

問：

昭源企業你好：

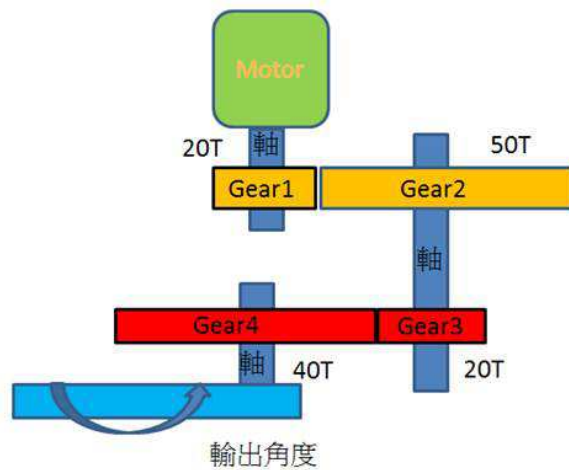
我目前齒輪欲規劃如下圖

請教一下我 Gear1 (  $Z_1$  ) 與 Gear2 (  $Z_2$  ) 是模數 1，Gear3 (  $Z_3$  ) 與 Gear4 (  $Z_4$  ) 是模數 0.8，這樣使用會有問題嗎??還是只要嚙合的齒輪是相同模數就可以了

在一個問題是解析度的問題，解析度跟  $Z_1$  齒數有無關係，還是只跟馬達的解析度有關係。

假設我今天用相同的馬達，步進角度都是 1.8 度的話，目前我使用的減速比是 10 比 1， $Z_1$  一齒的角度 18 度，輸出軸輸出角度為 1.8 度。假設我將  $Z_1$  改變為 40T， $Z_2$  變為 100T，一齒的角度是 9 度，則輸出軸輸出角度為 0.9 度

請不吝指教，謝謝



答：

謝謝詢問

由您的敘述及簡圖，得知轉速可依著軸心，分成下列 3 種速度，由

|  |                      |
|--|----------------------|
| 輸入端之馬達 ( 第一軸 ) 及 $Z_1$ ( 20T )   | RPM <sub>1</sub>     |
| 經過 $Z_2$ ( 50T ) 及第二軸和 $Z_3$ ( 20T )   | RPM <sub>2</sub>     |
| 經過 $Z_4$ ( 40T ) 及第三軸和旋轉臂 ( 輸出端 )  | RPM <sub>3</sub>     |
| RPM <sub>1</sub> = 馬達轉速 ( 或旋轉度數 )  | = 18°                |
| PRM <sub>2</sub> = PRM <sub>1</sub> × ( $Z_1/Z_2$ ) = RPM <sub>1</sub> × (20/50) | = 18 × 20/50 = 7.2°  |
| RPM <sub>3</sub> = RPM <sub>2</sub> × ( $Z_3/Z_4$ ) = PRM <sub>2</sub> × (20/40) | = 7.2 × 20/40 = 3.6° |

若馬達旋轉度數或齒數比改變，則可依照上述方法自行推算。

若精密來說，尚須考慮因齒隙而發生的回轉角度齒隙，尤其在有正逆轉情形。

實務上來說，系統的解析度和馬達的解析度有絕對的關係，但是齒輪的精度 ( 節距誤差 ) 對解析度也有著舉足輕重的影響。

旋轉力矩，將會是

|                                      |                |
|--------------------------------------|----------------|
| 輸入端之馬達 ( 第一軸 ) 及 $Z_1$ ( 20T )       | T <sub>1</sub> |
| 經過 $Z_2$ ( 50T ) 及第二軸和 $Z_3$ ( 20T ) | T <sub>2</sub> |

經過  $Z_4$  ( 40T ) 及第三軸和旋轉臂 ( 輸出端 )  $T_3$

$T_1$  = 馬達力矩

$$T_2 = T_1 \times (Z_2 / Z_1) = T_1 \times (50 / 20)$$

$$T_3 = T_2 \times (Z_4 / Z_3) = T_2 \times (40 / 20)$$

在本案例中您會發現轉速會越來越慢 (  $RPM_1 > RPM_2 > RPM_3$  )

隨著轉速變慢，力矩將會越來越大 (  $T_1 < T_2 < T_3$  )

而齒輪的模數也應該隨著力矩的增大而變大，才足以負荷較大的負荷 ( 力矩 ) 。

您的提問中沒有提及實際負荷，因此無從查核及比較。

但照理來說， $Z_1, Z_2$  應使用 M0.8， $Z_3, Z_4$  應使用 M1.0 才合理。

除非設計者另有其他的考量，這就不是本討論中可以推算及推測的。

參考：

齒輪的齒隙

一對齒輪要想達到平順穩定的運轉，需要有齒隙。齒隙是指一對齒輪咬合時，齒面間間隙。根據量測方向的不同，齒隙被分為圓周齒隙  $j_t$ ，法線齒隙  $j_n$ ，徑向齒隙  $j_r$  和回轉角度齒隙  $j_\theta$  (°)。

各種齒輪的齒隙：下表中，列出了各種齒輪的圓周齒隙，法線齒隙，半徑方向齒隙及半軸方向齒隙之間的關係式。

各種齒隙間關係式

| 齒輪組 | 齒輪的種類   | 圓周方向齒隙<br>$j_t$                          | 法線方向齒隙<br>$j_n$                  | 回轉角度齒隙<br>$j_\theta$          | 半徑方向齒隙<br>$j_r$                           | 軸方向齒隙<br>$j_x$ |
|-----|---------|--|----------------------------------|-------------------------------|---|----------------|
| 平行軸 | 正齒輪     | $\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \beta}$   | $j_t \cos \alpha_n \cos \beta$   | $\frac{360^\circ j_t}{\pi d}$ | $\frac{j_n}{2 \sin \alpha_n}$             |                |
|     | 螺旋齒輪    |  |                                  |                               |   |                |
| 相交軸 | 直齒傘形齒輪  | $\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \beta_m}$ | $j_t \cos \alpha_n \cos \beta_m$ |                               |   |                |
|     | 彎齒傘形齒輪  |  |                                  |                               | $\frac{j_n}{2 \sin \alpha_n \sin \delta}$ |                |
| 交錯軸 | 交錯軸螺旋齒輪 | $\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \beta}$   | $j_t \cos \alpha_n \cos \beta$   |                               |   |                |
|     | 蝸桿      | $\frac{j_n}{\cos \alpha_n \sin \gamma}$  | $j_t \cos \alpha_n \sin \gamma$  |                               |   |                |
|     | 蝸輪      | $\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \gamma}$  | $j_t \cos \alpha_n \cos \gamma$  |                               |   |                |

圓周齒隙與回轉角度齒隙之間的關係式如下。

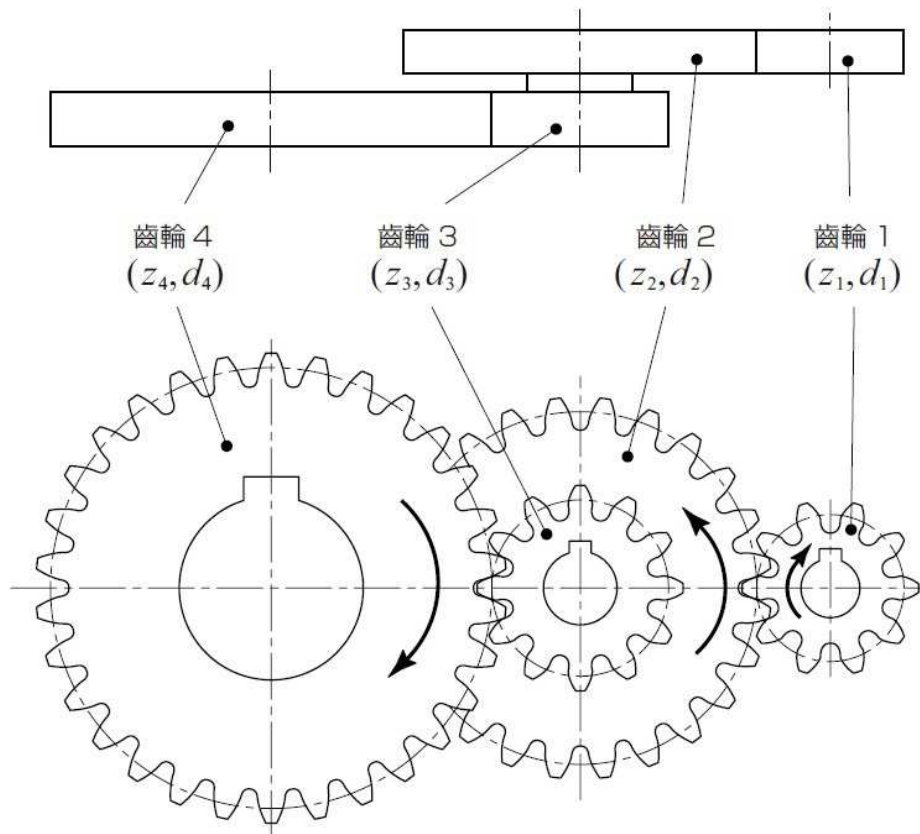
$$j_\theta = j_t \times \frac{360}{\pi \cdot d} \text{ (度)}$$

齒輪鎖鏈與齒隙

一段齒輪機構中的齒隙已經在各種齒輪的齒隙中介紹過。現在，再來考慮二段齒輪機構的齒隙。

如下圖所示的二段齒輪機構中，設  $j_1$  為第一段的圓周齒隙， $j_2$  為第二段的圓周齒

隙。



二段齒輪機構的齒隙

在此若將第一段的小齒輪  $Z_1$  固定,第二段的大齒輪  $Z_4$  的總圓周齒隙  $j_{T4}$  為:

$$j_{T4} = j_{T1} \frac{d_3}{d_2} + j_{T4}$$

換算成回轉角度齒隙  $j_\theta$  則為:

$$j_\theta = j_{T4} \frac{360}{\pi \cdot d_4} (\text{度})$$

當大齒輪  $Z_4$  固定時,則第一段的小齒輪  $Z_1$  的總圓周齒隙  $j_{T1}$  為:

$$j_{T1} = j_{T4} \frac{d_2}{d_3} + j'_T$$

換算成回轉角度齒隙  $j_\theta$  則為:

$$j_\theta = j_{T1} \frac{360}{\pi \cdot d_1} (\text{度})$$

敬請參考 KHK 齒輪技術資料 (第六章)

[http://www.khkgears.co.jp/tw/gear\\_technology/pdf/3010gearguide\\_tw.pdf](http://www.khkgears.co.jp/tw/gear_technology/pdf/3010gearguide_tw.pdf)

以上說明

謝謝