

电工电子技术

全图解丛书

DIANGONG DIANZI JISHU QUANTUJIE CONGSHU

变频技术 速成全图解

数码维修工程师鉴定指导中心 组织编写

韩雪涛 韩广兴 吴瑛 编著

● 内容新颖实用

● 技能快速精通

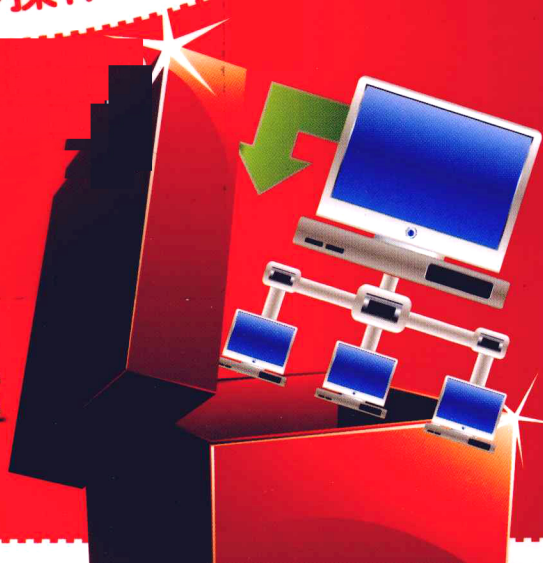
● 操作完全图解

● 专家亲自指导

超值附赠50元学习卡



化学工业出版社



电工电子技术
全图解丛书

DIANGONG DIANZI JISHU QUANTUJIE CONGSHU

变频技术 速成全图解

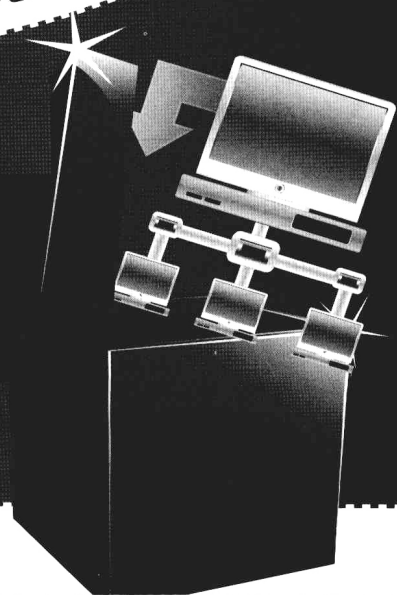
● 内容新颖实用 ● 技能快速精通 ● 操作完全图解 ● 专家亲自指导

超值附赠50元学习卡



化学工业出版社

· 北京 ·



图书在版编目(CIP)数据

变频技术速成全图解/数码维修工程师鉴定指导中心组织编写;韩雪涛,韩广兴,吴瑛编著. —北京:化学工业出版社, 2011.6

(电工电子技术全图解丛书)

ISBN 978-7-122-10808-1

I. 变… II. ①数…②韩…③韩…④吴… III. 变频调速—图解 IV. TM921.51-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第046132号

责任编辑:李军亮
责任校对:战河红

文字编辑:咎景岩
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装订:三河市万龙印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张18³/₄ 字数435千字 2011年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 46.00元

版权所有 违者必究



随着科学技术的进一步发展，生产生活中的电气化程度越来越高，同时也有越来越多的人从事与电工电子技术相关的工作。为了能跟上电工电子技术发展的潮流，对于那些从事或希望从事电工电子技术工作的人员来说，都需要不断学习与电工电子技术相关的知识和技能。比如说，电工电子识图技能、工具仪表的使用技能、电器维修技能以及PLC、变频等新技术应用技能等。这些知识与技能在实际应用中不仅相互交叉，而且技术发展日新月异，所以如何能够快速准确地学习电工电子技术，并能跟上时代的发展，是很多技术人员所面临的主要问题。

针对上述情况，为帮助广大电工与电子技术人员能够迅速掌握实用技术，我们组织相关专家和专业技术人员，按照实际的岗位要求，结合行业技能的特点，编写了这套《电工电子技术全图解丛书》（以下简称《丛书》），包括：《电工识图速成全图解》、《电工技能速成全图解》、《家装电工技能速成全图解》、《电子技术速成全图解》、《电子电路识图速成全图解》、《电子元器件检测技能速成全图解》、《示波器使用技能速成全图解》、《万用表使用技能速成全图解》、《家电维修技能速成全图解》、《PLC技术速成全图解》、《变频技术速成全图解》共11本图书。

《丛书》内容突出技能特色，注重实用性，并将职业标准融入到知识与技能中，无论是在内容结构还是编写形式上都力求创新，具体特点如下：

一、丛书层次分明

本《丛书》立足于初学者，在整体分类上，将电工识图、电子电路识图、电子元器件检测三项基本的技能分别作为三本基础图书进行讲解，将电子技术、PLC实用技术、变频技术作为三本应用技术类图书进行讲解，最后分别按照电工电子行业的岗位要求划分成家电维修、电工实用技能、家装电工、示波器使用、万用表使用五本专业技能类图书，这使得本《丛书》的知识技能层次更加分明。

二、编写形式独特

《丛书》突出“技能速成”和“全图解”两大特色。为方便读者学习，在书中都设置有【目标】、【图解】、【提示】、【扩展】四大模块。每讲解一项技能之前，都会通过【目标】告诉读者学习的内容、实现的目标、掌握的技能。在讲解过程中，会对内容关键点通过【提示】和【扩展】模块向读者传递相关的知识要点。【图解】模块则是将技能以“全图解”的形式表现出来，让读者非常直观地学习操作技能，达到最佳的学习效果。

三、内容新颖实用

《丛书》以电工电子行业岗位要求为目标设置内容，力求让读者能够在最短的时间内掌握相应的岗位操作技能。书中的理论知识完全以操作技能为依托，知识点以实用、够用为原则，所有的操作技能都来自于生产实践，并尽可能将各种技能以图解的方式表现出来，以达到“技能速成”的目的。

四、专家贴身指导

为确保图书内容的权威性、规范性和实用性，《丛书》由数码维修工程师鉴定指导中心组织编写，由全国电子行业资深专家韩广兴教授亲自指导，编写人员由资深行业专家、一线教师和高级维修技师组成。此外，《丛书》在编写过程中，还得到了SONY、松下、佳能、JVC等多家专业维修机构的大力支持。

五、技术服务到位

为了更好地满足读者的需求，达到最佳的学习效果，读者除可得到免费的专业技术咨询外，还可获得书中附赠的价值50元的数码维修工程师远程培训基金（培训基金以“学习卡”的形式提供）。读者可凭借此卡登录数码维修工程师的官方网站（www.chinadse.org）获得超值技术服务，随时了解最新的行业信息，获得大量的视频教学资源、电路图纸、技术手册等学习资料以及最新的数码维修工程师培训信息，实现远程在线视频学习，还可通过网站的技术论坛进行交流与咨询。读者也可以通过电话（022-83718162/83715667）、电子邮件（chinadse@163.com）或信件（天津市南开区榕苑路4号天发科技园8-1-401，邮编300384）的方式与我们进行联系。

作为《丛书》之一，《变频技术速成全图解》根据变频技术的特点，结合实际应用，将内容划分成：变频技术的特点与应用，变频技术与变频器，变频器的安装、调试与维修，变频电路中的主要元器件和核心电路，变频技术在制冷设备中的应用，变频技术在电力拖动系统中的应用，变频电路的检修实例等。为了将知识技能与实际工作紧密结合，书中收集了大量的实际案例，并围绕案例展开讲解，使读者不仅能够掌握变频技术的相关知识与应用，更重要的是能够举一反三，将知识灵活应用在实际工作中。

希望本书的出版能够帮助读者快速掌握变频技术，同时欢迎广大读者给我们提出宝贵建议！如书中存在什么问题，可发邮件至qdlea2004@163.com与编辑联系！

数码维修工程师鉴定指导中心



第1章

变频技术的特点与应用

▶▶▶ 1

1.1 变频技术的特点	2
1.1.1 变频的目的	2
1.1.2 变频的基本方法和工作原理	3
1.2 变频技术的应用	4
1.2.1 变频技术中的电动机	4
1.2.2 变频驱动的工作原理	10
1.2.3 变频技术的应用	11



第2章

变频技术与变频器

▶▶▶ 13

2.1 变频器的结构和分类	14
2.1.1 变频器的结构特点	15
2.1.2 变频器的分类	19
2.2 变频器的功能与应用	26
2.2.1 变频器的功能特点	26
2.2.2 变频器的实际应用	29



第3章

变频器的安装、调试与维修

▶▶▶ 33

3.1 变频器的安装连接	34
3.1.1 变频器的安装方法	34

3.1.2	变频器的连接方法	38
3.2	变频器的调试与使用	53
3.2.1	变频器SDP状态显示屏的调试方法	53
3.2.2	变频器BOP-2基本操作屏调试方法	57
3.2.3	变频器的使用操作	72
3.3	变频器的维修	87
3.3.1	变频器的检测方法	87
3.3.2	变频器的代换方法	95



变频电路中的主要元器件和核心电路

▶▶▶ 98

4.1	变频电路中的主要元器件	99
4.1.1	晶闸管的结构与功能特点	99
4.1.2	门极可关断晶闸管的结构与功能特点	103
4.1.3	双向晶闸管的结构与功能特点	104
4.1.4	结型场效应管的结构与功能特点	106
4.1.5	MOS型场效应管的结构与功能特点	110
4.1.6	MOS控制晶体管的结构与功能特点	113
4.1.7	MOS控制晶闸管的结构与功能特点	113
4.1.8	静电感应晶体管的结构与功能特点	114
4.1.9	静电感应晶闸管的结构与功能特点	115
4.1.10	绝缘栅双极型晶体管的结构与功能特点	116
4.1.11	耐高压绝缘栅双极型晶体管的结构与 功能特点	118
4.2	变频电路中的核心电路	119
4.2.1	整流电路	119
4.2.2	中间电路	130
4.2.3	电动机转速控制电路	132
4.2.4	逆变电路	136



第5章

变频技术在制冷设备中的应用

▶▶▶ 144

5.1 制冷设备中的变频电路	145
5.1.1 制冷设备中变频驱动电路的基本结构	145
5.1.2 制冷设备中的变频驱动电路及工作原理	147
5.2 制冷设备中变频驱动控制电路的应用实例分析	150
5.2.1 家用空调器中的变频电路应用实例	150
5.2.2 一拖三空调器中的变频控制电路实例	151
5.2.3 海尔BCD-550WYJ型变频电冰箱实例	152
5.2.4 海信KFR-25GW/06BP空调器变频控制电路实例	156
5.2.5 变频制冷电路的应用实例分析	158
5.2.6 LG-CRUN458S1型空调器的变频控制电路	160
5.2.7 LG-CRUN1008T1型变频空调器的控制电路	161
5.2.8 LG-L3UV265TA0型变频空调器的控制电路	162
5.3 制冷设备中的变频电路和功率元器件	163
5.3.1 制冷设备中变频电路的结构	163
5.3.2 制冷设备常用功率驱动模块	165
5.3.3 智能变频功率模块的结构	168



第6章

变频技术在电力拖动系统中的应用

▶▶▶ 202

6.1 电力拖动系统中的变频电路	203
6.1.1 水泵电动机的变频控制系统	203
6.1.2 风机的变频控制系统	206
6.1.3 机床电动机的变频系统	207
6.1.4 吊车电动机的变频驱动系统	212
6.1.5 印染生产线驱动电动机的变频系统	214

6.2 电力拖动系统中变频器的应用实例	215
6.2.1 电泵驱动系统中的变频控制电路实例	215
6.2.2 提升机电机驱动系统中的变频电路实例	216
6.2.3 变频器在三相交流电动机驱动系统中的应用实例	216
6.2.4 变频器在桥式吊车中的应用实例	218
6.2.5 变频器在工业锅炉中的应用实例	218
6.2.6 变频器在焦化厂风机驱动系统中的应用实例	219
6.2.7 变频器在电梯驱动系统中的应用实例	219
6.2.8 变频器在卷纸系统中的应用实例	221
6.2.9 变频器在锅炉和水泵驱动电路中的应用实例	221
6.2.10 变频器在普通交流电动机驱动电路中的应用实例	223
6.2.11 变频器在电力拖动系统中的应用实例	224
6.2.12 变频器在潜水泵驱动系统中的应用实例	224
6.2.13 变频器在双电动机驱动系统中的应用实例	224
6.2.14 变频器在计量泵驱动系统中的应用实例	226
6.2.15 智能变频驱动控制电路的应用实例	227
6.2.16 变频器在农用机械中的应用实例	227
6.2.17 变频器在输纸机构中的应用实例	228
6.2.18 变频系统中的功率模块	229
6.2.19 变频器在供料车驱动电路中的应用实例	229
6.2.20 通用变频器在电力拖动电路中的应用实例 1	230
6.2.21 通用变频器在电力拖动电路中的应用实例 2	230
6.2.22 典型变频器的接口电路	230
6.2.23 变频器在多电动机驱动系统中的应用实例	231
6.2.24 变频器在高压水泵驱动系统中的应用实例	233
6.2.25 变频器在传输带驱动系统中的应用实例	233
6.2.26 变频器在双电动机控制电路中的应用实例	234
6.2.27 变频器与 PLC 组合控制电路的应用实例	235
6.2.28 变频器在多泵系统中的应用实例	235
6.2.29 SAJ-8000 变频器的应用实例	236
6.2.30 变频器与外部设备的接口电路	236
6.2.31 变频器对水泵组电动机的控制实例	238
6.2.32 EV1000-4T0055G 变频器的应用实例	238
6.2.33 变频器在主从电动机控制系统中的应用实例	238

6.2.34	EDS2000/2800变频器的应用实例	240
6.2.35	变频器在大功率电动机驱动系统中的应用实例	240
6.2.36	变频器在正反转驱动系统中的应用实例	241
6.2.37	变频器在冲压机中的应用实例	242
6.2.38	TD3000变频器的应用实例	242
6.2.39	BT40/SB60P/61P变频器的应用实例	243
6.2.40	变频器中的高压功率模块	244



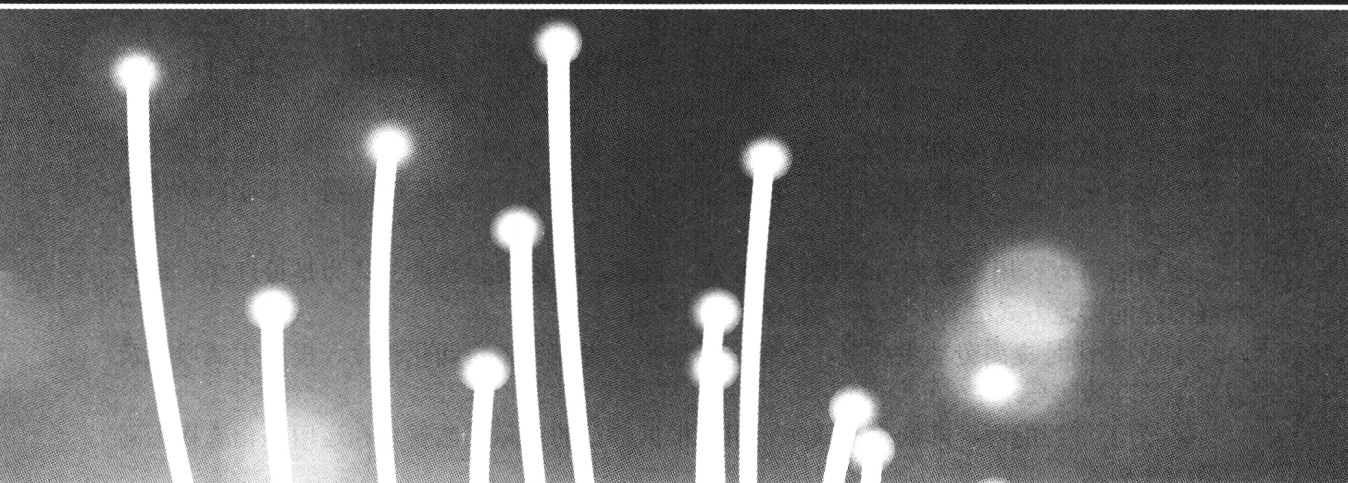
变频电路的检修实例

▶▶▶ 246

7.1	三菱 1500W 小型通用变频器的检修实例	247
7.2	康沃 CVF-G-5.5kW 变频器的检修实例	252
7.3	安川 VS-616G5 变频器的检修实例	256
7.4	三菱 FR-E500 变频器检修实例	258
7.5	TYVERT 系列高压变频器检修实例	260
7.6	西门子 MICROMASTER440 变频器的检修实例	262
7.7	西门子 6SE70 变频器的检修实例	266
7.7.1	操作控制面板 PMU 液晶显示屏上显示字母 “E”， 并有报警声的故障	266
7.7.2	操作控制面板 PMU 液晶显示屏 “黑屏” 的故障	270
7.7.3	操作控制面板 PMU 液晶显示屏上显示 “008”， 开机封锁	279
7.7.4	操作控制面板 PMU 液晶显示屏上显示 “F008”	281
7.7.5	操作控制面板 PMU 液晶显示屏上显示 “F011”	282

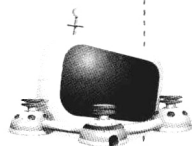


变频技术的特点与应用



目标

通过对本章的学习，初步了解变频技术以及变频技术可以实现的功能。





1.1 变频技术的特点

变频技术采用改变驱动信号频率的方式，控制电动机的转速。其电路部分是由漏极控制电路、功率输出电路（逆变电路）和电源供电电路等部分构成的，将这些电路制成一个独立的器件，称之为变频器。

1.1.1 变频的目的

在工业日益发展的今天，节能和自动化已经成为提高生产力的策略，经过长时间的发展，变频技术成为实现这一策略的手段，电动机和它的驱动控制电路是工业生产设备中不可缺少的设备。驱动电动机的变频技术及器件已经成为改造传统产业、改善工艺流程、提高生产自动化水平、提高产品质量、推动技术进步的重要手段，广泛应用于工业自动化的各个领域。

变频的基本作用就是调速和软启动控制。目前，变频调速已被公认为是最理想、最有发展前途的调速方式之一。变频调速的主要目的：

① 为了满足提高劳动生产率、改善产品质量、提高设备自动化程度、提高生活质量及改善生活环境等要求；

② 为了节约能源、降低生产成本。用户根据自己的实际工艺要求和运用场合选择不同类型的变频器。



扩展

采用变频技术生产出的变频器和电动机构成“变频速传动系统”，其功能如表 1-1 所列。

表 1-1 “变频速传动系统”的功能

功能	用途	关键技术
节能	风机、鼓风机、泵	提高运行可靠性 多台控制和调速
提高生产率	起重机、自动仓库 注塑机 传送带	调速 提高可靠性 运行平稳，防止滑落
提高产品质量	机床 纸、膜、钢板加工 印刷版开孔机	平滑加减速 调速 力矩控制 定位控制

续表

功能	用途	关键技术
设备合理化 节省维护 工厂自动化	纤维机械 纸、膜、钢板加工	现有设备增速运行 力矩控制 多电动机一体控制 多电动机级联控制 提高可靠性
改善环境 耐恶劣环境	空调器 电梯	减小噪声 平滑加减速 防爆 安全性

1.1.2 变频的基本方法和工作原理

传统的电动机驱动方式是恒频的，即交流 220 V 或 380 V 电源的频率是 50 Hz 直接去驱动电动机，由于电源频率恒定，电动机的转速是不变的。如果需要满足变速的要求，就需要增加附加的减速或升速设备（变速齿轮箱等），这样会增加设备成本，还会增加能源消耗，其功能还受限制。采用变频的驱动方式，去驱动电动机可以实现宽范围的转速控制，还可以大大提高效率，具有环保节能的特点。



如图 1-1 ~ 图 1-3 所示为变频的原理。

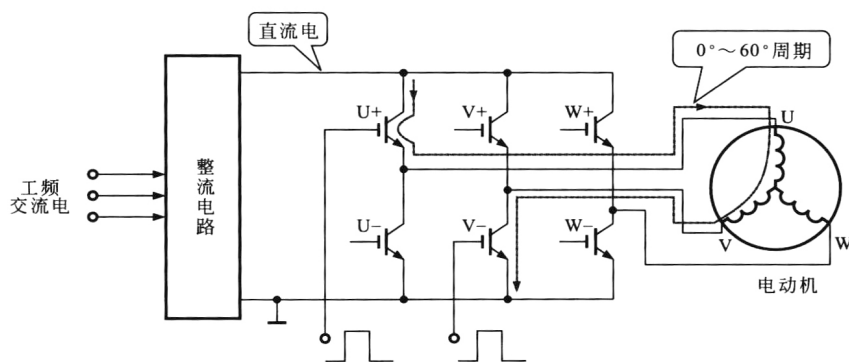


图 1-1 变频的原理（一）

工频交流电经整流滤波电路输出直流电压，为功率输出电路（逆变电路）供电，在电动机旋转的 $0^\circ \sim 60^\circ$ 周期，控制信号同时加到 IGBT 管 $U+$ 和 $V-$ 的控制极，使之导通，于是电流从 $U+$ 流出经电动机的绕组线圈 U 、线圈 V 、IGBT 管 $V-$ 到地形成回路。

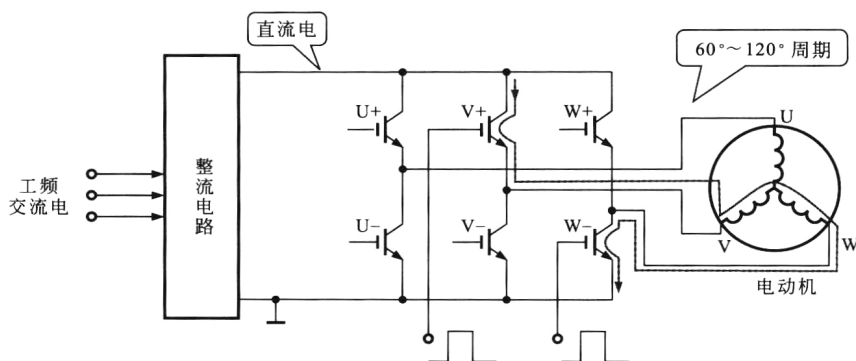


图1-2 变频的原理(二)

在电动机旋转的 $60^\circ \sim 120^\circ$ 周期,电路发生转换,IGBT管V+和IGBT管W-控制极为高电平而导通,电流从IGBT管V+流出经绕组V流入,从W流出,流过IGBT管W-到地形成回路。

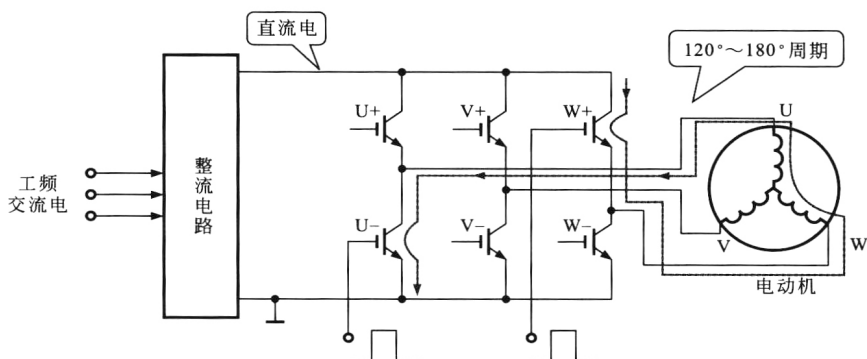


图1-3 变频的原理(三)

在电动机旋转的 $120^\circ \sim 180^\circ$ 周期,电路再次发生转换,IGBT管W+和IGBT管U-控制极为高电平导通,于是电流从IGBT管W+流出经绕组W流入,从绕组U流出,经IGBT管U-流到地形成回路,又完成一个流程,按照这种规律为电动机的定子线圈供电,电动机定子线圈会形成旋转磁场,使转子旋转起来,改变驱动信号的频率就可以改变电动机的转动速度,从而实现转速控制。



1.2 变频技术的应用

1.2.1 变频技术中的电动机

随着科学的发展,变频技术的使用也越来越广泛,不管是工业设备上还是家用电器上

都会使用到变频器,可以说,只要有电动机的地方,就有变频技术的存在。

要熟练地掌握变频技术,必须先了解电动机的特性,因为变频技术与电动机有着密切的联系。

目前,采用变频技术的电动机主要有直流无刷电动机和三相异步电动机。

(1) 直流无刷电动机

直流无刷电动机是直流电动机的一种,在制冷压缩机中应用最广泛,通过逆变电路驱动工作。



图解

如图 1-4 所示为直流无刷电动机。

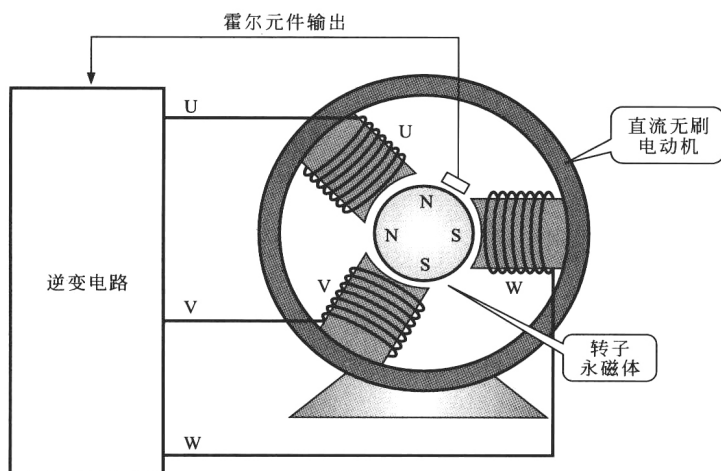


图 1-4 直流无刷电动机

直流无刷电动机的转子是由永久磁钢构成的,线圈绕制在定子上,当逆变电路驱动工作时,定子线圈得电,磁钢受到定子磁场的作用而产生转矩并旋转。



提示

无刷电动机的转子是由永久磁钢(多磁极)制成的,线圈绕组设置在定子上,通常由定子上的霍尔传感器对转子磁极的相位进行检测,驱动电路根据转子的相位进行控制,实现线圈中电流方向的变化,并驱动转子旋转,如图 1-5 所示为直流无刷电动机上的霍尔元件。



图 1-5 直流无刷电动机上的霍尔元件

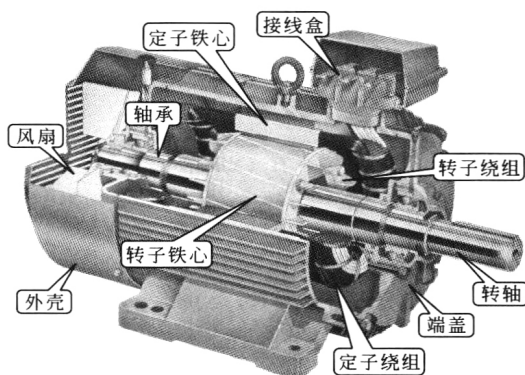
(2) 三相异步电动机

三相异步电动机是交流感应电动机中的一种，它是相对于交流同步电动机而言的，交流同步电动机的转速与电源的频率同步，例如交流 50 Hz 电源，磁场转速为 3000 r/min，电动机的转速也为 3000 r/min，交流异步电动机其转速与电源的频率有一定的差异，电源频率 50 Hz，异步电动机转速则为 2800 r/min，但异步电动机具有效率高、驱动力矩大的特点。

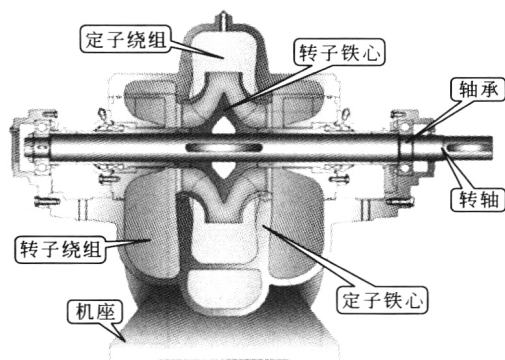
① 三相异步电动机结构



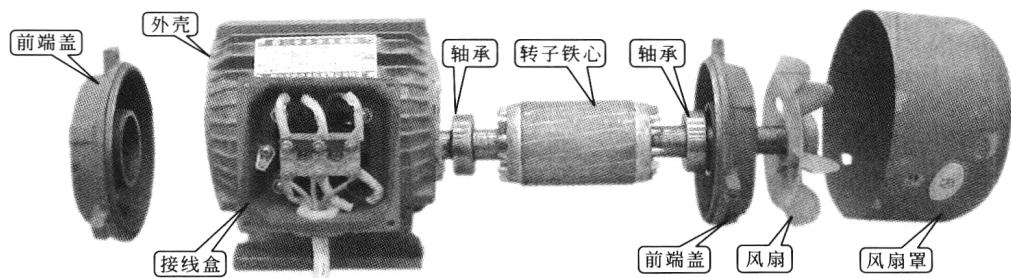
如图 1-6 所示为三相异步电动机结构图。



(a) 三相异步电动机内部结构图



(b) 三相异步电动机剖面示意图



(c) 三相异步电动机整机分解图

图 1-6 三相异步电动机结构图

三相异步电动机同样是由静止的定子部分和转动的转子两个主要部分构成的。其中定子部分包含了定子绕组、定子铁心和外壳部分；转子部分包含了转子、转轴、轴承等部分。



如图 1-7 所示为三相异步电动机定子部分结构图。

三相异步电动机的定子部分主要由定子铁心、定子绕组和外壳等部分构成。定子绕组是定子中的电路部分，其作用是通入三相交流电后产生旋转磁场。三相异步电动机有三相独立的绕



组，每个绕组包括若干线圈，当通入三相电流时，就会产生旋转磁场。

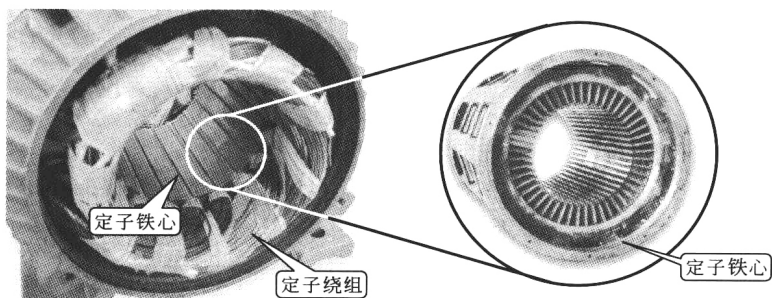


图 1-7 三相异步电动机定子部分结构图



如图 1-8 所示为三相异步电动机转子部分结构图。

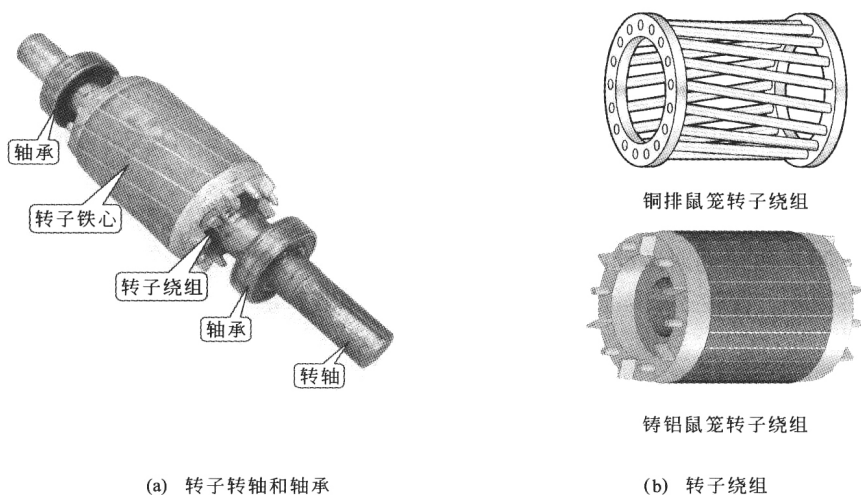


图 1-8 三相异步电动机转子部分结构图

三相异步电动机的转子是三相异步电动机的旋转部分，由转子铁心、转子绕组、转轴和轴承等部分组成。其中转轴一般是用中碳钢制成的，轴的两端用轴承支撑。而转子绕组多采用鼠笼式结构。



提示

转子绕组是由嵌放在转子铁心槽内的铜条组成的，若去掉转子铁心，只剩下它的转子绕组，整个绕组的外形像一个鼠笼，故称鼠笼型绕组。