

长江水利委员会
大中型水利水电工程技术丛书

长江水利枢纽工程泥沙研究

潘庆桢 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

长江水利委员会
大中型水利水电工程技术丛书

长江水利枢纽工程泥沙研究

潘庆桢 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

新中国成立以来,在长江干支流先后兴建了丹江口、葛洲坝等大中型水利枢纽。举世瞩目的长江三峡水利枢纽已于 2003 年 7 月实现初期蓄水、通航和发电的三大目标。本书由长江水利委员会专事于这些水利枢纽泥沙问题研究的科技人员编著,重点总结了丹江口、葛洲坝和三峡工程泥沙问题的研究成果和工程实践经验。

本书主要内容有:长江上游产沙特性,悬移质和推移质泥沙特性;水库泥沙淤积规律,水库的长期使用,水库变动回水区航道治理,水库泥沙淤积预测;坝区泥沙冲淤规律,坝区河势规划,通航建筑物引航道布置和泥沙淤积防治,电站防沙措施;坝下游河道冲刷规律,坝下游河道冲刷和河道演变趋势预测等。

本书可供从事水利枢纽水文勘测、科研、运行和管理人员,以及大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

长江水利枢纽工程泥沙研究/潘庆葵主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2003

(长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书)

ISBN 7-5084-1626-0

I. 长… II. 潘… III. 长江-水利枢纽-水利工程-泥沙-研究
IV. TV145

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 066576 号

书 名	长江水利委员会大中型水利水电工程技术丛书 长江水利枢纽工程泥沙研究
作 者	潘庆葵 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 22.25 印张 528 千字
版 次	2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—2300 册
定 价	58.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

大中型水利水电工程技术丛书

编辑委员会

主 任	文伏波				
副 主 任	傅秀堂	郑守仁	洪庆余		
委 员	潘天达	陈雪英	成昆煌	刘一是	季昌化
	郑允中	张继良	赵纯厚	王忠法	钮新强
	袁达夫	徐麟祥	宋维邦	王既民	沈 泰
	董学晟	季学武	陈德基	徐宇明	周少林
	郭祖彬				
常务编委	文伏波	傅秀堂	郑守仁	洪庆余	潘天达
	刘一是	赵纯厚	王忠法	袁达夫	沈 泰
	季学武	陈德基			
秘 书 长	赵纯厚				
秘 书	李 峻	刘国利	丁国娟		

本书编审人员名单

一、编写人员

全书主编 潘庆橐

第1章 潘庆橐

第2章 胡向阳 周刚炎

第3章 梁栖蓉 杨克诚 李云中 王荣新 成金海
章厚玉 牛兰花

第4章 潘庆橐 胡向阳 樊云 孙伯先

第5章 潘庆橐 黄悦 宫平 李云中 王荣新

第6章 潘庆橐

二、审稿人员

文伏波 洪庆余 潘天达 赵纯厚

季学武 (第2、3章) 唐日长 (第3章)

张植堂 (第3章) 徐一心 (第4章)

董士鏞 (第4章) 刘一是 (第4章)

梁中贤 (第4章) 黄煜龄 (第5章)

张继良 (第5章) 邹家忠 (第5章)

总序

长江水利委员会（简称长江委）是长江流域水资源和水行政主管部门，也是我国水利水电方面一个有影响的科研设计部门。50年来，它编制和定期修订了长江流域综合利用规划和长江防洪规划等专业规划，设计了三峡、丹江口、葛洲坝、乌江渡、万安、隔河岩和南水北调等大中型水利水电工程，并参加了工程施工和工程监测、调度运行管理。通过这些工程实践，我委科技人员不仅理论联系实际地解决了许多复杂的技术难题，同时，还积累了丰富的实践经验，造就了一批专家。有感于这些经验目前处于分散无系统的状态，为了使专家们的经验和智慧能集中起来，系统化，并力求升华为理论，使这笔知识财富能长久保存和永续利用，我们在长江委领导和中国水利水电出版社的积极支持下，组织编写了这套“大中型水利水电工程技术丛书”。

本丛书是以系统总结长江委治理开发长江水资源的工作为目的，随着治江事业的持续发展，将定期分阶段出版。作为丛书第一辑初步计划包含以下内容：河流规划，工程水文，中下游河道演变与整治，环境与水资源保护，水工混凝土温控与防裂，水工金属结构，工程岩石力学，水利枢纽工程泥沙，水库移民工程，通航建筑物，工程导截流，施工技术，水文气候预测，三峡工程

与可持续发展等。这些方面都是长江委多年反复研究实践的重点，最富成果和创见的领域。本丛书将分册陆续出版，各册合在一起是一套系统的技术丛书；分开来又各自独立成书，可便于各方面人士使用。

长江委在科研设计工作中一贯重视学习他人的经验，积极收集和研究国内外科技信息。藉本丛书出版之机，特将世界江河与大坝的有关资料整理出版，作为一本综合性工具书以飨读者。

本丛书为应用技术类图书，它是实践经验的系统总结，是理论与实践综合的结晶。它既不同于教科书，也不同于论文集。我们希望这套丛书有助于促进我国大中型水利水电工程技术的发展。本丛书可以作为从事水利水电工程的科技工作者有效的工具书，也可作为年轻的水利水电工作者和大专院校学生的学习参考书，帮助新一代水利水电科技专家的成长。

在几十年的工程建设实践中，我们不断学习和融会了国内许多专家的经验 and 智慧。在此成书出版之际，我们谨向他们表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。

长江水利委员会技术委员会

2003年2月

前言

1949 年新中国成立以来,为逐步消除长江洪水灾害,开发长江水能资源,发展航运和灌溉事业,先后兴建了具有防洪、发电、航运、灌溉等效益的丹江口、葛洲坝等大中型水利枢纽,三峡水利枢纽和水布垭等大中型水利枢纽正在施工中。

截至 2002 年,丹江口水利枢纽已运行 33 年,葛洲坝水利枢纽也已运行 20 年,三峡工程已于 2003 年 7 月初期蓄水发电和通航。重点总结丹江口、葛洲坝和三峡水利枢纽工程泥沙问题的研究成果和工程实践经验,并力求提炼升华到规律性的高度去认识,供长江水利水电建设借鉴,无疑是一项必要的和紧迫的工作。本书的编写正是据此宗旨,组织长江水利委员会长江科学院和水文局当年参加过丹江口、葛洲坝和三峡等水利枢纽泥沙问题研究的科技人员,历经两年的辛勤耕耘才得以完成。

本书共分 5 章。第 1 章为绪论。第 2 章为流域来沙的特性,在对流域地形地貌和地质综述的基础上,根据近 50 年来长江上游各水文站的水文泥沙观测资料,分析长江上游的产沙特性和悬移质、卵石推移质、砂砾推移质的泥沙特性,以及 20 世纪 90 年代长江上游来沙的变化。第 3 章为水库的泥沙淤积及其控制,重点分析丹江口、葛洲坝等水库的泥沙淤积规律,水库的长期使用问题,水库

变动回水区的航道，以及水库泥沙淤积的预估问题。第4章为坝区泥沙的淤积及其防治，主要分析葛洲坝和三峡水利枢纽坝区的泥沙冲淤规律、河势规划、通航建筑物的引航道布置、引航道的防淤清淤工程措施，以及水电站的泥沙问题。第5章为坝下游的河道冲刷，重点分析丹江口、葛洲坝、万安水利枢纽坝下游河道的冲刷规律，三峡水利枢纽坝下游河道的冲刷过程及河道演变的趋势预测。最后为结语。

本书承文伏波院士、洪庆余设计大师和潘天达、刘一是、张继良、赵纯厚、唐日长、张植堂、徐一心、董士镛、季学武、梁中贤、黄煜龄、邹家忠等专家审阅，提出了许多重要的意见。对此，我们谨向他们表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意。

编 者

2003年9月

• 目录

总序

前言

第1章 绪论	1
1 长江枢纽工程泥沙问题研究的重要性.....	1
2 长江枢纽工程泥沙问题研究的过程.....	3
第2章 流域来沙的特性	6
1 流域的地形地貌概况.....	6
2 流域的地质概况.....	7
3 长江上游产沙的特性.....	7
4 长江上游悬移质泥沙的特性.....	16
5 长江上游卵石推移质泥沙的特性.....	28
6 长江上游砂砾推移质泥沙的特性.....	33
第3章 水库的泥沙淤积及其控制	36
1 水库淤积的规律.....	36
2 水库长期使用的研究.....	87
3 水库变动回水区的航道.....	97
4 水库泥沙淤积的预估.....	124
第4章 坝区泥沙的淤积及其防治	154
1 坝区泥沙问题的研究内容及研究方法.....	154
2 坝区泥沙淤积的规律.....	157
3 坝区河势的规划与枢纽布置.....	166
4 通航建筑物引航道的布置.....	175
5 通航建筑物引航道防淤和清淤措施的研究.....	196
6 水电站的泥沙问题.....	225
第5章 坝下游的河道冲刷	242
1 水利枢纽修建前坝下游河道的演变.....	242
2 水利枢纽修建后坝下游河道的演变.....	278
3 三峡水库下游河道冲刷的预测.....	299
结语	342

第1章

绪 论

1 长江枢纽工程泥沙问题研究的重要性

长江是我国第一大河，全长 6300 余 km，水量丰沛，含沙量较小，但输沙量巨大。长江流域多年平均径流量约为 9560 亿 m^3 。长江下游大通站平均年径流量为 9051 亿 m^3 ，年悬移质输沙量为 4.33 亿 t。长江上游除悬移质泥沙外，还有卵石和砂砾推移质。葛洲坝枢纽建成前，宜昌站平均年卵石输移量为 75.8 万 t，砂砾输移量 878 万 t。

长江干支流水能资源丰富，蕴藏量为 2.68 亿 kW，可能开发量为 1.97 亿 kW，年发电量为 10270 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，占全国可开发量的 53.4%。长江水运条件优越，1990 年干支流通航里程 5.7 万多 km，占全国内河通航里程的 52%，货运量约占全国内河货运量的 60% 以上，是我国贯通东部与西部的交通大动脉。1949 年新中国成立后，经过 50 多年的建设与发展，长江流域中下游沿江两岸和四川盆地已建设成为我国重要的经济较发达地区，长江经济带在我国经济建设和社会发展中占有极其重要的战略地位。2000 年全流域国内生产总值约占全国的 35.6%，粮食产量占全国的 34.6%。长江流域经常遭受洪灾威胁，可能发生洪灾的地区分布很广，上游及支流的山区有山洪及暴雨引起的滑坡、山崩、泥石流；上游支流的中下游和长江中下游有堤防漫溢和溃决造成的洪水灾害。

为提高长江干支流防洪能力以消除洪水灾害，开发长江水能资源，发展长江水系航运和灌溉事业，新中国成立以来，先后兴建具有防洪、发电、航运、灌溉等综合效益的丹江口、乌江渡、柘林、柘溪、陈村、漳河、葛洲坝、万安、隔河岩、五强溪、二滩等大中型水利枢纽，其中已建和在建库容 10 亿 m^3 以上的水利枢纽共 28 座。三峡水利枢纽已于 1994 年正式动工建设，水布垭等大中型水利枢纽也正在施工中（见表 1-1）。

表 1-1 长江流域库容 10 亿 m^3 以上水利枢纽概况

序号	枢纽名称	水 系	省	控制流域面积 (万 km^2)	总库容 (亿 m^3)	装机容量 (万 kW)	主要任务	建成年份	备注
1	三峡	长江干流	四川、湖北	100	393	1820	防洪、发电		在建
2	丹江口	汉江	湖北、河南	9.52	209.7	90	防洪、灌溉、发电	1973	
3	东江	湘江支流	湖南	0.472	91.5	50	发电、防洪	1988	
4	柘林	修水	江西	0.934	79.2	18	发电、防洪	1975	
5	二滩	雅砻江	四川	11.64	57.9	330	发电、防洪	2000	
6	柘溪	资水	湖南	2.264	35.65	44.7	发电、防洪	1975	

续表

序号	枢纽名称	水 系	省	控制流域面积 (万 km ²)	总库容 (亿 m ³)	装机容量 (万 kW)	主要任务	建成年份	备注
7	隔河岩	清江	湖北	1.443	34.0	120	防洪、发电	1995	
8	五强溪	沅水	湖南	8.38	29.9	120	防洪、发电	1996	
9	安康	汉江	陕西	3.57	25.8	80	发电、防洪	1993	
10	宝珠寺	白龙江	四川	2.843	25.1	70	发电、防洪	1998	
11	陈村	青弋江	安徽	0.28	24.76	15	防洪、发电	1971	
12	花凉亭	皖河	安徽	0.188	24.08		防洪、灌溉	1976	
13	乌江渡	乌江	贵州	2.779	23.0	63	发电	1983	
14	漳河	沮漳河支流	湖北	0.221	20.35		防洪、灌溉	1965	
15	江垭	澧水支流	湖南	0.371	17.41	30	防洪、发电、灌溉	1999	
16	凤滩	沅水支流	湖南	1.75	15.44	40	发电、防洪	1980	
17	万安	赣江	江西	3.70	22.16	50	发电、防洪	1993	
18	富水	富水	湖北	0.245	16.2	3.4	防洪、发电	1966	
19	葛洲坝	长江干流	湖北	100	15.8	271.5	发电	1988	
20	升钟	嘉陵江支流	四川	0.176	13.39		灌溉、防洪	1987	
21	鸭河口	汉江支流	河南	0.303	12.20		防洪、灌溉	1959	
22	白莲河	淠水	湖北	0.18	12.5		灌溉、防洪	1960	
23	黄龙滩	汉江支流	湖北	1.114	11.62	15	发电、防洪	1978	
24	狮子滩	龙溪河	四川	0.302	10.27	10.8	发电、防洪	1956	
25	东风	乌江	贵州	1.816	10.25	51	发电	1995	
26	洪家渡	乌江	贵州、云南	0.99	45.87	54	发电		在建
27	紫坪铺	岷江	四川	2.266	11.12	76	发电、灌溉		在建
28	水布垭	清江	湖北	1.086	45.8	160	发电、防洪		在建

长江水量丰沛且输沙量巨大，修建的水利枢纽又多具有防洪、发电、航运和供水等多方面效益，妥善解决枢纽工程建设和运行中的泥沙问题显得十分重要。枢纽工程泥沙问题涉及水库寿命、库区淹没、水库变动回水区港口与航道的维护、枢纽船闸等通航建筑物和电站的正常运行，以及枢纽下游河道冲刷等一系列重要而复杂的技术问题。

(1) 水库泥沙的淤积及其控制。水库泥沙淤积关系到水库使用年限，水库洪水位抬高，变动回水区航道和港区淤积碍航等问题。20 世纪 60 年代以前普遍认为处理水库泥沙淤积问题主要的方法是在水库规划设计时，预留一定的死库容堆积泥沙，并以这部分库容的大小来确定水库淤积年限。这种方法既不能发挥水库兴利效益，也无法解决变动回水区泥沙淤积对航道的影 响。20 世纪 60 年代以来，人们逐步探索通过合理水库调度运用，达到水库大部分库容得以长期使用的目的。

(2) 坝区泥沙的淤积及其防治。坝区泥沙淤积问题包括坝区河势规划，通航建筑物引航道泥沙淤积与防淤清淤措施，电站进水口泥沙淤积及泥沙对水轮机磨损问题。对于具有防洪、发电、航运综合效益的水利枢纽，坝区河势在建库后发生的不同程度调整，影响到溢洪建筑物、电站与通航建筑物的布置，因此，在研究枢纽总体布置方案时须同时考虑坝区河势问题。

(3) 坝下游河道的长距离冲刷问题。水利枢纽建成后，由于水库下泄泥沙较建库前减少，坝下游河道将发生长距离、长时间的冲刷，同流量的水位降低，不仅直接影响枢纽通

航建筑物的通航水深,而且坝下游河道冲刷和河势变化可能对堤防护岸工程、航道以及工农业取水口的运行带来不利影响。

2 长江枢纽工程泥沙问题研究的过程

泥沙学科主要包括泥沙来源及性质、泥沙运动力学、河道演变学和工程泥沙学等4个方面的内容。泥沙运动力学主要研究泥沙在流体中运动的规律,河道演变学主要研究河道演变基本规律,工程泥沙学则是运用泥沙运动力学和河道演变学的理论解决实际工程提出的泥沙问题。枢纽工程泥沙问题研究属于工程泥沙学重要组成部分之一。泥沙学科的研究内容与地质、地貌、气象、水文等学科密切相关,相互交叉渗透。泥沙学科于20世纪30年代才成为独立的一门学科,是一门新兴的学科。因此,工程泥沙学的研究,特别是枢纽工程泥沙问题的研究,主要采用原型观测调查、泥沙数学模型计算和实体模型试验紧密结合的基本研究方法。

一、原型观测调查

有关枢纽工程泥沙问题的原型观测调查包括枢纽坝址及其上下游河段水文、泥沙、地形及重点河段河道演变观测;河床地质和床沙组成的勘探;国内外已建水库的泥沙淤积与排沙措施、变动回水区航道与港区演变、枢纽通航建筑物及电站运行的泥沙问题,以及水库下游河床冲刷等方面的调查。

长江水利委员会自1950年开始,为适应治理长江的需要,恢复、调整原有长江流域水文站网,并增设部分测站。1949年新中国成立前夕,全江仅有水文站104个、水位站219个、雨量站19个。1990年底长江水利委员会和各省共设水文站823个、水位站456个、雨量站5106个,系统地收集长江流域的水文、泥沙和降雨资料。为配合水利枢纽工程建设,长江水利委员会1952年在丹江口水利枢纽坝址设立水位站,1956年成立水文勘测队,1960年正式成立丹江口水库调度运用实验站,系统进行库区和坝下游河道地形和水文泥沙等项目观测;以后相继开展长江支流陆水水库、汉江支流鸭河口水库水文泥沙观测。1958年以来开展三峡水库典型河段河道演变和卵石运动规律观测研究。为满足葛洲坝水利枢纽工程设计和施工需要,1973年在宜昌水文站基础上成立宜昌水文实验站(后改名葛洲坝水利枢纽水文实验站),1994年又在该站基础上成立三峡水文水资源勘测局,担负葛洲坝水利枢纽运行管理和三峡水利枢纽设计和施工的水文监测任务,系统收集水库库区、枢纽坝区和坝下游河段的水文、泥沙和河道地形资料。

为满足长江中下游经济发展和防洪、航运建设的需要,长江水利委员会于1950年开始建立专门的河道观测队伍,从事长江中下游河道观测,配合水利水电工程兴建进行施工测量。50年代中期陆续建立荆江、汉口和南京河床实验站,系统进行河道演变观测研究。1982年建成长江口水文实验站,开展长江口水文、河道等观测工作。

二、泥沙数学模型计算

20世纪50年代末,长江水利委员会开始研究水库泥沙数学模型。为配合长江流域综合利用规划工作,利用水库泥沙数学模型进行长江干支流三峡和丹江口等大、中型水库的

库区淤积计算。20 世纪 70 年代初期, 由于对河流泥沙运动理论和河道演变规律研究的逐步深入, 以及对大量原型观测资料的分析, 水库泥沙数学模型从理论上得到进一步提高。20 世纪 70 年代长江科学院开展水库不平衡输沙数学模型研究, 1972 年建立了一维不平衡输沙计算的基本方程组。1972 年在武汉大学数学系的协作下, 开展水库不平衡输沙数学模型电子计算机程序的研究, 1973 年编制了计算水库淤积的通用程序, 并用于葛洲坝水库淤积计算。以后利用大量原型观测资料对该模型进行了验证和进一步完善, 用于三峡水库等大中型水库淤积计算。1975 年长江科学院开始用不平衡输沙数学模型计算长江中下游河道冲淤变化, 以后对河道冲淤数学模型进一步完善, 用于三峡水库下游河道长系列年、长河段的冲刷计算。1983 年以来, 中国水利水电科学研究院利用建立的泥沙冲淤数学模型进行了三峡水库淤积长系列年计算和水库下游长河段、长系列年的冲刷计算。

随着枢纽工程泥沙问题研究工作的进展, 鉴于上述水库淤积和坝下游河道冲刷一维数学模型不能详细反映河段的冲淤分布, 20 世纪 80 年代以来, 南京水利科学研究院、武汉大学、中国水利水电科学研究院、天津水运工程科学研究所、清华大学、长江科学院等单位利用各自建立的二维泥沙冲淤数学模型进行三峡水库变动回水区和坝区, 以及坝下游重点河段河床冲淤计算。

三、泥沙实体模型试验

20 世纪 50 年代以来, 长江科学院和国内科研单位利用泥沙实体模型研究长江河道演变和整治问题。1960~1964 年, 长江科学院和武汉水利电力学院主持, 水利水电科学研究院、南京水利科学研究院、成都工学院和武汉水运工程学院参加开展重庆河段卵石推移质泥沙模型试验研究。葛洲坝水利枢纽工程 1970 年开工以来, 为配合工程设计, 长江科学院、武汉水利电力学院、南京水利科学研究院先后建造 4 座坝区泥沙模型研究枢纽布置、通航建筑物引航道和电站泥沙问题, 清华大学于 1973~1978 年进行葛洲坝枢纽变动回水区泥沙模型试验。

20 世纪 80 年代以来, 为配合三峡工程论证和设计, 长江科学院、南京水利科学研究院、清华大学、西南水运工程科学研究所, 先后建造 4 座坝区泥沙模型, 研究枢纽布置、通航建筑物引航道防淤清淤措施、电站防沙问题和施工期泥沙问题; 长江科学院、清华大学、中国水利水电科学研究院、南京水利科学研究院、天津水运工程科学研究所、武汉水利电力学院先后建造 9 座三峡水库变动回水区泥沙模型, 研究建库后泥沙冲淤对航道港口的影响和治理措施。

近 50 年来, 长江水利委员会在丹江口、葛洲坝、万安、隔河岩等水利枢纽规划、设计、施工与运行过程中较好地解决了枢纽工程泥沙问题, 建成了一支专业较为完整的长江河流泥沙治理的观测、科学研究、规划、设计队伍。这支队伍具有如下 4 个特点: 一是能全面开展长江泥沙观测、科学研究、规划、设计工作, 并能相互配合, 以适应河流泥沙工程动态性强的特点; 二是河流泥沙观测工作包括河道演变、水文泥沙和地质勘探, 并与长江流域水文观测站网相结合, 以全面研究库区、坝区和坝下游河道演变和泥沙治理工程措施; 三是这支队伍的专业人员中包括河流力学、地理学、地质学以及电子机械等专业人才, 以适应开展跨学科研究的需要; 四是这支队伍人员相对稳定, 长期为长江河流泥沙研究事业默默作出贡献。

参 考 文 献

- 1 长江水利委员会编. 三峡工程泥沙研究. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1997
- 2 唐日长主编. 葛洲坝工程丛书 (第2册). 泥沙研究. 北京: 水利电力出版社, 1990
- 3 洪庆余主编. 中国江河防洪丛书. 长江卷. 北京: 中国水利水电出版社, 1998

第2章

流域来沙的特性

1 流域的地形地貌概况

长江发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹东雪山西南侧,全长 6300 余 km,总落差约 5400m。长江江源为沱沱河,干流流经青海、西藏、云南、四川、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海 11 个省、自治区、市,汇入东海。支流还延伸至甘肃、陕西、贵州、河南、广西、广东、福建、浙江 8 个省(自治区)。流域范围,西以横断山脉的芒康山、宁静山与澜沧江水系为界;北以秦岭山脉,东北以伏牛山、桐柏山、大别山与黄河流域及淮河流域为界;南以南岭、武夷山、天目山与珠江流域和福建、浙江诸水系为界,东临东海。流域总面积约为 180 万 km^2 。长江水系发育,流域面积 1000 km^2 以上的支流有 437 条;1 万 km^2 以上的有 49 条;8 万 km^2 以上的有 8 条,其中雅砻江、岷江、嘉陵江和汉江的流域面积均超过 10 万 km^2 。

长江由江源至河口,整个地势西高东低,形成三级巨大阶梯。第一级阶梯由青南高原、川西高原和藏东川西高山峡谷区组成,一般高程为 3500~5000m。二级阶梯由秦巴山地、四川盆地和鄂、黔山地组成,高程为 500~2000m。三级阶梯由淮阳山地、江南丘陵和长江中下游平原组成,一般高程均在 500m 以下。在一级、二级阶梯间的过渡带,由陇南、川滇高中山构成,一般高程 2000~3500m,部分山峰为 4000m 以上,地形起伏大,自西向东由高山急剧降至低山丘陵,岭谷高差达 1000~2000m,是流域内强烈地震、滑坡、崩塌、泥石流分布最多地区。二级、三级阶梯间的过渡带,为山地向平原渐变过渡的地区,由南阳盆地、江汉、洞庭平原西缘的狭长岗丘和湘西丘陵组成,一般高程 200~500m,地形起伏平缓。

流域内的地貌类型可分为山地、丘陵、盆地、高原和平原。山地、高原和丘陵约占 84.7%。平原占 11.3%,主要以长江中下游平原,肥东平原和南阳盆地为主。

长江干流宜昌以上为上游,长 4504km,流域面积 100 万 km^2 ;宜宾以上通称金沙江(包括通天河),长 3464km,落差约 5100m,河床比降大,滩多流急,主要支流有雅砻江;宜宾至宜昌段,长 1040km,除三峡外,沿江丘陵和阶地相间,主要支流有岷江、嘉陵江、乌江。宜昌至湖口为中游,长 955km,流域面积 68 万 km^2 ,流经中下游平原,河床坡降小,水流平缓,并与众多大小湖泊相连;主要支流有清江、汉江、洞庭湖水系的湘、资、沅、澧四水和鄱阳湖水系的赣、抚、信、饶、修五水。湖口以下为下游,长 938km,流域面积 12 万 km^2 ;河床坡降小,大通以下约 600km 受潮汐影响;主要支流有青弋江、水阳江、太湖水系和巢湖水系。

2 流域的地质概况

长江流域跨几个大构造单元,地层自元古宇至第四系均有出露,并有不同时期的岩浆岩分布。新构造运动和地震活动西强东弱,区域地壳稳定性不均一。外力地质灾害和现象十分发育,冻融、滑坡、泥石流、岩溶塌陷、水土流失、江河水库的淤积和塌岸,以及土体变形、地面沉降等均有分布。整个流域大致以陇南山地—龙门山—乌蒙山,东以伏牛山—武陵山为界,可划分为三大工程地质地区,其主要特征如下^①。

一、西部青藏高原滇地区

该区位于陇南山地—龙门山—乌蒙山以西高山、高原地区,大致以松潘—康定—丽江为界,以西属青藏高原,以东为其过渡带,即陇南、川滇山地。青藏高原区在邓柯、道孚、金川一线以北,为青南、川西北高原,地形起伏和缓;以南为藏东川西高山峡谷区,由于新构造运动强烈抬升,金沙江、雅砻江河谷深切达1000~3000m。陇南、川滇高山山区,由于长期持续上升,山系间河谷深切,地形破碎而起伏变化大。

区域稳定性较差,分布有甘孜—库定、滇西、安宁河、小江、武都、松潘、马边—昭通等地震带,为全流域发生地震的主要地区。区域内外力地质灾害如冻融、滑坡、崩塌、泥石流及水土流失等现象也十分发育。

二、中部秦川鄂黔地区

该区位于陇南山地、龙门山、乌蒙山以东,南阳盆地、江汉—洞庭平原、湘西丘陵以西中、低山区,由秦巴山地、四川盆地、鄂黔山地等地貌单元组成。

本区地处秦岭褶皱系和扬子准地台的大巴山台缘褶皱带、四川台坳以及上扬子台褶皱带。区域稳定性较好,新构造运动以间歇隆起为主,仅有的安康—平利、黔江—建始、汉中等第四系断裂,活动性不强。本区主要外力地质灾害和现象有岩溶塌陷、崩塌及泥石流等。

三、东部湘赣鄂苏皖地区

该区位于伏牛山—荆山—武隆山以东低山丘陵平原区,由淮阳山地、长江中下游平原和江南丘陵三个地貌单元组成。本区分别属于秦岭褶皱系武当—淮阳隆起、扬子准地台的江汉断坳、江南台隆和下扬子台褶皱带,以及华南褶皱系等构造单元。

区域稳定性南北差异明显,北部淮阳大别山地区和南阳盆地、洞庭平原和宁芜—庐枞盆地等区域稳定性较差,江南丘陵区区域稳定性较好。区内主要外力地质灾害和现象有岩溶塌陷、河湖淤积、崩岸、地面沉降以及丘陵山地水土流失和小型滑坡、崩塌等。

3 长江上游产沙的特性

长江上游地区的地表侵蚀和泥沙输移是一个复杂的泥沙运移系统。地面侵蚀和河流泥

① 水利部长江水利委员会,长江流域综合利用规划报告,1990。