通辽市冰雹天气各物理量的性能分析

王雨琪　乌文奇
（通辽市气象局，内蒙古 通辽 028000）

摘　要　本文利用通辽市境内巴雅尔等九个站共 56 年和龙青山 49 年的逐日冰雹资料，对通辽市冰雹发生的空间变化、年际变化、月际变化和持续时间等特征进行了分析，结果表明，通辽市从 4 月上旬至 10 月中旬均可出现冰雹，集中于 5-7 月，以 6 月为最多，占总冰雹日的三分之一。地域上以山地或近山区偏多。年际变化大，减少趋势显著。从 1980 年代中期起持续下降。

关键词　冰雹　时空分布　物理量
中图分类号：P44　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1007-0745(2022)09-0118-03

通辽市自然灾害繁多，干旱、洪涝，大风、沙尘、冰雹、霜冻、低温、龙卷等，给农牧林业生产造成的损失是巨大的。冰雹天气可造成农作物减产甚至绝收；毁坏草原牧草、造成牲畜伤、亡。通辽市为了抗击和防御冰雹灾害，一是进行人工防雹作业试验，取得了一定的成效；二是进行冰雹的气候分析工作，70 年代、80 年代就有此类论文发表，但由于资料、技术等原因，分析工作有待进一步深入。

1 冰雹天气各物理量的性能分析

1.1 主要物理量

强天气威胁指数、沙氏指数、总指数、瑞士雷暴指数、KI 指数、深厚对流指数、对流有效位能、抑制有效位能、风暴相对环境螺旋度、抬升指数。

1.2 0℃层高度和 -20℃层高度

物理量沙氏指数 SI、抬升指数 LI、深厚对流指数 DCI、KI 指数、总指数 TT、850 百帕与 500 百帕的温度差、SWEAT（强天气威胁指数）、0℃层高度和 -20℃层高度、瑞士雷暴指数 SWISS 与通辽市冰雹天气的发生具有密切的关联性，而且物理意义明确，可作为冰雹天气的预报因子。

1.2.1 SI：沙氏指数

$SI=T_{500}-T_S$，可以说明这个层次中的条件性不稳定情况。当 SI 大于 0 时，大气层结是稳定的，反之亦然，且负值越大，不稳定程度越强。

1.2.2 LI：抬升指数

$LI=T_{500}-T_S$，表示这个层次中的条件性不稳定情况。当 LI 大于 0 时，大气层结是稳定的；反之亦然，且负值越大，不稳定程度越大。

1.2.3 DCI：深厚对流指数

判别深厚对流潜势区域。

$DCI=(T_{850}+T_{d850})-LI$

在 DCI 高值区，常有明显的对流发生。

1.2.4 KI 指数

KI 指数能够反映大气的层结稳定情况，KI 指数越大，层结越不稳定。

1.2.5 TT：总指数

$TT=T_{850}+T_{d850}-2T_{500}$

TT 越大，表示越不稳定。

1.2.6 △ T=T850-T500：850 百帕与 500 百帕的温度差

如果△ T 值越大，即表明上冷下暖越明显，越有利于对流的发展和形成。

1.2.7 SWEAT：强天气威胁指数

$SWEAT=12T_{d850}+20(TT-49)+2f_{850}+f_{500}+125(S+0.2)$

T_{d850} 为 850hpa 露点温度（℃），若 T_{d850} 是负数，此项为 0；$TT=T_{850}+T_{d850}-2T_{500}$，为总指数，$f_{850}$ 为 850hpa 风速，f_{550} 为 500hpa 风速，$S=\sin(\alpha_{500}-\alpha_{850})$，$\alpha_{500}$ 与 α_{850} 分别代表 500hpa 风向与 850hpa 风向。SWEAT 是一个无量纲的单位。

1.2.8 0℃层高度和 -20℃高度

积雨云在 0℃层以下是水滴和过饱和水汽区，0℃层以上至 -16℃层以下是过冷水和冰晶的混合体，再向上则以雪花、冰晶等固态云滴为主。冰雹在云体中增长的情况同这些水分位相的垂直分布有关。0℃层的高度对冰雹的形成是有影响的。

根据观测分析发现，最有利于冰雹形成的 0℃层海拔高度大约在 3.0-4.5km 或 700-600hpa。大水滴在 -20℃

表 1 通辽市 1960–2015 年各月冰雹频数及比例

月份	4	5	6	7	8	9	10	合计
冰雹频数	27	94	193	111	73	66	14	578
比例 /%	4.7	16.3	33.4	19.2	12.6	11.4	2.4	100.0

表 2 通辽市各地平均每年冰雹日数 /d

地点	巴雅尔	鲁北	开鲁	科区	舍伯吐	保康	甘旗卡	库伦	大沁他拉	青龙山
冰雹日数	2.1	1.0	1.0	0.9	1.0	0.8	1.3	0.9	1.3	1.5

（注：青龙山为 1967–2015 年平均，其余各站为 1960–2015 年平均。）

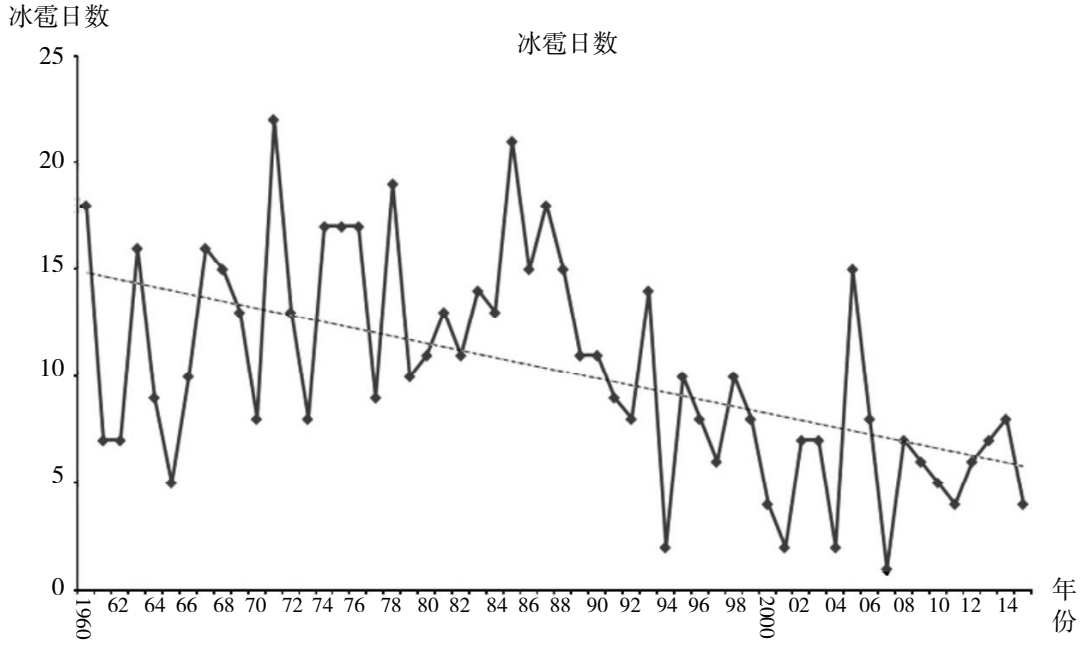

图 1 通辽市冰雹总日数演变图

左右的温度，5500–6900m（500–400hpa 附近）最容易形成冰雹。

不难看出，当高层为冷平流时，–20℃层的高度要下降，低层为暖平流时，0℃层的高度要升高，这样 0℃层到 –20℃层之间距离△ H0––20℃值也可用来表示雹云的特征。

1.2.9 SWISS（瑞士雷暴指数）

SWISS 指数是用于确定是否有雷暴发生，它类似于美国气象学家提出的强天气威胁指数。SWISS=SI_{850}+0.4Shr_{3-6}+0.1$(T-Td)_{600}$。其中 SI_{850} 为传统的沙氏指数的数值（单位取℃）；Shr_{3-6} 为 3–6 公里垂直风切变的值（单位取 $m \cdot s^{-1} \cdot (3km)^{-1}$）；$(T-Td)_{600}$ 是 600 百帕温度露点差的数值（单位取℃），当 5.1 ≤ SWISS ≤ 7 时预报有雷暴。[1]

2 对相关数据的分析

2.1 通辽市各地冰雹数据统计概况

通辽市冰雹最早出现时间为 4 月 1 日（1982 年甘旗卡），与甘旗卡较近的库伦、保康为 4 月 6 日，舍伯吐为 5 月 7 日，其余各地在 4 月中旬。最晚出现时间为 10 月 14 日（1966 年科尔沁和 1978 年库伦）。冰雹在一年中出现月份为单峰型，以 6 月份为峰值，占总冰雹日的三分之一，该月冷、暖空气活跃，多受对流天气系统影响，易于产生强烈对流云系而发生冰雹天气。其余月份随着与六月份的远离，冰雹天气频数逐渐减少（表 1）。

在地理分布上，北部的巴雅尔最多，平均每年 2.1d，西南部的青龙山次之，平均每年 1.5d，其余各地平均每年 1d 左右。巴雅尔和青龙山为山区或近山区，可见

表 3 通辽市各月区域性冰雹天气比例

月份	4	5	6		8	9	10
比例 /%	2.9	16.1	42.5	13.7	11.2	10.7	2.9

表 4 通辽市冰雹持续时间出现频率

持续时间（分钟）	≤ 4	5–8	9–18	19–29	≥ 30
频率（%）	52.9	25.3	14.0	5.4	2.4

表 5 通辽市冰雹天气的高空系统比例

高空系统	低压	低槽	切变线	其它
比例 / %	42.6	34.6	5.6	17.2

地形在冰雹活动中的作用是明显的。

2.2 线性趋势

图 1 为通辽市九站冰雹总日数演变图。从图 1 可以看出，冰雹日数最多 22d（1971 年），最少 1d（2007 年）相差 21d。阶段性十分明显，在前 29 年（1960–1988 年）为数量偏多、年际间波动较大时期，这一时期平均每年 13.9d；在后 27 年（1989–2015 年）则为数量偏少、波动中减少时期，此时期平均每年 7.0d，几乎为前一时期的一半，减少趋势是十分明显的。

2.3 区域性

通辽市冰雹天气在同一天中有单站发生和多站发生的情况。如果定义在同一天中有≥ 2 站（相邻两站）发生冰雹天气为区域性冰雹天气，只有 1 站降雹为局地冰雹天气，则各月区域性冰雹天气所占比例见表 3，从表 3 可以看出，6 月份区域性冰雹比例最大，达 42.5%，该月曾出现 5 个站同一天降雹（1975 年 6 月 6 日）；其次是 5 月份为 16.1%。[2]

2.4 日变化

一天中 10 时以前出现冰雹的频率很小，0–10 时的频率和为 2.4%，每个小时的频率不足 1%，10 时以后骤然增加，10–11 时和 11–12 时频率各为 2.2%，此后继续增加，15–16 时和 16–17 时达到高峰，冰雹频率分别为 15.4% 和 15.3%，以后呈直线减少趋势，至 19–20 时频率只有 4.0%，20–21 时为 1.2%，21 时以后每个小时的频率又不足 1%。

2.5 持续时间

冰雹持续时间有很大差异，有的降雹时间不足 1 分钟，有的可达 3 小时以上，巴雅尔在 1962 年 6 月 5 日和 1982 年 7 月 21 日分别出现持续时间 183 分钟和 186 分钟的冰雹，但持续时间在 4 分钟以内的占 52.9%，在 8 分钟以内的累计为 78.2%，在 30 分钟以上的只占 2.4%（表 4）。

2.6 高空系统

根据对 20 年 6–8 月冰雹天气高空系统的统计（表 5），低压系统（包括蒙古低压，贝湖低压，西来低压，东北冷涡、台风东北上等）占 42.6%；低槽系统（包括西来低槽、西北低槽、北来低槽、横槽底部等）占 34.6%，切变线占 5.6%，上述三类占 82.8%，其它（包括高脊附近、西北气流、西南气流、偏西气流等）占 17.2%。可见在分析和预报服务时，把重点放在高空的低压、低槽和切变线上，应该是正确的。[3–4]

3 结论与讨论

1. 通辽市从 4 月上旬至 10 月中旬均可出现冰雹，集中于 5–7 月，以 6 月为最多，占总冰雹日的三分之一。地域上以山地或近山区偏多。年际变化大，减少趋势显著，从 1980 年代中期起持续下降。

2. 在同一天有≥ 2 站（相邻两站）降雹的区域性冰雹天气，以六月份为最多，而且其比例更多，接近 10%，这是由于区域性冰雹天气与一定的天气形势相关联。根据对 2020 年 6–8 月冰雹天气的高空系统的统计表明，受低压系统和低槽系统影响的分别占 42.6% 和 34.6%，二者加起来达 77.2%。因此，做好冰雹天气预报，抓住此二类系统有重要的意义。

参考文献：

[1] 寿绍文，励申申，王善华，等 . 天气学分析 (2 版)[M]. 北京 : 气象出版社 ,2006.
[2] 伍荣生，王元，王兴宝，等 . 现代天气学原理 (1 版)[M]. 北京 : 高等教育出版社 ,1999.
[3] 顾润源，孙永刚，韩经纬，等 . 内蒙古自治区天气预报手册 [M]. 北京 : 气象出版社 ,2012.
[4] 寿绍文 . 中尺度天气动力学 [M]. 北京 : 气象出版社 ,1994.