

· 西部陆海新通道——平陆运河工程建设专栏(13) ·



平陆运河过河建筑物通航净空尺度研究*

杨 勇, 杜沛霖, 吴志龙, 高成岩

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 如何科学合理地确定过河建筑物通航净空尺度, 特别是工程沿线桥梁通航净空尺度标准, 是高等级人工运河建设中亟待破解的普遍性和关键性问题, 在项目前期对其开展多要素、多维度论证研究是十分必要的。针对平陆运河工程沿线过河建筑物通航净空尺度的标准问题, 在平陆运河前期专题研究论证过程中, 从航道规划、通航标准、航道性质、桥梁现状以及沟通流域船型和桥梁通航净空尺度等方面, 结合设计代表船型对平陆运河工程沿线桥梁通航净空尺度进行研究。结果表明, 平陆运河工程沿线桥梁采用单孔双向通航, 通航孔一孔跨过通航水域, 通航净高尺度不得小于 18 m。研究成果可为高等级人工水道建设提供借鉴。

关键词: 平陆运河; 高等级航道; 通航净空; 桥梁

中图分类号: U651.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)09-0001-06

Study on navigation clearance dimensions of cross-river structures along Pinglu Canal

YANG Yong, DU Peilin, WU Zhilong, GAO Chengyan

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: How to scientifically and reasonably determine the navigation clearance dimensions for river-crossing structures, particularly the navigation clearance standards for bridges along the project route, which is an universal and critical issue that needs to be urgently resolved in the construction of high-class artificial canals. It is essential to conduct multi-factor, multi-dimensional research on it during the project's preliminary phase. Regarding the navigation clearance standards for river-crossing structures along the Pinglu Canal project, the preliminary thematic research and demonstration process involves an in-depth study of the navigation clearance dimensions for bridges along the canal. The study is conducted from the aspects of waterway planning, navigation standards, waterway characteristics, existing bridge conditions, vessel types in the connected basins, and bridge navigation clearance dimensions, combined with design representative vessel types. The results show that that bridges along the Pinglu Canal project should adopt a single-span two-way navigation design, with the navigation span crossing the navigable waterway in a single leap. The navigation clearance height shall not be less than 18 m. The research results can provide reference for the construction of high-class artificial waterways.

Keywords: Pinglu Canal; high-class waterway; navigation clearance; bridge

水运“十四五”发展规划明确稳步推进运河联动工程前期论证和建设; 继续推进引江济淮航运工程建设; 加快推进西部陆海新通道(平陆)运河工程前期论证及建设; 研究推进京杭运河黄河以

北段复航和津保航线论证; 开展湘桂、赣粤运河前期重点问题研究论证。

过河建筑物中, 桥梁对航道的影响最大, 桥梁的通航净空尺度和通航孔的布设直接影响航道

收稿日期: 2025-01-05

***基金项目:** 国家重点研发计划课题(2023YFB2604704); 中交水运规划设计院有限公司“揭榜挂帅”科技攻关项目(YNKY00000172)

作者简介: 杨勇 (1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港航工程和代部咨询相关工作。

通航能力和航行安全。桥梁通航净空尺度标准对航道的发展和船舶的航行会带来深远的影响,且桥梁建设耗资巨大,对城镇建设和交通路网影响大,如何科学合理地确定桥梁通航净空尺度,涉及航道发展规划技术等级、通航标准、航道属性、桥梁现状、设计代表船型等因素,是高等级人工航道建设亟待破解、关键性技术问题。

目前,对于大型人工运河,特别是 3 000 吨级及其以上内河航道的桥梁通航净空尺度,国内研究还处于起步阶段,现行规范无明确规定。本文以平陆运河工程沿线桥梁建设为例,根据航道规划、通航标准和设计代表船型,结合西江干线和钦州港域现状和发展趋势,合理确定工程沿线桥梁通航净空尺度。

1 平陆运河工程概况

平陆运河始于西江干流西津库区南宁横州市平塘江口,跨沙坪河与钦江支流旧州江分水岭,经钦州市灵山县陆屋镇沿钦江干流南下进入北部湾钦州港海域,全长约 134.22 km,是一条通江达海的水运通道^[1-5]。

平陆运河总体线路划分为沙坪河段、分水岭段、钦江干流段、钦州城区段和入海口近海段 5 个区段,按内河 I 级航道标准建设,可通航 5 000 吨级船舶,从上游至下游建设马道、企石、青年 3 个梯级枢纽,各枢纽一次性建成双线 5 000 吨级船闸,总体布置见图 1。

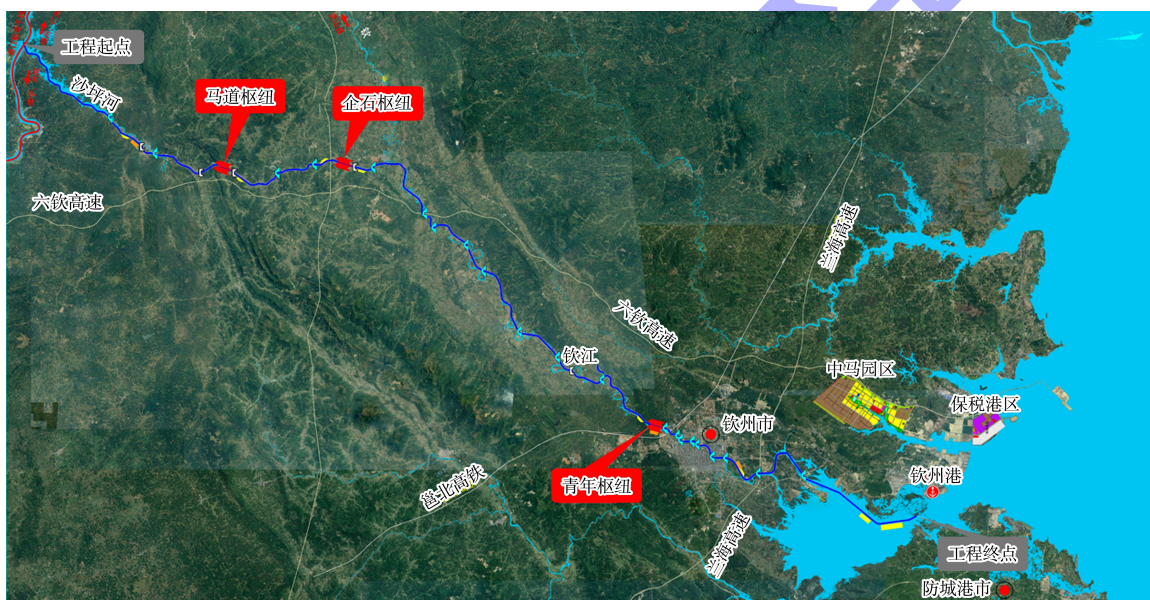


图 1 平陆运河总体布置

Fig. 1 General layout of Pinglu Canal

2 航道发展规划技术等级及设计代表船型

根据平陆运河航道规划和建设方案,平陆运河航道通航技术等级规划为内河 I 级,兼顾通航 5 000 吨级内河船舶,并预留远期发展建设条件^[6-7]。

通航代表船队、船型对桥梁的通航净空尺度起决定性作用^[8],合理选取代表船队、船型对于确定桥梁净空尺度十分重要。代表船队、船型的选择应参照拟建桥梁所在流域船舶通航实际状况、

船型规划情况及港口规划和航道发展规划等因素综合选取。

根据平陆运河航道规划和平陆运河通航技术标准与通航船型专题研究,散货船、集装箱船将成为平陆运河的主力运输船型,运营组织模式基本为机动单船,通航船型为 1 000~5 000 吨级,随着运输需求的不断增加,通航条件的不断改善,船舶将进一步向大型化发展,设计代表船型主尺度见表 1。

表 1 平陆运河代表船型主尺度系列

Tab. 1 Principal dimensions series of representative ship types for Pinglu Canal

船型	吨级	总长/ m	总宽/ m	满载 吃水/m	水线以上 高度/m
散货船	1 000 t	45.0~50.0	10.8~11.0	2.6~3.0	11.0
	2 000 t	68.0~74.0	13.8~14.0	2.8~3.5	11.0
	3 000 t	74.0~80.0	15.5~15.8	3.4~3.8	15.4
		86.0~90.0	15.5~15.8	3.2~3.5	15.0
	5 000 t	86.0~90.0	15.5~15.8	4.8~5.0	15.8
集装箱船	70 TEU	54.0~60.0	10.8~11.0	2.4~3.0	11.0
	160 TEU	68.0~74.0	13.8~14.0	3.0~3.4	11.0
	200 TEU	68.0~74.0	15.5~15.8	4.2~4.8	15.4
	250 TEU	86.0~90.0	15.5~15.8	4.6~4.8	15.8

3 航道性质

根据建设方案,平陆运河涉及库区航道、人工开挖航道、天然径流渠化航道,感潮河段、近海航道以及枢纽上下游航道等多种航道种类,工程沿线典型航道断面和主尺度见图 2。

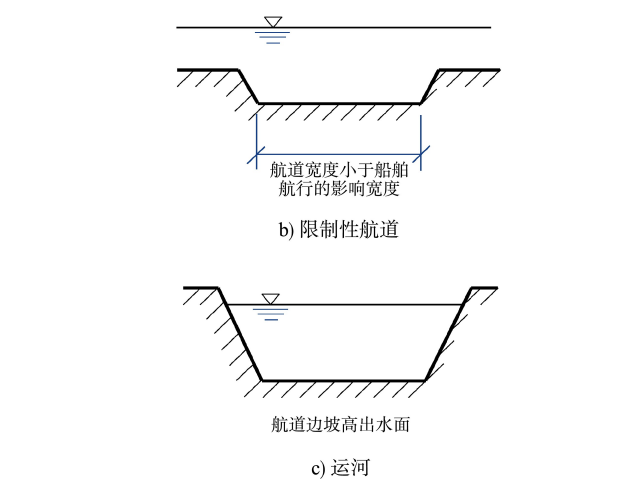
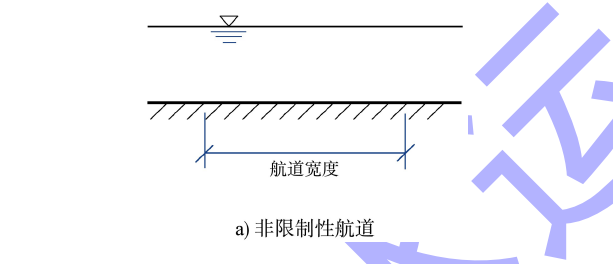


图 2 航道断面
Fig. 2 Channel cross-sections

根据现行规范,平陆运河无法用现有规范中的单一航道属性进行定义和设计,根据航道设计参数,结合地质、航道尺度和边坡设计情况,借鉴国内相关研究成果和设计经验,除近海段航道外,其他航段断面系数为 7~9,航道性质为限制性航道。根据沿线地形条件、河道特点、线路选择及梯级布置方案,可将全线航道分为 2 段:沙坪河河口—沙井按内河限制性航道设计;沙井—钦州港为入海口近海段航道,按沿海航道设计。各段航道主尺度见表 2。

表 2 平陆运河各航段航道主尺度

Tab. 2 Principal channel dimensions for each reach of Pinglu Canal

航道名称	航道起讫点	里程/ km	航道尺度/m			备注
			水深	宽度	最小弯曲半径	
沙坪河段	平塘江口—沙坪镇	20.7	6.3	80	360	库区河道
分水岭段	沙坪镇—企石枢纽—陆屋镇	29.3	6.3	80	360	人工开挖
钦江干流段	陆屋镇—青年枢纽	48.5	6.3	80	360	天然径流渠化
钦州城区段	青年枢纽—沙井	21.4	6.3	90	450	感潮河段
入海口近海段	沙井—钦州港	14.3	6.5	130	540	近海航道

4 桥梁建设方案

根据平陆运河建设方案,工程沿线影响及邻近范围共有跨河桥梁 18 座。其中 1 座桥梁的通航尺度基本满足要求,对桥梁基础进行加固保护后,予以保留;2 座桥梁的通航尺度满足设计净空尺度要求,可直接利用;另外 15 座跨河桥梁因不满足

通航尺度要求,需进行改建;同时,运河线路穿越需要拆除 11 处道路,为了连通道路和恢复运河两侧交通,需新建桥梁 13 座。平陆运河新建、改建、防护、复核桥梁共计 29 座。工程沿线现状桥梁方案见表 3。

表 3 平陆运河现有桥梁情况
Tab. 3 Existing bridges along Pinglu Canal

编号	桥梁名称	桥梁 类型	建成 年份	原桥梁跨径/m	结构形式	通航 净高/m	航道内 跨径/m	处置 方案
1	横州市新福镇三阳桥	公路桥	1990	2×80	上承式拱桥	—	—	改建
2	沙坪河大桥	公路桥	2006	45+75+45	变截面连续箱梁	8.17	75	改建
3	大浦高速平陆运河特大桥	公路桥	2020	125+200+125	连续刚构	27.12	200	保留
4	六钦高速钦江特大桥	公路桥	2013	252	中承式系杆拱	22.40	252	保留
5	清塘镇那路村大桥	公路桥	2000	8×16	空心板桥	—	—	改建
6	平吉镇三冬村跨江桥	公路桥	1984	3×3+3×35+3×3	双曲拱	—	—	改建
7	钦南区相思大桥	公路桥	2008	8×16	空心板桥	6.57	16	改建
8	丁屋村大桥	公路桥	2000	7×16	空心板桥	3.11	16	改建
9	G325 广南线钦江大桥	公路桥	1989	20+100+2×20	箱拱	—	—	改建
10	北环路跨江桥(钦江五桥)	城市桥	2014	80+135+80	连续箱梁+PC 预制小箱梁	11.79	30	改建
11	永福大桥(钦江二桥)	城市桥	1998	5×16+3×60+9×16	桁式组合拱+空心板	9.83	60	改建
12	子材大桥(钦江四桥)	城市桥	2011	65+158+65	自锚式悬索桥+PC 预制小箱梁	12.69	158	改建
13	南珠大街跨江桥(钦江一桥)	城市桥	1961	5×27	石拱桥	1.02	27	改建
14	金海湾大桥(钦江三桥)	城市桥	2007	11×25+55+98+55+9×2	连续刚构+T 梁	10.24	98	改建
15	兰海高速 G75 钦江大桥	公路桥	1997	7×40	连续 T 梁	8.38	40	改建
16	沙井钦江大桥	公路桥	2010	2×30+80+130+80+2×30	变截面连续梁+T 梁	8.86	130	改建
17	钦江双线特大桥	铁路桥	2013	2×1 288	下承式钢管拱系杆拱桥	22.29	128	保留
18	钦北线铁路桥	铁路桥	1995	7×32	简支 T 梁	9.54	32	改建

5 通航净空尺度

5.1 设计通航净宽

根据 GB 50139—2014《内河通航标准》^[9]第 5.2.1 条规定,水上过河建筑物的布置不得影响和限制航道的通过能力,通航孔的布置应满足过河建筑物所在河段双向通航的要求。在水运繁忙的宽阔河流上,通航孔的布置应满足多线通航要

求。在限制性航道上,应采取一孔跨过通航水域。

根据平陆运河运量预测,工程河段未来航运繁忙,为确保船舶通航安全,且不限制今后航运发展,平陆运河桥梁均采用单孔双向通航,除入海口近海段外,其他桥梁均采用一孔跨过通航水域。不同类型航道通航净空宽度见图 3。

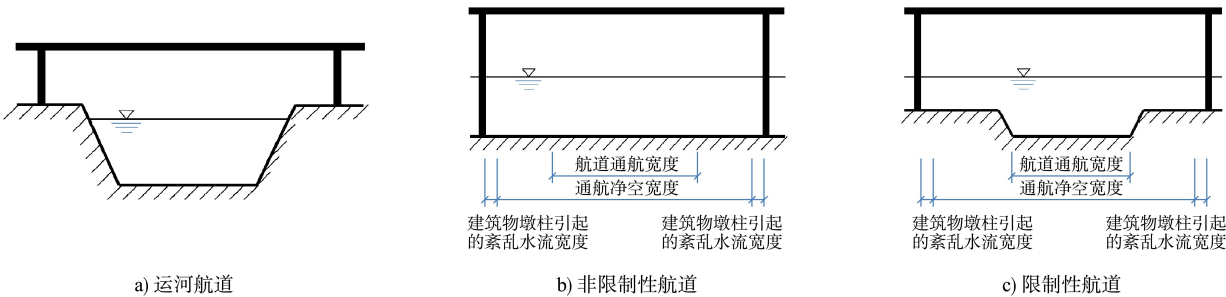


图 3 通航净空

Fig. 3 Navigation clearance

对于内河航道等级为 I 级的限制性航道,需要一孔跨过通航水域,GB 50139—2014《内河通航标准》和 JTS-2—2011《运河通航标准》^[10]对其通航

最小通航净空未作明确规定。II 级及以下限制性航道最小通航净空尺度见表 4。

表4 限制性航道过河建筑物通航净空尺度
Tab. 4 Navigation clearance dimensions for river-crossing structures in restricted channels

航道等级	代表船舶、船队	净高/m	航道底宽/m	双向通航孔/m		
				净宽	上底宽	侧高
II	2排1列	10.0	60	70	52	6.0
III	2排1列	10.0	45	60	45	6.0

参照 GB 50139—2014《内河通航标准》附录 C 天然和渠化河流水上过河建筑物通航净宽的计算方法,根据西江航道现状和规划尺度,限制性 I 级航道的最小通航净空为:

$$B_{\text{双}} = 2B_F + b + \Delta B_m + P_d + P_u \quad (1)$$

$$B_F = B_s + L \sin \beta \quad (2)$$

式中: B_F 为船舶或船队航迹带宽度; ΔB_m 为船舶或船队与两侧桥墩间的富余宽度, I~V 级航道可取 0.6 倍航迹带宽度; P_d 、 P_u 分别为下行、上行船舶或船队偏航距,结合天然和渠化河流各级流速下船舶下行偏航距以及限制性航道净空尺度综合考虑,合计取 20 m; $B_{\text{双}}$ 为单孔双向通航净宽, m; b 为上下行船舶或船队会船时的安全距离,可取船舶或船队宽度; B_s 为船舶或船队宽度,取 15.8 m; L 为顶推船队或货船长度,取 90 m; β 为船舶或船队航行漂角, I~V 级航道取 6° 。

经计算,平陆运河沙坪河河口—沙井沿线桥梁最小通航净空宽度为 102 m。

平陆运河沙井—钦州港段沿线桥梁最小通航净空宽度根据 JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》^[11]第 6.4.2 条规定确定。

$$B = KW \quad (3)$$

式中: B 为跨越航道建筑物、构筑物通航净空宽度; K 为扩大系数,非限制性和限制性航道可取 1.5~1.8, 10 万吨级以上大型船舶取大值,掩护条件良好的水域取小值,风浪较大的开敞水域取大值; W 为双向航道通航宽度。

根据西部陆海新通道(平陆)运河建设方案,拟改建沙建钦江大桥所在航段航道设计宽度为 105 m,工程海域掩护条件较好,拟改建沙井钦江大桥通航净空不小于 157.5 m。

根据 GB 50139—2014《内河通航标准》,通航水域是指一定的通航条件下(设计最高通航水位)

可供船舶航行的水域,主要包括:现状条件下的航道水域;考虑到航道变迁与调整,可能布置为航道的水域;为满足航运发展需求,可能需要利用开辟为航道的水域。根据平陆运河航道特点,结合设计船型,通航水域范围取最高通航水位下水深大于 1.2 m 的水域(按 VII 级限制性航道船舶吃水考虑),并结合桥区通航环境综合确定通航水域范围。

5.2 设计通航净高

对于内河航道等级为 I 级的限制性航道, GB 50139—2014《内河通航标准》和 JTS-2—2011《运河通航标准》对其通航净高未作明确规定。鉴于西部陆海新通道(平陆)运河为直接沟通西江和钦江水系,进入北部湾钦州港的出海水运通道,西江流域跨越四省(区),通航标准应具前瞻性,统筹考虑全流域的航道发展和建设需要。西江航运干线自界首以下 205 km 河段不受船闸通航限制,与珠江三角洲高等级航道联通。因此,平陆运河通航净空尺度需要考虑西江干线船舶和以及远期船型通航需求,本工程沿线桥梁最小通航净空高度应根据沟通水系间的最小通航净高统筹考虑。

西江航运干线南宁宋村三江口—思贤窖全长 813.8 km,通航净高现状为:南宁宋村三江口—邕宁五合大桥长 84.5 km,现状航道等级为 III 级,航道发展规划技术等级为 II 级,在设计最高通航水位(20 a 一遇洪水位)情况下,桥梁最小通航净高为 10 m;邕宁五合大桥下游—梧州界首长 524.3 km,现状航道等级为 II 级,邕宁五合大桥下游—梧州界首规划航道等级为 I 级,目前贵港—梧州段 3 000 吨级航道整治工程正在实施,在设计最高通航水位(20 a 一遇洪水位)情况下,桥梁最小通航净高为 18 m;梧州界首—思贤窖长 205 km,现状航道等级为 I 级,梧州界首以下河段的桥梁净高以 18 m 控制,肇庆以下的桥梁净高按 22 m 控制(通航 3 000 吨级海轮)。

根据平陆运河桥梁建设方案,平陆运河工程沿线现状共有 18 座跨河桥梁,梯级建成渠化后,通航净高在 13 m 以下的共 15 座,13~18 m 的共 0 座,18 m 以上的共 3 座。

鉴于平陆运河路径沿线现状和航道建设特点,结合西江流域航道桥梁通航净空情况,根据 GB 50139—

2014《内河通航标准》和 JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》的相关要求以及沿线路网和桥梁接岸条件,结合《西部陆海新通道(平陆)运河通航标准与通航船型研究》的专题研究结论,推荐规划船型空载水线以上高度为 15.8 m。根据 JTS 180-3—2018《海轮航道通航标准》的相关要求,西部陆海新通道(平陆)运河海区桥梁最小通航净高不小于 17.8 m,本工程拟建桥梁通航净高按不小于 18 m 控制。同时,根据各梯级设计特征水位,平陆运河沿线 29 座桥梁通航净高均大于 20 m 情况下,保证率不低于 98%。

6 结论

1) 根据平陆运河航道特性,除入海口近海段外,其他航段通航净空要求一孔跨过通航水域且通航净宽不小于 102 m,通航水域范围取最高通航水位下水深大于 1.2 m 的水域,并结合桥区通航环境综合确定,入海口近海段通航净宽不小于 157.5 m。

2) 鉴于平陆运河沿线现状和航道建设特点,根据设计代表船型,结合所在流域通航净高情况和设计代表船型情况,并预留远期发展空间,平陆运河航道通航净高要求不小于 18 m。

3) 本文针对平陆运河航道特性,根据设计船型和航道发展规划,结合沟通江海所在区域桥梁通航净空情况和船舶发展趋势,确定合理通航净高尺度,可用于指导人工运河沿线跨河建筑物的规划和建设,为类似工程提供设计经验。

参考文献:

- [1] 刘宁. 以平陆运河为牵引的西部陆海新通道水运体系和联运模式研究[J]. 水利水运工程学报, 2025(1): 1-15.
- LIU N. Research on the waterway system and intermodal transport model of the New Western Land-Sea Corridor driven by the Pinglu Canal [J]. Hydro-science and engineering, 2025(1): 1-15.
- [2] 高成岩, 程建中, 蔡翠苏, 等. 平陆运河水资源论证[J]. 水运工程, 2024(11): 8-12, 47.
- GAO C Y, CHENG J Z, CAI C S, et al. Water resources assessment for Pinglu Canal [J]. Port & waterway engineering, 2024(11): 8-12, 47.
- [3] 邢佩旭, 潘海涛. 新时期运河战略及平陆运河规划建设实践[J]. 水运工程, 2024(9): 1-6.
- XING P X, PAN H T. New era canal strategy and practice of Pinglu Canal planning and construction [J]. Port & waterway engineering, 2024(9): 1-6.
- [4] 刘宁. 平陆运河工程建设关键问题研究与思考[J]. 水运工程, 2024(6): 1-11.
- LIU N. Research and contemplation on key issues in construction of Pinglu Canal Project [J]. Port & waterway engineering, 2024(6): 1-11.
- [5] LIU X L, LIU Y F, WANG S F, et al. New canal construction and marine emissions strategy: a case of Pinglu [J]. Frontiers in marine science, 2024, 10: 1303879.
- [6] 宁武. 平陆运河建设理念与方案探讨[J]. 水利水运工程学报, 2023(2): 162-168.
- NING W. Discussion on the construction concept and scheme of Pinglu canal [J]. Hydro-science and engineering, 2023(2): 162-168.
- [7] 唐华臣, 刘立清, 陈仲凯. 西部陆海新通道建设背景下广西平陆运河流域产业发展路径分析[J]. 区域金融研究, 2022(5): 72-78.
- TANG H C, LIU L Q, CHEN Z K. Industrial development path analysis of Pinglu canal basin in Guangxi under the background of new western land-sea corridor [J]. Journal of regional financial research, 2022(5): 72-78.
- [8] 谭雨田. 广西平陆运河未来发展船型论证研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2021.
- TAN Y T. Demonstration research on the future development ship type of Guangxi Pinglu Canal. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2021.
- [9] 内河通航标准: GB 50139—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- Navigation standard of inland waterway: GB 50139-2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [10] 运河通航标准: JTS 180-2—2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- Navigation standard of canal: JTS 180-2 - 2011 [S]. Beijing: China Communications Press, 2011.
- [11] 海轮航道通航标准: JTS 180-3—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- Navigation standard of waterways for seagoing vessel: JTS 180-3 - 2018 [S]. Beijing: China Communications Press Co., Ltd., 2018.