



文件序號：T2020217

技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	小齒輪與齒條之選用例
重點	小齒輪與齒條之選用例
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



問：

目前有一機台 需要利用（齒輪+齒條）來推動 $W = 1000 \text{ kgf}$ 的重物
機台是以研磨軌道支撐 而不是使用滑軌
最快速度 150 mm/s 總行程 1000 mm
想請問適合何種規格的齒輪與齒條規格
齒輪是直接裝到馬達軸心上
若可以 請建議 適用的馬達馬力及減速比。

答：

一. 負荷初算：

由於不是使用滑軌支撐，因此滑軌與機台之間的摩擦係數 $\mu = 0.05 \sim 0.10$ ，為安全起見，取最大直 0.10 做為摩擦係數。

因此，推動機台之最小推力 $F = \text{齒條之負荷切線力} = \text{機台重 } W \times \text{摩擦係數 } \mu = 1000 \text{ kgf} \times 0.10 = \mathbf{100 \text{ kgf}}$ 。初步選用齒條時，只要是齒條的容許傳動力 $> 100 \text{ kgf}$ 即符合需求。在這初步條件下，查看 KHK 型錄發現模數 1.5 之齒條：SRF1.5-1000 的容許傳動力 $= 220 \text{ kgf}$ 符合所需。

再尋找能搭配模數 1.5 齒條之小齒輪，假設以 SS1.5-40 為例。SS1.5-40 之節圓直徑為 $1.5 \times 40 = 60 \text{ mm}$ ，則半徑 $r = 30 \text{ mm} = 0.03 \text{ m}$ 。

則小齒輪之轉動力矩 $T = \text{齒條之負荷切線力 } F \times \text{小齒輪之半徑 } r = 100 \text{ kgf} \times 0.03 \text{ m} = \mathbf{3 \text{ kgf} \cdot \text{m}}$ = 小齒輪之負荷力矩。

查型錄得知，SS1.5-40 之容許彎曲力矩 $= 5 \text{ kgf} \cdot \text{m} >$ 小齒輪之負荷力矩 $3 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ ，初步小齒輪之彎曲強度查核 OK。

二. 速度計算：

小齒輪 SS1.5-40 之節圓直徑 $\text{pcd} = 60 \text{ mm}$ ，則小齒輪之節圓圓周長 $= 60 \times \pi = 188.4954 \text{ mm/rev}$ 。

如果小齒輪要以約 150 mm/sec 之速率轉動，則小齒輪之每秒轉動次數應為 $150 \div 188.4954 = 0.7957753 \text{ rev/sec}$ ，換算成 rpm 則為 $0.7957753 \times 60 = 47.7465 \text{ rpm}$ 。為方便計算，以 $n = 50 \text{ rpm}$ 做為小齒輪每分鐘的轉速。



在小齒輪 50 rpm 的轉速下，會產生 $50 \times 18.4954 = 9424.77 \text{ mm/min} = 157.0795 \text{ mm/sec}$ 的機台行走速率。

三. 負荷計算：

如一. 之初步負荷計算所示，在小齒輪 SS1.5-40 配合齒條 SRF1.5-1000 之條件下，小齒輪 SS1.5-40 之負荷力矩為 **3 kgf-m**，齒條 SRF1.5-1000 之負荷傳動切線力為 **100 kgf**。

四. 以 KHK 網頁型錄中之強度計算功能計算實際之容許強度

小齒輪 SS1.5-40

http://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=4&referrer=series&lang=zh_TW&seihinNm=SS1.5-40&curPage=default#SS1.5-40

齒條 SRF1.5-1000

http://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=22&referrer=series&lang=zh_TW&seihinNm=SRF1.5-1000&curPage=default#SRF1.5-1000

SS1.5-40 齒輪強度計算

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="40"/>				
配對齒面寬	<input type="text" value="15"/>				
配對齒輪加工法	<input checked="" type="checkbox"/> 切削 <input type="checkbox"/> 研磨				
回轉數	<input type="text" value="50"/> 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"/>				
	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
單位	<input checked="" type="checkbox"/> kgf <input type="checkbox"/> N

SS 正齒輪 [SS1.5-40] 的強度計算結果

【計算結果】

--- 彎曲強度 [JGMA401-01] ---	
容許切線力 (kgf)	145.9524
容許力矩 (kgf·m)	4.3786
容許動力 (kW)	0.2248

--- 面壓強度 [JGMA402-01] ---	
容許切線力 (kgf)	41.0672
容許力矩 (kgf·m)	1.2320
容許動力 (kW)	0.0633

【使用條件輸入值】

配對種類	[齒條]
配對齒數	-
配對齒面寬	[15]
配對齒輪加工法	[切削]
回轉數	[50.0] rpm
反覆回轉數	[10,000,000 以上]
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]

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



【各項係數值】

--- 彎曲強度 [JGMA401-01] ---	
有效齒面寬	15.0000
齒形係數	2.4046
荷重分配係數	0.5414
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]	1.0000
過負荷係數	1.2500
安全率	1.2000
容許彎曲應力	12.6667

[注] 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	1.1039
潤滑速度係數	0.9000
硬度比係數	1.0000
尺寸係數	1.0000
荷重分布係數	1.2625
動荷重係數 [注]	1.0000
過負荷係數	1.2500
安全率	1.2000
容許赫茲應力	49.0000

SRF1.5-1000 齒輪強度計算配

配對齒輪	<input checked="" type="checkbox"/> 正齒輪 <input type="checkbox"/> 齒條 <input type="checkbox"/> 內齒輪
配對齒數	<input type="text" value="40"/>
配對齒面寬	<input type="text" value="15"/>
配對齒輪加工法	<input checked="" type="checkbox"/> 切削 <input type="checkbox"/> 研磨
小齒輪回轉數	<input type="text" value="50"/> 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"/>
	<input type="checkbox"/> 衝擊來自原動機側 <input type="checkbox"/> 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	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
追加熱處理	<input checked="" type="checkbox"/> 有 <input checked="" type="checkbox"/> 無
單位	<input checked="" type="checkbox"/> kgf <input checked="" type="checkbox"/> N

SRF 兩端面加工齒條 [SRF1.5-1000] 的強度計算結果
 【計算結果】

--- 彎曲強度 [JGMA401-01] ---	
容許切線力 (kgf)	178.7759
容許力矩 (kgf·m)	0.0000
容許動力 (kW)	0.2754

--- 面壓強度 [JGMA402-01] ---	
容許切線力 (kgf)	47.1435
容許力矩 (kgf·m)	0.0000
容許動力 (kW)	0.0726

【使用條件輸入值】

配對種類	[正齒輪]
配對齒數	[40]
配對齒面寬	[15]
配對齒輪加工法	[切削]
回轉數	[50.0] rpm
反覆回轉數	[10,000,000 以上]
負荷方向	[兩方向]
過負荷係數	[1.25]

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



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	15.0000
齒形係數	2.0665
荷重分配係數	0.5414
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]	1.0000
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	1.1039
潤滑速度係數	0.9000
硬度比係數	1.0000
尺寸係數	1.0000
荷重分布係數	1.2625
動荷重係數 [注]	1.0000
過負荷係數	1.2500
安全率	1.2000
容許赫茲應力	52.5000

五. 馬達減速機

馬達動力計算，依照動力計算的公式

$kW = T \times n \div 974$ ，其中 kW = 馬達動力，T = 負荷力矩 kgf · m，n = 負荷轉速 rpm。

若不計減速機及依稀額外的損耗，在本例中，T = 負荷力矩 = 3.0kgf · m，n = 負荷轉速 = 50rpm，則馬達之最小動力 $kW = T \times n \div 974 = 3 \times 50 \div 974 = 0.154 kW = 154W$ 。



減速機之速比計算

假設，入力轉速＝馬達之轉速為 1750rpm，而減速機之出力轉速＝小齒輪之轉速 n，

則減速機之速比 $1/e = \text{出力轉速 } n / \text{入力轉速 } N = \text{小齒輪之轉速} / \text{馬達轉速} = 50/1750 = 1/35$

為了節省空間，對 1/35 之減速機通常會採用蝸輪減速機。假設果真採用蝸輪減速機，則效率的問題就變得十分重要。通常高效率蝸桿蝸輪在蝸桿高轉速時之效率約在 70% 左右，若加上齒輪箱潤滑油、軸承之損耗，則整台減速機之效率會降到約 60%（即，有 40% 之損耗）

因此，馬達之動力（功率），應提升到 $154 \text{ W} \div 60\% = 256 \text{ W}$ 。故建議應選用功率為 300W 的馬達。

六. 結論

建議選用

1. 馬達減速機：300W 1/35 輸出力矩：3 kgf / 50 rpm
2. KHK 小齒輪 SS1.5-40 與齒條 SRF1.5-1000，

--- SS1.5-40 之彎曲強度 [JGMA401-01] ---	
轉速 (rpm)	50
容許切線力 (kgf)	145.9524 > 100
容許力矩 (kgf·m)	4.3786 > 3
容許動力 (kW)	0.2248

--- SRF1.5-1000 之彎曲強度 [JGMA401-01] --	
小齒輪 SS1.5-40 之轉速 (rpm)	50
容許切線力 (kgf)	178.7759 > 100
容許力矩 (kgf·m)	0.0000
容許動力 (kW)	0.2754

七. 附圖

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



染黑處理

W

(1)加工—精公差	
尺寸類別	中級
$f_p \sim$ Max.	mm
0.5~6	40.1
6~30	40.2
30~120	40.3
120~400	40.5
400~1000	40.8
1000~2000	41.2
角度	40.2°

正齒輪規格	
精度等級	(F5 或 170-1) N8 級
齒輪基準平面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1.5
壓力角	20°
齒數(傳數)	40
角, 旋向	
齒面直徑	60
齒位公差	
齒冠高	1.5
齒高	3.375
齒頂圓直徑	63
跨齒厚()	
齒隙	
配對齒數	

件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	13.05.30	圖名	
審核			
比例尺 N.T.S			圖號
KHK for Web Catalog			

KHK SS1.5-40

染黑處理

W

(1)加工—精公差	
尺寸類別	中級
$f_p \sim$ Max.	mm
0.5~6	40.1
6~30	40.2
30~120	40.3
120~400	40.5
400~1000	40.8
1000~2000	41.2
角度	40.2°

兩端面加工齒條規格	
精度等級	BHK R 001 4 級
齒輪基準平面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1.5
壓力角	20°
齒數(傳數)	212
角, 旋向	
齒面直徑	
齒位公差	
齒冠高	1.5
齒高	3.375
齒頂圓直徑	
跨齒厚()	
齒隙	
配對齒數	

件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	13.05.30	圖名	
審核			
比例尺 N.T.S			圖號
KHK for Web Catalog			

KHK SRF1.5-1000