



文件序號：T2020080

## 技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	在計算齒輪的強度時，是否應考慮啟動慣性負荷？
重點	在計算齒輪的強度時，是否應考慮啟動慣性負荷？
產出日期	2020/02/18
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



問：在計算齒輪的強度時，是否應考慮啟動慣性負荷？

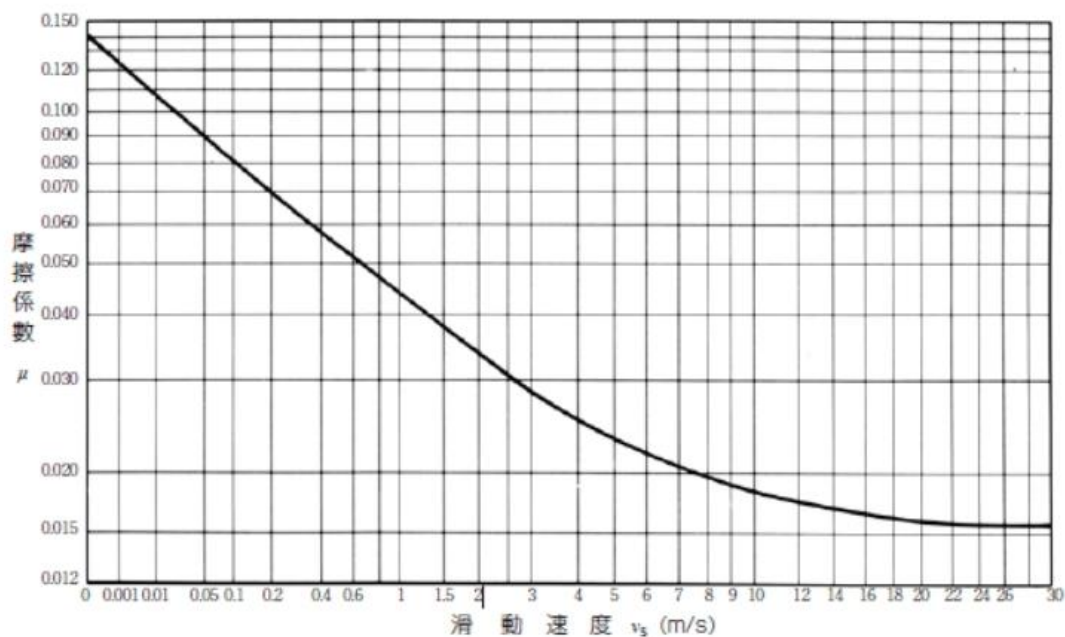
您好，我現設計一橫移機構，機構約重 5000kg，請問我應該需使用多大模數的齒條，請貴司推薦適用的型號。

答：

由於xx先生對移動機構的說明不是很詳細，我們只能概略地說明選用的步驟。

假設本機構做的是水平方向橫移，而不是上下升降運動。

1. 先不考慮移動機構的啟動及制動，僅以總機構的重量來做計算的根據。  
 總機構重  $W = 5000\text{kgs}$ ，如果機構只是以滑板支撐，沒有滾輪或滾珠滑軌，則本機構所需之額定實際負荷推力  $F_1$ ， $F_1 = \text{正壓力 } W \times \text{滑動摩擦係數 } \mu$ ，在這裡我們假設本機構之滑動摩擦係數  $\mu$  由下求得



各種材料的組合及其摩擦係數  $\mu$

材料的組合	$\mu$ 值
鑄鐵和青銅	上圖摩擦係數的 1.15 倍
鑄鐵和鑄鐵	上圖摩擦係數的 1.33 倍
淬火鋼和鋁	上圖摩擦係數的 1.33 倍
鋼和鋼	上圖摩擦係數的 2.0 倍



$V = 0.5 \text{ m/sec}$ ，則滑動摩擦係數  $\mu = 0.055 \times 2 = 0.11$ 。

所以，應有的額定實際負荷推力  $F_1 = 5000 \times 0.11 = 550 \text{ kgf}$

但如果機構有滾輪或滾珠滑軌支撐，則摩擦係數  $\mu$  會更低（即滾動摩擦係數）  
約為  $0.055$ ，則應有的額定實際負荷推力  $F_1 = 5000 \times 0.055 = 275 \text{ kgf}$

2. 若是要考慮移動機構的啟動及制動，就必須知機構最短的加速或減速時間  $t$ ，及機構的最高移動速率  $V$

由加/減速時間  $t$  及牛頓的運動公式  $V = V_0 + at$ ，可求得加速度的最大值。  
再由  $F_2 = Mxa$ ，可算得本機構的最大的慣性負荷推力  $F_2$ ，（其中  $M$  是機構總質量  $\text{kg}$ ）

假設

a. 加速時間 =  $1 \text{ sec}$ ， $V = 0.5 \text{ m/sec}$ ， $V_0 = 0$ ，則  $a = 0.5 \text{ m/sec}^2$

$M = 5000 \text{ kg}$ ，則慣性推力  $F_2 = Mxa = 5000 \times 0.5 = 2500 \text{ kgf}$

b. 加速時間 =  $2 \text{ sec}$ ， $V = 0.5 \text{ m/sec}$ ， $V_0 = 0$ ，則  $a = 0.25 \text{ m/sec}^2$

$M = 5000 \text{ kg}$ ，則慣性推力  $F_2 = Mxa = 5000 \times 0.25 = 1250 \text{ kgf}$

3. 如果選  $F_1$  和  $F_2$  中比較大的一個做基準來選用齒輪，其步驟如下：

在此假如以  $2500 \text{ kgf}$  的慣性負荷推力，在 KHK 型錄裡（或在網頁型錄中「以強度搜尋」功能）

先概略找出大概的使用模數，再根據著個模數，依照機構需要的移動速率找出應該使用小齒輪的轉速及齒數及型號，

（必須先訂定小齒輪的大小範圍才能進行此步驟）。

接著由 KHK 網頁型錄中的「強度計算功能」算出小齒輪的容許負荷強度（容許切線力）。

最後再來判斷小齒輪的容許切線力是否  $>$  實際負荷推力

4. 一般而言慣性負荷推力  $F_2$  會比額定實際負荷推力  $F_1$  來得大很多，會出現這個現象其問題在於加速或制動時間  $t$  的長短以及要求移動的最高速率  $V$  之大小。

如果不理會這著個問題，而希望在最短時間內以馬達直接啟動，那麼我們將發現再大再強的齒輪模數都很難滿足這個需求，機構將越變越大。

5. 所以齒輪在設計時，只需以額定實際負荷  $F_1$  為基準來計算其強度，至於啟動與制動所發生的超大慣性負荷  $F_2$ ，就交給控制設計人員，請他們在啟動時採用：

**STAR-DELTA 緩起動接線 或 變頻啟動 或 以程式控制，來拉長加速時**



間  $t$ ，則能有效降低慣性負荷推力  $F_2$  過大的問題。

當然，您也可以不顧一切地在計算齒輪的強度時，以啟動慣性負荷來做強度可否的比對，只是這麼一來，機構的成本將會是您另外一個大問題。

6. 另外，請儘量以滾動（滾輪或滾珠滑軌）做為機台移動的支撐，以減少摩擦力的發生。