

云南杞麓湖径流还原及一致性订正

付亚丽, 许志敏

(云南省水利水电勘测设计研究院, 云南 昆明 650021)

摘要:为了对非天然入湖径流过程的湖泊进行径流还原计算,以云南杞麓湖为例,分析并确立了湖泊径流还原的水量平衡模式,即同时考虑出流量、调离水量、工业、农业、生活用水以及蒸发水量的还原模式。同时还介绍了对现状入湖径流结果的一致性订正方法,并最终得到了杞麓湖天然入湖径流量。计算结果表明,所提出的方法具有一定的普遍性与适用性;且得到的结果可以为湖泊的径流调节提供近似天然状态下的径流系列。

关键词:径流还原;水量平衡;一致性订正;杞麓湖;云南省

中图分类号:TV121 文献标志码:A

云南省主要的湖泊大多位于人口稠密地区。这些地区工农业生产较为发达,水资源相对匮乏。湖泊是影响所在地经济社会发展的重要水源地,研究湖泊的天然产水量,对有关部门制定经济合理的科学开发利用水资源计划具有十分重要的意义。湖泊径流还原计算即是湖泊水资源研究的主要方法之一。本文以云南省通海县杞麓湖为例,详细研究了湖泊径流还原水量平衡模式的确定过程和一致性订正的基本原则与方法^[1]。

1 杞麓湖概况

杞麓湖流域属珠江水系,径流面积 354 km²。主要的入湖河流有中河、窑冲河及大新河 3 条,其集水面积占全流域面积的 56%。此外,还有十余条季节性小河由湖泊四周入湖。流域径流主要来源于降水,多年平均产水量 11 900 万 m³。

杞麓湖为一天然湖泊,位于云南省通海县境内。正常水位时的水面面积为 37.0 km²,约占流域面积的 1/10,相应湖容 1.56 亿 m³。湖泊略呈矩形状,长 10.4 km,平均宽度约 3.5 km,湖岸线全长 32 km,最大水深 6.8 m,自西向东逐渐加深。湖泊的南、西、北三面地区主要是平坝,海拔在 1 790 ~ 1 830 m 之间。坝区外围为中低山地貌,海拔在 1 830 ~ 2 100 m 范围内。

杞麓湖作为通海县生活、工农业用水的主要水源

之一,自 20 世纪 50 年代以来,其工业、生活供水量和农田灌溉面积均在逐年增加。目前,流域内已建成水库、坝塘 200 多处,控制集水面积占流域面积的 25%,兴利库容占流域多年平均径流量的 9%。这些大大小小的水库,不仅削减了进入杞麓湖的洪峰及短历时洪量,还一定程度的调节了径流年内分配过程,同时也拦蓄了部分泥沙,缓解了杞麓湖湖盆泥沙淤积速度。综合以上情况可以看出,流域内工农业及生活耗水量的日益增加以及众多水库坝塘的建成,消耗、拦蓄了相当部分的流域产水量,因此,杞麓湖的入湖径流过程已非天然状况。

2 杞麓湖径流还原模式的确定

湖泊的入湖径流包括周边入流和湖面降水两大部分,多年来对湖泊入湖径流还原所采用的水量平衡方程式可归纳为以下几种,即^[2-3]:

$$W_{\text{入流}} = W_{\text{出流}} \pm W_{\text{调蓄}} \quad (1)$$

$$W_{\text{入流}} = W_{\text{出流}} \pm W_{\text{调蓄}} + \alpha_{\text{工业}} W_{\text{工业}} + \alpha_{\text{农业}} W_{\text{农业}} + \alpha_{\text{生活}} W_{\text{生活}} \quad (2)$$

$$W_{\text{入流}} = W_{\text{出流}} \pm W_{\text{调蓄}} + \alpha_{\text{工业}} W_{\text{工业}} + \alpha_{\text{农业}} W_{\text{农业}} + \alpha_{\text{生活}} W_{\text{生活}} + W_{\text{蒸发}} + W_{\text{引水}} \quad (3)$$

式中, $W_{\text{入流}}$ 为入湖径流量; $W_{\text{出流}}$ 为实测出湖径流量; $W_{\text{调蓄}}$ 为计算时段始末湖泊蓄水变量(增加为“+”,减少为“-”); $W_{\text{工业}}$ 为工业向湖泊取用的水量; $W_{\text{农业}}$ 为

农业向湖泊取用的灌溉水量; $W_{生活}$ 为城镇生活向湖泊取用的水量; $\alpha_{工业}, \alpha_{农业}, \alpha_{生活}$ 分别为工业、农业及生活用水量的耗水系数; $W_{蒸发}$ 为湖面蒸发量; $W_{引水}$ 为跨流域引水量(引入为“-”,引出为“+”)。 $W_{出流}, W_{调蓄}, W_{蒸发}$ 一般可根据实测资料确定, $W_{工业}, W_{农业}, W_{生活}, W_{引水}$ 则通过调查以及当地有关社会经济统计资料确定。各项数值一般以体积为单位。

就式(1)而言,其多年均值基本上就是湖泊历年出流量的均值,而一般湖泊对工农业及生活供水的要求是在变化的。以杞麓湖为例,农田灌溉面积由 20 世纪 50 年代的约 70 hm^2 增至目前的 133.34 hm^2 ,工业供水从 80 万 m^3 增至 300 万 m^3 。用式(1)计算出的 $W_{入流}$ 来作为设计水平年的湖泊调节计算时,用水量只能考虑“增供水量”。但由于各年用水量并非一个固定数值,故其系列应该是一个不均一的系列。

再看式(2),由于对 $W_{入流}$ 进行径流还原时并未考虑 $W_{蒸发}$,故其计算出的结果只能称为“过去各年的实际水资源量”。以杞麓湖为例,由于各年的运行方式存在差异,且其湖泊水面宽广,湖面蒸发量可观(变化范围在 3 580 万~4 980 万 m^3 之间),因此用该方法进行还原而得到的序列也是一个不均一的系列。

研究湖泊水资源量的目的,是在尽可能不破坏湖泊周边区域内生态环境的前提下,最大限度地开发与利用湖泊水资源。从这一角度出发,无论湖泊在何种条件下运行,在同精度的资料条件下,由式(3)所得到的 $W_{入流}$ 都是一个定值。而只有在 $W_{入流}$ 一定的基础上,才能寻求湖泊的最佳运行方案,使其可利用水资源量最大,并尽可能地保护生态平衡^[4]。

综上所述,就杞麓湖而言,其湖泊的径流还原模式应选择式(3)为宜。而用式(3)还原出的径流量,仍然受到湖泊上游人类活动的影响,故需进一步对还原成果作一致性订正。

3 杞麓湖人湖径流还原

依据杞麓湖的实测水位、出流、降水、蒸发、流域工农业及生活用水等资料,按式(3)对杞麓湖 1965~2000 年入湖径流系列进行逐月还原计算。

(1) 对 $W_{出流}$ 的计算。杞麓湖在一般年份无弃水,但在少数年份,则通过开闸由湖泊东南面的岳家营落水洞泄洪至曲江,其最大出流为 4.08 m^3/s 。

(2) 对 $W_{调蓄}$ 的计算。计算时段末与计算时段初蓄水量的差值即为蓄水变量。湖泊蓄水量的数值可通过落水洞和沙沟咀两提灌站观测的实测水位值,依据“水位-湖容曲线”查算得到。

(3) 对 $W_{工业}$ 的计算。经访问调查后得知,直接从

杞麓湖提水的企业主要有两家,分别是通海县水泥厂和化肥厂。1965~1980 年间,两厂对杞麓湖的提水量可采用《水资源区划报告》中的统计值。由于数据的缺乏,1981 年之后的提水量则以 1980 年作为基础,并逐年按趋势递增,直至 2000 年的 300 万 m^3 。由于两个用水企业大户的水量重复利用率不高,依经验回归系数可取 0.85,相应的耗水系数 $\alpha_{工业}$ 为 0.15。

(4) 对 $W_{农业}$ 的计算。1980 年以前历年农业灌溉提水量同样采用《水资源区划报告》中的成果。而其他年份的提水量,则通过建立落水洞站提水量(占总提水量的 1/5)与全湖提水总量之间的关系(相关系数为 0.80),由落水洞站提水量插补。农业供水量的耗水系数为 1 与回归系数之差。由于本地区从 9 月份到次年的 3 月份主要栽种旱作物,故在此期间可不考虑回归水(耗水系数为 1.00)。而就水稻的种植而言,由于绝大部分在生育期中,必须保持一定的水层深度,因此田间渗漏在所难免,故需考虑回归水量。在计算杞麓湖流域水稻需水量时,依经验取田间渗漏量为 2.5 mm/d ,这部分渗漏量即作为回归水量。根据这一概念,在计算水稻灌溉需水量的同时,又计算了不考虑田间渗漏损失下的需水量,而两者之差正是回归水量,用其除以农业灌溉供水量所得到的即为回归系数。经对杞麓湖农业灌溉回归系数进行分月计算后可得,年综合回归系数为 0.12。

(5) 对 $W_{生活}$ 的计算。该地区生活用水不从杞麓湖取用,故该项应取“0”值。

(6) 对 $W_{蒸发}$ 的计算。时段内平均湖面面积与水面蒸发深度的乘积,即为湖面蒸发量(万 m^3)。由于没有杞麓湖水面的实测蒸发资料,因此把位于该湖湖滨区的通海气象站所实测出的蒸发资料作为湖泊蒸发深度的近似值。

(7) 对 $W_{引水}$ 的计算。查阅资料后可知,杞麓湖在 1965~2000 年间每年均向外流域补充 14.67 km^2 农田的农业灌溉用水。因此在还原计算时,还需将这部分水量(即 $W_{引水}$)纳入到水量平衡方程式中。

将上述各项代入式(3),逐月进行还原计算后,可得杞麓湖多年(1965~2000)平均现状入湖径流量为 10 800 万 m^3 。

4 杞麓湖径流系列一致性订正

由于杞麓湖人湖径流量还受到上游人类活动耗水及蓄水工程拦蓄的综合影响,且影响程度各年不同,所以上述还原的入湖径流是一个不均一的系列,它只能反映出当年的现状入湖径流情况。为了满足径流统计计算的要求,可依据流域上游人类活动对湖泊径流影

响的实际情况,通过下式对杞麓湖入湖径流量进行一致性订正。

$$W_{\text{天然}} = W_{\text{入流}} + \alpha_{\text{工业}} W_{\text{上工}} + \alpha_{\text{农业}} W_{\text{上农}} + \alpha_{\text{生活}} W_{\text{上生活}} + \Delta W_{\text{上调蓄}} \quad (4)$$

式中, $W_{\text{天然}}$ 为湖泊天然入湖径流量; $W_{\text{上工}}$ 为上游工业用水量; $W_{\text{上农}}$ 为上游农田灌溉用水量; $W_{\text{上生活}}$ 为上游生活用水量; $\Delta W_{\text{上调蓄}}$ 为上游蓄水设施时段末与时段初的蓄水变量。

$W_{\text{入流}}$ 由式(3)计算后,可直接代入式(4)。经分析计算后得到1965年 $W_{\text{上工}}$ 为200万 m^3 ,逐年递增后,2000年为1000万 m^3 。 $W_{\text{上农}}$ 在500万~2000万 m^3 之间变化。 $W_{\text{上生活}}$ 每年约90万 m^3 。工农业耗水系数 $\alpha_{\text{工业}}$ 、 $\alpha_{\text{农业}}$ 与入湖径流还原计算的取值一致,生活耗水系数 $\alpha_{\text{生活}}$ 可依经验取0.20。由 $\alpha_{\text{工业}}$ 、 $\alpha_{\text{农业}}$ 、 $\alpha_{\text{生活}}$ 分别乘以工业、农业及生活用水量即可得到三者的耗水量。对 $\Delta W_{\text{上调蓄}}$ 的计算,从流域内蓄水设施的情况以及资料条件看,仅考虑流域内规模相对较大的3座小(一)型水库,而忽略小坝塘的历年蓄水变量。经统计分析,流域内的甸苴坝、台家和山鸡脖子3座小(一)型水库,年蓄水变量在-98.7万~206万 m^3 之间。将上述各项代入式(4)计算得到杞麓湖流域天然径流量。

通过分项调查法进行入湖径流还原以及径流系列一致性订正,杞麓湖1965~2000年的平均天然入湖径流量为11900万 m^3 ,其中湖面产水量(直接由降水转换)3330万 m^3 ,陆面产水量8570万 m^3 ,扣除湖面蒸发量4258万 m^3 后,理论可利用的入湖水量为7642万 m^3 。

5 杞麓湖径流成果的合理性分析

流域内仅有通海县气象站拥有较系统的降水资料,尽管该站的降水量不能代表流域面上的平均情况,但基本能反映流域降水的丰枯变化过程。经点绘通海县气象站历年降水与杞麓湖流域天然径流过程对照检查(见图1),主要的丰、枯变化趋势对应较好。点绘两站年降水与径流深的关系图(见图2),点据呈明显的带状分布,径流随降水增大而增大的趋势明显。从时间上看,降水径流关系无系统偏离。上述分析表明:从时序变化和降水与径流因果关系两方面来看,杞麓湖天然径流还原成果均合理可靠。

杞麓湖多年平均陆面产水量为8570万 m^3 ,径流模数26.8万 m^3/km^2 。与流域西南面的“大渔塘-西山水文站”区间的径流模数(19.2万 m^3/km^2)比较,杞麓湖流域的产水量大于“大渔塘-西山水文站”区间。从流域的主要水汽源为西南气流而言,“大渔塘-西山水文站”区间位于背风坡,加之地形高程较低,故降

水量及径流模数相对偏小。结合云南省径流深等值线图分析,杞麓湖流域的径流模数大于“大渔塘-西山水文站”区间是合理的。

综上所述:杞麓湖天然径流还原成果合理可靠。

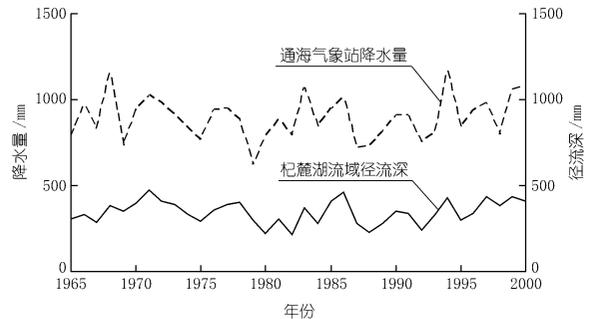


图1 杞麓湖流域径流量与通海气象站降水量过程对照

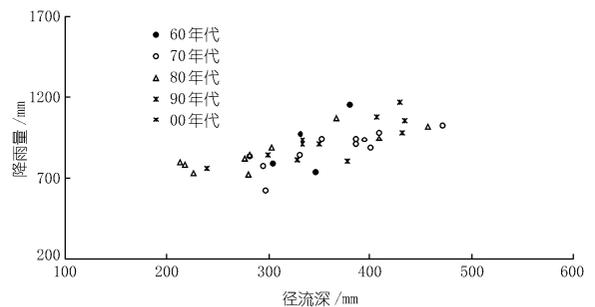


图2 杞麓湖径流与通海气象站降水关系

6 结语

通过对杞麓湖入湖径流还原模式的研究,确定该湖泊入湖径流还原的水量平衡方程式应采用式(3)。由式(3)还原出的入湖径流量按流域的实际分为两种情况:当上游不存在其他水利设施,没有影响入湖水量的活动存在或影响较小时,由式(3)还原的径流量即为天然入湖径流量;否则只为现状入湖径流量,对其还原成果还需依据式(4)进行一致性订正。

经按式(3)还原并按式(4)订正得到的杞麓湖天然入湖径流量为11900万 m^3 ,其径流系列不会随着流域内国民经济及生产、生活对用水要求的改变而改变,并满足水文统计计算的要求。

参考文献:

- [1] 陈志恺. 中国水利百科全书——水文与水资源分册[M]. 北京:中国水利出版社,2004.
- [2] 水利部长江水利委员会水文局. 水利水电工程水文计算规范[S]. 北京:中国水利电力出版社,2002.
- [3] 南京水文水资源研究所. 水文调查规范[S]. 北京:中国水利电力出版社,1997.
- [4] 邓先俊. 陆地水文学[M]. 北京:水利电力出版社,1984.

(编辑:李慧)

(下转第37页)