

2. 出力及額定之選擇方法

2-1 標準出力

電動機之出力必須配合負載機械之所要動力者加以選定始可。出力之選定如果過大時，須採用價昂之大馬力電動機，然而其效率及功因變差而不經濟。又，相反地作過小之選定時，會造成起動不良，且由於以連續不停地超載運轉，乃造成故障之原因。一般之負載，如將電源電壓之變動等亦考慮進去，而以電動機出力之 75%~100% 程度為選定目標可說是恰當之值吧。

電動機之出力，其標準值如表 2-1 之所示者，故盡可能採用標準出力極為重要。

表 2-1 電動機之標準出力

kW	HP	KW	HP	kW	HP
0.4	1/2	22	30	200	270
(0.55)	3/4	30	40	(220)	300
0.75	1	37	50	250	350
(1.1)	1.5	45	60	280	375
1.5	2	55	75		
2.2	3	75	100		
3.7	5	90	125		
5.5	7.5	110	150		
7.5	10	132	175		
11	15	(150)	200		
15	20	160	220		
18.5	25	(185)	250		

註：1. () 內之出力盡可能不要採用

2-2 電動機之使用及額定

對於電動機之使用方法，在 JIS C 4004 「回轉電氣機械通則」有如表 2-2 之規定。

2-3 出力之決定方法

(1) 連續使用

實質上在一定之負載下，電動機之溫升達穩定之時間以上做連續運轉之使用謂之連續使用，而連續額定之電動機均適用於如此之使用。預估負載機械之效率之誤差、餘裕，以所需動力追加 5~15% 左右之值，從標準出力中選定之。

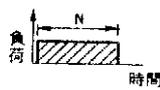
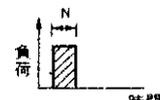
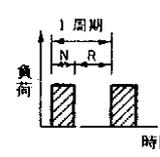
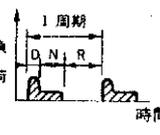
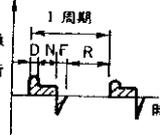
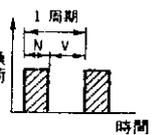
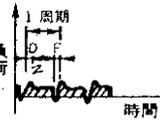
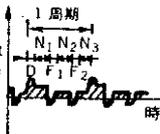
標準大同馬達為連續額定。

(2) 短時間使用

實質上在一定之負載下，於電動機之溫升未達最終穩定值之指定時間做連續運轉之後，將電動機停止，至下一次之起動時，電動機之溫度須降至與周圍溫度之相差至 2 以內之使用謂之短時間使用，而短時間額定之電動機均適用於如此之使用。

短時間額定之標準值則規定如下。

表 2-2 使用及額定之種類 (JIS C 4004-1980)

額 定		使 用			
名稱	運 用	記號	名稱	負 荷 之 狀 態	表 示 方 法
連續額定	S1 之使用	S1	連續使用	 <p>N: 在一定負荷下電動機達熱平衡之時間以上之運轉時間</p>	[連續]
短時間額定	S2 使用 原則上運轉時間為 10 分鐘 30 分鐘 60 分鐘或 90 分鐘	S2	短時間額定	 <p>N: 在一定負荷下電動機未達熱平衡之範圍之運轉時間 起動時, 電動機溫度與冷媒溫度差在 2 以內</p>	記號、負荷繼續時間 [例: S2 60 分鐘]
反復額定	S3~S8 之使用無特別指定時 1 週期之標準值為 10 分鐘而負載時間率原則上為 15, 20, 40 或 60%	S3	反復使用	 <p>N: 在一定負荷下之運轉時間 R: 停止而電壓之不印加之期間 (N, R 係在電動機之未達熱平衡之範圍)</p> $\text{負荷時間率} = \frac{N}{N+R} \times 100 (\%)$	記號、負荷時間率 [例: S3 25%]
		S4	起動之有影響之反復使用	 <p>D: 不可忽視之對溫度上升有影響之起動時間 N: 在一定負荷下之運轉時間 R: 停止而電壓之不印加之期間 (N, R 係在電動機之未達熱平衡之範圍)</p> $\text{負荷時間率} = \frac{D+N}{D+N+R} \times 100 (\%)$	記號、負荷時間率、蓄積能量定數、慣性係數 [例: S4 25% H2 FI3]
		S5	含電氣制動之反復使用	 <p>D、N、R 同上 (S4) F: 不可忽視之對溫度上升有影響之電氣制動期間</p> $\text{負荷時間率} = \frac{D+N+F}{D+N+F+R} \times 100 (\%)$	記號、負荷時間率、蓄積能量定數、慣性係數 [例: S5 25% H2 FI3]
等價額定	S3~S8 之使用置換為熱的等價連續使用或短時間使用並進行試驗, 以決定等價連續額定或等價短時間額定	S6	反復負荷連續使用	 <p>N: 在一定負荷下之運轉期間 V: 無負荷運轉期間 (N, V 係在電動機之未達熱平衡之範圍)</p> $\text{負荷時間率} = \frac{N}{N+V} \times 100 (\%)$	記號、負荷時間率 [例: S6 40%]
		S7	含電氣制動之反復負荷連續使用	 <p>D: 不可忽視之對溫度上升有影響之起動時間 N: 在一定負荷下電動機未達熱平衡之範圍之運轉期間 F: 不可忽視之對溫度上升有影響之電氣制動期間</p> <p>負荷時間率=100 (%)</p>	記錄、蓄積能量定數、慣性係數 [例: S7 H1 FI6]
		S8	變速度反復負荷連續使用	 <p>D: 加速期間 N1, N2, N3: 對應於各速度之在一定負荷下之電動機未達熱平衡之範圍之運轉期間 F1, F2: 針對各速度之電氣制動期間</p>	各回轉速度之蓄積能量定數、慣性係數、負荷回轉速度、負荷時間率 例: S8 H 0.65 FI2 24KW 740rpm 15% H 1.0 FI2 60KW 1460rpm 25% H 0.60 FI2 45KW 980rpm 60%

(註) 1. 蓄積能量定數 H 得以下式表示之。

$$H = \frac{J\omega n^2}{2Sn} \cdot 10^{-3} \quad (S)$$

此處 J: 回轉子之慣性力矩 (kg.m²)

$$J = GD^2/4$$

GD²: 飛輪效應 (kg.m²)

n: 額定回轉角速度 (rad/s)

$$\omega n = \frac{2\pi}{60} \cdot n_n$$

n_n: 額定回轉速度 (rpm)

S_n: 額定皮相電力 (KVA)

JIS C 4004-1980.....10, 30, 60, 90 分鐘

JEC-37-1979.....5, 10, 15, 30, 60, 90, 120 分鐘

2. 慣性係數 FI 得以下式表示之。

$$FI = \frac{J_m + J_l}{J_m}$$

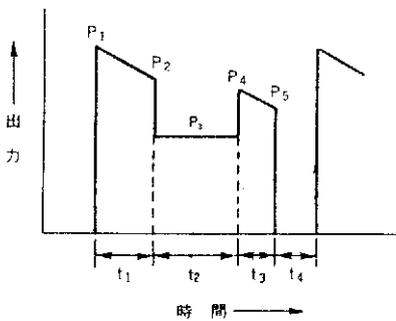
此處 J_m: 電動機之慣性力矩

J_l: 換算成電動機軸之負荷之慣性力矩

(3) 變動負載使用

負載之大小如隨時間而變動時，依下述之二次方平均法將之置換為等價之一定負載則可求出其額定出力。

如圖 2-1 之所示，出力(電流)變化時之二次方平均出力得以下式求得。



$$P = \sqrt{\frac{(P_1^2 + P_1 \cdot P_2 + P_2^2) t_1 + P_3^2 \cdot t_2 + (P_4^2 + P_4 \cdot P_5 + P_5^2) t_3}{3} \cdot \frac{a t_1 + t_2 + a t_3 + b t_4}{3}} \quad \dots\dots\dots \text{式(2-1)}$$

圖 2-1 電動機之出力曲線

此處之 a 為加速或減速中之冷卻係數，b 為停止中之冷卻係數，如全速時之冷卻係數當做 1 時，各各之值則依通風方式或保護方式將如表 2-3 之所示。至於如果知道運轉時之電流曲線時可將 P₁, P₃.....等出力代之以 I₁, I₂.....，求出二次方平均後之電流，亦可選擇擁有較之為大之額定電流之出力之電動機。

表 2-3 冷卻係數

通風構造	a	b
防滴形	0.6	0.3
全閉外扇形	0.7	0.4
他力通風形	1.0	1.0

(4) 反復使用

負載期間與無負載期間連續，或於負載期間後接連停止期間為同一之週期 (cycle)，而以較之到達熱平衡為短之一定之週期作反復之使用謂之反復使用，反復額定之電動機則適用於此種之使用。

反復使用時之額定表示採用 %ED。 %ED 係指電動機之運轉停止做週期性之進行，但運轉時之負載一定時，則以 1 週期中之運轉時間之百分率表示之，在圖 2-2

時則表示如下。

$$\%ED = \frac{\text{運轉時間}}{\text{運轉時間} + \text{停止時間}} \times 100 = \frac{t_1}{t_1 + t_2} \times 100 \dots \text{式}(2-2)$$

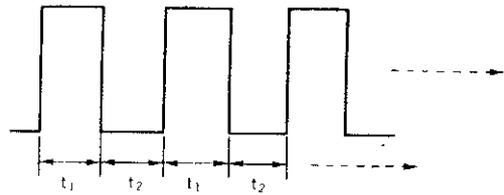


圖 2-2 電動機之週期運轉

至於規格 (JIS C 4004) 時 %ED 之標準為 15% , 25% , 40% , 60% , 而週期 (以圖之例為 t_1+t_2) 為 10 分鐘。

電動機之損失，其起動時及運轉中分開計算，並求出 1 週期之平均損失。

a) 起動時之損失

電動機之起動時之發生損失 W_{st} 得以下式求出。

$$W_{st} = \frac{GD^2 \cdot N_s^2 (1 - S^2)}{730} \times \left(1 + \frac{r_1}{r'_2}\right) \times \frac{T_M}{T_M - T_L} (W \cdot S) \dots \text{式}(2-3)$$

此處 GD^2 : 換算成電動機軸之全 GD^2 (kgm^2)

N_s : 同步回轉速度 (rpm)

S : 全負載運轉時之轉差率 (Slip)

r_1 : 一次繞組電阻 ()

r'_2 : 換算為一次之二次繞組電阻 ()

T_M : 電動機之平均轉矩 (%)

T_L : 負載之平均轉矩 (%)

至於，上述計算詳細進行時有困難，因此在標準電動機時，其概略計算時取 ($S = 0, r_1/r_2 = 1$) 作計算亦無妨。

b) 運轉中之損失

起動完了後，進入於全速運轉後之運轉中之損失 W_r 得以下式示之。

$$W_r = P_r \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right) \quad (W) \dots \text{式}(2-4)$$

此處 P_r : 運轉中之電動機出力 (W)

η : 出力 P_r 時之效率

至於，效率 η 係依出力 P_r 之大小 (負載率) 而變化，因此應以其對應之值計算之。

c) 制動時之損失

(1) 電動機之逆期相制動時之發生損失得以下式表示之。

$$W_{br1} = \frac{3GD^2 N_s^2}{730} \times \left(1 + \frac{r_1}{r'_2}\right) \times \frac{T_M}{T_M + T_L} (W \cdot S) \dots \text{式}(2-5)$$

(2) 回生制動時之損失 (極數變換電動機時)。

$$W_{br2} = \frac{GD^2 \cdot N_L^2 \left\{ \left(\frac{P_L}{P_H} \right) - 1 \right\}^2}{730} \left(1 + \frac{r_1}{r_1'} \right) \times \frac{T_B}{T_B + T_L} (W \cdot S) \dots \dots \dots \text{式 2-6}$$

此處 N_L : 低速時之回轉數 (rpm)

P_L : 低速時極數

P_H : 高速時極數

T_B : 回生制動轉矩 (%)

d) 平均損失及出力選定

如圖 2-3 所示，如以運轉時間 t_1 (S)，停止時間為 t_2 (S) 時，由起動至下一次起動時之平均損失為如下所示。

$$W_{mean} = \frac{W_{st} + W_r \cdot t_1 + W_{br1}}{t_1 + b \cdot t_2} (W) \dots \dots \dots \text{式 (2-7)}$$

因此，電動機之出力係指，該電動機於 100% 負載下運轉時之損失 W_{r100} ，較之以式 (2-7) 所求得之平均損失 W_{mean} 為大而選定之。 W_{r100} 得以額定出力及 100% 負載時之效率代入於式 (2-4) 求出之。

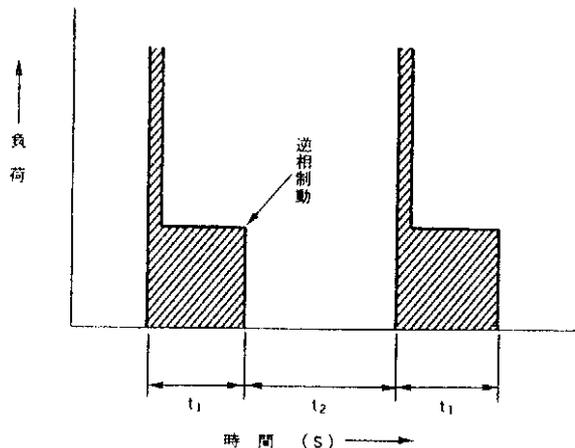


圖 2-3 含起動之總效率 (Duty)

2-4 所需動力之算定例

(1) Pump

$$P = (1.1 \sim 1.2) \frac{Q \cdot H}{6.12 \times \eta} \quad (\text{kW}) \dots \dots \dots \text{式 (2-8)}$$

Q: 揚水量 (m³/min)

H: 總揚程 (m)

: pump 效率 (小數點表示)

(2) Fan, Blower

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot K}{6120 \times \eta} \quad (\text{kW}) \dots \dots \dots \text{式 (2-9)}$$

Q: 風量 (m³/min)

H: 風壓 (mmAq)

: 送風機效率 (小數點表示)

送風機效率 () 及係數 (κ) 之值

種類		K
Propeller Fan	0.5~0.75	1.3
Desk Fan	0.3~0.5	1.5
Sirocco Fan	0.45~0.55	1.20~1.30

Turbo Fan	500HP 以上	0.65~0.75	1.15~1.25
Turbo Fan	500HP 未滿	0.6~0.7	1.15~1.25
Plate Fan		0.5~0.6	1.15~1.25
Turbo Blower	1 段	0.6~0.75	1.10~1.20
Turbo Blower	多段	0.55~0.7	1.10~1.20

(3) Compressor 壓縮機

$$P = 5.83Q(P^{0.286} - 1) \times \frac{1}{\eta} \quad (\text{kW}) \dots \text{式}(2-10)$$

P: 吐出絕對壓力 (kgf/cm²)

Q: 吐出空氣量 (m³/min) (大氣壓換算值)

: 效率 (小數點表示)

段數	效率
一段壓縮	小型空冷 0.5~0.8
	中型水冷 0.7~0.85
二段壓縮	水 冷 0.7~0.9

(吐出壓力 7kg/cm² 時)

(4) Crane 吊車

a. 卷上用

$$P = \frac{W \cdot V}{6.12 \times \eta} \quad (\text{kW}) \dots \text{式}(2-11)$$

W: 卷上部分之總重量 (荷重+吊鉤、吊繩重量) (ton)

V: 卷上速度 (m/min)

: 機械效率 (概算結果, 齒輪 1 段減速時為 0.95 ~0.85, 齒輪 2 段減速時為 0.9~0.7, 蝸齒輪 1 段減速時為 0.5)

b. 橫行 . 走行用

$$P = \frac{K \cdot (W + W_1) \cdot V}{6.12 \times \eta \times 1000} \quad (\text{kW}) \dots \text{式}(2-12)$$

w: 卷上部分之總重量 (ton)

W₁: 橫行時為 Trolley 重量, 走行時為 crane 自重 (ton)

V: 速度 (m/min)

K: 走行阻抗 (屋外用或特殊用吊車機械製造廠家提供。天花板吊車時, 滾筒軸承為 7kg/ton, 滑動軸承時為 12kg/ton)

: 機械效率 (與卷上用時相同)

(5) 卷上機

$$P = \frac{(W + W_t + W_r) \cdot (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \cdot 2\pi R}{6120 \times \eta} \quad (\text{kW}) \dots \text{式}(2-13)$$

W: 荷重 (kg) W

W_t: 運搬車之重量 (kg)

W_r: 卷網自身之不平衡重量 (kg)

R: 卷胴之回轉半徑 (m)

n: 卷胴之每分鐘回轉數 (rpm)

: 卷上方向與水平線之形成角度

μ: 摩擦係數 (0.015~0.03)

: 機械效率 (小數點表示)

(6) 電梯

$$P = \frac{K \cdot V \cdot W \cdot F}{6120 \times \eta} \quad (\text{kW}) \dots \text{式}(2-14)$$

V: 昇降速度 (m/min)

W: 最大積載重量 (kg)

F: 平衡荷重率 (0.5~0.6)

K: 電梯之加速、減速所需轉矩之相關係數 (1.3~1.5)

: 卷上裝置效率 (在齒輪式時為 0.45~0.55, 在無齒輪式時為 0.75~0.8)

[附錄] 考慮平衡配重 (Balance Weight) 時之卷上機所需動力計算例:

重量 1.2ton 之升降籠將 3ton 之貨物以每分鐘 20m 之速度吊升時 (=0.8)

a) 平衡配重沒有時之所需動力 P₁

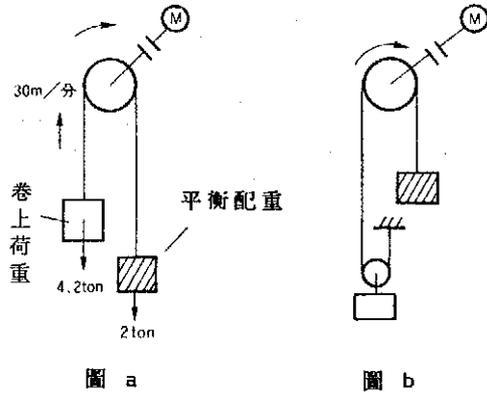
$$P_1 = \frac{(3+1.2) \times 30}{6.12 \times 0.8} = 25.7 \text{ kW}$$

b) 如圖 a 所示裝設有 2ton 平衡配重時所需動力 P₂

$$P_2 = \frac{\{(3+1.2)-2\} \times 30}{6.12 \times 0.8} = 13.5 \text{ kW}$$

c) 如圖 b 所示裝設有 2ton 平衡配重時所需動力 P_3

$$P_3 = \frac{\{(3+1.2)/2-2\} \times 30}{6.12 \times 0.8} = 0.6 \text{ kW}$$



(註)：考慮平衡配重時之負載之 GD^2 係以 (卷上荷重 + 平衡配重荷重) 之總重量為考慮。