

## 張建成教授團隊研究成果簡介

<http://www.iam.ntu.edu.tw/professor>

(Email) [mechang@iam.ntu.edu.tw](mailto:mechang@iam.ntu.edu.tw); (Tel) (02) 3366-5671; 3366-5672

個人及所帶領研究群近年來之研究著重於多尺度力學分析及計算，並在若干研究課題上同時進行實作或實驗驗證，下述力元理論與相關應用為本人多年來所持續進行之研究，我們也積極進行其他課題之研究：奈米結構之力光電性質問題（包括光子、聲子與電漿子晶體）、超音波散射密度影像原理與應用、微流道設計及其在蛋白質分離應用。

### (1) 力元(源)理論在多體上的推廣與應用。

個人於 1992 所建立的力元理論可用來鑑別加速運動及各個流場結構對物體受力的貢獻。這工作當初是為了因應航空科技需要所發展出來的，時至今日，我們發現許多外流場問題透過力元理論才可以獲得理想之解答，譬如：鳥類展翅飛翔時加速力與主渦漩還有翼尖升力鑑別的問題，又如魚類泳動時，如何分別尾部自律渦漩所產生之推力與前進時所遭遇之形狀及摩擦阻力，其困難在於推力和阻力方向雖相反但卻在同一線上，這是已知的其它理論所無法分析的，再者穿、超音速飛行時可壓縮度形阻控制的問題，都可依力元理論取得好的解答。最近自 2006 年起，我們(與朱錦洲教授合作)將此理論推廣應用到多體的應用取得不錯的成果，近三年來每年發表一文於 *Journal of Fluid Mechanics*，其中評審們有許多非常正面的評價，如“its not obvious to most people why this approach is so incredibly important.” “Since such an analysis may provide some physical enlightenment in various applications,”。另外，中華大學牛仰堯教授將此分析法應用到多年來想要瞭解 Gurney flap 如何提昇升力的問題，合著論文一篇也已發表於 *AIAA Journal*。過去國際學界尚未認知我們所開發力元理論的重要性，經由這幾年在鳥飛魚游應用的努力，相信這是本研究群能為臺灣貢獻一個居於國際領先的研究項目。目前多體力元(源)理論正朝向多相流的應用。

### (2) 超音波散射密度影像原理、技術與應用。

本人於 2005.7-2009.6 年借調中研院期間，於應科中心建立力學與工程科學專題中心，在李前院長與賴前副院長的經費與空間支持下，於中研院與崔博翔博士逐步建立生醫超音波實驗室，致力發展超音波醫學影像診斷與治療技術，並與臺大醫學院醫師教授們密切合作。傳統上，超音波 B-mode 的影像最為廣泛應用，其影像主要反應迴波的位置與強度，但極易受到操作條件的影響，如增益值、入射波角度、斑塊區域的形成等等。另一方面，也無法探知所量測組織的材料特性，如密度與散射體分佈，為了早期探討生物組織的細小結構，如乳房組織的鈣化點肝臟組織的纖維化，生物醫學影像必須由偵測塊體之反射影像進入偵測小體之散射影像的新階段。近來我們利用基於力學散射之廣義雷立(Rayleigh)分佈，如 Nakagami 分佈的特性，開發一套基於力學散射特性的功能性超音波散射密度影像技術，可探測組織內散射體(雜質)的分佈(密度)，以區分組織密度、彈性、以及濃度等相關的力學特性，進而可判定組織性質的好壞程度。目前已應用在假體及實體生物體組織。這項突破性的進展使得吾人研究迅速在中研院獲得重視與肯定，於 2008 年核定本人主持主題計畫”新世代超音波乳癌診斷技術”。同時，在與臺大醫院以及國內外專家學者的合作下，現階段已成功應用至腫瘤良惡性、組織鈣化、纖維化、以及物理性質改變等組織特性偵測。目前也已取得數項專利，未來，我們將會結合超音波高能治療技術，來實現超音波即時診斷與治療。不獨在學理技術發展上，這項工作可望對於國內醫療產業與人民健康維護將會有相當大的幫助。主要發表在相關領域代表性期刊如 *Ultrasound in Medicine and Biology*、*Physics in Medicine and Biology*、*IEEE Transactions on Medical Imaging* 等。

### (3) 多尺度微流體元件開發及推廣應用。

本研究團隊在 2006~2007 與美國馬里蘭大學學園公園分校化學與生化系 Prof. Cheng Lee 做多尺度生物樣品分離分析的研究合作之外，另外在 2007~2010 三年的時間也與美國馬里蘭大學學園公園分校機械系的 Prof. Don DeVoe 在於微流體系統應用在蛋白質體學分析上，有相當密切的合作關係。對於與此兩位教授合作，相關的文獻發表有三個方向，分別為

- A. 多尺度微流體元件應用在蛋白質體學
- B. 承受高壓力之微奈米精密塑膠元件製造
- C. 生物樣品在於加工材料表面特性之研究

對於蛋白質體學研究來說，一開始 Polymethacrylate monoliths 應用在 Solid phase extraction and high performance liquid chromatography 上，達到一維尺度的蛋白質分離，並且在分離流道前面加入 Solid phase extraction 功能，使得樣品可以達到潔淨以及增加進樣量的效果，接下來整合 Electrokinetic 及 Chromatographic 在微流體單元系統上，初步達到二維蛋白質分離的效果，雖然結果只類似一維毛細管，但可以將系統各部分再增進其功能性與整合性，達到更佳之分離效能，並且使用自動化機械系統，將蛋白質分離元件放置其上，達到自動化將分離出之樣品點進樣到既定規格之不銹鋼檢測板上，過程使用 Lab View 軟體控制全系統之操作以及資料採集。對於高壓力之微奈米精密塑膠元件製造，除了整合型在塑膠元件上之高壓閥門，最高壓力可以承受至 25MPa，閥門材料可以選擇其他彈性體，可以進一步達到承受更高壓力，多次操作，並且高重複性的能力之外，另外簡單安裝並可重複使用之針型流體控制介面，此介面裝置可以承受壓力超過 40MPa，並且可以安置在單層之微流體元件上，組合而成多層高度整合性之微流體元件。而生物樣品在於加工材料表面特性研究而言，利用精密加工材料表面的親疏水特性，一方面研究血液在不同親疏水表面以及不同傾斜角度下之流體現象，另一方面也可以控制血液在微流體晶片上流動情形，並且進一步研究微液體混合器，可以廣泛應用在如生物樣品製備步驟中之前端溶劑或是樣品之混合，達到所需求之化學反應或是不同樣品之濃度控制。主要研究成果發表在其相關領域前 10% 之期刊中，如 *Lab on a Chip* 以及 *Analytical Chemistry* 等。

### (4) 奈、微米結構力學、強介面與固有值問題。

我們在奈、微米力學研究興趣相當廣泛，包括固體、流體、電磁等領域

- A. 奈、微米微結構之平均場原理及其應用。
- B. 聲子晶體與電磁晶體模態計算創新方法。
- C. 線性與非線性微流道電滲流之解析求解。

我們最近發展基於均勻分析(homogenization)之平均場原理—適用於所有維度之連續體—來探索微、奈米結構-如聲子晶體或電漿子晶體-之宏觀尺度表現，以連結細微結構與頻帶/頻隙之關係，並探索其中物理參數對力學及光學性質之影響。目前擬以此理論為基礎，在深度與應用廣度上作延伸，目標朝向發展出一套有系統且快速便捷的奈米材料設計分析辦法。稍早，我們依理論設計且計算出最大光子晶體頻隙結構，已由台大物理系陳永芳教授團隊及國外其他研究團隊在實驗室成功製造並予驗證。於 2005 年，我們更對色散金屬材料提出創新性之界面算子法，完整掌握了電磁 TM 及 TE 波不同的特性的界面因素，除了最初電漿子晶體模態計算，目前已經推廣應用到極性離子晶體及負折射材料晶體，發現並解釋多項表面波及體波模態之光學特性。目前更結合台大數學系陳宜良教授/舒宇宸博士所發展之藕合界面法，以求界面算子法更精確、及更廣泛之物理應用以補平均場原理在較高頻分析上之不足。主要研究成果發表在 *Physical Review B,E* 以及 *J Computational Physics*。近年來，與來訪之王昌逸教授在線性與非線性以及定常與非定常微流道電滲流上進行精確與快速收斂之解析求解，以期通盤瞭解電滲流隨相關參數之解析結構，以進行與實驗數據比較，進而發展更符合實際應用之模型。主要研究成果發表在 *Physics of Fluids* 以及 *Electrophoresis*。

本研究團隊其他專題尚包括分子動力學於分子馬達及石墨烯等材料之應用分析。