

地表水资源可利用量计算实用方法研究

——以浙江省金华江流域为例

金新芽¹, 张晓文², 马俊³

(1.浙江省水文局,浙江 杭州 310009;2.浙江省水利水电勘测设计院,浙江 杭州 310002;
3.浙江省水利发展规划研究中心,浙江 杭州 310012)

摘要:科学定义并分析计算地表水资源可利用量,是综合规划区域水资源节约、保护、配置、开发利用和治理及水资源承载能力分析的基础。以“扣损法”为基础,提出既能体现实际工况又能兼顾公平的“斩头去尾”水资源可利用量分析法,为流域水量分配及资格水权的确定提供水量依据。

关键词:地表水资源;可利用量;资格水权;金华江

中图分类号:TV211.1

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)02-0078-04

国内外学术界从不同角度探讨了地表水资源可利用量的定义。陈显维^[1]、贾绍凤等^[2]考虑可持续发展和水权约束定义水资源可利用量为:在满足一定的生态保护标准下的生态需水前提下,在一定的经济技术水平条件下,有水权保证的、在水资源总量中可以被当地净消耗于生产生活的那部分水资源量。郭周亭^[3]认为国内较一致的共识为:在经济合理、技术可行和环境容许的前提下,通过各种工程措施最大可能地控制利用不重复的一次性水量。雷志栋等^[4]指出水资源可利用量是:在经济合理、技术可行和生态环境容许的前提下,通过各种工程措施最大可能地控制引用的不重复的一次性水量。《全国水资源综合规划》中给出了关于水资源可利用量较规范的定义,地表水资源可利用量是指“在可预见的时期内,在统筹考虑河道内生态环境和其它用水的基础上,通过经济合理、技术可行的措施,在流域(或水系)地表水资源量中,可供河道外生活、生产、生态用水的一次性最大水量(不包括回归水的重复利用)。水资源可利用量是从资源的角度分析可能被消耗利用的水资源量”。国外也有一些学者探讨了水资源可利用量的概念,如Upali Amarasinghe认为:地表水资源潜在的可利用量是指通过各种物理和经济途径可被首次使用和下游再次重复使用的那部分水资源。

综合对比国内外对水资源可利用量的定义,基本

上涵盖了社会与经济及生态环境需水量、工程措施、水权等要素,是在保护生态环境且经济技术合理的前提下,在水资源总量中可供人类净消耗的那部分按水权配置的水资源量。

1 计算方法研究

相应于水资源可利用量定义上的区别,地表水资源可利用量计算方法也多种多样。国内常用方法为扣损法。白林龙^[5]采用倒算法,从地表水资源中扣除最小河道生态环境需水量和汛期难于控制利用洪水量,分析计算淮河上游地表水资源可利用量。龚建新^[6]根据径流等值线图量算出不可能被利用水量,采用多种方法计算河道内需水量,得出乌鲁木齐市地表水资源可利用量。董颖^[7]等分析了陕北地区水资源基本特点及利用现状,采用扣损法求得陕北地区水资源可利用总量。

1.1 扣损法

扣损法以地表水资源总量为基础,扣除不可利用的地表水资源量,如河道内生态、生产需水量、跨流域调水量和汛期不可利用的洪水量等。扣损法又分倒算法和正算法。

倒算法是用多年平均水资源量减去不可以被利用水量和不可能被利用水量中的汛期下泄洪水量的多年平均值,得出多年平均水资源可利用量,是一个

收稿日期:2015-02-03

基金项目:浙江省水利重大科技计划项目(RA1103)

作者简介:金新芽(1976-),女,浙江江山人,高级工程师,硕士,主要从事水文水资源研究工作。E-mail:183095527@qq.com

倒扣计算过程。可用下式表示:

$$W_{\text{地表水可利用量}} = W_{\text{地表水资源量}} - W_{\text{河道内需水量外包}} - W_{\text{洪水弃水}} \quad (1)$$

式(1)中,河道内生态环境需水量一般为水量的年值。南方河流汛期河道内生态环境及生产需水量与汛期下泄的洪水量具有兼容性,汛期一般不考虑河道内生态环境及生产需水量。

正算法又叫直接计算法,是根据工程最大供水能力或最大用水需求的分析成果,以用水消耗系数(耗水率)折算出相应的可供河道外一次性利用水量。可用下式表示:

$$W_{\text{地表水可利用量}} = k_{\text{用水消耗系数}} \times W_{\text{最大供水能力}} \quad (2)$$

$$\text{或} \quad W_{\text{地表水可利用量}} = k_{\text{用水消耗系数}} \times W_{\text{最大用水需求}} \quad (3)$$

正算法用于南方水资源较丰沛的地区及沿海独流入海河流,其中式(2)一般用于大江大河上游或支流水资源开发利用难度较大的山区,以及沿海独流入海河流,式(3)一般用于大江大河下游地区。

扣损法计算分区水资源可利用量,较大地考虑了现有的社会经济发展水平和工程措施,而较少考虑资格水权。若用此水量作为资格水权^[8-10]分配的依据水量,对经济条件差、工程措施少的分区有失公平。因此,本文提出了“去头斩尾”水资源可利用量分析法(以下简称“去头斩尾”法)计算分区地表水资源可利用量。

1.2 “去头斩尾”法

“去头斩尾”法摒弃各分区现有社会经济、工程措施的差异,假设它们具有相同的调蓄和耗用水平,对分区长系列逐日流量过程扣除洪水控制线以上的量(下泄水量),此为“去头”;扣除基流控制线以下的量(基流量),此为“斩尾”;逐日流量系列过程的中间部分,认为是可以通过工程手段加以利用的量,即基于资格水权下的水资源可利用量。(见图1)。

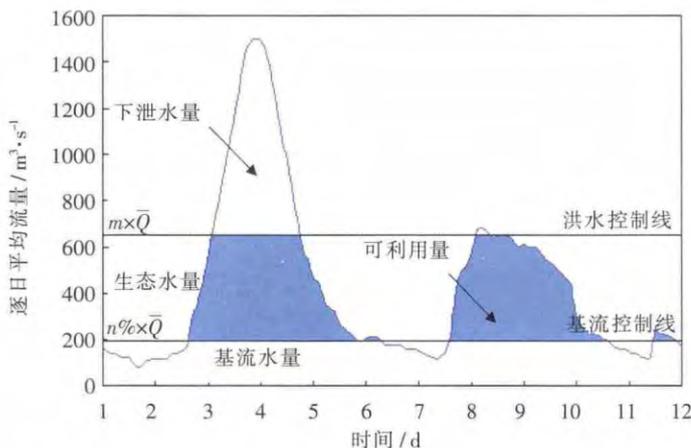


图1 “去头斩尾”法地表水资源可利用量计算示意图

Fig.1 Calculation of the available surface water resources by the “head to tail pinched” method

“去头斩尾”法的关键在于:①确定相同的调蓄、耗用水平;②确定洪水控制线、基流控制线。

1.2.1 相同的调蓄和耗用水平

资格水权要求兼顾公平,因此,相同的调蓄和耗用水平既不能采用工程措施和经济条件最好分区的值,也不能采用工程措施和经济条件最差分区的值,较为理想的值为所有分区的平均值。

1.2.2 下泄水量和基流量

相同调蓄和耗用水平的下泄水量和基流量可以采用扣损法推求。

扣损法计算流域最下游控制节点多年平均可利用量时,将全流域的工程措施和耗用水平均值化处理,与“去头斩尾”法的相同调蓄和耗用水平概念相吻合。因此,计算出的下泄洪水量和河道内生态环境及生产需水量可作为“去头斩尾”法的下泄水量和基流量。

1.2.3 基流控制线和洪水控制线

为了便于操作,基流控制量、洪水控制量表示如下:

$$Q_{\text{基流控制量}} = n\% \times \bar{Q} \quad (4)$$

$$Q_{\text{洪水控制量}} = m \times \bar{Q} \quad (5)$$

式中: \bar{Q} 为多年平均日流量; n 为基流相关系数,一般取值10~30; m 为洪水相关系数,一般取值1.0~3.0。

取不同的 n 、 m 值对流域最下游控制节点长系列逐日流量过程进行“去头斩尾”试算,直至“斩尾”的量和“去头”的量等于“扣损法”计算的河道内生态环境及生产需水量和下泄洪水量,此时的 n 、 m 代入式(4)和式(5)即可算出分区基流控制线和洪水控制线。

2 在金华江流域的应用

2.1 流域概况

金华江为浙江省最大河流——钱塘江南源兰江的支流,流域面积6782km²,干流长195km,集水区向东、南呈扇形展开。金华江流域属亚热带季风气候区,四季分明,但降水时空分布不均,年际年内变化显著,可分为4~6月梅汛期和7~9月台汛期。金华江流域多年平均径流量为57.6×10⁸m³。为合理开发利用水资源,流域内兴建了大量的大中小型水库,其中大型水库2座,总库容约4.0×10⁸m³,中型水库14座,总库容5×10⁸m³。流域内水库主要在梅汛期蓄水,而台汛期的洪水作为生活、生产及河道生态用水。

2.2 计算分区

按照水资源分区,最小流域单元为水资源五级分区,最小行政单元为县(市、区)级行政区。金华江流域

计算分区包括金华市的市区(婺城、金东)、武义、浦江、磐安、兰溪、义乌、东阳、永康和丽水市的缙云,不考虑占金华江流域面积较小的诸暨、嵊州、遂昌。

2.3 地表水资源可利用量计算

首先用“扣损法”计算金华江最下游控制断面多年河道内生态环境及生产需水量、下泄洪水量以及水资源可利用量;然后试算“去头斩尾”法的基流相关系数 n 、洪水相关系数 m ,确定基流控制线、洪水控制线;最后计算金华江流域各分区的地表水资源可利用量。

2.3.1 最下游控制断面多年平均水资源可利用量

(1)河道内生态环境及生产需水量

采用 Tennant 法,以多年平均流量 15%作为河道内水生生物生存满意的流量,即为 $8.64 \times 10^8 \text{m}^3$,折算成平均流量约为 $27.4 \text{m}^3/\text{s}$ 。生态流量是目前国内外十分关注的一个内容,还没有统一的定义,生态流量的内涵丰富、涉及因素众多、受不同自然地理环境、人类活动和经济社会发展的制约大。文章取 15%仅作为研究方法使用,实际的水权分配方案中应综合当地主要生态指标及经济社会发展需求确定。

(2)下泄洪水量

2011 年金华江流域用水量 $19.0948 \times 10^8 \text{m}^3$,耗水率 57.5%,梅汛和台汛期分别占年总量的 35%和 25%,算得用水消耗量(W_m)分别为 $3.84 \times 10^8 \text{m}^3$ 和 $2.75 \times 10^8 \text{m}^3$,4~6 月水库具备供水功能的蓄水量($W_{\text{蓄水}}$)约为 $8.6953 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

根据以上分析,计算得到金华站 1956~2011 年逐年下泄洪水量,其中 4~6 月多年平均下泄洪水量为 $13.7 \times 10^8 \text{m}^3$,7~9 月为 $10.7 \times 10^8 \text{m}^3$,汛期 4~9 月合计也即全年为 $24.4 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

(3)最下游断面多年平均水资源可利用量

流域多年平均天然年径流量为 $57.6 \times 10^8 \text{m}^3$,减去河道内生态环境需水量及下泄洪水量,得多年平均地表水资源可利用量为 $24.56 \times 10^8 \text{m}^3$,地表水资源可利用率达到 42.6%。详见表 1。

表1 最下游控制断面地表水资源可利用量表

Table1 The surface water resources available quantity of the downstream section

项 目	数 量
多年平均年径流量 / 10^8m^3	57.6
河道内生态环境及生产需水量 / 10^8m^3	8.64
多年平均汛期难于控制利用的洪水量 / 10^8m^3	24.4
多年平均地表水资源可利用量 / 10^8m^3	24.56
地表水资源可利用率 / %	42.6

2.3.2 n 、 m 试算

取不同的 n 、 m 值对金华江最下游控制断面长系列逐日流量过程进行“去头斩尾”试算。逐日流量小于等于多年平均流量 $n\%$ 部分为基流流量,大于等于多年平均流量 m 倍部分为下泄流量,中间部分为可利用量,当基流量等于 $8.64 \times 10^8 \text{m}^3$ 、下泄洪水量等于 $24.4 \times 10^8 \text{m}^3$ 时,停止试算,对应的 n 、 m 即为“去头斩尾”法相应的系数。经计算,金华江流域 n 和 m 分别取 16.5 和 1.3。

2.3.3 地表水资源可利用量计算

各计算分区采用长系列逐日流量过程独立计算,逐日流量小于等于多年平均流量 16.5%部分为基流流量,大于等于多年平均流量 1.3 倍的部分为下泄流量,中间部分为可利用量。各计算分区水资源可利用量成果见表 2。

3 结论

(1)水资源可利用量的定义基本涵盖了社会与经济、生态环境需水、工程措施、水权等要素,是在保护生态环境且经济技术合理的前提下,在水资源量中可供人类净消耗的那部分水资源量。

(2)“斩头去尾”法研究各行政区域本地地产水的可利用量,是突破了传统的“扣损法”的计算理论,分析方法上更具有合理性。

(3)“斩头去尾”法过滤了流域内不同行政区域经济发展水平、工程措施建设不平衡带来的影响,兼顾了公平的原则,可以作为“资格水权”水量分配的参考依据。

(4)该方法应用于“金华江流域水量分配及初始水权确定核心技术研究”课题,成果较合理,但由于未考虑水质的因素,因此完善基于水权、水质的地表水资源可利用量计算方法仍是今后的研究重点之一。

参考文献:

- [1] 陈显维. 国内外水资源可利用量概念和计算方法研究现状[J]. 水利水电快报, 2007,28(2):7-10. (CHEN Xianwei. The study of the available water resources concept and calculation method both at home and abroad [J]. Express Water Resources & Hydropower Information, 2007,28(2):7-10. (in Chinese))
- [2] 贾绍凤,周长青,燕华云,等. 西北地区水资源可利用量与承载能力估算[J]. 水科学进展, 2004,15(6):801-807. (JIA Shaofeng, ZHOU Changqing, YAN Huayun, et al. Estimation of usable water resources and carrying capacity in northwest China [J]. Advances In Water Science, 2004,15(6):801-807. (in Chinese))
- [3] 郭周亭. 水资源可利用量估算初步分析[J]. 水文, 2001,21(5):23-26. (GUO Zhouting. Initial analysis of estimation for usable quantity of

表2 各分区多年平均及不同保证率水资源可利用量计算成果

Table2 The annually average available quantity of surface water resources in respective regions and the available quantity at the different guarantee rate

行政分区	控制节点与行政交界断面名称	集水面积 /km ²	地表水资源量 /10 ⁸ m ³	基流控制线以下的量 /10 ⁸ m ³	洪水控制线以上的量 /10 ⁸ m ³	多年平均可利用量 /10 ⁸ m ³	可利用率 /%	不同保证率可利用量/10 ⁸ m ³		
								75%	90%	95%
磐安	梓誉(磐安东阳界之一)	242	2.2256	0.3335	0.9281	0.9640	43.3	0.7879	0.6128	0.5373
东阳	西山(东阳义乌界)	839.5	6.2438	0.9355	2.6164	2.6919	43.1	2.2415	1.6710	1.3190
义乌	佛堂(北江出口)	309.8	2.0743	0.3102	0.8710	0.8931	43.1	0.7428	0.5628	0.4397
磐安	长康村(磐安东阳界)	172.6	1.4704	0.2080	0.6779	0.5845	39.8	0.4859	0.3669	0.3319
永康	/	83	0.6723	0.0950	0.3090	0.2683	39.9	0.1326	0.1660	0.2436
东阳	南岸(东阳义乌界)	695.8	5.2780	0.7462	2.4235	2.1083	39.9	1.7258	1.3386	1.1706
义乌	佛堂(南江出口)	38.8	0.2532	0.0357	0.1164	0.1011	39.9	0.0820	0.0615	0.0482
缙云	姓姚(缙云永康界)	301.1	3.0994	0.4475	1.3819	1.2700	41.0	1.0766	0.8179	0.7487
永康	桐琴大桥(永康武义界)	946.2	7.7835	1.1224	3.4581	3.2030	41.2	2.7072	2.1900	1.8505
武义	范村(武义金华界)	922.7	8.9022	1.2849	3.9555	3.6618	41.1	3.0237	2.4064	2.1322
金华市区	武义江出口	409	3.7860	0.5463	1.6825	1.5572	41.1	1.3391	1.0386	0.8916
义乌	月潭村(义乌金华界)	483.5	3.6980	0.5523	1.5478	1.5979	43.2	1.2626	1.0284	0.7805
金华市区	金华(东阳江、武义江汇合口)	513.3	3.8961	0.5821	1.6334	1.6806	43.1	1.3382	1.0773	0.7885
金华市区	倪家村(金华兰溪界)	793.9	7.3909	1.1047	3.0169	3.2693	44.2	2.6682	2.1365	1.6472
兰溪	金华江出口	106	0.7941	0.1186	0.3310	0.3445	43.4	0.2798	0.2287	0.1921
合计		6857.2	57.5678	8.4229	24.9494	24.1955	42.0	19.8939	15.7034	13.1216

water resources [J]. Journal of China Hydrology, 2001,21(5):23-26. (in Chinese))

[4] 雷志栋,尚松浩,杨诗秀,等. 叶尔羌河平原绿洲水资源可利用量的探讨[J]. 灌溉排水, 1999,18(2):10-13. (LEI Zhidong, SHANG Songhao, YANG Shixiu, et al. Investigation of the available water resources of the plain oasis in Yerqiang River basin [J]. Irrigation and Drainage, 1999,18(2): 10-13. (in Chinese))

[5] 白林龙. 淮河上游地表水资源可利用量计算分析 [J]. 人民长江, 2013,44(17):45-48. (BAI Linlong. Calculation and analysis on available surface water resources in upper Huaihe river [J]. Yangtze River . 2013,44(17):45-48. (in Chinese))

[6] 龚建新. 新疆乌鲁木齐市地表水资源可利用量分析 [J]. 地下水, 2015,37(1):115-117. (GONG Jianxin. Analytical calculation of the available surface water resources in the Urumqi city [J]. Ground Water, 2015,37(1):115-117. (in Chinese))

[7] 董颖,赵健. 水资源可利用量计算方法在陕北地区的应用研究[J]. 干旱区资源与环境, 2013,27(3):104-108. (DONG Ying, ZHAO Jian. The calculation method for available water resources of northern Shaanxi [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2013,27(3):104-108. (in Chinese))

[8] 王宗志,胡四一,王银堂. 流域初始水权分配及水量水质调控[M]. 北京: 科学出版社, 2011. (WANG Zongzhi, HU Siyi, WANG Yintang. Initial Water Right Allocation and Joint Regulation of Water Quantity and Quality in a Basin [M]. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese))

[9] 杨永生, 许新发, 李荣昉. 鄱阳湖流域水量分配与水权制度建设研究 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011. (YANG Yongsheng, XU Xinfu, LI Rongfang. Research on Water Allocation and Construction of Water Rights System in Poyang Lake Basin[M]. Beijing: China WaterPower Press, 2011. (in Chinese))

[10] 王蓉,许旭. 论资格水权与实时水权的界定与中国水权建设[J]. 中国发展, 2009,9(3):6-14. (WANG Rong, XU Xu. On the concept of long term water rights and short term water rights [J]. China Development, 2009,9(3):6-14. (in Chinese))

A Practical Method for Available Surface Water Resources Quantity Calculation: A Case Study of Jinhuajiang River Basin in Zhejiang Province

JIN Xinya¹, ZHANG Xiaowen², MA Jun³

(1. Hydrology Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310009, China; 2. Zhejiang Design Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Hangzhou 310002, China; 3. Water-Development Planning & Research Center of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China)

Abstract: Study on available water resources is the basis of the comprehensive planning of regional water resources conservation, protection, configuration, development, utilization, management and analysis of water resources carrying capacity. A “head to tail pinched” method for available surface water resources calculation eas proposed based on the deduction method, which can reflect the actual working conditions and maintain the fairness. It will provide the basis for the water allocation and initial water right determination.

Key words: surface water resources; available quantity; long-term water right; Jinhuajiang River