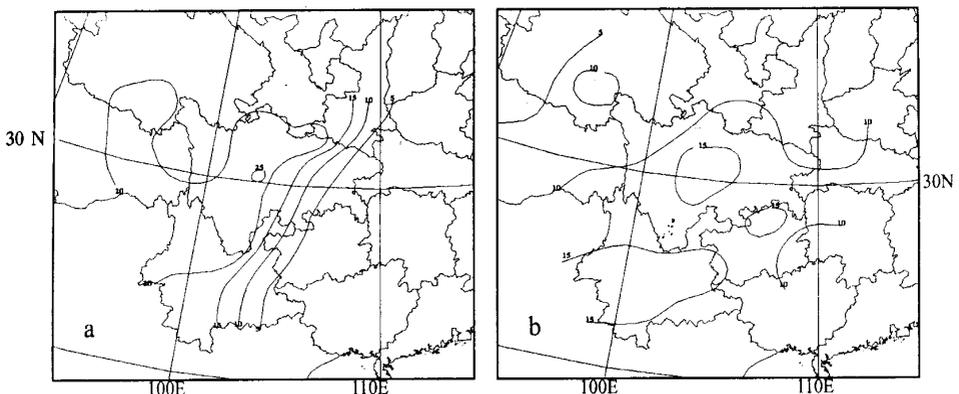


图 1 2001 年 9 月(a)和 10 月(b)降雨日数分布

局部地区达 40 d 以上(康定 41 d、雅安 43 d)。由此可见,2001 年 9~10 月份华西地区降雨日数多,落区集中,雨量大,从而造成了局部地区的洪涝灾害。

就降水量距平分布来看(图略),9 月份四川盆地、陕南、陇南降水一般比常年偏多 5 成至一倍,其中盆地的局部地区偏多 2~3 倍;而湖北西部、贵州东部、湘西地区降水量比常年偏少 5 成以上。10 月份,陕南及四川盆地大部地区降水偏少;而贵州、湖北西部偏多 2~4 成。这也说明 2001 年的华西秋雨具有降水多,时间和落区都较集中的特点。

3 中高层大尺度环流特征分析

前人研究指出^[1],典型华西秋雨年的 500 hPa 高度距平分布特点为:孟加拉湾地区为宽广的负距平区,我国大陆东部到西北太平洋为正距平区,表现为印缅槽偏深,西北太平洋副热带高压偏强,从而有利于西南季风和高原季风向西南地区输送水汽。而 2001 年 9 月份则有所不同(见图 2),中西伯利亚到鄂霍次克海和北太平洋上空为负距平区;我国长江以北大部地区、日本、中纬度太平洋上空为正距平控制,其中心位于内蒙古中东部地区;我国华南地区至中低纬太平洋地区为负距平。这种距平分布表明,9 月份印缅槽并不很深,副热带高压主体偏北,东亚槽明显弱,中高纬度西风强,不利于冷空气南下。

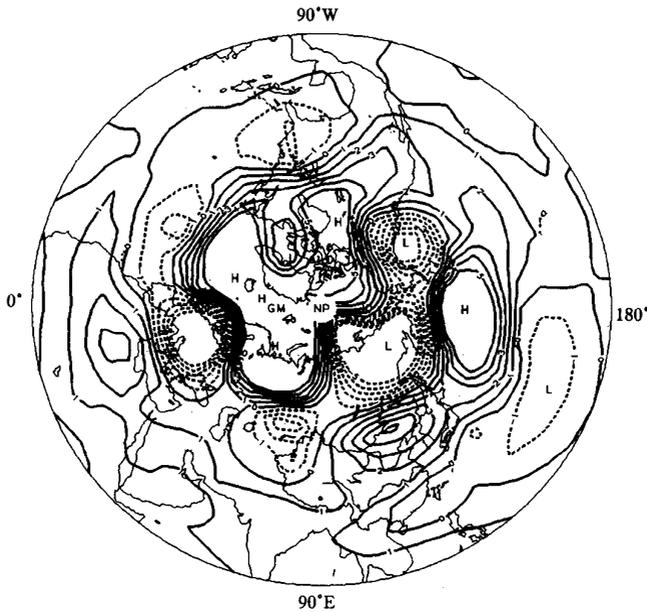


图 2 2001 年 9 月北半球 500 hPa 高度距平分布

从 500 hPa 的逐日高度场来看,9 月初至该月下旬前中期,巴尔喀什湖附近常稳定维持一低压槽,槽底经常有短波分裂,经高原东移后,在华西地区得到较强发展;与此同时,西北太平洋副热带高压徘徊于江汉平原、江淮、江南及华南北部地区,其脊线一般在 25°N 以北,588 dagpm 特征等值线西脊点多位于 110°E 以西。强大而稳定的副热带高压既使

得来自于巴尔喀什湖经高原东移南下的冷空气受阻于四川盆地及其以西以北地区,同时也提供了源源不断的偏南暖湿气流,使冷暖空气持续交汇于渭水流域,四川盆地一带,从而造成了该地区持久的阴雨天气;另外,副高将冷空气阻挡在四川盆地以西以北地区,也使得贵州、湘西、鄂西地区处于单一的暖湿气流控制之下,难以出现阴雨天气。以绵阳地区出现特大暴雨的前一日(即9月17日)20:00亚洲地区500 hPa天气形势分布为例(图略),巴尔喀什湖以西横槽分裂一冷槽东移后在东亚地区加深,另分裂一股冷空气南下在高原地区形成一明显的高原槽;此时,虽然受热带风暴影响,副高主体东退,但在大陆上,汉水、江淮、江南及贵州等地仍为副高单体所控制。在相应的地面气压场上(图略),西西伯利亚地区为强大的冷高压,其前沿分裂出一部分冷空气东移南下,前锋达到四川盆地中部地区,同时高原上亦有小冷高压活动。

9月末,西北太平洋副热带高压南落,脊线基本在 20°N 以南,随后又北抬,脊线维持在 22°N 附近;10月下旬,南退至 18°N 以南。同时,我们发现,10月份中高纬地区主要为移动性的长波槽脊活动。中旬初,南支西风锋区开始建立,主槽位于 90°E 附近。北方冷空气南下与南落副高北侧的暖湿气流和南支主槽分裂的短波槽带来的西南暖湿气流间断性地交绥造成了华西地区出现过程性降水,并且强降水位置比9月份明显偏南,强度也明显减弱。这是10月份华西地区降雨较9月份偏弱偏南的主要原因。

4 物理场分析

4.1 低层水汽通量分析

充足的水汽供应是维持持续性降水或大暴雨的必要条件,下面我们首先分析2001年秋季华西地区水汽输送情况。图3是2001年9月850 hPa的水汽通量及水汽通量散度

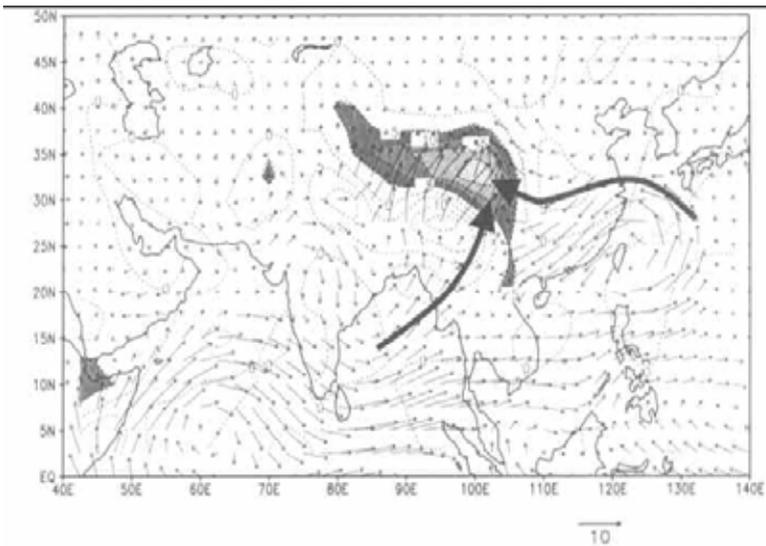


图3 2001年9月850 hPa平均水汽通量

(矢量线,单位: $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$)和水汽通量散度

(虚线,单位: $10^{-6}\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}$,阴影区为 $< -5\times 10^{-6}\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}$)

分布。从图中可以清楚看到,四川西北部和黄河上游地区为明显的水汽辐合区,水汽通量散度中心值达到 $-20 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$ 。水汽来源主要有两支,一支是从孟加拉湾地区沿高原南侧北上的西南暖湿气流;另一支来自我国东海,经华南转向,然后北上到达华西地区。此外,还有少量来自我国东北部地区与东亚地区冷空气活动有关的偏东气流的水汽输送,和源自于华西以北地区的与西路冷空气相关的较弱的偏北水汽输送。后两支气流水汽含量极少,属于干冷气流,但其汇入对加大四川盆地及渭水流域水汽辐合,增强降水强度非常重要。

10月份(图略),平均水汽辐合区比9月份偏东偏南,辐合强度明显减弱。并且水汽来源发生了明显的变化。来自孟加拉湾的西南气流水汽输送通道变化不大,但强度减弱。另一支较强的水汽输送源自于西北太平洋,经南海在越南和我国华南西部一带转向北上抵达华西地区。经分析发现,这支东南水汽通道的形成与副热带高压南落和低纬西风减弱有关。另外,10月份平均水汽通量图上没有反映出明显的西路冷空气进入西南地区,东路冷空气影响比9月份明显偏南偏东且偏弱。

以下将从逐日时间演变来进一步说明华西秋雨期间的水汽输送情况,图4给出了850 hPa上沿 32.5° N 纬圈上水汽输送的逐日演变情况。图中清楚地显示出,9月上旬初开始,高原东侧就出现了明显的西南气流;同时, 110° E 以东地区的与偏东路径冷空气活动有关的东北气流逐渐加强并转向成为东南气流汇入 $105^\circ \sim 110^\circ \text{ E}$ 之间的华西地区。之后,西南气流日趋活跃,直至9月27日,西南水汽输送中断。在此期间, $105^\circ \sim 120^\circ \text{ E}$ 盛行偏东气流,期间以18日前后偏东水汽通量最大,西南气流和偏东气流的水汽强烈辐合,造成了 $100^\circ \sim 110^\circ \text{ E}$ 之间强的上升运动(图略),致使四川盆地地区出现暴雨甚至大暴雨。9

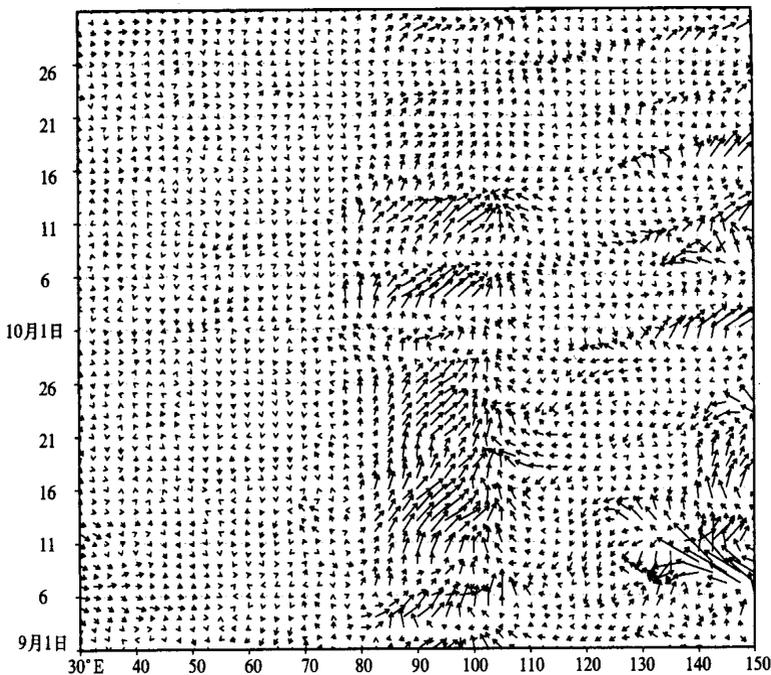


图4 2001年9~10月850 hPa沿 32.5° N 水汽输送的纬向-时间剖面图

月 27 日之后,高原东侧低层西南气流水汽呈间断性输送,且强度越来越弱,尤其是 10 月中旬之后,强度衰减非常明显,显示出夏季风在西南地区的撤退;同时, $105^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$ 之间东风气流不再盛行,而只是有 4 次过程性的较弱的偏东气流出现,与 10 月的 4 次降雨过程有较好的对应关系。

4.2 能量分析

2001 年 9 月至 10 月的 850 hPa 假相当位温分析表明(见图 5), 9 月, $90^{\circ} \sim 100^{\circ} \text{E}$ 高原地区一直维持等 θ_{sc} 的高值中心,而我国东部地区($110^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$ 之间)为 θ_{sc} 低值中心。这样,在 θ_{sc} 高低值中心之间特别是 $100^{\circ} \sim 105^{\circ} \text{E}$ 之间为一强的能量锋区。这个能量锋区的形成既与西南和东南暖湿气流的水汽输送有关,也与北方南下的干冷空气的活动有关;而 110°E 以东地区一次次 θ_{sc} 低值向西推进正好反映了东路冷空气的活动。如 9 月 18 ~ 19 日,绵阳地区气温下降了 4°C ,正是由于东路冷空气的西进加剧了能量锋区的强度,使得不稳定能量爆发,造成了特大暴雨的出现。9 月末,西南季风 and 高原季风一度中断,高原能量大为减弱,华西秋雨也随之中断。这一结论与前面的分析一致。10 月初,随着季风的再次增强,高原能量有一次短时的增强过程,华西地区再次出现阴雨天气过程。10 月中旬后,由于季风撤离,高原地区能量大为减弱,甚至变为低能区,华西绵延秋雨也随之结束。

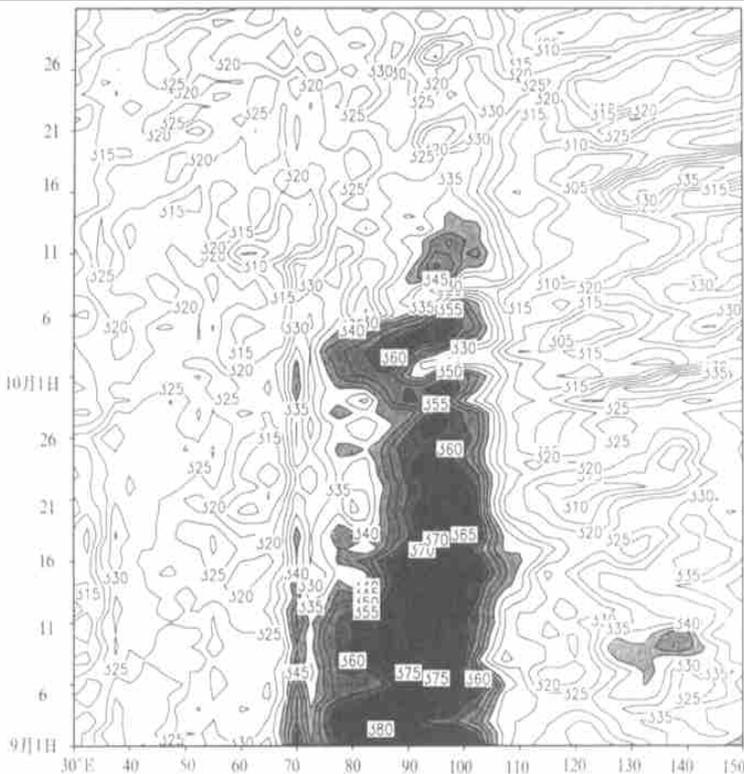


图 5 2001 年 9 ~ 10 月 32.5°N , 850 hPa θ_{sc} 纬向-时间剖面图

4.3 热源分析

图 6 给出了 2001 年 9 月亚洲地区视热源(a)和视水汽汇(b)分布。如图所示,9 月

份,高原东南侧为亚洲大陆的一较强热源,中心位于高原东南侧,最大值大于 $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。在相应的视水汽汇图上,高原及其东南侧为一强大的水汽汇,其中心位置与热源对应,但数值比热源值明显偏大,达 $300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。并且,通过对视热源和水汽汇的各项组成部分(局地变化项、平流项和垂直输送项)分析表明,无论是对热源还是对水汽汇,垂直输送的贡献均占主导作用。这表明,9月高原及其东南侧对流凝结潜热对热源的贡献远大于地表感热的贡献;这也反映了9月该地区对流旺盛,水汽相变强烈,对流凝结潜热释放的正反馈作用也有利于对流进一步加强,使得该地区强降水能够频繁发生。

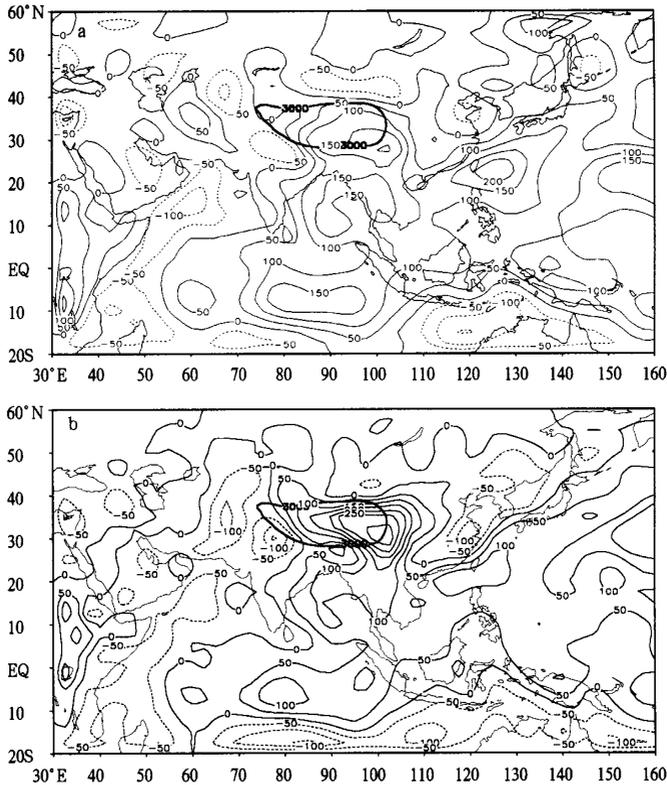


图6 2001年9月亚洲地区视热源(a)和视水汽汇(b)分布
(单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, 图中粗黑线为高原地形3000 m高度线)

10月,随着夏季风的减弱和撤退,高原的热力作用日渐减弱。10月中旬之后,青藏高原地区基本为视热源负值,高原由热源向冷源转变(图略),华西秋雨也相应结束。

5 结 论

(1) 2001年秋季,我国华西地区出现连续降雨,阴雨日数多,降水时间长,雨区集中,其中9月份尤为突出。

(2) 9月份,从准稳定的巴尔喀什湖低压槽分裂出的短波槽携带冷空气从高原东移,

与强大的西北太平洋副热带高压西南侧的东南暖湿气流和来自孟加拉湾沿高原东南侧北上的西南暖湿气流交汇于四川盆地、陇南、陕南一带,从而造成了该地区持续的阴雨天气。

(3) 9 月份到 10 月份,青藏高原东南侧低层辐合强烈,上升运动旺盛,高湿高热的空气使得该地区维持一个高能量区。江淮、江南一带多受副热带高压控制盛行下沉气流,为热汇和能量的低值区。华西地区处于一个高低能量之间的强能量锋区中。东来的干冷空气的汇入,激发了不稳定能量的释放,从而造成了该地区连续发生强降水。而对流凝结潜热的正反馈作用,使华西地区对流得以维持,强降水能够长时间发生。

参考文献

- 1 刘富明. 大气环流由夏到秋的转变及其与四川秋雨形成的关系. 四川气象科技, 1981, (2): 1~6.
- 2 任炳潭. 两千年华西秋雨的初步研究. 气象, 1987, 13(9): 21~24.
- 3 何敏. 我国主要秋雨区的分布及长期预报. 气象, 1984, 10(9): 10~13.
- 4 徐欲华等. 西南气候. 北京: 气象出版社, 1991. 45~47.

SPACE-TIME DISTRIBUTION AND PHYSICAL MECHANISMS OF AUTUMN RAINS IN WEST CHINA IN 2001

Bao Yuanyuan Abulimiti Li Feng Wang Xiuwen

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The space-time distribution features of autumn rains in West China in 2001, the related large-scale atmospheric circulation, and the main features of the weather systems are analyzed to study the physical mechanisms of autumn rains. The results show that there were more rainy days than normal in 2001, and the strong raining processes were concentrated around Sichuan Basin in September. The circulation analyses show that there was a quasi-stationary trough near the Oz. Balchas, from which short waves were split one by one, moved southeastward, passed Tibet Plateau and reached the area near Sichuan Basin. Here the cold airs taken by the short waves were combined constantly with the warm and humid southeast air in the southeast side of the strong subtropical high and with the wet-warm southwest air from the Bay of Bengal. The physical analyses show that there was a strong energy frontal zone between the high energy center in Tibet Plateau and the low energy center to the east of Sichuan Basin. So the short waves were developed strongly in the Basin. The intensity of the energy frontal zone was strengthened because the cold air from the east area entered so that the instability energy burst out, which triggered the rainstorm in Sichuan Basin.

Key words: Autumn rain Circulation feature Physical mechanism Energy frontal zone