

一般用戶 節約用電的措施

沈阳市增产节电办公室、沈阳供电局編



水利电力出版社

目 录

第一节	一般性的节约用电方法， 合理使用电气设备.....	3.
第二节	一般性合理改进与使用传动设备.....	28
第三节	东北机械制造厂家属节电介绍.....	35
第四节	沈阳市南市区中兴街第八居民委员会和沈河区 万莲街第六居民委员会节电工作总结.....	41
第五节	沈阳市南市区新兴街第九居民委员会 节电工作总结.....	45

第一节 一般性的节约用电方法， 合理使用电气设备

一、感应电动机

(一)感应电动机的负荷、效率和力率的特性曲线：

感应电动机的最高效率，一般都在 $\frac{3}{4}$ 负荷到满负荷之间时出现，而力率一般均在满负荷时为最高，因此使用适当容量的感应电动机，不但能够节省用电，并且对提高力率也有很大的帮助。

典型感应电动机的负荷与效率和力率的特性曲线的变化规律，可大致表示如图1-1。

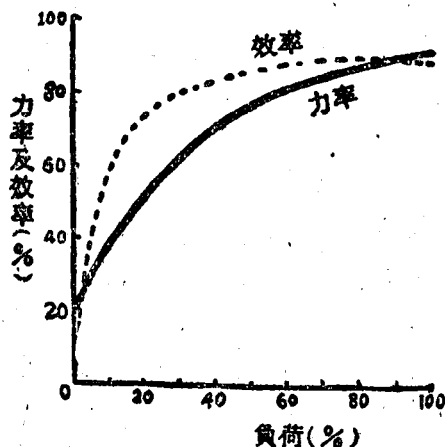


图1-1 感应电动机的负荷与效率和力率的特性曲线图

注：效率是实际所做的工作与消耗电度的比，效率愈高愈省，效率愈低愈浪费。

$$\text{效率} = \frac{\text{实际所做工作}}{\text{实际消耗电度}}$$

表1-1

負荷程度	空 負 荷	1/4 負 荷	半 負 荷	3/4 負 荷	滿 負 荷
力 率	0.20	0.50	0.77	0.85	0.89
效 率	0.0	0.78	0.85	0.88	0.875

例如：有一具感應電動機額定出力 10 馬力，滿負荷時效率為 0.87，力率為 0.89，應用在實際負荷 3 馬力處，效率僅 0.81，力率 0.66 則：

$$\text{實際有效負荷} = \frac{3 \times 0.746}{0.81} = 2.76 \text{ 瓩};$$

$$\text{實際無效負荷} = 2.76 \frac{\sqrt{1-0.66^2}}{0.66} = 3.14 \text{ 無功千伏安}。$$

若用額定出力 3 馬力感應電動機滿負荷時效率 0.87，力率 0.88，則：

$$\text{實際有效負荷} = \frac{3 \times 0.746}{0.87} = 2.57 \text{ 瓩};$$

$$\text{實際無效負荷} = 2.57 \frac{\sqrt{1-0.88^2}}{0.88} = 1.39 \text{ 無功千伏安}。$$

从上例說明額定出力 10 馬力感應電動機，用在只需 3 馬力的設備上，則電動機效率降低 6%，且力率降低 20% 左右。與使用額定出力 3 馬力感應電動機相比較，浪費有效電力 0.19 瓩，無效電力 1.75 無功千伏安。

假設該額定出力 10 馬力電動機每月工作 240 小時，則浪費有效電度 46 度，無效電度 420 度。

(二)合理使用感應電動機的幾個方法：

1. 用與電力負荷相適應的感應電動機調換輕負荷的感應電

动机或增加感应电动机的负荷。

调换感应电动机并不一定需要增購大量新设备，一般的工厂都可以从内部运行感应电动机中挖掘潜力来解决。因为运行中的感应电动机可能有相当一部分达不到其额定出力，如能适当的掌握各电动机负荷，作出电动机依次调换的全面规划，即使需要添置设备，为数也必然很少。

如某厂空气压缩机用 100 馬力的感应电动机仅半负荷，而 60 馬力水泵的感应电动机负荷不足 20 瓩，另一修理厂 25 馬力感应电动机负荷又不足 4 瓩，結果用 5 馬力感应电动机换下修理厂 25 馬力电动机，再用 25 馬力电动机换下水泵房 60 馬力电动机，最后用 60 馬力电动机再换下 100 馬力电动机，这样即节约了电力，又为国家节省了设备投资。

调换轻负荷电动机时，一般应当注意以下几个问题：

(1) 调换前必須全面了解电动机的实际负荷，进行准确的测定，作出全面调换的计划并比較其经济价值；

(2) 注意各电动机底座情况，如有可能，將底座螺絲預先依尺寸安裝好，以便调换。否則可用軌道上再架軌道的办法解决底座形式不一的困难；

(3) 注意各电动机的额定轉数，调换的电动机如能与原来的电动机的轉数一致，就可避免调换时所引起的困难，如皮帶輪是直接耦合者，就不易调换，皮帶輪尺寸过分不配合，也会影响傳动。若因轉数不同而更换皮帶輪后仍不影响傳动，則可采用，否則可更改傳动方式，以滿足要求。如用三角傳动帶代替平皮帶，加用張力皮帶輪增加皮帶輪接触面积等；

(4) 注意电动机的外形，尤其对特殊形式更要注意，如直立式电动机，或电动机裝于机座內者，必須預先測量，以便利改裝工作的进行；

表1-2

电压变动	最大轉矩及启动轉矩	滿負荷轉速	效率		
			滿負荷	3/4負荷	1/2負荷
120	增44%	增1.5%	增加甚微	減0.005—0.02	減0.07—0.20
110	增21%	增10%	增0.005—0.01	不變	減0.01—0.20
90	減19%	減1.5%	減0.02	不變	增0.01—0.2

(5) 根据启动或运转的需要, 应适当考虑电动机的轉矩問題, 以免調換后不能拖动。如电动机經常在空車启动或輕負荷启动等情况时, 所需轉矩較小, 則可事先进行有计划的安排, 將一般普通的感应电动机調換在这些处所使用。如需要供給启动轉矩較大的設備, 則应使用双鼠籠式电动机或繞綫式轉子电动机。

(6) 更換电动机后, 容量减小, 应更換原有的保护用熔絲, 使之与新換电动机相配合(或油开关脫扣电流亦需减低), 以免損坏电动机。綫路上的保护設備, 也应作适当的調整。

2. 降低輕負荷感应电动机的电压。

輕負荷感应电动机, 因其他原因无法以小容量电动机調換时, 可采用降低电动机电压的办法来提高力率。輕負荷电动机电压降低后, 就降低了磁通、电动勢和无效电力, 而有效电力几乎不变, 这就提高了力率。换言之, 降低輕負荷电动机的电压, 即相当于把电动机暫作較小容量电动机使用, 因此效率与力率都有了改善。电动机的性能对电压变动的影響, 大致如表1-2。

由表1-2也可以看出, 电压降低后, 轉矩和滿負荷轉速降低, 滿負荷电流及滿負荷温升升高, 因此需要当作小容量电动

力 率			滿負荷 電 流	启动电流	滿負荷溫升
滿 負 荷	3/4負荷	1/2負荷			
減0.05—0.15	減0.10—0.30	減0.15—0.40	減11%	增25%	減5—6°C
減0.03	減0.04	減0.05—0.06	減 7%	增10—12%	減3—4°C
增0.01	增0.02—0.03	增0.04—0.05	增11%	減10—12%	增6—7°C

机使用并須与拖动的負荷相适应。力率和效率的增加，也以輕負荷电动机为显著。

降低感应电动机电压的方法，基本上可以分为两种：一种是將綫路电压降低，使其施于电动机端的电压减低；另一种是改变电动机内部的接綫，使电动机內各繞組所受的电压降低，而綫路电压保持不变。前者适用于全面性的輕負荷，后者可应用于个别力率低的电动机。

全面降低綫路电压是改变变压器的分接头。或利用調整电压裝置，或插入中間变压器(如 380 伏/220伏自耦变压器等)；使輸出电压降低。除改換变压器的分接头外，如需另將感应的电器設備接入綫路时，則必須注意因这些設備所引起額外的有效及无效电力損失，而这些損失必須小于降低电压后所节省的有效及无效电力。否則必須根据具体条件，以有效电力的增加数值不超过无效电力的降低数值的十分之一作为参考(此数据只作一般性参考，最好还是作具体經濟比較)。

降低輕負荷感应电动机电压所收到的經濟效果如图 1-2 及图 1-3。

將感应电动机內部繞組的三角形改接为星形，是降低电动机工作电压的方法之一。电动机內部繞組接綫改变后，使每一

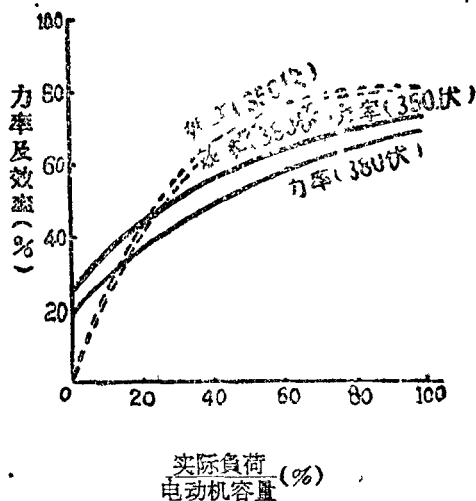


图1-2 一具 $\frac{1}{3}$ 瓦感应电动机降压前后力率和效率的比较图

組繞組的电压得以降低，如原来三相繞組是三角形联接(Δ)，可將接綫匣內六个接綫端改接为星形(Y)，或利用其启动开关(星形-三角形开关)在启动位置上(星形接法)經常运行。

按此法改接后，繞組电压改为原来的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ (57.7%)，电动机容量和轉矩降低为原来的 $\frac{1}{3}$ (减少 $\frac{2}{3}$)。因此負荷在40%以下的电动机如此改接綫后，可以提高力率。电动机負荷在25%左右者，力率提高得非常显著，并且能提高电动机的效率。

將三角接綫改为星形接綫后的一般效果，大致如图1-4。

輕負荷感应电动机的改接綫所产生的良好效果是肯定的，但应当满足下列条件：

(1) 应滿足起动的条件：

电动机由三角接綫改为星形，应在启动时滿足下列要求：

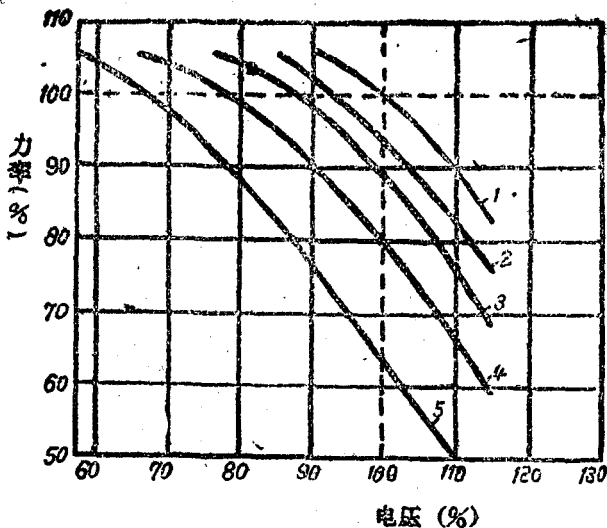


图1-43 感应电动机在不同负荷时改变电压对于其功率的影响图

说明：图1-3均以额定功率、额定电压为100%；

1—电动机轴上负荷等于100%；2—电动机轴上负荷等于80%；

3—电动机轴上负荷等于65%；4—电动机轴上负荷等于40%；

5—电动机轴上负荷等于25%。

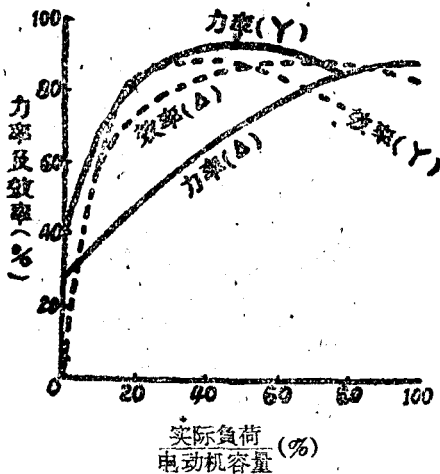


图1-4 负荷35%以下的电动机由三角接线改为星形前后功率和效率的比较图

$$\beta_{\text{нycк}} < \frac{\mu_{\text{нycк}}}{3}$$

式中 $\beta_{\text{нycк}}$ ——电动机軸上的总的反抗轉矩与其額定轉矩的比；

$\mu_{\text{нycк}}$ ——电动机启动轉矩与額定轉矩的比。

但一般的鼠籠式电动机的启动轉矩，約在額定轉矩的0.9~2倍之間。因此上式可用下式表示出：

$$\beta_{\text{нycк}} < 0.3 \sim 0.66$$

(2) 应滿足稳定性的条件：

为了保証电动机改接为星形后負荷的稳定，其最高負荷与額定容量的比，即电动机的极限荷重率 $\beta_{\text{нред}}$ ，必須滿足下列的关系：

$$\beta_{\text{нред}} = \frac{\mu_{\kappa}}{3K_{\text{san}}}$$

式中 μ_{κ} ——最大轉矩为額定轉矩的倍数；

K_{san} ——安全系数，根据經驗取这一系数等于1.5，因此，上式可用下式表示出：

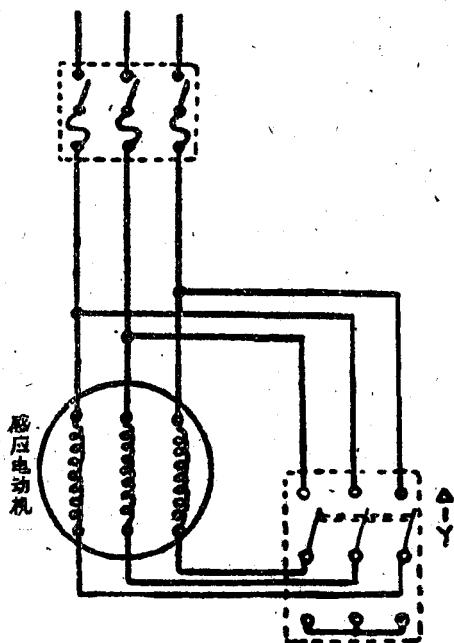


图1-5 手动三角-星形开关接綫图

$$\beta_{np\epsilon d} = \frac{\mu_{\kappa}}{4.5}.$$

輕負荷感應电动机由三角接綫改为星形接綫的三个接綫图如下:

輕負荷感應电动机的降低电压,如利用三角-星形开关設備受到了技术条件的限制时,可將电动机定子綫卷分段,使各段綫卷上的工作电压降低。

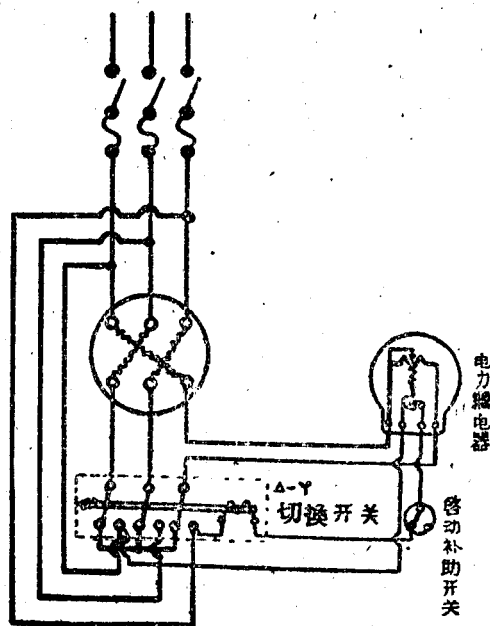


图 1-6 用电力继电器三角-星形自动切换开关接綫图

双路并联改成單路串联,电压可降低一半,轉矩和容量均只有原来的 $1/4$ (减少 $3/4$)。此法对 $1/4$ 負荷以下的电动机、甚为适用,力率可由 0.4 提高至 0.8 左右。

原来接綫是并联双路星形者，尚可將其改接成串联單路三角形，此时繞組电压为額定电压的 $\sqrt{3}/2$ 倍，容量为原有的 $3/4$ 。

如原接綫是并联双路三角形接綫者，可依据負荷的不同加以改接，改接成串联單路三角后，繞組电压减低一半，相当于原来容量的 $1/4$ （减少了 $3/4$ ）；改为并联双路星形后，电压变为原有 $1/\sqrt{3}$ ，容量只有 $1/3$ （减少了 $2/3$ ）；若改为串联單路星形，电压降为 $1/2\sqrt{3}$ ，容量只有原来 $1/12$ 。这两种接綫方法如图 1-8。

如原来电动机繞組每相是由若干并联分路組成，而每并联分路上又有分段相同的綫卷，則可变更各段并串联的排列。例如將原来成三路并联的六段綫卷（每二段串联）改成为二路并联（每三段串联），电压降为額定的 $2/3$ ，則容量可变为原有的 $4/9$ ，約可將力率自 0.5 提高 0.8。其接綫方法如图 1-9。

上述改接綫的降低电压方法与三角接綫改星形接綫一样，

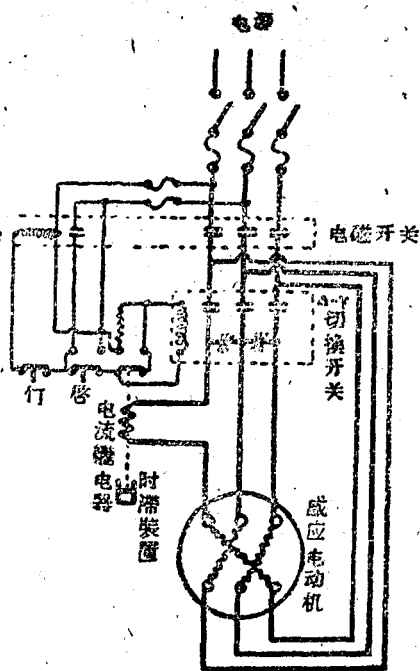


图 1-7 用电流继电器三角-星形自动切换开关接綫图

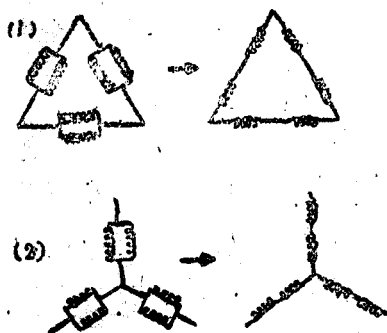


图1-8 (1)并联双路三角改接串联单路三角图, (2) 并联双路星形改接串联单路星形图。

均必須在改接綫之后保証滿足電動机的“起動条件”和“穩定性条件”。

3. 限制感應电动机工作中的空轉电流。

大多数感應电动机的工作都具有同一特点, 即每一电动机在各项負荷間都有周期性的間歇空負荷運轉。

如果在間歇空負荷運轉時間內將电动机自綫路上切断,

綫路上有效和无效电力的需要量就会显著的减少。大多数厂矿的电动机, 其空負荷運轉的时间几乎占該用戶全部工作时间的 50~65 %。

某些間歇空負荷運轉的电动机, 采用自动的“空負荷運轉限流器”。这不仅 能提高力率, 并可有效的節約电力 (如机床、电焊机的自动停車裝置等)。

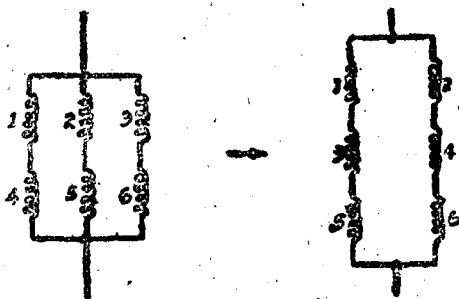


图1-9 二段串联三路并联改接三段串联二路并联图

4. 提高感應电动机檢修質量。

感應电动机檢修的質量, 对工业企业的自然力率有着极大

的影响。在检修电动机时，必须考虑并准确的遵守电动机的各项额定数据，尤其是空气间隙问题。不然，电动机可能增加无效电力的需要量，各相的负荷极不平衡，增大空负荷运转电流，增加电能的损失，降低工业企业的自然力率。

感应电动机空气间隙的磁阻占电动机全部磁阻的70~80%。一般电动机空气间隙所需要的无效电力占电动机所需全部无效电力的30%左右，由此就可看出空气间隙的大小与力率的关系。但在一般电动机中，空气间隙约为电动机转子外径的0.1%至0.2%左右，自1公厘至数公厘不等。空气间隙是比较精密的部分，必须注意其额定标准。

造成空气间隙的不均匀，主要是由于轴的震动和弯曲程度，以及电动机轴承的磨损等。因此，即使对一公厘的微小空气间隙，也必须注意其是否合于额定标准。

二、变 压 器

(一)变压器的力率、效率和负荷率的关系。

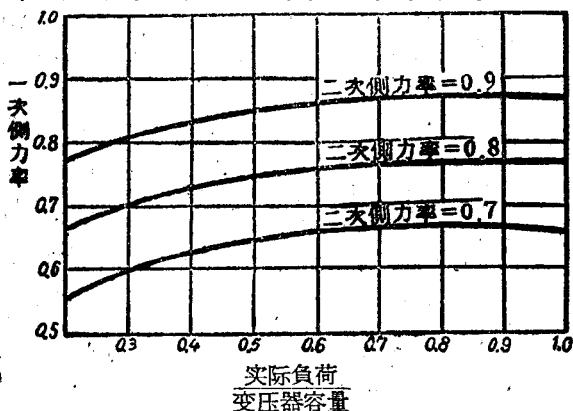


图1-10 当工业企业力率不变时，变压器一次侧线圈的力率与其负荷率的关系图

一般变压器的空负荷无功千伏安损耗约为其总容量的5%，有效损耗约为0.5%左右。若变压器负荷与额定容量相差过大或空负荷时间过长，会降低企业力率，也会带来不合理的用电损失。

当用电企业二次侧力率固定为某一值时，则变压器一次侧力率依其负荷率为函数变化的特性曲线如图1-10。

由图1-10可以看出，所有这些曲线（与二次侧力率无关）都有着两个明显的部分：一部分是当负荷率小于0.6时，变压器负荷增高的程度导致一次侧力率的显著改善；另一部分是当负荷率大于0.6时，变压器负荷进一步接近其额定容量，只引起了一次侧力率的极小的变化。

实际上，在第一部分的范围中，当变压器负荷的增高为其额定容量的40%时，例如负荷率的增加自0.2~0.6，力率将增加0.08~0.09。而在第二部分的范围中，当负荷的增高也是如此多时，则力率值总共只增加0.02~0.01。

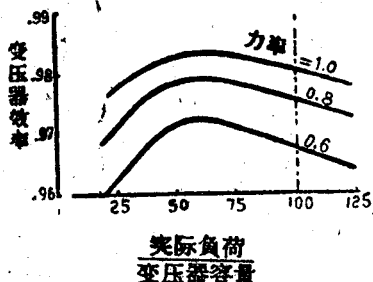


图1-11 当工业企业力率不变时，变压器的效率与其负荷率的关系图

这样显然的，如果对于第一部分来说，一次侧力率增加的程度可以用为进一步提高变压器负荷合理性的独立的尺度的话，则第二部分从一次侧力率变化的影响来说，当选择变压器负荷时，实际上是可以不考虑的。

一般变压器铜耗等于铁耗时，效率最高；如满负荷时铜耗 = 3 × 铁耗，则最高效率在58%负荷时；如铜耗 = 2 × 铁耗，则最高效率在71%负荷时。一般而论在60~70%负荷时，

效率最高。力率的高低与变压器效率的关系很大，如图1-11所示。

一般变压器的有效和无效损耗与容量的关系，如表1-3。

表1-3

变压器 容量 (千伏安)	有效损耗(瓦)			无效损耗(无功千伏安)		
	空 时 部	负 荷 分	满 时 部	空 时 部	负 荷 分	满 时 部
100	0.60	2.4	3.0	6.5	4.9	11.4
135	0.83	3.1	3.93	8.8	6.9	15.7
180	1.00	4.0	5.0	10.7	9.1	19.8
240	1.40	4.9	6.3	14.3	11.9	26.2
320	1.60	6.1	7.7	19.0	16.5	35.5
420	2.1	7.3	9.4	23.0	21.8	44.8
560	2.5	9.0	11.5	27.9	28.8	56.7
750	4.1	11.9	16.0	44.5	39.4	83.9
1000	4.9	15.0	19.9	49.8	53.0	102.8

一般变压器效率与力率的关系，如表1-4。

表1-4

负 荷		1/4	1/2	3/4	1	1 1/4
铁	耗%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
铜	耗%	0.094	0.375	0.842	1.5	2.345
总	耗%	0.594	0.875	1.342	2	2.845
效	力率1.0	97.67	98.28	98.24	98.04	97.77
率	力率0.8	97.10	97.86	97.81	97.56	97.23
%	力率0.6	96.18	97.17	97.10	96.77	96.34

普通感应电动机空负荷电流占满负荷电流的比例情况，

如表 1-5。

200伏50周感应电动机空负荷电流如表1-6。

(二)合理使用变压器的几个方法。

1. 调换或重新配置负荷小的变压器，减少变压器的容量。

表1-5

380伏,50周 鼠 籠 式		2极/3000轉	4极/1500轉	6极/1000轉	8极/750轉
額 定 出 力	1 馬力	—	48%	60%	62%
	2 馬力	43%	42%	53%	58%
	5 馬力	39%	39%	45%	50%
	10馬力	36%	36%	39%	44%
	20馬力	33%	31%	—	—

表1-6

轉子 型式	額定出力 (馬力)	2/3000	4/1500	6/1000	8/750	10/600	12/500
鼠 籠 式	0.5	50%	50%	63%	—	—	—
	1	42%	42%	54%	59%	—	—
	2	39%	39%	50%	55%	—	—
	5	37%	37%	44%	47%	49%	—
	10	34%	34%	35%	41%	45%	50%
繞 線 式	1	—	—	63%	—	—	—
	2	—	—	57%	64%	—	—
	5	—	—	49%	52%	55%	—
	10	—	35%	37%	43%	49%	54%
	20	—	32%	33%	36%	43%	47%
	50	—	29%	20%	31%	36%	39%
	75	—	28%	29%	30%	33%	36%

一般变压器最高效率在60~70%负荷左右，容量过大的变压器将增加无效电力和铁耗的消耗。工业企业适当减少变压器