



岷江上游大型水电站运行对龙溪口下游 航道枯水期水位和流量的影响

谢玉杰, 周玉洁, 李家世, 吴 林, 何 熙

(四川省交通勘察设计院有限公司, 四川 成都 610017)

摘要: 根据规划, 岷江龙溪口—宜宾段将通过航道整治达到内河Ⅲ级航道标准。该河段多年历时保证率 95% 的流量仅能达到 $662 \text{ m}^3/\text{s}$, 但是岷江上游紫坪铺、瀑布沟等大型水电站的建成对下游河段通航流量产生了较大影响。根据紫坪铺水电站蓄水前、后高场水文站的径流、泥沙资料, 分析紫坪铺等大型水电站建成后对下游河段水沙特性的影响, 得知岷江上游大型水电站建成后, 该河段来沙量明显减少, 径流年内分配有所均化, 枯水期流量明显增加, 特别是多年历时保证率为 95% 时, 流量增加 $166 \text{ m}^3/\text{s}$, 对应水位增加 0.21 m, 可为研究河段达到内河Ⅲ级航道提供流量支撑。

关键词: 通航流量; 保证率; 泥沙; 航道整治

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2022)01-0136-04

Influence of operation of large hydropower station in the upper reaches of Minjiang River on water level and discharge in the lower Longxikou channel during dry season

XIE Yu-jie, ZHOU Yu-jie, LI Jia-shi, WU Lin, HE Xi

(Sichuan Communication Surveying & Design Institute Co., Ltd., Chengdu 610017, China)

Abstract: According to the planning, the section from Longxikou to Yibin in Minjiang River will reach Grade III inland waterway standard through waterway regulation. According to the historical data, the 95% flow rate of the section over the years can only reach $662 \text{ m}^3/\text{s}$. However, with the construction of large hydropower stations such as Zipingpu and Pubugou in the upper reaches of Minjiang River in recent years, the navigable flow of the reach has been greatly affected. Based on the runoff and sediment series of Gaochang hydrometric station before and after impoundment of Zipingpu Hydropower Station, we analyze the influence of Zipingpu and other large hydropower stations on the water and sediment characteristics of the river reach, and know that the amount of incoming sediment is obviously reduced, the annual distribution of runoff is homogenized, and the discharge is obviously increased in the dry season. Especially, when the multi-year guarantee rate is 95%, the discharge is increased by $166 \text{ m}^3/\text{s}$ and corresponding water level is increased by 0.21 m. The research results can provide flow support for the research reach to reach Grade III inland waterway standard.

Keywords: navigable discharge; guarantee rate; sediment; channel regulation

1 河道概况

岷江是长江上游的一级支流, 位于四川盆地腹部区西部边缘, 地理位置界于东经 $99^\circ 42' \sim 104^\circ 40'$ 和北纬 $28^\circ 20' \sim 33^\circ 38'$ 。发源于四川省与甘肃省接壤的岷山南麓, 干流自北向南流经茂县、

汶川至都江堰市, 由都江堰分水为内、外二江, 穿成都平原后在彭山汇合, 继续南流, 经青神至乐山乌尤寺右岸纳入大渡河、青衣江, 转向东南流, 经犍为、过宜宾, 在宜宾城下汇入长江。干流全长 735 km, 流域面积 13.6 万 km^2 , 天然落差

收稿日期: 2021-03-04

作者简介: 谢玉杰(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事航道工程设计。

3 560 m, 平均比降 4.84‰。根据自然地理和河道特征划分, 都江堰以上为上游, 都江堰至乐山为中游, 乐山以下为下游。主要支流除大渡河、青衣江、马边河外, 尚有龙溪河、越溪河等。

岷江干流分布的水文(位)站主要有彭山、五通桥、高场水文站, 其中高场水文站距离岷江河口 27 km, 位于岷江龙溪口—合江门 81 km 航道范围内。为研究上游大型水电站运行对龙溪口下游航道枯水期水位和流量的影响, 以高场水文站作为依据站。岷江水系及水文站分布见图 1^[1]。

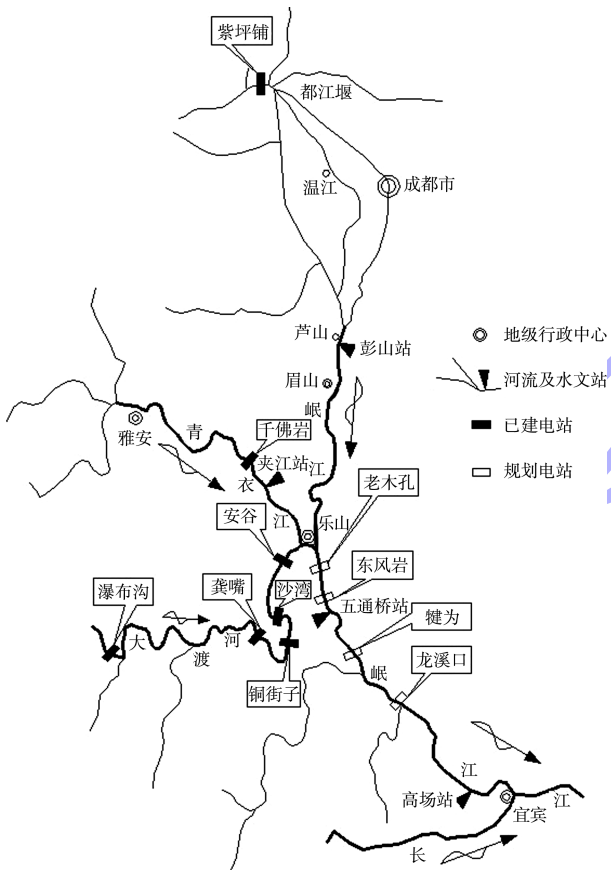


图 1 岷江流域水系及站网分布

2 下游航道现状与规划

岷江乐山—宜宾段属岷江下游, 航道长 162 km, 河道平均比降 0.6‰。20 世纪 60—70 年代, 岷江下段航道经历了 3 次较大规模整治, 航道等级由Ⅵ级提高到Ⅴ级。1981 年 8 月, 岷江出现罕见特大洪水, 河段内有 26 座整治建筑物遭到不同程度的水毁。为了满足大件运输的要求, 1986—1991 年对该段航道进行了扩建, 1996—

2001 年完成续建工程。扩建后航道达到Ⅳ级标准, 多年历时保证率 95% 和 70% 时的航道尺度分别达到 1.5 m×45 m×500 m (水深×直线段宽度×弯曲半径) 和 1.8 m×50 m×750 m, 可通行 500 吨级和 750 吨级船舶。目前岷江下段航道维护尺度为 1.5 m×45 m×500 m, 多年历时保证率为 95%^[2]。

根据《岷江(乐山—宜宾段)航电规划报告》, 岷江下游采取“渠化上段、整治下段”的开发方式^[3], 即建设老木孔、东风岩、犍为和龙溪口 4 个梯级, 渠化乐山—龙溪口上段 81 km 航道, 整治龙溪口—宜宾下段 81 km 航道, 使其达到内河Ⅲ级航道标准。

3 上游大型水电站情况

目前, 在岷江干流上游已建成具有不完全年调节能力的紫坪铺水利枢纽工程、支流大渡河上已建成具有季调节能力的瀑布沟水电站, 青衣江上修建的年调节水库都分布在青衣江上游及支流上, 对洪水的调节作用有限。本文主要分析紫坪铺水电站建成后对下游水位、流量的影响程度。

紫坪铺水利枢纽工程位于岷江上游都江堰河段, 2005 年底开始蓄水, 以灌溉和供水为主, 兼有发电、防洪、环境保护、旅游等综合效益, 坝址控制流域面积 2.27 万 km², 坝高 159 m, 总库容 11.2 亿 m³, 正常蓄水位 877 m, 相应库容 9.98 亿 m³, 调节库容 7.74 亿 m³。

4 紫坪铺蓄水对高场水文站水沙特征的影响

本文对高场水文站 1939—2018 年径流、泥沙资料进行对比分析。径流年内分配对比见表 1, 输沙量年内分配对比见表 2。

从表 1 可知高场水文站径流年内分配不均: 汛期 5—10 月径流量, 紫平铺蓄水前约占全年的 80.6%, 蓄水后为 74.1%, 减少 142 亿 m³; 枯期 11—4 月径流量, 紫平铺蓄水前约占全年的 19.4%, 蓄水后为 25.9%, 增加 27.2 亿 m³。可见, 紫平铺水库建成运行后, 受其调度影响, 高场水文站径流年内分配较紫平铺建成前有所均化。

表 1 紫平铺蓄水前、后高场站径流年内分配对比

月份	蓄水前(1939—2005 年)		蓄水后(2006—2018 年)	
	径流量/亿 m ³	百分比/%	径流量/亿 m ³	百分比/%
1	20.7	2.4	28.9	3.3
2	17.5	2.0	26.4	3.0
3	22.7	2.6	31.7	3.6
4	32.6	3.7	36.0	4.1
5	57.9	6.6	49.8	5.4
6	106.0	12.1	84.1	9.6
7	169.0	19.2	140.0	16.0
8	159.0	18.2	121.0	13.8
9	128.0	14.6	97.2	11.1
10	87.4	10.0	73.2	8.3
11	47.0	5.4	41.2	4.7
12	29.9	3.4	33.4	3.8

表 3 紫平铺蓄水前、后高场站月均流量对比

月份	月平均流量/(m ³ ·s ⁻¹)		
	蓄水前 (1939—2005 年)	蓄水后 (2006—2018 年)	变化值
1	772	1 081	+309
2	717	1 017	+300
3	847	1 184	+337
4	1 256	1 389	+133
5	2 161	1 859	-302
6	4 084	3 243	-841
7	6 296	5 240	-1 056
8	5 954	4 520	-1 434
9	4 952	3 751	-1 201
10	3 265	2 734	-531
11	1 812	1 590	-222
12	1 115	1 247	+132

注：“+”代表增加，“-”代表减少。

从表 3 可知：在枯季 1—4 月和 11—12 月，除 11 月月均流量略有减小外，1—4 月流量均变大，对通航有利；而汛期 5—10 月，紫平铺蓄水后月均流量均比蓄水前小。

表 4 紫平铺蓄水前、后高场站月最小流量对比

月份	月最小流量/(m ³ ·s ⁻¹)		
	蓄水前 (1939—2005 年)	蓄水后 (2006—2018 年)	变化值
1	406	534	+128
2	364	454	+90
3	396	502	+106
4	464	554	+90
5	425	622	+197
6	794	1 190	+396
7	1 280	1 690	+410
8	1 360	966	-394
9	1 090	988	-102
10	1 130	1 020	-110
11	693	610	-83
12	536	600	+64

注：“+”代表增加，“-”代表减少。

从表 4 可知，由于紫平铺水库的调节，蓄水后除了 11 月略有减小外，1—4 月、12 月最小流量均有所增大。

根据紫平铺蓄水前后流量多年综合历时曲线，统计不同保证率对应的流量(表 5)，根据拟定的高场水文站综合水位流量关系，推求不同保证率

表 2 紫平铺蓄水前、后高场站输沙量年内分配对比

月份	紫平铺蓄水前(1939—2005 年)		紫平铺蓄水后(2006—2018 年)	
	输沙量/亿 t	百分比/%	输沙量/亿 t	百分比/%
1	1.4	0.0	3.32	0.2
2	1.2	0.0	2.97	0.2
3	2.8	0.1	5.02	0.3
4	21.1	0.4	12.88	0.7
5	88.1	1.8	36.65	2.0
6	579.0	12.1	214.0	11.6
7	1 809.0	37.7	843.0	45.9
8	1 532.0	31.9	490.0	26.7
9	639.0	13.3	183.0	10.0
10	107.4	2.2	31.48	1.7
11	17.1	0.4	9.36	0.5
12	3.3	0.1	4.51	0.2

从表 2 可知：1939—2005 年，高场水文站多年平均悬移质输沙量为 4801.4 万 t，2006—2018 年，高场水文站多年平均悬移质输沙量为 1 836.2 万 t，较 1939—2005 年减小 61.8%。由此可知，紫平铺水库蓄水后，上游来沙的 38.2%被拦蓄在库内，出库及坝下游水流含沙量大幅减小，水流明显变清，高场水文站沙量明显减少。

5 紫平铺蓄水对下段航道枯水流量和水位的影响

对高场水文站 1939—2018 年日均流量和水位进行统计分析，得到高场水文站月均流量对比(表 3)及月最小流量对比(表 4)。

对应的水位(表 6)。

保证率/%	流量/($\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$)		变化值
	蓄水前 (1939—2005 年)	蓄水后 (2006—2018 年)	
50	1 890	1 780	-110
55	1 600	1 620	+20
60	1 380	1 490	+110
65	1 180	1 410	+230
70	1 040	1 310	+270
75	927	1 220	+293
80	839	1 130	+291
85	780	1 040	+260
90	724	935	+211
95	662	828	+166
98	610	742	+132

注：“+”代表增加，“-”代表减少。

保证率/%	水位/m		变化值
	蓄水前 (1939—2005 年)	蓄水后 (2006—2018 年)	
50	274. 69	274. 55	-0. 14
55	274. 41	274. 38	-0. 03
60	274. 19	274. 26	+0. 07
65	273. 96	274. 16	+0. 20
70	273. 80	274. 06	+0. 26
75	273. 66	273. 97	+0. 31
80	273. 55	273. 86	+0. 31
85	273. 47	273. 76	+0. 29
90	273. 39	273. 63	+0. 24
95	273. 30	273. 51	+0. 21
98	273. 22	273. 37	+0. 15

注：水位基面为黄海基面。“+”代表增加；“-”代表减少。

从表 5、6 可知，保证率 $\geq 65\%$ 时，蓄水后流量均大于蓄水前流量；保证率为 95%时，高场水文站流量增大 $166\text{ m}^3/\text{s}$ ，对应水位增加 0.21 m 。

6 结语

1) 紫平铺建成蓄水后对岷江龙溪口下游航道枯期流量有较大的补偿作用，径流的年内分配有较大变化，高场水文站 11 月至次年 4 月径流量较蓄水前增加 27.2 亿 m^3 。

2) 紫平铺建成后对高场水文站泥沙特征影响较大，高场水文站多年平均悬移质输沙量由 $4\,801.4\text{ 万 t}$ 减少为 $1\,836.2\text{ 万 t}$ ；龙溪口下游航道水流含沙量大幅减小。

3) 紫坪铺电站蓄水后，高场水文站保证率 95%流量增大 $166\text{ m}^3/\text{s}$ ，相应水位增加 0.21 m 。这对岷江龙溪口—宜宾段航道通过整治达到内河Ⅲ级航道标准是非常有利的。

参考文献：

[1] 李家世, 刘晓帆. 梯级水库建设对岷江下游航道通航流量的影响研究[J]. 水运工程, 2021(6): 164-170.

[2] 四川省交通勘察设计院有限公司. 岷江(龙溪口—宜宾)航道整治工程可行性研究报告[R]. 成都: 四川省交通勘察设计院有限公司, 2017.

[3] 四川省交通厅交通勘察设计院. 岷江(乐山—宜宾段)航电规划报告[R]. 成都: 四川省交通厅交通勘察设计院, 2009. (本文编辑 郭雪珍)

(上接第 118 页)

[5] 蒋炳兴. 江苏盐城地区海岸的蚀淤动态[J]. 海洋学报(中文版), 1993, 15(2): 57-62.

[6] 虞志英, 樊社军, 金缪. 江苏北部废黄河口水下三角洲稳定性和深水港建设[J]. 地理学报, 1998, 53: 158-166.

[7] 陈吉余, 夏东兴, 虞志英, 等. 中国海岸侵蚀概要[M]. 北京: 海洋出版社, 2010.

[8] 闫秋双, 刘荣杰, 马毅. 1973 年以来射阳河口附近海岸蚀淤变化遥感分析[J]. 海洋科学, 2015, 39(9): 94-100.

[9] 陈可锋, 王乃瑞, 徐俊辉, 等. 射阳港拦门沙航道整治工程建设前后水沙特征分析[J]. 海洋工程, 2018, 36(4): 129-137.

[10] 陈可锋, 陆培东, 王乃瑞. 整治工程影响下的河口拦门沙航道回淤特征及成因: 以射阳港航道为例[J]. 水科学进展, 2017, 28(2): 240-248.

[11] 林青, 闫淑英. 射阳港进港航道整治工程相关问题探讨[J]. 水运工程, 2012(5): 130-133. (本文编辑 郭雪珍)