

如何選用 加速度計

文／陳興

前言

在講求工廠自動化與工業升級的今天，工廠為提高產能或基於安全理由，其在生產線上的監測或產品的性能測試是有其必要性地。在此其中，振動監測與產品振動測試的需求將與日俱增。在振動量測中，加速度的量測是相當普遍地。因此，如何選用適當的加速度計，以獲取正確的加速度信號就變得非常重要了。

根據使用的工作環境及陡震加速度的位準高低，某些加速度計的性能可能優於其它類型的加速度計。若不適當地選用加速度計，除了會得到不正確的振動信號，更甚者，加速度計可能因外力作用過大而損壞。例如：在診斷工具機振動時所用的加速度計與在高速衝擊試驗下所使用的加速度計兩者便有著極大的差異；而在高溫環境下長期監測時所使用的加速度計又與前兩者大不相同。當然，在價格上此三者更是有著顯著的差距。因此，如何在有限的經費內去選購符合規格的加速度計以應工作需要，則是購買者需費心的地方了。也許在某些時候，挑選加速度計比使用加速度計會來得更困難與費時。以下先簡介各形式的加速度計基本特性，然後再詳述選用加速度計時的相關注意事項。

加速度計的簡介

一般說來，利用材料電阻變化量測信號的加速度計，可以量測到靜態（Static, 0 Hz）的加速度，其頻率範圍多在 0 ~ 2 kHz，然耐溫性較差。此一類型的加速度計依所使用的材料不同可分為[1]：應



變規式 (Strain Gage)，壓阻式 (Piezo-resistive) 及固態電子材料式 (Solid State)。如果需要較準確的加速度數值時、則伺服式 (Servo) 的加速度計應是可選擇的對象。利用材料間電容變化量測加速度的加速度計，除了可量測到 0 Hz 的加速度及低振幅振動，同時亦可承受很大的加速度值[2]。但如果量測頻率範圍很寬且加速度很大又須耐溫時，則壓電式 (Piezoelectric) 的加速度計應是最佳的選擇了，同時壓電式加速度計也是目前使用最廣泛的一種加速度計。壓電式加速度計可分為兩類[3]：電壓式 (Voltage Type) 與電荷式 (Charge Type)。電壓式加速度計其靈敏度因會隨著信號線的電容變化而改變 (信號線電容變化可由不同型式的信號線或信號線長度改變而造成)，因此必要時電壓式加速度計其靈敏度需要重新校正。在使用有，電壓式加速度計亦需電壓放大器與之配合使用。電荷式加速度計其靈敏度則較不受信號線電容的改變而變化，只有在很長的信號線時，高頻響應才有較顯著的衰減，又此一信號線必須是屬於低雜訊，否則極易因信號線振盪而產生量測時的低頻雜訊。在使用上，電荷式加速度計需要一電荷放大器與之配合使用，而電荷放大器其價格遠比相當的電壓放大器昂貴許多。

由於新技術與新材料不斷地被開發，新型的加速度計亦不斷地產生，例如：質輕、薄若蟬翼的壓電薄膜 (Piezo Film) [4] 與質輕、耗電量小的介電質薄膜 (Dielectric Film) [5]，均是在量測微小機械振動時很好的選擇。

加速度計選用時注意事項

一、頻率範圍

在選購加速度計時，最先進入腦中的規格該是加速度計的頻率響應範圍了。亦即是，在此頻率範圍內加速度計的響應是相當平坦的，而我們也就應用此一頻率範圍做量測。除了電阻式或電容式的加速度計可量測至 0 Hz 的加速度，通常加速度計都有標示頻率上下限的範圍。其標示有 5%，10% 或 3 dB，它們分別表示量測到的加速度與加速度規基座的加速度值有著 5%，10% 或 3 dB 的誤差[3]。

二、靈敏度

擁有愈高的靈敏度，加速度的信雜比 (Signal to Noise Ratio) 愈大。尤其是在被量測物振幅較小的時候，更需高靈敏度的加速度計。然而在一特定設計下，如果加速度規的靈敏度愈大，則其重量愈重且其共振頻率愈低。亦即，可使用的頻率範圍愈走向低頻範圍。因此在選用高靈敏度加速度計時，亦不可以不注意此一限制[2]。

三、線性度與動態範圍

線性的要求可說是絕大多數量測系統的最基本要求之一了。在一定範圍內，輸入加速度與加速度計輸出電壓或電荷成為線性關係，亦即是加速度計有其一定的動態範圍。因此當輸入加速度太大時，加速度計的輸出與輸入加速度值將不在成為線性關係。更甚者，加速度計則可能因外力過大而受損。例如，因處理不慎，加速度計由工作檯落至堅硬地面。因此在量測瞬間極大的加速度時 (例：衝擊試驗，爆破等)，就必須考慮陡振式 (Shock) 的加速度計了，或者在選用加速度計時，為避免因不注意而摔落加速度計造成損壞，亦因考慮其耐陡振性。



四、質量效應

如果加速度計的質量接近被量測的系統質量時，系統的特性將會有顯著改變。因此，如果要獲得正確的量測數據，加速度計的質量就必須愈小愈好，尤其是對微小機械結構——例如，磁頭，印刷電路板，輕質量薄板等，尤須特別注意。然而在一特定設計下，通常加速度計愈小時，其靈敏度愈小，在選用時，亦不可不注意此一因素〔2〕。

五、側向靈敏度

在單方向的量測中，我們所祈望的是對結構側方向的振動、加速度計的輸出是可以被忽略地。然而在製造上無可避免的缺陷，加速度計或多或少地有側向靈敏度。因此若需較準確的量測，此一因素亦須考慮在內了。

，如果是在不同溫度下量測則加速度計的輸出會不一樣，亦即是顯示出不同的加速度值。因此在量測期間，如果溫度有很大變化時，則需經適當地校正過程，這在長期振動監測中或許是有必要地。

七、溫度暫態效應

當溫度突然變化時，壓電式加速度計會產生輸出信號，此一現象稱作Pyroelectric Effect，而此一信號在大多數應用上均屬低頻信號。因此，如果所量測信號亦屬低頻，則需特別注意此一效應〔2〕。

八、量測距離

有時因安全或其它原因，加速度計安放的位置與觀察信號的位置有著很長的距離，例如：數百公尺，此時即使是壓電荷式加速度計，信號在導線上的衰減亦相當顯著了，此時必須經校正的程序或使用特殊設計的加速度計。

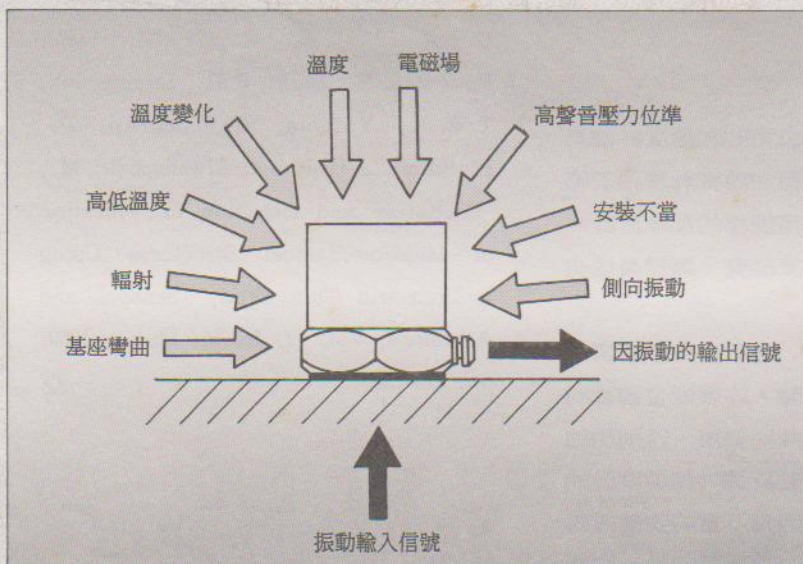
九、環境因素

在使用加速度計量測振動時，除了量測到實際的結構振動信號外，無可避免地加速度計亦會因許多環境因素的干擾，而有非因結構所造成的輸出信號。如圖一所示〔3〕：

因此在選購加速度計時，如果加速度計所使用的環境有如圖一所示，則必須特別注意加速度計的相關規格了。如果加速度計所在的環境是相當特殊地，例：水中，酸、鹼環境，則更須謹慎地選擇加速度計了。通常所謂地工業級加速度計，大多數均可在惡劣環境中使用，亦有某些廠家例別提供在水中量測的加速度計。

十、校正用

當儀器使用了一段時間，為了增加量測數據的可靠性，常需定期校正，加速度計亦然。校正用加速度計是由來校正其它



圖一 各種環境的輸入信號造成非因結構振動的輸出信號

六、溫度靈敏度

加速度計的靈敏度會隨著溫度變化而改變。換言之，即使是相同的輸入加速度



一般加速度計的，有一定使用方式，價格亦較昂貴。

結 語

以上介紹了各類型的加速度計，其基本特性，以及在選購加速度計時應注意事項。然而因新技術與新材料不斷地被開發，以及各生產公司特有的設計與製造技術，雖是同一類型的加速度計，其特性卻可能有著極大的差異，而價格上更有著極大的距離。加速度計依其基本使用性能可粗分為以下數類：

- (1)一般振動量測
- (2)高靈度，低位準加速度量測
- (3)低質量，高頻率範圍量測
- (4)陡振式，高位準加速度量測
- (5)工業用（高溫度，長期監測）
- (6)校正用
- (7)水中用
- (8)三軸式量測

使用者可根據各公司的加速度計簡易規格表或某一特定類型加速度計詳細規格表，先挑選出合於使用規格的加速度計，再依據既有的購買預算經費，選擇最佳組合。

加速度計的使用，除了事先須適當的選擇外，在現場使用時，亦須配合適當的信號線及信號處理器共同使用，否則加速度計的某些功能無法發揮。同時加速度計的安裝亦須特別注意，因為不當的安裝方式將嚴重破壞加速度計的功能與特性。有關此一問題——加速度計的安裝，則留待下一次的討論。

參考文獻

1. Galler, D. and Booth, A., "The Shocking Truth of Accelerometer Selection," Machine Design, Vol. 61, No. 4, July 6, 1989, pp.85-89.
2. General Catalog, Endevco Company, 30700 Rancho Viejo Road. San Juan Capistrano, CA 92675, U.S.A.
3. Serridge, Mark and Licht, Torben R., "Piezoelectric Accelerometers and Vibration Preamplifiers: Theory and Application Handbook" Brüel & Kjær Company, Denmark, 1987, Chapters 2 and 3.
4. Product Data, No.3. Kynar Piezo-Film Department, Pennsylvania Coperation, P. O. Box 799, Valley Forge, PA 19482, U.S.A.
5. Bouwstra, S., Blom, F.R., Lammerink, T.S.J., Yntema, H., Schrap, P., Fluitman, J.H.J. and Elwenspoek, M., "Excitation and Detection of Vibration of Micromechanical Structures Using a Dielectric Thin Film," Sensors and Actuators, Vol. 17, No. 1/2, May 3, 1989, pp. 219-223.