

基于Vissim 仿真的公路环形交叉口中心岛半径优化设计

翟颖 常玉林

(江苏大学 镇江 212013)

摘 要 环形交叉口的几何设计是交叉口的通行能力重要的影响因素之一。为提高环形交叉口的通行能力,针对原有环形交叉口中心岛设计的不足,通过研究交叉口不同车型比例及车辆行驶轨迹,提出了关于中心岛半径设计的优化建议,建立了适用于公路环形交叉口的中心岛半径设计的优化模型,并利用Vissim 仿真软件对其可行性进行了验证。

关键词 侧摩擦因素; 轨迹; 半径; Vissim
中图分类号 U 412 1 **文献标识码** A

平面环形交叉口是一种较为常见的交叉口形式,它的通行能力的大小直接影响着城市以及公路交通的运行情况。提高环形交叉口的通行能力除了对它进行合理的渠化或对其内部的车辆运行进行有效的交通组织以外,改善其几何设计也是很重要的方法之一。以往的设计中,在环形交叉口中心岛半径的计算公式中有些参数是根据经验值直接规定,这样对于不同的交叉口极有可能造成设计误差。为了使交叉口的设计更符合实际情况,本文针对利用行车速度计算中心岛半径的方法,提出一些改进措施。为研究方便,本文仅考虑单车道4路正交的环形交叉口。

1 问题的提出

环形交叉口中心岛的形状一般采用圆形。根据行车速度的要求,圆形中心岛的半径 R 计算如下:

$$R = \frac{v^2}{127(\mu \pm i)} - \frac{b}{2} \tag{1}$$

式中: v 为环道设计车速, km/h, 一般取相交道路路段车速的0.7倍; b 为车道宽度; i 为环道坡度; μ 为横向力系数。横向力系数是纵横向摩擦系数的综合指标,能够表征车辆实际制动或发生侧滑时的路面阻抗,是一个规定值,一般根据设计车速取值,如表1所列^[1]。

表1 不同设计车速下 μ 值

环道设计车速/(km·h ⁻¹)	35	30	25	20
横向力系数 μ	0.18	0.18	0.16	0.14

在实际设计中,仅根据设计车速直接选取 μ

值,进行中心岛半径计算,可能会产生设计误差。同时,环道宽度也应该根据具体道路上的车流量和车型来确定,先确定出中心岛半径后再确定环道宽度,而不是把算得的圆曲线半径直接减去规定的半车道宽度。本文正是针对以上2个问题提出相应的解决方法。

2 优化设计

2.1 参数选择

横向力系数 μ 是一个表征道路阻抗的物理量,主要反映的是道路的行驶条件。在进行环形交叉口设计时,车辆在交叉口内的行驶始终为绕行旋转的过程,且不同质量的车辆转弯半径是不一样的,所以设计时应注意区分不同车辆绕环岛行驶的轨迹半径。因此考虑从车辆类型的角度出发计算中心岛半径,以减少因为直接代入 μ 值而产生的设计误差。引进一个新的物理量,称为侧摩擦因数。它的大小与汽车的质量和车型有关,和横向力系数一样为无量纲的量。根据各类车辆重心位置和质量,可以计算其大小。因此,选择利用该参数来近似代替横向力系数计算中心岛半径。其计算公式如下^[2]:

$$f_s = Pf_{sh}(1 - P)f_L \tag{2}$$

式中: P 为环形交叉口内重型车占有机动车总数的比例; f_L 、 f_{sh} 分别为轻型车和重型车的侧摩擦因素,可通过下式计算:

$$f_L = 0.30 - 0.00084\sqrt{M_L} \tag{3}$$

$$f_{sh} = 0.30 - 0.00084\sqrt{M_H} \tag{4}$$

式中: M_L 、 M_H 分别为在交叉口运行的轻型车和重型车的平均质量, kg。

2.2 车辆在中心岛处轨迹半径

为研究需要, 把环道内车辆按行驶方向进行分类为左转、直行和右转。假设环道内车辆可以自由运行, 把车辆从进入交叉口, 到绕中心岛运行直至出交叉口看成是一个连续的过程。车辆在交叉口中绕环岛行驶时, 它的轨迹半径可以按圆曲线半径计算, 即

$$R_t = \frac{(\frac{v_t}{3.6})^2}{9.81(f_s + e)} = \frac{v_t^2}{127(f_s + e)} \quad (5)$$

式中: R_t 为车辆在交叉口内绕中心岛行驶时的轨迹半径; f_s 为混合车辆类型中平均侧摩擦因素; e 为超高, 一般环形交叉口中心岛处超高取为 -0.02; v_t 为车辆在环道内行驶最大安全车速。车辆安全通过环形交叉口的速度是影响环形交叉口设计的一个很重要的因素, 制定的设计车速不能过大也不能过小, 需通过实际考查来确定。公式中用侧摩擦因素代替了原来的横向力系数, 使公式计算出的半径更符合实际情况, 以减少原来直接代入规范规定值可能造成的设计误差。

2.3 中心岛半径计算

选取直行车行驶轨迹作为研究对象进行几何分析。把车辆在交叉口的运行的线形分为 3 个部分: 进入交叉口曲线, 绕中心岛环行曲线以及离开交叉口曲线。图 1 为直行车辆绕环岛行驶的这 3 种曲线组成的行驶轨迹。

图 1 中: R_t 为直行车辆在交叉口内绕中心岛行驶时的轨迹半径, R 为中心岛半径, D 为环形交叉口内切圆直径, β 角为车辆绕环岛行驶时的偏转角度, 适宜的偏转角度可以使车辆在通过交叉口时降低速度, 减少事故的发生, 一般这个角度根据设计车速可以事先给出。 θ 角为在环形交叉口的让行线处即车辆进入或离开交叉口处与环形交叉口中心的夹角, 一般取 30° 。 H 为车辆进入交叉

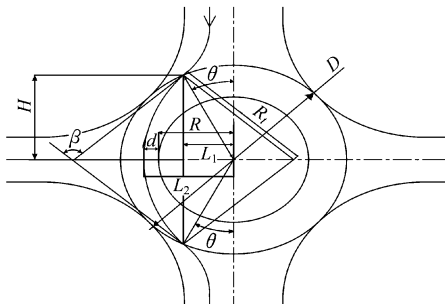


图 1 直行车绕环岛行驶轨迹

口处与相邻支路中心线的距离。 d 为直行车辆中心至中心岛边缘的最小净空间距。由此根据几何关系得出中心岛半径如下:

$$R = R_t \sin(\beta/2) \tan \theta + R_t(1 - \cos \theta) - d$$

其中 R_t 可由式 (5) 求得。

则求得环道宽度 W 为

$$W = \frac{R_t \sin(\beta/2)}{\cos \theta} - R$$

3 算例

3.1 几何条件

某公路交叉口交通量 300 veh/h, 环道和路段道路都是单车道, 原中心岛半径为 21.1 m, 环道宽为 3.8 m。左转、右转和直行车流量分配分别为 25%、15%、60%。轻型车和重型车平均质量分别为 1 800 kg 和 8 500 kg, 重型车在机动车中所占比例为 15%, 直行车绕中心岛行驶的最大安全车速为 40 km/h, 超高 $e = -0.02$ 。机动车入口角度 $\theta = 30^\circ$; 偏转角度 $\beta = 80^\circ$ 。

3.2 数据计算

根据本文建立的中心岛半径推导公式, 求得 $f_s = 0.258$, $R_t = 53$ m, 中心岛半径 R 为 25.3 m。选取的安全车速较大, 原因是在公路交通中车辆行驶速度一般要比在城市中行驶快, 所以适当放大了设计车速。若采用原设计方法算出交叉口中心岛半径为 45.4 m。

4 Vissim 仿真验证

笔者采用德国 PTV 公司的微观仿真软件 Vissim, 结合以上算例, 建立了 2 种中心岛半径的交叉口仿真模型, 包括道路结构和机动车类型。由于仿真的随机性, 一次仿真结果具有不稳定性, 所以对两种中心岛半径状况下的交叉口车辆运行状况进行了 3 次独立的仿真, 保证了仿真结果具有统计的稳定性。每次仿真时间为 7 200 s, 取 1 800 s 以后的数据进行统计分析, 之所以这样做, 是因为考虑到开始仿真时系统内没有车辆, 应该等系统车辆稳定后再进行, 对于单车道交叉口 1 800 s 是足够的^[4]。

5 结果分析

5.1 速度统计分析

这里的速度是指仿真过程中某时间段时刻某车辆在环道内的行驶速度。经分析统计绘制的曲

线如图2所示。

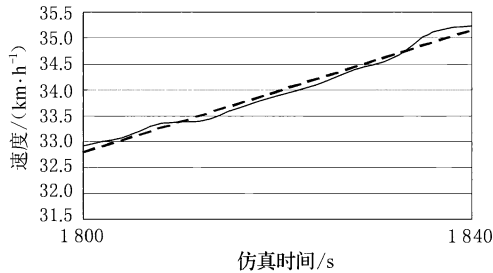


图2 仿真时间1 800 s~ 1 840 s速度分析

图2中横坐标为仿真时间,实线为仿真时间1 800~ 1 840 s 车辆的速度,虚线为速度的变化趋势。可以看出,车辆在环道行驶过程中速度没有中断也没有很大程度的突变,始终维持在33.9 km/h,低于本文的设计车速,说明车辆的运行速度是连续且均衡的。从安全角度来考虑,如果汽车的运行速度在整个环道内是连续的,则在该路段上的行车过程是安全的^[5]。因为速度是连续的,在道路里程范围内没有中断,表明汽车顺畅的驶出了该路段,没有交通事故或是其他的意外事件发生,因为事故以及意外事件必定带来速度的突变或者中断。出现较小的突变是因为汽车在环道内圆曲线上行驶时可能会发生侧滑,导致汽车驶离了路面,或是发生了侧翻,驾驶者为了顺利地通过弯道就变换档位适当地降低车速,驶过弯道后再恢复原来的速度,虽然在弯道位置汽车的运行速度有所下降,但总体上速度是均衡的。因此从运行速度上来看,在本文设计条件下,整个交叉口的车辆运行是安全有效的,设计是可行的。

5.2 延误统计分析

若采用无信号交叉口的服务水平作为评价标准,同样可以得出上述结论。通过软件仿真得出改造前交叉口延误,采用该优化模型建立的交叉口延误及采用原设计方法交叉口延误如表2所列。

表2 不同设计方法下平均延误/s			
	改造前	本文设计方法	原设计方法
延误时间	76	22.2	20.3

由表2知,改造前交叉口的平均停车延误为76 s。根据我国无信号交叉口服务水平标准,该交叉口已处于拥挤状态,服务水平为四级。而采用2种不同半径设计方法进行改造后的交叉口的车辆运行状况得到明显改善,解决拥堵排队问题。这时交叉口车辆的平均停车延误分别为22.2、20.3 s,服务水平平均达到二级,满足实际需要。需指出的是,2种设计方法下的交叉口延误时间相差无几,

但原设计方法与本文设计方法下的交叉口中心岛半径却相差很大。这样将增加土地和经费支出。

若交叉口交通量增长到400 veh/h,可继续利用笔者提出的优化方法进行交叉口仿真。利用Matlab对仿真时间1 800~ 2 400 s 车辆延误数据进行统计,结果可绘制成如图3所示曲线图。图中点为每个仿真时间所对应的车辆平均延误,实线和虚线分别表示300 veh/h 和400 veh/h 交通量下车辆延误值,2条水平线为相应交通量下的平均延误值。

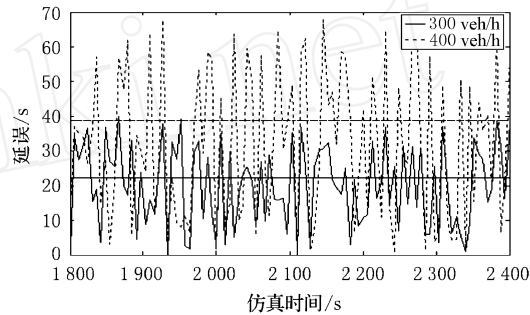


图3 不同交通量车辆延误分析

从图中可以看出,当交通量为400 veh/h 时,车辆平均延误为38.6 s,虽延误变大,但车流仍能正常运行,属于三级服务水平。所以本文的设计优化是可行的。

6 结 论

本文通过调查交叉口重型机动车和轻型机动车的比例,计算出车辆平均侧摩擦因素和车辆在交叉口的行驶轨迹半径,再根据几何条件的计算,提出了对环形交叉口中心岛半径进行优化的建议,建立了计算中心岛半径的模型,并通过vissim仿真软件对优化模型进行了验证,结果证明本方法对改善交叉口的运行状况是可行的。

参考文献

[1] 张金水,张廷楷 道路勘测设计. 上海: 同济大学出版社, 2005

[2] Rahmi Akelik, Estimating negotiation radius, distance, and speed for vehicles using roundabouts, Proceedings of the 24th Conference of Australian Institutes of Transport Research, 2002

[3] Said Easa, Aatif Mehmood, Optimizing geometric design of single-lane roundabouts, Canadian Journal of Civil Engineering, 2004

[4] 盛宇,吴中 基于Vissim 仿真软件对无信号控制T型交叉口通行能力分析 交通与计算机, 2005 (1): 50-53 (下转第34页)

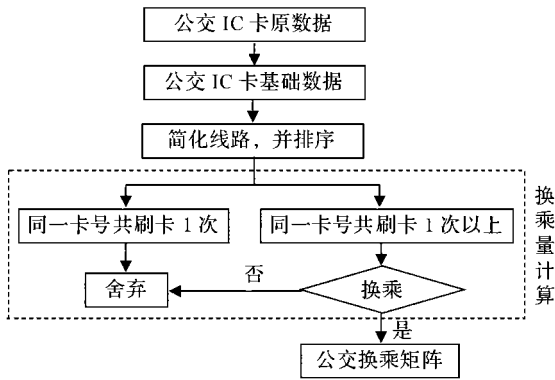


图4 IC卡数据处理流程

4 结束语

本文研究分析了公交IC卡现有的大量信息,

结合长春市公交换乘枢纽选址规划,提取了公交IC卡信息中的有效数据,构造了公交换乘矩阵,为准确地进行城市公交换乘枢纽选址提供了一定的决策依据。

参考文献

- [1] 陆永宁. IC卡应用系统. 南京: 东南大学出版社, 2000
- [2] 冯艳春. 基于IC卡数据的公交规划方法研究. 长春: 吉林大学交通学院, 2005
- [3] 陈学武, 戴 霄, 陈 茜. 公交IC卡信息采集、分析与应用研究. 土木工程学报, 2004, 37(2): 105-110
- [4] 彭 晗. 城市公交换乘枢纽规划方法研究. 长春: 吉林大学交通学院, 2006

Transfer Matrix Construction Method Based on Bus IC Card Data Processing

PENG Han¹ HAN Xinhua¹ TIAN Zhenzhong² QIN Chaoju¹

(North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)¹
(Zhengzhou University, Zhengzhou 451191, China)²

Abstract: For the purpose of dealing with the problems in location for public traffic transfer hubs, a great quantity of information about IC card was used and processed. Therefore, the transfer and transfer matrix were obtained. With an example of Changchun City transit hub planning, this method was applied to the site choosing of city bus transfer hub.

Key words: urban public transport; IC card; transfer hub; transfer matrix

(上接第31页)

[5] 徐 进, 宋大成, 邵毅明, 等. 用速度的连续与均衡

性来评价道路安全以及判定危险位置. 中国安全科学学报, 2007(2): 155-156

Optimization of Central Island Radius Design of Highway Roundabout Based on Vissim Simulation

ZHA IY ing CHANG Yulin

(Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The geometrical design of roundabout is one of the important factors which influence the capacity of roundabout. For the purpose of dealing with the deficiencies of traditional design methods of roundabout, several optimization suggestions about radius design of the central island of highway roundabout were proposed through studying the proportion of different types of vehicles at roundabout, and track of driving. A model of radius design was established, which was applicable for the central island of highway roundabout. The feasibility of the new model was verified by Vissim simulation software.

Key words: side friction factor; track; radius; Vissim