

大连理工大学学术研究丛书

水库汛限水位动态控制方法研究

*Research on Dynamic Control of Reservoir
Normal Elevation in Flood Season*

周惠成 王本德 王国利 袁晶瑄 著



大连理工大学出版社

水库汛限水位动态控制方法研究

周惠成 王本德 王国利 袁晶瑄 著

大连理工大学出版社

© 周惠成等 2006

图书在版编目(CIP)数据

水库汛限水位动态控制方法研究/周惠成等著. —大
连:大连理工大学出版社,2006. 6
(大连理工大学学术研究丛书)
ISBN 7-5611-3207-7

I. 水… II. 周… III. 水库—防洪—水位—动态
控制—研究 IV. TV697.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057006 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84703636 传真:0411-84701466

E-mail: dulp@dulp. cn URL: <http://www. dulp. cn>

大连理工印刷有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:140mm×203mm 印张:11.75 字数:295 千字

印数:1~3 000

2006 年 6 月第 1 版

2006 年 6 月第 1 次印刷

责任编辑:李建英

责任校对:邢林林

封面设计:孙宝福

定 价:40.00 元



周惠成，1958年4月生，吉林省农安县人。分别于1982、1984、1989年于大连理工大学获得学士、硕士和博士学位。现任大连理工大学教授、博士生导师，大连理工大学土木水利学院党委书记兼副院长，水资源与防洪研究所所长。中国水利学会水资源专业委员会委员，中国水力发电工程学会电力工程防汛与减灾专业委员会委员。《大连理工大学学报》、《南水北调与水利科技》编委。

国家水利建设专项基金项目——全国水库防洪调度决策支持系统工程，2003年获国家科技进步二等奖（排名第6）；基于语义数据库与Web GIS的黑龙省防汛信息服务系统，2003年获黑龙省科技进步二等奖（排名第1）；还获得省部级科技进步奖10余项。作为项目负责人，正在承担2项国家自然科学基金项目；完成水利部重大科技项目“水库汛限水位设计运用专题研究”专题4——水库汛限水位动态控制方法研究；完成黑龙省重大科技项目——黑龙省防汛指挥决策支持系统等。已发表论文80多篇。连续两次被评为辽宁省青年先进(科技)工作者，享受国务院特殊津贴。

内 容 摘 要

本书是水利部重大科技项目“水库汛限水位设计运用专题研究”中的专题4——“水库汛限水位动态控制方法研究”的系统研究成果，同时也收录了国家自然科学基金项目“水库汛限水位动态控制及其风险分析理论与方法研究(50479056)”的部分研究成果。

本书按项目的主要研究内容共分四篇。第一篇，洪水预报与降雨预报信息利用可能性研究；第二篇，水库汛限水位动态控制域值的确定，重点研究了“预报调度规划法”“预蓄预泄能力约束法”和“库容补偿法”；第三篇，汛限水位动态控制方法及应用研究，重点研究了“预蓄预泄法”“综合信息推理模式法”；第四篇，汛限水位动态控制风险与效益分析方法研究。

在研究中提出和应用了汛限水位动态控制的新理念，即从不可能发生事件出发，综合利用现代科学技术提供的一切有用信息，以弥补措施预防非常事件，安全经济地确定一个允许动态控制的汛限水位值，将未来某一时期的汛限水位控制在原设计汛限水位上下的一个约束域内。

在已有研究的基础上，又通过3年多系统深入的研究，基本形成一套完整的方法体系。通过专家验收和鉴定，认为本项目在降雨预报信息、洪水预报信息用于汛限水位动态控制等方面取得了重大突破，成果整体达到国际先进水平。

本书可供防洪系统工程规划设计、运行管理和研究工作者，防汛部门技术管理干部，水库工程管理技术人员参阅；亦可作为“水文学及水资源”、“水利工程管理”及有关专业师生的参考书。

责任编辑/李建英

封面设计
SAI
孙玉福

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

Research on dynamic control of reservoir normal elevation in flood season

Zhou Huicheng

Wang Bende

Wang Guoli

Yuan Jingxuan

Dalian University of Technology Press

本书由

水利部重大科学技术研究项目

国家自然科学基金(50479056)

资助出版

The published book is sponsored by

**The Key Project from Science and
Technology of Ministry of Water
Resources**

and

**National Natural Science Foundation
of China(No. 50479056)**

前 言

社会经济的发展,对水库的防洪安全与供水保障提出了更高要求。在确保水库安全的前提下,科学地设计与运用汛限水位,合理地利用水库防洪与兴利“重叠”库容,是提高洪水资源和水能资源利用率,发挥水库综合利用效益,缓解我国水资源与水能资源供需矛盾的有效手段之一。

20 世纪 50 年代末至今,我国许多大型的有调节性能力水库,为防止汛期弃水,而汛后蓄不到兴利蓄水位,造成洪水与水能资源较大浪费,而逐步由“全汛期设计运用单值汛限水位”转变为“汛期分期设计运用多值汛限水位”,按照规范要求可将汛期分为两期或三期,分别推求汛限水位。另外还有许多研究,将汛期分五期或一旬为一期,更甚者细化出一日一个汛限水位控制值,即汛限水位随时间的变化用连续曲线描述等。应该承认,随时序变化提高汛限水位控制值是合理的,基本符合洪水变化的统计规律,亦可增加水资源与水能资源的利用量。

但必须指出,上述的分期汛限水位是依据历史水文气象资料,在历史重演假定下,依据数理统计原理设计的,所以在实时调度中,没有利用实测的水文气象信息,按法定要求,面临时刻晴空万里,也要控制汛限水位值不能超过设计的定值,以时刻防止遭遇下游防洪标准或水库设计标准洪水。对于全汛期或主汛期只发生一两较大洪水的水库而言,往往主汛期抓不住时机蓄水,即使后汛期设计汛限水位允许抬高,也无水可蓄。为此,许多水库开始研究与应用“预蓄预泄”方法控制汛限水位,即利用洪水退水余量超蓄部分水量,但在下次洪水起涨前必须降回到批复的定期汛限水位

值,以保证防洪安全。

综上所述,无论是分期设计控制汛限水位,或是“预蓄预泄”法,还是基于传统的设计思想与理念,都要求时刻防止小概率洪水事件发生。

2002年初,国家防汛抗旱总指挥部办公室在“从洪水控制向洪水管理”的新时期治水思路的高度,为了建立水库汛限水位设计与运用的新理念,提高洪水资源利用率,为国民经济的可持续发展提供更强有力的支持与保障,将“水库汛限水位设计运用专题研究”作为水利部重大科技项目,从运用角度,重点研究“水库汛限水位动态控制方法”(专题4),并通过专家评议推荐,委托大连理工大学在以往研究的基础上再系统深入地开展研究。

汛限水位动态控制的新理念是:从不可能发生事件出发,综合利用现代科学技术提供的一切有用信息,以弥补措施预防非常事件,安全经济地确定一个允许动态控制的汛限水位值。其属性归类为实时预报风险调度范畴。研究的指导思想是:要利用一切可利用的信息,如洪水预报、降雨预报、面临时刻所处的时期及补偿水库的实际库水位等,将未来某一时期的汛限水位控制在原设计汛限水位上下一个约束域内。高于原设计汛限水位的目的是充分利用洪水资源,且不降低原设计的防洪标准;低于原设计汛限水位的意图是提高水库及其上下游原设计的防洪标准,且不降低原设计供水保证率。

三年多来,在国家防汛抗旱总指挥部办公室、项目领导小组及咨询专家组的指导下,在碧流河、筏窝、白龟山、丹江口、桓仁、于桥等水库管理单位的密切配合下,基本完成标书要求的任务。通过了专家验收和鉴定,取得一些突破性的成果,基本形成一套完整的方法体系。本书属水利部重大科技项目“水库汛限水位设计运用专题研究”之专题4——“水库汛限水位动态控制方法研究”的研究成果。

本书按项目的主要研究内容分为四篇。第1篇,洪水预报与

降雨预报信息利用可能性研究;第2篇,水库汛限水位动态控制域值的确定,重点研究了“预报调度规划法”,“预蓄预泄能力约束法”和“库容补偿法”;第3篇,汛限水位动态控制方法及应用研究,重点研究了“预蓄预泄法”和“综合信息推理模式法”;第4篇,汛限水位动态控制风险与效益分析方法研究。

项目的主要研究人员有:王本德、周惠成、王国利、袁晶瑄、梁国华、李敏、金克,还有李丽琴、于义彬、侯昭成、丛方杰、张晓刚、朱永英、闫骏霞、张改红、马小兵、郑德凤、曹永强、殷峻暹等。其中项目负责人是周惠成和王本德;项目技术负责人是王本德、王国利和周惠成。

项目的一些关键性技术研究多次得到陈守煜、王厥谋、陈清濂、文康、朱元珪、朱尔明、富曾慈、滕炜芬、孙双元、蒋肖、黄金池等专家、教授的指教;项目的研究进展、方案制定与修订、成果总结与管理,得到国家防汛抗旱总指挥部办公室邱瑞田、万海斌、刘宝军、刘国平、刘松、张长青等领导和专家的检查与指导。同时,在项目研究过程中,得到水利部汪恕诚部长、鄂竟平副部长,国家防汛抗旱总指挥部办公室张志彤常务副主任和其他各位副主任、总工的热情关怀和大力支持与帮助,特表示诚挚的谢忱。

尽管项目研究组在10多年的研究基础上,又经过3年多的集中研究,取得了水库汛限水位动态控制的比较系统的研究成果,并得到项目验收与鉴定专家组的肯定和好评,但本项目的研究成果,还需经过大量生产实践的检验,并在应用中不断地发展、修正与完善。

周惠成

2005年9月

目 录

前 言

绪 论	1
0.1 水库汛限水位动态控制的基本属性与理念	1
0.2 研究的目的意义	2
0.3 研究的主要内容	3
0.4 研究的技术路线	12
0.5 实施“汛限水位动态控制方法”的必要性与可行性分析	13

第 1 篇 洪水预报与降雨预报信息利用可能性研究

第 1 章 洪水预报模型选择及其参数优化方法研究	19
1.1 水雨情自动测报系统与洪水预报技术	19
1.2 洪水预报模型选取	22
1.3 非线性微分动态模型(简称 NLDDM)	38
1.4 洪水预报模型参数优选方法研究	39
1.5 结 语	42
第 2 章 洪水预报应用于汛限水位动态控制中的可行性研究	43
2.1 汛限水位动态控制的条件及最适宜时间分析	43
2.2 退水预报方法研究及利用于汛限水位动态控制的	

可行性分析	49
2.3 产流预报误差与产流系数的关系	55
2.4 洪水预报误差的统计分布规律	58
2.5 结 语	65
第3章 降雨预报信息应用于“汛限水位动态控制”的可行性研究	67
3.1 短期降雨预报和灾害性暴雨预报水平概述	67
3.2 降雨预报信息的精度分析	72
3.3 降雨预报信息应用于“汛限水位动态控制”的可行性研究	97
3.4 全国主要城市气象台的降雨预报精度分析	102
3.5 结 语	111
参考文献	112

第2篇 水库汛限水位动态控制域值的确定

第4章 “防洪预报调度方式”确定汛限水位上限值方法研究	115
4.1 防洪预报调度方式抬高汛限水位的机理与关键性问题	115
4.2 预报调度方式的设计洪水过程及其相应净雨过程推求方法	117
4.3 防洪预报调度方式的调洪规则(即判断指标)选定方法	119
4.4 碧流河水库“防洪预报调度方式”的应用研究	121
4.5 白龟山水库“防洪预报调度方式”的应用研究	141
4.6 覆窝水库“防洪预报调度方式”的应用研究	158

4.7	水库实施“防洪预报调度方式”设计的条件分析	164
4.8	结 语	166
第5章	计年内洪水统计特性规律确定汛限水位上限值方法研究	167
5.1	基本思想	167
5.2	资料选取及年内洪水统计特性变化规律分析	168
5.3	不同时期汛限水位动态控制上限值确定	172
5.4	结 语	173
第6章	改进预泄能力约束法确定汛限水位动态控制上限值研究	174
6.1	基本思想	174
6.2	考虑降雨预报信息的预泄能力约束法	175
6.3	丹江口水库确定汛限水位动态控制上限的预泄能力 约束法	177
6.4	结 语	179
第7章	确定汛限水位动态控制上限值的其他方法	180
7.1	考虑库群补偿法确定汛限水位动态控制上限值的 基本思想	180
7.2	考虑库容补偿法确定汛限水位动态控制上限值应用研究	181
7.3	考虑工程措施的汛限水位动态控制上限值确定	186
7.4	结 语	187
第8章	包线法确定汛限水位极限允许动态控制范围	188
8.1	包线划定原则	188
8.2	试点水库应用	188

8.3 包线法确定汛限水位动态控制上限值的风险分析	189
8.4 初步结论	195
参考文献	195

第3篇 汛限水位动态控制方法及应用研究

第9章 汛限水位动态控制实时预蓄预泄法	199
9.1 预蓄预泄法动态控制汛限水位的影响因素分析	199
9.2 利用洪水预报信息预蓄预泄法实时动态控制汛限水位	200
9.3 利用“洪水预报与降雨预报综合信息”实时动态控制 汛限水位的预蓄预泄法	201
9.4 试点碧流河水库应用举例	204
9.5 试点白龟山水库应用举例	212
9.6 试点茆窝水库应用举例	215
9.7 结 语	217
第10章 汛限水位动态控制的综合信息模糊推理模式法	218
10.1 综合信息模糊推理模式法的基本原理	218
10.2 水库汛限水位动态控制综合信息分析与计算	220
10.3 未来24 h水库汛限水位动态控制推理模式的建立	223
10.4 未来5 d水库汛限水位动态控制推理模式的建立	225
10.5 试点碧流河水库汛限水位动态控制综合信息模糊推 理模式法	228
10.6 茆窝-观音阁水库汛限水位动态控制综合信息模糊推理 模式法	233
10.7 结 语	237

第 11 章 水库汛限水位动态控制系统软件设计及操作规程的制定	238
11.1 水库汛限水位动态控制系统软件拓扑结构设计	238
11.2 系统软件功能	238
11.3 软件接口	240
11.4 软件操作说明	241
11.5 水库汛限水位动态控制方案生成	242
11.6 汛限水位动态控制方案实施审批程序	247
参考文献	248

第 4 篇 汛限水位动态控制风险与效益分析方法研究

第 12 章 洪水预报系统的风险分析	251
12.1 洪水预报系统风险分析方法选择	251
12.2 洪水预报系统风险的定义	252
12.3 风险分析的改进一次二阶矩方法	253
12.4 洪水预报系统特性检验与风险计算方法步骤	254
12.5 算例——柴河水库洪水预报系统的风险分析	256
12.6 方法讨论	259
第 13 章 水库洪水预报调度方式的风险分析	261
13.1 水库常规调度方式风险的定义与基本思想	261
13.2 水库洪水预报调度方式风险的定义	263
13.3 水库洪水预报调度方式风险分析需要的基本资料	265
13.4 碧流河水库洪水预报调度方式的风险分析	266
13.5 白龟山水库洪水预报调度方式的风险分析	269

13.6	凌窝水库洪水预报调度方式的风险分析·····	273
13.7	结 语·····	276
第 14 章	降雨预报信息应用于汛限水位动态控制中的风险分析 ·····	277
14.1	利用降雨预报信息动态控制汛限水位的风险分析 理念与定义·····	278
14.2	利用降雨预报信息动态控制汛限水位的风险率分析 ·····	283
14.3	碧流河水库利用降雨预报信息动态控制汛限水位 的风险分析·····	285
14.4	白龟山水库利用降雨预报信息动态控制汛限水位 的风险分析·····	293
14.5	凌窝水库利用降雨预报信息动态控制汛限水位 的风险分析·····	299
14.6	丹江口水库利用降雨预报信息动态控制汛限水位 的风险分析·····	302
14.7	结 语·····	306
第 15 章	汛限水位动态控制方案的效益分析 ·····	307
15.1	从系统工程的角度理解兴利调节计算方法·····	307
15.2	洪水兴利连续调节计算方法的基本概念与原理·····	316
15.3	洪水兴利连续调节计算分析系统运行指标的变化 ·····	323
15.4	保证率的可靠度分析·····	334
15.5	部分试点水库汛限水位动态控制的效益分析成果 ·····	338
15.6	结 论·····	347
	参考文献·····	348

Contents

Preface

Introduction	1
0.1 Fundamental attribute and idea of controlling the reservoir normal elevation in flood season dynamically	1
0.2 Purpose and importance of studying dynamic operating methods of reservoir normal elevation in flood season	2
0.3 Main studying of dynamic operating methods of reservoir normal elevation in flood season items	3
0.4 Studying dynamic operating methods of reservoir normal elevation in flood season route	12
0.5 Practicability and essentiality analysis of dynamic operating reservoir normal elevation in flood season	13

Part 1 Practicability analysis of rainfall and flood forecast

Chapter 1 Flood forecast model selection and the parameters optimization	19
---	----

1.1 Remote automatic regime censoring system and main	
---	--