

產業界 CAMD 人力所需能力目錄之研究

* 康鳳梅

國立臺灣師範大學工業教育學系教授

** 簡慶郎

國立臺灣師範大學工業教育學系研究生

工程圖是產業界對於任何產品在研發設計、生產製造及品管銷售等過程中最主要的依據之一，工程圖的表現方式由傳統的徒手畫、儀器畫，隨著電腦科技在硬體與軟體研發的迅速進步，電腦輔助製圖（Computer Aided Drawing，簡稱 CAD）也逐漸普及，而成為工程製圖的重要能力；產業界在推展自動化的過程中，則大量應用電腦設備與各類推陳出新的專業製圖套裝軟體，以達成精確與效率製圖的目的。

CAD 是用電腦來輔助繪製工程圖，機械工程圖是工程圖的一部份，為建構符合產業需求的技術人力，本研究僅就 CAD 在機械產業上的應用概況，以建構電腦輔助機械製圖（Computer Aided Mechanical Drawing，簡稱 CAMD）之能力目錄。經問卷調查、實際訪談、以及專家座談等方式進行後，分析歸納建構出機械產業界 CAMD 技術人力所需之能力目錄，此項能力目錄類分一般製圖、專業製圖及電腦操作等三個工作項目，而一般製圖又可分為零件圖、組合圖與立體分解系統圖等三類；以所需之主要能力項目為主，分析歸納得十五項，其中一般製圖有九項、專業製圖有四項、電腦操作則有二項，就所需認知能力方面，經認知理論分析得知知識項目在一般製圖中有四十七項、專業製圖中有十六項及電腦操作中有十八項，在產業界 CAMD 人力所需之知識項目共計八十一項。

關鍵詞：CAMD CAD 機械製圖 專業製圖

研究動機與目的

隨著科技發展，我國產業型態從五十、六十年代的勞力密集隨著七十、八十年代技術密集與資本的投入，創造了九十年代與千禧年的高科技產業蓬勃發展與國家經濟的成長，為迎接廿一世紀高科技時代來臨，因應加入國際經貿組織、發展亞太營運中心，並配合勞力密集產業外移、環保與自然保育意識抬頭等，政府積極規劃推動「產業自動化計劃」，培訓自動化人力、推廣自動化觀念，研發、引進自動化技術與系統，以促進產業升級、提昇國家競爭力，改善產品品質，提高產業生產力（周文漢，1999）。

工程圖是產業界對於任何產品在研發設計、生產製造及品管銷售等過程中最主要的依據之一，「製圖是工業組織的一種有價值的工具，可用來記錄構想、交換意見、計劃生產、宣傳和產品的發展等

等。」（康鳳梅，1993），而經由工程製圖標準的規範，更使不同的產業間經由工程圖對相互的生產製品能有共同而一致的表達與閱讀方式，因此，工程圖可謂為國內外產業界彼此之間共同的語言或表達方式。

雖然工程圖的基本原理原則以及畫法或對製圖的相關知識，在國際間都相當一致，但從工程圖的表現方式而言，由傳統的徒手畫、儀器畫，隨著電腦科技在硬體與軟體研發的迅速進步，電腦輔助製圖（Computer Aided Drawing，簡稱 CAD）逐漸地普及，也成為繪製工程圖的重要能力，如圖一所示；以繪製工程圖的工具發展而言，從鉛筆、鴨嘴筆到針筆，隨著電腦的發展，產業界在推展自動化的過程中，大量應用電腦設備與各類推陳出新的專業製圖套裝軟體，圖面的繪製也以印表機、繪圖機

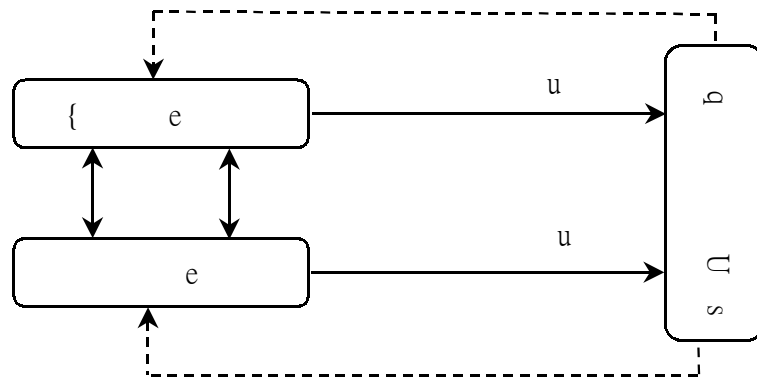


圖 1 工程圖繪製方式的演進

等專用設備處理，以達成推動自動化所強調的精確與效率目標。

在產業界製圖工作逐漸以電腦及製圖軟體來取代傳統製圖工具之際，電腦軟硬體只是一種製圖工具的應用，在使用CAD時，更須具備基本的製圖與識圖能力，才能發揮其更強大的功能（康鳳梅，1999），而國外亦有論述提及「CAD是現代製圖的一種，而傳統的工程設計及製圖能力仍是有效且必需」，並述及「CAD使製圖更有生產力，但電腦不能單獨完成製圖工作而須由設計者或製圖員使用電腦，才能使工程圖之繪製更精確及更有效率」（Addision，1988）。

一般所稱有關「CAD」的意義約分為二類，即電腦輔助製圖（Computer Aided Drawing）及電腦輔助設計（Computer Aided Design）。為應用電腦技術，結合設計理念，落實於製圖表現中之技術，CAD是用電腦來輔助繪製工程圖（康鳳梅、簡慶郎，2000）；機械工程圖是工程圖的一部份，為建構符合產業需求的技術人力，康鳳梅及戴文雄於1995年曾以工作圖為主軸，發展出「因應產業電腦化電腦製圖所需之能力目錄」（康鳳梅及戴文雄

1995）；但由於CAD軟體迅速的發展，前述作者於1999年又以能力項目為主軸，提出機械製圖員在CAD相關產業界所需之能力項目（康鳳梅及戴文雄1999）。基於對產業界的瞭解，產業界之能力目錄仍以一般及專業製圖作為分類較符合其需求，又因CAD發展之趨勢，以工作圖為主軸區分也已不合時宜，應就機械產業界所應用圖面表示現況，以一般及專業製圖類分以能力需求為主作適當之收集，分析歸納以建構出較佳之所需能力目錄，能對教育界、產業界提供較佳及實用之參考。因此本研究僅就CAD在機械產業上的應用概況，來建構產業界電腦輔助機械製圖（Computer Aided Mechanical Drawing，簡稱CAMD）所需之能力目錄（competencies inventory），本研究之主要目的為：

- (1)分析CAMD在機械產業界的應用概況。
- (2)建構機械產業需求之CAMD技術人力應有的能力目錄。

研究步驟以收集機械產業界資訊為主，並以文獻探討、問卷調查、訪談及專家座談等方式進行。

機械產業界應用CAMD從事圖面表現之應用概況

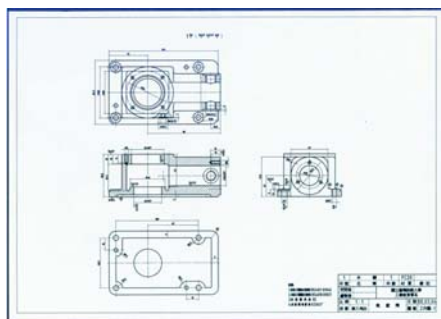
配合高科技時代的來臨，與政府積極推動產業自動化之際，我國產業的發展從八十年代起面臨

轉型期，由仰賴勞力密集的中低階產製品進而研究開發新產品與高精密度製品（劉致偉，1989），因

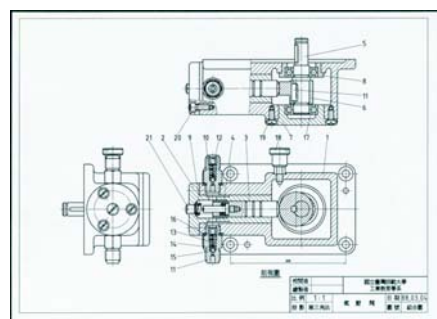
此，機械產業界為提高市場競爭力，建立自創品牌，達成企業永續經營的目標，陸續投入鉅資在公司設計研發部門增置 CAMD 軟硬體設備，以提升產品研發品質與效率。

機械產業界應用 CAMD 所從事之圖面處理工作主要可分為 2D 平面圖、立體分解系統圖及 3D 彩現圖等；其中 2D 平面圖又可分 2D 平面加工圖與 2D 平面組合圖等兩種，是目前產業界使用率最高的圖面表現方式；立體分解系統圖(Exploded Pictorial

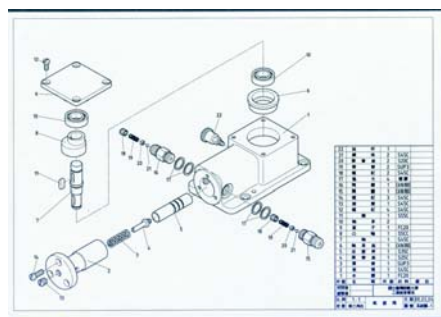
Drawing)在機械產業界常以其英文名詞直接翻譯稱為爆炸圖，常用於產品組裝表現或將其觀念應用在物料管理方面，此種圖示已有逐漸取代 2D 平面組合圖的趨勢；3D 彩現圖(3D Render)主要用於產品發表與模擬，目前所佔使用率雖然較低，但因應未來產業設計與產品表現的需求將逐漸受到重視，圖二所示即為機械產業界應用 CAMD 所從事之圖面表現方式。



a、2D 平面加工圖（零件圖）



b、2D 平面組合圖



c、立體分解系統圖



d、3D 彩現圖

圖 2 機械產業界應用 CAMD 所從事之圖面表現工程圖繪製方式的演進

機械產業界 CAMD 技術人力所需之能力目錄

在許多利用 CAD 系統的公司中，多企盼其所屬擔任製圖的員工能夠具備：（吳天方，1988）

1. 良好的製圖技巧、過程和應用的知識與技術。
2. 良好的工作習慣和態度。
3. 具有使用電腦的經驗，是一個正式專業的使用者，而非一位程式設計師。

4. 對任何一套 CAD 系統有一練習的主要方向。

因此，機械產業界所需從事製圖工作的 CAMD 技術人力的培育除了應具備電腦軟硬體操作能力之外，更應該同時注重機械製圖相關知識與能力的配合。換言之，建構 CAMD 在機械產業界應有之能力目錄，如果以製圖技術教學者的角度而言就必須從

更廣泛而有遠見的眼光去規劃CAMD技術人力所需具備之能力目錄，並透過課程的實施以達成能力的培育。

本研究為求涵蓋面夠廣，特利用「工程製圖國家標準說明會」之機會，就參加各產業界之工程師及繪圖員作問卷調查，有效問卷分佈台灣北中南各

區，份數達二百餘份，應具代表性；再舉行學者專家座談，獲得更周延之處理方法，經整合歸納得如圖三所示之CAMD工作項目，含有一般製圖、專業製圖及電腦操作等，而一般製圖又可分為零件圖、組合圖與立體分解系統圖等三類。

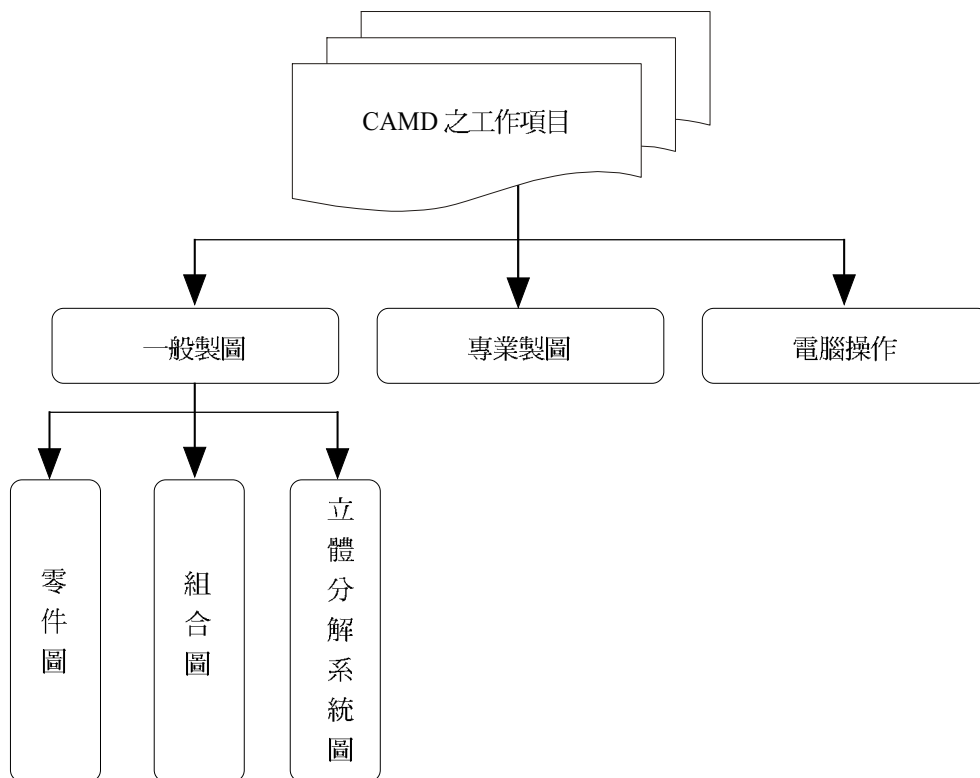


圖 3 CAMD 技術人力所需之工作項目

根據所得工作項目發展CAMD技術人力所需之能力項目，經分析歸納共得十五項，其中包含一般製圖九項、專業製圖四項及電腦操作二項，如圖四～圖六所示，在一般製圖能力項目有能繪製應用幾何圖形、能繪製正投影視圖、能繪製剖視圖、能繪製輔助視圖、能標註尺度與精度、能表示標準元件並查閱及應用其規範、能測繪實物及繪製工作圖、能判讀工作圖及繪製立體分解系統圖等九項，專業製圖主要能力項目有能繪製熔接與鉚接圖、管路圖、展開圖、液氣壓迴路圖等四項專業圖，電腦操作主要能力項目則能運用製圖軟體系統及繪製三度

(3D) 空間製圖等二項，其中專業製圖方面須視產業之設備和需求適當的增減所需之能力，但是從事專業製圖工作，對一般製圖之各主要能力項目是不可或缺的。

由於CAMD除需具備製圖的能力外，尚需有電腦軟硬體操作能力；CAMD能力目錄應有之十五項能力項目，經認知理論分析，歸納得知知識項目應有八十一項，其中一般製圖含四十七項，專業製圖含十六項，電腦操作含十八項，如表一所示為一般製圖工作項目、表二為專業製圖工作項目及表三之電腦操作工作項目所需之能力及知識項目。

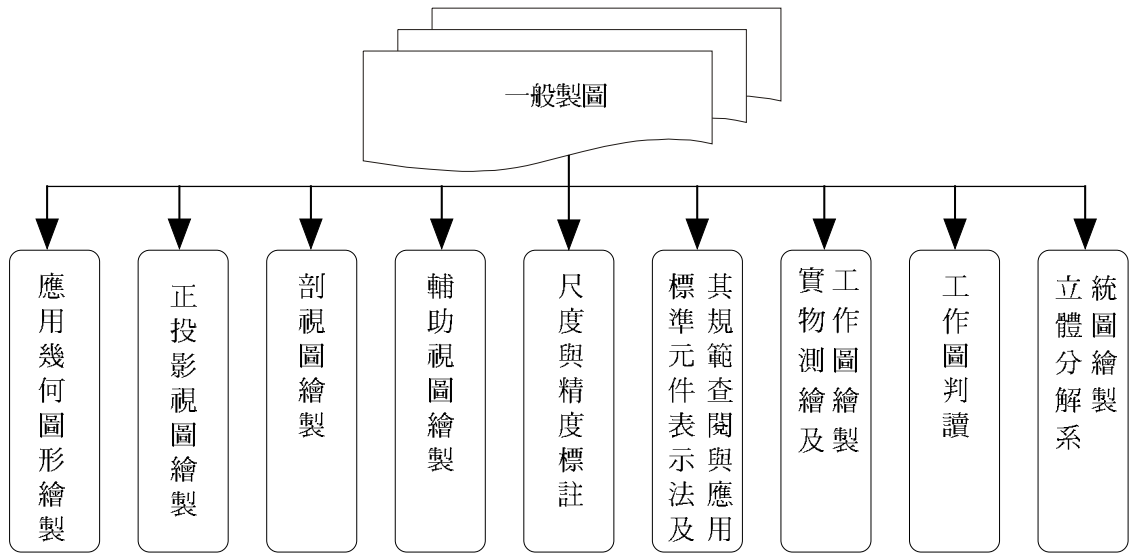


圖 4 CAMD 在機械產業界應有之一般製圖能力目錄

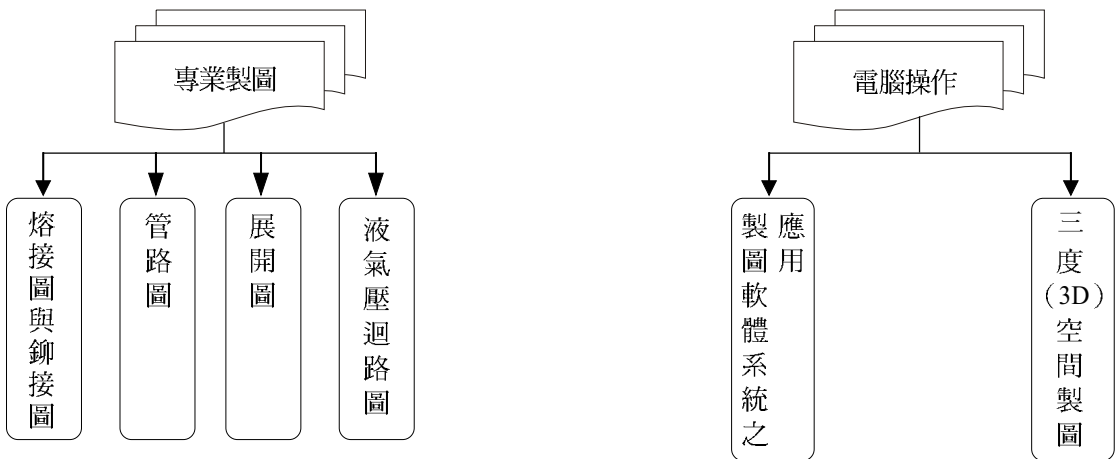


圖 5 CAMD 在機械產業界應有之專業製圖能力目錄

圖 6 CAMD 在機械產業界應有之電腦操作能力目錄

表 1 CAMD 中一般製圖工作項目所需之能力項目及知識項目

| 能力項目 | 知識項目 | |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 應用幾何圖形繪製 | 1.繪圖基本用具之使用 3.應用幾何圖形繪製 | 2.字法書寫與線法繪製 4.圖框、標題欄繪製 |
| 正投影視圖繪製 | 1.認識正投影原理 3.習用表示法 | 2.正投影視圖表現 4.徒手畫 |
| 剖視圖繪製 | 1.剖視圖的原理 3.剖視圖習用表示法 | 2.剖面的種類 |
| 輔助視圖繪製 | 1.輔助視圖的原理 3.單斜面輔助視圖的畫法 | 2.單斜面輔助視圖 |
| 尺度與精度 | 1.尺度之判讀及換算 3.尺度標註與註解 5.標註表面符號 7.標註幾何公差 9.檢驗規畫 | 2.尺度標註 4.瞭解加工方式與製程 6.標註公差配合 8.標註硬度 |
| 標準元件表示法及其 規規範查閱與應用 | 1.螺紋的種類與畫法 3.螺帽、墊圈與防鬆裝置 5.軸聯結器之繪製及標示 7.軸承之繪製及標示法 9.鏈輪之繪製及標示法 11.凸輪之繪製及標示法 | 2.螺紋結件的種類與畫法 4.鍵、銷與扣環的畫法 6.離合器之繪製及標示法 8.帶輪之繪製及標示法 10.齒輪之繪製及標示法 12.彈簧之繪製及標示法 |
| 實物測繪及工作圖繪製 | 1.機構零件的拆卸與裝配 3.材料認識、研判、應用及表示 5.工作圖的內涵 7.機件之測繪 | 2.量測儀器使用與校正 4.表面處理認識標示 6.實物測繪技巧 8.機構的測繪 |
| 工作圖判讀 | 1.零件圖之判讀 | 2.組合圖之判讀 |
| 立體分解系統圖 | 1.等角圖繪製 | 2.立體分解系統圖繪製 |

表 2 CAMD 中專業製圖工作項目所需之能力項目及知識項目

| 能力項目 | 知識項目 | |
|---------|-------------------------------------|-------------------------------|
| 熔接圖與鉚接圖 | 1.熔接符號與鉚接符號繪製 | 2.熔接與鉚接工作圖繪製 |
| 管路圖 | 1.管之種類 3.閥之種類及繪製 5.管路立體圖繪製 | 2.管定義及畫法 4.管路平面圖繪製 |
| 展開圖 | 1.柱體面展開圖繪製 3.曲球面及變口體面展開圖繪製 | 2.錐體面展開圖繪製 4.相貫兩直立柱面之展開圖繪製 |
| 液氣壓迴路圖 | 1.認識液氣壓元件 3.液壓迴路圖繪製 5.氣壓迴路圖繪製 | 2.液壓符號繪製 4.氣壓符號繪製 |

表 3 CAMD 中電腦操作工作項目所需之能力項目及知識項目

| 能力項目 | 知識項目 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 製圖軟體系統之運用 | 1.電腦在製圖上的應用 2.電腦製圖軟硬體需求 3.電腦製圖週邊設備之設定 4.圖框之繪製 5.直線圖形繪製與編修 6.圓及曲線的圖形繪製與編修 7.視圖繪製與編修 8.圖檔管理 9.圖形量測 |
| 三度(3D)空間製圖 | 1.三度空間觀念之建立 2.三度空間製圖所用軟體基本功能介紹 3.3D 工件實體圖繪製與編修 4.3D 工件產生 2D 視圖 5.曲面繪製及工件薄殼之建立 6.3D 工件組合 7.3D 工件合併 8.3D 系統圖 9.3D 工件的彩現 |

結論

機械工程圖不論在機械、模具、自動控制、汽車、電機、電子等各種機械元件的設計、製圖、加工、品管檢驗及機械裝配，甚至使用操作說明書等，都需要運用製圖人員將圖面正確的繪製(康鳳梅、劉紀嘉，1993)，因此機械工程圖可說是機械產業製造加工的原動力，有效率而正確的圖面表現是產業界極切的需求，在產業界推動自動化之際，建立有效率的CAMD是刻不容緩的；經本研究之分析與歸納所得結論為：

(一) 以產業界應用CAMD的概況分析，建構CAMD技術人力所需之能力目錄共分一般製圖、專業製圖及電腦操作三部份，而一般製圖又可分為零件圖、組合圖與立體系統圖等三類工作項目。經發展可得其能力項目有幾何圖形繪製、正投影視圖繪製、剖視圖繪製、輔助視圖繪製、尺度與精度標註、標準

元件表示法、標準元件規範查閱與應用、實物測繪及工作圖繪製、工作圖判讀、立體分解系統圖及熔接與鉚接圖、管路圖、展開圖、液氣壓迴路圖與製圖軟體系統之運用、三度(3D)空間製圖等共計十五項，並經認知理論分析，得其知識項目一般製圖項目有四十七項、專業製圖項目有十六項及電腦操作項目有十八項，共計有八十一項知識項目。

(二) CAMD技術人力除應具備電腦軟硬體操作能力外，其能力目錄與傳統機械製圖能力目錄相同；又專業製圖項目，隨各產業特性不同，須視產業之設備和需求適當的增減所需之能力目錄。但是，從事專業製圖工作，其對一般製圖項目所需能力目錄應是不可或缺的。

進一步研究

欲有效培育機械產業界需求之CAMD技術人力，除建構CAMD之能力目錄外，發展CAMD教學策略更為迫切需要，為使本研所得之結論能更

適切地應用，建議進一步研究建構其教學策略，依循Robert(1998)之學習階層法則(learning hierarchy)，整合機械製圖與電腦操作能力，將其內容分為若干

單元，並參酌Barry L. Reece(1978)之理論，將學習單元區分為必須學習(must learn)、應該學習(should learn)及最好學習(nice to learn)等三層次，建立有效

培育CAMD技術之教學策略，藉以發展教材教法培育具備符合機械產業界所需CAMD之技術人才。

參考文獻

- 吳天方(1988)。CAD與高級中等學校的製圖教師。工業職業教育雙月刊，6卷5期，p.33-36。
- 周文漢(1993)。我國機械工業自動化人才培訓成效之研究。國立臺灣師範大學工業教育研究所碩士論文。
- 康鳳梅、林秀芬譯(1993)。正在改變中的工程製圖課程。工業職業教育雙月刊，11-3，pp.25-28。
- 康鳳梅、劉紀嘉(1993)。我國高級工業職業學校機械製圖科CAD課程與教學現況之研究。工業職業教育雙月刊，11-4，pp.7-19。
- 康鳳梅、劉紀嘉(1993)。高工機械群課程現況檢討---機械製圖科。工業職業教育雙月刊，11-2，pp.35-39。
- 康鳳梅、鍾瑞國(1999)。機械相關系學生工程圖學剖視圖解題歷程之研究。技術及職業教育學報，2，pp.39-54。
- 康鳳梅、簡慶郎(2000)。在CAD技術下機械製圖課程內涵應有之教學策略。第十五屆全國技術及職業教育研討會論文，臺北。p.309-320。
- 康鳳梅、簡慶郎(2000)。建構製圖科機械製圖與實習課程變革應有教學對策之研究。技術及職業教育學報，3，pp.1-12。
- 劉致偉(1989)。淺談工職群集課程之機械製圖。工業職業教育雙月刊，7-3，pp.19-20。
- Addison, D. B. (1988) The Changing Technical Drafting Curriculum, *Industrial Education*, pp.18-20.
- Barry, L.R.(1978) *Teaching adults: A guide to Vocational instructors*, A.V.A. Inc p.6.
- Fong-Mei Kang, Wen-Shung Tai(1995) A Study on Task Analysis for Engineering Drawing Technicians, *Proceedings of the National Science Council, Part D : Mathematics, Science, and Technology Education*, Vol. 5, No.1, p.45-51, National Science Council, Taipei, Taiwan, Republic of China.
- Fong-Mei Kang ,David W.S.Tai (1999) A study of Competency for Engineering Draftsman: Gaining Knowledge and Skill for CAD Related Industries, *Proceeding of the National Science Council, Republic of China. Part D: Mathematics, Science, and Technology Education* Vol. 9, No.1 p.20~23 National Science Council, Taipei, Taiwan, Republic of China.
- Robert (1998) *Principles of Instructional Design*, Holt Rinehart and Winston INC.

誌謝

本研究由國科會科教處補助專題計劃經費，勞委會職訓局在能力本位訓練計劃下聘請工業界專家提供業界需求意見，均為本研究得以完成之重要協助，在此致最高的謝意。

收稿日期：90年02月06日

修正日期：90年03月20日

接受日期：90年03月28日

作者簡介：

康鳳梅係國立臺灣師範大學工教系教授，美國聖母大學碩士。專長為圖學、電腦輔助製圖，著作有工程圖學、電腦圖學等相關論文。

簡慶郎任教瑞芳高工為製圖教師，國立臺灣師範大學工教系碩研畢。

A Study of Competency Inventory for Industrial CAMD Technicians

*Fong-Mei Kang

Professor, National Taiwan Normal University

**Ching-Lang Jean

Graduate Student, National Taiwan Normal University

Abstract

Engineering Drawing is one of the most essential foundations on which the industrial sector initiates the research and development, design, manufacturing, quality control and distribution of its products. Thanks to the rapid advances in the development of computer software and hardware, the representation of engineering drawing has progressed from traditional manual and instrumental drawing to computer aided drawing (CAD), which has become increasingly prevalent as one of the fundamental abilities in engineering drawing. As the industrial sector is working toward overall automation, a wide variety of computer equipment and innovative professional drawing software packages are applied in the process in order to achieve more accurate and efficient drawing.

CAD uses computer to assist engineering drafting. As mechanical drawing is an integral part of engineering drawing, the study, based on the general applications of CAD in mechanical industry, aims to construct a competency inventory in computer aided mechanical drawing (CAMD) so as to build a profile of technical talent needed by the industrial sector.

In this paper we developed a competency inventory for CAMD technicians in the mechanical sector by conducting interviews, questionnaire surveys, and panel discussions. It is then concluded that CAMD involves three tasks: general drawing, professional drawing, and computer operation. The task of general drawing may be further divided into parts drawing, assembly drawing, and exploded pictorial drawing. In addition, there are a total of 15 competencies required in CAMD technicians; nine for general drawing, four for professional drawing and two for computer operation. The analysis based on the cognitive theory concluded that a total of 81 knowledge items are involved in CAMD; 47 for general drawing, 16 for professional drawing, and 18 for computer operation.

Key words : CAMD CAD mechanical drawing professional drawing.

