

# 河北省 11 个地级市极端气温的分析和预报

张国华 张江涛 赵玉广 秦 莉

(河北省气象局, 石家庄 050021)

**摘要** 通过对影响河北省 11 个地级市极端气温的诸因素进行详尽的分析, 综合经验预报、数值预报等优点, 采用逐步回归方法, 建立了河北省 11 个城市的极端气温预报方程。试用结果表明: 该方法温度客观预报评分达到 80 分, 特别是在春秋季节和转折、突变的天气情况下, 变温幅度较大时, 应用效果显著。

**关键词** 极端气温 影响因子 预报系统

## 引言

河北省东西和南北跨度均达 6 个经纬度以上, 基本上由高原、山地和平原三部分组成。复杂的自然地理条件, 造成各市气候条件差异很大。天气要素特别是气温差异亦很大。各市同期平均最高气温和平均最低气温相差达  $8^{\circ}\text{C}$  以上。在现行日常业务中, 气温预报大多采用经验外推方法, 春秋季节冷暖空气交替频繁, 转折、突变的天气造成气温预报难度大。因此, 迫切需要建立一种有效的方法, 为日常预报业务提供依据。本文在对最高、最低气温(以下统称极端气温)进行了深入细致研究的基础上, 综合了多种预报方法的优点, 特别针对转折天气、突变天气, 制作了河北省 11 个地级市极端气温的预报方法。

## 1 最近 10 年河北省 11 个城市极端气温的变化特点

本文分析了 1993~2002 年共 10 年的极端气温历史资料, 共有样本  $[10 \times 365 + 2(\text{闰年})] \times 2(2 \text{ 个要素}) = 7304$  个, 根据对极端气温逐日变化情况的统计和预报员的经验, 将极端气温 24h 变温  $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  确定为有显著变化。为做更深入分析, 又将气温显著变化分为  $|\Delta T_{24}|$  分别大于等于  $4^{\circ}\text{C}$ 、 $6^{\circ}\text{C}$  和  $8^{\circ}\text{C}$  三个等级。 $|\Delta T_{24}| \geq 6^{\circ}\text{C}$  界限的确定是基于: 最低气温下降  $\geq 6^{\circ}\text{C}$  达到中等寒潮;  $|\Delta T_{24}| \geq 8^{\circ}\text{C}$  界限的确定是基于最低气温下降  $\geq 8^{\circ}\text{C}$  达到强寒潮<sup>[1]</sup>。

### 1.1 气温变化特征

若将气温有显著变化的样本与总样本的比值称为变化频率, 分析发现这种变化有如下特点:

(1) 最低气温春季变化最剧烈, 夏季最平稳

由 1993~2002 年最低气温  $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  各月出现次数(表 1)可见, 10 年中, 河北省西南部的保定、石家庄、邢台、邯郸 4 市各月均少于 60 次(即平均每 10 天中  $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  以上的次数不到 2 次); 上述市的 6~9 月、12 月, 衡水市 6~9 月和张家口、唐山、秦皇岛 3 市 6~8 月各月均少于 30 次(即平均每 10 天中  $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  以上的次数不到 1 次)。承德变化频率最大, 有 8 个月在 60 次以上, 其次是廊坊有 6 个月在 60 次以上, 90 次以上(平均每 10 天中  $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  以上的次数超过 3 次)的只有承德的 3 月。10 年中北部各市各月 60 次以上较多( $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  的情况平均每 5 天中或 3 天中就出现 1 次), 即北部各市比南部各市温度变化剧烈。最低气温变化频率从大到小依次是冬末到春季、秋季、冬季、夏季。

(2) 最高气温的变化规律同最低气温, 但变频和变幅均高于最低气温

由 1993~2002 年最高气温  $|\Delta T_{24}| \geq 4^{\circ}\text{C}$  各月出现次数(表 2)可见, 10 年中, 各月在 30 次以下的只有唐山、秦皇岛、沧州、衡水、邯郸 5 市的 8 月份, 各市的 7~9 月、12 月、1 月和部分市的 10 月、11

月 2 月在 60 次以下,90 次以上各市分别出现在 3、4、5 月,有些市甚至达 100~200 次( $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$ 以

上平均 2~3 天就出现 1 次)。最高气温变化频率从大到小依次是春季、初夏、秋季和冬末、冬季、夏季。

表 1 1993~2002 年最低气温  $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$  的各月出现次数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
张家口	55	45	74	68	57	29	25	12	44	50	62	53
承德	73	63	94	87	79	33	15	25	58	89	83	74
唐山	49	50	57	62	65	24	12	11	40	69	54	36
秦皇岛	69	54	50	41	44	12	6	15	38	74	80	59
廊坊	61	50	69	62	65	36	8	10	29	63	60	31
衡水	47	58	70	66	50	25	14	7	29	56	53	35
沧州	51	48	77	70	67	41	17	19	44	56	60	37
保定	37	29	42	43	38	21	9	2	15	33	41	24
石家庄	39	34	60	60	40	19	16	4	23	38	36	20
邢台	24	38	45	28	33	16	19	7	19	37	37	14
邯郸	24	49	57	43	36	22	22	3	21	41	47	15

表 2 1993~2002 年最高气温  $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$  的各月出现次数

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
张家口	56	77	88	120	101	71	52	40	60	78	72	59
承德	51	60	83	111	101	72	46	49	66	68	57	57
唐山	42	61	90	73	77	59	42	23	37	55	52	36
秦皇岛	52	81	93	94	110	74	39	14	35	64	66	59
保定	36	59	104	70	86	75	44	33	48	48	56	49
廊坊	32	56	93	82	89	85	56	45	54	55	53	49
衡水	48	49	105	101	93	79	37	27	46	71	56	51
沧州	45	59	94	105	96	83	40	27	50	58	40	42
石家庄	55	69	91	75	86	73	56	35	61	78	80	72
邢台	56	66	89	94	92	65	45	42	54	84	72	53
邯郸	64	76	101	90	78	66	41	24	50	85	77	67

最高气温的变化频率高于最低气温。并且随着  $|\Delta T_{24}|$  越大,这种差异越大。以石家庄为例,10 年中最高气温  $|\Delta T_{24}|$  在 4~5.9 $^\circ\text{C}$  之间的次数为 544 次,6~7.9 $^\circ\text{C}$  之间的次数为 186 次,大于 8 $^\circ\text{C}$  的次数 91 次;最低气温  $|\Delta T_{24}|$  这三项分别为 288、83、8 次,它们之间各自差值之比随  $|\Delta T_{24}|$  加大而增

大(表 3)。

最高气温的变化幅度高于最低气温。最高气温的变化幅度  $|\Delta T_{24}|$  最大超过 12 $^\circ\text{C}$  以上,最低气温的变化幅度  $|\Delta T_{24}|$  只达到 8 $^\circ\text{C}$  以上,且  $|\Delta T_{24}| > 8^\circ\text{C}$  的次数很少,说明近 10 年河北省冷空气活动弱,很少出现强寒潮(表 3)。

表 3 1993~2002 年  $|\Delta T_{24}|$  分别为 4~5.9 $^\circ\text{C}$ 、6~7.9 $^\circ\text{C}$ 、8 $^\circ\text{C}$  以上出现次数

		石家庄	邢台	邯郸	张家口	承德	唐山	秦皇岛	保定	廊坊	衡水	沧州
最高气温 $ \Delta T_{24} $	4~5.9 $^\circ\text{C}$	544	533	534	586	548	484	513	505	524	505	522
	6~7.9 $^\circ\text{C}$	186	176	193	203	198	138	185	174	179	192	144
	8 $^\circ\text{C}$ 以上	91	83	89	85	68	41	81	54	61	66	69
最低气温 $ \Delta T_{24} $	4~5.9 $^\circ\text{C}$	288	247	304	419	481	382	387	283	420	398	428
	6~7.9 $^\circ\text{C}$	83	63	68	115	198	110	128	46	109	43	115
	8 $^\circ\text{C}$ 以上	8	7	5	21	75	29	27	5	15	10	42

(3) 升温频率、降温频率与季节无关

对各市各月升温次数和降温次数分别进行统计分析,发现变化频率高的季节,它的升温频率和降温频率都高,反之,这两者都低,无明显的季节差异(表略)。

1.2 与历史情况的对比结果

将最近 10 年的资料与历史平均值(1961~1990 年)对比发现有如下特点:

(1) 月平均最低气温升高

除承德的 4 月、5 月和 9~12 月略有降低(降幅在 0.2~0.7℃)外,其余各市各月均是升高的,升高幅度相差较大,在 0.0~4.1℃之间。其中 8 月、11 月升高幅度最小,其次是 5 月、7 月;2 月、3 月升高幅度最大,其次是 1 月、12 月;尤以 2 月升高幅度最大(表 4)。

各市比较,邢台升幅最大(1.4~4.1℃),其余依次是张家口、保定、石家庄、廊坊;承德升幅最小。

表 4 11 城市月平均最低气温距平

℃

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
石家庄	2.30	3.14	2.46	1.78	1.73	1.78	1.47	1.28	1.86	1.83	1.15	1.96
邢台	3.14	4.07	2.88	2.16	2.05	1.80	1.62	1.48	2.19	2.35	1.71	2.81
邯郸	1.87	2.94	2.22	1.54	1.41	1.25	1.15	0.91	1.27	1.49	0.87	1.73
张家口	2.08	3.53	2.26	1.82	1.36	1.83	1.53	1.30	1.73	1.07	1.43	2.04
承德	0.27	1.14	0.35	-0.21	-0.62	0.09	0.16	0.03	-0.19	-0.71	-0.70	-0.26
秦皇岛	1.68	2.77	2.04	1.40	0.94	1.04	0.92	0.78	1.07	0.96	0.57	1.46
廊坊	2.03	3.07	2.60	1.94	1.90	1.60	1.13	1.15	1.07	1.12	1.07	1.96
唐山	1.58	2.53	2.00	1.42	0.99	1.42	1.32	1.04	1.08	0.88	0.92	1.87
保定	2.47	3.33	2.38	1.79	1.60	1.58	1.33	1.09	1.38	1.30	1.23	2.32
沧州	1.48	2.75	1.57	1.01	0.56	1.07	0.98	0.51	0.37	0.54	0.41	1.26
衡水	1.90	2.99	1.99	1.36	0.73	1.02	0.99	1.52	1.44	1.34	0.79	1.77

(2) 月平均最高气温有升有降

各市的 11 月、北部各市的 10 月和南部各市的 5 月是降低的,降幅在 0.1~0.7℃之间。其余各市

各月均是升高的,2 月升幅最大,其次是 3 月。各市比较,张家口升幅最大(表 5)。

表 5 11 城市月平均最高气温距平

℃

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
石家庄	0.47	2.67	1.61	0.47	0.06	0.39	0.96	0.83	0.89	0.06	-0.56	0.01
邢台	0.14	2.57	1.15	0.16	-0.47	-0.09	0.50	0.42	0.87	0.09	-0.73	0.00
邯郸	0.15	2.53	1.23	0.34	-0.19	0.18	0.52	0.40	1.04	0.33	-0.67	0.11
张家口	0.88	2.92	1.84	1.12	0.34	1.10	1.15	1.05	1.17	-0.15	0.54	0.80
承德	0.81	2.77	1.63	1.05	0.27	0.62	1.03	0.61	0.77	-0.35	-0.23	0.17
秦皇岛	0.63	2.46	1.84	0.90	0.67	0.40	0.59	0.19	0.67	-0.01	-0.04	0.80
廊坊	0.44	2.61	1.83	0.68	0.29	0.24	0.95	0.78	0.58	-0.20	-0.30	0.38
唐山	0.58	2.76	2.03	0.93	0.39	0.59	1.38	0.71	0.72	0.10	-0.12	0.56
保定	0.41	2.66	1.77	0.48	0.02	0.07	0.81	0.49	0.44	-0.17	-0.53	0.47
沧州	0.66	2.72	1.85	0.75	-0.06	0.61	1.24	0.74	1.00	0.22	-0.14	0.60
衡水	0.56	2.74	1.48	0.42	-0.50	0.10	0.42	1.27	1.63	0.80	-0.37	0.39

2 影响气温变化的因素和预报因子的选取

某一地温度的变化可用热流量方程表示<sup>[2]</sup>:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = - \mathbf{V} \cdot \nabla T - W(\gamma_d - \gamma) + \frac{\gamma_d}{\rho g} \left[ \frac{\partial p}{\partial t} + \mathbf{V} \cdot \nabla p \right] + \frac{1}{C_p} \frac{d \bar{Q}}{dt} \quad (1)$$

式中右端第3项是因变压和气压平流引起的温度局地变化,此项很小,可忽略不计。

### 2.1 温度平流对局地气温的影响

在水平气流方向上,气温分布不均匀时,空气水平运动将引起气温局地变化(式(1)右端第1项),冷平流( $V \cdot \nabla T > 0$ )使局地气温下降。暖平流( $V \cdot \nabla T < 0$ )使局地气温上升。下降或上升的程度又与温度平流的强度有关。

河北省各市所处地理位置不同,温度平流对各市气温影响差异很大。影响河北省的冷空气路径可分为4条:①西北路径,②偏北路径,③偏西路径,④偏东路径。前两条路径是常见的冷空气路径,冷空气势力强,常造成全省各市大幅度降温,尤其北方城市降温严重。第③路径冷空气越过太行山后常产生焚风效应,视冷空气强弱程度可造成河北省中南部城市降温不强或反而增温。第④路径使河北省东部城市降温明显<sup>[1]</sup>。

850hPa温度平流能很好地反映冷空气入侵路径。因此,根据极端气温出现的时间,我们分别选取了850hPa 20:00和08:00变温来研究温度平流对极端气温的影响。

### 2.2 垂直运动对局地气温的影响

式(1)右端第2项与垂直运动的方向、强度和大气稳定度有关。

在稳定的大气层结( $\gamma_d - \gamma > 0$ 未饱和空气,或 $\gamma_s > \gamma$ 饱和空气, $\gamma_d$ 和 $\gamma_s$ 分别是干绝热和湿绝热递减率)中,有上升运动时( $W > 0$ ),由于绝热膨胀,使局地气温下降;反之,有下沉运动( $W < 0$ )时,使局地气温上升。在不稳定的大气层结(即: $\gamma_d - \gamma < 0$ 或 $\gamma_s < \gamma$ )中,上升运动使局地气温上升,下沉运动使局地气温下降。中性层结大气,则垂直运动对局地气温变化无影响。

较强的系统性垂直运动,对气温变化影响较大。这种垂直运动有天气系统造成的,也有地形作用的结果。如在高原与平原的交界处,或是高山的谷地里都可造成这种垂直运动。对近地面气温,后者影响更大。而这两者可通过风场较好地反映出来。例如,北高南低气压场使得各市吹东—东北风,气温下降;南高北低气压场使得各市吹西—西北风,此时河北省中南部各市由于受太行山东麓下沉气流的影响常产生焚风效应,气温急剧上升。据研究增温幅度与各市相对于太行山的位置有关;尤以石家庄最为

明显<sup>[3]</sup>。因此地形、风场对气温的影响不可忽视。由此,我们选择了与极端气温出现时间相近的14:00(北京时,下同)和日出之前(05:00)的地面风,研究其对极端气温的影响。但05:00资料欠缺,对此我们作以下处理:5~9月份日出约在05:00之前,所以选用02:00观测资料代替;而10月份至次年4月份日出约在05:00之后,所以选用08:00观测资料代替。

根据焚风对石家庄气温影响的有关研究<sup>[3]</sup>,对省会城市石家庄我们又分析了850hPa风矢量和地面指标站气压差两个因子。最高气温选用当日20:00 850hPa风矢量和前一日14:00指标站地面气压差,最低气温选用当日08:00 850hPa风矢量和前一日14:00指标站地面气压差。

### 2.3 非绝热变化对局地气温的影响

气温的非绝热变化式(1)右端第4项是气团与外界热量交换的结果。太阳辐射和地表辐射都具有明显的日变化,因而,气温也相应地有日变化;运动中的气团受到冷暖下垫面的影响,包括乱流、辐射及蒸发、凝结三种热力交换过程使气温产生变化。当非绝热增温(暖的下垫面 $\frac{dQ}{dt} > 0$ )时,局地气温升高;反之,非绝热冷却(冷的下垫面 $\frac{dQ}{dt} < 0$ )时,局地气温下降。此项还和热容量有关。我们选取以下几个因子讨论其对气温的影响。

#### (1) 天空状况

地表吸收来自太阳的短波辐射,再以长波辐射将热量传给大气,从而影响气温变化。云白天减弱地表对太阳热辐射的吸收,使地面受热减少,气温上升缓慢。夜间又阻止低层大气向高层大气的热辐射,使气温下降缓慢。所以,云量,特别是低云量的多少、云层厚薄等对极端气温影响很大。据统计,晴朗日和阴雨日最高气温可相差10℃以上。因此选择全天的云量和固定时次的低云量研究其对气温的影响。

#### (2) 天气现象

天气现象中雾、风和降水对气温影响最大。①雾减弱地表对太阳热辐射的吸收,阻止低层大气向高层大气的热辐射,使得气温白天不易升得太高,夜间不易降得太低。将雾作0、1化处理:有浓雾时取1,有轻雾和无雾时取0。②风的大小影响到气团热量上下交换。风速大时,有利于气团热量上下交换,白天气温上升缓慢,夜间使气温下降缓慢,风速小

时则相反。风因子已在 2.2 节中入选。③有降水时,雨滴不断蒸发,吸收周围空气的热量,使地面气温下降。白天、夜间的降水对极端气温的影响各不相同,影响幅度又与雨量大小有关。对降水分 3 档处理:最高气温,当日白天无降水且当日夜间无降水,或有降水但雨量小于 1.0 mm 时取 0;当日白天有降水但小于 1.0 mm,或当日夜间有大于等于 1.0 mm 降水时取 1;当日白天有大于等于 1.0 mm 降水时取 2。最低气温,当日夜间无降水且前一天白天无降水,或有降水但小于 1.0 mm 时取 0;当日夜间有小于 1.0 mm 降水或前一天白天有大于等于 1.0 mm 降水时取 1;当日夜间有大于等于 1.0 mm 降

水时取 2。

(3) 空气湿度

湿空气的热容量比干空气的热容量要大。所以,湿度越大的空气增温和降温都越缓慢,反之则越迅速,选择与极端气温出现时间相近的 14:00 和日出之前(02:00 或 08:00)的相对湿度定时观测值来研究其对气温的影响。

在上面的讨论中,共选取了 9 个因子,分别是:测站 850hPa 温度、地面风、850hPa 风、地面指标站气压差、总云量、低云量、雾、降水和相对湿度。其中,地面风、850hPa 风又分解为风向、风速,地面指标站有两个,所以共 12 个因子。可用框图直观地表示(图 1)。

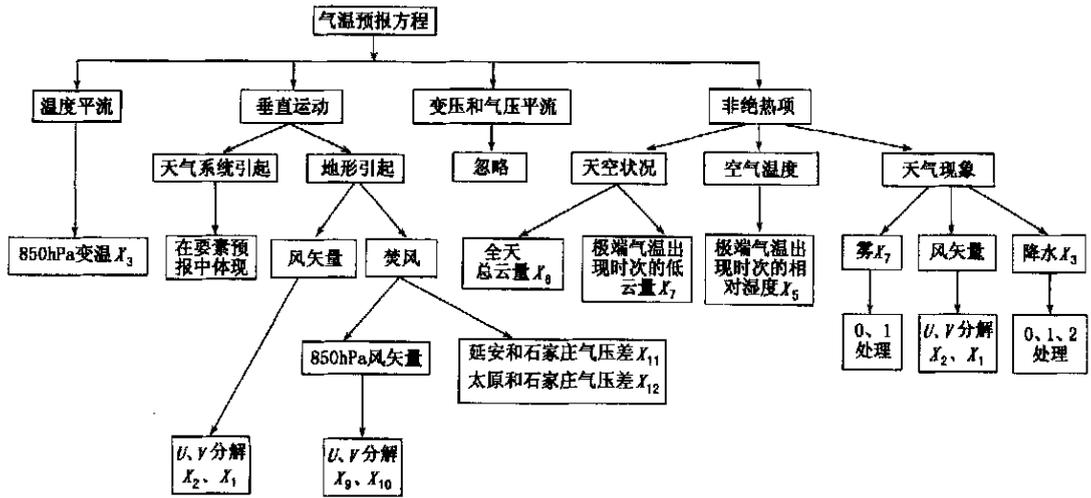


图 1 影响气温变化的因素和预报因子

3 气温预报系统的建立

3.1 建立各市极端气温日变化量预报方程

针对春秋季节冷暖空气交替频繁,转折、突变的天气造成气温预报难度大,采用经验外推方法预报能力较差的弱点,挑取了  $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$  的个例,将气温的日变化量和以上所选因子的日变化量进行逐步回归,分别建立了河北省 11 个城市 24h 极端气温日变化量 ( $\Delta T_g, \Delta T_d$ ) 的预报方程。

3.2 建立各市极端气温预报方程

11 个城市 24h 极端气温日变化量 ( $\Delta T_g, \Delta T_d$ ) 的预报方程建立以后,在方程中有些因子是预报之前能够得到的实况值,这些实况值是通过省市公共网络截取的,以避免使用数值预报资料带来的误差;还有诸多因子是预报当日值,是未知的,因子则只能通过数值预报产品和其他途径获得。数值预报产品有温度、

风场、流场、湿度等要素预报;而低云量、总云量、雾、降水量是无法获得的,我们利用了省气象台向下级台站发布的指导预报产品。将其代入预报方程,求得 11 个城市最高、最低气温日变化量(图 2)。

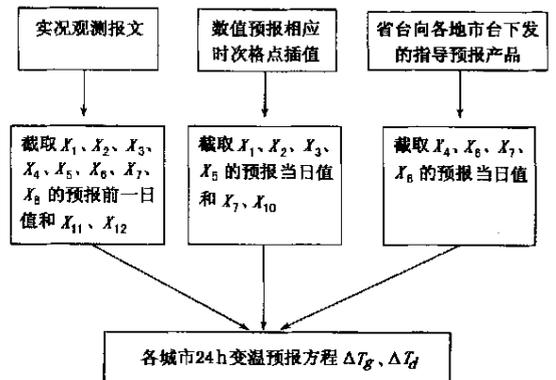


图 2 河北省城市极端气温预报系统流程

## 各站每日最高气温

$$T_g = T_{14(\text{预报前一日})} + \Delta T + \Delta T_g \quad (2)$$

## 各站每日最低气温

$$T_d = T_{d(\text{预报前一日})} + \Delta T_d \quad (3)$$

式中  $\Delta T$  是各站最高气温与当日 14:00 气温的平均差值,  $\Delta T$  各月不同, 由此建立了 11 个城市逐月极端气温预报方程。

表 6 11 城市极端温度预报评分

	石家庄	邢台	邯郸	张家口	承德	唐山	秦皇岛	保定	廊坊	衡水	沧州
最高气温	75.5	79.3	74.1	88.9	79.3	89.3	80.0	76.9	82.2	84.4	85.7
最低气温	84.3	81.0	86.4	65.0	56.4	82.1	80.7	83.0	84.3	87.1	84.3

注:采用河北省气象局温度评分标准

最高气温得分 74~89 分,即预报误差平均在 3℃ 之内,最低气温张家口、承德两市评分较低,其余均在 80 分以上。2002 年 11 月 16 日是一次强冷空气影响,2002 年 12 月 27 日是西风影响,这两次预报误差见表 7。从表 7 看出本方法对春秋季节冷暖空气交替频繁,转折、突变的天气的情况,应用效果更加显著。

表 7 2002 年两次极端温度预报误差 /℃

城市		11 月 16 日			12 月 27 日		
		预报	实况	误差	预报	实况	误差
石家庄	最高	7.8	8.0	0.2	2.8	2.7	0.1
	最低	0.3	0.3	0.0	-7.7	-6.3	1.4
邢台	最高	6.2	8.2	2.0	4.0	2.2	1.8
	最低	1.7	1.8	0.1	-9.1	-8.3	0.8
邯郸	最高	6.8	9.3	2.5	3.0	1.4	1.6
	最低	3.4	0.8	2.6	-9.8	-10.1	0.3
张家口	最高	6.7	-0.2	6.9	-8.1	-8.0	0.1
	最低	-1.5	-2.6	1.1	-15.3	-16.9	1.6
承德	最高	5.0	1.2	3.8	-5.1	-1.8	3.1
	最低	-3.8	-4.2	0.4	-20.4	-20.5	0.1
唐山	最高	6.5	4.6	1.9	0.8	0.6	0.2
	最低	0.2	0.6	0.4	-11.1	-10.1	1.0
秦皇岛	最高	5.8	3.6	2.2	0.8	1.4	0.6
	最低	-2.0	-0.8	1.2	-12.7	-12.0	0.7
保定	最高	7.1	7.5	0.4	0.0	-0.1	0.1
	最低	1.1	-0.4	1.5	-13	-12.5	0.5
廊坊	最高	7.3	5.9	1.4	-0.2	-0.8	0.6
	最低	0.8	0.0	0.8	-12.1	-12.2	0.1
衡水	最高	6.9	7.0	0.1	0.9	0.3	0.6
	最低	-0.2	-0.4	0.2	-13.8	-13.7	0.1
沧州	最高	7.1	6.9	0.2	-0.1	-0.7	0.6
	最低	-1.0	0.9	0.1	-15.2	-14.2	1.0

## 4 小结

(1) 近 10 年来,河北省城市极端气温的变化有

## 3.3 预报效果检验

本方法 2001 年开始在省气象台业务试运行,得到值班预报员普遍认可,特别是当第二天温度预报难度大时,值班预报员更愿意参考此方法的预报结果。经对 2002 年 8 月至 2003 年 5 月最新预报资料评分,结果如表 6 所示。

以下特点:最高气温的显著变化和最低气温的显著变化具有相同的规律,变化频率由高到低以季节排列大致是春季、秋季、冬季、夏季,最高气温的变化频率和变化幅度均高于最低气温,升温频率、降温频率与季节无关;各市月平均最低气温是升高的,月平均最高气温有升有降。冬末春初升温幅度最大,盛夏升温幅度最小,最低气温比最高气温增幅大。

(2) 影响气温变化的因素是多而复杂的,本文对影响气温变化的因素作了尽可能全面的综合考虑,将变温、云量、雾、湿度、降水、地形等因子纳入预报方程,并尽量采用实况资料,避免了数值预报误差造成的预报结果的误差;针对  $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$  的情况建立预报方程,特别适用于转折性天气温差大的情况。试用结果表明,本方法客观预报准确率达到较高水平,为气温预报提供了一个较为可靠的预报依据,特别是提高了转折性天气、突变天气时  $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$  的气温预报准确率。

(3) 预报方程因为针对  $|\Delta T_{24}| \geq 4^\circ\text{C}$  的情况建立,所以气温变化在  $4^\circ\text{C}$  之内时参考价值不明显;由于用到前一天气温,所以当前一天极端气温奇高或奇低时,应用时应加以订正;雪对气温的影响与雨不同,本文没有讨论雪对气温的影响,雪天应用误差较大。

## 参考文献

- 1 河北省气象局编著.河北省天气预报手册.北京:气象出版社,1987
- 2 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理与方法.北京:气象出版社,1981
- 3 赵士林,王荣科,郭彦波,等.太行山中段的焚风.气象,1993,18(2):3-5

## Analysis and Forecast of Extreme Temperature in 11 Cities of Hebei Province

Zhang Guohua Zhang Jiangtao Zhao Yuguang Qin Li  
(Hebei Meteorological Bureau, Shijiazhuang 050021, China)

**Abstract:** Through analyzing the factors affecting the extreme temperatures of 11 cities in Hebei Province and integrating the merits of experiential forecast and numerical forecast, the forecasting equations of extreme temperatures of these 11 cities are established by using the successive regression method. The results show that this method can score 80 in temperature objective forecasting, and even more effective when the amplitude of temperature change is larger during spring and fall, as well as in transitional and break weather conditions.

**Key words:** extreme temperature, influential factor, forecasting system

---

### 《气象科技》、《气象科技合作动态》、 《中国气象科学研究院年报》征订

《气象科技》为双月刊,64页,单价:10元,全年订价:60元;《气象科技合作动态》为双月刊,32页,单价:5元,全年订价:30元;《中国气象科学研究院年报》为年刊,订价:30元。

### 欢迎投稿和订阅

联系地址:北京市海淀区中关村南大街46号,中国气象科学研究院《气象科技》编辑部  
邮政编码:100081,电话:(010)68407256,Email:qxkj@cma.gov.cn  
户名:中国气象科学研究院,账号:6510005052610086013,开户行:北京市建行白石桥支行