

NEWSLETTER

of the Chinese Society of Mechanism and Machine Theory

機構 與 機器 設計

發行人：黃國華
出版人：中華民國機械原理學會
出版委員會
總編輯：黃國華
發行所：台北市民生路七十七號七樓
電話：(02) 553-2953

中華民國八十二年九月

行政院新聞局出版登記證

台發台誌字第9132號

9-82

本期要目

- 簡介自行車變速機構 \ 強忠萍
- 關於幾本機械設計的新書 \ 蔡錫鏗
- 介紹新進會員

中華民國機械與機器原理學會
高雄市郵政第59-80號信箱
TAIWAN 80424, R.O.C.

簡介自行車變速機構

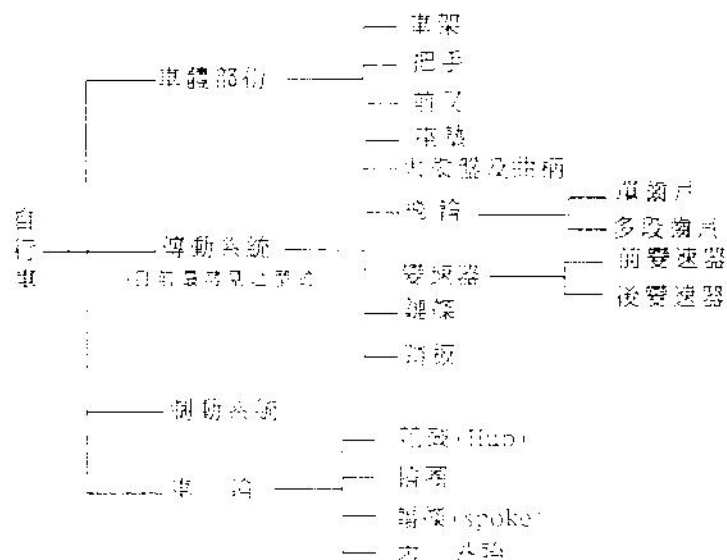
機械工業研究所

強忠祥

一、概述：

自行車自發明至今，已有二百年的歷史，就功能來看，早期的自行車乃是人類主要的代步工具，發展至現在，由於各種便捷的交通工具陸續出現，使得自行車漸漸的被定位成休閒用的工具。雖然自行車設計架構大致已經決定，即使是目前最常見的撥鏈式變速器 (Deraileur) 已有近百年的歷史，但是近年來在使用特性及設計細部上仍有相當的改進。

由設計的角度來看：自行車可概分為四大部份即：車體部份、傳動系統、制動系統



及車輪。圖一，即是最常見型式自行車之架構圖。

本文主要是針對傳動系統中變速器的部分作一簡單的介紹，文中除簡述目前市面上最常見的型式—撥鏈式變速器 (Deraileur) 外，並兼述內變速器及有段自動變速之機構以為參考。

二、變速機構之分類：

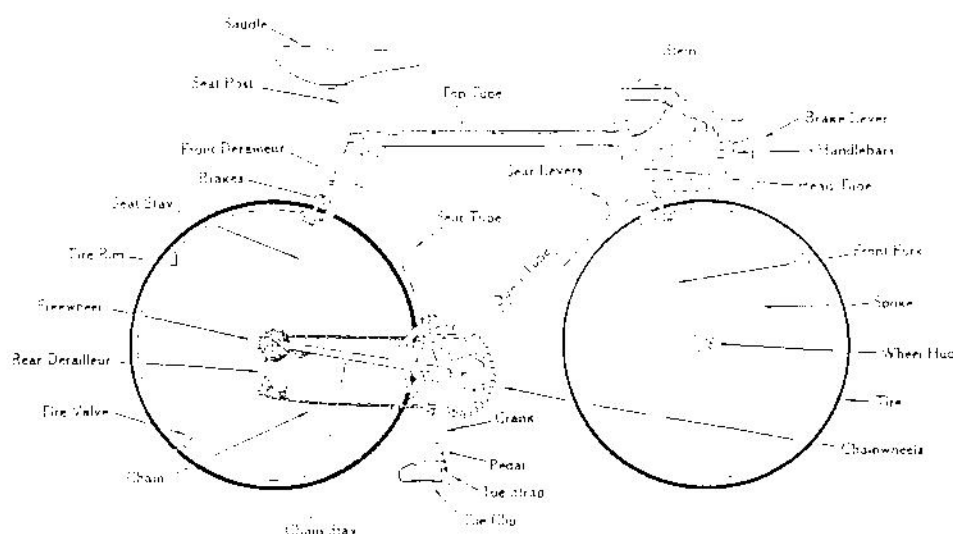
自行車之傳動系統依傳輸速比之不同可分為單速及變速比二大類。而有關自行車變速機構之型式甚多，表一列舉之三種型式為目前市面上較常採用之機構。

2.1 撥鏈式變速機構：

圖二為撥鏈式變速機構之一例，其中整個機構具有下述之特徵：

- 四連桿機構組
- B 彈簧 (旋轉軸 X_1)
- P 彈簧 (旋轉軸 X_2)
- 導輪組 (導鏈導輪、張力導輪、側板)

其作動原理如圖二 (b) 及圖三所示：當騎乘者拉動變速桿，藉由鋼索 (Cable) 之傳遞改變四連桿之構形，使得導鏈導輪組向飛輪軸向移動 (移動之方式可分為上部支點式及下部支點式) 至適當齒片之下方位置，因為各齒片之齒數不同，其節圓半徑各異，因此在鏈條長度一定的限制條件下，整個四連桿機構及導輪組又須繞著軸 X_2 、 X_1 旋轉 (在其軸上各加上回復彈簧 P 及 B)，以因應飛輪齒片之鏈條包覆長度的改變量。所以從導鏈導



圖一：自行車架構

表一：各型變速機構之比較

變速器種類	機構主要組成	特性	優缺點
撥鏈式 (Derailleur)	前變速器： • 四連桿 • 回復彈簧 • 撥鏈板 後變速器： • 四連桿 • B/P彈簧 • 導鏈導輪 • 張力導輪 • 導輪側板	• 拉動變速桿使四連桿機構形改變，而向變速齒盤之軸向運動，而到達適當之位置	• 須與飛輪齒形設計、鏈條及變速桿等零件配合 • 為目前最常見之方式
內變速機構	利用一組行星式齒輪，置於後輪花鼓內，以達到變速之效果	• 利用內變速器取代撥鏈式變速機構中之前變速器及多段齒盤	• 省去前變速器 • 製造精度要求較高 • 變速動作較確實
有段自動變速機構	• 變速齒輪箱 • 定位楔塊 • 壓緊彈簧	• 傳動軸由後輪之速度控制	

輪之移動軌跡來看，整個後變速之運動可依上述之二個動作來完成。

至於此類型變速機構之設計重點可簡單歸納如下：

- B、P彈簧裝設軸之距離。
- B、P彈簧彈力常數之比值。
- 四連桿組之尺寸及裝置角度。
- 導鏈導輪與張力導輪之距離 (r_1)。
- P彈簧中心與導鏈導輪之中心距 (r_2)。

此外在側板之設計上，亦有考慮特殊的形狀及尺寸設計，以避免鏈條脫落時發生卡死的現象。

2.2 內變速器機構：

所謂自行車內變速器乃是指將變速機構裝於後輪花鼓內，利用行星齒輪系之變速原理來達成換檔變速之動作，此種設計可取代撥鏈式變速器中前變速機構之裝置，並且只須使用單齒片之大齒盤即可，使得大齒盤之設計較為單純。圖四為 SACHS 公司內變速機構之產品，當拉動變速鋼索可以選擇並決定由那一組齒輪嚙合帶動，而達到變速之效果。

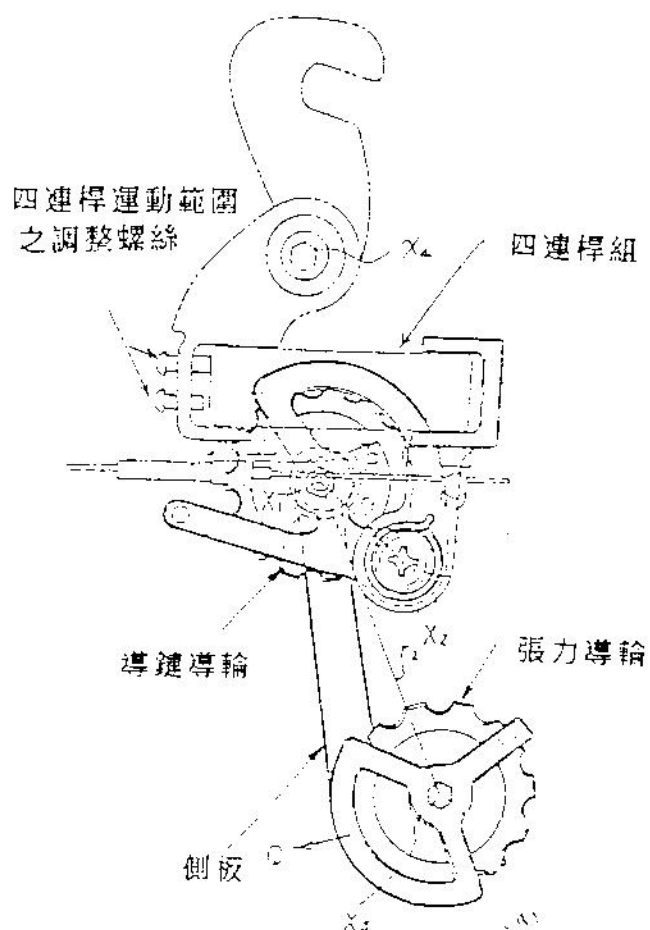
2.3 有段自動變速機構：

所謂有段自動變速機構乃區別於無段變速機構，其特徵為在後輪軸處裝有一變速齒輪箱，當騎乘速度增加時，傳動軸之轉速加快，因而克服了彈簧預設之壓力，使得定位楔塊向內縮，直至適當的位置，楔塊再次被頂出，卡入齒片內之溝槽，使得更高速比之齒輪對啮合帶動，而達到換檔之功效。

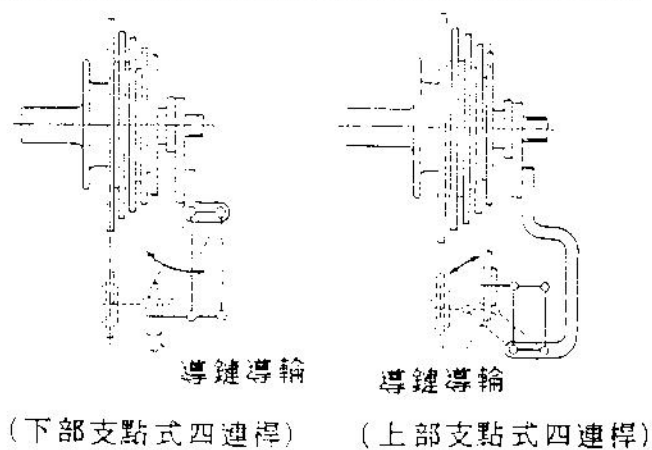
三、結語：

自行車變速機構之種類相當繁多，而近年來國內亦已開始投注較多的人力於此方面的研究上，而本文也僅止於對自行車變速機構作一簡單介紹，而縱觀目前現有的市售產品不難發現，本產品設計除了要考慮功能、

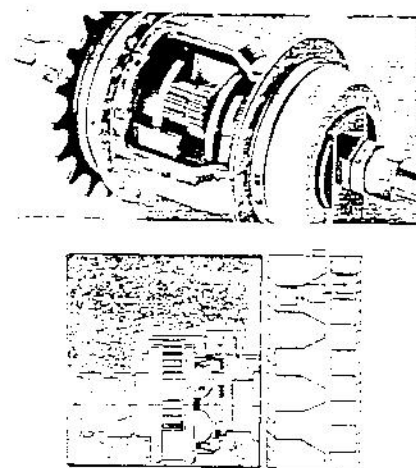
特性之因素外，更要考慮使用者之心理因素（即人、車介面之設計）以使得產品具有市場性。



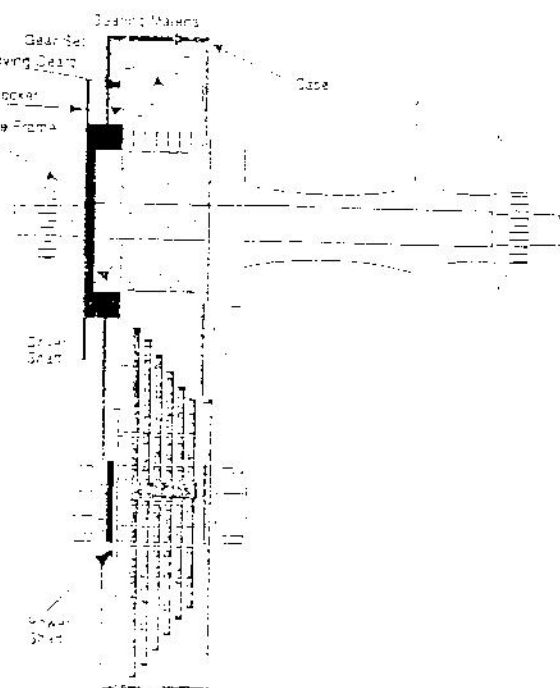
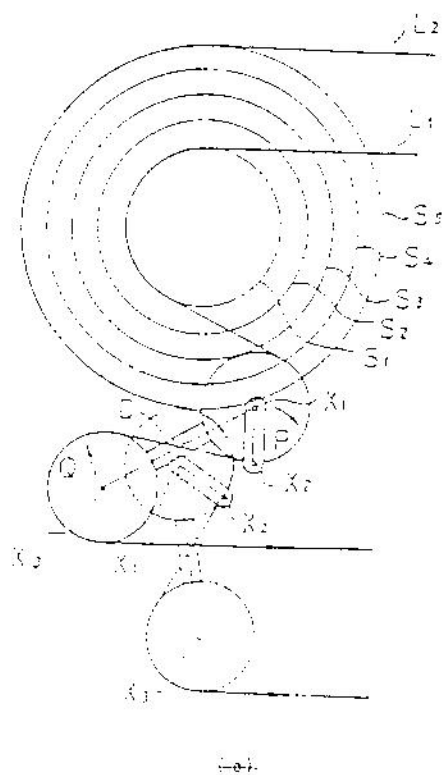
圖二：撥鏈式變速機構



圖三：四連桿機構作動簡圖



圖四：內變速器機構圖例



圖五：有段自動變速機構圖例

關於幾本機械設計的新書

蔡錫鈺

最近這幾年英、德語系出版社出版了幾本不錯的機械設計〔工程設計〕參考書籍。筆者在此對這些書籍做一簡單的介紹，以提供讀者在設計教學或設計實務上的參考。

Pahl, G.; Beitz, W.

Konstruktionslehre, 3. ed.

Berlin: Springer-Verlag, 1993, 751 pp.

ISBN: 3-540-56194-3

Contents:

Introduction. Fundamentals of systematic design. The process of planning and designing. General methods for searching and evaluating solutions. Methods for product planning and clarification of the task. Methods for conceptual design. Methods for embodiment design. Methods for detail design. Well known solutions. Developing size ranges and modular products. Methods for designing for quality. Costing. Computer aided design. Survey and used terms.

Pahl 與 Beitz 合著的機械設計一書目前已經翻譯成英文等四國語言，在德國的幾本設計方法學專書中算是相當具有國際知名度：今年三月出版的第三版相較於為國內讀者熟悉的英文版（由劍橋大學 Wallace 教授根據第一版所主編翻譯的），可以說增加相當多的內容。在此只將增加的重要部份做一扼要的介紹，其他的主要內容讀者可以自行參閱 1988 年的 Springer 發行的英文修訂版（Engineering design）。

1) 思考心理學與設計

Pahl 近年研究的課題之一即是在探討設計者思考之過程與行為，以期提高設計工作者的原創力，並藉以檢驗其發展之設計方法的完整性。設計方法學的發展必須考慮到思考心理學，不只是因為設計方法必須符合人類的思考形態，同時更可以從中找出適當的輔助方法、工具來協助設計工程師思考。在此一新增章節之中，共分為：問題之特徵、解決問題之工具－思考結構、優秀問題解決者之特質、問題解決之過程與資訊之轉換等。

Pahl 以思考心理學的觀點，認為一位優秀的設計工程師在問題的處理上，應該具備下列的特質：

擁有結構化的專業知識。

能在實際與抽象間找出適合不同狀況的平衡點。

可以有自信面對不清晰或不明確的問題。

在變動的決定過程中亦能掌握住目標。

能辨別問題的重要性與急迫性。

對自我可以掌握的課題能予以計劃、控制與檢驗。

要列舉上述的各點並不困難，但是如何才能擁有這些特質，卻非易事。當然本書的作者在書中即提供讀者一套有系統的方法，來分析、解決問題。

2) 造形設計

設計過程中，在決定尺寸之前，必然要先決定出機件的幾何結構、形狀、組合方式和材料等，才有可能應用力學公式做演算。經有這整個過程所得到的成果，在德文中常以 Gestaltung 一字來表達，中文可以翻譯成“造形”一詞，但在英文中尚難找出合適的字，勉強可以用 form (determination) 來代替。造形的決定亦非憑空而來，皆可以自力學、製造、組裝等觀點綜合出一套規則來做設計時的輔助。一件優良的設計並不是因為尺寸計算的精確，反而是由於造形可以符合各項設計的要求。德國在造形設計經驗的累積與研究，早在 60 年代就相當完備，Pahl/Beitz 第一版即相當扼要地將在造形設計上各種必須考慮的要點、設計原則列舉出，而在此新版佔將近全書 1/3 的篇幅的造形設計一章中，除原有的各個主題之外，為因應近幾年來工業界人性化的考慮與環保的要求等，而增加符合 (1) 人體工學 Ergonomic、(2) 工業設計造形與 (3) 回收 recycling 等要求之造形設計各節。尤其以回收此主題，所收錄的多是德國近十年重要的研究成果，十分值得參考。

3) 重要之作用原理

各種機械元件本身即具有一定的功能，這些功能可以提供設計者解決設計上的不同問題之參考，設計者對機械元件熟識的程度也就表現在其所設計產品優劣之上。對於眾多的機械元件、傳動與控制系統，我們可以按照一定的準則以系統化的方式依其功能歸類。在新編的此章中 (well known solutions)，作者整理出的主體有：結合 (connection)、彈簧、離合器、軸承與導軌、機械傳動機構、

油壓傳動機構、液體輸送元件、油封、馬達、各種控制系統等。在各單元中對不同的元件或系統的描述，皆以（1）作用原理、（2）構造之特徵、（3）構造形式等順序解說，最後再以應用準則作總結。因篇幅的限制，內容相當扼要，但卻不失為機械元件教科書的參考輔助資料。

4) 設計中的品質考量

一般觀念中的品質多是在製造過程中，對產品實施檢驗與控制。但是根據研究指出，將近 80% 的誤差是由於不慎的研發、設計所造成的；而產品故障例中有 60% 是因為不良的設計所造成的。因此如何將品質的觀念提昇到設計研發階段，就顯得有其必要。針對此，作者簡單地介紹兩種經常被應用之分析方法：失誤樹狀分析法（fault-tree analysis）以及失誤可能性影響分析法（failure mode and effects analysis）。

5) 計算機輔助設計 CAD

在此書的最後一主題是介紹電腦在設計過程中扮演的角色，也就是我們時常提到、聽到的 computer aided design。如同其他的德國設計方法學教授，作者 CAD 的概念、研究即以其發展的設計方法為基礎。在此章中除簡單介紹 CAD 的基本原理外，重點即置於各個不同設計階段中 CAD 的應用。書中所介紹的 CAD 研究成果並不詳細，這主要是因為 Pahl 與 Beitz 已經出版 CAD 專書，但由此章也不難看出達姆城理工學院（Pahl）與柏林理工大學（Beitz）近十年在 CAD 的研究方向，對習於美式 CAD 概念的讀者而言，此章傳達的想法不啻是另一思考的角度。

Hubka, V.; Eder, E

Einführung in die Konstruktionswissenschaft
Berlin: Springer-Verlag, 1992, 226 pp
ISBN: 3-540-54832-7

Contents:

Introductory. Design in engineering. Historical development from knowledge to the design science. The science of engineering design and its goal. Concept and methods of the science of engineering design. Source of knowledge and impulse for the science of engineering design. Partial field of the science of engineering design. The science of engineering design for the TS-sorts. Specific science of engineering design for individual recipient class.

Quality of the design science. Tasks in the science of engineering design for the future.

今日科技的發展是趨向分工化與複雜化。一個工程系統涵蓋的就不單是單純的機械，而包涵諸多不同的領域，而且其複雜度又是與日俱增。因此是否能將對牽涉的領域甚廣、屬於整合性的“工程設計”作為一門工程科學來專門研究，頗具爭議。在歐洲近三十年在工程設計、或機械設計上泰半針對設計過程之方法從事研究，而以更廣闊的角度來對“工程設計”作一全面性的研究與建構一個體系尚未完全形成。作者以 35 年來的實務與研究經驗在此書中提出對工程設計學的研究心得與研究之方向，可以算是對此問題的一項初步的嘗試。

作者 Hubka 與 Eder 在過去 10 年中一直致力於工程設計學研究的推廣，經由成立 WDK (Workshop Design-Konstruktion) 來組織並推廣國際性工程設計研討會 - ICED (International Conference on Engineering Design) 以及出版相關刊物，使得設計學的研究在近 10 年有長足的進展。

作者首先對設計能否研究的疑問提出 3 個論點：

1. 設計是一個可以分解成許多小步驟的行為。
2. 設計程序雖然取決於所欲設計的對象，但是能然可以用廣泛方式來研究並呈現出來。
3. 設計可以經由理論的產生以及正確的教學方法、媒介傳授給學生。

在這三個論點之下，作者將此書分成三部份。第一部份是介紹一般性的設計程序與其問題所在，並介紹世界主要地區研究工程設計的狀況與發展的趨勢。第二部份則是針對工程設計學模式做一解說：如何將一個鬆散的工程知識體系構築成一清晰有序的工程設計科學體系，如何確定其內容、範圍與來源，以及工程設計學的領域。第三部份則是討論如何應用工程設計學的方法、觀念在不同的知識系統，而導引出一套體系。

對設計學整體的架構 Hubka 與 Eder 提出圖 1 的模式。在這模式中，作者將設計學的研究對象分為：工程系統與設計程序；再根據性質的不同，即理論性與操作性（暫譯，descriptive-prescriptive），而得到四個主要的次領域：工程系統理論、設計知識，設計

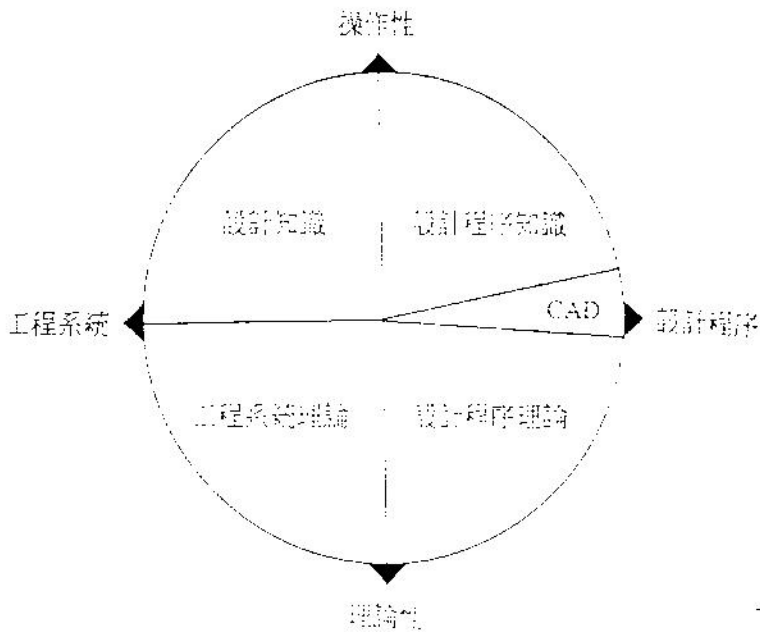


圖1 設計學整體的架構

程序理論與設計程序知識，而CAD亦可視為後二者中的一準次領域（quasi field）。在這個模式下，作者試圖建構一完整的知識體系，但也由於前述之對設計研究的障礙，筆者以為尚有甚多值得討論之處。

如同19世紀末開始對機械元件有系統研究，機械設計（工程設計）也正形成此世紀末一門重要的研究學門。雖然此書以德文出版，對國內讀者而言是一大障礙，但卻不失為重要一本工程設計學入門書，至少在英、德文書中尚無其他專書在工程設計研究理論架構的完整性上可以與之相抗衡。

Hubkd, V., et al.

Practical studies in systematic design.
London: Butterworths, 1988, 138 pp.
ISBN: 0-408-01420-2

Contents:

Introduction. Case 1 Rivet setting tool. Case 2 Milling fixture. Case 3 Powder-coating machine. Case 4 P-V-Tapparatus. Case 5 Punched tape winder. Case 6 Tea brewing machine. Case 7 Wave-Powered bilge pump. Case 8 Oil drain valve.

此書雖然已經出版將近5年，但是筆者認為頗值得於此做介紹。主要的原因是貫穿此書的設計方法代表今日歐洲，尤其是德國的設計理念，而且此書是自WDK的德文系列專書重新用英文編排書版，對國內學生而言，可以經此書認識、學習德國的設計方法與理念。

此書最大的特色是以8個設計實例來說系統式的設計方法。不同於傳統強調機械元件計算之設計概念，此處強調的重點是在如何構思一件設計，也就是一般通稱的概念設計conceptual design，也許因為如此，在實例選擇的範圍也就不單限制在單純的機械設計，例如在“泡茶機tea brewing machine”此例，即取自Tjalve工業設計專書（A short course in industrial design）的例圖，再以方法設計順序重新安排，逐一闡明構思設計時的各種必要的考慮。

在編排上，全書各個實例大致上以圖2的設計程序，從抽項的概念一步一步地導引

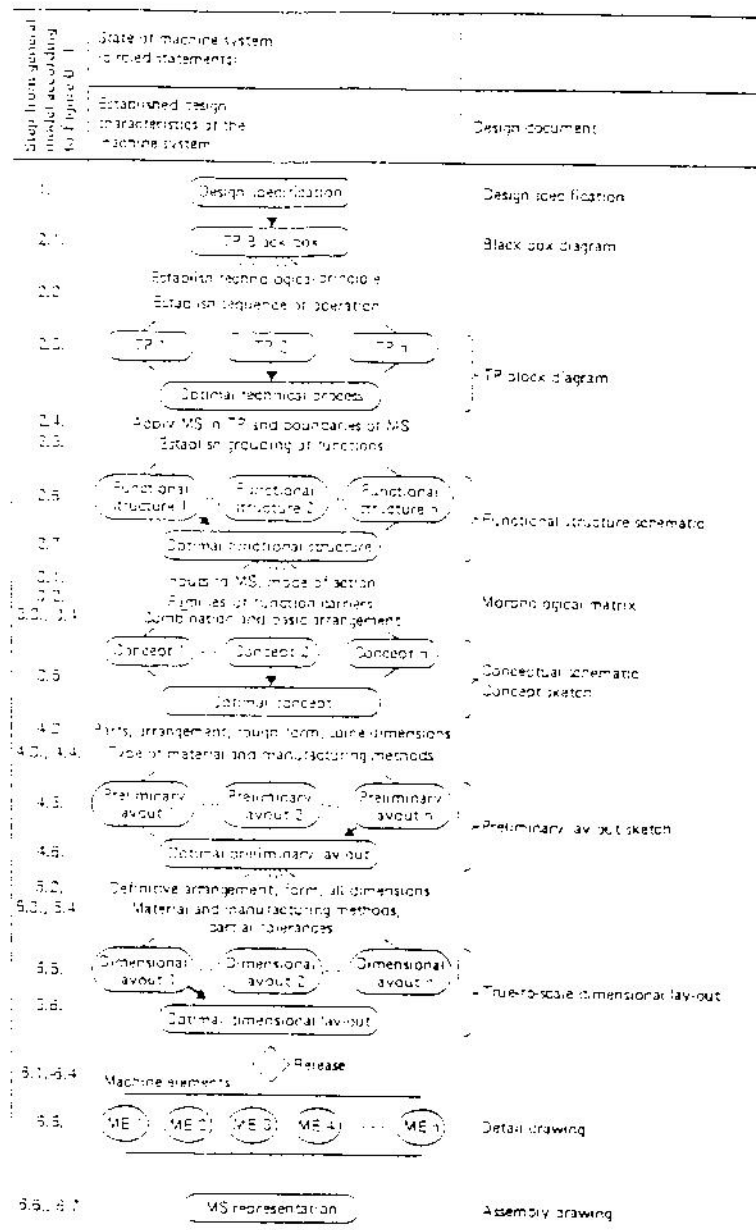


圖2的設計程序

出實際的設計。此書的優點除在每一章（實例）開頭即以一對照流程圖來使讀者清楚後述各步驟相當於設計程序中那一步驟之外，另一特色是作者以清晰、完整的簡圖（sketch）將設計的概念相當有系統的列舉出來。方法設計強調的重點之一即是系統化，也就是說在固定的條件限制下，將“所有”可能的解法找出。讀者即可在此看到一個設計案經由設計方法的分析，而得到數個不同的解決方案。此點對於初涉設計工作的學生幫助相當大。他們往往費一番工夫只能找出一或兩個解法，若要求其先經由評估，再從中選出最佳之解決方案，可以說幾乎是不可能的。此書的可貴之處即在此。

French, M.

Form, Structure and Mechanism

London: Macmillan Education Ltd., 1992. 226 pp.

ISBN: 0-333-51886-1

Contents:

Preliminaries. Structures. Abutments and joints. Freedom and Constraints. Bearings. Various Principles. Materials and Manufacturing Methods. Pneumatic Quarter-Turn Actuators. Epicyclic Gears. Hydraulic Pumps. Miscellaneous Examples. The Principles of Design.

在設計過程中的草圖設計（embodiment），主要的重點是在於如何設計出適宜的造形，使得產品能夠達成所設定之功能並減低製造成本等。而這項工作對一位具多年經驗的設計者而言並非是易事，遑論初學設計的學生；另一方面，一般的機械元件設計等教科書的重點又多置於理論公式的計算介紹，對於這些公式在實際設計工作中所代表的意義，著墨並不多。因此有一本供機械系學生在機械設計課堂上參考的教科書似乎有其必要。本書作者French是英國Lancaster大學之教授。在這本新書中，他根據其從事多年的設計工作、教學經驗，針對設計過程中的草圖設計所會遇到的問題，提出另一個思考方向來闡述造形設計的觀念，以作為大學學生在設計課程中的參考教材。

全書共分為11章，基本上可分為3部分：主要機械元件（組件）之設計觀念、一般設計原則、以及設計實例。此書前幾章中所介紹的是一些機械設計中時常會用到機械結構計算、元件，雖然一再出現令人熟悉的力學公式，但是經由作者的解說，這些公式即不只在設計中做為被動的計算，反而具有更積極的思考意義。如在第2章的結構中，作者將材料強度、剛性與造形作一全盤性簡介，再透過“浴室體重儀”的設計實例來闡明彈

簧與能量儲存的觀念，最後導出所謂“穩固性”－Pertinacy的觀念，也就是力與穿越結構之距離乘積。作者透過這些相當簡單的理論公式解說，十分生動地傳達一個觀念：造形設計過程中，造形的決定並非只能靠經驗，反而可用理論來建立準則與觀念。

對設計而言，抽象（abstraction）的能力是不可或缺的，也只有具備此能力才能掌握到設計的重點，同時也因此經由語言敘述的設計原則才能發揮其功效，這是在面對各種不同的設計原則時的一項重要的先決條件。在書中所介紹的一些設計原則中，使人感到興趣的，是“功能構築”的觀念，作者稱之為nesting。功能取向的設計一直是歐洲機械設計理念的主流，一般而言大多是在概念設計階段中，經由所謂的功能結構圖（function structure）建立各種設定的功能之間邏輯順序關係，對於這些功能組合在結構上的影響，尚未有完整而成熟的理論。作者在此以幾個實例（如打字機及車床）輔助解說如何透過不同功能的排列組合，來的出不同的可行設計，並更進一步提出幾個設計原則，以利設計時的判斷。

而在材料與製造方法（material and manufacturing methods）這章中，作者從經濟的觀點，討論如何選擇材料、製造方法，其兩者之間的關聯等。另外除單純的機械元件的造形設計外，作者亦舉出數個傳統機構的設計實例；經過作者的解說，讀者不只瞭解這些機構的設計原理與重點所在，同時也可以從中觸類旁通擴大思考的角度。

正如作者在前言指出，此書並非要取代機械元件設計之教科書；而如果能在機械元件設計（或國內所謂的機械設計原理）課程中以此為參考材料，筆者相信學生學習的興趣必然會提高，而不會只視機械設計為一機械元件材料力學。

介紹新進會員

姓名	陳達仁
現職	台灣大學副教授
專長與興趣	機構運動學、機器動力學、齒輪與傳動、機器人學、電腦輔助設計、設計方法