

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.09.028

纯电动汽车综合性能试验台的国内外现状与改进*

贺 萍¹, 董铸荣¹, 韩承伟¹, 李章宏^{1,2}

(1. 深圳职业技术学院 汽车与交通学院, 广东 深圳 518055; 2. 武汉理工大学 汽车工程学院, 湖北 武汉 430070)

摘要:针对纯电动汽车研究开发的需要,介绍了台架试验的必要性,分析了目前纯电动汽车综合性能试验台架的国内外研究现状,提出了主要由机架、道路模拟装置、加载装置、惯性模拟装置等组成的纯电动汽车综合性能试验台架,结合电动车试验实际要求,指出了电动轮台架试验是轮毂电机驱动的电动汽车研制阶段中的重要环节,并介绍了一种具备多项改进设计的电动轮综合性能试验台的方案。研究表明,该方案能够真实地模拟实际汽车行驶的各种工况,而且还具备电机试验、垂直加载试验、机电耦合制动试验、侧向力试验等多种拓展功能,对研究轮毂电机驱动的纯电动车各项性能具有较大的实际作用。

关键词:电动汽车;驱动电机;综合性能试验;试验台

中图分类号:TH39;U463

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)09-1231-05

Present situation and improvements of test bench for pure EV

HE Ping¹, DONG Zhu-rong¹, HAN Cheng-wei¹, LI Zhang-hong^{1,2}

(1. School of Automotive & Transportation Engineering Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China;

2. Automotive Engineering Institute, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Aiming at the need of pure electric vehicle research and development, the necessity of bench test was introduced. After the analysis of the current electric automobile comprehensive performance test bench of the research status at home and abroad, the pure electric automobile comprehensive performance test-bed was established by frame, road simulator, loading device, inertia simulation device, etc. . Combined with the practical requirements of electric vehicle test, it was presented that the electric wheel bench test is important to the development of electric vehicles. A number of improved design scheme of electric wheel comprehensive performance test rig was introduced. The results show that it can truly simulate the car working conditions, but also has the motor test, vertical load test, mechanical and electrical coupling brake test, lateral force test and so many kinds of expanding function, which has great practical effect for studying the performance of pure electric vehicles driven by the wheel motor.

Key words: electric vehicles(EV); drive motor; comprehensive performance test; test bench

0 引 言

纯电动汽车具有零排放、噪音小、使用来源广泛的电能等优点^[1]。近些年,由于能源的逐渐短缺,环境污染日益严重,纯电动汽车的研究越来越受到各大汽车企业以及高校和汽车研究机构的重视。对纯电动

汽车的研究主要分三大方向:电池、电机及电控,其中电池研究的突破主要依赖电池材料的突破,而有关电动汽车驱动电机与汽车电控技术和整车控制的研究尚且处于初级阶段,因此纯电动汽车的研究人员主要致力于研究车用电机技术以及各种控制策略下整车性能的研究,以求获得新的突破。针对这一研

收稿日期:2014-04-08

基金项目:广东省自然科学基金资助项目(S2013010013931);深圳市战略性新兴产业发展专项资金资助项目(JCYJ20120617135920233);深圳市战略性新兴产业发展专项资金资助项目(JCYJ2012083010355133)

作者简介:贺 萍(1967-),女,湖南株洲人,工学博士,教授,硕士生导师,主要从事电动汽车技术汽车检测诊断技术等方面的研究. E-mail:dd24@szpt.edu.cn

究动向,研究与开发电动汽车综合性能试验台就显得格外重要。

目前国内外对纯电动汽车试验研究主要有 3 种方式:实车道路模拟、实验室台架试验以及计算机仿真模拟试验。实车道路试验所需的研制周期长,试验的成本高,可重复性低;纯粹的计算机仿真模拟相对简单,但是试验的可靠性不高;台架试验具有研制周期短、试验经费相对较少、试验可重复性高、可应用半实物仿真且不受突发条件的影响等优点^[2],因此建立纯电动汽车的台架试验系统十分有必要^[3]。针对所需要研制的电动汽车,研究人员可以进行道路模拟的台架试验,根据试验数据修正电动汽车的有关设计、以及控制系统的参数,以满足所提出的电动汽车的性能指标或者改善与完善电动汽车的性能。

本研究重点探讨国内外电动汽车综合性能试验台研究现状,在此基础上,提出相应的改进措施,为研制纯电动汽车的综合性能试验台提供依据。

1 国内外电动汽车综合性能试验台架研究现状

国内外针对电动汽车试验台架的研究已经取得了一些成果,这些台架研究的成果也为整车性能研究提供了设计依据。但是,就试验台架的全面性而言,这些台架的设计均存在一些不足或缺陷。

1.1 国外台架研究现状

英国谢菲尔德大学可敦、本汉明、斯科菲尔德^[4]搭建了专门研究电动汽车防抱死系统和牵引力控制系统的试验平台,但只考虑到了电制动工况,与实车在各种工况下的制动不相符,试验台架不能体现电制动与其他制动方式复合作用的实际工况。墨西哥伊万·阿尔卡拉、亚伯拉罕克劳迪奥、赫拉尔多·格雷罗等人^[5]搭建了集中式电机驱动电动汽车试验平台,但其车轮为悬空状态,所以阻力与惯性模拟都通过加载电机,许多实际工况并不能得到模拟。德国斯图加特大学^[6]建设了一个混合动力汽车测试平台及道路试验平台^[7],但是该试验台设备巨大且造价大,一些道路测试还结合了整车,因此可借鉴性不高。

1.2 国内台架研究现状

我国对电动汽车的性能测试开展情况大致如下:企业方面主要是通过实车的道路试验,很多高校对其研究也只停留于理论研究方面,对于电动汽车试验台以及试验方法的研究还比较少^[8]。清华大学汽车安全与节能国家重点实验室具备一套较为完善的电动汽

车复合制动试验台架^[9],但是该试验平台的道路模拟完全由测功机以及控制器代替,不能在模拟道路制动试验的同时进行制动能量回收试验。部分高校和企业都只有电动汽车驱动电机的性能测试试验台,并没有能完整模拟各种实际工况的多功能电动轮试验台。江苏大学刘存香等人^[10]搭建了电制动与机械制动的电动汽车集成系统测试台架,但是该台架不能对驱动电机进行反拖,因此也不具备同时进行电动汽车能量回收的试验。同济大学陈辛波等人^[11]搭建的一种电动轮多功能试验台架,具备垂直加载系统、侧向加载系统、上层控制器等比较完善的试验体系,但是由于其台架主体部分主销偏移距太大,在加载侧向载荷或车轮转向时,电动轮会偏离滚筒的最高点,甚至脱离滚筒,造成很大的试验误差。北京理工大学贺洪文、孙枫春、邢杰等人^[12]为电动汽车电驱动系统试验和动态模拟建造了电力驱动系统的性能评估试验台,试验台装备两台发电机来模拟汽车在道路上行驶时所受载荷,虽然对汽车低转速、大扭矩以及高速工况作了区分,但是多个吸功装置增加了控制的复杂性。

2 电动汽车综合性能试验台的组成与功能

所谓电动汽车综合性能试验台,其实是一整套用于验证电动汽车综合性能和电动汽车主要零部件可靠性的设备。纯电动汽车试验台主要由机械台架与测控系统组成^[13]。试验台架机械部分的原理是否全面与正确,设计是否合理,将直接决定台架所能进行的试验并影响所有台架试验结果的精度,所以试验台架机械部分的组成至关重要。试验台架的设计应该要尽量与实际所研究的电动汽车驱动与运动的情况接近,以此来保证台架的合理性与在台架上试验的有效性。试验台的机械台架部分一般包括试验台机架、道路模拟部分、加载部分以及惯性模拟部分。

2.1 试验台机架

在进行台架试验模拟汽车行驶时会产生很大的振动,为了防止这种振动破坏机件,减少振动对试验台架正常工作的影响,保证试验工作的正常进行,就必须对试验台的基础进行减振和隔振处理。试验台机架能有效隔振,并能避免共振现象。

2.2 道路模拟部分

根据道路模拟部分的不同,纯电动汽车的综合性能试验台架主要分为:有转鼓(也称滚筒)的试验台和不带转鼓的试验台。其最主要的区别是转鼓试验台具

备道路模拟功能;而不带转鼓的试验台只能通过其他装置(例如加载电机)来模拟汽车在道路上行驶时所造成的来自路面的滚动阻力。对于汽车转鼓试验台,又有单转鼓与双转鼓之分。双转鼓试验设备转鼓半径小,能有效地节省空间,使用方便^[14],但是双转鼓的曲率半径小,其模拟路面的试验精度相对不如单转鼓;单转鼓的直径足够大,能够有效地模拟路面,主要被研究机构采用。

2.3 加载部分

汽车在道路上行驶时所受的阻力有空气阻力、滚动阻力,加速和上坡时还受加速阻力以及坡道阻力,转向时还受侧向力。其中,针对带转鼓的试验台,滚动阻力由模拟路面的转鼓提供,加载部分的主要作用是模拟汽车重量,同时模拟汽车在各种道路工况所受到的其他阻力。

为了模拟车重,加载部分需要有垂直力加载装置;模拟汽车转向时的侧向力,台架加载部分需要有侧向力加载装置。此外,模拟其他道路阻力需要有加载电机或者汽车阻力模拟装置。因此,加载部分一般包括垂直力加载装置、侧向力加载装置以及其他阻力模拟装置。

加载装置有动态加载与静态加载之分。动态加载能在实验的过程中根据需要随时调整载荷。根据加载方式的不同,加载装置主要可以分为液压加载、机械加载以及电加载3种。液压加载方式即采用液压油缸通过杠杆沿载荷方向直接加载^[15],此种加载方式原理简单,但是控制较不稳定;机械加载方式一般采用电动推杆,虽然价格较液压加载装置高,但是控制简单、稳定,越来越被试验台架所采用。电加载装置可采用电力测功机、电涡流缓速器、电磁粉制动器等产品,用来模拟系统所需的阻力。

2.4 惯性模拟部分

惯性模拟一般有机械模拟方式和电模拟两种,或者二者结合。机械模拟一般采用飞轮,结构简单。电惯量模拟一般通过计算机控制吸能装置,可以实现惯量的无级调整。

3 电动轮综合性能试验台的改进设计

电动汽车综合性能试验台大致可分为电动汽车整车综合性能试验台、驱动传动系统综合性能试验台(针对集中电机驱动形式)以及电动轮综合性能试验台(针对分布式轮毂电机驱动形式)。轮毂电机驱动的电动汽车,省去了传统电动车的动力传递装置,可以

使整车布置更加灵活,是纯电动汽车一个重要类型,具有十分大的发展前景。电动轮台架试验是轮毂驱动的电动汽车研制阶段中的重要一环,其所能进行的试验越能模拟各种真实的工况,越能真实反映电动轮在各种工况下运转时的状态,从而为整车研发做好铺垫。另外,一台轮毂驱动的电动汽车在成功量产前离不开大量的台架试验,用来验证所研制的整车性能是否达到了最初的设计指标。因此其对电动轮综合性能试验台以及台架试验的开发具有重大意义。在分析国内外电动轮试验台的研究成果基础上,本研究提出电动轮的研究开发思路。

3.1 电动轮试验台的组成

电动轮试验台的系统组成:①电动轮部分:包括轮毂电机、机械刹车装置、车轮等;②负载以及加载部分:包括电力测功机、转鼓、飞轮、垂向力加载装置以及侧向力加载装置;③测控部分:包括传感器、测控的软、硬件等。电动轮试验台的结构示意图如图1所示。

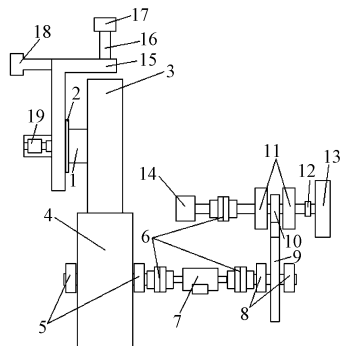


图1 电动轮试验台结构示意图

1—轮毂电机;2—刹车盘;3—车轮;4—转鼓;5,8,11—轴承;6—联轴器;7—转矩转速传感器;9,10—带轮;12—离合器;13—飞轮;14—电力测功机;15—悬架;16—主销;17—垂向力加载装置;18—侧向力加载装置;19—侧向力传感器

3.2 电动轮试验台的功能

所设计的电动轮功能分析如表1^[16-18]所示。

4 结束语

笔者在研究分析国内外已开发的纯电动汽车综合性能试验台的基础上,在试验台研制中做如下改进:

(1)在试验台基本功能上增加了转向模拟,而在国内外的电动轮试验台上极少考虑到转向模拟时的侧向力加载的设计,这可为今后电动汽车四轮独立转向提供试验依据;

表 1 试验台的功能装置

试验台具备的功能	试验项目	实现功能的装置(零部件)
试验台 基本 功能	道路摩擦阻力	转鼓
	道路阻力设置	电力测功机
	垂直载荷设置	垂直力加载装置
	转角设置	转向机构、侧向力加载装置
测试功能	数据测试	试验台测控机(转鼓转速、加载扭矩、电机驱动扭矩、 转速、电压、电流测量传感器)
稳定加载后,测试电机转矩、 转速、电压、电流的功能	电动轮电机机械特性与 效率特性测试	试验台测控机(机械特性测试程序)
车辆惯性模拟功能	驱动滑转现象模拟	飞轮、转鼓、电力测功机
轮速与车速测试功能	驱动防滑控制研究	试验台测控机(驱动防滑控制程序)
机械制动模拟功能	机械制动模拟	盘式制动器及制动操纵机构
电制动/机械制动耦合模拟及 防抱控制研究功能	电回馈制动/机械制动耦合及 防抱控制模拟	试验台测控机(制动控制程序)
硬件在环仿真功能	整车控制器硬件在环仿真	整车控制器、电子加速踏板
转速谱/扭矩谱模拟功能	行驶循环模拟	试验台测控机(转速谱/扭矩谱模拟控制程序)
垂直载荷动态加载控制功能	道路谱模拟	垂直载荷动态加载机构及控制装置
电动轮电机性能测试功能	电动轮电机基本参数测试	试验台测控机(最大/额定功率、扭矩、转速、电流以及 转动惯量、时间常数、转矩常数)

(2) 试验台采用了电力测功机设计^[19],其发电状态可作汽车各种阻力模拟的吸功装置,还可作电动机拖动测功机系统(称为“反拖”),不仅可用于计算系统各种阻力(机械阻力、滚动阻力等),还便于轮毂电机稳态回馈发电时的能量回收。

(3) 电动轮模块设计了传统的机械制动,能进行电制动与机械制动的耦合模拟试验。

改进设计的试验台可以准确、全面地模拟电动汽车在实际道路上行驶所承受的载荷与实际的工况,根据该试验台上所做的试验结果能有效地评价电动汽车的综合性能,完善或者改进电动汽车的性能参数。电动轮的试验台架需要在实际应用中不断积累和完善试验项目,在研究多轮协调运动方面,还需要作进一步的研究和开发。

参考文献(References):

[1] 杨 峰,傅 俊. 纯电动汽车经济性比较与分析[J]. 武汉

理工大学学报:信息与管理工程版,2009,31(2):286-288.

[2] 王建强,高 蔚. 台试与路试轮胎滚动阻力关联性研究[J]. 汽车工程,2003,25(6):613-616.

[3] SONG Q, LV Chen-guang. Data Acquisition System for Electric Vehicle's Driving Motor Test Bench Based on VC++ [J]. **Physics Procedia**, 2012, 33(5):1725-1731.

[4] KHATUN P, BINGHAM C M, SCHOFIELD N, et al. An Experimental Laboratory Bench Setup to Study Electric Vehicle Antilock Braking/traction Systems and Their Control [C]// IEEE 56th. Vehicular Technology Conference. Birmingham:[s. n.],2002:1490-1494.

[5] ALCALÁ I, CLAUDIO A, GUERRERO G. Test Bench to Emulate an Electric Vehicle Through Equivalent Inertia and Machine DC[C]//11th IEEE International. Power Electronics Congress. 2008. CIEP 2008. IEEE,2008:198-203.

(下转第 1238 页)

本文引用格式:

贺 萍,董铸荣,韩承伟,等. 纯电动汽车综合性能试验台的国内外现状与改进[J]. 机电工程,2014,31(9):1231-1234,1238.

HE Ping, DONG Zhu-rong, HAN Cheng-wei, et al. Present situation and improvements of test bench for pure EV[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014,31(9):1231-1234,1238. 《机电工程》杂志:http://www.meem.com.cn