

水库汛限水位

计算理论与方法

曹升乐 等 著

SHUIKU XUNXIAN SHUIWEI
JISUAN LILUN YU FANGFA



9.1



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水库汛限水位

计算理论与方法

曹升乐 尹长文 安玉坤 著

SHUIKU XUNXIAN SHUIWEI
JISUAN LILUN YU FANGFA



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

水库汛限水位计算理论与方法/曹升乐, 尹长文, 安玉坤著. —北京: 中国水利水电出版社, 2004

ISBN 7-5084-2165-5

I. 水 ... II. ①曹 ... ②尹 ... ③安 ... III. 水库—
防洪—水位—计算 IV. TV62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 052801 号

书 作 者	名 者	水库汛限水位计算理论与方法 曹升乐 尹长文 安玉坤 著
出版	发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010)63202266(总机)、68331835(营销中心)
经	售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 印 规 版 印 定	版 刷 格 次 数 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市兴怀印刷厂 850mm×1168mm 32 开本 5.875 印张 132 千字 2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷 0001—2500 册 19.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



内 容 提 要

水库兴利与防洪是一对尖锐对立的矛盾,如汛期防洪限制水位过高,则利于兴利而不利于防洪;反之,则利于防洪而不利于兴利。为解决这一对矛盾,本书从设计暴雨的计算理论入手,提出了设计暴雨过程线的概念,建立了设计暴雨的计算理论与方法,并通过实例详细说明了其计算过程。为了根据流域的设计暴雨确定流域的设计洪水,较为系统地研究了流域产汇流计算理论与方法,从而给出了分期设计洪水。为了科学地确定汛限水位,提出了水库调度的“峰量综合控制法”,在此基础上确定了分期汛限水位及汛限水位过程线。在分析降雨变化特征后,在国内外首次提出了设计暴雨的动态变化及动态汛限水位过程线的概念、理论和确定方法。为了解决动态汛限水位过程线的实际应用,对多序列的展延问题进行了系统研究,提出了相应的展延理论与方法。最后对水库的预蓄与预泄问题进行了研究。随着经济与社会的快速发展,我国北方地区的水资源短缺已成为制约经济与社会发展的瓶颈,而在保证水库防洪安全的前提下,如何提高兴利效益是解决水资源短缺的一个重要途径。本书就是针对如何较好地解决水库兴利与防洪的矛盾,使水库发挥最大的经济效益,缓解水资源危机而著的。

本书可供从事水利计算专业的技术及管理人员使用,同时也可作为大学本科以上水利水电类及相关专业的教材。





前 言

目前,我国北方大部分地区水资源危机日益加剧,水资源已成为制约社会与经济发展的瓶颈。随着社会与经济的快速发展,水资源的需求量还会不断增加,供需矛盾将变得更为尖锐。水资源危机一是可通过调用客水缓解;二是可充分利用当地水,减少浪费,使其发挥最大的效益。而水库作为利用当地地表水的重要手段,理应发挥更大的兴利作用。水库一方面承担防洪任务,另一方面又承担兴利任务,而且防洪与兴利又是一对尖锐对立的矛盾,而矛盾的焦点就是在汛期水库运行时应采用怎样的汛限水位。采用的汛限水位高,有利于兴利而不利与防洪;采用的汛限水位低,则有利于防洪而不利与兴利。我们的目的就是怎样合理地确定水库汛限水位,使水库在满足防洪安全保证率的基础上,最大限度地多蓄水兴利。因此,加强水库汛限水位计算理论与方法的研究十分必要。

当前水库运行方面存在的主要问题是:在汛期,水库采用一个(有时几个)固定的汛限水位,当大暴雨发生在汛初时,为了安全常常不敢蓄水,而到汛末时常因无大的降水而又蓄不上水,使水库只能满足防洪安全,而达不到多蓄水兴利的目的。为了合理地确定水库的汛限水位、保证在防汛与兴利相协调的基础上充分发挥水

库的兴利效益，在国家防汛抗旱总指挥部办公室和山东省防汛抗旱指挥部办公室的直接领导下，结合门楼水库的实际情况，我们开展了水库汛限水位确定理论与方法的研究。研究内容主要包括：流域设计暴雨计算理论与方法；流域产汇流计算模型；水库调度方法；水库汛限水位过程线及动态水库汛限水位过程线的概念、理论与确定方法；时段降水量序列的展延方法；预蓄与预泄和水库汛限水位确定方法等。本书对上述理论与方法作了系统介绍。

在本书编写过程中，得到了山东省水利厅王松研究员、宋茂斌和郭广军高级工程师，山东大学负汝安副教授、王艳玲高级工程师，门楼水库管理局王志涛局长的大力帮助。山东大学研究生刘薇、王旭峰、朱文心、周飞参加了大量的分析计算工作。在此书出版之际，向他们一并表示深深的谢意。

由于水平所限，书中难免存在错误与不当之处，敬请批评指正。

作者

2004年4月

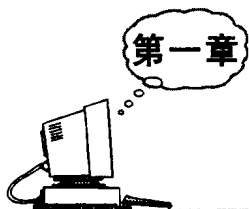
目 录



前 言

第一章 概述	1
第一节 引言	1
第二节 门楼水库概况	3
第三节 门楼水库开展汛限水位研究的必要性和可行性	12
第二章 流域产汇流计算模型研究	23
第一节 基本资料的选用与处理	23
第二节 产流（下渗）计算模型	26
第三节 汇流计算的系统分析模型	42
第四节 变动积分流域汇流计算数学模型.....	51
第三章 流域设计暴雨计算方法研究	68
第一节 现方法存在的问题.....	68
第二节 实测数据的处理.....	79
第三节 设计暴雨计算方法	85
第四节 旬设计暴雨计算方法分析、结果选用及其修正	100
第五节 月设计暴雨计算及其结果分析	106
第四章 汛限水位研究与确定	117
第一节 旬设计洪水的确定	117

第二节	月设计洪水的确定	123
第三节	峰量综合控制法研究	124
第四节	汛限水位过程线的分析计算	127
第五节	水库实用调度说明	134
第五章	水库动态汛限水位过程线研究	136
第一节	动态汛限水位过程线的基本概念与计算公式	136
第二节	降水量序列的展延	140
第三节	水库动态汛限水位过程线的分析确定	154
第六章	其它有关问题研究	161
第一节	降雨与洪水资料统计分析	161
第二节	尾水利用研究	163
第三节	预蓄量的分析研究	166
第四节	降水量序列展延模型研究	168
参考文献		181



概 述

第一节 引 言

按照通常的概念，对于某一日而言，要么它属于汛期，要么它属于非汛期，即非此即彼。事实上，汛期与非汛期不应该用某一时刻来划分，从非汛期到汛期和从汛期到非汛期都有一个过渡过程。我们知道，汛期与非汛期的定量标志是降水量的大小，而降水量的大小是由当地的气候条件所决定，随着气候的变化而变化。一般来讲，一年四季中气候变化是一个渐变过程，因此，从天气系统的变化成因来讲，降水量在一年四季中的变化应遵循一个渐变过程，也就是说描述降水量多少的汛期与非汛期也不应该有一个明显的分界点。对于我国北方大部分地区而言，8月中上旬可定义为汛期。用模糊数学的语言来讲，即8月中上旬中任一天隶属于汛期的程度为1.0；而1月上旬可定义为非汛期，即1月上旬中任一天隶属于汛期的程度为0。那么对于其它时间内的某一天，例如6月1日，它属于汛期还是非汛期，对于北方地区而言，6月1日应处于非汛期向汛期的过渡段上，它既不完全属于非汛期，也不完全属于汛期。在一年当中汛期与非汛期应遵循



下述变化过程：非汛期—过渡段—汛期—过渡段—非汛期。在水库防洪与兴利调度中，最重要的一个问题就是如何选定汛期水库防洪限制水位。当防洪限制水位确定得偏高时，有利于兴利而不利安全。反之，则有利于安全而不利兴利。

为了解决好安全与兴利两者之间的矛盾，确定好汛限水位就非常重要。如前所述，汛期与非汛期在一年当中是一个缓变过程，因此，反映汛期特性的防洪限制水位也应遵循这一变化规律，即汛期水库防洪限制水位应是一条随时间而变化的曲线，在汛期（隶属度为 1.0）该曲线最低，随着汛期向非汛期过渡，该曲线逐渐变高，到非汛期则达到正常蓄水位。

目前确定汛限水位的方法是，在实测序列中每年选一个最大值（不管发生在何月何日），根据该最大值序列进行频率计算推求设计暴雨（或洪水），再经过产汇流、调洪计算推求汛限水位。该汛限水位则作为整个汛期（一般 6~9 月）的防洪限制水位。该法的基本假定是，同一量级暴雨在汛期中任一时段发生的频率相同。事实上，暴雨是由气候条件所决定，在汛期中不同时刻同一量级暴雨发生的频率显著不同，越靠近主汛期，其发生的频率越高。可以设想，在 6~9 月期间，不同时间确定各自的设计暴雨（相同频率），根据各自的设计暴雨确定其相应时间的防洪限制水位，将不同时间的防洪限制水位连线，则得到全汛期水库防洪限制水位过程线。水库只要按照该过程线调度，则在汛期中任一时间具有相同的安全保证率，且实现尽可能多的兴利。

由于汛期中不同时期的降雨又存在一定的联系，从统计规律而言，若汛期中前一时期内发生的降雨相对较多，则后一时期内

发生降雨的频率会降低；反之，若前一时期内发生的降雨相对较少，则后一时期内发生降雨的频率会相应增大。因此，可以在统计理论的指导下，对汛限水位过程线进行动态修正。修正后的过程线则称为动态汛限水位过程线。水库若按动态汛限水位过程线调度，则可更好地发挥兴利效益。

综上所述，本书首先对设计暴雨的计算理论和方法进行系统介绍，并在此基础上对汛限水位过程线和动态汛限水位过程线的有关概念、理论、分析确定方法和实际应用问题作全面介绍，最后对有关问题进行讨论。

为了便于读者理解与掌握汛限水位确定的有关理论与方法，本书将以门楼水库的研究成果为背景，对有关理论与方法进行系统介绍。

第二节 门楼水库概况

一、流域自然地理概况

门楼水库地处大沽夹河支流内夹河下游，控制流域面积 1079km^2 。大沽夹河为烟台市两大河流之一，由内、外夹河组成，控制总流域面积 2296km^2 。内夹河又名清洋河，发源于栖霞市城南小灵山一带，流经栖霞市、蓬莱市和福山区，在福山区东北永福园与外夹河汇流，控制流域面积 1224km^2 。门楼水库坝址以上流域地貌为低山丘陵区，其中山地面积占 80%，丘陵占 20%，地势为西南高、东北低，沿河两岸有少量的冲积平原。流域内著名山峰为艾山，海拔高度 817m，流域平均宽度 25.8km，



属单支河流，干流平均坡度 0.00178。流域内多系片麻岩，风化严重，土壤以砂壤土、壤土为主，其次为砂土。土壤透水性较好，肥力一般，适宜温带植物生长，森林覆盖率在 21.7% 以上。

二、流域内水利工程概况

门楼水库流域上游有庵里中型水库 1 座，控制流域面积 150km^2 ，总库容 7503 万 m^3 ，兴利库容 3810 万 m^3 。门楼水库至庵里水库区间有小型水库 80 座，其中小（1）型水库 10 座，小（2）型水库 70 座，控制净流域面积 192km^2 ，总库容 4439.7 万 m^3 ，兴利库容 2827.3 万 m^3 。

1. 门楼水库

门楼水库是烟台市最大的地表蓄水工程，承担着烟台市区防洪和供水双重任务。水库于 1958 年 11 月动工兴建，1960 年 11 月底基本建成主副坝、溢洪道、东放水洞等枢纽工程。以后又根据工程的运行情况进行了多次续建加固，最近一次大的除险加固一期工程是 1996 年 9 月开工建设、1999 年 10 月完工的，完成了主坝坝基混凝土防渗墙截渗工程和东副坝、西放水洞、溢洪道加固工程。水库设计总库容 2.02 亿 m^3 ，兴利库容 1.264 亿 m^3 ，死库容 0.1 亿 m^3 。水库原设计灌溉面积 22.6 万亩，1982 年“三查三定”核定灌溉面积 21.1 万亩，1996 年水库加固设计灌溉面积 14.9 万亩。门楼水库自 1981 年开始向烟台市区供水，目前日供水能力约 13 万 t。水库枢纽包括主坝、副坝、溢洪道、放水洞、电站等工程。溢洪道宽 136.5m，设 12 孔 $10\text{m} \times 6\text{m}$ 平面钢闸门，实用堰顶高程 25.38m，最大泄流量 $5378\text{m}^3/\text{s}$ 。放水洞共 2 个：东放水洞进口底高程 18.38m，最大泄量 $37.8\text{m}^3/\text{s}$ ；西放

水洞进口底高程 18.38m, 最大泄量 $21.3\text{m}^3/\text{s}$ 。电站共 2 个, 总装机容量 1500kW。门楼水库主要特性指标见表 1-1。

表 1-1 门楼水库主要工程指标情况表

工程地点		福山区门楼镇	主坝	坝型	粘土心墙砂壳坝
流域面积 (km^2)		1079		坝长 (m)	1440
干流坡度		0.00178		坝顶高程 (m)	37.1
多年平均降雨量 (mm)		686.4		最大坝高 (m)	23.22
水位 (m)	校核 ($P=0.01\%$)	33.46	溢洪闸	型式	露顶式溢洪闸
	设计 ($P=1\%$)	31.65		堰顶高程 (m)	25.38
	兴利水位	30.68		闸孔数	12 孔
	死水位	20.50		闸门尺寸 (m^2)	10×6
库容 (亿 m^3)	总库容	2.02	放水洞	断面尺寸 (m^2)	$\Phi 2.5/\Phi 2.0$
	调洪库容	0.66		最大泄量 (m^3/s)	37.8/21.3
	防洪库容 ($P=1\%$)	0.21	工程效益	设计灌溉面积 (万亩)	14.9
	兴利库容	1.264		设计城市供水量 (万 t/d)	17.1
	死库容	0.10		校核洪水时削峰	21.8%

注 表中数据为 1996 年加固设计结果。

2. 庵里水库

庵里水库位于清洋河上游, 距下游门楼水库约 47km, 是一座集防洪、农业灌溉、城市供水、养殖、发电等综合利用的中型水库。工程于 1958 年 6 月开工, 1960 年 8 月竣工。枢纽工程包括主坝、副坝、溢洪道、放水洞和电站。水库控制流域面积 150km^2 , 总库容 7503 万 m^3 , 兴利库容 3810 万 m^3 。溢洪道为无



闸控制的开敞式溢洪道，全长 1720m，进口段底高程 114.94m，净宽 35m。放水洞进口底高程 100.44m，设计流量为 $5.34\text{m}^3/\text{s}$ 。电站位于放水洞末端，为坝后式电站，2 台机组，总装机容量 325kW。庵里水库主要特性指标见表 1-2。

表 1-2 庵里水库主要工程指标情况表

工 程 地 点		栖霞城北	大 坝	坝 型	粘土心墙砂壳坝
流域面积 (km^2)		150		坝长 (m)	737
干流坡度		0.0033		坝顶高程 (m)	121.1
多年平均降雨量 (mm)		682.5		最大坝高 (m)	28.17
水 位 (m)	校核 ($P=0.1\%$)	120.23	溢 洪 道	型 式	开敞式
	设计 ($P=2\%$)	118.40		长度 (m)	1720
	兴利水位	114.94		堰顶高程 (m)	114.94
	死水位	100.44		堰顶宽度 (m)	40
库 容 (万 m^3)	总库容	7503	放 水 洞	型 式	砌石拱有压涵洞
	兴利库容	3810		断面尺寸 (m^2)	1.23×1.23
	调洪库容	3433		设计流量 (m^3/s)	5.34
	死库容	260	工 程 效 益	设计灌溉面积 (万亩)	6
下游河道安全泄量 (m^3/s)		380		校核洪水削峰	63.7%

注 表中数据来自 2002 年加固可研报告。

3. 小型水库

门楼水库流域内共有小型水库 86 座，控制净流域面积 206.5km^2 ，其中小 (1) 型水库 12 座，小 (2) 型水库 74 座。在庵里水库以下至门楼水库之间共有小型水库 80 座，控制流域面积 192km^2 ，总库容 4439.7 万 m^3 ，兴利库容 2827.3 万 m^3 。门

楼水库坝址以上主要水利工程情况见表 1-3。

三、实测水文资料

门楼水库于 1960 年 11 月建成蓄水，于 1960 年 5 月设立水文站，自 1961 年起至今有系统连续的雨量、水位、蒸发、流量观测资料。

门楼水库流域内共有 12 个国家雨量站，其中门楼、庙后、臧格庄（臧家庄）、邓格庄、栖霞五站为常年观测站，河东村、大庄头、引家乔、罗格庄、百佛院、邹家、金山店子七站为汛期观测站。栖霞和邹家 2 个雨量站位于庵里水库坝址以上，其它 10 个雨量站位于门楼水库—庵里水库区间内。1988 年，根据门楼水库防汛的需要，门楼、庙后、大庄头、臧格庄和庵里 5 个雨量站设为自动遥测雨量站。流域内各雨量站情况见图 1-1。

四、暴雨洪水特性

门楼水库流域属暖温带季风型大陆性气候，四季分明。因距海较近，同时具有明显的海洋性气候特征，年内温差较小。

1. 暴雨特性

流域暴雨洪水多发生在夏季 7、8 两个月，季节特征明显，降水量的年际变化较大。根据流域内门楼、臧格庄、庙后、栖霞、邓格庄 5 个雨量站 1964~2001 年 38 年降雨量统计计算，流域多年平均降雨量 686.4mm，最大年降雨量发生在 1964 年，为 1047.8mm；最小年降雨量发生在 1986 年，为 383.6mm，丰枯比为 2.73。单站年降雨量最大的栖霞站，1967 年降雨量为 1386.4mm；最小的臧格庄站，1986 年降雨量为 344mm，丰枯



表 1-3 门楼水库坝址以上主要水利工程情况统计表

项 目	水库规模	数量	水库名称	所在地	建成时间 (年·月)	流域面积 (km ²)	库容(万 m ³)		备 注
							总库容	兴利库容	
庵里水库 坝址以上	中型	1	庵里	庵里	1958.6	150.0	7010.0	3810.0	
	小(1)型	2	主格庄	主格庄	1959.3	7.0	135.0	81.6	
		小计	王格庄	王格庄	1971.12	6.2	198.0	113.6	
		4				13.2	333.0	195.2	净流域面积 14.5km ²
	小(2)型	6				3.1	80.2	39.8	
门楼水库 —庵里水库 区 间	合 计					16.3	413.2	235.0	
	小(1)型	10	西山庄	西山庄村西	1959.7	1.8	110.0	90.0	
			磁山	小谷家村南	1981.12	2.3	120.0	89.7	
			黑石	张格庄镇	1971.9	10.0	376.0	226.0	净流域面积 192km ²
			砧辘磨	枣园南	1966.9	23.3	241.0	100.0	
			翁留	东翁村北	1961.3	8.4	274.1	184.8	
			罗家	罗家村南	1967.6	8.0	185.0	112.0	



续表

项 目	水库规模	数量	水库名称	所在地	建成时间 (年·月)	流域面积 (km ²)	库容(万 m ³)		备 注
							总库容	兴利库容	
门楼水库 —庵里水库 区 间	小(1)型	10	董家沟	董家沟村西	1971.5	2.8	186.9	113.0	净流域面积 192km ²
			田家	田家村	1971.5	25.3	605.5	352.0	
			南埠	南埠村	1971.6	13.1	550.0	362.0	
			南寨	东河	1972.10	4.9	194.7	131.6	
	小计					99.9	2843.2	1761.1	
全流域	小(2)型	70				95.3	1596.5	1066.2	净流域面积 342km ²
	合 计	80				195.2	4439.7	2827.3	
	中 型	1				150.0	7010.0	3810.0	
	小(1)型	12				113.1	3176.2	1956.3	
	小(2)型	74				98.4	1676.7	1106.0	
	总 计	87				361.5	11862.9	6872.3	