基于天津局地小气候分区的精细化气温订正预报方法

吴振玲,张 楠,徐 姝,董 昊　(天津市气象台,天津 300074)

摘要　综合考虑天津地理位置的特殊性对局地小气候的影响,针对精细到乡镇站点的天津精细化预报订正业务,开展了天津局地小气候分区的精细化气温订正预报方法研究,提出了客观划分小气候订正区域的思路和方法,完成了订正预报试验及评估分析。2012 年最高、最低气温订正预报试验表明,该方法订正预报效果好,准确率高,1 ~5 月逐日气温订正预报的平均绝对误差在 0.44 ~1.52 ℃,且预报与实况的空间分布具有很好的一致性。

关键词　局地小气候;客观划分区域;精细化订正;订正预报试验;检验评估分析
中图分类号　S161;P429　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 - 6611(2014)19 - 06304 - 05

Method of Fine Temperature Correction Prediction Based on Local Microclimatic Zoning over Tianjin Area

WU Zhen-ling et al　(Tianjin Meteorological Observatory, Tianjin 300074)

Abstract　Considering the impacts of Tianjin's particular geographic location on local microclimate, the fine temperature correction forecast method based on local microclimatic zoning over Tianjin area was studied, which aimed at the stations in villages. Then, the idea and method of objectively dividing microclimatic correction regions were proposed, and the correction prediction tests and evaluation analysis were finished as well. The correction prediction tests for the maximum and minimum temperature in 2012 showed that the above method performed well in correcting temperature forecast and owned high accuracy. The averaged absolute errors of daily prediction for temperature correction from January till May were 0.44 - 1.52 ℃. The predicted and the real spatial distribution of temperature had an excellent consistency.

Key words　Local microclimate; Objective zoning; Fine correction; Forecast correction experiments; Testing evaluation analysis

气温对干旱、霜冻、冻雨等灾害天气的发生发展起着重要的作用[1],是判断农业受灾程度的重要指标之一[2]。现代农业生产模式的发展增强了对天气变化的敏感性,即使在少雨的冬春季节里,气温变化对大面积的大棚农业生产及冬小麦生长影响也非常大,尤其是城市的菜篮子工程对精细化气温预报提出了更高的要求。地处渤海西岸的天津,北邻燕山、东临渤海、西接内陆,地理位置特殊,具有半海洋半陆地的气候特征,南北、东西区域形成比较明显的局地小气候特点,造成渤海沿岸地区的气温、风速等气象要素与北部山区、西部和南部内陆地区有较为显著的差异。天津地区的气温分布不均给 233 个精细化站点的气温快速预报订正带来一定难度。

目前国内的精细化气温预报订正均是在数值预报和实时观测资料的基础上,利用多种数理方法解决模式预报误差的[3-4],使用方法不同,订正效果也有所不同[5]。普遍使用的方法有直接采用数值预报格点值内插处站点值完成精细化气温预报[6-7];或采用模式内插站点值和实况数据对比分析,结合地形逐站建立 MOS 预报模型完成订正预报[8],或采用少数代表站点订正数据对划定区域内其他精细化站点预报订正,订正效果均好于模式输出的结果。如吴建秋等利用统计降尺度技术完成南京地区的精细化气温预报订正[9];郭虎等还尝试使用支持向量机的方法开展了北京和乌鲁木齐国际机场精细化气温要素订正预报[10-11];丁建军等尝试以宁夏各地市代表站与该地市其他站之间的回归方程的计算量为依据及以预报制作相似区内订正点与关联点之间各预报要素关联关系为依据 2 种方法,完成对高时空密度的精细化站点气温的预报订正[12-13]。对精细到 1 km 的高时空分辨率气温预报来说,逐站建模的精细化预报订正方法计算量大,滚动建模需要时间长,影响快速精细化预报订正的及时性。利用相似区内站点与站点间的统计关系完成分区订正的方法,虽然计算速度快,但代表站点所在相似区的划分多以行政区域为定义,存在一定的主观性,削弱了代表站点的代表性,也会在订正过程中加大订正误差,影响预报准确率。高时空密度的区域自动气象观测站的稳定运行,为定点定时的精细化要素预报订正服务提供了及时客观的基础信息,如何高效合理地运用大量的自动观测数据,快速准确地实现加密站点的预报订正是近几年研究的重要问题之一。笔者根据天津不同乡镇、区县的气温分布特点,开展了基于天津局地小气候分区的精细化气温快速订正方法研究,在订正预报的区域划分上进行了改进,以期进一步缩小精细化气温订正误差,达到快速、准确的气温订正业务需求。

1　资料与方法

1.1　资料选取　气温资料选自天津地区 233 个自动气象观测站逐日连续观测的实况资料,时间为 2011 年 1 ~5 月和 2012 年 1 ~5 月;天津市年平均气温、平均最高最低气温资料选自 1981 ~2010 年天津地区 13 个区县国家标准地面气象观测站观测的气温资料,自动观测站经纬度资料来源于自动站安装地理位置信息。

1.2　分析方法

1.2.1　局地小气候分区订正设计思路。气温变化的一致性主要取决于气候特征变化的一致性。考虑天津地形与环境对各自局地小气候特征形成的影响,在划分气温订正区域过程中,通过选取局地小气候特征代表站点,将距离特征代表站点最近的精细化观测站点组合在一起。目的在于所划分的气温订正区域内,所有站点均具有最为接近的局地小气候

基金项目　中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CAMGJ2012-M04)。
作者简介　吴振玲(1963 -),女,天津人,教授级高级工程师,从事气象服务与应用气象研究。
收稿日期　2014-05-29

特征。

1.2.1.1　天津温度气候特征。30 年天津市年平均气温分布(图 1)统计表明,天津全市年平均气温为 12.6 ℃,各区县年平均气温为 11.8 ~ 13.5 ℃;天津气温分布趋势基本为由北向南随着纬度的下降平均气温逐渐升高;天津城区中心市区年平均气温最高,静海与渤海湾沿岸的塘沽、大港平均气温也比较高,低洼地区宝坻区平均气温最低,蓟县平均气温也很低。

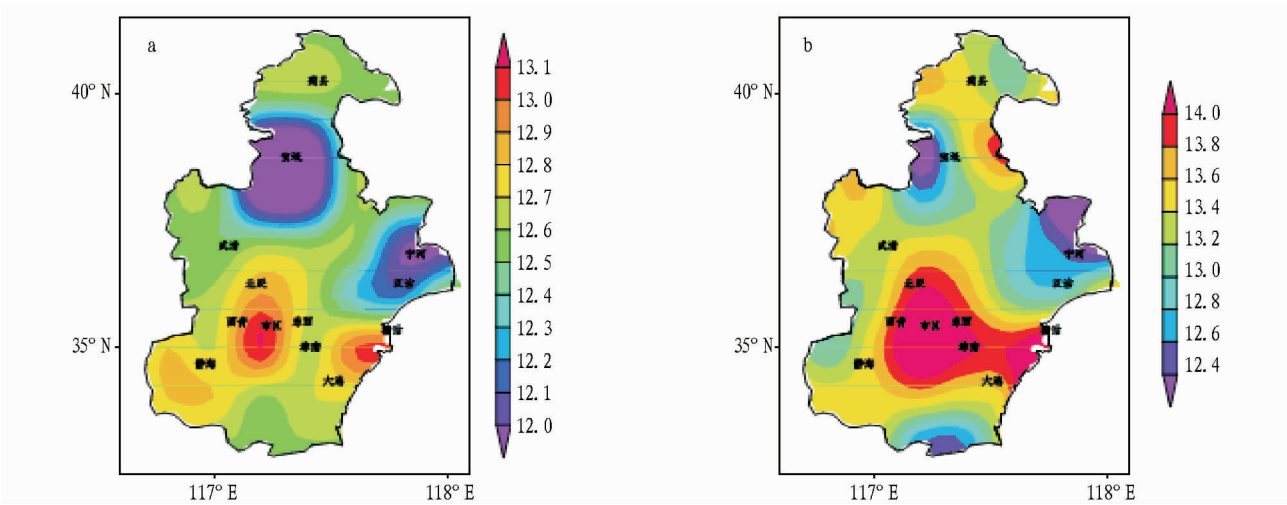


图 1　天津 30 年平均气温(a)与 36 个代表站点年平均气温(b)对比

1.2.1.2　分区特征代表站点选取。天津 233 个乡镇精细化站点中,根据地形特点、周边环境特点及温度气候特征,分别在市区、蓟县、武清、宝坻、东丽、西青、北辰、宁河、汉沽、静海、津南、塘沽、大港 13 个区县内布设了 36 个 6 要素自动气象观测站,其观测运行稳定、观测数据齐全,将它们定义为 36 个局地小气候分区的特征代表站点(简称代表站点),其他 197 个观测站点定义为订正站点。

1.2.1.3　代表站点气温特征的代表性。图 1 显示,36 个站点的平均气温分布与天津 30 年平均气温分布相似性比较好,有比较一致的冷暖中心及变化趋势。再将 36 个代表站点年平均日极端气温与天津 233 个自动站平均日极端气温对比(图 2)分析,发现 36 个代表站点表征的天津气温分布特点与 233 个全自动站点的特征也非常接近,平均最高气温基本是从西向东递减趋势,最北部和最东部最低;平均最低气温基本是北低南高,中南部地区有从东南向西北方向递减趋势。表明 36 个代表站点具有比较好的代表性。

1.2.2　局地小气候分区方法。由于 36 个站点分布的不均匀性,不同区县内代表站点稀疏不一,所以这里采用了以 36 个代表站点的坐标作为 36 个标准基点,利用代表站点与订正站点间的最短距离来划分 36 个局地小气候分区。首先,计算订正站点与代表站点之间的距离。考虑天津南北纬度最大差距仅为 1.81°,南北最大距离仅有 189 km,且自动站点分布较密集,天津范围内纬度变化对球面上两点距离的影响很小。因此,计算距离时忽略了纬度的影响,直接利用经纬度计算站点间的距离,其公式为 $S_{ij} = [(lat(i) - lat(j))^2 + (lon(i) - lon(j))^2]^{1/2}$ $(i = 1,2,\cdots,197; j = 1,2,\cdots,36)$,式中,$S_{ij}$ 为所要订正站点与代表站点之间的距离,lat、lon 分别为 233 个站点的纬度、经度;i 代表某一订正站点,j 代表局地小气候区的某一代表站点。根据此公式计算订正站点与代表站点之间的距离。其次,逐一比较每个订正站点与 36 个代表站点之间的距离,将距离某代表站点最近的订正站点划分为以该站点代表的局地小气候区内的分区订正站点,每个小气候区均由一组分区订正站点组成,因此,得到以下 36 个局地小气候订正分区(简称订正分区)

$$\begin{cases} A^1 = \{D_1^1, D_2^1, \cdots, D_{n1}^1\} Y \{C^1\} \\ A^2 = \{D_1^2, D_2^2, \cdots, D_{n2}^2\} Y \{C^2\} \\ A^3 = \{D_1^3, D_2^3, \cdots, D_{n3}^3\} Y \{C^3\} \\ \vdots \\ A^m = \{D_1^m, D_2^m, \cdots, D_{nm}^m\} Y \{C^m\} \end{cases}$$

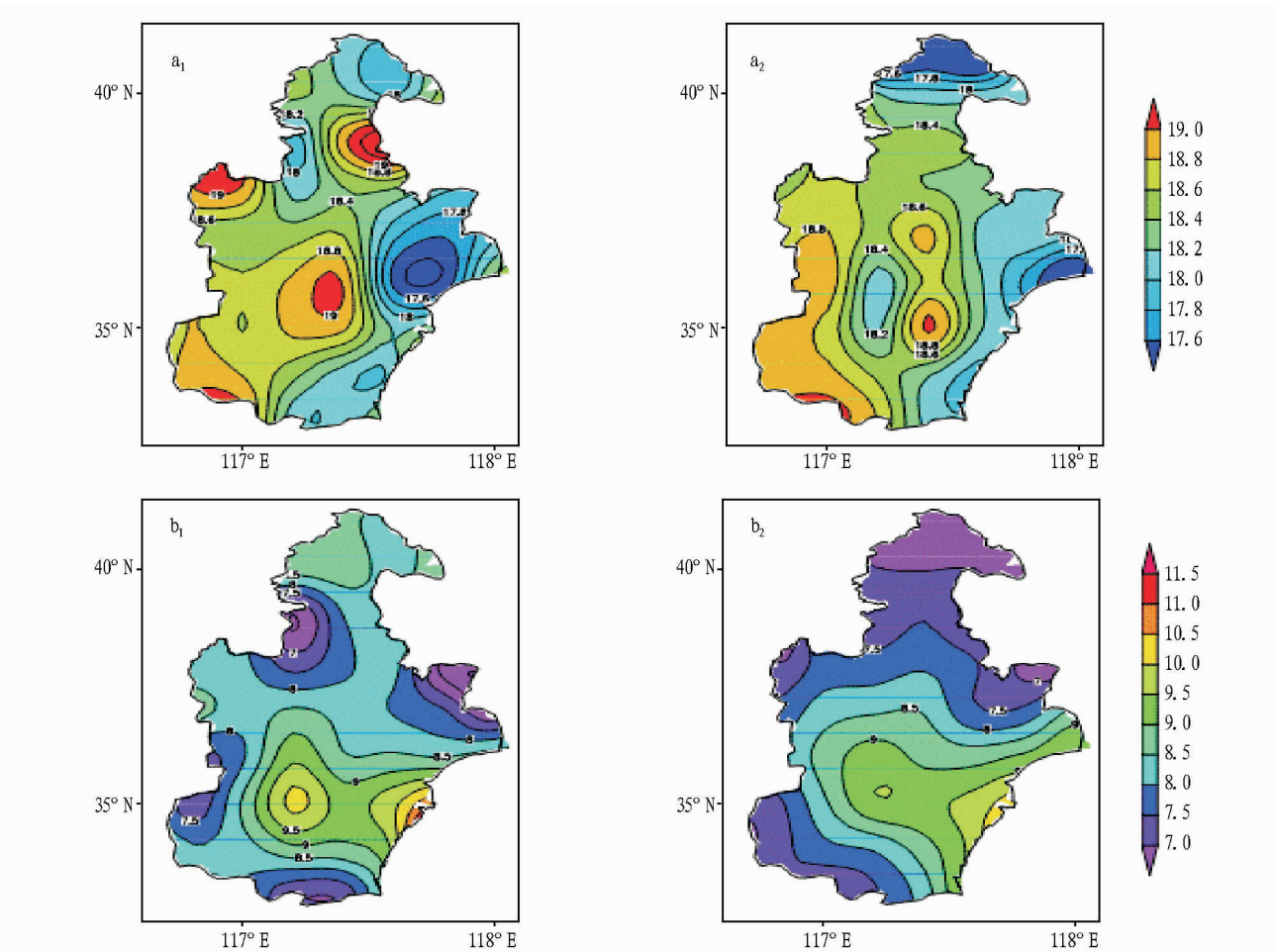
,式中,A^m 表示 m 订正分区;D_{nm}^m 表示 m 订正分区内订正站点;C^m 表示 m 订正分区内代表站点;m 代表订正分区数量,$m = 36$,$n1 \neq n2 \neq n3 \neq \cdots \neq nm$,为自然数,且均小于 36。

1.2.3　分区气温订正方法。考虑天津季节特征明显以及逐月气候特征变化对气温的影响,在分区订正因子中加入了代表站点和订正站点的月平均极端(或定时)气温 2 个因子。利用公式

$$\begin{cases} Td_{n1}^1 = Tc^1 + (\overline{Td}_{n1}^1 - \overline{Tc}^1) \\ Td_{n2}^1 = Tc^2 + (\overline{Td}_{n2}^2 - \overline{Tc}^2) \\ Td_{n3}^3 = Tc^3 + (\overline{Td}_{n3}^3 - \overline{Tc}^3) \\ \vdots \\ Td_{nm}^m = Tc^m + (\overline{Td}_{nm}^m - \overline{Tc}^m) \end{cases}$$

在 36 个订正分区内逐月逐站建立分区极端(或定时)气温订正关系。式中,Td_{nm}^m 表示 m 分区内某个订正站点极端(或定时)气温;Tc^m 表示 m 分区内代表站点极端(或定时)气温;$\overline{Td}_{nm}^m$ 为第 m 订正分区内的订正站点月平均极端(或定时)气温;$\overline{Tc}^m$ 为第 m 订正分区内的代表站点月平均极端(或定时)气温;m 代表订正分区数量,$m = 36$,$n1 \neq n2 \neq n3 \neq \cdots \neq nm$,为自然数,且均小于 36。

1.2.4 订正模型的检验。采用上述局地小气候分区气温订正的方法,利用 2011 年 1 ~ 5 月的天津 233 个区域自动站的气温观测资料,建立了分区订正站点的最高气温、最低气温订正关系—订正模型,对 2012 年 1 ~ 5 月分区订正站点进行了订正预报试验。针对订正预报结果的空间分布一致性进行了检验,同时利用公式 $\overline{T}_{mean} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|F_i - O_i|$ 分别对 36 个订正分区的预报订正准确率进行了评估。式中,$\overline{T}_{mean}$ 代表某订正分区平均绝对误差,F_i 为该分区第 i 个站点订正预报温度,O_i 为该分区第 i 站点实况温度,N 代表该分区内自动站的个数。



注:a_1、b_1 为 36 站平均;a_2、b_2 为 233 站平均。

图 2 天津平均最高(a)和最低(b)气温分布(单位:℃)

2 精细化气温订正试验结果分析

2.1 订正预报的空间分布检验 预报试验结果(图 3 ~ 4)显示,最高、最低气温预报订正空间分布与实况空间分布具有非常好的一致性;最低气温预报的一致性略优于最高气温,最低气温预报与实况分布的高、低值的中心位置、区域范围、中心值的大小均非常吻合;最高气温预报中,除了 3 月的预报与实况空间分布略有差异之外,其他 4 个月的预报与实况分布具有很好的吻合度。

2.2 订正预报准确率检验

2.2.1 日平均绝对误差。利用公式 $\overline{T}_{mean} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|F_i - O_i|$ 计算了天津 2012 年 1 ~ 5 月逐日的订正气温的平均绝对误差,结果(图 5)表明,订正误差小,1 ~ 5 月天津全市的日平均绝对误差全部小于 2 ℃,最高气温的订正误差范围为 0.44 ~ 1.48 ℃,最低气温订正误差范围为 0.47 ~ 1.52 ℃;最高气温订正预报精确度高于最低气温;最高气温订正误差中,≤1 ℃的日平均绝对误差占 80%,主要分布在 1、2、4、5 月;3 月订正的绝对误差基本大于 1 ℃以上;虽然 1 ~ 5 月的最低气温订正误差升降变化与最高气温的订正误差变化基本一致,但 1、2 月平均绝对误差 > 1 ℃,≤1 ℃的平均绝对误差占 78%,主要分布在 3 ~ 5 月。表明最高气温订正效果总体好于最低气温订正。

2.2.2 36 个分区订正预报评估。同样的方法,在 36 个订正分区内,分别计算了 2012 年 1 ~ 5 月 36 个局地小气候区域订正气温的逐日平均绝对误差,按照气温评分规定,分别对绝对误差≤2 ℃、≤1 ℃的预报准确率进行分区评估。从 36 个分区准确率检验分析结果(表 1)可以看出,预报准确率高。绝对误差≤2 ℃的检验中,36 个分区的最低、最高气温的平均准确率超过了 90%,最低气温订正预报的准确率仅有 1 个分区低于 75%,为 61%;最高气温的准确率也仅有 1 个分区低于 73%,为 49%;其他分区订正预报准确率均达 70%

以上;最低气温订正准确率超过 80% 以上的分区数量达 33 个,高于最高气温(30 个),但最高气温订正准确率达 100% 的分区数量达 14 个,订正预报完全正确分区比例接近 40%。

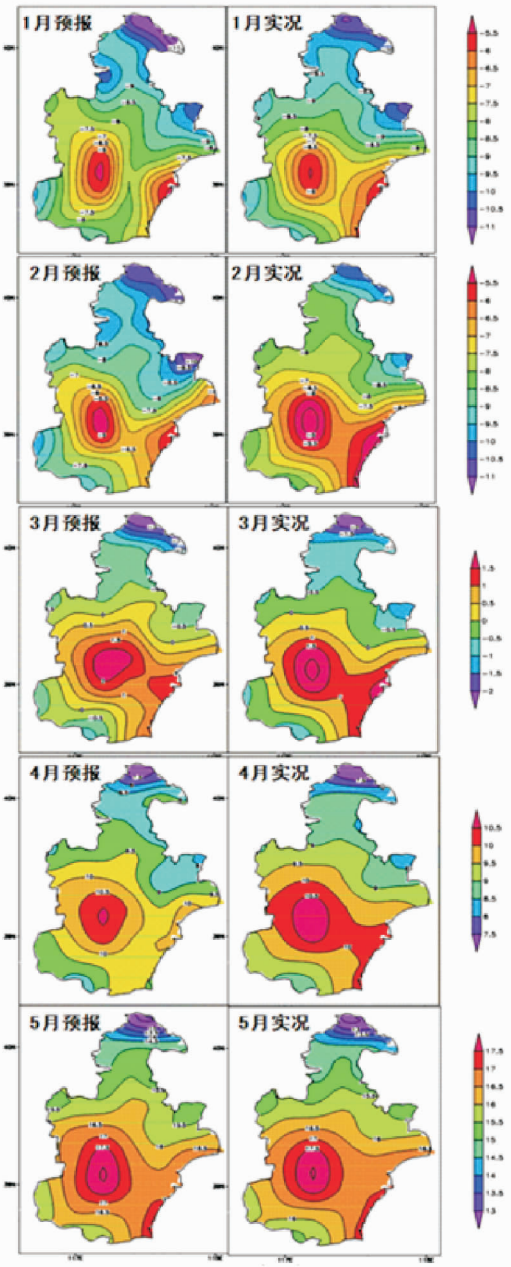


图 3　2012 年 1 ~ 5 月最低气温订正预报与实况空间分布对比

2.3　订正预报应用分析　订正预报与观测实况的空间分布具有高度的一致性,表现为两者空间分布图的形状、高值或低值中心位置、冷暖区域范围、中心值的大小均基本吻合。逐日订正预报的误差小,准确率高,表现为 5 个月的天津全市日平均绝对误差全部小于 1.6 ℃,最高气温的订正误差范围为 0.44 ~ 1.48 ℃,最低气温订正误差范围为 0.47 ~ 1.52 ℃;全市最高气温的日平均绝对误差≤1 ℃的区域订正站点达 80%,最低气温为 78%。36 分区绝对误差≤2 ℃订正准确率较高,36 个分区最低、最高气温的平均准确率均在 90% 以上,部分分区订正准确率达 100%;绝对误差 1 ℃以内的最绝对误差≤1 ℃的检验中,最低、最高气温的平均准确率均超过了 70%,达到 80% 以上的分区数量不足 36 分区的一半,最高气温准确率明显高于最低气温。

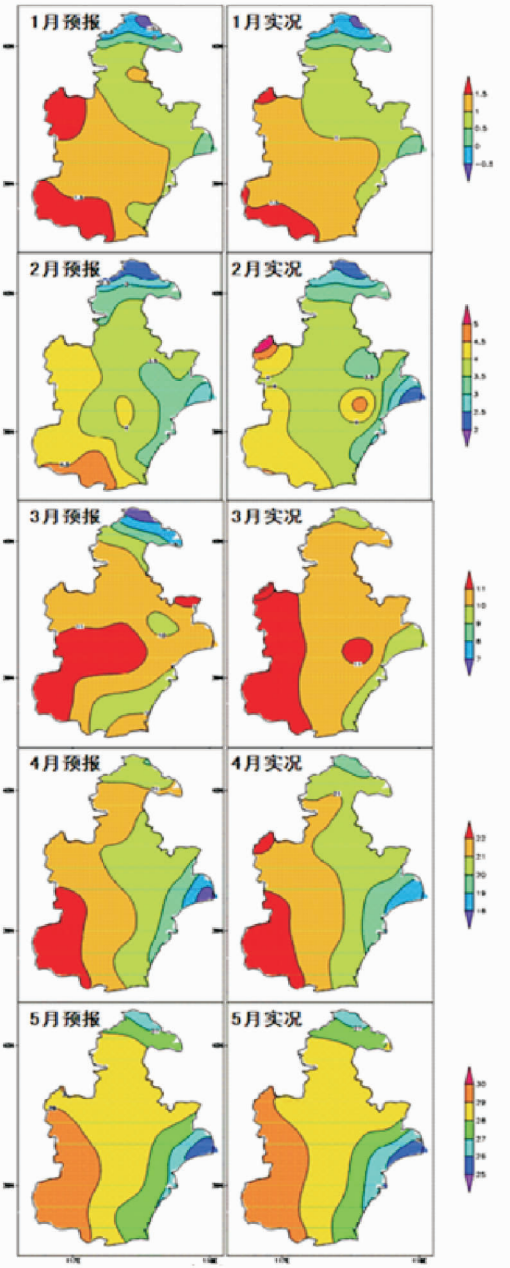


图 4　2012 年 1 ~ 5 月最高气温订正预报与实况空间分布对比

低、最高气温平均准确率也超过了 70%。表明该方法选取的分区代表站点的小气候特征代表性好。

2.4　产生 2 ℃以上误差的原因分析　受地形及天津当地条件的影响,不同行政区县所布设的 6 要素自动观测站点的疏密程度有明显差异,导致个别地区的代表站稀疏,分区面积较大,代表站点与订正站点距离偏远,降低了代表站点与订正站点的小气候相似性。由于订正因子中考虑了精细化站点的逐月平均最高、最低气温变化,在一定程度上平滑了冷暖空气交替时的气温变化幅度,加大了预报误差。如 3 月份,乍暖还寒季节,冷暖空气交替频繁,白天最高气温的升降

幅度最不稳定,因此在前面气温订正试验中,3 月最高气温的绝对误差基本在 1 ℃以上(图 5)。

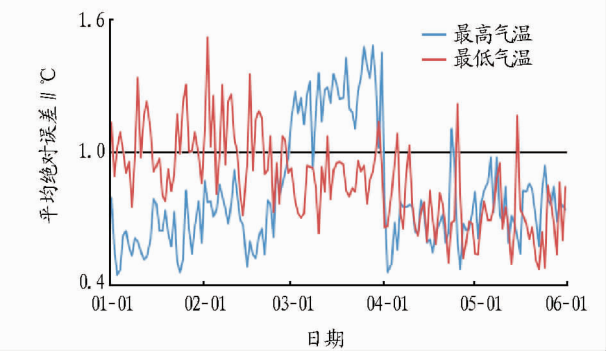


图 5 2012 年 1 ~ 5 月订正气温日平均绝对误差

3 小结与讨论

上述精细化气温订正试验表明,在合理选取小气候代表站点和划分小气候订正分区基础上,利用少数代表站点完成精细化站点的气温订正预报具有可行性,该方法的订正预报结果不仅与观测实况的空间分布具有高度的一致性,且订正预报误差小、准确率高,适用于现有业务中高时空分辨率的短期精细化气温快速订正预报。

综合考虑天津地理位置形成的局地气候特点,气温订正区域不再沿用传统的行政边界区域定义,而是采用了根据距离判断的客观划分方法,将距离代表站点最近的观测站点组合在同一小气候分区,保证了代表站点和订正站点具有非常相似的局地小气候特征,最大程度上消除了局地小气候对气温订正的影响,使气象要素变化趋势趋于一致,利于建立稳定的统计订正关系。

表 1 36 个分区准确率检验分析结果

气温	误差≤2 ℃检验				误差≤1 ℃检验			
	平均准确率//%	分区数量//个			平均准确率//%	分区数量//个		
		100% 准确率	≥90% 准确率	≥80% 准确率		100% 准确率	≥90% 准确率	≥80% 准确率
最低气温	93.7	5	30	33	70.2	0	5	14
最高气温	92.5	14	27	30	76.5	0	11	17

参考文献

[1] 盛裴轩,毛节泰,李建国,等. 大气物理学[M]. 北京:北京大学出版社,2003:122 – 154.
[2] 薛志磊,张书余. 气温预报方法研究及其应用进展综述[J]. 干旱气象,2012,30(3):451 – 458.
[3] 邱学兴,王东勇,陈宝峰,等. T639 模式预报系统误差统计和订正方法研究[J]. 气象,2012,38(5):526 – 532.
[4] 李莉,李应林,田华,等. T213 全球集合预报系统性误差订正研究[J]. 气象,2011,37(1):31 – 38.
[5] 李佰平,智协飞. ECMWF 模式地面气温预报的四种误差订正方法的比较研究[J]. 气象,2012,38(8):897 – 902.
[6] 胡江林,张德山,王志斌,等. 北京地区未来 1 ~ 3 天昼夜气温预报模型[J]. 气象,2005,31(1):67 – 68.
[7] 韩世刚,吉莉,苟思,等. 最高(低)温度 PP 法预报修正方案的比较研究[J]. 高原山地气象研究,2009,29(3):66 – 68.
[8] 黄治勇,张文,陈璇,等. 湖北省乡镇温度预报方法初探[J]. 气象,2011,37(12):1578 – 1583.
[9] 吴建秋,郭品敏. 基于统计降尺度技术的精细化温度预报[J]. 中国科技信息,2009(12):44 – 45.
[10] 郭虎,王建捷,杨波,等. 北京奥运演练精细化预报方法及其检验评估[J]. 气象,2008,34(6):17 – 25.
[11] 朱国栋. 基于 SVM 方法的乌鲁木齐国际机场多要素预测[J]. 沙漠与绿洲[J]. 气象,2011,5(4):40 – 43.
[12] 丁建军,罗兵,赵光平,等. 精细化预报订正平台设计[J]. 气象,2008,34(11):89 – 95.
[13] 丁建军,胡文东,丁永红,等. 宁夏区域精细化温度预报业务平台[J]. 气象科技,2005,33(3):283 – 288.

(上接第 6302 页)

在城市绿地规划中考虑景观所需要的基质、生物、热量、水分、空气、矿质养分等分布的不断变化,维持生态系统的稳定性。

3.1 土壤改良 在扩大绿地面积,垂直绿化的同时要对土壤进行改良,因为生态城市的表层土为盐渍土。改良过程中要留有排水沟、排水管,用人工排水降低和控制地下水位,如此一来就可以脱掉表层土的盐分,防止水分蒸发。而且,改良后的土壤可以达到雨季防洪,春秋季节补充水源的作用。

3.2 合理更新维护绿地植物,使绿化环境形成良性循环 对绿化环境的设计,应该综合考虑绿化植物的品种和种植是否合理。要适应种植面积的规模和基础建设的要求,实际操作的过程中要注意疏密有致。因为在植物的成长过程中,长大后的植物就会遮挡阳光,导致其他植物的光照和通风不足,互相影响植物的生长。所以,在设计时就要考虑到调整和优化绿色植被的布局。对于种植得过密或者过疏的植物,品种不合理、不适宜当地气候的植物应该及时调配。

4 结论

利用多种绿化方式增加城市绿化覆盖率是提高人类生活环境质量的一种手段。从整个城市地域的角度着手,进行全面规划,合理布局,重视现有绿地的保护,提高城市绿地生态系统的多样性和稳定性,将全面改善城市的整体生态环境。

参考文献

[1] 武新,张立新,尤长军. 增加城市绿量的好方法——垂直绿化[J]. 辽宁农业职业技术学院学报,2002,4(3):37 – 38.
[2] 曹伟. 城市生态导论[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
[3] 黄志新,张建平. 试论景观生态学原理与城市景观生态建设[J]. 江西农业大学学报:社科版,2004(3):94 – 96.
[4] 宁艳杰. 城市景观生态问题的探讨[J]. 城市管理与科技,2005,7(6):248 – 250.
[5] 杨玉培,靳敏. 发展屋顶绿化增加城市绿量[J]. 四川建筑,2002,4(2):16 – 19.