

第五章 粉末冶金正齒輪之精度量測理論

5-1 前言

齒輪為傳達轉動與動力之重要機械元件，為了能將齒輪之傳動噪音與振動減至最低，並且使其正確傳達轉動和動力，因此，提高齒輪之精度成為重要之課題。

而關於粉末冶金齒輪，除了尺寸變化的控制之外，齒形的變異更會影響到齒輪的精度，所以精確掌握齒形變異趨勢是提昇粉末冶金齒輪精度的首要任務。本章將探討粉末冶金齒輪齒形變異，瞭解齒輪誤差的種類，期能提高對粉末冶金齒輪精度的瞭解，以利往後對該類齒輪變形實驗之設計與齒形變異之分析。

5-2 齒輪之精度



齒輪的好壞通常由齒輪的精度來判定，而齒輪是三維的傳動元件，因此，齒輪之精度可概分為三個方向的精度，包括有：齒高方向、導程方向與齒厚方向，如圖 5.1 所示。

5-2-1 各國的精度規格

在工業先進國家均有定義其齒輪精度等級的標準，而國際上目前使用較為廣泛的三大精度標準—美國齒輪製造者協會 AGMA、德國國家標準 DIN、日本工業標準 JIS，都各自訂定其規格，數值的計算和誤差範圍也差異極大，但精度規格的項目分類則大同小異。表 5.1 為前述三個國際上常用之齒輪精度等級的概略對應表，表列之精度等級愈靠左邊其齒輪精度愈高，反之愈靠右邊則齒輪精度愈低。

為配合台灣保來得公司之量測設備，以及其長期採用 JIS 標準之故，本研究將使用 JIS 標準作為量測齒輪精度等級之依據。

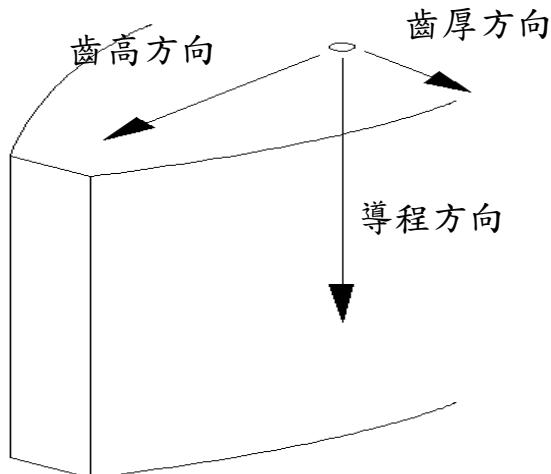


圖 5.1 齒輪精度的三個量測方向



表 5.1 國際上常用的三個齒輪精度等級之概略比較

齒輪精度標準	精 度 等 級								
JIS	0 1 2 3 4 5 6 7 8								
DIN	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12								
AGMA	16 14 12 10 8								

5-2-2 齒輪誤差種類

齒輪誤差的項目主要可分為下列幾種：

(1) 齒形誤差：漸開線形齒輪其實際之齒形與理論漸開線形之差異，即稱之齒形誤差。圖 5.2 所示為齒輪經齒形量測儀器實際量測後所列印出來之量測結果。圖中之垂直線段部分代表理想齒輪工作區域之標準漸開線，將量測所得之實際齒形與標準漸開線齒形比較兩者之間的誤差，即可得到齒輪之齒形精度。粉末冶金齒輪製造時，在燒結過程中會造成齒輪尺寸的收縮或膨脹，使得齒高方向之尺寸改變，且其齒冠至齒根之變形量並非相同，以膨脹的例子來說，齒冠的膨脹程度會大於齒根，使得其壓力角變小，故會造成齒輪產生齒形誤差。

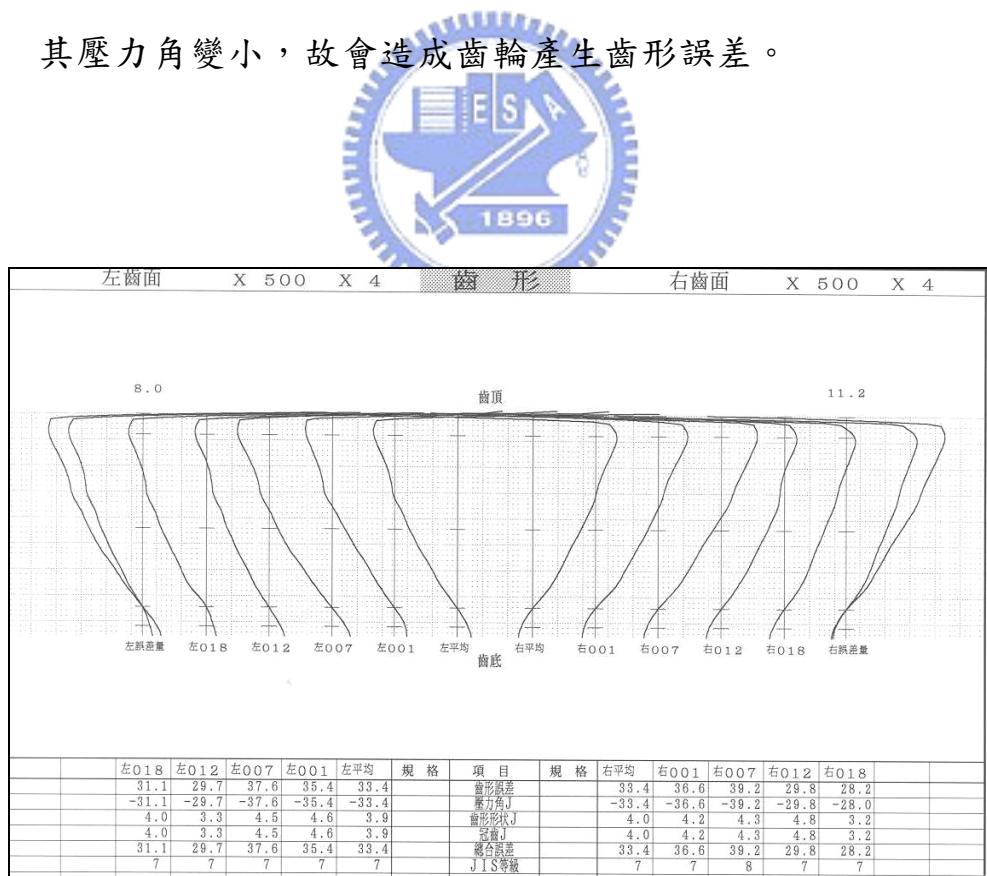


圖 5.2 齒形誤差量測實例

- (2) 導程誤差：沿著齒輪導程方向量測整個齒面或量測範圍內的導程值與理論導程值之差即稱為導程誤差，又可稱為齒筋誤差。此導程方向誤差會影響到齒面之接觸情況，可能引發齒輪齒面局部接觸之現象，因而造成齒面接觸不良。對於粉末冶金正齒輪來說，其導程誤差不大，如圖 5.3 所示，軸向的尺寸改變只會影響其齒面寬大小，並不影響齒輪精度。但對於螺旋齒輪及傘齒輪，導程誤差將對齒輪精度產生極大的影響。
- (3) 節距誤差：節距誤差可分為單一節距誤差、鄰接節距誤差及累積節距誤差三種，如圖 5.4 所示。單一節距誤差係指齒輪之任意相鄰同側齒面在節圓上之實際節距與理論節距值之誤差；齒輪在節圓上互相相鄰之兩個實測節距之差異，稱為鄰接節距誤差；而沿著齒輪節圓上，任意兩個齒之間的實際節距之和與其理論值之間的差，即為累積節距誤差。影響上述節距誤差的最大因素就是齒厚齒間之偏差，一般齒厚齒間偏差越大，節距誤差也會有變大的趨向。
- (4) 齒間偏差：又稱為齒輪偏心誤差，係指齒輪的中心線和旋轉軸中心線間的差異。此偏差對齒輪之噪音會產生不良影響，通常在齒胚安裝不適當時會產生齒輪偏心，而粉末冶金齒輪的偏心通常是由於成形模具之製造及組裝時的誤差所產生。

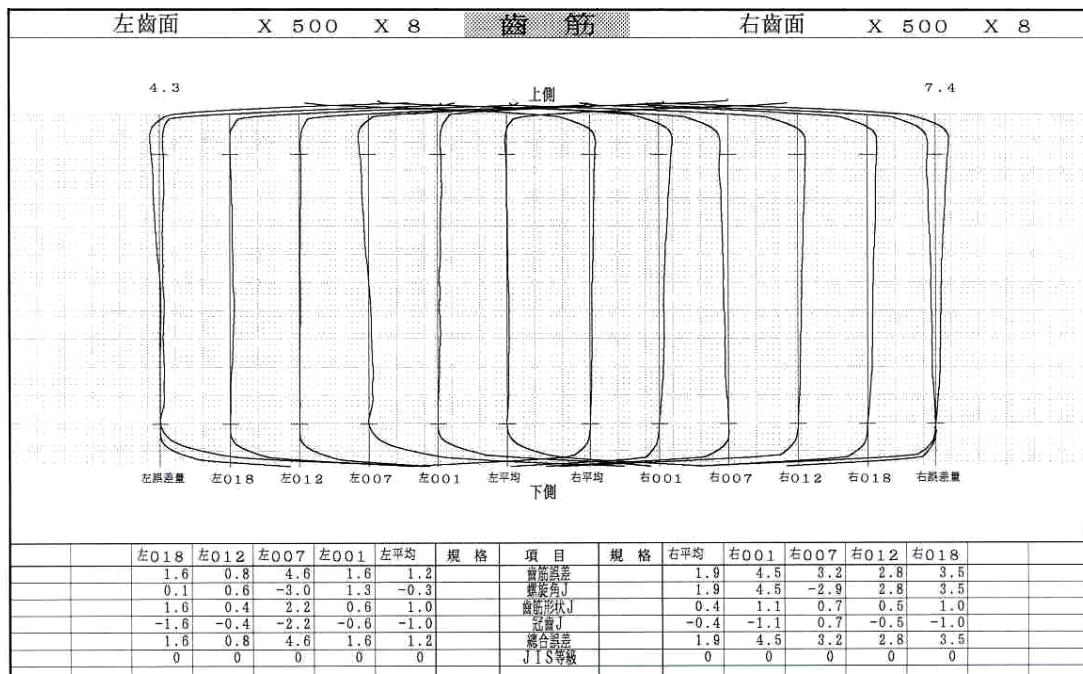


圖 5.3 粉末冶金正齒輪導程誤差量測實例

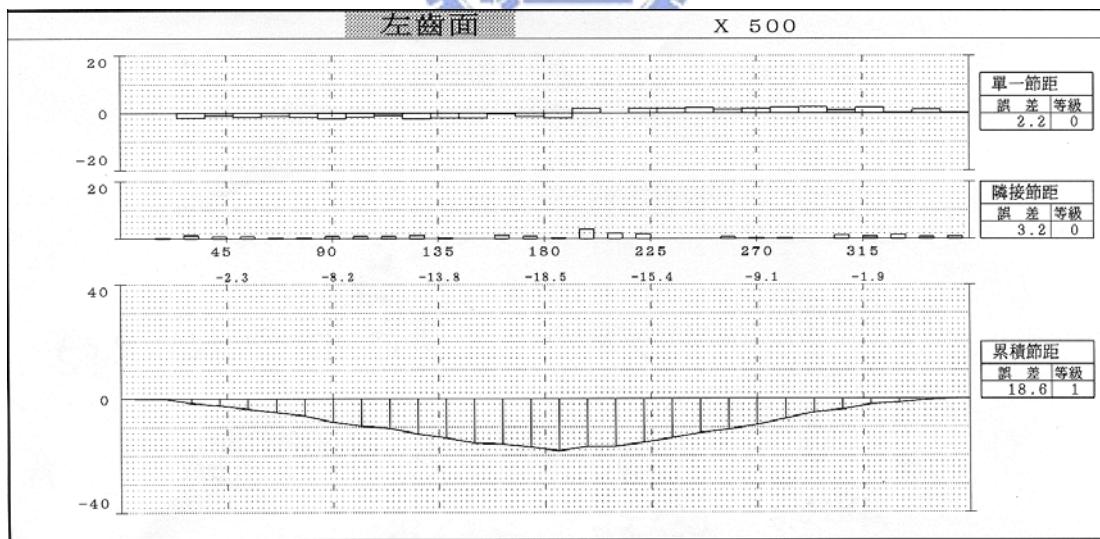


圖 5.4 節距誤差量測實例

表 5.2 及 5.3 所列為本文所採用之 JIS B 1702-1976 所規定的齒形誤差、導程方向誤差、齒間偏差以及節距誤差容許值之計算式。

表 5.2 JIS 齒形誤差、導程誤差及齒間偏差容許值 (μm)

等級	齒形誤差	導程誤差	齒間偏差
JIS 0	$0.71 m + 2.24$	$0.63 (0.1 b + 10)$	$1.4 W + 4.0$
1	$1.0 m + 3.15$	$0.71 (0.1 b + 10)$	$2.0 W + 5.6$
2	$1.4 m + 4.5$	$0.80 (0.1 b + 10)$	$2.8 W + 8.0$
3	$2.0 m + 6.3$	$1.00 (0.1 b + 10)$	$4.0 W + 11.2$
4	$2.8 m + 9.0$	$1.25 (0.1 b + 10)$	$5.6 W + 16.0$
5	$4.0 m + 12.5$	$1.60 (0.1 b + 10)$	$8.0 W + 22.4$
6	$5.6 m + 18.0$	$2.00 (0.1 b + 10)$	$11.2 W + 31.5$
7	$8.0 m + 25.0$	$2.50 (0.1 b + 10)$	$22.4 W + 63.0$
8	$11.2 m + 35.5$	$3.15 (0.1 b + 10)$	$45.0 W + 125.0$

表 5.3 JIS B 1702-1976 規定之單一及累積節距誤差容許值 (μm)

等級	單一節距誤差	累積節距誤差
JIS 0	$0.5 W + 1.4$	$2.0 W + 5.6$
1	$0.71 W + 2.0$	$2.8 W + 8.0$
2	$1.0 W + 2.8$	$4.0 W + 11.2$
3	$1.4 W + 4.0$	$5.6 W + 16.0$
4	$2.0 W + 5.6$	$8.0 W + 22.4$
5	$2.8 W + 8.0$	$11.2 W + 31.5$
6	$4.0 W + 11.2$	$16.0 W + 45.0$
7	$8.0 W + 22.4$	$32.0 W + 90.0$
8	$16.0 W + 45.0$	$64.0 W + 180.0$

在表 5.2 及 5.3 中， m 表示模數 (mm)， W 表示公差單位，而 b 表示齒幅 (mm)

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