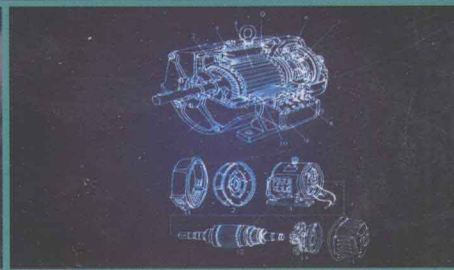
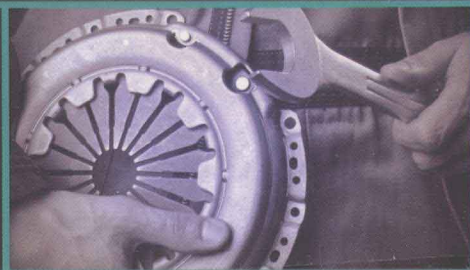
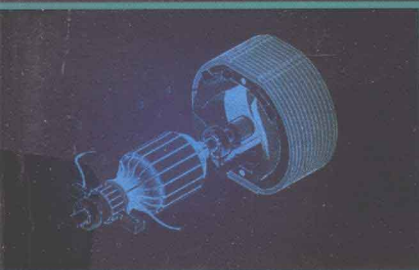


图表解读

电动机结构与维修



朱 林 主 编



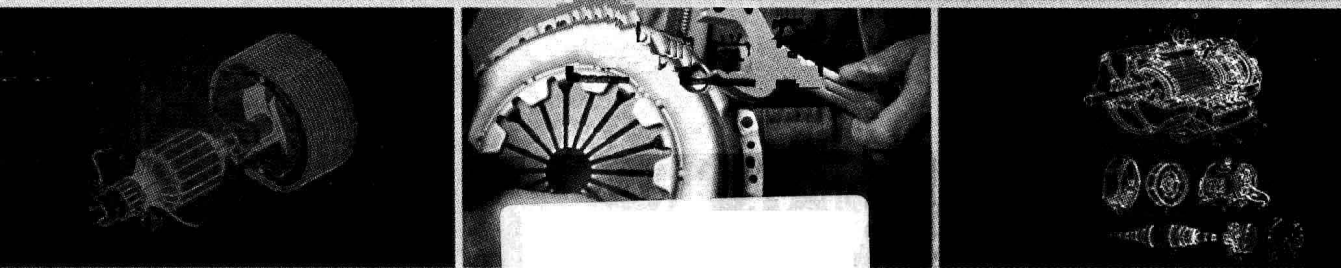
电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

图表解读

电动机结构与维修

朱林 主编
瞿明 副主编
李强 审校



电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书共分七章,依次介绍了电动机结构维修的基础知识,电动机维修所需工具和材料,直流、交流电动机的结构与维修,单相异步电动机的结构与维修,微型电动机的结构与维修,生产和生活中电动机的结构与维修。

本书深入浅出、简明扼要、图文并茂,对从事电动机维修的广大技术人员和职业院校的师生有一定的参考价值。全书的内容层次清晰、语言叙述简练、插图丰富实用,书中内容和插图尽可能贴近实际,可以在短时间内帮助读者掌握电动机的结构和维修的相关知识技能。

本书可作为广大维修技工进行电动机维修的重要参考资料,同时也可以作为职业院校电动机类维修课程的学习参考资料。

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

图表解读电动机结构与维修 / 朱林主编. —北京:电子工业出版社, 2012.10

ISBN 978-7-121-18677-6

I. ①图… II. ①朱… III. ①电动机—结构—图解②电动机—维修—图解 IV. ①TM32-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 239961 号

策划编辑: 李 洁

责任编辑: 刘真平

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 787×980 1/16 印张: 10.5 字数: 340 千字

印 次: 2012 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 27.00 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

本书根据简单实用的原则，以图解的方式对电动机的结构组成及维修方法进行了阐述。本书从维修的角度出发，阐明各种电动机在生产和生活中的应用，结合电动机的结构对各种故障进行剖析，以最简捷、最直观的方式来解决电动机维修中存在的问题。

本书共分七章，依次介绍了电动机结构维修的基础知识，电动机维修所需工具和材料，直流、交流电动机的结构与维修，单相异步电动机的结构与维修，微型电动机的结构与维修，生产和生活中电动机的结构与维修。

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，可作为广大维修技工进行电动机维修的重要参考资料，同时也可以作为职业院校电动机类维修课程的学习参考资料。

本书由朱林、瞿明共同编写，并由朱林担任主编。本书全部内容由李泓主审。

由于编者水平有限，书中如有不足之处敬请使用本书的师生与读者批评指正，以便修订时修改。如读者在使用本书的过程中有其他意见或建议，恳请踊跃提出宝贵意见。

编 者

目 录

第一章 基础知识	1
第二章 电动机维修工具、仪器、仪表及材料	17
第一节 电动机维修常见工具	17
第二节 电动机维修专用工具	21
第三节 电动机维修必备仪器、仪表	24
第四节 维修电动机的常用材料	29
第三章 直流电动机的结构与维修	32
第一节 直流电动机的分类	32
第二节 直流电动机的结构	33
第三节 直流电动机的定子及维修	38
第四节 直流电动机的转子及维修	43
第五节 直流电动机的维护及常见故障分析	49
第六节 直流电动机绕组的维修	51
第四章 三相交流异步电动机的结构与维修	59
第一节 三相交流异步电动机的结构	59
第二节 三相交流异步电动机的定子结构及维修	68
第三节 三相交流异步电动机的转子结构及维修	75
第四节 三相异步电动机定子绕组的重绕	81
第五节 三相异步电动机的常见故障及维护	98
第五章 单相异步电动机的结构与维修	102
第一节 单相异步电动机的结构	104
第二节 单相异步电动机的维修	106
第三节 单相电动机绕组的重新绕制	111
第六章 微型电动机的结构与维修	113
第一节 驱动微电机	113
第二节 控制微电机	125
第七章 生产、生活用电动机的结构与维修	133
第一节 生产用电动机结构与维修	133
第二节 生活电器用电动机结构与维修	146
附录 A	154
参考文献	162

第一章

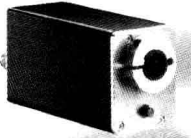
基础知识

1. 电动机的分类和产品型号

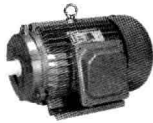
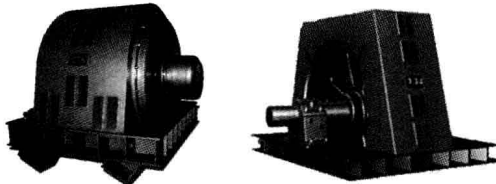
(1) 按照电源分类

按照电源不同，可分为直流电动机、交流电动机和交直流两用电动机，见表 1-1。

表 1-1 按照电动机电源不同分类

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

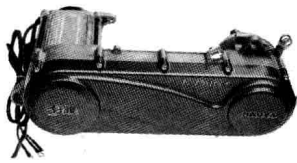
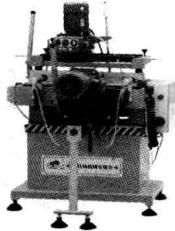
续表

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
	电容启动电动机		
	电容运转电动机		
	电容启动运转电动机		
	罩极式电动机		
同步电动机			
			
交直流两用电动机	单相串励电动机		
			

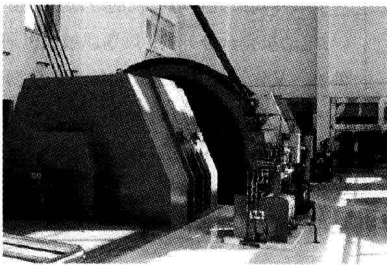
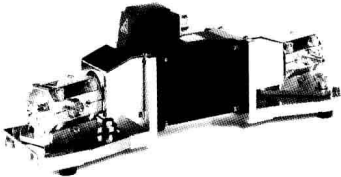
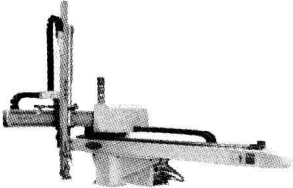
(2) 按照用途分类

按照电动机的用途不同，可以分为拖动类电动机和控制类电动机，见表 1-2。

表 1-2 按照电动机用途不同进行分类

拖动类电动机	主要用于拖动生产机械的电动机，是生产设备工作的动力源	
	 (电动车用电动机)	 (机床用电动机)

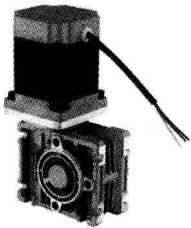
续表

拖动类电动机	 (矿井生产提升用电动机)
控制类电动机	在生产环节和系统中起到控制作用的电动机  (电动注液泵)  (伺服电动机机械手)

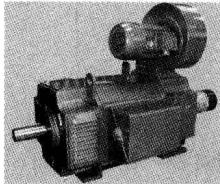
(3) 按照冷却方式不同

电动机的冷却决定了电动机散热能力,从而直接影响电动机的寿命和输出功率。下面介绍电动机的冷却方式和冷却介质,见表 1-3。

表 1-3 按照电动机冷却方式不同分类

间接冷却: 冷却介质只与电动机的铁芯、绕组、机壳的外表面接触,热量要先从内部传导到这些部分,然后再散给冷却介质。间接冷却大多数是空气冷却	自然冷却式: 这种电动机不安装任何专门的冷却装置,只靠空气在电动机中的自然流通来冷却,仅用于容量较小的电动机中	 (自然冷却)
	自扇冷却式: 在电动机的转子中装有风扇用以鼓风,使冷却空气进入电动机并经过发热部件的表面而将热量带走	 (全封闭自扇)

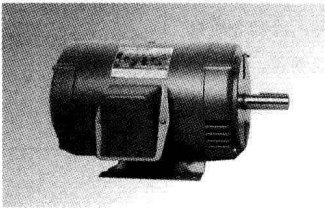
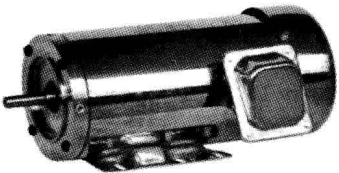
续表

间接冷却：冷却介质只与电动机的铁芯、绕组、机壳的外表面接触，热量要先从内部传导到这些部分，然后再散给冷却介质。间接冷却大多数是空气冷却	他扇冷式：此种电动机的冷却空气由专门的（与电动机完全分开的）风扇或鼓风机通过管道供给，又称管道通风式。其特点是根据负载大小来调节风扇或鼓风机转速，以控制供给电动机的风量，这样可以减少低负载时的通风功率损耗	 （带鼓风机式他扇冷却）
直接冷却：冷却介质（多数用氢气或水）进入发热体（如空心导线）内部，直接从发热体吸收热量并将它带走。显然，直接冷却的效果要比间接冷却好得多，它的使用促进了现代巨型电动机的发展	 （水冷）	
气体冷却：利用空气、氢气或其他气体作为冷却介质。大部分电动机用空气冷却，但大型的汽轮发电机常用热容比空气大的氢气冷却		
液体冷却：利用水、油等作为冷却介质。由于液体的热容量和导热能力比气体大得多，因此用液体作为冷却介质就比用气体优越得多		

（4）按照防护方式不同分类

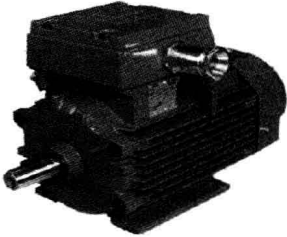
按照防护方式不同，可分为开启式、封闭式，见表 1-4。

表 1-4 按照电动机防护方式不同进行分类

文字描述	图 片
开启式：这种电动机的机壳结构对转动和带电部分没有专门的保护	
封闭式：这种电动机内部的转动和带电部分有必要的机械保护，以防止固体异物和水进入电动机内部及防止人体意外的接触，而对电动机的通风没有显著的影响	

(5) 防爆类电动机分类
防爆类电动机分类见表 1-5。

表 1-5 防爆类电动机分类

I 类 (煤矿) 	(1) 表面可能堆积粉尘时, 允许最高表面温度为 150℃。 (2) 表面不会堆积或采取措施可以防止堆积粉尘时, 允许最高表面温度为 450℃
II 类 (存在易燃易爆气体和粉尘的工厂及其他类似场合) 	(1) 按其使用的最大爆炸气体混合物试验安全间隙, 分为 A、B、C 三个级别, 可以写成 IIA、IIB 或 IIC。 (2) 按其最高表面温度分为 T1~T6, 共 6 组, 允许温度分别为 450℃、300℃、200℃、135℃、100℃和 85℃

(6) 电动机的产品型号
为了区别每一产品性能、用途和结构特征, 一般情况下, 可用产品型号加以区别, 见表 1-6。

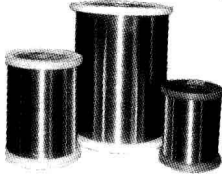
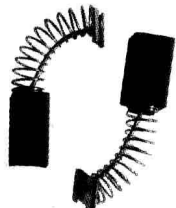
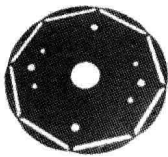
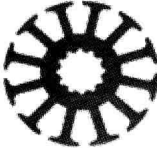
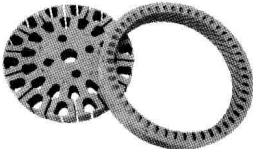
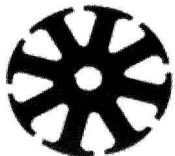
表 1-6 电动机的产品型号

文字说明	我国电动机产品型号的编制方法是采用国家标准 GB 4831—1984《电机产品型号编制方法》。按该标准规定, 电动机产品型号采用汉语拼音字母, 以及国际通用符号和阿拉伯数字组成
命名方式	1 2 3 4 补充代号 (在产品标准中做规定) 特殊环境代号, 见附录表A-2 规格代号, 见附录表A-3 产品代号, 见附录表A-1

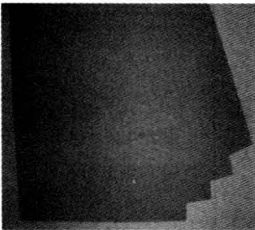
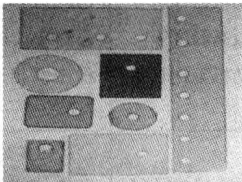
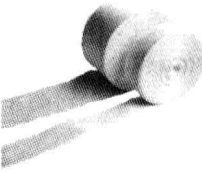
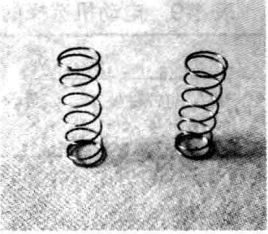
2. 电动机的制造材料

电动机是按电磁感应定律而实现能量转换的，因此，电动机中应该有电和磁的通路，即电路和磁路。构成电路和磁路的材料为导电材料和导磁材料。下面我们一起认识一下制造电动机的常见材料，如表 1-7 所示。

表 1-7 电动机制造的常见材料

材料	图 文 介 绍			
导电材料	铜是最常用的导电材料，电动机中的电路通常是线圈（绕组），线圈一般由铜线绕制而成。电力工业中使用的标准铜在 20℃ 时的电阻率为 $17.24 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$，相对密度为 8.9g/cm^3 	铝也常用在电动机的电路中，中小型鼠笼式异步电动机的转子绕组通常用铝浇铸而成，也有少量电动机的定子绕组用铝线绕制。铝在 20℃ 时的电阻率为 $28.2 \times 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}$，相对密度为 2.7g/cm^3 	电动机中的集电环用黄铜、青铜和钢等制成 	而电刷则用碳——石墨、石墨或电化石墨等制成 
导磁材料	钢铁是电动机中的导磁材料。为减少磁路中的涡流损耗，导磁材料常用薄钢片，称硅钢片或电工钢片。硅钢片中含少量的硅，它具有较高的电阻，且又具有良好的导磁性能。 硅钢片的标准厚度为 0.35mm、0.5mm、1mm 等。每层硅钢片的两面均涂有一层很薄的绝缘漆，使涡流回路的电阻增大，从而减少涡流损耗。变压器所用的钢片较薄，普通旋转电动机所用的则可厚一些。在高频电动机中需使用更薄的电工钢片。 导磁性能好的铸钢可用做电动机的导磁材料，但不用来传导交变磁通		 （空调电动机转子冲片）  （电动机定子冲片）  （铸钢材料）	 （电动机定子冲片）  （燃油泵电动机转子冲片）

续表

材料	图 文 介 绍		
绝缘材料			
	(电工纸)	(玻璃纤维板)	(聚酯漆)
			
	(云母片)	(玻璃丝带)	(环氧树脂)
电动机中使用的绝缘材料应具有介电强度高、耐热性好等特点。电动机常用绝缘材料的耐热等级可参见附录表 A-5			
结构材料	电动机中的机座、端盖、主轴、轴承、螺杆等是用做机械支撑的，称为结构部件。结构部件材料通常为钢铁。但是在漏磁场附近，最好使用非磁性材料，如木制槽楔、非磁性钢丝、黄铜等		
			
	(竹制槽楔)	(非磁性弹簧)	(黄铜碳刷架)

3. 电动机的基本参数

通过表 1-8 体现出铭牌参数和实际参数之间的对比。

表 1-8 电动机的基本参数

图 文 说 明			
(某电动机铭牌)		额定功率: 电动机轴上输出的最大机械功率	额定电压: 电动机输入额定电压 额定电流: 额定电压下, 运行于额定功率时对应的电流值
额定转速: 对应于额定电流、额定电压, 电动机运行于额定功率时所对应的转速	额定频率: 给电动机供给电源的频率。我国电力网的频率规定为 50Hz	绝缘等级: 电动机内部所有绝缘材料允许的最高温度等级, 它决定了电动机工作时允许的温升	温升: 电动机在运行过程中高出环境的温度
工作制: 电动机的工作制表明电动机在不同负载下的允许循环时间。S1 表示连续工作制; S2 表示短时工作制; S3 表示断续周期工作制	噪声量: 电动机在运行过程中产生的音量	振动力: 电动机在运行过程中因振动产生的位移	其他参数: 除前面的参数之外, 我们从铭牌中可以看到还有电动机的接法、重量、型号和制造厂商等

4. 电动机的正确选用

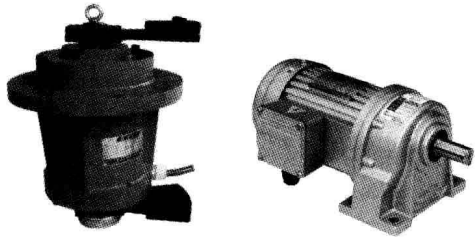
电动机是工业生产和家庭生活中广泛采用的一种动力机械。因此, 合理选择电动机是相当重要的, 它直接关系到生产机械的安全运行和经济指标的改善。电动机的选择内容包括电动机结构形式、电动机类型、额定电压、额定转速和额定功率等, 见表 1-9。

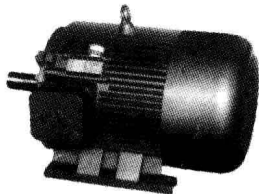
表 1-9 电动机选择的基本要求

基 本 要 求	说 明
	(1) 所选电动机应满足生产机械的各种要求, 如负载性质、工作制、转速、加速度、启动、制动、过载能力及调速特性等
	(2) 按技术与经济合理的原则选择电动机的类型、电流种类、电压等级、结构形式和冷却方式, 以保证生产机械可靠工作, 使用成本经济合理
	(3) 所选电动机应有适当的备用功率, 使电动机的负载率一般为 0.75~0.9。因为过大的备用功率会使电动机运行效率降低
	(4) 所选电动机的类型除满足生产机械的工艺过程要求外, 尚应满足电网的要求, 如对于容量较小的电网, 应考虑启动时维持电网电压水准, 保持电网的功率因数在合理范围
	(5) 电动机结构形式和绝缘等级应满足安装与使用环境温度的要求, 保证电动机的安全运行

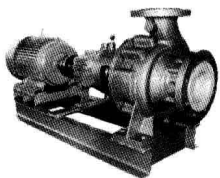
在上述表格中我们对电动机选择的基本要求进行了介绍,下面我们从五个方面来具体介绍电动机选择的知识,见表 1-10。

表 1-10 电动机选择的正确方法

(一) 电动机结构形式的选择	
1. 安装形式的选择:电动机安装形式按照安装位置的不同可以分为立式与卧式两种。 一般情况下应选用卧式;立式电动机的价格较贵,只在简化传动装置,又必须垂直运转时才采用	 (立式) (卧式)
2. 防护形式的选择:为了防止电动机被周围环境中的媒介质损坏,或因电动机本身的故障引起灾害,必须根据不同的环境选择适当的防护形式	(1) 开启式:适用于干燥及清洁的工作环境 (2) 防护式:电动机一般可防滴、防雨、防溅,可防止外界杂物从与垂直方向或小于 45° 的方向落入电动机的内部,但不能防止潮气及灰尘侵入,适用于比较干燥、灰尘不多、无腐蚀性和爆炸性气体的场所 (3) 封闭式:封闭式电动机又分为自冷式、强迫通风式和密闭式三种。 前两种形式的电动机,潮气和灰尘等不易进入电动机内部,能防止从任何方向飞溅来的水滴和其他杂物侵入,适用于高潮湿、尘土多、易受风雨侵蚀、易引起火灾、有腐蚀性蒸汽或气体的各种地方;密闭式电动机一般用在液体中工作的生产机械,这种电动机价格较贵 (4) 防爆式:在封闭式结构基础上制成隔爆型、增安型和正压型三类,都适用于有易燃、易爆气体的危险环境,如煤气站、油库或矿井等场所 (5) 防护方式选择时注意事项: ① 在空气中经常存在腐蚀性气体和游离物的地点,应优先选用化工防腐型电动机或管道通风式电动机。 ② 在空气中经常存在较多无导电尘埃的地点,可采用开启式或防护式电动机;如尘埃不易除掉且对绝缘有害,则宜采用封闭式电动机。 ③ 在空气中有导电尘埃或不导电尘埃,但同时有潮气存在的场所中,应选用封闭式电动机。 ④ 电动机装在露天场所,以防止其绝缘不受潮气、雨雪等破坏,可选用封闭式或防护式电动机



(一般环境用)



(化工防腐)



(防水式)

(二) 电动机类型的选择

按照使用电源不同,电动机分为交流电动机和直流电动机。交流电动机结构简单,价格便宜,维护工作量小,但启动、制动及调速性能不如直流电动机。因此在交流电源的场所,应优先考虑采用交流电动机,仅在启/制动和调速等方面不能满足生产需要时才考虑直流电动机。

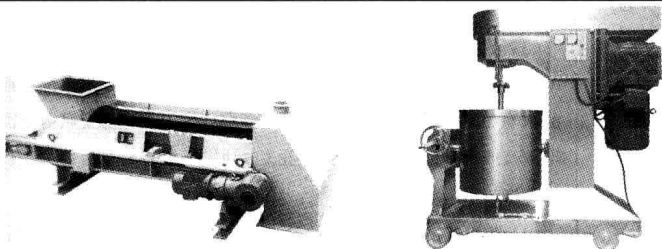
在选择电动机种类时应从以下几个方面考虑选用交流电动机还是直流电动机

1. 无调速要求的机械

① 对无调速要求的机械,包括连续、短时、周期工作等工作性质的机械,应尽量采用交流异步电动机;周期性变化负载的机械(通常装有飞轮储能),要求有较大的启/制动转矩时,对大中功率电动机,应采用绕线转子电动机;对小功率电动机,则经过载能力及启动能力校验,可采用高转差率异步电动机

② 单纯因启动困难的机械,经启动能力校验,可采用高堵转矩的双笼型或深槽型异步电动机。若启动能力校验不能通过(飞轮力矩大、静阻转矩大),或启动时电网电压降过大,可采用绕线式转子异步电动机

③ 对负载平稳、启动与制动无特殊要求连续运行的机械,优先采用普通笼型异步电动机,如果功率较大,为了提高电网的功率因数,可采用同步电动机。某些周期性工作性质机械,若采用交流电动机在发热、启动、制动特性等方面不能满足要求,或其拖动系统的过渡过程有特殊要求的生产机械,宜采用直流电动机



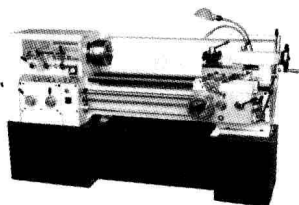
2. 需要调速的机械

直流电动机最大的转速与功率之积约为 $10^6 \text{ kW} \cdot \text{T/min}$,当接近或超过该值时,宜采用交流电动机,这种选择不仅对大功率设备而言,对某些中小功率设备在要求转速特别高时也适合。

当直流电动机的飞轮转矩不能满足生产机械要求时,宜采用交流电动机。

直流电动机转子短粗大,为解决直流电动机飞轮转矩大和功率受限制的问题,过去许多机械采用双电枢或三电枢直流电动机传动,但电动机造价高,占地面积大,易产生扭振。随着交流调速技术的发展,上述方案已不可取,应考虑改用单台交流电动机。

在高温、多尘、多水汽、易燃、易爆等场合,宜采用无换向器、无火花、易密闭的交流电动机



续表

(三) 电动机电压的选择

交流电动机电压等级的选择主要依电动机运行地点供电电网的电压等级而定。

一般车间低压电网为 380V, 故中小型异步电动机多是低压的。额定电压一般为 380V (Y 接法或 Δ 接法)、220V/380V (Δ /Y 接法) 和 380V/660V (Δ /Y 接法) 三种; 在矿山、选煤厂或大型石化企业等, 越来越要求使用额定电压为 660V (Δ 接法) 或 660V/1140V (Δ /Y 接法) 甚至更高额定电压的电动机

直流电动机额定电压一般为 110V、220V 和 440V。其中以 220V 为最常用的电压等级。当交流电源为 380V 时, 若采用三相桥式可控整流电路供电, 则直流电动机的额定电压应选为 440V; 若采用三相半波可控整流电路供电, 则直流电动机额定电压应选为 220V; 若采用单相整流电路供电, 则可选用改型的、额定电压为 160V 的直流电动机

交流、直流电动机的电压和功率参数范围见表 1-10-1 和表 1-10-2

表 1-10-1 交流电动机的电压和功率范围

电压等级 (V)	功率范围 (kW)		
	同步电动机	异步电动机	
		笼型电动机	绕线转子电动机
380	3~320	0.55~400	0.55~400
3 000	250~2 200	90~2 500	75~3 200
6 000	250~10 000	200~5 000	200~5 000

表 1-10-2 直流电动机的电压和功率范围

电压等级 (V)	功率范围 (kW)
110	0.25~110
220	0.25~320
440	1.0~500
500~1 000	500~4 600

(四) 电动机转速的选择

电动机额定转速的选定是依据工作机械或器具的传动要求, 并考虑机械减速机构的传动比值, 经过技术和经济的全面比较才能确定的

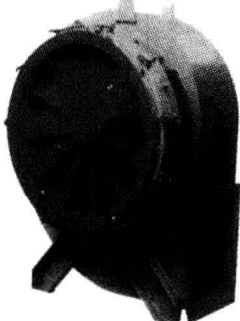
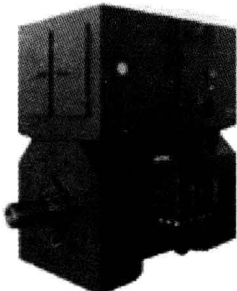
① 对要求体积小、重量轻而工作转速高 (如高于 3 000r/min), 如搅拌机、电吹风、真空吸尘器等电器, 则多采用直流电动机或单相串励电动机

② 对不需要调速或允许转速随负载大小略有变化的高速或中速机械; 如水泵、风机、压缩机、电风扇等一般都宜选择相应转速的 2 极或 4 极异步电动机或同步电动机驱动。只有特殊要求下, 如具有噪声的轧机、粉碎机等, 才分别选用 6 极、8 极或 20 极电动机

③ 对要求严格同步转速或恒速的装置, 如定时器、录音机等, 可以用同步电动机直接驱动或经减速器驱动, 或者用带稳速装置的直流电动机驱动

④ 对需要调速的机械, 如大型风机、水泵, 一般采用串级调速方法, 对于调速范围较大, 调速精度较高的机械, 选用电动机的最高转速应与生产机械相适应, 一般应使用可调速的直流电动机和电磁调速异步电动机

续表

(四) 电动机转速的选择	
   (水泵) (风机) (轧机用直流电动机)	
注 意 事 项	选择电动机时,首先要选好调速的基速,如提升机、轧钢机械等,工作速度较低,经常处于频繁正、反转状态,为了提高效率,降低损耗及节省投资等,应选择适当的低速电动机,此时如能选用无减速机构的直接传动电动机更合适。 另外,同类型的电动机,当功率相同,电动机转速越低,则体积越大,价格越贵,且效率也越低。反之,如选用高速电动机,势必要加大机械减速机构的传动比,致使机械传动部分结构复杂起来。因此,要根据具体情况选择电动机的转速
(五) 电动机功率的选择	
电动机额定功率的选择是一个重要而又复杂的问题。拖动生产机械时,电动机额定功率若选得过小,会使电动机超负荷工作,电动机电流超过额定电流,将使电动机发热,以致破坏电动机绝缘性能,甚至烧毁电动机,更甚者或许就根本无法拖动负载。 电动机功率又不能选得太大,太大不能充分发挥发动机的效用,增加了设备投资、运行费用,同时也浪费了电力,会使电网电压下降,而且电动机在轻载或空载时,效率变得很低。 因此,电动机的功率不是任意选择的,必须遵循一定的原则、方法和步骤	
1. 选择电动机功率的原则 (1) 不同工作制应选用不同定额的电动机。 (2) 电动机在工作时,其发热温度应低于或接近其允许的工作温度,但不得超过工作温度。 (3) 电动机功率与负载机械相匹配,应有一定的过载能力,以保证在短时过载情况下能正常运行。 (4) 在额定电压下,电动机应能满足生产机械的负载和所需的启动转矩	
2. 选择电动机功率的计算 根据电动机不同工作制,依照生产机械的功率计算公式初步计算出电动机的负载功率,然后再给负载功率预选电动机额定功率。 在预选出电动机后,再进行发热、过载能力、启动能力等校验,校验都通过了,预选的电动机便选定了;否则,还需要重新计算和校验。具体的计算过程和实例在这里就不再赘述了,读者可自行参考其他的书籍	

5. 电动机的安装与调整

电动机的正确安装是保证电动机正常运行的重要环节。对于特殊用途及重要产品,应