



“十二五”国家重点图书出版规划项目
长江黄金水道建设关键技术丛书

TECHNIQUES FOR RISK ASSESSMENT AND
SAFETY CONTROL OF THE YANGTZE RIVER
WATERWAY TRANSPORTATION

长江水运风险评价与 安全控制技术

严新平 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
长江黄金水道建设关键技术丛书

长江水运风险评价 与安全控制技术

严新平 著



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

内 容 提 要

本书是严新平教授及其研究团队近年来在长江水运风险评估与安全控制研究成果基础上形成的,涉及信息感知与融合、水上交通流、交通安全系统等基础理论。本书针对长江水运风险评估与安全控制的若干问题,阐述了航运要素信息感知、船舶航行状态监控、水上事故数据挖掘、船桥碰撞、船舶碰撞、枯水期通航风险、海事监管与应急仿真等理论与技术问题。

本书通过从科学研究的角度对长江水运风险评估与安全控制的前沿理论与技术进行论述,为水路安全领域的科研工作者提供了良好的交流平台,也为水路从业人员提供了理论与技术指导。

Abstract

This book involves basic theory of information perception and fusion, water traffic flow, traffic safety system, and is completed based on the research by Professor Yan Xinping and his research team in recent years, that is, risk assessment and safety control of the Yangtze River waterway transportation. This book focuses on some certain problems of the Yangtze River risk assessment and safety control, then expounds theoretical and technical problems of shipping element information perception, shipping state monitoring, waterway accident data mining, collisions between ships and bridges, ship collisions, shipping risk in dry season, marine control and emergency simulation and so on.

Thanks to discussion of forward theory and technique for the Yangtze River waterway transportation risk assessment and safety control from perspective of scientific research, this book provides a pretty communication platform for scientific research workers in the field of waterway safety, as well as a theoretical and technical guidance for employed persons engaged in waterway transportation.

图书在版编目(CIP)数据

长江水运风险评估与安全控制技术 / 严新平著. —
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 978-7-114-12600-0

I. ①内… II. ①严… III. ①长江-水路运输-
风险评论 ②长江-水路运输-安全技术 IV. ①U698

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 263418 号

长江黄金水道建设关键技术丛书

书 名: 长江水运风险评估与安全控制技术

著 者: 严新平

责任编辑: 丁润铎 任雪莲

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.jtpress.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: 24.5

字 数: 565 千

版 次: 2015 年 12 月 第 1 版

印 次: 2015 年 12 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12600-0

定 价: 80.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

《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）

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《长江水运风险评价与安全控制技术》而作)

长江是中国第一大河，世界第三大河。长江干流全长 6 300 多公里，经云南、青海、贵州、四川、重庆、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、上海等省市，流域面积达 180 多万平方公里。长江流域总航道通航里程近 9 万 km，占全国的 70% 以上，其中干流从云南水富到长江口通航里程 2 838km。长江是世界上运输量最大的河流，2014 年长江干流货物运输量突破 20 亿 t，连续十年刷新世界纪录，长江水系完成的水运货运量和货运周转量分别占沿江全社会货运量的 20% 和货物周转量的 60%，长江流域地区生产总值几乎占到全国国内生产总值的 40%，因此，长江为我国经济社会的发展作出了重要贡献，被誉为“黄金水道”。

随着我国经济社会的发展，长江水运业迅速发展。与此同时，长江水运安全面临更加严峻的挑战。一方面，随着船舶数量的增加，尺度相对固定的航道内发生船舶事故的概率随之增加；随着船舶尺度的增加，船舶事故的后果也随之更加严重。另一方面，长江水域环境与生态系统敏感，水运安全事故也对其环境、生态影响巨大。因此，近年来关于长江水运风险评价与安全控制的研究受到国内外学者的广泛关注。

武汉理工大学一直重视长江水运的安全问题，于 2014 年 9 月经科技部批准立项建设国家水运安全工程技术研究中心，严新平教授担任了该中心的首任主任。近年来，严新平教授及其研究团队依托欧盟玛丽居里行动计划、国家高技术研究发展计划（863 计划）、国家自然科学基金项目、交通运输重大科技专项等项目，针对长江水运风险评价与安全控制的基础理论与技术应用问题，开展了大量的研究，取得了丰硕的成果。

本书是在严新平教授及其研究团队近年的关于长江水运风险评估与安全控制的基础理论与应用技术的研究成果基础上形成的。针对长江水运风险评价与安全控制的若干问题，本书阐述了航运要素信息感知、船舶航行状态监控、水

上事故数据挖掘、船桥碰撞、船舶碰撞、枯水期通航风险、海事监管与应急仿真等理论与技术问题。

我相信本书的出版对于丰富我国水路安全方面的研究成果、推动我国交通运输学科的发展具有重要的价值和意义。希望严新平教授及其团队在我国水运安全领域不断探索和开拓创新，取得更多高水平成果。

中国工程院院士
海军工程大学教授



2015年8月30日

自古以来，水路运输是重要的交通方式。早在石器时代，我国就出现了最早的船——独木舟。《易·系辞下》云：“伏羲氏剡木为舟，剡木为楫，舟楫之利，以济不通”，这是长江航运的初始萌芽。在西周初期，长江最长的支流——汉江的航运已相当发达；至东汉，已有木帆船广泛航行于长江之中；至唐代，长江成为全国通航里程最长、货运量最大的河流，诗句“蜀麻吴盐自古通，万斛之舟行若风”，生动地再现了当时长江水运的兴盛景象；唐宋以后，中国经济中心从北向南转移到长江流域，长江中下游河网地带又多是富饶之乡，这加速了长江水运的发展及长江流域经济的繁荣。可见，贯通我国东西部的长江“黄金水道”，自古以来都在国家经济社会的发展中发挥着至关重要的作用。

水路运输具有运能大、运价低、占地少、能耗少和污染小等比较优势，长江水运自改革开放以来得到了长足的发展。截至2014年年底，长江水系14省（市）拥有运输船舶14.7万艘，总运力达1.68亿t；2014年长江干线完成货物通过量20.6亿t，同比增长7.3%，自2005年长江年货物通过量首次跃居世界内河榜首后，连续10年居世界内河货物通过量第一。

长江水运快速发展的同时，其安全问题也日益凸显。虽然三峡大坝的建设、长江航道的整治、海事监管能力的发展为长江水运的安全提供了有力保障，但船舶数量增长导致航道交通流密度增加、船舶吨位增大导致船舶事故损失增大、工作条件的艰苦导致船员数量不足与素质不高、跨江大桥和电缆的建设导致部分航道通航环境变化等现象，都给长江水运的安全提出了新的挑战，因此，长江水运的安全问题不容忽视。

多年来，本书作者及其团队在承担欧盟第七框架计划（玛丽居里行动计划）“航运风险评估与决策方法研究”、国家自然科学基金项目“不确定条件下船舶通航风险的评价方法和演化机理研究”、国家863计划“船—标—岸协同下的水上交通状态感知与交互”、交通运输重大科技专项“三峡水库不同水位期

间安全监管模式规划”、“基于多功能航标的水事监管关键技术研究及应用”、“LNG 燃料动力船舶应用安全研究”和“长江黄金水道重点航段通航安全保障关键技术研究”等科研项目研究过程中，针对水路交通领域的长江水运风险分析与安全保障的问题，通过层次分析法、贝叶斯网络、证据推理、交通流仿真等方法，开展了在航船舶交通信息的实时采集、多源信息的船舶航迹融合、水上交通安全预警与风险评价、内河船舶避碰决策、海事安全监管、航道助航、事故应急救助等方面的系统研究。为此，在总结多年的研究成果基础上，形成了本书的构架和内容。

本书围绕长江水运安全风险评价与安全控制的理论与技术问题，进行了系统的论述。全书共分9章，第1章为我国内河水运、长江经济带及长江水路运输的发展现状。第2章描述了长江水运安全的研究现状，综述了长江水运安全风险评价、安全控制的基本理论与方法。第3章论述了长江航运要素的信息感知方法与技术。第4章论述了船舶航行状态跟踪、船岸信息交互、状态信息的预处理与融合、交互网络与交互终端等长江船舶航行状态监控技术。第5章论述了长江水运事故的时空分布特征挖掘和事故的关联特征挖掘。第6章从长江船撞桥事故机理分析、过桥系统的建模与评价、船舶航行过桥系统的风险分析与评价等方面，论述了长江船桥碰撞风险评价与控制技术。第7章论述了基于时空取证的长江船舶碰撞风险的评价方法和船舶碰撞后果的预测方法。第8章论述了长江枯水期的通航风险评价方法，在FSA的基础上，对长江枯水期的通航风险进行了识别和评价，并研究了枯水期碍航的风险建模和对策。第9章论述了长江海事监管与应急仿真技术。

全书由武汉理工大学严新平教授制订写作提纲、定稿和统稿，博士生桑凌志和贺宜协助做了组织工作。参加本书撰写人员为：严新平（第1章、第2章），谢磊（第3章），初秀民（第4章），毛喆（第5章），谭志荣（第6章），张金奋、桑凌志（第7章），张笛（第8章），汪洋（第9章）。参加本书撰写的人员均为从2005年起参与长江水运风险评价与安全控制研究的博士研究生、博士后和团队成员，他们的积极探索和深入研究产生了不少有创意的学位论文，还有先后发表在国内外学术刊物和重要的学术会议上的学术论文，丰富了长江水运风险评价与安全控制这一研究方向的内涵，推动了这一方向的发展。

本书的撰写参照了国内外从事水运风险评价与安全控制相关研究工作者的相关资料，部分观点也来源于国家水运安全工程技术研究中心、武汉理工大学智能交通系统研究中心等单位师生们的研究成果。本书也得到了人民交通出版社韩敏总编辑、丁润铎副主任等的指导，使此书得以顺利完成。特别是得到了中国工程院院士、海军工程大学马伟明教授的关心与肯定，并为本书作序。在此一并表示衷心的感谢！

随着交通安全基础理论方法与应用技术的不断发展，长江水运安全也在随之不断发展。当前大数据、不确定性、实时风险、柔性理论等新理论与新方法已经逐步与长江水运安全问题进行结合，因此，长江水运风险评价与安全控制技术需要不断提升和凝练。由于作者学识水平有限，本书难免还有不完善的地方，敬请读者批评指正。

严新平

2015年8月9日于武汉理工大学

1	长江水运发展概述	1
1.1	我国内河水运发展	1
1.2	长江经济带的发展简述	4
1.3	长江水路运输发展现状	6
2	水运安全研究概况	9
2.1	水运安全研究现状	9
2.2	水运安全风险评价方法与技术	15
2.3	水运安全控制的方法与技术	19
3	长江航运要素信息感知	24
3.1	AIS 的信息感知能力研究	24
3.2	海事雷达的信息感知能力提升研究	42
3.3	基于 RFID 的船舶交通流信息采集	56
3.4	基于多功能航标的长江航道状态感知	63
4	长江船舶航行状态监控	71
4.1	船舶航行状态监控技术概述	71
4.2	长江 AIS 数据的预处理方法	78
4.3	基于视频的船舶目标识别与跟踪	90
4.4	基于信息融合的长江船舶航迹识别	99
4.5	船—标—岸信息交互技术	108
4.6	长江 AIS 船舶监控系统研发	121
5	长江水运事故数据挖掘	129
5.1	长江干线水运事故时空分布特征	129
5.2	长江水运事故的灰色关联分析	143
5.3	长江水运事故的关联规则挖掘	156
6	长江船桥碰撞风险评价与控制	174
6.1	长江船撞桥事故机理分析	174

6.2	船舶航行过桥系统模型及评价	186
6.3	基于船舶交通流特性的船舶航行过桥系统风险分析	192
6.4	船舶航行过桥系统风险评价方法	204
7	长江船舶碰撞风险评价与预测	215
7.1	基于时空取证的船舶碰撞风险评价	215
7.2	基于 BRB 的内河船舶碰撞后果预测	229
8	长江枯水期通航风险评价	274
8.1	基于模糊层次分析法的枯水期通航风险识别	274
8.2	基于模糊证据推理的枯水期通航安全评价	287
8.3	基于事故特征分析的碍航风险建模	303
8.4	基于成本效益分析的碍航风险对策	315
9	长江海事监管与应急仿真	330
9.1	海事仿真概述	330
9.2	长江海事监管与应急演练平台	338
9.3	长江海事监管与应急演练平台的引擎设计	353
	参考文献	359
	索引	374

1 长江水运发展概述

长江水运发展是我国内河水运发展的一个缩影，自古以来为长江流域经济的发展发挥了重要作用。2011年国务院发布的《关于加快长江等内河水运发展的若干意见》，标志着长江等内河水运发展正式上升为国家战略。本章首先对新中国成立以来我国内河水运的发展概况进行了综述，进而对长江经济带的发展概况和长江航运发展现状进行了介绍和分析。

1.1 我国内河水运发展

纵观近代世界交通发展历程，内河水运突显了服务各国经济社会发展的巨大优势。如美国的密西西比河和欧洲的莱茵河为当地流域经济的发展作出了巨大的贡献。内河水运具有运能大、运价低、占地少、能耗少和污染小等优势，是我国交通运输事业的重要组成部分，更是流域经济不可或缺的组成部分，自远古时期开始的内河水运便对我国流域经济起着支撑作用。

我国幅员辽阔，河流众多，据统计，境内流域面积超过 100km^2 的河流共计1500多条，流域面积在 $10\,000\text{km}^2$ 以上的有80多条，河流总长超过43万km，大小湖泊共计900余个。这些河流大多水量丰富，冬季不结冰。其中，松花江、黑龙江、淮河水系、京杭运河、珠江水系、长江水系在内河发展方面还拥有得天独厚的自然条件。

新中国成立以来，我国内河航运发展大致可分为五个阶段：1949—1962年、1963—1977年、1978—1990年、1990—2010以及2011年至今。

(1) 1949—1962年，国民经济处于恢复和“一五”“二五”建设期间。新中国成立初期，百业待兴，国家一时难以改变铁路、公路里程少和状况差的面貌；而内河航运运用自然条件，以比较少的投入即可修复被战争破坏的航运基础设施，疏通被堵塞的航道，获得较大的运输能力。在体制上，通过接管旧政府遗留的官僚航运资本，对民族航运业资本进行公私合营，增加国家投资以壮大国有航运企业等手段，迅速建立起以全民所有制为主导的内河航运企业队伍。在行业管理上，实行以计划生产管理为中心的“政企合一”、中央和地方分级管理的内河航运管理体制。这种水运体制，对迅速恢复被战争破坏的内河航运生产力、支援蓬勃发展的社会主义建设，起到了巨大的推动作用。因而，这一时期内河航运在客货运输市场中的份额是新中国历史上比较高的时期。1949年，我国内河通航里程只有7.36

万 km, 年货运量仅 2 500 多万吨; 到 1957 年, 发展到 14.4 万 km, 内河货运量占国内货物周转量的比重为 13.4%; 到 1961 年, 内河通航里程创历史最高纪录, 达到 17.2 万 km。

(2) 1963—1977 年, 我国处于国民经济调整与“文化大革命”时期, 内河航运处于缓慢发展阶段。同时, 水资源的综合利用与开发, 造成了重水利、水电, 轻航运的局面, 到 1979 年全国通航河流上形成碍航闸坝 1 200 多座, 碍航里程 190 余公里; 在交通运输建设中, 重铁路轻航运, 国家对内河航运投资减少, 造成大量物资弃水走陆。1979 年, 全国内河通航里程缩短为 10.8 万 km, 内河运输在国内物资周转量中的比重下降到 7%。在上述通航里程中, 能够常年通航 300 吨级以上船舶的仅占 8.7%; 能通 1000 吨级船舶的只占 4.1%。港口设备落后, 吞吐能力不足, 以船代库, 港口压船, 船只实际航行量仅 10%。运量快速回落, 最低下降至 1963 年的 1.45 亿 t, 直到 1976 年才恢复到 1961 年的运量水平。

(3) 1978—1990 年, 是国家拨乱反正, 实行改革开放政策, 经济体制从单一的计划经济逐渐向市场经济过渡的时期, 也是整治内河航运、提高航运能力的发展阶段。为了适应社会经济的发展需要, 内河航运业进行了一系列政策探索, 先后提出了“有水大家行船”“国营、集体、个体一起上”的水运发展政策, 实行了政企分开、扩大企业生产经营自主权等改革措施, 使内河航运得到了迅速发展。主要表现在:

①先后完成了京杭运河苏北段续建工程、西江航运建设一期工程、香江整治一期工程、汉江航运建设工程等, 建设了葛洲坝等一大批大型通航设施。交通、水利部门还协商解决了一些碍航闸坝(如富春江七里垄船闸等)的复航工程。到 1988 年年底, 全国已开辟通航的里程达 10.94 万 km。

②在客货运输方面, 1983 年与 1952 年相比, 1983 年完成的客运量是 1952 年的 7.9 倍, 客运周转量为 5.4 倍; 货运量为 7.2 倍, 货物周转量为 9.3 倍。到 1988 年, 内河航运的年货运量达 3.76 亿 t, 客运量 2.15 亿人次, 比 20 世纪 50 年代都有较大提高。

③1983 年, 我国拥有轮驳船的吨位为 1952 年的 23 倍。新中国成立初期, 内河货运量的 79% 由木帆船担负, 到 20 世纪 80 年代, 95% 以上已由机动船舶完成。船舶机型已基本实现内燃化。同时, 现代化分节驳顶推运输有了较快发展, 国家通过吸收国际先进技术, 引进国外大功率推轮, 在长江上推广分节驳顶推技术, 使得船舶运力和完成的运量达到历史较高水平。内河货运量由 1978 年的 3.44 亿 t, 增加到 1990 年的 5.77 亿 t, 年均递增 4.3%。

(4) 1990—2010 年, 是我国建立社会主义市场经济体制的转型时期, 国民经济快速发展, 也是内河航运建设的较好时期。内河航运由于长期投入不足, 20 世纪 90 年代初期运力“瓶颈”更加突出。在 1992 年 11 月底至 1993 年 1 月间, 江南水网先后发生了京杭运河、长湖申线、杭申线等航道的大堵航, 仅发生在浙江省境内的堵航次数就达 191 次。为了摆脱困境, 各级政府研究出台了一系列加快内河航运发展的政策, 增加内河航运建设投入。“十一五”期间, 我国内河水运在建设规模、基础设施条件等方面发展迅速, 新增和改善内河航道 4 181 km, 全国内河通航里程达 12.4 万 km, 其中三级及以上航道为 9 085 km, 全国有 54% 的高等级航道达到规划等级。长江水运干线得到系统治理, 京杭运河、西江航运干线、长江三角洲高等级航道网建设全面推进, 珠江三角洲高等级航道网基本建成。内河水运发展在吸引产业沿江布局、中西部地区承接产业转移中的作用更加突出。

(5) 2011 年至今。为加快推进内河水运发展,国务院常务会议专题研究部署加快长江等内河水运发展工作。2011 年 3 月 24 日,湖北长江中游荆江航道建设工程、广西西江老口航道枢纽工程、江苏京杭运河苏州段建设工程三大项目同时开工,拉开了我国内河高等级航道“十二五”建设的序幕,此举标志着我国加快内河水运发展国家战略正式启动,也标志着我国内河发展进入了全新的黄金发展阶段。随着国务院颁布的《关于加快长江等内河水运发展的意见》,长江等内河水运发展便上升为国家战略,中央从财政上加大了发展内河航运的支持力度。“十二五”期间(2011—2015 年),我国全社会投入 2 000 亿元建设内河的基础设施,中央投入 500 亿元,比“十一五”期间翻了一番。

随着经济的进一步繁荣,内河运输量将不断增长,整个内河航运业面临着无限发展的新时期。当前,长江航运发展的势头十分强劲,可用“五个显著”来概括:干线航道通过能力显著提高、港口通过能力显著提高、长江船舶运力显著提高、支持保障水平显著提高、航运市场活力显著增强。“十五”以来,长江航运持续快速发展,货运量、周转量及港口吞吐量保持两位数的年均增长率,超过美国的密西西比河和欧洲的莱茵河,成为目前世界上内河运输最繁忙、运量最大的通航河流。

然而,我国内河水运的发展也遇到了很多问题,重陆路轻水路、重海运轻河运、重供水灌溉轻水运、重水电轻水运,导致河流断流断航。内河航道建设也是在“前后两难”中实现快速发展的。“前难”主要是历史沉淀下来需要解决的问题很多,国家没有在较短时期内形成对河流治理的开发建设高潮,航道建设难以大规模推进。“后难”是我国人均 GDP 已经超过 1 000 美元,东部地区特别是长江、珠江三角洲地区人均 GDP 已达到 2 000 美元以上,城市化和大都市圈趋势加速,造成水网地区航道扩建成本不断升高;干流中上游和主要支流多位于中西部地区,人均 GDP 在 1 000 美元以下,经济欠发达,水运需求和地方经济还十分有限,但由于水电开发步伐加快,迫切需要结合水电开发相应对航道实施梯级开发、航电结合。因此,目前我国内河航道发展同时面临着实施大规模航道整治、航电结合、梯级开发和实现现代化,提高管理水平的双重压力。

同时,我国内河水运发展与世界先进国家还存在着明显的差距。2008 年,我国内河水运中河流通航里程比重为 28.6%,千吨级及以上航道比重为 7.18%,内河水运周转量占总量比重为 8%。相比之下,德国内河水运通航里程比重、千吨级及以上航道比重和周转量占总量比重分别为 58.8%、75% 和 20%。美国 4.1 万 km 航道最小水深为 2.74m(相当于我国二级航道),而我国二级及以上航道里程仅为 3 860km,同美国相比差距很大。尽管我国等级航道里程比美国内河航道里程长,但质量不高、结构不合理,特别是高等级航道(四级及以上航道)偏低、高质量航道(运河和渠化航道)里程少。

综上所述,我国内河水运自新中国成立以来取得了长足的进步和发展,但与社会经济的发展,特别是与公路、铁路和航空等运输方式相比,还存在较大差距。同时,与发达国家相比,差距也比较明显。但持续推进内河水运综合运输的发展,不仅是社会主义市场经济在新时期提出的新要求,也是利国利民、惠及千家万户的重要举措。按照党的十八大提出的全面建成小康社会要求,我国需要加快构建现代综合运输体系,加快内河水运科学发展,进一步发挥内河水运优势,促进流域经济发展和转型升级。交通运输部发布的《加快