

改进的MIKE BASIN在安吉两库引水工程中的应用

张徐杰, 朱 斌, 郭 靖, 徐郡璘

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州

收稿日期: 2025年4月9日; 录用日期: 2025年5月21日; 发布日期: 2025年8月26日

摘 要

以安吉两库引水工程为案例, 将Matlab与MIKE BASIN模型进行耦合, 实现供水结果的保证率计算和模型调度参数的反复调整率定。利用1955~2016年逐月水文数据, 对安吉两库引水工程的可外调水量进行研究。结果表明, 安吉两库在满足本地各项用水的前提下有多余水量可外调至湖州市区。湖州市区满足90%保证率的引水规模为23.0万m³/d, 对应多年平均引水量为5694万m³。如引水保证率进一步降低, 则引水规模可进一步增大, 对应多年平均引水量也相应增加。但模型只能在用户设定的水资源配置规则下展开计算, 需进一步探索将优化算法用于模型的配置规则设定, 以寻找理论上的最优方案。

关键词

安吉两库引水工程, MIKE BASIN, 水资源配置, 模型模拟

Application of Improved MIKE BASIN in the Two-Reservoir Diversion Project in Anji

Xujie Zhang, Bin Zhu, Jing Guo, Junlin Xu

POWERCHINA Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou Zhejiang

Received: Apr. 9th, 2025; accepted: May 21st, 2025; published: Aug. 26th, 2025

Abstract

Based on the hydrological data from 1955 to 2016, this paper applied improved MIKE BASIN model coupled with Matlab to simulate the water resources allocation in the Two-reservoir Diversion Project in Anji, aiming to investigate the potential water volume to be diverted. The results indicated that, on the premise

作者简介: 张徐杰(1987-), 男, 浙江余姚人, 博士, 高级工程师, 主要从事水文与水利规划方面的工作, Email: zhang_xj6@hdec.com

文章引用: 张徐杰, 朱斌, 郭靖, 徐郡璘. 改进的 MIKE BASIN 在安吉两库引水工程中的应用[J]. 水资源研究, 2025, 14(4): 390-397. DOI: 10.12677/jwrr.2025.144042

of the local water demands in Anji being met, the diversion water discharge to Huzhou was 230 thousand cubic meters per day with a guaranteed rate of 90%. The corresponding annual diversion water volume was 56.94 million cubic meters. If the guaranteed rate decreased, the diversion water discharge and annual diversion water volume could be increased. In addition, the water resources could only be allocated under the rules set by users, and further studies such as applying optimization algorithm in making allocation rules need to be investigated to find the theoretical optimal solution.

Keywords

Two-Reservoir Diversion Project in Anji, MIKE BASIN, Water Resources Allocation, Model Simulation

Copyright © 2025 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水资源供需平衡分析是在一定区域范围内就水资源的供给与需求,以及它们之间的余缺关系进行分析的过程。通过水资源系统模拟,开展特定区域内的水资源供需平衡分析,可以揭示特定区域内水的供给与需求之间的关系,找出区域的水资源供需矛盾,分析各项工程供水能力、供水量等,为评价区域水资源满足程度、工程供水能力、区域水资源配置提供决策依据[1]。

为了解决区域水资源合理配置问题,国内外开发了许多水资源配置软件,比如 WEAP 模型[2]、WaterWare 模型[3]、MIKE BASIN 模型[4]等。MIKE BASIN 模型是由丹麦水利研究院研发的流域水资源规划管理工具,是一个集总式综合河网模拟系统,与 GIS 系统全面链接,具备清楚的数据与模型结构,支持水资源综合管理的参与式对话和矛盾解决方案[5]。目前,MIKE BASIN 在国内外各流域都开展了相关应用研究,如孙栋元等[6]在石羊河流域开展的水资源管理模拟研究,基于 MIKEBASIN 模型,建立了石羊河流域水资源管理模型,预测了 2015 与 2020 年流域需水量,结果显示流域需水量呈下降趋势;熊飞等[7]在本那河流域开展的水资源配置研究,构建了模型进行 1978~2019 年长系列调算,摸清本那河及相关流域内水资源分布特点、供水规则、缺水分布状况;刘金华等[8]在厦门市开展的雨洪资源利用研究,对九龙江北溪流域和厦门市全域进行不同尺度的水资源模拟分析,研究雨洪利用工程引洪和蓄洪规模;孔春梅等[9]为解决陇川县麻栗坝灌区在水资源开发利用过程中存在的水资源短缺等问题,利用 MIKE BASIN 构建了区域内的水资源配置模型,提出了水库联合调度方案。然而,以往研究多侧重于水资源配置模型,却较少应用于实际工程设计,本文将 MIKE BASIN 应用于一个实际工程设计案例——安吉两库引水工程。

安吉两库引水工程位于浙江省湖州市境内,主要利用安吉县老石坎水库和赋石水库的水量,在满足安吉本地用水的基础上,将多余水量供给湖州市区。由于工程设计中涉及供水保证率的问题,模型中无法直接统计计算,本次将 Matlab 与 MIKE BASIN 进一步耦合,对模型进行改进,实现供水结果的保证率计算和模型调度参数的反复调整率定,以研究在满足安吉本地各项用水保证率的情况下,可外供湖州市区的水量,为工程设计规模的确定打下基础。

2. 研究区概况

安吉县位于浙江省北部,太湖西南侧,地理坐标为东经 119°14'至 119°53',北纬 30°23'至 30°52',全县土地面积 1886 km²。安吉县境内主要河流为西苕溪,发源于天目山北麓,纳上游各支流经安吉县城向东北流至梅溪镇,再往下游至白雀塘桥与东苕溪汇合,由长兜港、机坊港注入太湖。西苕溪(白雀塘桥以上)干流长 139.1 km,

网络图，通过用户建立的网络系统和各类对象实现动态模拟。模型可以考虑多水源联合供水，以不同方式下的水库运行以及水库群联合调度为计算规则，并对系统中生活、农业、生态等用水进行计算，通过可修改调整的优先次序和调度规则进行水量分配计算。

MIKE BASIN 模型遵循的基本原理是水量平衡，在模型各个结点处，其水量的进、出和蓄水量变化之间是平衡的。模型用户可以根据各用水户的重要性等因素，制定相应的优先次序。在水资源模拟演算过程中，MIKE BASIN 模型采用局部优先性原理，优先性最高的用水节点先获得水，而且只有在其需水得到充分满足的情况下，第二优先性的用水节点才能获得供水，其余节点以此类推。

3.2. 水资源网络

安吉两库引水工程主要是在充分考虑安吉两库下游本地各类用水需求的基础上，研究两库的可外调水量。结合本次流域水系的水力联系和各用水户对象，选取能够反映本工程项目特点的河道和重要的供水节点进行概化，从而确定水源、用水户、水利工程之间的相互联系，进行水资源供需平衡分析计算。经概化，本次安吉两库引水工程水资源配置模型水资源系统网络如图 2 所示。

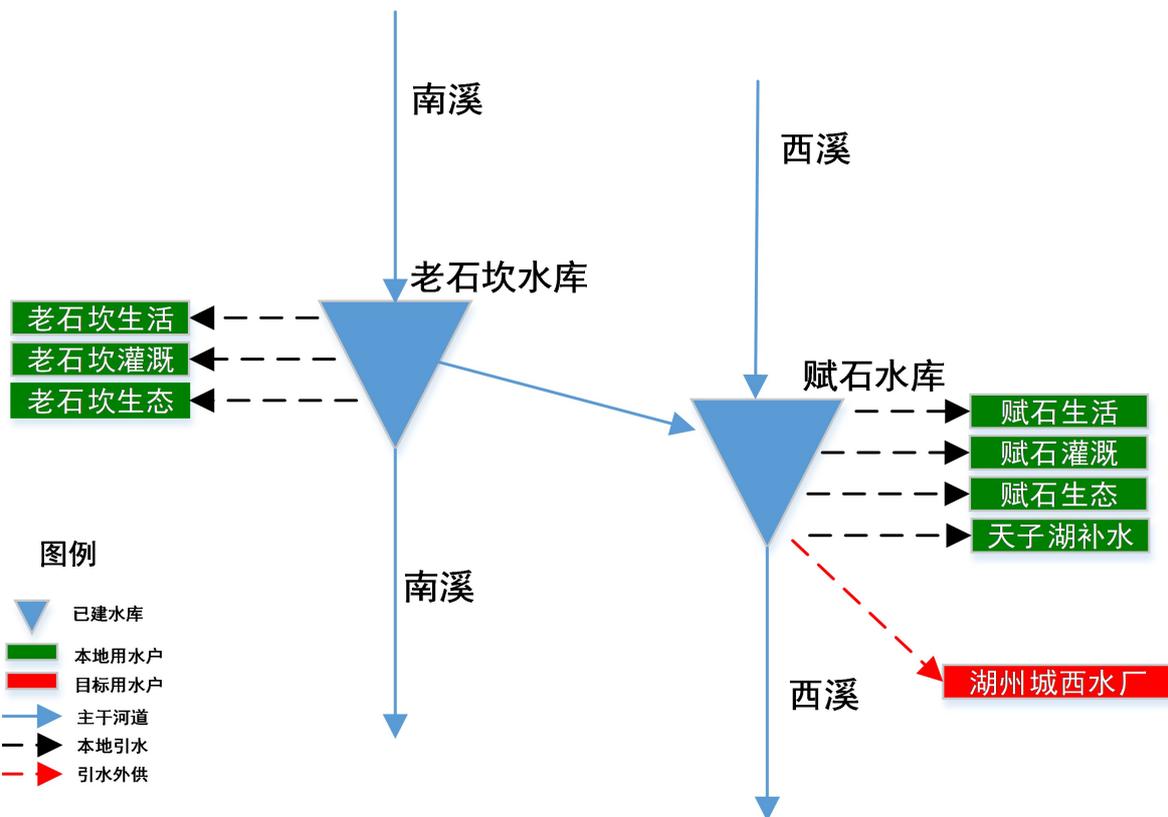


图 2. 安吉两库引水工程水资源配置模型水资源系统网络图

3.3. 模型边界

1) 供水水源来水量

本次供水水源为老石坎水库和赋石水库。老石坎水库来水量主要为老石坎水库管理局提供的 1955~2016 年逐月径流系列。其中，建库前为老石坎水文站实测径流系列，建库后径流系列采用水量平衡原理，逐月还原计算。赋石水库 1955~1975 年逐月平均流量采用潜渔水文站实测径流系列，1976~1979 年径流系列根据老石坎水

库 1976~1979 年逐月径流采用流域面积和降水量修正计算, 1980~2016 年逐月径流采用水量平衡法还原计算。

2) 河道外需水量

河道外用水主要包括两库下游生活用水、灌溉用水等。其中, 老石坎水库下游生活用水主要为规划老石坎水厂, 设计水平年(2030 年)总供水规模 18 万 m^3/d , 日变化系数取 1.4。赋石水库下游生活用水为规划赋石水厂, 设计水平年(2030 年)总供水规模 20 万 m^3/d , 日变化系数取 1.4。另外, 赋石水库向湖州市区城西水厂供水, 供水规模有待本次分析计算。

水库下游灌溉用水主要为老石坎水库灌区和赋石水库灌区, 灌溉面积分别为 4.20 万亩和 8.28 万亩, 考虑灌溉水利用系数后, 根据灌区内作物种植结构和灌溉定额计算不同保证率下灌溉需水量如表 1 所示。另外, 安吉白茶作为安吉县最重要的经济作物, 在安吉县具有较大的种植面积。两库下游均有白茶需要灌溉, 设计灌溉面积分别为 2.15 万亩和 7.94 万亩。灌溉用水量根据种植面积、用水定额及灌溉水利用系数计算。

此外, 为保障天子湖区域远期用水需求, 赋石水库每年需往天子港水库供水约 3000 万 m^3 。扣除通过城乡供水方式年供水量约 1891 万 m^3 之后, 剩余 1109 万 m^3 拟通过赋石渠道均匀下放提供, 补水期为 7~11 月份, 补水流量约 0.84 m^3/s 。

表 1. 老石坎水库灌区和赋石水库灌区设计灌溉需水量(万 m^3)

灌区	保证率	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合计
老石坎水库灌区	50%	0	0	0	249	224	231	471	81	253	120	0	0	1630
	75%	0	0	0	0	0	498	435	493	240	119	0	32	1816
	90%	0	0	0	0	0	493	330	579	195	237	0	0	1835
赋石水库灌区	50%	0	0	0	0	0	596	1142	974	885	590	63	0	4251
	75%	0	0	0	0	0	560	1236	1384	904	663	0	0	4747
	90%	0	0	222	0	555	498	1283	1173	931	333	0	0	4994

3) 河道内需水量

根据《河湖生态环境需水计算规范》(SL/T712-2021), 南方地区中小河流在开发利用程度高的情况下, 基本生态环境需水量应达到天然河道断面流量的 15%~25%, 目标生态环境需水量应达到天然河道断面流量的 50%~60%。安吉两库下游河道水力联系复杂, 且考虑到西苕溪为两山理论发源地, 生态环境需水量按上限取值, 即基本生态流量达到天然断面流量的 25%, 目标生态流量达到 60%。经与引水区安吉协商, 确定基本生态流量为天然断面流量的 30%, 目标生态流量为天然断面流量的 60%。本次采用上述方法及 Tennant 法最小生态流量标准两种方法计算各月生态流量, 取外包线作为河道内生态需水量。

根据以上原则, 计算下游河道各节点基本生态环境需水量和目标生态环境需水量。由于西溪下游赋石灌渠引水口下游断面和南溪下游统溪支流汇入口断面为距两水库坝址最近的主要支流汇合口, 且周边居民相对较多, 本次作为两水库坝址下游河道的基本生态环境需水量的控制断面, 西溪、南溪汇合口断面为目标生态环境需水量的控制断面。

3.4. 调度原则

1) 水资源配置原则

本次安吉两库引水工程在考虑两库来水量和用水量的基础上, 依据各自的运行调度原则, 对两水库进行径流调节计算, 分析工程的可外调水量。水资源配置原则如下: 安吉本地按照“生活、生产、生态兼顾”的原则, 城乡居民生活生产用水、农业灌溉用水、生态环境用水的保证率分别为 95%、90%、90%。根据相关规范及安吉

与湖州协商情况,确定城乡居民生活生产用水和生态环境用水采用历时保证率,农业灌溉用水采用年保证率。本着“先本地、后外供”的原则向湖州供水。在优先满足本地的生活、生产、农业和生态用水,然后再按照工程的供水能力向湖州市调水。

2) 水库调度原则

由于湖州市区调水后,两库在规划水平年将撤销发电任务,生活和工业、农业灌溉和生态环境供水的功能有所调整,且增加了调水任务,本次拟定两库供水调度图,以确定水库调度原则。基于各供水任务的优先级顺序和保证率要求,确定两库供水调度图中各条运行控制线由高到低的顺序依次是:运行水位上限(正常蓄水位和汛限水位)、限制赋石水库向湖州市区调水线(或限制老石坎水库向赋石水库调水线)、限制生态环境供水线、限制农业灌溉供水线、限制生活和工业供水线和死水位线。调度图被划分为5个工作区(如图3),各区间的调度规则如表2所示。

根据《水利工程水利计算规范》(SL104-2015),生活与工业供水破坏深度不应超过30%,灌溉供水破坏深度不应超过50%。因此,当水库水位低于限制供水线时,限制生活和工业供水系数取为0.7,限制农业灌溉供水系数为0.5。对于河道内生态环境供水,参考《河湖生态环境需水计算规范》(SL/T712-2021),按照下游河道控制断面基本生态流量达到15%天然流量的要求推算得到水库至少需下泄的生态水量,将其与按照30%的天然流量推算得到水库应需下泄生态水量的比值作为限制生态供水系数。

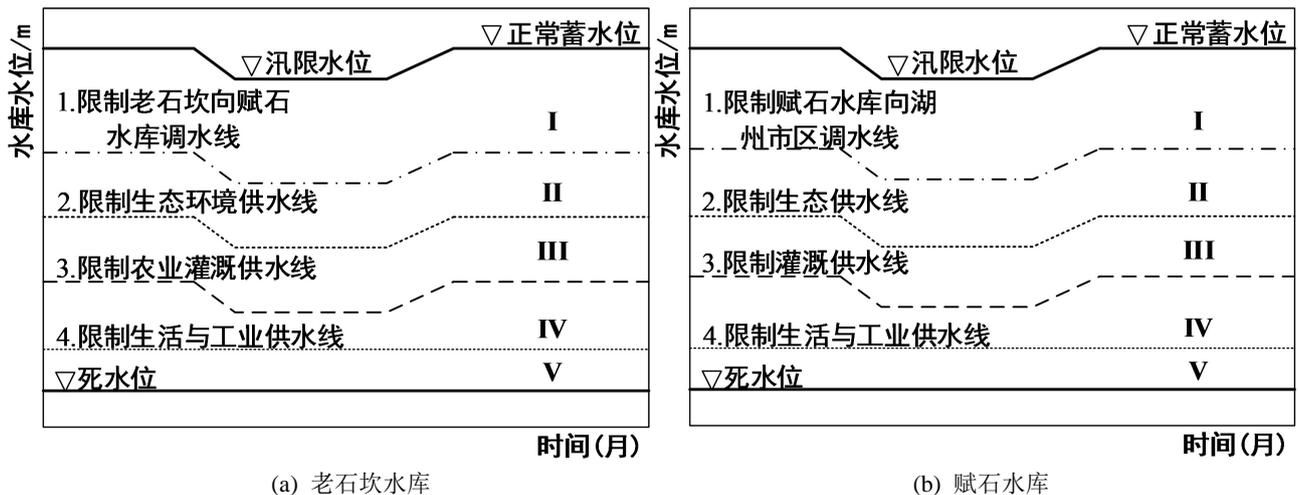


图3. 安吉两库供水调度图示意图

表2. 老石坎水库与赋石水库分区供水调度基本规则

区间	生活和工业用水	农业灌溉用水	生态环境用水	老石坎水库向赋石水库调水/赋石水库向湖州市区调水
I 区	按需供给	按需供给	按需供给	可调水
II 区	按需供给	按需供给	按需供给	
III 区	按需供给	按需供给	限制	不允许调水
IV 区	按需供给	限制	限制	
V 区	限制	限制	限制	

4. 模型分析

本项目需要分析安吉两库在保证本地用水的前提下,可外调湖州市区的水量。针对湖州市区供水规模,也

有保证率指标的要求。而不同保证率下,可外调湖州市区的供水规模和供水量是不同的。因此,本次模型分析拟定 3 个方案,以分析不同保证率下的工程规模和可外调水量。通过对 Matlab 与 MIKE BASIN 模型的耦合,利用 Matlab 对 MIKE BASIN 模拟结果的快速分析以计算不同用水户的保证率,将结果反馈给 MIKE BASIN 进一步迭代计算,以寻找满足保证率要求下的最优结果。经模型分析计算,不同方案下的成果如表 3 所示。由此可见,安吉两库在满足相应保证率下本地用水的前提下,可外调湖州市区的水量跟其引水设计保证率相关,保证率越高,引水规模越小,多年平均引水量也越小,反之亦然。

表 3. 不同保证率下安吉两库引水工程可外调水量成果表

湖州引水设计保证率	水库名称	本地供水保证率(%)			引水规模(万 m ³ /d)	湖州稳定引水	
		生活	灌溉	生态		保证率(%)	多年平均引水量(万 m ³)
90%	老石坎水库	98.23	90.16	93.04	23.0	90.04	5694
	赋石水库	98.09	90.16	95.63			
75%	老石坎水库	98.09	91.80	92.22	30.0	76.67	6569
	赋石水库	98.23	90.16	95.77			
50%	老石坎水库	97.95	90.16	92.77	44.5	56.34	7997
	赋石水库	98.09	90.16	95.91			

5. 结论与展望

MIKE BASIN 模型已被广泛用于区域水资源配置研究,并取得了良好效果,模型可以在用户设定的水资源配置规则下,对复杂的水资源系统进行供水配置。本文将 Matlab 与 MIKE BASIN 模型进行耦合,以进一步实现对 MIKE BASIN 用水户供水保证率的快速计算,并将改进后的模型应用于安吉两库引水工程案例,对工程的可外调水量进行分析计算。利用 1955~2016 年逐月水文资料进行模拟配置研究,结果表明,安吉两库在满足本地生活、灌溉、生态等用水的前提下,可将多余水量外调至湖州市区。湖州市区满足 90% 保证率的引水规模为 23.0 万 m³/d,对应多年平均引水量为 5694 万 m³。如引水保证率进一步降低,则引水规模可进一步增大,对应多年平均引水量也将相应增加。

本次改进模型在实际工程设计中得到了较好的应用,对合理确定工程规模起到了很好的借鉴作用。但模型也存在一定的局限性,即模型只能在用户设定的水资源配置规则下,根据来水量对用水户展开配置。这会导致部分尤其是优先级高的用水户的最终配置结果大于设计保证率的情况出现,如本方案案例中安吉本地生活用水基本达到 98% 左右,大于设计保证率 95%。后续研究中,需进一步探索将优化算法用于模型的配置规则设定,以寻找理论上的最优方案。

基金项目

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司科技项目(KY2023-NGH-02-10)。

参考文献

- [1] 游进军. 水资源系统模拟理论与实践[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2005.
- [2] VONK, E., XU, Y. P., BOOIJ, M. J., et al. Adapting multireservoir operation to shifting patterns of water supply and demand. *Water Resources Management*, 2014, 28(3): 625-643. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0499-5>
- [3] JAMIESON, D. G., FEDRA, K. The "WaterWare" decision-support system for river-basin planning. 1. Conceptual design. *Journal of Hydrology*, 1996, 177(3-4): 163-175. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02957-5](https://doi.org/10.1016/0022-1694(95)02957-5)

- [4] IRESON, A., MAKROPOULOS, C. and MAKSIMOVIC, C. Water resources modelling under data scarcity: Coupling MIKE BASIN and ASM groundwater model. *Water Resources Management*, 2006, 20(4): 567-590.
<https://doi.org/10.1007/s11269-006-3085-2>
- [5] 吴俊秀, 郭清. 大凌河流域 MIKE BASIN 水资源模型[J]. *水文*, 2011, 31(1): 70-75.
- [6] 孙栋元, 卢书超, 李元红, 等. 基于 MIKE BASIN 的石羊河流域水资源管理模拟模型[J]. *水文*, 2015, 35(6): 50-56.
- [7] 熊飞, 耿丽娇. MIKE BASIN 模型在本那河流域水资源配置中的应用[J]. *水科学与工程学报*, 2024(4): 8-10.
- [8] 刘金华, 郭靖, 张发鸿, 等. 基于 Mike Basin 的厦门市雨洪资源利用研究[J]. *水资源研究*, 2021, 10(3): 322-330.
- [9] 孔春梅, 连泽俭. MIKE BASIN 在麻栗坝灌区水资源配置中的应用[J]. *水利经济*, 2020, 38(6): 50-53+83.
- [10] 徐国强. 老石坎和赋石两水库联合控制运用与效益分析[J]. *浙江水利科技*, 1998(4): 10-12+65.
- [11] 谢玉芝, 杨彦龙, 钟娜. 安吉“引水济湖”引水量分析[J]. *华东工程技术*, 2012, 33(3): 12-14.