

文章编号: 1008-2786-(2010)3-274-09

祁连山南麓河谷地形云生长的层结特征

张国庆¹, 孙安平², 肖宏斌³, 周万福³

(1 中国大气本底观测台, 青海 西宁 810001; 2 青海省气象局, 青海 西宁 810001; 3 青海省气象科学研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 2007—07—08在祁连山进行了地形云结构及形成机理的外场观测, 利用获取的探空观测资料分析地形云生长的层结结构特征。结果表明: 地形对层结特征的影响是非常明显的, 风速在河谷内随高度的变化较小, 在河谷上部接近山脉高度的区域存在一过渡层; 夜间边界层风向以偏西北山风为主, 白天低层以偏东谷风为主, 高层以偏西气流为主, 存在风向切变。温度层结各时次基本一致, 夜间易形成逆温层。湿度层结受地形的影响最为明显, 在山脉高度以下区域维持着逆湿状况, 其形成与河谷内局地环流以及山脉对气流的阻滞作用有关。对试验期间各类天气形势下的层结特征分析结果表明: 西南气流移动型中, 双层不稳定的层结结构对地形云的生长极为有利; 在阻塞型中, 由于高原高值系统对西南气流的阻塞, 使水汽不能够进入高原东北部。西北气流冷平流型和河套冷涡型下, 由湿静力不稳定层结和冷平流引起的不稳定层结对地形云的发展较为有利。平直西风气流下, 只在局地形成地形对流性降水。

关键词: 祁连山河谷; 地形云; 层结结构; 天气类型

中图分类号: P463.1

文献标识码: A

青藏高原占我国陆地面积的四分之一, 因其地形对大气环流的热力和动力的强迫作用显著, 许多学者对青藏高原地形对天气和气候的气候影响进行了研究, 得出了许多有意义的研究结果。地形对天气影响表现在两个方面: 一是通过动力作用和热力过程在相应的空气层中使天气尺度系统或气流发生重大改变, 二是常出现独特的地区性天气条件, 包括由动力条件和热力条件引起的风系云量和降水状况。在复杂地形上, 不同海拔的地表对大气的加热作用将导致大气在水平方向的非均一受热, 由该水平非均一受热激发出的环流称为地形热力强迫气流, 如山谷风等。关于地形热力强迫气流的研究, 早在20世纪50年代, 人们就对其形成机制展开了系统的研究, 现已公认: 在白天, 由于山坡、山顶之上的空气受热增温, 比同一高度的环境大气温度高, 形成指向山坡、山顶的气压梯度力, 从而强迫形成谷在夜间, 由于山坡、山顶之上的空气冷却降温, 比同一高

度的环境大气温度低, 形成指向环境大气的气压梯度力, 从而强迫形成山风。然而, 事实上, 地表对其上空气的加热或冷却作用主要依赖于大气边界层内湍流的热量输送实现, 因此, 地形热力强迫气流实质上是地表加热或冷却与大气边界层内湍流活动两者综合作用下形成的。

鲁春霞^[1]、游庆龙^[2]、张虎^[3]、丁贤荣^[4]等分析了青藏高原降水随海拔变化的空间分布特征, 温度、湿度、风速风向和辐射等气象要素的季节变化特征, 祁连山主要气象要素的垂直分布, 以及高山增水效应概念。20世纪90年代, 林必元、张维恒^[5]等对地形引起的重力波、正压 Rossby波、斜压波动以及风场辐合等进行了研究讨论; 林之光^[6]则对地形引起的降水气候特征进行了深入的研究; 汤懋苍等^[7-10]曾研究祁连山区环流、气压系统和降水的气候特征, 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

收稿日期 (Received date): 2009—09—11; 改回日期 (Accepted): 2010—01—03.

基金项目 (Foundation item): 自然科学基金重大项目《西北地形云结构及生长机理研究》资助。[Supported by National Science Foundation of major projects "Research of Northwest Landscape Structure and Growth Mechanism of Cloud".]

作者简介 (Biography): 张国庆 (1964—), 男, 青海, 高级工程师, 主要从事大气物理与大气环境。[Zhang Guoqing (1964—), Male, born in Qinghai, Senior Engineer, mainly engaged in atmospheric physics and atmospheric environment.] E-mail: zsg91@126.com

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

量随高度有极大和极小呈 S 型分布等结论; 张国庆等^[11]利用边界层风场资料, 分析了黄河上游河谷边界层的结构特征以及垂直风速的变化; 余锦华、傅抱璞^[12]对山谷地形的数值模拟结果表明: 谷地对盛行气流的影响是非常明显的, 它不仅影响其风速的大小、风向, 而且还影响其风速、风向的水平分布和垂直分布。这种影响和谷地的宽度、深度及相对深度、温度层结、盛行气流和谷轴的交角等因素有关。肖庆农、伍荣生^[13]对于地形气流运动影响的数值研究表明, 地形的阻挡效应受地形高度、大气层结及地形非对称性等因子的影响。数值试验与理论分析都证明地形越高、层结越稳定时阻挡作用越强; 同样条件下, 迎风坡坡度大的地形容易对气流形成阻挡。这些研究结果说明大气层结对地形云的生长影响明显, 由此本文以在祁连山实际观测的探空资料对地形云生长的层结特征进行分析。

1 资料的来源与处理

祁连山绵亘于青藏高原东北边缘, 长达 1 000 km, 宽约 200~500 km, 由几条呈西北—东南走向的平行山岭和谷地组成, 平均海拔 4 000~4 500 m, 许多地方终年积雪, 发育着现代冰川。谷地比较宽广, 不仅发育了河流, 而且还有湖泊, 是青海省的主要农业区, 也是石羊河、黑河、疏勒河 3 大水系的发源地。图 1 为项目研究区域地形及主要山脉分布图。

按照项目研究设计, 2007—07~08 在祁连山进行了地形云结构及形成机理的外场观测, 布设的观

测设备有雷达探空、GPS—MET 三维风速仪、雨滴谱仪、自动气象站及单雨量站等, 观测时间从 2007—07—11~08—18 探空观测时间为 02、08、14、20 时, 共取得探空资料 62 份。本文利用获取的探空观测资料分析地形云生长的层结结构特征, 并结合三维风速仪观测的资料研究地形云生长的机理。

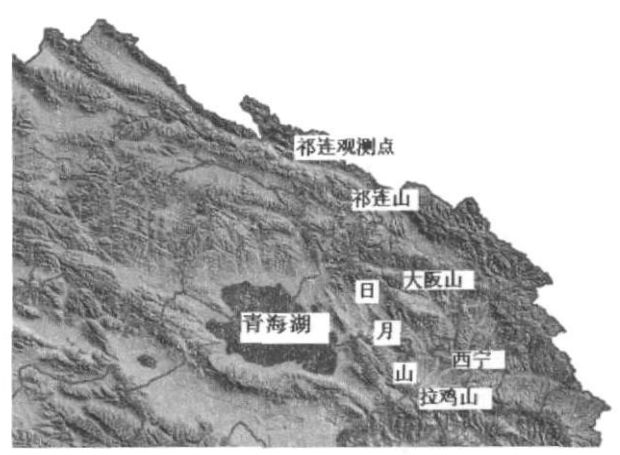


图 1 项目研究区域主要山脉及观测点位置

Fig 1 The Project studies main mountain chain of area and observation point position

2 试验期间层结结构的一般特征

风场结构特征

将观测资料按照时次分别进行统计, 绘成风速垂直结构特征图 (图 2)。由于观测点设置在祁连山南麓河谷中祁连气象站院内, 海拔 2 788 m, 周围多高山, 主要有东北部 4 766 m 的野牛山、北部 4 571 m

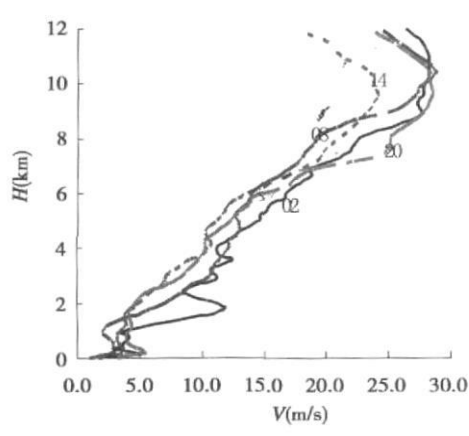


图 2 风速垂直结构特征

Fig 2 The characteristic of vertical structure of wind speed

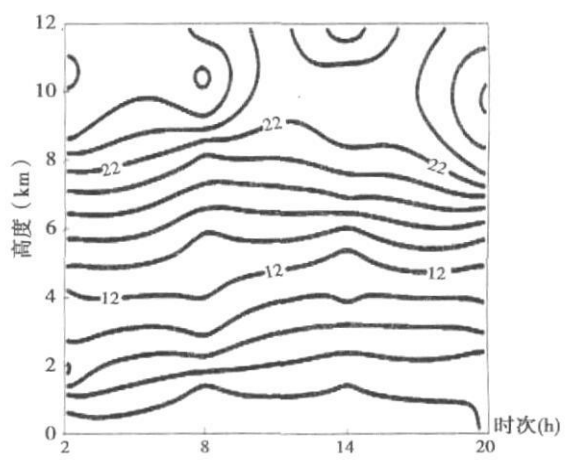


图 3 风速时间剖面图

Fig 3 The wind speed with time cross section diagram

的鸡心大山、西北部 4 645 m 的走廊南山、西南面 4 381 m 的拉龙山、南面 4 664 m 的牛心山, 风速垂直结构具有河谷特征。由于山顶于河谷之间有大约 1.5~2.0 km 的高差, 所以风速的垂直结构与这个高度差具有密切的关系; 各时次风速从地面至 0.3 km 之间, 受下垫面的影响风速随高度增加, 迅速增加; 在 0.3~1.0 km 间基本上较少变化, 在 1.0~2.0 km 之间风速随高度增加幅度增大, 尤其以 02 时为最; 超过 2.0 km 后, 风速随高度增加逐渐稳定, 而在对流层与平流层之间的过渡带, 风速随高度增加趋势减缓, 并有减小趋势。风速时间剖面图 (图 3) 中, 可以看出风速的分布也基本上分为三部分, 第一部分是边界层, 也是在河谷两侧山峰的高度之下, 高度大约在地面 0~1.5 km 左右, 在这一层内, 风速随时间的变化在 08、14 两个时次出现高值区, 这与山谷风的转换时间以及谷风达到最大值的时间一致; 第二部分在 1.5~5.0 km 间的中低空部风, 这一部分受天气系统的影响最大, 其最大值出现在 14 时左右; 第三部分为高层, 其最大值出现在 08 时附近, 与大尺度环流的发展有关。

对各时次风向的统计结果表明, 02 时在地面至 1.0 km 高度内以 NW~WNW 为主导风向, 这主要是由于周围高山的影响, 形成夜间山风; 在这一层上部, 一般以偏西气流为主, 个别时次中存在偏东残留谷风; 08 时近地面层风向以偏东北谷风为主, 其上至 1.0 km 高度中风向较为凌乱, 反映了山谷风转换时的风向特征, 这一层的上部多以偏西气流为主; 14 时从地面至 0.4 km 高度为局地偏东北谷风控制, 0.4~1.6 km 高度多为大地形引起的偏东南谷风控制, 这一层之上多以偏西南气流为主, 更高层则转为

偏西气流, 这一时次中, 从低层至高层, 风向多存在气旋性切变, 辐合抬升气流为地形云的生长创造了条件; 20 时地面风向中已出现偏西北山风气流, 而在边界层内依然残留着偏东南谷风气流, 上部已完全有偏西气流控制。

温度层结特征

温度层结结构同样也与测站周围高山的存在有关 (图 4), 1.5 km 以下, 各时次层结曲线受周围地形的影响存在差异, 02 时近地层有贴地逆温形成, 温度垂直递减率较小, 08 时与 02 时大致相似, 逆温层消散, 14 时温度递减率达到最大, 20 时垂直递减率变小; 在 1.5 km 以上, 温度层结在各时次的变化特征一致。河谷地形中温度层结的一个重要特征是逆温层, 分析该区域的逆温形成机制, 以地面长波辐射加热上层空气形成贴地逆温为主, 多出现在 02、08 两个时次, 02 时逆温平均强度为 $0.63^{\circ}\text{C}/(100\text{ m})$, 平均高度为 450 m, 出现频率大致为 40%; 08 时逆温平均强度为 $0.37^{\circ}\text{C}/(100\text{ m})$, 平均高度为 370 m, 出现频率大致为 37%。由此可见, 即使是在夏季, 祁连山区逆温的出现频率也是比较高的, 反映了河谷地形对边界层内层结结构的影响。温度时间剖面图上 (图 5) 仅在 2 km 以下层可以看出有较为明显的日变化特征, 其最高值出现在 14 时左右, 在上部各层中, 温度值基本上没有变化。

湿度层结特征

湿度层结受地形的影响最为明显 (图 6), 各时次层结曲线均有差异。02 时近地层湿度随高度递减, 近地层 200 m 以上至大约 3 km 处湿度垂直递减率接近为 0 基本为等湿层; 08 时从地面至 1.2 km 高度为逆湿层, 其后湿度随高度增加递减; 14、20 时

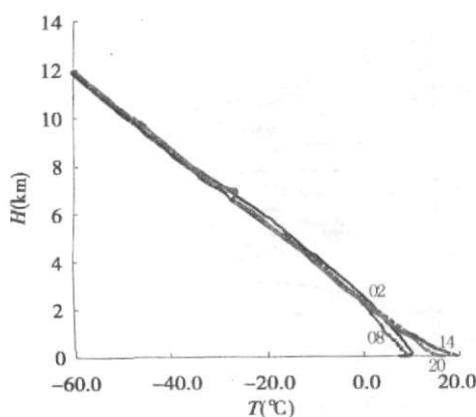


图 4 温度层结结构特征

Fig 4 The characteristic of vertical structure of temperature

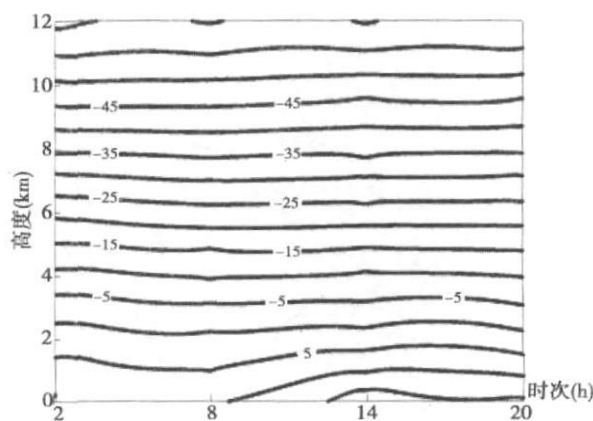


图 5 温度时间剖面图

Fig 5 The temperature with time cross section diagram

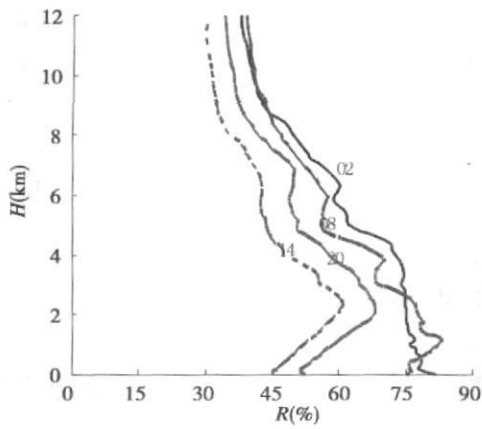


图 6 湿度层结结构特征

Fig 6 The structure characteristic of humidity stratification

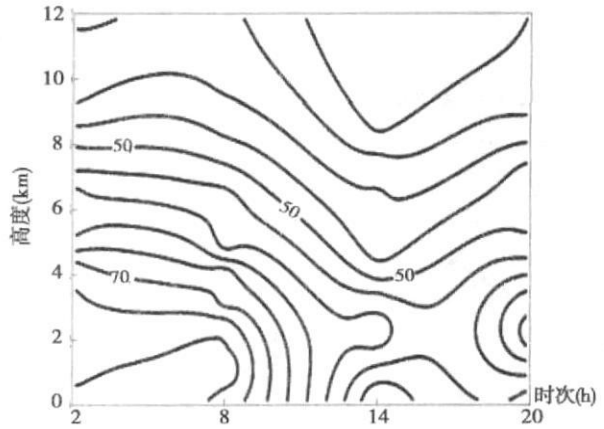


图 7 相对湿度时间剖面图

Fig 7 The relative humidity with time cross section diagram

湿度层结在地面至 2.0 km 高度之间存在较强的逆湿层, 逆湿强度较大; 在 2.0 km 以上, 湿度层结在各时次的变化趋势一致, 数值上有差异。逆湿时层结的一个重要特征, 分析该区域的逆湿出现的分布特征, 4 个观测时次中均有出现; 其中 02 时, 逆湿出现频率为 80%, 最大高度为 3 800 m; 08 时逆湿出现频率为 63%, 最大高度为 2 800 m; 14 时出现频率大致为 90%, 最大高度为 4 200 m; 20 时逆湿出现频率最高, 为 96%, 最大高度为 3 600 m。可见, 夏季祁连山区逆湿的出现频率相当高, 反映了河谷地形对边界层内层结结构的影响。相对湿度时间剖面图上 (图 7), 接近于夜间高、白天低分布特征, 02~08 时之间形成了相对湿度接近 80% 的高值区, 14 时在地面至 1.0 km 处有一小的高值区, 这与热力蒸发在边界层的水汽凝聚有关。

层结结构对地形云生长的影响

由以上分析可以看出, 地形对层结特征的影响是非常明显的。由于山谷地形的特殊性, 风速在河谷内随高度的变化较小, 而且在河谷上部接近山脉高度的区域形成了一层过渡层, 在这一过渡层内, 风速的变化在各时次存在较大差异。在过渡层的上面, 由于风场的结构主要取决于中纬度西风环流, 在对流层内其变化随高度增加; 温度层结的变化也主要在山脉高度以下的区域, 由于河谷内辐射对流的影响, 常常形成逆温层, 各时次的温度垂直递减趋势不尽相同; 湿度层结受地形的影响最为明显, 在山脉高度以下区域维持着逆湿状况, 其形成与河谷内局地环流的发展以及山脉对气流的阻滞作用有关, 从而在一定的抬升和凝结后形成地形云。由此, 可以

看出, 层结特征对预地形云的形成具有重要的影响。

3 天气系统影响下地形云生长的层结结构

试验期间影响该区域的主要天气系统

以 500 hPa 盛行气流为主, 参考 FY-2C/D 卫星资料云型特征, 将 2007-07~08 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 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 $H_1 - H_2 > 20$ 位势米为西低东高型, 本型按长波移速又分西南气流移动型和西南气流阻塞型两个副型。 $H_1 - H_2 < -20$ 位势米为西高东低型, 按环流特征又分西北气流型和河套冷涡两个副型。 $-20 \leq H_1 - H_2 \leq 20$ 为平直气流

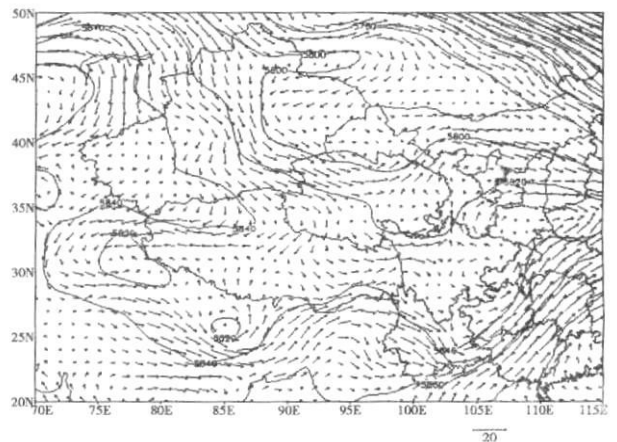


图 8 2007-07-19T08:00 500 hPa 位势高度、风矢图

Fig 5 Potential altitude and wind arrow pursue

型, 总计 3 个主型, 5 个副型。试验期间西北气流型最多, 共出现 15 d 占 48.4%, 其中西北气流冷平流型出现 11 d 为各副类之冠, 河套冷涡型仅 4 d。西南气流型出现 10 d 占 32.2%, 其中西南气流移动型 4 d 全区性强降水过程出现于西南气流移动型。

西南气流移动型

2007-07-19 是试验区罕见的强降水过程, 对流层中青藏高原东部有一支较强且深厚的西南气流, 将高原上的暖性切变线北推到祁连山区, 组成人字型复合线, 500 hPa 西太平洋副高稳定控制中国东南部, 青藏高原东部的西南气流极其深厚, 直到对流层顶 (图 8)。

图 9 为此次过程中获得的垂直层结曲线, 由图可以看出, 2007-07-18 午后, 湿度层结曲线已在地面至 3.0 km 处形成了较强的逆湿层结, 湿度值保持在 70% 以上, 反映了西南气流的水汽输送特征,

07-19 14:00 层结曲线上, 5.0 km 以下的湿度值依然在 70% 以上; 湿度层结的这种分布特性, 使静力不稳定性加剧, 从而使地形云在这一类天气条件下, 非常容易由谷风引起的气流抬升形成; 分析此次降水过程中风的垂直分布特征, 风速变化较小; 风向变化较大, 在 18T20:00 地面至 1.2 km 高度内为偏西北气流控制, 1.2~1.6 km 高度内已有系统性偏东谷风出现, 表明由于西低东高的环流形势, 系统性谷风开始发展, 该层以上气流均以偏西南气流为主, 直至对流层顶高度; 19T14:00 地面至 0.6 km 以东偏北的局地谷风为主, 其上至 3.0 km 出为系统性偏东南谷风控制, 高层以上气流依然以偏西南气流为主, 直至对流层顶。气流的分布特征以及低空的高湿和逆湿层结结构特征, 使垂直层结中出现双层不稳定, 对地形云的生长极为有利; 此外高空引起西南气流的高空槽前部辐合形成的气流抬升使地形云在这一

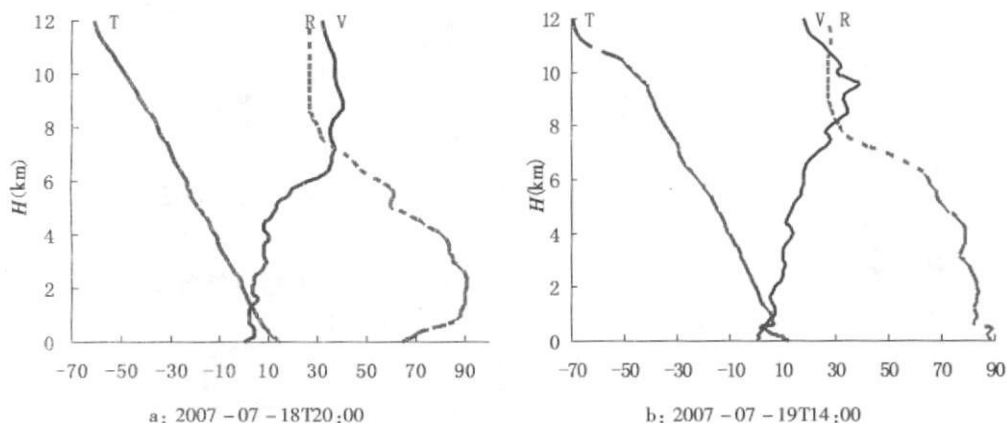


图 9 西南气流移动型层结特征

Fig 9 The stratification characteristic of southwest air current type weather situation

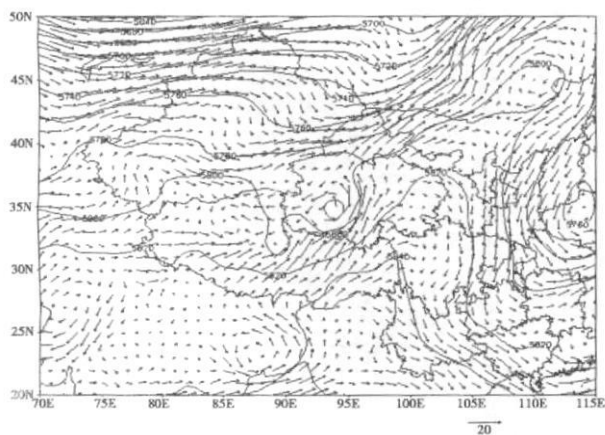


图 10 2007-08-14T08:00 500 hPa 位势高度、风矢图

Fig 10 Potential altitude and wind arrow pattern

类天气条件下进一步得到发展, 形成大范围的降水天气。

西南气流阻塞型

8月 14 日, 长波流型稳定经向度大, 中亚长波槽东移缓慢, 长波槽前西南气流发展; 高原上 500 hPa 为高压控制, 对流云团偏于南部, 未能北上, 祁连山区仅有小雨 (图 10)。

图 11 为此次过程中获得的垂直层结曲线, 由图可以看出, 8月 14 日早晨, 湿度层结曲线在地面至 2.0 km 处有逆湿层结, 湿度值保持在 60%~70% 以上, 反映了地形影响下的水汽垂直分布特征, 其上层水汽迅速减小, 形成 2~5 km 之间的相对干层, 反映了高原高压系统对西南气流的阻挡影响, 随后, 湿度

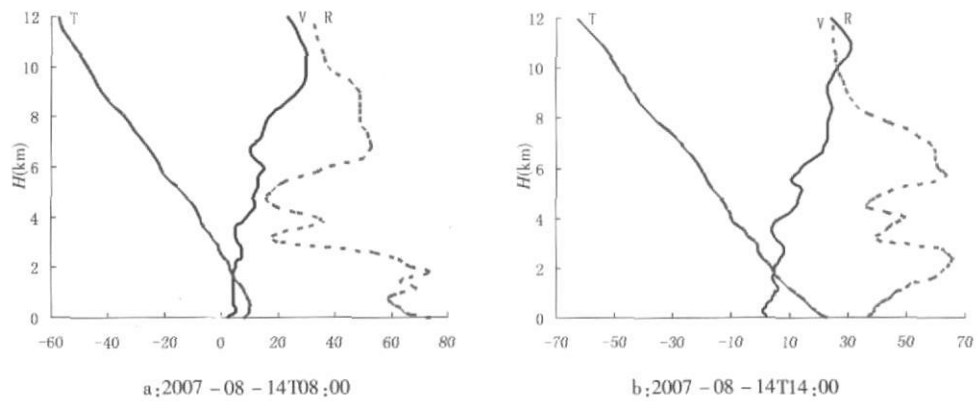


图 11 西南气流阻塞型层结特征

Fig 11 The stratification characteristic of southwest air current block type weather situation

值在 5.0 km后又逐渐增加。08—14T14:00层结曲线上,低层逆湿层结更为明显,强度也有增加,高度扩展到 2~3 km,中间的相对干层依然存在,高层的湿度层结与 08时基本一致。分析此次降水过程中风的垂直分布特征,风速变化较小,风向变化与地形风有关,在 14T08:00地面至 2 km高度内为偏东南气流控制,其上 2~7 km高度内为西南风控制,该层以上气流均以偏西北气流为主;14T14:00地面至 0.3 km以东偏北的局地谷风为主,其上至 2.2 km处为大地形引起偏东南谷风控制,2.2~6.3 km层气流依然以偏西南气流为主,上部为偏西北气流。气流垂直结构中的风向切变以及低空的逆湿层结,有利于地形云的生长;此外高空槽前部辐合形成的气流抬升使地形云在这一类天气条件下可进一步得到发展,但由于中低空西南气流的水汽输送被高原高压阻塞,不能形成大范围的降水天气,只形成局地的对流性降水。

西北气流冷平流型

500 hPa长波脊在 80°E长波槽在 110°E附近,对流层中上部为西北气流,副热带西风急流轴经过祁连山区南缘。自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(图 12)。

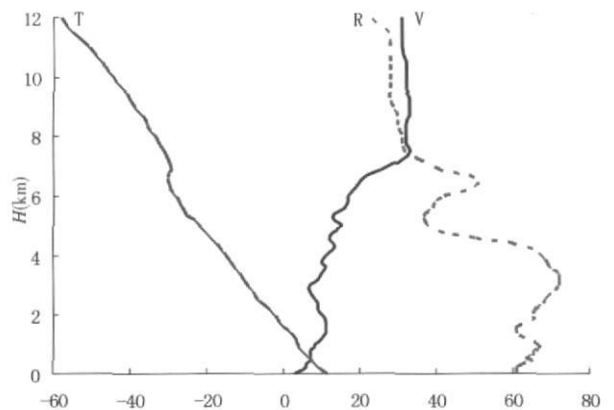


图 13 西北气流冷平流型层结特征

Fig 13 The stratification characteristic of northwest air current cold advection weather situation

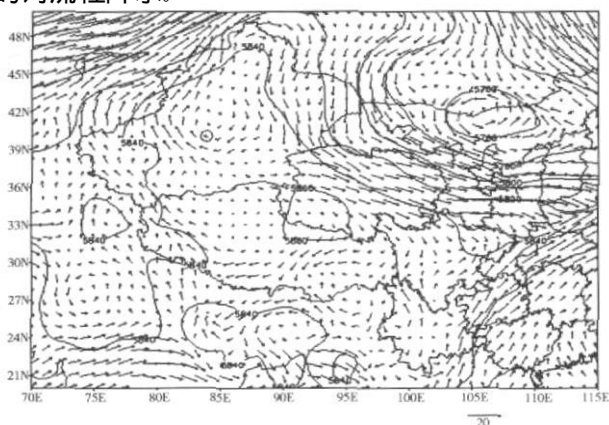


图 12 2007—07—21T14:00 500 hPa位势高度、风矢图

Fig 12 Potential altitude and wind arrow pursue

图 13为西北气流冷平流型过程中获得的垂直层结曲线,由图可以看出,07—21T14:00湿度层结曲线在地面至 3.0 km处有逆湿层结,湿度值保持在 60%~70%以上,反映了地形影响下的水汽垂直分布特征;其上层水汽迅速减小,形成相对干层,反映了干冷西北气流系统的影响。分析此次降水过程中风的垂直分布特征,4.0 km以下层风速变化较小,4.0~7.0 km层风速迅速增加,由 10 m/s增加到 30 m/s,反映出高空西北气流的侵入,之后风速增加减缓;风向则从地面至高空均为偏西北气流控制;气流

垂直结构中的风速切变以及低空的逆湿层结,形成了不稳定层结,有利于地形云的生长;但由于中低空缺乏水汽输送,只形成局地的对流性降水。

西北气流河套冷涡

蒙古国至河套有冷涡停滞,冷涡后部或北疆有短波槽沿 500 hPa 西北气流向东南移动,祁连山区位于急流出口左侧二级间接环流上升区。地面有冷锋或切变线移入河西走廊,700 hPa 为东南气流,高温高湿区沿高原东缘北伸。差动温湿平流很强,导致不稳定层结加强。冷锋云带移到河西后覆盖到祁连山区地形积云上,使其发展,山区普降中雨常伴有大雪,强对流天气在锋前或锋际飑线上形成(图 14)。

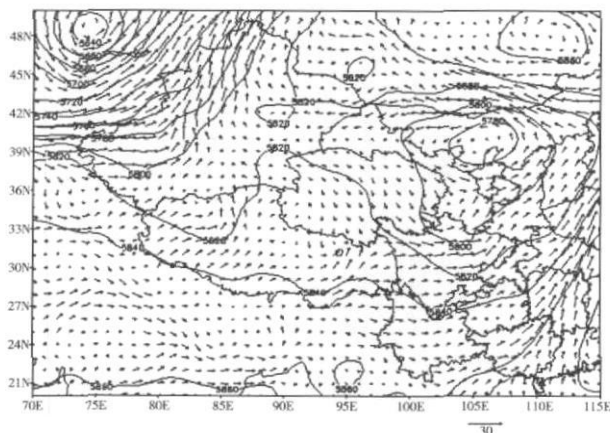


图 14 2007—07—27T14 00 500 hPa 位势高度、风矢图

Fig 14 Potential altitude and wind arrow pursue

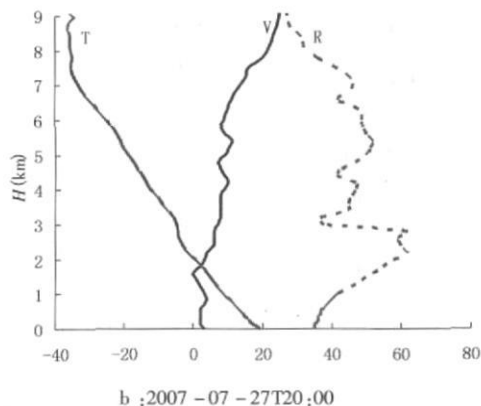
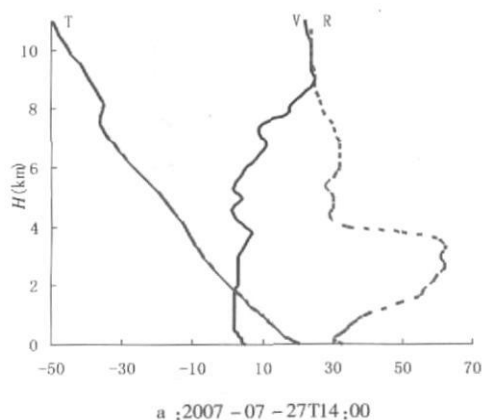


图 15 西北气流河套冷涡型层结特征

Fig 15 The stratification characteristic of Hetao cold vortex weather situation

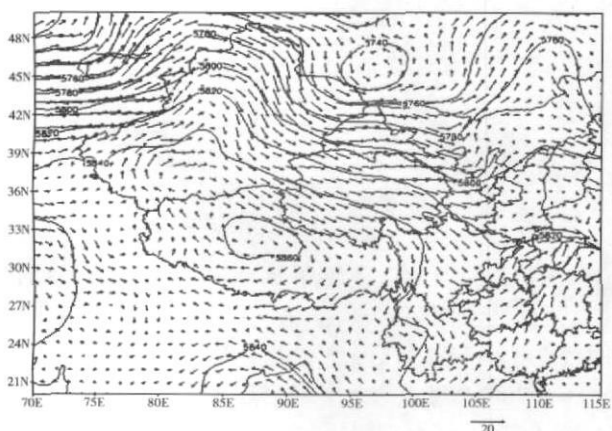


图 16 2007—07—12T14 00 500 hPa 位势高度、风矢图

Fig 16 Potential altitude and wind arrow pursue

图 15 为西北气流河套冷涡型垂直层结曲线,由图可以看出,07—27T14 00 湿度层结曲线在地面至

3.4 km 处有逆湿层结,湿度保持在 30~60% 之间,反映了地形影响下的水汽垂直分布特征,其上层水汽迅速减小,形成相对干层,反映了西北气流的影响。07—27T20 00 层结曲线上,低层逆湿层结依然维持,高层的湿度层结略有起伏;分析此次降水过程中风的垂直分布特征,风速变化较小,风向变化与地形风有关,在 27T14 00 地面至 0.7 km 高度内为偏东北局地谷风气流控制,其上为西北风控制;27T20 00 地面至 0.4 km 以东偏北的局地谷风为主,其上层气流依然以偏西北气流为主。气流垂直结构中的差动温湿平流以及低空的逆湿层结,有利于地形云的生长;但由于中低空水汽输送不明显,只形成局地的对流性降水。

平直西气流程型

本型是西南气流与西北气流两类的过渡型,降水天气系统有西风槽和高原槽(竖切变线),虽有明

显的西风槽和冷锋自北疆东移进入, 但由于高原上无西南气流配合, 仅产生区域性小雨 (图 16)。

图 17 为平直西风气流型垂直层结曲线, 由图可以看出, 07—12T14:00 湿度层结曲线在地面至 1.6

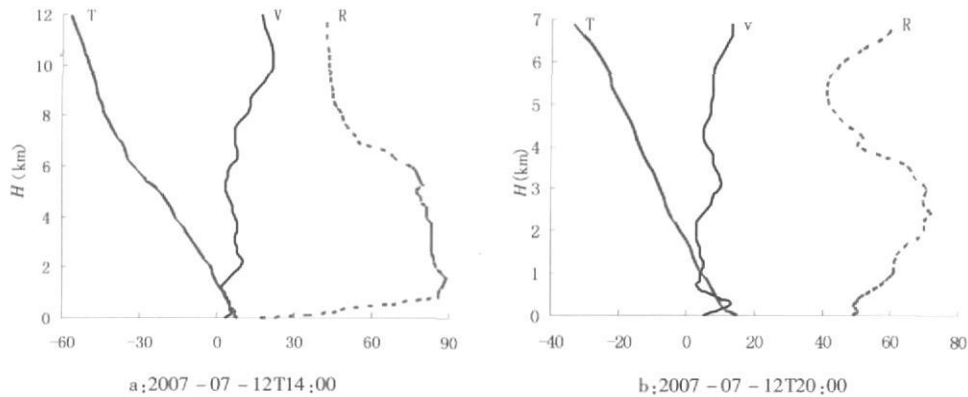


图 17 平直西风气流型层结特征

Fig 17 The stratification characteristic of straight west wind air current weather situation

07—12T20:00 层结曲线上, 低层逆湿层结依然维持, 高度增加到 3 km 附近, 其后湿度迅速减小, 高层湿度形成第二层逆湿; 分析此次降水过程中风的垂直分布特征, 风速变化较小, 风向变化与地形风有关, 在 12T14:00 地面至 1.0 km 高度内为偏东南谷风气流控制, 其上为西风气流控制; 12T20:00 地面为偏东南谷风, 0.1~0.8 km 为西北风, 0.8~2.4 km 层以偏东北的残留谷风为主, 其上依然以偏西气流为主。气流垂直结构中的风向切变以及低空的逆湿层结, 在偏东谷风的影响下利于地形云形成; 但由于高空缺乏相应的辐合抬升, 只能在局地形成对流性降水。

4 小结

1. 地形对层结特征的影响是非常明显的, 由于山谷地形的特殊性, 风速在河谷内随高度的变化较小; 在河谷上部接近山脉高度的区域存在一过渡层。夜间边界层风向以偏西北山风为主, 个别时次中存在残留偏东谷风; 白天从低至高层风向分别为: 局地偏东北谷风、大地形引起的偏东南谷风、偏西南气流、偏西气流, 风向存在气旋性切变, 辐合抬升形成地形云。

2. 温度层结由于河谷内辐射对流的影响, 常常形成逆温层, 各时次的温度垂直递减趋势不尽相同。

3. 湿度层结受地形的影响最为明显, 在山脉高度以下区域维持着逆湿状况, 其形成与河谷内局地

6 km 处有逆湿层结, 湿度值在 30%~90% 间, 反映了地形影响下的水汽垂直分布特征, 其上层水汽逐渐减小, 6 km 处迅速减小, 上部形成干层, 反映出西风气流的影响较小。

环流以及山脉对气流的阻滞作用有关, 在抬升和凝结后形成地形云。

4. 西南气流型按照移动型和阻塞型两个副型进行了层结特征对地形云生长的分析, 其中移动型由于低空存在地形引起的湿静力不稳定层结, 中空存在西南气流槽前辐合引起的不稳定层结, 双层不稳定对地形云的生长极为有利; 而在阻塞型中, 正是由于高原高值系统对西南气流的阻塞, 使水汽不能够进入高原东北部, 但地形引起的湿静力不稳定, 依然有利于地形云的生长。

5. 西北气流型按照冷平流型和河套冷涡两个副型进行了层结特征对地形云生长的分析。在这两种类型下, 由于地形引起的湿静力不稳定层结和由于冷平流引起的不稳定层结结合对地形云的发展较为有利。

6. 平直西风气流下, 地形引起的不稳定层结, 在谷风的影响下利于地形云形成; 但由于高空缺乏相应的辐合抬升, 只能在局地形成地形对流性降水。

参考文献 (References)

- [1] Lu Chunxia, Wang Ling, Xie Gaoqi et al. Altitude effect of Precipitation and spatial distribution of Qinghai-Tibetan Plateau. J. Journal of Mountain Science 2007, 25(6): 655~663 [鲁春霞, 王菱, 谢高地, 等. 青藏高原降水的梯度效应及其空间分布模拟[J]. 山地学报, 2007, 25(6): 655~663]
- [2] You Qinglong, Kang Shichang, Tian Keming. Preliminary analysis on climatic features at Mt. Nyainqenlhanlha Tibetan Plateau. J. Journal of Mountain Science 2007, 25(4): 497~504 [游庆龙, 康世昌,

- 田克明, 等. 青藏高原念青唐古拉峰地区气候特征初步分析 [J]. 山地学报, 2007 25(4): 497~504]
- [3] Zhang Hu, Wen Ya li, MA Li. The climate features and regionalization of vertical climatic zones in the northern slope of Qilian Mountain [J]. Journal of Mountain Science 2001, 19(6): 497~502] 张虎, 温娅丽, 马力, 等. 祁连山北坡中部气候特征及垂直气候带的划分 [J]. 山地学报, 2001 19(6): 497~502]
- [4] Ding Xian Rong. Water increasing effect of mountains and its value of water resources [J]. Journal of Mountain Science 2003 21(6): 681~685] 丁贤荣. 高山增水效应及其水资源意义 [J]. 山地学报, 2003 21(6): 681~685]
- [5] Lin Bi Yuan, Zhang Wei heng. Topographic Study on the Impact of Precipitation [M]. Beijing: Meteorological Press, 2001: 1~190 [林必元, 张维恒等. 地形对降水影响的研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2001: 1~190]
- [6] Lin L. Zhi. Topographic Precipitation Climatology [M]. Beijing: Science Press, 1995: 1~105] 林之光. 地形降水气候学 [M]. 北京: 科学出版社, 1995: 1~105]
- [7] Tang Mao Cang, Xu Man chun. Department of Qilian Mountains wind [A]. In Mountain Climate Collection [C]. Beijing: China Meteorological Press, 1984: 102~105] 汤懋苍, 许曼春. 祁连山区的风系 [A]. 见: 山地气候文集 [C]. 北京: 气象出版社, 1984: 102~105]
- [8] Tang Mao Cang. Qilian Mountains on the weather change [J]. Acta Geographica Sinica, 1963 29(3): 197~206] 汤懋苍. 祁连山区天气的日变化 [J]. 地理学报, 1963 29(3): 197~206]
- [9] Tang Mao Cang. Qilian Mountains Pressure system [J]. Journal of Meteorology, 1963 33(2): 175~188] 汤懋苍. 祁连山区的气压系统 [J]. 气象学报, 1963 33(2): 175~188]
- [10] Tang Mao Cang. Qilian Mountains characteristics of the geographical distribution of precipitation [J]. Acta Geographica Sinica, 1985 40(4): 323~325] 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]
- [11] Zhang Guoqing, Zhang Jie Kun, Deligeer et al. The summer boundary layer characteristics of the Yellow River upper reaches of the catalytic and surface analysis of silver iodide [J]. Plateau Meteorology, 2004 23(5): 685~689] 张国庆, 张家昆, 德力格尔, 等. 夏季黄河上游边界层特征与地面碘化银催化分析 [J]. 高原气象, 2004 23(5): 685~689]
- [12] Yu Jin Hua, Fu Bao Pu. Valley topography of the prevalence of the numerical simulation of the impact of air [J]. Journal of Meteorology, 1995 53(1): 50~61] 余锦华, 傅抱璞. 山谷地形对盛行气流影响的数值模拟 [J]. 气象学报, 1995 53(1): 50~61]
- [13] Xiao Qiongzhong, Wu Rongsheng. topographic effects of the air campaign simulation [J]. Journal of Meteorology, 1995 53(1): 38~49] 肖庆农, 伍容生. 地形对于气流运动影响的数值模拟 [J]. 气象学报, 1995 53(1): 38~49]

The Study of the Stratification Characteristic of River vale Orographic Cloud Growth in South Qilian

ZHANG Guoqing SUN Anping ZHOU Wanfu XIAO Hongbin ZHANG Jiakun

(Weather Bureau of Qinghai Province, Xining 810001, Qinghai, China)

Abstract: Using the sounding data analysis the characteristic of orographic cloud stratification and formation mechanism in Qilian Mountain from July to August in 2007. The result showed: The orographic effect to the characteristic of stratification was very obvious. Wind speed less changed with altitude variation, there was a transition layer in the upside of river vale. The boundary layer wind direction was mainly northwest mountain breeze at night. At daytime, low layer wind direction was mainly deflection east valley wind and high layer wind direction was mainly deflection west air current, there was a wind shear. Temperature stratification was changeless and easy to form in version layer at night. The orographic effect to the humidity stratification was the most obvious. Under the top of mountain, there was inversion humidity, which formation had related with local circumfluence in valley and the mountain blocked air current. Analysis the every weather situation, the result showed: About southwest air current type weather situation, the double layer instability stratification was advantaged to orographic cloud growth. For the reason of high pressure system blocked the southeast air current on tableland, the water vapor could not come into northeast of tableland. About northwest air current cold advection and Hetao cold vortex weather situation, The instability stratification that caused by humidity static instability and cold advection was advantaged to orographic cloud growth. About straight west wind air current weather situation, which only formed local orographic convection precipitation.

Key words: Qilian Mountain, river vale, orographic cloud, weather type, structure of stratification