

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2019.05-10

鄱阳湖蒸发量对气象因子响应研究

欧阳千林¹, 黄孝明²

(1. 江西省鄱阳湖水文局, 江西 庐山, 332800; 2. 江西省水文局, 江西 南昌, 330000)

摘要:蒸发是水文循环重要环节,影响蒸发的主要气象因子随时间和空间变化而不同.本文基于日照、风速、温湿度、蒸发等监测成果,利用灰色关联、主成分分析等数理统计方法,探讨影响鄱阳湖E601型蒸发器蒸发量主要气象因子,并讨论利用主要气象因子构建模型对蒸发量进行模拟.结果表明:不同时间尺度下,影响蒸发量变化的主要气象因子有所不同,月、年尺度上影响蒸发量变化过程主要气象因子分别是日照时数、气温和风速,日尺度上各因子对蒸发影响程度较为均一;气象因子能够揭示蒸发发生变化的主要过程和未来趋势,但不具备对长系列蒸发成果模拟和插补的能力.

关键词:鄱阳湖;蒸发;气象因子;模拟

中图分类号: P332.2

文献标识码: B

文章编号: 1004-4701(2019)05-0363-05

0 引言

蒸发是水文循环重要环节,是计算水量平衡重要组成部分.近年来,随着水文监测改革不断深入,利用先进仪器设备替代人工观测逐渐形成共识,生产力将得到极大解放.但随之也产生新的问题,如何插补缺测期蒸发成为迫切需要解决的问题,这就需要充分了解影响蒸发变化的因素.一般而言,影响蒸发的气象因素主要为温度、相对湿度、风速、太阳辐射、日照时数、饱和水汽压差等,但影响蒸发值的主因因地区而发生一定变化^[1-4].龙德江^[1]认为分析尺度不同,影响蒸发变化的主因也会发生变化,但气温、相对湿度和风速依旧是影响蒸发变化最主要因素;童新等^[2]认为风速、饱和水汽压差和净辐射是影响半干旱—沙地草甸区蒸发主要因素;郑春喜^[3]和张逸君^[4]等认为日照时数和相对湿度是影响鞍山和民勤地区年蒸发量主要因素.综上所述,影响蒸发的主要气象因素随着时间尺度、空间尺度变化均呈较为明显的差异,故分析鄱阳湖地区影响蒸发

变化气象因子显得尤为重要.

1 数据与方法

1.1 数据来源

本项研究选择江西省鄱阳湖区余干县康山站作为分析对象.月、年尺度蒸发资料采用鄱阳湖水文局实测成果,气象资料采用南昌气象站1980~2017年观测资料;日尺度蒸发和气象资料均采用鄱阳湖水文局2018年实测成果.

1.2 分析方法

利用相关关系系数、灰色关联进行单因子分析,利用主成分分析法进行因子分类,而后构建数学模型进行拟合.灰色关联(GRA)^[5]基本思想是通过确定参考数据列和若干个比较数据列的几何形状相似程度来判断其联系是否紧密,它能反映各因素对于结果的影响程度.主成分分析(PCA)^[6]是考察多个变量间相关性的一种多元统计方法,研究如何通过少数几个主成分来揭示多个变量间的内部结构.

收稿日期:2019-05-28

作者简介:欧阳千林(1987-),男,大学本科.

表1 1980~2017年康山蒸发与各气象因子关系分析

气象因子	蒸发			
	月尺度		年尺度	
	相关系数(R ²)	灰色关联度	相关系数(R ²)	灰色关联度
日照时数	0.699	34.9	0.080	0.81
风速	0.025	6.2	0.378	0.72
气温	0.776	8.8	0.315	0.78
水汽压	0.741	49.8	0.082	0.82
相对湿度	0.004	11.9	0.020	0.84

2 月、年尺度分析

2.1 主要因子提取

为提取影响蒸发量的主要气象因子,从相关系数和灰色关联度两个角度出发进行分析,见表1。从相关系数角度分析,在月尺度上蒸发与日照、气温和水汽压存在一定的相关关系,在年尺度上蒸发主要与风速和气温存在一定相关关系;根据灰色关联度分析,在月尺度上蒸发与日照时数和水汽压关系较其他因子更为密切,在年尺度上蒸发与相对湿度、水汽压和日照时数关系较其他因子更为密切。综合分析两种分析结果得知,在月尺度上蒸发响应的气象因子排序应为气温、水汽压、日照时数、相对湿度和风速;在年尺度上蒸发响应的气象因子排序应为气温、风速、相对湿度、日照时数、水汽压。

为能更加明确表示各气象因子对蒸发影响程度,将各要素月统计值进行标准化处理后绘制关系曲线图,见图1。从单因子角度出发,相对湿度和风速与蒸发存在一定关系,但关系微弱;气温、水汽压和日照时数与蒸发呈现较好的正相关性,气温与蒸发为线性关系,日照时数与蒸发为二次函数关系,随着日照时数的持续增大,蒸发变率逐渐减小。

进一步对历年蒸发和气象数据进行逐月分析,发现不同月份的蒸发主要影响因子有所差异,2~4月灰色关联度最大的是相对湿度和日照时数;5~8月灰色关联度最大的是日照时数和风速;11~12月和1月灰色关联度最大的是风速和气温。这说明影响蒸发主要气象因

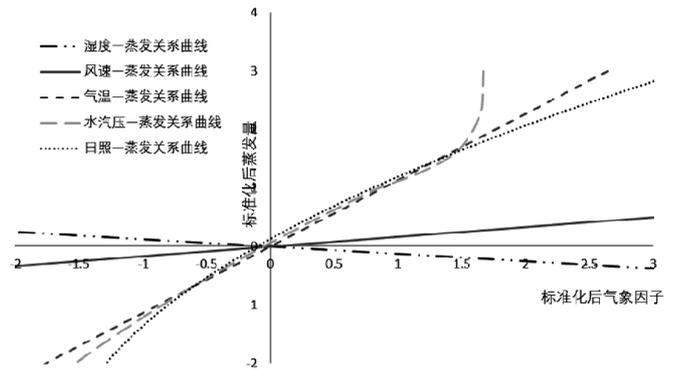


图1 蒸发与气象因子关系曲线图

子随着季节的变化而发生转移,但总体而言,温度是制约蒸发大小的主要驱动因素。

利用主成分分析方法,对气象因子进行主成份分析,各气象因子可分为两类主要成份。不论是月尺度还是年尺度,两成份累计特征值能够解释总体方差达80%以上,可作为主成份进行提取。

对月尺度提取主成份进行分析,第一主成份与日照、气温和水汽压具有较好的正相关,与相对湿度和风速呈负相关,且日照、气温和水汽压之间也存在一定的相关关系。日照时数是气温主要的驱动因素;而水汽压基本上受气温的影响,在充分供水条件下,气温越高,进入大气中水汽含量越高,水汽压愈大,反之亦然,故可称第一成份为动力因素,动力源为日照时数。第二主成份与相对湿度具有很好的正相关,与日照时数呈负相关,能够反映空气中水汽含量变化,相对湿度越大、水汽压越高表明空气中水汽含量越

大, 蒸发能力愈小; 日照时数越大、风速越大表明空气中水汽含量越小, 蒸发能力愈大, 故可称为制约因子, 可用相对湿度反映。从年尺度角度来看, 第一成份应称为制约因素, 第二成份与风速、日照时数呈反比, 与气温、水汽压和相对湿度呈正比, 不能从机理角度解释, 若仅从贡献最大的风速角度分析, 可勉强称之为紊动因素。

总而言之, 月、年尺度不同, 影响蒸发主要因素有所不同, 月尺度上影响蒸发主要因素分为动力和制约因素, 分别以日照时数和相对湿度反映; 年尺度上影响蒸发主要因素为风速和水汽含量。

2.2 模拟分析

为有效耦合气象因子, 引进饱和水汽压差进行计算, 饱和水汽压差与温度、湿度都存在一定的关系, 故可同时表征影响蒸发的动力和制约因素。饱和水汽压有多种计算方法, 本文选取较为精准的 Goff-Gratch 饱和水汽压计算公式^[7]计算出饱和水汽压, 运用 $\Delta e = e_{sw} - e$ 计算出饱和水汽压差。根据前期分析月尺度上主要影响因素为日照和相对湿度, 日照时数通过温度反映在饱和水汽压差中, 且日照时数获取难度较温度大, 故本文拟合不再考虑日照时数指标。根据前人经验^[8-12], 水体蒸散发与饱和水汽压和风速有关, 并用大量观测数据拟合出道尔顿模型 $E = \Delta e f(w)$ 。作者运用此模型进行月蒸发分析发现, 拟合相关系数仅为 0.7 左右, 难以满足要求, 主要原因一是采取数据有所差异, 研究者们采取的数据都是大水体蒸发值, 而本文需要拟合的是 E601 观测值, 且大水体蒸发值和 E601 观测值之间的折算系数随时间和地区而发生变化^[12-14]; 二是月平均风速变幅

不大, 难以真实反映风速对 E601 蒸发的真实作用。考虑饱和水汽压和相对湿度, 结合有关学者研究成果, 构建数学模型如下:

$$E_{月} = f(\Delta e)f(RH) = (A + B\Delta e^\alpha) \left(\frac{1 + RH/100}{0.25} \right)^\beta$$

式中: A 、 B 、 α 、 β 为待拟参数; Δe 、 RH 分别为饱和水汽压差和相对湿度。

通过非线性回归拟合后, 得出参数值分别为 $A = 17.07$, $B = 6.22$, $\alpha = 0.67$, $\beta = 0.25$ 。拟合后成果相关系数达到 0.86, 误差均方差为 15, 相对误差 20% 以内的合格率仅为 70%, 且模拟值与实测值误差呈正态分布, 结果表明: 未发现系统误差存在; 1 倍 $\sigma = 15\text{mm}$ 内误差的可信度仅为 66.8%, 难以达到生产所需。

3 日尺度分析

因日照时数对蒸发的影响会通过温度起作用, 且获取难度较大, 日尺度分析不再考虑日照时数, 仅从湿度、温度、饱和水汽压差、风速等角度进行分析。经灰色关联分析得知, 4 项气象要素灰色关联度相差不大, 难以反映关联性大小。通过相关系数比较, 日蒸发量与饱和水汽压差相关关系 $R^2 = 0.64$, 其次为温度 $R^2 = 0.42$ 。利用多元回归和道尔顿公式拟合效果也不佳, 难以达到精度要求。经研究发现, 旬尺度上蒸发与旬均饱和水汽压存在较为理想的关系, 相关系数 R^2 达到 0.95, 且符合二项式分布规律, 见图 2。经拟合计算得合格率为 10% 以内为 55%, 合格率为 20% 以内达到 76%。

表 2 各气象因子主成份分析

气象因子	成份得分系数矩阵			
	月尺度		年尺度	
	第一成份	第二成份	第一成份	第二成份
日照时数	0.330	-0.350	-0.297	-0.162
风速	-0.028	-0.171	0.086	-0.509
气温	0.376	0.104	-0.271	0.401
水汽压	0.366	0.220	0.293	0.329
相对湿度	-0.012	0.757	0.411	0.019

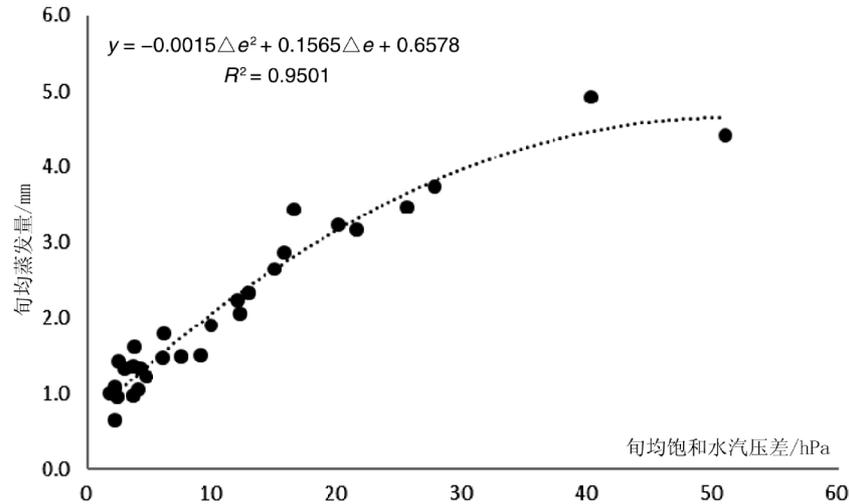


图2 旬均饱和水汽压差与旬均蒸发量相关关系图

4 讨论与结果

根据对日、月和年尺度上蒸发对气象因子的响应分析,不同尺度上的影响因子有所不同,日尺度上各气象因子对蒸发影响程度较为均一;月尺度上影响程度最大的因子为日照、气温和湿度;年尺度上影响程度最大的因子为风速和水汽含量大小。为何会产生这种效果,作者认为原因至少应从以下几个方面进行分析:

(1)影响蒸发发生变化的因素多。如气象因子的变化、水深的大小、人工观测误差、蒸发观测仪器的选择及其他影响。从蒸发形成机理上看,气象因子的变化应是使得蒸发发生变化的主因,不排除某时段其他因子对蒸发产生的影响大于气象因子变化的影响,但气象因子可以从总体上影响着蒸发变化的趋势。

(2)气象因子影响方式不一。日照、气温、水温对蒸发的影响存在累积效应;相对湿度随着蒸发量的变化发生着变化,而蒸发量也随着空气中水汽含量变化发生变化;风速对蒸发的影响是瞬时的,或者是短时段发生变化的,利用平均风速反映风速对蒸发的影响会掩盖瞬时风速对蒸发影响的真实程度。

(3)观测方式合理性需进一步探讨。受观测条件限制,存在气象与蒸发观测不同步、蒸发观测地点受人为活动影响较大、观测地点能否真实反映区域蒸发变化等问题,还需进一步进行分析。

总体而言,气象因子能够揭示蒸发发生变化的主要过程和未来趋势,但不具备对长系列蒸发成果模拟和插补的能力。后续应从能否引进地理气象条件相近蒸发站资料来进行短期蒸发数据插补和拟合进行分析研究。

参考文献:

- [1] 龙德江. 影响塔里木盆地北缘绿洲非冰期水面蒸发的气象因素分析[J]. 水资源开发与管理, 2018(10): 18~21+30.
- [2] 童新, 刘廷玺, 杨大文, 等. 半干旱沙地-草甸区水面蒸发模拟及其影响因子辨识[J]. 干旱区地理, 2015, 38(01): 10~17.
- [3] 郑春喜. 鞍山气象要素演变特征及其对蒸发皿蒸发影响[J]. 水土保持应用技术, 2018(05): 32~34.
- [4] 张逸君, 焦健, 杨自辉, 等. 50年民勤西沙窝蒸发量与主要气象因子变化关系研究[J]. 甘肃林业科技, 2018, 43(03): 23~27.
- [5] 刘美玲, 王子佳, 朱丽丽, 等. 齐齐哈尔地区蒸发量与气象因子间灰色关联分析[J]. 东北水利水电, 2018, 36(03): 12~16+71.
- [6] 魏光辉. 基于主成分与聚类分析的水面蒸发影响因素分类——以新疆塔中地区为例[J]. 浙江水利水电学院学报, 2016, 28(02): 42~47.
- [7] 罗丽, 王晓蕾, 余鹏. 饱和水汽压计算公式的比较研究[J]. 气象水文海洋仪器, 2003(04): 24~27.
- [8] 闵骞. 道尔顿公式的应用研究[J]. 水利水电科技进展, 2005(01): 17~20.

- [9] 白振营. 对道尔顿蒸发经验公式的讨论 [J]. 干旱区地理, 1988(03):34~37.
- [10] 陈惠泉, 毛世民. 水面蒸发系数全国通用公式的验证[J]. 水科学进展, 1995(02):116~120.
- [11] 史海匀, 傅旭东, 王远见, 等. 拉萨河流域蒸发力估算: 改进道尔顿模型 [J]. 应用基础与工程科学学报, 2012, 20(02): 219~227.
- [12] 施成熙, 牛克源, 陈天珠, 等. 水面蒸发器折算系数研究[J]. 地理科学, 1986(04):305~313.
- [13] 孙夏利, 费良军, 李学军. 我国水面蒸发研究与进展[J]. 水资源与水工程学报, 2009, 20(04):17~22+25.

编辑: 张绍付

Study on response of evaporation to meteorologic in Poyang lake

OUYANG Qianlin¹, HUANG Xiaoming²

(1. Poyang Lake Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Lushan 332800, China;

2. Jiangxi Provincial Hydrology Bureau, Nanchang 330000, China)

Abstract: Evaporation is an important part of hydrological cycle. The main meteorological factors affecting evaporation vary with time and space. Based on the monitoring results of duration of sunshine, wind speed, temperature, humidity, and evaporation, and that the paper discussed main meteorological factors affecting the evaporation by using the methods of grey relational analysis and principal component analysis, and the simulation of evaporation by using the main meteorological factors. The results show that: the main meteorological factors affecting the evaporation change are different with time scales. On monthly and annual scales, the main meteorological factors affecting the evaporation change process are sunshine hours, temperature and wind speed. On the diurnal scale, the influence degree of each factor of evaporation is more uniform. The meteorological factors can reveal the main change process and future trends of evaporation, but did not able to simulate and interpolate the long series of evaporation.

Key words: Poyang lake; Evaporation; Meteorological factors; Fitting

翻译: 欧阳千林