

大流量收费站保通改造施工技术研究

庞康,周颂颂,李林树,李鹏,赵立波

(中交路桥华东工程有限公司,上海市 200120)

摘要:为解决大流量收费站改造中施工与通车的突出矛盾,兼顾施工进度与通行效率^[1],降低交通干扰,为同类改造工程提供技术支撑。以高速公路高东收费站为研究对象^[3],聚焦保通改造施工交通组织的工程适配性,设计3种差异化交通组织方案,结合实测流量数据,从车辆通行效率、施工周期等关键维度开展对比分析,优化施工组织及车道配置。结果表明,前后式收费口分阶段封闭施工方案综合优势显著,不仅施工周期更短,且交通干扰更小,同时提炼出大流量收费站改造交通组织优化核心要点。该研究成果可有效指导大流量收费站保通改造施工,兼顾施工质量、效率与通行安全^[4],具有显著的工程应用价值。

关键词: 大流量收费站改造;保通改造;交通组织;通行效率;施工组织

中图分类号: U415;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0380-05

Research on Construction Technology for Traffic Maintenance and Reconstruction of High Flow Toll Stations

PANG Kang, ZHOU Songsong, LI Linshu, LI Peng, ZHAO Libo

(China Communications Construction Road and Bridge East China Engineering Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: To resolve the prominent contradiction between construction and traffic operation during the reconstruction of high flow toll stations, the construction progress and traffic efficiency are balanced, and the traffic interference is reduced to provide the technical support for similar reconstruction projects. Taking Gaodong Toll Station of an expressway as the research object, the focus is on the engineering adaptability of traffic organization during reconstruction with traffic maintenance. Three differentiated traffic organization schemes are designed. Combined with the measured traffic data, a comparative analysis is carried out from key dimensions such as vehicle traffic efficiency and construction period to optimize the construction organization and lane configuration. The results show that the phased closure construction scheme for front and rear toll gates has significant comprehensive advantages, featuring a shorter construction period and less traffic interference. Meanwhile, the core points of traffic organization optimization for high flow toll station reconstruction are summarized. The research results can effectively guide the traffic maintenance and reconstruction of high flow toll stations, balance the construction quality, efficiency and traffic safety, and possess remarkable engineering application value.

Keywords: reconstruction of high flow toll station; reconstruction with traffic maintenance; traffic organization; traffic efficiency; construction organization

0 引言

随着城市化进程的不断加快和交通拥堵问题的日益突出,各地区纷纷加快了对交通路网优化、完善的进程。其中收费站作为交通路网的重要节点,承担着车辆通行收费、交通疏导等关键功能。早期建设的收费站普遍存在设计标准偏低、车道配置不合

理、设备老化、通行效率低下等问题,致使交通拥堵频发,已难以满足高效通行与优质服务需求^[5],收费站亟需向智能化、便捷化转型,以适应不断变化的交通需求和技术发展趋势^[6],收费站改造工程逐年增多。然而,大流量收费站改造需在保障正常通车的前提下进行,施工与通行的矛盾突出,如何在保障施工质量、安全的前提下,最大限度降低对交通通行的干扰,实现施工进度与通行效率的动态平衡,成为当前收费站改造施工面临的核心难题。

基于此,本文以高东收费站改造为研究对象,聚焦保通改造施工交通组织的科学性与工程适用性。

收稿日期: 2026-03-09

作者简介: 庞康(1997—),男,本科,工程师,从事公路桥梁施工管理工作。

通信作者: 周颂颂(2000—),男,本科,助理工程师,从事公路桥梁施工管理工作。电子信箱: 2510049087@qq.com

通过提出 3 种收费站改造交通组织方案,从车辆通行效率、施工周期等维度开展对比分析。进一步优化技术方案及施工组织方式。此举可有效降低施工对交通的干扰,兼顾施工与通行效率,为实际工程提供可落地的技术指导,具备显著的工程应用价值。

1 工程概况

1.1 现状高东收费站概况

高东收费站是 G1503 郊环线的重要节点,既是上海市区进出崇明的唯一陆上通道,也是前往浦东机场的核心通道之一,交通流量常年居高不下,拥堵问题突出。该收费站现有收费口 22 个,采用“9 进 13 出”布局;其中进口侧分两个方向,市区往机场方向设 4 个收费口、市区往崇明方向设 5 个收费口;出口侧对应设置,机场往市区方向 5 个收费口、崇明往市区方向 8 个收费口。现状高东收费站布置见图 1。

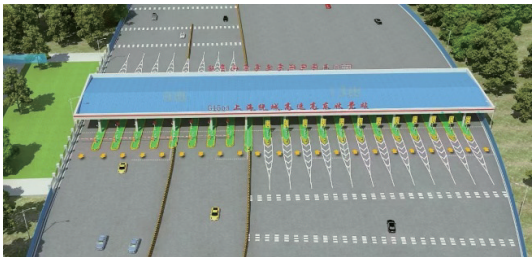


图 1 现状高东收费站布置效果图

1.2 高东收费站规划建设情况

新建高架从五洲大道两侧向中央敷设,上跨高东收费站,规划需对既有高东收费站进行分阶段拆除重建,建成后收费站规模为“7 进 8 出”,中央为新建主线高架。项目建成后,G1503 主线上过境高东收费站车辆无需再停车缴费,将极大缓解高东收费站运营压力,同时收费站及运营道路全部得到翻新拓宽,收费车道宽度由现状 3.2 m 调整为 3.5 m,将极大程度上提升道路服务水平。规划高东收费站布置见图 2。



图 2 规划高东收费站布置效果图

2 收费站改造交通组织设计

结合项目特点,高东收费站采用分阶段拆除重

建的方式进行改造。在交通组织设计时以收费站出口方向为例选取了 3 类典型方案,开展对比分析,具体分为分段封闭施工、前后式收费口分阶段封闭施工、逐级式收费口分阶段封闭施工。交通组织方案对比见图 3。

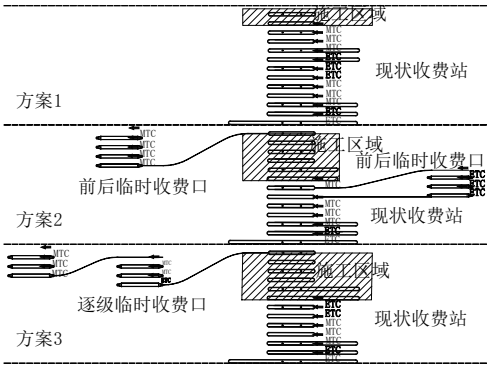


图 3 收费站交通组织方案对比图

方案 1 采用分段封闭施工,对现状收费站按 2 个收费口为一组划分施工区段,逐段封闭实施改造;收费顶棚的拆除与新建工序均安排夜间施工。施工期间,出口方向收费规模保持 6 条 MTC 车道+5 条 ETC 车道。

方案 2 采用前后式收费口分阶段封闭施工,结合各施工阶段需封闭改造的车道数量及现场交通流量,在现状收费站两侧合理布设临时收费口,保障施工期间收费口总数量不减少;将现状收费站划分为两个阶段封闭改造,收费顶棚的拆除与新建可直接在施工围封区域内开展作业。施工期间,出口方向收费规模保持 8 条 MTC 车道+5 条 ETC 车道。

方案 3 采用逐级式收费口分阶段封闭施工,整体施工思路与方案 2 一致,核心差异为临时收费口采用单侧逐级布设方式,设置于现状收费口单侧;施工期间出口方向收费规模与方案 2 相同,保持 8 条 MTC 车道+5 条 ETC 车道。

3 通行效率分析

基于交通组织设计,对 3 种方案进行参数化比较。采用 M/M/c 排队模型^[7],区分 ETC 与 MTC 子系统,所有指标以无量纲形式表达,便于不同流量水平与渗透率下的通用应用。研究旨在提供不依赖具体数值的决策框架。通行情况分析见表 1。

3.1 子系统交通强度^[8]

子标准化 ETC 需求:ETC 子系统相对于“基准 MTC 服务能力”的标准化需求强度 $D_{ETC}=f_{ETC} \Lambda/(k\eta)$; MTC 需求:MTC 子系统相对于“基准 MTC 服务能力”

表1 收费站改造通行情况分析对比表

指标	方案1	方案2	方案3
ρ_{ETC} (ETC通道子系统的交通强度)	最低	最低	最高
ρ_{MTC} (MTC通道子系统的交通强度)	最高	中等	最低
ρ_{eff} (系统有效瓶颈)	中等	最低	最高
$\frac{L_q}{c}$ (标准化队列长度)	中等	最低	最高
$\mu_{MTC}W_q$ (无量纲等待时间)	中等	最低	最高

的标准化需求强度(直接以MTC为基准) $D_{MTC}=(1-f_{ETC})\Lambda/\eta$ 。

- 方案1: $\rho_{ETC}=D_{ETC}/5,\rho_{MTC}=D_{MTC}/6$;
- 方案2: $\rho_{ETC}=D_{ETC}/5,\rho_{MTC}=D_{MTC}/8$;
- 方案3: $\rho_{ETC}=D_{ETC}/5,\rho_{MTC}=D_{MTC}/8$ 。

3.2 敏感性分析

典型 $\Lambda=15\sim20,k=3.3^{[9]},\eta=0.98$ 。

- (1) 低 f_{ETC} 小于0.6: ρ_{MTC} 主导, 方案3 ρ_{eff} 最低(c_{MTC} 最大);
- (2) 中 f_{ETC} (0.6~0.7): $\rho_{ETC}\approx\rho_{MTC}$, 方案1与方案2 ρ_{eff} 最低;
- (3) 高 f_{ETC} (大于0.7): ρ_{ETC} 主导, 方案2 ρ_{eff} 最低($c_{ETC}=5$ 提供最大缓冲);方案3 ρ_{eff} 最高;方案1接近方案2但 ρ_{MTC} 略高。

3.3 无量纲性能对比

参数化分析显示,系统性能高度依赖 f_{ETC} :当 f_{ETC} 较高(大于0.7)时,ETC子系统瓶颈主导,方案1通过减少MTC提升ETC比例,在多数场景下优于方案3,且与方案2接近(总通道折损有限)。方案2因 $c_{ETC}=5$ 且下游集中, $\rho_{eff}、L_q/c$ 及 μW_q 最低,稳定性最优。方案3在高 f_{ETC} 下 ρ_{ETC} 易超1,导致队列非线性增长。收费站改造期间通行情况见表1。

在高峰流量条件下,推荐优先采用方案2,其服务水平更优且更接近理想并排布局。

3.4 实测流量情况

通过实地监测2025年12月份高东收费站出口流量,分析 f_{ETC} 比例,均高于0.7,属高 f_{ETC},ρ_{ETC} 主导,方案2 ρ_{eff} 最低,因此方案2布置形式最佳。车流量实测情况见表2。

表2 收费站改造期间车流量实测分析表

日期	车辆数	ETC车辆数及占比	MTC车辆数及占比
12.1	45 437	35 697 (78.6%)	21.4 (21.4%)
12.2	42 416	33 744 (79.6%)	20.4 (20.4%)
12.3	42 123	33 816 (80.3%)	19.7 (19.7%)
12.4	42 170	33 671 (79.8%)	20.2 (20.2%)
12.5	4 6926	37 254 (79.4%)	20.6 (20.6%)

3.5 通行效率分析结论

在高峰流量条件下,推荐优先采用方案2,其服务水平更优且更接近理想并排布局。未来研究可引入交通仿真软件VISSIM^[10]或实测数据,进一步验证模型精度。

4 施工效率分析

收费站改造施工主要施工内容包括施工区域围封、现状收费站雨棚分段拆除、既有收费口破除、新建收费站基础施工、新建收费岛施工、新建雨棚分段安装、机电设备安装调试。

方案1采用分段封闭施工模式,以2个收费口为一组依次开展封闭作业,进出口方向同步实施,拆除现状收费口1座、新建收费口1座,整体施工划分为8个阶段,单个阶段施工周期为1个月。收费站施工阶段划分见图4。

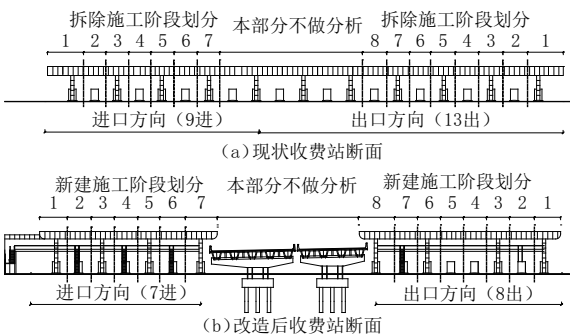


图4 收费站施工阶段划分图(方案1)

方案2、方案3均采用设置临时收费口配合分段施工的模式,以5个收费口为一组实施封闭作业,进出口方向同步实施,拆除现状收费口4座、新建收费口4座,整体施工统一划分为2个阶段,单个阶段施工周期为2个月。收费站施工阶段划分见图5。

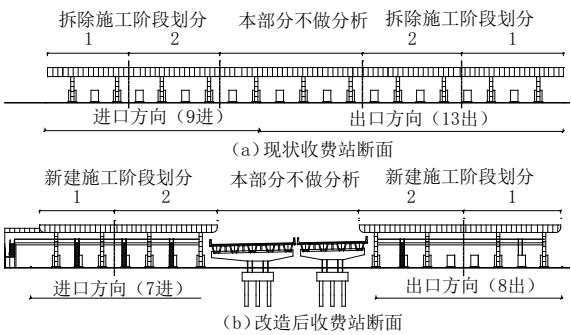


图5 收费站施工阶段划分图(方案2、3)

基于施工效率优先的原则,推荐优先采用方案2、方案3。该两类方案施工周期更短,能更高效地满足整体施工进度需求,见表3。

表 3 收费站改造施工周期对比表

组织方案	施工阶段 数量	单阶段施工 周期/月	总施工 周期/月
封闭施工	8	1	8
前后式收费口分阶段封闭施工	2	2	4
逐级式收费口分阶段封闭施工	2	2	4

5 交通组织方案比选

5.1 方案 1 优缺点分析及适用范围

优点:分段封闭施工模式无需在收费广场增设临时收费口,且不改动现状交通线形。施工期间虽减少部分收费口数量,但不会对其余收费口的车辆通行效率造成影响;相较于方案 2、3,该模式无需承担临时收费口的增设费用,在经济性方面更具优势。

缺点:该模式存在明显不足,通行效率上,现状收费口数量减少会直接削弱收费站整体通行能力;工期上,施工周期偏长,难以满足整体施工进度要求。

适用范围:本方案经济投入少,对收费站交通线形影响小,主要适用于收费站车道系统更换、收费岛及广场路面修补等局部改造施工。

5.2 方案 2 优缺点分析

优点:采用前后式收费口分阶段封闭施工具备以下优势,其一,可确保施工期间收费站收费口总量保持不变,对整体通行效率影响较小;其二,施工周期相对较短,能够契合整体施工进度需求;其三,单阶段施工围封区域范围较大,更便于现场施工统筹部署,可满足收费站顶棚现场拼装的作业条件。

缺点:需额外增设 7 座临时收费岛,导致前期费用投入相对较高。

适用范围:本方案设置的临时收费口在收费广场的横向宽度^[11]上占用范围较大,主要适用于广场宽度条件较好的主线收费站,在满足保通要求的前提下开展整体改造施工。

5.3 方案 3 优缺点分析

优点:较于方案 2 而言,临时收费口布置在同一侧,逐级设置,投入 6 座临时收费岛即可满足施工期间收费站收费口总量保持不变,费用投入方面更占优势。

缺点:通行效率存在局限,需利用 1 个收费口作为通道驶入前方 6 座临时收费口,实际通行效率偏低,且临时收费口采用逐级布置方式,与现状收费口距离更远,致使车辆在收费前的低速行驶时长增加。

适用范围:本方案设置的临时收费口主要分布在收费广场长度方向上,主要适用于广场宽度条件

较差的匝道收费站,在满足保通要求的前提下开展整体改造施工。

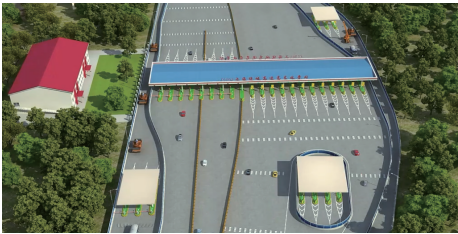
5.4 方案比选结论

通过上述分析,方案 2 采用的前后式收费口分阶段封闭施工,施工周期短、交通影响小,更能满足大流量收费站改造施工需求,综合优势突出。

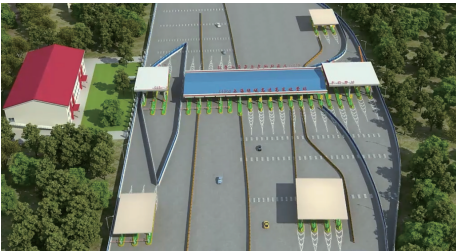
6 收费站改造交通组织实施方案

施工期间交通组织^[12]:

高东收费站改造期间交通组织总共分为 4 个步骤:新建前后临时收费口、收费站改造阶段 1、收费站改造阶段 2、中间主线高架施工,见图 6。



(a) 新建前后临时收费口交通组织效果图



(b) 收费站改造阶段 1 交通组织效果图



(c) 收费站改造阶段 2 交通组织效果图



(d) 中间主线高架施工交通组织效果图

图 6 高东收费站改造期间交通组织效果图

7 结 论

通过对高东收费站改造交通组织设计与优化综

合分析得到如下结论:

(1)大流量收费站改造交通组织设计过程中,根据现状收费口数量及车流量确定临时收费口数量,确保道口规模与高峰时段主要流向通行效率^[13]相匹配;

(2)优化收费广场的整体布局、收费车道设备配置^[14],减少车辆低速行驶距离与等待时间,通行路线需简洁流畅,避免多级迂回布置,临时收费口与既有收费口、施工区域顺畅衔接,减少对原有交通线形的破坏;

(3)结合施工进度动态调整临时收费口的ETC、MTC运营模式,适配不同施工阶段的交通组织需求;

(4)在满足安全与效率需求的前提下,优先利用现有场地及闲置设施搭建临时收费口,减少临时收费岛、设备等硬件的额外投入,控制工程成本。

参考文献:

- [1] 财政部、交通运输部支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级[J]. 交通企业管理, 2024, 39(3): 129.
- [2] 吴红林. 收费站施工管理现状与优化策略研究[J]. 运输经理世界, 2025(22): 16-18.
- [3] 安怡, 胡昌林, 成诚. 高速公路收费站智慧扩容理念、技术与探索实践[J]. 交通与港航, 2025, 12(4): 26-31.

- [4] 钱超, 李思言, 王彦锋. 高速公路收费广场车道合理化配置研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(2): 231-237.
- [5] 李恒煜, 李婉君, 黄烨然, 等. 新时期智慧收费站建设浅析[J]. 中国交通信息化, 2024(8): 80-81; 93.
- [6] 蔡庆荣. 福建省高速公路服务区出入口收费站规划与设计[J]. 交通世界, 2025(22): 70-73.
- [7] Gross, D, Harris, C. M. Fundamentals of queueing theory (4th ed.) [M]. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.
- [8] 林培群, 梁毓琦. 高速公路收费站车道类型设置问题建模与求解[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(1): 152-159.
- [9] 邵长桥, 陈艳清. 高速公路收费站ETC/MTC混合收费车道通行能力计算模型研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2024, 43(1): 52-58.
- [10] 高雨田. 基于高精度交通仿真的收费站优化提升研究[J]. 技术与市场, 2026, 33(1): 74-76.
- [11] 李鑫鑫, 徐旺, 赵庆. 同向分离式收费站在改扩建工程中的应用研究[J]. 北方交通, 2024(5): 83-85.
- [12] 杨威, 周肖灿. 高速公路收费站通行能力及改扩建方案浅析[J]. 工程技术研究, 2018(5): 29-30.
- [13] 宋浪, 俞山川, 王少飞, 等. 高速公路收费站车道功能及方向优化模型[J]. 科学技术与工程, 2023, 23(3): 1278-1284.
- [14] 林静言. 高速公路收费站拥堵及改善措施分析[J]. 广东公路交通, 2022, 48(5): 57-62.
- [15] JTG/T 3340—2020 公路养护工程施工安全技术规范 [S].

(上接第354页)

桩泥浆与塘底淤泥协同处理方案,将工程范围内的现状浜塘用作临时泥浆池,沉淀抽水晾晒后就地固化,减少泥浆外运和渣土处置环节。

该方案与传统工艺相比,一方面解决了泥浆占地处置及外运的问题,另一方面固化处治后泥浆就地用作路基填料,减少路基填料的外购,具有施工速度快、成本低、环保性好的优势,固化土体强度与沉降量均可满足公路工程设计要求。该方案在崇明某二级公路工程中验证了其实施可行性,在处理钻孔灌注桩泥浆的同时,也降低了浜塘路基处理的造价,减少了泥浆与浜塘淤泥的外运,为类似钻孔灌注桩泥浆就地处置提供了实践参考。

该方案局限性在于需要同一工程或相邻在建工程中存在较大面积的浜塘用于钻孔灌注桩泥浆的放置及沉淀,并且固化设备的处置深度受限,浜塘内原有淤泥不宜过厚,否则无法承纳大量泥浆,需分层处置,影响工期。

参考文献:

- [1] 上海市绿化和市容管理局. 关于进一步规范本市工程泥浆处理管理的实施意见[Z]. 2019.
- [2] 李洪珍, 吴书新, 陈晨, 等. 基于桩基废弃泥浆的流态固化土力学

性能及耐久性能研究[J]. 中外公路, 2025, 45(5): 35-45.

- [3] 杨成安, 傅利军, 翁奇波. 钻孔灌注桩基泥浆固化再利用的试验研究[J]. 山西建筑, 2021, 47(2): 96-98.
- [4] 叶会峰, 王明, 钱海磊, 等. 钻孔灌注桩泥浆固化填料化利用技术研究[J]. 建筑科技, 2021, 5(4): 25-27.
- [5] 王迎春, 赵天宇, 王骑虎, 等. 废弃泥浆脱水固化与资源化利用技术研究进展[J]. 路基工程, 2025(5): 7-13.
- [6] 齐冠, 龚军. 废弃泥浆固化技术在路基中的应用[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(1): 144-146; 151.
- [7] 刘泽, 李长利, 廖鹏, 等. 桩基泥浆固化土工程特性试验研究与路用可行性分析[J]. 湖南交通科技, 2021, 47(2): 70-73.
- [8] 吴尚东, 陈权盛, 吴鸿, 等. 废弃泥浆的固化处理及路用性能研究[J]. 公路交通技术, 2021, 37(4): 70-75.
- [9] 金茂祥, 黄志坚. 工程废弃泥浆固化土路用性能研究[J]. 地基处理, 2025, 7(1): 83-89.
- [10] 阙久彦, 张苏龙, 郭云龙. 钻孔灌注桩泥浆固化工艺及强度特性研究[J]. 科技资讯, 2024, 22(2): 145-147.
- [11] 张伟, 张修远. 公路工程废弃泥浆固化处理及其路用性能研究[J]. 建筑技术, 2025, 56(14): 1743-1746.
- [12] 张徐杰. 市政道路软土地基淤泥固化的处理技术[J]. 城市道桥与防洪, 2022(6): 186-188.
- [13] T/CECS 978—2021 道路软土地基强力搅拌就地固化技术规程 [S].
- [14] CJJ/T 286—2018 土壤固化剂应用技术标准 [S].
- [15] DG/TJ 08-2382—2021 道路工程弃土和泥浆现场固化与利用技术标准 [S].