

“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维护

The Key Technologies of Hoisting the
Carrying Capacity of the Xijiang Golden Waterway

西江黄金水道 通过能力提升关键技术



杜敬民 庞雪松 主编



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

西江黄金水道通过能力 提升关键技术

杜敬民 庞雪松 主编



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书紧密结合西江航行水流条件特性,根据已建和拟建枢纽通航设施的特点,系统性的研究了多梯级多线船闸联合调度、中间渠道尺度设计、枢纽下游脱水段航道整治等问题,提出了西江航运干线的高等级航道标准,相关成果已得到应用检验。

本书内容具有很强的操作性和指导性,适用于工程设计人员和科研人员,同时对相关工作管理人员也有一定的指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

西江黄金水道通过能力提升关键技术 / 杜敬民, 庞雪松主编. — 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015. 11

ISBN 978-7-114-12641-3

I. ①西… II. ①杜… ②庞… III. ①西江—船闸—过闸能力—研究 IV. ①U641.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 278822 号

“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

书 名: 西江黄金水道通过能力提升关键技术

著 作 者: 杜敬民 庞雪松

责任编辑: 曲 乐 李 瑞

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.ccpres.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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 9.75

字 数: 215 千

版 次: 2016 年 3 月 第 1 版

印 次: 2016 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12641-3

定 价: 35.00 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

本书编委会

主 编：杜敬民 庞雪松

编 委：李旺生 曹民雄 朱 静 刘俊涛 雍清赠 张澍宁
蔡国正 李华国 张 钊 赵家强 林立新 潘荣友
王秀红 谢 瑞 普晓刚 马爱兴 韦 扬 韦巨球
林卫东 刘 臣 李 焱 朱荣棋 王 勇 朱伟强
梁秀忠 黄庆锋 黄翔宇 李少希 王洪生 王 堂
乔华倩 李富萍

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

前 言

本书分析了西江航运干线航道已建跨河建筑物适航条件,在《内河通航标准》(GB 50139—2014)的基础上结合西江航运干线不同河段特点,提出了西江航运干线高等级航道尺度。以西江多梯级、多线船闸联合调度问题为切入点,研究了长洲多线船闸综合调度排档方法和基于二叉树模型的两江多梯级船闸链的调度方法,研制了船闸调度平台软件,实现了船闸的信息化管理与智能调度。计算了长洲枢纽日调节、压咸调度的下游水力因素变化规律及沿程设计最低通航水位,揭示了长洲枢纽坝下河床演变规律、主要影响因素及演变趋势,提出了长洲枢纽坝下 3000t 级航道整治方案。通过百色升船机中间渠道试验揭示了渠道尺度与船行波、船舶航行阻力、下沉量和船舶交会航行条件等相关要素的规律,提出了中间渠道尺度的确定原则,并按不同航速分类给出了断面尺度建议标准值。分析了大藤峡经济腹地经济、综合交通发展规划,预测了大藤峡未来过闸货运量,提出合理的船闸建设规模;通过揭示枢纽下游非衔接段碍航滩险急险、浅或多因素并存的碍航特征,提出了上下兼顾、疏浚航槽、炸扩断面、清理碍航礁石等复杂条件下梯级水位不衔接段山区河流滩险航道整治原则,解决了大藤峡下游脱水段急险浅并存、多滩相连的山区长河段航道整治技术问题。

在本书编制中,得到交通运输部科技司、水运局和西部交通建设项目管理中心的关心和帮助,得到了广西壮族自治区交通运输厅、广西西江航运发展有限责任公司、广西电力工业勘察设计研究院、广西交通规划勘察设计研究院、百色航务管理局、中水珠江规划勘察设计有限公司、梧州航道管理局的领导和专家的大力支持,是他们为编写工作提供了翔实、完整、可靠的技术资料,使得本书得以顺利完成。同时也得到行业内有关专家的热情帮助与指导,本书也正是在有关领导和专家的支持与帮助下,才得以圆满地完成。在此,编写组谨向所有给予本专著支持与帮助的各级领导和专家表示衷心的感谢!由于编者水平和经验有限,书中难免有错误之处,恳请读者批评指正。

作 者
2015 年 12 月

目 录

1 绪论	001
1.1 概述	001
1.1.1 西江高等级航道通航标准问题	002
1.1.2 多线船闸联合调度问题	002
1.1.3 长洲枢纽坝下 3 000t 级航道建设技术问题	002
1.1.4 百色升船机中间渠道通航条件问题	003
1.1.5 大藤峡枢纽下游非衔接段航道等级提升问题	003
1.2 国内外研究概况	004
1.2.1 通航标准研究	004
1.2.2 梯级枢纽多线船闸联合调度技术研究	005
1.2.3 枢纽下游河床演变及航道整治研究现状	006
1.2.4 中间渠道和渡槽工程研究概况	008
2 西江航运干线高等级航道通航标准研究	010
2.1 西江航运干线航道现状条件分析	010
2.1.1 航道现状	010
2.1.2 桥梁现状	012
2.1.3 船型尺度	019
2.1.4 船闸尺度	019
2.2 西江航运干线跨河桥梁通航净空尺度技术标准	020
2.2.1 现有跨河桥梁通航净空尺度适航标准	020
2.2.2 新建跨河桥梁通航净空尺度标准	023
2.3 西江航运干线航道尺度研究	027
2.3.1 航道尺度计算及选取	028
2.3.2 不同航段达到 I 级航道尺度的可能性分析	028
2.4 西江航运干线航道通航标准研究	029
2.4.1 代表船型尺度标准	029
2.4.2 跨河桥梁通航净空尺度建议标准值	029
2.4.3 枯水期航道尺度建议标准值	029
2.4.4 洪水期航行水流条件限制指标建议标准值	030
2.4.5 船闸有效尺度建议标准值	030
2.5 本章小结	030
3 基于多梯级、多线船闸联合调度技术提升长洲枢纽船闸通航能力研究	032
3.1 通航船闸调度技术现状研究	032

3.1.1	多梯级船闸调度技术现状	032
3.1.2	船闸排档技术现状	033
3.1.3	船闸调度系统建设现状研究	033
3.1.4	船舶动态信息采集技术应用现状研究	033
3.1.5	现阶段研究成果存在的问题及对本章内容的支撑	034
3.2	多梯级、多线船闸航段调度规则研究	034
3.2.1	多梯级、多线船闸总体调度原则	034
3.2.2	多梯级、多线船闸调度方法	035
3.3	长洲枢纽多线船闸综合排档调度技术研究	037
3.3.1	长洲枢纽航运形式分析	037
3.3.2	长洲枢纽通航调度存在的主要问题	039
3.3.3	长洲枢纽多线调度原则	039
3.3.4	长洲多线船闸综合调度算法	039
3.3.5	单闸闸室自动排布算法	047
3.4	基于 AIS 的船舶过闸信息采集与综合应用技术研究	049
3.4.1	AIS 技术概述	049
3.4.2	AIS 系统内河主要应用场景分析	050
3.4.3	基于 AIS 的西江船舶动态监控应用	050
3.5	多梯级、多线船闸智能联合调度平台建设研究	052
3.5.1	平台总体目标	052
3.5.2	平台软、硬件架构	052
3.5.3	平台功能设计	052
3.5.4	平台测试	055
3.6	本章小结	056
4	长洲枢纽日调节、压咸调度和下游河床下切对航运影响及航道治理措施研究	057
4.1	长洲枢纽下游Ⅱ级航道整治效果分析	057
4.2	长洲枢纽日调节、压咸调度的下游水力因素变化规律分析	058
4.2.1	长洲枢纽压咸调度期典型日调节下游水力因素变化规律	058
4.2.2	长洲枢纽非压咸调度期日调节波传播过程分析	061
4.2.3	小结	061
4.3	多重因素影响下的长洲枢纽坝下河床下切对航运的影响研究	062
4.3.1	多重因素影响下长洲枢纽运行对航运的影响	062
4.3.2	水位下降对研究河段设计水位的影响	063
4.3.3	水位下降规律研究	065
4.3.4	小结	065
4.4	长洲枢纽坝下 3 000t 级航道整治设计方案研究	066
4.4.1	长洲枢纽下游河段航道整治参数确定	066
4.4.2	长洲枢纽至界首段航道整治方案	066
4.4.3	三滩河段整治方案	070

4.4.4	坝下 60km 河段航道整治工程实施一年后水深	072
4.4.5	小结	072
4.5	减缓坝下河段水位降落的 3 000t 级航道整治方案研究	075
4.5.1	长洲枢纽至界首段航道整治工程措施研究	075
4.5.2	长洲枢纽至界首段减缓水位降落非工程措施研究	081
4.5.3	小结	084
4.6	本章小结	084
5	百色枢纽升船机中间渠道通航关键技术研究	086
5.1	研究手段	086
5.1.1	定床物理模型	086
5.1.2	船模	088
5.1.3	三维水流数学模型	089
5.2	百色升船机中间渠道船舶航行条件研究	089
5.2.1	升船机通过能力及中间渠道航速计算分析	089
5.2.2	船行波	090
5.2.3	船舶下沉量试验	091
5.2.4	回流流速试验	092
5.2.5	阻力试验	093
5.2.6	船舶(队)航态试验	093
5.2.7	百色中间渠道航速的选取	094
5.2.8	百色中间渠道合理尺度的分析	095
5.2.9	小结	095
5.3	中间渠道经济断面尺度研究	095
5.4	中间渠道双线航行的参考尺度及其确定原则研究	096
5.4.1	中间渠道尺度分析	096
5.4.2	中间渠道双线航行的参考尺度	097
5.4.3	确定中间渠道尺度的原则	098
5.5	百色枢纽升船机下游引航道口门区通航水流条件问题研究	098
5.5.1	设计方案试验	098
5.5.2	修改方案试验	099
5.6	本章小结	100
6	大藤峡枢纽下游水位未衔接段航道整治技术研究	101
6.1	研究手段	101
6.1.1	货运量预测的依据和方法	101
6.1.2	定床物理模型	102
6.1.3	遥控自航船模	102
6.2	大藤峡枢纽过闸货运量分析	102
6.2.1	运量预测成果	102
6.2.2	船闸通过能力分析	104

6.2.3 船闸建设规模	107
6.3 大藤峡下游河段滩险特性和水流特性分析	107
6.3.1 滩险概况及滩性分析	107
6.3.2 枢纽建设后河段水流特性分析	108
6.4 大藤峡最小设计流量与下游航道尺度关系研究	109
6.4.1 对水位的影响	109
6.4.2 各航道尺度下水深条件	110
6.4.3 航道尺度与航槽流速关系	110
6.4.4 航道尺度与口门区水位关系	111
6.5 大藤峡坝下航道整治方案研究	111
6.5.1 II级航道整治方案试验	112
6.5.2 I级航道方案研究	122
6.5.3 整治技术	125
6.6 大藤峡不利泄水条件应对措施研究	127
6.6.1 II级航道不利泄流试验	127
6.6.2 I级航道枢纽不利泄流试验	129
6.7 本章小结	131
7 结束语	133
7.1 主要研究结论	133
7.1.1 西江航运干线高等级航道通航标准研究	133
7.1.2 基于多梯级多线船闸联合调度技术提升长洲枢纽船闸通航能力研究	133
7.1.3 长洲枢纽日调节、压咸调度和下游河床下切对航运影响及航道治理 措施研究	133
7.1.4 百色枢纽升船机中间渠道通航关键技术研究	134
7.1.5 大藤峡枢纽下游水位未衔接段航道整治技术研究	135
7.2 建议	135
参考文献	137

1 绪 论

1.1 概 述

西江是珠江水系的主流,发源于云南省曲靖市乌蒙山脉的马雄山,长 2 129km,是我国仅次于长江的第二大内河航运水道。西江航运干线由郁江、浔江、西江、珠江组成,西起南宁、东达广州,是贵、滇、桂和珠、港、澳相连的重要水上通道,是西南水运出海通道的重要组成部分,是我国内河水运主通道的“一纵两横两网”中重要的“一横”,也是我国现代综合交通运输体系的重要组成部分。西江航运干线作为珠江水系的主通道,其货运量约占珠江干线运输量的 70%。随着西江水运的持续快速发展,西江干线在西部大开发和东部率先实现现代化中的地位越来越重要。

2008 年 10 月,广西壮族自治区党委、人民政府提出“打造西江黄金水道促进区域协调发展”的重大战略决策;同年 11 月,广东、广西签署了《共同加快建设西江黄金水道协议》。2010 年 3 月 1 日,广西壮族自治区人民政府颁布实施《广西西江黄金水道建设规划》(桂政发〔2010〕12 号),标志着广西西江黄金水道建设规划正式实施。根据规划,西江黄金水道由连接南宁、贵港、梧州、百色、来宾、柳州、崇左市的 1 480km 内河水运主通道组成,涵盖流经河池、桂林、玉林、贺州的地区性重要航道 1 621km。范围包括:西江航运干线 570km、右江 429km、红水河 550km、柳黔江 284km、都柳江和融江 309km、桂江 341km、左江 322km、贺江 119km 以及绣江 177km,共 3 101km,如图 1-1 所示。根据规划,到 2012 年实现内河港口总吞吐能力达到 1 亿 t 以上,在此基础上加快建设形成西江经济带。

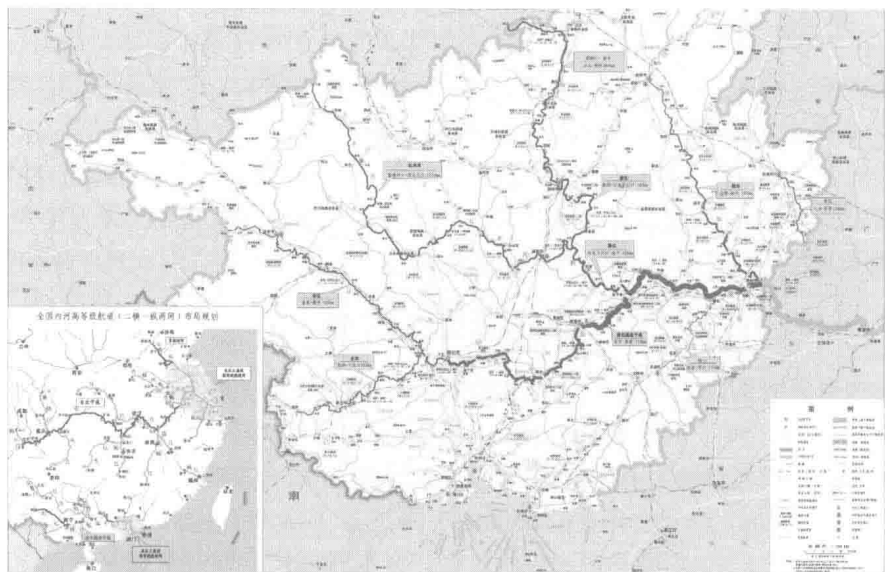


图 1-1 西江黄金水道示意图



西江经济带依托西江黄金水道,上连桂西北和大西南,下达珠三角,具有承东启西的作用。随着经济全球化和区域经济一体化向纵深发展,国家西部大开发战略的深入实施,中国—东盟自由贸易区的加快建设,泛珠三角和泛北部湾经济区合作的进一步推进,加快西江黄金水道建设,以便捷、经济的水陆交通网吸引粤、港、澳地区经济辐射和产业转移,形成跨地区、多元化的开放格局。西江黄金水道建设是西江经济带建设的基础,西江经济带的发展依托于西江黄金水道的建设,但西江黄金水道建设中还存在诸多需解决的关键技术问题,具体如下。

1.1.1 西江高等级航道通航标准问题

自1993年珠江流域航运规划问世以来,西江航运干线共经历了多次规划和调整,1993年《珠江流域航运规划》将南宁至界首航道规划为Ⅲ级,界首至思贤窖规划为Ⅱ级;1998年10月30日交通部、水利部、国家经济贸易委员会《关于内河航道技术等级的批复》(交水发[1998]659号)将梧州以下升级为Ⅱ级航道,2007年7月20日国家发改委、交通部《全国内河航道与港口布局规划》(发改交运[2007]1370号)将航道等级确定为Ⅲ级及以上;2013年3月2日《国务院关于珠江流域综合规划(2012—2030年)的批复》(国函[2013]37号),将南宁至思贤窖规划为Ⅰ级航道,通航3000t级船舶。

西江航运干线沟通南宁、贵港、梧州、肇庆、广州、香港等多个重要城市。随着西江航运的快速发展,西江航运干线经过多次整治,目前南宁至贵港航段Ⅱ级航道整治工程正在实施,贵港至肇庆航段已达Ⅱ级航道尺度标准,肇庆至思贤窖段34km航段已达Ⅰ级航道尺度,通航3000t级海轮。随着长洲枢纽三线四线船闸、桂平二线船闸、贵港二线船闸和西津二线船闸的建设,西江航运干线航道等级还将进一步提升。

航道等级的提升涉及通航设施、航道条件、船型标准化和过河建筑物等多方面因素,如何结合西江山区河流特点,在考虑西江航运发展的基础上,研究提出西江高等级航道标准是困扰西江航运能力提升的关键性问题。

1.1.2 多线船闸联合调度问题

长洲水利枢纽是西江通江达海的最后一座枢纽,也是西江黄金水道建设的关键节点性工程。自枢纽建成以来,多次大规模滞航是困扰航运主管部门的最难于解决的问题。当长洲枢纽三线四线船闸建成之后,四条线船闸并行同时运行,上下游复杂的外部通航环境会严重影响长洲枢纽通过能力,如何通过制定合理的调度规则、规范过闸管理、建立科学合理的调度平台,最大限度地保证四条线船闸原有设计的通过能力是航运主管部门需要解决的关键问题。

1.1.3 长洲枢纽坝下3000t级航道建设技术问题

长洲水利枢纽以下属于天然河段,是西江黄金水道建设的主要瓶颈河段。长洲坝下共有四处主要碍航滩险,其中广西段有界首滩,广东段有都乐、新滩和蟠龙三处滩险(简称三滩)。广西境内长洲坝下至界首滩主要受枢纽调度影响,截至2013年12月底,设计流量条件下坝下最低设计水位为3.10m,较原设计水位5.05m下降了1.95m,一线二线船闸下游预留的0.5m富余水深已消失殆尽,在最低水位已经出现航深不足问题。广东“三滩”属于感潮河段,航道整治技术难度很大。随着Ⅰ级航道整治工程的实施,下游水位还将会有降落,由于上游大藤峡水

利枢纽还在前期研究阶段,最近十年内长洲水利枢纽还要肩负珠港澳压咸补淡的补水工作,因此,枯水期水库蓄水会经常性出现下泄流量不能满足最小通航流量的时段,这会对下游航道通航条件造成非常大的影响。

1.1.4 百色升船机中间渠道通航条件问题

百色水利枢纽位于广西百色市的右江,是一座以防洪为主,兼有发电、灌溉、航运、供水等综合作用的大型水利枢纽,是珠江流域综合利用规划中治理和开发的大型骨干水利工程。百色枢纽通航设施为升船机,分为两期建设,目前仅建成上游引航道部分工程。升船机主体工程处于设计阶段,升船机的建成是右江能否全线贯通的关键节点性工程。根据相关设计,升船机分为两级,均采用垂直提升方式,两级升船机之间由长 2.3km 的中间渠道相连,中间渠道沿那禄沟布置,航道弯曲,下游引航道出口与主河道斜向相交,出口处航道条件复杂。因此,中间渠道航道尺度是否满足通过能力的要求、下游口门区通航水流条件是否满足航行要求是关系右江航运发展的关键问题。

1.1.5 大藤峡枢纽下游非衔接段航道等级提升问题

大藤峡水利枢纽位于广西桂平上游 12km 黔江河段,是西南水运出海中线通道、北线通道在石龙汇合后通往西江航运干线到达粤、港、澳地区的必经之路,也是联系广西老工业城市柳州市和新兴工业城市来宾市的水路主通道。目前大藤峡枢纽至桂平三江口区段的航道等级为 V 级,待大藤峡水利枢纽建成之后将达到 II 级航道,下游与长洲水利枢纽回水区存在 12km 的脱水段,需通过航道整治以满足 II 级航道要求。由于大藤峡水利枢纽船闸上下游水位差已经接近单级船闸 40m 水头的限制性要求,如何合理布置整治工程方案,在保证航道通航条件基础上合理控制水位降落是非常重要的,同时如何确定大藤峡船闸下游闸槛水深也是关系中线出海通道能否畅通的关键问题。根据相关规划,该河段为 I 级航道,在最小设计流量条件下 I 级航道建设的可行性也是需要研究的关键问题。

由上所述,西江航运干线高等级航道尺度标准的确定问题、长洲枢纽通过能力问题、长洲枢纽坝下高等级航道建设技术问题、百色枢纽通航问题、大藤峡枢纽坝下脱水段航道整治问题均是影响西江黄金水道建设总体进程的关键性问题,这些问题的解决,对于推动黄金水道工程建设进程,提高航道通过能力,均有着突出的社会 and 经济效益。

2011 年 1 月,国务院颁发《国务院关于加强长江等内河水运发展的意见》(国发〔2011〕2 号),指出要“加快内河水运发展,推进西江黄金水道工程建设进程,实施西江航运干线扩能工程,加快红水河龙滩、右江百色等枢纽通航设施建设与改造,打通西南地区连接珠江三角洲的水运通道”,进一步加快西江黄金水道建设步伐。为贯彻落实《国务院关于加强长江等内河水运发展的意见》,解决工程建设面临的重大技术问题,保障西江黄金水道建设顺利开展,2011 年,交通运输部设置了“西江黄金水道通过能力提升关键技术研究”,作为 2011 年度西部交通科技项目“黄金水道通过能力提升技术”重大专项项目,对西江黄金水道建设所面临的重大关键技术问题开展专项研究。

西江黄金水道通过能力提升关键技术研究项目下设五个专题,分别为“西江航运干线高等级航道通航标准研究”、“基于多梯级多线船闸联合调度技术提升长洲枢纽船闸通航能力研



究”、“长洲枢纽日调节、压咸调度和下游河床下切对航运影响及航道治理措施研究”、“百色枢纽升船机中间渠道通航关键技术研究”和“大藤峡枢纽下游水位未衔接段航道整治技术研究”。本书在五个专题研究基础上,根据研究任务又下设若干子题,对关键技术问题开展了更为深入的研究,同时对于研究所采用的技术进行了整理提炼,为类似项目研究提供了必要的参考。

本书紧紧围绕西江黄金水道建设中重点关键问题开展研究工作,重点解决西江黄金水道建设中“两线两点一通道”的问题,“两线”为大藤峡坝下非衔接段航道等级提升和长洲枢纽坝下高等级航道整治问题,“两点”为右江百色升船机中间渠道通航条件和长洲枢纽通过能力提升的问题,“一通道”为西江航运干线通航标准的问题。

通过本书,分析研究西江航运干线航道、通航建筑物和跨河建筑物实际情况,在《内河通航标准》(GB 50139—2014)的基础上结合不同河段特点,提出西江航运干线高等级航道通航标准;研究西江干线贵港、桂平、长洲枢纽多级船闸间的调度模式,提出长洲枢纽多线船闸的联合调度方案,建立了调度系统平台;分析珠港澳调水压咸造成的下游流量不足对航道的影响,研究并提出长洲枢纽电站日调节对下游航道通航条件影响的应对措施,寻求坝下因水位下降造成的航道水深不足问题的解决方案,提出长洲枢纽坝下 3 000t 级航道整治方案;研究解决百色升船机中间渠道问题,提出合理的工程布置方案,实现右江航道全线贯通;分析大藤峡下泄最小流量对下游航道的影响,优化大藤峡下游Ⅱ级航道整治工程方案,并对Ⅰ级航道建设可行性进行探讨,使得大藤峡坝下非衔接段航道尺度由目前Ⅴ级提高至Ⅱ级乃至Ⅰ级,大幅度提高西南出海中线通道的通过能力。

1.2 国内外研究概况

1.2.1 通航标准研究

目前世界上通常以两种方式确定航道通航标准,西欧国家多以驳船吨位和船型作为划分标准,美国和苏联以航道水深作为划分标准,我国采用西欧划分方式,以船舶吨位作为航道等级的划分标准。美国密西西比河水系是世界上内河航运最发达的水系,其通航标准确定原则为“以航道水深为基础,在相同水深的条件下,对不同的船舶编队形式和驳船艘数采用不同马力的推轮,其船队尺度和水线以上高度不同,要求不同的航道宽度,确定不同的船闸、桥梁净空尺度”。该标准最大特点是分级少、相互衔接、方便灵活、便于营运管理。

2004 年 5 月 1 日颁布实施的《内河通航标准》(GB 50139—2004)(以下简称“04 标准”)是指导我国航道规划设计的国家行业标准。它将我国内河航道分成了两大类,另一类是天然和渠化河流航道(包括湖泊和水库航道);一类是限制性航道。后者的定义是:因水面狭窄、断面系数小,而对船舶航行有明显限制作用的航道,主要是指运河、渠道和河网地区的部分航道。“04 标准”中航道最大水深为 3.5~4.0m,设计代表船型以船队为主。

孙精石在对“04 标准”的研究中指出,当船舶或船队的尺度确定后(主要是长和宽),航道宽度即取决于航迹带宽度,而航迹带宽度又取决于航行漂角的大小。根据特殊限制性航道——中间渠道和渡槽的运行特点,推求出其宽度的计算方法和结果,仍可用“04 标准”中相同的计算公式。其中,对于Ⅰ~Ⅲ级航道航行漂角取 2° ;Ⅳ~Ⅴ级航道取 1° ;Ⅵ~Ⅶ级航道取 0.7° 。

对于安全距离,单线航道取两个 0.17 倍航迹带宽度;双线航道取 0.34 倍两个船舶或船队的航迹带宽度。

郑仲娥在内河通航标准实践中提出了“04 标准”存在的三个主要问题;一是水上过河缆线的通航净高缺少具体数据;二是临河建筑物的选址与布置对航道的影响是个盲点;三是长三角地区高等级航道通航净高与内河高等级航道通航净高的矛盾。由于“04 标准”未对具体数据进行说明,这些不确定的因素对于航道规划设计以及涉水工程的建设来讲都存在很多不确定性,郑仲娥建议对其中具体数据根据区域的不同进行完善。

王仙美通过分析江苏地区航道过河建筑物(桥梁)通航净空尺度的现状和“04 标准”中相应等级航道通航净空尺度要求之间的差异,从执行标准的延续性、船舶运输的通达性和降低工程造价,并减少对航道沿线居民、工矿企业的出行影响出发,提出江苏地区Ⅳ级及以上限制性航道过河建筑物(桥梁)的通航净空高度均按不小于 7m 控制,通航净空宽度则满足相应航道等级的通航净宽要求,并对特殊繁忙的河段要求一跨过河。

2012 年实施的《运河通航标准》(JTS 180-2—2011)中,水上过河建筑物通航净高尺度在与“04 标准”保持一致的基础上,对长江三角洲地区运河过河建筑物的净高做了特殊规定,即Ⅳ级及以上限制性航道通航净空高度不应小于 7m;长江三角洲以外地区运河上的过河建筑物Ⅳ级航道通航净高不应小于 7m,Ⅲ、Ⅱ级不应小于 10m,可根据需要并经充分论证适当减小通航净高,但Ⅳ级及以上航道通航净高不得小于 7m。

随着水运事业的快速发展,内河船型、船队和运输方式都发生了很大变化,内河航道、通航建筑物和过、临河建筑物的建设也积累了许多新的经验,为适应新的发展要求,住房和城乡建设部及交通运输部组织有关单位对“04 标准”进行了局部修订。局部修订的主要内容为,增加了海轮进江航道尺度的确定方法和原则;小范围地调整了原标准中天然及渠化河流航道、限制性航道和珠江三角洲至港澳线内河航道的货轮代表船型尺度;增加了临河建筑物的选址和布置;将“港口作业区”的用语调整为“码头、船台滑道、取排水口等临河建筑物”,调整了水上过河建筑物与码头、船台滑道、取排水口等临河建筑物的间距要求;补充了过、临河建筑物的安全保障措施。新标准住房和城乡建设部已于 2014 年 4 月 15 日正式发布。

《内河通航标准》(GB 50139—2014)为全国内河水运的指导性标准,其适用性具有普遍性,共性强于特性,因此,对不同水情和航道条件的河流制定具有针对性的通航标准是必要的。目前,长江航道局正在着手制定《长江(干线)通航标准》,包括《长江干线航道等级、船型与航道尺度研究》、《长江干线与通航有关设施通航技术要求研究》及《三峡水库运行对枢纽上下游河段通航水位影响专题研究》三个方面的研究。西江作为国内的第二大通航河流,由于其独特的山区河流特性,特别是通航枢纽众多,迫切需要适应西江航运发展的通航标准。但目前还未开展西江通航标准的研究工作。

1.2.2 梯级枢纽多线船闸联合调度技术研究

本节主要围绕船闸枢纽航运调度开展研究工作,在该领域,国内积累了较为丰富的经验:在梯级枢纽多线船闸通过能力联合调度问题上,国内研究人员主要依托三峡—葛洲坝水利枢纽的整体通过能力开展了多项相关研究工作。卢方勇等在针对葛洲坝的调度研究中,将葛洲坝船闸看成并联船闸,采用滑动窗口的方法进行编排;刘云峰等针对三峡永久船闸的调度问题