

沈阳冬季不同地表温度特征及其综合集成预报技术研究

姜晓艳, 梁红, 郭正强, 廖国进 (辽宁省沈阳市气象局, 辽宁沈阳 110168)

摘要 为客观分析沈阳冬季不同性质地表温度特征, 给沈阳城市建设提供更具有针对性的气象预报服务, 在试验地对不同性质的地表(水泥表面、草坪表面及积雪表面)进行了温度观测, 并分析其温度变化特征, 用统计计算方法给出了不同性质地表温度与观象台百叶箱气温之间的相关系数、不同性质地表温度依赖于观象台百叶箱气温及天空总云量的回归方程; 提出模式识别方法、概率统计方法以及预报经验评估方法相结合的不同性质地表温度预报综合集成技术。

关键词 地表温度; 观测; 相关; 模式识别综合集成; 沈阳

中图分类号 S165+29 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)26-12650-04

Study on Temperature Characteristics at Different Surfaces and Their Meta-synthetic Forecasting Technique in Shenyang City during the Winter

JIANG Xiao-yan et al (Shenyang Meteorological Bureau, Shenyang, Liaoning 110168)

Abstract In order to analyze the temperature characteristics at different surfaces during winter and provide high quality weather forecast service for Shenyang City's construction, the temperatures of different surfaces (cement surface, lawn surface and snow surface) were determined and its change characters were analyzed. The correlation coefficients between temperatures at different surfaces and the louvered screen temperatures, the regression equation were obtained by statistics. Then, a meta-synthetic forecasting technique of the temperature at different surfaces which is related to the pattern recognition method, probability-statistical method and experience estimation method was put forward.

Key words Surface temperature; Observation; Correlation; Pattern recognition meta-synthesis; Shenyang

在城市化快速发展的今天, 对城市应用气象预报的研究已成为热点课题之一^[1-2]。因为无论是城市建设、交通运输、旅游休闲, 还是工农业生产和人民群众生活, 都会受到包括特定环境下温度在内的小气候要素的影响。因此, 针对特定环境下的气象条件预报和警报是气象为社会服务的一种必要手段。20世纪90年代国外就有一些关于路面温度预报的论文发表^[3-5]。在过去几年时间里, 我国在这方面作过一定的研究工作。如高迎娟^[6]研究了特种观测项目温度机制规律及其预报方法; 刘熙明等^[7]用辐射平衡原理计算了水泥路面温度; 李雄等、黄海红等^[8-9]分别研究了南宁市各种下垫面温度特征预报方法。

国内外前人研究的成果, 对于沈阳市相应问题的研究有很好的借鉴作用。但由于不同表面温度问题是大气背景下的微气候问题, 是大尺度天气形势下的微气象问题, 而笔者所处地域与前人研究地域有差异, 以至于宏观天气背景不尽相同, 微观气象条件则差异更大, 致使国内外其他城市的方法不能机械地套用于沈阳这一特定的地理位置。原有方法所依赖的一些资料、设备条件, 与笔者现实条件尚有很大差异。为此, 笔者就沈阳的实际情况, 从现实条件出发, 在获取冬季不同表面第一手气象观测数据的基础上, 加以分析综合, 旨在给出适用的、有一定科学依据的结果。

1 资料来源

1.1 不同性质表面温度的获取 采用小气候观测方法获取。

(1) 观测时间: 2006年11月1日至2007年2月28日, 每天观测2次, 分别在北京时间8:00和14:00进行; 其中, 积雪表面观测时间为1月10~2月6日。

(2) 观测地点: 沈阳市气象局附近(42°3'23"N, 123°27'38"E, 海拔47 m), 位于浑河南岸, 介于沈阳城市中心和沈阳观象

台之间, 地势平坦、开阔, 对整个沈阳市区有较好的代表性。

(3) 观测项目: 水泥表面温度、草坪表面温度和积雪表面温度。

(4) 所用仪器及观测方法: 所有项目均用普通地面温度表、最高最低温度表进行观测, 具体观测依据中国气象局观测规范^[10]规定的有关方法进行。

1.2 用于该研究的一般大气候观测资料的获取 均取自于沈阳观象台(以下简称观象台)的地面气象观测记录报表。

2 冬季不同地表温度观测结果与分析

2.1 水泥、草坪表面温度观测结果与分析

2.1.1 水泥和草坪表面温度观测及计算结果。从表1、2可以看出, 8:00水泥和草坪表面温度比观象台百叶箱气温仅偏高1.0℃, 但水泥、草坪表面日最低温度则分别比观象台百叶箱偏低4.4、6.9℃。这表明冬季水泥和草坪地表最低温度明显低于观象台百叶箱气温。图1是同期观象台百叶箱日最低气温与水泥、草坪表面日最低气温曲线图。该图也直观地显示了水泥和草坪表面温度明显低于观象台百叶箱气温。

表1 8:00水泥和草坪表面温度特征及其与观象台百叶箱气温的关系
Table 1 The temperature characteristics of cement and lawn surfaces as well as their relationship with louvered screen temperature at 8 am

不同表面 Different surfaces	温度/℃ Temperature			相关系数 Correlation coefficient
	平均值 Average	最大值 Maximum	最小值 Minimum	
观象台百叶箱 Louvered screen	-7.6	13.9	-20.7	
水泥表面 Cement surface	-6.6	14.0	-19.9	0.918 3
草坪表面 Lawn surface	-6.5	13.1	-18.7	0.947 9

表2 水泥和草坪表面逐日最低温度及其与观象台百叶箱最低气温的关系
Table 2 The relationship of lowest temperature between cement, lawn surfaces and louvered screen

不同表面 Different surfaces	温度/℃ Temperature			相关系数 Correlation coefficient
	平均值 Average	最大值 Maximum	最小值 Minimum	
观象台百叶箱 Louvered screen	-10.1	5.0	-23.1	
水泥表面 Cement surface	-14.5	4.5	-26.5	0.920 3
草坪表面 Lawn surface	-17.0	7.2	-29.2	0.857 2

基金项目 辽宁省气象局正研级专业技术人才培养专项科研基金(2006-05)。

作者简介 姜晓艳(1960-), 女, 辽宁岫岩人, 高级工程师, 从事气候变化、应用气象业务和研究工作。

收稿日期 2009-04-24

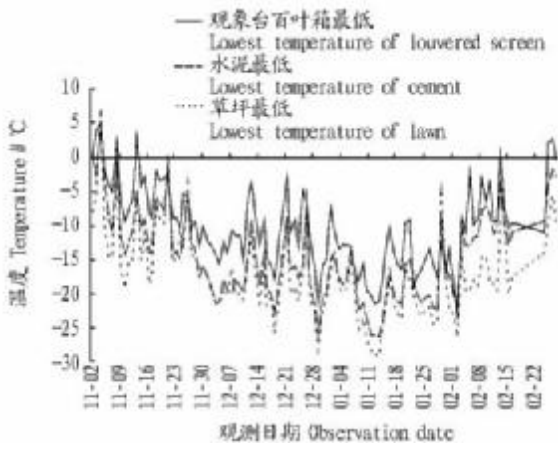


图 1 观象台百叶箱最低气温和水泥、草坪表面最低温度曲线

Fig.1 Curve of the lowest temperature between cement,lawn surfaces and louvered screen

从表 3、4 可以看出,14:00 不同地表面温度和日最高温度的观测值均高于观象台百叶箱气温,其偏高幅度为 4.0 ~ 7.0 °C。图 2 是同期观象台百叶箱日最高气温与水泥、草坪表面日最高气温曲线图。该图也直观地显示了水泥和草坪表面温度明显高于观象台百叶箱气温。

表 3 14:00 水泥和草坪表面温度特征及其与观象台百叶箱气温的关系
Table 3 The temperature characteristics of cement and lawn surfaces as well as their relationship with louvered screen temperature at 14 pm

不同表面 Different surfaces	温度//°C Temperature			相关系数 Correlation coefficient
	平均值 Average	最大值 Maximum	最小值 Minimum	
	观象台百叶箱 Louvered screen	0.8	19.6	
水泥表面 Cement surface	3.5	22.0	-8.4	0.923 4
草坪表面 Lawn surface	5.1	23.7	-5.5	0.856 4

表 4 水泥和草坪表面逐日最高温度及其与观象台百叶箱最高气温的关系
Table 4 The relationship of highest temperature between cement,lawn surfaces and louvered screen

不同表面 Different surfaces	温度//°C Temperature			相关系数 Correlation coefficient
	平均值 Average	最大值 Maximum	最小值 Minimum	
	观象台百叶箱 Louvered screen	1.8	20.1	
水泥表面 Cement surface	6.0	25.0	-4.3	0.871 2
草坪表面 Lawn surface	8.9	24.6	-2.0	0.827 4

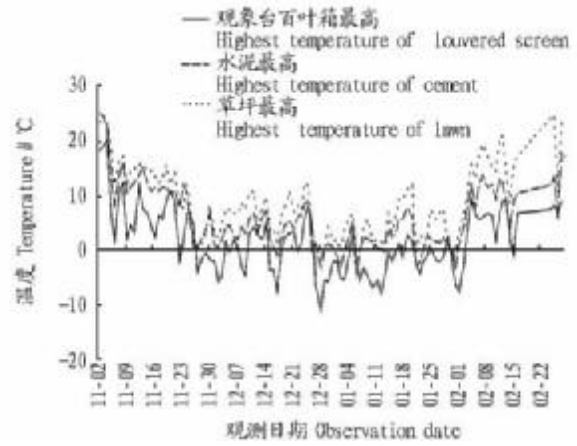


图 2 观象台百叶箱最高气温和水泥、草坪表面最高温度曲线

Fig.2 Curve of the highest temperature between cement,lawn surfaces and louvered screen

2.1.2 云量对水泥表面、草坪表面温度的影响。从表 5 可以看出:冬季 8:00 总云量对各表面温度影响比较明显,少云比多云时温度偏高 4.4 ~ 5.5 °C;14:00 总云量对各地表温度影响较小,仅有 0.5 °C。相关分析结果表明:8:00,水泥表面和草坪表面温度与云量的相关系数均通过了 $r_{\alpha=0.01} = 0.254 0$ 的显著性检验($r_{\text{水泥}} = 0.312 2, r_{\text{草坪}} = 0.436 0$);14:00 的水泥表面和草坪表面温度与云量的相关性不明显,所以在建立预报方程时,14:00 的云量不作为备选预报因子。

表 5 总云量对水泥表面和草坪表面温度的影响

Table 5 Effects of total cloud cover on two kinds of surface temperatures

时间 Time	不同表面 Different surfaces	云量与各表面温度相关系数 Correlation coefficient between cloud cover and each surfaces temperature		少云(1~5成)//°C Less cloud	多云(6~10成)//°C More cloud	差值 Differences
		水泥表面 Cement surface	草坪表面 Lawn surface			
8:00	水泥表面 Cement surface	0.312 2		8.3	3.9	4.4
	草坪表面 Lawn surface	0.436 0		8.7	3.2	5.5
14:00	水泥表面 Cement surface	-0.063 5		4.0	3.5	0.5
	草坪表面 Lawn surface	-0.071 2		5.6	5.0	0.6

2.1.3 预报方程的建立。依小气候实测数据及观象台百叶箱气温、总云量的数据,得出 8 个线性方程:

$$y_1 = 0.939 1x_{81} - 0.054 1x_{82} + 0.756 8 \quad (1)$$

式中, y_1 为 8:00 水泥地表温度; x_{81} 为 8:00 观象台百叶箱气温; x_{82} 为 8:00 总云量。下同。

$$y_2 = 0.842 8x_{81} + 0.125 7x_{82} - 0.678 5 \quad (2)$$

式中, y_2 为 8:00 草坪表面温度。

$$y_3 = 0.928 8x_{141} + 2.783 5 \quad (3)$$

式中, y_3 为 14:00 水泥地表温度; x_{141} 为 14:00 观象台百叶箱气温。

$$y_4 = 0.878 1x_{141} + 4.424 3 \quad (4)$$

式中, y_4 为 14:00 草坪表面温度。

$$y_5 = 0.973 3x_{141} + 0.000 1x_{82} - 4.654 4 \quad (5)$$

式中, y_5 为水泥地表最低温度; x_{141} 为观象台百叶箱最低气温。式(6)同。

$$y_6 = 0.848 5x_{141} + 0.183 7x_{82} - 9.264 5 \quad (6)$$

式中, y_6 为草坪表面最低温度。

$$y_7 = 0.872 1x_{141} + 4.509 5 \quad (7)$$

式中, y_7 为水泥表面最高温度; x_{141} 为观象台百叶箱最高气温。式(8)同。

$$y_8 = 0.950 3x_{141} + 7.202 2 \quad (8)$$

式中, y_8 为草坪表面最高温度。

由表 1 ~ 5 和图 1 ~ 2 及线性回归方程可知:上述各不同表面观测值与观象台百叶箱气温的相关系数均远远超过 $r_{\alpha=0.01} = 0.228 0$ 。在冬季,如果不考虑积雪表面温度变化的情况下,草坪的温度变化比水泥表面明显,此结论与夏季观

测结论相反^[11]。这是因为随着白天温度的升高,地表吸热温度也随着升高,草坪区域由于地表有干草遮挡,既能减小小风的散热作用,又能起到一定的保温作用,所以温度较高;而水泥地表虽然也吸热,温度升高,但由于地表风力相对较大,散热较快,不利于热量的聚集,所以温度没有草坪温度高。夜里由于草坪地区湿度较大,空气中的水分在草地上凝结,此时虽然释放一些热量,但这些热量随着周围环境温度的下降很快消失,不会对草坪表面温度的下降产生影响,一般在凌晨温度达到最低,在太阳刚刚升起的时候,草地上凝结的水分融化吸收热量,使草坪表面温度进一步降低达到极值;水泥表面的水分明显低于草坪,清晨水分融化吸收热量的过程对温度的变化影响很小,所以草坪表面的最低温度低于水

泥表面的最低温度。因此,草坪表面的温度日变化比水泥表面的温度日变化明显。

2.2 积雪表面温度观测结果与分析 2006~2007年冬季沈阳初雪出现较晚,积雪观测时间为1月10~2月4日。统计积雪表面温度观测结果,并与同期的观象台气温及水泥和草坪表面温度相比较,结果见表6。从表6可以看出,有积雪覆盖时,雪被的辐射降温作用使8:00地表温度和日平均最低温度比观象台百叶箱气温低3.0~6.0℃;14:00地表温度和日平均最高温度的观测值均高于观象台百叶箱气温。水泥、草坪和雪表面3种不同性质的下垫面温度相比较,沈阳冬季的草坪表面温度变化最为剧烈(极端最高和最低温度均出现在草表面),其次为水泥和积雪表面。

表6 1月10~2月4日不同表面温度与观象台同期气温比较

Table 6 Comparison of different surface temperatures and observatory contemporary temperatures from Jan. 10 th to Feb. 4th ℃

不同表面 Different surface	8:00	14:00	平均最低 Average lowest	平均最高 Average highest	极端最低 Extremely lowest	极端最高 Extremely highest
观象台百叶箱 Louvered screen	-14.2	-2.2	-15.7	-1.6	-23.1	9.4
水泥表面 Cement screen	-13.5	0.3	-19.5	2.6	-26.5	12.0
草坪表面 Lawn screen	-12.2	2.3	-21.6	5.1	-29.2	15.7
积雪表面 Snow screen	-17.9	-1.7	-21.9	-0.4	-27.5	5.3

建立积雪表面温度依观象台百叶箱气温、总云量关系的系列方程并通过相关系数检验 $r_{\alpha=0.01} = 0.228$ 。依小气候实测数据及观象台百叶箱观测数据,得出4个线性方程:

$$y_9 = 0.862 3x_{81} - 0.065 7x_{82} - 5.498 5 \quad (9)$$

式中, y_9 为8:00积雪表面温度; x_{81} 为8:00观象台百叶箱气温; x_{82} 为8:00总云量。下同。

$$y_{10} = 0.723 9x_{141} - 0.107 4 \quad (10)$$

式中, y_{10} 为14:00积雪表面温度; x_{141} 为14:00观象台百叶箱气温。

$$y_{11} = 1.029 5x_{1d} + 0.040 2x_{82} - 5.885 0 \quad (11)$$

式中, y_{11} 为积雪表面最低温度; x_{1d} 为观象台百叶箱最低气温。

$$y_{12} = 0.660 1x_{1g} + 0.656 2 \quad (12)$$

式中, y_{12} 为积雪表面最高温度; x_{1g} 为观象台百叶箱最高气温。

3 不同表面温度的预报技术

图3为8:00水泥表面温度实况与预报历史拟合曲线图,该图直观地反映出预报与实况趋势的一致性。

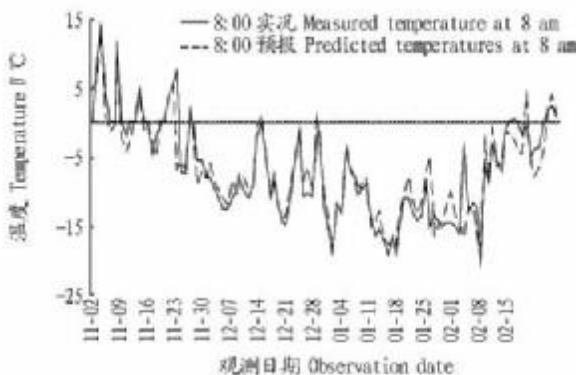


图3 8:00水泥表面温度实况与预报拟合曲线

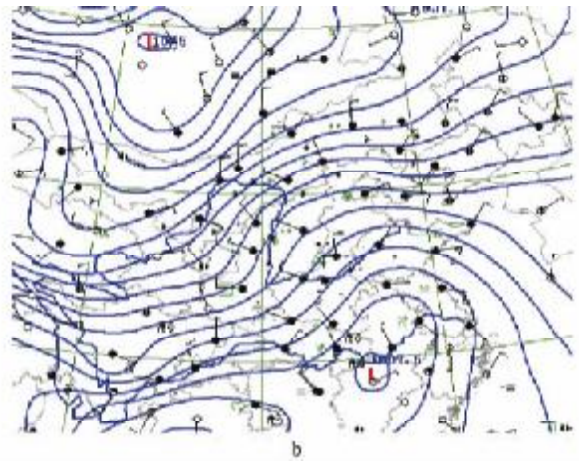
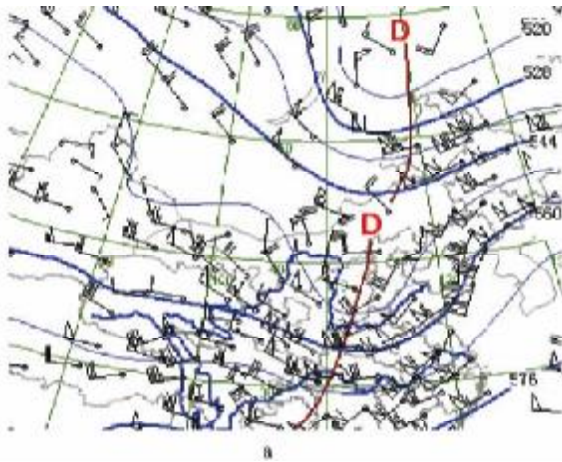
Fig. 3 Fitting curve of measured cement surface temperatures and predicted temperatures at 8 am

由(1)~(12)系列线性回归方程可知:不同表面温度的预报方程中的预报因子为8:00或14:00的百叶箱气温,日最

低、最高气温及总云量;气温和总云量显然取决于大范围天气形势。这样,笔者要作的表面温度预报首先依赖于大范围天气形势,也就是说微气象预报是建立在一般天气形势预报基础上的。按照以往的一般惯例,只是微气象预报人员直接利用一般天气预报结果,代入回归方程即可得出预报结论,也即说,微气象预报人员无须直接考虑大的天气形势背景。虽然微气象预报人员是很省力的,但是由于一般天气形势预报针对的是多方面要素,多数情形下是考虑降水过程的预报等,而这些因素的预报往往是定性的经验评估,以致不能满足微气象预报人员的需要。该研究中,冬季降温形势是最重要的,以寒潮天气过程作为主要背景的大范围天气形势为预报者所考虑的重点。孙淑清等指出:冬季降温天气形势背景是寒潮天气形势,其2种主要形势为低槽东移型和小槽发展型^[12]。图4是2007年3月4日暴风雪降温过程的天气形势图。

为能自动识别^[13]有关天气图特征,根据天气学基础,将识别图分若干小图进行编码。如将100~130°E、30~60°N范围内以5个经距/纬距为间隔,将其500 hPa高空图和地面天气图各分为36个小区,按照从东到西、从上到下的原则依次编码为01,02,03,...,35,36。

有了编码结果,再根据沈阳冬季降温天气过程特征及预报员经验即可作模式识别,如果当日36个编码所对应的天气形势有28个与历史编码相对应(28/36),则可以参照历史实况和数值预报产品,推测出次日8:00及14:00气温和云量,再将估计值代入,可得出各表面温度预报。如2007年1月11日预报出12日8:00气温为-19℃,云量为4,由式(1)、(2)、(9)得出12日8:00各地表温度预报为:水泥表面温度: $y_1 = 0.939 1x_{81} - 0.054 1x_{82} + 0.756 8 = -17.1℃$;草坪表面温度: $y_2 = 0.842 8x_{81} - 0.125 7x_{82} + 0.678 5 = -16.7℃$;积雪表面温度: $y_3 = 0.862 3x_{81} - 0.065 7x_{82} + 5.498 5 = -22.1℃$ 。结果表明:预报与实况最大绝对误差为0.8℃(表7)。



注:a为3月4日8:00 500 hPa 高空环流形势;b为3月3日20:00 地面天气图。

Note: a. Upper air circulation situation at 500 hPa 8 am on March 4 th; b. Ground weather at 20 pm on March 3rd.

图4 2007年3月4日暴风雪降温过程的天气形势

Fig.4 Weather situation during cooling process of snowstorm on March 4 th,2007

表7 2008年1月12日8:00各地表面温度预报与实况值

Table 7 Each surface predicated temperature and real value at 8 am of Jan. 12 th,2008

地表状况	预报	实况	绝对误差
Ground status	Predicated value	Real value	Absolute error
水泥表面 Cement surface	-17.1	-16.2	0.9
草坪表面 Lawn surface	-16.7	-17.2	0.5
积雪表面 Snow surface	-22.1	-21.8	0.3

4 小结与讨论

(1)在沈阳,冬季水泥、草坪和积雪表面温度变化振幅明显大于观象台百叶箱气温。

(2)沈阳冬季的草坪表面温度变化最为剧烈(极端最高和最低温度均出现在草坪表面),其次为水泥和积雪表面。积雪表面平均温度虽然比水泥和草坪偏低,但温度变化幅度相对前二者平稳。

(3)冬季不同下垫面温度预报技术是在考虑多种因素基础上的综合集成预报,是数据与经验相结合、定性定量相结合的产物。从而使预报依据更有针对性、预报思路更具灵活性,有利于预报准确率的提高。

(4)将模式识别技术引用到不同下垫面表面温度预报中,是实现天气图预报自动化的一种尝试。模式识别是今后

全面开展类似预报并促进其向自动化方向迈进的主要基础。

参考文献

[1] 徐祥德,汤绪.城市化环境气象学引论[M].北京:气象出版社,2002:73-78.

[2] 赵云升,杜嘉,宋开山,等.基于卫星遥感的夏季长春市城区热场分析[J].地理科学,2006,26(1):70-74.

[3] SHAO J, LISTER P J. An automated nowcasting model of road surface temperature and state for winter road maintenance[J]. Journal of Applied Meteorology, 1996, 35(8):1352-1361.

[4] JACOBS W, RAATZ W E. Forecasting road-surface temperature for different site characteristics[J]. Meteorological Applications, 1996, 3(3):243-256.

[5] SASS B H. 用于公路滑溜状况预测的数值预报系统[J]. 气象科技, 2000, 28(3):9-13.

[6] 高迎娟. 特种观测项目温度极值规律揭示及其预报方法的探讨[J]. 吉林气象, 2004(2):17-21.

[7] 刘熙明,喻迎春,雷桂莲,等.应用辐射平衡原理计算夏季水泥路面温度[J].应用气象学报,2004,15(5):623-628.

[8] 李雄,董蕙青,黄嘉华,等.南宁各种下垫面温度特征及预报方法探讨[J].气象科技,2005,33(6):487-491.

[9] 黄海洪,董蕙青,凌颖,等.南宁市夏季不同下垫面温度特征分析与预报研究[J].气象科技,2003,31(4):253-256.

[10] 国家气象局.农业气象观测规范(下卷)[M].北京:气象出版社,1993.

[11] 张菁,梁红,姜晓艳,等.沈阳市夏季不同下垫面温度特征及其在气象服务中的应用[J].气象科学,2008(5):528-532.

[12] 孙淑清,高守亭.现代天气学概论[M].北京:气象出版社,2006:74-88.

[13] PEI T F, JIN C J, GUAN, D X. Ecological dynamics and cybernetic principle[M]. Beijing: Science Press, Monmouth Junction; Science Press USA Inc, 2004:322-340.

(上接第 12615 页)

参考文献

[1] IPCC. Summary for policymakers of climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group into the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

[2] 秦大河,陈振林,罗勇,等.气候变化科学的最新认知[J].气候变化研究进展,2007,3(2):63-73.

[3] 陈隆勋,周秀骥,李维亮,等.中国近80年来气候变化特征及其形成机制[J].气象学报,2004,62(5):634-646.

[4] 于淑秋.近50年我国日平均气温的气候变化[J].应用气象学报,2005,16(6):787-793.

[5] 缪启龙,周自江,殷永元,等.中国近半个世纪最高气温变化特征[J].气象科学,1998,18(2):103-112.

[6] 王翠花,李雄,缪启龙.中国近50年来日最低气温变化特征研究[J].地理科学,2003,23(4):441-447.

[7] 史岚,王翠花,李雄,等.中国近50 a 来日最低气温的时间演变特征

[J].气象科学,2003,23(2):300-307.

[8] 潘文卓,缪启龙,许遐祯.1951-2006年南京气温变化特征[J].南京气象学院学报,2008,31(5):694-701.

[9] 缪启龙,许遐祯,潘文卓.南京近56年来冬季气温变化特征[J].应用气象学报,2008,19(5):620-625.

[10] 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):106-112.

[11] 郭志梅,缪启龙,李雄.中国北方地区近50年来气温变化特征的研究[J].地理科学,2005,25(4):448-454.

[12] 郭志梅,缪启龙,李雄.中国北方地区近50年来气温变化特征及其突变性[J].干旱区地理,2005,28(4):176-182.

[12] 王菱,谢贤群,苏文,等.中国北方地区50年来最高最低气温变化及其影响[J].自然资源学报,2004,19(3):332-348.

[14] 王巧霞,史海平,孙悦.临汾市近48年气候变化规律研究[J].山西师范大学学报,2003,17(4):88-92.

[15] 庞华基,高靖,李春,等.青岛百年气温变化及其影响因素分析[J].南京气象学院学报,2007,30(4):524-529.