

1961—2008年湖北省冷冬时空变化特征

陈正洪¹ 马德栗²

1. 中国气象局武汉暴雨研究所/湖北省气象服务中心, 武汉 430074; 2. 武汉区域气候中心, 武汉 430074

摘要 利用湖北省 70 个气象站 1960—2008 年冬季逐日平均气温数据, 采用湖北省地方标准《冷冬等级》和自定义的冷冬指数, 详细分析了湖北省 1961—2008 年间单站、分区、全省性(强、弱)冷冬事件时空变化特征及其灾害性。结果表明: 湖北省单站冷冬频率呈东西部高、中部低的经向分布特征, 强冷冬频率则呈南少北多的纬向分布特征; 全省大部单站冷冬指数呈显著下降趋势; 以 1986 年为界, 前期(1961—1985 年)冷冬事件频率较高, 后期(1986—2008 年)冷冬频率显著下降; 48 a 中全省性冷冬共发生 13 次(年), 其中强冷冬(寒冬)共发生 9 次(年), 集中出现在 20 世纪 60 至 70 年代, 每次冷冬事件均对农业、交通、电力以及居民生活造成严重影响。

关键词 冷冬; 冷冬指数; 阈值; 分区; 变化特征

中图分类号 P 423.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2012)01-0077-05

在全球气候变暖的背景下^[1-3], 湖北省冬季气候呈明显的增暖趋势^[4-5], 自 1986/1987 年冬起, 暖冬事件频繁出现, 冷冬逐步淡出人们的视野。然而, 2004/2005 年冬季以来, 特别是 2008 年初的低温雨雪冰冻灾害, 对湖北省的农业、交通、电力、通讯以及群众的日常生活产生严重的影响^[6-7], 冬季冷事件甚至极端冷事件频繁出现^[8], 引起了人们的重视。

现阶段, 有关研究和现有的气象业务对于冷冬没有统一标准。笔者结合湖北省气候特征及实际业务应用情况, 制订了湖北省地方标准《冷冻等级》(即将颁布), 给出了单站、分区和全省冷冬的定义及其阈值标准, 并在此基础上详细分析了冷冬指数的时空变化特征, 结合历史极端灾情记录, 验证了冷冬指数和等级标准的合理性, 将有利于湖北省防灾减灾部门的工作部署和科学应对极端冷事件、合理利用气候资源及提高湖北省防灾减灾能力。

1 材料与方法

1.1 资料、分区划分和统计方法

湖北省共有 77 个县市气象站, 剔除开始观测时间迟于 1960 年的 7 个站(含十堰市和神农架林区), 本文采用湖北省气象档案馆整编且经过质量控制的全省 70 个气象站 1960 年 12 月至 2008 年 12 月冬季逐日平均气温数据。按照气候特征和地理位置将

全省划分为 5 个区域, 分别为鄂西北、鄂东北、鄂东南、江汉平原和鄂西南(图 1)。

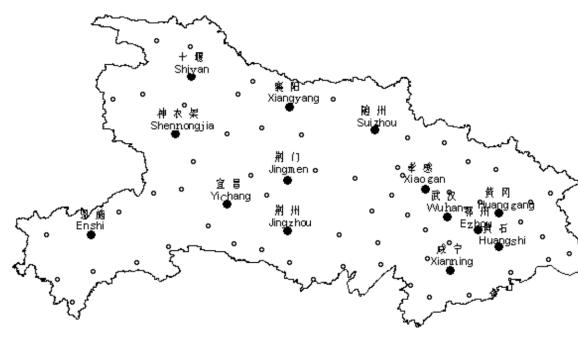


图 1 湖北省气象站空间分布图

Fig. 1 Spatial distribution of meteorological stations in Hubei Province

上年 12 月至当年 2 月为当年冬季, 计算各站 1961—2008 年冬季平均气温及距平。取 1971—2000 年冬季气温 30 a 平均值作为气候平均值。在此基础上计算单站、区域和全省逐年冷冬指数并划分等级, 计算冷冬指数的线性趋势并采用 *t* 检验方法检验趋势的显著性水平^[9]。

1.2 冷冬指标及等级划分

根据湖北省地方标准《冷冻等级》(即将颁布), 冷冬事件在空间上划分为单站、分区和全省 3 个范围等级, 在强度上划分为弱冷冬、强冷冬或寒冬 2 个

收稿日期: 2011-03-13

基金项目: 中国气象局 2010 年气候变化专项(CCFS-10-4)、湖北省气象局科技发展基金重点项目(QY-Z-201009)和湖北省地方标准“冷冬等级”(201013)

陈正洪, 研究员, 研究方向: 应用气象和气候变化。E-mail: chenzh64@126.com

等级。

1) 单站冷冬。单站冬季平均气温距平 $\Delta t \leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 定义为单站冷冬。其中:单站冬季平均气温距平 $-1.0^{\circ}\text{C} < \Delta t \leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 为弱冷冬,单站冬季平均气温距平 $\Delta t \leq -1.0^{\circ}\text{C}$ 为强冷冬。

2) 分区冷冬。分区内冷冬站数与该区总站数的百分比为分区冷冬指数 $I_{ca} (\%)$ 。若 $I_{ca} > 50\%$ 为分区冷冬;分区范围内强冷冬站点数超过站点数的 50%,定义为分区强冷冬(寒冬)。

3) 全省冷冬。全省冷冬站数超过总站数的 50%,定义为全省冷冬。在全省冷冬年,全省强冷冬站数超过总站数的 50%,或冬季任意连续 20 或 30 d 平均气温距平 $\Delta t \leq -3.0^{\circ}\text{C}$ 的站点数超过总站点数 50%,定义为全省强冷冬。

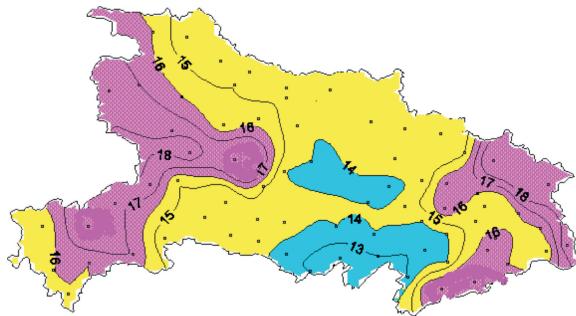
4) 冷冬指数的定义。单站冷冬指数: $\Delta t \leq 0^{\circ}\text{C}$ 时, $I_{cs} = -\Delta t (\text{C})$; $\Delta t > 0^{\circ}\text{C}$ 时, 取为 0。

分区(区域)冷冬指数 $I_{ca} = \text{区域内冷冬站数} / \text{区域总站数}$, 最大值为 1。全省冷冬指数 $I_{cp} = \text{全省内冷冬站数} / \text{全省总站数}$, 最大值为 1。

2 结果与分析

2.1 单站冷冬变化特征

图 2 为湖北省 1961—2008 年冷冬发生次数空



■: 单站冷冬 ≥ 16 次 Occurrence of cold winter for single station above 16 times; ■: 单站冷冬在 14~16 次 Occurrence of cold winter for single station during 14~16 times; ■: 单站冷冬 ≤ 14 次 Occurrence of cold winter for single station below 14 times; ·: 气象站点 Single station. 同下 The same as below.

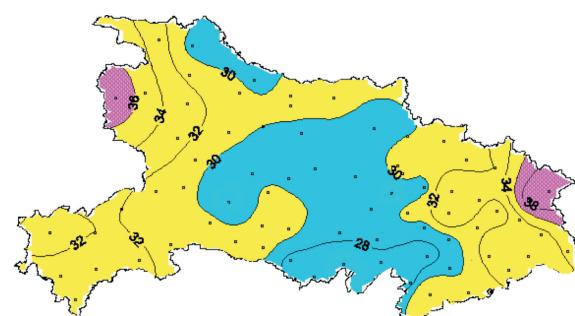
图 2 湖北省 1961—2008 年单站冷冬次数空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of occurrence of cold winter for single station in Hubei Province from 1961 to 2008

图 4 为湖北省 1961—2008 年单站冷冬指数线性趋势空间分布。全省绝大多数站点冷冬指数呈显著下降趋势,仅在三峡河谷局部地区下降趋势不明

显分布。其中,鄂西、鄂东大部冷冬次数大于江汉平原中南部,鄂西北西部、鄂西南、鄂东北东部和鄂东南南部冷冬次数达 16~18 次,尤其在鄂西北神农架林区和鄂东北英山县等地达 18 次。湖北省中部大都在 15 次以下,江汉平原中部出现 14 次,尤其江汉平原南部只有 13 次。这与湖北省三面高中间低的独特地形地势有关,东、西部均为海拔较高的高山,冷空气一旦侵入则不易排出,而中部地势平坦,是冷空气通道,冷空气不易停留,使江汉平原冷冬次数相对较少。

图 3 为湖北省近 48 a 单站冷冬频率分布图。图 3 可见,湖北省冷冬频率为东西高、中间低,与单站冷冬次数空间分布一致。其中鄂西、鄂东大部冷冬频率在 32% 以上,尤其是鄂西北西部和鄂东北东部达到 35% 以上;中部大部在 30% 以下,其中江汉平原中南部低于 28%。强冷冬发生频率随纬度的升高而增加,呈现从西南向东北、北部逐步增加,与冷冬分布明显不同(图略)。其中鄂西北、鄂北岗地和鄂东大部强冷冬频率高于 14%,尤其鄂东北东部高于 16%;江汉平原中南部、鄂西南和三峡河谷强冷冬的出现频率低于 14%,尤其鄂西南强冷冬出现的频率最低。



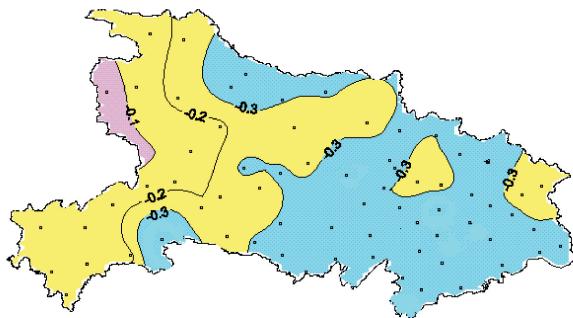
■: 冷冬频率 $\geq 36\%$ Frequencies of cold winter for single station above 36%; ■: 冷冬频率为 30%~36% Frequencies of cold winter for single station during 30%~36%; ■: 冷冬频率 $\leq 30\%$ Frequencies of cold winter for single station below 30%.

图 3 湖北省 1961—2008 年单站冷冬频率空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of frequencies of cold winter for single station in Hubei Province

显。从降幅来看,中东部大于西部,多在 $-0.3 \sim -0.4^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,最大出现在鄂东北东部;鄂西大部降幅较小,一般在 $-0.1 \sim -0.2^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 之间,仅在

鄂西南局部降幅达到 $-0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。冷冬指数的下降表明近50年冬季气温明显升高。



■:冷冬线性趋势率 $\geq -0.1^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ Linear trends of cold winter indices for single station above $-0.1^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$; ■:冷冬线性趋势率 $-0.1\sim -0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ Linear trends of cold winter indices for single station during $-0.1\sim -0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$; ■:冷冬线性趋势率 $\leq -0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ Linear trends of cold winter indices for single station below $-0.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$.

图4 湖北省单站冷冬指数线性趋势率空间分布($^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)

Fig. 4 Spatial distribution of linear trends of cold winter indices for single station in Hubei Province

2.2 分区冷冬变化特征

表1为湖北省各分区不同年代冷冬发生频率。由表1可知,湖北省冷冬大都出现在1990年代以前,1990年代冷冬频率急剧下降。比较5个分区冷冬频率,1960年代鄂东北冷冬频率较高,1970年代江汉平原出现频率较高,1990年代各区冷冬频率急剧下降为0,2001—2008年冷冬频率略有回升。

表1 湖北省各区不同年代冷冬频率比较

Table 1 Comparison of frequencies of regional cold winters for every decade in Hubei Province

区域 Region	频率/% Frequency				
	1961— 1970	1971— 1980	1981— 1990	1991— 2000	2001— 2008
鄂西北 Northwest	31	23	31	0	15
鄂西南 Southwest	30	30	30	0	10
鄂东北 Northeast	33	25	25	0	17
鄂东南 Southeast	31	26	31	0	12
江汉平原 Jianghan Plain	29	36	21	0	14

以1986年为界,分别统计前后2个时段各分区冷冬频率(图5)。1961—1985年5个分区冷冬频次较多,在32%(鄂西北)~48%(鄂东北),对应三年或二年一遇;1986—2008年各区冷冬次数大为减少,冷冬频率显著下降,其中鄂东北、江汉平原冷冬频率均为13%,为八年一遇,而其他3个区冷冬频

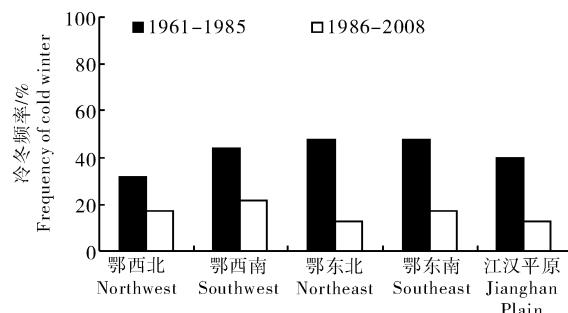


图5 湖北省1961—1985年和1986—2008年各区冷冬频率比较

Fig. 5 Comparison of frequencies of regional cold winters between 1961—1985 and 1986—2008 in Hubei Province

率为17%~22%,约为五年一遇,属于比较少见。

1961—2008年湖北省5个分区冷冬指数线性趋势(I_{ca})均为负,但均未达到显著程度。鄂东冷冬指数的变化趋势较中、西部大,其中鄂东南达 $-0.082/10\text{ a}$;鄂西南冷冬指数变化趋势最小,仅为 $-0.039/10\text{ a}$ 。

2.3 全省冷冬变化特征

1961—2008年湖北省全省性冷冬共发生13次(年)(图6),分别是1964、1967、1968、1969、1972、1974、1976、1977、1984、1985、1986、2005、2008年冬季,且大都出现在前半段,其中1961—1985年全省性冷冬出现10次,占77%,尤其集中出现在1960—1970年代;1986—2008年仅出现3次,占23%,1986—2004年的18 a没有出现全省性冷冬。1961—2008年,湖北省强冷冬(寒冬)事件共出现9次(年),分别为1964、1967、1968、1969、1972、1977、1984、1985和2008年,除2008年外,其他强冷冬年出现在1986年以前且集中出现在1960—1970年代,其中1967—1969年全省性强冷冬连续、集中出现,与文献[8]统计的湖北省近200 a出现大冻年份一致。

1961—2008年,全省冷冬指数呈下降趋势,线性趋势为 $0.069/10\text{ a}$,但没有通过显著性检验。全省冷冬指数与全省冬季平均气温距平呈良好的负相关性,即冷冬指数越大,冬季气温越低,相关系数达 -0.88 ,且通过95%置信度检验。

2.4 强冷冬指数与灾情对比

强冷冬年里气温偏低,大都是由于北方大范围强冷空气南下造成剧烈降温特别是寒潮造成的,持续低温期间常伴有雨雪冰冻,给湖北省的国民经济、工农业生产以及人类生存环境和人体健康带来很大影响。

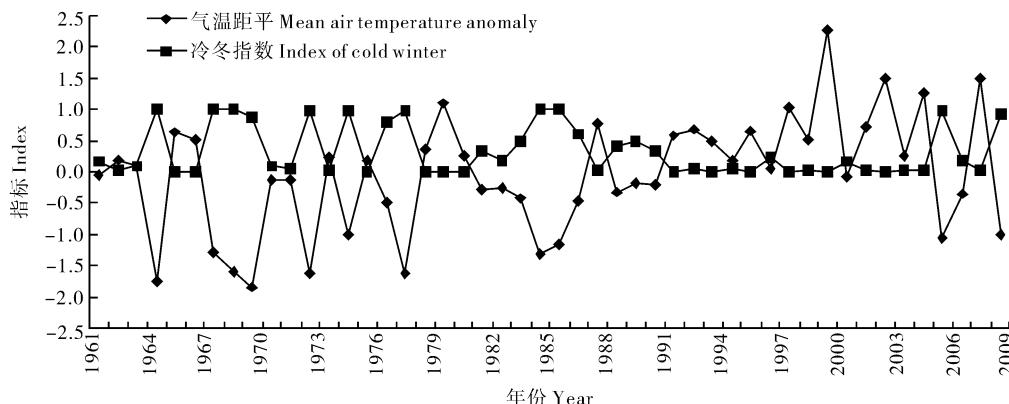


图 6 1961—2008 年湖北省冬季平均气温距平与冷冬指数变化曲线

Fig. 6 The curve of winter average temperature anomaly and cold winter indices from 1961 to 2008 in Hubei Province

根据强冷冬年指数,选取文献[10]中 1961—2000 年间 4 次严重寒潮冻害影响以及 2008 年大冻影响的记载,分析两者的对应关系,验证强冷冬指数的合理性。

1964 年 2 月湖北省出现持久雨雪、低温、雨淞天气,上、中旬平均气温为 -0.7°C 和 -2.7°C , 分别比常年低 3.7°C 、 7.4°C , 其中武汉市 1964 年 2 月 18 日极端低温达 -11.3°C , 冷冬指数为 0.81。1969 年 1 月底至 2 月初湖北省除恩施地区外,大部出现大雪、低温天气,连续 6 d 平均气温 -8°C ~ -3°C 。1969 年 1 月 31 日武汉低温达 -17.3°C ; 鄂北、鄂东柑桔和早稻重度冻害,鄂东秋播小麦普遍受冻,夏粮减产 50% 左右,其冷冬指数达到 0.88。2008 年 1 月 12 日至 2 月 3 日(23 d)出现历史罕见低温雨雪,气温比常年同期偏低 4°C ~ 6°C 。大部站点平均气温和最高气温创历史新低。连续低温日数达 18~23 d, 连续雨雪日数达 18~22 d; 灾害共造成直接经济损失超过 100 亿元, 此次冷冬指数最强达到 1.0。

因此,上述强冷冬年,冷冬指数大,灾害损失重,特别是 2008 年初我国南方(包括湖北省)经历了罕见的低温雨雪冰冻灾害,造成严重损失。同时,这些灾害天气除了气温低外,还与积雪冰冻持续时间和严重程度以及作物抗冻性、房屋抗压性等有关,有待进一步深入研究。

3 讨 论

1961—2008 年,单站冷冬发生频率为东西部大、中部小,而强冷冬发生频率随纬度的升高而增

加。大部分站点冷冬指数呈显著下降趋势,中东部冷冬指数下降幅度大于西部,三峡河谷局部下降不明显。1961—2008 年鄂西、鄂东大部出现冷冬的次数(年)大于江汉平原。湖北省分区冷冬大都出现在 1985 年以前,此后冷冬频率急剧下降,2005 年来冷冬频率回升。1961—1985 年 5 个区冷冬频次较多,为 2~3 年一遇;1986—2008 年各区冷冬年大为减少,冷冬频率显著下降,为 5~8 年一遇。1961—2008 年湖北省全省性冷冬共发生 13 次(年),大都出现在 1986 年以前;强冷冬事件共出现 9 次(年),集中出现在 1960 和 1970 年代,1986 年后仅 2008 年为全省性强冷冬。

我们根据湖北省冬季气候特点,以冬季平均气温距平低于 -0.5°C 、 -1.0°C 分别为弱、强冷冬阈值,同时考虑到湖北省处于南北气候过渡带,出现冬季极端冷事件的可能性,定义冬季任意连续 20 或 30 d 平均气温距平 $\leq -3.0^{\circ}\text{C}$ 的站点数超过总站点数 50%,为全省强冷冬。与文献[11-12]相比,我们充分考虑到极端冷事件,且易于在业务上推广应用。

周自江等^[13]利用强冷冬阈值(-1.0°C)仅从全国冬季平均气温距平上判断 1961—2000 出现 4 个全国性强冷冬,我们结合时空特征得出 1961—2008 年出现 9 个强冷冬事件,突出了湖北省冬季气候的独特性。显然文献[14]冷冬阈值(-1.5°C)要求更严,甚至超出本文强冷冬(寒冬)标准,在 1961—2008 年之间只有 1964、1967、1968、1969、1977、1984 年等 6 个冷冬事件年,2008 年冬季也未达标准,而寒冬事件仅 1977 年 1 次。相比之下,本文标准更科学,更有利于防灾减灾。

研究表明,单站冷冬指数采用气温距平的负值、分区和全省冷冬指数采用冷冬站数占比法,实用易行,同时能够客观地反映全省冬季平均气温变化状况,可以为当前的气候科研、业务提供依据。冷冬虽然大都出现在相对冷阶段,但是在相对暖阶段,冷冬还是会间断出现,其影响和危害会更加严重,夏季低温事件也常发生。我们今后将对极端天气气候事件影响开展深入研究。

参 考 文 献

- [1] IPCC. Summary for policy makers of climate change 2007: the physical science basis: contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 丁一汇,任国玉,石广玉,等.气候变化国家评估报告(I):中国气候变化的历史和未来趋势[J].气候变化研究进展,2006,2(1):3-8.
- [3] 唐国利,丁一汇,王绍武,等.中国近百年温度曲线的对比分析[J].气候变化研究进展,2009,5(2):71-77.
- [4] 陈正洪,史瑞琴,陈波.季节变化对全球气候变暖的响应——以湖北省为例[J].地理科学,2009,29(6):911-916.
- [5] 陈正洪,肖政,陈璇.樱花花期变化特征及其与冬季气候变化的关系[J].生态学报,2008,28(1):5209-5210.
- [6] 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.
- [7] 陈正洪.社会对极端低温雨雪冰冻灾害应急响应程度的定量评估研究[J].华中农业大学学报:社会科学版,2010(3):119-122.
- [8] 余武安,陈正洪,马德栗.湖北近200年大冻年表的建立及频率特征的初步分析[J].湖北农业科学,2009,48(10):2576-2580.
- [9] 魏风英.现代气候统计诊断与预测技术[M].2版.北京:气象出版社,2007.
- [10] 杨柏松,乔盛西,吴世经,等.气象灾害大典:湖北卷[M].北京:北京气象出版社,2007.
- [11] 王凌,张强,陈峪,等.1956—2005中国暖冬和冬季温度变化[J].气候变化研究进展,2007,3(1):106-112.
- [12] 陈峪,任国玉,王凌,等.近56年我国暖冬气候事件变化[J].应用气象学报,2009,20(5):539-544.
- [13] 周自江,王颖.中国近46年冬季气温序列变化的研究[J].南京气象学院学报,2000,23(1):107-112.
- [14] 王绍武.中国冷冬的气候特征[J].气候变化研究进展,2008,4(2):68-72.

Spatial and temporal characteristics of cold winter in Hubei Province from 1961 to 2008

CHEN Zheng-hong¹ MA De-li²

1. Wuhan Heavy Rain Institute of CMA/Meteorological Service

Center of Hubei Province, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074, China

Abstract Based on the data of daily average temperature from 1960 to 2008 in all winters of 70 meteorological stations in Hubei Province, cold winters for single station were divided into two grades designated as “weak” and “strong”. Regional or provincial cold winters were analyzed based on cold winters of single station. It is revealed that the frequencies of cold winters for single station showed longitude type and the frequencies of strong cold winters for single station showed latitude type, meanwhile the frequencies of cold winters for most of stations showed decreasing trends significantly during the last 48 years. From 1961 to 1985, the occurrences of regional cold winters had a higher frequencies and the rate of 5 regional cold winters was over 60 percent. The incidence of cold winters decreased obviously since 1986. The results also showed that there were 13 provincial cold winter years over 48 years with 9 severe cold winters which mainly concentrated during 1960s and 1970s and led to serious damages on agricultural production, communication, electric power and people’s daily life.

Key words cold winter; cold winter index; threshold value; district; property of variations

(责任编辑:陆文昌)