

黑河中游河道生态环境需水量研究

陈红翔^{1,2}, 杨保¹, 王章勇¹, 黄凯¹

(1. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; 2. 宁夏大学 资源与环境学院, 银川 750021)

摘 要:在黑河流域水资源开发利用过程中, 人们只重视河流的经济效益而忽略了河流系统的生态环境需求, 导致严重的生态环境问题随之而生。为了减少水资源开发利用过程中的生态环境问题, 提出河道生态环境需水量的概念和计算方法, 计算结果显示: 黑河流域河道生态环境需水量为 $10.44 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$, 其中莺落峡生态环境需水量为 $4.755 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$, 约占河流地表水资源来水量的 30%, 正义峡生态环境需水量为 $3.06 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$, 约占河流地表水资源来水量的 30%。考虑到其他因素, 实际的生态环境需水量可能比计算结果要大。研究结果表明: 黑河流域水资源利用率非常高, 如何调控水资源开发利用, 减少潜在生态环境问题是当务之急。

关键词:生态环境需水量; 黑河流域; 河道

中图分类号: P333; X143

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0194-04

Research on Water Demand for Eco-environment of Middle Reaches' Stream-channel of Heihe River Basin

CHEN Hong-xiang^{1,2}, YANG Bao¹, WANG Zhang-yong¹, HUANG Kai¹

(1. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 2. College of Resources and Environment, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In the history of water utilization and development in Heihe basin, attention has always been paid on the benefit we could get from rivers while environmental and ecological function of the river system used to be neglected. Thus the activities of water utilization and development were accompanied by more serious environmental and ecological problems. In order to reduce the environmental and ecological problems caused by water sources development and utilization, this paper has proposed concept of environmental and ecological water consumption and the calculating methods. The results of the calculation have shown that the environmental and ecological water consumption in Heihe basins is about $10.44 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$, about $4.755 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ in Yingluo gorge, about $3.06 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ in Zhengyi gorges. Thus the integrated water required for ecology and environment took up about 30% of the total water resources. However, there are still some aspects of environmental and ecological water consumption must be more than that we had calculated. According to this result, the current utilization rate of the basin is too high. It is on the urgency to control and adjust water development and utilization to eliminate those problems existed and to avoid the potential ecological or environmental crises that are still not clear.

Key words: water demand for ecological environment; Heihe River basin; stream-channel

河流生态环境需水量研究始于 20 世纪 40 年代, 美国鱼类和野生动物保护协会首先研究了河道内流量, 提出了确定自然和景观河流基本流量的河道内流量法。70 年代美国环境和淡水资源需求的定量研究得到了飞速发展^[1-2]。80 年代, 部分国家对生态环境需水进行比较系统的研究, 如澳大利亚、英国、日本、南非。但是亚洲、东欧、拉丁美洲和非洲的多数国家

缺少这方面的研究。我国对生态环境需水研究起步晚, 直到 90 年代, 由于河道断流、河流污染、河流生态系统退化等问题日益严重, 生态环境需水才被提上日程, 并逐渐成为水资源及相关领域的研究热点^[3]。

黑河作为中国第二大内陆河, 长期以来, 由于人口增长, 经济发展, 中游地区人类活动用水量增加, 致使进入下游水量急剧减少, 导致森林死亡、草场退化、

收稿日期: 2010-05-24

资助项目: 国家 973 研究计划第六课题(2009CB421306)

作者简介: 陈红翔(1979-), 男, 在职博士, 讲师, 主要从事气候变化与人类活动对生态环境影响研究。E-mail: chen hx@lzb.ac.cn

沙漠化扩展,成为中国北方地区沙尘暴的主要沙源地之一^[4]。科学确定黑河流域河道生态环境需水量,合理协调经济发展与生态环境保护之间的水资源利用,是黑河流域所面临的急需解决的关键问题。

1 研究区概况

黑河流域位于河西走廊中部,地理位置 98°00′ - 101°30′ E, 38° - 42° N, 全长 821 km, 面积 14.3 万 km², 其中平原区 5 万 km², 如图 1 所示。研究区的东、西分别与石羊河和疏勒河流域相邻。黑河流域的南部为祁连山区,是上游水源区,海拔高程 1 700~ 5 564 m,年降水量 300~ 600 mm,冰川雪融水量约 4 亿 m³/a。中游区位于莺落峡至正义峡之间,主要由张掖盆地和酒泉盆地构成,海拔高程 1 352~ 1 700 m,年降水量 50~ 200 mm,年蒸发量大于 2 050 mm。

正义峡以北至与蒙古国接壤边界,是下游区,包括金塔-鼎新盆地和额济纳盆地,海拔高程 912~ 1 249 m,大部为荒漠戈壁,年降水量小于 50 mm,最小年份 17 mm,额济纳盆地的年蒸发量大于 3 700 mm,是严重缺水和生态环境脆弱区^[4]。

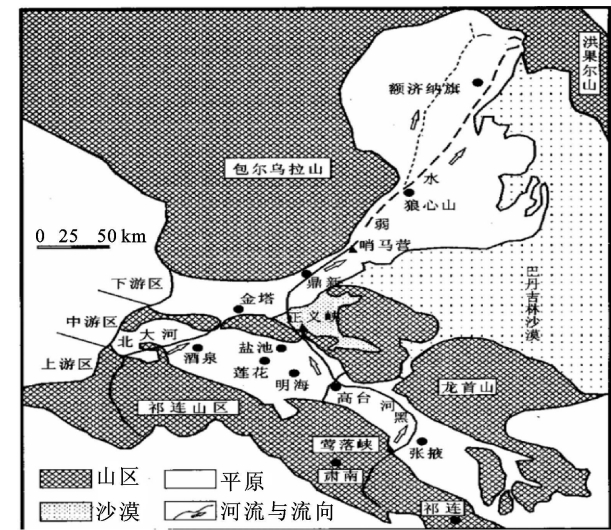


图 1 黑河流域研究区略图

2 河流生态环境需水计算方法

河流生态环境需水,是指维持水生生物正常生长及保护特殊生物和珍稀物种生存,以及保护和改善河流水质、维持河流水沙平衡、水盐平衡和河口地区生态环境平衡所需的水量^[5]。目前国内外研究河流生态环境需水原理的方法分为 6 类,即水文学法、生境模拟法、水文-生物分析法、水力学法、综合法和其他方法,其中水文学法应用最为广泛^[5]。目前还没有一个国家提出具有权威性的、能够普遍应用的方法。我国研究河道生态环境需水的方法有:(1)为保证流域生态水利

“四大平衡”(水热平衡、水盐平衡、水沙平衡、水量平衡)的计算法^[6];(2)为达到水环境保护目标、满足河流纳污功能的环境功能设定法,以及污染物-流量关系线法^[7]等;(3)为满足河流基本生态功能、保证不断流的河流基本生态环境需水量计算法、最枯月平均流量法、假设法等;(4)为满足河流水量蒸发和渗漏要求的水量补充法^[8]等。上述多是借鉴国外的方法,其合理性和机理研究还需进一步探讨。本文根据黑河流域实际情况采用 Tennant (田纳特)法、和月(年)保证率设定法计算黑河中游河道生态环境需水量。

2.1 Tennant (田纳特)法

Tennant 法,又称 Montana 法,该方法将全年分为汛期和非汛期,根据多年平均天然径流量的百分比和河道生态环境状况的对应关系,直接计算维持河道功能的生态环境需水量。该法是在考虑保护鱼类、野生动物、娱乐和有关环境资源的河流流量状况下,按照年平均流量的百分数来推荐河流基流的。Tennant 法根据流量级别及其对生态的有利程度,将河道内生态环境需水量确定为不同的级别,从“极差”到“最大”共 8 个级别(见表 1),并对不同级别推荐了河流生态用水流量占多年平均流量的百分比^[9]。

表 1 河流生态环境需水流量状况

流量对生态 的有利程度	推荐的基本标准(年平均流量的百分数)/%	
	一般用水期 (10 月至次年 3 月)	鱼类产卵 育幼期(4- 9 月)
最大	200	200
最佳范围	60~ 100	60~ 100
极好	40	60
非常好	30	50
好	20	40
中或差	10	30
差或最小	10	10
极差	0~ 10	0~ 10

具体计算公式如式(1)。

$$W = \sum_{i=1}^{12} Q_i \times Z_i \tag{1}$$

式中:W——河流生态需水量(m³);Q_i——年内第 i 个月多年平均流量(m³);Z_i——对应第 i 月的推荐基流百分比(%)。

2.2 月(年)保证率设定法

不同保证率的平均流量不同,因而河道的生态环境状况和生态需水量也不相同。分别推荐 5 个流量等级(极好、非常好、好、中等、最小)对应以下 5 种假定条件:①将天然年径流总量全部作为河道内用水;②将天然年径流量的 60% 作为河道内用水;③将天然年径流量的 40% 作为河道内用水;④将天然年径流量的 30% 作为河道内用水;⑤任何情况下,河道

月生态需水量不能低于该月天然径流量的 10%^[10]。

3 黑河生态环境需水量计算

根据黑河流域莺落峡和正义峡径流数据^[11-19](见
表 2), 运用上述两种方法计算黑河生态环境需水量。

表 2 黑河流域代表站多年平均径流量年内分配

站名	项目	月径流量												径流总量
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
莺落峡	径流量/亿 m ³	0.32	0.35	0.41	0.68	1.16	2.04	3.54	3.18	2.11	1.06	0.6	0.40	15.85
	百分比/%	2.00	2.20	2.60	4.30	7.30	12.9	22.3	20.1	13.3	6.70	3.8	2.50	100.00
正义峡	径流量/亿 m ³	1.03	1.02	1.10	0.47	0.08	0.40	1.24	1.10	1.18	0.87	0.55	1.12	10.21
	百分比/%	10.0	10.0	10.8	4.60	0.80	3.90	12.2	10.8	11.0	8.50	5.4	11.00	100.00
黑河流域	径流量/亿 m ³	0.71	0.70	0.97	1.42	1.99	3.71	7.97	7.32	5.96	2.15	1.3	0.77	34.79
	百分比/%	2.00	2.00	2.80	4.10	5.70	10.6	22.8	20.9	17.1	6.10	3.7	2.20	100.00

注: 数据为黑河上游、中游分界点莺落峡水文站(1944~ 2008 年)和中游、下游分界点正义峡水文站(1954~ 2008 年)的月平均径流量数据^[11-19]

表 3 Tennant 方法计算结果

亿 m³/a

等级	莺落峡			正义峡		
	汛期	非汛期	全年	汛期	非汛期	全年
最佳范围	7.626	1.884	9.51	2.682	3.444	6.126
极好	7.626	1.256	7.925	2.682	2.296	5.105
非常好	6.355	0.942	6.34	2.235	1.722	4.084
好	5.084	0.628	4.755	1.790	1.150	3.060
中或差	3.813	0.314	3.17	1.341	0.574	2.042

表 4 月保证率法计算结果

亿 m³/a

站点	保证率/%	径流量	等级划分				
			极好(100%)	非常好(60%)	好(40%)	中等(30%)	最少(10%)
莺落峡	90	12.9	12.9	7.74	5.16	3.87	1.29
	75	14.2	14.2	8.52	5.68	4.26	1.42
	50	15.9	15.9	9.48	6.32	4.74	1.58
	25	17.1	17.1	10.26	6.84	5.13	1.71
	10	19.0	19.0	11.40	7.60	5.70	1.90
正义峡	90	6.3	6.3	3.78	2.52	1.89	0.63
	75	7.6	7.6	4.56	3.04	2.28	0.76
	50	10.2	10.2	6.13	4.08	3.06	1.02
	25	10.9	10.9	6.54	4.36	3.27	1.09
	10	13.2	13.2	7.92	5.28	3.96	1.32

由月保证率方法(中等)计算结果可知,保证率为
50%, 75%, 90% 三种情况下莺落峡生态环境需水量分
别为 4.74, 4.26, 3.87 亿 m³/a, 分别占径流量的 30%,
26.88%, 24.42%;正义峡生态环境需水量为 3.06, 2.28,
1.89 亿 m³/a, 分别占径流量的 30%, 22.3%, 18.5%。

从保护生态的角度来看, Tennant 法是从大量研
究统计所得到的平均规律, 在 Tennant 法计算结果的
流量条件下, 河道内的水生生物和生态系统能够处
于一种较为良好的状态, 是保持河道内的水生生物和
生态系统较为良好状态的基本流量。因此本文采用
Tenant 法 4 级标准(好)计算结果, 即莺落峡生态环
境需水量为 4.755 亿 m³/a, 正义峡生态环境需水量

计算结果见(表 3)和(表 4)。

遵循最小环境需水量占径流不低于 10% 的原则,
选择 Tenant 法 4 级标准(好)计算莺落峡生态环境需
水量为 4.755 亿 m³/a, 正义峡生态环境需水量为 3.06
亿 m³/a, 各占多年平均径流量的比例为 30%。

为3.06亿 m³/a, 各占多年平均来水量的 30%。

4 结论与讨论

研究结果表明: 黑河流域中游莺落峡生态环境需
水量为 4.755 亿 m³/a, 约占河流地表水资源来水量
的 30%, 正义峡生态环境需水量为 3.06 亿 m³/a, 约
占河流地表水资源来水量的 30%。如果减去河道生
态环境需水量后, 莺落峡和正义峡实际平均过水量分
别为11.085亿 m³/a 和 7.14 亿 m³/a, 区域间减少水
量为 3.945 亿 m³/a。这一减少水量基本可以满足莺
落峡与正义峡间工农业正常生产和河道蒸发下渗损
失水量^[19]。

对于河流系统而言, 河流基础生态环境需水量同时也兼顾部分输沙排盐、河流水质净化等功能。汛期河流来水量较大, 不仅可以满足其基础生态环境需水量, 有时也可能因为来水量较大, 超过合理的生态环境需水量。李丽娟研究^[20]表明, 海滦河生态环境需水量约占地表径流量的 54%, 认为海滦河流域水资源开发率超过 40% 时, 就会对生态环境造成严重影响。本文认为, 黑河属内陆河, 其水资源被反复利用, 远远超出国际公认的合理开发程度 30%, 极限开发程度 40%, 因此, 黑河流域河道生态需水量整合后为 10.44 亿 m^3/a , 即占河流水量的 30%, 同时可以满足河流系统基础生态环境需水量。王西琴等^[9]研究认为, 西北内陆河流域生态需水量应占水资源总量的 50% 左右, 与本研究结果比较, 说明黑河中游河道生态环境需水量占水资源总量的 30% 是有道理的。

如果黑河流域水资源量随着气候变化和人类活动的加剧而减少, 其河道水量无法满足河流生态环境需水量, 将会导致黑河流域绿洲面积减少, 沙化退化面积增加, 下游河道断流加剧, 湖泊干枯, 地下水位下降, 水质矿化度升高, 水生态系统恶化。目前, 黑河流域水资源问题不容乐观, 已经成为制约流域内社会经济发展和生态环境改善的瓶颈, 因此在进行黑河流域系统规划时, 应充分考虑维持河流系统生态平衡的重要性, 保证河流系统的生态环境需水量。主要的保证措施可分为两个方面: 一是增加河流流量; 二是降低河流生态环境需水量。同时, 注意水资源的合理利用和节约, 加大水资源保护管理与监控能力的建设, 提高黑河水资源保护管理工作的现代化水平。这样, 才能保证整个流域有足够的生态环境用水, 维持生态环境不致恶化, 才能在实现经济效益的同时实现环境效益。

生态环境需水的研究对于我国可持续发展战略的实施具有重大意义。但国内定量研究河流生态环境需水起步较晚, 又缺少长系列的河道生态实测资料, 因此, 目前的计算大多套用国外方法或仅以历史流量为依据, 较少物理实验模型为支撑, 无法准确判断其计算结果的实际价值。在水资源缺乏的情况下, 河流生态用水必然挤占农业用水、工业用水和生活用水, 限制国民经济的发展, 因此定量研究河流生态环境需水量应结合水资源的整体规划, 应以坚持可持续发展观与构建和谐社会为总体目标、以水资源综合利用效益最大为经济目标, 将寻求最小生态环境需水量、特别是河道内最小生态环境需水量的有效计算方法作为今后生态环境需水量的研究重点。

参考文献:

[1] Tennat D L. Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife,

Recreation and Related Environmental Resources [M]. Maryland: American Fisheries Society, 1976: 359-373.

- [2] Trihey E W, Stalnaker C B. Evolution and Application of Instream Flow Methodologies to Small Hydropower Developments: An Overview of The Issues [C] // Olson F W, White R G, Hamre R H. Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries. Aurora CO, 1985.
- [3] Tharme R E. A Global Perspective on Environmental Flow Assessment: Emerging Trends in The Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers [J]. River Research and Applications, 2003, 19: 397-441.
- [4] 张光辉, 聂振龙, 刘少玉, 等. 甘肃西北部黑河流域水资源对下游生态环境变化的影响 [J]. 地质通报, 2006, 25(1/2): 245.
- [5] 杨志峰, 张远. 河道生态环境需水研究方法比较 [J]. 水动力学研究与进展, 2003, 5(3): 294-301.
- [6] 刘昌明. 中国 21 世纪水供需分析: 生态水利研究 [J]. 中国水利, 1999(10): 18-20.
- [7] 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(理论) [J]. 环境科学学报, 2001, 21(5): 544-547.
- [8] 张远. 黄河流域坡高地与河道生态环境需水规律研究 [D]. 北京: 北京师范大学, 2003.
- [9] 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(II): 应用 [J]. 环境科学学报, 2001, 21(5): 548-552.
- [10] 杨志峰, 张远. 河道生态环境需水研究方法比较 [J]. 水动力科学研究与进展, 2003, 18(3): 294-300.
- [11] 蓝永超, 丁永健, 刘进琪, 等. 全球气候变暖情境下黑河山区流域水资源的变化 [J]. 中国沙漠, 2005, 25(6): 864-868.
- [12] 王根绪, 程国栋. 近 50 年来黑河流域水文及生态环境变化 [J]. 中国沙漠, 1998, 18(3): 233-238.
- [13] 赵资乐, 陈得源. 黑河莺落峡站年径流特征及丰、枯划分初探 [J]. 甘肃水利水电技术, 2003, 39(2): 190-194.
- [14] 徐中民, 程国栋. 黑河流域中游水资源需求预测 [J]. 冰川冻土, 2000, 22(2): 139-140.
- [15] 张济世, 康尔泗, 姚进忠, 等. 黑河流域水资源生态环境安全问题研究 [J]. 中国沙漠, 2004, 24(4): 425-430.
- [16] 陈文雄. 黑河流域水文特性 [J]. 水文, 2002, 22(6): 57-60.
- [17] 肖生春, 肖洪浪. 黑河流域水环境演变及其驱动力机制研究进展 [J]. 地球科学进展, 2008, 23(7): 751-752.
- [18] 王小玲, 陈文. 黑河干流出口水资源演变与中下游生态环境保护 [J]. 气象水文海洋仪器, 2006(2): 60-65.
- [19] 王根绪, 程国栋. 干旱内陆流域生态需水量及其估算: 以黑河流域为例 [J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 131-133.
- [20] 李丽娟, 郑红星. 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算 [J]. 地理学报, 2000, 55(4): 495-500.