

# 祁连山区 2006 年夏季降水过程的天气分析

陈 乾, 张久林, 陈添宇

(甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020)

**摘 要:**以 500 hPa 盛行气流为主, 将 2006 年 7 月 17 日 ~ 8 月 24 日祁连山区的 31 次降水过程作天气分型。取 30 ~ 45°N 范围 500 hPa, 110°E 的格点平均位势高度减 90°E 平均位势高度的值为分类标准。分成 3 个主型: 西南气流型、西北气流型和平直西风气流型。西南气流型又分移动型和阻塞型 2 个副型。西北气流型分西北气流冷平流型和冷涡 2 个副型。用试验区中尺度自动站网的降水资料, 分析产生降水过程各天气类型的环流特征及其降水强度。发现 2006 年夏季祁连山南坡的总降水量比北坡同高度约多 44%, 而气候平均状况和 2007 年则北坡大于南坡。2006 年祁连山区 500 hPa 盛行西南风, 而 2007 年盛行西北风。

**关键词:**祁连山区; 2006 年夏季降水; 大尺度天气类型

**中图分类号:** P458.1<sup>+</sup>21

**文献标识码:** A

## 引 言

用卫星反演的逐月云参量, 陈乾等估算西北区的人工增雨潜力<sup>[1]</sup>, 结果表明, 在 4 片特定地区中, 年平均人工催化增加降水的潜力, 不论低层云和高层云都是祁连山区最大。为此, 国家自然科学基金重点项目“西北地形云结构及降水机理研究”的试验区, 选在甘肃省民乐县和青海省祁连县, 并包括甘肃省肃南县东南部和山丹县西部, 于 2006 ~ 2007 年实施野外观测。为分析地形云降水, 需要对该地区夏季降水过程的大尺度天气类型有所了解。本文用较客观的方法对降水过程进行天气分类, 并对各类环流特征进行分析。作为地形云降水机理研究的天气学基础, 由于降水受大、中、小不同尺度天气系统和云微物理过程相互作用的影响, 极为复杂。本文仅对 2006 年 7 ~ 8 月试验期地形云降水的大尺度天气系统进行分析。本试验区降水受山岳地形环流的强烈影响, 具有典型的山地天气特征。R. G Barry 出于对地形云人工降雨的兴趣, 编著的《山地天气和气候》<sup>[2]</sup>阐述了世界上山地气象研究的进展和山地天气气候的一些基本特征, 可作为我们研究祁连山地形对环流系统影响云和降水的参考。林之光在《地

形降水气候学》<sup>[3]</sup>分析了中国 3 539 m 以下有气象站观测的降水随海拔高度的变化, 他认为有一个最大降水高度, 海拔低于 2 600 m 的山脉降水随高度增至山顶达最大。海拔较高的山脉在山腰存在一个最大降水带, 其高度取决于气候干湿度。冰川界则认为在同一座高山存在第二最大降水带, 1977 ~ 1978 年对天山西段的托木尔峰 2 次科考的降水资料和在 4 000 m 以上冰川打洞推断的年降水量可能超过 1 000 mm<sup>[4]</sup>。1985 年前汤懋苍曾研究祁连山区环流、气压系统和降水的气候特征<sup>[5-8]</sup>, 得出祁连山区天气有明显日变化, 存在系统性山谷风环流、准定常的中尺度气压系统和年降水量随高度有极大和极小, 呈 S 型分布等结论。但由于山区站点少, 上述分析的结果难以完全反映客观情况, 此外未涉及利用先进的遥感技术进行观测的研究结果。近期我们分析了祁连山及其临近地区 293 个气象、水文、雨量 and 冰川站自建站至 2000 年的资料, 并根据冰川年纯累积量及累积面积<sup>[9]</sup>推算出冰川累积区域年平均降水量, 得出祁连山区 34 个流域年月降水随高度变化的廓线, 发现有 5 种类型, 据此绘制出祁连山区年和 1, 4, 7, 10 月和多年平均降水量分布图<sup>[10]</sup>, 较真实地反映了祁连山区降水空间分布的气候特征。

收稿日期: 2008 - 08 - 20; 改回日期: 2008 - 10 - 30

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“西北地形云结构及降水机理研究”(40533015)资助

作者简介: 陈乾 (1934 - ), 男, 上海市人, 研究员, 从事强对流天气和卫星遥感应用研究。E-mail: qianchen\_2006@yahoo.com.cn, chenqian-lz@126.com

## 1 试验区自然地理和气候概况

取  $99.50 \sim 101.25^{\circ}E$ ,  $38.15 \sim 39^{\circ}N$  范围内的气象、水文(雨量)站,山丹军马场 2 个气象站以及本课题新设的 3 个自动气象站的降水资料(2006 年海潮坝和白杨沟尚未建站),共有 17 站,其中有气压、温度、湿度和风观测的测站有 9 站。本试验区位于河西走廊中段,南枕祁连山北靠龙首山,东有大黄山,呈向西北开口的袋状地形。南部的祁连山主峰老龙岭海拔 5 027 m;北部为河西走廊,海拔 1 500 ~

2 000 m,是戈壁沙漠;中部海拔 2 000 ~ 2 800 m,多系绿洲农田间有零星草地,地势平坦。祁连山北坡海拔 2 500 ~ 3 300 m 为森林草地,3 300 ~ 3 600 m 由亚高山灌丛草地组成,以上至雪线则为冻土带<sup>[11-12]</sup>。北坡自东向西主要有马营、洪水、海潮坝、大都麻、梨园河等河沟 10 多条,除黑河干流外均系短小的间歇性河流,它们发源于祁连山北坡,向北流入戈壁滩消失。南坡属黑河上游水系,分为东西 2 支在祁连县汇合后横穿祁连山脉,自莺落峡出山流经张掖市。测站分布和地形见图 1。

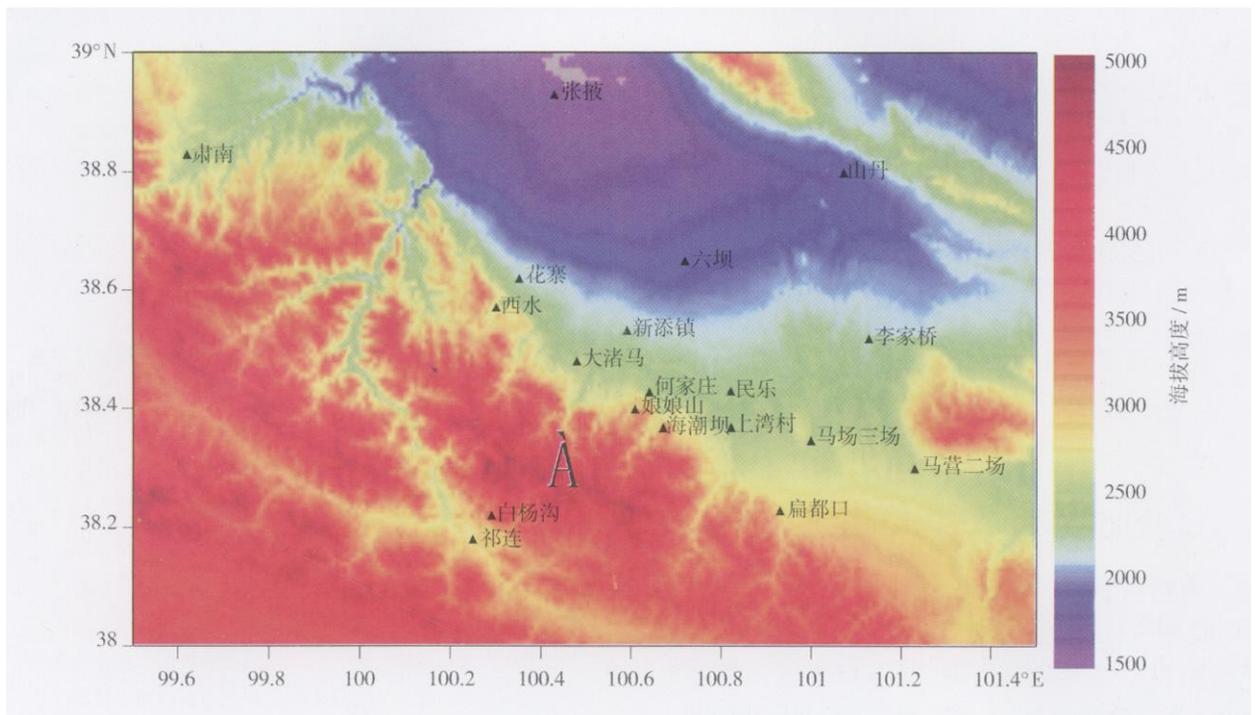


图 1 试验区地形和测站位置

Fig 1 The topography and location of observational stations in the experimental region

## 2 试验期降水过程、雨量与地形的相关分析

野外观测自 2006 年 7 月 17 日开始至 8 月 24 日结束。由于祁连山区降水日变化呈双峰型<sup>[13]</sup>,峰值在清晨和傍晚,为使雨峰不被人为分割,取 00 时为日界。选取试验区内 9 个有代表性的测站日降水量,按日降水量对降水过程划分等级,本试验期 39 d 共出现 32 个雨日占 82%。代表站中不足半数有雨为局地降水,有 16 次,均为小雨。超过半数有雨为区域性降水,共出现 16 次占总雨日的 50%。

当区域性降水测站半数以上日降水量  $R < 10$  mm 为小雨,有 10 次;个别站  $R > 10$  mm 为小到中雨

出现 4 次;降水测站半数以上日降水量  $10 \text{ mm} < R < 25 \text{ mm}$  为中雨,本试验期未出现;中到大雨出现 2 次,8 月 11 日有 3 站日降水量  $R > 25 \text{ mm}$ ,其中位于祁连山北麓的何家庄和山顶的娘娘山最大,均达 31.4 mm。可见山区雨日多,但大多数为小雨和局地小雨,两者占总雨日的 81%。

试验期各站总雨量与测站海拔高度及坡向有关,祁连山老龙岭北坡总雨量随海拔高度变化的廓线表明:3 500 m 以下雨量随高度递增,北坡平均递增率为 2.9,小于 2007 年的 6.0 (单位: mm/100 m)。由图 2 可看出北坡递增率随高度减小,1 400 ~ 2 600 m 雨量随高度增加明显,2 600 ~ 3 500 m 雨量随高度增加明显减缓,二次曲线拟合较好,与文献 [12]

的结论一致。在海拔 2 788 m 南坡的祁连县总降水量为 134 mm,比北坡同高度处约多 44%。2007 年和气候平均状况则相反<sup>[10]</sup>,北坡降水量大于南坡。此乃盛行气流不同,2006 年祁连山区 500 hPa 盛行西南风,而 2007 年则盛行西北风。

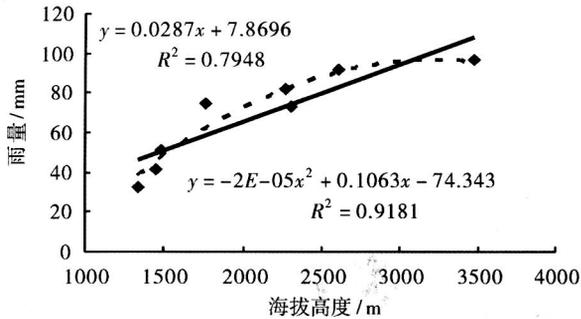


图 2 祁连山老龙岭北坡 2006 年试验期总雨量随海拔高度变化的廓线 (实线为线性回归,虚线是二次曲线)

Fig 2 The profiles of total precipitation versus altitude during the experimental period in 2006 in north slope of Laocongling of Qilian mountains (solid line is linear regression, dashed line is second curve)

### 3 试验期的降水过程分型

#### 3.1 分型标准

取 90 ~ 110 E, 30 ~ 45 N 范围,500 hPa 盛行气流为主,将 2006 年 7 ~ 8 月的 31 次降水过程作天气分型。为使分型客观,取上述范围 500 hPa, 30 ~ 45 ° N, 110 E 的格点平均位势高度  $H_1$  减 90 E 平均位势高度  $H_2$  的值为分类标准。当  $H_1 - H_2 > 20$  gpm 为西南气流型,本型按长波移速又分西南气流移动型和西南气流阻塞型 2 个副型。 $H_1 - H_2 < -20$  gpm 为西北气流型,按环流特征分为西北气流冷平流型和河套冷涡 2 个副型。 $-20 < H_1 - H_2 < 20$  gpm 为平直西风气流型,总计 3 个主型 5 个副型。

#### 3.2 天气类型与降水过程的统计

试验期间西太平洋副热带高压异常,强大且稳定控制着华中和华西,青藏高原中部位于副热带高压西侧,盛行偏南气流,500 hPa 西南气流常深入祁连山区。与 2007 年不同,祁连山南坡雨量大于北坡。2006 年平直西风气流型最多,共出现 20 d 占 62.5%。其次是西南气流型出现 7 d,均为移动型占 21.9%,阻塞型虽曾出现但试验区无降水。西北气流型仅出现 5 d,是 3 大类中最少的占 15.6%。全

区性强降水过程多出现于西南气流移动型;平直西风气流型视低槽强弱,高原上有无低值系统或西南气流配合降水量有差异,当槽前高原上西南气流强,山区局地可达中雨,否则为小雨或局地小雨;西北气流型均为局地小雨(表 1)。

表 1 2006 年试验期的降水过程和天气图类型

Tab 1 The precipitation process and weather map types during experimental period in 2006

日期	降水	天气类型	大形势特征
7. 17	小雨	平直西风气流	巴尔喀什湖长波槽前小槽东移高原西南气流配合
7. 18	局地小雨	平直西风气流	巴尔喀什湖长波槽前小槽东移高原西南气流配合
7. 19	小雨	平直西风气流	高原西南气流发展进入祁连山区
7. 20	小—中雨	平直西风气流	高原小槽前西南气流发展
7. 21	中—大雨	西南气流移动型	新疆长波槽东移
7. 22	小雨	平直西风气流	新疆长波槽东移
7. 23	局地小雨	西北气流	长波槽后西北气流冷平流
7. 24	局地小雨	西北气流	长波槽后西北气流冷平流
7. 25	局地小雨	西北气流	长波槽后西北气流冷平流
7. 26	局地小雨	平直西风气流	平直气流小槽东移
7. 27	小雨	平直西风气流	平直气流短波槽东移
7. 28	局地小雨	平直西风气流	平直气流短波槽东移
7. 29	局地小雨	平直西风气流	平直气流短波槽东移
7. 30	小雨	平直西风气流	平直气流短波槽东移
7. 31	局地小雨	西北气流	长波槽后西北气流冷平流
8. 3	局地小雨	西北气流冷涡型	华北冷涡后部小横槽
8. 4	局地小雨	平直西风气流	新疆小槽东移
8. 6	小雨	平直西风气流	新疆短波槽东移
8. 7	小雨	平直西风气流	新疆短波槽东移
8. 8	小雨	平直西风气流	高原西南气流
8. 9	局地小雨	平直西风气流	高原西南气流
8. 10	小—中雨	西南气流移动型	新疆长波槽前分裂小槽东移
8. 11	中—大雨	西南气流移动型	新疆长波槽东移到河西,高原西南气流配合
8. 12	小雨	西南气流移动型	长波槽东移至蒙古国中部
8. 13	局地小雨	西南气流移动型	高原小槽东移
8. 16	小—中雨	西南气流移动型	高原西南气流发展至河西
8. 17	局地小雨	平直西风气流	河西及高原小槽东移
8. 18	小雨	西南气流移动型	新疆长波槽前分裂小槽东移
8. 19	小—中雨	平直西风气流	新疆长波槽东移,高原西南气流配合
8. 20	局地小雨	平直西风气流	槽后冷平流
8. 22	局地小雨	平直西风气流	槽后冷平流
8. 24	局地小雨	平直西风气流	新疆短波槽东移

### 3.3 各类型的主要特征

祁连山区降水过程与西风带、副热带和青藏高原的环流系统有关。西风带系统是指较稳定的长波或阻塞系统,如中亚低压、蒙古、河套冷涡等。副热带系统主要是西伸控制中国东部的西太平洋副热带高压,它的位置决定了低空水汽输送通道。青藏高原的低涡、切变线与祁连山区降水强度密切相关,它决定了高空水汽输送和冷暖空气交汇的位置。而西风带和副热带环流系统相互作用常以副热带急流长波扰动发展的形式表现<sup>[14]</sup>。Elisssen由原始方程出发,引入横穿锋区的流函数,导出  $y-p$  剖面内的流函数方程,其右端有 4 个环流强迫项。在绝热非粘性条件下只存在地转变形  $Q_y$  一项,高空锋区垂直环流诊断方程可写成<sup>[15]</sup>:

$$Q_y = -2J_y p(U, V) = -2\left(\frac{\partial u}{\partial y} \times \frac{\partial v}{\partial p} - \frac{\partial u}{\partial p} \times \frac{\partial v}{\partial y}\right)$$

上式可判别急流下方非地转横向二级环流的方向和位置,当  $Q_y$  正值时为直接环流(暖空气上升,冷空气下沉),负值时为间接环流(暖空气下沉,冷空气上升)。由于副热带急流锋区在对流层上部,Uccellini指出其上升区如与低层锋区急流的直接环流上升支耦合,将在地面冷锋前触发深厚的中尺度对流系统<sup>[16]</sup>。本分类基本考虑了这些环流系统的位置,以下分述各类型大尺度环流和云型的主要特征,陈乾等对各类选取典型个例作了较深入的天气学诊断分析<sup>[17]</sup>。

#### 3.3.1 西南气流移动型

长波槽在中亚至新疆,西太平洋副热带高压控制中国东部,青藏高原东部自地面到对流层上部为深厚的偏南风。巴尔喀什湖低槽经新疆东移,槽后偏北气流引导冷空气与北上的高原西南暖湿气流在祁连山区相遇,形成辐合,500 hPa 强上升速度虽在贝加尔湖西侧(图 3 左),但 200 hPa 强风速中心东移较快,11 日 20 时它已处于高空急流入口区二级直接环流的下沉支,而祁连山区的次上升速度中心对应二级环流的上升支(图 3 右),形成耦合系统<sup>[15]</sup>,产生深厚的上升气流。自高原南部北上的偏南风和西风带的 2 支水汽输送带在祁连山区汇合,700 hPa 至 500 hPa 均有水汽通量辐合中心(图 4), $K_i$  指数图祁连山区中东部至西北区东部均为不稳定区。故强降雨集中在 11 日 16~23 时,1 h 最大雨量 11.2 mm,出现在 19~20 时娘娘山顶,显然是地

形云降水。本次大雨中心在祁连山北坡海拔 2 608~3 486 m 的民乐县何家庄和娘娘山,均为 31.4 mm/24 h。甘肃河西地区冷锋云带内出现中尺度对流云团,有些个例高原 MCC 云团可移入祁连山区,形成层状云和对流云的混合性云,使降水效率增大,故大雨产生在冷锋云带内的对流云团中。对流云团的发展是水汽输送、特定的天气系统和有利的局地环境条件(如对流不稳定加地形等)多因子综合作用的结果。

#### 3.3.2 平直西风气流型

本型中亚至东亚副热带高空西风急流平直,降水天气系统有西风槽和高原西南气流,当两者配合得好时,山区可降中雨,一般为小雨。新疆长波槽东移,200 hPa 急流入口的二级直接环流上升区位于新疆东部如图 5(左),它处于 500 hPa 河西低槽冷锋上升气流的西侧如图 5(右),祁连山区高低空上升气流未耦合。平直气流型西风波东移速度快,高空急流产生的二级环流和低层辐合辐散有时会相反,有些个例仅出现局地小雨。

700 hPa 偏南风的水汽输送带 19 日 20 时才出现于青海东部,在祁连山区形成水汽通量辐合中心。500 hPa 西南风水汽输送带的通量辐合中心 08 时由青海西部快速移到河套北部(图 6),高原上西南气流弱,仅产生区域性小雨,局地达中雨。

降雨集中在 19 日 12~22 时,降雨中心在肃南为 13.7 mm/24 h,1 h 最大降水量 4.8 mm,出现于 14~15 时。 $K_i$  指数图的不稳定区主要在华西至华北,仅有一个舌伸向祁连山区。

#### 3.3.3 西北气流冷平流型

500 hPa 长波脊在 90 °E,长波槽在 115 °E 附近,对流层中上部为西北气流,祁连山区位于副热带西风急流出口区东南侧二级间接环流的下沉区内如图 7(右),500 hPa 祁连山区垂直速度接近零如图 7(左)。

本型高原上无南方水汽输送带在祁连山区形成水汽通量辐合中心。近地面直到对流层上部均为冷平流且随高度增强,至 300 hPa 附近冷平流达最强,从而导致不稳定层结的形成和维持。 $K_i$  指数图的不稳定区在祁连山区东南部如图 8,傍晚山区降小阵雨或伴有小雹<sup>[13]</sup>,本例仅娘娘山 19~20 时降阵雨 0.8 mm。此类过程云图午后积云呈西北—东南走向,沿山脊排列成多条积云带,一般在祁连山区东南部出现有组织的中尺度对流云团。

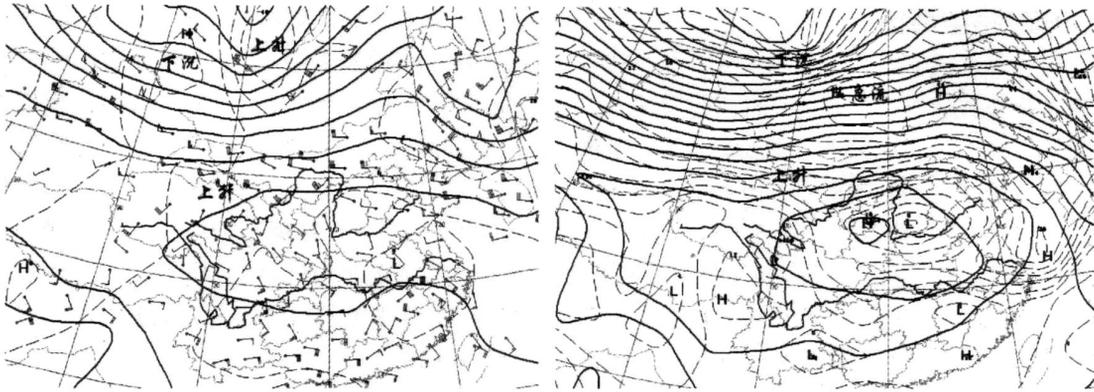


图3 2006年8月11日西南气流移动型500 hPa高度(实线)  
和垂直速度场(虚线)(左),200 hPa高度(实线)和风速场(虚线)(右)

Fig. 3 The geopotential height (solid lines) and vertical velocity  $\omega$  (dashed lines) at the level of 500 hPa (left), the geopotential height (solid lines) and wind velocity (dashed lines) at the level of 200 hPa (right) of southwest air current type on August 11 in 2006

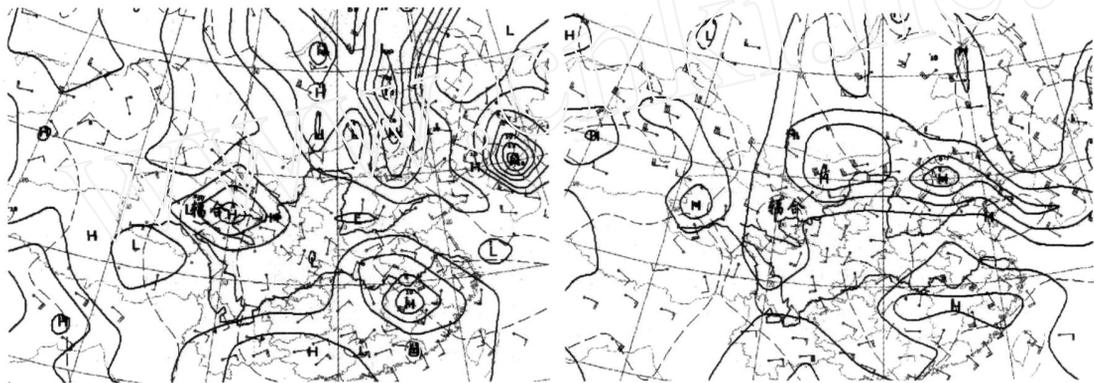


图4 2006年8月11日20时西南气流移动型700 hPa(左)  
和500 hPa(右)水汽通量(实线)及其散度场(虚线)

Fig. 4 The moisture flux (solid lines) and moisture flux divergence field (dashed lines) at the level of 700 hPa (left) and 500 hPa (right) of southwest air current type at 20:00 on August 11 in 2006

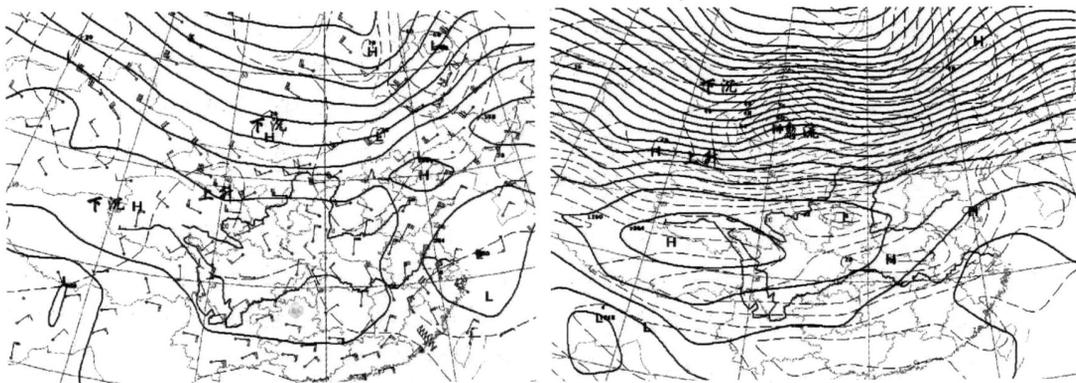


图5 2006年8月19日20时平直西风气流型500 hPa高度(实线)  
和垂直速度场(虚线)(左),200 hPa高度(实线)和风速场(虚线)(右)

Fig. 5 The geopotential height (solid lines) and vertical velocity  $\omega$  (dashed lines) at the level of 500 hPa (left), the geopotential height (solid lines) and wind velocity (dashed lines) at the level of 200 hPa (right) of flat west air current type at 20:00 on August 19 in 2006

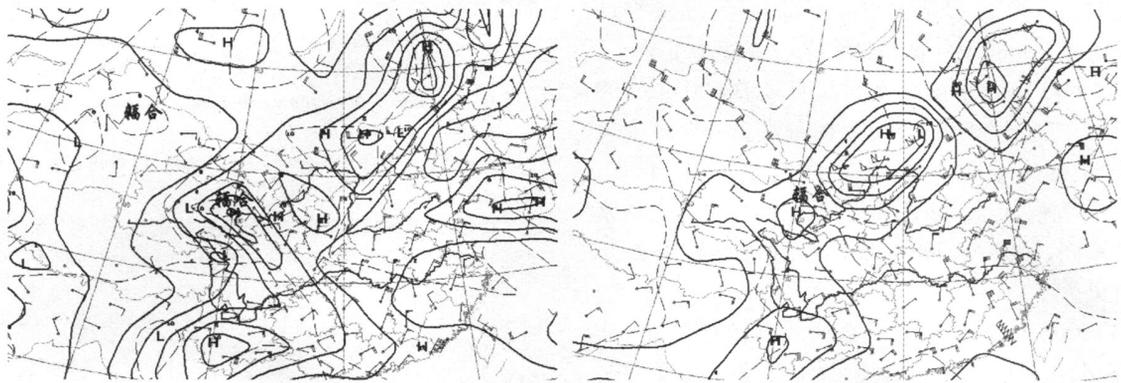


图 6 2006 年 8 月 19 日 20 时平直西风气流型 700 hPa(左) 和 500 hPa(右)水汽通量(实线)及其散度场(虚线)

Fig. 6 The moisture flux (solid lines) and moisture flux divergence field (dashed lines) at the level of 700 hPa (left) and 500 hPa (right) of flat west air current type at 20:00 on August 19 in 2006

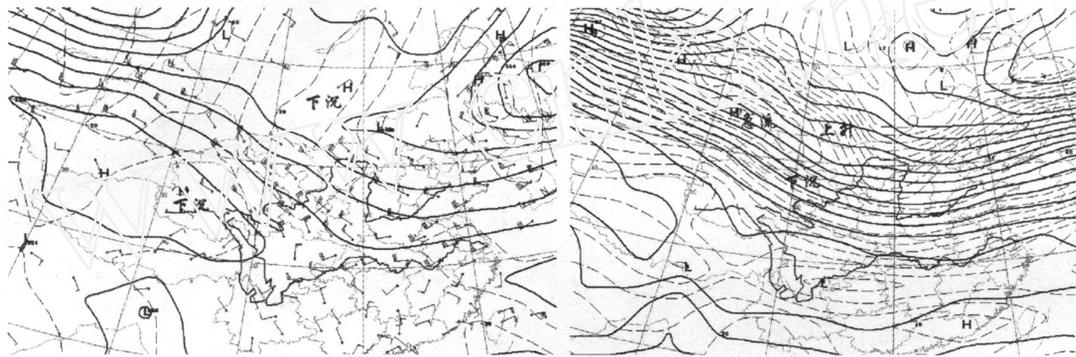


图 7 2006 年 7 月 24 日 08 时西北气流冷平流型 500 hPa 高度(实线) 和垂直速度场(虚线)(左), 200 hPa 高度(实线)和风速场(虚线)(右)

Fig. 7 The geopotential height (solid lines) and vertical velocity  $\omega$  (dashed lines) at the level of 500 hPa (left), the geopotential height (solid lines) and wind velocity (dashed lines) at the level of 200 hPa (right) of northwest air current type at 08:00 on July 24 in 2006

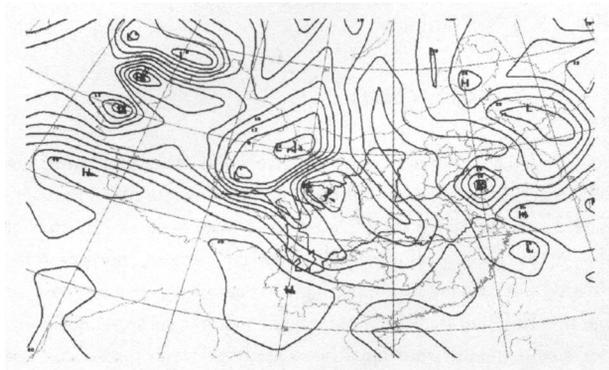


图 8 2006 年 7 月 24 日 20 时西北气流冷平流型 K 图

Fig 8 The K index field of northwest air current type at 20: 00 on July 24 in 2006

#### 4 小 结

(1)本试验期 39 d 共出现 32 个雨日占 82%。其中局地降水 16 次,均为小雨,区域性降水 16 次,各占总雨日的 50%。日降水量  $R < 10$  mm 为小雨有 10 次;个别站  $R > 10$  mm 为小到中雨出现 4 次;降水测站半数以上日降水量  $10 \text{ mm} < R < 25 \text{ mm}$  为中雨,本试验期未出现;中到大雨出现 2 次,8 月 11 日有 3 站日降水量  $R > 25 \text{ mm}$ ,其中位于祁连山北麓的何家庄和山顶的娘娘山最大均达 31.4 mm。可见山区雨日多,但大多数为小雨和局地小雨,两者占总雨日的 81%。

(2)试验期各站总雨量与测站海拔高度及坡向有关,祁连山老龙岭北坡总雨量随海拔高度变化的

廓线表明, 3 500 m 以下雨量随高度递增, 北坡平均递增率为 2.9 mm/100 m。北坡递增率随高度减小, 1 400 ~ 2 600 m 雨量随高度增加明显, 2 600 ~ 3 500 m 雨量随高度增加明显减缓。在海拔 2 788 m 南坡的祁连县总降水量比北坡同高度处约多 44%。2007 年和气候状况则相反, 北坡大于南坡。此乃盛行气流不同, 2007 年 500 hPa 盛行西北风而 2006 年为西南风。

(3) 2006 年试验期间平直西风气流型最多, 共出现 20 d, 占 62.5%。其次是西南气流型出现 7 d, 均为移动型占 21.9%, 阻塞型虽曾出现但试验区无降水。西北气流型出现 5 d, 是 3 大类中最少的, 仅占 15.6%。全区性强降水过程多出现于西南气流移动型; 平直西风气流型视低槽强弱, 高原上有无西南气流配合降水量有差异, 当槽前高原上西南气流强, 山区局地可达中雨, 否则为小雨或局地小雨; 西北气流型均为局地小雨。

(4) 祁连山区降水过程与西风带、副热带和青藏高原的环流系统有关。西风带系统是指较稳定的长波或阻塞系统, 如中亚低压, 河套、华北冷涡等。副热带系统主要是西伸控制中国东部的西太平洋副热带高压, 它决定了水汽输送通道和水汽通量辐合区及冷暖空气交绥的位置。而西风带和副热带环流系统相互作用常以副热带急流长波扰动发展的形式表现, 与高空急流强风速中心相联系的非地转横向二级环流的上升支如与低层系统的上升气流耦合, 可产生深厚的上升气流和强降水。

#### 参考文献:

- [1] 陈乾, 陈添宇, 张鸿. 用 Aqua/CERES 反演的云参量估算西北地区降水效率和人工增雨潜力 [J]. 干旱气象, 2006, 24(4): 1 - 8.
- [2] Roger G Barry. Mountain weather and climate [M]. Methuen & Co London and New York, 1981. 1 - 198.
- [3] 林之光. 地形降水气候学 [M]. 北京: 科学出版社, 1995. 1 - 105.
- [4] 施鲁怀. 托木尔峰地区降水的某些特征 [J]. 新疆气象, 1980, 2.
- [5] 汤懋苍, 许曼春. 祁连山区的风系 [A]. 山地气候文集 [C]. 北京: 气象出版社, 1984. 102 - 105.
- [6] 汤懋苍. 祁连山区天气的日变化 [J]. 地理学报, 1963, 29(3): 197 - 206.
- [7] 汤懋苍. 祁连山区的气压系统 [J]. 气象学报, 1963, 33(2): 175 - 188.
- [8] 汤懋苍. 祁连山区降水的地理分布特征 [J]. 地理学报, 1985, 40(4): 323 - 325.
- [9] 施雅风, 黄茂桓, 任炳辉. 中国冰川概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1988. 77 - 81.
- [10] 李国昌, 陈乾, 陈添宇, 等. 祁连山区地形降水的气候特征 [J]. 地球科学进展, 2005, 20(特刊): 167 - 176.
- [11] 王金叶, 常学向. 祁连山(北坡)水热状况与垂直分布 [J]. 西北林学院学报, 2001, 16(增刊): 1 - 3.
- [12] 陈跃, 陈乾, 陈添宇. 祁连山地形云(民乐)试验区的自然地理与气候特征 [J]. 气象科技, 2008, 36(5): 575 - 580.
- [13] 陈添宇, 陈乾, 丁瑞津. 地基微波辐射仪监测的张掖大气水汽含量与雨强的关系 [J]. 干旱区地理, 2007, 30(4): 501 - 506.
- [14] 白肇烨, 徐国昌, 孙学筠, 等. 中国西北天气 [M]. 北京: 气象出版社, 1988. 210 - 224, 314 - 318.
- [15] Eliassen A. On the vertical circulation in frontal zones [J]. Geophys Publ(V. Bjerknes Memorial Vol.) 1962, 24: 147 - 160.
- [16] Uccellini L W, Johnson D R. The coupling of upper and lower tropospheric jet streaks and implications for the development of severe convective storms [J]. Mon Wea Rev, 1979, 107: 682 - 703.
- [17] 陈乾, 陈添宇, 肖宏斌. 祁连山区夏季各类降水过程的典型案例分析 [J]. 干旱气象, 2008, 26(3): 1 - 7.

## Synoptic Analysis of Precipitation Processes in Summer of 2006 over Qilian Mountains

CHEN Qian, ZHANG Jiulin, CHEN Tianyu

(Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Thirty - one cases of precipitation process in July to August of 2007 over Qilian mountains have been classified using the dominant air currents at the level of 500 hPa and cloud patterns of FY - 2D satellite images. The difference between the 500 hPa average geopotential height for grid point on 110°E (H1) and that on 90°E (H2) in the range of 30°N - 45°N was used as criterion of classification, and the precipitation processes have been classified as three main types, including southwest air current, northwest air current and flatwest air current type. Southwest air current type is also divided into moving and blocking two subtypes and northwest air current type into cold advection and Hetao cold vortex two subtypes. Using precipitation data from automated weather stations in the experimental region, the circulation characters and precipitation intensity for each synoptic type have been analyzed. It is found that the total precipitation of the south slope is more than that of the north slope about 44% in the same sea level elevation in summer 2006 over Qilian mountains, but for climatic state and the year of 2007, the total precipitation of the north slope was more than that of the south slope, and the dominant southwest wind in 2006 but northwest wind in 2007 at the level of 500 hPa over Qilian mountains.

**Key words:** Qilian mountains; precipitation in summer 2006; macro - scale synoptic type