三峡枢纽通航演化特征与航运通过量预测研究

许　鹏[1]，石　好[2]，郭　涛[3]，曹　伦[3]，金哲飞[4]，赵鑫哲[4]

（1. 长江航道局，湖北 武汉 430014；2. 中国舰船研究设计中心，湖北 武汉 430064；
3. 长江航运发展研究中心，湖北 武汉 430014；4. 交通运输部规划研究院，北京 100000）

摘要：为揭示三峡枢纽通航演化规律，从通过量、通过船舶艘次、运行闸次、通航率及过闸船舶吨位等方面系统分析其运行特征；在此基础上，结合历年航运与区域经济数据，引入反映新冠疫情等突发事件影响的虚拟变量，构建多元线性回归模型预测未来航运通过量。结果表明，通航以来三峡航运通过量年均增速高达 16.6%，2011 年后显著放缓至 3.6%；上下行通过量比例由 2004 年的 3∶7 逐步演变至近年来的 5∶5；腹地集中于重庆、江苏、湖北、四川、上海和安徽六省市；船闸运行效率持续提升，通航率稳定在 93%以上，年运行闸次超 1.1 万次，一次过闸平均吨位逾 22 000 t，已处于“高效率、满负荷”状态，通过能力逼近极限；模型预测 2035 年航运通过量将达 2.67 亿 t，与三峡水运新通道预测结果 2.4 亿~2.9 亿 t 吻合，亟需加快推进三峡水运新通道建设。研究成果可为三峡通航及类似大型枢纽通航问题提供参考。

关键词：三峡枢纽；通航演化；虚拟变量；多元线性回归模型；航运通过量；三峡水运新通道

中图分类号：U695.2+92；U641.7+3　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2026)05-0135-10

Study on navigation evolution characteristics and shipping throughput prediction of Three Gorges Hub

XU Peng[1], SHI Hao[2], GUO Tao[3], CAO Lun[3], JIN Zhefei[4], ZHAO Xinzhe[4]

(1. Changjiang Waterway Bureau, Wuhan 430014, China; 2. China Ship Research and Design Center, Wuhan 430064, China;
3. Shipping Development Research Center of Yangtze River, Wuhan 430014, China;
4. Transport planning and Research Institute Ministry of Transport, Beijing 100000, China)

Abstract: To reveal the evolution law of navigation operations at the Three Gorges Hub, this study systematically analyzes its operational characteristics from the aspects of shipping throughput, number of passing vessels, lock operation times, navigation availability rate, and tonnage of vessels passing through the locks. On this basis, combined with historical shipping and regional economic data, dummy variables reflecting the impact of sudden events such as the COVID-19 pandemic are introduced to construct a multiple linear regression model for forecasting future shipping throughput. The results indicate that since the commencement of navigation, the annual growth rate of shipping throughput at the Three Gorges has reached as high as 16.6%, and slowed notably to 3.6% after 2011. The ratio of upstream to downstream throughput has gradually evolved from 3∶7 in 2004 to approximately 5∶5 in recent years. The shipping hinterland is concentrated in six provinces and municipalities, namely Chongqing, Jiangsu, Hubei, Sichuan, Shanghai and Anhui. The operation efficiency of the ship locks has been continuously improved, with a navigation availability rate stably above 93%, more than 11,000 lockages per year, and an average

收稿日期：2025-9-30　　**录用日期：**2025-10-17

作者简介：许鹏(1987—)，男，高级工程师，研究方向为枢纽通航管理与技术、水运规划与管理。

水运工程

tonnage per lockage exceeding 22, 000 tonnes. The locks have been operating in a state of high efficiency and full load, with their passing capacity approaching the limit. Model predictions show that shipping throughput will reach 267 million tonnes by 2035, which is consistent with the forecast range of 240−290 million tonnes for the proposed Three Gorges New Waterway, demonstrating the urgent need to accelerate its construction. The research findings can provide a reference for navigation issues of the Three Gorges and other similar large-scale navigation hubs.

Keywords: Three Gorges Hub; navigation evolution; dummy variables; multivariate linear regression model; shipping throughput; Three Gorges New Waterway

三峡枢纽是开发治理长江的关键性骨干工程，具有防洪、发电、航运、补水等巨大综合效益[1]。工程建成以来，极大促进了长江中上游航运的发展，发挥了显著的航运效益[2-3]。据交通运输部长江航务管理局统计数据，自 2003 年 6 月 18 日通航以来，三峡枢纽航运通过量呈爆发式增长，2011 年航运通过量首次突破 1 亿 t，提前 19 a 达到设计通过能力，在 22 a 间累计运行超 21.5 万闸次，通过船舶超 107.4 万余艘次、旅客 1 229.1 万余人次，累计过坝货运量达 22.4 亿 t，有力支撑了长江经济带高质量发展。

三峡枢纽是贯彻落实推动长江经济带发展、新时代推动西部大开发、成渝地区双城经济圈等国家重大战略，沟通内外、促进东中西部协调发展的关键节点。但近年来随着上述国家重大战略的深入实施，沿江地区经济社会快速发展，航道条件不断改善，过坝运输需求迅猛增长，三峡枢纽通过能力与日益增长的船舶过坝需求之间的矛盾日益突出，2024 年航运通过量达 1.59 亿 t，远超设计通过能力，导致坝区“堵船”日益严重，日均待闸船舶达 1 084 艘、平均待闸时长达 220 h。目前，三峡枢纽已成为长江航运最大“堵点”“卡点”，严重制约长江综合立体交通走廊高质量发展[4]。为从根本上解决三峡枢纽通航瓶颈制约，2025 年 5 月 30 日，经党中央、国务院批准，国家发展改革委正式批复实施了三峡水运新通道项目。

近年来，国内外学者围绕三峡航运热点难点开展了大量研究。许鹏等[5]运用时空消耗法，对三峡水运新通道建成后两坝间航道与枢纽通过能力能否匹配进行了定量分析；齐俊麟等[6]基于三峡—葛洲坝梯级枢纽通航 20 a 发展实践，阐述了三峡—葛洲坝梯级枢纽高质量通航的技术体系构建及其工程应用；郑卫力[7]回顾并分析了三峡升船机试通航以来在通航条件、设备设施运行与维护、船舶交通组织等方面所面临的挑战，总结了相关实践经验；朱旺峰等[8]聚焦三峡枢纽上下游及两坝间待闸锚地，对所需泊位数量与锚地容量需求进行了研究；荣天富[9]从航运角度出发，对三峡工程建设成功经验进行了全面总结。然而，现有研究仍缺乏针对三峡航运发展现状、航运通过量趋势预测等方面较系统、全面、深入的研究分析。本文全面深入剖析三峡航运发展现状、多维度精准刻画枢纽运行特征，并在此基础上构建稳健的预测模型，科学预判航运通过量变化趋势，以期为国内外相关学者研究三峡通航及类似大型枢纽通航问题提供技术参考，并为航运管理部门科学准确把握三峡枢纽运行态势、优化通航调度提供有力的技术支撑。

1 三峡通航管理现状

1.1 通航调度水域

正常情况下，三峡通航调度水域范围为重庆万州驸马长江大桥至石首长江大桥之间 573.3 km 的水域；船闸检修等特殊情况下，下游调度水域范围将进一步延伸至监利观音洲水域。按距三峡枢纽由近到远，三峡通航调度水域可依次划分为核心水域、近坝水域和控制水域，上述水域间的界限从上游至下游依次为驸马长江大桥、巴东长江大桥、庙河、宜昌长江大桥、枝城长江大桥和石首长江大桥[10]。

1.2 通航设施及其运用条件

三峡主要通航设施包括三峡、葛洲坝枢纽通航建筑物、航道、待闸锚地、临时停泊区等，其中三峡船闸、三峡升船机分别于 2003 年 6 月和

2016 年 9 月正式通航，葛洲坝 2#船闸、3#船闸于 1981 年 6 月正式通航，1#船闸则于 1990 年 5 月正式通航。

三峡枢纽通航建筑物包括双线连续五级船闸、三峡升船机、上下游引航道、导航和靠船设施等；葛洲坝枢纽通航建筑物包括大江 1#船闸及上下游航道，三江 2#船闸、3#船闸及其上下游引航道、导航和靠船设施等，其运用条件见表 1。

表 1　三峡和葛洲坝枢纽通航建筑物运用条件

Tab. 1　Operation conditions of navigation structures of Three Gorges and Gezhouba hubs

通航建筑物	船舶集泊最大尺寸/(m×m)	通航净空高度/m	吃水控制标准/m	最大通航流量/($m^3 \cdot s^{-1}$)
三峡船闸	266×32.8	18	不超过 4.3/4.2	三峡入库 56 700
葛洲坝 1#船闸				葛洲坝入库 35 000
葛洲坝 2#船闸			根据水位动态控制 3.5~4.3	葛洲坝入库 60 000
葛洲坝 3#船闸	118×17.2		3.5	
升船机	110×17.2		2.7	三峡入库 56 700

三峡通航调度水域内航道分为库区航道、两坝间航道和葛洲坝坝下航道，其中库区及两坝间最小航道尺度为 4.5 m×150 m×1 000 m(水深×宽度×弯曲半径)，葛洲坝大江最小航道尺度为 4.5 m×140 m×1 000 m，三江最小航道尺度为 4.0 m×110 m×1 000 m，中水门至松滋跨宝山最小航道尺度为 4.5 m×150 m×1 000 m，松滋跨宝山至荆州四码头最小航道尺度为 4.3 m×150 m×1 000 m，荆州四码头至岳阳城陵矶最小航道尺寸为 3.8 m×150 m×1 000 m[11]。

三峡待闸锚地及临时停泊区主要供船舶待闸停泊，分为三峡坝上、两坝间和葛洲坝下待闸锚地或临时停泊区。目前，三峡通航调度水域内待闸锚地共 10 个，停泊容量为 348 艘次；临时停泊区共 70 个，停泊容量为 1 997 艘次。

1.3　过坝船舶调度管理

三峡-葛洲坝枢纽通航设施实行“统一调度、联合运行”的调度方式[12]。按照“安全第一、公平公开，分类管理、先到先过，兼顾效率、保障重点”的原则，对过坝船舶调度实施 100%过闸安全检查和分类管理。船舶过坝执行“一次申报、统一计划、分坝实施”的调度程序。一般情况下，上行船舶从三峡北线船闸通过，下行船舶从三峡南线船闸通过，升船机一般采取迎向运行方式，葛洲坝船闸根据实际通航条件与三峡船闸及升船机匹配运行。载运危险货物船舶通过三峡船闸和葛洲坝 2#船闸过闸，但在葛洲坝 2#船闸检修期间，在船闸消防部门随闸监护情况下，可临时通过葛洲坝 1#船闸。

为降低大量船舶在近坝河段内集中待闸带来的安全稳定风险，自 2018 年起，三峡枢纽实施过坝船舶联动控制机制，严格落实“远程申报、分类排序、滚动计划、沿途待闸、分段控制、实时公开”等措施，对过坝船舶实行分段控制、点名放行，严格控制近坝河段内待闸船舶不超过 600 艘[13]。通过提前发布预计划，船舶由“被动等待”改为“主动配合”，上游船舶实现了从“江中等”改为“家中等”，船舶按调度计划沿途分区有序待闸，显著改善了航行与停泊秩序。

2　三峡枢纽运行情况分析

基于 2004—2024 年三峡枢纽实际运行数据[14]，运用定性与定量相结合的方法，从多个维度对其运行特征进行精准刻画。

2.1　三峡枢纽航运通过量分析

2.1.1　三峡枢纽航运通过量变化趋势

自通航以来，三峡枢纽航运通过量总体呈持续增长态势，其中 2003—2011 年呈爆发式增长，年均增速达 16.6%，并于 2011 年首次突破设计通过能力 1 亿 t。2011 年后，随着枢纽通过能力超设计能力，其“瓶颈”效应日益凸显，过坝运输需求受到明显制约，航运通过量年均增速显著放缓，年均增速降至 3.6%。与此同时，航运通过量结构也发生了深刻变化，上下行比例从 2004 年通航初

水运工程

期的 3∶7，逐步演变为 2018 年的 6∶4，自 2019 年以来进一步趋于平衡，稳定在 5∶5 左右。这一演变表明，长江中下游与上游地区间物资双向流动格局愈发均衡，区域间经济纽带联系日益紧密，区域协调发展正持续向纵深推进、不断走深走实。2004—2024 年三峡枢纽航运通过量变化趋势见图 1。

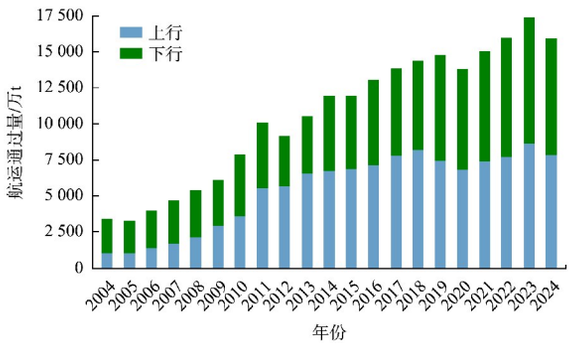


图 1　2004—2024 年三峡枢纽航运通过量变化趋势

Fig. 1　Variation trend of shipping throughput of Three Gorges Hub from 2004 to 2024

2.1.2　三峡枢纽航运通过量主要腹地

从地区分布来看，三峡枢纽航运通过量腹地高度集中，主要集中在重庆、江苏、湖北、四川、上海、安徽等省市。其中，上行航运通过量主要集中在江苏—重庆、湖北—重庆、湖北省内运输、上海—重庆、安徽—重庆、湖南—重庆、江西—重庆和江苏—四川等流向；下行航运通过量则主要集中在重庆—江苏、重庆—湖北、湖北省内运输、四川—湖北、重庆—安徽、重庆—湖南等流向。2024 年三峡枢纽航运通过量地区分布及流向见图 2。

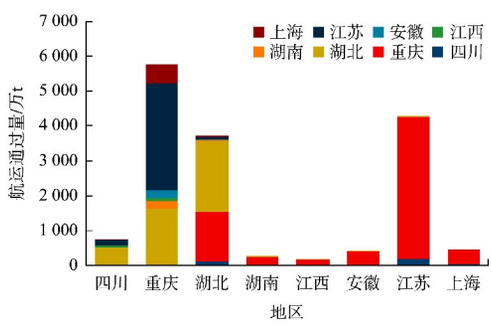


图 2　2024 年三峡枢纽航运通过量地区分布及流向

Fig. 2　Regional distribution and flow direction of shipping throughput of Three Gorges Hub in 2024

2.2　三峡船闸运行情况分析

2.2.1　三峡船闸总体运行情况

2004—2024 年三峡船闸通过量、通过船舶艘次和运行闸次变化趋势见图 3。

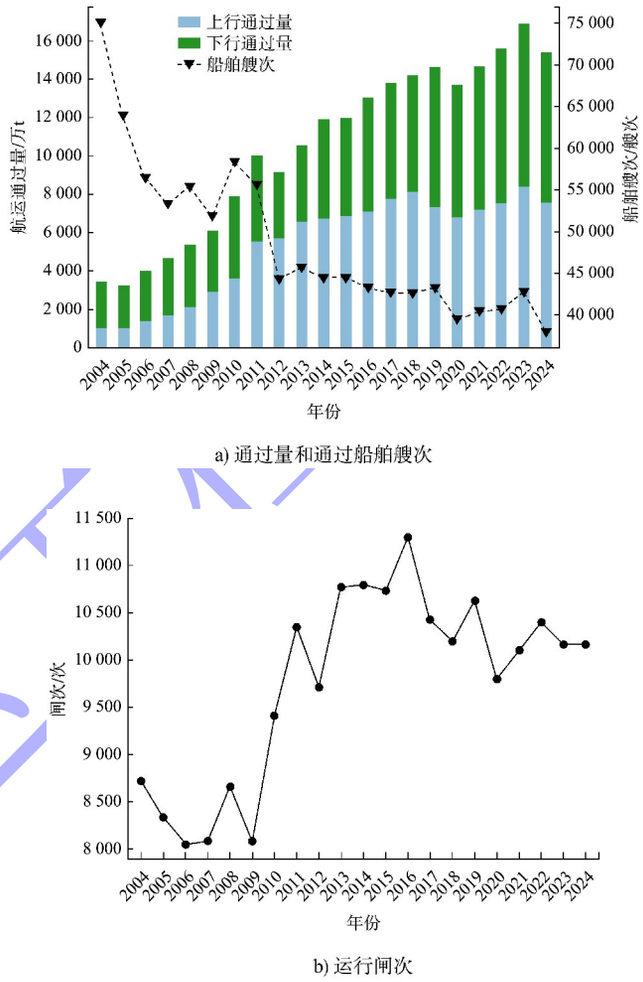


图 3　2004—2024 年三峡船闸通过量、通过船舶艘次和运行闸次变化趋势

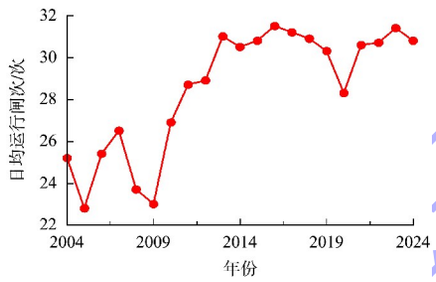
Fig. 3　Variation trend of traffic volume, number of passing ships, and number of operating locks of the Three Gorges ship lock from 2004 to 2024

1）自通航以来，三峡船闸通过量快速增长，2011 年提前 19 a 达到设计通过能力 1 亿 t，2023 年达 1.69 亿 t，再创历史新高，通航效益持续释放。同时，过闸船舶艘次呈明显下降态势，并趋于稳定，从 2004 年通航初期的约 7.5 万艘次，逐步减少至近年来的约 4 万艘次左右。在通过量不断攀升的背景下，过闸船舶艘次却显著减少，充分反映出过闸船舶大型化、标准化趋势日益明显，单船运输效率不断提升。

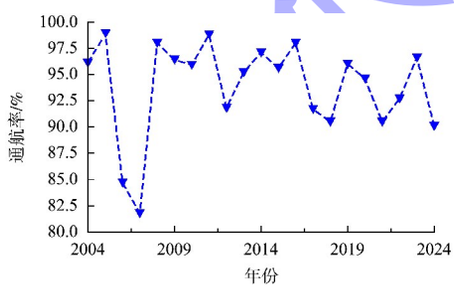
2）从运行效率看，三峡船闸年运行闸次数总体呈现“先增长、后趋稳”的态势，2004 年通航初期为 8 719 次，随后稳步增长，于 2016 年达到峰值 11 295 次，这一阶段的增长得益于通航管理的持续优化，实施了“同步移泊”“罗静拍档法”等一系列挖潜措施[15]；2016 年后年运行闸次数有所回落，近年来稳定在 1 万次左右，这一变化主要原因是船闸长期处于超设计能力运行状态，关键设施设备加速老化，需定期开展检修与维护，客观上对运行闸次数形成了一定制约。

2.2.2　三峡船闸关键运行指标

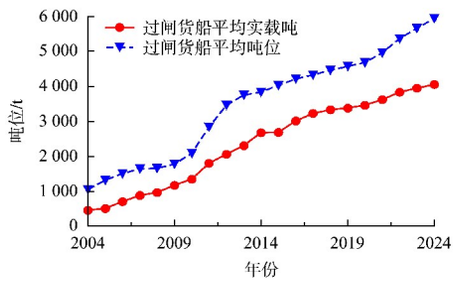
自通航以来，三峡船闸各项关键运行指标持续优化，整体呈现稳步提升态势，2004—2024 年三峡船闸关键运行指标变化趋势见图 4。



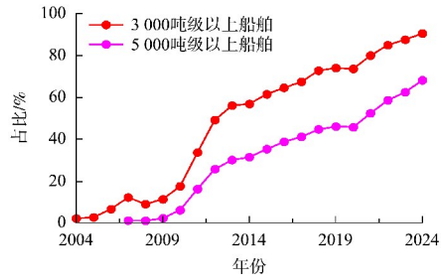
a) 日均运行闸次



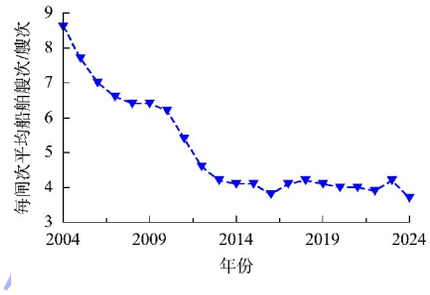
b) 通航率



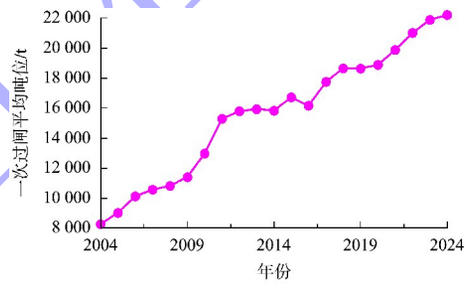
c) 过闸船舶平均吨位和平均实载吨



d) 3 000和5 000吨级船舶占比



e) 每闸次船舶数量



f) 一次过闸平均吨位

图 4　2004—2024 年三峡船闸关键指标变化趋势

Fig. 4　Trends of key indicators of the Three Gorges ship lock from 2004 to 2024

近年来，各项指标均趋于稳定，当前船闸已处于“高效率、满负荷”运行状态，通过能力已接近极限。其关键运行指标特征如下。

1）日均运行闸次数“先升后稳”。从 2004 年的 25.2 次逐步提升，2016 年达到峰值 31.5 次，2016 年后，除 2020 年因疫情和汛期大流量等特殊因素影响外，基本稳定在 31 次左右。

2）通航率持续保持高位。2004—2016 年通航率总体维持在 95%左右，2016 年后虽略有下降，但仍维持在 93%左右的较高水平。

3）过闸船舶大型化趋势明显。过闸船舶平均吨位持续增长，3 000 吨级和 5 000 吨级船舶占比

分别从通航初期的 2.4% 和 1.4%，大幅提升至 2024 年的 90.5% 和 68.2%，但受船闸吃水控制等因素制约，过闸船舶平均实载吨在 2023 年达到约 4 000 t 后趋于稳定。与此同时，每闸次船舶数量总体呈持续下降趋势，从 2004 年的 8.6 艘减少至 2013 年的 4.2 艘，近年来稳定在约 4 艘。

4）一次过闸平均吨位总体持续提升。从 2004 年通航初期的 8 269 t，快速增长到 2024 年的 22 214 t，增长近 2.7 倍，但随着目前船舶实载吨位和每闸次过闸船舶数量双双趋于稳定，一次过闸平均吨位的提升空间已十分有限。

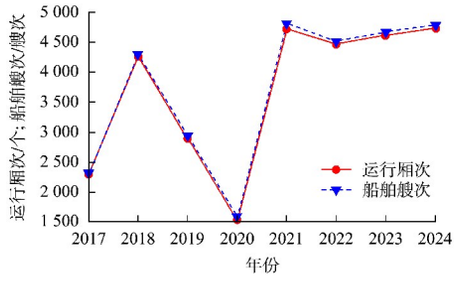
2.3　三峡升船机运行情况分析

三峡升船机自 2016 年试通航以来，除 2019 年受设备设施检修和 2020 年受疫情影响外，运行总体稳定，各项关键指标较通航初期均有了显著提升，2017—2024 年三峡升船机关键运行指标变化趋势见图 5。其关键运行指标特征如下。

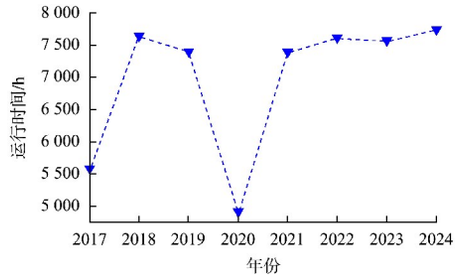
1）运行效率显著提升。运行厢次数、通过船舶艘次及运行时间分别从通航初期的 2 289 次、2 303 艘次和 5 557 h，稳步提升至 2021 年的 4 725 次、4 803 艘次和 7 387 h；近年来，上述指标均已稳定在 4 600 次、4 700 艘次和 7 500 h 左右。

2）通航率长期保持高位。除 2017 年通航初期和 2020 年受疫情影响外，2018 年以来通航率持续维持在 86%左右的较高水平。

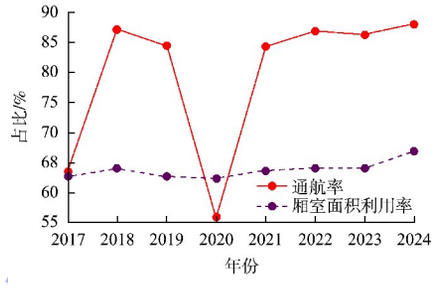
3）通过量和客运量快速增长。升船机通过量和客运量分别从 2017 年通航初期的 63.5 万 t 和 5.5 万人，大幅增长至 2024 年的 503 万 t 和 56.6 万人，增长分别达 6.9 倍和 9.3 倍。



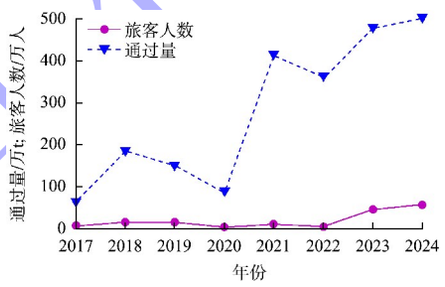
a) 运行厢次和通过船舶艘次



b) 运行时间



c) 通航率和厢室面积利用率



d) 旅客人数和通过量

图 5　2017—2024 年升船机关键运行指标变化趋势

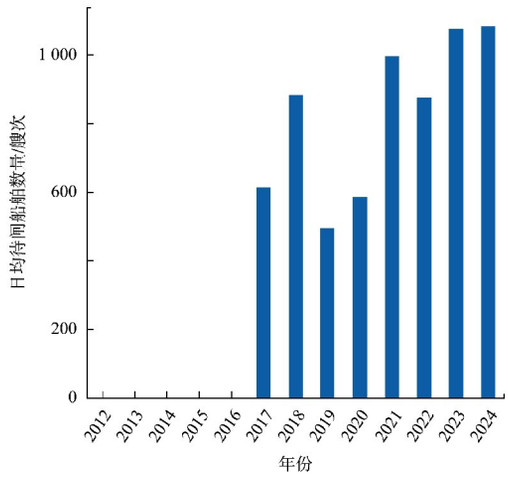
Fig. 5　Variation trends of key operation indicators of ship lift from 2017 to 2024

总体上，三峡升船机有效发挥了客运和快速过坝功能，但由于通航船舶船型技术要求高、通过船舶艘次少、吃水限制大，对缓解三峡枢纽通航瓶颈的作用有限。

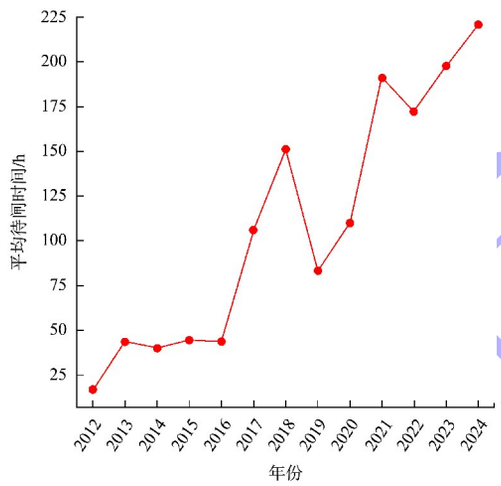
2.4　坝区船舶待闸情况分析

自 2011 年三峡船闸达到设计能力以来，坝区开始逐渐出现船舶积压现象。此后随着三峡枢纽通过能力与日益增长的过坝需求矛盾不断加剧，坝区“堵船”日益严重，日均待闸船舶数量和平均待闸时间均呈现持续快速增长趋势，其中三峡坝区日均待闸船舶数量从 2017 年的 614 艘次快速增至 2024 年的 1 084 艘次，增幅达 76.5%；平均待闸时间则从 2012 年的 17 h 大幅上升至 2024 年的

220 h。2012—2024 年坝区日均待闸船舶数量和时间变化见图 6。



a) 日均待闸船舶数量



b) 日均待闸时间

图 6　2011—2024 年日均待闸船舶数量和时间变化

Fig. 6　Variations in daily average number and time of ships waiting for lock and waiting time from 2011 to 2024

3　三峡枢纽航运通过量预测

3.1　预测方法选择

三峡枢纽航运通过量是衡量长江黄金水道运行效能的关键指标，其受区域战略发展、经济增长、产业结构调整及综合交通体系演进等多重因素共同作用，是一个高度复杂的动态系统[16]。科学预测三峡枢纽航运通过量需求，对优化通航管理和统筹长江经济带综合交通体系布局具有重要意义。

在众多预测方法中，回归分析法因其能够基于历史数据建立变量间的定量关系，有效识别关键影响因素的作用方向与强度，兼具良好的解释力与预测能力，被广泛应用于经济、交通、环境及社会科学等领域。相较于自回归积分移动平均模型（autoregressive integrated moving average，ARIMA）等时间序列模型对历史趋势外推的高度依赖，以及随机森林、神经网络等机器学习方法存在的“黑箱”特性与小样本适应性不足，线性回归模型在机制可解释性、参数经济意义明确性、政策情景模拟支持能力以及对结构型变量的灵活处理方面展现出显著优势，尤其适用于中长期趋势预测[17-18]。更为重要的是，回归模型可有效引入虚拟变量[19]，精准刻画重大突发事件、运行瓶颈等非连续性冲击对航运通过量的影响，增强模型对现实复杂情境的拟合能力与政策响应性。

本文采用皮尔逊相关性分析变量间的相关性，在此基础上，分别构建未引入和引入虚拟变量的多元线性回归模型，以决定系数 R^2、均方根误差 E_{RMSE} 和平均绝对误差 E_{MAE} 作为模型评价指标，综合筛选较优的预测模型，对 2035 年三峡枢纽航运通过量进行预测。

3.2　相关性分析

根据 2.1.2 节可知，三峡枢纽航运通过量主要集中在重庆、江苏、湖北、四川、上海等五省市。采用皮尔逊相关性分析对 2024—2024 年五省市 GDP、通航率、航运通过量进行相关性分析，结果见图 7。

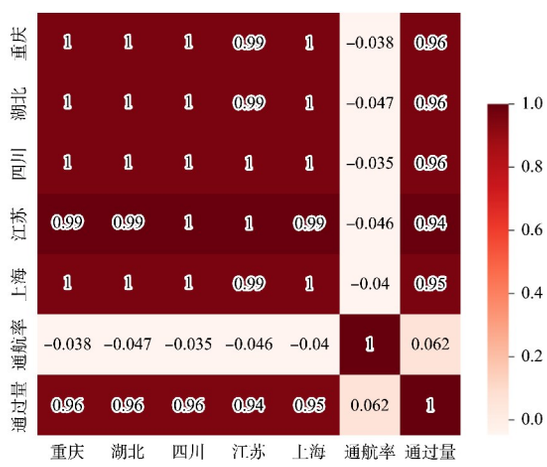


图 7　相关性分析热力图

Fig. 7　Heat map of correlation analysis

从图 7 可以看出，通过量与五省市 GDP 相关系数均大于 0.94，呈强正相关；与通航率相关系数为 0.062，呈弱正相关。因此，选取五省市的 GDP 数据作为构建预测模型的关键输入变量。

3.3　引入虚拟变量

为更精准刻画重大突发事件、运行瓶颈等非连续性冲击对航运通过量的影响，提升模型对现实复杂情境的拟合能力与政策响应性，本文结合实际情况，在预测模型构建的输入变量中引入“是否处于疫情时期”“通航能力是否饱和”等反映突发事件影响的虚拟变量，并采用独热编码（one-hot encoding）方法[20]对其进行处理，以增强模型的解释力与预测精度。

3.4　模型构建及评价

构建模型时，充分考虑了 2004—2024 年间五省市 GDP 等关键影响因素，以及“是否处于疫情时期”“通航能力是否饱和”等非连续性冲击的影响，有效提升了预测结果的科学性与实用性，见式(1)、(2)。基于机器学习库 Scikit-learn 构建预测模型，采用最小二乘法求解确定最优参数，分别构建了未引入和引入虚拟变量的多元线性回归模型[21]，两个模型在测试集上预测结果见图 8。

$$y_{\text{无虚拟变量}} = 0.681x_{\text{重庆}} + 0.347x_{\text{湖北}} + 0.234x_{\text{四川}} - 0.057x_{\text{江苏}} - 0.566x_{\text{上海}} + 0.304 \quad (1)$$

$$y_{\text{虚拟变量}} = -0.408x_{\text{重}} - 0.259x_{\text{湖北}} + 0.864x_{\text{四川}} - 0.086x_{\text{江}} + 0.2x_{\text{上海}} + 0.103x_{\text{疫情}} - 0.103x_{\text{有疫情}} - 0.124x_{\text{未超能力}} + 0.124x_{\text{超能力}} + 0.107 \quad (2)$$

式中：y 为航运通过量；x 为影响因素，及五省市 GDP，以及有无疫情、是否超设计能力 2 个虚拟变量。对于式(1)，$R^2 = 0.937$，$E_{\text{RMSE}} = 0.013$，$E_{\text{MAE}} = 0.104$；对于式(2)，$R^2 = 0.975$，$E_{\text{RMSE}} = 0.005$，$E_{\text{MAE}} = 0.063$。

通过对比未引入和引入虚拟变量模型的评价指标可知，引入虚拟变量后的预测模型在测试集上的 R^2 有所提升，E_{RMSE} 和 E_{MAE} 均进一步降低，表明模型的拟合效果更优，预测精度得到有效提升。

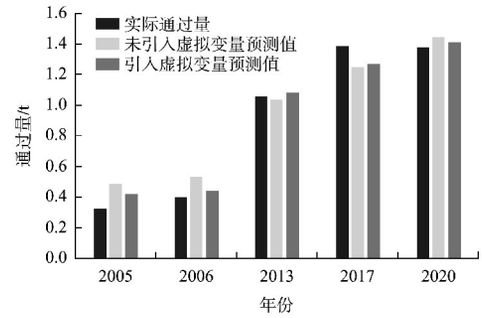


图 8　两个模型在测试集上的预测结果

Fig. 8　Prediction results of the two models on the test set

3.5　航运通过量预测结果

根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年发展规划和 2035 年远景目标纲要》及相关研究机构成果，未来我国 GDP 将保持平稳增长，量质并取、稳中求进，预计 2035 年以前增速 4%~5%[22]。考虑到区域发展差异，长江中上游重庆、四川、湖北等省市具备显著的后发优势，经济增长潜力较大，预计其 GDP 增速将高于全国平均水平，可按 5%的年均增速进行测算。而长江下游的江苏、上海等省市经济较为发达，增长已进入相对成熟阶段，预计其 GDP 增速略低于全国平均，可按 4%的年均增速进行测算。基于测算的 2025—2035 年五省市的 GDP 数据，运用引入虚拟变量预测模型对 2035 年三峡枢纽航运通过量进行了预测，预测结果见图 9。由图可知，2035 年三峡枢纽航运通过量预计将达 2.67 亿 t，与三峡水运新通道项目建议书阶段预测的 2035 年航运通过量 2.4 亿~2.9 亿 t 的结论基本一致[23]。

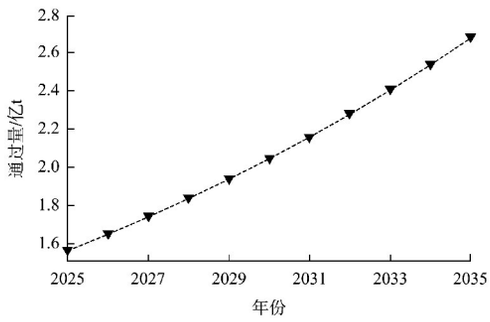


图 9　2025—2035 年三峡枢纽航运通过量预测结果

Fig. 9　Prediction results of shipping throughput of Three Gorges Hub from 2025 to 2035

水运工程

4　存在的问题及相关建议

1）三峡枢纽通过能力已饱和，亟需加快推进三峡水运新通道建设。2025 年 6 月，国家发展改革委已正式批复三峡水运新通道项目可研报告。建议进一步加强工程建设统筹管理，加快推进初步设计和环评等开工前置手续办理，强化部门联动与资源保障，力争项目尽早开工建设，早日发挥航运效益。

2）新通道建设期三峡枢纽通航能力将面临较大缺口，通航保障压力显著加大。建议进一步完善三峡枢纽综合交通运输体系，统筹推进水运、公路、铁路联运发展，提升翻坝转运能力和集疏运效率，同时优化船舶过坝调度组织，深挖既有船闸运行潜力，强化安全监管与应急保障。通过综合运用工程性与管理性措施，有效缓解新通道建设期过坝压力，切实保障枢纽运行安全高效，确保新通道建设期通航安全、平稳、有序。

3）新通道运行体制和是否收费尚不明确。建议基于既有船闸运行管理体制，尽快研究明确新通道建成后的运行管理体制，并同步研究明确运行经费保障机制、运营主体与权责分工等，推动新通道建管养运有序衔接，确保工程投运后高效运转、可持续发展。

5　结语

1）自通航以来，三峡枢纽航运通过量持续增长，年均增速达 16.6%；2011 年超过设计能力后，增速放缓至 3.6%。上下行通过量比例由 2004 年的 3:7 逐步趋于均衡，近年稳定在 5:5。航运腹地高度集中于重庆、江苏、湖北、四川、上海和安徽等省市。

2）三峡船闸运行效率自通航以来持续提升，但近年来已处于“高效率、满负荷”状态，日均运行闸次数、通航率、一次过闸平均吨位等关键指标趋于稳定，通过能力逼近极限，坝区“堵船”问题日益突出，加快三峡水运新通道建设刻不容缓。

3）预测结果显示，2035 年三峡枢纽航运通过量将达 2.67 亿 t，与三峡水运新通道项目建议书阶段预测的 2035 年航运通过量 2.4 亿~2.9 亿 t 结论基本吻合，进一步验证了新通道建设的必要性与紧迫性。

4）当前，随着三峡水运新通道正式立项，三峡枢纽通航面临新形势与新要求。尽管近年来已开展了一系列工作，但仍面临工程建设统筹协调不足、新通道建设期间通航能力缺口较大、运行管理体制及收费政策等关键问题尚未明确等挑战，亟需在后续工作中统筹加以解决。

参考文献：

[1] 魏山忠. 三峡水库试验蓄水期综合利用调度研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015.
WEI S Z. Study on comprehensive utilization scheduling of Three Gorges Reservoir during experimental impoundment period[M]. Beijing: China Water & Power Press, 2015.

[2] 郭涛. 三峡工程的航运效益分析[J]. 水运工程, 2010(7): 104-106, 139.
GUO T. On shipping benefit of the Three Gorges Project[J]. Port & waterway engineering, 2010(7): 104-106, 139.

[3] 贾大山. 三峡航运发展历程、经验与启示[J]. 中国水利, 2024(22): 55-60.
JIA D S. Experiences and reflections of history of navigation development of the Three Gorges[J]. China water resources, 2024(22): 55-60.

[4] 钮新强, 钱红露, 付中敏, 等. 长江航运高质量发展对策及关键技术挑战[J]. 人民长江, 2025, 56(10): 55-62.
NIU X Q, QIAN H L, FU Z M, et al. Measures and key technical challenges for high-quality development of Changjiang River shipping [J]. Yangtze River, 2025, 56(10): 55-62.

[5] 许鹏, 刘敬贤, 石好, 等. 两坝间航道与三峡水运新通道通过能力匹配研究[J]. 中国航海, 2023, 46(3): 98-104.
XU P, LIU J X, SHI H, et al. Analysis of capacity fitness of dam-to-dam waterway for the new Three Gorges channel[J]. Navigation of China, 2023, 46(3): 98-104.

[6] 齐俊麟, 陈冬元, 李然. 三峡-葛洲坝梯级枢纽通航二十年创新发展与实践[J]. 中国工程科学, 2023, 25(1): 155-166.
QI J L, CHEN D Y, LI R. Innovation and practice of

水运工程

high-quality navigation of the Three Gorges-gezhouba cascade hub in 20 years [J]. Strategic study of CAE, 2023, 25(1): 155-166.

[7] 郑卫力. 三峡升船机通航运行实践与思考[J]. 水运工程, 2022(9): 112-115, 121.
ZHENG W L. Navigation operation of Three Gorges ship lift: practice and reflection [J]. Port & waterway engineering, 2022(9): 112-115, 121.

[8] 朱旺峰, 李佳恒, 陈轩, 等. 三峡枢纽航运扩能后续待闸锚地规划建设研究 [J]. 水运工程, 2023 (3): 105-108, 178.
ZHU W F, LI J H, CHEN X, et al. Planning and construction of anchorages for Three Gorges Hydro-junction after shipping capacity expansion [J]. Port & waterway engineering, 2023(3): 105-108, 178.

[9] 荣天富. 从航运角度看三峡工程建设的成功经验[J]. 水运工程, 2015(2): 182-188.
RONG T F. Successful experience of Three Gorges project construction as viewed from navigation [J]. Port & waterway engineering, 2015(2): 182-188.

[10] 交通运输部长江航务管理局. 三峡-葛洲坝水利枢纽通航调度规程(2022 年修订版)[S]. 武汉: 交通运输部长江航务管理局, 2022.
Changjiang River Administration of Navigational Affairs. Navigation scheduling regulations for the Three Gorges-Gezhouba Hydraulic Complex (2022 revised edition) [S]. Changjiang River Administration of Navigational Affairs, 2022.

[11] 长江航道局. 2025 年度长江干线主航道养护尺度标准[R]. 武汉: 长江航道局, 2022.
Changjiang Waterway Bureau. Maintenancedepth standards for the main channel of the Yangtze River trunk line in 2025 [R]. Wuhan: Changjiang Waterway Bureau, 2022.

[12] 交通运输部长江航务管理局. 三峡-葛洲坝枢纽河段通航管理办法[R]. 武汉: 交通运输部长江航务管理局, 2016.
Changjiang River Administration of Navigational Affairs. Regulations onnavigation management for the Three Gorges-Gezhouba project reach [S]. Wuhan: Changjiang River Administration of Navigational Affairs, 2016.

[13] 交通运输部长江航务管理局. 长江干线过坝船舶联动控制方案 [R]. 武汉: 交通运输部长江航务管理局, 2024.
Changjiang River Administration of Navigational Affairs. Coordinatedcontrol plan for trans-dam vessels on the Yangtze River trunk line [S]. Wuhan: Changjiang River Administration of Navigational Affairs, 2024.

[14] 长江三峡通航管理局. 三峡通航统计年报[R]. 宜昌: 长江三峡通航管理局, 2004—2024.
Three Gorges Navigation Administration. Annualstatistical report on Three Gorges navigation [R]. Yichang: Three Gorges Navigation Administration, 2004-2024.

[15] 胡亚安, 王新, 李中华. 三峡船闸 4.5 m 吃水大长宽比船舶同步移舶过闸实船试验 [J]. 水运工程, 2020(11): 26-33.
HU Y A, WANG X, LI Z H. Actual ship test on synchronous navigation through Three Gorges ship lock of ships with large aspect ratio and 4.5 m draught [J]. Port & waterway engineering, 2020(11): 26-33.

[16] 许鹏, 何兴昌, 郭涛, 等. 三峡危险货物过闸运输现状分析及通过量预测[J]. 水运工程, 2022(7): 199-204.
XU P, H E X C, GUO T, et al. Analysis of status of Three Gorges dangerous goods lockage transportation and forecast of throughput [J]. Port & waterway engineering, 2022(7): 199-204.

[17] YE X W, ZHANG X L, CHEN Y B, et al. Prediction of maximum upward displacement of shield tunnel linings during construction using particle swarm optimization-random forest algorithm [J]. Journal of Zhejiang University-SCIENCE A (applied physics & engineering), 2024, 25(1): 1-17.

[18] 杨向飞, 陈钰. 基于灰色-BP 神经网络的高铁快运量预测[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2025, 44(8): 66-74, 122.
YANG X F, CHEN Y. Prediction of high-speed rail express transportation volume based on gray-BP neural network [J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (natural science), 2025, 44(8): 66-74, 122.

(下转第 152 页)

水运工程