燃料电池应用于坦克动力装置的前景展望

伍赛特

（上海汽车集团股份有限公司，上海200438）

摘要：本文介绍了燃料电池的技术特点以及当前在军事相关领域的应用现状，重点从技术优势及现存问题等方向出发分析研究了燃料电池应用于坦克动力装置的前景，并进行了展望。燃料电池尽管目前在制造成本、可靠性及耐久性、技术成熟度、氢气制取及储备等有着其技术劣势，但其可有效提升坦克等移动军事武器装备的隐蔽性及动力响应性，相比于传统柴油机仍有着不可取代的优势。随着相关技术的不断完善，燃料电池应用于坦克动力装置依然有着较好的前景。

引言

坦克是兼具防护性、机动性以及强大火力的军用装甲车辆。二战期间，坦克在陆用军事武器领域可谓独领风骚，尤其是庞大厚重的重型坦克。主战坦克则是20世纪60年代以后出现的新型战斗坦克，在火力及防护性领域均超越了原有的重型坦克，同时
又具备更卓越的机动性能，能更好地
适应战场，由此动力装置的重要性不言而喻[1-2]。坦克动力装置通常有着如下技术特点：

（1）有着较好的可靠性与耐久性，以此可确保坦克在运行及作战时的机动性。

（2）单位体积功率大，单位体积功率越大，意味着动力装置在一定功率下在坦克内部所占的体积就越小，坦克的外形尺寸也可能越小，降低了车体被炮火击中的可能性。

（3）比重量小，通常比重量越小，则意味着动力装置自身较轻，可确保坦克自身的机动性，在战时有着较好的加速性能。

（4）有着宽广的转速及扭矩变化范围，可满足坦克的动力性需求。

（5）具备较好的适应性，在寒区易于启动，在高温区不易过热，因地制宜，同时可适应多种燃料。

燃料电池最早于20世纪60年代应用于航天工业。直至20世纪90年代燃料电池才逐渐被应用于车用动力装置，为驱动电机提供驱动力能源，以此替代传统内燃机的使用。

燃料电池是一类可在等温条件下将储存于燃料与氧化剂中的化学能直接转换为电能的发电装置，其具备较为复杂的系统。供给能量的活性物质独立于燃料电池，因此只需供给燃料与氧化剂，燃料电池即可像传统的内燃机一样保持连续工作。因此燃料电池并非传统意义上的电池，其基本原理可看作是电解水的逆向过程，在反应过程中将化学能转变为电能。

燃料电池通常可依据电解质类型进行区分，通常可分为磷酸燃料电池、碱性燃料电池、质子交换膜燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池，以及固态氧化物燃料电池。依据工作温度不同，可将碱性燃料电池、质子交换膜燃料电池视作低温型燃料电池；磷酸燃料电池为中温型燃料电池；熔融碳酸盐燃料电池及固态氧化物燃料电池则为高温型燃料电池。

本文通过对燃料电池与柴油机的优劣势对比，从而对燃料电池应用于坦克动力装置的可行性进行了分析，并提出了当前主要面临的技术性问题，同时对其在该领域的应用前景进行了展望，为后续科学研究及工程应用提供了必要的理论依据。

1燃料电池在军事领域的应用现状

1.1军事备用电源

当前，燃料电池在军事领域的应用主要应用于军事备用电源。大量在野外进行使用的便携式电子设备是现代军事行动的重要特征之一[3]

。高能量密度的燃料电池便携式电源可以减轻负重，提高部队前进效率，并且加注燃料的方式使其可进行工作的时间大大延长，这些特点使得燃料电池便携式电源在军用领域受到青睐。

德国SFC公司开发的JENNY600S是应用于徒步士兵系统的直接甲醇燃料电池。这款电池十分小巧，工作安静，可直接将其背在身上，其输出功率为25W，而质量只有1.3kg，相比于锂离子电池，可大幅降低负重达80%，并有效提升作战续航能力。

由SFC公司开发的EMILY燃科电池则专门用于军用车辆移动电源，可为车上各种设备电池自动充电，其功能相当于发电机。除了用于车载电源之外，该款燃料电池也可以用于帐篷、草屋、各种掩体等多种环境，为各种设备独立供电。

美国Ultracell公司则专门为美国陆军设计了一种功率为25W的便携式重整甲醇燃料电池。2009年12月，这种燃料电池加入加利福尼亚州本宁堡机动作战实验室“陆军远征武士试验”。该电池可满足军队在偏远地区使用的移动电子设备的用电需求，如微型通信终端、远程系统、电池充电、计算机和无线电接收装置，最长可提供长达25天的不间断电能供应。该款燃料电池工作时无噪声，无污染物排放，用于驱动无线电、卫星通信、远程或移动监察系统，在目前的军用便携式电源中可谓佼佼者[4]。

1.2军用车辆动力来源

但不可否认，目前国内外以燃料电池等新型能源作为动力来源的新型装甲军用车辆目前仍处于探索和验证阶段，具体应用实例较少。美国陆军近年来研制出的首辆采用氢燃料电池的“侵略者”机动车，标志着美国陆军向车辆动力多元化迈进的重要一步。

“侵略者”机动车采用了10kW的燃料电池混合动力系统，车辆行驶噪声小，最高速度达130km/h，0～65km/h的加速时间仅为4s.该车由美国陆军坦克机动车研究、发展和工程中心（TARDEC）所属的国家机动车辆中心（NAC）与昆腾燃料系统技术公司联合研制。

除了大型装甲军用车辆之外，相关科研人员预计，在环境恶劣的地区可大规模部署小型无人地面车辆，以便执行执行监视和侦察
任务。初步研究表明，根据
所包含的任务，最可取的燃料电池单元的输出能力是5
～15kW[5]
。可靠的和低成本的燃料电池可满足这些小型无人地面车辆的电功率要求。除了美国的空军和陆军，海军也正在考虑部署采用燃料电池作为动力来源的无人驾驶的水下车辆来执行特殊任务。

2燃料电池应用于坦克动力装置的应用前景展望

燃料电池相比于其他常用动力电池，在动力性方面有着其自身的显著优势，但同时也有着成本较高的劣势。就目前而言，如要将现今常见的动力电池中应用于坦克动力装置，燃料电池可谓是最具前景的一类，如表1所示。

表1 燃料电池与其他几类动力电池的对比[6]

参数	铅酸蓄电池	镍氢电池	锂离子电池	燃料电池
比能量/(W·h/kg)	30~50	30~110	100~250	750~1000
能量密度/(W·h/l)	60~75	40~190	250~360	1200~2700
比功率/(W/kg)	90~200	250~1200	250~340	450~2000
成本	最低	较低	较高	最高

2.1燃料电池与柴油机的对比

但就目前而言，柴油机仍是坦克动力装置的首选，燃料电池作为一类新兴的动力装置，相比于传统柴油机，有其优

势亦有其劣势[7-8]。

2.1.1燃料电池的优势

相比于传统柴油机，燃料电池具备如下传统优势：

（1）燃料电池理论效率可达90%，实际效率约为40%～60%，在常用工作范围内明显高于传统柴油机（其理论效率随输出功率的总体变化趋势如图1所示）。

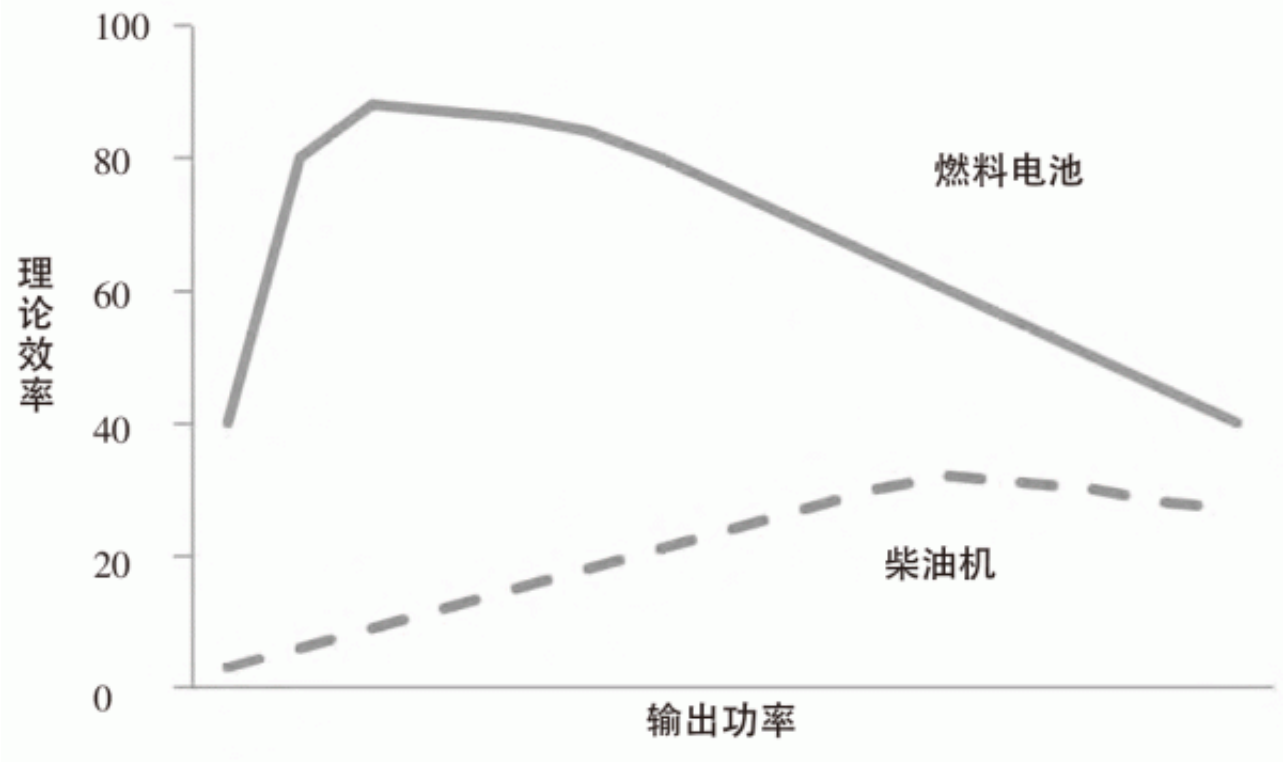

图 1 燃料电池与柴油机的理论效率随输出功率变化的对比曲线[10]

（2）噪声低、振动小，无机械回转部件，工作时较为安静。

（3）以氢气作为燃料，工作时无污染，几乎没有硫化物及氮氧化物的生成。

（4）燃料适应性强，含有氢原子的物质均可用作燃料电池的燃料。

（5）能量输出较为灵活，通过控制可线性地输出电能 [9]。

2.1.2燃料电池的劣势

相比于传统柴油机，燃料电池存在着如下传统劣势：

（1）氢燃料难以获取，不易保存，整体技术成熟度较低。

（2）高温工作时稳定性及寿命有待提升，通常而言其效率会随着工作温度的上升而下降（如表2所示）。

表 2 燃料电池理论效率与工作温度的关系[11]

温度/℃	理论效率/%
25	83
80	80
100	79
200	77
400	74
600	70
800	66

（3）原材料及电池装置成本较高。

（4）对电池系统控制要求较高。

2.2燃料电池应用于坦克动力装置的技术特点

如上文所述，相比于当前在坦克等装甲车辆动力装置领域大放异彩的柴油机，燃料电池同样有着自身的优势。除了效率较高等固有属性，燃料电池应用于坦克等军用车辆还有着提高整车隐蔽性及动力响应性的技术特点。

2.2.1隐蔽性好

对于坦克等移动军用武备而言，隐蔽性是一大重要技术特征。柴油机等传统热力发动机不但有着较强的振动噪声，其尾气排放同样也会极大程度地降低整车的隐蔽性，在战术方面存在着难以消除的技术劣势。

而燃料电池则有着较少的机械运动部件，振动噪声也较低。如11MW大功率燃料电池发电系统的噪声水平通常低于55dB。可使得车辆行动噪声有效降低，减少被敌方发现的几率。同样，燃料电池自身的反应残留物主要为水蒸气，可减少车辆排气热辐射，可有效提升整车隐蔽性。

2.2.2动力响应性好

坦克经常要在不同的地域作战，需涉过不同的复杂地形。相比于柴油机，燃料电池发电系统对负荷变动的响应速度较快，对超过额定功率的过载承受性较好。即使在额定功率以下的负荷工况下运行，其效率变化也不大。因此可有效满足整车需求，并可随时调整输出功率，利于克服不同的地形，实现坦克跨地区作战的环境适应性。

2.3燃料电池应用于坦克动力装置的现存主要问题

2.3.1氢燃料制取及储运补给问题

通常认为氢是燃料电池最为理想的燃料。氢燃料可直接参与电化学反应，并且产物为清洁的水，不会造成环境污染。但如要将氢气作为坦克用燃料电池的燃料，仍面临一些技术难关。

除了较高的成本之外，要以氢气作为燃料，仍需重点解决如下两个问题。其一是如何采用经济有效的方式获取氢。氢可以由天然气等传统燃料通过技术转化而成，作为一类二次能源，其制取方式需消耗大量的能量，并且无法从根本上摆脱对化石燃料的依赖。在自然界中的大量氢储存在水中，尽管取之不尽，但是采用电解水的制取方式就当前的技术水平来看，并不经济实惠。目前认为可用太阳能分解水进行制取氢，该制取方式具备较好的技术前景，但只有当能廉价并大量地生产氢燃料时，燃料电池的燃料问题方可得到根本解决。

第二问题即如何为燃料电池供给氢燃料，该问题相比前者更为严峻。通常氢可采用三种状态进行储备及运输，及高压气态、低温液态以及氢化物状态。采用常规压缩气罐储备的氢能源，运量有限，同时考虑到复杂恶劣的战场环境，对相关配套设备装置的可靠性也有着较高的技术要求。

2.3.2动力性及可靠性问题

就目前而言，燃料电池的功率密度及能量密度仍有进一步提升的空间，同时及技术成熟度亦较为有限，如即时应用于主战坦克动力装置，则其可靠性亦无法得到保障，影响到整车的战斗力及机动性。

并不像传统内燃机等热机采用牢固金属机体结构，燃料电池对于战时的各类冲击爆炸的抵抗力相对较弱，一旦受损后其运作生命力难以得到保障。更为严重的是，其安全性也堪称一大隐患。因此，尽管燃料电池动力系统在公路运输中的重要性日益凸显，但如要即刻应用于主战坦克动力装置，仍有较长的一段路要走。

2.4燃料电池应用于坦克动力装置的前景展望

目前燃料电池在公路运输领域尚未得以大规模推广应用[12-13]，应用于坦克等军用装甲车辆更是仅处于试验性研发阶段。即使目前仍有着制造成本较高、可靠性、耐久性及技术成熟度较低、氢气制取及储备较为困难等一系列弊端，但由于燃料电池自身所具备的高效、低噪声等一系列固有属性，可有效提升整车的隐蔽性及动力响应性，因此其应用于坦克动力装置仍有一定的技术前景。

不可否认，随着低Pt含量合金电催化剂技术、金属表面改性与冲压技术、低成本质子交换膜技术、汽油重整制氢技术等相关前沿领域的不断开拓与发展，燃料电池应用于坦克动力装置的前景可谓蒸蒸日上，日渐明朗。

3结论

目前国内燃料电池相比于国外总体处于落后状态。并且依然在制造成本、可靠性及耐久性、技术成熟度、氢气制取及储备等有着其技术劣势。

柴油机作为一类成熟可靠的热力发动机，在将来相当长的一段时间内，仍会作为主流坦克用动力装置。考虑到目前化石能源的日渐枯竭等问题，尽管技术尚未完全成熟，但随着燃料电池自身技术的发展及经济性的改善、氢燃料制取及储运方式的日益成熟，燃料电池终将在坦克动力装置领域占据一席之地。

参考文献：

[1]伍赛特.内燃机与燃气轮机的差异对比[J].内燃机，2018（04）：10-13.

[2]伍赛特.内燃机与燃气轮机的启动过程及影响因素研究[J].内燃机与配件，2018（15）：52-54.

[3]明海，邱景义，祝夏雨，等.军用便携式燃料电池技术发展[J].电池，2017，47（06）：362-365.

[4]杨莉婷，冯立纲，张久俊.浅析燃料电池[J].自然杂志，2017，39（04）：251-257.

[5]李佳佳.燃料电池的发展与应用[J].新材料产业，2018（05）：8-12.

[6]刘建国.可再生能源导论[M].北京：中国轻工业出版社，2017（02）：217.

[7]伍赛特.柴油机行业技术特点及应用前景分析研究[J].内燃机，2018（05）：56-59.

[8]伍赛特.船用柴油机应用前景展望[J].柴油机设计与制造，2018，24（03）：1-4.

[9]夏桂珍.燃料电池及其在军事上的应用展望[J].武警工程大学学报，2006，18（4）：9-11.

[10]黄晨东，范君.系统工程指导下的产品开发[M].北京：北京理工大学出版社，2014.07：66.

[11]苑章义.燃料电池汽车技术发展研究[M].北京：北京理工大学出版社，2015（09）：110.

[12]梁丰.一种电动清洁小车的设计及动力学分析[J].装备制造技术，2018（08）：79-83.

[13]程泊静，陈刚，陈标，等.纯电动自动驾驶观光车的制动防抱死系统设计与研究[J].装备制造技术，2018（03）：54-57.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/162091.html