多群体最优的景区周边道路施工精细化交通组织

——以苏州寒山寺周边的何山桥施工组织为例

王栋甫[1]，徐 辉[2]，吴建平[3]，徐乃云[2]

（1. 江苏港航投资发展有限公司，南京 210000；2. 悉地(苏州)勘察设计顾问有限公司，苏州 215123；
3. 清华大学土木水利学院，北京 100084）

摘要：景区周边交通涉及多方利益主体，且有显著的时间波动特征，交通复杂性、动态性更强。为此，提出一种精细化动态交通组织优化方法，旨在提升景区周边交通韧性，应对交通复杂性及动态性。构建了动态多目标评估体系，提出动态优化策略选择机制。以苏州寒山寺周边何山桥施工为例进行实例验证，结果表明，该方法能有效降低道路拥堵，综合优化效果显著。动态交通组织方法还可推广至大型活动交通管制等场景。

关键词：景区周边；道路施工；交通组织；动态优化；多目标评估

中图分类号：U491.5 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)02－0047－06

随着城市的发展，城市人口的增多，城市日常通勤高峰交通拥堵日益严重，城市里的占道施工会进一步增加交通拥堵。为此，近年来越来越多的学者关注城市里相关占道施工交通组织的研究，以期减少施工对城市日常交通的影响。吕强华和广晓平[1]从施工期间道路特性变化与交通流构成入手，提出施工期交通组织的区域划分方法、标志标线布置原则与人员车辆组织策略。邱国荣[2]从交通影响分析、疏导设计与组织设计三个方面分析了两个不同类型大型市政项目建设过程中采用的方案。汪凡[3]以城市高快速路改扩建工程施工期间的交通组织为研究对象，通过深入探讨基本原则和具体措施，揭示施工期间优化交通组织的关键要点，为城市高快速路改扩建工程提供科学、高效的交通管理方案。谢思琪和李文勇[4]分析了地铁施工区交通特性及交通组织范围，并提出基于交通影响分析的交通组织决策研究，以杭州市文三路站占道施工为例，设计了合理的交通组织方案，并进行仿真评价。邵长桥和郭杰[5]应用等效通行能力概念，考虑平均延误、等效饱和度、行程时间可靠性等给出城市占道施工对周边交通影响的评价指标，提出了城市占道施工交通影响综合评价方法。Thanistha 等[6]针对城市路段施工区的交通进行了仿真，评估不同因素对车辆延误的影响，提出了基于社会力模型的城市路段施工区交通延误分析方法。另有一些学者开始尝试使用新手段对施工区域交通进行研究。王宝杰等[7]为解析四车道公路封闭内侧车道养护作业下的交通流运行特征，提出基于改进元胞自动机的高速公路养护作业区交通流建模与仿真方法。李明栋[8]融合了区块链智能合约、多模态数据与数字孪生技术，实现了施工组织与风险防控的动态协同。刘兴旺和张增涛[9]基于建筑信息模型(building information modeling，BIM)对交通组织方案进行4D模拟[9]。

目前，城市里占道施工交通组织研究较为充分，而针对景区周边等涉及多群体、交通时空性变化较大等场景的研究较少，以及施工期间动态交通精细化组织的研究仍处于起步阶段。近年来，文旅产业快速发展，景区周边通常交通压力大，加之施工，问题会更复杂。另外，游客对游览景区的体验品质要求越来越高，不好的游览体验会对景区的游客数有较大影响。景区周边道路施工涉及多方利益相关者，如游客、居民、施工方等，如何在道路施工期间实现多个群体最优的交通组织，同时，景区周边交通存在时间周期性变化的特点，因此需要考虑多群体最优以及能够适应交通时间变化的精细

收稿日期：2025-07-15

作者简介：王栋甫(1983—)，男，江苏宿迁人，高级工程师，研究方向为交通工程、港口与航道工程；通信作者徐辉(1984—)，男，江苏连云港人，博士，教授，高级工程师，研究方向为智能交通、交通设计；吴建平(1957—)，男，浙江杭州人，博士，教授，博士研究生导师，研究方向为交通建模与仿真；徐乃云(1988—)，男，江苏扬州人，硕士，高级工程师，研究方向为交通工程、交通设计。

化动态的交通组织。本文重点对景区周边道路施工精细化交通组织进行研究，构建基于多群体（游客、居民、商户、施工方）需求最优的动态评估体系，针对评估结论，通过精细化的动态交通组织措施，尽量满足多群体（游客、居民、商户、施工方）的不同需求，使得多群体利益最优[10]。缓解施工期交通拥堵，减少施工期交通事故，提升景区周边交通系统韧性[11]，提升景区游客游览体验，促进“交通-旅游-社区”多元协同发展。该方法可推广至城市道路施工、大型活动交通管制等多种场景。

1　景区周边施工交通组织特点及难点

景区周边施工交通存在群体多样性、周期性波动显著、交通设施供需矛盾、管理复杂性等特点。

1.1　群体多样性

景区周边交通涉及本地居民、游客、施工方等多个群体，各个群体均有自己的交通需求以及能接受的妥协程度。

本地居民一直生活在这个区域，每天均要经过这个区域，对施工区域的安全性、便捷性要求较高。但本地居民对周边情况较熟悉，由于施工导致周边通行情况发生变化后，有一定的适应性，可以接受一定程度的绕路。

景区游客，一般初来乍到，对周边的情况不熟悉，对到达景区的交通便捷性要求较高。不然会影响其游览体验，进而影响景区的客流量。

施工方，主要是保证施工作业的进展，保证施工作业的快速、安全实施，注重施工效率。

1.2　周期性波动显著

景区周边的交通涉及本地居民、景区游客以及施工方的交通。本地居民、景区游客、施工方的交通存在不一样的时间特性，总体呈现较为显著的周期波动性[12-13]。

本地居民交通时间规律性较强，有工作日和周末特点，工作日早晚通勤高峰规律性，周末由于休息，没有通勤早晚高峰，中午以及晚上消费人群较多，周末流量总体有所降低。

景区游客旅游交通的需求呈现明显的季节性变化特征，景区游客交通有旅游旺季、淡季。另外，一天内游客数量也有一定的时间规律，通常早上入园较多，下午出园较多。景区旅游交通呈现较强的时间周期性特征。

施工所需的物料、器械需要车辆运输，施工交通主要受施工，流程组织的影响施工所需的物料多，施工运输车辆流量就较大。

1.3　交通设施供需矛盾

受景区游客量周期性波动的影响，景区周边交通设施会存在短时过载与长期闲置的情况，需要兼顾交通设施短时过载与长期闲置。为此，景区周边交通设施通常难以满足景区较大客流时的需求，出现交通压力较大情况。加之，受到景区周边施工影响，交通设施能力进一步压缩，交通压力会进一步增加，交通设施供需矛盾会进一步突出，影响景区交通出行的便捷性、可达性，造成景区周边交通环境恶化。

2　精细化交通组织动态优化方法

根据景区周边交通周期性波动、瞬时突变、多时段耦合的时间特性，固定静态的交通组织方案难以适应其要求。要求与其时间特点相适应的动态交通组织方案，依据景区周边的交通特点，动态选择与其交通相适应的交通组织方案。如图1所示。

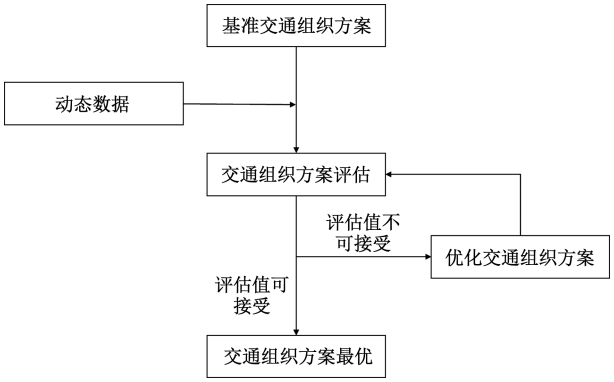


图1　精细化交通组织动态优化思路

2.1　动态多目标评估体系

景区周边的交通涉及本地居民、景区游客以及施工方的交通，施工交通组织需要考虑本地居民、景区游客以及施工方的交通，尽量做到多方最优，构建施工-居民-景区等多方的博弈模型。以多目标最优来研究施工期间交通组织[14]。

（1）景区周边施工交通组织的核心优化目标，通常包括以下方面。

目标1（效率）：最小化道路通行拥堵程度（道路饱和度）。

目标2（安全）：最小化机动车与人行和非机动车冲突（人行和非机动车道与机动车隔离情况）。

目标3（经济）：最小化绕行成本（绕行距离）。

目标4（体验）：最大化游客满意度（游客满意度）。

（2）决策变量如下。

X_1：道路饱和度，饱和度＝道路流量/通行能力。

X_2：人行和非机动车道与机动车隔离情况（0～1变量）。

X_3：机动车绕行距离。

X_4：游客出行满意度，按照1～9级打分确定。

（3）目标函数（多目标形式）如下。

效率：$\min f_1(x)=\sum_i C_i(x)$（道路饱和度）。

安全：$\min f_2(x)=\sum_i T_i(x)$（人行和非机动车道与机动车隔离情况）。

经济：$\min f_3(x)=\sum_i L_i(x)$（绕行距离）。

体验：$\min f_4(x)=\sum_i S_i(x)$（游客满意度）。

（4）约束条件如下。

路网条件：道路流量不超过路网通行能力。

道路宽度条件：道路通行空间不超过道路宽度。

施工工期：总施工时间不超过计划工期。

采用层次分析法求解各项目标的系数，将多目标最优转变为单目标最优。如图2所示。

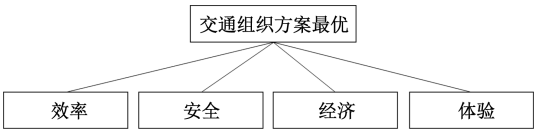


图2　评估模型层次结构

景区周边的交通涉及本地居民、景区游客以及施工方的交通，施工交通组织需要考虑本地居民、景区游客以及施工方的交通，不同时间段本地居民、景区游客的交通量不一样，工作日早、晚高峰本地居民流量较大，对通行效率要求较高、对景区游客体验要求较低；工作日平峰本地居民、游客量均较小，对通行效率、经济性、游客体验要求差不多；节假日本地居民出行量较小，游客量较高，对景区游客体验要求较高。不同时间段，评价模型关注的重点不一致，根据不同时间段，各类目标函数的要求，构建动态的评估模型。

2.2　动态优化策略选择机制

当路段交通量、景区游客量达到限定的交通组织方案优化调整阈值时，利用动态多目标评估模型对目前的导改策略计算目标值。对计算目标值进行分析，计算目标值退步较快的，有针对性地提出优化策略，形成新的交通组织方案。对新的交通组织方案进行评估计算，比较目前的导改方案与新的导改方案的评估目标值，选择目标值最小的作为最优策略。优化策略主要包括如下方面。

（1）施工机械避峰。优化施工组织，使得施工机械、物料车辆避开城市交通高峰进出，减少施工路段的车辆数，同时提升施工路段的安全性。

（2）车路协同，动态调整交通信号。根据道路车辆流量以及车辆运行状况，动态调整优化交通信号，提升路口的通行效率[15-16]。

（3）利用潮汐车道等方式增加重交通方向车道。通过潮汐车道、可变车道等管理手段增加重交通方向的车道数，提升重交通方向的通行能力，缓解施工路段交通拥堵[17-18]。

（4）限制施工路段流量，外围绕行。施工路段拥堵严重后，通过交通管理手段限制车辆驶向施工路段，控制施工路段的流量，缓解施工路段交通压力。引导车辆通过外围其他道路绕行。

（5）景区外围停车接驳。限制景区临近停车场的使用，避免交通集中在景区拥堵严重，引导机动车外围停车场停放，将交通拥堵集中点外围疏解开，缓解景区的交通拥堵。

3　实例分析

由于江苏省苏南运河由现状“三级航道”提升为“二级航道”，需对苏州的何山桥进行拆除重建。苏州市苏南运河何山桥临近著名景点寒山寺，是典型的景区周边道路施工的场景，本文以苏州市苏南运河何山桥施工导改为例，进行实例研究。如图3所示。

寒山寺被列为中国十大寺庙之一，是国家AAAA级旅游景区，每年的游客量约为338万人次/年，工作日日均游客量为0.8万人次/d，周末日均游客量约1.2万人次/d，国庆等小长假日均游客量约为3.5万人次/d，客流量较大，且客流随时间变化较大。

何山桥宽26.7 m，为机动车双向四车道，机非护栏隔离。施工期间利用现状半幅桥梁通行，总宽



审图号：GS(2021)6026号

图3　何山桥位置

13.35 m，机动车双二通行，机非护栏隔离。如图 4 所示。

根据不同时间段，各类目标函数的要求。构建动态的判断矩阵，按照 9 级重要性尺度对各项因素对交通组织方案最优的影响进行重要性两两比较并评分，得到判断矩阵如表 1 所示。

对判断矩阵进行处理，得到不同时段综合评价模型。

工作日高峰：

$$\min F(x) = 0.23\min f_1(x) + 0.41 f_2(x) + 0.23 f_3(x) + 0.13 f_4(x) \quad (1)$$

工作日平峰：

$$\min F(x) = 0.2\min f_1(x) + 0.4 f_2(x) + 0.2 f_3(x) + 0.2 f_4(x) \quad (2)$$

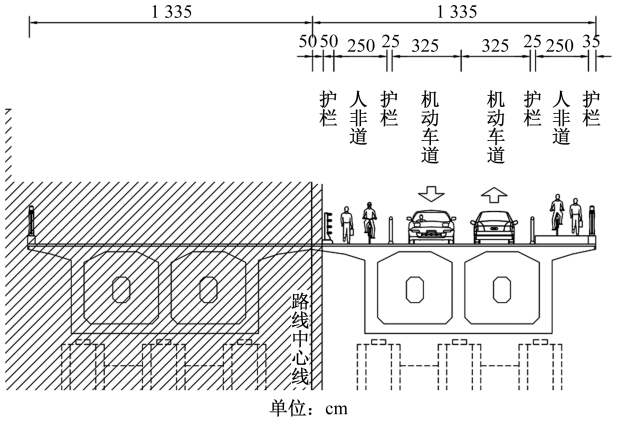


图 4　施工导改断面

节假日：

$$\min F(x) = 0.14\min f_1(x) + 0.45 f_2(x) + 0.14 f_3(x) + 0.27 f_4(x) \quad (3)$$

工作日平峰时段，何山桥维持机动车双二通行，景区停车以及周边交叉口维持现状交通管控模式。利用评估模型评估综合目标值为 0.064，总体运行较好。

随着施工路段流量增加，工作日早、晚高峰流量为 1 800 pcu/h，超过通行能力 1 000 pcu/h。通行效率的评估值为 1.07，变化较大。优化高峰期间交通组织，控制进出口的信号灯以及交叉口可变车道的方式，动态控制进入的流量，引导车流利用外围其他道路通行。优化后综合目标值由 0.35 降为 0.21。如图 5、图 6 和表 2 所示。

表 1　不同时段的判断矩阵

时段	因素	效率	安全	经济	体验
工作日早晚高峰	效率	1	1/3	1	1/2
	安全	3	1	3	2
	经济	1	1/3	1	1/2
	体验	2	1/2	2	1
工作日平峰	效率	1	1/3	1	1/2
	安全	3	1	3	2
	经济	1	1/3	1	1/2
	体验	2	1/2	2	1
节假日	效率	1	1/3	1	1/2
	安全	3	1	3	2
	经济	1	1/3	1	1/2
	体验	2	1/2	2	1



图 5　可变车道布置

节假日,寒山寺景区游客量达到2万人次/日,机动车达到景区周边停车,较为集中,高峰小时道路流量达到1 900 pcu/h,交通压力较大。游客量较大后,要更多关注游客的体验,一方面,控制进出口的信号灯以及交叉口可变车道的方式,动态控制进入的流量,引导车流利用外围其他道路通行;另一方面,在外围停车设置停车场,利用接驳车接驳。如图7所示。

经评估,通行效率、游客体验与现状相比变化较大。通过外围停车接驳,综合目标值由0.36降为0.16。景区的交通拥堵缓解,游客出行体验提升。如表3所示。

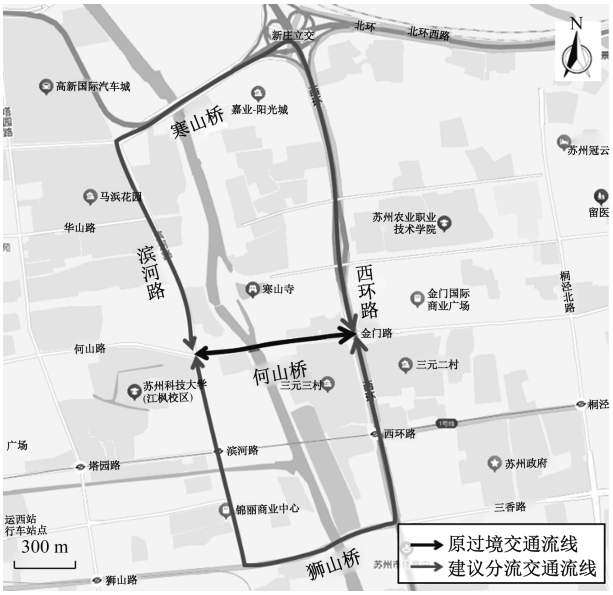


图6　施工绕行组织流线

4　结论

景区周边道路施工涉及居民、游客、施工,交通特性较为复杂,呈现时间周期性特点,静态的交通组织方案,难以适应随时间动态变化的景区交通。为此,本文对景区周边道路施工交通精细化组织进行研究,综合考虑居民、游客、施工等多方诉求,考虑景区周边交通时间周期性变化的特点,构建以施工-居民-景区等多方的博弈模型为内核的动态交通组织优化方法,综合评估、动态优化交通组织方案,并通过寒山寺周边何山桥拆除施工实例进行具体研究。该方法可推广至城市道路施工、大型活动交通管制等多种场景。由于数字技术的发展,未来可以利用数字孪生、微观仿真等模拟施工影响,进一步精细化施工期间交通组织[19]。

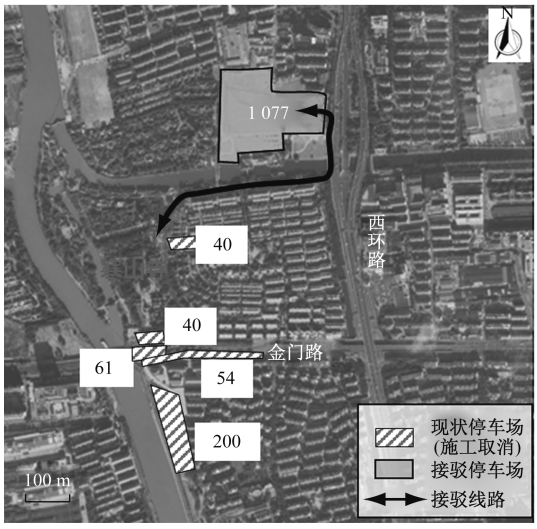


图7　景区外围停车接驳交通组织

表2　工作日常规以及优化后方案综合指标以及各项指标

工作日高峰交通评估		道路饱和度	机非隔离情况	通行距离	游客满意度
常规情况	现状工作日高峰	0.87	1.00	2.30	9.00
	常规方案工作日高峰	1.80	1.00	2.30	3.00
	分项目标结果	1.07	0	0	0.67
	综合模型结果	0.35			
交通限流管理后	交通限流工作日高峰	0.95	1.00	3.70	6.00
	分项目标结果	0.09	0	0.61	0.33
	综合模型结果	0.21			

表3　节假日常规以及优化后方案综合指标以及各项指标

节假日高峰交通评估		道路饱和度	机非隔离情况	通行距离	游客满意度
常规情况	现状节假日高峰	0.92	1.00	2.30	7.00
	常规方案节假日高峰	1.90	1.00	2.30	2.00
	分项目标结果	1.07	0	0	0.71
	综合模型结果	0.36			
交通限流+外围接驳管理后	交通限流+外围接驳节假日高峰	0.95	1.00	3.70	6.00
	分项目标结果	0.03	0	0.61	0.14
	综合模型结果	0.16			

参考文献

[1] 吕强华，广晓平. 城市道路施工期间交通组织设计方法研究[J]. 甘肃科技纵横，2019，48(3)：47-50.

[2] 邱国荣. 市政工程施工期间交通组织设计与分析[J]. 广东土木与建筑，2024，31(5)：58-61.

[3] 汪凡. 城市高快速路改扩建工程施工期间交通组织研究[J]. 建筑施工，2024，46(3)：410-413.

[4] 谢思琪，李文勇. 基于交通影响分析的地铁施工期间临时交通组织策略研究[J]. 黑龙江交通科技，2020，43(10)：146-147.

[5] 邵长桥，郭杰. 基于等效通行能力的施工区交通影响评价方法[J]. 科学技术与工程，2023，23(20)：8873-8880.

[6] THANISTHA K，杨达，吴悦竹，等. 城市道路施工区交通延误建模与仿真[J]. 科学技术与工程，2021，21(19)：8234-8240.

[7] 王宝杰，陈芳熔，苌亮，等. 基于改进元胞自动机的高速公路养护作业区交通流建模与仿真[J]. 科学技术与工程，2025，25(16)：6953-6960.

[8] 李明栋. 区块链与数字孪生的市政道路施工交通组织协同优化研究[C]//智慧建筑与智能经济建设学术研讨会论文集(二). 重庆：重庆市大数据和人工智能产业协会，重庆市建筑协会，2025：646-650.

[9] 刘兴旺，张增涛. 基于 BIM 的城市桥梁施工区域大流量交通组织研究[J]. 建筑机械，2025(6)：308-311.

[10] 刘珊. 城市社区治理中多元主体协同机制及其优化策略研究[D]. 泰安：山东农业大学，2024.

[11] 刘洁，张丽佳，石振武，等. 交通运输系统韧性研究综述[J]. 科技和产业，2020，20(2)：47-52.

[12] 李志强. 旅游交通拥堵的形成机理与疏导策略[J]. 旅游学刊，2018，33(5)：112-123.

[13] 李丽梅，保继刚. 景区交通拥堵的时空特征与调控策略——以鼓浪屿为例[J]. 旅游学刊，2015，30(3)：92-102.

[14] 裴鑫航，王一婷. 基于交通可达性的阳泉市旅游业转型及新发展格局研究[J]. 科技和产业，2025，25(7)：302-310.

[15] 徐辉，吴建平，李晋. 基于车路协同的公共汽车主动优先研究[J]. 城市交通，2023，21(3)：82-89.

[16] 宋太龙，贺玉龙，刘钦. 基于深度强化学习的大型活动关键交叉口信号控制[J]. 科学技术与工程，2023，23(22)：9694-9701.

[17] 杜怡曼，苏红帆，吴建平，等. 南宁市中心区域交通动态调控技术[J]. 系统仿真学报，2019，31(2)：324-331.

[18] 陈婷婷，贾顺平. 综合考虑早晚高峰交通流特性的可变车道布置方案[J]. 科学技术与工程，2021，21(9)：3822-3828.

[19] 李德毅，刘坤，王飞跃. 数字孪生城市交通系统研究进展[J]. 自动化学报，2021，47(1)：1-17.

Multi-group Optimized and Refined Traffic Organization for Road Construction around Scenic Areas: Taking the Construction Traffic Organization of Heshan Bridge near Hanshan Temple in Suzhou as a Case Study

WANG Dongfu[1], XU Hui[2], WU Jianping[3], XU Naiyun[2]

(1. Jiangsu Port & Shipping Investment and Development Co. Ltd., Nanjing 215000, China;
2. CCDI(Suzhou) Exploration & Design Consultant Co. Ltd., Suzhou 215123, China;
3. School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The traffic around scenic areas involves multiple stakeholders and is characterized by significant temporal fluctuations, as well as high levels of complexity and dynamism. To address these challenges, a refined and dynamic traffic organization optimization method was proposed aimed at enhancing the resilience of traffic systems around scenic areas. A dynamic multi-objective evaluation system was established, along with a mechanism for selecting optimal strategies in real time. A case study of the construction at Heshan Bridge near Hanshan Temple in Suzhou was conducted to verify the proposed method. The results indicate that it effectively reduces road congestion and significantly improves overall traffic performance. This dynamic traffic organization approach can also be extended to scenarios such as traffic control for large-scale events.

Keywords: scenic area periphery; road construction operations; traffic management scheme; dynamic optimization; multi-criteria evaluation