

地理探测器在六安地区水面蒸发变化趋势及驱动力分析

罗 剑

安徽省水文局淠史杭蒸发实验站, 安徽 六安 237000

[摘要] 基于六安地区 2001–2020 年六安地区蒸发量变化趋势, 配套五个相关气象因子, 利用地理探测器研究蒸散发时空分布的驱动因子, 研究表明: 六安地区蒸散发量主要受地区多年平均风速、地区多年平均日照时间、地区多年平均温度、地区多年平均湿度和地区多年平均降雨量 5 个因子的影响, 其解释力均在 35% 以上; 其中日照时数的解释力甚至达 70% 以上, 由此说明日照时长影响蒸发的主要因素。该研究成果对促进六安地区水资源保护和社会经济发展有着重要意义。

[关键词] 水面蒸发; 地理探测器; 变化趋势; 气象因子; 空间分异性

DOI: 10.33142/hst.v5i7.7588

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

Analysis of the Change Trend and Driving Force of Water Surface Evaporation of Geographical Detectors in Lu'an Area

LUO Jian

Pishihang Evaporation Experimental Station of Anhui Provincial Hydrological Bureau, Lu'an, Anhui, 237000, China

Abstract: Based on the change trend of evaporation in Lu'an area from 2001 to 2020, five relevant meteorological factors were used to study the driving factors of the spatiotemporal distribution of evapotranspiration using geographical detectors. The study showed that the evapotranspiration in Lu'an area was mainly affected by five factors, namely, the regional average wind speed, the regional average sunshine time, the regional average temperature, the regional average humidity and the regional average rainfall, and their explanatory power is above 35%; Among them, the explanatory power of sunshine hours is even more than 70%, which shows that sunshine duration is the main factor affecting evaporation. The research results are of great significance for promoting water resources protection and socio-economic development in Lu'an area.

Keywords: water surface evaporation; geographic detector; change trend; meteorological factors; spatial differentiation

引言

蒸散发 (Evapotranspiration, 简称 ET) 是地球水资源平衡和能量平衡的一个重要组成部分, 在地理环境的形成和演化过程中有着不可或缺的地位。而研究蒸散发的变化规律, 在水资源研究以及水文气象研究等方面都有着极其重要的作用。为了研究六安地区水面蒸发的变化趋势以及其驱动力影响因子, 选取六安地区具有代表性的望城岗站、姚李站、梅山站, 采用根据 E-601B 型蒸发器的实测数据, 分析了从 2001 年至 2020 年近 20 年蒸散发变化趋势, 并利用地理探测器分析与之配套的气象数据, 定量化的揭示了降水、日照时长、风速、温度、湿度对蒸散发影响。

1 研究区概况

六安地区位于安徽省西部, 地处北亚热带边缘, 属于湿润季风气候。其特征为季风显著, 雨量适中, 冬冷夏热, 四季分明, 冬春季节少雨干旱, 夏秋季节多雨闷热。区域内多年平均气温的范围为 14.6~15.6℃, 由东北向西南递减, 多年平均降水量为 900~1600mm, 降水量分布夏春季偏多、秋冬季偏少的特点; 全市年平均蒸发量 750~960mm, 从西南向东北逐渐增加。

2 蒸散发分析

2.1 水面蒸发量年际变化趋势分析

六安地区 2001–2020 年年际蒸散发量数据如图 1 所示,

2001–2020 年六安地区多年平均蒸散发量约为 841.7mm, 蒸散发量的变化范围为 704.1~952.3mm, 从 20 年年际变化趋势上看, 蒸散发量下降趋势, 下降率为 -0.44mm/年。对于 2001–2020 年六安地区各年蒸散发量的波动程度采用偏差法分析进行分析, 结果如图 2 所示, 2003 年和 2013 年的蒸散发量与平均值相比偏差程度较大, 2002、2003、2009、2010、2011、2012、2014、2015、2016、2018 和 2020 年蒸散发量低于平均水平, 其他年份蒸散发量高于平均水平, 最高的平均年蒸散发量在 2013 年和 2019 年, 分别为 948.3mm 和 952.3mm, 分别高于平均值的 12.7% 和 13.1%; 2003 年和 2014 年的蒸散发量最低, 分别为 704.1mm 和 753.0mm, 分别低于平均值的 -16.4% 和 -10.5%; 除了以上年份之外, 其余年份的蒸散发量均在平均值 6% 的范围内上下变化。

蒸散发量年际变化趋势

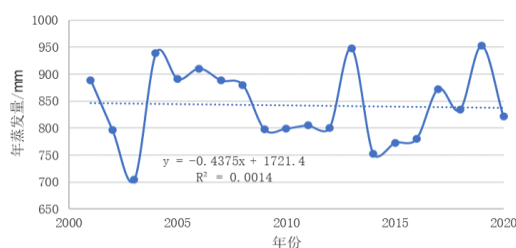


图 1 六安地区 2001 年至 2020 年蒸散发量年际变化趋势



图2 六安地区2001年至2020年蒸散发量年际变化偏离分析

2.2 水面蒸发季节变化趋势分析

如图3(a)~(d)所示,六安地区四季的蒸散发量的差异十分明显:春季的蒸散发量的范围为172.6~305.1mm,夏季的蒸散发量的范围为214.7~373.9mm,秋季的蒸散发量的范围为164.3~257.1mm,冬季的蒸散发量的范围为69.6~154.3mm。整体来看,六安地区内春季和秋季蒸散发量的变化范围较为接近,夏季蒸散发量达到年内最大水平,冬季蒸散发量则最小,蒸散发量均处于一年之中的最低水平;从趋势上来看,2001~2020年春天、秋天和冬天多年蒸散发量呈下降趋势,而夏天则呈现上升趋势,具体分析:

(1) 春季(3~5月):春季六安地区气温回升,降雨量也逐渐增多,空气湿度有所增加,但总体都处于较低水平,因此地表蒸散发量在一年之中处于较低水平。2001~2020年六安地区春季多年平均蒸散发量约为243.6mm,从春季20年年际变化趋势上看,蒸散发量呈略微下降趋势,下降率为-0.05mm/年;其中2001年和2002年偏离最大,分别低于平均值27.4%和29.1%;

(2) 夏季(6~8月):夏季六安地区的降雨量充沛,气温也是四季中最高的,同时夏季太阳光照出时间长,强度大,加速地表水分流失,因此夏季地表蒸散发量与其他季节相比是最大的。2001~2020年六安地区夏季多年平均蒸散发量约为293.3mm,从夏季20年年际变化趋势上看,蒸散发量呈略微上升趋势,上升率为0.35mm/年;其中2011年和2013年偏离最大,分别偏离平均值27.5%和-26.8%;

(3) 秋季(9~11月):秋季六安地区内的日照时间增长,但是降雨开始减少,气温逐渐下降,所以地表蒸散发量开始下降。2001~2020年六安地区秋季多年平均蒸散发量约为201.3mm,从秋季20年年际变化趋势上看,蒸散发量呈略微下降趋势,下降率为-0.52mm/年;其中2014年和2019年偏离最大,分别偏离平均值-18.4%和27.7%;

(4) 冬季(12~次年2月):冬季六安地区由于受到冷高压的影响,地区内的降雨量逐渐下降,日照时长显著缩短,气温较低,空气湿度低,与其他四个季节相比,其

整体的蒸散发量也是最低的。2001~2020年六安地区冬季多年平均蒸散发量约为103.5mm,从秋季20年年际变化趋势上看,蒸散发量呈略微下降趋势,下降率为-0.22mm/年;其中2001年偏离最大,偏离平均值-32.8%;

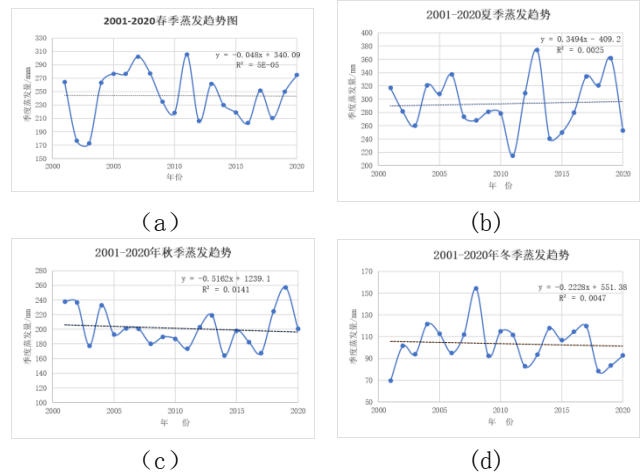


图3 六安地区多年各季节蒸散发量趋势分布图

2.3 水面蒸发年内变化趋势分析

2001~2020年20年间六安地区年内各个月份的蒸散发量的变化趋势如图3.3所示。从总体上来看,六安地区年内蒸散发量呈现“双峰型”的变化趋势。由图3.3可知,一年之中蒸散发量主要集中在3~9月份,其中,1月份的蒸散发量最小,多年平均值约为30.6mm;7月份蒸散发量最大,多年平均值约为104.0mm。在5月份时,蒸散发量达到第一个小高峰,其值约为94.8mm,6月份的蒸散发量有所降低,其值约为89.4mm;从9月份开始,蒸散发量开始下降,究其原因太阳光照强度以及温度的降低。3月份气温开始回暖,降雨量也逐渐增加,蒸散发量随之上升,并在5月份达到第一个峰值;6月份开始进入梅雨季节,温度虽继续回升,但持续降雨导致光照时间以及强度有所下降,蒸散发轻微下降;7月份梅雨季节过后,温度、日照时长以及强度都达到一年当中最高峰,蒸散发量开始增加,最终在8月份达到第二个峰值;9月份过后蒸散发量开始逐渐逐渐减小;12月至次年2月份处于冬季,蒸散发量最低状态,且基本保持不变。

2001-2020月平均蒸发量图表

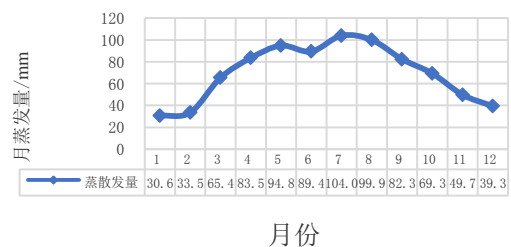


图4 六安地区2001~2020年内月平均蒸散发量年内变化

3 六安地区蒸散发影响因子的地理探测

本文涉及的影响因子有多年平均风速、多年平均日照时间、多年平均温度、多年平均湿度、多年平均降水量等五个主要影响因子,为研究其与六安地区多年蒸散发量之间的作用关系和影响程度。根据站点统计数据点进行克里金插值,再利用 ArcGIS 里面的插值工具,就可以将站点数据插值得到面状的 PM2.5 浓度分布地图。该图使用的是经验贝叶斯克里金插值(EBK)方法,将研究区域按照 1km × 1 km 网格划分,共获得 363 个网格并以其中心点作为采样点采样。将地区多年平均气温和流域多年平均降水量数据采用自然间断点分级法各分为 5 个等级;然后利用点提取工具将流域多年平均风速、流域多年平均日照时间、降水、温度数据提取到采样点,再将各采样点对应的影响因子数据导入地理探测器软件进行运算。

因子探测结果如表 1 所示,根据因子探测结果可以得出,按照 q 值的大小排列,可以看出各个因子对于解释蒸散发值空间分异的能力依次为日照时数、风速、湿度、温度、降水,日照时数是这四个因子中决定蒸散发空间格局的最主要因子。从各个因子对于解释蒸散发空间分异的水平看,q 值越大说明蒸散发的空间分异就越明显,且自变量对因变量的解释力越强。显然,各个因子的解释力都超过了 35%,尤其是日照时数的解释力甚至达 70%以上,所以总体来看,六安地区多年平均蒸散发的空间分异性是明显的。

表 1 因子探测结果

	日照时长	风速	湿度	温度	降水
q statistic	0.770424	0.534815	0.421246	0.360447	0.548777
p value	0.728849	1	0.99985	0.997895	1

两因子交互探测结果如 4.2 所示,可交互作用的方法是在回归模型中增加一项两个影响因子的乘积结果,并检验其显著性,但是,这也并不意味着两个影响因子的交互作用一定是乘法关系。通过计算每个影响因子的 q 值并将其与两个影响因子的 q 值进行比较,地理检测器可以确定两个影响因子之间的是否存在交互作用以及交互作用的强度、方向以及其他性质。

表 2 两因子交互探测结果

	日照时长	风速	湿度	温度	降水
日照时长	0.770424				
风速	0.892716	0.534815			
湿度	0.889351	0.818331	0.421246		
温度	0.871226	0.660913	0.838302	0.360447	
降水	0.833704	0.93982	0.753585	0.748403	0.548777

从表 2 中可以看到,表中 3~6 行给出了两两变量交互作用后的 q 值。以风速均值为例,单独的风速均值变量对于年均蒸散发空间变异的解释力为 53.5%,而与其它

三个变量分别组成交互变量后,对于解释空间变异的能力均较之前的单独变量解释力有了明显的增强,尤其是和日照时数组成的交互变量的解释力高达 77%,是总共 6 个交互变量的解释力中最强的。而且,从与日照时数变量的交互变量来看,它们对于蒸散发量的解释力都超过 70%,再一次证明了日照时数是决定蒸散发空间格局的最主要因子。

一般来说,两个因子的交互作用共有 5 种情形,按作用强弱从低到高排列依次为非线性减弱、单因子非线性减弱、双因子增强、独立及非线性增强。以上列举出 6 个交互变量对因变量交互作用的类型,结果显示,各个交互变量对因变量的交互作用均是非线性增强的。

如表 3 所示,生态探测结果显示,除去降雨和温度之间,其余的变量(因子)两两之间对六安地区多年平均蒸散发空间分布的影响都存在着显著的差异。

表 3 生态探测结果

	日照时长	风速	湿度	温度	降水
日照时长					
风速	Y				
湿度	Y	N			
温度	Y	N	N		
降水	Y	N	N	N	

生态探测结果采用 F 检验,其显著性水平为 0.05,表中 Y 表示“YES”,表示两种影响因子对六安地区蒸散发量的影响存在显著性差异;N 表示“NO”,即两者无显著性差异。

4 结论

本文基于六安地区望城岗、姚李、梅山三个站 E-601B 型蒸发器 20 年的实测数据,分析了 2001~2020 年六安地区的年际和年内蒸散发量的变化趋势,同时利用地理探测器研究六安地区蒸散发变化趋势的驱动力因子,研究结果如下:

(1) 六安地区 2001~2020 年 20 年间蒸散发量年际变化在整体上呈下降趋势,变化范围为 704.1~952.3mm,多年平均蒸散发量约为 841.7mm。

(2) 六安地区蒸散发量在一年之内不同季节间有着明显的不同,3~9 月份的蒸散发量占在一年之中蒸散发量的主要部分,除此之外,1 月份的蒸散发量最小,多年平均值约为 30.6 mm 左右;7 月份蒸散发量最大,多年平均值约为 104 mm。同时结果显示,六安地区年内蒸散发量呈现“双峰型”的变化趋势,各季节蒸散发量的大小关系为:夏季(293.3mm) > 春季(243.6 mm) > 秋季(201.3mm) > 冬季(103.5mm)。

(3) 六安地区蒸散发量主要受地区多年平均风速、地区多年平均日照时间、地区多年平均温度、地区多年平均湿度和地区多年平均降雨量 5 个因子的影响,其解释力

均在 35% 以上; 其中日照时数的解释力甚至达 70%以上。

[参考文献]

- [1] 吴传余, 汪莹莹, 刘洋. 皖西地区水面蒸发量变化趋势及影响因素分析[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2012, 12(4): 10-12.
- [2] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [3] 郭晓彤, 孟丹, 蒋博武, 等. 基于 MODIS 蒸散发量数据的淮河流域蒸散发时空变化及影响因素分析[J]. 水文地质工程地质, 2021, 48(3): 45-52.
- [4] 吴必文, 温华洋, 叶郎明, 等. 安徽地区近 45 年蒸发皿蒸发量变化趋势及影响因素初探[J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(7): 620.
- [5] 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(3): 67-69.

作者简介: 罗剑 (1991.10-), 毕业院校: 河海大学
所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位: 安徽省水文局
淠史杭蒸发实验站, 职务: 望城岗站站长, 职称: 技术员。