

線性系統的壽命計算 1

● 技術計算軟體 http://download.misumi.jp/mol/fa_soft.html (日文網站) 可以將複雜的計算簡單化。

容許荷重

● 基本動態額定荷重 (C)

基本動態額定荷重, 是指一群相同的線性系統在相同條件下分別運轉, 其中90%運轉 50×10^3 m不會發生滾動疲勞造成的材料損傷, 具一定方向大小的荷重。

● 基本靜態額定荷重 (Co)

基本靜態額定荷重, 是指最大應力接觸部其滾動體的永久變形量和滾動面的永久變形量之總和, 相當於轉動體直徑的0.0001倍時的靜荷重。

● 靜態容許力矩 (MP、MY、MR)

力矩荷重作用時承受的靜態力矩荷重臨界值, 是以與基本靜態額定荷重Co一樣的永久變形量決定。

● 靜態安全係數 (fs)

靜態安全係數請見表-1, 當線性系統已靜止或低速在行進時, 基本靜態額定荷重(Co)必須依照使用情況除以fs。

表-1 靜態安全係數 (fs的下限)

| 使用條件 | fs的下限 |
|-----------|-------|
| 在普通運轉條件下 | 1~2 |
| 要求運轉平順時 | 2~4 |
| 當遭遇震動及衝擊時 | 3~5 |

$$\text{容許荷重 (N)} \leq C_o / f_s$$

$$\text{容許力矩 (N} \cdot \text{m)} \leq (M_P, M_Y, M_R) / f_s$$

fs: 靜態安全係數 Co: 基本靜態額定荷重 (N)

MP、MY、MR: 靜態容許力矩 (N·m)

壽命

當線性系統承受荷重而進行直線往返運動時, 在過程中反覆作用在滾動體及滾動接觸表面的應力, 會導致材料的疲乏而發生稱為“剝落”的鱗狀傷害, 而線性系統的壽命指的就是從開始至發生第一次剝落為止的總行進距離。

● 額定壽命 (L)

額定壽命指的是同一系列的線性系統在相同條件下各別行進且其中90%未產生剝落而能達成的總行進距離。

額定壽命的計算是從施加於線性系統之荷重以及基本動態額定荷重計算得來, 其求取之公式如下。

$$\text{滾珠時} \quad L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50$$

$$\text{滾軸時} \quad L = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3} \cdot 50$$

L: 額定壽命 (km)

C: 基本動態額定荷重 (N)

P: 作用荷重 (N)

● 實際使用線性系統時, 首先須計算其荷重。直線往返運動的荷重不但必須根據運轉時所產生的衝擊和震動來考量, 同時也必須考量對線性系統的分佈狀況, 其計算並不容易。除此之外, 使用溫度等也會影響壽命, 將這些條件全都考量進去後公式變化如下。

$$\text{滾珠時} \quad L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50$$

$$\text{滾軸時} \quad L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P} \right)^{10/3} \cdot 50$$

L: 額定壽命 (km)

fH: 硬度係數 (參照圖-1)

C: 基本動態額定荷重 (N)

fT: 溫度係數 (參照圖-2)

P: 作用荷重 (N)

fC: 接觸係數 (參照表-3)

fW: 荷重係數 (參照表-4)

壽命時間可由每一單位時間內所行進的距離算出。

在行程長度及行程次數一定的情况下時, 可由以下公式求得。

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot l_s \cdot n_1 \cdot 60}$$

Lh: 壽命時間 (hr)

ls: 行程長度 (m)

L: 額定壽命 (km)

n1: 每分鐘往返次數 (cpm)

摩擦力及必要推力

摩擦力(必要推力)可從荷重及系統原有的密封阻力, 以下列公式推算出來。

$$F = \mu \cdot W + f$$

F: 摩擦力 (N)

μ: 動態摩擦係數

W: 負荷荷重

f: 密封阻力 (2N~5N)

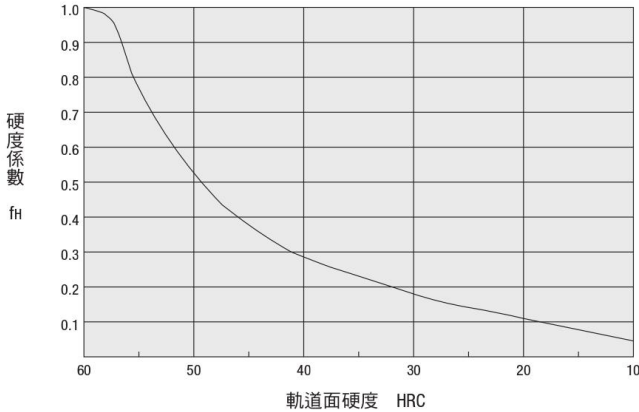
表-2 動態摩擦係數

| 種類 | 動態摩擦係數 (μ) |
|--------|---------------|
| 微型滑軌 | 0.004~0.006 |
| 中荷重滑軌 | 0.002~0.003 |
| 滑道 | 0.001~0.003 |
| 滑座 | 0.001~0.003 |
| 線性襯套 | 0.002~0.003 |
| 線性鋼珠襯套 | 0.0006~0.0012 |

● 硬度係數 (f_H)

在線性系統中, 滾珠接觸的軸必須有足夠的硬度, 硬度不夠時容許荷重會降低, 也會相對減短其壽命。
額定壽命請以硬度係數來做補足及修正。

圖-1. 硬度係數



● 接觸係數 (f_c)

一般而言, 每一個軸都與二個以上的線性系統一起使用, 視加工精密度不同, 使用在每一個線性系統的荷重也會有所差異, 其結果每一個線性系統的容許荷重皆會因為每一軸上所使用的線性系統數而不同。

額定壽命請以表-3的接觸係數來做補足及修正。

● 荷重係數 (f_w)

當計算作用在線性系統的全部荷重時, 需要關於物體重量、速度所引起的慣性力、力矩負荷、及其各別的時間變化等的正確數據。不過, 在往返動作中經常重覆移動、停止的動作, 又很容易引起震動或衝擊而很難得到正確的數據。

因此, 要利用表-4的荷重係數來簡化壽命計算。

■ 線性襯套

額定壽命, 可由基本動態額定荷重和施加於線性襯套之荷重以下公式求得。

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50$$

- L : 額定壽命 (km) f_H : 硬度係數 (參照圖-1)
- C : 基本動態額定荷重 (N) f_T : 溫度係數 (參照圖-2)
- P : 作用荷重 (N) f_c : 接觸係數 (參照表-3)
- f_w : 荷重係數 (參照表-4)

壽命時間可從每一單位時間行進距離算出。行程長度和行程次數固定時, 可由下列公式算出。

$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell_s \cdot n_1 \cdot 60}$$

- L_h : 壽命時間 (hr) ℓ_s : 行程長度 (m) L : 額定壽命 (km)
- n₁ : 每分鐘往返次數 (cpm)

● 溫度係數 (f_T)

當線性系統的溫度超過100°C時, 其線性系統和軸的硬度皆會降低。此種情況相較於常溫下使用更會降低其容許荷重, 進而縮短壽命。
額定壽命請以溫度係數來做補足及修正。

圖-2. 溫度係數

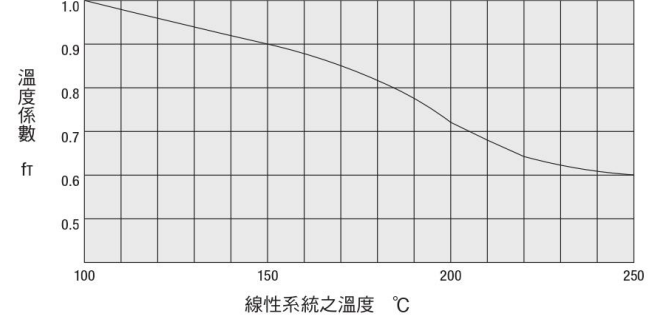


表-3. 接觸係數

| 每軸之軸承數 | 接觸係數 f _c |
|--------|---------------------|
| 1 | 1.00 |
| 2 | 0.81 |
| 3 | 0.72 |
| 4 | 0.66 |
| 5 | 0.61 |

表-4. 荷重係數

| 使用條件 | f _w |
|---------------------------------|----------------|
| 沒有外部衝擊震盪且在低速作用時 15m/min以下 | 1.0~1.5 |
| 沒有顯著的外力衝擊震盪且在中速使用時 60m/min以下 | 1.5~2.0 |
| 有外部衝擊震盪且在高速使用時 超過60m/min | 2.0~3.5 |

■ 線性鋼珠襯套

額定壽命, 依基本動態額定荷重和施加於線性鋼珠襯套之荷重由以下公式求得。

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c}{f_w} \cdot \frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50$$

- L : 額定壽命 (km) f_H : 硬度係數 (參照圖-1)
- C : 基本動態額定荷重 (N) f_T : 溫度係數 (參照圖-2)
- P : 作用荷重 (N) f_c : 接觸係數 (參照表-3)
- f_w : 荷重係數 (參照表-4)

壽命時間

• 旋轉和往返運動時

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \sqrt{(dm \cdot n)^2 + (10 \cdot S \cdot n_1)^2} / dm}$$

• 往返運動時

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{600 \cdot S \cdot n_1 / (\pi \cdot dm)}$$

- L_h : 壽命時間 (hr) S : 行程長度 (mm) n : 每分鐘轉速 (rpm)
- n₁ : 每分鐘行程數 (cpm)
- dm : 鋼珠的螺距圓孔徑 (mm) ≒ 1.15dr

• 旋轉及往返運動的容許值

$$DN \geq dm \cdot n + 10 \cdot S \cdot n_1$$