



基于多因素比选下的跨水系 运河线路方案研究

刘善赞¹, 杜木子²

(1. 广西壮族自治区交通运输厅, 广西 南宁 530012; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 在国家区域协调与交通体系完善背景下, 湘桂运河开发意义重大。全方位剖析其建设必要性, 涵盖优化内河航运、促进区域协同、降物流成本、利用水资源、带动沿线开发等方面, 凸显其交通战略地位。采用选线分段穷举法, 遵循带动腹地发展、协调规划、减少环境影响等原则, 在湘江上游萍岛—西江区间遴选组合线路, 形成多方案。经对各线路航道条件、货运量、生态、投资等指标系统计算与综合评估, 确定线路 1 为最优。线路 1 具有越岭段短、用水补给优、运行效率高、工程代价小等优点。同时, 明确桂江支流富群河作为主要支线航道的战略价值。

关键词: 湘桂运河; 选线分段穷举法; 线路; 比选

中图分类号: U612.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)10-0171-08

Route schemes of cross-water-system canals based on multi-factor comparison

LIU Shanzan¹, DU Muzi²

(1. Department of Transport of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530012, China;

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

Abstract: In the context of national regional coordination and the improvement of the transportation system, the development of the Hunan-Guangxi Canal is of great significance. We comprehensively analyze the necessity of its construction, covering aspects such as optimizing inland waterway shipping, promoting regional coordination, reducing logistics costs, utilizing water resources, and driving development along the line, highlighting its key position in the transportation strategic layout. We adopt the line-selection segmented exhaustive method. Following the principles of driving the development of the hinterland, coordinating plans, and reducing environmental impacts, we select and combine routes in the section from Pingdao on the upper reaches of the Xiangjiang River to the Xijiang River, forming multiple route schemes. Through systematic calculations and comprehensive evaluations of indicators such as the waterway natural conditions, freight volume, ecological protection, project investment, ship passage time, cascade layout, and ecological environment impact of each route, we determine Route 1 to be the optimal one. Route 1 has significant advantages such as a short over-mountain section, excellent water supply method, high operating efficiency, and low project cost. At the same time, the strategic value of the Fuqun River, a tributary of the Guijiang River, as the main branch waterway is clarified.

Keywords: Hunan-Guangxi Canal; line-selection segmented exhaustive method; route; comparison and selection

在国家“一带一路”倡议与长江经济带、粤港澳大湾区协同发展战略背景下, 内河航运作为绿

色低碳运输方式的重要性日益凸显。湘桂运河作为连接长江水系与珠江水系的关键工程, 其建设

收稿日期: 2025-01-13

作者简介: 刘善赞(1979—), 男, 高级工程师, 从事交通运输规划、交通工程质量管理、运输服务组织、交通信息工程应用等工作。

对构建南北水运大通道、促进区域经济一体化具有战略意义。目前,国内外学者针对跨水系运河开发已开展多方面研究:姜兴良等^[1]通过渠化梯级布置方案研究,提出恭城河航道整治的技术路径;胡裕等^[2]基于物流格局演变模型,分析湘桂运河对长江航运的辐射效应;吕英鹰等^[3]通过水文分析与地质评估,初步提出运河选线的区域方案;马杰等^[4]结合谷歌地球(Google Earth)辅助选线京杭运河和小清河连通方案研究;杜木子等^[5]选线松辽运河工程旨在连通松花江与辽河水系;姜兴良等^[6]提出雄安新区及山西省水运出海通道选线需要遵循水资源利用、运量效益、生态保护等七大原则;肖建庄等^[7]提出运河需要向无固废、近零碳、智慧化方向转型,强调科技创新与文化遗产保护的重要性;张成泽^[8]通过水动力对不用运河线路成本的影响进行分析。然而,现有研究多聚焦于单一河段整治或局部影响评估,针对跨流域运河选线的系统性研究仍存在不足,尤其在多目标协同优化、生态敏感区避让、水资源高效利用等关键技术环节亟待突破。

本文立足于国家综合立体交通网建设需求,以湘桂运河为研究对象,系统分析其在完善内河航运网络、促进区域协调发展、降低物流成本等方面的战略价值。针对传统选线方法中存在的多因素耦合分析不足、环境约束量化评估缺失等问题,创新性提出选线分段穷举法,通过构建“分段组合-指标量化-多目标决策”的技术体系,实现运河线路的精细化比选。研究重点关注以下问题:1) 通过多因素耦合,量化评估不同线路方案的综合分析;2) 建立包含生态保护红线、基本农田、通航效率等多维度的评价指标体系;3) 通过梯级优化配置实现水资源的可持续利用。研究成果将为湘桂运河的科学规划提供理论支撑,为同类跨流域运河工程提供方法论参考。

1 建设必要性及意义

湘桂运河建设在交通布局上是关键环节,可优化架构;能大幅缩短运输里程、降低时间成本;

促进湖南与多地经济联系及融入新通道;发挥水运优势降低物流成本;带动沿线经济和产业发展;实现水系连通并提升水运效能;契合国家战略方向,是水运体系建设关键部分。湘桂运河建设意义体现在完善交通网络,是高等级航道网的重要组成部分,推动跨水系连通与交通改革;促进区域协调,助力双循环;降低物流成本,虽非市场化定价但有竞争优势;实现水资源综合利用,发挥多重功能;带动沿线开发,改善环境,促进产业与城镇化,优化国土空间格局^[9]。

湘桂运河开发意义重大,在区域联系、交通建设、经济发展等多方面作用突出,综合效益远超建设成本。货运需求预测综合采用四阶段法与综合经验法。推荐Ⅱ级通航标准,考虑船闸收费时,2035年货运量3 500万t,2050年4 600万t,主要货种含煤炭等,转移运量2 900万~3 600万t(铁路、公路、水水中转占比分别约46%、40%、14%),诱增运量600万~1 000万t(占比约20%);不收费时,2035、2050年货运量预计为3 900万、5 200万t,货种结构上,大宗散货占比下降,集装箱等占比上升。客运需求以区间旅游客运为主,呈点状分布,不通过越岭段,2035年需求80万人次,2050年200万人次。

2 选线原则

核心腹地优先,兼顾运量需求;规划协同,发挥多式联运效益;生态优先,避让保护区与敏感区;因地制宜,结合河道地形地质条件;近水补水,缩短越岭段;低扰开发,减少移民与环境影响;降低交通设施交叉干扰;少占耕地与防洪设施。

3 选线方法

经调研与数据收集、初步选线与概念设计、确定备选方案,再依次进行环境、技术经济、社会政策分析,综合评估选择后调整规划。本文采用运河选线分段穷举法,具体为:先明确建设目

标，梳理地形、生态等约束条件，依地理与工程因素划分段落，收集资料列举各段可能线路；然后组合形成完整线路方案；建立含成本、通航、生态等的评估指标体系量化分析，筛选较优方案；对较优方案实地考察、论证并听取公众意见，权衡确定最终方案^[10]。

4 线路方案选定

4.1 线路初选

根据以上选线原则，根据河道水系分布图考虑尽可能利用现有河道开展运河选线，并途经主要城镇，在考虑保障交通运输的同时，选定湘江的上游萍岛和西江为比选区间段，旨在提升区间段的经济效益和社会效益。通过分析，遴选萍岛—潇水与永明河交界点(两河口)、两河口—西江重点考虑永明河与秀水河交界点(棠下)、沱江和西河交界点(江华)、贺江和白沙河交界点(钟山)、贺江与大宁河交界点(贺街)、思勤江与桂江交界点(昭平)、富群河与桂江交界点(马江)、桂江与西江交界点(梧州)、贺江与西江交界点(封开)等进行分段排列，得出不同的总体路线组合。

考虑不同区间进行组合，得到具体分段情况见图 1 和表 1。

为进一步选择总体路线方案，通过对表 1 的组合分析，考虑高效通航的航行惯性，得出支线航道的不同组合方案，并完成支线方案的工程投资和里程匡算，见表 2。

综上所述，ZX0 工程投资最低，为 1 574 亿元；ZX1 次之，为 1 622 亿元。在里程方面，ZX4 为 339 km，最短。ZX9 为古潇贺古道线路，并经由涔天河水库、贺街、信都等重要经济发展区，故将针对 ZX0、ZX1、ZX4、ZX9 进行方案比选，分别命名为线路 1~4。

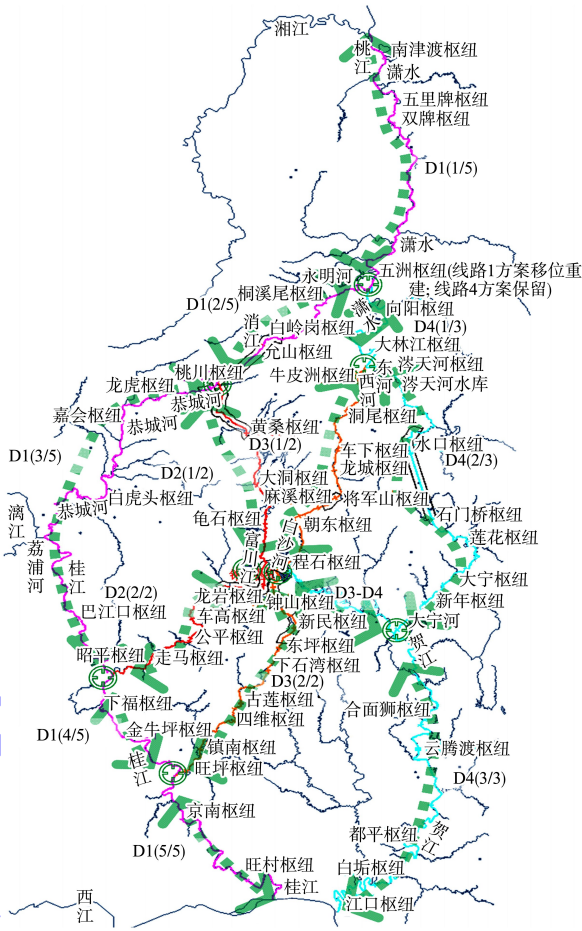


图 1 总体线路分段

Fig. 1 General route segmentation

表 1 运河线路分段

Tab. 1 Canal route segmentation

起点	讫点	名称
永州萍岛	道县两河口	D1(1/5)
道县两河口	江永棠下	D1(2/5)
江永棠下	昭平	D1(3/5)
昭平	马江	D1(4/5)
马江	梧州	D1(5/5)
道县两河口	江华	D4(1/3)
江华	贺州贺街	D4(2/3)
贺州贺街	封开	D4(3/3)
江华	钟山	D3(1/2)
钟山	马江	D3(2/2)
江永棠下	钟山	D2(1/2)
钟山	昭平	D2(2/2)
钟山	贺街	D3-D4

表 2 分段线路组合
Tab. 2 Segmented route combination

组合序号	组合线路途经地点	组合方案	工程投资 匡算/亿元	线路里程 匡算/km
ZX0	两河口—棠下—昭平—马江—梧州	D1(2/5)-D1(3/5)-D1(4/5)-D1(5/5)	1 574	401
ZX1	两河口—棠下—钟山—昭平—马江—梧州	D1(2/5)-D2(1/2)-D2(2/2)-D1(4/5)-D1(5/5)	1 622	382
ZX2	两河口—棠下—钟山—马江—梧州	D1(2/5)-D2(1/2)-D3(2/2)-D1(5/5)	1 809	352
ZX3	两河口—江华—钟山—昭平—马江—梧州	D4(1/3)-D3(1/2)-D2(2/2)-D1(4/5)-D1(5/5)	1 984	369
ZX4	两河口—江华—钟山—马江—梧州	D4(1/3)-D3(1/2)-D3(2/2)-D1(5/5)	2 171	339
ZX5	两河口—江华—贺街—钟山—昭平—马江—梧州	D4(1/3)-D4(2/3)-D3-D4-D2(2/2)-D1(4/5)-D1(5/5)	3 399	510
ZX6	两河口—江华—贺街—钟山—马江—梧州	D4(1/3)-D4(2/3)-D3-D4-D3(2/2)-D1(5/5)	3 045	435
ZX7	两河口—棠下—钟山—贺街—封开	D1(2/5)-D2(1/2)-D3-D4-D4(3/3)	2 638	402
ZX8	两河口—江华—钟山—贺街—封开	D4(1/3)-D3(1/2)-D3-D4-D4(3/3)	3 001	389
ZX9	两河口—江华—贺街—封开	D4(1/3)-D4(2/3)-D4(3/3)	2 817	395

4.2 船舶通过时间进一步比选

船舶在受限水域航行有极限航速，其大小与断面系数、等效深度有关。接近极限航速时，船舶阻力增大、油耗增加、推进效率降低且浮态不稳定。实际运行中，为保安全与经济性，船速常取极限航速的 80%。西江航运干线 3 000 吨级集装箱船设计船速不低于 12 km/h，对应极限航速 15 km/h。湘桂运河连通西江干线，通行时间比选参照西江航运干线，设计船速 12 km/h。国际上关于断面系数和船舶临界航速的认可关系式为：

$$\frac{v_{\lim}}{\sqrt{gh}} = \left(\frac{2}{3}\right)^{1.5} \left[1 - \frac{1}{n} + \frac{1}{2} \left(\frac{v_{\lim}}{\sqrt{gh}}\right)^2\right]^{1.5} \quad (1)$$

式中： $v_{\lim}$ 为临界速度，m/s； g 为重力加速度，m/s²； h 为等效水深，m； n 为断面系数。

根据式(1)，将枢纽和航道分开计算，线路 1~4 通过时间分别为 61.1、66.6、53.3、71.4 h。由此可以看出，线路 1 和 3 通过耗时较少。

4.3 环保因素进一步比选

湘桂运河 4 条线路生态环境影响各异。线路 1 有多处生态敏感区及基本农田，涉及 20 个敏感目标、81.98 km 生态保护红线、363.39 万 m² 基本农田，部分枢纽须优化选址；线路 2 开挖工程量较大，穿越敏感目标、涉及红线及占用农田面积均大，环境影响过大不适合推荐；线路 3 涉及多地

生态保护红线，有 15 处敏感目标，占用大量基本农田，影响众多人口和房屋面积，开挖人工运河且水资源不足，扰动原生生境，不适合推荐；线路 4 涉及多地生态保护红线，占用基本农田，穿越多个生态保护区，部分施工影响需协调。综合考量，线路 1 在土地占用、景观格局等方面优于线路 4，且线路 4 涉及地质公园且协调难度大，故推荐线路 1 作为主要研究方案，4 条线路均尽量利用现有河流行进。

4.4 梯级进一步比选

针对 4 条线路(线路 1~4)的方案进行详细的分析与比较。通过对各线路不同区段的长度、梯级数量、地面高程、正常蓄水位以及特殊设施等方面的研究，为线路的选择提供全面的依据。通过对各线路进一步分析，形成各线路纵断面见图 2。

线路 1 由潇水、永明河、越岭、恭城河、桂江段构成，各段长度、梯级数量明确，越岭段有明显高程变化；线路 2 各段情况类似，但越岭段多且高程变化复杂；线路 3 同样各段信息清晰，高程变化幅度大，尤其在越岭段；线路 4 在东河与越岭段高程较高，变化趋势独特。4 条线路在长度、梯级数量、地面高程及蓄水位上有区别，纵断面高程变化特征各异。线路 1 和 2 地势起伏相对平缓，综合考虑，本文推荐线路 1。

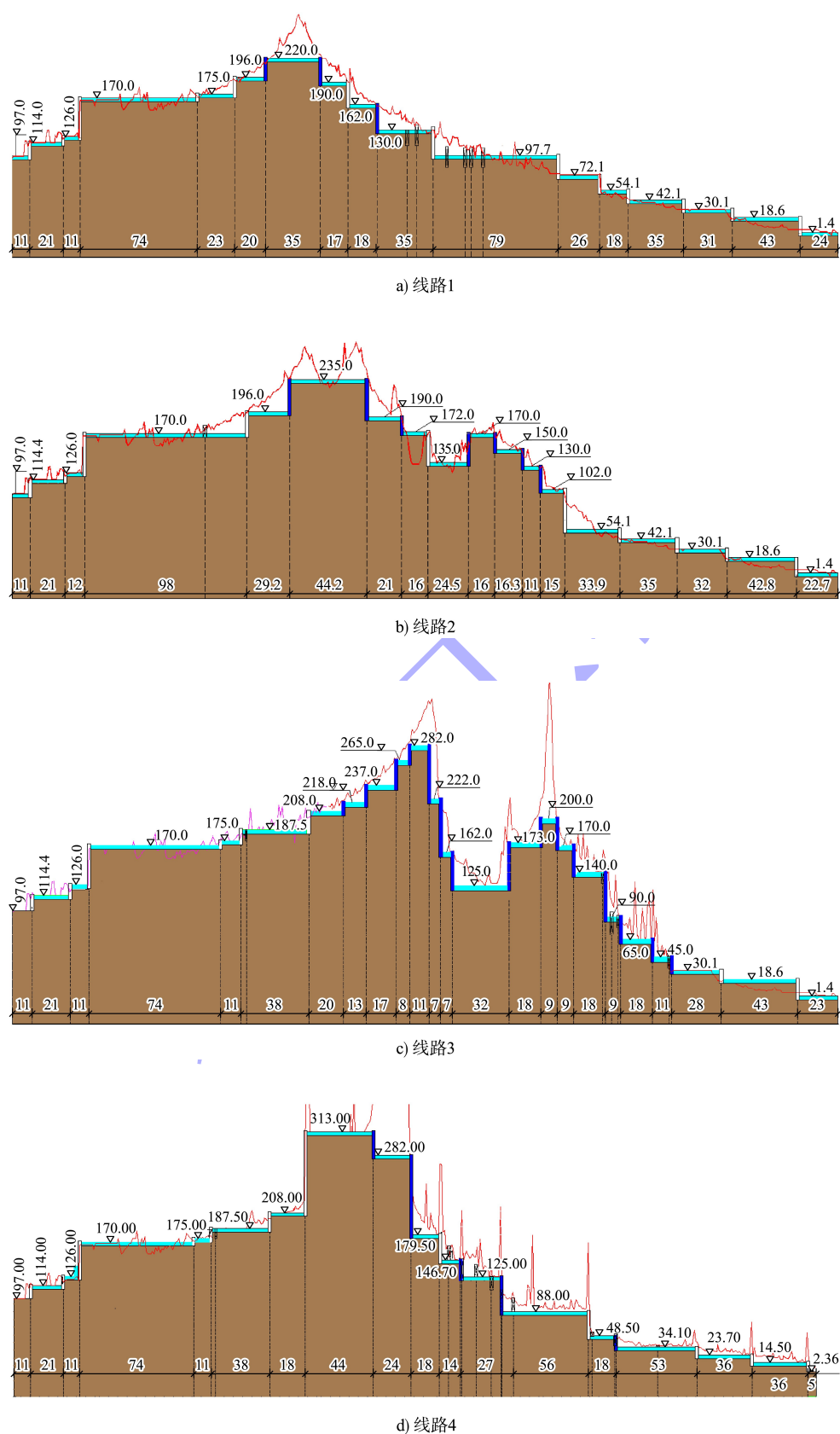


图 2 各线路纵断面 (距离: km; 高程: m)
 Fig. 2 Longitudinal profiles of each route (distance: km; elevation: m)

4.5 综合比选

4 条线路方案均尽量利用现有的河流走向连接湘江和西江。本文分别从航道的自然条件、货运

量、梯级布置、跨河设施改造、水资源利用、生态环保、征地拆迁、船舶通行效率、工程代价等多方面进行分析比选,见表 3。

表 3 各线路比较
Tab. 3 Comparison of each route

线路	年份	预测货运量/万 t				地质条件	
		a 段 ^①	b 段 ^②	c 段 ^③	d 段 ^④		
1	2035	3 250	2 970	3 130	4 270	区域稳定性差-稳定性较好,局部有滑坡风险;主要为碳酸盐岩地层,可能存在闸基、绕闸渗漏问题	
	2050	4 430	4 060	4 240	5 615		
2	2035	3 450	5 100	5 250	5 520	区域稳定性差-稳定性较好;主要为碳酸盐岩地层,可能存在闸基、绕闸渗漏问题;越岭段存在高边坡稳定性问题	
	2050	4 630	6 520	6 695	6 995		
3	2035	3 450	4 280	5 280	5 520	区域稳定性较差-稳定性较好;主要为碳酸盐岩地层,可能存在闸基、绕闸渗漏问题;越岭段存在高边坡稳定性问题	
	2050	4 630	5 620	6 745	6 995		
4	2035	3 350	3 090	5 250	5 610	区域稳定性较好;主要为碎屑岩地层,存在顺向坡的边坡稳定性问题	
	2050	4 120	4 120	6 680	7 165		
线路	越岭段及开挖情况				梯级布置	跨河建筑物	
1	越岭段山脊长约 16 km,土石方 1.3 亿 m ³ ,7 处村镇拆迁,8 处桥梁改建,干地开挖,总体施工条件方便				共 15 个梯级,其中 8 座梯级新增通航建筑物,4 座梯级改建枢纽,3 座梯级新建枢纽。 最大改建枢纽水头为 44 m	73 座跨河桥梁需改建,6 座高速桥、2 座普通铁路桥改建是重难点;6 座桥梁可利用;24 座新建桥梁;沿线 467 处管线需要改迁条件	
2	越岭段 1 长约 49.6 km,土石方 2.4 亿 m ³ ,14 处村镇拆迁,新建桥梁 27 座,改建桥梁 3 座,干地开挖,施工条件方便。 越岭段 2 长约 25.8 km,土石方 0.1 亿 m ³ ,3 处村镇拆迁,开挖疏浚方量较大,施工条件较为方便				共 17 个梯级,其中 6 座梯级新增通航建筑物,4 座梯级改建枢纽,7 座梯级新建枢纽。 最大改建枢纽水头 47.9 m	83 座跨河桥梁需改建,9 座高速桥、2 座铁路桥改建是重难点,贵广高富江双线特大桥改建是影响本方案的关键因素;4 座桥梁可利用;53 座新建桥梁,1 座高速桥的新建是重难点;改迁若干管线	
3	白沙河(人工运河)段长约 38.20 km,土石方 2.4 亿 m ³ ,3 处村镇拆迁,多处裁弯取直,改建桥梁 6 座、新建桥梁 12 座,拆除桥梁 1 座,开挖疏浚方量较大,施工条件较为方便。 珊瑚河(人工运河)段长约 37.40 km,土石方 1.7 亿 m ³ ,5 处村镇拆迁,新建桥梁 16 座,采用明挖方案易于施工;采用隧道方案技术复杂、难度较大				共 23 个梯级,其中 5 座梯级新增通航建筑物,6 座梯级改建枢纽,12 座梯级新建枢纽。 最大改建枢纽水头为 60 m	68 座跨河桥梁需改建,8 座高速桥、1 座铁路桥改建是重难点;3 座桥梁可利用;53 座新建桥梁,1 座铁路桥新建是重难点,贵广高铁涪田寨段改线并新建桥梁是影响本方案的关键因素;改迁若干管线	
4	越岭段长约 35.3 km,土石方 2.2 亿 m ³ ,6 处村镇拆迁,新建改建桥梁 5 座,水口—石门桥间采用 23.2 km 通航隧洞连接,技术难度较大				共 17 个梯级,其中 11 座梯级新增通航建筑物,4 座梯级改建枢纽,2 座梯级新建枢纽。 涪天河枢纽增建通航建筑物采用船闸+升船机,最大水头 105 m	42 座跨河桥梁需改建,2 座高速桥改建是重难点,贵广高铁桂岭江特大桥改建是影响本方案的关键因素;4 座桥梁可利用;1 座新建桥梁;改迁若干管线	
线路	生态环境敏感区		航运用水需求		征地拆迁	船舶通过 运河时间/h	总投资(不含供水专项)/亿元
1	湿地公园 5 个,水产种质资源保护区 1 个,饮用水水源保护区 14 个,森林公园 1 个		越岭段航运需水 9.87 亿 m ³ /a,采用自流水补充,后期维护少		永久占地面积 9 933 万 m ² , 搬迁人口 4.1 万人	61.1	1 989
2	湿地公园 5 个,水产种质资源保护区 1 个,饮用水水源保护区 7 个		越岭段 1 航运需水 11.85 亿 m ³ /a, 越岭段 2 航运需水 13.22 亿 m ³ /a。 须采用提水方式循环利用		永久占地面积 9 800 万 m ² , 搬迁人口 3.2 万人	66.6	2 283
3	湿地公园 3 个,水产种质资源保护区 1 个,饮用水水源保护区 8 个		越岭段 1 航运需水 12.4 亿 m ³ /a。 越岭段 2 航运需水 24.2 亿 m ³ /a。 须采用提水方式循环利用		永久占地面积 9 667 万 m ² , 搬迁人口 3.6 万人	53.3	3 320
4	湿地公园 5 个,水产种质资源保护区 1 个,饮用水水源保护区 4 个,森林公园 1 个,风景名胜区 2 个		越岭段需水约 7.53 亿 m ³ /a,须采用提水方式循环利用		永久占地面积 7 933 万 m ² , 搬迁人口 2.9 万人	71.4	3 827

注:①线路 1~4 的 a 段分别为:萍岛—白岭岗、萍岛—白岭岗、萍岛—将军岭、萍岛—水口;②b 段分别为白岭岗—恭城、白岭岗—钟山、将军岭—钟山、水口—贺街;③c 段分别为恭城—马江、钟山—昭平、钟山—马江、贺江—信都;④d 段分别为马江—梧州、昭平—梧州、马江—梧州、信都—封开。

在项目的线路比选过程中,对线路1~4分别进行多方面的比较分析,具体情况如下。

线路1越岭段长16 km,需水9.87亿 m^3/a ,自流补水,一次性投资,运营时间短、效率高,跨河桥梁实施难度小,但有66座需改建(含4座高速桥、1座普铁桥),涉及20个村庄拆迁,最大改建枢纽水头44 m;线路2越岭段总长75.4 km,需水25.07亿 m^3/a ,提水循环利用,运营时间长、效率低,76座跨河桥梁需改建(含8座高速桥、1座普铁桥、1座高铁桥),涉及43个村庄拆迁,最大改建枢纽水头47.9 m;线路3越岭段总长75.6 km,需水36.6亿 m^3/a ,提水循环利用,运营时间最短、效率最高,62座跨河桥梁需改建(含6座高速桥、1座普铁桥、1座高铁桥),涉及26个村庄拆迁,最大改建枢纽水头60 m;线路4越岭段长35.3 km,需水7.53亿 m^3/a ,提水循环利用,运营时间最长、效率最低,41座跨河桥梁需改建(含3座高速桥、1座普铁桥),涉及多地大量永久占地和2.9万人拆迁,最大改建枢纽水头105 m。各线路在越岭段相关指标上差异明显,生态环境敏感区均无否决性因素。

线路1越岭段山脊长16 km较短。按双线2000吨级船闸三级省水方案,经自身产水及涔天河等水库联合调水,可满足98%通航保证率用水,且自流补水,符合节能降碳要求,基本无运行维护费。该方案航运时间短、效率高,跨河设施改造难度小。虽各线路均涉生态敏感区,但无否决因素。线路1征地拆迁改建难度适中,工程代价最小。综合考虑,推荐线路1,线路2和3可作为支线航道。

采用桂江支流富群河作为主要支线航道,能解决旺高产业园及贺州市货物外运需求,推动大宗货物“公转铁、公转水”,助力构建贺州现代化交通运输体系。旺高一潮江段水运通道及配套港口工程建设,可拉动贺州经济,带动沿江产业布局,打造高效绿色通道,实现物流降本增效,推动碳酸钙产业发展。

5 结语

1) 本文通过选线分段穷举法和多维度线路比选,确定线路1为湘桂运河推荐方案,桂江支流富群河为主要支线航道,为运河规划建设提供了重要依据。

2) 随着运河建设推进,需要持续关注并妥善处理生态环境、工程技术等问题,保障运河综合效益预期目标的实现。

3) 湘桂运河不仅有助于推动内河航运发展,促进区域经济增长和优化运输结构,为后续建设奠定坚实基础,还将成为连接长江与珠江水系的重要纽带和经济引擎,有力促进区域协调发展与交通体系完善,并在国家经济社会发展中彰显重要价值和深远影响。

参考文献:

- [1] 姜兴良,吴志龙,杜沛霖.恭城河渠化梯级布置方案研究[J].中国港湾建设,2024,44(3):51-55,74.
JIANG X L, WU Z L, DU P L. Research on the scheme of channelized cascade layout of Gongcheng River[J]. China harbour engineering, 2024, 44(3): 51-55, 74.
- [2] 胡裕,姜丰怡,彭书华,等.湘桂运河建设对长江航运物流格局的影响研究[J].水运工程,2024(7):145-149.
HU Y, JIANG F Y, PENG S H, et al. Impact of Xianggui Canal construction on logistics pattern of Yangtze River shipping[J]. Port & waterway engineering, 2024 (7): 145-149.
- [3] 吕英鹰,姜兴良.湘桂运河水运通道选线方案[J].水运工程,2023(3):132-137,192.
LYU Y Y, JIANG X L. Route selection scheme for water transportation passage of Hunan-Guangxi Canal[J]. Port & waterway engineering, 2023(3): 132-137, 192.
- [4] 马杰,梁文文,董思远,等.京杭运河和小清河连通方案研究[J].港工技术,2019,56(S1):11-15.
MA J, LIANG W W, DONG S Y, et al. Research on the connectivity scheme of Beijing-Hangzhou Grand Canal and Xiaoqinghe Channel [J]. Port engineering technology, 2019, 56(S1): 11-15.

- [5] 杜木子, 宋洋. 松辽运河线路及梯级布置方案初探[J]. 水运工程, 2024(3): 112-118.
DU M Z, SONG Y. Preliminary discussion on Songliao Canal route and cascade layout scheme [J]. Port & waterway engineering, 2024(3): 112-118.
- [6] 姜兴良, 王伟, 刘建超. 雄津水运通道选线方案初步分析[J]. 水运工程, 2023(2): 109-115.
JIANG X L, WANG W, LIU J C. Preliminary analysis on route selection scheme of canal from Xiong'an to Tianjin Port[J]. Port & waterway engineering, 2023(2): 109-115.
- [7] 肖建庄, 李文明, 谢立全, 等. 世界运河建设: 发展与展望[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2024, 49(6): 1139-1149.
XIAO J Z, LI W M, XIE L Q, et al. Construction of world canal: developments and prospects[J]. Journal of Guangxi University (natural science edition), 2024, 49(6): 1139-1149.
- [8] 张成泽. 泰国克拉运河选线成本及水动力研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2023.
ZHANG C Z. Study on route selection cost and hydrodynamics of Kra Canal in Thailand [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2023.
- [9] 刘晓玲, 吴晓磊, 王桃, 等. 新时期超大型运河开发综合效益评价[J]. 水运工程, 2024(9): 7-13.
LIU X L, WU X L, WANG T, et al. Comprehensive benefit evaluation of development of super large canal in new period[J]. Port & waterway engineering, 2024(9): 7-13.
- [10] 刘金宸. 基于多属性决策方法的运河路线方案评价研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2024.
LIU J C. Research on canal route scheme evaluation based on multi-attribute decision making [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2024.
- (本文编辑 王璁)
-
- (上接第 154 页)
- [7] 李军, 高抒, 曾志刚, 等. 长江口悬浮体粒度特征及季节性差异[J]. 海洋与湖沼, 2003, 34(5): 499-510.
LI J, GAO S, ZENG Z G, et al. Particle-size characteristics and seasonal variability of suspended particulate matters in the Changjiang River Estuary [J]. Oceanologia et limnologia Sinica, 2003, 34(5): 499-510.
- [8] 翟晓鸣, 何青, 刘红, 等. 长江口枯季水沙特性分析: 以 2003 年为例[J]. 海洋通报, 2007, 26(4): 23-33.
ZHAI X M, HE Q, LIU H, et al. Characteristics of current and sediment in the Changjiang Estuary during the dry seasons: take 2003 as an example [J]. Marine science bulletin, 2007, 26(4): 23-33.
- [9] 何超. 近二十年长江口邻近海域悬沙分布比较研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
HE C. Comparison study of suspended sediment distribution in the Yangtze Estuary's adjacent sea area in recent 20 years [D]. Shanghai: East China Normal University, 2007.
- [10] 邵秘华, 李炎, 王正方, 等. 长江口海域悬浮物的分布时空变化特征[J]. 海洋环境科学, 1996, 15(3): 36-40.
SHAO M H, LI Y, WANG Z F, et al. The spatial and temporal variation of suspended substance in the Changjiang Estuary area [J]. Marine environmental science, 1996, 15(3): 36-40.
- [11] 王爱军, 汪亚平, 高抒, 等. 长江口枯季悬沙粒度与浓度之间的关系[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(2): 159-167.
WANG A J, WANG Y P, GAO S, et al. Relationship between suspended sediment grain size and concentration in the Changjiang Estuary area during dry season [J]. Advances in marine science, 2005, 23(2): 159-167.
- [12] 张志忠, 徐志刚. 长江口悬沙及其运移[J]. 海洋科学, 1983(5): 6-11.
ZHANG Z Z, XU Z G. Suspended sediments and its transport in the area of Changjiang River Estuary [J]. Marine science, 1983(5): 6-11.
- (本文编辑 王璁)