

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：T2020068

技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	斜坡自走台車用齒輪齒條計算例
重點	斜坡自走台車用齒輪齒條計算例
產出日期	2020/02/17
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



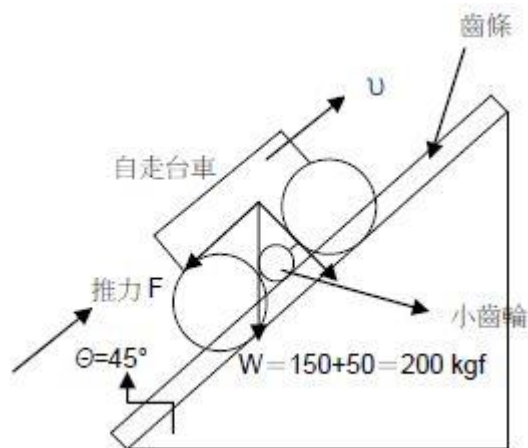
問：

有一斜坡，斜坡角度 $\theta = 45^\circ$ ，其上有台車，台車之最大載重為 150 kgf，假設台車重約 50 kgf。

今欲以 $v = 38 \text{ cm/sec}$ 之速率，以齒輪搭配齒條的方式自走向上，行程 = 4.7 m。

現有動力：500W 直流無刷馬達，有附減速頭 1/36，輸出轉速 112 rpm，軸徑 16 mm 請問應選用哪一種齒輪、齒條較為合適？

答：



依照敘述，圖示如上。

速度計算：

自走台車爬坡速率 $v = 38 \text{ cm/sec} = 0.38 \text{ m/sec} =$ 小齒輪之切線速率

設小齒輪之 $\text{pcd} = \varphi d \text{ mm}$ ，小齒輪之轉速 $n = 112 \text{ rpm}$

$$\text{則小齒輪之切線速率 } v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60000}, \text{ 則 } v = \frac{\pi \cdot d \cdot 112}{60000}$$

$$\therefore v = 0.0058643 \times d, \quad d = \frac{v}{0.0058643}, \quad v = 38 \text{ cm/sec} = 0.38 \text{ m/sec}$$

得出小齒輪之 $\text{pcd} = \varphi d \text{ mm}$ 應該 $\approx \varphi 64.8 \text{ mm}$ ，今取小齒輪之 $d = \varphi 64 \text{ mm}$

$$\text{則 } v = \frac{\pi \cdot d \cdot 112}{60000} = \frac{\pi \cdot 64 \cdot 112}{60000} = \mathbf{0.375 \text{ m/sec}}$$

負荷計算：

台車總重 $W = 150 + 50 \text{ kgs} = 200 \text{ kgs}$



轉換為台車之推力 $F = W \times \cos \theta = 200 \times \cos 45^\circ = 141.42 \text{ kgf}$

而台車之推力即是小齒輪所受之切線負荷力，亦是齒條所受之切線負荷力。

換算成小齒輪所承受之轉動力矩 T ，則

$$T = F \times d / 2000 = 141.42 \times 64 / 2000 = 4.52548 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

齒輪齒條之選用

根據小齒輪轉速及負荷之需求，假設以 KHK SS2-32 及 SRF2-1000 在 KHK 網頁型錄中，

SS2-32

https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=4&referrer=series&lang=zh_TW&seihinNm=SS2-32&curPage=default#SS2-32

SRF2-1000

https://www.khkgears.co.jp/khkweb/search/sunpou.do?indexCode=22&referrer=series&lang=zh_TW&seihinNm=SRF2-1000&curPage=default#SRF2-1000

我們可以利用上述網頁中之「強度計算」功能，計算各個強度

SS2-32 齒輪強度計算（輸入）

配對齒輪	齒條				
配對齒數	32				
配對齒面寬	20				
配對齒輪加工法	<input checked="" type="checkbox"/> 切削				
回轉數	112 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	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				
負荷方向	<input checked="" type="checkbox"/> 兩方向				



追加熱處理	<input checked="" type="checkbox"/> 無
單位	<input checked="" type="checkbox"/> kgf

SS2-32 齒輪強度計算結果（因為速度慢，只以彎曲強度查核即可）

【計算結果】

--- 彎曲強度 [JGMA401-01]	

容許切線力 (kgf)	246.7380
容許力矩 (kgf·m)	7.8956
容許動力 (kW)	0.9081

SRF2-1000 齒條強度計算（輸入）

配對齒輪	<input checked="" type="checkbox"/> 正齒輪																			
配對齒數	32																			
配對齒面寬	20																			
配對齒輪加工法	<input checked="" type="checkbox"/> 切削																			
小齒輪回轉數	112 rpm																			
反覆回轉數	10,000,000以上																			
過負荷係數	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	ISO VG 100																			
安全率	1.2																			
齒輪的支撐方向	<input checked="" type="checkbox"/> 單側支撐																			
負荷方向	<input checked="" type="checkbox"/> 兩方向																			
追加熱處理	<input checked="" type="checkbox"/> 無																			
單位	<input checked="" type="checkbox"/> kgf																			



SRF2-1000 齒條輪強度計算結果（因為速度慢，只以彎曲強度查核即可）

【計算結果】

--- 彎曲強度 [JGMA401-01]	

容許切線力 (kgf)	313.8758
容許力矩 (kgf·m)	0.0000
容許動力 (kW)	1.1552

討論

小齒輪 SS2-32 之容許切線力 = **246.7380 kgf** > 小齒輪之負荷切線力 = **141.42 kgf** , OK

小齒輪 SS2-32 之容許力矩 = **7.8956 kgf·m** > 小齒輪之負荷切線力 = **4.52548 kgf·m** , OK

齒條 SRF2-1000 之容許切線力 = **313.8758 kgf** > 齒條之負荷切線力 = **141.42 kgf** , OK

當小齒輪之轉速 = 112 rpm 時，台車之爬坡速率 $v = 0.375 \text{ m/sec}$

小齒輪及齒條之圖面

染黑處理

KHK SS2-32

(1)加工一般公差

尺寸類別	中級
$0.5 \sim 6$	±0.1
$6 \sim 30$	±0.2
$30 \sim 120$	±0.3
$120 \sim 400$	±0.5
$400 \sim 1000$	±0.8
$1000 \sim 2000$	±1.2
角度	±0.5°

正齒輪規格

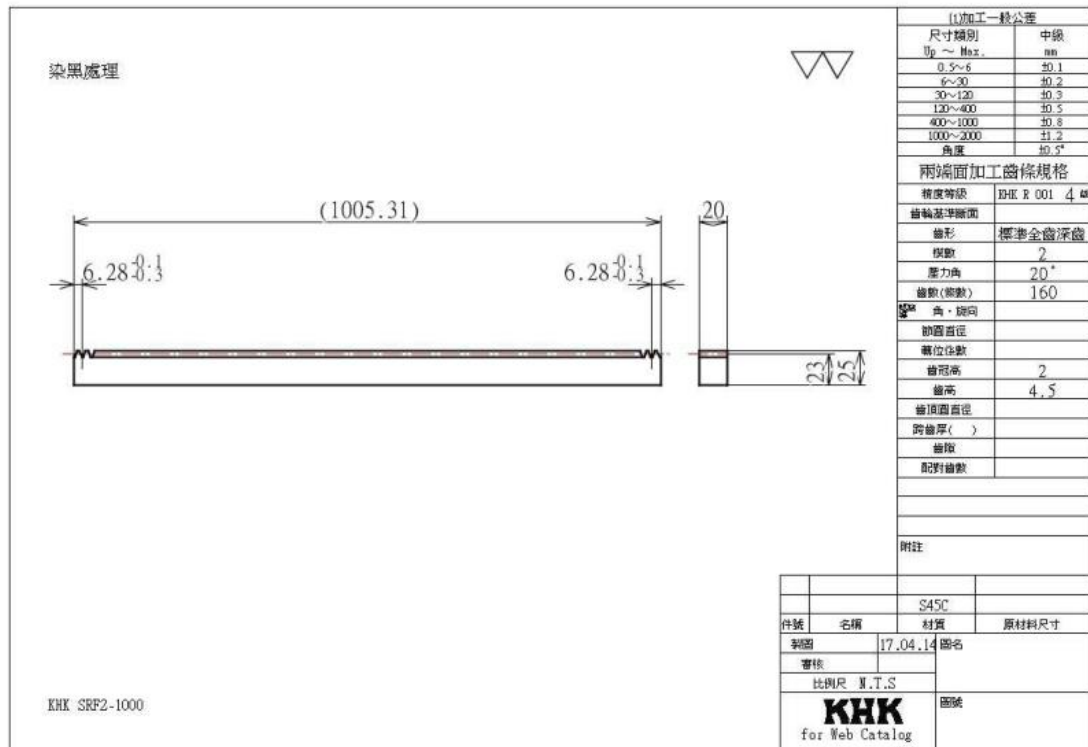
精度等級	JIS B 1701-1 N8 級
齒輪基準平面	
齒形	標準全齒深齒
模數	2
壓力角	20°
齒數(齒數)	32
齒高、齒向	
齒圈直徑	64
齒位代數	
齒冠高	2
齒高	4.5
齒頂圓直徑	68
跨齒厚()	
齒隙	
配對齒數	

附註

件號	名稱	S45C	原材尺寸
製圖	17.04.14	圖名	
審核			
比例尺 N.T.S			
KHK		圖號	
for Web Catalog			



齒條：SRF2-1000



安全提醒：

不論小齒輪和齒條的強度是否足夠無虞，是最重要的一點是要考慮「安全性」當電力突然消失時，本台車有可能（一定會）往下滑。

此時必須要有一機構能阻止或擋得住下滑。因此搭配棘齒輪及齒爪（例如 **KHK SRT2-40 / SRT2-C**，最好採用雙套）於停車或停電時能確實卡住，阻止台車的下滑，是重要的安全性考量。