

水库调度方式与 泥沙淤积形态关系研究

◎陈建 著

SHUIKU DIAODU FANGSHI YU
NISHA YUJI XINGTAI GUANXI YANJIU



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

华北水利水电大学青年科技创新人才支持计划 (70453)

水利部黄河泥沙重点实验室开放课题基金 (2015006)

水库调度方式与 泥沙淤积形态关系研究

◎陈建 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书运用数学模型结合实测资料分析,研究了水库泥沙淤积发展的过程及冲淤平衡特征,水库调度方式对水库泥沙淤积发展及平衡的影响规律,侧重对水沙过程、泥沙淤积过程及变化机理的分析,并在此基础上对三峡水库现有调度方式进一步进行优化。

本书内容系统、全面、实用,可作为水库调度与工程泥沙相关专业教学、科研参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

水库调度方式与泥沙淤积形态关系研究 / 陈建著

— 北京 : 中国水利水电出版社, 2015. 4

ISBN 978-7-5170-3128-4

I. ①水… II. ①陈… III. ①水库调度—关系—泥沙淤积—研究 IV. ①TV697.1②TV42

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第091451号

书 名	水库调度方式与泥沙淤积形态关系研究
作 者	陈建 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 13.75印张 204千字
版 次	2015年4月第1版 2015年4月第1次印刷
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

水是人类生存不可或缺的资源，生活、灌溉、工业需用、能源开发，人类无时无刻不在利用水资源。水库的修建，是改变水资源时空分布不均的有效手段，是减少洪涝灾害、充分开发利用水资源系统的重要组成部分。新中国成立以来，我国在大江大河及其支流上修建了大量水库，这对保障人民生命财产安全，促进社会经济发展起到了极为重要的作用。

水库的修建打破了河流本身已有的冲淤平衡，必然会引起库区泥沙的淤积。水库淤积形态与水库调度密切相关，不同淤积形态，水库排沙情况、淤积部位及库容损失明显不同。水库淤积形态的变化，可能导致在仍有大量可淤库容的情况下水库防洪、发电、航运等大部分功能或全部功能丧失，水库的使用寿命提前结束，严重影响水库的综合效益。我国众多大中型水库如三门峡水库、官厅水库等的初期运用中，注重对径流过程的调节，对泥沙淤积形态的调控考虑不足，造成了水库效益的重大损失并给上游地区带来严重危害。为了解决我国水资源短缺问题，延长水库使用寿命，尽可能减小泥沙淤积对防洪、航运、发电等水库运用目标的影响，水库调度方式与淤积形态的联合优化调控已成为水库调度研究中迫切需要解决的关键理论问题，该问题的研究也有助于推进水文水资源、泥沙、系统工程等学科的交叉和发展。

水库调度方式与水库淤积发展过程关系的研究是水库调度研究发展的必然趋势，也是目前水库优化调度中迫切需要解决的问题。如何获得既能减小计算量，又能反映水库调度与淤积形态的联合调控特征，并获得最优调度方式，将是水库调度与淤积形态联合优化调控研究中必须解决的核心问题。

本书运用数学模型结合实测资料分析，进一步研究了水库淤积发展的过程及冲淤平衡特征，水库调度方式对水库淤积发展及平衡的影响规律，侧重对水沙过程、淤积过程及变化机理的分析，并在此基础上对三峡水库现有调度方式进一步进行优化。

本书共分5章，第1章介绍了本书研究背景、意义，国内外研究现状和本书的研究方法和研究内容；第2章主要阐述水库淤积形态及淤积发展特征，进一步分析了蓄清排浑运用水库泥沙淤积发展过程及冲淤平衡特性；第3章以三峡水库为例，运用数学模型计算分析了三峡水库淤积发展特征以及调度方案改变过程中部分关键因素对水库淤积影响的特点；第4章对三峡水库汛限水位优化调度进行了初步研究，研究其在满足防洪条件下的兴利效益以及对水库淤积的影响；第5章运用重庆河段二维水沙数学模型计算分析了三峡水库蓄水后及坝前水位优化情况下重庆河段的冲淤变化情况，综合考虑了上游水库修建的影响及整治工程投入后对航道的改善效果，对调度方式改变对局部河段的冲淤影响做了进一步研究。

本书在编写过程中得到李义天教授、邓金运副教授、孙昭华副教授、张为副教授、甘富万副教授的指导和支持，同时，邓金运副教授、孙昭华副教授、张为副教授、甘富万副教授参与了部分相关内容的编写，在此予以感谢；在书籍编写过程中，孙东坡教授、王二平教授、薛海副教授、张羽副教授给予了很多的建议，同时王鹏涛、张晓雷、郭少磊还对本书的校对、图形的绘制等提供了帮助，长江航道规划设计研究院高工郑英、黄河勘测规划设计有限公司高工张建、广东省水利水电科学研究院高工李虎成、长江武汉航道工程局高工宋大军也提供了相关帮助，在此一并表示感谢。在本书的论述中，引用了很多相关参考文献，在此谨向这些文献的作者表示谢意。

本书的出版得到了华北水利水电大学青年科技创新人才支持计划(70453)及水利部黄河泥沙重点实验室开放课题基金(2015006)的资助。

鉴于水库调度方式与泥沙淤积发展关系的复杂性，仍有大量的内容需要深入研究，本书中有些内容也有待于在今后的工作中进一步充实、完善和修正。同时，由于笔者学识有限，错漏难免，衷心希望广大读者批评指正。

作者

2015年2月

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	7
1.2 研究现状	7
1.2.1 水库泥沙研究的发展过程及处理措施	7
1.2.2 水库泥沙研究的主要途径	8
1.2.3 水库运用方式与淤积关系研究进展	12
1.3 研究方法	16
1.4 研究内容	17
第2章 水库淤积形态及发展	19
2.1 水库淤积过程概述	20
2.1.1 水库淤积形态	20
2.1.2 水库淤积过程	23
2.2 采用蓄清排浑运用方式时水库淤积过程特性分析	24
2.2.1 龚嘴水库概况	25
2.2.2 来水来沙特性	25
2.2.3 水库调度特点及蓄水过程	26
2.2.4 龚嘴水库泥沙淤积发展分析	27
2.3 库区河道冲淤平衡特征分析	32
2.4 本章小结	38
第3章 调度方式变化对水库淤积的影响	39
3.1 三峡水库概况	39
3.2 三峡水库一维泥沙数学模型	41

3.2.1	模型原理	41
3.2.2	模型验证	48
3.3	三峡水库调度方式特性及淤积发展	64
3.3.1	三峡水库蓄水过程	65
3.3.2	三峡水库调度方式分析	65
3.3.3	蓄水后三峡水库冲淤变化特征	66
3.3.4	三峡水库淤积平衡后冲淤特征	72
3.4	汛限水位改变对水库淤积过程及平衡的影响	73
3.4.1	一定范围内改变汛限水位对水库淤积过程及平衡的影响	74
3.4.2	汛限水位整体变化对水库淤积过程及平衡的影响	87
3.5	正常蓄水位一定范围内的变化对水库淤积过程及平衡的影响	88
3.6	本章小结	89
第4章	三峡水库汛限水位优化调度初步研究	90
4.1	三峡水库汛限水位优化调度目标分析	94
4.1.1	汛限水位优化调度目标	94
4.1.2	汛限水位优化调度方案	95
4.1.3	求解思路	98
4.2	三峡水库汛限水位优化调度的防洪限制条件	99
4.2.1	汛前推迟落水对防洪的影响	99
4.2.2	汛后提前蓄水对防洪的影响	101
4.2.3	上游建库情况下优化调度对防洪的影响	113
4.3	三峡水库汛限水位优化调度的发电效益	115
4.3.1	发电调度计算原理	115
4.3.2	汛限水位优化调度发电效益分析	117
4.3.3	上游建库情况下优化调度发电效益	120
4.4	三峡水库汛限水位优化调度对航运的影响	121
4.4.1	汛限水位优化调度对枯水期下泄流量的影响	121
4.4.2	汛限水位优化调度对水库泥沙淤积及变动回水区航运的影响	124
4.5	三峡水库汛限水位优化调度方案综合比选	158
4.5.1	发电效益	158
4.5.2	航运补偿	159

4.5.3 优化方案比选	163
4.6 本章小结	164
第5章 优化调度对重庆河段冲淤的影响	166
5.1 重庆河段平面二维水沙数学模型	166
5.1.1 模型原理	166
5.1.2 模型验证	172
5.2 河段壅水情况	179
5.3 上游无库情况下优化调度对重庆河段冲淤的影响	181
5.3.1 优化调度对重庆河段整体冲淤的影响	181
5.3.2 优化调度对重点浅滩泥沙冲淤及航运的影响	183
5.4 上游建库情况下优化调度对重庆河段冲淤的影响	188
5.4.1 优化调度对重庆河段整体冲淤的影响	188
5.4.2 优化调度对重点浅滩泥沙冲淤及航运的影响	190
5.5 采用优化调度运用后重庆河段航运整治措施及效果	196
5.6 本章小结	199
参考文献	201

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

我国是一个水资源相对缺乏的国家，随着人口增多，人类对水资源的索取越来越多，同时对水资源的污染、浪费也越来越多，如何充分、合理地开发利用有限的水资源是关系到国民经济可持续发展的一个迫切问题。大江大河一直是人类繁衍生息、赖以生存的场所，也是陆地淡水资源的主要来源地及水资源开发的主要位置，但是，近年来，我国大江大河水资源紧缺问题日益突出，黄河水断流天数逐年增加（崔树兵，1997；庞进，2001），2001 年长江主汛期水位较正常年份偏低，出现近几十年罕见的枯水位，给长江航运、水利工程及两岸抗旱带来不利影响。如何采取多种途径，缓解水资源短缺已成为人们关注的焦点（裘苗根，2000）。

同时，我国水资源的时空分布上有南多北少、汛多枯少的特点，这种情况造成水资源的利用率严重不足，大量的水资源白白浪费。洪水径流集中发生在汛期，往往造成洪涝灾害。

水库的修建，是改变水资源时空分布不均的有效手段，是减少洪涝灾害、充分开发利用水资源系统的重要组成部分。新中国成立以来，我国在大江大河及其支流上修建了大量水库。这对保障人民生命财产安全，促进社会经济发展起到了极为重要的作用。据统计，截至 1975 年年底，全国已建库容 10 万 m^3 以上的水库 73651 座（不包括台湾），总库容达 3624 亿 m^3 （陕西省水利科学研究所河渠研究室等，1979）。截至 1979 年年底， 10 万 m^3 以上的水库总数达 86000 多座



(水利部西北水利科学研究所等, 1983)。2002 年, 世界上在建 60m 以上大坝中, 中国占约 1/4 (贾金生等, 2004)。可见现阶段我国水电开发速度是较快的。然而, 发达国家水电平均开发程度在 60% 以上, 目前我国水电开发约为 17% 左右, 潜力还很大。

水库的修建打破河流本身已有的冲淤平衡, 必然引起库区泥沙的淤积。在全球范围, 每年泥沙淤积所引起的水库库容损失率接近 1%, 相当于 500 亿 m^3 的年库容损失率 (Mahmood K, 1987)。美国年平均库容损失率约 0.22%, 津巴布韦超过 0.5%, 摩洛哥约为 0.7%, 土耳其约为 1.2% (Morris and Fan, 1997)。其他国家或多或少都存在水库泥沙淤积问题。

我国许多河流都富含泥沙 (戴定中, 1991)。新中国成立初期, 在这些富含泥沙的河流上兴建的一批水库, 由于对淤积问题认识不足和缺乏可供参考的现成经验, 泥沙淤积及产生的问题非常严重, 主要表现在淤积数量大, 淤积速度快。陕西省 1973 年统计库容在 100 万 m^3 以上水库 192 座, 总库容 15 亿 m^3 , 已被泥沙淤积 4.7 亿 m^3 , 占总库容的 31.6%, 其中 43 座水库已完全淤满, 比较严重的延安和榆林地区, 损失库容竟占总库容的 88.6% 和 74.6% (程永华, 1983)。表 1.1 列出了我国部分水库淤积情况。可见, 无论大、中、小水库, 淤积速度都非常惊人。

表 1.1 我国部分水库淤积情况

流域	水库	总库容 / 10^4m^3	淤积库容 / 10^4m^3	淤积比例 /%	年淤积库容 / 10^4m^3	年淤积率 /%	统计时段 /年
松花江	沟家店	662	273.6	41.4	9.78	1.48	1963—1990
	马鞍山	108	60	55.6	3.75	3.47	1978—1994
海河	官厅	227000	65074	28.7	1446.1	0.64	1953—1997
	庙宫	18300	9600	52.5	240	1.31	1960—1999
黄河	三门峡	964000	701600	72.8	17540	1.82	1960—2000
	青铜峡	60600	58073	95.8	2002.5	3.30	1967—1996
	巴家嘴	51100	33300	65.2	792.9	1.55	1962—2003
	盐锅峡	23200	18899	81.5	630	2.70	1958—1998

续表

流域	水库	总库容 /10 ⁴ m ³	淤积库容 /10 ⁴ m ³	淤积比例 /%	年淤积库容 /10 ⁴ m ³	年淤积率 /%	统计时段 /年
黄河	黑松林	860	340	39.0	20	2.29	1961—1977
	三盛公	9525	5622	59.0	148	1.55	1961—1999
	天桥	8346	5791	69.4	316.4	3.79	1973—1991
长江	丹江口	1605000	161800	9.4	3677.3	0.21	1960—2003
	碧口	53750	27950	52.0	1270.1	2.36	1975—1996
	龚嘴	37370	24300	65.0	867.9	2.32	1971—1998

注 数据来自中国水利水电科学研究院, 2011。

水库淤积不仅直接影响水库效益的发挥,还会产生一系列危害(中国水利学会泥沙专业委员会,1989),主要表现在以下方面:①淤积使水库兴利库容和防洪库容减少,导致水库综合效益降低甚至丧失;②淤积和回水上延,可能会造成城市、工厂、农田以及交通干线、旅游景点、历史文物等的淹没;③变动回水区的冲淤对航道有所影响,其中个别浅滩可能在短时期内有所恶化,此外,变动回水区中下段的边滩淤积可能对港口和船舶停靠不利;④坝前建筑物的泥沙问题,如船闸和引航道淤积、水轮机进口及渠道引水口进沙等;⑤坝下游河床冲刷及变形,对防洪、航运、两岸引水等均有一定影响;⑥对调节系数较大的水库,淤积在一定程度上可能加剧水库水质污染等。

此外,根据钱宁等(1987)的研究,尚有由于淤积推进粗颗粒泥沙对水轮机的磨损;由于水中悬移质泥沙增多,改变了水中溶解氧含量,可能会对生物正常生长不利;淤积上延增加上游地区淹没范围,加重洪灾损失和引起土地盐碱化等。陕西省乾陵水库在1970年8月的一场洪水中,因没有及时开闸泄流排沙,致使进水压力洞被堵死(徐国宾,1994)。碧口水库1995年也曾发生排沙洞被淤堵的事件(于广林,1999)。据Morris(1997)介绍,苏丹的Khasm水库由于泥沙淤积,位于库区的某取水口被堵死。永定河官厅水库淤积末端向上延伸近10km,造成当地地下水位抬高3~4m,使两岸盐碱地面积扩大14倍(姜乃森等,1997)。官厅水库的淤积造成水库防洪标准降低、供水缺乏保证、库周淹没损失逐年扩大等一系列问题(胡春宏等,2004)。



另外，黄河上修建水库甚至加剧了河道断流（潘鸿雷等，2003）。

由此可见水库泥沙淤积问题的严重性。随着水资源的开发利用、大量水库的建设，水库泥沙以及泥沙淤积问题逐渐突出，尤其是一些多沙河流上修建的水库，淤积速率相当惊人，严重威胁水库综合效益的发挥，缩短水库的使用寿命，加速水库报废，水库泥沙问题越来越引起人们的关注和重视，成为水库建设和管理运用中一个不可忽视的重要问题。

水库淤积严重影响水库功能的发挥，也缩短了水库的寿命。水库淤积形态与水库调度密切相关，不同淤积形态情况下水库排沙情况、淤积部位及库容损失明显不同（韩其为，2003）。对于已建水库而言，水库运用方式是决定水库淤积最重要的因素。水库泥沙调度是目前我国泥沙淤积控制的主要手段（朱鉴远，1997）。

水库运用方式是多种多样的，大体上分为蓄洪运用、蓄清排浑运用、自由滞洪与控制缓洪运用、多库联合运用等，各种运用方式根据实际调度过程的差别还可以进一步细分（水库淤积，1979）。

由于运用方式选择的失误而引起水库淤积形态的变化，可能导致在仍有大量可淤库容的情况下水库防洪、发电、航运等大部分功能或全部功能丧失，提前结束水库的使用寿命，严重影响水库的综合效益。例如，泥沙在变动回水区大量淤积，将导致回水不断上延，可能引起上游地区淹没、浸没、盐碱化以及洪水位抬高、通航条件恶化等问题（陕西省水利科学研究所河渠研究室、清华大学水利工程系泥沙研究室，1979）；对库区有支流入汇的水库，不同形态的泥沙淤积可能造成支流河口淤堵，不仅减少了干流库区的防洪和兴利库容，而且相当于在支流河口建了一座拦河坝，使坝顶高程以下的支流库容不能起到调节作用而成为死库容，对水库综合效益造成巨大损失（胡春宏，2004）。我国众多大中型水库如三门峡、官厅等水库的初期运用中，注重对径流过程的调节，对泥沙淤积形态的调控考虑不足，造成了水库效益的重大损失，并给上游地区带来严重危害（陕西省水利科学研究所河渠研究室、清华大学水利工程系泥沙研究室，1979）。

科研人员在解决三门峡等淤积严重水库的问题的过程中（谭伟民等，1988；杨赉斐，1985；三门峡水利枢纽运用经验总结项目组，1994），在总结多沙河流水库运行经验的基础上提出了“蓄清排浑”

的水库运用方式。蓄清排浑是指水库在来沙较多的汛期降低水位排沙，在汛末来沙较少时蓄水兴利的运用模式。实践证明，这是处理水库泥沙问题的有效调度模式（水利部西北水利科学研究所等，1983）。黑松林水库采用不同运用方式的淤积比较见表 1.2。可见，在 1963 年洪峰流量比 1961 年小，入库水量也较少的条件下，采用蓄清排浑比蓄洪运用淤积量大大减少。三门峡水库从 1973 年采用蓄清排浑运用方式以来，潼关以下库区淤积量基本得到控制，330.00m 高程以下槽库容部分得到恢复，如图 1.1 所示（程龙渊等，1999；Wang G Q et al.，2005）。同期其他水库如闹德海、红领巾、黑松林、直峪等水库在改为蓄清排浑运行方式以后，也都取得了较好的减淤效果（韩其为，2003）。部分水库不同运用方式淤积比较参见表 1.3（陕西省水利科学研究所河渠研究室等，1979）。

表 1.2 黑松林水库不同运用方式淤积比较
(西北水利科学研究所等，1983)

运用年份	运用方式	入库沙量 /万 t	入库水量 /万 m ³	洪峰流量 /(m·s ⁻³)	含沙量 /(kg·m ⁻³)	淤积量 /万 t	淤积量占入 库沙量/%
1961	蓄洪	48.0	1450	197	342	48.0	100
1963	蓄清排浑	45.9	1269	89	719	3.4	7.5

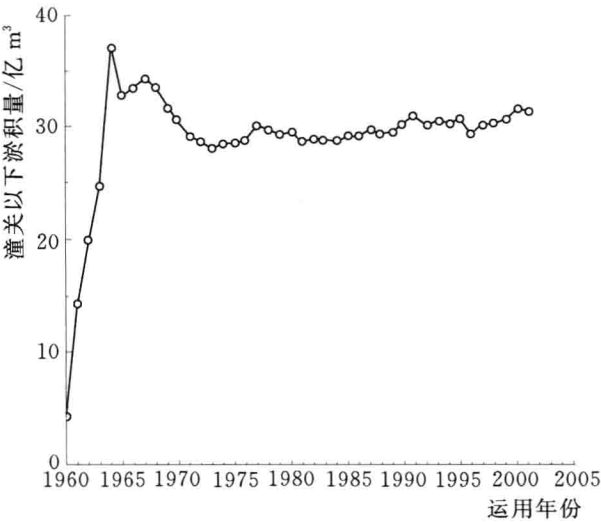


图 1.1（一）三门峡水库潼关以下库区淤积量及 330.00m 以下库容变化过程
(Wang G Q et al.，2005；程龙渊等，1999)

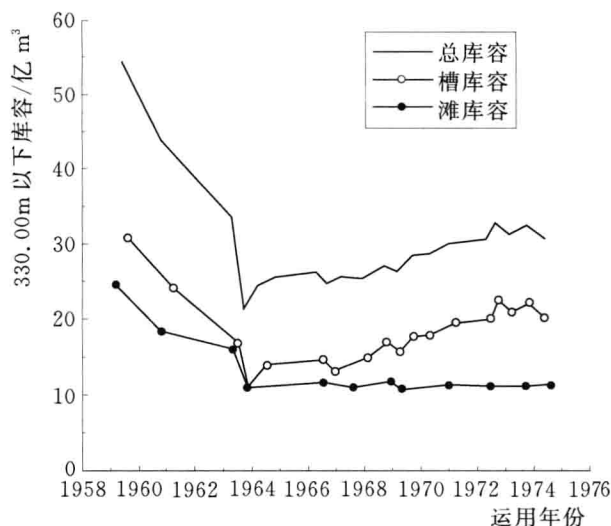


图 1.1 (二) 三门峡水库潼关以下库区淤积量及 330.00m 以下库容变化过程
(Wang G Q et al., 2005; 程龙渊等, 1999)

表 1.3 部分水库不同运用方式淤积比较
(陕西省水利科学研究所等, 1979)

库名	运用方式	起止时间 /(年-月)	入库沙量 /万 t	淤积量 /万 m ³	年平均淤积量 /万 m ³
黑松林	蓄洪	1959—5—1962—7	210.6	162	54.0
	蓄清排浑	1962—7—1975—9	1066.0	116	8.2
镇子梁	蓄洪	1959—1960	1080.0	900	450.0
	蓄清排浑	1961—1971	3735.3	1160	114.2
红领巾	蓄洪	1960—1964	261.7	270	67.5
	蓄清排浑	1964—1974	727.6	—24	—2.2
陈利天	蓄洪	1960—1968	1237.8	490	54.5
	蓄清排浑	1969—1973	624.6	—25	—5.0
水涧沟	蓄洪	1960—1968	842.5	400	44.4
	蓄清排浑	1969—1973	453.4	—125	—20.8
官厅	施工期滞洪	1960—1968	18178.0	1028	342.6
	蓄洪	1969—1974	49435.0	42740	2850.0
青铜峡	蓄洪	1967—1971	10.11	4.94×10 ⁴	9880.0
	蓄清排浑	1972—1974	2.95	—0.2×10 ⁴	—67.0

以上资料显示,蓄清排浑是一种控制水库泥沙淤积、发挥水库长期效益的有效方式,是我国泥沙工作者在探索水库减淤调度中做出的

重要贡献。

1.1.2 研究意义

近些年,我国设计建设的水库都吸取了已有水库的经验教训,充分考虑了调度方式对水库淤积的影响,如葛洲坝、丹江口等。三峡水库作为举世瞩目的特大型水利工程,在设计之初就把蓄清排浑减淤作为水库运用的基本方式。

多沙河流上修建水库,泥沙淤积是危及水库可持续利用的主要原因。在目前蓄清排浑运行方式下,水库淤积虽然能够得到相当程度的控制,但仍不能确保主要防洪和兴利库容的长期使用,对泥沙调度仍有相当大的优化空间和进一步减淤的必要性(童思陈,2006)。

水库调度方式关系到水库防洪、发电、航运等各个方面。其中,水库的淤积是制约水库兴利效益发挥的重要因素,包括水库的淤积形态、淤积时空分布及最终的淤积平衡。在上游来流一定的条件下,水库的调度方式对水库的淤积形态、淤积时空分布及最终的淤积平衡具有决定作用。

在三峡水库论证过程中,为了进一步兴利避害或者在无害的基础上尽可能兴利,众多学者结合防洪、发电、航运、生态等多方面因素对水库具体的运用过程进行了深入研究,提出了许多针对调度方式改进的方法,如双汛限、多汛限方案、汛后推迟落水、汛后提前蓄水等。这些调度方式的改变,必然对水库的淤积产生影响。

因此,面对现阶段水电开发的快速发展以及对水库效益最大限度发挥的迫切需要,研究水库调度方式与淤积发展关系的基本规律不仅对规划中水库调度方式的制定起到指导作用,而且对现有水库调度方式的优化具有重要的参考价值。

1.2 研究现状

1.2.1 水库泥沙研究的发展过程及处理措施

水库泥沙的研究是在实际过程中不断得到认识 and 发展的。从 20



世纪 50 年代初仅估算死库容淤满年限 (Шамов, 1954; Гончаров, 1962;), 到后来认识到水库呈三角洲、锥体、带状等淤积形态, 用三角洲法和平衡比降法进行水库冲淤计算 (姜乃森, 1963; 张威, 1964)。20 世纪 70 年代以来, 先后建立了饱和、非饱和输沙算法 (韩其为, 1980), 在分析实测资料的基础上, 建立了水库泥沙冲淤过程的物理图形和计算方法 (张启舜, 1982)。20 世纪 80 年代以后, 随着人们认识水平的提高和计算机的发展, 水沙数学模型成为研究水流泥沙运动及河床演变的有力工具, 并越来越得到广泛应用。

对水库泥沙的处理措施也是伴随着人们对水库泥沙运动规律的认识不断完善的。从 20 世纪 50 年代初以拦为主采取预留死库容或堆沙库容的办法, 到 20 世纪 60 年代以后以排为主, 即将泥沙往下淤, 尽量使泥沙淤积在死库容, 以确保水库的兴利库容, 延长水库使用寿命。针对河流来水、来沙特点及水流、泥沙运动规律, 已总结出自由滞洪、拦蓄洪水、蓄清排浑等不同类型水库的调水、调沙方式, 取得了大量的研究、观测成果和一定的成功经验。

1.2.2 水库泥沙研究的主要途径

研究水库冲淤问题, 常常采用三种途径: 与类似水库的原型资料对比分析、水库冲淤计算及物理模型试验 (中国水利学会泥沙专业委员会, 1989)。对具体水库冲淤的研究, 大部分都是预报性质的, 即解答在规划设计阶段或运用阶段的问题, 因此, 第一种研究途径适合于对研究问题得出一些基本概念性的认识和规律 (关系), 物理模型试验多用于研究重要水库重点库段的冲淤情况, 而水库冲淤计算是目前预报水库淤积特别是全水库淤积的一种有效方法, 常用于大型的规划设计。

1. 类比分析法

与类似水库的原型资料对比分析, 亦称为类比分析法, 是根据河段实测地形和水文、泥沙资料进行河床演变分析, 掌握河床演变的规律及其影响因素, 从而推断本河段或相邻河段可能发生的冲淤变化。对于正在规划设计中的水库, 在不可能获得实测资料的情况下, 对其类似水库的泥沙淤积情况进行调查和分析, 找到一些规律性的东

西,不失为一种比较理想的方法。如在研究三峡水库变动回水区航道问题时,韩其为(1986)通过对新安江、西津、黄龙滩以及丹江口四个水库泥沙淤积、回水末端、河势及变动回水区航道内出现和存在问题的调查研究,分析了水库建成后变动回水区的航道问题及其成因,并根据三峡水库的特点,对三峡水库变动回水区航道问题进行了估计。

2. 水库冲淤计算

水库泥沙冲淤计算方法中,有水文学和水力学两种不同的计算途径。

(1) 水文学方法,亦称为统计法。它是以大量实测资料为基础,找出水库泥沙冲淤规律,在此基础上,针对水库的具体运用条件,运用数理统计方法,建立适用于该水库冲淤计算的的经验关系式和分析计算方法,以预报该水库的冲淤发展。这种方法是针对生产上的实际需要而建立的,将各种冲淤现象的数量和部位等按各自总结的方法,分别进行计算或确定。这种方法一般用于计算短时段,如一次洪峰或一个汛期的淤积情况。近年来,为制定我国多沙河流上淤积严重的滞洪排沙水库的调度计算方法,需要预知一场洪峰过程的冲淤情况,常常采用这种方法。如张启舜(1982)根据国内外各种水库资料,建立了壅水情况下水库排沙比 η 与壅水程度(以水库库容 V 与出流量 Q 之比为衡量指标)的经验关系式,即 $\eta = -A \lg \frac{V}{Q} + B$ (式中 A 、 B 为常数),并将其成功地应用于三门峡水库的壅水淤积计算。陕西省水利科学研究所、清华大学(1979)通过对黑松林、红领巾、直峪等中小型水库一场洪水中排沙比与排水比的统计,建立了水库排沙比 η 与排水比 η_w 的经验关系式。值得注意的是,由于该方法缺乏一定的物理基础,不能深入揭示过程的内在机制,其结果是通过大量实测资料进行统计分析的基础上得出的泥沙冲淤关系,这使得其应用性受到一定限制。在将经验关系从一个水库应用到另一个水库时,应根据实际情况,修改其中若干参数。对于设计中的水库缺乏其自身测量资料时,该方法并不适用。

(2) 水力学方法,亦称为解析法。它是以水流、泥沙运动力学和