



SHUIKU

水库调水调沙

TIAOSHUI
TIAOSHA

焦恩泽 缪凤举 林秀芝 著



黄河水利出版社



SHUIKU
TIAOSHUI
TIAOSHA

水库调水调沙

焦恩泽 缪凤举 林秀芝 著

黄河水利出版社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书用实例论述了水库调水调沙的发生、发展与逐步完善的过程,同时又将调水调沙分为多年调节、年调节、日周调节和适时调节4种类型。用泥沙运动基本理论概括了水库调水调沙的基本条件和必要条件;依据国内已建水库的实践,总结出了水库调水调沙的正面作用和负面影响。另外,还较多地介绍了三门峡水库调水调沙的经验和遇到的问题以及解决问题的思路与结果,对梯级水利枢纽联合运用(调水调沙)以三门峡水库和小浪底水库为例提出了建议性的框架。

本书可供规划设计、工程管理人员以及高等院校相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

水库调水调沙/焦恩泽,缪凤举,林秀芝著. —郑州:黄河水利出版社,2008. 11

黄河水利委员会治黄著作出版资金资助出版图书

ISBN 978 - 7 - 80734 - 521 - 3

I. 水… II. ①焦…②缪…③林… III. 水库 - 水利建设 IV. TV62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第157152号

策划编辑:岳德军 电话:0371 - 66022217 E-mail:dejunyue@163.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路11号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsicbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:15

字数:346千字

印数:1—1 000

版次:2008年11月第1版

印次:2008年11月第1次印刷

定价:45.00元

前言

黄河是世界上著名的多沙河流,几千年来灾害不断,黄河难以治理也缘于其泥沙之多。以修建在黄河中游地区三门峡峡谷地段的三门峡水文站(1958年以前为陕县水文站)为准,黄河的多年(1919~1998年)平均径流量为397亿 m^3 ,输沙量为13.5亿t,平均含沙量为 34 kg/m^3 。水库修建以后,如何处理泥沙问题在规划阶段大体上预想三种途径:水土保持,在支流上修建大型拦泥库堆沙,利用异重流排沙。

三门峡水库于1960年9月中旬关闸蓄水,时逢三年自然灾害,黄河上中游水土保持、拦泥库等规划项目难以落实。至1962年4月,三门峡库区共淤积泥沙近15亿 m^3 ,占335m高程以下库容96.5亿 m^3 的15.5%。同时,渭河下游的华县至渭河河口河段的两岸地下水水位上升,盐碱化、沼泽化面积扩大。由于泥沙淤积上延,回水末端超出原来规划的范围,水库被迫由蓄水运行改为滞洪排沙运用。

1964年为丰水年份,进库(四站^①)径流量为659.2亿 m^3 ,输沙量为29.19亿t。三门峡库区淤积量达40亿 m^3 ,潼关河床高程由建库前的323.4m上升到328.1m(1964年11月1日),给渭河下游带来更大的威胁。基于上述严峻的形势,自1965年起对三门峡水利枢纽工程进行第一次增建(建2条泄洪洞)和改建(将4条发电引水管改为泄洪管)。

1967年又是丰水年,进库径流量为678亿 m^3 ,输沙量为28.9亿t,1967年汛后潼关高程上升到328.38m。因此,国务院决定对三门峡水利枢纽工程进行第二次改建(打开施工导流底孔,电站引水口下卧到287m),于1973年11月基本完成。自1973年11月开始,三门峡水库采用蓄清排浑的方式进行调控运用。1977年,张启舜、龙毓骞首次提出:三门峡水库运用模式为调水调沙。

三门峡水库调水调沙已历时30余年,取得了非凡的成就,为国内外所公认,它为在多沙河流上修建水库解决了保持库容、维持冲淤平衡的问题,达到了国际领先水平,也为国内大型水库(黄河小浪底、长江三峡)所采用。

然而,调水调沙模式也是有条件的,并非所有水库都可以采用。调水调沙又有多种形式:多年调水调沙,年内调水调沙,洪水(大流量)调水调沙以及适时调水调沙。

此外,若调水调沙运用调度不当也会出现负面影响,如进库的径流量、输沙量发生变异,流域内人类活动以及自然界发生异动,枢纽下游对水库运用的要求等,都会影响年度调度运用的筹划与更改。作者基于上述考量,以及所接触的实际,感到:对于调水调沙的正面作用人们为之欢呼,而其负面作用却鲜为人知;调水调沙的必要条件尚无人概括,调水调沙的原理尚未理清,调水调沙的效应也有待总结。为此,在一年左右时间的构思后,根据所了解的情况和掌握的资料,作者编写了《水库调水调沙》一书,它补充了《黄河水库

① 四站是指龙门(黄河)、河津(汾河)、华县(渭河)、淤头(北洛河)。

泥沙》(黄河水利出版社,2004 年版)一书之不足。由于作者对调水调沙的了解并不全面,而且调水调沙的内容和所涉及的范围还在发展,有待在实践过程中不断补充与完善,本书如能起到抛砖引玉的作用,作者也就很欣慰了。

本书第一至十三章、第十六至十八章由焦恩泽编写,第十四章由缪凤举编写,第十五章由林秀芝编写。全书由焦恩泽统稿。本书在编写过程中得到了黄河水利科学研究院时明立院长、江恩惠副院长、姚文艺总工的鼎力支持,并得到了张清、王平工程师的大力协助。另外,本书的部分研究成果得到国家“十一五”科技支撑项目(项目编号:2006BAB06B04)和水利部公益性行业科研专项(项目任务书编号:200701007)的资助,在此一并表示感谢。

书中尚有多处不完善的地方,敬请读者批评指正。

作者

2007 年 9 月

目 录

前 言

第一篇 绪 论

第一章 水库调水调沙概述	(1)
第二章 调水调沙的由来与发展	(4)
第一节 调水调沙源于黑松林水库	(4)
第二节 生产要求闹德海水库调控运用	(6)
第三节 三门峡水库深化认识、逐步完善调水调沙方式	(8)
第三章 调水调沙必备条件	(10)
第一节 调水调沙库容	(10)
第二节 泄流建筑物布局与泄流能力	(11)
第三节 进库水沙条件变化引起的问题	(14)

第二篇 水库调水调沙的基础理论

第四章 水库富余输沙能力	(16)
第一节 富余输沙能力的产生条件	(17)
第二节 水库富余输沙能力的论证	(19)
第三节 富余输沙能力经验关系	(20)
第五章 溯源冲刷实例及其输沙能力	(23)
第一节 溯源冲刷实例	(23)
第二节 溯源冲刷的输沙能力	(29)
第六章 可用库容	(32)
第一节 可用库容的出现与内涵	(32)
第二节 可用库容的基本条件	(34)
第三节 可用库容估算	(43)

第三篇 水库调水调沙效应

第七章 调水调沙与保持库容的关系	(47)
第一节 日、周调水调沙与保持库容的关系	(48)

第二节	年调水调沙与保持库容的关系	(50)
第三节	多年调水调沙形式	(63)
第八章	调水调沙控制淤积上延	(65)
第一节	调整或确定运用水位指标	(67)
第二节	跟踪冲淤变化调整水位指标	(69)
第三节	维持库区冲淤平衡	(69)
第九章	合理调控出库水沙过程	(71)
第一节	出库流量与含沙量的合理搭配	(71)
第二节	减少过机泥沙	(74)
第三节	控制对下游不利的水沙过程	(76)
第十章	调水调沙对下游河道的效益	(81)
第一节	减少下游河道淤积	(81)
第二节	河道断流危害与防治	(84)
第十一章	水库调水调沙的负面影响	(87)
第一节	三门峡调水调沙对下游冲淤的影响	(87)
第二节	黄河上游水库调水调沙的负面影响	(95)

第四篇 水库调水调沙的实践

第十二章	各种类型调水调沙的实践	(101)
第一节	多年调水调沙的实践	(101)
第二节	年内调水调沙	(105)
第三节	日调节水库的调水调沙	(106)
第四节	适时调水调沙	(113)
第十三章	三门峡水库非汛期运用	(115)
第一节	三门峡水库改建后承担的任务	(116)
第二节	水沙变化特征	(118)
第三节	三门峡水库调水调沙期间水沙变化	(122)
第四节	非汛期水库运用与淤积、潼关高程	(124)
第五节	运用方案调整与思考	(131)
第十四章	三门峡水库汛期调度运用	(133)
第一节	黄河水沙不均匀性特征	(133)
第二节	汛期水库运用及运用方式	(134)
第三节	汛期水库排沙特性分析	(138)
第四节	汛期发电运用方式研究	(152)

第十五章	三门峡水库潼关河段清淤工程	(159)
第一节	概 述	(159)
第二节	潼关清淤基本情况	(159)
第三节	水沙特性及水库运用	(161)
第四节	清淤效果分析	(169)
第十六章	三门峡水库非汛期“318”试验	(197)
第一节	水文泥沙特征	(197)
第二节	非汛期淤积分布	(199)
第三节	汛期敞泄排沙	(203)
第四节	潼关高程的演变	(205)
第五节	“318”试验效益与建议	(206)
第十七章	三门峡水库汛期发电问题的讨论与思考	(208)
第一节	汛期发电的回顾	(208)
第二节	汛期发电的必备条件与效益	(211)
第三节	汛期发电与非汛期“318”结合	(214)
第四节	展望未来	(216)
第十八章	河流梯级开发的调水调沙探讨与思考	(217)
第一节	黄河上游梯级开发实例	(218)
第二节	三门峡水库对下游的影响	(221)
第三节	关于三门峡、小浪底两库现状	(223)
第四节	小浪底水库的三个特殊问题	(225)
第五节	小浪底水库后期运用方案设想	(227)
第六节	三门峡、小浪底两库联合运用设想	(228)
后 记		(231)

第一篇 绪 论

第一章 水库调水调沙概述

自从三门峡水库采取调水调沙运用以来,相关科技工作者通过实践不断地总结经验,逐步对其进行改进和完善,时至今日已经有 30 余年了,所取得的成就已风靡国内外。其之所以被人们高度重视,是因为水库调水调沙可使在多沙河流上修建的水库减少淤积,保持部分库容长期可以使用,为防洪、防凌、灌溉、供水发挥了重要作用。

调水调沙从字面上看似只是水库管理的一种方式,然而实际上它却涉及水库管理工作的方方面面。调水可以理解为将大流量过程的径流量储蓄在水库中,待枯水季节向下游补水。当然,有很多水库尚有防洪、防凌、发电等多目标的开发;而调沙则是以往没有出现过的事情。

闹德海水库修建后历经 30 多年仍保持 $3/4$ 左右的库容可以(能够)长期使用,它的运用方式为滞洪排沙。1970 年以后,在坝体上安装闸门实施控制运用,水库仍然保持长期可以使用的库容。

黑松林水库采用蓄清排沙运用,既缓解了水库淤积,又满足了下游农民引浑灌溉的要求,其经验非常可贵,这实际上是蓄清排浑的原型。

三门峡水库实施调水调沙运用也不是凭空而来的,是在吸取了其他水库的经验,对三门峡水库 1960~1968 年实测资料进行分析、研究与总结后,得到了升华。

通过总结三门峡库区泥沙运动,发现三门峡库区在洪水期的输沙能力大于建库前天然河道的输沙能力,称之为富余输沙能力。

在 1974 年三门峡水库正式采用蓄清排浑运用之后,许多学者围绕着这一运用模式进行了多方面的研究与探讨。关于水库富余输沙能力,在第二期改建规划工作期间只是在资料分析中,从感性认识方面得知富余输沙能力确实存在。然而,为什么水库中的能坡(比降)变小而输沙能力却反而增大了呢?直至进入调水调沙运用之后才从理论上得到了解决。焦恩泽于 1981 年在《泥沙研究》发表的《可用库容问题的研究》^[1]一文中提出了理论方面的观点,并在用实测资料佐证之后,又在《人民黄河》2006 年增刊^[2]中做了补充。

有关可用库容(又称为长期可以使用库容)的问题,韩其为早在 1978 年就论证了可用库容的存在及计算方法^[3,4];1980 年,夏震寰等在国际学术会议上发表了相关的论文^[5]。然而,并非所有修建在多沙河流上的水库都存在可用库容,对于修建在平原河流上的水库,其可用库容实际上是平滩流量情况下的河槽体积。

水库调水调沙是张启舜、龙毓骞在 1977 年首先提出的,他们经过认真思考,将非汛期淤积在库内的泥沙调整到汛期排沙出库,称之为调沙;而调水则不言自明。1993 年,杨庆安、龙毓骞等组织多名专业人员对三门峡水库的运用做了系统的研究,将水库运用方式作为专题进行了总结^[6]。

经过几十年的实践证明,水库调水调沙是解决修建在多沙河流上水库泥沙问题的有效途径,同时也为水资源的利用找出了新的思路,并且经过许多水库应用与改进都取得了显著效益。

然而,调水调沙运用更应因地制宜。任何一座水库都有其特性,从地理、地貌方面来分析,其可能处在某流域的上游、中游和下游,原始地貌可能是峡谷型、湖泊型,或者兼而有之,原始河床组成又有基岩、卵石、砾石、粗细泥沙之分。这些边界条件对于调水调沙运用方案的制订有着密切的关系。进库径流量、输沙量及其在年内的分配是调水调沙运用方案的制订必须考量的重要因素。有的水库非汛期与汛期的径流量几乎相等,如黑松林水库汛期(6~9 月)径流量占全年的 42.7%,而有些水库汛期径流量占全年的 60% 以上。就某一座水库来讲,非汛期输沙量多年平均值占全年输沙量的 15% 左右,然而在个别年份却占全年输沙量的 67.6%,如三门峡水库 1991 年(运用年)非汛期输沙量为 4.158 亿 t,汛期输沙量只有 1.992 亿 t,全年输沙量为 6.15 亿 t。这种特殊情况会给调水调沙运用带来极其不利的后果。因此,在制订年度调水调沙计划时,应当考虑水库前期的冲淤情况,相应地调整运用年的方案。

流域内大兴水利、水电及水土保持工程之后也会改变其下游水库的进库径流量与输沙量及在年内的分配,而这种改变又给调水调沙运用带来了新的问题,这些都是要求管理工作时刻关注的问题,而且管理工作者还应对应改变后的情况来调整水库运用方案。

水库周边地区在修建水库之后会受到影响,而其在为发展工农业生产取水、城镇的发展提供水资源的同时又会产生负面影响。为此,在采用调水调沙运用方案时应予以重视。例如,万家寨水库在规划设计时就确定回水与淤积末端要控制在拐上断面以下,因为拐上断面以上是黄河内蒙古河段,该河段属冲积性平原河流,河床坡降较缓,只有 1.2‰ 左右,若回水末端上延到这一河段,将引起内蒙古河段河床高程上升,从而危及防洪、防凌安全,威胁该地区工农业生产。

此外,还要关注水库排沙对下游河道的影响,三门峡水库在小浪底水库蓄水之前,水库排沙过程就十分重视出库的流量与含沙量过程搭配是否合理,避免“小水带大沙”对黄河下游产生不利影响。

总之,采用调水调沙运用方式时,不能只看有利的一面(解决水库淤积问题),还要更多地全面衡量诸多问题,才能事半功倍。

基于上述理念,本书构思与编写的内容共分四篇十八章:第一篇为绪论,包括第一章至第三章,主要叙述了调水调沙在生产实践中的重要作用,调水调沙产生、发展与完善的过程,调水调沙必备的条件;第二篇论述了水库调水调沙的基础理论,为第四章至第六章,分别讨论了水库富余输沙能力、溯源冲刷输沙能力以及可用库容问题,这三方面的内容是支持调水调沙的基础理论。只有在满足基础理论的前提下,才有可能论证调水调沙的可行性;第三篇主要介绍了已有的水库调水调沙效应,为第七章至第十一章,深入讨论了调

水调沙与保持库容的关系,调水调沙控制淤积上延,合理调控出库水沙过程,调水调沙对下游河道的效益以及调水调沙的负面影响;第四篇主要介绍了已有水库调水调沙的实践,为第十二章至第十八章,分别介绍了各种调水调沙的经验、效益。

参考文献

- [1] 焦恩泽. 可用库容问题的研究[J]. 泥沙研究,1981(3):57-65.
- [2] 焦恩泽,等. 水库调水调沙的原理与实践[J]. 人民黄河,2006(增刊):22-26.
- [3] 韩其为. 论水库的长期使用[G]//长江水利水电科研成果选编. 武汉:长江流域规划办公室,长江水利水电科学研究院,1980.
- [4] 韩其为. 长期使用水库的平衡形态及冲淤变形的研究[J]. 人民长江,1978(2):18-35.
- [5] 夏震寰,等. 论长期使用库容[C]//第一届河流泥沙国际学术讨论会论文集(第二册). 北京:光华出版社,1980:753-762.
- [6] 杨庆安,等. 黄河三门峡水利枢纽运用与研究[M]. 郑州:河南人民出版社,1995.

第二章 调水调沙的由来与发展

第一节 调水调沙源于黑松林水库

蓄清排浑运用最早是从黑松林水库运用中总结出来的经验^①,其后由三门峡水利枢纽二期工程改建规划设计工作组提升到理论高度。

黑松林水库位于陕西省淳化县境内的冶峪河,冶峪河是渭河二级支流,发源于淳化县凤凰、英烈二山;经淳化、泾阳至三原与清水河相汇,进入石川河。水库集水面积为286 km²,占流域总面积的77.3%。流域地貌为黄土丘陵沟壑区,多暴雨,水土流失严重,侵蚀模数约为2 400 t/(km²·a)。多年年均径流量为1 417.9 万 m³,输沙量为70.31 万 t,表 2-1 为径流量、输沙量和含沙量的年内分配值。

表 2-1 淳化水文站 1961 ~ 1971 年平均水沙年内分配

月份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
径流量	径流量(万 m ³)	73.5	75.3	85.6	97	128	81.5	138	228	160	154.5	114	82.5	1 417.9
	占全年(%)	5.2	5.3	6.0	6.9	9.0	5.8	9.7	16.1	11.3	10.9	8.0	5.8	100
输沙量	输沙量(万 t)	0.014 5	0.019 7	0.041 3	0.052 2	1.33	1.325	15.54	50.45	1.285	0.212	0.023 6	0.013 2	70.31
	占全年(%)	0.02	0.03	0.06	0.08	1.89	1.89	22.10	71.75	1.83	0.30	0.03	0.02	100
含沙量(kg/m ³)		0.20	0.26	0.48	0.54	10.4	16.3	112.6	221.3	8.0	1.4	0.21	0.16	49.6
流量(m ³ /s)		0.27	0.31	0.32	0.37	0.48	0.314	0.52	0.85	0.62	0.58	0.44	0.31	0.40

黑松林水库于 1959 年 5 月建成并投入运用,大坝为均质土坝,坝高 45.5 m,在大坝右侧设置一孔输水兼作排沙洞,各项工程指标见表 2-2。

表 2-2 黑松林水库各项工程指标

总库容(万 m ³)	860	坝底高程(m)		1 729
有效库容(万 m ³)	790	输水洞	进口断面尺寸(m)	2 × 1.5
死库容(万 m ³)	70		设计流量(m ³ /s)	5.0
坝顶高程(m)	1 774.5		最大泄量(m ³ /s)	10
输水洞进口高程(m)	1 741.5	泄洪道设计泄量(m ³ /s)		675
泄洪道底坎高程(m)	1 764.5			

① 黄河水库泥沙观测研究成果交流会,水库泥沙报告汇编,1973 年 12 月。

黑松林水库兴建的目标为以灌溉用水为主兼顾防洪。其于 1959 年 5 月建成并开始蓄水,由于进库输沙量较大,至 1962 年汛前,库区共淤积泥沙 268 万 m^3 ,占总库容的 31.2%,任此发展下去水库很快会被淤废。

由表 2-1 可知,径流量在年内分配比较均匀,月最大径流量为 228 万 m^3 (8 月),占全年径流量的 16.1%,月最小径流量为 73.5 万 m^3 (1 月),占全年径流量的 5.2%,最大值与最小值的比值为 3.1。径流量超过 100 万 m^3 的月份有 5 月、7~11 月,共 6 个月,占全年径流量的 65%。

输沙量则集中在 7、8 两月,约为 66 万 t,占全年输沙量的 93.85%,相应的径流量只占全年的 25.8%,那么其他月份的总沙量只占全年总沙量的 6.15%,其相应的径流量却占全年径流量的 74.2%。其中,非汛期(10 月~翌年 5 月)的径流量占全年径流量的 57.2% (见表 2-1)。

从径流量和输沙量在年内各月的分配来看,进入黑松林水库的径流量和输沙量有以下几个特点:①非汛期沙量很小,不足 2 万 t,而径流量达到 810.4 万 m^3 ,非汛期输沙量对水库的威胁很小,可以拦蓄的径流量很丰富,基本上可以满足下游灌溉用水;②汛期输沙量集中在 7、8 两月,特别是集中在几场洪水期,最大含沙量可达到 800 kg/m^3 ,上游来沙组成较细,中值粒径为 0.025~0.03 mm,由于含沙量大、泥沙组成细,即使在库区沉降,其沉速也比较缓慢,若淤积历时短暂也容易冲刷,排沙出库;③水库下游灌区有引洪淤灌的习惯,泥沙中含有大量的有机质,肥分很高,对农作物有利。

基于上述各方面的原因,改变水库运用方式势在必行。黑松林水库于 1962 年汛期改为非汛期蓄水、汛期敞泄排沙、下游引洪淤灌的运行方式,将这种运用方式称为蓄清排沙。自 1962 年 5 月至 1972 年 11 月,进库总沙量为 667 万 t,出库总沙量为 529 万 t,库区仅淤积 138 万 t,库区淤积主要发生在三次较大洪水期间,如表 2-3 所示。

表 2-3 黑松林水库三次较大洪水进出库水沙特征值

日期 (年-月-日)	进库				出库				排沙比 (%)
	$Q_{\max}$ (m^3/s)	W (万 m^3)	W_s (万 t)	$S_{\max}$ (kg/m^3)	$Q_{\max}$ (m^3/s)	W (万 m^3)	W_s (万 t)	$S_{\max}$ (kg/m^3)	
1969-08-09	251	321.0	100.0	585	6.54	247.9	38.95	418	39.0
1970-08-04	370	326.0	118.0	438	8.79	255.0	75.76	606	64.2
1971-08-20	465	592.7	148.0	314	10.75	488.0	86.2	621	58.2

从表 2-3 中可以看出,进库洪峰流量远远大于下泄流量,是泄流量的 40 倍左右。由于泄流能力太低,库区在洪水过程发生壅水,进库泥沙发生沉积,三次洪水造成库区淤积沙量高达 165 万 t。因此,黑松林水库出现三种排沙形式:异重流排沙、壅水排沙和敞泄排沙。图 2-1 是 1971 年 8 月洪水进出库流量和含沙量、库水位、清浑水交界面、进出库的 d_{50} 综合过程线。从图中可以看出:20~24 日发生异重流,其清浑水交界面变化过程很清楚;

25 日以后库水位急剧下降,属于壅水排沙过程,出库含沙量迅猛增加;26 日以后属于泄空排沙,出库含沙量突然增大。

由于黑松林水库的泄流规模很小,遭遇较大洪水过程就会产生异重流排沙,洪水过后又会出现壅水排沙和泄空排沙。分析这三种排沙形式可以得知,黑松林水库是一种不完整的蓄清排浑的运用模式。然而,虽然是不够完善的运用模式,但毕竟是首次提出了解决多沙河流水库淤积的途径,仍然引起了人们的关注。

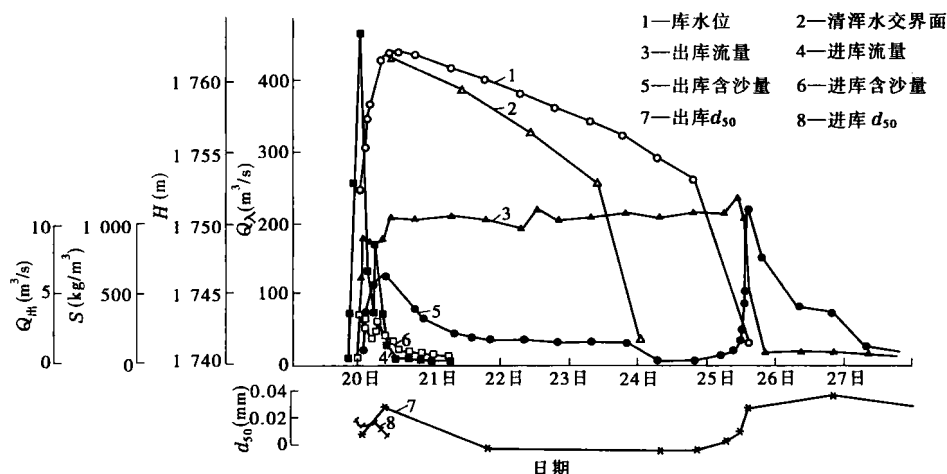


图 2-1 黑松林水库一次洪水综合过程线

所以,在论述蓄清排浑运用方式时,黑松林水库的经验是开创了先例,功不可没的。

黑松林水库的经验为:非汛期有水可蓄,汛期敞泄可以排沙减淤,下游灌区乐于引水引沙、引洪淤灌,保持部分库容用以防洪。

第二节 生产要求闹德海水库调控运用

闹德海水库位于辽宁省彰武县辽河支流柳河中游的闹德海村,控制流域面积 405 km²,于 1942 年建成,至 1970 年 10 月为滞洪排沙运用。1963 年 7 月大水后,鉴于防洪需要,于 1965 年扩建,大坝加高 3.5 m,坝顶高程达 191.5 m,相应库容增加到 1.96 亿 m³。为了充分利用水资源,于 1970 年在大坝 5 个底孔(151 m 高程)、2 个中孔(163.5 m 高程)和顶部溢流坝段安装闸门后,于 1970 年 11 月起实施控制运用,解决了下游部分地区和城市用水。控制运用后的原则是:冬春两季蓄水拦沙,根据需要向下游和城市补水;6~9 月敞泄排沙,以期达到库区内年冲淤平衡。

大坝扩建之前,柳河发生两次大洪水:第一次发生在 1949 年汛期(无详细资料);第二次发生在 1963 年 7 月 23~27 日,进库最大流量达 8 040 m³/s,洪水总量为 2.045 亿 m³,输沙量为 0.676 亿 t,见表 2-4。

各年代闹德海水库进库径流量与输沙量见表 2-5 及表 2-6。

表 2-4 柳河 1963 年洪水特征值

项目	石门子水文站	三家子水文站
最大流量(m^3/s)	7 000	1 040
相应含沙量(kg/m^3)	288	1 190
洪水水量(万 m^3)	16 800	3 650
洪水沙量(万 t)	3 670	3 090
平均含沙量(kg/m^3)	219	847

表 2-5 20 世纪各年代阔德海水库出库径流量与输沙量统计●

项目	年代	汛期	非汛期	全年	非洪水期
径流量 (万 m^3)	70 年代	13 674	10 257	23 931	4 675
	80 年代	8 802	8 452	17 254	3 197
	90 年代	13 434	9 997	23 431	3 028
	多年平均	11 807	9 521	21 328	3 700
输沙量 (万 t)	70 年代	888	40	928	51
	80 年代	576	12	588	36
	90 年代	692	11	703	29
	多年平均	721	22	743	40

表 2-6 20 世纪各年代阔德海水库进库径流量与输沙量统计●

项目	时段	汛期	非汛期	全年	汛期/全年(%)	非汛期/全年(%)	非洪水期
径流量 (万 m^3)	60 年代*	20 856	13 939	34 795	59.9	40.1	—
	70 年代	12 277	9 927	22 204	55.3	44.7	3 793
	80 年代	7 966	6 965	14 931	53.4	46.6	3 017
	90 年代**	12 646	9 021	21 667	58.4	41.6	3 236
	多年平均	12 608	9 567	22 175	56.9	43.1	3 361
输沙量 (万 t)	60 年代*	2 328	130	2 458	94.7	5.3	—
	70 年代	601	94	695	86.5	13.5	63
	80 年代	464	47	511	90.8	9.2	31
	90 年代**	490	56	546	89.7	10.3	43
	多年平均	850	78	928	91.6	8.4	46

注:带*者为 1964~1969 年;带**者为 1990~1996 年。

● 黄河水利科学研究院,阔德海水库延长蓄水期库泥沙问题的研究,HX-9818-053,1998 年 12 月。

从表 2-5 及表 2-6 中可以看出,库区多年平均淤积量为 185 万 t,约合 140 万 m^3 。表中还给出,非汛期多年平均进库输沙量为 78 万 t,占全年输沙量 928 万 t 的 8.4%;非汛期多年平均进库径流量为 9 567 万 m^3 ,占全年径流量 22 175 万 m^3 的 43.1%。由此可知,非汛期有水可蓄,而进库沙量较少,水库可以按蓄清排浑方式运用。

闹德海水库自 1970 年 11 月起采用“冬春季蓄水,汛期排沙”的方式运行,据不完全统计,自 1974 年 10 月至 1997 年 10 月,在 192 m 高程以下共冲刷泥沙 1 152 万 m^3 ,23 年年均冲刷量约为 50 万 m^3 。

库区冲刷主要集中在汛期中小洪水过程,如 1986 年 9 月 3 日和 7 日的两场洪水,进库洪峰流量分别为 154 m^3/s 和 100 m^3/s ,持续时间较长,库区冲刷量分别为 196 万 t 和 510 万 t。又如 1994 年 7 月 18 日洪水,洪峰流量为 235 m^3/s ,历时 13 天,库区冲刷量为 776 万 t。

由上述情况可以认为,闹德海水库的运用模式就是蓄清排浑,只是水库承担的任务是为下游部分农田的灌溉供水,同时水库下游石板桥断面以下有一个面积很大的洼地,可以起到滞洪滞沙作用。柳河下游并没有因为改变运用方式而引起负面反应,但是闹德海水库的泄流能力有限,遇到较大洪水时,壅水历时较长,库区还会发生淤积。例如,1984 年 8 月 11 日洪水,进库最大日平均流量为 551 m^3/s ,洪水历时 6 天,最高库水位为 176 m,库区淤积 827 万 t;又如 1994 年 7 月 13 日洪水,进库最大日平均流量为 675 m^3/s ,历时 5 天,最高库水位为 182.77 m,库区淤积 132 万 t。就闹德海水库的现状来看,若年内遭遇连续性较大洪水,水库出现累积性淤积是不可避免的,因此在制订运用方案时要留有余地。

第三节 三门峡水库深化认识、逐步完善 调水调沙方式

三门峡水库在 1967 年汛期,进库(四站)径流量为 437.4 亿 m^3 ,输沙量为 27.4 亿 t,黄河龙门站最大洪峰流量高达 21 000 m^3/s ,时值渭河华县站小水,北洛河淤头站出现高含沙小洪水,黄河洪水倒灌渭河,使渭河河口以上 8.8 km 河段淤死,造成三门峡库区淤积灾害最严重的局面。

1968 年,水利电力部组成三门峡水利枢纽工程第二期改建规划设计工作组进驻三门峡工区。工作组对三门峡建库以来的有关资料进行了系统的分析,总结出水库冲淤、水库运行、水库排沙等的较为完整的计算方法^①,做了三门峡水库泥沙冲淤等一系列的计算,预估潼关河床高程下降 2.0 m,潼关以下库区可恢复库容约 10 亿 m^3 ,水库运用方式改为非汛期蓄水拦沙,汛期敞泄排沙,利用洪水的富余输沙能力冲刷非汛期落淤的泥沙,使之排出库外,命名为蓄清排浑运用。1973 年 11 月,第二期改建工程基本完成,潼关河床高程下降 1.84 m,潼关以下库容恢复 10 亿 m^3 ,与规划数据非常接近,证明规划与设计思想和计算方法是可信、正确的。

从 1973 年 11 月起,三门峡水库按蓄清排浑方式运用,至 1985 年汛后,潼关河床高程

① 黄河水库泥沙观测研究成果交流会,水库泥沙报告汇编,1973 年 12 月。

和潼关以下库区达到冲淤平衡,证明蓄清排浑运用方式对于在多沙河流上的水库保持库容、发挥效益是适用的。

尽管在多沙河流上的水库调水调沙是非常理想的运用方式,然而宇宙间的事物是千变万化的,如年际间的径流量、输沙量差异较大,在年内的分配也是变化无常的。且人类活动又是一项非常活跃的因子,会影响人们已确定的计划,诸如兴建大型水利水电工程、增加灌溉用水量、水库调度运用没有及时地跟随客观的变化而出现意想不到的问题等。

通过三门峡水库 30 多年的运用,经历了上述各方面的问题,都认真地做出了总结与改进,基本上达到了预期的目标。有关三门峡水库调水调沙的实践将在第十三章至十七章详细讨论。