

杨允凌, 杨丽娜, 王晓娟, 等. 河北邢台地区蒸发皿蒸发量的变化特征及影响因素[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 82–88. doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0082

河北邢台地区蒸发皿蒸发量的变化特征及影响因素

杨允凌, 杨丽娜, 王晓娟, 刘 瑾, 钱瑞贞

(河北省邢台市气象局, 河北 邢台 054000)

摘 要:采用线性倾向估计、累积距平曲线、滑动 T 检验和完全相关系数法, 分析了 1972~2011 年邢台地区蒸发皿蒸发量的变化特征及其影响因素。结果表明: 邢台地区年及 4 季蒸发量呈现显著下降趋势, 其中春季蒸发量的下降趋势最为明显, 其次为夏季, 年蒸发量的下降主要源于春季、夏季的贡献, 年蒸发量在 1983 年发生突变, 之后明显下降。邢台地区年蒸发量与日照时数、平均风速、气温日较差呈正相关, 与降水量、相对湿度呈负相关。平均风速、气温日较差和日照时数下降是邢台地区蒸发量减少的主要原因。

关键词:蒸发皿蒸发量; 变化特征; 影响因素; 邢台

文章编号:1006-7639(2013)-01-0082-07 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0082

中图分类号:P412.13

文献标识码:A

引 言

蒸发是衡量水分收支、参与地球表面水热平衡的重要因素, 也是决定小气候及区域气候的重要因子。同时, 蒸发(散)又可减少辐射向感热转化, 增加空气湿度, 提高最低气温及降低最高气温, 起到调节气候的作用。进行蒸发量的研究, 对深入了解气候变化、探讨区域水分循环变化规律, 并对水利工程设计、农林牧业等的土地改良、土壤水分调节、灌溉定额的制定以及制定气候区划等方面具有重要意义。

按照一般规律, 气温升高时, 空气将变得更加干燥, 陆面水体蒸发也会增加。然而从目前国内对蒸发量变化的研究来看, 发现近几十年以来, 中国大部分地区蒸发量均表现出明显的下降趋势^[1-6]。有关蒸发量变化趋势及其变化的原因, 不同的研究者有不同观点。杨建平等认为太阳辐射的减少是蒸发量下降的主要原因^[1], 刘敏等认为气温日较差是主要影响因子^[2], 王艳君等认为日照时数和平均风速是主要影响因素^[3]。赵冬艳认为大连市年蒸发量呈增加趋势, 主要影响因子为地面温度和相对湿度^[4]。然而汪治桂等^[7]对甘肃玛曲县的研究表明, 近 40 a 潜在蒸发量 and 小型蒸发量均呈上升趋势。

那么邢台地区的蒸发量变化特征以及主要气象影响因素是什么? 目前这方面的研究很少, 鉴于此, 本文利用邢台地区 8 个气象站 1972~2011 年的蒸发皿蒸发量资料, 从时间和空间 2 方面分析了蒸发量的变化特征及影响因素, 以期为邢台水资源的开发利用、规划设计和环境评价提供科学依据。

1 资料和方法

1.1 资料来源

选用邢台地区南宫、邢台、巨鹿、宁晋、威县、临城、内丘、隆尧 8 个气象站 1972~2011 年气象资料, 资料来自邢台市气象局。资料中的蒸发皿蒸发量、平均气温、气温日较差、日照时数、风速、相对湿度、降水量等资料均为月值, 文中所用蒸发量如无特殊说明均指 20 cm 口径小型蒸发皿蒸发量, 自 2002 年开始邢台市、南宫(邢台市辖县)4~10 月蒸发量为 E601B 型蒸发量, 依据文献^[8-10]分别折算成 20 cm 口径小型蒸发量参加邢台地区统计。气候要素平均值为 8 个观测站算术平均, 季节划分采用气象季节, 即 3~5 月为春季, 6~8 月为夏季, 9~11 月为秋季, 12 月至翌年 2 月为冬季。

1.2.1 气候变化速率

为定量分析邢台蒸发量的变化趋势, 采用最小

收稿日期: 2012-08-20; 改回日期: 2013-01-05

基金项目: 河北省气象局科研项目(11KY40)资助

作者简介: 杨允凌(1968-), 女, 工程师, 主要从事气象预报服务工作. E-mail: xtyangyunling@126.com

二乘法计算了年及4季蒸发量的气候变化速率^[11]。即计算样本与时间的线性回归系数:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i y_i) - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n t_i)^2}$$

式中: y_i 为各要素的时间序列, t_i 为时间 ($t_i = 1, 2, 3, \dots$), $n = 40$ 。称 $10 \times a$ 为气候变化速率, 单位为各气象要素单位/10 a。如果蒸发量的气候变化速率, 则单位为 mm/10 a。

1.2.2 相关系数

在对影响蒸发量各气象要素进行相关普查时, 分别计算了蒸发量与各要素序列之间的相关系数^[12], 作为相关程度大小的表征指标, 此指标基本反映了两者之间的关联密切程度。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}$$

式中: r_{ij} 为2个要素序列之间的相关系数, n 为样本数, $x_i(x_j)$ 分别表示第 $i(j)$ 个要素第 k 年的序列值。

1.2.3 累积距平

对于序列 x , 其某一时刻 t 累积距平表示为:

$$x_t = \sum_{i=1}^t (x_i - \bar{x}) \quad (t = 1, 2, \dots, n)$$

其中 $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

由曲线直观判断变化趋势: 当累积距平曲线呈上升趋势, 表示距平值增加, 呈下降趋势则表示距平值减小。从曲线明显的上下起伏, 可以判断其长期显著的演变趋势及持续性变化, 甚至还可以诊断出发生变化的大致时间。从曲线小的波动变化可以考察其短期的距平值变化^[12]。

1.2.4 滑动 T 检验

通过考察2组样本平均值的差异是否显著来检验突变。对于总样本量为 n 的序列 x , 人为设置某一时刻为基准点, 取前后长度分别为 n_1, n_2 的2子序列 (一般取 $n_1 = n_2$), 进行连续的滑动计算, 得到 t 统计量序列。给定显著性水平 α , 确定临界值 t_α , 若 $t < t_\alpha$, 则认为基准点前后的两子序列均无显著差异, 否则认为在基准点时刻出现了突变。 t 的统计量计

算公式为:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

式中 $s = \sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$, s_1, s_2 为2子序列的标准差, $\bar{x}_1, \bar{x}_2$ 为2子序列平均值。

1.2.5 完全相关系数

由于蒸发量的影响因子较多, 为了准确分析其主要影响因子, 即该因子既与蒸发量有较高的相关性又随时间发生显著变化, 本文采用完全相关系数方法^[13-14]分析影响蒸发量的主要因子。完全相关系数的计算公式:

$$R = r_e r_t$$

式中, R 为完全相关系数; r_e 为影响因子与蒸发量的相关系数; r_t 为影响因子与时间的相关系数。由上式可知, 只有在影响因子与蒸发量和时间的相关性都较大时, 其与蒸发量的完全相关系数才较大。

2 蒸发量变化的时空分布特征

2.1 蒸发量的年季变化特征

邢台地区近40 a平均蒸发量为1 879.7 mm, 年最大蒸发量2 373.6 mm, 出现在1972年, 年最小蒸发量1 565.5 mm, 出现在2003年, 春季为661.4 mm, 约占全年35.2%; 夏季为708.0 mm, 约占全年37.7%; 秋季为350.9 mm, 约占全年18.7%; 冬季为159.0 mm, 约占全年8.5%。说明春、夏季蒸发的多少对水循环起重要作用。

由图1可知, 近40 a邢台地区年蒸发量呈显著下降趋势, 年蒸发量变化速率为-95.00 mm/10a, 通过了0.01信度检验。1972~1981年平均蒸发量为2 037.5 mm, 是年平均蒸发量最多的10 a; 1982~1991年平均蒸发量为1 854.9 mm, 1992~2001年平均蒸发量为1 898.9 mm, 2002~2011年平均蒸发量1 727.6 mm, 是年平均蒸发量最少的10 a。近40 a平均蒸发量呈波动下降趋势, 且最近10 a下降明显。这与韩军彩等^[14]对石家庄市蒸发皿蒸发量的变化特征基本一致。

4季蒸发量均有显著下降趋势, 春季降幅最大, 变化速率为-45.01 mm/10 a, 夏季略低, 变化速率为-27.63 mm/10 a, 秋季变化速率为-14.66 mm/10 a, 冬季最小, 变化速率为-10.44

mm/10 a。说明春季和夏季蒸发量下降造成年蒸发量显著减少。

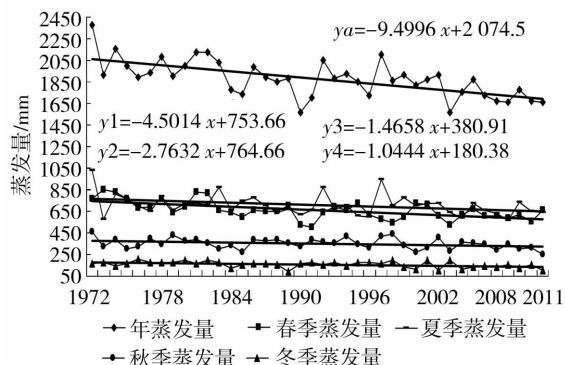


图1 1972~2011年邢台地区年及不同季节区域平均蒸发量特征变化

Fig.1 The change trend of annual and seasonal mean evaporation in Xingtai from 1972 to 2011

从年及4季蒸发量的线性趋势线分析,1990年前蒸发量在均值上波动变化,1990年之后蒸发量在均值下显著减少。尤其2002年开始蒸发量下降显著。

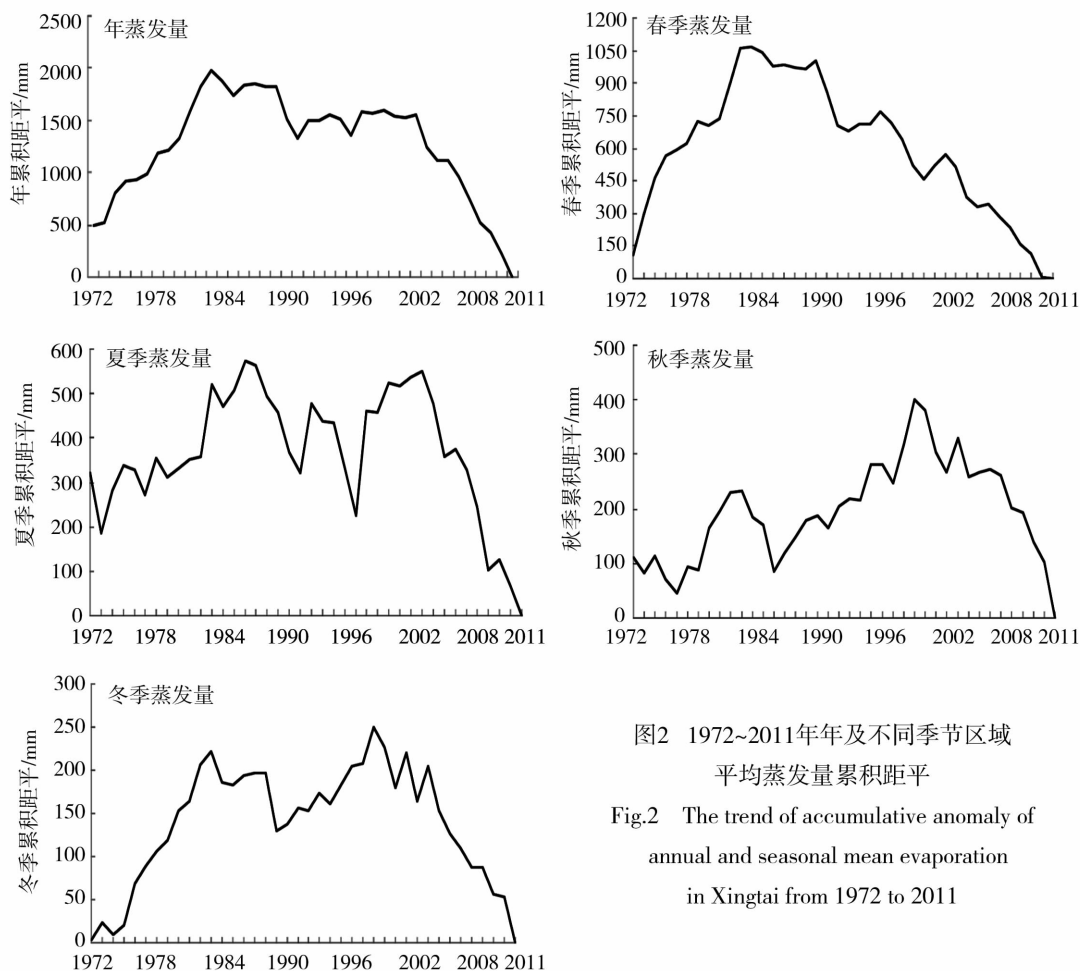


图2 1972~2011年年及不同季节区域平均蒸发量累积距平

Fig.2 The trend of accumulative anomaly of annual and seasonal mean evaporation in Xingtai from 1972 to 2011

2.2 蒸发量的突变特征

图2给出邢台地区年和不同季节区域平均蒸发量累积距平的变化。可以看出,1972~1983年间,年蒸发量高于40 a平均值,1983年之后低于40 a平均值,年蒸发量在1983年发生突变。春季蒸发量与年蒸发量类似,以1983年为转折,之前高于平均值,之后低于平均值;夏季在1986年和2002年出现转折,秋季和冬季在1998年转折。春季蒸发量的变幅最大,夏季次之,秋冬较小。

图3给出邢台地区年和不同季节区域平均蒸发量滑动 T 检验的变化。从图3可以看出,近40 a平均年蒸发量在1983年和2002年发生突变;春季蒸发量在1982年发生突变;夏季在1986年和2002年发生突变;秋季蒸发量在1981年发生突变;冬季蒸发量在1983年发生突变。在突变点前后,年平均蒸发量和4季蒸发量均表现为增加和减少趋势。

综合累积距平和滑动 T 检验2种方法,年蒸发量在1983年发生突变;春季蒸发量在1982年发生突变;夏季蒸发量在1986年和2002年发生突变;秋季没有明显突变;冬季蒸发量在1983年发生突变。

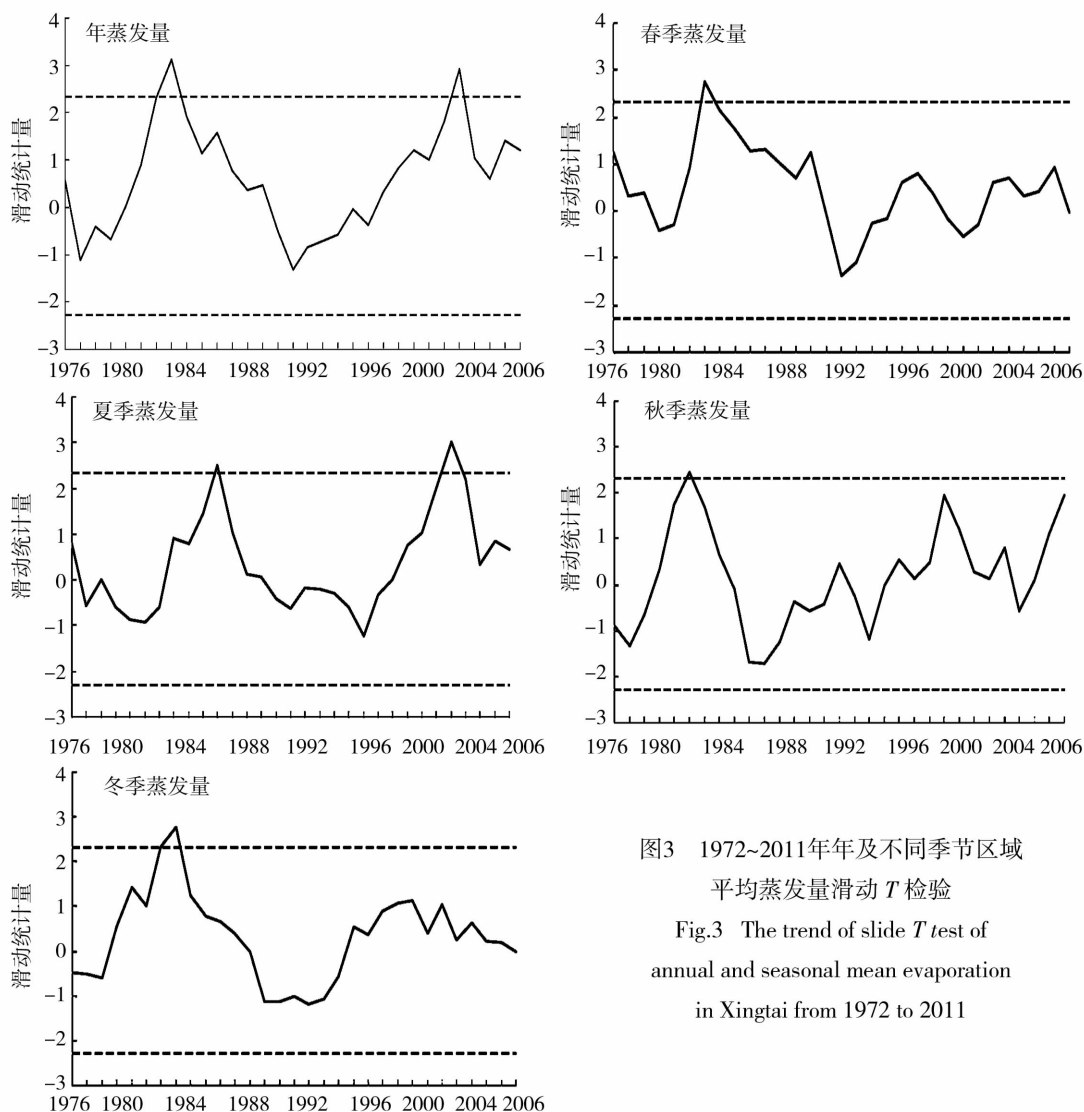


图3 1972~2011年年及不同季节区域
平均蒸发量滑动 T 检验
Fig.3 The trend of slide T test of
annual and seasonal mean evaporation
in Xingtai from 1972 to 2011

2.3 蒸发量的月变化特征

对邢台8个气象站累年平均蒸发量的逐月资料分析,发现各站间各月分布规律相同,1~6月逐月增加,7月后逐月下降,为单峰形分布。月蒸发量最大值315.5 mm,出现在6月;最小值43.7 mm,出现在12月。这是由于6月的气候干燥少雨,高温日数多,同时日照增多,气温上升快,使蒸发速度加大,致使蒸发量增加。而7月虽然温度高,但是由于副热带高压北进,邢台进入雨季,多阴雨天气,空气相对湿度增加,使得7月蒸发量突然减少,所以蒸发量没有6月份多。12月气温迅速下降,日照时数明显减少,致使蒸发量最小。

从近40 a月蒸发量变化趋势分析,7月蒸发量存在0.74 mm/10 a的微弱上升趋势外,其他各月均

为下降趋势。尤其是5月、6月蒸发量减少分别达到-23.99 mm/10 a和-24.34 mm/10 a,2月、4月、5月和6月蒸发量减少显著,均通过0.01水平的置信度检验,11月和12月蒸发量显著减少,通过了0.05水平的置信度检验。

2.4 蒸发量的空间分布特征和变化趋势

邢台地区平均蒸发量总体呈下降趋势,但各站与整个区域气候变化趋势并不完全一致。表2给出了区域各站年蒸发量近40 a的平均值。近40 a平均蒸发量临城最大2089.7 mm,最小蒸发量宁晋为1643.0 mm。气候变化速率最大的巨鹿是-255.21 mm/10 a,次大值内丘为-140.59 mm/10 a,最小是邢台-21.83 mm/10 a,次小值南宫为-36.34 mm/10 a,未通过0.05的信度检验,其下降趋势不显著。

表 1 邢台地区 1972 ~ 2011 年月蒸发量变化趋势

Tab. 1 The trend of evaporation in each month during 1972 - 2011

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
月蒸发量/mm	45.0	69.4	150.3	229.3	281.8	315.5	219.0	173.5	152.5	128.4	69.9	43.7
变化速率/(mm/10 a)	-1.95	-0.94 **	-5.87	-15.16 **	-23.99 **	-24.34 **	0.74	-4.03	-6.29	-3.32	-5.05 *	-3.82 *

注:表中*和**分别表示通过0.05和0.01水平的置信度检验

表 2 邢台各台站 1972 ~ 2011 年年平均蒸发量

Tab. 2 The trend of annual mean evaporation at each station during 1972 - 2011

	邢台	巨鹿	宁晋	南宫	威县	临城	内丘	隆尧
年蒸发量/mm	1 958.6	1 921.4	1 643	1 987.3	1 826.4	2 089.7	1 876.3	1 724.1
变化速率/(mm/10 a)	-21.83	-255.21 **	-65.74 **	-36.34	-108.66 **	-75.70 **	-140.59 **	-48.10 *

注:表中*和**分别表示通过0.05和0.01水平的置信度检验

3 蒸发量影响因子

3.1 影响蒸发量的主要气象因子

蒸发量作为大气蒸发潜力的一个重要指标,主要是水分(相对湿度、降水量和水汽压等)、热力(空气温度、日照时数和气温日较差等)和动力(风速、气压等)3类气象因子综合作用的结果。参考梁桂花等的研究^[15],本文主要分析日照时数、平均风速、气温日较差、相对湿度和降水量5个要素对蒸发量的影响。

3.1.1 日照时数

日照时数对蒸发量的影响,首先是通过影响太阳辐射的大小,进而作用于蒸散过程的能量供给条件,最终对蒸发量产生影响。一般来说,日照时数越大,太阳的净辐射值便越大,蒸散过程的能量供给就越充分,蒸发量也就随之加大。计算邢台地区 1972 ~ 2011 年近 40 a 日照时数的变化趋势,得到气候倾向率为 $-78.96 \text{ h}/10 \text{ a}$,年日照时数与时间的相关系数为 -0.562 ,通过 0.01 的信度检验,即年日照时数的减少趋势显著。年日照时数的变化趋势与蒸发量的减少趋势一致,日照时数与蒸发量的相关系数为 0.764 ,说明日照时数与蒸发量呈正相关,即日照和蒸发量随年际变化都在减少。

3.1.2 平均风速

风速是由于大气运动而产生的,其大小变化影响大气的流动,从而影响蒸发。计算邢台地区 1972 ~ 2011 年近 40 a 平均风速的变化趋势,得到气候倾向率为 $-0.16 \text{ m}/(\text{s} \cdot 10 \text{ a})$,年平均风速与时间的相关系数为 -0.778 ,通过 0.01 的信度检验,即年平均风速的减少趋势显著。年平均风速的变化趋势与蒸发量的减少趋势一致,平均风速与蒸发量的相关

系数为 0.666 ,说明平均风速与蒸发量呈正相关,即风速和蒸发量随年际变化都在减少。

3.1.3 气温日较差

计算邢台地区 1972 ~ 2011 年近 40 a 气温日较差的变化趋势,得到气候倾向率为 $-0.36 \text{ }^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$,与时间的相关系数为 -0.638 ,通过 0.01 的信度检验,即气温日较差的减少趋势显著。气温日较差的变化趋势与蒸发量的减少趋势一致,气温日较差与蒸发量的相关系数为 0.752 ,说明气温日较差与蒸发量呈正相关,即气温日较差和蒸发量随年际变化都在减少。

3.1.4 相对湿度和降水量

水汽条件也是影响蒸发过程中水汽转移条件的主要因子,降水量和相对湿度的上升,使空气的饱和湿度增加,将使蒸发量相应地减少,而降水量的减少将使蒸发量增加。邢台地区 1972 ~ 2011 年平均相对湿度的变化速率为 $-0.30/10 \text{ a}$,降水量以 $-0.53 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 的速率下降,与时间的相关系数为 -0.125 和 -0.049 ,未通过 0.05 的信度检验,即相对湿度和降水量的减少趋势不显著。蒸发量与相对湿度和降水量的相关系数分别为 -0.363 、 -0.409 ,通过 0.05 的信度检验,表明蒸发量与水汽有关因子呈负相关。水汽因子也是造成蒸发量减少的原因之一,但并不显著。

3.2 蒸发量与影响因子的完全相关系数

表 3 给出了邢台地区 1972 ~ 2011 年各影响因子的变化速率及其与时间、蒸发量相关系数及完全相关系数。从完全相关系数分析可知:邢台地区平均风速的完全相关系数最大,其次为气温日较差和日照时数,平均气温、降水量和相对湿度与

蒸发量的完全相关系数较小。即平均风速、气温日较差和日照时数既与蒸发量的相关系数较强,又随时间发生了比较显著的变化,是邢台地区蒸发量下降的主要因素,与申双和分析的近45 a来

影响中国蒸发皿蒸发量的主要因子为风速和日照时数的结论^[16]基本一致。由于平均气温、降水量和相对湿度与蒸发量的完全相关系数较小,对蒸发量变化的影响相对有限。

表3 邢台地区1972~2011年各影响因子的变化速率及其与时间、蒸发量相关系数及完全相关系数

Tab.3 The variation trend of each influencing factor and correlation coefficients of evaporation and each influencing factor

项目	气温	最高气温	最低气温	日较差	降水量	日照时数	风速	相对湿度
变化速率/(mm/10 a)	0.23	0.07	0.43	-0.36	-0.53	-78.96	-0.16	-0.30
与时间相关系数	0.556 **	0.162	0.741 **	-0.638 **	-0.049	-0.562 **	-0.778 **	-0.125
与蒸发量相关系数	-0.076	0.353 *	-0.453 **	0.752 **	-0.409 **	0.764 **	0.666 **	-0.363 *
完全相关系数	-0.043	0.057	-0.335 *	-0.479 **	0.020	-0.429 **	-0.518 **	0.045

注:表中*和**分别表示通过0.05和0.01水平的置信度检验

4 结论与讨论

(1) 邢台地区年蒸发量为1 879.7 mm,最大蒸发量2 373.6 mm,出现在1972年,最小蒸发量1 565.5 mm,出现在2003年,春季为661.4 mm,约占全年35.2%;夏季为708.0 mm,约占全年37.7%;秋季为350.9 mm,约占全年18.7%;冬季为159.0 mm,约占全年8.5%。说明春、夏季蒸发的多少对水循环起重要作用。

(2) 邢台地区蒸发量总体呈下降趋势,其气候变化速率为-95.0 mm/10 a,蒸发量随时间变化显著减少,年蒸发量在1983年发生突变,之后逐步下降。4季蒸发量均呈显著下降变化趋势,春季和夏季蒸发量下降对年蒸发量下降贡献最大;月蒸发量除7月外,均呈下降趋势,5月、6月蒸发量下降最显著,分别达到了-23.99 mm/10 a和-24.34 mm/10 a,6月蒸发量最大,12月蒸发量最小。

(3) 邢台地区蒸发量在过去40 a均呈减少趋势,巨鹿和内丘减少趋势显著,邢台和南宫减少趋势不显著。

(4) 邢台地区年蒸发量与日照时数、平均风速、气温日较差总体上呈正相关,与降水量、相对湿度呈负相关。平均风速、气温日较差和日照时数下降是邢台地区蒸发量下降的主要因素。

(5) 邢台、南宫自2002年开始在1~3月和11~12月结冰期观测小型蒸发皿蒸发量,在4~10月非结冰期仅观测大型蒸发皿(E-601B型),在统计近40 a的蒸发量资料时虽然进行了折算转化,但这些有可能使这2个地方的蒸发量存在一些偏差,如

何更加客观地解决资料这方面的问题还需要进一步探索和研究。

本文只是对可能引起蒸发皿蒸发量减少的部分影响因素进行了初步探讨,由于影响蒸发皿蒸发量的要素多,物理机制复杂,尚有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 杨建平,丁永建,陈仁生.近40年来中国北方降水量与蒸发量变化[J].干旱区资源与环境,2003,17(2):6-11.
- [2] 刘敏,沈彦俊,曾燕,等.近50年中国蒸发皿蒸发量变化趋势及原因[J].地理学报,2009,64(3):259-269.
- [3] 王艳君,姜彤,许崇育,等.长江流域1961—2000年蒸发量变化趋势研究[J].气候变化研究进展,2005,1(3):99-104.
- [4] 赵冬艳.大连市蒸发量变化特征及影响因子[J].气象与环境学报,2011,27(4):34-38.
- [5] 王佩,邱国玉,尹婧,等.泾河流域温度与器皿蒸发量时空特征及变化趋势[J].干旱气象,2008,26(1):17-22.
- [6] 庄晓翠,张林梅,阿志肯,等.阿勒泰地区暖季蒸发变化特征及与气象因子的关系[J].干旱气象,2009,27(3):213-218.
- [7] 汪治桂,王建兵,冯景昌,等.甘肃玛曲县近40 a潜在蒸散量的变化趋势[J].干旱气象,2011,29(4):488-491.
- [8] 杨允凌,王丛梅,杨丽娜.邢台蒸发对比观测及折算系数分析[A].第28届中国气象学会年会—S1第四届气象综合探测技术研讨会[C];2011.
- [9] 任芝花,黎明琴,张纬敏.小型蒸发器对E-601B蒸发器的折算系数[J].应用气象学报,2002,13(4):508-512.
- [10] 庞成,马鸿勇,王伏村,等.张掖E601型与小型蒸发观测资料对比[J].干旱气象,2011,29(3):362-367.
- [11] 刘学锋,于长文,任国玉.河北省近40年蒸发皿蒸发量变化特征及影响因素初探[J].干旱区地理,2007,30(4):507-512.
- [12] 魏凤英.现代气候统计诊断与预测技术[M].北京:气象出版社,2007.
- [13] 刘波,马柱国,丁裕国.中国北方近45年蒸发变化的特征及与

- 环境的关系[J]. 高原气象, 2006, 25(5): 840–848.
- [14] 韩军彩, 张秉祥, 高祺, 等. 石家庄市蒸发皿蒸发量的变化特征及其影响因子分析[J]. 干旱气象, 2009, 27(4): 340–345.
- [15] 梁桂花, 张小平, 朱叶. 朔州市近 50a 蒸发量变化特征及影响因子分析[J]. 干旱气象, 2009, 27(2): 123–126.
- [16] 申双和, 盛琼. 45 年来中国蒸发皿蒸发量的变化特征及其成因[J]. 气象学报, 2008, 66(3): 452–460.

Variation Characteristic and Influence Factors of Pan Evaporation in Xingtai of Hebei Province

YANG Yunling, YANG Lina, WANG Xiaojuan, LIU Jin, QIAN Ruizhen

(Xingtai Meteorological Bureau of Hebei Province, Xingtai 054000, China)

Abstract: The variation characteristics of pan evaporation and its influencing factors from 1972 to 2011 in Xingtai were analyzed by using methods of a linear tendency, accumulative anomaly, slide T test and a complete correlation coefficient. The results show that the annual and seasonal pan evaporation presented decreasing trend, especially in spring, then in summer. Decrease of annual pan evaporation was mainly due to spring and summer pan evaporation decrease. The abrupt change of annual pan evaporation occurred in 1983, and after that the pan evaporation decreased obviously. Annual pan evaporation in Xingtai was positively correlated with sunshine hours, average wind speed and temperature daily range, and negatively correlated with precipitation, and relative humidity. The decreasing average wind speed, temperature daily range and sunshine hours are the major reasons for the downward pan evaporation in Xingtai.

Key words: pan evaporation; variation; influencing factor; Xingtai

=====

(上接第 81 页)

Characteristics of Shallow Layer Ground Temperature Change in Shijiazhuang of Hebei Province

ZHANG Cuihua^{1,2}, ZHANG Wenyu², GUO Liping³

- (1. Shijiazhuang Meteorological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, China;
2. College of Atmospheric Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;
3. Langfang Meteorological Bureau of Hebei Province, Langfang 065000, China)

Abstract: Based on the daily ground temperature observation data of 5 stations in Shijiazhuang from 1981 to 2010, the characteristics and period of mean shallow layer ground temperature were analyzed. The results show that the fluctuant variability of mean shallow layer ground temperature decreased with soil layer depth increase for all years and seasons, and the fluctuant variability was maximum in spring and minimum in winter. The fluctuant range of mean shallow layer ground temperature decreased with soil layer depth increase for all years and seasons, and the fluctuant range was maximum in summer and minimum in winter. The annual mean shallow layer ground temperature increased with soil layer depth increase, and in spring and summer, mean shallow layer ground temperature decreased with soil layer depth increase, but it increased in autumn and winter. Annual mean shallow layer ground temperature presented increasing trend with an obvious warming trend in winter. There were nine to ten years period and four to six years period for mean shallow layer ground temperature.

Key words: Shijiazhuang; shallow layer ground temperature; variation characteristics; period