

機構 與 機器 設計

中華民國八十二年八月

行政院新聞局出版登記證

局發台新字第9132號

3-82

本期要目

- 機械設計與製造整合教學之課程規劃 \ 劉正良
- 台大機械系機械設計課程規劃與實踐 \ 劉正良、劉建

發行人：黃以文
地址：嘉義縣民雄鄉中正大學機械工程研究所
電話：(05) 271-1231-1232
傳真：(05) 271-1231-1232

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

621

嘉義縣民雄鄉中正大學機械工程研究所
黃以文先生收

機械設計與製造整合教學之課程規劃

台灣大學－劉正良

筆者曾為文討論機械工程系分組的理念，乃是因為近代新興學門不斷自機械工程這個領域裏掘起，而逐漸形成相當獨立的學門，的確有分別深入鑽研的必要，分組獨立可達到更細膩的分工，亦可得到更精深的研究成果。由研究的觀點言之，的確如此，然而，若由大學部通識教學的宗旨觀之，則分組分工的結果常導致機械工程知識的支離破碎，固力、熱流、控制已成為三個毫不相干的學門，唯一的交集或許是工數吧！設計與製造原本極度相關的課程也分別拆給兩組的教師們負責，甚至每位教師亦對自己教授之科目劃定範圍而絕不踰越，當然，屬原理性、分析性的固力、熱流與控制學門更是與設計製造絕了緣，造成了大學生一開始就根深蒂固的錯誤學習方向。因此，為了研究方便而形成的分工，似應為大學部同學建立正確的學習環境而重新整合，整合的步驟亦以先從各組內的課程開始，進而推至跨組課程整合較為可行。筆者之工作經驗係以機械設計與機械製造為主，故以下僅就此二領域予以討論。

以工業發展的時序來看，似是先有製造業，即是工廠執業的項目，是先以加工為主，就讓我們先由製造課程開始談起。機械系的學生第一個接觸到的製造課大概就是工廠實習，其教學方式基本上是師徒相授，按圖施工，程度上大抵是以各機器為獨立教授單元，實習教材及加工件亦是針對各機器之操作性能而特別設計，且限於教學時數，對刀具、工具、夾具、機器轉速、進給、製造程序等均不及教授，而多半由實習工廠及師傅們代為處理掉了。因此，學生所學到的只是單機操作而非製造技術。大二開始修習機械製造，其內容固然豐富，無所不包，但仍然是一章一章各自獨立，而缺乏連貫與比較。再往後之製造課程則多為選修課，如製造原理、塑膠加工、工具機、測量技術、金屬熱處理等，亦屬原理性之獨立課程。修習了這許多課，學生仍然無法說出一個零件究竟是如何製造成功的，甚至也無法判斷零件上的平面是車出來的或是銑出來的，弧線是鋸出來的還是磨出來的。影響所及，後續製造進階課程如工廠自動化即難以教授，因為工廠在自動化之規劃階段，第一步就是要了解製

造程序，欠缺製程規劃的自動化，是沒有骨幹的自動化，是注定要失敗的。當今各大專院校紛紛成立自動化實驗室、自動化中心，但若欠缺製程規劃的觀念，恐將難脫為自動化而自動化的窠臼。另一影響所及者，則為機械設計課程之教學，撇開機械設計原理及機動學等分析性課程不談，其他有關之課程如機械畫、機械設計製圖、機械設計實習等課程，其繪圖之目的幾乎都是為了製造，則其所繪零組件之可加工性及其製程即當謹慎考量，以確保其設計能被忠實的製造出來，此點之重要性可由教師批改同學們交的圖看出，幾乎百分之八十以上的錯誤是與可製造性有關得到印證。因此，筆者認為應開一門製程規劃的課，將各獨立之製造方法綜合講解，其教學方式則是以應用例，如零件製造，予以貫穿，從零件圖之判讀、備料、加工流程、選用機器、刀夾具及加工法，以至檢驗、裝配等，在紙上作分析後提至課堂上研討，如此才能縱向貫穿、橫向比較，真正領會活用各種製造方法。紙上談兵是屬「知」的層面，仍然欠缺臨場感，故應再提供一能「力行」的課，使知行合一，手腦並用，即是製造實習。依筆者之規劃，這門課與六一的工廠實習不同，這門課是要驗證製程，同學們要學習的是如何選擇加工法、機器、刀夾具等，而非以往工廠實習全是由工廠師傅包辦。但是，任由同學在廠裏摸索，並非最佳的學習方法，因此，應由教師主持一節討論課，由同學們提出在廠內遭遇的困難及疑問，而師生全體共同提出對策，再回到工廠中實做驗證，整個製程的了解即可在反覆的研討及實作中不斷精進，而製造知識之整合即在紙上談兵及臨場用武的兩門課程引導下得以完成。此兩門課的屬性雖是製造，但其影響卻延及設計，故其整合之功實不止於製造本身。

工廠在能從事加工製造產品後，欲提高其執業之能力，擴大其執業範圍，則非提升至設計的層面不可。大學畢業生進入工廠，最先面臨的挑戰就是設計與製造的本領。製程規劃及製造實習已提供了應付製造挑戰的本領，然而，應付設計的本領又是什麼呢？以筆者之見，一是補齊，一是整合。筆者曾為文討論設計課程之完整性，提及所謂的三不管地帶，亦即一般所謂的經驗設計，是無法系統性開授的設計技節，但卻是設計工程師不可或缺的設計手段，綜合言知，就是機械設計實務。筆者認為機械設計原理屬分析

性，設計製圖屬空間性，再加上實務性的機械設計實務，鼎足而立構成了支撐機械設計的基礎。因此，先得開授機械設計實務，補齊這個缺漏，然後才談得上設計課程整合。設計實務的內容並不明確，但基本上是要將教科書及手冊上的內容延伸到真實設計的層面，如材料及標準件的選用，即需考慮其價位及普遍性、加工性等因素，動力源如空、油、機、電等之優劣特性判定及選擇比較，均應予以解說清楚。故設計實務雖屬知識性及經驗性，但也難免滲入整合性的色彩。一般而言，設計基礎課程應在大三完成，升入大四後，即可修習設計的整合課程機械設計實習了。學生在上學期應完成設計構想、零件圖、組合圖、計算書及製程分析單等紙上作業，並經指導老師認可，是為設計之整合。下學期則展開製作，舉凡採購零件、製作加工、檢驗裝配、試車、設計修改等，是為設計與製造之最終整合。透過這樣的整合訓練，學生畢業後將可順利銜接，進入工業界了。

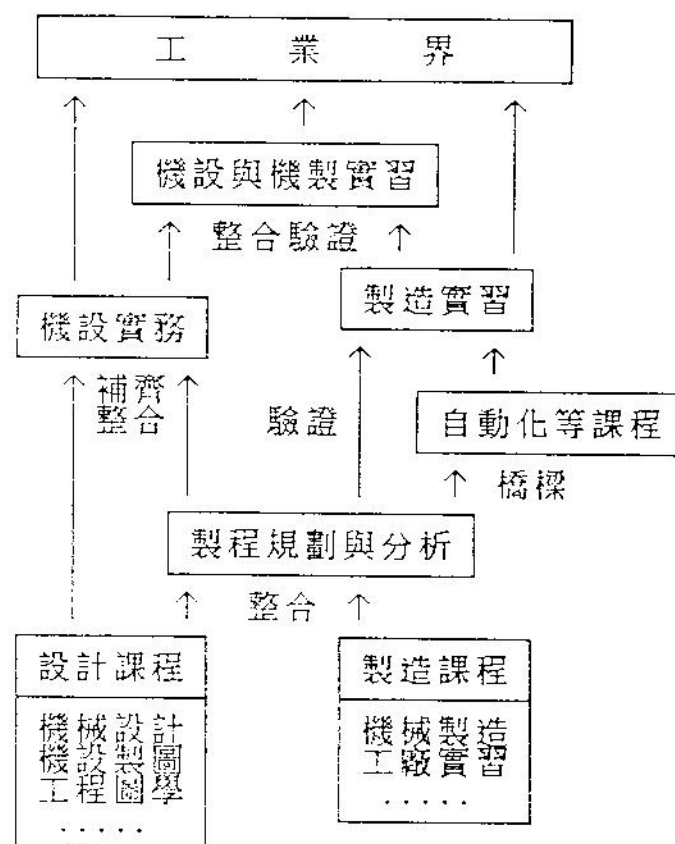
筆者有感於機械系畢業生在進入工業界之初所遭遇之挫折，而依此理念與同仁陸續開設上述之系列課程。透過機械設計實習課程，設計並製造出最終產品以為驗證，效果甚佳。主要是學生能自整體的觀點考量往日所學片段獨立之設計及製造知識，並作整合性的發揮應用。

以上所談，僅止於設計與製造之整合規劃，更進一步，機械系應再將固力、熱流及控制亦一併規劃在內，開授如系統設計之類的課程。順便一提的是校外實習這門課，早先的機械系規定學生必須利用寒暑假去校外實習兩個月，後來減為一個月，再變為可選修，甚至消失了。其實，校外實習提供了校內難以建立的整合大環境，學生若能悠游其間一段時日，對其專業知識的整合及啓發必定大有助益。

機械系這個古老保守的大系，如今正面臨科技劇烈變化之挑戰，國內諸多關心機械教育的學者專家們亦先後在北中南舉行了四次的課程研討會，對課程之專精、彈性、整合等均有精闢之見解。筆者亦願提出個人對設計與製造課程之理念及實施心得，供諸先進參考指正。

(附圖為整合規劃之課程流程示意圖。框內標示者為課程名稱，箭頭旁白為課程功能)

說明。機設與機製實習課程在台大機械系之名稱為機械設計實習，但現今已納入製造整合之內容。自動化等課程前之箭頭旁白為橋樑功能，因其教學內容是架構在製程規劃上，但並不講授整合之內容。)



=====

機械設計與製造課程之整合

=====

本刊長期徵稿
意者請洽本會
高雄聯絡處

台大機械系機械設計課程規劃芻議

劉正良、劉霆

前言：

近年來，各大學院校對課程的改革與規劃，呼聲不斷，機械工程亦不例外。民國八十一年曾由中國機械工程學會在新竹、台中、台南召開了三次機械設計教育座談會。民國八十二年三月二十五日至二十六日，在高雄中山大學再召開全國大學機械工程教育及訓練課程改進研討會。此次為期一天半的研討會就機械工程各個領域分別探討，與會各大學教授約有三十、四十位，十分熱烈踴躍。

台大機械系為慶祝創系五十周年，亦於民國八十二年四月十二日在台大學生活動中心舉辦了一場機械工程教育座談會。由台大名譽教授翁通楹主持，講員為美國加州柏克萊大學校長田長霖，台灣區機械工業同業公會理事長盧基盛及中國機械工程學會理事長谷家恒。與會之三十、四十位老師及四百餘位學生，均熱烈而廣泛的參與討論，且有一致的體認，即是機械工程的課程應力求彈性化，並以整合性的課程貫穿，以適應現在迅速變化的時代。

由上觀之，即使向來保守、傳統的機械系亦已產生求變，求新的一致看法。目前台大機械系將機械工程依學術專長分劃為：固力、設計、製造、熱流、控制五組，而課程規劃亦依此五大專長區分。在這五組中，似乎是設計的課程彈性最少，亦最難變化，但在大學部的必修科目卻又佔最多。筆者二人今試將之與設計相關的課程做一檢討及規劃，期能達到課程彈性化，同時滿足機械設計的最低要求，並提供對機械設計有興趣的同學能有更深入更完整的課程設計。

機械設計課程規劃之理念：

大學教育只有四年，在時間無法增長的限制下，專精與廣博勢必無法兼顧，而必須整體規制作一取捨。目前機械設計的課程粗略可分為兩個主題，即設計與製圖。製圖部分除傳統的工程圖學、機械畫、機械設計製圖

外，還包括了電腦輔助製圖方面的課程；而設計部分則範圍較廣，包括了機動學及其他設計相關的課程，所謂設計相關的課程則包括了力學及製造的學科。

設計與製圖這兩個主題，一個涉及工程科學的應用、知識的整合及衍伸；另一個則偏重專業技能的培養與訓練，兩者互為機械設計的表裡不可偏廢。過去製圖課程總共有六個學期的必修，往往為人所詬病，認為課程過多、繁瑣重複，甚至於對畢業後之發展沒有太大用處。對設計類的課程，則批評為過於理論、不夠實際，畢業後連簡單的設計都不知如何著手。

我們認為一個機械設計工程師，製圖是他表達理念的另一種語言，是必須具備的基本技能。在課程內容上，或許可以減少、濃縮，並將部份必修改為選修，但是一個機械系畢業的大學生至少要是能畫簡單的機械圖，否則我們培養出來的可能就都是科學人才而不是工程師了。

機械設計必須由實際經驗中去驗證，但是學校不比工廠，無法在課堂上拿真正的產品來做設計，而且要讓所有的學生都去實作亦有教學上的困難。機械設計原理是機械系畢業生必須有的理論基礎，而更專業化、更實務化及整合性的課程亦必須提供給有興趣的學生，做一完善的規劃，使學生能對機械設計有一較深入較完整的認識。最好就是讓學生能親身體會到設計的過程，也就是由機械設計實習中，讓我們能實際設計，並經由動手製作完成最後的產品。簡單地說，我們規劃機械設計課程的理念有二：

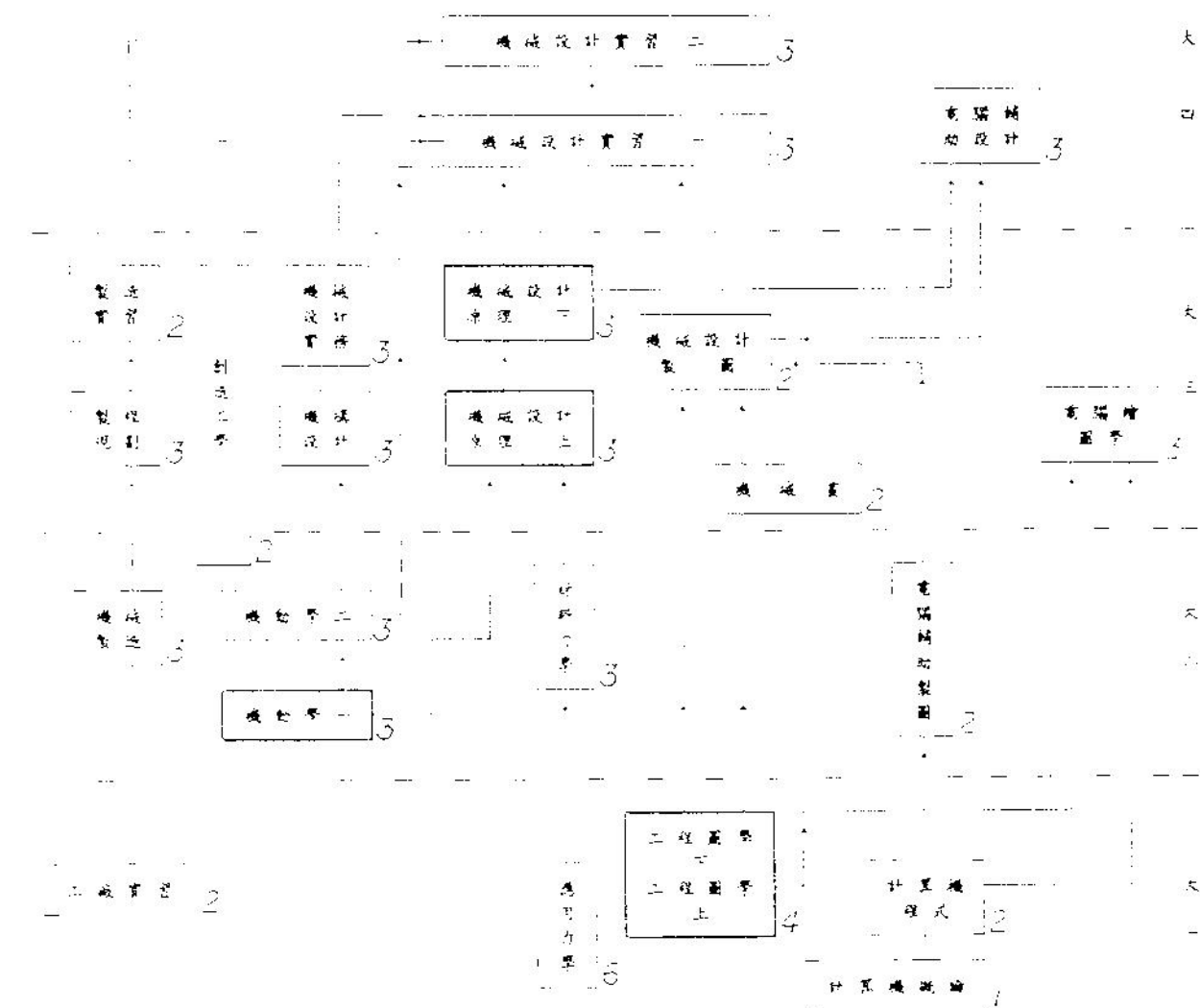
- 一、製圖課程有其必要性，必修課程可以精簡，但選修課程仍須有一完整的規劃。
- 二、設計課程必須務實，不可太過理論，並應儘量讓學生有實作驗證的機會。

機械設計課程流程表：

我們考慮設計組及其他相關學門課程的配合，修習的順序及相關性，列出一機械設計課程的流程表。此表的說明如下：

- 一、表最下方所列者為大一的課程，為最基本的課程，如樹之根，然後向上長出枝葉，衍生出大二、大三、大四的課程。
- 二、大一的四門課為工程圖學、應用力學、工廠實習、計算機概論與程式，分別為製圖、固力、製造、資訊四大主要課程的基礎，亦都是機械設計及相關課程的基礎。
- 三、大二時，材料力學、機械製造、電腦輔助製圖，均是由大一基礎課程提升上來的，另外加入機動學為機器設計的基礎課程。
- 四、大二結束後，基本理論課程大部分已修習完畢，大三開始可以教應用課程了。機械畫、機械設計製圖、機械設計原理、機構設

國立台灣大學機械工程學系設計課程流程表



符號說明：(1) 雙實線方框：表設計組開設之必修課
 (2) 單實線方框：表設計組開設之選修課
 (3) 虛線方框：表它組所開設之必、選修課程

計、機械設計實務、製程規劃、製造實習、電腦繪圖學等均為原四大主要課程衍生出來的應用課程。

五、大學最後一年，為整合設計應用課程之最佳時機，故開授機械設計實習與電腦輔助設計等課程，期以一專題型式貫穿過去三年所學的各相關課程。

綜合言之，機械設計課程的規劃安排，大一、大二著重基礎理論課程之教授，大三為應用課程，大四則著重整合訓練。

表內的課程皆以目前機械系所開之科目為基本架構，除機械畫及機械設計製圖由原來的必修改為選修，工程圖學加重學分數外，餘皆與現行課程標準相同。各科目之授課

時間及課程內容則需互相配合，今再詳細說明於後。

課程內容規劃：

依四大主要課程之規劃方式來看，基本上是循序漸進，彼此相關的，分述如下：

一、製圖課程：

由大一工程圖學開始，上學期教投影幾何、三視圖，下學期教機械零件之製圖法，為必修科目。即將原來的工程圖學及機械畫合併，但建議加重學分數。大二開選修課電腦輔助繪圖，學習現代之繪圖工具，如 AutoCAD 等。大三上學期機械畫則實測繪製一機器及其零件，下學期再給予一完整之設計製圖之練習，均為選修。到大四則匯入機械設計實習，在上學期課程中選定一設計專題，設計並繪製零件圖及總圖，亦為選修，此是製圖課程之總結。

二、力學課程：

由大一應用力學、大二材料力學為基礎必修課，到大三時教授如何應用於分析機械元件，是為必修課機械設計原理，待到大四，則可自行應用於機器設計專題及電腦輔助設計之分析，是為應用之總結。

三、製造課程：

大一、大二有必修課程工廠實習與機械製造，由實作及書本中得到基本之製造知識後，大三即可開授選修課製造規劃，以了解製造程序及相關之製造常識，再繼之以選修課製造實習，嚐試將一個零件自規劃作業一直做到加工完成，檢驗合格為止，得到一完整的製造經驗。將此製造知識融入大四機械設計實習課程中的機器專題，考慮每個零件之可製造性，並於機械設計實習課的下學期將此專題設計依藍圖在實習工廠中製造出來，以驗證當初所規劃的製程。機械設計實習課程之選修學生限為大四，其教學宗旨為設計製造之整合。製造實習之選修學生則為大三以上，但教學宗旨則僅為製造程序之驗證，故其所製作之零件，可為大四生所設計之專題，並於製造實習的同時，順便了解所製作零件之設計功能及加工重點。

四、資訊課程

大一的計算機概論及程式為純資訊課程，配合工程圖學之知識，大二可選修電腦輔助製圖，學習較新的製圖工具，大三再選修電腦繪圖學，其內容包括空間幾何、交線、矩陣、計算機程式等，是為後續發展電腦繪圖工具之基礎。

設計類課程，右半邊偏向製圖。若將此課程表分成三部分來看，則中央部分為習稱的設計及製圖課程，愈向左邊，愈近製造，而愈向右邊則愈近資訊。

此外，機動學似不屬於四大主要課程的任一支，但其與力學較具關聯，與機器設計之關係亦極密切，故將其擺在力學課程的旁邊。

四大主要課程之外，如機械設計實務，彙集了非系統性之設計知識；創造工學有助於認定設計問題及作決策並激發創新之潛力，對設計品質的提升，均有不可忽視的影響，其作用亦可在機械設計實習課程所作的專題中表現出來，故亦列入重要的選修課程中。

必修與選修課程之討論：

課程的順序規劃當然重要，但對同學們的負擔及學習的連貫性亦需考慮。整體而言，大一、大二的基礎課程較多，且多為必修，負擔較重，故設計組僅提供工程圖學及機動學（一）為必修課，是為引導進入設計領域之入門。隨即為符合彈性選課之原則，開授機動學（二）及電腦輔助製圖兩課程為選修，則是針對未來有可能再深入設計領域的同學，提供進一步的基礎及工具。大三機械設計原理為應用必修課，此時平行開授之設計相關選修課極多，同學們可依興趣之高低及對未來發展或就業方向之期望，彈性選擇修習。此時，因必修科目已大幅減少，故選修的空間大幅的提高，對某些需花費較多時間煉陶練習的課程如機械畫、機械設計製圖等課程，亦較有負擔之能力及意願。到了大四，課程更見專業化，且實施的是整合性訓練，投入的時間更長，要求更多的實作，但這也是修習同學畢業後進入設計行業的保證。

結論：

以上的課程規劃僅係針對大學部所作，主要是培養設計的能力，其目標為機械設計工程師之養成，依提出之課程規劃觀之，設計組提供之必修課僅有十三學分，而選修課則高達三十學分。如此之搭配，使機械系的同學能在十三及四十三學分中選擇，若再加上其他組開授之相關課程，則更為完整。希望這樣的規劃能培養部分專精於機械設計的工程師，亦能兼顧其他同學之性向及發展空間。

整體看來，此課程表的左半邊性質偏向