

Practice and Thinking on Multi-Objective Coordination Engineering of Surface Water Resources Development and Utilization

Debo Liu, Jiaming Liu

Henan Water & Power Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou Henan
Email: debo_liu@sina.com

Received: May 21st, 2017; accepted: Jun. 4th, 2017; published: Jun. 7th, 2017

Abstract

In areas with scarce water resources, we need to balance the relationship between the distribution of water sources and the various use of water when exploiting and using the surface water resources, and develop the demand of environmental requirements comprehensive and balanced. While taking into other water demands, comprehensive analysis should be used to determine ecological river basic flow during different time periods. The corresponding project planning and designing should be made under the premise of conservation of water resources and consider the characteristics of various water use processes and the requirement of guarantee rate. The relevant operation mode, water supply quantity and reliability are analyzed and calculated. For regulating reservoir of comprehensive utilization, river diversion works etc. adopt the multi-objective long series dynamic adjustment method, through compare related parameters about characteristics water level, diversion ability and so on and make sure water supply targets reasonably. Based on water resources rational development and effective use, we optimize the relative economic reasonable engineering plan to meet the water need in living, production, and eco-environment better.

Keywords

Surface Water Resources, Development and Utilization, Multi-Objective Coordination, Engineering Practice

地表水资源开发利用多目标协调工程实践与思考

刘德波, 刘佳明

河南省水利勘测设计研究有限公司, 河南 郑州
Email: debo_liu@sina.com

收稿日期: 2017年5月21日; 录用日期: 2017年6月4日; 发布日期: 2017年6月7日

作者简介: 刘德波(1963-), 男, 教授级高级工程师, 学士, 主要从事水文水资源, 水利工程规划、调度管理。

摘要

在水资源紧缺地区,对地表水开发利用需要平衡水源水量分布和各项用水的关系,全面协调发展、环境保护的要求,在考虑其他用水需求的同时,应综合分析确定不同时段河道生态基流。相应的工程规划、设计需在水资源节约保护的前提下,考虑各类用水过程、要求保证率不同等特点,拟定相应的运行方式,合理分析计算各类供水量及可靠性。对综合利用的调蓄水库、河道引水工程等,采用多目标长系列动态调节方法,通过对特征水位、引水能力等有关参数多方案比较,合理确定供水指标。从实现水资源合理开发、有效利用的角度出发,优选相对经济合理的工程方案,更好地满足生活、生产及生态环境用水。

关键词

地表水资源, 开发利用, 多目标协调, 工程实践

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 水资源紧缺问题

“水是生命之源、生产之要、生态之基。”一个区域水资源总量和可利用量都是有限的,随着人口增长、经济和城市化的发展,用水量急剧增加,水资源短缺问题愈来愈突出。随着河道径流的各级拦蓄引用,河道下泄径流减小、生活废水、工业污水排放等造成生态环境恶化,因此,做好水资源的优化配置、合理开发利用与节约、保护,是满足生活、生产用水,留够一定的维护生态环境用水,确保社会经济的健康持续发展的重要工作[1]。

水资源紧缺的两个主要因素,一是需求方的需求不断增加,二是供给方有限的水资源量时空分布不均,天然径流除人类活动影响外,主要受气候、降雨等影响,特点是有丰枯年份、丰枯季节,表现为集中在短时段的洪水和其他时间段的小流量过程,会造成洪涝灾害、产生旱灾,偏枯的时段,特别是枯水年、枯水期缺水严重。因而需要研究通过进行径流调节解决防洪除涝、供水灌溉等问题。

无论是防洪减灾、供水兴利,还是生态环境的改善,都需要相应的工程措施。包括单纯的防洪、防洪兴利结合或是单纯的取引水工程。基于水利工程不断增加、水资源紧缺情况下,进行合理开发的需要,应兼顾上、下游,不仅改善生活、生产条件,考虑水生态等问题还要改善生活环境,水利工程担负越来越艰巨的任务。水利工程规划设计应研究不断变化的自然环境条件,及相适应的开发模式与技术,保障发展与环境保护的持续良性循环,有必要运用科学的方法进行分析计算,采取积极的措施进行规划建设,实现水资源的合理开发及优化配置,发挥良好的综合效益。

2. 水量的时段属性

2.1. 地表水资源量

地表水资源量是指由降水形成的河流、湖泊、冰川等地表水体可以逐年更新的动态水量,用多年平均年河川径流量表示。干旱及半湿润地区天然来水过程变化较大,丰枯年差别较大,年内分配也不均匀。

河道上一般可由水文站实测径流过程,考虑上游耗水量和外调水量,经还原上游引、耗水量后可计算天然径流及多年平均径流量,再转换到规划断面。在计算某个水平年可利用量时,要考虑水平年的上游用水量变化,

扣除上游耗水量得到相应来水量及过程。

2.2. 用水类别及特点

从目前的主要用水需求看,可概括分为农业、城乡生活、工业、生态环境或河道基流等几大类,农业用水有其季节性,工业和城镇生活用水过程一般比较均匀。各类用水要求保证率也不一样,按照规范,生活、工业用水要求保证率较高、农业用水保证率相对低些。

早期建设的水库工程多数主要任务是防洪、灌溉,水资源利用主要是农业灌溉用水,随着经济社会的发展,工业生产、生活用水比例逐渐增大,有的挤占了农业用水,并通过节水措施提高水的利用效率或开辟新水源满足各部门用水需求。多数已建工程规划建设时水资源开发利用没有考虑河道生态环境用水,随着用水量的增加,河道径流减小,带来了严重的水生态环境问题,因此,当前及今后的水资源开发利用、配置,都需要考虑河道生态用水,在保护和改善生态环境的基础上进行水资源分配,需要研究过去生产用水挤占生态用水问题。凡由地表水水源供河道外用水的,在确定可供水量时,应当在河川径流中扣除为维持河道水、沙平衡和生态基流等所需的河道内用水量[2],与农业、工业和城镇生活等部门用水量一并考虑。

有关生态环境用水的研究很多,计算方法也较多,定量也比较复杂,还有一个补水时段的问题,与地区、河道情况、径流过程等因素都有关系。

根据有关文献,河道内生态需水指维持河流基本功能(生态、水环境、冲沙等)所需水量。主要包括河道(包括河口)生态基流、河流水生生物需水、维持河流一定稀释净化能力、保持河道水流泥沙冲淤平衡和湖泊湿地生态所需的水量等。按需求又可分为 1) 生态基流:保持河道不断流,具有维持水生生态最低生存的水流条件。2) 水生生物需水:包括水生生物(河谷林、鱼类等)自身生长和维持栖息地环境所需水流条件。3) 维持水体一定稀释、自净能力所必须维持的最小基流(水)量。

关于水量和最小生态流量的选取,水资源论证导则中指出:“北方河流生态基流指标原则上不应小于多年平均流量的 10%,枯水时段不应低于同期流量均值的 20%”,“对生态需水量的确定,原则上按多年平均流量的 10%~20%确定”,“季节性河流或干旱地区应在保护现状生态用水量的基础上适当增加用水量”。

对于径流季节性较强的情况,来水量的大部分在洪水期,枯水期流量特别小,河道生态流量如何考虑,对水资源利用、工程规模影响较大。

2.3. 地表水资源可利用量

地表水资源可利用量是指在可预见的时期内,在统筹考虑河道内生态环境和其他用水的基础上,通过经济合理、技术可行的工程措施,在地表水资源量中可控制供河道外生活、生产、生态环境用水的一次性最大水量。不可以利用的水量包括河道内必须保持的水量(生态环境、生产用水),无法控制而下泄的洪水量[3]。

可利用量在很大程度上受制于水资源的供给状况,也与用水过程、工程规模有关。根据用水类别和组成比例,可得出需要的用水总量和用水过程,实际可利用量也与来水过程有关。因此,地表水资源可利用量受径流、工程、需求等因素的影响,最后由相应的工程条件决定。由于径流的丰枯变化,可利用量时段不均,需经过工程调节满足用水要求。从可供水过程来说,根据工程调节性能,不同年份可供水量不同,工程调节能力小的可供水量年内也有差别。可利用量应是满足相应保证率的可供水量。用水类型不同,可利用量(可供水量)也不同。

3. 可供水量的计算

在干旱、半干旱地区,地表水资源主要是降雨形成的地表河道径流,除了空间分布的不均匀外,天然径流具有很强的季节性,丰枯不均、旱涝交替。因此,在防洪和水资源利用方面都需要考虑调节。同时,要维护和改善生态环境,需要统筹兼顾。水资源的配置和开发利用需要多目标协调:

一是综合水资源条件,各部门用水,协调选择相应的供求关系,考虑水资源的可利用量或最大供水能力(承载能力),进行宏观的水资源配置规划,工程布局规划。

二是具体工程设计要研究实际可供水量,协调各类用水量,优化供水范围、用水类别及比例组成,确定有关指标,设置水库等工程相应的运行方式,力求经济合理、效益最大化[4]。

采用长系列多目标动态调节方法,结合各类不同用水相应的工程参数设置,包括各级限制水位、引水规模、输水损失等,进行多种组合方案分析计算,优选工程参数和供水量方案。

在计算可利用量时,来水过程的分析也是重要内容,对上游工程的影响分析清楚,规划来水相对准确,才能保证分析合理及计算成果的可靠性。地表水资源开发利用主要类型有调蓄水库、河道引水工程。

3.1. 调蓄水库

多个供水目标的水库兴利调节,需要设置相应的调节库容和控制水位,多目标动态兴利调节计算模型可对多个过程变化供水目标按动态控制水位进行兴利调节计算。解决多类用水(类别为 n)、用水过程非均匀、非固定限制水位的兴利调节计算问题。可以复核各类供水的可靠性,可以对水库汛限水位、正常蓄水位给定边界自动生成不同方案,给出调节结果及满足要求的方案,从中比较优选。用水类型不同要求保证率不同,因而需要设置不同的限制水位,由于用水过程变化,限制水位也可以是变化的,用公式表示如下:

$$v(t) = v(t-1) + w_L(t) - \sum_{j=1}^k w_u(j,t) - w_e(t) - w_s(t) \quad (1)$$

其中:

$$w_e(t) = f(A(t)) = f_1(h(t)) \quad (2)$$

$$w_s(t) = f_2(h(t)), h(t) = f_3(v(t)) \quad (3)$$

$$h(t) < hx(j) \text{ 时 } w_q(j,t) = vx(j) - v(t) \quad (4)$$

$$h(t) > hz(t) \text{ 时 } w_o(t) = v(t) - vz(t) \quad (5)$$

特征水位方案生成:

$$h(i, j) = h_0(j) + \Delta h \times i \quad (6)$$

$$p(j) = \frac{n}{N} \times 100\% \quad (7)$$

$$p(j) \geq p_0(j) \quad (8)$$

$$hh(j) = \min(h(i, j)) \quad (9)$$

式中: $h()$ ——水位, m; $v()$ ——库容, 万 m^3 ; $hx()$ ——限制水位, m; $vx()$ ——限制水位相应库容, 万 m^3 ; $w_q()$ ——缺水量, 万 m^3 ; $hz()$ ——兴利水位, m; $vz()$ ——兴利水位相应库容, 万 m^3 ; $w_o()$ ——弃水量, 万 m^3 ; Δh ——水位步长, m; j ——用水、限制水位类别变量; i ——水位 j 的方案数; $i = 1, \dots, (h_{\max}(j) - h_{\min}(j)) / \Delta h$; h ——组合方案水位; h_0 ——水位下边界, m; W_L ——来水量, 万 m^3 ; W_u ——用水量, 万 m^3 ; W_e ——蒸发损失, 万 m^3 ; W_s ——渗漏损失, 万 m^3 ; p_0 ——用水要求保证率; p ——计算用水保证率; k ——用水类别; Δt ——时段长; hh ——选定水位; n —— $p(j) \geq p_0(j)$ 的年数; N ——总年数; t ——时段。

3.2. 河道引水工程

从河道引水,考虑为引水断面下游河道余留一定生态基流,可引水量计算用引水流量表示,公式如下:

$$q_{引}(t) = q_{来}(t) - q_{基}(t), \quad q_{引}(t) < q_{拟}(t) \quad (10)$$

$$q_{引}(t) = q_{拟}(t), \quad q_{引}(t) > q_{拟}(t) \quad (11)$$

式中： $q_{引}(t)$ ——引水流量， m^3/s ； $q_{来}(t)$ ——河道径流量， m^3/s ； $q_{基}(t)$ ——河道基流， m^3/s ； $q_{拟}(t)$ ——拟定引水规模， m^3/s 。其他符号意义同前。

与拟定规模的引水流量结合，给其范围值，通过调节从中优选。

从水库引水时，引水、基流供水均可考虑在用水中，其调节计算同上述水库工程。如南水北调中线水源丹江口水库及其他调水工程，需要考虑本区域用水，分析可调出水量，调出水量可作为用水目标参加水源水库调节。

对引入调蓄工程后的调节计算同调蓄水库一样，按本地径流和考虑引水分别计算得到各类用水的可供水量，计算考虑引水后增加的可供水量。引水工程可引水量初步计算时若未考虑末端调蓄工程当地径流在调节中与引水量的冲突影响，当地径流富裕期(如洪水期)会有多余引水，对下有调蓄工程按本地径流和考虑引水分别调节计算的弃水差值即为多余引水量，该时段实际引水量为可引水量减去多余引水量。

4. 工程实践

工程类型主要介绍新建综合利用水库和引水调蓄工程。例 1 为淮河干流上游新建的出山店水库工程，其他还有淮河支流北汝河上游新建的前坪水库等；例 2 为淮河南岸支流小潢河与竹竿河上游的“引九济石”工程。

4.1. 出山店水库工程

出山店水库是淮河上游规划建设的以防洪为主，结合供水、灌溉，兼顾发电等综合利用的大(I)型枢纽工程。

1) 河道基流

采用三种方法计算：① 90%保证率最枯月平均流量估算；② 根据 10 约~3 月多年平均径流的 20%估算；③ 按多年平均径流的 10%估算。可研阶段方法① 计算基流流量为 $0.78 m^3/s$ ；方法② 计算基流流量为 $1.53 m^3/s$ ；方法③ 计算基流流量为 $3.5 m^3/s$ 。初设阶段系列进一步延长后，出山店水库 1951~2012 年水文年共 61 年，多年平均入库年径流量为 9.86 亿 m^3 。其中：多年平均枯水期 11~次年 4 月径流量为 2.036 亿 m^3 ，多年平均丰水期 5~10 月径流量为 7.914 亿 m^3 ，三种方法计算值较可研阶段有所减小，最后采用河道基流量为 $3.5 m^3/s$ 。

2) 兴利调节边界条件

供水任务：综合分析水库兴利基本任务为信阳市年供水量 8000 万 m^3 ，与当地水利设施联合调度满足出山店灌区 50.6 万亩农田灌溉供水。

死水位确定：根据预留正常运行 50 年淤积库容、取水口高程综合分析确定死水位 84.00 m。出山店水库兴利调节采用 1951~2012 年长系列时历法进行多年调节，计算中计及蒸发渗漏损失。

兴利调节计算原则：

① 当入库流量大于 $3.5 m^3/s$ 时，河道基流按 $3.5 m^3/s$ 均匀下泄；当入库流量小于 $3.5 m^3/s$ 时，河道基流按入库流量下泄。

② 水库主汛期 6 月 15 日~8 月 20 日，当库水位超过汛期限制水位时，水库弃水。

③ 其它时间库水位超过正常蓄水位时，水库弃水。

④ 当库水位低于死水位时，停止城市供水。

⑤ 城市生活工业供水保证率不低于 95%，农业灌溉保证率达到 70%。

3) 正常蓄水位及汛限水位方案比选

初步拟定正常蓄水位 87.00~89.00 m，汛限水位 85.00~87.00 m，范围内按 0.2 m 差值生成多方案组合，采用多目标长系列动态调节模型进行各方案调节计算，统计满足要求方案，再综合分析优选方案。以下列出正常蓄水位 87.50 m、88.00 m、88.50 m，汛限水位 85.50 m、86.00 m、86.50 m 组合方案及经济指标比较如表 1。

Table 1. The different scheme comparisons of normal pool level and limiting water level
表 1. 不同正常蓄水位及汛限水位方案比选成果表

项目\方案	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6
正常蓄水位(m)	87.5	87.5	88	88	88	88.5
汛限水位(m)	85.5	86	85.5	86	86.5	86.0
城市年供水量(万 m ³)	5200	7560	5290	8000	8000	8000
灌区面积(万亩)	50.6	50.6	50.6	50.6	66.6	50.6
多年平均灌溉供水量(万 m ³)	8684	8593	8680	8586	11,245	8606
多年平均弃水量(万 m ³)	73,506	71,271	73,368	70,833	68,108	70,785
水资源利用系数	0.24	0.26	0.24	0.27	0.30	0.27
库容系数	0.12	0.12	0.15	0.15	0.15	0.18
移民投资(万元)	746,703	750,203	747,870	750,203	793,922	786,789
工程投资(万元)	145,668	145,970	145,732	146,002	158,342	146,236
总投资(万元)	897,210	901,012	898,441	901,045	957,103	937,864
效益合计(万元)	58,393	67,130	58,726	68,760	70,996	68,760
内部收益率(%)	7.78	8.55	7.80	8.70	8.45	8.42
净现值(万元)	-20,080	50,383	-18,123	63,971	43,094	39,428
效益费用比	0.968	1.079	0.972	1.10	1.063	1.059

从表 1 可知, 满足供水任务的有方案 4、方案 5 和方案 6。

方案 5 灌溉面积可达 66.6 万亩, 比方案 4 增加灌溉面积 16 万亩, 但是方案 5 比方案 4 移民投资增加 43,719 万元, 总投资增加 56,058 万元; 从综合效益指标分析, 方案 4 较优。

方案 6 比方案 4 移民投资增加 36,586 万元, 总投资增加 36,819 万元, 方案 4 效益指标较优。

从工程投资、水库淹没、征地与移民、水利经济指标、工程效益等综合分析, 推荐方案 4, 即正常蓄水位 88.00 m, 死水位 84.00 m, 农限水位 84.75 m, 汛限水位 86.00 m。选定方案可以满足信阳市城区 8000 万 m³ 供水和出山店灌区 50.6 万亩农田灌溉用水要求, 多目标长系列调节成果见表 2。

4.2. “引九济石”工程

“引九济石”是从淮河南岸支流竹竿河上游的支流九龙河上引水, 补给小潢河上的石山口水库。石山口水库主要供城镇、灌区用水, 由于当地径流不足, 通过九龙河至石山口水库建引水工程, 向石山口水库补水解决石山口水库供水能力不足的问题。在九龙河上建坝取水应考虑下游河道基流, 取水量以不影响本河道下游用水为前提。初选坝址下游约 6 km 处建有九龙水库, 是以防洪、灌溉为主, 结合水产养殖等综合利用, 设计灌溉面积 8500 亩, 多年平均引水量为 250 万 m³。

根据九龙河径流情况, 初选坝址与九龙水库区间流域面积为 108.5 km², 区间径流量为 4882 万 m³, 基本可满足九龙水库调节供水需要。九龙水库不依赖初选坝址以上径流, 因此, 主要考虑下游河道基流需求。在坝址流量较小时, 限制引水或不引水, 初拟了引水原则: 河道径流小于 1 m³/s 时不引水; 河道径流大于 1 m³/s 时为下游留 0.5 m³/s 基流流量。

1) 引水能力方案比选

根据九龙河取水坝址径流情况初步拟定了 3 m³/s、5 m³/s、10 m³/s 和 15 m³/s 不同引水能力方案。按照拟定的引水调度原则, 逐日进行调节计算, 得到取水工程可引水量成果, 见表 3。

Table 2. The multi-objective long series adjustment result of Chushandian reservoir
表 2. 出山店水库多目标长系列调节成果表

年份	入库径流	城市需水	农业需水	基流供水	城市供水	农业供水	蒸发渗漏	城市缺水	农业缺水	弃水	年初水位	库容
1951	69,222	8000	10,301	10,872	8000	10,301	1274	0	0	33,771	86.88	13,373
1952	177,298	8000	6115	11,059	8000	6115	1338	0	0	151,061	88	18,380
1953	54,383	8000	5269	9374	8000	5269	1151	0	0	32,493	87.94	18,104
1954	165,694	8000	8572	10,991	8000	8572	1274	0	0	135,756	87.51	16,199
1955	114,850	8000	12,353	9019	8000	12,353	1275	0	0	83,109	87.76	17,292
.....
2000	192,345	8000	7809	10,188	7491	7809	1330	509	0	151,798	84.07	4075
2001	12,671	8000	14,676	7386	5690	9115	969	2310	5561	2615	87.87	17,794
2002	99,971	8000	13,184	10,951	8000	12,593	992	0	591	58,280	84.29	4691
.....
2009	62,597	8000	8254	11,038	8000	8254	1217	0	0	34,079	88	18,380
2010	80,686	8000	13,072	10,487	8000	13,072	1122	0	0	51,820	88	18,380
2011	29,516	8000	9787	9914	8000	9787	1049	0	0	1961	87.15	14,572
多年平均	98,631	8000	10,048	10,277	7728	8591	1197	272	1457	70,837		

注：表中水量、库容单位：万 m³；水位单位：m。

Table 3. The calculation results of water diversion
表 3. 引水量计算成果表

引水工程引水能力 (m ³ /s)	引水工程可引水量 (亿 m ³)	石山口水库灌溉面积 (万亩)	石山口水库增加灌溉面积 (万亩)	石山口水库城市供水 (亿 m ³)
15	0.378	26	6	0.41
10	0.331	26	6	0.41
5	0.254	26	6	0.41
3	0.201	25	5	0.41

经石山口水库调节，引水能力不同、效益差别很小。引水能力为 3 m³/s 时，同样的城市供水，增加灌溉面积 5 万亩；引水能力大于 5 m³/s 时，效益都一样，灌溉面积增加 6 万亩。经过分析，一方面有无效引水，就是石山口水库水位达到上限时段的引水量有一部分是多余的，按照水库调度原则是不该引的。另一方面受可引流量制约，可引量有限，引水能力再大，作用却不大。从用水需求、投资效益及供水安全综合考虑，选择引水能力 5 m³/s 方案。

2) 实际引水量计算

由于引水经石山口水库调蓄再向城市和灌区水，石山口水库在汛期库水位达到汛限水位、非汛期达到兴利水位时应停止引水，否则，引水又作为弃水下泄，不该引的部分多余引水量在可引水量计算时暂未考虑。多余引水量可由石山口水库加入引水后调节的弃水量与未加入引水量时调节的弃水量之差求得，可引水量减去多余引水量为实际应引水量，成果见表 4。

Table 4. The result of actual water diversion

表 4. 实际引水量成果表

年份	可引水量(万 m ³)	实引水量(万 m ³)	年份	可引水量(万 m ³)	实引水量(万 m ³)	年份	可引水量(万 m ³)	实引水量(万 m ³)
1976	1489	1489	1989	5180	2171	2002	4838	4282
1977	3964	3964	1990	4765	1050	2003	6909	3096
1978	796	796	1991	6353	3011	2004	4040	2835
1979	2978	2978	1992	2100	2100	2005	5849	0
1980	6346	919	1993	3966	3494	2006	1721	1373
1981	2728	2369	1994	3268	3268	2007	4868	3616
1982	4737	1290	1995	3184	3184	2008	4837	965
1983	4930	2037	1996	5558	1858	2009	745	393
1984	4044	1806	1997	2546	1689	2010	4084	3215
1985	5086	2317	1998	7197	3134	2011	154	154
1986	2769	2769	1999	626	626	2012	576	576
1987	9541	1861	2000	6755	1902	平均	3863	2011
1988	2196	1833	2001	1201	0			

5. 有关问题的思考

5.1. 协调的两个层次

一个是宏观上的规划，一个是具体的分析计算，两者都很重要，前者如果考虑不全面、布局不合理、或是先后有制约，就会影响总体水资源开发利用效率和区域的发展，因此，需要协调做好水资源配置规划。后者分析计算是否合理则直接影响工程效益及供水安全。工程条件不同考虑因素不同，计算方法不尽相同，有的可以简化。逐时段的多目标联合协调对水资源利用分析、满足各类用水相应的工程参数选取及调度运行方式，通过多方案比较优选，可以给出合理的成果与明确的结论。

5.2. 关于生态环境用水问题

河道生态需水量计算方法很多，虽然考虑因素不同，但有些问题还有待研究，比如是要求常量还是丰水期、平水期与枯水期分别采用不同的生态流量。在径流相对较小、变化大的水资源紧缺地区，生态用水对其他用水的影响比较明显，水库工程要保障下泄生态流量需要设置相应的生态调节库容。

为防治河流水质污染的生态需水，我国在 GB3839-83《制定地方水污染物排放标准的技术原则和方法》中规定：一般河流采用近 10 年最枯月平均流量或 90% 保证率最枯月平均流量计算。这种方法在许多大型水利工程建设的环境评价中应用。根据《河湖生态环境需水计算规范》(SL/Z 712-2014)：计算方法有：① 90% 保证率最枯月平均流量估算；② 根据 10~3 月多年平均径流的 20% 估算；③ 按多年平均径流的 10% 估算。还有流量历时曲线法、湿周法等。一般河道，考虑河道基流量是维持河道基本功能的最小生态需水量。

根据出山店水库等淮河上游其他水库工程用上述 3 种方法计算的情况，按多年平均径流的 10% 估算所得河道基流量一般是最大的，考虑水资源总量及生活、生产的用水需求，综合分析，目前淮河上游多数工程实际采用河道基流量按年平均流量百分比(10%)计算值。

随着社会发展、需水要求及水源条件等的变化，河道生态用水还会有新的研究和定量方法的实际应用。一些已建工程也可以考虑河道具体情况，结合工程条件研究安排下泄河道基流的可行性。根据径流特点，条件好

的水库按计算的河道基流下泄；径流等条件不好的，枯水径流小，需要设置河道基流调节库容特别大的，可分时段不同标准下泄河道基流，如枯水期径流小于某个流量值时，按来量下泄，来量大于某个流量值时，按该流量值下泄。总之，河道基流应根据具体情况合理确定，或考虑由其他水源补给。

参考文献 (References)

- [1] 张蔚云. 区域水资源优化配置研究[D]: [硕士学位论文]. 保定: 河北农业大学, 2006.
ZHANG Weiyun. Study on water resources optimal allocation. Baoding: Agricultural University of Hebei Province, 2006. (in Chinese)
- [2] 张代青, 高军省. 河道内生态环境需水量计算方法的研究现状及其改进探讨[J]. 水资源与水工程学报, 2006, 17(4): 69-73.
ZHANG Daiqing, GAO Junsheng. Discuss on the research situation of estimating methods of eco-environmental water requirements in river course and its modification. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2006, 17(4): 69-73. (in Chinese)
- [3] 张春燕, 范守伟, 等. 综合利用水库可供水量计算[J]. 现代农业科技, 2012(13): 219-220.
ZHANG Chunyan, FAN Shouwei, et al. Available water calculation of multipurpose reservoir. Modern Agricultural Science and Technology, 2012(13): 219-220. (in Chinese)
- [4] 尹正杰, 胡铁松, 等. 水库多目标供水调度规则研究[J]. 水科学进展, 2005(6): 875-879.
YIN Zhengjie, HU Tiesong, et al. Reservoir operation rule for multipurpose water supply. Advances in Water Science, 2005(6): 875-879. (in Chinese)