



交通科技丛书

国家科学技术著作出版基金资助出版

内河分节驳顶推 运输成套技术

Techniques for pushing Transportation
of Integrated Barge Fleet

刘恒茂 陈其华 主编



人民交通出版社

组稿编辑：丁香云 韩 敏
责任编辑：丁香云 蔡培荣
封面设计：彭小秋



内河分节驳顶推 运输成套技术

ISBN 7-114-03847-X

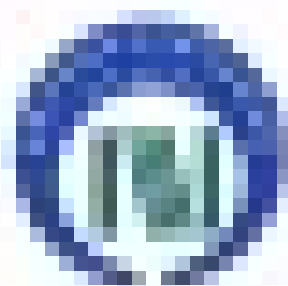


9 787114 038471 >

ISBN 7-114-03847-x

U · 02790

定价：62.00 元



交通运输部

国家公路水运工程试验检测机构等级标志

内河分节驳顶推 运输成箱技术

Technology for pushing Transport Boxes
of Inland Segment Barge Piers

张德成 王立华 主编

人民交通出版社



国家科学技术著作出版基金资助出版

交通科技丛书

内河分节驳顶推运输 成套技术

NEIHE FENJIEBO DINGTUI YUNSHU

CHENGTAO JISHU

刘恒茂 陈其华 主编

人民交通出版社

内 容 简 介

本书是荣获国家科技进步一等奖的《分节驳顶推运输成套技术试验研究》研究成果的概括和总结,同时也吸收了与分节驳顶推运输技术有关的近期获国家和部级奖励的若干科技成果的精华。全书分为二篇共十章,从科学性、先进性和实用性角度系统地叙述了分节驳船技术、推船技术、船队的推进与操纵、船队系结技术、船舶结构与强度、机电设备、配套设施和营运组织管理技术等各方面的研究成果。可作为水运和造船专业技术人员的参考读物,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

内河分节驳顶推运输成套技术 / 刘恒茂、陈其华主编.
北京:人民交通出版社,2001.1
ISBN 7-114-03847-X

I. 内… II. ①刘… ②陈… III. 分节顶推船队-内河
运输-技术 IV. U692.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 15725 号

交 通 科 技 丛 书

国家科学技术著作出版基金资助出版

内河分节驳顶推运输

成 套 技 术

刘恒茂 陈其华 主编

责任校对:宿秀英 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张:28.75 字数:715 千

2000 年 12 月 第 1 版

2000 年 12 月 第 1 版 第 1 次印刷 总第 1 次印刷

印数:0001-2500 册 定价:62.00 元

ISBN 7-114-03847-X
U·02790

《内河分节驳顶推运输成套技术》 编委会成员

主 任：程谷华

副 主 任：熊 陶 陈锁祥 周 法 梁一如 周德起

委 员：(以姓氏笔画为序)

王礼和 任万通 刘朴生 刘恒茂 安茂榕 朱业汉
陈顺钰 陈其华 陈 俊 何肇重 周文正 彭晓聪

秘 书 长：刘恒茂

副秘书长：朱业汉 俞筱莉

顾 问：王志远

特邀专家：吴秀恒 李世谟 喻献唤 刘俊民

主 编：刘恒茂 陈其华

本书编写人员

朱业汉:第一章 第一、二节,第二章 第二节,第三章 第一节;

陈其华:第二章 第一、三节,第三章 第二、三节,第四章 第四、五、九节,第七章 第六节,第十章 第一节;

刘恒茂:第四章 第一、二、三节,第七章 第二、三节,第八章 第一、二、三、四、五节,第九章 第一、四节;

任万通:第五章 第一、二、四、五、六、七节;

王礼和:第六章 第一、二、三、五、六、七、九节;

朱剑如:第四章 第六、七、八节;

周 法:第七章 第一、三、四、五节;

王德恂:第五章 第三节,第八章 第六节;

滕淑华:第十章 第二、三、五节;

熊 陶:第五章 第二节;

刘朴生:第五章 第六节;

何肇重:第九章 第五节;

彭晓聪:第十章 第五节;

邱功御:第七章 第四、五节;

聂德耀:第五章 第四节;

余绍明:第七章 第三节;

王家驹:第九章 第三节;

肖芳楠:第九章 第二节;

舒昌芮:第七章 第七节;

尉迟伟君:第六章 第八节;

邓晓云:第十章 第四节;

肖克平:第十章 第六节;

贺德斌:图表制作。

序

“七五”以来是公路、水路交通发展最快的时期。在此期间,交通科技工作紧密结合运输生产、工程建设、技术改造和技术引进中的关键技术问题,通过软科学研究、科技攻关、工业性试验、重大装备开发、引进技术消化吸收、成果推广应用、国际科技合作与交流等多种形式,为公路、水路交通发展提供了相应的技术和装备。近十二年来获交通部科技进步奖的有 754 项,获国家奖励的有 66 项,已批准发布的国家和行业标准共 1000 余项。

在公路交通领域,交通科技工作面向高速公路建设和道路运输的主战场,组织进行了“新型客运汽车技术开发”、“公路运输技术开发”、“高等级公路混凝土路面施工机械及路用材料的研究”、“国道主干线设计集成系统”、“高等级公路路面施工机械引进消化吸收”等一系列重点科技攻关和研究开发项目,对公路交通事业起到了保证、促进和先导的作用。

在水运交通领域,交通科技工作以解决内河航运建设、港口建设、运输方式改革、水上安全管理等关键技术为主攻方向,组织进行了“分节驳顶推技术工业性试验”、“内河航运技术开发”、“河口航道整治技术研究”、“内河航道疏浚设备与疏浚技术开发”、“快速客船关键技术研究”、“深水枢纽港建设关键技术研究及示范工程”、“国际集装箱运输(多式联运)工业性试验”、“国际集装箱运输电子信息传输和运作系统及示范工程”等一批大型研究开发项目,在有些方面还取得了突破性的进展。

各省、自治区、直辖市交通厅局,在当地人民政府领导下,普遍加强了科技管理工作,结合实际情况,认真组织科技攻关和推广应用具有显著效益的成熟技术,保证了公路、水路交通建设和运输生产的迅速发展。交通系统大中型企业(集团)依靠技术进步,创造了许多有效的经验和做法,取得了明显的效益。

为了贯彻邓小平同志“科学技术是第一生产力”的思想,实施科教兴国战略,中心环节是要加大科技成果的应用规模和范围,加速科技成果的产业化进程,积极推进科技成果转化为现实的生产力。人民交通出版社针对近十多年来在公路、水路交通领域所形成的一批先进适用的成套技术,组织有关单位编撰交通科技丛书,这是总结和加强科技成果的推广应用,拓宽技术成果的应用范围,促进交通科技工作与交通建设发展紧密结合的一件有意义的工作。

值此丛书开始陆续出版之际,谨以此序向十多年来为我国交通科技事业的发展,辛勤拼搏的广大科技人员和各级科技管理人员致以诚挚的敬意!丛书的出版得到了人民交通出版社特别是李家本、吴德心、韩敏等同志的大力支持,在此一并表示感谢。

希望本丛书的出版,在进一步推进我国交通科技事业的发展中,起到抛砖引玉的作用。

張叔輝

一九九八年五月

前 言

分节驳顶推船队运输是内河大宗散货运输的先进运输方式,具有载量大、周转快、操纵灵活、施工简单、造价低廉、运输成本低、经济效益高等一系列优点,已为国内外广泛采用,成为内河货运船舶更新换代的发展方向之一。

分节驳船最早起源于我国。早在 2500 年以前,我国就已经使用这种驳船。现今,在我国山东、安徽的内河中仍然使用的“对槽船”就是古老的半分节驳船沿用下来的一种。从本世纪的 40 年代起,美国率先研制使用这种运输方式,并得到了充分发展。其后,前苏联及欧洲的一些国家也于 50 年代相继引进此项技术,并在内河运输中获得了推广应用。1958 年,我国曾针对煤运分节货驳进行过模型试验研究;1974 年,在交通部的领导下,由长江航运管理局、交通部水运科学研究所、长江航运科学研究所、武汉水运工程学院和长江船舶设计院等单位联合组成“分节驳顶推船队研制小组”,在长江开展了我国第一个分节驳顶推船队的研制工作。经过两年多的论证、模型试验和研究设计及实船建造,建成了我国第一个由 1942kW 推船和 1000t 级半分节驳组成的半分节顶推船队,经过多次的航行营运试验,获得了成功。与此同时,在内河的汉江和黑龙江也相继建造了相应的 300t、500t 和 1000t 级半分节驳,从实践上证实了分节驳顶推运输方式的优越性和强大生命力,该项成果于 1978 年获得了全国科学大会奖。其后,我国又从美国引进了四艘大功率的 4414kW 推船并按引进技术建造了 30 艘 2000t 级半分节驳船,在我国长江下游首次运行了 3 万 t 级的半分节驳顶推船队,取得了明显的经济效益。

但在 80 年代以前,长江干线及内河所开展的分节驳顶推营运试验和围绕船队技术所进行的研究试验是有限的,欲以所取得的有限的经验,进行正常的分节驳船队运输和全面推广这种新的运输方式,不论是在技术装备的保证上,还是在科学的营运组织上都远远不能适应。为此,在 1980 年交通部与国家科委签订了《分节驳顶推船队运输成套技术试验研究》专项科技合同,针对分节驳顶推运输在船型、船队的推进与操纵、船队系结技术、船舶结构、配套设施以及营运组织管理等方面存在的问题,进行系列、深入的研究。经过近十年科技攻关,解决了涉及内河推船、驳船、船队等方面的关键技术,全面提高了长江及其他内河分节驳顶推船队运输技术性能,完善了船队的成套技术装备,圆满地完成了合同规定的各项试验研究任务,使我国的分节驳顶推运输成套技术在总体上达到了国际上水运发达国家的技术水平,为其后在我国进一步推广使用此项技术提供了理论依据和实践经验,促进了分节驳顶推运输技术进一步推广与发展。此项成套技术研究成果中的“长江干线部分”获得了交通部科技进步一等奖,还于 1993 年获得了国家科技进步一等奖。内河分节驳顶推船队运输成套技术工业性试验项目于 1991 年获国家计委奖励。

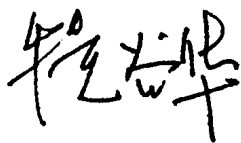
我国的分节驳顶推运输技术之所以发展到今天这样的水平,是我国的科技工作者长期努力、艰辛探索的结果,凝结了数百名科技人员近 20 年的心血。为了把科技成果理论化,使之更具有普遍的指导意义,交通部决定把本书列为“九五”重点出版的科技丛书之一,特组织了有关的专家、学者从科学性、先进性和实用性的角度系统总结成套技术研究的科技成果,并吸收了与分节驳成套技术有关的诸如“大径深比推船技术”、“非整圆导管技术”、“三机三桨技术”等获

得国家级或部级奖励的先进技术的研究成果,编写此书,以飨读者。希望本书能在指导我国内河分节驳顶推运输技术的发展,进一步提高内河货运的经济效益等方面起到积极的推动和促进作用。

经国家科学技术著作出版基金委员会评审,本书被列为 1998 年的国家科学技术著作出版基金资助项目。

长江航务管理局

总工程师

A handwritten signature in black ink, appearing to be '程志华' (Cheng Zhihua), written in a cursive style.

1999 年 9 月 9 日

目 录

第一篇 综 述 篇

第一章 分节驳顶推运输是内河货运的发展方向	(1)
第一节 内河货运方式与驳船队	(1)
第二节 分节驳顶推运输是内河货运技术的重大变革	(5)
第二章 分节驳顶推运输的应用与发展	(7)
第一节 分节驳顶推运输在国外的应用与发展	(7)
第二节 分节驳顶推运输在我国长江的应用与发展	(12)
第三节 分节驳顶推运输在我国其他内河的应用与发展	(14)
第三章 分节驳顶推运输成套技术的研究与发展	(18)
第一节 长江干线部分成套技术的试验研究	(18)
第二节 内河部分成套技术的试验研究	(23)
第三节 分节驳顶推运输的发展方向	(33)
参考文献	(35)

第二篇 船队技术篇

第四章 分节驳船技术	(36)
第一节 概述	(36)
第二节 雪橇型半分节驳船的优化线型	(38)
第三节 长江分节驳的防浪船型	(45)
第四节 其他内河的分节驳船特性	(53)
第五节 分节驳船的结构型式	(57)
第六节 敞口分节驳的扭转强度	(64)
第七节 船体结构局部强度计算	(81)
第八节 敞口型分节驳的舱口盖	(91)
第九节 分节驳船及其船队的系列化、标准化	(96)
参考文献	(101)
第五章 推船技术	(102)
第一节 概述	(102)
第二节 主尺度与线型特征	(105)
第三节 浅吃水大径深比及其有关技术	(111)
第四节 总体设计与设备选型	(125)
第五节 尾部推进、操纵组合体设计技术	(127)
第六节 推船的综合节能技术	(138)

第七节 三机三桨推船技术·····	(144)
参考文献·····	(155)
第六章 主要机电设备·····	(156)
第一节 推船的主机选型与动力装置·····	(156)
第二节 大功率推船的减速齿轮箱·····	(169)
第三节 主推进装置的操纵与遥控系统·····	(181)
第四节 轴系扭转振动及弹性联轴器·····	(196)
第五节 舵机与操舵系统·····	(210)
第六节 机舱监控与自动化技术·····	(230)
第七节 动力装置的节能技术·····	(240)
第八节 尾轴密封装置·····	(251)
第九节 偏航仪及其使用技术·····	(256)
参考文献·····	(264)
第七章 分节驳顶推船队的系结技术·····	(265)
第一节 分节驳顶推船队系结方式·····	(265)
第二节 分节驳顶推船队的系结力·····	(269)
第三节 分节驳顶推船队的操舵系结力计算方法·····	(280)
第四节 分节驳顶推船队波浪系结力的理论预报方法·····	(294)
第五节 分节驳顶推船队的短缆连接装置·····	(303)
第六节 分节驳顶推船队的自动联接装置·····	(319)
第七节 分节驳顶推船队的其他连接装置·····	(326)
第八节 分节驳顶推船队系结力的测试技术及实船试验实例·····	(333)
参考文献·····	(338)
第八章 分节驳顶推船队的快速性·····	(339)
第一节 概述·····	(339)
第二节 雪橇型分节驳(1+1)单元驳组的阻力计算方法·····	(340)
第三节 雪橇型分节驳顶推船队的阻力计算方法·····	(342)
第四节 非成对编组分节驳船队的优化队形·····	(353)
第五节 提高分节驳顶推船队快速性的技术途径·····	(357)
第六节 船模快速性系列试验结果实船预报及可靠性分析·····	(360)
参考文献·····	(377)
第九章 分节驳顶推船队的操纵性·····	(378)
第一节 分节驳顶推船队的操纵性预报方法·····	(378)
第二节 分节驳顶推船队平面尺度与内河航道尺度的关系·····	(390)
第三节 分节驳顶推船队过桥操纵性及仿真计算·····	(397)
第四节 分节驳顶推船队的操纵性衡准·····	(407)
第五节 提高分节驳顶推船队操纵性的技术途径·····	(410)
参考文献·····	(413)
第十章 船队管理技术·····	(414)
第一节 运输系统的构成·····	(414)

第二节 分节驳顶推船队的编队原则..... (416)

第三节 长江分节驳顶推船队的经济性..... (425)

第四节 其他内河分节驳顶推船队的经济性..... (433)

第五节 分节驳顶推船队及锚泊基地的营运管理..... (437)

第六节 提高分节驳顶推船队经济效益的途径..... (443)

参考文献..... (446)

编后语..... (447)

第一篇 综 述 篇

第一章 分节驳顶推运输是内河货运的发展方向

第一节 内河货运方式与驳船队

一、概 述

世界上任何一个文明古国的盛兴历史,无不与其所依托的河流及水运交通有着密切的关系。在几千年的历史进程中,发达的内河航运是中华民族繁荣昌盛不可缺少的重要条件之一,它促进了神州各地炎黄子孙之间的经济交流、人际交往和文化沟通。在中国历史的发展中,我们的祖先以其特有的聪明和智慧,发展了中国的内河航运事业,使内河航运在中华民族的生存和发展中发挥了难以估量的作用。

新中国成立以后,内河航运进入了前所未有的大发展时期。内河航运作为全国综合运输网的一个重要组成部分,在国家的发展和建设中发挥了重要作用。为满足运输生产的需要,全国内河各类运输船舶有很大增长,随着船舶科学技术的进步,我国内河的船舶类型、船舶技术、船队规模等发展迅速。

长江水系历来是我国内河航运最发达的区域,在建国后的 40 多年里,长航干线运输在全国内河航运中占有举足轻重的地位。据 1992 年末的统计资料,长江干线拥有各类运输船舶 2 635 艘、304 万载重吨、67.7 万 kW 主机功率,较建国初期船舶艘数增长 2.87 倍,载重吨增长 17.53 倍,主机功率增长 3.5 倍。1992 年长江干线完成货运量及货运周转量分别为 6 922 万 t 和 444 亿 t·km,较建国初期货运量增长 30.18 倍,货运周转量增长 30.74 倍。整个长江水系 1992 年完成货运量 25 885 万 t,货运周转量 960.9 亿 t·km,多年来均较好的完成了运输任务。在长江干线货物的各种运输方式中,驳船队运输方式是适应大宗散货运输的最佳运输方式。与普通货船运输方式相比,驳船队运输方式由于具有造价低、载货量大、充分适应内河的航道条件和港口装卸条件、提高动力装置和船员的劳动生产率等一系列优点,在我国长江和内河水系的发展十分迅猛。就长江干线而言,1952 年驳船运输所完成货运量,只占长江干线总运量的 22.47%,但经过 30 多年的实践,随着驳船运输的发展,1986 年这一比重已上升到 98.7%,也就是说目前长江干线的货运任务中的绝大部分是由驳船队完成的。据 1986 年末统计,长江干线驳船载重量占总载重量的 92.15%,推船功率占总功率的 51.97%。

随着船舶技术的不断进步,驳船队运输技术也随之不断改进与完善,经济效益也在不断提高。解放后,我国内河的驳船队运输大致经历了绑拖、一列式拖带、普通驳顶推运输和分节驳顶推运输方式等演变发展过程,这四种方式的变革,一直贯穿于长江干线的上、中、下游和其他内河船队的演变之中,促进了内河运输的发展。

二、内河主要货运方式

国内外的内河货运方式主要有货船、驳船队、机动驳和机动驳顶推船组等三种形式,现对这三种方式作简要叙述。

1. 货船运输方式

货船是将载货和动力装置融为一体的水上运输载体,普遍用于沿海和远洋水域的货物运输。对长江和内河而言,由于航道水深较浅,船舶的吃水和型深较小,而又因船体强度方面的要求,船体的长度受到限制,船舶的载重量较海船小得多。就航道条件最好的长江中下游而言,货船的最大载重吨只能达到5 000t左右,枯水季节尚须减载至3 000~4 000t。限于长江港口的设备条件,矿、煤等大宗散货的装卸效率较低,船舶在港口的装卸时间较长,造成了动力装置等固定资产和人员的闲置,影响到船舶周转,经济效益很低。因此,除少量的对时间性要求较强、运价较高或装卸较快的特殊货物采用货船承担运输任务外,一般的大宗散货运输均不采用货船运输。

2. 驳船队运输方式

这是内河货运中普遍采用的运输方式。将货船的动力部分和载货部分分开,形成推船或拖船和驳船两部分,再将若干个驳船编组成驳队,由置于其前方的拖船进行吊拖运输或由置于其后方的推船进行顶推运输而构成驳船队,并将装载的货物运至目的港。

与货船相比,驳船的造价要低得多,配少量船员或无人,驳船队的载货量可达数万吨。推(拖)船与驳船的搭配方式可分为固定搭配和活动搭配两种。使用固定搭配方式的推(拖)船与其配套的驳船始终在一起,船队到港后,推(拖)船在港口等待驳船进行装卸作业,然后再将这些驳船编队推(拖)至另一港口;使用活动搭配方式的推(拖)船与其配套的驳船并不固定,船队到港后,仅将驳队留港解队进行货物装卸,推(拖)船则将另一组已经装卸完毕并完成编组的驳队推(拖)至另一港口。与固定搭配方式相比,推(拖)船的周转较快,可充分发挥推(拖)船的使用效率,在完成相同货运量的情况下,所需推船数量可以减少,故可节省初投资;但对运输管理与调度会提出较高的要求。一般,小型船队的驳船吨位小,在港装卸时间不长,与其配套的推(拖)船功率低,造价不高,投入运量较小的航线或非专线运输时,可采用固定搭配方式;而大型船队从事大宗货物的专线运输,推(拖)船的功率大,造价较驳船高得多,与之配套的驳船吨位大、数量多,在港口的装卸时间很长,如果也采用固定搭配方式,势必影响推(拖)船的周转,故多采用活动搭配方式。

驳船队运输方式不仅用于内河,也逐渐向近海运输发展。由于海上的波浪较高,内河船队上所使用的系结装置不能满足强度要求,故普遍采用一种特殊的刚性联结装置,驳船的尾端也被设计为凹槽形式。编队时,推船的船首插入被推驳船尾端的凹槽内,再通过联结装置将两者联成一体,组成一顶一形式的海上顶推船组。

3. 机动驳和机动驳顶推船组运输方式

机动驳也可称为简易货船。以其结构与设备简单、造价较货船便宜、机动灵活为特点,在小批量货物运输或非固定专线运输航线上得到应用和发展。将机动驳设置于驳船后方与之编

组而成顶推船组,是一种介于货船和驳船队之间的一种运输方式。欧洲国家的内河航道条件较差,不便使用大型顶推船队,比较普遍地使用这种运输方式。我国内河中现行采用的机动驳顶推船组一般为小型的。

三、驳船队运输方式及其演变

1. 驳船队是适合于长江大宗散货运输的最佳形式

运输方式的合理选择直接影响到运输经济性,对任何一种运输方式均不能简单地持一概肯定或一概否定的态度,应根据具体条件作具体分析,合理地选择最为经济的运输方式。合理选择运输方式的最主要条件是:货种、航线运距、航道条件、船舶技术性能和由港口条件决定的货物装卸效率。长江航运科学研究所经过论证计算,给出了反映这些因素影响的[·]不同运输方式的等值曲线族。研究结果表明,对于运距较长、装卸快、价值高的货种(如商品汽车、集装箱)以采用货船(机动驳)或机动驳顶推船组方式比较经济;对于货物批量大、装卸效率低的大宗散货运输以驳船队运输方式最为经济。而且,驳船和船队的载重量越大,经济性也越好。

长江的货运主要为矿、煤、油等大宗散货。多年来的营运实践表明,从初始投资省、运量大、运输效率高的角度来看,驳船队运输方式是最经济的。据 1949 年的不完全统计,在当时的驳船队技术水平并不高的情况下,长江干线中、下游的驳船队的每载重吨只需配备拖船主机功率 0.367kW,而货船运输的每载重吨却需配备主机功率 1.108kW 以上。两者相比,驳船队运输的单位载重量所需主机功率可节省 69.9%。随着内河航运技术的不断进步,内河驳船队技术也不断提高,在长江和全国内河得到了迅速发展,驳船队在长江干线运输船舶保有量与运输效率得到了显著提高。从表 1-1-1 所列的为 1986 年与 1949 年的统计资料对比表中可以清楚地看出,驳船队在长江干线的船舶保有量所占比重得到了显著提高,每载重吨所需的主机功率获得了大幅度下降。

长江干线运输船舶保有量与运输效率比较 表 1-1-1

年 份		载重吨(t)	功率数(kW)	每载重吨需配功率数(kW)
1949 年	总 计	138 951	153 960	1.108
	其中:驳船队	92 358	33 860	0.367
1986 年	总 计	2 435 822	538 787	0.221
	其中:驳船队	2 244 535	280 042	0.125

2. 驳船队运输方式的演变与发展

根据国内外的成功经验,驳船队运输方式大体上经历了四个阶段的演变与发展过程。

1) 绑拖驳船队运输方式

绑拖驳船队运输法是使用最早也是最为简单的一种驳船队运输方法。这种方法的特点是将驳船绑在拖船的一边,用缆绳系紧,直接进行绑拖运输。解放以前,长江船队运输主要运用这种方法。解放以后,我国船员根据河流水文特点,结合技术革新,创造了很多绑拖的队形,使系结更为简单化,并便于运输途中编解驳队。但是,万变不离其宗,“绑”就是它的基本特点,如川江运用的两驳燕子式就是其中之一。

2) 拖带驳船队运输方式

这种方法最大的特点就是拖船在驳船队的前面,相互间用拖带缆绳连接,依靠拖船的牵引力拖带航行。根据水文、气象、航道条件和航向的不同,可将驳船编成各种适宜拖带运输的队

形。上水因为是逆流而上,为了减少船队阻力,一般采用单列式、天平式和筒状式等拖带方式。下水是顺流而下,为了利用水流的作用,大多采用双列式、多列式等拖带方式。拖带驳船队法的船队航速一般在 8km/h 以下,故其单位功率的拖载量达 13t/kW 左右。因为其运量大、成本低,故在长江水系广泛使用。进入 50 年代后,虽然长江推广了顶推运输法,但是在南京以下风浪频繁地区仍然沿用。直到目前,长江下游某些运输单位虽然已采用分节驳顶推运输,但是仍要求推船设有拖钩,以便风浪大时改用拖带运输方式。

与绑拖驳船队运输相比,采用拖带驳船队运输后,提高了驳船队的载货量,拖船单位主机功率拖载量也得到了较大幅度的提高:逆水时一般提高 2~3 倍;顺水时比原来增加 5~6 倍,从而降低了运输成本。可以说,驳船队由绑拖方式向拖带方式的转变促进了生产力的发展。

3) 顶推驳船队运输方式

顶推驳船队运输法是将推船置于驳队的后方,与驳队的尾部直接联接,依靠推船的推力顶推前进。我国的顶推驳船队运输法起步较晚,直到经过 1957 年的顶推队形整顿后才逐渐成为主流。由于当时缺少试验研究条件,主要依靠船员在实践中探索使用并不断改进,根据编队质量要求,创造出多种适应航行条件的队形,收到了缩短编解队时间和减少中途编解次数等良好效果。上水船队主要采用天平式、筒状、梭形、梭形旁挂等顶排队形;下水则采用多列顶推、楔形顶推等队形。当时顶推运输船队航速一般在 10km/h 左右,推船的单位功率推载量在 $5.4\sim 8.2\text{t/kW}$ 左右。这种运输方式由于比一列式拖带法具有队形短、航速快、系结坚实、抗风力强、操纵灵活、掉头方便等优点深受船员欢迎。

顶推运输方式使整个船队阻力比吊拖时要小,同时能提高推(拖)船的推进效率。1956 年,长航武汉分局总结了全年的 849 个顶推船队航次数据表明,驳船队顶推方式比吊拖方式航速提高 20%,单位功率天生产量提高 36%。可以说,驳船队运输方式由拖带向顶推的转变是继推广拖驳运输法后,提高运输效率的又一次飞跃。

4) 分节驳顶推船队运输方式

分节驳顶推船队运输是驳船队顶推运输在驳船船型上的重大变革。以标准化的分节驳取代普通货驳,使之整齐排列编组成矩型平面的分节驳队,并通过推船进行整体顶推运输的一种新型运输方式。分节驳顶推船队运输方式具有阻力小、载量大、投资省、互换性好等诸多优点,是现代内河货运的一种先进运输方式和发展方向。

美国分节驳顶推船队的发展及其所获得经济效益,引起世界内河航运国家的重视。1958 年江西省航运局设计、建造了载量 400t、吃水 1.2m 的木质全分节驳,长 80m,宽 5m,分成四个驳节,首尾线型均用杓型,在赣江颇受欢迎。60 年代初长江干线也曾进行过 2 000t 全分节驳的设计。分节驳顶推运输在我国的真正兴起和发展始于 1974 年。交通部将研制分节驳顶推运输列为重点科研项目,并于 1976 年建成了第一批为适应长江全线而设计的千吨级半分节驳。为了论证分节驳顶推船队的上下水队形、船舶性能、航行技术和系结设备以及分节驳顶推运输对长江上、中、下游各航道的适应性,在 1976 年至 1978 年先后组织了川江中、洪、枯三个水期的 4 驳船队和长江下游的 12 驳船队的航行试验。通过实船航行试验和营运实践证明,长江采用分节驳顶推运输在技术上是成功的,在经济上是有效益的。其后,分节驳顶推运输便在长江及其他内河迅速发展。采用分节驳顶推运输,可降低初投资 18%,节省钢材 12%~15%,减少运输成本 15%,降低燃油消耗率 20% 以上,具有较明显的经济效益。我国在发展分节驳顶推船队运输的过程中采取了自行研制和技术引进的两条腿走路方针,根据我国内河航运的具体条件,研制出适合内河航运需要的分节驳船型系列和推船系列及其配套设备,形成了完整的成