

# 引水式电站对西南山区河流健康影响的评价指标体系研究

赵敏<sup>1</sup>,许成娟<sup>2</sup> (1. 四川大学水利水电学院,四川成都 610041;2. 四川大学制造科学与工程学院,四川成都 610041)

**摘要** 根据西南山区河流特点及引水式电站开发对河流产生的影响,建立引水式电站对西南山区河流健康影响的评价指标体系,用于调查西南山区河流健康状况。该文以西南山区河流为例从河流水文情势河岸带生态系统状况、水环境、河流自然形态水生物状况、社会服务和水资源利用7个方面来构建,分为3个层面25个评价指标,并对各个指标实际含义给出了详实的解释,对该评价体系的特点和可行性进行了评述。

**关键词** 西南山区河流;引水式电站;河流健康;指标体系

**中图分类号** S277.1    **文献标识码** A    **文章编号** 0517-6611(2015)07-357-02

**The Research of Index System for Evaluating Southwest Mountain Rivers Health Affected by Diversion Type Hydropower Station**  
**ZHAO Min<sup>1</sup>, XU Cheng-juan<sup>2</sup>** (1. School of Hydropower Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041; 2. School of Manufacturing Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610041)  
**Abstract** According to the characteristics of the southwest mountain rivers and the impact of diversion power station construction on rivers health, a index system for evaluating southwest mountain rivers health was established, thus researching the health status of southwest mountain rivers. With southwest mountain rivers as example, the index system was established from seven aspects of hydrological regime, ecosystem of riparian zone, water environment, river natural form, aquatic conditions, social service, water resource utilization. Three layers and twenty-five evaluation indicators were analyzed. The actual connotation of each index was elaborated in details, the characteristics and feasibility of the evaluation index system were reviewed.  
**Key words** Southwest mountain rivers; Diversion power station; River health; Index system

## 1 研究背景

水能资源作为国际公认的绿色可再生能源,是国家政策支持、鼓励积极开发的一种重要能源形式<sup>[1]</sup>。在水能资源开发方式中,引水式电站具有开发规模不大、建设周期不长、开发成本较低、投资回收期较短等优势,受到投资者及项目业主的青睐。我国西南山区河流水能资源的禀赋特征(河流比降大、落差集中),决定了引水式电站为该区域水能资源开发的主要方式。近年众多社会资本投入到我国西南山区进行的河流水能资源开发中,且基本采用建设引水式电站的开发方式。目前,引水式开发的西南山区河流已经出现的河道断流、水生生物栖息地丧失、河岸带生态系统退化、河流社会服务功能受损等环境问题,直接影响了河流健康状况。因此,迫切需要建立一套科学的评价指标体系,对引水式开发的西南山区河流的健康状况进行研究,为政府监管提供依据。

## 2 引水式电站对西南山区河流健康的影响

西南山区河流基本上是在山谷中穿行,主干流呈脉状分布,溪流纵横,河流曲折;普遍海拔较高,地形陡峻,河谷深切,河流侵蚀作用明显;水资源蕴藏量大,占全国水能资源量的3/4,河流上游水质较好。我国西南山区河流主要特点(比降大、流速快,含沙量大、冲刷作用强烈等)使得多数西南山区河流采用引水式电站的开发方式。

引水式电站建成后河流被分为3个河段:坝址上游河段、减水河段和厂址下游河段。引水式电站对河流健康的影响主要反映在对河流水文情势、水温、水质、泥沙淤积、水生生物、河岸带生态系统、河流社会功能等方面。

## 3 引水式电站对西南山区河流健康影响的评价指标体系研究

**3.1 河流健康评价指标体系构建的基本原则** 研究河流健康目的在于评价引水式电站对西南山区河流健康影响,因此评价指标的建立需要遵循以下几个原则<sup>[2-3]</sup>:

- (1)科学性原则。指标概念必须具有明确的定义,能科学、客观地反映西南山区河流的健康状态。
- (2)系统性原则。指标体系要从河流自然结构、生态功能、社会服务功能等不同方面全面体现出河流健康状况,并组成一个系统完整的体系,综合反映引水式电站对西南山区河流的影响。
- (3)层次性原则。河流健康评价指标体系是一个复杂的体系,它覆盖了自然和社会的多个方面,具有层次性。利用层次分类方法可以直观地从不同的角度考察河流的健康。
- (4)独立性原则。评价指标体系不仅要全面覆盖,也要具有相互之间的独立性,以确保完整和简洁的指标体系。
- (5)指标定量性与可操作性原则。指标体系应当简单明了,各指标数据应该易于获取、便于计算和分析、要具有较强的可比性。
- (6)定性指标与定量指标相结合的原则。

**3.2 引水式电站对西南山区河流健康影响的评价指标体系的建立** 引水式电站对西南山区河流健康影响的评价指标体系的构建应遵循评价指标体系的构建原则,针对引水式电站对西南山区河流健康影响的特点,反映河流的社会和自然属性,从河流健康的内涵出发来进行指标构建。因此从河流水文情势、河岸带生态系统状况、水环境、河流自然形态、水生物状况、社会服务、水资源利用7个方面来构建了评价指标体系。结果见表1。

**作者简介** 赵敏(1990-),女,湖南宁乡人,硕士研究生,研究方向:水环境资源开发利用与保护。

**收稿日期** 2015-01-19

3.3 各评价指标的含义

3.3.1 水文情势。

(1)年径流量变化因子。是指引水式电站建设前后河流年径流量的变化率。

(2)径流年内分配偏差。是指天然状态下河流的月径流量与引水式电站建成后的月径流量的区别。

(3)最小生态需水量满足率。指最小生态需水量(能保护河流水生生物多样性和河流生态系统稳定、保证河流各项功能正常使用的河道最小流量)得到满足的概率。

3.3.2 河岸带生态系统状况。河岸带的作用在保护生物栖息地、稳定河道、降低土壤侵蚀度、改善水质等方面都有所体现。如果河岸带廊道宽,并且植被浓密,可以为鱼类提供较好的通道和生境,还可减轻景观基质溶解物的污染<sup>[4]</sup>。因此,河岸带生态系统状况的好坏将对河流健康产生直接的影响。河岸带生态系统状况取决于河岸结构完整性、不受人类影响的河岸带宽度、河岸稳定性及外来物种威胁程度。

| 表 1 引水式电站对西南山区河流健康影响的评价指标体系   |                 |                   |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| 1 级目标层                        | 2 级准则层          | 3 级指标层            |
| 引水式电站<br>对西南山区<br>河流健康的<br>影响 | 水文情势 A          | 年径流量变化因子 A1       |
|                               |                 | 径流年内分配偏差 A2       |
|                               |                 | 最小生态需水量满足率 A3     |
|                               | 河岸带生态系统<br>状况 B | 河岸带结构完整性 B1       |
|                               |                 | 不受人类影响的河岸带宽度 B2   |
|                               |                 | 河岸稳定性 B3          |
|                               | 水环境质量 C         | 外来物种威胁程度 B4       |
|                               |                 | 水质平均污染指数 C1       |
|                               |                 | 下泄水温变幅 C2         |
|                               | 河流自然形态 D        | 河床稳定性 D1          |
|                               |                 | 河流形态多样性 D2        |
|                               |                 | 减水河段占河流总长比例 D3    |
|                               | 水生生物 E          | 珍稀水生动物存活状况 E1     |
|                               |                 | 鱼类多样性指数 E2        |
|                               |                 | 河流底栖无脊椎动物多样性指数 E3 |
| 社会经济 F                        | 浮游生物多样性指数 E4    |                   |
|                               | 鱼类生境受扰情况 E5     |                   |
|                               | 过鱼设施设置情况 E6     |                   |
|                               | 灌溉用水保证率 F1      |                   |
|                               | 居民生活用水保证率 F2    |                   |
| 水资源利用 G                       | 移民安置率 F3        |                   |
|                               | 景观美景度 F4        |                   |
|                               | 防洪标准 F5         |                   |
|                               |                 | 水资源开发利用率 G1       |
|                               |                 | 水能资源开发率 G2        |

3.3.3 水环境质量。

(1)水质平均污染指数。根据水质监测结果确定主要污染物,采用标准指数法对主要污染物数值进行标准化,再计算水质平均污染指数。

(2)水库的下泄水温变幅。是指水库建成前后下泄水体的最大、最小月均温度变化。

3.3.4 河流自然形态。

(1)河床稳定性。是指在水沙的冲蚀下,河流横向和纵向形态的变化的特性。

(2)河流形态的多样性。是指河流纵向的蜿蜒性和河道断面形状多样性。

(3)减水河段占天然河段总长度比例。减脱水河段占天

然河道总长度的比例越大,对河流健康的影响就越大。

3.3.5 水生生物。

(1)珍稀水生动物存活状况。指区域珍稀水生动物的数量和种类及繁殖状况。

(2)鱼类多样性指数。多样性指数很多,一般认为 Shannon-Wiener<sup>[5]</sup>多样性指数比较全面,既考虑种类数的变量,也考虑个体数的变量,可较好地反映生物群落结构的特征。

(3)河流底栖无脊椎动物多样性指数。河流底栖无脊椎动物多样性指数计算方式参照鱼类种类多样性指数计算方法。

(4)浮游生物多样性指数。浮游生物多样性指数计算方式参照鱼类种类多样性指数计算方法。

(5)鱼类生境状况。是指鱼类生存繁衍的产卵场、索饵场和越冬场的状况。

(6)过鱼设施设置情况。过鱼设施的修建可以减轻闸坝阻隔对鱼类基因交流、多样性损失和鱼类生境破碎化的影响。

3.3.6 社会经济。

(1)灌溉用水保证率。是指区域灌溉用水得到充分满足概率。

(2)生活用水保证率。是指区域居民生活用水得到充分满足概率。

(3)移民安置率。为移民人口占研究区域总人数的比例。

(4)景观美景度。是指人类对环境景观的整体印象和感受的综合评判。美景度评判采用 Daniel 和 Boster(1976)提出的 SBE 法<sup>[6]</sup>。

3.3.7 水资源利用。

(1)水资源开发利用率。是指河道内用水量占水资源总量的比率,体现的是水资源开发利用的程度。

(2)水能资源开发率。是指流域水电站总装机容量占流域水能资源技术可开发量百分比。

4 结论

河流健康评价理论和方法尚处于探索阶段,河流健康评价指标体系尚无确定的模型。在评价指标体系的建立时应根据研究具体的河流特点进一步优化,另外,该文建立的河流健康评价指标体系仅研究单个引水式电站对河流健康影响,未考虑梯级开发引水式电站对河流健康影响。在下一步的研究中准备研究梯级引水式电站对河流健康的影响。

参考文献

[1] LEROY POFF N,DAVID ALLAN J,BAIN M B,et al. The Natural Flow Regime ,a paradigm for river conservation and restoration[J]. Bioscience, 1997,47(11):769-784.

[2] 耿雷华,刘恒,钟华平,等. 健康河流的评价指标和评价标准[J]. 水利学报,2006,37(3):253-258.

[3] 孙雪岚,胡春宏. 河流健康评价指标体系初探[J]. 泥沙研究,2008(4):21-27.

[4] 郭怀成,黄凯,刘永,等. 河岸带生态系统管理研究概念框架及其关键问题[J]. 地理研究,2007,26(4):789-798.

[5] 李永祥,杨海軍. 河流生态流修复的新理念和目标[J]. 人民珠江,2007,34(3):1-4.

[6] DANIEL T C,BOSTER R S. Measuring landscape esthetics: the scenic beauty estimation method[R]. Colorado:USA,Department of Agricult,Forest Service,Rocky Mountain and Range Experiment Station,1976.