

电驱军用混合动力底盘发展概况及未来趋势

王晓峰 刘浩然

(中国电子科技集团公司第十五研究所, 北京 100083)

摘要: 对电驱军用混合动力底盘的国内外研究情况进行了总结和概述, 并对现有混合动力技术、电动轮驱动系统的机械结构特点、电动轮驱动技术的性能优势进行了详细分析, 基于现有混合动力技术底盘特点, 对混合动力技术未来发展指出了方向。

关键词: 电驱; 混合动力; 底盘; 电动轮

1 电驱军用混合动力底盘国内外研发现状

1.1 国外研发现状

近年来, 民用新能源汽车以其绿色环保、结构简单越来越受到大家的认可。而混合动力汽车以其具有纯电汽车低能环保和燃油汽车高续航的显著优势, 受到军用领域的关注。目前国外大多数发达国家都在进行军用混合动力技术的研究。

混合动力“悍马”由美国陆军坦克车辆武器中心(TAC)、美国先进运输南方联盟(SCAT)DARPA、Unique Mobility、美国佩伊等公司研制。它采用一台55kW柴油机, 串联发电机为4台75kW驱动四轮的电动机提供动力, 混合动力系统的最大输出功率达到335kW, 比传统悍马轿车110kW发电机的输出功率大很多。相对于传统的Hummer军车, 它的引擎功率降低到原车的一半, 最高车速比原车更高, 爬坡能力和加速性得到了很大改善。

东京电力公司1996年联合日本国立环境研究所试制电动汽车ECO, 采用后轮驱动的电动轮驱动系统, 选用永磁直流无刷电动机作为额定功率6.8kW、峰值功率20kW的电动轮驱动系统, 并在动力系统中匹配行星齿轮机构, 结合机械制动和电动机再生制动的方式实现制动^[1]。东京电力公司于2001年与日本国立环境研究所, 共同开发出以锂电池为动力源驱动的电动汽车KAZ型, 采用8台大功率交流同步轮圈马达。2001年东京电力公司联合日本国家环境研究所开发出采用8台大功率交流同步轮毂电机, 以锂电池为动力源驱动的电动轿车KAZ。该车装配了8个车轮, 使该车的最高时速达到311km/h, 其动力系统采用峰值功率55kW的高转速内转子电动机, 0~100km/h加速时间可以突破8s。由于KAZ采用了行星齿轮减速机构, 兼顾了电动马达输出速度与车轮实际转速的关系。KAZ后轮采用鼓式刹车, 前轮采

用盘式刹车^[2-3]。

一项名为“混合动力汽车试验与验证(HEVEA)”项目, 于2005年在美国陆军部队开展。在这个项目开发期间, 研究人员测试了大量试验性油电混合动力车型。其中包括XM1124系列车型、未来战术卡车系统车型、中型战术车辆车族、重型高机动扩展战术卡车^[4]。

法国吉亚特公司研制的混合动力6×6轮式战车重18t。采用MM公司的420kW发电机, 六轮动力总计达到21500N·m。它的最高时速为110km, 最大爬坡达60%。这套车用的驱动系统具有牵引力控制功能, 可以定点转向, 也可以滑动转向。

由法国TM4公司设计制造的混动汽车, 采用Hybrid一体式轮毂马达结构, 如图1所示。它采用外转子式永磁电动机, 直接将电机转子外壳与轮辋相固结, 将电机外壳作为车轮轮辋组成部分, 将电机转子与鼓刹的制动鼓集成在一起, 实现了电机转子、轮辋与制动器三个旋转运动物体的集成, 大大降低了一体式轮毂电机系统的质量, 集成度相当高, 具有很强的优越性和实用性^[5]。

从国外一系列军用混动车型的研究中, 我们不难发现, 国外大部分军用混合动力底盘都采用了串联Hybrid+电动轮驱动的方法, 在提高军用车辆的机动性能、运输效率、燃油经济性和生存能力等方面, 混合动力技术和电动轮驱动技术的贡献很大。

1.2 国内研发现状

2001~2005年期间, 国内主要研究电动轮驱动系统的电子差速技术^[6-8]。吉林大学的研究团队采用电动轮转矩控制方法, 来解决电动轮驱动系统的电子差速问题。在此基础上, 对电动车轮系统的行驶路面附着特性识别理论、全车车轮打滑状态和行驶状态参数识别监控方法等方面进行了研究, 并取得了多项突破性成果^[9]。

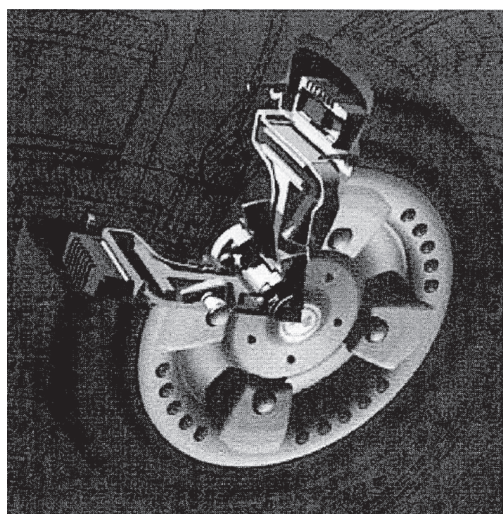
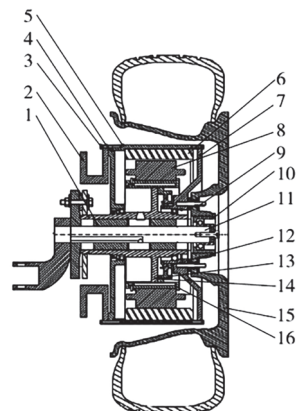
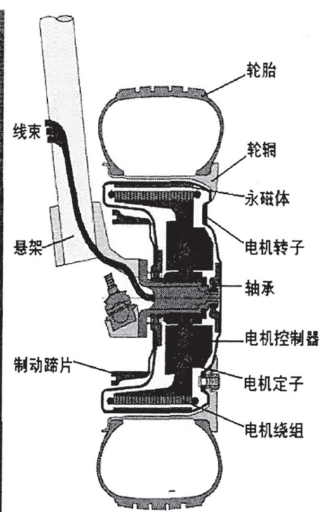


图1 法国TM4公司混合动力汽车一体化轮毂电机结构



1.橡胶原件 2.制动盘 3.螺钉 4.左端盖 5.电机外壳
6.永磁体 7.右端盖 8.定子 9.双头螺柱 10.轴承套
11.轮轴 12.旋转变压器定子 13.旋转变压器转子
14.定子支架 15.轮辋 16.定子支座

图2 优化设计的电动轮总成

浙大章昊秋以 TMS320F2812DSP 为基础,开展了双轮独立驱动控制系统的研究^[10]。武汉理工大学喻厚宇队对电动轮纵横向动力学耦合关系进行了分析,研究出了电动轮纵横向动力学耦合控制技术^[11]。上海理工大学的陈金荣对现有的电动轮结构进行了简化,在综合考虑车轮的可利用空间及动力性要求下,设计了电动轮主要部件、布置方案、散热方案^[12]。优化设计的电动轮总成如图2所示。

陕汽研发出的 SX2552 型混合动力底盘,采用串联式混合动力的总体构型,应用分布式混合动力模块方案,配装双动力单元、模块化储能及驱动单元。每个动力单元及储能单元既可独立工作,也可联合工作。驱动单元采用轮边电机独立驱动,不受其他驱动单元故障的影响,具备极高的动力性和可靠性。同时采用全轮转向及双横臂螺旋簧独立悬架,提高了车辆的通过性、可靠性。底盘及上装系统供电采用一体化设计,可直接为上装系统提供充足电力,上装无需再额外搭载发电机组。底盘搭载上装系统后可满足 30km 静默行驶要求。

中国重汽研发的六轴电驱底盘采用 600V 直流母线、轮边电机加轮边减速器的架构,1 台电机控制器可对同一驱动桥的 2 台电机分别单独控制。动力电池系统采用 3 组分布式并联电池包,每组输出电压等级为 600VDC,具备单组或多组故障隔离功能,各组相对独立,能够支持系统容量的向上及向下扩展。底盘搭载 2 台动力单元,互为冗余,最大发电功率可大 460kW。常温情况下底盘搭载上装系统后可满足 30km 静默行驶要求。

2 军用混合动力底盘显著优点

2.1 采用混合动力驱动的优势

军用底盘采用混合动力驱动方式以后,性能参数得到大幅提升,主要体现在以下 6 个方面:

2.1.1 整车燃料效率高

Hybrid 系统可使内燃机停止怠速运转或低负荷运转,从而有效降低油耗。

2.1.2 车辆加速表现明显增强

车辆在加速时可借由电动机辅助引擎的驱动力,配合电动轮峰值扭矩特性,使混合动力的短时间高功率更快发挥,大大提升了车辆的加速性能和爬坡能力。

2.1.3 可靠性和维护性好

混合动力底盘由于大多数结构采用模块化、标准化设计,且具有多能源特点,这必然导致车辆执行任务的可靠性、维护性显著提高。

2.1.4 具有静音伪装执行行驶和战斗的性能

混合动力车辆在纯电状态下工作具有减小排放、降低噪音、消除红外特征等特点,可显著提高生存能力。Hybrid System 的电池组可以让车辆保持纯电动行驶一定距离,炮塔或其他武器装备可以在发动机不启动的情况下运行并持续一段时间。

2.1.5 具备移动小电站的功能

从发电机组中输出的电能,除了可以供车辆行驶使用外,还可以供车内外装置用电。

2.1.6 对环境的污染小

传统军用车辆为了满足车辆机动性能,多数采用高扭矩、大排量发动机,造成严重的环境污染,电动机和发动机的默契配合使得混合动力汽车提高动力的同时尾气排放却显著降低。

2.2 采用电动轮驱动系统优势

2.2.1 有利于简化底盘结构

全车底盘去除了离合器、变速器、传动系和传统轿车的差速器,在实现底盘轻量化的同时,大大简化了底盘结构,减少了精密部件的使用,减小了整车成本的同时,显著提升了车辆的传动效率、通过性能和空间。

2.2.2 便于改装

通过大量简化传动系统,底盘可具有更充足的上装空间,方便后期对底盘的改装和设计,有利于悬挂的安装,如举升式悬架、空气悬架或油气悬架等。

2.2.3 便于故障诊断与维修

车辆采用模块化结构形式,方便进行更换和维修。整车可分为电池模块、车架模块、电动轮模块,根据故障的不同,方便进行故障诊断和相应故障模块的更换。

2.2.4 有利于提高机动性能

电动轮技术有利于传递大扭矩,提高车辆机动能力。电动轮驱动底盘各个驱动轮采用轮毂电机,驱动电机具有较大峰值功率和转矩特性,便于混合动力系统的短时大功率输出。

2.3 电动轮驱动系统本身性能优势

相较于传统机械系统,电动轮驱动系统具有如下优势:

2.3.1 速范围宽且加速减速平顺

相较于传统燃油车,电动轮在电机的驱动下具有自动无极变速的显著优势。

2.3.2 具有先进的能量回收特性

车辆在制动状态可将整车动能通过轮胎回收电能重新存储到电池中,提高车辆制动能力的同时完成能量的回收,提高能量转换效率。

2.3.3 具有先进的动力技术

传统车辆驱动控制对发动机动力及传动系统传动效率、发动机和传动系统匹配性要求较高,而电动轮驱动车辆系统反应快、结构简单、传动效率高,且只需控制驱动电动机的驱动力即可实现。

2.3.4 具有先进的驱动形式切换技术

军用底盘多数采用多轮驱动,采用电动轮驱动后,车辆根据路面情况对车轮动力实时分配达到最佳运行状态。

3 电动轮驱动军用混合动力底盘技术发展方向

电机和电池技术的迅猛发展,促使军用混合动力底盘技术越来越受到关注。其中,路面观感技术、电动轮驱动系统机电复合制动技术、电动轮电子差速分配技术可能成为未来发展方向。

3.1 路面观感技术

路面观感技术是通过建立力学模型,来监测车轮与路面的接触。电动车轮驱动系统各驱动轮的动态状态是相互独立的,该技术可使车轮的通过性、动力性和机动性得到进一步提高,为车辆行驶动力学特性的精确控制打下了基础。

3.2 电动轮驱动系统机电复合制动技术

将轮毂电机与车轮及制动器直接相连,由于轮毂电机的低转速、大转矩特性,其再生制动转矩,完全可满足在中低强度制动时制动力要求。为此开发一种新型的机电复合制动系统,在中低强度制动时,以电机制动转

矩为主进行制动。而在大强度制动时,则以机械制动器制动为主进行制动。这样可以充分利用电机制动力进行再生制动,同时满足车辆在大强度制动的制动安全要求。

3.3 电动轮电子差速分配技术

电动轮电子差速分配技术即通过电动轮检测到路面情况和行驶转弯情况,电子差速器经过计算,控制器及时调整转弯内轮和外轮的速度差,保证车辆转弯行驶的平稳性能。

4 结束语

采用电动轮驱动的混合动力车辆本身具有很大技术、性能优势,可明显提高军用底盘各项性能,对缩短我国军用车辆技术与国外差距有重要意义。目前我国已经在电机研发、动力电池制造、电池管理系统研发等方面具备自主可控能力,这为军用混合动力底盘的各项性能的进一步发展打下了坚实的基础。围绕电动轮驱动技术开发新的电动轮驱动技术平台,可实现军用底盘的革命性变革,在节约能源的同时,提高了车辆的稳定性和可靠性,降低车辆的使用成本。

参考文献

- [1] 朱传奇. 电动轮电动汽车电子差速与转矩分配控制研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2014:4-5.
- [2] 王玲珑, 黄妙华. 轮毂式电动汽车驱动系统的研究与开发 [J]. 汽车电器, 2007(3):7-10.
- [3] 方景瑞. 国内外混合动力汽车技术 [J]. 拖拉机与农用运输车, 2005(5):1-3.
- [4] 搜狐新闻. MSV- 美军并联式混合动力重卡 [EB/OL]. https://www.sohu.com/a/347757390_358040. 2019-10-17.
- [5] 单崇哲. 轮毂式电机驱动系统设计与仿真 [D]. 沈阳: 东北大学, 2010:1-8.
- [6] 赵硕. 电动轮驱动汽车差速技术的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2006:1-20.
- [7] 葛英辉, 李春生, 倪光正. 新的轮毂电机驱动电动车电子差速控制系统研究 [J]. 中小型电机, 2003(6):45-49.
- [8] 葛英辉, 倪光正. 新型电动车电子差速控制策略研究 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2005(12):1973-1978.
- [9] 靳立强, 王庆年, 张缓缓, 王军年. 电动轮驱动电动汽车差速技术研究 [J]. 汽车工程, 2007(8):700-704.
- [10] 章昊秋. 轮式驱动电动汽车驱动系统的研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [11] 吴应军. 电动汽车用直驱式轮毂电机的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2012:45-67.
- [12] 陈金荣, 杨小祥, 赵礼辉. 电动轮的优化设计 [J]. 农业装备与车辆工程, 2021(5):135-140.