

晋江流域河道水库最小生态需水量计算研究

逢 勇¹ ,范丽丽¹ ,汤瑞梁¹ ,黄亚平² ,路 青²

(1. 河海大学环境科学与工程学院 ,江苏 南京 210098 ; 2. 福建省水利规划设计院 福建 福州 350001)

摘要 根据晋江流域的特点 ,对该地区改善河道水环境的生态需水量、保证山美水库水质达标的生态需水量以及满足河道生态用水比例 ,分别采用径污比计算法、水体允许纳污量计算法进行了计算 . 得出了晋江流域东溪永春段的生态需水量为 20.9 ~ 24.4 m³/s ;东溪南安段的生态需水量为 12.9 ~ 15.5 m³/s ;西溪安溪段的生态需水量为 23.8 ~ 38.8 m³/s ;西溪南安段的生态需水量为 7.8 ~ 8.1 m³/s . 综合考虑用水和需水两方面的情况 ,计算得到的晋江流域河道内生态用水比例值达 30% 以上 ,可满足河道内生态需水比例的要求 . 为保证山美水库水体水质达标 ,在现有排污量条件下 ,山美水库来水量应保证在 2.0 亿 m³ .

关键词 晋江流域 ;生态需水量 ;生态用水比例

中图分类号 :TV211 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-198X(2003)06-0612-04

生态需水是指在自然生态系统的保护和建设中 ,生态系统维持稳定发展所必须的水资源总量^[1] ,它只受生态系统结构和环境因子的影响 ,生态需水具有水资源的性质 . 由此 ,对于生态需水量的确定 ,不能只考虑所需水量的多少 ,同时还应考虑在此水量下水质的好坏 . 合理确定生态需水量 ,首先要满足生态系统对水量的需求 ,其次确保水质能保证生态系统处于健康状态 .

晋江为福建省四大江之一 ,流域面积 5 629 km² ,河长 182 km ,河道平均坡降 0.19% ,流经安溪、永春、南安、晋江、泉州市区等地 ,双溪口以上分东、西溪 ,双溪口以下为晋江干流 . 东溪长 120 km ,流域面积 1 917 km² ;西溪长 145 km ,流域面积 3 101 km² ,晋江干流长 30 多 km ,流经泉州、前埔汇入泉州湾 . 晋江流域是福建省经济相对发达、人口相对密集、水资源相对紧缺的地区 . 研究晋江流域最小生态需水量有助于该流域生态系统的保护 ,实现水资源的可持续利用 ,保障和促进晋江流域经济社会可持续发展 .

1 用于改善河道水环境的生态需水量

河流水质与水量有密切关系 ,在一定排污条件下 ,要维持良好水质 ,需要维持河道一定的流量 . 一般来说 ,每吨污水需要几十倍以上的清水方能稀释自净 ,即径污比 β (径流量与污水量之比)一般要达到几十 . 径污比计算公式如下 :

$$\beta = \frac{Q}{q} = \frac{C_q - C_0}{C_0 - C_0} \tag{1}$$

式中 : Q ——径流量 m³/s ; q ——污水流量 m³/s ; C_q ——污水水质浓度 mg/L ; C_0 ——河水水质浓度 mg/L ; C_0 ——河流上游来水水质浓度 mg/L . 计算中 C_q 取 60 mg/L ,这是根据晋江流域水功能区划分的结果 ,该地区的水污染物排放标准需执行《水污染物综合排放标准 (GB8978—1996)》的一级标准 . C_q , C_0 根据该流域河道平均实测值确定 , C_q 为 4 ~ 6 mg/L , C_0 为 2 ~ 4 mg/L ,此时计算得径污比 β 为 25 ~ 50 ,在上游来水浓度为 4 mg/L、河水水质浓度为 6 mg/L 时 , β 为 27 .

表 1 为计算得到的晋江流域为维持良好河道水质所需的径流量 ,表 1 同时给出了各河段在不同水文保证率下的径流量值 . 表 1 中的采取达标措施后的需水量值根据公式 (1) 计算得到 , q 根据各河段的调查监测结果确定^① , β 根据公式 (1) 的计算结果确定 ,采取总量控制措施后的需水量按以下原则确定 (a) 小于采取达

收稿日期 2003-01-24
作者简介 逢勇 (1958—) ,男 ,山东胶县人 ,教授 ,博士生导师 ,主要从事水环境保护的研究 .
① 福建省水利规划设计院 ,晋江流域生态水利建设规划报告 ,2003 .

标措施后的需水量 (b) 等于或小于 90% 保证率的径流量值 , 晋江流域的污染物总量控制指标主要根据环境容量计算结果确定 .

表 1 维持良好河道水质在 2020 年所需的径流量
Table 1 Runoff needed for maintenance of favorable
water quality in river channels

河段	水文保证率 δ				采取达标措施后的 需水量	采取总量控制措施后的 需水量
	50%	75%	90%	95%		
东溪永春	38.8	30.9	24.4	20.9	38.5	24.4
东溪南安	29.1	21.7	15.5	12.4	26.3	15.5
西溪安溪	60.3	48.3	38.8	33.8	59.9	38.8
西溪南安	14.6	10.9	7.8	6.2	32.1	7.8

河道水质的生态需水量与污水处理能力密切相关 , 当污水处理能力提高时 , 对生态需水量的要求就小 ; 当污水处理能力弱时 , 对生态需水量的要求就高 . 从发展趋势看 , 晋江流域污水处理的力度会逐步加大 , 按照晋江流域水资源保护规划进行治理 , 此时最小生态需水量是水文保证率为 90% 的值 .

2 保证山美水库水质达标的生态需水量

2.1 入库污染物量与水质浓度关系计算

山美水库为晋江流域的一个大型水库 , 集雨面积为 1 023 km² , 山美水库来水量为 7.087 ~ 14 亿 m³ , 正常蓄水位 95 m 高程 , 相应库容 3.95 亿 m³ , 求得山美水库的换水周期为 2.1 ~ 3.5 次/a . 采用完全混合模型 , 建立山美水库入库污染物量与水质的计算公式 :

$$\alpha(t) = \frac{W - (Q + K \times V) \times C_0}{Q + K \times V} \tag{2}$$

式中 : V——计算河段内水体体积 ; W——区间排污量 ; K——降解系数 , COD_{Cr} 和 NH₃-N 的降解系数通过实际监测成果推算得到 , 本文 COD_{Cr} 降解系数为 0.35/d , 山美水库为 0.1/d , NH₃-N 降解系数为 0.15/d , 山美水库为 0.08/d . 计算不同来水量时 , 上游污染物排放量与入库水体 NH₃-N 浓度的关系见图 1 . 图 1 中的 $\delta = 50\%$ 、 $\delta = 75\%$ 、 $\delta = 90\%$ 指山美水库来水量的水文保证率 , 引水后指从上游龙门水库引 2 亿 m³ 的水量后的情况 .

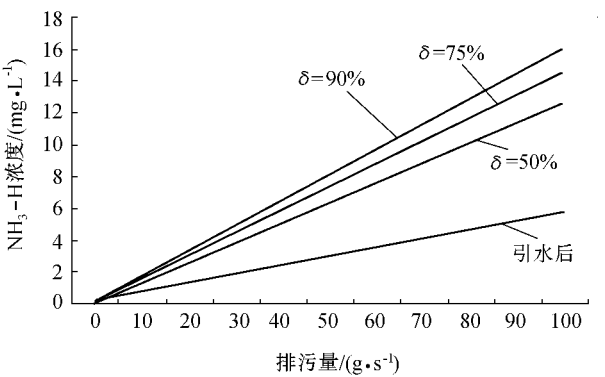


图 1 排污量与入库水体氨氮浓度关系曲线
Fig.1 Relationship between pollutant discharged into the reservoir and NH₃-N concentration of inflow water

2.2 入库水体 NH₃-N 浓度与来水量关系计算

根据监测资料 , 目前山美水库处于中营养水平 . 为了维持山美水库低于富营养水平 , 则需对排入的 NH₃-N 和 COD 进行控制 , 采用完全混合水质

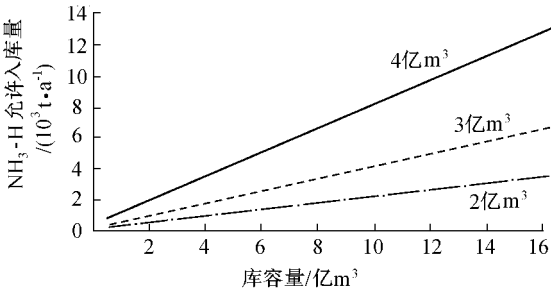


图 2 库库容量与氨氮允许入库量关系
Fig.2 Relationship between allowable inflow
quantity of NH₃-N and reservoir capacity

数学模型进行 NH₃-N 和 COD 的控制量计算 , 考虑不均匀系数订正后的允许排污量公式为^[2]

$$W' = \gamma [Q_s (C_s - C_0) + C_s K V]$$

式中 : γ ——不均匀系数 , 根据类比分析取 0.1 ; W'——允许排污量 ; Q_s——流入河流、湖库流量 ; C_s——功能区水质 ; C₀——流入河流、湖库的水质浓度 .

根据我国湖泊、水库富营养化评分与分类标准^[3] , 计算在不同来水量条件下山美水库库容量与氨氮允许入库量的关系见图 2 .

不考虑从龙门滩引水时 , 现有排放量使山美水库入库水

体 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 1.50 mg/L ,水质为Ⅳ类水,说明河段环境容量已经不足,在考虑龙门滩现状引水(2.0 亿 m^3)后,入库水体 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 0.8 mg/L ,水质为Ⅲ类;在龙门滩规划引水量(4.0 亿 m^3)时,入库水体 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度为 0.5 mg/L ,水质为Ⅱ类,说明流域水文条件对污染物浓度变化影响很大,可以通过现有的龙门滩引水工程注入区间的流量来达到防止水质恶化的目的.为保证山美水库水质达标,在现有排污量条件下,山美水库来水量应保证在 2.0 亿 m^3 .

3 河道内生态用水比例值计算及结果分析

3.1 基本概念及计算方法

生态用水是指生态系统实际利用到的水资源总量,它受经济用水、生活用水的影响,往往被挤占和压缩.生态用水比例是指生态系统实际用水量与水资源总量的比值,它是从经济系统的角度间接计算的用水比例:

$$P_{\text{生}} = \alpha (W - W_{\text{工}} - W_{\text{农}} - W_{\text{生}} + W_{\text{回}}) / W$$

(3)

式中: $P_{\text{生}}$ ——生态用水比例; W ——水资源总量, m^3 ; $W_{\text{工}}$ ——工业用水量, m^3 ; $W_{\text{农}}$ ——农业用水量, m^3 ; $W_{\text{生}}$ ——生活用水量, m^3 ; $W_{\text{回}}$ ——回归水量, m^3 . α ——有效性系数,由于水体污染,水资源的有效性降低 $0 < \alpha \leq 1$,根据地表水水质标准从Ⅰ类到Ⅴ类, α 呈逐渐减小趋势,根据文献[4], α 可按表2取值.

表2 水体质量与有效性系数 α

Table 2 Water quality and effectiveness coefficient α

水质标准	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
α	1.0	0.9	0.7	0.5	0.3

3.2 计算结果及分析

野外实验统计分析表明^[5],生态用水比例为10%的流量覆盖了60%的底质,这一流量是水生生物、特别是鱼类生存的临界点或最低流量限值点.比例为30%到100%时的流量,会使湿润底质增加40%,这是水生生物需求的从较好到最佳的生存条件范围.比例为10%、30%、60%的流量是生境变化的转折点,而且这3个流量覆盖了从最小到接近最大流量的范围,并能保护绝大多数河流自然环境,所以比例为10%、30%、60%的流量具有代表性.国内外的研究均表明,在平均流量相同情况下,水生生物在绝大多数河流中具有相似性,这种相关关系在美国21个州已经得到验证,水文学和生物学的这种相互关系具有重要意义.

根据式(3)计算得到晋江流域各地区在2020年不同保证率下的生态用水比例,见图3.计算中的工业用水量、农业用水量以及生活用水量均考虑了采取水资源节约、保护以及优化配置的工程措施和非工程措施后的值^①.

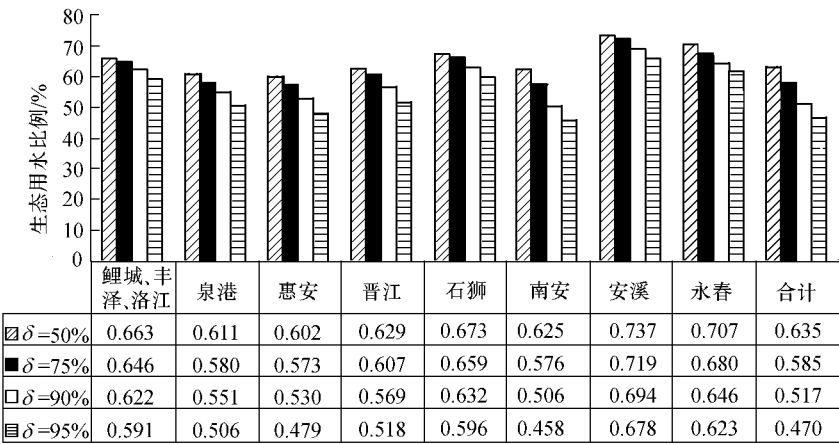


图3 2020年河道内生态用水比例值计算结果

Fig.3 Ratio of ecological water consumption by river channels in 2020

从图3可以看出,采取水资源节约、保护以及优化配置的工程措施和非工程措施后,晋江流域各地区的生态用水比例都大于30%,可满足生态需水的要求.

① 福建省水利规划设计院,晋江流域生态水利建设规划报告,2003.

4 结 论

考虑晋江流域河道水质保护计算得到的晋江流域的最小生态需水量为 :东溪永春段的生态需水量为 $20.9 \sim 24.4 \text{ m}^3/\text{s}$;溪南安段的生态需水量为 $12.9 \sim 15.5 \text{ m}^3/\text{s}$;西溪安溪段的生态需水量为 $23.8 \sim 38.8 \text{ m}^3/\text{s}$;西溪南安的生态需水量为 $7.8 \sim 8.1 \text{ m}^3/\text{s}$.综合考虑用水和需水两方面的情况 ,计算得到的晋江流域河道内生态用水比例值达 30% 以上 ,可满足河道内生态需水比例的要求 .为保证山美水库水体水质达标 ,在现有排污量条件下 ,山美水库来水量应保证在 2.0 亿 m^3 .

参考文献 :

[1] 沈国舫 .生态环境建设与水资源的保护和利用[J].中国水利 ,2000 (8) :26—30.
[2] 逢勇 .九州江流域水资源保护综合规划研究[M].北京 :气象出版社 ,2000.87—89.
[3] 王敦春 .中国水资源质量评价[M].北京 :中国科学技术出版社 ,1995.14—16.
[4] 丰华丽 .河流生态需水理论方法及应用研究[D].南京 :河海大学 ,2002.
[5] KHALID K ,MAUREEN E G ,LAN C G . Review of determination instream flow requirement with special application to Australia[J]. Water Resources Bulletin ,American Water Resources Association , 1995 ,31(6) :1063—1077 .

Calculation of minimum ecological water demand of river channels
and reservoirs in Jinjiang River Basin

PANG Yong¹ , FAN Li-li¹ , TANG Rui-liang¹ , HUANG Ya-ping² , LU Qing²
(1. College of Environmental Science and Engineering , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China ;
2. Water Conservancy Planning and Design Institute of Fujian Province , Fuzhou 350001 , China)

Abstract :Based on the characteristics of the Jinjiang River Basin , by use of the runoff-to-polluted water volume ratio method and water environmental capacity method , the ecological water demands are calculated for improvement of the river water environment of this region and for assurance of the up-to-standard water quality of the Shanmei Reservoir , and the ratio of ecological water consumption to meet the requirement of rivers is also determined . The calculated results are given as follows :the ecological water demands of the Yongchun section and the Nan 'an section of the east stream and the Anxi section and the Nan 'an section of the west stream are $20.9 \sim 24.4 \text{ m}^3/\text{s}$, $12.9 \sim 15.5 \text{ m}^3/\text{s}$, $23.8 \sim 38.8 \text{ m}^3/\text{s}$, and $7.8 \sim 8.1 \text{ m}^3/\text{s}$, respectively ; the ratio of the ecological water consumption by the rivers in the Jinjiang River Basin should reach 30% ; the volume of incoming water of the Shanmei Reservoir should reach 0.2 billion m^3 under the current amount of pollutant discharge so as to ensure the up-to-standard water quality of the reservoir .

Key words Jinjiang River Basin ; ecological water demand ; ratio of ecological water consumption