

基于交通需求预测与空间规划的高速公路互通加密方案优化研究——以瑞安市为例

张海彬¹, 薛纪力¹, 陶秋钢², 潘剑超^{2*}

1. 瑞安市交通运输局, 浙江 瑞安 325200

2. 浙江大学 工程师学院, 浙江 杭州 310058

DOI: 10.61369/TACS.2026040028

摘 要 : 随着温瑞同城化进程加快与瑞安市产业空间东扩, 现有高速公路互通布局已难以充分覆盖城市主要功能区, 局部路段服务间距偏大的矛盾日益凸显。本文以瑞安市都市区高速公路网络为研究对象, 在梳理现状与规划互通分布特征的基础上, 构建融合交通需求预测与设施选址优化的互通加密研究框架。模型以加权服务成本最小化为目标, 纳入预算、最小间距及工程可行性等约束, 形成0-1整数规划问题, 并辅以两阶段启发式求解策略提升计算效率。以2045年为特征年, 对5处拟加密互通(含3处位于甬台温高速复线、1处位于瑞安联络线高速、1处位于温州绕城高速西南线)进行交通规模预测与工程经济评价。研究结果表明, 实施加密方案后, 都市区范围内落地互通口总数将由现状10处增至18处, 平均互通间距由10.20 km降至8.03 km, 降幅约21.3%, 最大间距从20.9 km压缩至16.6 km; 各拟设互通在特征年呈现合理的进出口交通规模, 具备充分的工程建设依据。本文提出近期/中期/远期分阶段实施建议, 并强调互通建设与城市道路系统及区域控规的协同配套。

关 键 词 : 高速公路; 互通加密; 设施选址模型; 交通需求预测

Research on Optimization of Expressway Interchange Encryption Scheme Based on Traffic Demand Forecasting and Spatial Planning — A Case Study of Ruian City

Zhang Haibin¹, Xue Jili¹, Tao Qiugang², Pan Jianchao^{2*}

1. Ruian Transportation Bureau, Ruian, Zhejiang 325200

2. College of Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310058

Abstract : With the accelerated integration of Wenzhou and Ruian and the eastward expansion of Ruian's industrial space, the existing layout of expressway interchanges can no longer fully cover the city's main functional areas, and the contradiction of excessively large service intervals on some road sections has become increasingly prominent. Taking the metropolitan expressway network of Ruian City as the research object, this paper sorts out the distribution characteristics of existing and planned interchanges, and constructs a research framework for interchange encryption integrating traffic demand forecasting and facility location optimization. Aiming at minimizing the weighted service cost, the model incorporates constraints such as budget, minimum spacing and engineering feasibility to form a 0-1 integer programming problem, supplemented by a two-stage heuristic solution strategy to improve computational efficiency. Taking 2045 as the characteristic year, traffic volume forecasting and engineering economic evaluation are carried out for 5 proposed interchanges (including 3 on the Ningbo-Taizhou-Wenzhou Expressway Double Line, 1 on the Ruian Link Expressway, and 1 on the Southwest Section of Wenzhou Ring Expressway). The results show that after the implementation of the encryption scheme, the total number of ground interchanges in the metropolitan area will increase from 10 to 18; the average interchange spacing will drop from 10.20 km to 8.03 km, a decrease of about 21.3%; and the maximum spacing will be reduced from 20.9 km to 16.6 km. Each proposed interchange shows a reasonable traffic scale of entrance and exit in the characteristic year, providing sufficient basis for engineering construction. This paper puts forward phased implementation suggestions for short-term, medium-term and long-term, and emphasizes the coordinated matching of interchange construction with urban road systems and regional regulatory plans.

Keywords : expressway; interchange encryption; facility location model; traffic demand forecasting

项目信息: 浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划资助, 项目编号: 2024C0327, 台州市科技计划项目资助, 项目编号25gyb33。

作者简介: 张海彬(1988—), 男, 汉族, 浙江瑞安人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 交通规划。

通讯作者: 潘剑超, Email: panjianchao@zju.edu.cn

高速公路互通加密是提升路网服务水平、优化交通资源配置的重要手段。现行规范在布局原则上要求对沿线两侧各区块的近远期交通规划进行充分调查,分析被交道路性质,确保其具备足够通行能力^[1]。在此框架之上,张驰等系统综述了互通立交出入口安全性,指出现行规范变速车道长度规定与实际驾驶行为及车辆特性存在偏差,建议深化出入口几何设计指标的精细化研究^[2]。安欣基于实证数据建立了隧道出口与互通出口最小净距的计算模型,为不同线形条件下净距控制值的确定提供了量化支撑^[3]。Kabashkin 基于运输需求层次框架与 Petri 网构建的 MCDM 模型,在多式联运路线选择中展示了将工程约束与需求层次耦合的技术路径^[4]。上述研究表明,将设施选址模型与多准则评价相结合,是处理互通加密这类兼具工程约束与政策目标的规划问题的有效途径。

一、研究区概况与数据基础

[illegible]

根据研究区高速公路网络的统计结果,瑞安市都市区范围内现状已建成并投入运行的高速互通口共10个,互通间距差异较大。这一空间分布特征反映了两类典型问题:一是主要城市功能区与高速通道之间仍存在较大的服务盲区;二是个别路段因地形或历史原因形成了间距偏小的局部聚集,整体布局均衡性有待改善。



到18个,最大间距降至约16.6 km,最小间距维持在约4.1 km,平均间距降至8.03 km,相较现状改善约21.3%(表1-1)。

统计口径	互通数量 (个)	最大间距 (km)	最小间距 (km)	平均间距 (km)
现状	10	20.9	3.9	10.20
规划(未加密)	13	30.7	4.2	12.70
加密方案	18	16.6	4.1	8.03

交通需求是互通加密方案评价的重要基础。本文基于区域交通调查数据与交通需求预测成果,对特征年交通运行状态进行分析。以OD (Origin-Destination) 出行矩阵为基础,通过交通分配模型将区域出行需求分配至高速公路网络,从而获得各路段及互通节点的交通量指标。在此基础上,提取各拟建互通节点的进出口交通量,并结合高速公路主线交通量,分析互通在区域交通系统中的服务功能与交通分担作用。

Vehicle Type	Proportion
客车 (Passenger Vehicle)	73.79%
货车 (Cargo Vehicle)	26.21%

空间布局指标用于反映互通在高速公路网络中的分布合理性。互通间距指标衡量相邻互通之间的距离特征,包括最大间距、最小间距及平均间距,可综合反映互通分布的均衡性与覆盖

水平。间距改善率用于定量衡量互通加密对空间布局的优化程度，其计算式为：

其中， L_0 为加密前平均互通间距， L_1 为加密后平均互通间距， $L_0 > L_1$ 越大，表明间距均衡性改善越显著。

2. 交通运行指标

交通运行指标用于反映高速公路网络的运行状态。本文采用路段交通量作为核心指标，表示单位时间内通过某一高速路段的交通流规模，用于反映主线廊道的运行负荷水平，并为互通进出口交通量的背景参照提供依据。

3. 服务能力指标

服务能力指标用于反映互通节点对区域交通的服务水平，包括三项具体指标。互通进出口交通量表示互通节点与地方道路之间的交通交换规模，是评价互通服务能力的基础依据。单站服务规模通过统计各互通节点进出口交通量之和，反映单个互通对区域交通需求的承载能力。平均服务水平通过计算各互通节点单站规模的均值，反映整体互通系统的服务能力水平。

三、实证分析：瑞安市互通加密方案评价

（一）加密方案总体设计

综合交通需求预测结果、现状互通服务盲区识别与工程可行性分析，本研究提出在瑞安市都市区高速公路网络上新增或改建5处互通节点，具体选址分布于甬台温高速复线（3处）、瑞安联络线高速（1处）与温州绕城高速西南线（1处）。各互通的空间布点以消除现状服务盲区、衔接主要城市功能区为核心目标，互通形式与连接线方案则综合考虑地形地物条件、被交道路等级与近远期交通需求确定（表3-1）。

表3-1 拟实施互通概况

互通名称	所属路线	建设性质	连接线（km）	建设时序
塘下东互通	甬台温高速复线	新建	2.02	近期
上望互通	甬台温高速复线	新建	—	中期
海西复合枢纽	甬台温高速复线	改建	—	近期
丰和互通	瑞安联络线高速	新建	0.73	远期
郑楼（飞云南）互通	温州绕城高速西南线	新建	—	远期

实施时序以近期 / 中期 / 远期三档划分，其中近期优先推进工程条件成熟且交通需求较为迫切的节点，远期互通则以区域产业发展与控规配套完善为前提，保障方案落地与城市规划的协调同步。



图3-1 瑞安市加密互通分布图

（二）交通需求预测结果

1. 特征年互通进出口交通量

基于建立的交通需求预测模型，结合2021年调查数据标定的路网分配参数，预测得到各拟加密互通在特征年（2045年）的进出口交通量（表3-2）。

表3-2 2045年瑞安高速公路网预测交通量

互通名称	进口交通量	出口交通量	合计
塘下东互通	4663	7626	12289
上望互通	6475	6687	13162
海西复合枢纽	5475	5687	11162
丰和互通	9765	6573	16338
郑楼（飞云南）互通	4926	6713	11639
合计	31304	33286	64590
平均	6261	6657	12918

注：表中数值均以 PCU/d 为单位，依据同一预测口径的路网分配结果整理汇总。

为建立互通预测流量与主线廊道运行状态的内在联系，本文整合了主要高速廊道在特征年的通行量与饱和度背景参照值。在主要廊道中，某干线高速的预测日通行量约为112925 PCU/d，饱和度处于中偏高水平。相较之下，各拟设互通单站的进出口合计流量体现了其对周边城市出行转换需求的实际承载作用，加密的本质在于“分化局部可达性瓶颈”，而非单纯扩大主线流量总量。

2. 互通间距改善效果

加密方案实施后，都市区范围内互通的空间分布均衡性得到显著提升。依据2.2.1节定义的间距改善率公式，将加密前平均间距 20.9 km、加密后平均间距 16.6 km 代入，得到为，最大互通间距由20.9 km 压缩至16.6 km，有效消除了现有路网中服务盲区最突出的路段；最小间距维持在4.1 km，满足《公路工程技术标准》关于最小间距不小于4 km 的强制性规定。

（三）方案综合评价

5处拟加密互通在特征年呈现出合理的交通规模，其服务范围覆盖了现状路网中可达性薄弱的主要功能区，都市区范围内高速公路的需求覆盖率得到明显提升。各互通的建设总投资已由工程规划预估，近期互通的投资规模相对可控，且旅行时间节省带来的社会经济效益可在合理期限内覆盖建设成本。

四、政策与工程建议

在实施策略层面，建议严格遵循近期 / 中期 / 远期的分阶段推进原则，避免因集中建设形成过大的交通组织压力与财政投资压力。近期互通应在完成用地预控与工程许可的前提下尽快启动建设，使其尽早发挥分流与承载效益；中远期互通则须与区域控制性详细规划、产业引导方向及地面道路配套实现联动推进，防止高速互通建设超前于配套条件而形成“孤岛节点”。

在工程设计层面，各互通的连接线设计标准应与预测的互通进出口流量相匹配，避免以低等级连接线承接高流量需求。匝道设计参数应结合特征年高峰小时流量进行验算，并对施工期主线

与被交道路的交通组织作出专项预案安排。与城市规划的深度衔接。建议相关部门在互通附近划定用地控制区，从规划管控层面防范未来建设活动对互通安全距离的侵占。

在协同规划层面，互通加密方案的有效落地依赖于交通规划

参考文献

[1] 公路工程技术标准：JTG B01—2014[S]. 北京：人民交通出版社，2014.

[2] 张驰，刘锴，王世法，等. 高速公路互通式立体交叉出入口安全性研究综述 [J]. 交通信息与安全，2023,41(02):1-17.

[3] 安欣，孙毅，李涛，等. 高速公路隧道出口与互通出口最小净距研究 [J]. 公路交通科技，2021,38(09):132-140.

[4] Kabashkin I. Model of Multi Criteria Decision-Making for Selection of Transportation Alternatives on the Base of Transport Needs Hierarchy Framework and Application of Petri Net[J].Sustainability,2023,15(16).

[5] 葛梦雪，宋国华，王芃森，等. 基于手机应用软件测算 OD 数据的区域交通需求预测 [J]. 公路交通科技，2019,36(05):152-158.

[6] 裴玉龙，宇文翀，常铮，等. 基于综合交通网络的干线公路客流预测方法 [J]. 交通运输工程学报，2022,22(04):259-272.

[7] 岳宜宝. 基于手机信令与公交卡数据的公交网络优化——以上海西虹桥商务区为例 [J]. 人民公交，2026,(01):78-83.