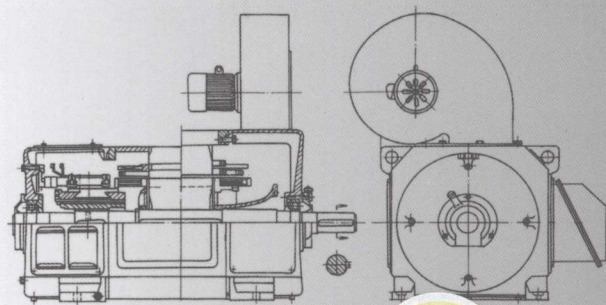
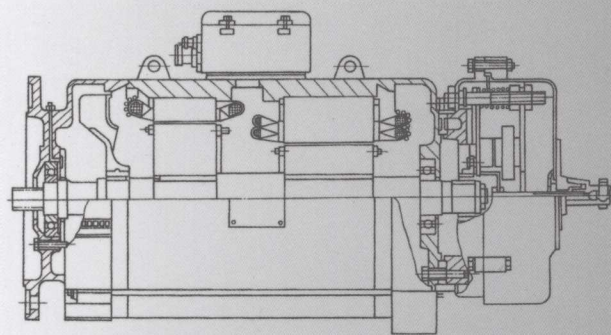
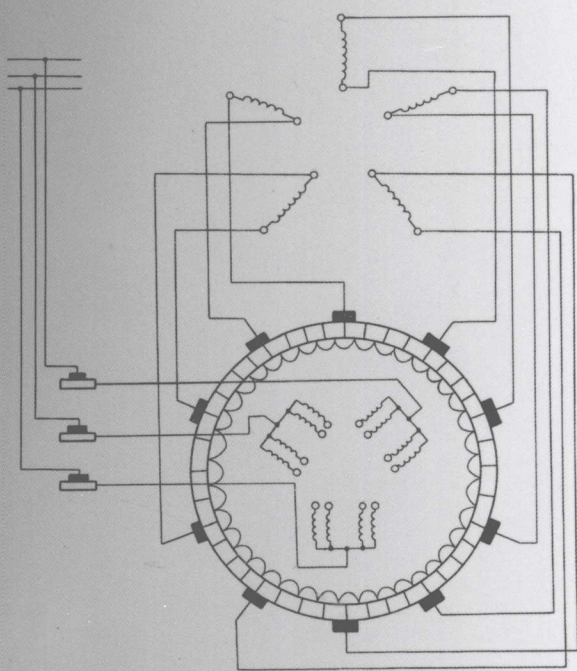


# 电动机修理手册

单行本

## 直流电动机修理 牵引电动机修理

赵家礼 主编



电动机修理手册

单行本

直流电动机修理  
牵引电动机修理

赵家礼 主编



机械工业出版社

本书共三章，主要内容包括直流电动机修理和牵引电动机修理。直流电动机修理中，主要介绍各种直流电动机的结构特点、主要技术数据、安装方法等。另外，还介绍了直流电动机的运行维护、常见故障检修、换向器故障修理、绝缘结构、重绕工艺以及简易重绕计算等；牵引电动机修理主要介绍该机的分类、工作特点、基本技术要求、运行维护、整机故障修理，定、转子（电枢）绕组故障检查和修理。另外，还介绍了牵引电动机换向器修理和刷握装置故障修理等；直流电动机和牵引用直流电动机试验主要介绍直流电动机电枢及磁极绕组、换向系统检查，空载、温升、负载试验，火花检查，直流电动机转速变化律、无火花区域、电压电流纹波因数及电动机纹波损耗测定等。

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

直流电动机修理·牵引电动机修理/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 978-7-111-23509-5

I. 直… II. 赵… III. ①直流电机—维修—技术手册②牵引电动机—维修—技术手册 IV: TM330.7-62 TM922.72-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 022139 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：李秋荣

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·17.75 印张·607 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-23509-5

定价：38.00 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

## 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
- 三相交流异步电动机修理
- 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	$C_1$	槽绝缘厚度
$A_c$	导线截面积	$C_k$	端环宽度
$A_{c1}$	定子绕组导线截面积	$C_j$	轭部磁压降校正系数
$A_{c2}$	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
$A_{cz}$	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
$A_\delta$	每极气隙有效面积	$D_j$	外壳直径
$A_b$	槽楔面积	$d_c$	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
$A_c$	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	$d_i$	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	$d_{df}$	直流附加绕组线径
$B_i$	齿部磁密	$E$	电动势、电场强度
$B_\delta$	气隙磁密	$E_a$	电枢电动势
$b$	电刷宽度、无纬带宽度	$E_\delta$	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	$F_i$	齿部磁动势（安匝数）
$b_1$	定子槽宽	$F_\delta$	气隙磁动势（安匝数）
$b_2$	转子槽宽	$F_a$	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）
$b_i$	齿宽	$m_j$	轭部质量
$C$	电容	$m_i$	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	$l_B$	导条长度
$h_0$	槽口高度	$l_E$	定子绕组端部长度
$h_b$	电刷高度	$l_p$	磁极极靴长度
$h_j$	铁轭高度	$l_1$	定子铁心长度
$h_p$	极靴高度	$l_2$	转子铁心长度
$h_1$	定子槽高	$l$	铁心平均长度
$h_2$	转子槽高		$l = \frac{1}{2} (l_s + l_r)$
$h$	槽楔厚度	$l_{pm}$	主绕组平均匝长
$h_B$	导条高度	$l_{ps}$	罩极绕组平均匝长
$I$	电流	$l_v$	铁心净长度
$I_N$	额定电流		$l_v = K_{Fe} (l - nb'_1) = K_{Fe} l_{Fe}$
$I_0$	空载电流	$L_j$	铁轭磁路长度
$I_{KW}$	功电流	$l_b$	线圈端部平均长度
$h_{t1}$	定子齿高	$l_{ar}$	线圈半匝平均长度
$h_{j1}$	定子铁心轭高	$m$	相数、质量
$h_{j2}$	转子(电枢)铁心轭高	$m_j$	轭部质量
$I_B$	导条电流	$m_t$	齿部质量
$I_m$	励磁电流、主绕组电流	$N$	每相绕组平均串联匝数
$i_m$	励磁电流标么值	$N_m$	主绕组线圈数
$I_a$	电枢电流、副绕组电流	$N_a$	副绕组线圈数
$I_k$	堵转电流、短路电流	$N_{scm}$	主绕组每槽导体数
$I_{st}$	起动电流	$N_{sca}$	副绕组每槽导体数
$I_R$	端环电流	$N_1$	定子绕组每极匝数
$I_1$	定子相电流	$N_2$	转子绕组每极匝数
$I_N$	额定电流	$N_{1f}$	直流励磁绕组附加匝数
$J$	电流密度	$N_1''$	直流励磁绕组总匝数
$K$	换向片数、换向系数、负载率、变比系数	$N_2''$	转子(电枢)绕组总导体数
$K_\alpha$	绕组分布系数、分布因数	$N_\phi$	绕组每相匝数
$K_p$	绕组短路系数、节距因数	$N_z$	罩极绕组匝数
$K_\beta$	变换系数	$N_{sc}$	每槽串联导体数
$K_{dp}$	绕组系数、绕组因数		$N_{sc} = 2 \times \text{每线圈匝数}$
$K_{dpm}$	主绕组系数	$N_c$	每线圈串联匝数
$K_{dps}$	副绕组系数	$N_{\phi 1}$	每相串联导体数
$K_{dpv}$	$v$ 次谐波绕组系数	$n$	电动机转速
$K_E$	空载压降系数	$n_1$	同步转速
$K_u$	压降系数	$n_2$	额定转速
$K_{Fe}, K_e$	铁心叠压系数	$n_r$	通风道数
$K_{c1}$	定子卡氏系数、定子卡特因数	$n_{st}$	定转子绕组变比
$K_{c2}$	转子卡氏系数、转子卡特因数		$n_{st} = \frac{K_{cs} \cdot N_s}{K_{cr} \cdot N_r}$
$K_\delta$	气隙系数	$n_p$	转子飞逸转速
$K_t$	转矩系数	$N_t$	并绕根数
$K_\phi$	波形系数	$P$	有功功率
$L$	电感	$P_1$	输入功率
$L_a$	电枢铁心长度		
$L_{ef}$	电枢计算长度		



$P_2$	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
$P_\delta$	气隙功率	$U_\phi$	相电压
$P_{m.x}$	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
$P_{fw}, P_j$	风磨损耗、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
$\Sigma P$	总损耗	$X_d$	直轴同步电抗
$Q$	槽数、无功功率	$X_\delta$	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	$\gamma$	节距
$Q_p$	每极槽数	$Z$	阻抗、风阻、齿数
$Q_m$	主绕组占槽数	$\beta$	绕组节距比
$Q_a$	副绕组占槽数	$\tau$	极距
$q$	每极每相槽数	$t$	定子齿距
$R_\phi$	相电阻	$t_2$	转子齿距
$R_L$	线电阻	$\rho$	导体电阻率
$R_a$	电枢绕组电阻	$\Delta n$	转速调整率
$R_B$	导条电阻	$\Delta U$	电压调整率
$R_R$	端环电阻	$\theta_a$	环境温度
$s_f$	槽满率	$\theta_c$	冷却介质温度
$s$	转差率	$\Delta U_b$	一对电刷接触压降
$s_N$	额定转差率	$\delta$	单边气隙长度、单边厚度
$T$	转矩、温度	$\delta_1$	计算气隙长度
$T_K$	堵转转矩	$\delta_2$	第二气隙长度
$T_N$	额定转矩	$\eta$	效率
$T_e$	电磁转矩	$\eta_N$	额定效率
$T_{max}$	最大转矩	$\cos\varphi$	功率因数
$T_{min}$	最小转矩	$\lambda_s$	槽漏磁导系数
$T_L$	负载转矩	$\lambda_l$	齿漏磁导系数
$T_1$	输入转矩	$\lambda_e$	端部漏磁导系数
$t$	槽距	$\lambda_d$	谐波漏磁导系数
$T_2$	输出转矩	$\gamma$	电导率
$t_0$	导线直径比值系数	$\mu$	磁导率
$t$	时间、温度、齿距	$\mu_0$	真空磁导率

$\mu_r$	相对磁导率	$\Omega$	机械角速度
$\nu$	谐波数	$\omega$	电角速度
$\Phi$	每极磁通	$\varphi$	功率因数角
$\Phi_s$	每极气隙磁通	$\zeta$	电势系数
$\psi$	磁链	$\alpha$	极弧系数

# 目 录

单行本前言	
第3版前言	
主要符号表	

## 第一章 直流电动机修理

第一节 概述	1	第五节 ZD2 系列中型直流电动机	27
一、直流电动机结构	1	一、概述	27
二、直流电动机特点及工作原理	4	二、安装及外形尺寸	28
三、直流电机的分类及产品代号	4	三、电磁数据	29
四、直流电动机铭牌数据及出线标志	6	第六节 ZD3 系列中型直流电动机	29
五、直流电动机的电枢绕组	6	一、结构特点	29
六、直流电动机的励磁绕组	8	二、性能	30
第二节 Z2 系列直流电动机	9	三、型号含义	30
一、概述	9	四、安装及外形尺寸	30
二、型号含义	9	第七节 ZZJ2 系列起重冶金用直流电动机	32
三、结构特点	9	一、概述	32
四、Z2 系列直流电动机轴承型号	10	二、型号含义	32
五、Z2 系列直流电动机主要技术数据	10	三、结构特点	32
六、Z2 系列直流电动机安装及外形尺寸	10	四、安装及外形尺寸	33
第三节 Z3 系列直流电动机	15	五、电磁技术数据	33
一、结构特点	15	第八节 ZZJ800 系列轧机辅传动用直流电动机	34
二、绝缘性能	16	一、用途	34
三、技术数据	16	二、结构特点及绝缘性能	34
四、Z3 系列直流电动机轴承型号	16	三、标准规格及安装尺寸	35
五、技术经济及性能指标	16	四、电动机的工作方式类型	35
六、安装及外形尺寸	16	五、电动机的外壳防护等级	35
第四节 Z4 系列直流电动机	19	六、电动机的安装型式	35
一、结构特点	20	七、电动机的冷却方式	35
二、绝缘性能	20	八、轴承型号	35
三、电机基本参数	20	九、我国生产的大中型直流电动机主要技术数据	35
四、型号含义	20	第九节 直流电动机运行维护	37
五、额定电压与变频器型式及交流侧电压的对应关系	20	一、日常运行维护	37
六、机座号与功率转速对应关系	20		
七、主要技术数据	22		
八、Z4 系列安装及外形尺寸	22		

二、定期检查修理 .....	39	五、均压线圈的嵌线工艺 .....	90
<b>第十节 直流电动机常见故障 .....</b>	<b>40</b>	六、绕组接线特点 .....	91
一、换向故障 .....	40	七、电枢绕组的焊接 .....	92
二、电枢故障 .....	44	八、嵌线焊接后的质量检查 .....	92
三、机械故障的检修 .....	46	九、修理实例 .....	93
四、直流电动机故障现场处理实例 .....	48	<b>第十五节 直流电动机简易重绕</b>	
<b>第十一节 换向器故障修理 .....</b>	<b>51</b>	<b>计算 .....</b>	<b>95</b>
一、对换向器质量的要求 .....	51	一、直流电动机改电压计算 .....	95
二、升高片铆接点及换向器松动的		二、直流电动机绕组重绕计算 .....	97
修理 .....	52	三、导线代用及实例 .....	98
三、轧机直流电动机换向器升高片		<b>附录 .....</b>	<b>100</b>
的断裂及改造实例 .....	53	附表 1-1 Z2 系列直流电动机主要技术	
四、换向器升高片根部大量断裂的		数据 .....	100
修理 .....	55	附表 1-2 Z3 系列直流电动机技术数据 .....	140
五、直流电动机升高片齐根断裂的		附表 1-3 Z4 系列直流电动机主要技术	
简易修理 .....	55	数据 (中心高 100 ~ 112mm、	
六、换向器零部件制作 .....	57	励磁电压 180V) .....	159
七、换向器装配 .....	61	附表 1-4 Z4 系列直流电动机主要技术	
八、动压成型和热超速试验 .....	63	数据 (中心高 132 ~ 355mm、	
<b>第十二节 直流电动机绕组故障修理 .....</b>	<b>64</b>	励磁电压 180V) .....	160
一、定子绕组常见故障及检查 .....	64	附表 1-5 ZD2 型有补偿直流变速电动	
二、励磁绕组故障修理 .....	65	机技术数据 (B 级、他励、	
三、补偿绕组故障检查及修理 .....	67	连续定额) .....	168
四、换向极绕组故障检查及修理 .....	67	附表 1-6 ZZJ2 系列起重冶金用直流电	
五、电枢绕组故障检查方法 .....	68	动机技术数据 (220V) .....	176
六、电刷的选用 .....	69	附表 1-7 ZZJ2 系列起重冶金用直流电	
<b>第十三节 直流电动机绝缘结构 .....</b>	<b>69</b>	动机技术数据 (440V) .....	180
一、电枢绕组绝缘结构 .....	69	附表 1-8 我国生产的大中型直流电动	
二、定子绕组绝缘结构 .....	71	机主要技术数据 .....	184
<b>第十四节 电枢绕组重绕修复 .....</b>	<b>78</b>	附表 1-9 电刷的类别、型号、特征和	
一、简易修复程序 .....	78	主要应用范围 .....	187
二、采用新修复工艺 .....	78	附表 1-10 电刷的电气性能及试验条件 .....	188
三、电枢绕组重绕 .....	80	附表 1-11 电刷刷体与引出线的联接电	
四、绕组嵌线工艺 .....	85	阻 .....	189
		附表 1-12 电刷引线的脱出拉力 .....	190
		<b>参考文献 .....</b>	<b>190</b>

## 第二章 牵引电动机修理

<b>第一节 概述 .....</b>	<b>191</b>	三、牵引电动机的基本技术要求 .....	194
一、牵引电动机的分类 .....	191	四、牵引电动机安全使用的极限条	
二、牵引电动机的工作特点 .....	192	件 .....	196
		五、牵引电动机的正确使用和维护 .....	198

六、改变规格的通用方法 ..... 200

**第二节 整机故障检查及修理** ..... 202

一、机械故障的检查及修理 ..... 202

二、电气故障的检查及修理 ..... 206

三、辅助牵引电动机故障原因及防止 ..... 209

四、牵引电动机的大修限度及检修记录 ..... 209

**第三节 定子故障检查及修理** ..... 211

一、定子拆装和检查 ..... 211

二、磁极绕组接地故障原因及改进措施 ..... 213

三、定子连线烧损原因及改进措施 ..... 214

四、磁极绕组匝间短路原因及改进措施 ..... 215

五、磁极绕组断线原因及改进措施 ..... 216

六、磁极绕组的修复 ..... 216

**第四节 电枢故障检查及修理** ..... 217

一、电枢故障类型和检查方法 ..... 217

二、电枢常见故障原因及修理 ..... 223

**第五节 换向器故障及修理** ..... 230

一、牵引电动机换向器的主要技术

要求 ..... 230

二、牵引电动机换向器的常见故障及消除 ..... 230

三、换向器的主要修复工艺 ..... 231

四、改善换向的方法 ..... 235

**第六节 刷握装置的故障及防止** ..... 236

一、对刷握装置的主要技术要求 ..... 236

二、刷架圈结构的改进 ..... 237

三、中小牵引电动机刷杆的常见故障及防止 ..... 237

四、刷握装置的常见故障和修理 ..... 239

**附录** ..... 241

附表 2-1 电传动内燃机车牵引电动机主要数据 ..... 241

附表 2-2 国产工矿牵引电动机主要数据 ..... 245

附表 2-3 辅助牵引电动机技术数据 ..... 251

附表 2-4 牵引电动机主要尺寸的公差配合 ..... 253

附表 2-5 牵引电动机工序间介电强度试验电压值 (V) ..... 254

**参考文献** ..... 254

**第三章 直流电动机和牵引用直流电动机试验**

**第一节 直流电动机试验** ..... 255

一、电动机电枢及磁极绕组的检查 ..... 255

二、换向系统的检查 ..... 259

三、电刷中性线的测定与调整 ..... 260

四、空转检查 ..... 260

五、空载试验 ..... 261

六、温升试验 ..... 263

七、直流电动机的额定负载试验 ..... 264

八、直流电动机效率的测定 ..... 264

九、换向器及电刷间火花的检查 ..... 264

十、直流电动机转速变化率的测定 ..... 265

十一、无火花换向区域的测定 ..... 265

十二、整流电源供电时, 电机的电压、电流纹波因数及电流波形因数的测定 ..... 266

十三、电动机纹波损耗的测定 ..... 267

**第二节 牵引用直流电动机试验** ..... 267

一、试验项目及说明 ..... 267

二、牵引用直流电动机修理后的试验项目和性能要求 ..... 268

三、试验线路 ..... 269

四、线路发电机额定数据的选择 ..... 269

# 第一章 直流电动机修理

## 第一节 概 述

### 一、直流电动机结构

直流电动机跟普通交流机一样也是由定子和转子两部分组成，定转子之间有气隙。定子为了导磁，机座采用钢板或铸钢制成，或用硅钢片冲压叠成。为了

帮助换向，定子除主磁极外，还有换向极和补偿极。转子称为电枢，由0.5mm硅钢片制成电枢铁心，其槽内嵌电枢绕组。另外有换向器和电刷装置。

图1-1是中小型直流电动机的结构，图1-2是大型分半定子双电枢直流电动机的结构。

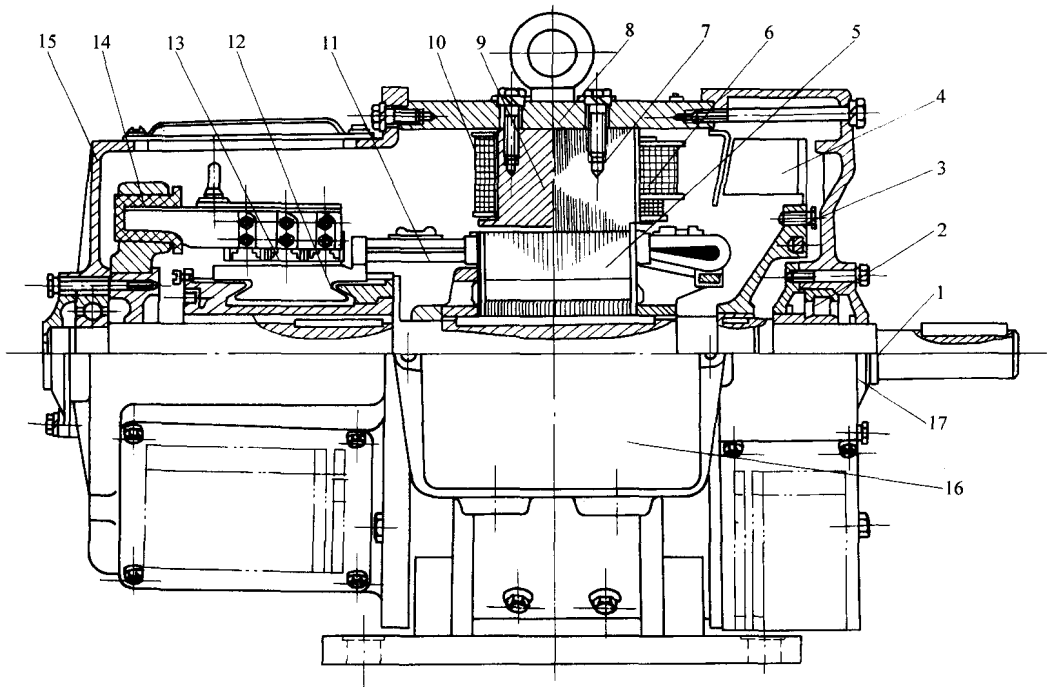


图1-1 中小型直流电动机的结构

- 1—轴 2—轴承 3—后端盖 4—风扇 5—电枢铁心 6—主极绕组 7—主极铁心  
8—机座 9—换向极铁心 10—换向极绕组 11—电枢绕组 12—换向器 13—电刷  
14—刷架 15—前端盖 16—出线盒 17—轴承盖

图1-3是直流电动机定子结构。图1-4是小型直流电机电枢结构。

图1-5是直流电动机主磁极（包括补偿线圈）结构。图1-6是换向极结构。

图1-7是换向器结构图。图1-8是直流机电刷装置。

不同容量的直流电动机，其结构有一定差别，详见表1-1内所述。

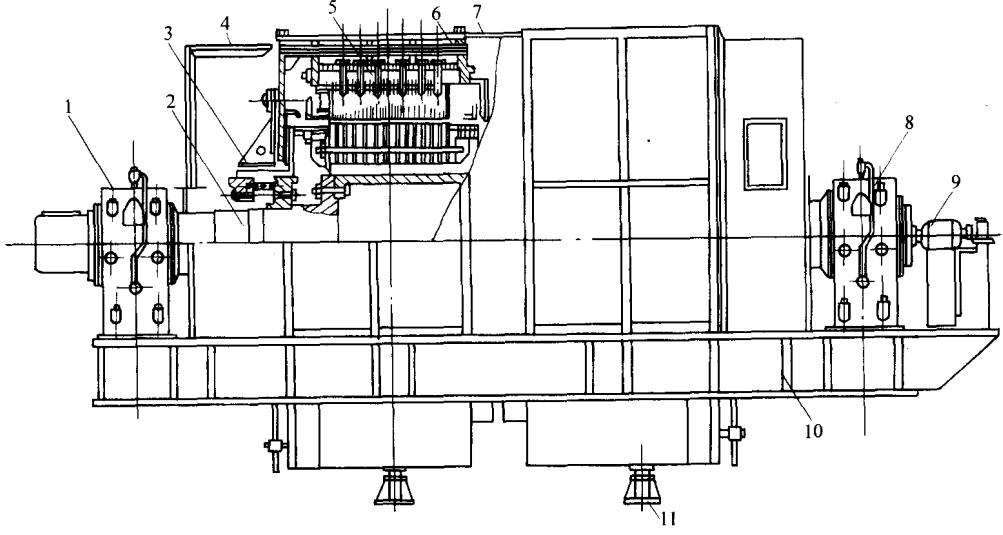


图 1-2 大型分半定子双电枢直流电动机

- 1—轴承 2—电枢 3—电刷装置 4—前端盖 5—定子 6—挡风罩 7—盖板  
8—轴承 9—测速装置 10—底板 11—千斤顶

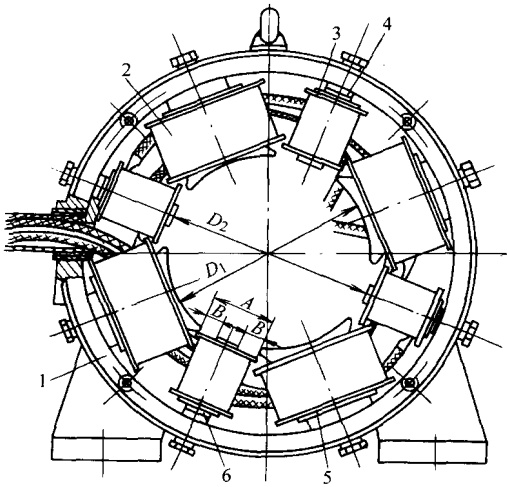


图 1-3 直流电动机定子结构

- 1—机座 2—主极绕组 3—换向极绕组  
4—非磁性垫片 5—主极铁心 6—换向极铁心

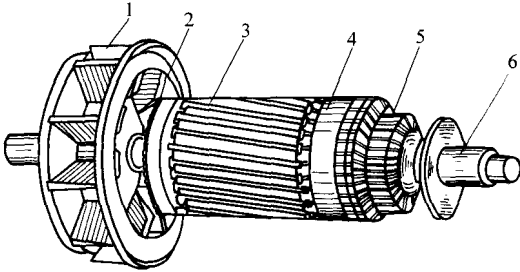


图 1-4 电枢

- 1—风扇 2—绕组 3—电枢铁心  
4—绑带 5—换向器 6—轴

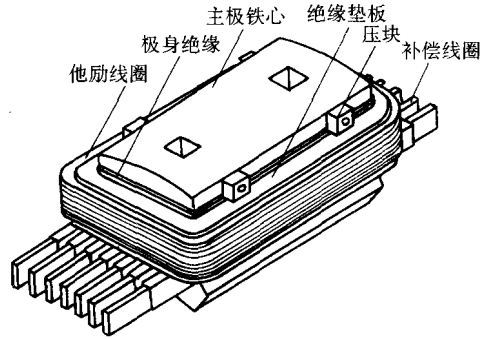


图 1-5 直流电动机主磁极

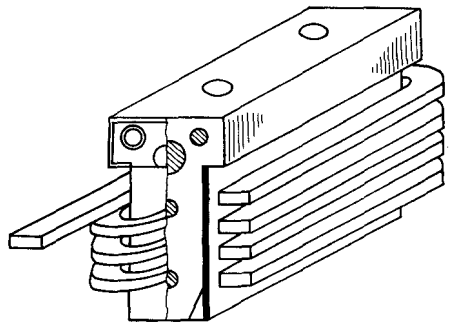


图 1-6 换向极结构

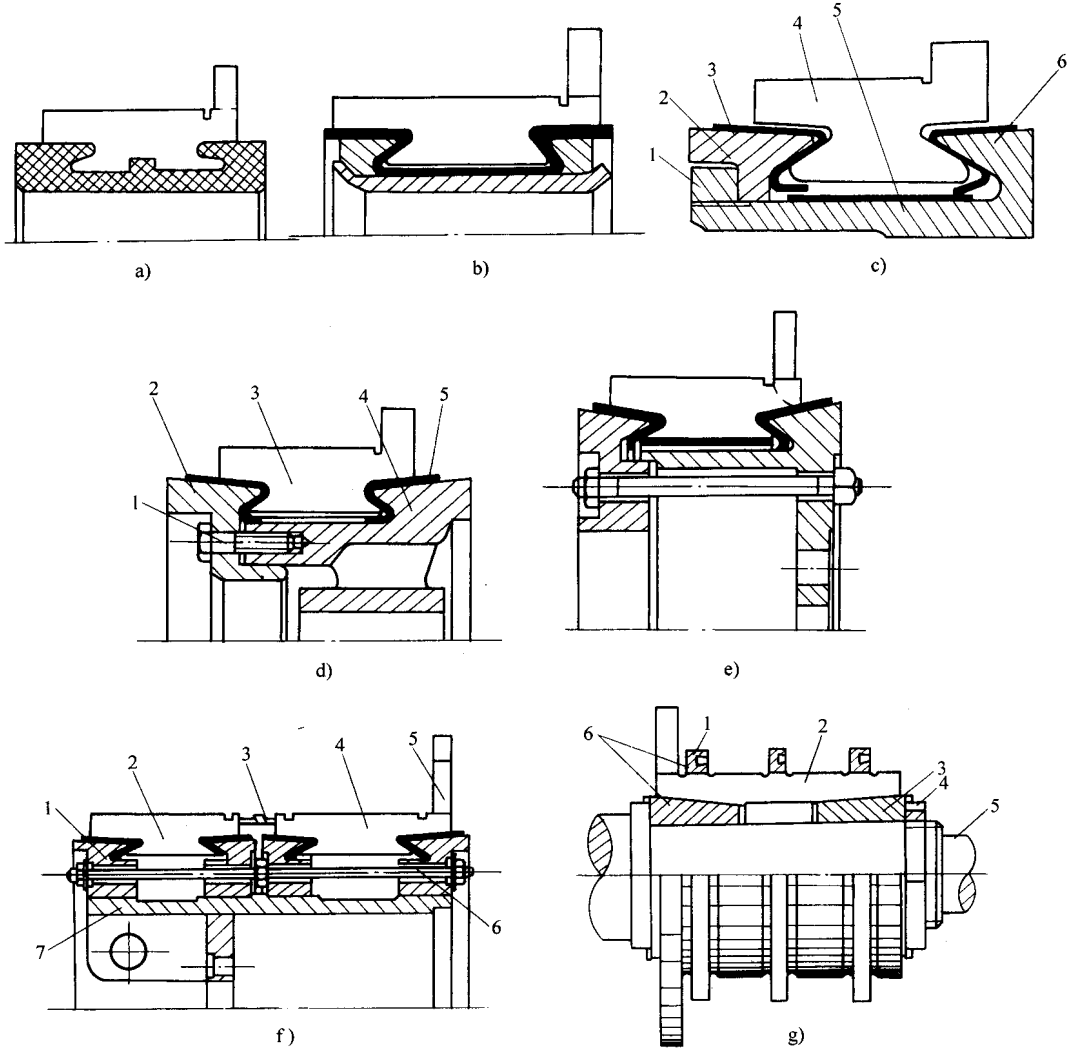


图 1-7 换向器结构图

- a) 塑料换向器 b) 铆接紧固拱形换向器 c) 螺母紧固拱形换向器 d) 螺栓紧固拱形换向器  
 e) 螺栓紧固拱形换向器 f) 双段式拱形换向器 g) 绑环式换向器

c) d) f) g)

- |         |        |         |        |       |       |        |       |
|---------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 1—螺母    | 2—V形压圈 | 1—螺钉    | 2—V形压圈 | 1—压圈  | 2—换向片 | 1—绑环   | 2—换向片 |
| 3—V形绝缘环 | 4—换向片  | 3—换向片   | 4—套筒   | 3—连接片 | 4—换向片 | 3—锥形套筒 | 4—螺母  |
| 5—绝缘套筒  | 6—套筒   | 5—V形绝缘环 |        | 5—升高片 | 6—螺杆  | 5—轴    | 6—绝缘  |
|         |        |         |        | 7—套筒  |       |        |       |

表 1-1 大、中、小型直流电动机在结构上的主要差别

结构名称	中小型电机	大型电机
通风冷却方式	一般采用自扇冷式通风, 中型直流电动机多数采用他扇冷式通风	普遍用循环冷却通风或管道直通冷却方式通风
机座	常用焊接、铸钢或叠片整体机座	铸钢、焊接或叠片分半结构机座



结构名称	中小型电机	大型电机
电枢铁心	由整圆冲片叠装在带键轴上, 部分中型电机的冲片叠装在电枢支架上	用扇形冲片拼成圆, 冲片与支架间用切向和径向楔键或鸽尾筋固定
轴承	小型常用滚动轴承, 中型少数用座式滑动轴承	多数用座式滑动轴承, 为提高工作可靠性, 某些滑动轴承采用油盘式带油润滑和油泵顶起装置
换向器	常采用塑料换向器和螺母、螺栓、螺杆紧固的拱形换向器(其中塑料换向器一般仅适用于小型电机), 换向器系直接套装在轴上	常用长螺杆固定的拱形换向器或分段换向器, 换向器固定在电枢支架上
电刷装置	小型电机的刷握为直刷盒, 刷架固定在端盖或轴承盖上, 中型电机刷握用直刷盒, 刷架固定在端盖上	刷握有直刷盒和斜刷盒两种, 多数用斜刷盒。刷杆座圈为分半结构, 固定于机座或独立的支架上
与原动机或传动机械的连接方式	中小型电机一般用弹性连接, 少数中型电机用刚性连接	刚性连接

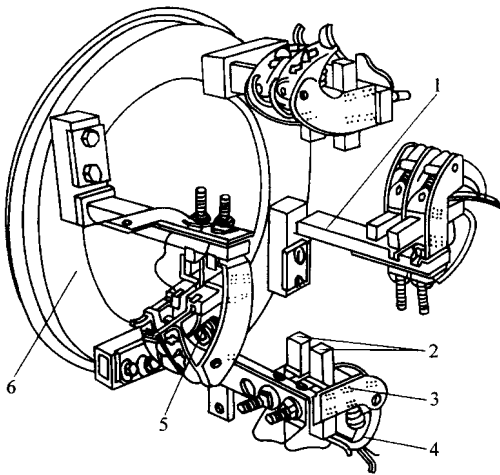


图 1-8 电刷装置

1—刷杆 2—电刷 3—刷盒  
4—压指 5—弹簧 6—刷杆座

## 二、直流电动机特点及工作原理

### (一) 直流电动机特点

直流电动机具有以下特点:

- 1) 调速特性好, 具有调速方便、平滑, 调速范围广等特点。
- 2) 能承受频繁冲击负载, 过载能力强, 能满足各种机械负载的特性要求。
- 3) 能实现频繁快速起、制动以及逆向旋转, 适应工矿企业自动化系统的各种不同的特殊要求。

由于直流电动机具有以上的优越性, 虽然大规模

集成电路和半导体等技术的发展, 以交流机代直流机的研究, 有“以交代直”的发展趋势, 但目前大型直流电动机仍在生产和使用。对于电机修理部门, 还要承接这方面的修理改造任务。

当前直流电动机被广泛应用在冶金、矿山、交通运输、纺织印染以及高调速的传动领域之中。

### (二) 直流电动机工作原理

直流电动机是将电源的电能转变为从转轴上输出的机械能的电磁转换装置。

定子励磁绕组通入直流励磁电流, 产生励磁磁场。当电枢从外界引入直流电, 经电刷传给换向器, 再通过换向器将此直流电转化为交流电引入电枢绕组, 并产生电枢电流, 此电流产生磁场, 与励磁磁场合成为气隙磁场。电枢绕组切割合成气隙磁场, 按左手定则可判断出电枢产生转矩, 这就是直流电动机的简单工作原理。

## 三、直流电机的分类及产品代号

直流电机按励磁方式分类, 有它励和自励两种, 自励的励磁方式包括: 并励、串励、复励等。直流电动机的励磁方式的接线图如图 1-9 所示。

直流电动机按用途分类, 见表 1-2。

直流电机按电枢直径分类, 电枢直径在 1000mm 以上的, 称为大型直流机; 电枢直径在 425 ~ 1000mm 范围内的, 称为中型直流机; 电枢直径小于 425mm 的, 称为小型直流机。

按防护方式分类, 有开启式、防护式、防滴式、全封闭式和封闭防水式等。

直流电动机的产品代号见表 1-3。