

# 北方季节性河流动态需水计算方法及其应用

缪丹

(辽宁省防汛抗旱指挥部办公室, 沈阳110003)

**摘要:**针对径流的实时性动态变化与季节性河流生态需水的动态需求,提出了一种新的季节性河流动态需水算法。该方法运用动态系数修正了原Tennent算法使用固定系数计算河道基流量的计算方法,弥补了传统水文学以多年平均径流量的特定百分率或者天然径流量频率曲线上的特定保证率作为水文指标进行生态需水量计算的不足。以蒲河流域为例,并与原综合模型法进行对比,对比结果表明,动态需水算法比传统水文学法更为科学,保留了河流中的鱼类资源及微生物等重要生态资源。

**关键词:**北方季节性河流;动态需水算法;水文学;蒲河

中图分类号:TV213.2 文献标识码:B 文章编号:1673-9264(2017)03-67-04

DOI:10.16867/j.cnki.cfdm.20170517.002

随着社会经济的快速发展,人类对资源的开发利用已经达到极限,水资源作为经济社会发展的重要可再生资源面临巨大危险与挑战。目前,社会、经济与生态环境用水的矛盾日益突出,水资源已成为全球范围内的战略性问题之一,因此,水资源合理开发利用与生态环境的健康维系二者互相影响,密切相关,如何在保护水环境生态健康的前提下合理开发水资源,是社会经济健康稳定发展的基础。水资源的合理利用是维持生态环境动态平衡的关键因子之一。针对这一问题,国内外相关专家学者提出生态环境需水的概念,并进行深入研究。

## 1 季节性河流动态需水算法

### 1.1 相关概念的界定

#### 1.1.1 季节性河流

季节性河流,主要分布于干旱地区,或受季风性气候影响四季分布较为明显的地区。具体表现为河道的断流状况严重,降水量分布全年内波动较大,这种波动严重影响河流生态系统的健康运行,尤其对于流域内各种鱼类的生长、繁殖、洄游等习性造成影响,有些地区季节性河流由于常年断流,导致河道内生物群落灭绝、破坏该河道生态系

统群落圈。因此,断流现象对于河流系统的健康具有毁灭性的打击,这种情况在东北地区尤其明显,由于东北地区特殊的地理环境,冬季温度过低、河流具有冻结期,河川径流的年际变化较大,所以生态环境需水量的动态修正在东北地区的季节性河流中作用显著。

#### 1.1.2 河流生态需水

河流生态需水不同时期有不同的保护目标。保护目标根据时间不同一般分为3类:①河道不断流,主要针对11月至翌年3月;②水生生物基本生存,主要针对4月、5月、10月;③鱼类繁殖发育,主要针对6~9月。因此,针对不同的保护目标,生态需水的计算方法也不尽相同,季节性河流流量变化特点显著,其生态需水值也呈现动态变化。

### 1.2 动态需水计算方法基本原理

自然条件下,河流水文过程具有周期性变化规律,并伴随着相应的生态系统响应与特定的生态作用。具体到北方季节性河流,这种周期性的变化更为明显,针对特定的生物群落的影响也更为深远。但是,传统的流量计算方法运用固定百分率统一化需水显然并不适合东北地区的季节性变化特点。因此,本文拟建立一种动态需水方法,通过天然基流与总计算流量的比值变化,修正传统

收稿日期:2017-02-23

作者信息:缪丹,女,工程师,E-mail:1804137@qq.com。

水文计算方法。动态需水计算方法的基本原理如下:

(1)根据各测站长序列的天然月径流资料,分别计算多年年均径流量 $\bar{Q}$ 和最小年均径流量 $\bar{Q}_{\min}$ ,计算公式如下:

$$\bar{Q} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \bar{q}_i; \bar{q}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n q_{ij} \quad (1)$$

$$Q_{\min} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} q_{\min(i)}; q_{\min(i)} = \min(q_{ij}), j=1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

式中: $\bar{q}_i$ 为第*i*个月的多年月均流量, $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $q_{\min(i)}$ 为第*i*个月的多年最小月均流量, $\text{m}^3/\text{s}$ ;  $q_{ij}$ 为第*j*年第*i*个月均流量, $\text{m}^3/\text{s}$ ; *n*为统计年数。

(2)利用多年年均径流量 $\bar{Q}$ 、最小年均径流量 $\bar{Q}_{\min}$ 计算出动态校正系数,计算公式如下:

$$k = \frac{\bar{Q}_{\min}}{\bar{Q}} \quad (3)$$

(3)结合多年月均径流量的年内过程,计算校正后的生态基流,计算公式如下:

$$W_b = W \times k \quad (4)$$

式中:*W*为河道天然流量, $\text{万m}^3$ ;  $W_b$ 为河流生态基流量, $\text{万m}^3$ 。

## 2 研究区实例

### 2.1 蒲河流域分区基本概况

蒲河是浑河右岸主要支流,全长205 km,流域面积2 610  $\text{km}^2$ ,流域多年平均降水量686.4 mm,多年平均蒸发量为1 494.6 mm。研究区域共包括5区2县,各具特点。棋盘山风景区,水质最优,水生态环境良好,由于该部分区域以开发旅游业为主,为保证景观需要,该区域生态流量能够保证;其他区域由于存在工业用水、农业灌溉需求,因此保证河流生态需水要求迫切。

由于地理位置的局限,地形地貌以及生态系统类型的差距并不明显,另外,由于蒲河流域的生态治理工程根据行政区有所区分,因此,蒲河流域的分区主要针对第3类指标——人类活动指标(人口分布、农田分布及污水排放等指标)进行。通过对蒲河流域的实地勘察与深入调研发现各个分区的供水状况不同,导致了河道作用的不同,最终导致生态需水结构的不同。因此,在保证生态环境需水计算分区的流域完整性的基础上,综合考虑各方面因素进行分区,将蒲河划分为5个区段(图1):①棋盘山水库以上区间,称为分区

I,包括棋盘山水库区间;②棋盘山水库—道义区间,称为分区II,包括沈北新区和蒲河新城;③道义—老什牛区间,称为分区III,包括市区,于洪区和东陵区;④老什牛—马家套区间,称为分区IV,包括新民市;⑤马家套—河口区间,称为分区V,包括辽中县。

### 2.2 计算过程



图1 蒲河流域分区示意图

#### 2.2.1 计算动态校正系数

根据前文所写的计算方法,应用公式(1)与公式(2)确定各测站的多年年均径流量 $\bar{Q}$ 和最小年均径流量 $\bar{Q}_{\min}$ ;其次运用公式(3)计算出个水文测站各月的动态校正系数*k*,结果见表1、表2。

#### 2.2.2 计算校正后的生态基流

根据上述已经计算出的校正系数,结合蒲河流域各分区多年平均天然径流量,运用公式(4)对生态基流量值进行校正,如表3所示。

#### 2.2.3 计算结果分析

由上述计算结果可以发现,枯水季节,经过动态需水计算,河流所需生态流量普遍呈现出大于由传统 Tennent 算法所得流量;而在丰水期,经过动态需水计算,河流所需生态流量呈现出普遍小于由传统 Tennent 算法所得流量。结合流域各区实测情况,计算结果符合实际情况,生态需水量能够满足各区现状条件下生态需求。本文的动态需水法较原水文计算更为科学的计算了生态需水,弥补了传统水文学法以多年平均径流量的特定百分率或者天然径流量频率曲线上的特定保证率作为水文指标进行生态需水量计算的不足。同时,在我国北方,河流季节性特征十分明显,河流丰水季节和枯水

表1 各分区代表性的控制性断面最小流量及年均流量值

月份	m <sup>3</sup> /s									
	I 分区		II 分区		III 分区		IV 分区		V 分区	
	Q <sub>min</sub>	Q	Q <sub>min</sub>	Q	Q <sub>min</sub>	Q	Q <sub>min</sub>	Q	Q <sub>min</sub>	Q
1	0.010	0.050	0.001	0.008	0.089	0.242	0.492	0.662	0.477	1.334
2	0.010	0.057	0.002	0.008	0.106	0.210	0.567	0.681	0.627	1.283
3	0.025	0.930	0.008	0.048	0.214	4.348	0.541	1.315	4.560	1.863
4	0.073	1.122	0.031	0.057	0.327	3.440	1.610	3.293	5.010	1.873
5	0.192	2.677	0.015	0.089	0.979	13.367	1.765	3.618	2.900	7.806
6	0.307	1.058	0.002	0.072	2.228	19.704	1.302	6.303	1.480	8.239
7	0.134	1.710	0.006	0.024	1.669	15.966	2.724	19.131	2.870	10.735
8	0.076	2.637	0.056	0.038	2.134	18.224	5.343	29.551	5.010	15.266
9	0.372	1.411	0.016	0.013	1.278	8.203	4.618	13.087	7.200	10.075
10	0.386	0.566	0.068	0.037	0.910	2.748	3.321	5.721	5.750	8.173
11	0.369	0.390	0.037	0.045	0.607	1.362	1.956	3.339	0.367	1.256
12	0.216	0.165	0.005	0.018	0.352	0.991	0.799	1.300	0.657	2.558
年均	0.181	1.064	0.021	0.038	0.908	7.400	2.086	7.333	3.076	5.872

表2 动态修正系数计算值

	I 分区	II 分区	III 分区	IV 分区	V 分区
k	0.17	0.55	0.12	0.28	0.52

表3 动态需水算法与Tennent法的计算值比较

月份	万 m <sup>3</sup>														
	I 分区			II 分区			III 分区			IV 分区			V 分区		
	天然径流	Tennent法	动态修正法	天然径流	Tennent法	动态修正法	天然径流	Tennent法	动态修正法	天然径流	Tennent法	动态修正法	天然径流	Tennent法	动态修正法
1	13.08	1.31	2.22	2.03	0.20	1.10	63.60	6.36	7.80	173.82	17.38	49.45	87.65	8.77	45.91
2	14.85	1.49	2.52	2.19	0.22	1.18	55.10	5.51	6.76	178.78	17.88	50.86	74.43	7.44	38.99
3	244.23	24.42	41.45	12.73	1.27	6.86	1141.94	114.19	140.07	345.43	34.54	98.28	226.73	22.67	118.76
4	294.63	29.46	50.00	14.87	1.49	8.01	903.52	90.35	110.83	864.92	86.49	246.08	492.08	49.21	257.76
5	703.15	70.32	119.33	23.46	2.35	12.64	3510.95	351.10	430.65	950.41	95.04	270.40	736.94	73.69	386.02
6	278.01	83.40	47.18	18.97	5.69	10.23	5175.25	1552.57	634.79	1655.41	496.62	470.98	588.14	176.44	308.07
7	449.24	134.77	76.24	6.37	1.91	3.43	4193.53	1258.06	514.38	5024.74	1507.42	1429.59	1506.21	451.86	788.97
8	692.68	207.80	117.55	9.85	2.96	5.31	4786.54	1435.96	587.11	7761.74	2328.52	2208.29	2696.39	808.92	1412.40
9	370.69	111.21	62.91	3.51	1.05	1.89	2154.52	646.36	264.27	3437.36	1031.21	977.96	1070.35	321.11	560.66
10	148.73	14.87	25.24	9.84	0.98	5.30	721.70	72.17	88.52	1502.53	150.25	427.49	570.73	57.07	298.95
11	102.36	10.24	17.37	11.84	1.18	6.38	357.73	35.77	43.88	876.91	87.69	249.49	329.79	32.98	172.75
12	43.35	4.34	7.36	4.72	0.47	2.54	260.21	26.02	31.92	341.46	34.15	97.15	145.98	14.60	76.47
年均	279.58	57.80	47.52	10.03	1.65	5.52	1943.72	466.20	233.25	1926.13	490.60	539.32	710.45	168.73	369.43

季节变化显著,用该法进行河流生态需水的动态求解,将水量更为均匀地分布在年内。更好地为干旱期补充水分,而不是像传统做法一样在干旱区仅仅取流量的10%,却在汛期本身水分较多的状况下补充30%,对水资源高效合理利用起到实际意义。

### 3 结 语

动态需水计算方法运用动态系数修正了原Tennent

算法使用固定系数计算河道基流量的计算方法。弥补了传统水文学法以多年平均径流量的特定百分率或者天然径流量频率曲线上的特定保证率作为水文指标进行生态需水量计算的不足,为国内外季节性河流水资源分配提供了另一种计算思路,将动态检测水资源扩展到动态需水量计算,从而针对研究区河流的具体情况进行需水计算。

(下转第78页)

制城区洪水风险图,为排涝风险给出定量的评价与预警,在海绵城市的设计阶段能根据排水能力做到可控可排,确定需要蓄存的水量以及必须排泄的水量,为城市防洪及排水规划和防汛应急预案编制、增强公众洪水风险意识和洪涝灾情评估等工作打好基础。

城市化进程中,不仅城区不透水面积增加,下垫面糙率显著减少,下渗水量减少,“热岛效应”使得市区暴雨出现的概率也明显增加,洪峰流量增加,洪水上涨历时明显缩短,洪水过程线变陡,即陡涨陡落。一方面城市排水缺乏实测的水文资料,很难对洪水的合理性进行检验,另一方面暴雨径流受人类活动影响大,难以得到具有一致性的长系列进行统计分析。随着海绵城市的发展,城区下垫面情况将进一步改变,更接近于天然情况,水文分析计算的方法适用性更强。在海绵城市的规划设计中,更应重视对设计流域的下垫面情况的调查,调整改进适用于不透水率较大的城建区的计算参数,对计算成果进行合理性分析,使设计成果达到海绵城市需要的防洪排水标准。

## 5 结 语

传统城市排水设计能较好地适应小范围城市化区域,无法准确反应河湖水系的调蓄能力对雨水径流系统的影响。重视并加强水文分析,能够适应不同下垫面条件下的产汇流计算,更好地模拟汇水区域调蓄、渗水、净水、排水过程,保障海绵城市的顺利实施。基于海绵城市的理念,新形势下的社会主义新农村和城市化建设,从选址到规划实施,必须重视水文计算,城市防洪排涝时,应依据水文分析计算成果和对区域产汇流规律的认识来考虑设计和建设。

## 参考文献

[1] Newcomer M E, Gurdak J J, Sklar L S, et al. Urban recharge beneath low impact development and effects of climate variability and

change [J]. Water Resources Research, 2014, 50(2): 1716-1734.

- [2] 徐振强. 中国特色海绵城市的政策沿革与地方实践[J]. 上海城市管理, 2015(1): 49-54.
- [3] 刘朝彪, 吴相利. “海绵城市”构建规划实施策略分析——以哈尔滨市群力雨洪公园为例[J]. 边疆经济与文化, 2015(4): 4.
- [4] 俞孔坚, 袁伟, 李青, 等. “海绵城市”实践: 北京雁栖湖生态发展示范区控规及景观规划[J]. 北京规划建设, 2015(1): 7.
- [5] Budge T. Sponge Cities and Small Towns: a New Economic Partnership [M]. Rogers M F, Jones D R. The Changing Nature of Australia's Country Towns. Ballarat, Australia: Victorian Universities Regional Research Network Press, 2006.
- [6] 住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[R]. 2014.
- [7] 俞孔坚, 张东, 李向华, 等. 生命细胞、景观格局与创新网络——中关村生命科学园规划[J]. 城市规划, 2001, 25(5): 76-80.
- [8] 俞孔坚, 李迪华. 城市蓄观之路——与市长们交流[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005: 149-153.
- [9] 俞孔坚, 王思思, 乔青. 基于生态基础设施的北京市绿地系统规划策略[J]. 北京规划建设, 2010(3): 54-58.
- [10] 孔坚, 石春, 文航舰. 取样天津: 桥园设计方案[J]. 建筑学报, 2006(5): 80-81.
- [11] 董淑秋, 韩志刚. 基于“生态海绵城市”构建的雨水利用规划研究[J]. 城市发展研究, 2011, 18(12): 37-41.
- [12] 徐振强. 中国特色海绵城市试点示范绩效评价概念模型的建立与应用[J]. 中国名城, 2015(5): 16-24.
- [13] 邓培德. 暴雨选样与频率分布模型及其应用[J]. 给水排水, 1996(2): 5-9.
- [14] 沈瑞. 城市河道排涝与管渠排水标准衔接研究[J]. 工程与建设, 2014(4): 455-457.
- [15] 陈斌. 城市排涝与排水研究[J]. 给水排水, 1996(9): 17-20.

责任编辑 马 啸

(上接第69页)

## 参考文献

- [1] 杨志峰, 刘静玲. 流域生态需水规律[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] 王西琴, 刘昌明, 杨志峰. 生态及环境需水量研究进展与前瞻[J]. 水科学进展, 2002, 13(4): 507-514.

- [3] 何俊仕. 蒲河流域雨洪资源利用及河道水生态修复应用研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
- [4] 潘扎荣. 河道基本生态需水的年内展布算法[J]. 水利学报, 2013, 44(1): 119-126.
- [5] 刘天琦. 蒲河流域生态环境需水研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(5): 708-713.

责任编辑 马 啸