

# 水电站建设对下游水文特性的影响

李月清

云南省水文水资源局德宏分局, 云南 芒市  
Email: 630855038@qq.com

收稿日期: 2021年3月29日; 录用日期: 2021年6月17日; 发布日期: 2021年6月30日

## 摘要

2005年以来, 随着水资源的大力开发利用, 德宏州境内两大水系大盈江、瑞丽江兴建了众多梯级电站, 为掌握近十多年来水电站水库建设运行对河流水文特性造成的影响情况, 以工程建设前后都有水文站控制的两江干流为例, 采用数理统计法进行水文情势的变化分析, 结果表明: 两江干流梯级电站建设运行后对下游水文特性的影响程度较大。其中, 下泄水体含沙量明显减少, 河床发生持续下切, 水位呈明显下降趋势; 电站运行使下游水量呈减少趋势, 对年径流量影响较小, 对年最大流量影响较大, 对年最小流量影响最大; 水文要素系列一致性发生改变, 水文资料宜按电站建成前后分段使用。最后, 根据影响情况及水资源可持续发展新需求, 提出了相应的对策和建议, 以供水资源开发利用和保护管理参考。

## 关键词

水文特性, 影响, 水电站, 两江干流

# Influence of Hydropower Station Construction on Downstream Hydrological Characteristics

Yueqing Li

Branch Office of Dehong, Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of Yunnan, Mangshi Yunnan  
Email: 630855038@qq.com

Received: Mar. 29<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jun. 17<sup>th</sup>, 2021; published: Jun. 30<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

Since 2005, with the development and utilization of water resources, many cascade hydropower stations have been built in Yingjiang rivers and Ruili rivers of Dehong Prefecture. In order to grasp the influence of hydropower station reservoir construction and operation on river hydrological characteristics,

作者简介: 李月清(1976-), 女, 本科, 高级工程师, 主要从事水文情报预报及水文水资源分析评价工作。

istics in recent ten years, take the main stream of two rivers with hydrological stations before and after the project construction as an example, use mathematical statistics to analyze changes in hydrological situation, the results showed that: Yingjiang Rivers and Ruili Rivers after the construction of two power plants run downstream impact on the hydrologic characteristics of large, Among them, the sediment concentration of the discharged water decreased significantly, the riverbed continued to cut down, and the water level showed an obvious downward trend. The operation of the power station causes the downstream water volume to decrease, which has a small impact on the annual runoff, a greater impact on the annual maximum flow, and the largest impact on the annual minimum flow. The consistency of the series of hydrological elements has changed, and the hydrological data should be used in sections before and after the completion of the power station. Finally, according to the impact situation and the new demand for sustainable development of water resources, put forward the corresponding countermeasures and suggestions to water resources development, utilization and protection and management of reference.

## Keywords

Hydrological Characteristics, Influence, Hydropower Station, Main Stream of Two Rivers

Copyright © 2021 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

德宏州地处云南西部,属南亚热带低纬度雨林气候,干湿季节分明,降雨量丰沛,水资源丰富。全州多年平均产水量  $136.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占云南省水资源量的 6.2%,入境水量  $81.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,出境水量  $214.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。水能资源理论蕴藏量约 3624 MW,水能资源理论蕴藏量大于 10 WM 的河流有 38 条,大于 100 WM 的河流有 10 条 [1]。大盈江、瑞丽江为德宏州境内的两大水系,属于伊洛瓦底江一级支流。两江水系发达、水能丰富,自 2005 年以后,两江干流开发兴建梯级水电站,其中装机容量达 30 MW 以上的工期主要集中在 2006~2012 年。槟榔江是大盈江的主要支流,也是大盈江干流的中上游,汇合南底河以后称为大盈江。槟榔江盏西水文站以上为大盈江上游,建有 6 级水电站,其中一个年调节、一个季调节、其余基本为无调节能力的引水式径流型电站;盏西水文站以下至拉贺练站之间为大盈江中游,建有 4 级电站,均为无调节能力的引水式径流型电站;大盈江拉贺练水文站位于大盈江下游初始,以下建有 4 级电站,为无调节能力的引水式径流型电站;瑞丽江戛中水文站位于瑞丽江下游初始,其上游建有 13 级以上电站,多为基本无调节能力的引水式径流型电站,戛中水文站上游距离最近的两个电站为调节能力较强的年调节和季调节电站。为掌握近十多年来水电站水库建设运行对河流水文特性造成的影响情况,以工程前后都有水文站控制的两江干流为例,对主要水文要素进行统计分析,以供水资源开发利用和保护管理参考 [2]。

## 2. 数据与方法

由于梯级电站较多,电站水库管理标准不一,水库水文监测资料不全、难以收集。而两江干流上下游分别设有盏西、拉贺练,腾龙桥、戛中水文站,因腾龙桥水文站不在德宏州境内、资料不全,故以德宏州境内资料齐全的盏西、拉贺练、戛中水文站断面作为代表,采用数理统计法分析建站以来至 2019 年两江干流受电站水库影响的水文特性变化情况。

根据槟榔江盏西水文站、大盈江拉贺练水文站、瑞丽江戛中水文站建站以来的历年实测水位、流量、泥沙、

河道断面等水文要素变化情况, 及流域内水电站的兴建情况, 大盈江干流选取 2006 年开始作为影响时段, 瑞丽江干流选取 2008 年开始作为影响时段, 即建站~2005 (2007) 年为分段前, 2006 (2008) 年~2019 年为分段后, 对槟榔江、大盈江、瑞丽江电站下游的水文要素情势进行分析。

### 3. 河流水流特性的变化[3] [4]

#### 3.1. 降水量变化

从表 1 大盈江、瑞丽江干流控制站水文情势变化统计中代表站的降水量统计参数来看, 分段前后的均值变化不大, 从各代表站历年降水量距平过程来看, 分段前后都包含了丰平枯的交替, 从各站累计降水量过程来看, 均呈一条稳定的单一直线, 说明分段前后两江的降水量资料是具有一致性的, 不受电站的影响。

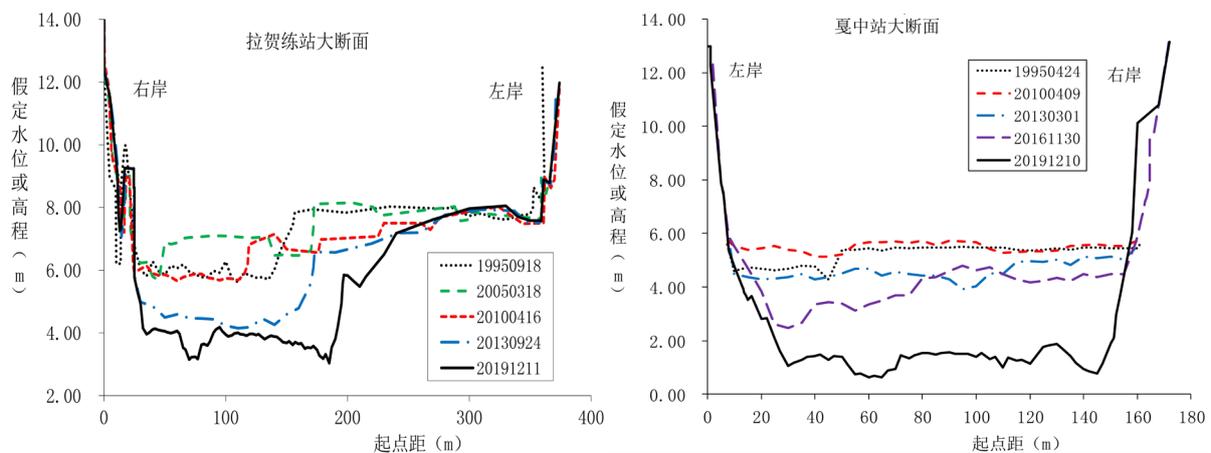
**Table 1.** Statistics of hydrological situation change at main stream control stations of Yingjiang river and Ruili river  
**表 1.** 大盈江、瑞丽江干流控制站水文情势变化统计表

河流	水文站	统计时段	降水量/(mm)	水位/(m)		流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )			沙	
				多年平均水位	多年平均最低水位	多年平均流量	多年平均最大流量	多年平均最小流量	多年平均输沙量/(10 <sup>4</sup> t)	多年平均含沙量/(kg·m <sup>-3</sup> )
槟榔江	盏西	电站影响变幅	-6%	-0.15	-0.52	-7%	-34%	-75%		
大盈江	拉贺练	电站影响变幅	-10%	-1.59	-2.03	-23%	-42%	-69%	-43%	-25%
瑞丽江	夏中	电站影响变幅	-0.7%	-0.66	-0.93	-19%	-33%	-65%	-84%	-79%

注: 电站影响变幅为影响时段与之前时段相比。

#### 3.2. 河道断面的变化

从图 1 盏西、拉贺练、夏中水文站分段前后近十年的大断面变化来看, 因河床构造不同, 断面变化也不一样。盏西水文站河床属沙卵石结构, 除电站施工期含沙量增大淤高, 2010 年以来呈冲刷趋势、冲深约 1.5 m, 2015 年至河床底部基本稳定, 深泓由岸边移向河中; 拉贺练、夏中站河床属细沙结构, 在上游梯级电站拦沙后加上断面上下游人为取沙活动, 导致 2010 年以来河床逐年下切、拉深 3~4 m, 多年稳定的主河槽由岸边移向河中。拉贺练站断面 2015 年以来冲刷不大、河床底部基本维持在相对稳定的状态, 夏中站 2015 年以来持续下切趋势。



**Figure 1.** Cross section changes of representative stations in 10 years before and after construction of hydropower station  
**图 1.** 代表站建电站前后十年断面变化

### 3.3. 水位变化

对比 2005 年以后的水位过程线, 大盈江干流 2006 年明显受电站的调蓄影响, 2009 年以后影响较大; 瑞丽江干流 2008 年明显受电站的调蓄影响, 2010 年以后影响较大。

从表 1 分段前后的水位变化可以看出, 槟榔江盏西水文站、瑞丽江夏中水文站年均水位和年最低水位均值变化不大; 大盈江干流控制站拉贺练水文站年均水位和年最低水位均值明显下降, 分段后的年均水位均值比分段前的均值下降 1.59 m, 分段后的年最低水位均值比分段前的均值下降 2.03 m。从图 2 各站历年平均水位和最低水位变化趋势来看, 两江各站近十年来的最低水位持续下降, 下游河段比上游河段下降幅度大, 下降约 3 m 左右; 分段前最低水位出现时间主要集中在 4~5 月, 分段后的最低水位时间主要集中在 5 月和 12 月, 有时甚至出现在 9 月。盏西站、拉贺练站水位均在 2015 年以来停止下降、相对稳定, 夏中站在 2015 年以后仍持续下降, 与前述大断面的变化趋势相吻合。

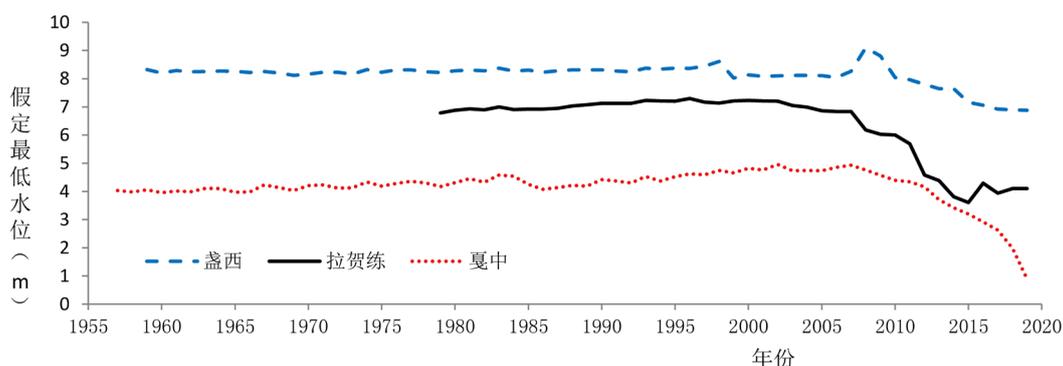


Figure 2. Change trend of the lowest water level of representative stations

图 2. 代表站最低水位变化趋势

### 3.4. 水量变化

从表 1 中电站影响分段前后的多年平均流量变化可以看出, 年平均流量、年最大流量和年最小流量均成明显下降趋势, 分段后与分段前相比, 年平均流量均值下降 7%~23%; 年最大流量均值下降 33%~42%; 年最小流量均值下降 65%~75%。由此可见, 因两江干流电站多属年内调节及无调节方式, 对年径流量影响较小, 对年最大流量影响较大, 对年最小流量影响最大。分段前后年最小流量出现时间均主要集中在 4~5 月, 但出现的次数由分段前的 85%减少到分段后的 58%。对比年降雨径流深对照图及前述降雨量变化分析结果来看, 降雨量系列具有一致性没有发生变化, 2005 年以来除 2006、2009 年降雨量为偏少年份以外、其他年降雨量多为正常年份, 各站年径流量在 2005 年前后发生了跳变; 结合图 3 逐年累积年平均流量过程看, 槟榔江盏西站变化不大, 大盈江拉贺练站在 2005 年后、瑞丽江夏中站在 2008 年以后上升趋势变缓、分段以后年平均流量减小。从径流量年内分配变化来看, 汛期与枯季调节水量占年径流量的比例为大盈江 3%、瑞丽江 6%。从图 4(a)来看, 2005 年以后各站的洪峰均呈现较为明显的跳减趋势, 体现出一定的电站水库削峰防洪作用, 尤其 2020 年两江干流相继发生了中大洪水, 具有调节能力的电站水库发挥了明显的防洪减灾效果。从图 4(b)来看, 2008 年以后各站最小流量发生明显的跳减趋势, 在 2010 年以后停止了持续减小、流量趋于稳定, 除了槟榔江盏西站在稳定中持续缓减外, 大盈江拉贺练站、瑞丽江夏中站最小流量有所回增。体现出随着河湖生态流量保障工作的不断加强, 各层面生态保护意识在不断增强, 河湖生态流量保障机制初见成效。对比分析部分电站的下泄生态流量来看, 各电站的下泄生态流量主要是以年平均流量的 10%制定, 从月平均流量来看各水文站代表河段基本满足生态要求, 从年极值来看在时间和量级上还有待提升, 需要进一步分析。一般来说, 10%的年平均流量只是保证生存的

小流量，离良好的生态环境流量还有一定的差距。

### 3.5. 输沙变化

从表 1 分段前后的水沙变化及图 5 年平均含沙量变化趋势可以看出，年均输沙量、年均含沙量均成明显下降趋势。分段后与分段前相比，年平均输沙量下降 43%~82%，年均含沙量均值下降 25%~77%；瑞丽江戛中站下降幅度比大盈江拉贺练站大。分析原因，上游建有年调节的大型水库距戛中站 13.4 km、距拉贺练站 87.7 km，说明电站水库拦沙对下游距离越近的河段输沙影响越大，也是前述断面、水位变化的主要原因。

## 4. 结论

通过统计分析两江干流 3 个水文站的主要水文要素在建电站前后的变化情况，结果表明：两江干流梯级电站建设运行后对下游水文特性的影响程度较大。两江干流的水文特性变化明显，洪水资料系列一致性发生改变，由于梯级电站较多，水库水文监测资料不全，洪水还原难度大，洪水水文要素系列宜分建电站前后两段使用。

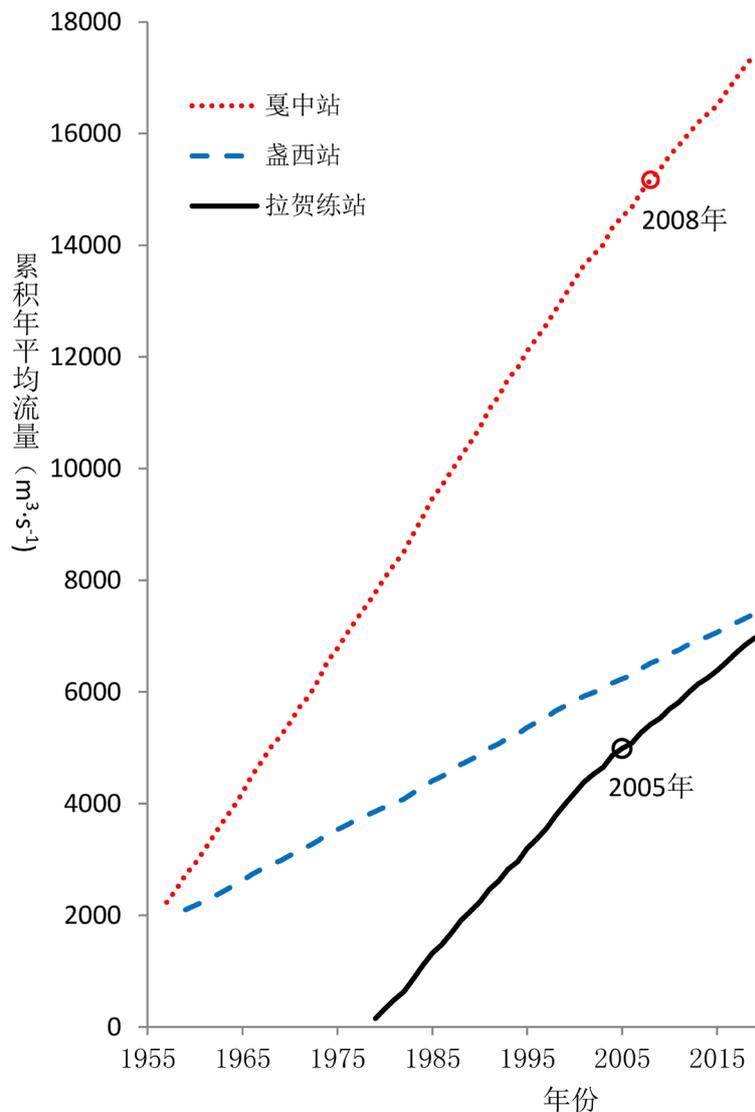


Figure 3. Annual average flow cumulative curve of representative stations  
图 3. 代表站逐年累积年平均流量过程

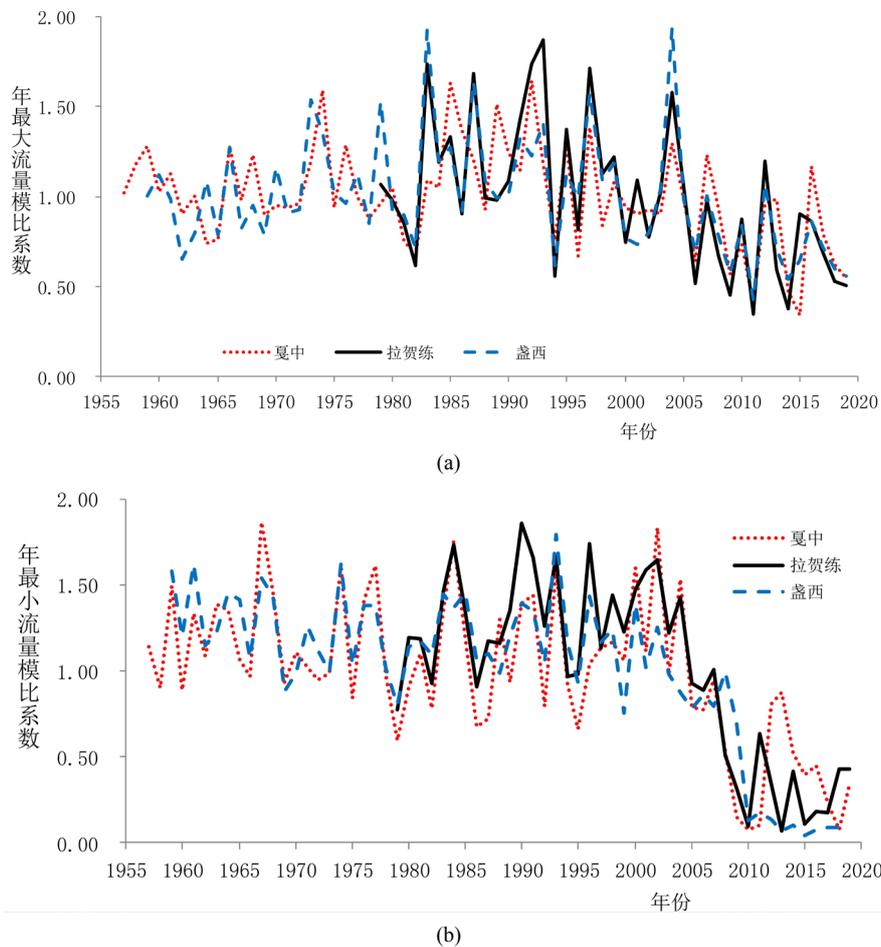


Figure 4. (a) Variation trend of annual maximum flow of representative stations; (b) Variation trend of annual minimum flow of representative stations

图 4. (a) 代表站年最大流量变化趋势; (b) 代表站年最小流量变化趋势

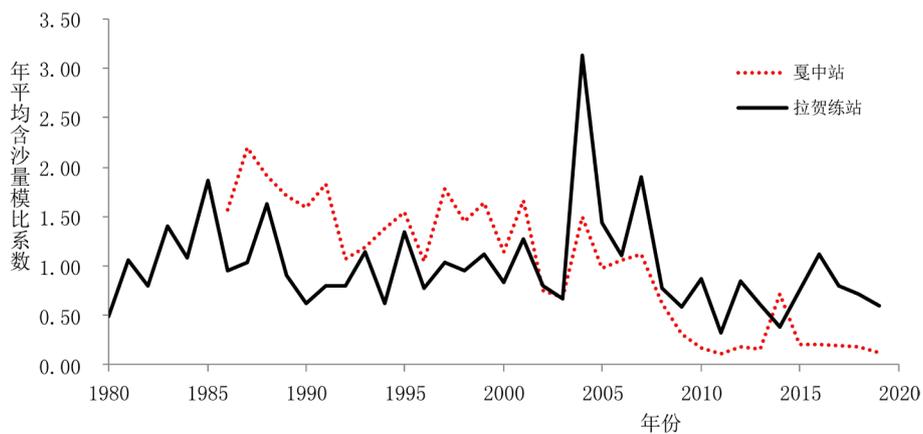


Figure 5. Variation trend of annual average sediment concentration of representative stations

图 5. 代表站逐年年平均含沙量变化趋势

## 5. 建议

两江干流梯级电站建设已趋于结束，运行近十年以来有效提高了水资源开发利用及下游防洪能力，同时

对河流水文情势的改变也不可避免,随着社会发展要求越来越高,在运行过程中不同程度地呈现出以下几点问题:1) 梯级电站水库的调蓄不当,影响着各电站的蓄满率、发电效益和下游河段的生态环境;2) 梯级电站水库的拦沙作用,使下游河道普遍冲刷、河床下切,加上人为取沙的共同影响,加剧下游河道水位的下降,造成部分河段沿岸取水和引水困难;3) 部分电站水库的水文测报机制不健全,测报手段滞后,水库报讯信息不规范、收集难度大。

根据国家的治水方针及水利改革发展总基调,电站水库等水利工程将在防洪抗旱减灾及生态修复等各方面面临更为精细化的需求。电站水库的运行管理不仅要考虑经济效益和社会效益,更要注重生态效益,使水电开发与生态环境和社会发展需求协调统一。建议继续加强电站水库的调度管理,在保障河流生态系统良性循环的前提下,发挥其最大的经济效益和社会效益。1) 提升改造电站水库的水文监测报讯报早系统和建立完善水文资料整编机制。2) 加强电站水库的科学管理和优化调度方案。保证下游河道的生态最小流量,分析研究各梯级电站水库群联优化调度和水资源优化配置方案。3) 重视水电工程环境影响后评价,进一步分析研究水电工程建成运行后对上下游生态系统、水环境等各方面的影响,及时修正水电开发管理措施和方案,促进水资源管理的可持续发展。

## 参考文献

- [1] 张正强,叶新明. 德宏州水电站防洪体制建设初探[J]. 水资源研究, 2009, 30(4): 8-9, 26.  
ZHANG Zhengqiang, YE Xinming. Preliminary exploration of flood control system construction of hydropower station in Dehong prefecture. *Water Resources Research*, 2009, 30(4): 8-9, 26. (in Chinese)
- [2] 史云鹏,陈凯麒,包洪福. 对水电工程环境影响后评价的思考[J]. 人民长江, 2013, 44(15): 90-93.  
SHI Yunpeng, CHEN Kaiqi and BAO Hongfu. Thinking on environmental impact post-assessment of hydropower project. *Yangtze River*, 2013, 44(15): 90-93. (in Chinese)
- [3] 陈瑛,刘莹莹. 石塘水流域梯级水电站建设对下游水文情势的影响[J]. 科技广场, 2013(2): 109-111.  
CHEN Ying, LIU Yingying. Effects of cascade hydropower development on hydrological regime of Shitang river basin. *Science Mosaic*, 2013(2): 109-111. (in Chinese)
- [4] 徐欣荣. 水电站建设对水环境的影响及保护措施——以霍山县漫水河水电站为例[J]. 环境与发展, 2018(6): 218-219.  
XU Xinrong. The effect of hydropower station construction on water environment and its protective actions—By example of Manshuihe hydropower station in Huoshan country. *Environment and Development*, 2018(6): 218-219. (in Chinese)