

## 摘要

現行電腦輔助設計(Computer-Aided Design, CAD)和電腦輔助製造(Computer-Aided Manufacture, CAM)技術提供給研究者和設計者在建築設計與教育發展上許多新的可能，相對地，也產生許多有別於傳統媒材在處理結構問題的方式，因此，許多的研究者開始投入數位製造的研究，特別在探討不同的自由形體和結構物的建造方式。

在當代 CAD 系統的輔助下，設計概念開始被解放，建築師運用 3D 模型及自動演算系統等來輔助設計思考，使傳統的建築型態被瓦解，並突破了垂直水平構築的概念。實驗性的自由形體在工法、美學及結構上衍生更複雜的問題，已遠遠超過傳統建築所能探討的範圍，為了使這樣複雜的形式可以被建造，我們需要倚靠 CAM 的技術。近年來快速成形 (Rapid Prototyping, RP)、2.5D、3D CNC 銑床(CNC milling)和電腦數值控制(Computer Numerically Controlled, CNC)已被建築設計和工業設計廣泛地探討與應用，已成為現今設計者不可缺少的工具。

在建築的領域中，接點是結構得以連貫的依據，造型得以塑造的原因。在東方，木建築是最原始的房屋構造型態之一，其構造系統的種類極為豐富，每一種的構造型態取決於不同的木構接合方式。本研究發現傳統的木式結構的對接、搭接、榫接和拼接等的技法是非常有趣和極具功能性的接合方式。本研究將結合傳統木構造接合方法與 RP 技術探究自由形體組裝的可能應用。本研究之範例將透過 Maya 嵌入語言(Maya Embedded Language, MEL)和 K3Dsurf 參數方程式(Parametric Equations, PE)發展自由形體，探討其骨架和表皮組裝上的議題，並且運用 RP 裝置生產實體模型，且進行組裝來驗證和檢視設計的成果，進而退演出傳統木構接合系統發展新應用的可能。

關鍵字：電腦輔助設計/電腦輔助製造，數位建造，快速成型，傳統木接合

## Abstract

Nowadays CAD/CAM emerging new possibilities to the development of architectural design and education for designers and researchers. It also yields new methods in dealing with structured issues. Therefore, many researches on digital fabrication have been initiated, especially in methods of building up various free form structures.

With the assistance of current CAD system, creative designing concepts have been unleashed. Architects use 3D modeling simulation and automatic generative system to aid brain-storming, disintegrating conventional architectural pattern and transcending traditional perpendicular structure. The range of discussion about experimental free-form objects in terms of building methods, aesthetics and structure has been expanded and become much greater than those in traditional architecture. In order to have such complicated forms built, we need to utilize on the techniques of CAM. In recent years, 3D Rapid Prototyping(RP), 2.5D and 3D Milling and computer numerical control have been broadly discussed by the fields of architectural and industrial design, and become useful tools in assisting design thinking and applications.

In Asia, wooden architecture is one of the most primitive building structures. Types of wooden structure are varied, primarily in, jointing methods. In this research we discovers that mortise and tenon joint, dovetail joint, tongue joint, finger joint, and dowelled joint are very interesting and functional joint methods. We found that traditional technology limits the form of wooden joint. This research presents the new orientation of the combination of digital modeling by generative programming and joint methods of traditional wood structure, as well as using Rapid Prototyping to explore the assembling of free-form objects. This research demonstrates examples of free-form assembling of objects generated by MEL and PE. Through the discussion on test and the assembly of frames and surfaces, and through the results that RP produced and examined, we introduce new applications of old structures and illustrate how to design and test our free-form assembly.

Keyword: CAD/CAM, Digital Fabrication, Rapid Prototyping, Traditional Timber Assemble.

## 謝 誌

這兩年的生活終於在此劃下一個休止符，也代表著新的生活的開始。記的當時考上交大那無法形容的喜悅心情，隨時間飛梭現在卻要準備離校了。這兩年給我最大的收穫就是認識了不少的朋友，並且也認識了志同道合的哥們（男哥、景明、豪廷、致傑）一起同甘共苦、互相激勵，雖然大部分的時間花都在打屁、電玩以及只會掛在嘴邊的一些雄心大志，一轉眼就要畢業了，我想我們也不能繼續用著“我們還是學生”來給自己找藉口，我們即將就要步入社會不在是學生了，因此，大家要一起努力，闖出屬於我們的一片天來。

當然還有一件重要的事，就是要感謝我的家人，老爸，雖然很少跟你有溝通，但是我知道你是很支持我的；老媽，妳是一直最照顧我們的人，妳一切無私的付出我都記在心理，雖然有時我會顯得不耐煩，但是妳還是包容我，真的很感謝妳；老哥、老弟，雖然現在大家分隔兩地，我誠心祝福你們可以在事業上、愛情上（給老弟）、婚姻上（給老哥、大嫂以及小 baby）都可以很美滿。

還要感謝我的指導老師君昊，感謝你不辭辛勞的與我討論，幫助我在論文的方向、問題的探討、內容的描述，都給予我莫大的幫助，而我終於不負期望，完成了我的論文。此外，學校的同學，建同、芳宜、小新、偉浩、塗中、菜鳥、牛、唯晏、慶倩、小胖、柏陽..以及學姊楚卿，感謝你們這兩年內可以認識你們是我的榮幸，希望你們之後生活、事業一切都可以順順利利。

# 目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
謝 誌	iii
目 錄	iv
<b>第一章 導論</b>	<b>01</b>
1.1 研究背景	01
1.2 研究問題與目的	02
1.3 研究步驟	05
<b>第二章 文獻回顧</b>	<b>07</b>
2.1 自由形體在結構材料的發展	07
2.2 自由形體在建築設計的案例	09
2.3 自由形體在建築設計的技術	13
2.4 傳統木構造接合系統	14
2.5 接頭設計在建築的研究	17
2.6 快速成型裝置	19
2.7 快速成型在建築設計的案例	22
2.8 快速成型在建築設計的研究	23
<b>第三章 設計接頭和製造流程</b>	<b>25</b>
3.1 分析木構接合系統	25
3.2 接頭設計與原型流程	26
3.3 設計組裝	31
3.3.1 設計接點接頭	31
3.3.2 設計接縫接頭	36
3.4 組裝測試	43
3.5 實體組裝	46
<b>第四章 數位設計製造</b>	<b>48</b>
4.1 設計自由形體 - MEL 和 PE	48
4.2 組裝設計 - 自由形體的骨架	51
4.3 組裝設計 - 自由形體的表皮	52
4.4 討論	54

<b>第五章 結論</b>	<b>57</b>
5.1 研究結論	57
5.2 研究貢獻	58
5.3 研究限制	58
5.4 未來研究	58
<b>參考文獻</b>	<b>60</b>

