



文件序號：T2020199

## 技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	傘形齒輪之齒隙與裝配
重點	傘形齒輪之齒隙與裝配
產出日期	2020/02/26
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



問一：

請問傘形齒輪之齒隙應如何規範與調整？可不可以以零齒隙來使用？

答一：

對於傘形齒輪的齒隙（單邊齒厚減少量）規範在 JIS B 1705：1973 中，（參閱附件一）

動力傳達用齒輪盡量不要以「零」齒隙來使用，其主要理由是：

- 齒隙可用來吸收因溫度引起的膨脹
- 齒隙可用來吸收因加工時所產生的誤差
- 齒隙可讓潤滑油進入，作為隔墊之油膜會避免金屬與金屬之直接接觸

有適當齒隙的齒輪在運轉時，會比「零」齒隙的齒輪安靜，尤其是高轉速時

在精密級的齒輪上，造成齒輪噪音的原因應該是為求「更精密」，而一味地將齒隙縮減所致。

由於齒隙的量測十分不方便，因此必須以實驗的方法，先依「零」齒隙來裝配，紀錄此時應有的墊片厚度。

再將左右旋齒輪的墊片同時磨薄削去相同的厚度（單邊軸方向齒隙），再提高轉速判別運轉噪音值。

並應實際切削檢視加工物表面有無震動痕跡（以判斷齒隙是否已經過大）

至於軸方向齒隙變化量（墊片磨削量）和法向齒隙 之間有一個的數式關係（附件二）

有墊片總磨削量可計算出當時的齒隙。

**將齒輪的齒隙拉大，有時反而會使得噪音降低。**依上述方法可以找出噪音低，同時又能維持精密度的最佳齒隙。

問二：

以下還麻煩您指點一下目前齒輪或機箱的調整方法。

從拆解的等比傘型傘形齒輪之接觸的痕跡上，發現似乎是對中心（**mount distance error**）的問題比較大。

不過另外有部分的擊痕是軸方向偏移（**shaft alignment**）的擊痕（對角），但只有部分齒面有此狀況。

目前現場裝配齒隙約為 **0.xx mm**，昨日長時間的轉速拉到 **1000rpm**，溫度穩定，噪音算是可接受的範圍



答二：

在噪音問題解決之後，請務必留意未來齒輪的發熱以及潤滑問題，將會隨著齒輪轉速大幅提高，陸續「展現」其後座力。

高轉速齒輪（切線速度高），會十分容易地將潤滑油甩離開齒面，如果潤滑油的黏度過低，雖然有潤滑油但仍就達不到充分的潤滑效果，也就是說，對隔離齒面和齒面的直接接觸、降低齒面溫度等潤滑最重要目的背道而行。

據了解目前您使用的是潤滑脂，在高速運轉時，將有違：「潤滑油必須容易進到齒面」的條件，

也因潤滑脂的流動性不佳，不容易填補被甩離潤滑油脂的空缺。

縱使潤滑脂沒有被甩離齒面，也會因為的不到潤滑脂的更新而老化、劣化、油性降低，最後使到金屬齒面間的直接接觸→發高熱→齒面發藍 齒面黏著→齒面產生刮痕→齒輪損壞（壽命降低）

而且潤滑脂潤滑會有隔熱的效果，不容易由外部得知實際齒輪的運轉發熱情形。

將現有潤滑方式改為強制潤滑，應該是下一步必須要正視的課題。

問三：

資料文件的圖 8.5：Pinon 是否為驅動的齒輪，gear 是否為被帶動的齒輪？

圖 8.5 的圖示中，都是以軸線垂直齒輪為基準，探討水平軸向齒輪的位置，請問軸線垂直的齒輪為驅動或被帶動是否會有影響？

齒隙的調整是否能僅以正方向的 error 方式調其中一個齒輪（雖然感覺答案是否定）？

答三：

一般而言小齒輪 Pinion 通常會做為驅動齒輪，而大齒輪 Gear 做為從動齒輪，但以 Gear 帶動 Pinion 『增速』也是可以的。

在使用彎齒傘形齒輪時一定還要考慮軸向推力的方向，會因齒輪的旋向（凸齒面帶動凹齒面或凹齒面帶動凸齒面）、回轉方向、齒數比的不同而不一樣。



將 8.5 圖橫著擺放就可以知道是一樣的，以 Gear 帶動 Pinion 『增速』也是可以適用的。

僅以單一齒輪來調整，將變成不能保持原來的相對關係，尤其是在彎齒傘形齒輪，齒面的印痕（齒承）就會變成對角的情形（就如同您的說明）所以要調整齒隙時，應該以計算得到的齒輪後退量，以兩個齒輪各退半步的方式，磨削墊片。

這樣，齒面的印痕（齒承）就會回復正常情形。



附件一

**4 傘形齒輪的齒隙** 摘自 JIS B 1705 : 1973

齒隙的計算數值表 (JIS 0 級及 4 級)

單位  $\mu\text{m}$

正面模數 (mm)	齒厚減少量	節圓直徑 (mm)																	
		3 ~ 6		6 ~ 12		12 ~ 25		25 ~ 50		50 ~ 100		100 ~ 200		200 ~ 400		400 ~ 800		800 ~ 1600	
		齒輪精度等級 (JIS)																	
		0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級	0 級	4 級
0.5	最小值	20		25		30		35		45		60							
	最大值	50	100	60	120	70	150	90	180	110	230	140	280						
1	最小值	25		35		40		50		60									
	最大值	60	120	70	140	80	160	100	200	120	240	150	300						
1.5	最小值	30		45		50		60		80									
	最大值	80	150	90	180	110	220	130	260	160	310	190	380						
2	最小值	40		50		60		70		80		100							
	最大值	100	200	120	230	140	280	170	330	200	400	240	490						
2.5	最小值	45		50		60		70		80		100		120					
	最大值	110	210	120	250	150	290	170	350	210	420	250	500	310	610				
3	最小值	45		50		60		70		90		100		130					
	最大值	110	230	130	270	150	310	180	360	220	430	260	520	310	630				
3.5	最小值	50		60		60		80		90		110		130					
	最大值	120	240	140	280	160	320	190	380	220	450	270	540	320	640				
4	最小值	50		60		70		80		90		110		130					
	最大值	130	260	150	300	170	340	200	400	230	470	280	550	330	660				
5	最小值	70		70		90		100		120		140							
	最大值	160		330	190	370	210	430	250	500	290	580	350	690					
6	最小值	70		80		90		110		120		150							
	最大值	180	360	200	410	230	460	260	530	310	620	360	730						
7	最小值	80		90		100		110		130		150							
	最大值	200	400	220	440	240	490	280	560	320	650	380	760						
8	最小值	90		90		110		120		140		160							
	最大值	210	430	240	470	260	530	300	600	340	680	400	790						
10	最小值	100		110		120		130		150		170							
	最大值	240	490	270	540	300	590	330	660	370	750	430	860						
12	最小值	120		130		140		160		180									
	最大值	300	600	330	660	360	730	410	810	460	920								
14	最小值	130		140		160		180		200									
	最大值	330	670	360	720	390	790	440	880	490	990								
16	最小值	150		160		170		190		210									
	最大值	360	730	390	790	420	850	470	940	530	1050								
18	最小值	170		180		200		220		250									
	最大值	430	850	460	920	500	1010	560	1120										
20	最小值	180		200		210		240		260									
	最大值	460	920	490	990	540	1070	590	1180										
22	最小值	200		210		230		250		270									
	最大值	490	980	520	1050	570	1140	620	1250										
25	最小值	210		230		250		270		290									
	最大值	540	1070	570	1150	620	1230	670	1340										

JIS 0 級傘形齒輪  
齒隙的求法

模數 3  
齒數 25 和 50  
小齒輪節徑 75mm  
大齒輪節徑 150mm  
小齒輪齒厚減少量  
最小值 60 $\mu\text{m}$   
最大值 150 $\mu\text{m}$   
大齒輪齒厚減少量  
最小值 70 $\mu\text{m}$   
最大值 180 $\mu\text{m}$   
齒隙  
最小值 60 + 70 = 130 $\mu\text{m}$   
最大值 150 + 180 = 330 $\mu\text{m}$   
根據齒輪的使用目的, 齒隙的大小可以採用與齒輪精度等級不同等級的齒隙值。

齒隙的計算公式

公差單位  $W$

$$W = \sqrt[3]{d_0} + 0.65m, (\mu\text{m})$$

其中  $d_0$ : 節徑 (mm)  
 $m$ : 正面模數 (mm)

JIS 等級	最小值	最大值
0	10W	25W
1		30W
2		35.5W
3		42.5W
4		50W
5		60W
6	71W	



附件二

**6 齒輪的齒隙**

一對齒輪要想達到平順穩定的運轉，需要有齒隙。齒隙是指一對齒輪咬合時，齒面間間隙，根據量測方向的不同，分類如下。

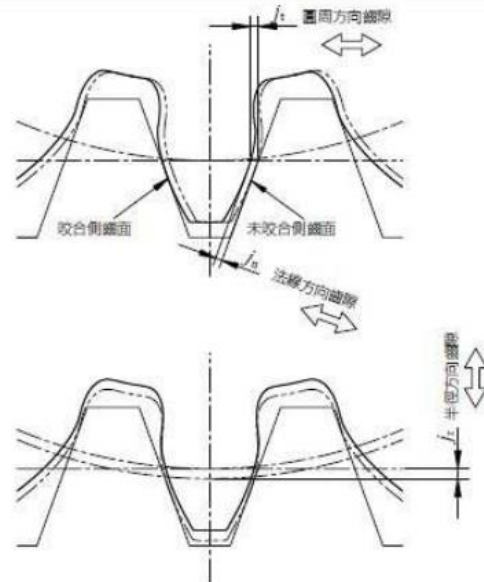


圖 6.1 圓周方向/法線方向及半徑方向的齒隙

**6.1 各種齒輪的齒隙**

(1) 圓周方向齒隙 ( $j_t$ )

在齒輪組中，固定其中一個齒輪，另一個齒輪所能轉過的節圓弧長稱為圓周方向齒隙。

(2) 法線方向齒隙 ( $j_n$ )

兩齒輪的咬合齒面互相接觸時，其非咬合齒面之間的最短距離，稱為法線方向齒隙。

(3) 回轉角度齒隙 ( $j_\theta$ )

齒輪組在標準中心距離下固定時，其中的一個齒輪所能轉動的最大角度。

(4) 半徑方向齒隙 ( $j_r$ )

咬合側齒面與非咬合側齒面同時接觸時的中心距離與所定中心距離之差，稱為半徑方向齒隙。

(5) 軸方向齒隙 ( $j_x$ )

傘形齒輪的咬合齒面與非咬合齒面同時接觸時的裝配距離與所定裝配距離之間的差，稱為軸方向齒隙。

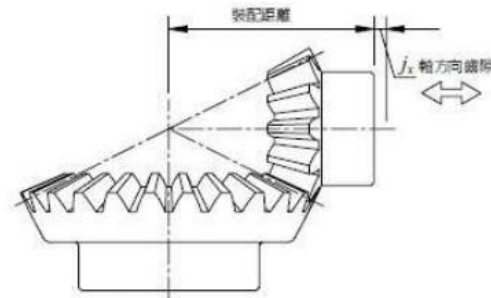


圖 6.2 傘形齒輪的軸方向齒隙

**6.2 各種齒輪的齒隙關係式**

表 6.1 中，列出了各種齒輪的齒隙關係式。圓錐形齒輪（傘形齒輪）的場合，作為半徑方向齒隙的替代，需要討論軸向齒隙。

表 6.1 各種齒隙間關係式

齒輪組	齒輪的種類	圓周方向齒隙 $j_t$	法線方向齒隙 $j_n$	回轉角度齒隙 $j_\theta$	半徑方向齒隙 $j_r$	軸方向齒隙 $j_x$	
平行軸	正齒輪	$\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \beta}$	$j_t \cos \alpha_n \cos \beta$	$\frac{360^\circ j_t}{\pi d}$	$\frac{j_n}{2 \sin \alpha_n}$		
	螺旋齒輪						
相交軸	直齒傘形齒輪	$\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \beta_m}$	$j_t \cos \alpha_n \cos \beta_m$				$\frac{j_n}{2 \sin \alpha_n \sin \delta}$
	雙齒傘形齒輪						
交錯軸	交錯軸螺旋齒輪	$\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \beta}$	$j_t \cos \alpha_n \cos \beta$			$\frac{j_n}{2 \sin \alpha_n}$	
	蝸桿	$\frac{j_n}{\cos \alpha_n \sin \gamma}$	$j_t \cos \alpha_n \sin \gamma$				
	蝸輪	$\frac{j_n}{\cos \alpha_n \cos \gamma}$	$j_t \cos \alpha_n \cos \gamma$				



附件三，傘形齒輪各種裝配上的誤差

1. 理想裝配下的齒承

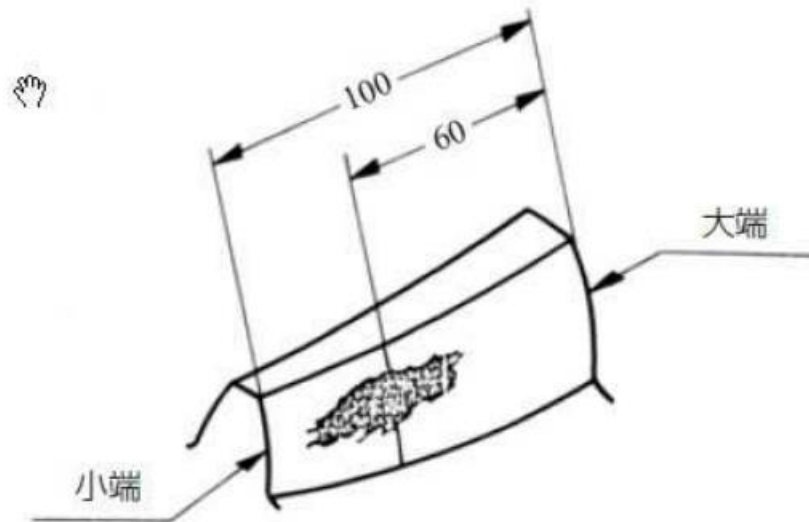


圖 8.2 中央靠近小端接觸

2. 軸心偏移誤差產生的齒承情形

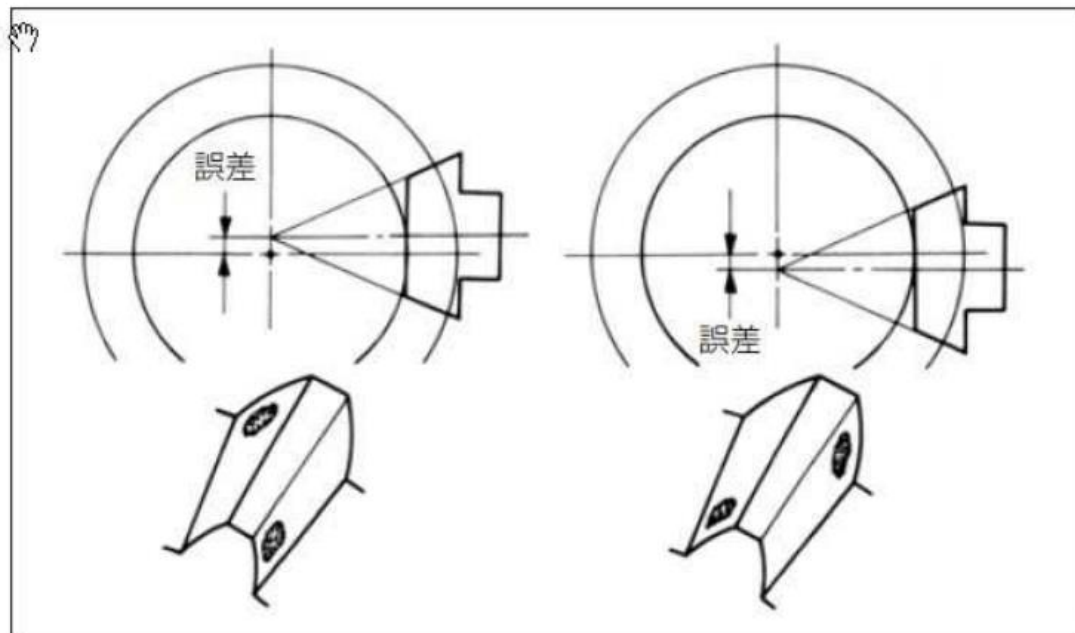


圖 8.3 齒輪箱有軸心偏移誤差時的齒承



3. 軸心軸角誤差產生的齒承情形

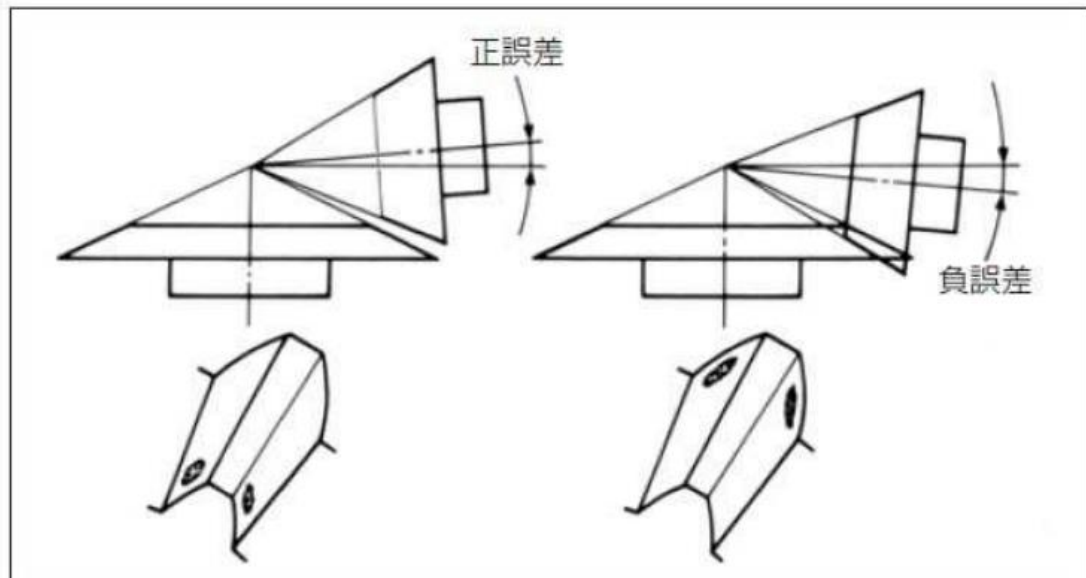


圖 8.4 齒輪箱有軸角度誤差時的齒承

4. 裝配距離誤差產生的齒承情形

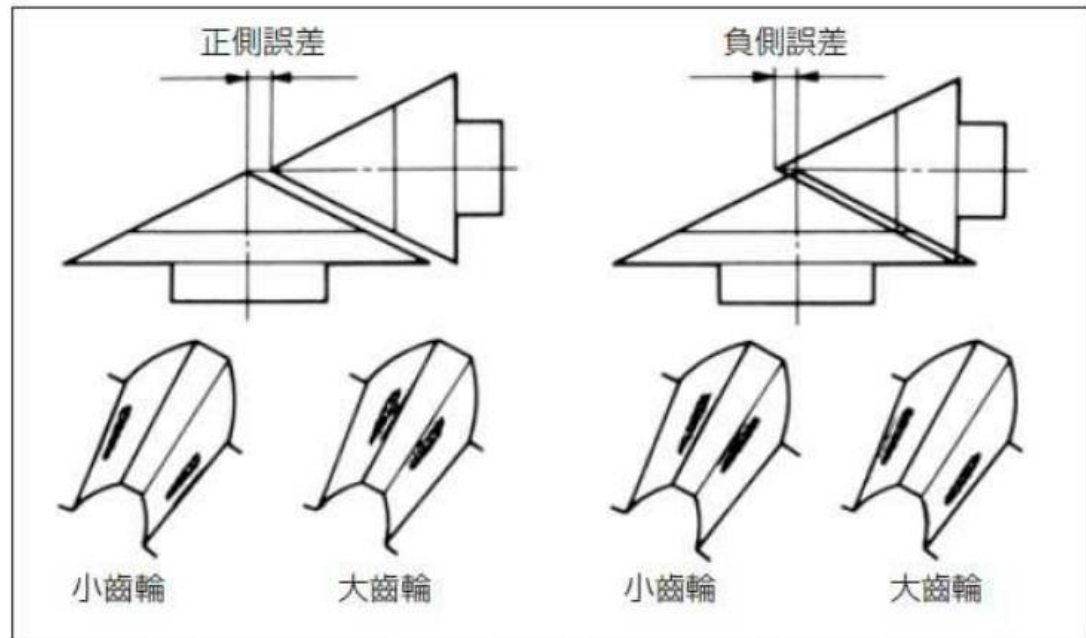


圖 8.5 齒輪裝配距離有誤差時的齒承