

周月华, 郭广芬. 基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案[J]. 气象, 2010, 36(9): 87-93.

# 基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案<sup>\*</sup>

周月华<sup>1,2</sup> 郭广芬<sup>1,2</sup>

1 武汉区域气候中心, 武汉 430074

2 湖北省气候变化中心, 武汉 430074

**提 要:** 通过分析给出了一种基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案, 提出预估应包含对灾害性天气过程本身程度预估和灾害影响预估两个部分。通过建立综合指数来描述灾害性天气过程本身的程度, 利用历史和实时气象资料对综合指数进行计算, 分别对灾害性天气过程进行历史分析和实时监测; 通过列表法, 对收集的历史和实时灾害影响资料进行解析, 综合指数中组合要素的差异, 可用于分析灾害的不同特征; 最后利用历史统计情景、相似指数年份类比和中短期预报等三种方案, 对灾害性天气进程和影响发展程度进行预估。并以湖北省 2008 年初持续低温雨雪冰冻过程为例进行具体说明, 此次过程综合指数值位居历史第二位, 约 70 年一遇, 直接经济损失超过 110 亿元, 是 1951 年以来冬季损失最大的一次气象灾害。

**关键词:** 综合指数, 预评估, 低温雨雪冰冻过程, 类比法, 情景分析

## Pre-Evaluation Method of Disastrous Weather Progress Based on Multi-Factor Comprehensive Index

ZHOU Yuehua<sup>1,2</sup> GUO Guangfen<sup>1,2</sup>

1 Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074

2 Center on Climate Change in Hubei Province, Wuhan 430074

**Abstract:** Pre-evaluation method of disastrous weather progress based on multi-factor comprehensive index is put forward, and proposes that estimate should contain a degree of severe weather progress and disaster impact in two parts. It takes process of low temperature, raining and snowing, icing in Hubei Province in the beginning of 2008 for example. Firstly, the multi-factor comprehensive index quantitatively describes the process of low temperature, raining and snowing. The comprehensive indexes of historical sleet process are calculated with meteorological data of every observation station in Hubei. And the index of most seriously process per year forms a historical sequence. The recurrence of the annual index and the index of different recurrent are computed with Gumbel extreme distribution. Rank of yearly low temperature and sleet process is assessed. Secondly, progressive daily comprehensive index of sleet process in 2008 is calculated with multiple meteorological factors. By comparing with the rank and the recurrence period of the comprehensive index, the process in 2008 was evaluated. Finally, by analogy of comprehensive index, historical disaster scenario analysis and short and medium range weather forecasts, the progress to future development degree can be pre-evaluated. Different combination of multiple meteorological factors can be used in the analysis character of disaster.

**Key words:** comprehensive index, pre-evaluation, process of low temperature, raining and snowing, icing, analogy, historical scenario analysis

\* 国家科技支撑课题“南方冰雪灾害评估技术研究”(2008BAC48B04)资助

2008 年 12 月 25 日收稿; 2010 年 1 月 4 日收修定稿

第一作者: 周月华, 主要从事短期气候预测、气象灾害评估和应用气象等研究. Email: zyh\_dmm@tom.com

## 引言

气象灾害的致灾因子不同,承灾体不同,致灾方式也不相同。从时间上说,可分为瞬时致灾与累积致灾。瞬时致灾的气象因子历时短或因子单一,如雷电、冰雹、龙卷、局地强降水等,累积致灾主要针对一个长时间的天气过程而言,其致灾气象因子复杂且持续发生,灾害程度因时间延长而逐渐加重。本文讨论的基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案,就是为进行后一种灾害性天气过程评估而设计的。

灾害性天气过程预评估是灾害性天气影响评估的一个组成部分,应包含两层含义,一是对灾害性天气过程本身程度进行预估,二是对其可能影响对象、范围、程度进行预估。之前众多学者对气象灾害评估做了大量的工作,最主要的方法有背景统计评估、经济计量评估、历史相似评估、经验叠加评估、实时监测评估、灾前概率风险评估等<sup>[1-3]</sup>,其中对灾害的指标描述是这些方法的核心,指标描述中包括单项指标和综合指标,如超过一定限值的降水量成为渍涝指标,而综合指标中可用最低气温、过程降温描述一次寒潮天气过程,用平均气温、平均气温的持续日数描述影响晚稻安全齐穗的寒露风天气过程等,这些指标的得出,来自于对气象灾害的认识和对天气过程的认识,为我们进行预估提供了有益的基础,有了这些指标,我们可以根据未来的天气要素变化,了解有无灾害性天气发生,但这些工作中,一是没有直接给出把指标用于预估的方案;二是这些指标虽然有一些时间的概念,根据持续时间的长短确定灾害的程度,如湖北省 5 天以上的连阴雨为轻度,10 天的为重度,但没有一个连续的概念来描述连阴雨天气的发生发展;三是具有连续意义的指数如干旱综合指数  $C_i$  作实时监测,但在实时灾害与历史灾害的比对分析上所作工作不多,本文希望在之前工作归纳总结的基础上,对这类灾害性天气过程本身发展程度及可能影响对象、范围、程度提出预估方案,在气象灾害预估的客观性、超前性方面进行一些探讨。

## 1 基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案设计

方案设计的基本思路是基于多指标综合指数,

利用历史气象资料计算每年灾害性天气过程综合指数值,挑选其中最大值组建历史序列,然后对该序列用 Gumbel 型极值分布进行拟合,一是得出每年最大指数的重现期,确定各年灾害性天气过程在历史上的地位,二是得出不同重现期的指数值,给出实时监测的天气过程的逐日历史定位和指数相似年,最后利用历史统计情景、相似指数年份类比和中短期预报等三种方案,对灾害性天气过程影响发展程度进行预估。图 1 为基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估的一般流程,概括起来可包含以下 6 个重要环节:(1) 灾害影响因子识别与评估指标的确定;(2) 利用评估指标进行历史分析;(3) 利用评估指标进行实时监测;(4) 将各日指数值与历年值进行对比,给出指数相似的年份;(5) 对照历史与实况灾情,分析灾情的异同与原因;(6) 对未来灾害性天气过程的程度和可能影响进行预估。

## 2 应用个例

2008 年 1 月 12 日至 2 月 3 日,湖北省出现持续性低温雨雪冰冻过程,期间有 4 次大范围大到暴雪过程(12—15 日、18—21 日、25—28 日、1 月 30 日至 2 月 1 日),大部连续雨雪日数达 17~22 天,为历史第一位;累计雨雪量 15~95 mm,大部地区较常年偏多 5 成至 1 倍;期间平均气温大部 -2.4~-0.3 °C,比常年同期偏低 4.0~6.0 °C,为历史同期最低;小于 0 °C 的连续低温日数达 18~23 天,仅次于 1954 年,为历史第二长;极端最低气温大部在 -11~-5 °C 之间,但与历史典型过程比并不低<sup>[4]</sup>。下面以此次持续性低温雨雪冰冻过程为例进行具体说明。

### 2.1 灾害影响因子识别与评估指标的确定(步骤 1~2)

灾害影响因子识别是准确建立灾害指数的关键,是实现灾害评估客观性的基础,主要可从孕灾环境、致灾因子、承灾体三方面对历史灾情进行解析。如低温雨雪冰冻过程形成灾害的轻重由它的强度和持续时间及各地区对灾害的承受能力等因素共同决定。低温雨雪冰冻过程引起的灾害主要表现为:道路结冰、机场和高速公路关闭、电力、通讯设施损毁,人员伤亡、房屋倒塌、损失牲畜,折断林木,水管等基础设施冻裂毁坏等,而致灾因素为:(1)雪量大。造成积雪多、雪压过大,压坏农作物、折断林木,形成机械

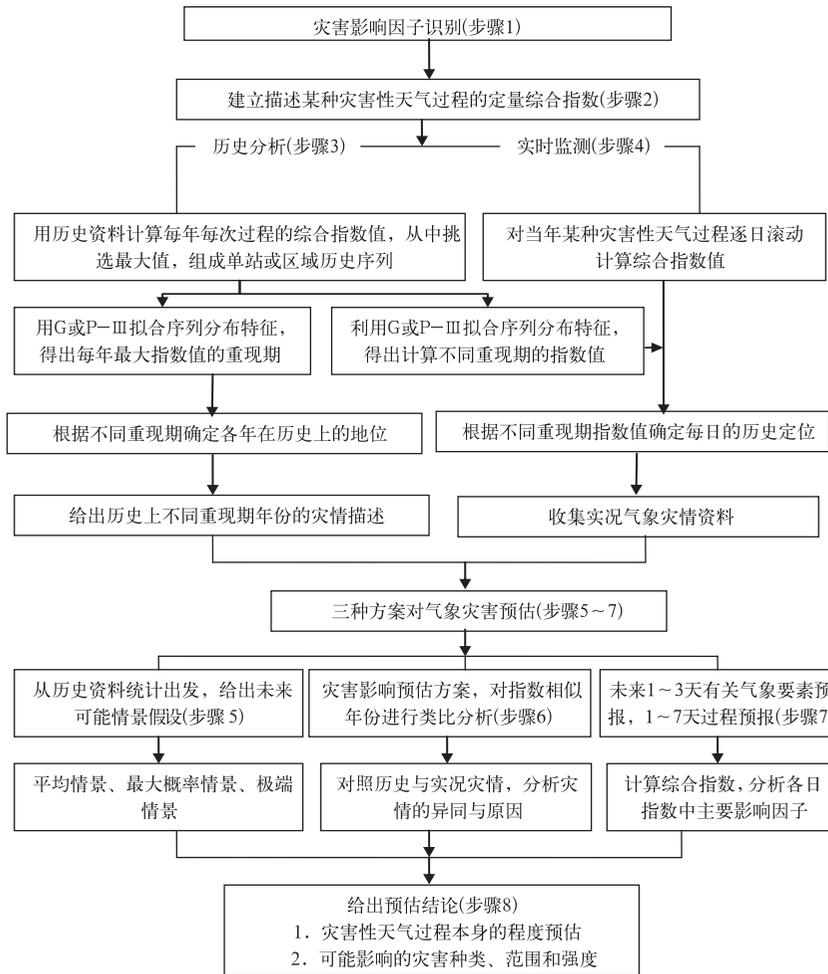


图1 基于多指标综合指数的灾害性天气过程预评估方案示意图

Fig. 1 Diagrammatic sketch of pre-evaluation method of disastrous weather progress based on multi-factor comprehensive index

性损伤;损坏电力、通信和公共基础设施等;(2)连续低温日数多。气温过低,冻坏农作物,造成鱼类、牲畜患病冻死;(3)能见度差。风雪弥漫,影响能见度,造成机场和高速公路关闭;(4)低温与雨雪共同形成的冰冻,造成越冬作物植株和各种林木果树的生理性损伤;雨淞、雾淞压断电线,给电力输送和通信带来危害;坚硬冰冻的地面形成光滑路面,危及交通安全等;(5)公共基础设施薄弱达不到抵御灾害的目的,此外,发生地人口密度和经济发展状况及当时的防灾减灾意识均直接影响致灾程度。

灾害主要影响因子识别后,就可利用统计方法<sup>[5-9]</sup>或者依据致灾机理<sup>[10-11]</sup>,考虑特定组合或不同的加权方案确定综合指数,综合指数中各因子的确定一般应遵循以下原则:

(1) 因子能够比较准确地描述灾害的基本类型如低温雨雪冰冻过程的综合指数包含的因子应

能够描述低温、雨雪、冰冻和持续性这样四个特征。

(2) 因子必须能够解释灾害形成的基本机理如用极端最低气温因子,则可反映作物细胞结冰,出现生理冻伤这一灾害形成的机理。

(3) 所选择的因子能够被及时监测和预报虽然雪压是造成机械性损毁的主要原因,但因为目前的监测和预报量中均没有该项目,所以,依然用雨雪量代表该类别的致灾因素。

(4) 所选择的因子应该相对独立如积雪厚度、雪压虽然和雪量不是一一对应,但主要是由于降雪造成的,因此选择一个因子即可。

本文所用低温雨雪冰冻过程的定义及综合指数 $(Z_i)$ 引自文献<sup>[12]</sup>。选用最长雨雪日数 $(dp)$ 、最长连续低温日数 $(dt)$ 、期间雨雪量 $(p)$ 、极端最低气温 $(tn)$ 和期间平均气温 $(tm)$ 五个要素,经过无量纲化后组建,具体为:

$$Z_i = \frac{dp_i}{dp} + \frac{dt_i}{dt} + \frac{p_i}{p} + \frac{tm_i}{tm} + \frac{tn_i}{tn}$$

## 2.2 利用综合指数进行灾害性天气过程历史分析与实时监测(步骤 3—4)

历史分析的目的是确定历年低温雨雪冰冻过程的指数值,了解当年该程度下的灾情,为灾害影响实时预估提供参照样本。

### 2.2.1 历史序列的建立

用 1951—2007 年历史气象资料计算每站、每年、每次过程的综合指数值,从中挑选最大值,建立单站序列,评估单站低温雨雪冰冻灾害;选择武汉、恩施、宜昌和老河口为代表站,计算各站指数的平均值组成区域序列,评估湖北省低温雨雪冰冻灾害。

### 2.2.2 逐年灾害性天气过程程度评估

对建立的综合指数序列利用 Gumbel 型极值分布进行拟合,得出不同重现期的指数值。如武汉 10、30、50、100 年一遇的指数值分别为 7.61、10.39、

11.66、13.37,指数前 3 位的 1954 年(指数值 15.62)、1976 年(指数值 11.38)、1963 年(指数值 10.58)分别为 130、45、35 年一遇,2008 年约为 70 年一遇(指数值 12.46),这样便确定了各年在历史上的地位。单站与区域评估会有一定的差异,主要是由于每年的空间分布特征差异造成的。

### 2.2.3 利用综合指数进行实时监测

依据综合指数组成的各因子,自过程开始之日起逐日滚动计算综合指数值,对每日状况进行监测。武汉市 2008 年 1 月 12 日至 2 月 3 日指数值从 0.47 到 12.46,是一个逐渐加大的过程,日均增幅 0.54,日变化幅度最大的是 1 月 27 日到 28 日,增幅为 1.01,其次为 1 月 18 日到 19 日,增幅为 0.80,1 月 26—28 日,3 天增幅达 2.44。21 日和 24 日分别与 1992 年和 1983 年冬季低温雨雪过程综合指数持平,28 日和 30 日分别超过 1963 年和 1976 年综合指数,上升为历史第二位(见图 2)。

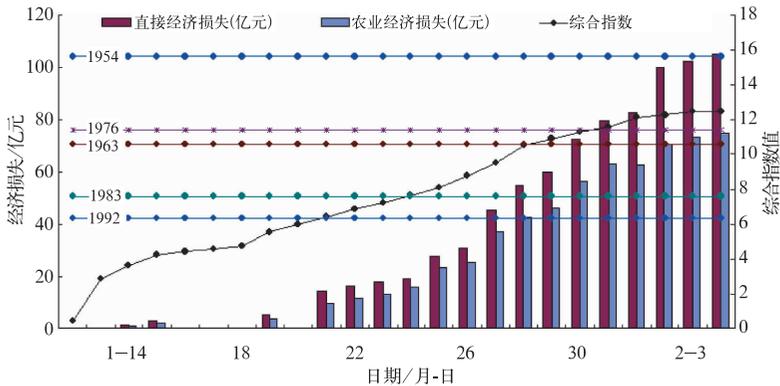


图 2 湖北省 2008 年 1 月 12 日至 2 月 3 日综合指数 ( $Z_i$ )与灾情逐日变化曲线图

图中 1992、1983、1963、1976、1954 年等有年份标志的直线为当年冬季低温雨雪冰冻过程达到的综合指数值

Fig. 2 The curve of the daily accumulated direct losses and the comprehensive index ( $Z_i$ ) from 12 January to 3 February 2008 in Hubei  
Lines with marked years are the comprehensive index values of process of low temperature, raining and snowing, icing in Hubei of 1992, 1983, 1963, 1976 and 1954

## 2.3 基于历史统计情景的灾害性天气过程预估方案(步骤 5)

设计了基于历史统计情景、指数相似年份灾情类比和中短期预报的 3 种预估方案,可针对不同的预估起始时间、未来天气预报的确定程度进行综合应用。

首先统计历史上所有低温雨雪综合指数中 5 个

要素的平均值、最大值,分析得出最易出现的(概率最大)组合、平均组合以及极端组合,这种经统计得出的不同组合即为我们所要的基于历史统计得出的情景。

### 2.3.1 平均统计情景

设计平均统计情景,目的是了解本地某种灾害的气候背景。如武汉历史上低温雨雪冰冻过程 5 要素平均值如表 1 所示,按照平均情况组合,其综合指

数值为 5.02,发生概率为 5 年一遇。对比历史序列,与历史上 1999 年冬季(其综合指数为 5.24)相类似。比较两年要素值的差异,1999 年冬季的过程雨雪量为 44.2 mm,是平均值的 2 倍,根据湖北省灾害大典记录,汉口 2000 年 1 月 24 日积雪深度 12 cm,山区有的大雪封山,交通受阻,还发生雪压农作物、树木及房屋等损失<sup>[12]</sup>。若在 1 月 12 日预报未来可能出现 5 年一遇的平均雨雪灾害,则由于雨雪量导致的灾害可能会略轻于 1999 年。

### 2.3.2 概率统计情景

概率统计情景与平均统计情景的应用相类似。

统计显示,连续雨雪日数 3 天、连续低温日数 5 天、最大雨雪量 27.2 mm,极端最低气温 $-6.5^{\circ}\text{C}$ 和期间平均气温 $-2.4\sim-1.5^{\circ}\text{C}$ 的低温雨雪过程发生的概率最大,其综合指数值为 4.93,发生概率为 4 年一遇。

### 2.3.3 极端统计情景

如灾害性天气过程实际发生情况已经超过历史上最大指数年份,则可用极端统计情景对未来进行预估。

武汉市按照极端情况,综合指数值为 16.41,达 200 年一遇。

表 1 湖北省历年低温雨雪过程各要素平均值及最大值(1951—2006 年)

Table 1 The mean and maximum values of meteorological elements of process of low temperature, raining and snowing, icing in Hubei from 1951 to 2006

站名	连续雨雪日数/d		连续低温日数/d		极端最低气温/ $^{\circ}\text{C}$		期间平均气温/ $^{\circ}\text{C}$		雨雪量/mm	
	平均	最长	平均	最长	平均	最低	平均	最低	平均	最多
武汉	4.9	15(1954)	6.2	24(1954)	-6.4	-18.1(1976)	-1.4	-4.5(1969)	22.6	75.6(1954)
老河口	7	17(1954)	5.4	26(1954)	-5.4	-17.2(1976)	-1.4	-4.4(1954)	21.0	73.1(1988)
恩施	4.8	14(1963)	2	6(1954)	-2.5	-6.5(1971)	-0.3	-1.5(2007)	8.4	35.8(1965)
宜昌	5.1	17(1973)	3.5	18(1954)	-3.3	-7.9(1969)	-0.8	-2.5(1954)	15.8	50.5(1989)

## 2.4 灾害影响的预估方案(步骤 6)

在对实况天气过程监测的基础上,将各日指数值与历年值对比,得出指数相似年份,用列表法等对历史灾情和实况灾情进行解析,从孕灾环境、致灾因子、承灾体等方面理清当前灾情与历史灾情的差异以及差异发生的原因,在预估中加以修正。

### 2.4.1 指数相似年份的确定

比较实时天气过程逐日指数值与历史过程的指数值,数值相近的年份即选为相似年。如湖北省 1 月 21 日、24 日、28 日、30 日分别接近 1992 年、1983 年、1963 年、1976 年冬季,这些年份即定为实时天气过程不同阶段的相似年。

### 2.4.2 指数相似年份的灾情解析

#### (1) 历史灾情收集与分析

相似年确定后,可通过本地灾害年表或者气象灾害大典,找出历史灾情描述及损失情况。按照低温雨雪综合指数,湖北 1949 年以来前 3 位的低温雨雪过程,分别出现在 1954/1955 年,1963/1964 年、1976/1977 年冬季,这些年份的灾情描述可从湖北省气象灾害大典中获得。

#### (2) 实况灾情收集与分析

每天通过民政部门和气象灾情直报系统,对实

况灾情进行收集。此次灾害造成直接经济损失在 110 亿元以上,是 1951 年以来冬季经济损失最大的一次气象灾害。逐日灾情与低温雨雪综合指数的演变见图 2,指数与灾情几乎同步增长,但灾情增幅较大的时段有 1~2 天的滞后,主要原因一是灾情上报约有 1 天左右的滞后,二是灾害是一个逐渐显现的过程,具有累积效应。

#### (3) 灾情的类比分析

虽然综合指数相似,但因致灾因子中各要素的组合不同以及孕灾环境的变化,使得灾害损失、受灾程度也不相同,用列表法对历史综合指标中各气象要素、灾情与实况资料,依据前文对灾害的影响因子识别逐条列出,进行比较,给出评估结论。

从致灾因子看,2008 年初的过程极端最低气温不低,因此对柑橘的冻害轻于历史大灾年份,如 1977 年的过程,以对农业毁灭性的冻害为主,宜昌地区的柑橘减产八成以上,此后持续减产 5 年<sup>[13]</sup>;2008 年以长时间雨雪低温持续为主要特征,造成严重的电线覆冰、道路结冰,对电网和交通造成严重影响;1954 年仅过程极端最低气温高于 1977 年,其余四项指标均是最大值,该过程组合了所有的低温、雨雪、冰冻特征,从程度上说是最为严重的一次。

从承灾体和孕灾环境分析,现今高速公路、机场

表 2 湖北省历史低温雨雪冰冻过程灾情解析示意表

Table 2 Diagrammatic list of disaster situation of serious process of low temperature, raining and snowing, icing in Hubei

		1963/64 年冬季	1976/77 年冬季	1954/55 年冬季	2007/08 年冬季
过程描述		1964 年 2 月 8 日开始,持续达 13 天,灾害主要由雨淞造成。	1977 年 1 月 21 日开始,持续 10 天。最低气温大部在 $-18 \sim -10$ $^{\circ}\text{C}$ ,武汉的 $-18.1$ $^{\circ}\text{C}$ 为历史最低。	1954 年 12 月 15 日开始,长达 21 天,雨淞持续 15 天以上,武汉日平均气温低于 $0$ $^{\circ}\text{C}$ 日数达 23 天,最低气温为 $-14.6$ $^{\circ}\text{C}$ ,累积降水量 75.4 mm,积雪深度 32 cm。	2008 年 1 月 12 日开始,全省连续雨雪日数 17~22 天,低温日数 16~22 天。黄冈、咸宁和十堰山区积雪深度达 35~45 cm。
交通	河流航运	○	⊗	⊗	•
	机场民航				⊗
	高速公路	无描述	无描述	无描述	⊗
	铁路	○	○	○	⊗
	城市交通	⊗	⊗	⊗	⊗
农业	大田农业	⊗	⊗	⊗	•
	设施农业	•	•	•	⊗
	经济作物	○	⊗	⊗	○/高山
	畜禽水产	⊗	⊗	⊗	⊗
	牲畜	○	⊗	⊗	○
社会	水务	○	○	○	⊗
	供气	无描述	无描述	无描述	⊗
	供电	⊗	⊗	⊗	⊗
电力	电网	⊗	⊗	⊗	⊗
	供电	○	○	○	⊗
通讯	通讯	⊗	○	⊗	⊗
人员		○	○	⊗	•

注:•有一定影响,○影响较大,⊗影响明显。

迅猛发展,航运减少,电力线路增加,因而道路交通、电力和公共设施的灾害明显大于历史灾情,具有影响面广,危害严重等特点<sup>[14-16]</sup>;持续 20 年的暖冬使人们防冻意识减弱,作物抗冻锻炼减少,抗御低温灾害能力严重不足,这些均是评估中需要考虑的。

## 2.5 基于中短期预报的预估(步骤 7-8)

气象部门发布的天气预报是本案的基础。

对有明确时效的 1~3 天的短期天气预报,可直接计算得出相同时效内的综合指数,结合要素的演变特征和前期灾情对比分析,得出本次过程的可能发展程度和影响。

结合 4~10 天中期过程预报进行预估,则需进行合理判断,2008 年 1 月 24 日,武汉中心气象台预报低温将继续维持,27-28 日仍然有中到大雪,局部暴雪。据此按照每天增加 3 mm 雨雪量的方式进行估算,湖北省大部地区低温雨雪过程综合指数将继续增大,武汉市在 30 日则可能从 22 日的第 8 位上升到第 2 位,成为 1954 年以来的最大值。同时统计显示,历史过程中极端最低气温最易出现在雪后 1~3 天,因此评估情景应用中,在无明确预报信息

的情况下,可将与极端最低气温有关的最严重影响放在雪后。

## 3 小结与讨论

(1) 灾害性天气过程预估的客观程度,一是取决于综合指数对灾害性天气过程描述的客观度,二是取决于预报的时效和准确度,三是取决于对灾情解析的程度。需要多种预估方案综合应用,才能使预估结论趋于合理。

(2) 孕灾环境的变化也是影响灾害评估准确性的关键因素。对比 1954 年和 2008 年初的持续低温雨雪冰冻过程的影响,2008 年道路交通、电力灾害明显大于历史灾情,航运交通影响轻于 1954 年,主要是由于现今高速公路、机场迅猛发展,航运减少,电力线路增加,孕灾环境发生了很大的变化。

灾害性天气发生地的人口密度和经济发展状况及暖背景下人们防冻意识薄弱等因素也是直接影响致灾程度的因素,本文研究没有具体涉及。气象灾害影响评估是一个非常复杂和困难的工作,其中对于客观性、超前性、针对性的要求,需要新的技术、新

的手段的不断发展、机理研究的不断深化、跨部门联合监测、评估机制完善,才能使工作走向深入。

## 参考文献

- [1] 于庆东,沈荣芳. 灾害经济损失评估理论与方法探讨[J]. 灾害学, 1996,11(2): 10-14.
- [2] 于国贤,王伟,赵慧颖. 旱涝灾害灾后经济损失评估模型及对策[J]. 内蒙古水利, 2006, 3: 25-26.
- [3] 霍志国,李世奎,王素燕,等. 主要农业气象灾害风险评估技术及其应用研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 692-703.
- [4] 李兰,陈正洪,周月华,等. 湖北省2008年初低温雨雪冰冻过程气候特征分析[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(3): 291-295.
- [5] 周月华,郭广芬,邵末兰,等. 基于水位和雨量的洪涝受灾面积评估模型研究[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(4): 323-327.
- [6] 李永华,刘德,金龙,等. BP神经网络模型在重庆伏旱预测中的应用研究[J]. 气象, 2003, 29(12): 14-20.
- [7] 向旬,王冀,王绪鑫,等. 我国极端气温指数的时空变化与分区研究[J]. 气象, 2008, 34(4): 73-80.
- [8] 钱燕珍,何彩芬,杨元琴,等. 热带气旋灾害指数的估算与应用方法[J]. 气象, 2001, 27(1): 14-24.
- [9] 刘伟东,扈海波,程丛兰,等. 灰色关联度方法在大风和暴雨灾害损失评估中的应用[J]. 气象科技, 2007, 34(4): 563-566.
- [10] 张永双,吴树仁,赵越,等. 湖北省巴东县桐木园山坡型泥石流的形成机理及预警指标——以2003-03-31强降雨过程为例[J]. 地质通报, 2003, 22(10): 833-838.
- [11] 李维华. 干旱致灾机理分析[J]. 四川气象, 2003, 86(4): 40-43.
- [12] 万素琴,周月华,李兰,等. 低温雨雪冰冻极端气候事件的多指标综合评估技术[J]. 气象, 2008, 34(11): 4.
- [13] 杨柏松,乔盛西,吴世经,等. 气象灾害大典(湖北卷)[M]. 北京:气象出版社, 2007.
- [14] 陈正洪,史瑞琴,李兰. 湖北省2008年初低温雨雪冰冻灾害特点及影响分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(4): 639-644.
- [15] 王凌,高歌,张强,等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析 I. 气候特征与影响评估[J]. 气象, 2008, 34(4): 95-100.
- [16] 李军玲,刘忠阳,邹春辉. 基于GIS的河南省洪涝灾害风险评估与区划研究[J]. 气象, 2010, 36(2): 87-92.