



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110555270 A

(43)申请公布日 2019.12.10

(21)申请号 201910828556.2

(22)申请日 2019.09.03

(71)申请人 清华大学

地址 100084 北京市海淀区清华园1号

(72)发明人 张宝迪 杨福源 国堃芳 胡耀东

王烁祺 欧阳明高

(74)专利代理机构 北京华进京联知识产权代理

有限公司 11606

代理人 魏朋

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

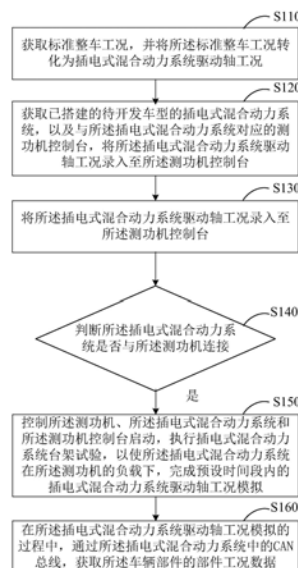
权利要求书5页 说明书18页 附图6页

(54)发明名称

基于台架试验的PHEV部件工况数据统计方法与工况构建方法

(57)摘要

本申请涉及一种基于台架试验的PHEV部件工况数据统计方法与工况构建方法。其中,所述PHEV部件工况数据统计方法,在PHEV开发的第二阶段-构建插电式混合动力系统阶段,通过将已搭建的混合动力汽车系统,与测功机配合,进行插电式混合动力系统台架试验,可以模拟实际整车应用场景,得到车辆部件的部件工况数据,为构建混合动力汽车部件工况提供数据基础,数据可靠性强,贴合实际整车应用场景。



1. 一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,包括:

S110,获取标准整车工况,并将所述标准整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况;

S120,获取已搭建的待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块;所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载;

S130,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

S140,判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接;

S150,若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟;

S160,在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据。

2. 根据权利要求1所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,所述车辆部件为发动机、电机和电池中的一种。

3. 根据权利要求2所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,所述步骤S110包括:

S111,获取所述标准整车工况;

S112,对所述标注整车工况进行解析,获取在不同时间节点下的整车行驶速度;

S113,依次依据公式1,以及与每一个时间节点对应的整车行驶速度,计算与该时间节点对应的驱动轴转速;

$$n_{dr} = \frac{1000 \times v}{60 \times 2\pi r} \quad \text{公式 1;}$$

其中, n_{dr} 为驱动轴转速, v 为整车行驶速度, r 为所述待开发车型的车轮半径;

S114,依次依据公式2和每一个时间节点对应的整车行驶速度,计算该时间节点对应的驱动轴转矩;

$$\begin{cases} T_{dr} = F_{dr} r \\ F_{dr} = Gf \cos \alpha + \frac{C_D A}{21.15} v^2 + G \sin \alpha + \delta m \frac{du}{dt} \end{cases} \quad \text{公式 2;}$$

其中, T_{dr} 为驱动轴转矩, F_{dr} 为驱动力, r 为所述待开发车型的车轮半径, G 为所述待开发车型的预计车重, f 为滚动阻力系数, α 为坡道角度, C_D 为空气阻力系数, A 为迎风面积, v 为整车行驶速度, m 为所述待开发车型的整车质量, δ 为旋转质量换算系数, $\frac{du}{dt}$ 为整车行驶加速

度；

S115, 依据时间节点、与时间节点对应的驱动轴转速和与时间节点对应的驱动轴转矩之间的对应关系,生成时间-驱动轴转速-驱动轴转矩曲线,将所时间-驱动轴转速-驱动轴转矩曲线作为所述插电式混合动力系统驱动轴工况。

4. 根据权利要求3所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,在所述步骤S140之前,还包括:

S170, 建立瞬时优化控制策略,将所述瞬时优化控制策略嵌入至所述插电式混合动力系统中的整车控制策略模块。

5. 根据权利要求4所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,所述步骤S170包括:

S171, 获取所述待开发车型PHEV的车辆构型、车型、整车参数和车辆部件参数;

S172, 依据所述待开发车型PHEV的车辆构型、车型、整车参数和车辆部件参数,建立基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略,使得插电式混合动力汽车在行驶过程中的每一个时间节点油耗均为最小;

S173, 将所述基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略,嵌入至所述插电式混合动力系统中的整车控制策略模块。

6. 根据权利要求5所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,所述S160包括:

S161, 依据预设采样频率,向所述CAN总线获取CAN总线数据;

S162, 基于本地存储的CAN总线协议,解析所述CAN总线数据,获得所述试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数。

7. 根据权利要求6所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,其特征在于,在所述步骤S162之后,还包括:

S163, 依据公式3对所述部件运行参数进行归一化处理,生成部件运行参数百分比;

$$K_{\text{nor}} = \frac{K}{K_{\text{max}}} \quad \text{公式 3;}$$

其中, K_{nor} 为所述部件运行参数百分比, K 为所述部件运行参数, K_{max} 为最大部件运行参数。

8. 一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法,其特征在于,包括:

S210, 获取标准整车工况,并将所述整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况;

S220, 获取车辆构型,选取在所述车辆构型下的一个车型,作为待开发车型;

S230, 获取已搭建的所述待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块;所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载;

S240, 将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

S250,判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接;

S260,若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟;

S270,在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据;

S280,依据预定的选取规则选取在所述车辆构型下的n个车型,反复执行所述步骤S230至所述步骤S270,生成n组不同车型的部件工况数据;n为正整数;

其中,不同车型对应的插电式混合动力系统驱动轴工况不同;

S290,分析所述部件工况数据在所述预设时间段内的分布情况,生成部件稳态工况数据表,将所述稳态工况数据表作为所述车辆构型下的部件稳态工况。

9.根据权利要求8所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法,其特征在于,所述S270包括:

S271,依据预设采样频率,向所述CAN总线获取CAN总线数据;

S272,基于本地存储的CAN总线协议,解析所述CAN总线数据,获得所述试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数;

S273,依据公式3对所述部件运行参数进行归一化处理,生成部件运行参数百分比;

$$K_{\text{nor}} = \frac{K}{K_{\text{max}}} \quad \text{公式 3;}$$

其中, K_{nor} 为所述部件运行参数百分比, K 为所述部件运行参数, K_{max} 为最大部件运行参数。

10.根据权利要求9所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法,其特征在于,所述部件工况数据包括在不同时间节点下的第一运行参数百分比和第二运行参数百分比;n组不同车型的部件工况数据包括n个部件工况数据组,每一个部件工况数据组包括多个第一运行参数比和多个第二运行参数比,每一个时间节点对应一个第一运行参数比和一个第二运行参数比。

11.根据权利要求10所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法,其特征在于,所述步骤S290包括:

S291,将每一个部件工况数据组中的多个第一运行参数比和多个第二运行参数比整合为多个部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$), K_{nor1} 为第一运行参数百分比, K_{nor2} 为第二运行参数百分比;

每一个部件工况数据组包括多个所述部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$),每个部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$)与一个时间节点对应;

S292,基于平面直角坐标系建立二维平面空间,以棋盘形式划分所述二维平面空间,形成i个二维平面子空间;i为正整数;

其中,在所述二维平面空间中,横轴为第一部件运行参数百分比,取值为0%至100%;纵轴为第二部件运行参数百分比,取值为0%至100%;

S293,将n组部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$)中的每一个部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$)分别

与*i*个二维平面子空间匹配,统计落在每一个二维平面子空间内的部件工况数据点(K_{nor1} , K_{nor2})的个数 N_i ;

S294,依据公式4计算每一个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率,所述工况数据点覆盖概率为落在每一个二维平面子空间内的部件工况数据点(K_{nor1} , K_{nor2})的概率:

$$P_i = \frac{N_i}{N} \quad \text{公式 4;}$$

其中, P_i 为每一个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率, N_i 为落在每一个二维平面子空间内的部件工况数据点(K_{nor1} , K_{nor2})的个数, N 为部件工况数据点(K_{nor1} , K_{nor2})的总个数;

S295,依照所述工况数据点覆盖概率从大到小的顺序对所述二维平面子空间进行排序,选取*S*个工况数据点覆盖概率最大的二维平面子空间作为样本子空间,且所述*S*个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率的总和大于预设数据点覆盖概率;*S*为正整数;

S296,依据公式5计算每一个样本子空间的权重,生成样本子空间权重表:

$$\omega_s = \frac{M_s}{M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_s} \quad \text{公式 5;}$$

其中, ω_s 为第*S*个样本子空间的权重, M_s 为落在第*S*个样本子空间内的部件工况数据点(K_{nor1} , K_{nor2})的数量;

S297,在每一个样本子空间中建立一个稳态工况数据点,计算每一个样本子空间的第一运行参数百分比的中点值,将所述第一运行参数百分比的中点值作为所述稳态工况数据点的第一运行参数百分比;

计算每一个样本子空间的第二运行参数百分比的中点值,将所述第二运行参数百分比的中点值作为所述稳态工况数据点的第二运行参数百分比;

所述稳态工况数据点代表该样本子空间内所有部件工况数据点(K_{nor1} , K_{nor2})的集合;

S298,获取整车工况的运行时间*T*,即所述预设时间段的时间长度,依据公式6计算每一个样本子空间内工况数据点的运行时间;

$$T_s = \omega_s \times T \quad \text{公式 6;}$$

其中, T_s 为第*S*个样本子空间内所述稳态工况数据点的运行时间, ω_s 为第*S*个样本子空间的权重,*T*为整车工况的运行时间;

S299,依据每一个样本子空间内所述稳态工况数据点的运行时间,每一个样本子空间内所述稳态工况数据点的第一运行参数百分比,以及每一个样本子空间内所述稳态工况数据点的第二运行参数百分比,生成部件稳态工况数据表。

12.一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法,其特征在于,包括:

S310,获取标准整车工况,并将所述整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况;

S320,获取车辆构型,选取在所述车辆构型下的一个车型,作为待开发车型;

S330,获取已搭建的所述待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块;所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功

机对所述插电式混合动力系统施加负载；

S340,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台；

S350,判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接；

S360,若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟；

S370,在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据；

S380,依据预定的选取规则选取在所述车辆构型下的n个车型,反复执行所述步骤S330至所述步骤S370,生成n组不同车型的部件工况数据;n为正整数；

其中,不同车型对应的插电式混合动力系统驱动轴工况不同；

S391,分别计算每一组部件工况数据的h个特征参数值,得到n个特征参数组;每一个特征参数组包括h个特征参数值;h为正整数；

进一步地,分别计算n组部件工况数据总体的h个特征参数值,得到h个总体特征参数值；

S392,依据公式7计算每一个特征参数组的平均相对误差,选取平均相对误差最小的特征参数组对应的部件工况数据组,提取所述部件工况数据组中的部件工况数据生成部件瞬态工况数据曲线,将所述瞬态工况数据曲线作为部件瞬态工况；

$$e = \frac{1}{h} \sum_{h=1}^h \left| \frac{P_{tot_h} - P_{samp_h}}{P_{tot_h}} \right| \times 100\% \quad \text{公式 7;}$$

其中,e为特征参数的平均相对误差, P_{tot_h} 为第h个总体特征参数值, P_{samp_h} 为第n组中第h个特征参数值,h为特征参数值的个数。

13.根据权利要求12所述的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法,其特征在于,所述S370包括:

S371,依据预设采样频率,向所述CAN总线获取CAN总线数据；

S372,基于本地存储的CAN总线协议,解析所述CAN总线数据,获得所述试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数；

S373,依据公式3对所述部件运行参数进行归一化处理,生成部件运行参数百分比；

$$K_{nor} = \frac{K}{K_{max}} \quad \text{公式 3;}$$

其中, K_{nor} 为所述部件运行参数百分比,K为所述部件运行参数, K_{max} 为最大部件运行参数。

基于台架试验的PHEV部件工况数据统计方法与工况构建方法

技术领域

[0001] 本申请涉及混合动力汽车技术领域,特别是涉及一种基于台架试验的PHEV部件工况数据统计方法与工况构建方法。

背景技术

[0002] 插电式混合动力汽车(PHEV, Plug-in Hybrid Electric Vehicle)能够有效的降低油耗、减少污染物排放,被世界范围内的各大汽车厂商研究和开发,其市场占有率也在逐年迅速攀升。插电式混合动力汽车的研发需要汽车厂商的研发部门同时具备传统内燃机机械传动技术和电传动技术,技术难度大、开发周期长。插电式混合动力汽车具有多种形式的车辆构型,总体上包括串联式、并联式和混联式三大类,具体来说根据电机位置不同、动力耦合位置不同等因素的区别划分。根据多个汽车厂商的实际经营,通常每个具体的插电式混合动力系统的开发周期在3-5年,例如长安汽车的并联P2构型动力系统、上汽的串并联P1+P2构型动力系统、比亚迪的串并联P0+P3+P4构型动力系统。而汽车厂商每研发出一套插电式混合动力系统,都会将该插电式混合动力系统依次适配于不同车型,例如丰田将其功率分流系统适配于丰田旗下的普锐斯全系车型,上汽将串并联P1+P2动力系统适配于上汽旗下的荣威e550、e950 和eRX5车型等。

[0003] 汽车厂商在进行插电式混合动力系统方案开发与验证时,通常会开展插电式混合动力系统台架试验,用于验证研发的插电式混合动力系统平台的功能的可行性以及性能效果的台架试验调试。完成插电式混合动力系统台架试验后,插电式混合动力系统构建完成。插电式混合动力系统不同于整车,其相当于整车内部的系统构造框架,其包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器和CAN总线等等,其不包括车轮,也不包括外壳。

[0004] 之后,汽车厂商通常会根据开发进度,将构建后的插电式混合动力系统适配于多个车型。当插电式混合动力系统适配其他车型时,需要重新选择并采购与不同车型适配的发动机、电机、电池等车辆部件。而传统方案中,汽车厂商对需要采购的车辆部件参数的评估,一般按照国家标准和行业标准中人为设定的恒定工况测定的参数进行评估,例如部件工作效率、部件预计寿命、部件最大工作功率和部件额定工作功率等参数。

[0005] 然而,传统方案存在一个问题,即传统方案缺乏结合整车应用场景的混合动力汽车部件工况,以用于在插电式混合动力系统已开发的基础上进行部件性能评估。传统方案中的部件参数的评估,未曾将部件在混合动力汽车的实际应用场景下的工况与部件测试的工况相结合,这必将导致按照标准执行的测试结果与实际应用场景下部件性能和寿命的偏差,不利于整车厂商根据实际应用情况优化部件选配、部件可靠性和整车使用性能,也不利于部件厂商将部件工况性能与应用工况结合进行优化。

发明内容

[0006] 基于此,有必要针对在在插电式混合动力系统已开发的阶段,传统方案缺乏结合整车应用场景的混合动力汽车部件工况的问题,提供一种基于台架试验的PHEV部件工况数

据统计方法与工况构建方法。

[0007] 本申请提供一种基于台架试验的PHEV部件工况数据统计方法与工况构建方法,包括:

[0008] 获取标准整车工况,并将所述标准整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况。

[0009] 获取已搭建的待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0010] 所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块。所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载。

[0011] 将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0012] 判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接。

[0013] 若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验。以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟。

[0014] 在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据。

[0015] 本申请涉及一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,在 PHEV开发的第二阶段-构建插电式混合动力系统阶段,通过将已搭建的混合动力汽车系统,与测功机配合,进行插电式混合动力系统台架试验,可以模拟实际整车应用场景,得到车辆部件的部件工况数据,为构建混合动力汽车部件工况提供数据基础,数据可靠性强,贴合实际整车应用场景。

[0016] 本申请还提供一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法,包括:

[0017] 获取标准整车工况,并将所述整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况;

[0018] 获取车辆构型,选取在所述车辆构型下的一个车型,作为待开发车型;

[0019] 获取已搭建的所述待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

[0020] 所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块;所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载;

[0021] 将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台;

[0022] 判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接;

[0023] 若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动

轴工况模拟；

[0024] 在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据；

[0025] 依据预定的选取规则选取在所述车辆构型下的n个车型,反复执行所述将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台的步骤,至所述通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据的步骤,生成n组不同车型的部件工况数据;n为正整数；

[0026] 其中,不同车型对应的插电式混合动力系统驱动轴工况不同；

[0027] 分析所述部件工况数据在所述预设时间段内的分布情况,生成部件稳态工况数据表,将所述稳态工况数据表作为所述车辆构型下的部件稳态工况。

[0028] 本申请还提供一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法,包括：

[0029] 获取标准整车工况,并将所述整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况；

[0030] 获取车辆构型,选取在所述车辆构型下的一个车型,作为待开发车型；

[0031] 获取已搭建的所述待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台；

[0032] 所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块；所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载；

[0033] 将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台；

[0034] 判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接；

[0035] 若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟；

[0036] 在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据；

[0037] 依据预定的选取规则选取在所述车辆构型下的n个车型,反复执行所述将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台的步骤,至所述通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据的步骤,生成n组不同车型的部件工况数据;n为正整数；

[0038] 其中,不同车型对应的插电式混合动力系统驱动轴工况不同；

[0039] 分别计算每一组部件工况数据的h个特征参数值,得到n个特征参数组；每一个特征参数组包括h个特征参数值；h为正整数；

[0040] 进一步地,分别计算n组部件工况数据总体的h个特征参数值,得到h个总体特征参数值；

[0041] 依据公式7计算每一个特征参数组的平均相对误差,选取平均相对误差最小的特征参数组对应的部件工况数据组,提取所述部件工况数据组中的部件工况数据生成部件瞬

态工况数据曲线,将所述瞬态工况数据曲线作为部件瞬态工况;

$$[0042] \quad e = \frac{1}{h} \sum_{h=1}^h \left| \frac{P_{tot_h} - P_{samp_h}}{P_{tot_h}} \right| \times 100\%; \quad \text{公式 7};$$

[0043] 其中,e为特征参数的平均相对误差, P_{tot_h} 为第h个总体特征参数值, P_{samp_h} 为第n组中第h个特征参数值,h为特征参数值的个数。

[0044] 本申请涉及一种混合动力汽车部件稳态工况的创建方法和瞬态工况的构建方法,在PHEV开发的第二阶段-构建插电式混合动力系统阶段,依据已搭建的插电式混合动力汽车系统,通过插电式混合动力汽车系统与测功机配合,进行插电式混合动力系统台架试验,可以构建该构型下的部件稳态工况和部件瞬态工况,实现在仅有混合动力汽车系统的搭建,尚未制造出实车时,利用插电式混合动力系统台架试验捕捉整车运行场景中,该混合动力汽车系统中车辆部件的运行特点,从而实现对部件性能进行优化与评估,更贴合整车运行场景,数据可靠性强。此外,部件稳态工况和部件瞬态工况可以用于该构型适配不同目标车型的部件工况测试,无需再进行整车开发。

附图说明

[0045] 图1为本申请一实施例提供的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法的流程示意图;

[0046] 图2为本申请一实施例提供的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法的流程示意图;

[0047] 图3为本申请一实施例提供的种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法的流程示意图;

[0048] 图4为本申请一实施例提供的时间-部件运行参数曲线图;

[0049] 图5为本申请一实施例提供的车辆部件为发动机时,部件工况数据点与二维平面空间的匹配示意图;

[0050] 图6为本申请一实施例提供的车辆部件为发动机时,样本子空间的选取示意图;

[0051] 图7为本申请一实施例提供的车辆部件为发动机时,混合动力汽车部件稳态工况的部件稳态工况数据表;

[0052] 图8为本申请一实施例提供的车辆部件为发动机时,混合动力汽车部件瞬态工况的部件瞬态工况数据曲线。

具体实施方式

[0053] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0054] 本申请提供一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法、一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法和一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法。

[0055] 需要说明的是,本申请提供的以上方法不限制其应用领域与应用场景。可选地,本

申请提供的以上方法应用于汽车厂商仅搭建了混合动力汽车系统,尚未制造出整车时,汽车厂商对于混合动力汽车部件性能的评估。

[0056] 本申请提供一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法。本申请提供的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法并不限制其执行主体。可选地,所述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法的执行主体可以为一种部件性能评估装置。可选地,所述的执行主体可以为部件性能评估装置中的处理器。

[0057] 如图1所示,在本申请的一实施例中,所述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法包括如下步骤S110至步骤S160:

[0058] S110,获取标准整车工况,并将所述标准整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况。

[0059] 具体地,所述标准整车工况为混合动力汽车的速度与时间的变化趋势曲线图。可选地,所述标准整车工况可以为车速随行驶时间不断变化而变化的曲线图。所述标准整车工况由国家标准或行业标准统一制定,无法人为修改。所述标准整车工况可以为轻型车中国工况或重型车中国工况。

[0060] 本实施例中,由于并没有生产插电式混合动力汽车的整车,无法获取车速。本实施例中仅有已搭建的插电式混合动力系统。可以理解,可以将时间与车速的关系,转化为时间与插电式混合动力系统的驱动轴转速的关系,以及时间与插电式混合动力系统的驱动轴转矩的关系。通过上述转化过程,可以实现在插电式混合动力系统上运行所述标准整车工况。

[0061] S120,获取已搭建的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0062] 所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块。所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载。

[0063] 所述测功机与所述插电式混合动力系统电连接,用于对所述插电式混合动力系统的驱动轴施加负载。所述测功机控制台可以为插电式混合动力系统台架。所述插电式混合动力系统台架是插电式混合动力系统台架控制台的简称。所述测功机控制台用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载。具体地,所述测功机控制台可以控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载的幅度大小。

[0064] S130,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0065] 具体地,所述插电式混合动力系统驱动轴工况可以呈现,随着时间的变化,插电式混合动力系统的驱动轴转速的变化关系,以及插电式混合动力系统的驱动轴转矩的变化关系。

[0066] S140,判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接。

[0067] 具体地,测功机在工作的过程中,所述插电式混合动力系统需要放置在所述测功机上,也即需要判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接。

[0068] S150,若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统

驱动轴工况模拟。

[0069] 具体地,当确定所述插电式混合动力系统与所述测功机连接后,可以开启动测功机和所述插电式混合动力系统,执行插电式混合动力系统台架试验。通过测功机对所述插电式混合动力系统施加负载,模拟汽车行驶的过程。所述预设时间段由人为设定。所述预设时间段可以为1800秒。

[0070] S160,在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据。

[0071] 具体地,所述部件工况数据可以为随时间变化的部件运行参数。

[0072] 本申请涉及一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法,通过将已搭建的混合动力汽车系统,与测功机配合,进行插电式混合动力系统台架试验,可以模拟实际整车应用场景,得到车辆部件的部件工况数据,为构建混合动力汽车部件工况提供数据基础,数据可靠性强,贴合实际整车应用场景。

[0073] 在本申请的一实施例中,所述车辆部件为发动机、电机和电池中的一种。

[0074] 具体地,所述车辆部件可以为混合动力汽车中与能量消耗有关的核心驱动部件。

[0075] 本实施例中,通过将所述车辆部件定义为发动机、电机或电池,使得所述车辆部件可以定义为混合动力汽车中与能量消耗有关的核心驱动部件,便于收集部件工况数据,为后续建立能量消耗最少的混合动力汽车部件工况提供数据基础。

[0076] 在本申请的一实施例中,所述步骤S110包括如下步骤S111至步骤S115:

[0077] S111,获取所述标准整车工况。

[0078] 具体地,所述标准整车工况为混合动力汽车的速度与时间的变化趋势曲线图。

[0079] S112,对所述标注整车工况进行解析,获取在不同时间节点下的整车行驶速度。

[0080] 具体地,时间节点的数量可以为任意个。每一个时间节点对应一个整车行驶速度。

[0081] S113,依次依据公式1和每一个时间节点对应的整车行驶速度,计算该时间节点对应的驱动轴转速:

$$[0082] \quad n_{dr} = \frac{1000 \times v}{60 \times 2\pi r} \quad \text{公式 1}$$

[0083] 其中, n_{dr} 为驱动轴转速。 v 为整车行驶速度。 r 为所述待开发车型的车轮半径。

[0084] 具体地,在公式1中, v 和 r 均为已知量,可以计算出每一个时间节点对应的驱动轴转速 n_{dr} 。

[0085] S114,依次依据公式2和每一个时间节点对应的整车行驶速度,计算该时间节点对应的驱动轴转矩:

$$[0086] \quad \begin{cases} T_{dr} = F_{dr} r \\ F_{dr} = Gf \cos \alpha + \frac{C_D A}{21.15} v^2 + G \sin \alpha + \delta m \frac{du}{dt} \end{cases} \quad \text{公式 2}$$

[0087] 其中, T_{dr} 为驱动轴转矩。 F_{dr} 为驱动力。 r 为所述待开发车型的车轮半径。 G 为所述待开发车型的的预计车重。 f 为滚动阻力系数。 α 为坡道角度。 C_D 为空气阻力系数。 A 为迎风面积。 v 为整车行驶速度。 m 为所述待开发车型的整车质量。 δ 为旋转质量换算系数。 $\frac{du}{dt}$ 为整车

行驶加速度。

[0088] 具体地,公式2中除了滚动阻力系数 f 和整车行驶加速度 $\frac{du}{dt}$,其他数字均为已知量。而滚动阻力系数 f 和整车行驶加速度 $\frac{du}{dt}$ 可依据整车行驶速度求得。因此,驱动力和驱动轴转矩均可计算得出。

[0089] S115,依据时间节点、与时间节点对应的驱动轴转速和与时间节点对应的驱动轴转矩之间的对应关系,生成时间-驱动轴转速-驱动轴转矩曲线。进一步地,将所时间-驱动轴转速-驱动轴转矩曲线作为所述插电式混合动力系统驱动轴工况。

[0090] 具体地,所述时间-驱动轴转速-驱动轴转矩曲线可以为基于平面直角坐标系绘制的折线图。所述时间-驱动轴转速-驱动轴转矩曲线包括两条曲线,其中一条为时间-驱动轴转速曲线,另一条为时间-驱动轴转矩曲线。

[0091] 本实施例中,通过公式1和公式2,实现以将时间与车速的关系,转化为时间与插电式混合动力系统的驱动轴转速的关系,以及时间与插电式混合动力系统的驱动轴转矩的关系。进而为后续在插电式混合动力系统上运行所述标准整车工况提供数据基础。

[0092] 在本申请的一实施例中,在所述步骤S140之前,还包括如下步骤:

[0093] S170,建立瞬时优化控制策略,将所述瞬时优化控制策略嵌入至所述插电式混合动力系统中的整车控制策略模块。

[0094] 具体地,所述瞬时优化控制策略可以为基于瞬时等效油耗最低控制策略的瞬时优化控制策略。

[0095] 在本申请的一实施例中,所述步骤S170包括如下步骤S171至步骤S173:

[0096] S171,获取所述待开发车型PHEV的车辆构型、车型、整车参数和车辆部件参数。

[0097] 所述整车参数可以包括空气阻力系数、滚动阻力系数和整车重量参数中的一种或多种。当所述车辆部件为发动机时,所述车辆部件参数可以包括发动机性能参数、发动机最大功率、发动机最大转矩和发动机油耗数据(例如发动机油耗MAP图)中的一种或多种。

[0098] S172,依据所述待开发车型PHEV的车辆构型、车型、整车参数和车辆部件参数,建立基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略,使得插电式混合动力汽车在行驶过程中的每一个时间节点油耗均为最小。

[0099] 具体地,可以通过经验公式计算得出基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略。瞬时等效油耗为发动机油耗和电池电能消耗的等效油耗之和。

[0100] S173,将所述基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略,嵌入至所述插电式混合动力系统中的整车控制策略模块。

[0101] 具体地,所述基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略,可以指导所述插电式混合动力系统中各个部件的部件运行参数,使得述插电式混合动力汽车在整车行驶过程中的每一个时间节点油耗均为最小。

[0102] 本实施例中,通过立基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略,使得混合动力汽车在整车行驶过程中的每一个时间节点油耗均为最小,该控制策略更贴近整车运行场景。

[0103] 在本申请的一实施例中,所述步骤S160包括如下步骤S161至步骤S162:

[0104] S161,依据预设采样频率,向所述CAN总线获取CAN总线数据。

[0105] 具体地,在所述试验车辆中,各个部件控制器之间设置有CAN总线。所述预设采样频率由人为设定。

[0106] 可选地,为保证CAN总线数据的实时获取,所述预设采样频率可以为每隔1秒采集1次。即每隔1秒钟,从CAN总线获取CAN总线数据。CAN总线数据记录了试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数。可选地,为使得采集的数据更为精确,所述预设采样频率也可以设定为毫秒级别。

[0107] S162,基于本地存储的CAN总线协议,解析所述CAN总线数据,获得所述试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数。

[0108] 具体地,通过解析所述CAN总线数据,可以获得随时间变化的部件运行参数。所述预设时间段可以为1800秒。当所述车辆部件为发动机时,所述部件运行参数可以为发动机的转矩和发动机的转速。当所述车辆部件为电机时,所述部件运行参数可以为电机转矩和电机转速。当所述车辆部件为电池时,所述部件运行参数可以为电池输出电压和电压输出电流。在每一个时间节点下,均有与其对应的一个部件运行参数。

[0109] 本实施例中,在整车应用场景下,通过CAN总线获取部件运行参数,为后续部件工况的建立与部件性能的评估提供数据基础。

[0110] 在本申请的一实施例中,在所述步骤S162之后,还包括如下步骤:

[0111] S163,依据公式3对所述部件运行参数进行归一化处理,生成部件运行参数百分比:

$$[0112] \quad K_{\text{nor}} = \frac{K}{K_{\text{max}}} \quad \text{公式 3}$$

[0113] 其中, K_{nor} 为所述部件运行参数百分比, K 为所述部件运行参数, K_{max} 为最大部件运行参数。

[0114] 具体地,在执行所述步骤S162之后,可以得到在不同时间节点下的多个部件运行参数。所述部件运行参数是固定的数值。对所述部件运行参数进行归一化处理,可以将所述部件运行参数转化为百分比形式的量纲,生成在不同时间节点下的多个部件运行参数百分比。所述最大部件运行参数是该部件能够达到的运行参数的上限值,代表了该部件的极限性能。举例说明,如果车辆部件为发动机,所述部件运行参数为发动机转矩,则所述最大部件运行参数为发动机最大转矩。

[0115] 因为同一类型的部件数量在车辆里可能比较多,比如同一辆车中相同类型的发动机数量很多,例如发动机A,发动机B、发动机C等等,分别通过执行S110至S162步骤计算一遍,比较繁琐,计算量大。如果可以将一个发动机的运行参数转化为百分比形式,那么只需要计算一次发动机的运行参数,其他发动机的运行参数可以通过运行参数的百分比形式计算得出,大大节省了运算时间。

[0116] 可选地,当所述车辆部件为发动机时,此时得到的部件运行参数可以发动机转矩,可以依据公式3.1对所述发动机转矩进行归一化处理:

$$[0117] \quad T_{\text{eng_nor}} = \frac{T_{\text{eng}}}{T_{\text{eng_max}}} \times 100\% \quad \text{公式 3.1}$$

[0118] 其中, $T_{\text{eng_nor}}$ 为发动机转矩百分比。 T_{eng} 为在某一个时间节点下的发动机转矩瞬时

值。 T_{eng_max} 为发动机最大转矩。

[0119] 表1-发动机转矩归一化数据参照表

时间节点	归一化前的发动机转矩瞬时值	发动机最大转矩	归一化后的发动机转矩百分比
第 0 秒	0 N·m	150 N·m	0%
第 1 秒	10 N·m		6.67%
第 2 秒	16 N·m		10.67%
第 3 秒	33 N·m		22%
.....

[0121] 如表1所示,可以理解,经归一化后,发动机转矩可以表示为发动机最大转矩的百分比形式。

[0122] 当所述车辆部件为发动机时,此时输出的部件运行参数也可以为发动机转速,可以依据公式1.2对所述发动机转速进行归一化处理:

$$[0123] \quad n_{eng_nor} = \frac{n_{eng} - n_{eng_idl}}{n_{eng_max} - n_{eng_idl}} \times 100\% \quad \text{公式 3.2}$$

[0124] 其中, n_{eng_nor} 为发动机转速百分比。 n_{eng} 为在某一个时间节点下的发动机转速瞬时值。 n_{eng_max} 为发动机最大转速。 n_{eng_idl} 为发动机怠速转速。怠速是汽车的一种工作状况,指发动机在空档情况下运转。发动机怠速时的转速被称为发动机怠速转速。

[0125] 当所述车辆部件为电机时,此时得到的部件运行参数可以电机转矩,可以依据公式1.3 对所述电机转矩进行归一化处理:

$$[0126] \quad T_{mt_nor} = \frac{T_{mt}}{T_{mt_max}} \times 100\% \quad \text{公式 3.3}$$

[0127] 其中, T_{mt_nor} 为电机转矩百分比。 T_{mt} 为在某一个时间节点下的电机转矩瞬时值。 T_{mt_max} 为电机最大转矩。

[0128] 当所述车辆部件为电机时,此时得到的部件运行参数可以电机转速,可以依据公式1.4 对所述电机转速进行归一化处理:

$$[0129] \quad n_{mt_nor} = \frac{n_{mt}}{n_{mt_max}} \times 100\% \quad \text{公式 3.4}$$

[0130] 其中, n_{mt_nor} 为电机转速百分比。 n_{mt} 为在某一个时间节点下的电机转速瞬时值。 n_{mt_max} 为电机最大转速。

[0131] 当所述车辆部件为电池时,此时得到的部件运行参数可以为电池输出电压,可以依据公式1.5对所述电池输出电压进行归一化处理:

$$[0132] \quad U_{bat_nor} = \frac{U_{bat}}{U_{bat_max}} \times 100\% \quad \text{公式 3.5}$$

[0133] 其中, U_{bat_nor} 为电池输出电压百分比。 U_{bat} 为在某一个时间节点下的电池输出电压瞬时值。 U_{bat_max} 为电池最大输出电压。

[0134] 当所述车辆部件为电池时,此时得到的部件运行参数可以电池输出电流,可以依据公式 1.6对所述电池输出电流进行归一化处理:

$$[0135] \quad I_{bat_nor} = \frac{I_{bat}}{I_{bat_max}} \times 100\% \quad \text{公式 3.6}$$

[0136] 其中, I_{bat_nor} 为电池输出电流百分比。 I_{bat} 为在某一个时间节点下的电池输出电流瞬时值。 I_{bat_max} 为电池最大输出电流。

[0137] 本实施例中, 通过将部件运行参数归一化处理, 实现将部件运行参数转化为百分比形式, 在混合动力汽车中具有多个相同类型的部件时, 只需要计算一次部件运行参数百分比, 其他相同类型部件的部件运行参数可以依据上述部件运行参数百分比计算得出, 大大节省了运算时间。

[0138] 在本申请的一实施例中, 在所述步骤S162之后, 所述S160还包括:

[0139] S164, 依据所述时间节点与所述部件运行参数的对应关系, 生成时间-部件运行参数曲线图。

[0140] 具体地, 所述时间-部件运行参数曲线图, 可以为基于平面直角坐标系绘制的折线图。在所述时间-部件运行参数曲线图中, 横轴可以为时间, 纵轴可以为部件运行参数。如图4所示, 图4为当车辆部件为发动机时, 生成的时间-部件运行参数曲线图。时间-部件运行参数曲线图包括两条曲线。在一条曲线中, 横轴为时间, 纵轴为发动机转矩。在另一条曲线中, 横轴为时间, 纵轴为发动机转速。

[0141] 本申请还提供一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法。

[0142] 如图2所示, 在本申请的一实施例中, 所述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法包括如下步骤S210至步骤S290:

[0143] S210, 获取标准整车工况, 并将所述整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况。

[0144] 所述步骤S210与上述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法中的步骤S110一致, 此处不再赘述。

[0145] S220, 获取车辆构型, 选取在所述车辆构型下的一个车型, 作为待开发车型。

[0146] 具体地, 所述车辆构型包括串联构型、并联构型、串并联构型和功率分流构型。而不同车型之间, 车重、发动机功率和发动机效率MAP图不同。

[0147] 在选取所述待开发车型后, 由汽车厂商构建与待开发车型对应的插电式混合动力系统。

[0148] S230, 获取已搭建的所述待开发车型的插电式混合动力系统, 以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台, 将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0149] 所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块。所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接, 用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载。

[0150] S240, 将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0151] S250, 判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接。

[0152] S260, 若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接, 则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动, 执行插电式混合动力系统台架试验, 以使所

述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟。

[0153] S270,在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据。

[0154] 具体地,本实施例中,所述步骤S230至步骤S270,与上述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法中的所述步骤S120至步骤S160一致,此处不再赘述。

[0155] S280,依据预定的选取规则选取在所述车辆构型下的n个车型,反复执行所述步骤S230至所述步骤S270,生成n组不同车型的部件工况数据。n为正整数。

[0156] 其中,不同车型对应的插电式混合动力系统驱动轴工况不同。

[0157] 具体地,不同车型对应的车轮半径r不同,预计车重G也不同,滚动阻力系数f也不同,整车质量也不同。请参加公式2:

$$[0158] \quad \begin{cases} T_{dr} = F_{dr} \cdot r \\ F_{dr} = Gf \cos \alpha + \frac{C_D A}{21.15} v^2 + G \sin \alpha + \delta m \frac{du}{dt} \end{cases} \quad \text{公式 2}$$

[0159] 其中, T_{dr} 为驱动轴转矩。 F_{dr} 为驱动力。r为所述待开发车型的车轮半径。G为所述待开发车型的的预计车重。f为滚动阻力系数。 α 为坡道角度。 C_D 为空气阻力系数。A为迎风面积。v为整车行驶速度。m为所述待开发车型的整车质量。 δ 为旋转质量换算系数。 $\frac{du}{dt}$ 为整车行驶加速度。

[0160] 可以得知,不同车型计算得出的驱动力不同,驱动轴转矩不同,自然最终得出的插电式混合动力系统驱动轴工况不同。因此,生成的部件工况数据也不同。

[0161] 本步骤通过反复执行n次所述步骤S230至所述步骤S270,可以得到n组不同车型的部件工况数据。其中,n的取值由人为确定。可选地,n可以为5。所述预定的选取规则也由人为确定。例如,所述预定的选取规则可以为,选取上年度车型总销量排名前5的5个车型。

[0162] S290,分析所述部件工况数据在所述预设时间段内的分布情况,生成部件稳态工况数据表。进一步地,将所述稳态工况数据表作为所述车辆构型下的部件稳态工况。

[0163] 具体地,所述部件稳态工况数据表如图7所示。将所述稳态工况数据表作为所述车辆构型下的部件稳态工况。所述部件稳态工况可以作为该车辆构型下的唯一部件稳态工况,对该车辆构型下的所有车型均适用。所述部件稳态工况显示了n组不同车型的部件工况数据在所述预设时间段内的分布情况。

[0164] 可选地,进一步地,通过反复执行多次所述步骤S210至步骤S290,可以得出多个不同车辆构型的部件稳态工况,便于后续整车厂商和部件厂商对部件性能的评估。

[0165] 可选地,在所述步骤S320之前,还包括:

[0166] 建立瞬时优化控制策略,将所述瞬时优化控制策略嵌入至所述插电式混合动力系统中的整车控制策略模块。

[0167] 本申请涉及一种混合动力汽车部件稳态工况的创建方法,依据已搭建的混合动力汽车系统,通过混合动力汽车系统与测功机配合,进行插电式混合动力系统台架试验,可以

构建该构型下的部件稳态工况,实现在仅有混合动力汽车系统的搭建,尚未制造出实车时,利用插电式混合动力系统台架试验捕捉实车运行场景中,该插电式混合动力汽车系统中车辆部件的运行特点,从而实现对部件性能进行优化与评估,更贴合整车运行场景。

[0168] 在本申请的一实施例中,所述车辆构型为串联构型、并联构型、串并联构型和功率分流构型中的一种。

[0169] 在本申请的一实施例中,所述S270包括如下步骤S271至步骤S273:

[0170] S271,依据预设采样频率,向所述CAN总线获取CAN总线数据。

[0171] S272,基于本地存储的CAN总线协议,解析所述CAN总线数据,获得所述试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数。

[0172] S273,依据公式3对所述部件运行参数进行归一化处理,生成部件运行参数百分比:

$$[0173] \quad K_{\text{nor}} = \frac{K}{K_{\text{max}}} \quad \text{公式 3}$$

[0174] 其中, K_{nor} 为所述部件运行参数百分比。 K 为所述部件运行参数。 K_{max} 为最大部件运行参数。

[0175] 具体地,所述步骤S271至所述步骤S273,与上述插电式基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计方法中的所述步骤S161至步骤S163一致,此处不再赘述。

[0176] 在本申请的一实施例中,所述部件工况数据包括在不同时间节点下的第一运行参数百分比和第二运行参数百分比。 n 组不同车型的部件工况数据包括 n 个部件工况数据组。每一个部件工况数据组包括多个第一运行参数比和多个第二运行参数比。每一个时间节点对应一个第一运行参数比和一个第二运行参数比。

[0177] 具体地,同一个车辆部件的部件运行参数可能会不仅仅只有一个。在本实施例中,同一个车辆部件的部件运行参数有2个,相应的,部件运行参数百分比也有两个。因此,本实施例中,所述部件工况数据包括在不同时间节点下的第一运行参数百分比和第二运行参数百分比。以车辆部件为发动机为例,发动机的部件工况数据可以包括不同时间节点下的发动机转矩百分比和发动机转速百分比。每一个时间节点对应一个发动机转矩百分比和一个发动机转速百分比。如果车型数量 n 设定为5的话,则通过执行所述步骤S280,可以得出5组不同时间节点下的发动机转矩百分比,以及不同时间节点下的发动机转速百分比。

[0178] 在本申请的一实施例中,所述步骤S290包括如下步骤S291至步骤S299:

[0179] S291,将每一个部件工况数据组中的多个第一运行参数比和多个第二运行参数比整合为多个部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$), K_{nor1} 为第一运行参数百分比, K_{nor2} 为第二运行参数百分比。

[0180] 每一个部件工况数据组包括多个所述部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$),每个部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$)与一个时间节点对应。

[0181] 具体地,承接上述实施例,以车辆部件为发动机为例,如果车型数量 n 设定为5的话,则通过执行所述步骤S291,经整合后,生成5个部件工况数据组。每一个部件工况数据组包括多个部件工况数据点($K_{\text{nor1}}, K_{\text{nor2}}$)。 K_{nor1} 为发动机转矩百分比。 K_{nor2} 为发动机转速百分比。

[0182] 如表2所示,表2为整合后的5组部件工况数据点示意表。

[0183] 表2-整合后的5组部件工况数据点示意表

部件工况数据点对应的时间节点	第1组 (车型1)	第2组 (车型2)	第3组 (车型3)	第4组 (车型4)	第5组 (车型5)
[0184] 第0秒	(0%, 0%)	(0%, 0%)	(0%, 0%)	(0%, 0%)	(0%, 0%)
第1秒	(3%, 5%)	(6%, 5%)	(2%, 3%)	(0%, 0%)	(4%, 3%)
第2秒	(6%, 8%)	(5%, 7%)	(4%, 9%)	(6%, 8%)	(6%, 8%)
第3秒
.....

[0185] S292,基于平面直角坐标系建立二维平面空间。以棋盘形式划分所述二维平面空间,形成*i*个二维平面子空间;*i*为正整数。

[0186] 其中,在所述二维平面空间中,横轴为第一部件运行参数百分比,取值为0%至100%。纵轴为第二部件运行参数百分比,取值为0%至100%。

[0187] 具体地,所述二维平面空间可以为正方形。划分二维平面子空间时,横轴和纵轴分别以相同间距进行划分。举例说明,如图5所示,图5中的二维平面空间,以10%的间距对横轴和纵轴分别进行划分。划分后,形成10乘10的棋盘式二维平面区间,共包括100个二维平面子空间。在图5中,*i*为100。

[0188] S293,将*n*组部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})中的每一个部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})分别与*i*个二维平面子空间匹配,统计落在每一个二维平面子空间内的部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})的个数 N_i 。

[0189] 具体地,举例说明,如果每一组部件工况数据点有100个部件工况数据点,则*i*为100。。通过执行所述步骤S272,整合后生成500个部件工况数据点。将500个部件工况数据点与100个二维平面子空间匹配。换言之,将500个部件工况数据点依据部件工况数据点的属性放置到相应的二维平面子空间的格子中。如图5所示,(3%, 5%)这个部件工况数据点应放置在(0-10%发动机转矩,0-10%发动机转速)这个二维平面子空间内。图5中的黑色实心圆点就是部件工况数据点的放置位置。

[0190] S294,依据公式4计算每一个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率,所述工况数据点覆盖概率为落在每一个二维平面子空间内的部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})的概率:

$$[0191] \quad P_i = \frac{N_i}{N} \quad \text{公式 4}$$

[0192] 其中, P_i 为每一个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率。 N_i 为落在每一个二维平面子空间内的部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})的个数。 N 为部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})的总个数。

[0193] 具体地,若落在(0-10%发动机转矩,0-10%发动机转速)这个二维平面子空间内的部件工况数据点的个数为5个,部件工况数据点的总数是500,则(0-10%发动机转矩,0-10%发动机转速)这个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率为1% ($5/500=1\%$)。

[0194] S295,依照所述工况数据点覆盖概率从大到小的顺序对所述二维平面子空间进行排序,选取*S*个工况数据点覆盖概率最大的二维平面子空间作为样本子空间,且所述*S*个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率的总和大于预设数据点覆盖概率。*S*为正整数。

[0195] 具体地,所述预设数据点覆盖概率可以为85%。本步骤中的S的数量尽可能的小。即用最小数量的二维平面子空间,覆盖最大面积的二维平面空间。通过这种方式可以更为准确的显示部件工况数据在所述预设时间段内的分布情况。可选地,S可以为13,即13个样本子空间。如图6所示,黑色的区域为样本子空间。图6中有12个黑色区域,就代表选取了12个样本子空间。

[0196] 可选的,当车辆部件为发动机时,先选取一个发动机怠速二维平面子空间作为样本子空间,再选取S-1个工况数据点覆盖概率最大的二维平面子空间作为样本子空间。所述发动机怠速二维平面子空间为发动机处于怠速状态时的转矩和转速对应的二维平面子空间,即(0%发动机转矩,0%发动机转速)的二维平面子空间。换言之,当车辆部件为发动机时,举例说明,S取13时,预设数据点覆盖概率取85%时,所述样本子空间包括1个(0%发动机转矩,0%发动机转速)的二维平面子空间,以及工况数据点覆盖概率最大(工况数据点覆盖概率按从大到小的顺序排名取前12)的12个二维平面子空间,且12个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率之和大于85%。

[0197] S296,依据公式5计算每一个样本子空间的权重,生成样本子空间权重表:

$$[0198] \quad \omega_s = \frac{M_s}{M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_S} \quad \text{公式 5}$$

[0199] 其中, ω_s 为第S个样本子空间的权重。 M_s 为落在第S个样本子空间内的部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})的数量。

[0200] 具体地,举例说明,如果选中的一个样本子空间为(10%-20%发动机转矩,10%-20%发动机转速),则其对应的第一部件运行参数百分比中点值为15%发动机转矩。其对应的第二部件运行参数百分比中点值为15%发动机转速。则落在样本子空间(10%-20%发动机转矩,10%-20%发动机转速)的所有工况数据点可以统一视为与15%发动机转矩和15%发动机转速对应。

[0201] 与公式2类似,公式2是计算每一个二维平面子空间的工况数据点覆盖概率,公式3是在选取样本子空间后,计算每一个样本子空间的工况数据点覆盖概率。

[0202] 表3-样本子空间权重表

[0203]

	0%转速	15%转速	25%转速	35%转速	...	95%转速
0%转矩	14.0%				...	
15%转矩		7.0%			...	
25%转矩			10.0%	3.0%	...	
35%转矩			12.5%	10.0%	...	2.5%
...
95%转矩			4.0%		...	2.5%

[0204] 根据表3,可以获知每一个二维平面子空间的占比权重。如表3所示,以发动机为车辆部件为例,根据表3,可以获知部件工况数据处于不同转速和转矩下的占比权重。例如,(0%转速,0%转矩)样本子空间的占比权重为14%,可以获知有14%工况数据点落在该区域内,也即在插电式混合动力汽车在行驶过程中,有14%的时间,插电式混合动力汽车的发动机转速和发动机转矩都是0%。

[0205] S297,在每一个样本子空间中建立一个稳态工况数据点,计算每一个样本子空间

的第一运行参数百分比的中点值。进一步地,将所述第一运行参数百分比的中点值作为所述稳态工况数据点的第一运行参数百分比。

[0206] 计算每一个样本子空间的第二运行参数百分比的中点值。进一步地,将所述第二运行参数百分比的中点值作为所述稳态工况数据点的第二运行参数百分比。

[0207] 所述稳态工况数据点代表该样本子空间内所有部件工况数据点(K_{nor1}, K_{nor2})的集合。

[0208] 举例说明,如果选中的一个样本子空间为(10%-20%发动机转矩,10%-20%发动机转速),则其对应的第一运行参数百分比的中点值为15%发动机转矩。其对应的第二运行参数百分比的中点值为15%发动机转速。则所述稳态工况数据点为(15%发动机转矩,15%发动机转速)。稳态工况数据点(15%发动机转矩,15%发动机转速)的物理意义是,落在样本子空间(10%-20%发动机转矩,10%-20%发动机转速)的所有部件工况数据点可以统一视为一个点,就是稳态工况数据点(15%发动机转矩,15%发动机转速)。

[0209] S298,获取整车工况的运行时间T,即所述预设时间段的时间长度。依据公式6计算每一个样本子空间内工况数据点的运行时间:

[0210] $T_s = \omega_s \times T$ 公式6

[0211] 其中, T_s 为第S个样本子空间内所述稳态工况数据点的运行时间。 ω_s 为第S个样本子空间的权重。T为整车工况的运行时间。

[0212] 具体地,所述整车工况的运行时间T即所述预设时间段的时间长度。即步骤S150中所述整车工况模型运行车辆行驶过程的时间。通过执行所述步骤S298,可以计算出每一个样本子空间格子的运行时间。举例说明,以发动机为车辆部件为例,若整车工况的运行时间T为1800秒,(0%转速,0%转矩)样本子空间的占比权重为14%,则(0%转速,0%转矩)样本子空间内工况数据点的运行时间为1800乘以14%,为252秒。可以理解,那么在插电式混合动力汽车在行驶过程中,有252秒的时间,插电式混合动力汽车的发动机转速和发动机转矩都是0%。

[0213] S299,依据每一个样本子空间内所述稳态工况数据点的运行时间,每一个样本子空间内所述稳态工况数据点的第一运行参数百分比,以及每一个样本子空间内所述稳态工况数据点的第二运行参数百分比,生成部件稳态工况数据表。

[0214] 具体地,如图7所示,图7是车辆部件为发动机时的部件稳态工况数据表,可以清楚的获知插电式混合动力汽车在某一发动机转速和发动机转矩下运行了多长时间,以及运行时间占总运行时间的比例。所示部件稳态工况数据表可以作为部件稳态工况使用,以指导与评估部件性能。

[0215] 本实施例中,通过利用数据分布统计的方法建立部件稳态工况,有效的评估部件性能,更具有实用性。

[0216] 本申请还提供一种基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法。

[0217] 如图3所示,在本申请的一实施例中,所述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法还包括如下步骤S310至步骤S370:

[0218] S310,获取标准整车工况,并将所述整车工况转化为插电式混合动力系统驱动轴工况。

[0219] S320,获取车辆构型,选取在所述车辆构型下的一个车型,作为待开发车型。

[0220] S330,获取已搭建的所述待开发车型的插电式混合动力系统,以及与所述插电式混合动力系统对应的测功机控制台。进一步地,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0221] 所述插电式混合动力系统至少包括驱动轴、车辆部件、车辆部件控制器、CAN总线和整车控制策略模块。所述测功机控制台与所述插电式混合动力系统连接,用于控制所述测功机对所述插电式混合动力系统施加负载。

[0222] S340,将所述插电式混合动力系统驱动轴工况录入至所述测功机控制台。

[0223] S350,判断所述插电式混合动力系统是否与所述测功机连接。

[0224] S360,若所述插电式混合动力系统与所述测功机连接,则控制所述测功机、所述插电式混合动力系统和所述测功机控制台启动,执行插电式混合动力系统台架试验,以使所述插电式混合动力系统在所述测功机的负载下,完成预设时间段内的插电式混合动力系统驱动轴工况模拟。

[0225] S370,在所述插电式混合动力系统驱动轴工况模拟的过程中,通过所述插电式混合动力系统中的CAN总线,获取所述车辆部件的部件工况数据。

[0226] S380,依据预定的选取规则选取在所述车辆构型下的n个车型,反复执行所述步骤S330至所述步骤S370,生成n组不同车型的部件工况数据。n为正整数。

[0227] 其中,不同车型对应的插电式混合动力系统驱动轴工况不同。

[0228] 具体地,本实施例中,所述步骤S310至步骤S380,与上述基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件瞬态工况构建方法中的所述步骤S210至步骤S280一致,此处不再赘述。

[0229] S391,分别计算n组部件工况数据总体的h个特征参数值,得到h个总体特征参数值。

[0230] 具体地,h可以为10。当所述车辆部件为发动机时,举例说明,特征参数值可以包括发动机转速平均值、发动机转矩平均值、发动机最大转速变化率、发动机最小转速变化率、发动机最大转矩变化率、发动机最小转矩变化率、发动机怠速时间比例、发动机加速时间比例、发动机减速时间比例、发动机转矩与转速乘积平均值。当然h可以不限于10,所述特征参数值也可以取上述10个特征参数值中的几个任意组合,也可以取其他更多的特征参数值。

[0231] 针对于每一组部件工况数据,都计算h个特征参数值,得出n个特征参数组。每一个特征参数组包括h个特征参数值。

[0232] 进一步地,将n组部件工况数据放在一起,计算整体的特征参数值。每计算一次,得出1个总体特征参数值。计算h次,得出h个总体特征参数值。

[0233] S392,依据公式7计算每一个特征参数组的平均相对误差,选取平均相对误差最小的特征参数组对应的部件工况数据组,提取所述部件工况数据组中的部件工况数据生成部件瞬态工况数据曲线,将所述瞬态工况数据曲线作为部件瞬态工况。

$$[0234] \quad e = \frac{1}{h} \sum_{h=1}^h \left| \frac{P_{tot_h} - P_{smp_h}}{P_{tot_h}} \right| \times 100\% \quad \text{公式 7}$$

[0235] 其中, e 为特征参数的平均相对误差。 P_{tot_h} 为第 h 个总体特征参数值。 P_{samp_h} 为第 n 组中第 h 个特征参数值。 h 为特征参数值的个数。

[0236] 具体地,平均相对误差越小,代表特征参数组对应的部件工况数据组,与 n 个部件工况数据组的整体工况更为接近。因此,选取均相对误差最小的特征参数组对应的部件工况数据组,作为部件瞬态工况数据曲线的生成依据。

[0237] 举例说明,车辆部件为发动机, h 取2, n 取5。2个特征参数值为发动机转速平均值和发动机转矩平均值。将5组部件工况数据放在一起,计算5组部件工况数据整体的发动机转速平均值和发动机转矩平均值,得到总体发动机转速平均值和总体发动机转矩平均值。再分别计算每一组部件工况数据各自的发动机转速平均值和发动机转矩平均值,得到5组特征参数组:(第1组的发动机转速平均值,第1组的发动机转矩平均值),(第2组的发动机转速平均值,第2组的发动机转矩平均值),(第3组的发动机转速平均值,第3组的发动机转矩平均值),(第4组的发动机转速平均值,第4组的发动机转矩平均值),(第5组的发动机转速平均值,第5组的发动机转矩平均值)。将每一个特征参数组的发动机转速平均值和发动机转矩平均值、总体发动机转速平均值和总体发动机转矩平均值分别代入到公式5,计算每一组的特征参数的平均相对误差。例如第1组的平均相对误差为5%,数值最小,则提取所述部件工况数据组中的部件工况数据生成部件瞬态工况数据曲线,作为部件瞬态工况。所述部件瞬态工况数据曲线的生成方法可以参照所述步骤S164。具体地,因混合动力汽车系统通常仅搭建一套,仅有一套部件工况数据,可直接将部件工况数据生成部件瞬态工况数据曲线,作为部件瞬态工况。

[0238] 可选地,在所述步骤S350之前,还包括:

[0239] 建立瞬时优化控制策略,将所述瞬时优化控制策略嵌入至所述插电式混合动力系统中的整车控制策略模块。

[0240] 本申请涉及一种混合动力汽车部件瞬态工况的创建方法,依据已搭建的混合动力汽车系统,通过混合动力汽车系统与测功机配合,进行插电式混合动力系统台架试验,可以构建该构型下的部件瞬态工况,实现在仅有混合动力汽车系统的搭建,尚未制造出实车时,利用插电式混合动力系统台架试验捕捉整车运行场景中,该混合动力汽车系统中车辆部件的运行特点,从而实现对部件性能进行优化与评估,更贴合实车运行场景。此外,部件稳态工况和部件瞬态工况可以用于该构型适配不同目标车型的部件工况测试,无需再进行整车开发。

[0241] 具体地,最终生成的部件瞬态工况数据曲线的横坐标是时间,纵坐标是部件运行参数百分比。如图8所示,图8中车辆部件是发动机,部件瞬态工况数据曲线包括两条,一条曲线纵坐标是发动机转矩百分比,另一条曲线纵坐标是发动机转速百分比,两条曲线的横坐标都是时间。与部件稳态工况数据表相比,部件瞬态工况数据曲线没有平台,每一个时间节点的部件运行参数均在不断变化。

[0242] 在本申请的一实施例中,所述S370包括如下步骤S371至步骤S373:

[0243] S371,依据预设采样频率,向所述CAN总线获取CAN总线数据。

[0244] S372,基于本地存储的CAN总线协议,解析所述CAN总线数据,获得所述试验车辆部件在不同时间节点下的部件运行参数。

[0245] S373,依据公式3对所述部件运行参数进行归一化处理,生成部件运行参数百分

比：

$$[0246] \quad K_{\text{nor}} = \frac{K}{K_{\text{max}}} \quad \text{公式 3}$$

[0247] 其中, K_{nor} 为所述部件运行参数百分比, K 为所述部件运行参数, K_{max} 为最大部件运行参数。

[0248] 具体地, 本实施例中, 所述步骤S371至步骤S373, 与上述插电式基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件稳态工况构建方法中的所述步骤S271至步骤S273一致, 此处不再赘述。

[0249] 综上所述, 本申请提供的基于插电式混合动力系统台架试验的PHEV部件工况数据统计与工况构建方法, 主要具有以下几点有益效果:

[0250] 1. 基于已构建的插电式混合动力系统, 构建部件稳态工况和部件瞬态工况, 更贴合整车应用场景, 数据可靠性强。

[0251] 2. 采用了基于瞬时等效油耗最低的瞬时优化控制策略构建PHEV部件工况, 能够得到插电式混合动力汽车在行驶过程中的每一个时间节点油耗均为最小的最优控制方案, 控制方法的油耗计算贴近于实车应用, 可以指导在PHEV的后续开发阶段中的能耗研究。

[0252] 3. 得到的PHEV部件工况适配不同目标车型的部件工况测试, 无需多个已开发整车。

[0253] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

[0254] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对本申请专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本申请构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本申请的保护范围。因此, 本申请的保护范围应以所附权利要求为准。

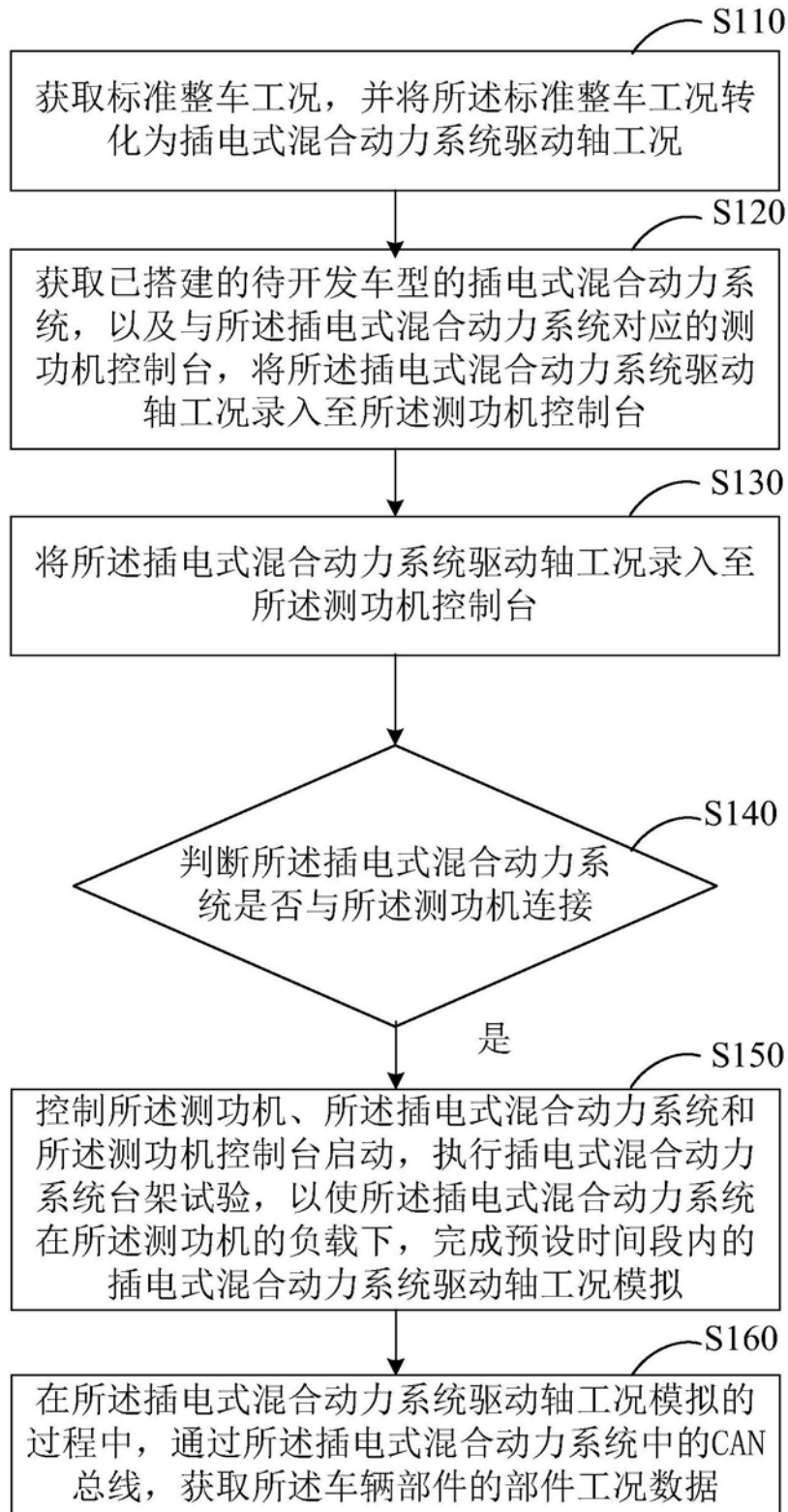


图1

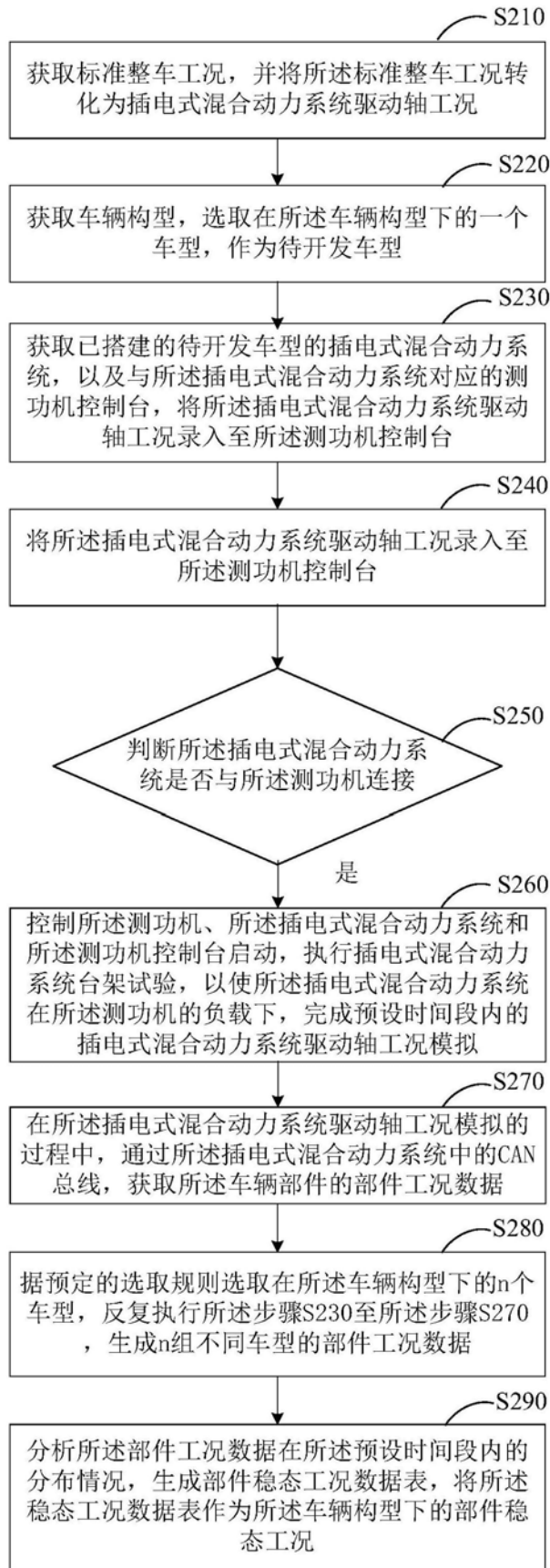


图2

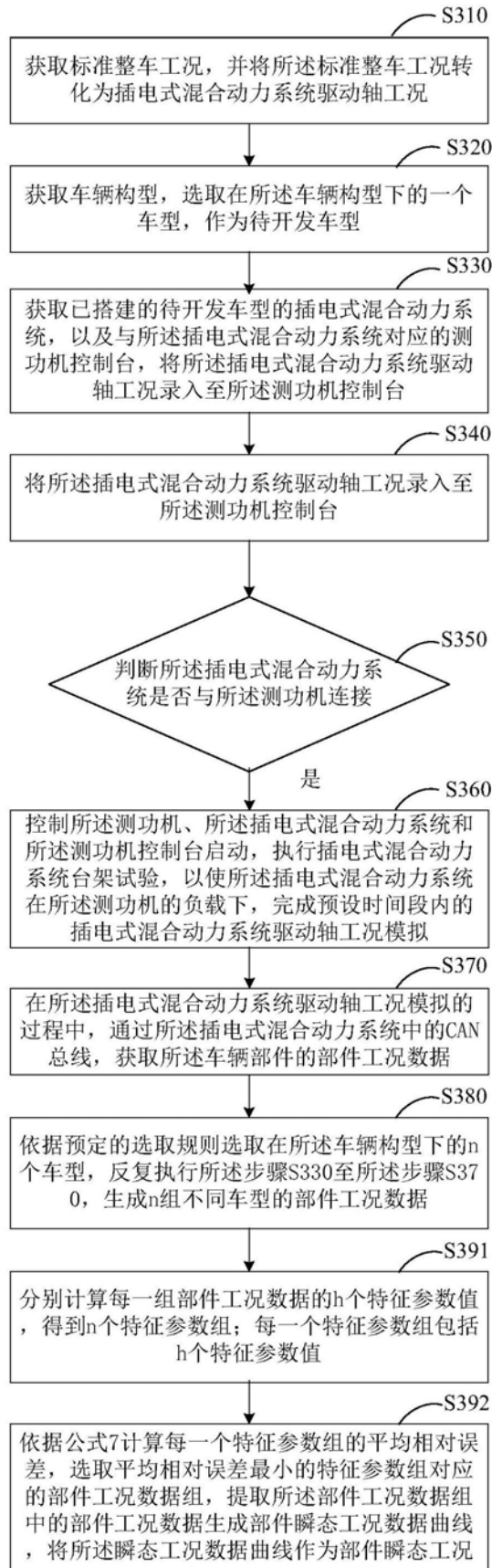


图3

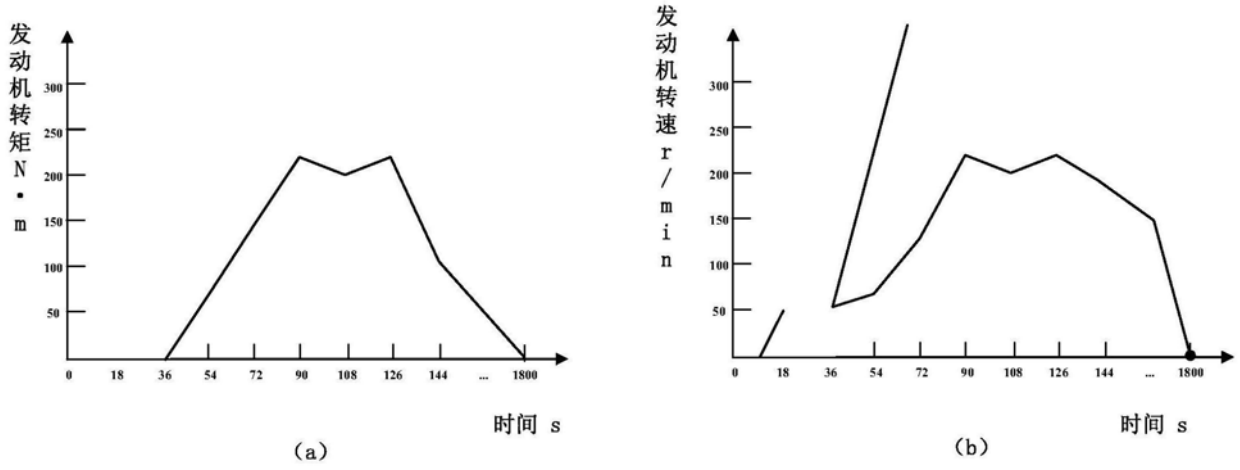


图4

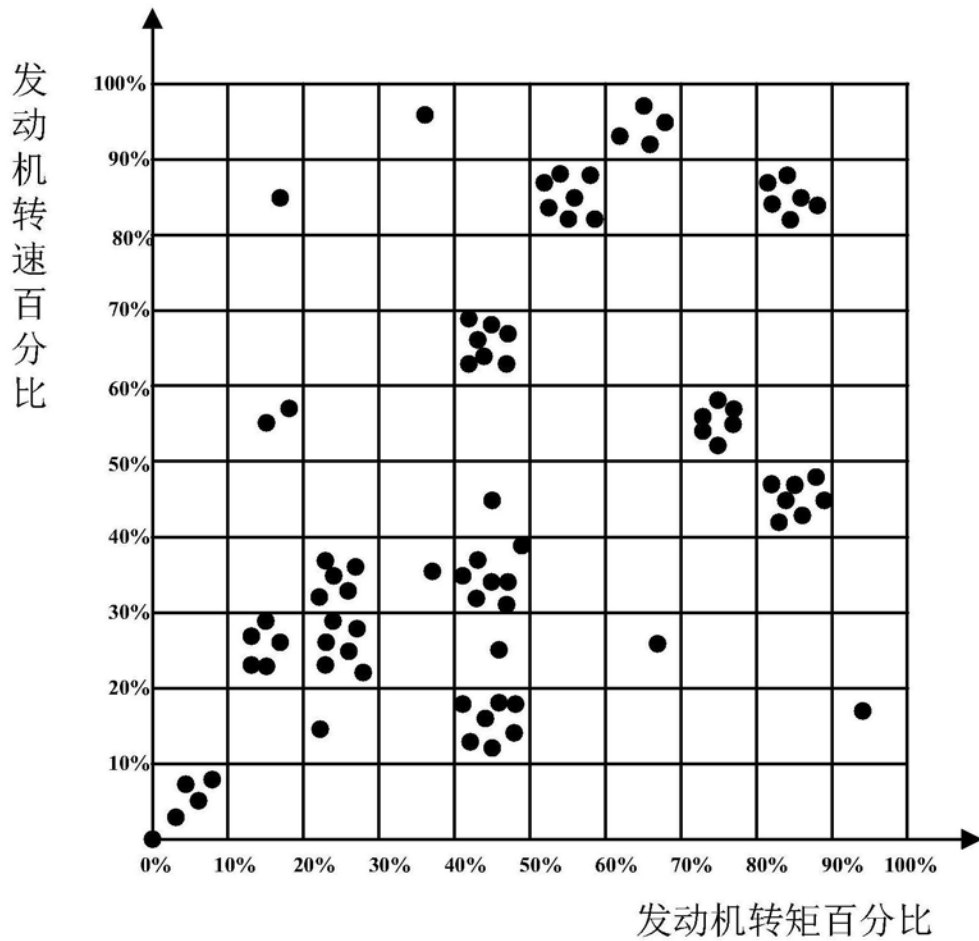


图5

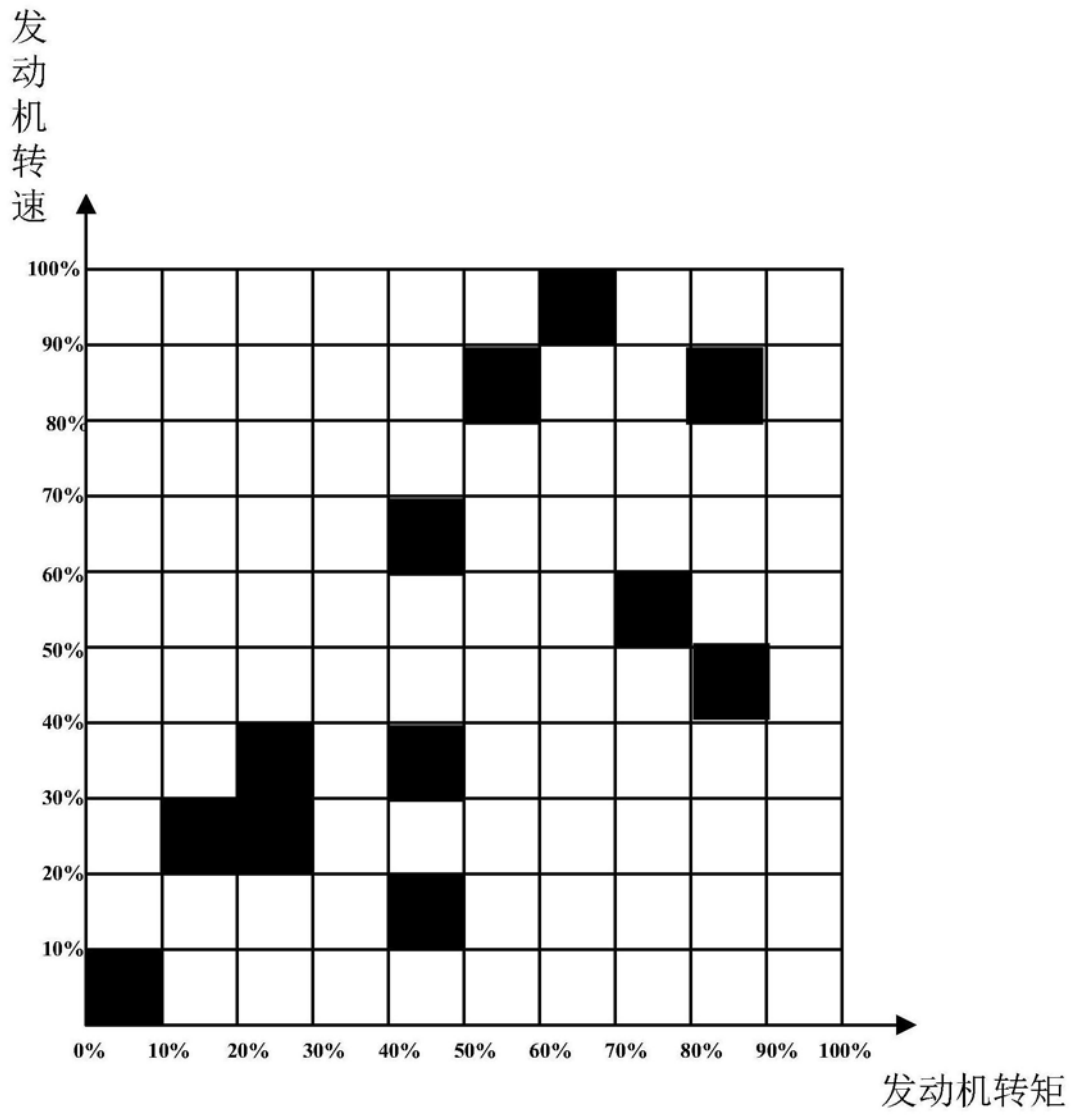


图6

序号	发动机转速百分比	发动机转矩百分比	时间权重占比	运行时间
1	0%	0%	15%	270 秒
2	10%	100%	8%	144 秒
3	20%	50%	10%	180 秒
4	25%	75%	10%	180 秒
5	30%	50%	5%	90 秒
6	35%	75%	5%	90 秒
7	45%	25%	5%	90 秒
8	50%	100%	9%	162 秒
9	60%	25%	10%	180 秒
10	65%	100%	8%	144 秒
11	75%	25%	5%	90 秒
12	90%	75%	5%	90 秒
13	100%	50%	5%	90 秒

图7

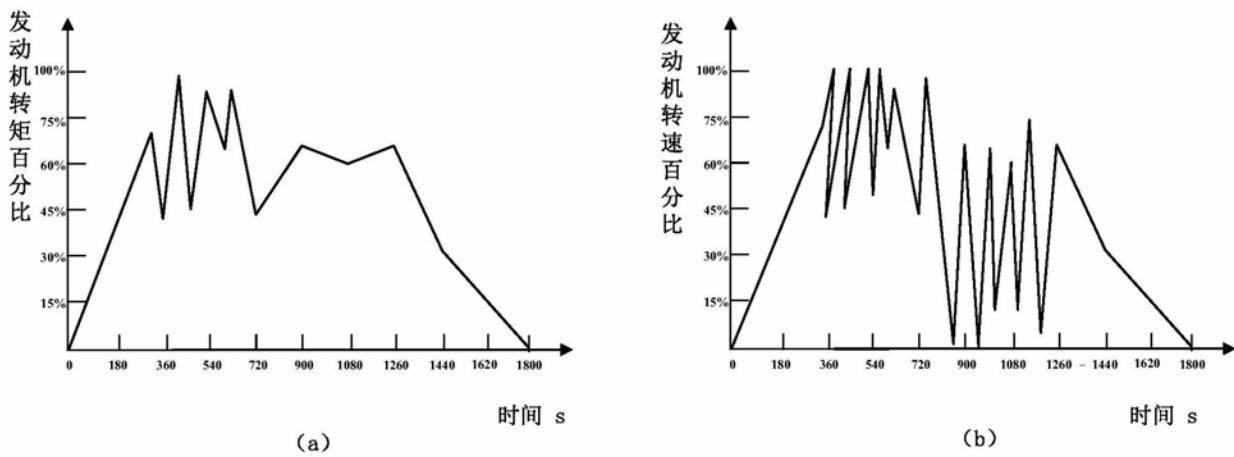


图8