

基于降水径流原理的北河可供 水资源量分析

夏卫兵¹, 华 晨², 胡尊乐², 张鼎城², 胡斯玮²

(1. 溧阳市水利局, 江苏 常州 213300;

2. 江苏省水文水资源勘测局常州分局, 江苏 常州 213022)

摘要:根据北河水系历史实测流量资料,利用降水径流原理计算和还原北河 1978—2019 年逐月径流量过程,进而开展北河的可供水量分析,为区域水资源的开发利用提供了技术支撑,所提供的思路与方法也为分析和计算类似区域的可供水资源量提供参考。

关键词:降水径流; 可供水资源; 北河

中图分类号:TV213

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2020)11-0015-04

Analysis of the available water resources amount of Beihe River based on rainfall – runoff principle

XIA Weibing¹, HUA Chen², HU Zunle², ZHANG Dingcheng², HU Siwei²

(1. *Liyang Water Resources Bureau, Changzhou 213300, China;*

2. *Changzhou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Jiangsu Province, Changzhou 213022, China*)

Abstract: While playing a role in reducing flood control pressure in downstream areas, it also plays a major role in irrigation, industrial water supply, shipping, and promoting rural economic and social development. According to the historical measured flow data of the Beihe water system, the rainfall – runoff principle was used to calculate and restore the monthly runoff process of Beihe River from 1978 to 2019, and then carrying out the of the available water resources analysis, which could provide technical support for the development and utilization of regional water resources. The ideas and methods could also provide references for analyzing and calculating the available water resources in similar areas.

Key words: rainfall – runoff; available water resources; Beihe River

随着经济社会和城市化进程的飞速发展,溧阳市区域水质型缺水现象的加剧,溧阳市对河湖库的水资源需求越来越迫切。境内包括北河在内的南河水系,是贯穿溧阳市东西部的重要河流,更是溧阳市重要的供水源地,在保障溧阳市水资源需求,促进经济社会发展方面发挥了越来越重要的作用。北河位于溧阳市西北部丘陵山区,是溧阳市以南渡镇为核心的西北片区重要的供水源地,在减轻下游

地区防洪压力的同时,在灌溉、工业供水、航运以及推动南渡、上兴等乡镇经济社会发展等方面发挥了重大作用,产生了显著的社会效益和经济效益。因此,开展北河的可供水量分析,为溧阳市西北片区经济社会的发展提供技术支撑也是必然^[1-3]。

本文根据北河水系历史实测流量资料,利用降水径流原理计算和还原北河 1978—2019 年逐月径流量过程,进而分析北河在一定供水工况(不同的

收稿日期:2020-09-23

作者简介:夏卫兵(1977—),男,工程师,本科,主要从事水文测验和水文水资源分析研究工作。E-mail:xwbsl@163.com

降水年型)、供水要求(不同的供水对象)下的最大可供水量,为区域水资源的开发利用提供了技术支撑。本文所提供的思路与方法也为分析和计算类似区域的可供水资源量提供参考。

1 北河基本情况

1.1 河道水文情势

北河属南河水系,是太湖流域湖西引排骨干工程之一。该河与南河、中河共同承泄南河地区上游西北部、西部和南部山丘区洪水,拦截西北部茅山山区洪水进入洮湖(长荡湖),是溧阳市北山地区重要引排、通航骨干河道,西起上沛镇东塘桥三叉河,流经南渡、前马、绸缪、别桥四镇东至黄泥港入洮湖,全长 26.45 km,汇水面积 343.3 km²。

北河上接上兴河和上沛河,主要承接上游降水径流。汛期受上游影响暴雨径流影响,北河易出现明显的洪水过程,水位表现为陡涨陡落(最大实测流量为 183 m³/s,2016 年 7 月 3 日)。而在枯水季节,水位变化平缓,略受丹金溧漕河溯水影响,北河主要供沿线工农业生产用水需要,当上游汇水范围内的来水量不能满足河道用水需求时,可从下游丹金溧漕河补充水源,此时水位流量变化与丹金溧漕河基本一致。

1.2 供水现状

北河上游用水量主要分为农业灌溉用水、工业用水和生态用水。

(1) 上游农业用水量

北河上游汇水区域内主要用水是农业灌溉用水,林牧渔业和生活用水较少,多年平均农业用水量为 1 815.7 万 m³,最大农业用水量为 1978 年的 4 107.3 万 m³(理论推算值),最小农业用水量为 2016 年的 353.1 万 m³,农业用水主要集中在 5—9 月。显然,农业用水量大小与降水年份关系密切。

(2) 北河工业用水量

北河南渡(施)站附近共有 3 个工业取水口:江苏弘博热电有限公司取水口、江苏新旺混凝土有限公司取水口、江苏福泰建材有限公司取水口,其取水规模分别为:275 万 m³/a、1.7 万 m³/a、5 万 m³/a。其中,江苏弘博热电有限公司取水口在南渡(施)站上游,另两个取水口位于南渡(施)站下游。因此,南渡(施)站以上工业取水量为 275 万 m³/a。

(3) 生态用水

生态用水是指在特定的时空范围内,维持各类

生态系统正常发育与相对稳定所必需消耗的、不作为社会和经济用水的、现存的水资源。经分析计算,北河年生态需水量为 972.6 m³,月平均生态需水量为 81.0 m³。

2 技术路线

本文的主要目的在于分析北河在一定供水工况(不同的降水年型)、供水要求(不同的供水对象)下的最大可供水量。主要技术路线与工作内容包

括:

(1)根据北河水系实测流量资料,利用降水径流原理计算和还原北河 1978—2019 年逐月径流量过程。

(2)根据皮尔逊 III 型曲线,对北河的年径流量进行频率计算,得出相应年份的径流量,并对北河年径流量的特性(年际变化趋势,年内分配不均匀性)进行分析。

(3)根据北河的历史与现状供水,计算和分析北河水系不同降水年份的用水量(农业和工业用水量),按月计算和分析北河的可供水量。

(4)根据丹金溧漕河实测流量资料,计算丹金溧漕河对北河的供水能力。

(5)根据北河的可供水量调节计算结果,确定相应的供水保证率和相应的可供水量,并评估对北河防汛防旱的影响,得出北河较优的供水方案和相应的水利工程建设建议。

3 降水径流原理

正常情况下,一定的降雨会产生地表径流。为了便于计算和使用,水文部门一般将降水量、产流量及其主要影响因素,通过一定的相关曲线或数学公式来表达降水径流之间的关系。1959—1965 年期间,江苏省水文部门陆续编制《江苏省水文手册》和《江苏省水文计算参考资料》。1976 年,江苏省水文总站在总结以往经验的基础上,采用了更多的水文资料(截至 1974 年),并吸取了手册的若干应用经验,重新编制了《江苏省水文手册》,主要包括各种水文特征值的等值线图、分区成果表、关系曲线、计算公式及简要的计算、方法等,可为水利工程技术人员、农业科技人员、公路桥梁设计人员等提供水文计算方面的参考,也可为水利工程的设计和农田水利规划等提供特定的水文数据。其中,也收录了江苏省太湖流域湖西山丘区的降水径流关系。

4 可供水量分析

4.1 北河来水量

为了便于计算,本文根据北河流域范围内东岳庙和上沛雨量站月降雨资料,采用算术平均法计算北河水系的面平均月降水量,得出北河上游的月来水量。北河多年平均年径流量为 6 484 万 m^3 ,产水模数为 33.8 m^3/km^2 ,产流系数为 0.29。相比降水量而言,年际变化更大,变差系数为 0.58,最大年径流量为 2016 年的 21 944 万 m^3 ,最小年径流量为 1978 年的 830.0 万 m^3 ,前者是后者的 26.4 倍。年内分配与降水量年内分配比较相似,也不均匀,5—9 月径流量为 5 056 万 m^3 ,约占全年径流量的 78.0%,最大月产流量为 1999 年 6 月的 7 141 万 m^3 。

4.2 水量平衡分析

本文根据水量平衡原理,推算北河的可供水量:

$$W_{\text{可供水量}} = W_{\text{北河来水}} - W_{\text{农业取水}} - W_{\text{上游工业取水}} - W_{\text{生态用水}}$$

其中: $W_{\text{可供水量}}$ 为北河来水减去农业用水、上游工业取水量和生态用水之差(万 m^3); $W_{\text{北河来水}}$ 为南渡(施)站上游北河集水范围内的降雨径流(万 m^3); $W_{\text{农业用水}}$ 为南渡(施)站上游区域内的农业用水(万 m^3)。农业用水量仅计算水稻田和菜田的灌溉用水量。在不同降水年份下,农业用水略有变化。根据溧阳农作物灌溉制度,灌溉时段为 5—9 月灌溉用水分配比例为 5%,30%,20%,25%,20%; $W_{\text{上游取水}}$ 为南渡(施)站上游其他工业取水量(万 m^3); $W_{\text{生态用水}}$ 为南渡(施)站上游生态用水量(万 m^3)。

根据水量平衡原理,南渡(施)站处北河可供水量应为上游区域内的来水量与上游农业用水量、工业取水量及生态用水之和的差,从而推算不同年份余水量情况:1978—2019 年间,其中上游余水量小于 0 的月份共计有 179 个,占总月份的 36%;汛期共计有 210 个月,其中上游余水量小于 0 的月份共计有 92 个,占汛期总月份的 44%。汛期主要受农业取水影响,非汛期主要受降水量不足影响,导致上游来水量不足,需依靠下游丹金溧漕河补给(北河出现逆流)。

4.3 补水分析

上述计算说明,北河部分月份存在来水量不足的问题,需要丹金溧漕河来水补充。根据实测降水

资料,本文选取平水年为 2012 年($P=50\%$),枯水年为 2019 年($P=75\%$),特枯年为 1997 年($P=75\%$)。将北河上游余水量、下游来水量、下游用水量以及丹金溧漕河可供水量代入各典型年计算。计算结果表明,在考虑丹金溧漕河过水能力增强的状况下,平水年北河总余水量由 17 293.9 万 m^3 增加到了 19 105.7 万 m^3 ,月最小余水量由 378.4 万 m^3 增加到了 482.5 万 m^3 ;特殊干旱年北河总余水量由 16 331.4 万 m^3 增加到了 18 574.4 万 m^3 ,月最小余水量由 698.8 万 m^3 增加到了 947.8 万 m^3 。

5 结 语

(1)北河多年平均年径流量为 6 484 万 m^3 ,产水模数为 33.8 m^3/km^2 ,产流系数为 0.29。相比降水量而言,年际变化更大,变差系数为 0.58,最大年径流量为 2016 年的 21 944 万 m^3 ,最小年径流量为 1978 年的 830 万 m^3 ,前者是后者的 26.4 倍。年内分配与降水量年内分配比较相似,也不均匀,5—9 月径流量为 5 056 万 m^3 ,约占全年径流量的 78.0%。

(2)北河沿线用水以农业用水为主,用水主要集中在 5—9 月,多年平均农业用水量年为 1 815.7 万 m^3 ,最大农业用水量为 1978 年的 4 107.3 万 m^3 ,最小农业用水量为 2016 年的 353.1 万 m^3 。工业用水为辅(年用水量为 275 万 m^3),总体取用水量较大,建议加强北河沿线工农业用水管理,提高农业灌溉效率和工业用水效率,增加北河的可供水量。

(3)仅考虑上游来水情况下,1978—2019 年间,北河上游余水量小于 0 的月份共计有 179 个,占总月份的 36%;汛期上游余水量小于 0 的月份共计有 92 个,占汛期总月份的 44%。汛期余水量不足,主要受农业取水影响,非汛期余水量不足主要受降雨稀少影响。考虑丹金溧漕河的补水能力,北河各典型年余水量均充足:多年平均月最小余水量发生在 2 月,为 848.8 万 m^3 ;平水年(2012 年)月最小余水量发生在 9 月,为 482.5 万 m^3 ;中等干旱年(2019 年)月最小余水量发生在 9 月,为 450.7 万 m^3 ;特殊干旱年(1997 年)月最小余水量发生在 6 月,为 947.8 万 m^3 。建议继续拓浚北河水系,进一步增加北河过水能力,疏浚相关河道,加强北河和中河、南河之间的沟通。

参考文献:

- [1] 赵群. 水资源可供水量分析探讨[J]. 水利科技, 1999 (12):34-36.

- [2] 崔腾科, 张德栋. 大通河流域降水量及地表和地下水
资源分析与评价[J]. 中国水利, 2017 (3):41-43.
[3] 王政祥, 张晶. 2016 年长江流域水资源量分布特征分
析[J]. 人民长江, 2018, 49(12):49-54.

(上接第 14 页)

程度的好转趋势。

(2)影响南京市的水资源承载力障碍度最大的因素为区域排污与水环境容量关系指标,因此应积极整治水环境,加强水环境修复与保护;其次为区域社会规模指标,随着人口密度增大,单位面积水资源量降低,应注重水资源的优化配置,丰富水资源可利用量。

参考文献:

- [1] 金菊良, 陈梦璐, 郦建强. 水资源承载力预警研究进展[J]. 水科学进展, 2020, 29(4), 583-596.
[2] 王建华, 翟正丽, 桑学锋. 水资源承载力指标体系及评判准则研究[J]. 水利学报, 2017, 48(9):1023-1029.
[3] 卞锦宇, 宋轩, 耿雷华. 太湖流域水资源承载力特征分析及评价研究[J]. 节水灌溉, 2020(1):73-78.
[4] 高晓琦, 董增川, 杨光. 南京市水资源承载状态障碍因素分析[J]. 中国农村水利水电, 2020(3):39-43.
[5] 董涛, 金菊良, 吴成国. 基于承载过程的安徽省水资源承载力动态评价[J]. 水电能源科学, 2018, 36(7):17-21.
[6] 朱一中, 夏军, 谈戈. 关于水资源承载力理论与方法的研究[J]. 地理科学进展, 2002(2):180-188.
[7] 姚治君, 王建华, 江东, 等. 区域水资源承载力的研究进展及其理论探析[J]. 水科学进展, 2002(1):111-115.
[8] 许有鹏. 干旱区水资源承载能力综合评价研究——以新疆和田河流域为例[J]. 自然资源学报, 1993(3):

229-237.

- [9] 王浩. 水资源评价准则及其计算口径[C]. //中国水利学会学术年会论文集. 北京:中国水利学会, 2003.
[10] 惠泱河, 蒋晓辉, 黄强, 等. 水资源承载力评价指标体系研究[J]. 水土保持通报, 2001(1):30-34.
[11] 马军霞. 城市水资源承载能力计算及应用研究[D]. 郑州:郑州大学, 2006.
[12] 窦明, 胡瑞, 张永勇, 等. 淮河流域水资源承载能力计算及调控方案优选[J]. 水力发电学报, 2010, 29(6):28-33.
[13] 赵巨伟, 王才, 刘洋, 等. 基于遗传算法的水环境综合承载力研究[J]. 水土保持应用技术, 2013(1):6-8.
[14] 姜大川. 气候变化下流域水资源承载力理论与方法研究[D]. 北京:中国水利水电科学研究院, 2018.
[15] PETERSON D H. Florida Keys Carrying Capacity Study [J]. Proceedings of the Water Environment Federation, 2002(2):489-501.
[16] 魏斌, 张霞. 城市水资源合理利用分析与水资源承载力研究——以本溪市为例[J]. 城市环境与城市生态, 1995(4):19-24.
[17] 封志明, 刘登伟. 京津冀地区水资源供需平衡及其水资源承载力[J]. 自然资源学报, 2006, 21(5):689-699.
[18] 王睿, 周立华, 陈勇, 等. 基于模糊综合评判的杭锦旗水资源承载力评价[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2):320-329.