

水文巡测方法与水量平衡计算洱海水资源量对比分析*

李东梅

(云南省水文水资源局大理分局, 大理 671000)

摘要:根据洱海流域 1998、2004-2006 年入湖、出湖水量监测成果,通过实测流量、降水量、蒸发量对入湖、出湖水量进行对比计算,结果发现,应用水文巡测方法与水量平衡方法计算出的 2004-2006 年洱海水资源量绝对误差大值为 $0.2427 \times 10^8 \text{ m}^3$,相对误差为 4.8%, <5%,说明两种方法均可行。分析水量平衡方法的误差来源是枯期受湖面蒸发和农业提水灌溉的影响,提高洱海水资源量计算精度所需解决的问题是提高湖面蒸发量观测精度和还原水量计算精度。分析水文巡测方法的误差来源主要是巡测的监测断面距入湖口有一定距离,主要以面积比拟与降水修正进行计算,以及点据数量较少。针对两种方法的优缺点,提出四种措施:加强环洱海水量监测能力建设;加强洱海水面蒸发观测手段和方法;加强环湖生产生活用水的监督性监测;加强入湖河流水质水量并重监测与分析,以期更好地为洱海水环境、水资源保护和出入湖水量预测分析提供更准确的科学技术支撑。

关键词:洱海流域;水文巡测方法;水量平衡计算;入湖水量

An comparative analysis of the water resource amount of Lake Erhai based on hydrometric gauging method and water balance calculation

LI Dongmei

(Dali Branch, Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of Yunnan Province, Dali 671000, P. R. China)

Abstract: According to the monitoring data of inflowing and outflowing of Lake Erhai Basin in 1998, 2004-2006, through measured flow, precipitation and evaporation, we calculate and analyze the error sources of inflowing and outflowing water, and propose the problem required to solve for the increasing calculation accuracy of water amount of Lake Erhai, thus provide a more accurate and scientific technology support for water environment, water resources protection and predictive analysis on the amount of inflowing and outflowing water of Lake Erhai.

Keywords: Lake Erhai Basin; hydrometric gauging method; water balance calculation; inflowing water

洱海是云南省第二大淡水湖泊,白族人民的母亲湖,也是目前全省乃至全国受人类活动影响大而又水质保护良好的湖泊之一。做好洱海水资源量的分析评价,为洱海水资源的利用与保护、水环境保护提供技术支撑,为洱海综合治理提供科学决策依据,也是洱海流域大理市、洱源县所面临的重要任务。洱海水资源量的计算一直通过出流量采用水量平衡式计算,由于湖面提水量较多,用水管理跟不上用水方式、用水量的变化,加上地下水监测无法实施,一直无法掌握洱海入湖水量计算的准确度。为此,2004-2006 年开展了洱海环湖入湖水量监测,该项工作是首次对洱海入流进行较为全面系统的水量监测分析。通过入流监测分析成果与出流监测通过水量平衡式计算的入湖水量成果进行对比分析,以检查入湖水量计算分析成果的合理性和可行性。通过误差分析,提出如何提高洱海水资源量分析精度的建议。水资源量的计算是洱海水资源分析的基础,提高水资源量的成果精度将对洱海水资源量的分配、调度与保护提供有力支撑。

1 流域概况

洱海斜卧于点苍山东麓,水面北起大理市上关镇,南止于下关镇,形如一弯新月,南北长 41.5km,东西宽

* 2009-09-14 收稿;2010-02-03 收修改稿。李东梅,女,1976 年生,工程师;E-mail: dlldm76@163.com.

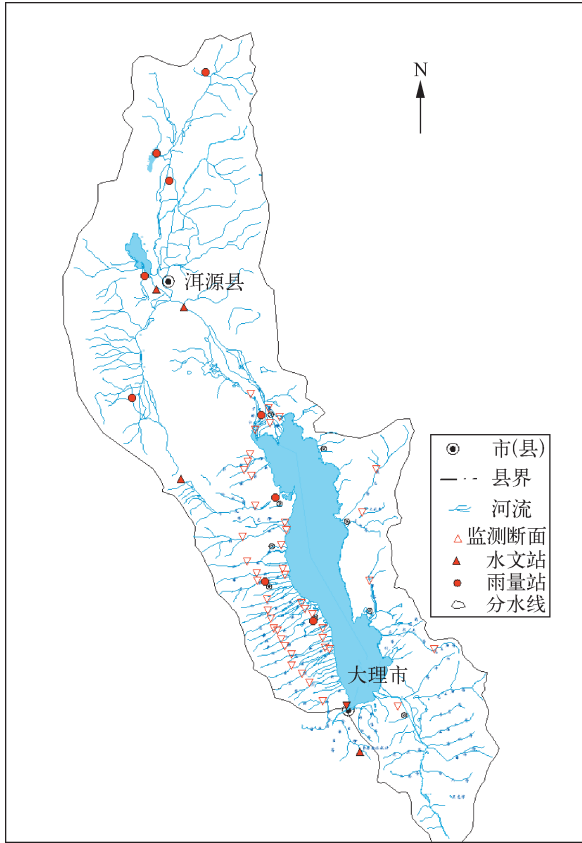


图1 洱海入湖、出湖水量监测站点分布图
Fig. 1 The diagram of monitoring stations on inflowing and outflowing water of Lake Erhai

由于实测资料系列长度不同,加之洱海各出入湖河流均布设水量监测站点耗时、耗力、耗财.因此,除主要支流弥苴河炼城水文站为驻测外,其余均为巡测站点.通过流域内降水分布特征分析,流域降水主要有3种类型,以湖为中心,湖面以西,苍山十九峰呈南北向并列,由于西南季风常顺澜沧江经西洱河峡谷而上,受峡谷束窄作用、风力和风向影响,同时苍山山体坡度与高度较洱海东岸山体高,因此造成洱海西岸降水量大于洱海东岸,洱海西岸降水量为流域内最大值;湖面以东,降水量较小,洱海西部苍山站多年平均降水量为1606.9mm,而洱海东部挖色站多年平均降水量为733.2mm,苍山站多年平均降水量是挖色站的2倍多.上游河段,受湖面调节影响很小,降水较下游段偏少.根据降水特性以及流域水量特性,将洱海流域分为3个分区进行入湖水量的计算.

采用一元回归方程式对巡测站点水量进行同期流量相关法计算各河流测验断面的月平均水量,通过相关拟合,相关系数满足水文相关标准.而后通过面积比拟与降水修正的方法计算入湖水量.

2.2 水量平衡原理

根据水量平衡原理^[1]采用式(1)计算入湖水量:

$$W_{\text{陆入}} = W_{\text{出}} + E - P_{\text{入}} + q \pm \Delta W \quad (1)$$

式中, $W_{\text{陆入}}$ 为洱海陆地入湖水资源量; $W_{\text{出}}$ 为出湖水量; E 为湖面蒸发量; $P_{\text{入}}$ 为湖面降水量; q 为还原水量; ΔW

3-9km, 周长116km, 当水位达防洪限制水位(1965.84m, 黄海基面)时, 湖面面积250.3km², 相应容水量为29.2×10⁸m³, 平均水深11.7m. 洱海主要来水为降水和融雪, 北接茈碧湖(总库容为9160×10⁴m³)、西湖和海西海(总库容为6185×10⁴m³)湖水, 经洱源和邓川两坝子分别由弥苴河、罗时江、永安江等进入洱海, 西纳苍山十八溪水, 南有波罗江, 东有凤尾管、石碑管等小溪流汇入, 汇水面积2565km². 天然出口为西洱河, 与黑惠江汇合注入澜沧江.

洱海流域上游洱源县空间发展定位于生态环保技术的策源地和引领可持续发展的生态示范区及温泉疗养休闲胜地、山水田园生态城镇; 而洱海环湖周边大理市实施“两保护、两开发”(保护洱海、保护海西田园风光, 开发海东、开发凤仪)发展战略, 构建滇西中心城市, 打造区域性交通枢纽、生态休闲商务中心、先进制造业和现代物流业基地及旅游服务中心. 这些产业发展空间及布局规划也是对洱海流域水资源管理新机遇和新挑战. 洱海流域入湖、出湖水量监测站点分布情况见图1.

2 方法

2.1 用水文巡测方法分析计算洱海入湖水量

水文巡测方法是指观测人员以巡测的方式定期或不定期地对一地区或流域内各观测站点进行流量等水文要素的观测^[5]. 通过巡测站点与驻测站点的相关分析, 计算流域内的水资源量.

为洱海计算时段始末蓄水变量,由每月1日8:00水位查 $H-V$ (水位-容积) 曲线求得. 通过对水量平衡式中各要素进行计算,以计算洱海入湖水量.

2.2.1 湖面降水量的计算 湖周降水量布设较为均匀,高程变化不大,因此采用挖色站、喜州站、大理站、海东站、下关站、双廊站6个站各月降水量用算术平均法计算湖面平均降水量.

2.2.2 出湖水量 西洱河是洱海唯一的天然出口,河长22km,西洱河上现已建成四级梯级水电站,总装机容量 $25.5 \times 10^4 \text{ kW}$. 出湖口由闸门控制,出湖水量的计算则采用实测水量与一级电站电量相关后由电量推求水量.

2.2.3 湖面蒸发量 采用流域内距湖面较近的大理站 E601 型蒸发皿监测资料,由于 E601 蒸发皿无法代替大型湖面蒸发量,通过国内较为接近的 E601 型蒸发皿与大型水面蒸发折算系数,进行了湖面蒸发量的折算.

2.2.4 还原水量 根据资料收集和调查分析情况,采用分项调查法进行还原计算,还原计算时段以年还原水量进行计算,水量平衡方程式为:

$$W_{\text{还原}} = W_{\text{灌溉}} + W_{\text{工业}} + W_{\text{生活}} \pm W_{\text{库蓄}} \pm W_{\text{引水}} \quad (2)$$

式中, $W_{\text{还原}}$ 为洱海流域还原的来水量; $W_{\text{灌溉}}$ 为流域内农业灌溉耗水量; $W_{\text{工业}}$ 为流域内工业耗水量; $W_{\text{生活}}$ 为流域内生活耗水量; $W_{\text{库蓄}}$ 为计算洱海时段始末蓄水变量(增加为正、减少为负); $W_{\text{引水}}$ 为跨流域引水增加或减少的控制水量,洱海流域于1994年修建引洱入宾隧道,设计引水流量 $10 \text{ m}^3/\text{s}$,年引出水量为 $5000 \times 10^4 \text{ m}^3$,至1994年起实际多年平均引出水量为 $6483 \times 10^4 \text{ m}^3$,折合年平均流量 $2.05 \text{ m}^3/\text{s}$.

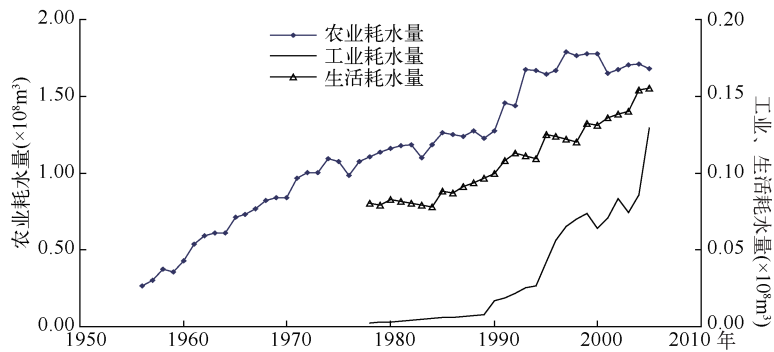


图2 洱海流域各类耗水量过程线

Fig. 2 The hydrograph of all kinds of water consumption on Lake Erhai Basin

3 成果对比

按年陆地入湖水量对两种方法成果进行对比,成果见表1,对计算成果进行误差评定.

表1 水文巡测方法与水量平衡计算洱海水资源量对比

Tab. 1 Comparison of water resources amount of Lake Erhai based on hydrometric gauging method and water balance calculation

时间(年)	水文巡测方式计算 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	出流量平衡 式计算($\times 10^8 \text{ m}^3$)	绝对误差($\times 10^8 \text{ m}^3$)	相对误差
2004	9.8108	9.9476	-0.1368	-1.4%
2005	6.7939	6.6125	0.1814	2.7%
2006	4.8128	5.0555	-0.2427	-4.8%

3.1 绝对误差与相对误差

两种方法的计算成果无系统偏差. 年入流误差较为接近,绝对误差最大值为 $0.2427 \times 10^8 \text{ m}^3$,相对误差为4.8%,成果可行.

3.2 误差原因分析

水文巡测方法计算误差是由于无法对陆面所有水量进行监测,所监测的入湖河流在枯水期农业灌溉用水量较大,入湖河流汇口处断面在枯期存在断流现象,水量以地下水的形式回归洱海,造成巡测的监测断面距入湖口有一定距离,主要以面积比拟与降水修正进行入湖水量计算,对计算成果有一定影响;相关分析的点据分布时间从1998、2004-2006年,每个断面为29个左右,点据数量较少,同时监测洪水期测验难度大,洪水点据偏少。

出流平衡式计算入湖水资源量的方法误差主要为:由于洱海湖面蒸发量通过E601型蒸发器折算,其与洱海真实情况可能有所差距。农业用水量由于受降水、气温变化影响较大,受降水、气温和农灌用水的变化,目前在流域内未进行实验性监测。这种计算误差是造成平均入流误差的重要原因。

4 结论与建议

从水文巡测方法与水量平衡计算方法在太湖水量计算上应用对比,太湖计算成果5年的相对误差分别为-3.87%、-10.85%、7.51%、2.27%、4.13%^[6],此次计算洱海3年的相对误差为-1.4%、2.7%、-4.8%,均小于5%。误差略低于太湖计算成果,成果可行。

从分析结果可以看出,采用水文巡测方法和水量平衡方法来计算洱海入流均可行,其监测数据可以用于分析评价洱海水资源量,以及服务于水资源管理、保护工作的出入湖水量变化趋势预测预报。水文巡测方法在分析与计算上采用的资料较为详细,为水文分析的常规方法,但该方法点多面广,在资金、人员上投入较大。由于洱海出流仅有天然出湖口1个,主要引水渠1条,监测工作量较轻,分析数据容易获取,出流平衡式的计算只需对2个出流断面进行监测,可获得较为准确的洱海水资源数据。但水量平衡式计算枯期受湖面蒸发和环湖农业提水灌溉影响,存在一定误差,提高湖面蒸发量观测精度和还原水量计算精度是提高洱海水资源量计算精度的首要要求。

(1) 加强环洱海水量监测能力建设。洱海入湖河流的水量监测始于1998年的每两月一次水量巡测,在2004-2006年得到加强,而后又有所停滞。根据现有站点分布和降水量分布特性,应加强洱海西岸与东岸河流的监测,增加设立驻测或长期自记站点,优先应用先进的水文自动测报设施设备和ADCP等便携水量监测仪器,为洱海水量预测分析提供较为准确和实时数据。

(2) 加强洱海水面蒸发观测手段和分析方法。洱海受西洱河峡谷束窄影响,形成著名的“下关风”,湖面蒸发受风力、温度、降水等诸多因素影响,现有的E601型蒸发器与天然大水体水面蒸发变化规律是否与相近流域相似有待进一步分析论证。若仅靠出湖水量对洱海水资源量进行分析,则应着重解决大型水面蒸发观测手段和分析方法的研究,分析考证蒸发折算系数,逐步分析掌握湖泊蒸发变化规律。

(3) 加强环湖生产生活的用水的监督性监测。每年的4-6月为洱海用水高峰期,农业提灌、水力发电及生活用水均在该时段里需求加大。并通过弥苴河水量监测成果分析得出:河流入湖口水量在枯期均小于山管口或上游段水量,水质状况较差,部分入湖河流甚至出现断流,说明区间生产生活用水较高。需要加强环湖生产生活的用水的监督性监测,摸清流域内用水结构,开展用水调查与用、耗水分析,才能提高入湖水量计算精度。

(4) 入湖河流水质水量并重监测与分析。洱海目前湖面水质监测站点较多且布局较为合理规范,并且相关部门对于湖区及湖滨带水质综合治理力度较大,并取得了一定成效。但入湖河流水质监测开展较少,且湖区水量(水位)监测站点监测机构和管理部门各自为政,站点、信息、技术等资源分散管理,不能形成较为有效、统一的环湖水水质水量监测网络。今后应着重而加强湖区和入湖河流水水质水量并重监测和分析,优化监测网络布局,搭建水质水量信息共享平台。

5 参考文献

- [1] 缪 韧. 水文学原理. 北京:中国水力水电出版社,2009:152.
- [2] 蔡文祥,许大明. 水文计算. 南京:河海大学出版社,1994.
- [3] 黄振平. 水文统计原理. 南京:河海大学出版社,2002.
- [4] 水利部长江委员会水文局. 水文资料整编规范, s1247-1999.
- [5] 朱党生,王 超,程晓冰. 水资源保护规划理论及技术. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [6] 毛新伟,高 怡,徐卫东. 水文巡测方法对太湖水量平衡计算的影响分析. 水文,2006,26(5).