

长春市强冰雪冻害天气系统及物理量特征

汪秀清¹, 杨雪艳², 陈长胜¹, 吴宪军¹

(1. 吉林省气象台, 吉林 长春 130062 2 吉林省专业气象台, 吉林 长春 130062)

摘要: 应用 1971~2000 年长春气象站 10 月至次年 3 月的逐日降水量、气温资料以及相应的 NCEP/NCAR 再分析资料, 通过对资料的统计分析, 给出了确定长春市发生强冰雪冻害天气的标准; 根据对 36 个历史个例的高低空环流形势的分析, 建立了 4 种强冰雪冻害的天气概念模型: 冷涡型、深槽型、浅槽型、锋区平直型; 进一步分析了长春市冰雪冻害天气的物理量场、要素场的特征。

关键词: 强冰雪冻害; 天气概念模型; 物理量场; 要素场

中图分类号: P456.8 文献标识码: A 文章编号: 1000-0690(2006)03-0364-05

随着城市现代化的发展, 交通、通讯、供水、供电、供气、供热等系统的稳定运行是现代城市综合大系统正常运转的保证, 这一系统的维护也就变得至关重要。因此对于城市灾害的监测和预防, 减少其造成的损失是当务之急。而现代城市灾害中, 气象灾害发生的次数最多, 频率最高, 损失最大。近年来, 随着城市气象研究的深入, 城市气象灾害受到越来越多的关注, 也取得了很多的成果, 如城市内涝监测、城市防雷工程等等。

冰雪冻害作为城市气象灾害的一种, 在东北地区时常发生。如 1974 年 10 月 22 日, 一场暴雪把长春市的秋白菜全埋在地里, 损失十分惨重; 2002 年 12 月 14 日长春市仅降了 0.8 mm 的雨夹雪, 受温度骤降影响, 使得雨雪混合物在路面上形成“镜面”, 造成飞机停飞、高速公路关闭、城市交通严重堵塞。以往气象工作者对暴雪研究较多, 在 1977 年王文辉等对“77.10”暴雪进行了分析^[1], 许多学者还对全国各地不同类型暴雪的环流形势、物理量特征、预报方法等等作了大量的研究^[2~8]。吉林省的预报员曾对吉林省大雪进行过总结分析, 并找出了一些预报指标^[9,10]。但城市冰雪冻害与暴雪并不等同, 因此有必要对强冰雪冻害天气进行系统的分析。

本文对长春市 1971~2000 年的 10 月至次年 3 月降雪或雨夹雪天气进行了统计分析, 确定了长春市强冰雪冻害的标准、分析了长春市强冰雪冻害天

气高空环流形势, 并在此基础上建立长春市 4 种强冰雪冻害的天气概念模型。揭示了长春市冰雪冻害天气的物理量场、要素场特征。

1 资料和方法

1.1 资料的选取

利用 1971~2000 年长春气象站 10 月至次年 3 月的逐日降水量、气温资料, 相应时段、尺度的 NCEP/NCAR 降水量、气温再分析资料进行分析。

1.2 长春市强冰雪冻害标准的确定

根据所收集、整理的长春气象站逐日降水、气温资料, 对长春市强冰雪天气进行普查分析, 确定了强冰雪冻害标准为: 10 月至次年 3 月出现日降水量大于或等于 5.0 mm 以上, 日最高气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 、日最低气温 $\leq -2^{\circ}\text{C}$ 的天气记为 1 个强冰雪冻害个例。

通过统计 1971~2000 年 30 年间 10 月至次年 3 月份降水量及气温资料, 共有满足标准的强冰雪冻害天气案例 36 个。本文将对这 36 例强冰雪冻害天气进行系统的分析。

2 强冰雪冻害天气概念模型

根据的 1971~2000 年的 NCEP/NCAR 再分析资料, 对上述强冰雪冻害天气过程的 500 hPa、700 hPa、1000 hPa 高低空环流的演变特征等进行了分析, 根据不同的环流演变特征建立了如下 4 种天气预报模型: 冷涡型、深槽型、浅槽型、锋区平直型。

收稿日期: 2005-06-19 修订日期: 2005-09-10

基金项目: 吉林省气象局“现代城市冰雪冻害预报方法研究”课题资助。

作者简介: 汪秀清 (1952-), 女, 内蒙通辽人, 高级工程师, 首席预报员, 主要从事预报方法研究。E-mail: wangxq_wxq@163.com

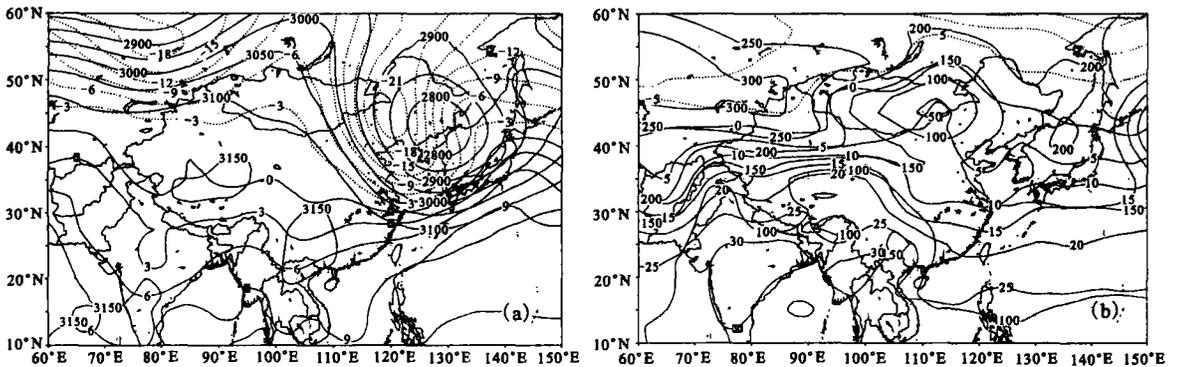
2 1 冷涡型

冷涡型是产生强冰雪冻害天气的一个主要天气类型,在所统计的30年中,该类型有14例,占38.9%,这种类型冰雪冻害发生时,吉林省受冷涡影响,冷涡中心位于 $115^{\circ}\sim 135^{\circ}\text{E}$, $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 之间,冷涡处于发展加强阶段,500 hPa低涡中心强度为510~540 gpm,温压场的斜压性明显,槽后冷空气较强。

700 hPa图上可以看到(图1a),贝加尔湖附近为一个较强的高压脊,脊前有较强的西北气流下滑,将冷空气不断的补充到冷涡中,使冷涡加强;高空槽前有较强的西南急流,最大风速可达 20 m/s

为降雪提供了充足的暖湿气流;冷涡东部的日本岛为一个较强的高压脊,阻挡冷涡东移,致使冷涡造成强冰雪冻害天气;冷涡中心的温度一般可以达到 -21°C ;最低可达 -35°C 以下。受其影响,强冰雪冻害当日长春本站700 hPa气温值一般为 -12°C 以下,850 hPa气温值一般为 -6°C 以下。

对应地面图上(图1b),影响系统多以华北气旋或低压倒槽。蒙古以西为一个强高压中心,中心强度为1030 hPa左右,高压东部有一个强低压或低压倒槽东移,倒槽在东移中将充足的暖湿气流输送到吉林省中北部;冷高压提供了较强的冷空气,冷暖空气交汇,产生明显的冰雪冻害天气。



图中实线为高度场,单位:位势米;虚线为温度场,单位: $^{\circ}\text{C}$

a. 700 hpa; b. 1 000 hpa

图1 冷涡型强冰雪冻害天气模型

Fig 1 The synoptic model of cold vortex type of great weather process with ice-snow and cold disaster

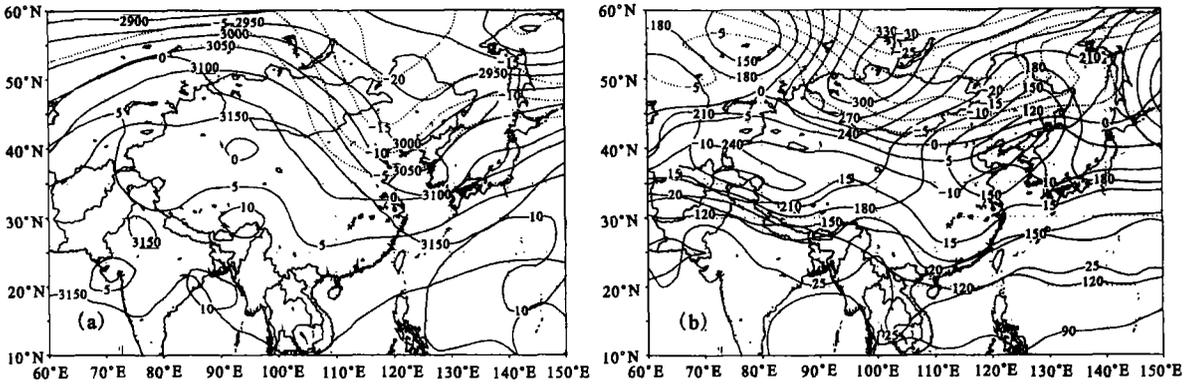
2 2 深槽型

在36例强冰雪冻害天气个例中,深槽型共有6例,占16.7%。在强冰雪冻害发生前24小时,700 hPa高空图上,欧亚大陆为一脊一槽型,在巴尔喀什湖到贝加尔湖之间是一个较强的高压脊,脊前为一个深槽。深槽类的高空环流经向度较大,槽底南伸至 35°N 附近,高空锋区呈“V”字型。700 hPa冷中心自贝湖附近向东南方向移动过程中有冷空气不断补充,冷中心强度最强可达 -37°C 。虽然是冬季,西太平洋副热带高压却很强且呈块状,脊线位于 20°N 附近。冰雪冻害当日(图2a),随着高空槽的东移,“V”型锋区中的强冷空气迅速东移影响吉林省,由于冷空气不断补充,促使高空槽发展加深,时常在东北地区形成切断低涡,导致长春市出现冰雪冻害天气。强冰雪冻害当日700 hPa长春市气温 $\leq -25^{\circ}\text{C}$,850 hPa长春市气温 $\leq -5^{\circ}\text{C}$,最高时达到 -18°C 。对应地面图上,影响系统和冷涡

类相似,以气旋及倒槽影响为主(图2b),这种类型的低空急流和水汽条件都很好,急流从降水前48小时就开始形成,伴随着高空槽东移,将南海及孟加拉湾水汽输送到吉林省北部,为强冰雪冻害天气的形成提供了充足的水汽条件。

2 3 浅槽型

在冰雪冻害的当日,由于西部巴尔喀什湖到西伯利亚之间堆积的强冷空气沿“L”型锋区南下(“L”型锋区是吉林省大雪的一种典型特征之一^[10]),促使高空槽不断发展加强,锋区的平直部分产生扰动并发生变形。上游冷空气的东移以及前期吉林省有一小股冷空气的垫底,使得南方暖湿气流被夹在两股气流中间,三种不同性质的气流相互作用,造成强冰雪冻害天气,这是浅槽型冰雪冻害天气的主要环流特征。地面影响系统多是两高之间的一条冷锋切变。以1986年10月31日为例,1000 hPa图上,巴尔喀什湖和日本群岛分别有



图中实线为高度场,单位:位势米;虚线为温度场,单位:℃
a. 700 hpa;b. 1 000 hpa

图 2 深槽型强冰雪冻害天气模型

Fig 2 The synoptic model of hard trough type of great weather process with ice-snow and cool disaster

一个较强的高气压控制,两高之间为一条弱冷锋切变,该切变南伸到 30°N 附近。(图略)

浅槽型冰雪冻害天气共有 8 例,占 22 %。浅槽型冰雪冻害天气发生的关键一是 700 hPa 高空“L”型锋区或平直锋区上高空槽的东移,二是要有较强的冷空气配合。另外,值得注意的是,由于高空环流形势平直,低空西南急流建立的晚,降水前 24 小时吉林省基本处于偏西气流控制下,直到降水前 12 小时低空西南急流才建立。

2.4 锋区平直型

锋区平直型有 8 例,占 22 %。强冰雪冻害当日,亚洲中高纬地区 700 hPa 为稳定的一脊宽槽型,锋区走向基本呈“L”型,即乌拉尔山到贝加尔湖之间为一个高压脊,贝加尔湖到日本海为平直锋区,锋区位于 40°~45°N 之间。副热带高压呈带状分布。强冰雪冻害当日 700 hPa 高空图上冷中心一般在 -28℃ 以下,最强可达到 -38℃。地面图上的影响系统为一个东北-西南向的弱低压倒槽,弱倒槽一直南伸到孟加拉湾一带,这为南方水汽的向北输送提供了条件。巴湖和日本海均为高压控制,日本海的高压起到了阻挡作用。由于平直锋区型高空环流较为平直,锋区以纬向型为主,水汽条件和低空气流建立的都比较晚,因此要随时注意低层环流的反映。

3 强冰雪冻害天气的物理量场及要素场特征

利用 1971~2000 年的 NCEP/NCAR 再分析资料,对长春市强冰雪冻害时的高、低层散度场特征、

急流配置特征、700 hPa 水汽通量散度、700 hPa 温度露点差 (T-Td)、比湿、700 hPa 垂直速度等物理量场及中低层温度场等进行了分析,给出长春市强冰雪冻害时的物理量场及要素场特征。

3.1 中低层上升速度

分析了强冰雪冻害发生日的 8 时的 700 hPa 垂直速度场特征,发现中低层的较强的上升运动在强降水中有重要作用。降雪过程中一般在中低层存在较强的上升运动区,由图 3 可见,在 120°~130°E, 42°~47°N 有大范围 -10 hPa/s 以上强上升区,中心值在 -20 hPa/s 以上,有时甚至达到 -30 hPa/s 以上。长春单站平均上升的速度为 -5.4 hPa/s。

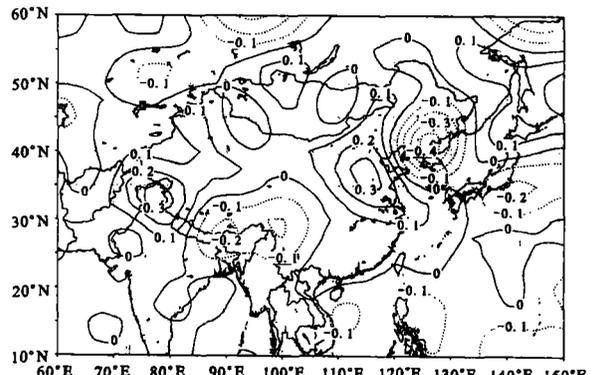


图 3 强冰雪冻害日 700 hPa

垂直速度场 (单位: hPa/s)

Fig 3 The 700 hPa vertical velocity of the great weather with ice-snow and cool disaster (Units: hPa/s)

3.2 高低层散度场配置

散度是能表示空气的水平运动辐合辐散情况,

高层辐散在高层产生下沉气流、低层辐合能在低层产生上升气流,高低层散度场的耦合能促进天气系统的发展。计算分析长春市强冰雪冻害时高低层的散度场,发现有 73% 的个例在 200 hPa 存在强辐散中心位于吉林省上空(图 4a),而在 850 hPa 散度场为负值,同样存在较强的辐散中心(图 4b)。此时长春市处于辐合区内(有时在辐合中心),或处于辐散区的边缘或弱的鞍形场内。从影响系统上看,当冷涡或深槽影响时,高低层配置较好,高低层的耦合作用更明显一些。当浅槽或平直型影响时,高低层的抽吸作用不明显。

3.3 水汽条件分析

本文主要从 700 hPa 上的温度露点差 ($T - T_d$)、比湿、水汽通量等方面分析冰雪冻害发生对水汽的要求。发现,冰雪冻害发生时,有一条从华北伸向东北的大范围饱和区,长春站在饱和区内或准饱和区内,其 700 hPa 温度露点差 ($T - T_d$) 平均 3.2° 。从比湿场上看(图 5),大量的水汽集中在 $110^\circ \sim 135^\circ E$ 、 $27^\circ \sim 40^\circ N$ 之间,并且向东北地区延伸。水汽通量平均为 $17.6 \times 10^{-1} g / (hPa \cdot cm \cdot s)$,最大时达到 $57 \times 10^{-1} g / (hPa \cdot cm \cdot s)$,并且处于水汽通量大值区。

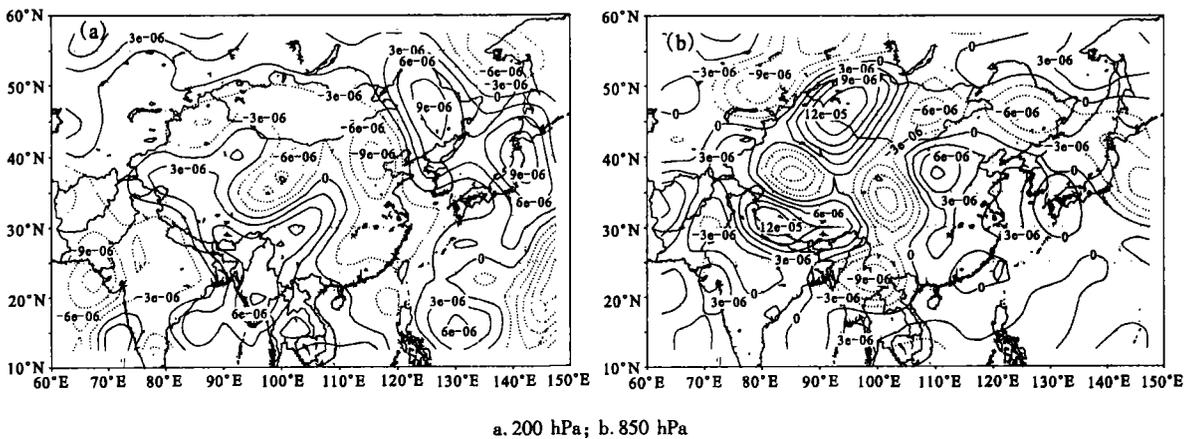


图 4 强冰雪冻日高低层散度场配置 (s^{-1})

Fig 4 The upper and lower divergence of the great weather process with ice-snow and cool disaster

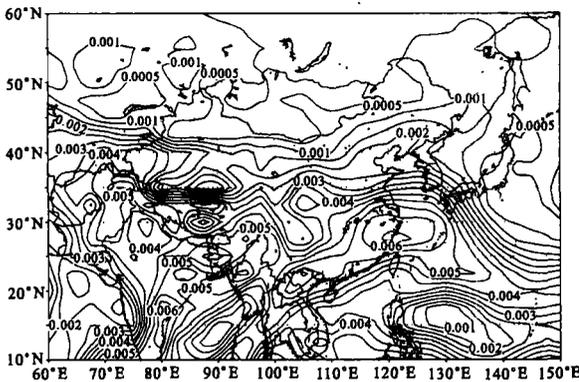


图 5 强冰雪冻害日 700 hPa 比湿场 (g/kg)

Fig 5 The 700 hPa specific humidity of the great weather process with ice-snow and cool disaster

而且高低空急流耦合产生的次级环流的上升支将触发潜在不稳定的释放。

以 200 hPa 作为高层、以 850 hPa 作为低层,确定 $113^\circ \sim 132^\circ E$ 、 $35^\circ \sim 50^\circ N$ 之间作为统计区。在 200 hPa 上,风速大于 $30 m/s$ 的地区作为高空急流区,850 hPa 周围有三个格点站偏南风速大于 $12 m/s$ 的地区作为低空急流区。(见图 6)

在统计的个例中,长春 850 hPa 的平均风速 $9 m/s$,长春站处于低层西南急流区仅有 10 次;高层急流比低层急流出现次数多,有 15 次强冰雪冻害发生时有高空急流存在。在冷涡和深槽影响时,急流较强,而平直锋区时一般没有急流。可见不同的影响系统对强冰雪冻害发生的触发机制是不同的。

3.4 急流条件分析

寿绍文等^[11]指出,在高低空急流耦合的情况下,低层低空急流造成暖湿空气输送,高层则造成干冷空气平流,从而使大气产生强的潜在不稳定,

4 结论

本文在分析长春市强冰雪冻害天气高空环流形势的基础上建立长春市 4 种强冰雪冻害的天气概念模型;找出了长春市冰雪冻害天气的物理量

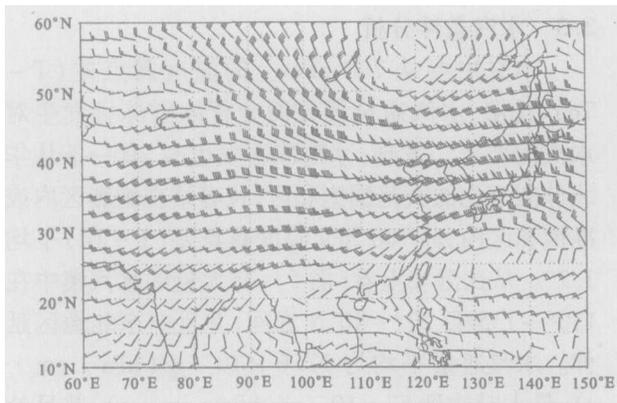


图 6 强冰雪冻害日 200 hPa 风场 (m/s)

Fig 6 The 200hPa wind field of the great weather process with ice-snow and cool disaster (Units: m/s)

场、要素场特征。得到如下结果:

1) 长春市强冰雪冻害共有 4 种环流形势, 每种形势下的地面系统都有南方系统北上、倒槽及蒙古气旋在东北地区强烈发展等显著特征。

2) 长春市发生冰雪冻害要有充沛的水汽条件, 700 hPa 上, 长春站位于大范围的饱和区或准饱和区内, 从水汽通量场上看, 处于大范围的水汽高值区或输送区。

3) 高层辐散、低层辐合在强冰雪冻害发生中起重要作用, 使得强的上升运动得以维持或发展。

4) 长春市发生强冰雪冻害时中低层有较强的上升运动区, 一般有大范围 -10 Pa/s 区。

5) 长春市发生强冰雪冻害对温度有一定的要求, 强冰雪冻害发生时, 850 hPa 温度均在 -5°C 以下, 700 hPa 均在 -8°C 以下, (当温度高时, 降水以雨为主)。

参考文献:

- [1] 王文辉, 徐祥德. 锡盟大雪过程和“77 10”暴雪分析 [J]. 气象学报, 1979, 37(3): 80~86.
- [2] 朱福康, 郑新江, 罗敬宁, 等. 藏南暴雪过程的水汽图象 [J]. 科学通报, 1998, 43(20): 2232~2235.
- [3] 盛春岩, 杨晓霞. 一次罕见的山东暴雪天气的对称不稳定分析 [J]. 气象, 2002, 28(3): 33~37.
- [4] 宫德吉, 李彰俊. 低空急流与内蒙古的大(暴)雪 [J]. 气象, 2001, 27(12): 3~7.
- [5] 范永祥, 张芬复, 赵同进. 华北春季大雪和黄渤海强东风 [J]. 气象, 1979, 15(9): 9~10.
- [6] 康玲, 李彰俊, 祁伏裕, 等. 内蒙古大暴雪环流类型及物理量特征 [J]. 内蒙古气象, 2000, 24(3): 13~18.
- [7] 宫德吉, 李彰俊. 内蒙古大(暴)雪与白灾的气候雪特征 [J]. 气象, 2000, 26(12): 24~28.
- [8] 宫德吉, 郝慕玲. 白灾成灾综合指数的研究 [J]. 应用气象学报, 1998, 9(1): 119~123.
- [9] 王晓明, 王新国, 王萍. 一次罕见的大暴雪天气过程分析 [J]. 吉林气象, 1998, 3: 9~12.
- [10] 吉林省气象台. 吉林省预报员指导手册 [M]. 北京: 气象出版社, 1984. 230~262.
- [11] 寿绍文, 励申申, 姚秀萍. 中尺度气象学 [M]. 北京: 气象出版社, 2003. 236.

Analysis on Synoptic Type and Feature of Physical Parameter Field of Great Weather Process with Ice-snow and Cool Disaster

WANG Xi-Qing¹, YANG Xue-Yan², Chen Chang-Sheng¹, WU Xian-Jun¹

(1. Jilin Meteorological Observatory, Changchun, Jilin 130062; 2. Jilin Specialized Meteorological Observatory, Changchun, Jilin 130062)

Abstract By the analysis on the daily precipitation and temperature of Changchun station during October to next March from 1971 to 2000 and responded by NCEP/NCAR reanalysis data, the standard of the great weather process with ice-snow and cool disaster is proposed. Based on studying the upper and lower air circulation of 36 weather processes, four synoptic models are given. In addition, the physical parameter fields and normal parameter fields of those processes are researched.

Key words the great weather process with ice-snow and cool disaster; synoptic model; physical parameter fields; normal parameter fields