

气温变化对黄河流域蒸发能力的影响

史忠海¹, 王国庆^{2,3}, 余辉⁴, 姜越飞¹, 荆新爱³, 李皓冰³

(1. 郑州市环境监察支队, 河南 郑州 450007; 2. 河海大学水资源环境学院, 江苏 南京 200098;

3. 黄河水利委员会, 河南 郑州 450003; 4. 郑州市气象局, 河南 郑州 450005)

摘 要: 气温是影响流域蒸发的一个重要因素, 根据黄河流域蒸发能力与气温的关系, 建立了简洁且实用的指数型蒸发能力估算公式, 分析了气温变化对流域蒸发能力的影响。结果表明: 黄河流域简洁指数型公式具有与高桥浩一郎公式同样好的蒸发能力估算效果, 在气温升高 1℃ 的情况下, 流域蒸发能力约增加 5.0% ~ 7.0%; 干燥系数约为 3 时, 蒸发能力随气温的变率最大。

关键词: 气温变化; 黄河; 蒸发能力; 影响

中图分类号: P426.2

文献标识码: B

文章编号: 1004-6372(2006)01-0031-02

引 言

随大气中 CO₂ 及其它痕量气体浓度的增加, 全球性的气候变化将加剧某些地区的洪涝和干旱灾害, 引起水资源的重新分配^[1]。应用流域水文模型耦合全球气候模型(Global Climate Models, 简称 GCMs) 的输出是目前研究气候变化对流域水文影响的重要途径。由于流域水文模型需要输入蒸发能力和降水资料, 而目前 GCMs 模型通常的输出变量为气温和降水的变化值, 因此研究气温变化对蒸发能力的影响具有重要意义。

蒸发是水文循环、水量转化研究中的一项重要研究内容, 水面蒸发量是反映当地蒸发能力的重要指标。限于影响因素复杂、实测资料少等客观条件, 该方面的研究相对薄弱。气温是流域蒸发能力的重要影响因子, 在探求气温与蒸发能力关系的基础上, 估算了气温变化对蒸发能力的影响, 并对结果进行了分析讨论。

1 资料收集与整理

全球气候模型的粗分辨率要求, 至少以月为时段分析气温变化对流域蒸发能力的影响。黄河流域内蒸发站点稀少, 实测气象资料残缺不齐, 考虑区域分布及资料情况, 在整个流域选出 12 个站点, 其中上游 5 个, 分别为玛多、兰州、岷县、西宁和中宁; 中游 6 个, 分别为榆林、延安、天水、太原、西安和郑州, 下游选取济南站作为代表站, 其中以西安站资料最为齐全。收集各站月水面蒸发、气温及其它气象资料, 分析气温变化对蒸发能力的影响。

2 黄河流域气温与蒸发的关系

流域蒸发是水文循环的一个重要环节, 其大小决定于流域的蒸发能力及供水条件, 分析气温变化对流域蒸发能力的

影响是研究全球暖化对流域蒸发和流域水文影响的关键。尽管流域蒸发能力受气温、日照、风速、空气湿度等众多因素的影响, 但气温最为重要, 又因目前大多全球气候模型只能输出气温与降水的变化, 因此只能建立简洁同时又有一定精度的蒸发能力估算模式与之匹配。

2.1 高桥浩一郎公式

高桥浩一郎(1980)利用热量平衡方程, 在对空气湿度、日照等因素进行均化的基础上, 提出高桥浩一郎公式。该方法是目前估算蒸发能力较为简洁且适用范围较广的方法^[2], 估算公式为

$$E_w = \frac{a \cdot e^{17.2/(235+t)}}{1+b \cdot P \cdot e^{-17.2/(235+t)}} \times (1+c \cdot u) \quad (1)$$

式中, t 为月平均气温; P 为月降水量; E_w 为蒸发能力; u 为风速; a, b 为辐射、日照等因素的函数参数, 可根据这些因素的多年均值确定, 也可由实测的蒸发能力、气温、风速和降水资料确定。

根据三门峡站的实测气象资料, 估算参数 a, b, c , 并计算逐月蒸发能力, 结果表明: 高桥浩一郎公式能够较好地月蒸发能力计算, 蒸发能力实测值与计算值的相关系数为 0.83, 多年均值计算误差为 2.7%。

2.2 蒸发能力与气温的统计关系式

点绘各站月蒸发能力与月平均气温的相关图, 限于篇幅, 仅给出玛多和太原两站的相关图(图 1、2)。由图 1、2 可以看出: 二者具有较好的指数型关系

$$E_w = e^{(A+Bt)} \quad (2)$$

式中, E_w 为实测月水面蒸发量, t 为月气温, A, B 为经验参数。

利用回归分析, 计算了月蒸发能力和月平均气温的相关性, 并估算参数 A, B (表 1)。

由表 1 可以看出: 各站蒸发能力和气温关系密切, 相关系数都在 0.8 以上, 蒸发能力实测值与计算值非常接近, 其误差均在 5% 以内; 西安站以两种方法计算的精度基本相当, 但指数型公式更为简洁, 其精度也可满足计算分析需要。因此, 在

进行该项研究时,采用该计算方法。

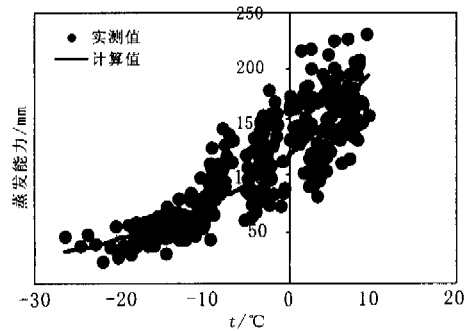


图1 玛多站气温与蒸发能力

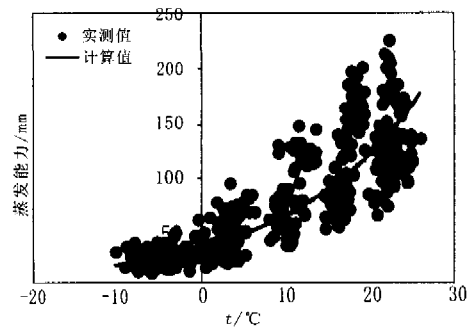


图2 太原站气温与蒸发能力

表1 黄河流域各站气温、蒸发能力相关统计

站名	$P_{\text{年}}/\text{mm}$	$t/^\circ\text{C}$	$E_{\text{年}}/\text{mm}$	Y	A	B	$E_{\text{年}}/\text{mm}$	R
玛多	303	-4.09	1301	4.29	4.778	0.051	1274	0.89
兰州	322	9.17	1377	4.27	4.047	0.056	1330	0.87
岷县	602	5.61	1272	2.11	3.992	0.055	1217	0.83
西宁	365	5.74	1310	3.59	4.126	0.057	1262	0.85
中宁	222	9.22	1708	7.60	4.455	0.054	1641	0.86
榆林	413	8.28	1171	2.84	3.751	0.066	1132	0.91
延安	524	9.61	1128	2.15	3.501	0.064	1095	0.88
太原	452	9.69	1158	2.56	3.507	0.065	1129	0.89
天水	561	10.70	1239	2.21	3.516	0.061	1198	0.83
西安	583	13.46	1151	1.97	3.749	0.053	1095	0.81
郑州	649	14.19	1164	1.79	3.808	0.048	1158	0.80
济南	657	12.93	1098	1.83	3.921	0.051	1138	0.82

注:干燥系数 $\gamma = E_{\text{年}}/P_{\text{年}}$, R 为相关系数。

3 气温变化对蒸发能力的影响

黄河上游蒸发量较大,多年均值在 1300 mm 左右,而上游下段最为突出,如中宁站年均蒸发能力在 1700 mm 以上;中下游蒸发量相对较小,多年均值为 1100 mm,干燥系数的区域分布与蒸发能力基本一致。以气温、蒸发量的多年均值为基础,在不考虑气温对日照、风速等因素产生影响的条件下,研究气温变化对蒸发能力的影响。由蒸发能力计算公式(2)可得

$$\frac{\partial E(t)}{\partial t} = B \cdot e^{(A+Bt)} \tag{3}$$

对公式(3)进行差分计算:

$$\frac{\Delta E}{E(t)} = \frac{E(t+\Delta t) - E(t)}{E(t)} = \left(e^{\overline{A+B(t+\Delta t)}} - e^{\overline{A+Bt}} \right) \sqrt{e^{\overline{A+Bt}}} \tag{4}$$

由公式(3)可以看出,蒸发量与气温有关,随气温升高而变大。据此,计算了各站由气温变化而产生的蒸发能力的变化(表2)。

表2 蒸发能力在气温变化1℃情况下的变化 %

站名	玛多	兰州	岷县	西宁	中宁	榆林	延安	太原	天水	西安	郑州	济南
蒸发量变化	5.24	5.78	5.66	5.88	5.59	6.78	6.59	6.66	6.31	5.44	5.02	5.18

由表2可以看出:在气温升高1℃的情况下,黄河流域蒸发能力约增加5.0%~7.0%;在地域分布上,黄河中游变化最大,上游次之,下游最小,而以河口镇至三门峡区间增加最为显著。由蒸发能力变化率与干燥系数关系图(图略)可以看出:干燥系数在3左右时,蒸发能力的变率最大;干燥系数>4时,蒸发能力的变率基本维持常数。

参考文献:

[1] James J. McCarthy, Osvaldo F. Canziani, Neil A. Leary, et al. IPCC Climate change 2001, Impacts, Adaptation, and Vulnerability [M]. London: Cambridge University press, 2001. 592~594.
[2] 高桥浩一郎. 月平均气温、月降水量和月蒸散量关系的推定[J]. 天气, 1980, 26(12): 759~762.

Impact of Temperature change on Potential Evaporation in Yellow River Basin

SHI Zhong-hai¹, WANG Guo-qin^{2,3}, YU Hui⁴, JIANG Yue-fei¹, JING Xin-ai³, LI Hao-bing³

(1. Zhengzhou Environment Supervisory Detachment, Zhengzhou 450007, China; 2. Department of water resources and environment, Hohai University, Nanjing 200098, China; 3. Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China; 4. Zhengzhou Meteorological Bureau, Zhengzhou 450005, China)

Abstract: Temperature is one of important factors which can affect potential evapotranspiration. According to the field data of air temperature and evaporation recorded at 12 gauging stations in Yellow River Basin, the exponential relationship between air temperature and potential evaporation were established. Based on the relationship, the effect of change in temperature on potential evaporation was studied. And results show that the established experiential formula of evaporation estimation has the similar good calculation result compared with Gao's formula. The potential evaporation in Yellow River Basin will increase 5%~7% when the rise of air temperature is 1 degree. The response rate of evaporation to change in temperature has biggest value at aridity index of 3.

Key Words: Change in Temperature; Yellow River; Potential Evaporation; Impact