

常用的电气负荷计算方法有需要系数法、利用系数法、负荷指标法。由于利用系数法过程较繁杂，所以比需要系数法更加少用，但它的计算结果更接近实际数值，特别在工业建筑中使用会广泛点，通过两个例子说明下利用系数法的计算应用。

1、利用系数法确定计算负荷基本理论知识

利用系数法确定计算负荷时，不论计算范围大小，都必须求出该计算范围内用电设备有效台数及最大系数，而后算出结果。

(1.1) 用电设备组在最大负荷班内的平均负荷：

有功功率 $P_p = K_1 P_N$ ，kW (5-2-12)

无功功率 $Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi$ ，kvar (5-2-13)

式中 P_N ——用电设备组的设备功率，kW；

K_1 ——用电设备组在最大负荷班内的利用系数，见表 5-2-6；

$\operatorname{tg} \varphi$ ——用电设备组的功率因数角的正切值，见表 5-2-6。

表 5-2-6 利用系数 K_1 、 $\cos \varphi$ 及 $\operatorname{tg} \varphi$

用电设备组名称	K_1	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
一般工作制小批生产用金属切削机床（小型车、刨、插、铣、钻床、砂轮机 etc）	0.1~0.12	0.50	1.73
一般工作制大批生产用金属切削机床	0.12~0.14	0.50	1.73
重工作制金属切削机床（冲床、自动车床、六角车床、粗磨、铣齿、大型车床、刨、铣、立式、镗床）	0.16	0.55	1.51
小批生产金属热加工机床（锻锤传动装置、锻造机、拉丝机、清理转磨筒、碾磨机等）	0.17	0.60	1.33
大批生产金属热加工机床	0.20	0.65	1.17
生产用通风机	0.55	0.80	0.75
卫生用通风机	0.50	0.80	0.75
泵、空气压缩机、电动发电机组	0.55	0.80	0.75
移动式电动工具	0.05	0.50	1.73
不连锁的连续运输机械（提升机、皮带运输机、螺旋运输机等）	0.35	0.75	0.88
连锁的连续运输机械	0.50	0.75	0.88
起重机及电动葫芦（ε=100%）	0.15~0.20	0.50	1.73
电阻炉、干燥箱、加热设备	0.55~0.65	0.95	0.33
试验室用小型电热设备	0.35	1.00	0.00

10t 以下电弧炼钢炉	0.65	0.80	0.75
单头直流弧焊机	0.25	0.60	1.33
多头直流弧焊机	0.50	0.70	1.02
单头弧焊变压器	0.25	0.35	2.67
多头弧焊变压器	0.30	0.35	2.67
自动弧焊机	0.30	0.50	1.73
点焊机及缝焊机	0.25	0.60	1.33
对焊机及铆钉加热器	0.25	0.70	1.02
工频感应电炉	0.75	0.35	2.67
高频感应电炉（用电动发电机组）	0.70	0.80	0.75
高频感应电炉（用真空管振荡器）	0.65	0.65	1.17

（1.2）平均利用系数为

$$K_{1p} = \frac{\sum P_p}{\sum P_N} \tag{5-2-14}$$

式中 $\sum P_p$ ——各用电设备组平均负荷的有功功率之和，kW；

$\sum P_N$ ——各用电设备组的设备功率之和，kW。

（1.3）用电设备的有效台数 n_{yx} 是将不同设备功率和工作制的用电设备台数换算为相同设备功率和工作制的有效值。故

$$n_{yx} = \frac{(\sum P_N)}{\sum P_{1N}^2} \tag{5-2-15}$$

式中 P_{1N} ——单个用电设备的设备功率，kW。

1.3.1）当有效台数为 4 台及以上，且最大一台设备功率 $P_{1N,max}$ 与最小一台设备功率 $P_{1N,min}$ 的比值 $m \leq 3$ 时，取

$$n_{yx} = n \tag{5-2-16}$$

在确定 n_{yx} 值时，可将组内总功率不超过全组总设备功率 5%的一些最小用电设备略去。

1.3.2）当 $m > 3$ 和 $K_{1p} \geq 0.2$ 时，取

$$n_{yx} = \frac{\sum P_N}{0.5P_{1N,max}} \tag{5-2-17}$$

如按上式求得的 n_{yx} 比实际台数还多，则取 $n_{yx} = n$ 。

1.3.3) 当 $m > 3$ 和 $K_{1p} < 0.2$ 时，取

$$n_{yx} = n'_{yx} n \approx \frac{0.95(\sum P_N)^2}{\frac{(P_{n1})^2}{n_1} + \frac{(\sum P_N - P_{n1})^2}{n - n_1}} \quad (5-2-18)$$

$$n'_{yx} = \frac{n_{yx}}{n} \approx \frac{0.95}{\frac{(P')^2}{n'} + \frac{(1 - P')^2}{1 - n'}} \quad (5-2-19)$$

$$n' = \frac{n_1}{n}, P' = \frac{P_{n1}}{\sum P_N} \quad (5-2-20)$$

以上式中

n ——用电设备台数；

n_1 ——用电设备中，单台设备功率不小于最大一台设备功率一半的台数；

n' —— n_1 台数的相对值；

$\sum P_N$ ——各用电设备组的设备功率之和，kW；

P_{n1} —— n_1 台设备的总设备功率，kW；

P' —— P_{n1} 功率的相对值；

n'_{yx} ——有效台数相对值，可根据相对值 n' 和 P' ，从表 5-2-7 查得。

表 5-2-7 用电设备有效台数相对值 n'_{yx}

(1.4) 计算负荷及计算电流:

有功功率 $P_{js} = K_m \sum P_p$, kW (5-2-21)

无功功率 $Q_{js} = K_m \sum Q_p$, kvar (5-2-22)

视在功率 $S_{js} = \sqrt{P_{js}^2 + Q_{js}^2}$, kVA (5-2-23)

计算电流 $I_{js} = \frac{S_{js}}{\sqrt{3}U_N}$, A (5-2-24)

式中 U_N ——额定电压, kV;

K_m ——最大系数¹, 根据有效台数 n_{yx} 和平均利用系数 K_{1p} , 从表 5-2-8 查得。

表 5-2-8 最大系数 K_m

其他符号含义同上。

3 台及以下用电设备的计算有功功率取设备总和。

3 台以上用电设备, 而有效台数小于 4 时, 计算有功功率取设备功率总和, 再乘以 0.9 系数。

多数情况下车间变电所低压母线上的负荷, 其平均利用系数 K_{1p} 为 0.2~0.6, 有效台数 n_{yx} 相应为 50~12 及以上, 持续时间 0.5h 的最大系数 K_m 为 1.05~1.23, 则相应于母线 $t \geq 1h$ 的最大系数 $K_{m(t)}$, 按上式计算不大于 1.035~1.16。

2、案例一

某厂区有机床用电动机 110 台共 395KW, 电热设备 20 台共 50KW, 通风机 10 台共 35KW, 起重机 3 台共 14KW。以上设备单台容量不小于其中最大用电设备容量一半的台数: 15KW1 台, 14KW2 台, 10KW2 台。利用系数法计算厂房用电负荷。

用电设备名称	用电设备台数 n	设备功率 kw		利用系数 Kl	功率因数	功率因数角的正切值	平均负荷		n'	P'	有效台数 n_{yx}	有效台数相对值 n'_{yx}	Km	Km (t)	计算负荷		
		单台范围	总和				Pp (KW)	Qp (Kvar)							Pc	Qc	Sc
机床电机	110	1-14 (3.6)	395	0.12	0.5	1.73	47.4	82									
电热设备	20	2-15 (2.5)	50	0.55	0.95	0.33	27.5	9.1									

¹ 表 5-2-8 的 K_m 数据是按 0.5h 最大负荷计算的。计算以中小截面导线为基准, 其发热时间常数 τ 为 10min, 负荷的热效应达到稳态的持续时间 t , 按指数曲线约为 3τ , 即 0.5h。对于变电所低压母线或低压干线来说, $\tau \geq 20min$, $t \geq 1h$ 。当 $t > 0.5h$, 最大系数按下式换算

通 风 机	10	2-7 (3.5)	35	0.55	0.8	0.75	19.2	14.4									
起 重 机	3	3-7 (4.6)	14	0.14	0.5	1.73	2.1	3.6									
合 计	143	1-15(4.63)	494	0.19	0.67	1.11	96.2	109.1	0.035	0.128	109	0.76	1.12	1.085	104	118	157

综合 $KI=96.2/494=0.19$;

$$N1=1+2+2=5; \quad n' = 5/143=0.035; \quad P' = (15+28+20) / 494=63/494=0.128; \quad n_{yx} = n'_{yx} n \approx \frac{0.95(\sum P_N)^2}{\frac{(P_{n1})^2}{n_1} + \frac{(\sum P_N - P_{n1})^2}{n - n_1}}$$

$$n'_{yx} = n_{yx}/n=109/143=0.76(\text{也可以由 } n' \text{ 和 } P' \text{ 查表得到})$$

n_{yx} 和 KI 可以查表得到 $Km=1.12$

$$Km(t) \cong 1+(Km-1)/1.414*1=1.085$$

$$\text{有功功率 } P_{js} = K_m \sum P_p, = 1.085*96.2=104$$

3、实际供电系统中通常同时存在有单相负荷及三相负荷，单相负荷应尽量平均分配到三相上，当计算范围内的单相负荷小于三相负荷的 15%时，可以直接相加；当单相负荷大于范围内的三相负荷的 15%时，应把单相负荷换算为等效三相负荷。

本节所称单相负荷既可接于线电压也可接于相电压时的负荷，相应地称为线间负荷和相负荷。在进行单相负荷换算时，一般采用计算功率。对需要系数法，计算功率即为需要功率；对利用系数法，计算功率为平均功率；当单相负荷均为同类用电设备时，则可直接采用设备功率计算。

3.1. 单相负荷换算为等效三相负荷的一般方法

(1) 先将线间负荷换算为相负荷，各相负荷分别为

$$\text{a 相} \quad P_a = P_{ab} p_{(ab)a} + P_{ca} p_{(ca)a} \quad (5-2-33)$$

$$Q_a = P_{ab} q_{(ab)a} + P_{ca} q_{(ca)a} \quad (5-2-34)$$

$$\text{b 相} \quad P_b = P_{ab} p_{(ab)b} + P_{bc} p_{(bc)b} \quad (5-2-35)$$

$$Q_b = P_{ab} q_{(ab)b} + P_{bc} q_{(bc)b} \quad (5-2-36)$$

$$\text{c 相} \quad P_c = P_{bc} p_{(bc)c} + P_{ca} p_{(ca)c} \quad (5-2-37)$$

$$Q_c = P_{bc} q_{(bc)c} + P_{ca} q_{(ca)c} \quad (5-2-38)$$

以上式中

P_{ab} 、 P_{bc} 、 P_{ca} ——接于 ab、bc、ca 线间负荷，kW；

P_a 、 P_b 、 P_c ——换算为 a、b、c 相有功负荷，kW；

Q_a 、 Q_b 、 Q_c ——换算为 a、b、c 相无功负荷，kvar；

$P_{(ab)a}$ 、 $q_{(ab)a}$ 、—接于 ab 线间负荷换算为 a 相负荷的有功及无功换算系数，见表 5-2-10。

表 5-2-10 线间负荷换算为相负荷的有功无功换算系数

换算系数	负荷功率因数								
	0.35	0.40	0.50	0.60	0.65	0.70	0.80	0.90	1.00
$P_{(ab)a}$ 、 $P_{(bc)b}$ 、 $P_{(ca)c}$	1.27	1.17	1.00	0.89	0.84	0.80	0.72	0.64	0.50
$P_{(ab)b}$ 、 $P_{(bc)c}$ 、 $P_{(ca)c}$	-0.27	-1.07	0	0.11	0.16	0.20	0.28	0.36	0.50
$q_{(ab)a}$ 、 $q_{(bc)b}$ 、 $q_{(ca)c}$	1.05	0.86	0.58	0.38	0.30	0.22	0.09	-0.05	-0.29
$q_{(ab)b}$ 、 $q_{(bc)c}$ 、 $q_{(ca)a}$	1.63	1.44	1.16	0.96	0.88	0.80	0.67	0.53	0.29

(3.2) 各相负荷分别相加，选出最大相负荷，取其 3 倍作为等效三相负荷。

4. 单相负荷换算为等效三相负荷的简化方法

(4.1) 只有线间负荷时，将各线间负荷相加，选取较大两项数据进行计算。现以 $P_{ab} \geq P_{bc} \geq P_{ca}$ 为例进行计算

$$P_d = \sqrt{3}P_{ab} + (3 - \sqrt{3})P_{bc} = 1.73P_{ab} + 1.27P_{bc} \quad (5-2-39)$$

$$\text{当 } P_{ab} = P_{bc} \text{ 时} \quad P_d = 3P_{ab} \quad (5-2-40)$$

$$\text{当只有 } P_{ab} \text{ 时} \quad P_d = \sqrt{3}P_{ab} \quad (5-2-41)$$

以上式中

P_{ab} 、 P_{bc} 、 P_{ca} ——接于 ab、bc、ca 线间负荷，kW；

P_d ——等效三相负荷，kW。

(4.2) 只有相负荷时，等效三相负荷取最大相负荷的 3 倍。

(4.3) 当多台单相用电设备的设备功率小于计算范围内三相负荷设备功率的 15%时，按三相平衡负荷计算，不需换算。

5、实例二：某线路上装有单相 220V 电热干燥箱 40KW 2 台、20KW 2 台、电热加热器 20KW 1 台及单相 380V 自动电焊机（换算ε =100%）46KW 2 台、56KW 2 台、32KW 1 台，进行负荷计算。

设备名称及电压	设备功率 KW	台数	功率因数（正切值）	接于线电压的单相设备功率 KW			换算系数			接于相电压的单相设备功率 KW			利用系数 Kl	各相功率 KW			各相平均无功功率 Kvar			
				UV	VW	WU	相序	p	q	U	V	W		U	V	W	U	V	W	
单相 220V 电加热器	40	2	0.93(0.33)							40	60	40	0.6	24	36	24	8	12	8	
单相 220V 电热干燥箱	20	3	0.93(0.33)																	
单相 380V 自动焊机	46	3	0.6(1.33)	46+51=97			U	0.89	0.38				0.5	48.5	40	47.4	65	61.4	59	
							V	0.11	0.96											
单相 380V 自动焊机	51	2	0.6(1.33)			46+32=78		V	0.89	0.38										
								W	0.11	0.96										
单相 380V 自动焊机	31	1	0.6(1.33)				46+51=97	W	0.89	0.38										
								U	0.11	0.96										
总计	412	11												72.5	76	71.4	73.3	73.4	63.9	

$$P_a = P_{ab}P_{(ab)a} + P_{ca}P_{(ca)a} = (97*0.89+97*0.11) *0.5=48.5 \text{ (KW)}$$

$$Q_a = P_{ab}q_{(ab)a} + P_{ca}q_{(ca)a} = (97*0.38+97*0.96)*0.5=65 \text{ (Kvar)}$$

$$P_b = P_{ab}P_{(ab)b} + P_{bc}P_{(bc)b} = (97*0.11+78*0.89) *0.5=40 \text{ (KW)}$$

$$Q_b = P_{ab}q_{(ab)b} + P_{bc}q_{(bc)b} = (97*0.96+78*0.38)*0.5=61.4 \text{ (Kvar)}$$

$$P_c = P_{bc}P_{(bc)c} + P_{ca}P_{(ca)c} = (78*0.11+97*0.89) *0.5=47.4 \text{ (KW)}$$

$$Q_c = P_{bc}q_{(bc)c} + P_{ca}q_{(ca)c} = (78*0.96+97*0.38)*0.5=55.9 \text{ (Kvar)}$$

可见最大平均负荷相为 V 相，P(v)=76Kw,Q(v)=73.4Kvar

当 $P_{ab} = P_{bc}$ 时 等效三相平均功率 $P_d = 3P_{ab} = 3 \times 76 = 228$ (kw) (5-2-40)

等效三相平均无功功率 $= 73.4 \times 3 = 220.2$ (kvar)

(5.2) 求平均利用系数

接于线电压设备的总功率 $= 3 \times 97 = 291$ (kw)

接于相电压的总功率 $= 3 \times 60 = 180$ (kw)

总安装功率 $= 291 + 180 = 471$ (kw)

$$K_{1p} = \frac{\sum P_p}{\sum P_N} = 228/471 = 0.48$$

(5.3) 总用电设备有效数

$m = 46/20 = 2.3 < 3$ 有效台数应 $n_{yx} = n$, 即 11 台

$$n_{yx} = \frac{(\sum P_N)}{\sum P_{1N}^2}$$

采用公式法计算有效台数

$$= 412 \times 412 / (2 \times 40 \times 40 + 3 \times 20 \times 20 + 3 \times 46 \times 46 + 2 \times 51 \times 51 + 1 \times 31 \times 31) = 10.8 = 11$$

6、上面计算的到有效台数 n_{yx} 及平均用系数 K_{1p} 可以直接查表最大系数 K_m , 可以参照 (1.4) 小节计算有功功率及计算电流。

=