

# 成功大學 典範傳承 ~ 講座教授的故事

我的「機構概念設計法」研發歷程

My Research Journey on Developing

The Methodology for Conceptual Design of Mechanisms

顏 鴻 森

成功大學講座/機械系教授

Hong-Sen Yan

University Chair Professor

Department of Mechanical Engineering, National Cheng Kung University  
1, University Road, Tainan 70101, Taiwan

我的教學專長為有關機械如何產生必要運動的機構學(Mechanism)，研究專長則為機構設計(Mechanism Design)，例如飛機起落架、車輛變速器、工具機自動換刀裝置等的設計。1969年就讀大學後，以機動學和機械設計為學習重點；1976年出國攻讀碩士和博士學位，以機構設計為主修。1980年返臺任教迄今，無論是授課教學、學術研究、或是產學合作，皆以機構設計為主，尤其是「機構概念設計(Conceptual design of mechanisms)」或稱「創意性機構設計(Creative mechanism design)」。

本文說明自 1980 年以來，筆者與「機構概念設計」這個研究主題結緣的思路背景、研發歷程、學術內容、成果應用、及心得感言。

## 求學工作思路緣起

1969年10月成為機械系新生後，即到圖書部翻閱必修課教科書，發現大二的「機動學」與大三的「機械設計原理」，對剛從高中畢業的我而言，比較容易直接瞭解，且內容較具應用性，因此選擇以機動學和機械設計領域的課程為主修。1973年06月獲得學士學位時，並無攻讀研究所的想法，也未曾有過出國留學的念頭，只是期待退伍後在工業界從事有關機械設計的工作。

1973年07月，我利用10月入伍服預官役前的空檔，應聘至位於彰化縣大村鄉之正新橡膠工業公司從事輪胎機械的設計工作。當時有一部腳踏車外胎包裝機，因成本考量而將進口的塑膠捲換成台製品，然而機器運轉時國產膠捲會塑性變形，必須針對此機器進行設計變更。該機器的核心裝置是個空間機構，停機不動時難以確定其運作方式，運轉時更無法了解機件間的相對運動；這對在大學時期號稱專攻機械設計的我而言是個打擊，相當納悶為什麼連分析現有的設計都不會，更不用說改進與創新了。

入伍後經常在想這個問題，且百思不得其解。1974年04月趁休假返回成功大學機械系請教師長後才知道，原來大二所修讀的機動學僅講授平面機構的分析，未涉及機構的合成與設計，更無機器動力學的內涵，所以沒有足夠的專業知識針對該機器進行分析與改進設計。此外，當時國內大學的機械研究所並無設計組，亦無教授開授與機構設計相關的系列課程，因此腦海中首度浮現出國攻讀碩士學位的念頭。

1975年08月退伍返回彰化市老家時，接到位於臺北市之中國技術服務社(中技社)的工作徵詢函，隔週即前往上班任職機械工程師，先後參與南斯拉夫煉鋼廠副產品加工廠的管路設計以及中油桃園南崁煉油廠建廠管路的設計變更。雖然工作相當充實，但1975年10月在友人的鼓勵下，出國念書、學習機構設計的想法又再度浮現，隨後順其自然地報考TOEFL和GRE，但申請學校的要件是該校的機械研究所須有設計組、開授機構設計相關課程；當時美國大學機械研究所的設計專業屬冷門領域，具此要件的學校少之又少。1976年06月，好不容易接到肯塔基大學(University of Kentucky)的入學許可及其機械研究所提

供全額獎學金的通知。

1976年08月到肯塔基大學機械研究所入學報到時才發現，該所的設計組主要是為IBM Office Product Division (Lexington, Kentucky)工程師的在職進修而設立，僅十多位師資的該系所，並無機構設計領域的專任教授；而提供獎學金的教授則是屬於熱流科學組，原本安排我參與有關高壓管路設計的計畫。由於我堅持主修機構設計，並提出其它學校的入學許可皆是在該校機研所設計組就讀的證明，因而隨後被安排到學校的 Wenner-Gren Research Laboratory 擔任兼職技術員，從事動物脊椎材料試驗的治夾具設計，以便領取獎學金。

在幸運之神的眷顧下，1976年10月終於獲得系主任與所長的同意，請專職IBM、且在機研所兼課講授機構設計的陶德昌(Deh C. Tao)博士擔任指導教授，並改領Fellowship獎學金。當時陶博士是設計辦公事務機器的國際知名專家與機構設計學者，名噪一時的Selectric 電動打字機即是由陶博士所參與設計。隨後修課、研究、討論皆受益匪淺，不但得到開啟機構設計之門的鑰匙，而且學到實務設計的案例。

1977年08月完成碩士論文的主體後，即開始申請臺灣的工作。由於陶教授極力鼓勵我繼續攻讀博士學位，並建議前往普渡大學(Purdue University)就讀；在盛情難卻之下，天真地想到一個脫身返臺的辦法，僅申請普渡大學機械研究所設計組博士班，並要求有助教獎學金。由於當時英文能力實在不佳，此申請案理應不會過關，然而普渡大學出乎意料地提供了教學助理獎學金。只好於1977年12月獲得碩士學位後，前往位於印第安納州的普渡大學就讀；原本的想法是：待一學期，等國內的工作確定後，即返臺。

1978年元月初就讀普渡大學後，感受到學校的學習環境相當好，機械研究所設計組有14位教授、開授十多門課程，加上指導教授Allen S. Hall, Jr. 博士的君子學者風範，引發強烈的求知慾，決定以五年的時間修讀13門課(規定只須修7門課)，好好做研究、攻讀博士學位。想不到一年半後的1979年08月即完成論文主體，1979年11月將博士論文(Linkage Characteristics Polynomials)稿交給指導教授，並於1980年05月完成博士學位；此外，所投稿的學術論文，獲得美國機械工程師學會(ASME)於1980年09月所舉辦之《1980 ASME Mechanism Conference》的Best Paper Award。雖然在普渡大學的時間不長，卻是紮實地深耕了機構設計的理論基礎。

## 研究主題構思歷程

1979年12月底年假時，有機會與當時在成功大學機械系任教、於普渡大學航太系進修博士學位的楊世賢老師聊天，雖然表明畢業後即返臺至業界工作的想法，但楊老師鼓勵我先到大學任教，一來可從容地找尋適合的公司後再前往任職，二來當時臺灣學界從事機構設計研究的學者(有學術著作發表者)相當稀少，在大學任教可培育眾多學生到各種與機構和機械設計相關的產業服務，會更有意義；因此，我於1980年元月決定，在獲得博士學位後即回國至大學任教。作出此決定後，即開始思考未來在機構設計領域的研究主題。當時對於主持研究工作的認識仍然生澀，對於臺灣的學術環境也不甚了解，只是直覺地認為研究主題最好具備下列七項特性：非常有興趣、屬機構設計、可隨時研究、可不需經費、可不需設備、有學術原創貢獻、亦有工程應用價值。

機構設計主要是提出一種特定類型的機構(定義問題)，包含決定機件與接頭的數目和種類(構造合成)，推導機件的幾何尺寸(尺寸合成)，並檢驗所合成機構的輸入與輸出關係是否符合運動需求(運動分析)。構造合成(Structural synthesis)的目的，是找出所有可行機構的拓撲構造(Topological structure，即設計概念)，在這個階段，設計者要有能力提出滿足設計規範、避開既有設計的替代方案，甚至創造全新的概念。

1980年元月，開始在普渡大學工程圖書館查尋紙本的Engineering Index，在研讀機構設計相關的學術論文後瞭解到，有關概念設計議題的資料最難找、方向最模糊、投入者最少、研究難度也相當高，但卻是決定機械產品創新性的根本，是設計機構與機器過程中最

富創意、最難了解的一環，同時又符合上述七項特性；因此，1980年04月決定，以「機構概念設計」(類型合成、構造合成、或創意性設計)為日後的研究主題。此外，在楊世賢老師的主動推薦、王廷山主任的積極作業下，於1980年04月，接到國立成功大學機械工程學系(暨研究所)的副教授聘書。

傳統上，設計者是根據其知識、經驗、想像、天賦、靈感、或者直覺來獲得新的設計構想，亦可透過參考資料、工具書籍、專家諮詢，並藉由修改現有設計來達到目的。然而，這種模式無法開課教導學生，也難以進行學術研究。因此當時的想法是，提出一套有學理根據的設計程序(Design process)、方法論(Methodology)，用以系統化地進行機構的概念設計，即「機構概念設計法(Methodology for Conceptual Design of Mechanisms)」。

## 設計程序實務發展

1980年08月開始在成功大學機械系(暨研究所)任職，並指導研究生陳照忠，於1982年06月完成碩士學位論文「平面機構的類型合成」，首度提出「機構概念設計法」(當時稱為類型合成法)之設計程序的基本構架。

1980年10月至1984年06月期間，我受聘在航空工業發展中心(AIDC，台中水湳)擔任顧問，參與次音速攻擊教練機(AT3)之飛行操縱系統的研發設計，以及超音速戰鬥機(IDF)之起落架的初步設計工作。此期間，獲得非常寶貴的機構設計工程經驗，包括規格發展及各種平面與空間機構(連桿、凸輪、齒輪、繩索、致動器.....等)的拓樸構造特性(Characteristics of topological structure)分析與運動設計，強化了機構設計領域的實務知識；再者，亦有機會將所學的機構合成理論，成功地應用在產品設計上。然而，有關飛機機構的設計概念，皆來自個人、以及進行後續改進設計之個人或團隊的經驗累積，而非系統化的產生。

1980年10月至1984年06月期間，我也擔任三陽工業公司(SYM，台北內湖)的顧問，參與摩托車機構(懸吊裝置、傳動系統、引擎吊架、引擎動力、.....等)的研發工作，亦吸收了不可多得、應用機構設計學理於實務設計的經驗，特別是越野摩托車的懸吊系統。一般而言，摩托車的後懸吊是潛望式或四連桿式的設計，無法兼具可變槓桿比與較大後輪行程的需求，因此六連桿機構的概念，被應用在後懸吊的設計上，如1980年日本Honda Pro-link的設計。此顧問工作的首件挑戰是，提出與Pro-link具有相同拓樸構造特性的新型設計；藉此機會，首次運用所提出的「機構概念設計法」，系統化地合成出所有的設計概念，很興奮地確認了此設計程序的可行性。

在三陽公司擔任機構設計的顧問工作中亦體會出，「機構概念設計法」若要有工程上的實質應用價值，則設計程序中必須有設計限制(Design constraints)。因此，將陳照忠的碩士論文成果加入設計限制的內容撰寫論文，以“Creative Design of a Wheel Damping Mechanism”為題，發表於1983年09月在美國 Missouri 州 St. Louis 市舉行的《The 8th Applied Mechanisms Conference》研討會中，成為有關「機構概念設計法」系列研究，首篇公開發表的學術論文，讓研究成果開始有些國際能見度。

也因此文章的發表，我於1984年元月受美國通用汽車公司的 General Motors Research Laboratories (GMR, Warren, Michigan)主動邀請為 Senior Research Engineer，並於1984年暑假開始在其 Power Systems Research Department 中的 Mechanism Group 工作，主要任務為運用所研發出的「機構概念設計法」於車輛機構的創新設計，特別是有關多檔次自動變速傳動系統的設計概念。在研究與吸收 GMR 豐碩的文獻資料與實體產品後，於1985年在「機構概念設計法」的設計程序中進一步加入設計需求(Design requirements)，讓學術本質的方法論進一步與實務設計緊密接軌。

## 機構概念設計方法

1990年11月，接受國家科學委員會(NSC)的主動委託，接待由當時任職美國 University of Santa Clara 工學院院長的 T. E. Shoup 教授領軍、由美國國家科學基金會(NSF)支助的 10 人訪問團，在成功大學機械系合辦《1990 NSC-NSF Joint Seminar on Recent Developments in Mechanical Design》。藉此機會，總結自 1980 年啟動，有關「機構概念設計法」的研究與發展工作，撰寫成“Creative Mechanism Design”一文，在此研討會中發表。這篇論文受到當時亦擔任 Mechanisms and Machine Theory (MMT) 主編的 T. E. Shoup 教授之邀，於 1992 年刊載於 MMT 國際期刊，成為有關「機構概念設計法」系列研究首篇發表於 SCI/EI 學術期刊的論文，讓研究成果開始有全面性的國際能見度。此外，筆者並於 1991 年起，受聘為該期刊的 Consultant/Associate Editor 迄今。

此「機構概念設計法(Methodology for Conceptual Design of Mechanisms)」可用來系統化地推演出所有具備所要求之拓樸構造特性、合乎設計需求與限制之機構的設計構想，其設計程序包括下列六個步驟(圖 1)：

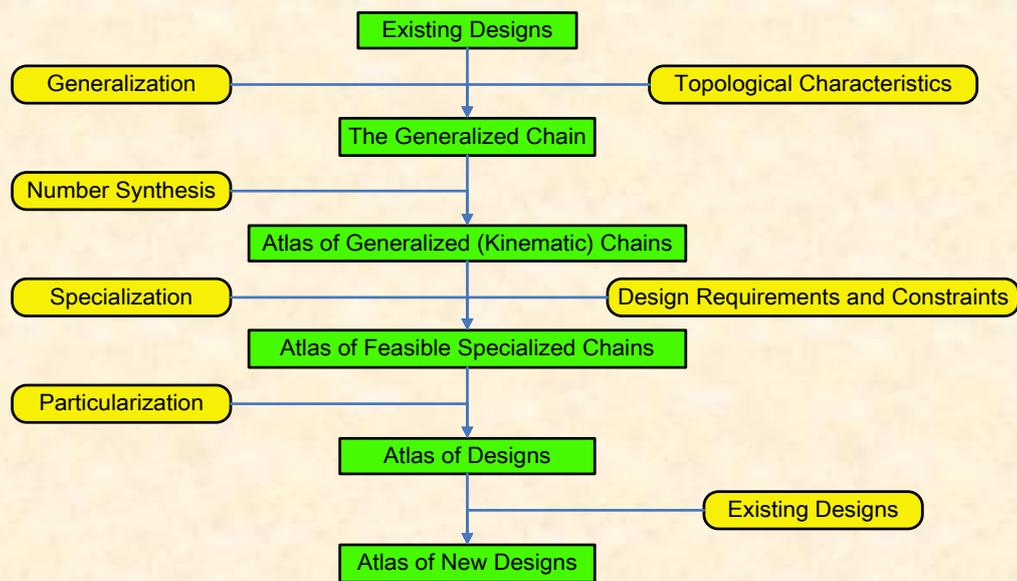


圖 1 機構概念設計法

### 步驟 1

設計程序的第一個步驟是，找出既有設計(Existing designs)，歸納出其機構的拓樸構造特性(Topological characteristics)；然後，任意選擇一個設計作為原始機構。以越野摩托車の後懸吊系統為例，1980 年有 3 種既有設計，包括本田 Pro-link、川崎 Unit-trak、及五十鈴 Full-floater，皆是具有 6 根連桿、7 個接頭(包含一個避震器)之拓樸構造特性的設計。茲選擇本田 Pro-link 為原始設計(圖 2)。

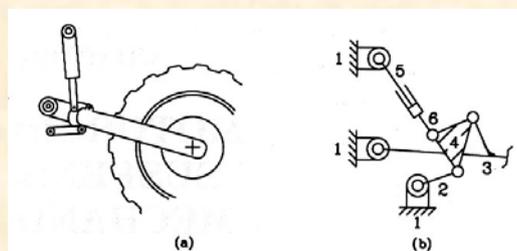


圖 2 本田越野摩托車後懸吊機構

### 步驟 2

第二個步驟是，經由一般化(Generalization)程序，將原始機構的各式機件與接頭，轉換為僅具有連桿與旋轉接頭的一般化(運動)鏈(Generalized kinematic chain)。圖 3 (a)為本田

Pro-link 的一般化運動鏈，具有 6 根連桿與 7 個旋轉接頭。

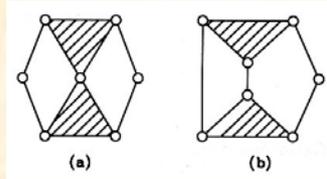


圖 3 一般化運動鏈圖譜

### 步驟 3

第三個步驟是，運用數目合成(Number synthesis)演算法，得到具有所需機件與接頭數目的一般化(運動鏈)圖譜(Atlas of generalized kinematic chains)。具 6 根連桿與 7 個旋轉接頭的一般化運動鏈圖譜有 2 個，如圖 3(a)和(b)為所示。

### 步驟 4

第四個步驟是，根據設計需求與限制(Design requirements and constraints)，並經由特殊化(Specialization)程序，將步驟 3 所得到之每個一般化運動鏈的機件與接頭指定類型，來獲得可行特殊化鏈圖譜(Atlas of feasible specialized chains)。將圖 3 所示的 2 個一般化運動鏈進行特殊化後，獲得如圖 4(a)-(j)所示的 10 個可行特殊化鏈。

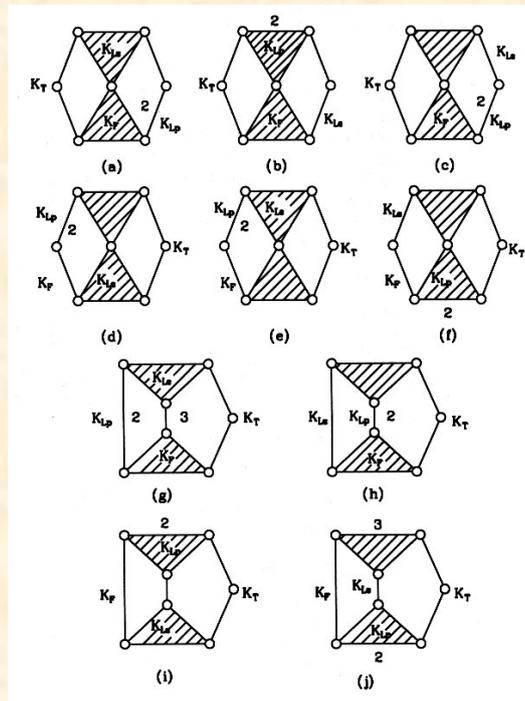


圖 4 可行特殊化鏈圖譜

### 步驟 5

第五個步驟是，將步驟 4 所得到的每個可行特殊化鏈，經由圖示技巧轉換，具體化(Particularization)為與其對應的機構簡圖，來獲得設計圖譜(Atlas of designs)。將圖 4 所示的 10 個可行特殊化鏈進行具體化後，獲得如圖 5(a)-(j)所示的 10 個設計構想。

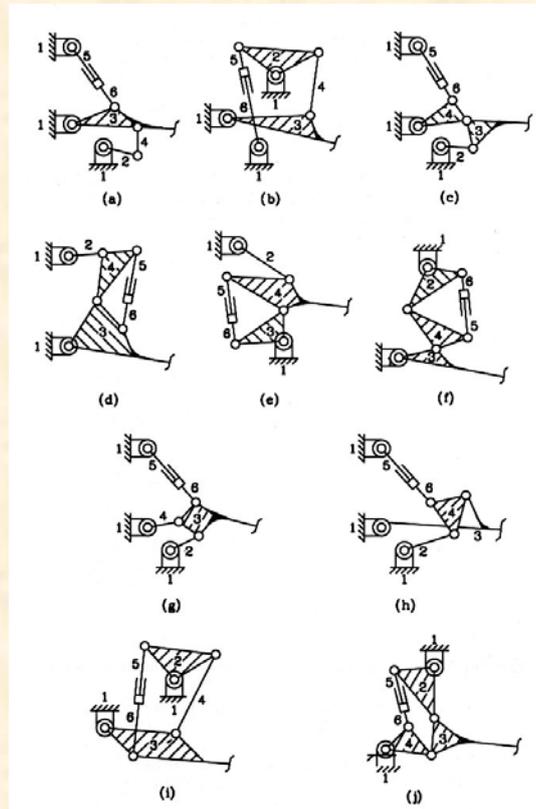


圖 5 越野摩托車後懸吊機構設計概念圖譜

## 步驟 6

設計程序的最後一個步驟是，從步驟 5 產生的設計圖譜中，刪除既有的設計，來得到創新設計圖譜 (Atlas of new designs)。在圖 5(a)-(j) 所示的 10 個設計構想中，圖 5(b) 是川崎 Uni-track、圖 5(h) 是本田 Pro-link、圖 5(i) 則是鈴木 Full-floater 的設計，因此系統化的得到 7 個創新的設計概念。

## 設計方法延伸運用

上述「機構概念設計法」，主要是運用於封閉鏈(Close chain)機構的創新設計，此方法論隨後亦延伸運用於開放鏈(Open chain)與變化鏈(Variable chain)機構的創新設計、甚至(失傳)古機械的復原設計，以下簡述之。

### 開放鏈機構

1987-1993 年期間，我與台灣麗偉電腦機械公司(台中)藉由擔任顧問與產學合作計畫，開發創新的綜合加工機自動換刀系統，在經由文獻與專利搜尋、參訪國內外公司與工具機展後，歸納出該設計之機構的拓樸構造特性、設計需求與限制。由於自動換刀機構屬開放鏈機構，於圖論中的對應圖譜呈現為樹狀，因此使用樹圖(Tree graph)來表示機構拓樸構造的想法於 1990 年應運而生，且開始延伸上述「封閉鏈創意性設計法」於具開放鏈機構的創新設計。其後，經由陳福成(博士生，1992-1997 年)的努力，提出「開放鏈機構概念設計法」，並且成功地推演出，具自動換刀機構與不具換刀機構之綜合加工機的創新設計概念。

### 變化鏈機構

某些機構的設計，其運動鏈在操作過程中具有可變化的拓樸構造，如機械式按鍵鎖。1994-1996 年期間，我與競泰公司(台北)藉由產學合作計畫，開發可變號機械按鍵鎖，因此研發變化鏈機構概念設計法的想法應運而生。其後，經由劉念德(碩士生，1994-1996 年；博士生 1996-2001 年)、王裕傑(碩士生，1995-1997 年)、郭進星(碩士生，2002-2004 年)、及康振雄(博士生，2003-2008 年)的努力，研究可變接頭與機構的表示法與其特性，提出「變

化鏈機構的概念設計法」，並且成功地推演出各種可變號機械按鍵鎖的創新設計概念。

### 古機械復原設計法

自 1990 年起，基於前述的「機構概念設計法」，進一步研發出「失傳古機械復原設計法(Methodology for Reconstruction Designs of Lost Ancient Machinery)」，用以系統化地推導復原出失傳古機械的機構。這套方法是將研究零散史料所得的特定知識及所引發的發散構想，收斂轉化為現代機構設計的設計規範、構造特性、及設計需求與限制，據此合成出完整的一般化鏈與特殊化鏈圖譜，並應用機械演化與變異理論，產生所有符合史料記載與當代科技與工藝水準的復原設計，例如蘇頌水輪擒縱調速器(博士生林聰益，1997-2001 年，圖 6)、歷代指南車(博士生陳俊璋，2000-2006 年)、張衡侯風地動儀(博士生蕭國鴻，2004-2007 年)、記里鼓車(碩士生邱于庭，2007-2009 年)、古希臘 Antikythera 機構(博士生林建良，2007-2011 年)，以及古籍中具圖畫機構的復原設計(碩士生陳羽薰，2008-2010 年)。



圖 6 水輪擒縱調速器復原設計實例(2010 年)

## 研究成果

多年來，有關「機構概念設計法」的研究，在學術上自成一家，亦為國內外學者與專家所重視。以下說明自 1980 年以來此系列研究的成果，包括學術貢獻、專書出版、專題演講、課程開授、工程應用、及獎項榮譽。

### 學術貢獻

「機構概念設計法」的主要學理基礎包括機構的一般化、運動鏈的數目合成、及機構的特殊化，先後發表一系列的原創性論文；其工程運用的連結，為機構拓樸構造特性、設計需求與限制、及既有設計與專利。

有關機構一般化的研究，是基於 R. C. Johnson 和 K. Towfigh 於 1967 年所提出的初步概念，以及 A. S. Hall, Jr. 於 1970 年代所撰寫的講義內容，加以擴充延伸，並經由黃以文(博士生，1987-1990 年)的努力，提出一套完整的一般化程序(原則與規則)。有關運動鏈數目合成的研究，黃文敏(博士生，1981-1984 年)、許正和(博士生，1983-1987 年)、黃以文(博士生，1987-1990 年)先後利用圖論、縮圖、排列群理論，提出了一般化運動鏈(包括呆鏈、複接頭鏈)的數目合成演算法，提供了機構特殊化所必要的圖譜資料庫，深具學術原創性。此外，我於 1985 年在 GMR 任職期間，與當時任教於 University of Michigan 的圖論大師 Frank Harary 教授合作研究，成為首先將圖論中的 Graphs/Hypergraphs (planar blocks) 與機構中的 Generalized (kinematic) chains 建立數學上一對一關係的學者。有關機構特殊化的研究，亦是基於 A. S. Hall, Jr. 於 1970 年代所撰寫講義的初步概念，加上工程應用實例經驗所歸納出的拓樸構造特性、設計需求與限制，提出一套完整的、可電腦化的特殊化程序與演算法；此外，在黃以文(博士生，1987-1990 年)與洪芝青(博士生，2002-2007 年)的努力下，首先利用組合論、排列群、及 Polya's Theory，以數學方法計算出合乎設計要求與限制的構想數目，在學理上深具突破性。

### 專書出版

筆者根據多年來在學術研究、授課教學、及產學合作的經驗，將有關「機構概念設計

法」的系列成果，撰寫成“Creative Design of Mechanical Devices”一書(圖 7)，於 1998 年由 Springer 出版，是國內外機構設計領域中首冊有關創意性設計的專書。本書的大陸中文版《機械裝置的創造性設計》，於 2002 年由北京的機械工業出版社發行，而本書的臺灣中文版《機械裝置的創意性設計》，也於 2006 年 02 月由臺北的東華書局出版，擴大了研究成果的推廣層面。另外，與上海交通大學鄒慧君教授合著的《機械創新設計理論與方法》一書，則於 2008 年由北京的高等教育出版社發行。

再者，亦將有關「失傳古機構復原設計法」的系列研究成果，撰寫成“Reconstruction Designs of Lost Ancient Chinese Machinery”一書(圖 8)，於 2007 年由 Springer 發行。

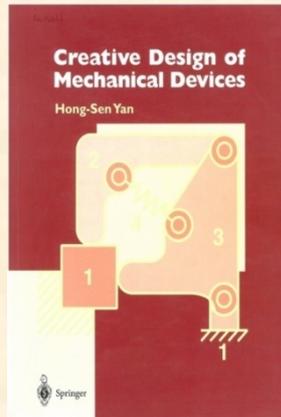


圖 7 「機構概念設計法」專書

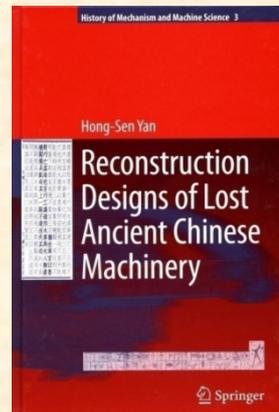


圖 8 「失傳古機構復原設計法」專書

### 講演與課程

自 1983 年首篇研討會論文在《The 8th Applied Mechanisms Conference》發表，1992 年首篇期刊論文在《Mechanisms and Machine Theory》發表，尤其是 1998 年由 Spring 出版專書後，有關「機構概念設計法」的研究成果，才逐漸在國際間被瞭解、受肯定，不時有國內外學術單位、研發機構、及機械業者邀約撰寫論文、講演專題、訪問講學、開授課程、擔任顧問等。例如，大陸之中國機械工程學會的「機械設計」期刊，曾於 1995-1996 年將本研究以「顏氏創造性機構設計法」為題，以五篇專文連載；義大利的 University of Calabria 曾於 2006 年邀請前往開授短期課程；而在國內外研討會中擔任 Keynote/invited speaker 的邀約，更是源源不斷。

自 1998 年起，筆者亦將相關研究成果正式推廣至教學。除了在研究所開授「創意性機構設計」專業課程外，亦對大學部開授「創意性工程設計」(通識)課程。此外，筆者亦於 1998 年接受教育部顧問室委託，負責「創造力與創意設計教育師資培訓計畫」的規劃與推動，更於 2000-2002 年擔任教育部顧問室主任期間，主動規劃與推展有關創造力教育計畫，並且督導完成全國性的「創造力教育白皮書」。

### 工程應用

有關「機構概念設計法」的工程應用，除了上述越野摩托車後懸吊系統、綜合加工機自動換刀裝置、可變號機械按鍵鎖的創新概念設計，以及失傳古機械的復原設計法之外，亦經由多位研究生的努力，將此方法論應用於飛機的座艙罩(碩士生鐘文輝，1989 年)，車輛的差速器(博士生謝龍昌，1993 年)、汽門(碩士生陳柏熹，1994 年)、方向盤(碩士生郭芳富，2008 年)，摩托車的傳動系統(博士生許坤寶，1996 年)、防俯衝機構(碩士生李秉彥，1995 年；王柏翰，2011 年)、懸吊機構(碩士生吳友積，2010 年)，自行車的變速器(碩士生潘柏志，1994 年；程呂義，1995 年；瞿嘉駿，1998 年)、防俯衝機構(碩士生張明彥，2000 年)，工具機的換刀機(碩士生尤志文，1990 年；陳俊瑋，2000 年)、線切割放電加工機(博士生楊義成，2000 年；碩士生陳顯彰，1994 年)，夾緊裝置(碩士生黃社振，1990 年)，沙發床(碩士生蘇楓元，2005 年)，輪椅(碩士生張維玲，1999 年；廖嘉郁，2001 年)，鎖具(碩

士生林義閔，2007年；黃俊繁，2008年；曾紀綱，2012年），以及齒輪馬達(博士生王心德，2006年；碩士生王心德，1999年；林鈞諭，2008年；吳宗達，2011年)等等之機構的概念創新設計。

此外，多年來經由畢業學生、學術論文、專書與專章、專題演講、及短期課程，此方法論逐步推廣與應用於國內外的學術、研究、及產業界，並據此產出諸多人才、論文、專利、及技轉。

### 獎項榮譽

有關「機構的概念設計法」的研究成果，自1986年以來陸續獲得國內外學術獎勵與榮譽，包括國科會的傑出研究獎與傑出特約研究人員獎、美國 Applied Mechanisms and Robotics Conference 的最高榮譽 South Pointing Chariot Award、傑出人才發展基金會的傑出人才講座、東元科技文教基金會的東元(科技)獎、以及教育部的學術獎與國家講座。另外，International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science (IFTToMM)國際學術組織，為表彰筆者三十來年持續在機構與機器科學領域的學術成就與國際聲望，尤其是自成一家的「現代機構概念設計法」及「古代機構復原設計法」，於2011年06月在墨西哥 Guanajuato 城舉行的第十三屆世界大會中，頒予筆者 IFTToMM 的最高榮譽 Honorary Membership；而中國機械工程學會(臺北)亦於2012年12月，頒予筆者該學會最高榮譽的機械工程獎章。

### 心得結語

1973年06月大學畢業時，只期待退伍後在業界工作；1976年08月前往美國留學時，僅計畫攻讀碩士學位；然1980年元月決定在獲得博士學位後回國至大學任教，且於該年04月決定以「機構概念設計」為日後的研究主題。雖說計畫趕不上變化，但是學習與從事機構設計的初衷，從未改變。

1980年夏返臺至成功大學機械系任職至今已三十來年。此期間，自發性地研究發展出一套可舉一反三的「機構概念設計法」，系統化地推演出具備所要求之拓樸構造特性、且合乎設計需求與限制之機構的所有設計構想，用以避開既有產品的專利訴求，亦兼具學術原創貢獻與工程應用價值。有關此方法論(不包含古機械復原設計)的系列研究，計指導12位博士生、30位碩士生畢業；再者，先後撰寫3本專書，發表上百篇學術論文，並且獲得多項國內外專利與技轉。

這一路走來至今，從早期(1980-1989年)的孤芳自賞、孤掌難鳴，常有投稿國際學術刊物被退回稿件或石沉大海的情形，只好孤獨地於1983年在臺灣發表第一篇論文(許正和，中國機械工程學刊，臺北)；經歷中期(1990-1997年)的漸有迴響、偶有共鳴，溫馨地於1992年首次在國際學術期刊(Mechanism and Machine Theory)發表論文；到1998年由Springer出版英文專書後，常常受到國外相關單位與學者專家的邀約，研究成果才逐漸受到肯定，雖非歷盡滄桑、但確是逐漸苦盡甘來。

此刻回想，以處驚不變的精神，在幾乎無研究資源的環境下，有毅力地撐過了本研究成果不被學術界欣賞、但被產業界接受的前十年；否則，相關基礎研究在1980年代已胎死腹中。再者，以處變不驚的精神，有決心地推拒了自1980年以來研究資源豐富之其它主題的誘惑(如電腦輔助設計、機器人、自動化、機電整合、精密機械、微機電、生物科技、奈米科技等)，有恒心且一步一腳印地堅持自己的研究方向與理念；否則，相關研究在1990年代是無法出類拔萃的。也因為前二十年(1980-1999年)的堅持，才有機會在2000年代，讓國內外體會與欣賞有關「機構概念設計法」的系列研究，並獲得多項學術榮譽。

一套設計程序、方法論的研究發展工作，是奠基於邏輯思考的推理，是無需研究設備，亦不受時空與地域限制，可自由自在、隨時隨地進行與享受學術研究的樂趣。研究是嘗試沒有人做過的事，其本質貴在創新，而愈具創意的成果，往往是在愈少的限制、愈多的挫

折下產出。學術研究的奧妙之一，在於能否規劃出具創意的主題；「機構概念設計法」研究主題的誕生、長大、成熟，不是偶然的，是來有影、是深思熟慮、是長期以不變應萬變有毅力地克服困境走出來的。

最後想提的是，有前瞻性的眼光與想法，處在事事要有共識才能推動的環境，是很難在早期獲得認同與肯定的；有創意的人，其實大多是寂寞的。唯有本然的孕育自己在研究上的真愛，以千山我獨行的氣概面對問題、了解問題、解決問題，才有機緣享受孤獨的寧靜、才有機會產出永恆的成果。這就是我的研究 - 「機構概念設計法」的研發歷程。

## 致謝

感謝歷年來致力於本主題之研究生的努力(圖 9)，感謝產業界(尤其是 AIDC、SYM、GMR、Ledwell、Sincox 等)提供無可取代的研究素材與工程歷練，亦感謝國家科學委員會的經費補助以及成功大學(機械系)的工作環境，讓本研究得以順利發展。最後，謹以本文獻給已故的 Allen S. Hall, Jr. 教授，衷心地感謝他的教導與啟發。



圖 9 「創意性機構與機器設計教研室」研究群(2008 年)

## 作者簡介



顏鴻森博士 1951 年生於臺灣彰化，1980 年起在成功大學機械系任教迄今，教學專長為機構學，主要研究領域為機構概念設計，計指導 36 位博士生/102 位碩士生畢業，發表 300 多篇學術論文，著有 11 本國內外專書，並獲得 53 件專利。顏教授曾專職中國技術服務社機械工程師、成功大學機械系副教授、General Motors Research Laboratories 資深研究工程師、State University of New York at Stony Brook 機械系副教授、國立科學工藝博物館館長、及大葉大學校長。曾獲多項學術獎勵與榮譽，如 ASME Fellow & Mechanisms Conference 最佳論文獎、傑出人才講座、東元科技獎、教育部學術獎與國家講座、IFTToMM Honorary Membership、及中國機械工程學會機械工程獎章。顏教授以蒐藏研究古早鎖具為嗜好，希望成為散文作家。