

军用混合动力汽车应用及展望

杨舒薇¹ 李华² 王晶¹

(1.中国矿业大学化工学院,徐州 221008;2.中北大学能源与动力工程学院,太原 030051)

【欢迎引用】杨舒薇,李华,王晶.军用混合动力汽车应用及展望[J].汽车文摘,2024(5):11-15.

【Cite this paper】YANG S W, LI H, WANG J. Application and Prospect of Military Hybrid Electric Vehicle[J]. Automotive Digest (Chinese), 2024(5): 11-15.

【摘要】通过文献综述总结了军用混合动力汽车的优势,对比分析了国内外先进的军用混合动力汽车的性能和特点,梳理出现有军用混合动力汽车所具有的共性问题:电池的安全性无法保障、电动机寿命易受恶劣环境影响较、成本较高。对军用混合动力汽车的发展趋势进行展望,研究表明:未来军用混合动力汽车性能更均衡、串联式构型加电动轮驱动是未来发展趋势、无人地面车辆将会在未来军事领域发挥重要作用。

关键词:混合动力;军用汽车;应用现状

中图分类号:U469.72 文献标志码:A DOI:10.19822/j.cnki.1671-6329.20220322

Application and Prospect of Military Hybrid Electric Vehicle

Yang Shuwei¹, Li Hua², Wang Jing¹

(1.School of Chemical Engineering &Technology, China University of Mining &Technology, Xuzhou 221008; 2.School of Energy and Power Engineering, North University of China, Taiyuan 030051)

【Abstract】Through literature review, the advantages of military hybrid electric vehicles are summarized, the performance and characteristics of advanced military hybrid electric vehicles at home and abroad are compared and analyzed, and the common problems of military hybrid electric vehicles are sorted out: the safety of the battery cannot be guaranteed, the life of the motor is susceptible to harsh environment, and the cost is high. Looking forward to the development trend of military hybrid vehicles, the results show that the performance of military hybrid vehicles will be more balanced in the future, the tandem configuration and electric wheel drive are the future development trends, and unmanned ground vehicles will play an important role in the future military field.

Key words: Hybrid, Military vehicle, Application status

0 引言

为了增强军用汽车的作战能力和生存能力,满足特种作战的需要,越来越多的军用汽车选择了混合动力系统。混合动力电动汽车同时具有燃油和电力2种动力源,使得军用混合动力汽车相比传统军用汽车具有燃油经济性好、污染少、机动性强、车辆特征信号小等多种优势。张众杰^[1]等分析了国内外主要混合动力汽车的发展现状,总结了高原环境中混合动力系统的环境适应性及发展趋势;史小川^[2]等系统阐述了混合动力汽车及其动力系统,分析了军用混合动力汽车发展存在的问题以及采用不同混合动力模式的优缺点;伍庆龙^[3]等分析研究了混合动力汽车的动力系统和控制策略,详细描述了其不同的运行模式。目前相关研

究多围绕商用混合动力汽车技术的优化设计,对军用混合动力汽车的研究较少,且都集中在系统优化、针对某一特定恶劣条件下的研究或是对军用混合动力汽车性能、研究现状及发展趋势的简单论述。基于此,本文通过文献综述,分析军用混合动力汽车的优势,梳理军用混合动力汽车研究现状、存在的共性问题,并总结军用混合动力汽车发展趋势。

1 军用汽车使用混合动力的优势

1.1 隐蔽性能好

当前军事作战注重隐蔽性,以减弱自身存在,既保护自身安全又能达到突击效果。但传统的燃油车在使用时有排气、噪声、烟和其他热源,很容易被敌方人员或设备检测到,从而对安全产生影响。而军用混

合动力汽车在纯电动模式下的噪声可忽略,且极大减少了辐射源,大幅提高了作战安全性及突击性^[4]。

1.2 动力性能强

电动机的加入使得汽车的功率和扭矩大幅增加,且电动机具有的低速大转矩使得军用混合动力汽车具有安全平稳的爬坡性能,且大幅减少了爬坡时变速器的机械磨损。同时军用混合动力汽车的机动性强,其克服复杂道路、无路地区障碍的能力好,加速性能提升、响应速度提高^[5-6],使军用混合动力汽车能够适应更多复杂路况,提高作战能力。

1.3 可靠性好、实用性强

并联式混合动力汽车若其中一套动力系统因诸如故障或损毁等原因停止运行,另一套系统依旧可以继续工作,使得汽车可以继续行驶,提高了作战生存能力。由于军用混合动力汽车本身携带动力电池组,可以将其视为移动电能补给装置,不但可以为车载电力设备供电,也可以在野外应急场景中应用,且若在阳光条件充足的野外可以将一部分电池更换为太阳能电池,在提升续航能力的同时也节省了部分资源。这些电池组可大幅减少军用车载设备的携带量、有效减少后勤补给、扩大军用汽车作战范围,且对军方来说,额外的电力容量是车载设备的强大支撑,可以获得更大的杀伤力,这些都是推动混合动力汽车成为特种作战车辆的优势。

1.4 燃油经济性好

军用混合动力汽车通过电动机对输出功率的调节,可以使发动机在各种工况下都能在最优效率区间工作,从而大幅度降低油耗、提高燃油经济性。燃油经济性的提高,使军用汽车作战过程中燃油消耗量减少,能一定程度上避免作战过程中运输燃油所带来的安全隐患。

1.5 污染小

混合动力汽车的发动机相比传统汽车排量小,因此可以减少污染物排放,且混合动力汽车具有电力和热力双重优势,若将二者进行合理调配,能减小油耗降低污染。在此基础之上,内燃机可以使用清洁燃料,从而缓解石油能源压力,减少50%~70%的排放^[7]。不仅如此,军用混合动力汽车可以选择在城市运行时以纯电动模式运行,不产生污染。在野外运行时,发动机和电动机配合运行,以适应野外环境。

2 军用混合动力汽车研究现状

自1985年来,“悍马”作为美军的主力军用汽车,

被多个国家和地区购买和使用,其装备数量一度居于全球首位。但近年来,美军在中东地区的作战中发现悍马汽车的快速机动能力不能满足当地复杂的地形,而且悍马汽车在空降作战中很难有发挥空间,因为其体积过大(超过了直升机机舱的可承载体积),所以只能将其吊挂在直升机外部送至战场,但这种方法的安全性与隐蔽性都无法保障。因此,机动性和隐蔽性更加优越的混合动力汽车便成为了特种作战的更优方案。在此基础上,各国纷纷开始开展对军用混合动力汽车的研究。

2.1 国外产品

美国很早将电动汽车技术应用到军用汽车上,由美国通用动力陆地系统公司与美国海军陆战队共同研发制造的“影子RST-V”越野车采用混合动力传动装置,是集侦察、目标指示、监听功能于一身的多功能战车。其动力传动装置包含1台功率110 kW的永磁式发电机,1台额定功率为114 kW的直喷式柴油机;4台50 kW的电动机分别驱动4个车轮,还有1个锂离子电池组。RST-V从静止加速到97 km/h仅需12 s,仅靠锂离子电池组供电可行驶32 km,且能做到无声静默行驶^[8,9]。影子越野车的另一明显优势是当其中一个供能系统故障或损坏时,另一个供能系统可以继续工作,保障影子越野车持续行驶。

先进地面机动车是2007年美国通用动力陆地系统公司和AM通用公司联合推出的一款军用混合动力汽车。先进地面机动车通过永磁轮毂电机驱动,该电机是能够适应高温环境且高效稳定的水冷式电动机。发电机是小体积、低损耗、高效率的永磁水冷发电机。该机动车还安装了一个锂离子电池组,其可以在短程静默行驶时提供动力,最大输出功率为65 kW。

美军于2011年研制出2种太阳能混合动力“悍马”车Alpha,此车在保留原有“悍马”车功能的前提下,减少了70%的油耗;2014年,美军公布了超轻型车辆项目,其防护能力大大提高,应用混合动力系统使其机动性能高于“悍马”,且后续测试时,其混动状态最大行驶里程为700 km,行驶时的噪声可被忽略;2020年,美军混合动力飞行汽车立项;2022年,美军宣布下一代主战坦克AbramsX将采用混合动力系统。

英国航空航天系统公司(BAE)正致力于研究一种更加节能环保而又兼具性能的“绿色武器”,其中不乏对混合动力驱动战车的研究;德国莱茵金属公司研

制的军用轮式战车 GeFaS 变形丰富,采用混合动力驱动,可选择不同工作模式,且功率密度大、自重及噪声小;法国 GIAT 公司研制的混合动力轮式装甲车具有优秀的通过性和隐蔽性;日本测试的一款混合动力汽车最大行驶里程超过 840 km,最高车速为 130 km/h^[10];瑞典、南非等国家也分别推出了采用混合动力驱动的战斗车辆。

2.2 国内产品

为了顺应军事形势的变化,我国于 90 年代开始着手开发和研究军用汽车。但我国混合动力技术发展较慢,在国外混合动力技术发展势头正猛时,我国开始了对混合动力技术的研究。如今对于非传统能源驱动的军用车的关注度到了前所未有的高度,国内的北汽和东风等在军用混合动力汽车上都有了较大的突破。北汽推出的勇士混合动力版是以第二代“勇士”军用汽车为基础,加以创新和改进,这是我国首辆军用混合动力汽车。该车通过对发动机、动力电池以及传动系统进行优化改进,整车性能得到了较大提升,其燃油经济性也突破性地提高了 15%^[11-12]。东风猛士混合动力军用汽车的通过性好,理论爬坡速度能达到 100%,D 级路面最大平均车速可超过 40 km/h。东风新一代 HTF5700HEV 重型特战车采用 12×12 混合动力驱动技术,能够克服柴油发动机高速机动性能不佳的问题,获得超越纯机械传动系统的高可靠性,并且使得行车过程中的噪声和辐射减少,可极大提高车辆的隐蔽性及战场生存力。

除此之外,采用比亚迪混动技术的超级电动八驱装甲车,匹配 8 组轮毂电机,省去机械传动系统,由全电驱动,有多种不同模式可切换,可根据实际情况选择高性能、长续航或静默行驶。并且该车电池具备快拆功能,可灵活布置动力电池组件数量,调整自重,通过快速换电模式可快速恢复全电驱动续航里程。国内混合动力汽车在蓬勃发展,东风、北汽、长安、比亚迪、陕汽、重汽等汽车品牌都投入了大量精力研究混合动力汽车,其中不乏为军用汽车提供技术的企业。

3 军用混合动力汽车存在的问题

尽管军用混合动力汽车有着诸多优势,但使用传统能源的军用汽车仍占据主流,综合分析军用混合动力汽车存在以下共性问题。

(1) 电池的耐用性及安全性能难以保障。当军用混合动力汽车面对各种复杂工况时,电池性能可能会

快速衰减,影响作战需要。目前被广泛采用的锂离子电池已经占据了动力电池领域 58.10% 的市场份额,但同时其安全事故频发。若在战场上突发故障甚至燃烧爆炸,对战况影响巨大。

(2) 电动机的寿命易受恶劣环境影响。与民用混合动力汽车行驶在平坦的城市道路不同,军用混合动力汽车的使用环境往往更加恶劣,对其电动机有很大的考验,因此即便美军在进行相关技术的开发,但其部分技术专家仍然对军用电动车的发展持怀疑态度。

(3) 混合动力汽车的成本高昂。由于目前车载电池与汽车中配套的电驱系统的研发设计与生产制造尚不成熟、锂价格居高不下、混合动力技术研发难度系数大,导致混合动力汽车的成本高于传统汽车。

4 军用混合动力汽车的发展趋势

4.1 军用混合动力汽车的需求

除了上述混合电动汽车需要解决的问题外,军用混合电动汽车还应做到以下 4 点。

(1) 优化整车控制。由于混合动力汽车的整车动力完全由整车控制技术控制,不像传统汽车具有自适应性,导致混合动力汽车的底盘控制系统通用性低。而合适的整车控制技术通过调控整车的动力功率流,可使车辆获得最佳动力性能,也可使系统在最佳工况下运行,此时油耗及尾气排放最为理想,电池损耗也最小,因此优化整车控制很有必要。

(2) 优化电机及驱动技术。在混合动力汽车中,电机不仅是驱动单元,也是能量转换的重要部件^[13]。混合动力汽车要求电机驱动系统具有功率密度大、功率输出稳定、整车加速性好、制动回收效率高、起步和爬坡时有低速高转矩的输出特性、有快速转矩响应能力等性能。目前混合动力汽车的电机也在向小型化发展,电机性能及体积、质量的优化对军用汽车来说,既节省了空间,又为军用汽车的轻量化做出了贡献,使军用混合动力汽车的战场生存能力大幅度提高,因此应加快对电机及驱动技术的研发。

(3) 优化电磁防护能力。在现代化的信息作战中,电磁干扰的威力不容小觑,尤其是混合动力汽车电子设备比较多,同时未来战场信息化程度更高,因此对军用混合动力汽车的电磁防护能力要求更高^[14]。

(4) 提高环境适应性。军用汽车需要面对各种复杂地势(沙漠、丘陵地形(>60%的坡度)、沼泽、软土、

极端环境,见表1),同时还要面对电磁环境、核生化环境,我国的军用混合动力汽车几乎无法很好地满足这些要求,如何在面对这些极端恶劣环境时保持汽车正常工作是一大挑战^[2,15]。

表1 极端环境及其参数

极端环境	最高温度/°C	高湿度/%	高海拔/m	最低温度/°C	干旱
参数	46	≥95	≥5 000	-41	-

4.2 对军用混合动力汽车的展望

国外军方正加紧在军事中运用混合动力技术,提高军事实力。面对复杂的国际形势,我国也应集中精力研发各方面更加强健的军用混合动力汽车,为我国打赢局部战争,捍卫国家安全提供必要的装备。而未来的军用混合动力汽车一定是在原有基础上更加隐蔽、更加可靠、更加实用、燃油经济性更好、污染更小、电磁防护能力更好、整车控制策略更成熟、环境适应性更好,应考虑如何提高其均衡性能。

4.2.1 构型方案

混合动力汽车主要有串联式、并联式及混联式3种构型。随着电池技术水平的不断发展,串联式混合动力构型最容易转换为纯电动模式,在车辆底盘和质量方面相比于其他混合动力构型优势显著,同时也符合目前军用汽车轻量化发展趋势,因此串联式构型是更好的发展趋势。并联式混合动力构型可在较低成本、较短时间内实现应用,其可在多种状态下切换,且没有整车布置方面的限制,通用化程度较高,但是未来仍需简化结构。混联式混合动力构型可以说是并联式混合动力构型的升级版,其控制很方便,但未来也需研究如何能在保证其优点的情况下简化结构、降低成本。

未来采用电动轮驱动技术,有传统机械传动系统无法比拟的独特优势。虽然电力传动作为新兴的传动装置,并没有得到大规模的使用,更多军用车辆偏向于使用传统传动装置。但传统传动装置除了有高效率、低成本或者低损伤、长寿命的优点之外,很难通过改进优化进一步提高车辆性能。而电动轮驱动系统除了具有优于传统机械传动的无级变速特性,仅通过控制电动机驱动就可实现牵引力控制,还可以做到制动能量回收,根据行驶状况选择由哪些车轮驱动,而且由于驱动系统没有机械连接,通过各轮的相互配合,还可实现原地转向甚至滑动转向功能。这些优势决定了电动轮驱动技术是未来民用汽车及军用汽车发展的趋势。

4.2.2 无人地面车辆

随着人工智能技术与工业技术的不断进步,优势众多的无人地面车辆将会成为军用车辆的重要研究内容,其在未来军事行动中的参与度会随之不断增加。发达国家对无人地面车辆的研究起步较早,目前已将其应用至多个领域。无人地面车辆的军事化应用的主要优势是减少各项军事行动中的人员伤亡。其可以作为先锋队和侦察兵,进入危险区域和敌方视觉盲区侦察、监视、排除危险,为后续兵员传递重要信息,并开辟出安全道路;所具有的隐蔽性也容易突袭敌方军队,增加作战成功率;其本身在各项行动中不需后勤补给,可以作为运输车辆,为前方作战人员提供后勤保障,且不用担心运输过程中造成人员伤亡;除此之外,随着近年来的非传统军事威胁增加,机动灵活的无人地面车辆可以在复杂地形中很好地完成反恐任务^[5,16]。随着对其研究不断深入,未来无人地面车辆将有更好的机动性、灵活性、通用性、持久性,将更加智能化、更具战斗力,未来世界战场的格局必将会因无人地面车辆的发展发生重大转变。

5 结束语

军用汽车作为军队地面机动能力的重要组成部分,对军队战斗力影响巨大,选择性能更优异的军用汽车意义重大。为此,本文对军用混合动力汽车的优缺点、国内外研究现状进行了综述。军用混合动力汽车具有隐蔽性能好、可靠性高、燃油经济性好等优势,虽然也存在电池耐用性及安全难以保障、电动机寿命易受恶劣环境影响及成本较高的问题,但随着国内外研究的深入,这些问题有望得到解决。因此在出现更好的选择之前,军用混合动力汽车将占据军用汽车的主市场,发展前景良好。

参 考 文 献

- [1] 张众杰, 彭琪凯, 夏旭, 等. 高原环境军车混合动力系统研究综述[J]. 军事交通学报, 2022, 1(11): 23-27.
- [2] 史小川, 史册, 李丽军, 等. 混合动力技术军事化应用现状[J]. 汽车实用技术, 2019(20): 234-236.
- [3] 伍庆龙, 于长虹, 王燕. 混合动力汽车动力系统运行模式分析(英文)[J]. 汽车文摘, 2023(8): 42-47.
- [4] 彭登志, 静大勇, 周振华, 等. 某轻型混合动力军用越野车动力系统匹配[J]. 汽车科技, 2017(1): 30-34.
- [5] 林文志. 军用混合动力越野汽车技术特点分析[J]. 中国新技术新产品, 2017(2): 43-44.
- [6] 朱诗顺, 闫世良, 孙燕, 等. 基于某型军用越野车的分时驱

- 动混合动力系统研究[J]. 军事交通学院学报, 2013, 15(5): 51-54.
- [7] 王庆年, 曾小华, 王伟华. 混合动力技术在军用汽车上的应用[J]. 吉林大学学报(工学版), 2003, 33(1): 38-41.
- [8] 张怀东, 白雪峰. 美军“影子RST-V”越野车简介[J]. 汽车运用, 2005(3): 14.
- [9] PETER F. U.S. Military Goes for Hybrid Vehicles[J/OL]. IEEE Spectrum. (2004-05-01) [2023-12-30]. <https://spectrum.ieee.org/us-military-goes-for-hybrid-vehicles>.
- [10] 李建秋, 胡家毅. 新能源汽车关键技术国防领域的应用展望[J]. 军民两用技术与产品, 2019(3): 12-19.
- [11] 吴文骏. 军用混合动力越野汽车技术特点分析[J]. 时代汽车, 2017(9): 42-43.
- [12] 桂林, 孙亮. 未来军用汽车的发展趋势——混合动力技术的应用[J]. 农业装备与车辆工程, 2012, 50(3): 35-38.
- [13] 赵升吨, 杨雪松, 王泽阳, 等. 油电混合动力汽车及其关键技术探讨[J]. 汽车实用技术, 2016(7): 20-22.
- [14] 刘培国, 刘晨曦, 谭剑锋, 等. 强电磁防护技术研究进展[J]. 中国舰船研究, 2012, 10(2): 2-6.
- [15] GHASSAN K. Challenges of Hybrid Electric Vehicles for Military Applications[C]//2009 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC 2009). 2009:1-3.
- [16] 张益铭, 张云. 刍议外军无人地面车辆发展现状及趋势[J]. 中国设备工程, 2022(5): 193-194.

(责任编辑 明慧)

【作者简介】

杨舒薇(2000—),女,中国矿业大学,硕士,研究方向为新能源材料。

E-mail: TS22040213P31@cumt.edu.cn

李华(1999—),男,中北大学,本科,研究方向为新能源科学与工程。

王晶(1998—),女,中国矿业大学,硕士,研究方向为新能源材料。

《汽车技术》征稿启事

《汽车技术》杂志是中国第一汽车集团有限公司主办的国内外公开发行的汽车前瞻与应用技术类月刊,为我国高质量科技期刊分级目录入选期刊、中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊、中文核心期刊、中国科技核心期刊、RCCSE中国核心学术期刊(A)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)收录期刊。

《汽车技术》杂志以报道汽车整车及其零部件设计、研究、试验等方面的前瞻与应用技术为主,并兼有理论研究内容,是中国汽车行业核心学术和知识传播与共享的平台。

《汽车技术》将在国家提出的“创新、协调、绿色、开放、共享”发展理念的指引下,把握《节能与新能源汽车技术路线图》和“低碳化、信息化、智能化”的汽车技术主流发展趋势,努力在传统内燃机汽车高效动力系统、轻量化、低阻力领域,新能源汽车和互联智能汽车技术领域,大力吸收优质稿源,为广大科研和工程技术人员服务,为我国汽车工程技术创新能力提升贡献力量。

《汽车技术》欢迎高等院校师生、研发工程技术人员、技术管理人员及相关人员不吝赐稿,反映国家重点扶持项目、自然科学基金项目和其他重点项目等研究成果的稿件将被优先选择刊登。

投稿要求:

- 1.文章字数最好控制在6 000~8 000字范围之内;
- 2.请按科技论文要求撰写文章摘要,摘要中文字数控制在180字左右;
- 3.文章必须附有公开发表的、体现本领域最新研究成果的参考文献,且在文中应标注文献引用处;
- 4.文章主要作者应提供其简介,包括出生年、性别、职称、学历、研究方向及技术成果等;
- 5.来稿的保密审查工作由作者单位负责,确保署名无争议,文责自负;
- 6.请勿一稿多投;

7.本刊使用网站投稿,请先登陆网站注册成功后投稿,详细投稿要求见本刊网站中“下载中心”栏的“作者指南”,

网址:<http://qcjs.cbpt.cnki.net>。

《汽车技术》编辑部