

炼油厂 和 化工厂 设备设计手册

EQUIPMENT DESIGN HANDBOOK FOR REFINERIES AND CHEMICAL PLANTS

〔美〕 弗兰克·埃文斯 著
北京石油设计院 译



石油工业出版社

炼油厂和化工厂设备设计手册

(上)

〔美〕 弗兰克·埃文斯著

北京石油设计院译

石油工业出版社

Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants

Volume 1, Second Edition 1979

Frank L. Evans

Gulf Publishing Company

•
炼油厂和化工厂设备设计手册

(上)

〔美〕 弗兰克·埃文斯著

北京石油设计院译

•
石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

北京妙峰山印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

•
787×1092毫米 16开本 15印张 368千字 印1—10, 200

1984年10月北京第1版 1984年10月北京第1次印刷

书号: 15037·2479 定价: 1.55元

内 容 提 要

本书分上、下两册。比较全面地介绍了炼油厂和化工厂的主要工艺设备、机泵、管线等的设计方法。文中详细介绍了它们的类型、结构、材料、应用范围、选择方法，并以实际经验为基础提出相应的设计准则以及具体的计算方法，如估算法、图解法。详细设计计算步骤、计算机设计的程序等。本书还涉及相关的各种主要标准和规范。

上册主要介绍转动机械，内容有：驱动机；压缩机和通风机；喷射器；泵、混合器和离心机；制冷共五章。

下册介绍静止设备，包括有：加热炉和锅炉；换热器；凉水塔、压力容器和储罐；分离器和收集罐；火炬；管线；排水；阀门；仪表；塔基础设计；隔热共十二章。

本书可供从事炼油厂、化工厂设计、建设和生产的干部、工程技术人员之用。亦适用于有关的高等院校师生。

上下两册均由龚慰鹤审订。

目 录

第一章 驱动机.....	1
第一节 电动机.....	1
一、价格估算.....	1
二、电压.....	5
三、机壳.....	5
四、绝缘.....	6
五、运行因数.....	7
六、同步电动机.....	8
七、无刷励磁.....	9
八、多速电动机.....	10
九、电动机常用的公式.....	10
十、选择压缩机用电动机.....	11
十一、电动机和从动设备.....	17
十二、轴端浮动的联轴器.....	18
十三、轴承润滑.....	18
十四、启动负荷周期.....	19
十五、保护继电器.....	19
十六、其他保护装置.....	19
第二节 汽轮机.....	20
一、单级汽轮机的性能.....	23
二、多级汽轮机的性能.....	25
三、一次投资与操作费用的比较.....	28
第三节 蒸汽平衡.....	32
第四节 燃气发动机.....	43
第五节 燃气轮机.....	44
一、燃气轮机的形式.....	44
二、燃气轮机的经济性.....	46
第六节 膨胀机.....	47
一、形式.....	47
二、操作极限.....	47
三、动力回收.....	47
四、制冷.....	47
五、设计.....	47

六、冷凝	49
七、技术条件	49
第七节 液力回收透平	57
一、价格	58
二、应用	58
三、设计	58
四、操作	59
五、特性	59
六、流体蒸发问题	60
七、操作控制	60
八、启动和超负荷	61
九、发电	61
十、联合机组	61
第二章 压缩机和通风机	63
第一节 动力型压缩机	63
第二节 容积式压缩机	64
第三节 离心压缩机	66
一、形式和应用范围	71
二、压力-处理量特性	72
三、性能计算	72
四、性能要求	74
五、性能点	75
六、压力和流量	75
七、尺寸和流量	76
八、过剩能力	77
九、效率	78
十、流量条件	80
十一、离心压缩机控制	81
十二、改变气体条件的影响	81
十三、处理量极限	82
十四、可变转速性能曲线	83
十五、影响选定控制方案的因素	83
十六、系统特性	85
十七、恒压控制	86
十八、并联运行	87
十九、恒重量流量控制	88
二十、串联运行	88
二十一、防喘振控制	89
二十二、技术条件	89

二十三、一般数据	91
二十四、典型的技术条件	91
二十五、运输和储存	93
第四节 确定离心压缩机	93
一、筒式机壳	93
二、水平剖分式机壳	93
三、流量范围	93
四、选用的精确度	93
五、图表的使用	94
六、带有冷却的压缩	98
七、变重量流量	99
第五节 确定轴流式压缩机	99
第六节 轴流式压缩机性能	102
第七节 往复式压缩机	102
一、速度	103
二、机架和气缸	103
三、压缩机的选用	103
四、多种用途	104
五、运行性能计算	105
六、制动功率	105
七、功率计算	106
第八节 回转式压缩机	108
一、螺杆压缩机	110
二、螺旋轴流压缩机	112
三、罗茨式压缩机	112
四、滑片式压缩机	112
五、夹套水需要量	113
六、液环式压缩机	113
七、回转式压缩机的选择计算	114
第九节 通风机	116
第三章 喷射器	121
第一节 喷射器的形式	121
一、输送和混合	122
二、蒸汽喷射式空气喷射器	123
三、级间压力	126
第二节 价格	129
第三节 规格	130
第四节 空气泄漏	131
第五节 不凝物	132

第六节 可凝物	132
第七节 抽空	132
第八节 公用系统	133
第九节 技术条件	133
一、吸入压力	133
二、吸入温度	133
三、出口压力	133
四、冷却水	134
五、蒸汽	134
第四章 泵、混合器和离心机	137
第一节 比转速	141
一、轮型比转速	141
二、许用比转速	142
三、吸入比转速	143
第二节 泵	143
一、各种吸入比转速的泵	144
二、转速与价格关系	146
三、列线图的使用	146
第三节 调节阀压降	146
第四节 净正吸入压头	147
第五节 泵送含溶解气体的液体	155
一、夹带气体	157
二、气体饱和压力与液体蒸汽压力的关系	157
三、气蚀	157
四、汽油、石脑油和煤油	158
第六节 效率	159
第七节 设计流量	161
第八节 泵内闪蒸	162
第九节 泵压头	164
第十节 压头、转速、比转速和效率	166
一、求最佳转速和效率	167
二、求最小净正吸入压头	167
三、粘度校正	168
四、求输入功率	169
第十一节 双吸和并流	169
第十二节 多级的和串联流程	170
第十三节 冷凝液泵	171
第十四节 低处理量, 高压头泵	171
第十五节 立式泵	172

第十六节	叶轮	173
第十七节	泵的安装	173
第十八节	泵壳体	173
第十九节	泵的密封	174
第二十节	泵的计算	174
第二十一节	非离心式泵	181
第二十二节	转子泵	181
第二十三节	离心泵与转子泵的比较	182
第二十四节	往复泵	184
一、	比例泵	185
二、	可利用的净正吸入压头	186
第二十五节	流动与曲柄旋转的关系	188
第二十六节	最大动能损失	190
第二十七节	净正吸入压头计算方法的小结	191
第二十八节	多缸泵和重叠流量	195
第二十九节	管线尺寸的影响	197
第三十节	增加净正吸入压头	197
第三十一节	混合器	198
第三十二节	离心机	201
第五章	制冷	203
第一节	蒸汽压缩制冷	203
一、	典型的蒸汽压缩制冷系统流程图	203
二、	简单循环, 低压浮筒	203
三、	具有两级节能器的简单循环	203
四、	蒸发器进料泵	204
五、	液体再循环系统	204
六、	盐水冷冻剂系统	204
七、	平行负荷系统	205
八、	阶式蒸发器系统	205
第二节	系统组成	205
一、	压缩机	205
二、	冷凝器	205
三、	节能器	206
四、	冷却器	207
五、	入口洗涤器	207
六、	排空设施	207
第三节	设备位置	208
第四节	常用制冷剂	208
第五节	压缩机特性	210

第六节 系统试压	211
第七节 系统的排空和排水	212
第八节 系统的选择	212
一、投资估算	213
二、预算数据的使用	214
第九节 吸收制冷	218
一、现有设备	219
二、降低操作费用	219
三、吸收循环	219
四、应用范围和限制	220
五、选择方法	221
第十节 蒸汽真空制冷	225
一、七种主要考虑	225
二、基本类型	225
三、选择蒸汽真空制冷系统	227
四、投资数据	228
五、多级增压器	228
六、多级系统	228

第一章 驱 动 机

第一节 电 动 机

现代技术缩小了电动机的尺寸,提高了电动机的使用寿命以及改善了电动机的防尘和耐蚀的性能。最近20年的其他重要发展是同步电动机的无刷励磁和新的单绕组双速感应电动机。价格曲线(以1978年价格为基准)反映了在电动机尺寸、温度标准和电动机设计方面的最新变化。

本章的这一节介绍电动机,但是不涉及在危险区域内电动机的安装或使用。这些内容完全包括在美国国家电气规程(National Electrical Code)和美国石油协会出版物,特别是API RP500A和RP540中。

投资是选择任何一台设备的首要因素。选择应建立在价格低,又能满足要求的基础上。不正确的选择会增加操作费用。通常购买过大的电动机或是因为不知道实际需要的负荷,或是由于预计的负荷增大了。在额定值下,电动机的性能最佳(最大的功率因数和效率)。为了防止尺寸不适当,最好是在购买之前仔细审查驱动的要求和定期检查各台运行的电动机。

机壳的选择也应给予认真的研究。近几年来,在机壳和绝缘方面已经做了许多改进。因此,检查订货的实际条件,以确保驱动机采用现代化的设计技术也是重要的。

检查电动机的技术要求和订货说明书,确信已经取消了一切不需要的、非标准的、特殊的部件。除非具有某些必要的用途,否则应当取消每一个象非标准的安装尺寸和非标准的轴承之类的特殊要求。由于几年前发生过一桩绝缘的事故,也需要对许多特殊的要求加以规定。此外,由于炼油厂或化工厂实践的变化或由于制造工艺的改变,某些特殊要求可能变得无用了。

一、价格估算

图1-1~1-6是一组近似曲线,只用于初步的价格估算和比较之用。为了查阅方便,将曲线进行了圆整,实际曲线由于结构尺寸的系列等原因是非连续的。这些曲线是根据公布的价目表和对大的炼油和化学公司的优惠价格绘制的。图1-1、1-2和1-3是根据标准或基本的电动机、敞开或敞开、防滴式结构绘制而成,且反映最低成本的电压。图1-4、1-5和1-6系根据不同的电压和机壳结构对这些基本价格进行修正。

同步电动机和感应电动机未必能在相同转速的基础上进行比较。在齿轮驱动的应用中,如高速(3,600转/分以上)离心压缩机的驱动,最经济的感应电动机转速通常为1,800转/分。同样用途,最经济的同步电动机转速可能是900转/分或1,200转/分,这取决于所要求的功率大小。对于3,600转/分以上的压缩机驱动装置或其他高速机械驱动装置必须按整个机组来考虑电动机的价格。

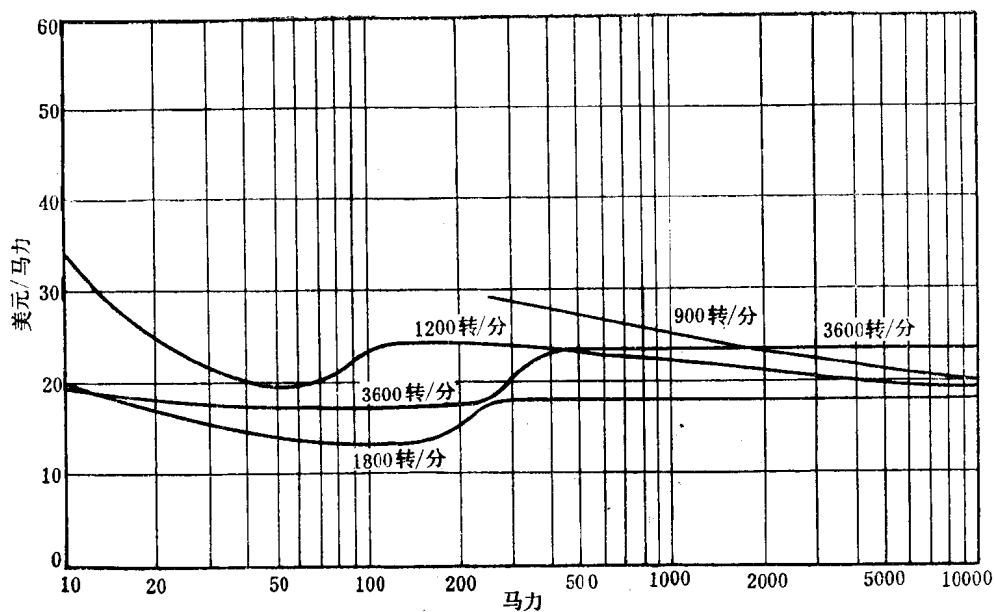


图 1-1 标准电压和敞开、防滴式机壳的 3 相、60 赫兹鼠笼型感应电动机的价格

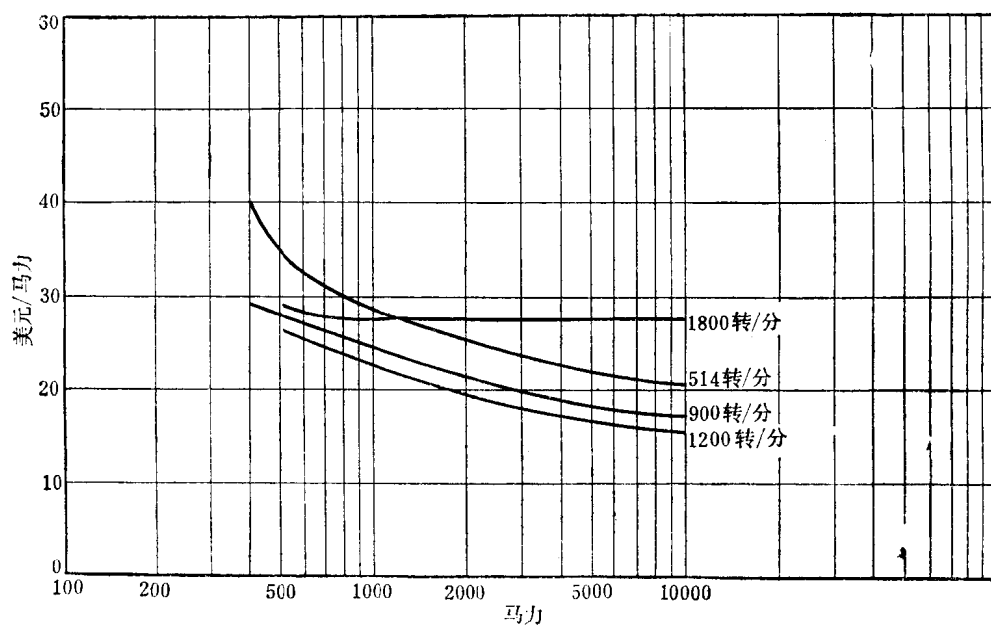


图 1-2 标准电压和敞开、防滴式机壳的 3 相、60 赫兹普通同步电动机(带滑环)的价格

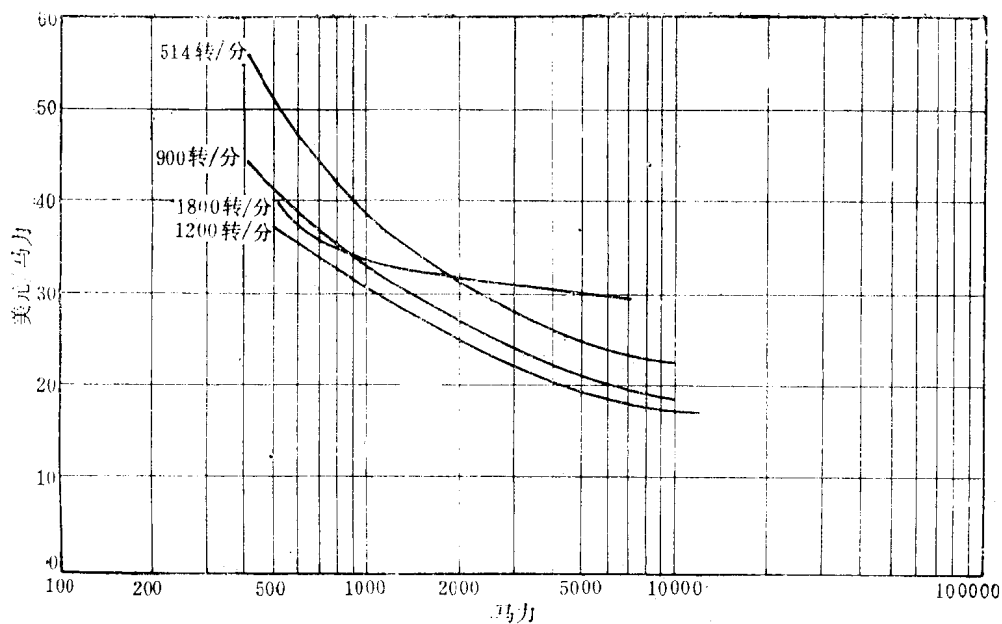


图 1-3 标准敞开、防滴式或敞开式机壳的 3 相、60 赫兹无刷同步电动机的价格

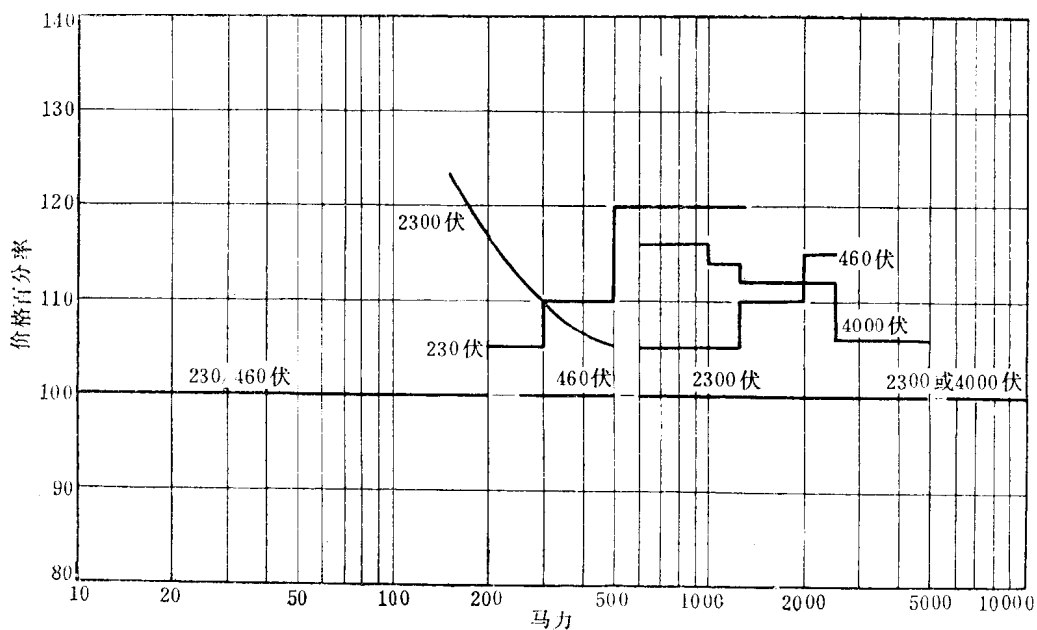


图 1-4 鼠笼型感应电动机费用与电压的关系。百分率参考示于图1-1中的基本价格。
曲线自左向右查阅，在台阶上使用首先达到的数值

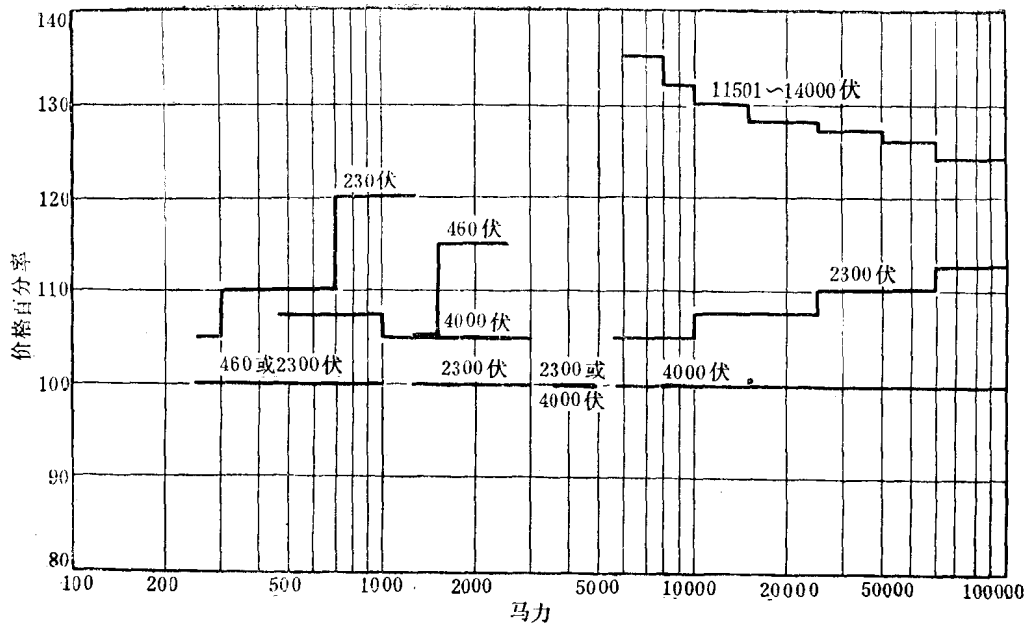


图 1-5 同步电动机费用与电压的关系。百分率参考示于图1-2和1-3中的基本价格。
自左向右查阅，在台阶上使用首先达到的数值

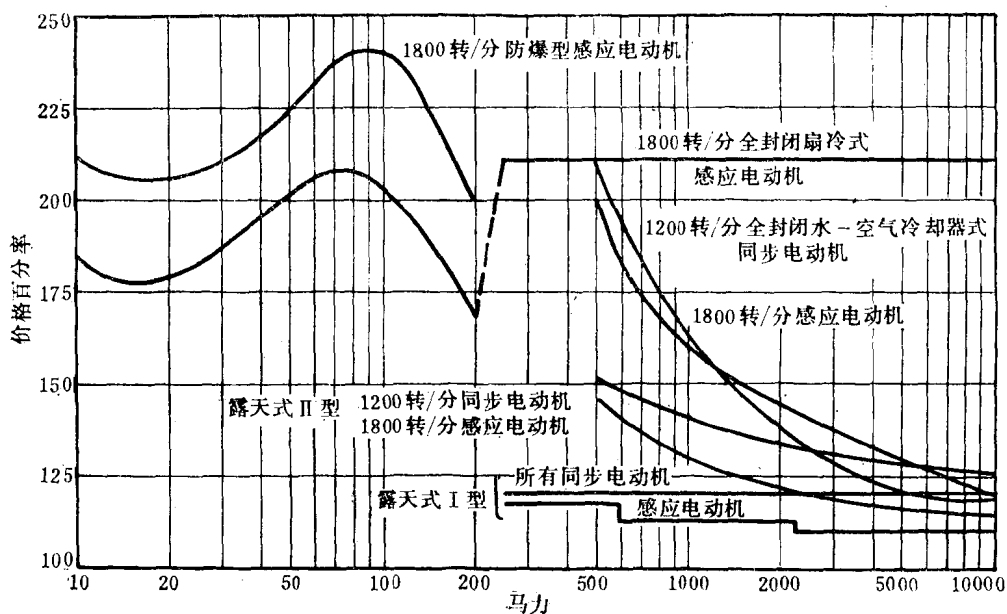


图 1-6 感应电动机和同步电动机各种机壳与大致百分比价格的关系。运用图1-4和1-5之后，曲线适用于图1-1、1-2和1-3

对于3,600转/分的泵和小于5,000马力的压缩机驱动装置,考虑机组的轻便简单,几乎都决定采用两极感应电动机。这些驱动装置不需要齿轮,而且整个电气和机械装置可能是最简单的。

两极感应电动机市场上已有供应,而且已经制造到大约20,000马力。在考虑这些大功率的驱动电动机(5,000马力以上)时,要尽早与电动机制造商取得联系。对于特殊用途,考虑到被驱动机械的特性和电力系统的参数与限制条件,这些机械总是定制设计的。如果电动机的制造商能够尽早地和压缩机的制造商以及公用系统的工程师们研究的话,就能够取得最佳驱动系统的解决办法。

二、电压

图1-4和1-5指出规定电压对电动机价格的影响。小于200马力,最便宜的电动机是低电压(低于600伏)的。500马力以上直到5,000马力,最合适的电压为4,000或4,160伏。当电动机较大时,有更多的空间可用于绝缘,因此用高压的电动机和控制设备在经济上是合理的。显然,当炼油厂或化工厂的规模增大时,其配电系统也要增大,于是希望或需要较高的系统电压。大于5,000伏的配电系统,对大型电动机通常的作法是降压到2,400或4,160伏。由于电缆和变压器的费用,使电动机用诸如13.8千伏的高电压较为经济。现在有许多11~14千伏的电动机在使用,甚至还在室外使用。

使用高电压电动机则涉及到雷击和切换冲击引起电动机损坏的问题。电动机的绝缘等级低于诸如变压器、开关设备、电缆等许多其他设备。因此,由于低的绝缘等级,系统的避雷器就不能充分保护电动机。特别对于有长铁芯的大型电动机来说,常常需要特殊的过电压保护设备。过电压保护设备由与电容器并联的特殊低火花放电和低放电电压的过电压保护器组成。电容器将波峰避开,以降低电动机绕组匝间的电压,而过电压保护器限制其电压上升至极限值。为了达到最大的保护效果,如在过电压保护组件中一样,过电压保护器应安装在电动机的端子上,作为大型电机上的附件。

大多数低于200马力的电动机最好供给230或460伏较低的标准电压。电动机的电压标准最近由110、220、440或550伏改为115、230、460或575伏。这样电动机的电压接近于那些新型的、稳定的,公称为120、240、480或600伏的配电系统的电压。过去,220伏的电动机能在120/208伏的系统中按其额定马力运行。而新的230伏电动机的设计不能保证电动机在208伏下运行,而不过热。然而,在炼油厂和化工厂中并不严重,在这些厂里只有为数不多的电动机是在120/208伏的照明系统电压下运行。

三、机壳

所选择的机壳显著地影响到价格。对腐蚀性和危险的环境需要采取防护措施。图1-6列举了石油炼厂和化工厂常用的各种电动机机壳的相对价格。

对于感应电动机和高速同步电动机,现在标准的电动机机壳是敞开、防滴式的。对于大型电动机,敞开、防滴式的结构可以达到约20,000马力,而且这种结构可用于鼠笼型感应电动机、同步电动机和绕线式转子电动机。

对于较大的电动机,比敞开、防滴式高一级的防护机壳是露天式I型,该型是一种具有通风道的敞开式电动机,以减少雨、雪和飞尘进入电机部件。所有的开口都装上了滤网。几年前,该类型的电动机不能用在室外,因为所用的绝缘经不起水气和其他恶劣的影响。用今天的真空加压、环氧树脂浸渍的绝缘技术,把这些电动机用在室外是可能的。

对于大型电动机，在想要更高一级的防护和更长寿命的地方，推荐露天式Ⅱ型电动机。这些电动机的通风系统装有许多折流板，使得空气进入运转的电动机部件之前至少必须转三个90°的弯。这样，被驱动风所携带的雨、雪和尘土吹过电动机，而不会进入运转的部件中。

(1)全封闭扇冷式(TEFC)电动机 对于250马力以下，在苛刻条件下使用，显然应选择全封闭扇冷式电动机。全封闭扇冷式电动机将内部的和外部的冷却空气隔开，呼吸作用是外部空气有时进入内部的唯一途径。

超过500马力，带水-空气冷却器的封闭式电动机的费用大大低于全封闭扇冷式电动机，而对于大功率的同步电动机，其费用甚至还低于露天式Ⅱ型电动机的费用。市场经常供应的大型同步电动机，其冷却器配套于同一机壳中，可以安装在电动机的基础上。这样价格可低于组装冷却器的情况(参见图1-6)。

全封闭式电动机是防水、防腐蚀性气体、防尘的最高级防护形式，它们也具有降低噪声级的优点。

(2)1类地区用机壳 防爆电动机能够经受住电动机内部的爆炸，而不致引燃电动机外的易燃物。除了电动机是特殊制造，符合保险商实验室标准者外，这些电动机是全封闭扇冷式的。防爆鼠笼式电动机在3,600转/分下可达到3,000马力，但是更大型的电动机通常是不实用或不经济的。

强制通风式电动机适用于危险的场合。新鲜空气从通风管道中引入通过电动机，然后最好从另一通风管道排放到危险区外部去。通风管道应该在压力下送风，防止含杂质的空气进入。这种室内型电动机已经大量地被室外电动机，如露天式或全封闭式电动机所取代。

(3)充惰性气的电动机 充惰性气的电动机也能用于炼油厂和化工厂内。但是其使用是受限制的。它的轴必须有紧密的压盖和油封，以减少气体泄漏。这些电动机用惰性气或仪表风连续加压充气，而且安装有内部空气-水的换热器。充惰性气的电动机适用于一切危险的场合，但是需要附属的设备，如冷却水、气体加压输送系统和控制系统。

四、绝缘

电气绝缘每年都在改进。电动机制造商利用种种工艺改革使体积小、重量轻、效率高的电动机发出更多的功率。现代的绝缘材料能经受热、潮湿和有腐蚀的环境，而新的金属能承担长时间的机械磨损。计算机设计技术也有助于此。上述事例和以往的改进以及重新定级所产生的真实的、巨大的效果，通过新、老设计的对比加以证实。这一事实反映在1967年美国国家电气制造商协会(NEMA)的T型机座议定书之中。1956年，一台10马力、1,800转/分的电动机配合256号的机座，而按目前的标准，上述机座可以配合20马力同样转速的电动机。

绝缘系统首先按照所用的材料以及由这些材料的热老化特性所确定的容许温度来分类。例如，B级绝缘过去规定用云母和玻璃这类无机材料以及有机粘结剂，其允许最高操作温度为130°C。现在B级绝缘系统规定“该系统必须经……实用经验或公认的检验证明……，以使其在额定温度下，具有足够的估计寿命，该估计寿命应等于或超过一个以前验证和验收过的系统的寿命”。

最新的样本指出，按照B级绝缘设计标准感应电动机，在40°C的环境中以100%的

负荷运行，由电阻法测定的温升为 80°C ，电动机有100%的运行因数。以前，感应电动机的额定功率以温度计的温升为依据。大型同步电动机的样本仍然以温度计测得的温升为准。

这些变化需要给予解释。美国国家电气制造商协会的标准指出确定温度的三种方法：（1）温度计法；（2）电阻法和（3）埋置探温计法。电动机工程师长期以来认为，放在绕组端部的温度计测量温升不能最好地指示出靠近槽内导线的绝缘温度。任何电动机的温升都能够通过电阻来测量，它比用温度计测量将更好地指示出绕组最热部分的温度。在装有探温计的电机上，埋置探温计的读数和绕组电阻的读数通常有差异，探温计的读数一般稍高。这一点，在目前国家电气制造商协会的标准中并没有认可。例如，对于B级绝缘的定子绕组，标准允许用任一方法测定的温升为 80°C 。

电阻法给出整个绕组的平均温度。绕组的某些部分将比另一部分更热一些，通常匝端要比在铁芯中间的线圈部分稍微冷一些。国家电气制造商协会会员一直在收集许多电机的试验数据，以确定由探温计和电阻测温之间的关系。希望将来的标准会承认这种差异。

国家电气制造商协会标准没有对任一绝缘等级的最大的总的操作温度给出任何限制。简单地说，国家电气制造商协会规定对某种类型的电机在标准规定的温升条件下运行时，给定等级的绝缘是一个有适当耐热度的系统。对100%运行因数的同步电动机和感应电动机来说，标准规定B级绝缘由电阻法测定的温升为 80°C 。同样，对任何绝缘系统来说，总温度取决于它所适用的设备。例如，B级绝缘的铁路电动机由电阻法确定在转子上的标准温升为 120°C ；对有运行因数的感应电动机，在运行因数的负荷下，有 90°C 的温升。

五、运行因数

多年来，一般在实践中给予标准敞开式电动机以115%的运行因数，即电动机能在安全的温度下，以15%的超负荷运行。对一些密切适应特定用途的大型电动机来说，已经不这样做了。作为这里使用的大型电动机，包括同步电动机和有16极或16级以上（60赫兹、450转/分）的全部感应电动机。

大型感应电动机的新样本是根据以电阻法测定温升为 80°C 的B级绝缘，运行因数为1.0的标准电动机制订的。以前，它们是以温度计法测定温升为 60°C ，1.15的运行因数为根据的。

对大型电机来说，在国家电气制造商协会的标准中，任何地方都没有提到运行因数，没有运行因数的定义。在运行因数超载条件下，没有温升或其他特性的标准。事实上，正在更改标准以制定相应于运行因数为1.0的电动机的温升表。几年来，标准的同步电动机和封闭式感应电动机都没有计入运行因数。

今天，几乎所有的大型电动机都按特殊用途和特定的从动机械而设计的。当确定电动机负荷时，通常在不要求附加超载量的情况下选择功率。所以用户不必为不需要的功率支付费用，由于取消了运行因数，标准电动机的基本价格降低了4~5%，反映了这种节约。

用户应当规定标准功率值，由于下述理由而无须运行因数：

1. 所有较大的标准马力都在15%的分档内或接近15%的分档。
2. 正如国家电气制造商协会所规定的，用上一级较大马力可以避免超过标准的温升值。