

Research on Application of BIM Technology in Traffic Dredging Scheme

Lidong Cai¹, Weiya Chen¹, Kai Liu², Peng Yang²

¹College of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan Hubei

²Wuhan Tongzhu Haohua Information Technology Co., Ltd., Wuhan Hubei

Email: 964681871@qq.com

Received: Apr. 24th, 2019; accepted: May 9th, 2019; published: May 16th, 2019

Abstract

In the construction process of viaduct on existing roads in the city, traffic relief is a measure to solve the problem of engineering construction and maintain traffic. It involves dynamic prediction of road traffic vehicles, construction measures and construction of viaduct. It is a complicated problem which needs to be solved urgently in the construction of urban viaduct at present. This paper studies the application points and processes of BIM technology in the traffic dredging process of a city viaduct during the construction stage of a city viaduct, and constructs a dynamic model of traffic dredging solution based on BIM technology. By analyzing the concrete application of BIM technology in solving the problems of actual construction site arrangement and road turnover, it is confirmed that the application of BIM technology in vehicle flow simulation, optimization of construction site layout, deepening of road overturning and pipeline collision inspection and other key application points are determined, which provide reference research and reference for similar projects of viaduct in complex environment.

Keywords

BIM Technology, Traffic Relief, Dynamic Model, Construction Site Distribution of Viaduct

BIM技术在交通疏解方案中的应用研究

蔡立东¹, 陈伟亚¹, 刘 恺², 杨 鹏²

¹武汉大学, 土木工程与建筑学院, 湖北 武汉

²武汉同筑浩华信息科技有限公司, 湖北 武汉

Email: 964681871@qq.com

收稿日期: 2019年4月24日; 录用日期: 2019年5月9日; 发布日期: 2019年5月16日

摘要

在城市既有道路上的高架桥施工建设过程中, 交通疏解是解决工程施工和保持交通的措施, 它涉及道路交通车辆动态预测、高架桥施工措施及施工, 是目前城市高架桥施工中亟待解决的复杂难题。本文通过某市城市高架桥施工阶段BIM技术应用实例, 研究了BIM技术在高架桥的交通疏解过程中的应用点和流程, 构建了基于BIM技术的交通疏解动态模型; 通过分析BIM技术在交通疏解中解决实际施工场地布置和道路翻交等环节的具体应用, 确定了BIM技术可应用于车流量模拟、优化施工场布方案、深化道路翻交和管线碰撞检查等关键应用点, 为复杂环境中高架桥类似工程提供参考研究和借鉴。

关键词

BIM技术, 交通疏解, 动态模型, 高架桥施工场布

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

城市交通基础设施建设是城市发展的前提。基于我国城市的特点, 以高架桥的形式在现有城市道路上建设快速交通日益增多。东南大学王炜在通行能力模型基础上, 建立了交通服务水平划分方法[1]; 汪勋松通过研究 BIM 技术对城市立交桥施工中, 将模型应用于实际工程, 优化城市立交桥施工, 提高施工阶段信息化管理水平[2]。在繁华的城市中心建设高架桥, 面临交通拥堵、人车流量大、交通疏解路段多、道路翻交和地下管线碰撞复杂等问题; 同时, 在交通拥堵的路段进行高架桥施工也存在施工操作工作面狭窄、施工现场布置及周边行车和行人的安全问题。为了保证在城市复杂环境中高架桥顺利施工, 并且确保施工期间的路段车况正常和行人安全, 需要科学编制交通疏解和道路翻交方案, 合理布置施工场地。传统的交通疏解方案是通过结合平面图纸以及文字形式进行编制, 存在空间局限性, 缺少三维可视化和动态表达, 很难将交通疏解方案与实际情况相契合, 在向交通管理部门进行交通疏解方案报批时, 较难直接表达清楚交通疏解实际方案。BIM 技术的应用, 可以通过三维模型和三维动画对交通疏解方案进行动态模拟, 通过不同时段交通流量等参数的输入, 对交通疏解方案进行优化, 选择最优的方案。使交通疏解方案真正具有指导意义和可行性, 同时提高工程行业科学性、数字化、信息化的水平, 推进工程项目精细化管理。

2. BIM 技术在交通疏解方案设计中的应用流程

交通疏解是通过道路交通路况调查, 调查现场及周围的交通车流量及高峰期, 预测高峰流量; 根据施工设计图纸及施工部署, 研究设计占路范围、期限及围挡警示布置, 科学合理制定施工期交通方案。

2.1. 传统的交通疏解流程

在城市复杂环境高架桥施工的交通疏解流程, 收集现有路线和路段交通现状数据; 根据高架桥施工范围、项目特点和施工单位编制技术方案对高架桥交通疏解进行划分多个施工段; 再对各个施工段进行交通疏解方案编制。交通疏解主要分为以下几个步骤图 1:

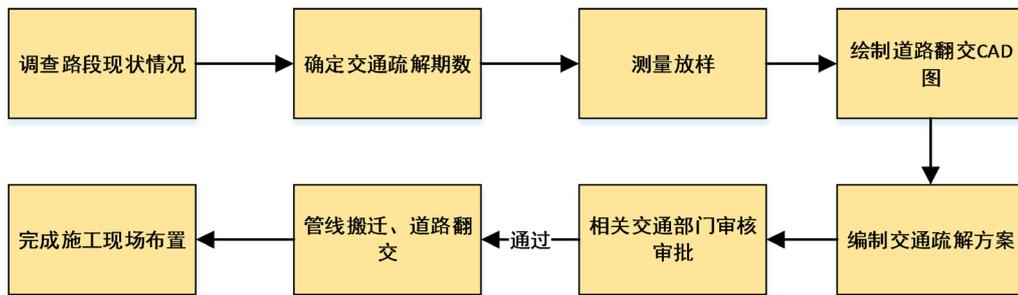


Figure 1. Flow chart of traditional traffic relief
图 1. 传统的交通疏解流程图

由于传统模式下的交通疏解缺少行车流量模拟，道路翻交情况主要依靠平面图图纸来表示，不能反应实际交通疏解动态过程，在相关交通部门方案审核审批环节费时较多，直接影响了工程项目进度[3]。

2.2. BIM 技术的交通疏解流程

BIM 技术的交通疏解流程在传统的交通疏解流程基础上，实现三维可视化、车流量模拟、道路翻交三维图等优化功能。采用基于 BIM 技术的交通疏解动态模型可以对多个交通疏解方案进行模拟，可快速比选出最优疏解方案。通过 3D 模型可以模拟每个交通区域的行车流向、行人走行路径和直观反映车流量的运动轨迹及交通拥堵情况，从而实现动态车流量与其周边环境及施工现场布置之间虚拟模拟和动态控制，完成交通疏解与实际情况切合。BIM 技术的交通疏解流程如图 2。

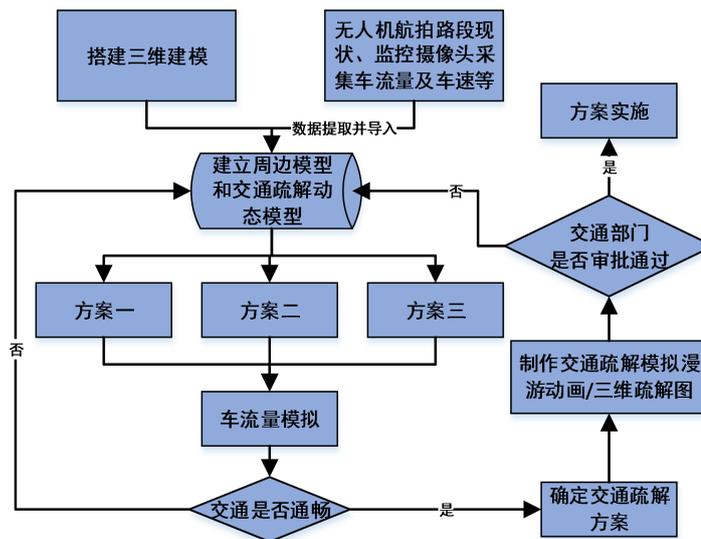


Figure 2. Traffic disclosure flow of BIM technology
图 2. BIM 技术的交通疏解流程

3. 基于 BIM 技术的交通疏解动态模型

3.1. 拟建工程及周围环境模型建模

BIM 技术在交通疏解方案运用，采集对工程范围及周边环境数据，包括构筑物分布情况和原有道路情况进行分析和调查。沿主干路车行道范围为新建高架桥施工范围。采用 Revit 软件对交通疏解模型搭建，根据交通状况和施工场地布置，从 Revit 明细表功能导出需要的模型数量、类别。该次交通疏解模型共 8

类,分别为交通道路模型、施工场地布置模型、周边构筑物模型、围挡、交通指示牌、广告牌、信号灯、车辆模型,根据模拟的需要,并对模型的精度进行划分[4]。见表1 拟建工程及周围环境模型建模。

Table 1. Modeling of proposed engineering and surrounding environment

表 1. 拟建工程及周围环境模型建模

序号	模型名称	类型	模型数量	模型精度	建模类别	备注
1	交通道路	道路	1	LOD200	体量模型	路面、箭头
2	施工场地布置	场布	2	LOD300	常规模型	
3	周边构筑物	住宅、办公楼	4	LOD200	常规模型	建筑物、树
4	围挡	2.5 m × 4 m × 0.2 m	422	LOD300	常规模型	
5	交通指示牌	指路标	19	LOD300	常规模型	
6	广告牌	既有广告牌	2	LOD300	常规模型	
7	信号灯	红绿灯	4	LOD300	模型组	
8	车辆模型	4082 × 1288 mm	32	LOD200	模型组	多种车型

3.2. 交通疏解车流量分析

3.2.1. 交通疏解道路现状

光谷大道施工期间交通组织采用分段实施,尽量保证施工路段有双向 4~6 车道通行。主线施工总体分两期进行。

一期施工打围道路中央长 2800 米宽 17 米范围,在道路中央进行迁改、桩基、承台墩身施工,本次施工需同步将光谷大道东西侧绿化带进行硬化,然后将车辆引导至东西两侧双向四车道辅路,对道路中央进行施工打围。

光谷大道现状为城市主干道,施工范围为四块板路面,双向 6 车道 + 4 车道,红线宽度 65 米。该大道现状标准横断面和设计标准横断面见图 3、图 4。

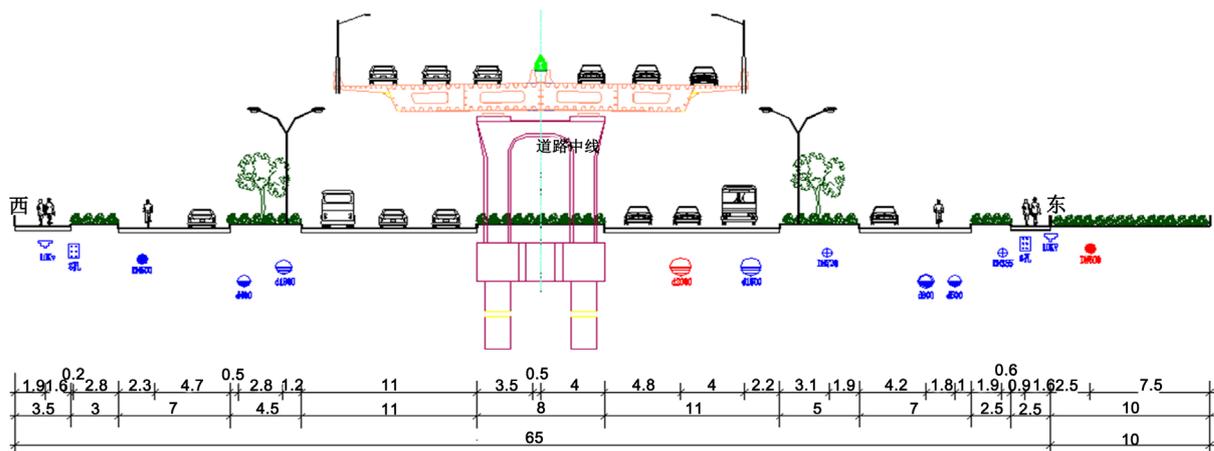


Figure 3. Current standard cross-section of valley of light boulevard

图 3. 光谷大道现状标准横断面

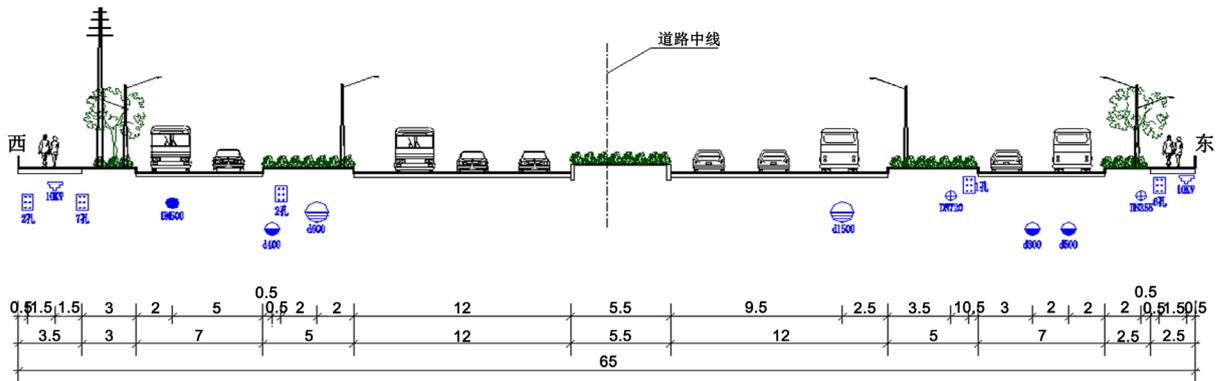


Figure 4. Design standard cross section of light valley boulevard
图 4. 光谷大道设计标准横断面

根据现场调查，光谷大道二标段交通现状为：双向 6 车道 + 4 车道，车辆沿南北方向行驶，光谷大道西侧有架空高压电线，道路两侧均有绿化带及非机动车道；东侧设有四个公交车站，；西侧设有五个公交车站。

3.2.2. 车流量统计分析

车辆通行能力(traffic capacity)指的在一定的道路条件、交通条件、控制条件、环境条件下，道路断面在一定的时间内能够通过的最大车辆数。

美国将道路交通状态分为六个等级，分为 A、B、C、D、E、F；中国将道路交通状态分为 4 个等级，分为一级、二级、三级、四级，并称之为服务水平。其对应的服务水平之 γ 值($\gamma = N_m/N_p$ ，即：设计通行能力与可能通行能力之比)见表 2。

Table 2. Urban road service levels in the United States and China
表 2. 美国和中国城市道路服务水平

国家	服务水平	交通状态	平均速度(km/h)	γ
美国(六级服务水平)	A	自由流(相当自由的)	≥ 50	≤ 0.6
	B	稳定流(稍有阻滞)	≥ 40	≤ 0.7
	C	稳定流(有阻滞、可接受)	≥ 33	≤ 0.8
	D	接近非稳定流(严重阻滞)	≥ 25	≤ 0.9
	E	非稳定流(阻塞、严重阻滞)	接近 25	≤ 1.0
	F	强制流(阻塞)	< 25	无意义(超负荷)
中国(四级服务水平)	一级	道路交通顺畅、服务水平好		0~0.6
	二级	道路稍有拥堵，服务水平较高		0.6~0.8
	三级	道路拥堵，服务水平较差		0.8~1
	四级	道路严重拥堵，服务水平极差		≥ 1

根据我国城市道路的特点，服务水平宜在一级到三级之间。参照《城市道路设计规范》建议：机动车道的道路分类系数分别为：快速路为 0.75；主干路为 0.80；次干路为 0.85；支路为 0.90，主干路服务水平取 0.8；

采用《城市道路设计规范》建议的一条车道理论通行能力见表 3。

Table 3. Single lane theoretical capacity
表 3. 单车道理论通行能力

指标	城市道路规范建议值				
	计算行车速度(Km/h)	60	50	40	30
可能通行能力(pcu/h)	1800	1690	1640	1550	1380

该项目道路属于干线性城市主干道，交通疏解打围后，其通行能力应考虑平面交叉设置、绿信比、交叉口间距、车道宽度、车道数以及自行车等自行车影响修正系数。因此，路段设计通行能力计算如下：

$$N_m = N_p \cdot a_c \cdot a_m \cdot a_n$$

N_m 为单向道路设计通行能力(pcu/h)；

N_p 为一条车道的理论通行能力(pcu/h)；

a_c ，机动车道的道路分类系数；

a_m ，通行能力车道折减系数；

a_n ，交叉口影响修正系数。

该项目为主干道，根据《城市道路设计手册》道路分类系数指标确定： $a_c = 0.8$ ；通行能力车道折减系数 a_m 一般采用：车道数/修正系数为 2/1.9、3/2.75、4/3.50；交叉口影响修正系数 a_n ，根据交叉口间距，并参考《城市道路设计手册》及有关资料，计算得 $a_n = 0.80$ 。见表 4。

Table 4. Calculation table for unidirectional design capacity of road sections (pcu/h)
表 4. 道路路段单向设计通行能力计算表(pcu/h)

路段车道数		2	3	4
计算行车速度	20 km/h	1678	2429	3091
	30 km/h	1885	2728	3472
	40 km/h	2006	2904	3696
	50 km/h	2067	2992	3808
	60 km/h	2189	3168	4032

[注]数据计算结果采用四舍五入取整。

3.3. 基于 BIM 技术的交通疏解动态模型构建

研究基于 BIM 技术的交通疏解动态模型主要目的不仅是计算施工期间通行能力最大值，同时，要优化施工场地布置围挡合理布置。分析通行能力与施工环境因素之间互相影响关系，确定最大通行能力与施工环境因素之间临界点，依据实际施工情况对施工方案分析，确定尽量影响较小的交通疏解方案和难易程度小、成本低、工期短等的施工方案[5]。例如根据施工方案设置施工围挡不影响正常施工和能接受范围内服务水平的通行能力时，通行能力最优值。原道路的设计通行能力和可能通行能力受到车道数、机动车道的道路分类系数、通行能力车道折减系数、交叉口折减系数等影响，施工期间道路的设计通行能力和可能通行能力还受到施工环境因素的影响。由于道路施工使原道路交通容量减少，导致阻塞消除时刻延长。通过计算现状交通量与原道路能力之比，现状交通量与设置施工围挡后道路容量之比，分析原道路服务水平与施工时道路饱和度之间差值，该处实际车流量取交通高峰期的测值[6]。见表 5 原道路与施工期间道路通行能力差异。

Table 5. Differences in road capacity between the original road and the construction period
表 5. 原道路与施工期间道路通行能力差异

优化前	类型	车道数	通行能力	现状车流量	饱和度	服务水平
未调整围挡时	原道路	6 + 4	9226	2925	0.317	1 级
	围挡后道路	1 + 3	3720		0.786	2 级
调整围挡后	容量缩小率	60%	55.4%	2925	0.634	2 级
	围挡后道路	2 + 3	4613			
	容量缩小率	50%	50%			

由表 5, 可见在调整围挡后, 施工现场布置围挡设置直接影响车道数, 从而影响到设计通行能力, 使设计通行能力提高, 也降低了交通量饱和度。令现场车流量为 N_a , 车道数为 $n_{原}$, $n_{施}$; 设计通行能力为 N_m , 一条车道的理论通行能力为 N_p , 饱和度为 $\gamma_{现}$, 施工环境影响系数 $\frac{n_{施}}{n_{原}}$;

$$\gamma_{现} = \frac{N_a}{N_m} \tag{1}$$

$$N_m = N_p \cdot a_c \cdot a_m \cdot a_n \cdot \frac{n_{施}}{n_{原}} \tag{2}$$

由(1), (2)式子, 得 $\gamma_{现} = \frac{n_{原} N_a}{N_p a_c a_m a_n n_{施}}$ (3)

我国一般根据饱和度值将道路拥挤程度、服务水平分为如下四级: 一级服务水平: 道路交通顺畅、服务水平好, V/C 介于 0 至 0.6 之间; 二级服务水平: 道路稍有拥堵, 服务水平较高, V/C 介于 0.6 至 0.8 之间; 三级服务水平: 道路拥堵, 服务水平较差, V/C 介于 0.8 至 1.0 之间; 四级服务水平: V/C > 1.0, 道路严重拥堵, 服务水平极差。由图 5 所示, 在速度越低时, 车流量越大, V/C 越大, 服务水平越差。用上述模型, 可以确定本区段施工期间可能达到的最佳服务水乎时限速要求。

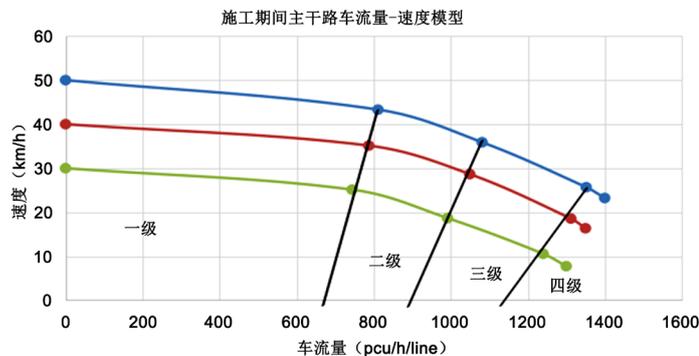


Figure 5. Traffic flow-velocity model of main road during construction
图 5. 施工期间主干路车流量-速度模型

4. 实际工程案例应用

某路段十字路口互通立交施工, 交通疏导任务大, 在施工前期进行围挡及场部建模。通过 BIM 模型合理规划车流路线, 合理规划打围减轻交通压力, 为交通打围方案报批提供依据, 有效提升与交管部门沟通效率。

4.1. 实际案例数据导入动态模型

某市城市高架桥某标段周边道路交通运行整体上比较顺畅，与某城区相比交通状况明显较好，从现场踏勘结果来看，平峰时段大部分道路的行程车速在 40 km/h 以上，高峰时段大部分道路的行程车速在 30 km/h 以上，交通拥挤相对比较严重的某大道路段，行程车速大概在 20 km/h~30 km/h 左右，相对本区其他道路而言比较拥挤。因此，通过无人机和监控摄像头采集的数据中，从三个不同时间段随机提取三组数据进行分析，分别为 8:00~9:00，所用时间(20 s, 41 s, 28 s)；14:00~15:00 所用时间(76 s, 130 s, 122 s)；18:00~19:00 所用时间(61 s, 44 s, 32 s)。

该施工段路段为一个单向单车道和一个单向三车道，由图 6、表 6 分析，在 8:00~9:00，18:00~19:00 时段交通服务水平为二级，所以该路段车况为拥堵状态，14:00~15:00 时段交通服务水平为一级，该路段车况顺畅。因此本案例交通疏解模拟应为采用高峰期的车流量作为模拟导入数据，在本路段施工期间，区间限速 30 公里/小时，服务水平 2 级，车流量 992 pcu/h/line。

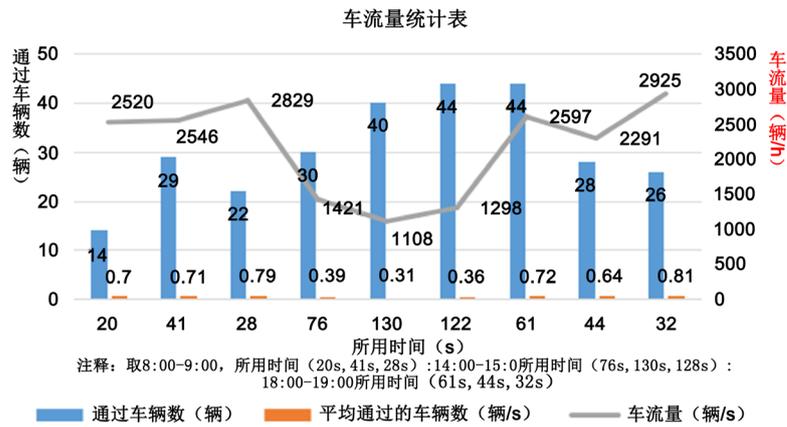


Figure 6. Traffic statistics
图 6. 车流量统计表

Table 6. Traffic flow service level during construction period
表 6. 施工期间交通道路车流量服务水平

时间段	抽样时间 (s)	现状估算车流量 (pcu/h)	最大估算车流量 (pcu/h)	通行能力 (pcu/h)	饱和度	服务水平
8:00~9:00	20	2520				
	41	2546	2829	3720	0.760	2 级
	28	2829				
14:00~15:00	76	1421				
	130	1108	1421	3896	0.365	1 级
	122	1298				
18:00~19:00	61	2597				
	44	2291	2925	3720	0.786	2 级
	32	2925				

4.2. 交通疏解动态模型效果

交通车辆模拟是通过建立道路模型、周边环境模型和车辆模型在计算机上进行车辆行驶仿真模拟的过程，模拟车辆行驶轨迹和交通车流量，分析施工场地布置打围后对路段交通情况的影响。本次选取交通疏解路段的某一个十字路口 18:00~19:00 交通高峰期进行模拟，工作前期通过在 Revit 建模软件完成模型建立，将模型文件输出为 FBX 格式，把 FBX 文件导入 Lumion/Fuzor 软件进行模拟。首先，将道路现场交通数据导入模型，模型导入参数主要有：车辆行驶速度、车辆行驶路径、车辆行驶时间和以及红绿灯时间等。在高峰期该路口车辆行驶速度为 20 km/h~30 km/h，车辆模拟时，车辆速度选取 20 km/h 作为模拟时车辆速度，在多段交叉路口信号灯周期中随机截取一段时间作为车辆行驶时间，车流量根据数据取平均值 0.72 pcu/s，根据该路段的交通车流量和周边环境实际情况进行模拟分析，施工现场布置打围后的交通疏解可以满足交通服务水平 2 级的要求。

4.3. 根据交通疏解方案优化施工场布围挡设置

前期施工场地布置，施工打围后，交通疏解为南北双向 4 车道，根据该路段的交通车流量和周边环境实际情况进行分析，交通疏解分析结果对施工场布围挡布置优化，通过在计算机上建立虚拟周边环境模型再结合施工区域对交通疏解和道路翻交进行拟定多组方案，比选后确定最优方案，然后再进行车辆模拟。由于处于交通道路主干道交叉路口，作为交通疏导重要控制点，在高峰期行车数量较多，原施工场地布置对交通疏解容易导致交通堵塞、车辆拥挤等现象。因此，根据交通实际情况结合施工场布，将红绿灯等候区进行调整，通过调整围挡范围，增加红绿灯等候区的车道宽度，提高道路通行效率。见图 7、图 8。

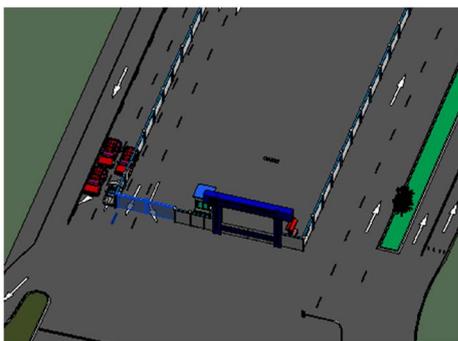


Figure 7. Before optimization of construction site distribution
图 7. 施工场布优化前

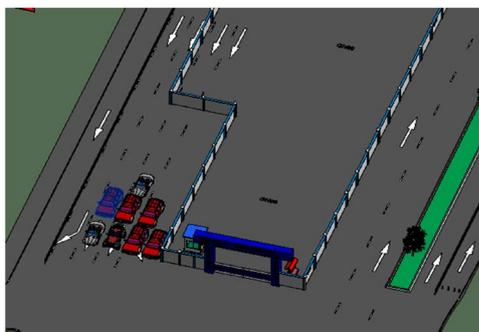


Figure 8. After the construction field cloth is optimized
图 8. 施工场布优化后

在光谷大道里程桩 GN94-GN95 之间，外侧施工现场围挡与内侧围挡只设置一道单向通道，如图 9 所示，该路段在高峰期 18:00~19:00，四个车道要完成平均 0.72 pcu/s 的车辆通行工作量，单个单向道平均估算车流量为 0.18 pcu/s，在动态模拟取 30 秒，该通道需要在 30s 内完成 5.4 辆汽车通行。由于道路狭窄和拐角原因在模拟过程中只能完成 5 辆汽车通行，该路段单向单车道 $N_a = 648$ pcu/h， $\gamma_{现} = 0.734$ ，因此该路段交通拥堵；优化施工方案是将外侧围挡往外偏移一个单车道的宽度，如图 10 所示，优化后，该通道需要在 30 s 内完成 12 辆汽车通行， $\gamma_{现} = \frac{n_{原} N_a}{N_p a_c a_m a_n n_{施}}$ ，将施工方案修改后的 $n_{施}$ 代入计算出 $\gamma_{现} = 0.619$ ；大幅度提高通行工作效率。

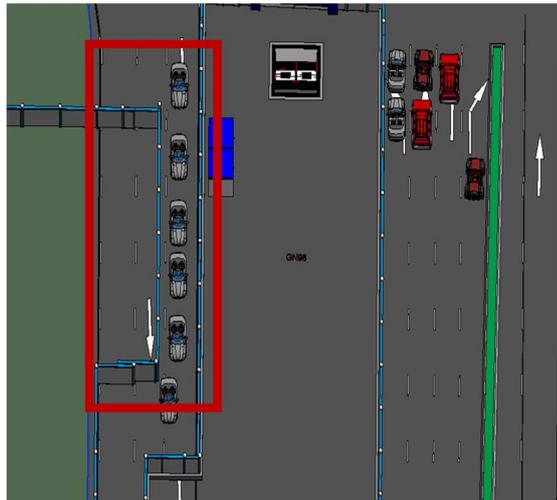


Figure 9. Besieged optimization
图 9. 围挡优化前

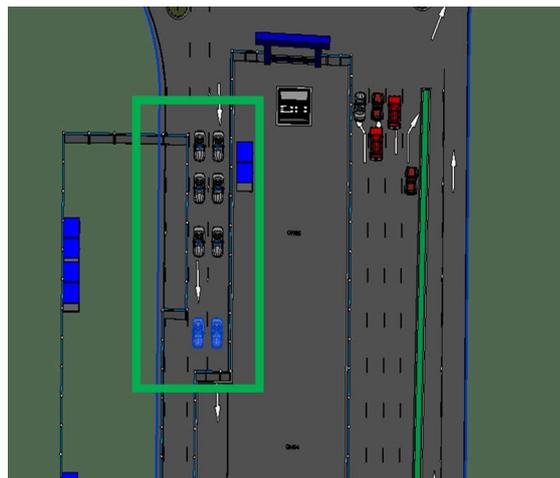


Figure 10. After besieged optimization
图 10. 围挡优化后

4.4. 交通标识图布置 BIM 应用

在交通标识中是以安全、设置醒目、清晰、明亮的交通标识是实施交通管理，保证道路交通安全、顺畅的重要措施。交通标识合理布置是交通疏解工作重要的一个环节。传统交通标识一般是采用平面图形式表示，如图 11 所示。在平面图布置标识图的缺点是无连动性、冲突不易观察交通标识图布置的效果。

采用 BIM 技术在交通模拟，可以直接清晰直观反映车辆行驶方向与交通标识图之间关系，如图 12 所示，可以避免交通标识牌布置正反面错误、交通标示牌与实际现场环境冲突等问题。

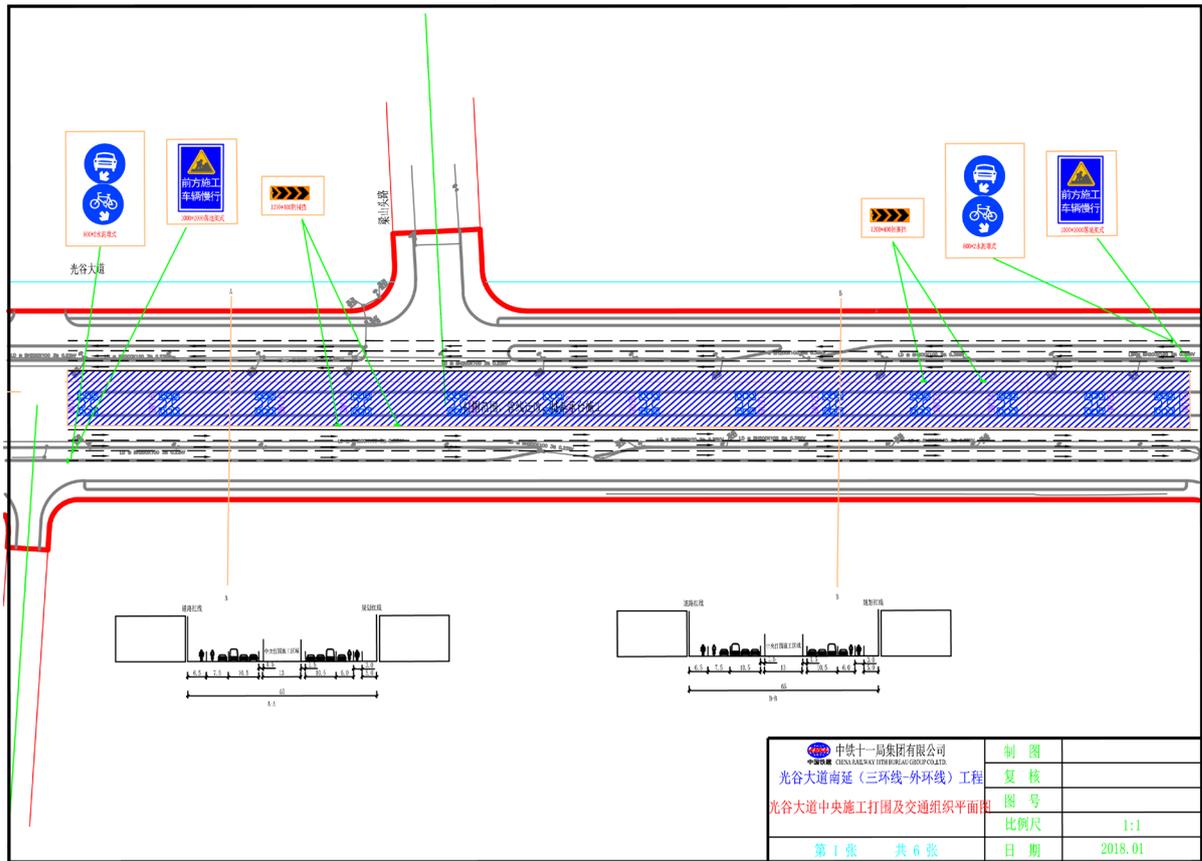


Figure 11. Traffic sign layout section diagram
图 11. 交通标示布置断面图



Figure 12. Effect of vehicle simulation traffic sign layout
图 12. 车辆模拟交通标识图布置效果

5. 结论

高架桥施工期间施工围挡占地施工直接影响城市道路交通,合适的交通疏解方案尽量保证在施工阶段该路段的拥堵在可以接受的程度。本研究通过 BIM 技术应用,采用智能化(计算机识别)与数字化的方式来设计交通疏解方案,将静态的既有道路、周围环境参数和动态的车流、工程建设变化参数等数据集成模拟,构建基于 BIM 技术的交通疏解动态模型,将其可视化、信息化、动态模拟功能与交通疏解方案相结合,使所有信息达到一致关联,提高了各方面协同集成水平。能事前对交通疏解模拟,可以很有效提高传统交通疏解的工作效率,优化决策交通疏解方案。通过该模型分析施工现场交通车流量情况和施工场地布置之间的关系,计算交通通行能力的饱和度和评定服务水平,确定是否满足交通通行能力;其具有一定适用性,可以在不同城市的立交桥施工阶段交通疏解应用,根据各地区的规范要求对其参数调整。并为类似施工现场交通疏解方案的编制和优化提供参考。

参考文献

- [1] 王炜, 项乔君. 环形交叉口服务通行能力研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2002, 30(5): 47-50.
- [2] 汪勋松. BIM 技术在大型城市立交桥施工中的应用研究[J]. 工程技术与应用, 2018(6): 97-100.
- [3] 刘乙橙, 邹帅. 成都地铁施工期间交通疏解工作思路与方法创新探讨[J]. 交通工程, 2012, 13(17): 16-20.
- [4] 董芯如, 吴泳钢. 地铁多站点同时施工交通疏解方案研究[J]. 现代交通技术, 2012, 9(4): 74-79.
- [5] 陈焱, 谭博, 罗光财, 苏慧敏. BIM 技术在城市地铁施工交通疏解中功能解析[J]. 企业技术开发, 2017, 36(10): 29-32.
- [6] 黄伟华. 快速系统工程施工期间交通疏解设计与分析[J]. 现代交通技术, 2012, 9(1): 71-75.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org