

基于 VISSIM 仿真分析在城市旧路网改造中应用研究

李怡冰¹, 李 鹏², 王丹生³

(1.中国市政工程中南设计研究总院有限公司,湖北 武汉 430010; 2.湖北省城建设计院股份有限公司,湖北 武汉 430051;
3.华中科技大学,湖北 武汉 430074)

摘 要:在构建新发展格局城市高质量发展大背景下,城市路网改造提升成为城市道路发展的必经之路。城市旧路改造项目通常只基于一条道路修复需求,缺乏对片区交通的整体统筹考虑。随着全过程工程总承包的推进,城市旧路已经不是单独一条路或几条路的改造及更新,而是以片区统筹思维进行路网改。因此,对改造道路及其项目周边区域的交通体系造成强有力的冲击。通过引入 VISSIM 微观交通仿真软件,动态模拟仿真城市一个片区道路路网改造前后的交通效益,根据平均延误、交叉口配时方案、平均排队长度和服务水平等评价指标,评定该路网是否需要改造、改造方式和实际的改造效果,进而提出城市区域统筹提档升级和周边路网的改善措施,并加以验证。最终实现城市更新与城市交通的协调发展。

关键词:片区思维;交通仿真;交通评价指标;交通效益;城市更新

中图分类号: U491.1+3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)06-0228-05

0 引 言

近年来,随着我国经济的快速发展,交通量持续快速增长,对城市道路通行能力的要求越来越高。随着后期运营时间延伸,道路功能不完善、地下管网需要升级、配套设施不完备、路基路面结构薄弱等弊病逐渐显露。同时,城市道路在通行能力、服务水平和安全等方面难以满足逐年增加的交通需求,极大地影响了城市的可持续发展。另外,城市道路运营6~8 a后需要根据城市规模的提升和周边环境的变化进行改扩建。因此,城市道路旧路网拓宽改造将是未来城市路网的发展趋势之一。城市道路旧路改造不仅要改善道路的交通使用功能,还要考虑与周边环境的协调。同时,地下管线的升级,城市景观靓化也成为城市改造的重要组成部分,需要做到功能性、景观性、人文性三者的协调统一。随着全过程工程总承包的全面推进,城市旧路改扩建已经不是单独一条路或几条路的改造或更新,而是以片区统筹思维进行路网改造,因而对改造道路及其项目周边区域的交通体系造成强有力的冲击^[1]。本文通过城市旧路网改造中交通组织提升的模拟与仿真预演,验证现状道路规模和交通组织方案的合理性与管控措施的有效性。根据平均延误、交叉口配时方案、平均排队长度和服务水平等评价指标,评定该路段是否需要改

造、改造方式和实际的改造效果,为城市旧路网改造提供技术支撑与改扩建的依据,进而提出城市区域统筹提档升级和周边路网的改善措施,并加以验证。最终实现城市更新与城市交通的协调发展。

1 道路改造路径和案例分析

1.1 道路改造路径

城市道路经过一段时间的运营后已经不能满足城市经济发展、交通增长、环境因素等的发展要求,需要对其进行养护维修提升或拓宽改造。陶希东^[2]和陈武兴等^[3]提出旧区改造模式存在的主要问题,建议城市道路交叉口拓宽、旧城区路网改造走社会型城市更新的转型路径和规划策略。赖旭等^[4]通过引入 VISSIM 微观交通仿真软件对片区交通的整体统筹考虑,提出交通改善措施,实现城市提档升级和周边路网有效衔接。向怀坤^[5]和赵光华等^[6]建立仿真模型,以拥堵节点的延误时间、排队长度为评价指标,优化片区道路和周边的交通组织。本文通过引入 VISSIM 交通仿真软件对片区交通整体统筹考虑,提出节点交通、连线交通、区域交通改善措施,实现城市绿色低碳运营效益和环境协调发展。交通 VISSIM 仿真是现代化交通管控手段之一,通过人工系统模拟再现实际系统交通流运行规律,并根据评价指标模拟城市道路改造的路径和措施。同时分析各种渠化设计和信号配时方案下道路和交叉口交通流运行状况,提出交通系统管理、控制和优化方案,进而提高区域城市路网道路服务水平。

收稿日期: 2021-08-07

作者简介: 李怡冰(1998—),女,硕士,助理工程师,从事城市交通工程设计工作。

1.2 案例分析

按照《某市东西湖区综合交通规划(2009—2020)》规划区域已经形成了“五横”“八纵”“一环”交通网络系统,见图1。



东西湖区“十三五”城区用地规划图

图1 东西湖区用地规划图

其中,张柏公路为路网骨架南北向“八纵”中至关重要的一纵。随着城市经济的快速发展,土地利用规划和人口规划、区域人口和周边环境的变化,原来作为连接外围的公路主通道变成城市路网的骨架,功能定位和服务水平发生了根本性变化,城市改造迫在眉睫。东西湖区域张柏公路项目由张柏公路改扩建及其六条连接线两部分组成。张柏公路现状为一条南北向的二级公路,起于金山大道,途径金银湖街道、径河街道,止于临空港大道,全长8 430 m;规划红线宽60 m,双向六车道。张柏公路连接线由径河路、径河南路、滨河北路、环柏二路、金北一路、新桥四路、黄狮海路、新桥二路共计8条道路组成,现状以水泥路面为主,主次干道兼顾,红线宽30~50 m,全长13 230 m。张柏公路及其连接线呈“蜈蚣状”布局,为临空港经济技术开发区区域路网的重要组成部分。项目对完善区域路网,疏解临空港大道的交通压力,促进区域发展具有重要意义。

1.2.1 现阶段交通状况调查和基础数据收集

道路改造前需要对现状道路的交通情况进行分析,论证交通环境改善的影响因子和关键环节,从而确定对现状道路改造的具体措施。通过分析张柏公路和其连接线影响区域经济、人口、车辆等现状,分析建设条件、项目的现状道路交通流量和道路断面组成,了解本项目所在区域内交通运输的特性和构成,以及区域内客货运的流量和流向,为全面进行仿真模拟分析提供可靠的基础数据。现阶段张柏公路两侧密集分布居住小区和工业园区,土地开发程度较高,其他区域土地开发强度不高,交通量增长相对有限。现状车型比例构成见表1。

从表1可知,张柏公路道路两侧居民区较为密

表1 项目断面交通量和车型组成比率一览表

类型	小货车	中货车	大货车	特大货车	小客	大客	总计
断面流量 / (pcu·h ⁻¹)	502	379	278	113	3 229	52	4 553
							5 525
比率%	9.09	10.30	12.58	8.18	58.45	1.41	100%

注:断面交通量以自然数计,车型比例以折算数计。

集、城镇化发展趋势明显,居民对外出行需求旺盛,现状出行中客车占比(折算数,下同)达到59.86%,且以小客车为主。道路沿线产业的集聚发展催生出较大的货运需求,货车占比为40.14%,分布相对均衡。

1.2.2 项目综合交通分析预测及改造措施

根据东西湖区区域社会经济、交通运输现状,结合现状的交通分区调查,考虑张柏公路和其连接线的发展形态等相关因素影响,从而预测项目所在区域未来各条道路交通的趋势和诱增交通出行的产生和吸引量,得出未来各特征年的出行分布情况(新建或拓宽按照规范设计年限,改造或配套提升按8 a作用考虑)。然后,充分考虑预测期内项目区域交通路网对交通量的分流影响,通过交通量分配,最终获得本项目交通量的预测结果和建议改造的初步措施。

2 仿真模型分析流程和参数设定

2.1 仿真模型分析流程和应用

VISSIM仿真软件能模拟车辆(机动车和非机动车)和行人在道路交叉口随时间相位变化二维或三维动画状态,将道路路段和交叉口的信号周期内排队时长、相位配时合理性、车辆车速快慢等形象直观地表现出来。同时将研究范围内交通流随时间运行状况、设计规划方案的缺陷和冲突点真实地重现,以便调整优化。

首先对张柏公路及其连接线现状条件进行调查,包括路网外部、内部交通组成、人口规模、经济发展指标和远期发展趋势等。依据四阶段法,以交通生成、交通方式划分、交通诱导、交通量分配为基础,对区域内路网建成后的交通量进行预测。同时根据项目初步拟定的路网改造路径和措施,导入VISSIM仿真软件。输入道路预测交通量,动态的分配流量、交叉口设置信号配时并对交叉口冲突点进行设定,输出仿真效果及所需指标评价表(见表2交通预测流量及改造措施)。改变并优化项目外部衔接条件、内部交通组织、出入口交通方式、周边道路路幅断面、

表 2 道路现状交通预测及改造、拓宽措施一览表

道路名称	现状道路状况调查分析	交通流量分析(高峰小时交通 / 日交通量)					动态分配 / 交通仿真分析 / 确定改造措施
		2022 年	2026 年	2031 年	2036 年	2041 年	
张柏公路(金山大道 - 田园东路)	二级公路或四车道次干道 $B=10.5 \sim 36.5$ m 沥青路面	1 372/ 12 806	1 864/ 17 416	2 430/ 22 922	2 721/ 25 912	3 031/ 29 145	按城市主干道双向六车道拓宽改造,并对沿线路口渠化
张柏公路(田园东路 - 临空港大道)	二级公路二车道 $B=10.5 \sim 12.5$ m 水泥路面	710/ 6 757	886/ 8 863	1 126/ 11 255	1 224/ 12 492		12.5 m 宽二级公路不变,对沿线路段部分路口渠化
径河路(已拓宽)	沥青路面 $B=40$ m 四车道	974	1 223	1 519	1 779		40 m 城市次干道已改造拓宽,优化路口信号周期
径河南路	沥青路面 $B=30$ m 混行四车道	593	1 053	1 307	1 543		现状道路路幅不变,部分路口渠化
滨河北路	沥青路面 $B=30$ m 机非混行二车道	1 027	1 399	1 903	2 130		道路拓宽 40 m 四车道改造、路口渠化信号周期优化
环柏二路	沥青路面 $B=30$ m 二车道	842	1 224	1 491	1 544		现状道路路幅不变,部分路口渠化
金北一路	道路左侧为四车道水泥混凝土路面,右侧断头土路	1 178/ 11 833	1 504/ 15 107	1 928/ 19 372	2 265/ 22 746	2 610/ 26 116	左侧现状扩建改造为六车道宽 50 m 主干道,右侧按双向六车道主干道新建完善全段
新桥四路(已改建)	沥青路面 $B=30$ m、4 车道	943	1 657	2 059	2 155		30 m 城市次干道已改造拓宽,优化路口信号周期
黄狮海路	沥青路面 $B=30$ m 机非混行四车道	1 172	1 598	1 996	2 036		道路拓宽 40 m 改造、路口渠化信号周期优化
新桥二路	沥青路面 $B=30$ m 混行四车道	852	1 176	1 486	1 625		30 m 城市次干道改造拓宽,优化路口信号周期

车道拓宽渠化设计、交叉口信号配时等因素,再次运行仿真并输出仿真效果及指标评价表,循环往复(见图 2)。通过改变几条道路车道数、交叉口渠化、信号周期、专用车道设置等措施,对比前后仿真输出的评价指标^[7],验证区域道路网改造对片区交通影响程度,以及实施改善方案是否达到预想的交通效率,最终确定改造具体措施。

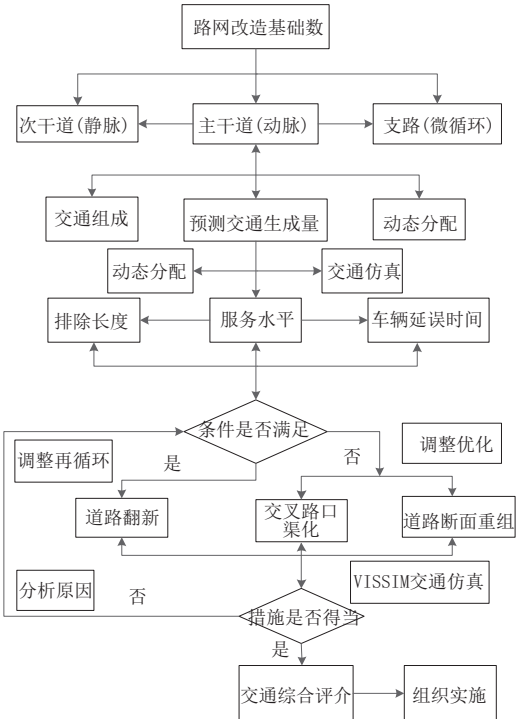


图 2 仿真模型流程图

2.2 路网各相交路口仿真后优化关键节点

路网改造的关键节点是各相交道路路口,张柏公路及其连接线现状调查沿线交叉路口存在以下问题。(1)无交通信号灯,交叉口组织混乱,冲突点多,不利于车辆通行。(2)交叉口交通标志、标线欠缺,对行车安全不利。(3)早晚高峰容易造成拥堵现象,停车延误时间长。依据全面性、科学性、可比性,以及定量为主、定性为辅的原则,结合 VISSIM 交通仿真软件所提供的模型输出交叉口评价指标(见表 3)综合考虑路网改造方案。为了提高交通效率,改造方案对运行速度仿真时,一方面要考虑各条道路等级,依次设置合适车速;另一方面根据现状信号配时交通调查情况,输入优化后交叉口信号配时方案,结合交叉口实际情况在适当位置添加相应的交通标志和标线,合理地安置交通信号灯等交通改善措施,实时动态地调整交叉口信号配时方案^[8]。

针对以上分析采取了以下四种有效措施。(1)部分路口增加交通信号灯,信号相位设置合理,车辆可以顺利通行。(2)最大限度消除了交叉路口交通冲突点,尽量避免车辆发生拥挤、交通堵塞等现象。(3)信号配时适当增加了黄灯时间和全红时间,有充足的清尾时间,使车辆可以顺利通过交叉路口。(4)信号周期与行人安全通行匹配。

通过模拟分析证明:路网的交通条件主要由路

段和交叉口通行能力决定。交叉口是城市道路网络中的瓶颈,单个交叉口的通行能力受到制约后,必然会对整个路网的交通造成影响,交叉口的交通运行状况直接决定了周边路网的运行状况。VISSIM模拟的二维和三维动态变化能清晰地发现方案的缺陷和不足,了解方案的可行性和有效性,并及时对采取的措施进行优化和调整。

表3 道路交叉路口优化控制指标

名称	指标描述
交叉口信号灯调配	反映道路各交叉口不同相位绿灯时间
平均排队长度/m	反映道路各交叉口的平均排队长度
平均延误/(m·veh ⁻¹)	反映机动车辆在路网中的受阻情况
车辆平均运行速度	反映片区网各条道路服务水平

3 模型分析结果对比,评价后运用

根据张柏公路及其连接线每条道路设计年限内交通预测量,动态分配到路口的各个方向。结合VISSIM模拟仿真流程先确定路段是否满足要求,不满足改变路幅组成进行拓宽;满足要求对沿线交叉路口进行渠化、信号控制等措施对比,择优选择改造方案。然后对部分关键节点调整交叉口相位配时,使其达到交叉口所需时间、延误时间、停车时间、停车次数最优的目的。仿真参数主要包括交通流量、车辆运行速度、交叉口相位配时、车辆路径、车型比例等。通过分析交叉口所需时间、延误时间、停车时间、停车次数和频率等影响,最终改造措施前后交通评价指标综合分析见表4。

表4 改造前后交通评价指标综合分析

交叉口名称	评价指标			
	平均延误 /s(原/新)	平均排队 长度/m (原/新)	交叉路口 信号周期 (原/新)	服务水平 改造前/ 改造后
张柏公路 (金山大道- 田园东路)	56/51	74/58	130/115	E/D级
张柏公路 (田园东路- 临空港大道)	38/35	42/33	50/45	C/C级
径河路(已建)	35/32	37/32	70/65	C/B级
径河南路	33/30	40/32	90/80	D/C级
滨河北路	38/34	51/40	100/90	E/D级
环柏二路	17/14	35/29	60/48	C/B级
金北一路	51/47	63/50	150/125	E/D级
新桥四路 (已建)	22/19	36/31	60/55	C/B级
黄狮海路	37/31	56/43	110/95	E/D级
新桥二路	21/18	38/31	70/60	C/B级

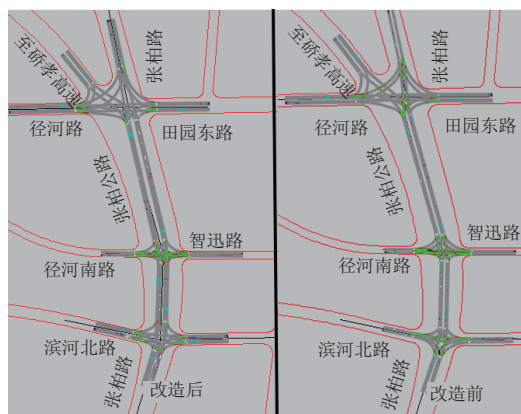
由于本文主要对该路网的平均行程车速和主要路口的平均延误进行评价^[5],所以仿真结果只需设定路段的行驶时间和延误时间,并由此可得出路网的平均行程车速和平均延误。建议在工程项目实施过程中部分交叉路口配对信号周期,可以根据高峰时段潮汐交通量进一步优化完善。道路交叉路口优先等待区、潮汐车道等设置,使其车辆平均排队长度减小、平均延误时间降低、平均运行速度提高,从而达到提高片区道路整体服务水平的目的。

通过改变平均延误、平均排队长度、交叉口配时方案、服务水平等改造前后控制性因素分析,模拟仿真张柏公路及其连接线各条道路起点为径河路,沿线径河南路、滨河北路、环柏二路、金北一路、新桥四路、黄狮海路、新桥三路,终点为金山大道。改造前后对比见图3。道路改造完善城市基础设施,不断增强城市服务、道路系统功能,扎实推进城市精细化、品质化提升,达到整个片区路网系统及各条道路服务水平的最佳状态。

仿真结果经过计算汇总可知:路网内交叉路口平均车速为28.55 km/h(15~38 km/h),比现状实测车速12.10 km/h(7~16 km/h)提高了23.6%。交叉路口平均延误降为31.1 s,比现状实测延误34.8 s降低了11.2%。由此可知,在不改变路口信号控制的前提下,整治改造后的交通状况要优于改造前,运用改造最终确定的改造措施,结合大数据统计高峰时段拥堵时长和运行速度分别减少18%和增加15%以上。张柏公路(起点段)、径河路、滨河北路、金北一路、新桥四路、黄狮海路改造前交通状态分别处于D级、B级、D级、D级、B级和D级的服务水平,2031年末交通状态分别处于E级、C级、E级、E级、C级和E级的服务水平,2036年末交通状态处于分别处于E级、C级、E级、E级、C级和E级的服务水平。

从对比结果可知,路网平均延误和平均排队长度较之前明显降低,交叉路口信号灯配对时间明显改善,片区几条道路的服务水平明显提高,片区交通整体运行情况良好。这说明在交通改善措施实施之后,改善了道路交通条件,增加了片区的路网容量和出行条件,有效地降低了城市更新对片区道路交通的影响。因此,通过仿真评价后得出的方案是可行的。

实践证明:在应用VISSIM仿真软件开展城市更新交通咨询研究工作过程中,应合理地设定交通流量、运行速度、信号配时、行驶路径、车型比例等参数,真实还原实际运行状况,确保评价结果的可靠性。



(a)张柏公路及连接线仿真图一



(b)张柏公路及连接线仿真图二



(c)张柏公路及连接线仿真图三

图3 张柏公路及其连接线最终改造措施前后交通对比图

4 结 语

针对城市路网改造,提出在城市旧路改造的前

提下将交通控制与交通诱导相结合动态分配的思想,充分分析各条道路现状条件和远期城区发展的需求,拟定切实可行的改造措施,通过仿真进行对比(包括对交叉口的服务水平和延误进行评价),提出交叉口设计和信号配时方案,车辆运行管理的效率明显提高,路网车均延误和车均停车次数明显降低。

城市道路改造不仅是道路结构和地下管线的改造,还是城市道路的服务功能的提升、交叉路口渠化和靓化等配套设施的提档升级。因此需要对道路和周边路网进行完整的分析和判断,从而达到面子(道路穿衣戴帽)和里子(交通及配套服务提升)的有效融合,实现城市更新的真正价值。同时,城市改造作为一个综合型的项目,公共交通对缓解交通拥堵、促进城市综合发展体现出强大优势^[9]。城市更新对促进城市发展、提升居民生活品质有重要的推动作用,但需要城市交通作为城市更新的支撑。因此,只有城市更新与城市交通协调发展,才能实现城市建设中复杂系统的和谐发展。

参考文献:

- [1] 朱健.基于 VISSIM 仿真的高铁枢纽片区交通规划设计[J].现代交通技术,2021,18(4):16-72.
- [2] 陶希东.中国城市旧区改造模式转型策略研究——从“经济型旧区改造”走向“社会型城市更新”[J].城市发展研究,2015,22(4):111-116,124.
- [3] 陈武兴,叶文亚,王建邦,等.VISSIM 在城市道路交叉口拓宽改建设计中的应用[J].公路交通科技:应用技术版,2018,14(2):65-67.
- [4] 赖旭,霍建州,李方卫.基于 VISSIM 仿真的城市更新项目交通咨询研究[J].交通运输工程与信息学报,2020,18(2):125-131.
- [5] 向怀坤.基于 UAV/VISSIM 的城市交通控制评价与优化[J].现代交通技术,2020,17(6):67-72.
- [6] 赵光华,赵林.交通仿真技术在交通枢纽方案设计中的应用[C]//第十次全国城市道路与交通工程学术会议论文集.北京:电子工业出版社,2009(3):300-304.
- [7] 吴小丹,余志,何兆成.基于微观交通仿真的信号交叉口优化方案的评价[J].公路交通科技,2007,12(3):23-25.
- [8] 王梅,李文权.老城区交叉口交通组织状况的分析与改善[J].公路交通技术,2009,12(6):45-47.
- [9] 郝玲,杨豪中,何杰.TOD 模式在城市旧区更新改造规划中的探索[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2012,44(2):277-282.