



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113516866 B

(45) 授权公告日 2022.06.14

(21) 申请号 202110465364.7

G08G 1/01 (2006.01)

(22) 申请日 2021.04.28

G08G 1/083 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113516866 A

审查员 牟雪

(43) 申请公布日 2021.10.19

(73) 专利权人 大连理工大学
地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72) 发明人 耿亚南

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200
专利代理师 隋秀文 温福雪

(51) Int. Cl.
G08G 1/123 (2006.01)
G08G 1/08 (2006.01)

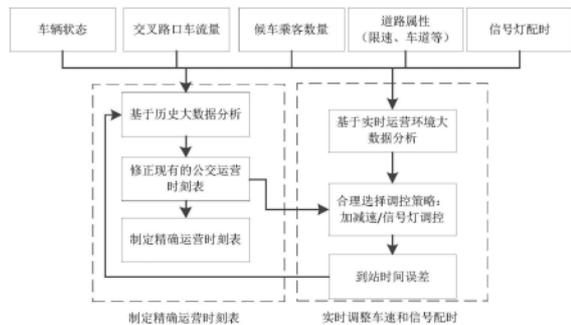
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种智能网联技术融合下的公交准点到站
调度方法

(57) 摘要

本发明属于交通调度技术领域,涉及一种智能网联技术融合下的公交准点到站调度方法,充分考虑交叉路口横向车流对调控策略的影响,主要用于城市公交运营的智能调度。本发明能够减少对交叉路口横纵向车辆通行效率的影响,解决了公交在复杂交通流环境中与信号灯协同优化控制、车速实时调控问题,用于提高公交到站的准时性和可靠性。



1. 一种智能网联技术融合下的公交准点到站调度方法,其特征在于,步骤如下:

步骤1、数据采集

首先采集公交历史运行的环境数据,包括车辆状态、交叉路口车流量、站台候车乘客数量、道路属性和信号灯配时;车辆状态数据由车联网终端通过CAN总线进行采集,并转发至车载单元OBU利用5G无线网络上传至后台数据中心,车辆状态数据包括车辆定位 L_i 和运行车速 v_i ;交叉路口车流量采用无线地磁车辆检测器进行统计,包括交叉路口横纵向车辆数,其中横向车流量 Num_i^1 ,纵向车流量 Num_i^2 ,车流数据通过5G网络上传至后台数据中心;站台候车乘客数量由站台客流统计仪进行计数,并通过候车乘客数量预测站台乘车时间 T_i ;道路属性包括交叉路口数量 N_i 和道路限速 V_{max} ;信号灯配时信息通过信号灯控制器转发至路侧通信单元RSU,通过5G网络将配时信息上传至后台数据中心,同时RSU、OBU通过车路协同V2X通信实现直连,共享车端和路段数据;

步骤2、修正运营时刻表

公交基础的运行时刻表从运营单位获取,通过采取分段式统计平均时间误差的方法对基础运营时刻表进行修正,并最终确定精确的公交运营时刻表,包括公交到站时间、站点候车时间、出发时间,同时标记站点位置,实施步骤如下:

(2.1) 将运营线路按站点分为若干行驶区间:L1-L2段、L2-L3段…;

(2.2) 从后台数据中心提取统计样本,即公交到达每一站的时间,采集周期不低于1周,时间覆盖包括早6:00至晚21:00;

(2.3) 将步骤1获得的历史统计数据进行处理和分析,计算相邻站点时间在每小时之内的平均用时;

(2.4) 根据首站首班车发时间推算每个站点的到站时间, $A_{i-1}^n + \Delta t_n = A_i^n$; A_{i-1}^n 为基础到站时间, Δt_n 表示两个站台之间的行驶时间, A_i^n 为下站公交精准到站时间;

步骤3、实时调控车速和信号灯配时

(3.1) 公交车辆按步骤2中修正后的运营时刻表出发,第1班次公交车辆始发站到站时间为 A_1^1 ,发车时间为 B_1^1 ;公交车辆驶离站台后,随即判断公交达到第2个站点前是否经过交叉路口,即不需要经过信号灯的纯行驶路段;

(3.2) 若到达第2个站点前不经过交叉路口,则根据公交车辆实时定位测量与站点之间的距离 S_1 ,并计算出诱导车速 v_0 ,通过车辆仪表或者车载语音系统提醒驾驶员按建议车速行驶;

$v_0 = S_1 / (A_1^2 - T_0)$; 其中, T_0 为当前时刻;

(3.3) 若到达第2个站点前经过信号灯,则实时预测公交车辆到站时间 T_z :

$T_z = T_a + T_b + T_c$; 其中 T_a 为预测到达交叉路口时间, T_b 为预测信号灯等待时间, T_c 为过路口后行驶时间;

(3.3-1) 若 $T_z - A_1^2 = \nabla T = 0$, ∇T 为时刻表到站时间与预测到站时间差,公式表示公交到站时间与到达第2个站台时刻表时间相同,则公交按照既定车速行驶,不调整信号灯配时;

(3.3-2) 若 $T_Z - A_1^2 = \nabla T < 0$, 即公交到站时间小于到达第2个站台时刻时间, 按现有状态行驶公交将提前进站, 需延长公交在路段上的行驶时间, 主要方式有两种: 延长红灯配时或降低车速; 为降低调控措施对交叉路口通行效率的影响, 需判断按现有速度行驶, 公交车辆到达交叉路口时的信号灯状态;

(3.3-2-1) 若公交到达路口时为绿灯, 则公交车辆正常通过路口, 过路口后进入纯行驶路段, 按照步骤(3.2)调整行驶车速, 车辆不可低于10km/h, 避免造成交通拥堵;

(3.3-2-2) 若公交到达路口时为红灯, 等待时间为 T_b ; 根据实时采集的纵向车流量选择执行不同的调整策略;

(3.3-2-2-1) 纵向车流量 > 30 台时, 即车流量较大; 不调整信号灯状态, 等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段, 按照步骤(3.2)降低行驶车速;

(3.3-2-2-2) 纵向车流量 = (20, 30) 台时, 即车流量适中; 通过路口后降低车速延长行驶时间, 且延长红灯配时 ΔT_b , 以弥补提前进站的时间差:

ΔT_b 根据纵向车流量计算得出, $\Delta T_b = (30 - C_{\text{车流量}}) * t_0$, 其中 $C_{\text{车流量}}$ 表示当前路口车流量, t_0 为单车通行路口用时;

等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段, 按照步骤(3.2)降低行驶车速;

(3.3-2-2-3) 纵向车流量 < 20 台时, 即车流量较小, 延长信号灯红灯时间为 ∇T , 弥补提前进站的时间差, 待绿灯时通过路口进入纯行驶路段, 按原定的速度行驶, 具体执行步骤(3.2);

(3.3-3) 若 $T_Z - A_1^2 = \nabla T > 0$, 即预测公交到站时间大于到达第2个站台时刻时间, 按现有状态行驶公交将晚点进站, 需减少公交在路段上的行驶时间, 主要方式有两种: 减少红灯配时或提高车速; 为降低调控措施对交叉路口通行效率的影响, 需判断按现有速度行驶, 公交到达交叉路口时的信号灯状态;

(3.3-3-1) 若公交到达路口时为绿灯, 则车辆正常通过路口, 过路口后将进入纯行驶路段, 按照步骤(3.2)提高行驶车速, 车辆不可高于道路限速;

(3.3-3-2) 若公交到达路口时为红灯, 等待时间为 T_b ; 根据实时采集的纵向车流量选择执行不同的调整策略;

(3.3-3-2-1) 横向车流量 > 30 台时, 即车流量较大; 不调整信号灯状态, 等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段, 按照步骤(3.2)提高行驶车速;

(3.3-3-2-2) 横向车流量 = (20, 30) 台时, 即车流量适中; 通过路口后提高车速缩短行驶时间, 且适当缩短红灯配时 ΔT_b , 以弥补提前进站的时间差:

ΔT_b 根据横向车流量计算得出, $\Delta T_b = (30 - C_{\text{车流量}}) * t_0$, 其中 $C_{\text{车流量}}$ 表示当前路口车流量, t_0 为单车通行路口用时;

等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段, 按照步骤(3.2)降低行驶车速;

(3.3-3-2-3) 横向车流量 < 20 台时, 即车流量较小, 缩短信号灯红灯时间为 ∇T , 弥补提前进站的时间差, 待绿灯时通过路口进入纯行驶路段, 按原定的速度行驶, 具体执行步骤(3.2);

(3.4) 公交到达第2个站点后, 按预定时刻表准时发车, 并继续执行(3.1) ~ (3.3)的调度过程, 判断到达第3个站点的时间, 实时执行(3.3-2-2)中的调整策略; 以后的站点到达时

间,依次类推。

一种智能网联技术融合下的公交准点到站调度方法

技术领域

[0001] 本发明属于交通调度技术领域,涉及一种智能网联技术融合下的公交准点到站调度方法。

背景技术

[0002] 随着汽车数量的逐渐增多,城市交通拥堵问题日益严重,为缓解交通压力,国家大力提倡优先公共出行等交通方式。城市公共交通是关系到民生福祉的重要基础设施,其中公交服务对于居民日常生活起到了十分重要的作用。

[0003] 为了更好的提供公交服务,公交运营单位提供了多种便民措施,如在站台显示屏、手机APP等终端上显示公交实时定位,以及提示公交到站的距离和预测时间。但公交往往受到社会车辆影响,常常无法准时到站,对于公交公司而言,公交车辆能否准点到站直接影响了乘客对城市公交服务水平的评价,若公交车辆能做到像高铁、飞机一样,准时进站、按点发车,公交乘客将能够更加合理的规划出行时间。因此,综合考虑整体交通效能等因素影响,使得公交能够按既定运营时刻表实现精确到站,具有非常重要的意义和研究价值。

[0004] 国内外专家学者提出了很多种解决方案,如交叉路口公交优先通行、到站时间预测等措施,但是,目前此类方法均是以公交路口通行效率最优为目标,并未考虑将公交优先通行对交通路口整体通行效率的影响,直接给予公交的绝对优先通行权,易造成新的交通拥堵。

[0005] 专利CN103854495A提供一种基于运行时刻表的主干线公交车辆单项优先控制方法,其通过采集公交主干线运营相关数据初步确定公交运营时刻表,并制定公交主干线沿线信号配时方案,公交运行后,根据距离下一站到站距离和时刻表,实时调整运行车速,确保公交在每个路口均遇到绿灯。当遇到红灯时,若公交运行早于公交时刻表的设定值,则不作任何操作;若公交运行晚于公交时刻表的设定值,则公交立刻提出优先请求,信号灯实时响应需求,给予公交优先通行权。该方法中,未充分考虑信号优先对交叉路口整体交通状态的影响,其中当公交遇到红灯且晚于时刻表时,信号灯直接给予公交优先通行权利,易造成横向道路的交通拥堵,降低整体交通效率。

发明内容

[0006] 在城市公交运营系统中,针对公交到站时间不可靠问题,本发明一种智能网联技术融合下的公交准点到站调度方法,充分考虑了交叉路口横向车流对调控策略的影响,主要用于城市公交运营的智能调度。本发明能够减少对交叉路口横纵向车辆通行效率的影响,解决了公交在复杂交通流环境中与信号灯协同优化控制、车速实时调控问题,用于提高公交到站的准时性和可靠性。

[0007] 本发明的技术方案如下:

[0008] 一种智能网联技术融合下的公交准点到站调度方法,步骤如下:

[0009] 步骤1、数据采集

[0010] 首先采集公交历史运行的环境数据,包括车辆状态、交叉路口车流量、站台候车乘客数量、道路属性和信号灯配时。车辆状态数据由车联网终端(Icard)端通过CAN总线进行采集,并转发至车载单元(OBU)利用5G无线网络上传至后台数据中心,车辆状态数据包括车辆定位 L_i 、运行车速 v_i 等;交叉路口车流量采用无线地磁车辆检测器进行统计,包括交叉路口横纵向车辆数,其中横向车流量 Num_i^1 ,纵向车流量 Num_i^2 ,车流数据通过5G网络上传至后台数据中心;站台候车乘客数量由站台客流统计仪进行计数,并通过候车乘客数量预测站台乘车时间 T_i ;道路属性包括交叉路口数量 N_i 、道路限速 V_{max} 等;信号灯配时信息通过信号灯控制器转发至路侧通信单元(RSU),通过5G网络将配时信息上传至数据中心,同时RSU、OBU通过车路协同V2X通信实现直连,共享车端和路段数据。

[0011] 步骤2、修正运营时刻表

[0012] 公交基础的运行时刻表可从运营单位获取,通过采取分段式统计平均时间误差的方法对基础运营时刻表进行修正,并最终确定精确的公交运营时刻表,包括公交到站时间、站点候车时间、出发时间,同时标记站点位置,实施步骤如下:

[0013] (2.1) 将运营线路按站点分为若干行驶区间:L1-L2段、L2-L3段…;

[0014] (2.2) 从后台数据中心提取统计样本,即公交到达每一站的时间,采集周期不低于1周,时间覆盖包括早6:00至晚21:00;

[0015] (2.3) 将步骤1获得的历史统计数据进行处理和分析,计算相邻站点时间在每小时之内的平均用时;

[0016] (2.4) 根据首站首班车发时间推算每个站点的到站时间, $A_{i-1}^n + \Delta t_n = A_i^n$; A_{i-1}^n 为基础到站时间, Δt_n 表示两个站台之间的行驶时间, A_i^n 为下站公交精准到站时间;

[0017] 步骤3、实时调控车速和信号灯配时

[0018] (3.1) 公交车辆按步骤2中修正后的运营时刻表出发,第1班次公交车辆始发站到站时间为 A_1^1 ,发车时间为 B_1^1 ;公交车辆驶离站台后,随即判断公交达到第2个站点前否经过交叉路口,即不需要经过信号灯的纯行驶路段;

[0019] (3.2) 若到达第2个站点前不经过交叉路口,则根据公交车辆实时定位测量与站点之间的距离 S_1 ,并计算出诱导车速 v_0 ,通过车辆仪表或者车载语音系统提醒驾驶员按建议车速行驶;

[0020] $v_0 = S_1 / (A_1^2 - T_0)$;其中, T_0 为当前时刻;

[0021] (3.3) 若到达第2个站点前经过信号灯,则实时预测公交车辆到站时间 T_z :

[0022] $T_z = T_a + T_b + T_c$;其中 T_a 为预测到达交叉路口时间, T_b 为预测信号灯等待时间, T_c 为过路口后行驶时间;

[0023] (3.3-1) 若 $T_z - A_1^2 = \nabla T = 0$, ∇T 为时刻表到站时间与预测到站时间差,公式表示公交到站时间与到达第2个站台时刻表时间相同,则公交按照既定车速行驶,不调整信号灯配时。

[0024] (3.3-2) 若 $T_z - A_1^2 = \nabla T < 0$,即公交到站时间小于到达第2个站台时刻时间,按现有状态行驶公交将提前进站,需延长公交在路段上的行驶时间,主要方式有两种:延长

红灯配时或降低车速。为降低调控措施对交叉路口通行效率的影响,需判断按现有速度行驶,公交车辆到达交叉路口时的信号灯状态。

[0025] (3.3-2-1) 若公交到达路口时为绿灯,则公交车辆正常通过路口,过路口后进入纯行驶路段,按照步骤(3.2)调整行驶车速,车辆不可低于10km/h,避免造成交通拥堵;

[0026] (3.3-2-2) 若公交到达路口时为红灯,等待时间为 T_b ;根据实时采集的纵向车流量选择执行不同的调整策略;

[0027] (3.3-2-2-1) 纵向车流量>30台时,即车流量较大;不调整信号灯状态,等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(3.2)降低行驶车速;

[0028] (3.3-2-2-2) 纵向车流量=(20,30)台时,即车流量适中;可通过路口后降低车速延长行驶时间,且延长红灯配时 ΔT_b ,以弥补提前进站的时间差:

[0029] ΔT_b 根据纵向车流量计算得出, $\Delta T_b = (30 - C_{\text{车流量}}) * t_0$,其中 $C_{\text{车流量}}$ 表示当前路口车流量, t_0 为单车通行路口用时;

[0030] 等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(3.2)降低行驶车速。

[0031] (3.3-2-2-3) 纵向车流量<20台时,即车流量较小,延长信号灯红灯时间为 ∇T ,弥补提前进站的时间差,待绿灯时通过路口进入纯行驶路段,按原定的速度行驶,具体可执行步骤(3.2);

[0032] (3.3-3) 若 $T_Z - A_1^2 = \nabla T > 0$,即预测公交到站时间大于到达第2个站台时刻时间,按现有状态行驶公交将晚点进站,需减少公交在路段上的行驶时间,主要方式有两种:减少红灯配时或提高车速。为降低调控措施对交叉路口通行效率的影响,需判断按现有速度行驶,公交到达交叉路口时的信号灯状态。

[0033] (3.3-3-1) 若公交到达路口时为绿灯,则车辆正常通过路口,过路口后将进入纯行驶路段,按照步骤(3.2)提高行驶车速,车辆不可高于道路限速;

[0034] (3.3-2) 若公交到达路口时为红灯,等待时间为 T_b ;根据实时采集的纵向车流量选择执行不同的调整策略;

[0035] (3.3-3-2-1) 横向车流量>30台时,即车流量较大。不调整信号灯状态,等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(3.2)提高行驶车速;

[0036] (3.3-3-2-2) 横向车流量=(20,30)台时,即车流量适中。可通过路口后提高车速缩短行驶时间,且适当缩短红灯配时 ΔT_b ,以弥补提前进站的时间差:

[0037] ΔT_b 根据横向车流量计算得出, $\Delta T_b = (30 - C_{\text{车流量}}) * t_0$,其中 $C_{\text{车流量}}$ 表示当前路口车流量, t_0 为单车通行路口用时;

[0038] 等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(3.2)降低行驶车速。

[0039] (3.3-3-2-3) 横向车流量<20台时,即车流量较小,缩短信号灯红灯时间为 ∇T ,弥补提前进站的时间差,待绿灯时通过路口进入纯行驶路段,按原定的速度行驶,具体可执行步骤(3.2);

[0040] (3.4) 公交到达第2个站点后,按预定时刻表准时发车,并继续执行(3.1)~(3.3)的调度过程,判断到达第3个站点的时间,实时执行(3.3-2-2)中的调整策略;以后的站点到达时间,依次类推。

[0041] 本发明的有益效果:

[0042] 本发明在实际应用于城市公交运营调度具有切实的实际意义,可在不显著影响整体交叉路口的通行效率的情况下,有效提高公交到站的准时性和可靠性。本方法是通过分析公交车辆现有运行状态,通过对比运营时刻表和预测公交到站时间误差,结合交叉路口车流量选择执行不同的调度策略,包括车速动态调整和信号灯配时调整。现场测试结果表明,通过本方法公交到站的准时性可显著提高。

附图说明

[0043] 图1是本发明方法的基本框架示意图。

[0044] 图2是本发明方法步骤3中的调整策略示意图。

[0045] 图3是实施例中的运营线路示意图。

具体实施方式

[0046] 以下结合附图和技术方案,进一步说明本发明的具体实施方式。

[0047] 选取郑州市B1路公交运营线路中一段运营线路为例,其中包括4个公交站,2个交叉路口,如示意图3。

[0048] 本发明提出的方法实现的流程包括三部分:采集环境数据、修正运营时刻表、实时调控车速和信号灯配时,基本框架如图1。

[0049] 1采集环境数据

[0050] 采集影响公交运行的环境数据,主要包括车辆状态、交叉路口车流量、站台候车乘客数量、道路属性、信号灯配时等。采集数据分别上传至公交运营的数据中心,进行实时的监控和分析。

[0051] 2修正公交运行时刻表

[0052] 公交基础的运行时刻表可由公交运营单位获取,采取分段式统计平均时间误差的方法对基础运营时刻表进行修正,并最终确定精确的公交运营时刻表,具体到公交到站时间和出发时间,同时标记各个站点位置。

[0053] 表1站点间历史数据统计表

[0054]

时间段	L1-L2 (秒)	L2-L3 (秒)	L3-L4 (秒)
6:00-7:00	112	197	152
7:00-8:00	130	210	167
9:00-10:00	135	216	170
10:00-11:00	120	200	164
11:00-12:00	120	196	150
12:00-13:00	118	196	153
13:00-14:00	120	198	157
14:00-15:00	122	200	154
15:00-16:00	125	203	160
17:00-18:00	132	212	168
18:00-19:00	131	219	174
19:00-20:00	127	203	164

20:00-21:00	125	195	158
-------------	-----	-----	-----

[0055] 根据发车时间推算下个站点的到站时间, $A_{i-1}^n + \Delta t_n = A_i^n$; A_{i-1}^n 为基础到站时间, Δt_n 表示两个站台之间的行驶时间, A_i^n 为下站公交精准到站时间;

[0056] 选取早晚高峰和中午平峰三个典型的时间段,根据基础的运营时刻表修正公交到站时间,其中基础时刻表中各班次到达L1站点时间已知,对照表1选取想要时间段站点间行驶时间,可计算出精准的到站时间,如表2:

[0057] 表2公交精准运营时刻表

班次	站点 L1		站点 L2		站点 L3		站点 L4
	出发时间	区间行驶(秒)	精确到站时间	区间行驶(秒)	精确到站时间	区间行驶(秒)	精确到站时间
[0058] 第1班 (7:00-8:00)	7:10	130	7:12:20	210	7:15:50	167	7:18:37
第2班 (12:00-13:00)	12:31	118	12:31:58	196	12:36:14	153	12:38:47
第3班 (17:00-18:00)	17:25	132	17:27:12	212	17:30:44	168	17:33:32

[0059] 3实时调控运行车辆和信号灯配时

[0060] 以第1班为例,公交车辆按照精确的运营时刻(7:10)从站点L1发车,行驶过程中公交运营数据中心依据实时监控到的车辆的运行状态、交叉路口车流量等信息,结合当前车速、信号灯配时以及到站距离预测公交到站时间,并实时进行调控,具体流程详见图2:

[0061] (1) 公交驶离L1站点后,判断到达L2站点过程中不需要经过交叉路口,则根据公交车辆实时定位测量与站点之间的距离 S_1 ,并计算出诱导车速 v_0 ,通过车辆仪表或者车载语音系统提醒驾驶员按建议车速行驶;

[0062] $v_0 = S_1 / (A_1^1 - T_0)$;其中, T_0 为当前时刻, A_1^1 为精确到站时刻;

[0063] (2) 公交驶离L2站点后,判断到站L3站点需经过信号灯,结合当前车速、位置和信号灯配时,判断到站L3站点时间:

[0064] (2-1) 如果公交可准点(7:15:50)到达L3站点,可不执行任何调度策略,

[0065] (2-2) 如果预测到站时间早于7:15:50,则需要延长公交行驶时间:

[0066] (2-2-1) 若公交到达路口时为绿灯,则不调整红绿灯配时,正常通过路口后进入纯行驶路段,按照步骤(1)进行车速调整。

[0067] (2-2-2) 若公交到达路口时为红灯,红灯等待时间为 T_b ;根据实时采集的纵向车流量选择执行不同的调整策略;

[0068] (2-2-2-1) 纵向车流量>30台时,即车流量较大;不调整信号灯状态,等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(1)降低行驶车速;

[0069] (2-2-2-2) 纵向车流量=(20,30)台时,即车流量适中;可通过路口后降低车速延长行驶时间,且延长红灯配时 ΔT_b ,以弥补提前进站的时间差:

[0070] ΔT_b 根据纵向车流量计算得出, $\Delta T_b = (30 - C_{车流量}) * t_0$,其中 $C_{车流量}$ 表示当前路口车流量, t_0 为单车通行路口用时;

[0071] 等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(1)降低行驶车速。

[0072] (2-2-2-3) 纵向车流量 <20 台时,即车流量较小,延长信号灯红灯时间为 ∇T ,弥补提前进站的时间差,待绿灯时通过路口进入纯行驶路段,按原定的速度行驶,具体可执行步骤(1);

[0073] (2-3) 如果预测到站时间晚于7:15:50,则需要缩短公交行驶时间:

[0074] (2-3-1) 若公交到达路口时为绿灯,则车辆正常通过路口,过路口后将进入纯行驶路段,按照步骤(1)提高行驶车速,车辆不可高于道路限速;

[0075] (2-3-2) 若公交到达路口时为红灯,等待时间为 T_b ;根据实时采集的纵向车流量选择执行不同的调整策略;

[0076] (2-3-2-1) 横向车流量 >30 台时,即车流量较大。不调整信号灯状态,等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(1)提高行驶车速;

[0077] (2-3-2-2) 横向车流量 $= (20, 30)$ 台时,即车流量适中。可通过路口后提高车速缩短行驶时间,且适当缩短红灯配时 ΔT_b ,以弥补提前进站的时间差:

[0078] ΔT_b 根据横向车流量计算得出, $\Delta T_b = (30 - C_{车流量}) * t_0$,其中 $C_{车流量}$ 表示当前路口车流量, t_0 为单车通行路口用时;

[0079] 等待变为绿灯后通过路口进入纯行驶路段,按照步骤(1)降低行驶车速。

[0080] (2-3-2-3) 横向车流量 <20 台时,即车流量较小,缩短信号灯红灯时间为 ∇T ,弥补提前进站的时间差,待绿灯时通过路口进入纯行驶路段,按原定的速度行驶,具体可执行步骤(1);

[0081] (3) 公交驶离L2站点后,判断到站L3站点需经过信号灯,则重复执行步骤(2)策略。

[0082] 4结果分析

[0083] 在该路段相同时间段内采集52组实验数据进行对比分析,实验结果表明,本方法可在影响路口整体通行效率的情况下,有效提升公交到站准点率,具体数据如下:

[0084] (1) 路口平均通行车速

[0085] 以路口平均通行速度表征路口通行效率,数据表明,采取调控措施后未明显降低交叉路口的平均通行车速,即整体的通行效率没有降低。

[0086] 表3路口平均通行速度统计

分类/ 平均通行车速 (km/h)	L3 路口		L4 路口	
	调控前	调控后	前调控	调控后
[0087] 第1班	5.3	5.2	4.9	5.0
第2班	10.2	11.2	12.3	12.1
第3班	4.1	4.0	4.6	4.3

[0088] (2) 公交准点到站误差

[0089] 分别统计调控前后公交到达站点L2、L3、L4的时间误差,根据结果可得,调控前平均到站时间误差为-20.4秒,调控后平均到站时间误差为-5.4秒,准点率提升73.5%。

[0090] 表4到站时间误差统计

分类/ 到站误差 (秒)	调控前			调控后			对比
	L2	L3	L4	L2	L3	L4	
第 1 班	-16.2	-30.6	-25.1	-2.3	-7.2	-8.3	/
第 2 班	3.2	-10.1	-20.3	-1.2	-5.3	-6.4	
第 3 班	-13.7	-40.3	-30.5	-4.5	-5.2	-8.3	
平均	-20.4			-5.4			73.50%
备注:“-”表示晚点到站, “+”提前进站时间							

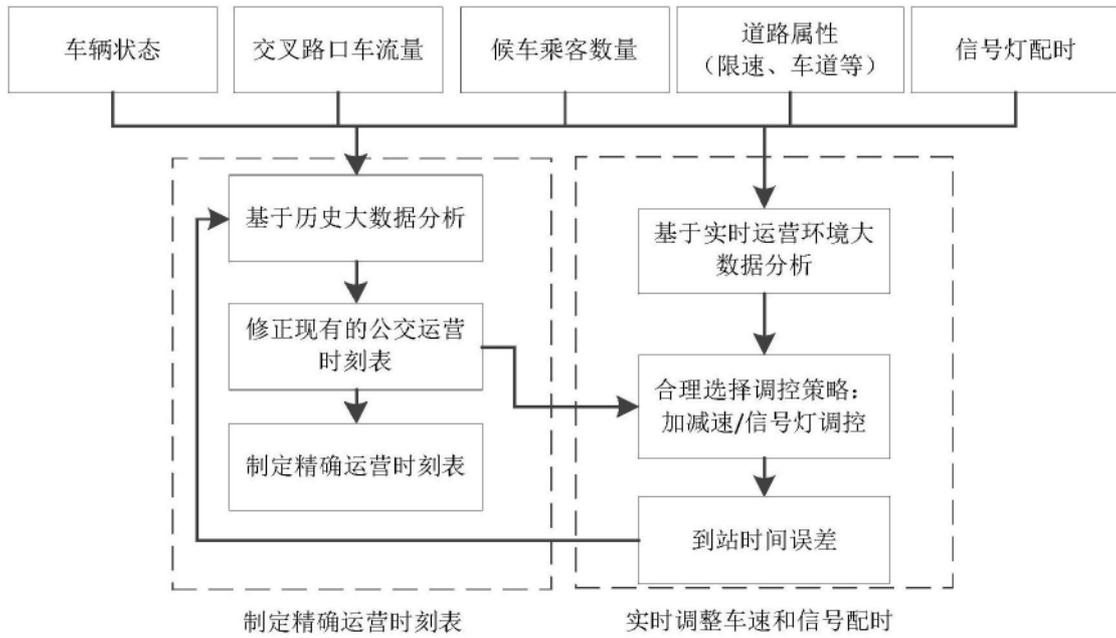


图1

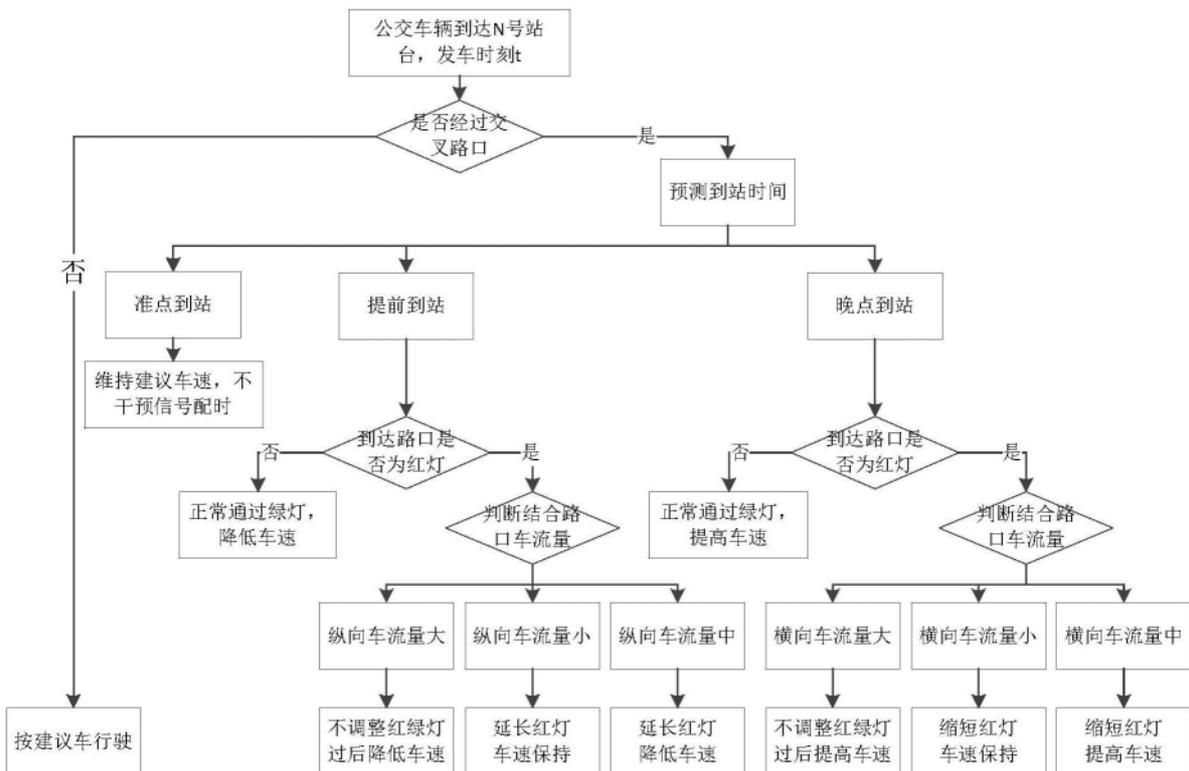


图2

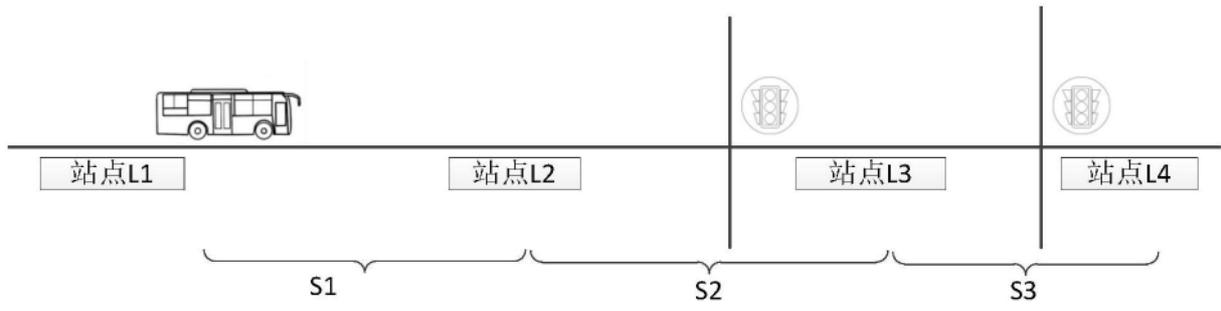


图3