



# 關於深孔內部非接觸測量的 感測器選型

振聯科技有限公司 / 鄧家成

## 一、摘要

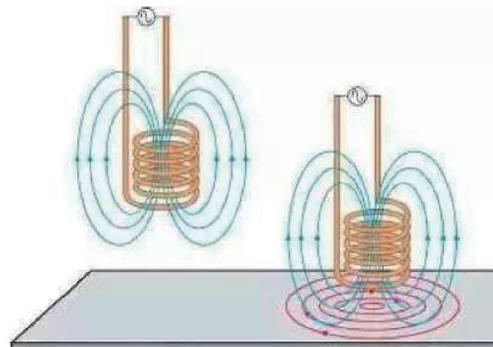
針對深孔內部，傳統測量方法主要通過卡尺在零件加工後對內徑測量，這種測量方法精度低，對測量空間要求較高並可能對零件造成損壞。隨著精密製造業的發展，對精密測量技術的要求越來越高。位移測量技術作為幾何量精密測量的基礎，不僅需要超高測量精度，而且需要對環境和材料的廣泛適應性，並且逐步趨於即時、無損檢測。本文主要介紹了幾種非接觸位移感測器在深孔內部測量的優劣勢及選型。

## 二、非接觸位移感測器的種類

### 1. 電渦流位移感測器

根據法拉第電磁感應原理，塊狀金屬導體置於變化的磁場中或在磁場中作切割磁力線運動時（與金屬是否塊狀無關，且切割不變化的磁場時無渦流），導體內將產生呈渦旋狀的感應電流，此電流叫電渦流，以上現象稱為電渦流效應。而根據電渦流效應製成的感測器稱為電渦流式感測器。基於電渦流原理的非接觸位移測量，不同於傳統電感式感測器，可被用於高精度測量位置，位移和位移值。並提供高精度，頻寬和溫度穩定性，用於測量鐵磁性材料。因為電渦流感測器原理，其可以工作於有油，灰塵，壓力和高溫的工業環境使用。可有

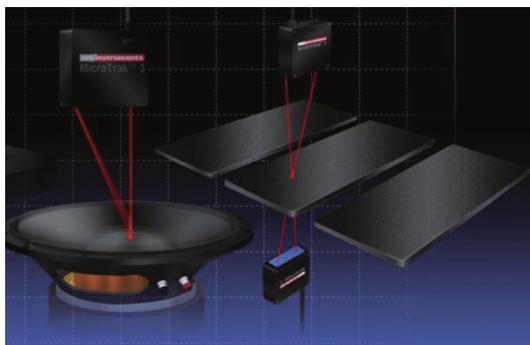
效防止多個傳感器之間的干擾和噪音。



### 2. 鐳射位移感測器

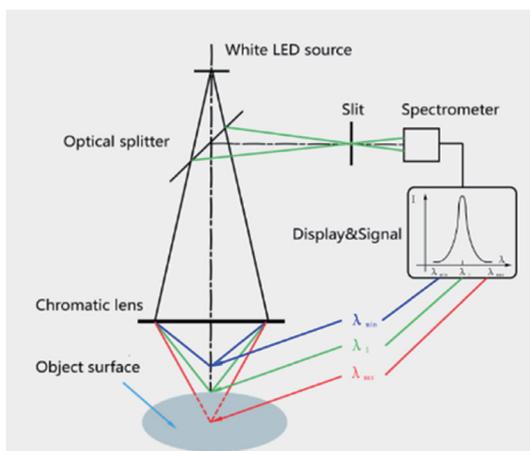
鐳射位移感測器是利用鐳射技術進行測量的感測器。它由鐳射器、鐳射檢測器和測量電路組成。鐳射位移感測器是新型測量儀表。鐳射位移感測器應用非常廣泛，主要應用於檢測物體的位移、厚度、振動、距離、直徑等幾何量的測量。按照測量原理，鐳射位移感測器原理分為鐳射三角測量法和鐳射回波分析法，其

中鐳射三角測量法一般適用於高精度、短距離的測量。鐳射的安裝距離較其他感測器相對大一些。



### 3. 光譜共焦感測器

由光源射出一束寬光譜的復色光，通過使用特殊透鏡，延長不同顏色光的焦點光量範圍，形成特殊放大色差，使其根據不同的被測物體到透鏡的距離，會對應一個精確波長的光聚焦到被測物體上。通過測量反射光的波長，就可以得到被測物體到透鏡的精確距離。共焦位移感測器不但精度高於傳統三角測距感測器，量測不同材質或不同形貌之工件時亦能獲得的穩定一致結果。可精準測量漫反射/鏡面反射及透明多層材質的位移、厚度,也適合深孔、盲孔工件等運用。



### 4. 光纖位移感測器

光纖位移感測器的測量原理為通過測量物體因位移導致其表面反射回來的光通量和光強度的變化來測量物體的位移情況，其探頭由發射光纖和接收光纖兩部分組成。對於尺寸很小的物體的位移和振動情況，常規的非接觸式位移感測器收到反射面積的限制導致測量效果不是很理想，而光纖位移感測器則可以做成很小的探頭。光纖位移感測器的光纖探針模組包含一組發射光光纖和一組接收光光纖，發射光光纖和接收光光纖以三種不同的方式排列（不規則、半圓心及同心圓形狀），鹵鎢燈提供光源，光傳輸到光纖中，光纖探頭髮出的光照射在被測物上，被測物反射回來的光進入接收光光纖並傳入到感測器中，通過測量物體在位移過程中對光纖的遮擋程度來計算位移的數值。光纖的測量精度和頻響較高。



### 5. 電容位移感測器

電容式位移感測器基於平板電容原理。電容的兩極分別是感測器和與之相對的被測物體。如果有穩定交流電通過感測器，輸出交流電的電壓會與感測器到被測物體之間的距離成正比關係，從而可以通過測量電壓的變化得到距離資訊。電容位移感測器主要特點是非常高



的精度，穩定性和可重複性。



### 三、非接觸位移感測器的選型

進行感測器選型時要考慮以下情況：

#### 1. 適用性原則

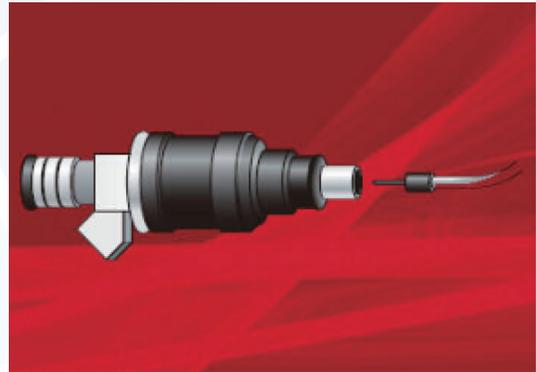
要進行一個具體的測量工作，首先要考慮採用何種原來的感測器，需要根據被測量的特點和感測器的使用條件考慮以下一些問題：量程的大小；被測位置對感測器尺寸的要求。



#### 2. 靈敏度

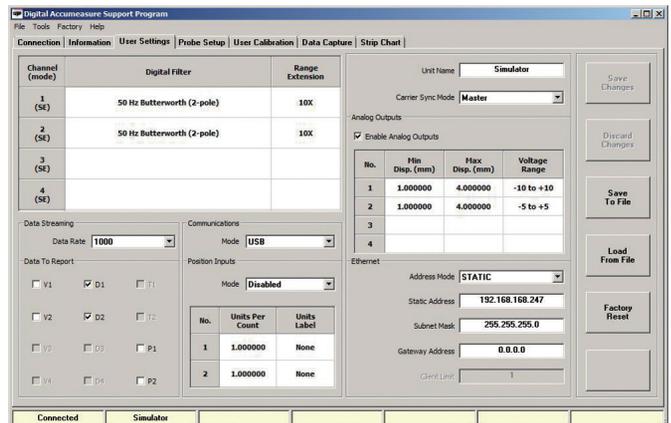
通常，在感測器的線性範圍內，希望感測器的靈敏度越高越好。因為只有靈敏度高時，與被測量變化對應的輸出信號的值才比較大，有利於信號處理。但要注意的是，感測器的靈敏度高，與被測量無關的外界雜訊也容易混入，也會被放大系統放大，影響測量精度。因

此，要求感測器本身應具有較高的信噪比，盡量減少從外界引入的干擾信號。



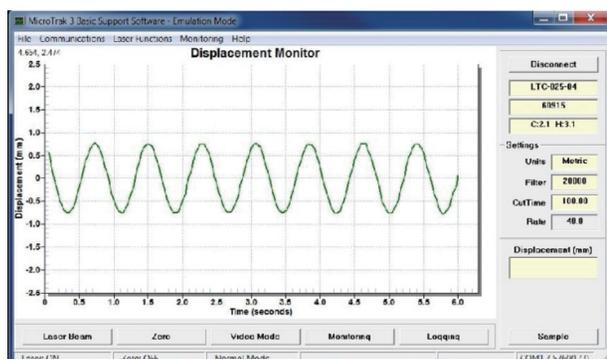
#### 3. 頻率響應

感測器的頻率響應就是感測器外部信號的反應能力。位移感測器的頻率響應特性決定了被測量的頻率範圍，必須在允許頻率範圍內保持不失真的測量條件，實際上感測器的響應總有一定延遲，希望延遲時間越短越好。感測器的頻率響應高，可測的信號頻率範圍就寬，而由於受到結構特性的影響，機械系統的慣性較大，因有頻率低的傳感器可測信號的頻率較低。



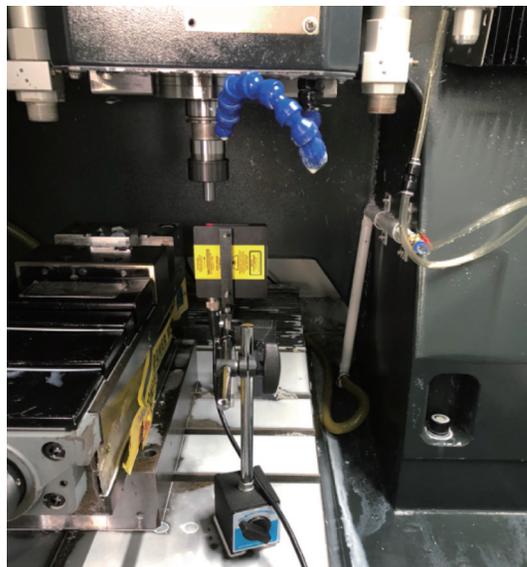
#### 4. 精度

精度是感測器重要的性能指標之一，它是關係到整個測量系統測量精度的重要環節。如果測量目的是定性分析的，選用重複精度高的感測器即可，不宜選用絕對量值精度高的；如果是為了定量分析，必須獲得精確的測量值，就需選用精度等級能滿足要求的感測器。



#### 5. 耐久性原則

要考慮到各種工作環境下感測器的耐久性。感測器使用一段時間後，其性能保持不變化的能力稱為耐久性。影響感測器長期穩定性的因素除感測器本身結構外，主要是感測器的使用環境。因此，要使感測器具有良好的耐久性，必須要有較強的環境適應能力。在選擇感測器之前，應對其使用環境進行調查，並根據具體的使用環境選擇合適的感測器，或採取適當的措施，減小環境的影響。感測器的穩定性有定量指標，在超過使用期後，在使用前應重新進行標定，以確定感測器的性能是否發生變化。在某些要求感測器能長期使用而又不能輕易更換或標定的場合，所選用的感測器穩定性要求更嚴格，要能夠經受住長時間的考驗。



#### 6. 經濟性原則

其定義範圍很寬，可視自身的特點和需要而從中選擇感測器設備經濟性的主要因素進行分析論證。由於預算有差異，在以上原則都滿足的情況下，選擇最經濟實惠的感測器。



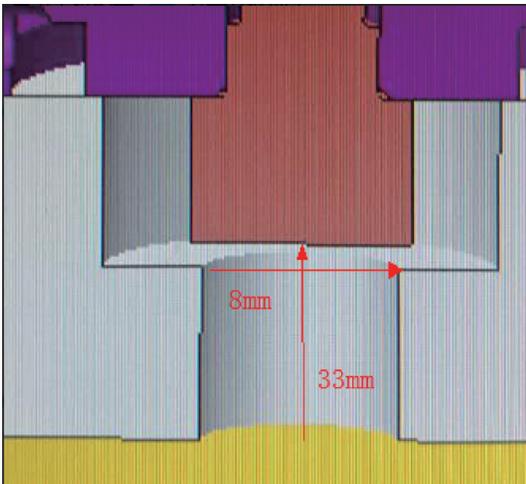
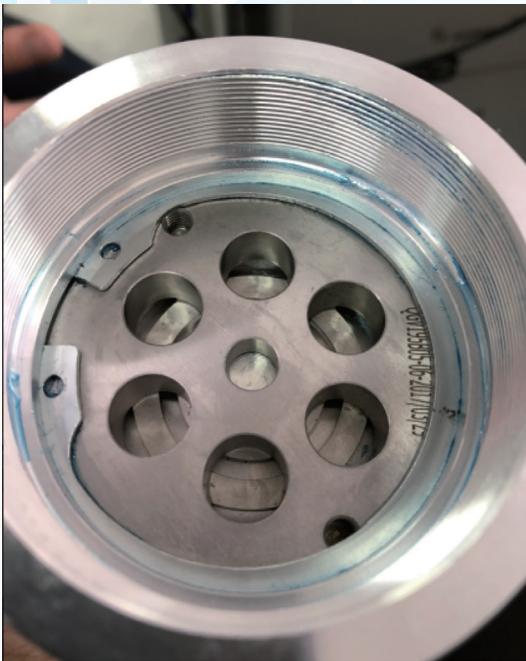
### 四、深孔內部測量案例

#### 1. 共軌噴油電磁閥測試

需要測量深孔內部銜鐵的升程，測量的是內部直徑為8mm，深度7mm的圓孔。要考

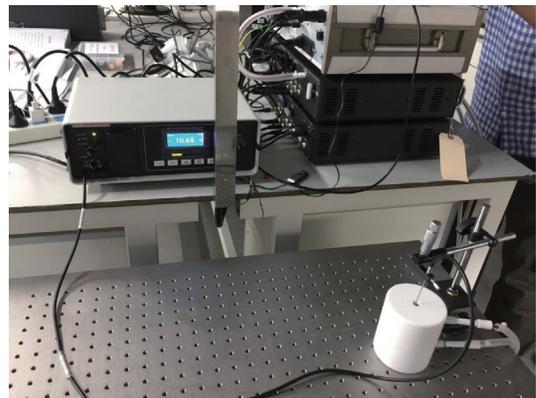


慮到安裝條件，感測器尺寸太大會影響安裝，推薦尺寸的光譜共焦、電容和電渦流。考慮到精度和使用便攜性客戶傾向於鐳射，由於鐳射是三角反射原理，反射鐳射存在被阻擋的可能性，盡可能選擇反射角度較小的鐳射感測器。安裝時候需要注意讓入射光纖靠近孔壁一側，讓反射光從另一側出來，這樣能夠避免光纖被孔壁阻擋影響測量。



## 2. 深孔內部壓電陶瓷振動測試

測量壓電陶瓷在施加高電壓的條件下振動情況，由於本身的振動幅度很小，精度要求非常高，達到微納米級別。振動頻率也比較高，頻響要求達到幾萬甚至十萬赫茲。如此高的精度和頻率，而且此類深孔尺寸較小光只有纖位移感測器探頭能放進去，考慮適用性原則與頻率精度要求，光纖位移感測器是最好的選擇。





### 3. 機台深孔內部振動測試

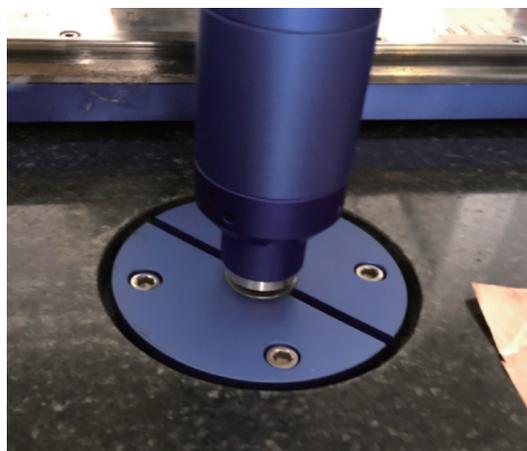
測試環境比較惡劣，部分機台振動試驗過程中會產生油污水汽等，相比其他感測器，電渦流可靠性高、抗幹擾能力強、不受油水等介質影響，因此選用電渦流更合適。



### 4. 矽片測厚機臺

將傳感器集成在機台裏面，探頭安裝在機

台中部小孔內部。上下雙探頭可以間接測量矽片的厚度。滿足精度要求的只有電容感測器和光纖感測器，考慮到安裝條件和成本，電容感測器是最佳選擇。



## 五、結語

現代感測器在原理與結構上差異很大，如何根據具體的測量目的、測量物件以及測量環境合理地選用感測器，是在進行某個量的測量時首先要解決的問題。當感測器確定之後，與之相配套的測量方法和測量設備也就可以確定了。測量結果的成敗，在很大程度上取決於感測器的選用是否合理。

### ☒ 參考文獻

《振聯科技產品資料》