

有色冶金企业

电气设计手册

下 册

冶金工业部长沙有色冶金设计院

1 9 7 3

有 色 冶 金 企 业

电 气 设 计 手 册

下 册

冶金工业部长沙有色冶金设计院编

内 容 提 要

本手册介绍有关有色冶金企业电气装置的设计和计算方法，其中包括设计中常用的计算图表、曲线和参考图纸等。

手册共分上、下两册。上册内容包括：供电系统、变电所、电力线路、柴油发电站和企业通信；下册内容包括：电气传动、电机车牵引和照明。

本手册供从事有色冶金企业电气设计、施工和生产的工作人员参考。对大专院校有关专业的师生也有参考价值。

有色冶金企业电气设计手册

下 册

长沙有色冶金设计院编

长沙文华印刷厂印刷

1973年5月

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

备战、备荒、为人民。

坚持政治挂帅，加强党的领导，大搞群众运动，实行两参一改三结合，大搞技术革新和技术革命。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

在伟大领袖毛主席“备战、备荒、为人民”的战略方针指引下，一个社会主义革命和社会主义建设的新高潮正在兴起，全国工农业生产欣欣向荣，到处呈现一派繁荣兴旺的景象。我国冶金工业战线广大职工遵照毛主席关于“路线是个纲，纲举目张”的教导，狠抓经济领域里两条路线斗争，深入开展“工业学大庆”的群众运动，有力地促进了冶金工业的蓬勃发展。

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，我们以毛主席的光辉哲学思想为武器，通过批判刘少奇一类骗子鼓吹的唯心论的先验论，深入实际进行调查研究，在学习和总结各生产厂矿、科研设计和施工单位先进经验的基础上，编写了这本《有色冶金企业电气设计手册》，供从事有色冶金企业电气设计的广大工人、技术人员参考，以期对加快设计速度、提高设计质量有所帮助，使设计工作更好地为社会主义革命和社会主义建设服务。

在编写过程中，我们得到各兄弟单位的大力支持，他们为手册提供了许多技术资料和宝贵意见，贵阳铝镁设计院还承担了上册第二十五章的编写工作，我们在此特向各兄弟单位表示感谢。

由于我们学习毛主席著作不够，政治思想和业务水平不高，经验缺乏，手册一定还存在着许多缺点和错误，希望批评指正。

编 写 组

1973年5月

目 录

第一章 电动机的选择

1-1 电动机的分类及应用范围	(1-1)
1-2 电动机的机械特性	(1-5)
1-3 电动机的选择原则	(1-7)
1-4 根据环境特征选择电动机型式	(1-8)
1-5 电动机容量的选择	(1-10)
1-6 不同环境温度下电动机容量的校正	(1-12)
附录1-1 电动机基本方程式	(1-13)
附录1-2 电动机的冷却通风	(1-15)
附录1-3 有爆炸和火灾危险场所的等级划分	(1-15)

第二章 电动机的启动和调速

2-1 电动机直接启动应满足的条件	(2-1)
2-2 鼠笼型异步电动机启动电压的计算	(2-4)
2-3 同步电动机引入同步的计算	(2-14)
2-4 电动机的自启动计算	(2-16)
2-5 直流电动机的启动	(2-17)
2-6 电动机的调速	(2-21)
2-7 直流电动机的调速	(2-24)
2-8 交流电动机的调速	(2-41)
2-9 电磁调速异步电动机的控制系统	(2-51)

第三章 低压网络

3-1 低压配电系统的设计	(3-1)
3-2 低压网络的负荷计算	(3-3)
3-3 导线和电缆型号的选择	(3-6)
3-4 按允许载流量选择导线和电缆截面	(3-9)
3-5 按机械强度选择导线的最小允许截面	(3-17)
3-6 按电压损失校验导线截面	(3-18)
3-7 低压网络导线和电缆敷设	(3-25)
3-8 低压网络中的短路电流	(3-38)
3-9 车间起重运输设备的供电线路	(3-49)
附录3-1 各种酸类和腐蚀性气体对不同导线及绝缘材料的影响	(3-63)

第四章 低压电器与低压配电装置

4-1 低压电器的基本类型及产品型号的编制原则	(4-1)
4-2 选择低压电器的条件	(4-2)
4-3 熔断器和自动开关的选择	(4-6)
4-4 鼠笼型异步电动机直接起动设备的选择	(4-14)
4-5 低压鼠笼型异步电动机降压起动设备的选择	(4-43)
4-6 绕线型异步电动机起动设备的选择	(4-47)
4-7 电焊设备电源开关(或起动器)和熔断器选择	(4-55)
4-8 电气测量仪表的选择与装设	(4-59)
4-9 常用低压电器安装尺寸	(4-61)
4-10 低压配电装置	(4-65)
附录4-1 一般电工产品在海拔地区的应用问题	(4-68)
附录4-2 自动开关和磁力起动器技术数据	(4-74)

第五章 矿井提升装置

5-1 矿井提升机的种类	(5-1)
5-2 提升电动机	(5-1)
5-3 控制系统的选择	(5-7)
5-4 小型提升机的控制线路	(5-8)
5-5 采用KKX系列绞车控制板的半自动化控制线路	(5-10)
5-6 提升系统的电气计算	(5-16)
5-7 机械制动调节系统(可调闸)	(5-42)
5-8 矿井提升机利用可控硅整流器作为动力源的设备	(5-44)
5-9 采用金属水冷电阻的提升机控制线路	(5-47)
5-10 矿井提升机的微拖装置	(5-52)
5-11 矿井提升机的低频控制	(5-55)
5-12 多绳提升机的电气设计	(5-67)
5-13 矿井提升信号	(5-75)

第六章 矿山电机车牵引

6-1 牵引矿车数量的计算	(6-1)
6-2 电机车负荷电流计算	(6-9)
6-3 牵引网络的结构	(6-11)
6-4 牵引网络的电气计算	(6-15)
6-5 电能消耗的计算	(6-21)
6-6 牵引变电所的设计	(6-22)
6-7 充电站设计	(6-31)
6-8 露天矿准轨电机车牵引	(6-36)
附录6-1 电机车牵引电动机的特性曲线	(6-42)

第七章 采矿场电气设计

7-1 矿井电气设备使用条件及生产机械的主要特征	(7-1)
7-2 矿井供电	(7-2)
7-3 井下低压网络设计	(7-4)
7-4 矿井电气设备的选择	(7-10)
7-5 井下 660 伏电压供电问题	(7-11)
7-6 露天矿电气设备	(7-14)
7-7 典型控制系统	(7-17)

第八章 风机及泵类电气设计

8-1 生产机械的主要特征	(8-1)
8-2 起动和保护设备的选择	(8-2)
8-3 配电及控制方式	(8-4)
8-4 控制系统	(8-4)
8-5 异步电动机的同步化运行	(8-9)

第九章 选矿厂电气传动

9-1 选矿工艺流程及环境特征	(9-1)
9-2 生产机械的主要特征	(9-2)
9-3 车间配电	(9-4)
9-4 生产机械的电气控制	(9-6)

第十章 冶炼厂电气传动

10-1 一般设计原则	(10-1)
10-2 备料车间	(10-2)
10-3 烧结车间	(10-5)
10-4 焙烧车间	(10-7)
10-5 熔炼车间	(10-8)
10-6 电解车间	(10-26)
10-7 浸出车间和净液车间	(10-29)
10-8 粉煤车间	(10-29)
10-9 煤气站	(10-30)
10-10 电收尘整流所	(10-30)

第十一章 电炉电气设备

11-1 电弧炉特性及主要类型	(11-1)
11-2 电炉变压器的选择	(11-3)
11-3 电炉变电所设计	(11-10)
11-4 电极自动调节装置	(11-15)

11-5 短网的设计计算	(11-20)
11-6 电弧炉的电气计算	(11-34)
11-7 电阻炉	(11-35)
11-8 感应电炉	(11-52)

第十二章 电修试验站

12-1 电修试验站的设计原则	(12-1)
12-2 一般试验简介	(12-1)
12-3 几种试验设备	(12-5)
12-4 试验设备的配备	(12-9)
附录12-1 直流电机的试验	(12-12)
附录12-2 高压电动机的试验	(12-14)

第十三章 电气照明

13-1 光源	(13-1)
13-2 灯具的选择与布置	(13-3)
13-3 照度的选择与计算	(13-7)
13-4 照明配电网络	(13-24)
附录13-1 各种电气光源的技术数据	(13-31)
附录13-2 常用灯具的特性曲线	(13-35)

第十四章 接地和接零

14-1 概 述	(14-1)
14-2 一般规定和要求	(14-1)
14-3 接地电阻值的要求	(14-2)
14-4 接地电阻的计算	(14-5)
14-5 接地线的选择	(14-12)
14-6 采矿场的接地	(14-14)
14-7 接 零	(14-15)
14-8 防雷接地的计算	(14-24)

第十五章 半导体电路设计

15-1 半导体二极管整流电路	(15-1)
15-2 可控硅的主回路	(15-12)
15-3 直流放大器	(15-26)
15-4 稳压电源	(15-39)
15-5 脉冲电路	(15-48)
15-6 可控硅的触发电路	(15-61)
15-7 逻辑电路	(15-73)
附录15-1 半导体逻辑元件图形符号	(15-91)

附 录

附录1	经济指标.....	(1)
附录2	电力系统图图形符号.....	(29)
附录3	电力及照明平面图图形符号.....	(52)
附录4	电信平面图图形符号.....	(61)
附录5	电力设计文字符号.....	(66)
附录6	电力系统的回路标号.....	(83)
附录7	一般参考资料.....	(97)
附录8	电气装置标准图集及参考图集索引.....	(115)
附录9	图幅规格表.....	(119)

第一章 电动机的选择

“无产阶级文化大革命是使我国社会生产力发展的一个强大的推动力。”近几年来，我国电机制造部门遵照伟大领袖毛主席关于“自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想”的教导，为发展电机品种和提高产品质量做了大量的工作。“以铝代铜”的技术革新取得了可喜的成果。较高技术水平的JO₂系列电动机已成批生产。高出力的JO₃系列电动机正在逐步定型。各种性能的特殊电机也得到相应发展。电机工业的这些成就，对进一步发展我国工农业生产提供了有利的条件。在有色冶金企业中，采用的电动机种类很多，但大部分都是与生产机械成套供应的，仅在个别情形下需要自行选择。为了适应这种需要以及对配套电机进行校验，本章就一般常用电动机的特性和用途、选择电动机的一些原则和方法作简要介绍。

1-1 电动机的分类及应用范围

一、电动机的分类

我国生产的电动机型号很多，一般按照表1-1进行分类。

电动机分类表

表1-1

分 类 方 法	分 类 名 称	
按所采用的 电 流 种 类	1.直流电机 2.交流电机	
按作用原理	直流电机	1.他励电机 2.自励电机
	交流电机	1.同步电机 2.异步电机
按内部结构 型 式	直流电机	1.并励电机 2.串励电机 3.复励电机

续表1-1

分 类 方 法	分 类 名 称	
按内部结构 型 式	同步电机	1.凸极式 2.隐极式
	异步电机	1.普通单鼠笼式 (或称短路转子式) 2.绕线转子式 (或称滑环式) 3.双鼠笼式 4.深槽式 5.高起动转矩式 6.电磁调速式 7.可变极数的 (变速的) 8.高转速的
按外部结构 型 式	1.无轴承和无轴的电机 (<i>W</i>) 2.端盖式轴承的电机 (<i>D</i>) 3.具有端盖式轴承和座式轴承的电机 (<i>DZ</i>) 4.有座式轴承的电机 (<i>Z</i>) 5.带凸缘固定的电机 (<i>T</i>) 6.带竖轴的电机 (<i>L</i>) 7.立式水轮发电机型 (<i>LS</i>) 8.成对 (双机组) (<i>SJ</i>)	
按外壳结构 型 式	1.开启式	
	2.防护式	①网罩式 ②防滴式 ③防溅式
	3.封闭式	①封闭自冷却式 ②封闭自扇冷式 ③封闭他扇冷式 ④封闭水冷或液冷 ⑤封闭气体回路循环冷却
	4.管道通风式	
	5.防爆式	

注: 1.交流电机按定子相数, 通常也分为单相电机和三相电机。

2.各种电机外部结构型式符号, 除总的分类用字母符号表示以外, 并附有数字符号。详细分类方法可参阅电 (*D*) 92-60。

按照外壳结构型式进行分类,常用的电动机型号列于表1-2。

电动机按外壳结构型式分类

表1-2

序号	外壳结构型式	交流异步电动机		同步电动机	直流电动机
		鼠笼型	绕线型		
1	开启式	YL ^②	YR ^②	TZ, TZK, TD, TDK, TDQ	
2	防护式	JS, JSQ, JK, JL, JKZ	JR, JR ₂ , JRQ	TD (中型), TZ	
3	防滴式	J ₂ , JQ, JQ ₂ , JZS	JR ^①		Z, Z ₂ , Z ₃
4	封闭式	(1)自冷却式			ZZ, ZZK
		(2)自扇冷式	JC, JO ₂ , JO ₃ , JO ₄ , JZ, JZ ₂ , JZS, JLO, JQO, JQO ₂ , JTB, JTC	JRO ₁ , JZR	ZO, ZO ₂
5	管道通风式	JS ^② , JSQ ^② , JK	JR ₂ , JRQ, JZRG, JKRZ	TD ^② , TZ	Z ₂ ^② , ZZ ^② , ZZK ^② , ZD, ZJD
6	防爆式	IJB, JB, JB ₂ , JBLH, JBS, IJBS, JBX, BJO ₂ , BJO ₃	JBR		

①小型电动机。 ②采用管道通风式时,应在订货时说明。

二、交流电动机

常用交流电动机的型号、性能及应用范围

表1-3

型号	名称	性能	应用范围
J ₂	一般用途防滴式鼠笼型异步电动机	能防止水滴、铁屑或其他物件呈垂直方向掉入电机内部	可作一般用途,用以传动在起动性能、转差率以及其他性能方面无特殊要求的生产机械,如水泵、车床、铣床等
JO ₂	一般用途封闭自冷式鼠笼型异步电动机	能防止灰尘、铁屑或其他物件侵入电机内部	同J ₂ 型一样可作一般应用,但用于灰尘较多、溅水的地方,如碾米机、磨粉机及某些矿山机械等
JO ₃		JO ₃ 型采用了新型电磁材料及E级绝缘,性能较好	凡过去采用JO、JQO、JO ₂ 及JQO ₂ 系列电动机的产品均可采用JO ₃ 系列电动机
YL	大型三相鼠笼型异步电动机	起动转矩较小	适用于传动通风机、水泵、电动发电机组等
YR	大型三相绕线型异步电动机		适用于传动大型矿井提升机和通风机、水泵、电动发电机组等

续表 1-3

型 号	名 称	性 能	应 用 范 围
JD , JDO , JD_1 , JDO_1	三相多速异步电动机	其特点是具有双速、三速、四速, 速度可逐级调节	主要用于各式万能和专用金属切削机床、木工机床、起重运输机械中。并可驱动高频发电机, 以使高频电动机也具有多种速度
JQ , JS , JQ_1 , JSQ	高起动转矩封闭式双鼠笼型异步电动机	具有较大的起动转矩, 起动静止或惯性负荷的能力较大	用在传动压缩机、柱塞式水泵、传送带、磨床、粉碎机、带锯和某些工作母机及小型起重运输机械
JQO , JQO_1	高起动转矩封闭式自冷式双鼠笼型异步电动机	能防止灰尘铁屑或其它物件侵入电机内部, 并具有较大的起动转矩	同 JQ 型一样应用, 但可用于灰尘较多和溅水的地方
JR , JR_1 , JRQ	防护式绕线型异步电动机		用于供电线路容量不足以鼠笼型电动机起动而又要求起动转矩较大的传动装置上
JZ , JZ_1	鼠笼型起重及冶金用异步电动机	为封闭式自冷式结构, 其特点是过载能力较高。当 $JC\% = 25\%$ 时, 电动机的最大转矩和额定转矩之比在 2.5—3 之间	适于起重机及冶金机械按断续工作方式使用 额定持续率 $JC\% = 25\%$
JZR	绕线型起重及冶金用异步电动机		
JL	三相铝壳异步电动机	与 J_1 型相同, 但外壳系铝合金, 重量较轻	与 J_1 型相同, 但用在要求减轻重量的场所
JLO	三相铝壳异步电动机	与 JO_1 型相同, 但外壳系铝合金, 重量较轻	与 JO_1 型相同, 但用在要求减轻重量和无腐蚀性及爆炸性气体的场所

三、直流电动机

直流电动机的型号及应用范围

表 1-4

分 类	串励电动机	并励电动机	他励电动机	复励电动机
特 性	1. 起动转矩大 2. 可适应转矩变化或转矩渐变的机械 3. 运行特性软	1. 励磁与电枢同电源 2. 调速范围较大	1. 励磁绕组单独供电 2. 调速范围广 3. 可经常起动及制动	1. 起动转矩大 2. 运行特性软 3. 停车时用能耗制动
用 途	电车, 起重设备	一般无特殊要求的机械, 如油泵、电动机、发电机组、螺旋给料机	大型跑床, 矿井提升机, 快速升降机, 浇铸机	常用于反复改变旋转方向运转的机械, 如起重运输设备等
型 号	ZZ , ZZK	Z , Z_1 , ZO_1 , ZZ , ZZK	ZO_2 , ZD , ZJD	Z , ZZ , ZZK

1-2 电动机的机械特性

电动机的机械特性反映了转矩 M 与转速 n 的关系 $M = f(n)$ ，以及转矩与转差率 S 的关系 $M = f(S)$ 。每台电动机可以有多种机械特性。其中有一种符合于电机本身电磁参数的额定值，称为基本特性或自然特性，其余各种机械特性则称为人为特性。

电动机的特性根据传动装置的要求来选择。如果现有各种电动机的自然特性不符合要求，则需采取人为特性。人为特性可以用下述各种方法获得：①改变电动机本身的电磁参数；②改变电动机供电线路的电参数；③改变电动机的接线方式；④采用双机拖动，把一台电动机的机械特性加在另一台电动机的机械特性上。

下面介绍几种常用的交流电动机和直流电动机的机械特性。

一、鼠笼型异步电动机

普通鼠笼型异步电动机的机械特性 $M = f(S)$ 可用下列近似公式计算：

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{S}{S_{lj}} + \frac{S_{lj}}{S}} \quad \text{公斤-米} \quad (1-1)$$

式中 M_{max} ——电动机的最大转矩，公斤-米；
 S ——电动机的转差率；
 S_{lj} ——电动机的临界转差率；

$$S_{lj} = S_e \left(\lambda_{max} + \sqrt{\lambda_{max}^2 - 1} \right) \quad (1-2)$$

S_e ——电动机的额定转差率；
 λ_{max} ——电动机的过负荷能力（最大转矩倍数）。

二、绕线型异步电动机

$$\text{机械特性} \quad \frac{M}{M_{max}} = \frac{2 + 2e}{\frac{S}{S_{lj}} + \frac{S_{lj}}{S} + 2e} \quad (1-3)$$

临界转差率按下式计算：

$$\frac{S_{lj}}{S_e} = \lambda_{max} + (\lambda_{max} - 1)e + \sqrt{[\lambda_{max} + (\lambda_{max} - 1)e]^2 - 1} \quad (1-4)$$

对连续运转的大、中型电动机 $e = 0.1 - 0.2$ (1-5)

大型电动机可以忽略定子电阻， $r_1 = 0$ ，则 $e = 0$ 。

$$\text{式(1-4)写成} \quad \frac{S_{lj}}{S_e} = \lambda_{max} + \sqrt{\lambda_{max}^2 - 1} \quad (1-6)$$

在已知转子电流 I_2 、转子电阻 r_2 和转差率 S 时，转矩通用式为：

$$M = \frac{2.92}{n_0} I_2^2 \frac{r_2}{S} \quad \text{公斤·米} \quad (1-7)$$

式中 n_0 ——电动机的同步转速，转/分。

$$\text{转子相电阻} \quad r_2 = \frac{S_e}{1-S_e} \cdot \frac{(P_e + \Delta P_i) \times 1000}{3 I_2^2} \quad \text{欧} \quad (1-8)$$

式中 P_e ——电动机额定容量，瓩；

$\Delta P_i = 1-2\% P_e$ ——机械损失，瓩；

I_2 ——转子额定电流，安；

S_e ——额定转差率，%。

$$\text{采用近似计算时} \quad r_2 = \frac{U_{20} S_e}{\sqrt{3} I_2} \quad \text{欧} \quad (1-9)$$

式中 U_{20} ——转子不动 ($S=1$) 时滑环之间的开路电压，伏。

三、直流电动机

1. 并励电动机

并励电动机的机械特性属于硬特性一类。这种电动机的特点是，当线路电压 U_e 和励磁绕组的电阻 r_f 不变时，磁通是恒定不变的。其机械特性方程式为：

$$n = \frac{U_e}{C_1 \Phi} - \frac{M(r_f + R)}{C_1 C_2 \eta \Phi^2} \quad (1-10)$$

$$\text{设 } n_0 = \frac{U_e}{C_1 \Phi}$$

$$\text{则} \quad n = n_0 - \frac{M(r_f + R)}{C_1 C_2 \eta \Phi^2} \quad (1-11)$$

式中 U_e ——电动机的额定电压，伏；

n_0 ——电动机空载时的转速，转/分；

η ——电动机的效率；

C_1, C_2 ——电动机的结构常数；

$$C_1 = \frac{pN}{60a} \times 10^{-8}$$

$$C_2 = \frac{pN}{2\pi a} \times 10^{-8} \quad \text{或} \quad C_2 = 9.6 C_1$$

p ——电动机的极对数；

N ——电枢绕组有效导线的根数；

a ——电枢绕组并联支路的对数；

Φ ——电动机的磁通；

$$\Phi = \frac{U_e - I_a r_f}{C_1 n_s} \quad \text{韦伯} \quad (1-12)$$

r_f ——电枢绕组的电阻；

$$r_a \approx \frac{1}{2} (1 - \eta) \frac{U_e}{I_a} \quad \text{欧} \quad (1-13)$$

I_e ——电动机的额定电流，安；
 n_e ——电动机的额定转速，转/分；
 R ——附加电阻，欧。

2. 串励电动机

串励电动机的机械特性属于所谓软特性一类。电动机的转速随负荷而变化，其机械特性不能准确地用分析公式表示出来。因为这种电动机的磁通是不恒定的，它随通过串励绕组的电流（此电流与电枢电流相等）而变化，当电流很大时，磁路饱和，磁通和电流的比例关系将遭到破坏。

有许多经验公式表示串励电动机磁通与电流之间的关系。但是如果利用制造厂产品目录提供的特性曲线，能得出较为准确的结果。

当 $U = U_e = \text{常数}$ 时， $M = f(I)$ 。因为 $M = C\Phi I$ ，所以电动机未饱和时 $\Phi \propto I$ 及 $M \propto I^2$ ，即在这种情况下串励电动机的转矩特性是一抛物线。随着电流 I 的增加，电动机逐渐饱和，于是转矩曲线比抛物线增加得愈来愈慢。

串励电动机的转矩按大于电流一次方的比例增加的这一特性，对于繁重的起动和过负荷情况下，在实际使用上具有重要意义。由于随着转矩的增大电动机的转速要降低，所以串励电动机功率的增加要比其转矩的增加慢些。而在并励电动机中， $n \approx \text{常数}$ ，其功率与转矩几乎是成比例地增加的。

1-3 电动机的选择原则

一、选择电动机的条件

1. 在机械特性上，应满足生产机械所需起动转矩和速度的要求，如球磨机和棒磨机要求较大的起动转矩，冶炼厂某些给料机要求调速等。
2. 在工作过程中，应能充分发挥电动机的额定容量，并使温升在允许的范围以内。
3. 电动机的外壳结构，应能适合周围环境的条件。
4. 除满足生产机械的要求外，还应进行详细的技术经济比较。比较项目包括：设备供应情况、基建投资、运行费用、有色金属消耗量、操作维护条件等，并考虑生产过程中前后期电动机容量的变化关系和供电系统的容量等。

二、电动机电流种类和电压的选择

对于不需调速的生产机械的电动机，应采用交流异步电动机或同步电动机。速度调整只要求分级而且级数不多时，可采用多速的异步电动机。对速度和转矩有严格要求时，可采用直流电动机。

交流电动机电压的选择，与其容量和供电系统的电压有关，一般容量在250瓩以上才考虑高压，200瓩以下应优先采用低压。容量为200—250瓩的电动机，如果直接起动没有问题，采用低压电动机也是合理的。否则应该采用高压电动机。