

软磁材料在新能源汽车中的应用

The application of soft magnetic materials in new energy vehicles

杜阳忠, 顾小建

横店东磁 软磁事业部, 浙江东阳 322188

摘要: 随着国内新能源汽车相关产业扶持政策的密集发布, 新能源汽车的产销量都实现了跨越式的发展。和磁器件配套紧密的充电桩、车载充电机、车载DC/DC变换器产业也得到了快速成长, 其中需要用到大量高性能的软磁铁氧体和磁粉芯材料。应用于EMC的宽频高阻抗材料, DC/DC变换器用宽温低损耗材料, Boost升压模块用低损耗磁粉芯等材料都是目前终端方案设计选材的方向。

关键词: 充电桩, 车载充电机, 车载DC/DC变换器, 软磁材料

1 引言

二十一世纪是“时代呼唤绿色环保”的时代, 不但要求人们注重节约能源, 更重要的是要求人们更加注重绿色环保, 以实现社会的可持续发展。我国石油资源比较贫乏, 燃油与尾气的排放污染又是未来大中城市大气污染的主要污染源。为此我国发展电动车辆无疑是未来发展的必然趋势, 是符合绿色环保革命的需求, 同时也是实现与发达国家在汽车产业竞争中弯道超车的必由之路。

2014年5月25日, 习近平总书记在上海汽车集团考察时强调“发展新能源汽车是我国从汽车大国迈向汽车强国的必由之路, 要加大研发力度, 认真研究市场, 用好用活政策, 开发适应各种需求的产品, 使之成为一个强劲的增长点”。之后国家不断出台配套新能源汽车的政策。

2015年《加快电动汽车充电基础设施建设的指导意见》提出, 到2020年基本建成车桩相随、智能高效的充电基础设施体系, 满足超过500万辆的电动汽车充电需求。原则上新建住宅配建的停车位百分之百要建设充电设施或预留安装条件。公共停车场配建的充电设施或预留安装条件的比例不能低于10%, 2000辆电动车必须配建一座公共的充电站。

据中国汽车工业协会数据统计, 2015年新能源汽车产量达340471辆, 销量331092辆, 同比分别增长3.3倍和3.4倍。其中, 纯电动车型产销量分别完成254633辆和24782辆, 同比增长分别为4.2倍和4.5倍; 插电式混合动力车型产销

量分别完成85838辆和83610辆, 同比增长1.9倍和1.8倍。在全球新能源汽车领域可谓一枝独秀。2020年我国电动车的保有量目标是500万辆。

尽管电池、电机、电控作为新能源汽车的三大核心部件, 但是目前国内相关产业对国外技术有非常大的依赖, 与国外同行技术存在一定的差距。而作为新能源汽车能源分布管理中的充电系统和电能变换系统, 无论是充电桩、车载充电机、车载DC/DC变换器这三套主要器件和技术, 基本都能进行自主配套。其中都需要用到大量的软磁材料, 为国内磁组件和磁芯厂商提供了一个广阔的空间。

2 软磁材料在新能源汽车中的应用

2.1 充电桩

充电桩是目前整个行业中的热点, 未来五年, 我国新增充电桩应达到480万个, 新增充电站应达到1.2万座。按照单个充电桩平均建设投资2万元、集中充电站设备投资500万元水平预测, 未来五年充电桩的投资额在500亿元上下, 而充电站的投资额约为600亿元, 总体的充电设施基础投资在1100亿元, 平均每年投资额将达到220亿元, 是磁器件和软磁材料厂家重点关注的市场。

充电桩按充电类型分为交流和直流充电桩, 交流充电桩只提供电力输出, 没有充电功能, 需连接车载充电机为电动汽车充电。相当于只是起了一个控制电源的作用, 充电时间也较长。而直流充电桩一般是大电流, 短时间内充

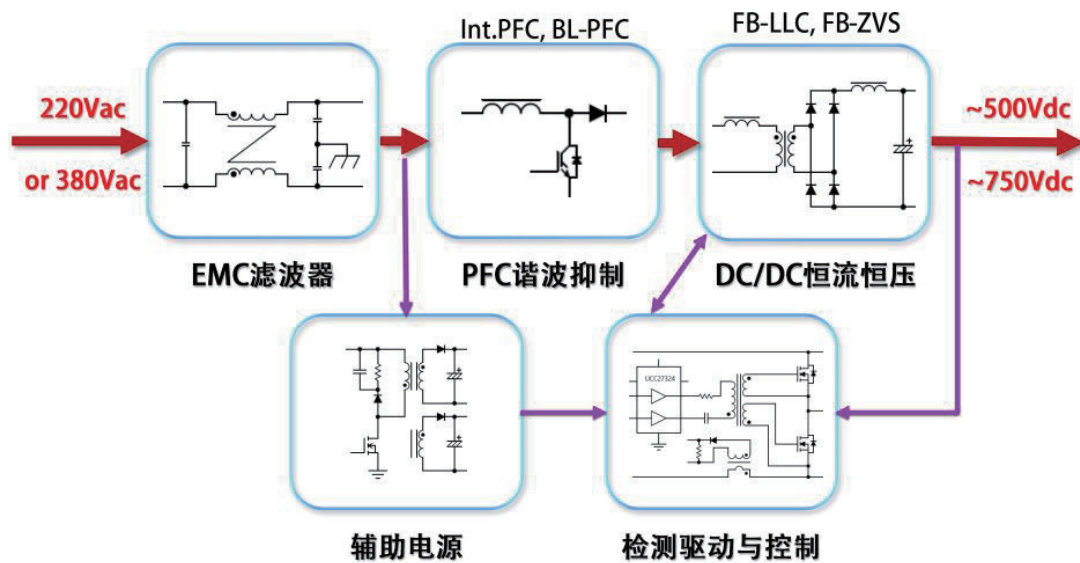


图1 直流充电桩主流电路

电量更大，桩体较大，占用面积大（散热）。适用于电动大巴、中巴、混合动力公交车、电动轿车、出租车、工程车等快速直流充电。直流的主要电路形式如图1所示，与交流电网连接，通过EMC滤波电路、PFC、DC/DC变换后直接向电池组输出一个高压直流。目前市场主流的充电桩都采用充电模块并联输出，单个模块的功率在10~25kW，以15kW为主，也有单机50kW等功率大小的充电模块。通过并联组合成为60kW/120kW等大功率的充电桩。

R10KZ			
μ_i	10kHz, B<0.25mT	25℃	10000 ± 30%
μ_i	200kHz, B<0.25mT	25℃	>9000
$\tan \delta / \mu_i$	100kHz, B<0.25mT	25℃	$\leq 10 \times 10^{-6}$
B_s (mT)	50Hz, 1194A/m	25℃	≥ 380
T_c (℃)			130

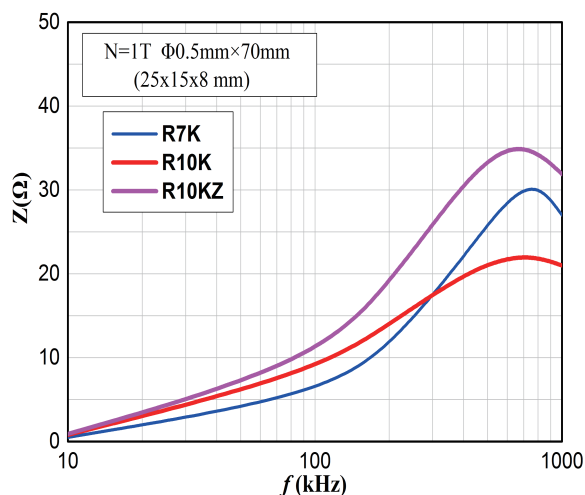


图2 R10KZ材料特性表

为了使电站空间的利用尽量最大化，对充电模块的体积也提出了更严格的要求，其中华为公司对外公布的充电桩模块的尺寸是206×470×80mm，因此对磁器件的设计要求小型化，其中软磁材料也起了非常关键的作用。EMC模块，需要选用软磁高导或者非晶材料，其中选用具有宽频高阻抗系列的高导铁氧体，具有较高性价比。东磁针对宽频高阻抗开发了R10KZ材料，具体特性见图2。相比于传统的高导材料具有更好的杂波抑制效果。

在PFC模块，由于功率铁氧体材料的饱和磁通密度较低，目前市面上的方案基本以合金粉芯为主，可以选用DH(High-Flux)和DFG(FeSi)材料，由于目前充电模块领域成本竞争已经非常激烈，大部分厂商都会采用FeSi材料进行设计。DC/DC模块由于输出功率大，考虑到充电桩会在户外高温下工作，加上自身大电流工作条件，器件线包温度会到120℃，可以使用在更高温度下具有低损耗特性DMR96系列材料。

无线充电桩作为有线充电桩的一种补充方式，无线充电(Wireless Power Transmission, WPT)或是以电磁场为媒介实现电能传递。图3为汽车无线充电方式的常见电路形式，对于EV用WPT，即将变压器一次、二次绕组分置于车外和车内，通过高频磁场的耦合传输电能。与有线充电相比，WPT使用方便、安全，无火花及触电危险，无积尘和接触损耗，无机磨损和相应的维护问题，可适应多种恶劣环境和天气。WPT便于实现无人自动充电和移动式充电，在保证所需行驶里程的前提下，可通过频繁充电来大幅减少EV配备的动力电池容量，减轻车体重量，提高能

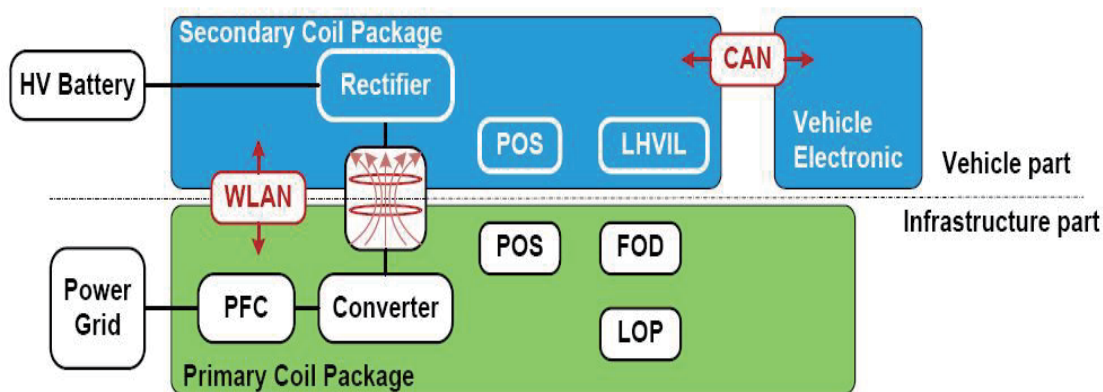


图3 无线充电方式基本电路

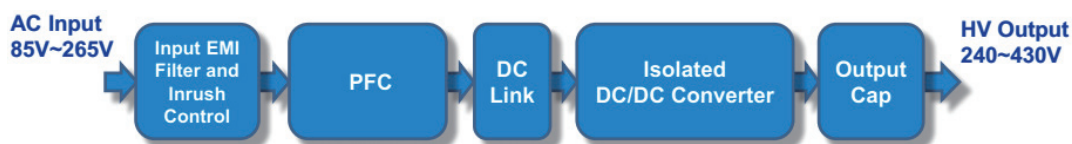


图4 车载充电器常见电路

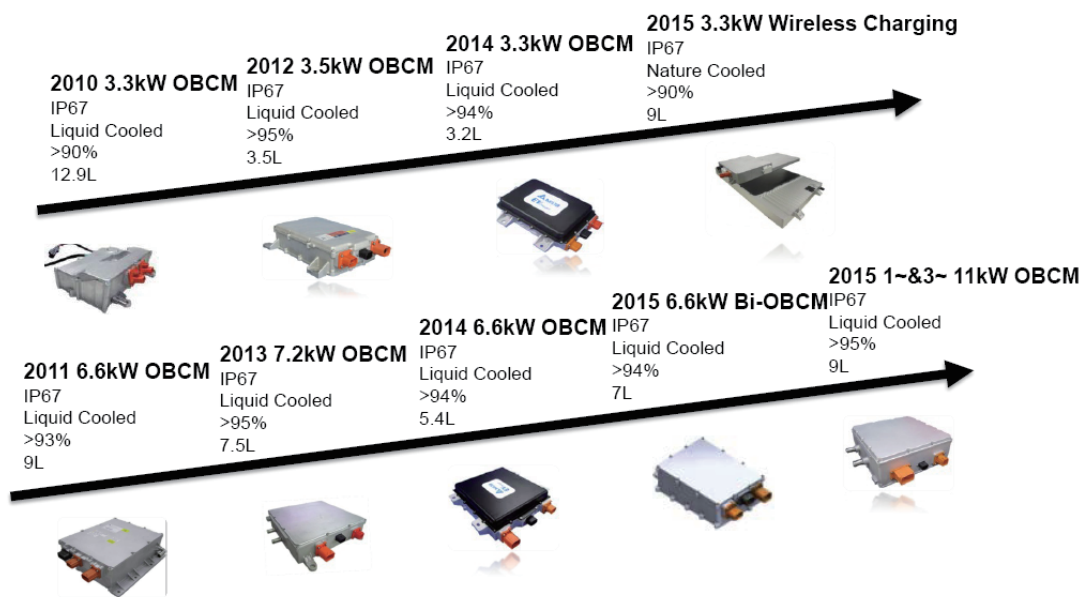


图5 车载充电机发展趋势

量的有效利用率。而减少动力电池容量可以降低 EV 初始购置成本，推进 EV 的市场化。

目前针对汽车无线充电的软磁材料主要是用于发射端和接受端模组，由于功率有乘用车的 3.3 KW，6.6KW，也有用于大巴车的 30kW 以上大功率模块。由于应用环境复杂，需要使用具有宽温、高 Bs 低损耗特性的软磁铁氧体材料。

2.2 车载充电机

车载充电机是安装在新能源汽车上的一个必备模块，指固定安装在电动汽车上的充电机，具有为电动汽车动力电池，安全、自动充满电的能力，充电机依据电池管理系统（BMS）提供的数据，能动态调节充电电流或电压参数，执行相应的动作，通过连接交流充电桩完成充电过程。车载充电器是需要安装在新能源车上，对体积和可靠性较转

统工业级产品要更高一级。图 5 是车载充电机的发展技术路线，车载充电机的高功率密度和高频化设计是一个方向，充电机工作状态基本处于满载输出，在电池组快充满的时候再以小电流进行充电。车载充电机用的功率转换器件软磁材料需要宽温低损耗特性 DMR95/DMR96 系列材料、高 Bs 特性 DMR91 材料，EMI 模块用的高导材料则需要高阻抗 R10KZ/R12KZ、高 Tc 的 (>150℃) R10KC/R12KC 材料，随着高频化设计方案的推进，今后对高频低损耗 DMR51 系列材料需求会进一步加大。

2.3 DC/DC 变换器

目前应用于新能源汽车的车载 DC/DC 变换器主要有两个模块，大功率 DC/DC 双向变换器模块是应用于电池组到电机逆变器之间的，如图 6 显示。双向 DC/DC 变换器指的是在变换器直流电压极性不变的前提下，根据实际需求实现能量双向流动的变换器。由于电动汽车转速范围很宽，行进过程中需要频繁制动，启动，此时电动汽车中的蓄电池电压变化范围比较大，在蓄电池电压供电不稳的情况下驱动电动机运行会对驱动性能造成很大的影响，所以使用 DC/DC 变换器可以将蓄电池的电压在一定的负载范围内稳定在一个相对稳定的值，从而可显著提升电动汽车的驱动性能。

能够回馈能量对电动汽车的续航里程也大为重要，采用双向 DC/DC 变换器同时可以优化电动机的控制技术，在提高整车性能的同时，还可以避免反向倒车时无法控制和蓄电池输出端出现浪涌电压的极端现象。

针对大功率 DC/DC 双向变换器应用的软磁材料，同样可以使用宽温低损耗 DMR95/DMR96 系列材料、高 Bs 特性的 DMR91 材料。

小功率 DC/DC 变换器是用于新能源汽车上各电子设备电压变换模块，车身电子设计电压基本都是沿用传统汽车的 14V，这个电压模块功率传递方向是单向的，电路实现方式见图 7。表 1 列出了市场上主流的一款 2kW DC/DC 变换器模块技术指标，可以看出在不同负载下都要求实现高效率，另外输出电流都在 100A 以上大电流，需要具有

表1 2kW DC/DC单向变换器技术指标

技术指标	
输入电压	240VDC ~ 430VDC
输出电压	9VDC ~ 16VDC
输出电流	150A Max
输出功率	2000W, 2500W Peak
效率	92% @ 20% load, 94% @ 50% load, 92% @ 100% load
纹波	<500mV
EMC	CISPR25 Level 3

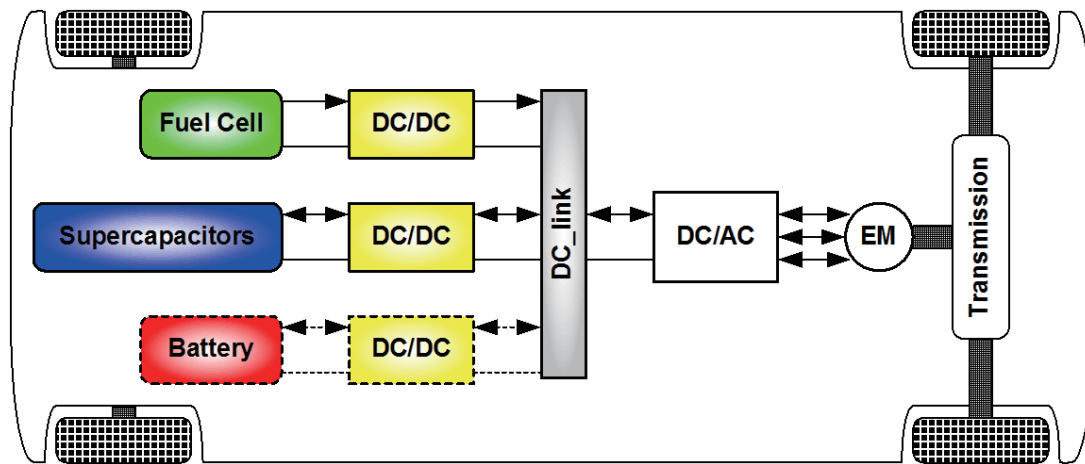


图 6 大功率 DCDC 双向变换器模块架构



图 7 小功率 DCDC 单向变换器电路方式

优异 DC-Bias 特性的铁氧体材料。

2.4 其它相关部件

除了充电桩、车载充电机和车载 DC/DC 变换器三大主要部件外，在新能源汽车上其它部件也使用了较多的软磁材料，包括照明系统、ECU(电子控制系统)、BMS(电池管理系统)、PDU(电源分配单元)、倒车雷达系统、胎压监测系统、无钥匙进入系统、无人驾驶感应系统、车身 EMI 等，根据不同器件的性能要求不同，对应软磁材料要求也不一样。因此根据响应汽车电子的具体元件设计要求，使用对应的软磁材料非常必要。例如照明系统用的 HID 整流器里 DC/DC 部件工作频率都在 500kHz 以上，需要使用高频低损耗 DMR51 材料；无钥匙进入系统和 EMI 系统，需要材料拥有特定的频率特性和磁导率温度特性。所以要求各软磁材料厂家针对特定不同的应用，开发特定特性的 MnZn 和 NiZn 铁氧体。

3 总结

目前新能源汽车将对磁组件和磁芯厂家提供一个广阔的市场空间，竞争已经进入白热化，尤其是充电桩模块市场。只有采用具有性能更优异的软磁材料和器件工艺技术，才会在激烈竞争中占有一席之地。充电桩模块、车载充电机、DC/DC 变换器都会朝着高频化、高功率密度发展，对软磁材料的特性要求会进一步提升。表 2 是新能源汽车用软磁铁氧体材料技术发展方向，可以进一步提升新能源汽车磁器件特性和小型化。东磁软磁拥有高性能 MnZn 功率

铁氧体、NiZn 铁氧体、无线充电磁片、合金磁粉芯全系列材料，配套国内外新能源汽车电子不同电子器件终端客户，不断研发更适合应用设计的软磁材料，为中国新能源汽车产业的发展贡献自己的一份力量。

表2 新能源汽车用软磁铁氧体材料技术发展方向

特性	关键指标
高温低损耗	100℃ Core loss 230mw/cm ³ (100kHz, 200mT)
宽温低损耗	25℃ ~ 140℃ Core loss 320mw/cm ³ (100kHz, 200mT)
高Bs低损耗	100℃ Core loss 280mw/cm ³ (100kHz, 200mT)&100℃ Bs 460mT(50Hz, 1200A/m)
宽频高阻抗	$\mu_i=12000 @10kHz$ & $\mu_i>10000 @200kHz$
高Bs&宽温低损耗	25℃ ~ 120℃ Core loss 340mw/cm ³ (100kHz, 200mT)&100℃ Bs 450mT(50Hz, 1200A/m)
宽温高频低损耗	25℃ ~ 120℃ Core loss 150 mw/cm ³ (1MHz, 50mT)

作者简介：

杜阳忠，男，1971 年生，硕士研究生，横店东磁软磁技术部部长，负责软磁材料技术研发管理工作。邮箱：du_yangzhong@dmegc.com.cn

顾小建，男，1987 年生，硕士研究生，横店东磁软磁技术部 FAE 工程师，邮箱：gxj1@dmegc.com.cn