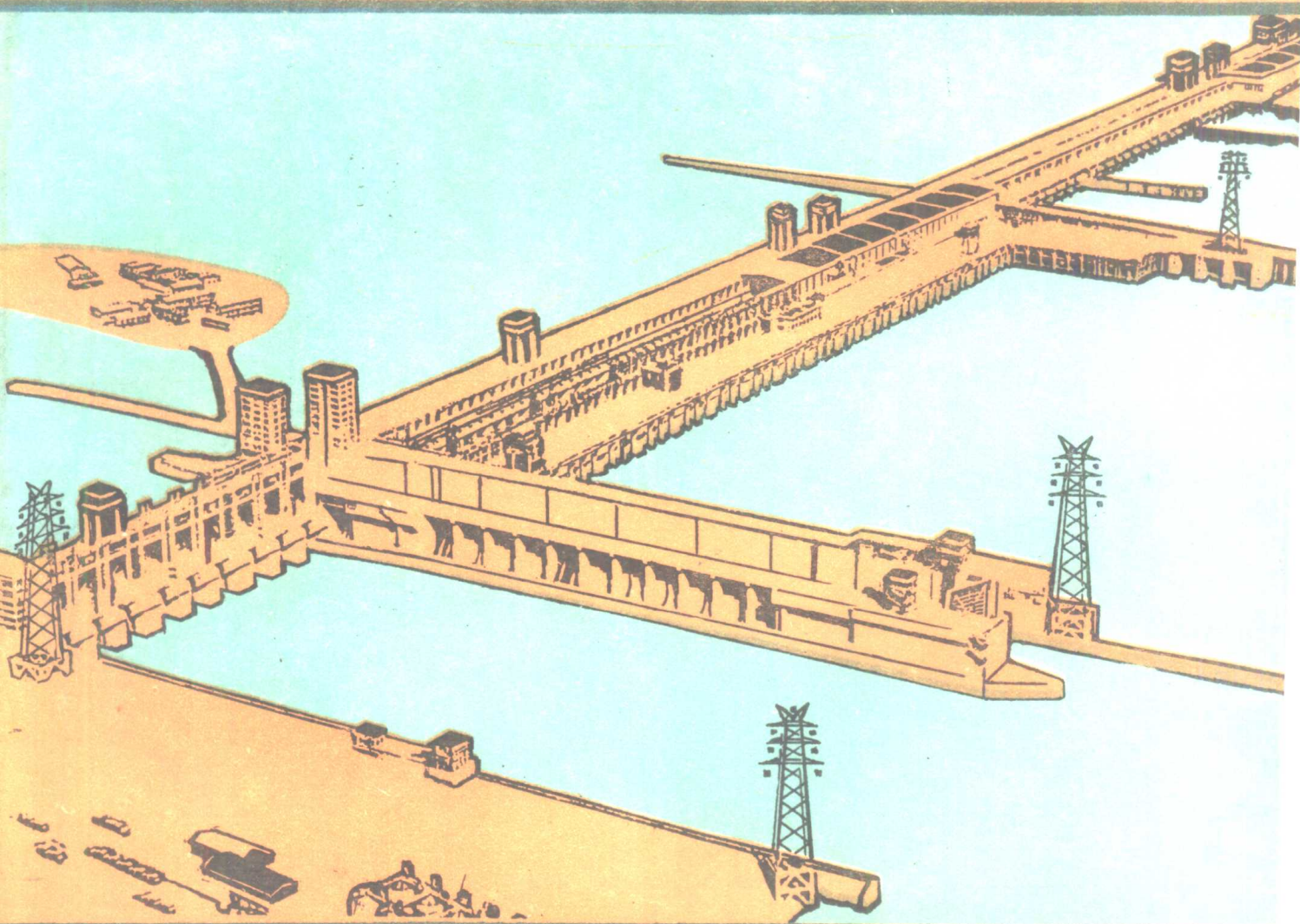


葛洲坝工程丛书

2

# 泥沙研究

水利部长江水利委员会 唐日长 主编



水利电力出版社

葛洲坝工程丛书

---

2

# 泥沙研究

水利部长江水利委员会 唐日长 主编

水利电力出版社

## 内 容 提 要

本分册共分四章,包括:枢纽来沙研究,库区泥沙问题研究,坝区泥沙问题研究和数学模型与物理模型研究。

书中介绍了长江葛洲坝枢纽来沙特性,研究和处理坝区、库区工程泥沙问题的途径和方法,以及一期工程运用后的实际情况;同时介绍了采用的泥沙数学模型和物理模型的基本理论和方法以及一期工程运用阶段实际资料的验证情况。

本书可供从事水利、水电、水运工程泥沙问题的科研、设计人员和有关高等院校师生参考。

责任编辑 闫立波  
封面设计 李铁民  
版式设计 宫长平

葛洲坝工程丛书 2

泥 沙 研 究

水利部长江水利委员会 唐日长 主编

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京市京东印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 14.75印张 332千字

1990年8月第一版 1990年8月北京第一次印刷

印数0001—2490册

ISBN 7-120-00970-2/TV·318

定价 11.30 元

## 中国水利学会

### 《葛洲坝工程丛书》编辑委员会

主任委员 陈賡仪

副主任委员 李鹤鼎

委 员 (以姓氏笔划为序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 文伏波 | 王梅地 | 王维勇 | 孔祥千 |
| 石 衡 | 卢兆策 | 纪云生 | 李鹤鼎 |
| 沈维义 | 陈賡仪 | 杨 溢 | 金 炎 |
| 罗其华 | 周 坦 | 岳荣寿 | 钟梓辉 |
| 曹乐安 | 曹宏勋 | 梁应辰 | 潘家铮 |
| 魏廷铮 |     |     |     |

秘 书 长 杨溢 (兼) 纪云生 (兼) 金炎 (兼)

秘 书 陶景良 朱光裕 陈叔康 闫立波

## 《泥沙研究》编撰人和审订人

主编 唐日长

主审 杨 溢 曹乐安

## 各章编撰人和审订人

| 章 次 | 编 撰 人 |     |     | 审 订 人 |     |     |
|-----|-------|-----|-----|-------|-----|-----|
| 第一章 | 史立人   | 魏 特 |     | 华国祥   | 林承坤 | 周德家 |
| 第二章 | 张植堂   | 陈中砥 |     | 韩承荣   | 惠遇甲 | 张 浩 |
| 第三章 | 陈怀汲   | 陈子湘 | 叶树森 | 窦国仁   | 谢鉴衡 | 董世镛 |
|     |       |     |     | 殷瑞兰   | 黄伯明 |     |
| 第四章 | 唐日长   | 林万泉 | 张 威 | 夏震寰   | 范家骅 | 李昌华 |

## 序

在葛洲坝水利枢纽工程全面建成之际,《葛洲坝工程丛书》将陆续与读者见面了,这是水利水电工程界一件值得庆贺的事。

葛洲坝水利枢纽是我国在长江干流上修建的第一个综合利用工程,它将担负未来三峡水库反调节和改善三峡坝址到南津关之间航道的任务,也是我国目前最大的水电站。

葛洲坝工程于1970年末经毛泽东主席批准开始兴建,主要是为解决华中、华东地区缺电问题,同时也是为三峡工程作实战准备。因当时正处于十年动乱时期,没有完全按基本建设程序办事,工程开工后遇到一系列问题,需要进一步深入进行研究。因此在1972年底,周恩来总理决定暂停主体工程施工,由长江流域规划办公室负责修改设计,并成立了以林一山同志为首的葛洲坝工程技术委员会,在技术上全面负责。改组葛洲坝工程指挥部为葛洲坝工程局,负责施工。周总理强调指出,要尊重科学,多做实验研究,对葛洲坝工程建设“一定要战战兢兢,如临深渊,如履薄冰,做到确有把握”。

在技术委员会的指导下,在全国各有关部门的大力协作下,长江流域规划办公室经过深入的勘测、设计和科学试验,于1974年提出了修改的初步设计,经国家建设委员会审查批准,于同年10月恢复了主体工程的施工。粉碎“四人帮”以后,工程进度不断加快,施工质量稳步提高。1981年初,大江截流成功;5月下闸蓄水;6月下旬三江航道和二、三号船闸通航;7月二江电厂第一台机组并网发电。在当年出现 $72000\text{m}^3/\text{s}$ 大洪水的情况下,工程经受住了严峻的考验。接着,二期工程开始施工,1986年6月,500kV变电站和大江电厂第一台机组投产;1988年9月,大江船闸试航成功,同年12月,电站21台机组全部建成投产。

葛洲坝水利枢纽不但工程规模大,而且在建设中遇到了许多关键性的技术难题,例如:水库库区、船闸上下游引航道和电站进出口的泥沙淤积;大流量泄水闸消能防冲;基岩软弱夹层的加固处理;大型船闸闸门启闭机的设计与制造;大型低水头水轮机组的研制与安装及超高电压技术的应用;施工导流和大江截流的设计施工;混凝土高强度施工的组织和管理;混凝土的温控措施;大型水利枢纽的运行管理;以及在安全监测系统中建立脱机资料处理、解积及安全评价系统等。通过大量科学试验,这些关键性技术难题都得到了妥善的解决。工程运用的实践表明,整个枢纽的设计、施工和设备的制造、安装都是很成功的。

葛洲坝水利枢纽的胜利建成,把我国水利水电工程技术水平推上了一个新高度。这表明,我国的水利水电建设者们完全有能力依靠自己的智慧和力量开发长江,造福人民。

葛洲坝工程开始运用以来,已经发挥了巨大的经济效益和社会效益。水电站总装机容量271.5万kW,年发电量可达165亿kW·h,为华中、华东地区的工农业发展做出了并将继续做出巨大贡献。它的建设成功确实为三峡工程和其它大型水利水电工程的建设积累了宝贵的经验。因此可以说,这项工程的决策在今天看来也仍然是正确的。

这套《丛书》有其一定的特色,它既不同于一般的工程总结,也不同于一般的水利水电工程方面的科技书。编写本《丛书》的目的,主要是力求在经过一定的实践检验的基础上,介绍、推广葛洲坝工程建设中解决一些关键性技术问题的经验,包括科学研究、规划设计、

施工组织、设备制造和运行管理等。因此，这套《丛书》对从事大中型水利水电工程勘测、规划、设计、科研、施工、运行的技术人员，对高等院校有关专业的教学，有一定的参考价值。

《葛洲坝工程丛书》是广大葛洲坝工程建设者们辛勤劳动的结晶，也是我国水利水电事业的宝贵财富。希望这套丛书的出版，能对提高我国水利水电科学技术水平，加快我国水利水电建设步伐起到积极的推动作用。

陈赓仪

1989.4.30于北京

## 前 言

长江葛洲坝工程是我国目前最大的水利枢纽，在许多方面体现了我国水利水电工程建设科学技术的新水平。为了及时总结、推广这些新经验，提高水利工程建设的技术水平，1981年在葛洲坝水利枢纽第一期工程基本完成后，在中国水利学会的积极倡导下，于10月20日在北京成立了“中国水利学会《葛洲坝工程丛书》编辑委员会”，决定组织编写出版一套系列书——《葛洲坝工程丛书》。经过近9年的准备和编写，现在这套丛书终于将陆续和读者见面了。这是一件值得庆幸的事。

本丛书旨在全面、准确地反映葛洲坝工程建设在科研、勘测、设计、施工、制造、安装和运行管理等各个方面的新技术、新经验。为此，编委会在确定丛书的书目之前，曾致函百余位水利专家广泛征求意见。经过反复讨论研究，最后决定本丛书由15册组成；《工程概况》、《泥沙研究》、《基础设计与处理》、《导流与截流》、《闸、坝与电站建筑物》、《通航建筑物》、《建筑物及其基础的安全监测》、《闸门与启闭机》、《水力机械》、《电气设备与自动化》、《施工组织与管理》、《土石方施工》、《混凝土浇筑》、《运行与管理》、《工程文献》，平均每册40万字，全套书约600万字。

本丛书在编写过程中，编委会曾多次召开会议。对全套书的内容体系、编写分工、计划进度、审稿程序以及编写体例等，都作出了明确的规定。编写单位对此也十分重视，还成立了各自的编委会或编写领导小组。指派技术骨干担任各册的主编或编写人和审稿人。进行编写。初稿写成后，都经本单位自审和修改，最后交丛书编委会由专家审订定稿。所有这些做法，对确保本丛书的质量起了很好的保证作用。

本丛书是我国第一部大型水利水电工程丛书。有其一定的特色，就其整套书来说，内容全面、系统，不论是勘测设计和施工安装，还是科学研究和运行管理，都有述及，且相当完备；就其某一册来说，也自成系统，在详细介绍葛洲坝工程中的新工艺、新技术的同时，也有一定的理论阐述，因而与一般的工程总结有很大的不同；就其表达方式来说，不同于一般的科技书，不是面面俱到，而是抓住关键性的技术问题进行阐述，并以翔实的图表资料和数据加以论证，便于读者查阅，很有实用价值。因此我们相信，本丛书的问世对我国从事大型水利水电工程建设——特别是长江三峡工程建设的同志将会有很大的启发和帮助。

参加本丛书编写工作的主要有：中国三峡工程开发总公司（筹）、长江水利委员会、葛洲坝工程局、水利电力部驻葛洲坝代表处、交通部水运规划设计院、机械电子工业部电工局、葛洲坝水力发电厂、长江航道局宜昌航道分局、葛洲坝船闸管理处、哈尔滨电机厂、东方电机厂、西安电力设备制造公司等10多个单位，共200多人。他们都是在肩负繁重的科研、生产任务的情况下，克服了人力、物力、财力的种种困难完成编写任务的，为本丛书的顺利出版作出了很大贡献。在此，我们谨向他们表示衷心的感谢。

编写这样一套卷帙浩繁的工程丛书，对我们来说仅仅是个尝试，因此不可避免地会有

在着许多缺点和不足之处。我们诚恳地欢迎读者对丛书中的错误和疏漏给予批评指正。

中国水利学会

《葛洲坝工程丛书》编辑委员会

1989.3.20

## 编 者 的 话

葛洲坝水利枢纽是长江三峡水利枢纽的组成部分,具有航运、发电综合效益。枢纽位于长江三峡出口南津关下游约2.3km,库区为长江三峡河段,坝区、库区的河床边界、水流泥沙运动都很复杂。葛洲坝枢纽属于低水头枢纽,坝区船闸引航道和水库变动回水区航道的泥沙淤积问题以及电站的引水防沙问题,关系到长江航运和枢纽正常发电,是枢纽建设的一项重大技术问题。

研究解决低水头枢纽坝区船闸引航道和电站的泥沙问题,国内外已有不少经验可资借鉴,但这些枢纽的自然条件和对研究解决工程泥沙问题的要求,均没有葛洲坝枢纽复杂。十多年来,在葛洲坝工程技术委员会的领导下,我国有关科研单位、高等院校大力协作,针对葛洲坝枢纽工程泥沙问题的特点,采用原型观测调查、泥沙数学模型计算和物理模型试验相结合的研究途径,在理论研究和工程措施等方面取得了大量研究成果,积累了不少经验。

本分册介绍葛洲坝枢纽工程泥沙问题的主要研究成果。如通过坝区河势规划,研究枢纽总体布置问题;采用“静水通航、动水冲沙”方法,研究解决船闸引航道的航行水流条件和泥沙淤积问题;根据弯道水流泥沙运动规律,研究解决凸岸电站工程的引水防沙问题。此外,还介绍了采用的泥沙数学模型和物理模型的理论基础和方法以及验证情况;山区宽、窄相间河段的水流泥沙运动规律;回流与异重流淤积规律等。

葛洲坝枢纽一期工程已于1981年6月蓄水运用。原型观测资料表明:库区、坝区的水流特性和泥沙淤积情况与模型研究的成果,基本上是一致的;库区航道有明显的改善;三江引航道的水流条件和航道尺度均能满足航行要求,采用的防淤冲淤工程措施是有效的;二江电厂的引水防沙情况良好,厂前泥沙淤积较少,淤沙粒径较细,机组磨损轻微,底孔不需经常运用。

本分册由长江水利委员会(以下简称长办)长江科学院唐日长担任主编,长江科学院河流研究室张植堂、陈怀汲、史立人、魏特、陈中砥、叶树森、陈子湘、林万泉、张威参加编写。史立人、张植堂、陈怀汲、唐日长分别负责一、二、三、四章统稿。初稿完成后,承夏震寰、华国祥、张浩、范家骅、谢鉴衡、窦国仁、李昌华、惠遇甲、林承坤、韩承荣、董士镛、黄伯明、殷瑞兰、周德家等审阅,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。长办水文局、葛洲坝水利枢纽水文实验站等单位为本书提供了原型观测资料,一并在致此致谢。

本分册经中国水利学会《葛洲坝工程丛书》编辑委员会杨溢和曹乐安审阅定稿。

限于编者水平,书中可能存在不少缺点错误,衷心希望读者批评指正。

编 者

1989年2月

# 目 录

序

前言

编者的话

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 第一章 枢纽来沙研究 .....                          | 1   |
| 第一节 悬移质泥沙研究 .....                         | 2   |
| 第二节 卵石推移质研究 .....                         | 20  |
| 第三节 沙砾推移质研究 .....                         | 39  |
| 第四节 枢纽来沙特性研究小结 .....                      | 46  |
| 第二章 库区泥沙问题研究 .....                        | 53  |
| 第一节 自然条件下的库区河道、水流和河床演变特性 .....            | 54  |
| 第二节 枢纽运用以后库区淤积和航道条件的预测研究 .....            | 84  |
| 第三节 枢纽一期工程运用期间库区水流条件、泥沙淤积特征和航道条件的分析 ..... | 98  |
| 第四节 库区泥沙问题研究小结 .....                      | 113 |
| 第三章 坝区泥沙问题研究 .....                        | 116 |
| 第一节 坝区河势规划研究 .....                        | 117 |
| 第二节 船闸引航道泥沙问题研究 .....                     | 124 |
| 第三节 电站引水防沙问题研究 .....                      | 140 |
| 第四节 枢纽一期工程运用情况 .....                      | 151 |
| 第五节 坝区泥沙问题研究小结 .....                      | 170 |
| 第四章 泥沙数学模型和物理模型研究 .....                   | 172 |
| 第一节 泥沙数学模型 .....                          | 172 |
| 第二节 泥沙物理模型 .....                          | 183 |
| 第三节 泥沙物理模型试验的有关问题 .....                   | 200 |
| 第四节 数学模型与物理模型结合问题 .....                   | 211 |
| 第五节 枢纽一期工程运用后模型验证 .....                   | 214 |
| 主要参考文献 .....                              | 222 |

# 第一章

## 枢纽来沙研究

长江是我国第一大河，全长约6300km，流域面积180万km<sup>2</sup>。它以优越的自然条件和丰富的水资源，在我国国民经济建设中发挥着重要作用。

长江的含沙量虽然不高，但是由于水量丰沛，故悬移质年输沙总量十分可观，在世界大河中仅次于黄河，布拉马普特拉河和恒河，居于第4位。长江的泥沙主要来源于上游山地丘陵区。宜昌水文站作为长江上游控制站，是长江干流现有测站中输沙量最高的测站。进入江汉平原以后，因部分泥沙分流进入洞庭湖沉积，长江输沙量又有所减少。葛洲坝枢纽位于宜昌水文站上游6km，控制流域面积约100万km<sup>2</sup>，为了妥善解决工程兴建后在通航、发电等方面可能出现的各种工程泥沙问题，首先对流域来沙的数量与特性进行了全面研究，为各种设计运用方案的分析论证和试验研究建立了基础。

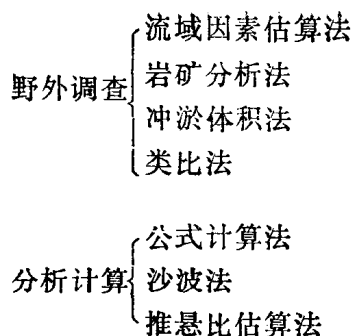
枢纽来沙研究的内容，包括对悬移质和推移质泥沙的来源、数量、粒配、颗粒性状、岩矿组成及其沿程输移与补给特性的研究。其中推移质泥沙又按粒径大小，将粒径 $D > 10\text{mm}$ 者称为卵石推移质， $D < 10\text{mm}$ 者称为沙砾推移质。

宜昌水文站的悬移质泥沙测验工作始于1946年，积累了较完整的长系列测验资料，但推移质泥沙的测验、调查和分析工作则较薄弱。1956~1965年期间，宜昌水文站曾先后用荷兰式、波利亚柯夫式和顿式采样器施测过沙砾推移质，最后终因仪器采样效率不稳定而中断。至于卵石推移质，则既无测验资料，调查工作也做得很少。

葛洲坝枢纽兴建之初，为了尽快全面获得枢纽来沙资料，采取了泥沙测验、野外调查和分析计算等多种方法同时进行、相互结合的综合研究途径。在泥沙测验方面，加强了采样器的研制和改进，通过野外试验确定了推移质采样器的效率系数。并根据需要，增设了奉节和南津关（坝上17号断面）水文站，在各站恢复或开展了推移质测验。与此同时，组织了多次野外调查，搜集了沙卵石推移质淤积量、粒配及其岩矿组成等有关资料，运用岩矿分析计算等方法，估算了卵石、粗沙来量和区间补给数量。此外，还在整编、分析实测资料的基础上，研究了泥沙运动的规律，对推移质输沙量进行了公式估算。不同方法取得的成果相互验证，相互补充，大大加快了研究进度，提高了成果的可靠性。

在枢纽来沙研究中，先后应用的主要方法有：

泥沙测验 { 器测法  
示踪法



通过原长江流域规划办公室水文处（现为水文局，以下简称长办水文局）、长江水利水电科学研究院（现为长江科学院，以下简称长科院）、清华大学、南京大学等单位的协同努力，在1975年对枢纽来沙特性的认识已经基本清楚。1975年后，又陆续取得大量测验、调查资料，检验和补充了原有结论。

葛洲坝电站属低水头径流式电站，抬高水位27m，库容约16亿 $m^3$ ，预计水库蓄水运用后，悬移质泥沙淤积约在3、5年内即可达到基本平衡。因此，粗颗粒泥沙，包括推移质和悬移质泥沙中的床沙质部分，是葛洲坝枢纽泥沙研究的重点。为此，在大力加强推移质研究工作的同时，还在宜昌、奉节等站开展了近底层悬移质泥沙测验，对悬移质泥沙在水深大、紊动强的水流条件下沿垂线分布的规律进行了探讨。

河流泥沙，不论是悬移质还是推移质，归根到底，都是流域地表侵蚀的产物，因此枢纽来沙与流域产沙情况密切相关。葛洲坝枢纽上游幅员辽阔，各地产沙要素错综复杂，区域产沙量差异很大。针对这种情况，在枢纽来沙研究中，还注重了以实测资料为基础，通过流域产沙要素的综合分析，查明流域内不同地区的产沙特点以及产沙强度的空间分布规律，从而将河流泥沙与流域侵蚀联系起来。这对于认识葛洲坝水利枢纽的来沙特性，研究枢纽上游流域的治理和开发，都是十分重要的。

本章将分别介绍悬移质、沙砾推移质和卵石推移质泥沙的观测研究成果，并在此基础上就枢纽来沙特性及其研究方法加以总结。

## 第一节 悬移质泥沙研究

### 一、枢纽上游流域产沙特性

#### 1. 悬移质输沙模数

葛洲坝枢纽来沙以悬移质泥沙为主，上游广大流域的多年平均悬移质输沙模数为521t/( $km^2 \cdot a$ )。多年来，先后在上游干、支流约300个测站进行了系统的悬移质泥沙测验，积累了丰富的资料。从这些测站中，选取了145个系列较长（一般均在10a以上）、区域代表性较好的测站的多年平均输沙资料，绘制了枢纽上游悬移质输沙模数等值线图（图1-1）。在绘制过程中，上下测站间的区间输沙模数一般采用相同观测年份的资料推算，个别不合理的未取用。

输沙模数，即单位流域面积平均每年向河流所提供的泥沙数量。输沙模数等值线图反映了流域产沙强度的地理分布，它虽然不等于流域实际侵蚀强度，但为衡量流域侵蚀状况

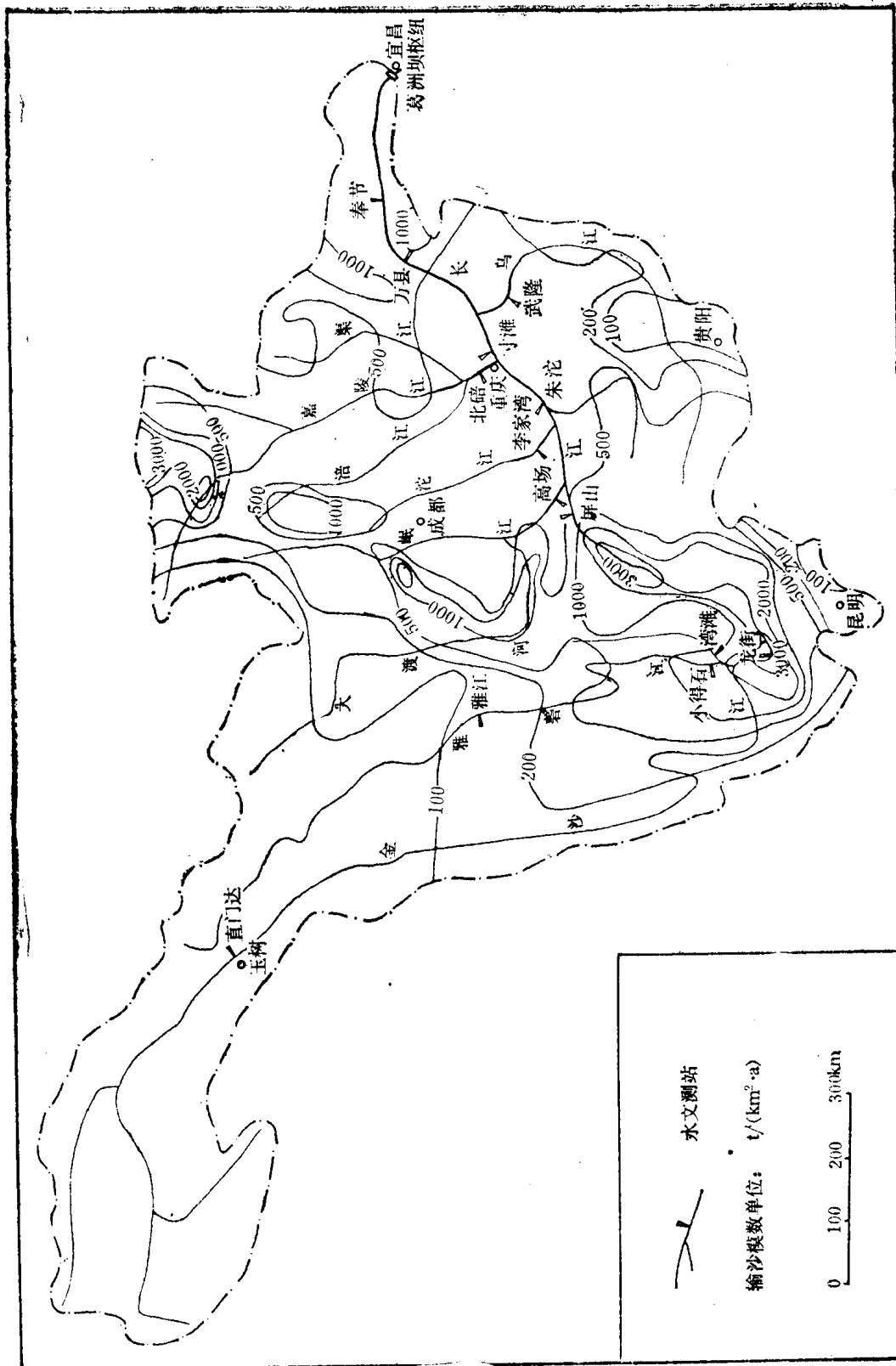


图 1-1 葛洲坝枢纽上游悬移质输沙模数等值线图

提供了某种定性的尺度。该图显示, 由于区域产沙条件千差万别, 各地产沙强度差异悬殊, 输沙模数从每年每平方公里数十吨到三千多吨不等, 空间分布很不均匀。在流域中部, 自陇南山地起, 经四川盆地西缘的龙门山、夹金山、大相岭、大凉山而下, 直至金沙江下游谷地, 呈北北东-南南西向断续分布着一条高强度产沙带, 极为引人注目。其输沙模数多在 $1000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 以上, 局部达 $3000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 以上。在其东西两侧, 输沙模数较低, 东部地区除川东、鄂西局部达 $1000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 外, 一般为 $500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 左右, 西部地区则低于 $200\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 。

与输沙模数的上述分布特点相应, 河流悬移质泥沙的沿程补给存在明显的地域性。位于西部地区的金沙江和大渡河上游来沙甚少, 至中下游始骤然剧增。如金沙江龙街~屏山区间, 集水面积 $62000\text{km}^2$ , 仅占金沙江出口控制站屏山站流域面积的12.8%, 但区间来沙量却达屏山站年输沙总量的61.3%。金沙江支流雅砻江, 在雅江以下的集水面积仅为雅砻江流域面积的39%, 但补给沙量是雅砻江年输沙量的88.7%。岷江支流大渡河, 在石棉以下的集水面积仅及大渡河流域面积的25.9%, 而来沙量则为大渡河年输沙量的63.3%。而在东部地区, 嘉陵江的泥沙主要产于其干流、渠江和涪江的上游地带。如干流略阳以上集水面积 $19000\text{km}^2$ , 为嘉陵江流域面积的12.3%, 但输沙量却占出口控制站北碚的25.5%。相对而言, 乌江和沱江的悬移质泥沙沿程补给较为均匀。

将枢纽上游流域面积按输沙模数分级量算, 结果如表1-1。可见悬移质输沙模数小于 $500\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的地区约占流域总面积的73.4%, 大于 $1000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的地区占7.7%, 大于 $3000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的地区不到1%。

表 1-1

葛洲坝枢纽上游悬移质输沙模数分级统计

| 悬移质输沙模数 $[\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})]$ | 面积 $(10^4\text{km}^2)$ | 占上游流域总面积的百分比 (%) |
|-------------------------------------------------|------------------------|------------------|
| <100                                            | 30.4                   | 30.2             |
| 100~200                                         | 13.5                   | 13.4             |
| 200~500                                         | 29.9                   | 29.8             |
| 500~1000                                        | 19.0                   | 18.9             |
| 1000~2000                                       | 4.0                    | 4.0              |
| 2000~3000                                       | 3.0                    | 3.0              |
| >3000                                           | 0.7                    | 0.7              |

## 2. 产沙区划

流域产沙状况是流域内水文、气象、植被、土壤、地质、地貌等自然因素和人类活动因素综合作用的结果。产沙区划有助于认识不同地区各类产沙要素的综合作用特点, 以便因地制宜地采取相应的治理措施。在葛洲坝枢纽上游流域产沙区划中, 首先根据产沙强度大小, 以输沙模数为指标, 并适当考虑区域的完整性, 将整个流域划分为轻度、中度、强度和烈度四类产沙区。每类产沙区又按其区域产沙特点分成若干个亚区, 并分别以主要地名和地貌类型命名。这样, 枢纽上游流域共划分为四类产沙区, 计12个亚区 (图1-2)。

(1) 轻度产沙区 I [输沙模数 $<200\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ] 总面积约 $45\times 10^4\text{km}^2$ , 主要集中于流域西部地区, 在东南一隅亦有小块分布。

1) 青南、川西高原亚区 I<sub>A</sub>: 包括金沙江、雅砻江、大渡河上游大片地区, 面积占轻度产沙区的85%以上。在地貌上属青藏高原及横断山系北段的一部分, 海拔多在4000m

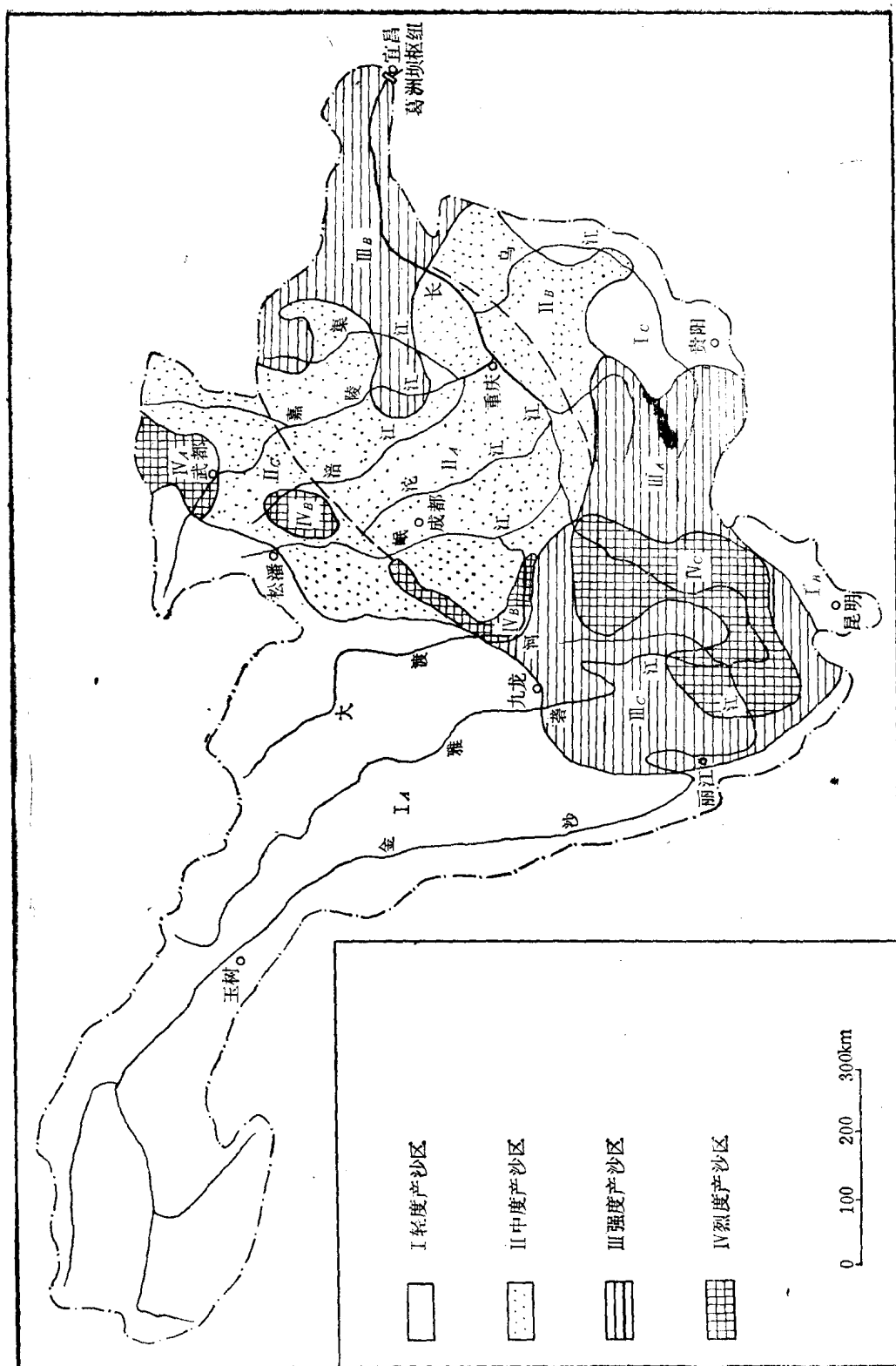


图 1-2 葛洲坝枢纽上游产沙区划图

以上。新构造运动以大面积隆起为主，除河谷地带及其两侧山地呈高山峡谷景观外，大多为起伏和缓的丘状高原或高平原。本区是长江流域降雨最少的地区，年雨量250~700mm，基本无暴雨，流水侵蚀作用微弱。加之气候高寒，地广人稀，耕地星散，所以虽然大部分地区植被稀疏，但其产沙强度在上游各地区中仍属最小。通天河直门达以上，流域多年平均输沙模数仅68t/(km<sup>2</sup>·a)，雅砻江雅江以上仅50t/(km<sup>2</sup>·a)。

2) 滇中高原湖盆亚区I<sub>B</sub>: 位于云南昆明、嵩明一带的普渡河、牛栏江上游地区。年雨量为850~1050mm，干湿季分明。区内高原面较完整，河流切割不深，湖盆平坝集中，是云南省主要农业区之一。耕垦指数约7%~18%，其中水田占60%，水利设施亦较多。在灰岩出露的丘陵地区，岩溶地貌发育。森林覆被率20%~40%。产沙强度不大。

3) 黔中山原丘陵盆谷亚区I<sub>C</sub>: 主要包括乌江中游干支流。除部分黔东南山地外，地面海拔一般为800~1200m，相对高差多在300m以下。由于灰岩广布，岩溶发育，地表溶蚀作用居主导地位。山丘交错，槽谷洼地和宽谷平坝的广泛分布，有利于坡面侵蚀泥沙的停积。本区耕垦指数10%~18%，水田与旱地大约各半。西部森林覆被率较低，不到10%，东部可达33%。年雨量1000~1200mm，季节分配较均匀，雨日多而雨强小，对保持水土较为有利。区内河流含沙量一般不高，如乌江支流清水江，多年平均含沙量仅0.187kg/m<sup>3</sup>。

(2) 中度产沙区II〔输沙模数200~500t/(km<sup>2</sup>·a)〕 面积约28×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>，大体上连片分布于四川盆地及其周围部分山区，下分三个亚区：

1) 四川盆地亚区II<sub>A</sub>: 包括岷沱江水系与嘉陵江水系中下游。盆地内海拔大都低于800m，地表广泛出露中生代砂、泥岩相间的红色岩系，产状和缓，经水流切割后多成方山丘陵。川东一带呈梳状褶皱，构成平行岭谷。在盆地边缘山前地区则形成冲、洪积平原。本区年雨量900~1100mm，时有暴雨。区内人口密集，耕地集中，农业发达，耕垦指数一般在35%以上。耕地中旱地约占40%，多分布在丘陵上部；水田占60%，多在丘陵下部或丘间地带。由于长期开发，森林破坏殆尽，覆被率多低于5%。但区内水库、塘堰众多，梯田广布，坡面侵蚀泥沙多被拦蓄，进入河流的数量相应减少。

2) 黔北、川南中、低山亚区II<sub>B</sub>: 位于四川盆地南侧的大娄山、七曜山区。地势多在海拔800~2000m之间，南高北低，乌江、綦江和赤水河顺势北流注入长江。地表切割较破碎，相对高度一般500~700m，最高达千余米。山地以灰岩为主，岩溶发育，中生代红层出露地区则成方山地形。年雨量1000~1200mm，多年平均雨日约180d，其中小雨日数约占80%，间有暴雨。区内森林覆被率约10%，耕垦指数10%~15%。旱地多，水田少，陡坡地比重大。

3) 川北、陇南高、中山亚区II<sub>C</sub>: 包括四川盆地北侧的岷江、嘉陵江上游的部分高、中山峡谷地区。河流切割强烈。降雨受地形影响，区域差异很大，自500~1400mm不等，越往西北，降雨强度越小。岩层以变质岩为主，褶皱强烈，多地震。农耕地不多，嘉陵江上游耕垦指数为1%~10%，岷江上游仅1%~2%。除干旱河谷地带外，区内植被较茂密，森林覆被率达15%~35%，是我国重要林区之一。近数十年来，森林采伐较甚，覆被率下降。

(3) 强度产沙区III〔输沙模数500~1000t/(km<sup>2</sup>·a)〕 面积约20×10<sup>4</sup>km<sup>2</sup>，分为下列三个亚区：