



“十二五”国家重点图书出版规划项目
交通运输建设科技丛书·水运基础设施建设与养护
长江黄金水道建设关键技术丛书

KEY TECHNIQUES OF THE JINGJIANG RIVER
CHANNEL REGULATION IN THE
MIDDLE REACHES OF THE YANGTZE RIVER

长江中游荆江河段 航道整治关键技术

刘怀汉 黄召彪 高凯春 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“十二五”国家重点图书出版规划项目
交通运输建设科技丛书·水运基础设施建设与养护
长江黄金水道建设关键技术丛书

长江中游荆江河段 航道整治关键技术

刘怀汉 黄召彪 高凯春 著



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为《长江黄金水道建设关键技术丛书》之一,依托长江中游荆江河段航道整治工程,围绕长江黄金水道建设,以提高荆江河段通过能力为目标,重点介绍了长江中游荆江河段航道系统整治中的整治原则、整治参数、整治措施、建筑物结构、航道治理目标、枯水碍航预测预报及航道整治建筑物使用年限等关键技术。

本书可供从事航道整治工程前期研究和设计工作的技术人员使用,也可供高等院校相关专业师生参考。

Abstract

As one book of the *Key Techniques for Construction of the Yangtze Golden Waterway Book Series*, this book, which relies on waterway regulation engineering of Jingjiang River in the Middle Yangtze River and takes carrying capacity improvement of the Jingjiang River as goal that around the Yangtze golden waterway construction, emphatically introduces key techniques used in systematic waterway regulation of Jingjiang River in the Middle Yangtze River, such as regulation principles, regulation parameters, regulation measures, structures, regulation goals, shipping obstruction prediction at low water stage, structures' life, etc.

This book can serve as reference not only for the technicians who are engaged in the preliminary study of waterway regulation engineering and design work, but also teachers and students of related specialties in colleges and universities.

图书在版编目(CIP)数据

长江中游荆江河段航道整治关键技术 / 刘怀汉, 黄召彪, 高凯春著. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.12

(长江黄金水道建设关键技术丛书)

ISBN 978-7-114-12556-0

I. ①长… II. ①刘… ②黄… ③高… III. ①长江—航道整治—研究—荆州市 IV. ①U617

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 255413 号

长江黄金水道建设关键技术丛书

书 名: 长江中游荆江河段航道整治关键技术

著 作 者: 刘怀汉 黄召彪 高凯春

责任编辑: 刘 倩 王 霞

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 23.5

字 数: 547 千

版 次: 2015 年 12 月 第 1 版

印 次: 2015 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12556-0

定 价: 70.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

《交通运输建设科技丛书》

编审委员会

主 任 庞 松

副主任 洪晓枫 袁 鹏

委 员 郑代珍 林 强 付光琼 石宝林 张劲泉 赵之忠
费维军 关昌余 张华庆 蒋树屏 沙爱民 郑健龙
唐伯明 孙立军 王 炜 张喜刚 吴 澎 韩 敏

《长江黄金水道建设关键技术丛书》 审定委员会

主 任 赵冲久

副主任 胡春宏

委 员 (按姓氏笔画排列)

王义刚	王前进	王 晋	仇伯强	田俊峰	朱汝明
严新平	李悟洲	杨大鸣	张 鸿	周冠伦	费维军
姚育胜	袁其军	耿 红	蒋 千	窦希萍	裴建军

《长江黄金水道建设关键技术丛书》

主要编写单位

交通运输部长江航务管理局

交通运输部水运科学研究院

南京水利科学研究院

交通运输部长江口航道管理局

交通运输部天津水运工程科学研究院

中交第二航务工程勘察设计院有限公司

武汉理工大学

重庆交通大学

长江航道局

长江三峡通航管理局

长江航运信息中心

上海河口海岸科学研究中心

《长江黄金水道建设关键技术丛书》

编写协调组

组 长 杨大鸣（交通运输部长江航务管理局）

成 员 高惠君（交通运输部水运科学研究院）

裴建军（交通运输部长江航务管理局）

丁润铎（人民交通出版社股份有限公司）

总 序

近年来，交通运输行业认真贯彻落实党中央、国务院“稳增长、促改革、调结构、惠民生”的决策部署，重点改革力度加大，结构调整积极推进，交通运输科技攻关不断取得突破，促进了交通运输持续快速健康发展。目前，我国公路总里程、港口吞吐能力、全社会完成的公路客货运量、水路货运量和周转量等多项指标均居世界第一。交通运输事业的快速发展不仅在应对国际金融危机、保持经济平稳较快发展等方面发挥了重要作用，而且为改善民生、促进社会和谐做出了积极贡献。

长期以来，部党组始终把科技创新作为推进交通运输发展的重要动力，坚持科技工作面向需求，面向世界，面向未来，加大科技投入，强化科技管理，推进产学研相结合，开展重大科技研发和创新能力建设，取得了显著成效。通过广大科技工作者的不懈努力，在多年冻土、沙漠等特殊地质地区公路建设技术，特大跨径桥梁建设技术，特长隧道建设技术，深水航道整治技术和离岸深水筑港技术等方面取得重大突破和创新，获得了一系列具有国际领先水平的重大科技成果，显著提升了行业自主创新能力，有力支撑了重大工程建设，培养和造就了一批高素质的科技人才，为交通运输科学发展奠定了坚实基础。同时，部积极探索科技成果推广的新途径，通过实施科技示范工程，开展材料节约与循环利用专项行动计划，发布科技成果推广目录等多种方式，推动了科技成果更多更快地向现实生产力转化，营造了交通运输发展主动依靠科技创新，科技创新服务交通发展的良好氛围。

组织出版《交通运输建设科技丛书》，是深入实施创新驱动战略和科技强交战略，推进科技成果公开，加强科技成果推广应用的又一重要举措。该丛书分为公路基础设施建设与养护、水运基础设施建设与养护、安全与应急保障、运输服务和绿色交通等领域，将汇集交通运输建设科技项目研究形成的具有较高学术和应用价值的优秀专著。丛书的逐年出版和不断丰富，有助于集中展示和推广交通运输建设重大科技成果，传承科技创新文化，并促进高层次的技术交流、学术传播和专业人才培养。

今后一段时期是加快推进“四个交通”发展的关键时期，深入实施科技强交战略和创新驱动战略，是一项关系全局的基础性、引领性工程。希望广大

交通运输科技工作者进一步解放思想、开拓创新，求真务实、奋发进取，以科技创新的新成效推动交通运输科学发展，为加快实现交通运输现代化而努力奋斗！

王 昌 顺

2014 年 7 月 28 日

序

(为《长江黄金水道建设关键技术丛书》而作)

河流，是人类文明之源；交通，推动了人类不同文明的碰撞与交融，是经济社会发展的重要基础。交通与河流密切联系、相伴而生。在古老广袤的中华大地上，长江作为我国第一大河流，与黄河共同孕育了灿烂的华夏文明。自古以来，长江就是我国主要的运输大动脉，素有“黄金水道”之称。水路运输在五大运输方式中，因成本低、能耗少、污染小而具有明显的优势。发展长江航运及内河运输符合我国建设资源节约型、环境友好型社会以及可持续发展战略的要求。目前，长江干线货运量约 20 亿 t，位居世界内河第一，分别为美国密西西比河和欧洲莱茵河的 4 倍和 10 倍。在全面深化改革的关键期，作为国家重大战略，我国提出“依托长江黄金水道，建设长江经济带”，长江黄金水道又将被赋予新的更高使命。长江经济带覆盖 11 个省(市)，面积 205.1 万 km²，约占国土面积的 21.4%。相信长江经济带的建设将为“黄金水道”带来新的发展机遇，进一步推动我国水运事业的快速发展，也将为中国经济的可持续发展提供重要的支撑。

经过 60 余年的努力奋斗，我国的内河航运不断发展，内河航道通航总里程达到 12.63 万 km，航道治理和基础设施建设不断加强，航道等级不断提高，在我国的社会经济发展中发挥了不可估量的作用。长江口深水航道工程的建成和应用，标志着我国水运科学技术水平跻身国际先进行列。目前正在开展的长江南京以下 12.5m 深水航道工程的建设，积累了更多的先进技术和经验。因此，建设长江黄金水道具有先进的技术积累和充足的实践经验。

《长江黄金水道建设关键技术丛书》围绕“增强长江运能”这一主题，从前期规划、通航标准、基础研究、航道治理、枢纽通航，到码头建设、船型标准、安全保障与应急监管、信息服务、生态航道等方面，对各项技术进行了系统的总结与著述，既有扎实的理论基础，又有具体工程应用案例，内容十分丰富。这套丛书是行业内集体智慧之力作，直接参与编写的研究人员近 200 位，所依托课题中的科研人员超过 1 000 位，参与人员之多，创我国水运行业图书之最。长江黄金水道的建设是世界级工程，丛书涉及的多项技术属世界首创，技术成果总体处于国际先进水平，其中部分成果处于国际领先水平。原创性、知识性

和可读性强为本套丛书的突出特点。

该套丛书系统总结了长江黄金水道建设的关键技术和重要经验，相信该丛书的出版，必将促进水运科学领域的学术交流和技術传播，保障我国水路运输事业的快速发展，也可为世界水运工程提供可资借鉴的重要经验。因此，《长江黄金水道建设关键技术丛书》所总结的是我国现代水运工程关键技术中的重大成就，所体现的是世界当代水运工程建设的先进文明。

是为序。

南京水利科学研究所所长
中国工程院院士
英国皇家工程院外籍院士



2015年11月15日

序

(为《长江中游荆江河段航道整治关键技术》而作)

“万里长江，险在荆江”。荆江位于长江中游，上起湖北枝城，下迄湖南城陵矶，约占长江干线的1/8。其上游，受益于三峡大坝、葛洲坝水利枢纽工程，呈现“高峡出平湖”，水深显著提高，恶劣的航行条件得到改善；其下游，有洞庭湖的水量汇入，水量增加，再加上较好的水域条件，大型船舶皆可畅行无阻。唯有荆江河段九曲回肠、滩多水浅，历来是长江黄金水道上的航运“瓶颈”，不仅拉低了长江整体通航能力，而且航行不畅使船舶运输成本增加，运输效率下降。

“山虽渺，能阻百川，水虽渺，可控千沙”。在国家加快长江等内河水运发展的大背景下，为了更好发挥黄金水道在综合交通运输体系中的功能和作用，治理荆江航道刻不容缓！鉴于荆江河道水沙及边界条件复杂，航道条件极不稳定，航道治理难度很大，研究解决荆江航道治理中关键性技术难题的重要性不言而喻，也是有效实施整治工程建设的关键环节和必要措施。

“山随平野尽，江入大荒流”。很欣喜地看到《长江中游荆江河段航道整治关键技术》得以出版。本书在总结前人研究成果的基础上，很好地融入了自身科研工作、工程实践经验，体现了作者在航道工程专业领域的研发能力和技术总结水平。本书内容丰富，从多角度、多学科对荆江河段进行了系统的分析讨论，涵盖了荆江河段的历史演变、地理环境变迁，重点对荆江河段的航道演变特征、整治原则与思路、设计水位与整治参数、整治措施、整治建筑物结构作了较为详细的阐述，并集成了最新的研究成果，提出了一些新见解。随着2013年9月长江中游荆江昌门溪至熊家洲段航道整治工程开工建设，本书的成果也得到了工程实践的应用和检验，为工程顺利实施提供了有力的技术支撑。

值得一提的是，本书中提出了长河段系统整治的理念、方法、多种新型整治建筑物结构，并首次在航道领域阐述了“可靠度”的概念和确定方法，这在国内其他著作中并不多见，具有较强的创新意义。本书的出版发行，对丰富内河航道整治的专业理论、促进学科技术进步将起到积极作用，可供从事航道相关专业工作的教学、科研人员参考借鉴。

本书虽然提供了具有理论和实际应用价值的航道整治技术，但荆江航道的

系统整治仍然任重而道远。随着依托黄金水道推动长江经济带发展的国家战略实施，必然要求进一步提升黄金水道功能和通过能力，围绕生产实践的新需求解决关键技术难题永无止境。衷心期待广大工程技术人员及科研工作者能继续深入研究，克难攻坚、不断创新，贡献更大的力量和能量。

中国工程院院士 

2015 年 11 月 20 日

长江中游荆江河段九曲回肠,滩多水浅,历来是长江黄金水道上的“瓶颈”。由于河道边界条件极为复杂,航道条件极不稳定,航道治理难度极大,提升荆江河段的通过能力,必须研究解决航道系统治理中的关键性技术并加以应用。

交通运输部科技项目重大专项“黄金水道通过能力提升技术”项目中设置了“长江中游荆江河段航道系统治理关键技术研究”课题,承担单位有:长江航道规划设计研究院、交通运输部天津水运工程科学研究院、南京水利科学研究院、武汉大学、重庆交通大学、长江科学院、长江重庆航运工程勘察设计院、长江航道局荆江航道整治工程建设指挥部。承担单位采用踏勘调研、原型观测、数值模拟、水槽试验和理论分析相结合的技术手段,开展了新水沙条件下长江中游荆江河段航道系统整治原则与基本方法、新水沙条件下长江中游荆江河段航道系统治理整治参数、荆江长河段航道系统整治措施、荆江全河段枯水碍航预测预报系统、荆江河段航道整治建筑物新型结构及施工工艺、荆江河段提高规划标准及治理目标、整治建筑物的可靠度和设计使用年限等方面的深入研究,提出了新水沙条件下荆江河段航道系统整治原则、整治参数确定方法、整治措施、建筑物新型结构及建筑物可靠度评估技术,明确了荆江河段航道尺度提高的可能性,开发了荆江全河段枯水碍航预测预报系统,为长江中游荆江河段航道治理提供了科学依据,并对其他内河高等级航道系统整治起到借鉴、指导作用。本书由课题组各单位的研究成果整理总结而成,共8章。

第1章为绪论,由刘怀汉、黄召彪编写。本章简要介绍了荆江河段概况以及河道治理规划,调研分析了荆江河段已建航道整治工程整治措施的适应性,总结了荆江河段航道治理技术以及系统整治需求和内涵。

第2章为荆江河段航道系统演变特征,由张明进、杨燕华、江凌、渠庚编写。本章总结了三峡工程蓄水后荆江河段新水沙特性,分析了三峡工程蓄水后荆江河段不同河型河床演变特点,初步揭示了上下游河段的演变关联性、水沙变化

对河床演变的影响,总结了新水沙条件下荆江河段碍航特性,预测了航道条件变化趋势。

第3章为荆江河段航道系统治理基本原则与方法,由张明进、李明、邓金运、张幸农、陈长英编写。本章揭示了守护型控导工程实现航道条件改善的机理,提出了新水沙条件下荆江河段航道系统整治原则及基本方法,三峡水库蓄水后适用于荆江河段的设计水位确定方法,以及守护型工程和调整型工程的整治参数确定方法。

第4章为荆江河段航道系统整治措施,由李一兵、朱玉德、郑惊涛编写。本章归纳总结了长江中下游整治建筑物设计中需要注意的问题,提出了长河段系统治理措施以及荆江河段各类建筑物平面与竖向设计方法,进行了长江中下游三种主要心滩守护建筑物适用条件的水槽概化模型试验,提出了大小结合的透水框架守护心滩结构形式。

第5章为荆江河段航道整治建筑物新型结构及施工工艺,由曹民雄、马爱兴、柴华峰、喻涛编写。本章调研分析了荆江已建航道整治建筑物的稳定性及影响因素,结合数学模型计算和概化模型试验,全面分析了不同影响因素下及强冲刷条件下丁坝、软体排周围水位、流速、紊动能分布等水力特性及冲刷规律,揭示了破坏机理,提出了丁坝、软体排的修复技术,并提出了适应荆江河段强冲刷条件的空心块体筑坝新结构、波状式压载体的护滩软体排新结构以及相应的施工工艺。

第6章为航道整治建筑物的可靠度评估技术,由王平义、喻涛、韩林峰、曾涛、朱代臣编写。本章总结分析了长江中游荆江河段航道整治建筑物的水毁原因,界定了航道整治建筑物可靠度的内涵,并结合软体排、丁坝两种典型整治建筑物可靠度的水槽概化模型试验,建立了整治建筑物水毁数据库,提出了基于软体排抗滑、抗掀等的时变可靠性分析及计算方法,建立了基于软体排水毁面积计算方法和模糊数学理论的可靠性判别模型,建立了基于水毁体积比的抛石丁坝可靠性判别模型,提出了洪水作用下丁坝水毁等效原理的可靠度及设计使用年限计算方法,探讨了延长丁坝使用年限的相关对策。

第7章为荆江全河段枯水碍航预测预报系统,由黄召彪、黄成涛、李明、张明、刘林、邓金运编写。整合短期(3~7d)、退水期(3个月左右)、长

期（10年）三个层面的航道条件预测功能，形成一个基于GIS技术与河流数值模拟技术的系统平台，并应用于荆江河段。

第8章为荆江河段规划标准及治理目标研究，由高凯春、江凌、张为、张明编写。本章建立了荆江全河段平面二维水沙数学模型，研究了荆江河段3.5m航道整治工程实施后的航道条件变化趋势，初步分析了航道规划标准与水运发展趋势的适应性，综合提出了荆江河段提高的航道规划标准及相应措施。最后对本书的特点进行了全面总结。

本书撰写过程中得到了交通运输部西部项目管理中心、交通运输部科技司、交通运输部长江航务管理局、长江航道局等单位的领导和专家的大力支持，同时得到了国内许多同行专家的帮助和指正，在此表示衷心感谢。在本书编写过程中，王建斌副局长提出了许多宝贵的意见，并给予了指导，编者谨致以衷心的感谢。

限于作者的学识及写作水平，书中难免存在不足、遗漏甚至错误之处，敬请批评指正。

作 者

2015年6月

1	绪论	1
1.1	荆江河段概况	1
1.2	荆江河段航道规划	5
1.3	荆江河段航道治理技术	15
1.4	荆江河段航道系统治理需求和内涵	27
2	荆江河段航道系统演变特征	31
2.1	三峡工程蓄水后水沙特性	31
2.2	河床演变规律	45
2.3	航道条件变化特点	86
2.4	航道演变趋势分析	107
3	荆江河段航道系统治理基本原则和方法	118
3.1	新水沙条件下荆江河段航道整治原则和方向	118
3.2	设计水位确定方法	125
3.3	整治参数确定方法	139
4	荆江河段航道系统整治措施	171
4.1	荆江河段航道系统整治措施	171
4.2	航道整治工程平面与竖向设计方法	187
5	荆江河段航道整治建筑物新型结构及施工工艺	195
5.1	航道整治建筑物破坏机理及修复技术	195
5.2	新型结构的提出及实验效果	224
5.3	新型结构施工工艺	248
6	航道整治建筑物的可靠度评估技术	251
6.1	整治建筑物可靠度基本概念	251
6.2	整治建筑物结构可靠性的评定思想	254
6.3	护滩软体排可靠度分析	256
6.4	丁坝可靠度分析及寿命预测	265

7 荆江全河段枯水碍航预测预报系统 284

7.1 预测模型的集成与建立 284

7.2 短期航道条件预测预报 287

7.3 中期航道条件预测预报 302

7.4 长期航道条件预测预报 316

8 荆江河段规划标准及治理目标研究 325

8.1 “十二五”期工程实施后荆江河段航道条件变化趋势 325

8.2 航道标准规划 333

8.3 结语 339

参考文献 342

索引 355