

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2012.06.006

基于 VISSIM 仿真模拟的道路改造方案评价

孙璐¹, 丁爱民², 钱军², 李根¹

(1. 东南大学 交通学院, 江苏 南京 210096; 2. 南京市交通运输局, 江苏 南京 210008)

摘要: 由于用地规划、资金缺口等限制, 公路改造方案往往需要通过多个方案比选才能得到, 以往的方案比选和评价方法往往都是一些定性的方法, 受决策者主观因素影响较大。为此提出了一种基于 VISSIM 仿真模拟的道路改造方案的定量化评价方法, 该方法利用 VISSIM 仿真软件, 对各种改造方案进行模拟和预测, 选择合适的评价指标并根据得到的各项评价指标进行综合分析以达到比选方案的目的。以南京市绕城公路改造工程为例, 结合其实际的情况应用该方法对提出的多种改善措施和优化方案进行评价比较, 结果表明: 车型和车道管理方案能够有效地改善交通流运营情况, 提高安全水平; 运用 VISSIM 仿真模型能得到较好地量化评价指标, 对方案比选具有较大的现实意义。

关键词: 道路工程; 道路改建; VISSIM; 车道管理; 方案评价

中图分类号: U418.8

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2012) 06-0026-05

Evaluation of Road Reconstruction Scheme Based on VISSIM Simulation

SUN Lu¹, DING Aimin², QIAN Jun², LI Gen¹

(1. School of Transportation, Southeast University, Nanjing Jiangsu 210096, China;

2. Nanjing Transport Bureau, Nanjing Jiangsu 210008, China)

Abstract: Due to some limits such as land using plan or funding gap limit, road reconstruction scheme often needs to be obtained through scheme comparison. But most of the previous scheme comparison and evaluation methods are qualitative methods, and are easily influenced by subjective factors. A quantitative evaluation method of road reconstruction schemes based on VISSIM simulation was put forward. The method uses VISSIM software to simulate all sorts of reconstruction scheme and select the appropriate evaluation indexes to evaluate the schemes. Taken Nanjing belt highway reconstruction project for example, this method was applied in combination with the real situation to compare and evaluate all the proposed improvement measures and optimization schemes. The result shows that (1) vehicle management and lane management can effectively improve traffic operation condition and improve road safety level; (2) the VISSIM simulation model can obtain better quantitative evaluation indexes and has large practical meanings to scheme comparison.

Key words: road engineering; road reconstruction; VISSIM; driveway management; scheme evaluation

0 前言

高速公路具有车速快、通行能力大、行车安全等优点。我国在不到 20 年时间内修建了 4 万多公里

高速公路, 其中绝大部分为 4 车道。高速公路在通车初期, 流量较小时, 高速公路的行车速度快, 延误小等优点显露无疑。然而随着经济的快速发展, 地区城市化脚步的加快, 很多通过城市郊区的高速公路

收稿日期: 2011-11-03

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2009BAG13A02); 教育部霍英东基金项目 (114024); 江苏省创新学者攀登计划项目 (SBK200910046); 江苏省博士后科研计划项目 (0901005C)

作者简介: 孙璐 (1972-), 男, 上海人, 博士生导师, 教授, 长江学者, 博士. (sunl@cua.edu)

路段逐渐因为城市面积的扩大,成为城市道路的一部分。由于其特殊的情况,对于这些承担大量城市交通流的高速公路路段的城市化改造以及改扩建是十分重要的^[1-2]。

由于用地规划、资金缺口等限制,公路改造方案往往需要通过多个方案比选才能得到。本文是以南京市绕城公路城市化改造为例,针对其部分路段因为用地规划限制而无法建设辅路,介绍一种利用 VISSIM 仿真模型进行道路改造方案的评价和选择的定量化方法。

南京绕城公路城市化改造主线维持现有技术标准并充分利用既有条件改造为 8 车道,采用城市快速路标准,设计速度 100 km/h。主线两侧设置必要的辅路衔接城市路网,采用城市主干道标准,设计速度 40~60 km/h。城市化改造主线采用城市快速路标准,设计速度为 100 km/h,利用现有的 35 m 断面改造为双向 8 车道。辅路采用城市主干道标准,路基宽 14 m,设单向 3 车道。考虑到沿线城市路网密集,平面交叉口众多,辅路设计速度采用 40 km/h。

项目起于沪宁高速与绕城公路相交的马群互通,向南与 S122 (宁杭公路) 相交,路线全长 13.7 km,如图 1 所示。

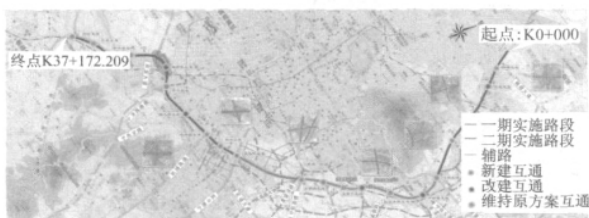


图 1 路线总体走向

Fig. 1 Overall route

绕城公路快速化改造初步设计中,对高桥门互通到双龙街互通段设计了平、纵与主线位于同一面上的辅路以集散区域交通。但该区设置辅路需要占用规划用地,影响地铁建设。另一方面,该段绕城公路主线填土高度为 3~5 m,该区间规划道路下穿绕城公路需要进行下挖,如设置辅路,辅路均与交叉道路需要设置平面交叉,而平交叉位于相交道路下挖段内对行车安全存在极大隐患。因此,初步设计取消了该段辅路的设置(如图 2 中所示的从高桥门互通开始的路段②)。相比上游道路该路段,道路横断面发生变化,车道数目减小,在今后随着交通量的逐年增加,该路段可能为交通瓶颈从而对整体道路运行效率产生影响,因此结合现有的交通量预

测资料,有必要对该路段进行专门的交通流通行能力分析,本文主要利用仿真模拟的方法对绕城公路不设置辅路路段的主线 8 车道运行通行能力进行分析研究。

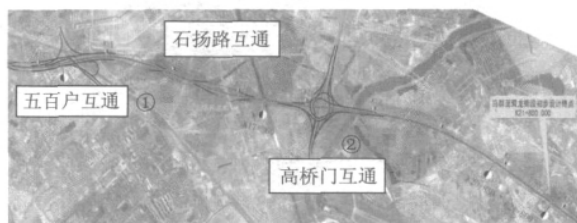


图 2 绕城公路不设置辅路路段

Fig. 2 Nanjing belt highway sections without auxiliary roads

1 VISSIM 仿真建模

VISSIM 是一款基于时间与驾驶行为的微观仿真软件,可用于模拟和评价城市交通的运行状况^[3]。将驾驶员、车辆及公路路段视为一个整体,通过 VISSIM 仿真软件可以建立公路路段仿真模型,构造出其道路、交通特性等因素,模拟其中车流的运行状态及其随时空变化的过程。通过对仿真运行过程的观察、仿真结果的统计分析,对仿真路段的运行状态进行评价分析。本文建模的路段从五百户互通开始到初步设计终点结束(如图 2 中的路段①、②)。考虑该路段下行流量相对更大,因此在仿真建模中只对下行方向的路段进行分析。

按照设计资料中行车道宽度、纵坡设计、平曲线和限速标志,建立绕城公路石扬路至双龙街段交通仿真模型,其中石扬路—高桥门路段(路段①)为设置辅路路段,高桥门—双龙街段(路段②)为未设置辅路路段。由于不同驾驶员所表现出来的不同特性主要是由驾驶员所驾驶的车辆所表现的行驶特性体现的,所以将驾驶员的特性与车辆在运行阶段所表现的特性结合起来设计^[4-7]。为降低 VISSIM 随机性对交通冲突影响,对每个方案各进行 5 次仿真(每次仿真使用不同的随机数)。仿真截图如 3 所示。

2 评价指标选择

为了科学、全面地评价交通的运行状况,需要在容易操作的前提下,尽可能考虑所有的影响因素。从传统的评价方法中可以看出,多采用塔式的多因素评价指标体系,然而这种评价指标体系很复杂,给评价带来了不便^[8]。首先,评价体系的庞大使得

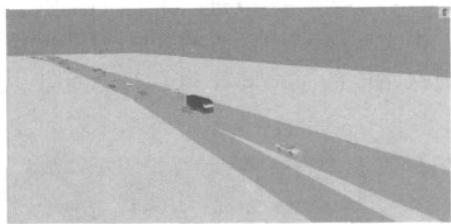


图 3 VISSIM 仿真示意图

Fig. 3 Schematic diagram of VISSIM simulation

评价模型过于复杂,既不利于实际操作,也会影响准确性;其次,评价指标过多给实际的测量工作带来了不便,也会增大出错的几率。

运行状况评价指标是用来判断路段实际的运行状况,本文在综合研究已有评价指标的基础上,采用比较直观且易采集的行程速度、流量、密度等交通流参数指标来进行评价,便于不同路段和同一路段不同时期的比较,也便于为出行者提供简单实时的出行参考。

从指标意义、数据需求和适用范围上,交通流

基本参数指标有以下特点:从指标意义上:平均行程速度、流率、密度都是直接用于判定交通是否处于拥堵状态的指标;从数据需求上:3 个指标需求的数据,包括速度、交通量等都可以直接测量而得;从适用范围上:这 3 个指标可用于微观上评判路段是否处于拥堵状态^[9-10]。

3 结果分析

(1) 路段②不设置辅路时随交通量变化的交通运行状况

为了评价该不设辅路路段在今后随着交通量的逐年增加的运行状况,以预测 2033 年交通量为基准,分别以该基准的 70%、80%、90% 进行相应敏感性分析,得到高桥门至双龙街段不设置辅路时随交通量变化的交通运行状况如图 4 所示。从图 4 可以看出,随着今后道路投入运营,交通量的逐年增加,该路段的运行状况将逐渐变差。根据计算,当交通量达到 2033 年交通量的 90% 时,道路的服务水平由 C 级下降为 D 级,交通流运行的状况明显变差。

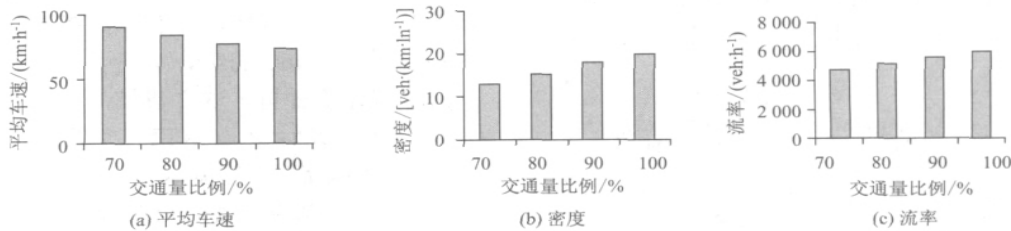


图 4 路段②(不设置辅路时)交通流运行状况随交通量增加时变化

Fig. 4 Traffic operation conditions of section ② (without auxiliary road) varying with traffic volume

(2) 路段①(有辅路)与路段②(无辅路)运行状况对比

为对比主线前后有辅路和无辅路路段的运行状况,表 1 为路段①(有辅路)与路段②(无辅路)运行状况对比。从表 1 看出,路段①设置了相应的辅路,其运行状况明显优于不设置辅路的路段②。

表 1 路段①(有辅路)与路段②(无辅路)交通流运行状况对比

Tab. 1 Comparison of traffic operation conditions between section ① (with auxiliary road) and section ② (without auxiliary road)

	五百户至高桥门段	高桥门至双龙街段
平均车速/($\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	104.714	74.49
流量/($\text{veh} \cdot \text{h}^{-1}$)	2 788.46	6 014.39
密度/[$\text{veh} \cdot (\text{km} \cdot \text{ln})^{-1}$]	6.69	20.28
服务水平	B	D

若取消辅路,原设计中由辅路承担的交通量由主线承担时,路段交通流的速度明显下降,密度提高较多,服务水平下降至 D 级,交通流运行状况较差。因此需要对该路段的设计和未来的交通管理进行改进。

4 改善措施分析

从上一节的分析可以看出,绕城公路中不设辅路路段在交通量较大的时候运行状况较差,服务水平下降较多,因此对于该路段的设计方案有必要进行优化,优化的方案可以从增加车道和完善交通组织管理 2 方面进行。

4.1 增加车道

本文根据工程的实际情况提出 2 种改进方案,并利用仿真模型进行试验和评价,这 2 种方案分别

是: (1) 维持原初步设计中的全线贯通辅路的原方案不变; (2) 该路段不设辅路, 但主线设计为双向

10 车道。其运营结果如图 5 所示, 图 5 中原方案指的是不设置辅路的双向 8 车道方案。

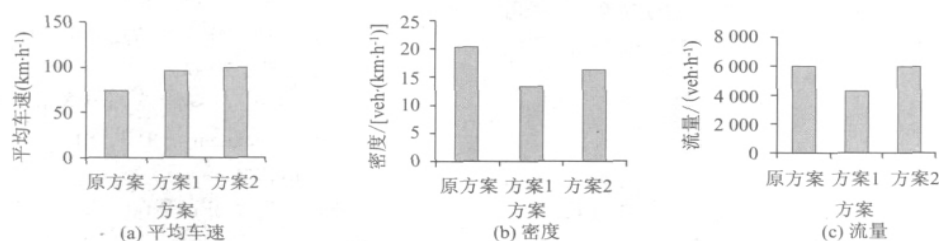


图 5 2 种方案运营状况比较

Fig. 5 Comparison of traffic operation conditions between two cases

可以看出, 方案 1 和方案 2 的改善效果都很明显, 其中方案 1 优点是整条道路条件比较一致, 交通流状态运行稳定, 但该方案受该地区用地情况限制。方案 2 交通流运行状态较好, 运行速度与主线其他路段相当, 且相比较于方案 1, 其用地较少, 与规划地铁站用地矛盾较小。但是这 2 种方案与城市的用地规划冲突都比较大, 因此本文着重研究了交通组织管理对于交通流运行的影响。

4.2 完善交通组织管理

根据绕城公路改造后道路及交通环境, 通过完善优化交通组织来提高运营安全, 主要采取对运营后绕城公路上车辆实施合理车速控制和车道车型管理。根据不同类型车辆运行安全及运营管理需要, 对不同车型实施不同车道限制行驶措施, 不仅可提高道路运营安全, 同时还有效提高道路整体交通流运行效率。

根据预测的交通量和交通组成可以看出, 在未来的交通流组成中, 小型车所占比例较高, 中大型

车比较小, 提出如下 2 种管理方法^[11-12]。

管理方案 1: 根据小型车所占比例对车道进行限制车型的规定, 内侧 2 个车道为小型车辆车道, 为避免大型车辆混入对小客车交通的干扰, 将大型车限制在右侧 2 个车道上。外侧 2 车道为混合车流车道, 小客车可根据不同车道的限速要求在 4 条车道上灵活行驶, 有效减少交通流中大型车的混入影响, 交通量较大时容易形成稳定的车流。

管理方案 2: 根据管理需要, 从左至右, 第 1 车道为小型客车道; 第 2 车道为“大小客车”道; 第 3、4 车道为“大小型”道。即小车可以在任一车道行驶, 客车只能在 2、3、4 车道行驶, 而严禁驶入第 1 车道, 而货车只能在第 3、4 车道行驶, 严禁驶入第 1、2 车道。保证小型车在内侧车道高速行驶, 避免慢速行驶车辆占用内侧车道, 造成高速车辆借车道 3、4 进行超车, 增加安全隐患, 降低道路的通行能力。

2 种管理方案的仿真运行结果如图 6 所示。

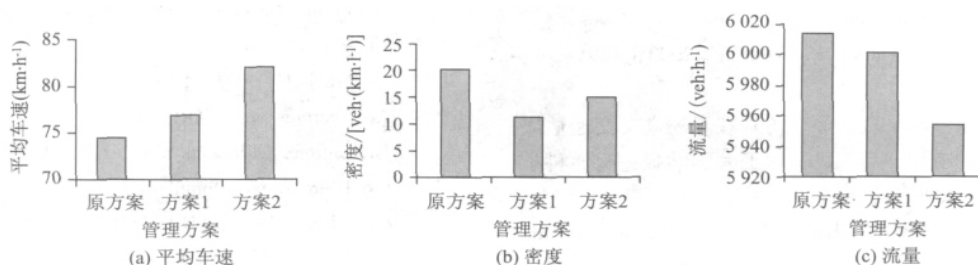


图 6 2 种管理方案的仿真结果

Fig. 6 Simulation results of two management schemes

管理方案 1: 该方案与不采取车道管理的运行仿真结果相比, 平均运行车速提高较少, 对于交通流的改善不大, 其原因主要是没有对大型客车进行限制, 大型客车对小客车的运行影响依然较大。另外, 当交通流较大时, 3、4 车道上的低速重货车对交通

流的影响依然较大。

管理方案 2: 从仿真结果可以看出, 方案 2 的交通流运行的平均车速提高十分明显, 这主要是由于方案 2 在方案 1 地基础上还对大型客车进行了限制。另外, 由于重货车的比例较小, 将其限制在最外侧

车道完全可以满足其需要,并且大大减少其对交通流运行的影响。

基于城市用地规划以及仿真研究的结果综合考虑,管理方案2最终被选为改善交通流运行情况的方案。

5 结论

本文是对南京市绕城公路城市化改造过程中瓶颈路段通行能力理论计算并结合 VISSIM 仿真建模的研究,研究表明 VISSIM 仿真可以为道路改建方案的比选提供较好的量化工具。运用 VISSIM 对改建公路或者城市快速路的交通运行状态进行交通模拟的方法,可以得到评价所需的各项指标,并根据这些评价指标,运用综合评价方法对其服务水平进行评价。

本文最后的改善措施研究表明:根据不同类型车辆运行安全及运营管理需要,对不同车型实施不同车道限制行驶措施,不仅可提高道路运营安全,同时还能有效提高道路整体交通流运行效率。而运用 VISSIM 仿真模型对管理方案进行评价,更能得到较好的量化评价指标。

参考文献:

References:

- [1] 亓会杰. 高速公路改扩建期间施工路段通行能力研究 [D]. 西安: 长安大学, 2009.
QI Huijie. Study on the Traffic Capacity of the Construction Section during Expressway Reconstruction [D]. Xi'an: Chang'an University, 2009.
- [2] AL-KAISY A, HALL F. Guidelines for Estimating Freeway Capacity at Long-term Reconstruction Zones [J]. Journal of Transportation Engineering, 2003, 129 (5): 572 - 577.
- [3] 周建, 荣建, 周荣贵, 等. 仿真在互通立交交通适应性分析中的应用 [J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2009, 33 (6): 1144 - 1147.
ZHOU Jian, RONG Jian, ZHOU Ronggui, et al. Application of Simulation in Traffic Applicability Analysis of Interchange [J]. Journal of Wuhan University of Technology: Transportation Science & Engineering, 33 (6): 1144 - 1147.
- [4] 杨小宝, 张宁, 黄留兵. 通行能力仿真中的换道模型研究 [J]. 公路交通科技, 2007, 24 (5): 109 - 112.
YANG Xiaobao, ZHANG Ning, HUANG Liubing. Lane Changing Model in Road Capacity Simulation [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24 (5): 109 - 112.
- [5] 王志彪. VISSIM 交通仿真适用性研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2006.
WANG Zhibiao. Study on the Applicability of VISSIM in Traffic Simulation [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2006.
- [6] RAKHA H, HELLINGA B, AERDE M V, et al. Systematic Verification, Validation and Calibration of Traffic Simulation Models [C] // TRB 75th Annual Meeting. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 1996: 1 - 14.
- [7] 李永义, 柴干, 胡军红, 等. 基于 Vissim 的高速公路施工路段服务水平的评价 [J]. 南京工业大学学报: 自然科学版, 2008, 30 (2): 54 - 58.
LI Yongyi, CHAI Gan, HU Junhong, et al. Evaluation of Service Level of Freeway Work Sections Based on Vissim [J]. Journal of Nanjing University of Technology: Natural Science Edition, 2008, 30 (2): 54 - 58.
- [8] OLSTAM J J. Simulation of Rural Road Traffic for Driving Simulators [C] // TRB 84th Annual Meeting. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 2005.
- [9] 蔡晓萌. 基于仿真的高速公路货车影响的改善措施研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2010.
CAI Xiaomeng. Improvement Measure of Freeway Heavy Duty Truck Influence Based on Simulation [D]. Changsha: Hunan University, 2010.
- [10] 王东东. QoS 的城市交通运行状况评价研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
WANG Dongdong. Evaluation of Urban Transportation Operations Based on QoS [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2007.
- [11] DAIGLE G, THOMAS M, VASUDEVAN M. Field Applications of CORSIM: I - 40 Freeway Design Evaluation, Oklahoma City, OK [C] // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. Washington D. C.: IEEE, 1998: 1161 - 1167.
- [12] 韩宝睿, 马健霄, 林丽. 多车道高速公路的适应交通量计算模型 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2007, 31 (1): 63 - 66.
HAN Baorui, MA Jianxiao, LIN Li. A Calculation Model for Average Adaptable Daily Traffic in Multilane Expressway [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2007, 31 (1): 63 - 66.