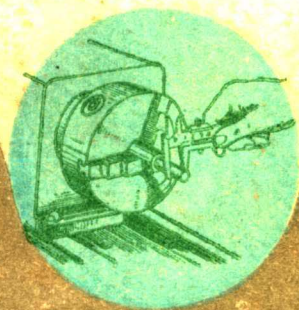


谈谈公差与技术测量

譚月灿編著



湖北人民出版社

談談公差与技术測量

譚月灿編著

湖北人民出版社出版 (武汉解放大道382号)

武汉市书刊出版业营业許可証新出字第1号

湖北省新华书店发行

江汉印刷厂印刷

787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ · $\frac{3}{4}$ 印張 · 40,000字

1959年12月第 1 版

1959年12月第 1 次印刷

印数: 1—2,300

統一書号: T15106·183

定 价: (10) 0.17 元

前面的話

1958年，我国社会主义建設事业实现了全面大跃进。同年下半年，为了适应地方工业发展的需要，帮助地方工业培养技术力量，华中工学院根据中共湖北省委的指示，組織了一批教师，参加技术辅导团分赴各专区开展技术辅导活动。我也参加了这一次的技术辅导工作。

在这一次辅导活动中，辅导团除了在現場进行各种有关的技术辅导以外，还在各专区举办了各种短期技术訓練班。当时，为了教学上的需要，辅导团成员分头編写了一些通俗讲义，作为短期訓練班的教材。这个小册子的基础，就是在当时編写的。它向学员簡明介紹了机械工业中的公差与技术測量的基本知識。现在又在原有的基础上作了一些补充和修改，供給机械工业中具有高小以上文化水平的青工及学徒作为业余自修的参考。

辅导团在专区活动的時間不长，当时編写讲义的時間不够充分，尽管这一次又作了补充和修改，但是由于自己工作經驗不足，写作水平有限，这个小册子的缺点可能不少。欢迎讀者同志們提出寶貴的意見和批評，帮助改进。

这个小册子在整理出版以前，承李光盈、張江陵两同志帮助審閱，并且提出了一些改进意見，在这里向他們表示热情的感謝。

編著者

1959年10月

目 录

前面的話

一	为什么要学习公差与技术测量.....	1
二	机械制造中的精度.....	2
三	圆柱形零件的配合和精度等級.....	17
四	互换性.....	31
五	常用的测量单位、测量工具和测量方法.....	35

一 为什么要学习公差与技术测量

机械厂制造和修理机器，技术水平的高低直接表现在生产的产品和劳动生产率上。产品质量的好坏，在技术方面，除了受着产品设计、原材料的性能、工厂中使用的机器的结构等影响以外，在很大的程度上还决定在产品加工和装配的精确程度。即使有很好的材料，如果加工不够精确，也不能获得良好的产品。这样，就是技术没有到家。因此，我们常常说，加工精度是技术条件的主要内容。

加工精度是这么重要，所以加工精度规定得是不是恰当，能不能正确而迅速地在制造中保证实现这些要求，是影响产品质量的好坏，也影响着劳动生产率的高低的。

一部机器是由许多部件和零件组成的；一部机器愈复杂，它的部件和零件的数目也就愈多。每一个零件在机器中都有它一定的作用，一般说来，缺一个都不行。为了把机器很好地装配起来，我们又必须根据各种零件在机器中的不同作用，规定每一个零件的加工精度和各方面的要求。我们又知道，一部机器是由许多工人分工合作做成的，一个工人只能直接参加一部分工作（小的工厂，有些工人要做几个工种的工作；较大的工厂，分工就细了）。因此，只有每一个工人同志在他的工作中都严格地按照技术条件的要求来工作，才能保证最后装配成完整、良好的机器产品。

机械工人为什么要学习公差与技术测量这门技术知识呢？

根据上面所說的，我們就看得很清楚，我們学习这門技术知識，是为了解决以下兩方面的問題：

第一，对机器产品在加工精度方面有些什么要求？为什么要規定这些要求？这些要求要用什么方法表示出来？

第二，用什么工具来檢驗加工精度？这些测量工具的基本原理和使用方法是怎樣的？

公差与技术測量牽涉到的問題很多，有的問題的研究还成为了專門的學問。在这里，为了使大家容易了解，很快掌握这門技术知識的一些要点，只打算把其中最基本的部分作个介紹。

二 机械制造中的精度

前面已經說过，加工精度是决定产品质量的一个重要因素。为了保証产品质量，設計的人要規定产品和它的每一个零件的技术条件，并且把这些技术要求注明在圖紙上。制造的时候，必須严格保証这些要求，不經有关的領導批准，不得任意修改。

加工精度，根据零件在机器上的不同作用，而有不同的要求。主要可以分为四类：

1. 尺寸精度；
2. 几何形状精度；
3. 各表面相互位置的精度；
4. 表面光洁度。

下面分別介紹它們的意義和在圖紙上的表示方法。

(一) 尺寸精度

一部机器各种零件的尺寸，由于使用和装配上的要求不同，对于精度的要求也是不同的。有的精度要求很高，必须做得十分准确。这是应该千方百计努力做到的。因为我们用同样多的原料、材料和劳动力，制造出来的机器质量特别好，效率高，寿命长，就等于给国家增加了机器设备能力。

但是，要把零件上的一个尺寸做得绝对准确，并不简单。比如要在车床上车一根轴，把直径车成恰好是50毫米，丝毫不差，不容易做到的。在同一部车床上，用同样材料、同样刀具，甚至由同一个工人先后接连车两根轴，车成以后，仔细量一下它们的尺寸，也会有些极微小的出入。这是因为零件在加工的时候，往往受到下面一些条件的影响（这些影响随着工业生产和科学技术的发展将会减少，但是总还会多多少少存在一些）。

第一，机床和夹具不够十分准确。比如机床的导轨被磨损、轴承松动、传动机构不够准确、机床部件以及应用的夹具在制造和安装上不够准确等。

第二，刀具的形状和尺寸不够十分准确以及使用的时候有磨损。要想制造准确的工件，所使用的刀具的形状和尺寸也必须准确。但是制造刀具的时候，刀具本身也是被制造的工件，它也可能制造得不是绝对准确。那么使用这样的刀具所制造出来的工件，当然也不可能绝对准确。何况刀具用久了还要被磨损呢。

第三，工件和刀具的一些变形。铸造的零件，总是外面先冷，慢慢向内凝固。一般物体都有热胀冷缩的特性。铸件内部后冷，收缩的时候，一定会把已经冷凝和定形的外部向里拉，

这股向里拉的力量就叫做“内应力”。当铸件的外皮切削掉以后，因为原来的内应力的作用，就会使工件变形：加工后的平面可能变弯，钻好的孔也会不圆。工件本身的材料各部分软硬不同，加上工件和刀具本身有时过于薄弱，当切削的时候受力过大，也会变形。

第四，量具不够十分准确和使用上的一些不当。用不准确的量具，当然不能得到准确的工件。量具不准确的原因，可能是量具本身制造和装配不够精确，或者是使用的时候有磨损。另外，就是十分精确的量具，如果使用不当也会产生度量上的误差。比如度量的时候一时疏忽大意，发生错误；工件在热的时候度量，因而到冷的时候尺寸变动；以及对量具的各种使用不当，等等。

此外，工作环境存在问题，车间温度过冷或者过热，照明不好，操作的人疏忽大意，或者技术水平较低，都会影响工件的制造精度。

以上这些情况，我们必须加以注意，力求克服主客观缺点，做到十分精确。同时在生产中，也允许有尺寸上极微小的差别。但是这个差别必须规定在一定范围以内，不允许超过。这个规定在一定范围以内的差别，就是我们这里所要说的“公差”。

图1表示我们要在一块铁板上钻两个孔，要求这两个孔的中心距离是100毫米。如果确实做不到丝毫不差，那就必须使这两个孔的中心距离限制在一定尺寸的范围以内。比如说，允许距离最小是100.1毫米，最

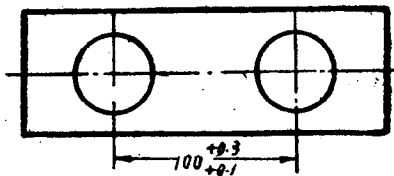


图1

大是 100.3 毫米。也就是說，这两个孔的距离只要是在这个範圍以內，都可以算是合乎要求的。这样，这两个孔的中心距离的公差就等于 $100.3 - 100.1 = 0.2$ 毫米。在这种情形下，要問鑽出的两个孔的中心距离实际上有多长，要去量已經鑽好的工件，以便得出“实际尺寸”。要求的 100 毫米，是这两个孔的中心距离的“名义尺寸”（也叫“公称尺寸”）。那么，所允許的最大实际尺寸 100.3 毫米就叫做“最大极限尺寸”，所允許的最小实际尺寸 100.1 毫米就叫做“最小极限尺寸”。最大极限尺寸和名义尺寸之差叫做“上限差”，最小极限尺寸和名义尺寸之差叫做“下限差”。

在圖紙上，公差是用写得小一点的数字注在名义尺寸数字的后面，象图 1 那样。图 1 表示最大极限尺寸和最小极限尺寸都大于名义尺寸的注法，小数字前面是“+”号。如果最大极限尺寸和最小极限尺寸都小于名义尺寸的話，那么注尺寸公差的时候，除了仍然把最小的极限偏差写在名义尺寸的右上角，最大的极限偏差写在名义尺寸的右下角以外，还應該在小数字前面写出“-”号，比如：

$$100 \begin{matrix} -0.1 \\ -0.3 \end{matrix}$$

(二) 几何形状精度

机器零件的形状各不相同。从平面来看，有正方形、长方形、圆形、三角形……；从立体来看，有正方体、长方体、圆柱体……。这就是常說的几何形状。在机械制造中，最常碰到的几何形状是圆柱体（比如一根軸，就是一个圆柱体）和各种平面。对圆柱体加工的时候，我們要求做到渾圓。如果不够渾圓，就是說这个圆柱体的几何形状有偏差。圆柱体几何形状的

偏差有下列这些:

1. 垂直于軸綫的平面內的圓度偏差(橢圓度)

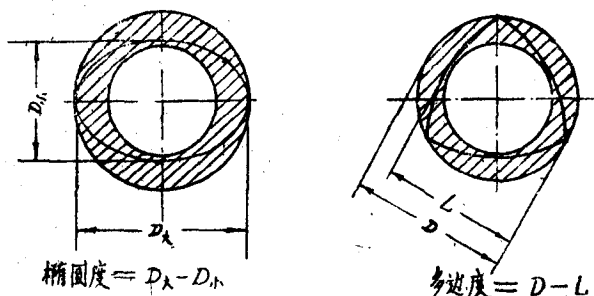


图 2

一个圆必定有一个圆心。一个渾圓的圓柱體，我們也假定它有一根中心軸(軸綫)。這一根中心軸，無論在圓柱體的两端，或者在它的当中任何一个橫截断表面上，都是圆心。如果圓柱體有偏差，那么我們把它的截面(圓柱體两端或其他橫截断表面)量一量，它一定不是橢圓形就是多边形(量得的数值就是橢圓度和多邊度。看图 2)。所謂橢圓度，就是指在工件的同一截面量得的最大直徑与最小直徑之差(左边图中的 $D_{大}$ 就是最大直徑， $D_{小}$ 就是最小直徑)。所謂多邊度，就是指工件截面輪廓的外接圓直徑(右边图中的 D)与两个切于(“切于”意思就是“貼着”)工件表面平行平面間的最小距离(右边图中的 L)之差。

2. 母綫直度偏差(桶度、凹度、軸綫彎曲度)

經過圓柱體軸綫的平面(这个平面也是假設的)与圓柱表面相交的綫，叫做圓柱體的母綫(就是圓柱體的外圍表面)。如果一个圓柱體中間粗，两头細，我們就說它有桶度；如果一个圓柱體中間細，两头粗，我們就說它有凹度；如果一个圓柱體

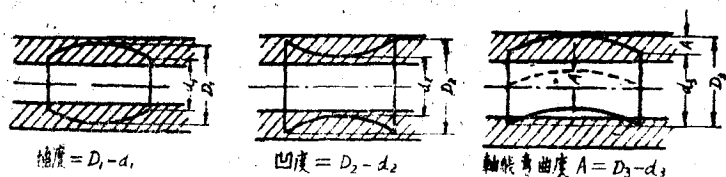


图 3

是弯曲的，我們就說它有軸綫彎曲度。图 3 所表示的桶度、凹度和軸綫彎曲度，都是母綫直度的偏差。从图中可以看出来：桶度和凹度，是在两个通过軸綫的截面中間量得的最大值 (D_1 、 D_2) 与最小直径 (d_1 、 d_2) 之差。軸綫彎曲度 (A) 实际上就等于母綫的彎曲度；在两个通过軸綫的截面的圆心中間，取一个中点 (从它到两个截面的距离是相等的)，这个中点和实际軸綫的距离就是軸綫彎曲度 (图中的 d_3 是圓柱体的直径， D_3 是这个直径加上左上边的那条母綫凸出的距离；这个距离正好等于軸綫彎曲度)。

3. 母綫平行度偏差 (錐度)

图 4 所表示的是錐度。一个圓柱体，如果一头粗，一头細，我們就說它有錐度。錐度就是指在两个不同的截面上量得的直径之差 ($D_{大} - D_{小}$) 与这两个截面間的距离 (L) 之比。

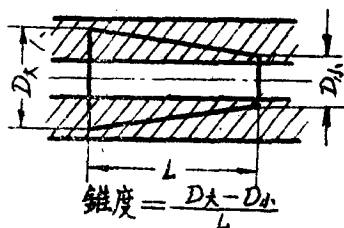


图 4

上面所提到的截面，都是指和軸綫垂直的截面。

在图 2、图 3 和图 4 中，画有剖面綫 (斜綫) 的部分是公差带；表示零件极限輪廓的范围。当图紙和技术条件中沒有注明圓柱形偏差的具体数值的时候，我們就應該保証使几何形

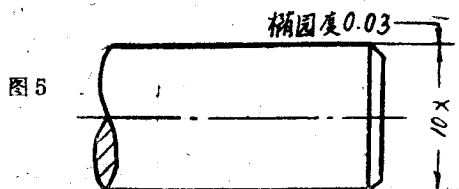
状偏差不超出公差带的范围，象图中所表示的一样。

平面几何形状的偏差有下列这些：

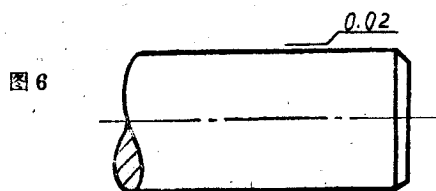
1. 直度偏差（也叫不直度），就是平面轮廓在一定方向上和直线相比较，发现的不直的偏差。

2. 平度偏差（也叫不平度），就是平面在任何方向上的直度偏差的最大数值。

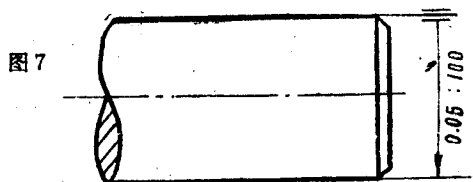
图5到图8是几个具体的例子，说明在图纸上怎样用符号和文字来表示对几何形状精度的要求。



直径10毫米处的圆度偏差不得大于 0.03 毫米。



母线直度偏差不得大于 0.02 毫米。



锥度在 100 毫米的长度上不得大于 0.05。



不平度偏差每 100 毫米不得超过 0.02 毫米。

(三) 各表面相互位置精度

机器是由零件組成的，零件的形状又是由一些几何表面組成的。每一个零件都在机器上占有一定的位置，零件上的每一个表面也必須具有正确的几何位置。只有保证了这些要求，我們所制造的机器才能发挥它应有的作用。例如，在車床上，要求車床主軸和尾座頂針同心，主軸中心和床身導軌面平行，等等。保证了这些要求，車床才能加工出精密的零件。

以下分別說明各圓柱面的相互位置精度和各平面的相互位置精度。

屬於各圓柱面相互位置精度的，有（例子看图 9 至图 16）：

1. 同心度偏差：两个圓柱面的軸綫完全重合的时候，叫做同心。当这两根軸綫发生相对平行偏移，或者是相对歪斜的时候，就是不同心，或者叫做“这两个圓柱面之間有同心度偏差”（看图 9）。

2. 徑向跳动：一个圓柱体如果有同心度偏差，旋轉时一定产生偏心跳动現象，这种現象称为徑向跳动。一个圓柱面的徑向跳动，总是相对于某一个基准面來說的。这个基准面可能是頂針孔的軸綫，也可能是与被檢驗表面同心的另一个圓柱面。所以，徑向跳动指的是从被檢驗表面到基准面之間的最大距离与最小距离之差。实际上，徑向跳动也就是包括同心度偏差和几何形状偏差在內的綜合性的偏差（看图 10、11、12）。

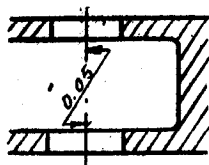
3. 端面跳动：在圓柱面的端面与垂直于圓柱面軸綫的平面之間，在平行于軸綫的方向上的各个距离的最大差，就叫做端面跳动。在机器中的圓柱形零件，例如齒輪和軸承，往往都要求圓柱体的端面与軸綫垂直。端面跳动，实际上也就反映了圓柱体端面与軸綫的垂直度偏差（看图 13）。

4. 平行度偏差: 平行度偏差表示圆柱面轴线对基准面 (或者另一轴线) 是否平行 (看图14、15)。

平行度偏差的数值 = $\frac{\text{轴线上两点与基准面(线)间距离之差}}{\text{这两点之间的距离}}$

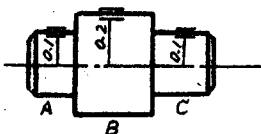
5. 两相交轴线的相互位置偏差: 在机械零件中, 往往要求两根轴线相交成规定的角度, 或者是互相垂直。这种相互位置偏差要用两个数值来表示: 一个数值是两轴线间夹角的公差 (或者垂直度偏差); 另一个数值是两轴线间最短距离的公差 (看图16)。

图9



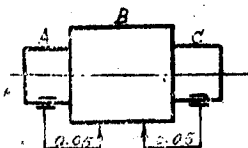
两孔同心度偏差不得大于0.05毫米。

图10



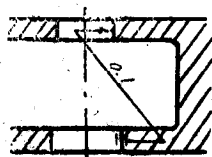
工件装在顶针上检查, A段和C段的径向跳动不得大于0.1毫米, B段的径向跳动不得大于0.2毫米。

图11



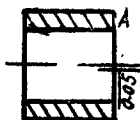
A面和C面相对于B面的径向跳动不得大于0.05毫米。

图12



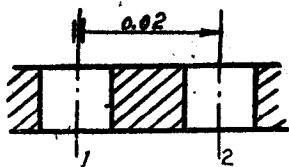
下孔对上孔的径向跳动不得大于0.1毫米。

圖13



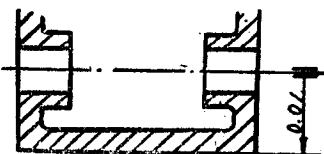
把心軸穿進孔內並且頂在頂針上檢查，端面A的跳動量不得大於0.05毫米。

圖14



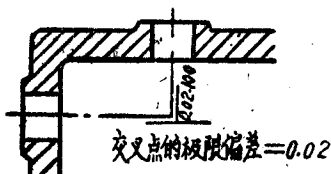
軸綫1對軸綫2的平行度偏差在全長上不得大於0.02毫米。

圖15



孔軸綫對底平面的平行度偏差在全長上不得大於0.01毫米。

圖16



軸綫位置的極限垂直度偏差，在100毫米長上不得大於0.02毫米。軸綫交叉點的極限位置偏差不得大於0.02毫米。

屬於各種平面相互位置偏差的，有（例子見圖17、18、19）：

1. 平行度偏差：兩個平面平行，是指這兩個平面之間的距離處處相等，兩個平面任意延長到無窮遠都不會相交。否則，就是不平行。平行度偏差的數值

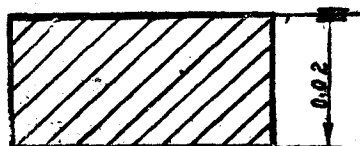
$$= \frac{\text{被檢驗平面上兩點到基準面的距離之差}}{\text{這兩點之間的距離}}$$

因為被檢驗的表面一般都不是最理想的平面，所以當圖紙上沒有特別的說明時，在平行度偏差中也就包含了平度偏差（看圖17、18、19）：

2. 垂直度偏差：兩個平面之間的實際夾角對於直角的偏差，

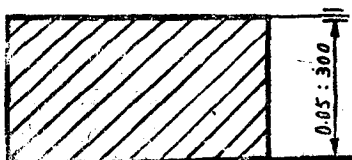
叫做垂直度偏差。当不要求两个平面互相垂直，而要求它们相互成一定的角度的时候，两个平面的实际夹角对于要求的角度的偏差，就叫做夹角偏差（看图20）。

图17



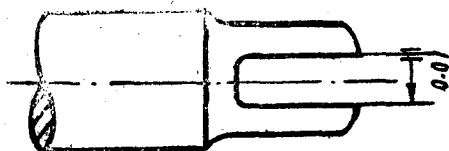
上平面对下平面的平行度偏差不得大于0.02毫米。

图1



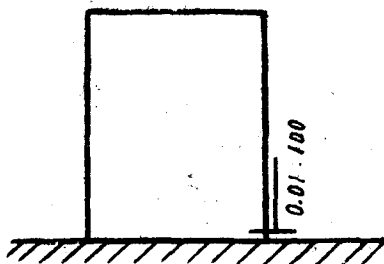
上平面对下平面的平行度偏差在300毫米长上不得大于0.05毫米。

图18



槽里两侧平面的平行度偏差在全长上不得大于0.01毫米。

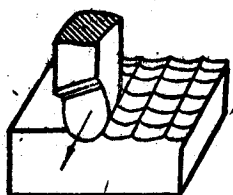
图20



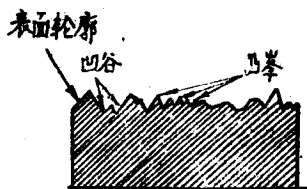
垂直平面对水平平面的垂直度偏差在100毫米长上不得大于0.01毫米。

（四）表面光洁度

影响机器质量的因素，除了前面说的尺寸精度、形状精度和相互位置精度之外，表面光洁度也是很重要的。表面光洁度表示表面光滑或者粗糙的程度（看图11），表面光洁度对机器的



甲



乙

图21 甲、工件经过刮削后表面留下的刀痕

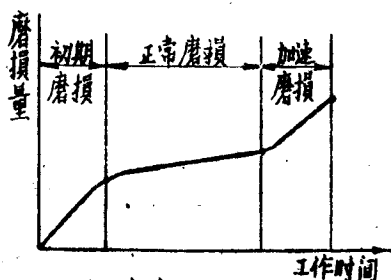
乙、已加工表面放大的形状

装配质量和使用寿命的影响，主要有以下几方面：

1. 影响耐磨的性能和寿命：从图22的上图可以看出，粗糙的表面在承受压力的时候，力量集中在少数突出的顶峰上，单位面积所分担的压力比较大，这些顶峰很容易被压垮或者压平。所以，表面光洁度差的表面耐磨性和寿命都比较低。图22的下图中是典型磨损曲线。典型磨损曲线说明了相互配合的零件在工作过程中磨



粗糙表面受力情况放大图



典型磨损曲线

图22

损的一般规律：在初期磨损阶段，由于粗糙表面的顶峰很快被压垮或者压平，所以磨损得很快。在正常磨损阶段，由于顶峰已经被压平，单位面积所分担的压力比较小，所以磨损比较慢。