

王丹,高红燕,张宏芳,等.一种逐时气温预报方法[J].干旱气象,2015,33(1):89-97, [WANG Dan, GAO Hongyan, ZHANG Hongfang, et al. A Forecast Method About Hourly Air Temperature[J]. Journal of Arid Meteorology, 2015, 33(1):89-97], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-01-0089

## 一种逐时气温预报方法

王丹,高红燕,张宏芳,马磊,李建科

(陕西省气象服务中心,陕西 西安 710014)

**摘要:**利用2006~2010年陕西10地市逐小时的气温和逐日的最高气温、最低气温、平均总云量、降水量资料,通过线性回归方法建立了一种基于日最高气温和最低气温预报以及临近气温实况资料的逐时气温预报模型,并对2011年每天的逐时气温预报进行检验。结果表明:该方法在晴天、多云和阴雨天的预报能力依次减弱,其中晴天和多云天02~18时的预报效果好于19时至次日01时的,而阴雨天01~10时的预报效果好于其它预报时段的;当日最高气温和最低气温预报较为准确时,西安站各预报时刻的准确率均在60%以上,其中14~17时的准确率较高,晴天的达到100%,多云天的在96%~99%之间,阴雨天的准确率偏低一些,特别是11~17时较晴天和多云天偏低了12%~27%;该方法可以将24h日最高(低)气温预报细化到逐时气温预报,同时考虑了气温日变化的地域差异、季节特征、以及在晴天、多云和阴雨天的不同表现,具有一定的业务应用和推广价值。

**关键词:**逐时气温预报;线性回归方法;预报准确率

**文章编号:**1006-7639(2015)-01-0089-09 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2015)-01-0089

**中图分类号:**P456

**文献标识码:**A

### 引言

气温作为常规气象预报的主要内容之一,其预报方法的研究与检验长期以来为大气工作者所关注<sup>[1-11]</sup>,气温预报得到了快速的发展<sup>[12]</sup>。气温变化与电力负荷、冬季采暖能耗、交通运输等均有着密切的关系<sup>[13-15]</sup>。随着社会经济的发展,政府和公众对气象的需求日益增高,在获取常规的日最高气温和最低气温预报的同时,还希望及时获得高精度、连续滚动的定时、定点、定量气温预报服务信息。

众所周知,在实际业务中达到时间间隔为逐3h或逐时、空间间隔<10km的气温预报精度,是非常具有挑战性的<sup>[12]</sup>。目前,在逐时气温预报方面已有一些研究,但同时也存在着一些问题。崔新强等<sup>[16]</sup>利用MM5中尺度数值预报模式对湖北省7个代表站的逐小时气温预报进行试验研究,发现模式的气温逐小时预报能力较弱。罗聪等<sup>[17]</sup>利用最新的气象要素对Grapes数值模式预报结果进行订正,改进

了数值预报的短时预报能力,但是17h后的改进相对差些。佟华<sup>[18]</sup>、徐枝芳<sup>[19]</sup>等研究证明,以数值预报为主要方法的气温预报系统由于模式中的地形高度与实际地形高度的差异存在一定的系统误差,使气温的预报能力受到限制。张德山等<sup>[20]</sup>利用统计方法建立的日较差分级的北京地面逐时气温预报模型,具有一定的推广应用价值,但该预报方法没有考虑晴天、多云、阴雨等天气条件对气温日变化的影响。

本文利用统计方法,建立一种基于日最高气温和最低气温预报及临近气温实际观测资料的逐时温度预报方法。具有一定的业务应用价值。

### 1 资料与处理

利用陕西省榆林、延安、西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川、汉中、安康、商洛10个市级站2006年1月1日至2011年12月31日逐小时气温和逐日最高气温、最低气温、平均总云量、降水量资料。

收稿日期:2013-09-23;改回日期:2013-11-12

基金项目:干旱气象科学基金“西北夏季无降水日数与高温热浪的关系”(IAM201306)资助

作者简介:王丹(1986-),女,陕西渭南人,硕士,助理工程师,从事气象服务工作。E-mail: dandan-w@live.cn

通讯作者:高红燕(1966-),女,陕西延川县人,高级工程师,主要从事应用气象研究。E-mail: gaohongyan121@163.com

根据日平均总云量和日降水量资料,将天气现象分为晴天(总云量在 0~3 成且无降水)、多云(总云量在 4~9 成且无降水)、阴雨(总云量大于 9 成或者有降水)3 种类型,统计不同季节内 3 种天气类型下日最高(低)气温出现在各时刻的概率(出现次数/总次数)。其中,3~5 月为春季,6~8 月为夏季,9~11 月为秋季,12 月至次年 2 月为冬季。

## 2 气温日变化分析

### 2.1 气温日较差特征

气温日变化具有地域差异<sup>[21-23]</sup>和季节特征,并且在晴天、多云、阴雨等天气条件下表现不同。

气温日较差是最高气温和最低气温之差,反映了气温日变化幅度的大小。从表 1 来看,天空云量越多,气温日较差越小,这与云量增加导致的到达地面的太阳总辐射和地表净辐射显著减少有关<sup>[24]</sup>。因此,晴天的气温日较差最大,多云天的次之,阴雨天的最小。气温日较差具有明显的季节变化,自春、夏、秋、冬季节依次减小。此外,气温日较差还具有明显的地域差异,晴天和多云天时,延安站的气温日较差最大,安康站的次之,西安站的最小,这可能与陕西南北高、中间低的地形特征以及西安城市热岛效应有关。阴雨天,延安站的气温日较差最大,西安站的次之,安康站的最小,这可能与陕西北部气候干旱、南部气候湿润有关。安康地区降水频繁、过程持续时间长,白天降水削弱了到达地面的太阳辐射,夜间降水削弱了地面的有效长波辐射,因此气温日较差较小。

表 1 不同天气条件下代表站点的  
四季平均气温日较差(单位:℃)

Tab. 1 The mean diurnal temperature  
range under different weather conditions  
in four seasons at typical stations (Unit:℃)

站名	天气类型	春季	夏季	秋季	冬季
延安	晴天	17.98	16.49	16.63	15.34
	多云	14.58	13.23	12.29	10.74
	阴雨	9.74	8.94	6.75	5.68
西安	晴天	14.61	13.00	12.55	11.32
	多云	12.21	11.06	10.16	6.49
	阴雨	8.53	7.88	5.76	5.64
安康	晴天	17.36	13.63	13.16	13.25
	多云	13.15	11.13	9.45	9.40
	阴雨	7.19	7.30	5.08	4.81

### 2.2 最高(低)气温出现时间的概率分布

经统计,就年平均而言,延安、西安、安康等代表站点日最高气温出现时次多集中在 15~17 时,其中出现概率最高的时次位于 16 时;日最低气温出现时次多集中在 05~08 时,最大频率的时次位于 06 时(图略)。就季节平均而言,代表站点的日最高(低)气温集中分布的时次与年平均的一致,但日最高(低)气温出现时间的集中程度和最大出现概率的时次受季节和天气类型影响较大。下面以西安站为例进行分析。

从图 1 中可以看出,西安站日最高气温的出现时间冬季较为集中,秋、夏季次之,春季最为分散,最大出现概率的时次多位于 16 时或 17 时。如晴天,春、夏、秋、冬季西安站日最高气温在 16 时或 17 时的出现概率分别为 41%、45%、57% 和 60%。日最高气温的出现时间晴天最为集中,多云天次之,阴雨天最为分散,16 时或 17 时的出现概率分别在 41%~60%、33%~43% 和 19%~31% 之间。此外,阴雨天日最高气温在 21 时的出现概率明显增加。在对其它站点的分析中发现,日最高气温最大出现概率的时次在春季或者冬季的阴雨天也可能位于 21 时,这与春、冬季冷空气活动频繁有关,白天受阴雨天气影响气温上升缓慢,使得白天的最高气温低于前夜 21 时的。

从图 2 来看,西安站日最低气温最大出现概率的时次有着明显的季节特征,春季和夏季多位于 06 时,秋季多位于 07 时,冬季多位于 08 时。日最低气温出现时间夏季最为集中,秋季最为分散。如晴天,西安站日最低气温最大出现概率在春(06 时)、夏(06 时)、秋(07 时)和冬(08 时)季节依次为 51%、58%、33% 和 51%。此外,日最低气温的出现时间在晴天最为集中,多云天次之,阴雨天最为分散,最大出现概率分别在 33%~58%、30%~50% 和 18%~25% 之间。

## 3 逐小时气温预报方法

以上分析显示,气温日较差和日最高(低)气温出现时间的概率分布有着明显的变化规律,涵盖了气温日变化的地域差异、季节特征以及天气变化等内容。因此,可通过一元线性回归方法建立与气温日较差和日最高(低)气温最大出现概率的时次有关的逐时气温预报模型。具体步骤如下:

(1) 利用各时刻气温( $T_i$ )和日最高气温( $T_{\max}$ )或者日最低气温( $T_{\min}$ )的差值与日较差进行一元线性回归分析,以确定各预报时刻的气温权重(回归)系数  $\beta_i$ ,权重随空间、季节和天气类型的变化而变化。

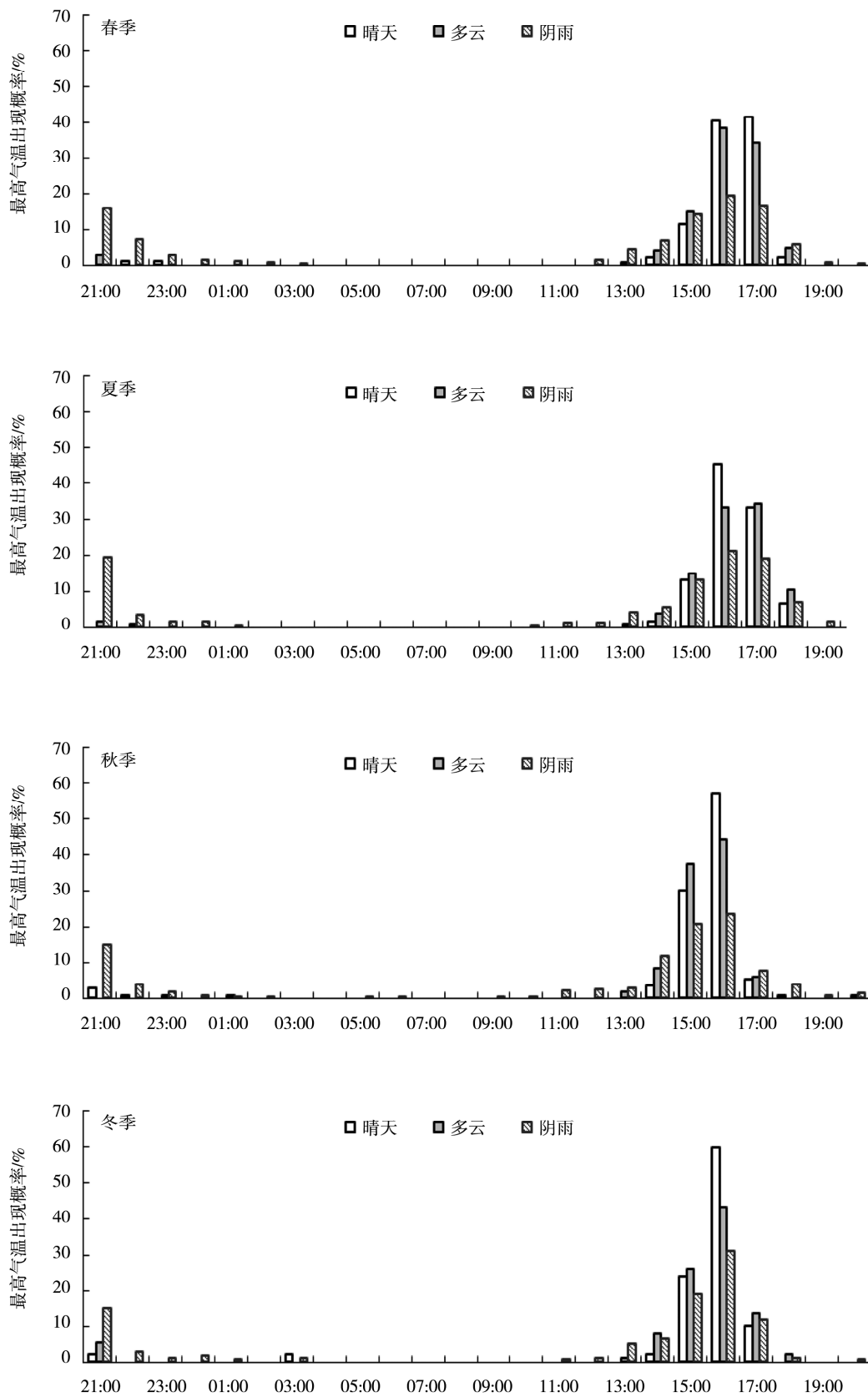


图 1 西安站各季节内不同天气条件下日最高气温出现频率的逐时(北京时间)变化  
Fig. 1 Hourly variations of occurrence frequency for maximum temperature in four seasons under different weather conditions at Xi'an station

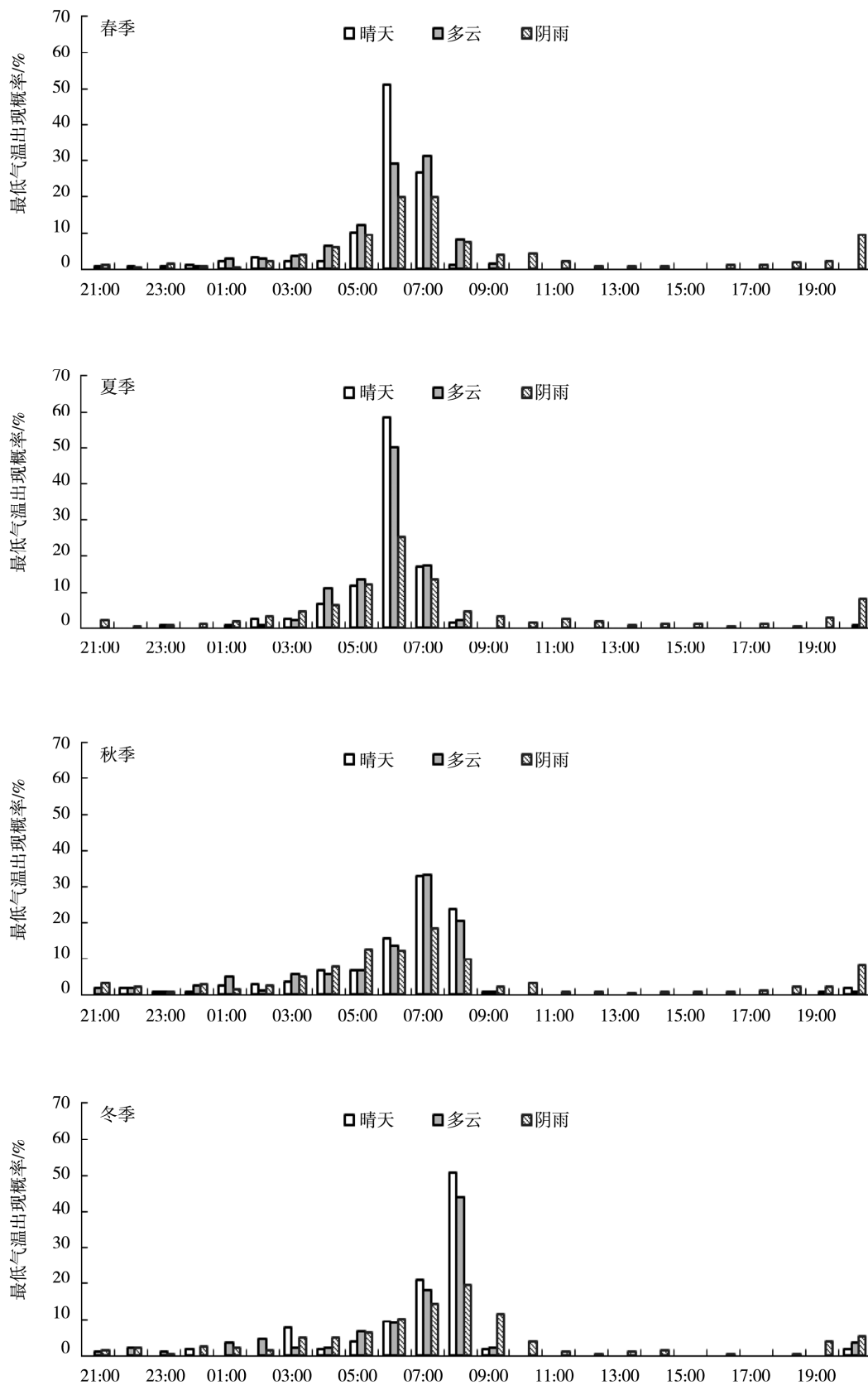


图2 西安站各季节不同天气条件下日最低气温出现概率的逐小时变化  
Fig.2 Hourly variations of occurrence frequency for minimum temperature in four seasons under different weather conditions at Xi'an station

考虑到最低气温多出现在 06~08 时,最高气温多出现在 15~17 时,在计算各时刻气温( $T_i$ )与日最高气温( $T_{\max}$ )或者日最低气温( $T_{\min}$ )的差值时采用就近原则,即 01~12 时,各时刻气温与日最低气温

$$T_i = \begin{cases} T_{\min} + \beta_{08i} (T_{\max} - T_{\min}) & i = 09, 10, \dots, 12 \text{ 时} \\ T_{\max} + \beta_{08i} (T_{\max} - T_{\min}) & i = 13, 14, \dots, 24 \text{ 时} \\ \tilde{T}_{\min} + \beta_{08i} (T_{\max} - \tilde{T}_{\min}) & i = 01, 02, \dots, 08 \text{ 时} \end{cases} \quad (1)$$

$$T_i = \begin{cases} \tilde{T}_{\max} + \beta_{20i} (\tilde{T}_{\max} - \tilde{T}_{\min}) & i = 21, 22, \dots, 24 \text{ 时} \\ T_{\min} + \beta_{20i} (T_{\max} - T_{\min}) & i = 01, 02, \dots, 12 \text{ 时} \\ T_{\max} + \beta_{20i} (T_{\max} - T_{\min}) & i = 13, 14, \dots, 20 \text{ 时} \end{cases} \quad (2)$$

式中, $i$ 为预报时刻, $\beta_{08i}$ 和 $\beta_{20i}$ 分别是日界为 08 时-08 时和 20 时-20 时各时刻的气温回归系数, $\tilde{T}_{\min}$ 、 $\tilde{T}_{\max}$ 分别是与预报时刻相近的前 24 h 内和后 24 h 内的日最低气温, $\tilde{T}_{\max}$ 为与预报时刻相近的前 24 h 内的日最高气温。

(2)根据 3 种天气类型下各季节日最高(低)气温出现在各时刻的概率,相应地选出最大概率对应

相减求差,13~24 时,各时刻气温与日最高气温相减求差。对于给定站点,在某一季节和天气类型下建立的日界为 08 时-08 时和 20 时-20 时的一元线性回归方程分别如式(1)和式(2)所示:

的时刻作为日最高(低)气温出现时刻  $h_{\max}$  ( $h_{\min}$ ),并将该时刻对应的气温作为逐时气温预报方程的日最高气温( $T_{h_{\max}}$ )和最低气温( $T_{h_{\min}}$ )。

(3)建立某一给定站点在某一季节和天气类型下的逐时气温预报模型。基于用户需求和公共气象服务业务实践经验,确定了 08 时和 17 时 2 个预报制作时间,其逐时气温预报方程分别如式(3)和式(4)所示。

$$T_i = \begin{cases} T_{h_{\min}} + \beta_{08i} (T'_{\max} - T_{h_{\min}}) & i = 09, 10, \dots, 12 \text{ 时} \\ T'_{\max} + \beta_{08i} (T'_{\max} - T_{h_{\min}}) & i = 13, 14, \dots, 24 \text{ 时} \\ T'_{\min} + \beta_{08i} (T'_{\max} - T'_{\min}) & i = 01, 02, \dots, 08 \text{ 时} \end{cases} \quad (3)$$

$$T_i = \begin{cases} T_{h_{\max}} + \beta_{20i} (T_{h_{\max}} - T_{h_{\min}}) & i = 18, 19, 20 \text{ 时} \\ T_{h_{\max}} + \beta'_{20i} (T_{h_{\max}} - T_{h_{\min}}) & i = 21, 22, \dots, 24 \text{ 时} \\ T'_{\min} + \beta_{20i} (T'_{\max} - T'_{\min}) & i = 01, 02, \dots, 12 \text{ 时} \\ T'_{\max} + \beta'_{20i} (T'_{\max} - T'_{\min}) & i = 13, 14, \dots, 17 \text{ 时} \end{cases} \quad (4)$$

式中, $T_{h_{\min}}$ 、 $T_{h_{\max}}$ 分别是日最高、最低气温出现时刻( $h_{\max}$ 和 $h_{\min}$ )的气温实况; $T'_{\max}$ 和 $T'_{\min}$ 分别是 08 时或 20 时起预报的 24 h 内日最高、最低气温,可根据国家下行报和预报员经验订正得到; $\beta_{08i}$ 和 $\beta_{20i}$ 为预报制作时刻的日界内各预报时刻的气温权重系数, $\beta'_{08i}$ 和 $\beta'_{20i}$ 为下一个日界内各预报时刻的气温权重系数。 $h_{\max}$ 、 $h_{\min}$ 、 $\beta_{08i}$ 、 $\beta_{20i}$ 、 $\beta'_{08i}$ 和 $\beta'_{20i}$ 与预报时刻的季节和天气类型有关,可通过对历史资料的统计分析确定。

## 4 应用与检验

利用 2006~2010 年陕西 10 个市级站逐小时的气温和逐日的最高(低)气温、平均总云量和降水量实况资料,根据第 3 节介绍的方法建立了陕西 10 地

市的逐时气温预报模型。另外,取 2011 年逐日的最高气温和最低气温实况值作为预报值  $T'_{\max}$  和  $T'_{\min}$ ,输出 2011 年每天逐时气温预报值,然后以 2011 年的逐时气温预报值和实况值为检验样本,从气温预报的平均绝对误差、误差均方根和预报准确率(绝对误差 $\leq 2$  °C 的出现次数/总次数)3 个方面对预报模型进行检验。下面以西安站为例给出逐时气温预报模型的检验结果。

### 4.1 平均绝对误差和均方根误差

平均绝对误差和均方根误差分别是反映平均预报能力和稳定性的 2 个重要客观指标。该方法的预报效果往往与天气类型和预报制作时间有关。从图 3 和图 4 来看,该方法在晴天、多云和阴雨天的预报能力和稳定性依次减弱,晴天和多云天 02~18 时的

预报效果好于 19 时至次日 01 时的,阴雨天 01 ~ 10 时的预报效果好于其它预报时刻的,其中 11 ~ 17 时阴雨天的预报效果较晴天和多云天的明显要差一些,详情见表 2 和表 3。另外,17 时制作的气温预报误差小于 08 时的,在与日最高(低)气温最大出现概率时次相近的预报时刻的预报效果更好一些,这与该方法引入了日最高(低)气温最大出现概率对应时次的气温实况和日最高(低)气温预报值有关。

逐时气温预报方法的建立是以气温日变化规律为基础,日最高气温出现时刻的集中程度对该方法的预报能力和稳定性的影响较大。晴天和多云天的气温日变化规律性较强,最高(低)气温出现时间较为集中,而阴雨天的气温日变化受降水强度及冷空气到达和结束时间的影响,最高(低)气温出现时间较为分散,气温日变化规律性差,这是该方法在晴天和多云天的稳定性和预报能力优于阴雨天的主要原因。

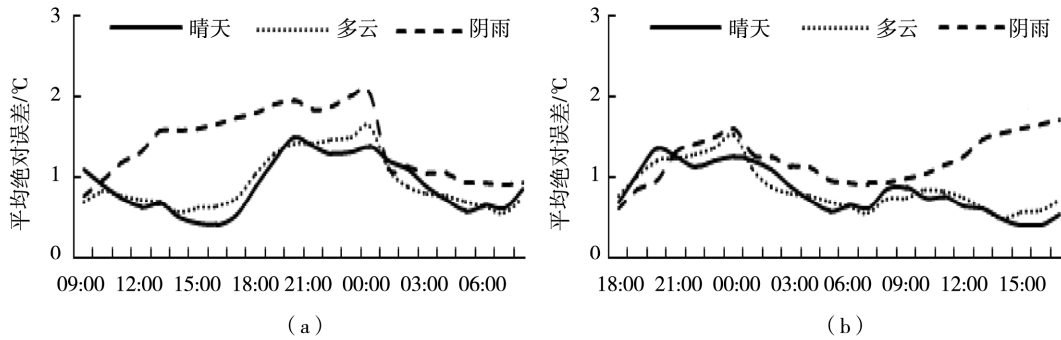


图 3 西安站 08 时(a)和 17 时(b)制作的气温预报平均绝对误差

Fig. 3 The mean absolute errors of hourly temperature at 08:00 (a) and 17:00 (b) at Xi'an station

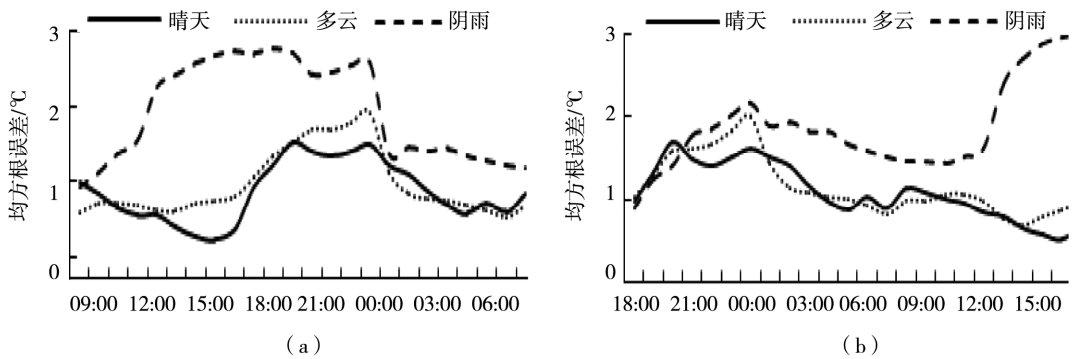


图 4 西安站 08 时(a)和 17 时(b)制作的气温预报均方根误差

Fig. 4 The root mean square errors of hourly temperature at 08:00 (a) and 17:00 (b) at Xi'an station

表 2 西安站气温预报的误差极值及其出现时刻

Tab. 2 The extreme errors of predicted temperature and their corresponding times at Xi'an station

天气类型	要素	平均绝对误差		均方根误差	
		08 时制作	17 时制作	08 时制作	17 时制作
晴天	极大值	1.49 °C/20 时	1.37 °C/20 时	1.83 °C/20 时	1.69 °C/22 时
	极小值	0.42 °C/16 时	0.42 °C/16 时	0.52 °C/16 时	0.52 °C/16 时
多云	极大值	1.64 °C/24 时	1.54 °C/24 时	2.22 °C/24 时	2.00 °C/24 时
	极小值	0.57 °C/14 时	0.49 °C/14 时	0.82 °C/07 时	0.69 °C/14 时
阴雨	极大值	2.04 °C/24 时	1.71 °C/17 时	3.07 °C/19 时	2.99 °C/17 时
	极小值	0.79 °C/09 时	0.63 °C/18 时	1.24 °C/09 时	0.89 °C/18 时

表 3 西安站各时段的气温预报误差范围

Tab.3 The error ranges of predicted temperature for different times at Xi'an station

天气类型	预报时段	平均绝对误差/℃		均方根误差/℃	
		08 时制作	17 时制作	08 时制作	17 时制作
晴天	02 ~ 18 时	0.42 ~ 1.10	0.42 ~ 1.10	0.52 ~ 1.40	0.52 ~ 1.40
	19 时至次日 01 时	1.22 ~ 1.49	1.05 ~ 1.37	1.52 ~ 1.83	1.33 ~ 1.69
多云	02 ~ 18 时	0.57 ~ 1.04	0.49 ~ 0.89	0.82 ~ 1.13	0.69 ~ 1.13
	19 时至次日 01 时	1.11 ~ 1.64	1.01 ~ 1.54	1.42 ~ 2.22	1.31 ~ 2.00
阴雨	01 ~ 10 时	0.79 ~ 1.14	0.93 ~ 1.28	1.24 ~ 1.76	1.43 ~ 1.93
	11 ~ 17 时	1.19 ~ 1.75	1.15 ~ 1.71	1.66 ~ 3.03	1.52 ~ 2.99
	19 ~ 24 时	1.84 ~ 2.04	0.85 ~ 1.61	2.72 ~ 3.07	1.25 ~ 2.16

4.2 预报准确率

预报准确率是衡量预报方法是否可行的判断标准之一。从图 5 来看,该方法的预报准确率自晴天、多云和阴雨天依次减小,各预报时刻的准确率都在 60% 以上,其中 14 ~ 17 时的准确率较高,晴天的达 100%,多云天的在 96% ~ 99% 之间,阴雨天的准确率偏低一些,特别是 11 ~ 17 时较晴天和多云天偏低了 12% ~ 27%。晴天和多云天,02 ~ 18 时的准确率

高于 19 时至次日 01 时的;阴雨天,01 ~ 10 时的准确率高于其它预报时段的(表 4)。另外,17 时制作的气温预报准确率整体上比 08 时制作的偏高,在与日最高(低)气温最大出现概率时次相近的预报时刻的准确率较其它时刻偏高,这与前面的预报平均绝对误差和均方根误差分析结论一致,也进一步证明了临近预报制作时刻的气温实况和日最高(低)气温预报值对预报结果有着重要影响。

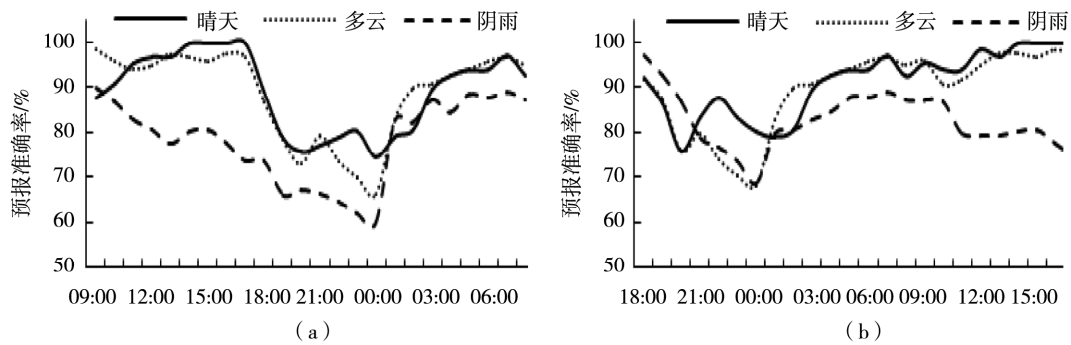


图 5 西安站 08 时(a)和 17 时(b)制作的气温预报准确率检验

Fig.5 The forecast accuracies of hourly temperature at 08:00 (a) and 17:00 (b) at Xi'an station

表 4 西安站各时段的气温预报准确率范围

Tab.4 The accuracy ranges of temperature prediction for different times at Xi'an station

天气类型	预报时段	预报准确率/%	
		08 时制作	17 时制作
晴天	02 ~ 18 时	80 ~ 100	80 ~ 100
	19 时至次日 01 时	74 ~ 80	75 ~ 88
多云	02 ~ 18 时	86 ~ 99	90 ~ 99
	19 时至次日 01 时	66 ~ 83	68 ~ 88
阴雨	01 ~ 10 时	82 ~ 91	79 ~ 90
	11 ~ 17 时	73 ~ 83	74 ~ 81
	19 ~ 24 时	60 ~ 68	68 ~ 87

以上检验结果表明,该方法在以日最高、最低气温实况值为预报值的基础上得到的逐时气温预报准确率较高,其预报质量依赖于日最高、最低气温的预报准确性。由于日最高、最低气温预报的准确率不可能达到 100%,实际应用中该方法对逐时气温的预报准确率要比本文的检验结果偏低。然而,这种逐时气温预报方法在专业专项预报气象服务中具有较好的实用性。

4.3 各季节预报效果的对比

为了比较不同季节的预报效果,分别统计了春、夏、秋、冬季节气温预报的平均绝对误差、均方根误差和准确率。从各季节西安站 08 时制作的气温预

报能力对比(图6)来看,西安站逐时气温预报水平从高到低依次为秋、冬、夏、春季,季节平均绝对误差分别为 $0.89\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $0.98\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.17\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $1.57\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,对应的均方根误差分别为 $1.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $2.12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,准确率分别为 $88\%$ 、 $87\%$ 、 $85\%$ 和 $76\%$ 。春季冷空气活动频繁,气温波动较大,夏季对流活

动频繁,阴雨天气较多,日最高气温出现时间的集中程度较弱,这可能是该方法在春、夏季节的预报水平较秋、冬季节略低的重要原因。17时制作的夏季18~22时气温预报准确率较其它季节偏高(图略),这可能与阴雨天18~23时的气温预报准确率较高有关。

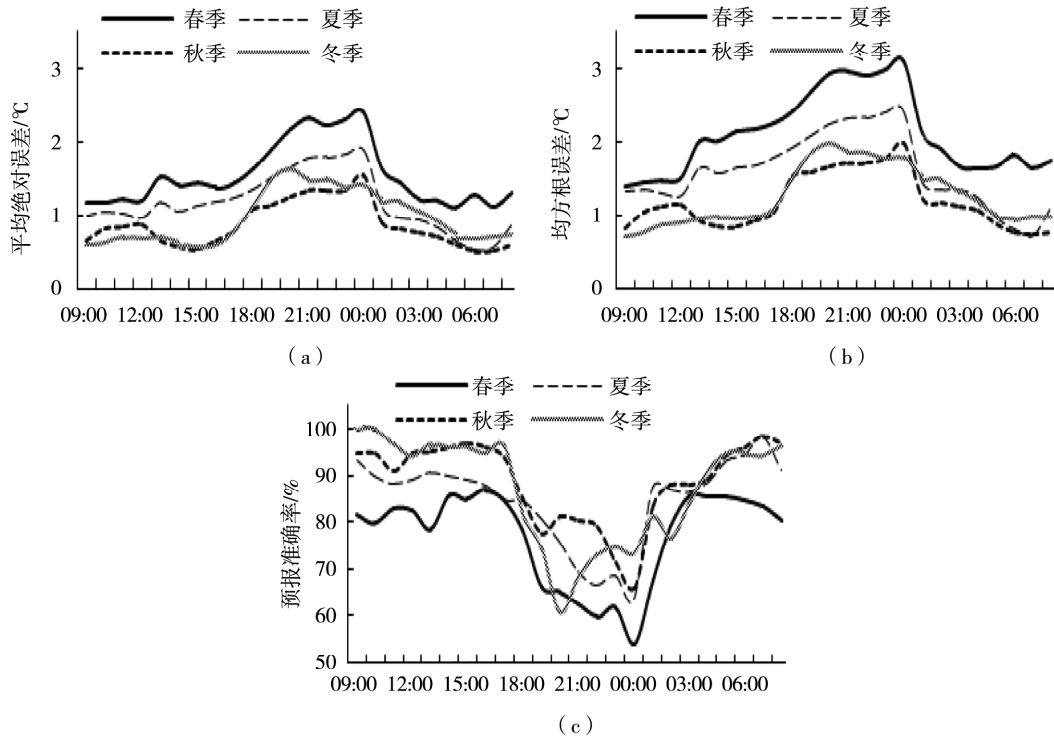


图6 西安站各季节08时制作的逐时气温预报能力检验

Fig. 6 The tests of forecast ability to hourly temperature made at 08:00 in four seasons at Xi'an station

## 5 小结与讨论

本文建立了一种基于日最高气温和最低气温预报及临近气温实际观测值的逐时气温预报模型。该方法的建立是以气温日变化规律为基础,预报能力和稳定性与日最高(低)气温出现时间的集中程度密切相关。从陕西10个市级站2011年每天逐时气温预报结果的检验来看:该方法的预报能力自晴天、多云天和阴雨天依次减弱,晴天和多云天02~18时的预报效果好于19时至次日01时的,阴雨天01~10时的预报效果好于其它预报时段的,其中11~17时阴雨天的预报效果较晴天和多云天的明显要差一些。当24h内日最高气温和最低气温预报较为准确时,西安站各预报时刻的准确率在60%以上,且秋季和冬季的预报质量优于夏季和春季。

该方法的预报质量依赖于日最高、最低气温的预报准确性,在实际业务中的预报准确率要比本文的检验结果偏低。但是,该方法在专业专项预报气

象服务中具有较好的实用性,它可以将24h日最高(低)气温预报细化到逐时气温预报,同时考虑了气温日变化的地域差异、季节特征、以及晴天、多云和阴雨天气的不同情况,具有一定的业务应用价值。另外,针对阴雨天气温日变化的特殊性,下一步在增加分析样本的基础上,拟按照降水强度对阴雨天进行等级划分,并考虑引入冷空气或者降水开始和结束时间等影响因子,以进一步提高阴雨天的气温预报水平。

### 参考文献:

- [1] 吴爱敏. 极端气温集成预报方法对比[J]. 气象科技, 2012, 40(5): 772-777.
- [2] 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.
- [3] 李倩, 胡邦辉, 王学忠, 等. 基于BP人工神经网络的区域温度多模式集成预报试验[J]. 干旱气象, 2011, 29(2): 231-250.
- [4] 李有宏, 韦淑侠, 王青川, 等. 青海省最高最低气温预报方法研究[J]. 气象, 2003, 29(7): 34-37.



- [5] 刘建国,谢正辉,赵琳娜,等.基于TIGGE多模式集合的24小时气温BMA概率预报[J].大气科学,2013,37(1):43-53.
- [6] 段文广,周晓军,石永炜.数据挖掘技术在精细化温度预报中的应用[J].干旱气象,2012,30(1):130-135.
- [7] 翁国玲,贾晓静.提高预报地表气温长期变化的一个方法[J].科技通报,2011,27(4):503-510.
- [8] 张秀年,曹杰,杨素雨,等.多模式集成MOS方法在精细化温度预报中的应用[J].云南大学学报(自然科学版),2011,33(1):67-71.
- [9] 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.
- [10] 王敏,李晓莉,范广州,等.区域集合预报系统2m温度预报的校准技术[J].应用气象学报,2012,23(4):395-401.
- [11] 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.
- [12] 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):451-464.
- [13] 钟利华,周绍毅,李勇,等.广西电网电力负荷变化特征与气温的关系及其预测[J].气象研究与应用,2007,28(1):56-59.
- [14] 陈正洪,洪斌.华中电网四省日用电量与气温关系的评估[J].地理学报,2000,55(增刊):34-38.
- [15] 曲晓黎,武辉芹,张彦恒,等.京石高速路面温度特征及预报模型[J].干旱气象,2010,28(3):352-357.
- [16] 崔新强,彭春华,李俊,等.湖北省逐小时气温数值预报试验研究[J].湖北气象,2002(3):6-9.
- [17] 罗聪,曾沁,高亭亭,等.精细化逐时滚动温度预报方法及检验[J].热带气象学报,2012,28(4):552-556.
- [18] 佟华,姚明明,王雨,等.T213L31全球中期数值天气预报系统2m温度预报误差源分析[J].气象,2006,32(2):52-57.
- [19] 徐枝芳,龚建东,王建捷,等.复杂地形下地面观测资料同化I.模式地形与观测站地形高度差异对地面资料同化的影响研究[J].大气科学,2007,31(2):223-232.
- [20] 张德山,窦以文,白钢,等.日较差分级的北京地面逐时气温预报[J].气象,1999,25(5):54-57.
- [21] 杨萍,肖子牛,刘伟东.北京气温日变化特征的城郊差异及其季节变化分析[J].大气科学,2013,37(1):101-112.
- [22] 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.
- [23] 黄良美,黄海霞,项东云,等.南京市四种下垫面气温日变化规律及城市热岛效应[J].生态环境,2007,16(5):1411-1420.
- [24] 郭元喜,龚道溢,汪文珊,等.中国东部夏季云量与日气温统计关系[J].地理科学,2013,33(1):104-109.

## A Forecast Method About Hourly Air Temperature

WANG Dan, GAO Hongyan, ZHANG Hongfang, MA Lei, LI Jianke

(Shaanxi Service Center of Meteorology, Xi'an 710014, China)

**Abstract:** Based on the observation data of hourly temperature, daily maximum and minimum temperature, daily mean total cloud cover and rainfall from ten stations in Shaanxi Province from 2006 to 2010, a forecast method of hourly temperature was established by using linear regression method on the basis of forecast values of daily maximum and minimum temperature and observed values of hourly temperature, which was tested by comparing forecast values with observed values of hourly temperature at ten stations in Shaanxi Province in 2011. The results show that the forecasting ability of the forecast method of hourly temperature under sunny or lightly cloudy conditions was better than that under heavily cloudy or rainy conditions. The forecasting effect of the method was better between 2 o'clock and 18 o'clock than that between 19 o'clock and 1 o'clock of the next day on sunny or lightly cloudy days, and was better between 1 o'clock and 10 o'clock than that at other time on heavily cloudy or rainy days. When the forecasted daily maximum and minimum temperature were comparatively accurate, the forecast accuracy of hourly temperature was more than 60% at Xi'an station. The accuracy was 100% on sunny days and from 96% to 99% on lightly cloudy days between 14 o'clock and 17 o'clock. But the accuracy on heavily cloudy or rainy days was about 12% ~ 27% lower than that on sunny or lightly cloudy days between 11 o'clock and 17 o'clock. With the characteristic of diurnal variations of temperature change in different areas, seasons and sky conditions, the method can turn the forecasted daily maximum and minimum temperature into forecast of hourly temperature well. To some extent the forecast method of hourly temperature has application and extension values.

**Key words:** forecast method of hourly temperature; linear regression method; forecast accuracy