

机械工人活叶学习材料 067

赵为鐸編著

公差和配合



机械工业出版社

我們將要以怎樣的生 來加速祖國的工業化

1 大量生產 現在，我們國家進入了大規模經濟建設的時期，中國有史以來未有的第一個五年計劃已經開始了。這個五年計劃的總任務，就是要使中國由落後的農業國逐步變為強大的工業國，也就是逐步實現國家工業化。爲了完成這種艱巨的任務，我們必須遵照毛主席的指示「走俄國人的路」，「加緊學習斯大林的學說，學習蘇聯的科學和技術，以建設我們的國家」。斯大林同志說過：「工業化的中心，其基礎，是在於重工業底發展，歸根結底，是生產資料生產之發展，是在於本國的機器製造業之發展」。既然工業化的基礎是重工業，而且首先是機器製造業的發展，那麼，我們將要怎樣來發展我們的機器製造業呢？

在我們的大規模經濟建設計劃中，爲了要發展機器製造業，就一定要成立很多的機器製造工廠，也就是要新建立很多的機床工廠，汽車工廠，拖拉機工廠，紡紗機工廠和很多其他的工廠。而且在這些工廠裏所製造的產品不是一件兩件的做，也不是幾十幾百的做，而是要成千上萬的做。因爲不這樣做，就不能滿足客觀的需要，不這樣也就不能夠加速國家的工業化。這種成千上萬的製造機件，並且把它們裝配成千萬部機器的生產方法叫作「大量生產」。

大量生產的好處就是一切都可以專業化，因爲我們製造的機件多了，就可以利用專能的機床，專用的夾具和刀具，專門的技術工人。這樣就不祇可以提高產量、改進質量、還可以降低成本；也就

是說可以達到又快、又好、又省的要求。

2 機件的互換性 我們要達到大量生產機件和機器的目的，在機件製成以後，把它們裝配成機器時，就要很容易安裝和很節省時間。不然的話，雖然我們已經做好了很多的機件，可是一定要經過選擇，甚至於要經過修配才能把它們安裝起來；這樣不祇要耗費很多的時間，還難免要有些機件因為不能利用而必須報廢。同時在安裝時還需要技術很好的熟練工人，這樣就一定使產量低和成本高。而且就是所製造出來的同樣類型和同樣用途的機器，也並不是真正完全一樣的。這樣的大量生產還是有很多的缺點。

爲了要避免上面所說的缺點，也就是說我們所製造出來的機件，要可以不經挑選，不經修配，隨便從很多的機件裏拿出來就可以裝上，而且還要可以達到技術上的要求。凡是機件能滿足這個條件的性質，就叫做機件的「互換性」。有互換性的機件不祇可以使安裝容易和節省時間，就是在機件日久用壞時，只要我們有那些機件的備品，也是馬上就可以換上一件新的，這樣也就縮短了機器的檢修時間，提高了機器的使用效率。

3 機件的標準化 在我們的日常生活中大家都知道，當我們的電燈泡日久燒壞了時，祇要另買一個裝上就可以用，或是把別的燈頭上的燈泡拿下來，換到這個燈頭上來，也一樣可以達到目的。這就是因為電燈泡都有互換性。可是假如有不同的幾個工廠都做燈泡，它們彼此的尺寸不同，雖然同一個工廠的燈泡可以互換，但是和別廠的產品就不能互換。這時我們一定就覺得很不方便，因為在買不到原來那廠家的燈泡，而另買別家的燈泡時，還一定也要另

買一個燈頭。要避免這個缺點，就必須把產品都「標準化」，就是大家都按一定標準尺寸做。

在機器製造方面也和上面所說的情形一樣，而且很多的常用機件都已經標準化。例如機器上的螺釘，滾珠軸承，三角皮帶，鑽頭柄的錐度等都是有一定的標準的。在機件標準化以後，不祇可以使機件互換，同時也減少了機件的品種，簡化了生產設備；這就使生產過程更加單純，自然就可以提高質量和降低成本。

一些常用的機件，無論在形狀方面和尺寸方面都是已經標準化了的，就是一些特殊的機件，雖然不能完全標準化，可是它的某些尺寸還是可以採取一定的標準的。例如我們要在一個機件上鑽一個 30 公厘左右的孔，我們就應該從 28、30 或 32 公厘等尺寸中擇選一個合用的尺寸，最好是不用 29 或 31 公厘等尺寸。因為尺寸標準化以後，所需的刀具和量具也就可以標準化了；那就是說我們不必準備 28、29、30、31、32 公厘等幾種尺寸的鑽頭、鉸刀和驗規，而祇要準備 28、30 和 32 公厘的鑽頭、鉸刀和驗規等刀具和量具就已經够用。這不就減少了設備和節省了資金嗎？這就是機件的尺寸標準化的好處。

常用一般用途的標準直徑見附表 1，特殊用途的標準直徑見附表 2、標準長度見附表 3。

4 一切的機件都要大量生產和有互換性嗎 大量生產有互換性的機件，雖然有以上所說的一些好處，但也並不是所有的機件都這樣做，還要看具體的條件如何；這就好像是我們已實行大規模的有計劃的經濟建設，但是也並不是處處大規模和樣樣大規模，是同

樣的道理。

如果我們需要的產品數量少，就不能利用特殊的機床和特製的夾具和量具進行生產，不然製造成本就太高了。尺寸特別大的機件，例如 500 公厘以上的，在製造和度量上都比較困難，製造成本自然也高，就是尺寸稍微有些偏差，還是要儘量地利用，不能隨便作廢，這樣就不容易達到互換的要求。還有尺寸特別小的機件，例如 1 公厘以下的或有時是到 5~10 公厘的機件，要達到有互換性也是比較困難的。另外特別精密和特別複雜的機件，在製造和度量方面也都比較困難，也就不容易製造有互換性的機件。

從以上的情形可以很明顯地看出，產品的成本的高低，是決定生產方式的最主要的條件。因此，在製造機件時，就應該儘可能地大量製造有互換性的機件。

二 為什麼不可能也不必要 製造絕對準確的機件

1 影響工件精度的因素 由實驗的結果證明：在我們製造機件時，雖然是由於同一個工人，同一部機床，應用同樣的刀具，同樣的材料，可是仔細檢查它們的尺寸，結果還是彼此不同；而且每個機件的尺寸都和我們原來所規定的或希望的有些出入。這種不能把所有的機件都做得絕對準確的原因如下：

1) 機床和夾具不夠準確：如機床的導軌被磨損，主軸被磨扁，軸承和導體的鬆動，傳動機構不夠準確，機床部件安裝的不夠正確和所應用的夾具在製造和安裝上不夠準確等；

2) 刀具的形狀和尺寸不够準確以及使用時的磨損: 要想製造準確的工件, 所使用的刀具的形狀和尺寸也必須準確。但是在製造刀具時, 刀具本身也就是被製造的工件, 這個同時也是工件的刀具, 也不容易製造得絕對準確, 那麼應用這樣的刀具所製造出來的工件當然也就不能絕對準確。何況刀具用久以後還要被磨損, 先後不同時間所做出來的工件也就不會完全一樣了;

3) 量具不準確和不正確的使用: 如果所使用的量具不够準確, 根據這種量具所製造出來的工件, 自然也不會準確了。量具不準確的原因, 可能是量具本身製造或裝配的不够精確, 或是在使用時有了磨損。另外就是十分準確的量具, 如果使用的不得當也會產生度量上的誤差。例如由於度量時的疏忽, 常會把外徑量大和把內徑量小, 工件在冷時和熱時的尺寸也不相同。還有, 比較精密的量具因為使用的不得當也會影響它的精度;

4) 工件或刀具等的變形: 我們知道在鑄造工件時, 總是外面各部分先冷、先凝固; 同時一般的物體都是熱脹冷縮。那麼鑄件的內部在後冷收縮時一定要把外部已凝固的部分向裏拉 (因為外部已經定形拉不動), 這樣就使鑄件的內部產生了一種力量, 叫做「內應力」。當鑄件的外皮被切削掉以後, 因為原來的內應力的作用就可使工件變形; 加工後的平面可能彎, 鑽過的孔也會不圓了。冷軋冷拉的材料或是切削加工的工件, 因外皮受力的關係也會產生內應力, 也會引起變形。另外工件材料各部分的軟硬不同, 工件或刀具比較薄弱受力時也會變形。由於這些原因, 我們所製造出來的工件也就不可能十分準確;

5) 其他各種原因: 如工作環境不好, 室溫過冷或過熱, 照明不好; 工人的技術較低; 工作時的疏忽等原因都會影響工件的製造精度。

2 公差 從以上的情形看來, 在一般的機器製造廠裏很難得到絕對準確的工件, 因此每個機件也就不能絕對相同。可是在前面又提到過, 要想大量生產機件就必須使機件有互換性; 要想能夠互換就必須把同類的機件做得一樣。這不是一件互相矛盾的事嗎?

要解決這個問題, 辦法很簡單, 就是我們不把工件做得絕對準確, 也不做得完全相同, 而是把它們做得差不多, 但是又差得很少。同時這個差別又是在規定的一定範圍以內。這個規定的一定範圍以內的差別就是機器製造方面所說的「公差」。

例如我們要做一個 40 公厘的孔, 不必做得十分準確, 而是給這個孔一個尺寸範圍。假如孔最小是 40.000 公厘, 最大是 40.027 公厘 (圖 1)。也就是說, 孔的尺寸祇要是在這個範圍以內就都可以認為是合乎要求的。這時這個孔的公差等於 $40.027 - 40.000$

$= 0.027$ 公厘。在這種情形下所做出來的孔究竟是多麼大, 要直接去量製造出來的工件, 這樣得的尺寸才是「實際尺寸」。我們所說的 40 公厘, 祇是孔的「名義尺寸」。那麼, 所允許的最大實際尺寸 40.027 就叫做「最大極限尺寸」, 所允許的最小實際尺寸 40.000 就叫做「最小極限尺寸」。最大

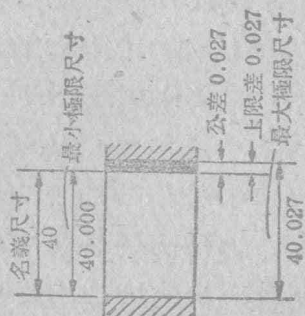


圖 1 孔公差

極限尺寸和名義尺寸之差叫做上限差，最小極限尺寸和名義尺寸之差叫做下限差。

根據以上的情形，我們可以更清楚地把這些數值寫成：

名義尺寸 40公厘

實際尺寸 實際度量才知道，但在40.000到40.027的範圍內

最大極限尺寸 40.027公厘

最小極限尺寸 40.000公厘

公差 $40.027 - 40.000 = 0.027$ 公厘

上限差 $40.027 - 40.000 = 0.027$ 公厘

下限差 $40.000 - 40.000 = 0$ 公厘

同理，如果一個40公厘的軸，最大可以做成40.008公厘，最小是39.992公厘，(圖2)可以得以下結果：

名義尺寸 40.000公厘

實際尺寸 要實際度量工件才知道，在39.992到40.008公厘之間

最大極限尺寸 40.008公厘

最小極限尺寸 39.992公厘

公差 $40.008 - 39.992 = 0.016$ 公厘

上限差 $40.008 - 40.000 = 0.008$ 公厘

下限差 $40.000 - 39.992 = 0.008$ 公厘

按照上面所說的情形，如果公差的數值規定得合理，我們就可以不必製造絕對準確或完全一樣的工件，也可以達到互換的要求的。

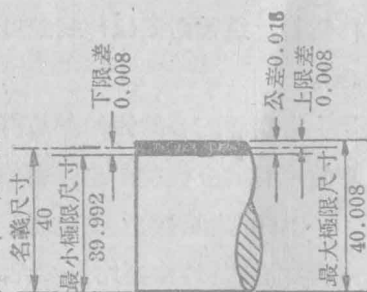


圖2 軸公差

三 怎樣使機件達到技術上的要求

1 動配合和靜配合 當我們要把製造完工的機件裝配成機器時，有時我們希望兩個機件裝配好以後還要能夠活動，例如鬆帶輪要能在軸上轉動，軸也要能夠在銅軸承襯（軸瓦）裏轉動。因為這時我們是希望，當兩個互相配合的機件中的一件轉動時，另外一件不動。這種兩個機件之間還可以活動的配合叫做「動配合」。

要想得到動配合就必須是裝在裏面的「內件」比外面的「外件」要小一些。也就是，鬆帶輪的內徑要比軸的外徑大一些，或是軸的外徑要比軸承襯的內徑小一些。在這種情形下，把兩個機件裝配好以後才能夠活動。

在另一方面，有時我們又希望兩個機件在裝配好以後不能再動，例如機床上許多的齒輪裝在軸上以後就應該是裝得很緊，不能再鬆動。這種兩個機件裝配好以後不能再活動的配合叫做「靜配合」。

得到靜配合的條件就是內件要比外件大一些，例如火車或電車的車軸的直徑就是比輪轂的內徑大一些的。

2 間隙和過盈 從前面所談的機件互相配合的要求可以知道，動配合是外件要比內件大，那麼這樣的兩個機件裝配好以後，外件和內件之間一定是有些空着的地方，這一部分就叫做「間隙」。

現在舉一個實例來說明兩個機件互相配合時有間隙的情形（圖3）。假如孔和軸的名義尺寸是100公厘，最小孔徑是100.000公厘，最大孔徑是100.035公厘；最小軸徑是99.875公厘，最大軸

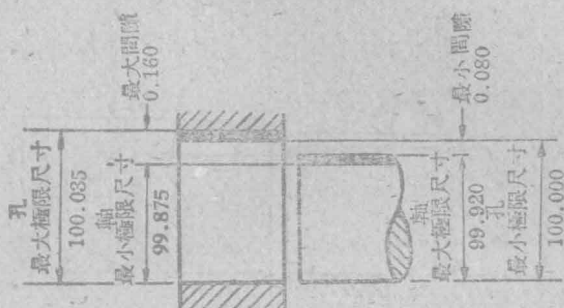


圖 3 動配合

徑是 99.920 公厘。

如果是最大的孔和最小的軸相配，就得出：最大間隙 = $100.035 - 99.875 = 0.160$ 公厘。

如果是最小的孔和最大的軸相配，就得出：最小間隙 = $100.000 - 99.920 = 0.080$ 公厘。

根據這種情形可以知道，在任何情形下都可以保證最小的間隙 0.080 公厘，最大時可以達到 0.160 公厘。所以永遠可以得到動配合。

靜配合就和上面的情形不同，因為靜配合的外件要比內件小，這時把內外兩件裝配起來，內外兩件之間一定有多餘的部分，叫做「過盈」。這種情形可由圖 4 的例子中看出：例如孔和軸的名義尺寸是 100 公厘，最小孔徑是 100.000 公厘，最大孔徑是 100.035 公厘；最小軸徑是 100.105 公厘，最大軸徑是 100.140 公厘。

如果是最小的孔和最大的軸相配，就得

最大過盈 = $100.140 - 100.000 = 0.140$ 公厘

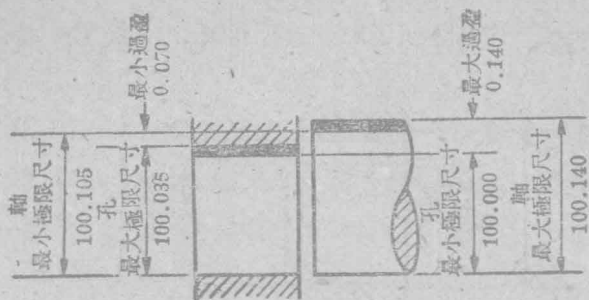


圖 4 靜配合

如果是最大的孔和最小的軸相配，就得
 最小過盈 = $100.105 - 100.035 = 0.070$ 公厘

根據以上情形可以知道，在任何情形下都可以保證最小的過盈是 0.070 公厘，最大時可以達到 0.140 公厘。所以永遠可以得到靜配合。

但是，有時機件的配合並不完全像上面兩個例子那樣簡單，如果我們把圖 1 和圖 2 的兩個機件互相配合，所得的結果就不同了。從圖 5 上可以知道：

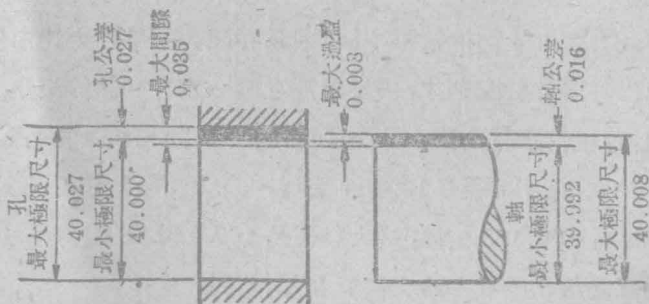


圖 5 過渡配合

如果是最大孔和最小軸相配，可得

$$\text{最大間隙} = 40.027 - 39.992 = 0.035 \text{ 公厘}$$

因為最小孔比最大軸還要小一些，這時兩件相配就應該得過盈，也就是

$$\text{最大過盈} = 40.008 - 40.000 = 0.008 \text{ 公厘。}$$

像我們所說的這種配合，有的時候得間隙，有的時候得過盈；雖然所有的機件都在公差範圍以內，但是要靠是那兩件相配才能決定配合的種類。因此這樣的配合既可能是動配合，又可能是靜配合，我們叫它做「過渡配合」，是介乎動和靜之間的一種配合。

表 1 配合的種類，裝配方法和配合性質

配合種類	符號	裝配方法和配合性質
靜配合		
熱壓合	Γ_p	在裝配前須將外件加熱或將內件冷卻，極牢固的配合
壓合	Π_p	裝配時用壓力機壓入，比較堅固的配合
輕壓合	Π_n	裝配時用壓力機壓入，輕壓配合，不能保證絕不鬆動
過渡配合		
重打合	Γ	裝配時也是用壓力機壓入，但須另用鍵、梢子等件固定，以避免鬆動
打合	T	裝配時用手鍵打入
輕打合	H	裝配時也是用手鍵打入，但比前面一種稍鬆
推合	Π	裝配時用水鍵打入
動配合		
滑合	C	兩件之間加入潤滑油，可用手轉動
動合	$\mathcal{H}$	動配合，但兩件之間沒有顯著的間隙
轉合	X	動配合，有很小的間隙
輕轉合	$\mathcal{H}$	動配合，有中等的間隙
鬆轉合	$\mathcal{H}$	動配合，有顯著的間隙

現在我們可以知道，機件的配合在基本上是分為兩大類：動配合和靜配合，在這兩類之間又可能有一種[過渡配合]。

3 配合的種類 我們雖然已經把機件配合的情形按技術上的要求分為動配合和靜配合兩種，但是有時我們雖然一樣是要動配合，可是有的情形下要間隙大些，有的情形又要間隙小些，也就是鬆動的利害些或稍微鬆動一點。這種情形對於靜配合也是一樣。那麼按照上面簡單地分為兩大類就嫌太分得不够精細。因此蘇聯在機器製造方面又把那兩大類之中（和過渡配合）又再一共分成 12 種。這 12 種配合的名稱、符號、裝配方法和配合性質見表 1（蘇聯通用標準，簡稱 OCT）。

四 如何更經濟地製造工件

1 公差制度 要想使互相配合的機件得到不同的鬆緊程度，簡單地說就是變更內件或外件的尺寸，就可以達到要求。可以達到這個目的的一種辦法是拿孔做基準，就是孔的尺寸不變（這裏所說的不變，是極限尺寸不變，還是有公差的）：要想得到鬆的配合，就把軸的尺寸做小一點，要想得到緊的配合，就把軸做大一點。這種方法叫[基孔制]（圖 6）。

另外一種方法和以上的相反，就是拿軸作基準，軸的尺寸不變：要想得到鬆的配合，就把孔做大一點，要想得到緊的配合，就把孔做小一點。這種方法叫作[基軸制]（圖 7）。

基孔制和基軸制的道理一樣，也都可以達到同樣的目的。但是一般常用的以基孔制比較多，因為這種辦法比較經濟。

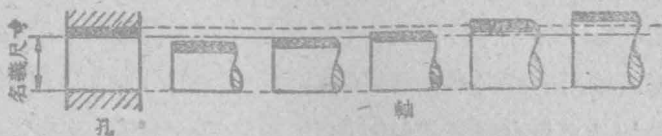


圖 6 基孔制配合

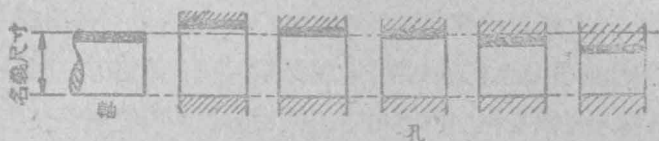


圖 7 基軸制配合

現在以基孔制作例來說明：如果我們要做同一個名義尺寸的很多孔和很多的軸，來得到不同的配合。假如孔是最後用鉸刀鉸光，軸是在車床上車光。這時我們只需要一把鉸刀，把每個孔都鉸成一樣的尺寸。而在車床上把軸車成不同的大小，也可以用同樣的一把車刀。普通做孔的刀具都比作軸的刀具貴，但是這時我們只用一把鉸刀，還是很經濟。所以在一般情形下，總是儘可能地採用基孔制。

若是基軸制，情形就大不相同了。假如我們要得到 12 種配合，可以在車床上車 12 個同樣尺寸的軸（同樣極限尺寸的軸），但是却要鉸 12 種尺寸的孔，當然也就需要應用 12 把不同尺寸（不同極限尺寸）的鉸刀。這樣一來刀具的成本不就高了嗎？

基軸制雖然是比較不經濟，但是還是有它存在的價值。比如說，製造紡紗機上的長軸，在這個軸上要裝很多的機件，如帶軸、聯軸節、齒輪等，這個長軸也要裝在軸承裏，而各種機件所要求的配

合又不同。這時最簡單的辦法就是把軸的全長都做成一樣的尺寸，而把裝在軸上各機件的孔做成不同的尺寸。還有，在農具機械方面有的是直接用冷拉出來的鋼料做軸，不必經過切削加工，這時裝在軸上的機件也只有採用基軸制。

2 精度等級 在機械製造方面因為不可能也不必要製造絕對準確的機件，所以把機件的尺寸規定一個公差，這個公差越大，就越容易製造，但是也就越不準確，越難掌握配合的情況。同時各種機件所要求的精密程度也不相同，精密的量具或檢驗儀器所要求的精度就高些，紡紗機械、農具機械所要求的精度就比較低。所以為了製造上的經濟起見，就把公差的精密程度按不同的需要分成1, 2, 2a, 3, 3a, 4, 5, 7, 8, 9等一共10級（第6級現在已不用）。1級精度的公差最小，9級的公差最大。在各級精度中只有基孔制的2級精度有全部的12種配合，其他各級精度的配合種類就比較少，詳細情形請參考附表4。

五 數字和符號－工程上的語言

1 公差和配合的表示法和公差表的利用 我們在前面已經大略地把公差和配合的基本概念介紹過了，但是在實際應用時並不需要說很多話或寫很多字才能把我們對機件的要求規定明白。我們只要用一些很簡單的數字和符號就可以把我們的要求表示清楚。例如圖1的孔，名義尺寸是40公厘，最大極限尺寸是40.027公厘，上限差0.027公厘；最小界限尺寸是40.000公厘，下限差是0。這時我們可以根據名義尺寸把上限差和下限差寫在名義尺寸

的右上角，就是 $40^{+0.027}_{+0.000}$ 公厘。同理圖 2 的軸就可以寫成 $40^{+0.003}_{-0.003}$ 公厘，或 40 ± 0.003 公厘。

有的時候在圖上祇註明名義尺寸，公差和配合都用符號代替，這時如果是基孔制的孔就在名義尺寸後面寫一 [A] 字，如果是基軸制用 [B]。配合的種類也是用字母作符號，各種符號見前面的表 1。如果是兩件相配合就在名義尺寸後面寫一個分數，分子表示孔，分母表示軸。如 $50 \frac{A}{C}$ ， $100 A$ ，等。公差的精度等級是用阿拉伯數字寫在配合種類符號的右下方，但 2 級精度因為用的最多，通常都省略不寫，如 $30 A$ ， $80 \frac{X}{B_{2a}}$ 等。

應用上面所說的符號表示公差時，就必須在公差表上查出實際的數值才能製造。附表 5~7 是基孔制和基軸制 1—500 公厘各級精度各種配合的公差數值。表中是把各種尺寸分成很多組，如 1-3, 3-6, 6-10 公厘等，在每一組的尺寸範圍以內所有的公差數值都相同。這幾個公差表的查法可用以下的例子說明：

1) $50 \frac{A}{C}$ 表示名義尺寸是 50 公厘，孔是基孔制的 2 級精度，軸是 2 級的滑合，從附表 5 可以查到：

$$\text{孔徑} = 50 + 0.027 \text{ 公厘}$$

$$\text{軸徑} = 50 - 0.017 \text{ 公厘}$$

2) $100 A$ 表示孔徑的名義尺寸是 100 公厘，基孔制的 2 級精度，由附表 5 可以查到孔徑是 $100 + 0.035$ 公厘。

3) $30 A$ ，表示孔的名義尺寸是 30 公厘，基孔制 3 級精度，由附表 5 可以查到孔徑是 $30 + 0.045$ 公厘。

4) $80 \frac{X}{B_{2a}}$ 表示名義尺寸是 80 公厘，軸是基軸制 2_a 級精度，孔

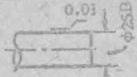
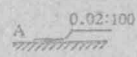
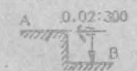
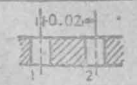
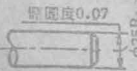
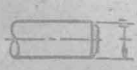
是2級精度的轉合，由附表6可以查到：

$$\text{孔徑} = 80 + \begin{matrix} +0.030 \\ +0.070 \end{matrix} \text{公厘}$$

$$\text{軸徑} = 80 - 0.030 \text{公厘}。$$

2 其他公差 在製造機件時應用最多的就是前面所介紹的孔和軸的配合公差，其他如長短、高低、厚薄、螺紋、錐度、齒輪等也都有一定的公差。這些公差的基本原理都是一樣的，因為平常用的比較少，我們暫且可以不談。

另外，在機件的製造圖上，也時常用符號和數字表示機件的形狀公差，常用的有以下幾種：

偏差名稱	圖上的符號和註解	註釋舉例
不直度		直徑為25B的全長內直度的偏差不能超過0.01公厘
不平度		面A的平度偏差在100公厘長內不能超過0.02公厘
不平行度		A對B的平行度偏差在300公厘長內不能超過0.02公厘
不平行度		軸線1和2的不平行度不能超過0.02公厘
橢圓度		直徑2.5B ₄ 的橢圓度不能超過0.07公厘
錐度		錐度不能超過0.05:100 (100公厘長直徑差不超過0.05公厘)