



文件序號：T2020169

技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	兩段式蝸桿蝸輪的選用
重點	兩段式蝸桿蝸輪的選用
產出日期	2020/03/27
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



問：

我想詢問 AGF 或 AG 蝸輪，我的目的是想自己組成一組減速比至少 1/900 以上的、且輸出扭力至少可承受 800Nm 的扭力放大機構，此機構力端並非要接馬達，而是要接手動搖臂（轉速約每秒 3 轉），請問這兩個蝸輪要搭配何種蝸桿比較適當呢？或是有何建議嗎？謝謝。

答：

謝謝提問，將計算及蝸桿蝸輪選用順序答覆如下：

A. 前題：

首先，減速比 1/900 的蝸輪蝸桿組，通常無法以一段減速來達成，必須要使用二段式蝸桿蝸輪的組合才能達成。以本例 1/900 來看，最簡單的搭配為：1/30×1/30=1/900，若不考慮蝸桿蝸輪的效率，則此二段式蝸桿蝸輪可視為 900 倍的力矩放大機構。

蝸輪蝸桿雖然簡潔地就能將轉速大幅度地下降，可惜的是，蝸桿蝸輪組的效率也往往不盡人意。以本例而言，第一段的轉速較快，也可能只剩 50% 的效率，第二段的轉速較慢，效率甚至只剩下 40%。如此，總效率將只剩下 50%×40%=20%。

如果不將總速比再縮小，如 1/3000，再加上使用研磨級的蝸桿，提高蝸桿蝸輪的效率，則有可能因內耗而造成輸出不足的困擾。

因此，二段式蝸桿蝸輪的總減速比假設在：1/2500~1/3600 之間，並搭配以研磨級的蝸桿，做為此二段式蝸桿蝸輪的設計。

其次，由於輸入是以手轉動的，則手動的輸入力矩 T_{IN} ，雖然必須視把手或轉輪的半徑而定，今假設輸入力矩 $T_{IN} < 2N\cdot m$ 。輸入轉速 N 約每秒 3 轉，則 $N = 180RPM$ ，容許輸出力矩 $T_{OUT} > 800N\cdot m$ 。

B. 概算：

先以輸入端計算至輸出端的方式，將 1/2500~1/3600 分為三種速比的搭配，並考慮第一段、第二段蝸桿蝸輪的效率，做一概略的試算。

1. $1/50 \times 1/50 = 1/2500$

設 $T_i = 1N\cdot m$ ，則第一段蝸輪之輸出力矩 $T_{OUT1} = 1 \div 1/50 \times 50\% = 25N\cdot m$ = 第二段蝸桿之輸入力矩。第二段蝸輪之輸出力矩 $T_{OUT2} = 25 \div 1/50 \times 40\% = 500 N\cdot m$

	第一段蝸桿蝸輪			第二段蝸桿蝸輪		
	input 1	1/50	output 1	input 2	1/50	output 2
RPM	180		3.6	3.6		0.072



負荷 T (N-m)	1	效率	25	25	效率	500
------------	---	----	----	----	----	-----

2. $1/60 \times 1/50 = 1/3000$

設 $T_i = 1\text{N-m}$ ，則第一段蝸輪之輸出力矩 $T_{OUT1} = 1 \div 1/60 \times 50\% = 30\text{N-m}$ = 第二段蝸桿之輸入力矩。第二段蝸輪之輸出力矩 $T_{OUT2} = 30 \div 1/50 \times 40\% = 600\text{N-m}$

	第一段蝸桿蝸輪			第二段蝸桿蝸輪		
	input 1	1/60	output 1	input 2	1/50	output 2
RPM	180	效率	3	3	效率	0.06
負荷 T (N-m)	1	50%	30	30	40%	600

3. $1/60 \times 1/60 = 1/3600$

設 $T_i = 1\text{N-m}$ ，則第一段蝸輪之輸出力矩 $T_{OUT1} = 1 \div 1/60 \times 50\% = 30\text{N-m}$ = 第二段蝸桿之輸入力矩。第二段蝸輪之輸出力矩 $T_{OUT2} = 30 \div 1/60 \times 40\% = 720\text{N-m}$

	第一段蝸桿蝸輪			第二段蝸桿蝸輪		
	input 1	1/60	output 1	input 2	1/60	output 2
RPM	180	效率	3	3	效率	0.05
負荷 T (N-m)	1	50%	30	30	40%	720

則，試算 $3.1/60 \times 1/60 = 1/3600$ 組合之輸出力矩 720N-m 最接近 800N-m 。以此做藍本，第一段蝸桿蝸輪的模數設為 2，第二段蝸桿蝸輪的模數設為 5，來詳細計算各段蝸桿蝸輪組之效率。

C. 蝸桿蝸輪規格初步選用：

KHK 標準蝸桿蝸輪的規格上，可選用

- 蝸桿為軸心形：KWG2-R1/AGF2-60R1，KWG5-R1/AGF5-60R1 與
- 蝸桿為軸孔形：SWG2-R1/AG2-60R1，SWG5-R1/AG5-60R1，二種情形來討論。

蝸桿蝸輪之規格及尺寸，請見 KHK 型號之連結：

[KWG5-R1](#)，[AGF5-60R1](#)，[KWG2-R1](#)，[AGF2-60R1](#)，[SWG5-R1](#)，[AG5-60R1](#)，[SWG2-R1](#)，[AG2-60R1](#)，本 KHK 網頁可輸出齒輪圖面，也可計算齒輪之強度。

1.

	第一段蝸桿蝸輪			第二段蝸桿蝸輪		
	input 1	1/60	output 1	input 2	1/60	output 2
RPM	180		3	3		0.05

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



負荷 T (N-m)	1	效率	30	30	效率	720
規格	KWG2-R1		AGF2-60R1	KWG5-R1		AGF5-60R1
概略容許力矩			120			2400

2.

	第一段蝸桿蝸輪			第二段蝸桿蝸輪		
	input 1	1/60	output 1	input 2	1/60	output 2
RPM	180	效率	3	3	效率	0.05
負荷 T (N-m)	1	50%	30	30	40%	720
規格	SWG2-R1		AG2-60R1	SWG5-R1		AG5-60R1
概略容許力矩			130			1800

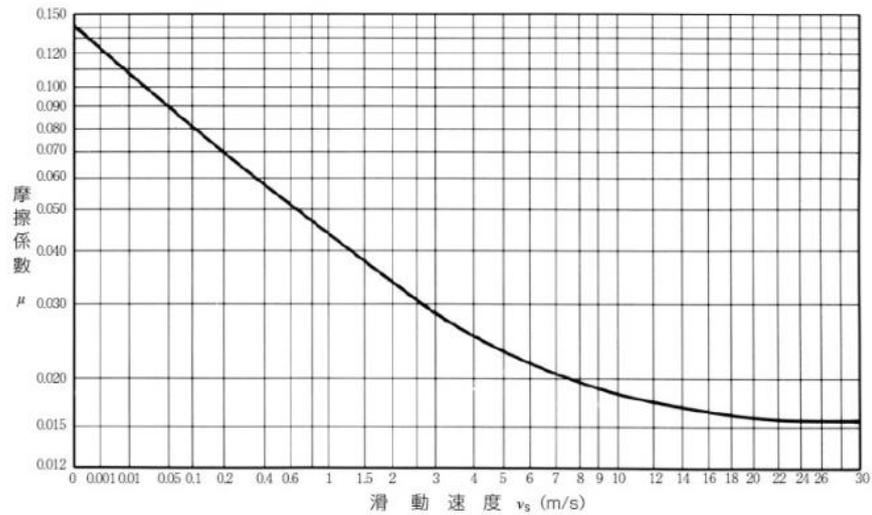
D. 效率詳細計算：由輸出端計算至輸入端

1.

	第二段蝸桿蝸輪			第一段蝸桿蝸輪		
	input 2	1/60	output 2	input 1	1/60	output 1
規格	AGF5-60R1		KWG5-R1	AGF2-60R1		KWG2-R1
RPM	0.05	效率	3	3	效率	180
負荷 T (N-m)	1000	40%	41.666667	41.666667	50%	1.3888889
節圓直徑 d_o	300		50	120		22
導程角 $\gamma_o(^{\circ})$	5.7166666			5.2		
壓力角 $\alpha_n(^{\circ})$	20			20		
$\tan \gamma_o$	0.100107063			0.091007129		
$\cos \alpha_n$	0.939692621			0.939692621		
滑動速度Vs	0.007892656			0.208186656		
材料及 μ 值	AIBC2	0.12765	SCM440	AIBC2	0.0782	SCM440
減速效率 η_R	41.85039%			51.83955%		

蝸桿蝸輪之規格及尺寸，請見 KHK 型號之連結。

蝸桿蝸輪之摩擦係數及效率計算如下：



其他材料組合的情況下的摩擦係數，因為缺乏資料，無法加以明確規定。H.E.MERRITT 的提案列於表 10.27，請參考。

各種材料的組合及其摩擦係數 μ

材料的組合		μ 值
蝸桿	蝸輪	
鑄鐵	青銅	圖中摩擦係數的 1.15 倍
鑄鐵	鑄鐵	圖中摩擦係數的 1.33 倍
淬火鋼	鋁	圖中摩擦係數的 1.33 倍
鋼	鋼	圖中摩擦係數的 2.0 倍

α_n : 齒直角壓力角

γ_0 : 蝸桿之導程角

μ : 完全潤滑時之摩擦係數，可由上面滑動速率與摩擦係數之關係圖求得

$$\eta_R = \frac{\tan \gamma_0 (1 - \tan \gamma_0 \frac{\mu}{\cos \alpha_n})}{\tan \gamma_0 + \frac{\mu}{\cos \alpha_n}}$$

2.

	第二段蝸桿蝸輪			第二段蝸桿蝸輪		
	input 2	1/60	output 2	input 1	1/60	output 1
規格	AG5-60R1		SWG5-R1	AG2-60R1		SWG2-R1
RPM	0.05	效率	3	3	效率	180
負荷 T (N-m)	1000	40%	41.666667	41.666667	50%	1.3888889
節圓直徑 d_0	300		70	120		31
導程角 γ_0 (°)	4.08333			3.68333		
壓力角 α_n (°)	20			20		
$\tan \gamma_0$	0.071388456			0.064374942		
$\cos \alpha_n$	0.939692621			0.939692621		
滑動速度 V_s	0.011022745			0.292751318		
材料及 μ 值	AIBC2	0.12075	S45C	AIBC2	0.070725	S45C



減速效率 η_R	35.38662%	45.87764%
---------------	------------------	------------------

蝸桿蝸輪之規格及尺寸，請見 KHK 型號之連結。
 蝸桿蝸輪之摩擦係數及效率計算如前項說明。

E. 蝸桿蝸輪面壓強度計算

依據上述各蝸桿蝸輪之連結，KHK 除提供齒輪的圖面繪製外，也提供齒輪的強度計算。今根據前述各規格，計算蝸桿蝸輪的面壓強度如下：

1. KWG5-R1 / AGF5-60R1 齒輪強度計算

蝸桿回轉數	<input type="text" value="3"/>
潤滑油係數	<input type="text" value="0.9"/>
齒承係數	<input type="text" value="1.2"/>
潤滑方式	<input checked="" type="checkbox"/> 油浴潤滑 <input type="checkbox"/> 強制潤滑
安全率	<input type="text" value="1.2"/>
單位	<input type="checkbox"/> kgf <input checked="" type="checkbox"/> N

AGF 蝸輪 [AGF5-60R1] 的強度計算結果

【計算結果】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
容許切線力(N)	7868.9614
容許力矩(N·m)	1180.3442
容許動力 (kW)	0.0062

【使用條件輸入值】

蝸桿回轉數	[3.0] rpm
潤滑油係數	[0.9]
潤滑方式	[油浴潤滑]
齒承係數	[1.2]
安全率	[1.2]



【各項係數直】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
滑動速率係數	0.8676
轉速率係數	1.0000
容許應力係數	0.6700
領域係數	1.2062
潤滑油係數	0.9000
潤滑法係數	1.0000
粗度係數	1.0000
齒承係數	1.2000

KWG2-R1 / AGF2-60R1 齒輪強度計算

蝸桿回轉數	<input type="text" value="180"/>
潤滑油係數	<input type="text" value="0.9"/>
齒承係數	<input type="text" value="1.2"/>
潤滑方式	<input checked="" type="checkbox"/> 油浴潤滑 <input type="checkbox"/> 強制潤滑
安全率	<input type="text" value="1.2"/>
單位	<input checked="" type="checkbox"/> kgf <input type="checkbox"/> N

AGF 蝸輪 [AGF2-60R1] 的強度計算結果

【計算結果】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
容許切線力(N)	1172.6435
容許力矩(N·m)	70.3586
容許動力 (kW)	0.0221

【使用條件輸入值】

蝸桿回轉數	[180.0] rpm
潤滑油係數	[0.9]
潤滑方式	[油浴潤滑]

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



齒承係數	[1.2]
安全率	[1.2]

【各項係數直】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
滑動速率係數	0.6777
轉速率係數	0.8975
容許應力係數	0.6700
領域係數	1.3340
潤滑油係數	0.9000
潤滑法係數	1.0000
粗度係數	1.0000
齒承係數	1.2000

2. SWG5-R1 / AG5-60R1 齒輪強度計算

蝸桿回轉數	<input type="text" value="3"/>
潤滑油係數	<input type="text" value="0.9"/>
齒承係數	<input type="text" value="1.2"/>
潤滑方式	<input checked="" type="checkbox"/> 油浴潤滑 <input type="checkbox"/> 強制潤滑
安全率	<input type="text" value="1.2"/>
單位	<input type="checkbox"/> kgf <input checked="" type="checkbox"/> N

AG 蝸輪 [AG5-60R1] 的強度計算結果

【計算結果】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
容許切線力(N)	7594.7058
容許力矩(N·m)	1139.2059
容許動力 (kW)	0.0060

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



【使用條件輸入值】

蝸桿回轉數	[3.0] rpm
潤滑油係數	[0.9]
潤滑方式	[油浴潤滑]
齒承係數	[1.2]
安全率	[1.2]

【各項係數直】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
滑動速率係數	0.8480
轉速率係數	1.0000
容許應力係數	0.6700
領域係數	1.1911
潤滑油係數	0.9000
潤滑法係數	1.0000
粗度係數	1.0000
齒承係數	1.2000

SWG2-R1 / AG2-60R1 齒輪強度計算

蝸桿回轉數	<input type="text" value="180"/>
潤滑油係數	<input type="text" value="0.9"/>
齒承係數	<input type="text" value="1.2"/>
潤滑方式	<input checked="" type="checkbox"/> 油浴潤滑 <input type="checkbox"/> 強制潤滑
安全率	<input type="text" value="1.2"/>
單位	<input type="checkbox"/> kgf <input checked="" type="checkbox"/> N

AG 蝸輪 [AG2-60R1] 的強度計算結果

【計算結果】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
容許切線力(N)	1278.9518



容許力矩(N·m)	76.7371
容許動力 (kW)	0.0241

【使用條件輸入值】

蝸桿回轉數	[180.0] rpm
潤滑油係數	[0.9]
潤滑方式	[油浴潤滑]
齒承係數	[1.2]
安全率	[1.2]

【各項係數直】

---- 面壓強度 [JGMA405-01] ----	
滑動速率係數	0.6545
轉速率係數	0.8975
容許應力係數	0.6700
領域係數	1.5066
潤滑油係數	0.9000
潤滑法係數	1.0000
粗度係數	1.0000
齒承係數	1.2000

F. 結論：

1. [KWG5-R1](#) , [AGF5-60R1](#) , [KWG2-R1](#) , [AGF2-60R1](#) 之二段式蝸桿蝸輪組合
 總速比 $1/60 \times 1/60 = 1/3600$

以手轉輸入 **1.28N·m** 力矩，將可得最終輸出力矩 **1000N·m > 800N·m OK !**

AGF2-60R1 之容許負荷力矩 **70.3586N·m > 39.824398N·m OK !**

AGF5-60R1 之容許負荷力矩 **1180.34N·m > 1000N·m OK !**

	第二段蝸桿蝸輪			第一段蝸桿蝸輪		
	input 2	1/60	output 2	input 1	1/60	output 1
規格	AGF5-60R1			KWG5-R1		AGF2-60R1
RPM	0.05	計算效率 η_R	3	3	計算效率 η_R	180
負荷 T (N·m)	1000	41.850%	39.824398	39.824398	51.840%	1.2803737
計算容許力矩	1180.34			70.3586		

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



2. [SWG5-R1](#) , [AG5-60R1](#) , [SWG2-R1](#) , [AG2-60R1](#) 之組合

總速比 $1/60 \times 1/60 = 1/3600$

以手轉輸入 **1.71N-m** 力矩，將可得最終輸出力矩 **1000N-m > 800N-m OK !**

AG2-60R1 之容許負荷力矩 **76.73N-m > 47.098779N-m OK !**

AG5-60R1 之容許負荷力矩 **1139.20N-m > 1000N-m OK !**

	第二段蝸桿蝸輪			第一段蝸桿蝸輪		
	input 2	1/60	output 2	input 1	1/60	output 1
規格	AG5-60R1			SWG5-R1		AG2-60R1
RPM	0.05	計算效率 η_R	3	3	計算效率 η_R	180
負荷 T (N-m)	1000	35.387%	47.098779	47.098779	45.878%	1.7110289
計算容許力矩	1139.20			76.73		