



家电用电动机 设计与修理

JIADIANYONG DIANDONGJI
SHEJI YU XIULI

许上明 周士宣 侯苗根 编著

上海科学技术出版社

家用电动机设计与修理

许上明 周士宣 侯苗根 编著

上海科学技术出版社

家用电动机设计与修理

许上明 周士宣 侯苗根 编著

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所经销 常熟第七印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 7.75 字数 169,000

1996年4月第1版 1996年4月第1次印刷

印数 1—8,000

ISBN 7-5323-3811-8/TM·95

定价: 7.60元

内 容 提 要

本书简明地介绍了家用电器中常用电动机的设计，并较为详细地叙述了修理方法。书中主要对使用较广泛的永磁式直流电动机、交、直流串励电动机及单相异步电动机等设计作了重点介绍，并对这类电动机的常见故障及修理方法也作了系统地介绍。

本书共分三章，内容包括：家电用电动机设计、家电用电动机的故障与修理及电动机的重绕计算。书末附录中提供了电动机修理用的大量技术数据，供电动机修理人员查用。

本书内容丰富，实用性强，可供从事电动机设计及修理人员参考，也可供有关专业的中等专业学校师生参考。

前 言

随着人民生活水平的不断提高,家用电器已大量进入居民家庭,大量的家用电器均采用到各种电动机。由于使用不当或是由正常失效等原因,家用电器用的电动机均受到不同程度的损坏,而损坏了就应该进行修理。

本书中就几种主要常用的家用电器中使用的电动机的一般故障和故障原因及排除方法,作了介绍。但在商品经济的促使下,人们的观念正在发生变化,求知的欲望和范围扩大了,光了解电动机的修理知识还不够,还需了解电动机设计的一般知识。这样使两者都能得到补充,以提高自己的设计和修理水平。因此,本书的内容安排上,就包含这两大部分——设计与修理。

本书列出了永磁式直流电动机、交直流串励电动机和单相异步电动机等三大类电动机的设计,并对日常较为常用的家用电器的故障、故障原因及排除方法作了介绍,接着还介绍了上述三种电动机的空壳重绕并附有例子。在附录中还提供一些有关家用电器用电动机的常用技术数据。

本书内容通俗、实用、使用面广,适于从事电动机设计、修理人员的使用,也可供在校学生参考。

由于时间仓促,编写水平有限,本书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

1994年12月

目 录

第一章 家电用电动机设计	1
第一节 永磁式直流电动机设计	1
第二节 交、直流串励电动机设计	36
第三节 单相异步电动机设计	62
第二章 家电用电机的故障与修理	113
第一节 洗衣机用电机的故障与修理	113
第二节 电风扇用电机的故障与修理	119
第三节 缝纫机电机的故障与修理	132
第四节 电冰箱用电机的故障与修理	137
第五节 空气调节器用电机的故障与修理	145
第六节 吸尘器用电机的故障与修理	149
第七节 电吹风用电机的故障与修理	155
第八节 电动搅拌器用电机的故障与修理	167
第九节 电动剃须刀的故障与修理	172
第十节 电动水泵用电机的故障与修理	176
第三章 电动机重绕计算	179
第一节 单相异步电动机重绕计算	179
第二节 交、直流串励电动机重绕计算	189
第三节 直流电动机重绕	198
附录	200
附表 1 铜电磁线规格	200
附表 2 G 系列单相串励电动机技术数据	202

附表 3	G 型单相串励电动机技术数据	204
附表 4	SU 型交、直流两用串励电动机技术 数据	205
附表 5	U 型单相串励电动机技术数据	206
附表 6	BO ₂ 系列单相异步电动机铁心、绕组 技术数据	208
附表 7	BO ₂ 系列单相异步电动机绕组排列 方法	210
附表 8	CO ₂ 系列单相异步电动机铁心、绕组 技术数据	216
附表 9	CO ₂ 系列单相异步电动机绕组排列 方法	218
附表 10	DO ₂ 系列单相异步电动机铁心、绕 组技术数据	224
附表 11	DO ₂ 系列单相异步电动机绕组排 列方法	226
附表 12	空调用风扇电动机性能参数	235
附表 13	洗衣机用电动机技术数据	237
附表 14	洗衣机用电动机铁心及绕组技术 数据	238
附表 15	XDL、XDS 型洗衣机用电动机技 术数据	239
附表 16	日用电器防触电保护的类别及其 应用	240

第一章 家电用电动机设计

随着科学技术的发展，家用电器也随之得到发展。作为家用电器的主要组成部分——电动机，在家用电器中也得到广泛的使用。在家用电器所采用的电动机通常有：永磁式直流电动机、交直流串励电动机、单相异步电动机、罩极式电动机、爪极式同步电动机、步进式电动机等等。但是，使用最多、用量最大的是永磁式直流电动机、交直流串励电动机和单相异步电动机三大类。本章就这三类电动机作介绍。

第一节 永磁式直流电动机设计

一、概述

永磁式直流电动机具有尺寸小、重量轻、效率高和控制特性好等优点，得到了广泛应用。尤其是三槽永磁式直流电动机广泛应用于经济的小型日用电器中，如电动玩具、电动剃须刀及录音机等微型直流电动机。为了适应大批量生产和降低产品成本，简化制造工艺，要求结构尽可能简化，往往采用电枢齿槽数为三，励磁部分都采用两极铁氧体磁钢的三槽永磁式直流电动机。目前，这类电动机应用日益普及，品种甚多，产量极大。

三槽永磁式直流电动机具有下列特点：

图 1-1 所示为三槽永磁式直流电动机的结构图。此类电动机的零部件多用适合批量生产的冲压件和注塑件，几乎不

需要金属切削加工。

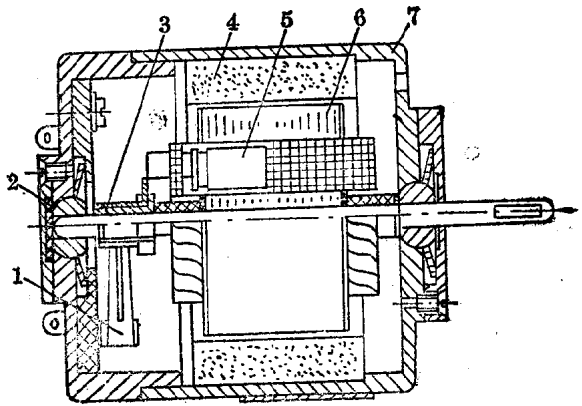


图 1-1 三槽永磁式直流电动机

- 1—电刷；2—轴承；3—换向器；4—磁钢；
- 5—电容器；6—转子；7—机壳

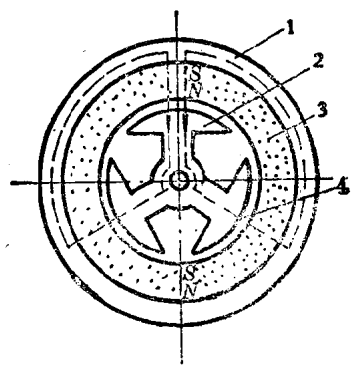


图 1-2 三槽永磁式直流电动机截面

- 1—机壳；2—电枢铁心；3—磁钢；4—机壳

其定子由永磁铁氧体产生磁场，磁钢由一个用 08F 或 10° 钢板等材料冲制成机壳包围着，这样从外面组成磁路，如

图 1-2 所示。

电枢铁心则采用三槽式冲片叠成，电枢铁心槽里和两端表面涂溶槽绝缘或电枢铁心两端装有绝缘板。通常，电枢冲片槽口宽度比普通永磁式直流电动机宽得多，便于绕线机将线圈绕在齿上。电枢绕组的三个线圈接成星形(Y)或三角形(Δ)两种方式，每个线圈的首端分别接到各约占圆周的 $1/3$ 的三个换向片上，三个尾端接成中点或通过换向片构成闭合回路，本程序以星形(Y)为例，每条支路由两个反相串联的线圈或由一个和两个并联的反相串联的线圈组成，线圈节距 $y = 2/3\tau$ ，每经过 π/Z 空间电弧度，总有一个线圈进入或退出某一支路，而改变电流方向，电枢绕组的工作状态变化一次。电枢旋转一周，工作状态共变化 $2Z$ 次。正、负电刷一般放置在某合理位置上，电刷结构多采用平面型(银钨-锌白铜复合带)，它与换向器圆柱的接触，可认为是一条直线。也有块状电刷(铜石墨电刷)，它与换向器圆柱面的接触，可认为是面接触。

三槽永磁式直流电动机主要弱点和采取措施如下：

由于换向火花和无线电干扰成为该电机的主要问题，目前消除干扰有以下几种方法：

(1) 接入抑制干扰的滤波器 这种滤波器可以是电容式，也可是电感和电容组成，该方法对于无线电干扰要求不太严格的场合使用，是可以满足要求的。

(2) 换向片上接电容器 如图 1-3 所示，是本程序例题采用的方法。这种方法对电枢铁心槽满率较低的电机中采用较多，电容器放在槽中，电容器是无极性。电容器的一只脚焊在换向片上，另一只脚组成圆环联在一起，可用作平衡环，校动平衡用的。

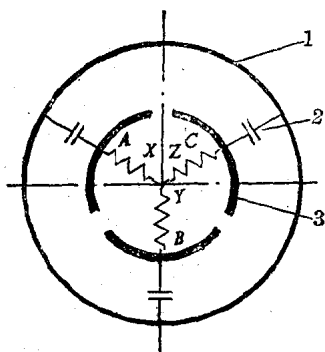


图 1-3 电容器和换向器接线图
1—平衡环；2—电容器；3—接向器

(3) 换向片间接电阻
这种方法消除换向火花的干扰效果比接电容器好，而不受频率影响。但它要消耗电机的电流。

(4) 换向片间接压敏电阻
这是国内外较多采用方法之一。由于压敏电阻具有非线性的伏安特性，只要合理地选择其电阻值，就可以得到较为满意的效果。

1. 永磁式直流电动机磁钢结构特点

永磁式直流电动机的磁钢结构有外磁式和内磁式结构，大多采用外磁式结构，这里主要介绍铁氧体和铝镍钴磁钢的结构。

图 1-4(a) 和 (b) 所示的分别为环形的各向同性铁氧体和塑料铁氧体磁钢及铝镍钴 5 类磁钢，这种结构简单，容易加工，装配方便，分别在三槽永磁式直流电动机和多槽永磁式直流电动机得到了广泛的应用。

环形磁钢的磁力线在气隙中为径向。这两种磁钢等值磁路长度和截面积的计算公式也各异。由于微电机中所使用的磁钢尺寸都比较小，磁钢在进行磁场热处理时，只能把磁极放在圆环的外圆表面上。而在实际工作时，图 1-4(b) 上 *a* 处的磁力线却与原来充磁的磁力线方向相反，所以对磁钢的利用就不够充分。

图 1-5(a) 所示是目前采用铁氧体 Y10T 磁钢的三槽永磁式直流电动机常用的结构，铁氧体具有高抗去磁力，所以这

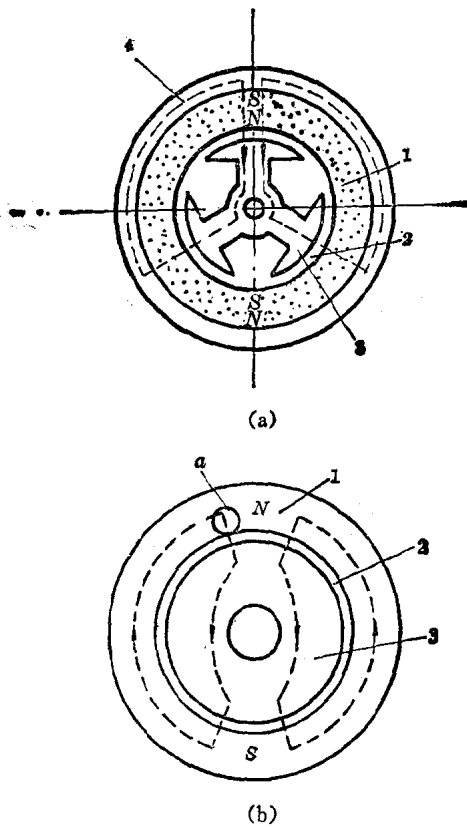


图 1-4 环形磁钢结构图

1—环形磁钢；2—气隙；3—电枢铁心；4—机壳

种结构的电机一般都在装配前内充磁，充磁后将充磁极头取出然后装配。图 1-5 (b) 是目前采用铝镍钴磁钢的多槽永磁式直流电动机中常用结构，这种结构的电机一般都采用装配后充磁的方法，这样对磁钢的利用较好。

图 1-5(a) 和 (b) 所示为弧形磁钢结构，这种结构的特点

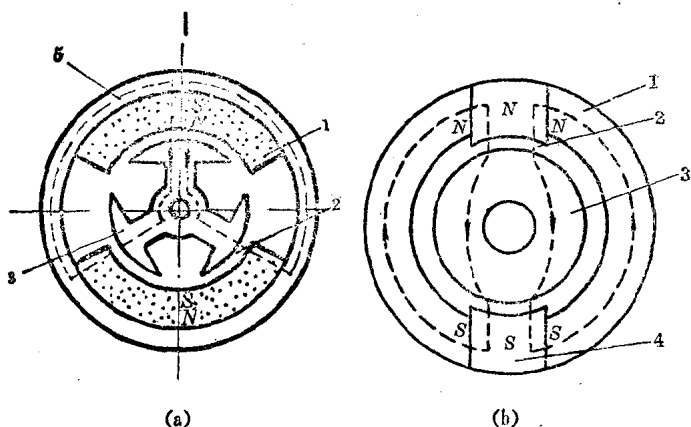


图 1-5 弧形磁钢结构图

1—弧形磁钢；2—气隙；3—电枢铁心；4—磁极；5—机壳

是能充分利用磁钢，但结构比较复杂。

图 1-5(a) 所示磁钢结构，各向异性的铁氧体不容易做成圆环形的，而它适宜做成弧形磁钢。这种结构的磁钢性能高，但是固定磁钢不十分容易。一般弧形磁钢所对的圆心角 $\alpha = 120^\circ \sim 135^\circ$ 。适用于较大功率的三槽永磁式直流电动机。

图 1-5(b) 所示，磁极由软磁铁制成，磁钢的内外圆无须磨削，磁钢利用率高，机壳为铝金材料，但结构复杂，适用于功率较大的多槽永磁式直流电动机。

图 1-6(a) 和 (b) 所示为块形磁钢结构。这种结构的磁钢可以采用磁性能比较高的磁钢制成永磁体。

图 1-6(a) 所示的磁钢结构，由各向异性的铁氧体制成，适用于三槽永磁式直流电动机中。图 1-6 (b) 所示这种结构的磁钢可以采用磁性能比较高的结晶取向磁钢，因为它的

形状比较规则,这样可以得到比较高的气隙磁密,广泛用于直流力矩电机中。

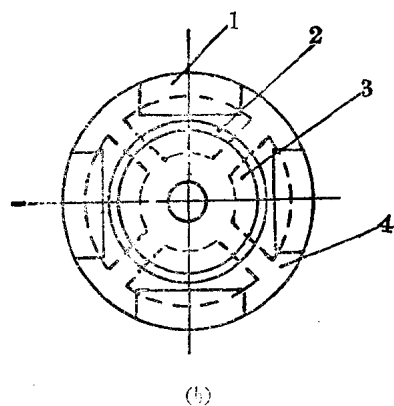
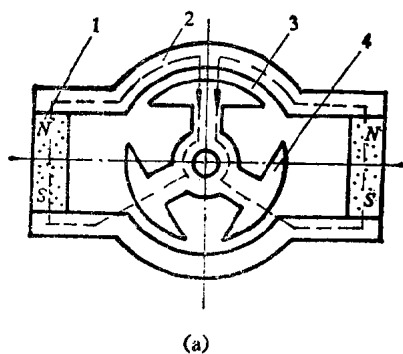


图 1-6 块形磁钢结构图

(a) 铁氧体磁钢

1—磁钢; 2—机壳; 3—气隙; 4—电枢铁心

(b) 结晶取向磁钢

1—磁钢; 2—气隙; 3—电枢铁心; 4—磁极

磁钢结构还有内磁结构,通常用于环形电枢永磁式直流电动机中。轴向磁钢结构其磁力线方向为轴向,一般用于盘

式电动机中。

三槽永磁式直流电动机的永磁体一般采用铁氧体磁钢。多槽微型永磁式直流电动机的永磁体一般采用铝镍钴磁钢。铁氧体磁钢是一种不含镍、钴等贵重金属的非金属永磁材料，铁氧体与铝镍钴合金相比，它具有很高的矫顽力、有很强的抗去磁能力、高电阻率、密度小及价格低廉等优点。又因铁氧体磁钢去磁曲线近似直线，其特点矫顽力 H_c 高，电机就能稳定运行。所以，该材料在三槽永磁式直流电动机得到广泛应用。

铁氧体和铝镍钴合金永磁材料性能指标如表 1-1 和表 1-2 中所示。

表 1-1 永磁铁氧体性能

材料 牌号	Br (韦/米 ²)	bH_c (千安/米)	$(BH)_{max}$ (千焦/米 ³)	比重 (克/厘米 ³)	相对回复 磁导率 μ (韦/米 ²)	温度范围 (°C)
Y 10T	≥ 0.2	128~160	6.4~9.6	4.0~4.8	1.0~1.3	-40~+85
Y 15	0.28~0.36	128~192	14.3~17.5	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 20	0.32~0.38	128~192	18.3~21.5	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 25	0.35~0.39	152~208	22.3~25.5	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 30	0.38~0.42	160~216	26.3~29.5	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 35	0.40~0.44	176~224	30.3~33.4	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 15H	≥ 0.31	232~248	≥ 17.5	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 20H	≥ 0.34	248~264	≥ 21.5	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 25BH	0.36~0.39	176~216	23.9~27.1	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85
Y 30BH	0.38~0.40	224~240	27.1~52	4.5~5.2	1.0~1.3	-40~+85

表 1-2 铸造铝镍钴永磁合金性能

牌号名称	代号	磁性能(不小于)			特 性
		B_r (韦/米 ²)	bH_c (千安/米)	$(BH)_{max}$ (千焦/米 ³)	
铝镍	8 LN 8	0.45	57	8.0	各向同性
铝镍	10 LN 10	0.6	36	10.0	
铝镍钴	13 LNG 13	0.68	48	13.0	
铝镍钴	20 LNG 20	0.9	52	20	各向异性
铝镍钴	32 LNG 32	1.00	44	32	
铝镍钴	40 LNG 40	1.25	48	40	
铝镍钴	52 LNG 52	1.30	56	52	
铝镍钴钽	32 LNGT 32	0.80	100	32	
铝镍钴钽	56 LNGT 56	0.95	104	56	
铝镍钴钽	72 LNGT 72	1.05	111	72	

2. 磁钢充磁

磁钢充磁以后才能成为磁源，充磁电源和充磁方法的选择好坏直接影响磁钢性能好坏。本文主要介绍铁氧体和环形铝镍钴磁钢的充磁。电机的性能与磁钢性能有关，为了获得较高的电机性能指标和平稳的运转状态，三槽永磁式直流电动机的铁氧体磁钢充磁方法一般采用脉冲内充磁方法。充磁头形状可分为 I 型、H 型和双半圆形三种，如图 1-7 所示。不同的充磁头形状决定了电机不同的气隙磁密的分布形状，如图 1-8 所示。I 型充磁头充得尖顶气隙磁密分布波形，所充得的气隙磁密分布波形包路面积不大，永磁体没有得到充分利用，因而很少用。H 型充磁头将使永磁体充得宽马鞍形波形，

此时电机不通电就会有**很强的磁拉力**，但电机的性能指标高，当电机运转时产生较大的振动，引起较大噪声。另外，使电机的静摩擦转矩增大，使电机空载转矩增大，空载电火花加剧，导致换向不利，电刷寿命下降。所以，宽马鞍形波形尽管其波形面积较大，永磁体贮能较多，但也很少采用。用得较多的是双半圆磁头，可获得在一定的极弧系数 α_p 值，气隙磁密分布基本上接近正弦分布的最大波形面积，用这种充磁头充磁可以减少电机火花干扰，降低噪声，减小磁拉力，减小振动，降低空载电流和负载电流，提高效率，在保证电机性能的条件下，充分发挥永磁体的磁性能。

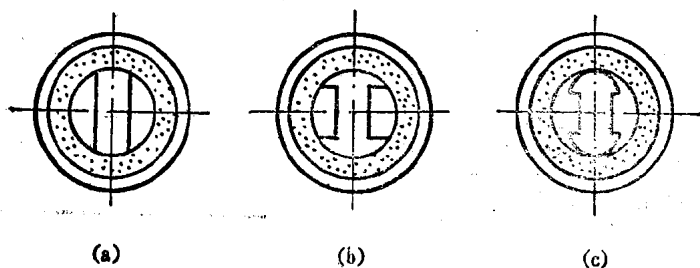


图 1-7 充磁极头形状

(a) I型极头；(b) H型极头；(c) 双半圆极头

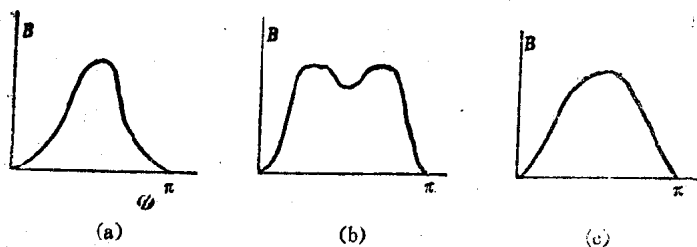


图 1-8 定子永磁体内表面剩磁分布波形图

(a) I型极头充得尖顶波；(b) H型极头充得宽马鞍形波；
(c) 双半圆极头充得正弦波