

文章编号: 1002-0268 (2004) 06-0097-04

道路交叉口交通冲突灰色评价研究

成 卫¹, 丁强², 李 江²

(1. 昆明理工大学, 云南 昆明 650224; 2. 吉林大学, 吉林 长春 130022)

摘要: 交通冲突技术是国际交通安全领域新兴开发的非事故统计评价方法, 是以大样本、快速、定量研究评价交通安全现状与改善效果的特点而异于传统的事故统计评价方法。本文应用交通冲突技术, 引入交通冲突与混合当量交通量的比值 (TC/MPCU) 作为评价指标, 提出对以时均交通冲突和交通量数据为依据的交叉口进行安全评价的交通冲突灰色聚类评价法, 并设计了计算软件, 为交叉口的安全评价提供一种新的研究途径。最后提出了基于交通冲突技术的交叉口安全改善方法, 以实现安全评价的最终目的。

关键词: 道路交叉口; 交通冲突技术; 灰色理论; 安全改善

中图分类号: U491.23 **文献标识码:** A

Evaluation of Traffic Conflict Based on Gray Theory at Intersection

CHENG Wei¹, DING Tong-qiang², LI Jiang²

(1. Kunming University of Science and Technology, Yunnan Kunming 650224, China;
2. Jilin University, Jilin Changchun 130022, China)

Abstract: The traffic conflict technique is new evaluating method based on non-accident statistics in traffic safety field. It evaluates rapidly and quantitatively traffic safety situation with multi-stylebook which is different from traditional accident statistical evaluation. The paper proposes an evaluating method of traffic conflict based on gray cluster theory by means of regarding TC/MPCU as index and designs computing program with Visual Basic, which provides a new evaluation method for safety of intersection. On the other hand, methods of safety improvement based on traffic conflict technique are introduced at intersection in order to reach on objective of safety evaluation.

Key words: Intersection; Traffic conflict technique; Gray theory; Safety improvement

0 引言

交叉路口安全与否, 影响因素很多, 长期以来, 我国和世界大多数国家都是根据过去的事故资料, 分析其危险性。为此, 笔者将昆明市城郊结合处的 9 个交叉口的事故次数进行了统计, 如表 1 所示, 从统计表中反映出, 交叉口事故资料的收集需要较长时间 (至少 1 年), 更为突出的是, 有些交叉口未立案的事故大量存在, 使得事故资料欠缺或不完备。这样一来, 交叉口的安全改善工作需要较长的时间且安全评价的可信度降低。因此, 有必要通过交叉口交通冲突调查, 得出交通冲突类型以及冲突量, 使在较短的时间内提出改善策略。为此, 交通冲突技术就是为适应这一需要应运而生。

交通冲突技术是国际交通安全领域新兴开发的非事故统计评价方法, 该技术以大样本、快速、定量研究评价交通安全现状与改善效果的特点而异于传统的事故统计评价方法^[1]。

表 1 昆明市 9 个交叉口立案事故统计

交叉口序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
事故数/4 年	14	11	13	12	22	28	11	17	76
年均交叉口事故	3.5	2.75	3.25	3	5.5	7	2.75	4.25	19

1 交通冲突的研究

1.1 交通冲突的定义^[2]

在 1977 年国际交通冲突学术会议上, Amundsen Hyden 提出了交通冲突的基本定义, 即: 两个或多个道路使用者在一定时间和空间上彼此接近到一定程

度, 此时若不改变运动状态, 就有发生碰撞的危险, 这种现象称为交通冲突。

1.2 交通冲突技术的有效性

交通冲突实质上是不安全交通行为的表现形式, 其发展结果可能导致事故发生, 也可能由于采取措施得当而避免事故发生, 因而事故与冲突存在某种相似的内容。事故与冲突的成因与发生过程的最后阶段存在着极为相似的形式, 两者惟一差别在于是否发生了直接的损害性后果。由美国 W. d. Glouz 等人在 1982 年建立的事故与冲突模型可知, 各类冲突与同类型事故有较好的相关关系, 交通冲突技术是有效的, 当事故数据不足或不可靠时, 可以用冲突法对交叉口的安全度进行评价。

1.3 交通冲突的分类

交通冲突技术可应用于交通工程的许多领域, 研究内容多样, 故对交通冲突的分类也很多。在交叉口安全评价时, 可按冲突严重程度、冲突因素和移动方向等方式进行分类。其中按冲突严重程度进行分类是常用的方法。按严重程度分类可分为非严重冲突和严重冲突两类, 或分为一般冲突、中等冲突和严重冲突。

1.4 严重冲突与非严重冲突的判定^[3]

交通冲突程度的界定是交通冲突技术应用的一个重要内容, 也是以冲突为基础的安全评价的关键问题之一。对冲突严重性的判定依据一般有两种。

方法 1: 选择时间作为度量参数, 即距事故发生的时间。时间距离小可以反映出距相撞点的距离很小或速度很高, 或两者都有。但是, 也存在短时间和低速度同时存在事故可能性小的情况。目前, 多数冲突研究组织采用先估算速度, 进而判断车辆距可能发生事故的时间, 如果小于某一临界值, 则为严重冲突, 否则为非严重冲突。美国公路研究所提出的临界值是 1s, 瑞典是 1.5 s^[4,5]。

方法 2: 选择距离作为度量参数, 即空间距离法。该法在实际应用中十分直观, 冲突双方之间的距离愈小, 则相撞的可能性就趋于无穷大, 事故即将发生。但是, 当冲突双方速度很低时, 即使距相撞点距离很小, 发生事故的可能性也很小, 同时适时地把握冲突双方之间的距离也可以克服一些危险情况。

上述两种方法在平面交叉口安全评价中有优缺点, 研究表明: 当进入交叉口的车辆速度在较小的范围内变化时, 用单一指标衡量能得到较满意的结果。本文针对我国平面交叉口冲突的实际情况, 选择方法 2 作为判断冲突严重程度的标准。如果事先测定交叉口的各种距离作为参考距离, 在这种参考距离下, 可

对车辆间的距离进行较精确的判断。在我国, 根据不同车型特点, 在不同车速下, 判定冲突严重与否的临界距离已建立, 在此不再详述。

2 交通冲突灰色评价研究

2.1 评价指标的选择

在确定了严重冲突的评判标准后, 可以观测出交叉口不同时段的冲突数。为此, 在利用交通冲突技术进行交通安全评价时可以观测小时的时均冲突数(采用严重冲突)与时均混合当量交通量之比(TC/MPCU)评价交叉口的安全水平。这是因为 MPCU 代表着一个交叉口的交通水平, 即交通流向、交通量及交通分配等; 而冲突则代表着交叉口的安全水平, 即交通设施、法规意识和交通控制等。采用上述两个相关指标参数的绝对值之比作为“交叉口安全”的分级指标具有较高的有效度和可信度。

2.2 灰色评价的必要性

将交叉口的交通量和交通冲突数据作为评价的动态数据源, 把道路交叉口交通安全水平确定在某一区域内, 对其交通安全状况给予评价, 这是基于交通冲突技术的交叉口安全评价的基本思路。

我们知道, 交通冲突调查只是选择一定的时段实施。在所记录的指标数据中, 并未记录交叉口自交通冲突发生以来和交通量出现以来的全部信息, 所掌握的指标数据只是特定时段的记录, 况且, 这一指标并不是交叉口交通安全系统的惟一评价指标。整个安全系统的影响关系、结构、作用原理也不完全清楚, 处于灰色状态。

在评价道路交叉口安全水平时, 有时不可能也没有必要在获得全部指标的统计信息后进行评价, 可以针对交通安全信息不完全的特点, 通过对少量已知信息的筛选、加工、延伸和扩展, 定性与定量相结合, 建立评价方法。为此, 基于上述思想, 有必要对以 TC/MPCU 为评价指标的交叉口运用灰色评价理论。这样一来, 将会提高评价的有效性和可信度。

2.3 灰色评价方法的数学描述^[9]

(1) 建立评价矩阵

令聚类评价对象个数为 j , 聚类评价指标为 i , 其中 $i \in (1, 2, \dots, n)$, $j \in (1, 2, \dots, m)$ 。记 d_{ij} 为评估的样本矩阵。则

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ d_{m1} & d_{m2} & \cdots & d_{mn} \end{bmatrix}$$

(2) 灰类及白化函数值的确定

将评价指标的实际数据,经无量纲化处理,分析数据的累积百分频率,绘制累积百分频率曲线,在曲线上确定不同累积百分频率所对应的数值,作为灰类的白化值。可将交叉口的安全状况划分为特别安全(A)、安全(B)、临界安全(C)、不安全(D)4个灰类级别。选取15%、85%累积百分频率对应的点来确定A和D的值,选取40%和60%累积百分频率对应的点来确定B和C的值。4个累积百分频率点对应的 A_1 、 A_2 、 A_3 和 A_4 分别为指标的白化值

(3) 建立灰类的白化权函数

交叉口安全评价4个灰类相应的白化权函数如式(1)~(4)所示。

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 & x < A_1 \\ \frac{A_2 - x}{A_2 - A_1} & A_1 \leq x \leq A_2 \\ 0 & x > A_2 \end{cases} \quad (1)$$

$$f_B(x) = \begin{cases} 0 & x < A_1 \\ \frac{x - A_1}{A_2 - A_1} & A_1 \leq x \leq A_2 \\ \frac{A_3 - x}{A_3 - A_2} & A_2 < x \leq A_3 \\ 0 & x > A_3 \end{cases} \quad (2)$$

$$f_C(x) = \begin{cases} 0 & x < A_2 \\ \frac{x - A_2}{A_3 - A_2} & A_2 \leq x \leq A_3 \\ \frac{A_4 - x}{A_4 - A_3} & A_3 < x \leq A_4 \\ 0 & x > A_4 \end{cases} \quad (3)$$

$$f_D(x) = \begin{cases} 0 & x < A_3 \\ \frac{x - A_3}{A_4 - A_3} & A_3 \leq x \leq A_4 \\ 0 & x > A_4 \end{cases} \quad (4)$$

式中, $f_A(x)$ 、 $f_B(x)$ 、 $f_C(x)$ 、 $f_D(x)$ 为交通安全评价指标A、B、C和D级的白化权函数。

(4) 确定聚类权

记聚类权 η_{ik} , k 为评价灰类,且 $k \in \{1, 2, \dots, \omega\}$, ω 为评价灰类种数。

$$\eta_{ik} = \frac{A_{ik}}{\sum_{i=1}^n A_{ik}} \quad (5)$$

式中, η_{ik} 为第 i 项指标归入 k 种灰类的聚类权; A_{ik} 为第 i 项指标属于第 k 种灰类的白化值。

(5) 灰色聚类分析

按下式求出第 j 个评价对象对于第 k 个灰类的聚类评估值 σ_{jk}

$$\sigma_{jk} = \sum_{i=1}^n f_{ik}(d_{ji}) \times \eta_{ik} \quad (6)$$

评价对象 j 的灰色聚集类评估序列 $\sigma_j = (\sigma_{j1}, \sigma_{j2}, \dots, \sigma_{jk})$,评价对象所属灰类为 k^* ,满足 $\sigma_{jk^*} = \max\{\sigma_{j1}, \sigma_{j2}, \dots, \sigma_{jk}\}$,从而确定聚类对象的安全状况。

3 运用

根据上述思路,借助VB程序设计语言,设计出用于交叉口交通安全评价的灰色聚类评价软件。建立基于交通冲突技术的交叉口安全状况灰色聚类评价过程应注意:

(1) 以道路交叉口为评价对象,以时均的TC/MPCU为评价指标^[7]。选取不同交叉口交通安全指标(TC/MPCU),通过分析数据的累积百分频率,绘制累积百分率曲线,确定各灰类的白化值。在此,以前面统计的9个交叉口的TC/MPCU值为例(如表2),确定的灰类白化值为: $A_1 = 0.024\ 74$, $A_2 = 0.037\ 19$, $A_3 = 0.044\ 82$, $A_4 = 0.056\ 07$ 。

表2 昆明市9个交叉口交通安全综合调查

交叉口 序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MPCU	2734	3420	1840	2307	1300	3337	1176	2225	2278
TC	70	57	68	85	76	145	54	90	192
TC/ MPCU	0.0256	0.0168	0.0372	0.0367	0.0587	0.0435	0.0459	0.0404	0.0843

(2) 由于只有TC/MPCU一个评价指标,故聚类权 $\eta_{ik} = 1.0$;

(3) 昆明市的交叉口安全状况分为4类(K 取4),即第一类:特别安全;第二类:安全;第三类:临界安全;第四类:不安全。

由评价结果可知,在不安全类中,交叉口5和9的不安全成分最大,均占100%,5优于9;在临界安全类中,交叉口6和7临界安全的成分分别占82.7%和90.4%,但7有不安全的成分(占9.6%),而6有安全的成分(占17.3%),其它成分均没有,故6优于7;在安全类中,交叉口3、4、8安全的成分分别占99.87%、96.06%、57.93%,并且3有临界安全的成分(占0.13%),4有特别安全的成分(占3.94%),故4优于3,3又优于8;在特别安全类中,交叉口2和1的特别安全的成分分别占100%和93.09%,2优于1。通过与交警部门常采用的百万辆车事故率法评价的结果相比较,二者结果一致(即9

个交叉口安全状况从优到差的排序为 2-1-4-3-8-6-7-5-9)，说明交通冲突灰色聚类评价的方法可靠。下一步就该针对不安全的交叉口，实施安全改善。

4 基于交通冲突的交叉口安全改善

本文是以交通冲突技术为依托的安全评价，为此建立以减少交通冲突点为目的的交叉口安全改进方法，是改进交叉口设计和管理的切入点，其基本思路有：

(1) 远引交叉 由于左转弯交通流是影响交叉冲突点的关键因素，因此，在交通量较大的路口。为了减少交通冲突，使左转弯车辆在离开这一路口的适当位置绕行，再通过这一路口。这种交通组织方式即为远引交叉。

(2) 环形交通 环形交通是让进入交叉路口的车辆一律绕岛作逆时针单向行驶，至所要去的路口即驶离的交通组织方式，由于驶入环道和驶出环道的车辆都是右转，没有左转弯车流，不形成交叉现象，从而消除交叉冲突点。在交通量不大，非机动车流不大且左转弯车辆比例较大的交叉路口，为减少左转弯车流的影响，避免灯控路口的周期性阻滞，环形交通是一种有效方式。

(3) 简化路口 交叉路口相交道路的条数越少，产生的交通冲突点越少，交叉路口的走向和形式越简单越规则，越有利于改善冲突角。因此可以对复杂的多岔路口进行改造，使路口简化，以减少冲突点，改善冲突角。

(4) 立体交叉 立体交叉是解决道路交叉冲突最为彻底的工程措施。立体交叉路口设有专门的匝道提供各转向车流的运行，在出入口处专门设置了减速车道和加速车道提供车辆分流和合流，它只有对交通影响较小的分流点和合流点，完全消除了交叉冲突点。

(5) 单向交通 在交叉路口某一分岔或某几条分岔道路实行单向交通，由于减少了这一分岔道路上另一方向进入交叉路口的交通流，因而使交叉冲突点明显减少。如果将单向交通与信号灯相配合，则可完全消除冲突点。

(6) 交通渠化 交通渠化通过控制各交通流的方

向，可以改善冲突角或消除部分区域的冲突点，这是一种投资少，见效快的交通管理措施。

(7) 信号控制 在交叉口，可以通过设置不同的信号相位对进入交叉口各个方向的交通流给予控制，从而改变进入交叉口交通流的数量，相当于减少了相交道路和条数或减少了转弯车辆的干扰，达到减少或消除冲突的目的。根据昆明市的实际经验，提倡实施以整体车流为主的多相位控制方法^[8]，将有利于交叉口通行能力和安全度的提高。

5 结论

相对于传统的交通安全评价方法，交通冲突技术是一种非事故统计的间接评价方法，具有快速、定量分析的优点。灰色理论具有能解决“部分信息已知，部分信息未知”问题的特点，且算法含义清晰、明确。将二者结合运用，有利于交叉口安全水平的快速诊断、分析和科学评价。通过交通冲突灰色评价方法，鉴定出不安全交叉口，可运用上述改进方法，达到减少交通冲突的效果，最终实现交叉口的安全改善，其安全改善的效果以冲突率（TC/MPCU）的降低幅度来表征。

参考文献：

[1] 李江. 交通工程学 [M]. 人民交通出版社, 2002

[2] 刘小明. 平面交叉口交通冲突技术标准化研究 [J]. 公路交通科技, 1997, 14 (3): 29-34.

[3] 罗石贵. 路段交通冲突技术研究 [J]. 公路交通科技, 2001, 18 (1): 65-68.

[4] Hoong-Chor Chin, Ser-Tong Quek Measurement of Traffic Conflict [J]. Safety Science 1997, 26 (3): 169-185.

[5] Brian L Allen, B Tom Shin, Peter J Cooper. Analysis of Traffic Conflict and Collisions [J]. Highway Capacity Measures of Effectiveness and Flow Theory, TRR, 1978 (667).

[6] 罗江涛, 等. 道路交通安全灰色评价方法研究 [J]. 中国公路学报, 1995, 8 (4): 78-83

[7] 张苏. 中国交通冲突技术的研究 [D]. 西南交通大学研究生博士学位论文, 1997.

[8] 成卫, 等. 基于知识库的平面交叉口多相位信号设计理论研究 [J]. 公路交通科技, 2003, 20 (3): 137-139