

局地雹暴环境气流的演变特征

张久林¹, 李维红², 章克俭²

(1. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020; 2. 甘肃省气象科技服务中心, 甘肃 兰州 730020)

摘要:通过甘肃永登、岷县防雷试验基地 1979~1987 年获取的 1 d 4 次无线电探空资料, 对照地面实况, 对强冰雹、弱冰雹、雷雨、阵雨、阴天、晴天 6 类天气的高空风进行分析研究, 发现强雹暴在降雹前期低空风向切变、中空风速切变、高空急流等与其它类型天气比较具有显著的差异, 这对于预报雹暴天气和雹暴形成机制的研究具有指示意义。

关键词:雹暴; 环境气流; 演变

中图分类号: P446

文献标识码: A

引言

雹暴产生、发展和消亡的全过程都与特有的环境风场演变相伴。甘肃永登、岷县地处青藏高原东缘边坡, 自西向东气候变化显著, 西部高寒阴湿, 东部干旱半干旱, 冰雹是该地区农业生产的主要自然灾害之一。1971~1985 年, 兰州干旱气象研究所在永登县石门岷(海拔 2 753 m)开展了 15 a 的防雷科学试验, 设立了 13 个地面观测点, 每个点均配有压、温、湿、风、雨量自记仪器。1986~1998 年在岷县(海拔 2 314 m)建立防雷试验基地, 有 14 个雨量自记点, 并有 1 部 701 测风雷达。遇有冰雹、雷雨天气采取加密探空观测, 1 d 4 次, 取得了大量无线电探空测风资料。配合同步设立的 711 测雨雷达, 开展防雷指挥作业试验研究和雹(暴)云观测工作。

1 资料来源及处理

根据 1979~1987 年永登、岷县降雹时间频次统计, 降雹主要在 13~17 时之间, 选取 4 个时次(09、12、15、18 时), 根据 6 类天气现象, 分别统计与其对应的 6 次强冰雹(23 份)、12 次弱冰雹(41 份)、22 次雷雨(79 份)、14 次阵雨(49 份)、1 次阴雨(4 份)、5 次晴天(19 份)无线电探空资料, 分不同时次对各要素数据进行数学平均处理, 通过绘制单站高空风图和风速随高度分布图等对对流云环境风场进

行分析研究^[1]。

2 各类天气高空环境气流垂直分布

环境气流的运动对空气中的能量、水汽、固态物质等的输送以及云、降水、冰雹的形成和发展都有重大的作用。高空急流对天气系统的移动有一定的导向作用, 中高空的环境风场以及低层环境气流也对中小尺度对流云体的发生、发展起着重要的作用。由于永登、岷县海拔高度在 2 300~2 750 m 之间, 3 000 m 左右受地面摩擦, 风向、风速受地形影响较大, 因此对其高空气流的分析讨论主要考虑 4 000 m 以上。图 1 是各类天气 4 个时次单站高空风图, 以下针对不同天气过程的高空环境风场演变规律进行分析。

2.1 强雹日

09~12 时, 4~8 km 高度(均为海拔高度)风向切变比较明显, 有一明显的逆时针旋转, 7~10.5 km 风速切变比较明显, 8 km 以上为偏西气流控制。12 时, 逆时针旋转包围的投影面积有些缩小, 但仍然清晰可见, 8 km 以上风向有些波动, 主导气流仍为偏西气流。15 时, 低层 5~7 km 风向由偏西气流转为西南气流, 为明显的顺时针旋转, 表明有暖平流; 7~8 km 高度, 风向由西南转向西北, 有强的偏南风切变, 中高空为强冷平流, 这对强雹暴的发展起重要的触发作用, 此时雹云发展成熟, 正处于降雹的时

收稿日期: 2007 - 08 - 27; 改回日期: 2007 - 09 - 04

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)、中国气象局“西北地区人工防雷消雹技术的推广应用”(CMATG2007Z08)共同资助

作者简介: 张久林(1964 -), 男, 河北献县人, 工程师, 现从事人工影响天气工作。

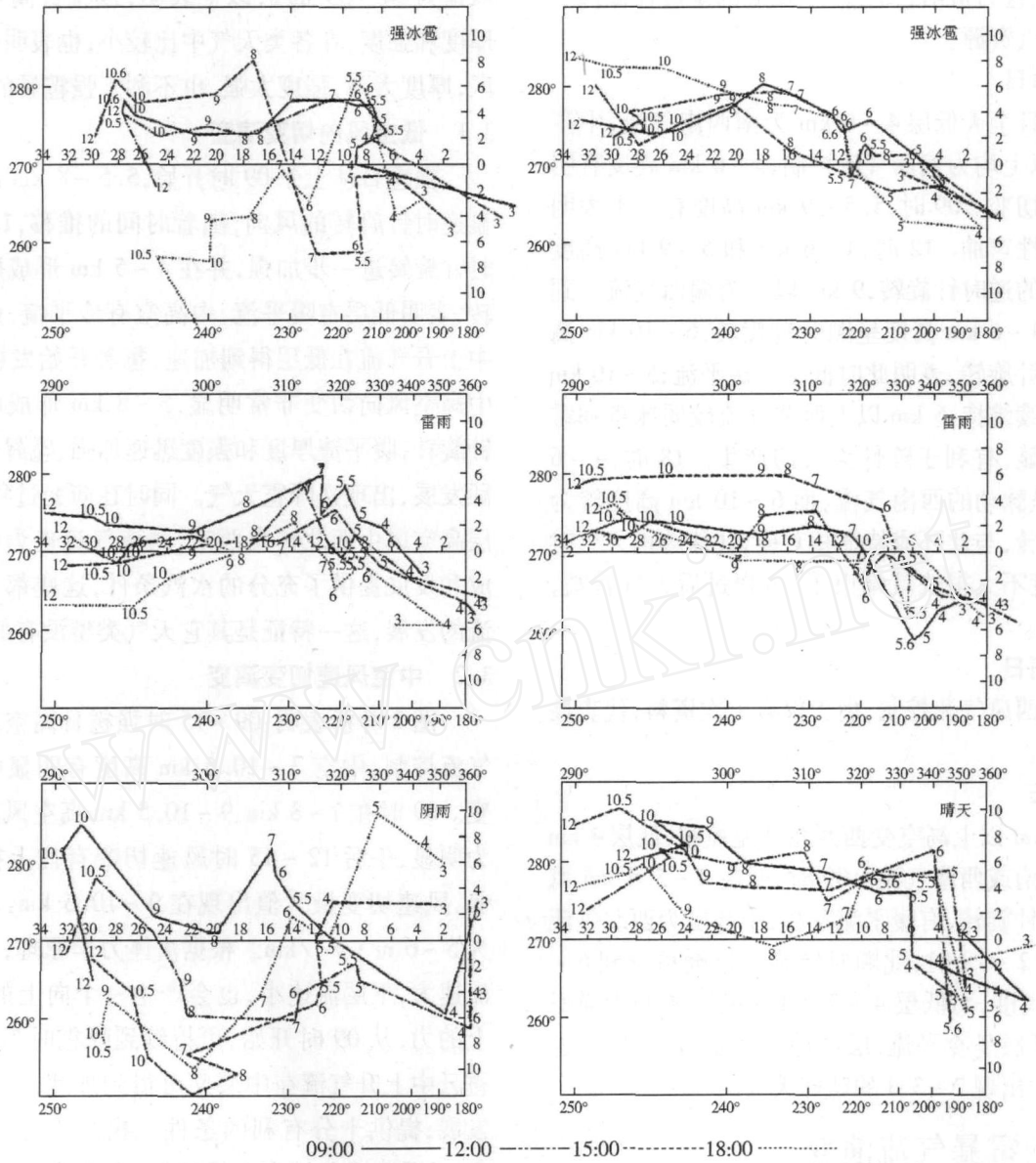


图 1 各类天气 4 个时次单站高空风图

(本图组为单站高空风极坐标图,横、纵坐标数据为风速,单位为: m/s;图中折线拐点处数据为海拔高度,单位为: km)

Fig 1 The upper - wind charts for various weathers of single station at four different time

段。18时,高空风的风向呈脉动式变化,低层为西北气流,中高层 6~12 km 主导气流为西南气流,5.5 km 以上热成风以东北风为主,转为暖平流。

2.2 弱雹日

全天中高空为西西北气流控制,低层 4 km 为偏南或西南气流,表明低层暖湿。09时低中高层为西西北气流,09时和 12时,6~10 km 高度环境气流存在较明显的逆时针旋转。而 12时,低层 4~6 km 高度环境气流出现顺时针旋转,表明有暖平流。15时,8~10.5 km 高度,高层气流呈逆时针旋转,表明高层存在冷平流,有利于雹云的发展和生成。到了

18时,降雹过程已经结束,4~6 km 气流为顺时针旋转,中高空为平直的西西北气流。与强雹日相比较,降雹前后降雹时段高空风切变的变化较小,6~12 km 高空风呈现均匀的脉动形式,主导气流为西北气流。

2.3 雷雨日

低层多为西南气流,随时间变化向南偏转,5~7 km 风向切变特别明显,6~8 km 风向有逆时针旋转之势。09时,此逆时针旋转比雹日弱、比阵雨日强,8 km 以上为平直的偏西气流。总体来看,雷雨日对流层中上层气流都有随时间变化逐渐由西北转为西

南的趋势,这为雷雨云的发生、发展的全过程提供了充沛的水汽资源。

2.4 阵雨日

阵雨日全天低层 4~6 km 为南西南气流,中高空 6 km 以上均为偏西气流控制,5~6 km 高度有明显的风向切变。09时,5.5~9 km 高度有一不太明显的气旋性弯曲。12时,4~6 km 和 6~9 km 高度存在明显的逆时针旋转,9 km 以上为偏西气流。到了 15时,4~6 km 高度呈顺时针旋转,6~10 km 高度呈逆时针旋转,表明此时低空有暖平流,5~10 km 冷平流继续维持,5 km 以上西北气流较弱冰雹和雷雨天气明显,有利于阵性天气的产生。18时,4~6 km 高度呈脉动的西南气流,而 6~10 km 高度转为顺时针旋转,与此环流特征相对应,往往阵雨天气时间短、强度不大很快就结束了,过程过后天气转晴,风和日丽。

2.5 阴雨日

全天西风气流控制,由于仅有 1次资料,代表性分析从简。

2.6 晴天

5.5 km 以上高空受西西北气流控制,低层 4 km 高度为东南或西南气流。09时,低层 4~5.5 km 风向作顺时针旋转,有暖平流存在,中高层为西北气流控制,到 12~18时,此顺时针旋转逐渐抬升到 6~10 km 的高度,而低层 4~5.5 km 风向转变为逆时针旋转,低层呈冷平流,层结趋于稳定,这与副高控制有关,常出现 2~3 d 的晴好天气。

3 强烈雹暴气流演变

如图 2 分析表明,弱雹日、雷雨日、阵雨日最大风速层高度均为 12 km,而晴天、阴雨天最大风速层均出现在 14 km 高度。而强雹日最大风速层高度,09~12时是 10~10.5 km,到了 15时雹云发展成熟时最大风速层高度相应抬高到 12 km。其它类型天气高空急流没有此相应的变化过程,并且晴天和阴天 15时最大风速层高度更高为 14 km。也许这就是其它类型天气不能与高空急流动力加速作用相配合,而形成强冰雹云的原因,有待进一步分析研究。因此,最大风速层的高度,与各类天气的发生、发展密切相关,具有指示阵性与非阵性天气的意义。再从各类天气的高空急流厚度和强度来看,强雹日为 4.5 km,风速 24~30 m/s;弱雹日为 5.3 km,风速为 24~32 m/s;雷雨日为 5.7 km,风速为 24~34 m/s;阵雨日为 5.3 km,风速为 24~34 m/s;晴天为 6 km,

风速为 24~33 m/s,以上表明,强雹日高空急流的厚度和强度,在各类天气中比较小,也表明高空急流区,厚度太厚,强度太强,也不利于强雹暴的发生。

3.1 低空风向切变演变

强雹日从上午 09时开始,5.5~8 km 高度有明显逆时针旋转的风向,随着时间的推移,12时此逆时针旋转进一步加强,并在 4~5 km 形成顺时针旋转,表明低层有暖平流,中高空有冷平流,此时雹云中上升气流在低层得到加速,雹暴开始发展。15时中高空风向切变非常明显,5~8 km 形成明显顺时针旋转,暖平流厚度和强度迅速加强,雹暴进一步迅猛发展,出现强降雨天气。同时在演变过程中,在低层高空风由西北转向西南,西南气流也为雹云的形成和发展提供了充分的水汽条件,这些都加速了对流的发展,这一特征是其它天气类型没有的。

3.2 中空风速切变演变

图 2 分析表明:09~15时强雹日高空均为偏西气流控制,中空 7~10.5 km 高度有明显的风速切变。09时在 7~8 km、9~10.5 km 高空风速切变尤为明显,午后 12~15时风速切变有往上抬升的趋势,风速切变极大值出现在 9~10.5 km,切变梯度为 $5\sim 6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}/\text{km}$ 。根据流体力学原理,中空上层流速大,下层流速小,也会产生一个向上的力,此向上的力,从 09时开始,可持续到降雹时为止。这样雹云中上升气流在中层又可得到加速,又为冰雹云发展,提供十分有利的条件。我们认为,风速切变大,迫使上升气流和云柱倾斜,这样雹粒在广阔准水平方向增长的机会大大增加。必须指出,过大的风速切变,也会造成倾斜的云柱断裂,阻断雹云的气旋系统,阻碍雹云的发展,也不利于冰雹特别是大冰雹的形成^[2]。

3.3 高空急流演变

强雹日高空急流区位于 9~14 km 高度,其厚度为 4.5 km,其强度为风速 24~30 m/s。最大风速层,09~12时出现在 10.5 km 高度,随着时间的推移,此最大风速层往上抬升,雹云迅速发展,到了 15时,提高到 12 km 高度。此高空急流区可持续存在,在雹云发生、发展乃至降雹前期,为偏西气流控制的高空强风区。根据积云动力学理论,急流主要起到动力抽风作用,有利于对流的发展,对冰雹云顶的进一步发展起到了动力推动作用^[3]。

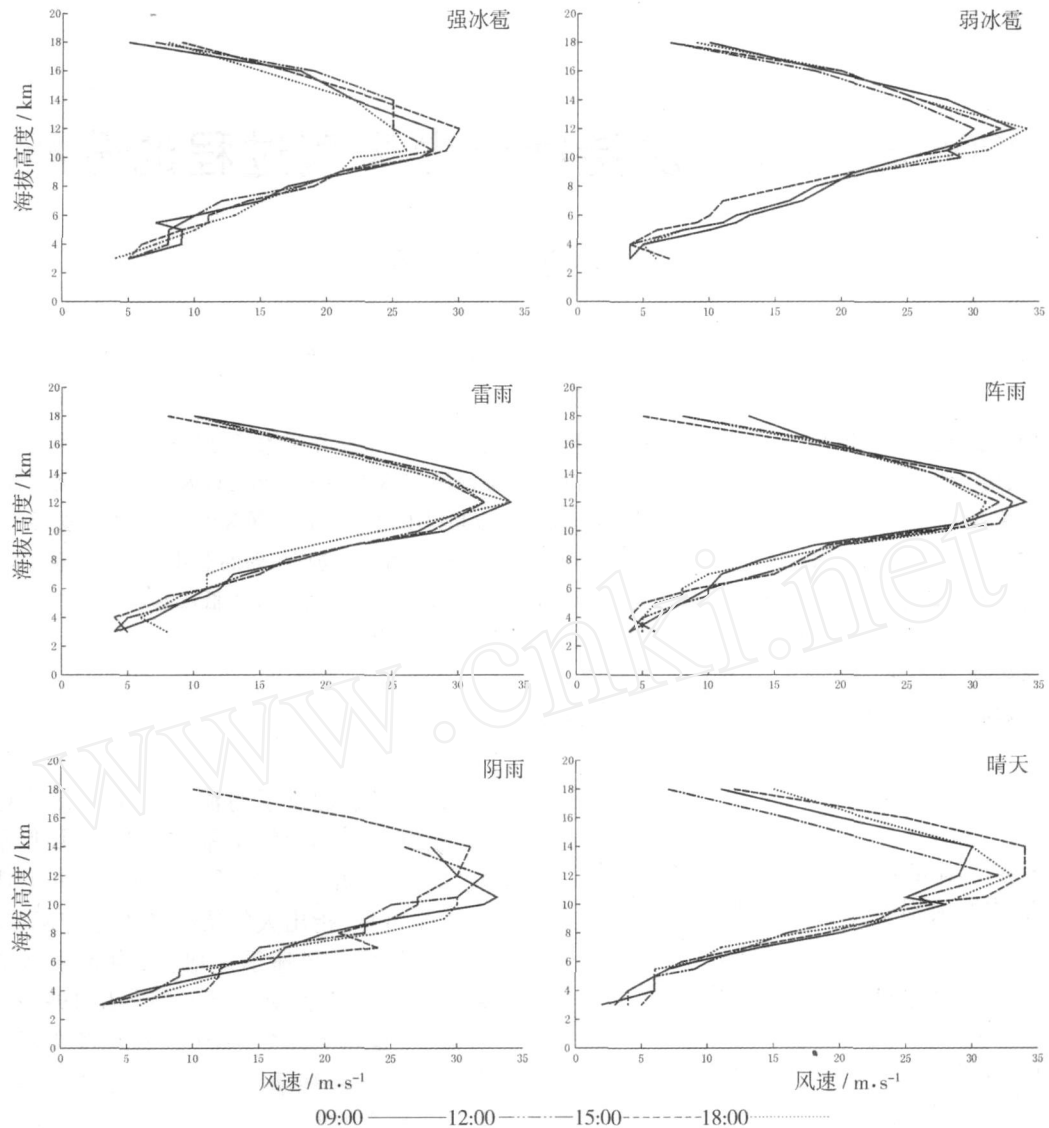


图 2 各类天气 4 个时次高空风速随高度变化图

Fig 2 The change of upper - wind speed with height for various weathers at four different time

4 总 结

以上分析表明:强雹日的低空风向切变、中空风速切变及高空急流是同时出现的,也是相辅相成的。所以强雹暴的发生、发展乃至降雹,上升气流分别在低层、中层得到加速,而高层在高空急流的动力抽风作用下,更加助长了上升气流的发展。从宏观观测和雷达探测可知,雹云在降雹前约 15 ~ 20 min 迅猛发展,雷达回波顶高及强回波顶高急剧上升,随后 10 多 min 伴随降雹。

当降雹过程结束,就转为较稳定的强降水。一般到 18 时,4 ~ 12 km 高空风已由偏西气流转为西西南气流控制,并呈脉动式,为雹暴后期强降水提供

十分有利的水汽条件。上述特征分布是强雹暴固有的特点,而其它天气类型是没有的。与此同时,强烈雹暴原有的低空风向切变、中空风速切变遭到破坏,这时雹云处于消亡阶段。

参考文献:

[1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法 [M]. 北京:气象出版社,1981. 444 - 446
 [2] 廖远程. 甘肃冰雹云结构研究 [M]. 北京:气象出版社,1990.
 [3] Liao Yuancheng, Li Shengbo. An analysis of air stream and temperature structure of hill cloud [C]. Papers submitted to the fifth WMO scientific conference on weather modification and applied cloud physics WMO /TD - NO. 269 Volkmell 447 - 480.

(下转第 87 页)

Review of Climate Change and Water Resource Research in Qilian Mountain Region in Recent Ten Years

WANG Sheng¹, WANG Yaning², WANG Runyuan¹, ZHANG Ping³, WANG Jingsong¹, WANG Heling¹

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA; Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province; Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China; 2. 56 Element of 96351 Army, Xi'ning 810007, China; 3. Center of Meteorological Information and Technology Equip of Gansu Province, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The mainly research development over Qilian Mountain region in recent ten years is reviewed in this paper. The most research work focused on climate change and water resource. There are a lot of results about the paleoclimate and the interannual variability of neoteric climate and water resource over the Qilian Mountain region. The exploitation and utilization of air water resource over Qilian Mountain has been focused in recent years, which should be a way to mitigate water shortage in arid and semi-arid region in northwest China.

Key words: Qilian Mountain; climate change; water resource

(上接第 47 页)

Evolution Characteristic of Airflow for Local Thunderstorm

ZHANG Jiulin¹, LI Weihong², ZHANG Kejian²

(1. Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China; 2. Gansu Service Center of Meteorological Science and Technology, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Based on aerological observations at the hail suppression experimental stations of Yongdeng and Minxian counties of Gansu Province during 1979 - 1987, as well as surface meteorological observations at the same time, the upper winds under the six different weather conditions of strong hailstorm, weak hailstorm, thunderstorm, shower, overcast and sunshine were analyzed. Results show that significant difference presented in low air wind direction shear, middle air wind velocity shear and jet in upper air before hail falling under the strong hailstorm weather condition compared with those of other weather conditions, which is useful to forecast hailstorm and study its formation mechanism.

Key words: hailstorm; environment flow; evolution

(上接第 65 页)

Analysis on New Generation Weather Radar Echoes of a Strong Rainstorm in Qingyang

ZHANG Tianfeng¹, WANG Weita¹, WU Amin¹, YANG Min²

(1. Qingyang Meteorological Bureau of Gansu Province, Qingyang 745000, China; 2. Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China)

Abstract: The new generation weather radar echoes data of the strong rainstorm weather occurred on July 8, 2006 in Qingyang city was analyzed. Results show that upper shearline resulted in this weather event, and the difference in intensity, velocity echoes and physical quantity production between the rainstorm and hail weather was not so obvious, but the damage was more severe. So for weather forecast, weather events like this should be focused, and the same way as hail suppression should be adopted to reduce precipitation intensity and decrease damages.

Key words: new generation weather radar; rainstorm; echo characteristic