

煤矿技工学校试用教材

电力拖动与控制

陈仲升 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了电力拖动的基本知识及煤矿生产中常用的控制电器、控制方法和典型的电控系统。主要包括：电动机的机械特性及转速调节，电力拖动的控制电器及控制方法，采掘运机械的电气控制，矿井提升机的电气控制，晶闸管励磁的同步电动机控制线路，电动机的选择。

本书除可作为煤矿技工学校教材外，也可供有关工程技术人员参考和具有初中文化程度的工人自学使用。

煤 矿 技 工 学 校 试 用 教 材

电 力 拖 动 与 控 制

陈 仲 升 编

责任编辑：姜 庆 乐

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街 21 号)

北京宏伟胶印厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 20 插页 3

字数 472 千字 印数 1—8,055

1996 年 8 月第 1 版 1996 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-5020-1316-4/TM7

书号 4084 C0154 定价 23.00 元

前 言

为了适应煤矿技工学校教学改革的需要,加速技术人员的培养,促进煤炭工业现代化生产建设的发展和技术进步,全国煤矿技工教材编审委员会于1989年召开了第二次全体会议,确定以“七·五”教材建设为基础,按照“补齐、配套、完善、提高”,突出基本理论、基本知识和基本技能训练的原则,编制了“八·五”技工教材建设规划。这套教材包括:《采煤概论》、《综采工作面采煤机》、《电力拖动与控制》、《煤矿开采方法》等70余种,将陆续出版发行。

这套教材主要适用于煤矿技工学校教学和在职培训,也适合具有初中文化程度的工人自学和工程技术人员参考。

《电力拖动与控制》是这套教材中的一种,是根据全国煤矿技工学校统一教学计划、大纲编写的,并经全国煤矿技工教材编审委员会组织审定认可,是全国煤矿技工学校和在职工人培训必备的统一教材。

该教材由淄博矿务局技工学校陈仲升同志编写,平顶山矿务局的王胜先同志主审。阜新矿务局技工学校、新汶矿务局技工学校的有关教师参加了该书的审定工作,全国煤矿技工教材编审委员会的有关同志也参加了审定和修改工作。

由于时间仓促,经验不足,书中难免有不当之处,恳请用书单位和读者批评指正。

全国煤矿技工教材编委会

1996年3月20日

本书使用脚标说明

脚标	含义	英文	脚标	含义	英文
a	动作	action		输入	input
	附加	add	j	工作	job
	允许	allow	L	负载	Load
	电枢	armature	m	磁	magnetism
	吸引	attract		保持	maintain
av	平均	average		测量	measure
b	向后	backward	max	最大	maximum
	偏移	bise	min	最小	minimum
	制动	brake	N	额定	Normal
c	检查	check	O	输出	output
	持续	continued	P	保护	protect
	控制	control	pa	并联	parallel
	常数	costant	附 加		
	爬行	crawl	Pr	预备	Prepare
c	临界	critical	r	释放	release
	周期	cycle	r	复位	reset
cp	补偿	compensate		反向	reverse
d	延迟	delay	rd	减速	retart
	放电	discharge	ret	返回	return
e	换向	exchange	s	短时	short
eq	等效	equivalent		信号	signal
f	反馈	feedback	st	起动	Start
	铁磁	ferromagnetic	t	时间	time
	向前	forward		传动	transmission
g	触发	gate	W	工作	work
	给定	give			
i	固有	inherent			

目 录

绪论	1
第一章 电动机的机械特性及转速调节	3
第一节 电力拖动的基本知识	3
一、电力拖动装置的组成	3
二、力、转矩和功率的传递	3
三、生产机械和电动机的机械特性	6
四、电动机稳定运转的条件	8
五、电动机的运转状态	9
第二节 直流电动机的机械特性	9
一、直流他励电动机的机械特性	10
二、直流串励电动机的机械特性	16
第三节 交流电动机的机械特性	21
一、同步电动机的机械特性	21
二、异步电动机的机械特性	23
第四节 绕线式异步电动机起动电阻的计算	29
一、转子串对称起动电阻的计算	30
二、转子串不对称起动电阻的计算	35
三、起动电阻的选择	36
第五节 直流电动机的调速方法	40
一、调速的技术指标	40
二、他励电动机的调速	43
三、串励电动机的调速	45
第六节 异步电动机的调速方法	46
一、转子回路串电阻调速	46
二、变极调速	47
三、变频调速	48
四、其他调速方法	50
复习题	51
第二章 电力拖动的控制电器	54
第一节 小型低压开关	54
一、刀开关	54
二、组合开关	55
三、自动空气开关	56
第二节 接触器	60
一、交流接触器	60
二、直流接触器	64
第三节 控制用继电器	65

一、直流电磁式电流(电压)继电器	65
二、直流电磁式时间继电器	66
三、三相交流电磁式继电器	67
四、中间继电器	68
第四节 保护电器	68
一、热继电器	68
二、熔断器	70
第五节 主令电器	74
一、按钮开关	74
二、位置开关	75
三、主令控制器	76
第六节 磁放大器	78
一、基本工作原理	78
二、实际磁放大器	79
三、磁放大器的反馈	81
四、磁放大器的特性偏移	82
五、磁放大器的继电特性	83
六、常用的磁放大器	84
第七节 交磁放大机	85
第八节 自整角机	87
一、结构	87
二、工作原理	88
第九节 低压隔爆磁力起动器	90
一、QC83-80型磁力起动器	90
二、QC83-120和QC83-225型磁力起动器	94
三、QC83-80N型磁力起动器	99
四、QC810-30型磁力起动器	101
五、DQBH-600系列起动器	102
复习题	105
第三章 电力拖动的控制方法	107
第一节 电气控制的基本知识	107
一、电气控制线路图	107
二、自动控制的基本原则	111
三、自动控制系统的组成	112
第二节 鼠笼电动机的起动方法	114
一、直接起动	115
二、降压起动	116
第三节 绕线型异步电动机的起动方法	125
一、转子回路串频敏电阻起动	125
二、转子回路串电阻起动	128
第四节 电动机起动的自动控制	131
一、以时间为原则的起动自动控制	132
二、以电流为原则的起动自动控制	133

三、以电流和时间为原则的起动自动控制	135
四、以电势为原则的起动自动控制	136
五、以频率为原则的起动控制	138
第五节 电动机制动的自动控制	138
一、直流他励电动机动力制动的自动控制	138
二、鼠笼电动机动力制动的自动控制	139
三、绕线型电动机动力制动的自动控制	139
复习题	141
第四章 采掘运机械的电气控制	142
第一节 采掘运机械的芯线控制系统	142
一、装岩机芯线控制系统	142
二、采煤机芯线控制系统	143
三、输送机单独控制系统	146
第二节 采掘机械的载波控制系统	148
一、装岩机的载波控制	148
二、采煤机组的载波控制	152
第三节 刮板输送机集中控制系统	164
一、对集中控制的要求	164
二、输送机集中控制的保护装置	165
三、YJH 型有线集控系统	171
四、KYJ-X1 型动力载波集控系统	173
第四节 矿用电机车电控系统	179
一、架线式电机车有触点电控系统	180
二、矿用电机车晶闸管脉冲调速系统	187
复习题	200
第五章 矿井提升机的电气控制	202
第一节 提升机电力拖动的控制过程	202
一、提升机的加速	202
二、提升机的减速	204
三、提升机的爬行与停车	205
第二节 小绞车电气控制系统	206
一、小绞车电气控制系统的分类	206
二、JXP、JXT 型控制系统	206
第三节 矿井提升机 KKK 电控系统	211
一、主要电气设备	211
二、电气回路	213
三、控制过程	218
四、线路中的闭锁装置	222
第四节 矿井提升机 TKD-A 电控系统	223
一、系统的组成	223
二、控制过程	234
第五节 有关元件的调试与整定	240
一、过流脱扣器的整定	240

二、欠压脱扣器的整定	241
三、加速电流继电器的整定	242
四、时间继电器及消弧继电器的整定	244
五、测速发电机的调整	245
六、限速继电器的整定	245
七、过速继电器的整定	246
八、提升方向继电器的整定	247
九、低速继电器的整定	247
十、线路监视继电器的整定	248
十一、速度继电器的整定	249
十二、可调闸环节的调整	249
十三、限速保护磁继电器的整定	251
十四、动力制动环节的调整	251
十五、电气限速板的绘制与调整	252
第六节 运行维护与故障处理	257
一、主电动机的维护	257
二、高压开关柜的维护	258
三、高压换向器的维护	259
四、磁力控制站的维护	260
五、其他电气部分的维护	262
六、主要电气设备常见故障及处理	262
七、控制线路(TKD-A系列)常见故障及处理方法	263
八、安全回路闭锁触点的故障检查线路	263
第七节 矿井提升机其他电控系统简介	273
一、JKMK/J和JKMK/J-A系列电控系统	273
二、晶闸管—电动机直流拖动电控系统	275
三、矿井提升机串级调速系统	280
复习题	284
第六章 晶闸管励磁同步电动机控制线路	285
第一节 概述	285
一、同步电动机的起动方法	285
二、同步电动机的励磁电源	286
第二节 KGLF晶闸管励磁装置	287
一、KGLF型励磁装置的特点	287
二、KGLF励磁装置的组成及工作原理	287
三、控制过程	293
四、常见故障及检查方法	294
复习题	296
第七章 电动机的选择	297
第一节 电动机的温升与冷却	297
一、电动机的温升过程	297
二、电动机的冷却过程	299
三、电动机运行状态的分类	299

第二节 连续运行状态电动机容量的选择	300
一、恒定负载电动机容量的选择	301
二、变化负载电动机容量的选择	302
三、电动机过载能力的校验	304
第三节 短时运行状态下电动机容量的选择	305
一、短时运行状态下电动机容量的选择	305
二、重复短时运行状态下电动机容量的选择	306
第四节 电动机类型及结构型式的选择	307
一、电压及电流种类的选择	307
二、电动机额定转速的选择	308
三、电动机结构型式的选择	308
复习题	308
参考书目	310

绪 论

“电力拖动与控制”是专门研究用电动机来带动生产机械运转中的各种问题的，它可以分为电力拖动原理及控制两部分。前者是在已知生产机械的机械特性和电动机的机械特性的基础上研究有关生产机械运转的性能，如生产机械的运动规律，加速、减速、制动、反转等过程，转速随时间变化的规律以及起动设备和电动机的选择问题；后者则是为达到生产机械的某种运转的要求而研究控制方法、选择控制电器、控制线路等。

电力拖动在工业、农业、交通等部门中得到了广泛的应用。其主要原因是：

- (1) 电能输送方便，分配简单，价格低廉。
- (2) 电力拖动效率高，控制方便，拖动性能好。
- (3) 电动机的种类、规格多，具有各种不同的性能，可以满足不同生产机械的要求。
- (4) 电力拖动具有良好的调速性能，起动、制动、调速、反转等控制简便而迅速。
- (5) 便于通过各种仪表和仪器进行检查和观察，以便对生产过程进行干预，使之达到生产工艺要求的最佳工作状态。
- (6) 便于实现远距离控制和自动调节，便于集中管理，实现生产过程自动化。

因此，电力拖动，特别是自动化的电力拖动就成为现代工业生产高度自动化的基础和核心。

电力拖动发展的初期，电动机逐渐取代了蒸汽机。最初是由一台电动机通过天轴拖动数台乃至一个车间的生产机械，这种拖动方式叫成组拖动。成组拖动传动机构复杂，转速不高，效率低，灵活性差，又不安全，所以后来出现了一台电动机拖动一台生产机械的单电机拖动方式。这样就减少了中间传动机构，提高了效率，为生产机械提供了更大的动力和更高的速度。随着生产规模的扩大，逐渐出现了大型复杂的机械设备，这些机械上的运动机构和运动形式也相应增加。如果仍用一台电动机拖动，势必使传动机构十分复杂，因此又出现了一台机械由多台电机拖动的多电机拖动方式。采用多电机拖动方式后，大大简化了机械结构，使各个工作机构采用最合理的运动速度，缩短了机动与辅助工时，便于实现生产机械的自动化，提高了生产率。

目前，绝大多数的生产机械采用单电机拖动或多电机拖动。

电力拖动可以分为直流拖动和交流拖动两大类。由于交流电动机具有结构简单、运行维护方便、不需要整流设备、价格便宜等优点，所以应用最为广泛。但直流电动机具有良好的起动、控制和调速性能，可以方便地在很宽的范围内平滑地调速，尤其是大功率晶闸管的问世，为直流拖动提供了方便的电源，所以在频繁起动、制动及调速要求较高的场合，直流拖动占据了重要地位。然而近年来由于电子计算机技术的发展，解决了变频和逆变等技术问题，又为交流电机的变频调速、串级调速的应用开辟了广阔的天地。至此，交流电动机在调速性能上也不亚于直流调速。

电力拖动的控制分为手动控制和自动控制两大类。自动控制是在手动控制的基础上发展起来的，最初的自动控制是由接触器和各种继电器组成的有触点控制系统，属于断续控

制系统。这种控制速度慢、精度差。本世纪 40~50 年代,出现了电机放大机——发电机——电动机控制系统,使控制方法由断续过渡到连续,同时也促进了闭环控制理论的发展。连续控制系统能不断地检查控制对象的工作状态,当输出量与给定量发生偏差时,自动进行调整。连续控制的快速性及控制精度都远远超过了最初的断续控制。以后相继出现的磁放大器——闸流管控制、晶体管放大器——晶闸管控制、集成电路放大器——晶闸管控制等都属于连续控制系统。近年来由于数控技术的发展,特别是电子计算机的应用,又使控制理论发展到一个更新的阶段——采样控制。采样控制是一种控制间隔极短的断续控制,它为生产过程自动化开辟了新的途径。

电力拖动与控制在生产建设中发挥着非常重要的作用。先进的电力拖动与自动控制不仅可以提高劳动生产率,提高产品质量,而且改善了工人的劳动条件,保证了安全生产。

在煤炭工业中,有大量的生产机械靠电力拖动,使用着各种不同的控制系统。我国已自行制造出直径 6m、功率 3200kW 的大型提升机,并配套生产了 KKK、TKD、TKMK/J 等半自动化或全自动化电控系统。近年来又试验成功了大功率晶闸管供电的直流拖动系统,并生产了全套设备。在采掘机械方面已制造出 400kW 的大型采煤机,并配套生产了有线控制、载波控制和无线电控制系统。同时也从国外引进了各种先进的电力拖动和自动控制设备,自动化矿井已在我国出现。

电力拖动与控制是煤矿技工学校电类各工种的重要专业课。在学习本课程之前,必须具备力学、电工基础、电机学、电子技术和煤矿机械等方面的基础知识。在学习本课程的过程中,要求理论密切联系实际。

学习本课程,要求掌握煤矿常用交直流电动机的机械特性和选择方法,各种电控元件、设备的原理、构造和性能,控制系统的组成和分析方法,掌握一些常用的电控系统的安装调试、运行维护和排除故障的技能。

第一章 电动机的机械特性及转速调节

第一节 电力拖动的基本知识

拖动系指用各种原动机带动生产机械运动，从而完成一定的生产任务的过程。用电动机作原动机的拖动方式，称为电力拖动。现代化矿井使用着大量的生产机械，几乎全部是采用电力拖动的。

一、电力拖动装置的组成

通常，一套电力拖动装置由以下四部分组成：

1. 工作机构

工作机构是生产机械执行工作的机械部分，如提升机的卷筒、钢丝绳及提升容器，采煤机的滚筒与截齿等。电力拖动过程中，负荷的变化往往来自工作机构。

2. 电动机

电动机是电力拖动装置的原动机，它的作用是把电源提供的电能转变为机械能，用以拖动生产机械运转。

电动机分交流电动机和直流电动机两大类。交流电动机没有整流子，工作可靠，维护容易，价格低廉，尤其是工作中不产生火花，易于防爆，在煤矿井下得到了广泛的应用。直流电动机有优良的起动、制动、调速性能，在矿井电机车、大型提升机及一些加工机床上也经常用到。

3. 传动机构

大多数情况下，电动机与工作机构并不直接连接，而是中间还有一套传动机构，用来变速或改变运行方式，如联轴器、皮带、链条及减速器等。

4. 控制设备

控制设备是控制电动机运转的设备，由各种控制电器和控制电机组成，用以控制电动机的起动、调速、制动和反转等。

按操作方式，控制设备可分为手动、半自动和全自动控制。目前矿井提升机大部分采用半自动控制方式。

除了上述四部分外，还有电源装置，如各种开关柜，上面配有继电保护装置和指示仪表，用以向电动机和控制设备供电。一些简单的电力拖动装置，电源和控制设备常装在一起。

电力拖动装置的组成如图 1-1 所示。

二、力、转矩和功率的传递

电力拖动系统是一个整体，电动机通过传动装置带动生产机械运转。电动机的电磁转矩一方面要克服生产机械的负载转矩和系统的摩擦阻转矩，另一方面还要平衡系统变速所需要的惯性转矩。

根据动力学的原理，电力拖动系统的运动方程式可写为

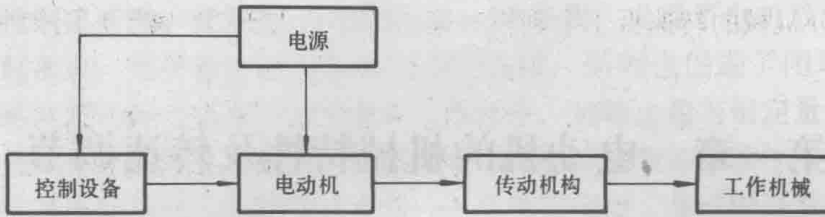


图 1-1 电力拖动系统示意图

$$M = M_L + \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

式中 M ——电动机的电磁转矩，即拖动转矩；

M_L ——系统的静阻转矩，包括生产机械的负载转矩和系统的摩擦转矩；

GD^2 ——系统的飞轮惯量，它反映了一个旋转体的转动惯性，与旋转体的重量、形状和轴的位置有关；

$\frac{dn}{dt}$ ——电动机转速的变化率。

从上式看出：

(1) 匀速转动时， $\frac{dn}{dt} = 0$ ， $M = M_L$ ，电动机的拖动转矩只用来平衡系统的静阻转矩、电力拖动系统处于稳定运行状态。

(2) 加速运动时， $\frac{dn}{dt} > 0$ ， $M > M_L$ ，电动机的拖动转矩大于静阻转矩，多余部分用于系统加速。

(3) 减速运行时， $\frac{dn}{dt} < 0$ ， $M < M_L$ ，电动机的拖动转矩小于静阻转矩，惯性转矩平衡了一部分静阻转矩。

由于中间传动装置的变速作用，实际拖动系统各部分的转速往往是不同的，转矩也不同。下面以图 1-2 的提升绞车为例加以讨论。

1. 传动比

电动机轴带动齿轮 Z_1 旋转， Z_1 啮合 Z_2 旋转， Z_2 通过中间轴带动 Z_3 旋转， Z_3 啮合 Z_4 旋转， Z_4 通过大轴带动卷筒旋转。

设电动机的转速为 n_1 ，卷筒的转速为 n_4 ，则传动比为

$$j = \frac{n_1}{n_4} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_2}{n_4} = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3}$$

式中 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、 Z_4 ——各齿轮的齿数。

对于多级传动

$$j = \frac{\text{各从动轮齿数的乘积}}{\text{各主动轮齿数的乘积}}$$

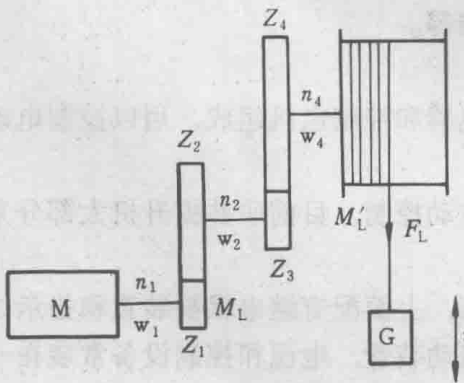


图 1-2 提升绞车传动系统示意图

生产中大部分机械的转速低于电动机转速，传动比大于 1，属于减速传动。

2. 功率的传递

根据能量守恒定律，能量既不能产生，也不能消灭，只能从一种形式转变成另一种形式，能量的转变，是通过做功实现的。电力拖动中，电动机把电网提供的电能变成机械能，通过传动机构再把机械能传给生产机械。若忽略传动中的损失，那么

$$P_M = P'_L$$

式中 P_M ——电动机的电磁功率；

P'_L ——工作机械的机械功率。

实际上，在传动中由于齿轮间、轴与轴承间的摩擦等阻力的作用，传动机构要损失一部分功率，变成了热能。假设损失的这部分功率为 P_0 ，则

$$P_M = P_0 + P'_L$$

$$\eta_t = \frac{P'_L}{P_M}$$

η_t 叫传动装置的传动效率，它的值小于 1。考虑到传动损失，在电动机拖动生产机械运转时， $P_M = \frac{P'_L}{\eta_t}$ ，电动机的拖动功率略大于生产机械的机械功率。

3. 力和转矩的传递

一对齿轮啮合时，在轮齿接触处，主动轮给从动轮的作用力等于从动轮给主动轮的反作用力。由于齿轮的直径不同，传动的转矩便不相等。对于减速传动，小齿轮带动大齿轮，转速变低，转矩变大。

如图 1-2 所示， Z_2 与 Z_3 固定在同一轴上，这两个齿轮上的转矩相等。 Z_3 与 Z_4 啮合，使大轴上的转矩又大于中间轴上的转矩。

根据功率传递关系 $P_M = \frac{P'_L}{\eta_t}$ ，得出

$$M_L \omega_1 = \frac{M'_L \omega_3}{\eta_t}$$

$$M_L \cdot \frac{2n_1\pi}{60} = \frac{M'_L}{\eta_t} \cdot \frac{2n_3\pi}{60}$$

$$M_L n_1 = \frac{M'_L}{\eta_t} n_3$$

$$M_L = \frac{M'_L}{\eta_t \frac{n_1}{n_3}}$$

$$M_L = \frac{M'_L}{\eta_t j}$$

式中 M_L ——负载反映到电动机轴上的转矩；

M'_L ——工作机械的静阻转矩；

j ——电动机轴与工作机械轴的传动比；

η_t ——传动效率。

对于减速传动，由于 j 大于 1，生产机械反映到电动机轴上的转矩小于生产机械轴上

的转矩。在一个传动系统中，转矩与各轴的转速成反比，转速越低的轴，工作转矩越大，因此轴的直径也越大。

另一方面，各轴上的飞轮惯量反映到电动机轴上也因传动比的不同而异。飞轮惯量的变化与传动比的平方成正比。一个传动系统的惯性转矩主要是电动机转子和工作机构的反映值，传动机构的惯性较小，一般可忽略不计。

三、生产机械和电动机的机械特性

现代化矿井使用着大量的、各式各样的生产机械，其负载特性各不相同。为使生产机械有效而经济地工作，必须选择机械特性与生产机械相配合的电动机。

1. 生产机械的负载特性

生产机械在运转中受到阻转矩的作用。此转矩叫负载转矩 M'_L ，反映到电动机轴上即为 M_L 。生产机械的负载特性指其转速 n_L 与负载转矩 M'_L 的关系，反映到电动机轴上便是

$$n = f(M_L)$$

大多数生产机械的负载特性可归纳为以下三种类型：

1) 恒转矩特性

恒转矩特性的特点是负载转矩与转速无关，如图 1-3 所示。矿井提升机、带式输送机等机械具有这种特性。

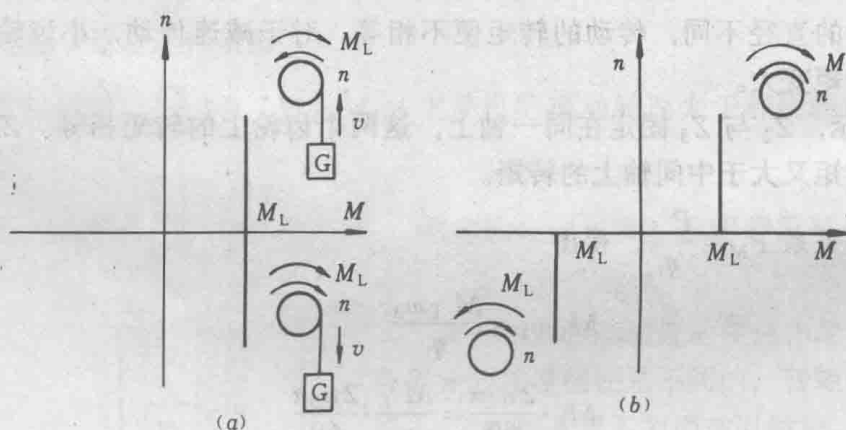


图 1-3 恒转矩负载特性

a—位能负载特性；b—反作用负载特性

恒转矩负载又分两类：位能负载和反作用负载。

在图 1-3a 中，位能负载的转矩特点是负载转矩的方向固定不变，与转速的方向无关，这是由于生产机械拖动具有位能的负载造成的。如矿井提升机，不管是提升还是下放重物，电动机的旋转方向变了，但重物产生的负载转矩却始终一个方向。

旋转方向和转矩方向的正负可以这样约定：预先规定某一旋转方向（如顺时针方向）为正，则转速 n 的方向与规定方向相同为正，电磁转矩的方向与规定方向相同为正，负载转矩与规定方向相反为正。

图 1-3 中规定逆时针方向为正。对于位能负载，特性曲线在一、四象限。在第一象限， n 与 M_L 均为正值；在第四象限， n 变为负，但 M_L 的值仍为正值。

图 1-3b 所示的负载特性叫反作用负载特性，它的特点是 负载转矩的方向永远与转速方向相反。曲线在第一、三象限。反作用负载转矩主要由摩擦产生。如采煤机和电机车，当滚筒和车轮的旋转方向改变时，负载转矩也自行随着反向。

2) 通风机类负载特性

此类负载转矩的大小与转速平方成正比，如图 1-4 所示。在低速下转矩很小，随着转速的升高，负载逐渐加大，加大的速率逐渐减小。通风机、水泵具有这种特性。这类负载低速阻转矩很小，故起动容易。

3) 恒功率负载特性

恒功率负载，转矩与转速成反比，即

$$P_L = M_L \omega = M_L \frac{2n\pi}{60} = \frac{M_L n}{9.55}$$

P_L 一定时， M_L 与 n 成反比。

一些机床，如车床，在粗加工时切削量大，切削阻力大，此时低速运转；精加工时切削量小，切削阻力小，往往高速运行。切削功率近乎恒定。

恒功率负载特性如图 1-5 所示。

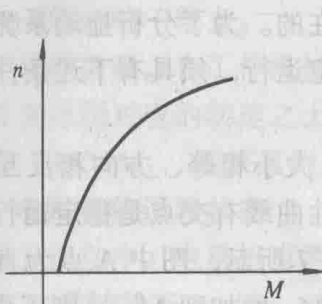


图 1-4 通风机类负载特性

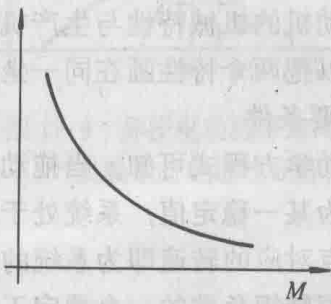


图 1-5 恒功率负载特性

2. 电动机的机械特性

电动机的机械特性指电动机的转速 n 与其电磁转矩的关系

$$n = f(M)$$

机械特性是电动机机械性能的主要表现，是生产机械选择电动机的主要依据。矿山上常用的几种电动机的机械特性如图 1-6 所示。图中 1、2、3、4 分别为同步电动机、异步电动机、他励式直流电动机和串励式直流电动机的机械特性。

为了表征电动机的特点。引入了机械特性“硬度”的概念。所谓“硬度”系指电动机转矩的改变引起转速变化的程度，通常用硬度系数 α 表示。特性曲线上任一点的硬度系数定义为该点转矩变化的百分数与转速变化的百分数之比，即

$$\alpha = \frac{\Delta M \%}{\Delta n \%}$$

不同类型的电动机，在相同的 ΔM 下 Δn 不同，

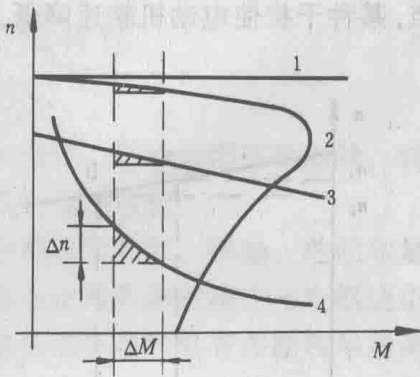


图 1-6 常用电动机的机械特性