

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：T2020226

## 技術類別：《齒輪應用》

技術類別	齒輪應用
篇名	正齒輪與螺旋齒輪的不同
重點	正齒輪與螺旋齒輪的不同
產出日期	2020/03/06
資料來源	日本 KHK / 台灣昭源提供 麗台國際有限公司整理



問：

因研究需要，需比較正齒輪與螺旋齒輪在製造上和應用上各有何不同？  
可否麻煩幫忙說明？謝謝

答：

平行軸的齒輪有：

正齒輪（**spur gears**）、齒條

齒筋（齒向）與軸心平行的圓筒齒輪，因為易於加工，因此在動力傳動上使用最為廣泛。

螺旋齒輪（**helical gears**）、齒條

齒筋（齒向）為螺旋線的圓筒齒輪，因為比正齒輪強度高且運轉平穩，被廣泛使用。唯轉動時會產生軸向推力（**thrust force**）。

內齒輪（**internal gears**）

在圓環的內側切齒的齒輪，主要使用在行星齒輪傳動機構及齒輪聯軸器等應用上。

製造上，現代的切齒加工，通常不用成形銑刀切齒（**form cutting**），而採用創生（**generation**）加工，也就是用齒條形刀具（齒形斷面如同齒條的直線形刀具，如滾齒刀、小齒輪形插齒刀、齒條形鉋齒刀等）來創生漸開線齒形的切齒加工，最大的優點是所切削的齒輪是具有正確漸開線齒形並具有互換性，可避開成形銑刀切齒所帶來不可避免的齒輪干涉問題。

使用創生原理而製造的切齒機械，較具代表性的有滾齒機（**hobbing machine**）及插齒機（**gear shaper**）。標準圓筒齒輪在創生時，齒輪的標準圓直徑（節徑）和齒條形刀具的標準節線在不產生滑動的條件下相切滾動，即可創生出漸開線齒形。

漸開線齒輪的創生切削機械，還有另一種使用小齒輪形切齒刀的插齒機。這種插齒機，不但可以加工外齒輪，還可以加工內齒輪。

螺旋齒輪和正齒輪都是屬於同系統的圓筒齒輪，由其尺寸計算公式可知，甚至可以說，正齒輪是螺旋齒輪在螺旋角  $\beta=0^\circ$  時的一個特例也不為過。因此，切齒加工時螺旋角  $\beta$  的導入就成為是否為螺旋齒輪或為正齒輪關鍵了。

以傳統滾齒機切削齒輪為例，維持滾齒刀節線與被加工物節圓相切，並使之做虛擬的純滾動運動，必須先調整好滾齒刀傾斜角，並根據分度（**indexing**）機



械常數安裝正確的分度變換齒輪（3~4 個齒輪）才能達成。接著才啟動進刀程序由上往下（或由下向上）切削齒輪（當然也是由另一套齒輪調整進刀速度的快慢）。如此所切削出的齒輪為正齒輪。

分度變換齒輪公式一例：

$$\frac{24 \times Zc}{Z} = \frac{A \times C}{B \times D} , Zc = \text{滾齒刀條數} , Z = \text{工作物齒數} , ABCD = \text{分度變換齒輪} , 24$$

稱為機械常數，為方便使用起見，滾齒機的製造廠會將分度變換齒輪彙整為表格。

進刀量變換齒輪公式一例：

$$\text{進刀量 (mm)} = \frac{A \times C}{B \times D} \times 2.032 , ABCD = \text{變進刀換齒輪}$$

為方便使用起見，滾齒機的製造廠會將進刀變換齒輪彙整為表格。

在切削螺旋齒輪時，前段的機械設定步驟（安裝分度變換齒輪為止）和切削正齒輪時相同，由於螺旋齒輪的齒筋（齒向）為傾斜狀，而不是垂直的向下，因此必須藉由齒筋旋向及工作物導程（lead）的大小配合滾齒刀的旋向，調整工作轉盤（working table）的旋向及速度，讓工作轉盤在進刀切削時做適度的加快旋轉或減慢旋轉，才能加工出所需要的正確齒輪旋向及螺旋角  $\beta$ 。要達到這個步驟就必須使用滾齒機上的差動（差速）機構了。

滾齒機上差動機構不是獨立的系統，它與分度機構密切連動，是利用一套齒輪來讓工作轉盤加快或減慢的變換齒輪機構。由於滾齒機的機械常數通常為整數，加上滾齒刀與被切削齒輪（工作物）的齒數亦為整數，因此分度變換齒輪的計算簡單並且精確。

相對的，差動變換齒輪的計算要比分度變換齒輪來得困難，也不容易達到所需求的精度，這是由於在差動變換齒輪的計算式中出現了一個  $\sin\beta$ 。當螺旋角  $\beta$  不是特定角度時， $\sin\beta$  將會以無理數的型態出現，表現在工作物上就非百分之百精準的導程角或導程了。但在實際使用上由於有齒隙及精度等級的吸收，則不必如此斤斤計較，精確到小數點以下 6 位或 5 位數就足夠了。

差動變換齒輪公式一例：



$$\frac{25.4 \times \sin \beta}{\pi \times m_n \times Z_c} = \frac{A \times C}{B \times D}, \beta = \text{螺旋角}, m_n = \text{齒直角模數}, Z_c = \text{滾齒刀條數}, ABCD = \text{差}$$

動變換齒輪，為方便使用起見，滾齒機的製造廠會將差動變換齒輪彙整為表格，但通常只會列表到「度」為止，度以下的分、秒，則要靠使用者自己去計算。這是一項高難度的挑戰，計算得不好，則會影響導程角的精度。

不論是正齒輪或是螺旋齒輪皆可藉由研磨加工達到相當高的精度，因此應用上的區別不在精度。由於螺旋齒輪在正面（軸直角斷面）來看，單一對齒的咬合和正齒輪相同，是由：未接觸→齒根—齒頂的接觸→節點的接觸→齒頂—齒根的接觸→脫離，其正面咬合率（接觸率，**contact ratio**）也和正齒輪大致相同。

唯一不同的是，螺旋齒輪還有一項因螺旋角及齒幅而產生的咬合率—重疊咬合率（**overlap contact ratio**），也就是說螺旋齒輪會有比正齒輪還多的同時咬合齒對，在咬合的滑順及力量的分散上有正面的效果。所以我們說在相同的模數、齒數、齒幅及材質下，螺旋齒輪的運轉會較正齒輪來得安靜，強度也會比正齒輪來得高，就是這個道理。

$$\text{螺旋齒輪的重疊咬合率} \varepsilon_\beta = \frac{b \sin \beta}{\pi \times m_n}, b = \text{齒幅}, m_n = \text{齒直角模數}$$

不論是正齒輪或是螺旋齒輪在運轉時都會產生徑向分力（推力） $F_r$ ，但如同一開始時的說明，螺旋齒輪在轉動時會產生正齒輪所沒有的軸向推力  $F_x$ 。

參考：

作用在螺旋齒輪齒上的力，垂直於齒面(齒直角平面)的作用力為  $F_n$ ， $F_n$  可被分解成圓周方向分力  $F_1$  和半徑方向分力  $F_r$ 。

$$\begin{cases} F_1 = F_n \cos \alpha_n \\ F_r = F_n \sin \alpha_n \end{cases}$$

齒直角平面圓周方向分力  $F_1$ ，可再被分解為切線方向分力  $F_t$  和軸方向分力  $F_x$ 。

$$\begin{cases} F_t = F_1 \cos \beta \\ F_x = F_1 \sin \beta \end{cases}$$

三者之間的關係為：

$$\begin{cases} F_x = F_t \tan \beta \\ F_r = F_t \frac{\tan \alpha_n}{\cos \beta} \end{cases}$$