



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111516552 B

(45) 授权公告日 2022.03.18

(21) 申请号 202010319426.9

审查员 李寒

(22) 申请日 2020.04.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111516552 A

(43) 申请公布日 2020.08.11

(73) 专利权人 东风汽车集团有限公司
地址 430056 湖北省武汉市武汉经济技术
开发区东风大道特1号

(72) 发明人 刘荣昌 石琳 郑盈 罗未锋
廖云霞

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限
公司 42104
代理人 俞鸿 高炳龙

(51) Int. Cl.

B60L 58/12 (2019.01)

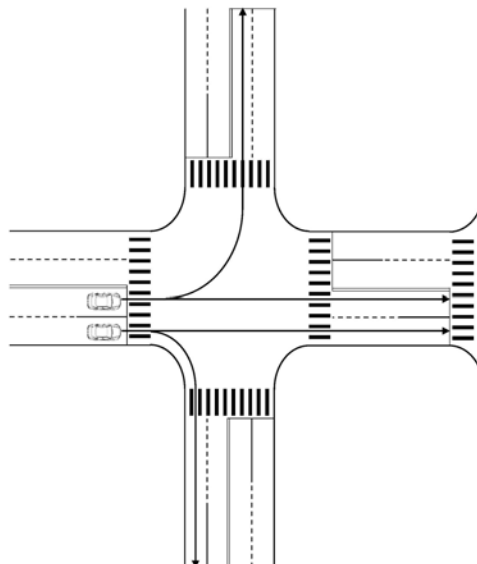
权利要求书3页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶
路径的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法,其通过每个路段上车辆的运行速度、路段长度、路段坡度获取每个路段上车辆克服行驶阻力所消耗的行驶耗能;通过在不同环境下的续驶里程试验,获取空调百公里耗能、低压附件百公里耗能、能量回收系统百公里回收能量,并根据推荐路径的总里程计算得到车辆耗能;总耗能=行驶耗能+车辆耗能,通过比较电池能够发出的能量和总耗能,合理规划行驶路径。本发明通过对纯电动汽车能量行驶耗量和车辆耗能的综合考量合理规划了驾驶路径。



1. 一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法,其特征在于:通过每个路段上车辆的运行速度、路段长度、路段坡度获取每个路段上车辆克服行驶阻力所消耗的行驶耗能;通过在不同环境下的续驶里程试验,获取空调百公里耗能、低压附件百公里耗能、能量回收系统百公里回收能量,并根据推荐路径的总里程计算得到车辆耗能;总耗能=行驶耗能+车辆耗能,通过比较电池能够发出的能量和总耗能,合理规划行驶路径;行驶耗能的计算方法如下:

步骤1,将起始位置至终止位置的路段离散为n个路段,计算每个路段的长度;

步骤2,预测每个路段的行驶速度;

步骤3,预测行驶阻力;

步骤4,计算每个路段的克服行驶阻力所消耗的功,从而获取推荐路径上克服行驶阻力所做的总功;

步骤1中,路段编号从推荐路径第一个路段开始按顺序编号,路段编号分别为1、2、3... $i \cdots n$,n为推荐路径最后一个路段,路段长度 L_i 表示路段 $i-1$ 的人行道到路段 i 的人行道之间的行驶距离,每个车道宽 l_c ,人行道宽度 l_p ,弯道半径为R,路段直线段长度 T_i ,车道数n,隔离带宽度 l_m ,样车行驶分为直行、左转、右转,每种情况路段长度表达式如下:

$$L_i = \begin{cases} l_p + n \times l_c + 2 \times R + T_i & \text{直行} \\ l_p + \frac{\pi \times \left(R + \frac{l_c}{2} \right)}{2} + T_i & \text{右转} \\ l_p + \frac{\pi \times \left(R + (n + l_m + 1) \frac{l_c}{2} \right)}{2} + T_i & \text{左转} \end{cases};$$

步骤2中,速度预测单元预测车辆在推荐路径中的每个路段的行驶速度,将整个过程的简化为加速阶段、匀速阶段和减速阶段,速度表达式如下,

$$V_i = \begin{cases} a_{ai}t & \left(0 \leq t \leq \frac{V_{85i}}{3.6a_{ai}} \right); \\ V_{85i} & \left(\frac{V_{85i}}{3.6a_{ai}} < t < \frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} - \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right); \\ \frac{(a_{ai} + a_{bi})V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{3.6a_{bi}}{V_{85i}}L_i - a_{bi}t & \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} - \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \leq t \leq \frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right); \end{cases}$$

式中,路段编号 i 、路段 i 长度 L_i 、路段 i 第85百分位速度 V_{85i} , V_{85i} 作为汽车在该路段行驶的期望车速、路段 i 平均加速度 a_{ai} 、路段 i 平均减速度 a_{bi} 、路面坡度 α_i ;

步骤3中,当汽车在坡道上行驶时所需克服的总行驶阻力方程如下: $F_r = F_f + F_w + F_i + F_j$,

当汽车在水平道路上行驶时所需克服的总行驶阻力方程如下, $F_h = F_f + F_w$,其中: F_f 为滚动阻力, F_w 为空气阻力, F_i 为坡度阻力, F_j 为加速阻力;

采用不同大气温度、标准胎压下的汽车行驶阻力代替滚动阻力和空气阻力,汽车出厂之前,在能量消耗预测单元中预存多条滑行曲线,滑行曲线为速度的二次方程 $F_{hi} = f_{2hi} \times$

$V_i^2 + f_{1hi} \times V_i + f_{0hi}$, 其中: f_{2hi} 为 i 温度区间下道路载荷二次项系数; f_{1hi} 为 i 温度区间下道路载荷一次项系数; f_{0hi} 为 i 温度区间下道路载荷常数项; f_{2hi} 、 f_{1hi} 、 f_{0hi} 通过最小二乘法拟合得到;

坡道阻力计算公式: $F_{ii} = m \times g \times \sin \alpha_i = (m_c + 65 \times n) \times g \times \sin \alpha_i$, 其中, m 为汽车总质量, m_c 为汽车质量, 汽车出厂之前, 在能量消耗预测单元中预存; n 为乘员数量, 按成人每人 65kg 计算; g 为重力加速度, 取 9.8 m/s^2 , α_i 为路面坡度, $\alpha_i \geq 1\%$ 认为在坡道行驶, $\alpha_i < 1\%$ 认为无坡度阻力;

加速阻力计算公式: $F_{ji} = \delta \times m \times \frac{dv}{dt}$, δ 为汽车旋转质量换算系数, 纯电动汽车中

$\delta = 1 + \frac{1}{m} \times \frac{\sum I_w}{r^2}$, 其中: m 为车辆质量, I_w 为车轮转动惯量, r 为车轮半径, 汽车出厂前通过测量后录入能耗预测单元保存,

行驶阻力计算公式:

$$F_{ri} = f_{2hi} \times V_i^2 + f_{1hi} \times V_i + f_{0hi} + m \times g \times \sin \alpha_i + \left(1 + \frac{1}{m} \times \frac{\sum I_w}{r^2} \right) \times m \times \frac{dV_i}{dt};$$

步骤4中, 计算克服行驶阻力在路段 i 做的功 $W_{ri} = \int_0^{\frac{3.6L_i + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}}}{3.6}} F_{ri} \frac{V_i}{3.6} dt$, 在推荐路径上

克服行驶阻力所做的总功 $W_r = \sum_{i=1}^{i=n} W_{ri}$ 。

2. 根据权利要求1所述的根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法, 其特征在于: 车辆耗能计算方法如下:

步骤1, 环境温度为 $23-41^\circ\text{C}$ 时定义为高温工况, 对空调压缩机进行试验获取百公里耗能;

步骤2, 低温工况下, 对PTC或者其他制热设备进行试验获取百公里耗能;

步骤3, 低压用电设备耗能预测;

步骤4, 计算系统效率 η_t , 电机效率 η_m ; 减速器效率 η_g ; DCDC效率 η_d 均可有零部件试验获取, 系统的效率 $\eta_T = \eta_m \times \eta_g \times \eta_d$ 。

3. 根据权利要求2所述的根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法, 其特征在于: 判断电池能量与总耗能对比, 获取电池当前荷电状态 SOC_c , 从电池管理系统中当前 SOC_c , 通过电池技术参数获取放电深度 SOC_d , 电池剩余能量 $W_b = (\text{SOC}_c - \text{SOC}_d) \times Q \times \eta_T \times \text{SoH} \times C_{\text{temp}}$, 其中 Q 为新电池电池容量, C_{temp} 为电池温度修正系数, 由电池特性试验确定; SoH 为电池健康状态与电池充放电循环次数有关, 由电池试验确定 SoH 与充放电循环次数的关系, 并从电池管理系统获取当前电池的 SoH , 高温环境下如果 $W_b > \sum W_r + W_g + W_l$ 或者低温环境下 $W_b > \sum W_r + W_d + W_l$, 这可以抵达目的地, 中途不需要充电; 高温环境下如果 $W_b \leq \sum W_r + W_g + W_l$ 或者低温环境下 $W_b \leq \sum W_r + W_d + W_l$, 则需要重新规划路径, 寻找充电桩资源, 完成补电后继续行驶, 直至达到目的地;

$$\text{高温行驶过程中高压系统耗能 } W_g = W_{gi} \times \sum_1^n \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right);$$

$$\text{低温行驶过程中高压附件耗能 } W_d = W_{di} \times \sum_1^n \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right);$$

$$\text{行驶过程中低压部件耗能 } W_l = W_{li} \times \sum_1^n \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right)。$$

4. 根据权利要求1所述的根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法,其特征在于:行驶过程中每2分钟刷新一次路网信息,及时对各路段预测速度和拥堵情况进行调整,预测途中是否需要充电。

5. 一种纯电动汽车,其特征在于:包括能量消耗模块、电池剩余能量获取模块、剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板,所述能量消耗模块包括速度预测单元、行驶阻力预测单元、低压能耗预测单元和空调能耗预测单元,所述能量消耗模块和所述电池剩余能量获取模块与所述剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板电连接,所述剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板与所述仪表板电连接,其使用了如权利要求1-4任一项所述的根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法。

一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及汽车技术领域,特别是一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法及使用了该方法的汽车。

技术背景

[0002] 电动汽车的能量消耗率与多种因素相关,比如环境温度,驾驶习惯,道路拥堵率等,汽车厂家提供的续航里程是在NEDC工况(New European Driving Cycle,新欧洲标准行驶循环)下测得的,NEDC工况与实际使用工况差异较大,导致实际续航里程与公告值不符。

[0003] 驾驶员在驾驶电动汽车规划出行路径时,需根据到达目的地所要消耗的能量值合理选取行驶路径。如果到达目的地需要的能量大于汽车剩余能量,则在规划路径时需要考虑经过充电桩的路线。

[0004] 以往技术多根据历史平均能量消耗值计算当前值,无法根据道路限速,道路拥堵状况、外部环境等信息进行实时估算,如果出行过程中发生严重拥堵,或者长时间处于高速状态,能量消耗率预测会产生严重偏差,可能会导致样车在行驶中因电量不足而限速或者抛锚,对驾驶员的出行造成困扰。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,提出一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法,其通过对纯电动汽车能量行驶耗量和车辆耗能的综合考量合理规划了驾驶路径。

[0006] 本发明公开了一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法,其通过每个路段上车辆的运行速度、路段长度、路段坡度获取每个路段上车辆克服行驶阻力所消耗的行驶耗能;通过在不同环境下的续航里程试验,获取空调百公里耗能、低压附件百公里耗能、能量回收系统百公里回收能量,并根据推荐路径的总里程计算得到车辆耗能;总耗能=行驶耗能+车辆耗能,通过比较电池能够发出的能量和总耗能,合理规划行驶路径。

[0007] 在本发明的一种优选实施方案中,

[0008] (1) 将起始位置至终止位置的路段离散为 n 个路段,计算每个路段的长度(道路坡度等参数,接入路网信息系统获取);

[0009] (2) 预测每个路段的行驶速度(接入大数据系统,对速度进行排序);

[0010] (3) 预测行驶阻力;

[0011] (4) 计算每个路段的克服行驶阻力所消耗的功,从而获取推荐路径上克服行驶阻力所做的总功。

[0012] 在本发明的一种优选实施方案中,

[0013] (1) 中,路段编号从推荐路径第一个路段开始按顺序编号,路段编号分别为 1、2、3... i ... n , n 为推荐路径最后一个路段,路段长度 L_i 表示路段 $i-1$ 的人行道到路段 i 的人行道之间的行驶距离,每个车道宽 l_c ,人行道宽度 l_p ,弯道半径为 R ,路段直线段长度 T_i ,车道数 n ,隔离带宽度 l_m ,样车行驶分为直行、左转、右转,每种情况路段长度表达式如下:

$$[0014] \quad L_i = \begin{cases} l_p + n \times l_c + 2 \times R + T_i & \text{直行} \\ l_p + \frac{\pi \times \left(R + \frac{l_c}{2} \right)}{2} + T_i & \text{右转} \\ l_p + \frac{\pi \times \left(R + (n + l_m + 1) \frac{l_c}{2} \right)}{2} + T_i & \text{左转} \end{cases}。$$

[0015] 在本发明的一种优选实施方案中，

[0016] (2) 中，速度预测单元预测车辆在推荐路径中的每个路段的行驶速度，将整个过程的简化为加速阶段、匀速阶段和减速阶段，速度表达式如下，

$$[0017] \quad V_i = \begin{cases} a_{ai} t & \left(0 \leq t \leq \frac{V_{85i}}{3.6 a_{ai}} \right); \\ V_{85i} & \left(\frac{V_{85i}}{3.6 a_{ai}} < t < \frac{3.6 L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{ai}} - \frac{V_{85i}}{7.2 a_{bi}} \right); \\ \frac{(a_{ai} + a_{bi}) V_{85i}}{7.2 a_{ai}} + \frac{3.6 a_{bi}}{V_{85i}} L_i - a_{bi} t & \left(\frac{3.6 L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{ai}} - \frac{V_{85i}}{7.2 a_{bi}} \leq t \leq \frac{3.6 L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{bi}} \right); \end{cases}$$

[0018] 曲中，路段编号*i*、路段*i*长度 L_i 、路段*i*第85百分位速度 V_{85i} ， V_{85i} 作为汽车在该路段行驶的期望车速、路段*i*平均加速度 a_{ai} 、路段*i*平均减速度 a_{bi} 、路面坡度 α_i 。

[0019] 在本发明的一种优选实施方案中，

[0020] (3) 中，当汽车在坡道上行驶时所需克服的总行驶阻力方程如下： $F_r = F_f + F_w + F_i + F_j$ ，

[0021] 当汽车在水平道路上行驶时所需克服的总行驶阻力方程如下， $F_h = F_f + F_w$ ，其中： F_f 为滚动阻力， F_w 为空气阻力， F_i 为坡度阻力， F_j 为加速阻力；

[0022] 采用不同大气温度、标准胎压下的汽车行驶阻力代替滚动阻力和空气阻力，汽车出厂之前，在能量消耗预测单元中预存多条滑行曲线，滑行曲线为速度的二次方程 $F_{hi} = f_{2hi} \times V_i^2 + f_{1hi} \times V_i + f_{0hi}$ ，其中： f_{2hi} 为*i*温度区间下道路载荷二次项系数； f_{1hi} 为*i*温度区间下道路载荷一次项系数； f_{0hi} 为*i*温度区间下道路载荷常数项； f_{2hi} 、 f_{1hi} 、 f_{0hi} 通过最小二乘法拟合得到；

[0023] 坡道阻力计算公式： $F_{ii} = m \times g \times \sin \alpha_i = (m_c + 65 \times n) \times g \times \sin \alpha_i$ ，其中， m 为汽车总质量， m_c 为汽车质量，汽车出厂之前，在能量消耗预测单元中预存； n 为乘员数量，按成人每人65kg计算； g 为重力加速度，取 9.8 m/s^2 ， α_i 为路面坡度， $\alpha_i \geq 1\%$ 认为在坡道行驶， $\alpha_i < 1\%$ 认为无坡度阻力；

[0024] 加速阻力计算公式： $F_{ji} = \delta \times m \times \frac{dv}{dt}$ ， δ 为汽车旋转质量换算系数，纯电动汽车中

$\delta = 1 + \frac{1}{m} \times \sum \frac{I_w}{r^2}$ ，其中： m 为车辆质量， I_w 为车轮转动惯量， r 为车轮半径，汽车出厂前通过测

量后录入能耗预测单元保存，

[0025] 行驶阻力计算公式:

$$[0026] \quad F_{ri} = f_{2hi} \times V_i^2 + f_{1hi} \times V_i + f_{0hi} + m \times g \times \sin \alpha_i + \left(1 + \frac{1}{m} \times \frac{\sum I_W}{r^2} \right) \times m \times \frac{dV_i}{dt}。$$

[0027] 在本发明的一种优选实施方案中,

$$[0028] \quad (4) \text{ 中, 计算克服行驶阻力在路段 } i \text{ 做的功 } W_{ri} = \int_0^{\frac{3.6L_i + \frac{V_{8si}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{8si}}{7.2a_{bi}}}}{V_{8si}} F_{ri} \frac{V_i}{3.6} dt, \text{ 在推荐路径}$$

上克服行驶阻力所做的总功 $W_r = \sum_{i=1}^{i=n} W_{ri}。$

[0029] 在本发明的一种优选实施方案中,

[0030] (1) 环境温度为23-41℃时定义为高温工况,对空调压缩机进行试验获取百公里耗能;

[0031] (2) 低温工况下,对PTC或者其他制热设备进行试验获取百公里耗能;

[0032] (3) 低压用电设备耗能预测;

[0033] (4) 计算系统效率 η_t ,电机效率 η_m ;减速器效率 η_g ;DCDC效率 η_d 均可有零部件试验获取。系统的效率 $\eta_T = \eta_m \times \eta_g \times \eta_d。$

[0034] 在本发明的一种优选实施方案中,

[0035] 判断电池能量与总耗能对比,获取电池当前荷电状态SOC_c,从电池管理系统中当前SOC,通过电池技术参数获取放电深度SOC_d,电池剩余能量 $W_b = (SOC_c - SOC_d) \times Q \times \eta_T \times SoH \times C_{temp}$,其中Q为新电池电池容量,C_{temp}为电池温度修正系数,由电池特性试验确定;SoH为电池健康状态与电池充放电循环次数有关,由电池试验确定SoH与充放电循环次数的关系,并从电池管理系统获取当前电池的SoH,高温环境下如果 $W_b > \sum W_r + W_g + W_1$ 或者低温环境下 $W_b > \sum W_r + W_d + W_1$,这可以抵达目的地,中途不需要充电;高温环境下如果 $W_b \leq \sum W_r + W_g + W_1$ 或者低温环境下 $W_b \leq \sum W_r + W_d + W_1$,则需要重新规划路径,寻找充电桩资源,完成补电后继续行驶,直至达到目的地。

[0036] 在本发明的一种优选实施方案中,

[0037] 行驶过程中每2分钟刷新一次路网信息,及时对各路段预测速度和拥堵情况进行调整,预测途中是否需要充电。

[0038] 本发明还公开了一种纯电动汽车,其包括能量消耗模块、电池剩余能量获取模块、剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板,所述能量消耗模块包括速度预测单元、行驶阻力预测单元、低压能耗预测单元和空调能耗预测单元,所述能量消耗模块和所述电池剩余能量获取模块与所述剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板电连接,所述剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板与所述仪表板电连接。

[0039] 本发明的有益技术效果:本技术方案在预测能量消耗率时考虑汽车行驶阻力耗能,空调耗能、低压附件耗能以及能量回收系统回收的能量。通过比较电池能够发出的能量和消耗的总能量,判断在行驶路径中是否需要充电,本方案可以帮助驾驶员合理规划行驶路径,避免因能量消耗预测错误导致抛锚或者限速情况发生。

附图说明

[0040] 图1本发明一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法的能耗预测流程图;

[0041] 图2本发明一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法的路段长度示意图;

[0042] 图3本发明一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法的速度预测;

[0043] 图4本发明一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法的行驶阻力预测;

[0044] 图5本发明一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法的空调能耗和低压能耗测试;

[0045] 图6本发明一种纯电动汽车的控制模块示意图。

具体实施方式

[0046] 下面结合附图和具体实施例对本专利作进一步的详细说明,便于清楚了解本专利,但它们不对本专利构成限定。

[0047] 本发明公开了一种根据纯电动汽车能量消耗量优化驾驶路径的方法,其特征在于:通过每个路段上车辆的运行速度、路段长度、路段坡度获取每个路段上车辆克服行驶阻力所消耗的行驶耗能;通过在不同环境下的续驶里程试验,获取空调百公里耗能、低压附件百公里耗能、能量回收系统百公里回收能量,并根据推荐路径的总里程计算得到车辆耗能;总耗能=行驶耗能+车辆耗能,通过比较电池能够发出的能量和总耗能,合理规划行驶路径。

[0048] 本技术方案通过获取每个路段上车辆的运行速度、路段长度、路段坡度,计算汽车行驶阻力(包括滚动阻力、空气阻力、坡度阻力、加速阻力),进而计算为克服行驶阻力所做的功。

[0049] 通过在不同环境下的续驶里程试验,获取空调百公里耗能(压缩机进PTC)、低压附件百公里耗能(灯光、雨刮、车机等系统)、能量回收系统百公里回收能量,然后根据推荐路径的总里程,计算总耗能。

[0050] 通过比较电池能够发出的能量和需要消耗的能量,合理规划行驶路径。

[0051] 具体步骤如下:

[0052] 步骤一,驾驶员通过语音或者文字方式,在车机系统导航单元或者手机导航 app 设置导航目的地,地图供应商通过内部算法自动检索推荐路径。

[0053] 步骤二,道路信息获取单元通过地图数据库、GPS(Global Positioning System, 全球定位系统)获取各个路段的信息,包括路段编号 i 、路段 i 长度 L_i (m)、路段 i 第85百分位速度 V_{85i} (km/h), V_{85i} 作为汽车在该路段行驶的期望车速、路段 i 平均加速度 a_{ai} (m/s^2)、路段 i 平均减速度 a_{bi} (m/s^2)、路面坡度 α_i (rad) ($\alpha_i > 1\%$ 认为在坡道行驶)。

[0054] 步骤三,路段编号从推荐路径第一个路段开始按顺序编号,路段编号分别为 1、2、3... i ... n , n 为推荐路径最后一个路段。路段长度 L_i 表示路段 $i-1$ 的人行道到路段 i 的人行道之间的行驶距离,例如图2,每个车道宽 l_c ,人行道宽度 l_p ,弯道半径为 R ,路段直线段长度 T_i ,车道数 n ,隔离带宽度 l_m ,样车行驶分为直行、左转、右转,每种情况路段长度表达式如下

$$[0055] \quad L_i = \begin{cases} l_p + n \times l_c + 2 \times R + T_i & \text{直行} \\ l_p + \frac{\pi \times \left(R + \frac{l_c}{2} \right)}{2} + T_i & \text{右转} \\ l_p + \frac{\pi \times \left(R + (n + l_m + 1) \frac{l_c}{2} \right)}{2} + T_i & \text{左转} \end{cases}$$

[0056] 如遇掉头、多出口环岛等复杂道路,可参考此方法计算路段长度 L_i

[0057] 步骤四,速度预测单元预测车辆在推荐路径中的每个路段的行驶速度,将整个过程的简化为加速阶段、匀速阶段和减速阶段,如图3所示,例如车辆在红灯变为绿灯时起步,先以平均加速 a_{ai} 进行加速,行驶速度达到 V_{85i} 后匀速行驶,接近路段尽头时以平均减速度 a_{bi} 进行减速,在路段结束时停车等待红灯。速度表达式如下:

$$[0058] \quad V_i = \begin{cases} a_{ai} t & \left(0 \leq t \leq \frac{V_{85i}}{3.6 a_{ai}} \right); \\ V_{85i} & \left(\frac{V_{85i}}{3.6 a_{ai}} < t < \frac{3.6 L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{ai}} - \frac{V_{85i}}{7.2 a_{bi}} \right); \\ \frac{(a_{ai} + a_{bi}) V_{85i}}{7.2 a_{ai}} + \frac{3.6 a_{bi}}{V_{85i}} L_i - a_{bi} t & \left(\frac{3.6 L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{ai}} - \frac{V_{85i}}{7.2 a_{bi}} \leq t \leq \frac{3.6 L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2 a_{bi}} \right); \end{cases}$$

[0059] 步骤五,行驶阻力预测,汽车在道路上行驶时,必须克服来自地面的滚动阻力和来自空气的空气阻力,在坡道上行驶时,需克服重力沿坡道的分力,在加速时还需要克服加速阻力,因此,汽车行驶的总行驶阻力方程如下: $F_r = F_f + F_w + F_i + F_j$,其中: F_f 为滚动阻力(N); F_w 为空气阻力(N); F_i 为坡度阻力(N); F_j 为加速阻力(N)。

[0060] 步骤六,道路滑行阻力反映了整车在水平道路上匀速行驶过程中需要克服的阻力,包括空气阻力,滚动阻力和机械阻力 $F_h = F_f + F_w + F_\eta$, F_η 为传动系机械阻力(此处传动系包括变速箱,传动轴,制动卡钳和轴承),此处忽略机械阻力,则 $F_h = F_f + F_w$ 。

[0061] 步骤七,本发明采用不同大气温度、标准胎压下的汽车行驶阻力代替滚动阻力和空气阻力,汽车出厂之前,在能量消耗预测单元中预存多条滑行曲线,如图4所示,按照《GB 18352.6-2017轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段)》中滑行阻力的测量方法,温度区间-30℃-40℃,按5摄氏度为步长,预存温度条件-30℃、-25℃、……35℃、40℃环境下的滑行阻力曲线,使用-30℃下的滑行曲线作为-30℃—25℃温度区间的滑行阻力曲线,其他温度情况下依此类推。

[0062] 步骤八,滑行曲线可以表示为速度的二次方程 $F_{hi} = f_{2hi} \times V_i^2 + f_{1hi} \times V_i + f_{0hi}$,其中: f_{2hi} 为i温度区间下道路载荷二次项系数; f_{1hi} 为i温度区间下道路载荷一次项系数; f_{0hi} 为i温度区间下道路载荷常数项; f_{2hi} 、 f_{1hi} 、 f_{0hi} 通过最小二乘法拟合得到。

[0063] 步骤九,计算坡道阻力 $F_{ii} = m \times g \times \sin \alpha_i = (m_c + 65 \times n) \times g \times \sin \alpha_i$,其中, m 为汽车总质量(kg), m_c 为汽车质量(kg),汽车出厂之前,在能量消耗预测单元中预存; n 为乘员数量,按成人每人65kg计算; g 为重力加速度,取 9.8 m/s^2 , α_i 为路面坡度, $\alpha_i \geq 1\%$ 认为在坡道行驶, $\alpha_i < 1\%$ 认为无坡度阻力。

[0064] 步骤十,计算加速阻力 $F_{ji} = \delta \times m \times \frac{dv}{dt}$, δ 为汽车旋转质量换算系数,纯电动汽车中

$\delta = 1 + \frac{1}{m} \times \sum \frac{I_w}{r^2}$,其中: m 为车辆质量(kg), I_w 为车轮转动惯量(kg·m²), r 为车轮半径(m),

汽车出厂前通过测量后录入能耗预测单元保存。

[0065] 步骤十一,计算汽车的行驶阻力

$$[0066] \quad F_{ri} = f_{2hi} \times V_i^2 + f_{1hi} \times V_i + f_{0hi} + m \times g \times \sin \alpha_i + \left(1 + \frac{1}{m} \times \sum \frac{I_w}{r^2} \right) \times m \times \frac{dV_i}{dt}$$

[0067] 步骤十二,计算克服行驶阻力在路段*i*做的功 $W_{ri} = \int_0^{\frac{3.6L_i + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}}}{V_{85i}}}$ $F_{ri} \frac{V_i}{3.6} dt$,在推荐

路径上克服行驶阻力所做的总功 $W_r = \sum_{i=1}^{i=n} W_{ri}$ 。

[0068] 步骤十三,环境温度为23-41℃时定义为高温工况,空调压缩机是主要耗能设备,同时如果车辆配备能量回收系统,系统在车辆制动时为动力电池充电。空调压缩机功率与车内温度、环境温度、车辆面积、阳光辐射强度均有关,在环境仓中模拟主要销售区域的温度、湿度、光照强度等因素,在底盘测功机上按照 GB/T38146.1-2019种规定采用CLTC-P工况进行试验,按照每个工况下进行3个循环,按照如图4所示,记录试验过程中测点1、测点2、测点3的电流和电压。

[0069] 步骤十四,在温度条件26±3℃、32±3℃、38±3℃下,每个温度下进行3个循环CLTC-P,使用表1记录空调和能量回收部件的能量。例如:车辆主销区域夏天最高温度38度,光照强度850±45W/m²,在车辆出厂前,在环境舱中以(38±3)℃的温度条件下进行高温试验;高温试验前,车辆应该在(25±5)℃的常温环境中浸车12-15小时,随后在高温环境中浸车0.5-1.0小时,试验过程和浸车期间光照强度保持为850±45W/m²。试验循环开始时,空调设置到内循环吹面模式,使车内测试点平均温度尽快达到25℃以下,之后到试验结束期间保持在不高于25℃且不低于23℃的范围内。

[0070] 步骤十五,在测试过程中,全程记录测点1动力电池输出电压和电流,测点2 动力电池输入电压 U_r 和电流 I_r ,测点3压缩机输入电压 U_c 和电流 I_c ;通过记录整个试验过程中电流和电压值,计算压缩机功率 $W_{ci} = \int I_{ci} \times U_{ci} dt$,通过记录整个试验过程中电流和电压值,计算能量回收能量 $W_{ri} = \int I_{ri} \times U_{ri} dt$ 其中*i*=1,2,3

[0071] 压缩机每小时电耗 $W_{gi} = \frac{\sum_{i=1}^3 (W_{ci} - W_{ri})}{\sum_{i=1}^3 T_i}$,其中 T_i 为第*i*个循环的时间(h),每个循环

周期为0.5h。

[0072] 高温行驶过程中高压系统耗能 $W_g = W_{gi} \times \sum_1^n \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right)$,功率单位

kw·h

[0073] 表1

循环数	压缩机功率	能量回收功率
1	$W_{c1} = \int I_{c1} \times U_{c1} dt$	$W_{r1} = \int I_{r1} \times U_{r1} dt$
2	$W_{c2} = \int I_{c2} \times U_{c2} dt$	$W_{r2} = \int I_{r2} \times U_{r2} dt$
3	$W_{ci} = \int I_{ci} \times U_{ci} dt$	$W_{r3} = \int I_{r3} \times U_{r3} dt$

[0075] 通过环境温度传感器获取当日环境温度,之后判断温度与哪一个试验温度区间匹配,例如当环境温度为40℃时采用38±3℃环境下测得的压缩机能耗

[0076] 步骤十六,低温工况下,PTC或者其他制热设备是主要耗能设备,同时如果车辆配备能量回收系统,系统在车辆制动时为电池充电.PTC或者其他制热设备与车内温度、环境温度、乘员认识均有关,在环境仓中模拟主要销售区域的温度、湿度等因素,按照按照GB/T38146.1-2019种规定的CLTC-P工况,在底盘测功机上采用CLTC-P循环进行试验,按照每个工况下进行3个循环,按照如图4所示,记录试验过程中测点1、测点2、测点4的电流和电压。

[0077] 步骤十七,温度区间-27±3℃,-21±3℃,-15±3℃,-9±3℃,-3±3℃,3±3℃、9±3℃、15±3,每个温度下进行3个循环CLTC-P,使用表1记录空调和能量回收部件的能量。例如低温续驶里程试验中,在(-9±3)℃的温度条件下进行低温试验,低温试验前,车辆应该在(-9±3)℃的环境中浸车12-15小时,试验循环开始时,空调需要设置到外循环及吹脚模式,使车内测试点的平均温度尽快达到20℃以上,之后到试验结束期间应尽量保持在不高于22℃且不低于20℃的范围内。

[0078] 步骤十八,在测试过程中,全程记录测点1动力电池输出电压和电流,测点2 动力电池输入电压 U_r 和电流 I_r ,测点4PTC或者其他热源的电压 U_h 和电流 I_h ;通过记录整个试验过程中电流和电压值,计算PTC或者其他制热设备功率 $W_{pi} = \int I_{pi} \times U_{pi} dt$,通过计算制动能量回

收系统产生功率 $W_{ri} = \int I_{ri} \times U_{ri} dt$

[0079] PTC每小时电耗 $W_{di} = \frac{\sum_{i=1}^3 (W_{pi} - W_{ri})}{\sum_{i=1}^3 T_i}$,其中 T_i 为第i个循环的时间(h),每个循环周期

为0.5h。

[0080] 低温行驶过程中高压附件耗能 $W_d = W_{di} \times \sum_1^n \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right)$

[0081] 表2

循环数	PTC功率	能量回收功率
1	$W_{p1} = \int I_{p1} \times U_{p1} dt$	$W_{r1} = \int I_{r1} \times U_{r1} dt$
2	$W_{p2} = \int I_{p2} \times U_{p2} dt$	$W_{r2} = \int I_{r2} \times U_{r2} dt$
3	$W_{p3} = \int I_{p3} \times U_{p3} dt$	$W_{r3} = \int I_{r3} \times U_{r3} dt$

[0083] 通过环境温度传感器获取当日环境温度,之后判断温度与哪一个试验温度区间匹配,例如当环境温度为-8℃时采用-9±3℃环境下测得的PTC能耗。

[0084] 步骤十九, 低压用电设备耗能预测, 根据车辆在使用过程中情况, 电气系统可以分为表3所示几种负载情况。在测量高压系统负载们可以同时按照以下4种负载情况测量低压用电设备耗, 通过开启雨刮、灯光等模拟夜晚和下雨的情况, 按照GB/T38146.1-2019种规定的CLTC-P工况, 在 $25^{\circ}\text{C} \pm 3$ 温度下进行CLTC-P工况进行试验, 按照4种负载情况各进行3个循环, 测量测点4的DCDC输出端的电流和电压, 计算能量回收能量 $W_{li} = \int I_{li} \times U_{li} dt$, 低压负载总能耗 $W_l = \sum_{i=1}^{i=n} W_{li}$ 。

[0085] 低压负载每小时电耗 $W_{li} = \frac{\sum_{i=1}^3 W_{li}}{\sum_{i=1}^3 T_i}$, 其中 T_i 为第i个循环的时间(h), 每个循环周期为0.5h。

[0086] 行驶过程中低压部件耗能 $W_l = W_{li} \times \sum_1^n \left(\frac{3.6L_i}{V_{85i}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{ai}} + \frac{V_{85i}}{7.2a_{bi}} \right)$

[0087] 通过获取当前天气和时间, 判断低压负载处在哪种状态, 获取低压负载总能耗。

[0088] 表3不同负载下用电设备的使用情况

车辆使用条件	白天常温	白天常温多雨	夜晚常温	夜晚常温多雨
电气系统的负载概述	车辆正常行驶	车辆正常行驶, 雨刮开启	车辆正常行驶, 夜晚照明开启	车辆正常行驶, 夜晚照明开启, 雨刮系统开启
用电器名称	负荷 1	负荷 2	负荷 2	负荷 3
刮水电动机		✓		✓
收放机	✓	✓	✓	✓
前照灯近光	✓	✓	✓	✓
仪表照明灯			✓	✓
仪表指示灯	✓	✓	✓	✓
前雾灯				✓
喷水电动机		✓		✓

[0090] 步骤二十, 计算系统效率 η_t , 电机效率 η_m ; 减速器效率 η_g ; DCDC效率 η_d 均可有零部件试验获取。系统的效率 $\eta_T = \eta_m \times \eta_g \times \eta_d$

[0091] 步骤二十一, 判断电池能量与损耗能量对比, 获取电池当前荷电状态SOC_c (State of Charge state, SOC), 从电池管理系统中当前SOC_c, 通过电池技术参数获取放电深度

SOC_d , 电池剩余能量 $W_b = (SOC_c - SOC_d) \times Q \times \eta_T \times SoH \times C_{temp}$, 其中 Q 为新电池容量 ($kw \cdot h$), C_{temp} 为电池温度修正系数, 由电池特性试验确定; SoH 为电池健康状态 (State of Health, SoH) 与电池充放电循环次数有关, 可由电池试验确定 SoH 与充放电循环次数的关系, 并从电池管理系统获取当前电池的 SoH , 高温环境下如果 $W_b > \Sigma W_r + W_g + W_l$ 或者低温环境下 $W_b > \Sigma W_r + W_d + W_l$, 这可以抵达目的地, 中途不需要充电; 高温环境下如果 $W_b \leq \Sigma W_r + W_g + W_l$ 或者低温环境下 $W_b \leq \Sigma W_r + W_d + W_l$, 则需要重新规划路径, 寻找充电桩资源, 完成补电后继续行驶, 直至达到目的地。

[0092] 步骤二十二, 行驶过程中每2分钟刷新一次路网信息, 及时对各路段预测速度和拥堵情况进行调整, 并按照步骤一到步骤二十三, 预测途中是否需要充电。

[0093] 进一步的, 本发明还公开了一种纯电动汽车, 包括能量消耗模块、电池剩余能量获取模块、剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板, 所述能量消耗模块包括速度预测单元、行驶阻力预测单元、低压能耗预测单元和空调能耗预测单元, 所述能量消耗模块和所述电池剩余能量获取模块与所述剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板电连接, 所述剩余电量与能耗预测对比模块和仪表板与所述仪表板电连接。

[0094] 显然, 本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样, 倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内, 则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

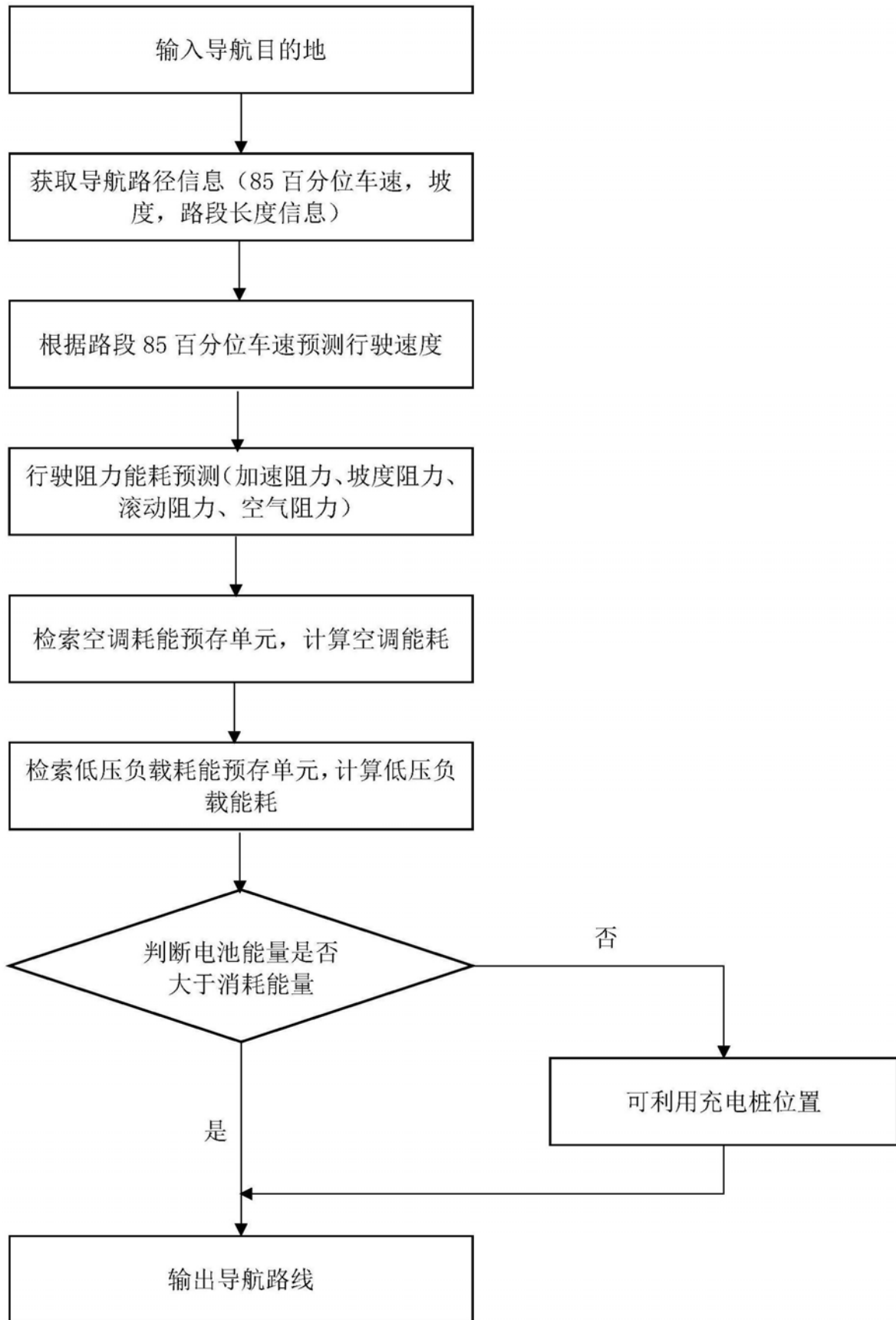


图1

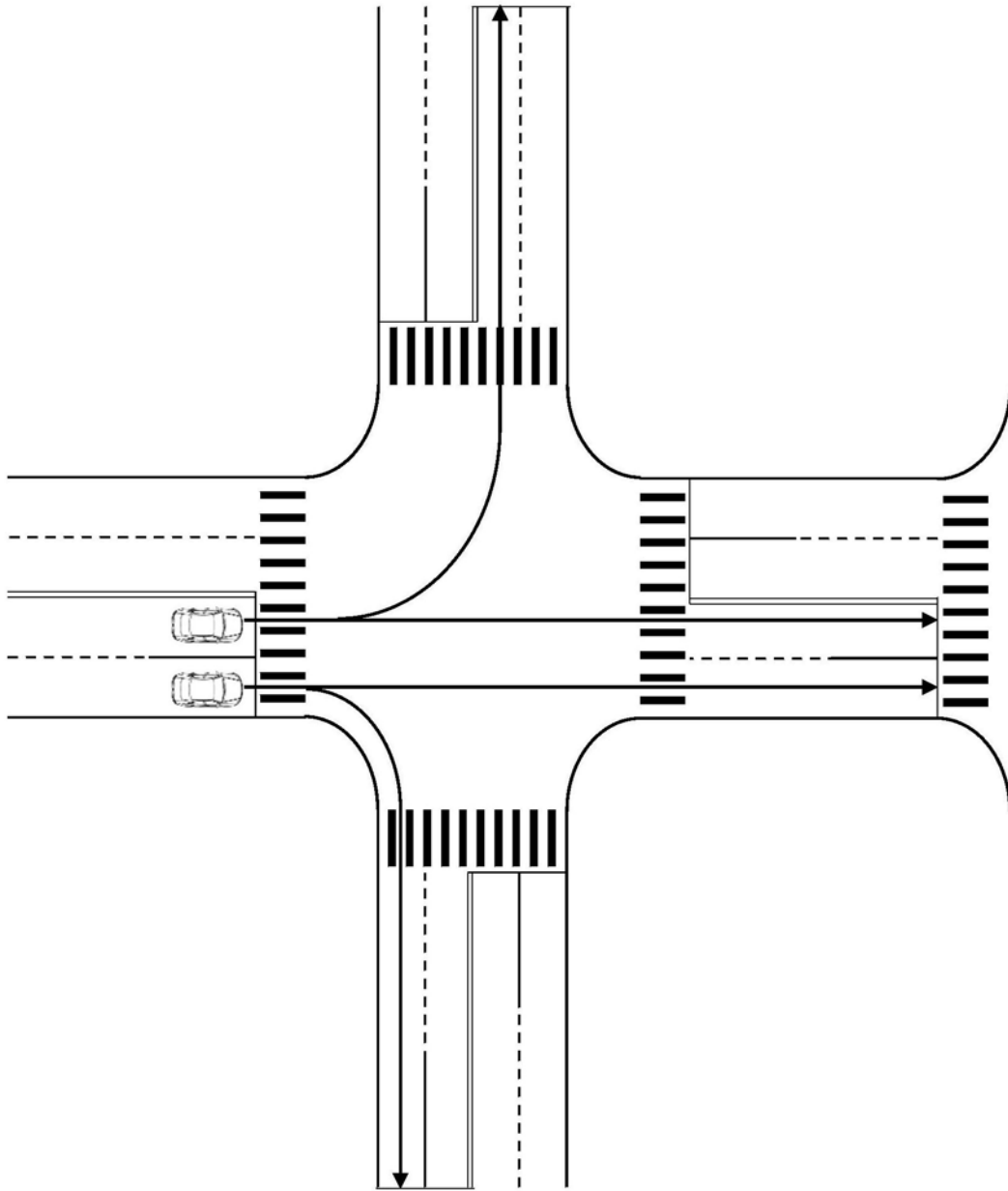


图2

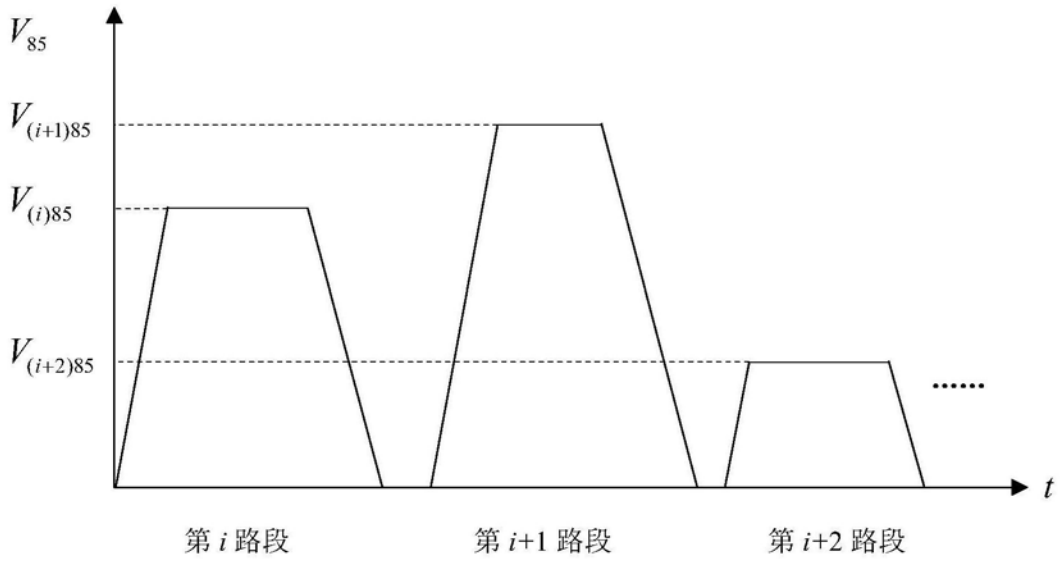


图3

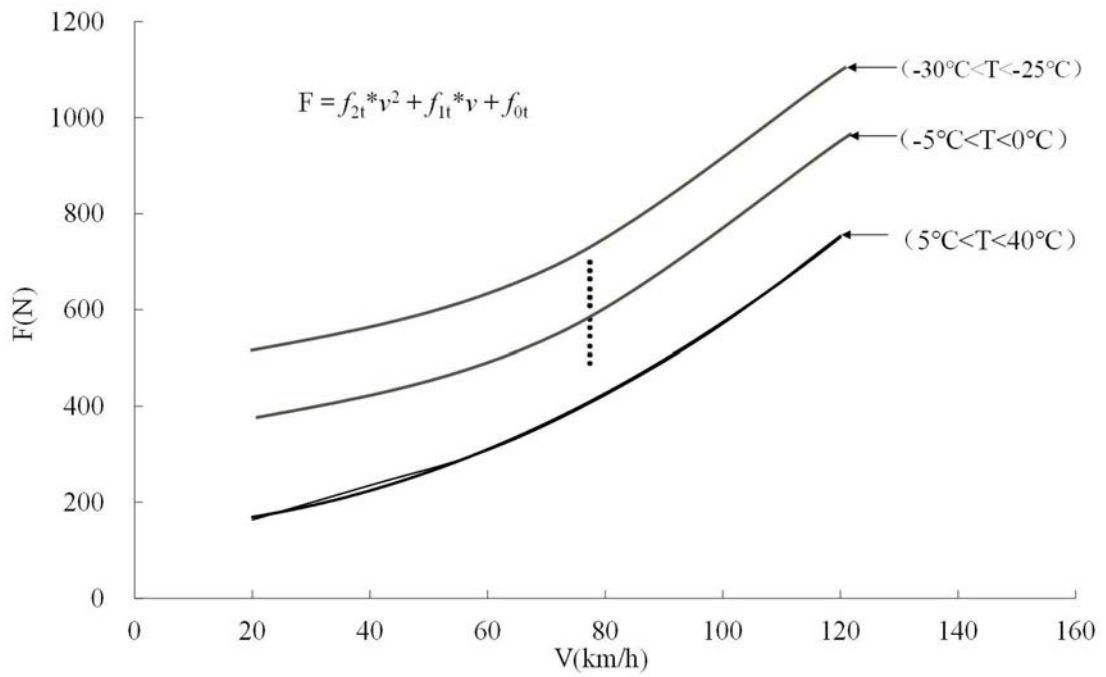


图4

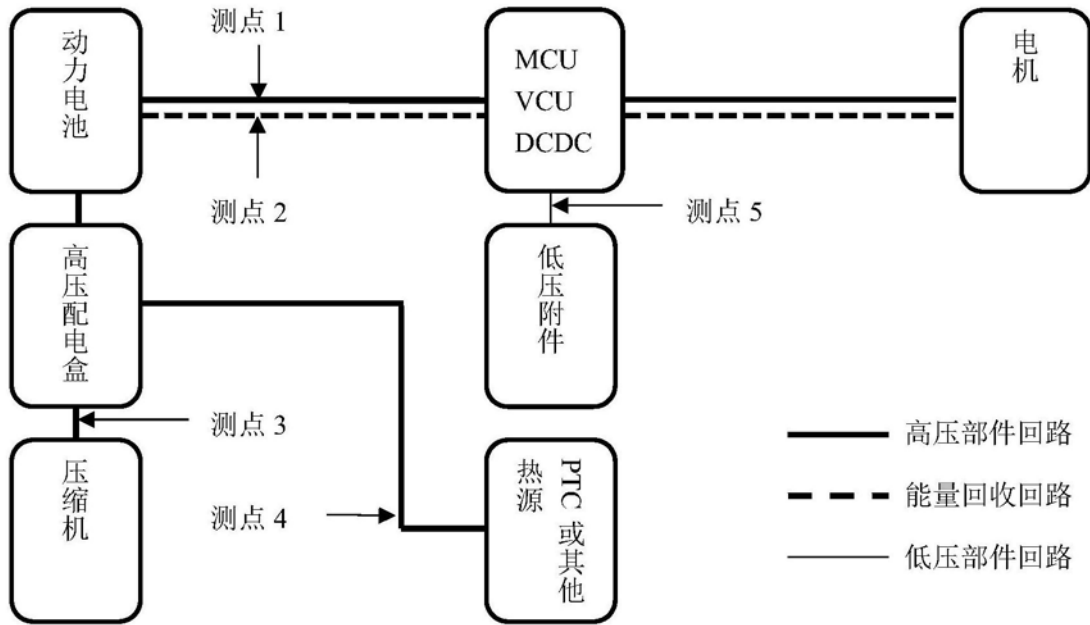


图5

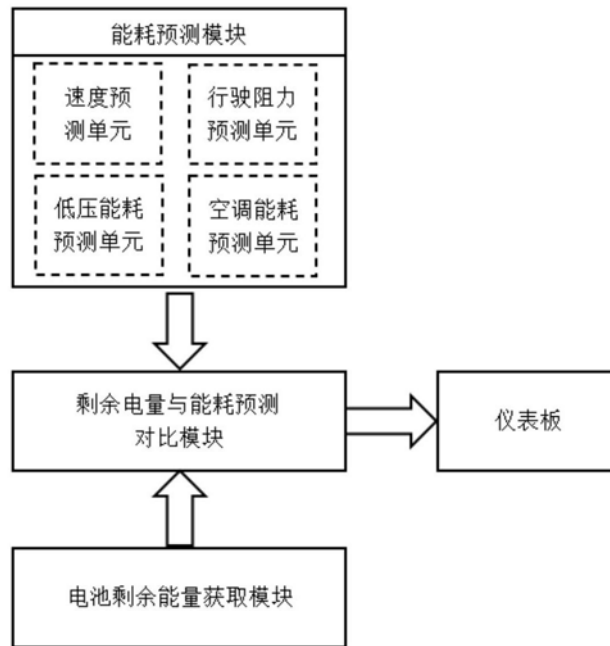


图6