

問：

目前規劃內容(如附件)，要求如下述：

說明：

1. 組件要求：以 KHK 斜齒輪，KHK 斜齒排做搭配，需搭載伺服馬達(無煞車)，與減速機為移載動力
2. 動作要求：移載上方需搭載六軸手臂，總移載物重量約 400KG
3. 時間要求：單趟移載 8300mm 需在 10 秒內完成(包含加減速)

我初步計算斜齒輪

若需符合我需求 8300mm/10s 完成(830mm/s)

斜齒輪差不多需為模數 3，搭配 40 齒

負載 400KG，滑軌摩擦係數抓 0.01，約需 4kgf(39.2Nm)

選用 2.0kW 伺服馬達(轉矩 9.5Nm)+1/5 比減速機約 47.5Nm(安全係數取 2.4)

減速機出力軸 40mm，請幫我找找 KHK 有無標準斜齒輪可搭配的那幫忙確認斜齒輪 40 齒，及斜齒排模數 3 的搭配是否足夠

答：

#### 速率計算

若是將減速機之速比以 1/5 計，則減速機之輸出為  $1500 \text{ rpm} \times 1/5 = 300 \text{ rpm} = 5 \text{ rps}$   
 平均速率  $V = 8,300\text{mm}/10\text{sec} = 0.83 \text{ m/sec}$ ，因為機台運行有啟動及制動階段，且加速與減速不明確，所以假設運行中之最高速率  $V_{\text{max}}$  以  $1.5 \text{ m/sec}$  計

齒輪之節圓直徑 =  $\phi d \text{ mm}$ ，則周長 =  $\pi d \text{ mm} = \pi d/1000 \text{ m}$

$V_{\text{max}} = \text{周長} \times \text{rps} = \pi d/1000 \times 5 = 1.5 \text{ m/sec}$ ，則  $d = 1.5 \times 200 / \pi = \phi 95.49 \text{ mm}$   
 (in 速比 1/5)

#### 負荷計算

總重量 = 400 kgf，機台下有滑軌，動摩擦係數 = 0.01，則定額推力  $F = 400 \times 0.01 = 4 \text{ kgf}$  即以足夠。

定額轉動力矩  $T = F \times S = 4 \text{ kgf} \times \text{齒輪半徑(m)} = 4 \times 95.49/2000 = 0.19 \text{ kgf-m}$

#### 齒輪強度計算 (in 速比 1/5)

若先以 M2 來考量，小齒輪使用 KHG2-48L (pcd =  $\phi 96 \text{ mm}$ ，300 rpm)

以 KHK 網頁中「強度計算」功能計算齒輪強度

<https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=16&referr>

[er=series&lang=zh\\_TW&seihinNm=KHG2-48L&curPage=default#KHG2-48L](https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=16&lang=zh_TW&referrer=series&seihinNm=KHG2-48L&curPage=default#KHG2-48L)

【計算結果】（因為啟動制動不明之故，安全率取 2.4）

| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- |          |
|---------------------------|----------|
| 容許切線力(kgf)                | 162.9390 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 7.8211   |
| 容許動力 (kW)                 | 2.4096   |

| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- |          |
|---------------------------|----------|
| 容許切線力(kgf)                | 241.4816 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 11.5911  |
| 容許動力 (kW)                 | 3.5710   |

容許切線力皆 > 4 kgf · 容許力矩皆 > 0.19 kgf·m · 容許動力皆 > 2 kW OK

但 KHG2-48L 孔徑無法擴孔至  $\phi 40\text{mm}$  · 以 M3 (in 速比 1/5) 來考量是正確的  
則以 KHG3-32LJ40 選用

[https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=16&lang=zh\\_TW&referrer=series&seihinNm=KHG3-32LJ40&curPage=default#KHG3-32LJ40](https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=16&lang=zh_TW&referrer=series&seihinNm=KHG3-32LJ40&curPage=default#KHG3-32LJ40)

【計算結果】（因為啟動制動不明之故，安全率取 2.4）

| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- |          |
|---------------------------|----------|
| 容許切線力(kgf)                | 352.5843 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 16.9240  |
| 容許動力 (kW)                 | 5.2140   |

| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- |          |
|---------------------------|----------|
| 容許切線力(kgf)                | 369.2323 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 17.7232  |
| 容許動力 (kW)                 | 5.4602   |

容許切線力皆 > 4 kgf · 容許力矩皆 > 0.19 kgf·m · 容許動力皆 > 2 kW OK

配合之齒條為 KRHGFD3-1000RJ

[https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=33&lang=zh\\_TW&referrer=series&seihinNm=KRHGFD3-1000RJ&curPage=default#KRHGFD3-1000RJ](https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=33&lang=zh_TW&referrer=series&seihinNm=KRHGFD3-1000RJ&curPage=default#KRHGFD3-1000RJ)

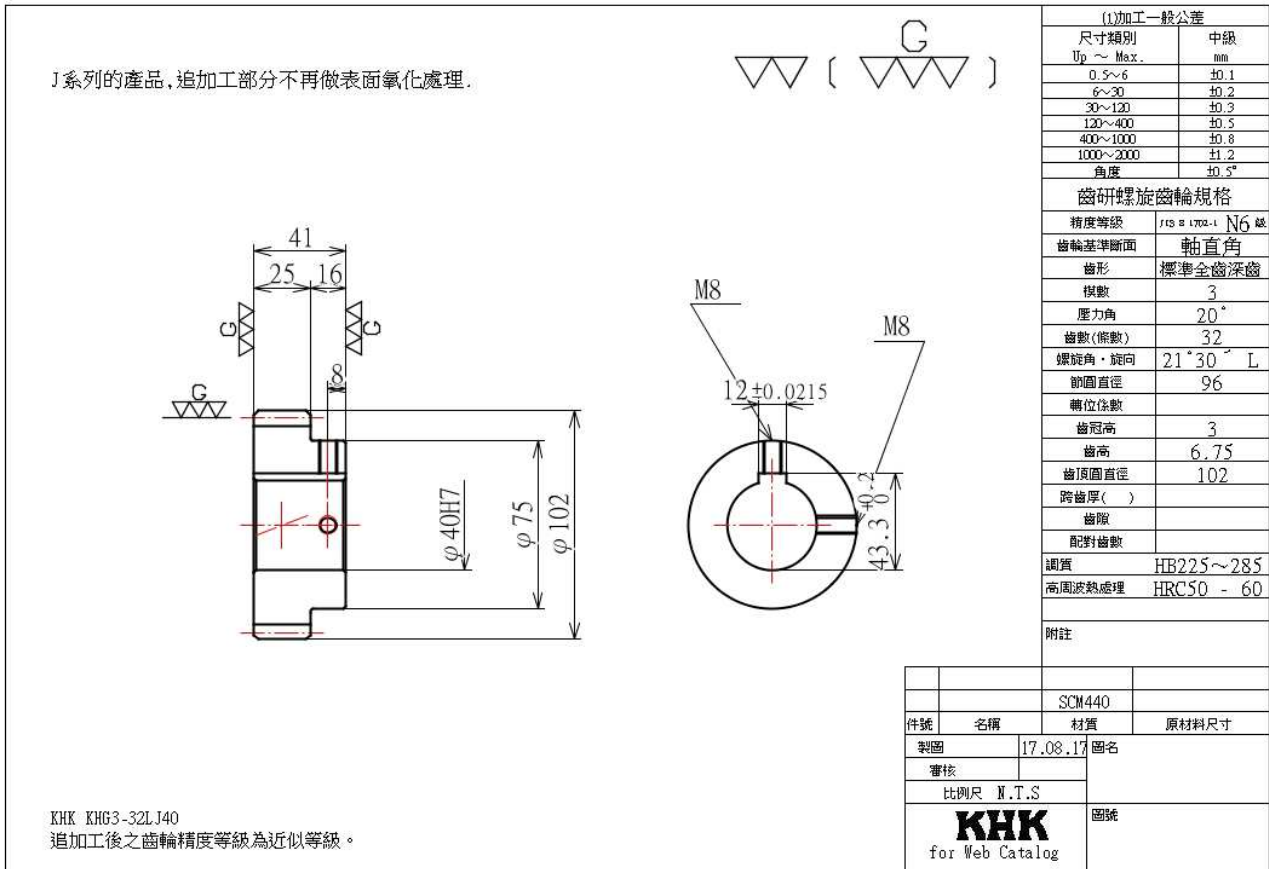
【計算結果】（因為啟動制動不明之故，安全率取 2.4）

| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- |          |
|---------------------------|----------|
| 容許切線力(kgf)                | 493.2773 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 0.0000   |
| 容許動力 (kW)                 | 7.2946   |

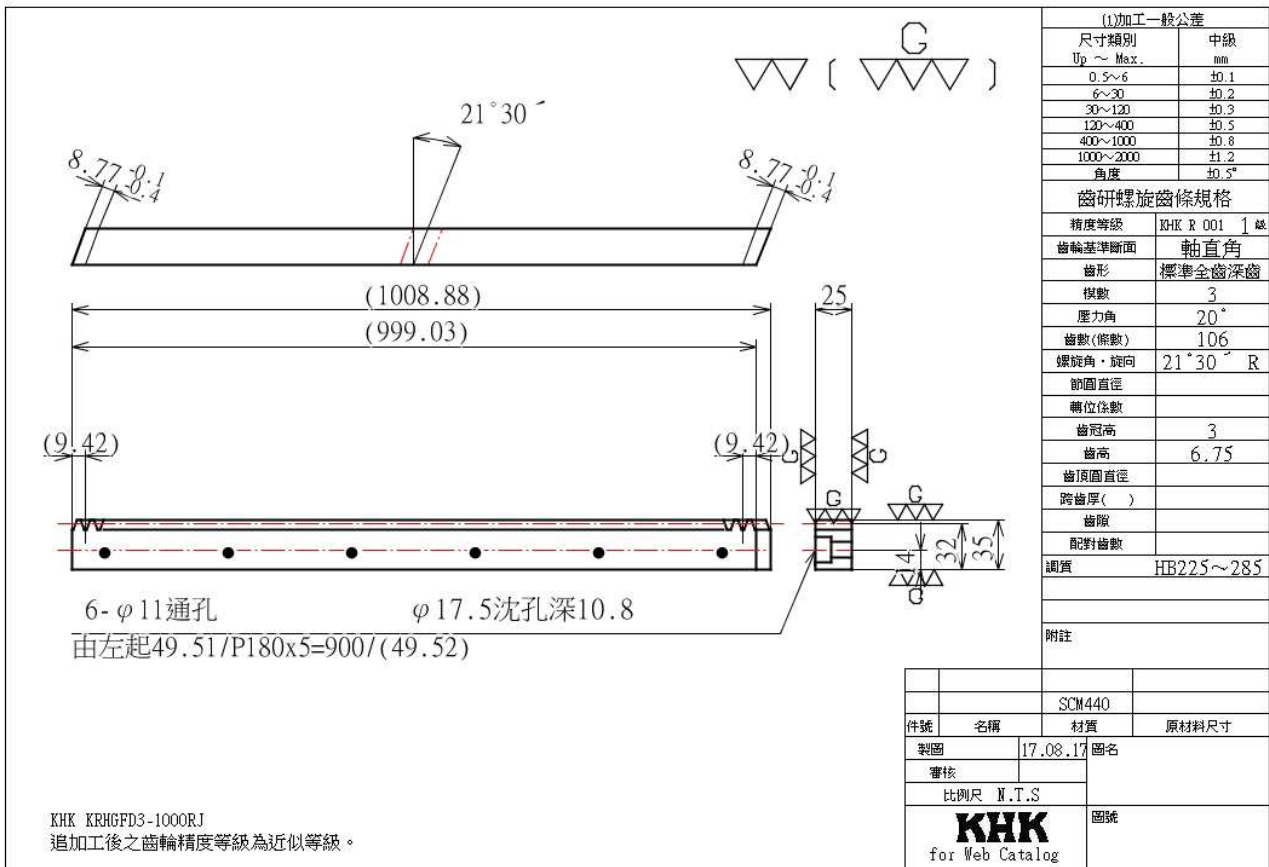
| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- |          |
|---------------------------|----------|
| 容許切線力(kgf)                | 202.3850 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 0.0000   |
| 容許動力 (kW)                 | 2.9929   |

容許切線力皆 > 4 kgf · 容許動力皆 > 2 kW OK

KHG3-32LJ40 圖 :



KRHGFD3-1000RJ 圖 :



實際使用時

選用 **2.0kW 伺服馬達**(轉矩 9.5Nm)+1/5 比減速機約 47.5Nm

KHK 小齒輪 KHG3-32LJ4 搭配 KHK 齒條 KRHGFD3-1000RJ

速度

轉速  $1500 \text{ rpm} \times 1/5 = 300 \text{ rpm}$  (小齒輪最高轉速)

使用小齒輪：KHG3-32LJ40 · pcd =  $\phi 96 \text{ mm}$  · 節圓半徑 =  $96/2000 = 0.048 \text{ m}$

機台手臂最高移動速率  $V_{\max} = 300 \times 96 \times \pi = 90,478 \text{ mm/min}$

$\approx 90.5 \text{ m/min} = 1.5 \text{ m/sec}$

負荷

運行推力 = **4 kgf** (約 40N)

小齒輪負荷力矩 =  $4 \times 0.048 = 0.192 \text{ kgf}\cdot\text{m}$  (約 1.92 N·m)

齒輪齒條之容許負荷

為安全考量，取「彎曲強度」和「面壓強度」中數值較小的作為容許負荷的查核依據

小齒輪：KHG3-32LJ40

| --- 彎曲強度 [JGMA401-01] --- |                 |
|---------------------------|-----------------|
| 容許切線力(kgf)                | 352.5843 > 4    |
| 容許力矩(kgf·m)               | 16.9240 > 0.192 |
| 容許動力 (kW)                 | 5.2140 > 2.0    |

齒條：KRHGFD3-1000RJ

| --- 面壓強度 [JGMA402-01] --- |              |
|---------------------------|--------------|
| 容許切線力(kgf)                | 202.3850 > 4 |
| 容許力矩(kgf·m)               | 0.0000       |
| 容許動力 (kW)                 | 2.9929 > 2.0 |

以 KHK 小齒輪 KHG3-32LJ4 搭配 KHK 齒條 KRHGFD3-1000RJ，能滿足設計及使用上之需求。