

# 基于时间序列分解的黄茅海跨海通道交通流 时空变化分析

罗嘉荣

广东交通实业投资有限公司, 广东 广州 510623

DOI: 10.61369/SSSD.2025170027

**摘要 :** 为揭示黄茅海跨海通道交通流的时空变化特征, 本研究基于2025年7月1日至8月31日的每小时交通监测数据, 采用时间序列分解、统计分析和可视化方法, 对车型占比、周期特征及流向分布进行研究。结果表明: 客车占比约86%, 货车占14%, 反映通道以通勤和旅游需求为主, 物流运输为辅; 时间序列分解显示流量呈稳定增长趋势, 日周期特征显著, 工作日早晚高峰流量较均值高70%; 流向分布呈现珠海至江门方向货车流量(不考虑客车)占优, 反映货运经济的不对称性。研究结果为通道交通管理(如高峰期车道优化、物流调度调整)提供科学依据, 未来可整合外部因素开发时空预测模型以提升运营效率。

**关键词 :** 交通运输规划与管理; 高速公路; 时间序列; 时空分析

## Analysis of Temporal and Spatial Changes in Traffic Flow of Huangmaohai Cross-Sea Channel Based on Time Series Decomposition

Luo Jiarong

Guangdong Communications Industry Investment Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510623

**Abstract :** To reveal the temporal and spatial change characteristics of traffic flow in the Huangmaohai Cross-Sea Channel, this study uses time series decomposition, statistical analysis and visualization methods to research the vehicle type proportion, periodic characteristics and flow direction distribution, based on the hourly traffic monitoring data from July 1 to August 31, 2025. The results show that passenger cars account for about 86% and trucks for 14%, reflecting that the channel is mainly for commuting and tourism needs, supplemented by logistics and transportation. Time series decomposition indicates that the traffic flow shows a steady growth trend with significant daily periodic characteristics, and the traffic flow during morning and evening peaks on working days is 70% higher than the average value. The flow direction distribution shows that the truck flow from Zhuhai to Jiangmen (excluding passenger cars) is dominant, reflecting the asymmetry of the freight economy. The research results provide a scientific basis for the channel's traffic management (such as peak-hour lane optimization and logistics scheduling adjustment). In the future, external factors can be integrated to develop a temporal and spatial prediction model to improve operational efficiency.

**Keywords :** transportation planning and management; expressway; time series; temporal and spatial analysis

## 引言

黄茅海跨海通道是连接广东省珠海市与江门市的重要交通枢纽, 作为珠三角地区经济融合的关键基础设施, 其交通流量的时空变化特征直接影响交通管理效率、道路维护规划以及区域经济发展<sup>[1]</sup>。交通流的时空分析旨在揭示车流量在时间(如日、周周期)<sup>[2]</sup>和空间(如流向分布)<sup>[3]</sup>上的规律性变化, 为智能交通系统和城市规划提供科学依据。

交通流的时空特征受多种因素驱动, 包括车型构成(客车与货车)、时间周期(工作日与周末)以及区域间的交通需求差异。传统分析方法多依赖简单的统计汇总或可视化, 难以全面捕捉复杂的时空动态关系。近年来, 随着高频监测数据和时间序列分析技术的发展, 基于数据驱动的分析方法为深入理解交通流特征提供了新的机会。Li Bin<sup>[4]</sup>基于超过35亿条高速公路收费流水数据, 通过交通网络分析方法, 探索了交通流量与区域经济之间的关联性, 有效突破了传统经济研究对官方报告和人口普查数据的依赖局限。程刚<sup>[5]</sup>整合公交刷卡记录与车辆GPS数据, 通过统计分析得出客流的起讫点(OD)分布特征, 并在此基础上, 采用最短路径算法和优化技术, 为公

交车辆规划最优线路，以实现多方利益的最大化。

本研究以黄茅海跨海通道为案例，利用监测站点采集的交通流数据，结合时间序列分解、统计分析和可视化方法，分析不同车型的流量占比、一周内各天的流量变化、周期性特征以及车流流向的分布规律。研究结果揭示了通道交通流的时空动态，为优化交通管理和提升运营效率提供了理论支持。

## 一、研究方法

### (一) 数据采集与预处理

本研究使用黄茅海跨海通道沿线监测站点的交通流数据，数据覆盖2025年7月1日至8月31日的车辆通行记录，时间分辨率为每小时。

数据字段包括：

1. 车型分类，客车分为1、2、3、4型（编号1至4），货车分为1、2、3、4、5、6型（编号11至16）；
2. 时间戳：记录每小时的交通流量；
3. 流向信息：记录车辆从收费站进出并且通过黄茅海跨海通道的流量。

数据预处理包括：

1. 异常值处理：通过中位数滤波方法剔除异常值<sup>[6]</sup>（如传感器故障导致的极端值）；
2. 缺失值填补<sup>[7]</sup>：采用线性插值法填补缺失数据，确保时间序列的连续性；
3. 数据分组：按车型、时间和流向分组，生成适合时空分析的数据结构。

### (二) 分析方法

本研究采用以下方法分析交通流的时空变化特征：

- (1) 车型流量占比分析：计算各车型的流量占比，揭示客车与货车的分布特征，公式如下：

$$r_i = \frac{x_i}{\sum_j x_j} \quad (1)$$

其中， $x_i$  为车型  $i$  的总流量， $\sum_j x_j$  为所有车型的总流量。

- (2) 时间序列分解<sup>[8]</sup>：将流量数据分解为趋势（Trend）、周期性（Seasonality）和残差（Residual），公式表达如下：

$$Y_t = T_t + S_t + R_t \quad (2)$$

其中，趋势反映流量的长期变化（如逐月增长）；周期性捕捉日（24小时）或周（168小时）的重复模式；残差表示随机波动或未建模的因素。

- (3) 流向分布分析：通过流向矩阵分析收费站进出并通过黄茅海跨海通道的车流量分布情况：

$$M = \begin{bmatrix} F_{i \rightarrow j} & 0 \\ 0 & F_{j \rightarrow k} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中， $F_{i \rightarrow j}$  和  $F_{j \rightarrow k}$  分别表示从入口收费站  $i$  到观测点  $j$  以及观测点  $j$  出口收费站  $k$  的车流量。

## 二、实验分析

### (一) 数据集与实验设置

数据集来源于黄茅海跨海通道的监测站点，共四个观测点，分别是，平沙 - 高栏港（S1），高栏港 - 平沙（S2），高栏港黄茅海 - 赤溪东（S3），赤溪东 - 高栏港黄茅海（S4）。

### (二) 结果分析

车型流量占比分布如图1所示。结果显示，客车（1至4型）约占总流量的86%，主要还是以日常通勤为主。并且可以看到S3和S4的重型货车（6型）占比相对较高，说明承担了较大的货物运输功能。

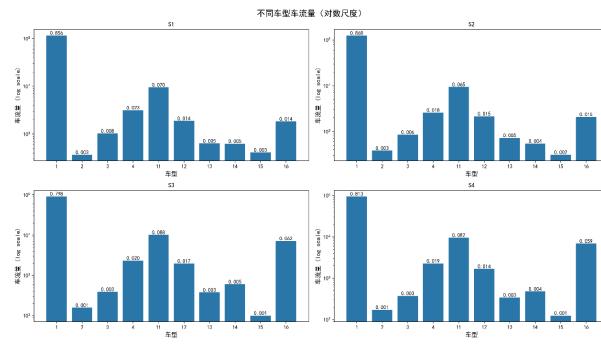


图1 不同车型流量占比分布

一周内各天流量变化与周期性如图2所示。工作日（周一至周五）的平均日流量约为周末（周六和周日）的90%，说明周末有更多人出行游玩。但工作日呈现明显的早高峰（7:00-9:00）和晚高峰（17:00-19:00），而周末流量分布较为平缓。根据不同观测点的变化来看，也表现出潮汐规律。

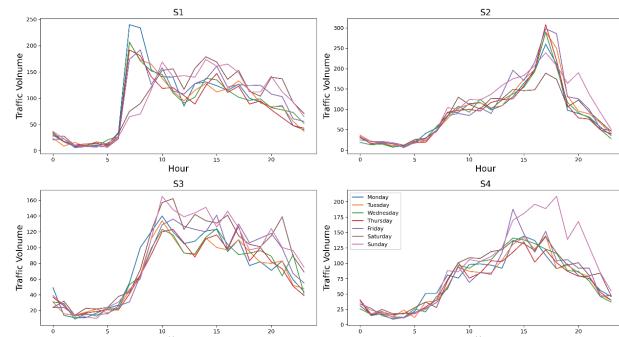


图2 一周内各天流量变化情况

图3展示了时间序列分解结果，以观测点 S1 为例，共分解连续14天。

1. 趋势：两周内流量总体稳定，略有上升趋势，可能反映区

域经济活动的增长；

2. 周期性：日周期（24小时）显示早晚高峰的重复模式。周期性成分的幅度表明工作日高峰流量比均值高约70%。

3. 残差：残差标准差较低，说明随机波动不明显。

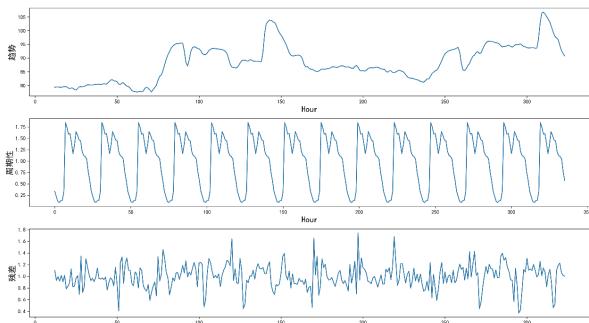


图3 时间序列分解图 (S1)

车流流向分布如图4所示，选取了流量占比 top 10 的相关收费站。

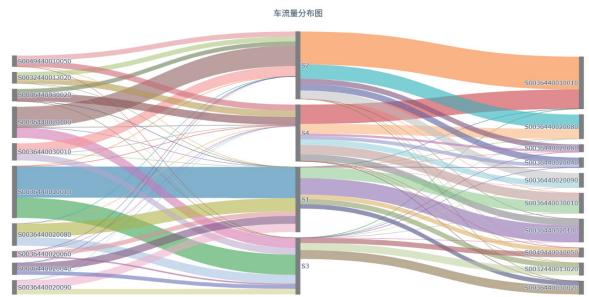


图4 车流流向分布 (左 -> 右)

### 三、结论

本研究通过时间序列分解和统计分析，揭示了黄茅海跨海通道交通流的时空变化特征。有如下结论：

(1) 客车占比高于货车，表明通道在服务通勤和旅游需求方面作用显著。货车流量的比例反映了物流运输的重要性；

(2) 图2和图3显示工作日与周末的流量差异，周期性分解进一步量化了日和周周期的强度。早晚高峰的模式提示需优化高峰期交通管理；

(3) 珠海至江门方向的货车流量相对较高，反映了区域经济活动的不对称性。客车在反向流量的主导地位与旅游需求一致。

(4) 趋势表明通道流量稳定增长，周期性特征可用于下游任务，如预测模型的输入，残差中的异常点提示需关注节假日或突发事件。

研究结果为黄茅海跨海通道的交通管理提供了科学依据，例如在工作日高峰期优化车道分配、针对货车流量调整物流调度。未来研究可整合天气、节假日等外部因素，开发基于时空特征的预测模型，进一步提升通道的运营效率和区域交通协调性。

### 参考文献

- [1] 雷永巍. 基于多源数据融合的公路网货物运输指标统计与预测方法研究 [D]. 广州：华南理工大学，2018.
- [2] Fu Y, Shi X. Research on Freight Truck Operation Characteristics Based on GPS Data[J]. Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2013, 96: 2320–2331.
- [3] 王振, 张志敏, 李同飞, 等. 基于手机信令数据的通勤出行分析——以青岛市为例 [J]. 青岛理工大学学报. 2022, 43(01): 129–136.
- [4] Li B, Gao S, Liang Y, et al. Estimation of Regional Economic Development Indicator from Transportation Network Analytics[J]. Scientific Reports. 2020, 10(1).
- [5] 程刚, 张艳. 基于刷卡数据的民族节日期间公交线网优化 [J]. 交通工程. 2021, 21(06): 31–36.
- [6] Newman D A. Missing data: Five practical guidelines[J]. Organizational Research Methods. 2014, 17(4): 372–411.
- [7] 韩卫国, 王劲峰, 胡建军. 交通流量数据缺失值的插补方法 [J]. 交通与计算机. 2005(01): 39–42.
- [8] 赵然杭, 甘甜, 逢晓腾, 等. 基于时间序列分解的降雨数据挖掘与预测 [J]. 中国农村水利水电, 2021, 11: 116–122.