

机械工人活叶学习材料 081

研磨的原理及其工作法

陈宜述、俞声涛编著

722



机械工业出版社

由於近代機器製造日益進展的結果，對機器各部分機件的精度要求也跟着提高了，不但表面需要光滑，同時公差也要很小。雖然在磨工技術得到改進的情況下，可以滿足了一部分的要求，但是有些工作，祇有在研磨機上才能達到目的。目前機器的精密部分都是經過研磨加工的，比如汽缸和活塞，軸和軸承，滾珠軸承鋼圈上的滾槽，滾珠，滾柱，量規，油泵噴油嘴，塊規等。因此，研磨工作就更顯得重要了。

研磨的主要目的有下列四點。

1. 使工件得到極精確的尺寸；2. 改進工件幾何形狀的誤差；3. 可得到極精確的平面；4. 使兩工件的接觸面能夠精密的配合。

一 爲什麼需要研磨

一般的工件，祇要用磨床來加工就可得到要求的表面精度。但是用磨床磨出的工件的表面痕跡是平行的，將來兩工件表面互相接觸的時候，磨損是依平行痕跡方向磨損的。如果經過研磨加工後，工件表面的痕跡是成交叉的，這樣表面磨損就不會偏着一個方向，而是很均勻的磨損。因爲研磨時，所去的材料極少，所以可達到準確尺寸和光潔的表面。

工件在研磨時，它的表面要在研磨盤上作一種複雜的運動。這種複雜運動，通常是使工件和研磨盤間產生往復和旋轉運動的複合運動，或者是旋轉運動和行星運動的複合運動，再在兩者中間加以合適的研磨劑，就可達到我們的要求。手研磨或機器研磨最主要的因素，有下列四

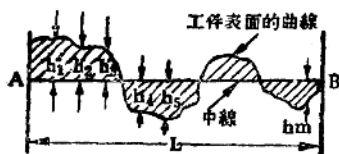
1. 研磨盤的平面要極準確；2. 工件在研磨盤間，作旋轉運動和行星運動的複合運動；3. 合適的研磨劑；4. 適當的壓力與研磨速度。

機器研磨的方法和研磨機的種類很多，立式主軸研磨機是最普通的一種，它有兩個平行的研磨盤，一盤在另外的一盤上面。這研磨盤分兩種：一種是加研磨劑的，用生鐵做成的。另一種是在研磨盤上附有研磨劑的，就是研磨輪。這兩種研磨盤都必須有適當的幅板（幅板後面可以談到）。立式主軸研磨機可研磨平面、圓柱。單盤研磨機，一般是用來研磨平面的，但在大量製造的時候，可利用無心磨床的連續研磨方法。要是研磨特殊的工件，我們可利用特殊的研磨機來加工。

普通硬鋼料的工件，可用適當研磨劑和生鐵研磨盤來研磨，這樣可得到較好的結果。如果工件是生鐵或軟鋼，或者非金屬，那用這種方法是不適合的，因為研磨劑容易嵌到工件裏面去。所以，研磨較軟的材料，用研磨輪比較適合，如果選擇適當，不但可得光亮平滑的工件表面，而且研磨劑不會嵌在工件裏面去，但用研磨輪須加過濾的冷卻劑。

經研磨後的平面，可以得到像鏡子一樣的光潔度，它的準確度可達到 0.025 公微^①，表面光潔度在 0.025 公微以下。這種精確度一般的加工方法，是不能達到的。平常平面的平行度在 0.6 公微左右，表面的光潔度只在 0.05~0.08 公微。工件在研磨時需要完全穩定，才能保證尺寸的精確性。一般工件須經過熱處理以去掉內應

① 根據蘇聯國家標準 (ГОСТ)，表面光潔度用 H_{ck} 來表示， H_{ck} 的意思是：研磨後工件不平表面上各點，到中線距離的平均平方值的平方根。每一公微等於 $\frac{1}{1000}$ 公厘，一般用 μ 表示。



設 AB是把曲線上部和下部分開的中線， $h_1, h_2, h_3, \dots, h_m$ 是把中線成分n等分後，從每一分點到中線上的垂直高度，如圖所示。這樣，我們就可求出 H_{ck} 的近似值：

$$H_{ck} = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + \dots + h_m^2}{n}}$$

力，不然就容易發生變形，影響工件的準確度。伸縮性大的工件，在加工時要特別注意，研磨的切削深度必須小些，以免引起工件變形或者扭曲的現象。

工件為什麼要研磨？它的原因很多，因為經過研磨後的工件表面的光潔度，極容易達到 0.05~0.08 公微，使工件在相互配合時，磨損減少。同時如有適當的潤滑間隙，那兩工件的配合可始終保持不變，不因為轉動時產生磨蝕，配合時有過鬆的現象。兩金屬工件的配合，如果要它不漏油或不漏氣，由研磨加工以後就可達到這個目的。

需要較好配合的鑄件，也可以採用研磨的方法。總之，研磨在精密加工的方法中，是一種容易使工件達到互換及裝配的目的。

機器研磨比手研磨又快又方便，一台機器同時可以研磨許多件工件，並且可以自動操作，因此一人可以控制 2~5 台研磨機。這樣，不但效率可以提高，而且生產成本也可減低。

二 研磨的原理

研磨工件的時候，我們選擇研磨盤的材料要比工件的材料軟一些，因為在研磨時要加研磨劑到研磨盤上。這散佈在研磨盤上的研磨劑受到工件本身的壓力後，部分的研磨劑就嵌到研磨盤上了，而工件的材料比研磨盤的材料硬一些的話，研磨劑就不會嵌到工

件上去。這樣研磨盤上因嵌滿了研磨劑，就和砂輪一樣，好像有幾千幾萬刀子一樣；因此在研磨時就發生了切削作用。

● 研磨劑加入的方法，有間歇加入和連續加入兩種。如果用間歇加入的，研磨劑加到研磨盤上是沒有一定的方法。當研磨盤轉動的時候，把研磨劑逐漸加入到研磨盤和工件的表面上，這研磨劑因受工件本身的壓力，漸漸被嵌到研磨盤上，如是就發生了切削的作用。不斷加入的研磨劑，直到研磨盤上全部被研磨劑嵌入時為止。用此種方法，主要的要靠被嵌入到研磨盤上的研磨劑來發生切削作用。研磨到一定時間後，因研磨劑磨耗，又需繼續加入，這樣繼續研磨，逐漸使工件達到所要求的尺寸。如果這時工件表面的光潔度還不夠，可多加點機油研磨，以增工件的表面的光潔度。

要是研磨劑是採用連續加入的，就必須加入得均勻，使它散布在研磨盤的表面，能在研磨盤和工件間滾動。但一部分的研磨劑是會嵌到研磨盤裏的，而且會發生部分切削作用，可是主要的還是依靠在研磨盤和工件間的一些滾動的研磨劑。這樣研磨去的材料可以較快一些，但是研磨出來的工件表面的光潔度要粗糙一些。一般說來，滾動的研磨劑愈少，表面的光潔度愈高。所以在連續加入中，如果工件快要達到所要求的尺寸的時候，研磨劑就可以不加了，而利用被嵌入到研磨盤的研磨劑，來擔任切削作用，使逐漸達到我們所要求的尺寸。假使我們所要求的工件表面的光潔度還要增高些，那可把研磨盤和工件間的研磨劑用火油擦乾淨，再作一次乾的研磨，但時間不能太長，因為乾研磨時容易發熱，使工件的表面退火，其厚度約為 0.001~0.0005 公厘。乾磨時如果時間不太長，工件的表面可達到像鏡子一樣的光潔度。還有一點須特別注意的，研磨劑的粗細必須均勻，否則很難達到理想的表面光潔度。

此外，在研磨時手指的污物及空氣中的灰塵，假使弄到研磨盤上或者研磨劑中去，是會影響和減低工件的光潔度的，所以在工作時保持清潔，也是很重要的。

1 研磨盤的材料 前面說過，研磨盤的材料一般要比工件軟一些，這樣研磨粒才會嵌入研磨盤裏去，才能產生切削作用。由此看來研磨粒和研磨盤可以直接影響工件的準確性、表面光潔度，以及磨去材料的速度。總之，研磨材料愈硬切削作用愈慢（因嵌入材料的研磨粒較小），準確性也愈高，因此適用於精密研磨。研磨盤材料結晶的粗細跟磨切速度也有關係。粗結晶的鑄鐵研磨盤比細結晶的磨去材料的速度就要快些。

一般用來做研磨盤的材料有生鐵、軟鋼、黃銅、青銅、鉛、和硬質木材等。但在精密研磨時，最好的材料是採用質軟結晶細緻而緊密的生鐵。但是我們要注意，在這生鐵的表面上絕不能有夾灰和白口。在研磨螺紋或細孔的時候，因為生鐵的強度不夠，在工作時容易使研磨器變形或者折斷，所以要用軟鋼來做研磨器。在研磨時如果工件的研磨餘量需要很大的時候，我們可以用銅來做研磨器，因為這樣，研磨劑容易嵌入到研磨盤裏，就能夠加速了研磨的速度。這雖然研磨的時間可以節省些，但並不能得到很好的表面光潔度。在研磨軟鋼及其他軟的金屬時，如軸承的軸瓦等，我們可以用鉛來做研磨器；木材和皮革可用來研磨其他軟的金屬；研磨玻璃和水晶可利用瀝青做研磨器。

2 研磨劑的選擇 研磨劑的選擇，主要的要看工件的材料和硬度，研磨餘量（面積×厚度）的多少及工件表面要求的光潔度來決定。一般研磨劑的種類，是按照它的硬度來分的。研磨劑的硬度必須跟被研磨的工件一樣，而工件研磨時和研磨盤相接觸的面積

作為決定研磨劑的因素。普通接觸的面積愈大，所用研磨劑就愈粗。另外如果研磨餘量較多的工件，研磨所花費的時間較長，在研磨時可能把研磨劑壓碎，因此切削作用較慢，假如工件的研磨餘量較少，不但研磨劑經濟，研磨時間少，同時所研磨出的工件也準確。因此我們必須考慮工件表面要求的光潔度來決定所用的研磨劑的粗細。工件研磨到最後快要達到所要求的尺寸的時候，需用較細的研磨劑再研磨一下，這樣就可以得到光滑的工件表面。

當研磨工件的時候，研磨劑的粗細或者研磨輪的號數已被選定後，工件被磨去的多少，主要的要看工件單位面積所受壓力的大小來決定；如壓力或者研磨劑增加，則其切削作用的速度增快。但是研磨速度太快時，工件品質不容易控制；較小的工件如果速度太快，平行度和圓度更不易精確。

金鋼粉是一種採用最廣泛的又是最硬的研磨劑。它適用於研磨硬質合金刀、淬火加硬的鋼件、軸瓦和沖模等。用這種粉末來研磨鋼料比用碳化矽及氧化鋁的結果要好，但因價格貴（越細越貴），所以研磨鋼件多用碳化矽或氧化鋁。這兩種研磨劑，幾乎可適合研磨所有的工件。金鋼砂和天然砂玉雖然也可以得到光潔的工件表面，但切削作用太慢；石英和石榴石太硬，容易破碎，較其他的研磨劑選用得較少。

研磨劑有天然和人造的兩種。天然的有土耳其金鋼砂和鋼玉，硬度很高，但質量不純容易碎裂，適合於緩慢的研磨。人造研磨劑有碳化矽、氧化鋁、碳化硼、氧化鉻和氧化鐵等，使用範圍如表 1 所示。

研磨劑的粒度是用號數來表示，比如有 300# 的研磨劑，就是說研磨劑的粒度能被每吋 300 孔的篩子所篩過。現在畢騰登公司

表 1 研磨劑種類

名 稱	使 用 範 圍
碳化矽(金鋼砂)	粗研磨: 玻璃、水晶、硬鋼、生鐵、硬質合金
氧化鋁(鋼玉粉)	精研磨: 硬鋼、玻璃、水晶等
氧化鋁(綠油)	精研磨: 硬鋼、生鐵
氧化鐵(紅月粉)	精研磨: 鋼、玻璃、水晶等
碳化硼	精研磨: 硬鋼、硬質合金

所用的研磨劑，說明如下，以作參考：

騰登公司：280#，320#，400#，500#，600#，800#，900#，1000#。300~400#的用在粗研磨上。500#的用在精研磨，600~800#用在極精密的研磨。

3 研磨液 在研磨的時候，研磨液不單有潤滑作用，而且可避免工件因研磨而產生傷痕。研磨液的種類很多，普通有機油、酒精、豬油、油脂、肥皂水和水等。

研磨液的選擇，需根據工件和研磨盤的材料，研磨的方法和所要求的表面光潔度等來決定。在一般的工作中是採用機油和煤油的混合液，機油不可用得太厚，一般用10#機油就夠了。在粗研磨的時候，一般工件表面的精度要求不高，研磨時間較快，所以可用煤油做研磨液。在精研磨時，常用一分的10#機油和三分煤油混合後使用。在極精密的研磨時，使用豬油作研磨液，因為它可增加工件的表面光潔度。在研磨玻璃、水晶的時候，可以用水來做研磨液。在研磨齒輪時，非液狀的油脂雖然很適合，但不能保持較長的時間，如果用油的混合劑，就可以保持較長的時間。

選擇研磨液時，一般要考慮下列幾個因素：

1. 溫度變更時影響小; 2. 在任何工作情況下能保持, 研磨劑浮在研磨液中; 3. 保證研磨劑均勻的分布的能力; 4. 適用各種速度, 而工件上不產生傷痕; 5. 要有冷卻作用; 6. 沒有腐蝕性; 7. 不會損傷工作者的皮膚; 8. 要容易清潔工件。

4 研磨壓力和研磨速度 普通研磨時, 壓力不能太大, 如果研磨盤材料較硬, 壓力過高, 研磨劑的顆粒將被壓碎, 使工件上刻有許多痕跡。如研磨盤材料較軟, 雖然可避免磨劑破碎, 但是研磨壓力太大時, 被研磨去材料就快, 工件表面光潔度就較差。所以選擇研磨壓力時, 要把工件的準確性, 光潔度和研磨速度等都得考慮進去。

在研磨時一般在單位面積上所用壓力, 是 0.4~5 公斤。較軟的材料要 1 公斤, 如壓鑄鋁金屬; 較硬的材料, 就須要 1~5 公斤的壓力, 如鋼料。

普通工件和研磨盤間的相對速度約在 240 公尺/分在這速度以下時影響並不顯著; 在 240 公尺/分以上, 如速度增加, 表面光潔度可以提高。

一般工件的表面, 可用高的壓力, 較低的速度來進行研磨, 如果表面光度要求較高, 就要用低的壓力, 高的速度來研磨。但壓力和速度並沒有明確的規定, 因為機器的性能, 工作者技術, 工件的材料, 磨粒的種類, 研磨盤的材料等, 都會影響工件的加工速度和光潔度。

三 研磨工作法

1 手工研磨 手工研磨，就是用手握住工具而進行研磨的。這種方法需要很高的技術，一般講來並不方便，因此現在多用機器研磨了。但還有少量的或者很硬的工件（如硬質合金沖模），還不適宜用機器來研磨時，可用手工研磨來代替，並且硬鋼用手工研磨時磨出的工件呈灰色光亮的表面。

一、研磨平面——平面的手工研磨法，必須有準確的研磨盤，合適的研磨劑和正確的操作技術等三個條件。研磨的去料量和工件表面的光潔度，是由研磨壓力來決定的，研磨盤可以是圓形但也可用方形的。工件表面的研磨紋路必須是交錯的。如果研磨時所走的方向，只是單純地向着左右或上下移動，那研磨出的平面，用久以後一定會向平行方向磨蝕。所以研磨平面時應當走「8」字形路線，使研磨出的紋路互相交錯，使磨蝕均勻。但研磨相當的時間以後，一定要調轉 90° 後再行研磨，因為手的用力不會很平均，不轉過 90° 可能把工件研磨傾斜。在研磨的時候要磨遍各處，否則，常常研磨的地方就低下去，而在它的四週又太高了。

爲了要使工件的表面得到更準確的平面，我們可把研磨板上刻上很多溝槽，如圖 1 所示。

因爲在研磨的時候，工件和研磨盤之間有層包着空氣的油膜，這油膜能使工件表面高起來或者凹下去，這在研磨大的工件時更明顯。在研磨盤上刻了溝槽，空氣就可以從溝槽逃出來，這樣就可以克服工件表面中間高起來或者凹下去的現

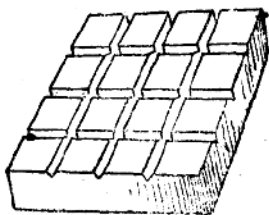


圖 1

象。不過用這樣的研磨盤研磨出的工件表面比較毛些。研磨盤的選擇是要看工件表面光潔度和精確度的要求來決定。如工件只需要光滑而不求準確時，是可以用平的研磨盤，如果所需的工件要非常準確的平面，而表面不需要很光滑的話，可用有槽的研磨盤。

研磨盤爲了便於修磨，一般是用三塊所組成的，這樣磨時就可以彼此校正。因爲三個面互相交互精磨，使其任何兩塊都能密切配合，那麼這三個面才是真正的平面。（詳細情形後面可以談到。）

二、研磨外圓——工件經磨床磨過後，就把它兩端銜出中心眼以便頂在車床頂尖上研磨，工作時研磨環套在工件上，然後在工件上加入研磨劑和研磨液，並把兩者的配合調節成滑配。車床轉速約在 70~80 公尺/分爲適宜。開車研磨的時候，手握着研磨環，向左右移動，並稍向前後轉動，使研磨出來的紋路互成交錯的紋路。這樣的紋路可增加工件表面的耐磨性。

當手握研磨環進行研磨時，假使覺得一頭緊一頭鬆，那就說明工件直徑不一致，成錐形了。這時要把緊的那一頭多研磨幾下，使工件兩頭達到鬆緊一致爲止。如果工件某處不圓，那手握研磨環到這地方時，就覺得有點震動，發抖。研磨環和工件的配合變鬆的時候，必須立即調節，使它仍舊保持着滑配。但調節一定要先停車，否則容易發生危險。

研磨外圓時的速度是否適當，可以從工件表面上研磨出的紋路來判斷。如果速度適當，那紋路跟工件的中心線可成 45° 交叉，假使速度太快或太慢，那交叉的角度不是大過 45° 就是小於 45° ，如圖 2 所示。

一般研磨環的長度約爲工件直徑 2~3 倍。通常使用的研磨環有兩種，如圖 3 甲、乙所示。甲是開口的，它的直徑可用螺絲釘來



圖 2

三、研磨內圓

研磨內圓和研磨外圓恰巧相反，研磨桿（如圖 4）是頂在車床頂尖上旋轉的，工件就套在這生鐵做的研磨桿上。研磨開始時，用手提着工件向左移動，作前後轉動。研磨桿要比研磨的工件長，其轉速約為鑽同樣大小眼子的一半。大的工件可把研磨桿裝在鑽床的主軸

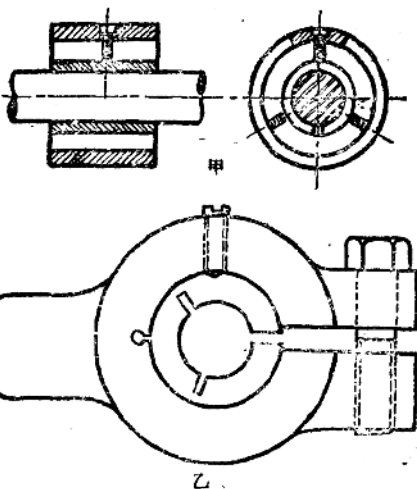


圖 3

上用萬向接頭來固定，這樣可以活動，以便校正。鑽套或者環規，最多可去掉約 0.005 公厘的加工餘量，大的鑄件眼子去掉的加工餘量最多不能超過 0.01 公厘。

一般所用的研磨桿，多是可以調節的，它的種類大約可分為下列三類。

1) 圖 4 甲是圓柱形的中間有槽的研磨桿。槽的兩端鑽成圓角，使它有彈性作用，這樣可以減少應力的集中。在桿的中部，按有內六角螺絲釘，調節這螺絲釘，可變更研磨桿的直徑。在研磨到一

定時間以後，當工件的孔逐漸變大的時候，可以把內六角螺絲調節一下，使工件跟研磨桿仍成原有的配合。

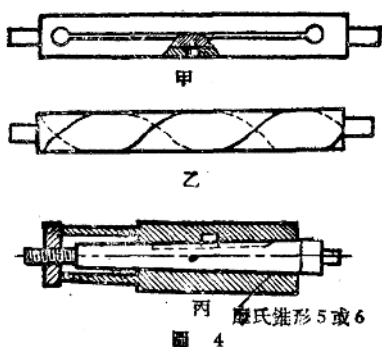
2)圖4乙又是一種研磨桿，在這桿的表面車有兩條螺紋槽，這槽中可蓄存研磨劑和研磨液。

這種研磨桿可研磨出表面很光滑的工件來，但工件和研磨桿磨鬆的時候，研磨桿就得更換一根，所以很不經濟，而且磨出的工件兩端有喇叭口的現象。

3)圖4丙所示的研磨桿，它兼有以上兩種的優點，不但能研磨出表面很光滑的工件，而且只需調節螺絲帽，就能變更研磨桿的直徑，所以這種研磨桿用得很普遍。

不論外圓或內孔的研磨，工件的準確度要視工件跟研磨桿或研磨環的配合情形及材料等而定。通常所用的研磨具，多用結晶細緻緊密的沒有砂眼的生鐵做成。做研磨具的材料，要比工件軟些。研磨小的眼子，可用銅或青銅做研磨具，因生鐵太脆。鉛、鋁、巴氏合金和錫的研磨具可以用來研磨特別的工件，如軟鋼、銅及其他較軟的有色金屬，或者要去掉大量研磨餘量時用它。

經研磨過的圓形工件，在沒有打光以前多成灰色的，但經過打光以後，有時會發現有一塊塊灰色的表面和光亮的表面相間，這是淬火不好的結果。如果這灰色的面積不大，還沒什麼關係，假使它的面積很大，那工件一定不圓了，不亮的地方是低下去的。這低



下去地方的硬度就低，將來這地方是不耐磨的。如果圓棒一頭光亮，而另一頭是灰色的，那這工件一定研磨成錐形了，有灰色的那頭必定小，硬度低。這在硬度試驗機上可證明出來。

另外，有時發現工件表面很毛，並有一條條的痕跡，如果仔細地去看，就可發現痕跡的一頭還帶有細小的裂紋，這也是淬火的問題，但也可能是材料本身有毛病。糾正的方法，可先用 303# 的磨粒研磨，研磨後還不光的話，可再用 305# 的磨粒就可達到所要求的光潔度。

2 機器研磨 用機器研磨的工件，不但準確度高，表面光滑，而且工作效率也可大大提高。總之，機器研磨比一般的手工研磨還要好，不單質量好，並且生產效率高，可得到平行的直的及均勻尺寸的工件，所以機器研磨在今天大量被採用了。

一、雙盤研磨機——雙盤研磨機的構造，如圖 5 甲的簡圖所示。動力由電動機 M 帶動一皮帶輪傳至蝸輪 W，跟蝸輪 W 同軸的有兩個三角皮帶輪 A、B，而 A、B 又帶動 C、D 兩輪。C 輪的軸 H 連到偏心及幅板 G。這偏心的大小可以調節（如圖 5 乙所示），D 輪用以帶動研磨盤 E，因為幅板 G 及下研磨盤 F，兩者的速度不同，所以各需一輪單獨帶動。E 和 F 是上下兩研磨盤。L 為手輪可以操縱研磨盤 F 上下。繞臂 T 可以帶着研磨盤轉到另一個位置，這樣工件就可以放入幅板裏了。支柱 K 是固定不動的。N 處的梢子如果把它去掉以後，研磨盤 F 可以自由轉動。當 E、F 兩研磨盤要互相修磨的時候，可以取出幅板 G，使 E 跟 F 互相偏壓在一起。偏心的大小應等於研磨盤寬度的 $\frac{1}{2}$ （也可以比 $\frac{1}{2}$ 小一點），將研磨液及研磨劑加入以後，就可以修磨了。

這種研磨機可研磨兩面平行和圓柱形的工件。研磨盤是生鐵

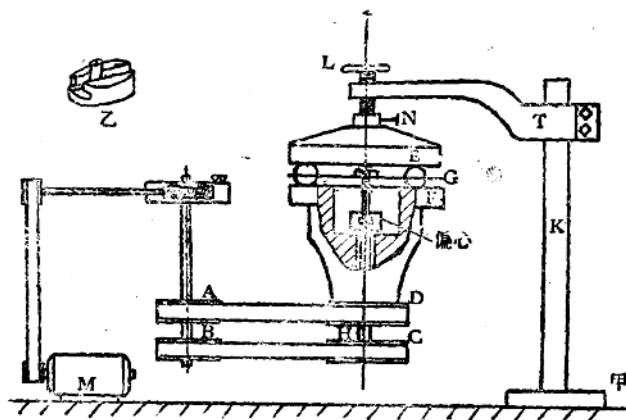


圖 5

造成的。一盤在另一盤之上，下面的研磨盤由 D 輪帶着轉動，但上盤是不動的。工件放在兩盤之間，上盤壓在工件上，可以浮動。所以相對的平行度，要看上盤跟工件接觸的情形而定。上盤重量和工件本身的重量，即可決定工件所受的壓力，有時還可另加重量。我們選擇適當的幅板來帶動工件，使其依一定的路線在研磨盤上走動。研磨時當加入研磨劑後，始有切削作用。這種研磨機最適宜研磨較硬的材料。

另一種為兩研磨盤的研磨機，可以研磨軟的金屬，其構造與前者同。不過這種研磨機的兩研磨盤，本身嵌有研磨劑，不需另外加入。其優點是可以磨出清潔光亮的平面。因為研磨盤和工件之間沒有夾着一層研磨劑，所以在加工時比較清潔。研磨的速度比前面的研磨機要快 $\frac{2}{3}$ ，就是準確度及光潔度也要較高些。由這種研磨機研磨出的工件，表面光潔度可在 0.08~0.2 公微，平行度公差可達到 0.001~0.025 公厘，厚度及直徑可在 0.0025~0.01 公厘差誤

以內。普通研磨平面用礦物質作冷卻劑，研磨圓柱可用水加肥皂液作冷卻劑。

這種研磨機的上下兩個研磨盤可同時轉動，在車整時上下兩盤可同時車整，並可車成任意厚度，來適合所要求的尺寸，在研磨圓柱體則更為重要。它的研磨盤不能浮動，加在工件上的壓力可由油壓來控制；幅板跟前者相同。這種機器可研磨直徑 6~50 公厘及長 50~200 公厘的工件。厚 0.5~76 公厘，面積 150×150 公厘的工件都能夠研磨。

二、工作原理——研磨機跟其他加工方法最基本的區別是研磨機能得到高度準確的平面、平行度和正確尺寸的工件。這主要的原因是工件跟研磨盤有相對的運動。因為工件是裝在幅板的空隙中，幅板的運動通常是使工件與研磨盤間產生往復和旋轉運動的複合運動，或者是幅板除依照它的中心旋轉外，另外還有一種行星運動。這兩種運動合併而成的複合運動，(如圖 6 所示)使工件能與研磨盤全部都有接觸到的機會，這樣研磨盤磨損的情況也可保持均勻。

在研磨時要得到一個精確的工件，有下面兩個最主要的原因如下：

第一，工件的準確度跟研磨盤的準確度有極大關係。因為工件在研磨盤上運動的軌跡不重復，這樣可使研磨盤磨損均勻，保持着研

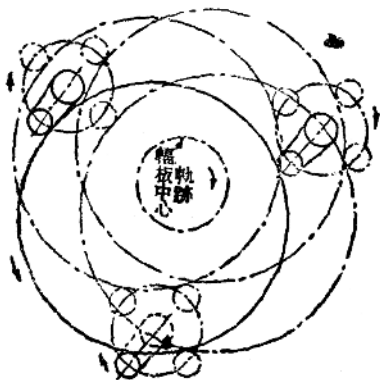


圖 6

磨面的準確性，也就是保證了工件的精確度。

第二，要研磨的工件是經過磨床加工的，因此可以減少磨工因砂輪粗細不均，而磨出不平的平面，或因震動及其他不正常的工作方法等所引起的差誤。

校正這種差誤有各種不同的方法，研磨時軌跡不重復是達到這目的的一個辦法。這種辦法是減少高低不平及吃刀痕跡的最理想的方法。但是應用這方法各機器都各不相同，甚至同一機器的作用也不同；這要根據工件，機器及輻板不同而變化的。一般說來，如果工件的公差範圍較精確，表面光度要求較高，那研磨運動的軌跡不重復更是重要的。另外切削作用也會影響工件的精確性。只有在適當的壓力、速度及使工件加工時不產生過熱的情況下，才能獲得公差精確的工件。

研磨能校正因磨工所產生差誤的另一種方法，是研磨時工件不要固定。輻板帶動工件經過一定軌跡，但不能有扭力；要使工件能自由地在研磨盤上達到一定的地位，並不受任何限制。這樣可除掉加工所生的扭力。在研磨時絕對不能有增加扭力的傾向，這樣才可能保證達到兩面平行的平面。

1) 移位研磨法：工件剛開始研磨的時候，研磨盤的壓力是壓在最高的一塊或幾塊的工件上，所以這時的切削作用很快。但研磨到一定的時間後各工件的高度都很相近了，因此上研磨盤的接觸面就增大，各工件所受的壓力也減少，所以切削作用就減慢了。這一點是研磨時用來控制尺寸的主要方法，這樣可得到均勻的工件。

研磨盤普通是環狀，當轉動時外邊直線速度大，裏面直線速度小，所以工件在研磨盤裏面的部分磨去少外面磨去多，容易把工件研磨成錐形。爲了避免這種現象，可用移位的方法來校正它。現在