

## 計算負荷大小

LM 導軌可承受由於安裝姿勢或配置、移動物的重心位置、推力位置、切削阻力等所產生的所有方向的負荷或力矩。

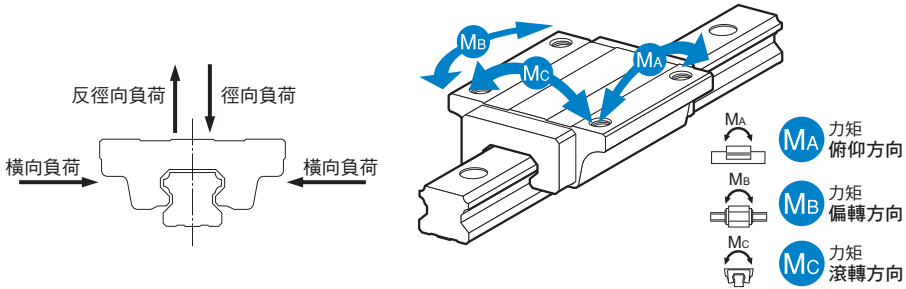


圖1 算出LM導軌的負荷大小

## 計算負荷大小

### 【單軸用】

#### ● 等值力矩

使用LM導軌時，由於空間等原因有時只使用1個LM滑塊，或將2個滑塊靠緊使用。這時如圖2所示，局部區域(兩端)的負荷會變大。在這樣的狀態持續運行的話，會導致局部承受較大負荷的部分發生剝離，壽命可能會比計算值還短。這種情況時，請將 **表 1-43** 表 1 ~ 表 6 中所述的力矩等效係數與力矩相乘後再計算實際負荷。

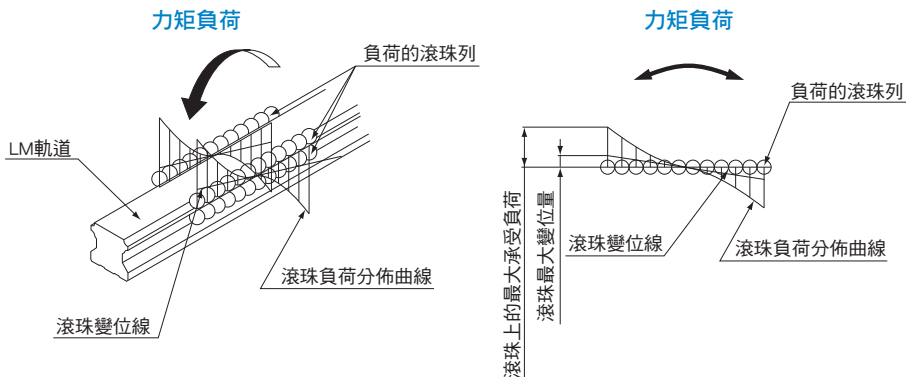


圖2 承受力矩時的滾珠負荷

LM導軌上有力矩作用時的等效負荷計算式如下所示。

$$P = K \cdot M$$

P : 單軸LM導軌的等效負荷 (N)

K : 等值力矩係數

M : 負荷力矩 (N-mm)

## ●等值係數

由於額定負荷等值於容許力矩，在等於 $M_A$ 、 $M_B$ 和 $M_C$ 力矩時乘以每滑塊施加負荷的等值係數，可通過在相應的方向上劃分額定負荷而獲得。

但是，使用四方向等負荷類型以外的型號，在各方向的額定負荷均不相同。因此，對於 $M_A$ 和 $M_C$ 力矩的等值係數值，也是根據其等值方向為徑向還是反徑向而有所不同。

### ■ $M_A$ 力矩的等值係數

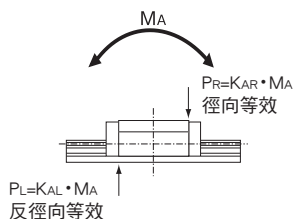


圖3  $M_A$ 力矩的等值係數

$M_A$ 力矩的等值係數

徑向等值係數

$$K_{AR} = \frac{C_0}{M_A}$$

反徑向等值係數

$$K_{AL} = \frac{C_{0L}}{M_A}$$

$$\frac{C_0}{K_{AR} \cdot M_A} = \frac{C_{0L}}{K_{AL} \cdot M_A} = 1$$

### ■ $M_B$ 力矩的等值係數

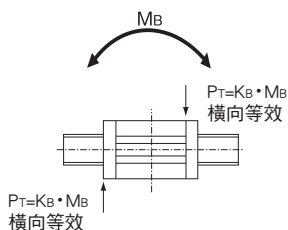


圖4  $M_B$ 力矩的等值係數

$M_B$ 力矩的等值係數

橫向等值係數

$$K_B = \frac{C_{0T}}{M_B}$$

$$\frac{C_{0T}}{K_B \cdot M_B} = 1$$

## ■ $M_c$ 力矩的等值係數

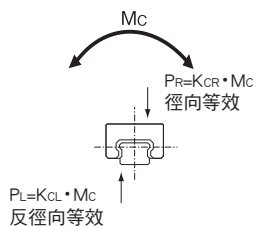


圖5  $M_c$ 力矩的等值係數

$M_c$ 力矩的等值係數

徑向等值係數	$K_{CR} = \frac{C_0}{M_c}$
反徑向等值係數	$K_{CL} = \frac{C_{0L}}{M_c}$

$$\frac{C_0}{K_{CR} \cdot M_c} = \frac{C_{0L}}{K_{CL} \cdot M_c} = 1$$

- |          |               |     |
|----------|---------------|-----|
| $C_0$    | ：基本靜額定負荷（徑向）  | （N） |
| $C_{0L}$ | ：基本靜額定負荷（反徑向） | （N） |
| $C_{0T}$ | ：基本靜額定負荷（橫向）  | （N） |
| $P_R$    | ：計算負荷（徑向）     | （N） |
| $P_L$    | ：計算負荷（反徑向）    | （N） |
| $P_T$    | ：計算負荷（橫向）     | （N） |

## 計算例

## 使用1個LM滑塊時

型號:SSR20XV1

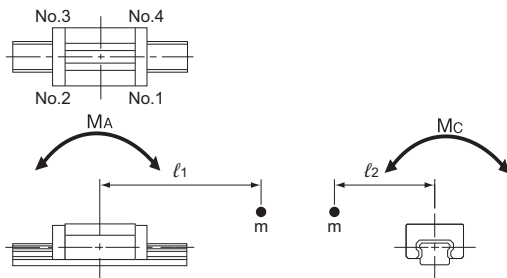
重力加速度 $g=9.8$  ( $m/s^2$ )質量 $m=10$  (kg) $l_1=200$  (mm) $l_2=100$  (mm)

圖6 使用1個LM滑塊時

No.1  $P_1=mg+K_{AR1} \cdot mg \cdot l_1+K_{CR} \cdot mg \cdot l_2=98+0.275 \times 98 \times 200+0.129 \times 98 \times 100=6752$  (N)

No.2  $P_2=mg-K_{AL1} \cdot mg \cdot l_1+K_{CR} \cdot mg \cdot l_2=98-0.137 \times 98 \times 200+0.129 \times 98 \times 100=-1323$  (N)

No.3  $P_3=mg-K_{AL1} \cdot mg \cdot l_1-K_{CL} \cdot mg \cdot l_2=98-0.137 \times 98 \times 200-0.0644 \times 98 \times 100=-3218$  (N)

No.4  $P_4=mg+K_{AR1} \cdot mg \cdot l_1-K_{CL} \cdot mg \cdot l_2=98+0.275 \times 98 \times 200-0.0644 \times 98 \times 100=4857$  (N)

## 2個LM滑塊靠緊使用時

型號:SVS25R2

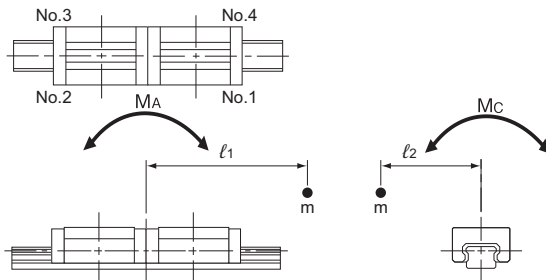
重力加速度 $g=9.8$  ( $m/s^2$ )質量 $m=5$  (kg) $l_1=200$  (mm) $l_2=150$  (mm)

圖7 2個LM滑塊靠緊使用時

No.1  $P_1=\frac{mg}{2}+K_{AR2} \cdot mg \cdot l_1+K_{CR} \cdot \frac{mg \cdot l_2}{2}=\frac{49}{2}+0.0217 \times 49 \times 200+0.0995 \times \frac{49 \times 150}{2}=602.9$  (N)

No.2  $P_2=\frac{mg}{2}-K_{AL2} \cdot mg \cdot l_1+K_{CR} \cdot \frac{mg \cdot l_2}{2}=\frac{49}{2}-0.0182 \times 49 \times 200+0.0995 \times \frac{49 \times 150}{2}=211.9$  (N)

No.3  $P_3=\frac{mg}{2}-K_{AL2} \cdot mg \cdot l_1-K_{CL} \cdot \frac{mg \cdot l_2}{2}=\frac{49}{2}-0.0182 \times 49 \times 200-0.0835 \times \frac{49 \times 150}{2}=-460.7$  (N)

No.4  $P_4=\frac{mg}{2}+K_{AR2} \cdot mg \cdot l_1-K_{CL} \cdot \frac{mg \cdot l_2}{2}=\frac{49}{2}+0.0217 \times 49 \times 200-0.0835 \times \frac{49 \times 150}{2}=-69.7$  (N)

注1) 由於LM導軌豎著使用時只受到力矩負荷,故沒有必要計算負荷力( $mg$ )。

## 【雙軸用】

### ●使用條件的設定

為了計算直線運動系統的負荷大小和壽命時間，需要先確定必要的使用條件。

使用條件有如下項目

- (1) 質量： $m$  (kg)
- (2) 作用負荷的方向
- (3) 作用點的位置（重心等）： $l_2, l_3, h_1$  (mm)
- (4) 推力位置： $l_4, h_2$  (mm)
- (5) 直線運動系統的配置： $l_0, l_1$  (mm)

（個數・軸數）

- (6) 速度線圖

速度： $V$  (mm/s)

加速時間： $t_n$  (s)

加速度： $\alpha_n$  (mm/s<sup>2</sup>)

$$(\alpha_n = \frac{V}{t_n})$$

- (7) 工作週期

每分鐘往返次數： $N_i$  (min<sup>-1</sup>)

- (8) 行程長度： $l_s$  (mm)

- (9) 平均速度： $V_m$  (m/s)

- (10) 要求壽命小時數： $L_h$  (h)

重力加速度  $g=9.8$  (m/s<sup>2</sup>)

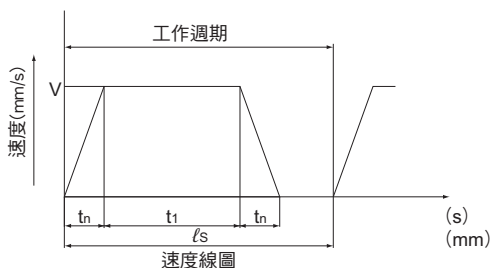
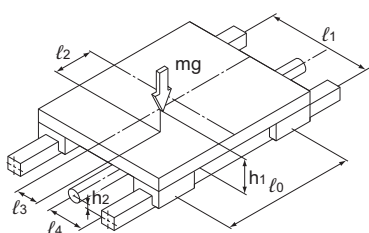


圖8 使用條件

## ●負荷大小的計算式

作用在LM導軌上的負荷，因物體重心的位置、推力位置及啟動停止時的加減速等引起的慣性、切削阻力等外力的作用，負荷大小是變化的。

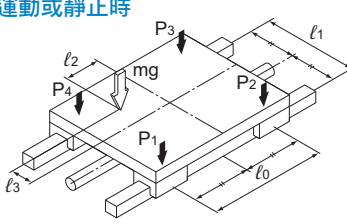
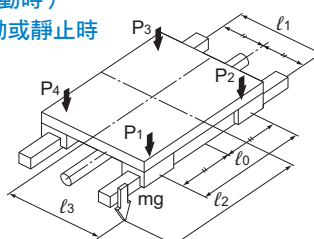
選定LM導軌時，有必要充分考慮這些條件來計算負荷的大小。

用下面的例1～例10來說明作用在LM導軌上的負荷大小的計算方法。

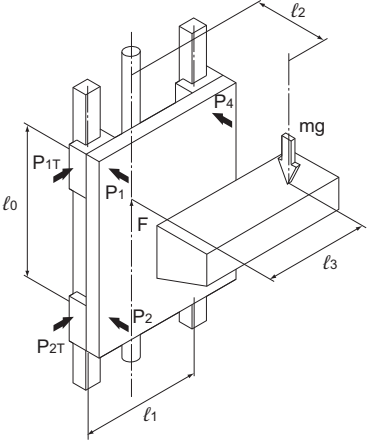
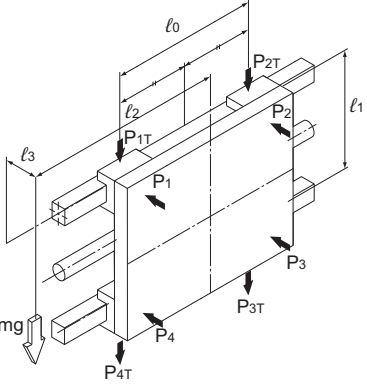
- $m$  : 質量 (kg)  
 $l_n$  : 距離 (mm)  
 $F_n$  : 外力 (N)  
 $P_n$  : 外加負荷 (徑向/反徑向) (N)  
 $P_{nr}$  : 外加負荷 (橫向) (N)  
 $g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)  
 (  $g = 9.8\text{m/s}^2$  )  
 $V$  : 速度 (m/s)  
 $t_n$  : 加速時間 (s)  
 $\alpha_n$  : 加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$$(\alpha_n = \frac{V}{t_n})$$

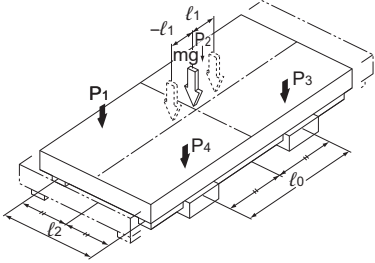
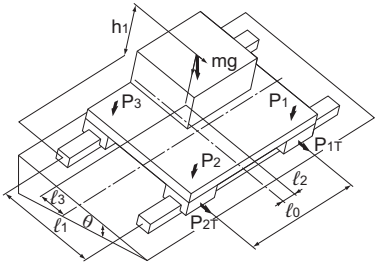
[例]

	使用條件	負荷大小的計算式
1	水平使用 (滑塊滑動時) 等速運動或靜止時 	$P_1 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_2 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$
2	水平使用，懸臂 (滑塊滑動時) 等速運動或靜止時 	$P_1 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_2 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$

注)箭頭方向為+負荷方向。

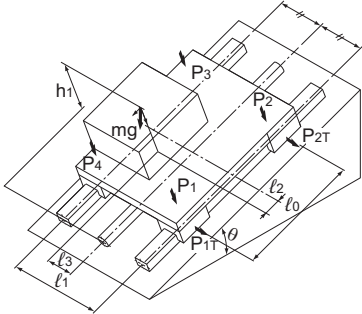
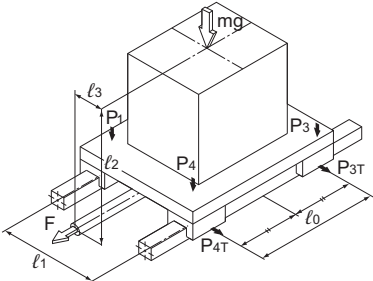
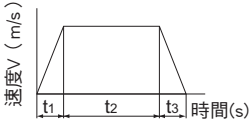
	使用條件	負荷大小的計算式
3	<p>垂直使用 等速運動或靜止時</p>  <p>例如:工業用機器人的垂直軸, 自動塗裝機,升降機</p>	$P_1 = P_4 = - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$
4	<p>掛壁使用 等速運動或靜止時</p>  <p>例如:交叉軌道裝載的行走軸</p>	$P_1 = P_2 = - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_3 = P_4 = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$

注)箭頭方向為+負荷方向。

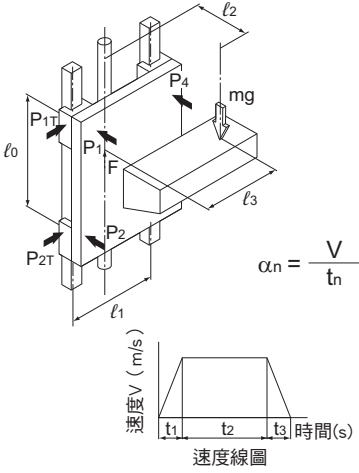
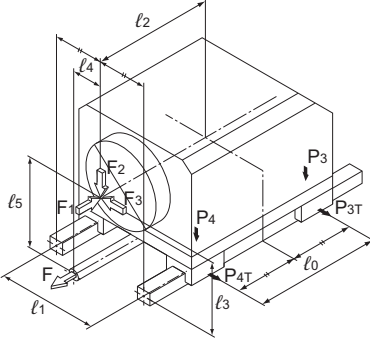
	使用條件	負荷大小的計算式
5	<p>LM軌道移動時 水平使用</p>  <p>例如:XY工作臺 滑動式叉子</p>	$P_1 \text{ to } P_4 (\max) = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_1}{2 \cdot l_0}$ $P_1 \text{ to } P_4 (\min) = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_1}{2 \cdot l_0}$
6	<p>橫向傾斜使用</p>  <p>例如:NC車床 往復台</p>	$P_1 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{1T} = \frac{mg \cdot \sin\theta}{4} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{2T} = \frac{mg \cdot \sin\theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_3 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{3T} = \frac{mg \cdot \sin\theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_4 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$ $P_{4T} = \frac{mg \cdot \sin\theta}{4} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$

注)箭頭方向為+負荷方向。



	使用條件	負荷大小的計算式
7	<p>縱向傾斜使用</p>  <p>例如:NC車床 刀架</p>	$P_1 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $- \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_3 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{3T} = - \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_4 = + \frac{mg \cdot \cos\theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $+ \frac{mg \cdot \cos\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$ $P_{4T} = + \frac{mg \cdot \sin\theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$
8	<p>有慣性力的水平使用</p>  <p>例如:搬運貨車</p> <p>速度線圖</p>  $\alpha_n = \frac{V}{t_n}$	<p>加速時</p> $P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} - \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} + \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ <p>等速時</p> $P_1 \text{ to } P_4 = \frac{mg}{4}$ <p>減速時</p> $P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = - \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$

注)箭頭方向為+負荷方向。

	使用條件	負荷大小的計算式
9	<p>有慣性力的垂直使用</p>  <p>速度線圖 例如:搬運升降機</p>	<p>加速時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{m(g + \alpha_1)l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{m(g + \alpha_1)l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{m(g + \alpha_1)l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{m(g + \alpha_1)l_3}{2 \cdot l_0}$ <p>等速時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$ <p>減速時</p> $P_1 = P_4 = - \frac{m(g - \alpha_3)l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{m(g - \alpha_3)l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{m(g - \alpha_3)l_3}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{m(g - \alpha_3)l_3}{2 \cdot l_0}$
10	<p>有外力的水平使用</p>  <p>例如:鑽削單元、 銑床、 車床、 數控機械 和它的切割機</p>	<p>F1作用下</p> $P_1 = P_4 = - \frac{F_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{F_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0}$ $P_{1T} = P_{4T} = \frac{F_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{F_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0}$ <p>F2作用下</p> $P_1 = P_4 = \frac{F_2}{4} + \frac{F_2 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_2 = P_3 = \frac{F_2}{4} - \frac{F_2 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ <p>F3作用下</p> $P_1 = P_2 = \frac{F_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_3 = P_4 = - \frac{F_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$ $P_{1T} = P_{4T} = - \frac{F_3}{4} - \frac{F_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$ $P_{2T} = P_{3T} = - \frac{F_3}{4} + \frac{F_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$

注)箭頭方向為+負荷方向。