

475004

無 心 磨

上 冊

工具機手冊 第十五冊

金屬工業發展中心 編譯

無

心

磨

上 冊

工具機手冊 第十五冊

繆 品 高 譯



中華民國六十八年十二月出版

工具機手冊之(十五)

無 心 磨

上 冊

(全三冊)

編譯者：金屬工業發展中心

發行者：經濟部國際貿易局

印刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

序

各種精密磨製之廣泛運用促使機械製造工作進入互換性生產（Interchangeable manufacture），這句話並沒有誇大。無心磨（centerless grinding）係各種磨製法中之一種，發展較晚，然進展甚速，目前在利用各種砂輪（Abrasive wheel）磨光方法中已佔有重要地位。早期無心磨之運用僅限於較短之圓柱形之磨製，而今已發展到磨製有肩部零件（Shouldered part），多直徑零件（Multi-diameter part），成型零件（Formed part）、管狀製品及長桿，甚至完全不對稱及不平衡之製品。本冊所述包括各種原理、方法、用途及優點。另外講到各種主要型式之無心磨床，特別着重於結構型式。有一章專論及短圓柱件（Short cylindrical part）之磨製，并舉例說明製造精度與生產速度。至於無心磨之其他使用知識，如磨製長桿及不平衡件、同心磨（Concentric grinding）、進給磨（In-feed grinding）及多外徑磨、成型磨、餵料器送料（Magazing feed）及內圓無心磨（Internal centreless grinding）等，讀者可參閱機械類黃皮書（Machinery's Yellow Back Series）中有關書籍。在此謹感謝為本書提供機器使用法以及說明書之公司。

無 心 磨

(上 冊)

目 錄

	頁次
第一章 原理、方法及使用	1
第一節 磨輪與控制輪之速率	4
第二節 無心磨操作方法	4
2.1 通過進給法	5
2.2 定位進給法	6
2.3 末端進給法	7
第三節 無心磨之適用範圍	7
第四節 無心磨之優點	8
第五節 用無心磨用於小批生產	8
第二章 無心磨床	11
第一節 固定磨輪頭式無心磨床	11
第二節 固定控制輪頭式無心磨	13
第三節 磨輪之驅動與安裝配置	16
第四節 控制輪之驅動與安裝配置	18
第五節 磨輪與控制輪之整形裝置	20
第六節 工作物扶架	25
第七節 工作物支托板	29
第八節 特殊附件	30
第九節 裝往復式台面之無心磨	32
第十節 無心研磨機	34
第三章 短圓形工作物磨製法	37
第一節 頂板使用法	37

第二節	導板安裝位置之重要性.....	38
第三節	活塞銷磨製法.....	39
第四節	代表性短圓柱形零件之生產數據.....	41
第五節	活塞磨製法.....	41
第六節	雙重輪磨製法.....	42
第七節	盤狀物磨製法.....	43
第八節	通過進給法磨製小斜度錐形工作物.....	46
英中文名辭對照.....		48

無心磨（中冊）參考目錄

第一章 中等長度及長圓棒之磨製

- 第一節 原始直度之重要性
- 第二節 磨小圓棒時兩輪與工作物之關係位置
- 第三節 工作物滾子支架
- 第四節 大直徑圓棒之進給方法
- 第五節 被動滾子扶架之用途
- 第六節 非金屬棒之磨製
- 第七節 磨製圓棒之大量生產佈置
- 第八節 用大輪磨圓棒之重要性
- 第九節 生產速率與可獲致之精度
- 第十節 聯合使用末端與定位進給法磨製長推拔

第二章 普通定位進給與多直徑工作物之磨製

- 第一節 汽車剎車蹄之磨製
- 第二節 多直徑工作物之磨製
- 第三節 聯合使用定位與通過進給磨法
- 第四節 橢圓形磨法
- 第五節 以定位進給法磨製圓柱形工作物

第三章 用輪外支架磨製

第四章 餵料器與漏斗進料之運用

- 第一節 自動定位進給磨製
- 第二節 漏斗進料
- 第三節 無心磨床上所用自動餵料器送料附件

無心磨（下冊）參考目錄

第一章 同心磨

- 第一節 小軸及電樞總成之磨

第二章 成型磨

- 第一節 自行車輪殼之磨製
- 第二節 球形面之磨製

第三章 不平衡工作物之磨製

- 第一節 利用彈簧夾磨製不平衡之輕工作物
- 第二節 磨轉向臂之特殊工作物壓緊夾具

第四章 內圓無心磨

- 第一節 赫爾特內圓無心磨
- 第二節 工作物之裝填與卸下裝置
- 第三節 自動磨製循環
- 第四節 工作物自動量測裝置
- 第五節 生產率與精度

第五章 無心磨之磨輪與控制輪

- 第一節 磨料
- 第二節 顆粒大小（粒度）
- 第三節 磨輪等級
- 第四節 磨輪結構
- 第五節 磨輪結合
- 第六節 控制輪

第六章 無心磨製工件高度之影響

- 第一節 磨輪與控制輪整形時金鋼石之位置
- 第二節 托板高度
- 第三節 公式簡化與圖解法
- 第四節 範例

無 心 磨

(上 冊)

第 一 章

原理、方法及使用

無心磨這個名詞是敘說一種精加工之方法，目前已被廣泛運用於圓柱形工作物外形之精加工，且對某些橢圓形及非圓形工作物亦可採用此方法磨製。顧名思義，這種加工方法當磨製時，並非用頂針頂於工作物兩端之中心而定位，而是利其用他方法控制，容後詳述。雖然無心磨在金屬加工技術中發展較晚，但已被廣泛的使用且有快速的進展，足證其具有極多的優點。

一台無心磨床 (Centreless grinding machine) 包括磨輪 (Grinding wheel)、控制輪 (Control wheel) 及工作物扶架 (Work rest) 三個主要部份，其相互間之安排位置如第一圖所示。磨輪之功能磨掉工作物上需要除去之表面且產生所要之光製程度。控制輪通常亦由磨料 (Abrasive material) 製成，其作用為控制工作物之轉速。由第一圖中可以看出磨輪與控制輪均使工作物作同方向轉動，在實用上均假定工作物之表面速度與轉速較慢之控制輪之表面速度相等。工作物扶架位於磨輪與控制輪之間，專供磨製時托住工作物之用。無心磨床已經發展到使工作物通過兩個環形或碟形輪之相對面，且可將輪軸裝置成與工作物成直角位置；然而通常磨輪，控制輪與工作物之配置位置則如第一圖所示，三者之軸心近乎平行的狀態，亦即本冊所述有關無心磨各節時兩輪軸之配置情形。

在普通頂針之外圓磨 (Plain-type centre grinder) 上磨成圓柱狀之原理很明顯，工作物兩端頂針孔間之連線形成工作物旋轉之中心線，磨製工作即以該中心線為準，若兩頂針孔間沒有扭曲或鬆移的情形，即能磨成一正確之圓柱形。

在無心磨床上工作物以其本身之外圓為基準而轉動，亦即以被磨削之外徑定位，如此以本身產生之軸線轉動，軸線之長度延伸至工作

物磨面之全長，并不受工作物兩端約 $\frac{1}{8}$ 吋深之頂針孔之限制。

以被磨削工作物表面定位，初看起來，對真圓度難以控制，然在繼續磨製中，由於磨輪與控制輪間距離之控制，而使工作物外周產生一個均勻的接觸面，最後則磨成一個正確之圓柱體。

恰當地運用無心磨，一定能得到理論上正確的造圓動作（Rounding-up action），如圖1、圖2及圖3所示。

根據圖1所示，分析最簡單之基本範例：圖示之安裝情形為工作物由一平頂工作物扶架（flat-topped workrest）托住，其中心與兩輪之中心等高，磨製時工作物依本身之中心轉動。

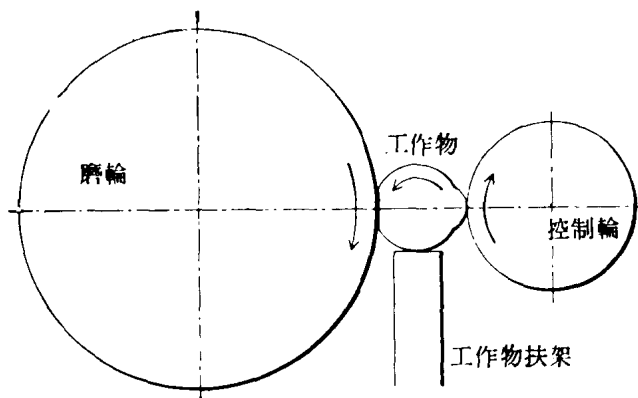


圖1 以平頂工作物扶架托住工作物，使工作物、磨輪與控制輪三者之中心在一直線上之情形。

當工作物表面之突出部份轉至與控制輪面接觸時，控制輪給予工作物之推力增加，工作物突出部份對磨輪上之壓力亦有增加，這種情況雖可磨成一均勻且定一直徑的工作物，然并非完全的圓柱形。（即圓筒度不佳）

顯然的如工作物中心與兩輪中心等高，可以磨成較小之直徑，若兩輪中心不變而升高工作物中心，可以磨成較大之直徑。

第二個例如圖2所示，仍採用平頂工作物扶架，工作物中心高於

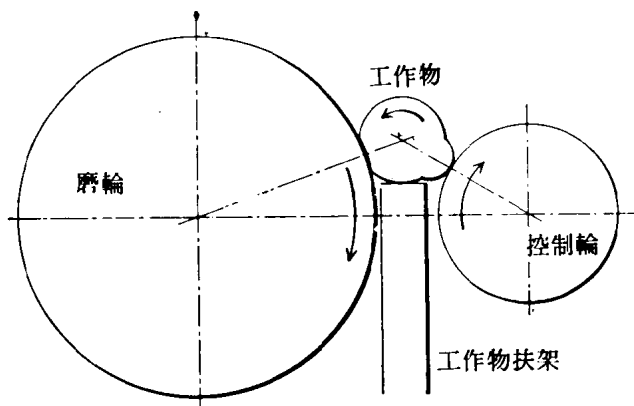


圖2 升高工作物中心所形成之結果。

磨輪與控制輪中心，在此情況下，工作物表面之突出部份轉至與控制輪相接觸時，工作物受控制輪之阻擋而在對應位置產生對磨輪之壓力，而使該部份磨成凹形；所謂對應位置，並非對同一直徑之對稱位置而言。當突出部份轉至與工作物扶架相接觸時，使工作物之中心升高，因此產生較大直徑，僅能磨掉突出部份之頂端。工作物逐次轉動，突出部逐次磨小。在磨製過程中，突出部與凹下部並非在同直徑上相互對稱，而其尺寸則逐次減小而達相互消失，最後則磨成一件理論上真實的圓柱形。

在實用上，已發現利用頂端成斜面之工作物扶架則更為有利，如圖3所示，工作物之突出部與凹下部對工作物所產生之中心升高或降低作用，不僅發生於突出部及凹下部與工作物扶架相接觸時，且與控制輪相接觸時亦產生中心升降現象，此乃由於工作物座落於頂端成斜面之工作物扶架與控制輪所構成之V形面內所致。如此可以得到雙重及快速的修正作用。由此更可顯示採用此形式之扶架，工作物一部份重量可由控制輪承受，並且可以增加控制輪與工作物間之壓力及轉動效果。

乍看起來這種磨圓方法似乎很慢，事實上却很快，因為當磨外形很不圓之工作物時，開始時所接觸到之需磨掉部份，僅為表面各突出

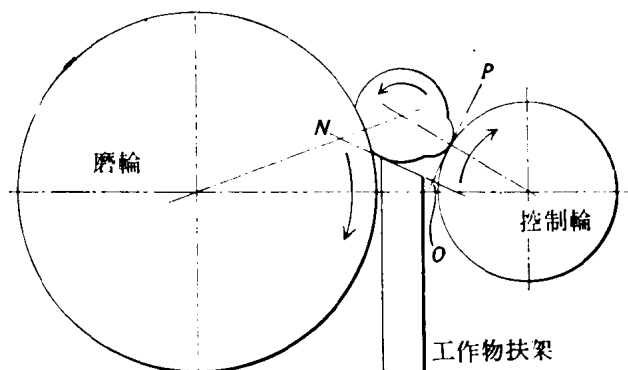


圖 3 利用工作物扶架頂面之斜度而得到較佳之磨製功能。

部份故只需用輕切削即可完成，並且可以磨成可能範圍內最大之真圓柱體。

較高之角速度（Angular velocity）係由控制輪之大小與速率所控制，較高之磨製位置雖可加快磨圓動作，然而需根據磨輪及控制輪之大小及成份、工作物重量與工作物扶架頂面之角度等因素而定。

第一節 磨輪與控制輪之速率

無心磨採用所謂負工作物速率（Negative work speed），換言之即磨輪與工作物之轉動方向恰相反。在可調整之控制輪速率範圍內，磨輪之標準速率大約在每分鐘5,000至6,000呎之間。正常用周邊速率（Peripheral speed）範圍約在每分鐘50至200呎之間。通常根據所需表面光製程度、磨削量及工作物直徑等因素而定。如工作物直徑較大，則增加與磨輪之接觸面，因此應降低速率。通常粗磨時控制輪速率較高，因此有提高工作物角速度而加快磨圓功能。欲獲得較高度的表面光製，應降低最後一道磨製時之轉速。

第二節 無心磨操作方法

利用無心磨床操作之方法，主要有通過進給法（Through-feed

method)、定位進給法 (In-feed method) 及末端進給法 (End-feed method) 三種，需根據工作物之性質而決定選用何種方法。

2.1 通過進給法

顧名思義通過進給法是將工作物通過磨輪與控制輪之間，工作物縱向移動與磨輪軸平行，此情形與一般外圓磨床上頂工作物之台面運動相同。因工作物之全長需完全通過磨輪面與控制輪面之間，顯而易見只有磨製直的圓柱形工作物時才能用此法。

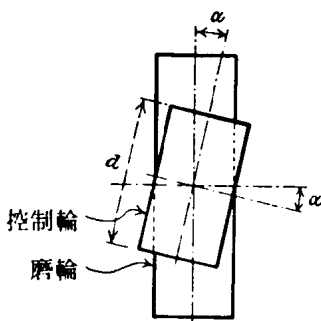


圖 4 通過進給法磨製時磨輪與控制輪之配置。

採用通過進給法時，控制輪之軸與水平向構成一適當角度，如圖 4 所示，因此可使工作物沿磨輪面作軸向移動。通常製造無心磨床時控制輪軸調整角度之範圍最大可到10度。除控制輪之角度外，其周邊速率對工作物之移動亦有影響。理論上之進給率 (Feed rate) F 吋/分，可由下列公式計算：

$$F = d \pi N \sin \alpha。$$

式中 d = 控制輪直徑，單位為吋。

N = 控制輪轉速，單位為每分鐘轉數。

α = 控制輪傾斜角度。

上列公式係假定工作物與控制輪間沒有滑動現象。事實上通常所發生之誤差很少超過 2%。

採用這種磨製方法時，調整兩輪作用面間之距離與工作物托板 (

Work blade) 之高度即可決定磨成成品之直徑。在磨製過程中除定時調整以補償磨輪之磨耗外，兩輪中心距應保持不變，如此才能將整批工作物磨成規定之尺寸。

2.2 定位進給法

採用定位進給法磨製工作物時，需變動磨輪與控制輪間之中心距，當工作物放進磨輪與控制輪間之前，磨輪或控制輪應退出一適當距離以便工作物進入兩輪之間。工作物軸向位置則賴末端碰頭 (end stop) 定位。待工作物位於正確位置後，磨輪與控制輪間之距離可逐漸減小，使兩輪之作用面與工作物相接觸而產生磨製功能，且將工作物磨成所要求之尺寸。至於磨輪或控制輪如何移動而變更兩輪間之距離，則依據該機器本身機構之設計而定。這種磨製方法與一般頂針式磨床中之直進切磨 (Plunge cut grinding) 或成型研磨 (Form grinding) 相似，可以磨製有肩、有頭、或大直徑端需磨而小直徑端不需磨之工作物。顯而易見這種磨製方法可採用成型磨輪或階梯式磨輪，甚至以兩個或數個不同直徑之磨輪合裝於同一根心軸上使用，同時將一工作物上磨成所需之各種不同直徑，亦能磨製圓錐形或其他不規則圓柱形。由於工作物在磨輪上之進給方向與工作物軸向成直角，因此工作物上任何被磨削部份之長度可由磨輪面之寬度控制。

正常情況下工作物與兩輪間沒有相互軸向運動，因此控制輪軸與磨輪軸近乎平行狀態，僅有一極小角度，約 $\frac{1}{2}$ 至1度之間，以便使工作物經常與末端碰頭相接觸。當採用定位進給法磨製圓柱體時，有時使磨輪軸作極微小之震動，如此可形成工作物與磨輪之接觸面間產生軸向運動，而使工作物表面有更高的光製。然而工作物與扶架或控制輪間並無相對的軸向運動。工作物之被夾緊與進給均賴控制輪操縱，且使工作物經常與末端碰頭相接觸。磨輪震動之幅度通常為 $\frac{1}{16}$ 吋，其他情形與正常定位進給法磨製時相同。在第二章圖11中可以看到邱吉爾磨床 (Churchill machine) 上磨輪軸端之震動裝置 (Oscillating attachment)。

如遇到工作物長度超過兩輪寬度，且僅需磨兩端之一小段時，可採用定位進給法之變通辦法磨製，此法通常稱為輪外支撐法 (Out

board support method)，工作物之一端仍由兩輪間之托片托住，另一端則架在機器上附設機構之滑輪上。

2.3 末端進給法

末端進給法主要用於磨製錐形工作物，磨輪、控制輪及工作物扶架托片相互間按一固定關係裝置，大體上與通過進給法裝置相類似。由靠近操作人員一端，將工作物推入磨輪與控制輪間至固定之末端碰頭為止，磨輪控制輪，或兩者須經車削成為所需之錐形。

在無心磨床上除上列主要標題所述之操作法外，其他各細節將在以後各章節中分別論及。有些工作物可藉合併定位與通過進給兩種方法磨製。

第三節 無心磨之適用範圍

原始無心磨之發展，其適用範圍僅限於利用通過進給法磨製較短之圓柱形工作物；其後經快速發展，廣為採用，而今已成為多用途工具機之一。如運用適當的支撐桿及導管可以磨製20呎長以上之工作物，就圓柱體外徑而言，從醫療器材中直徑0.015吋、長約2吋之注射針而至工業製品中直徑4吋、長約20呎、重達860磅之實心料均能磨製。

至於定位進給法，在運用範圍上亦有很大發展，從階梯形、曲線形、圓錐形而至球狀形等，只要都在無心磨床能量內，均可利用定位進給法磨成。甚至不必考慮工作物之不需磨光部份是否與轉動軸線相對稱，換言之，一件待磨工作物只需磨全長之一部份，其不需磨光部份，即使與軸線不對稱，在無心磨床上亦可將需要磨製部份磨到需求的程度。有許多不平衡工作物如避震器臂(Shock-absorber arm)、汽車短軸(Motor car stub axle)、及高爾夫球桿頭(Golf club head)等，只要利用適當的附屬裝置，均能利用無心磨床磨製。

很明顯的在無心磨床上將一件工作物同時磨成兩種甚至多種不同同一中心線之外徑，亦是確實可行的。但要將一件已磨成了一段外徑之工作物再利用無心磨去磨另外一部份，且要使其與早已磨成部份同心，這是不可能的。目前已發展到內圓無心磨，可以將工作物之內孔磨到與已加工完成之外圓同心；雖然，它與外圓無心磨仍有很多不

同處，這種機器亦列入無心磨項目中，關於其設計及使用等另行討論之。

由於利用輪外支架之輔助，很多較笨重且不易控制之製品，如離合器撥叉 (Clutch release fork) 及汽車後軸殼 (Motor car rear axle housing) 等均能磨製。除了各種形狀之鋼鐵金屬件外，其他各種材料之工作物亦能利用無心磨床磨製；即使是合金及非金屬品如纖維類、玻璃、橡皮、硝化纖維合成物 (Pyroxiline)、賽璐珞 (celluloid) 及炭等材質之製品。根據最近發展，無心磨工作範圍不僅限於圓截面製品，只要利用特殊形狀之調整輪 (Regulating wheel) 作為靠模 (Master cam)，且使工作物與調整輪同步運轉，即能將工作物磨成橢圓或其他非圓截面形狀。例如將活塞 (Piston) 上活塞銷 (Gudgeon pin) 孔四週磨成離隙 (Relief) 即為一例。

第四節 無心磨之優點

無心磨之優點綜合如下：

- (1) 通過進給法可以連續不斷進料磨製，定位進給法之空車時間僅佔總操作時間中一小部份，因此利用無心磨可以達到節省時間之目的。
- (2) 磨製過程中被磨部份完全有依托，不致產生彎曲現象而形成不均勻之重磨削 (Heavy cut)。
- (3) 磨製時沒有軸向推力 (Axial thrust) 加於工作物，因此能以較高速率磨製材質較脆及較易變形之工作物而達到高產量。
- (4) 由於磨製時呈浮懸狀，無需考慮頂針孔之誤差因素，因此可以減少放磨量 (Grinding allowance) 而增加磨輪使用壽命。
- (5) 由於磨製尺寸係測量直徑而不是半徑，因此對安裝工作物與調整磨輪的磨耗補償 (Compensate for wheel wear) 時可能發生之誤差將減半。因磨輪磨耗而引起之誤差亦可降低。
- (6) 技藝不高的工作者亦能操作無心磨床。