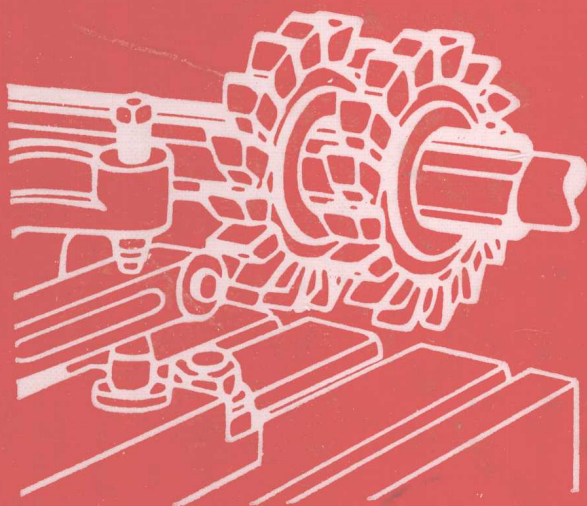


# 工具設計

TOOL DESIGN

HERMAN W. POLLACK

張天津博士 編譯



大中國圖書公司印行

版權所有  
翻印必究

# 工 具 設 計

---

編譯者：張            天            津  
發行人：薛            瑜  
出版者：大 中 國 圖 書 公 司  
印刷者：

台北市重慶南路一段66號

電話：331-1184 · 331-1433

郵政劃撥：2 6 1 9 號

登記證：局版台業字第0653號

中華民國七十三年八月初版

精裝：基本定價七元

平裝：基本定價六元

## 譯 序

二次大戰後，因電腦的問世，微電腦技術的快速發展，使工業生產發生了革命性的大變化，數值控制 (Numerical Control) 的工作機械誕生，如 NC/CNC 鑽床、銑床和車床，綜合切削中心 (Machining Center)，彈性製造系統 (Flexible Manufacturing System)，電腦輔助設計 (Computer Aided Design)，電腦輔助製造 (Computer Aided Manufacturing)，以至於機器人 (Robot) 的廣泛使用，已使傳統的機械加工方式，做進一步的改革，相對地提高了機械加工的層次、速度和品質，也減低了對熟練操作人員的依賴。但是其中唯一沒有受到影響，反而卻提高它的地位和價值的是——工具的設計、安裝和維護檢修。吾人知道，傳統的機械加工着重於熟練的操作技術人員，而當今數值控制的工作機械卻着眼於配合加工程式指令的工具設計和安裝，一旦工具或夾具設定，其加工作業則完全可交由機器做精密而快速的控制，可見工具設計的重要性。

本書原作者荷曼·波勒克 (Herman W. Pollack) 所著的這本工具設計，係根據理論和實務的探討，本着成本意識理念，配合材料科學，製造加工程序，工作圖的要求，以及各種生產製造因素的歸納，做有系統的介紹，俾讓一位工具設計人員能夠具備整體觀念，使所設計的工具、刀具、夾具、或衝模等能符合實際生產加工需要，以達到應有的品質水準。譯者特認為是一本切合實際的專業參考書，適合大專和高工之教科書，以及工廠實際擔任設計人員的工具書。

譯者因擔任技術職業教育行政管理工作，平日公務甚為繁忙，本

書的譯述全係利用晚間或抽空執筆，在此非常感謝內人涂貴惠老師，  
能夠體諒並予全力支持和鼓勵，更感謝本校同事賴福來先生詳細核稿  
與不辭辛勞地鼎力協助，因翻譯時間匆促，錯誤之處仍多，尚請方家  
先進和讀者諸君不吝指正，謝謝。

張 天 津 謹識

民國七十三年八月於國立雲林工專

# 原 序

本書的目的在提供工具及夾具設計所需具備的知識及技巧之完整概念。依此目的，本書涵括工業界所使用的材料及加工程序之介紹，以及工具設計師所適用的零件和大量生產理論之研討。本書第一部份是在討論生產裝配的方法和零件，及有關成本的分析。工具設計師在從事實際的工具及夾具設計工作前，最重要的是要徹底了解這些觀念及理論。他使用何種工具，做怎樣的決定和所獲得的結果繫乎於他對這種觀念及理論的了解。

本書第二部份是介紹各種不同的零組件，工具設計師在從事工具及夾具設計時，能活用這些零組件的功能在生產製造上。

由於模子（Dies）在整個大量生產活動上扮演相當重要的角色，放在本書較後部份討論。至於數值控制及放電加工則在最後一章介紹。

雖然在本書的附錄中列有很多附表，但我們了解在一本書中，不可能提供設計一套複雜的工具、夾具及模子等所需要的所有數據、表、統計量和其他有關的資料。因此，一位學習工具設計的人員，他必須備有設計所需的表、手冊和文獻，俾能有效地幫助他成為一個工具設計師。本書已提供在學中學生所需的大部份資料。

學習本課程的人員，須先修過製圖和機械製造程序，本書雖已包含這兩部份，但只是與工具設計有關而已。由於工具設計之課程一般是在第二年才修的，因此學習者至少已修過一學期包括代數及三角大專數學。

本書中收集許多理論問題、數值問題、計畫性問題和表格以提供

給教師及學習者使用。

沒有一本書能夠在毫無他人幫助下完成的，在寫作此書時許多人協助我。非常感謝內人能夠諒解，因寫作此書時長期和她分開，忍受我寫作時的鬱悶心情。其次對我的秘書約翰·韋斯特莉絲太太（Mrs. John Westeris）的耐性及辛勞表示最真誠的謝意。最後我還得感謝瑞斯頓出版公司（Reston Publishing Company）的馬修、福克斯先生（Mr. Matthew Fox）的鼓勵和支持。

荷曼·波勒克（Herman W. Pollack）

# 工 具 設 計

## 目 錄

譯 序

原 序

### 第一章 材料結構及其性質..... 1

1.1 鐵金屬之生產..... 1

1.2 普通碳鋼..... 2

1.3 合金對工具鋼的效應..... 3

1.4 工具鋼之分類..... 5

1.5 工具鋼之機械性質..... 13

1.6 工具鋼之類型..... 17

1.7 特殊材料..... 21

1.8 非鐵材料..... 24

1.9 非金屬材料..... 25

### 第二章 製造程序..... 31

2.1 材料製造的方法..... 31

2.2 鑄 造..... 31

2.3 金屬的熱成形及冷成形..... 35

2.4 剪切、彎曲、或拉製的壓床工作..... 44

2.5 熔 接..... 46

## 2 工具設計

|         |    |
|---------|----|
| 2.6 切 削 | 51 |
|---------|----|

## 第三章 系統製造 65

|               |    |
|---------------|----|
| 3.1 單元與大量生產   | 65 |
| 3.2 產品計畫      | 66 |
| 3.3 簡單機器的自動化  | 68 |
| 3.4 標準工具機的自動化 | 69 |
| 3.5 特殊工具機的自動化 | 73 |
| 3.6 回饋和控制     | 75 |
| 3.7 工具工程師     | 77 |

## 第四章 工具室製圖 83

|             |     |
|-------------|-----|
| 4.1 工具室製圖程序 | 83  |
| 4.2 標題框和材料表 | 85  |
| 4.3 工具製圖    | 88  |
| 4.4 標註尺寸的原則 | 89  |
| 4.5 配合的定義   | 98  |
| 4.6 配 合     | 101 |
| 4.7 製造精密度   | 114 |
| 4.8 選擇裝配    | 117 |
| 4.9 核對工作圖   | 119 |

## 第五章 製程與生產 125

|               |     |
|---------------|-----|
| 5.1 計畫分析      | 125 |
| 5.2 規格、藍圖和材料表 | 126 |
| 5.3 零件的再設計    | 127 |



|            |             |            |
|------------|-------------|------------|
| 5.4        | 參考面的選擇      | 130        |
| 5.5        | 非次序性的操作表    | 131        |
| 5.6        | 非次序性的操作分析   | 134        |
| 5.7        | 操作的分組       | 142        |
| 5.8        | 按次序的排列操作    | 147        |
| <b>第六章</b> | <b>成本分析</b> | <b>159</b> |
| 6.1        | 成本方法        | 159        |
| 6.2        | 直接人工成本的估計   | 160        |
| 6.3        | 安裝時間與經濟批量   | 162        |
| 6.4        | 非切削時間       | 163        |
| 6.5        | 切削時間—切削速率   | 165        |
| 6.6        | 切削時間        | 171        |
| 6.7        | 性能因素        | 178        |
| 6.8        | 直接材料成本      | 180        |
| 6.9        | 管理費用        | 189        |
| <b>第七章</b> | <b>夾具設計</b> | <b>203</b> |
| 7.1        | 六個自由度的限制    | 203        |
| 7.2        | 3—2—1原則     | 206        |
| 7.3        | 選擇定位面       | 208        |
| 7.4        | 定位器         | 208        |
| 7.5        | 定位銷和壓緊      | 211        |
| 7.6        | 錐形定位器       | 221        |
| 7.7        | V形定位器       | 222        |

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>第八章 鉸鏈、組件和導套</b> | <b>229</b> |
| 8.1 鉸 鏈             | 229        |
| 8.2 螺釘與螺栓           | 230        |
| 8.3 鎖緊裝置            | 234        |
| 8.4 鑽模與夾具內的零件       | 237        |
| 8.5 其他元件            | 244        |
| 8.6 導 套             | 246        |
| <b>第九章 夾鉗及夾緊原理</b>  | <b>257</b> |
| 9.1 夾緊原理            | 257        |
| 9.2 夾鉗的種類           | 258        |
| 9.3 夾條的計算           | 261        |
| 9.4 凸輪作用夾           | 266        |
| 9.5 肘節夾             | 270        |
| 9.6 楔形夾及鎖夾          | 273        |
| 9.7 其他夾緊方式          | 274        |
| <b>第十章 品質管制</b>     | <b>279</b> |
| 10.1 測定儀器           | 279        |
| 10.2 規測裝置           | 295        |
| 10.3 放大器用的指示量規      | 304        |
| 10.4 機械式放大          | 304        |
| 10.5 電子放大法          | 308        |
| 10.6 氣力指示器          | 310        |
| 10.7 光學指示器          | 312        |

|                     |                     |            |
|---------------------|---------------------|------------|
| 10.8                | 表面檢驗                | 315        |
| 10.9                | 螺紋檢驗                | 321        |
| <b>第十一章 單鋒刀具之設計</b> |                     | <b>333</b> |
| 11.1                | 切削刀具之目的             | 333        |
| 11.2                | 刀具的術語               | 333        |
| 11.3                | 角度之選擇               | 336        |
| 11.4                | 斷屑器                 | 344        |
| 11.5                | 切屑的形成               | 347        |
| 11.6                | 刀具的損壞               | 350        |
| 11.7                | 刀具壽命                | 353        |
| 11.8                | 切削力                 | 356        |
| 11.9                | 碳化物刀具               | 366        |
| 11.10               | 搪孔工具                | 371        |
| <b>第十二章 多鋒刀具的設計</b> |                     | <b>381</b> |
| 12.1                | 多鋒刀具                | 381        |
| 12.2                | 銑 刀                 | 383        |
| 12.3                | 術 語                 | 386        |
| 12.4                | 銑削功率                | 391        |
| 12.5                | 鑽 床                 | 397        |
| 12.6                | 鑽削功率                | 402        |
| 12.7                | 鉸 刀                 | 406        |
| 12.8                | 鑽錐坑、魚眼切法、鑽柱坑、搪孔及攻螺絲 | 410        |
| <b>第十三章 鑽模及夾具</b>   |                     | <b>419</b> |

## 6 工具設計

|      |       |     |
|------|-------|-----|
| 13.1 | 定義與原理 | 419 |
| 13.2 | 車床夾具  | 422 |
| 13.3 | 鑽 模   | 426 |
| 13.4 | 銑 削   | 428 |
| 13.5 | 銑削夾具  | 433 |
| 13.6 | 研磨夾具  | 435 |

## 第十四章 穿孔及打坯衝模 439

|       |          |     |
|-------|----------|-----|
| 14.1  | 壓 床      | 439 |
| 14.2  | 模 組      | 442 |
| 14.3  | 切削理論     | 445 |
| 14.4  | 衝頭與衝模的間隙 | 452 |
| 14.5  | 廢料板條的佈置  | 456 |
| 14.6  | 衝模的種類    | 460 |
| 14.7  | 衝 頭      | 464 |
| 14.8  | 模 塊      | 468 |
| 14.9  | 導 桿      | 470 |
| 14.10 | 頂坯件與落下塊  | 474 |
| 14.11 | 脫模板      | 475 |
| 14.12 | 模止銷      | 479 |
| 14.13 | 衝模設計     | 482 |

## 第十五章 彎曲模與成型模 495

|      |       |     |
|------|-------|-----|
| 15.1 | 金屬流理論 | 495 |
| 15.2 | 展開長度  | 497 |
| 15.3 | 彎曲力   | 505 |

|                       |                |            |
|-----------------------|----------------|------------|
| 15.4                  | 彎曲的種類          | 508        |
| 15.5                  | 成型模            | 509        |
| 15.6                  | 成形法            | 510        |
| <b>第十六章 連續拉製模</b>     |                | <b>519</b> |
| 16.1                  | 一般拉製的理論        | 519        |
| 16.2                  | 殼形坯料的計算        | 520        |
| 16.3                  | 拉製半徑和間隙        | 532        |
| 16.4                  | 拉製力            | 534        |
| 16.5                  | 拉製模的種類         | 535        |
| 16.6                  | 殼體的缺點——拉製操作    | 538        |
| 16.7                  | 連續模            | 540        |
| 16.8                  | 連續模——設計上應考慮的事項 | 543        |
| 16.9                  | 連續模——設計的程序     | 545        |
| <b>第十七章 數值控制和放電加工</b> |                | <b>553</b> |
| 17.1                  | 數值控制經濟學        | 553        |
| 17.2                  | 數值控制系統和指令      | 556        |
| 17.3                  | 編碼和紙帶準備        | 560        |
| 17.4                  | 數值控制機器         | 567        |
| 17.5                  | N / C 的刀具設計    | 568        |
| 17.6                  | 放電加工           | 572        |

## 中英名詞對照索引

# 工具設計

## 第一章 材料結構及其性質

### 1.1 鐵金屬之生產 (Production of Ferrous Metals)

圖 1.1 所示之流程圖乃是鐵加工程序之圖解。從鐵礦石放進鼓風爐開始，直到處理完畢送出以進一步加工成鑄件、板料或條料為止。本書的重點着眼於工具用的鐵和非鐵材料上。至於諸如其他材料、塑

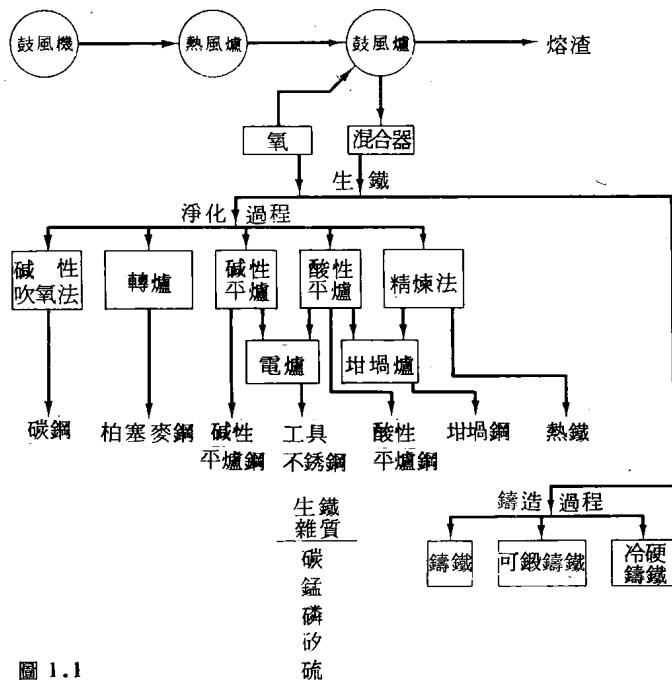


圖 1.1

膠，亦將包括，以求完備。

在圖 1.1 中，鼓風爐的最終產品為生鐵，而生鐵可經過加工處理而成為鑄鐵或鋼。在加工處理的過程中，所含的雜質必須小心地控制。加入純鐵中的任何元素統稱為雜質。母材（在此母材是指鑄鐵）添加雜質的控制是促使產品製造獲致所需物理性質的第一個步驟。

當生鐵放入熔鐵爐（Cupola）做加工處理後，它的最終產品是鑄鐵。鑄鐵乃是由碳、矽、錳、硫、磷和鐵所組成。這些組成元素的含量百分比約為：2～4 % 的碳、1～3 % 的矽、1～2.5 % 的錳、0.04 % 的硫、0.06～3 % 的磷、以及 90 % 的鐵。也可加入其他的元素以得到一些較特殊的機械性質。

鑄鐵因為可鑄造成各種所需要的形狀，故不需大量的加工，因此常用做鑽模（Jig）和夾具（Fixture）之主要部份。同時鑄鐵本身是種很穩定的材料，也有足夠的壓縮強度以符合鑽模和夾具本體或模組的需要。

### 1.2 普通碳鋼（Plain Carbon Steels）

普通碳鋼的含碳量在 0.30 % 以下者稱為低碳鋼。經過結構處理、冷軋和熱軋之鋼板通常可用以製造不需要高強度和耐磨性鑽模和夾具。若需要較佳的機械性質時，可以滲碳和表面硬化法來獲得。冷軋鋼本身有很好之表面，因此不須要再做機械加工，而熱軋鋼之表面具有一氧化層，若須要一較平滑之表面時，須作機械加工。冷軋鋼通常有軋延應力集中於表面之情形，當此種材料僅單面作機械加工或做焊接時，此種應力之集中將導致材料之捲曲。而熱軋鋼則無此種應力，故成本較低，常用於焊接構件上。

含碳量為 0.30～0.70 % 之普通碳鋼稱為中碳鋼。中碳鋼之強度

性質較低碳鋼為佳。中碳鋼經加熱淬火後可得到較佳之機械性質。

含碳量超過 0.70% 的普通碳鋼稱為高碳鋼，它具有很高的強度及硬度，常用做切削工具的材料。

### 1.3 合金對工具鋼的效應

#### (Alloys and Their Effect on Tool Steels)

普通工具鋼做為切削工具時，缺少一些所需的性質，如紅熱硬度、熱及衝擊強度、耐磨性等。但加入一些合金時可克服這些缺點，因此在碳鋼中加入合金以製成工具鋼可達到下列的目的：

- (1) 增強韌性。
- (2) 改善抗拉強度及衝擊強度，卻不影響韌性。
- (3) 增加硬化能。
- (4) 改進耐磨性。
- (5) 改進耐蝕性。
- (6) 增加紅熱硬度。
- (7) 控制材質粒度。

至於可產生一種或一種以上的特性元素，將在 1.5 節中介紹。

鉻 (Cr)：此種合金可增加碳鋼的硬化能、耐磨性和衝擊強度，同時也可增加耐蝕性及抗氧化性。鉻的加入會提高合金鋼的臨界溫度，卻使鋼件於水淬火後產生扭曲變形現象，所以設計這種零件時應特別小心。鉻所形成的碳化物，其效應介於含鎢和錳之間，對回火的反應也相當良好。

錳 (Mn)：錳加入鋼中形成合金時，可大幅度增加合金鋼的硬度。大約 1.5% 的錳和 1% 的碳加入鋼時，鋼的臨界溫度將降低，在油中淬火即可硬化。又錳加入鋼中形成碳化物之能力較肥粒鐵為佳，卻



不如鉻來得好。錳在合金中也會消除硫所造成的脆性，而對合金鋼回火性質的影響卻很小。

鉬(Mo)：鉬與錳、鉻、矽、共同加入時會增加合金鋼的硬度、強度和韌性，對合金鋼硬化能的增加比鉻大得多。當鉬和鉻、釩共同形成合金鋼時，將使得鋼的熱強度及紅硬度大為增加。因為鉬形成碳化物之能力很強，特別在熱處理時將促進材料的二次硬化，使得材料的回火益加不易。以鉬為合金元素時，會使沃斯田鐵晶粒變粗的溫度提高，因此可以使所有鋼材從沃斯田鐵淬火時，容易得到較細晶粒之常溫組織。

釩(V)：釩的使用將大大提高合金鋼的硬化能。因為釩形成碳化物的能力很強，故釩合金鋼具有二次硬化的現象，會影響回火的進行。釩可提高晶粒變粗的溫度，當熱處理時可使其易於獲得較細晶粒之組織。

矽(Si)：當2%以下的矽和鉬、錳和鉻共同使用時，將大大的增強此三種合金元素對鋼的影響，矽會增加合金鋼的硬化能，但增加的程度不如錳。矽的碳化物形成效果較肥粒鐵為差，也比錳遜色。矽可增強合金鋼的抗蝕性，當矽的使用量低於0.25%時，對合金鋼的性質將不產生影響。

磷(P)：磷合金在增加合金鋼的硬化能方面和錳具同等效力。它不具形成碳化物的能力，因此對合金鋼的回火操作亦無影響。磷可增加合金鋼的抗蝕性，亦可使合金鋼易於進行機械加工，通常磷和硫在合金鋼內的含量須維持在最低的程度。

鎳(Ni)：鎳可促進高碳鋼沃斯田鐵形態的保持，對硬化能亦有影響。若此合金亦含大量的鉻時，不但可以在熱處理過程中促進沃斯田鐵形態的保持，另一方面因鎳為弱性碳化物形成者，故對合金鋼的回火操作不會影響。