

DOI: 10.7672/sgjs2026070128

# 复杂城区隧道改扩建工程交通导改方案研究与应用\*

杜三虎<sup>1</sup>, 刘卫<sup>1</sup>, 贾朝军<sup>2</sup>, 刘蕊<sup>1</sup>, 林鹏飞<sup>3</sup>, 张健<sup>4</sup>, 赵健<sup>1</sup>

(1. 中铁十八局集团市政工程有限公司, 天津 300222; 2. 中南大学土木工程学院, 湖南长沙 410075;  
3. 福州市市政建设开发有限公司, 福建福州 350001; 4. 福州市规划设计研究院集团有限公司,  
福建福州 350108)

[摘要] 以福州市象山隧道改扩建工程为例,探讨了在施工中采取灵活的交通导改方案减少对城市交通干扰的问题。通过对现有隧道及其周边路网的详细分析,提出了一套分阶段、分幅的施工方案和2期6阶段动态交通导改方案,利用左右线隧道阶段性轮流分幅施工与导流通行,最大限度地减少施工对城市交通的不利影响。研究结果表明,所提出的交通导改方案能有效地避免因隧道封闭施工可能引发的交通拥堵,同时为工程的顺利进行提供了坚实的支撑。

[关键词] 隧道; 改建; 交通; 导改

[中图分类号] U455

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2026)07-0128-05

## Study and Application of Traffic Diversion Scheme for Reconstruction and Expansion Project of Tunnels in Complex Urban Areas

DU Sanhu<sup>1</sup>, LIU Wei<sup>1</sup>, JIA Chaojun<sup>2</sup>, LIU Rui<sup>1</sup>, LIN Pengfei<sup>3</sup>, ZHANG Jian<sup>4</sup>, ZHAO Jian<sup>1</sup>

(1. China Railway 18th Bureau Group Municipal Engineering Co., Ltd., Tianjin 300222, China;

2. School of Civil Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410075, China;

3. Fuzhou Municipal Construction and Development Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350001, China;

4. Fuzhou Planning and Design Research Institute Group Co., Ltd., Fuzhou, Fujian 350108, China)

**Abstract:** Taking the reconstruction and expansion project of the Xiangshan Tunnel in Fuzhou as an example, this paper discusses the problem of reducing urban traffic interference by adopting a flexible traffic guidance scheme in construction. Through the detailed analysis of the existing tunnel and its surrounding road network, a set of phased and segmented construction schemes and a two-period, six-stage dynamic traffic diversion and reform scheme are proposed. The left and right line tunnels are used to construct and divert the traffic in turn to minimize the adverse impact of construction on urban traffic. The results indicate that the proposed traffic diversion scheme can effectively avoid traffic congestion caused by tunnel closure construction and provide solid support for the smooth progress of the project.

**Keywords:** tunnels; reconstruction; traffic; diversion reform

## 0 引言

随着城市化进程的加速,对隧道等交通基础设施改扩建提出了更新的要求<sup>[1]</sup>。城区隧道作为城市交通网络的重要组成部分,其改扩建更新对缓解交通拥堵、提高交通效率、促进经济发展具有重要意义。随着福州市二环路交通量的增大,双向四车

道的象山隧道与二环路双向八车道的通过能力不匹配,象山隧道已成为常态性拥堵节点。为改善市区路网结构、缓解交通拥堵状况、提升城市品质,象山隧道改扩建工程得以启动。

隧道改扩建施工对部分交通道路的临时封闭,给隧道附近居民的出行和城市交通系统带来了不利影响<sup>[2]</sup>。如何解决通行与施工间的矛盾,已成为城市隧道改扩建工程建设必须解决的问题<sup>[3]</sup>。蚌埠市龙腾路与东海大道路口施工忽略了根据实际车流量已优化的导改方案,导致产生左转车辆排长

\* 中铁十八局集团有限公司科技研发计划(CR18GK-24-S-P-10)

[作者简介] 杜三虎,工程师, E-mail: 543342056@qq.com

[通信作者] 贾朝军,博士,副教授, E-mail: jiachaojun@csu.edu.cn

[收稿日期] 2025-08-20

队现象。G15 沈海高速海口段粤海大道交通导改没有考虑道路承受能力,导致了车辆通行困难。因此,科学规划施工中的交通流可优化交通导改,从而减小交通中断带来的不利影响,有助于城市的可持续发展<sup>[4]</sup>。

已有学者对工程建设中的交通导改进行了研究。张峻伟等<sup>[5]</sup>研究了京哈高速长余段改扩建工程的交通导改方案,提前对饮马河大桥这一控制性工程进行施工,有效缩短了项目工期。王焱等<sup>[6]</sup>对通扬线航道整治工程城区段捍海大桥项目中的封闭路段,基于交通影响分析提出交通导改方案,并对关键节点进行微观交通设计,保证了道路交通安全。黄坤岭等<sup>[7]</sup>以西安咸阳机场陆侧交通改造工程中的交通导改为例,分析了大型机场陆侧交通改造过程中面临的主要问题和关键因素。裴睿等<sup>[8]</sup>对北京市太阳宫北街—机场南线道路工程,采用对现况道路通行能力“占一还一”的导改原则,重点分析了交通导改方案设计时的方法与思路。已有研究多为一次性完成的交通导改方案,少有针对市中心地段工程的多阶段交通导改方案。现有交通导改方案不满足复杂市区中城市隧道改扩建工程建设需求,象山隧道的改扩建工程亟需一种适应城市隧道改扩建的动态交通导改方案。

本研究以象山隧道改扩建工程为例,在施工中采取灵活的交通导改方案以减少对城市交通的干扰,基于左右线隧道阶段性分幅封闭改扩建方案,对周边道路进行了两期六阶段的动态交通导改。该方案最大程度避免了因隧道封闭施工可能引发的交通拥堵,同时为工程的顺利进行提供了坚实支撑。

## 1 工程概况

作为福州市二环路重要节点的象山隧道位于市中心城区内,是城市西片区南北向重要通道,承担着二环路快速集散功能。象山隧道周边建(构)筑物复杂,改造方案技术风险高、施工难度大,本次改造经多轮专家评审方案论证,拓宽改造推荐采用新建双层隧道方案。

既有福州市象山隧道建于 1996 年,为四连拱结构隧道,共计 4 条机动车道及 2 条人非混行车道,如图 1,2 所示,隧道及周边道路主要规模和指标如表 1 所示。为缓解现状拥堵,近年来交通管理部门将边洞调整为行人及非机动车+小汽车混行,行人及非机动车行驶安全性低易发生交通事故。



图 1 象山隧道地理位置

Fig. 1 Geographical location of Xiangshan Tunnel

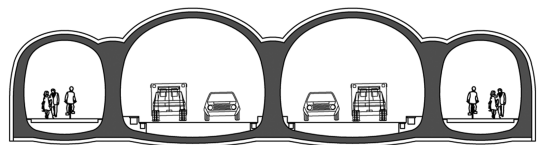


图 2 原有象山隧道断面

Fig. 2 Cross-section of the original Xiangshan Tunnel

表 1 隧道及周边道路规模及指标

Table 1 Scale and indicators of the tunnel and adjacent roads

| 道路名称    | 道路等级 | 道路规模<br>(宽×长)/m | 设计速度/<br>(km·h <sup>-1</sup> ) |
|---------|------|-----------------|--------------------------------|
| 二环西路    | 主干路  | 48×1 180        | 主路 50(辅路 40)                   |
| 既有象山隧道  | 主干路  | 26×209          | 50                             |
| 掉头匝道    | 匝道   | 7.5×338         | 20                             |
| 铜盘高架下匝道 | 匝道   | 6.5×109         | 40                             |
| 梅峰支路    | 支路   | 30×970          | 30                             |
| 北梦山路    | 支路   | 16×780          | 30                             |
| 湖头街     | 支路   | 16×580          | 30                             |

象山隧道改扩建包括拆除既有隧道、新建双层隧道,方案如图 3 所示,改扩建隧道为双向 10 车道断面,上层隧道长 209m(单洞长度),下层隧道包含 U 形槽过渡段,左线长 698.8m、右线长 702.7m。

## 2 区域现状与改扩建需求分析

### 2.1 区域现状分析

既有象山隧道位于福州市主干道二环路西段,通过对影响范围内路段现状的基础资料收集及实地调查,得出象山隧道影响范围内主要道路为二环西路、铜盘路、梅峰路、北梦山路、杨桥路、工业北路等。

实测象山隧道高峰双向流量 7 800pcu/h,日交通量超 117 000pcu,设计行车时速 50km。其所在西二环路包含 8 条机动车道、2 条非机动车道和 2 条

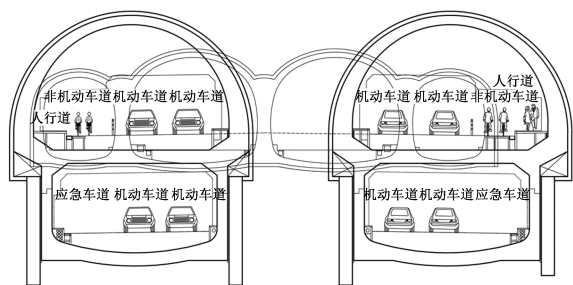


图3 改扩建后的象山隧道断面

Fig. 3 Cross-section of Xiangshan Tunnel after reconstruction and expansion

人行道。距北洞口约210m为二环铜盘高架落地段,南洞口距离约55m处建有九〇〇医院掉头匝道桥。供南向北车辆(包含救护车等应急车辆)到达九〇〇医院,再向南侧布置有陆庄高架落地段。

象山隧道北洞口西侧是山海观等小区用地,东侧为福建省司法厅用地;隧道南洞口西侧为东方苑及九〇〇医院,东侧为省职业病疗养院宿舍小区,如图4所示。隧道两侧建筑密集,主要为房地产开发用地,隧道中部为低山地貌,分布有伊斯兰墓地、张真人庙、西湖别墅等建筑。

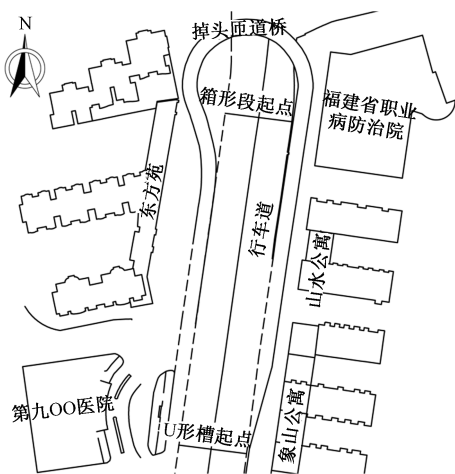


图4 原有象山隧道南洞口

Fig. 4 The original south entrance of Xiangshan Tunnel

## 2.2 交通导改需求分析

象山隧道位居福州市二环路,连通陆庄高架、铜盘路高架等主要道路,且周围有众多功能性建筑和住宅楼,改扩建不能简单中断交通,要综合考虑隧道的通行需求和改扩建施工需求,构建合适的交通导改方案。

象山隧道改扩建通行需求主要包括机动车通行、非机动车通行和行人通行。机动车通行中,北向南的车辆主要由铜盘高架所汇集的铜盘路车辆和北二环路左转车辆及梅峰路右转车辆组成,其中

包含北向南经象山隧道前往九〇〇医院应急车辆;南向北车辆主要由陆庄高架所汇集的西二环路车辆及杨桥路转向西二环路车辆组成,其中包含南向北经掉头专用匝道前往九〇〇医院的应急车辆。

象山隧道施工主要包括拆除既有隧道、新建双层隧道,施工需求包括隧道改扩建段封闭施工、生产用地、车辆和机械进场等。隧道总体施工顺序为施工准备及西洞加固、东洞施工、西洞施工阶段,各阶段施工时需对应封闭施工现场,采用施工围挡将施工区域与交通导改区域隔离开;未改造部分或改造完成部分可供交通导改使用。施工用地规划中,掉头匝道桥处于南洞口施工区域内,会妨碍大型施工车辆和设备进出场,因此需先行拆除,待隧道施工完成后予以重建。

因此,隧道施工中的交通导改应同时满足以下要求:①机动车、非机动车和行人的通行或绕行;②前往九〇〇医院的应急车辆的通行;③隧道改扩建段的封闭施工;④掉头匝道桥的拆除。

## 3 交通导改方案设计

### 3.1 交通导改原则

交通导改方案设计应遵循以下原则:从时间上、空间上使交通流均衡分布,提高施工段周围路网的通行能力,依次优先保障行人、公交车通行,诱导为主、管制为辅,隔开施工与通行区域。

### 3.2 交通导改总体方案

施工共分两个阶段:①第1阶段,先加固西侧隧道再施工东侧隧道,并开放西侧隧道的交通通行;②第2阶段,完成东侧施工后,交通转换至已建成东侧隧道、施工西侧隧道。隧道施工分南洞口及北洞口,2个工区,单洞双向施工。项目预计工期约27个月,其中西侧隧道加固和东侧隧道施工14个月、西侧隧道施工13个月,具体的导改方案为两期6个阶段。

#### 3.2.1 一期施工:西洞加固和东侧隧道改扩建

##### 1) 一期第1阶段导改

机动车导流如图5所示。北向南车辆:主路车辆由铜盘路、梅峰支路分流,辅路车辆由梅峰支路至工业北路绕行,非机动车和应急车辆走西侧辅洞通行。南向北车辆:主路由西侧主洞2车道借道通行,辅路车辆及非机动车通过北梦山路或芳沁西路,再由湖头街绕行,在掉头匝道桥南边设置临时掉头车道供应急车辆通行。导改完成后封闭掉头匝道桥,并拆除东侧半桥,拆除完成后进行下阶段导改。

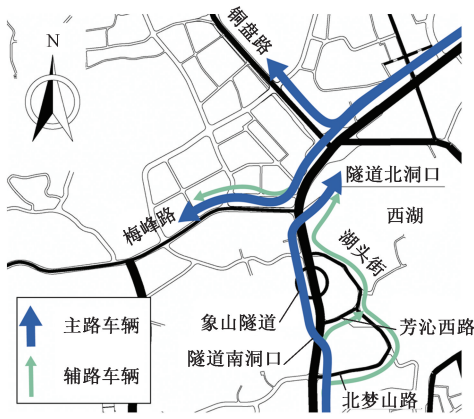


图 5 机动车导流示意  
Fig. 5 Motor vehicle diversion

2) 一期第 2 阶段导改

南往北车辆:主路车辆改为东侧主洞通行, 然后进行西侧主洞的加固施工, 并拆除西侧半桥。完成主洞加固和半桥拆除后, 将非机动车和应急车辆改为主洞通行, 再进行西侧辅洞的加固施工。西侧辅洞的加固施工结束后进行下阶段导改。

3) 一期第 3 阶段导改

如图 6 所示, 南往北车辆:主路车辆改为西侧主洞通行, 对陆庄高架桥西侧第 1, 2 车道间设置临时护栏, 应急车辆由陆庄高架借西侧第 2 车道通行 (见图 7), 并在九〇〇医院设临时左转道, 供应急车辆进入医院。

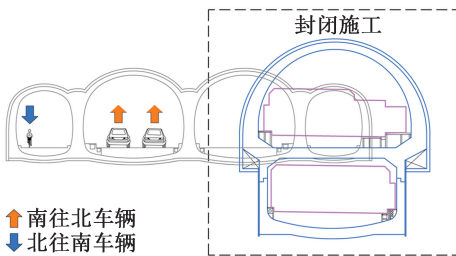


图 6 一期第 3 阶段导改

Fig. 6 Reform of the first phase of the third stage

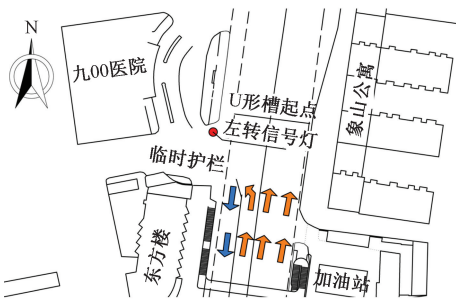


图 7 应急车辆借道通行

Fig. 7 Emergency vehicles use the lane

4) 一期第 4 阶段导改

南往北车辆:在隧道南洞口的箱形段施工完成后, 将主路车辆的导流段北移至箱形段, 为施工 U 形槽段提供施工场地。

3. 2. 2 二期施工: 西侧隧道改扩建

1) 二期第 1 阶段导改

如图 8 所示, 北往南车辆: 在南洞口隧道的 U 形槽上设置钢便桥, 非机动车和应急车辆走右侧上洞和钢便桥通行。南向北车辆: 主路车辆走右侧下洞通行。

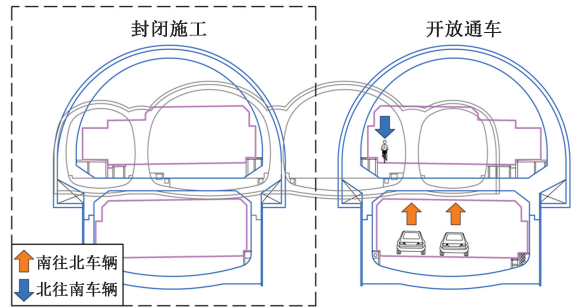


图 8 二期第 1 阶段导改示意

Fig. 8 Reform of the first phase of the second phase

2) 二期第 2 阶段导改

如图 9 所示, 北向南车辆: 机动车走右侧上洞通行。

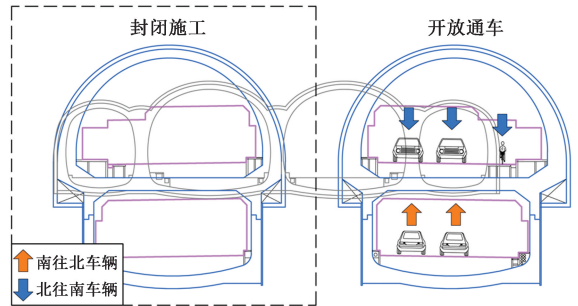


图 9 二期第 2 阶段导改示意

Fig. 9 Reform of the second phase of the second stage

3. 3 交通工程设施

1) 标志

交通标志总体布置设计根据道路走向及线形条件等具体情况, 充分考虑道路沿线及区域交通导改设计要求合理设置。标牌文字应中英文对照, 全部采用反光膜材料。标志底板可采用铝合金材料制作, 标志立柱结构可采用单柱式、双柱式、悬臂式和门式等, 部分标志可安装在跨线桥或附近的构造物上。

2) 标线

地面辅道及横向道路标线主要包括: 中心线、车道分界线、车道边缘线、车道导向线、人行横道线、停车线、导流线及导向箭头等。

### 3) 交通信号设施

沿线主要信号灯交叉口均采用双组信号灯,并与交通标志、标线和管理设施相结合。信号设置应根据交叉口需要采用多相位。

### 4) 隔离和防护设施

主要交叉口四周转弯处应设置人行分隔栏或绿化带,形式采用全封闭式。

## 3.4 导改方案的现场应用情况

象山隧道改建项目的交通导改,经多方研究论证,最终确定了以上二期6阶段的方案,并于2023年2月开始应用于象山隧道的项目中。随着隧道的一期、二期施工,交通导改和施工同步进行,顺利完成了交通导流、掉头匝道拆除和隧道改建,现今已完工。

在交通导改过程中进行实测,北梦山路、湖头街交通量为1 500pcu/h,梅峰路辅路交通量为1 700pcu/h,梅峰路高架交通量为7 400pcu/h,交通导改所涉及的周边道路成功对象山隧道进行了分流,且在施工期间均未出现较严重的交通堵塞和安全事故。

通过现场应用证明,该导改方案充分利用了隧道分幅改扩建各阶段的通行空间,在最大程度上减小了交通导流给周边道路带来的交通流压力,并同时满足了隧道改扩建的通行需求和施工需求,也为项目的顺利进行打下了坚实基础。

## 4 结语

针对福州市象山隧道改扩建工程中的交通通行问题,提出了一套二期6阶段的动态交通导改方案,并通过实际应用验证了其有效性。通过分阶段、分幅的施工策略和灵活的交通导改措施,成功实现了施工期间交通流的均衡分布,最大限度减少了施工对城市交通的不利影响。其创新之处在于综合考虑了隧道改扩建的复杂性,确保了施工与交通的协调进行,导改方法分阶段、分幅施工和动态交通导改的思路也适用于其他需要保通条件下施工的既有隧道改扩建工程。象山隧道的改扩建工程不仅提升了交通基础设施质量,也为城市交通管

理提供了新的视角和方法,对促进城市交通可持续发展具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] PRADHAN R P, ARVIN M B, NAIR M. Urbanization, transportation infrastructure, ICT, and economic growth: A temporal causal analysis[J]. *Cities*, 2021, 115:103213.
- [2] 于利存,袁朝华,连萌,等. 不中断交通下连续箱梁桥拼接缝浇筑方式分析[J]. *科学技术与工程*, 2022, 22(19): 8486-8493.  
YU L C, YUAN Z H, LIAN M, et al. Analysis of joint casting method of continuous box girder bridge under uninterrupted traffic[J]. *Science technology and engineering*, 2022, 22(19): 8486-8493.
- [3] 左快乐. 浅谈老城区市政工程施工期交通疏解方案设计[J]. *城市道桥与防洪*, 2023(5): 42-45, 12.  
ZUO K L. Elementary discussion on design of traffic relief scheme in the construction period of municipal engineering in old urban area[J]. *Urban roads bridges & flood control*, 2023(5): 42-45, 12.
- [4] KARIMI H, GHADIRIFARAZ B, SHETAB BOUSHEHRI S N, et al. Reducing traffic congestion and increasing sustainability in special urban areas through one-way traffic reconfiguration[J]. *Transportation*, 2022, 49(1): 37-60.
- [5] 张峻伟,胡军飞,万瑞. 局部交通导改在高速公路改扩建中的应用[J]. *公路*, 2021, 66(2): 383-388.  
ZHANG J W, HU J F, WAN R. Application of local traffic guidance and reform in expressway reconstruction and expansion[J]. *Highway*, 2021, 66(2): 383-388.
- [6] 王焱,邓爱烽,付理想. 市政道路施工期交通导改方案研究[J]. *西部交通科技*, 2023(12): 205-207, 211.  
WANG Y, DENG A F, FU L X. Study on traffic guidance and reform scheme during municipal road construction[J]. *Western China communications science & technology*, 2023(12): 205-207, 211.
- [7] 黄坤岭,赵丹妮,侯明哲,等. 不停航大型机场陆侧交通改造过程中的交通导改研究[J]. *公路*, 2022, 67(9): 313-317.  
HUANG K L, ZHAO D N, HOU M Z, et al. Study of traffic guidance in the process of landside traffic reconstruction of non-stop large airport[J]. *Highway*, 2022, 67(9): 313-317.
- [8] 裴睿,张义远. 道路改扩建工程交通导改问题研究[J]. *市政技术*, 2022, 40(6): 55-60, 119.  
PEI R, ZHANG Y Y. Traffic route altering guidance in reconstruction project[J]. *Journal of municipal technology*, 2022, 40(6): 55-60, 119.