

獲頒教育部顧問室101年度優良教材

三大特色

- 一單元一概念，迅速理解模具製造的精華及內涵。
- 適合做為大專教科書，高普考、研究所考試用書。
- 圖文並茂，容易理解，快速吸收

圖解

模具製造

郭文正 博士／著

閱讀文字

理解內容

觀看圖表

圖解讓
模具製造
更簡單



獲頒教育部顧問室101年度優良教材

三大特色

- 一單元一概念，迅速理解模具製造的精華及內涵。
- 適合做為大專教科書，高普考、研究所考試用書。
- 圖文並茂，容易理解，快速吸收

圖解 模具製造

郭文正 博士／著

閱讀文字

理解內容

觀看圖表

圖解讓
模具製造
更簡單

五南圖書出版公司 印行

圖解模具製造／郭文正著。 — 初版。 — 臺
北市：五南，2013.02

面； 公分。

ISBN 978-957-11-6766-4（平裝）

1. 模具

446.8964

101014294



5F53

圖解模具製造

作 者 — 郭文正

發行人 — 楊榮川

編 輯 — 王翠華

主 編 — 穆文娟

責任編輯 — 王者香

圖文編輯 — 林秋芬

排 版 — 簡鈴惠

封面設計 — 簡愷立

出 版 者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址：106 台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話：(02)2705-5066 傳 真：(02)2706-6100

網 址：<http://www.wunan.com.tw>

電子郵件：wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號：01068953

戶 名：五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市市區中山路6號

電 話：(04)2223-0891 傳 真：(04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話：(07)2358-702 傳 真：(07)2350-236

法律顧問 元貞聯合法律事務所 張澤平律師

出版日期 2013年2月初版一刷

定 價 新臺幣320元



序

模具是產品成形的工具，適用於大量製造，屬於高精密機械的工業產品，更是能決定產品品質的關鍵因素。為了使模具能充份的發揮功能，對於模具材質、精密度、壽命、量測以及生產的難易度等相關要因，都必須更詳細的設計規畫。

由於自動化機械及特殊加工的快速發展，光學級精密模具的要求，模具的加工方法也跟著多樣化，精密度也相對的提高。因此，除了傳統的加工方法外，有更多的加工方式可供選擇，縮短了製作模具的時間，也降低了成本。

一組模具生產的過程，有一定的標準作業程序。所以，從事模具行業的所有成員，尤其是製作模具的技術人員，都應該熟悉各種模具的加工方式，才能製作品質優良的模具。

本書的完成首先要特別感謝教育部科技顧問室的鼓勵與經費資助。在編寫過程中，成立模具教材編撰委員會，邀請學界與業界人士對於本書之章節編排與內容給與寫作之意見。在此特別感謝財團法人金屬工業研究發展中心精微成形研發處黃昆明處長、林英傑副處長、許富銓博士、簡瑞廷先生與相關人士，高準精密工業股份有限公司鄭義超總經理與國立高雄第一科技大學劉永田教授、邱能信副教授提供寶貴之意見，並感謝我的研究生黃智瑋先生的協助編排與校稿下，使得本書能得以順利出版。最後感謝五南文化事業機構協助出版，利用圖解的方式，淡化看似生硬之模具製造知識，以提高讀者之興趣，希望讀者能藉此了解模具製造的知識，達成本書寫作之目的。



自序

第 1 章 模具加工與檢測技術序論

Unit 1-1	模具加工概論	002
Unit 1-2	加工製程規劃	004
Unit 1-3	加工製程單	006
Unit 1-4	模具種類	008
Unit 1-5	模具檢測	010
	習題	012

第 2 章 機械加工

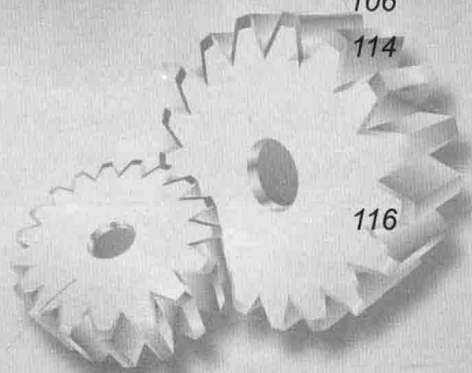
Unit 2-1	機械加工概要	014
Unit 2-2~2-7	車削	016
Unit 2-8~2-20	銑削	028
Unit 2-21~2-28	鑽削	054
Unit 2-29~2-40	磨削	070
	習題	094

第 3 章 特殊加工

Unit 3-1~3-5	離模放電加工	096
Unit 3-6~3-9	線切割放電加工	106
	習題	114

第 4 章 先進加工

Unit 4-1~4-9	雷射加工	116
--------------	------	-----



本書目錄

Unit 4-10	微銑削加工	134
Unit 4-11	微放電加工	136
Unit 4-12	五軸加工	138
	習題	140

第 5 章

模具處理

Unit 5-1	模具表面處理技術及其發展	142
Unit 5-2~5-4	模具熱處理	144
Unit 5-5~5-9	模具鍍膜	150
Unit 5-10	鏡面加工	160
Unit 5-11	電解拋光	162
Unit 5-15	手工作業	170
	習題	172

第 6 章

模具檢測

Unit 6-1	模具量測概要與精密量測	174
Unit 6-2~6-4	精密量測原理	176
Unit 6-5~6-12	接觸式量測	182
Unit 6-13~6-15	非接觸式量測	198
	習題	204

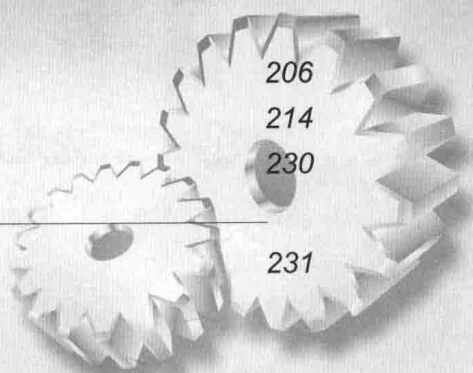
第 7 章

誤差分析

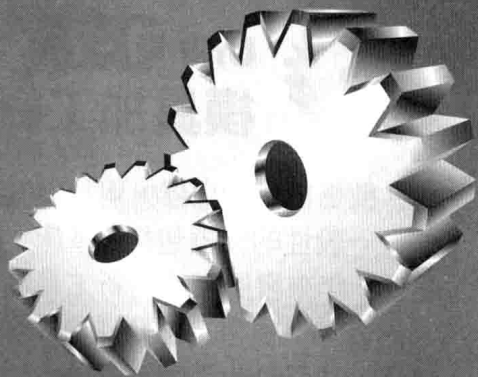
Unit 7-1~7-4	誤差概論	206
Unit 7-5~7-12	誤差分析	214
	習題	230

習題解答

231



第 1 章

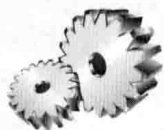


模具加工與檢測技術序論

..... 章節體系架構 ▼

學習目標

- ◆ 模具加工概論
- ◆ 加工製程規劃
- ◆ 加工製程單
- ◆ 模具種類
- ◆ 模具檢測
- ◆ 習題



Unit 1-1 模具加工概論

製造模具的機器，可分為二類，一般性和專門性。

一般性的機器包括：車床、銑床、磨床等設備；專門性的機器，大多是近十年來發展而成的新工具機，有著高精密度、價格昂貴等特性。

例如：精密定位塘孔機、放電加工機以及刻模機等，可說是製造精密模具不可或缺的設備。模具的製造可由以下三點著手：

① 模具加工製造設備

- (1) 一般工作機：包括車床、鉋床、鑽床、攻牙機、車削、銑床、搪床、綜合加工機等。
- (2) 放電加工機：包括線切割放電加工機、細孔放電加工機等。
- (3) 研磨拋光加工機：包括平面磨床、工模磨床、手工拋光工具、曲面自動拋光機等。

② 模具量測檢驗設備

- (1) 長度量測工具：游標卡尺、高度規、分釐卡等。
- (2) 孔徑量測工具：游標卡尺、高度規、卡規、缸徑規、內徑測定器等。
- (3) 角度測量工具：角度規、分度盤等。
- (4) 平面、曲面量測工具：三次元表面輪廓儀等。
- (5) 表面粗度量測工具：原子力顯微鏡 (Atomic Force Microscopy, AFM)、表面輪廓儀 (surface profiler)。

③ 模具組裝與試模設備

模具組裝係指組立平台、合模機、試模設備等。

金屬製模是模具製造的一種，所以將精密沖壓模具加工之主要技術列出如下：

- (1) CNC 輪廓研磨加工技術。
- (2) 高精密研磨加工技術。
- (3) 高速往復式研磨加工技術。
- (4) 放電加工技術。
- (5) 線切割加工技術。
- (6) 曲面形狀之量測技術。
- (7) 電腦整合製造技術。
- (8) 高硬度模具之高速銑削加工技術。
- (9) 快速造型 / 快速造模技術 (RP/RT)。
- (10) 模具表面拋光加工技術。



模具是產品成形的工具，也是屬於高精密機械的工業產品，更是能決定於產品成形後品質的關鍵因素。為了使模具能充份地發揮功能，對於模具材質、精密度、壽命，以及生產的難易度等相關要因，都必須更詳細的設計規畫。

由於自動化機械及特殊加工方法的快速發展，模具的加工方法也跟著多樣化，精密度也相對的提高。因此，除了傳統的加工方法外，還有更多的加工方式可供選擇，縮短了製作模具的時間，也降低了成本。

一組模具生產的過程，基本上是有一定的標準作業程序，只是選用加工方法的差異而已。所以，從事模具行業的所有相關人員，尤其是製作模具的技術人員，都應該熟悉各種模具的加工方式，才能製作品質優良的模具。



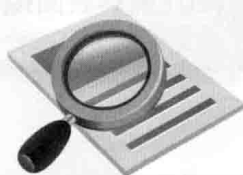
Unit 1-2 加工製程規劃

模具的加工製程規劃，不外乎是針對設計、加工、組裝、檢查及試模等內容做一系列完整的規劃，以獲得能夠正式投入生產的模具。在設計之前，必須注意幾點：

- (1) 完全反映出產品設計者的主張。
- (2) 考慮加工效率、排程時間及安全性。
- (3) 應有降低模具製作成本的觀念，而工件及結構的標準化，可使圖面省去許多不必要的要求，可大幅減少設計時間。

以下有設計上的幾項基本考量：

- (1) 生產數量、精度、效率及產品成本的檢討。
- (2) 模具的樣式、結構及尺寸。
- (3) 材料與尺寸的選用。
- (4) 工件配置及整體安裝方法。
- (5) 產品的廢料處理。



工件加工方法，依需求的不同，可做最適當的選擇。按設計圖面上規定取料，並預留精加工尺寸，其次再作粗加工，接著進行熱處理去除加工後之應變，最後完成精加工。精加工是工件的最後加工，利用磨床、搪床等機械式加工、放電加工及利用手工來修整、擦光加工或模印加工等都稱為精加工。此製程對於產品外觀的光澤有關係，亦會影響模具壽命。

在組裝時調整工作上有以下要做的處理：同一形狀的零件在組裝後最好能標註記號，為避免工件間發生無法配合的現象，可以利用定位銷打入定位。通常，為達到模具要求的精度，對具有一定公差範圍的零件在組裝時必須做適當的調整，以避免誤差有累積現象的發生。組合後再行加工的場合也很多，尤其是經過熱處理後的工件定位孔位置，在組裝後要再經過

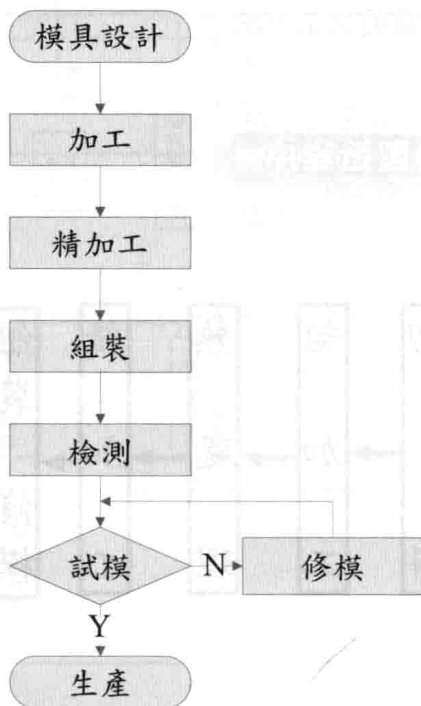
加工修整。

模具最重要的是產品是否合乎設計要求。為能順利的生產，除了模具本身外，使用的加工機及技術也必須配合。儘管設計的初期，加工機及模具的加工條件尚未十分明確，但實際加工出來的產品卻一定要符合要求。因此，模具在組裝、檢查後還要經過試模，觀察出產品有不合者，以手工來修整，通常尚需確認模具的機能與安全性。總之，經由不斷的試模及修模，最後才能將模具投入生產行列。

加工製程規劃流程

模具的加工製程規劃，主要是指對於各項加工或裝配操作，決定一套適當的程序，以完成工件或產品。其流程如圖所示，一般由設計為始；就模具的價格、交貨期限及其他相關事項，提出評估和模具的構想草圖，徵得訂貨者的瞭解後，即可開始進行設計工作。

加工製程規劃流程圖





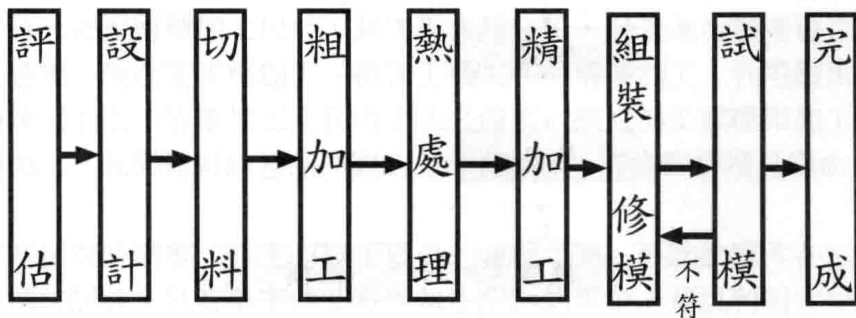
Unit 1-3 加工製程單

加工製程單主要目的為管理生產製造流程，從原料加工開始，原料隨製程單跑完全部製程，可避免混料、跑錯製程等情況發生，亦能掌握機台及人員工作效率，隨時掌握生產加工進度，調配生產機台及人員，以提高生產效率，縮短生產時間。由製程單內容，可隨時查詢分析生產率品質、完工數量、報廢數量、短少數量等，依訂單及製程發工量來掌握生產進度。模具製作是單件生產，由設計開始，在製程規劃上就要考慮到加工方法、安全性及降低成本等之關係。雖然模具型式各不相同，但歸納其製作過程，大致不外乎基本外形製作、模塊模穴部加工、裝配及檢查等工程。

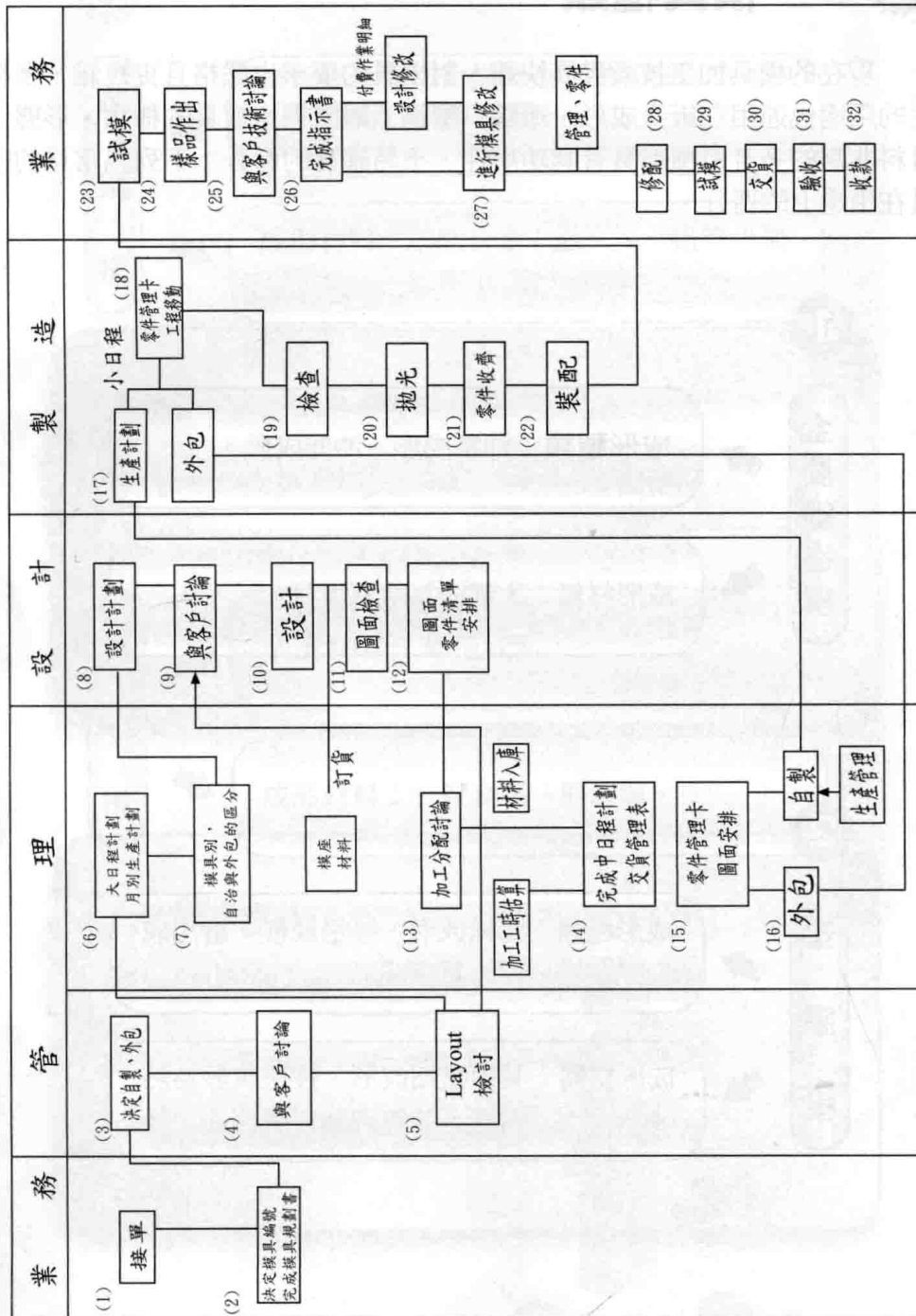
模具加工製程

模具的製造程序，通常如下圖所示。對於具有沖頭與下模組合的沖壓模和成型模而言，儘管在模具與零件的加工法上有所差異，但在其他的程序中並無太大不同。在模具加工的製程中，可依模具種類、形狀要求及精度的不同來選擇最適當的加工方法。

模具的製造程序



模具製造工程流程圖





Unit 1-4

模具種類

現在的模具加工技術發展快速，對模具的要求也嚴格且更複雜，多樣性的用途也運用在鈹金成形、塑膠、壓鑄、鍛造等。模具的種類、形態、材料非常的多且每種都具有其功用性，不易確實的區分，下列為常見的模具在用途上的區分。

1

金屬鍛造模

成形種類：沖壓成形、沖剪成形。

成形材料：大都成為金屬板材。

2

塑膠模

成形種類：壓縮成形、移送成形、射出成形、真空成形。

成形材料：其中壓縮成形、移送成形為熱固性，其餘皆為可塑性。

3

壓
鑄
模

成形種類：壓鑄成形。

成形材料：熔融合金（鋁、錫、鉛等金屬材質）、耐熱鋼等。

4

鍛
造
模

成形種類：鍛造成形。

成形材料：一般金屬、鍛造鋼。





Unit 1-5

模具檢測

模具是由許多零組件所組成的，具有良好精密的模具零件，才能組合成好的模具。所以，在模具零組件加工時，都要詳細地檢查各部分尺寸的精密度。檢查模具精密度所應用到的量測工具包含：

① 一般測量的工具

游標卡尺、分釐卡、深度規、缸徑規、圓弧規、角度規、直角規、游標高度規、塊規、量表、平板板等。

② 投影量測

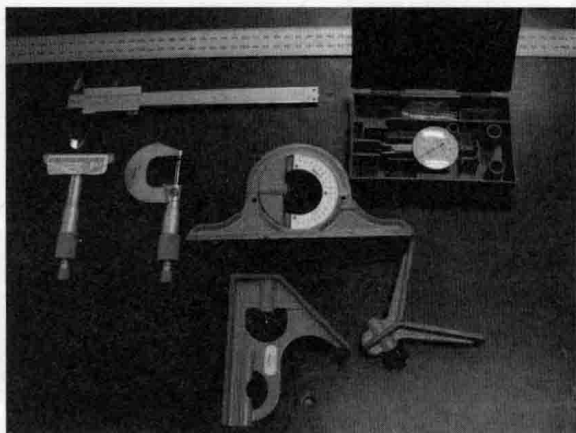
可用以量測一般量具不易測量之工件輪廓，或有曲線輪廓之零件，如齒輪、凸輪等。



③ 三次元量床

一般量具僅能做一次元（單一方向）的測量，即只能做直線方式的測量。而投影量測則是二次元的，亦即能做平面二次元（X-Y 平面）的測量。對於立體的工作則必須利用三次元（X-Y-Z 三度空間）的測量儀器，以測量立體的工作。

一般量測工具



投影量測



三次元量床

