

延安降雹天气环流特征及产生条件分析

郑小阳,雷崇典,杨金海,李冬娟,杨丽 (陕西省延安市气象局,陕西延安 716000)

摘要 通过对延安市 2005~2011 年的降雹资料统计、降雹日 500 hPa 环流形势及物理量分析,研究延安市降雹天气气候特征以及降雹天气出现的环境场和物理量特征。结果表明,延安年平均降雹日数为 17 d 左右;延安市降雹有明显的月变化特征,6 月是降雹最频繁的时期,7、8 月次之,10 月最少;延安降雹日的 500 hPa 环流形势可以分为西北气流型、低涡切变型、蒙古冷涡型和阶梯槽型 4 种类型。分析 08:00 高空环境场和延安测站探空资料得出,当对流中下层湿层较厚时,且河套上游 500 hPa 有干冷平流,一般伴有强降水;对流层中上层冷空气的入侵容易出现降雹天气,延安出现降雹天气其上空一般 -20℃ 层高度在 8 000~7 000 m,0℃ 层高度各月表现不一;中低层有较强的垂直风切变存在,一般 500 hPa 以下风速较小。

关键词 降雹;环境场;物理量;环流特征

中图分类号 S427 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)24-164-02

产生降雹的强对流天气是延安的主要灾害性天气之一,而比较准确的强对流天气预报可以将灾害减少到最低限度,在我国许多气象工作者和科研人员在不同的角度做出了许多有益的工作,并取得了相当大的进展^[1]。我国强对流天气是指出现短历时强降水、冰雹、雷雨大风、龙卷、雷电等现象的灾害性天气,其中冰雹天气一般是指降落于地面的直径≥5 mm 的固体降水过程。几乎所有的强风暴事件均与深厚湿对流有关,Doswell 等研究表明要达到深厚湿对流必须具备水汽条件、不稳定层结、抬升条件 3 个要素^[2-3]。虽然许多预报员对当地冰雹的强对流天气预报模型和指标进行了有益的研究,但到目前为止尚没有一套系统的、详实的、完整的关于冰雹的强对流天气预报分析方法。笔者在此结合国家气象中心的中尺度天气分析规范,通过延安 13 个测站 2005~2011 年间的 117 个冰雹个例分析了延安市降雹天气气候特征以及降雹天气出现的环境场、物理量特征。

1 冰雹天气的气候概况

延安市降雹主要出现在 4 月下旬~10 月上旬,历史上有资料记载的最早降雹出现在 3 月 15 日(1963 年宜川),最晚降雹出现在 11 月 21 日(1977 年洛川)。分析 2005~2011 年间降雹资料发现,延安市出现降雹年日数变化幅度较大,最多年份出现在 2006 年(32 个雹日),最少年份出现在 2009 年(9 个雹日)。根据近 20 年降雹日数普查和近 7 年降雹日数统计分析,延安年平均降雹日数为 17 d 左右。延安市降雹有明显的月变化特征,其变化与大气环流的月变化及季风气候特点相一致^[4],由表 1 可看出,6 月是降雹最频繁的时期,月平均降雹日为 6 d 左右,占全年总次数的 34%;7、8 月次之,月平均降雹日为 3 d 左右,10 月最少,仅占全年总次数的 4%。

2 降雹天气环流分型

通过对 2005~2011 年的降雹资料及降雹日 500 hPa 环流形势分析,将降雹的 500 hPa 环流形势分为西北气流型、低涡切变型、蒙古冷涡型和阶梯槽型 4 种类型。

表 1 2005~2011 年延安市降雹日数月分布						
年份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
2005	7	5	0	5	2	0
2006	6	8	9	5	2	2
2007	0	6	5	2	3	0
2008	0	7	0	3	0	0
2009	1	5	1	0	0	2
2010	2	6	1	2	2	0
2011	2	3	7	4	1	1
合计	18	40	23	21	10	5

2.1 西北气流型 西北气流型是指河套地区处于槽后脊前,延安及以西为一致性西风或西北气流控制,温度槽落后于高度槽,在河套西部有冷平流(图 1a)。此型在冰雹个例中共出现 54 个雹日,占总日数的 50%,是产生冰雹的主要环流形势。西北气流型在各月出现频率也不同,最多出现在 6 月,其次是 5 月,在 10 月出现频次最少。

2.2 低涡切变型 低涡切变型是指在河套地区有切变线生成或有低涡发展(图 1b)。此型在冰雹个例中共出现 38 个雹日,占总日数的 35%。低涡切变型在 6 月出现频次最多,最少是 5 月。

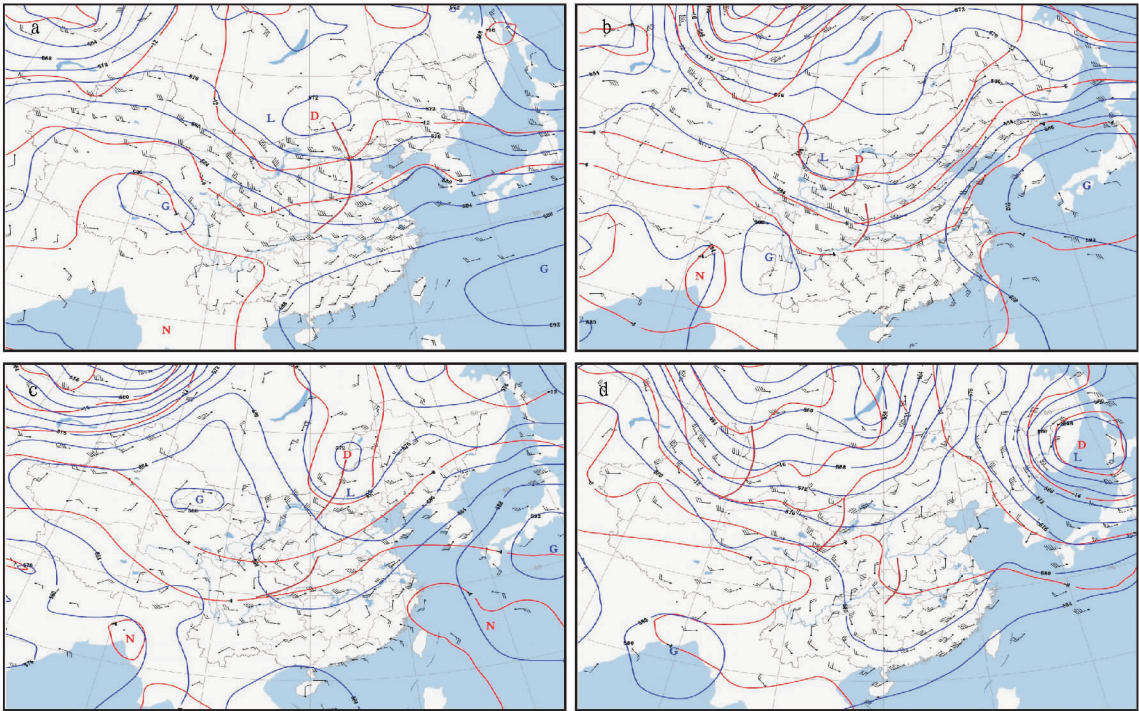
2.3 蒙古冷涡型 蒙古冷涡型是指在河套地区北部蒙古一带出现冷空气堆或有闭合冷涡(图 1c)。此型在冰雹个例中共出现 11 个雹日,占总日数的 10%。蒙古冷涡型在 6 月出现频次最多,其次是 7 月。

2.4 阶梯槽型 阶梯槽型指欧亚为一槽两脊型,河套地区处于欧亚大槽底部,且西侧有短波槽配合冷空气下滑(图 1d)。此型在冰雹个例中共出现 6 个雹日,占总日数的 5%。阶梯槽型最多出现在 5 月。

3 降雹天气环境场及物理量特征

强对流中尺度系统的产生与发展受环流形势和天气尺度系统所制约,与高、中、低层的流场、温度场、湿度场等环境条件密切相关。由于对流活动大部分受低层大气状态即中小尺度系统活动,尤其是边界层辐合以及能量场配置的影响,所以降雹天气表现出明显的物理量特征。通过对 2005~2011 年的降雹资料及降雹日 500 hPa 环流形势分析,发现延

作者简介 郑小阳(1969-),男,陕西延安人,工程师,从事强对流天气方面的研究。
收稿日期 2015-06-29



注:a. 西北气流型;b. 低涡切变型;c. 蒙古冷涡型;d. 阶梯槽型。

图1 延安市降雹天气分型

安出现降雹天气具有典型的环境场及物理量特征。

3.1 适中的水汽条件 上干下湿且湿层厚度超过 100 hPa 有利于强对流。从 08:00 高空环境场和延安测站探空资料可以看出,近地面层有偏南气流进入河套,一般在边界层附近近有薄的相对湿度 $\geq 80\%$ 的湿层,中层 700~400 hPa 相对湿

度为 35%~70%,对应 850 hPa 高度上有一自南向北的假相当位温高能舌进入河套,延安上空 $T-T_d$ 为 4~7℃。此时低空往往有一支 ≥ 4 m/s 的偏南风 and 辐合区。当对流中下层湿层较厚时,且河套上游 500 hPa 有干冷平流,一般伴有强降水(图 2)。

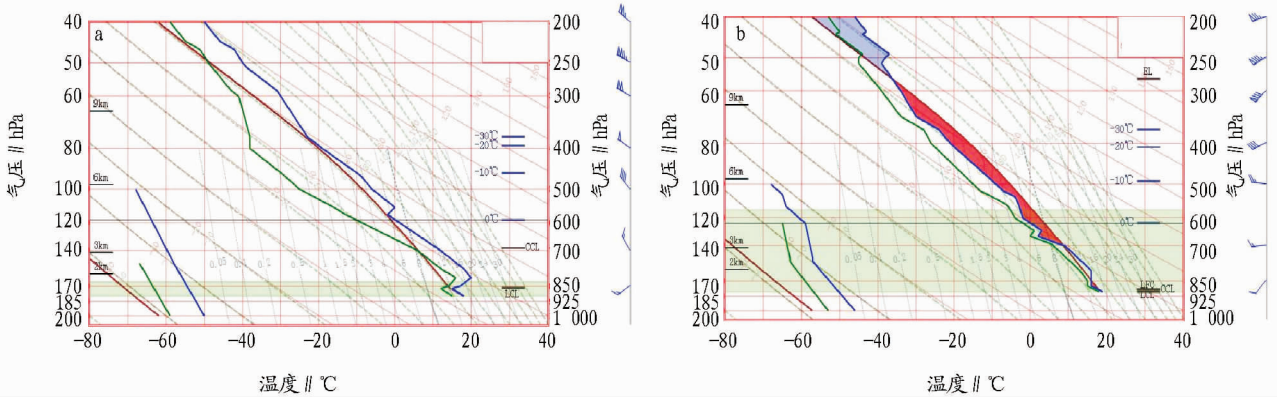


图2 延安探空站降雹无强降水日(a)和降雹并伴有强降水日(b)08:00 探空资料

3.2 强的不稳定层结或有潜在不稳定存在 高层的冷空气活动和低层的暖湿空气构成强的对流性不稳定,是冰雹云形成的重要环境场条件之一。大气层结的不稳定常与高空的显著降温有关,资料统计表明,对流层中上层冷空气的入侵容易出现降雹天气,表现出-20℃层高度较前期非降雹日的高度低,延安出现降雹天气其上空一般-20℃层高度在 8 000~7 000 m,0℃层高度各月表现不一(表 2)。在 500 hPa 银川与延安的温差为负,河套西北侧一般表现有较强的冷平流, $T_{\text{银川}}-T_{\text{延安}} \leq -2^\circ\text{C}$ 。延安测站上空 $T_{500-850} \leq -25^\circ\text{C}$ 。通过资料分析,无论是不稳定能区的面积还是沙氏指数 SI

的大小分布,降雹日与前期非降雹日有明显的差别,未来都是在向不稳定层结在转化。一般延安测站上空存在一定的正不稳定能区,沙氏指数 SI 为负值。

3.3 垂直风切变 分析 08:00 延安测站探空资料可见,0℃层高度一般在 600 hPa 附近,中低层有较强的垂直风切变存在,一般 500 hPa 以下风速较小(< 8 m/s)。当 08:00 700 hPa 和 850 hPa 有切变和辐合存在时,便构成了较强的触发机制。

4 大范围区域性降雹和连续性降雹的环境场及物理量特征

4.1 大范围区域性降雹 根据 2005~2011 年的降雹资料分 (下转第 183 页)

无机离子作为渗透调解物质来缓解盐害,黄连木可能是一种类盐生植物,具有盐生植物的某些特征。

参考文献

[1] 夏尚光. 两种美国岩榆的资源培育及抗逆性研究[D]. 南京:南京林业大学,2008.
[2] 吴永波. 四种白蜡树幼苗耐盐性的比较研究[D]. 南京:南京林业大学,

2002.
[3] 刘淑萍,王燕. 金属叶绿素荧光性在金属对植物光合作用影响中的应用[J]. 河北联合大学学报:自然科学版,2013(1):23-26.
[4] 沈国明. 水稻根质膜 $\text{Ca}^{2+}/\text{H}^{+}$ 反向转运体的存在及其特性[J]. 中国水稻科学,2005,19(4):308-314.
[5] 郑青松,王仁雷,刘友良. 钙对盐胁迫下棉苗离子吸收分配的影响[J]. 植物生理学报,2001,27(4):325-330.

(上接第 165 页)

析,产生区域性降雹多为西北气流型和低涡切变型,分别占总降雹日数的 54% 和 27%,其次为蒙古冷涡型,占 15%,而阶梯槽型仅占总降雹日数的 4%。延安出现大范围的区域性冰雹时一般具有以下特征:①在 850 hPa 层面上河套区存在一定面积湿层,水汽通量散度场对应有辐合区。②500 hPa 层面上河套上游有较强干冷空气侵入河套,一般延安测站处于假相当位温锋区附近,850 hPa 层面上河套区有高能舌配置,延安测站假相当位温 6~9 月为 50~70℃、5 和 10 月为 40~55℃。③500 hPa 层面上银川和延安 500 hPa 的温度差 $T_{\text{银川}-\text{延安}} \leq -2\text{℃}$ 。延安测站上空 $T_{500-850} \leq -25\text{℃}$,即中层有一定强度的冷平流。

表 2 延安气象观测站历史雹日 0℃层高度				km
	0℃层高度			降雹高度范围
	平均	最大	最小	
5 月	3 779	4 981	2 000	3 500 ~4 300
6 月	4 467	5 285	3 200	4 000 ~4 800
7 月	4 925	6 019	4 029	4 100 ~4 500
8 月	4 866	6 168	3 683	3 800 ~4 700
9 月	4 313	5 994	3 196	3 500 ~4 000

4.2 连续性降雹 根据 2005~2011 年的降雹资料分析,产生连续性降雹的日数中有 23 d 属于西北气流型,占总降雹日数的 62%,低涡切变型有 8 d,占总降雹日数的 22%,蒙古冷涡型和阶梯槽型均占总降雹日数的 8%。从 2005~2011 年间连续性降雹过程中的 08:00 延安探空资料分析出以下特征:①垂直风切变均较低,大多数在 850~700 hPa。②中层 500~400 hPa 有较明显的干冷空气。③低层有逆温层出现,基本在近地面到 850 hPa 之间;有时地面伴有锋面,探空图上有锋面逆温。④ 0℃层高度在 600 hPa 及其附近,-20℃高度在 6 km 附近。⑤一般低层相对湿度 >80% 的湿层浅薄,若湿层较深厚,则在降雹时伴有不同程度的降水。⑥不稳定层较深厚,一般在 850~500 hPa。⑦当低层有逆温层存在

时, SI 指数的参考意义不大, K 指数 $>30\text{℃}$,当 K 指数在 30℃ 以上时,降雹的同时伴有强降水产生。⑧在连续性降雹中垂直风若低层(850~700 hPa)和中层(700~500 hPa)均有风切变存在,则可能出现区域性冰雹。

5 小结

(1)延安年平均降雹日数为 17 d 左右。延安市降雹有明显的月变化特征,6 月是降雹最频繁的时期,月平均降雹日为 6 d 左右,占全年总次数的 34%;7、8 月次之,月平均降雹日为 3 d 左右;10 月最少,仅占全年总次数的 4%。

(2)延安降雹日的 500 hPa 环流形势可以分为西北气流型、低涡切变型、蒙古冷涡型和阶梯槽型 4 种类型。

(3)由 08:00 高空环境场和延安测站探空资料得出,近地面层有偏南气流进入河套,一般在边界层附近有薄的相对湿度 $\geq 80\%$ 的湿层,对应 850 hPa 上有一自南向北的假相当位温高能舌进入河套。当对流中下层湿层较厚时,且河套上游 500 hPa 有干冷平流,一般伴有强降水。

(4)对流层中上层冷空气的入侵容易出现降雹天气,延安出现降雹天气其上空一般 -20℃层高度在 8 000~7 000 m,0℃层高度各月表现不一。在 500 hPa 银川与延安的温差为负,河套西北侧一般表现有较强的冷平流。

(5)中低层有较强的垂直风切变存在,一般 500 hPa 以下风速较小($<8\text{ m/s}$)。当 08:00 700 hPa 和 850 hPa 有切变和辐合存在时,便构成了较强的触发机制。

参考文献

[1] 熊秋芬,章丽娜,王秀明. 强天气预报员培训手册[M]. 北京:中国气象局培训中心,2012:3-60.
[2] DOSWELL C A III, BROOKS H E, MADDOX R A. Flash flood forecasting: An ingredients-based methodology[J]. Weather and Forecasting, 1996, 11: 560-581.
[3] DOSWELL C A III. The distinction between large-scale and mesoscale contribution to severe convection: A case study example[J]. Wea Forecasting, 1987, 2: 4-16.
[4] 雷崇典,张爱丽,吴春青,等. 延安市降雹气候特征及雹云回波移动路径的考证[J]. 陕西气象, 2013(1): 11-14.