



车间配电系统设计

项目描述

在了解车间配电系统的组成、熟悉车间配电设备的安装与维护等知识的基础上,进行车间配电系统设计的知识学习。主要内容包括车间电力负荷计算、车间配电线路选择与校验、车间配电设备的选择与校验等知识。

项目目标

1. 掌握利用需要系数法、二项式系数法进行车间负荷计算;
2. 能正确选择、校验车间配电线路;
3. 能正确选择、校验车间配电设备。

任务 3.1 车间电力负荷计算

1. 电力负荷和负荷曲线

1) 电力负荷

在电力系统中,电力负荷通常指用电设备或用电单位(用户),也可以指用电设备或用电单位所消耗的功率或电流(用电量)。

(1) 电力负荷的分类

电力负荷按照用户的性质分为工业负荷、农业负荷、交通运输负荷和生活用电负荷等。

按用途分为动力负荷和照明负荷。动力负荷多数为三相对称的电力负荷,照明负荷为单相负荷。按用电设备的工作制分为连续(或长期)工作制、短时工作制和断续周期工作制(或反复短时工作制)3类。

这里主要介绍按用电设备工作制分类。

- ① 连续工作制。这类设备长期连续运行,负荷比较稳定,如通风机、

空气压缩机、各类泵、电炉、机床、电解电镀设备、照明设备等。

② 短时工作制。这类设备的工作时间较短,而停歇时间相对较长,如机床上的某些辅助电动机、水闸用电动机等。这类设备的数量很少,求计算负荷时一般不考虑短时工作制的用电设备。

③ 断续周期工作制。这类设备周期性地工作—停歇—工作,如此反复运行,而工作周期不超过 10min,如电焊机和起重机械等。通常用负荷持续率(或暂载率) ϵ 来表示其工作特征。负荷持续率为一个工作周期内的工作时间与整个工作周期的百分比值,即

$$\epsilon = \frac{t}{T} \times 100\% = \frac{t}{t + t_0} \times 100\% \quad (3-1)$$

式中: T 为工作周期; t 为工作时间; t_0 为停歇时间。

对断续周期工作制的设备来说,其额定容量对应一定的负荷持续率。所以,在进行工厂电力负荷计算时,对不同工作制的用电设备的容量需按规定进行换算。

(2) 电力负荷的分级及对供电电源的要求

工厂的电力负荷,按 GB 50052—2009《供配电系统设计规范》规定,根据其对供电可靠性的要求及中断供电所造成的损失或影响程度,分为以下 3 级。

① 一级负荷。一级负荷为中断供电将造成人身伤亡,或者中断供电将在经济上造成重大损失,或将影响重要用电单位正常工作等后果的用电负荷。

在一级负荷中,中断供电将造成重点设备损坏或发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要的场所不允许中断供电的负荷,应视为特别重要的负荷。

一级负荷属于重要负荷,是绝对不允许断电的。因此,要求有两路独立电源供电。当其中一路电源发生故障时,另一路电源能继续供电。一级负荷中特别重要的负荷,除上述两路电源外,还必须增设应急电源。常用的应急电源有:独立于正常电源的发电机组、供电网络中独立于正常电源的专用馈电线路、蓄电池、干电池等。

② 二级负荷。二级负荷为中断供电将在经济上造成较大损失者,或将影响较重要用电单位正常工作等后果的用电负荷。

二级负荷也属于重要的负荷,要求两回路供电,供电变压器通常也采用两台。在其中一回路或一台变压器发生故障时,二级负荷不致断电,或断电后能迅速恢复供电。

③ 三级负荷。三级负荷为一般电力负荷,所有不属于一、二级负荷者均属三级负荷。三级负荷对供电电源没有特殊要求,一般由单回电力线路供电。

2) 负荷曲线

负荷曲线是表征电力负荷随时间变动情况的曲线,可以直观地反映用户用电的特点和规律。按负荷的功率性质不同,分为有功负荷曲线和无功负荷曲线;按时间单位的不同,分为日负荷曲线和年负荷曲线;按负荷对象不同,分为工厂的、车间的或某类设备的负荷曲线;按绘制方式不同,分为依点连成的负荷曲线和阶梯型负荷曲线,如图 3-1 所示。

(1) 负荷曲线的绘制

负荷曲线通常绘制在直角坐标上,纵坐标表示负荷大小(有功功率 kW 或无功功率 kvar),横坐标表示对应的时间(一般以小时 h 为单位)。

负荷曲线中应用较多的是年负荷曲线,它通常根据典型的冬日和夏日负荷曲线来绘

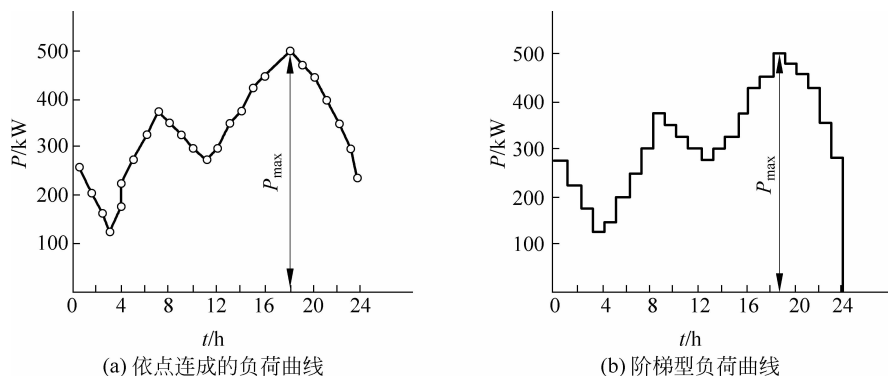


图 3-1 日有功负荷曲线

制。如图 3-2(a)所示,这种曲线的负荷从大到小依次排列,反映了全年负荷变动与对应的负荷持续时间(全年按 8760h 计)的关系。这种曲线称为年负荷持续时间曲线。图 3-2(b)所示的曲线是按全年每日的最大半小时平均负荷来绘制的,它反映了全年不同时段电能消耗水平,称为年每日最大负荷曲线。

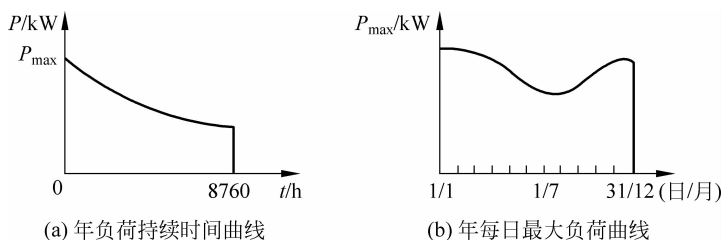


图 3-2 年负荷曲线

从各种负荷曲线上,可以直观地了解电力负荷变动的规律,并可从中获得一些对设计和运行有用的资料。对工厂来说,可以合理地、有计划地安排车间班次或大容量设备的用电时间,从而降低负荷高峰,填补负荷低谷。这样可使负荷曲线比较平坦,从而提高供电能力。

(2) 与负荷曲线有关的物理量

① 年最大负荷 $P_{\max}$ 。年最大负荷 $P_{\max}$ 是指全年中负荷最大的工作班内消耗电能最大的半小时平均功率。因此年最大负荷也称半小时最大负荷,记为 P_{30} 。

② 年最大负荷利用小时 $T_{\max}$ 。年最大负荷利用小时 $T_{\max}$ 是指负荷以年最大负荷 $P_{\max}$ 持续运行一段时间后,消耗的电能恰好等于该电力负荷全年实际消耗的电能 W_a 。这段时间就是年最大负荷利用小时 $T_{\max}$,如图 3-3 所示。

年最大负荷利用小时为

$$T_{\max} = \frac{W_a}{P_{\max}} \quad (3-2)$$

$T_{\max}$ 是反映工厂负荷是否均匀的一个重要参数。该值越大,则负荷越平稳。 $T_{\max}$ 与工厂的生产班制有较大关系,例如,一班制工厂, $T_{\max}$ 为 1800~3000h; 两班制工厂, $T_{\max}$ 为 3500~4800h; 三班制工厂, $T_{\max}$ 为 5000~7000h。

③ 平均负荷 P_{av} 。平均负荷是指电力负荷在一定时间内平均消耗的功率。如在 t 这

段时间内消耗的电能 W_t ,则 t 时间内的平均负荷为

$$P_{av} = \frac{W_t}{t} \quad (3-3)$$

年平均负荷是指电力负荷在一年内消耗功率的平均值。如用 W_a 表示全年实际消耗的电能,则年平均负荷为

$$P_{av} = \frac{W_a}{8760} \quad (3-4)$$

图 3-4 用以说明年平均负荷,阴影部分表示全年实际消耗的电能 W_a 。

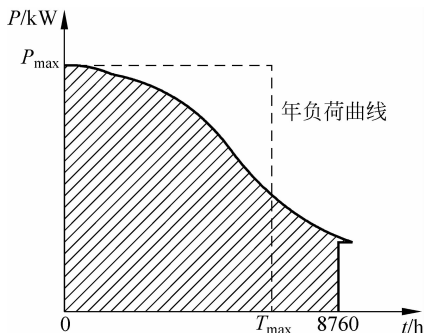


图 3-3 年最大负荷和年最大负荷利用小时

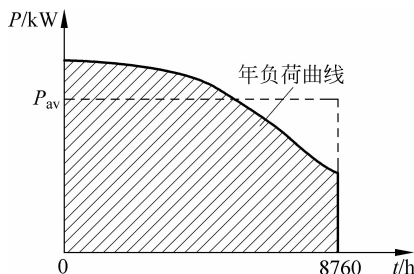


图 3-4 年平均负荷

④ 负荷系数 K_L 。负荷系数是指平均负荷与最大负荷的比值,即

$$K_L = \frac{P_{av}}{P_{max}} \quad (3-5)$$

负荷系数又称负荷率或负荷填充系数,用来表征负荷曲线不平坦的程度。此值越大,则曲线越平坦,负荷波动小,反之亦然。所以对工厂来说,应尽量提高负荷系数,从而充分发挥供电设备的供电能力,提高供电效率。有时用 α 表示有功负荷系数,用 β 表示无功负荷系数。一般工厂, $\alpha=0.70\sim0.75$, $\beta=0.76\sim0.82$ 。

2. 用电设备的设备容量

1) 设备容量的定义

用电设备的铭牌上都有一个“额定功率”,但由于各用电设备的额定工作条件不同,有的是长期工作制,有的是反复短时工作制,有的是断续周期工作制,因此不能简单地将铭牌上规定的额定功率直接相加作为用户的电力负荷,必须先将其换算为同一工作制下的额定功率,然后才能相加。经过换算至统一规定的工作制下的“额定功率”称为设备容量,用 P_e 表示。

2) 设备容量的确定

(1) 连续和短时工作制用电设备

对一般长期连续工作制和短时工作制的用电设备组,设备容量就是所有用电设备铭牌额定容量之和。

(2) 断续周期工作制用电设备

断续周期工作制的用电设备组,设备容量就是将所有设备在不同暂载率下的铭牌额

定容量统一换算到规定的暂载率下的容量之和。常用的设备换算方法如下:

① 电焊机。要求统一换算到 $\epsilon=100\%$ 时的功率,即

$$P_e = P_N \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{100\%}}} = S_N \cos\varphi_N \sqrt{\epsilon_N} \quad (3-6)$$

式中: P_N 、 S_N 为电焊机的铭牌额定容量; ϵ_N 为与铭牌额定容量对应的负荷持续率(计算中用小数); $\epsilon_{100\%}$ 为其值是 100% 的负荷持续率(计算中用 1); $\cos\varphi_N$ 为铭牌规定的功率因数。

② 吊车电动机。要求统一换算到 $\epsilon=25\%$ 时的额定功率,即

$$P_e = P_N \sqrt{\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{25\%}}} = 2P_N \sqrt{\epsilon_N} \quad (3-7)$$

式中: P_N 为铭牌额定有功功率; $\epsilon_{25\%}$ 为其值是 25% 的负荷持续率(用 0.25 计算)。

(3) 电炉变压器组

设备容量是指在额定功率下的有功功率,即

$$P_e = S_N \cos\varphi_N \quad (3-8)$$

式中: S_N 为电炉变压器的额定容量; $\cos\varphi_N$ 为电炉变压器的额定功率因数。

(4) 照明设备

① 不用镇流器的照明设备(如白炽灯、碘钨灯)的容量就是其额定功率,即

$$P_e = P_N \quad (3-9)$$

② 用镇流器的照明设备(如荧光灯、高压水银灯、金属卤化物灯),其设备容量要包括镇流器中的功率损失,即

$$\text{荧光灯:} \quad P_e = 1.2P_N$$

$$\text{高压水银灯、金属卤化物:} \quad P_e = 1.1P_N \quad (3-10)$$

③ 照明设备的设备容量还可以按建筑物的单位面积容量法估算,即

$$P_e = \frac{\rho A}{1000} \quad (3-11)$$

式中: ρ 为建筑物单位面积的照明容量,单位为 W/m^2 ; A 为建筑物的面积,单位为 m^2 。

例 3-1 某机修车间的 380V 线路上,接有金属切削机床共 20 台(其中,10.5kW 的 4 台,7.5kW 的 8 台,5kW 的 8 台),电焊机 2 台(每台容量 $20kV \cdot A$, $\epsilon_N=65\%$, $\cos\varphi=0.5$),吊车 1 台(11kW, $\epsilon_N=25\%$),试计算此车间的设备容量。

解: 先求各组的设备容量,再求车间的设备容量。

(1) 金属切削机床的设备容量。金属切削机床属于长期连续工作制设备,所以 20 台金属切削机床的总容量为

$$P_{e1} = 10.5 \times 4 + 7.5 \times 8 + 5 \times 8 = 142(kW)$$

(2) 电焊机的设备容量。电焊机属于反复短时工作制设备,它的设备容量应统一换算到 $\epsilon=100\%$,所以 2 台电焊机的设备容量为

$$P_{e2} = 2S_N \cos\varphi_N \sqrt{\epsilon_N} = 2 \times 20 \times 0.5 \times \sqrt{0.65} = 16.1(kW)$$

(3) 吊车的设备容量。吊车属于反复短时工作制设备,它的设备容量应统一换算到 $\epsilon=25\%$,所以 1 台吊车的容量为

$$P_{e3} = 2P_N \sqrt{\epsilon_N} = 2 \times 11 \times \sqrt{0.25} = 11(kW)$$

(4) 车间的设备总容量为

$$P_e = 142 + 16.1 + 11 = 169.1(\text{kW})$$

3. 用电设备组计算负荷的确定

1) 概述

计算负荷是通过统计计算求出的、用来按发热条件选择供电系统中的各元件的负荷值。按计算负荷选择的电气设备和导线电缆,如以计算负荷持续运行,其发热温度不致超出允许值,因而也不会影响其使用寿命。

由于导体通过电流达到稳定温升的时间为 $(3\sim 4)\tau$, τ 为发热时间常数。而截面在 16mm^2 及以上的导体的 τ 约为 10min 以上,故载流导体约经 30min 后可达到稳定温升值。因此计算负荷通常取半小时最大负荷。本书用半小时最大负荷 P_{30} 来表示有功计算负荷,用 Q_{30} 、 S_{30} 和 I_{30} 分别表示无功计算负荷、视在计算负荷和计算电流。

计算负荷是供电设计计算的基本依据。计算负荷的确定是否合理,将直接影响到电气设备和导线电缆的选择是否经济合理。计算负荷确定过大,将增加供电设备的容量,造成投资和有色金属的浪费;计算负荷确定过小,设计出的供电系统的线路和电气设备承受不了实际的负荷电流,使电能损耗增大,使用寿命降低,甚至影响到系统正常可靠地运行。因此正确确定计算负荷具有重要的意义。但是由于负荷情况复杂,影响计算负荷的因素很多,虽然各类负荷的变化有一定规律可循,但准确确定计算负荷却十分困难。实际上,负荷也不可能是一成不变的,它与设备的性能、生产的组织以及能源供应的状况等多种因素有关,因此负荷计算也只能力求接近实际。我国目前普遍采用的确定计算负荷的方法主要是简便实用的需要系数法和二项式系数法。

2) 需要系数法

(1) 单组用电设备组的计算负荷确定

$$P_{30} = K_d P_e \quad (3-12)$$

$$Q_{30} = P_{30} \tan \varphi \quad (3-13)$$

$$S_{30} = \frac{P_{30}}{\cos \varphi} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \quad (3-14)$$

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}U_N} \quad (3-15)$$

式中: K_d 为需要系数。用电设备的设备容量是指输出容量,它与输入容量之间有一个平均效率 η_e ;用电设备不一定满负荷运行,因此引入负荷系数 K_L ;供电线路有功率损耗,所以引入一个线路平均效率 η_{WL} ;用电设备组的所有设备不一定同时运行,故引入一个同时系数 K_Σ 。故需要系数表达为

$$K_d = \frac{K_\Sigma K_L}{\eta_e \eta_{WL}} \quad (3-16)$$

实际上需要系数还与操作人员的技能及生产等多种因素有关。附表3中列出了各种用电设备的需要系数值,供计算参考。

注意:附表3所列需要系数值是按车间范围内设备台数较多的情况来确定的,所以需要系数值一般都比较低。因此需要系数法较适用于确定车间计算负荷。如果采用需要

系数法来计算分支干线上的用电设备组的计算负荷,则附表中的需要系数往往偏小,宜适当选大。只有1~2台设备时,可认为 $K_d=1$,则 $P_{30}=P_e$ 。对于电动机,由于它本身功率损耗较大,因此当只有一台电动机时,其 $P_{30}=P_N/\eta$,这里 P_N 为电动机额定容量, η 为电动机效率。在 K_d 适当取大时, $\cos\varphi$ 也宜适当取大。

还需指出,需要系数值与用电设备类别和工作状态关系极大,因此在计算时首先要正确判明用电设备的类别和工作状态,否则将造成错误。例如,机修车间的金属切削机床电动机,应属小批生产的冷加工机床电动机,因为金属切削就是冷加工,而机修不可能是大批生产;又如压塑机、拉丝机和锻锤等,应属热加工机床;再如起重机、行车、电葫芦、卷扬机等,实际上属于吊车类。

例 3-2 某机械加工车间有一冷加工机床组,共有电压为380V的电动机30台,其中10kW的3台,4kW的5台,3kW的14台,1.5kW的8台,用需要系数法求计算负荷。

解: 由于该组设备均为连续工作制设备,故其设备总容量为

$$P_e = \sum P_N = 10 \times 3 + 4 \times 5 + 3 \times 14 + 1.5 \times 8 = 104(\text{kW})$$

查附表3中“大批生产的冷加工机床电动机”,得 $K_d=0.18\sim0.25$,取 $K_d=0.2$, $\cos\varphi=0.5$, $\tan\varphi=1.73$,则

$$\text{有功计算负荷为 } P_{30} = K_d P_e = 0.2 \times 104 = 20.8(\text{kW})$$

$$\text{无功计算负荷为 } Q_{30} = P_{30} \tan\varphi = 20.8 \times 1.73 = 35.98(\text{kvar})$$

$$\text{视在计算负荷为 } S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} = \sqrt{20.8^2 + 35.98^2} = 41.56(\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$\text{计算负荷电流为 } I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}U_N} = \frac{41.56}{\sqrt{3} \times 0.38} = 63.15(\text{A})$$

例 3-3 某装配车间380V线路,供电给3台吊车电动机,其中1台7.5kW($\epsilon_N=60\%$),2台3kW($\epsilon_N=15\%$),试求其计算负荷。

解: 根据设备容量计算要求,吊车电动机容量要统一换算到 $\epsilon=25\%$,故换算后的容量为

$$P_e = 2P_N / \sqrt{\epsilon_N} = 2 \times 7.5 \times \sqrt{0.6} + 2 \times 2 \times 3 \times \sqrt{0.15} = 16.3(\text{kW})$$

查附表3得 $K_d=0.1\sim0.15$,取 $K_d=0.15$, $\cos\varphi=0.5$, $\tan\varphi=1.73$,则

$$\text{有功计算负荷为 } P_{30} = K_d P_e = 0.15 \times 16.3 = 2.45(\text{kW})$$

$$\text{无功计算负荷为 } Q_{30} = P_{30} \tan\varphi = 2.45 \times 1.73 = 4.2(\text{kvar})$$

$$\text{视在计算负荷为 } S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} = \sqrt{2.45^2 + 4.2^2} = 4.9(\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$\text{计算负荷电流为 } I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}U_N} = \frac{4.9}{\sqrt{3} \times 0.38} = 7.44(\text{A})$$

(2) 多组用电设备组的计算负荷确定

在计算多组用电设备的计算负荷时,应先分别求出各组用电设备的计算负荷,并且要考虑各用电设备组的最大负荷不一定同时出现的因素,计入一个同时系数 K_Σ ,该系数的取值见表3-1。

总的有功计算负荷为

$$P_{30} = K_\Sigma \sum P_{30 \cdot i} \quad (3-17)$$

总的无功计算负荷为

$$Q_{30} = K_{\Sigma q} \sum Q_{30 \cdot i} \quad (3-18)$$

总的视在计算负荷为

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} \quad (3-19)$$

总的计算电流为

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}U_N} \quad (3-20)$$

式中: i 为用电设备组的组数; K_{Σ} 为同时系数, 见表 3-1。

表 3-1 同时系数

应用范围		$K_{\Sigma p}$	$K_{\Sigma q}$
车间干线		0.85~0.95	0.90~0.97
低压母线	由用电设备组计算负荷直接相加	0.80~0.90	0.85~0.95
	由车间干线计算负荷直接相加	0.90~0.95	0.93~0.97

注意:

(1) 由于各组的功率因数不一致, 因此总的计算负荷和计算电流一般不能用各组的视在计算负荷或计算电流之和来计算。

(2) 在计算多组设备总的计算负荷时, 为了简化和统一, 各组的设备台数不论多少, 其计算负荷均按附表 3 所列计算, 而不必考虑设备台数少而适当增大 K_d 和 $\cos\varphi$ 值的问题。

例 3-4 某机修车间 380V 的线路上, 接有冷加工机床电动机 35 台, 共 100kW, 其中较大容量的电动机: 11kW 的 3 台, 7.5kW 的 4 台, 4kW 的 6 台, 其他为较小容量的电动机; 通风机 2 台, 共 5kW; 电阻炉 1 台 2kW, 试确定该车间总的计算负荷。

解: 先求各组的计算负荷

(1) 机床组。查附表 3, $K_d=0.2$, $\cos\varphi=0.5$, $\tan\varphi=1.73$, 则

$$P_{30 \cdot 1} = 0.2 \times 100 = 20(\text{kW})$$

$$Q_{30 \cdot 1} = 20 \times 1.73 = 34.6(\text{kvar})$$

(2) 通风机组。查附表 3, 取 $K_d=0.8$, $\cos\varphi=0.8$, $\tan\varphi=0.75$, 则

$$P_{30 \cdot 2} = 0.8 \times 5 = 4(\text{kW})$$

$$Q_{30 \cdot 2} = 4 \times 0.75 = 3(\text{kvar})$$

(3) 电阻炉。查附表 3, 取 $K_d=0.7$, $\cos\varphi=1$, $\tan\varphi=0$, 则

$$P_{30 \cdot 3} = 0.7 \times 2 = 1.4(\text{kW})$$

$$Q_{30 \cdot 3} = 0$$

因此, 总的计算负荷为 ($K_{\Sigma p}=0.95$, $K_{\Sigma q}=0.97$)

$$P_{30} = 0.95 \times (20 + 4 + 1.4) = 24.13(\text{kW})$$

$$Q_{30} = 0.97 \times (34.6 + 3 + 0) = 36.47(\text{kvar})$$

$$S_{30} = \sqrt{24.13^2 + 36.47^2} = 43.7(\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3}U_N} = \frac{43.7}{\sqrt{3} \times 0.38} = 66.4(\text{A})$$

用需要系数法来确定计算负荷,其特点是简单方便,计算结果比较符合实际,而且已积累了各种设备的需要系数,因此是世界各国普遍采用的基本方法。但是,把需要系数看作与一组设备中设备的多少及容量是否相差悬殊等都无关的固定值,就考虑不全面。实际上只有当设备台数较多、总容量足够大、没有特大型用电设备时,表中的需要系数的值才较符合实际。所以,需要系数法普遍应用于求全厂和大型车间变电所的计算负荷。而在确定设备台数较少,且容量差别悬殊的分支干线或支线的计算负荷时,采用另一种方法——二项式系数法。

3) 二项式系数法

用二项式系数法进行负荷计算时,既要考虑用电设备组的平均负荷,又要考虑几台最大用电设备引起的附加负荷。

(1) 单组用电设备组的计算负荷

$$P_{30} = bP_e + cP_x \quad (3-21)$$

式中: b 、 c 为二项式系数; bP_e 为用电设备组的平均功率,其中, P_e 为用电设备组的设备总容量; cP_x 为用电设备组中 x 台容量最大的设备投入运行时增加的附加负荷,其中 P_x 是 x 台最大容量的设备总容量。

二项式系数 b 、 c 及最大容量的设备台数 x 和 $\cos\varphi$ 、 $\tan\varphi$ 等值,见附表 3。其余计算负荷 Q_{30} 、 S_{30} 和 I_{30} 的公式与前述需要系数法相同。

注意: 按二项式系数法确定计算负荷时,如果设备总台数少于附表 3 中规定的最大容量设备台数的 2 倍,则其最大容量设备台数 x 也应相应减少。建议取 $x=n/2$,并按“四舍五入”取整规则。例如,某机床电动机组有 7 台电动机,而附表 3 中规定 $x=5$,但这里 $n=7 < 2x=10$,建议取 $x=7/2 \approx 4$ 来计算,即取其中 4 台最大容量电动机容量来计算 P_x 。

只有 1~2 台设备时,则可认为 $P_{30}=P_e$ 。对于单台电动机,则 $P_{30}=P_N/\eta$,这里 P_N 为电动机额定容量, η 为电动机效率。在设备台数较少时, $\cos\varphi$ 也宜适当取大。

例 3-5 试用二项式系数法确定例 3-2 中的计算负荷。

解: 由附表 3 查得 $b=0.14$, $c=0.5$, $x=5$, $\cos\varphi=0.5$, $\tan\varphi=1.73$ 。

其设备总容量为

$$P_e = 104 \text{ kW}$$

x 台最大容量的设备容量为

$$P_x = P_5 = 10 \times 3 + 4 \times 2 = 38 \text{ (kW)}$$

其计算负荷为

$$P_{30} = 0.14 \times 104 + 0.5 \times 38 = 33.56 \text{ (kW)}$$

$$Q_{30} = 33.56 \times 1.73 = 58.1 \text{ (kvar)}$$

$$S_{30} = \sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2} = \sqrt{33.56^2 + 58.1^2} = 67.1 \text{ (kV} \cdot \text{A)}$$

$$I_{30} = \frac{67.1}{\sqrt{3} \times 0.38} = 102.7 \text{ (A)}$$

比较两例计算结果可以看出,按二项式法计算的结果比按需要系数法计算的结果稍大,特别是在设备台数较少的情况下。供电设计经验说明,选择低压分支干线或支线时,按需要系数法计算的结果往往偏小,以采用二项式法计算为宜。我国建筑行业标准 JGJ/T 16—1992《民用建筑电气设计规范》也规定:“用电设备台数较少,各台设备容量相

差悬殊时,宜采用二项式法”。

(2) 多组用电设备组的计算负荷

采用二项式系数法确定多组用电设备组的计算负荷时,同样要考虑各组用电设备的最大负荷不同时出现的因素。具体计算方法是,在各组用电设备中取其中一组最大的附加负荷,再加上各组平均负荷,即

$$P_{30} = \sum (bP_e)_i + (cP_x)_{\max} \quad (3-22)$$

$$Q_{30} = \sum (bP_e \tan \varphi)_i + (cP_x)_{\max} \tan \varphi_{\max} \quad (3-23)$$

式中: $\sum (bP_e)_i$ 为各组有功平均负荷之和; $\sum (bP_e \tan \varphi)_i$ 为各组无功平均负荷之和; $(cP_x)_{\max}$ 为各组中最大的一个有功附加负荷; $\tan \varphi_{\max}$ 为 $(cP_x)_{\max}$ 的那一组设备的正切值。

S_{30} 和 I_{30} 的计算公式与前述需要系数法相同。

例 3-6 试用二项式系数法确定例 3-4 所述某机修车间 380V 的线路上各组用电设备的计算负荷及总的计算负荷。

解: 先求各组的计算负荷

(1) 机床组。查附表 3, 得 $b=0.14, c=0.4, x=5, \cos \varphi=0.5, \tan \varphi=1.73$, 则

$$(bP_e)_1 = 0.14 \times 100 = 14(\text{kW})$$

$$(cP_x)_1 = 0.4 \times (11 \times 3 + 7.5 \times 2) = 19.2(\text{kW})$$

(2) 通风机组。查附表 3, $b=0.65, c=0.25, x=5, \cos \varphi=0.8, \tan \varphi=0.75$, 则

$$(bP_e)_2 = 0.65 \times 5 = 3.25(\text{kW})$$

$$(cP_x)_2 = 0.25 \times 5 = 1.25(\text{kW})$$

(3) 电阻炉。查附表 3, $b=0.7, c=0, x=1, \cos \varphi=1, \tan \varphi=0$, 则

$$(bP_e)_3 = 0.7 \times 2 = 1.4(\text{kW})$$

$$(cP_x)_3 = 0$$

比较以上 3 组的附加负荷 cP_x 可知, 机床组 $(cP_x)_1$ 最大, 因此, 总的计算负荷为

$$P_{30} = \sum (bP_e)_i + (cP_x)_{\max} = (14 + 3.25 + 1.4) + 19.2 = 37.85(\text{kW})$$

$$\begin{aligned} Q_{30} &= \sum (bP_e \tan \varphi)_i + (cP_x)_{\max} \tan \varphi_{\max} \\ &= (14 \times 1.73 + 3.25 \times 0.75 + 1.4 \times 0) + 19.2 \times 1.73 \\ &= 59.9(\text{kvar}) \end{aligned}$$

$$S_{30} = \sqrt{37.85^2 + 59.9^2} = 70.9(\text{kV} \cdot \text{A})$$

$$I_{30} = \frac{S_{30}}{\sqrt{3} \times 0.38} = \frac{70.9}{\sqrt{3} \times 0.38} = 108(\text{A})$$

从例 3-4 和例 3-6 的计算结果可看出, 按二项式系数法计算的结果比按需要系数法计算的结果偏大, 这也更为合理。

4) 单相计算负荷的确定

在工厂企业中, 除了广泛使用三相用电设备外, 还使用少量的单相用电设备, 如电炉、照明灯具和小型电动工具等。单相设备接于三相线路中时, 应尽可能地均衡分配, 使三相