

不同车道被占用时通行能力的影响因素分析

于玲, 英丝雨, 孙宝芸

(沈阳建筑大学 交通工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要: 为了分析导致不同车道被占用时的道路实际通行能力不同的影响因素。采取人为查数法,统计交通事故发生后每一信号周期内通过事故断面的车辆类型与数量,计算出实际通行能力的具体数值。对交通量、上下游交叉口、下游路口转向比例、支路对于封闭不同车道时的道路实际通行能力是否存在不同影响进行逐一分析,并进行 VISSIM 仿真验证。最终发现封闭一、二车道时的实际通行能力要好于封闭二、三车道时的实际通行能力的原因是因支路的作用。

关键词: 交通事故; 道路实际通行能力; 车道被占用

交通拥堵是城市交通治理不变的热点和核心问题。车道往往会因为交通事故等原因被占用,从而降低了道路的通行能力,严重的话会导致交通堵塞。为了帮助交通管理部门更好地管理城市交通,需要正确估算车道被占用对城市道路通行能力的影响程度。

以沈阳某城市次干路发生交通事故为例,主要分析交通事故发生后,事故所占车道不同对道路的实际通行能力是否存在不同影响。利用自动摄像机采集交通流情况,统计出不同车道被封闭时每一信号周期内通过事故断面的车辆类型与数量,得到两种封闭情况下的实际通行能力对比图,并用 VISSIM 仿真软件对影响道路实际通行能力的因素进行逐一分析。研究结果可为交通管理部门正确引导车辆行驶、审批占道施工、设计道路渠化方案、设置路边停车位和设置非港湾式公交车站等提供参考。

1 封闭不同车道时的实际通行能力

为了正确估算车道被占用对城市道路通行能力的影响程度,为交通管理部门正确引导车辆行驶提供理论根据。首先需要建立交通事故期间事故发生点所处横断面的理论通行能力模型,并对理论通行能力进行系数修正,从而建立道路实际通行能力随时间变化的序列模型,进而计算得到各时间段内的实际通行能力数值。

1.1 建立单车道的理论通行能力模型

$$C_0 = 1\,000v/h_d \quad (1)$$

式中: h_d 为连续车流的最小车头间距(m); v 为车辆行驶速度(km/h)。

$$h_d = L_0 + L_1 + U + I \times v^2 \quad (2)$$

式中: L_0 为停车时的车辆安全车间距(m),取 2 m; L_1 为车辆长度(m),取 5 m; I 为与车重、路面阻力系数、黏着系数及坡度有关的系数(表 1); U 为驾驶员在反应时间内车辆行驶的距离(m), $U = v \times t$, $t \approx 1.2$ s。

表 1 参数 I 与坡度的关系

坡度/%	$I/(\times 10^{-3})$	坡度/%	$I/(\times 10^{-3})$
5	50	-1	55
4	51	-2	56
3	52	-3	57
2	53	-4	58
1	53	-5	59

将式(2)代入式(1),并换算单位,得:

$$C_0 = \frac{1\,000}{\frac{t}{3.6} + \frac{vI}{3.6^2} + \frac{L_0 + L_1}{v}} \quad (3)$$

依据表 1,选取 I 值为 0.054。理想交通条件下小客车的车速为 60 km/h,因此 v 取 60 km/h。将数值代入到式(3)中,经计算,得 $C_0 = 1\,429$ pcu/h。

收稿日期:2018-06-10(修改稿)

基金项目:辽宁省自然科学基金资助项目(编号:20170540743)

作者简介:于玲,女,硕士,副教授.E-mail:1271840645@qq.com

1.2 建立多车道的实际通行能力模型

$$C_{\text{路段}} = C_0 \times n \times \alpha_{\text{公交车}} \times \alpha_{\text{电瓶车}} \times \alpha_{\text{车道}} \quad (4)$$

式中: n 为车道数(条); C_0 为一条车道的理论通行能力(pcu/h); $\alpha_{\text{公交车}}$ 为公交车修正系数, $\alpha_{\text{公交车}} = \frac{100}{100 + T_{\text{公交车}} \times (E_{\text{公交车}} - 1)}$; $\alpha_{\text{电瓶车}}$ 为电瓶车修正系数, $\alpha_{\text{电瓶车}} = \frac{100}{100 + T_{\text{电瓶车}} \times (E_{\text{电瓶车}} - 1)}$; $\alpha_{\text{车道}}$ 为车道宽度的折减系数; $E_{\text{公交车}}$ 为公交车的当量小汽车换算系数; $E_{\text{电瓶车}}$ 为电瓶车的当量小汽车换算系数; $T_{\text{公交车}}$ 为公交车的混入率; $T_{\text{电瓶车}}$ 为电瓶车的混入率。

表 2 为车辆换算系数, 表 3 为车道宽度折减系数。

表 2 车辆换算系数

车型	折算系数	车型	折算系数
电瓶车	0.5	公交车	2.0
小客车	1.0		

表 3 车道宽度折减系数

车道宽度 b/m	通行能力折减 系数 $\alpha_{\text{车道}}$	车道宽度 b/m	通行能力折减 系数 $\alpha_{\text{车道}}$
3.50	1.00	3.00	0.85
3.25	0.94	2.75	0.77

整理得到多车道的实际通行能力函数表达式为:

$$C_{\text{路段}} = C_0 \times n \times \frac{100}{100 + T_{\text{公交车}} \times (E_{\text{公交车}} - 1)} \times \frac{100}{100 + T_{\text{电瓶车}} \times (E_{\text{电瓶车}} - 1)} \times \alpha_{\text{车道}} \quad (5)$$

根据路网情况, 依据表 2、3 选取数值代入到式(5)中, 得:

$$C_{\text{路段}} = 1\,429 \times 1 \times \frac{100}{100 + T_{\text{公交车}} \times (2.0 - 1)} \times \frac{100}{100 + T_{\text{电瓶车}} \times (0.5 - 1)} \times 0.94 \quad (6)$$

1.3 两种封闭情况的实际通行能力计算

城市道路中常发生的交通事故类型有追尾、碰撞、抛锚等, 研究路段中两辆小轿车横跨两个车道发生碰撞, 导致事故断面只能通过一个车道宽度的车流。该文研究路段为沈阳某城市次干路, 事故发生在双向六车道中央分隔带一侧的单向三车道上。对事故导致二、三车道被封闭时道路通行能力和事故导致一、二车道被封闭时的道路通行能力进行对比研究。

如图 1、2 所示, 事故导致两条车道被占用, 只有一条车道可以通行, 被占车道上的车辆须变道才可通行。

图 1 中的车道优先级为车道一、二、三, 即车道三上的车辆需先变道到车道二, 车道二上的车辆需要变道到车道一后车辆才可以通过事故断面。图 2 中的车道优先级为车道三、二、一, 即车道一上的车辆需先变道到车道二, 车道二上的车辆需要变道到车道三后车辆才可以通过事故断面。由于可供通行车道的数量锐减, 因此在事故地点处产生瓶颈路段, 导致产生排队现象。

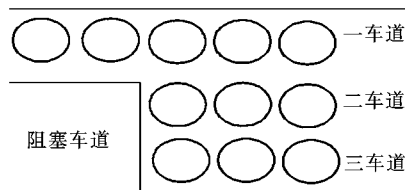


图 1 封闭二、三车道时的瓶颈路段

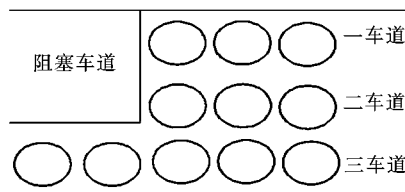


图 2 封闭一、二车道时的瓶颈路段

采取人为查数方法, 确定交通事故发生后每 1 min 内通过事故断面的车辆类型与数量。之所以选择 1 min, 是因为上游交叉口信号周期为 60 s, 如果选取 30 s 的话, 上游路口会出现数量上升下降的周期性, 不便于数据分析。由于视频中出现了一些卡顿、暂停、跳变、镜头拉伸的现象, 这些现象使图像处理后的结果不稳定, 需要对这部分视频信息进行剔除。从事故发生到事故解除, 共历时 13 min, 以 60 s 为单位, 取 13 组数据, 对通过事故断面的所有电瓶车、公交车、小汽车的数量进行记录, 计算出电瓶车和公交车的混入率, 代入式(6)中, 最终得到两种封闭车道情况下的实际通行能力数值, 如表 4、5 所示。

对比表 4、5 可以发现: 封闭一、二车道时的实际通行能力往往要稍好于封闭二、三车道时的实际通行能力。由此可得: 交通事故发生在道路的不同位置, 对道路横断面实际通行能力的影响存在差异。

2 封闭不同车道时道路实际通行能力不同的影响因素分析

沈阳某城市次干路封闭不同车道后其实际通行能力不同, 下文将对其可能的影响因素进行分析, 并采用 VISSIM 仿真软件对研究内容进行验证。

表 4 封闭二、三车道时的实际通行能力

时间/ min	电瓶车 混入率	公交车 混入率	实际通行能 力/(pcu·h ⁻¹)	时间/ min	电瓶车 混入率	公交车 混入率	实际通行能 力/(pcu·h ⁻¹)
1	0.261	0.130	1 339.182	8	0.250	0.000	1 337.604
2	0.208	0.083	1 338.444	9	0.091	0.000	1 336.964
3	0.158	0.000	1 337.220	10	0.227	0.045	1 338.081
4	0.238	0.048	1 338.154	11	0.056	0.056	1 337.533
5	0.318	0.000	1 337.916	12	0.000	0.059	1 337.379
6	0.174	0.043	1 337.836	13	0.182	0.045	1 337.892
7	0.167	0.000	1 337.255				

表 5 封闭一、二车道时的实际通行能力

时间/ min	电瓶车 混入率	公交车 混入率	实际通行能 力/(pcu·h ⁻¹)	时间/ min	电瓶车 混入率	公交车 混入率	实际通行能 力/(pcu·h ⁻¹)
1	0.130	0.087	1 338.172	8	0.040	0.080	1 337.762
2	0.120	0.040	1 337.582	9	0.111	0.056	1 337.736
3	0.167	0.125	1 338.727	10	0.053	0.053	1 337.487
4	0.167	0.083	1 338.274	11	0.048	0.048	1 337.409
5	0.208	0.083	1 338.444	12	0.235	0.118	1 338.935
6	0.048	0.095	1 337.959	13	0.000	0.143	1 338.300
7	0.000	0.050	1 337.274				

为还原真实路网,在模型中进行了信号配时、冲突区域、行车速度、跟车模型、交通量输入、路径决策的设置,选取了所需的评价指标,如延误时间、平均行程时间、排队长度、数据统计等,建立路段交通微观仿真系统动态模型。

2.1 车流量的影响

采取人为查数法统计通过上游交叉口进入事故路段的车辆类型与数量发现,两种封闭情况下的交通量不同。封闭二、三车道时的平均交通量为 1 123 pcu/h,封闭一、二车道时的平均交通量为 1 565 pcu/h。因此首先考虑是否是交通量导致两种封闭情况下的道路实际通行能力不同。利用 VISSIM 仿真软件还原路网情况,并在两种封闭情况下输入相同的交通量 1 500 pcu/h。由仿真软件直接输出评价结果,得到两种封闭车道情况下的平均延误和平均行程时间,如表 6 所示。

表 6 不同车道被占用时的评价指标数值对比

项目	平均延误/s	平均行程时间/s
封闭二、三车道	48.1	101.0
封闭一、二车道	35.3	88.3
差值	12.8	12.7

由表 6 可知:封闭一、二车道时的平均延误和平均

行程时间都要比封闭二、三车道时小很多,因此可得:在车流量相同的情况下,封闭一、二车道时的道路实际通行能力要好于封闭二、三车道时,车流量不是导致封闭不同车道时道路实际通行能力不同的因素。

2.2 上下游交叉口的影响

如图 3 所示,事故发生点距离上游交叉口 240 m,上游交叉口右侧道路禁左,则上游交叉口右侧无车辆进入到研究路段;交叉口左侧车道不受信号控制允许有车进入研究路段,但是据观察,此方向来车较少,可以忽略。因此,上游交叉口对研究路段不同车道被封闭时的道路通行能力没有影响。事故路段距离下游交叉口距离较远,因此不受下游交叉口路况影响。经过分析得出结论:上下游交叉口对不同车道被封闭时的道路通行能力不存在影响。

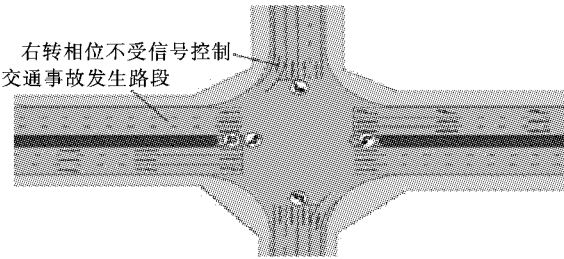


图 3 上游交叉口交通组织方案

2.3 下游路口转向比例的影响

该路网事故路段下游路口转向比例为右转:直行:左转=21:44:35,但无论车辆的转向意图如何,都需要从事故断面处未封闭的车道排队通过。即车辆从上游交叉口通过驶入事故路段一定距离后即发现前方排队情况,因此还未根据自身转向意图进行变道便进入排队状态。因此推断下游转向比例对不同车道被占用时的道路通行能力不存在影响,利用 VISSIM 道路仿真软件对该结论进行了验证。

2.4 支路的影响

研究路段中的支路与主路的关系类似于入口匝道与高速公路的连接关系,参照文献[6]分析了支路对主路通行能力的影响。

“当发生交通事故时,驾驶员常常在驶入匝道和一号车道之间变换交汇点,实际的交汇形式是变化的,但是它将对主干道和匝道的排队长度产生严重的影响。对于合流,从匝道来的车辆寻找临近主线上交通流中可用的间隙以便汇入。由于绝大部分匝道在主线的右侧,因此主线上右侧车道是主线车道中最直接受影响者。汇入的车流与过境车流之间是相互影响的,同时汇入车流对高速公路整个方向车流的运行具有相当大的影响。”

由此可知:车辆从支路汇入一车道和汇入三车道时的交汇点以及可用的汇入间隙是不同的,因此初步判断支路对不同车道被占用时的道路通行能力存在影响。利用 VISSIM 仿真软件对推断进行验证,其结果如表 7 所示。

表 7 不同车道被占用时的评价指标对比(有支路)

项目	平均延误/s	平均行程时间/s
封闭二、三车道	52.0	104.7
封闭一、二车道	39.8	92.7
差值	12.2	12.0

由表 7 可知:封闭一、二车道时的平均延误和平均行程时间要比封闭二、三车道时小很多。经过对考虑因素逐一分析发现只有支路对封闭不同车道时的道路通行能力是有影响的,且支路影响下封闭一、二车道时的通行能力较好,这与两种不同封闭方式下实际通行能力的分析结果一致,说明仿真结果正确。

因此可以得到如下结果:车流量不是导致封闭不同车道时道路实际通行能力不同的因素,上下游交叉口和下游交叉口转向比对不同车道被封闭时的道路通

行能力不存在影响,支路对不同车道封闭时的道路通行能力是有影响的。

3 结论

(1) 建立了实际通行能力模型,根据实际路网情况对理论通行能力模型进行了修正,得到两种封闭车道情况下的实际通行能力数据,发现封闭一、二车道时的通行能力要好于封闭二、三车道时。

(2) 对于交通量、上下游交叉口、下游路口转向比例、支路对于封闭不同车道时的道路通行能力是否存在影响进行了分析,最终发现封闭一、二车道时的通行能力要好于封闭二、三车道时的通行能力的原因是因为支路的作用。研究结果不仅对城市道路具有参考性,同时可以推广到其他等级公路中,即当因施工或事故等原因需要对道路进行部分封闭时,封闭靠近路基边一侧的车道对道路的通行能力影响较小。

参考文献:

- [1] 张敏江,刘欣,董是.交通事故对城市道路通行能力影响分析[J].公路,2014(10).
- [2] 董慧娟,陈望云,刘岩,等.车道被占用城市道路通行能力综合分析[J].九江学院学报:自然科学版,2014(1).
- [3] 文邦彦,谢馨瑶,贺福利.车道被占用对城市道路通行能力的影响和排队长度计算[J].科技传播,2014(5).
- [4] 张晓雨,王颖杰,鲍梦婷,等.车道被占用对城市道路通行能力的影响[J].汕头大学学报:自然科学版,2013(3).
- [5] Yang Z W. Effects of Lanes Occupied on Urban Road Traffic Capacity [J].Advanced Materials Research, 2014, 926-930:3 798-3 801.
- [6] 陈宽民,严宝杰.道路通行能力分析[M].2 版.北京:人民交通出版社,2011.
- [7] 李佩.事故车辆影响下的城市道路交通流演化研究[D].西安工业大学硕士学位论文,2016.
- [8] Bhavathrathan B K, Patil G R. Capacity Uncertainty on Urban Road Networks: A Critical State and its Applicability in Resilience Quantification[J].Computers Environment & Urban Systems, 2015,54:108-118.
- [9] He Y X. A Traffic Capacity Model of Lane Occupation [J].Applied Mechanics & Materials, 2014, 599-601: 2 083-2 087.
- [10] Lu J H. Analysis of Road Capacity Based on Traffic Volatility Models[J].Advanced Materials Research, 2014,926-930:4 077-4 080.
- [11] 孙曼,孙礼科,张萍,朱家明.车道被占用对城市道路通行能力影响的分析[J].乐山师范学院学报,2014(5).

新旧规范中交通荷载分析方法对比分析

梅朝

(中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010)

摘要:以江西省(南)昌至九(江)高速公路交通量数据为例,比较分析新、旧规范中交通荷载分析的计算差异。从分析新规范中关于交通荷载分析的修订内容入手,通过对实际算例的计算,对两种方法进行比较。结果表明:新规范与旧规范相比,标准轴载的选择更有科学性,车型分类更精确,交通参数的选择更符合实际情况,当量轴载换算结果偏大,符合研究现状,新规范可以更好地计算交通荷载。

关键词:道路工程;沥青路面;规范对比;轴载换算

自2006年10月10日交通部颁布JTG D50—2006《公路沥青路面设计规范》(以下简称“旧规范”)以来,中国的沥青混凝土路面建设有了飞跃性的发展,在丰富的实践经验基础上,路面设计理论也取得了丰硕的研究成果。为了适应中国沥青混凝土路面不断发展的需要,2017年9月交通部颁布了JTG D50—2017《公路沥青路面设计规范》(以下简称“新规范”)。新规范引进了美国力学经验法路面设计指南和JTG D40—2011《公路水泥路面设计规范》中的路面结构可靠度的设计理念,改变了过去以路表弯沉值作为主导的设计指标,采用针对具体损坏的设计指标体系。新规范中设计指标的改变,导致沥青路面结构设计发生了较大变化。交通荷载分析作为路面结构设计的基础,很多学者从事了相关研究,提出了各自的路面轴载换算方法。新规范在总结这些研究的基础上,规范了轴载谱及交通参数的调查分析方法。该文收集江西省昌九高速公路2009—2013年交通量数据,对比评价新旧规范中轴载换算公式,分析新规范在交通荷载分析方面相比旧规范的进步。

1 交通量调查及分类

昌九高速公路交通量较大,而且重载车辆较多。在旧规范中,按照设计弯沉和半刚性材料层拉应力指标,将道路的混合交通量换算成当量轴载作用次数,通常将车辆分成小客车、大客车、小货车、中货车、大货车和集装车,并为每一个类型的车辆选择一个代表车型和典型轴重。新规范中,按照沥青层疲劳和沥青层永久变形、路基永久变形和无机结合料类结构层疲劳3种指标,按轴型的不同,将车辆分为11种类型,根据轴载谱进行车辆当量轴载换算。

根据新规范和旧规范中车型分类方式,统计2013年昌九高速公路的交通量数据,旧规范数据见表1,新规范数据见表2。

2 旧规范交通荷载分析

旧规范中,以设计弯沉值和沥青层层底拉应力为

- *****
- [12] Ayalew Belay Habtie, Ajith Abraham, Dida Midekso. Artificial Neural Network Based Real-Time Urban Road Traffic State Estimation Framework[J]. Computational Intelligence in Wireless Sensor Networks, 2016, 676:73-97.
- [13] M. Baykal-Gursoy. Modeling Traffic Flow Interrupted by Incidents[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 195(1):127-138.

- [14] 游月省. 交通事故下城市快速路通行能力及改善措施研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2014.
- [15] 袁绍欣. 城市交通拥堵传播机理及其控制策略研究[D]. 长安大学博士学位论文, 2012.
- [16] Tian Zhao, Limin Jia, Honghui Dong, et al. Analysis of Urban Road Traffic Network Based on Complex Network[J]. Procedia Engineering, 2016, 137:537-546.

收稿日期:2018-04-11

作者简介:梅朝,男,硕士,助理工程师.E-mail:meizhaocztz@hatmail.com