



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104021683 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 03

(21) 申请号 201410222213. 9

(22) 申请日 2014. 05. 23

(71) 申请人 河北工业大学

地址 300401 天津市北辰区双口镇西平道
5340 号

(72) 发明人 申佳斌 陈亮 高国立 李巧茹
陈选

(74) 专利代理机构 天津翰林知识产权代理事务
所（普通合伙） 12210

代理人 李济群

(51) Int. Cl.

G08G 1/08 (2006. 01)

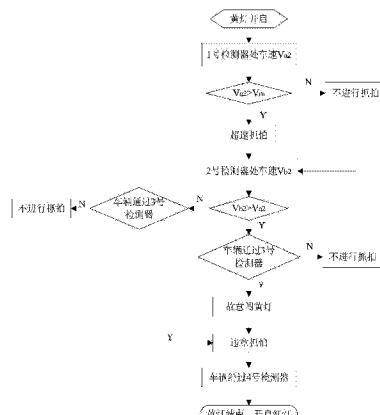
权利要求书3页 说明书12页 附图5页

(54) 发明名称

一种交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法

(57) 摘要

本发明公开一种交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法，该方法基于车辆检测系统，信息传输系统，中央处理系统，前端抓拍系统及信号控制系统，所述车辆检测系统包括1号车辆检测器、2号车辆检测器、3号车辆检测器和4号车辆检测器；其主要步骤如下：第一步，数据采集整理；第二步，设备安装位置及时间参数计算；第三步，设备安装；第四步，绿灯期间车辆行驶状态判别及延时；第五步，黄灯期间车速的二次判别、违章取证及延时和第六步，延时方案调整。本发明方法采用了车辆速度监测、车辆速度二次判别及黄灯时长分割等方法，具有交叉口黄灯的追尾事故率低，可将非驾驶员意愿的闯灯行为“合法化”，交叉口车辆延误率低等特点。



1. 一种交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法,该方法基于以下系统:车辆检测系统,信息传输系统,中央处理系统,前端抓拍系统及信号控制系统,所述车辆检测系统包括1号车辆检测器、2号车辆检测器、3号车辆检测器和4号车辆检测器;其主要步骤如下:

第一步,数据采集整理

(1). 数据采集阶段,选取多个交叉口,测量交叉口的尺寸,利用测速仪采集绿灯结束瞬间交叉口处车辆的运行速度,利用秒表采集车辆行至交叉口的最小车头时距及车辆由停车线行至冲突点的时间;

(2). 数据整理阶段,对第(1)步测得的数据进行分析处理,将采集车辆行至交叉口的车头时距进行整理,选取15%位数据作为车辆的最小车头时距;将车辆行至交叉口的车速进行统计排序,选取85%位车速作为安全时速;

第二步,设备安装位置及时间参数计算

以道路限速数据、车辆的最大减速度、车辆平稳制动减速度、驾驶人制动时间和黄灯最短剩余时间依据,确定1号~4号车辆检测器的安装位置及时间参数;

所述1号车辆检测器安装位置由【1】式计算确定:

$$S_a = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t + \frac{V_m^2}{25.92a_1} \quad 【1】$$

【1】式中, S_a 为1号车辆检测器距停车线的距离;

V_m 为道路限速;

t 为驾驶人制动时间;

a_1 为车辆平稳制动减速度;

所述2号车辆检测器安装位置由【2】式计算确定:

$$S_b = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t + \frac{V_m^2}{25.92a_m} \quad 【2】$$

【2】式中, S_b 为2号车辆检测器距停车线的距离;

V_m 为道路限速;

t 为驾驶人制动时间;

a_m 为车辆平稳制动减速度;

所述3号检测器安装在停车线处;

所述4号车辆检测器安装位置由【4】式计算确定:

$$S_d = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t_3 \quad 【4】$$

【4】式中, S_d 为4号车辆检测器距停车线的距离;

V_m 为道路限速;

t_3 为黄灯最短剩余时间;

黄灯最短剩余时间 t_3 由【5】式计算确定:

$$t_3 = \frac{\Delta L + L_c}{V_m} \quad 【5】$$

【5】式中, t_3 最短黄灯时间 s;

L_c 车辆长度 , 取 4 米 ;

V_m 为道路限速 ;

ΔL 为本相位最后通过停车线的车辆到达冲突点所需的行驶距离与下一相位绿灯头车到达冲突点所需的行驶距离之差 ; 当距离之差为负值时 , 取 0 ;

第三步 , 设备安装

(1). 依据计算得出的所述车辆检测器安放位置安装设备 , 且使车辆检测器的顶部平齐于路面 ;

(2). 设置道路停车线前的待测区 , 提醒驾驶员谨慎驾驶 ;

第四步 , 绿灯期间车辆行驶状态判别及延时

(1). 利用待测区内的 1 号车辆检测器对车辆的车速进行采集记录 , 若车辆速度超过道路限速 , 则开启超速抓拍功能 , 拍照取证 ;

(2). 待绿灯结束前 , 对处于进口车道上待测区的车辆行驶状态进行一次判别 , 如果有车辆的速度大于道路限速 , 对其进行超速抓拍 , 同时放行 ; 当车辆既不能在交叉口停车线前安全停车 , 又无法在绿灯结束前通过停车线 : 即车辆陷入进退两难境地时 , 根据车速信息适时延长绿灯时长 , 当陷入困境车辆通过停车线处的 3 号车辆检测器时 , 信号灯转换为黄灯 ;

(3). 检测出车辆不能安全通过交叉口时 , 绿灯时长延长期间 , 采用闪烁提醒 , 警示后续车辆进行适时地安全减速 ;

(4). 车辆行驶状态采用以下方法一次判别 :

1) $V_{b1} \geq V_m$, 将数据传送至中央处理器 , 判别出车辆可以安全通过交叉口 , 无需进行延时 , 但要对车辆超过道路限速的行为进行抓拍取证 ;

2) $V_m > V_{b1} > V_0$,

① 车辆未采取紧急刹车 , 即车辆不能在停车线前安全停车 , 且不能安全通过交叉口 , 处理器立即将信息反馈到信号灯处 , 将绿灯变为闪烁状态 , 直至绿灯时长结束 , 并对陷入困境车辆的紧后车辆进行统计 , 中央处理器针对不同的统计结果进行判别 , 筛选出相应的延时方案 , 获得相应的延长时长 Δt ; 当陷入困境的最后一辆车通过停车线处 3 号检测器 t_1 秒后 , 开启黄灯 ;

② 车辆采取紧急刹车 ; 检测出车辆不能安全通过交叉口后 , 绿灯变为闪烁状态 , 在 t_2 秒内 , 车辆未通过 3 号检测器 , 系统判别出车辆采取了紧急刹车 , 在停车线前停车 , 绿灯延长时长为 $(t_2 - t_0)$ 秒 ;

3) $V_{b1} \leq V_0$, 将数据传送至中央处理器 , 判别出车辆在绿灯结束前可以在停车线前平稳停车 , 无需进行延时程序 , 采取按正常配时进行信号灯的变换 ;

第五步 , 黄灯期间车速的二次判别、违章取证及延时

(1). 黄灯期间 , 将进入待测区车辆的速度进行判定比较 , 若车辆在待测区域内速度没有减小 , 且在黄灯时长内经过停车线处的 3 号车辆检测器 , 则判别出其存在恶意闯黄灯行为 , 开启闯黄灯抓拍 , 车辆经过 4 号车辆检测器时 , 黄灯时长结束 , 开启红灯 ;

(2). 黄灯期间内 , 车辆通过停车线处 3 号车辆检测器 , 进行闯黄灯抓拍 , 车辆经过 4 号车辆检测器时 , 黄灯时长结束 , 开启红灯 ;

(3) 黄灯期间二次判别、违章取证及延时采用以下方法 :

1) $V_{b2} \geq V_{a2}$, 即车辆在待测区域内不进行安全减速行驶 , 且在黄灯时长内经过停车线处

3号检测器时,系统判别车辆存在恶意闯黄灯行为,对此车辆开启闯黄灯抓拍;

2) $V_{b2} < V_{a2}$, 车辆为正常减速行驶,在黄灯时长内车辆通过3号检测器处,对其进行违章抓拍;未通过3号检测器处,无需对其进行处罚;

3) 黄灯时长调整,车辆通过停车线处3号检测器,除对其进行黄灯违章抓拍外,需对黄灯时长进行调整,避免其通过交叉口时发生侧向碰撞,保证其安全通过交叉口,当车辆经过4号检测器时,黄灯时长结束,开启红灯;

第六步,延时方案调整

在较少车辆不能安全通过交叉口的情况下,对黄灯时长进行分割,分为延长的绿灯时间和调整后的黄灯时长,将时间利用率提升的同时,保证车辆安全通过交叉口;当较多车辆不能安全通过交叉口时,延长的绿灯时间为整个信号周期的延长时间;

(1) 绿灯时期内的延时调整

1) 防尾撞延时检测程序开启时间段内,检测出不能安全通过的车辆在 t_2 秒时刻内未通过3号检测器处,系统判别出车辆所采取的行径是紧急刹车,则无需对其进行必要的延时,尽管如此,但由于 $t_2 > t_0$,因此绿灯需进行一定的延时,延长部分为 $(t_2 - t_0)$ 秒;

2) 当检测出的不能安全通过交叉口仅为一辆车时,依据延时规则车辆的感应时间通过车辆行进情况进行确定,紧后车辆模糊控制时间为 t_1 秒;

3) 当检测出不能安全通过交叉口车辆大于一辆时,车辆的感应时间确立需以最后通过3号检测器的车辆为准,对其紧后车辆模糊控制时间为 t_1 秒;

(2) 黄灯分割设计

在分割黄灯的时间上,将延长时长与黄灯时长进行比较,参见【6】式:

$$\Delta t = t_4 - t_3 \quad 【6】$$

1) 当延长绿灯时长小于等于 Δt 时,将黄灯进行划分为绿灯延长部分和剩余黄灯时长;

2) 当延长绿灯时长大于 Δt 时,采取整个信号周期的延长,以保证驾驶员的安全。

一种交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法

技术领域

[0001] 本发明涉及交通信号控制领域，特别涉及到一种交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法。

技术背景

[0002] 交叉口的抓拍系统主要功能是实现交叉口在无人值守的情况下对违法违规车辆进行抓拍取证，为公安交通管理部门对违法车辆进行处罚提供可靠依据。信号灯黄灯的作用是提醒司机将要由绿灯变为红灯，注意速度，及时停车。新《道路交通安全法》自实施以来，受到社会广泛关注，针对闯黄灯扣分的规定，公众普遍认为设置不合理。接近停止线的车辆遇黄灯时为避免闯黄灯违法进行急刹车则易造成追尾事故，若通过停止线则会造成违章，使驾驶员处于进退两难的境地。CN201120550060.2 公开了一种基于视频检测的路口智能信号控制系统，在交叉口增加一组摄像机获取交叉口进口道车辆驶近停车线的视频录像，如发现车辆处于进退两难境地时则延长黄灯 1s，如发现车辆闯红灯则对违法车辆进行抓拍；CN201310044779.2 报道了一种交叉口闯黄灯违章车辆的自动抓拍分析方法，该方法在距离交叉口红灯停车线以内停车视距 L 处设置黄灯停车线并安装自动抓拍系统，根据多方面信息融合计算来确定车辆闯黄灯行为是否存在；CN201210557630.X 披露了一种取证驾驶员是否故意闯黄灯的方法，该方法增设一台黄灯期间后视摄像机并在其中设置一条虚拟检测线，电子抓拍系统抓拍所有通过停车线和虚拟检测线的车辆，若一辆车同时出现 2 张抓拍图片，则可判定其为“故意闯黄灯”；否则，鉴别其为“非故意闯黄灯”。

[0003] 闯黄灯的违规行为发生在极短的时间内，车主自身也不能完全确认是否存在违规行为，交警在处罚时易引起纠纷，并且黄灯时间较为短暂，工作人员拦截困难，对其人身安全构成威胁。目前基于地感线圈的抓拍技术已较为成熟，能够很好的完成车辆闯红灯抓拍工作。但目前市面上的闯红灯抓拍系统仅在红灯亮时候开启，能够完成对车辆闯红灯的抓拍，而在黄灯亮时不能对车辆闯黄灯行为进行抓拍，无法为闯黄灯执法处罚提供可靠依据。且现有抓拍系统仅在车辆违法瞬间进行抓拍记录，不能对车辆是否故意违法进行判定。

[0004] 一般黄灯时间较短，如车辆到达交叉口时速度较快，在黄灯期间紧急制动，易造成后方车辆发生追尾事故，威胁驾驶员及乘客安全。现有交叉口信号灯系统采用固定配时方案，或是按时间段自动调整配时。一些车辆在绿灯时长结束末端、甚至黄灯期间会加速行驶通过交叉口，车速较快，极有可能超过交叉口限速。现有道路测速抓拍多采用雷达测速装置，仅对车辆超速行为进行抓拍，而不能在违章车辆在超速进入交叉口之前根据当时信号灯配时情况以及车辆的行驶速度等信息对交叉口信号灯配时进行实时调整，避免闯黄（红）灯或超速车辆与其它车辆发生碰撞。

发明内容

[0005] 针对现有技术的不足，本发明拟解决的技术问题是，提供一种交叉口黄灯抓拍的

自适应信号配时方法。该方法通过对故意闯黄灯或超速车辆的抓拍，依据闯黄灯或超速车辆的车速对信号灯配时进行动态调整，以为交通执法提供依据，减少交通事故的发生。

[0006] 本发明解决所述技术问题的技术方案是：设计一种交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法，该方法基于以下系统：车辆检测系统，信息传输系统，中央处理系统，前端抓拍系统及信号控制系统，所述车辆检测系统包括1号车辆检测器、2号车辆检测器、3号车辆检测器和4号车辆检测器；其主要步骤如下：

[0007] 第一步，数据采集整理

[0008] (1). 数据采集阶段，选取多个交叉口，测量交叉口的尺寸，利用测速仪采集绿灯结束瞬间交叉口处车辆的运行速度，利用秒表采集车辆行至交叉口的最小车头时距及车辆由停车线行至冲突点的时间；

[0009] (2). 数据整理阶段，对第(1)步测得的数据进行分析处理，将采集车辆行至交叉口的车头时距进行整理，选取15%位数据作为车辆的最小车头时距；将车辆行至交叉口的车速进行统计排序，选取85%位车速作为安全时速；

[0010] 第二步，设备安装位置及时间参数计算

[0011] 以道路限速数据、车辆的最大减速度、车辆平稳制动减速度、驾驶人制动时间和黄灯最短剩余时间依据，确定1号-4号车辆检测器的安装位置及时间参数；

[0012] 所述1号车辆检测器安装位置由【1】式计算确定：

$$[0013] S_a = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t + \frac{V_m^2}{25.92a_1} \quad 【1】$$

[0014] 【1】式中， S_a 为1号车辆检测器距停车线的距离；

[0015] V_m 为道路限速；

[0016] t 为驾驶人制动时间；

[0017] a_1 为车辆平稳制动减速度；

[0018] 所述2号车辆检测器安装位置由【2】式计算确定：

$$[0019] S_b = \frac{1}{3.6} V_m \times t + \frac{V_m^2}{25.92a_m} \quad 【2】$$

[0020] 【2】式中， S_b 为2号车辆检测器距停车线的距离；

[0021] V_m 为道路限速；

[0022] t 为驾驶人制动时间；

[0023] a_m 为车辆平稳制动减速度；

[0024] 所述3号检测器安装在停车线处；

[0025] 所述4号车辆检测器安装位置由【4】式计算确定：

$$[0026] S_d = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t_3 \quad 【4】$$

[0027] 【4】式中， S_d 为4号车辆检测器距停车线的距离；

[0028] V_m 为道路限速；

[0029] t_3 为黄灯最短剩余时间；

[0030] 黄灯最短剩余时间 t_3 由【5】式计算确定：

$$[0031] t_3 = \frac{\Delta L + L_c}{V_m} \quad \text{【5】}$$

[0032] 【5】式中, t_3 最短黄灯时间 s ;

[0033] L_c 车辆长度, 取 4 米;

[0034] V_m 为道路限速;

[0035] ΔL 为本相位最后通过停车线的车辆到达冲突点所需的行驶距离与下一相位绿灯头车到达冲突点所需的行驶距离之差;当距离之差为负值时,取 0 ;

[0036] 第三步,设备安装

[0037] (1). 依据计算得出的所述车辆检测器安放位置安装设备,且使车辆检测器的顶部平齐于路面;

[0038] (2). 设置道路停车线前的待测区,提醒驾驶员谨慎驾驶;

[0039] 第四步,绿灯期间车辆行驶状态判别及延时

[0040] (1). 利用待测区内的 1 号车辆检测器对车辆的车速进行采集记录,若车辆速度超过道路限速,则开启超速抓拍功能,拍照取证;

[0041] (2). 待绿灯结束前,对处于进口车道上待测区的车辆行驶状态进行一次判别,如果有车辆的速度大于道路限速,对其进行超速抓拍,同时放行;当车辆既不能在交叉口停车线前安全停车,又无法在绿灯结束前通过停车线:即车辆陷入进退两难境地时,根据车速信息适时延长绿灯时长,当陷入困境车辆通过停车线处的 3 号车辆检测器时,信号灯转换为黄灯;

[0042] (3). 检测出车辆不能安全通过交叉口时,绿灯时长延长期间,采用闪烁提醒,警示后续车辆进行适时地安全减速;

[0043] (4). 车辆行驶状态采用以下方法一次判别:

[0044] 1) $V_{b1} \geq V_m$,将数据传送至中央处理器,判别出车辆可以安全通过交叉口,无需进行延时,但要对车辆超过道路限速的行为进行抓拍取证;

[0045] 2) $V_m > V_{b1} > V_0$,

[0046] ①车辆未采取紧急刹车,即车辆不能在停车线前安全停车,且不能安全通过交叉口,处理器立即将信息反馈到信号灯处,将绿灯变为闪烁状态,直至绿灯时长结束,并对陷入困境车辆的紧后车辆进行统计,中央处理器针对不同的统计结果进行判别,筛选出相应的延时方案,获得相应的延长时长 Δt ;当陷入困境的最后一辆车通过停车线处 3 号检测器 t_1 秒后,开启黄灯;

[0047] ②车辆采取紧急刹车;检测出车辆不能安全通过交叉口后,绿灯变为闪烁状态,在 t_2 秒内,车辆未通过 3 号检测器,系统判别出车辆采取了紧急刹车,在停车线前停车,绿灯延长时长为 $(t_2 - t_0)$ 秒;

[0048] 3) $V_{b1} \leq V_0$,将数据传送至中央处理器,判别出车辆在绿灯结束前可以在停车线前平稳停车,无需进行延时程序,采取按正常配时进行信号灯的变换;

[0049] 第五步,黄灯期间车速的二次判别、违章取证及延时

[0050] (1). 黄灯期间,将进入待测区车辆的速度进行判定比较,若车辆在待测区域内速度没有减小,且在黄灯时长内经过停车线处的 3 号车辆检测器,则判别出其存在恶意闯黄灯行为,开启闯黄灯抓拍,车辆经过 4 号车辆检测器时,黄灯时长结束,开启红灯;

[0051] (2). 黄灯期间内, 车辆通过停车线处 3 号车辆检测器, 进行闯黄灯抓拍, 车辆经过 4 号车辆检测器时, 黄灯时长结束, 开启红灯;

[0052] (3) 黄灯期间二次判别、违章取证及延时采用以下方法:

[0053] 1) $V_{b2} \geq V_{a2}$, 即车辆在待测区域内不进行安全减速行驶, 且在黄灯时长内经过停车线处 3 号检测器时, 系统判别车辆存在恶意闯黄灯行为, 对此车辆开启闯黄灯抓拍;

[0054] 2) $V_{b2} < V_{a2}$, 车辆为正常减速行驶, 在黄灯时长内车辆通过 3 号检测器处, 对其进行违章抓拍; 未通过 3 号检测器处, 无需对其进行处罚;

[0055] 3) 黄灯时长调整, 车辆通过停车线处 3 号检测器, 除对其进行黄灯违章抓拍外, 需对黄灯时长进行调整, 避免其通过交叉口时发生侧向碰撞, 保证其安全通过交叉口, 当车辆经过 4 号检测器时, 黄灯时长结束, 开启红灯;

[0056] 第六步, 延时方案调整

[0057] 在较少车辆不能安全通过交叉口的情况下, 对黄灯时长进行分割, 分为延长的绿灯时间和调整后的黄灯时长, 将时间利用率提升的同时, 保证车辆安全通过交叉口; 当较多车辆不能安全通过交叉口时, 延长的绿灯时间为整个信号周期的延长时间;

[0058] (1) 绿灯时期内的延时调整

[0059] 1) 防尾撞延时检测程序开启时间段内, 检测出不能安全通过的车辆在 t_2 秒时刻内未通过 3 号检测器处, 系统判别出车辆所采取的行径是紧急刹车, 则无需对其进行必要的延时, 尽管如此, 但由于 $t_2 > t_0$, 因此绿灯需进行一定的延时, 延长部分为 $(t_2 - t_0)$ 秒;

[0060] 2) 当检测出的不能安全通过交叉口仅为一辆车时, 依据延时规则车辆的感应时间通过车辆行进情况进行确定, 紧后车辆模糊控制时间为 t_1 秒;

[0061] 3) 当检测出不能安全通过交叉口车辆大于一辆时, 车辆的感应时间确立需以最后通过 3 号检测器的车辆为准, 对其紧后车辆模糊控制时间为 t_1 秒;

[0062] (2) 黄灯分割设计

[0063] 在分割黄灯的时间上, 将延长时长与黄灯时长进行比较, 参见【6】式:

$$\Delta t = t_4 - t_3 \quad 【6】$$

[0065] 1) 当延长绿灯时长小于等于 Δt 时, 将黄灯进行划分为绿灯延长部分和剩余黄灯时长;

[0066] 2) 当延长绿灯时长大于 Δt 时, 采取整个信号周期的延长, 以保证驾驶员的安全。

[0067] 与现有技术相比, 本发明方法由于采用了车辆速度监测、车辆速度二次判别及黄灯时长分割等方法, 因而具有交叉口黄灯的追尾事故率低, 可将非驾驶员意愿的闯灯行为“合法化”, 交叉口车辆延误率低等特点。

附图说明

[0068] 图 1 为本发明所述交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法的绿灯期间车辆行驶状态判别及延时流程图。在图 1 中: 信号周期开始, 测量车辆通过 1 号检测器 a 时的速度为 V_{a1} , 若大于交叉口道路限速 V_m , 则开启抓拍系统进行超速抓拍; 黄灯前 t_0 s 开启 2 号检测器 b, 测量车辆经过 2 号检测器 b 时的车速 V_{b1} , 若大于交叉口道路限速 V_m , 则开启抓拍系统进行超速抓拍, 并采用正常信号配时, 若小于交叉口道路限速, 则继续与安全时速 V_0 比较, 若小于 安全时速 V_0 , 则采用正常信号配时, 若大于安全时速 V_0 , 则延长绿灯时长, 绿灯变为

闪烁状态,若车辆在 t_2S 内通过 3 号检测器 c,则在车辆通过 3 号检测器 ct_1S 后,结束绿灯延时,若车辆未在 t_2S 内通过 3 号检测器 c,则绿灯时长延长 $(t_2-t_0)S$ 后结束绿灯延时;若绿灯延长时长大于等于 2S,则黄灯时长不变,整个信号周期增加绿灯延长部分时长,若小于 2S,则原黄灯时长缩短绿灯延长的时长后的剩余时长为现黄灯时长。

[0069] 图 2 为本发明所述交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法的黄灯期间车速的二次判别、违章取证及延时流程图。在图 2 中:黄灯开启后,检测 1 号检测器 a 处车辆速度为 V_{a2} ,若大于交叉口道路限速 V_m ,则开启抓拍系统进行超速抓拍;检测车辆经过 2 号检测器 b 的速度为 V_{b2} ,若 $V_{b2} > V_{a2}$,且通过 3 号检测器 c,则判定为故意闯黄灯,进行闯黄灯抓拍,若 $V_{b2} < V_{a2}$ 且通过 3 号检测器 c,则进行违章抓拍,未通过 3 号检测器 c 不进行抓拍;车辆通过 4 号检测器 d,黄灯结束,开启红灯。

[0070] 图 3 为本发明所述交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法的示意图。

[0071] 图 4 为本发明所述交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法设计的车辆检测器布置示意图。

[0072] 图 5 为临近交叉口车辆车速频率累计曲线图。

[0073] 图 6 为临近交叉口车辆车头时距频率累计曲线图。

具体实施方式

[0074] 本发明设计的交叉口黄灯抓拍的自适应信号配时方法(简称方法,参见图 1-6),主要基于以下系统和步骤:该系统包括公知的车辆检测系统 100、信息传输系统 200、中央处理系统 300、前端抓拍系统 400 及信号控制系统 500。其中,信号检测系统 100 主要采用车辆检测器采集记录进入待测区车辆的车型、速度、数量信息。信息传输系统 200 为无线传输负责将信号检测系统 100 检测到的车辆信息传输至中央处理器 300,中央处理器对数据进行融合,经由传输系统将处理结果传输至前端抓拍系统 400 和信号控制系统 500 来完成车辆的违法抓拍及交叉口信号灯的控制。所述车辆检测系统包括 1 号车辆检测器(简称检测器,余同)a、2 号车辆检测器 b、3 号车辆检测器 c 和 4 号车辆检测器 d。1 号检测器 a 安装在交叉口前距离停车线 S_a 处,2 号检测器 b 安装在交叉口前距离停车线 S_b 处,3 号检测器 c 安装在交叉口进口道停车线处,4 号检测器 d 安装在交叉口内距离本侧进口道停车线 S_d 处。以上所述车辆检测系统 100、信息传输系统 200、中央处理系统 300、前端抓拍系统 400 及信号控制系统 500 均为现有技术,或经非本质改进重组后构成。

[0075] 本发明方法的步骤具体包括:

[0076] 第一步,数据采集整理

[0077] 1. 数据采集阶段,选取多个交叉口,测量交叉口的尺寸,利用雷达测速仪采集黄灯期间临近交叉口车辆的行驶速度,部分数据列于表 1。

[0078] 表 1 临近交叉口车辆行驶速度

[0079]

序号	速度(Km/h)	序号	速度(Km/h)	序号	速度(Km/h)
1	30	11	20	21	31
2	42	12	23	22	37
3	35	13	24	23	34
4	27	14	29	24	31
5	38	15	27	25	31
6	26	16	19	26	21
7	19	17	22	27	23
8	27	18	31	28	26
9	32	19	21	29	34
10	28	20	30	30	25

[0080] 利用秒表采集车辆行至交叉口的最小车头时距,部分数据列于表 2。

[0081] 表 2 临近交叉口车辆车头时距

[0082]

序号	车头时距	序号	车头时距	序号	车头时距
1	4.43	11	28.1	21	20.68
2	8.17	12	2.99	22	24.7
3	13.57	13	7.02	23	5.62
4	17.74	14	10.44	24	8.71
5	21.22	15	15.4	25	11.25
6	27.02	16	19.5	26	14.18
7	34.45	17	22.59	27	17.97
8	38.48	18	27.94	28	25.43
9	6.75	19	31.71	29	5.88
10	12.43	20	4.13	30	9

[0083] 2. 数据整理阶段,对交叉口数据进行分析处理

[0084] 1) 临近交叉口车辆行驶速度选取

[0085] 将实测数据按设计的间隔分组,凡位于同一组的速度值都认为其速度值为该分组的中值速度,然后求各组车速数量及频率,将其列表(即分布表 3)。为了不使一个数据同时跨越两个分组,各组分界值应是实测单位下移一位的中值。如实测值单位为 Km/h 时分界值应为 0.5Km/h,这样每一实测值只可位于一个固定组。将上述表 1 中的速度累计,绘成车速累计频率曲线图(参见图 5)。

[0086] 表 3 临近交叉口车辆行驶速度分布表

[0087]

速度范围 (Km/h)	中位速度 (Km/h)	累计观测车辆数及累计频率	
		次数	频率 (%)
16.5~19.5	18	11	5.5
19.5~22.5	21	27	13.5
22.5~25.5	24	43	21.5
25.5~28.5	27	75	37.5
28.5~31.5	30	114	57
31.5~34.5	33	149	74.5
34.5~37.5	36	175	87.5
37.5~40.5	39	184	92
40.5~43.5	42	192	96
43.5~46.5	45	200	100

[0088] 依据表 3 绘成的速度频率累计曲线图（参见图 5），可获得车辆可在道路停车线内安全停车速，即安全时速（取 85% 车速）为 36Km/h。

[0089] 2) 车头时距选取

[0090] 将实测数据按设计的间隔分组，凡位于同一组的车头时距值都认为其值为该分组的中值，然后求各组车头时距值的数量及频率，将其列表即为分布表 4。

[0091] 表 4 临近交叉口车辆车头时距分布表

[0092]

车头时距范围 (s)	中位时间 (s)	累计时距数	累计频率 (%)
0-0.24	0.12	4	7.27
0.24-0.48	0.36	18	32.73
0.48-0.72	0.60	33	60.00
0.72-0.96	0.84	45	81.82
0.96-1.2	1.08	46	83.64
1.2-1.44	1.32	53	96.36
1.44-1.68	1.56	53	96.36
1.68-1.92	1.80	54	98.18
1.92-2.16	2.04	55	100.00
2.16-2.4	2.28	55	100.00

[0093] 依据表 4 绘成的车头时距频率累计曲线图（参见图 6），选取 15% 位车头时距，可获得车辆最小车头时距 t_1 为 0.26s。

[0094] 第二步，检测器安装位置及时间参数计算

[0095] 依据数据道路限速 V_m ，车辆的最大减速度 a_m ，车辆平稳制动减速度 a_1 ，驾驶人制动时间 t ，黄灯最短剩余时间为 t_3 等参数，确定车辆制动距离。根据汽车理论知识，不同减速度情况下，车辆以平稳减速度制动距离公式为【1】式：

$$[0096] S_a = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t + \frac{V_m^2}{25.92a_1} \quad 【1】$$

[0097] 【1】式中， S_a 为 1 号检测器 a 距停车线的距离；

[0098] V_m 为道路限速；

[0099] t 为驾驶人制动时间；

[0100] a_1 为车辆平稳制动减速度。

[0101] 车辆以最大减速度制动距离公式为【2】式：

$$[0102] S_b = \frac{1}{3.6} V_m \times t + \frac{V_m^2}{25.92 a_m}$$

【2】

[0103] 【2】式中, S_b 为 2 号检测器 b 距停车线的距离；

[0104] V_m 为道路限速；

[0105] t 为驾驶人制动时间；

[0106] a_m 为车辆平稳制动减速度。

[0107] 3 号检测器安装在交叉口进口道停车线处；

[0108] 4 号检测器距离停车线的距离公式为【3】式：

$$[0109] S_d = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t_3$$

【3】

[0110] 【3】式中, S_d 为 4 号检测器 d 距停车线的距离；

[0111] V_m 为道路限速；

[0112] t_3 为黄灯最短剩余时间。

[0113] 黄灯最短剩余时间为 t_3 , 是依据下一相位绿灯头车与本相位延时绿灯末的尾车之间最有可能发生冲突的情况确定的, 当下一相位的绿灯启亮时刻, 停车线前没有排队的车辆, 此时刚好有一辆车以设计行驶速度 V_m 驶近交叉口, 在没有减速停车的情况下直接通过交叉口, 该时所需的进入时间最小。进入时间是由进入距离除以道路限速 V_m 。黄灯最短剩余时间公式为【4】式：

$$[0114] t_3 = \frac{\Delta L + L_c}{V_m} \times 3600$$

【4】

[0115] 【4】式中, t_3 为最短黄灯时间；

[0116] L_c 车辆长度, 取 4 米；

[0117] ΔL 为本相位最后通过停车线的车辆到达冲突点所需的行驶距离与下一相位绿灯头车到达冲突点所需的行驶距离之差中的最大值; 当为负值时, 取 0。

[0118] 1. 待测区域参数选定

[0119] 车辆最大减速的 a_m 会随路面的变化而发生改变, 最大减速度由【5】式计算得出：

[0120]

$$a_m = \varphi \cdot g$$

【5】

[0121] 【5】式中, a_m 为车辆最大减速；

[0122] φ 为峰值附着系数；

[0123] g 为重力加速度。

[0124] 其中 φ 为峰值附着系数, 不同路面的峰值附着系数如表 5 所示。

[0125] 表 5 不同路面的峰值附着系数

[0126]

路面	峰值附着系数	滑动附着系数
沥青或混凝土	0.8~0.9	0.75
沥青(湿)	0.5~0.7	0.45~0.6
混凝土(湿)	0.7	0.7
砾石	0.6	0.55
土路(干)	0.68	0.65

[0127] 通过研究实际生活中驾驶人的驾驶行为得到,90%的驾驶员会以不大于 a_1 ($a_1 = 3.4 \text{m/s}^2$) 的最佳减速速度减速,即平稳减速速度 a_1 为 3.4m/s^2 。根据路面情况选定路面峰值附着系数 φ 为 0.7,交叉口道路限速 V_m 为 40Km/h,车辆制动时间为 1.5s。

[0128] 1) 车辆以 a_m 制动时的制动距离为

$$[0129] a_m = 7 \text{m/s}^2$$

[0130]

$$S_b = \frac{1}{3.6} \times 40 \times 1.5 + \frac{40^2}{25.92 \times 7} \approx 25(\text{米})$$

[0131] 2) 车辆以 a_1 制动时的制动距离为

[0132]

$$S_a = \frac{1}{3.6} \times 40 \times 1.5 + \frac{40^2}{25.92 \times 3.4} \approx 34(\text{米})$$

[0133] 2. 车辆经过 2 号检测器 b 时,可在道路停车线内安全停车,车速 V_0 即安全时速,为 36Km/h。

[0134] 3. 延时检测程序开启时间的确立

[0135] 延时检测程序开启时间为绿灯结束前的 t_0 s,确保在此时间段内,当车辆以小于道路限速的车速行驶时不能安全通过交叉口,即

$$[0136] t_0 = \frac{25}{40} \times 3.6 = 2.25s$$

[0137] 4. 时间参数设定

[0138] 正常行驶状态下最小车头时距 t_1 ,根据实测,选取 15% 位数据作为车辆最小车头时距, t_1 选取为 0.26s;

[0139] 车辆以 V_0 在 2 号、3 号检测器 b, c 间行驶所需时间为 t_2 秒:

$$[0140] t_2 = \frac{25}{36} \times 3.6 = 2.50s$$

[0141] 计算黄灯最短剩余时间为 t_3 , ΔL 取 10m。

$$[0142] t_3 = \frac{\Delta L + L_c}{V_m} \times 3600 = 1.26s$$

$$[0143] S_d = \frac{1}{3.6} \times V_m \times t_3 = 14m$$

[0144] 第三步,设备安装

[0145] 1. 依据得出的检测器安放位置进行设备安装,在安放处需要将路面挖出直径

90mm 高度 104mm 孔槽, 将倒置的车辆检测仪正置放入孔中, 如果车辆检测仪顶部低于路面, 需要在底部垫细沙; 如果高于路面, 说明孔的深度不够, 和路面齐平以后, 用专用挤条固定。

[0146] 2. 设置道路停车线前的待测区, 提醒驾驶员谨慎驾驶。

[0147] 第四步, 绿灯期间车辆行驶状态判别及延时

[0148] 1. 车辆速度的检测

[0149] 1 号检测器 a 在信号周期内处于常开状态, 记录车辆经过 1 号检测器 a 处的车速为 V_a ; 绿灯时长结束前的 t_0 秒, 开启防尾撞延时检测程序, 开启 2 号检测器 b, 记录车辆经过 2 号检测器 b 的车速 V_{b1} 。速度的检验方式采用双向车道的进口道同时进行速度检测, 协同参与延时工作。

[0150] 2. 超速抓拍及信号系统的自适应式调整

[0151] 车速 $V_{a1} > V_m$ 时, 车辆超速行驶, 开启超速抓拍。

[0152] 第一相位: 绿灯结束前 t_0 秒, 2 号检测器 b 检测出的车速状态分为:

[0153] 1) $V_{b1} \geq V_m$, 将数据传送至中央处理器, 判别出车辆可以安全通过交叉口, 无需进行延时, 但要对车辆超过道路限速的行为进行抓拍取证;

[0154] 2) $V_m > V_{b1} > V_0$,

[0155] ① 车辆未采取紧急刹车

[0156] 将数据传送至中央处理器, 判别出车辆陷入困境, 即车辆不能在停车线前安全停车, 且不能安全通过交叉口, 处理器立即将信息反馈到信号灯处, 将绿灯变为闪烁状态, 直至绿灯时长结束, 并对陷入困境车辆的紧后车辆进行统计, 中央处理器针对不同的统计结果进行判别, 筛选出相应的延时方案, 获得相应的延长时长 Δt ; 当陷入困境的最后一辆车通过停车线处 3 号检测器 c t_1 秒后, 开启黄灯;

[0157] ② 车辆采取紧急刹车

[0158] 检测出车辆不能安全通过交叉口后, 绿灯变为闪烁状态, 在 t_2 秒内, 车辆未通过 3 号检测器 c, 系统判别出车辆采取了紧急刹车, 在停车线前停车, 绿灯延长时长为 $(t_2 - t_0)$ 秒。

[0159] 3) $V_{b1} \leq V_0$, 将数据传送至中央处理器, 判别出车辆在绿灯结束前可以在停车线前平稳停车, 无需进行延时程序, 采取按正常配时进行信号灯的变换。

[0160] 第五步, 黄灯期间车速的二次判别及违章取证

[0161] 1. 黄灯期间, 1 号检测器 a 记录车辆经过 1 号检测器的车速 V_{a2} , 2 号检测器 b 记录车辆经过 2 号检测器的车速 V_{b2} , 将数据传送至中央处理器进行两者判定比较;

[0162] 1) $V_{b2} \geq V_{a2}$, 即车辆在待测区域内不进行安全减速行驶, 且在黄灯时长内经过停车线处 3 号检测器 c 时, 系统判别车辆存在恶意闯黄灯行为, 对此车辆开启闯黄灯抓拍;

[0163] 2) $V_{b2} < V_{a2}$, 车辆为正常减速行驶, 在黄灯时长内车辆通过 3 号检测器 c 处, 对其进行违章抓拍; 未通过 3 号检测器 c 处, 无需对其进行处理。

[0164] 2. 黄灯时长调整, 车辆通过停车线处 3 号检测器 c, 除对其进行黄灯违章抓拍外, 需对黄灯时长进行调整, 避免其通过交叉口时发生侧向碰撞, 保证其安全通过交叉口, 当车辆经过 4 号检测器 d 时, 黄灯时长结束, 开启红灯。

[0165] 第六步, 延时方案确立

[0166] 延时方案是为保证驾驶人员自身安全和达到时间的最大利用, 因此需要对延时部

分进行合理划分。绿灯延时系统分为车辆感应时间和紧后车辆模糊控制时间。车辆感应时间是为确保检测出不能安全通过交叉口的车辆在绿灯结束前通过 3 号检测器 c，车辆在 2 号检测器 b 与 3 号检测器 c 间行驶所需延长的绿灯时间，需根据车辆实时行进情况决定；紧后车辆模糊控制时间的设置是为了防范紧后车辆跟进、通过 3 号检测器 c，时间设定为 t_1 秒，依据实测数据选取 15% 车头时距。

[0167] 中央处理系统需要依据不同的车辆行驶状况类型，对时长的划分进行合理化选择：

[0168] 1. 绿灯时期内的延时调整

[0169] 1) 防尾撞延时检测程序开启时间段内，检测出不能安全通过的车辆在 t_2 秒时刻内未通过检测器 c 处，系统判别出车辆所采取的行径是紧急刹车，则无需对其进行必要的延时，尽管如此，但由于 $t_2 > t_0$ ，因此绿灯需进行一定的延时，延长部分为 $(t_2 - t_0)$ 秒；

[0170] 2) 当检测出的不能安全通过交叉口仅为一辆车时，依据延时规则车辆的感应时间通过车辆行进情况进行确定，紧后车辆模糊控制时间为 t_1 秒；

[0171] 3) 当检测出不能安全通过交叉口车辆大于一辆时，车辆的感应时间确立需以最后通过检测器 c 的车辆为准，对其紧后车辆模糊控制时间为 t_1 秒。

[0172] 2. 黄灯分割设计

[0173] 交通规则中，设计黄灯时间的目的是在保证交通安全前提下实现交通效率最大化，作为信号灯的组成部分，黄灯是信号控制中的绿灯向红灯的过渡信号，黄灯亮，意在提示驾驶人准备停车或在红灯亮前通过停止线。

[0174] 选取黄灯时长为 3s，在对黄灯进行分割处理情况下，黄灯剩余最短时间 t_3 ，是为避免下一相位绿灯头车与本相位延时绿灯末的尾车之间最有可能发生的碰撞的情况而设立的，在交叉口实际运行情况中，由于受到车辆排队的影响，下一相位信号灯由红灯变成绿灯时，绿灯头车的情况是从静止状态开始加速通过交叉口，并且驾驶员看到绿灯亮时，还需有一段反应与操作的时间，实际情况下的头车到达冲突点的时间往往要大于 t_3 ，如果按照车辆的静止状态计算车辆的进入时间会存在侧撞的安全隐患，因此黄灯最短剩余时间避免了车辆通过交叉口时发生侧方碰撞。

[0175] 在分割黄灯的时长上，将延长时长与黄灯时长进行比较，参见【6】式：

[0176] $\Delta t = 3 - t_3$ 【6】

[0177] 1) 当延长绿灯时长小于等于 Δt 时，将黄灯进行划分为绿灯延长部分和剩余黄灯时长；

[0178] 2) 当延长绿灯时长大于 Δt 时，采取整个信号周期的延长，以保证驾驶员的安全。

[0179] 调整后的黄灯时长：即当陷入困境车辆通过检测器处信号灯变换为红灯时，进入下一相位，防止车辆发生侧方碰撞，保证车辆安全，减少交叉口事故，黄灯的分割在一定程度上可减少车辆延误。后续相位系统运行情况同第一相位。

[0180] 本发明未述及之处适用于现有技术。

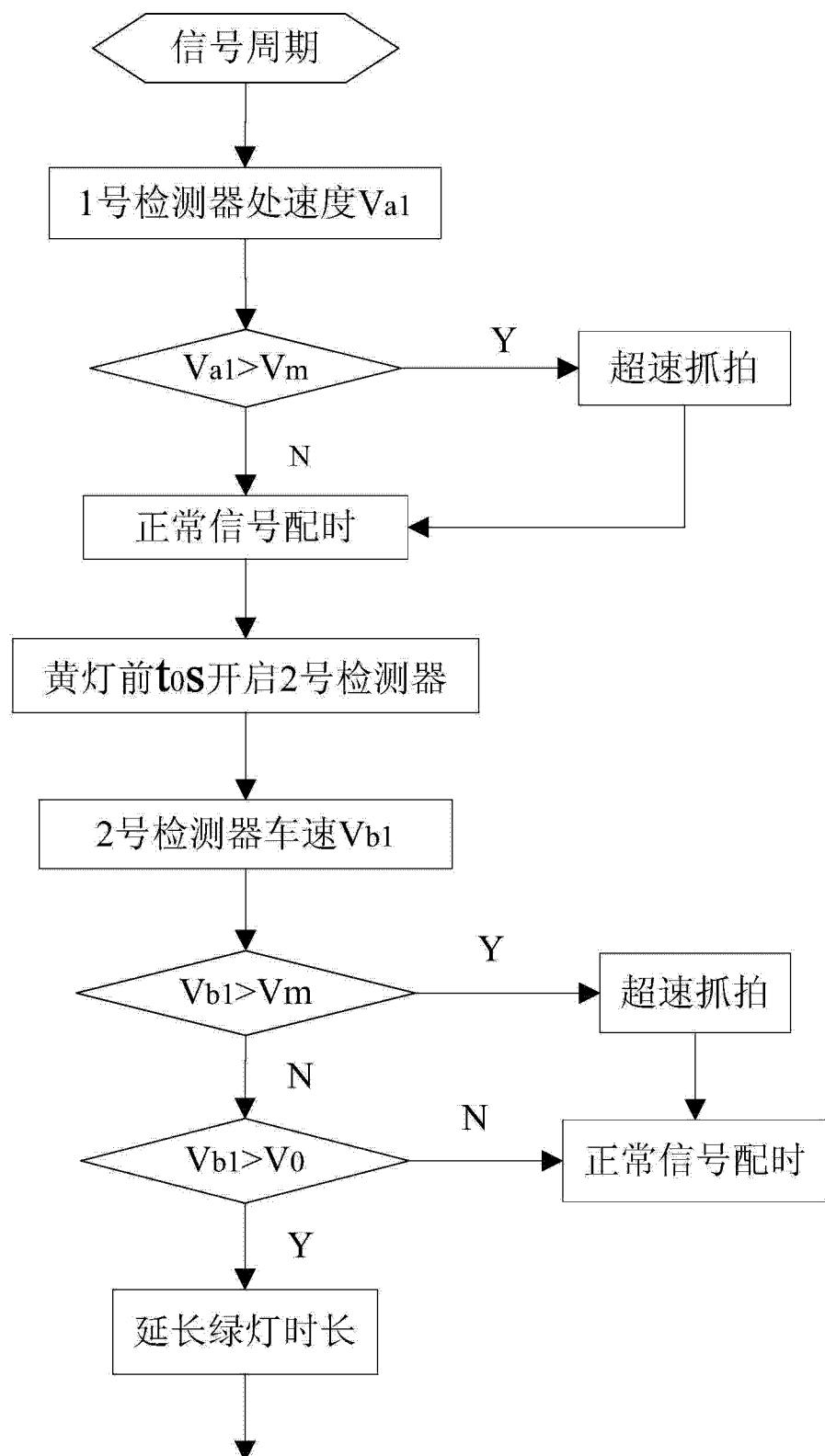
[0181] 为使用方便，本发明将所述公式【1】-【6】中的各参数释义集中于下：

[0182] V_m 为交叉口道路限速；

[0183] V_0 为车辆通过 2 号检测器 b 时的安全车速；

[0184] V_{al} 为绿灯期间车辆通过 1 号检测器 a 时的车速；

- [0185] V_{b1} 为绿灯期间车辆通过 2 号检测器 b 时的车速；
- [0186] V_{a2} 为黄灯期间车辆通过 1 号检测器 a 时的车速；
- [0187] V_{b2} 为黄灯期间车辆通过 2 号检测器 b 时的车速；
- [0188] t 为驾驶人制动时间；
- [0189] t_0 为程序开启时间距绿灯结束时长；
- [0190] t_1 为驶近交叉口车辆的最小车头时距；
- [0191] t_2 为车辆以 V_0 在 2 号、3 号检测器 b、c 间行驶所需时间；
- [0192] t_3 为黄灯最短剩余时间；
- [0193] t_4 为交叉口黄灯时长；
- [0194] S_a 为 1 号车辆检测器距停车线的距离；
- [0195] S_b 为 2 号车辆检测器距停车线的距离；
- [0196] S_d 为 4 号车辆检测器距停车线的距离；
- [0197] L_c 车辆长度；
- [0198] ΔL 为本相位最后通过停车线的车辆到达冲突点所需的行驶距离与下一相位绿灯头车到达冲突点所需的行驶距离之差；当距离之差为负值时，取 0。



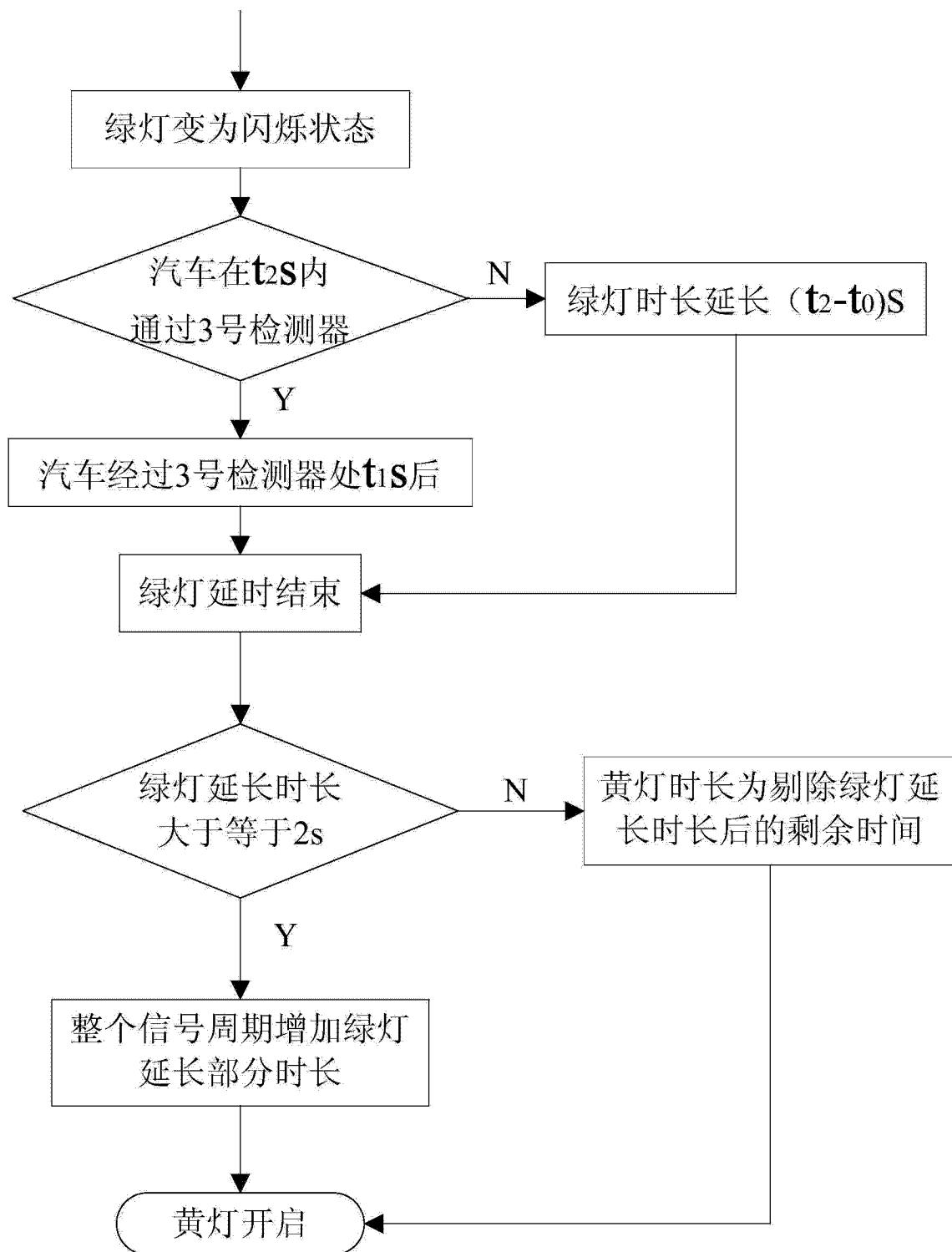


图 1

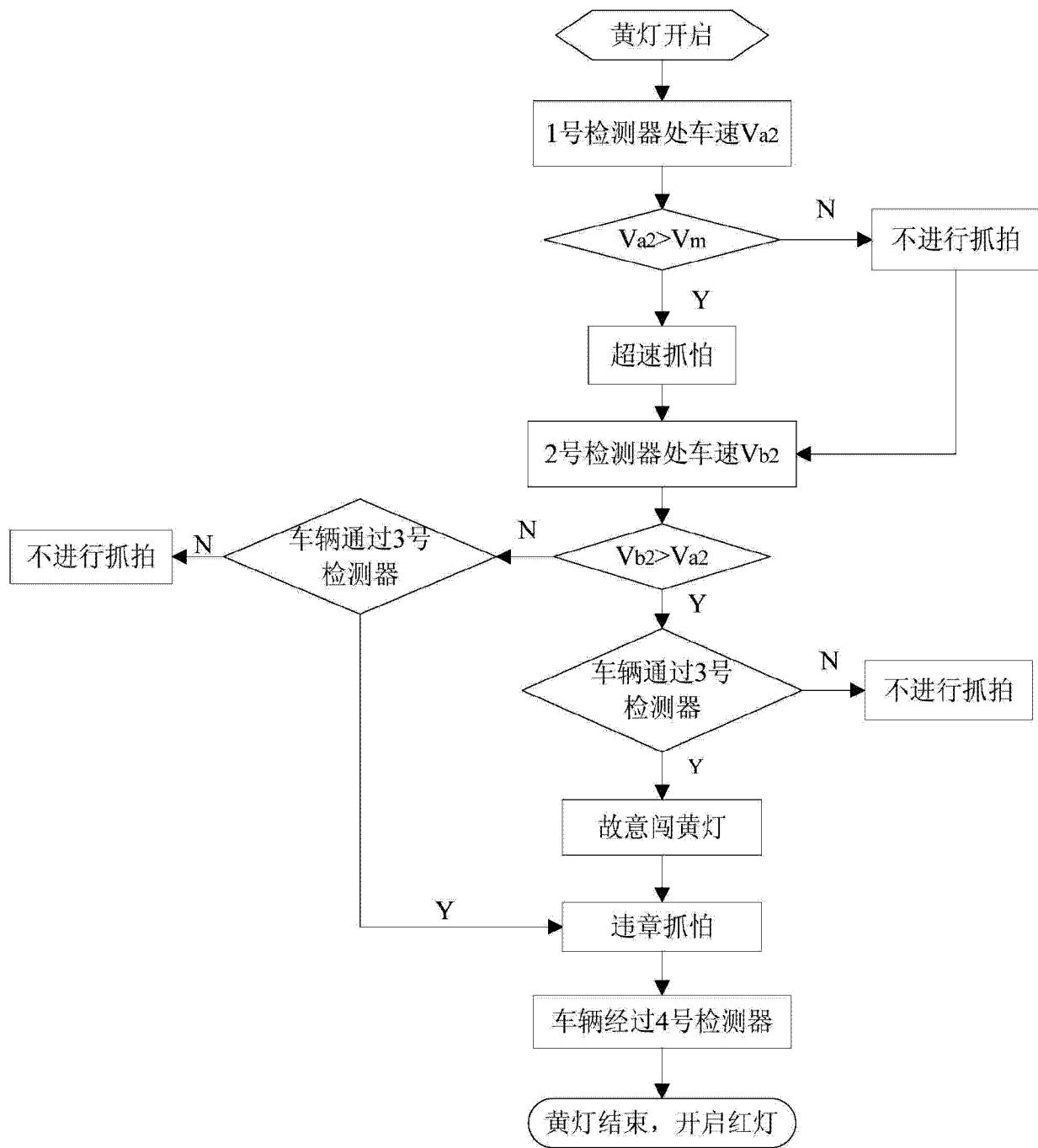


图 2

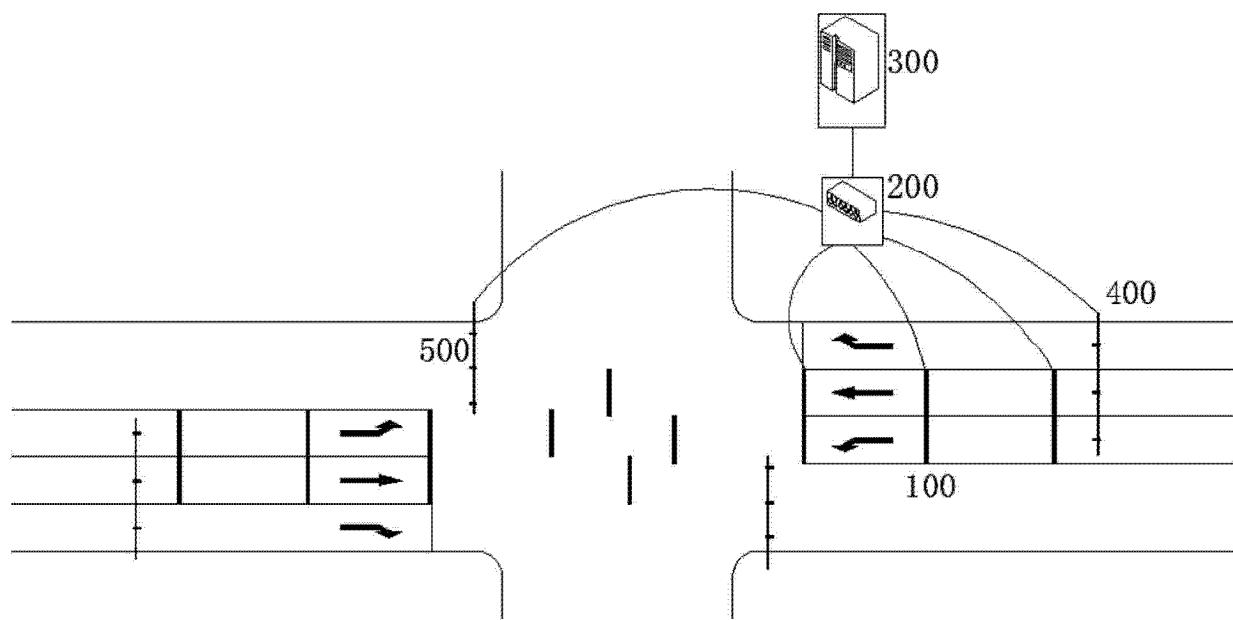


图 3

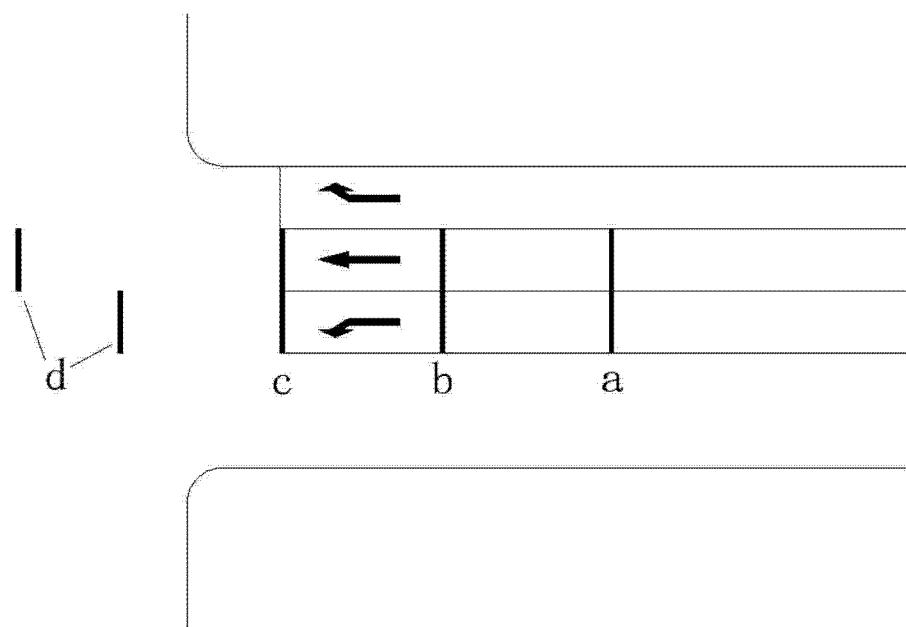


图 4

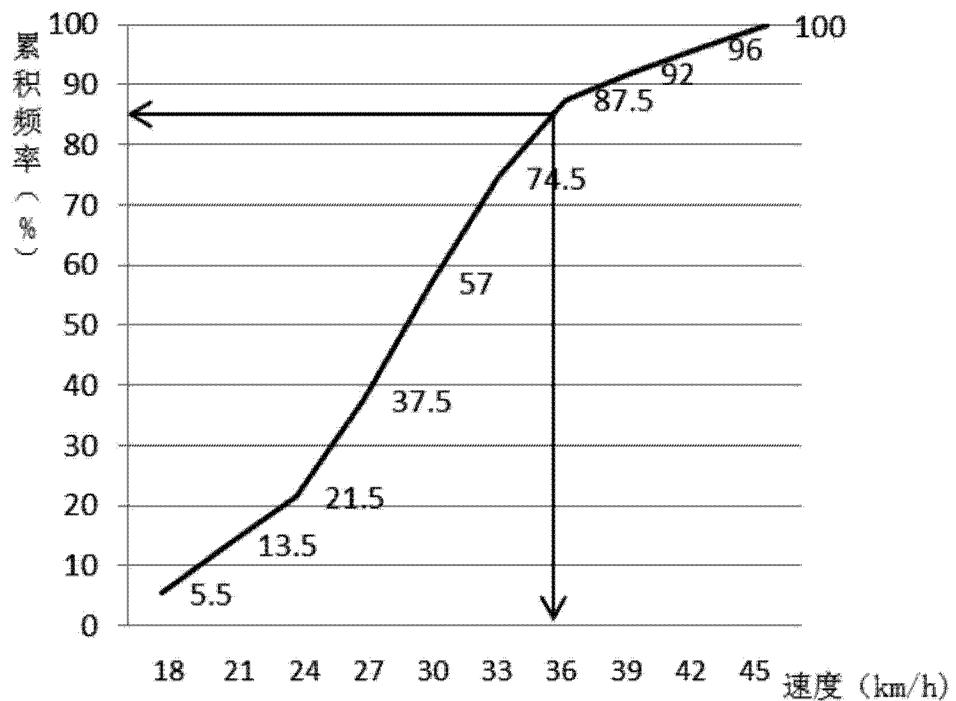


图 5

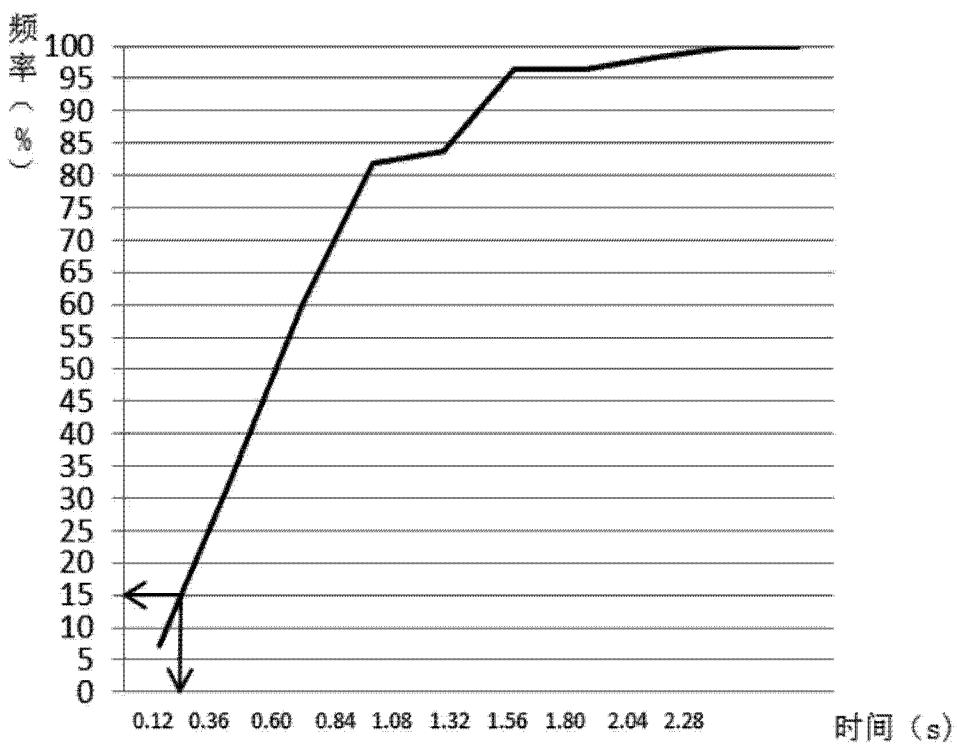


图 6