



文件序號：T2020216

技術類別：《齒輪應用》

| | |
|------|-------------------------------|
| 技術類別 | 齒輪應用 |
| 篇名 | 齒輪與齒條的選用例 |
| 重點 | 齒輪與齒條的選用例 |
| 產出日期 | 2020/03/06 |
| 資料來源 | 日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理 |

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation
台中市台灣大道二段 285 號 20F
TEL : 886-423232026 , Website : www.ltic.com.tw ,
Email : salestw@ltic.com.tw



問：

我們使用齒輪與齒條來做機台的傳動

馬達轉速 3000~5000 rpm

額定扭矩 2.39 N-m

最大扭矩 7.16 N-m

馬達銜接 1/10 之減速裝置

欲推動之平台約 70 kgf 重（底部有線性滑軌支撐）

欲達到之最高行走速度 1 m/s

目前選定之齒輪與齒條為：

KHK SSG2-35J19 / SRFD2-1500

請協助查核是否合適，不知有沒有其他需考量之處

另外，要跟貴公司請教相關使用經驗

1. 多條齒條如何安裝才能平整並減少高度落差
2. 齒輪與齒條嚙合會不會產生很大的噪音

答：

速度計算：

首先，馬達經減速後，轉速將降為原來的 1/10：300~500 rpm，而輸出之力矩也將增大原先的 10 倍，即約 24 N-m(≐2.39×10)。

若採用模數 2 的齒輪齒條時，當小齒輪為 25 齒，則節圓周長為 157.08 mm (≐2×25×π)。

欲使平台達 1 m/s=1000 mm/s 之行走速率，則小齒輪(SSG2-35J9)的轉速應為 **382 rpm** (≐381.97=1000÷157.08×60)。

負荷計算：

由於 70 kgf 重之平台，底部安裝有線性滑軌，**假設摩擦係數 $\mu=0.2$** ，則平台產生之摩擦力 $F=70\times 0.2=14\text{ kgf}\doteq 140\text{ N}$ (137.2924 N)

小齒輪之節圓半徑 $r=2\times 25\div 2=25\text{ mm}=0.025\text{ m}$

得小齒輪之負荷扭力應要大於 $T=F\times r=140\times 0.025=3.5\text{ N-m}$ ，才推得動平台。



馬達的定額扭矩 = 2.39 N·m，減速 1/10 後，所得之扭力 = $2.39 \times 10 \times \eta(80\%) = 19.12 \text{ N}\cdot\text{m}$ > 小齒輪之負荷力矩 3.5 N·m，馬達在減速後推得動平台！

齒輪強度計算：

SSG2-35J19 齒輪強度計算

http://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=2&lang=zh_TW&referrer=series&seihinNm=SSG2-35J19&curPage=default#SSG2-35J19

| | | | | |
|----------|--------------|--|--|---|
| lnc | 35 | <input checked="" type="checkbox"/> 正齒輪 | <input checked="" type="checkbox"/> 齒條 | <input checked="" type="checkbox"/> 內齒輪 |
| 配對齒輪 | | | | |
| 配對齒數 | 35 | | | |
| 配對齒面寬 | 20 | | | |
| 配對齒輪加工法 | | <input checked="" type="checkbox"/> 切削 | <input checked="" type="checkbox"/> 研磨 | |
| 回轉數 | 382 rpm | | | |
| 反覆回轉數 | 10,000,000以上 | | | |
| 過負荷係數 | 1.25 | | | |
| | | 衝擊來自原動機側 | 來自被動機械的衝擊 | |
| | | | 均一負荷 | 中度衝擊 |
| | | | 均一負荷 | 激烈衝擊 |
| | | 均一負荷 | 1.00 | 1.25 |
| | | 輕度衝擊 | 1.25 | 1.50 |
| | | 中度衝擊 | 1.50 | 1.75 |
| | | 1.75 | 2.00 | 2.25 |
| 潤滑油之動態黏度 | ISO VG 100 | | | |
| 安全率 | 1.2 | | | |
| 齒輪的支撐方向 | | <input checked="" type="checkbox"/> 單側支撐 | <input checked="" type="checkbox"/> 兩側支撐 | |
| 負荷方向 | | <input checked="" type="checkbox"/> 單方向 | <input checked="" type="checkbox"/> 兩方向 | false |
| 單位 | | <input checked="" type="checkbox"/> kgf | <input checked="" type="checkbox"/> N | |

SSG 齒研正齒輪 [SSG2-35J19] 的強度計算結果

【計算結果】

| | |
|---------------------------|-----------|
| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- | |
| 容許切線力 (N) | 2060.0009 |
| 容許力矩 (N·m) | 72.1000 |

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

台中市台灣大道二段 285 號 20F

TEL : 886-423232026 , Website : www.ltic.com.tw ,

Email : salestw@ltic.com.tw



| | |
|-----------|--------|
| 容許動力 (kW) | 2.8842 |
|-----------|--------|

| | |
|---------------------------|-----------|
| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- | |
| 容許切線力 (N) | 1818.8890 |
| 容許力矩 (N·m) | 63.6611 |
| 容許動力 (kW) | 2.5467 |

【使用條件輸入值】

| | |
|----------|--------------------|
| 配對種類 | [齒條] |
| 配對齒數 | - |
| 配對齒面寬 | [20] |
| 配對齒輪加工法 | [切削] |
| 回轉數 | [382.0] rpm |
| 反覆回轉數 | [10, 000, 000 以 |
| 負荷方向 | [兩方向] |
| 過負荷係數 | [1.25] |
| 潤滑油之動態黏度 | [ISO VG 100] cSt |
| 齒輪的支撐方向 | [單側支撐] |
| 安全率 | [1.2] |

【各項係數值】

| | |
|---------------------------|---------|
| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- | |
| 有效齒面寬 | 20.0000 |
| 齒形係數 | 2.4571 |
| 荷重分配係數 | 0.5453 |
| 螺旋角係數 | 1.0000 |
| 壽命係數 | 1.0000 |
| 尺寸係數 | 1.0000 |
| 動荷重係數 [注] | 1.2000 |
| 過負荷係數 | 1.2500 |
| 安全率 | 1.2000 |
| 容許彎曲應力 | 12.6667 |

麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

台中市台灣大道二段 285 號 20F

TEL : 886-423232026 , Website : www.ltic.com.tw ,

Email : salestw@ltic.com.tw



| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- | |
|---------------------------|---------|
| 領域係數 | 2.4946 |
| 材質係數 | 60.6037 |
| 咬合率係數 | 1.0000 |
| 螺旋角係數 | 1.0000 |
| 壽命係數 | 1.0000 |
| 潤滑油係數 | 1.0000 |
| 粗度係數 | 1.0769 |
| 潤滑速度係數 | 0.9540 |
| 硬度比係數 | 1.0000 |
| 尺寸係數 | 1.0000 |
| 荷重分布係數 | 1.3071 |
| 動荷重係數 [注] | 1.2000 |
| 過負荷係數 | 1.2500 |
| 安全率 | 1.2000 |
| 容許赫茲應力 | 90.0000 |

[注] 無齒形經過修正 JIS 3 級

SRFD2-1500 齒輪強度計算

http://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=24&lang=zh_TW&referrer=series&seihinNm=SRFD2-1500&curPage=default#SRFD2-1500



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|-----------|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <input type="checkbox"/> false <input type="text" value="240"/> | <input checked="" type="checkbox"/> 正齒輪 <input checked="" type="checkbox"/> 齒條 <input checked="" type="checkbox"/> 內齒輪 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配對齒輪 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配對齒數 | <input type="text" value="35"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配對齒面寬 | <input type="text" value="20"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 配對齒輪加工法 | <input checked="" type="checkbox"/> 切削 <input checked="" type="checkbox"/> 研磨 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 小齒輪回轉數 | <input type="text" value="382"/> rpm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 反覆回轉數 | <input type="text" value="10,000,000以上"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 過負荷係數 | <input type="text" value="1.25"/> <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <tr> <td rowspan="2">衝擊來自原動機側</td> <td colspan="3">來自被動機械的衝擊</td> </tr> <tr> <td>均一負荷</td> <td>中度衝擊</td> <td>激烈衝擊</td> </tr> <tr> <td>均一負荷</td> <td>1.00</td> <td>1.25</td> <td>1.75</td> </tr> <tr> <td>輕度衝擊</td> <td>1.25</td> <td>1.50</td> <td>2.00</td> </tr> <tr> <td>中度衝擊</td> <td>1.50</td> <td>1.75</td> <td>2.25</td> </tr> </table> | 衝擊來自原動機側 | 來自被動機械的衝擊 | | | 均一負荷 | 中度衝擊 | 激烈衝擊 | 均一負荷 | 1.00 | 1.25 | 1.75 | 輕度衝擊 | 1.25 | 1.50 | 2.00 | 中度衝擊 | 1.50 | 1.75 | 2.25 |
| 衝擊來自原動機側 | 來自被動機械的衝擊 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 均一負荷 | 中度衝擊 | 激烈衝擊 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 均一負荷 | 1.00 | 1.25 | 1.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 輕度衝擊 | 1.25 | 1.50 | 2.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中度衝擊 | 1.50 | 1.75 | 2.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 潤滑油之動態黏度 | <input type="text" value="ISO VG 100"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 安全率 | <input type="text" value="1.2"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 齒輪的支撐方向 | <input checked="" type="checkbox"/> 單側支撐 <input checked="" type="checkbox"/> 兩側支撐 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 負荷方向 | <input checked="" type="checkbox"/> 單方向 <input checked="" type="checkbox"/> 兩方向 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 追加熱處理 | <input checked="" type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="text" value="trmc"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 單位 | <input checked="" type="checkbox"/> kgf <input checked="" type="checkbox"/> N | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

SRFD 裝配加工齒條 [SRFD2-1500] 的強度計算結果

【計算結果】

| | |
|---------------------------|-----------|
| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- | |
| 容許切線力 (N) | 2380.0453 |
| 容許力矩 (N·m) | 0.0000 |
| 容許動力 (kW) | 3.3323 |

| | |
|---------------------------|----------|
| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- | |
| 容許切線力 (N) | 862.1593 |
| 容許力矩 (N·m) | 0.0000 |
| 容許動力 (kW) | 1.2071 |

【使用條件輸入值】

| | |
|-------|---------|
| 配對種類 | [正齒輪] |
| 配對齒數 | [35] |
| 配對齒面寬 | [20] |



| | |
|----------|--------------------|
| 配對齒輪加工法 | [研磨] |
| 回轉數 | [382.0] rpm |
| 反覆回轉數 | [10, 000, 000 以 |
| 負荷方向 | [兩方向] |
| 過負荷係數 | [1.25] |
| 潤滑油之動態黏度 | [ISO VG 100] cSt |
| 齒輪的支撐方向 | [單側支撐] |
| 安全率 | [1.2] |

【各項係數值】

| | |
|---------------------------|---------|
| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- | |
| 有效齒面寬 | 20.0000 |
| 齒形係數 | 2.0665 |
| 荷重分配係數 | 0.5453 |
| 螺旋角係數 | 1.0000 |
| 壽命係數 | 1.0000 |
| 尺寸係數 | 1.0000 |
| 動荷重係數 [注] | 1.3000 |
| 過負荷係數 | 1.2500 |
| 安全率 | 1.2000 |
| 容許彎曲應力 | 13.3333 |

[注] 無齒形經過修正 JIS 4 級

| | |
|---------------------------|---------|
| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- | |
| 領域係數 | 2.4946 |
| 材質係數 | 60.6037 |
| 咬合率係數 | 1.0000 |
| 螺旋角係數 | 1.0000 |
| 壽命係數 | 1.0000 |
| 潤滑油係數 | 1.0000 |
| 粗度係數 | 1.1926 |
| 潤滑速度係數 | 0.9040 |
| 硬度比係數 | 1.1706 |
| 尺寸係數 | 1.0000 |
| 荷重分布係數 | 1.3071 |
| 動荷重係數 [注] | 1.3000 |
| 過負荷係數 | 1.2500 |
| 安全率 | 1.2000 |
| 容許赫茲應力 | 52.5000 |

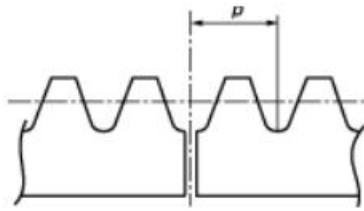
追加工時的注意事項

KHK 的標準齒條中除齒面經淬火處理的產品外均可以施行追加工。但是，為了避免產品精度下降，請勿對齒幅做消減加工。另外，對磨齒齒條及帶裝配孔系列的產品做追加工後可能引起精度下降。



齒條的基準齒距線高度的尺寸管理，是以齒條的底面作為基準面，使用測量用滾柱測試齒厚來實現。如果對齒條的底面進行加工，可能會使齒條的精度下降。

對齒條的端面做加工時，請特別注意連接部的齒距（ p ）精度。還有，連接部的齒距公差為正值時，此部分的嚙合變差，所以請按負公差對接合部做追加工。下表為模數不同的齒距與公差的參考值。



$p = \pi \cdot m$ ， p ：基準齒距， π ：圓周率， m ：模數

| | | |
|-------------|-------|-------|
| m0.5 | 1.57 | -0.05 |
| m0.8 | 2.51 | -0.05 |
| m1 | 3.14 | |
| m1.5 | 4.71 | -0.1 |
| m2 | 6.28 | -0.3 |
| m2.5 | 7.85 | |
| m3 | 9.42 | |
| m4 | 12.57 | |
| m5 | 15.71 | -0.1 |
| m6 | 18.85 | -0.4 |
| m8 | 25.13 | |
| m10 | 31.42 | |

如果使用定位銷來固定齒條時，請將齒條固定在安裝面上然後對二者同時進行鑽孔。

材料為 S45C 及 SCM440（磨齒產品除外）的 KHK 標準齒條產品可以進行齒面高周波熱處理，但要注意齒距精度的下降。

追加工後，需要對所有的棱角部做倒角加工，並去除毛刺。棱角部為銳角或留有毛刺等的產品在使用時非常危險，請多加注意。



用台鉗等夾住齒頂時，請注意調整夾壓，不要壓壞輪齒。壓痕會導致產生噪音。

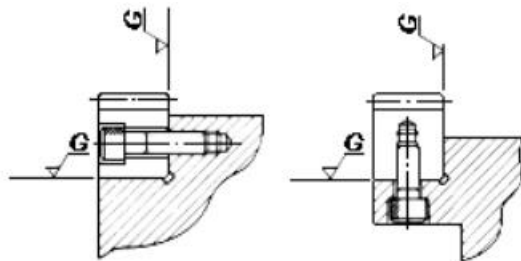
裝配時的注意事項

KHK 標準齒條在下述標準的裝配距離(裝配距離公差為 H7~H8)下已有適當的齒隙。齒隙值請參考[選擇時的注意事項](#)。此外，在裝配時通常要保持一定的裝配距離

【附註】在小齒輪為標準正齒輪 ($X=0$) 的情形。
裝配距離 a =齒條的嚙合高度+小齒輪的節圓半徑



KRG 系列研磨齒條是安裝面經過研磨加工的高精度產品。安裝齒條的基面精度低會對產品的性能產生影響。請參考下圖，將齒條組裝在高精度平行度和垂直度的基面(推薦值為 $10\mu\text{m}$ 以內)。

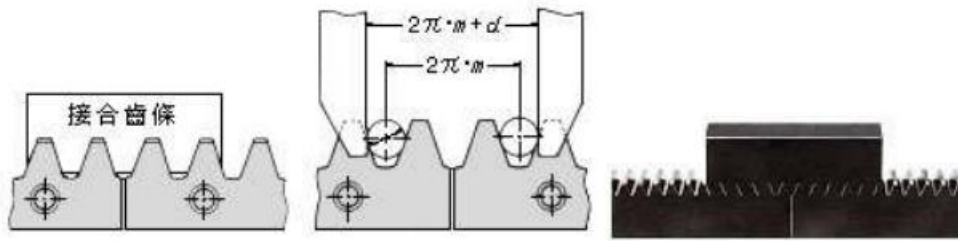


如果齒條沒有確實固定在基準面上，運轉中可能會因齒條的移動而引起無法預知的後果。我們建議與定位梢等並用，將齒條固定。

兩端面經過加工的 SRF 及 SRFD 系列齒條，端面的加工精度以節距為例：模數小於 2.5 時，節距(p)的公差為 $P_{-0.3}^{0.1}$ 模數超過 2.5 時，公差為 $P_{-0.4}^{0.1}$ 等公差來加工。連結使用時，如果將二根齒條的端面緊貼一起，連結部的節距會變得較小而造成困擾。請按下圖所示的方法予以裝配。

對 DR 可撓性齒條請使用專用的齒條固定夾及齒條導軌固定之。

齒條連結方法例



【附註】與接合螺旋齒條相配合使用的齒條其旋向應為相反旋向

齒條的齒隙(齒厚的減少量) 單位：mm

■ 齒條單體的齒隙（單邊齒厚減少量）單位：mm

| 精度等級 (KHK R 001) | 1 級 | 3 級 | 4 級 | | 5 級 | |
|---------------------|------------|------------|-----------|-----------|---------------|--------|
| | | | 調質處理齒條除外 | 包括調質處理齒條 | 金屬產品 | 塑膠產品 |
| 模數 (m) 或節距 (CP) | | | | | | |
| m0.5 | — | 0~ 0.07 | 0.02~0.10 | — | — | — |
| m0.8、CP2.5 | 0~ 0.05 | 0~ 0.08 | 0.03~0.12 | 0.03~0.14 | 0.03~ 0.14 | — |
| m1 | 0~ 0.05 | 0~ 0.10 | 0.03~0.12 | 0.03~0.14 | 0.03~ 0.14 | 0~0.20 |
| m1.5、CP5 | 0~ 0.05 | 0~ 0.10 | 0.04~0.13 | 0.04~0.15 | 0.04~ 0.15 | 0~0.21 |
| m2 | 0~ 0.05 | 0~ 0.10 | 0.05~0.14 | 0.05~0.16 | 0.05~ 0.16 | 0~0.22 |
| m2.5 | 0~ 0.05 | 0~ 0.10 | 0.06~0.16 | 0.06~0.18 | 0.06~ 0.18 | 0~0.24 |
| m3、CP10 | 0~ 0.05 | 0~ 0.10 | 0.07~0.18 | 0.07~0.20 | 0.07~ 0.20 | 0~0.27 |
| m4 | — | 0~ 0.10 | 0.08~0.22 | 0.08~0.24 | 0.08~ 0.24 | — |
| m5、CP15 | — | 0~ 0.10 | 0.09~0.24 | 0.09~0.26 | 0.09~ 0.26 | — |
| m6、CP20 | — | 0~ 0.10 | 0.10~0.28 | — | — | — |
| m8 | — | — | 0.13~0.32 | — | — | — |
| m10 | — | — | 0.15~0.34 | — | — | — |

【附註】表中數值是齒厚減少量。

齒條與小齒輪的理論齒隙的計算式如下：

齒條與小齒輪的齒隙 = 齒條的齒厚減少量 + 小齒輪的齒厚減少量

齒條的齒厚減少量：上表中的數值

小齒輪的齒厚減少量：小齒輪的規格表中齒隙值的一半。