

# 西安市冬季采暖气象条件分析和预报方法初探

庞文保 罗 慧 李建科 蔡新玲

(陕西省专业气象台,西安 710015)

**提要** 对西安市冬季采暖气象条件和预报方法进行了研究。根据国家采暖规范结合西安冬季采暖的实际,首先对西安 1951 年 7 月到 2003 年 6 月历年的逐日气象资料进行了详尽的分析,比较了国家采暖日期相关规范和规定中的 3 种不同的统计方法,确定了符合西安特点的采暖初终日。充分利用 T213 数值预报产品,对 2002 年和 2003 年两个冬半年的逐日 850 hPa 和 500 hPa 各时次各类气象要素及与之对应的西安各时次实况的气温作了相关分析,建立了回归方程,提出了采暖期及其逐日气温预报。

**关键词** 采暖期 温度变化 气温预报

## 引言

在寒冷的季节里,如何既能创造一个温暖舒适的工作、学习、居住环境,又可节约能源,保护环境,这是关系到每个人每个单位的一件事情。当前西安冬季供暖时间每年采用固定时间 11 月 15 日到次年 3 月 15 日。实际上每年的天气都在变化,冷暖程度不同,供暖时间也应该不同,需耗能量不同,很值得研究。据《陕西统计年鉴 2002 年》数字显示,西安市(不包括市辖县)2001 年末非农业人口 258.90 万人,陕西省城镇居民家庭平均每人居住面积 13.64 m<sup>2</sup>,利用暖气采暖的占 39.83%,可以得出西安市暖气采暖总面积: $13.64 \times 0.3983 \times 258.90 \times 10^4 \approx 1407 \times 10^4$  m<sup>2</sup>。目前西安居民采暖费每月 4 元/m<sup>2</sup>,4 个月共 16 元。如果每年每平方米节约 1 元,那么西安市每年采暖可节约 1400 多万元人民币,相当可观。这仅是居民居住面积,并未包括办公室、学校、宾馆等采暖场所。据了解,采暖节能预报方面的研究,前苏联、美国、加拿大等国家早些年做过一些工作。如美国的 Accu Weath 公司在 40 年前就是作冬季供暖预报而起家的。中国气象科学研究院、国家气候中心<sup>[1]</sup>、河北省<sup>[2]</sup>、天津市、北京市等专业气象台也做过这方面的工作,对我们后来的工作很有指导意义。我们结合西安市的实际,除使用统计方法

外,还利用了 T213 数值预报产品并对采暖初终期作了详尽的对比分析。随着科技的发展,市场经济的驱动,人们对于利用专业天气预报科学地进行节能采暖的意识也不断增强。本文尝试分析研究并能投入使用的冬季采暖气象条件节能预报方法。

## 1 采暖初终日的确定

国内外医学研究认为<sup>[3]</sup>,当环境温度 16~20℃时,人体无冷感,较为舒适。当环境温度低于 12℃时,人的冷感非常明显。由于房屋围护结构一般具有保温作用,室外降温时,室内短时温度尚可保持高于室外 4~8℃。综合上面的研究并考虑到我国经济发展水平,我国采暖通风规范规定<sup>[4]</sup>,设计冬季室内计算温度“民用建筑的主要房间宜采用 16~20℃”。开始采暖的室内自然温度不低于 12℃,相应的室外计算温度采用“累年日平均温度稳定低于或等于 5℃”。由于室内温度难以统计,所以宜采用气象观测中的平均气温进行统计分析。但从目前的一些研究,包括规范、有关规定的研究者们理解和应用角度的不同,对“累年日平均温度稳定低于或等于 5℃”的统计结果差别很大。本文对各种不同的统计进行了对比分析,得出了适合西安市应用的统计方法。

(1) 中华人民共和国建设部《采暖通风与空气调

作者简介:庞文保,男,1952 年生,高级工程师,从事天气分析与专业气象服务,pangwhao@163.com

收稿日期:2005 年 1 月 10 日;定稿日期:2005 年 9 月 21 日

节设计规范》的室外气象参数表显示,西安日平均温度小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的天数为101天,统计资料年代为1951~1980年。通过反查西安历史气象资料,发现这是先统计出累年逐日平均气温,然后再作出稳定小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的初终日。按此方法我们统计了1951~2003年累年逐日平均气温得出稳定小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的初日为11月23日,终日为3月1日,共99天。

(2)在中国气象局《全国地面气候资料统计方法》的规定中,参照日平均气温稳定通过各界限温度的统计方法。用5日滑动平均法统计,在冬半年任意连续5天的日平均气温的平均值均小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的最长一般时间内,在第一个5天中,挑选最先一个日平均气温统计小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的日期为初日,在最后一个5天中,挑选最末一个日平均气温小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的日期为终日。按此方法先统计出1951~2003年历年的初终日,再做累年平均。可得出稳定小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的初日为11月27日,终日为2月19日,共85天。

(3)按中国气象局《全国地面气候资料统计方法》中日平均气温稳定通过 $5^{\circ}\text{C}$ 的终日作为小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的初日,次年稳定通过 $5^{\circ}\text{C}$ 的初日作为小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的终日,按此方法统计1951~2003年历年的初终日,再做累年平均,可得出稳定小于等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的初日为11月19日,终日为3月10日,共112天。

比较几种统计结果,按中华人民共和国建设部《民用建筑热工设计规范》中<sup>[5]</sup>的名词解释部分,

“累年日平均温度小于或等于 $5^{\circ}\text{C}$ 的天数仅用于建筑热工设计计算,各地实际的采暖期天数,应按当地行政或主管部门的规定执行”。西安市目前执行的11月15日到次年3月15日共121天。这与上述(1)、(2)中99天、85天相差较大。只有(3)中112天很接近。而且(3)中的统计方法又能将历年的具体日期进行统计,便于分析预报。为了与最低气温比较,这里也统计了历年逐日最低气温小于等于 $0^{\circ}\text{C}$ 的初终日,最后统计出累年平均初日11月12日,终日3月18日,与此也较为接近。将西安的累年平均采暖期定为11月19日到次年3月10日较为科学。由于各年的冷暖变化较大,具体各年的差异较大。根据52年资料统计,初日最早为11月7日,最晚为12月2日,相差26天。终日最早为2月4日,最晚为3月28日,相差53天,比初日值明显偏大。这说明冬末比冬初的天气变化剧烈,气温起伏大。采暖期最长为137天(1952年冬),采暖期最短仅69天(2001年冬)。

## 2 采暖期相关因子的相关分析

冬季的冷暖用哪一种气象要素能更好的表示出来,尤其对于采暖这样的特殊的服务行业,牵扯到每天的冷暖和每年寒冷持续的时间以及需要提供多少热量。为确定表示冷暖程度的各气象要素之间的相关关系,本文计算了700多个气象要素之间的相关,选出了相关显著的相关系数(表1),建立28个回归方程(方程略)。

表1 相关因子的相关系数

相关因子	$T_d, T_j$	$T_d, T_{dj}$	$T_j, T_{dj}$	$T_d, T_{dl2}$	$T_d, T_{dl}$	$T_d, T_{d2}$	$T_d, T_1$	
相关系数	0.7833	0.713	0.7944	0.5135	0.8934	0.4710	0.7403	
相关因子	$T_j, T_{12}$	$T_j, T_1$	$T_j, T_2$	$T_j, T_{dl2}$	$T_j, T_1$			
相关系数	0.5689	0.8274	0.4783	0.6834	0.7277			
相关因子	$T_{dj}, T_{dl1}$	$T_{dj}, T_{dl2}$	$T_{dj}, T_{dl}$	$T_{dj}, T_{d3}$	$T_{dj}, T_{11}$	$T_{dj}, T_{12}$	$T_{dj}, T_1$	$T_{dj}, T_2$
相关系数	0.5075	0.6203	0.7164	0.477	0.4789	0.5626	0.7034	0.5090
相关因子	$V_{c5}, V_{j5}$	$V_{z5}, V_{j5}$	$V_{z5}, V_{z0}$	$V_{z5}, V_{j0}$	$V_{j5}, V_{j0}$	$V_{c5}, T_{11}$	$V_{z5}, T_3$	$V_{j5}, T_3$
相关系数	-0.4771	0.8707	0.4515	0.5755	0.6294	0.6253	-0.6520	-0.5272

注:  $T_d$ : 年极端最低气温;  $T_j$ : 平均气温负积温;  $T_{dj}$ : 最低气温负积温;  $T_{dl2}$ : 12月极端最低气温;  $T_{dl}$ : 1月极端最低气温;  $T_{d2}$ : 2月极端最低气温;  $T_{11}$ : 11月平均气温;  $T_{12}$ : 12月平均气温;  $T_1$ : 1月平均气温;  $T_2$ : 2月平均气温;  $T_3$ : 3月平均气温;  $V_{c5}$ : 采暖初日;  $V_{z5}$ : 采暖终日;  $V_{j5}$ : 采暖期天数;  $V_{z0}$ : 日最低气温小于等于 $0^{\circ}\text{C}$ 的终日;  $V_{j0}$ : 日最低气温小于等于 $0^{\circ}\text{C}$ 的初终日数。

在自由度为50,  $\alpha=0.001$ 时,相关系数 $r$ 的临界值为0.4433,可知以上因子都有较好的相关关系。它们之间的物理意义非常清楚。例如:冬季是

否寒冷,用年度极端最低气温、年度平均气温负积温、年度最低气温负积温都可表示出来,所以相关是显著的。负积温与冬季各月的平均气温、最低气温

也相关很好。采暖期的初终日与最低气温小于等于  $0^{\circ}\text{C}$  的初终日相关密切。采暖初日(稳定通过  $5^{\circ}\text{C}$  的终日)与 11 月平均气温、采暖终日(次年稳定通过  $5^{\circ}\text{C}$  的初日)与次年 3 月平均气温的相关都很好。特别说明的是采暖期的初终日与冬季的负积温、12 月、1 月、2 月各月的平均气温、最低气温相关不明显。这也说明了采暖期来得早不一定冬季就特别寒冷,同样采暖期来得晚,不一定是暖冬。

另外,最低气温负积温  $T_{\text{d}}$  与年份  $x$  的关系可用回归方程表示:

$$T_{\text{d}} = 4.6x - 9457$$

可见冬季随着年代的增长变暖是明显的。

### 3 采暖期和温度预报

采暖预报发布的内容:①主要发布采暖初终日。②下周采暖天气预报,采暖期内的下周逐日平均气温(经调查,热力公司就需要逐日平均气温)、逐日最低气温和逐日天气现象以及采暖建议和有关气候分析。③次日采暖天气预报,次日 02:00、08:00、14:00、20:00 气温,次日的天气,最低气温,最高气温,风力风向。

采暖预报发布的时间:①每年在 10 月 30 日和次年 2 月 27 日分别发布采暖初、终日的趋势预报。具体日期根据常规的旬、周报、4~7 天滚动预报逐步修正,提前一周报出。②每周四发布下周日至周六(即 3~9 天)的下周采暖天气预报。③每天 17:00 发布次日采暖天气预报。

采暖预报是一个非常复杂、多因素影响的工作,所以宜采用多种方法进行综合分析做出预报,思路与方法如下:

(1) 因为样本数足够多,所以认为服从正态分布。先计算出 90% 的初日、终日出现的范围,再根据气候在不断变暖的事实,确定出采暖期初日和终日分别在 11 月 9 日至 11 月 28 日之间和 3 月 1 日至 3 月 25 日之间的范围内考虑。

(2) 在相关分析时发现,采暖初日与 11 月平均气温相关密切,采暖终日与 3 月平均气温相关密切。所以在 10 月 30 日发布的 11 月平均气温预报和 2

月 27 日发布的 3 月平均气温预报(每月月末倒数第 2 天发布下月预报)的基础上可做出采暖初、终日的趋势预报。

(3) 按逐旬天气预报(旬末发布下旬天气预报)逐步进行订正采暖的初终日。

(4) 在周四用 T213 逐日 20:00 850 hPa 和 500 hPa 温度填图中  $35^{\circ}\text{N}, 110^{\circ}\text{E}$  上的读数(西安位于  $34^{\circ}18'\text{N}, 108^{\circ}56'\text{E}$ ) 和西安逐日平均气温和逐日最低气温建立回归方程预报出第 3~6 天(同日至下周三)逐日平均气温和逐日最低气温。

$$Y_1 = 0.67 X_1 + 0.28 X_2 + 9.1 \quad (1)$$

$$Y_2 = 0.48 T_{\text{q}850} + 0.42 T_{\text{q}500} + 8.6 \quad (2)$$

式中  $Y_1$ 、 $Y_2$  分别为逐日平均气温预报值和逐日最低气温预报值。 $X_1 = (T_{\text{q}850} + T_{850})/2$ ,  $X_2 = (T_{\text{q}500} + T_{500})/2$ ,  $T_{850}$ 、 $T_{500}$  分别为 T213 850 hPa 20:00 气温和 T213 500 hPa 20:00 气温,  $T_{\text{q}850}$ 、 $T_{\text{q}500}$  分别为 T213 850 hPa 前一天 20:00 气温和 T213 500 hPa 前一天 20:00 气温。

(5) 根据周报(周四发布下周日至周六逐日天气预报)并根据方程(3)、(5)或(4)、(6)作出相对应的下周(即预报出 7~9 天)逐日平均气温和逐日最低气温。

$$Y_3 = 0.88 T - 0.12 L + 0.4 \quad (3)$$

$$Y_4 = 0.92 T - 0.61 L + 0.9 \quad (4)$$

$$Y_5 = 0.85 T_{\text{d}} - 0.10 L - 0.1 \quad (5)$$

$$Y_6 = 0.86 T_{\text{d}} - 0.42 L + 0.7 \quad (6)$$

式中  $Y_3$ 、 $Y_4$  分别为当年 11 月 1 日至次年 1 月 16 日和 1 月 17 日至 3 月 31 日的逐日平均气温预报值,  $Y_5$ 、 $Y_6$  分别为当年 11 月 1 日至次年 1 月 16 日和 1 月 17 日至 3 月 31 日的逐日最低气温预报值。

$T$  为预报值前一天的日平均气温,  $T_{\text{d}}$  为预报值前一天的日最低气温,  $L$  为将周天气预报中的天气现象转换成的数字(表 2)。方程(3)~(6)是由于西安累年逐日平均气温和累年逐日最低气温都在 1 月 16 日达到最低。考虑到预报因子中有前一日的气温和最低气温,所以这里以 1 月 16 日为界,分前后两段建立预报方程。在 1 月 16 日前气温的趋势是逐渐降低的,在 17 日之后气温的趋势是逐渐增高的。

表2 天气现象序号(L)

	晴	晴间多云	多云间晴	多云	多云间阴 多云转阴 阴转多云	阴间多云	阴	阴转雨 雨转阴	雨
L	1	3	4	5	6	7	8	9	10

(6) 在下午 05:00 用 T213 前日 20:00 各层高度上温度填图中 35°N, 110°E 上次日 02:00、08:00、14:00、20:00 气温的读数和西安次日 02:00、08:00、14:00、20:00 气温建立回归方程预报出次日 02:00、08:00、14:00、20:00 气温。

$$Y_{02} = 0.64 T_{02850} + 3.8 \quad (7)$$

$$Y_{08} = 0.61 T_{08850} + 1.9 \quad (8)$$

$$Y_{14} = 0.73 T_{14850} + 9.1 \quad (9)$$

$$Y_{20} = 0.73 T_{20850} + 4.5 \quad (10)$$

式中  $Y_{02}$ 、 $Y_{08}$ 、 $Y_{14}$ 、 $Y_{20}$  分别为次日 02:00、08:00、14:00、20:00 气温预报值。 $T_{02850}$ 、 $T_{08850}$ 、 $T_{14850}$ 、 $T_{20850}$  分别为 T213 850 hPa 次日 02:00、08:00、14:00、20:00 温度填图预报值。

以上回归方程(1)~(6)、(8)、(10)都是用 2001~2003 年 11 月至次年 3 月西安地面和高空逐日气候资料统计建立的,回归方程(7)、(9)是用 2002~2003 年 11 月至次年 3 月 T213 逐日 02:00、08:00、14:00、20:00 气温的读数资料统计建立的,均通过了信度  $\alpha=0.001$  的相关显著性检验。

(7) 根据降温消息进行订正。

用以上方法在 2003 和 2004 年冬季的试用中,预报温度与实况的误差在  $\pm 2$  °C 以内的天数占 75% 以上,基本能满足服务要求。至目前为止,是一种较好的预报方法。但由于预报方程是建立在 T213 数值预报产品上又通过数理统计而得出,随着 T213 数值预报产品资料积累,随着时间的推移,还应不断补充资料,修改方程。

#### 4 供热建议

根据人体对冷暖的适应程度,当预报出日平均气温小于等于 0 °C 时,建议供热部门加大供热量,提前做好充足的燃料和维护好供热设备。当预报出

日平均温度大于 0 °C、小于等于 8 °C 时为正常供暖。当预报出日平均气温大于 8 °C 时,建议减少供热量。根据近 5 年采暖期内各级温度的统计(表 3),可看出西安在采暖期内 0~8 °C 之间的天数占大多数,其次为零度以下的天数,8 °C 以上的天数较少。

表3 采暖期间内各级温度天数

	$T \leq 0$ °C	$0$ °C < $T \leq 8$ °C	$T > 8$ °C
1998~1999	7	82	18
1999~2000	25	68	1
2000~2001	19	82	0
2001~2002	14	54	1
2002~2003	26	81	11
平均	18.2	73.4	7.2

#### 5 结束语

根据国家采暖规范以及西安市采暖实际,特别注意了定性分析与定量分析相结合,统计预报与数值预报相结合,充分利用了预报员的经验和 T213 数值预报的数据。具有预报员的工作量增加不多、易于操作、预报结果传递方便等特点。主要侧重于次日夜、早、中、晚及周专业天气预报,使用户能根据次日各时段天气预报添加燃料和根据采暖期、下周逐日天气和气温变化,提前有计划的准备燃料、维修设备和安排工作,获得经济效益。本方法经过试用,效果良好。其预报结果在  $\pm 2$  °C 以内的占 70% 以上。

#### 参考文献

- 张清. 我国北方冬季持续变暖对采暖的影响. 气象, 1997, 23(11): 39-41
- 车少静, 傅炳珊, 石志增. 石家庄市采暖期气象服务系统. 气象, 2002, 28(5): 50-52
- 章澄昌. 产业工程气象学. 北京: 气象出版社, 1997. 404-415
- 中华人民共和国标准 GBJ 19-87 采暖通风与空气调节设计规范. 北京: 中国计划出版社, 2001. 3-7
- 中华人民共和国标准 GB 50176-93 民用建筑热工设计规范. 北京: 中国计划出版社, 1993. 21

# Analysis of Meteorological Conditions and Forecasting Methods for Heating in Winter in Xi' an

Pang Wenbao Luo Hui Li Jianke Cai Xinling

(Shaanxi Provincial Specialized Meteorological Office, Xi' an 710015)

**Abstract :** In order to economize energy resources and reduce pollution and to build a resources-economized society, the meteorological conditions and forecasting methods for heating in winter in Xi' an were studied. According to the National Heating Regulations in China and the heating situation in winter in Xi' an, an analysis was made of the day-to-day meteorological data during the heating period in winter from July 1951 to June 2003 in Xi' an. The first day and last day of heating in winter are confirmed by comparing three different statistical methods recommended in the related national regulations. By making good use of T213 numerical forecasting products, the correlative analyses were conducted between the various day-to-day meteorological factors at different times at 850 hPa and 500 hPa and the corresponding actual temperature during heating periods in winter in Xi' an. A regression analysis method of day-to-day temperature forecasting during heating period in winter is put forward.

**Key words :** heating period, temperature fluctuation, temperature forecast