



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子材料与元器件专业教材

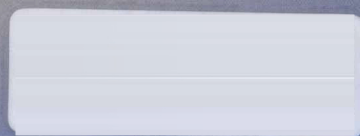
铁氧体



生产工艺技术

TIEYANGTI SHENGCHAN GONGYI JISHU

王自敏◎编著



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

电子材料与元器件专业教材

铁氧体生产工艺技术

王自敏 编著

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书基于永磁铁氧体产品系统化的生产过程,构建各章节的内容,并对其生产工艺原理、工艺过程、操作方法以及有关工艺设备的基础知识等,进行了较详细的阐述。全书共 10 章,内容包括永磁铁氧体的常用原材料及其控制,低、中、高档 M 型永磁铁氧体以及具有高 B_r 的 W 型永磁铁氧体,其主配方的优化设计,预烧工艺的优化控制,预烧过程常见质量问题及其处理,常用添加剂及其作用机理,低成本生产中、低档永磁铁氧体材料的二次配方,正交法对中、高档永磁铁氧体材料的二次配方设计,高档永磁铁氧体材料的二次配方,常规、中、高档永磁铁氧体细粉碎工艺的优化控制,成型、烧结、磨加工、检测工艺的优化控制及其常见质量问题的分析与对策等。

本书可作为高职高专电子材料与元器件专业的教材或磁性材料行业专业技术员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

铁氧体生产工艺技术/王自敏编著. —重庆:重庆大学出版社,2013. 1

ISBN 978-7-5624-4949-2

I. ①铁… II. ①王… III. ①铁氧体—生产工艺
IV. ①TM277

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 117713 号

铁氧体生产工艺技术

王自敏 编著

策划编辑:彭 宁

责任编辑:李定群 高鸿宽 版式设计:彭 宁

责任校对:任卓惠 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:21 字数:524 千

2013 年 1 月第 1 版 2013 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-4949-2 定价:48.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

序

近年来,我国的磁性材料生产的快速发展令世界瞩目,但我国磁性材料行业人才的培养却跟不上形势的要求,特别是高职高专技能型方面的人才,更为欠缺。为了加强国内高职高专在磁性材料方面专业人才的培养,特组织编写了《铁氧体生产工艺技术》。该书的编写填补了国内这方面的空白,相信本书对该方面人才的培养,解决大生产工艺问题等,具有重要而实际的价值。

该书以铁氧体家族中极为重要的永磁铁氧体为例,从铁氧体的工艺原理、工艺过程、操作方法、有关工艺设备的基础知识出发,对其生产工艺做了较详细的讲述,系统地阐述了永磁铁氧体的大生产工艺及其质量控制技术,分析了在大生产过程中影响各类材料磁性能的工艺因数。本书具有如下特色:

第一,基本原理与实例相结合。

第二,先进性与大生产相结合,介绍了目前永磁铁氧体材料行业国内、国际较先进的大生产工艺控制技术。

第三,重视解决大生产过程中出现的问题,如对永磁铁氧体材料大生产工艺控制技术的介绍时,注意结合永磁铁氧体大生产工艺控制过程中,在保证产品磁性能的前提下如何提高永磁铁氧体材料的合格率等。

第四,基于永磁铁氧体生产过程系统化的教学内容安排与组织,学生更容易吸收。

本书文字通俗,简明易懂,对于永磁铁氧体材料的教学、生产、研究等具有重要的参考价值,对其他类型铁氧体的生产、工艺控制,也具有一定的借鉴作用。

电子科技大学微电子与固体电子学院副院长、
教授、博导、电子材料专家邓龙江

2012年4月

前言

为了适应我国磁性材料工业快速发展的形势要求,培养更多的磁性材料生产方面的实用性技术人才,我们根据高职高专的教学特点编写了此书。铁氧体包括永磁、软磁、旋磁、矩磁及压磁铁氧体 5 类材料。不同类型的铁氧体,其工艺具体控制细节不同,但又有相通之处,且各类铁氧体的生产、工艺路线基本相同,加之篇幅有限,本书以铁氧体家族中极为重要的、占铁氧体产量 60% 以上的永磁铁氧体为主线展开讨论。

本书基于永磁铁氧体产品系统化的生产过程,将其基本原理与生产实例相结合,力求反映当今世界磁性材料行业的最新技术动态和最新科技成果。在介绍永磁铁氧体材料的磁性能时,着重于分析在大生产过程中影响各类材料磁性能的因数,解决各参数之间的矛盾,在保证产品磁性能的前提下,解决如何提高永磁铁氧体材料的合格率以及黏结铁氧体大生产常规工艺控制技术。本书文字通俗,内容贴近具体的生产工艺,简明易懂,可作为高职高专电子材料与元器件专业的教材或磁性材料行业专业技术员的参考书。

建议本书的理论、实训课学时分别为 80 ~ 100 学时,理、实一体化教学的效果更佳。

由于永磁铁氧体材料与元器件涉及面广,且发展十分迅速,加之编者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 4 月

目 录

第1章 认识铁氧体	1
1.1 概述	1
1.1.1 我国磁性材料行业的现状及发展战略	1
1.1.2 学习本课程的方法建议	6
1.2 铁氧体的分类及其特性	6
1.3 铁氧体生产工艺的特点	10
1.4 常用术语	10
1.5 永磁铁氧体的主要参数	20
1.6 改善永磁铁氧体材料性能参数的主要途径	27
1.7 制备永磁铁氧体产品的过程控制路线	29
思考题	30
第2章 永磁铁氧体的常用原材料及其控制	32
2.1 永磁铁氧体常用原材料	32
2.1.1 永磁铁氧体的常用原材料	32
2.1.2 原料的化学特性	35
2.1.3 原料的粉末特性	37
2.1.4 粉末的工艺特性	40
2.1.5 原料性能的测量	42
2.1.6 WLP-205 型平均粒度测定仪的校准与测试	47
2.2 永磁铁氧体常用原材料的控制	49
2.2.1 铁鳞的预处理	49
2.2.2 Ruthner 法制备铁红	54
2.2.3 铁精矿粉	58
2.2.4 工业废液、废渣	60
2.2.5 在预烧料的制作过程中,对问题氧化铁的处理思路	61
2.2.6 菱锆矿制备碳酸锆	61
2.2.7 天青石矿制备碳酸锆	62
2.2.8 在预烧料的制作过程中,对问题碳酸锆的处理思路	64

2.2.9 碳酸钙的制备	65
2.2.10 氧化铝的制备	65
思考题	66
实训	66
第3章 永磁铁氧体预烧的工艺与控制	67
3.1 永磁铁氧体预烧料的特征及分类	67
3.2 预烧的作用	68
3.3 固相反应	69
3.3.1 固相反应及其过程	69
3.3.2 固相反应的影响因素	72
3.4 永磁铁氧体的主配方设计	75
3.4.1 中低档永磁铁氧体的主配方设计	75
3.4.2 中高档永磁铁氧体的主配方设计	79
3.4.3 高档永磁铁氧体的主配方设计	82
3.4.4 具有高 B_r 的 W 型永磁铁氧体	87
3.5 混料与造球工艺	88
3.5.1 混料工艺	88
3.5.2 造球工艺	90
3.6 铁氧体的预烧设备	92
3.7 料球在窑内的移动与填充	96
3.8 永磁铁氧体的预烧制度	98
3.9 锶永磁铁氧体预烧料的检测	100
3.10 永磁铁氧体预烧过程常见质量问题及处理	102
3.10.1 以铁鳞为主料在生产过程中的充分氧化问题	102
3.10.2 永磁铁氧体预烧过程中的结窑问题及其处理	103
3.11 永磁铁氧体的其他制备方法	105
思考题	108
实训	108
第4章 备料工艺与控制	110
4.1 永磁铁氧体预烧料的粗破碎	110
4.2 永磁铁氧体常用添加剂及作用机理	114
4.2.1 永磁铁氧体常用添加剂的作用	114
4.2.2 永磁铁氧体常用添加剂	114
4.2.3 SiO_2 , Al_2O_3 复合添加量对永磁铁氧体磁性能的影响实验	120

4.3	中低档永磁铁氧体材料的二次配方设计	122
4.4	中高档永磁铁氧体材料的二次配方设计——正交试验	123
4.4.1	试验设计方法概述	123
4.4.2	正交试验设计方法的优点和特点	124
4.4.3	正交试验设计的基本思想	126
4.4.4	正交表	126
4.4.5	正交试验的操作方法	128
4.4.6	正交试验结果分析方法(参考)	128
4.4.7	$\text{CaCO}_3, \text{H}_3\text{BO}_3, \text{SiO}_2$ 复合添加对材料综合指标的影响	130
4.4.8	$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2$ 复合添加对材料综合指标的影响	132
4.4.9	二次球磨时加入适当的生料与材料的磁性能	134
4.5	高档永磁铁氧体材料的二次配方	135
4.6	常规永磁铁氧体的细粉碎工艺	135
4.6.1	球磨目的、原理及设备	136
4.6.2	影响球磨效率的主要因素	140
4.6.3	影响成型工艺的料浆因素	142
4.7	中高档永磁铁氧体的细粉碎工艺	144
4.7.1	对细粉碎工艺原理的新认识	144
4.7.2	球磨机筒体加筋的改进方法	147
4.7.3	中高档永磁铁氧体细粉碎工艺控制技术	148
4.8	高档永磁铁氧体的细粉碎工艺	150
4.8.1	用正交法探讨粒度分布对永磁铁氧体各参数的影响规律	150
4.8.2	永磁铁氧体料浆的分级研磨工艺	155
4.8.3	亚微米级粒子的制造	156
4.8.4	国外高性能永磁铁氧体的细粉碎工艺	158
4.9	细粉碎阶段常见质量问题及其处理	160
	思考题	161
	实训	161

第5章	永磁铁氧体的成型	162
5.1	湿压磁场成型原理	162
5.2	湿压磁场成型效果的影响因素	163
5.3	湿压磁场成型的模具	167

5.3.1	湿压磁场成型坯体尺寸、型腔尺寸与装料深度	167
5.3.2	锶永磁铁氧体模具设计实例	168
5.3.3	大弓高磁瓦成型的特点及其模具设计	174
5.3.4	提高永磁铁氧体瓦型产品内弧磁通密度的措施	178
5.4	湿压磁场成型常见的质量问题及其处理	184
5.4.1	成型磁场对磁瓦毛坯密度分布的影响及改进措施	184
5.4.2	采用双面吸水方式成型时,磁体端面龟裂现象及其预防	189
5.4.3	喷料与跑浆现象及其处理	190
5.4.4	低密度生坯(软产品)现象及其处理	191
5.4.5	产品圈裂与虚压现象及其处理	192
5.4.6	产品侧面开裂与端面开裂现象及其处理	193
5.4.7	产品黏模与层裂现象及其处理	195
5.4.8	产品角裂现象及其处理	196
5.4.9	其他不良成型生坯形成的原因及其解决措施	197
5.4.10	成型设备的安装、维护与排水系统的优化	198
5.4.11	预防高档永磁铁氧体缺陷生坯的成型工艺控制实例	201
5.5	各向异性永磁铁氧体的其他成型方法	204
5.5.1	应力取向成型	204
5.5.2	干压磁场成型	204
	思考题	207
	实训	207
第6章	永磁铁氧体的烧结	208
6.1	铁氧体的烧结	208
6.2	铁氧体坯件的处理	209
6.3	固态物质的烧结	211
6.4	液相存在下的烧结	214
6.5	铁氧体烧结过程的控制	216
6.6	影响铁氧体烧结效果的因素	218
6.7	铁氧体多晶结构	220
6.7.1	铁氧体的微观结构	220

6.7.2	烧结过程中的结晶成长	221
6.7.3	铁氧体显微结构的控制	225
6.7.4	取向多晶铁氧体的制取	229
6.8	铁氧体的气氛平衡	232
6.8.1	铁氧体的平衡气氛	232
6.8.2	铁氧体的氧气烧结	234
6.9	高温的获得与测量	235
6.9.1	发热体	235
6.9.2	温度的测量	238
6.10	永磁铁氧体烧结窑炉结构	241
6.10.1	永磁铁氧体的常用烧结窑炉	241
6.10.2	永磁铁氧体的常用烧结窑炉的控制系统	243
6.10.3	推板窑升降温段结构的改进	244
6.11	烧结工序常见质量问题及其处理	246
6.11.1	拱板现象及其预防	246
6.11.2	产品升温裂纹及其预防	247
6.11.3	磁体起泡现象及其预防	249
6.11.4	烧结工艺与产品带磁现象及其预防	249
6.11.5	其他常见质量问题及其预防	250
	思考题	251
	实训	251
第7章	永磁铁氧体的磨加工	252
7.1	铁氧体的磨加工	252
7.2	永磁铁氧体产品的磨削设备	253
7.2.1	平面磁体用的双端面磨床	254
7.2.2	瓦形磁体用磨床	255
7.2.3	砂轮的选择	257
7.2.4	金刚石砂轮	257
7.2.5	永磁铁氧体磨加工用砂轮的设计	260
7.3	永磁铁氧体磨加工时形成的缺陷产品及其控制	261
	思考题	263
	实训	263
第8章	永磁铁氧体产品的检测与包装	264
8.1	永磁铁氧体产品的充磁	264
8.2	亥姆霍兹线圈测量装置测磁通	266

8.3	AMT-4 型多功能永磁测量仪对永磁铁氧体的测量	268
8.3.1	测试原理	268
8.3.2	测试过程	269
8.3.3	辅助磁特性的测量	272
8.4	永磁铁氧体产品的包装	272
	思考题	273
	实训	273
第9章	黏结永磁铁氧体生产工艺与控制	274
9.1	黏结永磁铁氧体	274
9.2	黏结永磁铁氧体用磁粉的制备	276
9.2.1	铁氧体橡塑磁性材料用磁粉的制备	277
9.2.2	减振、消音用黏结铁氧体磁粉的制备方法	278
9.3	Ca^{2+} 的添加对黏结铁氧体磁粉性能的影响	280
9.4	压延成型工艺	282
9.4.1	压延成型用设备及工艺路线	282
9.4.2	辐射硫化技术制备永磁铁氧黏结橡胶磁体	283
9.4.3	压延成型制备黏结电机磁条	286
9.4.4	黏结永磁铁氧体卷材及其生产工艺的优化	287
9.4.5	影响压延制品质量的因素	292
9.5	注射成型工艺	294
9.5.1	注射成型设备及工艺路线	294
9.5.2	粗粉加细粉制备黏结磁体	297
9.6	挤出成型工艺	298
9.6.1	挤出成型用设备及其工艺路线	298
9.6.2	磁取向挤出成型黏结永磁材料的制造方法	300
9.7	各向异性黏结磁体在制作过程中的常见问题	301
	思考题	303
	实训	303
第10章	永磁铁氧体各参数对永磁电机的影响规律	304
10.1	永磁电机的认识	304
10.2	永磁铁氧体各参数对永磁电机性能的影响规律	309

思考题	311
实训	312
附录 生产高性能永磁铁氧体材料常用参考资料	313
参考文献	319

第 1 章

认识铁氧体

本章导读:本章主要目的是让读者对铁氧体有一个初步的认识,内容包括铁氧体行业的介绍、铁氧体生产工艺中涉及的相关术语、铁氧体的特性以及其生产工艺特点等。

1.1 概 述

铁氧体是一种以氧化铁为主要原料的磁性材料。它作为电子功能材料之一,广泛运用于电机、变压器、电子仪表等电气设备的制造;汽车、家用电器、核磁共振等消费或医疗设备的制造;移动电话、计算机、网络器材等信息设备以及飞机、火箭、卫星等航空航天设备的制造。由于它具有独特良好性能和广泛的运用领域,因而市场需求巨大。自 20 世纪 40 年代以来,特别是近 10 年以来,铁氧体的生产发展极为迅速,磁性材料的产量持续增长。目前,全世界铝镍钴磁钢产量已达 7 840 t,铁氧体永磁产量已达 676 000 t,稀土钕铁硼磁体产量已达 14 400 t,软磁铁氧体产量已达 431 000 t。

1.1.1 我国磁性材料行业的现状及发展战略

改革开放 30 年以来,我国的国民经济持续、快速发展,综合国力显著增强,磁性材料的运用市场也不断扩展。世界上一些著名的磁性材料企业,如日本的 TDK、FDK、EPSON、日立金属、住友特殊等,韩国的梨树、三和,欧洲的 PHILIPS,德国的 VAC, EPCOS,美国的 ARNOLD, MAGNEQUENCH,均看好中国的市场,纷纷将其产业向中国转移,并相应地压缩了其国内的生产规模。例如,日本的软磁铁氧体从 1997 年的 44 096 t 下降到目前的 11 708 t,铸造磁体从 1 073 t 下降到 519 t,铁氧体永磁从 49 195 t 下降到 38 798 t,稀土磁体从 2 000 年开始下降到仅 1 000 t。美国的铁氧体永磁企业从 1995 年的 11 家已减少到现在的 5 家,稀土永磁企业从 1995 年的 7 家减少到现在的 3 家。

随着世界磁性材料生产向中国的转移,不仅使中国成为了世界磁性材料的生产基地,同

时加速了各类磁体配套件市场在中国的建设,从而大大增强了中国磁性材料工业的整体实力。

(1) 中国磁性材料行业现状与差距

世界磁性材料产业中心的转移,使中国的磁性材料工业面临了难得的发展机遇期,尤其是进入 21 世纪以来,中国磁性材料产业的年均发展速度超过了 20%。初步统计,2003 年中国磁性材料年销售收入突破人民币 150 亿元,达到了 165 亿元,出口 4 亿美元。其中,软磁材料产量 98 800 t,销售收入 66.57 亿元;永磁铁氧体产量 190 000 t,销售收入 52.66 亿元;稀土永磁达产 9 440 t,销售收入 41.73 亿元;铸造磁体产 3 000 t,销售收入 4.7 亿元。

2010 年,中国各类磁体的产量在全球所占的份额还在继续增大,并稳居世界之首,预计到 2020 年,中国磁性材料的产量将占全球一半以上,并成为名副其实的世界磁性材料产业中心。表 1.1 给出了 2003 年中国磁性材料产量与世界主要生产国及地区的产量比较。

表 1.1 中国磁性材料产量与世界主要生产国及地区的产量比较(2003 年)/t

磁性材料	中国	日本	美国	欧洲	其他	合计
软磁	98 800	11 700	8 000	12 500	300 000	431 000
永磁铁氧体	220 000	38 800	30 000	30 000	357 200	676 000
稀土永磁	9 400	7 500	1 100	800	400	18 200

这些年来,中国磁性材料行业取得了长足的发展,但与世界上发达的工业国家相比,还存在不小的差距,主要体现在以下方面:

1) 生产企业尚未达到经济规模

2003 年,中国最大的磁性材料生产企业年销售额在 22 亿元,其他企业 3 亿~4 亿元;而厦门 TDK 公司的销售额就达到了 24 亿元,日本 TDK 公司年销售收入更达到了 85 亿美元(合人民币 697 亿元),是中国磁性材料工业总产值的 5 倍。

2) 产品档次偏低

在国际磁性材料市场上,30%的高档产品占有市场销售额的 70%。并且高档产品几乎被日本垄断,由于中国磁性材料产品的档次普遍偏低,因此其价格要比国际市场同类产品低 50% 以上。表 1.2 给出了中国磁性材料产品价格与日本的比较。

表 1.2 中国磁性材料产品价格与日本的比较

磁 体	日本价格/(美元·kg ⁻¹)	中国价格/(美元·kg ⁻¹)
软磁铁氧体	14.7	7
永磁铁氧体(烧结)	6.6	2.3
永磁铁氧体(黏结)	10	6
钕铁硼磁体(烧结)	130	42
钕铁硼磁体(黏结)	160	72
钕钴磁体	148	78

3) 中国磁性材料生产技术落后,应用开发力度也不够

由于磁性材料的专利发明主要掌握在一些发达工业国的手中,这些国家整机开发的新产品,一般都是首先采用本国的配套磁性元器件,而只有那些市场已趋于饱和且无利可图后才采用中国磁性材料产品。

(2) 发展磁性材料的战略与目标

高性能磁性材料作为一类十分重要的关键电子材料与元器件,已列入我国电子信息制造业“十二五”发展规划的3个专栏之一——基础电子产业跃升工程,电子信息功能材料专项工程的主要内容之一,属于国家重点支持项目。根据信息产业的发展趋势和战略需求,应重点发展新型元器件技术和电子材料技术。

1) 新型元器件技术

重点围绕计算机、网络和通信、数字化家电、汽车电子、环保节能设备及改造传统产业等的需求,发展相关的片式电子元器件、机电元件、印制电路板、敏感元件和传感器、频率器件、新型绿色电池、光电线缆、新型微特电机、电声器件、半导体功率器件、电力电子器件和真空电子器件。

重点技术主要有:

- 1005 型片式电子元器件技术;
- 片式复合网络和无源集成元件技术;
- USB 连接器、IEEE1394 连接器、IC 卡连接器技术;
- 声表面波器件和体声波器件技术;
- 高清晰度显像管技术;
- 多层、柔性、柔刚结合和绿色环保印制线路板技术;
- 高传输速率多模光纤技术;
- 高可靠汽车电子传感器技术和 42 V 汽车电子传感器技术;
- 高音质汽车音响扬声器技术;
- 高档汽车线缆技术;
- 汽车电动助力转向系统用伺服电机技术;
- 温补、压控和恒温晶体振荡器技术;
- 高分辨率环保、安全监控、传感器技术;
- 新型节能变压器技术和微特电机技术;
- 高精度工业控制传感器技术;
- 新型绿色电池技术;
- 半导体功率器件技术;
- 电力电子器件技术。

2) 电子材料技术

重点发展与元器件性能密切相关的半导体材料、光电子材料、压电与声光材料、电子功能陶瓷材料、磁性材料、电池材料和传感器材料等;在电子装备及元器件中,用于支撑、装联和封装等使用的金属材料、非金属材料、高分子材料及各种复合材料等;在生产工艺与加工过程中,使用的光刻胶、化学试剂、特种气体、各种焊料、助焊剂等。

重点技术主要有:

- 半导体材料技术;
- 新型显示器件材料技术;
- 激光晶体材料技术;
- 光纤、光纤预制棒材料生产技术;
- 磁性材料技术;
- 压电晶体材料技术;
- 屏蔽材料技术;
- 磁记录材料技术;
- 陶瓷薄膜材料技术;
- 超薄介质材料技术;
- 电子封装材料技术;
- 工艺辅助材料技术。

国家发展磁性材料的目标及战略要求,重点突破磁性材料高端产品及相应的配套、应用市场,提高产品附加值和技术含量,增强电子材料行业发展的质量和效益,支撑下游产业跨越式发展。

(3) 市场分析与预测

预计到2020年,中国市场需要永磁铁氧体50万t,软磁铁氧体20万t,钕铁硼磁体5万t,分别约占全球市场的60%、40%和50%,具体分布如下:

1) 家电领域

彩电在我国消费类电子产品中一直占主导地位,其产量目前超过1亿台。今后发展热点是高清晰度、大屏幕和向数字化过渡,平板电视将占60%左右。这对磁性材料产品要求更加严格——频率高段化,要求铁氧体电源磁芯有较高的工作频率;高清晰化,要求电源变压器功率稳定,材料功率损耗小、饱和磁化强度大;图像稳定、彩色鲜艳,要求使用高磁导率材料和抗电磁干扰软磁磁芯和高性能聚焦片;数字化的发展,对软磁材料的功率损耗、磁导率、使用频率的要求均比模拟的高;国际能源署规定彩电的待机功率要下降到1W,对低损耗功率铁氧体材料提出新要求。由于大屏幕液晶平板显示器,需要多灯管逆变模块(Inverter)驱动,而多灯管逆变模块就需要更多的磁芯支撑,随着通信和平板显示器的迅猛发展,给磁芯材料行业又增加了一个新的发展点,对通信和平板显示器用磁芯的需求也日益增大,从今后彩电市场发展看,高档软磁铁氧体将占软磁铁氧体总量的80%以上。

数字设备包括DVD、数字摄录像机和数字照相机。全球数字摄录像机、数字照相机、数字录音机以及其他自动相机和音像设备发展很快。数字照相机基本上取代原传统光学照相机,DVD取代了VCD和磁带放映机,数字摄像机用硬盘和DVD取代磁带。这些数码产品集液晶显示、磁记录和图像处理于一体,要求体积小,抗噪声干扰好的磁性元件,绝大多数采用贴片元件。

其他家用电器,如电动厨房用器、吸尘器、电吹风、按摩器、电动玩具、换气扇等的使用,对永磁铁氧体的需求量越来越多。

2) 汽车领域

目前,我国已成为全球第三大汽车生产国,汽车已成为我国国民经济发展的第五大支柱产业。现在每辆汽车用铁氧体永磁电机约41只,铁氧体磁体是用于汽车发动机的可靠性高、

成本低的关键元件。

汽车导航系统被认为是汽车的“大脑”，并且在日益计算机化。其功能的进化是飞速的，包括数据的存储从 DVD 到移动硬盘的更新换代。磁性材料主要是 DC-AC 逆变器、DC-DC 变换器、EMC 噪声滤波器及 HDD 和 DVD 电机磁体。

汽车设计广泛采用高强放电照明方式以及汽车电源变成 42 V，这直接导致宽温、高频、低损耗铁氧体软磁在 DC-DC 变压器中的应用，迅速增加，尤其是电动汽车和混合动力汽车，其发展十分迅速，国内外汽车企业力争攻克高效电力驱动装置和高效电机，日本丰田已经成功开发出实用型混合动力轿车普锐斯 (PRIUS)，国际汽车市场上的磁体，基本上没有我国的份额，国内市场也大部分靠进口。

3) 通信领域

移动通信用的磁性材料可分为铁氧体微波器件、铁氧体软磁器件和永磁元件三大类。

数字用户线路 (DSL) 技术，是发展最快的宽带互联网接入技术之一，包括 ADSL 和 VDSL 两种。DSL 具有传输距离长、成本低、适合光网络架构的特点，因此尽管有 WiMAX、Cable、以太网等新兴接入技术的挑战，但从目前和未来几年来看，DSL 仍是宽带接入市场的主角；加之近年来，3G 手机及固定可视电话机的增长迅猛，对磁性材料的需求越来越大。

4) 计算机领域

我国目前已经成为全球重要的计算机生产和出口基地，尤其是笔记本电脑，已进入快速增长期。计算机是铁氧体软磁和稀土永磁体主要应用领域之一。

5) 节能、环保产品领域

我国规定 2011 年 7 月 1 日以后能效等级为 3 或更低的电机将禁止销售。与同功率交流电机相比，直流电机能耗低 30% ~ 50%，是目前大规模应用的交流电机最直接的替代产品。在直流电机替代交流电机过程中，交流电机几乎不需要永磁铁氧体，而永磁铁氧体为直流电机中必不可少的关键元件，永磁铁氧体市场需求将迅猛增长。

作为中国新的经济增长点的节能、环保的电动车，它的大力推广使用，是铁氧体产品的一个大市场。我国现有电动自行车生产量已超过 1 500 万辆/年，电动自行车技术已经成熟，开发趋势是大功率直流电机的技术还有待于进一步提升，如降低电流和能耗，以延长和扩大电池的有效行驶里程。

绿色照明工程，主要采用低能耗的灯泡，基本上用电子镇流技术的荧光灯；现在国内（包括独资、合资来料加工企业）生产量已超过 10 亿支，最近国外在照明工程方面，为进一步节约电能，采用电子节能灯和半导体发光二极管 (LED)，这方面普遍推广，对铁氧体软磁的需求量极大。

家用电器包括电动厨房用器、吸尘器、电吹风、按摩器、电动玩具、换气扇等的使用，对永磁铁氧体的需求量越来越多；家用电器的大量使用，产生的电磁波，对各类电器的干扰造成了环境的电磁污染，国外已经把绿色环保提到了首位工作，禁止无电磁兼容和抗电磁干扰的电器出售，这对抗电磁的软磁铁氧体来说，是一个大市场。

由于环保和能源的紧张，今后的绿色能源，如风力发电和太阳能发电将加大发展。风力发电对钕铁硼磁体的需求量将是一个飞跃，风力发电和太阳能发电同时要求电流逆变器件，对软磁铁氧体来说，也是一个大市场。