

石家庄高温的天气气候特征及其预报流程

连志鸾 王丽荣

(河北省石家庄市气象局, 050081)

提 要

用石家庄 1955~2002 年 11 个站的温、湿、风、云资料, 查找高温个例, 统计分析高温当日及高温前一日的气象要素特征; 还普查了 1972~2000 年的历史天气图, 系统地总结归纳了石家庄高温的气候特点和高温出现的高空、地面形势场特征。在此基础上结合各家数值预报产品提取预报指标, 建立了经验指标法定性预报流程和高温预报方程及定量预报流程, 对 40℃ 以上高温有了较好的预报能力。经业务使用检验, 能显著提高石家庄高温预报准确率。

关键词: 高温 天气气候特征 预报流程

引 言

高温天气对各行各业及人民群众的日常生活都有影响。高温天气出现时, 轻则影响正常的工作效率, 重则造成人畜中暑死亡。近年来, 随着人民生活水平的提高, 空调设施的增加, 增强了抵御高温灾害的能力。但高温所带来的对水、电的需求压力不可忽视。在 2002 年 7 月 12、14~15 日石家庄出现了持续的 40℃ 以上的历史极端高温天气, 使石家庄市对水、电需求量剧增, 造成了多条供电线路因不堪重负而跳闸断电; 由于自来水供应量不足, 市区许多居民楼高层不能上水, “停水断电”严重影响了市民正常的工作和生活。特别在全球气候变暖的大背景下^[1], 近年来石家庄高温出现的次数和强度都有所增加。因此高温预报非常重要。本文通过对石家庄高温的气候、天气形势进行统计分析, 归纳出高温出现的天气学特征和预报指标, 并结合各家数值天气预报, 建立了高温的定量预报方程及预报流程, 经过三年的使用及不断完善, 效果很好, 在实际高温预报业务中发挥了作用。

1 石家庄高温的气候概况

1.1 高温日标准

石家庄市 17 个站若有一半以上的站日极端最高气温 $\geq 36^\circ\text{C}$, 且有 1/4 以上站数或

石家庄本站日极端最高气温 $\geq 38^\circ\text{C}$ 定为高温日。以石家庄、平山、赞皇、新乐、辛集为代表站(分别代表市区、西北部、西南部、东北部、东南部), 在高温日中, 凡 5 站中任意三站以上日极端最高气温 $\geq 38^\circ\text{C}$ 为大部高温; 任意三站以上日极端最高气温 $\geq 40^\circ\text{C}$, 或石家庄本站日极端最高气温 $\geq 40^\circ\text{C}$ 为强高温日。

1.2 高温的年、月际变化特征

统计 1955~2002 年逐日最高气温资料, 共有 150 个高温日, 平均每年 3.2 日。大部高温日 115 个, 年平均 2.5 日。强高温日 37 个, 年平均 0.7 日。图 1 给出高温日数的逐年变化。由图 1 可看出如下特点: ①高温日数多的年份, 一般情况下强高温日数也多。②有 4 个明显的高峰期, 分别出现于 1955、1968、1972、1997~2002 年, 高峰期出现的周期性特征不明显; 若把其它次峰也考虑进去, 将逐年高温次数做 2 年的滑动平均, 年高温次数即呈现出准周期性变化特征, 周期约为

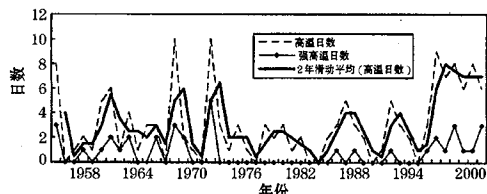


图 1 高温日数的年变化曲线图

6年。③1997年以后的6年高温日数居高不下。这与全球气候变暖的大背景有一定的关系,也与这几年华北地区夏季持续干旱少雨的气候特点相一致。

高温、强高温集中出现在6月至7月中旬,这段时间的高温日数占86.7%,强高温日数占97.3%。最早高温日出现在5月14日(1968年)。一般从8月中旬开始高温很少出现。石家庄最晚高温日出现在9月19日(1987年),经普查,这次的高温天气主要由于强西风造成的焚风效应所致。

1.3 高温的持续性特征

以持续 2 日以上高温为持续高温。经统计发现:①1955~2002 年共出现 26 次持续高温,均出现在 6、7 月份。最长持续时间 4 日,持续 4 日的高温过程共出现了 4 次。②在高温天气持续时段内一般会出现大部高温和强高温。③90 年代以后的持续高温 14 次,占总次数的 53.8%。说明进入 90 年代以后,不仅高温次数增多,而且高温持续时间、强度都有增强趋势。

1.4 高温的空间分布特征

对 1972~2000 年 11 个测站的最高气温资料进行了统计,由高温日的平均最高气温分布(图 2)看出,石家庄沿太行山东麓为一高温中心,而且南强、北弱。

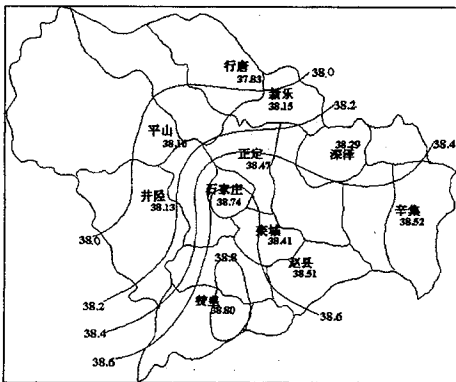


图2 1972~2000年高温日的平均最高气温分布
(单位:℃ 实线:等温线)

最高气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ (或 $\geq 38^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 40^{\circ}\text{C}$)高温日数分布(图略)与图 2 大致相似,其特点是:高温日数南部多于北部,平原多于山区,大城市多于小城镇,沙土地表(如新乐)较绿

地覆盖地表高温次数多。赞皇—石家庄—新乐为一高温多发带。高温强度愈强,高温多发带愈向太行山沿山一带偏移,这一点在 40°C 以上高温日数的分布图上表现得尤为突出。经反查个例发现,这一高温多发带的出现与太行山东麓地形造成的焚风效应有关。同时也说明, 40°C 以上高温的成因多与叠加了焚风效应有关。

2 高温出现的天气学特征及经验指标法预报流程

我们选取了 2000 年以来 10 个典型高温日, 计算了高温前几日 500hPa、700hPa 平均高度场(图略)。高温前几日亚欧 500hPa 高空多为两槽一脊。长白山至渤海、乌拉尔山附近分别有大槽, 蒙古至贝加尔湖为高压脊。石家庄位于 500hPa 脊前或槽后西北气流里, 有时脊较弱, 但上游河套地区及以北有较为明显的西北气流。700hPa 与 500hPa 相配合, 河套一带位于脊区, 往往还有闭合高压, 暖平流明显。连续 2~3 天高温出现时, 石家庄上空受稳定而持续的暖高压控制。

通过普查 1972 年以来的天气图,以地面和 850hPa 形势场特征,按栗秀芬等制订的分型规则^[2](具体叙述略),将大部分高温个例分为暖高型、低前型、东北弱冷锋型、纬向型 4 个型(图略)。并利用 14 时石家庄、五台山的单站要素特征,以及日本 08 时 FXFE782 和 FXFE783 的 850hPa 温度预报,参考 20 时 ECMWF 和 T213 数值预报产品(资料时间较短),建立了各型的预报指标,每型有 6 条指标(略)。以此为基础,制作经验指标法高温预报流程(图 3),并实现了流程的计算机业务化运行。

为了提高高温事件出现概率,在运行经验指标法预报流程前先要消空。我们统计分析了高温当日及前一日单站气象要素特征,并结合地面、850hPa 形势场特征和 ECMWF 数值预报格点资料(地面气压场、850hPa 温度场预报),提取了高温消空指标(略),共 8 条。满足一条即消空。以此为基础,编制了高温天气预报自动报警软件。机器根据所获得的最新资料,判断是否满足高温消空指标。如不满足消空指标即报警,提醒预报员进一

步运行高温预报流程。

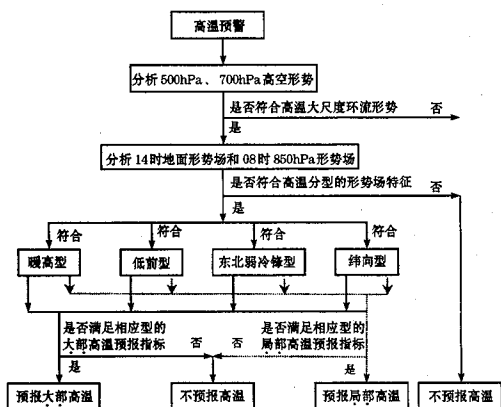


图3 高温的经验指标法预报流程图

3 影响石家庄高温的主要因子及预报要点 据大气热力学能量方程^[3]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\mathbf{V} \cdot \nabla t - \omega(\gamma_d - \gamma) + \frac{1}{C_p} \frac{dQ}{dt}$$

由上式知,气温的局地变化由温度平流、垂直运动及非绝热作用引起。首先应考虑基础温度,据本文统计,高温当日与前一日最高气温温差平均 2.9℃,最大一般不超过 10℃。其中,温差在 6℃ 以下的占 90%,说明前一日的基础温度是先决条件之一。

(1)平流项的作用主要体现在暖气团的移动上,造成石家庄高温的暖气团多由陕西、山西或内蒙古移来。它对温度的分作用在 24 小时只能造成 2~3℃ 的变化,预报员可以由实况外推做出比较准确的预测。因而平流项的作用不是高温预报的难点。

(2)第二项的垂直运动项对升温贡献较大,就石家庄的地形条件而言,由于西部太行山的影响。当地面吹偏西风时,常使气流越山后迅速下沉,造成石家庄气温的剧烈上升,此即所谓焚风效应。夏季是石家庄焚风次数相对较少的一个季节^[4],但在特定的环流形势下,西风形势仍能建立。特别在夏初,冷空气活动仍有一定势力,当冷空气经蒙古南下,进入河套和华北很快变性,形成华北地形槽,石家庄出现偏西风。我们对各型高温当日有无偏西风进行的统计(表 1)表明,约 57.1% 的高温过程与偏西风有关。因此,在高温预报中,准确预报次日是否会出现偏西风形势

以及偏西风造成的升温幅度很关键。

表1 高温当日各型有无偏西风次数

分型	暖高型	低前型	东北弱冷锋型	纬向型	其他(无锋面)
有西风	20	8	5	3	4
无西风	0	18	13	3	3
有/(有+无)	100%	30.8%	27.8%	50%	57.1%

另外,当偏西风形势建立时,由于地形强迫造成的下沉运动,常使天气晴朗,湿度下降,大气透光度好,地面的辐射增温剧烈,加强非绝热项的作用。

(3)非绝热项是造成高温的最重要的因素。这主要体现在:①是太阳辐射使近地面层加热升温,在晴空少云,大气透光度好的条件下,往往使气温日变化达 15℃ 以上。150 个高温日中,高温当日平均升温 17.1℃,最大达 24.6℃。②是冷锋前暖空气的堆积。在地面图上,表现为冷锋逼近。高温前一日 14 时冷锋常在二连—磴口一线,次日东移南压到五台山,石家庄处于锋前暖低压中,出现高温天气(图略)。因此在冷暖空气势力相当的情况下,准确判断冷空气移速,预报锋区(或锋面)次日到达的位置对准确预报高温天气很重要。

4 高温的定量预报方程及预报流程

通过天气分型建立经验指标的预报方法,做出了大致定性(局部、大部、全区)的预报。但是依照高温评定标准:日最高温度 ≥ 38℃,当预报次日非全区高温时,对定点预报(如市区)就很困难。另外,即使对预报 38℃ 以上的高温很有把握,但次日最高温度会不会更高,甚至在 40℃ 以上呢?这就涉及到高温预报的进一步量化问题。为了解决这个问题,我们采用逐步回归的方法^[5],建立了高温定量预报方程。

4.1 资料选取及方法

我们采用 1955~2000 年石家庄市及 16 个县市共 131 个高温个例,对石家庄市的观测资料进行分析,选择相关性比较好的几个因子,建立了石家庄市高温定量预报方程。然后利用 2001~2002 年 5~8 月,共 246 日进行检验,分析预报方程的可行性。

4.2 高温预报方程

在取信度 $\alpha = 0.05$ 的情况下, $F_{\alpha} = 2.01$ 时得到石家庄市的高温预报方程:

$$y = 0.1078x_1 - 0.0302x_2 - 0.0884x_3 + 0.0442x_4 + 0.1272x_5 - 0.0142x_6 + 0.0284x_7 + 33.9029$$

其中: x_1 : 高温前一日最高气温($^{\circ}\text{C}$), x_2 : 高温前一日 14 时相对湿度(%), x_3 : 高温当日 14 时相对湿度(%), x_4 : 高温前一日 14 时的水汽压(hPa), x_5 : 高温当日最低气温($^{\circ}\text{C}$), x_6 : 高温当日 02 时风向, x_7 : 高温当日 08 时风向。

4.3 高温预报方程检验及分析

4.3.1 检验分析及解决方案

将 2001~2002 年石家庄市 5~8 月的观测资料代入高温预报方程进行检验, 结果发现:

(1) 方程对高温出现和不出现的平均预报准确率达 92.7%, 故方程对石家庄市的高温有一定的预报能力。

(2) 空报现象比较明显, 2 年共 15 次, 这对于年平均高温日数只有 3 次来说, 还是相当可观的, 因此必须找到另外的因子来减少空报的情况。在业务实践发现, 高温当日 08 时 850hPa 的温度 $< 19^{\circ}\text{C}$ 时, 是一很好的消空指标。为此, 我们选 08 时日本传真图 FXFE782 中预报的 850hPa 的温度作为先决条件, 先进行消空, 不消空时再用方程进行计算。这里值得一提的是, 石家庄地处太行山东麓, 特殊的地形条件使石家庄不仅具有很明显的西风升温效应, 而且东风平流降温 and 气流爬升降温效应也很明显, 特别是后半夜到次日上午的偏东风对次日高温出现具有很明显的消空作用。

利用上述方法对 15 次空报情况进行分析, 除 2001 年 7 月 13 日和 2002 年 6 月 4 日没有消空外, 其余 13 次均被消空。

(3) 2 年共出现 3 次漏报, 经分析发现, 这 3 次高温方程预报温度均在 36.5°C 以上, 实况有 2 次(2001 年 7 月 8 日和 2002 年 6 月 3 日) 6 个站达到 38°C , 另外 1 次(2001 年 6 月 30 日) 全区高温, 漏报可能因为前一天最高和最低温度均比较低, 致使方程预报偏低。

反查这 3 天 08 时 850hPa 的温度均在 21°C 以上, 可见, 08 时 850hPa 的温度 $\geq 21^{\circ}\text{C}$ 是预报高温很好的指标, 即使方程计算不预报高温, 但 08 时日本传真图 FXFE782 中预报的 850hPa 的温度 $\geq 21^{\circ}\text{C}$ 时, 我们就该根

据具体的天气情况, 考虑次日是否预报全区高温或局部高温。

4.3.2 40°C 以上高温的预报情况分析

2001~2002 年中, 实况有 4 天达到了 40°C 以上的高温天气: 2001 年 6 月 30 日、2002 年 7 月 12 日、2002 年 7 月 14 日、2002 年 7 月 15 日, 将 4 日高温天气依次标记为①②③④。预报除①漏报外, 其余 3 天均预报最高温度在 38.9°C 以上, 特别是对④预报 41.2°C , 实况 42.9°C , 效果很好。

2 年中方程预报有 6 次 $\geq 39.0^{\circ}\text{C}$, 对应实况有 5 次达到 38°C 以上的高温, 其中有 3 次在 39°C 以上(包括③、④两次 $> 42^{\circ}\text{C}$ 的极值情况)。

反查 08 时日本传真图 FXFE782 中预报的 850hPa 的温度, 除①外均在 24°C 以上, 同时 FXFE783 中预报的 850hPa 的温度均在 $26^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$, 这可以作为预报 40°C 及以上高温的一个指标。

4.4 石家庄高温的定量预报流程

综合上面的分析, 得到石家庄高温的定量预报流程(图 4), 该流程对 40°C 以上的高温天气具有了一定的预报能力。

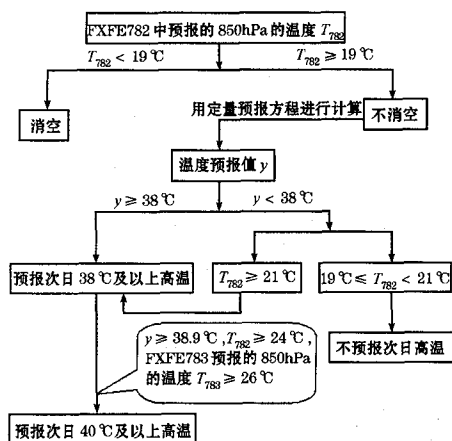


图 4 高温定量预报流程图

另外, 如果用 T_{782} 不消空, 同时方程预报次日高温, 而次日有偏东风形势场建立时, 还要根据具体情况判断次日是否能达到高温。

5 预报流程检验

使用上述预报流程, 对 2001~2002 年夏季石家庄的高温进行了试报。2001~2002 年 5~8 月共出现 14 日高温。空报 2 次, 定

性预报漏报3次,因此其技巧评分 $T_s = (14 - 3)/(14 + 2) = 68.8\%$ 。本站定量预报平均绝对误差 1.3°C 。经过定量预报流程订正后,不会出现漏报,但2次空报仍不能消除,最终预报评分 $T_s = 14/(14 + 2) = 87.5\%$ 。准确率有明显提高。

6 结 语

本文统计分析了石家庄高温出现的天气气候特征。以此为基础,结合目前石家庄气象台拥有的各种数值预报产品,建立了高温预报流程。经三年的准业务使用及不断完善,该流程能够明显提高石家庄高温天气的预报准确率,在高温预报中发挥了很大作用。其不足之处:①由于部分指标取自于传真图,因此只能采取人机对话的形式读取资料,使系统的客观化、自动化程度还不够。②高温预报方程中,使用了高温当日的风向风速和最低温度。这样用预报量做因子,可能会使预报结果不稳定,有待于在今后的使用中进

一步检验、完善。③对石家庄区域范围内高温天气的逐站点预报,做得不够精细。另外,在我们的预报服务中发现,城市对高温天气的社会反应强烈。因此下一步设想用石家庄市区的7个3要素自动站资料,试做高温天气下市区气温的分片预报及逐时次滚动预报,力求使市区的短时效高温预报能做得更精细准确。

参考文献

- 1 丁一汇,戴晓苏. 中国近百年来的温度变化. 气象, 1994, 20(12): 19~26.
- 2 栗秀芬,谭建龙. 石家庄高温天气分析. 石家庄气象, 1990, (1): 15~19.
- 3 朱乾根,林锦瑞,寿绍文等. 天气学原理和方法. 北京: 气象出版社, 1993: 40.
- 4 赵士林等. 太行山中段的焚风. 河北省短期预报岗位培训补充阅读材料, 1998: 136~139.
- 5 屠其璞,王俊德,丁裕国等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984: 255~270.

Synoptic-climatic Characteristics and Forecast Flow of High Temperature in Shijiazhuang

Lian Zhiluan Wang Lirong

(Shijiazhuang Meteorological Office, Hebei Province 050081)

Abstract

Based on data of air-temperature, humidity, wind, cloud at eleven weather stations from 1955 to 2002 in Shijiazhuang, high temperature events are investigated. The synoptic and climatic characteristics of high temperature events are analyzed. Prediction equation and quantitative forecast flow are developed, and the high temperatures ($\geq 40^\circ\text{C}$) can be more successfully forecasted.

Key Words: high temperature synoptic and climatic characteristics forecast flow