



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107578630 B

(45)授权公告日 2020.05.26

(21)申请号 201710810072.6

(22)申请日 2017.09.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107578630 A

(43)申请公布日 2018.01.12

(73)专利权人 合肥工业大学

地址 230009 安徽省合肥市屯溪路193号

(72)发明人 张卫华 陈靖生 董瑞娟 黄文娟

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理有限公司 34112

代理人 余成俊

(51)Int.Cl.

G08G 1/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 106683443 A,2017.05.17,

CN 102693629 A,2012.09.26,

邓明君等.“基于延误的U-turn交通组织可行性分析方法”.《公路工程》.2014,第39卷(第6

期),第119-123页.

刘仁文.“双向道路‘分隔带调头口’排队模型化”.《重庆交通大学学报(自然科学版)》.2009,第28卷(第5期),第921-925页.

冯树民等.“行人过街条件下道路路段机动车延误分析”.《交通运输系统工程与信息》.2007,第7卷(第3期),第73-77页.

郝久霞等.“M/Ek/S排队模型及其在交通设计中的应用研究”.《四川建筑》.2007,第27卷(第1期),第15-16页.

刘启强.“远引平面交叉口基本参数与通行能力研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技II辑》.2009,(第12期),

刘启强.“远引平面交叉口基本参数与通行能力研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技II辑》.2009,(第12期),

郑倩.“远引调头组织方式的交通效果评价研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技II辑》.2007,(第2期),

审查员 岳峤

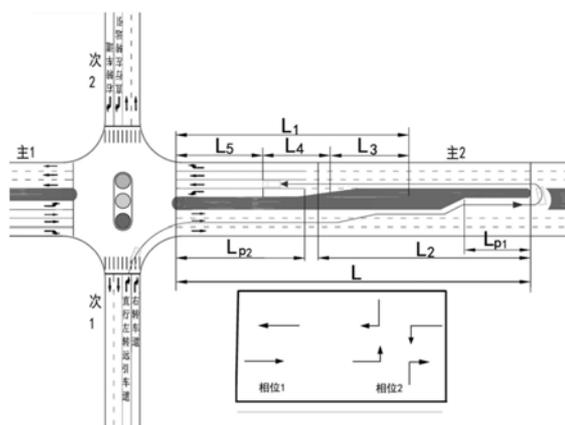
权利要求书5页 说明书11页 附图2页

(54)发明名称

一种道路平面交叉口次路远引的设置方法

(57)摘要

本发明公开了一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,属于交通控制和交通设计领域。本发明采用的技术方案为:在相交道路等级存在差异的交叉口,对次路车流进行远引,主路车流采用传统交叉口组织方式,通过计算确定道路平面交叉口次路远引几何参数,具体是:1)确定远引车流掉头位置到交叉口的距离;2)确定远引掉头车流的排队车道长度。通过远引前后交叉口车辆延误对比,表明次路远引渠化设计能够有效减少车辆平均延误,缓解交通拥堵,提高交叉口运行效率。



CN 107578630 B

1. 一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征为:适用于两条相交道路等级存在差异的交叉口,其中主路交通流量偏大,次路流量适当,次路车道不大于双向四车道,主路横断面至少为双向四车道但不超过双向八车道,主路设有一定宽度的中央分隔带,具体包括以下步骤:

(1)、采集原始交叉口信息,所述原始交叉口信息包括各个方向进口道出口道数、中央分隔带宽度、交叉口原始信号周期、交叉口高峰时期各个流向交通量;

(2)、构建道路平面交叉口次路远引交通组织方式:

交叉口次路远引运行采用两相位信号控制,即车辆右转不受信号控制,主路车辆运行与常规信号交叉口相似,即主路直行和左转各一个相位,而次路远引车流不受信号灯控制,即次路直行和左转车辆先右转通过交叉口,在主路路段掉头回转至交叉口主路进口道,然后再右转、直行达到目的;

(3)、次路远引平面交叉口信号配时:由步骤(1)采集的交叉口高峰时期各个流向交通量和步骤(2)构建的交叉口次路远引信号相位控制方案,根据韦伯斯特信号周期配时法对次路远引平面交叉口重新信号配时;

(4)、计算并确定远引车流掉头位置至交叉口的距离L,以及远引掉头车流的排队车道长度 $L_{p1}$ ;

(5)、次路远引平面交叉口车辆平均延误计算:

通过计算交叉口的信号控制延误 $D_{信号}$ 、次路慢行交通干扰延误 $D_{次干扰}$ 、次路远引车流在掉头口处的排队延误 $D_{排队}$ 、次路远引车流的绕行延误 $D_{绕行}$ 、次路车流远引时换道交织过程对主路车流产生影响所带来的干扰延误 $D_{干扰}$ ,从而得到次路远引平面交叉口车辆平均延误

$$\bar{d} = \frac{D_{信号} + D_{排队} + D_{绕行} + D_{干扰} + D_{次干扰}}{\sum q_i}, \text{ 公式中 } q_i \text{ 为修正后 } i \text{ 相位车流到达流量;}$$

(6)、效益评价:

对交叉口进行次路远引的前提是渠化后能降低交叉口整体延误,有:

$$F = \bar{d}_0 - \bar{d} > 0,$$

其中:F表示交叉口设置次路远引渠化前后车辆平均延误差,单位s;

$\bar{d}_0$ 表示次路远引实施前交叉口的车辆平均延误,可根据韦伯斯特延误模型计算公式求得,单位s;

当求得F大于0时,说明有必要对交叉口进行次路车流远引,否则不宜进行远引渠化交通组织;

步骤(4)中,远引掉头车流的排队车道长度 $L_{p1}$ 计算过程如下:

远引车流在掉头口的排队系统为M/EK/1排队系统,要计算平均排队长度的关键在于求车辆的平均到达率 $\beta$ 和掉头口平均服务率 $u$ , $\beta$ 等于次路远引车流小时交通量,掉头口平均服务率 $u$ 为路段掉头口处车辆掉头通行能力;设 $t_a$ 为平均每辆掉头车辆在掉头口开始插入主路车流到完成合流所用时间, $h$ 为对面直行车流在掉头口的车头时距,当主路车流车头时距满足一辆车掉头时,则可以有一辆车掉头,当车头时距满足 $n$ 辆车时则有 $n$ 辆车可以进行掉头,有 $nt_a \leq h \leq (n+1)t_a$ , $n$ 的取值范围为 $1, 2, \dots, \infty$ , $p_n$ 为对面直行车流经过掉头口的车头间距插入 $n$ 辆车的概率,则有:

$$p_n = \int_{n t_a}^{(n+1)t_a} p(T) dT = \int_{n t_a}^{(n+1)t_a} \frac{\lambda_1 e^{-\lambda_1 T} (\lambda_1 T)^{k-1}}{(k-1)!} dT,$$

其中： $p(T)$ 表示一列车流符合爱尔朗分布车头时距为 $T$ 的概率；

$k$ 为爱尔朗分布阶数； $\lambda_1$ 为主路直行车流到达率；

则 $(\lambda_1 - 1) p_n$ 表示在单位时间内存在 $\lambda_1 - 1$ 个车头间隔中，通过 $n$ 辆车的间隔数，所以中央分隔带掉头口服务率 $u$ 为：

$$u = \sum_{n=1}^{\infty} n (\lambda_1 - 1) p_n,$$

求得掉头口平均服务率 $u$ ，根据M/EK/1排队模型，可得远引车流掉头口平均排队车辆数

$$L_q = \frac{\beta^2}{u(u-\beta)} \cdot \frac{k+1}{2k},$$

则远引掉头处车辆排队长度为：

$$L_{p1} = \frac{\beta^2}{u(u-\beta)} \cdot \frac{k+1}{2k} \cdot H,$$

其中： $H$ 为车辆停车平均车头间距，单位 $m$ ；

综上，远引掉头处设置的排队车道长度应大于等于 $L_{p1}$ 。

2. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法，其特征在于：两条相交道路等级存在差异的交叉口为两种情况：(1) 城市主干路与城市支路相交的交叉口；(2) 城市主干路与城市次干路相交的交叉口。

3. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法，其特征在于：步骤(4)中，远引车流掉头位置到交叉口的距离 $L$ 计算过程如下：

设置交叉口次路远引的前提是该交叉口与上下游交叉口间距较远，远引掉头在路段开口位置不能位于交叉口功能区内；功能区长度 $L_1$ ，其由感知-反应时间距离 $L_3$ 、减速段距离 $L_4$ 、车辆的最大排队长度 $L_5$ 组成，所以远引车流掉头位置不会在上下游交叉口功能区内，于是得到：

$$L > L_1,$$

$$L_1 = L_3 + L_4 + L_5 = vt + \frac{v^2}{2a} + qrh,$$

其中： $L$ 为远引车流掉头位置到交叉口的距离，单位 $m$ ；

$v$ 为车辆的行驶速度，单位 $m/s$ ；

$t$ 为驾驶员感知反应时间，单位 $s$ ；

$a$ 为车辆的平均减速度，单位 $m/s^2$ ；

$q$ 为次路远引后主路直行车流高峰小时交通量，单位 $pcu/s$ ；

$r$ 为红灯时间，单位 $s$ ；

$h$ 为车辆停车平均车头间距，单位 $m$ ；

同时掉头开口位置到交叉口距离 $L$ 应满足车辆回转行驶到交叉口禁止变道线前能换道到右转车道，有：

$$L \geq L_{P2} + L_2,$$

$$L_2 = xL_a,$$

其中： $L_{P2}$ 表示交叉口禁止变道线长度，单位 $m$ ；

$L_2$ 表示车辆想要换道到换道结束所行驶距离,单位m;  
 $L_a$ 表示强制换道车辆换一个车道平均行驶距离,单位m;  
 $x$ 为换道车道数;

综上,远引车流掉头位置到交叉口的距离需要满足 $L > L_1$ ,且 $L \geq L_{P2} + L_2$ ,所以 $L$ 的取值应略大于 $\max \{L_1, L_{P2} + L_2\}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,交叉口的信号控制延误 $D_{\text{信号}}$ 计算过程如下:

实施次路远引措施后,利用韦伯斯特延误模型可得到交叉口的信号控制延误:

$$D_{\text{信号}} = \sum q_i \left( \frac{C_{\text{远引}} (1 - \lambda_i)^2}{2(1 - \lambda_i x_i)} + \frac{x_i^2}{2q_i(1 - x_i)} - 0.65 \left( \frac{C_{\text{远引}}}{q_i^2} \right)^{\frac{1}{3}} x_i^{2+5\lambda_i} \right),$$

其中: $\lambda_i$ 为i相位绿信比;  
 $x_i$ 为i相位车流饱和度;  
 $q_i$ 为修正后i相位车流到达流量;  
 $C_{\text{远引}}$ 为远引后交叉口重新信号配时后的信号周期。

5. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,次路慢行交通干扰延误 $D_{\text{次干扰}}$ 计算过程如下:

在人行横道上慢行交通可双向行走,各方向的交通流到达符合泊松分布,到达率分别为 $\lambda_{m1}$ ,单位人/s, $\lambda_{m2}$ ,单位人/s,次路车流一条车道的到达率为 $\lambda_{qi次}$ ,单位pcu/s,对应的到达间距为 $h_{m1}, h_{m2}, h_{qi次}$ ;次路车流到达人行横道时,当相邻两车车头时距大于行人穿越一条机动车道的可穿越间隙 $\eta$ ,同时慢行交通之间的到达间隙不大于此间距时,慢行交通通过人行道,此时次路车流就得减速停车等待慢行交通通过,直到在人行横道上出现机动车穿越慢行交通的可穿越间隙 $\eta_1$ ,机动车就启动通过,由此可得次路车流需要减速停车等待的概率为:

$$P_{i次} = p(h_{qi次} > \eta) \left( 1 - p(h_{m1} > (\eta + \frac{1}{\lambda_{qi次}})) \cdot p(h_{m2} > (\eta + \frac{1}{\lambda_{qi次}})) \right)$$

机动车减速停车等待后通过的延误分为两部分,一部分为机动车的减速延误,另一部分为等待行人间出现可穿越间隙的停车延误.,所以次路一条车道受到慢行交通干扰产生的延误为:

$$T_{i次干扰} = \frac{\left[ \frac{v}{a_{次减}} + \frac{1}{\lambda_{m1}} - \left( \eta_1 + \frac{1}{\lambda_{m1}} \right) \cdot e^{-\lambda_{m1}\eta_1} \cdot e^{-\lambda_{m2}\eta_1} \right]^2}{2} \cdot \lambda_{qi次}$$

其中: $a_{次减}$ 表示次路车流遇到慢行交通的平均减速度;  
 $\eta$ 表示行人穿越一条机动车道的可穿越间隙;  
 $\eta_1$ 表示机动车穿越慢行交通的可穿越间隙;  
 $v$ 为车辆的行驶速度,单位m/s;  
 所以次路车流受到慢行交通的总干扰延误为:

$$D_{\text{次干扰}} = \sum_{i=1}^n P_{i\text{次}} \cdot T_{i\text{次干扰}} \cdot \lambda_{qi\text{次}} \cdot 3600 ,$$

其中:n表示次路的车道数, $\lambda_{qi\text{次}}$ 是表示一个车道每秒过街人数,这里要算总干扰延误需要换算成一个小时过街人数产生的延误,所以需要乘以3600。

6. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,次路远引车流在掉头口处的排队延误 $D_{\text{排队}}$ 计算过程如下:

远引车流在中央分隔带的掉头过程可以看作M/E<sub>k</sub>/1排队模型,因此次路远引车流在掉头处的排队延误为:

$$D_{\text{排队}} = \sum \frac{L_{qi}}{\beta_i} q_{\text{次}i} ,$$

其中: $L_{qi}$ 为交叉口主路上游掉头口或下游掉头口的排队车辆数,单位pcu;

$q_{\text{次}i}$ 为次路远引车流到达交叉口上游或下游掉头口流量,单位pcu/h。

7. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,次路远引车流的绕行延误 $D_{\text{绕行}}$ 计算过程如下:

次路车流远引过程产生的绕行延误可分为非交织绕行延误和交织绕行延误,非交织绕行延误是指交叉口为主路左转通行信号时,次路直行和左转的远引车流从交叉口驶向掉头口产生的绕行延误、次路左转车流回转交叉口产生的绕行延误和次路直行车流在掉头口换道到右转车道后再行驶到交叉口产生的绕行延误,由于次路远引车辆在行驶到掉头开口位置前需要换道一次,所以次路车流非交织绕行延误为:

$$D_{\text{非交织绕}} = q_{\text{次}} \cdot \frac{\left[ \frac{L_{\text{lane}}}{\sin \theta} + (L - \frac{L_{\text{lane}}}{\tan \theta}) \right]}{kv} \cdot \lambda_{\text{主左}} + q_{\text{次左}} \cdot \frac{L}{kv} + q_{\text{次直}} \cdot \frac{L - L_2}{kv} ,$$

其中:k为考虑远引车流的加减速影响,为设计速度的折减系数;

$q_{\text{次}}$ 为次路远引流量,单位pcu/h;

$q_{\text{次左}}$ 为次路左转流量,单位pcu/h;

$q_{\text{次直}}$ 为次路直行流量,单位pcu/h;

$\lambda_{\text{主左}}$ 为主路左转相位非红灯时间与信号周期比值;

$L_{\text{lane}}$ 为远引车流换道横向移动距离;

$\theta$ 为远引车流平均换道角度;

$v$ 为车辆的行驶速度,单位m/s;

$L_2$ 表示车辆想要换道到换道结束所行驶距离,单位m;

当交叉口为主路直行通行信号时,次路远引车流从交叉口驶向掉头口时与主路车流交织产生绕行延误,接着次路直行车流在掉头口汇入主路车流后需要换道到右转车道,产生换道延误,根据HCM2010,可知次路远引车流的换道交织为C型交织构造型式,由此可得次路与主路车流交织段的平均速度:

$$W_i = \frac{a(1 - V_R)^b \left(\frac{q}{n}\right)^c}{(3.28L)^d} ,$$

$$v_i = v_{\min} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{1 + W_i} ,$$

其中： $W_i$ 为交织车流或非交织车流的交织强度；

$V_R$ 为交织交通量比；

$q$ 为交织段中的总交通量，单位pcu/h；

$n$ 为交织区段车道数；

$a, b, c, d$ 为标定的常数；

$v_i$ 为交织段车流的平均速度，单位m/s；

$v_{\max}$ 为交织段内车辆可能的最大速度，可取设计速度；

$v_{\min}$ 为交织段内车辆可能的最小速度；

所以次路车流的交织绕行延误为：

$$D_{\text{交织绕}} = \frac{L}{v_{\text{次}}} \cdot q_{\text{次}} \cdot (1 - \lambda_{\text{主左}}) + \frac{L_2}{v_{\text{次直}}} \cdot q_{\text{次直}},$$

其中： $v_{\text{次}}$ 为次路车流行驶到掉头口前与主路车流交织过程的平均速度；

$v_{\text{次直}}$ 为次路直行车流从掉头口回转到交叉口时与主路车流交织过程的平均速度；

由以上可得次路远引车流的绕行延误为：

$$D_{\text{绕行}} = D_{\text{非交织绕}} + D_{\text{交织绕}}。$$

8. 根据权利要求1所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法，其特征在于：步骤(5)中，换道干扰延误 $D_{\text{干扰}}$ 计算过程如下：

次路车流汇入主路车流后变换车道会对主路车流带来干扰延误，而使主路车流车速降低；所以主路车流的干扰延误为：

$$D_{\text{干扰}} = q_d \left( \frac{L_2}{v_{\text{主}}} - \frac{L_2}{v} \right)$$

其中： $v_{\text{主}}$ 为交织段内主路车流的平均速度；

$v$ 为车辆的行驶速度，单位m/s；

$q_d$ 为受交织影响的主路车流量；

$L_2$ 表示车辆想要换道到换道结束所行驶距离，单位m。

## 一种道路平面交叉口次路远引的设置方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及交通控制方法领域,具体是一种道路平面交叉口次路远引的设置方法。

### 背景技术

[0002] 这些年随着城市化进程的不断加快,城市面临着日益严重的交通拥堵问题。在道路交通系统中,交叉口是道路网络的节点,也往往是交通通行的“瓶颈”,是造成交通延误的主要点。据统计,在城市路网中,车辆在交叉口处的时间约占全程时间的30%。由于交叉口处各方向的交通流产生大量的合流、分流、交叉等冲突,使交叉口成为事故的多发地,据统计城市道路上的交通事故有60%是发生在交叉口处。如何减少交叉口的车流冲突并提高交叉口行车安全和运行效率,一直以来是交通工程领域研究的热点问题。

[0003] 近年来,国内外许多交通工作者致力于城市交叉口的交通设计与交通控制的创新、改善工作,提出了“左转车流远引交叉”的交通组织方法,所谓“左转车流远引交叉”就是主路车流要实现左转,先直行通过交叉口,然后在路段上掉头至交叉口再右转;次路车流要实现左转,需要在交叉口先右转然后在路段掉头,再直行通过交叉口,通过远引交叉把交叉口的左转冲突引到路段上来解决。远引平面交叉口已经在国内得到了一定的应用,并表明在适宜条件下与传统的平面交叉口相比,通行效率与交通安全都得到了较大的提高。但是目前,平面交叉口左转远引总体来说缺乏系统研究,其左转车辆掉头位置的确定还比较模糊,多以感性经验为主,对远引交叉口运行效益的评价也缺乏理论方法的量化计算。

[0004] 综上所述,在现有道路条件下,通过分析、创新、整合提出一种交叉口的新型交通组织方案来有效提高交叉口通行效率和安全,并对此进行量化评价显得非常重要。

### 发明内容

[0005] 本发明在汲取了前人研究成果的基础上,针对目前平面信号控制交叉口交通设计与交通控制方法存在的问题和不足,提出了一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,经研究表明本发明方法可以减少交叉口车辆冲突、可有效减少信号相位数和车辆平均延误,有利于提高交叉口运行效率,缓解城市交通拥堵。

[0006] 为了达到上述目的,本发明所采用的技术方案为:

[0007] 一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:适用于两条相交道路等级存在差异的交叉口,其中主路交通流量偏大,次路流量适当,次路车道不大于双向四车道,主路横断面至少为双向四车道但不超过双向八车道,主路设有一定宽度的中央分隔带,具体包括以下步骤:

[0008] (1)、采集原始交叉口信息,所述原始交叉口信息包括各个方向进口道出口道数、中央分隔带宽度、交叉口原始信号周期、交叉口高峰时期各个流向交通量;

[0009] (2)、构建道路平面交叉口次路远引交通组织方式:

[0010] 交叉口次路远引运行采用两相位信号控制,即车辆右转不受信号控制,主路车辆

运行与常规信号交叉口相似,即主路直行和左转各一个相位,而次路远引车流不受信号灯控制,即次路直行和左转车辆先右转通过交叉口,在主路路段掉头回转交叉口主路进口道,然后再右转、直行达到目的;

[0011] (3)、次路远引平面交叉口信号配时:由步骤(1)采集的交叉口高峰时期各个流向交通量和步骤(2)构建的交叉口次路远引信号相位控制方案,根据韦伯斯特信号周期配时法对次路远引平面交叉口重新信号配时;

[0012] (4)、计算并确定远引车流掉头位置到交叉口的距离L,以及远引掉头车流的排队车道长度 $L_{p1}$ ;

[0013] (5)、次路远引平面交叉口车辆平均延误计算:

[0014] 通过计算交叉口的信号控制延误 $D_{信号}$ 、次路慢行交通干扰延误 $D_{次干扰}$ 、次路远引车流在掉头口处的排队延误 $D_{排队}$ 、次路远引车流的绕行延误 $D_{绕行}$ 、次路车流远引时换道交织过程对主路车流产生影响所带来的干扰延误 $D_{干扰}$ ,从而得到次路远引平面交叉口车辆平均延误

$$\bar{d} = \frac{D_{信号} + D_{排队} + D_{绕行} + D_{干扰} + D_{次干扰}}{\sum q_i}, \text{ 公式中 } q_i \text{ 为修正后 } i \text{ 相位车流到达流量};$$

[0015] (6)、效益评价:

[0016] 对交叉口进行次路远引的前提是渠化后能降低交叉口整体延误,有:

$$F = \bar{d}_0 - \bar{d} > 0,$$

[0018] 其中:F表示交叉口设置次路远引渠化前后车辆平均延误差,单位s;

[0019]  $\bar{d}_0$ 表示次路远引实施前交叉口的车辆平均延误,可根据韦伯斯特延误模型计算公式可求得,单位s;

[0020] 当求得F大于0时,说明有必要对交叉口进行次路车流远引,否则不宜进行远引渠化交通组织。

[0021] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:两条相交道路等级存在差异的交叉口为两种情况:(1)城市主干路与城市支路相交的交叉口;(2)城市主干路与城市次干路相交的交叉口。

[0022] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(4)中,远引车流掉头位置到交叉口的距离L计算过程如下:

[0023] 设置交叉口次路远引的前提是该交叉口与上下游交叉口间距较远,远引掉头在路段开口位置不能位于交叉口功能区内;功能区长度 $L_1$ ,其由感知-反应时间距离 $L_3$ 、减速段距离 $L_4$ 、车辆的最大排队长度 $L_5$ 组成,所以远引车流掉头位置不会在上下游交叉口功能区内,于是得到:

$$[0024] \quad L > L_1,$$

$$[0025] \quad L_1 = L_3 + L_4 + L_5 = vt + \frac{v^2}{2a} + qrh,$$

[0026] 其中:L为远引车流掉头位置到交叉口的距离,单位m;

[0027] v为车辆的行驶速度,单位m/s;

[0028] t为驾驶员感知反应时间,单位s;

[0029] a为车辆的平均减速度,单位 $m/s^2$ ;

[0030]  $q$ 为次路远引后主路直行车流高峰小时交通量,单位pcu/s;

[0031]  $r$ 为红灯时间,单位s;

[0032]  $h$ 为车辆停车平均车头间距,单位m;

[0033] 同时掉头开口位置到交叉口距离 $L$ 应满足车辆回转行驶到交叉口禁止变道线前能换道到右转车道,有:

[0034]  $L \geq L_{P2} + L_2$ ,

[0035]  $L_2 = xL_a$ ,

[0036] 其中: $L_{P2}$ 表示交叉口禁止变道线长度,单位m;

[0037]  $L_2$ 表示车辆想要换道到换道结束所行驶距离,单位m;

[0038]  $L_a$ 表示强制换道车辆换一个车道平均行驶距离,单位m;

[0039]  $x$ 为换道车道数;

[0040] 综上,远引车流掉头位置到交叉口的距离需要满足 $L > L_1$ ,且 $L \geq L_{P2} + L_2$ ,所以 $L$ 的取值应略大于 $\max \{L_1, L_{P2} + L_2\}$ 。

[0041] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(4)中,远引掉头车流的排队车道长度 $L_{p1}$ 计算过程如下:

[0042] 远引车流在掉头口的排队系统为M/EK/1排队系统,要计算平均排队长度的关键在于求车辆的平均到达率 $\beta$ 和平均服务率 $u$ , $\beta$ 等于次路远引车流小时交通量,平均服务率 $u$ 为路段掉头口处车辆掉头通行能力;设 $t_a$ 为平均每辆掉头车辆在掉头口开始插入主路车流到完成合流所用时间, $h$ 为对面直行车流在掉头口的车头时距,当主路车流车头时距满足一辆车掉头时,则可以有一辆车掉头,当车头时距满足 $n$ 辆车时则有 $n$ 辆车可以进行掉头,有 $nt_a \leq h \leq (n+1)t_a$ , $n$ 的取值范围为 $1, 2, \dots, \infty$ , $p_n$ 为对面直行车流经过掉头口的车头间距插入 $n$ 辆车的概率,则有:

$$[0043] \quad p_n = \int_{nt_a}^{(n+1)t_a} p(T) dT = \int_{nt_a}^{(n+1)t_a} \frac{\lambda_1 e^{-\lambda_1 T} (\lambda_1 T)^{K-1}}{(K-1)!} dT,$$

[0044] 其中: $p(T)$ 表示一列车流符合爱尔朗分布车头时距为 $T$ 的概率;

[0045]  $K$ 为爱尔朗分布阶数; $\lambda_1$ 为主路直行车流到达率;

[0046] 则 $(\lambda_1 - 1) p_n$ 表示在单位时间内存在 $\lambda_1 - 1$ 个车头间隔中,通过 $n$ 辆车的间隔数,所以中央分隔带掉头口服务率 $u$ 为:

$$[0047] \quad u = \sum_{n=1}^{\infty} n (\lambda_1 - 1) p_n,$$

[0048] 求得掉头口服务率 $u$ ,根据M/EK/1排队模型,可得远引车流掉头口平均排队车辆数

$$L_q = \frac{\beta^2}{u(u-\beta)} \cdot \frac{k+1}{2k}, \text{ 则远引掉头处车辆排队长度为:}$$

$$[0049] \quad L_{p1} = \frac{\beta^2}{u(u-\beta)} \cdot \frac{k+1}{2k} \cdot H,$$

[0050] 其中: $H$ 为车辆停车平均车头间距,单位m;

[0051] 综上,远引掉头处设置的排队车道长度应大于等于 $L_{p1}$ 。

[0052] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,交叉

口的信号控制延误 $D_{\text{信号}}$ 计算过程如下:

[0053] 实施次路远引措施后,利用韦伯斯特延误模型可得到交叉口的信号控制延误:

$$[0054] \quad D_{\text{信号}} = \sum q_i \left( \frac{C_{\text{远引}}(1-\lambda_i)^2}{2(1-\lambda_i x_i)} + \frac{x_i^2}{2q_i(1-x_i)} - 0.65 \left( \frac{C_{\text{远引}}}{q_i^2} \right)^{\frac{1}{3}} x_i^{2+5\lambda_i} \right),$$

[0055] 其中: $\lambda_i$ 为*i*相位绿信比;

[0056]  $x_i$ 为*i*相位车流饱和度;

[0057]  $q_i$ 为修正后*i*相位车流到达流量。

[0058] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,次路慢行交通干扰延误 $D_{\text{次干扰}}$ 计算过程如下:

[0059] 在人行横道上慢行交通可双向行走,各方向的交通流到达符合泊松分布,到达率分别为 $\lambda_{m1}$ ,单位人/s, $\lambda_{m2}$ ,单位人/s,次路车流一条车道的到达率为 $\lambda_{qi次}$ ,单位pcu/s,对应的到达间距为 $h_{m1}$ , $h_{m2}$ , $h_{qi次}$ ;次路车流到达人行横道时,当相邻两车车头时距大于行人可穿越间隙 $\eta$ ,同时慢行交通之间的到达间隙不大于此间距时,慢行交通通过人行道,此时次路车流就得减速停车等待慢行交通通过,直到在人行横道上出现机动车穿越慢行交通的可穿越间隙 $\eta_1$ ,机动车就启动通过。由此可得次路车流需要减速停车等待的概率为:

$$[0060] \quad P_{i次} = p(h_{qi次} > \eta) \left( 1 - p(h_{m1} > (\eta + \frac{1}{\lambda_{qi次}})) \cdot p(h_{m2} > (\eta + \frac{1}{\lambda_{qi次}})) \right)$$

[0061] 机动车减速停车等待后通过的延误分为两部分,一部分为机动车的减速延误,另一部分为等待行人间出现可穿越间隙的停车延误.,所以次路一条车道受到慢行交通干扰产生的延误为:

$$[0062] \quad T_{i次干扰} = \frac{\left[ \frac{v}{a_{次减}} + \frac{1}{\lambda_{m1}} - \left( \eta_1 + \frac{1}{\lambda_{m1}} \right) \cdot e^{-\lambda_{m1}\eta_1} \cdot e^{-\lambda_{m2}\eta_1} \right]^2}{e^{-\lambda_{m1}\eta_1} \cdot e^{-\lambda_{m2}\eta_1}} \cdot \lambda_{qi次}$$

[0063] 其中: $a_{次减}$ 表示次路车流遇到慢行交通的平均减速度;

[0064]  $\eta$ 表示行人穿越一条机动车的可穿越间隙;

[0065]  $\eta_1$ 表示机动车穿越行人的可穿越间隙s;

[0066] 所以次路车流受到慢行交通的总干扰延误为:

$$[0067] \quad D_{\text{次干扰}} = \sum_{i=1}^n P_{i次} \cdot T_{i次干扰} \cdot \lambda_{qi次} \cdot 3600 ,$$

[0068] 其中: $n$ 表示次路的车道数, $\lambda_{qi次}$ 是表示一个车道每秒过街人数,这里要算总干扰延误需要换算成一个小时过街人数产生的延误,所以需要乘以3600。

[0069] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法,其特征在于:步骤(5)中,次路远引车流在掉头口处的排队延误 $D_{\text{排队}}$ 计算过程如下:

[0070] 远引车流在中央分隔带的掉头过程可以看作M/E<sub>k</sub>/1排队模型,因此次路远引车流在掉头处的排队延误为:

$$[0071] \quad D_{\text{排队}} = \sum \frac{L_{qi}}{\beta_i} q_{\text{次}i},$$

[0072] 其中： $L_{qi}$ 为交叉口主路上游掉头口或下游掉头口的排队车辆数，单位pcu；

[0073]  $q_{\text{次}i}$ 为次路远引车流到达交叉口上游或下游掉头口流量，单位pcu/h。

[0074] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法，其特征在于：步骤(5)中，次路远引车流的绕行延误 $D_{\text{绕}}$ 计算过程如下：

[0075] 次路车流远引过程产生的绕行延误可分为非交织绕行延误和交织绕行延误，非交织绕行延误是指交叉口为主路左转通行信号时，次路直行和左转的远引车流从交叉口驶向掉头口产生的绕行延误、次路左转车流回转到交叉口产生的绕行延误和次路直行车流在掉头口换道到右转车道后再行驶到交叉口产生的绕行延误，由于次路远引车辆在行驶到掉头开口位置前需要换道一次，所以次路车流非交织绕行延误为：

$$[0076] \quad D_{\text{非交织绕}} = q_{\text{次}} \cdot \left[ \frac{L_{\text{lane}} + (L - L_{\text{lane}})}{\sin \theta + \tan \theta} \right] \cdot \lambda_{\text{主左}} + q_{\text{次左}} \cdot \frac{L}{kv} + q_{\text{次直}} \cdot \frac{L - L_2}{kv},$$

[0077] 其中： $k$ 为考虑远引车流的加减速影响，为设计速度的折减系数；

[0078]  $q_{\text{次}}$ 为次路远引流量，单位pcu/h；

[0079]  $q_{\text{次左}}$ 为次路左转流量，单位pcu/h；

[0080]  $q_{\text{次直}}$ 为次路直行流量，单位pcu/h；

[0081]  $\lambda_{\text{主左}}$ 为主路左转相位非红灯时间与信号周期比值；

[0082]  $L_{\text{lane}}$ 为远引车流换道横向移动距离；

[0083]  $\theta$ 为远引车流平均换道角度；

[0084] 当交叉口为主路直行通行信号时，次路远引车流从交叉口驶向掉头口时与主路车流交织产生绕行延误，接着次路直行车流在掉头口汇入主路车流后需要换道到右转车道，产生换道延误，根据HCM2010，可知次路远引车流的换道交织为C型交织构造型式，由此可得次路与主路车流交织段的平均速度：

$$[0085] \quad W_i = \frac{a(1 - V_R)^b \left(\frac{q}{n}\right)^c}{(3.28L)^d},$$

$$[0086] \quad v_i = v_{\min} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{1 + W_i},$$

[0087] 其中： $W_i$ 为交织车流或非交织车流的交织强度；

[0088]  $V_R$ 为交织交通量比；

[0089]  $q$ 为交织段中的总交通量，单位pcu/h；

[0090]  $n$ 为交织区段车道数；

[0091]  $a, b, c, d$ 为标定的常数；

[0092]  $v_i$ 为交织段车流的平均速度，单位m/s；

[0093]  $v_{\max}$ 为交织段内车辆可能的最大速度，可取设计速度；

[0094]  $v_{\min}$ 为交织段内车辆可能的最小速度。

[0095] 所以次路车流的交织绕行延误为：

$$[0096] \quad D_{\text{交织绕}} = \frac{L}{v_{\text{次}}} \cdot q_{\text{次}} \cdot (1 - \lambda_{\text{主左}}) + \frac{L_2}{v_{\text{次直}}} \cdot q_{\text{次直}},$$

[0097] 其中： $v_{\text{次}}$ 为次路车流行驶到掉头口前与主路车流交织过程的平均速度；

[0098]  $v_{\text{次直}}$ 为次路直行车流从掉头口回转到交叉口时与主路车流交织过程的平均速度；

[0099] 由以上可得次路远引车流的绕行延误为：

$$[0100] \quad D_{\text{绕}} = D_{\text{非交织绕}} + D_{\text{交织绕}}$$

[0101] 所述的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法，其特征在于：步骤(5)中，换道干扰延误 $D_{\text{干扰}}$ 计算过程如下：

[0102] 次路车流汇入主路车流后变换车道会对主路车流带来干扰延误，而使主路车流车速降低。所以主路车流的干扰延误为：

$$[0103] \quad D_{\text{干扰}} = q_d \left( \frac{L_2}{v_{\text{主}}} - \frac{L_2}{v} \right)$$

[0104] 其中： $v_{\text{主}}$ 为交织段内主路车流的平均速度；

[0105]  $q_d$ 为受交织影响的主路车流量。

[0106] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0107] 与传统交叉口相比，本发明道路平面交叉口次路远引的设置方法，在一定交通流情况下，可有效减少交叉口车辆冲突、减少信号相位数，缩短信号周期，减小交叉口车辆延误，本发明通过理论分析，建立了次路远引时主路中央分隔带掉头开口位置的计算模型、远引车辆在掉头位置的排队车道长度计算模型，表明了平面交叉口次路远引的交通组织方法对优化城市道路交叉口设计有较好的应用价值。

## 附图说明

[0108] 图1交叉口次路远引运行及信号相位示意图。

[0109] 图2是本发明方法流程图。

## 具体实施方式

[0110] 本部分内容结合实例详细介绍本发明所述的道路平面交叉口次路远引的设置方法，如图2所示，包括以下步骤：

[0111] 步骤一 原始交叉口信息采集，包括：各个方向进口道出口道数；中央分隔带宽度；交叉口原始信号周期；交叉口高峰时期各个流向交通量。

[0112] 表1交叉口高峰小时流量

		方向		
		左转	直行	右转
[0113]	进口道			
	主进口 1	$Q_{主1L}$	$Q_{主1TH}$	$Q_{主1R}$
	主进口 2	$Q_{主2L}$	$Q_{主2TH}$	$Q_{主2R}$
	次进口 1	$Q_{次1L}$	$Q_{次2TH}$	$Q_{次2R}$
	次进口 2	$Q_{次2L}$	$Q_{次2TH}$	$Q_{次2R}$

[0114] 步骤二 道路平面交叉口次路远引交通组织方式：如图1，交叉口运行采用两相位信号控制（车辆右转不受信号控制），主路车辆运行与常规信号交叉口相似，即主路直行和左转各一个相位；而次路远引车流不受信号灯控制，即次路直行和左转车辆先右转通过交叉口，在主路路段掉头回转交叉口主路进口道，然后再右转、直行达到目的。

[0115] 步骤三 次路远引平面交叉口信号配时：实施次路远引措施后，次路直行和左转车辆需要通过交叉口两次，次路左转车辆通过掉头口回转变为直行车流，应作为主路车流的直行车辆计算；次路直行车辆通过掉头口，需要换道到主路右转车道，应作为主路车流的右转车辆计算，由此可得到交叉口次路远引后的修正流量，由表1交叉口高峰时期各个流向交通量和交叉口次路远引信号相位控制方案，根据Webster信号周期配时法对交叉口重新信号配时。具体是：

[0116] 1) 确定信号周期：

[0117] 
$$C_{远引} = \frac{1.5L + 5}{1 - Y} = \frac{1.5L + 5}{1 - [\max(\frac{Q_{主1TH} + Q_{次2L}}{K_{主1TH} \cdot S_{主TH}}, \frac{Q_{主2TH} + Q_{次1L}}{K_{主2TH} \cdot S_{主TH}}) + \max(\frac{Q_{主1L}}{K_{主1L} \cdot S_{主L}}, \frac{Q_{主1R}}{K_{主1R} \cdot S_{主R}})]}$$
 (14),

[0118] 其中：—L为信号总损失时间；

[0119] — $S_{主TH}$ 为信号交叉口主路直行单车道的饱和流量， $S_{主TH}$ 类似；

[0120] — $K_{主1TH}$ 为主路1进口直行车道数， $K_{主2TH}, K_{主1L}, K_{主2L}$ 含义类似。

[0121] 2) 第一相位有效绿灯时间：
$$G_1 = (C_{远引} - L) \cdot \frac{\max(\frac{Q_{主1TH} + Q_{次2L}}{K_{主1TH} \cdot S_{主TH}}, \frac{Q_{主2TH} + Q_{次1L}}{K_{主2TH} \cdot S_{主TH}})}{Y}$$

[0122] 3) 第二相位有效绿灯时间：
$$G_2 = (C_{远引} - L) \cdot \frac{\max(\frac{Q_{主1TH} + Q_{次2L}}{K_{主1TH} \cdot S_{主TH}}, \frac{Q_{主2TH} + Q_{次1L}}{K_{主2TH} \cdot S_{主TH}})}{Y}$$

[0123] 步骤四 确定道路平面交叉口次路远引几何参数，具体是：

[0124] 1) 确定远引车流掉头位置到交叉口的距离L

[0125] 设置交叉口次路远引的前提是该交叉口与上下游交叉口间距较远，远引掉头在路

段开口位置不能位于交叉口功能区内。功能区长度 $L_1$ ,其由感知-反应时间距离 $L_3$ 、减速段距离 $L_4$ 、车辆的最大排队长度 $L_5$ 组成,所以远引车流掉头位置不会在上下游交叉口功能区内,于是得到:

$$[0126] \quad L > L_1 \quad (15),$$

$$[0127] \quad L_1 = L_3 + L_4 + L_5 = vt + \frac{v^2}{2a} + qrh \quad (16),$$

[0128] 其中: $L$ 为远引车流掉头位置到交叉口的距离,m;

[0129]  $v$ 为路段的设计速度,km/h;

[0130]  $t$ 为驾驶员感知反应时间,取2.5s;

[0131]  $a$ 为车辆的平均减速度,取 $2\text{m/s}^2$ ;

[0132]  $q$ 为次路远引后主路直行车流高峰小时交通量,pcu/s;

[0133]  $r$ 为红灯时间,s;

[0134]  $h$ 为车辆停车平均车头间距,m。

[0135] 同时掉头开口位置到交叉口距离 $L$ 应满足车辆回转行驶到交叉口禁止变道线前能换道到右转车道,有:

$$[0136] \quad L \geq L_{P2} + L_2 \quad (17),$$

$$[0137] \quad L_2 = xL_a \quad (18),$$

[0138] 其中: $L_{P2}$ 表示交叉口禁止变道线长度,根据《城市道路交通标志标线设置指南》设计速度小于60km/h的交叉口,禁止变道线取30-50m;

[0139]  $L_2$ 表示车辆想要换道到换道结束所行驶距离,m;

[0140]  $L_a$ 表示强制换道车辆换一个车道平均行驶距离,取50.92m;

[0141]  $x$ 为换道车道数。

[0142] 综上,远引车流掉头位置到交叉口的距离需要满足 $L > L_1$ ,且 $L \geq L_{P2} + L_2$ ,所以 $L$ 的取值应略大于 $\max\{L_1, L_{P2} + L_2\}$ 。

[0143] 2) 确定远引掉头车流的排队车道长度

[0144] 远引车流在掉头口的排队系统为M/EK/1排队系统,要计算平均排队长度的关键在于求车辆的平均到达率 $\beta$ 和平均服务率 $u$ , $\beta$ 等于次路远引车流小时交通量,平均服务率 $u$ 为路段掉头口处车辆掉头通行能力。设 $t_a$ 为平均每辆掉头车辆在掉头口开始插入主路车流到完成合流所用时间,可取5.5~6s, $h$ 为对面直行车流在掉头口的车头时距,当主路车流车头时距满足一辆车掉头时,则可以有一辆车掉头,当车头时距满足 $n$ 辆车时则有 $n$ 辆车可以进行掉头,有 $nt_a \leq h \leq (n+1)t_a$ , $n$ 的取值范围为 $1, 2, \dots, \infty$ , $p_n$ 为对面直行车流经过掉头口的车头间距插入 $n$ 辆车的概率,则有:

$$[0145] \quad p_n = \int_{nt_a}^{(n+1)t_a} p(T) dT = \int_{nt_a}^{(n+1)t_a} \frac{\lambda_1 e^{-\lambda_1 T} (\lambda_1 T)^{K-1}}{(K-1)!} dT \quad (19),$$

[0146] 其中: $p(T)$ 表示一列车流符合爱尔朗分布车头时距为 $T$ 的概率;

[0147]  $K$ 为爱尔朗分布阶数;

[0148]  $\lambda_1$ 为主路直行车流到达率。

[0149] 则 $(\lambda_1 - 1) p_n$ 表示在单位时间内存在 $\lambda_1 - 1$ 个车头间隔中,通过 $n$ 辆车的间隔数,所以中央分隔带掉头口服务率 $u$ 为:

$$[0150] \quad u = \sum_{n=1}^{\infty} n(\lambda_1 - 1)p_n \quad (20),$$

[0151] 由公式(19)、(20)可求得掉头口服务率 $u$ ,根据M/EK/1排队模型,可得远引车流掉头口平均排队车辆数 $L_q = \frac{\beta^2}{u(u-\beta)} \cdot \frac{k+1}{2k}$ ,则远引掉头处车辆排队长度为:

$$[0152] \quad L_{p1} = \frac{\beta^2}{u(u-\beta)} \cdot \frac{k+1}{2k} \cdot h \quad (21),$$

[0153] 综上,远引掉头处设置的排队车道长度应大于等于 $L_{p1}$ (如图1所示)。

[0154] 步骤五 求次路远引平面交叉口车辆平均延误

[0155] 求次路远引平面交叉口车辆平均延误的具体步骤是:

[0156] 1) 求交叉口的信号控制延误

[0157] 实施次路远引措施后,利用韦伯斯特延误模型可得到交叉口的信号控制延误:

$$[0158] \quad D_{\text{信号}} = \sum q_i \left( \frac{C_{\text{远引}}(1-\lambda_i)^2}{2(1-\lambda_i x_i)} + \frac{x_i^2}{2q_i(1-x_i)} - 0.65 \left( \frac{C_{\text{远引}}}{q_i^2} \right)^{\frac{1}{3}} x_i^{2+5\lambda_i} \right) \quad (22),$$

[0159] 其中: $-\lambda_i$ 为 $i$ 相位绿信比;

[0160]  $-x_i$ 为 $i$ 相位车流饱和度;

[0161]  $-q_i$ 为修正后 $i$ 相位车流到达流量。

[0162] 2) 求次路慢行交通干扰延误

[0163] 在人行横道上慢行交通可双向行走,各方向的交通流到达符合泊松分布,到达率分别为 $\lambda_{m1}$ (人/s), $\lambda_{m2}$ (人/s),次路车流一条车道的到达率为 $\lambda_{qi次}$ (pcu/s),对应的到达间距为 $h_{m1}$ , $h_{m2}$ , $h_{qi次}$ 。次路车流到达人行横道时,当相邻两车车头时距大于行人可穿越间隙 $\eta$ ,同时慢行交通之间的到达间隙不大于此间距时,慢行交通通过人行道,此时次路车流就得减速停车等待慢行交通通过,直到在人行横道上出现机动车穿越慢行交通的可穿越间隙 $\eta_1$ ,机动车就启动通过。由此可得次路车流需要减速停车等待的概率为:

$$[0164] \quad P_{i次} = p(h_{qi次} > \eta) \left( 1 - p(h_{m1} > (\eta + \frac{1}{\lambda_{qi次}})) \cdot p(h_{m2} > (\eta + \frac{1}{\lambda_{qi次}})) \right) \quad (23),$$

[0165] 机动车减速停车等待后通过的延误分为两部分,一部分为机动车的减速延误,另一部分为等待行人间出现可穿越间隙的停车延误,所以次路一条车道受到慢行交通干扰产生的延误为:

$$[0166] \quad T_{i次干扰} = \frac{\left[ \frac{v}{a_{次减}} + \frac{1}{\lambda_{m1}} - \left( \eta_1 + \frac{1}{\lambda_{m1}} \right) \cdot e^{-\lambda_{m1}\eta_1} \cdot e^{-\lambda_{m2}\eta_1} \right]^2}{2 \cdot e^{-\lambda_{m1}\eta_1} \cdot e^{-\lambda_{m2}\eta_1}} \cdot \lambda_{qi次} \quad (24),$$

[0167] 其中: $-a_{次减}$ 表示次路车流遇到慢行交通的平均减速度;

[0168]  $-\eta$ 表示行人穿越一条机动车的可穿越间隙,可取值为5.6s;

[0169]  $-\eta_1$ 表示机动车穿越行人的可穿越间隙,可取4.7s。

[0170] 所以次路车流受到慢行交通的总干扰延误为:

$$[0171] \quad D_{\text{次干扰}} = \sum_{i=1}^n P_{i\text{次}} \cdot T_{i\text{次干扰}} \cdot \lambda_{qi\text{次}} \cdot 3600 \quad (25),$$

[0172] 其中： $n$ 表示次路的车道数。

[0173] 3) 求掉头处排队延误

[0174] 由上述研究可知，远引车流在中央分隔带的掉头过程可以看作M/E<sub>k</sub>/1排队模型，因此次路远引车流在掉头处的排队延误为：

$$[0175] \quad D_{\text{排队}} = \sum \frac{L_{qi}}{\beta_i} q_{\text{次}i} \quad (26),$$

[0176] 其中： $L_{qi}$ 为交叉口主路上游掉头口或下游掉头口的排队车辆数，pcu；

[0177]  $q_{\text{次}i}$ 为次路远引车流到达交叉口上游或下游掉头口流量，pcu/h。

[0178] 4) 求次路远引车流绕行延误

[0179] 次路车流远引过程产生的绕行延误可分为非交织绕行延误和交织绕行延误。非交织绕行延误是指交叉口为主路左转通行信号时，次路直行和左转的远引车流从交叉口驶向掉头口产生的绕行延误、次路左转车流回转到交叉口产生的绕行延误和次路直行车流在掉头口换道到右转车道后再行驶到交叉口产生的绕行延误。从前文分析可知次路远引车辆在行驶到掉头开口位置前需要换道一次，所以次路车流非交织绕行延误为：

$$[0180] \quad D_{\text{非交织绕}} = q_{\text{次}} \cdot \frac{\left[ \frac{L_{\text{lane}}}{\sin \theta} + (L - \frac{L_{\text{lane}}}{\tan \theta}) \right]}{kv} \cdot \lambda_{\text{主左}} + q_{\text{次左}} \cdot \frac{L}{kv} + q_{\text{次直}} \cdot \frac{L - L_2}{kv} \quad (27),$$

[0181] 其中： $k$ 为考虑远引车流的加减速影响，为设计速度的折减系数，实际应用可取0.75；

[0182]  $q_{\text{次}}$ 为次路远引流量，pcu/h；

[0183]  $q_{\text{次左}}$ 为次路左转流量，pcu/h；

[0184]  $q_{\text{次直}}$ 为次路直行流量，pcu/h；

[0185]  $\lambda_{\text{主左}}$ 为主路左转相位非红灯时间与信号周期比值；

[0186]  $L_{\text{lane}}$ 为远引车流换道横向移动距离，取一个车道长度3.5m；

[0187]  $\theta$ 为远引车流平均换道角度，一般为3°-5°。

[0188] 当交叉口为主路直行通行信号时，次路远引车流从交叉口驶向掉头口时与主路车流交织产生绕行延误，接着次路直行车流在掉头口汇入主路车流后需要换道到右转车道，产生换道延误。根据HCM2010，可知次路远引车流的换道交织为C型交织构造型式，由此可得次路与主路车流交织段的平均速度：

$$[0189] \quad W_i = \frac{a(1 - V_R)^b \left(\frac{q}{n}\right)^c}{(3.28L)^d} \quad (28),$$

$$[0190] \quad v_i = v_{\min} + \frac{v_{\max} - v_{\min}}{1 + W_i} \quad (29),$$

[0191] 其中： $W_i$ 为交织车流或非交织车流的交织强度；

[0192]  $V_R$ 为交织交通量比；

[0193]  $q$ 为交织段中的总交通量，pcu/h；

- [0194] —n为交织区段车道数；  
 [0195] —a,b,c,d为标定的常数；  
 [0196] — $v_i$ 为交织段车流的平均速度,m/s；  
 [0197] — $v_{max}$ 为交织段内车辆可能的最大速度,可取设计速度；  
 [0198] — $v_{min}$ 为交织段内车辆可能的最小速度。  
 [0199] 所以次路车流的交织绕行延误为：

$$[0200] \quad D_{\text{交织绕}} = \frac{L}{v_{\text{次}}} \cdot q_{\text{次}} \cdot (1 - \lambda_{\text{主左}}) + \frac{L_2}{v_{\text{次直}}} \cdot q_{\text{次直}} \quad (30),$$

- [0201] 其中：— $v_{\text{次}}$ 为次路车流行驶到掉头口前与主路车流交织过程的平均速度；  
 [0202] — $v_{\text{次直}}$ 为次路直行车流从掉头口回转到交叉口时与主路车流交织过程的平均速度。  
 [0203] 由以上可得次路远引车流的绕行延误为：

$$[0204] \quad D_{\text{绕}} = D_{\text{非交织绕}} + D_{\text{交织绕}} \quad (31),$$

- [0205] 5) 求换道干扰延误

[0206] 次路车流汇入主路车流后变换车道会对主路车流带来干扰延误,而使主路车流车速降低。所以主路车流的干扰延误为：

$$[0207] \quad D_{\text{干扰}} = q_d \left( \frac{L_2}{v_{\text{主}}} - \frac{L_2}{v} \right) \quad (32),$$

- [0208] 其中：— $v_{\text{主}}$ 为交织段内主路车流的平均速度；  
 [0209] — $q_d$ 为受交织影响的主路车流量。

[0210] 综上,由公式(22)-(32)可得次路车流远引交叉口的车辆平均延误为：

$$[0211] \quad \bar{d} = \frac{D_{\text{信号}} + D_{\text{排队}} + D_{\text{绕行}} + D_{\text{干扰}} + D_{\text{次干扰}}}{\sum q_i} \quad (32),$$

[0212] 步骤六 效益评价

[0213] 本发明道路平面交叉口次路远引的设置的方法在一定条件在优越性才能凸显,这里主要是从延误的角度进行评估,即对交叉口进行次路远引的前提是渠化后能降低交叉口整体延误,有：

$$[0214] \quad F = \bar{d}_0 - \bar{d} > 0 \quad (34),$$

[0215] 其中：—F表示交叉口设置次路远引渠化前后车辆平均延误差,s；

[0216] — $\bar{d}_0$ 表示次路远引实施前交叉口的车辆平均延误,可根据韦伯斯特延误模型计算公式求得,s；

[0217] 当求得F大于0时,表明交叉口次路远引设置效果良好,能提高交叉口运行效率,减少交叉口延误,当求得F小于0时,不宜进行远引渠化交通组织。

[0218] 以上对本发明实施例所提供的一种道路平面交叉口次路远引的设置方法进行了详细介绍,本文对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

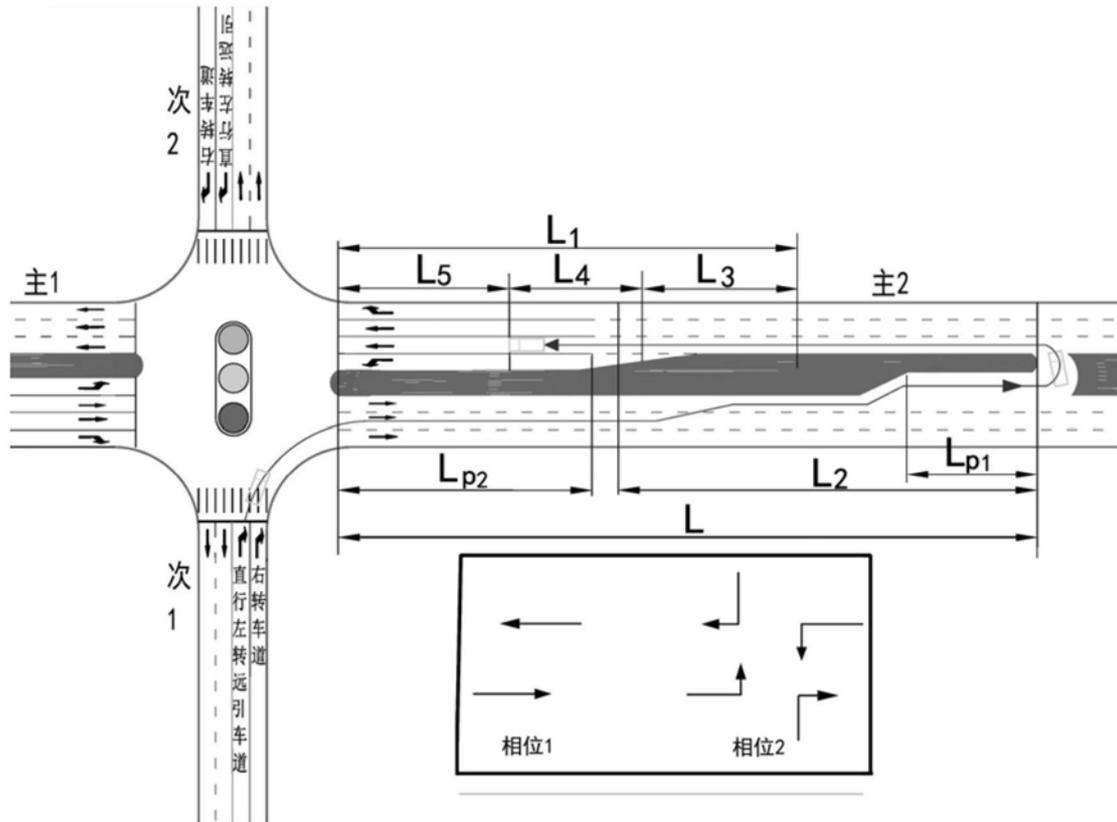


图1

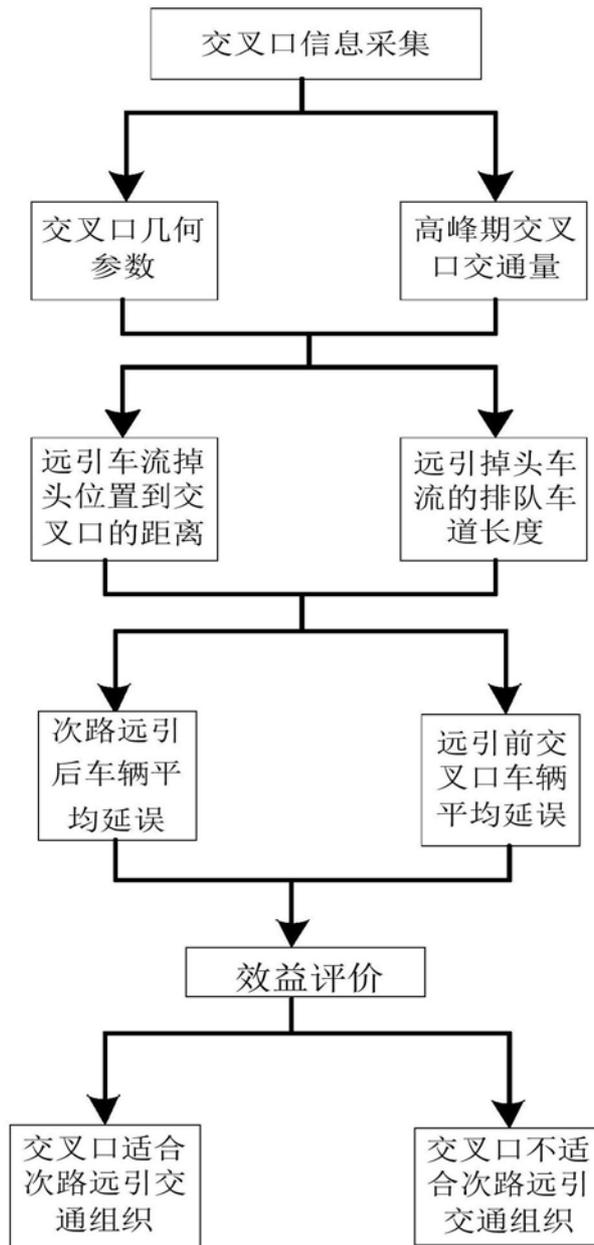


图2