

細輪磨與研磨

工具機手冊 第二十五冊

金屬工業發展中心 編譯

3073
18

磨 研 與 磨 輪 細

工具機手冊 第二十五冊

張 永 爵 譯

版 權 所 有
不 准 翻 印

中華民國六十九年五月出版

工 具 機 手 冊 之 (二十五)

細 輪 磨 與 研 磨

編 譯 者 金 屬 工 業 發 展 中 心
發 行 者 經 濟 部 國 際 貿 易 局
印 刷 富 進 印 書 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！

細輪磨與研磨

目 錄

	頁次
第一章：表面品質之定義·····	1
第二章：影響磨床操作之因素·····	7
第三章：正確的磨輪之選擇·····	13
第四章：如何由磨輪獲得最佳的效果·····	18
第五章：磨輪修整工具的選擇·····	22
第六章：磨輪修整的方法·····	27
第七章：磨輪的整形操作·····	34
第八章：磨輪的平衡·····	42
第九章：輪磨與冷却劑·····	47
第十章：研磨理論·····	54
第十一章：機器研磨·····	59
第十二章：工具室的研磨操作·····	62
第十三章：內外圓筒輪磨面的生產研磨·····	65
第十四章：應用於生產齒輪與蝸桿之研磨操作·····	69

細輪磨與研磨

第一章 表面品質定義

除開軸承面間爲着減少磨擦之外，尚有諸多其他理由，機件的表面且也應精細加工。因爲粗糙的軸承面，在早期的操作中會磨損的很利害，以致產生尺寸變化，所以最好能適時加以調整。如果機器需在嚴格條件下使用或使用中不允許發生破損，（例如飛機引擎與許多其他機構）必須要有足夠的試車時間，允使過於粗糙的軸承面磨耗到金屬實體；然後卸開機器，重新調整和重新組合。試車頗爲費時與花費，但亦有快速與不花費的方法就是細輪磨跟着施行研磨、拋光、或搪磨等加工。

現在機器軸承面，普遍施行細磨，使表面光滑而不再需要試車期間。這個對於快速生產完整而可靠的裝置是很重要的。

極光滑細微的表面，也是空氣或液體密封所需要的表面。例如飛機降落機構的吸震器與鎗砲後座裝置。

有些非軸承面，甚至需比軸承面更光滑。例如飛機零件之一的連桿，因其承受重的反覆應力，即使是一微細的輪磨刮痕，也不能允許其存留；因爲它是表面裂痕及破裂的核心而使零件使用時受到損壞。所以像這類零件在很仔細的輪磨後，時常還需長時間非常小心的拋光，以消除所有輪磨痕跡。

1.1 什麼是好的表面品質？

雖然最近幾年大家均研習表面的特性，但仍然有很多人相信表面的外觀即爲表面品質（所以可常看到如「鏡面」與「反射面」等字語使用於說明細緻的表面品質）。

事實上，高度光澤並不表示好的表面所必需的品質。當一表面能反映細緻印像，看起來像是好但實際是很壞的；所以一個無光澤細緻的表面可能是最高級的表面。談到輪磨的光澤的表面，很多情況均爲由鈍的磨輪擦光所造成的表面。這種已變鈍的磨輪使金屬高峰彎下而

部份填補谷底，使其產生有高反射能力的淺薄的表面，這個表面在使用時，當然由於淺薄的材料剝脫而顯出粗糙面。這就何以一個光飾的表面反而是一較差的表面。以上說明了「表面品質」與「光飾表面」不同的地方。

對較差的表面，光飾如「鏡面」表面的加工方法，可使用碳化矽磨輪。其尖銳結晶可留下深而狹窄的粒痕，因其可反射光而使造成的表面看起來有光澤。與此相反，氧化鋁磨輪會留下淺而寬的痕跡，為一無光澤外觀較鈍，但有較好的表面品質。

1.2 如何來決定表面品質？

現在已不需要使用外觀與感覺來判別表面的好壞，也不需要具有彈性與不正確的稱謂，例如「普通」、「比普通好」、「鏡面」或「超鏡面」等稱呼，由於這些稱謂的判別會因人而異。美國標準協會（ASA）委員會，係由美國機械工程師學會與汽車工程師學會負責推薦使用「平方根」（r.m.s.）方法來判別表面粗度；這個使用儀器量測表面方法，使工業界對於表面下了一個定義，但能以圖樣的規定或電話來傳遞表面的情況。

使用儀器可直接讀出微吋（ μ in）的r.m.s.值。其他情形也有使用繪出輪廓曲線，以示其表面山谷起伏情況者。這種曲線可直接使用於判別表面或使用於計算表面的平方根值。

兩種方法均有其擁護者。主張以 r.m.s.測量者認為高峰至谷間的平均距離列為重點。另一主張者認為重點應為實際上的誤差。事實上 r.m.s. 值，普通僅為谷底至峰頂的最大距離的 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{3}$ （這樣使粗度像是比本值小）。在某些情況，二個完全不同性質的表面也可能有同樣的 r.m.s.值，因此乃遭某一些人反對。一個可能由緊接的小峰與淺谷的組合，這些在作用時，峰被磨倒，其結果尺寸有了顯著的變化。另一個可能有寬的高原而由異乎尋常的深谷間隔着。因大的高原，單位軸承壓力很低，所以在作用時，僅有少許的磨耗。

當精確量測儀器在工廠裡被經常的當為檢查工具使用時，其最普通的方法且為許多作精密工作的大工廠所採用者，係使用眼睛與使用指甲橫劃過表面來判別表面光製的程度。這些感覺與判別者手頭上所

有的參考標準片的結合判斷，則每一種型式的機械加工，均可由如此與已知微吋的 r.m.s. 值表面粗度標準片外觀與感覺相對照，不但可使其檢查出緊的限度表面粗度，而且可供設計者依樣品中選擇其所要的表面型式而指定其 r.m.s. 值。

1.3 不規則表面的定義：

雖然表面品質也受如分子或原子結構、硬度、結晶型式，與其他相類似因素所影響，但本手冊僅考慮少數幾個因素，其程度多少可由磨床操作人員控制。這些因素可指定如后：

表面裂隙：發生於表面上某一點或表面上任一間隔的某一點的這種因素，任何種類的不規則表面。表面裂隙可能是刮痕、隆起、孔、尖峰、疤、裂痕等不規則形狀。

表面波狀：表面上有規律的或隨意不規則的波浪形缺點的表面。光滑的機製表面通常這種波長在 0.04~1.0 吋間，波高通常不超過千分之幾吋。這種不規則情況，可由適當靈敏度而有約 0.125 吋直徑工件接觸球之普通針盤量規量測之。

表面粗度：屬於表面上有規則或任意的小波浪形或凸出。粗度可設想為加於正常表面或波浪形表面上。在機製光滑的表面，通常這種不規則之各高點間距離在 0.0002~0.010 吋間，而其高度比其寬度小的很多，通常在 0.000001~0.0005 吋間。因此表面尺寸的不規則雖同，經常所稱的不規則光滑的表面，在比例上則比較粗度要粗糙一些。

公稱表面為一與理想形狀表面相吻合且完全光滑的表面，例如一完全光滑的平面或圓柱表面。

1.4 如何決定為特殊目的而要求的表面品質？

現在我們知道表面品質是什麼，且知道如何去量測；然而其中有一極重要的問題而又為大家有不同意見者，就是「怎樣的表面，才算是好的？」。實際答案可能是「要一個够好的表面，過份的要求又形成了浪費」。

這裡我們發現有另一不同意見。這些很早就不能有一共同意見的部份。例如汽車引擎的軸承面與許多其他機構，一直就無法決定怎樣好的表面才是所需要的。所以設計時，一有疑問就有許多競賽獎金，

設計人員便以大於需要程度很多的設計來指定表面品質。這樣一來，由性能方面看起來當然是很安全，但在另一方面却因此而非常的花費了許多不必要的時間、努力與金錢。

這裡有一情況，因為錯誤的措辭或補白，結果比所需要的多花費了光製時間與金錢。一位飛機引擎零件採購者指定此零件需「超」光製。出售者把它當為約有 1 至 2 微吋 r.m.s. 值的表面。他因為沒有光製這種表面的設備；所以他請一研磨工程師為其計劃採購一新而特殊的機器並使用特殊磨輪，來確保其能作出 1 微吋 r.m.s. 值的表面。

但生產很慢，所以採購者開始抱怨其交貨時間過久。這個抱怨，結果發現採購者所謂的「超」光製表面，僅為一表面粗度不超過 13 微吋者，（這種表面僅使用普通輪磨即可達到）而並不是需要花錢費時及其後所應用許多加工驟步的表面。

1.5 超好的光製表面通常成本也極為高昂：

如有需要當然有可能使用極好的表面。任何使用過精密塊規者都知道要使這一塊規與另一塊滑貼在一起為如何困難之事。有滑動接觸的表面，例如床台之滑動面，如果有一非常好的表面，也可滑貼在一起。

想製作非常細緻的表面再加上粗研磨與精研磨的工廠，如果缺少相當的表面量測裝置是不正常的。例如一個工作使用六次操作才使其輪磨表面粗度由約 35 微吋 r.m.s.，減至約 2 微吋。當第一次操作完成的表面經表面測定器量得尚須以第二次操作來確保其表面粗度，如此連續失敗四次才達到所需要的表面粗度。這樣的操作方式不但不正常，且因其所增加的成本嚴重影響其產品競爭的能力。

一公司列表表示獲致各種表面粗度的費用。這個也可以說是對於加工時間的要求。如果以經硬化輪磨、研磨或拋光的表面費用為 100 時，如再細分為：一次研磨、搪磨或輪磨消除工具痕跡的費用便可算作 90；微細輪磨作為 50；光製輪磨作為 40；中等輪磨作為 20；而粗輪磨作為 5~10。這個表應用上的困難處在於如何決定選用後列四個操作方式以獲致所需的表面粗度種類。

1.6 特殊零件的商品光製：

這裡有些汽車製造廠所提供的粗度資料：

零 件	粗 度 (r.m.s.微吋)
閥桿.....	$\begin{cases} 3 \\ 1 \sim 5 \\ 13 \sim 15 \\ 21 \sim 30 \end{cases}$
汽缸孔.....	$\begin{cases} 3 \sim 7 \\ 6 \sim 10 \\ 10 \sim 12 \end{cases}$
活塞銷.....	$\begin{cases} 3 \sim 7 \\ 6 \sim 10 \\ 10 \sim 12 \end{cases}$
挺桿面.....	2
挺桿筒.....	3
曲柄銷.....	$\begin{cases} 3 \sim 4 \\ 3 \sim 8 \end{cases}$
塞規.....	$\begin{cases} 0.4 \sim 0.7 \\ 0.3 \sim 2.5 \end{cases}$
滾柱軸承面.....	$\begin{cases} 1 \sim 2 \\ 2 \sim 10 \end{cases}$
凸輪軸.....	$\begin{cases} 4 \sim 6 \\ 6 \sim 10 \\ 14 \sim 16 \end{cases}$
電樞軸.....	$\begin{cases} 2 \sim 3 \\ 2 \sim 6 \end{cases}$
活塞.....	$\begin{cases} 2 \sim 4 \\ 3 \sim 8 \\ 11 \sim 15 \\ 28 \end{cases}$
連桿.....	$\begin{cases} 1 \sim 5 \\ 11 \sim 14 \end{cases}$
連桿襯套.....	$\begin{cases} 16 \sim 20 \\ 35 \end{cases}$

下列表爲由三家飛機引擎製造廠所提供的類似資料：

零 件	粗 度 (r.m.s.微吋)
活塞銷外徑.....	$\begin{cases} 4 \\ 2 \sim 3 \end{cases}$
關節銷.....	6*
閥桿.....	6*
閥斜面.....	16
閥挺桿滾子.....	6*
曲柄銷.....	4
滾珠軸承（普通）座.....	10
活節桿襯套.....	13
活節桿銷.....	$\begin{cases} 2 \\ 3 \end{cases}$
汽缸筒.....	$\begin{cases} 3 \sim 6 \\ 9 \end{cases}$
閥導引.....	13
活塞內之活塞銷孔.....	10
凸輪突部.....	13
挺桿.....	6
配重襯套.....	4
曲柄箱軸承環.....	20

* 兩個工廠均提供相同的數據。

第二章 影響磨床操作之因素

我們在第一章已討論過影響細緻表面品質的一般因素，並討論了那一種工作需要那一種品質。本章將說明想獲得細緻表面品質，磨床操作所應注意各點。

事實上很多人不知道如何使用輪磨程序，且不知道輪磨加工後並不需要再施行光製加工程序，也可獲得極好細緻的表面品質。此因很多工廠負責人在要求作一細緻表面品質時，尚未瞭解在輪磨操作後並不需要經過緩慢和昂貴抹磨精製的程序，才能達到要求表面的品質。

2.1 輪磨加工可行的情況一則：

例如一公司平時的产品不需要極好細緻的表面品質，但偶而收到一訂單，其中有一零件需作到2微吋（r.m.s.）的光製表面。這家公司設備中，唯一的外圓磨床已陳舊且保養不善；總之，無法負起這個特殊要求。

這家工廠瞭解以其已有的設備來作所需求的2微吋 r.m.s.表面品質，必須在光製輪磨工作後再加一道研磨程序。這樣會導致生產緩慢，所以最後決定將此工作外包。

如往常一樣，對於外包表面加工的指定不是以 r.m.s.，也不以樣品，却指定了操作性質。因不知以現代化保養良好的磨床來作細緻輪磨工作，究竟能達到如何程度的表面粗度；所以該家公司工程師僅知指定該零件為研磨表面。

但外包廠家當他知道所需要的表面為2微吋 r.m.s.時，却反對此指定。他提出僅使用粗輪磨與光製輪磨好的樣品，使原廠家驚奇的是這些樣品均在需要範圍之內。因為這家外包廠家有現代化且保養好的磨床，再加其有熟練的操作人員才能僅以輪磨就獲得了這種品質的加工表面。

總而言之，事實上只要磨床維持在最好情況下，就是表面品質要求比2微吋還要好，也不需要依靠最後的研磨或拋光程序即能達成之。有可能使用粗輪磨與光製輪磨程序將塞規表面品質達到0.4至0.7微吋 r.m.s.，而直徑上尺寸準確度保持在0.0005至0.000005吋公差內，

同心度與平直度達到 0.00005吋公差或比此數值更小。當然這些並不是一般的生產加工所能做得到的。

顯然輪磨工作要想達到這種準確度的尺寸，磨床必須在最好條件下才有此可能，而且通常尚需要後章行將說明的，使用特別磨料與結合劑所製成的磨輪。但即使在大批量生產下，零件平均都能達到 4 至 5 微吋 r.m.s.的輪磨光製。

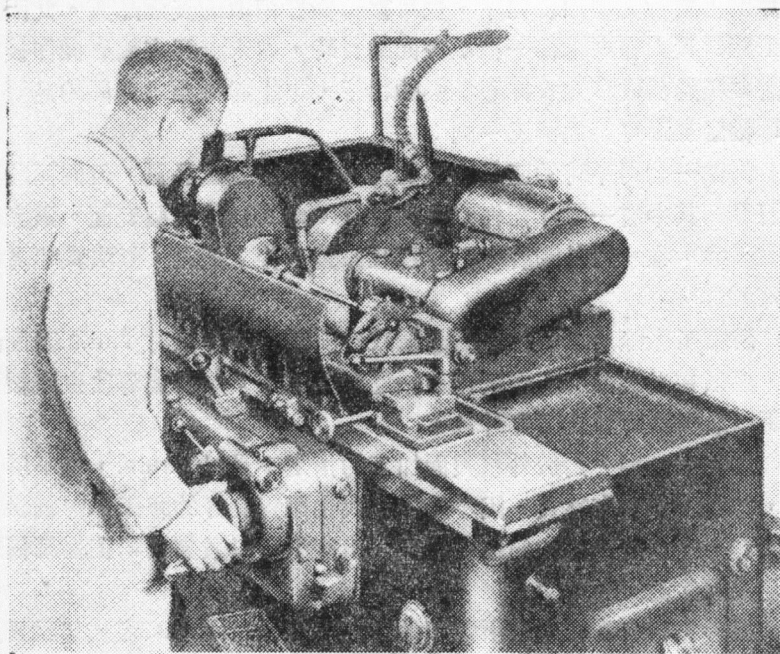


圖2.1 Lund公司之「Precimax」細磨床，正在輪磨一心軸，其直徑公差達到 0.0003吋，全長之真圓度與平行度達到0.00015吋，粗度規定不可超過 4 微吋。

現在舉一例如圖 2.1來加以說明。圖上輪磨的心軸，直徑準確度必須在0.0003吋內，而其全長的同心度與平行度必須在 0.00015吋內。規定的表面粗度不能超過 4 微吋。這種工作終於以一部平面油壓外圓磨床、粗輪磨與光製輪磨來加工完成。在光製輪磨中約去掉 0.001 吋的材料。當然該部磨床是部現代化設計，具有大功能，並保持在最好情況下的磨床。

圖2.2 表示一部平面油壓磨床在光製輪磨一根特殊分厘卡圓筒的情形。達到了比正常公差0.0002吋還要好的精度。

在細緻輪磨時，不但要規定尺寸準確度與表面粗度，也要規定表面缺點如燒熔、疤、隆起、刮痕與震紋。這些缺陷的產生，可能由於下列情況中的一種或一種以上原因所造成的：

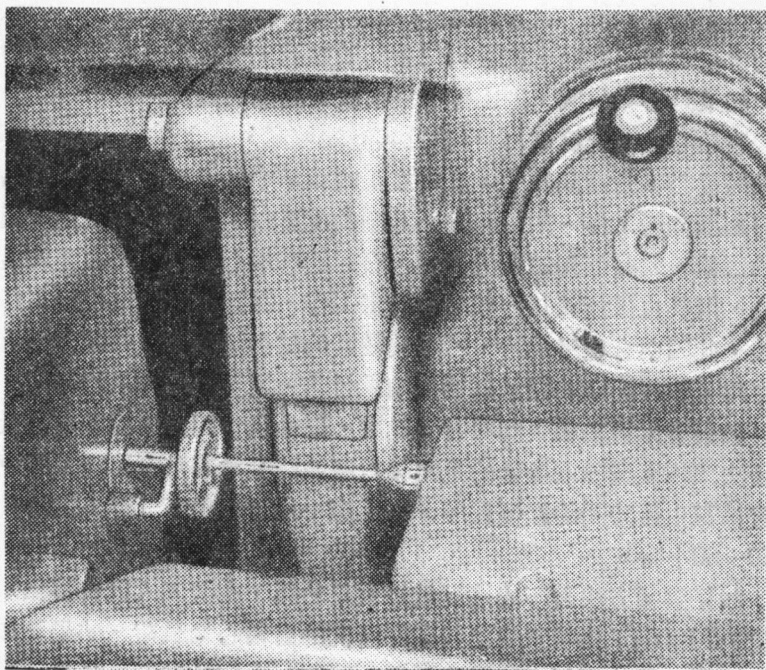


圖2.2 使用平油壓磨床細磨特殊分厘卡筒，使其公差在0.0002吋內。

2.2 影響磨床操作的因素：

①不相當的功率：磨輪除非有相當的驅動功率，不然會使輪磨操作不均勻，工件燒熔、或磨輪負載。燒熔表示該地方變色。磨輪負載表示金屬切屑跑進氣孔或磨料內。這些缺點如不除去，將使工件燒熔並形成震紋。

通常燒熔與負載是因使用了過硬磨輪或錯誤的冷却劑。不管那一情況，要調換磨輪前，應謹慎檢查磨床情況，尤其要注意輸入到磨輪

之功率量。困擾以輸入磨輪的功率不夠為首。但是有相當動力供應的機器有時也會有困擾，那是因為機器發生磨擦、電壓太低、裝配錯誤而使皮帶及皮帶輪滑動、或其他原因，結果促使磨輪發生速度變異。

②磨輪軸在不良情況下運轉：磨輪心軸可稱為磨床的心臟。如果其不在完整實用的條件下運轉，則工件會因震紋、燒傷等缺點，磨輪軸有可能發生損傷、或心軸軸承鬆動、或心軸失圓損傷或心軸軸承鬆動的象徵為加工表面有密接均勻分佈的震紋，有時候也有獨立深的刮痕。如果是心軸失圓，則工件有長而較大間隔的震紋。

磨輪心軸情況範圍，尚可論及其磨輪粒度、結合型式及磨輪等級。如果磨輪心軸是高品質的，且可在正確軸承中適當的運轉，則可擔當任何細緻輪磨工作。如果磨輪心軸擺動或震動，則通常需使用較硬有機的磨輪。就是使用適當的磨輪，磨床的磨輪心軸如果是在運轉情況不良，則其也僅能適於作較粗的輪磨工作。磨輪軸軸承應使用高級白合金，此因白合金受熱時，可給於較緊的轉動配合。有時候作細輪磨工作時，最好開頭將機器運轉使軸承轉熱，則可得一較緊的間隙。

如果磨床磨輪軸失圓與有突起處，則軸承會因之受損並有高低點。舊法要修復這種磨輪軸的是將軸重磨並將軸承高點刮掉。這是一種花費擋攔生產時間的緩慢程序。一工廠平均這種程序「停工」時間約在50~60小時。

如果這種方法再不能達到較好效果的話，有些工人就會將軸承刮好使約20%軸承面積承受已回復好情況的磨輪心軸負荷。結果更加速輪心軸與軸承的磨耗，而需時常調整因磨耗而起的鬆度。最後，當此發生磨耗期間，必然不可使其擔任精密操作。

2.3 研磨重整磨輪心軸：

使磨床磨輪心軸回復良好情況的現代方法為：在磨輪心軸上施行第一次重輪磨後，放在其軸承上施行研磨，但如果心軸失圓過大應放棄不用。如果心軸只是微小失圓，這種研磨工作便可將之改正過來。當然心軸組合發現不能對準時，還需刮削軸承對準之。

研磨心軸配合軸承的方法：

將糊狀中含有 220顆粒大小的氧化鋁磨料作成的特殊研磨混合劑

，由油孔灌進要研磨的部份，或直接塗在要研磨的部份。而後以手轉動磨輪心軸並同時將軸承鎖緊直至有點阻力爲止。鎖緊軸承時，應注意避免使用大壓力以致壓碎磨料顆粒。因使用的研磨劑是專爲此目的設計的，所以不必擔心其會楔入心軸或軸承內。

磨輪心軸使用手旋轉或使用鬆緊適足轉動磨輪心軸的輕負荷皮帶，再加上磨輪心軸在軸向來回搖動，以防形成溝槽，並且不時供應足夠機油於軸承面上以補充被切削作用所帶去的機油。

研磨工作應繼續操作至表面變成暗灰色爲止。軸承應該時常調整，以補償表面研磨掉時尚能保持有些微的阻力。

然後清洗磨輪心軸與軸承，並使用與前述同樣型式但含有 600 顆粒大小的混合劑施行重復研磨工作，直至研磨部份有較淡灰色爲止。此後不再加混合劑，但繼續供應大量機油作研磨操作，直至實際上沒有殘留混合劑時止。此後將軸承再調整使其有些微的阻力，然後僅使用機油使其轉動五或十分鐘。此後使用破布將研磨部份擦拭潔淨並重新組合，那麼現在的油隙應該是正確的。

如果磨輪心軸軸頸有推拔，則研磨工作中應偶而將軸頸提高，好讓混合劑流進推拔端。使用這種方法，回復軸承與心軸適當情況的平均時間爲一小時。在以前使用老方法時，就需花費 50~60 小時。如此修整工作就在機器上面作成，因此可消除搬運機器或由其他任何部份到保養部門的工作。

如果一個工廠，能在產生磨耗需求處理的七個月長時間以前，已經時常小心的作磨輪心軸與軸承的研磨校整工作，則在此後的二年以上時間不需要作更多恢復情況的工作。此因機器在生產工作中不需作試轉工作，且在研磨操作中快速並已完整地形成了永久運轉表面之故。所以能確保很緊的轉動配合使磨輪心軸不致跳動，而工件因此也無缺點，且保持很緊的公差。

2.4 震動之校正：

③震動：如果產生震動，則不管由機器發生的或由建築物發生的，工件均會有震紋。這種由機器原因產生的震紋有一定規則間隔開，這些原因可能係由於不對準，鬆動的聯結器，或馬達與心軸的不平衡

所致。建築物震動所構成的震紋分佈情況與建築物震動同步。如果機器是重型的，則這種困難通常可以分隔的機器基礎校正過來，這種基礎完全與地面隔離，或將機器移動到其他地方。輕型機器雖然有時使用旋鬆或旋緊基礎螺釘方法也可解決困難，但還是使用減震器較為有效。

④皮帶厚薄不勻順應性不佳：這種情況會有規則性間隔較寬震紋。震紋有任何寬度且有簡單的一定模式，其隔間可為規則或不規則的，通常均係由皮帶的金屬接頭所致使而形成的。當需作細輪磨時，最好能使用無端帶。

⑤惰輪鬆弛或失衡：當惰輪鬆弛或失衡，會出現類似不均勻的皮帶所造成的規則、寬廣間隔開的震紋。此時皮帶輪應作平衡，並配以新襯套，且最好與要運轉的軸研磨配合。

⑥驅動齒輪齒隙：這些齒隙所形成的震紋甚長且有寬的間隔。這些震紋可能係沿工件本體變化，其他方面也可能追隨一定的模式。這時，就應將老齒輪換掉或將之改成皮帶驅動。

⑦心軸上皮帶輪鬆弛：當心軸上皮帶輪鬆弛時，其震紋類似皮帶接頭所造成的震紋，惟皮帶輪鬆弛的震紋更容易發生。

⑧橫向驅動部份損傷：這種情況所出現的震紋為獨立的深刮痕。這時應將嚴重損壞的部份換掉。

⑨車頭與尾座或磨輪頭與工件沒有對準：這些不對準部份將形成與同斜率導程的螺旋橫向震紋。

⑩其他原因：工件的不準確，可能由一個或一個以上原因所構成者。如果工件失圓，其問題可能為各驅動點受到不均勻壓力所致。在這種情況下，應將各驅動點放在與工件軸心等距離的地方。如有需要，可在工件與驅動點使用緩衝方式。也有可能各驅動點與工件心軸不平行，這時應將驅動點與面板整形。如果工件喪失了平行度或為推拔形，車頭與尾座可能係設定錯誤，滑槽也可能嚴重的損壞，或磨輪軸軸承需加以調緊。

本章所述使細緻輪磨所發生的困難問題，如表列為使用錯誤機器所造成者，其補救方法也述說如上。但有些困難都為其他原因，例如使用不正確的磨輪與錯誤的磨輪操縱。這些將在以後章節中討論之。