



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108053659 A

(43)申请公布日 2018.05.18

(21)申请号 201711380192.3

(22)申请日 2017.12.19

(71)申请人 公安部交通管理科学研究所
地址 214151 江苏省无锡市滨湖区钱荣路
88号

(72)发明人 刘东波 华璟怡 代磊磊 何广进
马超锋 张志云

(74)专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所
(普通合伙) 32104

代理人 曹祖良

(51)Int.Cl.

G08G 1/07(2006.01)

G08G 1/087(2006.01)

权利要求书3页 说明书16页 附图8页

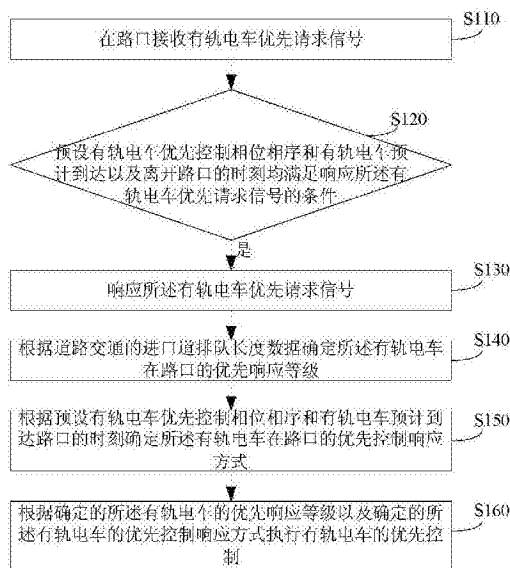
(54)发明名称

一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法、装置及系统

(57)摘要

本发明涉及交通控制技术领域,具体公开了一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其中,包括:接收有轨电车优先请求信号;判断预设
有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;若满足响应有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;确定有轨电车在路口的优先响应等级;确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;执行有轨电车的优先控制。本发明还公开了一种基于有轨电车的路口交通信号控制装置及一种基于有轨电车的路口交通信号控制系统。本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法有效降低了有轨电车的运行对道路交通的影响。

CN 108053659 A



1. 一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其特征在于,所述基于有轨电车的路口交通信号控制方法包括:

在路口接收有轨电车优先请求信号;

判断预设有一有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;

若所述预设有一有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;

根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级,其中所述优先响应等级包括三级优先响应等级,每一级优先响应等级对应一种道路交通状态,每一种道路交通状态对应一种路口控制目标;

根据预设有一有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;

根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制。

2. 根据权利要求1所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其特征在于,所述基于有轨电车的路口交通信号控制方法还包括在所述根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制的步骤后进行的:

获取所述道路交通的信号控制特征参数,执行所述路口的基准控制方案。

3. 根据权利要求2所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其特征在于,所述有轨电车优先请求信号通过有轨电车检测装置在路口上游优先请求点获取的。

4. 根据权利要求3所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其特征在于,所述判断预设有一有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件包括:

判断预设有一有轨电车优先控制相位相序与所述路口的基准控制方案相比是否增设有轨电车专用相位;

若增设有轨电车专用相位,根据所述有轨电车从所述路口上游优先请求点到路口停车线的预计运行时间 t_s ,计算所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻 T_A ,其中,

$$t_s = L_s / v_s,$$

$$T_A = T_s + t_s,$$

其中, T_s 表示所述有轨电车车头通过所述路口上游优先请求点的时刻, L_s 表示所述路口上游优先请求点与所述路口停车线之间的距离, v_s 表示所述路口上游优先请求点与所述路口停车线之间所述有轨电车的专用车道限制速度;

判断所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻是否处于所述有轨电车通行相位绿灯期间;

若所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则根据所述有轨电车通过路口的预计运行时间 t_l ,计算所述有轨电车预计完全驶离所述路口的时刻 T_B ,其中,

$$T_B = T_A + t_l,$$

$$t_1 = (L_1 + L_T) / v_1,$$

其中, L_1 表示路口内驶离路口点至离开路口点间的所述有轨电车的轨道长度, L_T 表示所述有轨电车车辆长度, v_1 表示所述有轨电车通过所述路口时的限值速度;

判断所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻是否处于所述有轨电车通行相位绿灯期间;

若所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻处于所述有轨电车通行相位绿灯期间, 则不响应所述有轨电车优先请求信号, 向所述有轨电车发送所述有轨电车优先请求反馈信号, 且获取所述道路交通的信号控制特征参数, 执行所述路口的基准控制方案;

若未增设有轨电车专用相位, 或者, 若所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻未处于所述有轨电车通行相位绿灯期间, 或者, 若所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻未处于所述有轨电车通行相位绿灯期间, 则响应所述有轨电车优先请求信号。

5. 根据权利要求1所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法, 其特征在于, 所述道路交通的进口道排队长度数据通过道路交通检测装置检测获得。

6. 根据权利要求5所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法, 其特征在于, 所述根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级包括:

获取道路交通的各个信号控制相位前三个周期绿灯结束后稳定的二次排队长度;

将所述各个信号控制相位的二次排队长度的平均值作为相位二次排队长度;

计算各个相位二次排队长度最大值, 并将所述最大值与预先设定的响应等级阈值进行比较;

确定所述有轨电车在路口的优先响应等级。

7. 根据权利要求6所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法, 其特征在于, 所述三级优先响应等级包括一级优先响应等级、二级优先响应等级和三级优先响应等级, 其中, 所述相位二次排队长度最大值在0米至 l_1 内为所述一级优先响应等级, 所述相位二次排队长度最大值在 l_1 至 l_2 内为所述二级优先响应等级, 所述相位二次排队长度最大值大于 l_2 为三级优先响应等级;

所述一级优先响应等级对应的道路交通状态为非饱和状态, 所述非饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为有效电车效率最优;

所述二级优先响应等级对应的道路交通状态为近饱和状态, 所述近饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为有轨电车和道路交通的主流向效率均衡;

所述三级优先响应等级对应的道路交通状态为过饱和状态, 所述过饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为保障道路交通的主流向效率。

8. 根据权利要求1所述的基于有轨电车的路口交通信号控制方法, 其特征在于, 所述根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式包括:

判断所述预设的有轨电车优先控制相位相序与所述路口的基准控制方案相比是否增设有轨电车专用相位;

若增设有轨电车专用相位, 则确定采用插入相位响应方式;

若没有增设有轨电车专用相位, 则判断所述有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线;

若所述有轨电车在有轨电车通行相位绿灯期间到达停车线,则确定采用绿灯延长响应方式;

若所述有轨电车在有轨电车通行相位绿灯期间未到达停车线,则判断所述有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线;

若所述有轨电车在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线,则确定采用绿灯延长响应方式;

若所述有轨电车在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间未到达停车线,则确定采用红灯缩短响应方式。

9.一种基于有轨电车的路口交通信号控制装置,其特征在于,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置包括:

接收模块,所述接收模块用于在路口接收有轨电车优先请求信号;

判断模块,所述判断模块用于判断预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;

响应模块,所述响应模块用于若所述预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;

优先响应等级确定模块,所述优先响应等级确定模块用于根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级,其中所述优先响应等级包括三级优先响应等级,每一级优先响应等级对应一种道路交通状态,每一种道路交通状态对应一种路口控制目标;

优先控制响应方式确定模块,所述优先控制响应方式确定模块用于根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;

执行模块,所述执行模块用于根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制,以及用于根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制。

10.一种基于有轨电车的路口交通信号控制系统,其特征在于,所述基于有轨电车的路口交通信号控制系统包括:有轨电车检测装置、道路交通检测装置和权利要求9所述的基于有轨电车的路口交通信号控制装置,所述有轨电车检测装置设置在有轨电车的轨道上,用于检测所述有轨电车的交通运行数据,所述道路交通检测装置设置在路口,用于检测道路交通的进口道排队长度数据,所述有轨电车检测装置和道路交通检测装置均与所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置通信连接,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置用于接收所述有轨电车检测装置发送的有轨电车优先请求信号,根据所述有轨电车请求信号以及获取到的所述道路交通检测装置检测到的进口道排队长度数据确定所述有轨电车的路口交通控制方案。

一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法、装置及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及交通控制技术领域,尤其涉及一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法、一种基于有轨电车的路口交通信号控制装置及包括该基于有轨电车的路口交通信号控制装置的基于有轨电车的路口交通信号控制系统。

背景技术

[0002] 现如今很多城市为了节能减排,规划建设了很多有轨电车线路,而有轨电车在信号控制交叉口处的通行同样需要遵循交通规则,现有的路口有轨电车信号优先控制实践中,有轨电车的运行优先级别最高,没有考虑有轨电车优先控制对道路交通通行效率的影响,这样容易加剧道路交通的拥堵程度。

[0003] 因此,如何提供一种路口交通控制方法以降低有轨电车的信号优先控制对道路交通通行效率的影响成为本领域技术人员亟待解决的技术问题。

发明内容

[0004] 本发明旨在至少解决现有技术中存在的技术问题之一,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法、一种基于有轨电车的路口交通信号控制装置及包括该基于有轨电车的路口交通信号控制装置的基于有轨电车的路口交通信号控制方法,以解决现有技术中的问题。

[0005] 作为本发明的第一个方面,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其中,所述基于有轨电车的路口交通信号控制方法包括:

[0006] 在路口接收有轨电车优先请求信号;

[0007] 判断预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;

[0008] 若所述预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;

[0009] 根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级,其中所述优先响应等级包括三级优先响应等级,每一级优先响应等级对应一种道路交通状态,每一种道路交通状态对应一种路口控制目标;

[0010] 根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;

[0011] 根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制。

[0012] 优选地,所述基于有轨电车的路口交通信号控制方法还包括在所述根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制的步骤后进行的:

[0013] 获取所述道路交通的信号控制特征参数,执行所述路口的基准控制方案。

[0014] 优选地,所述有轨电车优先请求信号通过有轨电车检测装置在路口上游优先请求点获取的。

[0015] 优选地,所述判断预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件包括:

[0016] 判断预设的有轨电车优先控制相位相序与所述路口的基准控制方案相比是否增设有轨电车专用相位;

[0017] 若增设有轨电车专用相位,根据所述有轨电车从所述路口上游优先请求点到路口停车线的预计运行时间 t_s ,计算所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻 T_A ,其中,

$$[0018] \quad t_s = L_s / v_s,$$

$$[0019] \quad T_A = T_s + t_s,$$

[0020] 其中, T_s 表示所述有轨电车车头通过所述路口上游优先请求点的时刻, L_s 表示所述路口上游优先请求点与所述路口停车线之间的距离, v_s 表示所述路口上游优先请求点与所述路口停车线之间所述有轨电车的专用车道限制速度;

[0021] 判断所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻是否处于所述有轨电车通行相位绿灯期间;

[0022] 若所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则根据所述有轨电车通过路口的预计运行时间 t_I ,计算所述有轨电车预计完全驶离所述路口的时刻 T_B ,其中,

$$[0023] \quad T_B = T_A + t_I,$$

$$[0024] \quad t_I = (L_I + L_T) / v_I,$$

[0025] 其中, L_I 表示路口内驶离路口点至离开路口点间的所述有轨电车的轨道长度, L_T 表示所述有轨电车车辆长度, v_I 表示所述有轨电车通过所述路口时的限值速度;

[0026] 判断所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻是否处于所述有轨电车通行相位绿灯期间;

[0027] 若所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则不响应所述有轨电车优先请求信号,向所述有轨电车发送所述有轨电车优先请求反馈信号,且获取所述道路的信号控制特征参数,执行所述路口的基准控制方案;

[0028] 若未增设有轨电车专用相位,或者,若所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻未处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,或者,若所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻未处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则响应所述有轨电车优先请求信号。

[0029] 优选地,所述道路交通的进口道排队长度数据通过道路交通检测装置检测获得。

[0030] 优选地,所述根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级包括:

[0031] 获取道路交通的各个信号控制相位前三个周期绿灯结束后稳定的二次排队长度;

[0032] 将所述各个信号控制相位的二次排队长度的平均值作为相位二次排队长度;

[0033] 计算各个相位二次排队长度最大值,并将所述最大值与预先设定的响应等级阈值进行比较;

[0034] 确定所述有轨电车在路口的优先响应等级。

[0035] 优选地,所述三级优先响应等级包括一级优先响应等级、二级优先响应等级和三

级优先响应等级,其中,所述相位二次排队长度最大值在0米至 l_1 内为所述一级优先响应等级,所述相位二次排队长度最大值在 l_1 至 l_2 内为所述二级优先响应等级,所述相位二次排队长度最大值大于 l_2 为三级优先响应等级;

[0036] 所述一级优先响应等级对应的道路交通状态为非饱和状态,所述非饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为有效电车效率最优;

[0037] 所述二级优先响应等级对应的道路交通状态为近饱和状态,所述近饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为有轨电车和道路的主流向效率均衡;

[0038] 所述三级优先响应等级对应的道路交通状态为过饱和状态,所述过饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为保障道路的主流向效率。

[0039] 优选地,所述根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式包括:

[0040] 判断所述预设的有轨电车优先控制相位相序与所述路口的基准控制方案相比是否增设有轨电车专用相位;

[0041] 若增设有轨电车专用相位,则确定采用插入相位响应方式;

[0042] 若没有增设有轨电车专用相位,则判断所述有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线;

[0043] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位绿灯期间到达停车线,则确定采用绿灯延长响应方式;

[0044] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位绿灯期间未到达停车线,则判断所述有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线;

[0045] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线,则确定采用绿灯延长响应方式;

[0046] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间未到达停车线,则确定采用红灯缩短响应方式。

[0047] 作为本发明的第二个方面,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制装置,其中,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置包括:

[0048] 接收模块,所述接收模块用于在路口接收有轨电车优先请求信号;

[0049] 判断模块,所述判断模块用于判断预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;

[0050] 响应模块,所述响应模块用于若所述预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;

[0051] 优先响应等级确定模块,所述优先响应等级确定模块用于根据道路的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级,其中所述优先响应等级包括三级优先响应等级,每一级优先响应等级对应一种道路交通状态,每一种道路交通状态对应一种路口控制目标;

[0052] 优先控制响应方式确定模块,所述优先控制响应方式确定模块用于根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;

[0053] 执行模块,所述执行模块用于根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制,以及用于根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制。

[0054] 作为本发明的第三个方面,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制系统,其中,所述基于有轨电车的路口交通信号控制系统包括:有轨电车检测装置、道路交通检测装置和前文所述的基于有轨电车的路口交通信号控制装置,所述有轨电车检测装置设置在有轨电车的轨道上,用于检测所述有轨电车的交通运行数据,所述道路交通检测装置设置在路口,用于检测道路交通的进口道排队长度数据,所述有轨电车检测装置和道路交通检测装置均与所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置通信连接,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置用于接收所述有轨电车检测装置发送的有轨电车优先请求信号,根据所述有轨电车请求信号以及获取到的所述道路交通检测装置检测到的进口道排队长度数据确定所述有轨电车的路口交通控制方案。

[0055] 本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法,通过对在有轨电车的路口实行的交通控制方案将道路交通的交通流量状态考虑进来,在实现有轨电车信号优先通行的同时,均衡调节路口道路交通各流向的放行时间。在道路交通非饱和时,以保障有轨电车的通行效率为控制目标,提高电车不停车通过概率;在道路交通近饱和时,综合考虑有轨电车和道路交通的通行状态,给予电车较小的优先空间,均衡各流向放行时间;在道路通过饱和时,以保障道路交通主流向的通行效率为控制目标,防止由于信号优先控制的执行而加剧道路交通的拥堵程度,因此,本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法有效降低了有轨电车的运行对道路交通的影响。

附图说明

[0056] 附图是用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明,但并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0057] 图1为本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法的流程图。

[0058] 图2为本发明提供的判断是否响应有轨电车优先请求流程图。

[0059] 图3为本发明提供的有轨电车响应等级与二次排队长度对应关系示意图。

[0060] 图4为本发明提供的有轨电车优先响应等级与路口控制目标对应关系示意图。

[0061] 图5为本发明提供的判断优先控制响应方式流程图。

[0062] 图6为本发明提供的红灯缩短响应流程图。

[0063] 图7为本发明提供的二级优先响应等级时非主流向优先压缩控制流程图。

[0064] 图8为本发明提供的绿灯延长响应流程图。

[0065] 图9为本发明提供的插入相位响应流程图。

[0066] 图10为本发明提供的绿灯延长响应方式示意图。

[0067] 图11为本发明提供的红灯缩短响应方式示意图。

[0068] 图12为本发明提供的插入相位响应方式示意图。

[0069] 图13为本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制装置的结构示意图。

[0070] 图14为本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制系统的结构示意图。

具体实施方式

[0071] 以下结合附图对本发明的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明,并不用于限制本发明。

[0072] 作为本发明的第一个方面,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制方法,其中,如图1所示,所述基于有轨电车的路口交通信号控制方法包括:

[0073] S110、在路口接收有轨电车优先请求信号;

[0074] S120、判断预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;

[0075] S130、若所述预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;

[0076] S140、根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级,其中所述优先响应等级包括三级优先响应等级,每一级优先响应等级对应一种道路交通状态,每一种道路交通状态对应一种路口控制目标;

[0077] S150、根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;

[0078] S160、根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制。

[0079] 本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法,通过对在有轨电车的路口实行的交通控制方案将道路交通的交通流量状态考虑进来,在实现有轨电车信号优先通行的同时,均衡调节路口道路交通各流向的放行时间。在道路交通非饱和时,以保障有轨电车的通行效率为控制目标,提高电车不停车通过概率;在道路交通近饱和时,综合考虑有轨电车和道路交通的通行状态,给予电车较小的优先空间,均衡各流向放行时间;在道路通过饱和时,以保障道路交通主流向的通行效率为控制目标,防止由于信号优先控制的执行而加剧道路交通的拥堵程度,因此,本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法有效降低了有轨电车的运行对道路交通的影响。

[0080] 具体地,所述基于有轨电车的路口交通信号控制方法还包括在所述根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制的步骤后进行的:

[0081] 获取所述道路交通的信号控制特征参数,执行所述路口的基准控制方案。

[0082] 可以理解的是,在所述有轨电车通过路口后,恢复到正常的路口的基准控制方案进行控制。

[0083] 优选地,所述有轨电车优先请求信号通过有轨电车检测装置在路口上游优先请求点获取的。

[0084] 具体地,所述判断预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件包括:

[0085] 判断预设的有轨电车优先控制相位相序与所述路口的基准控制方案相比是否增设了有轨电车专用相位;

[0086] 若增设有轨电车专用相位,根据所述有轨电车从所述路口上游优先请求点到路口停车线的预计运行时间 t_s ,计算所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻 T_A ,其中,

$$[0087] \quad t_s = L_s / v_s,$$

$$[0088] \quad T_A = T_s + t_s,$$

[0089] 其中, T_s 表示所述有轨电车车头通过所述路口上游优先请求点的时刻, L_s 表示所述路口上游优先请求点与所述路口停车线之间的距离, v_s 表示所述路口上游优先请求点与所述路口停车线之间所述有轨电车的专用车道限制速度;

[0090] 判断所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻是否处于所述有轨电车通行相位绿灯期间;

[0091] 若所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则根据所述有轨电车通过路口的预计运行时间 t_I ,计算所述有轨电车预计完全驶离所述路口的时刻 T_B ,其中,

$$[0092] \quad T_B = T_A + t_I,$$

$$[0093] \quad t_I = (L_I + L_T) / v_I,$$

[0094] 其中, L_I 表示路口内驶离路口点至离开路口点间的所述有轨电车的轨道长度, L_T 表示所述有轨电车车辆长度, v_I 表示所述有轨电车通过所述路口时的限值速度;

[0095] 判断所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻是否处于所述有轨电车通行相位绿灯期间;

[0096] 若所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则不响应所述有轨电车优先请求信号,向所述有轨电车发送所述有轨电车优先请求反馈信号,且获取所述道路交通的信号控制特征参数,执行所述路口的基准控制方案;

[0097] 若未增设有轨电车专用相位,或者,若所述有轨电车预计到达所述路口停车线的时刻未处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,或者,若所述有轨电车的车尾离开所述路口的时刻未处于所述有轨电车通行相位绿灯期间,则响应所述有轨电车优先请求信号。

[0098] 优选地,所述道路交通的进口道排队长度数据通过道路交通检测装置检测获得。

[0099] 具体地,所述根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级包括:

[0100] 获取道路交通的各个信号控制相位前三个周期绿灯结束后稳定的二次排队长度;

[0101] 将所述各个信号控制相位的二次排队长度的平均值作为相位二次排队长度;

[0102] 计算各个相位二次排队长度最大值,并将所述最大值与预先设定的响应等级阈值进行比较;

[0103] 确定所述有轨电车在路口的优先响应等级。

[0104] 优选地,所述三级优先响应等级包括一级优先响应等级、二级优先响应等级和三级优先响应等级,其中,所述相位二次排队长度最大值在0米至 l_1 内为所述一级优先响应等级,所述相位二次排队长度最大值在 l_1 至 l_2 内为所述二级优先响应等级,所述相位二次排队长度最大值大于 l_2 为三级优先响应等级;

[0105] 所述一级优先响应等级对应的道路交通状态为非饱和状态,所述非饱和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为有效电车效率最优;

[0106] 所述二级优先响应等级对应的道路交通状态为近饱和状态,所述近饱和状态的道

路交通状态对应的路口控制目标为有轨电车和道路交通的主流向效率均衡；

[0107] 所述三级优先响应等级对应的道路交通状态为过饱和状态,所述过饱和和状态的道路交通状态对应的路口控制目标为保障道路交通的主流向效率。

[0108] 具体地,所述根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式包括:

[0109] 判断所述预设的有轨电车优先控制相位相序与所述路口的基准控制方案相比是否增设有轨电车专用相位;

[0110] 若增设有轨电车专用相位,则确定采用插入相位响应方式;

[0111] 若没有增设有轨电车专用相位,则判断所述有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线;

[0112] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位绿灯期间到达停车线,则确定采用绿灯延长响应方式;

[0113] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位绿灯期间未到达停车线,则判断所述有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线;

[0114] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线,则确定采用绿灯延长响应方式;

[0115] 若所述有轨电车在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间未到达停车线,则确定采用红灯缩短响应方式。

[0116] 下面对本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制方法的具体工作过程进行详细描述。

[0117] 首先需要说明的是,所述有轨电车检测装置能够发出有轨电车的信号优先请求信号及检测到的有轨电车通过优先请求点、驶入路口点、离开路口点时的交通运行数据,所述道路交通检测装置能够检测到路口的进口道排队长度数据;另外预设的有轨电车优先控制相位相序、各相位的最小绿灯时间、除有轨电车通行相位外的一个道路交通主流向通行相位。

[0118] 结合图2所示,在接收到有轨电车优先请求信号时根据预设的有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达及离开路口的时刻判断是否响应有轨电车优先请求具体可以包括:

[0119] 步骤2.1:在有轨电车通过路口上游优先请求点(300-600米,根据路口间距、电车站台确定)时,有轨电车检测装置触发电车优先请求信号,并将电车优先请求信号发送至基于有轨电车的路口交通信号控制装置,转入步骤2.2;

[0120] 步骤2.2:判断预设的有轨电车优先控制相位相序相较于路口的基准控制方案是否增设有轨电车专用相位,若未增设有轨电车专用相位,转入步骤2.3,否则,响应有轨电车优先请求,转入步骤2.8;

[0121] 步骤2.3:根据有轨电车从上游优先请求点到停车线的预计运行时间 t_s ,计算有轨电车预计到达停车线的时刻 T_A ,转入步骤2.4,计算公式为:

$$[0122] \quad t_s = L_s / v_s,$$

$$[0123] \quad T_A = T_s + t_s,$$

[0124] 其中, T_s 表示有轨电车车头通过上游优先请求点的时刻; L_s 表示优先请求点与有轨电车停车线之间的距离; v_s 表示优先请求点至有轨电车停车线间有轨电车专用车道限制速度;

[0125] 步骤2.4:判断有轨电车预计到达停车线的时刻是否处于有轨电车通行相位绿灯期间,若是,转入步骤2.5;否则,响应电车优先请求,转入步骤2.8;

[0126] 步骤2.5:根据有轨电车通过路口的预计运行时间 t_I ,计算有轨电车预计完全驶离路口的时刻 T_B ,转入步骤2.6,计算公式为:

$$[0127] \quad T_B = T_A + t_I,$$

$$[0128] \quad t_I = (L_I + L_T) / v_I,$$

[0129] 其中, L_I 表示路口内预设驶入路口点至离开路口点间的有轨电车轨道长度; L_T 表示有轨电车车辆长度; v_I 表示有轨电车通过路口时的限制速度;

[0130] 步骤2.6:判断有轨电车车尾离开路口的时刻是否处于有轨电车通行相位绿灯期间,若是,不响应有轨电车优先请求,转入步骤2.7;否则,响应电车优先请求,转入步骤2.8;

[0131] 步骤2.7:判定有轨电车在现有路口基准控制方案下能够不停车通过路口,向有轨电车发送优先请求反馈信号,转入步骤6;

[0132] 步骤2.8:判定需要执行有轨电车信号优先控制以保障有轨电车不停车通过路口或最小化有轨电车在路口的等待时间,向有轨电车发送优先请求反馈信号,转入步骤3;

[0133] 步骤3:调取道路交通检测装置检测到的各信号控制相位前三个周期绿灯结束后稳定的二次排队长度,并取其平均值作为相位二次排队长度,随后计算各相位二次排队长度最大值,并与预先设定的响应等级阈值的进行比较,确定整个路口的电车优先响应等级。

[0134] 具体地,如图3所示,道路交通检测装置优选为视频交通检测器(例如,摄像头)。其中,相位二次排队长度最大值在0米至 l_1 内为一级优先响应等级,相位二次排队长度最大值在 l_1 至 l_2 内为二级优先响应等级,相位二次排队长度最大值超过 l_2 为三级优先响应等级; l_1 的取值可在35-50米间根据路口车辆排队情况人工设定, l_2 的取值可在100-120米间根据路口车辆排队情况人工设定。

[0135] 需要说明的是,如图4所示,一级优先响应等级下,路口各流向车辆二次排队均较短,道路交通车辆普遍能够在一个周期内通过时,说明路口处于非饱和状态,执行保障有轨电车不停车通过或最短等待时间的控制目标,最大化信号优先控制的实施效果。

[0136] 二级优先响应等级下,路口某一个或多个主流向车辆二次排队较长,部分道路交通车辆需等待两个周期才能通过路口时,说明路口处于近饱和状态,执行均衡电车优先控制效果和主流向放行效率的控制目标,在保障路口主流向排队车辆通过的基础上,给予有轨电车较大的优先通行权。

[0137] 三级优先响应等级下,路口某一个或多个主流向车辆存在超长二次排队,道路交通车辆需等待多个周期才能通过路口时,说明路口处于过饱和状态,执行保障路口主流向通行效率的控制目标,保证主流向相位持续时间不减少,限制信号优先控制的实施效果。

[0138] 步骤4:根据预设电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻判断执行何种优先控制响应方式。

[0139] 具体地,如图5所示,对判断执行何种优先控制响应方式进行详细说明。

[0140] 步骤4.1:判断预设优先控制相位相序中相较于路口基准控制方案是否增设有轨电车专用相位,若增设有轨电车专用相位,判定采用插入相位响应方式,转入步骤5.3,否则,转入步骤4.2;

[0141] 步骤:4.2:判断有轨电车是否在有轨电车通行相位绿灯期间到达停车线,若是,判

定采用绿灯延长响应方式,转入步骤5.2;否则,转入步骤4.3;

[0142] 步骤4.3:判断有轨电车是否在有轨电车通行相位后一信号控制相位绿灯期间到达停车线,若是,判定采用绿灯延长响应方式,转入步骤5.2;否则,判定采用红灯缩短响应方式,转入步骤5.1。

[0143] 步骤5:根据判定的电车优先响应等级和优先控制响应方式,执行电车信号优先控制。

[0144] 步骤5.1:判定执行红灯缩短响应方式,根据判定的电车优先响应等级对应的控制参数约束,缩短电车优先请求所在相位至有轨电车通行相位之间各相位绿灯持续时间,提前开启有轨电车通行相位。

[0145] 下面结合图6对如何进行缩短红灯响应进行详细说明。

[0146] A1) 计算执行红灯缩短响应时能够保证有轨电车不停车通过所需的预期压缩总时间 G_0^A ,执行步骤A2),计算公式为:

$$[0147] \quad G_0^A = T_P - T_A,$$

[0148] 其中, T_P 表示路口的基准控制方案下有轨电车通行相位开始时刻, T_A 表示有轨电车预计到达停车线的时刻;

[0149] A2) 根据判定的电车优先响应等级确定采用何种压缩控制方式,判断为一级优先响应等级时,采用均衡分配压缩控制,执行步骤A3);判断为二级优先响应等级时,采用非主流向优先压缩控制,执行步骤A4);判断为三级优先响应等级时,采用主流向时间维持压缩控制,执行步骤A5);

[0150] A3) 采用均衡分配压缩控制时,根据相位可压缩时间均衡分配压缩总时间,各相位绿灯持续时间可压缩至相位最小绿灯时间,执行步骤A6);

[0151] A3.1) 电车优先请求所在相位结束至有轨电车通行相位开始间共 m 个信号控制相位,计算均衡分配压缩控制的实际压缩总时间 G_1^A ,执行步骤A3.2),计算公式为:

$$[0152] \quad G_1^A = \min[G_0^A, \sum_{i=1}^m (g_i^A - g_{i,\min}^A)],$$

[0153] 其中, g_i^A 表示路口基准控制方案下有轨电车优先请求所在相位结束后第 i 个信号控制相位的绿灯持续时间, $g_{i,\min}^A$ 表示有轨电车优先请求所在相位结束后第 i 个信号控制相位为保证通行安全预设的相位最小绿灯时间;

[0154] A3.2) 根据相位可压缩时间均衡分配第 i 个信号控制相位压缩时间 $g_{i,\text{compress}}^A$,执行步骤A3.3),计算公式为:

$$[0155] \quad g_{i,\text{compress}}^A = \text{int}[G_1^A \times (g_i^A - g_{i,\min}^A) / \sum_{i=1}^m (g_i^A - g_{i,\min}^A) + 0.5],$$

[0156] A3.3) 计算红灯缩短控制下第 i 个信号控制相位的实际绿灯持续时间 $g_{i,\text{real}}^A$,执行步骤A6);计算公式为:

$$[0157] \quad g_{i,\text{real}}^A = g_i^A - g_{i,\text{compress}}^A;$$

[0158] A4) 采用非主流向优先压缩控制时,可压缩道路交通非主流向相位绿灯持续时间至相位最小绿灯时间,若仍无法满足电车不停车通过,则可压缩道路交通主流向相位绿灯

持续时间至设定值,执行步骤A6);

[0159] 结合图7所示,对非主流向优先压缩控制进行详细说明。

[0160] A4.1) 电车优先请求所在相位结束至有轨电车通行相位开始间共 m 个信号控制相位,其中 n 个为道路交通主流向相位, $m-n$ 个为道路交通非主流向相位,计算非主流向优先压缩控制的实际压缩总时间 G_1^A ,执行步骤A3.2),计算公式为:

$$[0161] \quad G_1^A = \min[G_0^A, \sum_{j=1}^{m-n} (g_j^{A,F} - g_{j,\min}^{A,F}) + n \times (g_1^{A,M} - g_{1,\min}^{A,M}) / 2],$$

[0162] 其中, $g_j^{A,F}$ 表示路口基准控制方案下电车优先请求所在相位结束后第 j 个道路交通非主流向相位的绿灯持续时间, $g_{j,\min}^{A,F}$ 表示电车优先请求所在相位结束后第 j 个道路交通非主流向相位为保证通行安全预设的相位最小绿灯时间, $g_1^{A,M}$ 表示路口基准控制方案下道路交通主流向相位的绿灯持续时间, $g_{1,\min}^{A,M}$ 表示道路交通主流向相位为保证通行安全预设的相位最小绿灯时间;

[0163] A4.2) 判断通过压缩道路交通非主流向相位能否满足实际压缩总时间,若是,执行步骤A4.3),否则,执行步骤A4.5),判断公式为:

$$[0164] \quad G_1^A \leq \sum_{j=1}^{m-n} (g_j^{A,F} - g_{j,\min}^{A,F});$$

[0165] A4.3) 根据相位可压缩时间均衡分配第 j 个道路交通非主流向相位压缩时间 $g_{j,\text{compress}}^{A,F}$,同时令道路交通主流向相位压缩时间 $g_{1,\text{compress}}^{A,M}$ 为0,执行步骤A4.6),计算公式为:

$$[0166] \quad g_{j,\text{compress}}^{A,F} = \text{int} \left[G_1^A \times ((g_j^{A,F} - g_{j,\min}^{A,F}) / \sum_{j=1}^{m-n} (g_j^{A,F} - g_{j,\min}^{A,F}) + 0.5) \right],$$

$$[0167] \quad g_{1,\text{compress}}^{A,M} = 0;$$

[0168] A4.4) 将道路交通非主流向相位压缩至相位最小绿灯时间,计算第 j 个道路交通非主流向相位压缩时间 $g_{j,\text{compress}}^{A,F}$,执行步骤A4.5),计算公式为:

$$[0169] \quad g_{j,\text{compress}}^{A,F} = g_j^{A,F} - g_{j,\min}^{A,F};$$

[0170] A4.5) 将剩余实际压缩总时间均匀分配给道路交通主流向相位,计算道路交通主流向相位压缩时间 $g_{1,\text{compress}}^{A,M}$,执行步骤A4.6),计算公式为:

$$[0171] \quad g_{1,\text{compress}}^{A,M} = \text{int} \left\{ \left[G_1^A - \sum_{j=1}^{m-n} (g_j^{A,F} - g_{j,\min}^{A,F}) \right] / n \right\};$$

[0172] A4.6) 计算第 j 个道路交通非主流向相位的实际绿灯持续时间 $g_{j,\text{real}}^{A,F}$ 和道路交通主流向相位的实际绿灯持续时间 $g_{1,\text{real}}^{A,M}$,执行步骤A6),计算公式为:

$$[0173] \quad g_{j,\text{real}}^{A,F} = g_j^{A,F} - g_{j,\text{compress}}^{A,F};$$

$$[0174] \quad g_{1,\text{real}}^{A,M} = g_1^{A,M} - g_{1,\text{compress}}^{A,M};$$

[0175] A5) 采用主流向时间维持压缩控制时,可压缩非主流向相位绿灯持续时间至相位最小绿灯时间,不压缩道路交通主流向相位绿灯持续时间,执行步骤A6);

[0176] A5.1) 电车优先请求所在相位结束至有轨电车通行相位开始间共 m 个信号控制相位,其中 n 个为道路交通主流向相位, $m-n$ 个为道路交通非主流向相位,计算主流向时间维持压缩控制的实际压缩总时间 G_1^A ,执行步骤A5.2),计算公式为:

$$[0177] \quad G_1^A = \min[G_0^A, \sum_{k=1}^{m-n} (g_k^{A,F} - g_{k,\min}^{A,F})],$$

[0178] 其中, $g_k^{A,F}$ 表示路口基准控制方案下电车优先请求所在相位结束后第 k 个道路交通非主流向相位的绿灯持续时间, $g_{k,\min}^{A,F}$ 表示电车优先请求所在相位结束后第 k 个道路交通非主流向相位为保证通行安全预设的相位最小绿灯时间;

[0179] A5.2) 根据相位可压缩时间均衡分配第 k 个道路交通非主流向相位压缩时间 $g_{k,\text{compress}}^{A,F}$,执行步骤A5.3),计算公式为:

$$[0180] \quad g_{k,\text{compress}}^{A,F} = \text{int}[G_1^A \times ((g_k^{A,F} - g_{k,\min}^{A,F}) / \sum_{k=1}^{m-n} (g_k^{A,F} - g_{k,\min}^{A,F}) + 0.5)],$$

$$[0181] \quad g_{1,\text{compress}}^{A,M} = 0;$$

[0182] A5.3) 计算第 k 个道路交通非主流向相位的实际绿灯持续时间 $g_{k,\text{real}}^{A,F}$ 和道路交通主流向相位的实际绿灯持续时间 $g_{1,\text{real}}^{A,M}$,执行步骤A6),计算公式为:

$$[0183] \quad g_{k,\text{real}}^{A,F} = g_k^{A,F} - g_{k,\text{compress}}^{A,F};$$

$$[0184] \quad g_{k,\text{real}}^{A,F} = g_k^{A,F} - g_{k,\text{compress}}^{A,F};$$

[0185] A6) 根据各信号控制相位实际绿灯持续时间,生成并执行红灯缩短电车信号优先控制方案,执行步骤A7);

[0186] A7) 有轨电车检测系统检测到有轨电车车尾通过路口后,向基于有轨电车的路口交通信号控制装置发送电车驶离信号,基于有轨电车的路口交通信号控制装置接收到信号后,判定有轨电车完全通过路口,转入步骤6。

[0187] 步骤5.2:判定执行绿灯延长响应方式,延长有轨电车通行相位绿灯持续时间,延后关闭有轨电车通行相位,并在检测到电车离开路口后,根据判定的电车优先响应等级对应的控制参数约束,通过动态补偿控制提高道路交通通行相位的通行效率。

[0188] 下面结合图8对绿灯延长响应进行详细说明。

[0189] B1) 计算执行绿灯延长响应时有轨电车通行相位所需的预期绿灯延长时间 G_0^B ,执行步骤B2),计算公式为:

$$[0190] \quad G_0^B = T_B - T_P,$$

[0191] 其中, T_B 表示有轨电车预计完全驶离路口的时刻, T_P 表示路口基准控制方案下有轨电车通行相位开始时刻;

[0192] B2) 计算有轨电车通行相位预期绿灯持续时间 $g_{0,\text{expect}}^B$,生成并执行绿灯延长电车信号优先控制方案,执行步骤B3),

$$[0193] \quad g_{0,\text{expect}}^B = g_0^B + G_0^B,$$

[0194] 其中, g_0^B 表示路口基准控制方案下有轨电车通行相位的绿灯持续时间;

[0195] B3) 有轨电车检测系统检测到有轨电车车尾通过路口后,向基于有轨电车的路口交通信号控制装置发送电车驶离信号,基于有轨电车的路口交通信号控制装置接收到信号后,判定有轨电车完全通过路口,结束有轨电车通行相位,执行步骤B4);

[0196] B4) 计算有轨电车通行相位实际绿灯持续时间 $g_{0,real}^B$ 和实际绿灯延长时间 G_1^B ,执行步骤B5);

$$[0197] \quad g_{0,real}^B = g_{0,expect}^B + (T_C - T_B),$$

$$[0198] \quad G_1^B = g_{0,real}^B - g_0^B,$$

[0199] 其中, T_C 表示有轨电车实际完全驶离路口的时刻;

[0200] B5) 根据判定的电车优先响应等级确定采用何种动态补偿方式,判断为一级优先响应等级时,不采用动态补偿控制,执行步骤B6);判断为二级优先响应等级时,采用均衡分配动态补偿控制,执行步骤B7);判断为三级优先响应等级时,采用主流向动态补偿控制,执行步骤B8);

[0201] B6) 不采用动态补偿控制时,判定不调整有轨电车完全通过后下一周期各信号控制相位绿灯持续时间,转入步骤6);

[0202] B7) 采用均衡分配动态补偿控制时,将实际绿灯延长时间补偿给下一周期所有道路交通信号控制相位,并根据相位绿灯持续时间均衡分配补偿时间,执行步骤B9);

[0203] B7.1) 路口基准控制方案中共有1个信号控制相位,其中1个为有轨电车通行相位,则有轨电车完全离开路口后的下一周期中道路交通通行相位共有1-1个,根据相位绿灯持续时间均衡分配补偿时间,计算下一周期中第h个道路交通通行相位绿灯补偿时间 $g_{h,extend}^B$,执行步骤A7.2),计算公式为:

$$[0204] \quad g_{h,extend}^B = \text{int}[G_1^B \times g_h^B / \sum_{h=1}^{l-1} g_h^B + 0.5],$$

[0205] 其中, g_h^B 表示路口基准控制方案下有轨电车完全离开路口后的下一周期中第h个道路交通通行相位的绿灯持续时间;

[0206] B7.2) 计算有轨电车完全离开路口后下一周期第h个道路交通通行相位的补偿后绿灯持续时间 $g_{h,remedy}^B$,执行步骤B9),计算公式为:

$$[0207] \quad g_{h,remedy}^B = g_h^B + g_{h,extend}^B;$$

[0208] B8) 采用主流向动态补偿控制时,将实际绿灯延长时间补偿给下一周期中的道路交通主流向相位,下一周期中的道路交通非主流向相位绿灯持续时间保持不变,计算下一周期道路交通主流向相位的补偿后绿灯持续时间 $g_{1,remedy}^{B,M}$,执行步骤B9);计算公式为:

$$[0209] \quad g_{1,remedy}^{B,M} = g_1^{B,M} + G_1^B;$$

[0210] 其中, $g_1^{B,M}$ 表示路口基准控制方案下道路交通主流向相位的绿灯持续时间;

[0211] B9) 根据下一周期各相位的补偿后绿灯持续时间,生成并执行绿灯延长动态补偿控制方案,在执行完方案后转入步骤6)。

[0212] 步骤5.3:判定执行插入相位响应,调用预设的有电车优先控制相位相序,在路口基准控制方案的相位相序中插入供有轨电车通行的专用相位,并缩短电车优先请求所在相

位至有轨电车专用相位之间各相位绿灯持续时间,随后在检测到电车离开路口后,根据判定的优先响应等级对应的控制参数约束,通过动态补偿控制提高道路交通通行相位的通行效率。

[0213] 下面结合图9对插入相位响应进行详细说明。

[0214] C1) 有轨电车优先请求所在相位结束至插入的有轨电车专用相位开始间共m个信号控制相位,基于有轨电车的路口交通信号控制装置计算执行插入相位控制时实际压缩总时间 G_0^C ,执行步骤C2),计算公式为:

$$[0215] \quad G_0^C = \min[T_I - T_A, \sum_{i=1}^m (g_i^C - g_{i,\min}^C)],$$

[0216] 其中, T_I 表示不进行相位压缩时插入的有轨电车专用相位开始时刻, T_A 表示有轨电车预计到达停车线的时刻, g_i^C 表示路口基准控制方案下电车优先请求所在相位结束后第i个信号控制相位的绿灯持续时间, $g_{i,\min}^C$ 表示电车优先请求所在相位结束后第i个相位为保证通行安全预设的相位最小绿灯时间;

[0217] C2) 根据相位可压缩时间均衡分配实际压缩总时间,各信号控制相位绿灯持续时间可压缩至相位最小绿灯时间,执行步骤C3);

[0218] C2.1) 根据相位可压缩时间均衡分配第i个信号控制相位压缩时间 $g_{i,\text{compress}}^C$,执行步骤C2.2),计算公式为:

$$[0219] \quad g_{i,\text{compress}}^C = \text{int}[G_1^C \times (g_i^C - g_{i,\min}^C) / \sum_{i=1}^m (g_i^C - g_{i,\min}^C) + 0.5];$$

[0220] C2.2) 计算第i个信号控制相位的实际绿灯持续时间 $g_{i,\text{real}}^C$,执行步骤C3),计算公式为:

$$[0221] \quad g_{i,\text{real}}^C = g_i^C - g_{i,\text{compress}}^C;$$

[0222] C3) 根据各信号控制相位实际绿灯持续时间,生成并执行插入相位电车信号优先控制方案,执行步骤C4);

[0223] C4) 电车检测系统检测到有轨电车车尾通过路口后,向基于有轨电车的路口交通信号控制装置发送电车驶离信号,基于有轨电车的路口交通信号控制装置接收到信号后,判定有轨电车完全通过路口,结束有轨电车专用相位,执行步骤C5);

[0224] C5) 计算插入的有轨电车专用相位实际绿灯持续时间 $g_{0,\text{real}}^C$ 和有轨电车专用相位下一相位的延后开启时间 G_1^C ,执行步骤C6);

$$[0225] \quad g_{0,\text{real}}^C = T_C - (T_I - G_0^C),$$

$$[0226] \quad G_1^C = g_{0,\text{real}}^C + y^C + r^C,$$

[0227] 其中, T_C 表示有轨电车实际完全驶离路口的时刻, y^C 表示路口信号相位转换时的黄灯时间, r^C 表示路口信号相位转换时的全红时间;

[0228] C6) 根据判定的电车优先响应等级确定采用何种动态补偿方式,判断为一级优先响应等级时,不采用动态补偿控制,执行步骤C7);判断为二级优先响应等级时,采用均衡分配动态补偿控制,执行步骤C8);判断为三级优先响应等级时,采用主流向动态补偿控制,执

行步骤C9)；

[0229] C7) 不采用动态补偿控制时,判定不调整有轨电车完全通过后下一周期各信号控制相位绿灯持续时间,转入步骤6；

[0230] C8) 采用均衡分配动态补偿控制时,将有轨电车专用相位下一相位的延后开启时间补偿给下一周期所有相位,并根据相位绿灯持续时间均衡分配补偿时间,执行步骤C10)；

[0231] C8.1) 路口基准控制方案中共有1个信号控制相位,根据相位绿灯持续时间均衡分配补偿时间,计算下一周期中第h个信号相位绿灯补偿时间 $g_{h,extend}^C$,执行步骤C8.2),计算公式为:

$$[0232] \quad g_{h,extend}^C = \text{int}[G_1^C \times g_h^C / \sum_{h=1}^l g_h^C + 0.5],$$

[0233] 其中, g_h^C 表示路口基准控制方案下,有轨电车完全离开路口后的下一周期中第h个信号控制相位的绿灯持续时间；

[0234] C8.2) 计算有轨电车完全离开路口后下一周期第h个信号控制相位的补偿后绿灯持续时间 $g_{h,remedy}^C$,执行步骤C10),计算公式为:

$$[0235] \quad g_{h,remedy}^C = g_h^C + g_{h,extend}^C ;$$

[0236] C9) 采用主流向动态补偿控制时,将有轨电车专用相位下一相位的延后开启时间补偿给下一周期道路交通主流向相位,下一周期中的道路交通非主流向相位绿灯持续时间保持不变,计算下一周期中的道路交通主流向相位的补偿后绿灯持续时间 $g_{l,remedy}^{C,M}$,执行步骤C10),计算公式为:

$$[0237] \quad g_{l,remedy}^{C,M} = g_l^{C,M} + G_1^C ,$$

[0238] 其中, $g_l^{C,M}$ 表示路口基准控制方案下道路交通主流向相位的绿灯持续时间；

[0239] C10) 基于有轨电车的路口交通信号控制装置根据下一周期各信号相位的补偿后绿灯持续时间,生成并执行插入相位动态补偿控制方案,在执行完方案后转入步骤6；

[0240] 步骤6:在完成电车信号优先控制后,读取道路交通下路口的信号控制特征参数,恢复路口基准控制方案。

[0241] 需要说明的是,针对有轨电车优先控制整体功能,根据交通流状态和优先级别,主要采用“绿灯延长”、“红灯缩短”、“插入相位”三种优先控制响应方式,具体执行过程如下:

[0242] 绿灯延长:如图10所示为绿灯延长响应方式示意图,当判断有轨电车到达路口停车线时间稍晚于电车放行相位结束时间,适当延长有轨电车通行相位绿灯持续时间,延后关闭有轨电车通行相位,满足有轨电车不停车通过。

[0243] 红灯缩短:如图11所示为红灯缩短响应方式示意图,当判断有轨电车到达路口停车线时间早于电车放行相位开始时间,适当缩短电车优先请求所在相位至有轨电车通行相位之间各相位绿灯持续时间,提前开启有轨电车通行相位,实现电车不停车通过或最短时间等待。

[0244] 插入相位:如图12所示为插入相位响应方式示意图,在接收到电车优先请求后,经过适当的转换过渡,运行有轨电车专用相位。这种响应方式主要用于有轨电车通行相位为独立的专用相位时,为了减少路口绿灯时间的浪费,在没有电车优先请求的情况下,有轨电

车通行相位不被运行,只有在接收到电车优先请求之后才被运行。

[0245] 作为本发明的第二个方面,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制装置,其中,如图13所示,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置10包括:

[0246] 接收模块110,所述接收模块110用于在路口接收有轨电车优先请求信号;

[0247] 判断模块120,所述判断模块120用于判断预设有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻是否均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件;

[0248] 响应模块130,所述响应模块130用于若所述预设有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达以及离开路口的时刻均满足响应所述有轨电车优先请求信号的条件,则响应所述有轨电车优先请求信号;

[0249] 优先响应等级确定模块140,所述优先响应等级确定模块140用于根据道路交通的进口道排队长度数据确定所述有轨电车在路口的优先响应等级,其中所述优先响应等级包括三级优先响应等级,每一级优先响应等级对应一种道路交通状态,每一种道路交通状态对应一种路口控制目标;

[0250] 优先控制响应方式确定模块150,所述优先控制响应方式确定模块150用于根据预设有轨电车优先控制相位相序和有轨电车预计到达路口的时刻确定所述有轨电车在路口的优先控制响应方式;

[0251] 执行模块160,所述执行模块160用于根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制,以及用于根据确定的所述有轨电车的优先响应等级以及确定的所述有轨电车的优先控制响应方式执行有轨电车的优先控制。

[0252] 本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制装置,通过对在有轨电车的路口实行的交通控制方案将道路交通的交通流量状态考虑进来,在实现有轨电车信号优先通行的同时,均衡调节路口道路交通各流向的放行时间。在道路交通非饱和时,以保障有轨电车的通行效率为控制目标,提高电车不停车通过概率;在道路交通近饱和时,综合考虑有轨电车和道路交通的通行状态,给予电车较小的优先空间,均衡各流向放行时间;在道路通过饱和时,以保障道路交通主流向的通行效率为控制目标,防止由于信号优先控制的执行而加剧道路交通的拥堵程度,因此,本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制装置有效降低了有轨电车的运行对道路交通的影响。

[0253] 关于本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制装置的具体工作原理可以参照前文的描述,此处不再赘述。

[0254] 作为本发明的第三个方面,提供一种基于有轨电车的路口交通信号控制系统,其中,如图14所示,所述基于有轨电车的路口交通信号控制系统1包括:有轨电车检测装置20、道路交通检测装置30和前文所述的基于有轨电车的路口交通信号控制装置,所述有轨电车检测装置20设置在有轨电车的轨道上,用于检测所述有轨电车的交通运行数据,所述道路交通检测装置30设置在路口,用于检测道路交通的进口道排队长度数据,所述有轨电车检测装置和20道路交通检测装置30均与所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置10通信连接,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置10用于接收所述有轨电车检测装置20发送的有轨电车优先请求信号,根据所述有轨电车请求信号以及获取到的所述道路交通检测装置30检测到的进口道排队长度数据确定所述有轨电车的路口交通控制方案。

[0255] 本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制系统,通过对在有轨电车的路口实行的交通控制方案将道路的交通流量状态考虑进来,在实现有轨电车信号优先通行的同时,均衡调节路口道路交通各流向的放行时间。在道路交通非饱和时,以保障有轨电车的通行效率为控制目标,提高电车不停车通过概率;在道路交通近饱和时,综合考虑有轨电车和道路交通的通行状态,给予电车较小的优先空间,均衡各流向放行时间;在道路交通通过饱和时,以保障道路交通主流向的通行效率为控制目标,防止由于信号优先控制的执行而加剧道路交通的拥堵程度,因此,本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制系统有效降低了有轨电车的运行对道路交通的影响。

[0256] 可以理解的是,所述基于有轨电车的路口交通信号控制装置10具体可以是路口信号综合控制系统,所述有轨电车检测装置20设置在有轨电车的轨道上,所述道路交通检测装置30设置在路口,所述道路交通检测装置30具体可以是视频交通监测器,例如是摄像头,通常设置在路口的电子警察的背面。

[0257] 关于本发明提供的基于有轨电车的路口交通信号控制系统的具体工作原理可以参照前文的描述,此处不再赘述。

[0258] 可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本发明的原理而采用的示例性实施方式,然而本发明并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本发明的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本发明的保护范围。

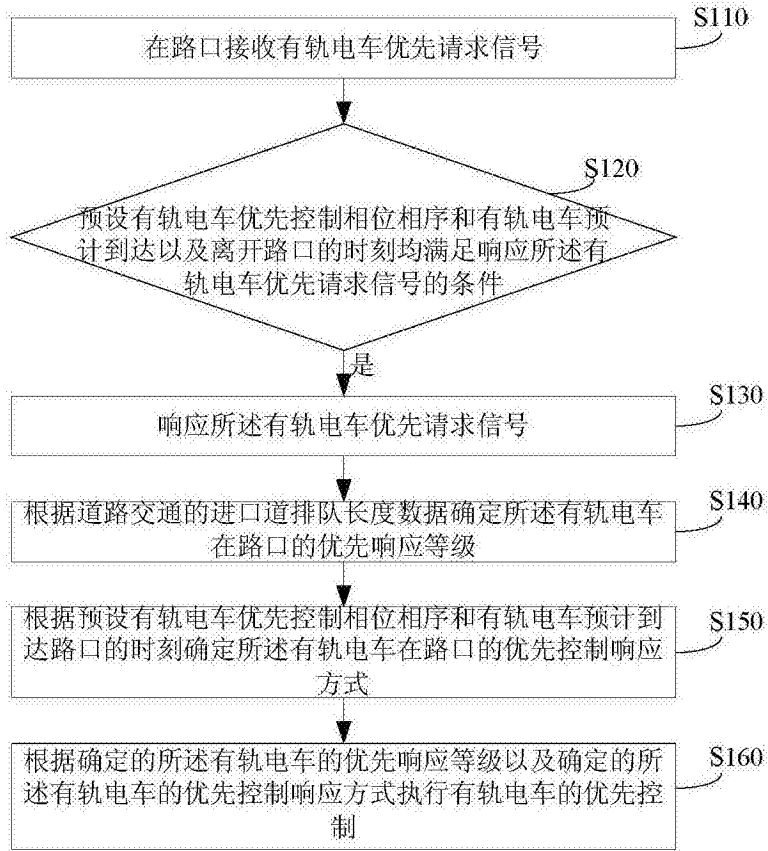


图1

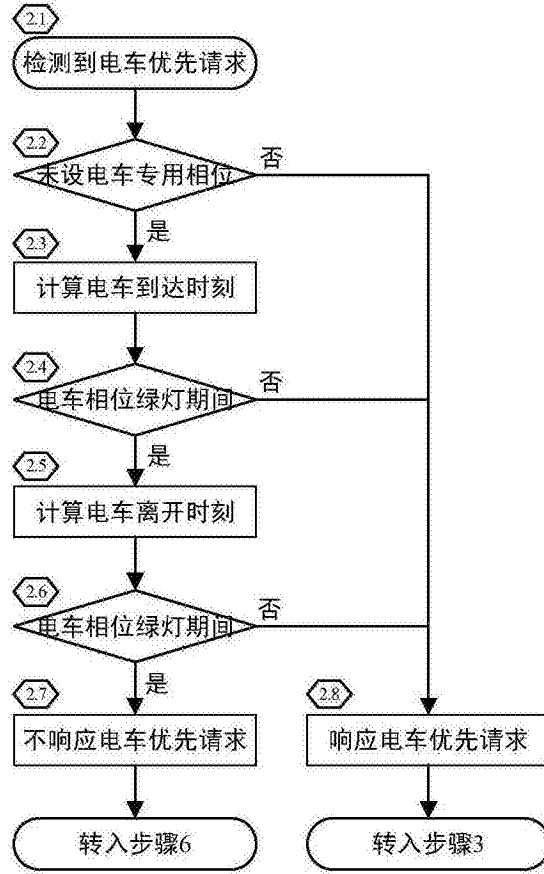


图2

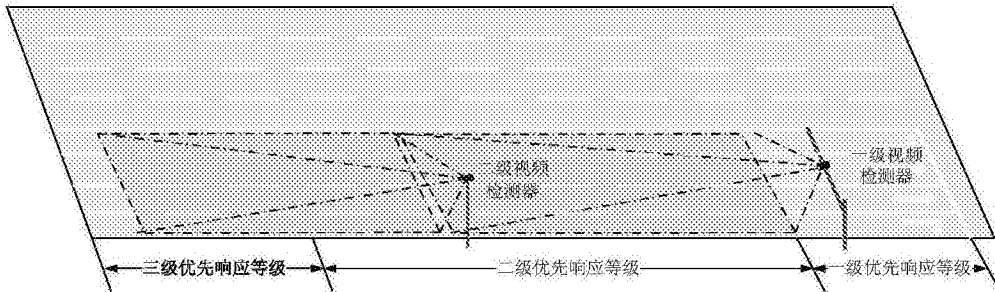


图3

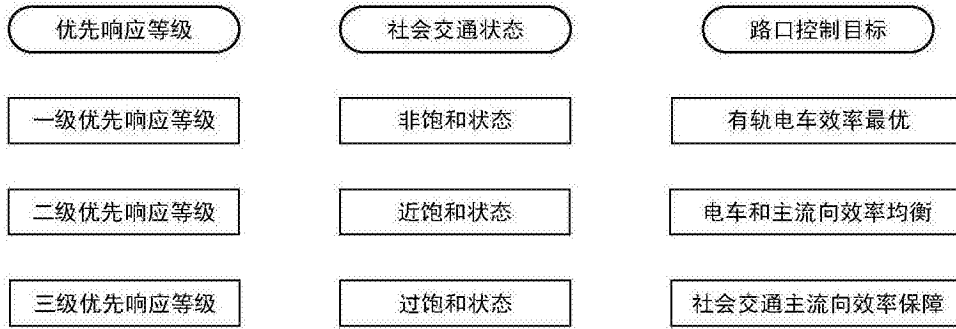


图4

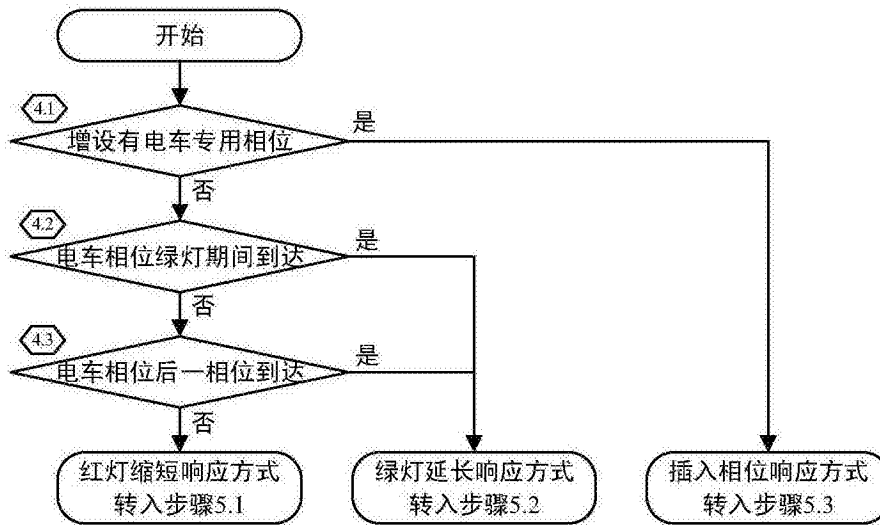


图5

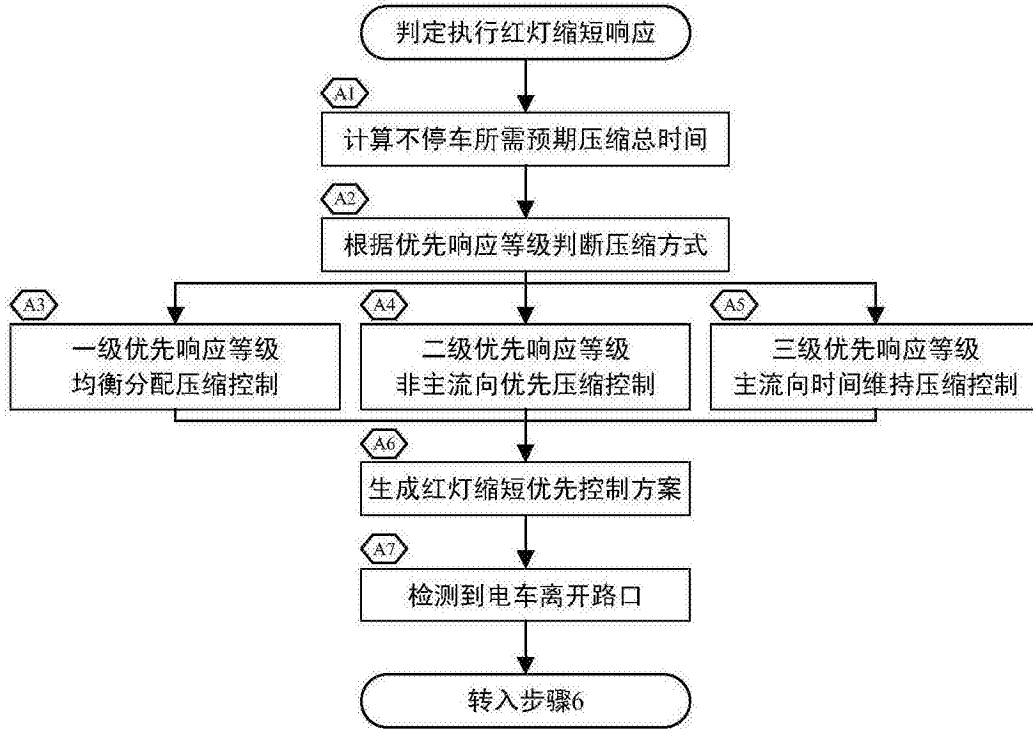


图6

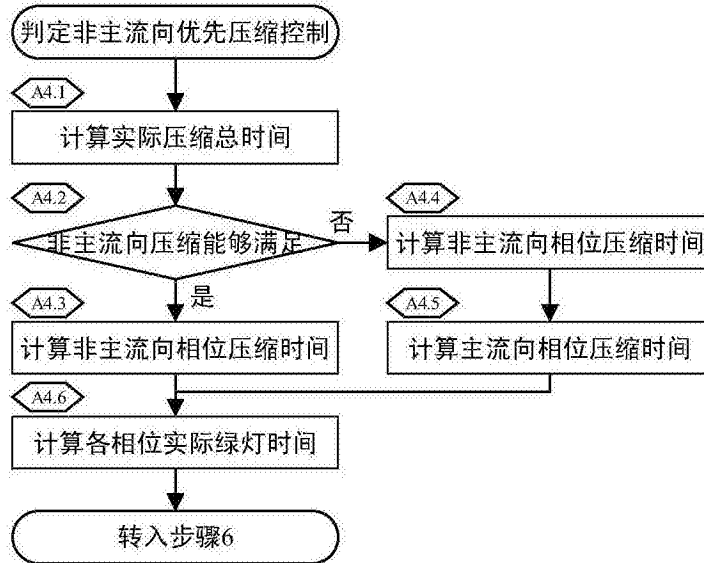


图7

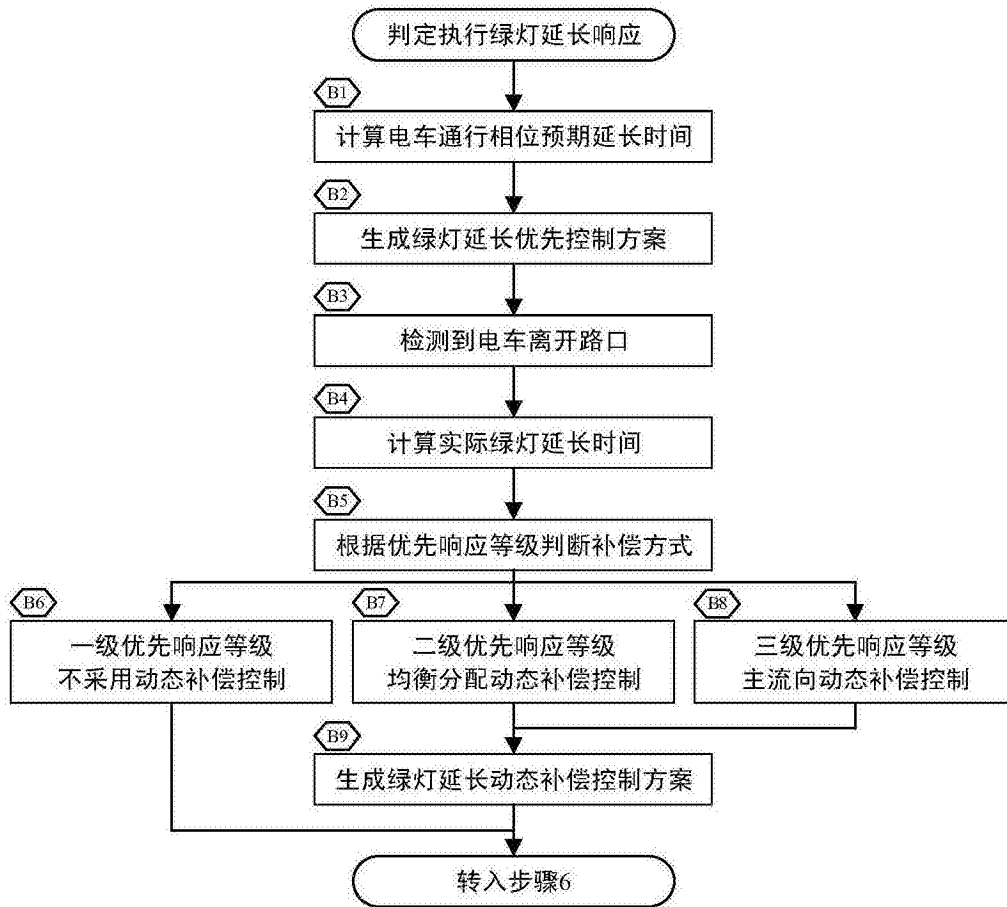


图8

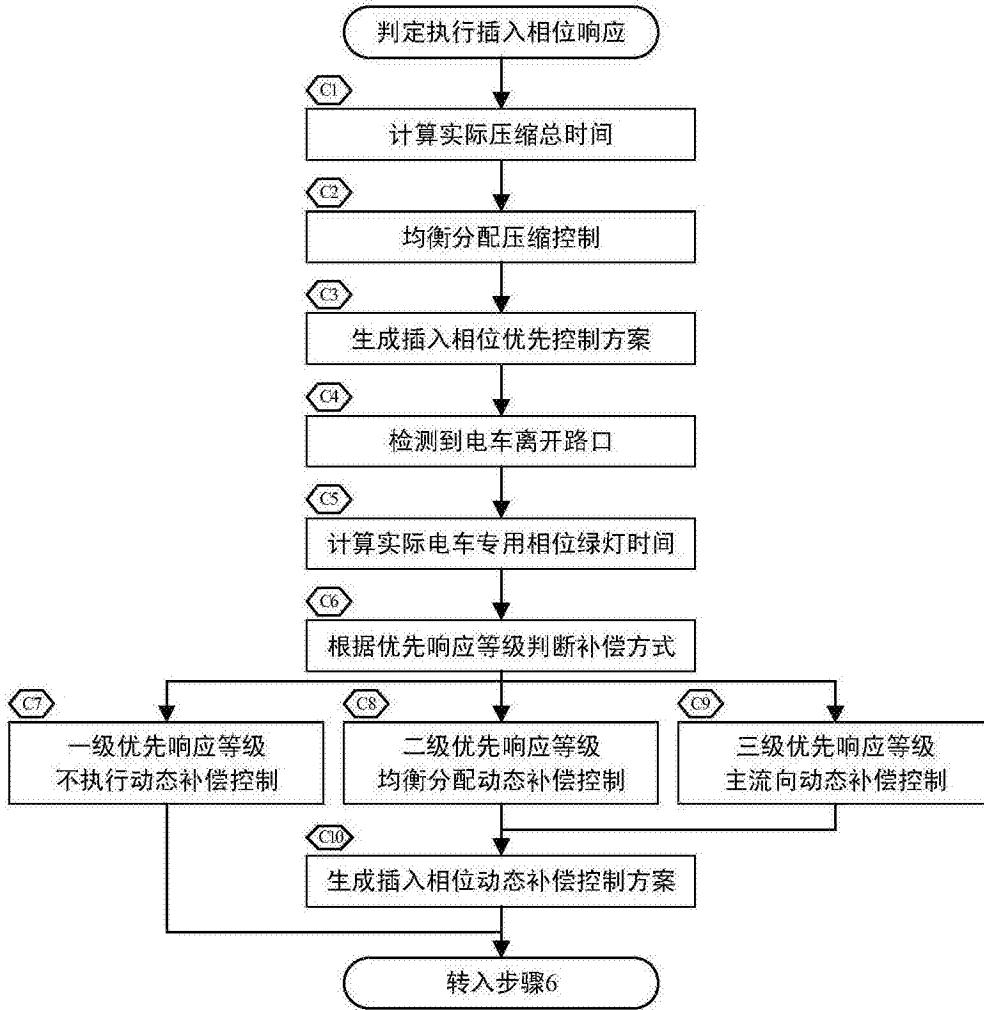


图9

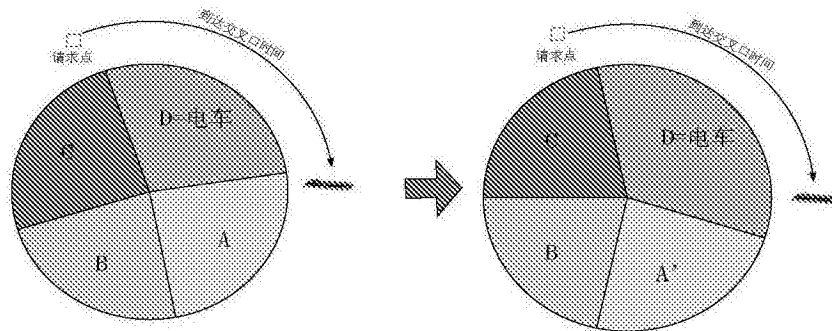


图10

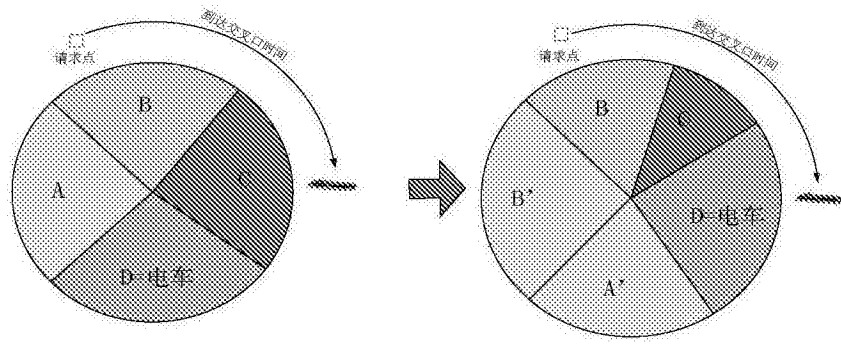


图11

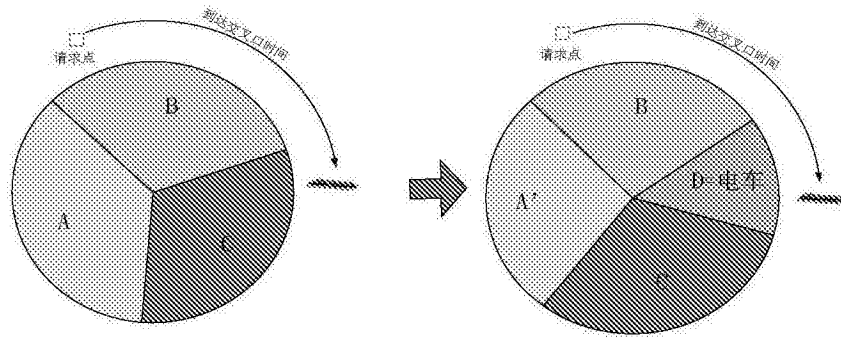


图12

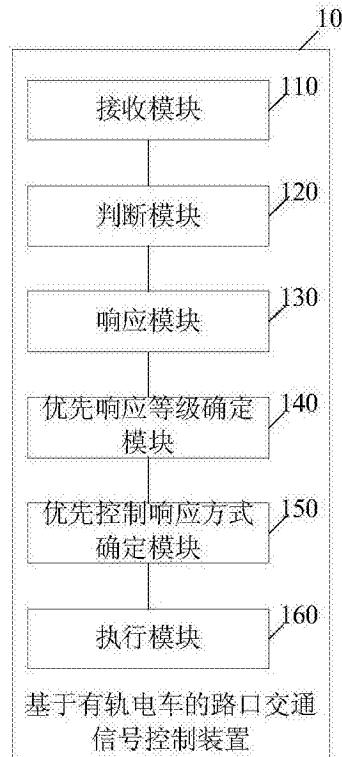


图13

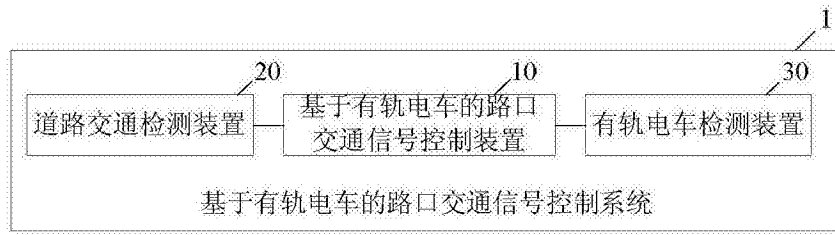


图14