

山区城市河流生态环境需水量计算模式及其应用

王沛芳¹,王 超¹,李智勇²

(1.河海大学环境科学与工程学院,江苏 南京 210098;2.保定市供水总公司,河北 保定 071000)

摘要 分析山区城市河道的生态环境特征,探讨山区城市河道生态环境需水规律,认为城市河道生态环境需水量主要与水生生物栖息场所需水量、污染物稀释净化需水量、景观功能要求的适宜水深和适宜水面面积等因素有关,据此建立了山区城市河道生态环境需水量和生态需水水深的计算模式,并用该模式对浙江省丽水市城市生态环境需水量和生态需水水深进行了计算,其结果为丽水市城市水生态系统建设提供了科学依据和技术支持.

关键词 山溪性河流 城市 生态系统 稀释净化 需水量

中图分类号 X321 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2004)05-0500-04

随着水资源开发利用程度的提高,生态环境需水量不断减少,造成生态环境急剧恶化.为科学合理地配置水资源,我国近年来特别重视流域生态环境需水量的研究,中国工程院组织国内著名专家开展了“中国生态环境建设与水资源保护利用”研究^[1],为流域生态环境需水量的定量研究指明了方向.王西琴等^[2]从水污染问题出发,探讨了河道环境需水的内涵.王超等^[3]以流域为研究单元,提出了流域生态需水的估算原则.这些研究成果均是概念性界定或宏观流域生态环境需水量分析,很少涉及城市水生态系统的需水问题,特别是针对山溪性河道基本未涉及.近年来,在城市建设中,生态环境需水受到广泛关注.保持城市适宜生态环境需水量,不仅可以改变城市的景观环境,而且还能改善城市的气候条件,提高人们居住的舒适度.同时,在枯水期维持城市河道生态需水,可以改善河道水环境质量,维持河流水生生物生存,进而促进社会经济的发展.本文针对山区城市河道生态特征,借助现场观测研究及理论分析等手段,探讨山区城市河道生态环境需水量定量方法,建立生态环境需水的计算模式,并以丽水城市为例,确定河道生态环境需水量,为该市水生态系统建设提供技术支持.

1 山区城市河流生态环境问题分析

a. 山区城市河道水文及生态特征.山区城市河流一般坡降较大,河道断面相对狭窄,河水暴涨暴落,水位水量随季节变化显著.汛期洪水入河流量大、流速快、水量集中,不仅危害城市居民的生命财产安全,而且过量洪水还破坏了河流生态系统的稳定性,容易引起系统的突变.非汛期,河道内流量小,水位低,甚至干枯,破坏了水生生物的生存环境.

b. 河道水环境质量恶化.在山区城市河流中,水环境质量变异性很大.丰水期,河道径流量大,河道污染物浓度相对较低.枯水期,河道径流量很小,河流水体的污染物浓度较高,严重威胁着城市河流的水环境质量,使水生生物种类和数量减少,破坏了河流生态系统的完整性.

c. 河流景观功能丧失.山溪性河流汛期雨洪强度大,对河床、河岸冲刷严重,造成河道自然护坡破碎甚至坍塌.在枯水期,河流水位很低,造成河岸及河床裸露,影响了河流系统的景观效果和功能.

2 山区城市河道生态环境需水量计算模式

2.1 山区城市河道生态环境需水因素分析

李丽娟等^[4]认为,河流系统生态环境需水量主要包括河流系统中天然和人工植被耗水量、维持水生生物

栖息地所需的水量及维持河流挟沙、输盐等生态平衡所需的水量等。这些影响因素比较宏观,不能反映山区城市河道生态系统的特点。山区城市河道生态环境水量首先要满足枯水期生物栖息地所需的水量,解决河道断流或露滩问题;其次要有满足城市水环境质量要求的稀释净化水量;第三要有满足城市景观功能要求的适宜水深;第四要满足“以人为本、舒适优美”的城市对水面面积的要求,以改善城市局地气候,提升城市品位。

2.2 生态环境需水量计算模式

a. 枯水期生物栖息地所需水量。在自然条件下,为解决山区城市河道枯水期河道生态系统破损状态,经过广泛调查分析,并参考国外实践经验^[5,6],本文提出如下计算模式:

$$W_1 = \{0\%Q\} \quad W_1 = \{H/3\} \tag{1}$$

式中: Q ——河道多年平均流量; H ——河道多年平均水深。

30%河道多年平均流量是根据美国研究成果,并结合我国城市河道水生生物栖息场所的调查提出的。对国内山区城市河道调查分析表明,我国大多数山区城市河道枯水期流量达不到多年平均流量的30%。要改变这种不良的生态环境状况,必须借助于工程引水来满足生态环境需水量的要求,并通过增大水深来提供水生生物栖息场所,如建设水闸、橡胶坝等工程来控制抬高水位。

b. 稀释净化水量。指在加强城市污染源防治前提下,使河流水体达到水功能区划确定的水质目标所要求的最小水量^[7]。山区城市河道污染物稀释净化水量计算的基本思路是:根据污染物排放量,运用河流均匀混合模型,计算各类水功能区目标水质条件下的初步需水量,然后运用河流水量水质模型,计算入河污染物浓度分布规律。若各计算单元污染物浓度分布均匀,则初步拟定的需水量就是河流实际需水量;反之,则重新计算高浓度单元达到水质目标所需水量,并以该单元为控制单元,推算河流总稀释净化需水量。总稀释净化需水量是河道达到生态环境对水质要求的最小需水量。如果最小需水量小于河流天然条件下的来水量,表明河流天然水量满足稀释净污要求,不需采取措施增加水量,否则需要引水来满足生态需水量。具体计算模式为

$$W_2 = \sum_{i=1}^n W_{2i} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(C_{si} - C_{0i}) + K_i C_{si} X_i / U_i} \tag{2}$$

式中: W_2 ——河道生态环境稀释净化总需水量; W_{2i} ——河道第*i*计算单元生态环境稀释净化需水量; P_i ——河道第*i*计算单元污染物质量; C_{si} ——河道第*i*计算单元水功能区划确定的水质目标; C_{0i} ——河道第*i*计算单元中污染物的自然背景浓度值,或来水中污染物质量浓度; K_i ——河道第*i*计算单元中污染物综合衰减系数; X_i ——河道第*i*计算单元长度; U_i ——河道第*i*计算单元平均流速。

c. 河道景观功能要求的适宜水深。确定适宜水深是一个非常复杂的问题。从景观要求角度来说,河道水深越大,水面越宽,水质越好,景观效果越理想;从防洪排涝和市政排水出口要求角度来说,汛前河道水量越少越有利于调蓄洪峰、削减洪量和涝水出流;从可行性角度,还要根据枯水期城市河流水资源总量或外流域可调水量来确定生态环境需水水深。因此,城市河道景观功能要求的水深必须根据各城市的具体情况综合确定。一般估算模式为

$$W_3 = \min \{H_1, H_2, H_3, H_4\} \tag{3}$$

式中: H_1 ——城市景观功能要求的最小水深,一般取人们休闲活动平台下约0.5m; H_2 ——根据防洪排涝要求,汛前控制水深; H_3 ——市政排水出口限制水深; H_4 ——水资源可供量,即枯水期城市河道可能达到的水深。

d. 适宜水面面积需水量。城市适宜水面面积是现代城市建设必须解决的问题。根据我国现阶段经济发展水平,并参考国外城市水面面积比例,本文认为近期山区城市水面面积占城市面积10%~20%为宜。根据山区城市河湖分布状况、断面特征和水资源总量,确定生态环境适宜水面面积需水量的水深,用 W_4 表示。

e. 山区城市生态环境需水量确定模式。一般来说,在各需水因素中,满足最大的水量,其他因素均能达到。因此,山区城市生态环境需水量确定模式为

$$W = \max \{W_1, W_2, W_3, W_4\} \tag{4}$$

3 丽水市河流生态环境需水量计算及调控应用

3.1 城市概况

丽水市城区位于浙江省西南部山丘区,坐落在瓯江中游大溪与好溪汇合处的丽水盆地,是浙西南中心城市,经济社会地位重要。为将丽水市建设成生态花园城市,改善城区河道生态系统,以本文建立的计算模式确定丽水城市河流生态环境需水量,构建内河防洪、水环境、水生态、水景观及水文化五位一体的城市水生态系统^[8]。

丽水城区河道分为北片区和南片区两部分。北部有多条小山溪汇入,其中较大的有五一溪和丽阳坑,还有贺家坑、弄和坑、长坑等。南片区主要包括好溪堰及其下游分支河道和湖泊,其中,由东北向西南横穿城区的好溪堰是南片区河流的重要水源。

3.2 生态环境需水量计算

丽水市城市河流具有典型山溪特性,枯水期水量严重缺乏,有大面积露滩现象,但因环保措施得力,水污染状况并不严重。根据本文建立的生态环境需水量计算模式分析,丽水城区河道生态环境需水量应在重点考虑枯水期水生态系统良性循环、景观水深要求的基础上,综合水源可供水量和适宜水面面积率,拟定城区各河道生态环境需水量。

3.2.1 好溪堰生态环境需水量

a. 水源概况。好溪堰历史上以农业灌溉为主,现在已成为以景观娱乐为主的城区河道。好溪堰生态环境需水量主要从两方面考虑:一是满足自身及下游分支河道的枯水期生态环境需水量、生态水深要求,二要综合考虑可引入的水量并满足适宜水面面积的需要。好溪堰主要从好溪中引水,故好溪径流量对好溪堰生态环境需水量影响很大。通过对好溪水文及水动力特性的分析,合理地确定好溪堰生态环境需水量。

表1 黄渡水文站逐日平均径流量频率计算成果

Table 1 Statistical results of daily average flow at Huangdu hydrologic station			
频率/%	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	频率/%	流量/(m ³ ·s ⁻¹)
50	10.8	90	1.9
75	3.8	97	1.2
80	3.0		

b. 好溪溢流堰处水文特性分析。利用《水文年鉴》(1959~1988年)和水文资料数据库(1989~2000年)逐日平均流量资料进行频率分析计算,选用P-Ⅲ型理论曲线配线,得到靠近溢流堰处的好溪流域水文测站黄渡站逐日平均流量的频率关系。计算成果见表1。

c. 生态环境需水量及引水流量的确定。根据丽水市城市内河规划方案,确定好溪堰的主要生态功能以向下游输水、满足景观功能为主,不考虑防洪排涝功能,而且沿线不允许排放污染物,因此,计算好溪堰生态环境需水量时主要考虑满足枯水期生物栖息地所需水量、河道景观功能要求的适宜水深、适宜水面面积需水水深要求,不需要考虑稀释净化水量和汛前控制水深。

根据表1分析计算结果,综合分析好溪堰及下游水系生态水深要求,通过试算,确定好溪堰设计引水流量为4 m³/s。水文资料分析表明,基于这样的引水能力,好溪枯水日径流量不能满足引水要求,需通过工程措施来解决枯水日的生态环境需水问题。好溪溢流堰的建设,在堰前形成了12.1万 m³/d的日调节库容,可供枯水日好溪堰引水流量调节,并采用分段设闸和人工湖方式控制水位,实行高水位、低流量方式运行,以达到生态环境需水要求。

d. 生态环境需水流量和水深。从好溪堰渠首引入流量为4.0 m³/s的优质水体,综合考虑南片区内河水系生态环境需水和景观效果要求,依据式(1)~式(4)得:W₁= {0.5~4.0 m³/s}或{0.6~1.2 m}; W₃= {0.6 m, 1.2 m, /, 0.8 m}; W₄= 0.6~1.2 m。因此,好溪堰生态需水流量取3.5~4.0 m³/s,生态需水水深取0.6~1.2 m为宜。具体分配方案见表2。

3.2.2 贺家坑生态环境需水量

贺家坑是丽水市城区重要内河,发源于市区北部山区,至北外环路处,集水面积1.3 km²。根据内河水系规划,在丽水市区弄和坑与贺家坑汇合,弄和坑至北外环路处的集水面积为1.7 km²,3.0 km²的集水面积可以保证贺家坑在枯水期河道仍有较大的水量流动。

贺家坑主要功能是景观、排山洪和市区北部排涝。其河道纵坡较大,泄流迅速,具有显著

表2 好溪堰水系生态环境需水量分配方案

Table 2 Distribution of ecological water demand of Haoxiyan water system				
河名	河段编号	段长/m	生态需水流量/(m ³ ·s ⁻¹)	生态需水水深/m
好溪堰	1	126.60	4.0	0.80
	2	123.55	4.0	0.80
	3	190.02	4.0	0.80
	4	2793.56	4.0	0.80
	5	283.00	2.4	0.70
	6	1130.48	2.1	0.70
	7	930.55	1.8	0.70
	8	1068.59	1.2	0.70
	9	512.75	1.2	0.60
	10	538.41	1.2	0.60
	11	338.53	1.2	0.70
好溪堰—寿元湖—明星湖—厦河湖	12	227.89	1.6	0.60
	13	479.84	1.9	1.20
	14	713.78	2.2	1.15
好溪堰—明星湖—厦河湖	15	563.84	2.2	1.15
	16	267.74	0.3	1.10
	17	1662.00	0.3	1.10
海潮河	18	564.79	0.6	1.12
	19	1792.34	0.6	1.12

山溪性特征,故贺家坑生态环境用水不能按照 30% 常年平均流量计算,不必特别考虑汛前水深和市政排涝出口因素,且河道沿岸无污染源汇入,也不需考虑稀释净化水量要求.按照景观要求、可供水量和适宜水面需要的模式计算,确定贺家坑生态环境需水流量为 $0.3\text{ m}^3/\text{s}$,需水水深为 0.7 m .

3.2.3 丽阳坑、五一溪生态环境需水量

丽阳坑主流长 10.1 km ,流域面积为 10.3 km^2 .丽阳坑右侧的五一溪,集水面积为 7.2 km^2 .其上游已建有五一水库,集水面积为 2.1 km^2 .五一水库加固后,水电站尾水可向丽阳坑和五一溪下游河道提供生态用水.

丽阳坑和五一溪河流生态环境需水量分析与贺家坑类似,应依据可供水量、枯水期最低水深要求和景观需水水深进行计算.据丽水站实测降雨资料统计分析及模式估算结果,确定丽阳坑生态环境需水流量为 $0.3\text{ m}^3/\text{s}$,需水水深为 0.6 m ;五一溪生态环境需水流量为 $0.1\text{ m}^3/\text{s}$,生态水深采用橡胶坝控制达到 0.7 m .

4 结 论

a. 山区城市河道与流域性河道生态环境需水的特性有明显差异,山区城市河道生态环境需水与城市河道水生生物栖息场所需水量、污染物稀释净化需水量、景观功能要求的适宜水深和水面面积等密切相关,同时还要考虑城市防洪排涝和市政排水出口等限制因素.

b. 山区城市河道生态环境需水不仅要考虑水量,更要考虑水深,通过水深的增加来提高水生生物的生境,改善景观结构和水面面积,提升城市品位.

c. 丽水市的城市河流生态环境需水量计算表明,山区城市河流很难满足常年平均流量 30% 的流域生态需水要求,一般需根据水资源的可供量,并通过人工措施调节生态需水水深来满足河流生态系统需水要求.

参考文献:

[1] 沈国舫,王礼先. 中国生态环境建设与水资源保护利用[M]. 北京 中国水利水电出版社,2001. 5—19.
[2] 王西琴,刘昌明,杨志峰. 河道最小环境需水量确定方法及其应用研究(I)——理论[J]. 环境科学学报,2001,21(5): 543—547.
[3] 丰华丽,王超,李剑超. 流域生态需水量的研究[J]. 环境科学动态,2001,(1) 27—30.
[4] 李丽娟,郑红星. 海滦河流域河流系统生态需水量计算[J]. 地理学报,2000,55(4): 496—500.
[5] BAIRD A J,WILBY R L. Eco-hydrology : plant and water in terrestrial and aquatic environments[M]. London and New York :Routledge Press,1999. 154—178.
[6] LIU Jing-ling,YANG Zhi-feng. Study on the ecological and environmental water demand of the lakes in the Haihe-Luanhe Basins of North China[J]. Journal of Environmental Science, 2002,14(2): 232—237.
[7] 朱党生,王超,程晓冰. 水资源保护规划理论及技术[M]. 北京 中国水利水电出版社,2001. 136—158.
[8] 王沛芳,王超,冯骞,等. 城市水生态系统建设模式研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2003,31(5) 485—489.

Calculation mode for ecological water demand of mountain-city-rivers and its application

WANG Pei-fang¹, WANG Chao¹, LI Zhi-yong²

(1. College of Environmental Science and Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China ;
2. Baoding Water Supply Corporation, Baoding 071000, China)

Abstract Based on a review of the research on ecological water demand at home and abroad, the characteristics of ecological environment of mountain-city-rivers were systematically analyzed, and the regularities of ecological water demand of the rivers were discussed. It is concluded that the ecological water demand is mainly related to the factors, including the water demand by the survival of aquatic plants and animals, the water demand by pollutant dilution and purification, and the suitable water level and water surface area for water landscape construction. A calculation mode for ecological water demand and water depth of mountain-city-rivers was derived and applied to calculation for Lishui City of Zhejiang Province. The calculated results may provide scientific basis for and technical support to the construction of water ecological system in Lishui City.

Key words : mountain-river ; city ; ecologic system ; dilution and purification ; water demand