

丹佛斯变频器 控制技术

王德吉 编译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



835120310

本书较为详细地介绍了变频器的原理、结构、类型、功能及控制,主要内容有:三相异步电动机、变频器的硬件结构及工作原理、变频器的基本控制模式、变频器的常用功能、变频调速系统的控制、丹佛斯变频器的常用功能、丹佛斯变频器的应用案例、变频器谐波干扰防治实例、保护与安全措施、变频器试验案例、丹佛斯变频器的选型、丹佛斯变频器相关问题。

本书具有全面性、系统性、实用性、操作性较强等特点,结合产品特点由浅入深地介绍了产品的运用,是一本概念清晰、实用性很强的教程。本书不但可以作为项目开发 and 现场维护人员手边的宝典,也可作为在校学生走向实践工作的指导书。

请在 www.cmpbook.com 下载课件。

图书在版编目(CIP)数据

丹佛斯变频器控制技术/王德吉编译. —北京:机械工业出版社,
2014.4

ISBN 978-7-111-46400-6

I. ①丹… II. ①王… III. ①变频器 IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 067394 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:林春泉 责任编辑:赵 任

责任印制:刘 岚 责任校对:刘秀丽

北京京丰印刷厂印刷

2014 年 5 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·10.25 印张·248 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-46400-6

定价:29.90 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

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

序一

随着微处理器技术、电力电子技术、网络技术、控制技术的发展和变频器系统实现了全数字化、智能化、网络化，已成为自动控制系统发展的主流方向。变频控制技术在先进制造领域以及在提高生产速度、管理生产过程、合理高效加工和保证安全生产等方面起到越来越关键的作用。

烟草行业是全球各生产制造行业中自动化程度比较高的行业之一。世界各地的许多卷烟厂都热衷于自动化技术改造，无论是欧美发达国家，还是亚洲新兴工业化国家的卷烟生产企业，在自动化技术改造方面都不遗余力。我国烟草企业从20世纪80年代初期引进国外先进的生产设备开始，就在不断地探索和追踪最新的自动化技术。目前，烟草企业对丹佛斯变频技术学习的呼声越来越强烈。

我院作为中国烟草行业技术人才的专门培训机构，多年来一直致力于追踪全球工业自动化领域最新的技术和理念并将其转化为生产力，服务于国内的烟草企业，并为之培训了大批的技术人员及技术管理人员。近年来，为满足烟草企业针对工业控制方面的特殊培训需求，我院与丹佛斯传动有限公司展开了多层次、全方位的人才培训合作。《丹佛斯变频器控制技术》一书就是丹佛斯传动有限公司与我院机电工程研究室合作的结晶。本书将丹佛斯变频技术汇集其中，并结合现场应用实例，将丹佛斯变频技术详尽地呈现给读者。希望本书能为自动化领域设计人员和企业工程师及院校师生提供有力的支持和帮助，也请广大读者为本书提出批评和修正意见。

中国烟草总公司职工进修学院

李广才 副院长

2014年3月

王德吉

2014年3月

序二

近20年来,变频调速技术在各个工业自动化领域得到了广泛的应用,中国烟草行业在变频器使用的普遍性和技术先进性方面,无疑是佼佼者。无论是工艺效率改善的需要,还是公辅设备节能的要求,从烟叶处理、制丝设备、称重配料、空调动力到物流分拣,单个工厂应用数量少则数百台,多则上千台,变频器已成为烟草工业重要的常规自动化设备。

丹佛斯传动有限公司自1968年在全球第一家批量推出变频器产品以来,一直致力于该类产品的提高和推广应用。VLT系列变频器产品凭借高质量和优秀的服务,我们荣幸地得到中国烟草工业各公司的极大认可。在服务于中国烟草工业的过程中,丹佛斯传动有限公司与中国烟草总公司职工进修学院保持密切的合作,提高了烟草工业变频器的应用和维护水平。

特别感谢中国烟草总公司职工进修学院王德吉博士,利用自己雄厚的专业知识与娴熟的英语翻译技巧,把Danfoss FC300等一系列英文资料编译成书。该书内容全面详实,结合烟草工业实际应用,具有很强的实用性。我们相信这本书的出版,会给烟草工业变频器的使用者带来很大方便,并将变频器的应用提高到新的水平。

赵万军 卢志刚 丹佛斯(中国)传动部

2014年3月

烟草行业工程应用丛书(第14卷)第001号

封面: 卢志刚

责任编辑: 卢志刚 (北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

封面设计: 卢志刚 责任编辑: 卢志刚

封面印刷: 卢志刚 责任编辑: 卢志刚

封面材料: 卢志刚 责任编辑: 卢志刚

封面尺寸: 260mm × 10.25mm × 218mm

封面重量: 0.03kg

封面价格: 88.00元

封面颜色: 88.00元

封面文字: 如有缺页、倒页、脱页,请向发行部调换

封面地址: 卢志刚

封面电话: (010) 88381056 封面网址: <http://www.cmpedu.com>

封面邮编: (010) 68326294 封面邮箱: mailto:www.cmpbook.com

封面地址: (010) 88379649 封面网址: <http://www.cmp1952.com>

封面地址: (010) 88379207 封面网址: <http://www.cmp1952.com>

前 言

一、变频器初始化	117	六、变频器模拟量输出	120
二、参数设置	117	七、继电器输出	120
三、电动机手动运行及方向检查	119	第十一章 丹佛斯变频器的选型	121
四、电动机自整定	119	第十二章 丹佛斯变频器相关问题	128
五、远程控制	119		

变频器的生产和应用已有 20 多年的历史，但在国内的生产和普及应用却是近年的事。变频器的应用和普及，一是拓宽了电工和电气自动化的概念，对变频器的调试和应用，是该领域的一大重要内容；二是因较大的维修量乃至形成了一个特有的变频器维修行业。但由于生产厂家技术保密等诸多方面的原因，变频器的维修资料和有关维修指导的书籍相对匮乏，而生产一线的安装、调试和维修人员，又亟需一本真正实用的涵盖电路分析和检修指导的工具书、参考书。

已出版的有关变频器的维修书籍，多从应用上着手，但对实际电路设计和结合具体电路讲解维修的较少。在维修指导上浅尝辄止，使人有隔靴搔痒之感；能对变频器安装、调试和维修真正意义上的指导书是少之又少。

变频器是弱电技术和强电技术的有机结合，是软件和硬件的有机结合。它强大的功能，各种完善的检测和保护电路，控制上的智能化和灵活多变，微电子技术和电力半导体器件的结合应用，电路与器件的非通用性和特殊要求，说明了这类机器具有智能化电气设备的特点，因而检修思路和方法也有其独特性。

本书内容包括：三相异步电动机、变频器的硬件结构及工作原理、变频器的基本控制模式、变频器的常用功能、变频调速系统的控制、丹佛斯变频器的常用功能、丹佛斯变频器的应用案例、变频器谐波干扰防治实例、保护与安全措施、变频器试验案例、丹佛斯变频器的选型和丹佛斯变频器相关等问题。

在本书的翻译编写过程中，得到了丹佛斯传动有限公司相关技术人员的指导和帮助，在此表示感谢。限于作者的学识水平、时间和精力，书中可能存在疏忽和谬误之处，恳请广大读者及时指正，作者深表感谢！

王德吉
2014 年 3 月

一、变频器的应用	117	六、变频器的应用	120
二、变频器的应用	117	七、变频器的应用	120
三、变频器的应用	119	第十一章 变频器的应用	121
四、变频器的应用	119	第十二章 变频器的应用	128
五、变频器的应用	119		
六、变频器的应用	120		
七、变频器的应用	120		
八、变频器的应用	121		
九、变频器的应用	121		
十、变频器的应用	121		
十一、变频器的应用	121		
十二、变频器的应用	121		
十三、变频器的应用	121		
十四、变频器的应用	121		
十五、变频器的应用	121		
十六、变频器的应用	121		
十七、变频器的应用	121		
十八、变频器的应用	121		
十九、变频器的应用	121		
二十、变频器的应用	121		
二十一、变频器的应用	121		
二十二、变频器的应用	121		
二十三、变频器的应用	121		
二十四、变频器的应用	121		
二十五、变频器的应用	121		
二十六、变频器的应用	121		
二十七、变频器的应用	121		
二十八、变频器的应用	121		
二十九、变频器的应用	121		
三十、变频器的应用	121		
三十一、变频器的应用	121		
三十二、变频器的应用	121		
三十三、变频器的应用	121		
三十四、变频器的应用	121		
三十五、变频器的应用	121		
三十六、变频器的应用	121		
三十七、变频器的应用	121		
三十八、变频器的应用	121		
三十九、变频器的应用	121		
四十、变频器的应用	121		
四十一、变频器的应用	121		
四十二、变频器的应用	121		
四十三、变频器的应用	121		
四十四、变频器的应用	121		
四十五、变频器的应用	121		
四十六、变频器的应用	121		
四十七、变频器的应用	121		
四十八、变频器的应用	121		
四十九、变频器的应用	121		
五十、变频器的应用	121		
五十一、变频器的应用	121		
五十二、变频器的应用	121		
五十三、变频器的应用	121		
五十四、变频器的应用	121		
五十五、变频器的应用	121		
五十六、变频器的应用	121		
五十七、变频器的应用	121		
五十八、变频器的应用	121		
五十九、变频器的应用	121		
六十、变频器的应用	121		
六十一、变频器的应用	121		
六十二、变频器的应用	121		
六十三、变频器的应用	121		
六十四、变频器的应用	121		
六十五、变频器的应用	121		
六十六、变频器的应用	121		
六十七、变频器的应用	121		
六十八、变频器的应用	121		
六十九、变频器的应用	121		
七十、变频器的应用	121		
七十一、变频器的应用	121		
七十二、变频器的应用	121		
七十三、变频器的应用	121		
七十四、变频器的应用	121		
七十五、变频器的应用	121		
七十六、变频器的应用	121		
七十七、变频器的应用	121		
七十八、变频器的应用	121		
七十九、变频器的应用	121		
八十、变频器的应用	121		
八十一、变频器的应用	121		
八十二、变频器的应用	121		
八十三、变频器的应用	121		
八十四、变频器的应用	121		
八十五、变频器的应用	121		
八十六、变频器的应用	121		
八十七、变频器的应用	121		
八十八、变频器的应用	121		
八十九、变频器的应用	121		
九十、变频器的应用	121		
九十一、变频器的应用	121		
九十二、变频器的应用	121		
九十三、变频器的应用	121		
九十四、变频器的应用	121		
九十五、变频器的应用	121		
九十六、变频器的应用	121		
九十七、变频器的应用	121		
九十八、变频器的应用	121		
九十九、变频器的应用	121		
一百、变频器的应用	121		

目 录

序一	七、变频器的闭环控制	72
序二	八、PID 控制的应用举例	80
前言	第六章 丹佛斯变频器的常用功能	81
第一章 三相异步电动机	一、丹佛斯变频器端子接线图	81
一、异步电动机的结构	二、控制通道	81
二、三相异步电动机的工作原理	三、电源端子	82
三、异步电动机的机械特性	第七章 丹佛斯变频器的应用案例	93
四、负载类型	一、一种电制冷机节能自动调节装置	93
第二章 变频器的硬件结构及工作	二、一种空压机电动机的变频控制	98
原理	系统	98
一、变频器的分类	三、一种燃油燃气锅炉鼓风机变频改造	100
二、变频器的结构	第八章 变频器谐波干扰防治实例	105
三、控制电路	一、变频器谐波产生机理	105
四、变频器控制中的电流和电压	二、谐波干扰途径	105
第三章 变频器的基本控制模式	三、谐波干扰的危害	105
一、基本 U/f 控制	四、抑制谐波干扰的对策	106
二、矢量控制	五、抑制谐波干扰实例	107
三、直接转矩控制	第九章 保护与安全措施	108
四、变频拖动系统的基本规律	一、附加保护	108
五、变频器的选型	二、接零 (TN 系统)	108
第四章 变频器的常用功能	三、接地 (TT 系统)	108
一、变频器的控制框图与控制通道	四、继电保护	109
二、外接控制端子	五、电磁兼容性	110
三、频率给定的限制功能	六、基本标准	110
四、频率的外接数字量给定	七、通用标准	111
五、电动机的起动与加速	八、产品标准	111
六、变频器的保护功能	九、干扰的传播	111
第五章 变频调速系统的控制	十、耦合	111
一、变频器的外接主电路	十一、电路传播	112
二、电动机的正、反转控制电路	十二、主电源的干扰	112
三、外接控制端子的应用	十三、瞬变电压与过电压	113
四、多单元拖动系统的同步控制	十四、无线电频段的干扰	114
五、变频与工频的切换控制	十五、屏蔽和防护电缆	115
六、主电路的干扰问题	十六、功率因数修正装置 (PFC)	116
	第十章 变频器试验案例	117

一、变频器初始化	117	六、变频器模拟量输出	120
二、参数设置	117	七、继电器输出	120
三、电动机手动运行及方向检查	118	第十一章 丹佛斯变频器的选型	121
四、电动机自整定	119	第十二章 丹佛斯变频器相关问题	128
五、远程操作	119		

三相异步电动机广泛地应用在各个领域,并且不需要特别维修。从机械角度来看,它们是标准的设备单元,备用件的提供也十分方便。异步电动机有不同的类型,但其基本工作原理是相同的。

一、异步电动机的结构

三相异步电动机主要由两大部分组成,即定子(静止部分)和转子(转动部分)。异步电动机的结构如图1-1所示。

(一) 定子

定子是电动机固定不动的部分,由以下几个部件组成:机座(1),支持转子(9)的滚珠轴承(2),位于机座前端用来固定轴承的端盖(3),用于电动机散热的风扇(4),保护风扇转动叶片的风罩(5)和一个用于电气接线的出线盒(6)(位于机座旁)。

在机座内有铁心(7),它由硅钢片(厚0.3~0.5mm)叠成。铁心上有沟槽,槽内装设三相绕组。磁场的极对数(或极个数)决定磁场的旋转速度。如果电动机以额定频率工作,则磁场的旋转速度称为电动机的同步转速(n_s)。

极对数(p),极个数与电动机的同步转速见表1-1。

表1-1 极对数(p),极个数与电动机的同步转速

极对数(p)	1	2	3	4	6
极个数	2	4	6	8	12
n_s (r/min)	3000	1500	1000	750	500

(二) 转子

转子(9)安装在电动机轴(10)上。与定子类似,转子也是由硅钢片组成的,带有沟槽。主要有两类转子:笼式 and 绕线式,区别在于沟槽里的绕组方式。

绕线式转子同定子一样是装在槽内的绕组,每相绕组集中到集电环。如果将集电环短路,转子的功能就同笼型一样了。笼型转子在槽内嵌入铝棒,在转子两端分别有一个铝环将铝棒短路。

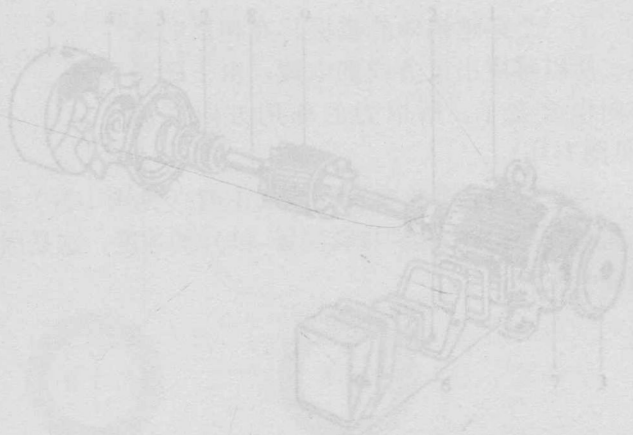


图1-1 异步电动机的结构图

三相异步电动机广泛地应用在各个领域，并且不需要特别维修。从机械角度来看，它们是标准的设备单元，备用件的提供也十分方便。异步电动机有不同的类型，但其基本工作原理是相同的。

第一章 三相异步电动机

一、异步电动机的结构

三相异步电动机主要由两大部分组成，即定子（静止部分）和转子（转动部分）。异步电动机的结构如图 1-1 所示。

（一）定子

定子是电动机固定不动的部分，由以下几个部件组成：机座（1），支持转子（9）的滚珠轴承（2），位于机座两端用来固定轴承的端盖（3），用于电动机散热的风扇（4），保护风扇转动叶片的风罩（5）和一个用于电气接线的出线盒（6）（位于机座旁）。

在机座内有铁心（7），它由硅钢片（厚 0.3 ~ 0.5mm）叠成。铁心上有沟槽，槽内装设三相绕组。磁场的极对数（或极个数）决定磁场的旋转速度。如果电动机以额定频率工作，则磁场的旋转速度称为电动机的同步转速（ n_0 ）。

极对数（ p ），极个数与电动机的同步转速见表 1-1。

表 1-1 极对数（ p ），极个数与电动机的同步转速

极对数(p)	1	2	3	4	6
极个数	2	4	6	8	12
n_0 (r/min)	3000	1500	1000	750	500

（二）转子

转子（9）安装在电动机轴（10）上。

与定子类似，转子也是由硅钢片组成的，带有沟槽。主要有两类转子：绕线式和笼型，区别在于沟槽里的绕组方式。

绕线式转子同定子一样是装在槽内的绕组，每相绕组集中到集电环。如果将集电环短路，转子的功能就同笼型一样了。

笼型转子在槽内嵌入铝棒，在转子两端分别有一个铝环将铝棒短路。

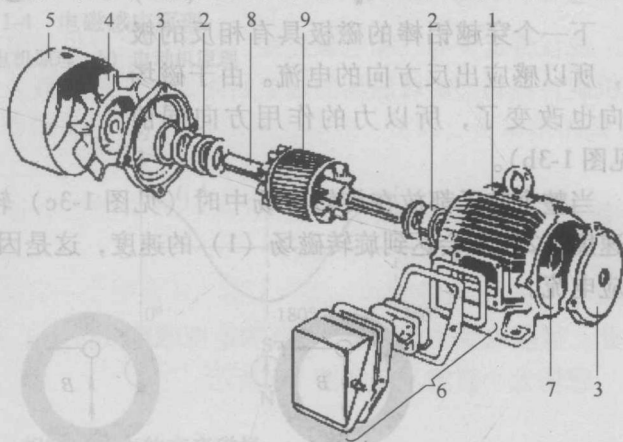


图 1-1 异步电动机的结构图

笼型转子是两种类型中最常用的。由于两类转子工作原理相同,所以只讨论笼型转子。旋转磁场和笼型转子如图 1-2 所示。

当转子的一根铝棒置于旋转磁场中时,磁极穿过铝棒,磁场在铝棒中感应出电流 (I_w),其大小只与力 (F) 有关 (见图 1-2 和图 1-3a)。

这个力由磁通密度 (B)、感应电流 (I_w)、转子长度 (l) 和力与磁通密度间的角度 (θ) 决定。

$$F = B \times I_w \times l \times \sin\theta$$

如果 $\theta = 90^\circ$, 则力为

$$F = B \times I_w \times l \quad (1-1)$$

下一个穿越铝棒的磁极具有相反的极性,所以感应出反方向的电流。由于磁场方向也改变了,所以力的作用方向同前 (见图 1-3b)。

当整个转子都放在旋转磁场中时 (见图 1-3c) 转子铝棒受到力的作用,使转子旋转,其速度 (2) 不会达到旋转磁场 (1) 的速度,这是因为在相同速度下转子铝棒里不会产生感应电流。

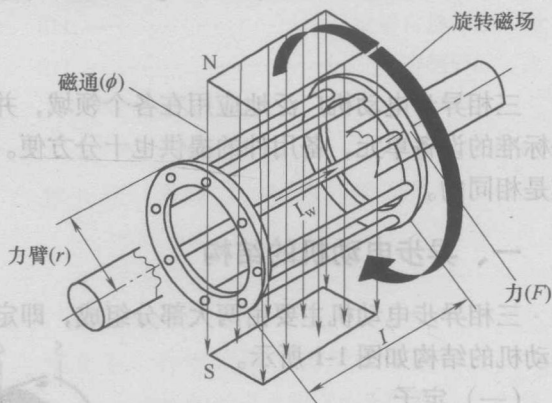


图 1-2 旋转磁场和笼型转子

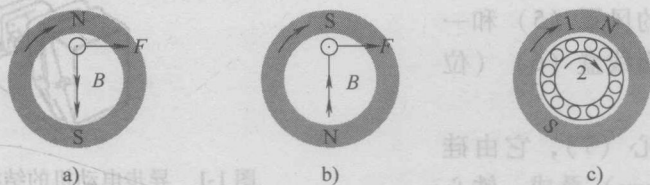


图 1-3 转子铝棒中的电磁感应

二、三相异步电动机的工作原理

1889 年,设计出了第一台交流电动机。它比直流电动机结构更简单、牢固。然而,三交流电动机的速度和转矩特性是固定不变的,这就是多年来为什么在有特殊要求的应用中,不能采用它的原因。

三相交流电动机是一个电磁能量变换器,可以将电能变为机械能 (电动运行);通过电磁感应,反过来也可以将机械能变为电能 (发电运行)。

电磁感应的原理是:当导线切割磁力线 (B) 就会感生电压,如果导线是闭合回路,就会流过电流 (I)。导线移动时,一个方向垂直于磁力线的力 (F) 将作用在导线上。

(一) 发电机原理 (通过运动产生电磁感应)

发电机原理就是在磁场中移动导线而产生电压 (见图 1-4a)。

(二) 电动机原理

对于电动机来说,电磁感应相反,把通有电流的导线放在磁场中,导线将受到力 (F) 的作用,因而向磁场外移动。电动机原理就是磁场与通有电流的导线产生运动 (图 1-4b)。

磁场在定子和转子之间的气隙内旋转。将一相绕组接通一相电源电压后,就会产生磁场

(见图 1-5)。这个磁场在定子铁心中的位置是固定不变的,但方向在变化。方向改变的速度取决于电源电压的频率。如果电压频率为 50Hz,交变磁场的方向将每秒改变 50 次。

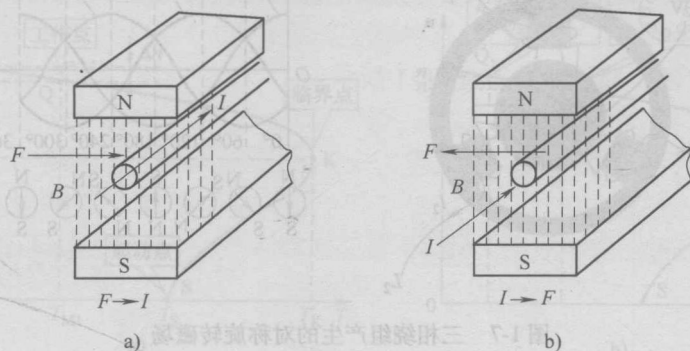


图 1-4 电磁感应原理

a) 发电机原理 b) 电动机原理

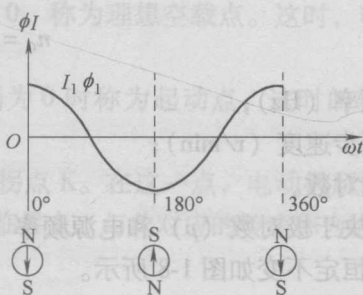
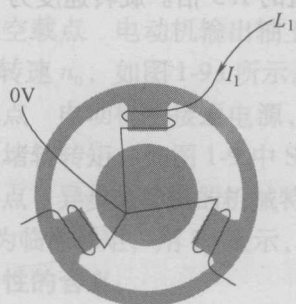


图 1-5 一相绕组产生的交变磁场

如果两相绕组被同时接通两相电压,在定子铁心中将产生两个磁场(见图 1-6)。对于两极电动机,两个磁场将有 120° 的位移,两个磁场的最大值也恰好有同样的相位差。

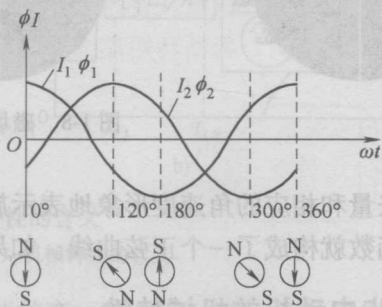
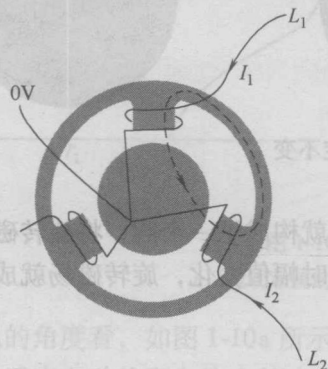


图 1-6 两相绕组产生的非对称旋转磁场

这就在定子中产生了旋转磁场,但是在连接第三相绕组之前,这个磁场高度是不对称的。

三相绕组在定子铁心中产生三个磁场,相互之间在位置上相差 120° (见图 1-7)。

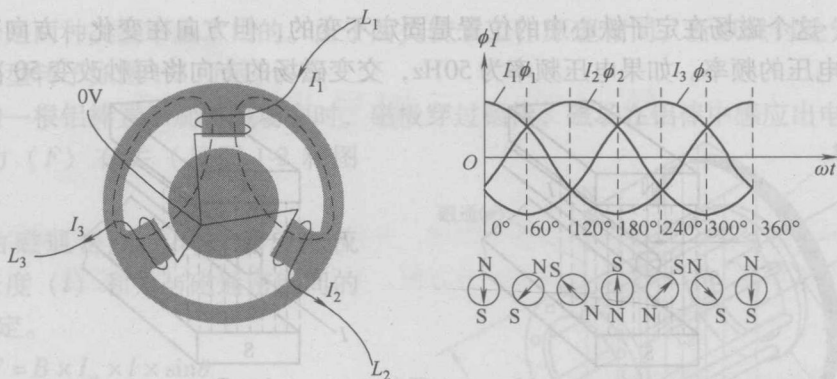


图 1-7 三相绕组产生的对称旋转磁场

现在将定子与三相电源连接，每相绕组产生的磁场构造出一个对称的旋转磁场，称为电动机旋转磁场。旋转磁场的幅值始终是交变磁场最大值的 1.5 倍。旋转速度为

$$n_0 = \frac{(f \times 60)}{p}$$

式中 f ——频率 (Hz)；

n_0 ——同步速度 (r/min)；

p ——极对数。

因此，速度取决于极对数 (p) 和电源频率 (f)。

磁场大小恒定不变如图 1-8 所示。

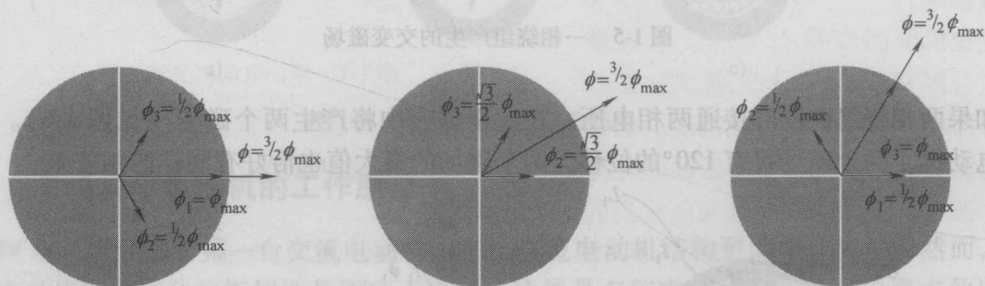


图 1-8 磁场大小恒定不变

用一个矢量和相应的角速度形象地表示旋转磁场就构成了一个圆；将旋转磁场作为坐标系里的时间函数就构成了一个正弦曲线。如果在旋转时幅值变化，旋转磁场就成了椭圆。

三、异步电动机的机械特性

电动机的机械特性是说明电动机产生的电磁转矩 T_M 和转速之间的关系；负载的机械特性则是说明负载的阻转矩 T_L 和转速之间的关系，两者的交点便是拖动的工作点。

(一) 异步电动机的自然机械特性

1. 自然机械特性

异步电动机的自然机械特性如图 1-9 所示。

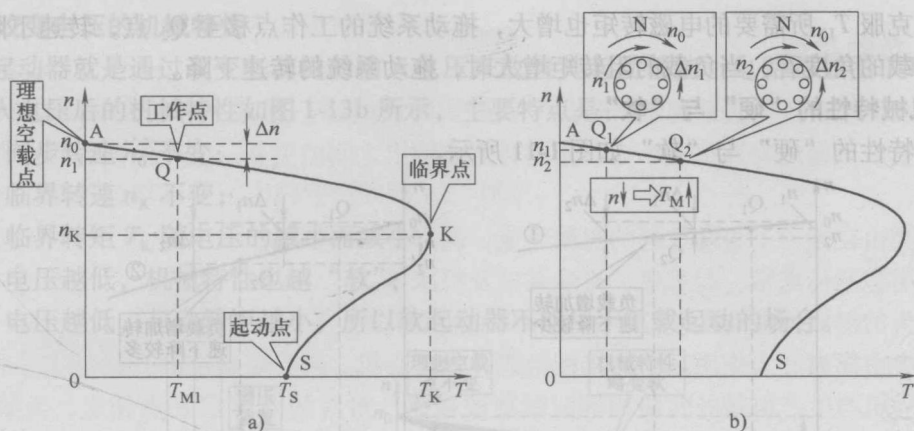


图 1-9 异步电动机的自然机械特性

a) 自然机械特性 b) 机械特性的含义

(1) 理想空载点 电动机输出轴上的转矩为 0, 称为理想空载点。这时, 电动机的转速可以达到同步转速 n_0 , 如图 1-9a 所示。

(2) 起动点 电动机刚接通电源, 但转速仍为 0 时称为起动点, 这时的转矩称为起动转矩 T_S , 也叫堵转转矩, 如图 1-9 中 S 点。

(3) 临界点 异步电动机的机械特性有一个拐点 K。在这一点, 电动机所能产生的电磁转矩最大, 称为临界转矩, 用 T_K 表示, K 点称为临界点。与此对应的转速称为临界转速 n_K 。

2. 机械特性的含义

机械特性的含义如图 1-10 所示。

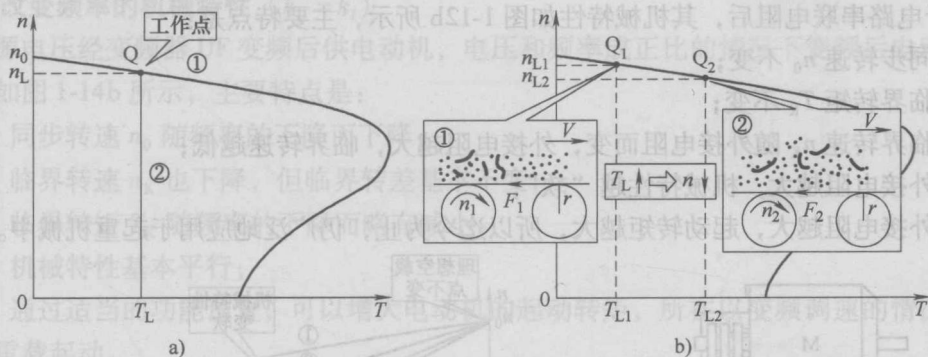


图 1-10 机械特性的含义

a) 拖动系统的工作点 b) 机械特性的含义

从电动机的角度看, 如图 1-10a 所示, 当转速较高, 转差 Δn_1 较小, 转子绕组切割旋转磁场所产生的感应电动势和电流也较小, 所以转矩也较小。

当转速下降时, 转差 Δn_2 增大, 转子的感应电动势和电流也增大, 所产生的电磁转矩也较大。

所以从电动机的角度看, 转速下降, 则转矩增加。

从负载的角度看, 如图 1-10b 所示, 当负载较轻、阻转矩为 T_{L1} 时, 用于克服 T_{L1} 所需的电磁转矩较小, 拖动系统的工作点为 Q_1 点, 转速较高, 为 n_{L1} 。当负载的阻转矩增大为 T_{L2}

时,用于克服 T_{L2} 所需要的电磁转矩也增大,拖动系统的工作点移至 Q_2 点,转速下降为 n_2 。所以从负载的角度看,当负载的阻转矩增大时,拖动系统的转速下降。

3. 机械特性的“硬”与“软”

机械特性的“硬”与“软”如图 1-11 所示。

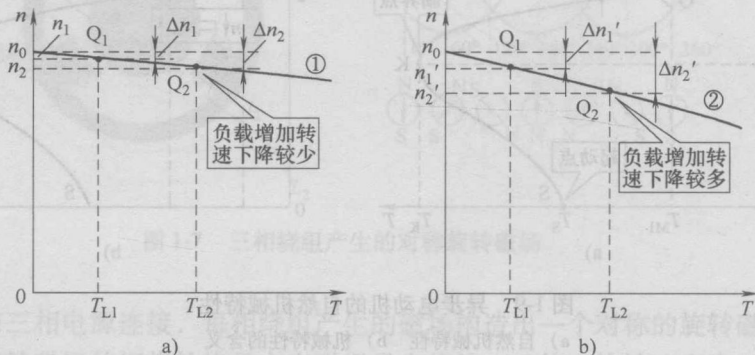


图 1-11 机械特性的“硬”与“软”

a) 硬特性 b) 软特性

(二) 异步电动机的人工机械特性

电动机在人为地改变了某个参数后所得到的机械特性,称为人工机械特性。

1. 转子串联电阻的机械特性

绕线转子异步电动机可以通过集电环和电刷把外部的调速电阻与转子绕组相串联,如图 1-12a 所示。

转子电路串联电阻后,其机械特性如图 1-12b 所示,主要特点是:

- 1) 同步转速 n_0 不变;
- 2) 临界转矩 T_K 不变;
- 3) 临界转速 n_K 随外接电阻而变,外接电阻越大,临界转速越低;
- 4) 外接电阻越大,机械特性越“软”;
- 5) 外接电阻越大,起动转矩越大,所以迄今为止,仍广泛地应用于起重机械中。

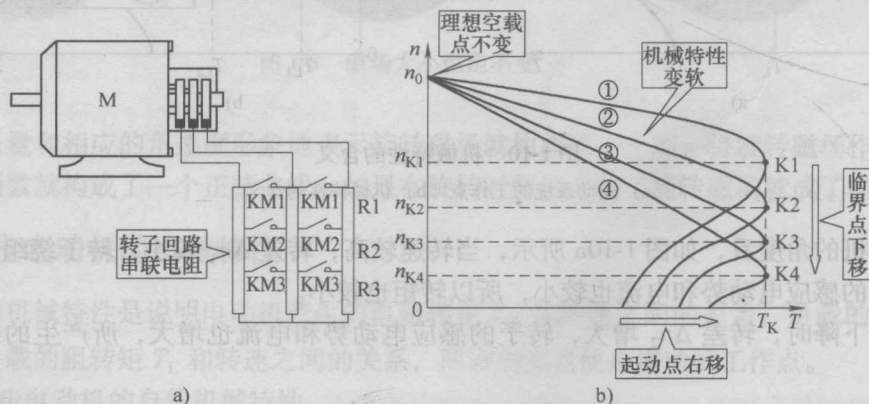


图 1-12 转子串联电阻的机械特性

a) 转子串联电阻的电路 b) 机械特性图

2. 改变电压的机械特性

软起动器就是通过改变电动机的输入电压来改善其起动性能，电路图如图 1-13a 所示。改变输入电压后的机械特性如图 1-13b 所示，主要特点是：

- 1) 同步转速 n_0 不变；
- 2) 临界转速 n_K 不变；
- 3) 临界转矩 T_K 随电压的减小而减小；
- 4) 电压越低，机械特性也越“软”；
- 5) 电压越低，起动转矩越小，所以软起动器不能用于重载起动的场合。

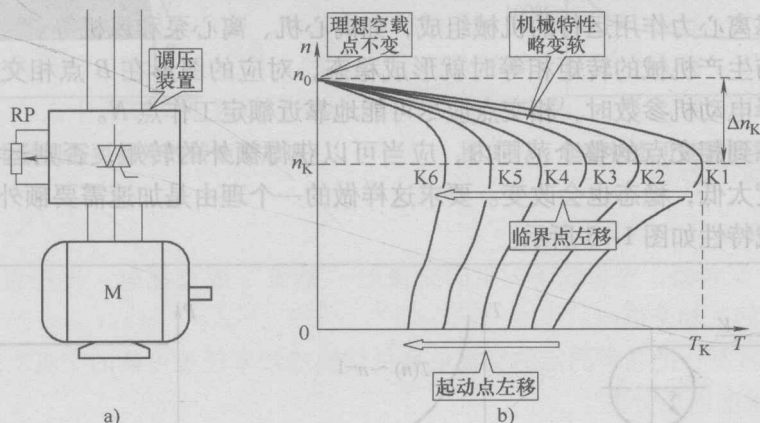


图 1-13 改变电压的机械特性

a) 电路图 b) 机械特性

3. 改变频率的机械特性 ($k_U = k_f$)

电源电压经变频器 UF 变频后供电动机，电压和频率成正比的情况下变频后电动机的机械特性如图 1-14b 所示，主要特点是：

- 1) 同步转速 n_0 随频率的下降而下降；
- 2) 临界转速 n_K 也下降，但临界转差基本不变；
- 3) 临界转矩 T_K 随频率的下降而略有减小；
- 4) 机械特性基本平行；
- 5) 通过适当的功能预置，可以增大电动机的起动转矩，所以在变频调速的情况下，可以进行重载起动。

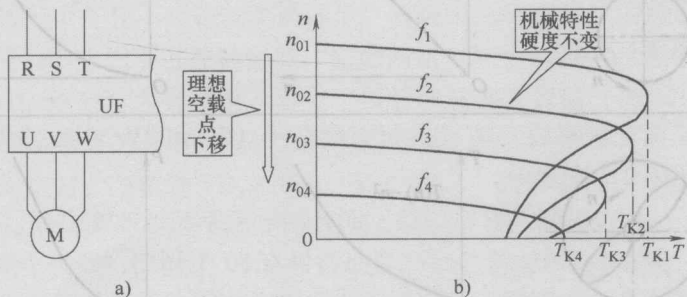


图 1-14 $f_x \leq f_N$ 时的机械特性

a) 变频调速 b) 变频机械特性

四、负载类型

当电动机轴转矩与负载施加的转矩平衡时,电动机处于稳态,此时转矩和转速都恒定。电动机和生产机械的特性可表示为转速同转矩或输出之间的关系。生产机械的特性可分为四大类。

第一类由在张力下卷绕材料的机械组成,例如板材切割机、机床等。

第二类包括传送带、起重机、排液泵以及机床等。

第三类的组成机械有轧辊、打磨机和其他加工机械。

第四类由靠离心力作用运行的机械组成,如离心机、离心泵和风机等。

当电动机与生产机械的转矩相等时就形成稳态,对应的图形在 B 点相交。为给定运行状态的机械选择电动机参数时,相交点应尽可能地靠近额定工作点 N 。

从静止状态到相交点的整个范围内,应当可以获得额外的转矩,否则运行会变得不稳定,且如果速度太低,稳态也会改变。要求这样做的一个理由是加速需要额外的转矩。

典型的负载特性如图 1-15 所示。

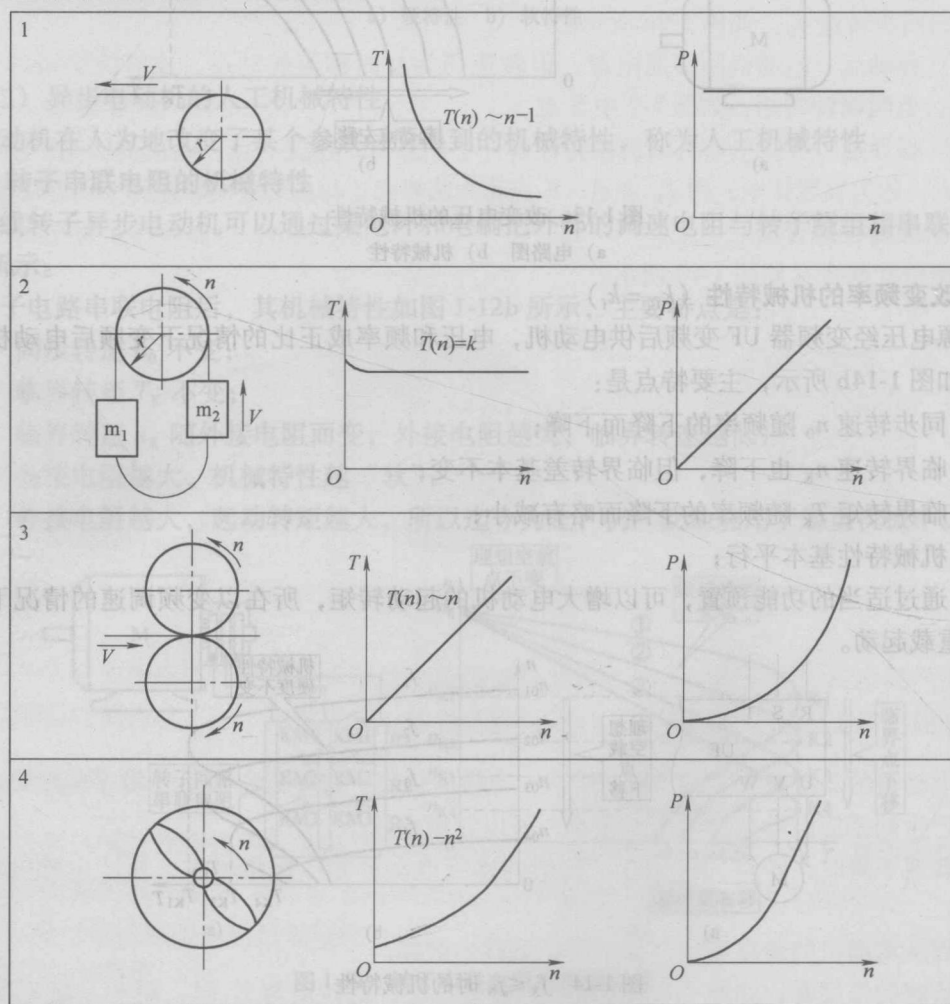


图 1-15 典型的负载特性

电动机需要额外的转矩来加速如图 1-16 所示。

特别是对于第一、二类的机械，有必要考虑起动条件。这类负载的初始起动转矩可能会与电动机的起动转矩相差无几。如果负载起动转矩大于电动机起动转矩，电动机就无法起动。

起动状态可能需要特别大的转矩如图 1-17 所示。

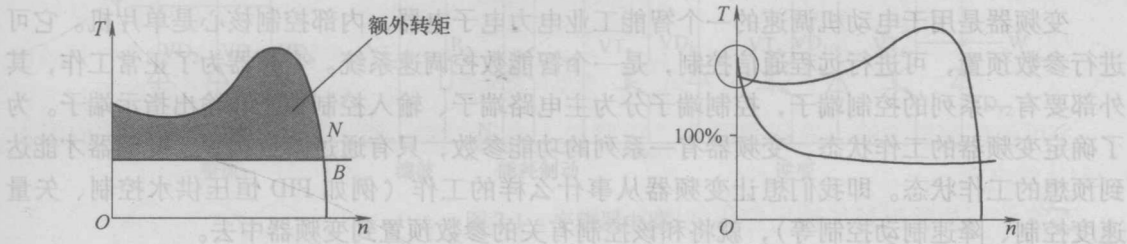


图 1-16 电动机需要额外的转矩来加速

图 1-17 起动状态可能需要特别大的转矩