

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



文件序號：T2020211

技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	齒條行程及轉動角度的關係
重點	齒條行程及轉動角度的關係
產出日期	2020/03/18
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

馬達銜接一 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 ($\cong 2.39 \times 10$)。

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 ($= 2 \times 25 \times \pi$)。

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 ($\cong 381.97 = 1000 \div 157.08 \times 60$)。

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 $F = 70 \times 0.2 = 14 \text{ kgf} \cong 140 \text{ N}$ (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 N-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

配對齒輪	<input checked="" type="checkbox"/> true <input type="checkbox"/> 35	<input checked="" type="checkbox"/> 正齒輪 <input checked="" type="checkbox"/> 齒條 <input checked="" type="checkbox"/> 內齒輪																			
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																				
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"> <thead> <tr> <th rowspan="2">衝擊來自原動機側</th> <th colspan="3">來自被動機械的衝擊</th> </tr> <tr> <th>均一負荷</th> <th>中度衝擊</th> <th>激烈衝擊</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </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 <input type="text" value="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
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	-

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



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

[注] 無齒形經過修正 JIS 3 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	1.0769
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

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="checkbox"/> 240 配對齒輪	<input checked="" type="checkbox"/> 正齒輪 <input checked="" type="checkbox"/> 齒條 <input type="checkbox"/> 內齒輪																			
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"> <thead> <tr> <th rowspan="2">衝擊來自原動機側</th> <th colspan="3">來自被動機械的衝擊</th> </tr> <tr> <th>均一負荷</th> <th>中度衝擊</th> <th>激烈衝擊</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </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 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 type="checkbox"/> 無 <input type="text" value="true"/>																			
單位	<input checked="" type="checkbox"/> kgf <input 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]

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



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

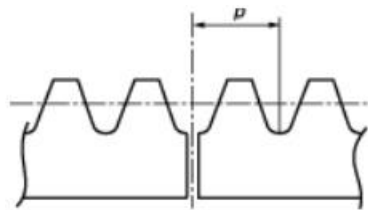


追加工時的注意事項

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。

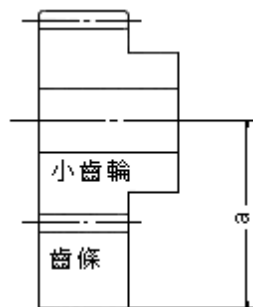


用台鉗等夾住齒頂時，請注意調整夾壓，不要壓壞輪齒。壓痕會導致產生噪音。

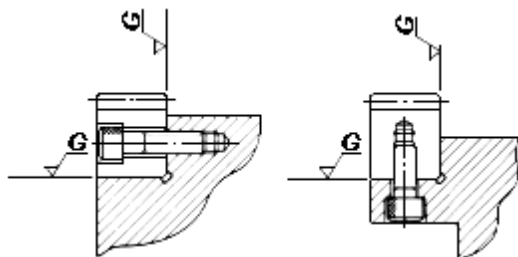
裝配時的注意事項

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)。

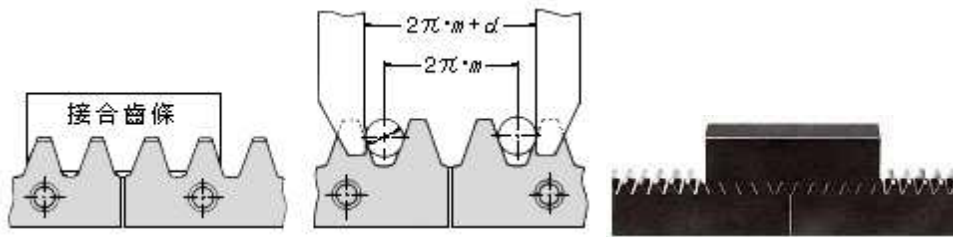


如果齒條沒有確實固定在基準面上，運轉中可能會因齒條的移動而引起無法預知的後果。我們建議與定位梢等並用，將齒條固定。

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 $P_{-0.1}^{0.3}$ 模數超過 2.5 時，公差為 $P_{-0.1}^{0.4}$ 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) 模數 (m) 或節距 (CP)	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
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。