

模態 - 動態響應的基礎解



總編輯 張 禎 元

本期機械工業雜誌的技術專輯，多位學界與法人的專家，將為各位介紹光電相關的技術；工研院機械與機電系統研究所王慶鈞副組長以及團隊同仁們，將會從產業面以及跨領域技術整合，和各位分析台灣光電產業設備以及相關技術的發展，並介紹法人研究發展最新的成果。

從本期的技術文章中，各位不難發現，建構光電產業設備所需的技術，並不只是單一的專業領域可以獨立完成，而是需要跨領域的技術投入。該技術在橫向整合方面，大多需要整合機械、電機、物理、化學、以及材料等領域的專業知識；於縱向的整合，則需於光、電、熱、聲、振動等多重物理量進行高維度，以及跨尺度的技術融合與耦合，才能達到最終的技術規格。這高度的技術整合，說實在的，比我以前在 IBM 精密度硬碟機研發還來得複雜許多！

不管從哪一個專業領域切入，如果您仔細觀察，您將會發現上述的物理量，在光電設備中幾乎是以動態的方式，在空間中呈現、相互作用、以至於終極融合。此動態物理量呈現的方式，一般是以振盪的大小，也就是振幅 (amplitude)、振盪的週期 (period)，也就是每一振盪頻率 (frequency) 的倒數、以及振盪衰減的程度，也就是常說的阻尼 (damping) 這三個指標來描述。為了讓不同的物理量、以及不同的物質能夠相互作用並進行耦合，並且在目標處達到高精密度的性能，外部的驅動源 (excitation) 的設計以及選擇，則是需要針對這些物理量的特性，以及該光電設備所提供多物質在不同狀態下反應以及交互作用時所容許的空間特性來進行最佳化的設計以及驅動。

由於載體 (carrier) 中物質相互間並不是單獨存在，互不干擾，而是有一定程度的依存度以及鍵結力。因此，物質以不同物理量的方式呈現振盪，除了用上述三個指標，在時間座標軸上來描述之外，更清楚的方式則是以模態的方式來陳述。什麼是模態？以數學的觀點來說，模態就是能夠「完全」闡述物理量在空間中動態狀態的基礎解，而這些基本解 (模態) 相互間是線性獨立，互相正交的！而每個模態則包含該物理量振盪的自然頻率 (natural frequency) 以及所屬的模態形狀 (mode shape)。換句話說，各個載體中的物質以不同物理量呈現時，就好比有個特定的 DNA。當外部驅動源的驅動頻率和此 DNA 的自然頻率接近或是相同，且該驅動源在空間中和此 DNA 的模態形狀有投影量時，則該物質將會和驅動源的驅動模式進行共振 (resonant)，並且以特定方式進行振盪。因此，如果能夠清楚了解模態的時間與空間特性，基本上我們可以設計外部驅動源，調整驅動方式的時間以及空間特性，以激發模態，並將模態的響應加以組合，則可以使光、電、熱、聲、振動等多重物理量在空間中以及跨尺度的方式融合與耦合，達到預期的工作性能。