



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104103180 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201410333667. 3

CN 102542787 A, 2012. 07. 04,

(22) 申请日 2014. 07. 15

JP 特开 2002-150481 A, 2002. 05. 24,

(73) 专利权人 同济大学

审查员 李秀改

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

(72) 发明人 孙剑 李宙峰 李克平

(74) 专利代理机构 上海正旦专利代理有限公司

31200

代理人 张磊

(51) Int. Cl.

G08G 1/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101789183 A, 2010. 07. 28,

CN 101299298 A, 2008. 11. 05,

CN 101958049 A, 2011. 01. 26,

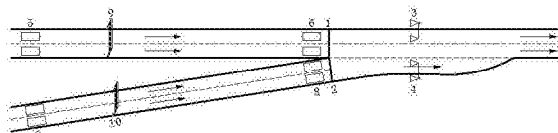
权利要求书3页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种快速路入匝道与主线协同信号控制系统及方法。该系统包括：入匝道上、下游检测器、主线上、下游检测器；入匝道及主线信号灯；处理控制中心。处理控制中心根据主线上、下游检测器检测的速度和时间占有率，判断主线是否堵塞，主线堵塞启动入匝道与主线的协同信号控制；处理控制中心根据匝道检测器检测的流量和主线及匝道需求量，确定控制的配时方案；周期结束后，处理控制中心根据主线上游检测器检测的速度和时间占有率，判断主线堵塞是否结束，若堵塞，则继续信号控制；否则关闭。本发明在快速路堵塞时段通过协同信号轮流放行主线和匝道车辆，将两股无序的冲突流变成有序的饱和流，提高了主线瓶颈点通行能力，大大改善了汇入安全性。



1. 一种城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统的控制方法,所述控制方法通过城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统实现,系统组成包括如下部分:

a) 在快速路汇流处设置主线停车线和入匝道停车线;

b) 在主线设置上游检测器和下游检测器,下游检测器设置于主线停车线附近;上游检测器和下游检测器之间的距离根据协同信号控制系统的最大周期时间 C_{\max} 、主线和入匝道的平均需求量之比进行确定;

c) 在入匝道设置入匝道上游检测器和入匝道下游检测器,其中下游检测器设置在入匝道停车线附近,入匝道上游检测器设置在入匝道所能允许的最大排队位置处;

d) 在主线停车线下游设置主线信号灯及信号机,在入匝道停车线下游设置匝道信号灯及信号机;

e) 处理控制中心,它包括根据主线下游检测器和入匝道下游检测器检测的流量数据所建立的历史流量数据库,处理控制中心具备如下功能:

(1) 根据主线下游检测器所检测的平均速度和时间占有率数据,判断主线当前是否处于堵塞状态,并在主线处于堵塞状态时启动主线和入匝道的协同信号控制;

(2) 根据入匝道下游检测器所检测的流量,并结合从历史流量数据库所获取的主线和入匝道需求量数据,确定信号控制的配时方案,包括周期时间和主线及入匝道的绿灯时间;

(3) 根据主线上游检测器所检测的平均速度和时间占有率数据,判断主线堵塞是否结束,并在主线堵塞结束时关闭信号控制;

f) 将所述主线上游检测器、主线下游检测器、匝道上游检测器、匝道下游检测器、主线信号机及信号灯、入匝道信号灯及信号机分别通过光缆、电线或无线通信系统中任一种与处理控制中心相连接;

其特征在于具体步骤如下:

1) 获取当前时刻主线上游检测器和主线下游检测器所检测到的平均速度和时间占有率数据,并将该数据传输给处理控制中心;

2) 处理控制中心根据两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OCC \geq OCC^*$ 来判断当前时刻主线是否处于堵塞状态,其中 V 和 OCC 分别是主线上游检测器 / 主线下游检测器当前时刻检测的平均速度和时间占有率, V^* 和 OCC^* 分别是堵塞状态下速度和时间占有率的临界值;若从步骤1) 中获取的主线上游检测器和主线下游检测器的数据都能使这两个不等式同时成立,则处理控制中心判断当前时刻主线处于堵塞状态;否则判断当前时刻主线处于非堵塞状态;

3) 若当前时刻主线处于堵塞状态,处理控制中心则立即启动对入匝道和主线的协同信号控制,转入步骤4);否则不启动信号控制,返回步骤1);

4) 处理控制中心确定协同信号控制的配时方案,将配时方案传输给信号机,信号机根据配时方案指挥信号灯工作,配时方案的确定包括如下步骤:

(1) 根据入匝道检测器检测的流量和查询历史流量数据库所确定的当前时刻主线需求量和匝道需求量,计算主线排队车辆和入匝道排队车辆以饱和流量消散所需的时间,同时考虑最大、最小周期时间的约束,确定一个合适的周期时间;

(2) 根据所确定的周期时间和当前时刻的主线需求量和匝道需求量,采取按需求量均分绿灯时间的原则,同时考虑入匝道最大排队车辆数的约束,确定主线和入匝道绿灯时

间；

5) 周期时间结束后, 处理控制中心根据当前时刻主线上游检测器检测的平均速度和所占占有率数据, 判断主线堵塞是否结束, 从而决定是否继续实施协同信号控制:

(1) 若当前时刻主线上游检测器的检测数据能够使得两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OCC \geq OCC^*$ 同时成立, 则判定主线仍处于堵塞中, 继续实施协同信号控制, 返回步骤 4);

(2) 若当前时刻主线上游检测器的检测数据不能够使得两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OCC \geq OCC^*$ 同时成立, 则判定主线堵塞结束, 关闭入匝道和主线的协同信号控制, 返回步骤 1)。

2. 根据权利要求 1 所述的控制方法, 其特征在于所述的确定周期时间, 具体计算步骤如下:

1) 数据采集

(1) 查询主线和入匝道历史流量数据库, 确定当前时刻的主线需求量 D_1 , 单位为辆/s 和匝道需求量 D_2 , 单位为辆/s;

(2) 采取实际观测或理论模型计算或微观仿真的方法确定入匝道的通行能力 Q , 单位为辆/s;

(3) 根据入匝道上游检测器和入匝道下游检测器所检测的流量数据, 利用排队长度计算方法, 确定当前时刻处在这两个检测器之间的匝道排队车辆数 L , 单位为辆;

2) 计算周期时间

(1) 根据相关设计规范和实际操作经验, 确定周期时间的最大值 C_{\max} , 单位为 s 和最小值 C_{\min} , 单位为 s, 以及绿灯间隔时间或黄灯时间 I , 单位为 s;

(2) 根据入匝道排队车辆数 L 和通行能力 Q , 按公式 L/Q 计算得到入匝道车辆消散所需绿灯时间 t_1 , 单位为 s; 根据入匝道车辆消散所需绿灯时间 t_1 及主线与入匝道的需求量之比 D_1/D_2 , 按公式 $t_1 \cdot D_1/D_2$ 计算得到主线绿灯时间 t_2 , 单位为 s; 根据入匝道车辆消散所需绿灯时间 t_1 、主线绿灯时间 t_2 和绿灯间隔时间 I , 按公式 $t_1 + t_2 + 2I$ 计算得到周期时间 C , 单位为 s;

(3) 为使绿灯时间能够充分利用, 要求周期时间不能大于 C , 同时考虑到最大周期时间的约束, 取 C 为 C 和 C_{\max} 中的较小者, 更新 C 的值;

(4) 为保证周期时间 C 不小于最小值, 取 C 为 C 和 C_{\min} 中的较大者, 更新 C 的值, 将此时的 C 值作为最终确定的周期时间 C 。

3. 根据权利要求 1 所述的控制方法, 其特征在于所述的确定主线及入匝道绿灯时间, 具体计算步骤如下:

1) 数据采集

(1) 获取当前时刻的主线需求量 D_1 , 单位为辆/s 和匝道需求量 D_2 , 单位为辆/s;

(2) 获取入匝道的通行能力 Q , 单位为辆/s, 同时根据入匝道的实际几何条件确定入匝道所能容纳的最大排队车辆数 L , 单位为辆;

2) 计算主线和匝道的绿灯时间

(1) 根据计算得到的周期时间 C 判断下列不等式是否成立:

$$C \cdot D_2 - (C - 2I) \cdot D_2 / (D_1 + D_2) \cdot Q \leq \theta \cdot L$$

式中: θ 入匝道排队最大容忍度系数, 取值范围为 $[0, 1]$, 其值越大, 表示所容忍的最

大匝道排队长度越长,当其取值为 1 时,表示容忍匝道车辆排队到最大排队位置处;

若不等式成立转入步骤(2),否则转入步骤(3);

(2) 若根据主线和入匝道需求量按比例均分绿灯时间,不会致使入匝道上的排队车辆数在周期时间内超过所设定的最大容忍值,按照以下公式计算主线和匝道上的绿灯时间:

$$g_{\text{主}} = (C - 2I) \cdot D_1 / (D_1 + D_2)$$

$$g_{\text{匝}} = (C - 2I) \cdot D_2 / (D_1 + D_2)$$

式中: $g_{\text{主}}$ 主线绿灯时间;

$g_{\text{匝}}$ 入匝道绿灯时间;

(3) 若根据主线和入匝道需求量按比例均分绿灯时间,入匝道所分配得到的绿灯时间不足,会造成入匝道上的排队车辆数在周期时间内超过所设定的最大容忍值,因此需要给予入匝道车辆更多的绿灯时间,按照以下公式计算主线和匝道上的绿灯时间:

$$g_{\text{匝}} = (C \cdot D_2 - \theta \cdot L) / Q$$

$$g_{\text{主}} = (C - 2I) - g_{\text{匝}}。$$

城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于快速路交通控制领域,具体涉及一种城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统及方法。

背景技术

[0002] 快速路系统在大城市交通中起着主骨架路网的作用,承担了城市大量的机动车出行,保障快速路系统的高效运行一直是交通管理部门重中之重的工作。

[0003] 入匝道是城市快速路连续流和地面道路间断流转换的通道。在快速路主线位于入匝道汇入点的下游,由于匝道车流的汇入,而主线车道数没有相应增加,因此成为了制约快速路通行能力的瓶颈,在高峰时段,常常会诱发快速路堵塞;同时由于匝道车辆汇入造成车辆之间的相互抢道和互不让行行为,引起大量事故。

[0004] 目前,对于快速路主线汇入瓶颈点的管理,主要是采取入口匝道控制的方法。快速路入口匝道控制是指通过对入匝道上行驶的车辆采取一系列的控制措施,如限速、信号控制等,从而调节汇入主线的车流量,以达到减少快速路主线交通拥堵、提升整体使用性能的目的,目前上海、北京等大城市陆续实施了快速路入口匝道控制。然而,随着我国大、中城市机动车保有量不断增加,快速路车流量激增,特别是在早、晚高峰时段,快速路路网已经呈现出饱和或接近饱和的状态,在这样的情况下,单一的入口匝道控制主要存在以下问题:

[0005] 1. 主线汇入瓶颈点通行能力利用不足

[0006] 在堵塞时段,主线流量很大,此时入匝道车辆的汇入会对主线车流产生严重干扰。相关实证研究表明,在主线堵塞时段,入匝道车辆的汇入会造成主线汇入瓶颈点单车道的通行能力损失约 16%-25%;

[0007] 2. 入匝道车辆汇入发生事故可能性大

[0008] 在堵塞时段,主线车流车头空距较小,入匝道车辆汇入时需小心翼翼,极易造成车辆之间的相互碰撞。

[0009] 本发明针对上述存在的问题,提出一种快速路入匝道与主线协同信号控制系统及方法,来具体解决堵塞时段快速路主线汇入瓶颈点管理中的实际问题。

发明内容

[0010] 本发明所要解决的技术问题是克服快速路主线汇入瓶颈点在堵塞时段通行能力利用不足、汇入安全性差的问题,提供一种城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统及方法。

[0011] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案予以实现。技术方案中的城市快速路入匝道与主线协同信号控制系统,由以下部分组成:

[0012] 1) 在快速路汇流处设置主线停车线和入匝道停车线;

[0013] 2) 在主线设置上游检测器和下游检测器,下游检测器设置于主线停车线附近;上游检测器和下游检测器之间的距离根据协同信号控制系统的最大周期时间 C_{\max} 、主线和入

匝道的平均需求量之比进行确定；同时考虑匝道排队长度对主线信号控制的影响，一般取200米以内为宜；

[0014] 3) 在入匝道设置入匝道上游检测器和入匝道下游检测器，其中下游检测器设置在入匝道停车线附近；入匝道上游检测器设置在入匝道所能允许的最大排队位置处；

[0015] 4) 在主线停车线下游设置主线信号灯及信号机，在入匝道停车线下游设置匝道信号灯及信号机；

[0016] 5) 处理控制中心，它包括根据主线下游检测器和入匝道下游检测器检测的流量数据所建立的历史流量数据库，处理控制中心具备如下功能：

[0017] (1) 根据主线下游检测器所检测的平均速度和时间占有率数据，判断主线当前是否处于堵塞状态，并在主线处于堵塞状态时启动主线和入匝道的协同信号控制；

[0018] (2) 根据入匝道下游检测器所检测的流量，并结合从历史流量数据库所获取的主线和入匝道需求量数据，确定信号控制的配时方案，包括周期时间和主线及入匝道的绿灯时间；

[0019] (3) 根据主线上游检测器所检测的平均速度和时间占有率数据，判断主线堵塞是否结束，并在主线堵塞结束时关闭信号控制；

[0020] 6) 将所述主线上游检测器、主线下游检测器、匝道上游检测器、匝道下游检测器、主线信号机及信号灯、入匝道信号灯及信号机分别通过光缆和 / 或电线和 / 或无线等通信系统与处理控制中心相连接。

[0021] 本发明提出一种快速路入匝道与主线协同信号控制方法，包括以下步骤：

[0022] 1) 获取当前时刻主线上游检测器和主线下游检测器所检测到的平均速度和时间占有率数据，并将该数据传输给处理控制中心；

[0023] 2) 处理控制中心根据两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OCC \geq OCC^*$ 来判断当前时刻主线是否处于堵塞状态，其中 V 和 OCC 分别是主线上游检测器 / 主线下游检测器当前时刻检测的平均速度和时间占有率， V^* 和 OCC^* 分别是堵塞状态下速度和时间占有率的临界值。若从步骤 1) 中获取的主线上游检测器和主线下游检测器的数据都能使这两个不等式同时成立，则处理控制中心判断当前时刻主线处于堵塞状态；否则判断当前时刻主线处于非堵塞状态；

[0024] 3) 若当前时刻主线处于堵塞状态，处理控制中心则立即启动对入匝道和主线的协同信号控制，转入步骤 4)；否则不启动信号控制，返回步骤 1)；

[0025] 4) 处理控制中心确定协同信号控制的配时方案，将配时方案传输给信号机，信号机根据配时方案指挥信号灯工作，配时方案的确定包括如下步骤：

[0026] (1) 根据入匝道检测器检测的流量和查询历史流量数据库所确定的当前时刻主线需求量和匝道需求量，计算主线排队车辆和入匝道排队车辆以饱和流量消散所需的时间，同时考虑最大、最小周期时间的约束，确定一个合适的周期时间；

[0027] (2) 根据所确定的周期时间和当前时刻的主线需求量和匝道需求量，采取按需求量均分绿灯时间的原则，同时考虑入匝道最大排队车辆数的约束，确定主线和入匝道绿灯时间；

[0028] 5) 周期时间结束后，处理控制中心根据当前时刻主线上游检测器检测的平均速度和时间占有率数据，判断主线堵塞是否结束，从而决定是否继续实施协同信号控制；

[0029] (1) 若当前时刻主线上游检测器的检测数据能够使得两个不等式 $V \leq V^*$ 和

$OC \geq OC^*$ 同时成立, 则判定主线仍处于堵塞中, 继续实施协同信号控制, 返回步骤 4);

[0030] (2) 若当前时刻主线上游检测器的检测数据不能够使得两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OC \geq OC^*$ 同时成立, 则判定主线堵塞结束, 关闭入匝道和主线的协同信号控制, 返回步骤 1)。

[0031] 本发明中, 所述的确定周期时间, 具体计算步骤如下:

[0032] 1) 数据采集

[0033] (1) 查询主线和入匝道历史流量数据库, 确定当前时刻的主线需求量 D_1 (辆/s) 和匝道需求量 D_2 (辆/s);

[0034] (2) 采取实际观测或理论模型计算或微观仿真的方法确定入匝道的通行能力 Q (辆/s);

[0035] (3) 根据入匝道上游检测器和入匝道下游检测器所检测的流量数据, 利用排队长度计算方法, 例如利用流量累计变形曲线法, 确定当前时刻处在这两个检测器之间的匝道排队车辆数 I (辆);

[0036] 2) 计算周期时间

[0037] (1) 根据相关设计规范和实际操作经验, 确定周期时间的最大值 C_{\max} (s) 和最小值 C_{\min} (s), 以及绿灯间隔时间(或黄灯时间) I (s);

[0038] (2) 根据入匝道排队车辆数 I 和通行能力 Q , 按公式 (I/Q) 计算得到入匝道车辆消散所需绿灯时间 t_1 (s); 根据 t_1 及主线与入匝道的需求量之比 D_1/D_2 , 按公式 $(t_1 * D_1/D_2)$ 可计算得到主线绿灯时间 t_2 (s); 根据 t_1 、 t_2 和 I , 按公式 $(t_1 + t_2 + 2I)$ 计算得到周期时间 C (s);

[0039] (3) 为了使绿灯时间能够充分利用, 此时要求周期时间不能大于 C , 同时考虑到最大周期时间的约束, 取 C 为 C 和 C_{\max} 中的较小者, 更新 C 的值;

[0040] (4) 为了保证周期时间不小于最小值, 取 C 为 C 和 C_{\min} 中的较大者, 更新 C 的值, 将此时的 C 值作为最终确定的周期时间 C 。

[0041] 本发明中, 所述的确定主线及入匝道绿灯时间, 具体计算步骤如下:

[0042] 1) 数据采集

[0043] (1) 获取当前时刻的主线需求量 D_1 (辆/s) 和匝道需求量 D_2 (辆/s);

[0044] (2) 获取入匝道的通行能力 Q (辆/s), 同时根据入匝道的实际几何条件确定入匝道所能容纳的最大排队车辆数 L (辆);

[0045] 2) 计算主线和入匝道的绿灯时间

[0046] (1) 根据计算得到的周期时间 C 判断下列不等式是否成立:

[0047]

$$C \cdot D_2 - (C - 2I) \cdot D_2 / (D_1 + D_2) \cdot Q \leq \theta \cdot L$$

[0048] 式中: θ 入匝道排队最大容忍度系数, 取值范围为 $[0, 1]$, 其值越大, 表明所容忍的最大匝道排队长度越长, 当其取值为 1 时, 表示容忍匝道车辆排队到最大排队位置处;

[0049] 若不等式成立转入步骤(2), 否则转入步骤(3);

[0050] (2) 在此种情况下, 若根据主线和入匝道需求量按比例均分绿灯时间, 不会致使入匝道上的排队车辆数在周期时间内超过所设定的最大容忍值, 此时按照以下公式计算主线和匝道上的绿灯时间:

[0051]

$$g_{\#} = (C - 2I) \cdot D_1 / (D_1 + D_2)$$

[0052]

$$g_{\#} = (C - 2I) \cdot D_2 / (D_1 + D_2)$$

[0053] 式中： $g_{\#}$ 主线绿灯时间；[0054] $g_{\#}$ 入匝道绿灯时间；

[0055] (3) 在此种情况下,若根据主线和入匝道需求量按比例均分绿灯时间,入匝道所分配得到的绿灯时间不足,会造成入匝道上的排队车辆数在周期时间内超过所设定的最大容忍值,因此需要给予入匝道车辆更多的绿灯时间,此时按照以下公式计算主线和匝道上的绿灯时间：

[0056]

$$g_{\#} = (C \cdot D_2 - \theta \cdot L) / Q$$

[0057]

$$g_{\#} = (C - 2I) - g_{\#}$$

[0058] 作为对上述技术方案的完善和补充,本发明进一步采取如下技术措施:当运行入匝道与主线的协同信号控制时,在主线和入匝道上通过提示标志,提醒驾驶员前方有信号灯工作。

[0059] 本发明的有益效果是：

[0060] 1. 本发明所述的快速路入匝道与主线协同信号控制方法,在快速路堵塞时段通过入匝道和主线的协同信号轮流放行主线和入匝道的车辆,将两股无序的冲突流变成有序的饱和流,提高了主线瓶颈点的通行能力,消除了冲突,大大改善了汇入安全性；

[0061] 2. 本发明所述的确定周期时间,从两个方面进行了考虑:一方面由于相位切换的需要,过小的周期会使得单位小时内因相位切换造成损失时间增加;另一方面,过大的周期可能会使得绿灯时间不能得到充分利用。为了克服这一矛盾,本发明通过实时检测的和历史的主线及入匝道流量数据,选取了使主线车辆和入匝道车辆在绿灯时间内都能以饱和流量通过的周期时间的最大值作为确定值,这既提高了绿灯利用率,同时也尽可能减少了通行损失时间,起到了提高通行能力的作用；

[0062] 3. 本发明所述的确定主线及入匝道绿灯时间,考虑到了实际通行条件下入匝道所能容忍的最大排队车辆数,在分配入匝道绿灯时间时控制匝道排队长度让其不超过允许值,消除了因入匝道车辆排队过长而对上游地面交通造成影响的隐患；

[0063] 4. 本发明根据实时的检测器数据来检测堵塞、实施信号控制、确定信号配时方案和停止信号控制,能够很好的适应交通流的动态变化,具有较强的实用性。

附图说明

[0064] 下面结合附图对本发明作进一步说明：

[0065] 图 1 为本发明所述的城市快速路入匝道与主线信号协同控制系统的安装位置示意图；

[0066] 图 2 为本发明所述的城市快速路入匝道与主线信号协同控制方法的基本工作流

程图；

[0067] 图 3 为本发明所述的确定周期时间的计算流程图；

[0068] 图 4 为本发明所述的确定主线及入匝道绿灯时间的计算流程图。

[0069] 图中标号：1 为主线车辆停车线，2 为入匝道车辆停车线，3 为主线信号灯及信号机，4 为入匝道信号灯及信号机，5 为主线上游检测器，6 为主线下游检测器，7 为匝道上游检测器，8 为匝道下游检测器，9 为主线提示标志，10 为入匝道提示标志。

具体实施方式

[0070] 下面结合附图对本发明做详细的描述。

[0071] 实施例 1：附图 1 给出了一个实际的城市快速路入匝道与主线示意图，基本几何条件为：主线为单向 2 车道，车道宽为 3.5 米；入口匝道为单向 2 车道，车道宽为 3.5 米；合流后的主线车道数与车道宽度保持不变。

[0072] 本发明首先需要在入匝道和主线上安装相关的硬件设施，见附图 1 所示，这些设施包括：设置于汇流鼻端附近的主线停车线 1 和入匝道停车线 2，设置于停车线下游的主线信号灯及信号机 3 和入匝道信号灯及信号机 4，设置于主线停车线上游的主线上游检测器 5 和主线停车线前的主线下游检测器 6，其中主线上、下有检测器之间的距离为 200 米，设置于入匝道停车线上游的匝道上游检测器 7 和入匝道停车线前的匝道下游检测器 8，其中匝道上游检测器 7 设置在入匝道所能允许的最大排队位置处；设置于停车线上游的主线提示标志 9 和入匝道提示标志 10。

[0073] 本系统的处理控制中心包括一个根据主线检测器 6 和入匝道检测器 8 检测的流量数据所建立的历史流量数据库，查询历史流量数据库即可得到一天中各个时刻主线和入匝道的需求量。为了实现主线堵塞的识别、控制信号灯的工作与停止等功能，需用光缆和 / 或电线和 / 或无线等通信系统将所述主线上游检测器 5、主线下游检测器 6、匝道上游检测器 7、匝道下游检测器 8、主线信号机及信号灯 3、入匝道信号灯及信号机 4 分别与处理控制中心相连接。

[0074] 本发明的基本控制思路为：在主线和入匝道同时安装信号灯，在主线发生堵塞时启亮信号灯，通过协同信号轮流放行主线和入匝道车辆，让其有序通过瓶颈点；通过检测器检测的流量数据，精确确定主线和入匝道需求量，以此计算周期时间和绿灯时间，给予主线方向和入匝道方向足够但又不过量的绿灯时间；在主线拥堵结束时，停止信号控制。下面结合附图 2、3 和 4 对本发明的具体实施方法进行说明：

[0075] 快速路入匝道与主线协同信号控制方法的工作流程参阅图 2。入匝道与主线协同信号控制方法根据实际的主线交通运行状况，在堵塞时段启动信号控制，并根据实际需求选择适合的周期时间和绿灯时间，其工作流程为：

[0076] 1) 获取当前时刻主线上游检测器 5 和主线下游检测器 6 所检测到的平均速度和时间占有率数据，并将该数据传输给处理控制中心；

[0077] 2) 处理控制中心根据两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OCC \geq OCC^*$ 来判断当前时刻主线是否处于堵塞状态，其中 V 和 OCC 分别是主线上游检测器 5 / 主线下游检测器 6 当前时刻检测的平均速度和时间占有率， V^* 和 OCC^* 分别是堵塞状态下速度和时间占有率的临界值。 V^* 和 OCC^* 的值可以通过实地观测或仿真进行标定，本例中分别取为 25km/h 和 0.5。本发明采用

两个主线检测器的数据来对主线的交通状态进行判定,是为了保重判断结果的准确性。若从步骤 1) 中获取的主线上游检测器 5 和主线下游检测器 6 的数据都能使这两个不等式同时成立,则处理控制中心判断当前时刻主线处于堵塞状态;否则判断当前时刻主线处于非堵塞状态;

[0078] 3) 根据 2) 中的判断结果,若当前时刻主线处于堵塞状态,处理控制中心则立即启动对入匝道和主线的协同信号控制,转入步骤 4);否则不启动信号控制,返回步骤 1);

[0079] 4) 处理控制中心确定协同信号控制的配时方案,将配时方案传输给主线信号灯及信号机 3、入匝道信号灯及信号机 4,主线信号灯及信号机 3、入匝道信号灯及信号机 4 根据配时方案指挥相应的信号灯工作,配时方案的确定包括确定周期时间和确定主线及入匝道的绿灯时间:

[0080] (1) 周期时间的确定

[0081] 参阅图 3, 图中所示周期时间的计算过程:

[0082] ①数据输入: 查询历史流量数据库确定当前时刻主线需求量 D_1 (辆/s) 和匝道需求量 D_2 (辆/s); 采取实际观测或理论模型计算或微观仿真的方法确定入匝道的通行能力 Q (辆/s); 根据入匝道上游检测器 7 和入匝道下游检测器 8 所检测到的实时流量数据, 采用流量累计变形曲线法, 确定当前时刻处在这两个检测器之间的匝道排队车辆数 I (辆); 周期时间的最大值 C_{\max} (s) 和最小值 C_{\min} (s), 分别取为 90 和 60; 绿灯间隔时间 I (s), 取为 3;

[0083] ②将周期时间 C 初始化为 C_{\max} ;

[0084] ③比较 C 与 $(2I + \frac{I}{Q} \cdot \frac{D_2}{D_1 + D_2})$ 两者的大小, 其中 $(2I + \frac{I}{Q} \cdot \frac{D_2}{D_1 + D_2})$ 为使入匝道车辆在绿灯时间内能以饱和流量通过所确定的周期时间, 将 C 的值更新为两者中的较小值, 保证匝道绿灯时间能充分利用;

[0085] ④考虑到信号控制的周期时间不能太短, 还需考虑最小周期时间 C_{\min} 的约束, 若上述步骤确定的 C 小于 C_{\min} , 则将 C 更新为 C_{\min} , 否则 C 不变;

[0086] ⑤数据输出: 经上述步骤确定的 C 值, 是使主线和入匝道绿灯时间都能充分利用的周期时间的最大值, 将 C 值作为周期时间输出。

[0087] (2) 主线及入匝道绿灯时间的确定

[0088] ①数据输入: 当前时刻主线需求量 D_1 (辆/s) 和匝道需求量 D_2 (辆/s); 入匝道的通行能力 Q (辆/s); 根据入匝道的实际长度和车道数确定的入匝道所能容纳的最大车辆数 L (辆); 入匝道排队最大容忍度系数 θ , 取为 0.9; 周期时间 C ; 绿灯间隔时间 I ;

[0089] ②判断不等式 $C \cdot D_2 - (C - 2I) \cdot \frac{D_2}{(D_1 + D_2)} \cdot Q \leq \theta \cdot L$ 是否成立, 其中不等式左边为入匝道在周期时间内的最大排队车辆数, 若不等式成立则转入步骤 3); 否则转入步骤 4);

[0090] ③在此种情况下, 根据主线和入匝道需求量按比例分配绿灯时间, 不会致使入匝道上的排队车辆数在周期时间内超过所设定的最大容忍值, 因此按照以下公式计算主线和匝道上的绿灯时间:

[0091]

$$g_{\#} = (C - 2I) \cdot \frac{D_1}{(D_1 + D_2)}$$

[0092]

$$g_{\text{匝}} = (C - 2I) \cdot D_2 / (D_1 + D_2)$$

[0093] ④在此种情况下,根据主线和入匝道需求量按比例分配绿灯时间,入匝道所分配得到的绿灯时间不足,会造成入匝道上的排队车辆数在周期时间内超过所设定的最大容忍值,因此需要给予入匝道车辆更多的绿灯时间,则按照以下公式计算主线和匝道上的绿灯时间:

[0094]

$$g_{\text{匝}} = (C \cdot D_2 - \theta \cdot L) / Q$$

[0095]

$$g_{\text{主}} = (C - 2I) - g_{\text{匝}}$$

[0096] ⑤数据输出:将 $g_{\text{主}}$ 和 $g_{\text{匝}}$ 的值分别作为主线绿灯时间和入匝道绿灯时间进行输出。

[0097] 5) 当协同信号控制的周期时间结束后,处理控制中心再根据当前时刻主线上游检测器 5 检测的平均速度和时间占有率数据,判断主线堵塞是否结束,从而决定是否继续实施协同信号控制:

[0098] (1) 若当前时刻主线上游检测器 5 的检测数据能够使得两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OC \geq OC^*$ 同时成立,则判定主线仍处于堵塞中,继续实施协同信号控制,返回步骤 4), 确定下一个控制的配时方案;

[0099] (2) 若当前时刻主线上游检测器 5 的检测数据不能够使得两个不等式 $V \leq V^*$ 和 $OC \geq OC^*$ 同时成立,则判定主线堵塞结束,关闭入匝道和主线的协同信号控制,返回步骤 1), 继续对堵塞状态进行识别。

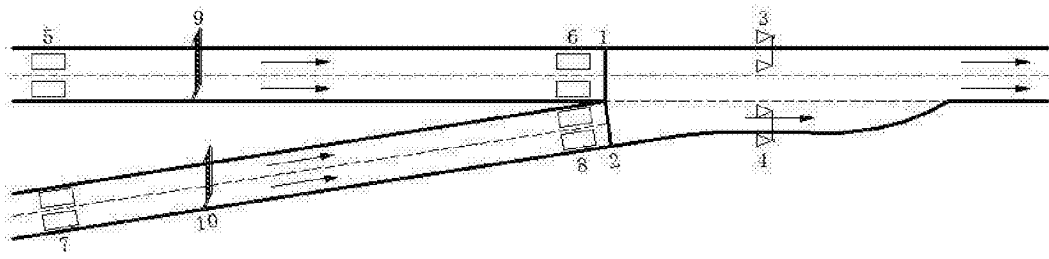


图 1

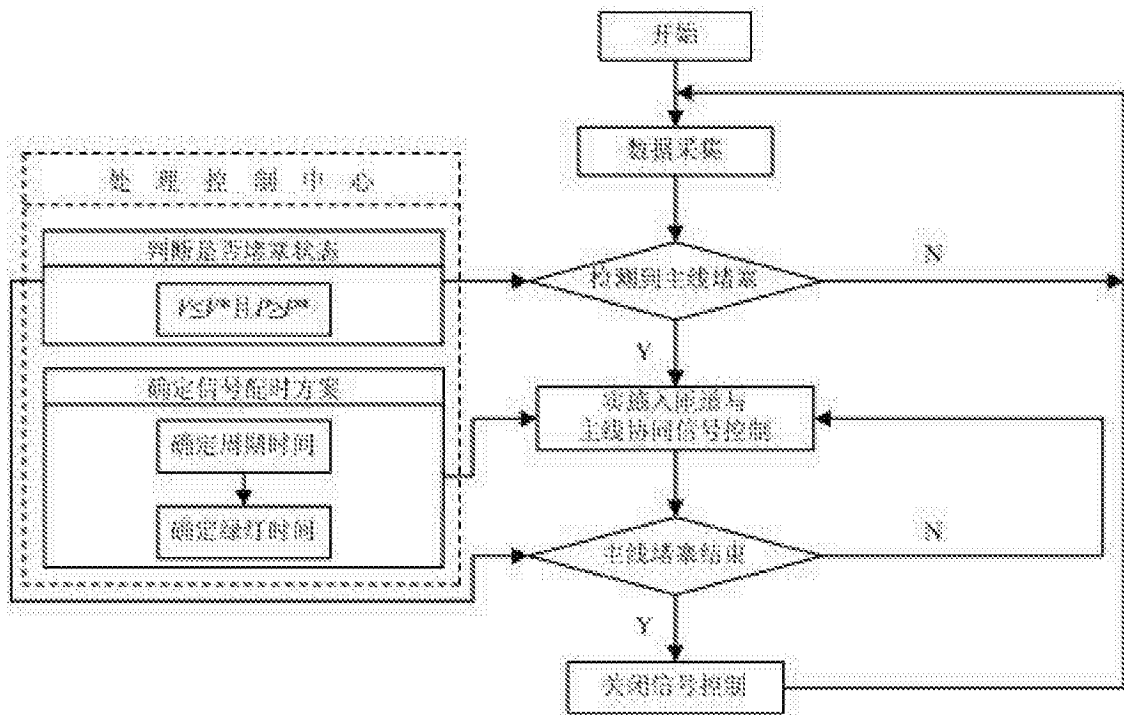


图 2

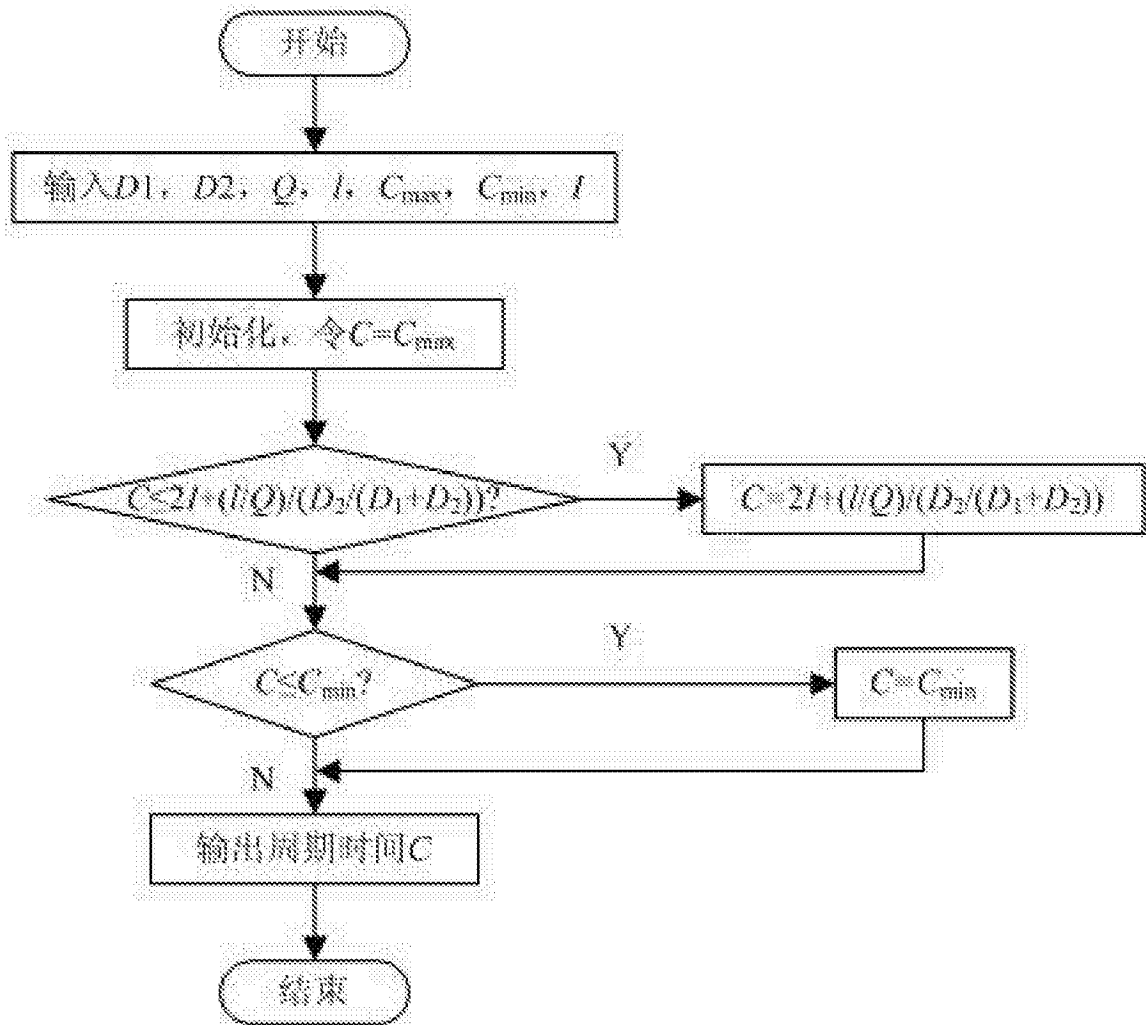


图 3

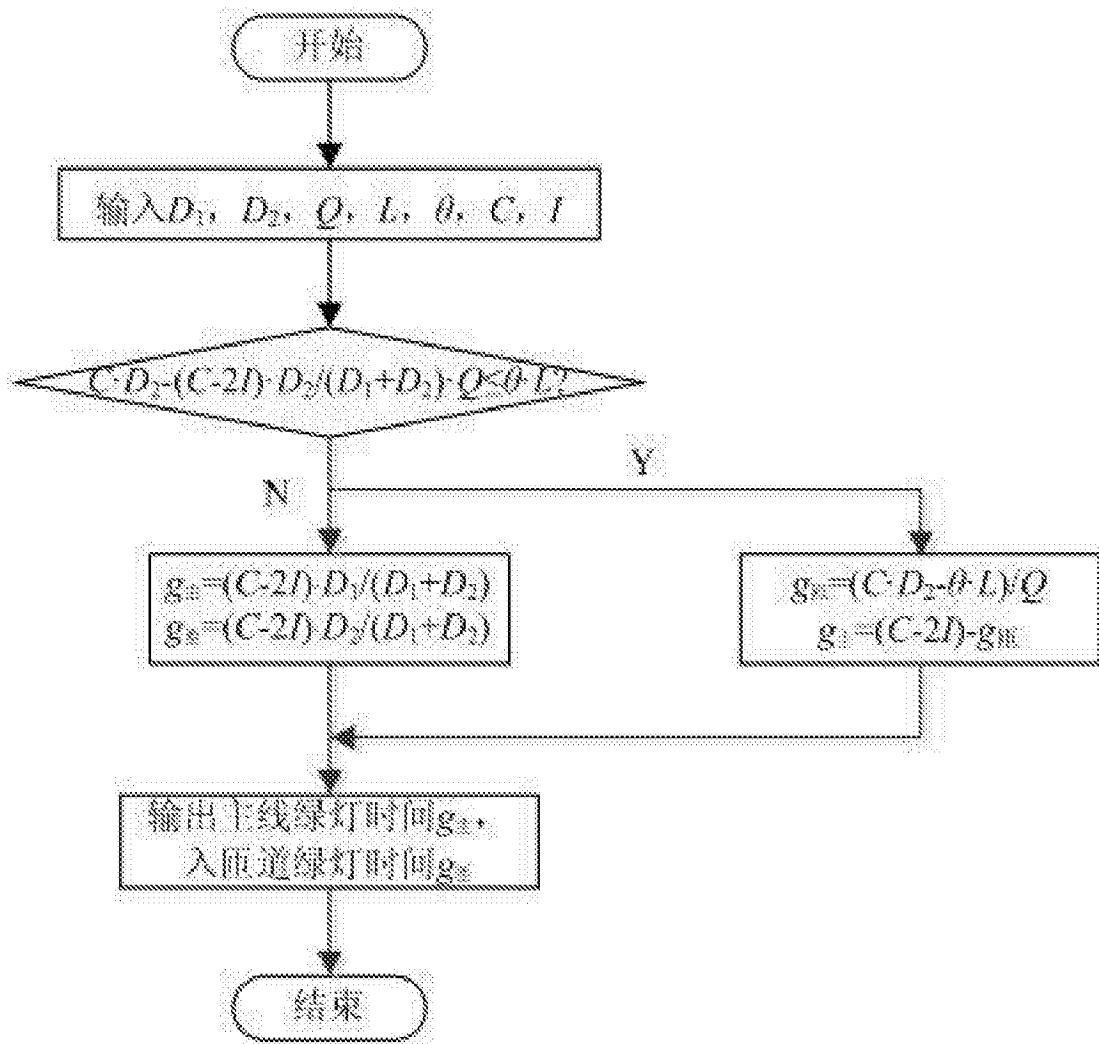


图 4