



(10)申请公布号 CN 106997496 A

(21)申请号 201710320895.0

(22)申请日 2017.05.09

(71)申请人 长沙理工大学

地址 410114 湖南省长沙市雨花区万家丽南路2段960号

(72)发明人 吴伟 刘洋 林琴 龙科军

(51) Int.Cl.

G06Q 10/04(2012.01)

G06Q 10/06(2012.01)

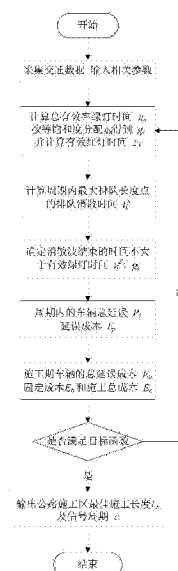
G08G 1/08(2006.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法

(57)摘要

本发明公开了一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,针对典型双向两车道的国省道和县乡道,首先,采集施工道路的交通数据,包括交通流到达率,速度,饱和流率等;输入延误成本,每公里道路平均施工时间,单个施工区的固定成本等参数。其次,计算一个周期的总有效绿灯时间,并按照等饱和度原则分配有效绿灯时间。在此基础上,结合交通流波动理论,计算单个周期内最大排队长度点的排队消散时间和周期内的车辆总延误;再次,计算施工期间车辆的总延误成本和固定成本;最后,建立公路施工区最佳施工长度的计算模型。本发明方法通过使用信号控制交替放行的方式,建立数学模型定量计算施工区的最佳施工长度,能降低交通流延误和总成本。



1. 一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,其特征在于,该方法包括如下步骤:

步骤1:确定研究施工区域的双向两车道公路,对双向车道用 i ($i=1,2$) 进行编号,采集施工道路区段的交通流数据,包括双向交通流的到达率 d_i (pcu/s),车辆通过施工区的平均速度 v (m/s),两车道的饱和流率 s 。输入道路施工总长度 L ,信号相位切换损失时间 T_L ,每辆车每小时平均延误成本 C_h (元/pcu·h),每公里道路平均施工时间 T_m (h/km),设置每个施工区的固定成本 E 。

步骤2:确定施工区车辆清空时间 t_q (s),信号周期内总有效绿灯时间 g_a (s),并按“等饱和度和”分配有效绿灯时间 g_i (s),根据各车道有效绿灯时间计算红灯时间 r_i (s)。

步骤3:根据所计算的红灯时间,结合交通波动理论,确定消散波结束的时间 t_i^s (s),并确保消散波结束的时间不大于有效绿灯时间,再计算一个周期内车辆总延误。

步骤4:根据步骤3计算的结果,计算一个周期内的延误成本 E_p 和施工期间总延误成本 E_a ,再计算施工区固定成本 E_b 。最后计算总成本 E_c ,并根据所设目标函数确定施工区最佳施工长度 L_n 。

2. 根据权利要求1所述的一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,其特征在于,所述步骤2中的施工区车辆清空时间 t_q ,信号周期内总有效绿灯时间 g_a ,有效绿灯时间 g_i ,红灯时间 r_i 的计算方法包括如下步骤:

步骤21:假设施工区长度为 L_n ,计算施工区车辆清空时间 t_q ,如公式(1)所示:

$$t_q = L_n / v \quad (1)$$

步骤22:计算信号周期内总有效绿灯时间 g_a ,总有效绿灯时间等于信号周期时长减去总损失时间,如公式(2)所示:

$$g_a = c - 2(L_n / v + T_L) \quad (2)$$

步骤23:按照等饱和度原则分配有效绿灯时间,车道1的有效绿灯时间如公式(3)所示:

$$g_1 = \frac{d_1}{d_1 + d_2} g_a \quad (3)$$

车道2的有效绿灯时间如公式(4)所示:

$$g_2 = \frac{d_2}{d_1 + d_2} g_a \quad (4)$$

步骤24:计算车道 i 的红灯时间 r_i ,如公式(5)所示:

$$r_i = \left(1 - \frac{d_i}{d_1 + d_2}\right) \cdot c + 2 \frac{d_i}{d_1 + d_2} \left(\frac{L_n}{v} + T_L\right) \quad (5)$$

3. 根据权利要求1所述的一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,其特征在于,所述步骤3中消散波结束的时间 t_i^s 、车辆总延误 p_i 的计算方法包括如下步骤:

步骤31:结合交通波动理论,计算消散波结束的时间 t_i^s ,如公式(6)所示:

$$t_i^s = \frac{d_i \cdot r_i}{s - d_i} \quad (6)$$

步骤32:确定消散波结束的时间不大于有效绿灯时间,如公式(7)所示:

$$t_i^s \leq g_i \quad (7)$$

步骤33:计算一个周期内车辆的总延误,如公式(8)所示:

$$p_i = \frac{1}{2} \cdot s \cdot r_i \cdot t_i^s \quad (8)$$

4. 根据权利要求1所述的一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,其特征
在于,所述步骤4中一个周期内的延误成本 E_p ,施工区总延误成本 E_a ,施工区固定成本 E_b ,总
成本 E_c ,施工区最佳施工长度 L_n 的计算方法包括如下步骤:

步骤41:计算一个周期内的延误成本 E_p ,如公式(9)所示:

$$E_p = (p_1 + p_2) \cdot C_h / 3600 \quad (9)$$

步骤42:根据步骤41的结果,计算施工区总延误成本 E_a ,如公式(10)所示:

$$E_a = E_p \cdot L \cdot T_m \cdot 3600 / c \quad (10)$$

步骤43:计算施工总固定成本 E_b ,如公式(11)所示:

$$E_b = E \cdot L / L_n \quad (11)$$

步骤44:计算施工总成本 E_c ,如公式(12)所示:

$$E_c = E_a + E_b \quad (12)$$

步骤45:根据式(13)的目标函数,及约束条件(1)-(12),优化得出最优施工长度 L_n 。

$$\text{Min}(E_c) \quad (13)。$$

一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法

技术领域

[0001] 本发明属于公路交通工程领域,涉及公路交通施工及公路交通流组织领域,更具体地说,涉及一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法。

背景技术

[0002] 发明中的双向两车道公路主要指国道、省道、县乡道,公路中间使用黄色虚线分隔对向交通流。据交通运输部统计数据,截至2016底,我国已建成国道35.48万公里、省道31.33万公里、县道56.21万公里,乡道114.72万公里,村道225.05万公里。已成为维持国民经济快速发展的重要保障。(http://seafarers.msa.gov.cn/Applications/Information/IndexNewsView.aspx?infoid=bd586808-7442-433e-814b-8b3c9804c0d2&MenuCode=201311015)。

[0003] 由于交通流对公路路面造成的磨损,在达到公路路面的使用年限后,需对公路进行翻修。而由于公路的特殊性,区别于城市道路,常常无法在短距离范围内寻找到合适的替代路径。因此,为避免对公路交通流造成较大影响,在公路翻新时可采用“单边施工”和“分段施工”做法,再采用信号灯控制,上下行方向交替放行的方式,保障交通流在公路翻修期间仍能正常通行。

[0004] 经对现有技术的文献检索发现,有关施工区交通组织的技术主要集中在高速公路,如李志斌等发明了一种提高高速公路施工区通行效率的控制方法,华雪东等发明了一种多车道高速公路最外侧车道封闭条件下交通信号控制方法,席广恒等发明了一种高速公路封闭施工区域借道通行的交通信号控制方法等等,以上方法主要针对高速公路施工区行车安全的考虑,提出了高速公路施工区的控制方法。而一般公路与高速公路交通流特征区别明显。高速公路行车速度快,施工区容易引发交通安全事故,因此更加注重行车安全,缺乏对行车效率、施工区最佳设置长度的研究。而一般公路行车速度较低,不易发生交通安全事故,出行者更加注重通行效率。

发明内容

[0005] 技术问题:针对现有在对公路进行翻修围挡时,常根据经验设置施工区长度,随意性较大,影响了交通通行效率的不足,本发明的目的是提供一种双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,以系统总费用最低为目标,提出针对一般公路,特别是双向两车道公路施工区最佳施工长度的设置方法,提高交通流通行效率,降低交通流延误。

技术方案:为解决上述技术问题,本发明的双向两车道公路施工区最佳施工长度设置方法,包括如下步骤:

[0006] 步骤1:确定研究施工区域的双向两车道公路,对双向车道用 i ($i=1,2$) 进行编号,采集施工道路区段的交通流数据,包括双向交通流的到达率 d_i (pcu/s),车辆通过施工区的平均速度 v (m/s),两车道的饱和流率 s 。输入道路施工总长度 L ,信号相位切换损失时间 T_L ,每辆车每小时平均延误成本 C_h (元/pcu·h),每公里道路平均施工时间 T_m (h/km),设置每个

施工区的固定成本E。

[0007] 步骤2:确定施工区车辆清空时间 $t_q(s)$,信号周期内总有效绿灯时间 $g_a(s)$,并按“等饱和度”分配有效绿灯时间 $g_i(s)$,根据各车道有效绿灯时间计算红灯时间 $r_i(s)$ 。

[0008] 步骤3:根据所计算的红灯时间,结合交通波动理论,确定消散波结束的时间 $t_i^s(s)$,并确保消散波结束的时间不大于有效绿灯时间,再计算一个周期内车辆总延误。

[0009] 步骤4:根据步骤3计算的结果,计算一个周期内的延误成本 E_p 和施工期间总延误成本 E_a ,再计算施工区固定成本 E_b 。最后计算总成本 E_c ,并根据所设目标函数确定施工区最佳施工长度 L_n 。

[0010] 本发明中,所述步骤2中的施工区车辆清空时间 t_q ,信号周期内总有效绿灯时间 g_a ,有效绿灯时间 g_i ,红灯时间 r_i 的计算方法包括如下步骤:

[0011] 步骤21:假设施工区长度为 L_n ,计算施工区车辆清空时间,如公式(1)所示:

$$[0012] \quad t_q = L_n / v \quad (1)$$

[0013] 步骤22:计算信号周期内总有效绿灯时间 g_a ,总有效绿灯时间等于信号周期时长减去总损失时间,如公式(2)所示:

$$[0014] \quad g_a = c - 2(L_n / v + T_L) \quad (2)$$

[0015] 步骤23:按照等饱和度原则分配有效绿灯时间,车道1的有效绿灯时间如公式(3)所示:

$$[0016] \quad g_1 = \frac{d_1}{d_1 + d_2} g_a \quad (3)$$

[0017] 车道2的有效绿灯时间如公式(4)所示:

$$[0018] \quad g_2 = \frac{d_2}{d_1 + d_2} g_a \quad (4)$$

[0019] 步骤24:计算车道i的红灯时间 r_i ,如公式(5)所示:

$$[0020] \quad r_i = \left(1 - \frac{d_i}{d_1 + d_2}\right) \cdot c + 2 \frac{d_i}{d_1 + d_2} \left(\frac{L_n}{v} + T_L\right) \quad (5)$$

[0021] 本发明中,所述步骤3中消散波结束的时间 t_i^s 、车辆总延误 p_i 的计算方法包括如下步骤:

[0022] 步骤31:结合交通波动理论,计算消散波结束的时间 t_i^s ,如公式(6)所示:

$$[0023] \quad t_i^s = \frac{d_i \cdot r_i}{s - d_i} \quad (6)$$

[0024] 步骤32:为了保障车道饱和度不大于1,消散波结束的时间应不大于有效绿灯时间,需满足以下约束,如公式(7)所示:

$$[0025] \quad t_i^s \leq g_i \quad (7)$$

[0026] 步骤33:计算一个周期内车辆的总延误,如公式(8)所示:

$$[0027] \quad p_i = \frac{1}{2} \cdot s \cdot r_i \cdot t_i^s \quad (8)$$

[0028] 本发明中,所述步骤4中一个周期内的延误成本 E_p ,施工区总延误成本 E_a ,施工区固定成本 E_b ,总成本 E_c ,施工区最佳施工长度 L_n 的计算方法包括如下步骤:

[0029] 步骤41:计算一个周期内的延误成本 E_p ,公式(9)所示:

$$[0030] \quad E_p = (p_1 + p_2) \cdot C_h / 3600 \quad (9)$$

[0031] 步骤42:根据步骤41的结果,计算施工区总延误成本 E_a ,如公式(10)所示:

$$[0032] \quad E_a = E_p \cdot L \cdot T_m \cdot 3600/c \quad (10)$$

[0033] 步骤43:计算施工总固定成本 E_b ,如公式(11)所示:

$$[0034] \quad E_b = E \cdot L/L_n \quad (11)$$

[0035] 步骤44:计算施工总成本 E_c ,如公式(12)所示:

$$[0036] \quad E_c = E_a + E_b \quad (12)$$

[0037] 步骤45:根据式(13)的目标函数,及约束条件(1)–(12),优化得出最优施工长度 L_n 。

$$[0038] \quad \text{Min}(E_c) \quad (13)$$

[0039] 有益效果:本发明与现有技术相比,具有以下优点

[0040] 本发明方法的研究对象为双向两车道公路施工区,已有研究考虑较少。本发明考虑了施工区长度对道路通过效率的影响,使用总成本最小优化施工长度的设置,克服了现有技术简单考虑折算系数或通过仿真方法来获得最佳的施工区长度的不足,为科学的规划施工区长度提供了理论依据。

[0041] 本发明方法能有效的减少施工区的交通拥挤、车辆延误。同一施工区长度在不同的周期内有不同的车辆通过数,同一周期内的不同施工长度也有不同的车辆通过数,本发明在建模得到最佳施工区长度的同时,优化得到了与施工区长度相匹配的信号周期长度,能有效确保系统效益的最大化。

附图说明

[0042] 图1为本发明的流程图;

[0043] 图2为本发明的双向两车道施工区交通组织示意图;

[0044] 图3为基于交通波的交通流时空分布示意图。

具体实施方式

[0045] 结合附图和实施例,对本发明技术方案详细说明如下:

[0046] 示例:选择如图2所示的道路施工区域为研究对象,本发明使用G312宁乡段为发明的研究对象,施工区总长度 $L=1500\text{m}$,每辆车每小时平均延误成本 $C_h=45\text{元}/\text{pcu} \cdot \text{h}$,每公里平均养护时间 $T_m=12\text{h}/\text{km}$,单个施工区固定成本 $E=1500\text{元}$,相位切换损失时间 $T_L=3\text{s}$ 。车辆以 $40\text{km}/\text{h}$ 的速度通过施工区,并且记录在一个小时内施工区域所通过的车辆数10组数据,如下表1所示:

[0047] 表1 施工区域内一小时通过车辆数

[0048]

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
车道1	900	890	895	910	905	1000	800	825	975	901
车道2	500	580	540	600	480	490	590	541	530	529

[0049] 两车道的饱和流率 s 为 $0.5\text{pcu}/\text{s}$ 。通过表1可计算分别计算得出车道1的到达率 d_1 ,车道2的到达率 d_2 ,并且利用上述公式可以得出通过车辆数、周期和施工长度的表达式。

[0050] 计算得车道1的到达率为:

$$[0051] \quad d_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} n_i}{10} \div 3600 = 0.25\text{veh}/\text{s} \quad (14)$$

[0052] 计算得到车道2的车辆达到率为:

$$[0053] \quad d_2 = \frac{\sum_{i=2}^{10} n_i}{10} \div 3600 = 0.15 \text{ veh/s} \quad (15)$$

[0054] 使用公式 (3) 可计算得出车道1的有效绿灯时间 g_1 的表达式为:

$$[0055] \quad g_1 = 0.625c - 0.1125L_n - 3.75 \quad (16)$$

[0056] 使用公式 (4) 可计算得出车道2的有效绿灯时间 g_2 的表达式为:

$$[0057] \quad g_2 = 0.375c - 0.0675L_n - 2.25 \quad (17)$$

[0058] 其中 c 为信号灯周期, L_n 为施工区长度,为未知参数。

[0059] 使用公式 (5) 计算得出车道1的红灯时间 r_1 的表达式为:

$$[0060] \quad r_1 = 0.375c + 0.1125L_n + 3.75 \quad (18)$$

[0061] 使用公式 (5) 可得车道2的红灯时间的表达式:

$$[0062] \quad r_2 = 0.625c + 0.0675L_n + 2.25 \quad (19)$$

[0063] 使用公式 (6) (18) (19) 可以计算得出各车道的消散波结束时间 t_i^s 的表达式 (20) (21), 其中 $V=11.11\text{m/s}$ (40km/h):

$$[0064] \quad t_1^s = 0.375c + 0.1125L_n + 3.75 \quad (20)$$

$$[0065] \quad t_2^s = 0.268c + 0.026L_n + 0.965 \quad (21)$$

[0066] 使用公式 (7) (16) (17) (20) (21) 确定消散波结束的时间不大于有效绿灯时间:

$$[0067] \quad 0.25c - 0.225L_n - 7.5 \geq 0 \quad (22)$$

$$[0068] \quad 0.107c - 0.03275L_n - 3.215 \geq 0 \quad (23)$$

[0069] 使用公式 (8) (18) (19) (20) (21) 分别计算出车道1和车道2在一个信号周期内的延误 p_i :

$$[0070] \quad p_1 = 0.25 * (0.375c + 0.1125L_n + 3.75)^2 \quad (24)$$

$$[0071] \quad p_2 = 0.107 * (0.625c + 0.0675L_n + 2.25)^2 \quad (25)$$

[0072] 使用公式 (9) (24) (25) 计算在一个周期内延误成本 E_p :

$$[0073] \quad E_p = 0.00096c^2 + 0.00004362L_n^2 + 0.000375c \cdot L_n + 0.0125c + 0.003L_n + 0.0467 \quad (26)$$

[0074] 使用公式 (10) (26) 计算施工总长度 L 的时间内总延误成本 E_a :

$$[0075] \quad E_a = 62.2c + 2.83L_n^2/c + 24.3L_n + 810 + 194.4L_n/c + 3026.16/c \quad (27)$$

[0076] 使用公式 (11) 计算施工总固定设置成本 E_b :

$$[0077] \quad E_b = 2250000/L_n \quad (28)$$

[0078] 使用公式 (12) (27) (28) 计算施工 L 长度花费的总成本 E_c :

$$[0079] \quad E_c = 62.2c + 2.83L_n^2/c + 24.3L_n + 810 + 194.4L_n/c + 3026.16/c + 2250000/L_n \quad (29)$$

[0080] 根据目标函数公式 (13) (29) 和约束条件公式 (22) (23), 计算可得: 施工区长度 $L_n=150\text{m}$ 时总成本最低, 对应的最小成本 $E_c=30592.89$ 元, 信号周期 $c=170\text{s}$ 。

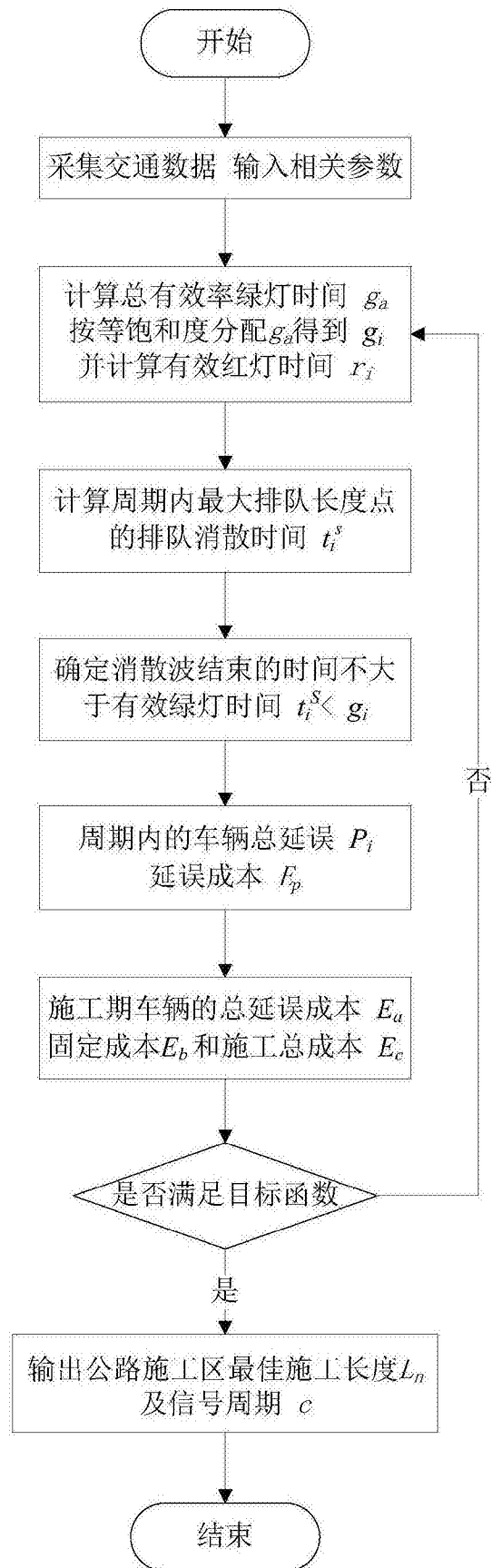


图1

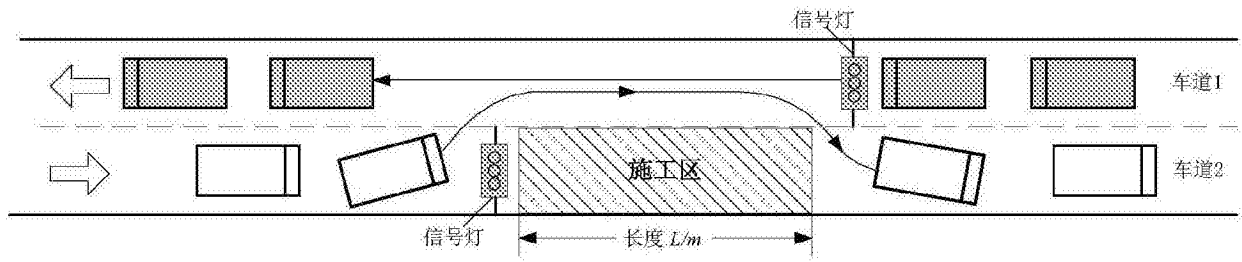


图2

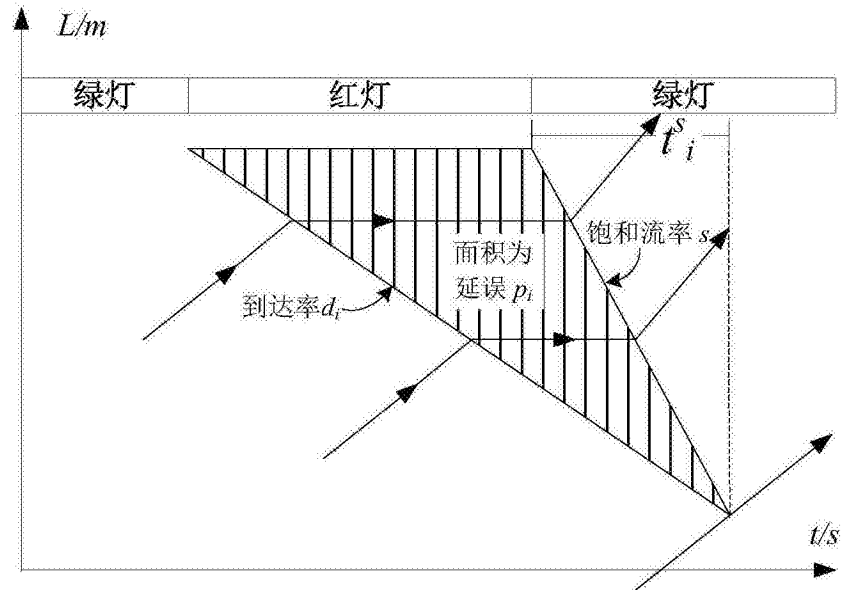


图3