

健康水库内涵及评价指标体系的建立

高永胜, 王 浩, 王 芳

(中国水利水电科学研究院, 北京 100044)

【摘要】 我国水库健康面临着老化失修、淤积严重、富营养化加剧以及水质下降等种种问题, 如何维持水库的健康生命是关系到我国社会稳定、经济发展、环境保护的一个重要因素, 也是摆在我们面前亟待解决的重要课题。基于此, 本文对健康水库的内涵进行了尝试性探讨, 提出了健康水库内涵应包括四方面主要内容, 并应具备五方面能力。根据健康水库的内涵, 构建了评价健康水库的指标体系及可操作性的评价模型。

【关键词】 健康水库, 内涵, 评价指标, 模型

中图分类号: TV62

文献标识码: A

文章编号: 1671-1408(2005)09-0004-04

水库作为人类防洪减灾, 开发利用江河资源的重要手段, 一直是我国国民经济基础建设的重要组成部分。据统计, 我国已建水库约有 8.6 万座, 其中大型水库 445 座, 中型水库 2 782 座, 小型水库 8.2 万余座。这些水库为维护我国社会稳定, 保障社会经济的可持续发展发挥了巨大作用。它们不仅为我们带来了社会效益和经济效益, 同时对改善干旱与半干旱地区的生态环境也起到了重要作用。在新的世纪, 如何维持这些水库的健康, 保障其效益的正常发挥, 在我国具有重要的现实意义。基于此, 本文对健康水库内涵进行了探讨, 并构建了健康水库的评价指标体系和健康水库的评价模型。

1 我国水库面临的主要问题

由于我国水库建设和管理中存在的种种问题, 致使许多水库健康状况都受到不同程度的影响, 有些甚至严重影响了防洪安全和水库效益的正常发挥, 缩短了水库的正常使用寿命。水库健康面临的问题主要表现在以下几个方面。

1.1 水库病险问题突出

我国水库大多建于 20 世纪 50~70 年代, 工程标准普遍偏低、质量较差, 加之工程管理与运行维护不及时, 造成了我国一大批水库不同程度地存在

病险问题。据水利部组织的全国水库普查和安全鉴定^[1], 全国目前共有病险水库 30 381 座, 其中大型 143 座, 中型 1 092 座, 小型 29 146 座。

1.2 库区泥沙淤积严重

我国河流含沙量高, 库区泥沙淤积问题十分突出, 导致水库综合效益降低, 水库寿命缩短。据统计, 我国 8 万多座水库, 总库容近 5 000 亿 m³, 由于泥沙的淤积, 库容减少了近 40%^[2], 比较典型的是黄河三门峡水库^[3], 水库运用仅一年, 库内淤积泥沙 15.3 亿 t, 潼关高程抬高 4.31 m, 运用第三年库内淤泥已达 50 亿 t。

1.3 水库富营养化加剧

据 2000 年统计, 在对 93 座水库进行营养化程度评价时, 处于中营养化状态的水库 65 座, 处于富营养化状态的水库 14 座。而在 2002 年对 161 座水库进行营养状态评价时, 所有水库都处于营养化状态, 其中 105 座水库为中营养, 56 座水库为富营养。

1.4 水库水质下降

水库水质下降是我国水库目前存在的一个主要问题, 直接影响了水库的正常供水能力, 危及到人

收稿日期: 2005-07-15

作者简介: 高永胜(1971—), 男, 博士研究生。

类饮水的安全。2002年在对全国196座主要水库水质进行评价时,32座水库水质为Ⅰ类,10座水库水质为Ⅱ类,8座水库水质为Ⅲ类。

2 健康水库的内涵

水库作为人类调节自然资源在时间和空间上分配不均的主要手段,其主要目的就是满足人类的不同需求,因此水库功效的发挥是健康水库的一个重要标志,也是人类在早期对健康水库的全部理解。20世纪70年代,随着生态系统健康概念的提出,人们开始从生态角度来评价湖泊或水库的健康状态,并选用水生生物、水生生境类型、面积以及淡水生态系统的结构、功能和系统等指标来评价水生生态系统的健康状况。

肖金凤等^[4],综合考虑了水库功效和生态两方面因素,认为健康水库应该是一个水库生态系统健康和水库工程功效良好的水库,其中,水库工程功效良好就是指水库能够长久有效地发挥它的工程设计功能;健康的水库生态系统就是一个物种多样性丰富,食物链结构复杂而完善,物质循环、能量流动及物种流动通畅的水库生态系统。除此之外,将水库对流域环境的影响控制在一定阈值之内也是健康水库的主要表现之一。

综述以上观点,健康水库的涵义应包括以下四方面主要内容:一是水库的安全问题,这是水库存在的基础,也是健康水库的前提;二是水库对人类社会经济系统的支撑程度,这是人类建造水库的初衷,也是人类维护其健康的意义所在;三是水库对库区及其周围生态系统的支撑程度,这是健康水库生命活力的主要体现;四是水库对河流下游生态环境的影响程度,这是下游河流以及河口生态是否能够得以维持的主要体现,也是流域生态、经济是否能保持可持续发展的重要内容之一。因此,一个健康的水库应至少具备五方面的能力:一是水库具有一定的防洪、抗旱减灾能力,以保证人类生命财产和水库的安全;二是水库要具有一定的排沙能力,以减轻泥沙淤积对水库的危害,以及缓解由于泥沙减少而对下游河道和河口的影响;三是水库能够发挥多种综合经营效益,较好地实现水库设计的经济目标,满足人类对其功能的需求;四是水库要具有良好的生态系统运行能力,使库区及周围生态系统的演替和发育得以基本维持;五是水库对河流环境的影响要在

一定阈值范围内,以维持流域生态环境的可持续性。

3 健康水库评价指标体系

根据健康水库内涵可选用水库结构、水库功能以及生态指标三个要素来评价水库的健康状况,针对每个要素,本着科学性、系统性、层次性以及可操作性等原则选择易于量化的具体评价指标体系,其构成如图1所示。

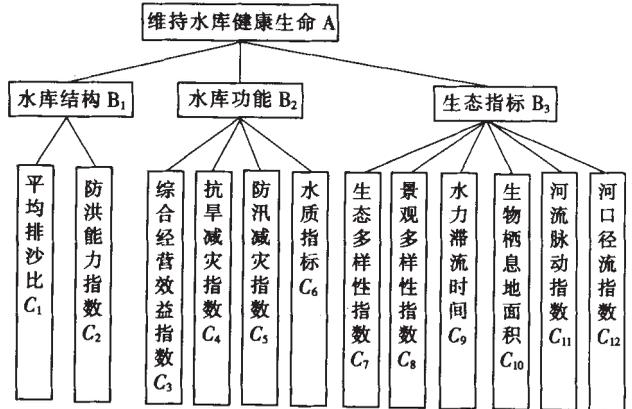


图1 健康水库评价指标体系

3.1 目标层(A): 维护水库健康生命

维护水库健康生命作为我们最终的目标,它是由多个因素组成的综合体,根据其健康内涵可选用水库结构(B₁)、水库功能(B₂)以及生态指标(B₃)三个要素综合评价其健康状况,水库健康标准的确定要遵循社会可接受、经济可发展和环境可持续三个原则。

3.2 准则层(B)和指标层(C)

(1) 水库结构(B₁)反映了水库的安全程度和使用寿命,可选用水库平均排沙比(C₁)和防洪能力指数(C₂)两个指标进行评价。

水库平均排沙比(C₁):反映了水库的淤积以及水库对下游河道和河口的影响程度,其值为出库泥沙与入库泥沙之比,小于等于1。该值越小说明水库泥沙淤积越严重,对下游河道和河口的影响也越大,从而水库也愈不健康。

防洪能力指数(C₂):反映了水库抵御洪水的能力,可用水库实际防御洪水频率表示,如水库可抵御10年一遇洪水,则其防洪能力指数为10%。

(2) 水库功能(B₂)反映了水库对社会经济系统的支撑程度,包括水库的社会效益、经济效益以及对人类健康的影响,经济效益可选用水库综合经营效益指数(C₃)表示,社会效益可选用水库抗旱减灾

指数(C_4)和防汛减灾指数(C_5)表示,水库对人类健康的影响可选用水质指标(C_6)表示。

水库综合经营效益指数(C_3):综合反映了水库养殖、发电、旅游等多种经济效益状况,可用水库综合经营所获产值与水库年投资比例表示。

抗旱减灾指数(C_4):反映了水库对干旱的抵抗程度,根据水库的主要功能,可选择水库的灌溉保证率或城市供水保证率表示。

防汛减灾指数(C_5):反映了水库对洪峰的削减能力,可选用水库削减洪峰相对程度()表示, $=(Q_1 - Q_2)/Q_2$,式中 Q_1 为出库洪峰流量, Q_2 为入库洪峰流量。

水质指标(C_6):反映了水库对人类健康的影响程度,根据水库的供水要求,采用国家颁布的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)确定。

(3)生态指标(B_3)反映了库区及周边生态系统健康状况,也反映了水库对下游生态环境的影响程度。可选用生物多样性指数(C_7),景观多样性指数(C_8),水力滞留时间(C_9),生物栖息地面积(C_{10})等指标表示。

生物多样性指数(C_7):反映了物种丰富程度,是水库生态系统健康的重要标志。可用 Shannon 指数^[9], $H = -\sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$ 进行确定,其中 N 为采集的样本中的生物物种数, p_i 为样本中 i 种物种在全部生物个体数中的比例。

景观多样性指数(C_8):反映了水库影响范围内景观不同组分状况,可用 Romme 的景观丰富度指数^[9]计算,其公式为 $A = T/T_{max}$,其中 A 为相对丰富度指数, T 为景观里不同生态系统类型总数, T_{max} 为景观最大可能丰富度。

水库水力滞留时间(C_9):该指标与水库的水动力学、化学与生物过程都有直接的相关性^[7]。理论上水力滞留时间为水库库容量与出流量的比值,其值的大小决定了水库能否出现分层以及浮游动物种群数量能否维持。

生物栖息地面积(C_{10}):可采用公式 $E = b_1 E_1 + b_2 E_2 + b_3 E_3$ 进行计算,其中, E_1 为水库野生植被面积与水库总集水面积之比; E_2 为适于水生生物生存繁殖的水域面积与总水域面积之比; E_3 为 Shannon-Weaver 指数^[9]。 b_1, b_2, b_3 分别是 E_1, E_2, E_3 的系数,其和为 1。

河流脉动指数(C_{11}):反映了水库对下游河道生态环境影响的程度,可根据水文资料,采用下式进

行计算

$$Q_{rms}/Q_m = \sqrt{\sum_{i=1}^N (Q_i - Q_m)^2} / Q_m \quad (1)$$

式中, Q_{rms} 为径流量均方差, N 为总天数, Q 为第 i 天实测径流量, Q_m 为多年平均径流量。水库调节使指标变小,天然河流的指标值大约在 0.5~1.3 左右。

河流河口径流指标(C_{12}):综合反映了水库对河流水循环的影响程度以及河流河口退化状况,可选用河口年均径流量值 W_1 占河流年均径流量值 W_2 的比值 (<1) 表示,该值越接近 1,说明水库越健康,水库对河流水循环及河口的影响也越小。

4 评价模型的建立

健康水库的评价是各层次,各评价指标的综合体,考虑计算方法的可操作性,可采用综合评价总得分进行测评,选用综合评价指数来进行计算,评价模型如下:

$$P_j = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \gamma_k E_{ik} \quad (2)$$

式中, P_j 为健康水库综合评价指数,反映某一水库健康状况的总体水平,指数越大,河流越健康; γ_k 为各主体评价指标的权重; E_{ik} 为各群体的评价指标值; γ_k 为各群体指标的权重。

评价指标权重的确定关系到评价结果是否能真实反映水库健康状况,可通过专家打分,利用层次分析法求得。评价指标权重的确定主要取决于以下几个方面:一是社会经济发展水平。不同社会发展阶段或不同经济发展地区,对水库健康的内涵可能有不同的理解,因此对评价指标的选择或是指标权重的确定会有很大差别;二是水库功能的主次。水库是一个具有防洪、灌溉、发电、航运等多功能的综合体,在确定指标权重时,应分清主次。例如我国大连碧流河水库,其修建的主要目的是向大连市供水,因此应增大与此功能相关的指标权重;三是水库面临的主要问题。我国幅员辽阔,各流域条件相差较大,建在不同流域的水库的健康受损原因也不尽相同,在选择指标和确定指标权重时,应给予充分考虑。例如,我国黄河流域上的水库,泥沙是危及水库健康生命的主要因素,而对处在污染严重地区,含沙量小的河流,水质可能是影响水库健康的重要因素。

(下转第 52 页)

排标准,较好地解决了本市的农田灌排问题,给农村发展、农民增收、农业增效提供了基础保障;二是改善了农村地区的生态环境,整治前的脏、乱、臭的河道,变为净、整、清引排水渠,大大地改善了农村居民的生活环境;三是改善排涝面积 185 万亩、灌溉面积 105 万亩,增加旱涝保收田 25 万亩、土地复垦面积 8 700 亩。

“十五”期间,全市农田水利建设累计动土石 3 亿 m³,建成防洪圩堤 500 km,防冲渠道 1 865.7 km,治理水土流失面积 302 km²,改造中低产田 108 万亩,建成旱涝保收农田 20 万亩,万亩以上灌区 30 个,初步形成了一套较为完善的防洪、排涝、灌溉、降渍等农田水利工程体系。

3 主要经验和做法

3.1 统一规划,综合治理

本市历届政府十分重视农村水利基本建设,各级水利部门在生产实际中不断总结提高,根据发展的需要,科学合理制订不同阶段农田水利的建设标准。在 70 年代制订的“建设旱涝保收、高产稳产农田六条标准”的基础上,到 80 年代补充修订的“农田水利八条标准”,再到 90 年代研究制订了旱

涝保收农田、吨粮田、高标准农田水利建设 3 个标准。

3.2 突出重点,分步实施

各地围绕“两高一优”农业的奋斗目标,“八五”期间突出了吨粮田建设,发展旱改水,集中力量狠抓配套;90 年代,重点实施对中低产田的改造,完成了列入省淮北重点的 40 万亩中低产田改造任务,进入“十五”期间,为适应建立节水型农业的要求,通过争取国债资金的投入,实施了灌区续建配套与节水改造等工程。

3.3 加大投入,注重质量

“资金是关键,质量是保证”,本市在多方争取上级资金的同时,各地采取以资代劳、以劳折资、统筹统配、一事一议等方式,集中用于圩堤加固、中低产田改造、河道疏浚等农村水利建设。为把农村水利工程办成民心工程、效益工程,每年本市各地政府与当地水利部门签订目标责任状,确保工程质量。

当前党中央、国务院正高度重视和关心农田水利基本建设,本市的农村水利发展也以此为契机,以新的思路、新的机制、新的举措,广辟投资渠道,改革管理方式,创新运行机制,扎扎实实开展农田水利基本建设。

(责任编辑 尹美娥)

(上接第 6 页)

5 结 语

维护水库健康生命,保障水库功能的正常发挥,是关系到我国人民生命财产安全,农业生产稳定以及经济可持续发展等方面的重要条件。因此,对已建水库的健康状况进行科学评价在我国具有重要的理论和现实意义。我们在对水库健康状况进行评价时应注意两方面的问题:一是评价尺度的选择。水库作为人类控制洪水、调节径流、保障用水和发电的重要手段,从根本上改变了河流水循环机理,改变了河流水沙运动规律,其影响会波及整个流域,因此,水库健康评价工作应基于流域尺度。二是健康水库标准的确定。健康水库标准与社会经济发展水平、人类认识程度以及不同学科领域等多种因素有关,因此我们在选择健康水库标准时,既要考虑社会经济发展的需要,也要考虑维持流域生态环境可持续发展的需要,按照一定原则(例如经济最优化原则,生态最优化原则),合理确定健康水库的目标。

参考文献:

- [1] 李 雷,陆云秋.我国水库大坝安全与管理的实践和面临的挑战[J].中国水利,2003,(11),A 刊.
- [2] 赵惠君,张 乐.关注大坝对生态的影响[J].长江职工大学学报,2002,19(1).
- [3] 潘家铮.千秋功罪话水坝[M].北京:清华大学出版社和暨南大学出版社,2000.
- [4] 肖金凤,梁 红.水库建设与开发的生态理念[J].水利水电技术,2004,35(11).
- [5] Shannon C E,Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana IL: University of Illinois Press,1949.
- [6] Romme WH. Fire and landscape diversity in subalpine forests of Yellowstone National Park[J]. Ecol Monon,1982,52.
- [7] Straskraba M,Tundisi J G,Duncan A. State of the art of reservoir limnology and water quality management[M]. Netherlands Kluwer Academic Publishers,1993.
- [8] Krebs C. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance[M]. New York: Harper & Row Publishers,1978.

(责任编辑 韩丽宇)