

彭贵芬,段旭,舒康宁. 云南2008年冰冻灾害评估[J]. 气象,2010,36(10):72-77.

## 云南2008年冰冻灾害评估<sup>\*1</sup>

彭贵芬<sup>1</sup> 段旭<sup>2</sup> 舒康宁<sup>1</sup>

1 云南省气象台,昆明 650034

2 云南省气象科学研究所,昆明 650034

**提 要:** 用1959—2006年和2008年云南东部48站的资料,对2008年1月14日至2月28日出现在云南造成重大经济损失和人员伤亡的冰冻灾害进行气温、降水等致灾因子的评估,并以冰冻天数为主,过程平均最低气温为辅构建了冰冻评估综合指数,基于模糊信息分配理论和右侧概率极值再现期技术方法对这次冰冻灾害进行了综合评估。结果表明,2008年云南东部平均最高气温比多年同期偏低4.7℃,打破了有气象记录以来的历史最低纪录,平均气温比多年同期偏低2.5℃,是有气象记录以来的历史次小值;阴天日数比多年同期偏多10.3d,偏多90%,打破了有气象记录以来的最多纪录;降水日数比多年同期偏多8.7d,偏多74%,是有气象记录以来的历史次多值;2008年1月14日至2月28日云南省出现的冰冻灾害强度指数值打破了有气象记录以来历史同期最大纪录,是同期100年一遇的特大冰冻灾害;冰冻灾害强度指数值是云南冬季有气象记录以来的历史次大值,是冬季50年一遇的特大冰冻灾害。

**关键词:** 冰冻, 致灾因子, 评估, 再现期

## An Estimate of the 2008 Freezing Disaster in Yunnan

PENG Guifeng<sup>1</sup> DUAN Xu<sup>2</sup> SHU Kangning<sup>1</sup>

1 Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034

2 Yunnan Research Institute of Meteorological Science, Kunming 650034

**Abstract:** Based on the data of 48 stations in eastern Yunnan during 1959—2006 and year 2008, we assessed the temperature, precipitation and other disaster-causing factors of the freezing disaster in Yunnan from January 14 to February 28, 2008, which caused significant economic losses and casualties. According to the number of freezing days and the supplemental data of the average minimum temperature in the process, we have constructed a frost freezing disaster estimation composite index. A comprehensive assessment is conducted on the frost freezing disaster on the basis of the fuzzy information distribution theory and the method of return period of right probability extremum. The results show that comparing with the same period in many years, the maximum temperature of eastern Yunnan in 2008 is 4.7℃ lower, breaking the lowest historical record; the average temperature, 2.5℃ lower—the second lowest historical record; the number of cloudy-day, 10.3 days more—a 90% increase and breaking the maximum historical record; the days of precipitation, 8.7 days more—a 78% increase which also breaks the maximum historical record; the figure of intensity index of the frost freezing disaster breaks the maximum historical record as well. The frost freezing disaster in Yunnan from January 14 to February 28 in 2008 is the extraordinarily serious frost freezing disaster compared to the same period within 100 years; the figure of intensity index of the disaster is also the maximum historical record in winter in Yunnan. The disaster is the extraordinarily serious frost freezing disaster in winter within 50 years.

**Key words:** freezing disaster, disaster-causing factors, assessment, return period

\* 中国气象局气候变化专项(CCSF-09-4)和中国气象局预测减灾司下达《云南省气象灾害评估》专项能力建设共同资助  
2008年9月25日收稿; 2009年12月18日收修定稿  
第一作者:彭贵芬,主要从事决策气象服务业务和气象灾害研究. Email: gfpeng0725@163.com

## 引 言

2008 年 1 月中旬至 2 月底,云南省发生了罕见的低温、雨雪、冰冻等灾害,造成了重大的经济损失和人员伤亡。对这次极端天气事件进行分析和评估是今后实施有效的灾害防御、预测、减灾的重要环节,是防灾减灾的基础性工作,是采取减灾行动、调整产业结构、改善运行能力的决策依据。冰冻灾害的评估首先要进行的是致灾因子的评估,即气象因子的评估。王凌等<sup>[1]</sup>从全国范围对这次灾害进行了气候特征与影响评估,万素琴等<sup>[2]</sup>对这次极端气候事件进行了多指标综合评估,高辉等<sup>[3]</sup>从气候角度分析了这次灾害的可能成因,葛非等<sup>[4]</sup>做了天气扰动能量的积累和传播研究,陈长坤等<sup>[5]</sup>做了冰雪灾害危机事件演化及衍生链特征分析,林良勋等、高安宁等<sup>[6-7]</sup>对广东、广西做的应急响应服务和灾害程度进行了分析和评估。由于云南 2008 年的低温雨雪灾害在出现时段上与全国有一定的差异,因此有必要进行区域性的灾害评估。针对这场罕见的低温雨雪冰冻灾害,笔者从五个方面对云南省受影响最重的时段及影响最严重的地区进行评估:一是冰冻灾害影响评估;二是与低温、冰冻灾害关系最大的气温、降水等气象要素的历史排位评估;三是灾害强度评估;四是构造综合评估指数,基于模糊信息分配理论进行综合冰冻灾害强度历史排位评估;五是用右侧概率极值再现期技术方法进行灾害再现期评估。通过对这次重大低温冰冻灾害致灾因子的评估,为低温冰冻灾害的监测预警、预估和预报研究打下基础,为今后防御和减轻此类灾害造成的损失提供决策支持。

## 1 资 料

低温雨雪冰冻灾害影响评估资料来源于云南省民政厅。气象资料来源于云南省气象台资料室基本气象资料数据库。目前云南省内共有 125 个气象、气候站的资料,但各站建站时间不同,1957 年前云南省内的气象站数不到研究站数的一半,而至 1959 年已有 112 站资料,占现有全省总站数的 90%,因此本文所采用的实际资料是从 1959 年开始到 2006 年的地面逐日最低气温、最高气温、平均气温、降水量和日照时数资料。由于云南冬季多出现昆明准静

止锋,锋面呈准南北向<sup>[8]</sup>,容易出现冰冻灾害的地区主要分布在昆明以东地区(锋后),2008 年这次冰冻灾害的主要影响区域也是云南省的东部,迪庆州虽然也出现了冰冻灾害,但因为是高海拔地区,不考虑不会影响评估结果。因此我们选取云南东部的昆明、昭通、曲靖、文山、红河的 48 个站冬季(上一年 12 月 1 日至次年 2 月 28 日)的逐日资料进行分析和评估。

## 2 冰冻灾害影响评估

2008 年的低温雨雪冰冻灾害使云南省 12 个州(市)的近 1175.7 万人受灾,受灾人口占全省总人口的 26%,其中因灾死亡 27 人、失踪 1 人、伤病近 2.3 万人,紧急转移安置近 29 万人。灾害还使民房倒塌 4.3 万间、损坏 20.8 万间;校舍倒塌 522 间 2.1 万 m<sup>2</sup>,新增危房 3058 间 13.6 万 m<sup>2</sup>;6 个县医院、9 个妇幼保健所、576 个乡镇卫生院、363 个村卫生室共计倒塌房屋近 2 万 m<sup>2</sup>。

灾害使农作物大量减收甚至绝收,林木严重受损,通讯、交通及电网中断,通讯、电力、水利等设施损毁严重,共造成直接经济损失 90.9 亿元(占 2008 年云南省 GDP 的 2%),其中农业损失 40.2 亿元,占全部经济损失的 44%。分述如下。

农、林业方面:长时间的低温雨雪冰冻对初春季节处于孕穗、抽穗、扬花期的小春作物和播种期的大春作物影响很大,使小麦、油菜、蚕豆、小秧、反季节蔬菜及低热河谷地区甘蔗等亚热带经济作物大面积绝收,农作物受灾 98.7 万 hm<sup>2</sup>、绝收 21 万 hm<sup>2</sup>;长时间的低温冰冻使 69.4 万头(只)牲畜被冻饿死亡,牲畜圈舍倒塌 44.5 万 m<sup>2</sup>;林木受损 110.5 万 hm<sup>2</sup>,林木蓄积损失 1352.8 万 m<sup>3</sup>,种苗损失 32628 万株。

通信方面:受灾基站 1817 个,倒、断电杆 1276 根,光缆受损 246.42 km,影响用户 18.65 万户。

交通方面:路面积雪和结冰,车辆无法通行;机场跑道和飞机机身被积雪和积冰覆盖,飞机无法起降,导致正值春运期间的大批旅客受阻,公路受损 1429 km、受阻 1.3 万 km。

电力方面:冰雪导致倒杆倒塔 9641 基、受损 4875 基,断线 6648 处,70 多座变电站、1091 条输电线路因灾停运,影响到 253 户工业用户和 17.3 万户 80.8 万人的用电。

水利方面:供水水池受损 5730 处,损毁、冻裂供

水管道 5442.66 km,灌溉排涝设施受损 822 座,水渠受损 910.58 km,影响灌溉面积 7.6 万  $\text{hm}^2$ ,影响用户 333.97 万人。

### 3 气温、降水等气象要素的历史同期排位评估

云南省 2008 年低温雨雪天气过程出现时段与全国大部分地区有一定差异。全国的第一次过程<sup>[1]</sup>出现在 1 月 10—16 日,而影响云南的时段是 1 月 14—16 日,只影响了滇东北的昭通和曲靖北部地区,全国的第二和第三次过程(1 月 18—22 日和 1 月 25—29 日)只影响到昭通地区,第四次过程(1 月 31 日至 2 月 2 日)开始影响到云南整个东部地区。与全国不同的是,2 月份云南东部又出现了两次低温雨雪冰冻天气过程:2 月 5—20 日云南东部出现持续低温雨雪天气,甚至影响到云南中部的昆明和玉溪;2 月 26 日至 3 月 1 日又出现一次影响云南整个东部地区的强低温雨雪天气过程。考虑到如果评估到 3 月 1 日,因 2 月份平、润年天数不同将会影响统计分析结果,所以我们将 2008 年 1 月 14 日至 2 月 28 日定为评估时段(以下简称评估时段)。统计出历史上云南东部 48 个气象站 1959—2006 年逐年评估时段的平均最高气温、平均最低气温、平均气温、累积降水量、雨日(日降水量  $\geq 0.1 \text{ mm}$  的日数)、阴天日数(日照时数  $\leq 1$  小时的日数),与 2008 年同时段的这 6 个要素相比较,确定 2008 年的历史排位。

#### 3.1 气温的历史排位评估

2008 年评估时段云南省东部站平均最高气温异常偏低,与多年同期相比偏低了  $4.7 \text{ }^\circ\text{C}$ ,打破了有气象记录以来的历史最低纪录,其中有 36 站的平均最高气温打破了有气象记录以来的历史最低纪录;站平均气温比多年同期偏低了  $2.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,为有气象记录以来的历史次小值,其中有 31 站的平均气温打破了有气象记录以来的历史最小值纪录;站平均最低气温比多年同期偏低了  $1.2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,排在有气象记录以来小值的第 5 位。无论是距平值,还是破历史纪录的站数,都是平均最高气温比平均气温和平均最低气温更异常,说明评估时段白天气温偏低的幅度更大,是冰冻灾害得以长时间持续的原因之一。

#### 3.2 降水量、降水日数和阴天日数的历史排位评估

2008 年云南东部评估时段内的降水量与历年同期相比偏多  $19.4 \text{ mm}$ ,偏多  $72\%$ ,排在有气象记录以来大值的第 10 位,并不是特别异常偏多;而降水日数与历年同期相比偏多  $8.7 \text{ d}$ ,偏多  $74\%$ ,是有气象记录以来的历史次多值,为历史所罕见(图 1a);阴天日数偏多  $10.3 \text{ d}$ ,偏多  $90\%$ ,打破了有气象记录以来的最多纪录,为历史所罕见(图 1b)。

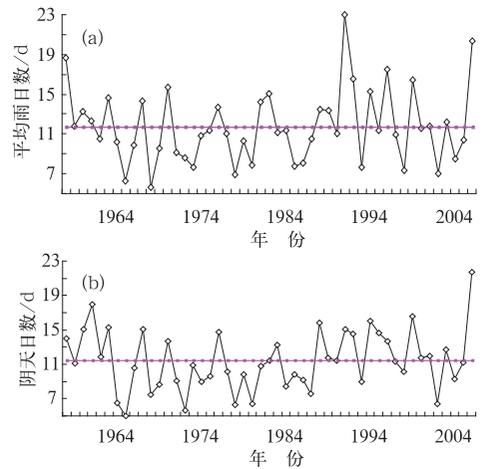


图 1 评估时段雨日和阴天日数历年演变图

Fig. 1 Interannual evolving chart of the numbers of rainy day (a) and cloudy day (b) in evaluating periods during 1959–2006

#### 4 气温、降水等气象要素冬季的历史排位评估

各年最强低温雨雪冰冻灾害出现的时间是不同的,用评估时段同期值评估得到的冰冻灾害强度并不能完整地反映逐年冬季冰冻灾害的实际强度,用一个固定的时段来进行评估,可能评估不到各年冰冻灾害最严重的时段。为了对 2008 年云南的低温雨雪灾害在整个冬季的排位情况进行评估,我们计算了逐年 12 月 1 日至次年 2 月 28 日逐日 46 天(2008 年的评估时段是 46 d)的滑动平均最高气温、滑动平均最低气温、滑动最多雨日数和滑动最多阴天日数来进行冬季的排位评估。每年可得到 90 个滑动平均或滑动最大值,从这些滑动值中挑出每年的最小值或最大值,得到的就是逐年冬季相同时间长度的最小值或最大值,再用这些最小值或最大值与 2008 年评估时段的要素值相比较,就能得出

2008 年低温雨雪灾害在整个冬季的排位。

### 4.1 冬季 46 天滑动平均最低和最高气温历史排位

从逐年的 90 个滑动平均值中挑出最小值,就得到了时间长度为 46 天的历年整个冬季的滑动平均最低气温、滑动平均最高气温的最低值。将 2008 年评估时段的平均最低气温值与各年的滑动平均最低值进行排位比较,2008 年评估时段的平均最低气温是 2000 年以来冬季的最低值,处于 1959 年以来小值的第 26 位(图 2),因此平均最低气温异常偏低并不明显,这可能与持续变暖的气候变化有关,且平均最低气温变暖的趋势更明显(见图 2)。将 2008 年评估时段平均最高气温值与各年的滑动平均最高气温的最小值进行排位比较,2008 年评估时段的平均最高气温值是 1984 年以来(最近 25 年来)的最低值,处于 1959 年以来小值的第 5 位,因此平均最高气温异常偏低较为明显。

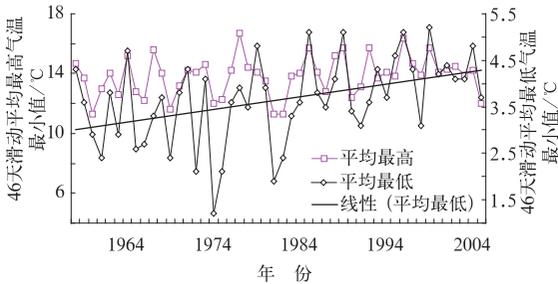


图 2 历年冬季 46 天滑动平均最高、最低气温最小值演变图

Fig. 2 Interannual evolution chart of 46-day moving average maximum, minimum temperatures in winter during 1959-2006

### 4.2 46 天滑动最多雨日数和最多阴天日数评估

气温低仅是发生冰冻灾害的必要条件,而同时出现阴雨(雪)天气是冰冻灾害发生和持续的充分必要条件。因此在低温时段内,降水日数越多,阴天日数越多,冰冻灾害就越重。从 90 个值中挑选出最大值并进行历年排位统计,与 2008 年评估时段内的降水日数和阴天日数对比,就可得到 2008 年的降序排位结果(图 3)。2008 年云南东部的阴天日数是自 1981 年以来冬季的最多值,处于 1959 年以来大值的第 4 位,说明阴天现象异常突出;同时 2008 年评估时段的降水日数也是 1991 年以来的最多值,处于 1959 年以来最大值的第 4 位,说明连阴雨(雪)现象也异常突出。

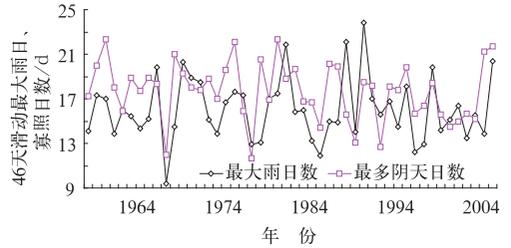


图 3 历年冬季 46 天滑动最多雨日数和最多寡照日数演变图

Fig. 3 Interannual evolving chart of 46-day sliding the most rainy day and the least sunshine day in winter during 1959-2006

## 5 冰冻灾害的综合评估

### 5.1 综合冰冻评估指数的构建

根据热力学原理,0℃是液态水和固态水的临界点,0℃以下水以固态存在。因此,当气温低于 0℃,又有降水同日出现将发生冰冻灾害。故冰冻灾害的发生需具备两个条件:有降水和温度低于 0℃。我们就以气象站观测到的日最低气温 ≤ 0℃,日降水量 ≥ 0.1 mm 作为发生冰冻灾害的气象条件来考虑。此外,当有霜冻天气出现时,日最低气温会低于 0℃,而霜融化后也会观测到 0.1 mm 以上的降水量,因此仅用这两个条件不能排除霜冻天气,而且虽然最低气温 ≤ 0℃并有降水时将出现冰冻,但如果白天天气转好,光照较好,冰将很快融化,冰冻天气不能持续,为了排除这两种情况,保证我们的评估灾种为冰冻灾害,因此引入日照时数 ≤ 1 h 作为冰冻天气的另一个限定条件。根据这三个气象条件自创了一个综合冰冻监测评估指数  $F_{index}$ , 计算式为:

$$F_{index} = F_{days} + [1 - \exp(\frac{\overline{T_{min}}}{2})] \quad (1)$$

式(1)中,  $F_{days}$  为冰冻日数, 定义为评估时段内同时满足日最低气温 ≤ 0℃、日降水量 ≥ 0.1 mm、日照时数 ≤ 1 h 这三个条件的日数;  $\overline{T_{min}}$  为评估时段内冰冻日的平均最低气温, 用以指示最低气温低于 0℃ 的幅度, 这个值必为负值(小于 0), 且其值越小, 气温越低, 冰冻越重。

式中  $\exp()$  为以 e 为底(自然对数的底)的指数函数, 一般函数式为  $y = e^x$ , 有一个特殊的性质: 当  $x < 0$  时,  $0 < y < 1$ , 因此当  $\overline{T_{min}}$  越小时,  $\exp(\frac{\overline{T_{min}}}{2})$  值越接近于 0, 而当  $\overline{T_{min}}$  接近于 0 时  $\exp(\frac{\overline{T_{min}}}{2})$  值接近于 1, 而  $[1 - \exp(\frac{\overline{T_{min}}}{2})]$  则相反。因此式(1)加号前的

部分表示出现冰冻天气的天数,是一个整数,加号后的部分是 $>0$ 而 $<1$ 的实数,本文取两位小数。如此构造的冰冻综合评估指数由两部分构成,整数部分表示出现灾害的天数,小数部分表示平均最低气温的水平,因此可较好地指示出冰冻灾害的强度。

## 5.2 强度评估

按式(1)计算得到 2008 年评估时段全省各站的冰冻综合评估指数值。2008 评估时段内云南省共有 34 个站出现了冰冻灾害,主要分布在云南省的东部和西北部地区。昭通市的冰冻灾害最严重,除绥江外各站均出现了冰冻灾害,其中镇雄、威信、鲁甸、昭通、大观 5 站的冰冻灾害长达 10~37 d,过程平均最低气温也低于其他地区;灾害次重的是曲靖市,市内 8 个站均出现了 5~15 d 的冰冻天气,其中宣威、师宗、马龙、罗平的冰冻灾害很重,出现了 10~15 d 的冰冻天气,过程最低气温也很低。还有位于云南省东南部的文山州大部分地区也出现了 2~8 d 的冰冻灾害,最重的邱北出现了 8 天冰冻灾害。

用式(1)分别计算云南省东部地区 48 个站 1959—2006 年逐年评估时段的冰冻综合指数和逐年 48 个站冬季 46 天中的平均最大冰冻指数,计算 2008 年评估时段的冰冻指数,绘制冰冻指数的历史演变折线图,2008 年评估时段的冰冻指数值打破了 1959 年以来的历史同期最大值纪录,但仅为 1959 年以来冬季冰冻指数的次大值(图 4)。

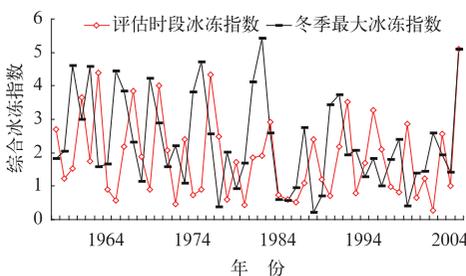


图 4 云南东部地区评估时段、冬季最大冰冻指数逐年演变图

Fig. 4 Interannual evolving chart of the maximal frost freezing index in eastern Yunnan Province in evaluating periods and in winter during 1959–2006

云南省东部地区多年最大冰冻指数出现的多年平均日期为 12 月 21 日(开始日期),2 月 5 日为平均结束日期(加上 46 d),这个时段刚好与云南的多年平均最冷时段相对应,而 2008 年冰冻灾害开始日期为 1 月 14 日,整个过程持续到了 3 月初。由于近

年来气候变暖和冻冰灾害出现时段相对较晚,因此 2008 年云南评估时段平均最低气温、最高气温均未破 1959 年以来冬季的历史纪录,但 2008 年评估时段的最多雨日数、最多阴天日数排在有气象记录以来冬季大值的第 4 位,平均最高气温排在小值的第 5 位,导致综合反映低温、雨日和阴天的冰冻指数打破了评估时段有气象记录以来的最大值纪录。云南 2 月份小春作物已处于孕穗或抽穗扬花期,大春作物处于播种期,对低温十分敏感,是云南省的“倒春寒”灾害监测期,因此这个时段出现的冰冻天气对交通、电力、通讯等影响的同时,造成了重大的农业生产损失。由于冰冻灾害出现的时段相对较晚,气温相对来说不算太低,因此综合冰冻指数值排在气象记录以来冬季大值的第二位,是有气象记录以来冬季的第二个重灾年。

## 5.3 再现期评估

### 5.3.1 用模糊信息分配方法寻找冰冻指数的概率分布函数

云南东部地区 48 年的平均冰冻综合评估指数系列构成一个一维随机样本  $X$ ,本文取  $m=52$ , $\Delta=0.1$ , $U=\{0, 0.1, 0.2, \Delta, 5.2\}$ ,用模糊信息分配方法<sup>[9-10]</sup>计算模糊概率分配值,然后用概率分配值绘制指数的概率分布估计折线图。从折线图(图 5)可看出概率分布情况,也可近似代表概率估计分布函数图。从图 5 可见,云南评估时段(1 月 14 日至 2 月 28 日)指数的最多分布区域是 0.5~1.2 之间,最大分布值点是 0.6;而冬季的最多分布区域在 1.4~2.7 之间,最大分布值点是 2.1,说明固定评估时段冰冻灾害明显弱于冬季冰冻灾害;无论是评估时段或冬季冰冻指数的概率分布与任何标准概率估计函数分布都不同,因此无论用何种分布函数来进行评估,都存在较大风险,而用信息分配技术可得到比较接近实际的概率分布结果。

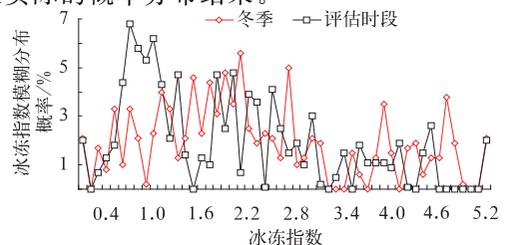


图 5 云南历年评估时段、冬季冰冻指数概率分布图

Fig. 5 The probability distribution of frost freezing index in eastern Yunnan Province in evaluating periods and in winter in past years

### 5.3.2 再现期评估

根据气候极值再现期理论,如果极值的概率分布函数形式已知(或假定为已知的某种形式),再现期问题转化为研究右侧(或左侧)概率问题<sup>[11]</sup>。设  $X$  为综合冰冻指数,假设其为连续型的随机变量, $X$  的取值小于  $x$  的概率为  $F(x) = P(X < x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx$ ,则  $X$  超过某个定值的发生概率称为右侧概率,即  $P(X > x) = 1 - F(x) = \int_x^{\infty} f(x)dx$ ,当  $X$  大于某个特定值  $x$  的事件或小于某个特定值  $x$  的事件平均在  $T$  年内出现 1 次时,则把这个  $T$  年叫做  $X$  的特定值  $x$  的再现期,也就是俗称的  $T$  年一遇。如果令  $F(x)$  为  $X$  的分布函数, $x$  代表  $X$  的年最大值或最小值,则根据概率分布原理,最大值或最小值的再现期  $T(x)$  可由下式给出。

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (2)$$

因此,我们在用模糊信息分配技术找到评估时段内近似概率分布函数的基础上,采用式(2)计算得到了多年评估时段云南省的冰冻灾害累积概率分布值和冬季概率分布值,用近似平滑曲线制作累积概率分布图(近似概率密度函数图,图 6),2008 年云南省评估时段的冰冻指数值为 5.10,从图 6 中的“评估时段”概率密度函数曲线可查出对应的概率值约为 99%,按式(2)计算,再现期 =  $1/(1 - 0.99) = 100$ (年),而从“冬季”概率密度函数曲线可查出对应的概率值约为 98%,按式(2)计算,再现期 =  $1/(1 - 0.98) = 50$ (年),两个评估结果表明 2008 年 1 月 14 日至 2 月 28 日云南出现的冰冻灾害是同期 100 年一遇的特大冰冻灾害,是冬季 50 年一遇的特大冰冻灾害。

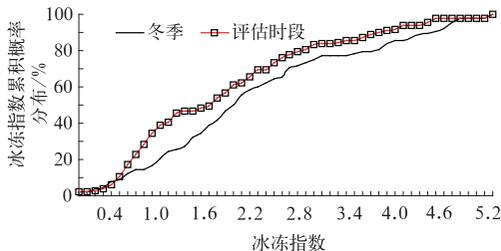


图 6 云南历年冬季和评估时段冰冻指数累积概率分布图

Fig. 6 The accumulative probability distribution of frost freezing index in winter and in evaluating periods in Yunnan Province in past years

## 6 结 论

(1) 2008 年云南东部评估时段平均最高气温异常偏低,比多年同期偏低了  $4.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,打破了有气象记录以

来的历史最低纪录,平均气温比多年同期偏低了  $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,为有气象记录以来的历史次小值,降水日数比多年同期偏多了 8.7 d,偏多了 74%,是有气象记录以来的历史次多值,阴天日数比多年同期偏多了 10.3 d,偏多了 90%,打破了有气象记录以来的最多纪录。

(2) 2008 年云南冬季的平均最高气温异常偏低较为明显,是 1984 年以来(近 25 年来)的最低值,处于有气象记录以来小值的第 5 位;冬季的阴天现象异常突出,阴天日数是自 1981 以来(近 28 年来)冬季的最多值,处于 1959 年以来大值的第 4 位;冬季的连阴雨(雪)现象也异常突出,降水日数是 1991 年以来的最多值,也处于 1959 年以来最大值的第 4 位。

(3) 2008 年评估时段内云南省共有 34 个站出现了冰冻灾害,主要分布在云南省的东部和西北部地区。昭通市的冰冻灾害最严重,各站均出现了冰冻灾害,其中镇雄、威信、鲁甸、昭通、大观 5 站的冰冻灾害长达 12~36 d,曲靖市内的 9 个站出现了 6~16 d 的冰冻天气,其中宣威、师宗、富源、马龙、罗平的冰冻灾害较重,持续时间在 10~16 d 之间。位于云南省南部的文山州大部分地区也出现了 3~4 d 的冰冻灾害,最重的邱北出现了 9 d 冰冻灾害。

(4) 云南省东部地区 2008 年 1 月 14 日至 2 月 28 日的平均冰冻指数打破了有气象记录以来历史同期最大纪录,是同期 100 年一遇的特大冰冻灾害;冰冻灾害强度指数值是有气象记录以来历年冬季的历史次大值,是冬季 50 年一遇的特大冰冻灾害。

## 参考文献

- [1] 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): 97-102.
- [2] 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): 42-48.
- [3] 高辉,朱丽娟,贾小龙,等. 2008 年 1 月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析, II 成因分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 103-108.
- [4] 葛非,肖天贵,金荣花,等. 2008 年低温雨雪天气扰动能量的积累和传播[J]. 气象, 2008, 34(12): 13-22.
- [5] 陈长坤,孙云凤,李智. 冰雪灾害危机事件演化及衍生链特征分析[J]. 灾害学, 2009, 24(1): 20-23.
- [6] 林良勋,吴乃庚,蔡安安,等. 广东 2008 年低温雨雪冰冻灾害及气象应急响应[J]. 气象, 2009, 35(5): 28-35.
- [7] 高安宁,陈见,李艳兰,等. 2008 年广西罕见凝冻灾害评估及思考[J]. 灾害学, 2008, 23(2): 87-90.
- [8] 段旭,李英,孙晓东. 昆明准静止锋结构[J]. 高原气象, 2002, (21): 205-209.
- [9] 黄崇富. 自然灾害风险评价—理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 59-75.
- [10] 彭贵芬,张一平,赵宁坤. 基于信息分配理论的云南干旱风险评估[J]. 气象, 2009, 35(7): 79-86.
- [11] 马开玉,丁裕国,屠其璞,等. 气象统计原理与方法[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 391-394.