

姚永明,姚雷,邓伟涛. 长江中下游地区类寒潮发生频次的变化特征分析[J]. 气象, 2011, 37(3): 339-344.

长江中下游地区类寒潮发生频次的变化特征分析^{* 1}

姚永明¹ 姚 雷² 邓伟涛³

1 安徽省淮北市气象局, 淮北 235000

2 安徽省铜陵市气象局, 铜陵 244100

3 南京信息工程大学, 南京 210044

提 要: 本文采用中国国家气候中心提供的 1957—2008 年中国 753 个台站逐日温度资料, 挑选出长江中下游地区(27.5°~32.5°N、112°~123°E)的 51 个测站, 对该地区类寒潮发生频次特征进行分析, 得出主要结论: 长江中下游地区类寒潮的发生随着全球变暖的气候趋势, 总体频次减少。有明显的年代际特征, 20 世纪 60—80 年代, 类寒潮发生频次逐渐减少, 90 年代类寒潮又略增多, 1973 年前后出现突变。长江中下游地区主要以 5 年和 14 年信号周期变化, 长江中下游地区类寒潮发生频次最高的月份分别为每年 3 月和 11 月, 但存在明显的年际差异, 年际差异最大的区域在皖南、赣北和浙西。

关键词: 长江中下游地区, 类寒潮天气, 时空特征, 年变化特征

Analysis of the Frequency Characteristics of the Similar Cold Wave in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River

YAO Yongming¹ YAO Lei² DENG Weitao³

1 Huaibei Meteorological Office of Anhui Province, Huaibei 235000

2 Tongling Meteorological Office of Anhui Province, Tongling 244100

3 Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract: By virtue of the daily surface temperature data at 753 stations from the National Climate Center in China during 1957 to 2007, the 51 stations within the area of 27.5°—32.5°N, 112°—123°E are selected for the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River, and the characteristics of the similar cold wave frequency in the area are analyzed. The main conclusions reached are that the frequency in the area is reducing due to the global warming. From decadal changes, the frequency of the similar cold wave is gradually reduced in 1960s—1980s of the twentieth century and slightly increased in the 1990s. Abrupt change occurs around 1973. Cyclic changes of the 5a signal and the 14a signal are the main in the area and months are March and November each year, in which the highest frequency of the similar cold wave occurred. However, there are interannual differences for these changes. And the greatest different regions are in the southern Anhui, northern Jiangxi and western Zhejiang.

Key words: the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River, similar cold wave, characteristics of temporal and spatial scales, annual and interannual changes

引 言

东亚冬季风强烈的向南爆发会产生寒潮。寒潮天气通常会造成剧烈降温和大风, 有时还伴有雨、

雪、雨淞或霜冻, 给国民经济造成巨大损失。李宪之^[1]早在 1955 年就指出东亚寒潮可以分为三大类型。刘传凤^[2]研究了影响中国大陆的冷空气源地和路径。后来, 经丁一汇和张培忠等^[3-4]的进一步研究证实, 侵袭中国的寒潮源地主要有三个: 一是新地岛

* 中国气象局气候变化专项基金(CCSF2007—21)资助

2009 年 12 月 9 日收稿; 2010 年 3 月 28 日收修定稿

第一作者: 姚永明, 主要从事气候影响评估和专业气象研究工作. Email: yym1666@163.com

以西的北冰洋洋面;二是新地岛以东的北冰洋洋面;三是冰岛以南的大西洋洋面。通过大量有关寒潮的主要源地、寒潮的统计特征、寒潮天气系统及其天气过程、寒潮的成因及预报等研究,形成了比较系统和经典的寒潮理论^[5-7]。最近,Chan 等^[8]对东亚冬季风进行了全面总结,这对于了解东亚寒潮形成的环流背景和条件是十分有益的。近十几年来,中国的气温出现了明显的升高趋势,尤其在冬季^[9]。在此背景下,很多研究发现中国寒潮的发生频率和强度也出现了明显变化。统计分析表明,从 20 世纪 50—80 年代中国各类寒潮的发生频次呈减少趋势,且强度有所减弱。

长江中下游地区处于中国中部,是中国区域类寒潮及单站类寒潮发生频次最高的区域之一,多发生类寒潮天气伴随而来的一系列灾害性天气。本文就以频发类寒潮的长江中下游地区为研究对象对类寒潮天气时空特征进行简单研究,对揭示长江中下游地区类寒潮气候变化规律很有意义。

1 资料和方法

1.1 资料

气温资料采用了中国国家气候中心提供的中国 753 个台站 1957—2008 年逐日气温资料,取长江中下游地区范围(27.5°~32.5°N、112°~123°E)。

1.2 方法

挑选出长江中下游地区的 51 个测站处理成类寒潮频次资料,再对这个时间序列做线性趋势,9 点滑动平均、小波分析和滑动 T 检验,从而分析类寒潮频次趋势变化、周期和突变等特征,利用经验正交函数(EOF)分析了解其时空场的分布特征。

1.3 类寒潮标准

中央气象台的寒潮标准^[10]规定,以过程降温与温度负距平相结合来划定冷空气活动强度。中国中央气象台规定凡一次冷空气入侵后,该地区 24 小时降温达 10 °C 以上,并且最低气温低于 5 °C 的就称之为寒潮。

中国气象科学研究院寒潮年鉴^[10]把冷空气过程分为区域性寒潮、全国性寒潮、强冷空气、一般冷空气四个等级。其中区域性寒潮定义为凡日平均气温的过程总降温大于 10 °C,负距平的绝对值大于

5 °C,南北方站点数超过 20 站,或者将过程总降温大于 7 °C,负距平绝对值大于 3 °C 的总站数超过 40 站的情形称为区域性寒潮。

王遵娅等^[11]认为最低温度不受太阳辐射的影响,可以较好地反映降温的相对幅度。用日最低温度计算 1 或 2 日内的降温。1 日降温是指当天最低温度与前一天最低温度的差,2 日降温为连续的两个 1 日降温之和。用这种降温标准对寒潮进行了更加细致的分类。

本文借鉴多种寒潮降温标准直接对类寒潮定义:1 或 2 日最低温差超过 10 °C,日最低温度小于 5 °C 的长江中下游地区的测站为发生了一次类寒潮。综合考虑,这种标准认定的类寒潮发生频次可能比寒潮标准略多,认为从对日常生活的影响和不受太阳辐射影响的角度上讨论更有意义。

2 长江中下游地区类寒潮发生频次时空特征

2.1 长江中下游地区类寒潮发生频次时间序列特征

2.1.1 长江中下游地区类寒潮发生频次的年际(年代际)变化趋势

根据以上类寒潮定义得到类寒潮发生频次,用逐年累加平均值反映整个长江中下游地区类寒潮发生情况,得到该地区的类寒潮发生频次时间序列图(图 1)。从总体趋势上看,在 1957—2008 年,有负的线性趋势,同时还可以很明显地看出类寒潮的年际变化特征,平均每 3~4 年就有一次波动,频次最高年发生在 1966 年前后,出现了平均发生 6.157 次的类寒潮顶峰年(1966 年),如果把类寒潮发生频次在 3 次以上的年定为多类寒潮年,发生 1~3 次定为正常年,平均少于 1 次的定为少类寒潮年,类寒潮发生频次最少的 0.49 次出现在 1983 和 1984 年。则 51 年间多类寒潮年、正常年、少类寒潮年分别为 7, 36 和 8 年。

从图 1 中的 9 点滑动平均结果可以看出,长江中下游地区类寒潮频次年代际变化很显著,20 世纪 50 和 60 年代类寒潮发生偏多,70 和 80 年代为一偏少的过渡时期,90 年代类寒潮发生频次回增,但平均走势上仍然呈下坡倾向;类寒潮频次从 50—90 年代逐渐递减。中国类寒潮发生频次的减少也自 20 世纪 60 年代末开始,并在 20 世纪 70 年代末

显著减少,进入 20 世纪 90 年代减少趋于平缓。从长期变化来看,长江中下游地区类寒潮发生频次在近 51 年都出现了明显的减少趋势,其线性趋势系数为 -0.02 次/年。实际上,类寒潮的发生在春季、秋季和冬季都是呈减少趋势的^[11]。

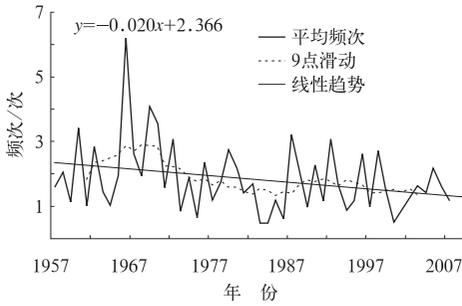


图 1 1957—2008 年长江中下游地区类寒潮发生频次的时序图

Fig. 1 The time-series of the similar cold wave's frequencies in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River from 1957 to 2008

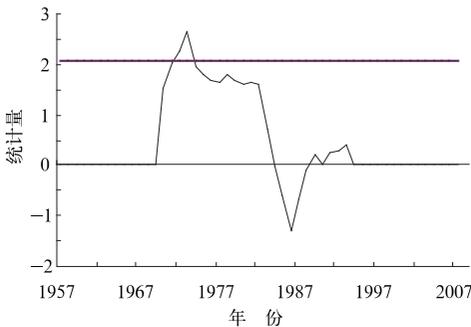


图 2 长江中下游类寒潮发生频次时间序列的滑动 T 检验曲线

直线为通过 0.05 显著性水平检验的临界线

Fig. 2 The sliding T -test curve of time-series in terms of the similar cold wave's frequencies in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River
Straight line represents the 0.05 significance level

2.1.2 长江中下游地区类寒潮发生频次的突变分析

对类寒潮频次取 $n_1 = 14, n_2 = 14$ 的样本量做滑动 T 检验,检查长江中下游地区类寒潮发生频次是否产生突变。从图 2 可以看出,1971—1974 年的 T 检验统计量大于临界值 2.06(通过 0.05 的显著性水平检验),这表明 1971—1974 年前后长江中下游地区类寒潮发生频数出现了显著突变,类寒潮发生频次开始显著减少。近 20 年来,中国气温出现了明

显的升高趋势,这是类寒潮发生频次减少的重要原因之一。

2.1.3 类寒潮发生频次的周期分析

为了了解类寒潮发生频次时间序列的周期,对发生类寒潮的频次作了 Morlet 小波分析,图 3 表明以准 18 年及准 13~14 年尺度的年代际周期信号明显,以 4~8 年的年际周期信号最为明显,1957—1970 年期间呈现出以 18 年为周期年代际和周期为 5 年的年际震荡特征,而 1970 年之后又出现 14 年左右的周期震荡直至 20 世纪 80 年代初,之后就不再显著。通过 Morlet 小波分析基本反映了长江中下游地区类寒潮发生频次在该时间尺度的变化特征,其周期主要为 5 年的年际信号(主要发生在 20 世纪 60—70 年代)和 14 年的年代际信号。

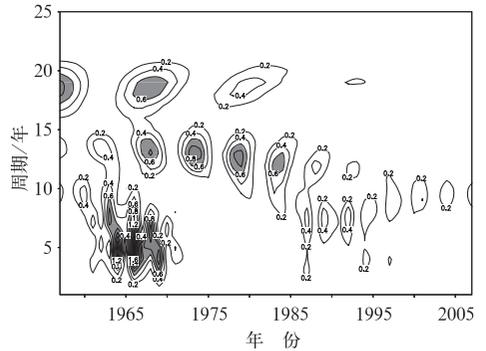


图 3 长江中下游地区类寒潮发生频次时间序列的 Morlet 小波能量分布

Fig. 3 The distribution of Morlet wavelet energy for the time-series of the similar cold wave's frequencies in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River

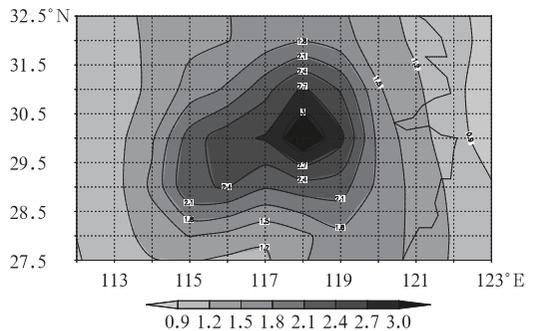


图 4 长江中下游地区 1957—2008 年类寒潮发生频次的平均分布(单位:次)

Fig. 4 The distribution of frequencies of the similar cold wave averaged over 1957 to 2008 in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River (unit: times)

2.2 长江中下游地区类寒潮发生频次的空间特征

长江中下游地区由长江、汉江等水系长期冲积而成,为平原地貌,海拔大多 50 m 左右,地势低平。图 4 表明年平均分布以皖南、赣北为中心向外辐散分布,最大值分别发生 3 次和 2.4 次以上,分析可能造成的原因除了类寒潮发生与纬度有关外,还与测站所处地理环境和海拔高度有密切关系。比如,海拔高度在 200 m 以上测站的最低气温容易达到 5 ℃ 以下,黄山、九华山海拔均远远高于 200 m 以上,与周边环境相比地势较高,昼夜温差大,也容易受到高空风场的影响而剧烈降温,表现类寒潮发生频次可能略有偏高。

2.3 长江中下游地区类寒潮发生频次 EOF 分析

为了分析长江中下游地区类寒潮发生的主要变

化模态及其变化特征,对长江中下游地区 51 个台站 1957—2008 年类寒潮发生频次做 EOF 分析。

前三个特征向量已拟合了原始场的 68% 以上,能够反映出长江中下游地区类寒潮发生频次的主要特征,我们主要对占方差贡献最大的前 3 个特征向量进行特征分析。

分析 EOF 前 3 个模态分布和相对应的时间系数,揭示类寒潮发生频次的整体空间异常结构。如图 5a 所示第一特征向量已占总方差的 52.43%,表明其对应的特征向量的权重较大,长江中下游地区呈同一符号的正值分布,即整体一致型。第一时间系数表现出最强影响的年份是 1966 年(图 5b),说明该年特征向量高值地区出现大峰值,即 1966 年类寒潮发生频次多,这与图 1 的结果相一致。20 世纪 50 和 60 年代时间系数偏大,70 和 80 年代系数偏小,90 年代回增,进入 21 世纪前 10 年又偏小,与图

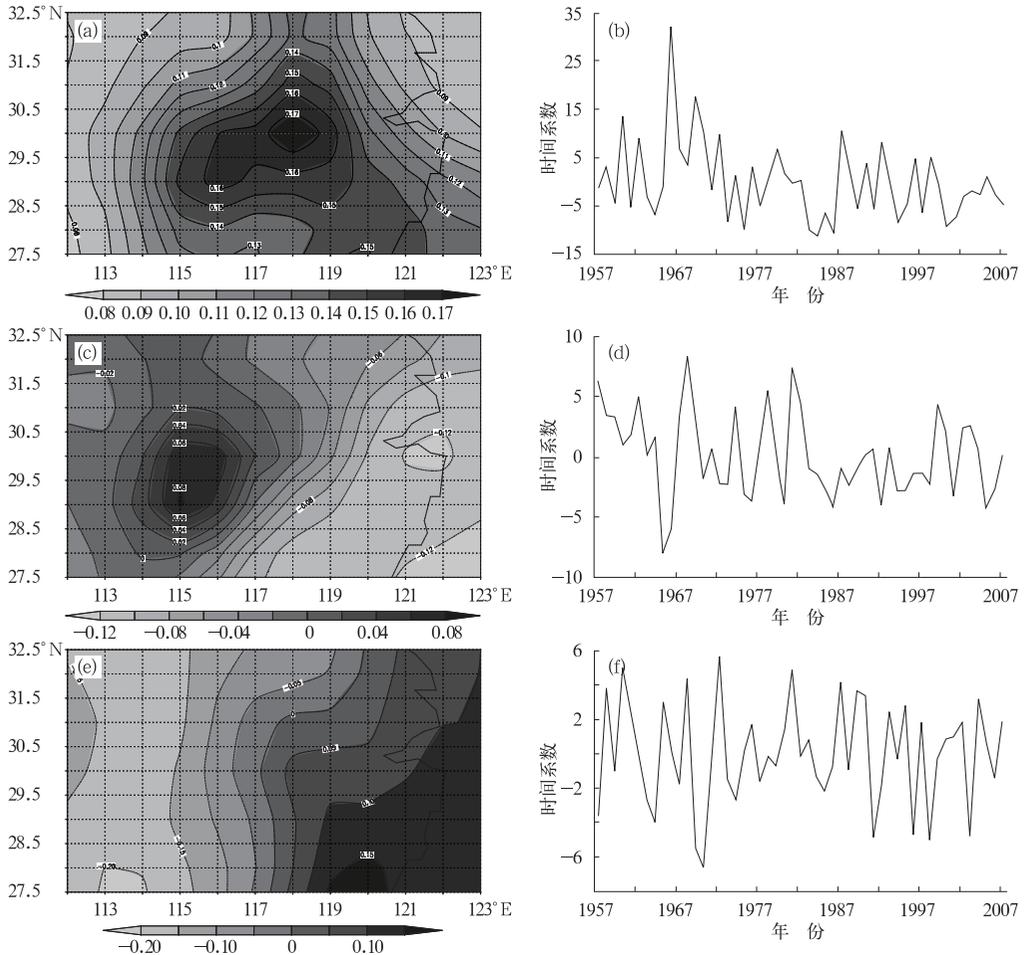


图 5 长江中下游地区类寒潮发生频次的 EOF 分析第 1~3 个特征向量(a,c,e)和时间系数(b,d,f)

Fig. 5 The 1st, 2nd and 3rd characteristic vectors (a,c,e) and their time coefficients (b,d,f) for the EOF analysis of the similar cold wave's frequencies in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River

1 也有很好的一致性,第一时间序列也从时间尺度上反映出长江中下游强降温过程整体减少的趋势。

第二特征向量(图 5c)占总体方差的 9.42%,基本呈现以长江中下游地区南部位置为中心从西向东反向分布的情况,第二时间系数在 1966 年出现极小峰值(图 5d),说明这一年长江中下游地区类寒潮频次主要表现为西部偏多,而东北偏少的分布特征;对时间系数进行类似图 1 的滑动平均可以发现第二模态年代际特征较为明显。第三特征向量占总体方差的 7.097%,其分布具有东西反向变化的结构特点。浙西—马鞍山—铜陵—池州—一线以东以南为正值区,以西以北为负值区(图 5e);第三时间系数说明这种分布特征有很强的年际变化特征,年代际信号不强烈(图 5f)。第二、第三模态反映出东部和西部强降温过程相反的变化特征,东部偏多时,往往西部偏少。

3 长江中下游地区类寒潮发生频次年循环特征和年际差异

3.1 长江中下游地区类寒潮发生频次年变化特征

从长江中下游地区多年平均各月份平均类寒潮发生频次图(图 6c)可看出类寒潮发生频次最高的月份分别为每年的 3 和 11 月。

从长江中下游地区发生类寒潮偏多的 7 年各月类寒潮发生频次特征(图 6a)中可以看到,不像平均图上的每年类寒潮发生频次最高的月份都是 3 和 11 月。1966 年是比较特殊的一年,是长江中下游地区类寒潮发生频次最多的年份,这一年 1 月类寒潮发生频次最少,而 2 月份是 1966 年长江中下游地区类寒潮发生最多的月份;1960 年类寒潮发生频次比较高的月份是 1,3,11 和 12 月;1966 年则集中在 2,3,10 和 11 月份;1969 年在 1,4 月;1970 年在 1,12 月;1972 年在 12 月比较多;1987 年在 11 月比较多;1992 年在 3 和 11 月较多。

长江中下游地区发生类寒潮偏少的 8 年各月频次中,每年的分布各不一致。1973 年主要发生在 2,4 和 12 月;1975 年类寒潮主要发生在 3 和 11 月;1983 年主要发生在 3 和 4 月;1984 年类寒潮多发于 11 月;1986 年类寒潮频次较高的月份为 1,11 和 12 月;1994 年较多的为 1 和 3 月;2000 年则是 1 和 12 月较多;2001 年是 2,4 和 12 月较多。总之,它们发

生的频次要远小于偏多年份发生的频次。

经过平均处理,长江中下游地区类寒潮发生频次偏多年和偏少年平均趋势与总体平均趋势保持一致的分布形式。3 和 11 月是发生频次偏多的月份,但是发生频次两者差异较大。

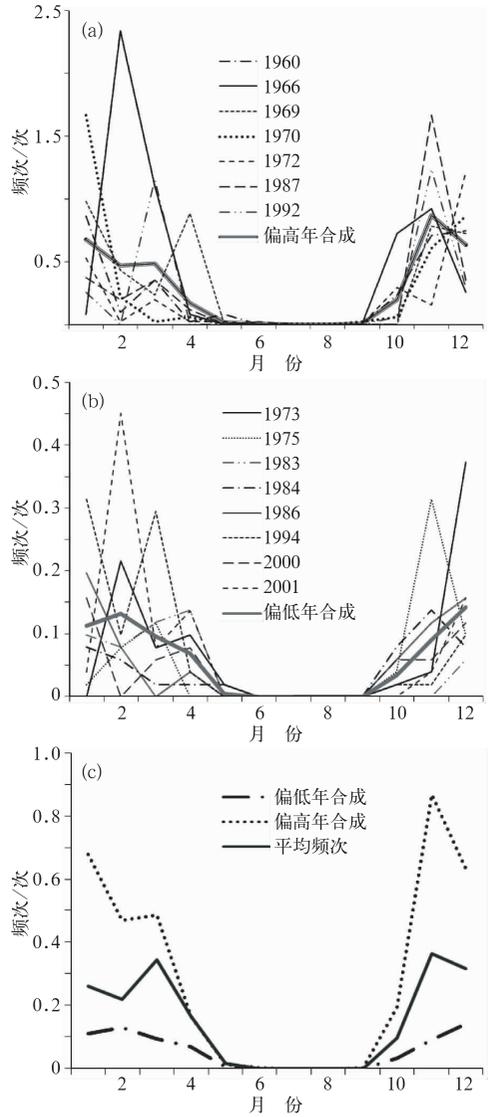


图 6 长江中下游地区各月份平均类寒潮发生频次

(a) 类寒潮发生频次偏高年各月分布; (b) 类寒潮发生频次偏低年各月分布; (c) 偏高、低年以及平均各月分布的比较
Fig. 6 The monthly average frequencies of the similar cold wave in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River (a) high frequency years, (b) low frequency years, and (c) composite frequency distributions for high, low and average years

3.2 长江中下游地区类寒潮发生频次年际差异

在长江中下游地区类寒潮发生频次偏高年的平均分布图上,以皖南、赣北和浙西偏高,向外辐散分布。偏少年的平均图也是以赣北、皖南等地区向外分布,显示出皖南、赣北极易产生类寒潮的特点,这和地形影响的关系很密切,前面已阐述。发生频次偏高地区是皖南地势较高地区,偏低的区域为皖中附近,显示高海拔地区更容易受大气候环境影响,赣北、皖南年际差异较为显著。

4 小 结

综合以上分析得出以下结论:

(1) 长江中下游地区类寒潮的发生总体呈减少趋势,但有明显的年际变化特征,平均每 3~4 年就有一次波动,频次最高年发生在 1966 年前后,出现了平均发生 6.157 次的类寒潮顶峰年(1966 年),类寒潮发生频次最少的 0.49 次出现在 1983 和 1984 年,1973 年前后长江中下游地区类寒潮发生频次出现了显著突变。51 年间多类寒潮年、正常年、少类寒潮年分别为 7,36 和 8 年。

(2) 有较显著的年代际变化特征:长江中下游地区 20 世纪 50 和 60 年代类寒潮发生偏多,70 和 80 年代为一偏少的过渡时期,90 年代类寒潮发生频次回增,但平均呈下坡倾向;类寒潮发生频次从 50—90 年代逐渐递减。中国类寒潮发生频次的减少也自 20 世纪 60 年代末开始,并在 20 世纪 70 年

代末显著减少,进入 20 世纪 90 年代减少趋于平缓。从长期变化来看,长江中下游地区类寒潮发生频次在近 51 年都出现了明显的减少趋势,有较明显的 5 和 14 年周期变化特征。

(3) 长江中下游地区类寒潮发生频次最高的月份分别为每年 3 和 11 月。但存在较大的年际差异,差异最大的区域在皖南、赣北和浙西。

参考文献

- [1] 李宪之. 东亚寒潮侵袭的研究[M]. 气象学(1919—1949). 北京:科学出版社, 1955: 35-117.
- [2] 刘传凤. 我国寒潮气候评价[J]. 气象, 1990, 16(12): 40-43.
- [3] 丁一汇, 蒙晓. 一次东亚寒潮爆发后冷涌发展的研究[J]. 气象学报, 1994, 52(4): 442-451.
- [4] 张培忠, 陈光明. 影响中国寒潮冷高压的统计研究[J]. 气象学报, 1999, 57(4): 493-501.
- [5] 马杰. 全国大部分降水偏少 两次寒潮影响明显[J]. 气象, 2009, 35(3): 120-123.
- [6] 吴晓. 2008 年初全国雨雪冰冻寒潮天气的 OLR 资料分析[J]. 气象, 2009, 35(4): 87-93.
- [7] 王遵娅. 两次大范围寒潮侵袭我国[J]. 气象, 2009, 35(3): 124-125.
- [8] Chan J C, Li C Y. The East Asia winter monsoon. East Asian Monsoon[M]. Chang C-P, Ed. Singapore: World Scientific, 2004: 54-106.
- [9] 丁一汇, 李巧苹, 柳艳菊, 等. 空气污染与气候变化[J]. 气象, 2009, 35(3): 3-14.
- [10] 国家气候中心气候应用室. 寒潮年鉴[M]. 北京:气象出版社, 1951-1980.
- [11] 王遵娅, 丁一汇. 近 53 年中国寒潮的变化特征及其可能原因[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 1068-1076.

更 正

本刊第 37 卷第 1 期第 6 页 1.4.3 节部分文字有误,由第三行“已逐步成为”起至本小节结尾,应为“已逐步成为业务预报的主要手段。当今世界上最先进的两大业务预报系统分别是欧洲中期预报中心(ECMWF)的 IFS(Integrated Forecast System)和美国环境预测中心(NCEP)的 GFS(Global Forecast System),二者都具备对未来 7~9 天内全球天气变化概貌做出有效预报的能力。图 8 给出了 ECMWF 对 500 hPa 重力位势场预报时效性的评估结果(1980—2009 年)。由图可见,目前数值天气预报的预报时效已超过了一周。”

特此更正。