

# 2008年湖南极端冰冻特大灾害天气成因分析

黄小玉<sup>1,2</sup> 黎祖贤<sup>2</sup> 李超<sup>3</sup> 张海<sup>2</sup> 居晶林<sup>3</sup>

(1. 湖南省气象防灾减灾重点实验室,长沙,410007;  
2. 湖南省气象台; 3. 湖南省气候中心)

**提 要:** 2008年初,湖南出现了有完整气象记录以来罕见的特大低温冰冻雨雪极端灾害天气。常规资料分析表明,高空中高纬阻塞高压稳定,副高持续偏强,孟加拉湾低槽稳定少动,湖南一直处于槽前西南气温中;700hPa西南急流带来大量暖湿气流,一方面有利于降水的形成与持续,另一方面有利于逆温层的形成;850hPa切变线在湖南境内南北摆动,造成全省大范围降水;地面冷空气不断从洞庭湖区补充南下。大环流背景有利于低温冰冻天气的维持。分析探空站的大气层结、地面气象要素与冰冻的关系表明:大气层结的逆温层、融化层,地面温度在0℃附近及以下形成冰冻的关键因子;降水对于冰冻的形成具有重要作用,日降水量大于0.1mm持续性大范围稳定性的雨夹雪或小雨有利于冰冻的形成与加强;气温与冰冻的发展呈反相关;当大气层结、降水量与海拔高度基本相同时,气温是冰冻发展的关键因子。

**关键词:** 冰冻灾害 逆温层 降水量

## Analysis on Extreme Freeze Catastrophic Weather of Hunan in 2008

Huang Xiaoyu<sup>1,2</sup> Li Zuxian<sup>2</sup> Li Chao<sup>3</sup> Zhang Hai<sup>2</sup> Ju Jinglin<sup>3</sup>

(1. Hunan Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Mitigation, Changsha 410007;  
2. Hunan Meteorological Observatory; 3. Hunan Climate Center)

**Abstract:** At the beginning of 2008, Hunan province experienced an extreme freeze catastrophe that is rare since the complete meteorological record has been set. Analysis with conventional data indicates that the stable block high in the middle latitude at high level of atmosphere, sustained strong subtropical high pressure, and stable Bengal trough kept Hunan in the southwest stream of the leading area of trough. Warm and wet air mass brought by southwest jet at 700hPa sustained the persistent precipitation and it was favorable for the temperature inversion. The shear line at 850hPa oscillated within Hunan, the surface cold air invaded southwards from Lake Dongting

and led to large area precipitation. The macroscale circulation provided favorite background for the freeze disaster. Research on the relation among the air vertical structure, surface meteorological elements and freeze shows that the layers of inversion, melting layer and the surface temperature below  $0^{\circ}\text{C}$  are key factors to form the freeze, the liquid precipitation played an important role, and the daily rainfall above 0.1mm was favorable for the formation and development of freeze. The property of precipitation is an important factor. The persistent, large scale and stable drizzle and sleet are beneficial to the formation and development of freeze. Air temperature shows negative correlation with freeze development. The temperature is the crucial for freeze when the vertical structure, precipitation and geographic height are similar.

**Key Words:** extreme freeze catastrophe temperature inversion precipitation

## 引 言

冻雨天气是我国冬半年的灾害性天气之一,对农业、林业、交通、电力、通讯及航空危害性较大。一些文献对形成冻雨的大气环流背景与层结进行了研究:高空 700hPa 暖湿气流旺盛、逆温层及强冷空气影响使地面温度降至  $0^{\circ}\text{C}$  附近及以下,是冰冻形成的大气环境背景与主要条件<sup>[1-3]</sup>;陈天锡等<sup>[4]</sup> 分析了一次冰冻过程的天气条件及分布规律,建立了冻雨的专业气象预报方法。吕胜辉等对出现冻雨大气层结的冰晶层、暖层、冷层的温度、厚度进行了定量分析,得出一些有意义的临界值。唐熠<sup>[5]</sup> 从天气形势分析了雨雪与雨淞的异同点:两者都要有较强的冷空气影响及伴有液态降水,飘雪要求由 500hPa 至地面均有  $<0^{\circ}\text{C}$  的深厚冷层,雨淞预报着重 700hPa 的增温和 850hPa 的降温。以上研究偏重于天气形势、大气层结,主要分析了冰冻的成因,但对地面气象要素与冰冻的关系分析目前依然不足。

2008 年 1 月 13 日至 2 月 5 日湖南省出现了历史罕见的严重低温雨雪冰冻灾害天气,为了加深对冰冻成因的认识,提高冰冻精细化预报能力,针对这次过程,本文除了分析天气形势及大气层结外,还利用地面气象观

测及其他资料,分析了电线结冰与气象要素的关系,得到了具有业务指导意义的结果。

## 1 实况及灾情

2008 年 1 月 13 日至 2 月 5 日湖南省出现了严重的低温雨雪冰冻灾害天气,本次过程为湖南有完整气象记录以来所罕见,具有强度大、范围广、时间长、灾情重等特点。

1 月 13 日至 2 月 5 日除一站外,全省各站均出现冰冻,影响范围达 99%;共 74 个县市达到连续冰冻 7 天及以上的重度冰冻标准,71 个县市达到或刷新当地最长连续冰冻日数的记录,宁乡、冷水江等 7 县市冰冻持续 20 天以上(见图 1);出现 17 天冰冻的站数超过总数的 50%,8 天超过 75%;1 月 29 日冰冻站数达 95.9%,是本次过程单日出生冰冻范围最大的一天(见图 2)。过程电线结冰直径湘中以南大于湘北,最大直径为 60mm(南岳山除外,见图 3)。

过程多项评价指标均达到或超过历史纪录:过程全省共出现雨淞 1374 站次,创历史纪录(1264 站,1968 年);过程出现雨淞的县市有 96 个,平历史纪录(96 个,1985 年);过程雨淞持续天数达 28 天(除南岳山),为历史极值(23 天,1983 年);单站雨淞持续天数达 27 天,超记载最长(20 天,1954 年);单日雨

淞出现 93 站,平历史纪录(93 站,1991 年);过程达重度冰冻(连续 7 天或以上出现雨淞)站数 74 个,突破历史极值(43 个,1976 年);

过程雨淞最多日数超当地历史纪录的测站 82 个,超一次过程最多纪录(23 个,1976 年);雨淞最长连续日数超当地历史纪录的测站 71 个,超一次过程最多纪录(20 个,1976 年)。综合评估为特大型气象灾害。

此次罕见的持续低温雨雪冰冻天气,使湖南省 14 个市(州)不同程度受灾,给全省工农业生产造成了严重损失,电力、道路、供水、市场、水利、通信等基础设施受损严重。据初步统计,全省 3927.7 万人受灾,直接经济损失 680 亿元。人民生活、生产和社会正常运行秩序受到了严重影响。

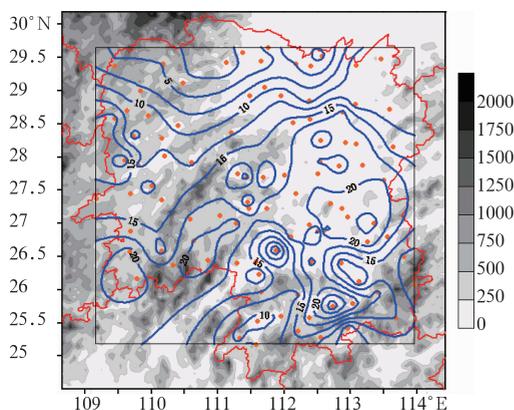


图 1 2008 年 1 月 12 日至 2 月 5 日过程电线结冰日数(d)与地形叠加(实线为电线结冰日数,阴影为地形高度)

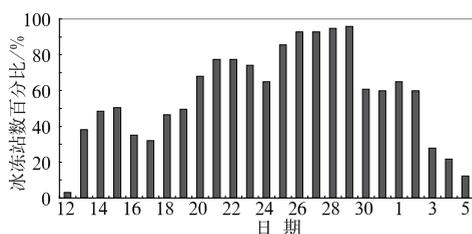


图 2 2008 年 1 月 12 日至 2 月 5 日逐日冰冻范围

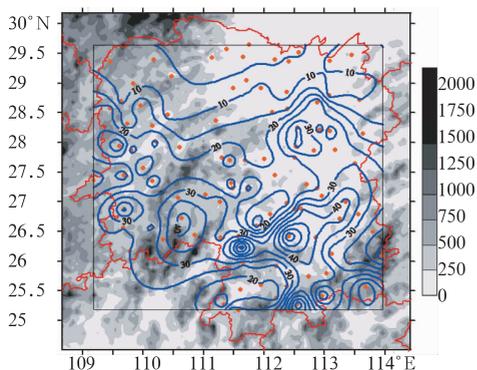


图 3 2008 年 1 月 12 日至 2 月 5 日过程电线结冰最大直径(mm)与地形叠加(实线为电线结冰最大直径,阴影为地形高度)

## 2 天气形势分析

500hPa 副高强度持续偏强,中高纬度经向环流长时间维持,巴尔喀什湖附近阻塞高压稳定,并不断有小槽分裂南下,带动地面冷空气补充南侵,孟加拉湾低槽少动,致使湖南省长时间处于槽前西南气流之中。700hPa 西南急流始终维持,一方面有利于带来大量的暖湿气流,另一方面有利于逆温层的形成,促使雨雪、冰冻天气长时间维持。850hPa 切变线在湖南境内南北摆动,切变线北侧为偏北风,主要以降雪为主,冰冻发展较慢。南侧以雨夹雪天气为主,冻冰发展迅速;切变线附近锋区明显,长沙与郴州之间的温差 $>10^{\circ}\text{C}$ 。地面冷空气主体偏北偏东,冷空气经洞庭湖区不断补充南下,造成湖南长时间低温雨雪冰冻天气。其天气模型见图 4。

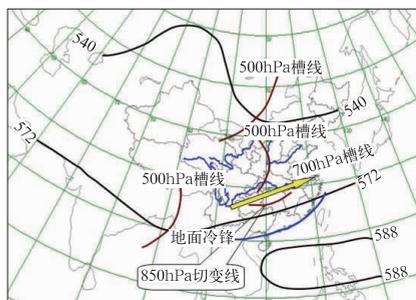


图 4 天气模型图

### 3 成因分析

在有利的大气环境背景下,进一步分析大气层结,地面降水、气温等气象要素及地形对冰冻的影响。本文用电线结冰资料表示冰冻的发展情况。

#### 3.1 大气层结

不同的大气层结造成不同的降水天气。当逆温层不明显或有逆温存在,从地面至高层气温均 $<0^{\circ}\text{C}$ ,往往形成降雪天气;当有逆温或无逆温,地面至一定高度的温度均 $>0^{\circ}\text{C}$ 时,以液态降水出现;当大气层结逆温明显,并且存在一定厚度的融化层时,有利于雨夹雪、冰粒及雨淞的形成,即有利于冰冻天气的形成、维持或发展。

1月12日至2月2日(图略)湖南3探

空站的 T-Ln P 图上,两层逆温长沙站只出现了 2 个时次、郴州 4 个时次、怀化 2 个时次,其余时次为一层逆温,因此以下分析主要以一层逆温为主。地面至 925hPa 风向随高度逆时针转动,具有冷平流,以偏北风为主,温度随高度递减;925hPa 至 700hPa 之间风向随高度顺时针转动,具有暖平流,偏北风逐渐转为西南风,700hPa 的西南风大于  $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,从南海及孟加拉湾带来大量暖湿气流,因此气温随高度增加而形成逆温层。700hPa 以上气温又随高度递减(图 5)。因此低层冷平流,中层暖平流是这次过程逆温形成的主要原因。地面气温在  $0^{\circ}\text{C}$  以下或附近,逆温层的厚度约 2km,大于  $0^{\circ}\text{C}$  的融化层高度约为 1.5~2km 左右,融化层的温度为  $0\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。在有利的大气层结下,这一时期内湖南境内冰冻一直维持并且发展。

比较湖南境内 3 站的 T-LnP 图可知,位

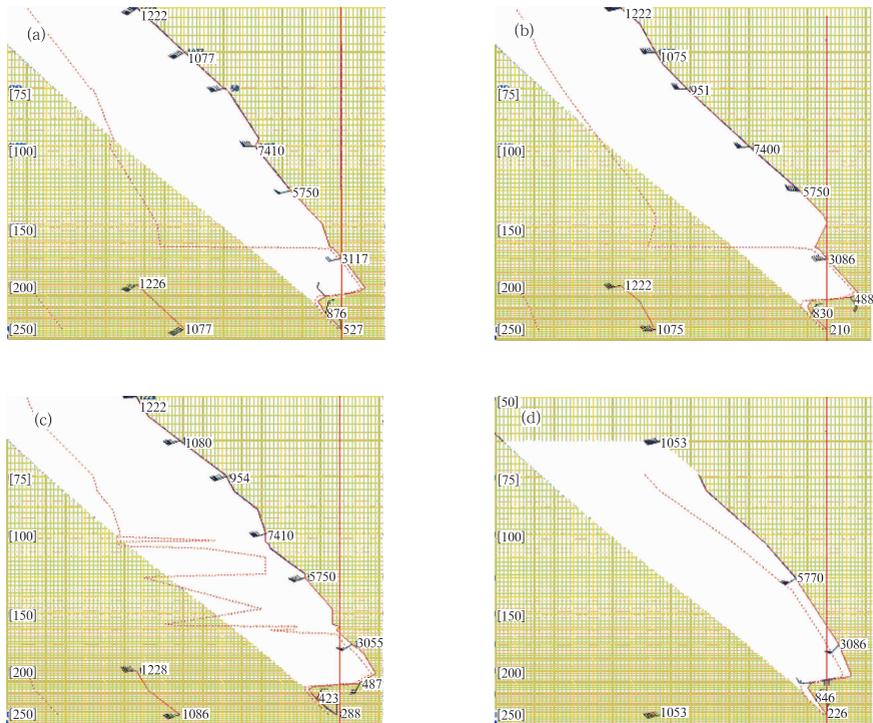


图 5 郴州 T-LnP 图

(a) 2008 年 1 月 13 日 20:00 (b) 1 月 20 日 20:00 (c) 1 月 28 日 08:00 (d) 2 月 1 日 08:00

于湘南的郴州站逆温最为明显,融化层也十分清楚,因此湘南冰冻更为严重。比较湖南 3 站与湖北武汉站的 T-Ln P 图(图略),可以清楚看出,武汉站上空的温度层结逆温不明显,并且没有融化层,大气整层的气温 $<0^{\circ}\text{C}$ ,主要以降雪为主,不利于冰冻的形成与发展。

### 3.2 降水、气温与冰冻的关系

选取过程中每天 08—08 时电线结冰的直径与对应 08—08 时降水量进行对比分析(图 6)。

降水与冰冻的发展具有正相关,降水加大时一般有利于冰冻的加强,但不具有线性关系;当降水过大时,由于降水的冲刷作用,不大利于冰冻发展。统计表明,日降水量大于 0.1mm 持续性大范围稳定性雨夹雪或小雨时有利于冰冻的形成,说明降水性质是冰冻形成的重要因子。

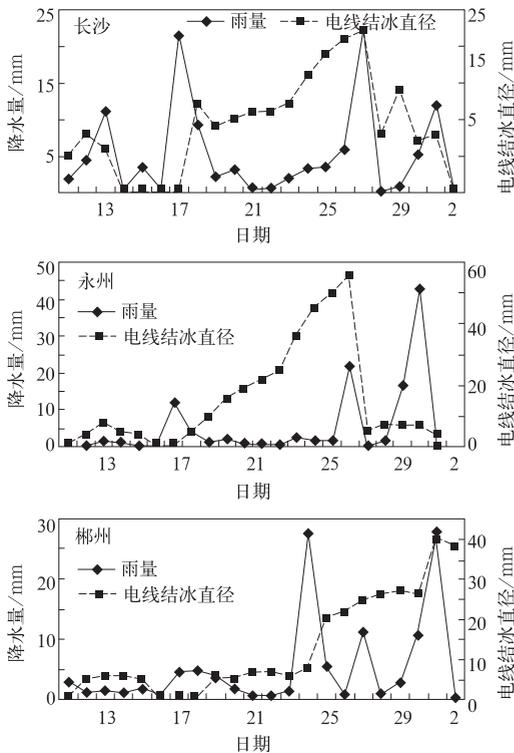


图 6 降水与电线结冰的关系

从图 7 可清楚地看出,日平均气温、日最低气温与电线结冰直径具有反相关关系,即日平均气温降低时有利冰冻发展,反之亦然。因此可根据预报温度的变化来预报冰冻的发展情况。日平均气温比日最低气温与冰冻发展的对应关系更好,原因是如果天空放晴,虽然日最低温较低,但白天气温高,有利于融冰,而不利于冰冻的发展。

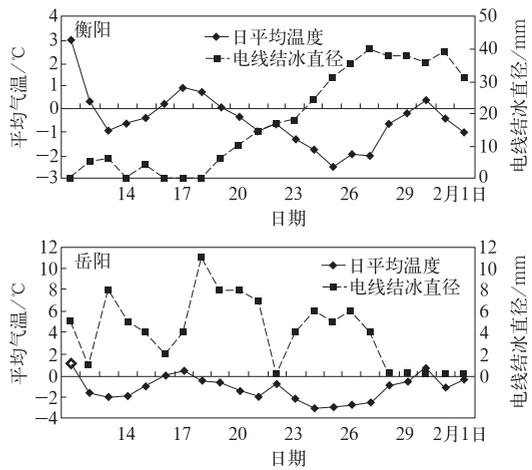


图 7 气温与电线结冰的关系

从前面分析可知,一般情况下降水与冰冻具有正相关,气温与冰冻具有反相关关系。长沙 15—18 日降水较大,但其电线结冰消失,主要原因在于这几天长沙的日平均气温逐步上升(且有较长时间 $>0^{\circ}\text{C}$ )。永州 14—17 日电线结冰减弱、郴州 17—19 日、怀化 17 日以前无电线结冰,也是因为气温升高所致(图 8)。分析其它站仍有类似的结果,因此近地层气温过高,尽管有降水,也不利于冰冻维持。

### 3.3 大气层结基本相同,降水、海拔高度差异不大时气温与冰冻的关系

分别选取湘北长沙(海拔高度 65.5m)与宁乡(海拔高度 73.0m)、湘南永州(海拔高度 173.2m)与东安(海拔高度 167.9m),湘南两站、湘北两站之间海拔高度大致相同,相距小

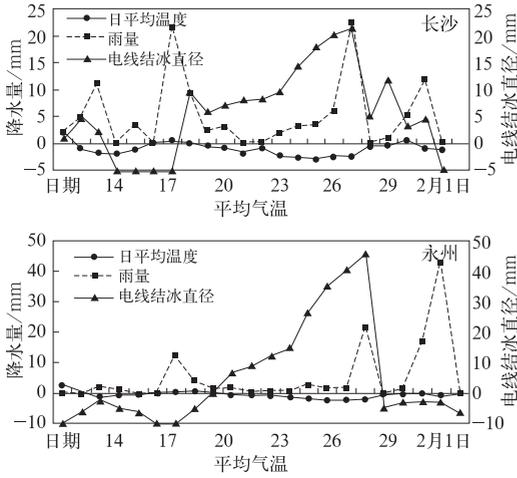


图 8 降水、气温与电线结冰的关系

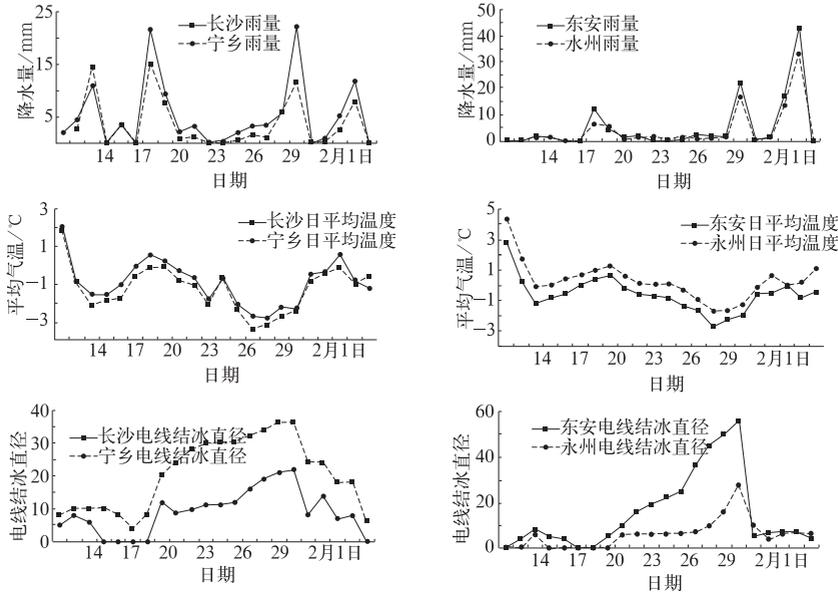


图 9 降水量、气温与电线结冰之间关系

$4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 因此造成两者之间的温度差异的主要原因是下垫面和周围环境的影响。

### 3.4 地形与冰冻的关系

分析海拔高度与电线结冰的关系发现(见图 1、图 3), 一般情况下, 冰冻随地形随高度增加而增加。从图 3 可以发现, 在山体北侧山前, 由于低层冷空气堆积, 造成气温持续偏低, 而在山体南侧, 由于下沉增温作用, 造

于 50km, 对于这次长时间稳定性的雨雪冰冻过程, 湘北两站、湘南两站之间的大气层结冰基本相同。

图 9 中湘北长沙、宁乡的日降水趋势基本一致, 湘南永州与东安两站的降水量大致相同, 而电线结冰直径宁乡明显大于长沙, 永州大于东安。分析两站的日平均气温与日最低气温, 宁乡小于长沙, 永州低于东安, 表明气温是影响冰冻发展的重要因子。初步分析, 长沙为省会城市、热岛效应明显, 因此长沙的气温高于宁乡的气温。东安北、西、南三面环山, 过程期间一直为偏东风  $2\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  左右, 而永州位于湘江河畔, 过程期间为偏北风

成南侧气温高于北侧, 也就是说山的北侧比南侧更有利于冰冻的发展。

### 4 结 论

针对 2008 年湖南极端冰冻特大灾害, 利用常规气象观测资料进行分析。结果表明:

(1) 2008 年 1 月 13 日至 2 月 5 日湖南省遭受了 1950 年以来最严重的低温雨雪冰

冻天气,具有强度大、范围广、时间长、灾情重等特点。综合评估为特大型气象灾害。

(2) 副高持续偏强,中高纬阻塞高压维持,孟加拉湾为稳定低槽,地面冷空气强度高,路径偏东、偏北,冷空气不断从洞庭湖区补充南下,为低温雨雪冰冻天气提供了大气环流背景。

(3) 大气层结是冰冻形成的主要条件;降水与冰冻具有正相关,但不具有线性关系,日雨量大于 0.1mm 的稳定性降水有利于冰冻的形成与加强,降水性质是冰冻形成的重要因子;地面气温对冰冻的形成维持具有重要作用,当大气层结相同、降水、海拔高度相差不大时,气温是冰冻形成、维持与发展重要的因子。

(4) 地形对冰冻的形成也具有重要作用。

#### 参考文献

- [1] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法 [M]. 气象出版社,2007:313-319.
- [2] 王崇洲,贝敬芬. 一次暴雪、雨淞、冰雹天气过程的综合分析[J]. 气象,1992,18(4):48-52.
- [3] 谢韶. 1999 年 12 月 22—26 日低温霜、冰冻天气过程分析[J]. 广东气象,2004,4:12-14.
- [4] 陈天锡,陈贵发,穆晓涛. 驻马店地区冻雨天气特征的分析 and 预报[J]. 气象,1993,19(2):33-40.
- [5] 吕胜辉,王积国,邱菊. 天津机场地区冻雨天气分析[J]. 气象科技,2004,32(6):465-460.
- [6] 唐熠. 一次雨淞天气与一次飘雪天气过程形势异同分析[J]. 广西气象,2003,24(3):21-22.
- [7] 许爱华,乔林,詹丰兴,等. 2005 年 3 月一次寒潮天气过程的诊断分析[J]. 气象,2006,32(3):49-55.
- [8] 高安宁. “99.12”广西严重霜冻、冰冻天气过程特征及预报分析[J]. 广西气象,2000,21(1):9-11.
- [9] 李军,禹伟,许源,等. 基于湖南省冰冻分布及气候特征的思考[J]. 湖南电力,2004,24(2):16-19.
- [10] 王晓兰,李象玉,黎祖贤,等. 2005 年湖南省特大冰冻灾害天气分析[J]. 气象,2006,32(2):87-91.