

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.04.010

城市快速路入口-出口最小间距分析

王 维

(北京城建设计发展集团股份有限公司,北京市100045)

摘 要: 分别对由加减速车道长度、过渡段长度、交织长度和安全距离组成的“入口-出口”间距进行分析计算,得出了“入口-出口”的最小间距,并给出了最小间距的建议值;同时,对于不同的“入口-出口”间距,提出了相应的处理措施。

关键词: 城市快速路;入口-出口;变速车道;交织长度;安全距离

中图分类号:U412.35

文献标志码:A

文章编号:1009-7716(2022)04-0039-03

0 引 言

在城市快速路出入口设计中,对于快速路-主干路交叉,一般设置“菱形互通”形式较多,而2个“菱形互通”之间的出入口形式即为“先进后出”形式。“先进后出”形式要求进入快速路的车辆在加速变换车道时,与减速驶离快速路的车辆相互交织运行,由此导致交通紊流的产生,既影响主路的通行能力,又容易引发交通安全问题。快速路出入口节点的设置合理与否直接影响到快速路的通行能力,从而影响到相关的城市道路路网的运行效率。针对目前大部分城市主干路路网密、间距小的特点,在设计过程中经常出现入口-出口间距不满足规范的现象。作为设计审查过程中需严格执行规范的条款之一,出现这种现象也给设计工作带来了较大的困惑。

《城市快速路设计规程》(CJJ 129—2009)对出入口最小间距的规定是:出入口间距应保证主线交通不受分合流交通的干扰,并应为分合流交通加减速及转换车道提供安全、可靠的条件。快速路路段上相邻2个出入口端部之间的距离应大于等于表1的规定。

由表1可知:4种出入口的不同组合中,“出口-入口”要求间距最短,“入口-出口”要求间距最大。在设计过程中,有好多情况难以满足规范“入口-出口”的最小间距要求。如果“入口-出口”间距小于规范要求,应该将最外侧车道设置成为辅助车道,以利于车流的交织需要,而目前城市快速路主要采用高

表1 出入口最小间距

单位:m

主线设计 车速 V ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	出入口形式			
100	760	260	760	1 270
80	610	210	610	1 020
60	460	160	460	760

架快速路或隧道式快速路较多,增设辅助车道势必增大投资。因此,若能确定“入口-出口”的合适间距,将达到既满足交通需求,又节约投资的目的。本文拟通过计算分析来确定“入口-出口”的最小间距,以期后续的快速路设计提供借鉴。

1 “入口-出口”最小间距的确定

出入口间距由变速车道长度、交织距离及安全距离组成^[1]。变速车道长度等于加速车道或减速车道长度与渐变段长度之和。交织距离由交织路段的全交织交通量以及交通流的性质决定,根据交通流量、交织区构造型式、速度、车道数等因素进行计算得出。标志的安全距离,是满足司机对进出口标志作出反应并采取行动的距离,要求进出口的安全标志应醒目,并与进出口之间有一定的距离,以便车辆提前准备,并采取措

1.1 变速车道长度^[2]

1.1.1 加速车道长度的计算

加速车道长度 $L_{加}$ (m)为:

$$L_{加} = (v_1^2 - v_2^2) / 25.92 a \quad (1)$$

式中: v_1 为与主线合流必须达到的设计速度,km/h; v_2 为匝道的的设计速度,km/h; a 为平均加速度, m/s^2 。

收稿日期:2021-06-28

作者简介:王维(1977—),男,硕士,高级工程师,从事道路设计工作。

1.1.2 减速车道长度的计算

减速车道长度 $L_{减}$ (m):

$$L_{减} = 0.28 v_0 t - a_1 t^2 / 2 + (v_3^2 - v_4^2) / 25.92 a_2 \quad (2)$$

式中: v_0 为初速度, km/h; a_1 为发动机制动加速度, m/s^2 ; t_1 为发动机制动持续时间, s; v_3 为发动机制动减速后的行驶速度, km/h; v_4 为匝道的设计速度, km/h; a_2 为制动器制动加速度, m/s^2 。

1.1.3 过渡段长度的计算

根据 AASHTO 中的方法计算过渡段长度:

(1) 按车辆横移 1 个车道需要时间计算:

$$T = v_a t_2 / 3.6 \quad (3)$$

(2) 将 S 型行驶轨迹作为反向曲线计算:

$$T = W(4R - W) \quad (4)$$

$$R = \frac{v_a^2}{127(i + f)} \quad (5)$$

式中: T 为过渡段长度, m; v_a 为平均行驶速度, km/h; t_2 为横移 1 个车道的的时间, s; i 为超高横坡; f 为横向滑动摩擦阻力系数(0.16); W 为变速车道宽度, m; R 为反向曲线半径, m。

加、减速车道长度计算结果如能满足式(1)和式(2)的条件, 即认为符合要求^[3]。

加减速车道和过渡段长度计算结果见表 2。

表 2 加减速车道和过渡段长度计算结果

长度 / m	主线设计速度 / ($km \cdot h^{-1}$)	匝道的的设计速度 / ($km \cdot h^{-1}$)		
		30	40	50
加速车道	60	193	164	104
	80	225	198	141
	100	256	230	176
减速车道	60	122	103	78
	80	132	118	101
	100	159	147	131
过渡段	60	47	47	47
	80	55	55	55
	100	63	63	63

1.2 交织长度

美国《道路通行能力手册》指出: 主路出入口处车辆运行表现为分合流的交通特性。但当分、合流点距离短于某一长度, 这时车辆运行不再表现出合流、分流的交通特性, 主路出入口之间的路段表现出的是交织区的运行特性^[4]。《道路通行能力手册》中给出的交织长度值为 150~750 m。当出入口间距大于 750 m 时, 其车辆运行就表现出单独的主路分流区、合流区的交通特性。

《道路通行能力手册》定义了交织区长度, 是从汇合三角区上一点, 即从车道 1 右边缘至入口 (汇

合) 车道左边缘的距离为 0.6 m 的那一点, 至分离三角区车道 1 右边缘到出口 (分离) 车道左边缘距离 3.7 m 那一点的距离 (见图 1)。

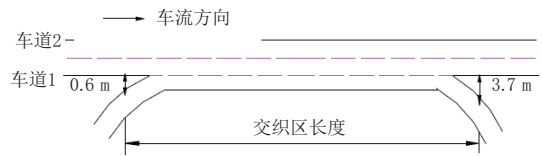


图 1 交织长度示意图

为保证交织段的道路通行能力, 设置的交织段应确保交织运行为非约束运行。影响交织段车辆行驶状况的参数有 3 个: 交织长度、交织区类型和交织宽度。《道路通行能力手册》中给出了 3 种交织区类型: A 型、B 型和 C 型。根据快速路设计的具体情况, 大部分都是采用匝道交织区, 为了交织运行, 至少需要进行 1 次车道变换。快速路主路的交织区类型主要属于 A 型 (见图 2)。

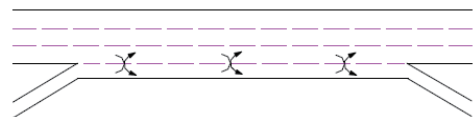


图 2 交织区结构示意图

本次以 A 型建模计算交织长度。交织长度 $L_{交}$ (m) 计算式为:

$$L_{交} = 0.304 8 \sqrt[4]{\frac{a(1+Q_R)^b (\frac{Q}{N})^c}{1-v_w/80.47}} \quad (6)$$

式中: Q_R 为流量比; Q 为交织区内总流量, pcu/h; N 为交织区内总车道数; v_w 为交织区内交织车辆的区间平均速度, km/h; a, b, c, d 为标定的常数。

根据交织区的服务水平及相关的参数取值范围, 计算交织长度。本次计算假设城市快速路双向 6 车道, 交织区的总流量采用设计通行能力, 采用 A 型交织区构造型式。交织长度计算结果见表 3。

表 3 交织长度计算结果

主线设计速度 / ($km \cdot h^{-1}$)	匝道的的设计速度 / ($km \cdot h^{-1}$)		
	30	40	50
60	158 m	182 m	213 m
80	207 m	238 m	282 m
100	233 m	270 m	324 m

1.3 安全距离

安全距离为驾驶人识别前方标志并做出决策的时间内车辆行驶的距离。根据运动学理论, 安全距离 L_j 计算式为:

$$L_j = v_1 \cdot t_j / 3.6 \quad (7)$$

式中: t_j 为反应决策时间, s。

根据相关研究成果, t_j 可取 $3.5 \text{ s}^{[5]}$ 。在某些研究中, 对于安全距离还包含了变换 1 个车道的的时间, 按照 1 个车道宽 3.5 m , 需要增加 3.5 s , 总的反应时间采用 6.5 s 。笔者认为, 变换车道和交织重复考虑, 可以不用计入该部分反应时间。

安全距离计算结果见表 4。

表 4 安全距离计算结果

主线设计速度 / ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	匝道的的设计速度 /($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)		
	30	40	50
60	58 m	58 m	58 m
80	78 m	78 m	78 m
100	97 m	97 m	97 m

1.4 最小间距的确定

“入口-出口”最小间距 = 减速车道长度 + 过渡段长度 + 交织长度 + 加速车道长度 + 过渡段长度 + 安全距离。根据上述计算结果, 得到最小间距, 见表 5。

表 5 最小间距表

主线设计速度 / ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	匝道的的设计速度 /($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)			规范值
	30	40	50	
60	625 m	601 m	547 m	760 m
80	752 m	742 m	712 m	1 020 m
100	871 m	870 m	854 m	1 270 m

由表 5 可知, 入口-出口的最小间距计算值要小于规范值。在设计过程中, 对于“入口-出口”的最小间距可以适当放宽要求, 这样既能满足交通需求, 也能经济、合理地布置快速路的出入口。最小间距建议值见表 6。

表 6 最小间距建议值

主线设计速度 /($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	建议值 /m
60	650
80	800
100	910

2 不同“入口-出口”间距时的处理措施

当出入口间距不能满足规范要求时, 应设置集散车道, 将交织运行移至集散车道上, 以缓解对主路交通带来较大影响。

本次以设计速度为 80 km/h 的快速路为例。当入口-出口间距小于 800 m 时, 按照规范要求需要设

置集散车道, 而通过上述的计算分析可知, 当入口-出口间距大于 800 m 小于 $1 020 \text{ m}$ 时, 不单独设置集散车道也能满足基本交通的需求, 此举对于高架式快速路或隧道式快速路而言, 将在较大程度上减少工程投资。

当入口-出口间距大于交织长度且小于 800 m 时, 应设置集散车道, 在主线外侧拓宽 1 个车道并与主线并行设置, 保证主线相对于集散车道是“先出-后入”的形式。在集散车道上完成车流交织转换, 保证交织长度满足要求。

当入口-出口间距小于交织长度时, 设置集散车道也不能满足交织运行, 此时需要调整出入口的布置型式, 建议采用“剪刀叉”形式布置出入口匝道。在平面上, 高架道路上需先分出 1 根下匝道, 然后再汇入 1 根上匝道, 形成“先出-后入”的形式, 减少出入口的间距。在立面上, 2 根匝道形成“剪刀叉”的形态, 需要跨越 1 条匝道, 匝道的长度相应加长。在横断面布置上, 因匝道交错布置, 需要较宽的道路路幅, 占地较大。在设计过程中应尽量避免该形式的出现。

3 结语

出入口设计是城市快速路设计的重要内容, 其设置的合理与否, 直接影响到快速路网整体效益的发挥。本文计算分析了入口-出口的最小间距, 结果与规范存在一定的差距, 其中规范值更偏于保守。在设计过程中, 可以结合实际情况对入口-出口的最小间距进行适当优化, 在保证交通功能的前提下, 节约投资。另外, 本文的计算分析结果是依据相关经验假设得出的, 需要在后续项目中继续验证其合理性。

参考文献:

- [1] 吴瑞麟, 沈建武. 城市道路设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.
- [2] 贺栓海, 徐岳, 胡大琳, 等. 道路立交的规划与设计[M]. 北京: 人民交通出版社, 1994.
- [3] CJJ 152—2010, 城市道路交叉口设计规程[S].
- [4] 美国交通研究委员会 TRB. 道路通行能力手册(精)[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [5] 王跃辉. 基于交通安全的指路标志位置确定及调查方法研究[D]. 上海: 同济大学, 2003.