

2010年抚河特大洪水廖坊水库调度分析

李世勤 祝水贵 邱启勇

(江西省防汛抗旱总指挥部办公室,南昌 330009)

摘要:通过实测水文数据,对2010年抚河特大洪水时抚河流域洪水组合分析,客观再现了廖坊水库的整个调度过程,6月21日洪水过程中,廖坊水库最大入库流量 $7\,020\text{ m}^3/\text{s}$,通过调度拦蓄洪量 1.28 亿 m^3 ,以廖家湾站为控制目标,廖家湾站出现洪峰水位对应的廖坊水库出库流量为 $5\,110\text{ m}^3/\text{s}$,削峰率达27%;有效降低了抚河廖家湾站洪峰水位 0.30 m ,产生了防洪效益。

关键词:廖坊水库;防洪调度;效益分析

1 流域基本情况

1.1 抚河概况

抚河发源于广昌、石城、宁都3县交界,从进贤县三阳乡入鄱阳湖。主河道长 348 km ,流域面积 $16\,493\text{ km}^2$ 。抚河自南向北,流经广昌、南丰、南城、临川、进贤等15个县(市)。南城县城以上为上游,河长 157 km 。南城县城至抚州市区为中游,河长 77 km 。抚州市区以下为下游,河长 114 km 。在抚州市城区下游 7 km 处有支流临水汇入。临水为抚河最大支流,由崇仁水和宜黄水汇合而成,流域面积约 $5\,151\text{ km}^2$ 。

1.2 抚河流域控制性工程

抚河流域内控制性工程有洪门、廖坊2座大型水库。

洪门水库属大(1)型水库,总库容 12.14 亿 m^3 。设计洪水位 103.52 m (500年一遇),校核洪水位 107.20 m (PMF),正常高水位 100 m 。水库位于抚河上游支流黎滩河的下游,坝址以上集雨面积 $2\,376\text{ km}^2$,坝下 2 km 处是南城县洪门镇,水库以发电为主,兼顾防洪、灌溉等。

廖坊水库属大(2)型水库,总库容 4.32 亿 m^3 ,设计洪水位 67.94 m (百年一遇),校核洪水位 68.44 m (千年一遇),设计正常高水位 65.00 m ,死水位 61.00 m 。水库位于抚河中游,水库坝址地处抚州市临川区鹏田乡廖坊村,坝址以上集雨面积 $7\,060\text{ km}^2$ 。水库以防洪、灌溉为主,兼顾发电、供水、航运等。工程于2002年10月正式开工,2005年6月通过蓄水安全鉴定,2005年12月下闸蓄水,尚未竣工验收,近年来,最高运行水位为 64.98 m (2008年6月19日,蓄水进行八堡堤渗漏试验)。

1.3 廖坊水库上、下游防护情况

(1)上游。坝上库区防护工程有八堡堤、河西堤、新桥堤、万年堤等堤防,均在抚河干流两侧南城县境内。其中八堡堤保护耕地 1.1 万亩 ,保护人口 1.2 万人 。当库

水位 62.00 m 以上时,八堡堤渗漏严重。2008年6月进行八堡堤渗漏试验时,库水位最高为 64.98 m ,此时八堡堤渗漏严重。2010年6月17~26日,库水位在 $62.63\sim 64.52\text{ m}$ 时,有6处出现大泡泉,2处较大面积的软土有水溢出,1处脱坡,1处排水沟两侧的浆砌石倒塌,1处较大的牛皮包。

(2)下游。下游主要堤防包括唱凯堤、中洲堤、城西堤、青泥堤、嵩湖堤、浒湾堤等。其中唱凯堤保护耕地 12.3 万亩 、人口 14.4 万人 ,2010年确定的保证水位为 42.78 m 。廖坊水库下游河道安全泄量 $7\,130\text{ m}^3/\text{s}$ 。

1.4 抚河流域内水文站点及洪水传播时间

抚河流域共有水文站、水位站、雨量站等各类水文监测站280余个。

主要控制性水文站有:廖家湾、娄家村、李家渡。廖家湾水文站位于抚河干流抚州市区临水汇合之前,集水面积 $8\,723\text{ km}^2$,实测最高水位 42.78 m (1982年6月18日),实测最大流量 $6\,460\text{ m}^3/\text{s}$ (1998年6月23日)。娄家村水文站位于抚河支流临水,属临水控制站,集水面积 $4\,969\text{ km}^2$,历史最高水位 41.41 m (1998年6月23日),最大流量 $4\,380\text{ m}^3/\text{s}$ (1998年6月23日)。李家渡水文站位于抚河干流下游进贤县内,属抚河控制站,集水面积 $15\,811\text{ km}^2$,历史最高水位 33.08 m (1998年6月23日),最大流量 $9\,950\text{ m}^3/\text{s}$ (2010年前统计资料)。

主要控制站洪水传播时间:廖坊水库至廖家湾站约 42 km ,洪水传播时间约9小时;廖家湾站至李家渡站 44 km ,洪水传播时间约9小时;临水娄家村水文站至李家渡站 40 km ,洪水传播时间约8小时。

2 降雨及河道水情

2.1 2010年6月16~20日各区间降雨总量及分布

2010年6月16~20日,廖坊水库以上流域平均降雨

量 371 mm, 廖坊水库至廖家湾区间流域平均降雨量 420 mm, 娄家村以上流域平均降雨量 341 mm。2010 年 6 月 16~20 日各区间降雨时间分布如表 1~表 3 所示。

表 1 廖坊水库流域逐日时段降雨量表

日期 (月/日)	时段				日雨量
	8~14时	14~20时	20~2时	2~8时	
06/16	2.3	11.3	13.5	7.3	34
06/17	4.0	13.4	3.4	14.3	35
06/18	35.9	9.0	11.7	32.8	89
06/19	11.4	30.5	26.7	51.1	120
06/20	37.2	32.1	1.1	22.2	93
总计					371

表 2 廖坊水库至廖家湾站区间流域逐日时段降雨量表

日期 (月/日)	时段				日雨量
	8~14时	14~20时	20~2时	2~8时	
06/16	2.7	0.5	0	11.9	15
06/17	13.1	6.3	12.7	0.7	33
06/18	2.2	0.1	2	58.4	63
06/19	51.2	108.9	24.3	45.8	230
06/20	59.2	14.9	4.2	1.1	79
总计					420

表 3 娄家村以上流域逐日时段降雨量表

日期 (月/日)	时段				日雨量
	8~14时	14~20时	20~2时	2~8时	
06/16	1.6	8.2	2.2	2.9	15
06/17	5.1	12.3	1.3	4.8	24
06/18	25.0	8.9	8.4	35.6	78
06/19	7.1	41.6	44.5	60.1	153
06/20	50.0	20.5	2.0	1.6	71
总计					341

2.2 各主要控制站特征水情

廖家湾站 6 月 21 日 4 时洪峰水位 42.61 m, 超警戒水位 1.31 m, 低于历史最高水位 0.17 m, 洪峰流量 7 330 m³/s, 超历史最高记录 1 590 m³/s。

娄家村站 21 日 11 时洪峰水位 41.52 m, 超警戒水位 2.72 m, 超历史最高水位 0.11 m, 洪峰流量 4 640 m³/s, 为有记录以来最大值。

李家渡站 6 月 21 日 17 时洪峰水位 32.70 m, 超警戒水位 2.20 m, 低于历史最高水位 0.38 m, 洪峰流量 11 100 m³/s, 超历史记录 1 050 m³/s。

6 月 20 日 18 时 30 分, 唱凯堤决口时, 廖家湾水位 42.00 m, 超警戒 0.70 m, 低于历史最高水位 0.78 m; 娄家村站水位 41.28 m, 超警戒 2.48 m, 低于历史最高水位 0.13 m; 李家渡站水位 32.69 m, 超警戒 2.19 m, 低于历史最高水位 0.78 m。

3 廖坊水库洪水调度

3.1 2010 年度汛方案

由于廖坊水库为未竣工验收的水库, 库区上游八堡堤存在严重险情, 江西省防总批准下达的《2010 年江西省重点水工程度汛方案》规定, 廖坊水库 2010 年 4~9 月汛限水位为 61.00 m。

3.2 调度基本思路

廖坊水库调度考虑的几个因素:

- (1) 廖坊水库为未竣工验收的水库;
- (2) 库区防护工程八堡堤加固建设未完工;
- (3) 2010 年度汛方案中确定的汛限水位按死水位运行, 即 61.00 m;

(4) 2008 年 6 月进行八堡堤渗漏试验, 最高库水位为 64.98 m, 水位超过 62.00 m 时, 八堡堤堤内开始出现渗漏险情, 随着库水位抬高险情愈加严重。

调度方式是在保证水库安全的前提下, 根据流域降雨及各主、支流洪水传播时间, 进行削峰、错峰调度, 尽力减轻下游的防洪压力。

强降雨过程结束后, 为保证唱凯堤堵口顺利进行, 提前腾出库容, 封堵合龙期间尽量减小下泄流量, 降低抚河水位, 为堵口合龙创造条件。

3.3 主要调度过程

廖坊库区自 6 月 16 日降雨开始, 至 20 日, 降雨量达 371 mm。通过提前满发, 6 月 17 日 0 时, 库水位已降至 60.22 m, 低于汛限水位 0.78 m, 腾出库容 1 400 万 m³。

(1) 至 6 月 18 日 14 时, 降雨量已达 105 mm, 库水位快速上涨, 18 日 15 时库水位达 61.11 m, 超汛限 0.11 m, 15 时 30 分, 省防总下达了第 64 号调令, 按 1 200 m³/s 泄量泄洪。根据实时降雨量, 入库流量变化和洪水演算成果, 逐渐加大下泄流量。

(2) 根据 6 月 18 日 16 时预报, 最大入库流量将达 2 190 m³/s, 如继续按照 1 200 m³/s 下泄, 最高库水位将达 65.54 m。18 日 17 时, 库水位 61.22 m, 入库流量 1 590 m³/s, 省防总下达第 66 号调令, 按 2 000 m³/s 泄量下泄。

(3) 根据 6 月 18 日 23 时预报, 最大入库流量将达 2 860 m³/s, 如继续按照 2 000 m³/s 下泄, 最高库水位将达 64.01 m。19 日 0 时, 库水位 62.07 m, 入库流量 3 530 m³/s, 0 时 20 分, 省防总下达第 67 号调令, 按 2 500 m³/s 泄量下泄。

(4) 截止到 6 月 19 日 3 时, 库区降雨量达 127 mm, 根据 19 日 3 时 30 分预报, 如将下泄流量增加到 3 000 m³/s 控制, 最高库水位为 63.75 m。3 时 30 分, 库水位 62.76 m, 入库流量 3 880 m³/s, 省防总下达第 68 号调令, 按 3 000 m³/s 泄量下泄。

(5) 截止到 6 月 19 日 7 时, 库区降雨量达 158 mm, 库水位以 0.15 m/h 左右的速度上涨, 根据 19 日 7 时 30

分预报,最大入库流量达 $4\,487\text{ m}^3/\text{s}$,如将下泄流量在8时增加到 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 控制,最高库水位为 64.12 m 。19日7时30分,库水位 63.38 m ,7时40分,省防总下达第69号调令,按 $4\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 下泄。

(6)截止到6月19日12时,库区降雨量达 169 mm ,在12时按 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 出流分析,最高库水位可降至 63.44 m 。考虑后续可能继续降雨,12时,省防总下达第71号调令,按 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 下泄。

6月20日20时,过程降雨最超过 347 mm ,库水位已达 64.67 m ,水库入库流量达最高 $7\,020\text{ m}^3/\text{s}$,下泄流量维持在 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 。

(7)6月20日23时,库水位继续上涨到 64.88 m ,水库入库流量仍达 $6\,220\text{ m}^3/\text{s}$,仍然超过出库流量 $1\,220\text{ m}^3/\text{s}$,根据预报,如果继续按 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 下泄,库水位将继续上涨到 66.28 m 以上,大大超过上游八堡堤2008年渗漏实验时最高水位。此间,廖坊库区、廖坊与廖家湾区间出现同步集中强降雨,抚河支流临水流域也出现集中强降雨,预报娄家村站6月21日4时洪峰水位将达 41.50 m ,超警戒 2.7 m ,廖家湾站6月21日6时洪峰水位 42.60 m 。根据廖坊水库调洪演算结果,考虑到廖坊水库至廖家湾站传播时间约为9小时,省防总推迟加大泄量时间,直至22时45分,下达第80号调令,按 $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 泄洪,与娄家村预报洪峰水位进行错峰调度,使下游干流洪峰与支流洪峰不遭遇。6月21日0时,抚州市防指启动I级应急响应,加强了防汛值守,据此,省防总于1时30分下达第82号调令,将下泄流量减至 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$,6月21日14时,减至 $4\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 下泄,此后,逐步减少出库流量,直至6月22日16时,按 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 下泄。

在本次调度过程中,6月21日4时40分,廖坊水库最高水位达 65.03 m ,超过历史最高水位(2008年6月19日 64.98 m)。

(8)由于6月22~24日再次出现明显降雨过程,下泄流量再次逐渐加大,根据唱凯堤“25日晚开始堵口,6天时间封堵完成”的计划,6月24日10时30分,下泄流量加大到 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$,降低库水位,腾出库容。26日9时减小到 $2\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 下泄,此时库水位已降低到 60.11 m ,为6月27日18时15分唱凯堤封堵成功合龙创造了有利条件。

3.4 调度效益分析

3.4.1 削峰的作用

(1)本次洪水过程廖坊水库对坝下河段削峰作用。本次过程,廖坊水库最大入库流量 $7\,020\text{ m}^3/\text{s}$ (6月20日20时),最大出库流量 $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$ (6月20日22时45分),削减洪峰流量 $1\,520\text{ m}^3/\text{s}$,对坝下河段削峰率达21%。

(2)本次洪水过程廖坊水库对下游廖家湾站的削峰作用。6月22时45分,廖坊水库最大出库流量 $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$,根据廖坊水库到廖家湾站的传播时间(9小时)分析,其

影响时间为6月21日8时左右,6月21日8时廖家湾站水位 42.57 m ,滞后于廖家湾站洪峰出现时间4个小时,9时水位 42.51 m ,10时水位 42.46 m ,水位在逐渐下降。据此,对应廖坊水库出库流量,廖家湾站造峰流量为此前的 $5\,110\text{ m}^3/\text{s}$,廖坊水库最大入库流量 $7\,020\text{ m}^3/\text{s}$ (6月20日20时),此时出库流量 $5\,110\text{ m}^3/\text{s}$,对于廖家湾站,实际削减洪峰流量 $1\,910\text{ m}^3/\text{s}$,削峰率达27%。

3.4.2 错峰的作用

根据廖坊水库到廖家湾站的传播时间9小时分析,在廖坊水库最大出库流量 $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 影响廖家湾站水位时,廖家湾站洪峰已过4个小时,说明,区间来水形成的最大洪峰已在4小时前通过廖家湾站。廖坊水库最大出库流量 $5\,500\text{ m}^3/\text{s}$ 是处在退水阶段,对于廖家湾站,实际实现成功错峰。

4 唱凯堤决口时洪水组成及洪水过程状态分析

4.1 抚河唱凯堤决口段洪水组成

抚河唱凯段洪水由廖坊水库下泄和廖坊水库至唱凯堤区间(包括临水)来水组成,总集雨面积约 $14\,000\text{ km}^2$ 。其中,廖坊水库集雨面积 $7\,060\text{ km}^2$,区间约 $6\,900\text{ km}^2$ 。区间主要包括临水和芦河、梦港水、琅琊水等,集雨面积分别为 $5\,151$ 、 540 、 432 、 268 km^2 。

4.2 廖家湾站至唱凯堤决口处洪水传播时间

廖家湾站至唱凯堤决口处约 21.4 km ,洪水传播时间约4小时。

4.3 唱凯堤决口时的洪水组合

廖坊至廖家湾区间形成流量推算表如表4所示。

表4 廖坊至廖家湾区间形成流量推算表

时间 (月/日/时)	降水量/mm	径流深/m	区间流量/ $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$
06/18/14	2.1	1.4	83
06/18/20	0.1	0	85
06/19/02	2.0	1.4	89
06/19/08	58.4	43.7	524
06/19/14	51.1	44.1	1210
06/19/20	108.9	92.7	2280
06/20/02	24.2	20.2	2790
06/20/08	45.8	38.2	2810
06/20/14	59.2	49.3	2990
06/20/20	14.9	12.4	2860
06/21/02	4.2	3.5	2360
06/21/08	1.1	1.0	1830
06/21/14	0	0	1350
06/21/20	0	0	990
06/22/02	0	0	698
06/22/08	1.6	1.3	478
06/22/14	5.1	4.2	358

廖家湾站洪峰流量由廖坊水库出库及廖坊至廖家湾区间(区间面积 $1\,663\text{ km}^2$)来水组成,廖(下转第36页)

洪峰流量将超过 60 000 m³/s, 汉口将再现 1998 年高水位局面, 防汛形势将异常严峻。

3.3 避免了分蓄洪工程运用

7月25日4时, 丹江口水库发生了建库以来的第二大洪水, 入库洪峰流量 34 100 m³/s, 重现期接近 20 年, 由于当时汉江中下游流域降雨也较大, 汉江中下游各支流也相继发生不同规模洪水, 形势异常严峻。丹江口水库在实际调度中, 为缓解汉江中下游城市防汛压力, 严格控制泄, 最多时仅开启 6 个深孔渲泄洪水, 最大泄量仅为 6 540 m³/s。

本次洪水入库洪峰流量 34 100 m³/s, 来水频率接近 20 年一遇, 按照水库调度规程, 丹江口水库的下泄流量可以达到 14 200 m³/s, 而水库实际最大出库仅为 6 540 m³/s (削峰率为 80.8%), 极大的减轻了汉江中下游的防汛压力。按照规定, 当丹江口入库洪水超过 5 年一遇 (入库洪峰大于 25 300 m³/s) 时, 就可启用杜家台分洪区, 而实际调度中未启用。由于丹江口水库科学调度, 拦蓄洪水、合理控泄, 成功避免了杜家台分洪区的启用。

本场洪水调度结果最高库水位 154.95 m, 离正常蓄水位还有 2.05 m, 水库上下游防汛紧张有序, 洪水安然度过, 调度取得了巨大成功。

3.4 防洪效益估算

在丹江口水库发生 27 500 m³/s 入库洪水时, 根据洪水还原计算, 若没有丹江口水库, 汉江洪水将与长江干流洪水汇合, 汉口流量将超过 60 000 m³/s。由此带来的灾害损失, 无法估量。

丹江口水库发生 34 100 m³/s 入库洪水时, 根据洪水还原计算, 若没有丹江口水库, 皇庄洪峰流量将达 32 000 m³/s。但考虑到皇庄、新城相应过流能力分别为 20 000 m³/s、19 000 m³/s, 因此按 19 000 m³/s 控制, 民垸将分洪 9~10 亿 m³。

考虑到当时长江的汉口水位达到 27.30 m, 汉江洪水下泄流量已经受到了顶托作用。因此, 汉川的泄流能力不超过 9 000 m³/s 为宜。这样, 杜家台将分洪

14~15 亿 m³。

根据 1983 年洪水后的淹没损失调查情况, 并根据经济发展情况, 综合考虑认为, 总的防洪效益为 37 亿元 (2000 水平年, 下同)。其中, 减少河滩地淹没损失 5 亿元, 减少杜家台淹没损失 10 亿元, 减少民垸损失 22 亿元。

4 后期工程的防洪作用显著

丹江口大坝加高完成后, 水库的各项指标发生了较大变化。后期规模的防洪库容比初期规模增加 35.6~33.3 亿 m³, 调洪作用进一步加大, 即遇百年一遇洪水 (洪峰 54 000 m³/s) 时, 可确保下游防洪安全。

对于 2010 年夏季洪水, 按后期工程模拟调度结果如下:

(1) 按夏汛期汛限水位 160 m 起调, 入库、出库过程按今年实际入、出库过程进行调洪演算, 最高库水位为 168.04 m, 距 20 年一遇夏季洪水的最高坝前库水位 170 m 有较大余地。

(2) 如果根据今年汛前水库水位的调度情况, 7 月 17 日水库起涨时库水位 142.55 m, 较死水位高 3.55 m, 考虑后期工程死水位为 150 m 情况下起调水位为 153.55 m, 入库、出库过程按当时实际入、出库过程进行调洪演算, 最高库水位为 162.89 m, 不超过秋汛期汛限水位 163.50 m。

(3) 进一步分析认为, 如果起调水位为 153.55 m, 水库仅以发电流量 1 800 m³/s 下泄, 可拦蓄全部洪水, 至洪水结束水库水位将维持在 165.10 m 左右, 距 20 年一遇洪水的坝前最高库水位 170 m 仍有相当大的余地, 可确保汉江中下游水势平稳。

综上分析认为, 后期工程防洪作用将更为显著。

目前, 大坝加高已近尾声, 除堰孔的溢流面仍未加高外, 其余工程均到达最终规模高程。因此, 相信工程建成后, 将会取得更为显著的防洪效益。

(上接第 33 页) 家湾站 6 月 21 日 4 时洪峰水位 42.61 m (实测最高水位 42.78 m, 1982 年 6 月 18 日), 流量 7 330 m³/s (历年最大流量为 6 460 m³/s, 1998 年 6 月 23 日)。根据廖坊水库至廖家湾站传播时间为 9 小时, 因此, 廖家湾站洪峰流量是由廖坊水库 6 月 20 日 19 时的出库流量和区间来水组成。6 月 20 日 19 时廖坊水库出库 5 000 m³/s。

6 月 21 日 4 时前, 廖坊至廖家湾区间 42 小时累计降雨量 368 mm, 最大 6 小时降雨量 109 mm (19 日 14~20 时), 根据廖家湾洪峰流量和廖坊出库流量反推, 区间来水形成洪峰 2 330 m³/s。用区间单位线推算, 廖家湾出

现洪峰流量时, 区间流量约 2 170 m³/s, 基本一致。

4.4 唱凯堤溃决口时洪水过程状态

6 月 21 日 4 时, 廖家湾站洪峰水位 42.61 m, 21 日 11 时, 娄家村站洪峰水位 41.51 m。根据两站到达唱凯堤的传播时间为 4 小时左右计算, 廖家湾站与娄家村站成合最大流量为 11 920 m³/s, 出现时间为 21 日 4 时, 由此推断, 唱凯堤决口处最大流量出现在 21 日 8 时前后, 其流量 11 600 m³/s 左右。唱凯堤决口时间在 6 月 21 日 18 时 30 分, 此时, 唱凯堤处洪峰水位已过, 水位处于退水阶段。