



# 熔融沉積成型 積層製造控制系統

Fused Deposition Modeling Additive Manufacturing Control System

**林央正**

工研院南分院  
積層製造與雷射應用中心  
自動化系統部

**劉錦龍**

工研院南分院  
積層製造與雷射應用中心  
自動化系統部

## 關鍵詞(Keywords)

- 積層製造 Additive Manufacturing
- 三維列印 3D Print
- 熔融沉積成型 Fused Deposition Modeling, FDM

## 摘要(Abstract)

熔融沉積成型(Fused Deposition Modeling, FDM)控制系統，乃是將 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)塑膠或 PLA (Polylactic Acid)生物可分解玉米材質等條狀膠條，經加熱熔化通過微細孔徑熱擠壓頭，擠壓沉積成型在列印底板上，透過切層軟體控制，層層堆積成 3D 物件。本文包含熔融沉積成型技術與專利、積層製造軸控

與溫控技術、3D 物件切層軟體等簡介，可應用於模具開發驗證、文創設計/教學與 3D 相關產業應用上。

The fused deposition modeling (FDM) additive manufacturing control system means that filament made of ABS plastic or biodegradable corn material (PLA, Polylactic Acid) is heated to melt through a tiny aperture nozzle head, deposited by extrusion onto the print plate, and sliced by software control. Then 3D objects are formed by layer by layer addition. In this article, fused deposition technology and patent, additive manufacturing motion control, temperature control technology, and 3D object slicing software will be introduced. It can be applied to fused deposition modeling, the design and teaching in the cultural and creative sectors, and industries related to 3D applications.



## 1. 前言

3D 積層製造技術採用加法原理，與傳統 CNC 的減法加工不同[1]，可以層層堆積製作出形貌複雜的產品，亦能直接做出免組裝之活動工件如板手等，減少繁瑣的組裝工作，其應用從早期的輔助設計的模型製作、客製化製作驗證產品功能，演變到目前零組件或具功能性產品的直接製造，廣泛地應用在機械業、模具業、玩具模型、航太、文化創意、汽(機)車、醫療、珠寶飾品等諸多領域。透過 3D 積層製造技術，無論是否具有機械製造背景的人，都可以導入該產業，把公仔、玩具、遙控汽車、自己想像的創意物品或研發的新產品“列印”出來。結合電子及電機零組件，製作出具有各種功能的產品，因此目前在歐美掀起一股製造者運動(Maker movement) [2]。

2012 年美國國家科技委員會發布「國家製造創新網路」(NNMI)中所提到的發展先進製造業，就把 3D 列印列為重點發展技術，再加上 RepRap 開源計畫的推動下，成本較低的個人化桌上型積層製造設備在 2013 年蓬勃發展，其技術大概可區分為兩類，分別為熔融沈積快速成型(Fused Deposition Modeling, FDM)技術，與採用光固化成型技術(Stereolithography, SLA)，其中又以 FDM 設備的機械結構最為簡單，製造成本、維護成本及材料成本較低，所以成為目前市面上最暢銷的桌上型機種，如 MakerBot 推出導桿與皮帶傳動方式的 Replicator 系列機種，如圖 1 所示，及 3D Systems 所推出滑軌或導桿傳動方式的 Cube 系列機種[3]，而工業等級 FDM 機器，主要以 Stratasys 公司產品為代表[4]，工業等級的 SLA 機台則以

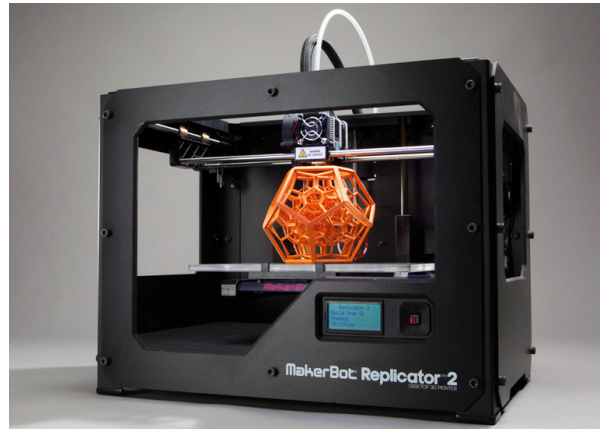


圖 1 導桿傳動單噴頭 FDM 機種

資料來源：MakerBot

3D Systems 公司產品為代表。

## 2. 熔融沈積成型技術與專利

熔融沈積成型技術，乃是將 3D 物件經由切層軟體程式變成許多 2D 平面，並經由數學演算法尋找最佳的運動軌跡，透過加熱器將圓柱線型膠條加熱融化，再經過一個直徑約 0.3~0.4 mm 的微小孔徑的熱擠壓頭，透過擠壓方式將材料擠擠出來，然後沿運動軌跡沉積在列印底板上，當溫度低於熱塑溫度後開始塑化成型，最後逐層堆積成三維實體造型[5]，如圖 2 所示。因此如何設計熱擠壓頭使膠條不會斷料或阻塞，選擇強度強、後置處理容易的材料，控制積層的精度與速度成為 FDM 開發技術的重點[6]。FDM 機台由於成本低廉，因此廣泛應用在各領域，如快速成型、公仔玩具、食品列印到生物科技領域等。

FDM 技術乃由美國的 Scout Crump 所發明，專利權歸屬於 1989 成立的美國明尼蘇達州的

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】371期・103年2月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)