



西江航运堵点分析及对策*

李露露¹, 姚海元^{2,3,4}, 武哲宇², 陈权海¹, 薛天寒²

(1. 广西壮族自治区交通运输厅, 广西南宁 530012; 2. 交通运输部规划研究院, 北京 100028;
3. 综合交通规划数字化实验室, 北京 100028; 4. 天津大学, 天津 300072)

摘要: 目前西江干线通道面临着下游不畅、中游梗阻、上游和支流不通不畅等问题, 对于保障珠江内河水运健康发展带来较大影响。基于广西内河货运量发展特点和相关货运量预测结论, 从航道通过能力角度, 对西江航运干线及主要支流开展堵点分析, 系统分析分区段的航道通过能力计算公式, 并结合实际情况总结西江航运干线及主要支流堵点对应问题, 从改善基础设施条件、提高运行维护管理水平、促进船型优化发展等角度提出对策建议, 为政府部门开展行业管理、提高航运服务能力等提供技术支持。

关键词: 内河航运; 西江干线; 堵点; 航道通过能力

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)07-0018-06

Analysis and solutions on blockage points of Xijiang shipping

LI Lulu¹, YAO Haiyuan^{2,3,4}, WU Zheyu², CHEN Quanhai¹, XUE Tianhan²

(1. Department of Transport, Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530012, China;
2. Transport Planning and Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100028, China;
3. Laboratory for Traffic & Transport Planning Digitalization, Beijing 100028, China; 4. Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: For the moment, Xijiang trunk channel is facing problems on obstruction in the lower reaches, the middle reaches, the upper reaches and branches, which is impeding the healthy development of inland water transportation with the Pearl River. Based on the development characteristics of inland channel freight volume in Guangxi and relevant freight volume prediction conclusions, we conduct a analysis on blockage points of Xijiang shipping trunk channel and its main branches from the perspective of channel throughput capacity, systematically analyze the calculation formula for channel throughput capacity in different sections, and summarize corresponding problems of blockage points in the Xijiang trunk channel and its main branches based on the actual situation. We propose solutions and suggestions from the perspectives of providing better facilities, improving maintenance and operation management, promoting ship-type development, which can provide technical supports to help the governmental departments on having better sector management and improving better shipping services.

Keywords: inland shipping; Xijiang truck channel; blockage point; channel throughput capacity

内河航运具有运能大、成本低、节能、环保等优势, 可节省大量能源消耗、减少环境污染和对生态的破坏, 有利于生态优先、绿色发

展战略的实施, 满足人民群众对美好生活环境日益增长的需求, 响应“碳达峰”、“碳中和”的世界承诺。

收稿日期: 2023-10-29

*基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFE0201200、2021YFB2600700)

作者简介: 李露露(1971—), 女, 硕士, 高级经济师, 从事综合交通规划与管理、水运规划与战略研究。

通讯作者: 姚海元(1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口规划与战略政策、港航大数据研究。

珠江流域由西江、北江、东江及珠江三角洲共4部分组成,流域总面积达45.5万km²,其中西江为珠江水系的干流。西江干线通道是国家高等级航道网布局的“横二”,是仅次于长江干线通道的东西向水运主通道,也是我国现代综合交通运输体系的重要组成部分。西江干线通道包括西江航运干线及主要支流,主要分布在广西壮族自治区境内,是粤港澳大湾区和珠江—西江经济带发展的重要依托。随着西江流域经济发展,西江航运也进入了快速发展的新时期。截至2022年底,广西内河港口年综合通过能力1.26亿t,完成货物吞吐量1.96亿t;通航里程5872km,其中千吨级航道里程达1213km;内河货运量完成3.25亿t。在货运量增长的同时,西江航道滞航、堵航事件屡有发生。2022年9月长洲水利枢纽船闸双向待闸船舶数量一直维持在800~1500艘,远超船闸通过能力,大量船舶滞航;大藤峡水利枢纽船闸自2019年建成运行后,每天待闸船舶数量维持在600艘左右,但船闸过船数仅为80~150艘,船舶待闸滞航严重,造成社会稳定风险。西江黄金水道的运输优势尚未得到充分发挥。因此,研究解决西江航运堵点,打造升级版的西江黄金水道有着深远而重大的意义。

1 发展现状

1.1 基本格局及运输特点

1.1.1 西江干线通道发展现状

西江干线通道,由文山(剥隘)经百色、南宁、肇庆至广州,包括西江航运干线及其主要支流右江、红水河、柳江—黔江等,全长约3700km,作为我国水运主通道的“一横”,是我国现代综合交通运输体系的重要组成部分。近年来,广西内河水运发展和建设成效显著,西江航运干线、右江、红水河、柳江—黔江等高等级航道通航条件大幅改善,西江亿吨级黄金水道基本形成,原规划的“一干三通道”航道网已初步构建,内河水运已成为沿线地区经济社会发展和珠江—西江经济带发展的重要依托。

西江航运干线(广西段)由广西南宁民生码头至梧州界首,全长约570km,是广西内河航道网的主轴,已成为沟通珠江流域上、中、下游地区的水上运输大动脉^[1]。其中西江航运干线南宁民生码头至邕宁枢纽45.7km航道现状为三级,邕宁枢纽至贵港229.4km航道现状为二级,贵港至梧州界首290.5km航道现状为一级。随着西江黄金水道的开发建设,西江航运干线邕宁枢纽2000吨级船闸已建成,西津二线、贵港二线、桂平二线船闸,以及长洲枢纽三线和四线船闸已相继建成^[2],3000吨级船舶可从贵港直达粤港澳大湾区。西江航运干线水运主通道能力得到大幅提升,最大船闸长洲水利枢纽船闸设计货物年单向通过能力达1.3亿t。

右江航道(含郁江上段)位于西江航运干线的上游,自剥隘罗村口界首至南宁民生码头,流经田阳、田东、平果、隆安等地,是珠江水运通达云南的西南水运出海通道的南线通道。右江剥隘罗村口界首至百色澄碧河口70.3km航道现状为等外级及七级,百色澄碧河口至宋村三江口319km航道现状为三级,宋村三江口至南宁民生码头38.6km航道现状为三级。右江规划的百色、那吉、鱼梁、金鸡滩和老口等梯级均已建成,其中那吉、鱼梁、金鸡滩和老口均建成1座1000吨级船闸,百色水利枢纽目前按通航2×500吨级船队兼顾1000吨级单船建设1座通航设施(船闸+升船机)。

南盘江、北盘江在两江口汇合后称红水河,沿黔桂边界东流至曹渡河口进入广西境内,途经乐业、天峨、东兰、大化、忻城、合山、兴宾等地,是珠江水运通达贵州的西南水运出海通道的中线通道。北盘江自蔗香两江口至曹渡河口106.2km航道现状为四级,红水河曹渡河口至来宾桥巩450.2km航道现状为四级,来宾桥巩至石龙三江口99.7km航道现状为五级。红水河规划的龙滩、岩滩、大化、百龙滩、乐滩、桥巩等梯级已全部建成,除龙滩水电站未建设过船设施外,岩滩水电站建有1座250吨级升船机,大化、百龙滩、乐滩、桥巩

等水电站均建有1座500吨级船闸。龙滩水电站1000吨级升船机近期将开工建设。

柳江至黔江航道由都柳江、融江、柳江、黔江等组成,是珠江水运通达贵州的西南水运出海北线通道,自从江省界至桂平三江口,流经三江、融安、融水、柳城、柳州、象州、武宣、桂平等地。都柳江从江省界至老堡口83.4 km 航道现状为等外级;融江老堡口至凤山三江口183.3 km 航道现状为等外级和六级;柳江凤山三江口至柳州新圩29.2 km 航道现状为五级,柳州新圩至红花枢纽72.4 km 航道现状为二级,红花枢纽至石龙三江口101.2 km 航道现状为四级;黔江石龙三江口至桂平三江口124.2 km 航道现状为五级。都柳江在广西境内规划的梅林、洋溪2个梯级尚未建设。融江规划的麻石、浮石、古顶、大埔4个梯级已全部建成,麻石水电站建有1座50吨级船闸,浮石、古顶、大埔等水电站均建有1座100吨级船闸。柳江规划的红花梯级已建成,建有1座1000吨级船闸、1座2000吨级船闸。黔江规划的大藤峡梯级已建成,建有1座3000吨级船闸。

1.1.2 运输特点

1) 增长速度快。据统计,2010—2022年广西内河港口货物吞吐量年均增长达到9.4%,维持了高速增长态势。

2) 港口货物吞吐量高度集中,贵港港和梧州港的合计吞吐量全区占比在2022年达到78%,原因主要是随着西江干线航道条件的改善,在干线船舶的大型化趋势下,以往干支相通的情况难以为继,支线航道等级过低的通航建筑物阻碍了干支线之间的联系;同时,支线航道碍航设施长期得不到恢复,沿线港口逐渐萎缩。

3) 大宗散货类港口吞吐量快速增长。近10年来广西内河港口矿建材料、水泥、非金属矿石、煤炭等大宗散货类吞吐量快速增长,四大货类合计占比已高达总量的85%。主要原因是西江航运干线及主要支流沿线矿产资源丰富,已查明资源储量的矿产125种,约占全国77%。根据各地资源禀赋情况,广西重点打造桂西南锰资源产业基

地、铝土矿资源产业基地、河池锡锑钨多金属资源茶叶基地、贺州稀土资源产业基地、贺州—来宾—百色—河池碳酸钙资源产业基地等适水运输产业。

1.2 存在问题

1.2.1 下游“不畅”

西江干线通道的“通”与“畅”对于珠江内河水路运输的“稳”与“增”来说至关重要,但西江航道建设发展存在诸多问题。

西江航运干线广西段下游长洲枢纽船闸通过能力不适应过闸需求,枯水期坝下航道通航水深不足^[3]。长洲枢纽已建的一线船闸为2000吨级、二线船闸为1000吨级、三四线船闸均为3000吨级,合计年设计通过能力(单向)为1.36亿t,2020—2022年长洲枢纽过闸货运量分别为1.51亿、1.52亿、1.55亿t,过坝运量均已超设计通过能力。长洲坝下航道设计水深3.5 m,2021年由于遭遇60 a一遇大面积气象干旱等因素导致上游来水量减少,低于设计最低通航水深的时间长达157 d。

1.2.2 中游“梗阻”

中游河道大部分已经渠化,除库尾或局部滩段存在枯水期通航水深不足外,其余河段通航条件均较好。但中游河段部分枢纽船闸通过能力不足,无法适应船舶的通航要求,其中最严重的为黔江大藤峡枢纽船闸。大藤峡枢纽已建一线3000吨级船闸,设计年通过能力5189万t。近年由于环保整治等原因,广东关停了约2/3的建筑碎石场和采砂点,来宾市的建筑石料成了重要货源。2020、2021年来宾市非金属矿石开采量分别达到5575万、6224万t,其中60%~70%销往珠三角地区。受市场运价影响,水路运输需求大幅增加,但由于大藤峡枢纽船闸投入运营后通过能力不足、船闸运行耗时过长等原因,大藤峡枢纽船闸堵船现象时有发生^[4]。随着来宾至桂平2000吨级航道、柳江柳州至石龙三江口二级航道工程相继建成,航道通航条件得到改善,来宾港一批新建码头陆续建成投入使用,预计船闸运行压力将持续加大。

1.2.3 上游和支流“不通不畅”

由于部分梯级未同步建设通航建筑物导致断航,如红水河上游龙滩水电站、右江上游百色枢纽未同步建设通航设施,断航达20多年;另一原因为通航规模小、标准低,不适应新发展需要,如红水河上游岩滩水电枢纽升船机为250 t,未达到现航道500吨级标准,柳江上游的麻石、浮石、古顶、大埔等水电站的船闸规模仅为100吨级,与规划1000吨级标准差距大。

船闸碍航问题使广西内河水运通道整体成网、纵深通达的天然优势未能得到有效发挥,严重制约了广西水运的发展。

2 发展趋势分析及货运量预测

西江干线通道条件优良,干线港口贵港港、梧州港、南宁港的货物吞吐量占全区比重达到90%以上;尽管柳州、来宾、百色、贺州等有大量的物资进出需求,但受限於航道、通航建筑物等条件,港口发展规模偏小。未来广西港口货物吞吐量预测的原则是以规划航道等级逐步提升和枢纽能级提升等为基础,充分考虑各地经济产业发展的原材料调入及产品调出水运需求。

根据相关资料,综合预测2035和2050年广西内河港口吞吐量分别为4.15亿和5.85亿t,2035和2050年广西内河货物运输量分别为3.7亿和5.0亿t。

通过对全区内河货运量分析,广西内河货运量呈现出的特点为:1) 货运量与通航条件密切相关,航道条件成为制约广西内河货运量增长的瓶颈。广东省的资源深加工和劳动力密集产业逐步向航道条件优越的西江航运干线转移,致使内河水运量主要集中在西江航运干线上。西江航运干线的货运量占全区内河货运量的比例接近90%。柳黔江航道多年未整治使得物流成本大幅增加,导致柳钢等企业必须进行“产业转移”。来宾港约80%的吞吐量发生在通航条件较好的黔江下游武宣港区。贺州市货运量规模达到超5000万t,其中内河水运规模仅为总量的1%左右。2) 货运量

以通过型为主,区间运量较少。据统计,2020—2022年长洲枢纽过闸货运量分别为1.51亿、1.52亿、1.55亿t,约占广西内河货运量的80%。可见广西内河货运量以资源输出、能源输入的通过型运量为主,区间运量规模不大。

3 堵点分析

3.1 航道通过能力

航道通过能力的内容应包括:该航道的等级和标准、所通航船舶的规模和尺度、全年可通航时间、通过船舶数量、载重吨等。通过能力应是上述各因素在一定时空条件下的综合反映。本文中航道通过能力是指一年内某一区段的航道能通过的最大货运量。

关于航道通过能力(双向)的计算,目前尚无统一的公式,通常采用波兰公式、德国公式等^[5-7]。

3.1.1 波兰公式

航道通过能力计算的波兰公式为:

$$c = \frac{pvt}{D} \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \quad (1)$$

式中: c 为航道通过能力,万t; p 为通航段内最大船舶(队)吨位,取不同等级航道对应的标准船舶载重吨,万t; v 为不同航速,航行时速取10 km/h; t 为全年航行时间,取航行率为60%,营运率为90%,则 t 取4730 h; D 为两艘前进船舶最小安全距离,取0.4 km; α_1 为船只密度增大时,航行阻力增加引起的运量折减系数,取0.8; α_2 为港口工作不规则,影响运量折减系数,取0.6; α_3 为变吃水使船只减载系数,取0.8; α_4 为船队及航行交叉避让使船舶减速迟缓的影响系数,取0.8。

3.1.2 德国公式

航道通过能力计算的德国公式为:

$$W_w = PMNt \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \quad (2)$$

式中: W_w 为航道通过能力,万t; P 为标准船舶载重吨,万t; M 为单位时间内通过的船队数量,其值为 $D_0 v$,其中 D_0 为运输密度,一般取2艘/km, v 为船队速度,km/h; N 为上、下行载重利用系数之和。

3.1.3 航道通过能力取值

按上述公式进行计算，同时参考航道现状通航情况，航道通航能力取值见表1。

表1 航道通过能力取值

航道等级	通过能力/万 t		
	波兰公式	德国公式	综合取值
一级航道(5 000 吨级)	18 163	16 347	17 000
一级航道(3 000 吨级)	10 898	9 808	10 000
二级航道(2 000 吨级)	7 265	6 539	6 900
三级航道(1 000 吨级)	3 633	3 269	3 400
四级航道(500 吨级)	1 816	1 635	1 700
五级航道(300 吨级)	1 090	981	1 000
六级航道(100 吨级)	363	327	340
七级航道(50 吨级)	182	163	170

3.2 航运堵点分析

根据 3.1 节计算结果，一级航道(5 000 吨级)通过能力约 17 000 万 t，单座 5 000 吨级船闸通过能力 8 000 万~9 000 万 t；一级航道(3 000 吨级)通过能力约 10 000 万 t，单座 3 000 吨级船闸通过能力 3 500 万~4 000 万 t；其余等级航道的通过能力均大于相同等级通航建筑物的通过能力。除长洲船闸群外，一般航段的通航能力由通航建筑物控制，因此通常在通航建筑物位置容易形成堵点。但由于上游来水流量不足导致航道无法满足设计水深，局部航段无法全天候正常通航，航道能力也无法充分发挥，此时也会因航道通过能力不足形成堵点。

西江航运干线货运量及通过能力见表 2。长洲枢纽上游段航道的通过能力大于通航建筑物的通过能力，且可满足现状及 2035 年货运量通过需求。但本航段除邕宁船闸基本满足 2035 年货运量通过需求外，其他船闸均无法满足，尤其是桂平船闸现状货运量已超出了其设计通过能力。

长洲坝下段 3 000 吨级航道建成前，航道通过能力已严重不足，是当时长洲船闸拥堵的主要因素之一。该航道建成后，基本满足现状货运量通过需求，但预计也无法满足 2035 年货运量通过需求。长洲船闸的设计通过能力略大于现状的货运量，但由于枢纽下游水位下切后，一、二线船闸门槛水深部分时段无法达到设计水深，导致船闸

无法达到其设计通过能力。根据预测，长洲一至四线船闸无法满足 2035 年货运量通过需求，因此五线船闸的建设是必要且迫切的。

表2 西江航运干线货运量及通过能力对比

航段	2021 年 货运量/万 t	预测 2035 年 货运量/万 t	现状通过 能力/万 t
三级航道	-	-	3 400
邕宁船闸	1 244	3 200	3 180
二级航道	-	-	6 900
西津船闸	1 033	5 000	3 210 (二线船闸)
二级航道	-	-	6 900
贵港船闸	2 415	6 000	4 150
3 000 吨级航道	-	-	10 000
桂平船闸	5 435	8 000	4 200
3 000 吨级航道	-	-	10 000
长洲船闸	11 856	18 000	13 654
在建 3 000 吨级航道	-	-	3 450
界首	-	18 500	-

4 对策研究

针对上述西江航运干线面临着下游不畅、中游梗阻、上游和支流不通不畅等问题，经分析得出解决堵点问题的本质是提高航道断面通过能力。决定航道网络通过能力大小的因素包括：航道及通航建筑物的通航条件、年通航时间、船闸运行时间、平均航速、单船载重吨、船舶装载系数、到达不平衡系数以及运输组织管理状况等。因此，相应优化措施和对策主要包括以下方面。

4.1 改善基础设施条件的工程措施

随着货运量增长，航道的实际通过量也随之增加，在通过能力饱和后，必然需要通过采取工程措施改善航道或船闸的通航条件，提升通过能力，以满足和促进水运发展。

1) 通过航道整治、渠化、船闸改扩建等方式，改善航道通航条件和船闸通过能力。近中期应集中攻坚，全面建设骨干航道网络，打造升级版黄金水道，打通西江干线通道航运堵点，同时避免新的堵点，主要包括：加快推进西江航运干线升级扩能，重点建设长洲水利枢纽五线船闸；加强都柳江—柳黔江通道建设，重点建设大藤峡水利枢纽二、三线船闸，开展麻石、浮石、大埔、

古顶等船闸扩能改造;继续推进右江、红水河航道枢纽通航建筑物新建或扩能,重点建设百色水利枢纽通航设施、龙滩水电站1 000吨级升船机等;加快建成平陆运河工程,减轻西江航运干线船舶拥堵压力。

2) 通过采取工程措施提高现有船闸通过能力。例如,提升航标配布类别,为船舶实现夜航、提高周转率提供条件;在船闸口门附近增加候闸锚泊基地,减少候闸时间;研发、增配计算机辅助决策系统,实现船舶过闸人机配合排序、排挡作业,提高闸室利用率。

4.2 改善运行条件的维护管理措施

4.2.1 加强航道养护管理

包括水深维护、航标维护、通航建筑物维修保养等,确保通航条件满足通航要求。

4.2.2 改善运输组织管理

1) 加强水运企业、港口、航道、海事部门等单位的协调,尽可能实现有序和均衡的客货运输。

2) 加强调度管理,尤其是重点河段关键时刻的现场调度,有效疏导,防止拥堵。

3) 加强监督管理,制止违章航行,防止船舶枯水期超载搁浅而碍航。

4) 建立可顺利沟通船舶、港口、航道、海事等部门的信息网,为实现实时调度指挥提供条件。

4.3 促进船舶向标准化发展的措施

1) 贯彻执行有关船型系列标准,新造船舶的吨级和尺度与航区的航道等级基本相适应。如西江航运干线上航行的船舶鼓励发展2 000~3 000吨级船舶;柳江—黔江鼓励发展1 500~2 000吨级船舶。

2) 在较高等级的航道、船闸范围内,通过船舶检验、营运发证等环节,逐步淘汰老旧的小型船舶,提高航道和通航设施的通航效率。

4.4 优化管理措施

1) 优化船闸调度运行方式,提高船闸通航效率。

协调船闸管理单位、西江船闸调度中心进一步优化船闸运行调度方式,科学调度船舶过闸,

减少船舶待泊及过闸时间,提高船闸通航效率,实现更多船舶过闸,缓解待闸压力。

2) 细化通航管理措施,保障通航安全。根据实际水情和航道通航条件,细化船舶出港过闸管理措施,指导船舶合理装载出港;优化航道工程施工及通航保障方案,改善通航条件,缓解施工与通航的矛盾,提高航道通航效率。

3) 加强现场执法监督,规范通航秩序。加强船闸运行监管,督促船闸运行管理单位严格执行各项过闸管理规定;加强船舶出港监管,杜绝超限吃水船舶出港,避免发生船舶搁浅事故造成碍航、断航事件;加强航道工程施工监管,依法查处违规施工行为。

4) 强化部门之间协调,提高应急处置能力。充分发挥广西内河船闸通航突发事件应急协调工作机制作用,加强广西内河船闸通航突发事件应急协调工作和应急处置能力,强化水利、应急、海事、电力、气象、枢纽各部门间的沟通协调和信息共享,推动内河船闸通航突发事件应急协调工作制度化 and 程序化,及时处理通航突发事件,避免大规模船舶滞航事件发生,保障广西内河船闸通航安全畅通。

5 结语

1) 西江干线通道作为我国水运主通道的重要“一横”,对于区域水运发展至关重要。近年来,西江干线通道堵点问题越来越受到各方重视,未来航道通过能力需要给予长期关注和专项研究。

2) 建议未来重点从3方面拓展深化研究:①利用仿真建模等技术手段,通过模型计算,进一步深化航道通过能力和服务水平研究;优化码头、锚地、船闸、航道调度规则,提高通航效率。②加强内河航道与通航设施项目前期储备研究,提高研究的前瞻性和系统性,超前布局、适时建设,提高航道和通航设施的通过能力,满足航运需求。③优化管理,包括调度方式、监管方式、联动机制等,及时发现问题、局部突破,统筹全局、协同推动西江航运干线持续健康发展。

(下转第41页)