



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105954043 A

(43)申请公布日 2016.09.21

(21)申请号 201610353536.0

(22)申请日 2016.05.25

(71)申请人 重庆理工大学

地址 400054 重庆市巴南区李家沱红光大道69号

(72)发明人 罗勇 赵雪 曹玉峰 程新  
龙克俊 谢小洪 阚英哲

(74)专利代理机构 重庆博凯知识产权代理有限公司 50212

代理人 李海华 赵英

(51)Int.Cl.

G01M 17/007(2006.01)

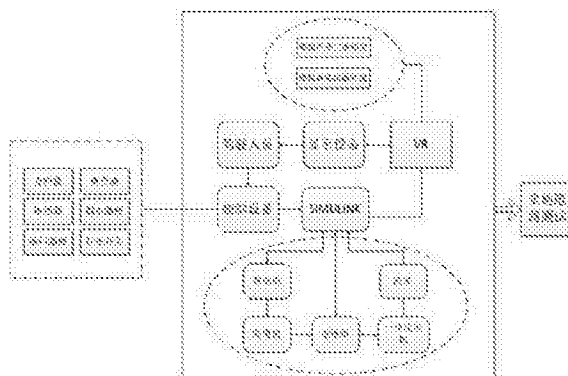
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

混合动力汽车半实物仿真系统

(57)摘要

本发明公开了一种混合动力汽车半实物仿真系统,包括虚拟驾驶模拟装置和实体驾驶模拟装置,实体驾驶模拟装置包括车辆驱动系统和能够为车辆驱动系统提供负载的负载模拟系统,虚拟驾驶模拟装置包括虚拟模拟系统以及与虚拟模拟系统连接的显示装置,虚拟模拟系统能够模拟出虚拟车辆模型和虚拟路面模型,虚拟驾驶模拟装置与实体驾驶模拟装置电连接。本发明通过将计算机模拟、台架试验和实地道路三者相互关联在一起,同时进行测试,使测试更接近于真实情况;同时利用本发明模拟车辆驾驶是在样车制造前,汽车可以根据测试修改后的数据进行设计,能够降低汽车设计环节的整体自己投入,缩短汽车的设计时间。



1. 一种混合动力汽车半实物仿真系统,其特征在於:包括虚拟驾驶模拟装置和实体驾驶模拟装置,实体驾驶模拟装置包括车辆驱动系统和能够为车辆驱动系统提供负载的负载模拟系统,车辆驱动系统包括发动机、发电机、电池组和电机,虚拟驾驶模拟装置包括虚拟模拟系统以及与虚拟模拟系统连接的显示装置,虚拟模拟系统能够模拟出虚拟车辆模型和虚拟车辆模型行驶的虚拟路面模型,虚拟驾驶模拟装置与实体驾驶模拟装置电连接;

混合动力汽车半实物仿真系统的实施步骤包括:

A1:将仿真车型的参数输入虚拟车辆模型中;

A2:根据测试要求选择虚拟路面模型,并模拟出虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶过程中遇到的行驶阻力F;

A3:模拟出一个驾驶实验周期;

一个驾驶实验周期内,混合动力汽车半实物仿真系统的运行步骤为:

B1:车辆驱动系统启动,根据电池组的电荷量SOC作出判断:电荷量SOC大于充放电阈值SOC<sub>min</sub>时,执行B11步骤;电荷量SOC小于充放电阈值SOC<sub>min</sub>时,执行B12步骤;

B11:发动机不启动,电机启动,同时车辆驱动系统将信号输出给虚拟车辆模型,虚拟车辆模型以车辆驱动系统相同速度在虚拟路面模型上行驶,虚拟模拟系统将虚拟车辆模型遇到的行驶阻力信号输出给负载模拟系统,负载模拟系统为车辆驱动系统提供阻力;

B12:电机不启动,发动机启动,同时车辆驱动系统将信号输出给虚拟车辆模型,虚拟车辆模型以车辆驱动系统相同速度在虚拟路面模型上行驶,虚拟模拟系统将虚拟车辆模型遇到的行驶阻力信号输出给负载模拟系统,负载模拟系统为车辆驱动系统提供阻力;

B2:虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶的过程中,当车速低于 $u_b$ 或者电荷量SOC低于SOC<sub>min</sub>时,发动机启动提供动力,车辆驱动系统变为混合动力驱动模式。

B3:当电荷量SOC达到SOC<sub>max</sub>时,发动机关闭,车辆驱动系统变为纯电动驱动模式。

2. 根据权利要求1所述的混合动力汽车半实物仿真系统,其特征在於:步骤A2中行驶阻力F的计算方式为:

$$\Sigma F = F_f + F_w + F_i + F_j$$

$$F_f = mf$$

$$F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho u_n^2$$

$$F_i = m \sin \alpha$$

$$F_j = \delta m \frac{u_{n+1} - u_n}{\Delta t}$$

$$u_{n+1} = \frac{\Delta t [T_{ig} i_r - \Sigma F]}{m} + u_n$$

其中 $F_f$ 表示轮胎滚动阻力, $F_w$ 表示汽车空气阻力, $F_i$ 表示汽车爬坡阻力, $F_j$ 表示汽车加速度阻力, $m$ 表示汽车质量, $f$ 表示滚动阻力系数, $C_D$ 表示空气阻力系数, $A$ 表示迎风面积, $\rho$ 表示空气密度, $u_n$ 表示汽车行驶速度, $\alpha$ 表示坡度, $\delta$ 表示汽车旋转质量换算系数, $u_{n+1}$ 表示下一时刻汽车行驶速度, $u_n$ 表示当前汽车行驶速度, $\Delta t$ 表示仿真步长, $T_{ig}$ 表示驱动力矩, $i$ 表示等效传动比, $r$ 表示车轮半径。

3. 根据权利要求1所述的混合动力汽车半实物仿真系统,其特征在於:当所述车辆驱动

系统制动的时候,所述电机能够将制动力转换成电能储存至所述电池组内。

4.根据权利要求3所述的混合动力汽车半实物仿真系统,其特征在于:所述电机为汽车起动发电一体化电机。

## 混合动力汽车半实物仿真系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及混合动力汽车测试领域,具体涉及一种混合动力汽车半实物仿真系统。

### 背景技术

[0002] 传统混合动力汽车测试主要分为三个阶段:计算机模拟测试、台架试验测试、实际道路测试(如图1所示)。

[0003] 计算机模拟测试是将车辆参数、行驶工况、模拟驾驶员操作输入计算机,通过运算得到结果,耗时时间最短,成本最低。混合动力汽车主要研究是对象发动机和电机的匹配。发动机的转矩、转速、节气门的闭合时机,电机的转矩、转速,电池的剩余电量、控制阈值、充放电曲线等参数很多是多变量、强耦合、非线性,给参数的使用带来很大不便。纯计算机仿真往往在理论阶段就忽略部分参数并且对复杂部分进行近似替代,所以部分测试结果距离实际有较大出入,对汽车实际设计的参考价值相对较低。

[0004] 台架试验测试是把需要测试的部件安放在对应的实验台上,根据需要测量的参数安置传感器和通讯线,运行实验台,采集数据、存储然后分析获得结果,并对混合动力匹配设计进行改进和优化。实验台建设费用低,移植性好,可重复操作,能够很好的检验计算机模拟测试得到的混合动力匹配关系。同时国内大量高校和研究机构的参与降低了台架试验测试的难度。不过由于台架测试通常是在室内进行,也有着很大的局限性,例如,将测量部件固定在实验台上,得到了部件本身参数,却难以测试其对整车动态性能的影响,这就导致在测出的转矩、转速、振动在非常真实的情况下依然无法判断其是否合理。此外由于驾驶人员操作的不确定性、天气、道路湿滑等复杂影响因素也很难在实验台上体现。总之台架试验测试尽管有着很大局限性,却依然是必不可少的环节。

[0005] 实际道路测试在规定路面上,试验车按照相应标准行驶,对汽车动力性、燃油经济性、安全性、平顺性、通过性等进行整车测试。测试结果最具真实性和可靠性。不过道路测试是在车辆样本制造完成后,车身的整个结构和控制系统已经定型,已经无法对混合动力的设计提供足够改进,想根据测试结果进行调节又会消耗大量的人力、财力和时间。同时实地道路的复杂多样和驾驶员本身素质的高低导致了实地道路测试的重复性不好。

[0006] 计算机模拟、台架试验、实地道路三种测试方法既必不可少,但独立性太强导致相互间联系不足,其价值难以充分发挥。同时由于实际道路和台架条件的限制,必然对前面的计算机模拟测试提出更高的要求。

### 发明内容

[0007] 针对上述现有技术的不足,本发明所要解决的技术问题是:如何提供一种能够将计算机模拟、台架试验、实地道路三者结合在一起同时测试,使得三者之间联系更加紧密,同时减小了环境因素的制约,提高测试准确性的混合动力汽车半实物仿真系统。

[0008] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下的技术方案:

[0009] 一种混合动力汽车半实物仿真系统,其特征在于:包括虚拟驾驶模拟装置和实体驾驶模拟装置,实体驾驶模拟装置包括车辆驱动系统和能够为车辆驱动系统提供负载的负载模拟系统,车辆驱动系统包括发动机、发电机、电池组和电机,虚拟驾驶模拟装置包括虚拟模拟系统以及与虚拟模拟系统连接的显示装置,虚拟模拟系统能够模拟出虚拟车辆模型和虚拟车辆模型行驶的虚拟路面模型,虚拟驾驶模拟装置与实体驾驶模拟装置电连接;

[0010] 混合动力汽车半实物仿真系统的实施步骤包括:

[0011] A1:将仿真车型的参数输入虚拟车辆模型中;

[0012] A2:根据测试要求选择虚拟路面模型,并模拟出虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶过程中遇到的行驶阻力F;

[0013] A3:模拟出一个驾驶实验周期;

[0014] 一个驾驶实验周期内,混合动力汽车半实物仿真系统的运行步骤为:

[0015] B1:车辆驱动系统启动,根据电池组的电荷量SOC作出判断:电荷量SOC大于充放电阈值 $SOC_{min}$ 时,执行B11步骤;电荷量SOC小于充放电阈值 $SOC_{min}$ 时,执行B12步骤;

[0016] B11:发动机不启动,电机启动,同时车辆驱动系统将信号输出给虚拟车辆模型,虚拟车辆模型以车辆驱动系统相同速度在虚拟路面模型上行驶,虚拟模拟系统将虚拟车辆模型遇到的行驶阻力信号输出给负载模拟系统,负载模拟系统为车辆驱动系统提供阻力;

[0017] B12:电机不启动,发动机启动,同时车辆驱动系统将信号输出给虚拟车辆模型,虚拟车辆模型以车辆驱动系统相同速度在虚拟路面模型上行驶,虚拟模拟系统将虚拟车辆模型遇到的行驶阻力信号输出给负载模拟系统,负载模拟系统为车辆驱动系统提供阻力;

[0018] B2:虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶的过程中,当车速低于 $u_b$ 或者电荷量SOC低于 $SOC_{min}$ 时,发动机启动提供动力,车辆驱动系统变为混合动力驱动模式;

[0019] B3:当电荷量SOC达到 $SOC_{max}$ 时,发动机关闭,车辆驱动系统变为纯电动驱动模式。

[0020] 在本发明中,测试人员先将仿真车型的各个参数输入到虚拟模拟系统中,进而模拟出虚拟车辆模型和虚拟车辆模型行驶的虚拟路面模型。同时车辆驱动系统作为实体进行测试,在测试的同时将信号数据传递给虚拟模拟系统。另外在虚拟模拟系统中选择测试用的虚拟路面模型,以及在虚拟车辆系统中模拟出虚拟路面模型上行驶过程中遇到的行驶阻力,相当于汽车真实的道路上测试。而模拟的行驶阻力同时通过信号反馈给负载系统,由负载系统为车辆驱动系统提供在虚拟车辆系统中实时遇到的相同阻力,同时车辆驱动系统又将实体测试中的实时车速通过信号又传递给虚拟车辆模型,通过虚拟模拟系统进行实时分析。

[0021] 最后通过模拟出一个驾驶实验周期,可以将得到发动机消耗的燃油量和电池组的电荷量SOC变化转化的燃油量相加得到总的燃油消耗量 $L_s$ :

[0022]  $L_s = L_E + \eta \Delta SOC$

[0023] 其中 $L_E$ 表示发动机燃油消耗量, $\eta$ 表示电荷量折算燃油量系数(由于是随SOC非线性变化的,具体参数需要根据电池型号查阅相关资料), $\Delta SOC$ 表示电荷变化量。

[0024] 另外 $SOC_{min}$ 和 $SOC_{max}$ 表示剩余电荷量SOC的充放电区间,若 $SOC_{max} - SOC_{min} = 0$ ,则电池组将频繁的充电与停止充电,发动机也将频繁启停,不利于电池组寿命和能量节省。因此, $SOC_{min}$ 和 $SOC_{max}$ 两个值的大小可以使车辆驱动系统在驾驶实验周期中调教出相应的最佳燃油经济状态。

[0025] 这样通过将计算机模拟、台架试验和实地道路三者相互关联在一起,同时进行测试,相对于以前单独进行测试,再将测试数据结合的方式,不仅减小了环境因素的制约,同时提高了测试的准确性。

[0026] 作为优化,步骤A2中行驶阻力F的计算方式为:

$$[0027] \quad \Sigma F = F_f + F_w + F_i + F_j$$

$$[0028] \quad F_f = mf$$

$$[0029] \quad F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho u_n^2$$

$$[0030] \quad F_i = m \sin \alpha$$

$$[0031] \quad F_j = \delta m \frac{u_{n+1} - u_n}{\Delta t}$$

$$[0032] \quad u_{n+1} = \frac{\Delta [T_{ig} i r - \Sigma F]}{m} + u_n$$

[0033] 其中 $F_f$ 表示轮胎滚动阻力, $F_w$ 表示汽车空气阻力, $F_i$ 表示汽车爬坡阻力, $F_j$ 表示汽车加速度阻力, $m$ 表示汽车质量, $f$ 表示滚动阻力系数, $C_D$ 表示空气阻力系数, $A$ 表示迎风面积, $\rho$ 表示空气密度, $u_n$ 表示汽车行驶速度, $\alpha$ 表示坡度, $\delta$ 表示汽车旋转质量换算系数, $u_{n+1}$ 表示下一时刻汽车行驶速度, $u_n$ 表示当前汽车行驶速度, $\Delta t$ 表示仿真步长, $T_{ig}$ 表示驱动力矩, $i$ 表示等效传动比, $r$ 表示车轮半径。

[0034] 车辆在行驶过程中,会受到不同的阻力,其中有来自轮胎的滚动阻力、空气阻力、爬坡阻力和加速度阻力。另外车辆在不同时刻、不同路况和不同速度的情况下,受到的阻力也不相同,通过实时的计算模拟,为虚拟车辆模型的行驶提供一个较为真实的模拟环境,使其更接近实际道路测试,进一步提高了测试结果的准确性,为汽车的定型设计提供更好的帮助。

[0035] 作为优化,当所述车辆驱动系统制动的时候,所述电机能够将制动力转换成电能储存至所述电池组内。使整个混合动力汽车能量的回收模拟情况更接近真实值。

[0036] 作为优化,所述电机为汽车起动机发电一体化电机。汽车起动机发电一体化电机也可以称为ISG电机,直接集成在发动机主轴上,就是直接以某种瞬态功率较大的电机替代传统的启动电机,在起步阶段短时替代发动机驱动汽车,并同时起到启动发动机的作用,减少发动机的怠速损耗和污染,正常行使时,发动机驱动车辆,该电机断开或者起到发电机的作用,刹车时,该电机还可以起到再生发电,回收制动能量的节能效果。

[0037] 综上所述,本发明的有益效果在于:本发明通过将计算机模拟、台架试验和实地道路三者相互关联在一起,同时进行测试,使测试更接近于真实情况;可以获得混合动力汽车真实行驶参数相近的测量值,并且可以实时显示三维动态和实时数据输出,拓宽了测量范围;另外发动机和电机混合输出后的力矩变化对汽车动力性的影响能够直接感受到,燃油消耗量可以实时进行显示;同时利用本发明模拟车辆驾驶是在样车制造前,汽车可以根据测试修改后的数据进行设计,能够降低汽车设计环节的整体自己投入,缩短汽车的设计时间。

## 附图说明

[0038] 为了使发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述,其中:

[0039] 图1为现有混合动力测试流程;

[0040] 图2为本发明中车辆驱动系统驾驶汽车行驶示意图;

[0041] 图3为本发明混合动力半实物仿真系统仿真原理示意图;

[0042] 图4为本发明混合动力串联型半实物仿真系统示意图;

### 具体实施方式

[0043] 下面结合附图对本发明作进一步的详细说明。

[0044] 如图2和图3所示,本具体实施方式中的混合动力汽车半实物仿真系统,包括虚拟驾驶模拟装置和实体驾驶模拟装置,实体驾驶模拟装置包括车辆驱动系统和能够为车辆驱动系统提供负载的负载模拟系统,车辆驱动系统包括发动机、发电机、电池组和电机,虚拟驾驶模拟装置包括虚拟模拟系统以及与虚拟模拟系统连接的显示装置,虚拟模拟系统能够模拟出虚拟车辆模型和虚拟车辆模型行驶的虚拟路面模型,虚拟驾驶模拟装置与实体驾驶模拟装置电连接;

[0045] 混合动力汽车半实物仿真系统的实施步骤包括:

[0046] A1:将仿真车型的参数输入虚拟车辆模型中;

[0047] A2:根据测试要求选择虚拟路面模型,并模拟出虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶过程中遇到的行驶阻力F;

[0048] A3:模拟出一个驾驶实验周期;

[0049] 一个驾驶实验周期内,混合动力汽车半实物仿真系统的运行步骤为:

[0050] B1:车辆驱动系统启动,根据电池组的电荷量SOC作出判断:电荷量SOC大于充放电阈值 $SOC_{min}$ 时,执行B11步骤;电荷量SOC小于充放电阈值 $SOC_{min}$ 时,执行B12步骤;

[0051] B11:发动机不启动,电机启动,同时车辆驱动系统将信号输出给虚拟车辆模型,虚拟车辆模型以车辆驱动系统相同速度在虚拟路面模型上行驶,虚拟模拟系统将虚拟车辆模型遇到的行驶阻力信号输出给负载模拟系统,负载模拟系统为车辆驱动系统提供阻力;

[0052] B12:电机不启动,发动机启动,同时车辆驱动系统将信号输出给虚拟车辆模型,虚拟车辆模型以车辆驱动系统相同速度在虚拟路面模型上行驶,虚拟模拟系统将虚拟车辆模型遇到的行驶阻力信号输出给负载模拟系统,负载模拟系统为车辆驱动系统提供阻力;

[0053] B2:虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶的过程中,当车速低于 $u_b$ 或者电荷量SOC低于 $SOC_{min}$ 时,发动机启动提供动力,车辆驱动系统变为混合动力驱动模式。

[0054] B3:当电荷量SOC达到 $SOC_{max}$ 时,发动机关闭,车辆驱动系统变为纯电动驱动模式;

[0055] 本具体实施方式中,步骤A2中行驶阻力F的计算方式为:

$$[0056] \quad \Sigma F = F_f + F_w + F_i + F_j$$

$$[0057] \quad F_f = mf$$

$$[0058] \quad F_w = \frac{1}{2} C_D A \rho u_n^2$$

$$[0059] \quad F_i = m \sin \alpha$$

$$[0060] \quad F_j = \delta m \frac{u_{n+1} - u_n}{\Delta t}$$

$$[0061] \quad u_{n+1} = \frac{\Delta t [T_{tg} i r - \sum F]}{m} + u_n$$

[0062] 其中 $F_f$ 表示轮胎滚动阻力, $F_w$ 表示汽车空气阻力, $F_i$ 表示汽车爬坡阻力, $F_j$ 表示汽车加速度阻力, $m$ 表示汽车质量, $f$ 表示滚动阻力系数, $C_D$ 表示空气阻力系数, $A$ 表示迎风面积, $\rho$ 表示空气密度, $u_n$ 表示汽车行驶速度, $\alpha$ 表示坡度, $\delta$ 表示汽车旋转质量换算系数, $u_{n+1}$ 表示下一时刻汽车行驶速度, $u_n$ 表示当前汽车行驶速度, $\Delta t$ 表示仿真步长, $T_{tg}$ 表示驱动力矩, $i$ 表示等效传动比, $r$ 表示车轮半径。

[0063] 本具体实施方式中,当所述车辆驱动系统制动的时候,所述电机能够将制动力转换成电能储存至所述电池组内。

[0064] 本具体实施方式中,所述电机为汽车起动机发电一体化电机。

[0065] 在具体实施的过程中,虚拟模拟系统采用计算机进行处理,混合动力半实物仿真系统控制搭建要求:

[0066] 计算机要求:1G以上内存,CPU主频1.6GHz以上,硬盘空余空间2G以上;

[0067] 显示器要求:最低支持1024\*768分辨率,支持独立显卡。

[0068] 计算机虚拟真实系统要求:

[0069] 整个虚拟真实系统包括虚拟汽车三维模型,虚拟真实路面状况和模拟驾驶程序,可以用VRML虚拟现实技术进行汽车和路面状况的设计。

[0070] 虚拟汽车包括可调节的基本物理量,可供选择的电机模型、发电机模型、电池组模型和电机模型,可变化的匹配方式。道路模型除了基本的长度宽度,还要包括道路面不平度。

[0071] 另外,车辆驱动系统还包括方向盘、离合器踏板、排挡杆、刹车踏板和油门踏板,驾驶人员可以结合VR技术显示模拟汽车和道路环境,在虚拟的环境中驾驶,模拟操作驾驶人员可以根据VR技术显示的路面状况和行驶车辆做出判断,通过油门踏板来控制汽车动力,通过方向盘、离合器踏板、排挡杆和刹车踏板,使汽车加减速和改变方向。

[0072] 整个混合动力半实物仿真系统的控制原理是驾驶人员根据显示设备上的车速 $u$ 和期望车速 $u_q$ 控制油门和离合器,计算机收到操作命令后经过软件计算出数字信号,传送给SIMULINK模块计算出车辆运动参数,最后通过VR显示在显示屏上。计算机仿真时,由某时刻模拟汽车的行驶速度 $u_n$ 得到汽车空气阻力 $F_w$ ;由汽车质量 $m$ 和轮胎滚动阻力系数 $f$ 获得滚动阻力 $F_f$ ;由期望车速 $u_q$ 和 $u_n$ 获得加速度阻力 $F_j$ ;由 $W$ 和坡度 $\alpha$ 获得爬坡阻力 $F_i$ ;

[0073] 如图4所示,矩形虚线指的车辆驱动系统包含的内容,椭圆虚线指的虚拟车辆模型包含的类容,测试时由计算机模拟虚拟车辆模型和虚拟路面模型,由真实驾驶人员通过控制车辆驱动系统运转,然后计算机使虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶,行驶情况通过显示装置动态输出。获得 $K_1$ (油门踏板信号)后计算机控制发动机和电机获取驱动力矩 $T_{tg}$ ,经过计算机仿真获得下一时刻车速 $u_{n+1}$ 。

[0074] 电池组接收发动机和制动器产生的能量并为电机提供能量,针对串联、并联和混联有不同接法。发动机、电机电池都由对应的模拟控制器控制。驾驶人员踩下油门踏板或者制动踏板,计算机根据踩踏踏板的深度获得模拟信号 $K_1$ 或 $K_2$ ,经过A/D转换为数字信号,计算



机再根据模拟汽车速度 $u$ 控制发动机的节气门开度 $\xi$ 和运行电源控制策略,从而实现虚拟车辆模型在虚拟路面模型上行驶。虚拟模拟系统能够模拟出虚拟车辆模型运行的加速度阻力,空气阻力,滚动阻力,爬坡阻力以及路面状况,模拟出混合动力汽车在发动机,电机不同匹配情况下的动力性和燃油经济性,进而更好的对汽车进行优化设计。

[0075] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管通过参照本发明的优选实施例已经对本发明进行了描述,但本领域的普通技术人员应当理解,可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变,而不偏离所附权利要求书所限定的本发明的精神和范围。

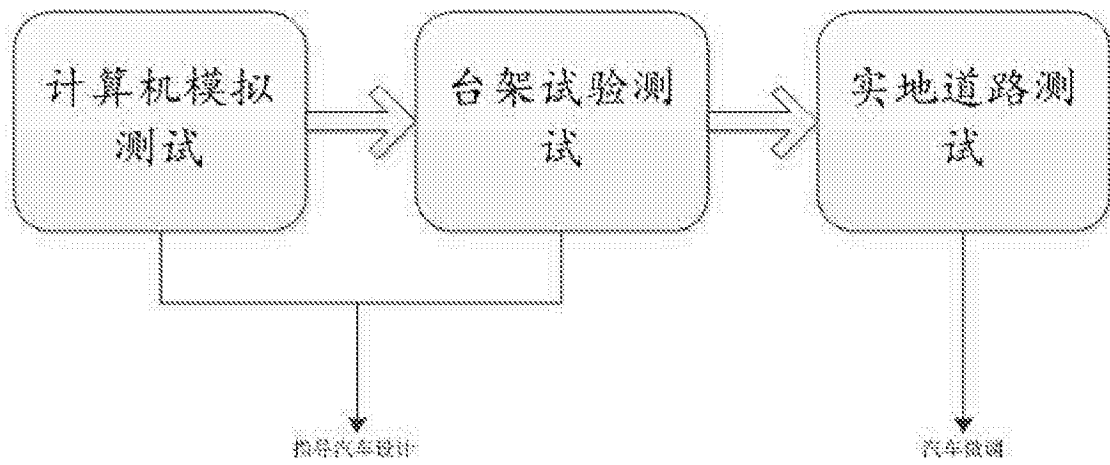


图1

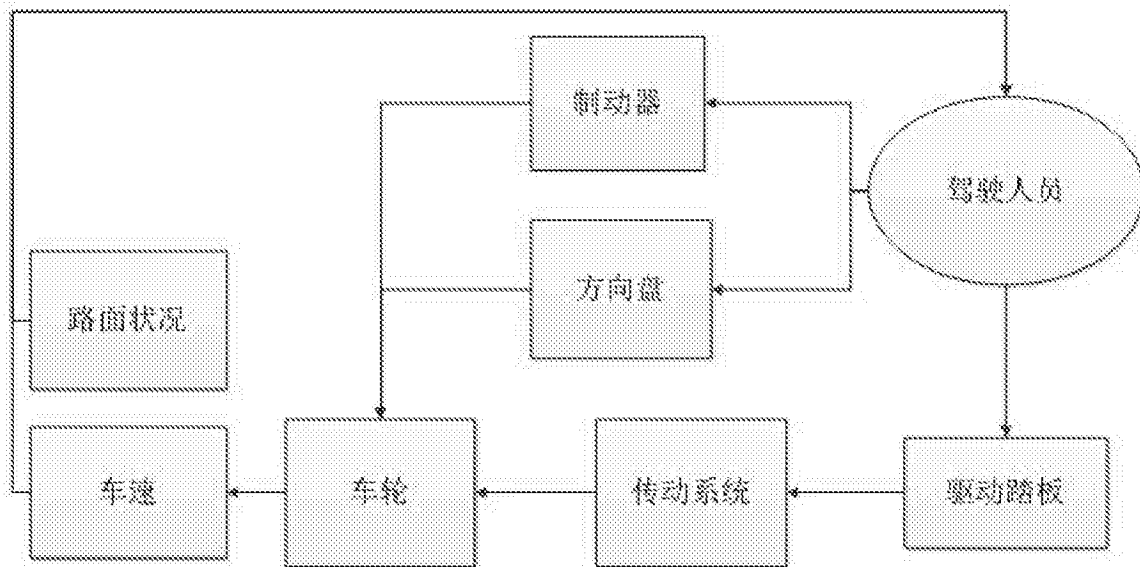


图2

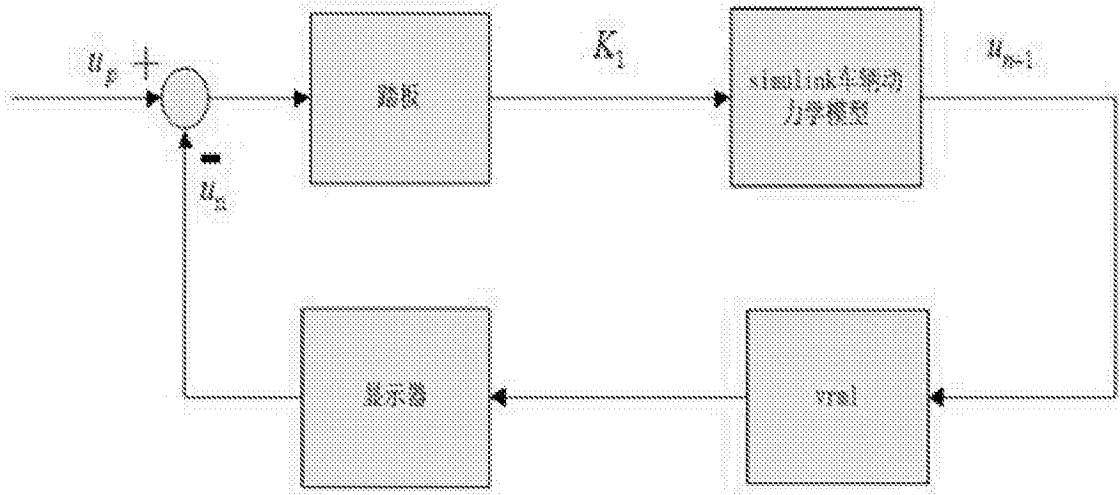


图3

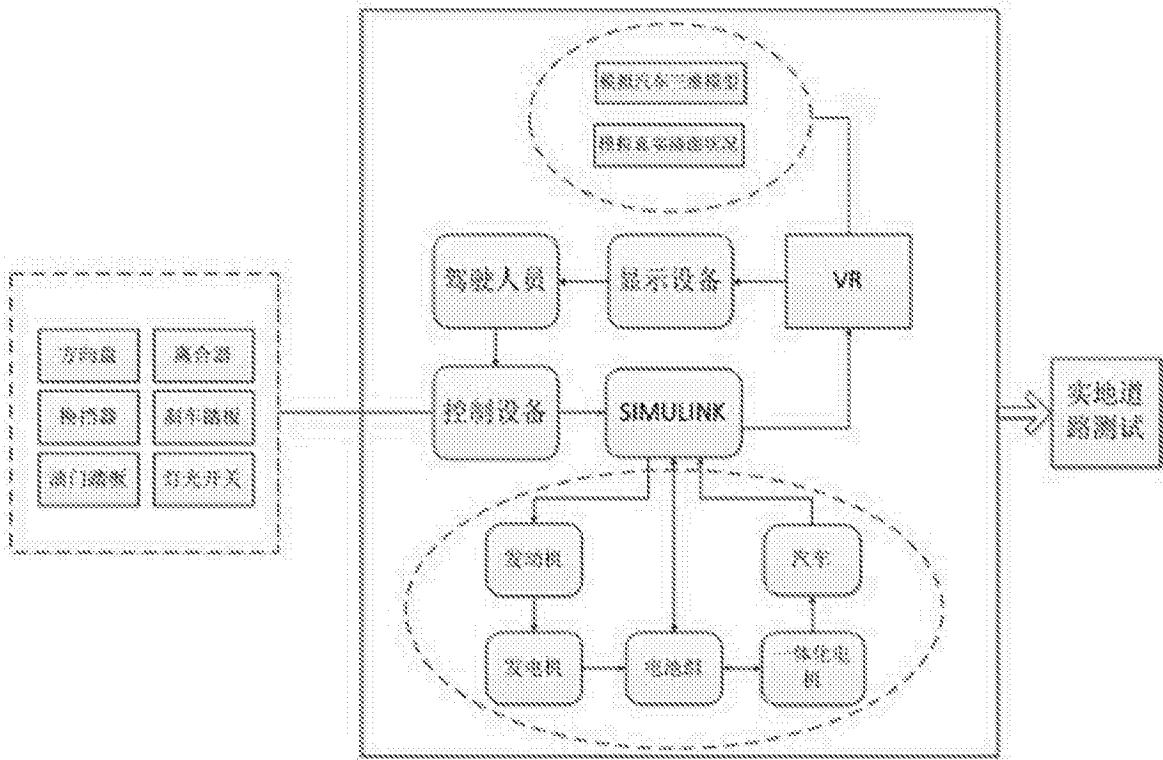


图4