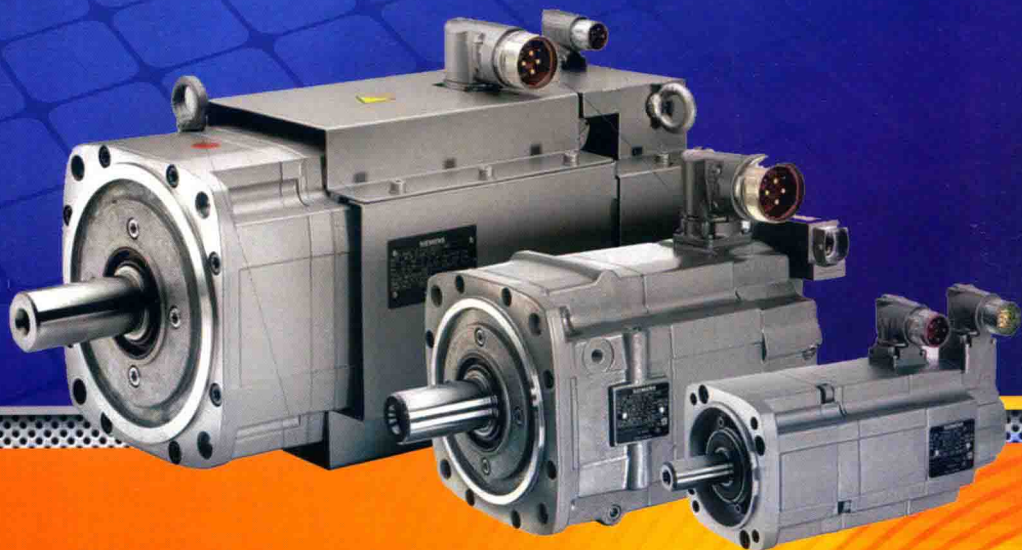


第2版

电机维修 实用技术手册

DIANJI WEIXIU SHIYONG JISHU SHOUC

方大千 朱征涛等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电机维修实用技术手册

第2版

方大千 朱征涛 等编著

机械工业出版社

本书作者曾在国企负责十多年的电气设备维修管理工作,维护全厂数千台各类电机的正常运行,积累了大量的电机运行、维修管理经验及修理技巧,本书就是结合作者的这些经验和体会,紧紧围绕中、小型电机的安装、使用要点,日常维修与保养,故障及处理,小修、中修和大修,绕组重绕,浸漆、干燥及试验等实际维修内容来编写的。全书内容具体而实用。书中还介绍了电机的基本计算公式、绕组展开图的绘制及范例,以及电机控制和励磁装置的维护与故障处理等。另外,书中还列有电机维修所必需的常用材料、技术资料和技术标准,以方便读者查用。本书所涉及的电机产品基本采用新系列的产品,同时也兼顾了目前仍在使用的少数老产品。另外,本次修订还增加了永磁电机的相关知识和维修资料。

本书叙述通俗易懂,内容丰富、实用、新颖、先进。书中介绍的大量电机维修经验,以及新材料、新技术、新工艺和新方法,在电机维修实践中非常实用。

本书可供电工技师、电机修理人员、设备运行人员和广大城乡电工阅读,也可供电气技术人员、设备管理人员学习、使用。

图书在版编目(CIP)数据

电机维修实用技术手册/方大千等编著.—2版.—北京:机械工业出版社,2018.7

ISBN 978-7-111-60604-8

I. ①电… II. ①方… III. ①电机-维修-技术手册 IV. ①TM307-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第174740号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:付承桂 责任编辑:付承桂

责任校对:郑婕 封面设计:路恩中

责任印制:常天培

涿州京南印刷厂印刷

2018年10月第2版第1次印刷

184mm×260mm·27.5印张·698千字

0001—3500册

标准书号:ISBN 978-7-111-60604-8

定价:99.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

电机是工农业生产及各行各业中使用最广泛的动力设备，其种类繁多，数量极大，是电气工作者涉及最多的电气设备。电动机是消耗电能最多的电气设备，年耗电量约占总发电量的60%，如何维护好电动机，使它安全、可靠、经济地运行，意义十分重大。尤其是自动生产线上的电动机，一旦出现了故障，若不能及时处理，就会造成重大的经济损失。发电机为工农业生产和人们生活提供电能，若发电机发生故障而停机，社会影响和经济损失更大。因此，切实做好电机的安装、使用，日常维护保养工作，落实小修、中修和大修，以及掌握正确的电机修理技术，保证电机的修理质量非常重要。

作者曾在国企负责十多年的电气设备维修管理工作，维护全厂数千台各类电机的正常运行，并从事了多年的小水电工作。工作中涉及的电机有交流电动机、直流电动机、换向器电动机、电磁调速电动机、转矩电动机、背压式汽轮发电机、水轮发电机、风机、水泵、压缩机、防爆电动机、锥形电动机、自整角机和各种电动工具等。作者在长期的实践中积累了大量的电机运行、维修管理经验及修理技巧，本书就是结合作者的这些经验和体会，紧紧围绕中、小型电机的安装、使用，日常维护与保养，故障及处理，小修、中修和大修，绕组重绕，浸漆、干燥及试验等实际维修内容来编写的。全书内容具体而实用。书中还介绍了电机的基本计算、绕组展开图的绘制及范例，以及电机控制和励磁装置的维护与故障处理等。另外，书中还列有电机维修所必需的常用材料、技术资料和技术标准，以方便读者查用。本书所涉及的电机产品基本采用新系列的产品，同时也兼顾了目前仍在使用的少数老产品。

本书主要由方大千、朱征涛等编著。参加本书编写工作的还有方成、方立、郑鹏、朱丽宁、方亚平、方亚敏、张正昌、张荣亮、许纪秋、那宝奎、费珊珊、方亚云、张慧霖、刘梅、方大中、方欣、卢静和孙文燕等同志。

限于作者的水平，书中不妥之处在所难免，望广大读者批评指正。

作 者

目 录

前 言

第一章 三相异步电动机的维修 1

第一节 异步电动机的基础知识 1

- 一、异步电动机的型号、铭牌与结构 1
- 二、异步电动机的工作特性及负载特性 6
- 三、异步电动机的出线端标志 9
- 四、异步电动机基本计算公式 11
- 五、Y、Y2、Y3、YX3、YE2、YE3 系列电动机
的区别 14
- 六、淘汰 Y 系列电动机及替代电动机
对照表 14
- 七、YX3 系列电动机的技术数据 18
- 八、YR 系列绕线转子异步电动机的
技术数据 20
- 九、Y 系列中型高压 6、10kV 三相异步
电动机的技术数据 24
- 十、YR 系列中型高压 6、10kV 绕线转子
异步电动机的技术数据 26
- 十一、YD 系列变极多速异步电动机的
型号及技术数据 28

第二节 永磁电机 32

- 一、永磁电机的种类和特点 32
- 二、永磁电机的结构和工作原理 33
- 三、永磁电机中常用的永磁材料 34
- 四、永磁直流电动机的基本方程 35
- 五、永磁直流电动机的工作特性 36
- 六、永磁电机的退磁和充磁 37
- 七、永磁电机的常见故障及处理 39

第三节 三相异步电动机的工作条件

与试车 40

- 一、三相异步电动机的工作条件 40
- 二、电压变动和电压不对称对异步电动机
性能的影响 40
- 三、电动机基础的预制 41
- 四、电动机传动机构的校正 42
- 五、三相异步电动机投入运行前的检查 43
- 六、三相异步电动机的试车 44
- 七、普通三相异步电动机改装成变频
电动机 45

第四节 三相异步电动机保护设备

及选择 45

- 一、有关低压电动机保护的規定和要求 ... 45
- 二、有关高压电动机保护的規定和要求 ... 46
- 三、电动机保护设备的选用、计算以及
保护器的选择 47
- 四、异步电动机直接起动功率的确定 53
- 五、采用并联电容器改善异步电动机
起动条件的计算 54
- 六、起动时电动机端电压能否保证生产机械
要求的起动转矩的计算 55
- 七、异步电动机全电压起动配套设备
及导线的选择 57
- 八、电动机直接起动器的类型和
使用场合 57
- 九、各种磁力起动器的规格及技术数据 ... 61
- 十、异步电动机减压方式的选择 64
- 十一、常用星-三角减压起动器的
技术数据 66
- 十二、异步电动机减压起动配套设备及
导线的选择 68
- 十三、机床设备电源线及其保护的选择 ... 69
- 十四、高压电动机保护用氧化锌压敏
电阻的选择 71
- 十五、高压电动机保护用 RC 浪涌
抑制器的选择 72
- 十六、异步电动机制动方式的选择 72
- 十七、异步电动机反接制动限流
电阻的计算 73
- 十八、异步电动机电容制动阻容
元件的计算 74
- 十九、异步电动机短接制动防接触器
触点粘连的去磁电容器的选择 75
- 二十、50Hz、420V 或 346V 电动机用于
50Hz、380V 电源的分析 75
- 二十一、60Hz、380V 电动机用于 50Hz、
380V 电源的分析 76
- 二十二、60Hz、480V、460V、440V、420V
和 380V 电动机用于 50Hz、380V
电源的情况及降压使用要求 78
- 二十三、50Hz、380V 电动机用于 60Hz、
380V、420V 和 440V 电源的情况 ... 78
- 二十四、50Hz、420V、400V 和 200V 电动机
用于 50Hz、380V 电源的分析 79

第五节 三相异步电动机的维护与检修	80	三、三相异步电动机定子绕组的计算及绝缘规范	141
一、三相异步电动机的日常检查与维护	80	四、三相单层绕组及展开图分析	148
二、异步电动机的允许温升及温升检查	84	五、三相双层绕组及展开图分析	152
三、电动机绝缘电阻的要求	85	六、异步电动机改变极数绕组重绕的计算	155
四、高压电动机绝缘老化及其防治	86	七、电动机重绕圆导线代换计算	157
五、三相异步电动机的小修、中修和大修	88	八、铜、铝导线的代换	158
六、三相异步电动机的解体保养	90	九、改变线圈导线的并联根数以适应导线截面要求的计算	158
七、轴承的清洗、加油和润滑脂(油)的选择	91	十、改变绕组并联支路数以适应导线截面要求的计算	159
八、轴承的维护与检修	94	十一、三相空壳电动机绕组重绕计算之一	160
九、电动机轴承的选择	96	十二、三相空壳电动机绕组重绕计算之二	164
十、电动机的拆装	98	十三、单速电动机改为双速电动机绕组重绕计算之一	165
十一、电刷的研磨、更换和调整	101	十四、单速电动机改为双速电动机绕组重绕计算之二	166
十二、集电环的维修	103	十五、三相异步电动机改变接线方式改压的计算	168
第六节 三相异步电动机的故障处理	103	十六、三相异步电动机绕组重绕改压的计算	169
一、三相异步电动机的常见故障及处理	103	十七、三相异步电动机改频计算	170
二、定子绕组接地、短路和断路故障的处理	107	十八、铸铝转子改为铜条转子的计算	172
三、转子故障的处理	109	十九、三相异步电动机改为单相异步电动机绕组重绕的计算	172
四、定子、转子铁心故障的处理	111	二十、采用电容裂相法将三相异步电动机改为单相使用的计算	174
五、轴承和转轴故障的处理	112	二十一、利用 L 、 C 电路的接法将三相异步电动机改为单相使用的计算	175
六、绕线转子异步电动机集电环、电刷故障的处理	115	二十二、采用其他方法将三相异步电动机改为单相使用	176
七、用粘接剂修理电动机端盖裂纹	117	第三节 三相异步电动机的铁心绕组数据	176
八、高压电动机定子绕组烧断的抢修	117	一、YR 系列三相异步电动机的绕组数据	176
第二章 三相异步电动机绕组重绕	119	二、YD 系列三相异步电动机的铁心、绕组数据	180
第一节 电机修理常用材料及选用	119	第四节 三相异步电动机绕组展开图范例	184
一、交流电动机常用电磁线及绝缘材料	119	一、2 极 12 槽单层链式绕组展开图	184
二、常用漆包线	120	二、2 极 24 槽双层叠绕式绕组展开图	185
三、常用绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线	124	三、2 极 36 槽双层叠绕式绕组展开图	186
四、常用浸渍漆和溶剂	128	四、4 极 12 槽单层链式绕组展开图	187
五、电工绝缘用纸(板)、漆布、漆管和粘带	132	五、4 极 12 槽双层叠绕式绕组展开图	187
六、常用绑扎带	135		
七、绝缘(胶)带	136		
八、槽楔及垫条和电动机引接线	136		
九、硅钢片	138		
第二节 三相异步电动机定子绕组的基本概念及计算	139		
一、三相异步电动机定子绕组的基本概念	139		
二、交流电动机绕组型式及适用范围	140		

六、4极24槽单层链式绕组展开图	188	六、短时升高电压试验	222
七、4极24槽双层叠绕式绕组展开图	189	七、堵转试验	223
八、4极24槽单层同心式绕组展开图	189	八、超速试验	223
九、6极36槽单层链式绕组展开图	190	九、绕线转子电动机开路电压试验	223
十、6极36槽双层叠绕式绕组展开图	190	十、温升试验	223
十一、8极48槽单层链式绕组展开图	191	第三章 单相及特殊电动机的维修	225
十二、8极48槽双层叠绕式绕组展开图	192	第一节 单相异步电动机的基本知识	
第五节 电动机修理的准备工作及旧绕组的拆除	192	与维修	225
一、修理工具和仪器	192	一、单相异步电动机的型号	225
二、修理前的检查与记录	194	二、单相异步电动机的接线	225
三、用热拆法、冷拆法和溶剂法拆除旧绕组	196	三、BO2系列单相电阻起动电动机的技术数据及铁心、绕组数据	227
第六节 线圈的绕制与嵌线工艺	198	四、CO2系列单相电容起动电动机的技术数据及铁心、绕组数据	227
一、绕线模板的制作及线圈的绕制	198	五、DO2系列单相电容运转电动机的技术数据及铁心、绕组数据	227
二、嵌线工艺	200	六、YL系列单相电容起动电动机的技术数据	229
三、绕组的连接与接线	202	七、JY新系列单相电容起动电动机铁心、绕组数据	229
四、绕组头尾的判定及接线错误的检查	203	八、JZ新系列单相电阻起动电动机铁心、绕组数据	230
五、采用磁性槽泥改造旧电动机的工艺	204	九、罩极式单相电动机绕组重绕计算	230
第七节 交流电动机的浸漆工艺与干燥处理	205	十、单相电容电动机起动电容量的计算	232
一、浸漆工艺	205	十一、单相电容运转电动机能耗制动电路	232
二、电动机不需干燥可投入运行的条件	207	十二、单相电容运转电动机起动转矩的计算	233
三、烘干电动机的注意事项	207	十三、单相异步电动机的日常检查和维护	234
四、定子铁心涡流干燥法	208	十四、单相异步电动机的常见故障及处理	234
五、电动机外壳涡流干燥法	210	十五、防止离心开关触头烧毛的方法	235
六、循环热风干燥法	211	第二节 单相异步电动机绕组重绕及绕组展开图范例	236
七、电流干燥法	211	一、单相异步电动机绕组重绕计算	236
八、远红外干燥法	213	二、单相异步电动机的改压计算	239
九、煤炉或红外线灯泡干燥法	215	三、BO2系列单相电阻起动电动机绕组排列图	241
十、严重受潮或被水淹的电动机的干燥处理	215	四、CO2系列单相电容起动电动机绕组排列图	242
十一、采用远红外烘干机快速干燥被水淹的电动机	217	五、DO2系列单相电容运转电动机绕组排列图	244
十二、HS-25清洗剂和HS-123绝缘保护剂及其使用	217	六、JY新系列单相电容起动电动机正弦绕组排列图	247
第八节 三相异步电动机修复后的试验	219	七、JZ新系列单相电阻起动电动机正弦绕组排列图	247
一、电动机修理后容易出现的故障及处理	219		
二、测量绝缘电阻	220		
三、测量直流电阻	221		
四、交流耐压试验	221		
五、空载试验	222		

第三节 电动工具和电风扇的维修与

绕组重绕	249
一、手电钻的常见故障及处理	249
二、冲击电钻的常见故障及处理	251
三、电锤的常见故障及处理	251
四、电动工具用单相串励电动机的技术 数据及铁心、绕组数据	252
五、单相电钻用单相串励电动机的技术 数据及铁心、绕组数据	252
六、电钻绕组重绕计算	252
七、电动工具浸漆工艺	257
八、电动工具的试验	257
九、电风扇的常见故障及处理	258
十、常用电风扇电动机的技术 数据及铁心、绕组数据	260
十一、电风扇绕组重绕	262
十二、吊扇的接线	262

第四节 电磁调速电动机的维修

一、电磁调速电动机的型号与结构	263
二、电磁调速电动机的工作原理	264
三、电磁调速电动机基本计算公式	264
四、电磁调速电动机的技术数据	266
五、电磁调速电动机的日常检查与维护	268
六、电磁调速电动机的控制线路	269
七、电磁调速电动机的常见故障 及处理	271
八、电磁调速电动机检修后的检验	272

第五节 三相换向器电动机的维修

一、三相换向器电动机的型号与结构	272
二、三相换向器电动机的技术数据	273
三、三相换向器电动机的日常检查 与维护	276
四、三相换向器电动机的常见故障及 处理方法	277
五、三相换向器电动机的控制线路	279
六、三相换向器电动机的运行调试	280
七、三相换向器电动机转子绕组 重绕工艺	282
八、三相换向器电动机二次绕组、调节 绕组和放电绕组数据	283

第六节 锥形转子异步电动机和防爆

电动机的维修	285
一、锥形转子异步电动机的结构	285
二、常用锥形转子异步电动机的 铁心、绕组数据	285
三、锥形转子异步电动机的日常检查 与维护	288

四、锥形转子异步电动机的常见故障

及处理方法	288
五、防爆电动机的分类及结构	290
六、JBJ、JBI 2 及 DZB 系列等隔爆电动机 的技术数据和铁心、绕组数据	291
七、BJQO 2 系列隔爆电动机的技术数据 和铁心、绕组数据	292
八、JBS 及 1 JBS 系列隔爆电动机的技术 数据和铁心、绕组数据	293
九、防爆电动机的拆装	294
十、防爆电动机的检修与保养	295
十一、防爆电动机的常见故障及 处理方法	296

第七节 电机扩大机的维修

一、电机扩大机的型号与结构	297
二、电机扩大机的技术数据和绕组 数据	298
三、电机扩大机的常见故障及处理方法	305
四、电机扩大机的调整与试验	307

第四章 直流电机的维修

第一节 直流电机的基本知识

一、直流电机的型号与结构	310
二、直流电机的励磁方式和运行特性	312
三、直流电机接线图	315
四、直流电动机基本计算公式	317
五、Z2 系列直流电动机的技术数据	318
六、Z4 系列直流电动机的技术数据	322

第二节 直流电机的日常维护与

定期保养	326
一、直流电机投入运行前的检查	326
二、直流电机的试车	327
三、直流电机的日常检查与维护	328
四、直流电动机电枢串起动电阻起动的 计算	330
五、直流电动机反接制动计算	333
六、直流并励电动机能耗制动计算	334
七、直流串励电动机能耗制动计算	335
八、电刷的选配	335
九、直流电动机常用的保护方法	341
十、直流电动机失磁及过电流保护 计算	342
十一、直流电动机晶闸管调速装置工作原理 及调试	343
十二、直流电动机晶闸管调速装置的故障 处理	346
十三、直流电机的小修、中修和大修	348
第三节 直流电机的故障及处理	349

一、直流电机的常见故障及处理	349	二、同步发电机运行中的常见故障及处理	396
二、电枢绕组故障的处理	353	第四节 晶闸管自动励磁装置	399
三、定子绕组故障的处理	354	一、TWL-Ⅱ型无刷励磁装置的工作原理及故障处理	399
四、换向器故障的处理	356	二、JZLF-11F型晶闸管励磁装置的工作原理及故障处理	403
五、直流电机的拆装	356	三、励磁装置的检查与维护	406
第四节 直流电机绕组重绕及展开图	357	第五节 同步发电机的修理	407
一、直流电机常用电磁线和绝缘材料	357	一、同步发电机电枢绕组(定子)的基本概念及展开图	407
二、直流电机电枢绕组的基本概念及计算	358	二、同步发电机电枢绕组(定子)的修理	408
三、直流电机单叠绕组展开图及计算	360	三、定子铁心的修理	410
四、直流电机波绕组展开图及计算	361	四、励磁绕组(转子)的修理	411
五、不同电枢绕组展开图例	362	五、发电机的干燥处理	411
六、直流电动机电枢绕组重绕计算	363	六、被洪水淹没的小型发电机的现场干燥处理	411
第五节 绕组绕制工艺、浸漆与干燥处理	365	七、同步发电机的小修和大修	412
一、直流电机修理前的检查与记录	365	八、同步发电机检修后的试验	415
二、电枢绕组重绕工艺	366	第六节 柴油发电机的维修	417
三、并励绕组重绕工艺	371	一、柴油发电机组的型号及选型	417
四、串励绕组重绕工艺	372	二、常用柴油发电机组的技术数据	418
五、换向极绕组重绕工艺	373	三、柴油发电机组的日常检查与维护	421
六、直流电动机改压计算	374	第六章 同步电动机的维修	423
七、串励直流电动机改为并励的计算	375	第一节 同步电动机的日常维护与故障处理	423
八、直流电机浸漆工艺和干燥处理	376	一、同步电动机的特点及技术数据	423
九、Z2系列直流电动机的铁心、绕组数据	377	二、同步电动机直接起动的计算	424
第六节 直流电机修复后的试验	382	三、同步电动机电抗器减压起动的计算	425
一、直流电机修复后的检查	382	四、同步电动机自耦变压器减压起动的计算	426
二、直流电机大修后的试验	382	五、同步电动机能耗制动的计算	426
第五章 同步发电机的维修	384	六、同步电动机的日常检查与维护	427
第一节 同步发电机的基本知识	384	七、同步电动机的U形曲线及试验	427
一、同步发电机的型号、结构与额定参数	384	八、同步电动机的常见故障及处理	428
二、同步发电机的励磁方式及工作原理	385	第二节 同步电动机励磁装置及故障处理	429
三、同步发电机的运行特性及试验	388	一、同步电动机晶闸管励磁装置	429
第二节 同步发电机投入运行前的检查与试车	391	二、同步电动机晶闸管自动励磁装置的常见故障及处理	430
一、同步发电机投入运行前的检查	391	参考文献	432
二、同步发电机的试车	391		
三、运行参数变化对发电机的影响	392		
第三节 同步发电机的维护与故障处理	394		
一、同步发电机的日常检查与维护	394		

第一章 三相异步电动机的维修

第一节 异步电动机的基础知识

一、异步电动机的型号、铭牌与结构

1. 异步电动机的分类

(1) 按照转子结构形式分

- 1) 笼型异步电动机。
- 2) 绕线转子异步电动机。

(2) 按照机壳防护形式分

1) 开启式：转动部分及绕组没有专门的防护设备，与外界空气直接接触，因此散热性能较好。

2) 封闭式：能防止水滴、尘土等进入电动机内部，适用于灰尘较多的场所。

3) 防护式：能防止水滴、尘土等从电动机上方进入。

(3) 按相数分

- 1) 单相电动机。
- 2) 三相电动机。

(4) 按电动机尺寸分

- 1) 大型： $H > 630\text{mm}$ ， $D_1 > 1000\text{mm}$ 。
- 2) 中型： $H = 355 \sim 630\text{mm}$ ， $D_1 = 500 \sim 1000\text{mm}$ 。
- 3) 小型： $H = 80 \sim 315\text{mm}$ ， $D_1 = 120 \sim 500\text{mm}$ 。

H ——电动机中心高 (mm)， D_1 ——定子铁心外径 (mm)。

(5) 按绝缘形式分

- 1) E 级。
- 2) B 级。
- 3) F 级。
- 4) H 级。

(6) 按工作定额分

- 1) 连续。
- 2) 短时。
- 3) 断续。

(7) 按安装方式分

- 1) 卧式。
- 2) 立式。

(8) 按冷却方式分

- 1) 自冷式。

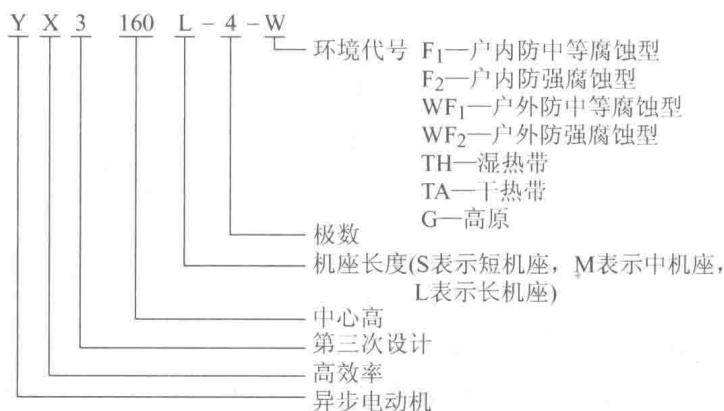
- 2) 自扇冷式。
- 3) 他扇冷式。
- 4) 管道通风式。

此外,除基本系列分类方式外,派生系列和专用系列一般是按工作环境、拖动特性或特殊性能要求进行分类的。

2. YX3 系列三相异步电动机的型号

YX3 系列三相异步电动机已取代老型号 J₂、JO₂ 系列和 Y、Y2、Y3 系列异步电动机。

YX3 系列三相异步电动机的型号含义如下:



YX3 系列三相异步电动机的外壳防护结构形式为 IP55, 为封闭式电动机。外壳防护形式分级的含义为



其中,第一位和第二位数字构成三相异步电动机外壳防护等级特征,其分级规定见表 1-1。

表 1-1 三相异步电动机外壳的防护等级

级别	防止人体触及机壳内部带电或转动部分的防护, 防止固体异物进入电机内部的防护
第一位数字	1 能防止大面积的人体(例如手), 偶然或意外地触及壳内带电或转动部分 能防止直径大于 50mm 的大固体异物进入壳内
	2 能防止手指触及壳内带电或转动部分 能防止直径大于 12mm 的小固体异物进入壳内
	3 能防止直径大于 2.5mm 的工具或导线触及壳内带电或转动部分 能防止直径大于 2.5mm 的固体异物进入壳内
	4 能防止厚度大于 1mm 的工具、金属线或类似的物体触及壳内带电或转动部分 能防止直径大于 1mm 的小固体异物进入壳内
	5 能完全防止触及壳内带电或转动部分 能防止积尘达到有害程度, 虽不能完全防止灰尘进入, 但灰尘进入的数量不足以妨碍电动机良好地运行

(续)

第 二 位 数 字	级别	防止水进入电动机达到有害程度的防护
	1	垂直的滴水对电动机无有害的影响
	2	与沿垂线成 15°角范围内的滴水对电动机无有害的影响
	3	与沿垂线成 60°角或小于 60°角范围内的滴水对电动机无有害的影响
	4	任何方向的溅水对电动机无有害的影响
	5	任何方向的喷水对电动机无有害的影响
	6	经受猛烈的海浪冲击后, 无有害数量的海水进入电动机内部
	7	当电动机在规定的压力和时间条件下浸入水中时, 电动机的进水达不到有害的数量
	8	当电动机在规定的压力和浸水时间内不断地浸入水中, 电动机的进水达不到有害的数量

3. 电动机的铭牌

电动机上都装有一块铭牌, 只有看懂铭牌上所标各数据的意义, 才能正确使用好电动机。铭牌也是检修电动机的依据。图 1-1 是 YX3 系列电动机的铭牌 (Y、Y2 等淘汰型号电动机的铭牌与 YX3 系列的类似), 铭牌上各数据的意义如下。

① 型号 YX3 表示 (高效系列) 三相异步电动机; 160 表示机座号, 数据为电动机中心高; M 表示中机座 (另外, 还有 S 表示短机座, L 表示长机座); 2 表示铁心长序号; 2 表示电动机的极数。

② 额定功率 (15kW) 电动机的额定功率是指电动机的额定工况下, 转轴上所输出的机械功率。

③ 频率 (50Hz) 电动机所接交流电源的频率。我国采用 50Hz 的频率。

④ 额定转速 (2945r/min) 电动机在额定电压、额定频率和额定功率下, 每分钟的转数。三相异步电动机 2 极为 2825 ~ 2970r/min, 4 极为 1390 ~ 1480r/min, 6 极为 910 ~ 980r/min, 8 极为 710 ~ 740r/min。电动机的额定功率越大, 则转速越高。

⑤ 额定电压 (380V) 是指电动机所用电源电压的额定值, 我国低压三相交流电为 380V。

⑥ 额定电流 (28A) 是指电动机在额定电压、额定频率和额定负荷下定子绕组的线电流。电动机绕组为三角形接法时, 线电流是相电流的 $\sqrt{3}$ 倍; 为星形接法时, 线电流等于相电流。电动机工作电流受处加电压、负荷等因素的影响较大。

电动机额定电流可由下式计算:

$$I_e = \frac{P_e \times 10^3}{\sqrt{3} U_e \eta \cos \varphi} (\text{A})$$

式中 P_e ——电动机的额定功率 (kW);

U_e ——电动机的额定电压 (V);



图 1-1 YX3 系列电动机铭牌

$\cos\varphi$ ——电动机的功率因素，为 0.82~0.91；

η ——电动机的效率，为 0.8~0.95。

⑦ 绝缘等级（F 级）及温升 绝缘等级是指电动机绕组所用绝缘材料的耐热等级。YX3 系列采用 F 级绝缘，其极限温度为 155℃；Y、Y2、Y3 系列采用 B 级绝缘，其极限温度为 130℃；J₂、JO₂ 系列采用 E 级绝缘，其极限温度为 120℃；J、JO 系列采用 A 级绝缘，其极限温度为 105℃。

温升是指所用绝缘材料的最高允许温度（极限温度）与规定的环境温度 40℃ 之差，或称额定温升。温升单位为 K。

⑧ 工作制 是指电动机在额定条件下允许连续使用时间的长短。工作制可分为三类：连续工作、短时工作和断续工作。

⑨ 防护等级（IP55） YX3 系列的防护等级为 IP55，IP 表示外壳防护符号。

IP55：第一个“5”表示能完全防止触及壳内带电或转动部分；第二个“5”表示任何方向的喷水对电动机无有害的影响。

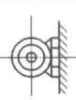
⑩ 电动机的接法（△形接法） 三相异步电动机一般采用星形（Y 形）接法或三角形（△形）接法。

此外，铭牌上还有电动机质量、出厂日期和标准编号等信息。

4. 电动机的安装结构

YX3 系列三相异步电动机的安装结构见表 1-2。

表 1-2 YX3 系列三相异步电动机的安装结构特点及安装方式

代号	示意图	结构特点	安装方式	制造范围
				IP55
B ₃		两个端盖式轴承，有底脚、有轴伸	借助于底脚安装在基础构件上	H80~H315
B ₃₅		两个端盖式轴承，有底脚，传动端端盖上有凸缘，凸缘上有通孔、有轴伸	借助于底脚安装在基础构件上，并附用凸缘安装	H80~H315
B ₅		两个端盖式轴承，无底脚，传动端端盖上有凸缘、有轴伸	借助于凸缘安装在基础构件上	H80~H225
B ₆		同 B ₃	借助于底脚安装在墙上，从传动端看底脚在左边	H80~H160
B ₇		同 B ₃	借助于底脚安装在墙上，从传动端看底脚在右边	H80~H160
B ₈		同 B ₃	借助于底脚安装在天花板上	H80~H160
V ₁		两个端盖式轴承，无底脚，传动端端盖上带凸缘，凸缘上有通孔，传动端轴伸向下	借助于凸缘在底部基础构件上安装	H80~H315
V ₁₅		两个端盖式轴承，有底脚，传动端端盖上有凸缘，凸缘上有通孔，传动端轴伸向下	借助于底脚安装在墙上，并附用凸缘在底部基础构件上安装，传动端轴伸向下	H80~H160

(续)

代号	示意图	结构特点	安装方式	制造范围
				IP55
V ₃		两个端盖式轴承，无底脚，传动端端盖上带凸缘，凸缘上有通孔，传动端轴伸向上	借助于凸缘在顶部基础构件上安装	H80 ~ H160
V ₃₆		两个端盖式轴承，有底脚，传动端端盖上有凸缘，凸缘上有通孔，传动端轴伸向上	借助于底脚安装在墙上或基础构件上，并附用凸缘在顶部基础构件上安装，轴伸向上	H80 ~ H160
V ₅		两个端盖式轴承，有底脚，传动端轴伸向下	借助于底脚安装在墙上，传动端轴伸向下	H80 ~ H160
V ₆		两个端盖式轴承，有底脚，传动端轴伸向上	借助于底脚安装在墙上，传动端轴伸向上	H80 ~ H160

5. 电动机的冷却方式

比较常用的冷却方式有：IC01，IC06，IC411，IC416，IC81W。

以 IC411 为例。其完整标记法为 IC4A1A1。

“IC” 为冷却方式标志代号；

“4” 为冷却介质回路布置代号（机壳表面冷却）；

“A” 为冷却介质代号（空气）；

第一个“1” 为初级冷却介质推动方式代号（自循环）；

第二个“1” 为次级冷却介质推动方式代号（自循环）。

● IC411，表示内循环风冷，外循环风冷，自由循环冷却。全封闭外表轴向自扇冷却，即电动机本身自带风扇冷却，冷却不需要外接电源。

● IC416，表示内循环风冷，外循环风冷，强迫风冷。全封闭带单独轴流风机的外表轴向风机冷却，即电动机自带风机冷却，冷却风机需要外接电源。

● IC81W，表示内循环风冷，外循环水冷，即空-水冷却。

● IC01，表示自由循环（自通风），周围介质直接自由吸入，然后直接回到周围介质。冷却不需要外接电源。

● IC06，表示自带鼓风机的外通风。冷却需要外接电源。

YX3 系列（IP55）电动机的冷却方式为 IC411。

6. 电动机的功率、机座号与同步转速的关系

YX3 系列电动机的功率、机座号与同步转速的对应关系见表 1-3。

表 1-3 YX3 系列电动机的功率、机座号与同步转速的对应关系

机座号	同步转速/(r/min)							
	3000	1500	1000	750	600	500	428	325
	功率/kW							
80M1	0.75	0.55	0.37	0.18	—	—	—	—
80M2	1.1	0.75	0.55	0.25				
90S	1.5	1.1	0.75	0.37				
90L	2.2	1.5	1.1	0.55				
100L1	3	2.2	1.5	0.75				
100L2	3	3	1.5	1.1				
112M	4	4	2.2	1.5				
132S1	5.5	5.5	3	2.2				
132S2	7.5	5.5	3	2.2				
132M1	—	7.5	4	3				
132M2	—	7.5	5.5	3				
160M1	11	11	7.5	4				
160M2	15	11	7.5	5.5				
160L	18.5	15	11	7.5				
180M	22	18.5	—	—				
180L	—	22	15	11				
200L1	30	30	18.5	15				
200L2	37	30	22	15				
225S	—	37	—	18.5				
225M	45	45	30	22				
250M	55	55	37	30				
280S	75	75	45	37				
280M	90	90	55	45				
315S	110	110	75	55	45			
315M	132	132	90	75	55			
315L1	160	160	110	90	75			
315L2	200	200	132	110	90			
355S1	(185)	(185)	160	132	(90)	75	55	55
355S2	(200)	(200)				90	75	75
355M1	(220)	220	(185)	160	110	110	90	90
355M2	250	250	200		132	—	110	—
355L1	(280)	(280)	(220)	(185)	160			
355L2	315	315	250	200	(185)			

注：带（ ）为不推荐的规格。

7. 三相异步电动机的结构

三相异步电动机的结构主要是由定子和转子组成的。定子由定子铁心、定子绕组和机壳（机座、端盖）组成；转子由转子铁心、转子绕组和转轴组成。对于绕线式转子，其绕组和定子绕组一样。转子绕组的三根引线头分别接到轴端的三个集电环上，并通过电刷引出与外电路接通。

三相异步电动机的结构如图 1-2 所示。

二、异步电动机的工作特性及负载特性

1. 异步电动机的工作特性

工作特性一般是指电动机在额定电压和额定频率下运行时，转子转速 n 、电磁转矩 M 、

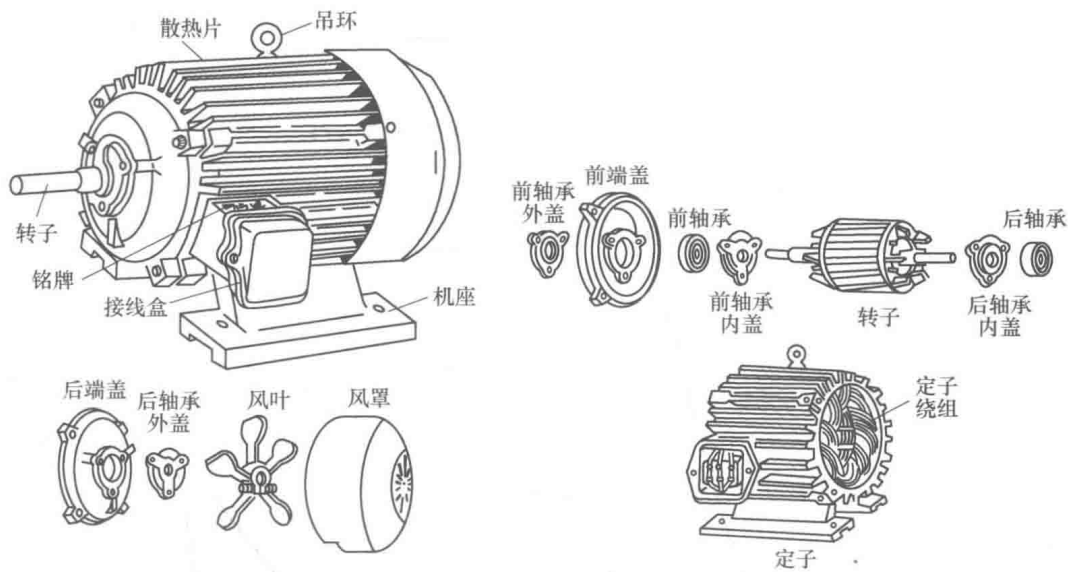


图 1-2 三相异步电动机的结构

功率因数 $\cos\varphi$ 、效率 η 和定子电流 I 等随输出功率 P_2 而变化的关系。图 1-3 所示为以标么值表示的普通异步电动机典型的工作特性曲线。

- 由图中可见：
- 1) 异步电动机的转速基本上与负载大小无关，在不超出满载范围内运行时，转速基本不变。
 - 2) 轻负载时，功率因数和效率很低，而当负载增大到大于 50% 以上额定值时，功率因数和效率变化很少。
 - 3) 电磁转矩 M 和定子电流 I 随负载的增大而增大。

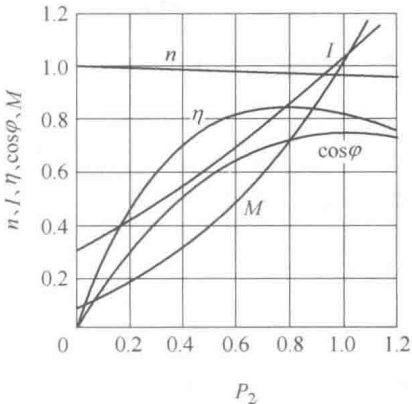


图 1-3 异步电动机工作特性曲线

2. 电源电压或频率变化对电动机工作性能的影响

当电动机的负载转矩不变，而电源电压或频率低于额定值时，电动机的工作性能将发生变化，其变化情况见表 1-4。

表 1-4 工作性能的变化

性能	频率额定，电压低于额定值	电压额定，频率低于额定值
转矩	$M_{\max}$ 减小 ($\propto U_1^2$) M_q 减小 ($\propto U_1^2$)	$M_{\max}$ 增大 ($\propto \frac{1}{f^2}$) M_q 也增大
功率因数	因 Φ_1 减小 ($\propto U_1$)，故励磁电流 I_l 减小， $\cos\varphi$ 增大	因 $U_1 \approx E_1 \propto f\Phi_1 = \text{常值}$ ，即 Φ_1 增大 ($\propto \frac{1}{f}$)，故 I_l 增大， $\cos\varphi$ 降低
电流	因 $M \propto \Phi_1 I_2 \propto U_1 I_2 = \text{常值}$ ，故 I_2 增大 ($\propto \frac{1}{U_{1s}}$)；负载较大时， I_1 一般增大	因 $M \propto \Phi_1 I_2 \propto \frac{I_2^2}{f} = \text{常值}$ ，故 I_2 减小 ($\propto f$)；而 I_l 增大，故 I_1 视具体情况而定

(续)

性能	频率额定，电压低于额定值	电压额定，频率低于额定值
转差率	s 增大 $\left(\propto I_2^2 \propto \frac{1}{U_1^2}\right)$	s 降低 $\left(\propto \frac{I_2^2}{f} \propto f\right)$
转速	当电压过低，轻载时 n 变化较小，重载时 n 变化大	n 降低 $(\propto f)$
损耗	P_{Fe1} 减小； P_{Cu2} 增大； P_f 近似不变， P_{Cu1} 轻载时变化小，负载较大时一般增大	P_{Fe1} 增大； P_{Cu2} 减小， P_f 减小； P_{Cu1} 视具体情况而定
效率	轻载时 η 稍增加；负载较大时 η 降低	因输出功率降低，故 η 一般略降低
温升	τ 增加	τ 略增加

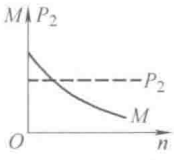
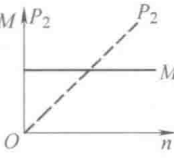
3. 电动机的负载特性

电动机的负载一般有恒功率、恒转矩、二次方转矩、递减功率、负转矩五种，见表 1-5。对于二次方转矩特性的机械负载（如风机、泵类），电动机轴上输出功率与转速之比有如下关系：

- 1) 转速为额定值的 80% 时，轴上输出功率为额定值的 51.2%。
- 2) 转速为额定值的 50% 时，轴上输出功率为额定值的 12.5%。

异步电动机的工作特性，受所拖动机械的特性影响较大。对于要求起动转矩较小的负载，如风机、压缩机、离心机等，应选用具有普通机械特性的电动机；对于要求起动转矩较大的负载，如往复式压缩机、起重机、冲床等，应选用转差率高的电动机。在选择电动机时，应使其机械特性与负载特性合理匹配，以实现安全可靠和经济运行。

表 1-5 负载特性及电动机输出功率与转速的关系

负荷特性	负载转矩、电动机输出功率与转速的关系		负载实例	转矩—转速特性
	转矩	功率		
恒功率	成反比 $M \propto \frac{1}{n}$	功率恒定 $P_2 = \frac{Mn}{9555} = C$	卷扬机	
恒转矩	转矩恒定 $M = C$	$P_2 \propto n$	卷扬机、吊车、轧机、辊式输送机、印刷机、造纸机、压缩机	
二次方转矩	成二次方正比 $M \propto n^2$	成三次方正比 $P_2 \propto n^3$	流体负载，如风机、泵类	