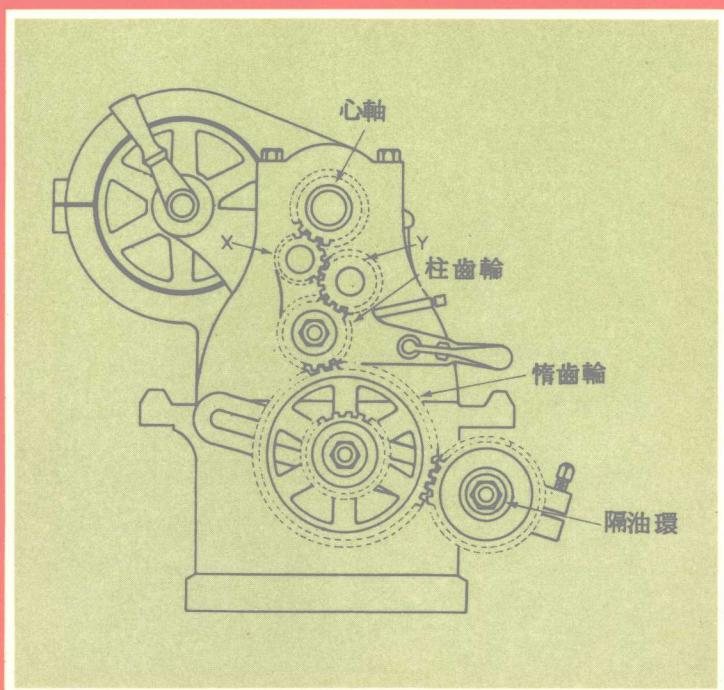


工 具 機 學

Machine Tool Operation

原著者：W.J. Patton

譯述者：劉 昌 明



科技圖書股份有限公司

工 具 機 學

原著者：William J. Patton

譯述者：劉 昌 明

科技圖書股份有限公司

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：工具機學

原著者：William J. Patton

譯述者：劉昌明

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市重慶南路一段49號四樓之一

電話：3118308・3118794

郵政劃撥帳號 0015697-3

六十八年九月初版

七十五年九月四版

特價新台幣 180 元

序

本書編纂目標為適應工業專科學校機械科系的工具機課程用，但另有稱謂工具機操作 (*machine tool operation*)，製造學 (*manufacturing processes*)，或工具機技術 (*machine tool technology*) 等課程，名雖各異，實質相同。蓋近十年來學校機械工場訓練目標已有若干改變，以往出版書籍已感陳舊。放電機械 (*electric discharge machine*)，數值控制 (*numerically controlled machine*) 以及其他新式機械相繼進入實習工場，迫使受訓人員接受此類新式機械的工作方法，以滿足日益進步的工業界所需要。工場訓練的目標仍以一般標準工具機與工作法為準，但所訓練的內容其範圍則較廣泛。其所增益的部分將包括新式工具與新的操作方法，以及範圍日益廣闊的加工新材料，如合金鋼、輕金屬甚至橡皮與塑膠等。

學校方面的訓練期間定為二年，在此短短時間只可將基本技術培養使其瞭解，但尚不能使其學到或體會到從事該行業所需的熟練程度。故在本書中，對於基本知識如冶金、熱處理及功率傳遞等只作點到式的敘述，足供學校訓練之用而不作深入說明。

熟練的技術與專業的能力，均不能靠書本求得。要從通達熟練的導師的指導傳授。學生們能在書本上讀到的是工具機的某一角度，數學公式或基本原理，但不能學到如何將工具機妥貼的安裝和穩妥的操縱。本書不能僞稱成無師自通的寶筏，務必誠心請益有經驗的導師，才能學到真實的本領。

幸而讀者能在本書上學到數值控制方法。書中列有二章使讀者能瞭解標準的程式與操作的方法而能應用到各種數值控制工具機上去。這二章可導致學生能進入處理兩軸制定位 (*two-axis positioning*) 輪廓銑切操作 (*contouring mill operation*)。另外對於數值控制車床的程式亦作簡單的說明。

William J. Patton 巴登

目 錄

第一篇 鉗工

第一章	機械加工行業簡介	3
第二章	手工具與扣件	21
第三章	測量與畫線	35

第二篇 工具機實務

第四章	動力鋸	53
第五章	鑽孔與攻牙	63
第六章	車床	83
第七章	車床之基本操作	101
第八章	切削刀具與工作件用材料	111
第九章	車床操作進階	135
第十章	牛頭鉋床、龍門鉋床與拉床	147
第十一章	銑床之基本操作	161
第十二章	銑床操作進階	191
第十三章	銼床	211
第十四章	研磨砂輪	217
第十五章	研磨操作	233

第三篇 實務進階

第十六章	冶金學	255
第十七章	鋼之熱處理	277
第十八章	焊接	295
第十九章	工具製造	313

第三章	動力傳達	337
第四章	六角車床及自動車床	381
第五章	數據控制的基本原理	405
第六章	數據控制加工	427
第七章	無切屑加工	455
第八章	測量與檢查	469
	問題擇要答案	485

第一篇

鉗工

第一章

機械加工行業 簡 介

1.1 導師與書本

當你從事一種新的技藝、科門或職業時，工作的方法，特別是工作的態度，幾乎可完全決定你是否成功或失敗。機械加工的技術、應用以及知識的範圍，似乎十分廣泛，但其變化却有一定的規則。本章首先討論操作工具機（machine tool）的成功方法。

4 工具機學

一個機械師 (machinist)，必須具有廣泛經驗。例如他必須知道較其它任何行業更多的機器操作方法、各種工具，如單刃車刀 (single-point lathe cutters)、螺絲攻 (taps)、模具 (dies)、鑽頭 (drills)、鉋刀 (reamers) 及銑刀 (milling cutters) 等的使用。上述的各種工具又可區分成各種型式。有些用高速鋼 (high-speed steel) 製造，有些用碳化物 (carbides) 製造；此外，各種材料的切削方法亦各不同。而加工的材料可能為軟鋼 (soft steel)、機械鋼 (machinery steel)、工具鋼 (tool steel)、鑄鐵 (cast iron)、不銹鋼 (stainless steel)、黃銅 (brass)、鋁 (aluminum)、塑膠 (plastic)、橡膠 (rubber)、或任何其它常見或不常見的材料。而各種材料，均有其特殊的加工方法。上述有關的一切知識，均可說是一個機械師所必須了解的。

本書對於上述有關的知識均將加以討論。某些內容，讀者在閱讀本書後，若能再經導師指導從實際操作，即可從事機械加工的行業。當然本書所討論的僅為機械加工主要部份的一部分，而且可能與有實際經驗者的操作方法有些出入。事實上，某些由經驗得來的知識，無法用文字語言來表達，必須由學習者自己親身經歷體會而得。

1.2 機械加工行業

機械工場 (machine shop) 的主要任務，係將材料的不用部份用工具機 (machine tools) 予以切除，以造成機件 (parts) 所需的形狀。因此，一個熟練的機工必須具備下列三種能力：

1. 該行業所需的手工技藝 (manual skill)。
2. 對該行業所需的技藝可迅速而確實地執行。
3. 具有此行業所需的知識及熟練。

在機械工場內操作的一種特質而未被人注意者。乃為從事此項工作的從業人員，所需的資料遠較其他行業為多。當其着手工作之前，所要求的範圍需先向操作者的手腦給以指示。現下對從事數據控制車床 (numerically controlled lathe) 的工作人員，將指示的資料，先在紙帶上打孔列出，在操作進行時，能隨時直覺的得到這些資料以達成其任務。這些資料的運用將在數據控制章內詳為說明。

第二項要求，對機工行業所需的技術，能既迅速而又確實執行。關於此點，例如許多車床的操縱動作，均可極易學會，但却唯有經驗的機械人員，才能迅速而確實地進行這些操作。

許多機械工廠的從業人員及其它行業而需具備機械工廠知識的人員為數極多。各種行業中，通常區分成為非熟練性 (unskilled)、半熟練性 (semi-skilled)、熟練性 (skilled) 以及專業性 (professional) 等三種技術工作。但此種區分實際上並無太大意義。因為真正有非熟練性之工作嗎？可能未必。

所謂非熟練性工作，實際上應該是指該項工作的從業人員，可能在短短數天內，即可習得該項工作所需具備的熟練程度而言。在各種機械工廠的職位分類中，並無此類工作。

當然，機械工廠中有甚多半熟練性工作。例如機器操作員 (machine operator)。但實際上，機器操作員仍不屬於真正半熟練人員，而僅因為其工作及責任，限於單純一部機器的操作。例如從事鑽床或自動車床的操作，以有別於通才機械師 (all-around mechanist) 而已。

6 工具機學

所謂通才機械師係指對大多數的工具機均能組立及操作的通才人員。他可從事生產零件 (parts) 工作，或機械工廠內各式各樣工作，為更新及維護各種設備的工廠管事 (millwright)。

裝配員 (set-up man)，係指工具機 (例如自動車床) 的組合裝配人員。負有對其第一件產品核認合格，然後交由機器操作員 (machine operator) 操作的職務。

工具製造師 (tool maker) 或模具製造師 (die maker)，其工作的內容需較機械技師更具精密要求。乃屬於通才機械師具最佳手藝者。工具及模具的製造師並不從事生產零件工作，僅從事工具、模具與夾具 (fixture) 的製造，以供生產零件之用。通常，經他們所製造的工具模具等交由半熟練工或婦女操作。

繪圖員 (draftsmen) 及機械設計員 (machine designers)；雖然並不直接操作工具機。但對所有機工廠內的操作情形均需十分熟悉，以免設計出無法加工，與不切實際的工作件。

機械工程師 (mechanical engineers)、機械技師 (mechanical technologists)、工業工程師 (industrial engineer) 以及其它工程師，其情形與繪圖員及設計員相似，亦須對機械操作具有廣泛的知識。因為零件的組合方式可局部決定如何着手設計。因此機械師的知識，亦屬於廣泛的工程科學 (engineering science) 中的一環。

由數據控制機器加工法 (numerically controlled machining) 的發展，因而產生了兩種新的工作人員分類，即數據控制程式設計員 (numerical control programmer) 及數據控制機操作員 (numerical control machine operator) 兩種。

程式設計員的主要工作為設計數據控制機的操作程序，並在控制帶上，依次打孔。

雖然，要學成一個數據控制操作員必先學習各種機械基本操作慣例。但訓練一個從事數據控制的操作員並不比訓練一個機械師費事。

1.3 被遺棄的行業

對一位從業人員的一生而言，在目前環境下，每種行業的變化太大。若干行業行將被人棄或消滅。生產製造的自動化，如採用數據控制，雖不致減少工作的數量，但會改變工作的型態與特質。如是機械加工的長程預測，又

將如何變化呢？

機械加工的行業，在本世紀的七十年發展途中，其重大困擾發生在早期發展的自動車床與其他自動機械的操作方法，而大量減少工匠的數量。但這些已是歷史陳跡。最近的革新，是將機械操作，採用打孔帶來控制。但這種操作方法，並不會減少機械加工的工作，因為這將展開機械操作的範圍。數據控制法雖可減少機械師的熟練要求，但加重機械師的知識要求。

機械師不必顧慮因技術上的改變而感受到威脅，但必需趕上時代，才能保有資歷與地位。務必隨時閱讀新書參加各種新技術講習會，學習吸收新的技術與新創的材料。須知，當自認為滿意之日，即為落伍開始之時，可不戒之。此項工作人員，亦需具備機械工作操作法（machining operations）的全部知識，因其需要設計機件加工的程序。此外，尚需具有幾何、三角、以及處理計算的知識。又程序設計員亦需具備某些有關機械加工工作的特殊使用的電腦語言（computer language）例如 AUTOS、POT 或 APT 等。

數據控制的工具機的操作員，所需的操作技術較少，但仍需具有加工的知識與經驗，以及對數據控制程式的了解。

1.4 學習與發問

稱為學習員生，你的地位常不十分受人重視。經常可能不了解各種說明，可能會發生錯誤，也可能造成若干困擾。

你必須謹記，當學習任何一件事情，均會感到困難。但一經學會却感到極為容易。因此，當你初次接觸某項工作時，如有某些不了解，可不必感到苦惱。遇到此種情形，可以發問！甚至發問極愚蠢的問題亦不妨。當然，對於你所不必知道的問題，應儘可能不發問。

每個人在學習時，大體上，應儘量學習對其有益的部份。但切勿過於武斷何者為有用，何者為無用。因為你所認為有用的知識，有時可能早已變成過時的知識。某些無用的知識，可能稍後變成必需的東西。例如，學習高中物

8 工具機學

理中的光學課程時，感到極端乏味，且認為對將來的事業毫不重要。後來自己接受訓練後，所設計及製造的簡單儀器，却需依據這些光學原理。於是將這些認為“無用”的原理全部再學習一遍。

對你的工作，應感到興趣與光榮！這是你個人的目標。不管做得好或壞，都須盡你的力量去做。

1.5 內務管理

內務管理 (housekeeping)，係指工場內工作所保持有條理、清潔、整齊的行為。雖然，一種雜亂的工作行為，對生產效率並無太大影響，但無論如何，仍有足夠理由，必須使工場保持良好的內務管理。

安全 (safety)，即為其中的一種理由。一個雜亂無章的工場，即使是件微小的事情，亦極可能造成意外。

便利工作，是第二種理由，雜亂的工場內，可能無法立即找到你所需的小工具。你可能尋找活動扳手，經過數分鐘才能尋到可能已使你的工作受到干擾。一些小型工具，例如六角扳手，甚至可能隨切屑拋棄在廢物筒中。若有良好的內務管理，則極少會發生此種可能性。

員工的光榮，是第三種理由。一個雜亂無章的工場內，你將無法精神愉快的在工作。一個清潔的廠房才能舒適的工作，參觀人亦感到爽心悅目。

養成良好的內務管理習慣甚為簡單。例如，利用極短時間內收拾工具，掃除腳邊切削、洗清螺絲、將工具加油等工作。你必定化些時間從事這些零星工作，如此，才能使你的工作簡單容易，不受困擾。

1.6 安裝的剛性

初學機械操作者，幾乎都無法使工具、工作件的安裝，獲得所需的剛性 (rigidity)。例如鑽頭 (drill bits)、頂心 (centers)、刀具 (cutters)

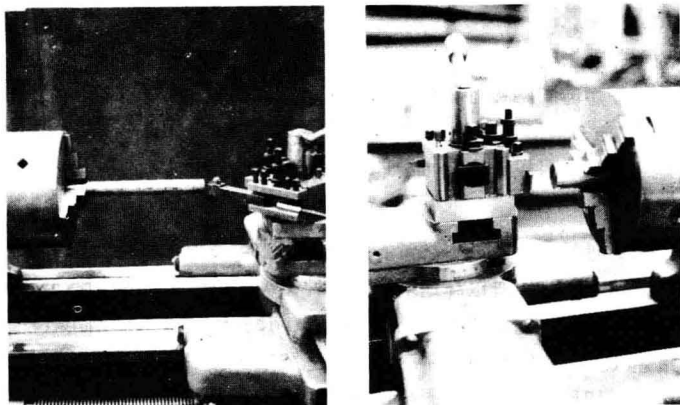


圖 1-1

(a)初學者在安裝工作件時常易發生的錯誤。加工圓桿的伸出長度儘可能短，尾端必需用頂心支持。同理，刀具的伸出長度亦需儘可能短。

(b)較佳的安裝方式，應將工作件及刀具的伸出長度儘可能短。又兩圖中所用的刀具柱均為重型。輕型刀具柱經常會產生困擾。

、刀把 (tootholders) 及其它機件，在安裝時通常均須使其伸出長度減至最少。刀具的伸出兩倍長度時，其撓曲程度，即可增至八倍。

由於剛性的不足，將引起極多的不良影響。例如，造成刀具的震顫，使刀具或工作物受到損傷或精度不良等結果。

使用粗大的刀具，可以增加剛性。如有選擇餘地，儘可能選擇其中粗大的。特別是鏜孔刀具 (boring bars) 更為重要。加工時，必須先考慮剛性。本書以後，將作進一步討論此類問題。

1.7 安全

不論從事何種機械工作，首先必須考慮安全與意外的預防。雖然，安全的規則，必須在實地中學習，並養成習慣。但書籍中，仍能提供你一些極為有用的安全事項。

機工操作首先考慮的安全問題計有兩種：

1. 主軸 (spindle)、夾頭 (chuck) 或工具 (tool) 等，均由馬達供給極大的扭矩 (torque) 或動力 (horsepower) 來轉動。
2. 高速切削產生的切屑 (chip)，具有高熱並極銳利。

10 工具機學

迴轉的主軸或鑽頭，常將操作者的衣衫、領帶、飾品、或長頭髮捲入，將使操作者在極短時間內被捲入機器。因此，危險的飾品或寬大的衣着必須脫下並加注意。衣袖必須捲起，並將長頭髮紮起或剪短。此外，若你的工場內務管理雜亂無章，粗鬆的切屑堆積四週，最後被機器捲起，而造成危險情況。

切屑，通常均係十分銳利，且帶有高熱。粗重切屑所產生的高熱甚至可將衣服燒成破孔。又因切屑以高速飛離工作件 (workpiece)，故切屑可說成與飛動的刀片相似。一個用碳化鋼力具 (carbide cutter) 切削工作件，其切屑速度達 1000 呎/分鐘極為平常。此項速度相當於每小時 15哩。可知其所具之危險性。切屑，常易造成眼睛的意外損傷。因此工作時必須配以適當的護目鏡或面具。研磨 (grinding) 產生的碎屑，由於其體積微小及磨損性 (abrasiveness) 而更具危險。

經常以為似乎不可能發生的意外，但最後却發生了。例如，沒有一個人會愚笨到將夾頭扳手插在夾頭中而開動車床。但事實上卻發生極多此種情形。當時，操作者想到將扳手取下，但可能正好有人與他談話，使他的注意力分散；最後，當車床啟動時，扳手飛出造成傷害。因此分心 (distraction) 常為造成意外的主要原因。

壓縮空氣 (compressed air)，亦係極端危險之物。例如利用壓縮空氣吹除積在機械上的切屑，常易造成眼睛的傷害。因高壓空氣可將切屑吹至相當遠的距離。甚至可使使用壓縮空氣者本身亦能造成極大的意外。

當你準備操作一部機器之前，必須對機器作最後一次檢查。不錯，你已將刀具夾緊，但在你工作前仍將其檢查一遍，再重複一次。在你未將全部情況檢查之前，切勿啟動任何機器。例如刀具、刀把、頂心、工作物以及夾頭等等。此外，腳邊的情況亦須注意安全。對於地板上的油脂必須清除，並將切屑預先掃除。這些，均可能對你造成危險。

安全，與良好的內務管理相同，均屬於心理及習慣上的態度。防止意外最佳的方法，就是隨時假想這些意外均可能會發生。

1.8 錯誤

通常，初學者可能在工作上較無把握，但所有的人，均可能會發生錯誤。例如，當你必須鋸取一段9吋長的材料時，你若認為決不致愚笨至將材料鋸成8吋長，那麼你就錯了。此種情形不論有經驗或無經驗均可能會發生。俗語說，“量兩次的，只切一次”。切勿只量一次，而需切兩次。

量時，最好經常分作兩次量。若作精密測量時，甚至作三次、四次的量。因為，你亦具有一切人們的弱點，故你也會經常發生錯誤的。對於各種錯誤的防止，與防止意外的方法相同；明瞭任何發生錯誤的可能性，不要太信任自己，並經常作核對工作。

最容易造成錯誤的情形為數字計算。然後造成整個結果的錯誤。因此，絕對不要太信任自己及任何人的計算。

例如：計算切削深度有極多的公式可資應用。即使你所計算是正確的，但實際上未必能完全適合加工時的需要，必須作最後的調整。數學確是有用的，但對你所提供的可靠性却不是無限的。

1.9 數學

無論學習何種機械加工的課程，均可能包括數學課程。於是某些學習者，便會產生一個疑問：對需熟練技術的行業來說，數學的功用到底是什麼？關於這一問題，你只要學習到本書後面的銑切操作進階（advanced milling operation）或數據控制時，即可知道。缺乏數學基礎，將如何影響你的學習和將來的職業。一個機械工作人員，其從事的工作如屬於“精密性”（precision）的，此處所指的“精密”工作即牽涉到數學。切記，技術發展的歷史，其趨勢是由體力進入腦力的發揮。在過去數十年來，數學應用在機械的操作上可說與日俱增。

當然，不必嘗試記憶太多的資料。因如此反而可能造成記憶上的混淆與嚴