

青海省海西州中东部冰雹天气时空分布特征及短临预报指标

成秀萍, 山成焘, 裴尔桑, 王娜 (青海省海西州气象台, 青海德令哈 817000)

摘要 [目的]研究海西州中东部冰雹天气时空分布特征和短临预报指标。[方法]利用1960~2010年海西中东部6个气象站的冰雹资料,分析冰雹天气的时空分布特征;基于2006~2010年30次冰雹个例的高空实况资料,利用统计学和天气学方法,分析该区冰雹天气的高空天气形势、地面天气形势和物理量场特征,归纳出冰雹天气形成的短期环流形势和短临预报特征。[结果]海西中东部冰雹天气出现在4~9月,5~8月最多,主要集中在14:00~20:00。天峻地区降雹次数最多,乌兰最少。冰雹灾害主要发生在乌兰和天峻地区。冰雹天气的500 hPa环流形势有3个类型,其中西北气流冷温槽型最多,新疆东移小槽型次之,蒙古低槽型最少。冰雹一般发生在西北气流下,且短波槽、冷中心或冷温槽、急流核三者必居其一。冰雹多产生于高层辐散、低层辐合相配置的形势下,低层充沛的水汽和水汽通量的辐合是形成冰雹的重要条件。[结论]该研究为冰雹天气预报准确率的提高提供了一定参考。

关键词 海西州中东部;冰雹;时空分布特征;物理量场;短临预报指标

中图分类号 S761.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)10-04522-04

Temporal-spatial Distribution and Short-range Prediction Indicators of Hail Weather in East Central Haixi Prefecture of Qinghai Province

CHENG Xiu-ping et al (Haixi Meteorological Observatory of Qinghai Province, Delingha, Qinghai 817000)

Abstract [Objective] The study aimed to discuss the temporal-spatial distribution and short-range prediction indicators of hail weather in east central Haixi Prefecture of Qinghai Province. [Method] Using hail data of six stations in east central Haixi Prefecture from 1960 to 2010, the temporal and spatial distribution of hail weather was analyzed firstly, then based on the high-altitude factual data of 30 case studies of hail during 2006-2010, its high-altitude and ground weather situation and physical quantity field were studied to summarize short-term circulation pattern and short-range prediction characteristics of hail weather. [Result] In east central Haixi, hail appeared from April to September, and it was most frequently from May to August. Meanwhile, hail was frequent from 14:00 to 20:00. Among the six stations, hail was most frequent in Tianjun but least frequent in Wulan. Moreover, hail disaster mainly occurred in Wulan and Tianjun. In addition, there were three types of circulation pattern of hail weather at 500 hPa. Hail mainly occurred under the effect of northwest airflow, and it had shortwave trough, cold center or trough, jet stream core or one of the three. Hail appeared easily under the situation of upper-level divergence and low-level convergence, and abundant water vapor and water vapor flux convergence at low levels were important conditions for hailing. [Conclusion] The research could provide scientific references for improving the accuracy of hail forecast.

Key words East central Haixi Prefecture; Hail; Temporal-spatial distribution; Physical quantity field; Short-range prediction indicators

冰雹是海西州中东部重要灾害性天气之一,影响范围小,持续时间短,来势猛,强度大,且一般都伴有大风和暴雨,常常给农作物以及人民生命财产造成严重损害。海西州地处青藏高原东北部,是夏季副热带急流徘徊的纬区,属于多雹纬度带。海西州中东部地区的冰雹出现在4~10月,而6~9月则是冰雹的多发时期。由于冰雹主要与中小尺度天气系统有关,受地形及下垫面状况影响极大,导致预报预警难度大。

1 资料与方法

利用海西中东部大柴旦、德令哈、乌兰、天峻、都兰、茶卡6个气象站1960(建站年份)~2010年4~9月冰雹地面报表资料,分析冰雹时空分布特征;冰雹个例分析采用2006~2010年30次个例高空、地面、物理量场 Micaps 实况资料,通过统计学和天气学方法,分析了海西州中东部冰雹天气的环流形势和物理量场特征。

2 冰雹天气时空分布特征

2.1 冰雹天气空间分布特征 1960~2010年,海西州中东部共出现冰雹天气过程607次,共计673站次,年平均出现16站次。由图1可知,历年来天峻地区是1个雹日高频带,降雹次数最多,年平均次数为5.63次;其次为德令哈和茶

卡,分别为2.26和2.02次;乌兰最少,为0.97次。天峻地区测站海拔3400m,温度零度层距地面较近,加之地形强迫作用,易形成降雹的有利条件。

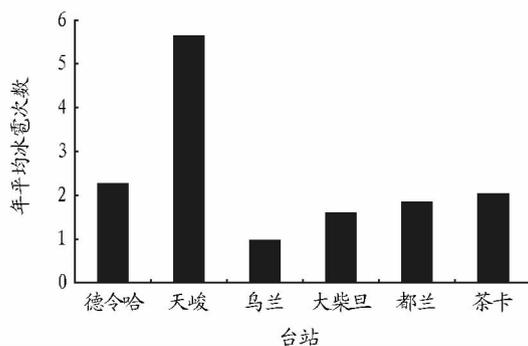


图1 1960~2010年海西州中东部各气象站年平均冰雹次数

2.2 冰雹天气时间变化特征

2.2.1 年际变化。由图2可知,1960、1964~1967、1983、1986、1999、2007年海西州平均冰雹日数较多,均在20次以上,1983年冰雹日数最多;1961、1975、1980~1981、1984、1990~1992、1998、2000~2001、2006、2010年冰雹出现日数明显较少,1984年冰雹日数最少。

2.2.2 月际变化。将海西中东部出现冰雹天气频次按月统计,发现冰雹出现在4~9月,5~8月最多,4月和9月冰雹出现次数很少,3月之前和10月以后无冰雹出现。由图3可知,除天峻7月降雹次数最多外,其余各地6月降雹次数最

多。从各月平均降雹站次来看,5~8月月平均降雹为3.4 站次,其中6月最多,高达4.4站次。

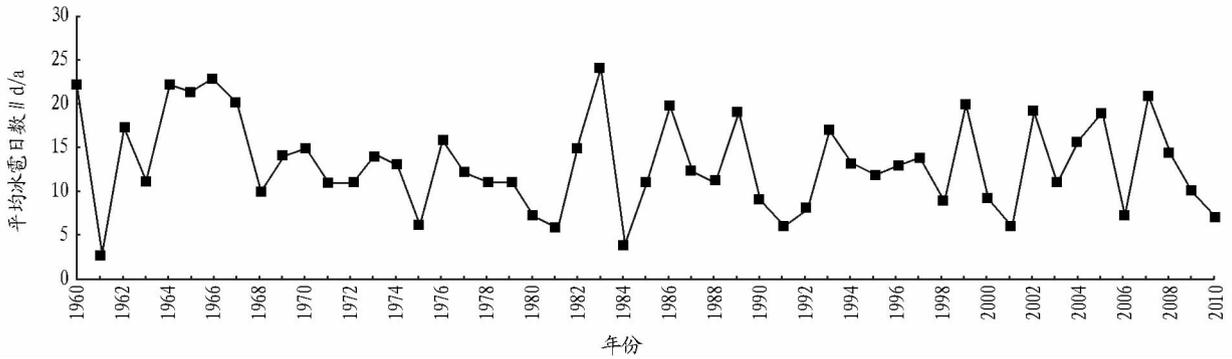


图2 1960~2010年海西州中东部平均冰雹日数年际变化

2.2.3 日变化。海西地区由于午后对流发展旺盛,易在对流云中形成冰雹,而在凌晨前后由于气温较低,不利于对流发展,更不易形成冰雹,因此冰雹主要出现在白天,主要集中在11:00以后。由图4可知,海西中东部各站11:00之前冰雹出现次数最少,11:00~14:00次之,14:00之后最多。其中,大柴旦、都兰14:00之后冰雹出现次数略多于11:00~14:00;其余各地14:00之后冰雹出现次数远远大于11:00~14:00冰雹出现次数。

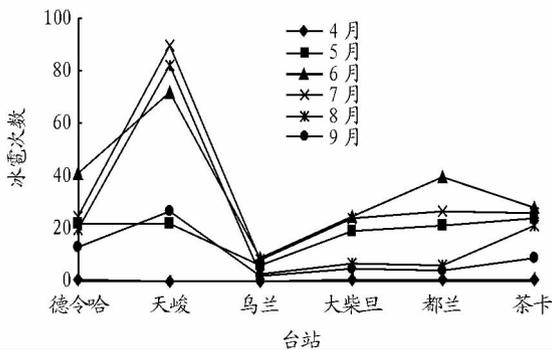


图3 1960~2010年海西中东部各台站逐月冰雹出现次数

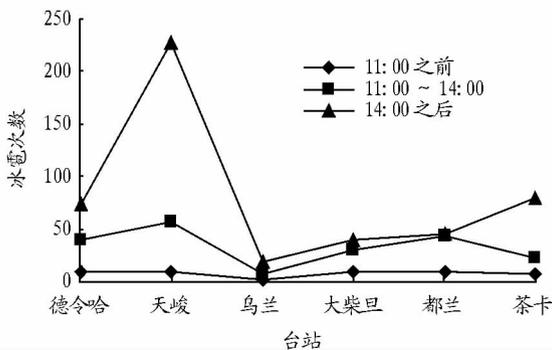


图4 1960~2010年海西中东部各台站冰雹出现次数日变化

2.3 冰雹天气出现站数百分率 统计发现,在海西州中东部地区冰雹天气过程,1站、2站、3站及以上出现冰雹的机率分别为82%、13%、5%,1~2站出现的机率占95%,且分布极不均匀,给预报带来了很大的难度。

2.4 冰雹日数和雷暴日数年变化 在强烈发展的对流云中,常积聚起足够量的空间电荷,形成分离的电荷中心,并有极高的电位差,当电位差大到一定程度就能引起雷暴和闪

电,冰雹也是强对流的产物,因此雷暴与冰雹有着紧密的联系。由图5可知,海西州中东部6个气象站中,1971~2000年乌兰县发生冰雹的天气最少;德令哈、天峻、乌兰、大柴旦、都兰、茶卡年均冰雹日数分别为2.5、5.1、0.6、1.6、1.8、1.8 d/a,年均雷暴日数分别为19.5、40.9、21.7、7.5、8.9、23.9 d/a。

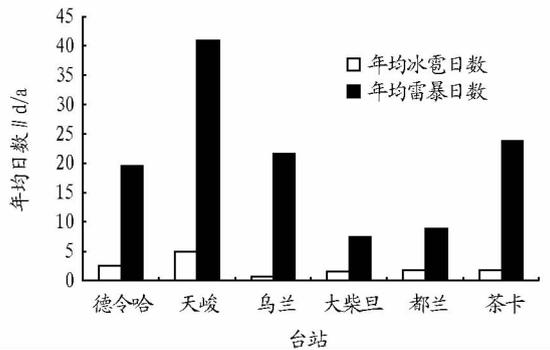


图5 1971~2000年海西中东部各台站年均冰雹日数和年均雷暴日数

2.5 冰雹日数和雷暴日数月变化 由图6可知,海西州中东部地区冰雹发生时段与雷暴发生时段一致,冰雹受地形影响较雷暴显著,地域性强,尤其是在地形比较复杂的山区更加明显。其中,7月是冰雹天气的高峰时期,这一时期是海西州中东部人工防雷的关键时期。相关分析表明,冰雹和雷暴二者呈正相关,相关系数很高,说明雷暴对冰雹有很好的表征意义,通过观测雷暴可以得到冰雹的信息^[1]。

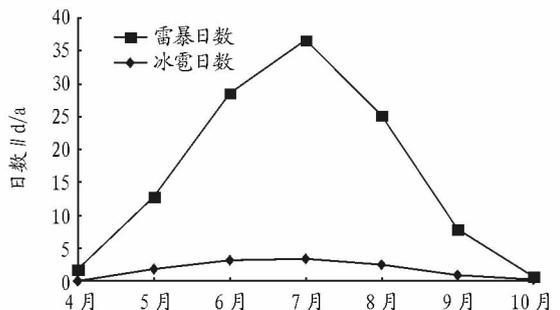


图6 1971~2000年海西州中东部地区冰雹日数和雷暴日数月变化

3 冰雹灾害时空分布及灾情

海西州中东部冰雹灾害主要发生在乌兰和天峻地区,发生时间集中在6月、7月和9月,14:00至傍晚。其中,2009年6月18日20:57~21:05 乌兰县出现冰雹天气,造成乌兰县希里沟河东村约13.33 hm² 油菜绝收,约13.33 hm² 小麦受灾程度达70%以上;西庄村、东庄村120 hm² 的油菜(小麦)受灾程度达75%;乌兰县丰农合作社约17.67 hm² 娃娃菜、8 hm² 微型薯、149.33 hm² 大西洋芋受灾程度达70%;铜普镇32.41 hm² 油菜受损;柯柯镇44 hm² 小麦减产30%,24.33 hm² 油菜减产50%。另外,冰雹天气还造成希里沟河东村养殖示范小区的20座120 m² 畜用暖棚的玻璃及河东村40户农户的120 m² 畜用暖棚的玻璃全部被打破,县盛农养殖专业合作社的两座双孢菇大棚倒塌,13座大棚受到不同程度的损毁。

4 海西州中东部冰雹天气环流形势及影响系统

4.1 高空环流形势 分析2006~2010年青海省海西州中东部地区30个冰雹天气个例的500 hPa资料,其高空环流形势(范围:55°~130° E, 15°~65° N)可划分为3个类型:蒙古低槽(低涡)型、新疆东移小槽型和西北气流冷温槽型。其中,蒙古低槽型有4个,占个例总数的13%;新疆东移小槽型有12个,占个例总数的40%;西北气流冷温槽型14个,占个例总数的47%。3类环流形势的共同点是,该区降雹时空背景场基本上都是西北气流^[2]。

4.2 影响系统

4.2.1 高空急流与垂直切变。分析降雹当日08:00全风场发现,700 hPa高度上,83%的个例在96° E,36° N附近有一风速中心达8~18 m/s的低空偏西北急流。低空急流左前侧的风向、风速切变形成较强的气流辐合,直接引起上升运动。500 hPa高度上,只有50%的个例在80°~100° E,41° N附近有一风速中心达16 m/s以上的急流核存在。而在300 hPa上,全部个例都有极锋急流核配合,其中30%个例在新疆天山一带有32~48 m/s急流核存在,70%个例在青海或新疆东部、河西走廊、内蒙古西部一带有30~44 m/s急流核存在。

高空急流是构成风垂直切变的重要因素,垂直切变小时,强对流降水效率高,易发生暴雨。垂直切变增大时,降水效率有所降低,但却增大了雹暴发生的机率。通过对30个冰雹天气过程分析计算,500~400 hPa垂直切变为 $1.1 \times 10^{-3} \sim 9.4 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$,平均值为 $3.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$;400~300 hPa垂直切变为 $1.1 \times 10^{-3} \sim 9.4 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$,平均值为 $5.0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 。

4.2.2 高空冷空气。对格尔木和都兰08:00各标准等压面风向频数统计后发现,海西中东部出现冰雹的当天,所有个例200 hPa以下均有3~4个特殊风层。700~500 hPa风向一般随高度顺转,表现为暖平流形势;500~400或300 hPa风向随高度逆转为冷平流形势。400或300~250 hPa风向又顺转为暖平流。而250 hPa以上有部分个例一直顺转至200 hPa,为3层风特征。而其余个例又呈逆转,为4层风特征。

这种中低层冷暖平流的差动以及中高层暖平流辐散,是造成雹区气柱不稳定的主要原因^[3]。分析冰雹当日高空24 h变温(ΔT_{24})发现,93%的个例500、400、300 hPa上均为负变温,500 hPa变温幅度为-1~-6℃,400 hPa变温幅度为-1~-7℃,300 hPa变温幅度为-1~-10℃,表明对流层中高层为冷平流。

4.2.3 地面冷锋特征。冰雹出现当日地面气压场(范围:10°~60° N,40°~140° E)分布基本呈“北高南低”的形势,盆地主体受热低压控制,在其北侧为冷高压带控制,走向呈东北-西南向。由于大部分冰雹出现在午后至傍晚时段,反查冰雹当日14:00地面气压场,17%的冰雹出现在热低压与冷高压交界的区域,表明出现冰雹时有冷锋配合;43%的冰雹出现在冷高压区中,表明冷空气已入侵;40%的冰雹出现在热低压区中。据统计,多数雹暴天气与冷锋、高空冷涡、冷槽或冷平流等系统性冷空气活动有关。主要表现为新疆东部、海西走廊或柴达木盆地有冷性短波槽或冷涡,或者仅仅表现为1个温度场上的冷中心、冷平流或湿度场上的小范围不稳定湿区或流场上的强风速带。如果该站及周围近1~2 d下过雨,那么转晴之后在高湿的情况下地表受热增温,更容易形成不稳定的空气层结,有利于热力对流发展。因此,冷空气活动可以作为表征雹暴天气发生、发展的触发条件。西北气流中的冷平流是造成海西州中东部地区冰雹天气的主要影响系统^[4]。

5 物理量场特征

5.1 能量分析

5.1.1 K指数。K指数是一个同时反映稳定性和湿度条件的综合指标。一般说来,K值愈高,潜能愈大,大气愈不稳定。冰雹当日08:00海西中东部K指数为16~35,K指数越大,冰雹天气维持时间越长,冰雹直径越大。K指数高能舌主要从西南伸向东北或从东南伸向西北,在高能舌的西北侧为低能区,高能暖湿空气与低能干冷空气在高原交汇,引起不稳定,上升运动加强,冰雹落区一般位于高能舌前部,随着能量的释放,20:00高能舌逐渐东移。2007年8月22日天峻冰雹持续26 min,当日冰雹直径18 mm(图7)。

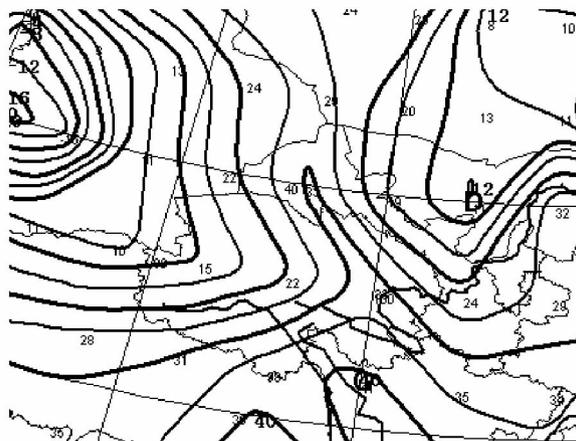


图7 2007年8月22日08:00天峻地区出现冰雹时的K指数

5.1.2 假相当位温 θ_{se} 场。由于冰雹是中小天气尺度系统,

而中小天气尺度系统是大气湿斜压不稳定引起的,因此冰雹的分析重点是表征湿斜压的总温度或相当位温。分析冰雹当日对流层中低层的假相当位温 θ_{se} 场发现,大部分冰雹落区均在高能舌控制范围之中, θ_{se} 值为 $48 \sim 67^\circ\text{C}$,近 50% 个例 $\Delta\theta_{se}$ (500~700 hPa) 的值为 $-1 \sim -7^\circ\text{C}$,冰雹多出现于 $\Delta\theta_{se}$ 负值中心区, θ_{se} 值越大,表明能量越大; $\Delta\theta_{se}$ 负值越大,表明气层越不稳定。

5.1.3 总温度场。分析冰雹当日 08:00 500 hPa 总温度场,雷暴、冰雹落区均在高能舌控制范围之中,总温度值为 $46 \sim 63^\circ\text{C}$ 。总温度的高值区对应着中低层的高温高湿区。高能区的强度和位置的变化,以及高能舌伸展的区域,与冰雹的落区和强度相对应。

5.2 比湿和水汽通量散度 由于低层充沛的水汽和水汽通量的辐合是形成暴雨和对流活动的重要条件之一,因此分析冰雹当日 08:00 比湿和水汽通量散度。700 hPa 比湿为 $4 \sim 9 \text{ g/kg}$,平均比湿为 5.6 g/kg ;500 hPa 比湿为 $1 \sim 4 \text{ g/kg}$,平均比湿为 2.4 g/kg ;400 hPa 及以上比湿大多为 0 g/kg ,表明低层水汽充沛,而高层干冷。700 hPa 水汽通量散度为 $-1 \times 10^{-5} \sim -12 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$,平均值为 $-4 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$;低层水汽通量辐合,水汽量增加,400 hPa 以上辐合不明显。

5.3 散度与垂直速度 分析冰雹当日 08:00 散度场及垂直速度发现,在海西中东部上空,90% 个例 700 hPa 均存在明显的辐合,33% 个例 150 hPa 以上均为辐散。21% 个例为中低层辐合、高层辐散,或低层辐合、中高层辐散,79% 个例则至少有 3~4 层辐合辐散层。垂直速度场表现比较一致,76% 个例从低层到高层均为上升气流,且在海西中东部北侧、西北侧或南侧、东南侧有一明显垂直环流圈。由此可见,冰雹多产生于高层辐散、低层辐合相配置的形势下,且雹区处于深厚的上升运动区域内、极大能量的潜在对流不稳定区中^[5]。由于白天高原的地面加热等作用,使处于潜在不稳定区中的大气层结逐渐向对流不稳定发展,到了午后形成强对流不稳定,观测站出现冰雹。

6 结论

(1)海西中东部出现冰雹天气月份为 4~9 月,5~8 月最多,主要集中在 14:00~20:00。天峻地区降雹次数最多,乌兰最少。冰雹灾害主要发生在乌兰和天峻地区。海西州中东部地区冰雹发生时段与雷暴发生时段一致,冰雹受地形影响较雷暴显著,地域性强,尤其是在地形比较复杂的山区更加明显。

(2)冰雹天气 500 hPa 环流形势有蒙古低槽(低涡)型、新疆东移小槽型和西北气流冷温槽型。其中,西北气流冷温槽型最多,新疆东移小槽型次之,蒙古低槽型最少。从天气尺度系统来看,冰雹一般发生在西北气流下,且短波槽、冷中心或冷温槽、急流核三者必居其一。

(3)有利于降雹的地面形势有两种:一种是天气过程引起的,如锋面、飚线等,对这种形势的预报要从系统的移动来判断;另一种是降水过程后由层结不稳定引起的局地降雹,主要根据地面气温(T)、气压(P)、水汽压(E)的演变,如温度快速上升、湿度稳定维持、当天最高温度能否超过对流温度,并结合层结稳定度指标确定容易产生强对流天气的区域,从而做出预报。

(4)冰雹多产生于高层辐散、低层辐合相配置的形势下,且雹区处于深厚的上升运动区域内、极大能量的潜在对流不稳定区中。而冰雹落区一般位于 K 指数高能舌前部、 $\Delta\theta_{se}$ 负值中心区或 θ_{se} 大值区、总温度的高值区。低层充沛的水汽和水汽通量的辐合是形成冰雹的重要条件。

参考文献

- [1] 曹释安,李有宏,傅生武,等.青海东部冰雹的短期预报方法[J].青海气象,2004(2):14-18.
- [2] 张芳,徐亮,苏永玲,等.2004-2010年青海省冰雹天气时空分布特征及环流形势[J].青海科技,2011(4):58-63.
- [3] 王江山,李锡福.青海天气气候[M].北京:气象出版社,2004.
- [4] 赵仕雄,李正贵.青海高原冰雹的研究[M].北京:气象出版社,1991.
- [5] 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,2000.
- [6] 白静,刘瑾宇,云冬梅,等.呼和浩特市冰雹特征及危险性区划[J].内蒙古农业科技,2012(6):84-85.
- [7] 王青利.黄河三角洲冰雹灾害发生特点分析及防御对策[J].安徽农业科学,2011,39(26):16032-16034,16036.
- [11] 马轩龙,李春娥,陈全功.基于GIS的气象要素空间插值方法研究[J].草业科学,2008,25(11):13-19.
- [12] 李新,程国栋,卢玲.空间内插方法比较.地球科学进展,2000,6(15):260-265.

(上接第 4496 页)

- [9] 朱蕾,黄敬锋.基于GIS和空间插值技术的南方丘陵山区土地生产潜力估算[J].浙江大学学报:农业与生命科学版,2007,33(4):458-465.
- [10] 庄立伟,王石立.东北读取逐日气象要素的空间插值方法应用研究[J].应用气象学报,2003,14(5):605-615.