

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：T2020038

技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	蝸輪蝸桿的牙數與自鎖作用
重點	蝸輪蝸桿的牙數與自鎖作用
產出日期	2020/02/13
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



請問您有關蝸桿蝸輪的問題。

蝸輪：

模數 2、齒數 50、右旋

材質 MC901

蝸桿：

模數 2、條數 3 (3 頭)、右旋、外徑約 30mm(此參數是自己設定，還是計算出來的?)材

質 S45C，**須能自鎖**

可否提供蝸輪蝸桿的外徑、節徑、中心距、蝸輪厚度？

答：

蝸輪蝸桿能發生自鎖的導程角限制是：一般而言必須小於 4°
當蝸桿的牙數大於 1 牙時，其導程角應該都已經大於 4° 了，
因此 3 牙的蝸桿，照理來說，應該是沒有自鎖作用的。

請參照

http://www.khkgears.co.jp/tw/gear_technology/pdf/3010gearguide_tw.pdf

P.536

KHK 蝸桿，蝸輪：

<https://khkgears.net/pdf/cg.pdf>

M2 MC901 材質的蝸輪，沒有 50 齒的規格

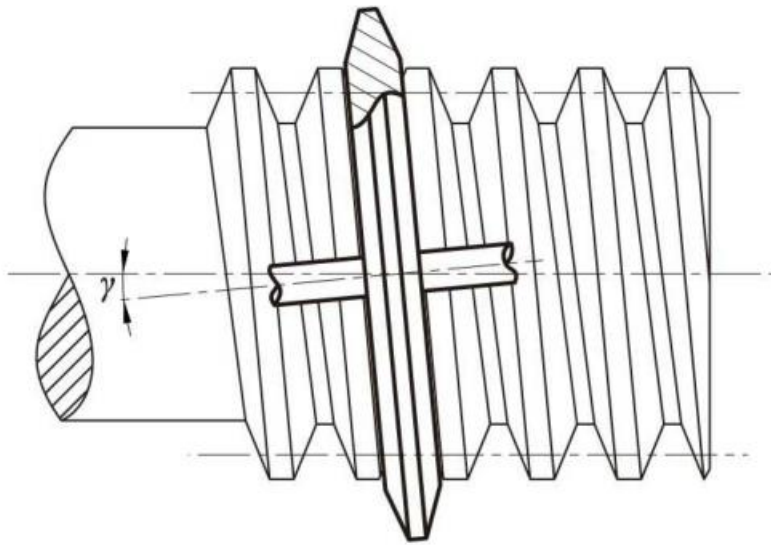
蝸桿節圓直徑 d 有一定的計算方式， d 和蝸桿的模數有一定的比例關係（直徑係數 Q ， $Q = d/mx$ ），不應該是任意的尺寸。

直徑係數 Q ，在 JGMA 的規範中有從 16（模數小）~8（模數大）不等。

而蝸輪蝸桿的齒形複雜，又有好幾種，根據 JIS B 1723 標準規定，圓筒蝸桿的齒形有下列四種規定。

- 1 形：軸平面之齒形為梯形。
- 2 形：齒溝在齒直角斷面中為梯形。
- 3 形：用軸平面之齒形為梯形的切削刀具(銑刀或研磨砂輪)，以刀具軸與蝸桿軸之夾角(軸角)為 $\bar{\alpha}$ 角(導程角)時，所加工出的齒形。
- 4 形：軸直角斷面之齒形為漸開線齒形。

其中，以 3 形的齒形最為普遍（如下圖）。



3 形蝸桿的齒直角壓力角 α_n 有比刀具壓力角 α_0 小的傾向。

在 JIS 標準中規定，3 形齒形以軸方向模數 m_x 及刀具壓力角 $\alpha_0 = 20^\circ$ 為標準。在製作這種蝸輪時，必須以專用的蝸輪滾齒刀加工。軸方向模數 m_x 以 R10 為採用的標準數，數值列於表下。

圓筒蝸桿軸方向模數 m_x 表

1	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00
6.30	8.00	10.00	12.50	16.00	21.00	25.00	

因為蝸輪蝸桿組是一種傳達交錯軸間運動的齒輪，所以蝸桿的軸平面和蝸輪的軸平面不一致。

蝸桿的軸平面是蝸輪的軸直角斷面(正面)。

蝸桿的軸直角斷面(正面)是蝸輪的軸平面。

唯一相同一致的斷面是齒直角斷面。

因此，以齒直角斷面上的齒直角模數 m_n 為標準來製作蝸輪的方法也是相當普遍的。

根據這種方式，我們可利用市販的滾齒刀(不是專用的滾齒刀)即可切削蝸輪，非常方便。

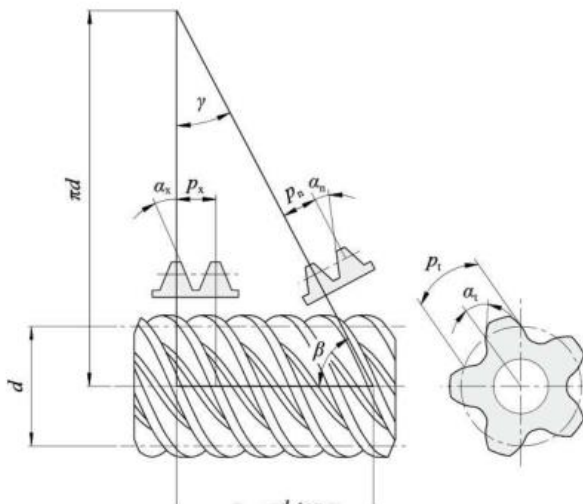
下面將蝸輪組在軸平面，軸直角斷面(正面)和齒直角斷面上的模數，壓力角，節距及導程的關係表列下



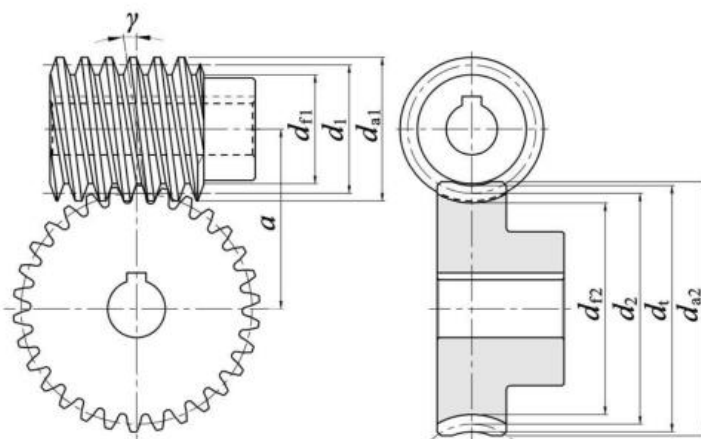
蝸輪蝸桿比較表

蝸桿		
軸平面	齒直角斷面	軸直角斷面(正面)
$m_x = \frac{m_n}{\cos \gamma}$ $\alpha_x = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \alpha_n}{\cos \gamma} \right)$ $P_x = \pi m_x$ $P_z = \pi m_x z$	m_n α_n $P_n = \pi m_n$ $P_z = \frac{\pi m_n z}{\cos \gamma}$	$m_t = \frac{m_n}{\sin \gamma}$ $\alpha_t = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \alpha_n}{\sin \gamma} \right)$ $P_t = \pi m_t$ $P_z = \pi m_t z \tan \gamma$
軸直角斷面(正面)	齒直角斷面	軸平面
蝸輪		

欲對上表中相互關係有進一步的理解，可參考下圖的說明？其中各項諸元之間的關係式與螺旋齒輪的計算公式相同，只要將公式中的 β 角換成 $(90^\circ - \gamma)$ 代入即可。因此，可以換個方式說，以 γ 角為節圓筒導程角的蝸桿，近似於以 $(90^\circ - \gamma)$ 角為螺旋角的螺旋齒輪。



圓筒 蝸桿 (右旋)



圓筒 蝸桿蝸輪的尺寸



1. 軸方向模數方式蝸輪蝸桿

這種方式的蝸輪蝸桿是以軸方向模數 m_x ，齒直角壓力角 $\alpha_n = 20^\circ$ 為標準來計算。參考表 1。

表 1 軸方向模數方式蝸輪蝸桿計算

序號	計算項目	記號	計算公式	計算例	
				蝸桿(1)	蝸輪(2)
1	軸方向模數	m_x		3	
2	齒直角壓力角	α_n		(20°)	
3	牙數·齒數	z		右雙牙	30(R)
4	標準圓直徑	d_1 d_2	(Qm_x) 注 1 z_2m_x	44.000	90.000
5	節圓筒導程角	γ	$\tan^{-1}\left(\frac{m_x z_1}{d_1}\right)$	7.76517°	
6	軸直角轉位係數	x_{r2}			0
7	中心距離	a	$\frac{d_1 + d_2}{2} + x_{r2} \cdot m_x$	67.000	
8	齒冠高	h_{a1} h_{a2}	$1.00m_x$ $(1.00 + x_{r2})m_x$	3.000	3.000
9	全齒深	h	$2.25m_x$	6.750	
10	齒頂圓直徑	d_{a1} d_{a2}	$d_1 + 2h_{a1}$ $d_2 + 2h_{a2} + m_x$ 注 2	50.000	99.000
11	喉徑	d_f	$d_2 + 2h_{a2}$		96.000
12	喉圓半徑	r_f	$\frac{d_1}{2} - h_{a1}$		19.000
13	齒底圓直徑	d_{f1} d_{f2}	$d_{a1} - 2h$ $d_f - 2h$	36.500	82.500

注 1. 直徑係數 Q 是蝸桿的節圓直徑 d_1 與軸向模數 m_x 之比，即 $Q = \frac{d_1}{m_x}$ 。

注 2. 蝸輪齒頂圓直徑 d_{a2} 的計算還有許多其他的方法。

注 3. 蝸桿的齒幅 b_1 若能滿足 $\pi m_x(4.5 + 0.02z_2)$ 即可。

注 4. 由於蝸輪的有效齒幅 $b' = 2m_x\sqrt{Q + 1}$ ，因此，蝸輪的齒幅能達到 $b_2 = b' + 1.5m_x$ 以上即可。



2. 齒直角方式蝸輪蝸桿

此方式的蝸輪蝸桿以齒直角模數 m_n ，齒直角壓力角 $\alpha_n = 20^\circ$ 為標準進行齒輪的計算。

表 2 為齒直角方式蝸輪蝸桿的計算。

表 2 齒直角方式蝸輪蝸桿的計算。

序號	計算項目	記號	計算公式	計算例	
				蝸桿(1)	蝸輪(2)
1	齒直角模數	m_n		3	
2	齒直角壓力角	α_n		(20°)	
3	牙數·齒數	z		右雙牙	30(R)
4	蝸桿標準圓直徑	d_1		44.000	
5	節圓筒導程角	γ	$\sin^{-1}\left(\frac{m_n z_1}{d_1}\right)$	7.83748°	
6	蝸輪節圓徑	d_2	$\frac{z_2 m_n}{\cos \gamma}$		90.8486
7	齒直角轉位係數	x_{n2}			-0.1414
8	中心距離	a	$\frac{d_1 + d_2}{2} + x_{n2} \cdot m_n$	67.000	
9	齒冠高	h_{a1} h_{a2}	$1.00m_n$ $(1.00 + x_{n2})m_n$	3.000	2.5758
10	全齒深	h	$2.25m_n$	6.75	
11	齒頂圓直徑	d_{a1} d_{a2}	$d_1 + 2h_{a1}$ $d_2 + 2h_{a2} + m_n$	50.000	99.000
12	喉徑	d_f	$d_2 + 2h_{a2}$		96.000
13	喉圓半徑	r_f	$\frac{d_1}{2} - h_{a1}$		19.000
14	齒底圓直徑	d_{f1} d_{f2}	$d_{a1} - 2h$ $d_f - 2h$	36.500	82.500

關於注釋請參照表 1。



蝸輪組的自鎖作用

自鎖作用是蝸輪組的特點之一。自鎖作用是指無法由蝸輪驅動蝸桿的狀態。利用這種特性使用在升降裝置中，可以簡單地保持停止位置，另外在其他方面亦有很多有效的用途。

受各種因素的影響，蝸輪組分能自鎖作用和不能自鎖作用兩種。

在不計算軸承損失及攪拌潤滑油損失等影響的理想狀態下，判斷是否會發生自鎖作用是取決於齒面的作用力。在蝸輪做為驅動齒輪時，蝸桿的切線力 F_{t1} 可由下式算得。

$$F_{t1} = F_{x2} = F_n (\cos \alpha_n \sin \gamma - \mu \cos \gamma)$$

當作用於蝸桿的切線力 F_{t1} 大於零時，蝸桿便有轉動的力矩產生，故不能自鎖。反之，當蝸桿的切線力 F_{t1} 小於等於零時，蝸桿蝸輪組便能自鎖了。從公式中可以看出，齒直角壓力角 α_n ，節圓筒導程角 γ 和摩擦係數 μ 這三要素影響自鎖作用的產生。其中靜摩擦係數 μ 受到潤滑狀況及齒面表面粗度等的影響，是不確定的因素。

在實際的蝸輪組中，摩擦係數 μ 值的正確值計算不易。而且，實際上由於軸承損失及潤滑油攪拌損失等也會引起制動作用，因此要想完全正確地掌握這些因素的變化非常困難。所以，對於蝸輪組是否能自鎖的判斷也就相當的困難了。

不過，可以很確定地說，標準圓筒導程角 γ 越小，蝸輪組的自鎖性也就越高。經驗上，當單牙蝸桿

的導程角 $\gamma < 4^\circ$

時，會發生自鎖作用。雙牙蝸桿的導程角很有可能都比 4° 大，因此不太能保有自鎖作用。

右圖對角線上方的區域為會發生自鎖作用的區域。

