

# 软磁铁氧体材料的应用市场

## Application market of soft ferrite materials

李红兵, 张文灵

大比特(香港)资讯出版有限公司, 广州, 510660

**摘要:** 软磁铁氧体材料是一种应用最广、用量最大的一种磁性材料。文章综述软磁材料现状, 软磁材料应用市场。介绍了软磁材料在新能源汽车、太阳能光伏发电、无线充电器中的应用。

**关键词:** 软磁铁氧体材料, 应用, 市场

### 1 引言

软磁铁氧体材料是一种用途广、产量大、成本低的电子工业及机电工业和工厂产业的基础材料, 是其重要的支柱产品之一, 它的应用直接影响电子信息、家电工业、计算机与通讯、环保及节能技术的发展, 亦是衡量一个国家经济发达程的标志之一。本文参考中国报告网发布《2018—2023年中国磁性材料市场发展现状及投资规划研究报告》, 整理、综述软磁材料现状, 软磁材料应用市场。介绍了软磁材料在新能源汽车、太阳能光伏发电、无线充电器中的应用。

### 2 软磁材料现状

#### 2.1 软磁材料分类及性能与应用

软磁材料主要是指对于磁感应强度以及磁极化强度具有低矫顽力的磁性材料, 主要分为4类:

(1) 合金薄带或薄片: FeNi (Mo)、硅铁 (FeSi)、FeAl 等;

(2) 非晶态合金薄带: 铁 (Fe) 基、钴 (Co) 基、FeNi 基或 FeNiCo 基等配以适当的硅 (Si)、硼 (B)、磷 (P) 和其他掺杂元素; 又称磁性玻璃;

(3) 磁介质 (磁粉芯): FeNi (Mo)、FeSiAl、羰基铁和铁氧体等粉料, 经电绝缘介质包覆和粘合后按要求压制成形;

(4) 铁氧体软磁材料: 主要含锰锌系 (含功率与高导, 占约 70%)、镍锌系和镁锌系等。

几种主要的软磁材料性比较见表 1。

软磁铁氧体主要应用于电子系统中电磁信号的感应、耦合、转换、变换、传输、隔离、吸收, 最大的用途是制作各种电子变压器、电感器、滤波器 (EMI) 等。

#### 2.2 软磁粉料现状

##### (1) 三氧化二铁原料供应情况

软磁铁氧体用原料主要是三氧化二铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、四氧化三锰、氧化镍和氧化锌等。其中,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是最重要、最主要的原料。

##### (2) 软磁粉料供应情况

国外供应商主要在日本、韩国, 还有中国台湾少量的供应, 供应量约为 15 万 t 左右, 大量粉料在中国大陆生产。

中国软磁粉料上万吨规模的企业约有 9 家, 大大小小的 30 家企业生产软磁粉料 (含锰锌、镍锌、功率和高导), 产能大致超过 35 万 t/a, 2017 年实际产量约为 28 万 t。

表 1 几种软磁材料性能比较

材料名称及磁特性	硅钢片	铁氧体 Mn-Zn	玻莫合金		非晶合金		纳米晶合金 铁基纳米晶
			50N1	80N1	钴基非晶	铁基非晶	
饱和磁感应强度 (T)	2.03	0.5	1.55	0.74	0.55	1.56	1.25
矫顽力 (A/m)	40	8	12	2.4	<1	<4	<2
起始磁导率 ( $10^4$ )	0.15	0.3	0.6	4	10	0.5	8
最大磁导率 ( $10^4$ )	2	0.6	6	20	80	5	40
电阻率 ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )	50	$50 \times 10^{-7}$	30	60	120	130	90
居里温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	750	220	500	450	400	410	570

此外，日本、韩国在国内都有软磁粉料销售，供应中国的市场约每年 6 万~8 万 t。

### (3) 国内软磁铁氧体企业规模

截至 2016 年，我国从事软磁铁氧体生产的企业共约 230 多家。初具规模的企业约 110 多家，2016 年软磁铁氧体产量约 37 万 t，实际产能约 50 万 t。

## 3 软磁材料应用市场

目前，软磁材料的开发方向主要为以下 3 方面：

- (1) 复合软磁材料；
- (2) 纳米及纳米复合软磁材料；
- (3) 稀土软磁材料。

有关研究表明，易面稀土软磁材料在微波频段应用前景最广阔。现在已经证明在吸波材料领域具体应用发展前景。软磁器件技术发展趋势主要为小型轻量化、微型化、片式化、集成化（向混合集成方向发展）、高性能、高可靠、长寿命、高环境适应性。我国软磁器件技术已形成“块体—粉体—薄膜化延伸”和“集成一体化（电感、变压器）”，技术逐渐成熟，图 1 所示为集成化的软磁元件和器件。

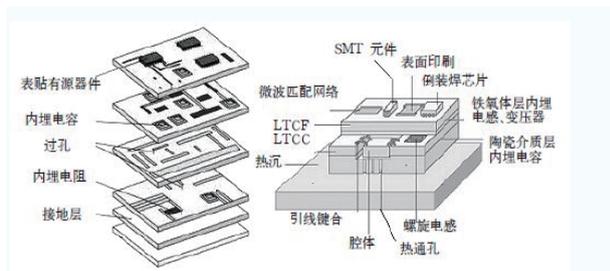


图 1 集成化软磁元件、器件

目前整机电子产品核心和关键技术正迅速向元器件转移。轻、薄、短、小、高性能、高可靠、高环境适应性的应用需求推动电子无源元件和有源器件向小型化、微型化、片式化和集成化方向发展，磁性功能器件集成化技术已成为了当代发展电子新技术的一个突出亮点，也成为世界各国技术竞争和技术封锁的更重要焦点；由于低温共烧陶瓷 (LTCC) 等技术的突破和 PCB 基板内埋置元件技术的迅速发展，使无源集成技术进入了实用化和产业化阶段，新一代无源元件和相关集成技术，在未来几年必将得到更加迅的发展。全球电子元件技术正呈现出超小型、柔性化、嵌入式的发展趋势，而产业融合（半导体技术工艺）推进了电

子元件向模块化、集成化 (LTCC、光电集成) 发展，同时新型材料的使用 (石墨烯、碳纤维等) 带动了新工艺的发展，3D 打印、机器人、智能制造等先进制造技术也正在改变电子元件传统生产方式。

## 3.1 传统应用领域增长的市场

### (1) 通讯领域

4C (计算机 / 通讯 / 广电 / 内容服务) 融合和 4G、5G 方向的发展，推动市场对高频率、小型化、高性能、低损耗和抗 EMI 磁性材料需求。

### (2) 数字终端及智能控制系统领域

智慧城市、智能制造需要大量的智能控制系统和数字终端，智能化要求磁性元件进一步向高性能、高频化、片式化、低损耗和抗电磁干扰方向发展，将推动数字终端及智能控制系统用磁性材料市场快速发展。

### (3) 移动通讯

智能手机、移动智能终端在健康、移动支付等方面的应用必将进一步普及。各种微型片式电感元件、微型射频元器件、微型传感器等稳定增长。

### (4) 汽车电子领域

汽车电子系统、混合动力汽车、无人驾驶车电子系统、EMC 装置、汽车娱乐设备、控制系统、照明系统、EV 充电装置、HEV 动力系统功率转换变压器和扼流圈、DC-DC 变换器、传感器用软磁材料将快速增长。

### (5) 消费类电子

高清晰 3D、健康环保 LCD、LED 大屏幕彩色电视、数字化视音频设备、数码相机、娱乐电子、医疗电子、绿色照明 (如 LED、高频无极灯) 对高性能磁性材料需求旺盛。搭载通信功能、传感技术的智能化家电的渗透率必然增长，射频元件、传感器等电子元件在家电行业将迎来扩张机遇。

### (6) 计算机设备市场

微型计算机是几乎囊括所有电子元件类产品的传统应用领域，在商业应用上仍保持着优势，随着大数据、云计算等技术的发展，服务器市场在“十三五”期间将持续增长。

## 3.2 快速发展中的新兴应用市场

### (1) 高端装备制造市场

高铁、大飞机、航空发动机及燃气轮机、民用航天、海洋工程装备及船舶、核电装备等高端装备制造的发展对电子元件的需求持续增长。

(2) 工业自动化设备市场

工业领域“机器换人”，以及 3D 打印技术的进步，相关设备市场快速发展推动配套的传感器等关键电子元件市场增长。

(3) 节能环保市场

电子元件将在节能环保产业各种环境监测仪器、半导体照明、净水设备、降噪设备、除尘设备、汽车尾气净化设备、垃圾处理设备等市场中获得比以往更快的增长空间。

(4) 健康及医疗设备市场

未来健康及医疗设备市场的爆发式增长，各种新型诊疗技术如远程医疗、手术机器人等都将获得推广，提高配套的电子元件产品的需求。

(5) 互联网、物联网和智能穿戴市场

随着互联网的全球和全民普及，基于大数据的物联网的快速发展，以及智能可穿戴市场的增长，终端、基站、移动支付、射频技术、传感器技术等等将爆发出许多新的市场需求。

(6) 电力与新能源市场

风力发电、太阳能中转换器、变换器、逆变器对高性能磁材需求大幅度增长，3C 认证和抗 EMI 铁氧体器件（除电力新能源领域还包括音视频、信息技术、照明、电信终端等多种电子设备）市场容量巨大。

3.3 重要市场

3.3.1 软磁材料在新能源汽车中的应用市场

软磁材料在新能源汽车中的应用主要包括：

(1) 充电桩用磁心规格及磁性器件。未来 5 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。充电桩的电源用到较多电子变压器、电感器，电感器多一些。用量视充电桩功率大小而定，一个充电桩起码要用到 20 多个磁性元件，要求体积小、性能优、高频化，防水、防腐、高效率、高可靠。

(2) 汽车无线充电桩作为有线充电桩的一种补充方式，由于应用环境复杂，需要使用具有宽温、高  $B_s$ 、低损耗特性的软磁铁氧体材料。

(3) 车载充电机。

(4) DC-DC 变换器。

(5) 其他相关部件。

除了充电桩、车载充电机和车载 DC-DC 变换器 3 大

主要部件外，在新能源汽车上其他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、传感系统等等。

3.3.2 太阳能光伏发电中磁性材料应用

在光伏逆变器中，使用软磁材料有：

- (1) 输入回路的直流 EMI 滤波器；
- (2) 高频 DC-DC 变换电路的储能电感器（非隔离系统）；
- (3) 高频 DC-DC 变换电路的隔离变压器（隔离系统）；
- (4) 工频逆变电路的电抗器；
- (5) 工频逆变电路的交流 EMI 滤波器；
- (6) 工频逆变电路的隔离变压器；
- (7) 取样电路的电流互感器等。

在各种光伏逆变系统中，作为抑制高次谐波的电抗器和抑制 EMI 的交、直流滤波器所用的软磁材料，随系统的功率（电流）大小、频率高低及重量、体积、成本等设计要求不同，包括铁氧体磁心、金属磁粉芯、硅钢片和非晶薄带等。

图 2 所示为常用于光伏逆变器的软磁材料。

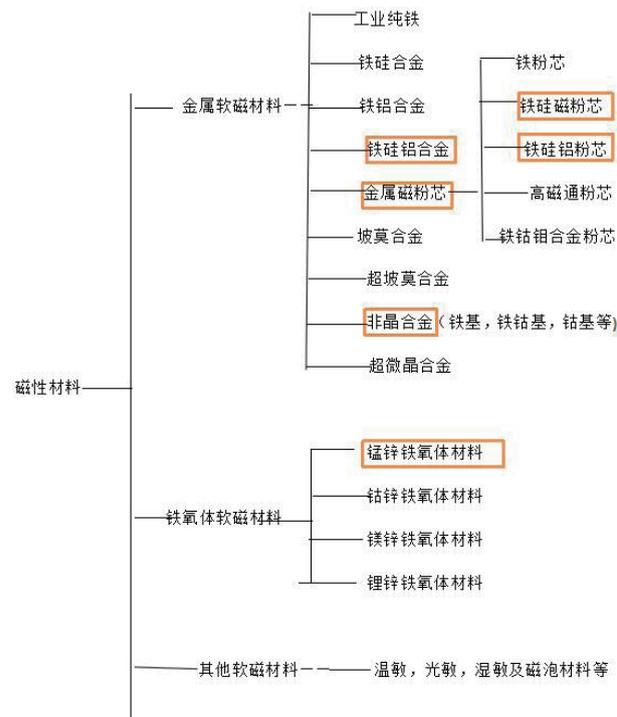


图 2 常用于光伏逆变器的软磁材料（框内）

### 3.3.3 无线充电器中软磁材料应用

软磁材料在充电器中应用主要包括：NiZn 铁氧体薄磁片、MnZn 铁氧体薄磁片、柔性铁氧体磁片；用软磁铁氧体材料制作的各种隔磁片，起增高感应磁场和屏蔽线圈干扰的作用。无线充电器对软磁铁氧体材料性能和产品尺寸、可靠性等要求较高，接收端对其要求更高。

无线充电 4 大技术：磁感应技、磁共振技术、微波技术、电场耦合技术，其中主要的是 2 大技术，磁感应技术和磁共振技术，现在量产的产品基本都是磁感应技术的产

品。目前，整个无线充电的技术发展开始趋于成熟，相关的配套产业链也完整了。

无线充电最大的市场是手机市场，除了手机市场还有很多其他的应用领域，像其他消息电子产品市场、家电、平板电脑、穿戴设备、无人机、电动汽车、电力、工业市场等，以及家具、办公、游戏、玩具市场和对防水等要求高的市场。

2020 年软磁铁氧体主要市场需求预测详见表 2。

表 2 2020 年软磁铁氧体主要市场需求预测

产品	该行业产品的变化及发展趋势	软磁铁氧体在该产品中的主要用途，功能	主要使用该材料品种及型号及其趋势	单机用量 kg/台	国内总量测算 万t	单机用量趋势	
家电	电视机	功耗低，普及超高清显示，数字化	变压，降噪滤波	U, EC, EE, UF 偏转磁芯，工形，螺纹磁芯等	0.5~0.7	2	↑
	音响	低损耗，低噪声	变压，滤波分频	工形，环形	0.02~0.1	5	↓
	其他	低损耗，体积小	变压，滤波	U, EE, EC, 罐形，偏转磁芯，工形，环形	0.04~0.1	3	—
通讯类	手机及充电器	低功耗，功能多元化	磁性天线，电磁兼容	EE, 工形，罐形，环形	0.015~0.2	1.5	↑
	程控交换机	体积小，容量大，速度快，灵活性能	滤波，变压	EE, EP, RM, 罐形，环形磁芯等	200.kg/万线	5	↑
	基站	大功率密度	功率变换	EC, EE, EY, CI等	0.5~10	3	↑
	互联网，物联网	传输速度加快，器件的尺寸逐步减小	应用于电感器，LC滤波器，隔离或匹配作用的宽带变压器，高通滤波器	高导磁率低失真材料，EP或EPX型	0.02~0.1	2	↓
电脑及周边	显示器	高B <sub>5</sub> 低功耗	A C - D C , DC-DC用高频变压器	低功耗磁芯以EE, EI为主，EMI磁芯以环形为主	0.1~0.4	4	↑
	NB	元件高频化，片式化	DC-DC 高频变压器	SMD电感为主	0.01~0.2		↑
汽车电子	工控类	—	—	—	0.1~0.7	2	↑
	汽车音响	低功耗，高频化	开关电源	EE, EC, 环形	0.05~0.2	2	↓
	控制系统，混合动力	低功耗，高能量密度	开关电源，EMI滤波	EE, EC, RM, 环形	0.05~0.5	3	↑

(接表 2)

娱乐电子	未统计						
照明	节能灯	能耗低, 工作寿命长	用于开关电路与谐振电路	EE, EC, 环形	0.05~0.5	4	↓
	LED, 电子镇流器	低功耗, 小型化, 高频化	滤波, 高频振荡, 抑扼流	EFD, EQ, EE, EI, 环形, 磁棒形	0.01~0.2	2	↑
EMS, EMI 类		高磁导率, 高阻抗, 良好的高频特性	EMI抑制, 滤波, 扼流	EPD, EQ, EE, EI, 环形, 磁棒形	0.1~0.6	3	↑
其他新兴产品	光伏	低功率, 小型化, 高频化	滤波, DC-DC 变换器, 逆变	EE, PQ, PM, PLaDar, EE	0.5~6 kW	5	↑
	风力发电	装机容量大, 重量轻	滤波, DC-DC 变换器, 逆变	EE, PQ, PM, PLaDar, EE	0.5~6 kW	2	↑
	电动车	小型化, 轻量化	滤波, 电压变换	—	0.5~1.5	2	↑
电子变压器	小型化, 轻量化, 损耗低, 高频化		功率传递, 电压变换, 纹波抑制	EE, EI, PQ, PLaDar, EE/EI	0.1~0.5	1	↑
合计	51.5						

#### 4 结束语

信息产业的飞跃发展, 软磁铁氧材料的应用领域还在不断扩展, 几乎覆盖了已有各种频段的整机、分机或元器件, 与人们的日常生活密切相关。由于电子信息技术的迅猛发展, 对软磁铁氧体材料的产量和品种需求日渐增多, 这对软磁铁氧体材料的发展带来了新的机遇; 同时也对软磁铁氧体材料提出了日趋苛刻的技术要求。如: 因为开关电源迅速推广和向小型化、高频化发展, 不断对高频铁氧体材料提出降低高频功耗的要; 电子设备和轻量小型化, 推动了电子元件片式化的高速发展, 从而要求软磁铁氧体材料要具有低烧结温度, 高密度或高 Q 值; 由于数字式技术发展引起抗电磁干扰器件和脉冲变压器磁芯需求增长, 单片阵列式、小型、薄型、宽频带、多功能的抗 EMI 元器件将

成为今后开发的重点。要满足这些要求, 就必须在原材料选择、生产工艺、控制手段等上下功夫, 才能制备出高性能软磁铁氧体材料。

#### 参考文献

- [1] 翁兴园. 我国软磁铁氧体材料与器件产业现状及发展趋势. 新材料产业, 2017 (8), 23~28
- [2] 翁兴园. 我国软磁铁氧体产业发展现状分析. 新材料产业, 2013 (5), 34~37
- [3] 陈元峻, 谭庆彪. 中国软磁铁氧体行业分析及发展趋势探讨. 磁性元件与电源, 2013 年第 7 期, 119~123
- [4] 张继松, 王燕明, 何虹. 中国软磁铁氧体材料的发展前景. 磁性元件与电源, 2012 年第 6 期, 101~113