

Refilling Operation Scheme Considering Water Supply for Danjiangkou Reservoir

Weixin Duan^{1,2}, Shenglian Guo¹, Yinshan Xu², Jie Li²

¹State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan Hubei

²Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei

Email: duanwx@cjh.com.cn

Received: Oct. 4th, 2017; accepted: Oct. 13th, 2017; published: Oct. 26th, 2017

Abstract

After the completion of middle line of South-to-North Water Project, the water supply task has become the second important goal only to flood control for Danjiangkou reservoir. As a precondition to meet the water requirement, based on the water supply dispatching rules and the different incoming water guarantee rates in water supply period, the annual runoff of wet, normal and low flow typical years, especially continuous dry years were selected to analyze the reservoir water level control index under different incoming water conditions. Water level needs to be stored up to about 165 m in order to complete the water supply during September to October in the low flow years. In the dry year, water level at the end of flood season needs to be stored up to 166 - 167 m to meet the demand for water supply. In the continuous dry years, water level needs to be stored up to normal water level for 1 - 2 years to ensure later water supply. Combining with the flood control requirement, a refilling operation scheme is suggested, in which the water supply guarantee rate can be increased about 10%.

Keywords

Water Supply, Water Level Control, Refilling Operation Scheme, Danjiangkou Reservoir

考虑供水调度的丹江口水库蓄水方案研究

段唯鑫^{1,2}, 郭生练¹, 许银山², 李 洁²

¹武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉

²长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

Email: duanwx@cjh.com.cn

收稿日期: 2017年10月4日; 录用日期: 2017年10月13日; 发布日期: 2017年10月26日

*特邀论文。

作者简介: 段唯鑫, 男, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事水文预报及水库调度方面研究。

摘要

南水北调中线供水以来,确保供水任务的完成已成为丹江口水库仅次于防洪的重要目标。选取丰、平、枯水典型年,尤其是连续枯水年径流资料,基于丹江口供水调度规程,结合供水期不同来水保证率,以满足供水需求为前提,分析了丹江口水库不同来水条件下不同时期的库水位控制指标。在大部分枯水年,9~10月份水位需要蓄至165 m左右,才能完成供水。若遭遇设计枯水年,汛末水位需要蓄至166~167 m才能满足供水需求。而连续枯水年需要有1~2年水位蓄至正常水位,才能保证后期供水。结合防洪需求提出了丹江口水库的蓄水方案,供水保证率可提高10%左右。

关键词

供水调度,控制水位,蓄水方案,丹江口水库

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

丹江口水利枢纽位于汉江上游,于上世纪五十年代开工建设,1973年完成初期规模,是具有防洪、供水、发电、航运等综合利用效益的大型水利枢纽,也是开发治理汉江的关键工程和南水北调中线、鄂北调水的水源工程。为保障南水北调中线工程的实施,大坝于2005年开始进行加高工程,并于2014年12月12日正式开始向北方供水,全面转入终期规模正常运行阶段。

丹江口水库大坝加高后,由年调节水库变为多年调节水库[1],供水成为仅次于防洪的重要任务,但是防洪库容扩大的同时也意味着蓄水任务更加艰巨,根据建库以来的资料分析,在初期规模下,丹江口水库的蓄满率仅为23% [2];终期规模如果仍按照原设计方案,蓄满的机率则只有11.1% [3]。在保障防洪安全和供水需求的基础上,对丹江口水库蓄水方案进行研究,尽量提高水库蓄满率,保障南水北调供水的正常实施,是丹江口水库加高完成后亟待解决的问题。

2. 需水分析和调度方式

丹江口供水的对象分为汉江中下游、清泉沟(鄂北调水)及南水北调中线工程三部分[4],其中南水北调中线工程备受有关部门的高度重视和社会各界的广泛关注[5]。根据规划,北调水与当地各种水源联合供水、相互补充的情况下,各受水城市生活供水保证率可达95%以上,工业供水保证率达90%以上,其它类供水保证率达80%以上,可基本满足受水区域城镇供水保证率的要求。

丹江口水利枢纽对汉江中下游多年平均下泄水量为162.22亿 m^3 ,下泄流量一般不小于490 m^3/s ;南水北调中线一期多年平均调水量95亿 m^3 ,陶岔渠首设计流量350 m^3/s ,加大流量420 m^3/s ;清泉沟多年平均引水量6.28亿 m^3 ,隧洞渠首最大过流能力为100 m^3/s 。

丹江口水库按预报来水趋势及丹江口水库水位,以供水调度线作为调度控制水位,分区调度。供水调度线包括:①正常蓄水位线;②防洪调度线;③加大供水线1;④加大供水线2;⑤限制供水线;⑥降低供水线;⑦极限消落水位线。调度图见图1。

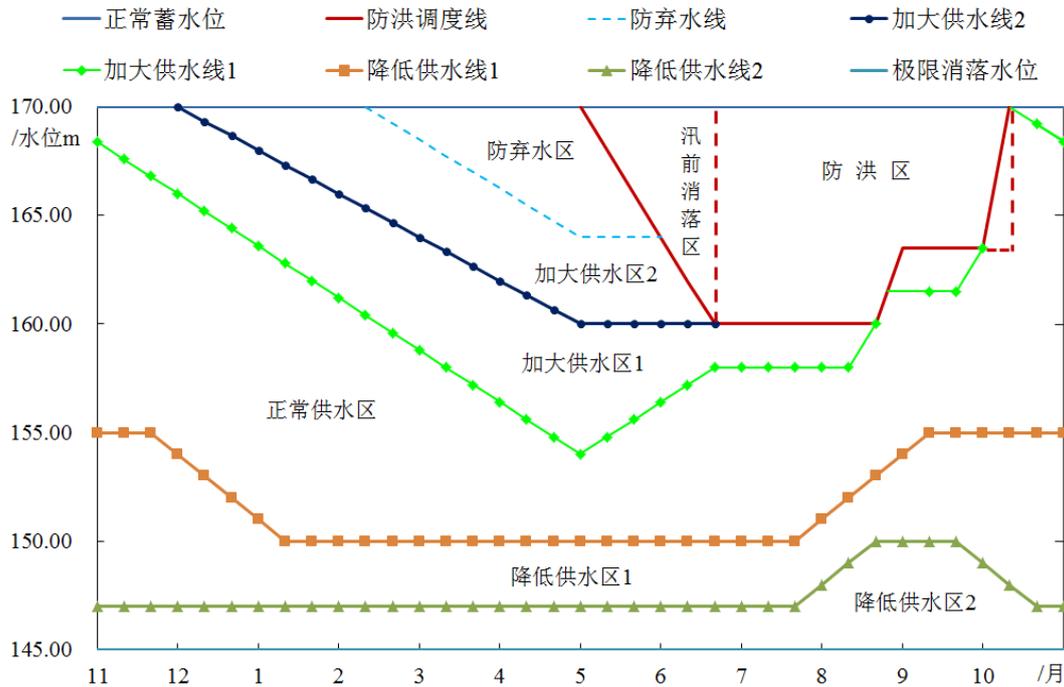


Figure 1. Water supply operating rule curves of Danjiangkou reservoir
图 1. 丹江口水库供水调度图

Table 1. List of natural flow frequency curve parameters at Danjiangkou reservoir
表 1. 丹江口天然径流频率曲线参数表

项目	均值	Cv	Cs/Cv	设计频率(%)年径流(亿 m ³)				
				50	75	80	90	95
水文年(5~次年 4 月)	379	0.39	2	360	273	252	205	174
日历年(1~12 月)	379	0.39	2	360	273	252	205	174
丰水期(5~10 月)	294	0.5	2	270	188	169	128	101
枯水期(11~4 月)	81.3	0.36	2	70	60	56	47	40

3. 典型年选取

根据丹江口水库初设阶段来水频率分析成果[6], 丹江口水库水文年、日历年、丰水期、枯水期频率曲线参数见表 1。

收集 1929 年 5 月~2015 年 4 月共 86 年(水文年)丹江口水库入库径流资料进行频率分析, 包括水文年、枯期(11 月~次年 4 月)和汛期(5 月~10 月)径流量, 作为典型枯水年选取的依据。

典型枯水年主要选取对供水不利的典型年, 如秋汛期来水较小、枯水期前丰后枯的年份等。连续枯水年选择了最长时间的连续枯水年 1990~1995 年(连续 6 年小于均值)和最为不利的 1976~1978 年、1997~1999 年(1997、1999 年来水保证率均在 95% 以上)。典型年(水文年)选取结果及选取理由见表 2。

基于选取的典型枯水年, 根据不同来水频率对应的径流量对典型年来水过程进行放大, 包括 50%、75% 和 95%、99% 四种来水过程。按照设计阶段的成果, 50% 为正常来水年, 75% 偏枯来水年, 95% 为枯水年, 供水调度方式按照调度图规则计算[7]。分析发现, 秋汛期(8 月下旬至 10 月)来水较少或枯水期来水较少的典型年对供水较为不利, 其中以 1956、1991 年典型来水过程对供水最为不利。

4. 满足供水要求的库水位控制指标分析

4.1. 典型枯水年的库水位控制指标

依据上节选取的来水过程和供水调度方式,采用逆时序递推的方式推求不同来水频率各时间节点的库水位控制指标,其中起始递推水位(消落期末5月1日水位)按极限死水位(145 m)和死水位(150 m)两种情况考虑。不同来水频率下各典型年库水位递推过程的外包线见图2。

如图2所示,对于75%以上的枯水年,部分典型年在秋汛期来临之前,水库需要蓄至汛限水位以上才能满足供水需求,具体蓄水控制指标见表3。

从表3可以看出,在来水频率为75%的偏枯来水年,丹江口水库8月21日水位需要蓄至163.6 m,9月11日水位蓄至165.2 m,10月1日水位需要蓄至164.6 m才能满足供水需求。而在来水频率为95%枯水年份,8月21日库水位需要蓄至167.1 m(远超夏汛期的汛限水位),9月11日水位需要蓄至167.3 m(超秋汛期的汛限水位),

Table 2. Results of typical year selection

表2. 典型年选取结果

项目	典型年	来水频率(%)	丰枯特性及选取理由
枯水年	1956	24.14	夏汛期来水较多,秋汛期来水偏少
	1958	5.75	
	1990	59.77	夏汛期来水较多,秋汛期来水偏少,枯水期来水偏少
	1991	74.71	
	1994	77.01	秋汛期来水相对较少,枯水期前枯后丰
	1997	98.85	
	1999	96.55	全年来水较均匀,但总体来水偏少
	2013	75.86	秋汛期来水相对较少,11~3月来水相对较少
连续枯水年	1976~1978	70.11、82.76、85.06	连续3年年径流频率在70%以上,且1977、1978年年径流频率大于80%
	1990~1995	59.77、74.71、60.92、57.47、77.01、87.36	连续6年年径流频率在50%以上
	1997~1999	98.85、63.22、96.55	连续3年年径流频率在60%以上,且1997、1999年年径流频率大于95%

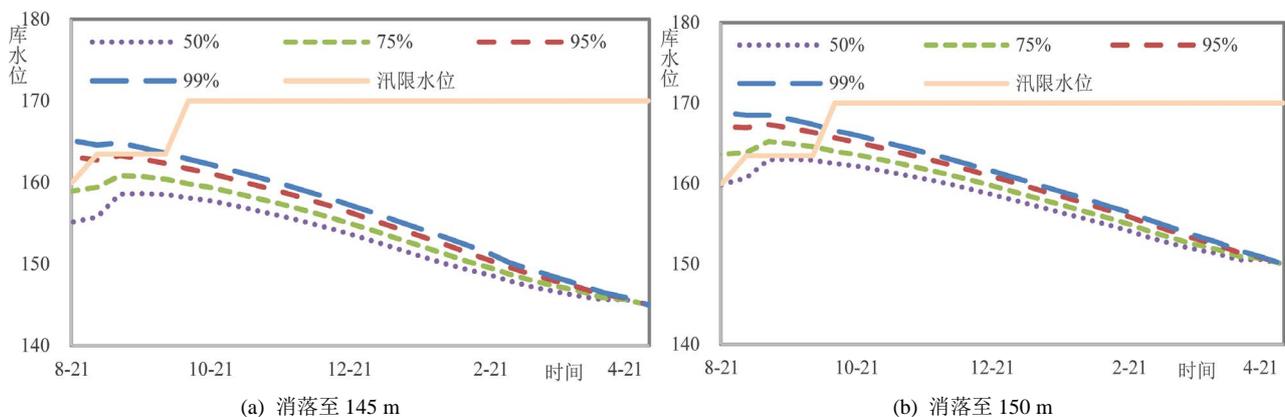


Figure 2. Scheduling processes under different run off frequencies during water supply period

图2. 不同来水频率供水期调度过程外包线

Table 3. Reservoir water level control index under different run off frequencies
表 3. 不同来水频率各时期库水位控制指标

时间节点	来水频率						
	消落至 150 m			消落至 145 m			
	95%	75%	50%	99%	95%	75%	50%
8月21日	167.1	163.6	159.9	165.1	163.1	158.9	155.1
9月1日	166.9	163.9	160.7	164.6	162.8	159.4	155.8
9月11日	167.3	165.2	163.0	164.9	163.3	160.9	158.6
9月21日	166.9	165.0	163.0	164.2	162.9	160.7	158.6
10月1日	166.4	164.6	162.9	163.6	162.4	160.4	158.5
10月11日	165.7	164.0	162.5	162.8	161.7	159.9	158.1
10月21日	165.1	163.6	162.2	162.2	161.1	159.4	157.7
11月1日	164.4	163.0	161.6	161.4	160.3	158.7	157.1
11月11日	163.8	162.4	161.1	160.6	159.6	158.0	156.5
11月21日	163.1	161.8	160.6	159.8	158.8	157.4	155.9
12月1日	162.4	161.1	160.0	159.0	158.0	156.6	155.2
12月11日	161.7	160.4	159.3	158.2	157.2	155.8	154.5
12月21日	160.9	159.7	158.6	157.3	156.3	155.0	153.7
1月1日	160.0	158.9	157.9	156.2	155.3	154.0	152.7
1月11日	159.2	158.1	157.1	155.3	154.4	153.1	151.8
1月21日	158.4	157.4	156.4	154.3	153.4	152.2	151.0
2月1日	157.5	156.5	155.6	153.3	152.4	151.2	150.0
2月11日	156.7	155.7	154.9	152.3	151.4	150.3	149.3
2月21日	155.9	154.9	154.1	151.2	150.4	149.5	148.6
3月1日	155.0	154.2	153.4	150.2	149.6	148.8	147.9
3月11日	154.1	153.3	152.6	149.3	148.7	148.0	147.2
3月21日	153.3	152.6	151.9	148.4	147.9	147.3	146.6
4月1日	152.4	151.8	151.3	147.5	147.1	146.7	146.1
4月11日	151.4	150.9	150.5	146.5	146.3	145.9	145.6
4月21日	150.8	150.7	150.6	145.9	145.8	145.7	145.7
5月1日	150.0	150.0	150.0	145.0	145.0	145.0	145.0

10月1日水位需要蓄至 166.4 m 才能满足供水需求。

死水位 150 m 和极限死水位 145 m 间为应急供水区，若供水期末水位消落至 145 m，在来水频率为 95% 的枯水年，丹江口水库 8 月 21 日水位需要蓄至 163.1 m，9 月 11 日水位需要蓄至 163.3 m，10 月 1 日水位需要蓄至 162.4 m 才能满足供水需求。而在来水频率为 99% 的极枯来水年份，8 月 21 日库水位需要蓄至 165.1 m，9 月 11 日水位需要蓄至 164.9 m，10 月 1 日水位需要蓄至 163.6 m 才能满足供水需求。

4.2. 连续枯水年的库水位控制指标

选取连续枯水年，采用逆时序和顺时序递推相结合的方法，分析丹江口库水位控制指标。连续枯水年调度过程分别见图 3，图 4 和图 5。

选取的三个连续枯水年份，1997~1999 年来水最为不利，1997 年和 1999 年全年和枯期来水频率均在 95% 以上，因此无论是顺推还是逆推计算，均有连续多个时段供水遭到破坏，即使在 1998 年汛末丹江口水库蓄至正常蓄水位也无法满足 1999 年供水需求。

对于 1976~1978 连续枯水年组，3 年来水频率在 70%~85% 之间，来水量较 1997~1999 年大，因此在计算时，除从 150m 起调逆推计算有多个时段供水遭到破坏外，其它调度方案基本能够满足供水需求。逆推计算时起调水位较高，按调度图供水时供水量会相对较大，因此同时调度期末的控制水位较高。

对于 1990~1995 年，虽然连续枯水年组的时间较长，但来水频率在 57%~88% 之间，来水的量级较另外两个枯水年组大，且来水频率较大的两年为 1994 和 1995 年，处在整个枯水年组的最末两年，因此除从 150 m 起调逆推计算有部分时段供水遭到破坏外，其它调度过程基本能够满足供水需求；顺推计算时，起调水位的高

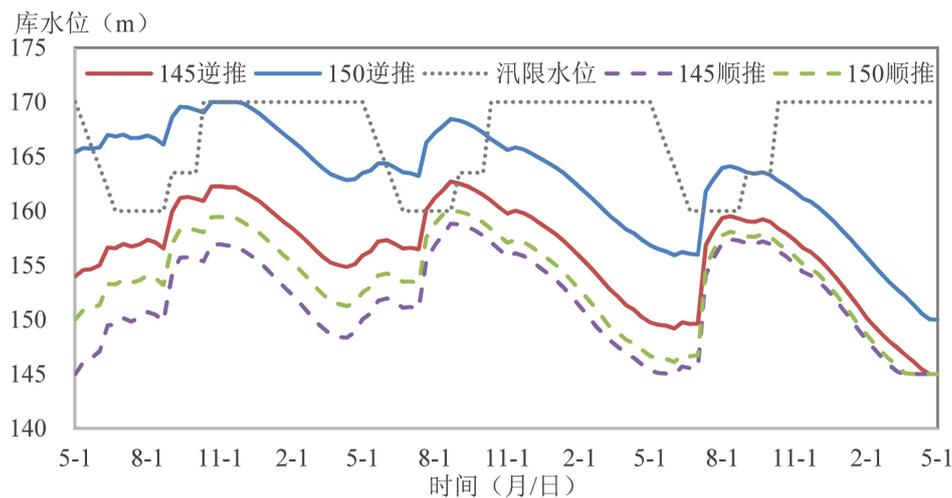


Figure 3. Scheduling processes from 1976 to 1978
图 3. 1976~1978 年调度过程

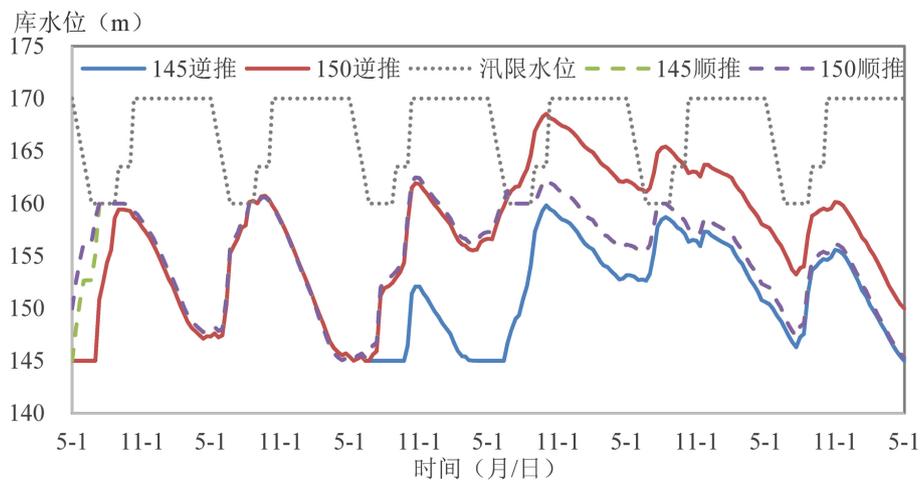


Figure 4. Scheduling processes from 1990 to 1995
图 4. 1990~1995 年调度过程

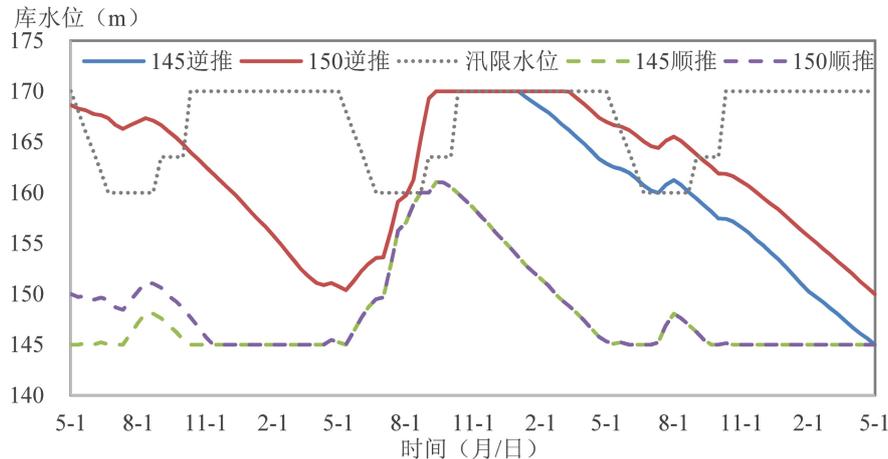


Figure 5. Scheduling processes from 1997 to 1999

图 5. 1997~1999 年调度过程

低对调度过程的影响程度相对较小。

5. 丹江口水库蓄水方案

5.1. 防洪需求

根据汉江洪水特性研究[8], 8月6日至20日汉江上游洪水发生频次不高, 尤其是大量级的洪水发生的概率低, 出现年最大洪峰的概率不足5%, 上中游来水遭遇可能性较小, 可结合蓄水将库水位向秋汛期的汛限水位逐步过渡; 在秋汛期内的9月15日至30日, 降雨明显减少[9], 入库洪水发生的概率也相对较低, 仅发生两次超20,000 m³/s的洪水, 历史上的大洪水没有发生在9月15日之后的。因此, 9月15日以后可考虑配合蓄水, 逐步抬高运行水位。

秋汛期汉江流域洪水遭遇的可能性较小, 同时长江干流来水减少, 汉江下游受长江洪水顶托影响变小, 预泄能力逐步增加, 根据1954~2015年秋汛期历史实测洪水资料分析, 水库预泄能力在9~12亿m³, 折合水位约1~1.5m。

5.2. 考虑供水的丹江口水库蓄水方案

丹江口水库水位供水期末在死水位时, 若要保证95%以上枯水年供水, 8月21日水位需要蓄至汛限水位以上, 10月1日水位需要蓄至166m左右。综合考虑水库各时期水位动态汛限控制目标和考虑因素列表见表4, 表中供水因素考虑枯水年供水期末消落至150m。

6. 风险和效益

通过实测洪水、设计洪水进行各分期超额洪量计算, 以研究按照蓄水方案, 在蓄水期间遭遇相应的洪水, 根据调度规程调度, 产生的风险。选取的实测秋季典型洪水有“54.8”、“60.9”、“64.10”、“75.10”、“83.10”、“84.9”、“03.9”、“05.10”、“05.8”、“11.9”共十场洪水过程, 均为十年一遇以上级别的洪水。若选取的洪水前后期发生了较大洪水, 也一并进行了研究。

8月21日至9月15日: 该时期已逐步进入秋汛期, 根据调度规程, 控制皇庄不超12,000 m³/s最大超额洪量为42.72亿m³(2003年9月洪水), 即使丹江口水库自该时期蓄水期的最高水位165m起调, 最终调洪水位也在169.5m以下, 防洪风险不大。

9月15日至30日: 最为不利的来水过程为1964年9月来水, 9月15日以后发生两次洪水过程, 第一次洪水

Table 4. Water level control objectives during storage period sat Danjiangkou reservoir**表 4.** 丹江口水库蓄水期水位控制目标表

时期	防洪因素	防洪预泄因素	供水因素	蓄水方案
8.6~20	大洪水发生的概率低。	洪水遭遇频率低, 预泄能力大。	适当考虑蓄水, 8月21日水位蓄至秋汛期汛限水位。	可逐步过渡到秋汛期汛限水位 163.5m。
8.21~31	入库洪峰发生较为集中。	洪水遭遇概率高, 预泄能力按照 9 亿 m ³ 考虑, 折合水位约为 1 m。	枯水年 9 月 1 日水位需蓄至 166.9 m。	主要考虑预泄能力, 汛限水位以上浮动 1 m, 即 164.5 m。
9.1~15	入库洪峰发生较为集中。	洪水遭遇概率降低, 长江干流水位逐步消退, 预泄能力按照 12 亿 m ³ 考虑, 折合水位约为 1.5 m。	枯水年 9 月 11 日水位需蓄至 167.3 m。[偏枯水年(消落至死水位)和特枯水年(消落至极限死水位)需蓄至 165 m 左右。]	主要考虑预泄能力, 结合蓄水, 汛限水位以上浮动 1.5 m, 即 165 m。
9.16~30	未发生过历史大洪水。	预泄能力较大。	枯水年 9 月 21 日水位需蓄至 166.9m。	在无强降雨的情况下, 考虑 9 月底 10 月初蓄水, 蓄水位逐步上浮至 166 m; 9 月底在无雨的情况下, 可再上浮 1.5 m, 达到 167.5 m。
10.1 以后	有可能发生较大洪水, 频率不高。	预泄能力较大。	10 月 1 日水位需蓄至 166.4m。	根据水雨情预报, 丹江口水库逐步蓄水至正常高水位。

超额洪量为 44.29 亿 m³, 若按照前述分析水库水位上浮 1.5 m, 9 月 16 日自 165 m 起调, 最高调洪水位在 169.5 m 以下; 第一次洪水至 20 日基本结束, 按照目前的预报水平[10] [11] [12], 可以看到后期(3 天以内)有一次降雨过程, 一直保持预泄, 第二场洪水最高调洪水位在 167 m 左右。

10 月 1 日以后: 按照提出的 9 月底最高水位 167.5 m 考虑, 若发生最为不利的“83.10”洪水(秋季五十年一遇), 按照调度规程, 调洪水位可达 171.7 m。167.5 m 至 171.7 m 尚有库容约 44 亿 m³, 即使按照十至二十年一遇洪水标准对皇庄进行补偿调度, 保障皇庄流量不超 17,000 m³/s 的超额洪量也只有 44.7 亿 m³, 在上游水库适度拦蓄的情况下, 风险不大。

设计洪水中, 以 1964 年 10 月洪水超额洪量最大, 遭遇“64.10”型百年一遇洪水, 自 167.5 m 起调, 水库超额洪量约为 5 亿 m³, 在强降雨发生时, 提前一天预泄 5 亿 m³ 洪水或采用上游水库群联合防洪是可行的, 风险可控。

根据提出的水库蓄水方案, 模拟调度 1954~2015 年共 62 年供水过程, 平均可提高供水保证率 10% 左右。其中若 8 月 21 日、10 月 1 日库水位分别可达到 163.5 m、166 m, 丹江口水库的供水保证率较原调度规程操作分别提高了 19% 和 6.3%。

7. 结论和建议

本文根据历史实测径流资料, 选取来水较枯的典型年, 对丹江口水库供水过程进行了模拟调度研究, 研究发现, 在供水期末消落至死水位 150 m, 遭遇 95% 频率来水年, 9~10 月份水位需要蓄至 166~167 m 才能满足供水需求。选取的三组连续枯水年组中 1997~1999 年对供水最为不利, 即使在 1998 年汛末丹江口水库蓄至正常蓄水位也无法满足 1998 年供水期及 1999 年供水需求, 其他连续枯水年, 也需要有 1~2 年能够蓄至正常水位, 才能保证供水。

结合防洪方面的研究, 研究制定丹江口水库蓄水方案为: 8 月 6 日至 20 日, 水库开始蓄水, 逐步过渡到秋汛期汛限水位 163.5 m; 8 月 21 日至 31 日水位逐步蓄至 164.5 m 左右; 9 月 1 日至 15 日, 水位逐步蓄至 165 m 左右; 9 月 15 日之后, 在后期无强降雨的情况下, 水位可逐步上浮至 166~167.5 m; 10 月 1 日开始逐步蓄水至 170 m 高的正常高水位。

根据本文提出的蓄水方案,对蓄水期发生的十年一遇以上级别的实测洪水和百年一遇以下的设计洪水进行了风险分析,发现蓄水期间遭遇到这些洪水时风险较小,供水保证率较原调度规程操作提高了10%左右。

考虑到降雨的不确定性,在实际操作过程中,一旦遭遇强降雨,应当立即停止蓄水,必要时及时预泄,尽量将水位降至汛限水位。

基金项目

国家自然科学基金重点项目(51539009)。

参考文献 (References)

- [1] 丹江口水库调度规程(试行) [R]. 武汉: 水利部长江水利委员会, 2016.
Dispatching rules of Danjiangkou reservoir. Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, 2016.
- [2] 胡振鹏, 冯尚友, 余敷秋. 丹江口水库汛末水位控制策略[J]. 水利水电技术, 1991(11): 1-7.
HU Zhenpeng, FENG Shangyou and YU Fuqiu. The control strategy of water level at the end of flood season for Danjiangkou Reservoir. Water Resources and Hydropower Engineering, 1991(11): 1-7.
- [3] 霍军军, 许继军, 张莉莉. 丹江口水库汛末提前蓄水策略探讨[J]. 长江科学院院报, 2011, 28(12): 68-71.
HUO Junjun, XU Jijun and ZHANG Lili. Impoundment in advance at the end of flood season for Danjiangkou Reservoir. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28(12): 68-71.
- [4] 胡军, 刘松, 胡永光, 孙启伟, 穆青青. 丹江口水库优化调度与效益分析[J]. 人民长江, 2012(20): 8-11.
HU Jun, LIU Song, HU Yongguang, SUN Qiwei and MU Qingqing. Optimal operation of Danjiangkou reservoir and benefit analysis. Yangtze River, 2012(20): 8-11.
- [5] 杨光, 郭生练, 李立平, 洪兴骏, 王乐. 考虑未来径流变化的丹江口水库多目标调度规则研究[J]. 水力发电学报, 2015(12): 54-63.
YANG Guang, GUO Shenglian, LI Liping, HONG Xingjun and WANG Le. Multi-objective operation rules for Danjiangkou reservoir under future runoff changes. Journal of Hydroelectric Engineering, 2015(12): 54-63.
- [6] 丹江口水利枢纽水库调度工作手册[Z]. 丹江口水利枢纽管理局, 1983.
Handbook of Danjiangkou reservoir operation. Danjiangkou Hydro-Junction Administration, 1983.
- [7] 张利升, 张睿, 孟明星. 丹江口水利枢纽供水调度方式[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(3): 25-29.
ZHANG Lisheng, ZHANG Rui and MENG Mingxing. The study on water-supply scheduling ways of Danjiangkou hydro project. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(3): 25-29.
- [8] 郭生练, 汪芸, 周研来, 等. 丹江口水库洪水资源调控技术研究[J]. 水资源研究, 2015, 4(1): 1-8.
GUO Shenglian, WANG Yun, ZHOU Yanlai, et al. Optimal control of flood water resources for the Danjiangkou reservoir. Journal of Water Resources Research, 2015, 4(1): 1-8.
- [9] 汪芸, 郭生练, 李天元. 丹江口水库提前蓄水方案[J]. 武汉大学学报(工学版), 2014, 47(4): 433-439.
WANG Yun, GUO Shenglian and LI Tianyuan. Study of scheme of impounding in advance for Danjiangkou reservoir. Engineering Journal of Wuhan University, 2014, 47(4): 433-439.
- [10] 王本德, 朱永英, 张改红, 等. 应用中央气象台24 h降雨预报的可行性分析[J]. 水文, 2005, 25(3): 30-34.
WANG Bende, ZHU Yongying, ZHANG Gaihong, et al. Feasibility analysis of applying 24 h precipitation forecasts from the central meteorological Observatory. Hydrology, 2005, 25(3): 30-34.
- [11] 邱瑞田, 王本德, 周惠成. 水库汛期限制水位控制理论与观念的更新探讨[J]. 水科学进展, 2004, 15(1): 68-72.
QIU Ruitian, WANG Bende and ZHOU Huicheng. New idea for controlling the limited elevation of reservoirs in the flood season. Advances in Water Science, 2004, 15(1): 68-72.
- [12] 周惠成, 李丽琴, 胡军, 等. 短期降雨预报在汛限水位动态控制中的应用[J]. 水力发电, 2005, 31(8): 22-26.
ZHOU Huicheng, LI Liqin, HU Jun, et al. Dynamic control of reservoir normal level in flood season based on short-term rainfall forecast. Water Power, 2005, 31(8): 22-26.