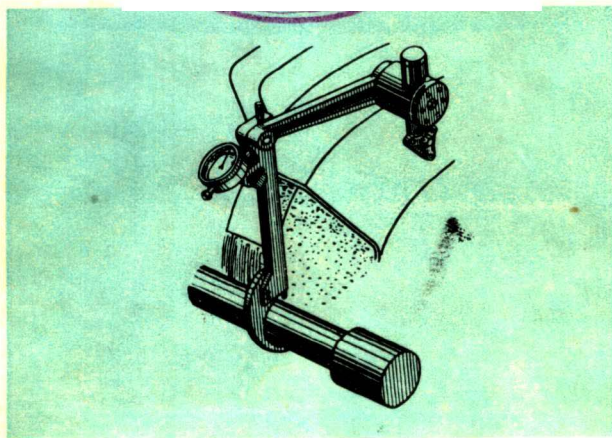


機床工人科學普及叢書

拉伯琴 著

機器零件的加工精度



出版者的話

蘇聯國立機器製造書籍出版社出版「機床工人科學普及叢書」的目的是爲了幫助機床工人提高他們的理論知識和實際知識。這套叢書系統地講解了金屬切削加工的基本原理。每小冊深入淺出地敘述一個問題，文字通俗易懂，插圖多用立體圖，很適合工人閱讀。我們認爲這套叢書對我國機床工人系統地提高理論水平有很大幫助，所以決定把它陸續翻譯出版。

這套叢書分成三組，共26輯。第一組敘述有關金屬切削的一般問題，共10輯(1~10)；第二組說明金屬加工的各種方法，共10輯(11~20)；最後一組介紹各種金屬切削機床，共6輯(21~26)。

本書是從該叢書第一組第九輯的機器零件的加工精度(Точность обработки деталей машин)一書譯出。內容敘述機器零件機械加工精度有關的問題。對於互換性、公差和配合、精度等級和度量技術等都作了扼要的說明。講解通俗，插圖豐富，可供機工同志作爲學習材料。

蘇聯 А. Н. Работин 著 'Точность обработки деталей машин' (Машгиз 1952 年第一版)

* * *

著者：拉伯琴 譯者：黃啓良

No. 0562

1954 年 7 月第一版 1956 年 7 月第一版第二次印刷

737×1092¹/₃₂ 字數 24 千字 印張 1¹/₈ 9,001—11,900 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號 定價(9) 0.15 元

目 次

一	前言	3
二	互換性和精度	5
三	配合	12
四	公差和精度的等級	16
五	機器零件的度量	20
六	公差和配合制度	27
七	用各種加工方法得到的精度	31
八	結語	34

一 前言

我們到處都看得到精密的機器、儀表和機構。我們在勞動中和日常生活裏也常常碰到它們。

在商店裏買東西時，我們注意着天秤指針在刻度上的運動，來確定給我們稱的貨物準確到什麼程度。

我們都習慣於按鐘點生活。我們的各種活動是按時間分配的；我們常常看錶，要按時去上班，耽心着不要誤了火車或公共汽車，在指定的時間內到達我們需要去的地方等。

請注意那些高樓大廈，工廠的煙囪和其他的建築物吧，它們都是畢直地聳立着的。

我們看到有些街道直得像一條直線；鐵軌鋪得使火車車輪沿着它滾駛幾千公里，一回也不會脫軌。

飛機在雲裏，在霧中和在夜間航行，而且準確地在指定的時間到達指定的地點。跳傘員從飛機上跳下，並且在預先指定的地點着地。火車按照着時間表，每天每週都準確地行駛着。射手的子彈，一個跟一個準確命中槍靶。高射炮手用炮彈在距離很遠的地方打中飛行很快的飛機。

所有這些都依靠人類創造的儀表、機構和機器高度的精度。

爲使儀表、機構和機器有高的精度，它們的零件就需要很精密的加工。此外，零件的加工精度和裝配精度，對機器的質量和壽命也有影響。

所以機器製造業是工業部門中，精度有特別重大意義的一門。還在機器製造業剛萌芽的時候，人們要達到機器零件所要求

的精度，就碰到了很大的困難。那時機器零件用粗陋的方法來加工，所以加工精度很低。

人類為創造機器，如武器和機床等，曾經花費了不少力量。

第一批機床，正如第一批機器那樣，是用木頭做的。那種機床是用手轉動的。在那種機床上製造零件，要花很長的時間。加工精度是低的，而且完全要靠工匠的手藝。

經過了好幾百年，才把機床改造成它們現在的樣子。

現代的機床工作起來生產能力很大，精度也高。現在，機床完全是用金屬做成，用電動機帶動。

有許多機床是自動工作的，不需要工人參加。現在還有自動工作的機床組——自動作業線和整個的自動工廠。

機器製造的性質，也改變了。以前，機器零件是照一個來鑲配另一個的，並且機器是單個出產的。那時的機器很少。用鑲配零件的方法也能做出很精密的機器和儀表。但這樣製造機器在鑲配零件上需要很長的時間。

看一看汽車的內部吧：它裏面有多少大大小小的零件啊，有好幾千！如果這些零件都是一個按另一個去鑲配，那麼要製造一輛汽車得需要多少機床、人力和時間呢。而在你們的城市中、在全國內有多少汽車啊！奇怪的是，同樣的零件在許多汽車上都可以互相換用，並且這些汽車用別人的零件和用自己的零件也同樣能工作。如果機器上有一個零件損壞了，就可以用新的備件更換，新零件裝在壞零件的位置上，它的精度就好像以前把它跟這台機器鑲配過的一樣。

在蘇聯偉大衛國戰爭中，從大炮中發出了千百萬發炮彈，而這些炮彈沒有一個是按照大炮炮膛鑲配的。

這是由於現在實行了零件、各個部件和整個機器互換性的生

產才成爲可能的。

互換性的例子可以舉出很多：電燈泡可以擰入任何燈頭裏，任何縫紉針都能輕易而準確地裝在縫紉機上，並且可以不費力地把縫紉機裏磨損的零件，用商店中買來的新零件換上。

只有靠現在已能達到的高度加工精度和測量精度，才能應用互換性的原則。

在這本小冊子裏，將敘述現代互換性生產的基本知識，就是公差與配合，敘述現代機器零件尺寸的檢查方法和在現代機床上能達到的加工精度。

二 互換性和精度

互換性是現代大量生產的基礎。在我們社會主義經濟的工業中、農業中、建築業中和運輸業中，沒有它就不可能做到這麼廣泛地勞動機械化。

由於零件的互換性，機器製造業不但能製造機器，而且還能製造大量的機器備件。這樣能使修理和使用機器時價格大大降低而且簡化了。

互換性能使個別工廠做到廣泛的合作化和專業化。現在生產任何機器，都有許多工廠參加。

在莫斯科製造的滾珠軸承，可以裝在斯維爾德洛夫工廠、莫洛托夫工廠、哈爾可夫工廠和列寧格勒工廠的機器上。在蘇聯的每個角落，當修理時都可以把它們裝在機器上來代替磨損的軸承。在某一個工廠製造的螺帽，可以擰在任何工廠製造的螺絲上。如果這些螺栓和螺帽的六楞頭或四楞頭的尺寸都不一樣，那麼一台機器就需要多少搬子啊。以前曾經用過複雜的、但不堅固的活動搬子，現在已經很少遇見這種搬子了。現在緊螺帽和螺栓的搬子，用起來

很方便，很堅固而且製造起來很簡單。雅羅斯拉夫工廠製造的千百萬個汽車輪胎，可以用在任何汽車上，而且無論在工廠裏，車庫裏，甚至在野外道路上，都很容易把它套在車輪上。

特別是在大量生產中，互換性還帶來了能達到高度勞動生產力，和降低產品成本的好處。

產生互換性的要求並不久。互換性最初是俄國土拉省製造槍炮的人在製造槍炮時應用的。還在彼得大帝時，就根據他的指示，在土拉兵工廠裏用銅的量規測量槍械了。土拉兵工廠的工人在生產槍炮而用的量規，那時叫做[樣規]，也保證了各個槍炮的零件和它用的彈藥的互換性。

歷史確定，互換性在俄國的產生比其他國家想要實行互換性，要早二十多年。

互換性在偉大衛國戰爭中起了很大作用，那時全國都為前線工作，而戰線延長了好幾千公里。這些大量的彈藥、武器和機械，都靠着互換性完成了自己偉大的使命。

看起來，只要準確地做出相配零件的尺寸，我們就能保證它們的互換性了。但這却不是那麼簡單的事。

精度是實際尺寸和零件圖紙上所指示的尺寸相近的程度。這些尺寸愈相近，則精度愈高。但是要加工到高度精度並不那麼容易，而要達到絕對精確的尺寸，這完全是不可能的。

在多年的手工業和機器製造業的歷史中，不斷地提高了零件製造的精度。人們為減輕手工勞動，很早以前就採用了各種夾具。為了不用手把着零件來加工，人們就把零件夾在石頭中間，樹樁的縫裏，樹枝的叉枒中或綁在穩固的物體上面。晚後出現了利用橢子夾零件的夾子(圖1)。以後為了減少卡夾零件的次數，把夾子做成能轉動的。後來又出現了能使零件圍繞一個軸心轉動的頂尖。

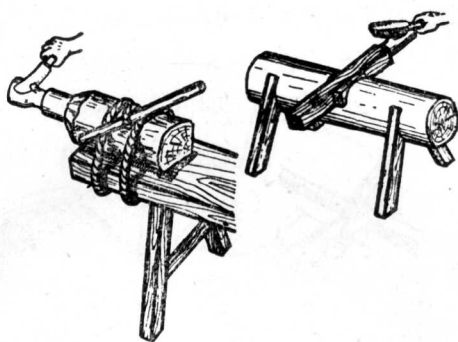


圖 1 粗陋的卡夾零件的方法。

接着出現了加工機器和機構零件的機床。其中最先是車床(圖2)。第一批車床是用手或腳轉動的,後來用水輪來帶動。加工零件的車刀用手把着,要作精密加工時車工需要費很大的勁,要有很大的本領,就這樣,精度還是不高的。那時用來作零件的材料都是容易加工的:如木材,骨頭和有色金屬材料。很有意思,最初的排水機的唧筒是用錫做的,活塞是用木頭做的,而製造的精度呢,却是在活塞和唧筒之間可以通過小指頭。

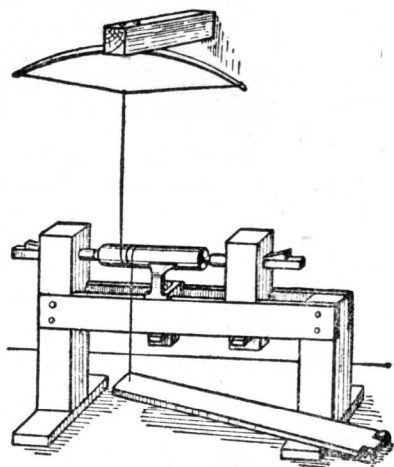


圖 2 第一批車床中的一台。

兩百多年以前,當彼得大帝時,俄國的天才機械師安得烈·那爾托夫就發明了卡夾車刀用的卡具,並使它沿着工件做機械運動。車刀卡夾得很牢靠,它的運動和旋轉着工件有完全一定

的關係，這樣就能夠製造精度高的零件，並且能用比較堅硬的材料：如鑄鐵、鐵和鋼。這個巧妙的卡具大大地提高了加工精度，在車床上現在還保存着這個叫做刀架的卡具（圖3）。

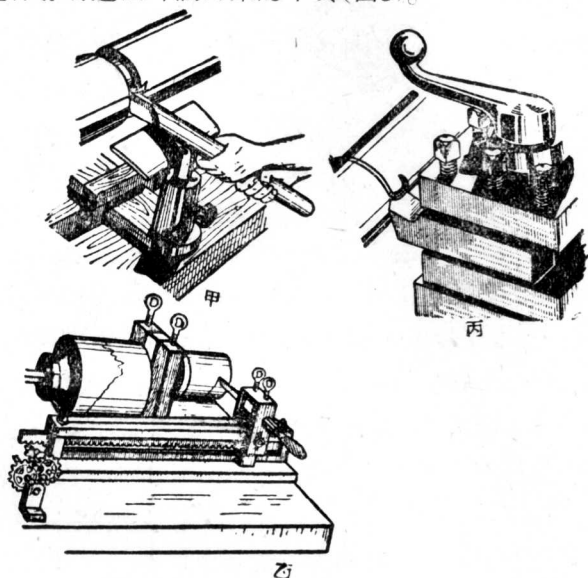


圖3 由手工方法改進成現代的刀架：

甲-舊的卡車刀的方法；乙-那爾托夫發明的第一個車床刀架，
丙-現在在刀架上卡夾車刀的方法。

機械化刀架的發明，使機器零件的加工起了重大的轉變。這個卡具代替了人手和工人的技藝，在靈活性、精度和速度方面都是大大的超過了它。

現在人類能達到很高的加工精度，和規定尺寸的偏差可以千分之一公厘（公忽^①）計算。在一些車床上，製造精度可以達到5公忽。精磨時和規定尺寸的偏差不超過2公忽。

① 公忽過去書上用公微，一般用符號 μ 表示。——編者

製造平面平行標準規(又叫標準塊)時,達到的精度可以用公忽的小數來表示。這種數值甚至很難想像,一根只能察覺到的頭髮的粗細,都有60~70公忽,1公忽用眼睛是根本看不出來的,至於公忽的小數更不用說了。這種數值只能用精密的光學儀器,利用光的波長來測量。

儘管有高度的製造技術和更高的測量技術,但無論如何還是不能達到絕對精度的。顯然,將來隨着技術的發展,這種精度還能提得更高,但絕對值是任何時候也達不到的。

無論你對被加工表面花費了多少勁,你也不能得到絕對精確的零件尺寸。

首先,你們加工時用的機器就不夠精確,這種不精確性會轉給零件。第二,刀具在切削過程中會磨損,使工件的尺寸發生偏差。第三,工件在加工過程中會變形。第四,由於量具不精確,溫度的影響和量具使用得不正確,在測量上發生的錯誤。第五,工人本身也可能發生錯誤等。

在現代任何機器中,甚至在測量儀器中,並不是所有的零件尺寸,都需要有高的加工精度。有一些零件表面是不經機械加工的,但互換性和機器工作的質量並不因此而降低。例如,車床,鑽床和其他機床操縱桿的手把,它們的外表面何必要精密加工呢。齒輪的外徑輪轂的外表面等也不必要求高度精密地去加工(圖4)。

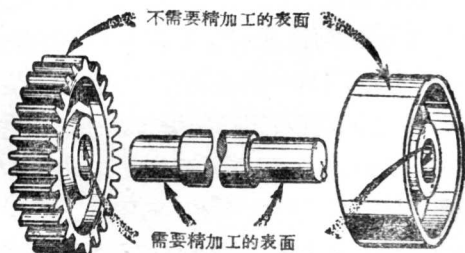


圖4 需要各種加工精度的表面的例子。

一般需要精密加工的零件表面，是跟機器上另外一些零件表面相接觸的：如軸樞的外表面和軸承的內表面，軸和齒輪或皮帶輪的內表面，汽缸套的內表面和活塞的外表面，鍵和槽等等。

某個零件所需要的加工精度，跟零件的功用、零件在機器工作時的作用，它的表面和其他零件表面接合的性質有關。

例如，你打開 ДИП-200 型車床床頭的蓋子時，你打開的蓋子能在銷軸上自由轉動甚至搖動，因此，蓋子能在上面轉動的銷軸和孔做得並不精確。需不需要做得更精確呢？顯然是不需要的。因為它們的作用就是在打開蓋子時把蓋子支持住，即使蓋子移動了一些，也不會影響機床的工作。

打開蓋子時，我們握着的手把加工得圓滑而且光亮，但它的加工精度不高，而且也不需要很高。因為只要用手握着方便就行了。

如果機床的主軸和主軸在裏面轉動的軸承製造得不精確，那就是另外一回事了。如果主軸在軸承中搖動，機床立刻就失掉了它的精確性，如果把主軸夾得太緊，軸承就會被燒熱，機床很快就會損壞了。

現在來看一下變速箱的內部（圖 5）吧。你可以看到許多齒輪，軸和其它的零件；這些零件差不多全都參加機床工作，它們將轉動傳給主軸。在第一根軸上有三個齒輪，它們固定地裝在軸上。在第三根軸上我們看到三個齒輪在一起，它們能沿着花鍵軸自由移動，但不能搖動。所有的軸都帶着齒輪在軸承中自由轉動，但並不擺動。

我們所看過的一切接合處都做得相當精密，這都是為了保證變速箱的正常工作。事實上如果接合處的精度不夠，則齒輪的偏斜和搖動就會影響齒輪的咬合，齒輪的牙齒很快就磨損了。

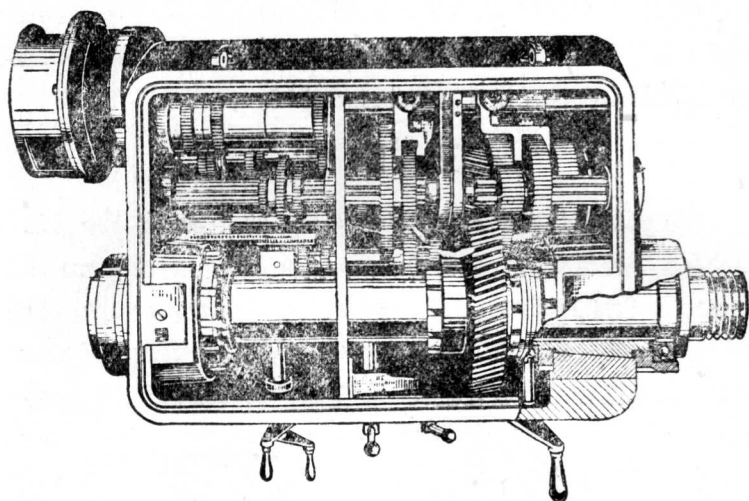


圖 5 ДИП-200 型車床的變速箱。

除此而外，齒輪工作得不正常會引起震動，並通過機床主軸影響到工件的精度。

還可以仔細看看車床上其他接合處和零件，各處的製造精確程度，都是適合於零件在機器中的功用的。

精度對互換性有着特別重大的意義，所以通常零件的製造精度，要比它們在機器中工作時需要的精度高些，這樣才能保證互換性。

因此，爲了保證機器的使用質量的高度指標和互換性，設計員應當在機器圖紙上指示出零件尺寸的允許誤差——公差。正確地規定出公差是個很難的問題。不僅要了解整個機器和它所有的零件的工作，而且還要有豐富的經驗和高深的生產知識。加工精度如果過高，就會提高機器的成本，使廢品增多，降低勞動生產率。精度過低則會降低機器的使用質量和零件的互換性。

在近二三十年中，創造了公差和配合的全部理論和制度。蘇聯制定了公差和配合的國家標準，是全國各企業都必須遵行的制度。

這些都是現代互換性機器生產的基礎。

三 配合

各種機器都是由或多或少的零件組成的。例如，自行車就是由好幾百個零件組成的。金屬切削機床是由好幾百個甚至上千個零件組成的。普通的絞肉機也是機器，是由十三個零件組成的。機器中的每一個零件都起着它一定的作用。機器中所有的零件都是按一定方式來接合的，並且組成一個整體，起着設計員所設想的作用。

在這個絞肉機中，你很容易看出每個零件的功用。你看到它裏面有些零件是固定接合的（螺帽、筧子、銷子和機體、蝸桿和刀），另一些零件是能動能轉的，如機體裏的帶刀的蝸桿，帶銷軸的手把（圖6）。

絞肉機上有一些接合零件容易拆開（螺帽、筧子、刀、蝸桿、握柄、握柄螺釘），另一些零件就不能那麼容易拆開

了（機體中裏銷子、機體裏下面的螺釘，握柄上面的握把銷軸）。

這些接合並不是偶然做成的，都是有道理的，有一定目的的。絞肉機零件的相互作用很明顯，用不着解釋。只要看看它如何工作

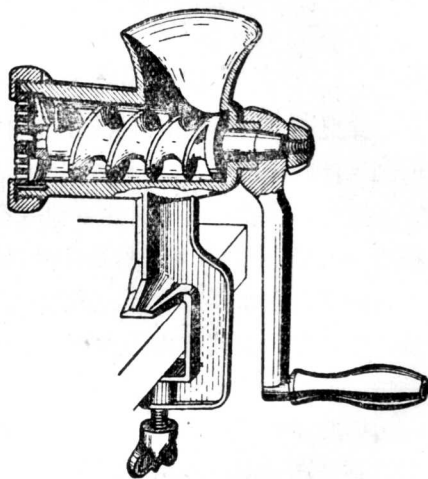


圖6 絞肉機的構造。

就行了。把它做得能够拆卸，是爲了能把刀拆下來磨或更換新的，清洗篋子，洗淨或擦淨所有的零件。但是，如果把像銷子這樣的零件也做成容易拆卸的，那麼你很容易會把它去掉，如果把握把的銷軸做成容易拆卸的，那麼銷軸在工作中很快就會鬆動。這就可以看到每種接合都有它的作用。

在機器製造業的實際應用上，採用的零件接合有很多種。例如螺帽和螺栓、螺帽和搬子、軸和套筒、軸和齒輪、齒輪和齒輪、蝸桿和蝸輪、鍵和鍵槽、軸承蓋和軸承體（圖7）。所有這些接合都是能把一個零件套在另一零件上，或是用一個零件把另一個零件包住。

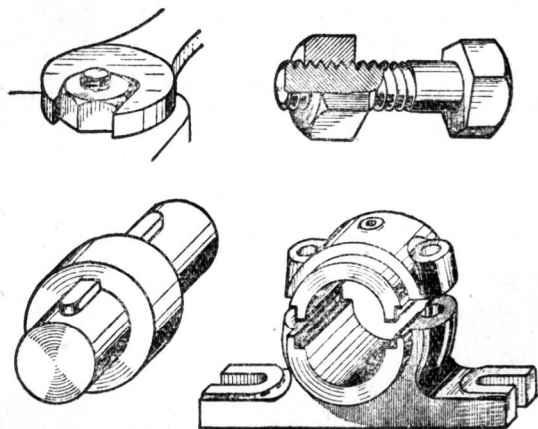


圖7 零件接合的方式。

在任何接合中，你都可以看到兩個或幾個零件表面在接觸，從這種接觸的鬆緊程度，可以研究零件在接合中是活動的還是固定的。

把一個零件配在另一零件上面，配合這名詞就是這樣得來的，在技術上用它來表示零件接合的性質。

在上述的例子裏，我們知道了各種接合的特性。其中之一是允

許零件彼此間有一定的活動自由。另一些便相反，零件是固定地裝好的。還有一些零件的配合，是設計員設計機器時按照他的意圖來規定的。

所以，配合這個名詞就不應只當作接合來理解，而應該理解作零件裝配的活動程度或緊密程度。

配合分成動配合和靜配合（圖 8）。

動配合，顧名思義就知道在這種接合裏，一個零件對另一個零件能自由移動（圖 8 甲）。要得到動配合，需要把兩個零件的被接合尺寸，或在技

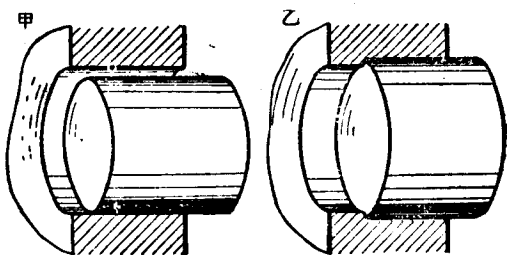


圖 8 零件的各種配合：

甲—動配合； 乙—靜配合。

術上叫做結合尺寸做成這樣：譬如說，軸的尺寸比孔的尺寸小，或孔的尺寸比軸的尺寸大。顯然，在這樣的接合裏，在接觸表面之間就會有自由的間隔，縫隙和間隙。間隙這個名詞就是用來表示動配合的特性的。

間隙等於大尺寸（孔的）和小尺寸（軸的）間的差數。間隙愈大，則接合裏的運動自由度就愈大。根據實際經驗，有許多時候間隙太大會引起摩擦表面強烈磨損（由於只在一條很窄的一部分上接觸，和由於間隙過大使零件發生震動）。但沒有間隙或間隙過小，在許多情況下也是不合適的，因為這樣會使摩擦表面之間的潤滑不足，在高速轉動時由於熱的膨脹，可能發生挾住和擦傷。

當設計機器時，動配合是按這個預定的接合在將來工作時的條件來選擇的。同時要確定最有利的間隙，以保證液體摩擦有最小

的摩擦係數。

因為動配合是採用於各種不同的工作條件的(接合件的直徑、軸每分鐘的轉數、接合的長度、潤滑的種類、軸承的負荷、軸承的最大允許溫度等),因此就應當有各種最有利的間隙。所以動配合按間隙的大小分成幾種配合。在機器製造業中採用的動配合分成五種:即滑合、動合、轉合、輕轉合、鬆轉合。

上述配合中,間隙最小的是滑合,最大的是鬆轉合。轉合的間隙比滑合大,但是比輕轉合和鬆轉合小。配合用俄文配合名詞的第一個字母來表示,如 C 表示滑合,Д 表示動合等等。

靜配合(圖 8 乙)能使接合零件不發生相對移動。要得到這種配合,可把軸的尺寸做得比孔稍大一些。把軸裝入孔裏時要用力,有時要加很大的力。

在某些情況下,當裝配固定接合時,要把包容零件加熱。加熱時孔的直徑增大了,零件能自由地裝配,冷卻以後就能得到很緊的接合。近年來除了加熱包容零件以外,還採用把軸冷卻的方法,軸的直徑在冷卻時縮小了,所以軸很容易進入孔中。

靜配合的強度,用結合尺寸的差來確定,這尺寸差就是過盈。

固定接合的各種工作條件和裝配,需要各種大小不同的過盈。有一些接合應當做得使零件能夠拆卸,又能重新裝上,而不損壞結合表面,也不破壞以前的緊度,也就是說不破壞以前的過盈。另一些則相反,有很大的過盈應當接合得很緊。

在機器製造中,根據過盈的大小把固定接合分成七種靜配合。

靜配合有:熱壓合、壓合、輕壓合、重打合、打合、輕打合、推合。這些配合都是按過盈度的減小順序來排列的。

熱壓合是一種很緊的接合,不破壞結合表面就不能把它分開。把有孔的零件加熱或把軸冷卻可以使它們在接合時容易。火車的