

基于马氏瓶原理的自动补水无溢流孔蒸发器研究

梅海鹏, 朱 梅, 李雪凌, 雷 鸣

(安徽农业大学工学院, 安徽 合肥 230036)

摘 要: E-601B 型水面蒸发器的测量精度易受人工操作和气象条件影响, 基于传统的 E-601B 型水面蒸发器研发了一种自动补水无溢流孔蒸发器。该蒸发器基于马氏瓶原理, 去除蒸发桶上的溢流孔, 增设了马氏瓶、读数装置和平衡瓶, 实现了蒸发器的自动补水和提高雨期观测精度。采用 2015 年同步观测资料分析, 结果表明, 两种蒸发器蒸发量相关系数 R^2 达到 0.9998, 使用自动补水无溢流孔蒸发器可使蒸发测量更加便捷, 并且提高测量精度。

关键词: 马氏瓶原理; 自动补水; E-601B 型水面蒸发器

中图分类号: TV213

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2017)03-0053-05

1 引言

E-601B 型水面蒸发器是我国水文和气象部门广泛应用的水面日蒸发测量装置^[1], 由测针、蒸发桶、水圈和溢流桶组成。水面蒸发测量的方法一般是采用测针人工量取每日 8 时蒸发桶内水面高度, 计算相邻两日蒸发桶内水面高度差, 得到日水面蒸发量。

在实际使用中发现 E-601B 型水面蒸发器存在以下缺点^[2]:

(1) E-601B 型水面蒸发器内水面高度的测量是通过测针完成的, 测量时要求测针放置在蒸发桶内的测针底座上, 调节测针高度使得测针针尖刚好接触水面, 此时测针读数即为水面高度, 时段始末水面高度差即为蒸发量。此操作要求测针针尖刚好接触水面, 但是在实际人工测量过程中, 受到环境和观测者熟练程度等因素的影响, 很难把握针尖恰好接触水面的距离, 容易产生读数误差, 影响读数精准。

(2) 在测量蒸发时, 蒸发桶内水位应处于最高水位标志处, 并要根据蒸发和降雨情况适时补水或汲出一定水量来调整水位高度, 以保障蒸发测量的正常进行。随着蒸发的进行, 水面高度不断下降, 为了有效

保障下个测量周期测量值的准确性, 应该在每次测量后根据情况对蒸发桶进行补水操作, 需要人工用水桶或水管向蒸发桶内加水到规定位置。但是在实际工作中, 经常出现补水不及时的现象, 影响了蒸发测量值的精准性。

(3) E-601B 型水面蒸发器上的溢流孔设置方便在雨天进行蒸发量的测量。降雨时, 由于蒸发桶内进入雨水, 需要对数据按照下式进行处理, 才能计算出当日蒸发量。

$$E = (H_a + R) - (H_b + Q) \quad (1)$$

式中: E 为日蒸发量; R 为降雨量; H_a 为前一日 8 时水面高度; H_b 为今日 8 时水面高度; Q 为溢流量。

由于溢流孔的存在, 在大风天气, 风力过大会影响水面稳定并且引起蒸发桶内的水从溢流孔外溢, 影响蒸发数据的精准。特别是观测过程中, 对降雨量的测量, 溢流量的测量涉及多次测量操作难免会有误差产生, 形成误差积累。

2 自动补水无溢流孔蒸发器的研发

2.1 系统组成

自动补水蒸发器^[3]主要部件包括改造的 E-601B 型水面蒸发器、马氏瓶、平衡瓶和读数装置。马氏

收稿日期: 2016-08-04

基金项目: 2016 年安徽省教育厅优秀青年人才支持计划重点项目(gxyqZD2016040); 2016 年安徽省高等学校省级质量工程项目; 安徽农业大学 2014 年农田水利学科骨干培育项目(2014XKPY-52); 安徽农业大学大学生科技创新基金项目(XJ2015318)

作者简介: 梅海鹏(1996-), 男, 安徽怀远人, 本科生, 主要从事农田水利及水文水资源研究。E-mail: meihapeng791@163.com

通讯作者: 朱梅(1977-), 女, 安徽怀远人, 副教授, 主要从事农田水利及水文水资源研究。E-mail: zhumei@ahau.edu.cn

瓶^[4-5]常被用于潜水蒸发和入渗量的观测,将马氏瓶应用于地面上,与E-601B型水面蒸发器进行结合,并添加平衡瓶和读数装置,解决E-601B型水面蒸发器在操作和观测上的不利影响。利用马氏瓶能够控制水位和自动补水的特点,可以让E-601B型水面蒸发器内的水位维持在适当的水位;用平衡瓶替代E-601B型水面蒸发器上的溢流孔,来控制水面稳定和测量溢流量;在马氏瓶上添加带有刻度的连通管,作为读数装置,通过读数装置读取马氏瓶内水量变化来测量蒸发量,避免了使用测针的繁琐操作以及带来的系统误差。自动补水蒸发器系统组成如图1所示。

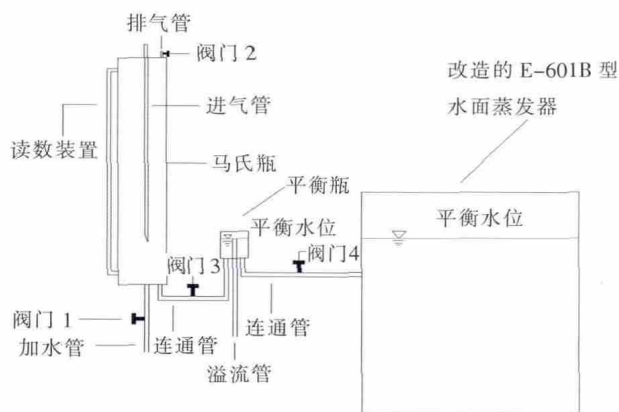


图1 自动补水蒸发器系统组成

Fig.1 Composition of the evaporator of water automatic replenishing

2.1.1 改造的 E-601B 型水面蒸发器

利用密封填料填实 E-601B 型水面蒸发器上的溢流孔,在蒸发桶上开一个直径 10 mm,孔底距桶口 30 cm 的连通孔,之后使用橡胶软管将蒸发桶和平衡瓶连接,完成蒸发桶的改造。

2.1.2 马氏瓶

马氏瓶高 80 cm,内径为 139.3 mm,其上盖设有直径均为 10 mm 的进气管口和排气管口,进气管用于调节蒸发桶及平衡瓶内水位高度,排气管用于维持马氏瓶内压强,进气管在马氏瓶内的部分长为 70 cm。在马氏瓶底部开两个直径为 10 mm 的孔,分别用于连接加水管和平衡瓶。

2.1.3 读数装置

读数装置是为了便于读取马氏瓶内水位的装置。在马氏瓶上分别开直径 10 mm,孔口顶部距上盖 4 cm 和直径 10 mm,孔口底部距底座 4 cm 的两个孔,作为读数装置安装口,将带有刻度的有机玻璃管通过这两个孔粘结在马氏瓶上,即为在马氏瓶瓶身延伸出来的读数装置。根据连通器原理,读数装置内水位高度

与马氏瓶内水位高度相同,根据水量平衡,蒸发桶内蒸发的水即为马氏瓶向蒸发桶内补充的水,通过读取读数装置上水位所在刻度获取马氏瓶内水位,根据两次读数差值得出马氏瓶内水量变化即蒸发量。

由水量平衡,根据蒸发桶横截面积、马氏瓶横截面积由公式(2)计算读数装置上刻度间距:

$$S_{\text{马}} \times H_{\text{马}} = S_{\text{蒸}} \times H_{\text{蒸}} \quad (2)$$

式中: $S_{\text{马}}$ 为马氏瓶横截面积; $H_{\text{马}}$ 为马氏瓶水面下降高度; $S_{\text{蒸}}$ 为蒸发桶横截面积; $H_{\text{蒸}}$ 为蒸发桶水面高度下降值。

根据上式,已知蒸发桶直径 618 mm,马氏瓶内径 139.3 mm,通过计算蒸发桶每产生 0.1 mm 的蒸发,相应的马氏瓶内水面下降的高度为 1.968 mm,根据此高度在读数装置有机玻璃管上印制刻度,即在读数装置上以 1.968 mm 为一格代表 0.1 mm 的蒸发。读数装置精度为 0.1 mm,最大量程为 650 mm。

2.1.4 平衡瓶

在马氏瓶和蒸发桶之间安装平衡瓶作为溢流装置和控制水面稳定的装置^[6]。平衡瓶直径 80 mm,高 10 cm,其底部开有两个直径为 10 mm 的连通孔和一个直径 12 mm 的孔口,平衡瓶通过连通孔分别与马氏瓶和改造的 E-601B 型水面蒸发器连接,在 12 mm 孔口处安装有机玻璃溢流管,溢流管在平衡瓶内高 6 cm,管口呈外斜的刀刃形。降雨时雨水落入蒸发桶,通过连通管流向平衡瓶,再从平衡瓶内的溢流管流入溢流桶,由水量平衡原理可知,落入蒸发桶内的雨水与最终流入溢流筒内的溢流量相等,就可以排除降雨对蒸发观测的影响。我们也可以用量筒量取溢流桶内的溢流量,与降雨量进行校对。平衡瓶和马氏瓶连接如图 2 所示,自动补水蒸发器实物如图 3 所示。



图2 平衡瓶和马氏瓶安装图

Fig.2 Installation of the balance bottle and Mariotte bottle

2.2 系统工作原理

自动补水蒸发器进行蒸发测量时,蒸发桶内水分蒸发,水面高度下降,马氏瓶和蒸发桶之间形成压差,马氏瓶通过平衡瓶向蒸发桶内补水来维持平



图3 自动补水蒸发器实物图

Fig.3 The real objects of the evaporator of water automatic replenishing

平衡瓶和蒸发桶内水面高度一致,不需要人工加水便能通过马氏瓶自动向蒸发桶内补水。马氏瓶内水面高度下降,通过读数装置读取的马氏瓶内水面高度下降值就是时段内蒸发桶的蒸发量。

2.3 装置维护

由 2.2 可知,自动补水蒸发器能够正常进行蒸发测量的关键在于蒸发桶内水位、平衡瓶内水位和马氏瓶内进气管下端口位置在同一水平面,但是在长期使用中不排除因自然或人为因素造成的水位不处于管口水平面,对蒸发测量造成影响。具体有 4 种情况:

- (1)蒸发桶内水位高于平衡瓶内水位;
- (2)蒸发桶内水位低于平衡瓶内水位;
- (3)马氏瓶进气管下端口高于平衡瓶内水位;
- (4)马氏瓶进气管下端口低于平衡瓶内水位。

对于情况(1),当蒸发桶内水位高于平衡瓶时,在压强差作用下,蒸发桶内水会流向平衡瓶,再通过平衡瓶内溢流管流向溢流桶,就会在非降雨情况下造成溢流,此时需增加平衡瓶和马氏瓶高度;对于情况(2),当蒸发桶内水位低于平衡瓶时,马氏瓶会通过平衡瓶一直向蒸发桶内补水,直到马氏瓶内水位低于进气管下端口,当发生这种补水异常情况时,要将平衡瓶和马氏瓶高度降低;对于情况(3),马氏瓶会一直补水入平衡瓶,水分再从平衡瓶内溢流管流入溢流桶,直到马氏瓶内水位低于进气管下端口,发生这种补水异常并有溢流量产生时,应调低马氏瓶高度;对于情况(4),马氏瓶无法通过平衡瓶向蒸发桶补水会导致马氏瓶内水位始终不变,会出现在一个观测周期内无蒸发产生的现象,要调高马氏瓶位置。

2.4 改进效果

利用读数装置取代测针,不用进行繁琐的测针安装和读数,避免在测针测量过程中的误差;直接通过读数装置读出马氏瓶内水面高度变化得到蒸发量,简单直观,减少观测工作量,保障读数精准;降雨时,雨水落入蒸发桶内,进入蒸发桶内的雨水在压强差的

作用下通过连通管流向平衡瓶,再通过平衡瓶的溢流管流到溢流桶,进入蒸发桶内的雨水全部溢流出去,降雨量并不会对蒸发量造成影响。

自动补水无溢流孔蒸发器保证了在测量蒸发量的过程中蒸发桶内水位保持在最高水位标志处,实现了自动补水效果,使测得的数据更加精准而且免去了繁琐的人工操作,保障了雨期蒸发量观测的方便和精准。

3 分析与讨论

为了验证自动补水蒸发器的水面蒸发测量效果,把自动补水蒸发器安装在五道沟水文水资源实验站进行水面蒸发测量试验。考虑到测量数据的一致性,利用同期自动补水蒸发器和实验站内的E-601B型水面蒸发器测量的蒸发数据进行比较分析。

3.1 两种蒸发器日蒸发量对比

选取 2015 年 1 月 1 日到 2015 年 12 月 31 日为期一年的自动补水蒸发器和 E-601B 型水面蒸发器的日蒸发量资料绘制两种蒸发器测量的日蒸发数据折线图,如图 4 所示,由图中看出:

- (1)两种蒸发器所测日蒸发量的变化趋势基本相同;
- (2)自动补水蒸发器测量的蒸发量普遍小于 E-601B 型水面蒸发器;
- (3)部分天数自动补水蒸发器测量的蒸发量大于 E-601B 型水面蒸发器。

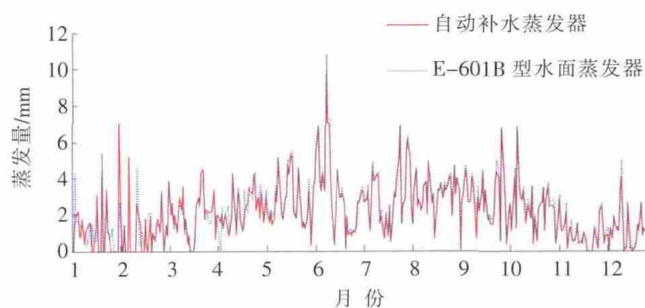


图4 两种蒸发器日蒸发量

Fig.4 The evaporation capacity of the two kinds of evaporators

结合自动补水蒸发器的功能特点,自动补水蒸发器与 E-601B 型水面蒸发器所测日蒸发量的偏差可能原因有以下几点:

- (1)自动补水蒸发器去除了 E-601B 型水面蒸发器上的溢流孔设计,避免了蒸发桶内水分因风力等因素从溢流孔溢流,形成非蒸发途径的蒸发桶内水量损失造成蒸发测量值偏大。

(2)自动补水蒸发器的实时自动补水效果使蒸发桶内水位始终在最高水位标志处,水面到桶口高度恒定,而E-601B型水面蒸发器内水位高度随着蒸发逐渐降低,水位到蒸发桶口高度逐渐增大,蒸发桶内壁露出水面的部分变大,由于蒸发桶主要材质为钢板,在阳光照射下水面以上蒸发桶内壁温度高于环境温度,相当于增加了水面部分的环境温度,导致E-601B型水面蒸发器测量蒸发值偏大。

(3)雨期E-601B型水面蒸发器的蒸发量要结合降雨量和溢流量计算得出,在降雨量和溢流量的测量过程中多次涉及到水量的测量,部分水损失在输送管中,部分水损失在溢流筒或者量筒内壁造成测量值偏小,导致最后计算得到的蒸发测量值偏大,而自动补水蒸发器不存在这一问题。

(4)测针对E-601B型水面蒸发器进行水面高度测量时产生误差;自动补水蒸发器密闭性问题,加水后排气口阀门没有拧紧,导致测量值偏大。

(5)阳光照射马氏瓶使其内温度升高,瓶内产生水汽蒸散后附着在较冷的瓶壁上形成液滴,造成马氏瓶内水位在没有向蒸发桶内补水的情况下降低,导致蒸发测量偏大;标准蒸发桶截面积为 0.3 m^2 ,平衡瓶截面积为 0.005 m^2 ,平衡瓶的增加相当于略微增加了蒸发器的蒸发面积,其内水分产生蒸发导致蒸发测量值偏大。

3.2 两种蒸发器月蒸发量关系

表1 两种蒸发器月蒸发量

Table1 The monthly evaporation capacity of the two kinds of evaporator

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
自动补水蒸发器	35.6	27.2	60.4	68.8	86.3	95.1	84	102.4	85.8	81.4	29.8	35.4
E-601B型水面蒸发器	35.6	25.7	55.5	72.91	92.8	99.6	89.3	105.4	92.1	87.2	34.9	39
差值	0	-1.5	-4.9	4.11	6.5	4.5	5.3	3	6.3	5.8	5.1	3.6

(2)在 H_0 成立的条件下有:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \sim F(n_1 - 1, n_2 - 1) \quad (3)$$

其中: n_1 (自动补水蒸发器)=365, n_2 (E-601B型水面蒸发器)=365。

自由度:

$$V_1 = V_2 = n_1 - 1 = 364 \quad (4)$$

(3)查 F 分布表得: $F_{\frac{\alpha}{2}}(364, 364) = 1.310$

$$F_{1-\frac{\alpha}{2}}(364, 364) = 1/F_{\frac{\alpha}{2}}(364, 364) = 0.763$$

由表1可知,1月份自动补水蒸发器测量的蒸发量与E-601B型水面蒸发器相等,2月份和3月份自动补水蒸发器测量的蒸发量大于E-601B型水面蒸发器,其余月份自动补水蒸发器测量值均小于E-601B型水面蒸发器,偏差原因除上述3.1中五点日蒸发量的偏差可能原因外,分析1-3这3个月份的逐日蒸发量变化情况,通过分析原始数据发现:1月份两蒸发器的蒸发总量虽然相同,但是部分天数蒸发量有波动;2月份的部分天数蒸发桶内有结冰现象,蒸发桶中产生浮冰,蒸发桶内液面下降,马氏瓶向蒸发桶内补水,造成蒸发测量值偏大;3月份由于自动补水蒸发器出现密闭性问题进行检修,造成蒸发量过大;根据理论分析结果,自动补水蒸发器避免了E-601B型水面蒸发器的测量误差,其测量值应小于E-601B型水面蒸发器。由表1中的数据可知,总体来说,两种蒸发器测量的蒸发量相差不大,两种蒸发器所测的蒸发量年内各月变化规律相似。

3.3 蒸发测量值的假设性检验

使用统计学中的 F 检验法来检验自动补水蒸发器和E-601B型水面蒸发器所测蒸发量是否具有一致性^[8]。采用2015年蒸发量实测资料,来检验两者正态总体方差是否相等。选取2015年的日蒸发量作为样本值,选择显著性水平,样本的测量次数为365次,计算过程如下:

(1)进行原假设: $H_0:D_1=D_2$

拒绝域: $W=(-\infty, 0.763], [1.310, +\infty)$

检测统计量:

$$F = \frac{\frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} (X_i - \bar{X})^2}{\frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} (Y_i - \bar{Y})^2} = 0.994 \quad (5)$$

所以 $0.763 < 0.994 < 1.310$,接受原假设 $H_0:D_1=D_2$,则在显著性水平 $\alpha=0.01$ 下认为二者观测值一致,即自动补水蒸发器可以用来进行蒸发测量。

3.4 两种蒸发器累计值关系

自动补水蒸发器和E-601B型水面蒸发器的累计

蒸发量关系如图 5^[9-10]所示,图中累计蒸发量随着时间的增加呈上升趋势,自动补水蒸发器的累计蒸发量达到 792.20 mm, E-601B 型水面蒸发器的累计蒸发量达到 830.01 mm。

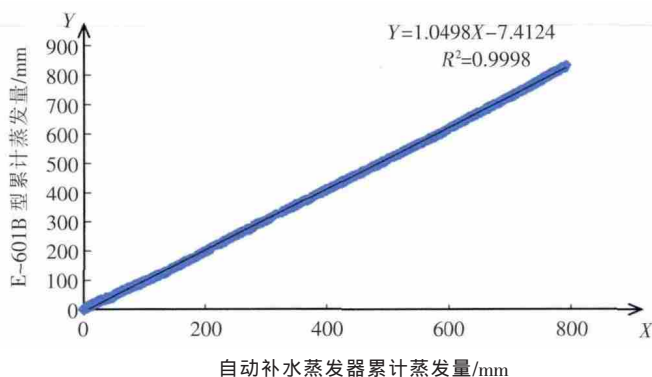


图 5 两种蒸发器蒸发量累计

Fig.5 The cumulative evaporation capacity of the two kinds of evaporator

两者的拟合方程为:

$$Y=1.0498X-7.4124$$

回归分析的结果表明,两种蒸发器的累计蒸发量之间有很好的相关关系,相关系数 R^2 达到 0.9998。

4 总结

自动补水无溢流孔蒸发器可以控制蒸发器内水位始终在最高水位标志处,避免了 E-601B 型水面蒸发器在某一蒸发周期中蒸发桶内水位过低,也避免了随着蒸发进行蒸发桶内水位降低蒸发桶内壁露出面积增加,导致在阳光照射下桶内壁温度升高使水面环境温度高于周围环境温度,进而导致的蒸发偏大;利用平衡瓶来控制溢流,无需在蒸发桶上设溢流孔,这一设计有效避免了 E-601B 型水面蒸发器上溢流孔在非降雨时产生溢流给蒸发测量带来的误差;在马氏瓶上增加读数装置取代测针来测量蒸发量,可以从读数装置直接读取蒸发量,简单方便,避免了使用测针繁琐的人工操作和误差;降雨天气,自动补水蒸发器通过连通管和平衡瓶将溢流雨水引走,溢流量无需额外记录,避免测量误差和繁琐操作。

通过 2015 年一整年观测数据分析,两种蒸发器测得的日蒸发数据具有相同的趋势,自动补水蒸发器蒸发数据普遍偏小,因为相比于 E-601B 型水面蒸发器,自动补水蒸发器的自动补水设计使蒸发器内水面高度恒定,避免了因水位降低导致蒸发桶露出水面部分过多,在阳光照射下水面处温度高于环境温度,从而导致蒸发变大;平衡瓶代替溢流孔设计,避免了环

境因素如大风时导致的蒸发桶内水面不稳定产生溢流,以及在降雨时能够及时导走落入蒸发桶内的雨水,避免降雨对蒸发测量的影响。通过对两种蒸发器测量的数据进行 F 检验,自动补水蒸发器和 E-601B 型水面蒸发器测量的数据具有很高的相关性,相关系数 R^2 达到 0.9998。自动补水无溢流孔蒸发器使用便捷,可提高观测精度,可广泛应用。

参考文献:

- [1] 任国玉,郭军.中国水面蒸发量的变化[J].自然资源学报,2006,21(1):31-44. (REN Guoyu, GUO Jun. Change in pan evaporation and the influential factors over China: 1956-2000 [J]. Journal of Natural Resources, 2006,21(1):31-44. (in Chinese))
- [2] 钟启琴,李尚锦,陈红梅,等. E-601B 型蒸发量常见误差分析[J].高原山地气象研究,2010,30(1):69-71. (ZHONG Qiqin, LI Shangjin, CHEN Hongmei, et al. Analysis on common errors of evaporation with E-601 B-type evaporator [J]. Plateau and Mountain Meteorology Research, 2010,30(1):69-71. (in Chinese))
- [3] 刘小飞,张寄阳,孙景生,等.自动补水蒸发皿装置的原理及应用[J].排灌机械工程学报,2012,30(1):80-84. (LIU Xiaofei, ZHANG Jiyang, SUN Jingsheng, et al. Principle and application of evaporation pan device of water automatic replenishing [J]. Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 2012,30(1):80-84. (in Chinese))
- [4] 王永义,王专翠.对马利奥特瓶的一些改进意见[J].地下水,1997,19(4):179-181. (WANG Yongyi, WANG Zhuancui. Some improvements of Mariotte bottle [J]. Groundwater, 1997,19(4):179-181. (in Chinese))
- [5] 谢森传,沈言琨.马利奥特瓶装置的改进及应用[J].水文地质工程地质,1985,(2):18-19. (XIE Senchuan, SHEN Yanli. The Improvement and application of Mariotte bottle device [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 1985, (2): 18-19. (in Chinese))
- [6] 张雪梅,王道田,胡春,等.人工观测 E-601B 型蒸发器的改进[J].气象研究与应用,2010,31(4):79-81. (ZHANG Xuemei, WANG Daotian, HU Chun, et al. Improvement of E-601B manual observation evaporator [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2010,31(4):79-81. (in Chinese))
- [7] 吴士夫,伏琳,焦阳.陆水水库 E-601 型蒸发器和 20 m² 蒸发池观测值相互关系分析 [J]. 长江工程职业技术学院学报,2012,29(1):8-10. (WU Shifu, FU Lin, JIAO Yang. Analysis of relationships between E-601 evaporator and 20 evaporator ponds in Lushui reservoir [J]. Journal of Changjiang Engineering Vocational College, 2012, 29(1): 8-10. (in Chinese))
- [8] 王永长. E-601B 与 E-601 型蒸发器及 20m² 蒸发池观测资料对比分析 [J]. 水文, 2005,25(2):54-55+23. (WANG Yongchang. Contrast analysis of E-601B versus E-601 evaporation pans and 20 evaporator ponds [J]. Journal of China Hydrology, 2005,25(2):54-55+23. (in Chinese))

(下转第 28 页)

化及空间格局特征——以淮河流域为例[J].地理科学进展, 2013,32(2):270-277. (WANG Qing, LIU Xuehua, LV Baolei. Dynamic changes and spatial patterns of vegetation cover in a river basin based in SPOT-VGT data: a case study in the Huaihe River basin [J]. Progress in Geography, 2013,32(2):270-277. (in Chinese))

[24] 刘玉安,黄波,程涛,等.基于像元二分模型的淮河上游植被覆盖度遥感研究[J].水土保持通报, 2012,32(1):93-97. (LIU Yu'an, HUANG Bo, CHENG Tao, et al. Vegetation coverage in upper Huaihe River basin on binary pixel model of remote sensing [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2012,32(1):93-97. (in Chinese))

Response of Runoff in Huaihe River Upstream to Change of Different Climate Elements

XUE Ying¹, GAO Chao², ZHANG Xun³, XU Ying⁴, LI Peng⁵

(1. Resources and Environmental Research Academy, North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2.Department of Geography and Spatial Information Techniques, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

3. Anhui Provincial Laboratory for Natural Disaster Process and Control Study, Wuhu 241000, China;

4. Anhui Institute of Meteorological Science, Hefei 230031, China;

5. Zhumadian Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Zhumadian 450003, China)

Abstract: Based on the observed precipitation and temperature data at 8 the meteorological stations in the Huaihe River Basin from 1959 to 2008, 25 climate scenarios were established by changing the precipitation and temperature. SWIM hydrological model was used to simulate the runoff under the different scenarios. An analysis was also made on the sensitivity of the runoff to different climatic elements change in the Huaihe River upstream. The results show that: in the Huaihe River upstream, the impact of precipitation on runoff is bigger, if only considering the precipitation and temperature, the sensitivity coefficient of runoff to precipitation change is in the range of 1.7012~2.1358, and the sensitivity of temperature variation is weak, the sensitivity coefficient of the runoff at the three stations to the temperature variation is in the range of -0.0499~0.1547; In the study area during the study period, the contribution of precipitation variation to runoff change is small. The contribution values are -0.0014, -0.0052, -0.0009 from the Dapoling Station to downstream. The contribution of temperature change to runoff change is larger. The contribution values are 0.0828, 0.0152, 0.0039 from the Dapoling Station to downstream. The runoff response to climate change is not only affected by its sensitivity to climate change, but also by the variation range of climatic elements.

Key words: upstream of the Huaihe River; SWIM hydrological model; sensitivity; contribution value

(上接第 57 页)

[9] 李云霞. 相关回归分析在水文数据处理中的应用[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2011, 13(5):177-179. (LI Yunxia. The application of correlation regression analysis in hydrological work [J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Sciences), 2011, 13(5):177-179. (in Chinese))

[10] 刘红霞, 王飞. E-601B 型蒸发器与小型蒸发器测值对比分析[J]. 气象科技, 2013, 41(5):852-856. (LIU Hongxia, WANG Fei. Contrast analysis of E-601B versus small-sized evaporation pans [J]. Meteorological Science and Technology, 2013, 41(5): 852-856. (in Chinese))

Non-overflow-hole Evaporator of Water Automatic Replenishing Based on Mariotte Bottle Principle

MEI Haipeng, ZHU Mei, LI Xueling, LEI Ming

(Engineering Department, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: The measured results of E-601B water surface evaporator is easily influenced by manual operation and meteorological condition, so this paper introduced development of a non-overflow-hole evaporator of water automatic replenishing based on the traditional E-601B water surface evaporator. Based on the principle of Mariotte bottle, the device removed the overflow-hole of traditional E-601B water surface evaporator, added Mariotte bottle, reading device and Balance bottle, so as to realize evaporator's water automatic replenishing effect and improve the observation accuracy during rain duration. The synchronous observation analysis was made in 2015. The results show that the correlation coefficient R^2 between the evaporations from the two evaporators reached 0.9998, which means application of non-overflow-hole evaporator of water automatic replenishing can make evaporation measurement more convenient, and improve the measurement accuracy.

Key words: Mariotte bottle; water automatic replenishing; E-601B water surface evaporator