

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2019.03-02

RVA/IHA 法在万安水库下游水文情势变化的应用研究

鄢笑宇, 岳俊涛

(江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029)

摘要: 水电工程的建设运行会对周边生态环境造成不同程度的影响. 以江西省最大的赣江流域为例, 根据栋背水文站实测径流资料计算各类别的水文改变指标(IHA), 结合变异范围法(RVA), 分析并评估万安水库建设运行对流域水文情势的影响. 结果表明, 万安水库施工运行后综合改变度为 49.24%, 属于中度改变.

关键词: 水文情势; RVA/IHA; 万安水库; 改变度

中图分类号: P343.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4701(2019)03-0163-05

0 引言

河流水文情势变化改变了河流生态系统的水环境和生物多样性, 对其有着极为重要的影响^[1]. 为实现可持续发展战略方针, 开发利用清洁能源已逐渐成为优先发展方向, 而水力资源为清洁能源的一种. 为了充分开发和利用水力资源, 全国各地各类水利工程的建设逐年增加, 河流在漫长的自然演变过程中形成的水文情势也受到不同程度的影响, 其生态系统的结构和稳定性也随之变化^[2]. 因此, 水力资源虽然是一种绿色清洁能源, 但其开发利用对环境的影响仍然需要重视.

江西省水力资源丰富, 省内第一大河流赣江横跨江西省的南北, 位居入鄱阳湖的五条河流中的首位, 也是长江八大支流之一. 赣江河源地处石城县洋地乡石寮寨, 河口位于永修县吴城镇的望江亭, 主河道长 823km, 流域面积 82 809km², 约占全省总面积的 50%. 赣江流经江西省 7 个地级市、49 个县(市)^[3]; 其中, 赣州市以上的部分河段为上游, 河道多弯曲, 水浅湍急, 落

差大, 为山区性河流; 赣州市至新干县的部分河段为中游, 水流较为平缓, 河床多为粗砂、细砂砾石和红砂砾石; 新干以下河段为下游, 地势较为平坦, 河面宽阔, 两岸均建有河堤.

万安水库位于赣江中游, 距万安县城约 2km, 是赣江主干流上已建成的第一座大型水利水电枢纽工程, 坝址以上集水面积为 36 900km², 设计水库正常蓄水位为 100.00m(黄海高程, 下同), 汛前限制水位(4 月 1 日至 6 月 20 日)为 85.00~88.00m, 汛末限制水位(6 月 21 日至 9 月 30 日)为 93.50~96.00m, 死水位为 90.00m, 调节库容为 10.1 亿 m³, 属于不完全年调节水库. 电站设计装机容量为 533MW, 1992 年 4 台机组均投产发电^[4].

1 资料与方法

1.1 RVA/IHA 评估方法

RVA(变异范围法, Range of Variability Approach)/IHA(水文改变指标, Indicators of Hydrologic Alteration)是目前生态环境影响评价各种方法中应用最广泛的一种, 相比其他评价方法的优势在于建立河道流量与河

收稿日期: 2018-09-25

基金项目: 江西水利科技支撑项目(201821ZDKT07, KT201508, KT201501, 201820YBKT08)和江西省科技计划项目(2015ZBBF60006)联合资助.

作者简介: 鄢笑宇(1991-), 女, 硕士, 助理工程师.

表1 IHA 指标

项目	IHA 指标内容	序号
月均流量	各月均流量, m ³ /s	1~12
年极值流量	年 1d、3d、7d、30d、90d 平均最小流量和平均最大流量, m ³ /s, 基流指数(年 7d 最小流量/年平均流量)	13~23
年极值流量出现时间	年最大、最小流量出现时间, d	24、25
流量频率及延时	年低、高流量数, m ³ /s, 年低、高流量持续时间, d	26~29
变化次数及频率	涨水率, 落水率, 年涨落水次数	30~32

流生态系统的关系计算方法简单, 只需要长期的日流量数据, 数据获取方式较为简单。

Richter 等在 1996 年的建立了一套评估生态水文变化过程的 IHA 方法定量分析了水文变异程度^[9]。IHA 指标共分为 5 类, 分别反映水文条件的数量、时间、频率、持续时间和变化率, 本研究采用 32 个指标(见表 1)。

为了更好地衡量变化等级, Richter 等又于 1997 年提出 RVA 法进行单变量及综合水文改变的评定^[6], 并定义了 RVA 阈值概念, 即在 IHA 的基础上, 为其指标上、下限分别以各指标平均值加减一个标准差表示, 或以 75% 和 25% 的发生几率表示。判断河流的水生生态环境是否受到工程建设影响的方法如下: ①工程建成后, 若每个 IHA 值落在 RVA 阈值范围内的频率与工程施工运行前基本上是一致的, 表明水利工程对河流生态环境的影响不大; ②工程建成后, 各 IHA 值在 RVA 阈值范围内的频率与施工前的频率偏差较大, 则表明工程建设将对河流生态产生显著的影响。

1.2 偏离率与改变度

(1) 偏离率

为了反映工程建成前后水文指标的变化幅度, 引入偏离率(P)计算公式^[7]:

$$P = [(I_{后} - I_{前}) / I_{前}] \times 100\% \quad (1)$$

式中: $I_{后}$ 为工程运行后的 IHA 指标; $I_{前}$ 为工程建成前的 IHA 指标。

(2) 改变度

为衡量水利工程在建成前后对水文指标的影响程度, Richter 等^[5]于 1998 年提出了水文改变度(D)概念^[7], 分别有综合改变度(D_0)和单个 IHA 指标的水文改变度(D_i)。

综合改变度(D_0)计算公式如下:

$$D_0 = \sqrt{\frac{1}{32} \sum_{i=1}^{32} D_i^2} \quad (2)$$

D_i 为第 i 个 IHA 指标的水文改变度, 计算公式如下:

$$D_i = N_e \times r_i \quad (3)$$

其中, N_e 为根据建成前的比率, 其指标应在 RVA 阈值内的年数, 计算公式如下:

$$N_e = [|(N_i - N_e) / N_e| \times 100\%] \quad (4)$$

式中: N_i 为第 i 个水文指标工程建成后在 RVA 阈值范围内的实测年数; N_T 为建成后的数据年数; r_i 为第 i 个指标建成前在 RVA 阈值范围内的几率。

水文改变度范围与生态系统变化关系如下: ①当 D_i 值在 $[0\%, 33\%)$ 时, 河流水生生态系统属于无改变或低度改变; ②当 D_i 值在 $[33\%, 67\%)$ 时, 河流水生生态系统属于中度改变; ③当 D_i 值在 $[67\%, 100\%]$ 时, 河流水生生态系统属于高度改变。

2 应用实例

2.1 万安水库下游 RVA 值计算

栋背水文站位于江西省万安县百嘉镇栋背村, 能较好地反映赣江干流水文状况的累积变化。根据万安水库的建设和运行时间, 将现有径流数据分为建成前和运行后两个阶段, 建成前阶段为 1957~1989 年, 在此阶段水文状况是不受干扰的; 运行后阶段为 1994~2013 年, 属于万安水库的运行期, 水文状况受万安水库运行的影响, 其中建成前阶段满足 IHA 方法要求建库前不少于 20 年的数据长度要求。利用 RVA 方法分析万安水库建设前后栋背水文站流量观测数据和 IHA 指标变化情况, 结果见表 2。

表2 栋背水文站 IHA 指标的 RVA 值

序号	均值				RVA		N_i /年	D_i /%	改变度
	建成前	运行后	偏差	偏差率/%	上限	下限			
1	390.30	505.47	115.17	29.51	225.27	461.90	11	10	低
2	574.10	664.20	90.10	15.69	323.27	697.68	7	30	低
3	1 071.45	1 135.64	64.19	5.99	500.21	1 384.74	16	60	中
4	1 692.47	1 534.96	-157.52	-9.31	1 187.48	2 311.33	13	30	低
5	2 097.81	1 793.94	-303.87	-14.49	1 303.97	2 572.47	11	10	低
6	2 518.38	2 233.83	-284.55	-11.30	1 495.90	3 292.77	10	0	低
7	1 036.81	1 329.57	292.76	28.24	634.23	1 189.18	8	20	低
8	804.38	1 278.83	474.45	58.98	562.76	884.97	5	50	中
9	807.40	852.22	44.82	5.55	389.73	997.92	13	30	低
10	569.10	590.61	21.51	3.78	362.11	690.45	12	20	低
11	447.28	522.15	74.87	16.74	273.18	560.67	12	20	低
12	355.40	516.06	160.67	45.21	220.48	383.42	9	10	低
13	179.71	172.24	-7.48	-4.16	132.50	217.00	11	10	低
14	183.12	196.36	13.24	7.23	134.83	219.50	9	10	低
15	188.69	225.33	36.64	19.42	138.07	223.14	7	30	低
16	224.57	286.84	62.27	27.73	160.03	271.57	7	30	低
17	452.92	466.12	13.20	2.91	296.15	573.64	16	60	中
18	7 862.42	7 847.50	-14.92	-0.19	5 555.00	10 150.00	12	20	低
19	6 805.66	6 928.00	122.34	1.80	4 570.00	8 648.33	12	20	低
20	5 224.72	5 242.79	18.07	0.35	3 527.14	6 573.57	13	30	低
21	3 369.60	2 983.74	-385.86	-11.45	2 101.00	4 363.00	17	70	高
22	2 254.93	2 092.89	-162.04	-7.19	1 597.42	2 881.39	15	50	中
23	0.19	0.22	0.03	13.62	0.15	0.23	0	100	高
24	142.10	176.10	34.00	23.93	170.40	112.00	10	0	低
25	329.00	329.00	0.00	0.00	360.00	294.00	14	40	中
26	7.30	20.10	12.80	175.34	9.70	5.90	0	100	高
27	8.90	9.40	0.50	5.62	12.30	5.80	13	30	低
28	8.10	5.30	-2.80	-34.57	8.60	7.30	0	100	高
29	8.50	8.60	0.10	1.18	9.70	7.20	10	0	低
30	0.23	0.27	0.04	15.34	0.21	0.26	9	10	低
31	-0.10	-0.16	-0.07	68.15	-0.09	-0.10	0	100	高
32	61.03	91.35	30.32	49.68	56.50	66.50	0	100	高

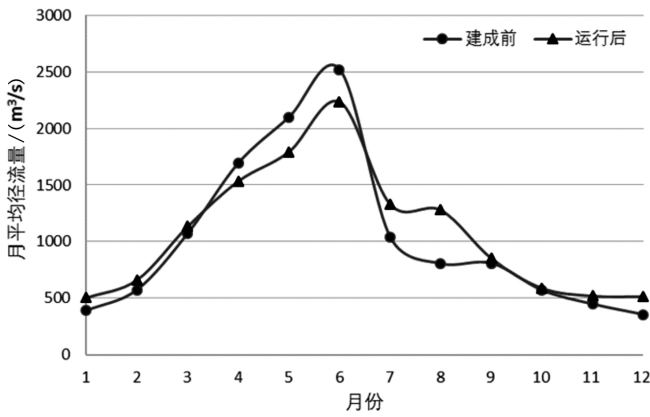


图1 建站前和运行后月均流量变化对比

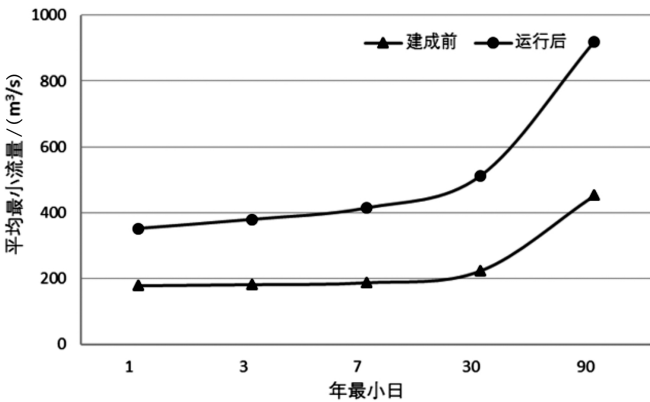


图2 建站前和运行后年最小流量变化对比

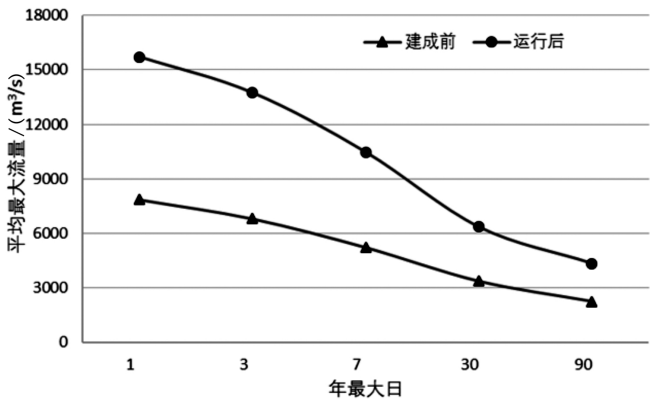


图3 建站前和运行后年最大流量变化对比

由表 2 可见,随着万安水库的建成运行,水库下游河段的水文情势同时发生变化,综合改变度为 49.24%,属于中度改变。

2.2 月均流量

建成前后月均流量变化如图 1 所示。建站后月均流量的综合改变度为 29.3% ,属于低度改变,其中 4、5、6 月的月均流量略有减少,减少率平均为 11.7% ,其

余月份的月均流量均有增加,平均增加率为 23.3%。总体上看,万安水库的运行并没有很大程度地改变栋背站的月均流量特性,并且在大流量月份有一定的减少,建站后的月均流量过程与建站前相比趋于平顺。该水电站4~6 月蓄水,7 月为预留防洪库容弃水,起到削峰填谷的作用。因此,水库调度的蓄丰补枯可能是导致水库建成前后月均流量改变的原因。

2.3 年极端流量

由表 2 可见,建站后年极端流量总体改变度达到 47.39%,属于中度改变。年 1d、3d、7d、30d、90d 平均最小流量和平均最大流量及基流指数(年 7d 最小流量/年平均流量)建站前后变化对比如图 2 和图 3 所示。由图 2 和图 3 可见:①年最大流量指数的偏离率相对较低,年 30d 最大流量和年 90d 最大流量约 10%左右,改变度分别为 70%和 50%,分别属于高度改变和中度改变,其余均在 1%左右,改变度则不超过 30%,属于低度改变。②最小日均流量的偏离率除年 90d 最小流量为 2.91%、改变度 60%,属中度改变外,其他均随着时间的增加而增加,但都属于低度改变。③建库后,基流指数略有上升,但实际在 RVA 阈值内的年份数却为 0,水文改变度为 100%;这是因为水电站运行对流量的削峰作用更明显,导致最大流量减小引起建站后极端流量的改变。

2.4 年极端值出现时间

由表 2 可见,建站后,年最大流量出现时间的偏差率较大,为 23.9%,但实际处于 RVA 阈值内的观测年份数与预期观测年份数相同,水文改变度为 0。年最小流量的出现时间在建库后的偏差率较小,但改变度却为 40%,属中度改变。水库建成以后,由于万安水库的调节作用,河道流量波动的次数较建成前明显增加。

2.5 年高低流量的频率和持续时间

由表 2 可见,建库后,年高流量的频率和持续时间偏差率较小,水文改变度也属低度改变,但年低流量的频率升幅较大,偏差率 175.3% ,改变度高达 100%,属于高度改变;持续时间偏差率为 34.57%,年改变度高达 100%,属于高度改变。万安水库对径流调节作用中,填谷作用较为明显,导致年低流量持续时间变短。

2.6 水流条件的变化率和频率

由表 2 可见,年流量的涨水率略有上升,偏差度为 15.3%,改变度属低度改变。年流量的落水率下降较大,偏差度为 68.5%,改变度高达 100%,属高度改

变。涨水率有所上升而落水率有所下降,这是因为水电站的填谷效应较强,使得洪水涨水速度加快而落水速度减缓。涨落水次数偏差度也较高,但水文改变度为高度改变,说明万安水库对流量的调节作用明显。据式(3)计算各项水文指标的改变度,得出水文综合改变度为49.24%,表明万安水库建设运行对下游河段水文情势的影响适中。

3 结 论

(1) 万安水库建设运行后,对月均径流量影响不大,对年极端流量和发生时间的影响为中等,对年高流量的频率和持续时间影响较小,对河流水文条件的变化率和频率影响较高;对下游河段水文情势的影响程度为中度改变。

(2) 赣江流域梯级电站的建设与运行对赣江的水文情势改变不可避免,并将严重影响整个流域的生态系统,应采取适当的调度运行方式,减小各电站运行对河流水文情势的生态影响。

参考文献:

- [1] 舒畅,刘苏峡,莫兴国,等. 基于变异性范围法(RVA)的河流生态流量估算[J]. 生态环境学报,2010(5):1151~1155.
- [2] 谭奇林. 常规水电站的环境影响及对策 [J]. 水电站设计,2007(03):27~29+45.
- [3] 邓坤,刘聚涛,成静清,等. 赣江流域基于水量分配方案的非汛期水量调度方案编制方法研究 [J]. 节水灌溉,2012(07):60~62+65.
- [4] 杨兰庆. 提高万安水库运行水位与改善赣江上游航道的探讨[J]. 珠江水运,2016(06):82~83.
- [5] Richter B D, Baumgartner J V, Braun P D P. A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems [J]. Conservation Biology, 1996, 10(4):1163~1174.
- [6] Richter B, Baumgartner J, Wigington R, et al. How much water does a river need [J]. Freshwater Biology, 1997, 37 (1):231~249.
- [7] Richter B D, Baumgartner J V, Braun D P, et al. A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network[J]. River Research & Applications, 1998, 14(4):329~340.

编辑:张绍付

Application research on RVA/IHA method in changes of downstream hydrological regime of Wanan Reservoir

YAN Xiaoyu, YUE Juntao

(Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China)

Abstract: Hydropower project construction operation will have a negative impact on the surrounding ecological environment. Taking the biggest rivers in Jiangxi province, the Ganjiang river basin as an example, the Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) at different stages are calculated according to the measured runoff data of Dongbei hydrological station, and the Range of Variability Approach (RVA) is used to analyze the influence of the construction and operation of Wanan reservoir on the hydrological situation of the river basin. The results show that the comprehensive change degree of Wanan reservoir is 49.24% after operation, which is a moderate change, therefore, the degree of influence on the downstream hydrological situation is moderate.

Key words: Hydrologic regime; RVA/IHA method; Wanan reservoir; Degree of change

翻译:鄢笑宇