

The Three Level Warning of Queue Overflow of Single Point Control Intersection Based on Intelligent Detection

Xiuhuan Ren

Beijing Green Traffic Technology Limited Company, Beijing
Email: southeast2009@126.com

Received: Jul. 9th, 2018; accepted: Jul. 19th, 2018; published: Jul. 26th, 2018

Abstract

In this paper, in view of the traffic congestion caused by the traffic flow queuing overflow, which is easy to occur at the peak period of traffic flow, this paper proposes a scheme to set up the detection area in the exit channel. The traffic flow queuing overflow is divided into three cases through the parameter judgment, which is obtained in real-time traffic flow. The three cases include queuing overflow warning and queuing overflow congestion alarm and congestion event alarm. The detection scheme proposed in this paper overcomes the disadvantages of low data accuracy in the existing technology, which is caused by the impact of the vehicles in and out of the road opening. Classifying the queuing overflow events is more consistent with the complexity of the actual traffic operation.

Keywords

Signal Intersection, Queue Overflow, Signal Control

基于智能检测的单点控制交叉口出口交通流溢出三级预警

任秀欢

北京绿通畅达交通技术有限公司, 北京
Email: southeast2009@126.com

收稿日期: 2018年7月9日; 录用日期: 2018年7月19日; 发布日期: 2018年7月26日

摘要

本文针对城市普遍存在的单点信号控制交叉口在交通流量高峰时期易发生的因出口交通流排队溢出导致的交通拥堵问题,提出了一种在出口引道设置检测区域的方案,通过参数判断将交通流溢出状况分成排队溢出预警、排队溢出拥堵报警和路口拥堵事件报警三种情况。本文提出的检测方案克服了现有技术中受开口处进出车辆影响导致的数据精度低的缺点,将溢出事件进行情况分类进而分别处置更加符合实际交通运行的复杂性。

关键词

信号交叉口, 排队溢出, 信号控制

Copyright © 2018 by author 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

目前,小汽车的快速增长导致高峰时期交通流量呈集中井喷式状态,当进入路段的交通流量超过道路本身的交通容量或者路段发生交通事故时,后续进入路段的车辆被迫排队形成积压,若此种情况不能触发上游交叉口交通信号及时调整也得不到其他的及时处置,排队车辆容易溢出到上游交叉口内,排队溢出的车辆会阻碍交叉口其他方向车辆的运行,严重时会导致交叉口“死锁”,将此看作是交叉口出口交通流排队溢出导致的交通拥堵问题[1]。

现有排队溢出的防控理论是通过埋在路段两端的检测器检测存在路段内的交通流量[2][3];计算得到车辆排队长度;根据车辆密度判定交叉口排队溢出状态;计算交叉口的绿灯放行时间以达到治理和预防排队溢出情况。调节绿灯放行时间的原理是在上游交叉口减少导致排队溢出加重的方向交通流的绿灯时间,同时在下游交叉口增加能够疏散排队车辆的相位绿灯时间,将此方法应用到多个交叉口时以实现区域内各交叉口的排队长度均衡。

现有排队溢出检测方案得到的交通流量易受到路段中出入口车辆的影响而导致对排队溢出状况的判断准确性低,对排队溢出状况判断较为宏观进而影响控制策略实施的及时性和有效性。

本文设计了一个在出口引道划定检测区域的排队溢出状况检测方案,根据出口排队溢出车辆对其它流向车辆的影响程度,将排队溢出状况分成排队溢出预警、排队溢出拥堵报警和路口拥堵事件报警三种情况,将溢出事件进行情况分类分别处置更加符合实际交通运行的复杂性。

2. 出口交通流溢出智能检测系统设计

2.1. 确定检测区域

在道路交叉口出口引道确定检测区域,检测区域为覆盖出口所有车道的具有一定长度的虚拟线圈,如图2所示。检测区域宽度 W 宜取出口引道路宽,长度 L 宜设置为20米,检测区域起始段可与同向进口引道停止线平齐(适用于右转车辆受信号灯控制情况),也可根据以往出口引道排队情况设置在导致排队溢出状况发生的临界位置(适用于右转车辆不受信号灯控制情况)。

2.2. 进行检测器选型

要求检测器具备能够检测车辆存在、记录车辆驶入和驶离检测区域时刻的功能。

2.3. 确定安装位置及安装方式

本文以采用视频检测器为例，在道路交叉口进口引道安装视频检测器，安装位置最好选在停止线附近，也可以借助交叉口电子警察的杆件进行安装[4]，视频检测器镜头朝向交叉口，如图1所示。

2.4. 检测器与信号机通信要求

在系统搭建中，要求信号机具备采集通过停止线的分车道车流量的功能，检测器与信号机能够通信，实现数据传输。

2.5. 获取交通流参数

一种途径是通过视频检测器测算驶入检测区域的车辆数 N 、某车辆驶入检测区域的时间 t_m^n 和驶离检测区域的时间 t_{off}^n ，另一种途径是从信号机获取的相位绿灯时段内通过停止线的分车道车流量。

3. 出口交通流溢出三种情况分析

对于正常运行的信号控制交叉口，在相位绿灯时段内，越过停止线的车辆能够全部驶入相应的出口引道并且对下一个启动相位时段内驶入该交叉口的车辆完全没有影响。

在相位绿灯时段内，如果越过停止线的车辆在一定的时间内不能够全部驶入出口引道，此时位于出口引道的检测区域内的车辆呈缓行排队状况，下一个启动相位时段内驶入该出口引道的车辆将在出口处减速或者停车排队，我们将这一临界状况设置排队溢出预警。

当出口引道排队溢出车辆完全阻碍其他方向交通流行驶通过交叉口时，称交叉口内发生了排队溢出拥堵。

在溢出拥堵发生的情况下，当检测其他方向的交通流量近似为零超过信号控制周期时长时，认为路口发生拥堵事件。

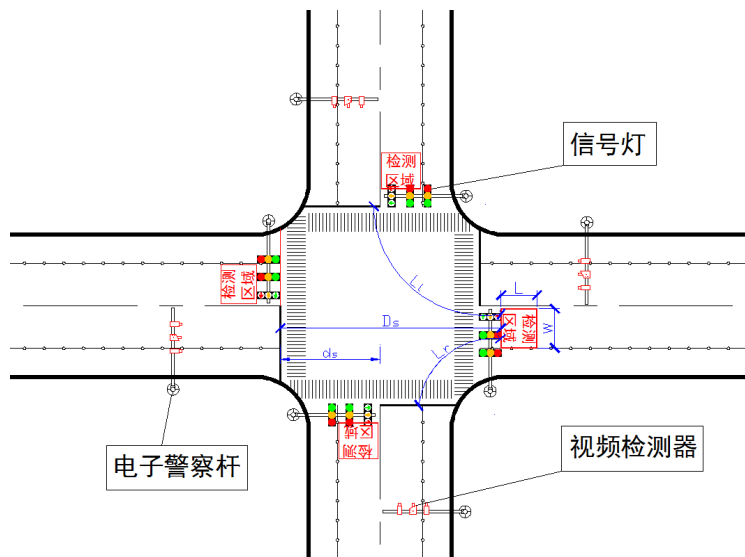


Figure 1. The sketch of fixing video detector and mapping detection area
图1. 布置视频检测器及施划检测区域示意图

4. 出口交通流溢出三级报警检测

4.1. 三级报警检测流程

图 2 所示为交叉口出口交通流溢出三级报警检测流程图。通过第 2 节所述的交通流溢出智能检测系统获得相关交通流参数，计算通过检测区域的平均时间占有率和平均车速。根据第 3 节的分析得到交通流溢出三种情况的发生阈值，通过对实时检测数据进行阈值比对实现排队溢出状况判断，进而触发报警和启动相应的快速处置措施。对交通流溢出三种情况的发生阈值分析和预警触发是本文研究的重点，能够准确和快速触发三级预警是采取有效调控策略的关键环节。

4.2. 计算平均车速和平均占有率

计算平均车速和平均占有率用以反映当前出口引道的交通流动态特征，根据获得的越过停止线的车流量及交叉口相关静态参数计算临界通行车速和临界通行时间占有率、临界拥堵行驶速度和临界拥堵时间占有率，临界车速和临界时间占有率作为判断溢出状况的阈值。

1) 计算当前周期内车辆通过检测区域的平均时间占有率，通过平均时间占有率才可以计算出平均行驶速度，计算公式如下：

$$t_{occ}^n = t_{off}^n - t_{in}^n$$

$$\bar{t}_{occ} = \frac{\sum_{n=1}^N t_{occ}^n}{T}$$

其中， T 为采集周期； N 为当前周期通过检测区域的车辆数； t_{occ}^n 为第 n 辆车在检测器上停留的时间； t_{in}^n 为第 n 辆车驶入检测区域的时间； t_{off}^n 为第 n 辆车驶离检测区域的时间；当车辆在检测区域内时； t_{off}^n 取当前采样的时钟时刻。

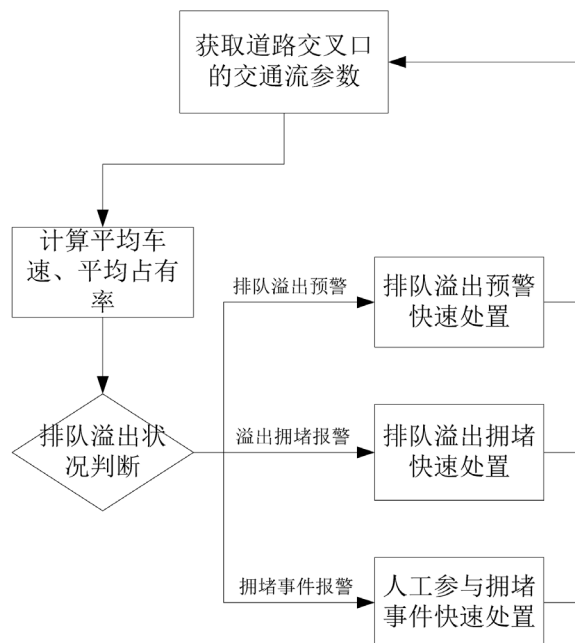


Figure 2. The flow chart of technical scheme

图 2. 技术方案流程图

2) 计算当前周期内车辆通过检测区域的平均行驶速度, 计算公式如下:

$$v_n = \frac{L}{t_{occ}^n}$$

$$\bar{v} = \frac{\sum_{n=1}^N v_n}{N}$$

其中, v_n 为第 n 辆车通过检测区域的行驶速度; L 为检测区域长度; \bar{v} 为当前周期内所有通过检测区域的车辆的平均行驶速度。

3) 计算某相位绿灯时段内越过停止线的车辆能够全部驶入出口引道的临界通行车速, 计算公式如下:

$$V_{通}^{pha} = \frac{\sum_{dir} \left(\frac{Q_{in}^{dir}}{a} \times (l_{car} + s_0) + D^{dir} \right) \times \frac{Q_{in}^{dir}}{\sum_{dir} Q_{in}^{dir}}}{G^{pha} + Y^{pha}}$$

其中, Q_{in}^{dir} 为该相位绿灯时段内某流向越过停止线驶入交叉口的所有车辆数; a 为出口引道的车道数量; l_{car} 为平均车辆长度, 一般取值 5~7 米, 当大车占比 30% 以上时, 取较高值, 否则取低值, 大车比例由现场交通流观测获得; s_0 为平均行车安全距离, 一般取值 3 米; D^{dir} 为停车线至出口检测区域起始端的距离或者弧长, 由现场测量获得; G^{pha} 为该相位绿灯时长; Y^{pha} 为该相位黄灯时长, 由读取信号机信号配时获得; $V_{通}^{pha}$ 为该相位绿灯时段内越过停止线的车辆能够全部驶入出口引道的临界通行车速。上述公式中, 某相位绿灯时段内有几股不同流向交通流同时驶入出口引道, Q_{in}^{dir} 和 D^{dir} 应分别取值。

4) 计算车辆通过检测区域而不引起发生排队溢出状况的临界通行时间占有率, 计算公式如下:

$$t_{通} = \frac{L}{V_{通}^{pha}}$$

$$T_{通} = \frac{t_{通} \times N}{T}$$

其中, $t_{通}$ 为某车辆通过检测区域而不引起发生排队溢出的占有时间; L 为检测区域长度; T 为采集周期; N 为当前周期通过检测区域的车辆数; $T_{通}$ 为车辆通过检测区域而不引起发生排队溢出的临界通行时间占有率。

5) 计算某相位绿灯时段内发生排队溢出拥堵时的临界拥堵行驶速度, 计算公式如下:

$$V_{堵}^{pha} = \frac{\sum_{dir} \left(\frac{Q_{in}^{dir}}{a} \times (l_{car} + s_0) + D_{中}^{dir} \right) \times \frac{Q_{in}^{dir}}{\sum_{dir} Q_{in}^{dir}}}{G^{pha} + Y^{pha}}$$

其中, $D_{中}^{dir}$ 为停车线至相交方向道路中线的距离, $V_{堵}^{pha}$ 为某相位绿灯时段内发生排队溢出拥堵时的临界拥堵行驶速度, 公式其余字母含义和取值同上所述。

6) 计算某相位绿灯时段内发生排队溢出拥堵的临界拥堵时间占有率, 计算公式如下:

$$t_{堵} = \frac{L}{V_{堵}^{pha}}$$

$$T_{堵} = \frac{t_{堵} \times N}{T}$$

其中, $t_{堵}$ 为某车辆通过检测区域引发排队溢出拥堵的占有时间, $T_{堵}$ 为车辆通过检测区域引发排队溢出

拥堵的临界拥堵时间占有率，公式中其余参数同上所述。

4.3. 排队溢出状况判断

根据排队溢出状况的影响程度将排队溢出情况划分为三种状况。由 4.2 小节计算可以得到采样周期 T 内的临界通行车速 $V_{通}^{pha}$ 、临界通行时间占有率 $T_{通}$ 、临界拥堵行驶速度 $V_{堵}^{pha}$ 和临界拥堵时间占有率 $T_{堵}$ ，同时由检测数据经计算得到采样周期 T 内车辆通过检测区域的平均时间占有率 $\overline{t_{occ}}$ 和行驶车速 \bar{v} 。

1) 由第 2 节排队溢出预警定义推导出排队溢出状况发生条件：当路口某一个方向发生 $V_{堵}^{pha} < \bar{v} < V_{通}^{pha}$ 并且 $T_{通} < \overline{t_{occ}} < T_{堵}$ 时，发生排队溢出预警。

2) 由第 2 节排队溢出拥堵定义推导出拥堵状况发生条件：当路口某一个方向发生 $0 < \bar{v} \leq V_{堵}^{pha}$ 并且 $T_{堵} \leq \overline{t_{occ}}$ 时，发生溢出拥堵报警。

3) 由第 2 节路口拥堵事件报警定义推导出拥堵事件报警发生条件：当路口溢出拥堵方向发生 $\bar{v} = 0$ 并且 $\overline{t_{occ}} > C$ (C 为信号控制周期时长) 时，进行路口拥堵事件报警。

5. 结语

本文对交叉口出口交通流溢出进行了排队溢出预警、排队溢出拥堵和路口拥堵事件三种情况分类，由设计的智能检测系统获得实时交通流参数，通过数据分析对比实现了出口交通流溢出三级预警，精确及时的状况报警是启动快速处置措施是关键环节。排队溢出预警监测可以预防出口交通流溢出的发生；排队溢出拥堵报警可以启动交通信号优化技术快速解决拥堵问题；路口拥堵事件报警将严重的交叉口内拥堵事件上报中心和请求人工参与，以尽快排查拥堵原因并解决拥堵问题。后续作者将进一步研究报警触发后的快速处置措施。

参考文献

- [1] 李萌萌. 预防交叉口排队溢出的交通信号控制方法研究[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015: 1-2.
- [2] 张博, 宋志洪, 梁子君, 于海洋, 宜林川. 一种用于道路交叉口车辆排队溢出状态的交通信号优化控制方法[P]. 中国: CN104157152A, 2014-11-19.
- [3] 林赐云, 龚勃文, 曲鑫. 一种过饱和和交通流交叉口排队溢出防控方法[P]. 中国: CN104966402A, 2015-10-07.
- [4] 高万宝, 吴先会, 李慧玲. 一种基于视频的单点自优化信号控制方法及装置[P]. 中国: CN105118310A, 2015-12-02.

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: 2326-3431, 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: ojtt@hanspub.org