

“八五”国家重点科技攻关

长江三峡工程 泥沙和航运问题研究 成果汇编(Ⅱ)

交通部三峡办公室

一九九七年

内 容 提 要

“八五”国家重点科技攻关项目长江三峡工程泥沙和航运问题研究成果汇编，包括坝区泥沙淤积对通航和发电的影响及防治、回水变动区涪陵河段泥沙淤积、坝下游河道演变、重点河段整治、三峡工程通航条件和运输组织、高水头多级船闸水力学以及三峡工程施工期通航研究等方面的物理模型、数学模型、实船试验及原型观测等成果。这些成果整体水平达到了当代国际先进、部分达到国际领先水平。此汇编可供航运、水利、水电等部门有关设计科研单位的科技、管理人员和大专院校师生参考。

长江三峡工程泥沙和航运问题研究成果汇编(Ⅱ)

交通部三峡办公室编

北京市通州燕山印刷厂印刷

开本：16 印张：63 字数：145 万字

1997 年 11 月第一版 1997 年 11 月第一次印刷

印数：001—600 (内部发行)

前 言

“八五”国家重点科技攻关“三峡工程和长江治理开发科学技术研究”(85-16)项目的第2课题(85-16-02)“三峡工程泥沙和航运问题研究”由国家科委工业科学技术司和我办共同主持,第3课题(85-16-03)“三峡工程枢纽建设关键技术研究”由中国长江三峡工程开发总公司主持,我办参与了其中第2专题和第3专题有关航运方面的科研工作安排。

“八五”国家重点科技攻关第16项目是在伟大的三峡工程初步设计和技术设计编制及审查阶段进行的,有关科研既从理论方面进行探讨,更密切结合了三峡工程建设中重大关键技术问题的研究和解决。在国家科委和交通部的领导下,在中国长江三峡工程开发总公司的大力支持下,我们组织了有关科研院所、高等院校、规划设计、船舶驾引运输和运行管理部门约300名科技人员,做了五年科技攻关,已全面完成了任务,取得了丰硕的成果,通过了同行专家委员会(组)鉴定和验收委员会的验收,且大部分为三峡工程航运建设吸收使用。各专题成果整体水平达到了当代国际先进、部分达到国际领先水平,为三峡工程航运部分建设提供了科学依据和质量保证,锻炼和扩大了我部航运建设科技队伍,大大提高了他们的理论水平和解决实际重大技术问题的能力。

“八五”国家重点科技攻关第(85-16)项目中有关三峡工程航运科研成果是非常丰富的。现就我办参与主持的(85-16-02-01)、(85-16-02-02)、(85-16-02-03)、(85-16-02-05)四个专题和(85-16-03-02)、(85-16-03-03)两个专题由我办参与安排的部分及各子题主要成果汇编成册,供领导部门和有关单位使用及参考。

一、第2课题第1专题(85-16-02-01)

“三峡工程坝区泥沙淤积对通航和发电的影响及防治措施优选研究”

该专题是三峡工程重大关键技术问题之一。在“七五”科技攻关研究的基础上,扩建了南京水利科学研究所的坝区变态泥沙模型,新建了天津水运工程科学研究所1/100水工模型(结合船模),对通航建筑物各类布置的泥沙淤积和通航水流条件及电站泥沙问题进行了全面深入的研究。主要研究成果如下:

(1) 按一维数模提供的水沙条件,进行了从水库运用开始到第76年逐年放

水试验。预报了枢纽初、中、后期各运行期，各级流量和水位条件下坝区河势发展变化特征和规律、淤积量和淤积分布、引航道碍航淤积量和回淤速度以及流速、流态和通航水流条件。阐明了凸入库中的两岸交错山嘴是坝区上游弯道河势演变、边滩淤积发育、主流左移的主要控制条件；右边滩淤积，主流大幅度左靠，是恶化九岭山至引航道口门弯曲航段通航水流条件的主要因素；上游引航道口门区和连接段泥沙淤积碍航后，航道疏浚促使主流进一步左移，更加恶化通航水流条件。这些成果为优化通航建筑物上游引航道布置提供了科学依据。

(2) 采用变态泥沙模型与 1/100 较大比尺正态水工模型相配合的研究方式，先后对通航建筑物初步设计阶段的原布置方案（称“小包”方案）、无堤方案和技术设计阶段的短堤方案、“大包”方案（上游引航道隔流堤下段移至升船机右侧）的引航道及其口门区、连接段的通航水流条件、泥沙淤积和往复流进行了试验研究，给出了各方案在各个运行期的试验成果。数据表明，大包方案结合上游引航道口门位置优化，可以较好地解决船闸输水系统侧向进水口泥沙淤积，升船机上游引航道泥沙淤积和通航水流条件，引航道内防漂，以及引航道内往复流引起的不良流速流态对停泊船舶缆绳拉力等的影响；结合其他措施，可基本解决升船机的水位允许波动值的问题。

(3) 针对上、下引航道口门原布置方案存在的问题，提出了上游口门位置左移避开主流，航线适当调整，以及适当延长下游隔流堤的建议方案，达到了在枢纽各运行期、各级通航流量的流速流态均满足设计船队安全通畅过坝的要求。但下游口门区特别是其连接段的泥沙淤积尚较严重，尚待进一步解决。

(4) 研究了因坝上游河势变化、流速加大引发的引航道内往复流的生成机理；研究了解决的途径，即减弱引航道内往复流应从引航道布置着手，降低引航道口门外的流速和改善流态。这项成果对三峡通航建筑物布置有重大实际价值，对推进引航道内往复流的研究也有一定的理论意义。

(5) 引航道冲沙试验研究表明，在引航道内冲沙效果显著，这也是葛洲坝工程的实践经验，在有隔流堤的情况下，上引航道内的淤积物可基本冲光，这对解决碍航淤积、保持坝区通航条件有重要意义。在建有防淤隔流堤的条件下，采用束水攻沙原则，对引航道及其口门区泥沙淤积进行冲淤并辅以挖泥船清淤是可以最终解决坝区淤积问题的。

(6) 试验研究揭示了水库运用初期至后期，左电厂 1[#]和 2[#]机组前泥沙淤积超过电厂进水口高程；水库运用后期，右电厂右边两台机组前泥沙淤积也超过电厂进水口高程。试验提出在此两处应设置排沙底孔的建议。设置排沙底孔可以降低电厂前淤积高程，保证安全发电。

该专题研究成果为领导决策和三峡工程建设提供了科学依据,有重大的经济效益和社会效益。专题专家鉴定委员会评定研究成果在整体上达到了国际先进水平,部分达到了国际领先水平。

鉴于三峡工程坝区泥沙淤积和通航水流条件问题的异常复杂性,限于“八五”时间和条件,有些重大问题的解决尚待深化,如冲沙、清淤措施;下游泄水波对升船机运行的影响;船闸灌水对船闸和升船机运行的影响;上、下引航道连接段泥沙淤积问题的解决及与线路布置的关系等,都需继续进行与深化;葛洲坝枢纽上游水位达 62~63m 时,三峡船闸和升船机下游引航道的水流条件,当电站日调节时会出现哪些对通航的影响尚待研究;电站排沙底孔的布置与运用尚需优化;建议“九五”期间予以安排。

二、第 2 课题第 2 专题 (85-16-02-02)

“三峡水库变动回水区涪陵河段泥沙淤积研究”

该专题是三峡工程重大关键技术问题。三峡工程可行性研究论证阶段对一期蓄水水库变动回水区涪陵河段的泥沙淤积,限于阶段性质,所提成果不能满足技术设计阶段的要求。“八五”期决定采用实体物理模型的研究方法,对三峡工程一期蓄水 156-135-140m 水位组合条件下,对涪陵河段的泥沙淤积和水流条件问题进行研究。模型上段包括了枢纽运用后航道倒槽的青岩子河段,下段包括了长江干流与乌江的交会口和尚滩河段。由于科研经费筹措方面曾有过困难,该试验开始时间较晚,“八五”仅做了一组试验。主要研究成果如下:

(1) 鉴于本河段地形异常复杂,对局部重点河段,按照大比尺航道地形图,采用加密断面法和等高线法相结合的方法,塑造模型河床微地貌和道路、桥梁、房屋等建筑物,提高了模型制造的精度。

(2) 应用了以微机为核心部件的尾水位自动控制和水位、流速数据同步采集与处理系统;用格栅横拉式尾门解决了泥沙模型尾门自动控制的问题;含沙量监测应用了冷光源测量探头,扩大了测量范围,提高了稳定性;应用这些测控系统和测试仪器,提高了测验资料的精度。

(3) 初步揭示了水库初期蓄水 156-135-140m 方案运用 3 年后,流量 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 以上时,龙王沱港区和长江主航道水流条件明显恶化,影响船舶安全航行和靠泊。

(4) 进行了 156-135-140m 方案 6 年的全沙模型试验,预测了涪陵河段的冲淤趋势。全河段出现累积性淤积,主要分布于两岸边滩、弯道凸岸、不规则的凹岸和分叉河段;金川碛和乌江口河段淤积严重;白鹤梁内侧淤积也较明显。

该专题研究成果为深入研究三峡工程蓄水后涪陵河段通航条件的变化打下了基础,有重大的社会效益和经济效益,专题专家鉴定委员会评定研究成果

达到了国际先进水平,部分成果达到了国际领先水平。

鉴于模型仅进行了一组试验,河段对通航又极为重要,建议“九五”期继续安排模型试验工作。

三、第2课题第3专题(85-16-02-03)

“三峡工程下游河道演变及重点河段整治研究”

该专题是三峡工程重大关键技术问题。专题涉及的三峡工程下游重点河段是三峡工程蓄水后很快会发生问题的河段,需尽快通过科研提出整治措施。该专题进行了重点河段芦家河河段河道地形、水文、河床质及泥沙运动等项的勘测,典型河道演变分析,模型试验关键技术研究及数学模型计算,并对重点河段和港口的整治措施进行了探索。主要研究成果如下:

(1)对芦家河河段地形、水文、悬移质、推移质和河床质等项目进行了大量勘测工作,累积钻孔深度335m,万分之一水下地形测量2308km²。特别是在沙质覆盖层条件下,采用多种勘测手段,详细测绘出卵石表面层的分布,为数模和物模提供了比较全面、配套的资料。

(2)通过分析芦家河河段河床演变的规律,应用力学分析与概率理论相结合的方法,研究了卵石起动的量化标准和非均匀沙运动规律,在理论和方法上有所发展。所建立的表达式概念清晰,使用方便。在物理模型设计中考虑了沙、卵石运动特点,对下边界水位变化及模型变率的影响进行了研究,对提高沙卵石河床以冲刷为主的动床模型的试验精度,进行了一些开创性的工作,为开展芦家河河段物理模型试验奠定了基础。

(3)宜昌~武汉长河段长系列冲刷计算和枝城~枝江受三峡工程影响二维数学模型计算和典型浅滩的整治工程二维动床数学模型计算,计算模式合理,考虑全面,经丹江口水库及葛洲坝枢纽下游河段实测资料验证,符合程度良好。计算结果揭示了葛洲坝枢纽下游水位降落对航运的影响,特别是三江下游引航道航深不足和芦家河坡陡流急等碍航问题。

(4)对重点河段航道、港口及典型浅滩进行了演变分析,并与丹江口枢纽下游河段进行了类比分析。

(5)对潜坝群布置进行了水槽试验和丁坝群航道整治数模计算,为航道和港口整治方案进行了探索。

通过该专题研究和大量与之有关的原型观测和分析,加深了对三峡工程下游河道演变及其发展趋势的认识;揭示了三峡工程下游河道特别是葛洲坝枢纽三江下游引航道和芦家河河段重点浅滩碍航的严重性和整治的迫切性;探讨了典型河道模型试验关键技术及数学模型计算;结合河道实际情况和整治实践,初步探讨了三峡工程下游航道和港口整治解决的途径与方向,为今后进一步研

究打下了良好的基础。专题专家鉴定委员会评审该专题各子题技术攻关的关键部分达到了国际先进水平,综合评价该专题研究成果已达到国际先进水平。

鉴于三峡枢纽下游河道演变及其可能产生问题的复杂性和紧迫性,建议在“九五”期间,加大研究对人力和财力的投入,进行如下多方面的工作:

(1) 葛洲坝枢纽下游引航道,特别是三江下游引航道水深不足的问题已非常突出,应及早安排治理措施的研究,并同时考虑葛洲坝枢纽本身及其与三峡枢纽联合运转有关重大问题的解决。

(2) 尽量发挥数学模型计算的特长,完善方法,进行多方案的比较计算。

(3) 及早安排芦家河河段物理模型试验,研究治理措施。

(4) 继续并加强进行三峡枢纽工程下游典型河段的原型观测工作。

(5) 考虑三峡工程下游河道特别是江口以下沙质河床河道防洪的极端重要性,三峡工程蓄水后对河道的冲淤,航运科研包括物模、数模和河道演变分析,还要密切配合下游防洪、河势规划和江湖关系的研究工作。

四、第2课题第5专题(85-16-02-05)

“三峡工程通航条件和运输组织研究”

该专题范围较广,主要包括万吨级船队汛期两坝间模拟航行试验、安全通航允许的泄水波标准观测研究、永久通航交通管制系统研究(三峡工程二期施工后期坝区碍航)、断航影响分析及其对策研究、二期施工期运输组织研究以及枢纽泄流雾化对航运的影响等六个子题。主要研究成果如下:

(1) 由总长 271.5m 的 $9 \times 1000\text{t}$ 万吨级船队(实载 5299t),在长江流量 $23000 \sim 27000\text{m}^3/\text{s}$ 条件下,于三峡和葛洲坝两枢纽间进行了往返航行试验,并进行了水上和陆上密切配合测试,属国内首创。实船试验表明:试验船队在约 $23000\text{m}^3/\text{s}$ (大致可定为 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 左右。因实船试验船队的驾驶是在重庆长江轮船公司总船长和诸多有经验船长在试验船队驾驶室直接指导下进行的,还出现一些险情,在以后实际运行中,不可能有如此优越的驾引条件)上行万吨级船队较难进入葛洲坝枢纽三江下口门;在 $27000\text{m}^3/\text{s}$ 驾驶时,下行经石碑弯段操作困难;在南津关至黄陵庙河段不能掉头;石碑和白马沱弯道万吨级船队不能对会和追越。试验成果为今后万吨级船队在两枢纽间的安全航行提供了重要依据,也为两枢纽间进行必要的模型试验,特别是有万吨级试验船队参加的船模试验提供了依据。

(2) 枢纽泄水波标准研究,进行了上水的 $3 \times 1000\text{t}$ 梭形船队和下水的 $6 \times 1000\text{t}$ 品字形船队的实船试验,并进行了观测,在泄水波观测技术方面有所突破,并提出了上述规模船队安全航行允许的泄水波标准建议值。由于船队组成类型不足和试验条件限制,尚不能全部提出泄水波全部标准。

(3) 对交通管理模式与交通管理系统技术软、硬件配套方案的研究,采用了《控制论》、《系统工程》和仿真试验的基本原理和手段,解决三峡坝区水域建立交通安全管制系统的关键技术,具有新意,为进一步深化研究和实施创造了条件。

(4) 断航影响分析及其对策研究,在收集大量资料的基础上,对长江三峡工程河段断航给西南地区、长江中下游及相关企业经济的影响作了定性和一定量的分析,提出了航运企业直接经济损失的计算模式,这个测算涉及面广、因素多、难度大,子题较好地考虑及研究了这些复杂问题,为最终解决这些问题提供了重要参考,并对断航影响对策措施进行了探索。

(5) 运输组织研究进行了过坝客、货运量及通航船舶量的分析、预测,分析了研究河段不同施工期的通航条件,提出了“集中领导、统一指挥、联合运转”的原则,在两枢纽间实行“一次申报、统一计划、分闸调度”的运行机制,理论结合实际有新意。分别采用运筹学排队论模型和闸室面积计算模型分析了临时船闸的通过能力。利用计算机建立船舶运行优化调度管理系统(SOMS)及辅助决策系统(SSDOS)的研究,为今后实施打下了基础。

(6) 三峡枢纽泄流雾化对航运的影响,研究了泄流雾化的影响范围、雾化程度与航行的能见度关系,以及影响航行的时间,建立了雾化水流的计算模式。得出三峡工程建坝通航泄洪雾化水流基本不影响通航的结论。此项研究在国际上尚属首例,成果在理论上和实用上都有重要价值。

该专题包括范围广泛,技术复杂,难度大。专题解决或部分解决了三峡工程航运问题的通航条件和运输组织方面的几个重大技术关键,专家鉴定委员会评审成果的总体技术达到了国际先进水平。

三峡工程施工期通航条件和运输组织十分复杂,专题研究加深了对施工期通航的认识,指出了进一步改善和解决三峡工程通航条件和优化运输组织的重要性和紧迫性,初步探讨了解决的方向和途径,为今后进一步深化研究奠定了良好的基础。

鉴于三峡工程二期施工期的临近,施工通航的任务十分复杂而艰巨,原定升船机参加二期施工期通航已不可能,该专题研究成果离具体实施尚有相当距离,建议“九五”期开始即要不间断地深入研究如下项目:

(1) 进一步优化调度方案,结合不同流量、不同船队(船)包括大马力推轮换推、设绞滩站、更新过坝船队(船)等措施,扩大明渠和临时船闸的通过能力,要研究切实可行的方案(曾向有关方面提出增大临时船闸平面尺度至 $34\text{m} \times 280\text{m}$ 方案,即葛洲坝枢纽1[#]和2[#]船闸平面尺度相同方案,但未取得同意)。

(2) 对2002年汛后明渠截流以后仅余临时船闸通航,当年枯水期又需在

上、下引航道清淤干扰临时船闸通航条件下,过坝通过能力严重不足和三峡枢纽蓄水期断航等,对通航过坝和航运企业的经济损失及对策的研究要进一步深化。

(3) 对万吨级船队汛期大流量上行通过三江下口门和大江下行通过向家咀有困难,影响安全的研究应提上日程。建议在完成大江下游航道尾工的条件下,进行汛期大流量下大江上行、三江下行万吨级船队运行方式的研究。

(4) 进一步进行各种代表船型、船队的泄水标准试验,全面订出各种船舶(队)安全航行允许的泄水波标准。

(5) 为保证三峡枢纽航运安全畅通,交通管制系统宜尽量采用新技术、新设备,建议雷达链和差分 GPS 为主雷达为辅的两种方案或其他方案进行比选。

五、第 3 课题第 2 专题(85-16-03-02)

“高水头多级船闸水力学及结构研究”

该专题紧密结合三峡工程永久船闸水力学关键技术问题进行了研究。我部参与了委托。主要研究成果如下:

(1) 该专题研究成果为三峡工程永久船闸技术设计提供了必要的资料和依据,并在以下 6 个方面有创新:

1) 研制成功国内外第一座非恒定流减压试验设备,模拟了船闸输水阀门段非恒定流过程空化现象,深化了三峡船闸阀门空化问题的研究。

2) 应用掺气减蚀原理首创提出,并经葛洲坝船闸原型验证,有明显减蚀效果的带掺气坎新型门楣通气措施,解决了三峡船闸因上、下游水位变幅大,不能采用门后廊道顶部通气的难题。

3) 为满足三峡船闸输水阀门运行条件,在对输水阀门空化与水动力特性综合研究的基础上,配合其他措施,提出了明显改善阀门后廊道水力学条件的底扩体型及其布置。

4) 建立了国内外第一座能模拟三峡双线连续五级船闸运行过程的总体运行水力学模型,为三峡船闸提供了比较系统的运行试验资料,并首次在模型上进行了闸室水位惯性超高(降)时开启人字门对船舶停泊条件影响的研究,拓宽并丰富了船闸水力学研究的内容。

5) 首次应用动力可靠度理论,分析了阀门后顶扩和底扩两种廊道体型的阀门振动状态,并优化了其结构。

6) 应用计算机多媒体技术,为运行模型设计的 CCD(工业摄像机)图像处理分析技术和大涡数值模拟方法,首次获得船闸输水阀门门后复杂的非恒定分离流流态,为门后廊道体型优化提供了先进的试验和分析手段。

(2) 该专题研究大部分成果可直接用于三峡工程永久船闸建设,并具有重

大推广价值。

该专题专家鉴定委员会对其主要部分“三峡工程永久船闸水力学关键技术研究”成果的评审结论为：总体上达到国际先进水平，部分达到国际领先水平。

该专题存在主要问题和建议：

(1) 鉴于输水廊道阀门的极端重要性，有必要进行输水阀门大尺度模型非恒定流减压试验。

(2) 对永久船闸首级及末级充泄水廊道系统布置需进行进一步改进研究。

(3) 汛期第一级船闸本身不参加充泄水条件下侧向进水与总体布置要求之间关系处理问题（即：此时如第一级上闸首关闭人字门条件下充水，要保证充水时间不超过 12min；如第一级上闸首打开人字门条件下充水，要保证船闸前和第一级闸室内通航水流条件）。

(4) 进行引航道内非恒定流条件下的通航水流条件研究。

(5) 进行闸室输水系统布置方案对减淤关系的研究。

(6) 输水阀门泄水与水工结构关系研究。

六、第 3 课题第 3 专题（85-16-03-03）

“三峡工程施工期导流与通航问题研究”

该专题我办仅负责三峡工程二期施工通航科技攻关研究项目安排。三峡工程二期施工自 1997 年 11 月大江截流起，到 2003 年枢纽蓄水至 135m 止，共约 6 年，是三峡工程施工通航最困难的时段，特别自 2002 年汛后明渠截流到本施工期末，航运过坝严重碍航和断航，要通过科技攻关提出有效措施。“八五”期间有关科研单位做了大量工作，主要研究成果如下：

(1) 与施工导流研究做了密切的配合，使施工期导流和大江截流尽可能照顾到施工期通航的要求。

(2) 通过不同比尺的水力学模型和泥沙模型，对明渠和临时船闸的通航水流条件和泥沙淤积进行了全面研究，包括：

1) 对明渠布置进行了调整和优化；

2) 船模试验，对船舶（队）通过明渠的航线进行了探讨和优化；

3) 对明渠渡汛后可能造成的冲刷破坏，提出了防护范围的初步意见；

4) 对于提高大型船队明渠通航流量的可能性进行了研究；

5) 对临时船闸上、下游航道通航水流条件存在的问题和改善措施进行了研究，并对泥沙淤积碍航数量和问题进行了预测；

6) 为改善临时船闸上引航道水流条件，提出了增设上游隔流堤的建议。

以上研究成果，对明渠和临时船闸的设计和运行有重要的实用价值。

(3) 在施工期通航运输技术的研究中，对长江流量大于 $20000\text{m}^3/\text{s}$ 时，以及

2002 年汛后明渠截流至 2003 年枢纽蓄水前只有临时船闸通航,过坝客、货运输通过能力不足,过坝和枢纽蓄水到 135m 以前断航等问题,进行了有益的探索。

(4) 该专题包括了施工期导流,二期施工期通航和发电三个方面的研究工作,是三峡工程建设中重大技术难题。本汇编仅编入了二期施工期通航部分。长江主流上建枢纽施工期通航本身就是一大难题,既有重大技术问题,又有社会问题和经济问题。专题各子题研究有一定广度和深度,所提成果有重要的实用和参考价值。专家鉴定委员会评审本专题综合评价达到国际先进水平。

通航导流明渠防护、临时船闸上、下游航道整治与清淤、二期施工期通航过坝通过能力存在较大缺口和蓄水期断航等问题,都还有很多研究工作要做,“九五”期应抓紧进一步安排研究二期施工期通航科技问题是一个非常现实的问题。

鉴于 1997 年 11 月三峡工程已实现了大江截流,三峡工程已进入二期建设,为尽可能多的解决二期施工期汛期坝区客货运输通过能力不足的问题,国务院三峡工程建设委员会 1996 年 10 月召开了办公会议,提出了加强坝区科学管理、明渠汛期设绞滩站、汛期通过明渠船队以大功率推轮换推和更新改造过坝区船型船队等扩大明渠通过运输能力措施。其中与我办科研工作直接有关的有六个项目。考虑二期施工期通航的重要性,我们把这六个项目的科研成果也编入了本汇编之中。

- (1) 《三峡坝区船舶过坝优化调度辅助决策系统研究》;
- (2) 《三峡工程明渠汛期通航换推与绞滩水工模型试验研究》;
- (3) 《三峡工程明渠汛期大流量通航 4000kW 推轮顶推 $2 \times 1000\text{t}$ 级驳船队可行性研究》;
- (4) 《三峡工程施工通航中型船队通过明渠能力研究》;
- (5) 《三峡工程明渠汛期换推与绞滩措施研究》;
- (6) 《三峡枢纽过坝船舶(队)尺度要求及技术政策(试行)》。

中国工程院院士
交通部技术顾问
交通部三峡工程航运领导小组
副组长兼办公室主任

梁友辰

1997 年 12 月

目 录

● 三峡工程下游河道演变及重点河段整治研究 (85-16-02-03)	643
◆ 三峡工程下游重点河段原形观测研究 (85-16-02-03-01、03)	752
◆ 三峡工程下游重点浅滩段模型试验关键技术研究 (85-16-02-03-02)	819
◆ 三峡建坝后荆江重点河段航道港口变化及整治措施研究 (85-16-02-03-04)	942
◆ 三峡工程下游重点河段数值模拟研究 (85-16-02-03-05)	1206

“八五”国家科技攻关

编号：85—16—02—03

三峡工程下游河道演变 及重点河段整治研究

(专 题 报 告)

专题承担单位：

长江航道局规划设计研究所
武汉水利电力大学
交通部天津水运工程科学研究所

一九九五年十一月

主 持 单 位：交通部三峡工程航运领导小组办公室

单 位 主 管：梁应辰 魏京昌

技 术 负 责 人：吴仁初

联 系 人：李海燕

专题承担单位：长江航道局规划设计研究所

武汉水利电力大学

交通部天津水运工程科学研究所

专 题 负 责 人：祁茂文（长江航道局规划设计研究所 高级工程师）

主要研究人员：谢葆玲（武汉水利电力大学 教授）

陆永军（交通部天津水运工程科学研究所 副研究员）

梁宗武（长江航道局规划设计研究所 工程师）

段文忠（武汉水利电力大学 教授）

贾锐敏（交通部天津水运工程科学研究所 副研究员）

袁美琦（交通部天津水运工程科学研究所 研究员）

刘怀汉（长江航道局规划设计研究所 工程师）

目 录

前 言	646
第一章 葛洲坝水利枢纽下游枝城~江口河段河床组成分析	649
第一节 基本情况概述	649
第二节 河床地质结构	653
第三节 河床床面粒配组成与粒度特征	653
第四节 河床洲滩组成粒度特征	656
第五节 河床砾石层面组成与分布	657
第六节 河床演变与河床组成的关系	661
第二章 三峡工程葛洲坝以下重点河段航道港口演变及整治措施初步研究	664
第一节 宜昌河段港口航道的变化及治理措施	664
第二节 芦家河河段演变分析及治理措施	670
第三节 上荆江重点港口河段演变及治理措施	675
第四节 周天河段演变及治理措施	682
第五节 窑监大河段演变及治理措施	685
第六节 与丹江口、葛洲坝水库下游河床冲刷对航道影响的分析对比	691
第三章 三峡水库下游河道冲刷的数学模型计算	695
第一节 水库下游冲刷数学模型 (NSDDR 模型)	695
第二节 三峡水库下游宜昌至武汉河段长系列冲刷计算结果及分析	704
第三节 枝城至枝江河段 (含芦家河) 受三峡工程影响的二维数学模型计算	719
第四章 三峡工程下游典型浅滩芦家河河段模型试验关键技术研究	732
第一节 关键技术问题及解决措施	732
第二节 卵石运动规律及其模拟	738
第三节 河床粗化问题研究	742
第四节 动床冲刷模型相似律研究	745
第五章 问题与建议	747
编写说明	748
附件 I 专题鉴定意见	749
附件 II 专题验收结论	751

前 言

三峡工程兴建后,改变了下泄水沙条件及过程,从而引起葛洲坝水利枢纽下游河床普遍冲刷及河势调整,给航道、港口的运用带来新的问题。坝下河床冲刷及河势调整对航运的影响,在三峡工程施工期即可出现并逐时逐段向下游发展。

葛洲坝水利枢纽运用以来的实践表明,河床冲刷下切引起船闸下游水位较枢纽兴建前相应设计最低通航水位的流量(约 $3000\text{m}^3/\text{s}$)的水位降低值已超过 1m ,使船闸闸槛上的设计通航水深已由 5m 减小到不足 4m ,三江船闸下游引航道水深已不足 3.5m ,如果计及船闸泄水波和引航道泥沙淤积的影响,航道实际水深已不足 3.0m ,影响船队进出船闸安全畅通和降低船闸的通过能力。受下荆江裁弯及葛洲坝水利枢纽运行的影响,芦家河、枝江等沙卵石浅滩,由于河床冲刷下切而引起的水位下降使河床组成为砾卵石且层面较高的局部河段已经出现了水浅流急的碍航局面。同时,葛洲坝水利枢纽下游的部分港口和通航设施也因水流条件和泥沙冲淤变化使其正常运用受到了影响。

按国务院三峡工程建设委员会转发的《三峡工程建设期坝前及库区重要城镇分期水位表》所规定的施工进度,1997年大江截流,2003年6月坝前蓄水位为 135m ,2005年汛后蓄水位达到 156m ,2009年汛后坝前蓄水位按正常蓄水位 175m 运行。由于三峡水库运行后相当长时期内,下泄水流含沙量较天然情况大为降低,将使葛洲坝水利枢纽下游河段的河床冲刷远较葛洲坝水利枢纽单独运用剧烈。在三峡工程施工期间,流量得不到调节补偿而河床的冲刷下切势必引起葛洲坝水利枢纽下游水位进一步降低,从而使目前业已存在的碍航现象更加严重。三峡工程正常蓄水运用后,坝下航运问题将会普遍暴露。对于沙卵石河床来说,由于沙质覆盖层较薄,其冲刷—粗化—稳定的过程将在不到十年的时间完成,沙卵石浅滩将因下游沙质河床冲刷幅度大自身冲刷幅度小而出现水浅流急;由于芦家河、枝江等沙卵石浅滩对于控制宜昌水位下降有重要作用,如果芦家河浅滩稳定的卵石层床面被冲蚀或是采取拓宽局部卡口河段或降低砾卵石层面高程等措施改善航行条件均可能使沙卵石浅滩对上游河段水位下降的控制作用降低甚至消失,宜昌水位会进一步下降而造成葛洲坝船闸下闸槛及下引航道出现严重碍航。因此,不仅要研究芦家河等沙卵石浅滩的河床演变及对航运的影响,还要研究其治理措施对葛洲坝船闸通航条件的影响。对于沙质河床来说,其河势调整比较复杂,河床冲刷从上向下发展,三峡工程运用初期所冲刷的泥沙必然要在下段落淤,而且由于沙质河床冲刷下切时间长、冲刷距离长、深度大,由此带来的水位下降、局部河道崩岸及展宽、主流摆动、断面形态变化等均可能导致原有老浅滩恶化、新浅滩产生,也可能对沿江港口的港区水流条件及正常运用带来影响。

* 前言由吴仁初、祁茂文编写