



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2017.03.010

董占飞, 王丕国, 梁国华, 等. 英那河水库防洪预报调度方案制定与分析[J]. 南水北调与水利科技, 2017, 15(3): 55-59. DONG Zharr fei, WANG Pi guo, LIANG Guo hua, et al. The analysis of flood forecast operation scheme for Yingnahe Reservoir[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2017, 15(3): 55-59. (in Chinese)

英那河水库防洪预报调度方案制定与分析

董占飞¹, 王丕国², 梁国华¹, 周惠成¹

(1. 大连理工大学 水利工程学院, 辽宁 大连 116024; 2. 大连市供水有限公司, 辽宁 大连 116021)

摘要: 英那河水库不仅承担着水库上下游的防洪任务, 同时作为大连市重要的水源地, 其水资源利用效率对于大连市的社会经济发展极其重要, 因此水库防洪调度方案的研究具有重要意义。针对英那河水库改扩建后没有适用于目前水库汛期防洪调度的方案问题, 通过分析水库产流预报和退水预报的可利用性, 并在此基础上, 以累积净雨、入库流量和水库水位作为改变水库出库流量的判别指标, 研究制定了考虑预报信息的英那河水库防洪调度方案。结果表明: 考虑预报信息的英那河水库预报调度方案不仅满足水库调度原则, 合理可行, 而且便于操作。方案利用退水余量作为水库预泄后回蓄水量, 在保证水库兴利效益, 提高洪水资源利用效率的同时, 还提高了水库的防洪能力。

关键词: 英那河水库; 预报信息; 退水预报; 预报调度; 调度方案

中图分类号: TV 697.1 文献标识码: A 文章编号: 1672-1683(2017)03-0055-05

The analysis of flood forecast operation scheme for Yingnahe Reservoir

DONG Zharr fei¹, WANG Pi guo², LIANG Guo hua¹, ZHOU Hui cheng¹

(1. School of Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2. Dalian Water Supply Co., Ltd., Dalian 116021, China)

Abstract: Yingnahe reservoir is responsible for flood control in the basin, and it is an important water source of Dalian city. Its water resources utilization efficiency is very important to the social and economic development of Dalian city. As Yingnahe reservoir does not have a flood control operation scheme yet for the flood season after its reconstruction, we formulated a flood control operation scheme based on forecasting information after we analyzed the availability of runoff production forecast and water draining forecast of the reservoir, with the accumulated net rainfall, reservoir inflow and water level as judging indexes for changing the reservoir outflow. The results showed that the flood forecasting operation scheme can basically realize reservoir regulation, and is reasonable, feasible, and easy to operate. By using the water draining margin as the water storage capacity after pre discharge of the reservoir, the operation scheme not only ensures economical benefits, but also improves the flood resource utilization efficiency and flood control ability of the reservoir.

Key words: Yingnahe reservoir; forecast information; water draining forecast; forecast operation; operation scheme

英那河水库位于大连市庄河境内, 是一座以城市供水为主、兼顾上下游防洪的大型水利工程, 坝址

收稿日期: 2016-04-09 修回日期: 2016-06-08 网络出版时间: 2017-05-06

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20170506.1115.005.html>

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作项目(51320105010); 中央高校基本科研业务费专项资金资助(DU T16ZD204)

Funds: Major International Cooperation Project of National Natural Science Foundation (51320105010); The fundamental Research Funds for the Central Universities (DU T16ZD204)

作者简介: 董占飞(1989-), 男, 河北邢台人, 主要从事水库防洪调度方面研究。E-mail: dzf863@qq.com

通讯作者: 梁国华(1974-), 男(壮族), 广西隆安人, 副教授, 博士, 主要从事水资源可持续利用和防洪调度方面研究。E-mail: ghliang@dlu.edu.cn

以上控制流域面积 692 km^2 , 多年平均径流量 3.55 亿 m^3 (见图 1)。水库正常蓄水位为 79.10 m , 相应库容 2.31 亿 m^3 ; 防洪限制水位为 78.10 m , 相应库容为 2.08 亿 m^3 。英那河水库改扩建复核不同频率设计洪水时只给出了不同频率设计洪水调度过程限制最高水位和最大下泄流量, 导致后来不考虑预报信息的常规调度方案编制过程中, 出现调洪最高水位和下泄最大流量不满足水库上下游防洪要求的问题。因此有必要研究制定英那河水库的考虑预报信息的预泄调度方式, 以指导水库实时调度决策。

目前应用于水库预报调度的预报信息主要有洪水预报信息、降雨预报信息和退水预报信息^[16]。对于调节性能较好、洪水总量起控制作用的大型水库, 一般采用净雨总量作为判别指标制定预报调度规则或方案, 用以指导水库防洪调度^[7,13]。然而英那河水库流域面积较小, 暴雨洪水陡涨陡落, 洪水汇流时间短, 若完全采用预报净雨或入库流量作为调度决策的判别指标, 水库来不及预泄腾空防洪库容, 可能会给水库及下游带来风险。因此, 将在分析预报信息可利用性的基础上, 利用累积净雨、水库入流和水位作为水库调度的判别指标, 制定考虑预报信息的英那河水库洪水调度方案。

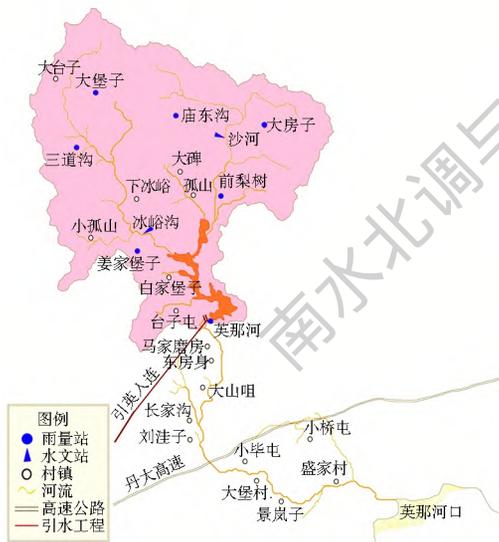


图 1 英那河流域概况

Fig. 1 The general situation of Yingnahe basin

1 预报信息的可利用分析

水库洪水预报调度方式与常规调度方式区别在于改变泄量的判别指标, 预报调度方式一般利用降雨预报信息、洪水预报信息和退水预报信息^[14,18]。本文在英那河水库预报调度方案研究时, 主要考虑累积净雨作为改变水库泄量的判别指标, 同时利用退水余量作为水库的回蓄水量。因此, 本节对英那河水

库产流预报信息和退水余量的可利用性进行分析。

1.1 洪水预报可利用分析

英那河水库改扩建于 2003 年竣工, 水雨情自动测报系统也开始投入运行, 目前系统运行稳定可靠, 可应用于实际防洪调度。由于系统运行时间较短, 目前较大的洪水只有 17 场, 利用大伙房模型所编制的洪水预报方案^[19], 产流模拟全部合格 (见表 1)。从表 1 中可以看出, 2011 年以后的洪水 (2010 年后水库管理制度才完备), 绝对误差基本都控制在 10 mm 以内, 而且对于大暴雨以上量级的洪水, 预报精度更高。因此, 该洪水预报方案可以指导实时洪水调度。

表 1 大伙房模型预报产流模拟计算成果

Tab. 1 The runoff simulation results of Dahuofang model

编号	洪号	前期土壤含水量 (%)	平均雨量 / mm	实测净雨量 / mm	预报净雨量 / mm	绝对误差 / mm	相对误差 (%)	是否合格
1	20050804	74.4	67.6	44.3	37.8	-6.5	-14.6	是
2	20050808	91.1	114.4	96.5	91.2	-5.3	-5.5	是
3	20060730	54.4	155.0	108.9	94.5	-14.4	-13.2	是
4	20060826	20.9	98.1	37.1	31.1	-6.0	-16.3	是
5	20080731	70.9	121.2	74.6	79.1	4.5	6.1	是
6	20080811	65.4	135.7	81.8	90.6	8.8	10.8	是
7	20100808	91.4	128.3	99.9	104.0	4.1	4.1	是
8	20100820	71.1	102.7	65.1	58.1	-7.0	-10.7	是
9	20110626	4.1	106.2	24.2	22.8	-1.4	-5.9	是
10	20120424	71.1	132.5	89.0	97.3	8.3	9.3	是
11	20120710	57.3	115.4	72.2	62.9	-9.3	-12.8	是
12	20120728	104.9	58.9	57.2	51.2	-6.0	-10.5	是
13	20120803	105.4	285.4	275.1	275.2	0.1	0.0	是
14	20130701	57.4	125.3	84.4	74.5	-9.9	-11.7	是
15	20130716	89.7	77.4	63.4	58.5	-4.9	-7.7	是
16	20130730	107.5	65.4	58.4	58.4	0.0	0.0	是
17	20130816	98.7	86.6	71.2	72.7	1.5	2.1	是

1.2 退水余量分析

由于英那河水库以供水为主, 如果预报调度过程中出现空报, 导致水库预泄以后水库回蓄不到汛限水位, 影响兴利效益的发挥, 因此有必要研究分析水库预泄失误后的回蓄水量。本文利用退水余量作为水库预泄后的回蓄水量, 通过对英那河水库历史洪水统计分析, 得到退水余量统计表 (见表 2)。当退水起始流量为 $60 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 后期入库水量还有 828 万 m^3 , 相当于英那河水库预泄过程中水位可以从 78.10 m (汛限水位) 降至 77.70 m , 对于更大的始退流量, 水库可以预泄到更低的水位。由此可见,

利用退水余量进行英那河水库实时水位动态控制, 可保障水库的兴利效益。

表 2 英那河水库退水余量统计

Tab. 2 Statistics of water draining margin of Yingnahe reservoir

退水起始流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	60	70	80	90	100	200	300	400	500
退水余量/万 m^3	828	9 378	1 053	1 182	1 349	2 238	2 957	3 633	3 926
径流深/mm	12.0	13.5	15.2	17.1	19.5	32.3	42.7	52.5	56.7
预泄最低水位/m	77.70	77.65	77.59	77.52	77.44	77.00	76.60	76.22	76.06

2 防洪预报调度方案研究

2.1 调度方案制定的基本思想及问题描述

在水库改变泄量的控制指标中, 累计净雨量要比入库洪峰流量提前预知, 更早于水库的坝前水位^[20-21]。因此, 采用预报信息作为决策信息, 可以提前预泄, 腾空防洪库容, 迎接洪水的到来。根据英那河水库的产汇流特性和调蓄能力, 利用水库汛限水位动态控制理论中预蓄预泄法^[20], 得到调度方案制定的基本思想是: 利用产流预报信息, 在有效预见期内尽可能多的预泄水量, 腾空库容; 同时又结合面临时刻的退水余量, 控制水库水位的下限, 避免无限制的降低水库, 影响水库正常兴利目标。

英那河水库是一座以城市供水为主, 兼顾防洪的大(0)型水利枢纽工程, 设计的防洪库容较小, 因此在实时调度中汛限水位只考虑下浮动态控制, 不考虑上浮, 以提高下游的防洪效益。在下浮控制的预泄中, 影响的主要因素包括预报净雨量、预见期内的入库水量、有效预见期、预见期内水库的预泄能力和下游河道允许泄量等, 实时调度阶段还包括面临时刻的水情、雨情、工情。其数学描述为:

$$W = (Q_{out} - Q_{in})T_y, Q_{out} \leq Q_{in} - Q_{区} \quad (1)$$

$$Z_i^- = f[V(Z_{limi}) - W + W_{in}], Z_i^- \geq Z_{di}^- \quad (2)$$

式中: W 为预见期内动态预蓄水量; Q_{in} 为下游防护点安全泄量; T_y 为洪水预报预见期减去信息传递、决策、闸门操作时间的有效预见期; Q_{in} 为退水阶段预见期 T_y 内的平均入库流量; $Q_{区}$ 为预见期内区间平均流量; Q_{out} 为有效预见期 T_y 内平均预泄流量。 Z_i^- 为对应不同频率设计洪水的调度过程中水库水位; Z_{di}^- 为不同退水余量下所确定的汛限水位动态控制下限极值, 可由表 2 内插计算得到; $f[\cdot]$ 为库容与水位关系; Z_{limi} 为水库汛限水位; W_{in} 为预见期内入库水量。

2.2 调度方案的制定

水库调度方案的制定以水库不同频率设计洪水及其相应的净雨过程为输入条件、以特征曲线和水库调度原则(表 3) 作为约束条件, 采用入库流量和

预报累积净雨作为改变水库出库流量的判别指标, 从水库汛限水位 78.10 m 开始起调, 所制定的英那河水库预报调度规则列入表 4 中, 不同频率的设计洪水调洪结果见表 5。

表 3 英那河水库不同频率设计洪水防洪约束条件

Tab. 3 Flood control constraints of different design flood frequencies of Yingnahe reservoir

洪水频率(%)	20	10	5	2	1	0.2	0.05
最高水位/m	79.10	79.10	79.25	79.48	79.72	80.54	81.20
最大下泄流量/($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	570	1 070	1 330	1 920	2 210	3 898	4 446

表 4 英那河水库预报调度规则

Tab. 4 Forecast operation rules of Yingnahe reservoir

泄流判断指标		出库流量	允许最高水位/mm
入库流量 $Q_{in}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	累积净雨 R/mm	$Q_{out}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	
$Q_{in} \leq 60$	$R \leq 3$	$Q_{out} = Q_{in}$	78.10
	$3 < R$	250	-
$60 < Q_{in} \leq 500$	$R \leq 3$	$Q_{out} = Q_{in}$	78.10
	$3 < R \leq 5$	250	-
	$5 < R \leq 8$	300	-
	$8 < R \leq 10$	400	-
$500 < Q_{in} \leq 570$	$10 < R$	500	-
		$Q_{out} = Q_{in}$	-
$570 < Q_{in} \leq 1 560$		570	79.10
$1 560 < Q_{in} \leq 2 190$		1 070	79.10
$2 190 < Q_{in} \leq 2 810$		1 330	79.25
$2 810 < Q_{in} \leq 3 640$		1 920	79.48
$3 640 < Q_{in} \leq 4 290$		2 210	79.72
$4 290 < Q_{in} \leq 5 780$		3 898	80.54
$5 780 < Q_{in} \leq 7 050$		4 446	81.20

2.3 调度方案合理性分析

由表 5 可知, 所制定的英那河水库预报调度方案, 不同频率设计洪水的调洪过程中最高水位和最大泄量均小于等于不考虑预报的常规调度方案, 且满足水库防洪调度原则约束, 同时调洪最高水位比约束值至少降低了 0.01 m, 提高了水库防洪效益, 保障了水库防洪安全, 因此预报调度方案优

表 5 英那河水库洪水调度计算结果

Tab. 5 The flood operation calculation results of Yingnahe reservoir

洪水量级	调度方案	水位/m			流量/(m ³ ·s ⁻¹)		
		最高水位	约束值	高于约束值	最大泄流	约束值	高于约束值
5 年一遇	常规调度	79.12	79.10	0.02	697	570	127
	预报调度	78.62	79.10	-0.48	570	570	0
10 年一遇	常规调度	79.12	79.10	0.02	1 120	1 070	50
	预报调度	78.67	79.10	-0.43	1 070	1 070	0
20 年一遇	常规调度	79.34	79.25	0.09	1 920	1 330	590
	预报调度	79.20	79.25	-0.05	1 330	1 330	0
50 年一遇	常规调度	79.50	79.48	0.02	2 240	1 920	320
	预报调度	79.39	79.48	-0.09	1 920	1 920	0
100 年一遇	常规调度	79.77	79.72	0.05	2 880	2 210	670
	预报调度	79.71	79.72	-0.01	2 210	2 210	0
500 年一遇	常规调度	79.53	80.54	-1.01	3 989	3 989	0
	预报调度	79.58	80.54	-0.96	3 989	3 989	0
2000 年一遇	常规调度	80.14	81.20	-1.06	4 446	4 446	0
	预报调度	79.99	81.20	-1.21	4 446	4 446	0

于常规调度方案。由于预报调度采用累积净雨和入库流量作为改变水库出库流量的判别指标,提前判断当前洪水的标准,进行预泄调度,增加了部分防洪库容,提高了水库防洪调蓄能力。如 20 年一遇洪水的调度过程(见图 2),考虑了预报信息从第 4 时段到第 15 时段,采用预泄调度,预泄水量为 859 万 m³,调度过程中水库最低水位为 77.68 m,最高水位为 79.20 m,比常规调度的最高水位低 0.14 m,防洪效益明显。入库流量达到 500 m³/s 时,停止预泄,此时若洪水不再继续上涨,退水余量还有 3 926 万 m³,预泄的水量只占 21%,因此水库完全可以回蓄至汛限水位,即使预泄失误,也不影响水库的兴利要求。

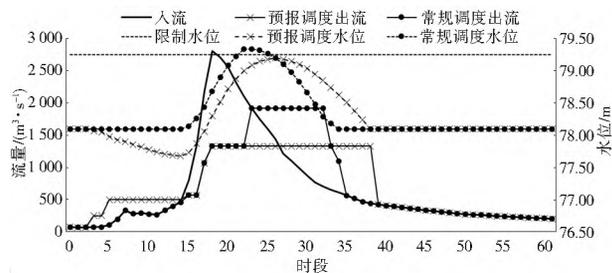


图 2 英那河水库 20 年一遇洪水调度过程

Fig. 2 The operation process for 5% frequency flood in Yingnahe reservoir

3 结论

针对英那河水库调度中存在的问题,本文通过分析英那河洪水预报方案的精度及其可利用性,以

及退水预报用于水库进行预泄调度的可行性,将累积净雨和入库流量作为改变水库泄流的判别指标,研究制定了英那河水库预报调度方案。该方法制定的预报调度方案不仅满足水库调度原则,便于实际应用操作,而且不同频率设计洪水预报调度过程中最高水位相对常规调度至少降低 0.06 m,最大下泄流量也均满足水库调度要求。同时由于预报调度方案判别指标较常规调度方案能提前获知,达到了预泄调度的目标,使水库在调度过程中至少增加了 406 万 m³ 防洪库容,提高了水库防洪效益;同时也利用退水余量与退水流量之间关系,得到不同始退流量下水库的退水余量,使得在预泄失误的情况下,水库可以利用退水余量回蓄至汛限水位,确保了水库兴利需求。

参考文献(References):

- [1] 大连理工大学,国家防汛抗旱总指挥部办公室. 水库防洪预报调度方法及应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,1996. (Dalian University of Technology, State Flood Control and Drought Relief Headquarters of China. Reservoir flood forecast operation methods and their application [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2006. (in Chinese))
- [2] 卢迪,彭勇,徐炜,等. 气象集合预报在水文领域中的应用研究进展[J]. 南水北调与水利科技, 2014, 12(2): 116-119. (LU Di, PENG Yong, XU Wei, et al. Research progress on hydrological application of meteorological ensemble forecast [J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2014, 12(2): 116-119. (in Chinese)) DOI: 10.13476/j.cnki.cnki.nsbdqk.2014.02.027

- [3] 彭勇,周惠成,胡宏达,等.尼尔基水库洪水调度方案研究[J].水电能源科学,2011,29(8):35-37.(PENG Yong,ZHOU Hui cheng,HU Hong da,et al. Research on flood control scheme for Nierji reservoir[J]. Water Resources and Power, 2011, 29(8): 35-37. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1000-7709.2011.08.011
- [4] 王哲.碧流河水库考虑降雨预报信息的实时防洪预报调度研究[D].大连:大连理工大学,2013.(WANG Zhe. Research of real time flood control forecast operation by considering rainfall forecast information in Biliuhe reservoir[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2013. (in Chinese))
- [5] 贾志峰,刘招,朱红艳,等.基于双指标的安康水库防洪预报调度规则研究[J].长江流域资源与环境,2012,21(10):1281-1286.(JIA Zhifeng,LIU Zhao,ZHU Hongyan,et al. Research on flood forecast operation scheme with double indicators for Ankang reservoir[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2012, 21(10): 1281-1286. (in Chinese))
- [6] 刁艳芳.双标准的水库防洪预报调度方式研究及其应用[D].大连:大连理工大学,2010.(DIAO Yanfang. Research and application on the double standard flood control forecast operation mode [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2010. (in Chinese))
- [7] 刘招,黄强,于兴杰,等.基于6h预报径流深的安康水库防洪预报调度方案研究[J].水力发电学报,2011,30(2):4-10.(LIU Zhao,HUANG Qiang,YU Xingjie,et al. A flood forecast operation scheme for Ankang reservoir based on six hours runoff forecast information[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2011, 30(2): 4-10. (in Chinese))
- [8] 曹永强,殷峻暹,胡和平.水库防洪预报调度关键问题研究及其应用[J].水利学报,2005,36(1):51-55.(CAO Yongqiang,YIN Junxian,HU He ping. Study on key point of reservoir regulation based on flood forecasting and its application[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36(1): 51-55. (in Chinese))
- [9] 丁伟,梁国华,周惠成,等.基于洪水预报信息的水库汛限水位实时动态控制方法研究[J].水力发电学报,2013,32(5):41-47.(DING Wei,LIANG Guohua,ZHOU Hui cheng,et al. Real time dynamic control of limited water level of reservoir based on flood forecast information[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2013, 32(5): 41-47. (in Chinese))
- [10] 冯宝飞,高袁,陈瑜彬,等.丹江口水库"10.07"洪水水文气象耦合预报调度[J].人民长江,2011,42(6):41-44.(FENG Baofei,GAO Yuan,CHEN Yubin,et al. Coupling technology of hydrology and meteorology for forecast and regulation of flood of Danjiangkou Reservoir in July, 2010[J]. Yangtze River, 2011, 42(6): 41-44. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2011.06.012
- [11] 杨金桥.桓仁水库后汛二期防洪预报调度方式研究[D].大连:大连理工大学,2014.(YANG Jinqiao. Research on flood control forecast operation in later flood season in Huanren reservoir [D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2014. (in Chinese))
- [12] 袁晶璋,王本德,田力.白龟山水库防洪预报调度方式研究及风险分析[J].水力发电学报,2010,29(4):132-138.(YUAN Jingzhang,WANG Bende,TIAN Li. Research of Flood Control Operation Mode based on Forecast Information and Risk Analysis for Baiguishan Reservoir[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010, 29(4): 132-138. (in Chinese))
- [13] 王晓鹏.闹德海水库汛期水沙预报调度方式研究[D].大连:大连理工大学,2013.(WANG Xiaopeng. Study on operation mode according to water and sediment forecasting in flood season of Naodehai reservoir[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2013. (in Chinese))
- [14] 张东方,包振茹,尹雅清,等.于桥水库防洪预报调度方式的探讨[J].中国防汛抗旱,2008,3:54-56.(ZHANG Dongfang,BAO Zhenru,YIN Yaqing,et al. Study on Flood Forecast Operation for Yuqiao Reservoir[J]. China Flood & Drought Management, 2008, 3: 54-56. (in Chinese))
- [15] 王本德,刁艳芳.基于双标准的水库防洪预报调度规则设计方法[J].水力发电学报,2010,29(3):39-45.(WANG Bende,DIAO Yanfang. Design the flood control forecast operation regulation based on double standards[J]. Journal of Hydroelectric Engineering, 2010, 29(3): 39-45. (in Chinese))
- [16] 公绪英.漳泽水库预报调度防洪能力研究[D].太原:太原理工大学,2007.(GONG Xuying. Flood capacity studies on fore discharge dispatching of Zhangze reservoir[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2007. (in Chinese))
- [17] 李玉荣,许银山,闵要武,等.三峡水库实时调度水文气象预报应用风险及控制[J].人民长江,2015,46(23):15-19.(LI Yurong,XU Yirshan,MIN Yaowu,et al. Research on risk and control of hydro meteorological forecasting application in real time operation of Three Gorges Reservoir[J]. Yangtze River, 2015, 46(23): 15-19. (in Chinese)) DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2015.23.004
- [18] 刘泽文.亭子口水利枢纽常遇洪水实时预报预泄调度研究[J].人民长江,2014(19):16-20.(LIU Zewen. Study on real time forecast and pre discharge operation for frequent flood in Tingzikou reservoir[J]. Yangtze River, 2014(19): 16-20. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1001-4179.2014.19.006
- [19] 大连理工大学,大连市供水有限公司.英那河水库防洪调度系统开发与研究[R].大连:大连理工大学,2015.(Dalian University of Technology, Dalian Water Supply Co., Ltd. Research and development on flood control scheduling system for Yingnahe reservoir[R]. Dalian: Dalian University of Technology, 2015. (in Chinese))
- [20] 王本德,周惠成,王国利,等.水库汛限水位动态控制理论与方法及其应用[M].北京:中国水利水电出版社,2006.(WANG Bende,ZHOU Hui cheng,WANG Guoli,et al. Theory and methods of dynamic control of flood limited water level and their application [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2006. (in Chinese))
- [21] 孙甜,董增川,朱振业,等.基于降水预报信息的棉花滩水库汛限水位动态控制模型[J].水利水电技术,2015,46(4):114-118.(SUN Tian,DONG Zengchuan,ZHU Zhenye,et al. Rainfall forecast information based dynamic control model of flood limited water level for Mianhuatan Reservoir[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2015, 46(4): 114-118. (in Chinese)) DOI: 10.3969/j.issn.1000-0860.2015.04.026