

## 祁連山区的气压系統\*

湯懋蒼\*\*

(中国科学院兰州地球物理研究所)

### 提 要

通过祁連山及其邻近地区高度在 3000 米左右的三十多个地面观测站和附近十多个探空站气压的分析,发现在山区平均气压图上存在着五个中型气压系統:即疏勒河高压、山区东段高压、黑河低压、柴达木低压及(黄河)河曲低压。討論了它們的强度范围和位置的年变化;并由冬季山区各要素的分布状况,推测出存在于山区的平均垂直环圈与气压系統是相对应的;分析了两个中型系統影响雨量分布的实例。最后,討論了这些系統与溫度場的关系。

关于大地形(如西藏高原)对环流的影响問題,国内外都已有不少研究<sup>[1-4]</sup>,但对中型地形对气压系統的影响及地形本身所产生的气压系統問題,过去由于資料不足研究得还不够。近年来因为測站的大量增加,使我們已經能够进行中型尺度的分析。祁連山东西长约 1000 公里,地跨十个經距,5 个緯度,面积约为西藏高原的十分之一,是西藏高原的一部分,但与西藏高原主体有清楚的界綫,在地理上是可以将它单独分开的。它是目前我国所有山区中測站較多的一个,很多台站的拔海高度都是实测的,这使我們有可能来討論山区气压的水平分布。

### 一、資料及处理方法

祁連山的平均高度是 3000 多米,为了便于和 700 毫巴形势比較,我們將拔海在 2500—3500 米的測站上的平均气压,都訂正到 700 毫巴上。拔海在 2000—2500 米和 3500—4000 米之間的測站气压也加以訂正,作为参考記錄。这类測站总共有三十多个,絕大部分都有四年以上的記錄。測站的分布較密(差不多是 100 公里一站),我們认为对气压的中型分析來說代表性是可以的。

記錄的訂正方法如下:将有实测拔海高度的各站的年平均和各月平均气压分別点繪在气压对数—高度的相关图上,求出相关曲綫,这条曲綫基本上是成一直綫。由这些直綫,便可以分別算得各站与 700 毫巴之間,年和各月的平均气压随高度的遞減率。由此遞減率( $\gamma_p$ )和各站平均气压( $p_0$ )及拔海高度( $H_0$ ),便可以按下式訂正到 700 毫巴的高度,

$$H_{700} = H_0 + \gamma_p(p_0 - 700). \quad (1)$$

\* 本文 1961 年 11 月 1 日收到,1962 年 9 月 23 日收到修改稿。

\*\* 本文是編写“祁連山区气象学”的一部分,参加这一工作的还有曹世昌、张秀琴、楊步洲、許曼春、耿兆祥、李天祿、袁福茂、孙秀霞、苏定远、田仲善、何社、徐仲威、李承源、王宛文、孟庆之等同志。

有了各站訂正后的 700 毫巴高度以后,再参考着山区附近 10 个探空站的 700 毫巴平均高度记录,便可以繪出祁連山区年和各月的 700 毫巴平均形势图。

由上述訂正所产生的誤差,随测站高度与 700 毫巴之間的高度差的增加而增大,为了估計这种訂正誤差,我們曾用拔海在 2900—3200 米之間的 7 个测站施用上述方法后,再参考 10 个探空站的记录来繪制平均气压形势图,結果基本特征与由拔海在 2000—4000 米之間的测站记录繪制出来的是一样的。

## 二、山区的气压系統

用上述訂正方法,我們繪出了祁連山区年及各月平均 700 毫巴形势图(图 1—3),由图上可以看出,祁連山及其周围地区存在以下几个气压系統。

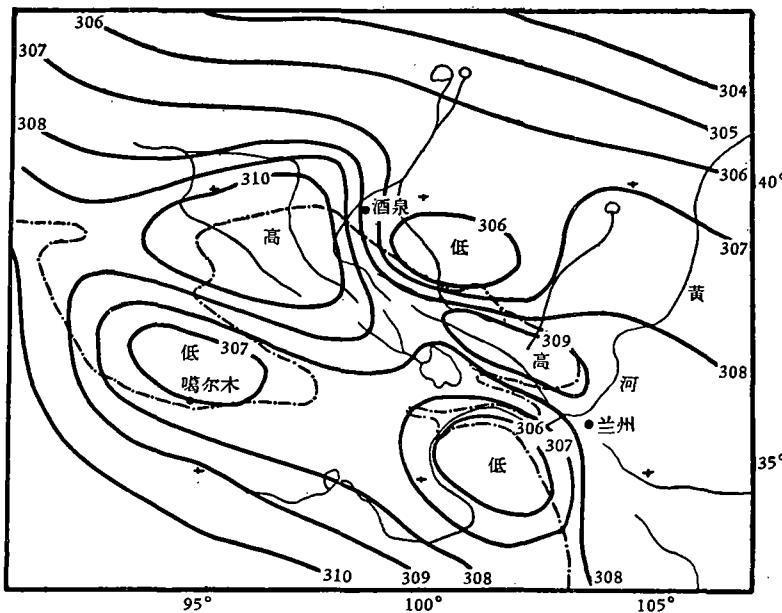


图 1 年平均 700 毫巴形势图

----- 300 米高度綫, ———— 700 毫巴高度綫

(1) 山区西段为一强大的高压,它的直径約 300 公里,占据了整个疏勒河流域,可称为疏勒河高压。它冬夏都存在,只是强度和位置有明显的年变化。

(2) 在东段山区内部也是一高压区。冬季它与西段高压相連,在兰州北面的庄浪河流域有一小的闭合中心,使整个山区内部都为—高压带所籠罩。軸綫走向与主要山脊平行。夏季与西段高压断开,成一孤立高压,与西段高压相比的話,它更是一个較弱的高压。

(3) 在河西走廊中段的黑河流域,为一明显的低压区。冬季該低压范围小,夏季范围大,具有热低压的特点。

(4) 在青海湖以东,湟水以南,直到积石山脉的黄河河曲地区为低压区。冬季范围大,强度強,中心也低。夏季范围較小。

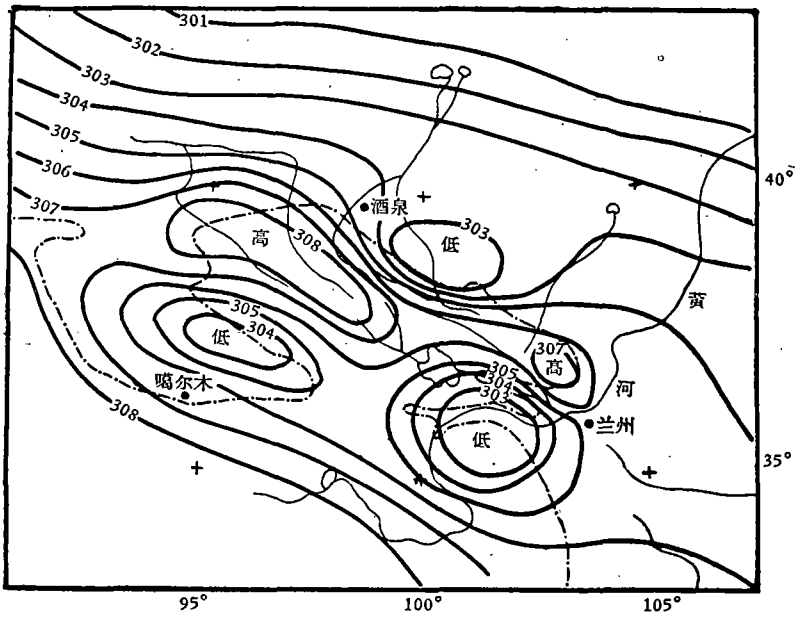


图 2 1月平均700毫巴形势图

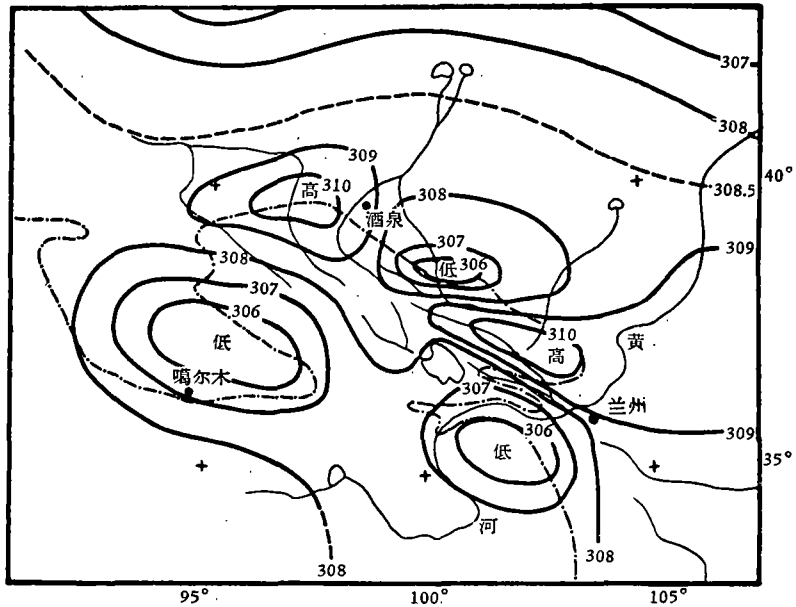


图 3 7月平均700毫巴形势图

(5) 在柴达木盆地冬夏也被一个低压所控制,不过冬季低压范围很小,夏季直径范围大。

根据山区内部海拔在3公里左右的、较有代表性的地面测站上的月平均风向记录,我们绘出了山区1,7两月的平均风向图,结果与气压形势图(图略)非常吻合。这证明了上述气压系统的真实存在。事实上由叶篤正等<sup>[5]</sup>所作的西藏高原1,3月3公里平均流场和

西藏高原上一些测站的风向资料,也可以看出这一点。如烏鞘岭、松山一带全年西北—北风盛行,兰州及湟水流域则东南风盛行,而武都郎木寺等3公里上的风向又是西风占优势,柴达木盆地的地面风向冬夏都呈一气旋性环圈(祁連山南侧风向为东北象限,昆仑山北麓则多为偏西风)等,都反映出上述气压系统确实存在。

作河西走廊地区的高空分析时,有些探空测站的记录有系统性偏差,有些文献已总结出这些测站的不同等压面上所应作的高度订正值。但是我们用来分析图1—3的记录,都未经过这种订正。大家知道产生系统性误差的最可能原因是测站海拔高度不准确。我们所用的测站大都位于铁路沿线或在柴达木盆地里都是经过实际测量的,因此测站高度数值不好随便怀疑。再说若是测站高度不准确的话,那么同一测站各等压面上所应订正的数值应该是基本上一样的。但有人总结出,从祁連山附近6个测站来看,基本上都是700毫巴所应订正的数值大,500毫巴上所需的订正值便很小了。我们认为这可能是由于在祁連山区500毫巴以下的对流层下层中,存在有中型气压系统的结果,不一定看成是记录误差。

### 三、气压系统对山区气候的影响

利用祁連山区附近一百多个雨量点的记录,我们绘出了山区年和逐月的雨量分布图。在年平均雨量图上(图略),以下几点现象是很有意思的。

(1)河西走廊南面第一排山上的北坡雨量分布,不是自东向西规律地递减,而是以黑河流域东端的民乐,大馬营等地雨量最多,往东到永昌的东大河、西营河等雨量反而有所减少。关于这一点由整个流域面积来看,在走廊南面第一排山北坡上的各小河的年径流深度更能看得清楚,表1所列的即为1957—1959年上述各河流的水文站所测到的年平均径流深度。属于疏勒河范围的白楊河以西各流年年径流深度均不足60毫米。从图1—3上看,这些河流整年都是处在疏勒河高压控制之下。洪水坝河全年都是在黑河低压的范围之中,年径流深度突增至将近200毫米。年径流深度最大的地方除了杂木河以外,就是在黑河低压中心附近的大渚馬河和洪水河上均达400毫米以上,往东到黄羊河、古浪河等径流深度又减至200毫米以下。由此可见,一般认为的祁連山区雨量从东向西递减的概念是不完全正确的。黑河流域西面嘉峪关以西的疏勒河流域,因为整年都在高压控制之

表1 祁連山北麓各内陆河的年径流深度表  
(单位:毫米)

水系	疏勒河	赤金河	白楊河	黑 河	黑 河	黑 河	黑 河
河 名	踏实河	赤金河	白楊河	洪水坝河	黑河	大渚馬河	洪水河
站 名	蘑菇台	赤金堡	天生桥	新地	紅湾峡	瓦房城	双树寺
径流深度	20.6	36.1	58.1	197.7	266.8 <sup>△</sup>	436.7 <sup>△</sup>	447.5*
水系	黄羊河	黄羊河	黄羊河	黄羊河	黄羊河	黄羊河	黄羊河
河 名	西大河	东大河	西营河	杂木河	黄羊河	古浪河	
站 名	插剑門	沙沟寺	四沟咀	杂木寺	水峡口	古浪	
径流深度	141.3	283.4	375.9	549.8	204.3*	75.4	

\* 只有两年资料; <sup>△</sup> 只有1959年一年记录。

下,流量之少可以想見。嘉峪关附近正是祁連山,也是整个青藏高原最向北突出之点,因为这个地形条件有利于在它西边形成高压,东边形成低压,于是嘉峪关成为众所周知的自然景观的分界綫是可以理解的。

(2) 高原东侧沿东径 104 度是全国等雨量綫的南北向梯度最大的地方,从松潘的 700 多毫米向北 3 个緯度到兰州便減至 300 毫米左右,再向北 2 个緯度便到了沙漠地带,年雨量只剩 100 毫米左右了。其中变化最明显的地点要算馬啣山附近,山南边的临洮年雨量将近 500 毫米,而北面的兰州与临洮相差不到一个緯度,雨量便減至 300 毫米。由此看来,馬啣山或兴隆山可作为一級气候区划的界綫。从中型系統来看,它是两种性質不同的气流交界綫,从祁連山东段高压向东南流去的冷空气可达馬啣山,而在馬啣山以南地区,則处在黄河河曲低压的东緣。河曲低压在夏半年常与高原东部的热低压合而为一,这个低压能将西南暖湿气流一直送到馬啣山附近。所以馬啣山是南北两股气流交汇的地方,自然便成了气候分界綫。

(3) 比較祁連山区南坡和青藏高原主体北坡(昆仑山到积石山脉一带)之間的年雨量,发现山区南坡雨量比高原北坡要多。我們认为这是河曲低压和柴达木低压将較潮湿的空气輸送到祁連山去,同时又引导着从西面来的干燥空气沿高原主体北緣东南下的結果。河曲低压輸送来的湿空气是繞高原东緣北上的,水分頗为充足,它是造成祁連山区东段多雨的基本原因之一。这股暖湿气流沿湟水而上,与从柴达木低压南面的西来气流相遇,經常在青海湖附近形成切交綫。于是使得位于青海湖东面的日月山便成了气候的分界綫。

在 1 月的雨量图上(图 4),山区内部雨量均在 2 毫米以下,为一少雨量区。而外围山腰为一圍繞着山区的多雨带,雨量均在 5 毫米以上。在 11—2 月的雨量图上(图略)这一特点是共同的。在 3 月雨量图上仍可看出外围有一多雨带。这反映出冬季山区内部的高

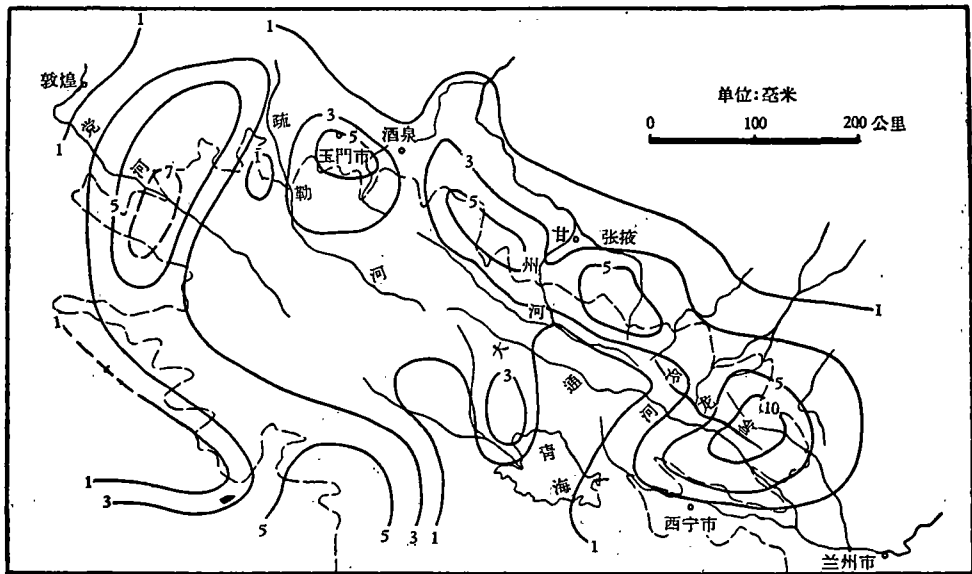


图 4 1 月平均雨量分布图  
----- 300 米等高綫

压里存在着下沉气流,而边缘地区有上升运动。

从 1 月总云量图上(图 5)清楚地看出,山区内部在高压所在位置有一条少云带,云量少于 3.5,而山外平地云量均在 4.5 以上。多云区也是呈带状环绕着山区,特别是山区西端边缘的党河流域和柴达木盆地里,云量是山区最多的地方,与夏季分布完全相反。1 月相对湿度的分布与此相仿(图略),山内相对湿度均较小,山外也有一相对湿度高带,围绕山区,此带的位置与多云带位置完全一致。显然,此种分布状况,应该是山区中型系统作用的结果。云量和相对湿度大的地方,应该出现平均的上升运动;反之,则应是平均下沉运动区。图 5 也说明了冬季山区内部是平均下沉气流区,山外为平均上升运动区,与平均气压系统的结构是相符的。

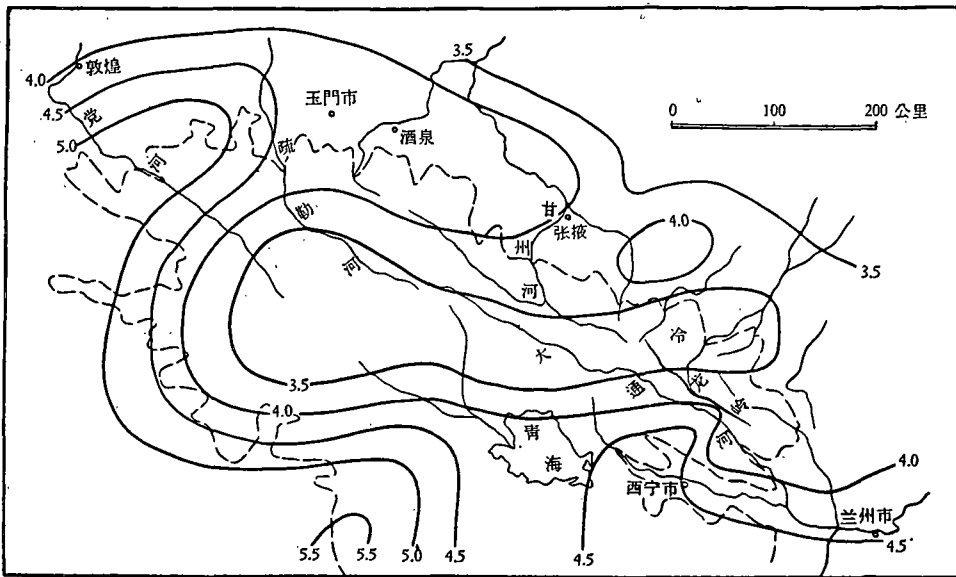


图 5 1 月平均总云量分布图

#### 四、山区中型系统的一些天气学特点

在每天的 700 毫巴天气图上,若每隔 20 位势米画一根等高线,则上述的几个气压系统都可以分析得出来。用 1958、1960 两年的天气图,我们曾对它们的出现频率进行过统计,发现各有其特点。柴达木低压在夏季几乎是天天存在,只在冷空气入侵后的第一天可能遭到破坏。冬半年则出现得少。有人称之为“兰州和西宁之间北面的小高压”,其实就是我们所说的东段高压。从平均情况来看,这个高压大部分在祁连山区东半段,因此称为东段高压似乎比较合适一些。它以冬半年出现得最多,在夏季出现闭合高压的机会较少。河曲低压也是冬半年多,夏季时它总是与高原东部的热低压合为一个,在河曲地区出现闭合低压的机会很少,每月只有 1—2 次。至于疏勒河高压,以前人们注意得较少,其实它是很明显的,因为天山和祁连山之间经常有地形槽存在,柴达木又是低压区,这样祁连山区西段就应该是一个高压区。从日常天气图上,也可以看到每次冷空气入侵后,疏勒河流域都有高压长久地维持着。至于黑河低压,据兰州气象台的分析,1960 年 8 月 08 时的 700

毫巴图上,黑河低压出現达 10 次之多,7 月份也有 6 次,它的出現机会也是不少的。

这些中型系統与大尺度流型也有关系。除了在較強的槽脊系統下之外,山区西边的两个系統(疏勒河高压和柴达木低压)总是可以出現的。东边的三个系統則不然,只有在行星环流較为平直时才会出現,若 500 毫巴上为西北风的話,这三个系統都不会出現。

下面我们举两个实例。

因为融冰化雪和冰川的考查,1959 年 6 月是祁連山各高山上气象记录最多的月份。6 月 24—26 日出現了一次全山区性的降水过程。在这几天的 500 毫巴图上(图略),山区上空环流都較为平直,只是有一个小槽过境,相应的地面冷空气是从柴达木和河西走廊同时向东入侵。在 25 日 08 时的 700 毫巴图上(图 6),冷空气已經到达山区东段了,祁連山内部为一明显的高压带,中心在疏勒河中游,三个低压也很清楚,柴达木低压变成了一冷

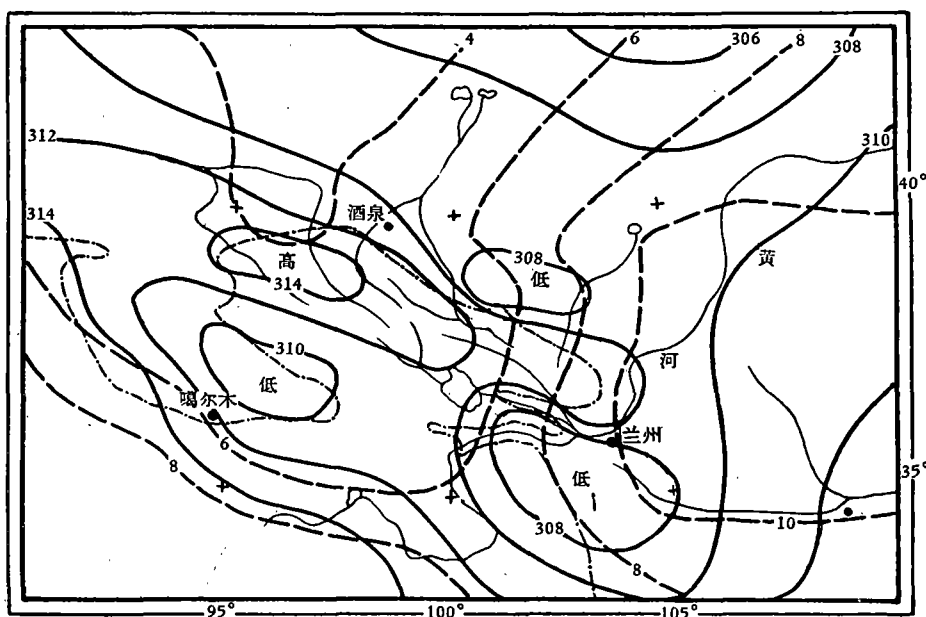


图 6 1959 年 6 月 25 日 08 时 700 毫巴图

----- 等温綫,余同图 1

性涡旋,黑河低压和河曲低压都具有鋒面气旋的性质。这时高空槽綫在张掖到察汗烏苏的一綫上,12 小时以后(图 7)随着行星波动的东移这两个低压也向东移动。不过減弱得很快,这时已只能根据高空风才可以勉强分析出閉合低压来。再过 12 小时以后(图略),这两个低压分別向东北方和东偏南方移动(见图 7),已經分析不出閉合低压来了。有意思的是这次降水过程的雨量分布(图 8),与黑河低压和河曲低压相应地有两块多雨区,一在走廊南山的洪水河流域,一在湟水流域,雨量均在 20 毫米以上,而且与低压移动路径几乎完全相合,也有两条雨量多于 5 毫米的多雨带向东移去。这两条多雨带之間的中間地带雨量非常少,很多地方均不足 1 毫米。值得注意的是这种系統引起的降水是山腰上最多,山頂上雨量反而少。图 9 是沿永昌东大河翻过冷龙岭到門源的雨量分布剖面。可見这次降水雨量最多是在北坡山腰(海拔 2700 米左右之处)达 40 毫米以上,山頂附近只有

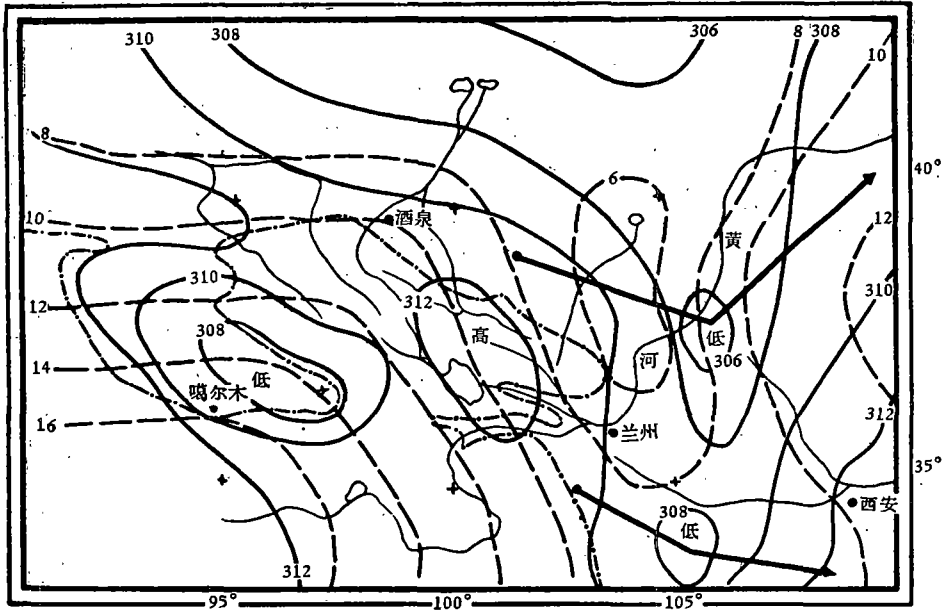


图7 1959年6月25日20时700毫巴图  
 → 低压路径, 余同图6

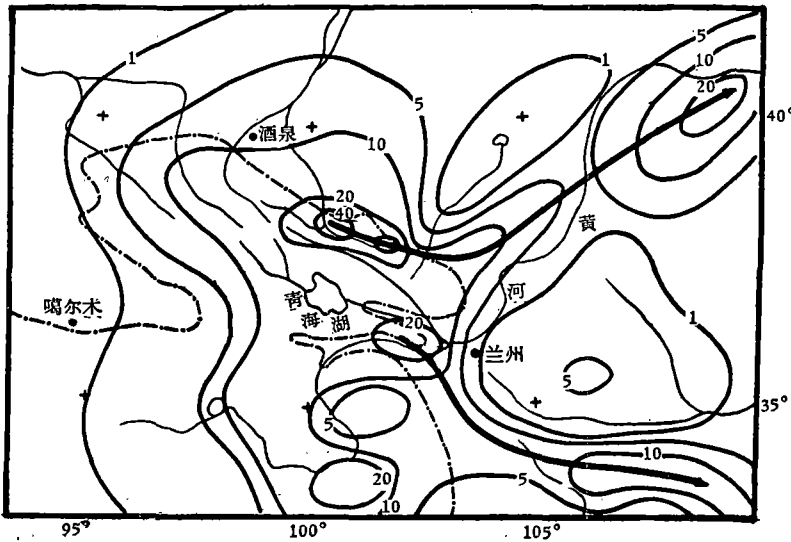


图8 1959年6月24—26日一次过程的雨量分布图

20多毫米, 这说明动力性抬升致雨是主要的过程。

1960年在山区附近又增加了几个探空测站, 更有利于中型分析。该年很多测站雨量都是9月最多。9月雨量又基本上是靠从该月24日到10月1日的一次连续降水。隴南不少地方创造了连续降水雨量的最高记录, 临洮、东乡等地均达100毫米以上。在9月24—29日08时的500毫巴平均图上(图10), 隴南和陕南都处在副热带高压的后部偏西南气流中, 有大量水分的供给。祁连山区上空则为平直西风多小波动, 显然是一持续性降



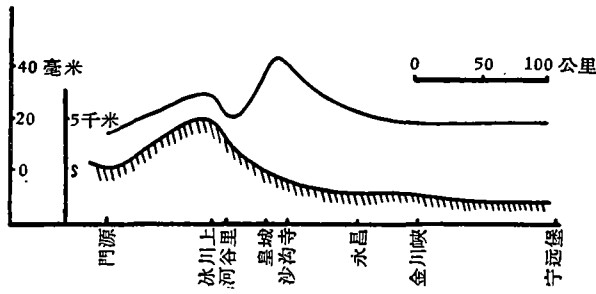


图 9 1959 年 6 月 24—25 日沿冷龙岭的垂直剖面上雨量分布图

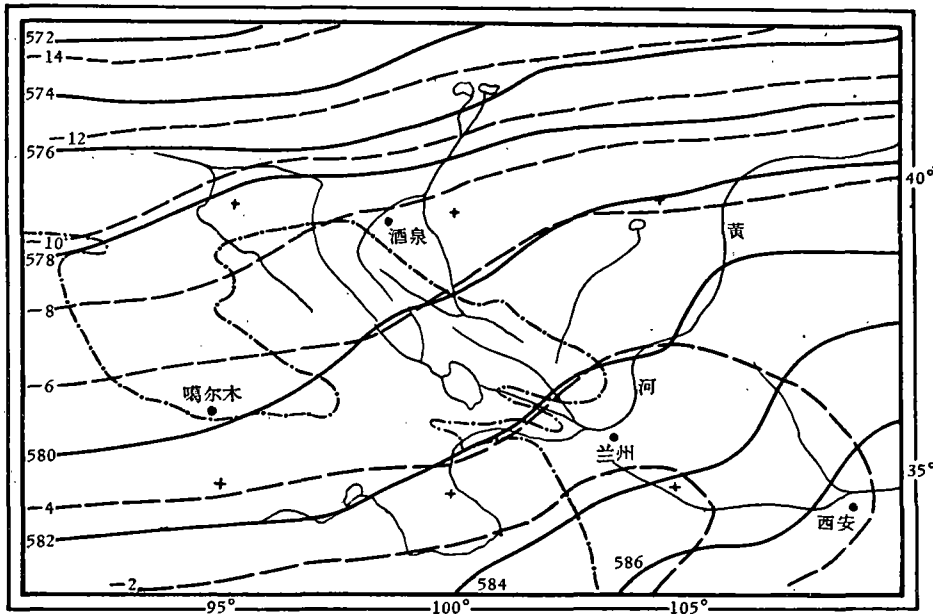


图 10 1960 年 9 月 24—29 日 08 时 500 毫巴平均图

水的天气型式。在同一期间 08 时的 700 毫巴平均图上(图 11)，副热带高压一直向北伸到了北纬 40°。40°N 以北地区仍为行星系统所控制。在祁连山区里，则明显地分裂为 5 个中型系统，三个低压比两个高压强得多，天山与祁连山之间的地形槽也很清楚。黑河低压以西的行星锋区，由于地形的阻挡作用而表现得很强，此低压以东的行星锋区则较弱，而且向北移了一些。河曲低压似乎是冷性低压。柴达木低压和黑河低压则具有锋面气旋的特征，此两低压西南边为极地冷空气，东北边为沿副热带高压北上的暖湿空气。在瞬时天气图上，可以看到随着高空一个个小波动的东移，山区东边的两个低压也一个个向东移去，并逐渐减弱，出了山区不远后便分析不出闭合低压来了。与上例的过程相似。在这种高空形势下，可以想象若没有这几个中型扰动存在的话，这几天的雨量分布将是较均匀的一大片。从 9 月 24 日到 10 月 1 日的雨量分布(如图 12)，可以看得很清楚，与两个低压路径相应地出现两条多雨带。一条从黑河流域开始向东偏北方向到陕北的神木、榆林等地，沿途雨量均超过 50 毫米，在低压源地的洪水河等地雨量超过 70 毫米，到神木等地后达 100 毫米以上；另一条自甘肃南部向东偏南到秦岭以南，在低压源地很多地方雨量超过

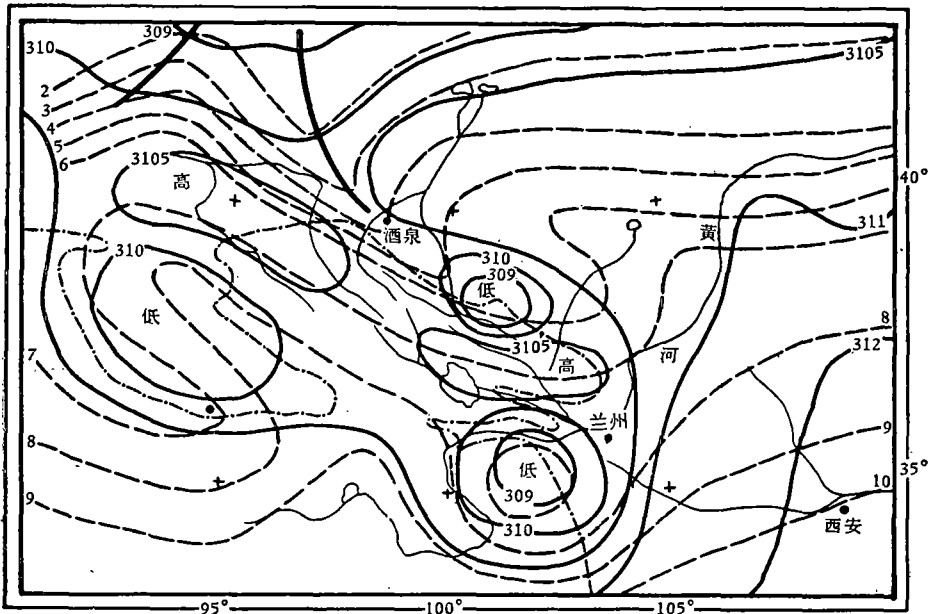


图 11 1960 年 9 月 24—29 日 08 时 700 毫巴平均图

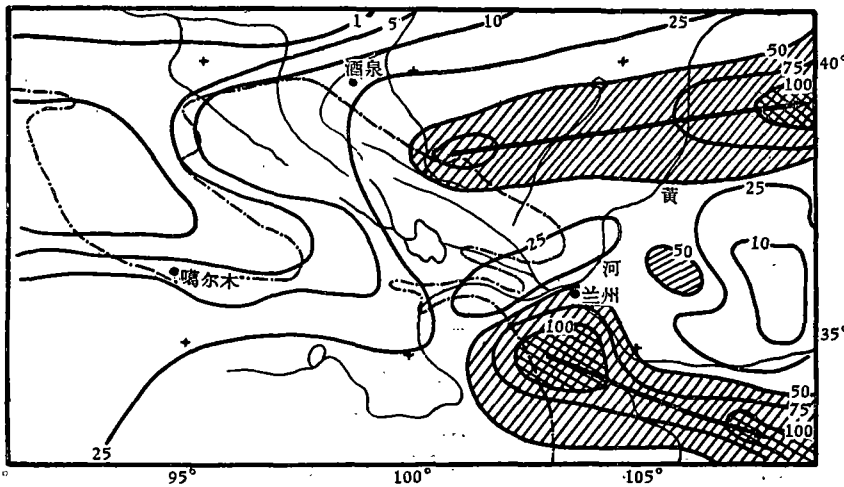


图 12 1960 年 9 月 24 日—10 月 1 日雨量分布图

100 毫米，沿途雨量都在 100 毫米左右。在两个多雨带之间，是东段高压所经之地，雨量一般都在 25 毫米以下。应该指出，这次降水过程对陕、甘、宁地区来说是有一定的气候代表性的。在不少年份特别是 8、9 月份的平均雨量分布图，都能看出自宁夏南部到陕北总有一条基本上是东西走向的多雨带，这一带以南直到秦岭北面都为一雨量相对少区。

根据图 11 和一些有代表性的地面站风的记录，我们作出了这几天 3 公里的平均流线图(图略)，结果与气压形势基本上相合。从四川北上的暖湿气流分为三支：一支北上到河套后折向西直到酒泉附近，与自新疆来的极地空气相遇。一支只北上到兰州附近便与沿东段高压南下的冷空气相遇。一支沿河曲低压北面到达青海湖附近与从新疆绕着柴达木

南面来的极地空气相会。在这三个地方，便成了两种性质不同的气流的交界处，在这些交界线的附近，雨量变化得最明显。如嘉峪关东面的酒泉，这几天总雨量为 15 毫米，过了嘉峪关，玉门的雨量便只有 1 毫米。临洮在馬啣山南边，雨量达 117 毫米，兰州为 77 毫米，再向北 50 公里左右的馬家坪，已不足 25 毫米。青海湖滨的江西沟等地雨量都超过 30 毫米，但西面的茶卡便只有 6 毫米。可见这三条分界线非常明显，并与上面所提到的祁連山区附近的几条气候分界线相合。

下面简单地讨论一下这类气压系统在温度场上的反应。

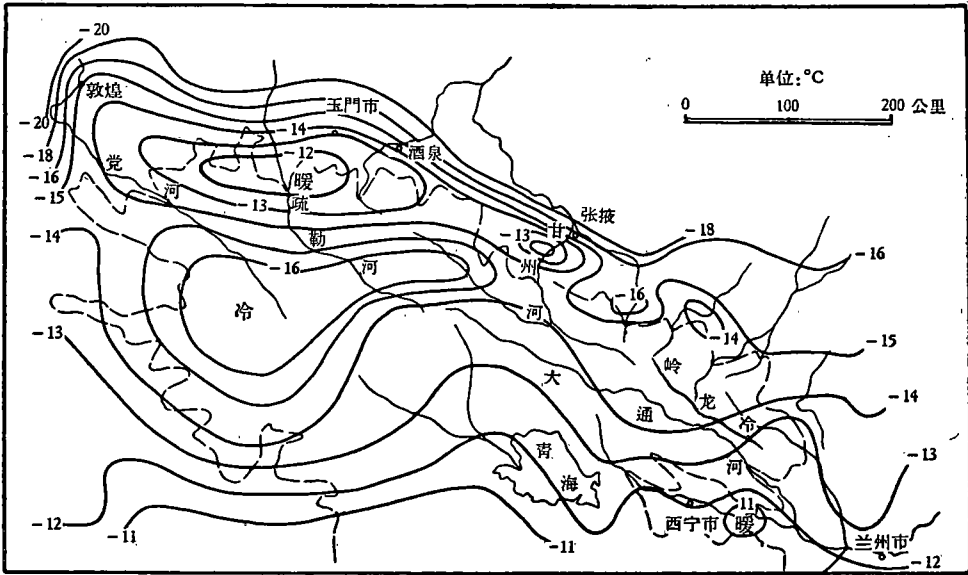


图 13 1 月 3000 米层温度水平分布图

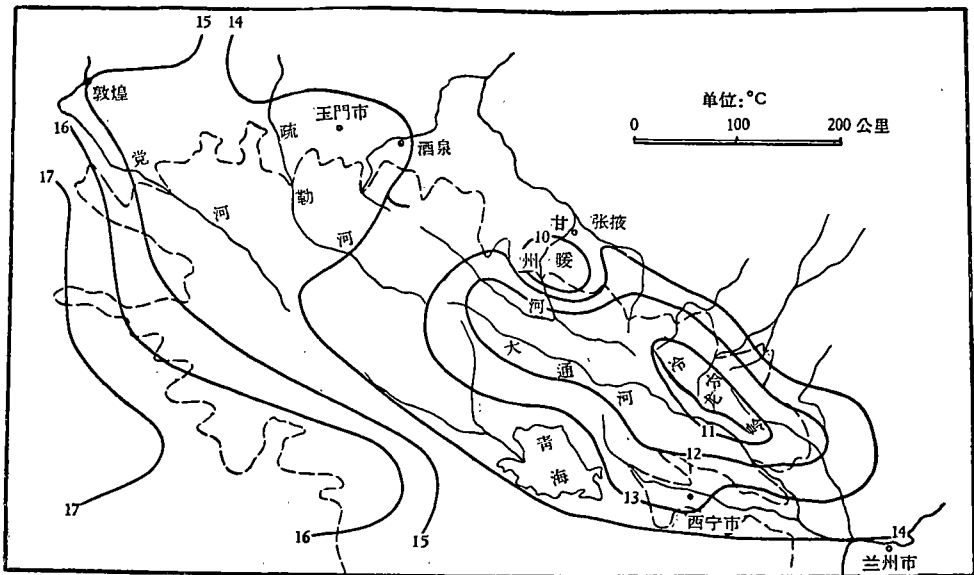


图 14 7 月 3000 米层温度水平分布图

根据山区有温度观测的八十多个测站，作出了订正到 3000 米层的平均温度分布图（温度递减率是采用整个山区的平均，冬季为  $0.4^{\circ}\text{C}/100$  米，夏季为  $0.6^{\circ}\text{C}/100$  米）。把图 13 对照 1 月气压形势图（图 2）可以看到：山区内部的高压区，特别是疏勒河高压，冬季温度较四周为低。而南面柴达木和河曲低压区内的温度是比较高的。可见冬季形成这些气压系统的热力因素是存在的。7 月 3000 米层温度分布图上（图 14），东段高压所在地是全区的最冷中心，而疏勒河高压所控制的山区西北部分的温度比东段高出很多，只稍低于它

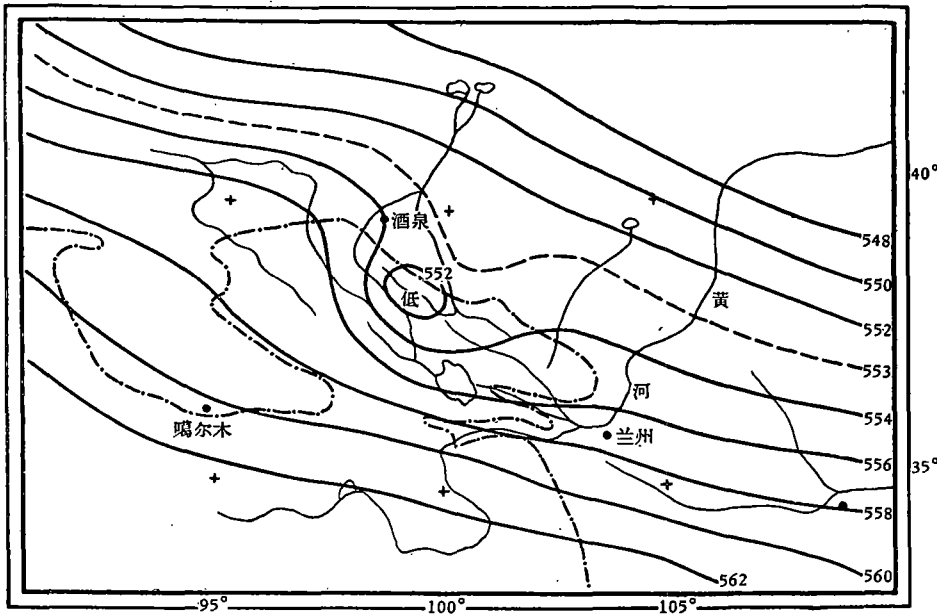


图 15 1958—1960 年 1 月 08 时 500 毫巴平均图

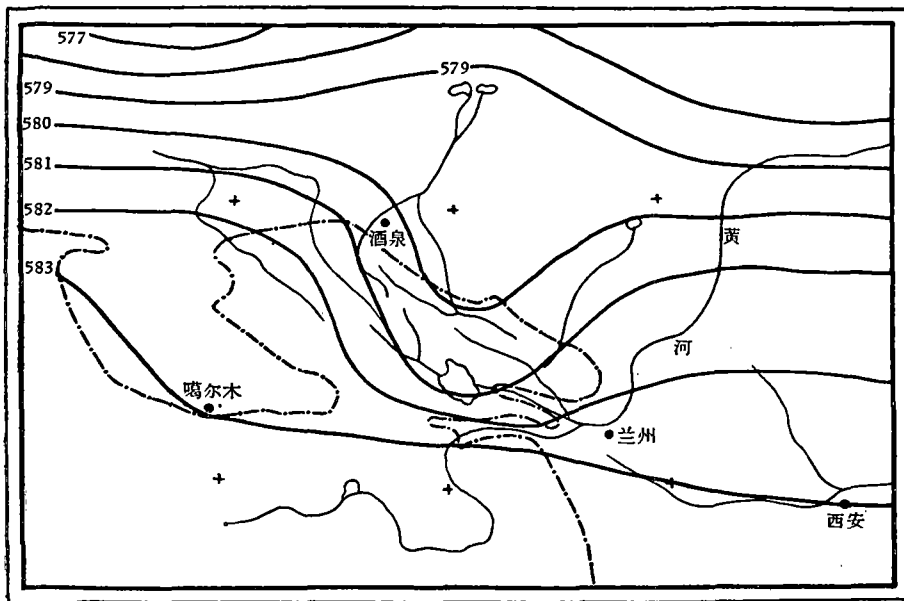


图 16 1958—1960 年 7 月 08 时 500 毫巴平均图

南面的柴达木盆地。也就是說，夏季东段高压为一冷性高压，西段为一暖高压。热力因素在东段高压中占的比重大。山区南北两边低压內的气温都是較高的，特别是柴达木盆地形成了几乎是閉合的高温中心。再由低压的范围和強度来看，夏季的热力性質比冬季明显得多。

我們另外用祁連山附近 20 个探空站繪出了 1958—1960 年三年山区各等压面的月平均图。在 1 月 600 毫巴平均图上(图略)，发现疏勒河高压已蜕变成高压脊，黑河低压向西傾斜，其余几个系統都消失了。在 500 毫巴平均图上(图 15)，高压脊綫也向西傾，黑河低压中心往西移到了山区內部。7 月的 600 毫巴平均图上(图略)，疏勒河高压和黑河低压都可以分析出閉合中心，其余三个系統也都不見了。500 毫巴图上(图 16)則只剩下一个高压脊和一个低压槽了，它們都是向西傾斜的。在 300 毫巴上这些系統已不复表现了。

## 五、結 論

通过本文的分析，我們可以得到以下二点結論。

(1) 祁連山作为一中型尺度地形，有它相应的气压系統。它的分布是山区西段和东段是高压，河西中段和黄河河曲地区及柴达木是低压。它們的中心位置、強度、范围等，都有年变化。

(2) 这几个中型系統对祁連山区附近中型区域气候的形成，有着重要的影响。

\* \* \*

致謝：本文是在高由禧先生指导下完成的，特此致謝。尹世璣同志帮助繪图亦致謝意。

## 参 考 文 献

- [1] 叶篤正，西藏高原对大气环流影响的季节变化，气象学报，23 (1952)，33—47。
- [2] 顧震潮、叶篤正，关于我国天气过程大地形影响的几个事实和計算，气象学报，26 (1955)，167—182。
- [3] 楊鉴初、罗四維，从西藏高原地面观测結果，探討高原上的环流系統和热力問題，气象学报，28 (1957)，264—274。
- [4] 徐淑英、高由禧，西藏高原上的季风現象(未发表)。
- [5] 叶篤正、罗四維、朱抱真，西藏高原及其附近的流場結構和对流层大气的热量平衡，气象学报，28 (1957)，108—121。

## PRESSURE SYSTEMS IN THE MOUNTAINEOUS REGION OF WESTERN KANSU

TANG MOU-TSANG

*(Institute of Geophysics of Lanchow, Academia Sinica)*

### ABSTRACT

Based on more than 30 surface stations situated at a height near 3000 m and more 10 reponde stations the pressure systems over the mountaneous region of Western Kansu are analyzed. Five meso-pressure systems, two highs and three lows, are found on the mean chart. The annual variations of their intensity and positions are discussed. Two case-studies are made of these meso-systems. Finally the relationship between the temperature field and these meso-systems is discussed.