

长江三峡工程奇鸣集

专论

中国科学院成都图书馆

中国科学院三峡工程科研领导小组办公室

成都科技大学出版社

CHENGDU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

長江三峽工程奇鳴集

专 论

中国科学院成都图书馆

中国科学院三峡工程科研领导小组办公室

成都科技大学出版社

长江三峡工程争鸣集

专 论

中国科学院成都图书馆
中国科学院三峡工程科研领导小组办公室
责任编辑：孙康江

成都科技大学出版社出版发行

四川省郫县印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：15.5

1987年1月第1版 1987年1月第1次印刷

印数：5000册 字数：346千字

统一书号：13475·3 定价：3.78元

（内部发行）

出 版 说 明

长江三峡工程是拟在世界第三大河——长江上兴建的超巨型工程，直接关系到国家经济的长远发展和人民的安危祸福。迄今为止，我国还没有任何一项工程象三峡工程这样引起举国之关注，举世之瞩目，牵动着亿万人民群众的心。

列宁指出：“只有当群众知道一切，能判断一切，并自觉从事一切的时候，国家才有力量。”（《列宁全集》第26卷第234页）。围绕三峡工程的论争已进行了三十余年，《长江三峡工程争鸣集》是我国第一部系统地、全面地介绍三峡工程论争的资料汇编集。本书尽可能客观地精选汇编出反映各方面专家、学者、团体的各种有代表性的观点和意见的文章，特别是将相对立的观点的文章加以对比编排，阅后可了解三峡工程问题的全貌和有关三峡工程论争的概况。

全书分“总论”与“专论”两册，特以万里同志在全国软科学研究工作座谈会上的讲话摘录作为全书的代序。“总论”主要汇集了综合性的意见，书末有两个附录，附录一是全国政协有关三峡工程的大会和小组发言摘录，附录二是国外专家建议和舆论反映。“专论”包括泥沙与航运、防洪、移民、库水位方案、环境影响、地质、水产资源、河口与海岸等专题。在编辑工作中，删去了各篇文章“参考文献”部分，请读者鉴谅。

本书为论证三峡工程提供了很丰富的资料，同时也是一部使决策科学化、民主化的极为宝贵的参考资料。可供水利、电力、交通运输、土木建筑、地质、水文、地理、气象、环境等与三峡工程相关的专业的专家、学者、工程技术人员、院校师生、管理决策人员，以及各级领导干部、各级政协委员、人大代表和软科学研究人员参考。

主 编：王 俨

编 委：张 鸿 吴予如 张浙川 范福庆 冯子道

以下同志参与了部分工作：

彭自人 廖吉甫 陈明忠 熊树明 黄存缙

兰时芳 俞圣怡 尹家斐 胡必华

中国科学院成都图书馆

中国科学院三峡工程科研领导小组办公室

一九八六年十二月

目 录

泥沙与航运

三峡水利枢纽工程泥沙问题的初步研究	唐日长 (1)
兴建三峡工程有待解决的泥沙问题	张瑞瑾 (8)
“可行性研究报告”对泥沙淤积问题过分乐观	窦国仁 柴挺生 (9)
泥沙处理是水利工程成败的关键	方宗岱 (10)
汉江丹江口水库库尾回水变动区航道调查报告	交通部三峡通航办公室 (13)
南方十八个水库淤积调查 (节选)	韩其为 (17)
关于丹江口水库库尾回水变动区的航道问题	王作高 (19)
谈谈三峡水库变动回水区航道泥沙问题	唐日长 (20)
从泥沙模型试验成果看三峡工程变动回水区的泥沙问题	谢鉴衡 (21)
蓄清排浑的水库运用方式不能解决三峡库尾的泥沙淤积问题	曾庆华 (24)
三峡工程水库回水变动区的泥沙问题和蓄水位方案	窦国仁 (26)
从航运角度谈三峡工程	柴天富 (27)
三峡工程对中游航运影响现场查勘	交通部三峡工程通航办公室 (31)
三峡水利枢纽的航运问题	交通部代表组 (33)
对于三峡库区航运问题的意见	陈 达 (35)
三峡建坝对四川省地方航运经济效益的影响	四川省交通厅航运局 (35)
泥沙问题并不象传说的那样严重	喻权域 王海征 (37)
国内外部分水库淤积概况	重庆市协建长江三峡工程办公室 (40)
三峡水轮机应该考虑泥沙的影响	程良骏 (42)
葛洲坝三江航道船闸运行中的问题值得重视	许汉昭 (43)
建议进一步研究三峡工程可行性报告中的船闸布置方案	涂启明 (44)

防 洪

必须充分重视荆江防洪问题及其与三峡工程的相互关系	林一山 (46)
再谈三峡问题	李 锐 (47)
三峡工程 150 米方案的防洪效益	洪庆余 (51)
修建三峡水库仍须进一步巩固和提高长江中下游现有防洪工程体系	柯礼丹 (52)
长江防洪问题要统筹规划, 蓄泄兼施	王钟岳 朱铁铮 (53)

有关洞庭湖区防洪的几点意见	郑维亮 (51)
对三峡水利枢纽的几点意见	孙辅世 (55)
对充分发挥三峡工程综合效益的几点意见	史 杰 (56)
对长江分洪区安全措施和三峡防洪效益的讨论	温善章 赵业安 (57)
对三峡枢纽防洪作用的意见	刘 云 (59)
长江三峡工程防洪专题讨论会纪要	(60)
论三峡工程	李大志 (65)
从长江洪灾成因分析论防洪对策	方宗岱 (67)
论长江三峡水库防洪作用	朱鹏程 (71)
从今年和去年的水灾谈长江防洪问题	陆钦侃 (74)
也谈长江防洪的正确途径——与陆钦侃同志商榷	李海波 陈炎炉 郭永金 (75)
荆江大堤防洪工程不落实 建议有关部门采取紧急措施	政协全国委员会办公厅 (78)
从荆江防洪看三峡工程	江 静 (79)
长江防洪不能等待三峡工程	陆钦侃 (81)

移 民

对长江三峡工程水位方案的论证报告	水库淹没与移民专题论证组 (84)
淹没与移民专题论证组的讨论意见	李雨普 (89)
关于三峡水库淹没指标和投资概算的几点说明	唐登清 (92)
三峡地区经济社会的调查及其开发规划研究课题	(93)
不要轻视三峡工程对库区人地关系的影响	余之祥 (94)
对移民安置和发展库区柑桔生产的意见	章文才 (96)
发展四川经济必须认真研究处理三峡电站工程带来的具体问题	(98)
开县人民政府关于请求搬迁开县县城的报告	(99)
库区和下游群众强烈要求快上三峡 实行开发型移民方针深得人心	
	国务院三峡工程筹备领导小组办公室 (101)
对淹没移民问题的八点意见	库区及环境组 (105)
对研究三峡水库移民问题的几点意见	湖北省民政局 (106)
对三峡库区迁移工作的建议	汪胡桢 (108)
三峡移民工作要革新	张 岳 杨启声 (109)
移民安置与古迹保护的难和易	喻权域 王海征 (110)

库水位方案

三峡工程正常蓄水位补充论证报告有关设计说明	洪庆余 (113)
-----------------------	-----------

三峡工程水位方案补充报告 水电部内部预审意见	(121)
对三峡工程水位方案补充报告的一些意见	陆钦侃(124)
从长江航运发展看三峡枢纽水位选择	长航三峡通航领导小组办公室(128)
对三峡枢纽水位选择的意见(初稿)	三峡工程泥沙专家组(134)
重庆市对三峡工程正常蓄水位180米方案的补充意见(初稿)	肖秧 杨彪(137)
对三峡工程的几点意见	四川省代表(143)
对三峡正常蓄水位方案的意见	钱 宁(145)
对正常蓄水位方案的意见	鲁化南(148)
三峡150方案要为以后充分发挥枢纽的经济效益作好准备	黄文熙(151)
对三峡正常蓄水位的意见	汪胡桢(152)
对于三峡工程正常高水位问题的一些意见	张昌龄(153)
关于推荐正常蓄水位为170米(坝高185米)方案的发言	蔡瑶忠(157)
关于进一步发挥150方案综合效益的建议	刘善建(159)
对三峡150米方案的几点看法并论分两级开发建议	覃修典(160)
应该认真研究二级开发方案	王世泽(161)

环境影响

三峡工程对环境的影响	陈中民(163)
三峡工程对生态与环境影响的综合评价	长江三峡工程生态与环境专题论证组(169)
要综合分析三峡工程对生态环境的影响	马世骏(171)
三峡工程要考虑生态、环境和资源问题	候学煜(174)
三峡工程与环境生态问题探讨	沈坩卿(177)
要重视三峡工程对环境影响的研究	郭 方(183)
重视生态演变规律,积极而慎重地开发长江三峡的水利、水能资源	席承藩(186)
关于三峡水库诱发地震和影响环境、健康等问题的意见和建议	冯子道(188)
加强三峡库区陆地生态方面的研究	夏武平(191)
“三峡工程对植物与环境的影响”一点看法	陈伟烈(192)
三峡工程对人群健康的影响	蔡宏道(193)
长江三峡工程对血吸虫病流行的影响	肖荣炜(194)
五把斧头砍树的恶果和对策 长江中上游生态环境调查	杨纪珂(195)
西江立石壁 前景更美好	吴锦才(197)

地 质

长江三峡工程地质问题讨论会论证报告	(199)
三峡工程的地质概况	陈德基(202)

三峡水利枢纽地质情况	陈德基(205)
三峡工程地质问题	谷德振(206)
对三峡水利枢纽工程地质的评价	戴广秀等(207)
进一步开展水库诱发地震的研究工作	胡海涛 刘广润(208)
对加强三峡工程地质问题研究的意见	王思敬(209)
关于三峡工程地区稳定性和地基稳定性的意见	肖楠森(210)
对长江三峡库坝区地震地质工作的四点看法	徐煜坚(211)
开展三峡环境安全问题研究的一点意见	许厚泽(212)
三峡工程库岸稳定性问题	杜榕桓 彭光忠(213)
长江三峡新滩滑坡尚未稳定 其他险段值得注意	水利水电科学院办公室(215)
新滩滑坡征兆及其成功的监测预报	湖北省西陵峡岩崩调查工作处(216)

水产资源

三峡建坝对水产资源的影响	刘建康(220)
不可低估三峡建坝对水产资源的影响	藩荣和(222)
中华鲟重绽生命之花	陈汉柏 李家真(223)
请继续关心中华鲟	刘康根 黄辩非(225)
三峡工程对长江珍稀水生生物种质资源的影响问题尤应重视	夏宜琤(226)

河口与海岸

长江三峡工程对长江河口生态环境的影响	长江三峡工程生态与环境课题论证组(228)
改善长江中下游干流河道及河口水质	水电部、城建环保部长江水资源保护局(230)
三峡工程对长江河口影响初步分析	陈吉余(230)
三峡工程对长江河口生态及渔业影响问题	刘瑞玉 罗秉征(234)

三峡水利枢纽工程泥沙问题的初步研究

长江水利水电科学研究院总工程师 唐日长

前 言

三峡枢纽的工程泥沙问题一直受到党中央、国务院的重视、关切,得到国内有关兄弟单位的大力协作。三十余年来,我办和有关兄弟单位围绕三峡枢纽的工程泥沙问题,持续地开展了泥沙测验、河道观测、野外调查、室内试验和分析计算等方面的工作,累积了大量资料 and 研究成果。

三峡枢纽工程泥沙问题可按部位分为库区泥沙问题、坝区泥沙问题和枢纽下游河道泥沙问题,枢纽来沙特性则是研究这些问题的基础。这些问题虽然比较复杂,难度较大,但通过三十余年来工作的累积,特别是近十余年来解决葛洲坝枢纽工程泥沙问题的理论研究和实践经验,为进一步研究解决这些问题,奠立了良好的基础^[3]。本文综述前阶段研究工作情况 and 主要研究成果,可供进一步研究参考。

一、枢纽来沙特性

枢纽来沙特性是工程泥沙研究、模型试验和分析计算的基本依据。三峡枢纽库区干支流设有水文、泥沙控制测站,以测定进出库区的水文、泥沙因素。悬移质泥沙测验一般有三十年连续资料,系列最长的已有三十余年,水文测验系列则更长。三峡枢纽控制测站悬沙特征值见表1。

表 1

河 流	测 站	集水面积 (平方公里)	侵蚀模数 吨/公里 ² 年	多年平均年输沙量 (亿吨)	多年平均含沙量 (公斤/立米)	年输沙量占 宜昌百分数	统 计 年 份
金沙江	屏 山	485099	495	2.39	1.24	45.6	1954~1982
长 江	朱 沱	695725	439	3.05	1.14	58.2	1956~1967 1972~1982
长 江	寸 滩	866559	526	4.63	1.33	88.5	1953~1966 1968~1982
长 江	万 县	974881	493	4.98	1.21	95.2	1952~1956 1958~1960, 69, 70 1972~1982
长 江	宜 昌	1005501	511	5.23	1.19	100	1950~1982
岷 江	高 场	135378	366	0.492	0.56	9.4	1953~1982
沱 江	李家湾	23283	541	0.129	1.03	2.5	1957~1982
嘉陵江	北 碚	156142	1018	1.61	2.34	30.8	1944~1947 1954~1982
乌 江	武 隆	83035	382	0.318	0.64	6.1	1952~1953 1955~1982

从表 1 看出:三峡枢纽悬移质泥沙约有四分之三是来自金沙江和嘉陵江。

1960年以来,采用粒径计法对悬移质泥沙进行粒配分析。据统计分析:干流各站的悬沙粒配沿程变细,如多年平均 d_{50} 。屏山站为0.048毫米,朱沱站为0.040毫米,寸滩站为0.036毫米,宜昌站为0.034毫米。

三峡枢纽控制流域面积约100万平方公里。根据流域产沙特性研究^{〔1〕},多年平均侵蚀模数为511吨/平方公里年,小于500吨/平方公里年的地区约占流域面积的73.4%;大于1000吨/平方公里年的地区约占流域面积的7.7%。后者主要分布在金沙江下游地区、嘉陵江上游的西汉水以及青衣江上游和大渡河中下游地区;这些地区的年产沙量约占枢纽上游来沙总量的三分之一。

长江上游森林采伐较严重,但根据岷江上游支流杂谷脑河小流域典型调查,河流泥沙的输移量并不与累计森林采伐面积成正比^{〔1〕}。从近三十年枢纽上游控制测站实测悬沙资料分析统计:各控制测站七十年代的平均年输沙量和含沙量,除乌江武隆站外,均有所减少。

从五十年代开始,对推移质测验仪器进行试验研究和试制,1960年在寸滩和宜昌水文站分别开展卵石、沙质推移质测验,截至1982年,已有十余年实测资料。从三峡枢纽坝址下游宜昌到库尾上游,干流河段布设有朱沱、寸滩、万县、奉节、宜昌五个测站常年测验卵石推移质,截至1982年,观测系列最短的测站已有七年成果。1960年以来,在南京大学、清华大学的协作下,对三峡库区卵石推移质的来源与数量,进行过六次调查,其中,1973~1974年采用岩性分析法,对万县到宜昌河段的卵石推移质来源与数量进行了详细的测量、计算,得出宜昌站多年平均卵石推移量为64万吨^{〔2〕}。六十年代初期,在重庆河段及三峡臭盐碛(奉节附近)河段进行了河床演变观测,同时,在川江、岷江、嘉陵江、清江等河流的重点河段进行野外调查,并在重庆附近进行同位素示踪卵石运动试验和坑测试验,搜集了大量卵石运动资料。

三峡枢纽各控制测站卵石推移年输沙量见表2。

根据1966年以来调查,宜昌站卵石推移质约有57.1%由三峡区间补给,奉节以上来量约占42.9%;奉节以上卵石来量以岷江最大,金沙江次之。

三峡枢纽干流各站卵石推移质粒径沿程变细。1975年实测卵石推移质代表粒径见表3。

表2

站名	朱沱	寸滩	万县	奉节	宜昌	附注
年输沙量(万吨)						
多年平均	66.0	32.5	29.2	34.8	75.8	葛洲坝枢纽截流后,宜昌站资料未加入统计
实测最大	236.6	92.5	62.5	52.8	212.3	
统计年份	1974~1981	1966~1982	1972~1982	1974~1982	1974~1979	

表3

	朱沱	寸滩	万县	奉节	宜昌	附注
d ₅₀	66.0	65.0	38.0	33.0	23.1	本表引自“三峡水利枢纽可行性研究报告”第四章
d _{平均}	75.3	74.1	44.2	41.3	28.4	
d _{最大}	264	202	210	165	101	

实测沙质推移质平均年推移量,宜昌站为623万吨,奉节站为35.5万吨,寸滩站经试测很少。根据颗粒分析,沙质推移质中0.1~1.0毫米的中细沙宜昌站约占95%左右,奉节站约占98%。1.0~10毫米的粗沙砾石主要来自三峡区间黄陵背斜区,宜昌站年平均来量约为30余万吨,奉节站尚不到1万吨,寸滩站也很少。

三峡枢纽上游河谷宽窄相间,三峡河段尤为显著。正常河流的卵石输移率是随流量而增减的,年内卵石推移质的输沙量集中在汛期。但在峡谷上游河段,汛期受峡谷的壅水影响,卵石推移质的输沙率则为汛期小,而枯水期大,年内卵石推移质的输沙量集中在枯季。因此,三峡枢纽上游河段的卵石运动存在着明显的不连续性^{〔3〕〔9〕}。

三峡枢纽来沙特性经过三十余年长期测验、河道观测、野外调查,基本上掌握了悬移

质、沙质、卵石推移质的来源,数量粒配特性、卵石推移质的岩性和运动性的特性,以及流域产沙特性、悬移质来数的多年变化等资料,从而为研究三峡水利枢纽工程泥沙问题,提供了比较充分可靠的基本依据。

二、库区泥沙问题研究

库区泥沙问题中最重要的问题是研究通过水库调度以减小水库的淤积速率和极限淤积库容,使水库长期保留较大的有效库容,长期发挥水利枢纽的综合效益,由于长江是我国贯通东西的运输大动脉,在水库淤积过程,变动回水区的泥沙冲淤对航道的影晌,也得库区泥沙问题中的重要问题。

如上所述,三峡枢纽上游流域侵蚀严重地区仅占总流域面积的7.7%,约8万平方公里,其产沙量则约占枢纽来沙量的三分之一;枢纽悬移质泥沙来量约有四分之三来自金沙江和嘉陵江。因此,重点治理枢纽上游面积不大而侵蚀严重的地区,并逐步兴建枢纽上游控制性的水利枢纽,以减少三峡枢纽的来沙量,是长期发挥枢纽综合效益的重要措施。这一问题在长江流域规划中,已进行研究,今后将继续研究实施。

由于三峡水利枢纽是巨型枢纽,六十年代初,黄河三门峡水库严重淤积,党中央、毛主席、周总理很关心三峡水库的泥沙淤积问题。1964年,我办林一山主任率领我们对我国北方一部份水库的泥沙淤积情况进行了调查研究,提出了调查报告^{〔4〕}和水库长期使用研究^{〔5〕}。认为:根据水库淤积规律和天然河流水沙年内分布的特点,通过水库的合理强度,主要是汛期降低坝前水位泄洪排沙,汛后蓄水的“蓄清排浑”运用方式,可以使水库长期保留一定的有效库容,做到长期使用。这种运用方式,在汛期结合防洪需要降低水位,既可腾出库容防洪,又可减少变动回水区的泥沙淤积量,对航运有利,仅对近期汛期发电量略有减少,但能长期发挥水利枢纽的综合效益,做到远近结合,是一种处理水库淤积的经济合理的调度方式。

为研究三峡水库淤积过程,五十年代,采用平衡输沙、有限差法计算,主要研究三峡枢纽高方案(正常高水位190米以上)运用二十年内,库区泥沙淤积数量和淤积分布,泥沙淤积对库尾段航道和港口的影响。

七十年代初期,开始研究水库不平衡输沙问题。1970年至1973年,在丹江口水库开展不平衡输沙系统观测;1972年提出悬移质不平衡输沙初步研究成果^{〔6〕};1973年开始运用电子计算机进行长系列计算^{〔7〕}。这一方法在国内不少专著已有详细介绍^{〔16〕〔17〕},主要内容有水库运用过程悬移质泥沙淤积数量和淤积部位、非均匀沙断面平均含沙量沿程变化、非均匀沙的水流挟沙能力、悬移质和河床质级配沿程变化。经用丹江口水库、川江臭盐碛河段、荆江严家台、丢丢院放淤实验区、下荆江中洲子人工裁弯河段、黄河窝头寺沉沙条渠、葛洲坝水库等处实测资料,进行验证。验证内容有悬移质泥沙淤积量和淤积分布、非均匀沙含沙量沿程变化、悬移质泥沙和河床质泥沙级配的变化。验证结果表明:计算成果,总的情况是合理的,对于中、少沙河流,条形渠道、河道型水库,计算值与实测值基本一致。

三峡水库属河道型水库,有利于排沙;而且滩面窄,同一泄洪排沙水位长期保留库容的相对值较大。七十年代以来,三峡枢纽布置均设有泄量较大的泄洪深孔,供汛期泄洪排沙,水库调度则按“蓄清排浑”方式进行,汛期库水位经常控制于较低的防洪下限水位,有利于

排沙。根据水库正常水位150米，防洪下限水位135米，死水位130米（简称150~135~130米方案），采用上述水库不平衡输沙数学模型和调度方式，在不考虑上游干支流建库拦沙的情况下，水库淤积长系列计算成果如表4。

表4 三峡水库悬沙淤积计算成果表

时段 (年份)	时段淤积量 (亿吨)		时段平均排沙比 %		累计淤积量 (亿立方米)	
	水科院	长科院	水科院	长科院	水科院	长科院
1~10	33.467	37.87	34.6	31.6	26.624	31.56
11~20	31.488	30.79	38.4	39.5	51.694	57.22
21~30	28.095	24.72	45.1	51.4	73.882	77.82
31~40	20.033	15.07	59.3	70.3	90.118	90.36
41~50	12.033	6.91	76.4	86.4	99.340	96.14
51~60	6.828	3.28	86.6	93.5	104.444	98.87
61~70	5.132	2.63	89.9	94.8	108.229	101.06
71~80	4.598	2.39	91.0	95.2	111.366	103.05

从上表看出：三峡水库按“150~135~130方案”初期运用10年，时段平均排沙比为31.6~34.6%，运用10~20年，时段平均排沙比为38.4~39.5%，排沙效率是很大的。水库单独运用80年，累计悬沙淤积量为110~103亿立方米，已接近淤积平衡，基本上可以长期保留防洪库容和调节库容，三峡电站不会变成径流电站。

六十年代初，为研究三峡枢纽高方案库尾泥沙淤积对航道的影响，除加强原型观测和分析计算工作外，我办与武汉水利电力学院等单位协作，开展合江至寸滩长河段推移质泥沙模型试验，重点研究推移质泥沙淤积时重庆河段港区和航道影响⁽¹⁰⁾。

1968年，丹江口水库蓄水运用，我办设立水文实验站开展水库泥沙观测研究，已有16年系统的观测资料，对水库库尾变动回水区泥沙冲淤特性和航道泥沙问题，提出了宝贵的观测研究成果⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。

1973~1978年，我办与清华大学水利系协作，采用数学模型与物理模型相结合的方法，研究葛洲坝水库变动回水区航道泥沙问题，对建库后，库尾段峡口滩和溪口滩的变化，提供了大量研究成果⁽⁹⁾。1982年，葛洲坝水库蓄水运用后，开展了水库泥沙原型观测研究。

1983年，根据“长江三峡水利枢纽工程泥沙问题科研工作协作会”的安排，对丹江口、西津等水库的库尾航道泥沙问题进行了调查，同时，采用数学模型与物理模型相结合的方法，开展三峡水库变动回水区航道泥沙问题研究，现已建成四个重点库尾段的泥沙模型，开始试验。

根据丹江口等水库的库尾泥沙调查资料和丹江口、葛洲坝水库原型观测资料分析：建库以前，山区通航河流，虽然可以通过局部整治工程，对航行条件进行某些改善，但山区河流坡陡流急的基本特性无法改变，整治以后，礁石林立，滩险水恶的情况，仍难避免。建库以后，改变了山区河流坡陡流急的基本特性，在常年回水区库段，航道得到根本改善；在变动回水区库段，航道也较建库前有不同程度的改善。例如：丹江口水库汉江下流从将军河口至丹江口长约186公里库区，建库前有著名滩险38处，其中17处位于常年回水区，建库后，水流平静，水域辽阔，航深可达10米以上，航道得到根本改善；位于变动回水区的21处滩险，

已有16处化险为夷,成为较好的航道;另有3处的航行条件也得到改善,仅有2处变化不大,可以适当整治,加以改善^[18]。丹江口水库已运用16年,原型观测资料表明:变动回水区航道今后将得到进一步的改善。

山区河流建库以后,变动回水区航道较建库前所以有不同程度的改善,从上述水库大量原型观测资料分析,主要有以下原因:(1)变动回水区的中、下段受回水影响较大,淤沙数量较多,粒径较细,建库前的礁滩险,多被淤沙淹没,比降变平,流速减缓,水深增大,一般成为较好的航道。(2)变动回水区上段,水位略有壅高,主要淤积卵石或卵石挟沙;淤积量少,多淤在边滩、心滩或局部深潭,深泓尚有冲深,航道略有改善^[3]。变动回水区水位变幅减小,无论弯道段、分汊段、顺直段的主流年内变化均较建库前小,一般有“淤滩留槽”特点,滩槽高差逐年增大,有利于稳定航道,加大航深。

山区河流建库后,变动回水区航道在再造床过程中,可能出现的问题,根据上述水库调查资料分析,主要有:(1)建库前山区河流航道经过整治后,航道比较稳定;建库后,由于河床边界及水沙条件改变,在某些宽阔库段,航道位置可能改变或出现主流摆动,航道不稳定情况;(2)当水库调度运用不正常,枯季超低水位运用,消落冲刷时,可能出现搁浅碍航或海损事故。上述第一个问题,采取局部航道整治或河势控制工程可以解决;第二个问题只要水库避免枯季超低水位运用,即不致出现。

长江水量大,含沙量小,三峡水库的相对库容为枢纽年径流量的4.5%,约为丹江口水库相对库容的十分之一;入库多年含沙量(指寸滩站)为1.33公斤/立米,约为丹江口水库汉江库区入库多年平均含沙量的二分之一。这二项指标说明:三峡水库较丹江口水库更有利于按照“蓄清排浑”的方式运行,更有利于发挥水库调水调沙的作用。

根据三峡水库淤积长系列计算采用的典型水文系列1960~1970年资料,按照“150~153~130方案”调度,每年1~4月末的坝前水位,仅有典型枯水年(1960年,保证率为97%)4月末水位为130米,1960年与1963年3月末水位为133.8米,其余年份均不低于135米,并有8年1~4月末的坝前水位不低于140米。可见三峡水库变动回水区航道每年枯水季节绝大部分时间受回水影响,使水深增大,比降变平,对航行有利。此外,三峡水库枯水季节坝前水位一般不低于汛期泄洪排沙水位即防洪下限水位135米,而且年际变化也不大,因此,变动回水区航道不会出现由于枯季超低水位运用而引起的碍航情况。

根据三峡水库淤积长系列计算成果,水库单独运用20~50年,变动回水区泥沙淤积量约有97%以上淤积在王家滩以下库段。建库以前,王家滩以下库段的滩险,将被淤沙淹没,成为较好的航道;上洛碛到王家滩库段(在长寿附近)主要为推移质淤积。寸滩站实测多年平均卵石推移质为32.5万吨,1~10毫米粗沙砾石数量很少,淤积量不大,建库以后,如果出现淤积碍航情况,可以发挥水库调水调沙的作用,或采取局部整治工程,加以改善。

三峡水库变动回水区某些宽阔库段,在库区再造床过程中,是否出现航道位置改变或主流摆动情况,正在进行研究,必要时可以采取局部航道整治或河势控制工程,加以改善。

总之,三峡水库库尾变动回水区航道泥沙问题,从六十年代初开展原型观测、分析计算和模型试验,大量研究成果表明:建库以后,航道将得到不同程度的改善;在库区再造床过程中可能出现的问题,可以通过水库合理调度运用,局部航道整治或河势控制工程,加以解决。

三、坝区泥沙问题研究

在研究三峡枢纽高方案阶段，没有专门研究坝区泥沙问题。七十年代，葛洲坝枢纽坝区泥沙问题的研究、实践，为研究解决三峡枢纽坝区泥沙问题，作了充分的“实战准备”。

葛洲坝枢纽系径流电站，坝轴线位于三峡出口南津关弯道下游，水流泥沙运动及河床边界条件均十分复杂。七十年代初以来，开展原型观测，加强泥沙物理模型试验，研究解决了坝区河势规划与枢纽布置，以及船闸上下游引航道的航行水流条件和泥沙淤积问题；电站的引水防沙问题^{〔8〕}。现在，枢纽的第一期工程已经运用四年，发挥了通航和发电的效益。实践证明：葛洲坝枢纽解决坝区泥沙问题的经验，对解决低水头枢纽，水流泥沙运动及河床边界条件均十分复杂的坝区泥沙问题，有重要的参考价值。在泥沙物理模型试验方面，我办和协作单位先后进行了具有不同几何比尺、不同相似条件、不同模型沙的四座坝区整体泥沙物理模型，对泥沙物理模型的相似理论和试验技术，取得了较大的进展^{〔8〕}。

三峡枢纽的坝轴线位于三斗坪向右弯曲分汊河段，坝线总长1924米，包括溢流坝段、厂房坝段和安装场坝段。目前选用的枢纽布置方案溢流坝段有23个7米×9米深孔，孔底高程85米。溢流坝段两侧共布置26台机组，左14台，右12台，电厂进水口高程为104米。船闸和升船机则布置在左岸，引航道进口底高程为125米。电厂安装场下设5个4米×6米排沙底孔，左电厂3孔，右电厂2孔，孔底高程为55~90米。

三峡枢纽坝区泥沙问题的研究重点是船闸和升船机上下游引航道的泥沙淤积问题和电厂引水防沙问题。根据三峡水库淤积长系列计算成果，水库单独运行50年，库区悬沙淤积量为96~99亿立米，坝区（从太平溪至三斗坪长6.8公里）悬沙淤积量为7.15亿立米，均已接近平衡，第41~50年时段平均排沙比为80%左右（见表4）。前阶段坝区1:150正态泥沙物理模型的试验条件，是参考上述计算成果，从安全出发，采用水库单独运用65年的坝区淤积量（约7.3亿立米）在模型上铺沙，和中水丰沙年（1966年型）的出库水沙资料，进行12年长系列试验。根据二组长系列试验成果，放水试验十年末，坝区主河槽淤积已基本平衡，距坝75米处的深泓高程为70米左右；坝区船闸、升船机引航道口门外的边滩淤积强度已明显减少。

坝区船闸、升船机引航道口门外长600米、宽225米范围内的淤积量：上游引航道10年共淤136.2~160.4万立米，平均每年淤积13.6~16.0万立米；下游引航道10年共淤64.5~51.5万立米，平均每年淤积6.5~5.2万立米。引航道口门内的淤积量：上游引航道10年共淤4.8~8.8万立米，平均每年淤积0.5~0.9万立米；下游引航道10年共淤61.3~55.9万立米，平均每年淤积6.1~5.6万立米。以上引航道口门外的淤积量均有随滩面淤高而递减的趋势。可以认为：三峡枢纽船闸、升船机引航道的泥沙淤积强度是不大的，当淤积达到一定高程时，采取挖泥措施是可以避免碍航的。

三峡枢纽的船闸、升船机引航道虽然位于三斗坪弯道凸岸，但因上游引航道口门远离坝区主河槽，且高出溢流坝段深孔达40米，回流强度弱，含沙量小，粒径细，所以淤积强度不大；下游引航道位于葛洲坝水库的常年回水区，口门高出原河床约30米，而枢纽下泄含沙量和粒径均较天然情况小，所以淤积强度也不大。

三峡枢纽26台机组在长江汛期来沙多的季节,除机组检修外,全部开机过流,对电厂门前清有利。根据前阶段二组长系列试验成果,放水试验十年来,电厂上游75米处的淤积高程:左侧电厂最高为102.9~104.5米,最低为67.3~76.8米;右侧电厂最高为110.8~109.1米,最低为68.4~75.6米,泥沙淤积不严重。由于电厂进口高出溢流坝段深孔达19米,过坝泥沙粒径较细,粗沙、卵石不易到达坝区,所以三峡枢纽对防止粗沙过机,也十分有利。

经过前阶段数学模型计算和泥沙物理模型试验,可以看出:三峡枢纽由于没有泄量较大的深孔,水库库区狭长,即使水库单独运用半个世纪以后,坝区仍可保持较大的水深,悬沙含量和粒径均较天然情况小,粗沙、卵石不易到达坝区,坝下游又处于葛洲坝水库常年回水区,所以泥沙淤积强度不大,坝区淤积问题不严重。

四、枢纽下游河道泥沙问题研究

葛洲坝枢纽是三峡枢纽的组成部份,位于三峡枢纽下游约40公里。葛洲坝枢纽下游,长江由山区河流过渡到冲积性河流——荆江河段。其中,宜昌至枝城下游的江口镇长约120公里,长江两岸为低山丘陵阶地区,洲滩众多,河岸稳定。河床组成:表层为卵石夹沙,最大粒径约150毫米,深层为卵石层。江口镇以下到城陵矶长约310公里,河段两岸除个别控制点外,均为冲积土层组成,抗冲强度较差,但凹岸多已守护。河床为中细沙组成, d_{50} 约为0.18毫米,深层有卵石层,坡降约为2‰。

五十年代以来,为了研究三峡枢纽清水下泄,下游河床冲刷、水位降低,河床演变对防洪和航运的影响,进行了大量工作。

1959年初,对宜昌到碗市长约124公里的河段进行了河床质详细取样分析,并用手钻探测卵石夹沙厚度^[13]。同年,采用平衡输沙,有限差法,考虑冲刷极限深度和卵石层床面的控制。估算三峡枢纽清水下泄下游河床冲刷,枯水位降低情况。估算结果为清水冲刷二十二年后,当长江流量为5000立米/秒时,宜昌站相应的水位降低1.5米^[13]。七十年代,曾对葛洲坝枢纽单独运用和葛洲坝枢纽与三峡枢纽联合运用下游河床冲刷,枯水位降低的极限情况进行了多少次估算。估算结果:宜昌站枯季水位降低值为1.5~2.0米。

1980年至1982年,为勘探三峡、葛洲坝枢纽建筑物砂石骨料,从宜昌至宜都河段,进行了大量勘探工作。1983年,“长江三峡水利枢纽工程泥沙问题科研工作协作会”以后,搜集和整理了宜昌胭脂坝到红花套河床勘探资料,补充1959年探测资料,进一步查明了该河段的卵石夹沙层厚度和粒配,正在采用不平衡输沙数学模型,进行长系列计算。

1959年,丹江口水利枢纽截流,我办开展了坝下游河床冲刷、水位降低、河床演变原型观测研究,已累积了二十余年系统的观测资料。丹江口水利枢纽截流后到蓄水前阶段,下游河床冲刷已达距坝240公里的碾盘山,多年平均流量1230立米/秒时,黄家港站水位已下降1.32米。1968年,蓄水运用后,河床冲刷继续向下游发展。1980年明显冲刷河段已达距坝464公里的仙桃镇;同上流量黄家港水位共下降1.64米,1974年已趋稳定。丹江口水库下游河道演变总趋势是堵汉并流、水深加大,河势趋向稳定,有利于防洪、航运;在河势调整过程中,个别河段可能出现崩岸和碍航情况^[14]、^[15],需要加强原型观测,根据需要进行局部整治或河势控制工程。

三峡水利枢纽下游泥沙问题研究的任务是进一步核算宜昌站枯季水位降低值,分析下游河道演变趋势,预测航道浅滩变化及上下荆江崩岸的变化趋势,提出必要的局部整治或河势控制工程,为充分利用三峡枢纽对水沙调节的有利条件,提高荆江防洪能力,改善荆江航运条件,提出研究成果。这些科研工作,仍在继续进行。

小 结

三十余年来,我办和有关兄弟单位围绕三峡枢纽工程的泥沙问题,持续地开展了泥沙测验、河道观测、野外调查、分析计算和泥沙模型试验,累积了大量资料和研究成果。

通过枢纽来沙特性研究,基本上掌握了悬移质、沙质、卵石推移质的来源、数量、粒配特性,卵石推移质的岩性和运动特性以及流域产沙特性、悬移质来量的多年变化等资料,从而为研究三峡水利枢纽的工程泥沙问题,提供了比较充分可靠的基本依据。

三峡水库属河道型水库,设有泄量较大的深孔,通过水库的合理调度,采用“蓄清排浑”的运用方式,可以保留一定的有效库容,长期使用。经采用不平衡输沙数学模型进行长系列电算,“150~135~130方案”单独运用80年后,悬沙淤积已接近平衡,可以长期保留设计有效库容,不会变成径流电站。

三峡枢纽兴建后,水库常年回水区航道将得到根本改善;变动回水区航道也将有不同程度的改善。变动回水区航道在再造床过程中,个别河段可能出现的航深不足问题,可以通过水库调度,或航道整治工程,加以解决。

三峡水库单独运用半个世纪以后,坝区仍可保持较大的水深,悬沙含量和粒径均较天然情况小,粗沙卵石不易到达坝区,坝下游又处于葛洲坝水库的常年回水区,泥沙淤积强度不大,坝区通航、发电泥沙问题不严重。

三峡枢纽蓄水运用后,下游河床将发生长距离冲刷,估计宜昌站枯季同流量水位将降低1.5~2.0米。下游河道演变的趋势是堵汉并流,水深加大,河势趋向稳定,有利于防洪、航运。

兴建三峡工程有待解决的泥沙问题

武汉水利电力学院院长 张瑞瑾教授

我首先对长办提出的150米方案表示赞同。为了提高荆江河段安全,将坝顶筑到165米高程,迁移按150米的正常高水位为准是合适的。并且为了充分利用川江河段水资源,确有必要为将来加高到190米留有余地。我反对久议不决。如果再拖下去,那将是最大的浪费。

对三峡水库的泥沙问题,因为涉及各个方面,影响很大,必须慎重对待。具体意见有五点:

1. 由于三峡库容相对较小,平均每年五亿多吨泥沙进入水库,很大一部分淤积下来,将在不太长的时期,达到相对平衡。这时的三峡水库与一般高坝大库(大蓄水库)的性质迥

选自《长江三峡水利枢纽工程可行性研究报告审查会》(简报20期)1983年5月7日。

然不同。要保持长期的、一定的有效库容是可以做到的，这一长期有效库容的大小，主要取决于以下几个因素：坝前水位可能降低的程度；泄水建筑物总泄量的大小；泄水建筑物的进口高程；水库河谷地貌；来水来沙的数量和过程以及来沙的粗细；等等。因此需要采取模型试验和分析计算相结合的方法，才能得出较为符合实际的成果，为设计和运用提供可靠依据。三峡坝区的河势、泥沙问题，是影响整个枢纽布置极为重要因素之一，要慎重对待，应在解决葛洲坝枢纽河势泥沙及枢纽布置问题的经验基础上，通过模型试验，求得妥善解决。

2. 库内回水变动区淤积对航运影响问题。如果不采取适当措施和有效的调度运用方式，在回水变动区有可能出现因淤积而造成的碍航情况。长办报告中将它列为有待解决的一个技术问题，是必要的。

3. 三峡枢纽和葛洲坝枢纽联合运用过程中的泄水和排沙关系问题。三峡枢纽运用初期由于下泄沙量减少，颗粒变细，无疑对葛洲坝有利。但当三峡水库泥沙淤积相对平衡后，如果调度运用不当，可能会对葛洲坝枢纽的运用造成某些不利影响。应通过模型试验找出解决办法。

4. 在三峡水库区内，某些支流由于水位抬高，在支流回水变动区内，有可能出现沙质拦门坎或卵石坝。

5. 在三峡水库建成后的几十年内，由于泄沙条件显著变化，可能使葛洲坝以下河床发生粗化下切，这种下切过程，直到水库淤积平衡后才会停止。这样导致下游最低水位降低而可能影响船闸通航条件变化等问题，应引起注意，并开展必要的研究。

上述这些问题，只要认真对待，可以求得解决，不会成为“拦路虎”，但决不可掉以轻心。

“可行性研究报告”对泥沙淤积问题过分乐观

南京水科所 副所长 窦国仁 工程师 柴挺生

长江是一条通航干道，对解决泥沙问题的要求很高。在这样一条多沙的大河上兴建枢纽，特别是采用150米的低坝方案，解决泥沙问题的难度就更大。可以说三峡工程的成败，很大程度上将取决于泥沙问题解决的好坏。可行性报告对泥沙问题的估计有些过分乐观，未能充分反映出泥沙问题的严重性，更未提出解决措施。

1. 回水末端的泥沙问题

在多沙河流上修建水库，必然会出现回水末端的航道泥沙问题，一般都尽量设法将回水变动区推向上游，使其离开主要通航河段。但是150米方案的回水变动区却处于重庆以下的主要通航河段，而且变动范围达150公里，在这个变动区内，河宽大于1500米的有10处，大于2000米的有2处，使这个问题的解决更为困难。在自然状态下，航道浅滩汛期淤积，汛末退水时由于主流归槽，形成3.0~3.5米/秒的流速将淤沙冲走，年内自然平衡。修水库后，汛期淤积在浅滩上的泥沙，由于汛末不是降低水位而是抬高水位，无法冲走，形成累积性淤积，在第二年降低水位时将要碍航。估计受其影响的河段长度可达200公里。可行性报告中

选自《长江三峡水利枢纽工程可行性研究报告审查会》（简报35期）1983年5月8日。