



电动设备冷负荷计算新方法

机械工业第六设计研究院有限公司 施俊良[☆] 王雷岗 谭建平

摘要 由电动机带动的工艺设备的输入功率就是电动设备的发热量,而电动设备在工作班内的平均输入功率就相当于电动设备向室内空气的散热量。通过计算电动设备的输入功率或平均输入功率就可以确定电动设备向室内空气的散热量,并确定由此而引起的冷负荷。用计算电气负荷的方法来确定电动设备引起的冷负荷,概念清楚,计算正确,比惯用的空调计算方法算出的负荷小很多,从而可以减小空调系统设备容量和配电变压器的安装容量,节约初投资和运行费用。

关键词 电动设备 输入功率 散热量 冷负荷 利用系数

New method for calculating cooling load of electrical equipment

By Shi Junliang[★], Wang Leigang and Tan Jianping

Abstract The input power of process equipment driven by electric motor is the heat diffused by the electrical equipment and the average input power of the electrical equipment in a work shift is equivalent to the heat diffused by the equipment. The heat diffused by the equipment can be determined after obtaining by calculation the input power or average input power of the equipment. Thus, the cooling load resulting from the heat can be determined. The method that the cooling load resulting from the equipment is determined by means of calculating electric load is clear in concept and correct in result. The load obtained by the method is much smaller than that by the conventional method. Hence, the capacity of an air-conditioning system and distribution transformer can be decreased. The initial investment and the operation cost can be saved.

Keywords electrical equipment, input power, heat release, cooling load, utilization factor

★ SIPPR Engineering Group Co., Ltd., Zhengzhou, China

①

计算电动设备冷负荷时需要考虑电动设备输入功率、电动设备发热量和电动设备表面散热量。本文首先介绍电动设备冷负荷的计算方法,再介绍电动设备输入功率的计算方法。通过算例说明电动设备冷负荷计算新方法的应用。

1 电动设备冷负荷的常规计算公式

1) 电动设备及热表面散热形成的计算时刻冷负荷^[1]

$$Q_{\tau} = Q_s = Q_f X_{\tau-T} \quad (1)$$

式中 Q_{τ} 为计算时刻冷负荷; Q_s 为电动设备表面散热功率, kW; Q_f 为电动设备发热功率, kW; $X_{\tau-T}$ 为 $\tau-T$ 时段设备散热的冷负荷系数; $\tau-T$ 为从电动设备投入使用的时刻算起到计算时刻的时间。

2) 电动设备及热表面散热形成的冷负荷

当不能确定连续使用时间时,可按式估算:

$$Q_i = Q_s = Q_f n_4 \quad (2)$$

式中 Q_i 为电动设备及热表面散热形成的冷负荷; n_4 为蓄热系数,为电动设备的冷负荷与计算发热量之比。

蓄热系数 n_4 可概略取下列数据:三班制,电动设备经常稳定运行时, $n_4 = 0.9 \sim 1.0$; 电动设备间断运行时, $n_4 = 0.7 \sim 0.8$ 。一班制,电动设备经常稳定运行时, $n_4 = 0.7 \sim 0.75$; 电动设备间断运行时, $n_4 = 0.5 \sim 0.65$ 。两班制时可取三班制时的较小值。

①[☆] 施俊良,男,1941年10月生,大学,研究员级高级工程师
450007 郑州中原中路191号

(O) 13613805353

E-mail: SJL19411028@126.com

收稿日期:2012-10-30

一次修回:2013-01-06

二次修回:2013-02-22

3) 电动设备计算发热量 Q_f 的计算

① 电动机和工艺设备均在空调房间时

$$Q_f = n_1 n_2 n_3 \frac{N}{\eta} \quad (3)$$

式中 n_1 为安装系数,为电动设备设计使用功率(铭牌功率)与安装功率之比, $n_1 = \frac{N - N'}{N}$, 其中 N' 为备用设备功率, kW, 当室内无备用设备时, $n_1 = 1$; n_2 为负荷系数,为电动设备最大负荷时输入功率与设计使用功率之比,根据设备运转的实际情况而定,例如机床,在加工中有安装工件停转、空载、小进刀量、大进刀量几种情况,最大负荷时输入功率较设计使用功率(铭牌功率)小; n_3 为同时使用系数,为房间内同时使用的电动设备安装功率与总安装功率之比,根据工艺过程的设备使用情况而定; N 为电动设备的总安装功率, kW; η 为电动机效率,与电动机型号、负荷情况有关,可由电动机产品样本查得。

② 工艺设备在空调房间内,而电动机不在空调房间内时

$$Q_f = n_1 n_2 n_3 N \quad (4)$$

③ 工艺设备不在空调房间内,而电动机在空调房间内时

$$Q_f = n_1 n_2 n_3 N \frac{1 - \eta}{\eta} \quad (5)$$

通常,按电动机和工艺设备均放在空调房间内考虑计算,当 $n_1 = 1$ 时,

$$Q_f = \frac{n_2 n_3}{\eta} N \quad (6)$$

令

$$K_f = \frac{Q_f}{N} = \frac{n_2 n_3}{\eta} \quad (7)$$

式中 K_f 为电动设备发热量系数。

由式(2),(3),(7)得

$$Q_i = K_f N n_4 = \frac{n_1 n_2 n_3 n_4}{\eta} N \quad (8)$$

式(8)就是空调专业惯用的电动设备冷负荷的计算公式。

2 电动设备输入功率的计算公式^[2-4]

在生产期间,电动设备的投入运行有很大的随机性,但各种类型车间都有其自身的生产规律,所以,从整体来看,用电负荷也必然存在一定的规律性。通过对大量已有用电设备的安装容量和实际

用电的资料进行统计分析,找出了有关系数,供同行设计同类型的工厂或车间时参考。

根据已知的工厂用电设备安装容量来确定预期的最大假想负荷,即电气负荷。电气负荷计算有2种计算方法——需要系数法和利用系数法。需要系数法求得的是30 min的最大负荷 P_c ,利用系数法求得的是用电设备组在最大负荷工作班内的平均功率 P_{av} ,这正是计算电动设备的冷负荷所需要的。

1) 需要系数法计算公式

用电设备组的计算负荷是指用电设备组工作0.5 h的最大负荷用电。

① 对单组用电设备组, P_c 可按下式计算:

$$P_c = \frac{K_e K_L}{\eta_e \eta_{WL}} P_e \quad (9)$$

式中 K_e 为用电设备组的同時使用系数,相当于前述的 n_3 ; K_L 为用电设备组的负荷系数,相当于前述的 n_2 ; η_e 为用电设备组的平均效率,相当于前述的 η ; η_{WL} 为配电线路的平均效率,对空调车间而言,可取 $\eta_{WL} = 1$; $P_e = \sum P_N$ 为用电设备组的总安装功率(不计备用设备的容量),相当于前述的 N ,其中 P_N 为用电设备组内单台用电设备的功率。

式(9)可写成:

$$P_c = \frac{K_e K_L}{\eta_e} P_e = K_x P_e \quad (10)$$

$$K_x = \frac{K_e K_L}{\eta_e} = \frac{P_c}{P_e} \quad (11)$$

式(10),(11)中 K_x 为用电设备组的需要系数。它相当于前述的用电设备的发热量系数 K_f ,即

$$K_x = K_f = \frac{n_2 n_3}{\eta} \quad (12)$$

② 对多组用电设备组,应考虑各组用电设备的最大负荷不同时出现的因素,结合具体情况对有功负荷计入同时系数 $K_{\Sigma P}$ 。对空调车间, $K_{\Sigma P} = 0.85 \sim 0.95$,常取 $K_{\Sigma P} = 0.95$ 。

故总的有功计算负荷为

$$P'_c = K_{\Sigma P} \sum P_c = 0.95 \sum P_c \quad (13)$$

此时

$$K_{xav} = \frac{0.95 \sum P_c}{\sum P_e} = \frac{0.95 \sum P_c}{P_n} \quad (14)$$

式中 K_{xav} 为平均需要系数; P_n 为多组用电设备的总功率。

K_{xav} 相当于前述的用电设备的发热量系数 K_f , 即

$$K_{xav} = K_f \tag{15}$$

$$Q_f = K_x N \tag{16}$$

2) 利用系数法计算公式

① 利用系数 K_1 可定义为

$$K_1 = \frac{P_{av}}{P_e} \tag{17}$$

式中 P_{av} 为用电设备组在最大负荷工作班消耗的平均功率, kW。

由式(17)可以看出, 对某一用电设备组, 统计其在最大负荷工作班的耗电量, 除以该班的工作时间, 便可以求出在该班下的平均负荷 P_{av} , 而 P_{av} 相当于要求的电动设备的散热量 Q_s , 即

$$K_1 = \frac{P_{av}}{P_e} = \frac{Q_s}{N} = K_s \tag{18}$$

式中 K_s 为用电设备组的散热量系数。

② 平均利用系数 K_{sav}

$$K_{sav} = \frac{\sum P_{av}}{\sum P_e} \tag{19}$$

$$K_{sav} = K_{sav} \tag{20}$$

式中 K_{sav} 为各用电设备组的平均散热系数。

3) K_x 与 K_1 的关系

求发热量系数 K_f 等于求需要系数 K_x , 求散热量系数 K_s 等于求利用系数 K_1 。常用电动设备的 K_x 与 K_1 可以查表 1^[5] 得到。因此, 计算电动设备发热引起的冷负荷变得非常简单。

表 1 用电设备的 K_x, K_1

	K_x	K_1	$\frac{K_1}{K_x}$	$\frac{K_1}{K_x} - 0.723$
小批生产的金属冷加工机床	0.12~0.16, 取 0.14	0.1~0.12, 取 0.11	0.786	0.063
大批生产的金属冷加工机床	0.17~0.20, 取 0.185	0.12~0.14, 取 0.13	0.703	-0.020
小批生产的金属热加工机床	0.20~0.25, 取 0.225	0.17	0.756	0.033
大批生产的金属热加工机床	0.25~0.28, 取 0.265	0.20	0.755	0.032
生产用通风机	0.75~0.85, 取 0.80	0.55	0.688	-0.035
卫生用通风机	0.65~0.70, 取 0.675	0.50	0.741	0.018
泵、活塞式压缩机、电动发电机组	0.75~0.85, 取 0.80	0.55	0.688	-0.035
不连锁的连续运输机械	0.50~0.60, 取 0.55	0.35	0.636	-0.087
连锁的连续运输机械	0.65	0.50	0.769	0.046
单头直流弧焊机	0.35	0.25	0.714	-0.009
多头直流弧焊机	0.70	0.50	0.714	-0.009
单头弧焊变压器	0.35	0.25	0.714	-0.009
多头弧焊变压器	0.40	0.30	0.75	0.027
对焊机	0.35	0.25	0.714	-0.009
平均值			0.723	

由表 1 可知, $K_1=0.723K_x$ 。0.723 相当于前述的 n_1 , 是统计大量实测数据得出的结果。

3 计算举例

3.1 某机床公司数控机床改建项目联合厂房精密加工室电动设备冷负荷计算

1) 按空调惯用专业方法计算

$N=64$ kW, 安装系数 $n_1=0.8$, 负荷系数 $n_2=0.4$, 同时使用系数 $n_3=1.0$, $\eta=0.87$ 。将已知数代入式(3), 得 $Q_f=23.54$ kW; $Q_l=Q_s=Q_f=23.54$ kW(未考虑蓄热系数 n_4)。

2) 按需要系数法计算

$N=64$ kW; 对于精密加工机床, $K_x=0.14$ (查表 1)。将已知数代入式(7), (12), 计算得 $Q_f=8.96$ kW。

精密加工室是两班制, 没有自动生产线, 设备断续工作, 取 $n_1=0.7$, 则根据式(2), 计算得 $Q_l=Q_s=Q_f n_4=6\ 272$ W。

3) 按利用系数法计算

对于精密加工机床, 取 $K_1=0.11$ (查表 1); $N=64$ kW。则 $Q_l=Q_s=K_1 N=6.4$ kW。

3.2 机械加工车间电动设备冷负荷计算

1) 按空调专业惯用方法计算

$N=1\ 628$ kW, 安装系数 $n_1=0.8$, 负荷系数 $n_2=0.4$, 同时使用系数 $n_3=1.0$, $\eta=0.89$ 。根据式(3), 计算得 $Q_f=585.34$ kW。 $Q_l=Q_s=Q_f=585\ 348$ W(未考虑蓄热系数 n_4)。

2) 按需要系数法计算

$N=1\ 628$ kW; 查表 1, $K_x=0.12\sim0.16$, 取

$K_x=0.14$ 。将已知数代入式(16),(12), $Q_t=K_xN=244.2\text{ kW}$ 。机械加工车间两班倒,断续工作,取 $n_4=0.7$, $Q_t=Q_s=Q_tn_4=170.94\text{ kW}$ 。

3) 按利用系数法计算

$N=1\,628\text{ kW}$,查表1,取 $K_l=0.11$ 。 $Q_l=Q_s=K_lN=179.08\text{ kW}$ 。

3.3 精密加工车间电动设备冷负荷计算

1) 按空调专业惯用方法计算

$N=486\text{ kW}$,安装系数 $n_1=0.8$,负荷系数 $n_2=0.4$,同时使用系数 $n_3=1.0$; $\eta=0.89$ 。将已知参数代入式(3),(2)得 $Q_t=174.74\text{ kW}$; $Q_l=Q_s=Q_t=174\,740\text{ W}$ (未考虑蓄热系数 n_4)。

2) 按需要系数法计算

$N=486\text{ kW}$;查表1, $K_x=0.12\sim0.16$,取 $K_x=0.14$ 。将已知参数代入式(16)得 $Q_t=72.9\text{ kW}$ 。

机械加工车间两班倒,断续工作,取 $n_4=0.7$, $Q_t=Q_s=Q_tn_4=51.03\text{ kW}$ 。

3) 按利用系数法计算

$N=486\text{ kW}$;查表1,取 $K_l=0.11$ 。 $Q_l=Q_s=K_lN=53.46\text{ kW}$ 。

3.4 冷负荷计算结果汇总(见表2)

表 2 冷负荷计算结果汇总				kW
		例 1	例 2	例 3
空调计算方法		23. 54	585. 34	174. 74
电气计算方法	需要系数法	6. 272	170. 94	51. 03
	利用系数法	6. 4	179. 08	53. 46

4 分析讨论

上面3个例子取自笔者所在单位2005,2010和2011年做的3个工程设计。通过计算,发现用空调计算公式计算电动设备冷负荷比用电气计算方法大很多。对于机械加工车间,设备发热引起的冷负荷占总冷负荷的比例很大,而空调计算方法使总冷量、总风量和总水量比实际需要的大许多,使变压器长期运行在大马拉小车的状态,即使在最热天,变压器的负荷率常常不到50%。暖通设计人员采用的 $n_1\sim n_4$ 和 η 都是凭经验定的,因而空调计算方法的可操作性比较差,特别是年轻设计人员,照搬照抄的比较多,唯恐算少了。采用电气负荷计算方法,由于 K_x 和 K_l 是在大量测定的基础上积累的结果,在电气设计中已大量使用,表1中使用的数据是可靠的,又因为涉及的系数少,可操作性强。因此,建议在空调设计中推广这一计算方法。

参考文献:

[1] 电子工业部第十设计院. 空气调节设计手册[M]. 2版. 北京:中国建筑工业出版社,1995

[2] 中国航空工业规划设计院. 工业与民用配电设计手册[M]. 3版. 北京:中国电力出版社,2005

[3] 刘介才. 工厂供电[M]. 5版. 北京:机械工业出版社,2009

[4] 苏文成. 工厂供电[M]. 2版. 北京:机械工业出版社,1999

[5] 施俊良. 计算用电负荷的 $D-K_x$ 法[J]. 电气工程应用,2000(3):5-12