

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：T2020268

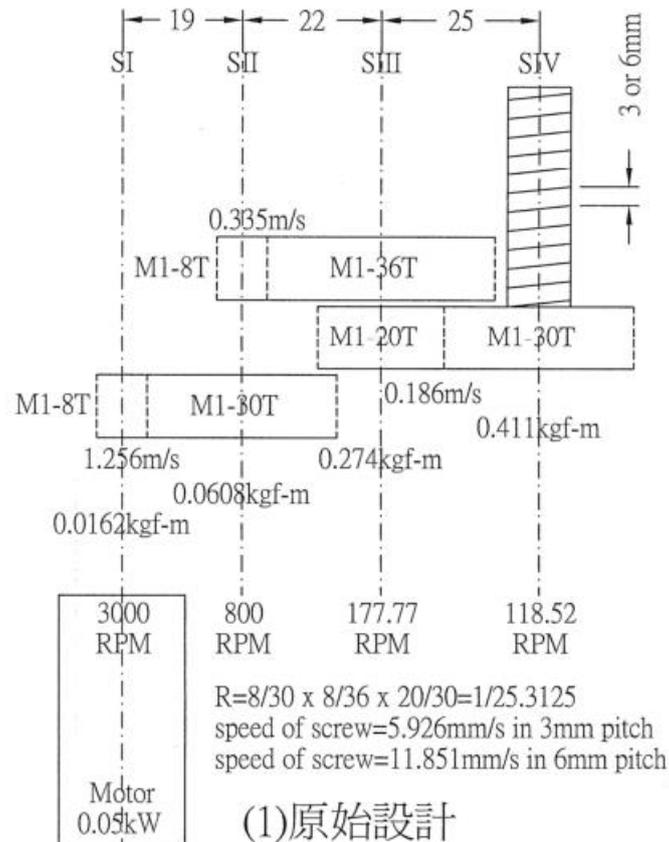
## 技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	三段式減速齒輪機構強度及噪音問題
重點	三段式減速齒輪機構強度及噪音問題
產出日期	2020/05/20
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



問：

如下圖之三段式齒輪減速機構，在使用上發現噪音很大，而且最後一段 M1-20T / M1-30T 之齒輪容易磨損。在維持現有的中心距離及減速比的情形下，應該要如何改善較為妥當。



答：

一、 改善齒輪機構的結構配置

由原設計圖可以發現，本設計的齒輪模數由第一段到第三段，都一律使用 M1 的齒輪對。基於齒輪減速裝置又可以稱為「力矩放大裝置」的緣故，理論上，暫且不將摩擦等損耗計入，轉速降低的倍數就是力矩放大的倍數。

由於力矩 (T) 與功率 (kW) 及轉速 (N) 之關係為： $T = 974 \times kW / N$ ，則馬達的力矩 =  $974 \times 0.05 / 3000 = 0.0162 \text{kgf-m}$

齒輪的切線速率計算式為： $V = D \times N / 19100$  其中，V (m/s)，D (齒輪的節圓直徑，mm)，N (齒輪的轉速，RPM)。

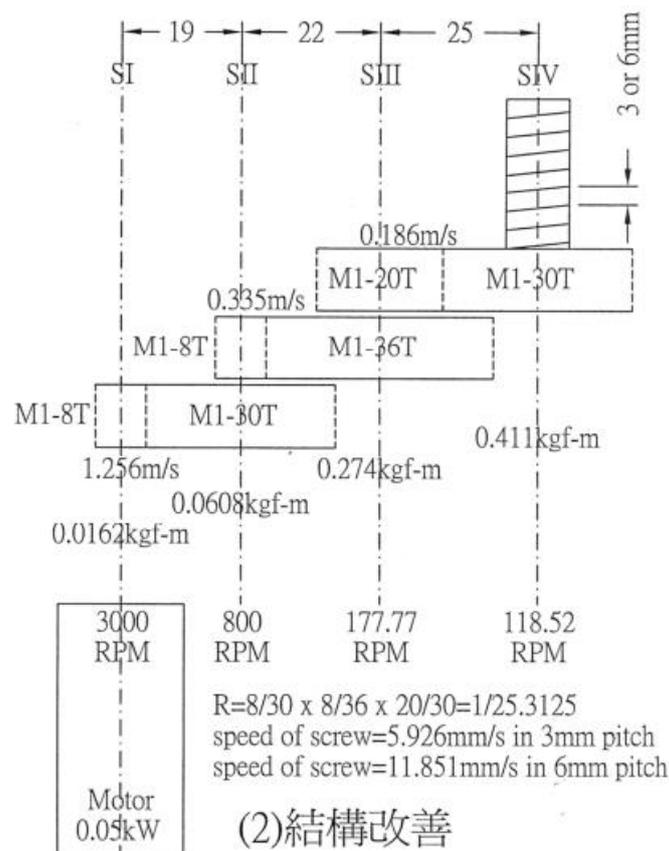
因此以本例而言，減速比為 1/25.3125，轉速會由馬達的 3000RPM 降為出力軸的 118.52RPM，而力矩則會由馬達端 (第 I 軸，入力軸) 的 0.0162kgf-m 放



大 25.3125 倍到第 IV 軸（出力軸）的 0.411kgf-m。齒輪對的切線速率由第一段的 1.256m/s 降到最後一段的 0.186m/s。最後的螺桿在 pitch 為 6mm 時的推伸速度為每秒 11.851mm。

噪音大，原因十分複雜。齒輪的精度，齒輪及軸心的振動，齒輪表面粗度，齒輪的偏心，齒輪轉動的速度等等都是影響噪音的因素。以本例而言，第一主動齒輪 M1-18T 轉速為 3000RPM，切線速率雖然僅為 1.256m/s，還不到非用研磨級齒輪的 4m/s 界線，但由於轉速過高，稍微的振動便有可能引發噪音，因此提高第一段齒輪的精度來降低噪音是有必要的。

另外，由於第三軸上齒輪的配置（重的以及大的齒輪掛於軸心的外側），容易引發軸心的在轉動時的振動，這也是噪音的可能來源之一。因此建議如下圖的方式，將第三軸上的兩個齒輪位置調換（當然在第二軸及第四軸上的配對齒輪也必須一起更動位置），在不改變齒輪的情形下，先改善齒輪機構的結構，會有助於降低運轉時的噪音。

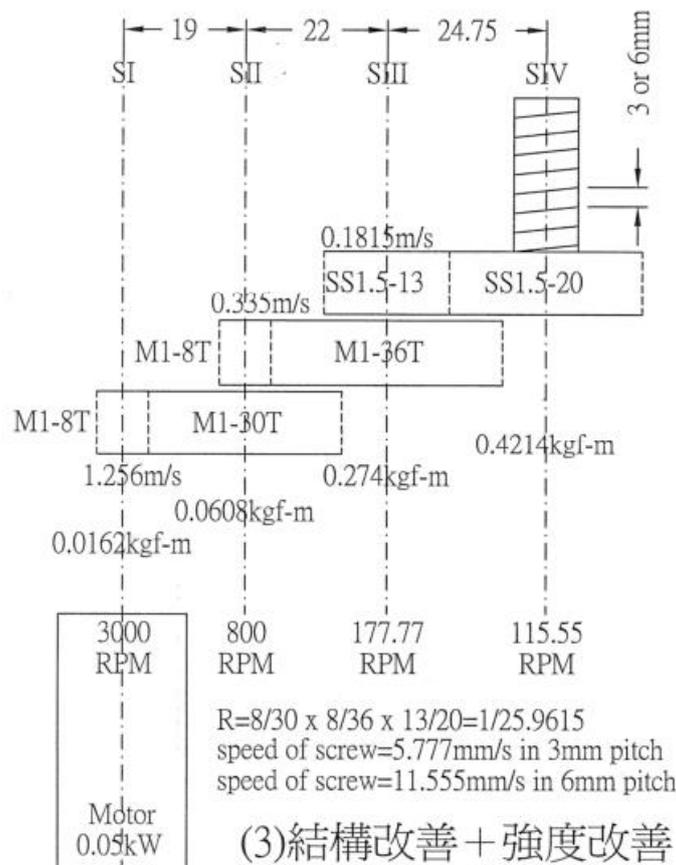


## 二、改善結構配置 + 提升第三段齒輪的強度

最後一段齒輪對容易磨損，是不爭的事實。先前已經說明過，本設計的齒輪模數由第一段到第三段，都一律使用 M1 的齒輪對。因此越到後段的齒輪在負荷力矩變大的情形下，會耐不住負荷而容易磨損。如果無法改變模數，就必須使



用強度更大的材料並施予熱處理，才能克服強度的不足。不過，最好是以模數加大的方式來處理，這時就必須遷就原來的中心距離與結構。下圖則是同時考慮到降低軸心振動的配置與最後一段齒輪的強度所做的改善建議。第三段齒輪用的是 KHK 小原齒輪的 SS1.5-13 及 SS1.5-30，中心距離較原來的 25mm 小 0.25mm。而整體的減速比則變成 1/25.9615，最後的推進速度在 pitch 為 6mm 時，為每秒 11.555mm。



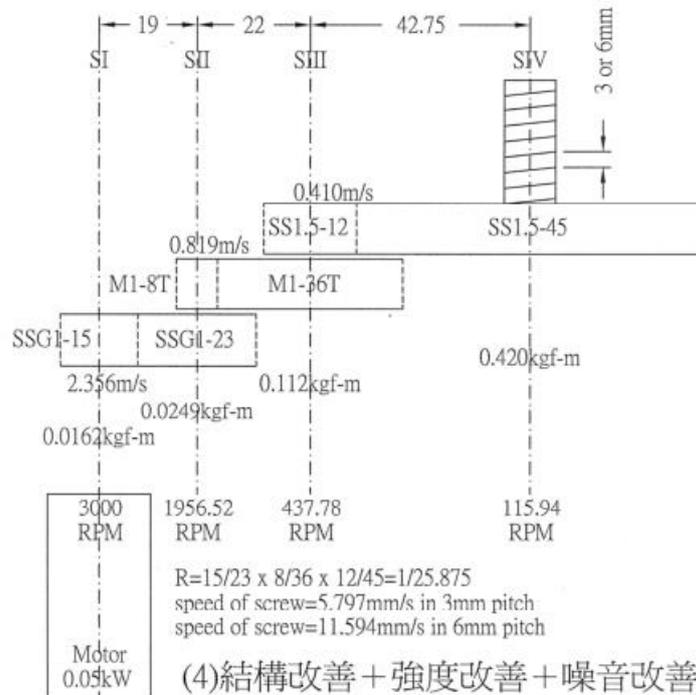
### 三、改善結構配置 + 提升齒輪強度 + 噪音更加改善

最後，為更加改善齒輪的噪音，必須變更第一段齒輪為研磨級的精密齒輪。礙於齒數的限制，KHK 小原齒輪外徑最小的尺寸為 SSG1-15，因此第一段的被動齒輪必須為 SSG1-23 才可以配合中心距離維持在 19mm，但也因此而改變了齒輪的比數。所改變的齒數比必須要在其他段齒輪對中予以調整，以維持原有的整體減速比。

因此之故，假設第二段齒輪對不予以更動，那就要調整第三段齒輪的齒數比。今以 KHK 小原齒輪的 SS1.5-12 與 SS1.5-45 搭配作為第三段的齒輪對，則整體的減速比仍維持在 1/25.875 左右，齒輪的強度亦得以增強。請參考下圖的配置，最後的螺桿推進速度在 pitch 為 6mm 時，為每秒 11.594mm。然而，第三



段齒輪的中心距離會由原來的 25mm，增大 17.75mm 變為 42.75mm，這是比較遺憾的一點。



#### 四、 注意事項

在齒輪的精度、振動、熱處理、轉速調配、裝配、軸承、潤滑上的任何改變，都會影響齒輪及齒輪箱的表現，其中「齒輪的精度」更是主因中的主因，所以我們會說「噪音及溫度是齒輪機構的總體表現」就是這個緣故。

本例有幾個先天的弱點，也請務必明瞭，可作為爾後的研發或改進之參考。

首先就是單側支承。支承就如同一棟建築物的地基，地基穩固了大樓就不至於任意搖動。如果情況許可的話，建議採用兩側支承，可亦避免軸心的不當振動。

其次是軸的細長比例。軸心過細會使軸心對於彎曲的強度下降，尤其在高轉數或掛有重物時需要避免過細的軸心。另外，軸心過長也會有和軸心過細一樣的壞處。因此軸心有適當的粗細與長度的比例是十分重要的。

最後，齒輪的潤滑是延長齒輪壽命的要素之一，適當的潤滑能隔離齒輪的齒面，以防止齒面的直接摩擦接觸。在高轉數時，齒輪的摩擦生熱情形尤其嚴重，應該要用適當的潤滑油油浴潤滑，不能只單純地使用潤滑脂潤滑。若要考究的話，甚至還必須使用強制潤滑（直接給油潤滑）。

以上說明，下面幾張是本例中提到的 KHK 小原齒輪之齒輪單件圖，也請一併參考。

# 麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

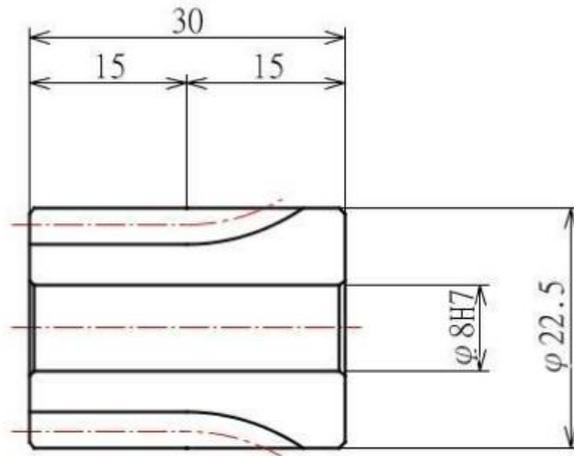
台中市台灣大道二段 285 號 20F

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

Email : salestw@ltic.com.tw



染黑處理



加工一般公差	
尺寸類別 Up ~ Max.	中級 mm
0.5~6	±0.1
6~30	±0.2
30~120	±0.3
120~400	±0.5
400~1000	±0.8
1000~2000	±1.2
角度	±0.5°
正齒輪規格	
精度等級	11S B 1702-1 N8 級
齒輪基準断面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1.5
壓力角	20°
齒數(齒數)	13
齒形角・旋向	
節圓直徑	19.5
稱位係數	
齒冠高	1.5
全齒高	3.375
齒頂圓直徑	22.5
跨齒厚( )	
齒隙	
配對齒數	
調質	
熱處理	
深度	
附註	

KHK SS1.5-13

		S45C	
件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	10.11.24	圖名	
審核			
比例尺	N.T.S		
<b>KHK</b> for Web Catalog		圖號	

# 麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

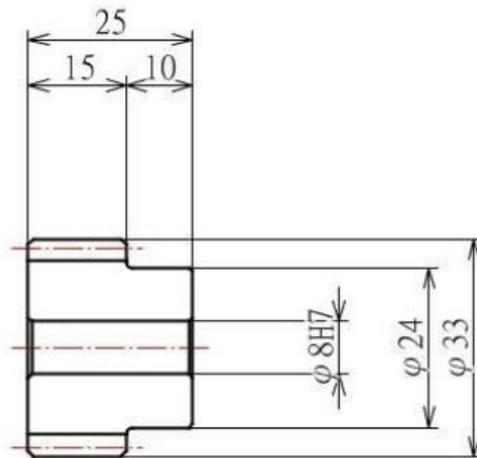
台中市台灣大道二段 285 號 20F

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

Email : salestw@ltac.com.tw



染黑處理



加工一般公差	
尺寸類別 Up ~ Max.	中級 mm
0.5~6	±0.1
6~30	±0.2
30~120	±0.3
120~400	±0.5
400~1000	±0.8
1000~2000	±1.2
角度	±0.5°
正齒輪規格	
精度等級	11S B 1702-1 N8 級
齒輪基準断面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1.5
壓力角	20°
齒數(齒數)	20
齒 <sup>外</sup> 角・旋向	
節圓直徑	30
轉位係數	
齒冠高	1.5
全齒高	3.375
齒頂圓直徑	33
跨齒厚( )	
齒隙	
配對齒數	
調質	
熱處理	
深度	
附註	

KHK SS1.5-20

		S45C	
件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	10.11.24	圖名	
審核			
比例尺	N.T.S		
<b>KHK</b> for Web Catalog		圖號	

# 麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

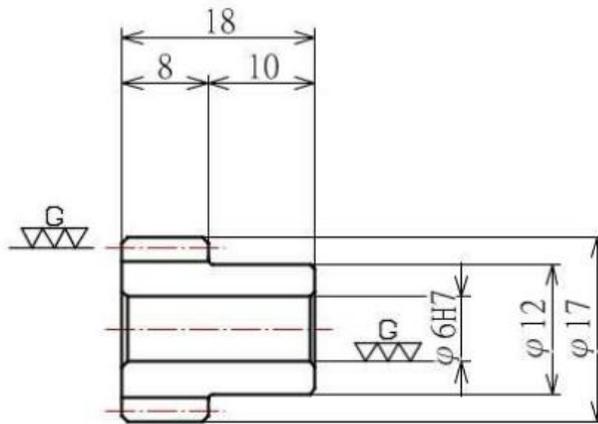
台中市台灣大道二段 285 號 20F

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

Email : salestw@ltac.com.tw



染黑處理



加工一般公差	
尺寸類別	中級
Up ~ Max.	mm
0.5~6	±0.1
6~30	±0.2
30~120	±0.3
120~400	±0.5
400~1000	±0.8
1000~2000	±1.2
角度	±5°
齒研正齒輪規格	
精度等級	115 B 1702-1 N7 級
齒輪基準断面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1
壓力角	20°
齒數(條數)	15
齒形角・旋向	
節圓直徑	15
轉位係數	
齒冠高	1
全齒高	2.25
齒頂圓直徑	17
跨齒厚( )	
齒隙	
配對齒數	
調質	
高周波熱處理	HRC45 - 55
深度	
附註	

		S45C	
件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	10.11.24	圖名	
審核			
比例尺	N.T.S		
<b>KHK</b>		圖號	
for Web Catalog			

KHK SSG1-15

# 麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

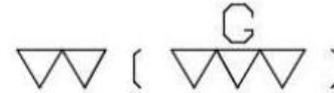
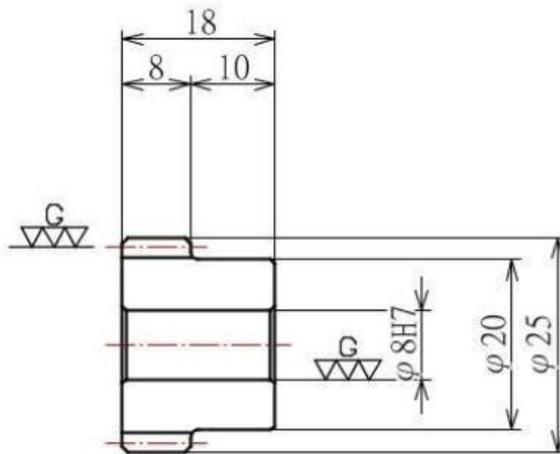
台中市台灣大道二段 285 號 20F

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

Email : salestw@ltac.com.tw



染黑處理



加工一般公差	
尺寸類別	中級
Up ~ Max.	mm
0.5~6	±0.1
6~30	±0.2
30~120	±0.3
120~400	±0.5
400~1000	±0.8
1000~2000	±1.2
角度	±0.5°
齒研正齒輪規格	
精度等級	115 B 1702-1 N7 準
齒輪基準断面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1
壓力角	20°
齒數(條數)	23
齒輪角・旋向	
節圓直徑	23
轉位係數	
齒冠高	1
全齒高	2.25
齒頂圓直徑	25
跨齒厚( )	
齒隙	
配對齒數	
調質	
高周波熱處理	HRC45 - 55
深度	
附註	

		S45C	
件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖		10.11.24	圖名
審核			
	比例尺	N.T.S	
 for Web Catalog			圖號

KHK SSG1-23

# 麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

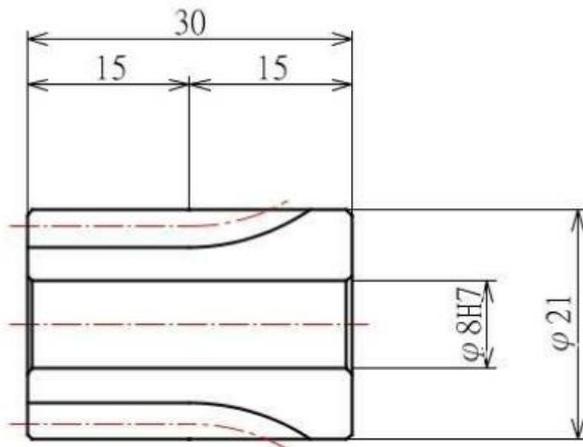
台中市台灣大道二段 285 號 20F

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

Email : salestw@ltic.com.tw



染黑處理



加工一般公差	
尺寸類別 Up ~ Max.	中級 mm
0.5~6	±0.1
6~30	±0.2
30~120	±0.3
120~400	±0.5
400~1000	±0.8
1000~2000	±1.2
角度	±0.5°
正齒輪規格	
精度等級	11S B 1702-1 N8 級
齒輪基準断面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1.5
壓力角	20°
齒數(齒數)	12
齒角・旋向	
節圓直徑	18
轉位係數	
齒冠高	1.5
全齒高	3.375
齒頂圓直徑	21
跨齒厚( )	
齒隙	
配對齒數	
調質	
熱處理	
深度	
附註	

		S45C	
件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	10.11.24	圖名	
審核			
比例尺	N.T.S		
<b>KHK</b> for Web Catalog		圖號	

KHK SS1.5-12

# 麗台國際有限公司

Lead Taiwan International Corporation

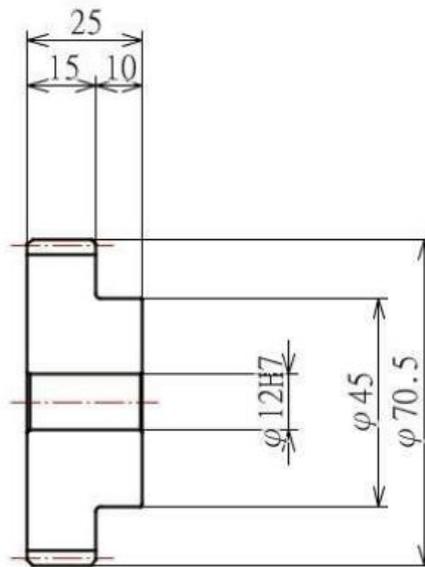
台中市台灣大道二段 285 號 20F

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

Email : salestw@ltic.com.tw



染黑處理



KHK SS1.5-45



加工一般公差	
尺寸類別 Up ~ Max.	中級 mm
0.5~6	±0.1
6~30	±0.2
30~120	±0.3
120~400	±0.5
400~1000	±0.8
1000~2000	±1.2
角度	±0.5°
正齒輪規格	
精度等級	11S B 1702-1 N8 級
齒輪基準断面	
齒形	標準全齒深齒
模數	1.5
壓力角	20°
齒數(齒數)	45
齒角・旋向	
節圓直徑	67.5
轉位係數	
齒冠高	1.5
全齒高	3.375
齒頂圓直徑	70.5
跨齒厚( )	
齒隙	
配對齒數	
調質	
熱處理	
深度	
附註	

		S45C	
件號	名稱	材質	原材料尺寸
製圖	10.11.24	圖名	
審核			
比例尺	N.T.S		
 for Web Catalog		圖號	