

高温高湿天气的特征分析和预报方法

王嘎, 焦新玲 (河北省邯郸市气象局, 河北邯郸 056001)

摘要 根据1983年河北省气象局所定灾害性天气评分标准、采暖通风与空气调节术语标准和对纺织行业的调查, 确定湿球温度 $>27.0^{\circ}\text{C}$ 可作为高温高湿天气出现的指标; 通过对邯郸市气象观测站1980~2003年湿球温度 $>27.0^{\circ}\text{C}$ 出现的资料分析, 找出湿球温度 $>27.0^{\circ}\text{C}$ 出现的气候概况, 并对高温高湿天气(湿球温度 $>27.0^{\circ}\text{C}$)的预报方法进行探讨。

关键词 高温高湿天气; 指标确定; 特征分析; 预报

中图分类号 S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)05-02165-03

高温高湿天气是我国夏季常见的一种灾害性天气, 对人类活动和社会各行各业影响较大。出现高温高湿天气时, 粮仓内会产生霉菌和发酵菌, 导致粮食变质, 有些易燃品遇高温出现自燃, 施工中水泥会出现变形、断裂等现象, 供电线路由于热胀下垂接地出现跳闸, 变压器吸湿变潮出现断路, 纺织厂的纤维强度降低, 出现绕罗拉、多断头等现象。当大气温度 $>35^{\circ}\text{C}$ 时, 人的死亡率明显增多。在农业生产上, 高温高湿天气导致蔬菜出现沤根、徒长等不良现象, 同时也为病虫害的侵袭和发生创造了有利条件。国内外的研究对其标准不统一, 气象部门对其预报, 以高温为主, 高湿涉及少。许多学者对高温高湿天气进行了研究^[1-3], 如高守亭等分析了2002年7月30日~8月4日北京地区典型高温高湿天气的环流、温湿特征和水汽输送特征, 提出可利用广义湿位涡的异常来识别高温高湿天气的出现并进行短时预报^[2]; 杨帅等利用数值模拟诊断分析了2009年7月华北的一次桑拿天过程, 指出靠单纯的温度或湿度来动力识别和诊断桑拿天有较大难度, 并抓住华北地区桑拿天过程高温、高湿、高位涡的特点, 引入一个适合于桑拿天的湿热力位涡参数MTPV, 对高温高湿的桑拿天进行较好的动力识别^[3]。笔者对空气中的含热量与湿球温度的关系进行研究, 确定高温高湿天气出现的指标, 并采用邯郸市气象观测站的资料, 对高温高湿天气的气候概况进行分析, 探讨高温高湿天气的预报方法。

1 高温高湿天气指标的确定

1.1 湿球温度的2个热力学特征 湿球温度稳定后, 球部和周围空气处为等焓交换的热力平衡的状态, 其含义是: 湿球温度的球部有足够的水份蒸发而失去热量, 同时由于球部温度低于周围空气, 空气不断向球部传递热量, 这2种传热方式相等, 即为湿球温度的稳定状态。空气的总能量包括动能 $AV^2/2$ 、位能 Agz 、热焓(显热能) $C_{pd}T$ 、潜热能 Lq ^[4], 即 $E_t = AV^2/2 + Agz + C_{pd}T + Lq$, 其中动能和位能与空气的含热量无关, 可删去。得到空气的热能公式:

$$E_t = C_{pd}T + Lq \quad (1)$$

根据地面气象观测规范 $e = E_{tw} - AP_h(t - t_w)$, 式中, e 为水汽压, E_{tw} 为湿球温度 t_w 所对应的纯水平液面的饱和水汽压, A

为干湿表系数, P_h 为本站气压, t 为干球温度, t_w 为湿球温度^[5], 则

$$t_w = t - (E_{tw} - e) / (AP_h) \quad (2)$$

由(1)和(2)式可知, 空气的含热量计算比较复杂, 生产实际使用起来很不方便。单纯用温度或湿度判断空气的含热量误差又很大, 而湿球温度与水汽压、饱和水汽压、本站气压相关, 与空气的水汽含量、与空气的含热量相关, 同时湿球温度又具有直接测量、直观、使用方便之优点, 所以利用空气的湿球温度的高低来量度空气的含热量是较理想的一个量。

1.2 高温高湿天气出现的指标的确定 1983年河北省气象局所定灾害性天气评分标准中, 把 $T > 35.0^{\circ}\text{C}$, 同时 $E > 32\text{ hPa}$ 作为高温高湿出现的标准, 查其湿球温度为 27.6°C ; 根据采暖通风与空气调节术语标准, 对邯郸1980~2003年的气象资料进行统计, 发现湿球温度为 27.3°C ; 通过社会调查和走访纺织厂有关专家。根据以上3点, 湿球温度均在 $27.0 \sim 28.0^{\circ}\text{C}$, 考虑到气象观测站与社会各行业之间的误差值, 所以将高温高湿天气出现的指标定为湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 是比较合理的。

2 邯郸市高温高湿天气出现的气候概况

2.1 湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 的年际变化 经统计, 1980~2003年邯郸市湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 共出现306 d, 平均每年9 d。湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 的最早日期为6月28日(1977、1978、1980、1994年均以这天开始), 最晚日期为1999年9月8日。将1980~2003年邯郸市湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 出现的天数按照6~9月和全年合计汇成拆线(图1)可见, 一年中湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 最多出现26 d, 为1994年, 1994~2000年为高峰期。其原因一方面是全球气候变暖, 另一方面是从20世纪90年代开始, 观测站周围障碍物和污染物增加, 气温随之升高, 2000年邯郸观测站由市内迁站到赵苑公园, 温度随之降低, 高温日数相对减少。

2.2 湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 的月际变化 由图2可见, 1980~2003年邯郸市湿球温度 $\geq 27.0^{\circ}\text{C}$ 主要出现在7~8月, 6和9月也有出现, 7月出现次数最多, 平均每年9.5 d。由于邯郸市地处 $37^{\circ}15' \text{N}$, 6~8月为汛期, 受副热带高压控制, 气温为一年中的最高, 6月气温虽然比较高, 但湿度小, 构不成高温高湿, 所以仅7~8月比较多。

作者简介 王嘎(1967-), 男, 河北武安人, 工程师, 从事大气探测和预报服务研究, E-mail: hawangga@163.com。

收稿日期 2012-12-20

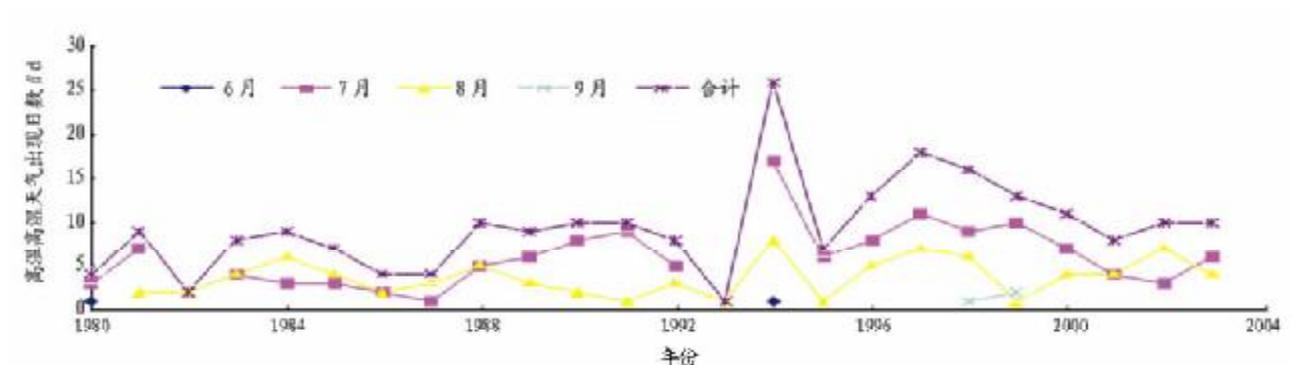


图1 1980~2003年邯郸市湿球温度≥27.0℃出现的天数变化

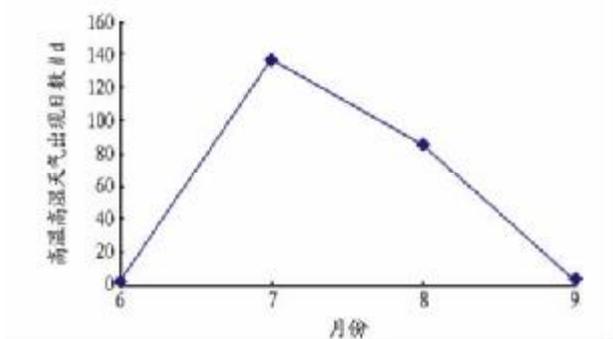


图2 1980~2003年邯郸市湿球温度≥27.0℃历年各月出现的天数变化

2.3 湿球温度≥27.0℃的日际变化 利用邢台基准站(37°04'N、114°30'E)资料,对2011年7月各时次的干球与湿球温

度变化记录进行了统计分析。由图3可见,大气湿球温度的日变化规律与温度的日变化规律趋势基本一致,即在一般情况下,最低值出现在06:00前后,日出后回升,到14:00左右出现最高值,傍晚前后开始下降,至第2日凌晨出现最低值,如此往复进行循环;但湿球温度日较差小,其变化曲线振幅小于温度变化曲线的振幅。

3 高温高湿天气(湿球湿度≥27.0℃)的预报

3.1 高温高湿天气的预报线索 高温高湿天气既然是高能天气,就要从天气形势入手分析能量的平流(即温度和湿度平流),太阳辐射对当地能量的影响,天空状况对太阳辐射的影响;气团的性质和更换,降水时间和强度;本站要素的变化,地面风向、风速的变化,低层扰动情况,地面潮湿湿度等。

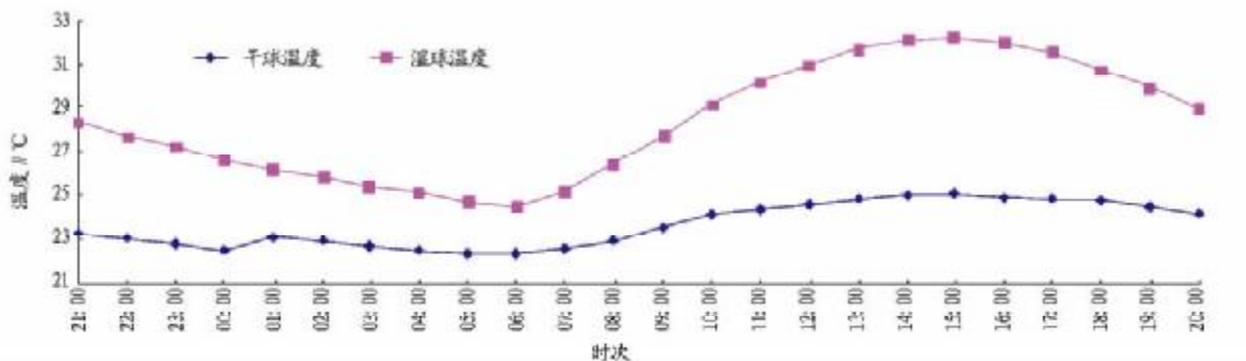


图3 邢台市基准站2011年7月各时次干球与湿球温度变化

3.2 高温高湿天气的天气形势 高温高湿天气共有6种天气形势:①副高控制型。这种形势占主导地位,并且出现的瞬间也较长,如1971年7月15~21日连续7d,1983年8月3~8日连续6d湿球温度≥27.0℃;②副高北抬型。这种形势出现的前一天副高在35°N以南,出现当天副高突然北抬控制邯郸,造成邯郸空气能量大增;③西来暖脊型。这种形势出现的前一天华北为低槽,黄土高原为暖脊,将向华北移动;④雨后焚风效应型;⑤槽后西北气流型;⑥雨后早晨转晴温度突升型。这种形势特点是气压声比较弱,出现前一天下午或晚上降了热雷雨,第2天早晨天气突然转好,太阳辐射较强,地面水蒸发较快,使空气中的含热量猛增所致。

3.3 专家系统科研方法 根据上面的预报线索和形势特点,在大量资料统计的基础上,通过大量资料统计,用专家系

统科研方法,对邯郸市湿球湿度≥27.0℃(高温高湿天气)的预报进行系统的研究,找出了大量预报指标,具体如下:

第1组: $T_{068}^{700} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{463}^{700} \geq 12 \text{ } ^\circ\text{C}$, $140^\circ \leq D_{772}^{700} \leq 270^\circ$ 。

第2组: $T_{068}^{700} \geq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{083}^{700} \geq 12 \text{ } ^\circ\text{C}$, $140^\circ \leq D_{772}^{700} \leq 290^\circ$; 当 $T_{068}^{700} \geq 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时, $T_{463}^{700} \geq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, 或当 $T_{068}^{700} \geq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时, $T_{463}^{700} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$; $T_{614}^{700} \geq 8 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{889}^{700} \geq 9 \text{ } ^\circ\text{C}$, $70^\circ < D_{494}^{700} \leq 320^\circ$; $T_{463-068}^{700} \leq 3 \text{ } ^\circ\text{C}$, 若 $T_{463}^{700} - 068 = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$, 还需 $\Delta H_{463}^{700/24} < -1$; $70^\circ \leq D_{511}^{700} \leq 350^\circ$; $H_{068}^{850} \leq 140$, 其中若 $140^\circ \leq H_{268}^{850} \leq 150$ 时, 还需 $\Delta H_{068}^{850/24} \geq -5$; 若 $90^\circ < D_{083}^{700} \leq 180^\circ$, $D_{494}^{700} \neq 200^\circ - 250^\circ$; 当 $70^\circ < D_{238}^{700} < 130^\circ$ 时, $F_{238}^{700} \leq 12 \text{ m/s}$; 当同时具备 $T_{823}^{700} - T_{511}^{700} \geq 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ 和 $T_{823}^{700} - T_{463}^{700} \geq 3 \text{ } ^\circ\text{C}$ 时, $D_{511}^{700} \neq 270^\circ - 340^\circ$ 。

第3组: $H_{027-083}^{700} \geq 314$, $160^\circ \leq D_{083}^{700} \leq 260^\circ$, $160^\circ \leq D_{772}^{700} \leq 290^\circ$, $90^\circ \leq D_{511}^{700} \leq 350^\circ$, $160^\circ \leq D_{823}^{700} \leq 320^\circ$, $T_{083}^{700} \geq 10 \text{ } ^\circ\text{C}$, $T_{068}^{700} \geq 5$

℃ (其中若 $5\text{℃} \leq T_{068}^{700} \leq 9\text{℃}$ 时, 还需 $D_{511}^{700} \neq 300^\circ - 360^\circ$); $70^\circ \leq D_{\text{本站地面风}}^{700} \leq 200^\circ$, 否则 $F \leq 3\text{ m/s}$ 亦可; 当 $T_{889}^{700} \leq 10\text{℃}$ 时, $D_{823}^{700} \neq 250^\circ \sim 290^\circ$ 或 $D_{772}^{700} \neq 250^\circ \sim 290^\circ$; 当 $\Delta H_{068}^{70024} \leq -4$ 时, 还需 $F_{\text{本站地面风}} \leq 4\text{ m/s}$ 或 $I \geq 880$; 当 $T_{533}^{700} \geq 9\text{℃}$ 时, 还需 $D_{\text{本站地面风向}} > 70^\circ$ 。

第 4 组: $H_{772}^{700} \geq 306$, $T_{772}^{700} \geq 10\text{℃}$, $260^\circ \leq D_{772}^{700} \leq 340^\circ$, $T_{463}^{700} \geq 8\text{℃}$; $230^\circ \leq D_{463}^{700} \leq 350^\circ$, 其中若 $330^\circ \leq D_{463}^{700} \leq 350^\circ$, 还需 $D_{463}^{700} \leq 30^\circ$; $H_{068}^{700} \geq 296$, $T_{068}^{700} \geq 4\text{℃}$ (其中若 $4\text{℃} \leq T_{068}^{700} \leq 6\text{℃}$, 还需 $T_{772}^{700} + T_{614}^{700} \geq 26\text{℃}$); 若 $280^\circ \leq D_{511}^{700} \leq 350^\circ$ 时, $F_{511}^{700} \leq 12\text{ m/s}$; 若 $\Delta T_{068}^{85024} \leq -8\text{℃}$, 还需 $P_{\text{本站}}^{14\text{时}} - P_{\text{本站}}^{08\text{时}} > 0$; 若 $T_{068}^{700} \leq 7\text{℃}$ 且 $90^\circ \leq D_{083}^{700} \leq 340^\circ$ 时, $F_{083}^{700} \leq 3\text{ m/s}$; 当 $110^\circ \leq D_{083}^{700} \leq 140^\circ$ 或 $F_{083}^{700} \geq 20\text{ m/s}$, 均不出现; 当 $110^\circ \leq D_{533}^{700} \leq 130^\circ$ 且 $F_{533}^{700} \geq 6\text{ m/s}$ 时, $T_{614}^{700} \geq 15\text{℃}$ 时, 不出现。

第 5 组: $130^\circ \leq D_{772}^{850} \leq 230^\circ$, $130^\circ \leq D_{036}^{850} \leq 230^\circ$, $T_{083}^{850} \geq 21\text{℃}$, $T_{772}^{850} \geq 21\text{℃}$, $T_{036}^{850} \geq 23\text{℃}$, $\Delta T_{614}^{85024} > -5\text{℃}$ 。

第 6 组: $160^\circ \leq D_{463}^{700} \leq 280^\circ$, $30^\circ \leq D_{083}^{700} \leq 110^\circ$, $0^\circ \leq D_{036}^{700} \leq 230^\circ$, $170^\circ \leq D_{511}^{700} \leq 320^\circ$, $180^\circ \leq D_{268}^{700} \leq 290^\circ$, $T_{083}^{700} \geq 11\text{℃}$, $T_{036}^{700} \geq 11\text{℃}$, $T_{511}^{700} \geq 10\text{℃}$, $T_{463}^{700} \geq 9\text{℃}$, $H_{823}^{700} \geq 309$, $H_{772}^{700} - H_{068}^{700} < 10^\circ$; 当 $100^\circ \leq D_{027}^{700} \leq 130^\circ$ 时, $F_{027}^{700} > 8\text{ m/s}$; $30^\circ \leq D_{027}^{700} \leq 60^\circ$ 。

以上预报指标中, H_{xxx}^{yyy} 中 xxx 为站号, yyy 为等压面的高度; T_{xxx}^{yyy} 中 xxx 为站号, yyy 为等压面上的温度; D_{xxx}^{yyy} 、 F_{xxx}^{yyy} 中 xxx 为站号, yyy 为等压面上的风向风速; A_{xxx}^{yyy24} 为某站某要素 24 h 变化。

(上接第 2140 页)

世纪 90 年代比 80 年代日照时数降低很多, 达 20%, 近几年来比 90 年代降低约为 459.4 h, 这与 21 世纪降水量增多相对应。

2.4 雷暴 从清河县 1980~2009 年雷暴统计(表 1)来看, 30 年中, 雷暴日数平均每年为 21.5 d, 而近 10 年来清河县的雷暴日数平均约为 21.3 d, 与历年平均值相比没有太大的变化; 清河县雷暴天气主要集中发生在夏季(6~8 月), 占全年总日数的 71.6%, 其次是秋季占 15.6%, 春季最少占 12.8%, 冬季没有; 从逐月分布看, 7 月最多, 占全年总日数的 26.1%, 6 和 8 月相差不多, 分别占 24.4% 和 21.1%, 其次是 5 和 9 月, 分别占 10.4% 和 12.3%, 3、4、10 月发生的几率很少, 11、12、1、2 月没有雷暴天气的发生。

表 1 1980~2009 年清河县各月平均雷暴日数

月份	平均雷暴日//d	百分比//%
1	0	0
2	0	0
3	0.03	0.1
4	0.77	2.3
5	3.53	10.4
6	8.23	24.4
7	8.83	26.1
8	7.13	21.1
9	4.17	12.3
10	1.10	3.3
11	0	0
12	0	0

4 结论

(1) 根据 1983 年河北省气象局所定灾害性天气评分标准、采暖通风与空气调节术语标准和对纺织行业的调查, 确定湿球温度 $\geq 27.0\text{℃}$ 可作为高温高湿天气出现的指标。

(2) 1980~2003 年邯郸市湿球温度 $\geq 27.0\text{℃}$ 共出现 306 d, 平均每年 9 d。湿球温度 $\geq 27.0\text{℃}$ 的最早日期为 6 月 28 日, 最晚日期为 1999 年 9 月 8 日; 一年中湿球温度 $\geq 27.0\text{℃}$ 最多出现 26 d, 为 1994 年, 1994~2000 年为高峰期。1980~2003 年邯郸市湿球温度 $\geq 27.0\text{℃}$ 主要出现在 7~8 月, 6 和 9 月也有出现, 7 月出现次数最多, 平均每年 9.5 d。大气湿球温度的日变化规律与温度的日变化规律趋势基本一致, 但湿球温度日较差小, 其变化曲线振幅小于温度变化曲线的振幅。

(3) 根据预报线索和形势特点, 在大量资料统计的基础上, 通过大量资料统计, 用专家系统科研方法, 对邯郸市高温高湿天气的预报进行系统的研究, 找出了 6 组预报指标。

参考文献

- [1] 谢庄, 崔继良, 刘海涛, 等. 华北和北京的酷暑天气历史概况及个例分析[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(4): 323-333.
- [2] 高守亭, 周玉淑, 雷霆, 等. 北京城市夏季高温高湿天气过程分析及动力识别[J]. 中国科学(D 辑: 地球科学), 2005, 35(S1): 107-114.
- [3] 杨帅, 高守亭, 陈斌. 2009 年一次华北强桑拿天气过程的动力识别[J]. 物理学报, 2012, 61(13): 539-546.
- [4] 陈创买, 郭英琼. 气象常用参数和物理量查算表[M]. 北京: 气象出版社, 1980.
- [5] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.

3 小结与讨论

(1) 通过对河北省清河县 1980~2009 年的气象资料统计分析, 发现清河县平均气温总的来说是呈波动升温趋势, 尽管有短期的降温波动, 但总的趋势是升温的, 这与全国的气温变化趋势相同。

(2) 30 年来清河县的年降水量是波动变化趋势。从季节来看, 春、秋季和冬季降水量变化不显著, 夏季降水量决定全年的降水变化趋势。

(3) 30 年来清河县的日照时数、蒸发量均为下降趋势, 且呈正相位关系, 二者与降水量分别呈反相位关系, 即日照时数大、蒸发量大, 降水量小。

(4) 清河县的雷暴天气多发生在夏季, 尤其是 7 月最多, 占全年总日数的 26.1%。清河县雷暴灾害性天气呈逐年减少的趋势, 对人们的生产、生活的影响将会越来越小。

(5) 通过多个气象要素的统计和分析, 可见年平均气温的升高对年降水量有很大的影响, 易形成干旱年份, 周期为 7~9 年, 这与当地农谚“十年九旱”也基本相一致。

参考文献

- [1] 任国玉, 郭军, 徐铭志, 等. 近 50 年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [2] 涂方旭, 李耀先. 广西气温的气候变化分析[J]. 广西气象, 2000, 21(3): 33-35, 40.