

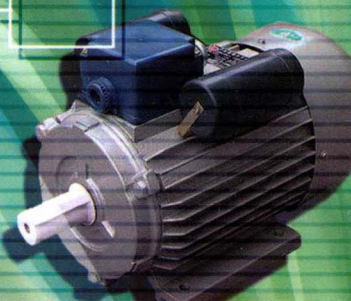
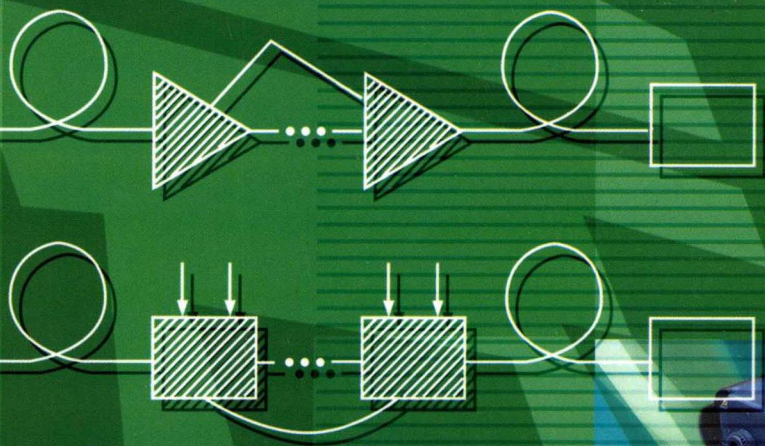


看图学系列丛书

# 看图学修电动机

## (第2版)

■ 刘建清 主编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

看图学系列丛书

# 看图学修电动机

(第2版)

刘建清 主编

電子工業出版社·

**Publishing House of Electronics Industry**

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书以图解的形式，深入浅出地介绍了各种电动机的组成、拆装与维修技巧，包括三相异步电动机、单相异步电动机、直流电动机、串励电动机及潜水电泵等。

本书图文并茂、通俗易懂、简单实用，融知识性、实用性、普及性于一体，可供具有初中以上文化程度的电动机维修初学者阅读，也可供广大电工、电气技术人员参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

## 图书在版编目（CIP）数据

看图学修电动机/刘建清主编. —2 版. —北京：电子工业出版社，2013.1  
（看图学系列丛书）

ISBN 978-7-121-19146-6

I. ①看… II. ①刘… III. ①电动机-维修-图解 IV. ①TM320.7-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 291065 号

责任编辑：苏颖杰（suyj@phei.com.cn）

印 刷：涿州市京南印刷厂

装 订：涿州市京南印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：880×1 230 1/32 印张：7.875 字数：254 千字 彩插：4

印 次：2013 年 1 月第 1 次印刷

印 数：4 000 册 定价：29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：（010）88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：（010）88258888。

# 前 言

本书第1版自2008年7月出版以来，已多次重印，受到广大读者的关注。许多读者反映本书“图文并茂，通俗易懂”，“结构清晰，深入浅出”，“理论与维修结合紧密，实用价值高”，有的读者还提出了一些宝贵意见。借此机会，我们向广大读者表示衷心感谢！

为了使本书更为完善和实用，我们经过精心策划，推出了第2版。第2版既保留了第1版原有的特色，纠正了其中的错误，删减了一些不实用的理论知识，又在内容的细节上进行了部分调整，增加了一些实用的新知识，使之更适合于当前电动机维修的需要。

本书共分8章，主要内容如下：

第1章 对电动机进行整体概述，内容包括电动机的分类、常用电动机介绍及电动机的选择等。

第2章 主要介绍电动机维修中的常用工具、仪器和维修方法。这些内容是电动机维修人员必备的基础知识。

第3章 介绍了电动机常用低压电器。作为电动机维修人员，了解这些基本知识是十分必要的。

第4章 介绍了三相异步电动机的组成、拆装、接线、维修及嵌线技术。本章是全书的重点，也是电动机维修人员必须掌握的“看家本事”。

第5章 主要介绍单相异步电动机的维修技术。单相异步电动机应用十分广泛，日常维修量较大，掌握其组成、维修与嵌线技术是十分重要的。

第6章 本章以具有较高维修价值的励磁式直流电动机为重点，详细介绍了其结构与维修技巧，非常实用。

第7章 介绍了单相串励电动机的维修技术。本章内容不是最重要的，但若想成为一名全面的维修人员，掌握这些内容就显得十分必要了。

第8章 简单介绍了潜水电泵的结构与维修要点。潜水电泵实际上就是水泵与电动机的结合体，如果掌握了三相异步电动机和单相异步电动机的维修技术，再具有一定的动手能力，就能很快掌握潜水电泵的维修技术。

参与本书编写的人员有王春生、李凤伟、赵建刚、刘为国、刘建清等，

并由中国电子学会高级会员刘建清先生组织定稿。由于编著者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请各位专家和读者不吝赐教。

如果在使用本书的过程中有任何问题或意见、建议，可以通过 E-mail: [jxxldj@sina.com](mailto:jxxldj@sina.com) 向我们提出，我们将为您提供超值延伸服务。

编者

# 目 录

<b>第 1 章 电动机概述</b> .....	1
1.1 什么是电动机 .....	1
1.2 电动机的分类 .....	2
1.2.1 按工作电源分类 .....	2
1.2.2 按结构及工作原理分类 .....	2
1.2.3 按防护方式分类 .....	3
1.2.4 按用途分类 .....	3
1.2.5 按安装方式分类 .....	4
1.3 常用电动机介绍 .....	4
1.3.1 三相异步电动机 .....	4
1.3.2 单相异步电动机 .....	5
1.3.3 直流电动机 .....	5
1.3.4 单相串励电动机 .....	5
1.3.5 同步电动机 .....	6
1.4 电动机的选择 .....	6
1.4.1 电动机的机械特性 .....	7
1.4.2 电动机的调速性能 .....	7
1.4.3 电动机的起动性能 .....	7
1.4.4 电源 .....	7
1.4.5 经济性 .....	8
<b>第 2 章 电动机常用维修工具及维修方法仪器</b> .....	9
2.1 电动机常用维修工具 .....	9
2.1.1 通用电工工具 .....	9
2.1.2 电动机维修专用工具 .....	15

2.2	电动机常用维修仪表 .....	30
2.2.1	万用表 .....	30
2.2.2	绝缘电阻表 .....	32
2.2.3	钳形电流表 .....	35
2.3	电动机维修常用材料 .....	36
2.3.1	导电材料 .....	36
2.3.2	绝缘材料 .....	38
2.3.3	润滑脂 .....	41
2.4	电动机维修程序与方法 .....	42
2.4.1	电动机故障产生的原因 .....	42
2.4.2	电动机故障维修程序 .....	43
2.4.3	电动机常用维修方法 .....	45
<b>第3章</b>	<b>电动机常用低压电器介绍 .....</b>	<b>48</b>
3.1	开关 .....	48
3.1.1	刀开关 .....	48
3.1.2	转换开关 .....	50
3.1.3	自动空气开关 .....	50
3.2	熔断器 .....	51
3.3	按钮 .....	52
3.4	接触器 .....	52
3.4.1	交流接触器 .....	53
3.4.2	直流接触器 .....	53
3.5	继电器 .....	54
3.5.1	电磁式继电器 .....	54
3.5.2	时间继电器 .....	57
3.5.3	热继电器 .....	58
3.5.4	速度继电器 .....	59
3.5.5	压力继电器 .....	60
3.5.6	温度继电器 .....	60

3.6	星-三角起动机	61
<b>第4章</b>	<b>看图学修三相异步电动机</b>	<b>62</b>
4.1	三相异步电动机的组成与拆装	62
4.1.1	三相异步电动机的组成	62
4.1.2	三相异步电动机的拆装	68
4.2	三相异步电动机的安装、接线与改装	78
4.2.1	三相异步电动机的铭牌数据	78
4.2.2	三相异步电动机的选择、安装与接线	85
4.2.3	三相异步电动机的改装	90
4.3	三相异步电动机的维修	96
4.3.1	定子绕组的维修	96
4.3.2	定子铁心的维修	106
4.3.3	转子断条的维修	107
4.3.4	轴承的维修	109
4.4	三相异步电动机定子绕组的重绕	114
4.4.1	三相异步电动机绕组的基本概念	114
4.4.2	三相异步电动机绕组的嵌线方法	121
4.4.3	三相异步电动机绕组的重绕工艺	130
<b>第5章</b>	<b>看图学修单相异步电动机</b>	<b>154</b>
5.1	单相异步电动机的分类、组成与铭牌	154
5.1.1	单相异步电动机的分类	154
5.1.2	单相异步电动机的组成	158
5.1.3	单相异步电动机的型号及铭牌	162
5.2	单相异步电动机的维修	164
5.2.1	单相异步电动机起动元件的检查	164
5.2.2	单相异步电动机常见故障的检修	167
5.2.3	罩极式单相异步电动机的维修	170
5.3	单相异步电动机定子绕组的重绕	171
5.3.1	单相异步电动机绕组的识别	171
5.3.2	单相异步电动机绕组的重绕	178



<b>第 6 章 看图学修直流电动机</b> .....	182
6.1 直流电动机的分类 .....	182
6.1.1 励磁式直流电动机 .....	182
6.1.2 永磁式直流电动机 .....	184
6.2 励磁式直流电动机的组成与型号 .....	184
6.2.1 励磁式直流电动机的组成 .....	184
6.2.2 励磁式直流电动机的型号 .....	188
6.3 励磁式直流电动机的维修 .....	188
6.3.1 励磁绕组的维修 .....	188
6.3.2 电枢绕组的维修 .....	193
6.3.3 换向极绕组的维修 .....	197
6.3.4 换向器的维修 .....	198
6.3.5 电刷装置的维修 .....	200
6.4 小型永磁式直流电动机简介 .....	202
6.4.1 小型永磁式直流电动机的结构和分类 .....	203
6.4.2 直流电动机的稳速原理 .....	203
<b>第 7 章 看图学修单相串励电动机</b> .....	207
7.1 单相串励电动机的组成与铭牌数据 .....	207
7.1.1 单相串励电动机的组成 .....	207
7.1.2 单相串励电动机的铭牌数据 .....	210
7.2 单相串励电动机的维修 .....	211
7.2.1 定子励磁绕组的维修 .....	212
7.2.2 电枢绕组的维修 .....	213
7.2.3 换向器与电刷装置的维修 .....	225
7.3 常见电动工具及其电动机故障维修 .....	227
7.3.1 常见电动工具介绍 .....	227
7.3.2 电动工具中的电动机常见故障维修 .....	228
<b>第 8 章 看图学修潜水电泵</b> .....	231
8.1 潜水电泵的分类 .....	231

8.2	小型三相潜水电泵的组成与维修 .....	233
8.2.1	小型三相潜水电泵的型号 .....	233
8.2.2	小型三相潜水电泵的组成 .....	234
8.2.3	小型三相潜水电泵的维修 .....	238
8.3	小型单相潜水电泵的组成与维修 .....	242
8.3.1	小型单相潜水电泵的组成 .....	242
8.3.2	小型单相潜水电泵的维修 .....	243
<b>参考文献</b> .....		<b>244</b>

# 第 1 章 电动机概述

## 1.1 什么是电动机

电动机也称电机（俗称马达），是一种把电能转换成机械能的设备；在电路中用字母 M（旧标准用 D）表示。它的主要作用是产生驱动力矩，作为家用电器或工农业生产机械的动力源。

电动机能提供的功率范围很大，从毫瓦级到万千瓦级。电动机的使用和控制非常方便；具有自起动、加速、制动、反转等能力，能满足各种运行要求；电动机的工作效率较高，又没有烟尘、气味，不污染环境，噪声也较小。由于它的一系列优点，电动机在工农业生产、交通运输、国防、商业及家用电器、医疗电器设备等各方面得到了广泛应用。图 1-1 所示是工农业生产中常用的电动机外形图。

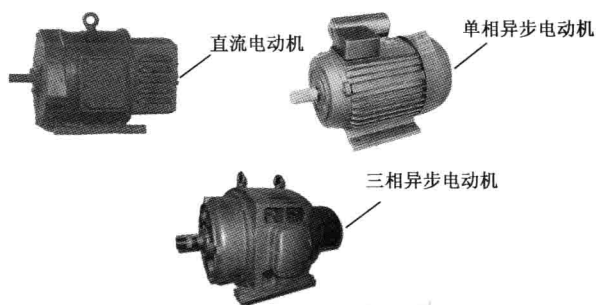


图 1-1 工农业生产中常用的电动机外形图

## 1.2 电动机的分类

日常使用的电动机种类较多,一般按以下方法进行分类。

### 1.2.1 按工作电源分类

电动机根据使用电源的不同,主要分为直流电动机和交流电动机两大类,而两大类中又分了许多种,见表 1-1。另外,还有一种单相串励电动机,它既可以使用直流电,也可以使用交流电。

表 1-1 电动机按使用电源分类表

直流电动机	无刷直流电动机		
	有刷直流电动机	永磁式直流电动机	
		电磁式直流电动机	他励直流电动机
			并励直流电动机
			串励直流电动机
复励直流电动机			
交流电动机	异步电动机	三相异步电动机	笼型转子
			绕线转子
	单相异步电动机	分相式电动机	
		电容起动电动机	
		电容运转电动机	
		电容起动运转电动机	
	罩极式电动机		
同步电动机(三相、单相)			

### 1.2.2 按结构及工作原理分类

电动机按结构及工作原理可分为同步电动机和异步电动机。

运行时,电动机转速与输入电压形成的旋转磁场一致(即同步)的电动机称为同步电动机。同步电动机还可分为永磁同步电动机、磁阻同步电

动机和磁滞同步电动机。

运行时，电动机转速比输入电压形成的旋转磁场慢一些（即异步）的电动机称为异步电动机，异步电动机可分为三相异步电动机、单相异步电动机。

### 1.2.3 按防护方式分类

电动机按防护方式可分为开启式电动机和封闭式电动机两大类。

#### 1. 开启式电动机

开启式电动机的定子两侧和端盖上都有很大的通风口。它散热好，价格便宜，但容易进灰尘、水滴和铁屑等杂物，只能在清洁、干燥的环境中使用。开启式电动机又可分以下几类：

- ◆ 防护式：机壳通风孔部分用金属网等防护，可防止外界杂物进入电动机内。
- ◆ 防滴式：可防止水流入电动机内。
- ◆ 防滴防护式：具有防滴式和防护式的特点。
- ◆ 防腐式：可在有腐蚀性气体的环境中使用。

#### 2. 封闭式电动机

封闭式电动机有封闭的机壳，电动机内部空气与外界不流通，与开启式电动机相比，其冷却效果较差，外形较大且价格高。封闭式电动机又分为以下几类：

- ◆ 全封闭防腐式：可在有腐蚀性气体的环境中使用。
- ◆ 全封闭冷却式：电动机的转轴上安装有冷却风扇。
- ◆ 耐压防爆式：可防止电动机内部气体爆炸而引爆外界爆炸性气体。
- ◆ 充气防爆式：电动机内充有空气或阻燃性气体，内部压力较高，可防止外界爆炸气体进入电动机。

### 1.2.4 按用途分类

电动机按用途可分为驱动用电动机和控制用电动机。

驱动用电动机又分为电动工具(包括钻孔、抛光、磨光、开槽、切割、扩孔等工具)用电动机、家电(包括洗衣机、电风扇、电冰箱、空调器、录音机、录像机、影碟机、吸尘器、照相机、电吹风、电动剃须刀等)用电动机及其他通用机械设备(包括各种机床、机械、医疗器械、电子仪器等)用电动机。

控制用电动机又分为步进电动机和伺服电动机等。

### 1.2.5 按安装方式分类

电动机按安装方式,可分为卧式和立式,卧式电动机的转轴安装后为水平位置,立式电动机的转轴则为垂直地面的位置。两种类型电动机使用的轴承不同,立式的价格稍高,日常使用的电动机一般为卧式。

## 1.3 常用电动机介绍

下面简要介绍日常生活中常用的几种电动机。

### 1.3.1 三相异步电动机

三相异步电动机是应用最广泛的一种电动机。它与直流电动机、同步电动机不同,其转子绕组不需与其他电源相连接,而定子绕组的电流则直接取自交流电网,所以具有结构简单,制造、使用及维修方便,运行可靠,重量较轻,成本较低等优点。此外,三相异步电动机具有较高的效率和良好的工作特性,能满足大多数机械设备的拖动要求,而且在其基本系列的基础上可以方便地生产出各种派生系列,以适应各种使用条件。三相异步电动机的分类特点见表 1-2。

表 1-2 三相异步电动机的分类特点

分类形式	类别		
转子绕组形式	笼型转子、绕线转子		
型式	小型	中型	大型
中心高(mm)	80~315	315~630	≥630

续表

分类形式	类别		
定子铁心外径 (mm)	130~500	500~990	≥990
防护形式	开启式、防护式、封闭式		
安装结构形式	卧式、立式		
绝缘等级	E级、B级、F级、H级		

### 1.3.2 单相异步电动机

单相异步电动机通常只做成小型的，其容量从几瓦到几百瓦。由于只需单相交流 220V 电源电压，故使用方便，应用广泛，并且有结构简单、成本低廉、噪声小、对无线电系统干扰小等优点，因而多用在小型动力机械和家用电器等设备上，如电钻、小型鼓风机、医疗器械、风扇、洗衣机、冰箱、冷冻机、空调机、抽油烟机、影碟机及家用水泵等，是日常现代化设备必不可少的驱动源。在工业上，单相异步电动机也常用于通风与锅炉设备以及其他伺服机构上。

### 1.3.3 直流电动机

依靠直流电源运行的电动机称为直流电动机。在电动机的发展史上，直流电动机发明得较早，后来才出现了交流电动机。当发明了交流电以后，交流电动机才得到迅速的发展。但是，由于直流电动机具有良好的起动和调速性能，永磁直流电动机还具有良好的运行特性。因而，直流电动机在便携式、特殊场合使用或对电动机性能要求较高的家用电器上得到广泛应用。例如，录音机、录像机、电动剃须刀、电吹风、小型吸尘器、车船用电风扇、电动按摩器、电动玩具等都以直流电动机为动力源。

### 1.3.4 单相串励电动机

单相串励电动机采用换向器式结构，属于直流电动机范畴，因将定子铁心上的励磁绕组和转子上的电枢绕组串联起来而得名。由于它既可以使用直流电源，又可以使用交流电源，所以又称通用电动机。

单相串励电动机具有转速高、体积小、效率高、重量轻、起动转矩大、调速方便等优点,因而大量地应用于电动工具、家用电器、小型车床、化工、医疗等领域,如电锤、手电钻、电动扳手、吸尘机、电动缝纫机、电动剃须刀等。单相串励电动机的主要缺点是噪声、振动和电磁干扰均比较大。

### 1.3.5 同步电动机

和三相异步电动机相比,同步电动机用得不广泛。随着工业的迅速发展,一些生产机械要求的功率越来越大,如空气压缩机、送风机、球磨机、电动发电机组等,功率可达数百乃至数千千瓦,采用同步电动机拖动更为合适。这是因为大功率同步电动机与同容量的异步电动机比较,有明显的优点。首先,同步电动机的功率因数较高,在运行时,不仅不使电网的功率因数降低,相反地,还能够改善电网的功率因数,这点是异步电动机做不到的;其次,对大功率低转速的电动机,同步电动机的体积比异步电动机的要小些。

## 1.4 电动机的选择

不同种类的电动机具有不同的特点和用途,表 1-3 列出了不同电动机的主要性能特点,可供选择电动机时参考。

表 1-3 不同电动机的主要性能特点

电动机种类	主要性能特点	
直流电动机	他励、并励	机械特性硬,起动转矩大,调速性能好
	串励	机械特性软,起动转矩大,调速方便
	复激	机械特性软硬适中,起动转矩大,调速方便
三相异步电动机	笼型转子	机械特性硬,起动转矩不太大,可以调速
	绕线转子	机械特性硬,起动转矩大,调速方法多
单相异步电动机	功率小,机械特性硬	
三相同步电动机	转速不随负载变化,功率因数可调	
单相同步电动机	功率小,转速恒定	



在选择电动机的种类时，可从以下几个方面考虑。

### 1.4.1 电动机的机械特性

电动机的机械特性是指在一定条件下，电动机的转速  $n$  与转矩  $T$  之间的关系；如果负载变化时，转速变化很小，称硬特性，转速变化大的称软特性。不同的生产机械具有不同的转矩-转速关系，要求电动机的机械特性与之相适应。例如，负载变化时要求转速恒定不变的，就应选择同步电动机；要求起动转矩大及特性软的，如电车、电气机车等，就应选用串励或复励直流电动机。

### 1.4.2 电动机的调速性能

电动机的调速性能包括调速范围、调速的平滑性、调速系统的经济性（设备成本、运行效率等）等方面，都应该满足生产机械的要求。例如，调速性能要求不高的各种机床、水泵、通风机多选用普通三相笼型转子异步电动机；功率不大、有级调速的电梯及某些机床可选用多速电动机；而调速范围较大、调速要求平滑的龙门刨床、高精度车床、可逆轧钢机等，多选用他励直流电动机和绕线转子异步电动机。

### 1.4.3 电动机的起动性能

一些对起动转矩要求不高的场合，如机床，可以选用普通笼型转子三相异步电动机；而起动、制动频繁，且起动、制动转矩要求比较大的生产机械就可选用绕线转子三相异步电动机，如矿井提升机、起重机、不可逆轧钢机、压缩机等。

### 1.4.4 电源

直流电动机的直流电源一般为 110V、220V、440V。直流电源一般需要有整流设备，而交流电源（一般为 220V 或 380V）则比较方便，因此，一般应尽量选用交流电动机。