

The background of the book cover is a vibrant red with several large, stylized yellow gears of different sizes. The gears are arranged in a way that they appear to be interlocking, with some partially visible at the edges. The overall design is clean and industrial.

機械製造程序

Manufacturing processes

SEVENTH
EDITION

B.H. AMSTEAD
PHILLIP F. OSTWALD
MYRON L. BEGEMAN

著 王大靜譯

第七版

機械製造程序

MANUFACTURING PROCESSES

第七版 SEVENTH EDITION

原著者：

B. H. AMSTEAD

THE UNIVERSITY OF TEXAS
AT AUSTIN

PHILLIP F. OSTWALD

UNIVERSITY OF COLORADO

THE LATE

MYRON L. BEGEMAN

THE UNIVERSITY OF TEXAS
AT AUSTIN

譯者：

王大靜

大孚書局印行

中華民國七十二年二月再版



機械製造程序

C 特價 平裝二〇〇元
精裝二三〇元*

譯者 王 大 靜

發行人 傅 寶 泰

出版者 大 孚 書 局

地址：台南市德光街六十五號
郵政劃撥帳戶第三五四七五號
電話：〇六二—三六二八六五

本社登記證字號：行政院新聞局局版台業字第一五四三號

登記證

印刷者

合成美術印刷廠

台南市協和街一〇六號

譯 者 序

本書第六版譯本問世以來，承蒙各教師踴躍採用，和工程界同仁的愛護，使供不應求，經過幾次再版，不勝感激之至。現在再將第七版譯出，以答謝愛護本書讀者的美意。

第六版譯本，曾按照一般習慣，採用文言，這種體裁，對於閱讀能力較高讀者，可以節省閱讀時間和減少版幅，降低售價，當然有很多優點。但是對於一般學生，那就比較不容易領會，反而增加閱讀時間，比較之下，還是採用淺顯文字為好，因此第七版改用白話，認為比較恰當。

第六版在插圖方面，有欠清晰，字體嫌小，和排版錯誤，未加改正的地方很多，第七版中，都曾一一加以改正。

本書原來以五專機械科機械工作法一課，採用最多。新頒五專課程標準，把機械工作法一課，改為機械加工法，授課時數，由四個學期每週三小時，改為兩個學期每週三小時，表面上看起來，內容嫌多。但是因為授課時間，由第一二學年改為第三學年，學生程度提高，內容就不會嫌多了。尤其是機械科分組後，製造組另加塑性加工，表面處理和鑄造學，內容都屬本書範圍，可以在機械加工法課中略去不講，那麼內容就恰好合適了。

譯 者

序 言

本書以前六版，在作為大學及學院兩方面課程的教科書，及作為實作工程師及工藝家之主要參考書，關於它的價值，已得到證明。

作為教科書，對於講解及實習課程應該有用。在材料、方法及設備上之全部索引，對於設計師、檢驗員、生產及計劃工程師，與學生所提供參考，極為理想。

製造程序的研究，可能是來日技術研究的基礎。本書在建立複雜技術智識上，貢獻理解方法。許多人，是為不同目的而研究製造程序；就是自由學習，從他們的人文學、商業，或其他事業選擇，他們的尋求是遠為迷茫。這種綜合而自由的學習，對於非技術性學生，在技術及社會世界中，備有集中而敏銳之個人價值。

隨新的材料，機械化、及自動化的發展，製造程序變為愈趨複雜。工程師訓練成瞭解許多方法，實為重要，其中工程材料可予以加工，以及加工在材料性質上的影響。競爭性設計及製造，工程師必須重視方法之優點及限制，以及預知公差。工程師及科學家聯合研究及發展實驗室，以尋找瞭解製造及裝配的複雜方法，而需要日增。

為製造程序原理作廣泛探討，各章中已包括材料結構之重要智識，及物理性質如何可以改變。為使方法清晰具體化，原有線圖及照片圖，已被大量採用，及表類為發揮最大用途而慎加選擇。第七版在每一章末尾所包含的問題及習題，數目已增加一倍。此外，開放的情況研究，助成說明及分析部份製造程序之瞭解。

本版之重要增訂，為包括公制，但未排除英制。自英制改革為公制單位已確定，而本版在每一英制數值之後，以括弧顯示公制數值，有助於在空隙中架橋。例如，“ A 的直徑為1.7吋（43公厘）。”這種單位結合，協助學生、技術員及工程師，使用兩套量例。

發展到已經很重要，而發現繼續存在之處，新資料已加入各章中。每一章之開始，包含歷史性照片圖，以指出在製造中程序之歷史及發展。歷史背景在學生中，顯然增加興趣。

對那些人可利用的機會很多，那些人是研究製造程序的美術、技術及科學的。究竟是在職業學校、技術學校、二專、三專或大學受教育，事業幾乎無限制——機器操作者、製造或裝配督導者、工程資料管理員、設計工程師、製造工程師、調查員、店員、採購員、管理員、廣告文學及手術便覽編輯者、及公衆與顧客關係。這些重要位置表，幾乎好像是無窮的。

作者感謝許多公司，他們爲本書這一版，提供說明，及註出適當功用。

已故Myron L. Begeman 教授的工作，在每一面上，都可看到，對於專業貢獻，人們中極少有他這麼多。他所作貢獻包括：授課、研究、資詢、講演、行政及寫作。他對於製造程序，是作到永久的貢獻，他的研究走在最前面，而且保持適合時代、準確、符合事實及有用。

奧斯汀，得克薩斯
鮑爾特，卡拉雷多

B.H.Amstead
Phillip F. Ostwald

機械製造程序 目 錄

第一章	基本製造程序	1
第二章	材料性質和特性	17
第三章	鐵金屬的生產	37
第四章	非鐵金屬之生產	70
第五章	鑄造方法	88
第六章	特別鑄造法	124
第七章	熱處理	155
第八章	熔 接	183
第九章	粉末冶金	232
第十章	塑 膠	254
第十一章	量測學	286
第十二章	金屬之熱作	333
第十三章	金屬之冷作	360
第十四章	壓床工作	394
第十五章	工具機基本元件	428
第十六章	數值控制	453
第十七章	金屬割切	470
第十八章	車削機器	495
第十九章	鑽床和搪床	529
第二十章	銑床和銑刀	558
第二一章	牛頭鉋床和龍門鉋床	586
第二二章	鋸床和刮鉋床	600
第二三章	輪磨和磨料床	625
第二四章	齒輪和齒輪割切機	660
第二五章	螺紋和螺紋割切	687
第二六章	特別方法	706
索 引		741

第一章 基本製造程序

歷史

本書每一章開始，附刊古時木刻或版畫、寫生圖、風景或機器的照片，以便將現代製造程序，和所述方法的早期形式，作一對比。這些說明顯示發展已經開始。例如，圖1.1 為在100年以前存在的機器工廠；雖然方法已加改進，機器的早期手藝，仍可辨認。

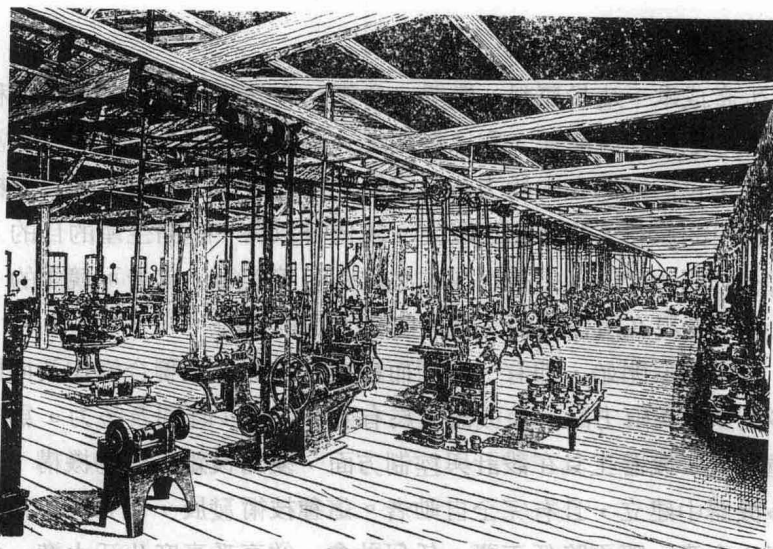


圖1.1 機器工場的內部，100 × 300 呎（30 × 90 公尺）用頭頂皮帶傳動動力，大約在1885年。

現代製造程序之開始，早在十八世紀初期，可歸功於伊里、惠特尼，和他的彈棉花機，或互換生產，或銑床、或約在同時，世界上任何數目的其他發展。在美國內戰和它的殘勇需求，對於製造程序，予

2 機械製造程序

以刺激。製造程序中之實驗及分析起源，要大大的歸功於胡雷特W·泰勒，他在金屬割切技術上所發表的論文，在惠特尼一世紀以後，在方法上，建立了科學的基礎。另一些人，如已故麥倫L·貝克曼，在程序的新發展中，為審慎觀察者、研究者、及報告者，也是迅速對工業界傳播資料。

動力轉換機器，如水輪機、蒸汽機、及電氣馬達之發明，終於貢獻以機器能量代替人力。各種鐵及非鐵材料與塑膠之發展，和終於形成有用產品，在技術事業中，將人類向前推進一大步。因飛球調節器、凸輪、電氣、電子、及計算機之瞭解及使用，使人們有方法控制機器。

經濟生產準則

生產成本，基於原料、機器、售賣、倉儲及一般開支。機器和人工成本，是鐵定有關係，和原料開支，成功生產成本的大部份。當材料選定，包括機器在內的方法，可能是自動確定；或者若是已有機器，能使用的原料，也可能已限定。我們可以說，經濟生產的目的，在生產有利潤的產品。這是說成本必須是可接受的，或者可競爭的；又產品必須是現在所需要的，否則它必須是創造的。

自有機器開始，即有一逐漸而穩定之趨勢，在聯合操作及向機器轉移更多技術兩方面，使機器更為有效，以減少時間及勞力。為滿足這種需要，機器工具在設計與控制方面，變為複雜。自動機構，已在許多機器中建立，且有完全自動者。這種技術發展，已可使工業達到高度生產率，隨而降低工資；任何社會，欲享受高度生活水準，這實在是一項重要的發展。

隨同生產機器的发展，製造品質亦被重視。關於製造操作中之品質與準確度，需要使尺寸保持嚴密的控制，使製成零件，可以互換，而又最合乎使用。關於大量生產，無數零件中的任何一件，在組合件中均可配合。用互換件製造的產品，裝配迅速，成本低，便於使用。

保持這種尺寸控制，必須具備適當的檢驗設備。

決定經濟生產的三大基本準則是：

- 1 有適當審美品質的功能好而簡單的設計。
- 2 材料之選擇，在物理性質，外觀，成本，及工作性或切削性中，代表最佳的折衷。
- 3 製造程序之選擇，使所生產的產品，不過於準確，表面處理，不超過需要，而單價儘可能降低。

產品設計

為生產競爭打算，產品設計時，材料、製造，及貯存的成本，儘可能降低，為最重要。任何產品製造中，可採用較強韌、抗蝕較佳，或壽命較長的材料，但工程師職責，應在生產必須經濟的準則上，予以折衷。一種設計，在採用強度大而費用多的少量材料時，可改用一種重量較大而售價較廉者來代替。

生產更準確的零件，需要費用更多的工具機，和機器操作，更高技術工人，而剔退零件也更多。產品的設計，不可比使用時所要求者，更為準確。優良的設計，常考慮包括最後處理或塗敷操作，因為產品之評判，是在於美觀與功能及操作的基礎上。許多產品，比如用有色塑膠，或其他特種材料所作成，因為看來順眼而更為作賣。但在大多數情況下，無論如何，以零件的功能為決定因素。遇有較大強度，耐磨，抗蝕或重量限制時，這一點特別重要。

關於大量生產零件，設計時，必須考慮能採用大量生產式機器，和不同的安裝要最少。一個零件，每次必須取下、儲存、再裝入另一機器，而所包含成本，不致加入產品售價中。現代設計實務中，有一趨勢，使新產品的形狀，由直線或數學曲線所構成，以便使用數值控制的工具機。

工程材料

在產品的設計與製造中，瞭解材料與製造程序一事，頗為重要。在物理性質，切削特性，成形方法，及可能使用壽命等方面，各種材料，大為不同。設計者在選擇最適合產品的經濟材料及製造程序時，這項事實，必須考慮。材料有兩種基本形式，金屬與非金屬。非金屬材料更分為有機與無機物質。因為非金屬材料與純金屬及合金，有無數種，欲選擇一種合適者，需要審慎研究。

用在工業上的材料，極少數在自然界中，以元素存在。例如，金屬自然化合物，如氧化物，硫化物，或碳酸鹽等，在它可作進一步加工之前，必須經過分離或精鍊的操作。一經分離，放置長時間後，在普通溫度下，必須是一種穩定的原子結構。在金屬加工中，鐵或者是最重要的自然元素。純粹狀態的鐵，甚少商業用途，但和其他元素組合成各種合金時，變為主要工程金屬。非鐵金屬，包括銅、錫、鋅、鎳、錳、鋁、鉛等等，在我們經濟中，佔一重要部份，且每種有它的特別性質和用途。

機器或方法選擇

製造時，需要能夠有經濟而準確的生產工具和機器。經濟大大的依賴機器或方法的選擇適當與否，俾能得到合適的完成產品。選擇一項，再受生產項目數量之影響。通常每一種生產，必有一種合適的機器。少量或零星製造，對於通用機器，如車床、鑽床，及龍門鉋床等，已證明為最佳的型別，因其最為合用，初期資本低，維護需要少，而在工廠中有適合各種情況的彈性。關於大量生產的標準化產品，無論如何，必須考慮用特種目標機器。為某種工作或操作所製機器，如磨活塞或汽缸頭的刮面，工作會做得迅速而完美，成本低，且可由半熟練操作者使用它。

許多特種目標機器或工具，與通用標準型的不同點，在將操作者的部份技術引入其中。一枚簡單螺栓，可在車床上生產，亦可在自動螺絲機器上生產。車床操作者不僅要知道如何製螺栓，但亦須對機器操作有足夠技術。在自動機器上，操作次序及刀具的運動，由凸輪及止塊（ Stops ）控制，而每項生產與前項完全相等。這種技術的轉入機器，使僱用欠熟練操作者成為可能，但管理及維護，則需要更多技術。使機器完全自動，常常不經濟，且為成本所限。

關於某項生產，要選擇最佳機器或方法，須具有一切可能生產方法的知識。必須考慮的因素，是生產量，完成產品的品質，能擔負工作的各型設備的優點和限制。大多數零件，可有幾種生產方法，這一事實，不能予以過份重視，但通常祇有一種方法，為最經濟。

金屬工作可按各種型式的製造程序分類，其中大多數，祇須稍加修正，便可用於大多數非金屬材料。

製造程序之分類

- A. 用來改變材料形狀的方法
 - 1 從礦物粗鍊 (Extraction)
 - 2 鑄造
 - 3 熱作和冷作
 - 4 粉末冶金的形成
 - 5 塑膠模造
- B. 用以切削零件成一定尺寸的方法
 - 1 傳統性切削，切除屑末
 - 2 非傳統性切削
- C. 關於達到表面光滑的方法
 - 1 切除金屬
 - 2 磨光
 - 3 塗敷
- D. 用以連結零件或材料的方法
- E. 用以改變物理性質的方法

改變形狀

大多數金屬產品，原來是從許多礦物還原法，或礦物精鍊法的一種，所得到的錠狀鑄件。熔化金屬倒入金屬或石墨模型中，作成適當大小及形狀的錠，俾作進一步的製造。

用以改變金屬形狀為主，所包含的方法如下：

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1 鑄造 | 5 抽拉 |
| 2 鍛造 | 6 冷擠壓 (Squeezing) |
| 3 熱擠壓 (Extruding) | 7 軋碎 |
| 4 軋軋 | 8 衝孔 |

6 機械製造程序

- | | |
|----------|------------|
| 9. 型砧 | 16. 爆炸成形 |
| 10. 彎曲 | 17. 電液壓成形 |
| 11. 剪切 | 18. 磁力成形 |
| 12. 鍛壓 | 19. 電積成形 |
| 13. 拉伸成形 | 20. 粉末金屬成形 |
| 14. 軋軋成形 | 21. 塑膠模造 |
| 15. 火炬割切 | |

用上列方法，材料變成有些選擇零件的原始形狀。有時零件能在完成後，適合商業用途，如金屬之鍛壓，軸之冷軋，模型壓鑄，金屬片之拉伸成形，及拉線等。此外，尺寸和表面光滑度，均不合最後產品需要，須將零件作進一步加工。須注意者，最後三法，電積成形、粉末金屬零件之成形，及塑膠模造，原來沒有看作鑄件。電積成形零件，由電解金屬，聚集在導電之預製樣模（Pattern）上所生產。金屬自電解液和用作陽極的純金屬棒所供給。零件的厚度必須控制，須要有高精密度的，可用這種方法製造。用來生產粉末金屬零件的方法，乃一種壓製操作。金屬粉末放入金屬模型中，用大壓力壓緊。大多數金屬粉末產品，亦須加熱，以便於粉粒結合在一起。塑膠件為在加溫及加壓情況下，作成和模型形狀一樣。爆炸、電液壓及磁力成形，係高能率法，零件在裏面用極高壓力，迅速完成。

割 切

在製造中，任何零件通常有幾種割切操作，茲分類如下：

A. 傳統性切除屑末法

- | | |
|-----------------|----------|
| 1. 車削 | 7. 鋸斷 |
| 2. 長鉋切（Planing） | 8. 刮鉋 |
| 3. 短鉋切（Shaping） | 9. 銑削 |
| 4. 鑽孔 | 10. 輪磨 |
| 5. 搪孔 | 11. 滾齒 |
| 6. 鉸孔 | 12. 銑割片料 |

B. 非傳統性割切法

- | | |
|--------|-----------|
| 1. 超聲 | 6. 化學銑 |
| 2. 放電 | 7. 磨料噴射割切 |
| 3. 電弧 | 8. 電子光線割切 |
| 4. 雷射光 | 9. 電漿弧割切 |
| 5. 電化學 | |

第二類操作，是尺寸要求極準確的許多產品所需要的，自零件除去的屑末很細。完成這種操作的工具機，包括各種動力傳動機器，而

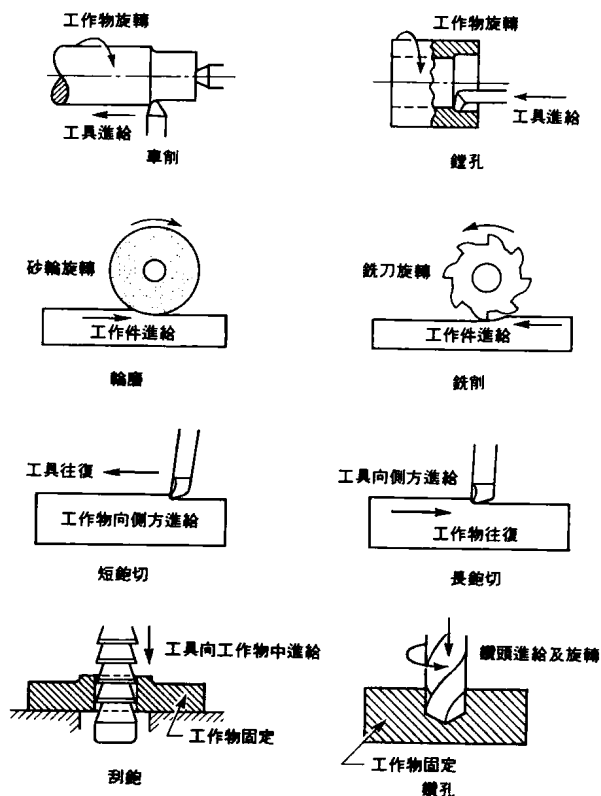


圖1.2 將零件割切成特定尺寸的傳統方法。

8 機械製造程序

用作切削金屬者。所有這種操作的原理，或為往復式，或為旋轉式，往復或旋轉動作，或屬工具，或屬工作物，如圖 1-2 所示。龍門鉋床就是往復機器的例子，因工作物在工具 a 下方往復，而工具在固定位置。其他機器，如牛頭鉋床，工作物固定，而工具往復。旋轉機器，例如車床，工作物旋轉而工具固定。鑽床係工具旋轉。

超音切削，金屬由液體攜帶之磨料顆粒切除，方法係以高速撞擊工作物表面。速度係用超聲發生器所產生。關於放電及電弧割切，產生特種電弧，用以切割任何導電材料。雷射光係一種光子型強光，可用來產生極高溫度，以割切或焊接金屬。化學銑切或以化學法切除金屬，或用反向電鍍法。

表面處理

表面處理操作，係用來確保表面光滑，極度準確，外觀美麗，或加保護塗層。

所用方法是：

- | | |
|---------|---------|
| 1 拋光 | 7 精磨 |
| 2 磨料帶打磨 | 8 金屬噴射 |
| 3 滾筒打磨 | 9 無機塗敷 |
| 4 電鍍 | 10 磷酸浸漬 |
| 5 搪磨 | 11 陽極氧化 |
| 6 研磨 | 12 滲鋅 |

上述方法，對於尺寸極少影響，結果以處理表面為主。其他方法，如磨光，除使表面光滑外，並切除金屬，使零件達到預定尺寸。再如搪磨、研磨、及拋光等法，實際上祇切除細紋，而尺寸很少改變。精磨也是表面改良方法，係切除沒有用的片狀金屬粉末，留下平實的結晶金屬底層。電鍍和類似方法，用來得到抗蝕的表面，或更加美觀，實際上不改變尺寸。

連 接

產品需要裝配兩件以上的零件時，常用下列方法的一種連結它：

- | | |
|------|--------|
| 1 熔接 | 5 壓接 |
| 2 軟焊 | 6 鉚接 |
| 3 硬焊 | 7 螺旋連接 |
| 4 燒結 | 8 黏接 |

熔接係用熱或再加壓力來熔化或結合金屬零件。軟焊或硬焊，除介入他種熔化金屬於零件間，予以連接外，操作一樣。燒結，係加熱以結合金屬粉粒。形狀像粉末，液體，固體，及帶條等結構黏接品，用在接合金屬，木料，玻璃，布料，及塑膠等，用途頗為廣泛。

改變物理性質

材料加高溫或速急反復承受應力以改變其物理性質的方法頗多。改變性質的方法，包括：

- | | |
|-------|------|
| 1 熱處理 | 3 冷作 |
| 2 熱作 | 4 珠擊 |

熱處理包括許多方法，結果改變金屬性質及結構。雖然熱作和冷作兩者，以改變金屬形狀為主，這方法對於金屬的性質及結構，頗有影響。珠擊用於許多小零件，如彈簧等，使它抵抗疲勞損壞。

基本工業

以產量分類

工業分類有許多方法，沒有一種可以認為最好。廣而言之，可分類如下：

- 1 大量生產
- 2 中量生產
- 3 零星生產

假若在一長時間內，零件繼續大量生產，方可稱為大量生產。有些權威人士說，每年生產量必須超過 100,000 件，方可列為大量生產零件，但這種限制太嚴。在這種型式中，工業銷售量已建立完成，生產率與各個定單無關。生產零件的機器，經過特別挑選，而通常不能對其他工作，施行操作。單價須保持極低。易于瞭解之大量生產項目例子，為火柴，瓶蓋，鉛筆，自動車，螺帽，螺栓，華司，薄手套，及金屬線等。

以中量生產操作所製成之零件，生產量比較大，且有連續生產者，惟其出品比大量生產零件變化較多，且常對售貨定單依賴性較大。機器將趨向於多目標的，雖然在生產特種項目時，在需要或售賣方面，比大量生產零件情況為少之一說，是不真實。零件數目之變化，要看情況而定，每年約自 2,500 至 100,000 件。再者，這一項工業的例子，是更容易敘述：如書籍印刷，飛機羅盤，無線電發射機等。

零星工業較具有彈性，它的生產量常限於和售賣定單或希望定單接近配合。生產設備更具有彈性和多目標，僱工技術可能更高，要完成的各種工作，要看所製零件或組零件而定。每批數量，習慣上的變動，約自 10 件至 500 件不等，所經過的各種方法，自原料至完成產品。公司通常有三種以上產品，而其生產次序與數量，視需要而定。產品的變化頗為平常，且在有些情況中，每種項目利潤百分比，超過其他型式的製造。例如，可能是零星工業產品是：飛機，落伍的自動車更換件，油區的閥，特種電錶，義肢等。

按產品分類

工業的另外一種分類法，可以按產品，像：