

浅析三峡—葛洲坝洪水期水情及通航管理措施

崔冬蕾, 徐云航, 田弟一

(长江三峡通航管理局, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 为进一步了解汛期两坝间水位流量变化规律, 现根据近年两坝间洪水期 6 月 1 日至 9 月 30 日 8 时水位、流量、流速流向观测资料等进行分析, 根据结论针对性地采取措施, 提高两坝间船舶通航安全。

关键词: 三峡—葛洲坝; 洪水期; 流量; 流速

中图分类号: U641 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2021) 02—0152—04

1 河道概况

三峡大坝—葛洲坝水利枢纽两坝间河段, 上起鹰子嘴, 下至葛洲坝枢纽三江航道上游王家沟, 长约 38km, 河段内大部分位置横断面多呈“U”字型或“V”字型, 非汛期呈水库特性, 流态好, 流速小, 通航条件良好, 枯水期最小维护水深 4.5m。中、洪水期过水断面面积增加有限, 大流量时呈天然河道特性, 3W 流量最大流速 3.00m/s, 3.5W 流量最大流速 3.39m/s, 4W 流量最大流速 4.02m/s。流量越大, 平均流速越大, 滩段比降在 3.0‰以上, 部分河段流态紊乱, 通航条件差, 对船舶水上航行形成一定的困难。

2 研究葛洲坝与三峡大坝出库调控相关关系

现对 2014 年至 2018 年两坝间洪水期 6 月 1 日—9 月 30 日 8:00 水位、流量资料进行分析, 从而初步了解汛期两坝间近坝段水位流量关系。

2.1 比较三峡大坝与葛洲坝汛期下泄流量

通过收集 2014 年至 2018 年汛期 8:00 三峡大坝与葛洲坝的实时下泄流量, 比较两坝水利枢纽在汛期流量联合梯调的具体关系, 具体见下图 1~5。



图 1 2014 年两坝下泄流量过程线



图 2 2015 年两坝下泄流量过程线

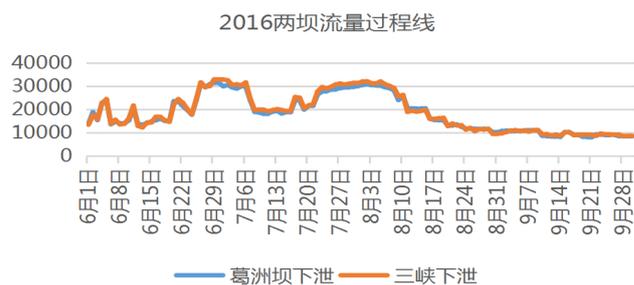


图 3 2016 年两坝下泄流量过程线



图 4 2017 年两坝下泄流量过程线



图 5 2018 年两坝下泄流量过程线

2.2 三峡大坝与葛洲坝下泄流量差异具有代表性的时段

分析图 1~5 及表 1 可知, 2014 年至 2018 年汛期, 三峡大坝下泄流量和葛洲坝下泄流量过程趋势相同、流量过程线基本重合, 除个别情况两坝下泄流量数值相差 10% 以上, 总体上看葛洲坝下泄流量略大于三峡出库流量, 考虑到降雨等径流作用和黄柏河的汇流作用, 此数值差异在汛期两坝间大流量下, 可以忽略, 因而可认为: 汛期三峡大坝与葛洲坝泄流调控是同步调控。

以下两坝间水位流量关系基于此结论进行分析。

2.3 两坝间水位流量变化关系

绘制两坝间坝河口及葛洲坝坝上两断面水位流量关系实测点图：

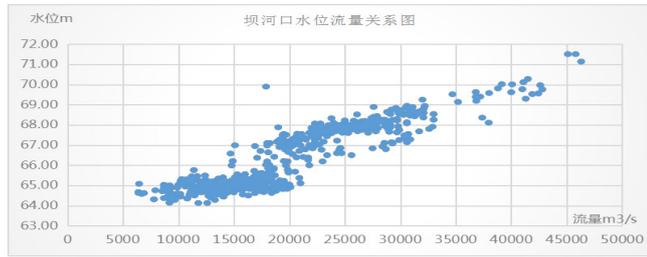


图6 2014-2018年坝河口水位流量关系图

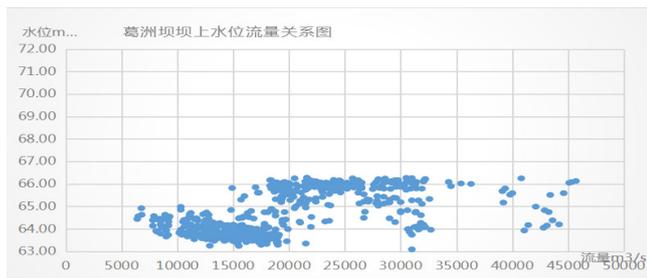


图7 2014-2018年葛洲坝坝上水位流量关系图

上图实测点分布形态显示：汛期，当两坝间流量小于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 时，坝河口及葛洲坝坝上水位流量实测点分布形态相似；中洪水期当两坝间流量大于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 时，葛洲坝坝上水位无明显规律基本保持在 66m 左右，而坝河口水位呈线性关系随着流量的增大而升高。

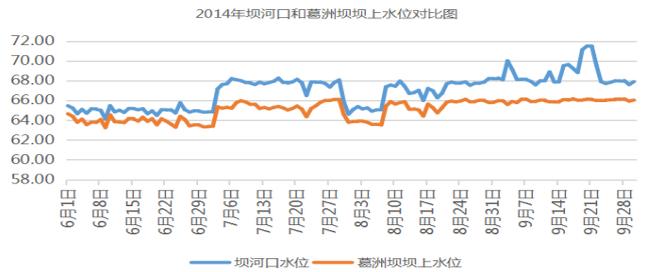


图8 2014年坝河口及葛洲坝坝上水位变化对比图



图9 2015年坝河口及葛洲坝坝上水位变化对比图



图10 2016年坝河口及葛洲坝坝上水位变化对比图

表1 2018年两坝下泄流量差异对比表

时间	流量 (m^3/s)		流量差	百分比	时间	流量 (m^3/s)		流量差	百分比
	三峡出库	葛洲坝出库				三峡出库	葛洲坝出库		
7月1日	24366	24981	615	2.52%	8月1日	30600	31800	1200	3.92%
7月2日	25100	26700	1600	6.37%	8月2日	30400	31700	1300	4.28%
7月3日	27400	28900	1500	5.47%	8月3日	30384	31811	1427	4.70%
7月4日	32080	32578	498	1.55%	8月4日	30600	32000	1400	4.58%
7月5日	37200	39200	2000	5.38%	8月5日	30300	31900	1600	5.28%
7月6日	39998	42100	2102	5.26%	8月6日	29100	31000	1900	6.53%
7月7日	41000	42900	1900	4.63%	8月7日	28900	31000	2100	7.27%
7月8日	38800	39800	1000	2.58%	8月8日	28805	30567	1762	6.12%
7月9日	39153	39114	-39	-0.10%	8月9日	29200	30700	1500	5.14%
7月10日	37387	41428	4041	10.81%	8月10日	29002	31903	2901	10.00%
7月11日	37969	41075	3106	8.18%	8月11日	29000	31360	2360	8.14%
7月12日	41300	42800	1500	3.63%	8月12日	24300	26300	2000	8.23%
7月13日	42800	43100	300	0.70%	8月13日	24300	26200	1900	7.82%
7月14日	42440	44190	1750	4.12%	8月14日	29200	32700	3500	11.99%
7月15日	41900	43600	1700	4.06%	8月15日	29326	31929	2603	8.88%
7月16日	42612	43269	657	1.54%	8月16日	28700	31000	2300	8.01%
7月17日	41100	43400	2300	5.60%	8月17日	28400	31000	2600	9.15%
7月18日	41500	44600	3100	7.47%	8月18日	27500	30800	3300	12.00%
7月19日	36851	39358	2507	6.80%	8月19日	28570	30712	2142	7.50%
7月20日	36800	40800	4000	10.87%	8月20日	28700	30642	1942	6.77%
7月21日	30487	32039	1552	5.09%	8月21日	28900	31400	2500	8.65%
7月22日	30600	32000	1400	4.58%	8月22日	29300	31600	2300	7.85%
7月23日	30600	32200	1600	5.23%	8月23日	29261	31216	1955	6.68%
7月24日	29600	29764	164	0.55%	8月24日	29900	32200	2300	7.69%
7月25日	29900	30500	600	2.01%	8月25日	21258	23237	1979	9.31%
7月26日	30000	31400	1400	4.67%	8月26日	18100	17800	-300	-1.66%
7月27日	29700	31300	1600	5.39%	8月27日	18100	18800	700	3.87%
7月28日	24700	26700	2000	8.10%	8月28日	18237	18690	453	2.48%
7月29日	24600	26800	2200	8.94%	8月29日	18000	18300	300	1.67%
7月30日	30400	32100	1700	5.59%	8月30日	18639	18770	131	0.70%
7月31日	30709	32043	1334	4.34%					



图 11 2017 年坝河口及葛洲坝坝上水位变化对比图



图 12 2018 年坝河口及葛洲坝坝上水位变化对比图

坝河口及葛洲坝坝上水位变化对比图显示：汛期，两坝间各断面水位变化趋势相同，但以 66m 水位为分隔线，当水位在 66m 及以下时，坝河口及葛洲坝坝上水位过程线基本吻合，超过 66m 水位线时，坝河口及葛洲坝坝上水位过程线差异较大，而其差异较大时对应流量超过 20000m³/s。

结合图 1~5、图 8~12 及 2014 年至 2018 年实测数据进行分析，可推知：当两坝间流量小于 20000m³/s 时，葛洲坝坝上水位及坝河口主要受葛洲坝泄流调控及枢纽反调节作用影响，此时葛洲坝坝上及坝河口水位流量无明显对应关系；当两坝间流量大于 20000m³/s 时，葛洲坝坝上水位基本保持在 66m 左右，其随流量的变化略有波动，而坝河口水位此时主要受三峡下泄流量变化影响，葛洲坝枢纽反调节作用相对减弱，水位随着下泄流量的增大而升高，两者线性关系明显。

3 各流量级出现的概率和各流量级下的流速关系

3.1 各流量级出现的概率

采用综合历时曲线法计算，选取每日 8 时的三峡出库流量和葛洲坝出库流量作为样本，将样本进行

20000m³/s、25000m³/s、30000m³/s、35000m³/s、40000m³/s、45000m³/s 以上分为 6 级。统计样本在不同级别中出现的次数，由高至低逐级进行样本累积出现次数的统计，进行各级别的频率计算。

根据现行两坝间航道汛期通航流量标准，部分船舶上行在三峡大坝下泄流量达到 30000m³/s 时开始实行限制性通航，当三峡大坝下泄流量达到 45000m³/s 时全部停航。通过近 5 年来的数据分析，2014 年和 2018 年分别 4 次和 8 次出现次流量超过 45000m³/s 级禁航流量。但需注意的是限制性通航时段较多，2018 年 40.98% 的时段三峡下泄流量超过 30000 m³/s，2017 年 11.48% 的时段三峡下泄流量超过 30000m³/s，2016 年 27.05% 的时段三峡下泄流量超过 30000m³/s，2015 年 4.92% 的时段三峡下泄流量超过 30000m³/s，2014 年 39.34% 的时段三峡下泄流量超过 30000m³/s。

3.2 各流量级下的流速流向情况

主要由 2018 年的南津关至莲沱航段的流速流向观测资料为基础进行分析。其中最小流速与流量变化不大，原因是局部具体位置可能出现静水、漩涡等。流量越大，平均流速和最大流速越大。3W 流量平均流速 1.84m/s，3.5W 流量平均流速 2.08m/s，4W 流量平均流速 2.43m/s。大流量时呈天然河道特性，3W 流量最大流速 3.00m/s，3.5W 流量最大流速 3.39m/s，4W 流量最大流速 4.02m/s（均在黄桑洞—大沙坝河段）。流量越大，平均流速越大，滩段比降在 0.175‰ 以上，部分河段流态紊乱，通航条件较差。

表 3 2018 年两坝流速观测统计表

流量级	30000 (单位 m ³ /s)		
	黄桑洞-大沙坝	明月圈-榉江角	母猪嘴-清凉树
最大	3	2.79	2.9
最小	0.11	0.06	0.22
平均	1.87	1.79	1.87
流量级	35000 (单位 m ³ /s)		
	黄桑洞-大沙坝	明月圈-榉江角	母猪嘴-清凉树
最大	3.39	3.09	3.37
最小	0.15	0.85	0.03
平均	1.97	2.18	2.09
流量级	40000 (单位 m ³ /s)		
	黄桑洞-大沙坝	明月圈-榉江角	母猪嘴-清凉树
最大	4.02	4.01	3.47
最小	0.2	0.08	0.35
平均	2.44	2.42	2.42

在流量 30000m³/s 以上时，随着流量的逐渐上涨增

表 2 2014-2018 年两坝下泄流量频率表

年份	流量级 (m ³ /s)	三峡下泄流量频次	频率	葛洲坝下泄流量频次	频率	年份	流量级 (m ³ /s)	三峡下泄流量频次	频率	葛洲坝下泄流量频次	频率
2018	25000	72	59.02%	68	55.74%	2016	40000	0	0.00%	0	0.00%
	30000	23	18.85%	7	5.74%		45000	0	0.00%	0	0.00%
	35000	11	9.02%	31	25.41%		50000	0	0.00%	0	0.00%
	40000	8	6.56%	4	3.28%		25000	116	95.08%	116	95.08%
	45000	8	6.56%	12	9.84%		30000	3	2.46%	4	3.28%
2017	50000	0	0.00%	0	0.00%	2015	35000	3	2.46%	2	1.64%
	25000	108	88.52%	110	90.16%		40000	0	0.00%	0	0.00%
	30000	13	10.66%	11	9.02%		45000	0	0.00%	0	0.00%
	35000	0	0.00%	0	0.00%		50000	0	0.00%	0	0.00%
	40000	0	0.00%	0	0.00%		25000	74	60.66%	79	64.75%
2016	45000	0	0.00%	0	0.00%	2014	30000	37	30.33%	33	27.05%
	50000	0	0.00%	0	0.00%		35000	4	3.28%	4	3.28%
	25000	89	72.95%	92	75.41%		40000	3	2.46%	3	2.46%
	30000	10	8.20%	19	15.57%		45000	1	0.82%	0	0.00%
	35000	23	18.85%	11	9.02%		50000	3	2.46%	3	2.46%

加,在黄桑洞—大沙坝、明月阁—梗江角、母猪嘴—清凉树等段都会形成回流水域。当流速达到 $40000\text{m}^3/\text{s}$ 流量级时,老虎洞—大沙坝过河区,东娃子和—偏脑河段主航道,南津关向家咀 2# 浮标正对左岸的流速有部分超过了 $3.5\text{m}/\text{s}$,达到了急流航段标准。

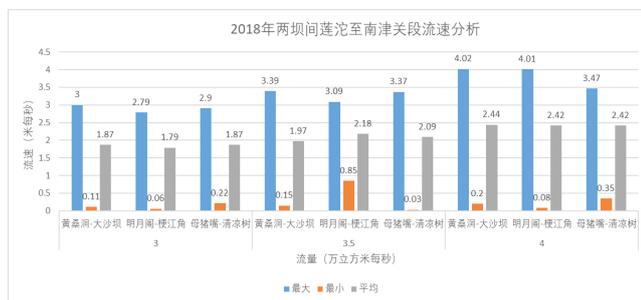


图 13 2018 年两坝间莲沱至南津关段流速分析图

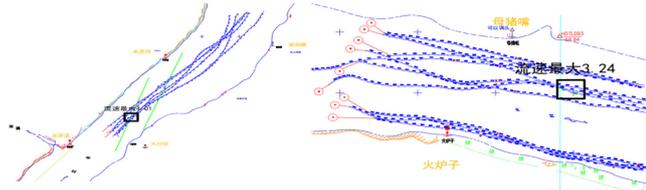


图 14 2018 年急流段示意图

4 结论

(1) 分析观测数据可知,三峡大坝及葛洲坝下泄流量过程趋势相同、流量过程线基本重合,考虑到黄柏河的汇流作用,可认为在汛期两坝间大流量下三峡大坝与葛洲坝泄流调控是同步调控和变化的。

(2) 汛期,当两坝间流量小于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 时,受葛洲坝枢纽控制影响,坝上及坝河口水位流量均无明显对应关系;当两坝间流量大于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 时,葛洲坝坝上水位基本保持在 66m 左右,而坝河口水位主要受三峡下泄流量变化影响,随着下泄流量的增大而升高,线性关系明显。

(3) 由于三峡大坝的调蓄作用,两坝间河段超过 $30000\text{m}^3/\text{s}$ 流量级的限制性通航时段每年都出现,存在可能出现较长时段的可能。当流速达到 $40000\text{m}^3/\text{s}$ 流量级时,老虎洞—大沙坝过河区、东娃子和—偏脑河段主航道、南津关向家咀 2# 浮标正对左岸水域流速有部分超过了 $3.5\text{m}/\text{s}$,达到了急流状态。

(4) 大流量时呈天然河道特性,3W 流量最大流速 $3.00\text{m}/\text{s}$,3.5W 流量最大流速 $3.39\text{m}/\text{s}$,4W 流量最大流速 $4.02\text{m}/\text{s}$ (均在黄桑洞—大沙坝河段)。流量越大,平均流速越大,滩段比降在 0.175% 以上,部分河段流态紊乱,通航条件差。

5 通航相关措施

根据上述分析,并结合近期水情气象预报资料,预计 2019 年汛期两坝间河段流量持续在 $30000\text{m}^3/\text{s}$ 以上的时段概率仍然较大,对航道维护带来一定影响,特结合往年航道维护情况制定以下措施:

(1) 当流量上涨至 $30000\text{m}^3/\text{s}$ 以上并不足 $35000\text{m}^3/\text{s}$ 时,对莲沱至三峡船闸下口门区之间范围内所有浮标的锚链、钢缆系固情况进行检查,必要时采取松紧锚链、钢缆,微调标位等措施。

(2) 当流量上涨至 $35000\text{m}^3/\text{s}$ 以上并有可能继续上涨超过 $40000\text{m}^3/\text{s}$ 时,将“磨刀溪”“粗石滩”“马牙滩”“下岸溪”“杜家嘴”“唤鱼石”等浮标在确保航道水深足够的前提下适当收边,避开主流冲击,防止漂移走锚。

(3) 当流量继续上涨至 $45000\text{m}^3/\text{s}$ 时两坝间航道停航,此时撤除浮标作业安全风险很大,因此停止航标撤除作业,并严密关注航标标位情况,遇浮标流失迅速采取措施收回浮标船。

(4) 当流量下降至 $30000\text{m}^3/\text{s}$ 并有继续下降趋势时,对上述航标进行调整,恢复流量上涨前的航标配布方案。

6 通航相关建议

(1) 当三峡下泄流量达到 $35000\text{m}^3/\text{s}$ 时,大沙坝至老虎洞过河区内最大流速达到 $3.39\text{m}/\text{s}$,接近与急流航段 $3.5\text{m}/\text{s}$ 的标准,建议加强对该水域的现场安全监管,同时尽量不安排下水船与上水过河船在此水域交会。

(2) 莲沱水域目前正在进行航道整治施工,占用了一定航道水域,根据其汛期施工方案,汛期施工最大流量为 $25000\text{m}^3/\text{s}$,建议在汛期施工期间,通过优化调度等方式,不安排下水船与上水过河船在此水域交会。

(3) 目前平善坝锚地水域未设置相应锚界标志,锚地与主航道界限不是十分明显,建议进一步强化锚地锚泊管理或采取有效措施标示出锚地水域。

(4) 小平善坝水域水面宽度约 380m ,但该水域存在上行、下行及野人沱沿岸通航带横驶过河上行 3 条航路,且右侧布置有小平善坝锚地,占用了一定水域,船舶进出锚地与前述 3 条航路交叉、会遇安全风险较大,尤其在汛期流量超过 $25000\text{m}^3/\text{s}$ 时,该水域水流流速达 $2.79\text{m}/\text{s}$,且流态紊乱,不利于船舶驾引操控,建议汛期流量超过 $25000\text{m}^3/\text{s}$ 后小平善坝锚地停止使用。

(5) 建议加强对南津关弯道水域现场监管,重点防止下行通过大江船舶随主流淌航困入“出三江上行船舶的航路”,并优化调度使下行通过大江船舶与出三江上行船舶不在南津关水域交会。

参考文献:

- [1] 王召兵,舒荣龙,蔡汝哲.长江三峡两坝间河段汛期通航试验研究[J].水道港口,2007(02):113-118.
- [2] 姚仕明,王兴奎,张丙印.三峡大坝至葛洲坝两坝间河段通航水流条件[J].水利水电科技进展,2010,30(06):43-47.
- [3] 胡兴娥.梯级电站调峰对通航的影响及对策研究[D].天津大学,2007.
- [4] 王海滨,张红,余金燕.浅析三峡—葛洲坝两坝间近坝段汛期水位流量关系[J].中国水运(下半月),2017,17(08):254-255.