

# 安徽省内河航运发展效率评价及提升策略研究

张晓瑞<sup>1</sup>, 郑天保<sup>2</sup>, 刘 阳<sup>2</sup>

<sup>1</sup>合肥工业大学城乡规划系, 安徽 合肥

<sup>2</sup>三点水新能源科技有限公司, 安徽 芜湖

收稿日期: 2025年7月11日; 录用日期: 2025年8月18日; 发布日期: 2025年8月27日

## 摘 要

内河航运是交通强国建设的重要一环, 是国家综合交通运输体系的关键领域, 探讨内河航运发展的效率和策略对推动内河航运高质量发展具有重大意义。针对当前缺少安徽省内河航运发展效率研究的现状, 应用基于超效率SBM模型的效率评价技术方法, 分析了安徽省内河航运的发展效率, 结果显示: 安徽省内河航运的发展效率平均值为0.2670, 仅有5个城市的内河航运发展效率实现了有效, 总体处于偏低水平。根据效率评价结果, 研究给出了提升安徽省内河航运发展效率的策略建议。研究结果可为安徽省及其他地区的内河航运高质量发展提供理论方法参考和实践应用借鉴。

## 关键词

内河航运, 发展效率, 提升策略, 安徽省

# Research on Efficiency Evaluation and Improvement Strategies of Inland Waterway Transport Development in Anhui Province

Xiaorui Zhang<sup>1</sup>, Tianbao Zheng<sup>2</sup>, Yang Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Urban and Rural Planning, Hefei University of Technology, Hefei Anhui

<sup>2</sup>Tri Waters New Energy Technology Co., Ltd., Wuhu Anhui

Received: Jul. 11<sup>th</sup>, 2025; accepted: Aug. 18<sup>th</sup>, 2025; published: Aug. 27<sup>th</sup>, 2025

作者简介: 张晓瑞, 博士, 教授, 国家注册规划师; 郑天保, 工程师, 三点水新能源科技有限公司董事长; 刘阳, 博士生, 工程师, 三点水新能源科技有限公司常务副总经理。

文章引用: 张晓瑞, 郑天保, 刘阳. 安徽省内河航运发展效率评价及提升策略研究[J]. 地理科学研究, 2025, 14(4): 828-838. DOI: 10.12677/gser.2025.144080

## Abstract

Inland waterway transport constitutes a vital component in building a transportation powerhouse and serves as a key domain within the national comprehensive transportation system. Investigating the efficiency and strategies of inland waterway development holds significant importance for promoting its high-quality growth. Addressing the current research gap regarding the development efficiency of inland waterway transport in Anhui Province, this study employs an efficiency evaluation methodology based on the Super-SBM model to analyze its developmental efficiency. The results demonstrate that the average development efficiency of inland waterway transport in Anhui Province is 0.2670, with only five cities achieving effective efficiency levels, indicating an overall suboptimal performance. Based on the efficiency evaluation findings, this study proposes strategic recommendations to enhance the development efficiency of inland waterway transport in Anhui Province. The research outcomes can provide theoretical and methodological references as well as practical insights for achieving high-quality development of inland waterway transport in Anhui Province and other regions.

## Keywords

Inland Waterway Transport, Development Efficiency, Improvement Strategies, Anhui Province

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

内河航运是综合运输体系和水资源综合利用的重要组成部分，具有运量大、运距长、运价低、占地少、能耗低、污染小、投资省等特点，是实现经济社会可持续发展的重要战略资源。内河航运是国家综合交通运输网络的重要组成部分，是国家交通强国发展战略的重要一环。国家《交通强国建设纲要》明确内河航运是优化运输结构的关键领域，要发挥内河航运的比较优势，并与铁路、公路、航空等形成互补。《国家综合立体交通网规划纲要》将长江、珠江、京杭运河等内河航道纳入国家“十纵十横”综合运输大通道，并赋予其骨干网络地位。2025年6月，《交通运输部、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部、水利部关于推动内河航运高质量发展的意见》指出，要加快内河航运网络化、运输结构优化和运输服务水平提升，推动绿色低碳和数字智慧转型，促进内河航运与现代产业经济融合，加快构建畅通高效、绿色智慧、安全韧性、保障有力的现代化内河航运体系，更好服务经济社会发展。根据上述国家发展战略和政策要求可知，内河航运发展的黄金时期已经到来，国家顶层设计蓝图已经描绘，其将是我国综合立体交通网的“绿色动脉”，未来通过智能化、网络化升级，将进一步强化其在国家发展格局中的战略支撑作用。

安徽省地处长江、淮河流域，内河航运资源丰富，是长江经济带与长三角一体化发展的重要节点。近年来，安徽积极推动“航道网络化、港口枢纽化、船舶标准化、运输绿色化”建设，内河航运在区域经济中的作用日益凸显。随着安徽省引江济淮工程的全面建设和投入使用，其将不仅有效解决皖北、豫东地区缺水问题，更重要的是构建了连接长江与淮河的江淮运河这一安徽首条人工高等级航道，形成纵贯安徽、补全“长江-淮河”的南北水运大通道，这对于完善国家高等级航道网、重塑长三角与中原地区的内河水运格局具有重要的战略价值和意义。目前，关于安徽内河航运的研究主要集中在航运发展及其

模式[1] [2]、航运中心[3]、内河航运港口[4]、航运服务区[5]、航运港口群[6]、航运价值与提升措施[7]、航运市场转型发展[8]等方面。近年来,随着长三角区域一体化、新能源等国家新发展战略的实施,安徽省航运研究领域进一步扩大,主要有安徽航运业的区域协同发展[9] [10]、港城耦合协调发展[11]、电动船舶发展[12]等方面。总体上,尽管已有研究从不同视角分析了安徽省内河航运的发展建设情况,但从发展效率视角出发的研究尚未见报道。基于此,本文以安徽省的 26 条内河航道为研究对象,应用基于超效率 SBM 的评价模型,系统评价了安徽省内河航运的发展效率,以期为内河航运发展评价研究领域提供理论方法参考和实践借鉴,同时为安徽省内河航运高质量发展提供决策支持。

## 2. 研究方法

### 2.1. 评价模型

本质上看,内河航运的开发建设也是一种基于投入和产出的经济社会活动。通过各项开发建设,航道的规模和等级得到改善和优化,这就能使航道可以更好地发挥航运功能,由此为周边城市经济社会发展提供交通运输支撑,从而促进城市的可持续发展。在投入和产出的效率研究领域,数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)是最为常用的方法,其是由 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等在相对效率评价概念基础上发展起来的一种新的系统分析评价方法,是评价具有多投入和多产出决策单元效率的一种非常有效的方法[13]。DEA 的应用模型有很多,其中 CCR 和 BCC 模型最为常用,是 DEA 的经典模型。但是,这两种 DEA 模型均属于径向模型,对测度条件要求严格,当效率值小于 1 表示无效,等于 1 表示有效,但当多个决策单元的效率值均为 1 时就无法进一步区分这些有效决策单元之间的效率差异。为解决这一问题,Andersen 提出了适用于传统径向模型(如 CCR/BCC)的超效率 DEA 模型[14],对于有效的决策单元,超效率 DEA 模型会重置其前沿面,使得其最终的效率值大于 1,对于无效的决策单元,其前沿面保持不变,最终效率值与 CCR 模型计算结果保持一致。这样,超效率 DEA 模型就可以进一步区分 CCR 模型下的有效决策单元,使得在传统 DEA 模型下效率值为 1 的决策单元也能够进行比较和排序。

在传统 DEA 模型和超效率模型的基础上, Tone 建立了基于松弛变量测度的 SBM (Slack-Based Measure)模型[15]和超效率 SBM 模型(Super-SBM) [16]。超效率 SBM 模型是一种非径向、非角度的效率评价方法,能够直接同时处理投入和产出的松弛变量,解决了径向模型忽略松弛导致效率高估的问题,避免了传统径向模型的偏差,更适合非比例调整的场景。同时,其排除待评估决策单元自身的约束,允许效率值超过 1,由此突破了传统 DEA 的“天花板效应”,能够解决传统 DEA 模型无法进一步区分有效决策单元(效率值为 1)的问题,为决策者提供了更精细的效率差异分析工具。对于第  $k$  个决策单元,其超效率 SBM 模型的计算公式为:

$$\min \theta = \frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{ik}}}{1 - \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{rk}}} \quad (1)$$

$$s.t. \begin{cases} x_{ik} \geq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j x_{ij} - s_i^- (i = 1, 2, \dots, m) \\ y_{rk} \leq \sum_{j=1, j \neq k}^n \lambda_j y_{rj} + s_r^+ (u = 1, 2, \dots, s) \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $\theta$  为效率值,  $m$  和  $s$  分别为投入指标和产出指标的数量,  $n$  为决策单元的个数,  $\lambda$  为决策单元的权重向量,  $x_{ik}$  和  $y_{rk}$  分别为第  $k$  个决策单元的第  $i$  项投入和第  $r$  项产出,  $s^-$  和  $s^+$  分别为投入松弛变量(可减少的投入量)和产出松弛变量(可增加的产出量)。 $\theta$  值越大, 效率水平越高。当  $\theta \geq 1$  时, 表明决策单元处于有效状态, 反之则表明无效, 此时可通过改进要素投入或增加产出来提升效率。

超效率 SBM 模型的核心在于松弛变量的优化, 其能同时优化所有投入和产出的松弛, 避免传统径向模型的偏差, 而且松弛量始终反映实际差距, 这比传统的径向 DEA 模型更贴合实际管理场景。松弛变量导向直接反映改进方向, 其中, 投入松弛反映了哪些投入需减少以及可减少的投入量, 产出松弛反映了哪些产出需增加以及可增加的产出量。在实际应用中, 这种松弛变量的优化方向和内容就可以为决策单元的效率提升提供明确方向, 即可以选择松弛变量最大的指标进行重点改进。

## 2.2. 指标体系

从系统论的角度看, 内河航运与所在的城市是一个复杂的综合体, 是内河航道自身条件与城市经济社会发展的有机统一与耦合。其中, 航道的长度、等级等自身条件和资源禀赋是基础, 其通过自身的通航能力为城市经济社会发展提供基础支撑。另一方面, 城市发展也为航道建设提供了有效需求和经济支撑, 两者具有相互影响和相互促进的关系, 构成了“航道-城市”这一独特的复合系统。基于此, 研究按照“航道-城市”复合系统的思路, 构建安徽省内河航运发展效率的综合评价指标体系, 再利用超效率 SBM 模型计算内河航运的发展效率。研究共涉及安徽省内河航道共计 26 条, 流经 15 个市, 共 66 个区县。

航道和城市是一个综合体, 在应用超效率 SBM 模型时, 要从航道和城市两个方面构建综合评价指标体系。指标体系选择应遵循下述基本原则。首先, 科学性和区域性原则, 指标体系应从航道自身条件以及航道所在城市的社会经济活动两方面来进行选择和构建, 且各指标应有明确的界定; 指标体系构建一定要与航道所在城市的发展相适应, 在选择具体指标时, 要抓住航道和所在城市发展的核心指标和最具代表性的指标。其次, 系统性和可度量原则, 评价指标应全面系统地反映航道及其所在城市的基本特征, 同时, 指标还要尽可能是可度量的, 并且可以获取科学、确凿的判别依据。最后, 规范性和可获得性原则, 所获取的数据和资料都应具有规范性, 由此确保研究结果的客观与准确; 可获得性原则是指选用的指标要能够获得相应的数据, 应尽可能建立在现有统计体系的基础上, 并确保数据的可操作性, 同时, 建立的指标体系力求简明清晰, 并易于操作理解, 具有代表性和典型性。

根据以上原则, 构建本研究的投入产出评价指标体系, 具体包括 5 个指标, 其中, 投入指标包括航道长度和航道等级; 产出指标包括航道所流经城市的 GDP、工业发展水平和水运货运量。航道长度和航道等级为 26 条航道的最基本参数, 代表了内河航运发展的基本投入情况。GDP、工业发展水平、水运货运量是与内河航运功能发挥密切相关的 3 个产出指标, 显然, 内河航运业发展能直接提高水运货运量, 进而拉动 GDP 增长, 促进工业发展, 这些都直接反映了内河航运对流经城市的产出影响。通过超效率 SBM 模型将这 5 大指标进行耦合集成, 从而计算得到 66 个区县的内河航运发展效率。进一步, 根据指标体系收集研究所需的数据, 航道长度数据来自于安徽省第三次国土调查数据, 航道等级数据来自于安徽省各城市的交通运输局, GDP、工业发展水平和水运货运量均来自各城市的统计年鉴、经济社会发展统计公报、交通运输统计资料等。

## 3. 结果分析

### 3.1. 基于城市的发展效率分析

安徽省 26 条内河航道流经 66 个区县, 以这 66 个区县辖区内的内河航段为研究样本, 应用超效率 SBM 模型计算得到安徽省内河航运的发展效率, 结果如表 1 所示。根据计算结果可知, 效率指数的最大

值为位于芜湖县的青山河，其发展效率为 1.9255，其次是位于宜秀区的皖河，效率为 1.5587，而位于舒城县的丰乐河则以 1.5399 紧随其后；位于含山县的州河、位于鸠江区的青山河则位居第四和第五，效率值分别为 1.4984 和 1.2993。最小值为位于屯溪区的新安江，其发展效率仅为 0.0013，其次是位于烈山区的沱河和萧淮新河，效率值分别为 0.0026 和 0.0035。显然，安徽省内河航运发展效率的最大值和最小值之间的差异非常显著。总体上，安徽省内河航运发展的平均效率为 0.2670，小于平均效率的有位于 52 个区县的航道，大于平均效率的则有 14 个，这表明安徽省内河航运的发展效率在不同地区具有明显差异，同时较低的平均值也表明未来内河航运发展效率仍有较大提升空间。从标准差看，安徽省内河航运发展效率的标准差高达 0.4080，约是平均值的 1.5 倍，再次表明内河航运效率在区域之间的差异特别显著。在所有的评价样本中，只有位于芜湖县的青山河、宜秀区的皖河、舒城县的丰乐河、含山县的州河、鸠江区的青山河等 5 个样本的效率指数均大于 1，表明青山河、皖河、丰乐河、州河这 4 条内河在这 5 个区县的航段的航运发展效率处于有效状态，投入产出达到了相对最佳。这也表明在给定航道长度和等级的约束下，航道功能发挥将对所流经区县的经济社会发展带来更大的推动和促进作用，将获得更高的效率和效益。其他 61 个评价样本的发展效率均小于 1，表明均处于无效状态，这也再次表明安徽省内河航运的发展效率仍有较大的提升优化空间。

**Table 1.** Calculation results for inland waterway transport development efficiency in Anhui Province  
**表 1.** 安徽省内河航运发展效率计算结果一览表

所属城市	县区名称	河流名称	效率指数	各市效率平均值
安庆市	望江县	华阳河	0.0626	0.4773
	大观区	皖河	0.1649	
	怀宁县	皖河	0.1228	
	宜秀区	皖河	1.5587	
蚌埠市	怀远县	茨淮新河	0.1628	0.1723
	固镇县	浍河	0.2458	
	五河县	浍河	0.1536	
	怀远县	窑河	0.1268	
亳州市	利辛县	茨淮新河	0.0973	0.1166
	蒙城县	茨淮新河	0.0675	
	谯城区	涡河上段	0.1850	
滁州市	天长市	白塔河	0.0349	0.0242
	明光市	池河	0.0535	
	来安县	滁河	0.0325	
	南谯区	滁河	0.0217	
	全椒县	滁河	0.0447	
	来安县	清流河	0.0200	
	琅琊区	清流河	0.0142	
	南谯区	清流河	0.0232	
	全椒县	驷马山干渠	0.0122	
	全椒县	襄河	0.0110	
	定远县	窑河	0.0137	
凤阳县	窑河	0.0086		

续表

阜阳市	颍东区	茨淮新河	0.1914	0.2044
	颍泉区	茨淮新河	0.1790	
	界首市	泉河	0.0704	
	临泉县	泉河	0.1221	
	界首市	沙颍河	0.1603	
	太和县	沙颍河	0.1906	
	颍东区	沙颍河	0.3298	
	颍泉区	沙颍河	0.3326	
	颍上县	沙颍河	0.2552	
	颍州区	沙颍河	0.2132	
合肥市	巢湖市	滁河	0.1053	0.1989
	肥西县	丰乐河	0.3539	
	庐江县	丰乐河	0.1606	
淮北市	巢湖市	柘皋河	0.1759	0.0063
	濉溪县	浍河	0.0144	
	烈山区	沱河	0.0026	
	濉溪县	沱河	0.0047	
淮南市	烈山区	萧濉新河	0.0035	0.2291
	凤台县	茨淮新河	0.1335	
	潘集区	茨淮新河	0.1834	
黄山市	大通区	窑河	0.3703	0.0034
	屯溪区	新安江	0.0013	
六安市	歙县	新安江	0.0055	1.5399
	舒城县	丰乐河	1.5399	
马鞍山	含山县	滁河	0.0759	0.3535
	和县	滁河	0.1134	
	博望区	姑溪河	0.2139	
	当涂县	姑溪河	0.2323	
	当涂县	青山河	0.2298	
	和县	驷马山干渠	0.1108	
	含山县	州河	1.4984	
铜陵市	义安区	顺安河	0.1853	0.1853
芜湖市	鸠江区	青山河	1.2993	0.8131
	芜湖县	青山河	1.9255	
	镜湖区	青弋江	0.6379	
	芜湖县	青弋江	0.1981	

续表

	三山区	漳河	0.6334	
	弋江区	漳河	0.6346	
	无为县	州河	0.3628	
宿州市	埇桥区	浍河	0.1852	
	埇桥区	沱河	0.0777	0.1161
	埇桥区	萧濉新河	0.0854	
宣城市	宣州区	汪联河	0.5866	0.5866

进一步,从安徽省 15 个地级市的角度看,计算每个地级市下辖区县所有内河航运效率的平均值,得到各个地级市内河航运的发展效率平均值。总体上,15 个地级市内河航运的平均效率为 0.3351,标准差为 0.4027,表明总体发展效率偏低,城市之间的差异较大。在具体效率值上,黄山市的内河航运效率最小,仅为 0.0034,其次是淮北市的 0.0063 和滁州市的 0.0242;而六安市的内河航运效率最大为 1.5399,其次是芜湖市的 0.8131 和宣城市的 0.5866,对比可知,位于前三位的和后三位的城市内河航运发展效率之间的差距仍然非常显著。值得注意的是,滁州市、合肥市、马鞍山市等 3 个城市的内河航运具有明显特点。滁州市是安徽省东向发展融入长三角的桥头堡,也是安徽省经济社会发展水平仅次于合肥、芜湖的“第三城”,拥有 12 个评价样本和白塔河、池河、滁河、清流河、窑河、襄河等内河,航运资源丰富,但总体效率值仅为 0.0242,与其航运资源丰富的优势明显不匹配。合肥市作为安徽省会,城市经济社会发展体量远超省内其他城市,同时还是安徽重点打造的航运中心,但合肥市的内河航运发展效率仅为 0.1989,位居全省第八位,这与其城市地位、体量、目标具有明显差异。马鞍山市作为长江沿岸的重要工业城市,拥有 7 个评价样本和滁河、姑溪河、青山河、州河等内河,航运资源丰富,但发展效率仅为 0.3535,虽然位居全省第五位,但明显低于同为长江沿岸城市的安庆市和芜湖市,特别是与芜湖市的差距非常明显,这与马鞍山市的城市地位和性质也不相匹配。总体上,滁州、合肥、马鞍山的内河航运资源丰富,经济社会发展水平高,在全省、长三角都具有重要的城市地位,发展内河航运的基础和条件均具有明显优势,但目前其内河航运发展效率偏低,表明这 3 个城市未来在内河航运高质量发展上仍有较大提升空间。

### 3.2. 基于内河的发展效率分析

进一步,从 26 条内河自身的视角分析,计算每条内河所流经区县的航道效率的平均值,得到每条内河航运的发展效率,结果如表 2 和图 1 所示。在 26 条内河中,发展效率最大的是青山河,效率值高达 1.1516,其次是州河的 0.9306 和丰乐河的 0.6848。发展效率最小的是新安江,其效率值仅为 0.0034,其次是襄河的 0.011 和清流河的 0.0191。总体上,安徽省 26 条内河中,仅有青弋江、汪联河、皖河、漳河、丰乐河、州河、青山河等 7 条内河的航运发展效率大于 0.4,明显高于其他 19 条内河。泉河、滁河、华阳河等 11 条内河的效率低于 0.1,窑河、茨淮新河、浍河等 6 条内河的效率位于 0.1~0.2 之间,其他 2 条内河即姑溪河、沙颍河的效率则位于 0.2~0.3 之间,所有内河的航运发展效率存在明显差异。从发展的有效性看,仅有青山河的效率大于 1,处于有效状态,其他内河的发展效率均小于 1,均处于无效状态,这表明安徽省内河航运发展效率仍存在较大的提升空间。此外,部分内河在不同区县的发展效率差异也对这些内河航运的总体发展效率产生较大影响,代表性的有丰乐河、青山河、皖河、州河等 4 条内河,其在所流经的区县之间的发展效率差异明显,由此导致内河的总体发展效率降低。以丰乐河为例,其在庐江县、肥西县的航道发展效率分别为 0.1606 和 0.3539,而在舒城县的发展效率则高达 1.5399,总体平均值则为 0.6848,显然区域之间在内河航运上的发展不均衡导致了丰乐河的总体效率下降。

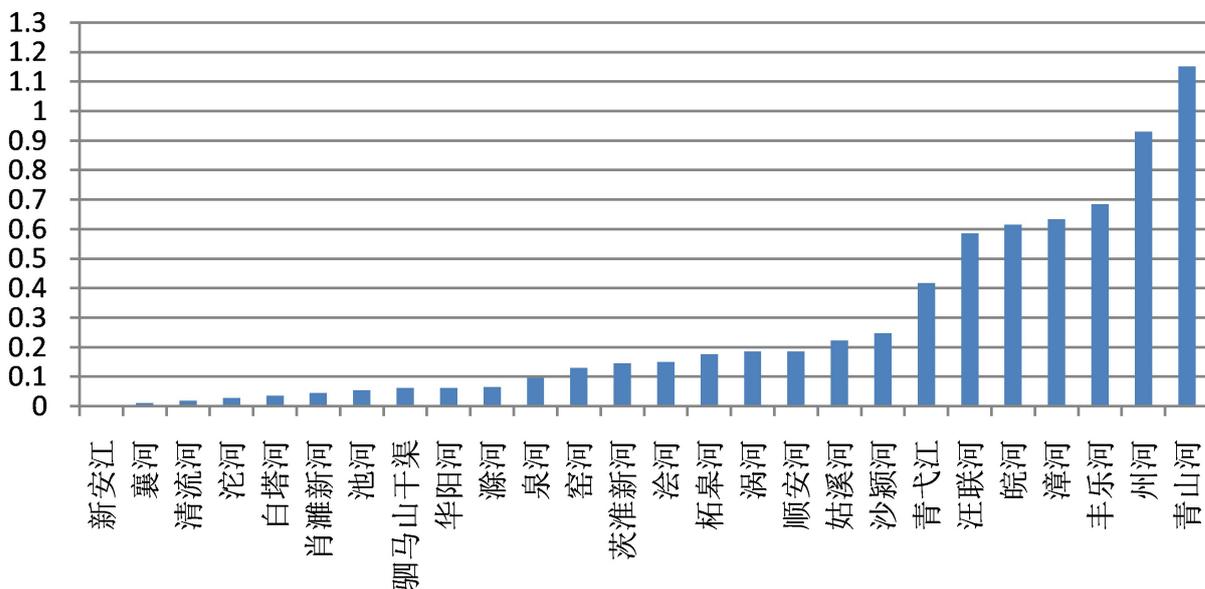


Figure 1. Analysis diagram of development efficiency for 26 inland waterways in Anhui Province

图 1. 安徽省 26 条内河航运发展效率分析图

Table 2. Efficiency calculation results overview based on inland waterway development

表 2. 基于内河的发展效率计算结果一览表

序号	内河	流经区县	发展效率
1	白塔河	天长市	0.0349
2	池河	明光市	0.0535
3	滁河	南谯区、来安县、全椒县、含山县、巢湖市、和县	0.0656
4	茨淮新河	蒙城县、利辛县、凤台县、怀远县、颍泉区、颍东区、潘集区	0.1450
5	丰乐河	庐江县、肥西县、舒城县	0.6848
6	姑溪河	博望区、当涂县	0.2231
7	华阳河	望江县	0.0626
8	浍河	濉溪县、五河县、固镇县、埇桥区	0.1498
9	青山河	当涂县、鸠江区、芜湖县	1.1516
10	青弋江	镜湖区、芜湖县	0.4180
11	清流河	琅琊区、南谯区、来安县	0.0191
12	泉河	界首市、临泉县	0.0963
13	沙颍河	界首市、太和县、颍州区、颍上县、颍东区、颍泉区	0.2469
14	顺安河	义安区	0.1853
15	驷马山干渠	全椒县、和县	0.0615
16	沱河	烈山区、濉溪县、埇桥区	0.0283
17	皖河	怀宁县、大观区、宜秀区	0.6155
18	汪联河	宣州区	0.5866
19	涡河	谯城区	0.1850

续表

20	襄河	全椒县	0.0110
21	萧滩新河	烈山区、埇桥区	0.0445
22	新安江	屯溪区、歙县	0.0034
23	窑河	凤阳县、定远县、怀远县、大通区	0.1298
24	漳河	三山区、弋江区	0.6340
25	柘皋河	巢湖市	0.1759
26	州河	无为县、含山县	0.9306

### 3.3. 发展效率的空间分析

根据所有 66 个评价样本发展效率值的区间分布，在 ArcGIS 中应用自然断裂点法将安徽省内河航运发展效率划分为 5 个等级，分别为低、较低、中、较高和高，其空间分布如图 2 所示。总体上，安徽省内河航运发展效率在空间上形成了一个反“C”字形的分布格局，从西北的谯城区、临泉县开始，向东经过利辛县、蒙城县等到五河县，再向南经明光市、来安县、当涂县等到宣州区，最后再向西经弋江区、鸠江区、庐江县等到舒城县结束，这些区县构成了安徽省内河航运发展的主轴与核心空间载体。除此之外，在西南和东南还各有一个较小规模的发展区。在不同效率等级的空间分布上，安徽省内河航运效率在空间上形成了“一带两点”三个明显的较高和高值集聚区，其中，“一带”包括含山县、鸠江区、镜湖区、弋江区、湾沚区、宣州区，其共同构成了一条纵向的内河航运较高和高效发展带；“两点”包括舒城县和宣秀区两个高效率发展节点。在中低效率区县的空间分布上，呈现“两片两点”的空间格局，其中，“两片”即两大明显的中低效率发展集聚片区，一是皖北的阜阳市、蚌埠市、淮北市等下辖区县构成的一个规模大并集中连片的中低效率发展区，二是滁州市的凤阳县、定远县、琅琊区等市辖区和县和马鞍山市的和县构成了另一个集中连片的低效率发展区。“两点”即两个小规模的低效率发展节点，一是安庆市下辖的怀宁县、望江县和大观区构成的低效率发展节点，另一个则是黄山市下辖的歙县和屯溪区构成的低效率发展节点。

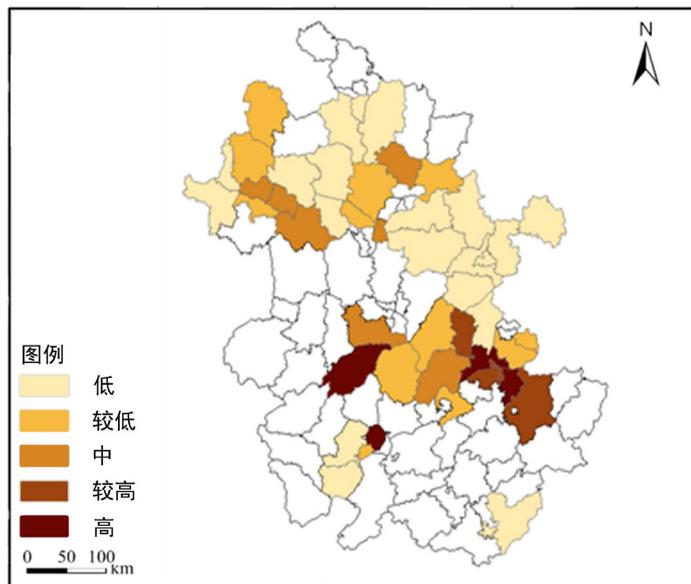


Figure 2. Spatial distribution of inland waterway transport development efficiency in Anhui Province  
图 2. 安徽省内河航运发展效率空间分布图

## 4. 提升策略

### 4.1. 正确认识内河航运重要性

在城镇化进程中,关于内河航运发展的认知存在若干需要澄清的问题。一方面,现代交通体系的多元化发展使水路运输的相对重要性有所减弱,部分观点甚至主张淘汰水运方式,认为其运输效率低、中转流程复杂,已难以适应现代发展需求。另一方面,现行航道规划体系更新滞后,多数航道仍沿用历史技术标准,与当代城市经济社会发展需求存在一定脱节。此外,城市空间重构过程中,工业企业外迁导致城区河段航运功能弱化;而新兴工业区又普遍缺乏配套水路设施,致使大宗货物运输更多依赖公路和铁路系统,不仅推高了物流成本,更对区域经济发展形成制约。

基于内河航运发展的历史规律和国际先进经验可知,水路运输因其显著的规模效益、经济性、生态友好性及投资效率等优势,始终是综合交通体系的关键组成部分。运输成本方面,内河航运单位货物周转量平均运价约是公路的 $1/8$ 、铁路的 $1/3$ ;运输效率方面,内河航运不仅运能大、适宜中长距离运输,还能完成高速公路、铁路无法实现的超长、超宽、超重等特大货物运输;环保方面,内河航运所造成的环境污染仅是铁路运输的 $1/3$ 和公路运输的 $1/15$ 。我国部分发达地区通过科学统筹城市规划与内河航运建设,充分释放了内河航运的经济带动效应。值得注意的是,城市区域内的内河航道经过景观化改造后,能够形成生态廊道与旅游休闲空间的双重功能。通过系统实施两岸绿化工程和景观提升项目,既可塑造特色滨水景观带,又能创造优质的亲水环境,从而为城市更新提供新的发展动能。这提示应当加强内河航运多功能价值的学术研究和社会科普宣传,纠正现有认知的不足和偏差,为推进科学的内河航运规划建设创造有利条件。

### 4.2. 优化内河航运发展布局

针对发展效率处于中低水平的内河航运,要在统筹规划内河航运沿线产业布局的基础上,重点推进内河航运港口设施的迁移与整合,将原位于市区的码头功能逐步调整至郊区航段,构建“水路干线运输+公路末端配送”的水陆联运体系,不断提升内河航运的水运功能。城区航段则重点强化其基础运输功能,同步实施多功能提升工程,使其兼具防洪排涝、生态景观和交通疏导等复合作用。对于发展效率处于中高水平的内河航运,应重点优化其空间结构和功能配置,加强航运基础设施建设,充分凸显水路运输的经济性、环保性和规模优势,为区域经济增长提供支撑。具体可采取产业引导策略,促进适水型产业沿河集聚,培育滨河产业经济带,形成“港口驱动、产城融合”的发展格局。值得关注的是,航道等级提升将重塑城市物流体系,促使工业仓储设施向港口周边集中,这一过程不仅会优化货运交通网络布局,还将深刻影响城市空间结构演变,最终达成“港城协同”的发展愿景。

### 4.3. 打造一体化协同发展格局

建议采取“航道-港口-城市”协同发展的策略模式,重点培育具有区域带动力的航运枢纽中心,立足各地资源禀赋和发展基础,建设特色鲜明的内河港口城市群。研究显示,宜秀区(皖河)、舒城县(丰乐河)、含山县(州河)、鸠江区及芜湖县(青山河)等5个区域的内河航运发展效率处于有效状态,充分证明其航道资源对城市发展的关键支撑作用,可作为首批省级“航港城”融合发展示范区重点打造,力争培育成为安徽省内河航运发展的排头兵和示范区。同时,建议择优筛选若干内河航运资源丰富、经济社会发展条件好、区位优势明显的内河及其所在城市,特别是滁州市、合肥市、马鞍山市,要充分发挥其内河航运资源丰富、城市发展能级强的优势,培育建设一批内河航运发展节点,与前述示范区共同构建“示范引领、节点支撑”的多层次内河航运发展体系。通过这种梯度推进的发展策略和模式,既能突出重点区域的示范引领效应,又能实现安徽省内河水运网络的整体优化,最终形成特色鲜明、优势互补、航城

互动的基于“航-港-城”的一体化发展新格局，持续推动安徽省内河航运实现高质量发展。

## 5. 结论与讨论

针对安徽省内河航运发展效率研究现状，本文从“航道-城市”这一独特的复合系统出发，构建评价指标体系，并利用超效率SBM模型，计算了安徽省26条内河及其所在66个区县的航运发展效率，结果表明：从城市的视角看，仅有位于芜湖县的青山河、宜秀区的皖河、舒城县的丰乐河、含山县的州河、鸠江区的青山河等5个样本的效率指数大于1，处于内河航运发展的有效状态，其他61个城市样本则处于无效状态。从内河的视角看，仅有青山河的效率大于1，处于有效状态，其他25条内河的发展效率均小于1，均处于无效状态，表明安徽省内河航运发展效率仍存在较大的提升空间。在发展效率空间分布上，安徽省内河航运发展效率形成了一个反“C”字形的总体空间分布格局，其中，较高和高效率区县形成了“一带两点”的空间分布格局，中低效率区县则呈现出“两片两点”的空间分布格局。最后，研究在发展效率评价的基础上，提出了优化提升安徽省内河航运发展效率的策略和建议，由此为安徽省内河航运的高质量发展提供决策支持。

研究在以下方面仍需进一步探讨。首先，研究样本仍需扩大规模，未来研究可把长江、淮河等跨区域的重重大航道纳入样本，由此获得更全面的评价结果。其次，发展效率评价指标体系可以进一步完善，在数据能够获得的前提下，可以考虑增加一些针对性的指标。此外，后续研究还可以探讨和挖掘影响安徽省内河航运发展效率的因素，由此能更深入地揭示其发展机理，这将为安徽省内河航运的可持续发展提供更加科学的决策依据。

## 基金项目

合肥工业大学科学研究项目，编号：W2023JSFW0288。

## 参考文献

- [1] 叶红玲. 皖江新模式助力安徽航运“扬帆起航”[J]. 中国水运, 2013(21): 58-59.
- [2] 魏士彬. 合力推进长江安徽段航运发展[J]. 中国水运, 2016(7): 12-13.
- [3] 沈保根, 张伟. 依托合裕线打造合肥江淮航运中心I级航道的思考[J]. 中国水运, 2018, 18(10): 49-50.
- [4] 王静漪. 供给侧改革下我国内河航运港口发展现状及对策分析——以安徽合肥港为例[J]. 广西科技师范学院学报, 2018, 33(3): 141-143+147.
- [5] 王其端. 皖江航运服务集聚区建设条件及对策[J]. 水运管理, 2019, 41(10): 4-7.
- [6] 柳军. 长三角世界级港口群安徽建设方案[J]. 中国港口, 2022(12): 23-25.
- [7] 王二宝, 周晓艳, 柳军. 浅谈江淮运河航运价值及提升举措[J]. 珠江水运, 2025(6): 94-96.
- [8] 李辉. 数字经济时代马鞍山市内河航运市场的转型发展探析[J]. 金融文坛, 2025(1): 72-75.
- [9] 姜玉波, 尤兴涛. 安徽省协同推进长三角港航更高质量一体化发展方案思考[J]. 水运管理, 2021, 43(5): 4-5+11.
- [10] 周雨濛. 安徽合肥: “牵手”江淮构建枢纽经济发展新路径[J]. 中共合肥市委党校学报, 2023, 22(6): 57-58.
- [11] 李佳阳. 内河港口的城市经济与港口航运耦合协调发展评价[J]. 水运管理, 2025, 47(1): 22-26+57.
- [12] 王云. 安徽电动船舶发展对策研究[J]. 中国水运, 2023(19): 69-70.
- [13] Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E. (1978) Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8)
- [14] Andersen, P. and Petersen, N.C. (1993) A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39, 1261-1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>
- [15] Tone, K. (2001) A Slacks-Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00407-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00407-5)
- [16] Tone, K. (2002) A Slacks-Based Measure of Super-Efficiency in Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 143, 32-41. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00324-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00324-1)