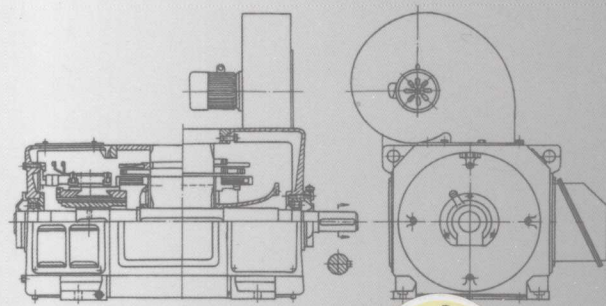
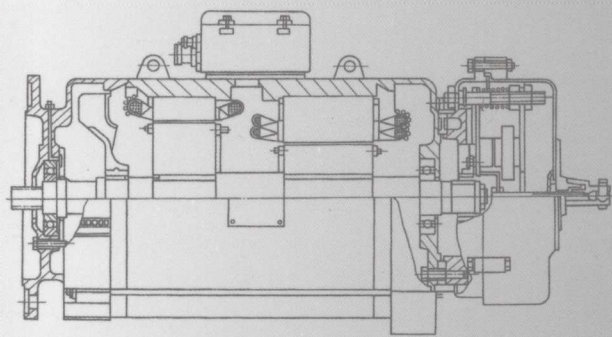
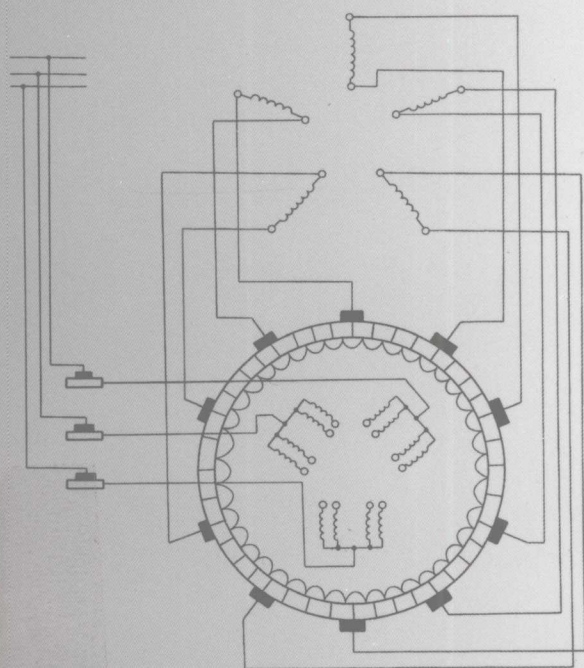


电动机修理手册

单行本

特殊用途电动机修理

赵家礼 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电动机修理手册

单行本

特殊用途电动机修理

赵家礼 主编



机械工业出版社

全书共三章，包括六种特殊用途电动机。

直线异步电动机修理主要介绍该机的结构特点及工作原理、安装、使用维护方法、绕组修理计算及试验方法等；

交流力矩电动机修理主要介绍该机的分类结构、选用、运行维护和修理及检查试验等；

三相变极多速异步电动机修理主要介绍该机绕组的排列方案、常见运行故障及修理实例等；

三相异步换向器电动机修理主要介绍该机故障及修理、运行调试及实例等；

电磁调速三相异步电动机修理主要介绍该机故障修理及修理实例等；

旁磁制动三相异步电动机修理主要介绍该机的使用维护特点、修理方法和制动器计算等。

本书适合广大电机修理工人和有关工程技术人员阅读，也可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

特殊用途电动机修理/赵家礼主编. —北京：机械工业出版社，2008.3

(电动机修理手册：单行本)

ISBN 978-7-111-23511-8

I. 特… II. 赵… III. 电动机—维修—技术手册 IV. TM320.7-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 022130 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：李振标 责任校对：张 媛

封面设计：姚 毅 责任印制：杨 曦

北京机工印刷厂印刷 (兴文装订厂装订)

2008 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·13.75 印张·469 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-23511-8

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

《电动机修理手册》单行本分册目录

• 小功率电动机修理	第一章 单相电动机修理
	第二章 小功率三相异步电动机修理
	第三章 单相交流异步电动机试验
• 三相交流电动机修理	第一章 三相低压交流电动机修理
	第二章 三相高压交流电动机修理
	第三章 电动机修理试验
• 直流电动机修理 · 牵引电动机修理	第一章 直流电动机修理
	第二章 牵引电动机修理
	第三章 直流电动机和牵引用直流电动机试验
• 起重及冶金用三相异步电动机修理 · 防爆防腐电动机修理 · 潜水电泵 与泵用电动机修理	第一章 起重及冶金用三相异步电动机修理
	第二章 防爆防腐电动机修理
	第三章 潜水电泵与泵用电动机修理
• 特殊用途电动机修理	第一章 直线异步电动机的修理
	第二章 交流力矩电动机修理
	第三章 三相变极多速异步电动机修理、 三相异步换向器电动机修理、电 磁调速三相异步电动机修理、旁 磁制动三相异步电动机修理

单行本前言

《电动机修理手册》一书自1988年2月出版以来，先后重印再版多次，深受读者欢迎。

为了更好地满足广大读者需求，此次出版采取了单行本的形式以飨读者。将《电动机修理手册》第3版分为5册单行本，读者可按自己需要，有针对性的选用，从而降低购书费用，并方便携带和阅读。5册单行本有：

- 小功率电动机修理
- 三相交流电动机修理
- 直流电动机修理·牵引电动机修理
- 起重及冶金用三相异步电动机修理·防爆防腐电动机修理·潜水电泵与泵用电动机修理
- 特种用途电动机修理

本手册在拆分单行本的过程中，改正了原书中的错误之处和去掉了一些不适当的内容，也得到了许多同志的帮助，在此表示衷心感谢。

编者

电动机修理手册

第3版

主编 赵家礼

编写人（以姓氏笔划为序）

才家刚 朱建德 李圣年 沈宝堂

何 青 杨万青 杨海龙 居志尧

范全乐 胡康银 赵家礼 赵 捷

赵 健 商庆元 黄士鹏 彭友元

钱良钗 蔡廷锡 樊世昂 潘品英

第3版前言

本手册自1988年2月出版以来,先后重印多次,深受广大读者欢迎。近年来,由于我国科学技术的突飞猛进地发展,电动机的品种以及派生系列不断涌现,新制造的电动机质量要求也越来越高,这就要求从事电机修理行业的人员要及时了解到这些新产品的特殊结构、性能以及新工艺、新材料、新的质量标准等要求,否则不能胜任当前的维护和修理工作。鉴于此,为了满足各工矿企业、修理行业面临的新任务,以及对于电机修理技术的迫切要求,这次对全书做了全面的认真的修订工作。

这次修订的特点:

- 1) 近年来全国各地的修理单位对于特种电动机的技术问题经常来信来访,说明在维修特种电动机工作中存在许多困难,因此在这次修订时,将特种电动机侧重加以详述。
- 2) 增加了Y2系列电动机的技术数据。如Y2、YZR2等新系列的技术数据。
- 3) 在技术数据中增加了电动机出厂参考价格和铜线重量以及电动机总重量,这些数据对于匡算电动机修理价格、用铜量以及交通运输等均有所帮助。
- 4) 增加了防爆、防腐、起重及冶金、电梯、塔吊电动机的修理内容。
- 5) 补充了电动机修理的新材料、新工艺、新经验和修理实例。
- 6) 删除本“手册”中不适用的章节内容和谬误之处。同时删除了老系列电动机的技术数据。

修订后的“手册”共分十三章。

第一章 单相电动机修理的第一节至第七节由朱建德、潘品英执笔;第五节中五由胡康银、高庆元、钱良钗执笔。

第二章 小功率三相异步电动机修理由朱建德、沈宝堂、范全乐执笔。

第三、四章 三相低压、高压交流电动机修理由赵家礼执笔。

第五章 直流电动机修理由赵捷、何青、赵健执笔。

第六章 直线异步电动机修理由蔡廷锡执笔。

第七章 起重及冶金用三相异步电动机修理由杨海龙、黄士鹏执笔。

第八章 防爆、防腐电动机修理由杨万青执笔。

第九章 潜水电动机修理由李圣年执笔。

第十章 交流力矩电动机修理由胡康银、高庆元、钱良钗执笔。

第十一章 牵引电动机修理由樊世昂、居志尧执笔。

第十二章 其他特种电动机修理由赵家礼执笔。

第十三章 电动机修理试验由彭友元、才家刚执笔。

全书由赵家礼统稿和主编,第一、二章由朱建德主审。

在此次编写工作中,得到很多同行的帮助,提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,对书中的错误和缺点恳切希望广大读者提出批评和指正。

编者

主要符号表

本手册采用国家标准 GB/T13394—1992 规定的符号。

A	面积、电负荷、负载率	C_i	槽绝缘厚度
A_e	导线截面积	C_k	端环宽度
A_{e1}	定子绕组导线截面积	C_j	轭部磁压降校正系数
A_{e2}	转子（电枢）绕组导线截面积	D_1	定子铁心外径
A_{cm}	主绕组导线截面积	D_2	转子铁心外径
A_{ca}	副绕组导线截面积	D_a	电枢表面直径
A_{ca}	罩极绕组导线截面积	D_{i1}	定子铁心内径
A_i	槽绝缘所占面积	D_{i2}	转子铁心内径
A_δ	每极气隙有效面积	D_j	外壳直径
A_h	槽楔面积	d_e	换向器直径
A_s	槽面积	D_R	端环平均直径
A_B	导条截面积	d	导线直径
A_e	槽有效面积	d_1	定子导线直径
A_{Fe}	铁心截面积	d_2	转子导线直径
a	并联支路数、电刷长度，电费	d'	代换导线直径
AW	直流励磁绕组磁势	d''	实际选用导线直径
A_R	端环截面积	d_t	罩极绕组线径
A_i	每极齿截面积	d_m	主绕组线径
A_j	每极轭截面积	d_a	副绕组线径
B	磁感应强度、磁通密度（简称磁密）	D	转轴直径
B_j	轭部磁密	d_{ij}	直流附加绕组线径
B_t	齿部磁密	E	电动势、电场强度
B_δ	气隙磁密	E_a	电枢电动势
b	电刷宽度、无纬带宽度	E_δ	气隙合成电动势
b_{i1}	定子齿宽度	F	总安匝数、磁动势
b_{i2}	转子齿宽度	F_j	轭部磁动势（安匝数）
b_B	导条宽度	F_t	齿部磁动势（安匝数）
b_1	定子槽宽	F_δ	气隙磁动势（安匝数）
b_2	转子槽宽	F_s	波幅系数
b_r	径向通风道宽度	F_0	空载励磁磁动势
b_0	槽口宽度	f	频率
b_k	端环厚度、通风道宽	f_N	额定频率
b_{kr}	换向区宽度	m_{Fe}	铁质量（铁重）
b_p	极靴宽度	m_{Cu}	铜质量（铜重）
b_t	齿宽	m_j	轭部质量
C	电容	m_t	齿部质量
C_T	转矩常数	H	磁场强度
C_e	电动势常数	H_j	轭部磁场强度

H_t	齿部磁场强度
h_0	槽口高度
h_b	电刷高度
h_j	铁轭高度
h_p	极靴高度
h_1	定子槽高
h_2	转子槽高
h	槽楔厚度
h_B	导条高度
I	电流
I_N	额定电流
I_0	空载电流
I_{KW}	功电流
h_{t1}	定子齿高
h_{j1}	定子铁心轭高
h_{j2}	转子(电枢)铁心轭高
I_B	导条电流
I_m	励磁电流、主绕组电流
i_m	励磁电流标么值
I_a	电枢电流、副绕组电流
I_k	堵转电流、短路电流
I_{st}	起动电流
I_R	端环电流
I_1	定子相电流
I_N	额定电流
J	电流密度
K	换向片数、换向系数、负载率、变比系数
K_α	绕组分布系数、分布因数
K_p	绕组短路系数、节距因数
K_β	变换系数
K_{dp}	绕组系数、绕组因数
K_{dpm}	主绕组系数
K_{dpa}	副绕组系数
K_{dpv}	v 次谐波绕组系数
K_E	空载压降系数
K_u	压降系数
$K_{Fe}、K_e$	铁心叠压系数
K_{c1}	定子卡氏系数、定子卡特因数
K_{c2}	转子卡氏系数、转子卡特因数
K_δ	气隙系数
K_t	转矩系数
K_ϕ	波形系数
L	电感
L_a	电枢铁心长度
L_{ef}	电枢计算长度

l_B	导条长度
l_E	定子绕组端部长度
l_p	磁极极靴长度
l_1	定子铁心长度
l_2	转子铁心长度
l	铁心平均长度
$l = \frac{1}{2} (l_s + l_r)$	
l_{pm}	主绕组平均匝长
l_{pz}	罩极绕组平均匝长
l_v	铁心净长度
$l_v = K_{Fe} (l - nb_v') = K_{Fe} l_{Fe}$	
L_j	铁轭磁路长度
l_b	线圈端部平均长度
l_{ar}	线圈半匝平均长度
m	相数、质量
m_j	轭部质量
m_t	齿部质量
N	每相绕组平均串联匝数
N_m	主绕组线圈数
N_a	副绕组线圈数
N_{scm}	主绕组每槽导体数
N_{sca}	副绕组每槽导体数
N_1	定子绕组每极匝数
N_2	转子绕组每极匝数
N_{lf}	直流励磁绕组附加匝数
N_1''	直流励磁绕组总匝数
N_2''	转子(电枢)绕组总导体数
N_ϕ	绕组每相匝数
N_z	罩极绕组匝数
N_{sc}	每槽串联导体数
$N_{sc} = 2 \times \text{每线圈匝数}$	
N_c	每线圈串联匝数
$N_{\phi 1}$	每相串联导体数
n	电动机转速
n_1	同步转速
n_2	额定转速
n_r	通风道数
n_{st}	定转子绕组变比
$n_{st} = \frac{K_{cs} \cdot N_s}{K_{cr} \cdot N_r}$	
n_p	转子飞逸转速
N_1	并绕根数
P	有功功率
P_1	输入功率

P_2	输出功率	U	电压
P_N	额定功率	U_N	额定电压
P_e	电磁功率	U_L	线电压
P_δ	气隙功率	U_ϕ	相电压
P_{mx}	机械功率	$U_{N\phi}$	额定相电压
p	极对数	V	体积、速度
P	电动机极数	v	线速度
P_0	空载损耗, 固定损耗	N_s	换向元件匝数
P_r	可变损耗	X	电抗
P_{Fe}	铁损耗	X_L	线圈感抗
P_{fw}, P_j	风摩损耗、机械损耗	X_1	定子电抗
P_s	杂散损耗	X_2	转子电抗
P_{Cu}	铜损耗	X_m	励磁电抗
P_t	齿部损耗	X_e	端部电抗
P_j	轭部损耗	X_{sc}	槽漏抗、同步电抗
P_{Cua}	电枢绕组铜耗	X_d	谐波漏抗
P_a	电刷接触电阻损耗	X_{sk}	斜槽漏抗
ΣP	总损耗	X_d	直轴同步电抗
Q	槽数、无功功率	X_b	气隙磁场基波漏抗
Q_1	定子槽数	X_q	交轴同步电抗
Q_2	转子槽数	γ	节距
Q_p	每极槽数	Z	阻抗、风阻、齿数
Q_m	主绕组占槽数	β	绕组节距比
Q_a	副绕组占槽数	τ	极距
q	每极每相槽数	t	定子齿距
R_ϕ	相电阻	t_2	转子齿距
R_L	线电阻	ρ	导体电阻率
R_a	电枢绕组电阻	Δn	转速调整率
R_B	导条电阻	ΔU	电压调整率
R_R	端环电阻	θ_a	环境温度
s_f	槽满率	θ_c	冷却介质温度
s	转差率	ΔU_b	一对电刷接触压降
s_N	额定转差率	δ	单边气隙长度、单边厚度
T	转矩、温度	δ_i	计算气隙长度
T_K	堵转转矩	δ_2	第二气隙长度
T_N	额定转矩	η	效率
T_e	电磁转矩	η_N	额定效率
T_{max}	最大转矩	$\cos\varphi$	功率因数
T_{min}	最小转矩	λ_s	槽漏磁导系数
T_L	负载转矩	λ_t	齿漏磁导系数
T_1	输入转矩	λ_e	端部漏磁导系数
t	槽距	λ_d	谐波漏磁导系数
T_2	输出转矩	γ	电导率
t_0	导线直径比值系数	μ	磁导率
t	时间、温度、齿距	μ_0	真空磁导率

μ_r 相对磁导率
 ν 谐波数
 Φ 每极磁通
 Φ_0 每极气隙磁通
 ψ 磁链

Ω 机械角速度
 ω 电角速度
 φ 功率因数角
 ζ 电费
 α 极弧系数

本书内容
 简明扼要
 重点突出

第一章 直流电机的基本知识

1.1 直流电机的分类	1.1.1 按励磁方式分类
1.2 直流电机的基本术语	1.2.1 电枢
1.3 直流电机的基本方程	1.3.1 电枢回路电压平衡方程
1.4 直流电机的机械特性	1.4.1 理想空载转速
1.5 直流电机的功率和效率	1.5.1 功率
1.6 直流电机的冷却	1.6.1 冷却方式
1.7 直流电机的维护	1.7.1 维护要点
1.8 直流电机的应用	1.8.1 应用领域
1.9 直流电机的未来	1.9.1 发展趋势
1.10 直流电机的参考文献	1.10.1 参考文献

1.1 直流电机的分类	1.1.1 按励磁方式分类
1.2 直流电机的基本术语	1.2.1 电枢
1.3 直流电机的基本方程	1.3.1 电枢回路电压平衡方程
1.4 直流电机的机械特性	1.4.1 理想空载转速
1.5 直流电机的功率和效率	1.5.1 功率
1.6 直流电机的冷却	1.6.1 冷却方式
1.7 直流电机的维护	1.7.1 维护要点
1.8 直流电机的应用	1.8.1 应用领域
1.9 直流电机的未来	1.9.1 发展趋势
1.10 直流电机的参考文献	1.10.1 参考文献

第二章 交流电机的基本知识

2.1 交流电机的分类	2.1.1 按结构形式分类
2.2 交流电机的基本术语	2.2.1 定子
2.3 交流电机的基本方程	2.3.1 定子回路电压平衡方程
2.4 交流电机的机械特性	2.4.1 理想空载转速
2.5 交流电机的功率和效率	2.5.1 功率
2.6 交流电机的冷却	2.6.1 冷却方式
2.7 交流电机的维护	2.7.1 维护要点
2.8 交流电机的应用	2.8.1 应用领域
2.9 交流电机的未来	2.9.1 发展趋势
2.10 交流电机的参考文献	2.10.1 参考文献

2.1 交流电机的分类	2.1.1 按结构形式分类
2.2 交流电机的基本术语	2.2.1 定子
2.3 交流电机的基本方程	2.3.1 定子回路电压平衡方程
2.4 交流电机的机械特性	2.4.1 理想空载转速
2.5 交流电机的功率和效率	2.5.1 功率
2.6 交流电机的冷却	2.6.1 冷却方式
2.7 交流电机的维护	2.7.1 维护要点
2.8 交流电机的应用	2.8.1 应用领域
2.9 交流电机的未来	2.9.1 发展趋势
2.10 交流电机的参考文献	2.10.1 参考文献

目 录

单行本前言	
第3版前言	
主要符号表	

第一章 直线异步电动机的修理

第一节 结构特点及工作原理	1	第四节 绕组的修理计算	12
一、直线电动机的结构	1	一、非磁性次级扁平型直线电动机	12
二、直线电动机的工作原理	4	二、钢(磁性)次级扁平型直线电动机	17
三、直线电动机的主要优缺点	4	三、圆筒型直线异步电动机	21
第二节 型号意义分类及应用范围	5	第五节 直线电动机的试验方法	25
一、直线电动机的铭牌	5	附录	27
二、在直线异步电动机中按其用途的分类	5	附表 1-1 按 C/τ 值查出 K_p 值	27
第三节 使用维护及修理	6	附表 1-2 按 C/τ 值查出 K_Q 值	29
一、直线电动机的绕组	6	附表 1-3 按直线电动机极数查出 D_n 值	31
二、直线电动机绕组常见的故障	8	附表 1-4 按电动机极数查出 D_j 值	37
三、各种故障诊断与修理	9	附表 1-5 按直线电动机极数查出 D_{Fa} 值	43
四、次级导体板的间隙及修理	10	附表 1-6 按直线电动机极数查出 D_{Fj} 值	49
五、直线电动机的安装要求	11	附表 1-7 直线电动机的技术数据	55
		参考文献	56

第二章 交流力矩电动机修理

第一节 概述	57	第三节 交流力矩电动机运行维护	
一、交流力矩电动机的分类	57	要点	63
二、交流力矩电动机的结构	57	一、正确的张力控制	63
三、交流力矩电动机型号、铭牌数据说明	58	二、正确调节起动电压	63
四、安装尺寸	59	三、多台小力矩电动机装置的张力调整	63
第二节 交流力矩电动机修理	60	四、安装时须有一定的精度	63
一、定子绕组修理	60	五、冷却风机的使用	63
二、笼型转子黄铜条与端环修复工艺	62	第四节 交流力矩电动机的检查	
三、轴承故障现象与润滑脂的选用	62	试验	64
		一、机械检查	64
		二、电气检查	64

第五节 交流力矩电动机的选用 65

- 一、额定堵转转矩的选择 65
- 二、转速的选择 65

第六节 交流力矩电动机的应用 66

- 一、用于卷绕 66
- 二、用于开卷（放卷、松卷） 66
- 三、用于无级调速 67
- 四、用于恒定加压 67
- 五、用于经常正逆转运行 67
- 六、用于启闭阀门、闸门和旋紧松开螺栓 67
- 七、用于高速运行 67

第七节 三相实心钢转子力矩电动机
计算实例 67

- 一、交流力矩电动机工作原理 67
- 二、三相实心钢转子力矩电动机
计算实例 67
- 三、堵转转矩的调整计算 77
- 四、实心钢转子参数计算的基本概念 77

附录 79

- 附表 2-1 单相力矩电动机性能参数 79
- 附表 2-2 单相放线力矩电动机性能
参数 79
- 附表 2-3 YLJ 三相力矩电动机性能参
数 79
- 附表 2-4 部分三相实心钢转子力矩电
动机技术数据表（IP21） 82
- 附表 2-5 国外三相力矩电动机规格 83

参考文献 84

第三章 三相变极多速异步电动机修理、三相异步
换向器电动机修理、电磁调速三相异步电动机
修理、旁磁制动三相异步电动机修理

第一节 三相变极多速异步电动机
修理 85

- 一、概述 85
- 二、三相变极多速电动机绕组排列
方案 87
- 三、JD02、JD03 系列三相变极多速
异步电动机 118
- 四、YD 系列三相变极多速异步电动机 118
- 五、变极多速电动机常见故障及修理 119
- 六、单速绕组改制多速绕组的简易计
算 124
- 七、变极多速三相异步电动机修理实
例 134

第二节 三相异步换向器电动机修理 136

- 一、概述 136
- 二、三相异步换向器电动机故障及
修理 139
- 三、JZS2 系列三相换向器电动机技术
数据 146
- 四、三相异步换向器电动机的调试 148
- 五、调试实例 150

- 六、改变调速范围的计算 155

第三节 电磁调速三相异步电动机
修理 156

- 一、概述 156
- 二、技术数据 160
- 三、电动机故障及修理 163
- 四、修理实例 166

第四节 旁磁制动三相异步电动机
修理 171

- 一、概述 171
- 二、YEP 系列旁磁制动电动机简介 173
- 三、旁磁制动电动机使用维护特点 173
- 四、旁磁制动电动机修理 174
- 五、制动器计算 175

附录 177

- 附表 3-1 JD02 系列变极多速电动机
性能数据 177
- 附表 3-2 JD02 系列多速三相电动机
定子铁心及绕组数据（380V、
50Hz）（A） 179

附表 3-3	JDO2 系列多速三相电动机 定子铁心及绕组数据 (380V、 50Hz) (B)	183
附表 3-4	JDO3 系列变极多速三相异步 电动机的铁心绕组数据	184
附表 3-5	JDO3T 系列电梯专用多速三 相电动机定子铁心及绕组数 据 (380V、50Hz)	189
附表 3-6	YD 系列变极多速三相异步 电动机铁心及绕组数据	191
附表 3-7	YD 系列小型低压变极多速 三相异步电动机参考价格 表 (380V)	196
附表 3-8	YD 系列大中型高压变极多速 三相异步电动机参考价格表 (6kV)	196
附表 3-9	JZS2 系列三相换向器电动机 技术数据	197
附表 3-10	JZS2 系列换向器电动机初 级 (转子) 绕组数据 (380V、 50Hz)	198
附表 3-11	JZS2 系列换向器电动机次级 (定子) 绕组数据	199
附表 3-12	JZS2 系列换向器电动机调 节绕组数据	200
附表 3-13	JZS2 系列换向器电动机放 电绕组数据及电刷规格	201
附表 3-14	JZT 系列电磁调速异步电 动机技术数据	202
附表 3-15	JZT2 系列电磁调速三相 异步电动机技术数据	202
附表 3-16	JZTT 系列电磁调速三相 异步电动机技术数据 (双速 4/6 极)	203
附表 3-17	YCT 系列电磁调速三相异 步电动机绕组及拖动电动机 数据	204
附表 3-18	YEP 系列电动机主要性能 指标	204
附表 3-19	JPZ 系列旁磁制动电动机 技术数据	205
附表 3-20	YEP 系列旁磁制动电动机 技术数据 (380V、50Hz)	205
参考文献		206

第一章 直线异步电动机的修理

第一节 结构特点及工作原理

一、直线电动机的结构

直线电动机是一种将电能直接转换成直线运动机械能的电力传动装置。

直线电动机可以认为是旋转电动机在结构方面的一种演变，它可以看作是将一台旋转电机沿其径向剖开，然后将电机的圆周展成直线，这样就得到了由旋转电机演变而来的最原始的直线电机。由定子演变而来的一侧称为初级或原边，由转子演变而来的一侧称为次级或副边。如图 1-1 所示。

在图 1-1 中演变而来的直线电机，其初级和次级长度是相等的，由于在运行时初级与次级之间要作相

对运动的，如果在运动开始时，初级与次级正巧对齐，那么在运动中，初级与次级之间互相耦合的部分将越来越少，而不能正常运动。为了保证在所需的行程范围内，初级与次级之间的耦合能保持不变，因此在实际应用时，是将初级与次级制造成不同的长度。在直线电机制造时，既可以是初级短、次级长，也可以是初级长、次级短，前者称作短初级长次级，后者称为长初级短次级。但是由于短初级在制造的成本上，以及运行的费用上均比短次级低得多，因此，目前除特殊场合外，一般均采用短初级，见图 1-2。

在图 1-2 中所示的直线电机仅在一边安放初级，对于这样的结构型式称为单边型直线电动机。这种

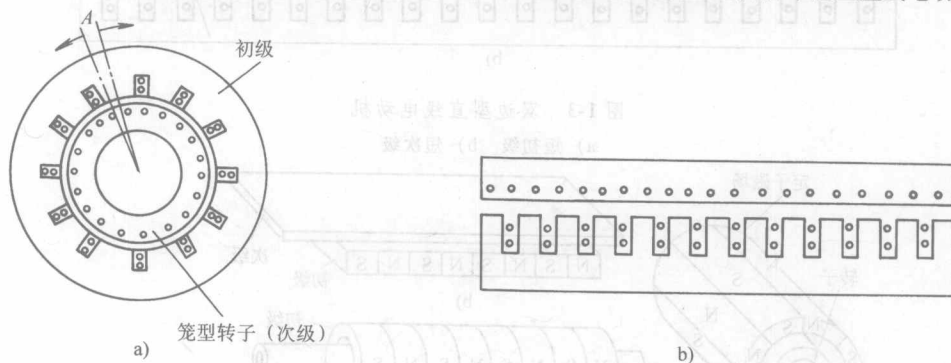


图 1-1 由旋转电机变为直线电机的过程

a) 沿径向剖开 b) 把圆周展成直线

结构的电动机一个最大的特点是在初级与次级之间存在着一个很大的法向吸力，一般这个法向吸力，在钢次级时约为推力的 10 倍左右，在大多数的场合下，这种法向吸力是不希望存在的，如果在次级的两边都装上初级，那么这个法向拉力可以相互抵消，这种结构型式称为双边型，见图 1-3 所示。

上述介绍的直线电机称为扁平型直线电动机，是目前应用最广泛的，除了上述扁平型直线电动机的结构型式外，直线电机还可以做成圆筒型（也称管型）结构，它也是由旋转式感应电动机演变过来的，其演变的过程如图 1-4 所示。

图 1-4a 中表示一台旋转式感应电动机，定子绕组所构成的磁场极性分布情况，图 1-4b 表示转变为扁平型直线电动机后，初级绕组所构成的磁场极性分布情况，然后将扁平型直线电动机沿着和直线运动相垂直的方向卷接成筒形，这样就变成图 1-4c 所示的圆筒型直线电动机。

此外还可以把次级做成一片圆盘（铜或铝），并将初级放在次级圆盘靠近外缘的平面上，如图 1-5 所示。次级圆盘在初级移动磁场作用下，产生感应电势和感应电流，此电流与磁场作用产生电磁推力，使圆盘能绕其轴线作旋转运动，圆盘型直线电动机的主要优点是：

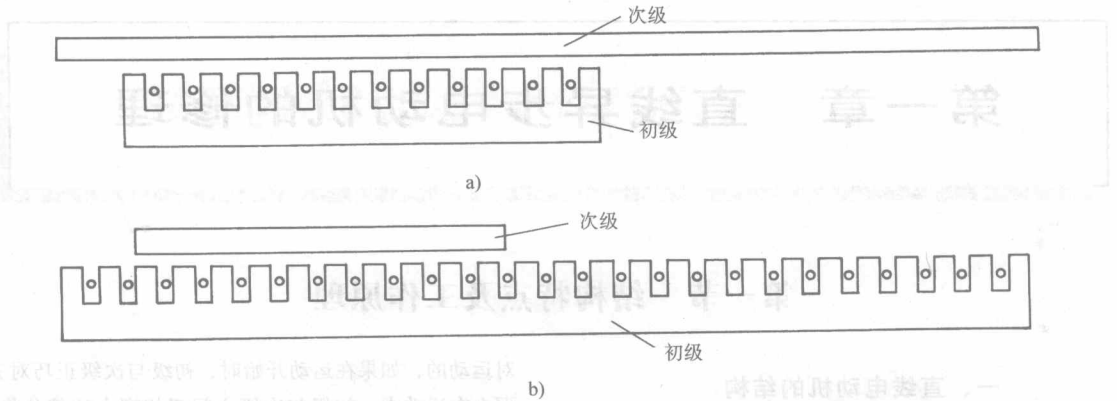


图 1-2 单边型直线电动机

a) 短初级 b) 短次级

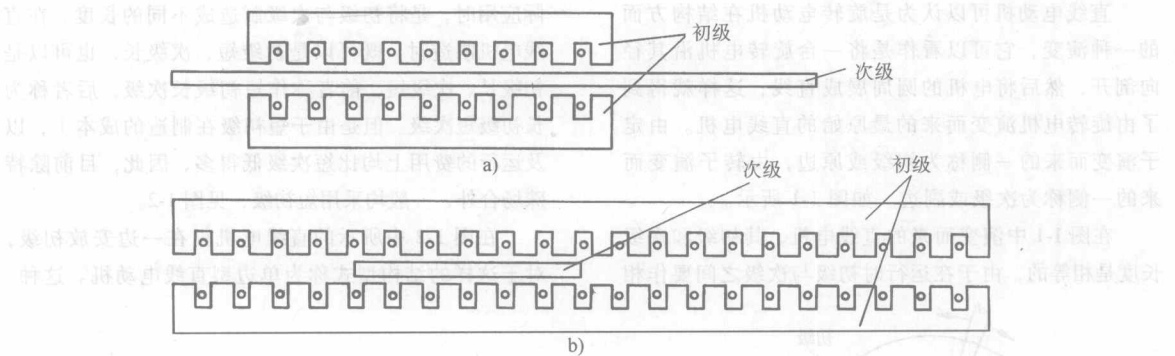


图 1-3 双边型直线电动机

a) 短初级 b) 短次级

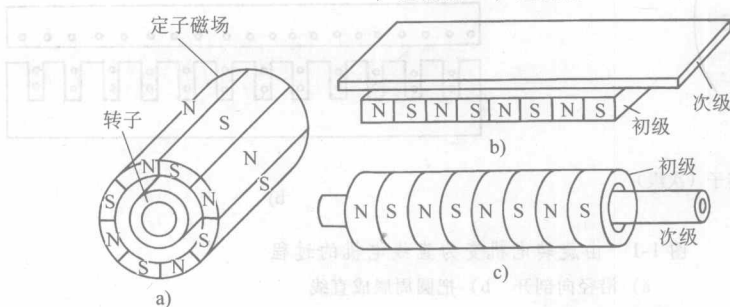


图 1-4 旋转电动机变为圆筒型直线电动机的过程

a) 旋转电动机 b) 扁平型直线电动机 c) 圆筒型直线电动机

1) 力矩与旋转速度可以通过多台初级组合的方式或通过初级在圆盘上的径向位置来调节。

2) 无需通过齿轮减速箱就能得到较低的转速，因而无电磁噪声和振动。

3) 可以持续稳速运行。从原理上说，任何一种类型的旋转电机都可以通过上述的演变过程，而变成相对应的直线电动机，与旋转电机相对应的直线电机，可分为直线异步电机、直线同步电机、直线直流

电机及特种直线电机（例如直线步进电机）四类。

下面具体介绍直线电动机的初级、次级和气隙，并着重说明它们与旋转电机相应部分之间的差异。

(1) 初级 在扁平型直线电动机中，其初级如图 1-6 所示，它相当于旋转电动机定子沿圆周方向展开。初级铁心也是由硅钢片叠成，一面开有槽，三相（或单相）交流绕组嵌置于槽内。但是直线电动机的初级与旋转电动机的定子之间一个最大的差别是旋转

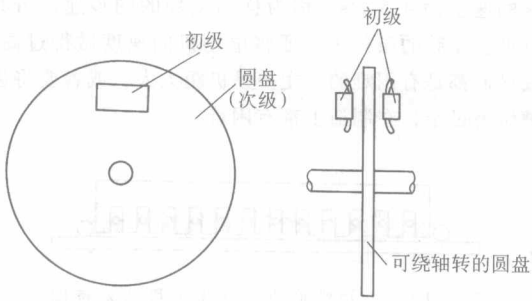


图 1-5 圆盘型直线电动机

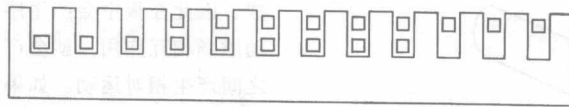


图 1-6 直线电机的初级示意图

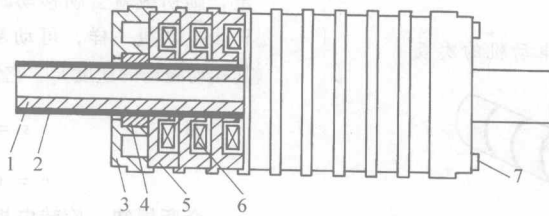


图 1-7 管型直线电动机的结构

1—厚壁钢管 2—铜皮或铝皮 3—端盖 4—滑动轴承
5—圆环铁心 6—饼式绕组 7—螺栓

型次级，如图 1-8 所示。它一般是在钢板上开槽，在槽中放入铜条或铝条，然后用铜带或铝带在两端短接而成，栅型次级的直线电机性能较好，但是由于加工困难，因此在短初级的直线电动机中很少采用。

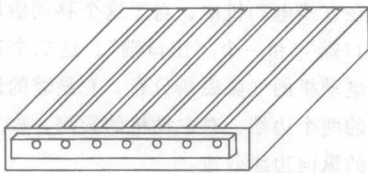


图 1-8 栅形次级

在短初级直线电动机中，常用的次级有三种。第一种是钢板，称为钢次级或磁性次级。此时钢既起导磁作用，又起导电作用。但是由于钢的电阻率较大，故钢次级的直线电动机其电磁性能较差，且法向吸力较大。第二种是在钢板上复合一层铜板（或铝板），称为钢铜（或钢铝）复合次级。复合次级中钢主要起导磁作用，而导电则主要是靠铜或铝，第三种是单纯的铜板（或铝板），称为铜（铝）次级或非磁性次

级。电动机的定子铁心和绕组沿圆周方向是到处连续的，而直线电动机的初级是断开的，形成了两个端部。铁心和绕组的断开将对电动机的磁场产生一定的影响，对移动磁场而言，出现了一个“进口端”和一个“出口端”即所谓的纵向边缘效应。使得电动机的损耗增加、出力减小。

对管式电动机来说，其初级一般是用硅钢加工成若干具有凹槽的圆环组成，最后装配时四周用螺栓拉紧。见图 1-7 所示。

(2) 次级 直线电动机的次级相当于旋转电动机的转子沿圆周方向展开，与笼型绕组相对应的就是栅

级。它主要是用在双边型直线电动机中，使用时注意在任何时候一边的 N 极必须要对准另一边的 S 极，这样使磁路最短。如图 1-9 所示。尚需指出，在实际使用时，非磁性次级的直线电动机是承受不了大的推力的，因为铜和铝的机械强度及刚度是不够的，所以在实际应用时，一般均采用复合次级的结构，当复合次级的铜板厚度大于 2mm 或铝板厚度大于 4mm 时，这种次级在计算时可以作为非磁性次级来计算。

对于管型的直线电动机，其次级一般是应用厚壁钢管，中间的孔主要是为了冷却和减轻重量，如图 1-10 所示，有时为了提高单位体积所产生的起动推力，可以在钢管外圆上覆盖一层（1~2）mm 厚的铜板或铝板，成为复合次级，或者在钢管上嵌置铜环或浇铸铝环，成为类似鼠笼的次级，见图 1-11 所示。

(3) 气隙 直线电动机的气隙相对于旋转电动机的气隙要大得多，主要是为了保证在长距离运动中，能保持初、次级之间不致相擦，对于复合次级或铜（铝）次级来说，除了通常所说的机械气隙外，还要引入一个电磁气隙的概念。由于铜（或铝）属非磁性材料，其导磁性能和空气相同。因此在磁路和