

精细化治理背景下的交通限行区分级管控合理性评估与优化*——以杭州市为例

The Rationality Assessment and Optimization of the Graded Traffic Restricted Zone in the Context of Refined Governance: A Case Study of Hangzhou

冯佳宇 彭雨晴 郭亮 FENG Jiayu, PENG Yuqing, GUO Liang

摘要 合理地划定限行区域,辅之以差异化的交通需求管理政策能够有效缓解城市拥堵、精准提升城市交通治理水平。以实时交通拥堵指数、OSM路网数据、公交线路和站点数据为研究数据,识别杭州市分级限行区内的拥堵区分布,分析拥堵区交通供给特征,在此基础上划分拥堵区类型并提出分类管控优化策略。研究发现,杭州市限行区分级较为合理,对浙A及区域号牌限行的拥堵区路网密度及其等级配置合理,公共交通供给略有错位与不足;对外地车辆限行的拥堵区路网供给不足,公交供给水平相对较高,但在精细尺度上存在交通供给要素的错位与替代性公共交通不足的问题;根据交通供给特征及限行政策将拥堵区划分为片区式、飞地式和节点式拥堵区,分别提出实施拥堵收费、优化路网结构、提高微循环能力、增设公交线路串点成线及引导公交出行等策略,以期为大城市交通精细化治理提供借鉴。

Abstract Rational delineation of traffic restriction zones, complemented by differentiated traffic demand management policies can alleviate urban congestion and improve urban traffic management. Using real-time traffic congestion index, OSM road network data, bus line and station data, we identify the distribution of congestion zones within the graded traffic restriction zones in Hangzhou, analyze the traffic supply characteristics of congestion zones, classify the types of congestion zones, and propose classification control optimization strategies. It is found that the traffic restriction zones in Hangzhou are reasonably divided. The road network density and its grade configuration are reasonable in the congestion zones with restricted traffic for vehicles with Zhejiang A and regional plates, but the public transportation supply in those areas is slightly misplaced and insufficient. The road network supply is insufficient in the congestion zones with restricted traffic for other provinces' vehicles, and the level of public transportation supply is relatively high. However, there are problems of misalignment of transportation supply elements and insufficient alternative public transportation at a fine scale. According to the traffic supply characteristics of the congestion zones, they are divided into area-type, enclave-type and node-type congestion zones. We propose strategies such as implementing congestion charging, optimizing road network structure, improving micro-circulation capacity, adding bus routes to string points into lines and guiding bus travel, to provide a reference for the refined traffic management of large cities.

关键词 城市交通;交通需求管理;交通供给特征;分级限行区;交通拥堵

Key words urban traffic; transportation demand management; transport supply characteristics; graded restriction zones; traffic congestion

文章编号 1673-8985 (2024) 04-0149-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. sup. 20240420

作者简介

冯佳宇

杭州市勘测设计研究院有限公司

城市规划师,硕士

彭雨晴

华中科技大学建筑与城市规划学院

博士研究生

郭亮 (通信作者)

华中科技大学建筑与城市规划学院

湖北省城镇化工程技术研究中心

教授,博士生导师

paoren111@163.com

0 引言

近年来,我国人口不断向大城市集聚,大城市空间不断向外扩张,导致公众的出行成本上升、城市交通拥堵日益严重、城市宜居性降低,成为制约大城市进一步发展的重要因素。北京交通发展研究院公布数据显示,

*基金项目:国家自然科学基金“基于通勤绩效提升的大城市空间结构优化——以武汉为例”(编号52178039)资助。

2019年北京日平均中度以上拥堵时间长达3 h,拥堵造成的经济损失占月均工资的10%以上^[1];2021年第一季度,高德交通大数据监测的361个城市中,仅有39.34%的城市通勤高峰期交通较为通畅。交通拥堵问题已成我国大城市的共性问题。为缓解大城市交通拥堵问题,诸多城市从维持交通供需平衡入手,过去倾向于建设大量交通基础设施以增加交通供给,增量发展的模式导致负外部效应的产生,如交通噪声、空气污染、设施建设修建与维护的高成本等。在此背景下,制定精细化的交通需求管理(Transportation Demand Management, TDM)措施以应对不同区域差异化的交通拥堵问题成为国内外大城市交通治理的重要议题。

交通限行作为一种通用的交通需求管理措施得到广泛应用。目前限行区的划分方法通常较为粗略,多以城市环线、高架快速路及城市主干路为界,较难满足当下城市交通精准化治理的要求。而大数据、云计算等技术的成熟,为实现交通精细化管控提供了可能。传统的交通治理措施主要有错峰限行、小汽车牌照限额发放、大力发展公共交通等政策,以有效限制小汽车的使用与降低路面交通量。在区域一体化与大都市圈协同发展背景下,城市之间交通联系日益紧密,城市区域通勤距离与通勤压力均在增加,并加剧了城市局部的交通拥堵。因此部分大城市出台区域性车牌号分级限行管理措施,即在特定区域、特定时间段内对不同车牌号赋予不同的道路行驶权以提高交通运行效率的行政管理手段。相较传统的交通限行政策,分级限行制度针对不同拥堵程度的区域实施针对性的管控措施,是城市精细化治理在交通管理层面的重要探索实践。

当前针对限行政策的研究多聚焦于限行措施的效果和影响,诸如限行政策对环境、噪声的污染^[2-4]和居民出行方式^[5]的影响以及限行政策执行前后交通流量的变化^[6-10],仅有少部分学者将视角聚焦于限行范围划定的合理性,如杨忠振等^[11]根据各尾号汽车的空间分布和出行分布情况,研究小汽车出行路径选择,

结合道路交通流特征,达到优化尾号限行方案的目的;张晓阳等^[12]基于层次分析法以路网运行车速、拥堵里程、改善路段数量、节点改善数量、流量均衡、实施难度6项指标建立路网运行评价模型,定量评估不同限行方案实施后的效果,以选定最优限行范围。综上,虽然目前对于限行政策实施有效性和影响的研究成果已较为丰硕,但是对于限行政策实施区域空间范围合理性评价的相关探索仍较少,且多利用交通模型进行单一限行政策的效应模拟,缺乏结合交通设施要素供给与交通需求管理措施共同参与治理城市交通拥堵的相关研究。须知单一的限行限号政策或交通设施供给仅能在短期内改善局部交通拥堵,而将发展公共交通、完善交通设施与限行政策相结合才能达到更加长效的治理目标^[13]。

本文以浙江省杭州市为例,对其分级限行政策进行梳理,以实时拥堵指数识别拥堵区分布,从路网供给水平和公交服务供给水平两个维度分析拥堵区的交通供给特征,结合分级限行管控措施,进一步解析拥堵区的分类特征,结合交通设施供给要素特征评价拥堵区限行措施的合理性并提出相应的分类管控优化策略,以期在城市交通精准化治理提供优化建议。

1 研究方案设计

1.1 数据来源与预处理

本文使用的交通拥堵指数获取自杭州市交通拥堵指数实时监测平台,结合限行政策执行的阶段,分别获取新政执行前(2021年1月)、新政试工期(2021年3月)、新政执行后(2021年5月、7月)的交通拥堵数据;路网数据来源于OSM开源数据网站,对数据进行整理、分级、筛选,共得到55 398条路网数据;公交地铁站点、线路数据爬取自高德地图,并由高德步行路径规划API接口获取到达站点的实际步行距离。

1.2 研究区分级限行政策解析

杭州市道路系统整体呈环形放射状格

局,中心城区以方格网道路系统为主,城市中心机动车长距离通行及对外交通主要依靠“一环三纵五横”的城市快速路系统(见图1)。杭州市自2011年开始实行限行政策,对高架快速环路内的区域实施尾号限行,期间经历多次政策调整,2021年3月开始试行的分级限行政策,具体限行政策整理如表1,三级限行区域范围如图1所示。

据杭州市城乡建设发展研究院发布的数据显示,疫情过后杭州市限行范围内日均上路行驶车辆数约有170万辆,相较往年上升态势显著。截至2021年6月底,浙A区域指标配置量已达49.9万辆,约占全市小汽车保有量的17.7%。通过对比分级限行政策实施前后的交通拥堵指数变化情况(见图2),分级限行政策实施后,月均拥堵指数最高值降低至7以下,

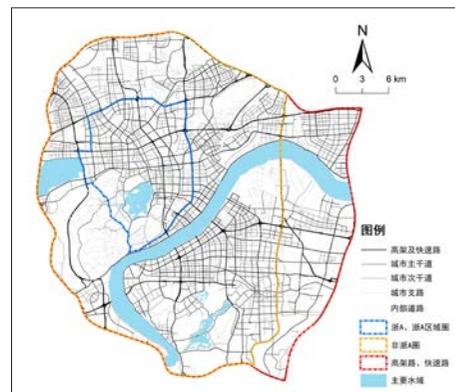


图1 杭州市现行分级限行区域分布图

Fig.1 Distribution of current graded restricted areas in Hangzhou

资料来源:笔者自绘。

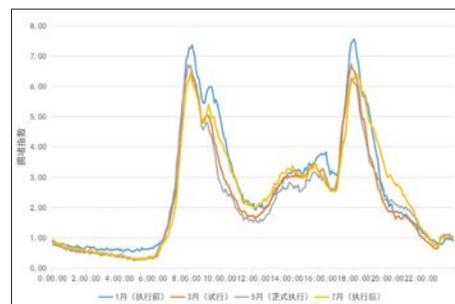


图2 2021年分级限行政策实施各阶段交通拥堵指数对比

Fig.2 Comparison of traffic congestion indices at various stages of implementation of the graded traffic restriction policy in 2021

资料来源:笔者自绘。

其中8:00—22:00的交通拥堵指数降低,尤其是早晚高峰有显著下降,说明分级限行措施对于交通拥堵情况有明显改善。

1.3 研究方法与技术路线

1.3.1 拥堵区识别

交通拥堵指数是衡量道路畅通程度的指标,能够反映一天内城市道路网络的整体运行状况^[13]。我国主要的交通指数模型计算方法大致可归纳为基于严重拥堵里程比、出行时间和混合评价等3类^[14]。本文选取的交通拥堵指数主要基于严重拥堵里程比,根据速度值的不同将路段分为畅通、基本畅通、轻度拥堵、中度拥堵、严重拥堵5个等级。笔者通过对多时段的实时交通拥堵指数进行核密度分析来识别拥堵区域的分布情况。

1.3.2 拥堵区交通供给特征测度方法

(1) 空间设计网络分析 (Spatial Design Network Analysis, sDNA)

sDNA是一种扩展空间句法,基于图论理论建立模型,对城市建成空间进行定量分析,从而揭示空间形态与功能之间的相互作用关系^[15]。相较于空间句法, sDNA更适用于城市尺度交通网络的整合和协同性,其算法更符合城市路网的真实形态^{[16]24}。目前国内使用sDNA开展的相关研究仍较少,宋小冬等^{[16]23}选取Bamsbury街区进行多种城市街道网络分析方法比较研究,研究发现sDNA在各种尺度下的拟合度均呈最优;国外较早开展相关研究,钦莫伊等^[17]利用sDNA构建街道及物

理可达性的网络模型,建立街道步行机率与行道树密度和街道网络穿行度 (Euclidean Betweenness, BtE) 之间的回归模型,分析三者之间的关联。本文基于sDNA对杭州市路网形态进行分析,选取5 000 m (机动车10 min行驶距离) 作为搜索半径,以穿行度作为衡量路网通行能力的评价指标,使用自然断点法将其分为5类,将杭州市路网穿行度分为低、中低、中、中 high 和高5级。穿行度越高,交通流量潜力越大,承担着越多的交通流量,交通压力越大。

(2) 基于路径规划的公交站点可达性分析
公共交通作为与私人机动车出行互补的出行方式,在城市交通中发挥至关重要的作用,而公交站点覆盖情况及可达性则是影响居民出行方式的关键因素。“公交都市”考核以公共交通站点500 m覆盖率为重要指标之一,《城市综合交通体系规划标准 (GB/T 51328-2018)》规定城市公共汽电车的车站服务区域,以300 m半径计算,不应小于规划建设城市建设用地面积的50%;以500 m半径计算,不应小于90%^[18]。目前常用的公交站点覆盖率计算方式一般以公交站点为圆心,以300 m或500 m为半径做缓冲区分析计算其覆盖面积,以覆盖面积除以研究区域总面积的比值作为其覆盖率^[19-22]。此种方法操作简便,能大致划分出公交站点的服务范围,但实际生活中到达公交站点的步行路径受建筑、道路、绿化、水系等实体所限制,往往会大于直线半径。丁午等^[23]提出基于栅格数据的公

交站点覆盖率算法,利用高分辨率遥感影像提取特征地物,分别提取公交站点位置信息的栅格矩阵、处于道路网络上的出行阻抗矩阵以及不在道路网络上的出行阻抗矩阵,计算公交站点的覆盖率;韩彪等^[24]创新性提出公交人文覆盖率,从民众对于公交的需求出发,综合考虑人口分布、建筑密度、用电强度、GDP产出等因素来衡量公交覆盖程度。但既有研究缺少对于城市路网交通状况、实际步行可达性的考虑。互联网地图平台具有数据全覆盖、高时效、易获取等特点,因此本文通过调取高德地图路径规划API接口获取各地块到达公交站点的实际步行距离、时间及路线数据,从而得到城市公交站点覆盖率。

1.3.3 研究技术路线

诸多研究表明,城市交通体系的优化需要交通基础设施体系的支撑,同时也需要交通管制措施的辅助,二者从供需两方面对城市交通起着调配作用,交通环境诸如路网密度、路网形态、主次干道比例、公交线网布局等交通供给要素对城市交通运行会产生较大影响^[25-27]。路网形态、道路密度与等级配置体现了交通基础设施的供给程度;公共交通可弥补地面交通的不足,有效缓解交通拥堵,引导绿色出行,与道路基础设施形成互补;交通需求管理措施则发挥着交通出行需求的调配作用。完善的交通供给设施是实施限制性交通需求管理的前提。因而本文选取交通拥堵指数识别拥堵区,在此基础上进一步分析拥堵区域内的路网形态、道路级配、公交服务可达性与服务供给密度等指标特征,识别拥堵区域问题所在,划分拥堵区类型,评价限行政策的合理性并提出相应的优化策略。研究技术路线如图3所示。

2 拥堵区识别与评价

2.1 拥堵区识别及空间分布

根据图2可知,研究区通勤交通拥堵一般出现在8:00—10:00和17:00—19:00,通过对比连续一周工作日通勤时段的拥堵区分布,其空间相关性均在95%以上,空间分布具有高度

表1 杭州市新旧限行政策对比

Tab.1 Comparison of old and new restrictions policies in Hangzhou

政策类型	车牌类型	限行时段(工作日)	限行规则	限行区域
原有限行政策 (2014年5月起 执行)	浙A号牌	7:00—9:00 16:30—18:30	尾号与对应日期限行	浙A、浙A区域圈
	非浙A号牌	7:00—9:00 16:30—18:30	全号段限行	浙A区域圈以及绕城高速内的高架路、快速路
现行限行政策 (2021年3月起 试行)	浙A号牌	限行时段、规则、区域均不变		浙A、浙A区域圈
	浙A区域号牌	7:00—9:00 16:30—18:30	全号段限行	绕城范围内的高架路、快速路
		7:00—10:00 16:00—19:00		
	非浙A号牌	7:00—9:00 16:30—18:30	全号段限行	绕城范围内的高架路、快速路
7:00—10:00 16:00—19:00				

资料来源:笔者根据杭州市政府网信息公开整理。

一致性,因此选取2021年1月某工作日及9月某工作日交通拥堵最为严峻的8:00、10:00、17:00和19:00这4个时间点,对交通拥堵指数进行核密度分析,叠加4个时间段的分析结果生成工作日拥堵区分布图(见图4)。对道路网络进行分析时,由于搜索半径的设定差异,可能存在边缘失效现象。一般而言,驾驶者遇到拥堵路段时,绕行距离在2 000 m内所耗费的时间成本低于在拥堵路段原地等候,因而以2 000 m为搜索半径,以一般街区尺度250 m为单元进行核密度分析,以便于识别交通拥堵区域的分布情况。

图4分别为分级限行政策实施前后某工作日研究区的拥堵区域分布情况,根据拥堵状况及分级限行后的缓解程度将以下拥堵区划分为重度拥堵区、中度拥堵区和轻度拥堵区。交通拥堵较为严峻的区域集聚于城市传统的商业中心——西湖湖滨至钱江新城区域,北侧的拱宸桥、三墩—文教至蒋村一带,钱江新城、下沙及萧山部分地区也出现重度拥堵现象。分级限行政策实施后,拥堵区域的分布情况与限行政策优化之前高度一致,但总体拥堵状况有所好转,拥堵范围大幅缩减,尤其是钱塘江南岸的拥堵情况明显改善,北岸西湖区仍存在部分重度拥堵的区域,如湖

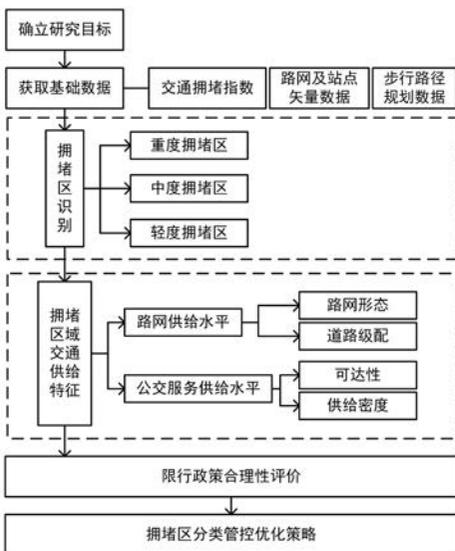


图3 技术路线
Fig.3 Technical route

资料来源:笔者自绘。

滨至钱江新城一带。

本文进一步分析了各类拥堵区的交通供给要素特征,可为限行区域分类及限行政策精细化优化调整提供支持。

2.2 拥堵区交通供给要素特征

城市交通供给要素是指为满足交通需求所提供的各类设施及服务,主要包括道路基础设施、公共交通设施、公共停车设施及其管理运维等服务要素。拥堵区的交通供给要素作为一种公众争夺、具有排他性的准公共产品,需要平衡好内部供需关系,而当前普遍存在交通供给决策缺乏依据、供需失配甚至错配、重规模轻结构等问题^[20],因此需要对拥堵区的交通供给要素特征进行分析评估,以便精准化制定相关决策。本文选取与交通拥堵密切相关的路网供给和公共服务供给两个维度对拥堵区的交通供给要素特征进行识别分析,路网供给水平包括道路网络形态和道路级配,公共服务供给水平包括公交服务供给可达性和公交服务供给密度。

2.2.1 路网供给水平

(1) 路网形态分析

对杭州市道路网进行空间设计网络分析,以穿行度(betweenness)为指标进行空间可视化,结果显示(图5a),研究区中心横向道路穿行度较高,外围的北部和钱塘江南岸

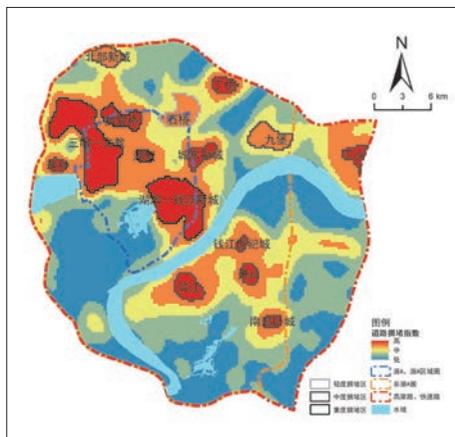


图4 限行前后交通拥堵区域识别与分布
Fig.4 Identification and distribution of traffic congestion areas before and after traffic restrictions

缺少高穿行度的道路,其中以文一路—德胜快速路、机场路、之江路为主的3条横向道路,以及灵溪隧道—吉庆山隧道—五老峰隧道—虎跑路、保俶路及钱江三桥—风情大道3条纵向道路穿行度较高,潜在交通流量较大,在形态结构上能对城市交通起到较好的支撑作用,同时也承担着较大的交通压力。

为便于将该分析结果与公交服务供给水平进行综合分析,选择相同的单元尺度对其进行核密度分析,结果如图5b所示。研究区内存在两横一纵的高穿行度区域,主要位于下沙至西溪、下沙至富阳两条横向联系通道,以及武林、湖滨至钱江新城的纵向联系通道。将拥堵区与路网穿行度进行叠加,可发现拥堵区的分布具有以下特征:拥堵区大多位于穿行度较高的区域,在城市路网结构中承担重要功能,蒋村、湖墅、城东新城、九堡位于横向高穿行度通道上,三墩、湖滨—钱江新城位于纵向高穿行度通道上,外围的拥堵区路网穿行度较低,其中北部新城、下沙、萧山穿行度处于低值。

(2) 道路级配

图6为研究区内快速路、主干道等高等级道路与次干道、支路等低等级道路之间的等级配置情况。参考老国标《城市道路交通规划设计规范》(GB50220—95)和新国标《城市综合交通体系规划标准》(GB/T51328—2018)

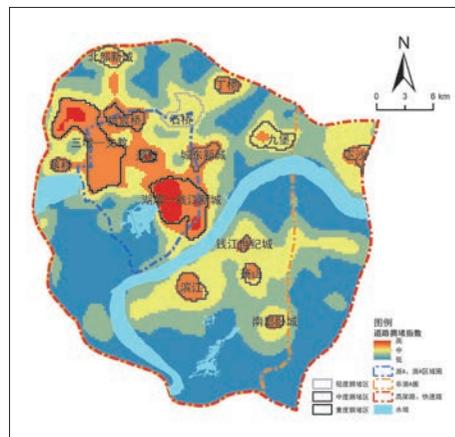


图4b 实施后

资料来源:笔者自绘。

的相关规定，200万人口以上的大城市道路网络密度级配大致为1:2:3:8（快速路:主干道:次干路:支路）。道路级配为次干道、支路的道路总长度与快速路、主干道总长之间的比例，数值越大说明支路网越密。研究区内仅有限行区边缘的萧山、南部卧城、北部新城、丁桥和下沙拥堵区达到此标准，浙A、浙A区域圈内的拥堵区道路级配低于该值，城市中心交通微循环能力较差。

2.2.2 公交服务供给水平

(1) 公交服务供给可达性

研究区内公交站点可达性较高且分布相对均质，除风景名胜区内外部外，基本实现研究区全覆盖，能够有效支撑市民的公交出行需求；而大运量的轨道交通建设尚未成网，钱塘江两岸的两大核心区可达性较高、联系紧密，

其余区域存在大面积留白，尤其是北部新城、萧山科技城和富阳的站点可达性相对较低，城市多个副中心之间的联系较弱，轨道交通基础设施体系对于多中心、组团式的城市空间结构支撑不足，可能进一步提升小汽车出行分担率，加剧城市交通拥堵。

(2) 公交服务供给密度

将公交、地铁站点及线路核密度分析结果叠加得到研究区公交服务供给密度的分析结果（见图8），显示公交供给密度呈失衡状态，钱塘江两岸的城市核心区呈现较高的供给密度，萧山科技城、北部新城和南部地区的供给密度较低。将拥堵区分布叠加其上，可以发现公交供给服务的分布与交通拥堵区域存在一定错位，如下沙、石桥、钱江世纪城等拥堵区，湖滨—钱江新城、蒋村、三墩—文教、九堡、

丁桥拥堵区与公交供给耦合度较高，湖墅、萧山、下沙及北部新城等拥堵区位于公交服务供给密度的低值区。

2.3 拥堵区交通供给要素评价

根据上述分析共得到2大类4中类指标，通过偏相关性分析剔除相关性系数较高的指标，经检验发现，地铁覆盖率与地铁站点密度、地铁线网密度两指标存在高相关性，相关系数分别为0.950和0.820，因此剔除地铁站点密度与地铁线网密度两个指标，共得到7个交通供给要素评价指标（见表2），这些指标为进一步划分拥堵分区类型及其特征分析提供了分析基础。

2.4 分级限行区合理性评估

结合拥堵区域分布及交通供给指标分析

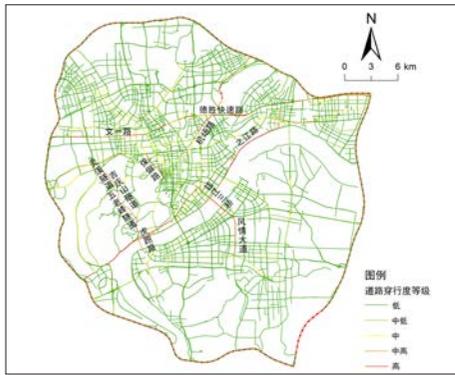


图5 研究区路网穿行度分布格局
Fig.5 Distribution pattern of road network betweenness in the study area

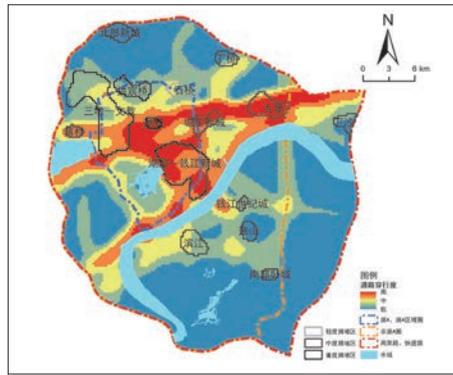


图5b 穿行度空间分布情况

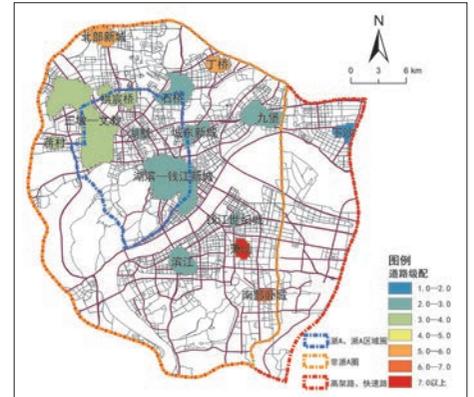


图6 研究区道路等级配置情况
Fig.6 Configuration of road grades in the study area
资料来源:笔者自绘。

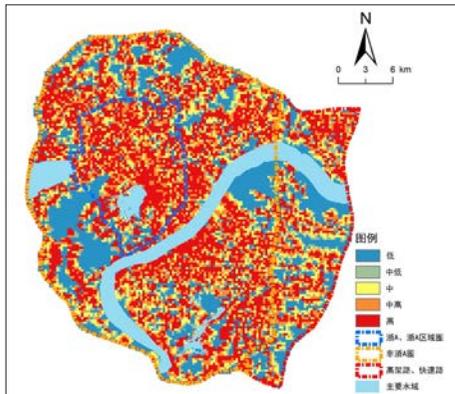


图7 公共交通站点可达性分析
Fig.7 Public transport station accessibility analysis

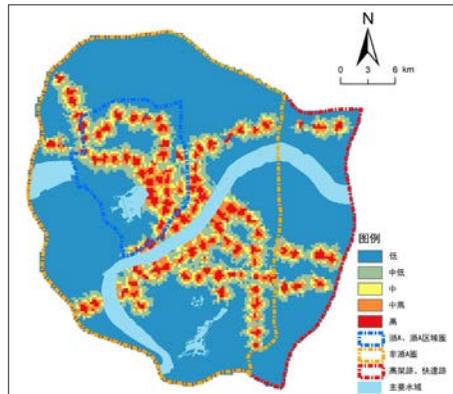


图7b 地铁站点可达性

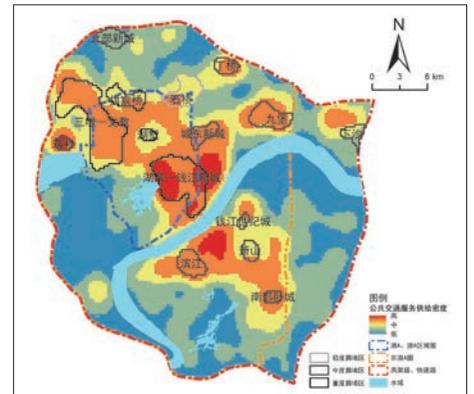


图8 公共交通服务供给密度分析
Fig.8 Analysis of the supply density of public transport services
资料来源:笔者自绘。

资料来源:笔者自绘。

资料来源:笔者自绘。

表2 拥堵区交通供给要素评价

Tab.2 Evaluation of traffic supply elements in congested areas

序号	拥堵区域		路网供给水平			公交服务供给水平			
	名称	限行级别	路网形态	道路级配		公交服务可达性		公交服务供给密度	
			穿行度	路网密度/ (km/km ²)	主次干道比例	公交500 m 覆盖率/%	地铁800 m 覆盖率/%	公交站点密度/ (个/km ²)	公交线网密度/ (km/km ²)
1	湖墅	浙A、浙A 区域圈	207 258.0	7.78	2.56	60.00	0.00	2.67	15.41
2	湖滨—钱江新城		253 214.0	7.85	2.10	88.21	46.44	8.41	29.03
3	三墩—文教		207 703.0	5.28	3.34	80.62	19.02	6.23	13.28
4	拱宸桥		79 499.0	7.06	3.92	82.57	5.50	6.02	11.92
5	蒋村		600 527.0	5.93	3.98	85.29	11.76	12.71	16.74
6	城东新城		331 682.0	5.98	2.10	84.62	5.13	6.77	16.58
7	丁桥	非浙A圈	40 944.7	6.00	5.60	76.67	0.00	8.53	14.06
8	九堡		361 093.0	5.61	2.96	79.86	20.83	7.11	12.34
9	石桥		96 469.7	4.98	2.38	71.97	0.00	4.99	18.67
10	钱江世纪城		97 941.6	6.43	2.45	91.30	0.00	6.26	6.67
11	萧山		28 566.3	4.82	8.85	88.46	21.15	4.92	6.27
12	滨江		123 853.0	5.45	2.61	83.18	21.50	7.33	10.06
13	南部卧城		39 258.9	6.86	6.01	90.91	42.42	8.24	13.93
14	北部新城		22 120.2	4.73	5.55	65.12	0.00	3.16	5.15
15	下沙		高架快速路圈	66 922.9	4.66	1.31	62.30	0.00	3.93

注:穿行度为相对值,无单位。

资料来源:笔者自制。

可以发现,杭州市三级限行区范围的划分总体上较为合理,拥堵状况最为严峻的区域均位于浙A、浙A区域圈及其边缘,其交通设施供给水平也相对较高,从而能够提供替代居民私家车出行的多元绿色出行方式;但从交通精细化治理的视角出发,分级限行区域的划分仍有较大优化空间。例如:(1) 拥堵区域多以拥堵片区、飞地和节点形式存在,其中有大量拥堵程度较低的区域被纳入限行区,尤其是非浙A限行圈内;(2) 存在部分拥堵飞地,其拥堵程度高但限行级别过低,如三墩—文教北部和下沙,限行措施与实际拥堵情况存在错位;(3) 部分限行级别较高的区域存在交通设施供给错位和替代性公共交通不足的问题。

因此,在制定限行政策时应考虑拥堵区域的空间分布、形态特征,同时也应考虑内部交通设施的供给情况,多措并举,辅之以灵活多样的限行措施,达到精细化交通治堵的目的。

3 拥堵区分类管控优化策略

3.1 拥堵区域类型划分

基于拥堵区的空间分布特征和外部形

态特征,将拥堵区划分为片区型拥堵区、飞地式拥堵区和点状拥堵区。片区式拥堵区为由成片绵延的拥堵区及其邻近的拥堵区构成的有条件实施统一的限行管控措施的拥堵区;飞地式拥堵区是位于城市周边、较为独立且面积较大的拥堵区;节点式拥堵区是位于城市拥堵链上的若干个面积较小的关键拥堵节点。各类拥堵区的交通供给要素特征和限行措施如表3所示,针对各类拥堵区进行类型划分有助于对交通拥堵区域进行精准化管控。

3.2 拥堵区分类管控优化策略

针对片区式拥堵区,其内部交通供给设施完备、主干道密集,公交设施供给基本达到饱和,造成其拥堵严峻的原因主要是功能过于集聚、人口大量集中、主次干道比例失衡,次干道和支路过少,交通微循环低效。从城市建设角度需持续推进城市空间结构的优化及城市中心功能的疏解,完善路网等级结构,提升支路网密度,打通城市微循环道路网。从交通需求管理角度,可结合拥堵片区就近的高架路、快速路等独立边界设立较为完整的限行区域,进一步强化交通需求管理政策措施,

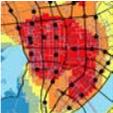
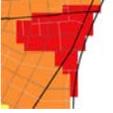
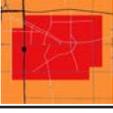
对车辆采取分级、分类、分时段的拥堵收费政策;围绕商业密集地区打造步行街区,优化绿色出行配套基础设施布局,在片区外围地铁公交枢纽设立便捷的停车换乘系统,引导绿色低碳出行。

针对飞地式和节点式拥堵区,以疏通内部拥堵节点,完善交通供给设施为主。位于城区中心的拥堵飞地公交供给水平较高,但路网结构有待优化;位于限行区边缘的飞地式拥堵区,各项交通供给要素均处于较低水平,重点仍应放在交通基础设施的建设和完善,尤其是轨道交通设施的完善,发展一体化的土地利用和交通规划,提供多种交通方式的便捷换乘。针对节点式拥堵区,其往往位于链状拥堵带上,可以采取大容量轨道交通串联的方式,在轨道交通选线和站点选位优先考虑节点式拥堵区,适当增设公交线路、班次,为该片区提供多种出行方式的选择。

4 结语

通过对实时交通拥堵指数的分析发现,研究区内存在4个重度拥堵区、10个中度拥堵区和1个轻度拥堵区,结合交通供给要素特征和限行措施对拥堵区进行类型划分和限行

表3 研究区拥堵区域类型划分
Tab.3 Classification of congestion area types in the study area

拥堵类型	拥堵区域	交通供给要素特点	典型区域	限行级别
片区式拥堵区	湖滨—钱江新城、三墩—文教、拱宸桥	各项交通供给水平均处于高水平,但道路等级配比不合理,支路较少		浙A、浙A区域圈
飞地式拥堵区	萧山、丁桥、城东新城、滨江、九堡、石桥	公交供给水平较高,但路网供给水平较低,路网结构有待优化		非浙A圈
	北部新城、下沙	路网及公交供给水平均处于低位,交通设施不完善		高架路、快速路圈
节点式拥堵区	钱江世纪城、湖墅、蒋村	路网及公交供给水平均处于高水平,但道路等级配比不合理,支路较少,缺少大运量轨道交通系统		非浙A圈
	南部卧城	各项交通供给水平均处于高水平		

注: 主干道 地铁线路 低拥堵区 中高拥堵区
次干道 公交站点 中低拥堵区 高拥堵区
支路 地铁站点 中拥堵区 水域

资料来源:笔者自制。

措施合理性评价,发现研究区内存在片区式、飞地式和节点式3类拥堵区类型;分级限行措施在城市整体层面较为合理,限行措施与拥堵级别基本对应,在更精细的尺度上存在限行区域与交通拥堵区错位、缺少替代性公共交通等问题。在此基础上提出差异化的交通管控措施优化策略。针对拥堵程度高且交通供给完善的大面积拥堵片区,建议强化交通需求管理,征收拥堵费,设立步行街区,适当提高支路网密度,完善道路微循环体系;针对飞地式拥堵区和节点式拥堵区,主要以完善交通供给设施为主,对公共交通服务供给不足的区域,加大公交站点和线网密度,并在轨道交通选线时优先考虑,引导公交出行,对各交通供给要素均处于低值的新区,以交通基础设施完善和发展公交导向的城市开发为主。

该方法能够为大城市分级限行区域精细化的划定、限行政策合理性评估和优化提供借鉴,从而达到优化城市交通设施结构,引导小汽车出行方式向公共交通转变,实现城市交通可持续发展与城市交通治理精细化的目

的。但仍存在部分不足,如本文关注限行区的空间范围划定,对于限行时间段的关注较少,交通拥堵的发生有较强的周期性规律,未来需将时间维度纳入研究范畴,同时对于各个拥堵区的成因有待进一步区分探讨,以便辅助限行政策的优化和完善。

参考文献 References

[1] 北京交通发展研究院. 2019年北京交通发展年报[R]. 2019.
Beijing Transport Institute. 2019 Beijing transport annual report[R]. 2019.

[2] SALAS R, PEREZ-VILLADONIGA M J, PRIETO-RODRIGUEZ J, et al. Were traffic restrictions in Madrid effective at reducing NO₂ levels?[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2021, 91: 102689.

[3] DEGRAEUWE B, PISONI E, CHRISTIDIS P,

et al. SHERPA-city: a web application to assess the impact of traffic measures on NO₂ pollution in cities[J]. Environmental Modelling & Software, 2021, 135: 104904.

[4] SOUSA SANTOS G, SUNDEVOR I, VOGT M, et al. Evaluation of traffic control measures in Oslo region and its effect on current air quality policies in Norway[J]. Transport Policy, 2020, 99: 251-261.

[5] 李春艳,陈金川,郭继孚,等. 小汽车限行对居民出行特征的影响分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2008, 8(6): 73-77.
LI Chunyan, CHEN Jinchuan, GUO Jifu, et al. Analysis on impacts of car-using restriction on travel behaviors[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2008, 8(6): 73-77.

[6] 何建伟,曾珍香,李志恒. 北京市交通需求管理政策效用分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2009, 9(6): 114-119.
HE Jianwei, ZENG Zhenxiang, LI Zhiheng. An analysis on effectiveness of transportation demand management in Beijing[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2009, 9(6): 114-119.

[7] 谭永朝,高杨斌,郑瑾,等. 杭州市“错峰限行”交通需求管理措施实践[J]. 城市交通, 2012, 10(5): 24-29.
TAN Yongchao, GAO Yangbin, ZHENG Jin, et al. Practice of travel demand management in shifting peak-demand and restricting car usage in Hangzhou[J]. Urban Transport of China, 2012, 10(5): 24-29.

[8] 易如,张世秋,谢旭轩,等. 北京市机动车尾号限行和油价上调政策效果比较[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(s2): 108-112.
YI Ru, ZHANG Shiqiu, XIE Xuxuan, et al. Comparison analysis on policy effects for driving restriction and gasoline pricing in Beijing[J]. China Population, Resources and Environment, 2011, 21(s2): 108-112.

[9] 王振振,雍岚,党成杰. 机动车限行政策对缓解交通拥堵的成效分析——来自西安市2016—2019年实证探索[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(1): 79-88.
WANG Zhenzhen, YONG Lan, DANG Chengjie. Analysis on the effect of vehicle restriction on traffic congestion alleviation—empirical exploration from 2016—2019 in Xi'an[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2021, 23(1): 79-88.

[10] 蒋寅,万涛,曹伯虎. 天津市交通指数及其在双限政策评估中的应用[J]. 城市交通, 2015, 13(6): 46-52.
JIANG Yin, WAN Tao, CAO Bohu. Traffic index of Tianjin and its application in evaluation of vehicle purchase rationing policy and vehicle usage restriction policy[J]. Urban Transport of China, 2015, 13(6): 46-52.

- [11] 杨忠振, 陈东旭. 基于尾号空间分布的小汽车限行方案优化研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17 (1): 235-240.
YANG Zhongzhen, CHEN Dongxu. Optimization of travel ban scheme of cars based on the spatial distribution of the last digits in their number plates[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2017, 17(1): 235-240.
- [12] 张晓阳, 徐韬, 张宜华, 等. 基于大数据的城市尾号限行方案设计与评估研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2018, 18 (5): 233-240.
ZHANG Xiaoyang, XU Tao, ZHANG Yihua, et al. Design and evaluation of city tail number limit scheme based on big data[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2018, 18(5): 233-240.
- [13] 全永荣, 郭继孚, 温慧敏, 等. 城市道路网运行实时动态评价理论和技术研究[J]. 中国工程科学, 2011, 13 (1): 43-48.
QUAN Yongshen, GUO Jifu, WEN Huimin, et al. Real-time dynamic evaluation of urban network[J]. Strategic Study of CAE, 2011, 13(1): 43-48.
- [14] 王璐媛, 于雷, 孙建平, 等. 交通运行指数的研究与应用综述[J]. 交通信息与安全, 2016, 34 (3): 1-9.
WANG Luyuan, YU Lei, SUN Jianping, et al. An overview of studies and applications on traffic performance index[J]. Journal of Transport Information and Safety, 2016, 34(3): 1-9.
- [15] 古恒宇, 沈体雁, 周麟, 等. 基于GWR和sDNA模型的广州市路网形态对住宅价格影响的时空分析[J]. 经济地理, 2018, 38 (3): 82-91.
GU Hengyu, SHEN Tiyan, ZHOU Lin, et al. Measuring street layout's spatio-temporal effects on housing price based on GWR and sDNA model: the case study of Guangzhou[J]. Economic Geography, 2018, 38(3): 82-91.
- [16] 宋小冬, 陶颖, 潘洁雯, 等. 城市街道网络分析方法比较研究: 以Space Syntax, sDNA和UNA为例[J]. 城市规划学刊, 2020 (2): 19-24.
SONG Xiaodong, TAO Ying, PAN Jiewen, et al. A comparison of analytical methods for urban street network: taking space syntax, sDNA and UNA as examples[J]. Urban Planning Forum, 2020(2): 19-24.
- [17] SARKAR C, WEBSTER C, PRYOR M, et al. Exploring associations between urban green, street design and walking: results from the Greater London boroughs[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143: 112-125.
- [18] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB/T 51328-2018城市综合交通体系规划标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. GB/T 51328-2018 Planning standards for urban comprehensive transportation system[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018.
- [19] 徐以群, 陈茜. 城市公共交通服务水平的指标体系[J]. 城市交通, 2006 (6): 42-46.
XU Yiqun, CHEN Qian. System of LOS indicators for urban public transportation[J]. Urban Transport of China, 2006(6): 42-46.
- [20] 孟庆伟. 城市公共交通覆盖度空间统计分析研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2020, 43 (3): 141-145.
MENG Qingwei. Urban public transportation coverage analysis based on AHP[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2020, 43(3): 141-145.
- [21] 李苗裔, 龙瀛. 中国主要城市公交站点服务范围及其空间特征评价[J]. 城市规划学刊, 2015 (6): 30-37.
LI Miaoyi, LONG Ying. The coverage ratio of bus stations and an evaluation of spatial patterns of major Chinese cities[J]. Urban Planning Forum, 2015(6): 30-37.
- [22] 陈艳艳, 魏攀一, 赖见辉, 等. 基于GIS的区域公交可达性计算方法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15 (2): 61-67.
CHEN Yanyan, WEI Panyi, LAI Jianhui, et al. A calculation method of area public transit accessibility based on GIS[J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15(2): 61-67.
- [23] 丁午, 程琳. 基于栅格GIS的公交站点覆盖率算法研究[J]. 测绘科学, 2011, 36 (4): 249-251.
DING Wu, CHENG Lin. Arithmetic of analyzing bus stops service rate based on raster GIS[J]. Science of Surveying and Mapping, 2011, 36(4): 249-251.
- [24] 韩彪, 杨云峰, 李叶平, 等. 公交人文覆盖率及其计算方法研究[J]. 中国公路学报, 2012, 25 (4): 119-125.
HAN Biao, YANG Yunfeng, LI Yeping, et al. Research on the concept and calculation method of humane transit coverage rate[J]. Chinese Journal of Highway, 2012, 25(4): 119-125.
- [25] 尹春, 孙斌栋, 何舟, 等. 城市建成环境对通勤时耗的影响及规划启示[J]. 城市规划, 2018, 42 (8): 83-89.
YIN Chun, SUN Bindong, HE Zhou, et al. Influence of urban built environment on commuting time and its planning implications[J]. City Planning Review, 2018, 42(8): 83-89.
- [26] 孙斌栋, 但波. 上海城市建成环境对居民通勤方式选择的影响[J]. 地理学报, 2015, 70 (10): 1664-1674.
SUN Bindong, DAN Bo. The influence of urban built-up environment in Shanghai on the choice of commuting mode of residents[J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(10): 1664-1674.
- [27] 郭亮, 郑朝阳, 黄建中, 等. 基于通勤圈识别的大城市空间结构优化——以武汉市中心城区为例[J]. 城市规划, 2019, 43 (10): 43-54.
GUO Liang, ZHENG Chaoyang, HUANG Jianzhong, et al. Commuting circle-based spatial structure optimization of megacities: a case study of Wuhan central city[J]. City Planning Review, 2019, 43(10): 43-54.
- [28] 全永荣, 潘昭宇. 城市交通供给侧结构性改革研究[J]. 城市交通, 2017, 15 (5): 1-7.
QUAN Yongshen, PAN Zhaoyu. Supply-side structural reform for urban transportation[J]. Urban Transport of China, 2017, 15(5): 1-7.