

水量平衡原理在区域供水计量中的应用

叶楠¹, 陈锡林²

(1. 扬州大学水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009; 2. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏 南京 210029)

摘要 结合盐城市市级供水计量工程阐述了水量平衡原理在区域供水计量中的应用, 根据陶舍小区试验建立相应的水量平衡计算模型, 提出了模型中各要素的计算方法, 并利用 2002 ~ 2003 及 2003 ~ 2004 年度的实测资料进行了验证。结果表明, 利用该模型计算出的 2 个年度的水量平衡误差均在允许范围内, 该试验区域水量处于平衡状态, 该水量平衡模型能够用于区域供水计量分析中。

关键词 区域供水; 供水计量; 水量平衡原理

中图分类号: TV213.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-764X(2007)02-0010-02

Application of water balance principle to measurement of regional water supply // YE Nan¹, CHEN Xi-lin² (1. Hydraulic Science and Engineering College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

Abstract: An introduction was given to the application of water balance principle to measurement of regional water supply in Yancheng City. Based on the water balance calculation model developed for Taoshe district, the calculation methods for each factor of the model were proposed, and the factors thus obtained were verified by measured data of 2002-2003 and 2003-2004. The case study shows that the calculation errors of water balance for the 2 periods of time by the present model are within the permissible range, and the water volume of the experimental region is in a balance state. Therefore the model can be used for measurement and analysis of regional water supply.

Key words: regional water supply; measurement of water supply; principle of water balance

随着水资源的日益紧缺和供需矛盾的日趋突出, 加强对水资源节约、保护措施的研究, 实现水资源的可持续利用等, 已经成为备受关注的课题。目前, 灌区水资源管理手段和相关技术已基本成熟, 但在平原水网圩区, 河湖互通、干支河道交错成网, 水资源的引用无控制工程、管理无制约手段, 造成取水很难计量, 用水很难分配, 水资源浪费现象严重, 制约着水资源的优化配置和节水型社会的建设步伐^[1]。

区域供水是成片地解决区域内供水基础设施的重大举措, 是实现区域经济可持续发展的重要保障, 而水量的计量必然是区域供水工作中的重要一环, 直接影响着区域供水的生命力^[2]。盐城市地处淮河下游, 大部分地区属里下河平原水网区, 河网水流流速缓慢, 流向、流态呈随机性变化, 水量交换关系紊乱, 汇流特性及其复杂, 无规律可循。目前常用的水资源量估算方法有还原方法, 有根据实测资料直接计算法, 还有水资源量估算模型法等。由于里下河地区特殊的水网环境, 前两种方法难以达到很高的

精度, 后一种方法的精度较高, 但是可移植性不强, 而且在模型构建中要考虑的因素太繁琐, 难以面面俱到。据此, 本文尝试采用如下思路进行区域供水计量: 在充分调查统计区域雨、水、工情的基础上, 选择合理的位置布设控制口门, 进行严格的人工或自动化数据采集, 再用水量平衡模型来验证数据, 验证的结果再反馈回来修正模型。如此反复, 得出精准的平衡模型, 从而为区域供水计量提供可靠的理论支持。下面就以盐城区域供水计量为例, 阐述水量平衡原理的应用。

1 区域水量平衡方程的建立

根据水量平衡原理, 对于区域水量平衡, 以一个无底部水量交换的柱体来研究, 在一定时段内, 流入柱体的水量有: 降水量 P 、凝结量 E_1 、地面径流量 R_{S1} 、地下径流量 R_{G1} 、柱体内初始蓄水量 S_1 ; 流出柱体的水量有: 总蒸发量 E_2 、地面径流流出量 R_{S2} 、地下径流流出量 R_{G2} 、引用水量 q 以及时段末的蓄水量 S_2 。该柱体任意时段的通用水量平衡方程如

作者简介: 叶楠(1982—), 男, 江苏睢宁人, 硕士研究生, 从事水利水电工程、区域供水计量研究。E-mail: jnanyz@yz.sina.com

下^[3]：

$P + E_1 + R_{S1} + R_{G1} + S_1 = E_2 + R_{S2} + R_{G2} + q + S_2$ (1)
式中各项均以水层深度计算,令 $E = E_2 - E_1$ 代表净蒸发量,对于一个封闭区域, $R_{S1} = 0$, $R_{G1} = 0$ 。若令 $R = R_{S2} + R_{G2}$, $\Delta S = S_2 - S_1$, 则闭合区域水量平衡方程为

$$R = P - E - \Delta S \quad (2)$$

对于多年平均情况,式(2)中蓄水变量项多年的平均值趋近于零,因而水量平衡方程可简化为

$$\bar{R} = \bar{P} - \bar{E} \quad (3)$$

式中: $\bar{R}$, $\bar{P}$, $\bar{E}$ 分别为区域的多年平均降水量、径流深度和蒸发量。

2 实例分析

2.1 陶舍小区概况

本文拟重点讨论里下河腹部区(主要包括建湖、盐都县绝大部分,阜宁县大部分和盐城市区、东台、大丰市的部分地区)。区内河网交错,是典型的水网圩区,受人类活动影响较大。

江苏省水文局盐城分局为了掌握里下河腹部区的水情特性,曾对里下河进行了多年巡测,并将建湖县列为重点片进行常年巡测,整理出成果,进行了初步的水量平衡计算。为了取得建湖县区域供水计量试点相关水量平衡要素,进一步掌握该区域供、用水的特点,该局又从2002年9月开始选择钟庄镇陶舍圩区作为试验小区,通过对陶舍圩区的降雨量、蒸发量、渗漏量、抽用水量、排水量、地下水变化、各类农作物的需水量进行观测试验及分析研究,计算出相关参数,再与过去的试验资料进行比较、修正,为供水计量提供了科学、合理的数学模型相关参数^[4]。

2.2 陶舍小区水量平衡要素分析

根据水量平衡原理,结合陶舍圩区短期实测资料的具体情况,得该圩区的水量平衡方程为

$$P = E + (W_2 - W_1) + (S_2 - S_1) + q \quad (4)$$

式中: P 为降水总量; E 为蒸散发总量; W_1 为总进水量; W_2 为总出水量; S_1 为时段初水平衡区蓄水量; S_2 为时段末水平衡区蓄水量; q 为圩堤渗漏量。

依据式(4)可得出水量平衡差 Δ 和相对误差 δ 计算公式为

$$\Delta = P - E - (W_2 - W_1) - (S_2 - S_1) - q \quad (5)$$

$$\delta = \frac{\Delta}{P + W_1} \quad (6)$$

各要素的计算方法如下:①降水总量 P 根据点降水资料计算水面平均降水总量。②蒸散发总量 E : 圩区下垫面由水面、稻田、旱地3种类型组成, $E = (ka_1 + \alpha a_2 + \beta a_3)E_0$, 其中, a_1 , a_2 , a_3 分别为水面、

稻田和旱地面积, k , α , β 为相应的蒸散发系数,具体数值可依据文献[4]分别查泰兴试验站资料和宜兴蒸发站资料。③进(出)水总量 W_1 (W_2): 可由巡测线、监测断面上基本站、辅助站及面上调查水量资料计算。④水平衡区调蓄量($S_2 - S_1$): 可查容积曲线,亦可粗略地用水面面积乘以时段水位增减量得到。⑤圩堤渗漏量 q : 可根据经验公式计算,即单位长度渗漏量乘以圩堤长度。

2.3 计算结果分析

根据2004年度《江苏省水资源调查评价报告(初稿)》(地下水部分):建湖地区浅层地下水补给、排出水量处于基本平衡状态,故在水量平衡验算中不予考虑地下水进、出量^[4]。

根据《盐城市市级供水计量陶舍小区试验报告》2002~2003年度和2003~2004年度的实测资料^[4-5],经分析整理,得水量平衡计算结果见表1。

表1 陶舍小区水量平衡计算结果						万 m ³
年 度	进水 总量	降水 总量	蒸散发水 总量	调蓄 水量	圩堤渗漏 水量	水量 平衡差
2002~2003	-138.293	190.940	147.010	1.20	90.00	-3.163
2003~2004	130.651	57.054	198.202	-1.60	—	-12.097

注:①2003年为丰水年,封圩排涝,进水总量负号表示水量外排;②2004年为大旱年,未封圩排涝,圩内外无水位差,故不考虑渗漏水量。

将表1中相应的数值代入公式(5)(6),计算得出2个年度的水量平衡差值分别为-3.163万 m³和-12.097万 m³,相对误差分别为-6.0%和-6.4%,误差比较接近,且均在允许值(10%)范围内。

由计算结果可知,连续2个年度的总损失水量均大于总进水量,其中2003~2004年度相差较2002~2003年度大。对于上述误差分析原因有以下几方面:

a. 小区内的水存在重复利用,因而出现实际用水量大于供水量的情况。

b. 小区内居民生活用水多是深层地下水,而废污水又排入河道,增加了圩内排出水量。

c. 由于2003~2004年度为枯水年,试验区内土壤灌溉渗漏损失较一般年份大,相应的灌溉用水量也有所增加,因此枯水年的作物蒸散发总量大于一般年份。

d. 小区水量平衡试验研究工作仅开展了2个年度,资料系列较短,且未单独进行次降雨径流分析,只是借用建湖片已有的分析成果与建湖片历年降雨径流关系合并定线分析,还存在一定的误差。

e. 因为水文、气象等因素的随机性,仅以这两年的资料来进行分析,具有一定的局限性。

(下转第17页)

面上发生的断裂与摩擦滑动现象。在这个模型中,采用了非关联流动准则来计算扩容,扩容的最大值设定与剪切方向的软化过程同步结束。为了便于采用数学规划法求解这个模型,本文还给出了模型的线性互补问题的描述。这个模型的全量描述是完全线性的,因此可以用于诸如塑性极限分析、安定分析等混凝土结构分析的直接解法。模型的增量形式则可以用于复杂载荷情况下界面断裂问题的求解。数值算例表明这个模型能够很好地模拟混凝土材料的断裂过程,且能恰当地反映扩容行为。

参考文献:

[1] BAZANT Z P, CEDOLIN L. Stability of structures: elastic, inelastic, fracture and damage theories[M]. Oxford: Oxford University Press, 1991: 1-36.

[2] KARIHALOO B L. Fracture mechanics and structural concrete [M]. Harlow, Great Britain: Longman Scientific & Technical, 1995: 19-68.

[3] HASSANZADEH M. Determination of fracture zone properties in mixed mode I and II[J]. Engng Fracture Mech, 1990, 35(4/5): 845-853.

[4] VUTUKURI V S, LAMA R D, SALUJA S S. Handbook on mechanical properties of rocks: Vol 1[M]. Berlin: Trans Tech Publisher, 1974: 15-49.

[5] CAMACHO G T, ORTIZ M. Computational modeling of impact damage in brittle materials[J]. Inter J Solids Struct, 1996, 33(20/21/22): 2899-2938.

[6] XU X, NEEDLEMAN A. Numerical simulation of fast crack

growth in brittle solid[J]. J Mech Phys Solids, 1994, 42(7): 1397-1434.

[7] LOTFI H, SHING P. Interface model applied to fracture of masonry structures[J]. ASCE J Engng Mech, 1994, 120(1): 63-80.

[8] CAROL I, PRAT P C, LOPEZ C M. Normal/shear cracking model: application to discrete crack analysis[J]. ASCE J Engng Mech, 1997, 123(1): 1-9.

[9] MAIER G. A matrix structural theory of piecewise-linear plasticity with interacting yield planes[J]. Meccanica, 1970, 5(1): 55-66.

[10] BOLZON G, MAIER G, NOVATI G. Some aspects of quasi-brittle fracture analysis as a linear complementarity problem [C]//BAZANT Z P, BITTNER Z, JIRASEK M, et al. Fracture and Damage in Quasibrittle Structures. London: E & FN Spon, 1994: 159-174.

[11] BOLZON G, MAIER G, TIN-LOI F. Holonomic and non-holonomic simulation of quasi-brittle fracture: a comparative study of mathematical programming approaches [C]//WITTMAN F H. Fracture Mechanics of Concrete Structures. Freiburg: Aedificatio Publishers, 1995: 885-898.

[12] COCCHETTI G, MAIER G, SHEN X P. On piecewise linear models of interfaces and mixed mode cohesive cracks[J]. Computer Modeling in Engineering and Sciences, 2002, 3(3): 279-298.

[13] DIRKSE S P, FERRIS M C. The PATH solver: a non-monotone stabilization scheme for mixed complementarity problems[J]. Optimization Methods & Software, 1995, 10(1): 123-156.

(收稿日期 2006-03-13 编辑 高建群)

(上接第 11 页)

f. 由于条件限制,暂时无法提供小区的地下水资料,在水量平衡计算中也未考虑,这对计算结果会产生一些影响。

3 结 语

区域供水计量,特别是以行政区划(市、县)为单位进行供水计量,将成为水资源优化管理、合理配置的重要工作内容之一。本文选择里下河腹部区陶舍小区作试点,运用水量平衡原理对圩区 2002~2003 年度和 2003~2004 年度的实测资料分析验证,从验证结果可以看出,利用水量平衡原理计算出的 2 个年度的水量平衡误差均在允许的范围内,试验区域水量处于平衡状态,水量平衡模型能够用于区域供水计量分析中。由于水量平衡计算中有些参数是查阅资料得出的,另外观测的数据本身也有误差,因此平衡计算的结果还有一定偏差,所以需要不断收集实测资料、积累经验,对误差产生原因进一步分析并

加以消除,对水量平衡计算相关要素进行率定,然后用实测资料来验证和修正,以便为平原河网区提供更加完善的水量平衡计算模型,为区域供水计量提供更加科学、合理的计算依据。

参考文献:

[1] 刘超,汤方平,周济人,等.盐城市市级供水计量工程可行性研究报告[R].扬州:扬州大学工程设计院,2002.

[2] 侯晓峰.西安市城市供水水源合理配置研究[D].西安:西安理工大学,2002.

[3] 詹道江,叶守泽,吴明远.工程水文学[M].北京:水利电力出版社,1985: 19-21.

[4] 江苏省水文水资源勘测局盐城分局.盐城市市级供水计量陶舍小区 02~03 年度试验报告[R].盐城:江苏省水文水资源勘测局盐城分局,2003.

[5] 江苏省水文水资源勘测局盐城分局.盐城市市级供水计量陶舍小区 03~04 年度试验报告[R].盐城:江苏省水文水资源勘测局盐城分局,2004.

(收稿日期 2005-12-30 编辑 高建群)