

289472

高等学校試用教科書

互換性与技术測量

西安交通大学机切教研組編著



中国工业出版社

2
4.2

高等学校試用教科书



互換性与技术測量

西安交通大学机切教研組編著

中国工业出版社

本书是按照我国现行的互换性与技术测量教学大纲编写的。全书叙述互换性的基本概念；机械加工中发生的几何形状偏差；概率基础；基本量具；光滑圆柱公差；光滑圆锥公差；螺纹公差；齿轮传动公差；花键公差；尺寸链；统计检查以及量规和特殊量具等等。

本书由机械制造工艺及设备专业教材选编会议推荐作为高等工业院校试用教科书。本书的主要读者对象是高等工业院校学生，也可供工程技术人员参考。

互换性与技术测量

西安交通大学机切教研组编著

*

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

机工印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 14 · 插页 1 · 字数 317,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 00,001—18,037 · 定价(10-6) 1.70 元

统一书号: 15165 · 638 (一机~124)

前 言

經過几年教學實踐，我們深深感到“互換性與技術測量”這門課缺少一本合適的教材，但由於過去思想解放不夠，却一直採用油印的講義而沒有編成正式教材。

在黨的“鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社會主義”的總路線的鼓舞下，1959年年底，為了進一步提高教學質量，我們全組同志熱情地投入編寫教材工作。由於充分發揮了群眾的力量和智慧，在不到兩個月的時間內全部編寫工作就基本上完成，試用後同學反映較好。

本書內容有最常用、最基本的公差制度；介紹和分析了各種量具的放大和讀數裝置；有比較合適的例題和習題以及做習題時需要的公差圖表；尽可能地反映了國內外最新的公差制度。此外，還分析了先進的檢查方法——統計檢查。

最近在北京舉行的教材選編會議期間，各校教師對本書提出很多寶貴意見，並供給部分資料使本教材的質量得以改進，特此致以衷心的感謝。

根據各校的意見和我校自己發現的問題，我們把教材進行一次修改和補充。但是，由於受到時間和水平的限制，工作還做得比較粗糙，不夠理想。本書的內容雖然是1959年年底編寫的；可是在1958年大躍進以來，我國經濟建設方面有了很大的發展，在發展過程中，特別是開展全民性的技術革命和技術革新以來，在互換性和技術測量方面也有極為豐富的創造和經驗，這些都沒有能及時在書中反映出來。關於我國生產實際的材料也反映得很少，因此，本書還有很多不夠的地方，希讀者指正。

西安交通大學機切教研組精密小組

1961年3月31日

目次

第一章 緒論——机械制造中互换性的基本概念 5	第七章 光滑圓柱形工件的檢查 108
§ 1-1 現代机械制造的特点及与互换性的关系..... 5	§ 7-1 一般概念..... 108
§ 1-2 互换性对国民經济的意义..... 6	§ 7-2 工作量規公差帶的布置..... 110
§ 1-3 保証互换性生产的几个方面..... 6	§ 7-3 量規公差制度..... 112
§ 1-4 互换性生产和設計制造及使用的关系..... 8	§ 7-4 量規的選用和应用..... 116
§ 1-5 我国互换性生产的发展..... 8	§ 7-5 檢查光滑圓柱形工件的通用量具的選擇..... 117
第二章 基本概念和術語 10	§ 7-6 圓柱形工件几何形状誤差的檢查..... 119
第三章 加工精度 15	§ 7-7 大尺寸和小尺寸的檢查..... 120
§ 3-1 表面形状偏差..... 15	第八章 光滑圓錐結合 126
§ 3-2 相互位置偏差..... 16	§ 8-1 基本概念和術語..... 126
§ 3-3 表面波度..... 17	§ 8-2 圓錐結合誤差的分析和公差的計算..... 127
§ 3-4 表面光洁度..... 17	§ 8-3 圓錐工件的檢查..... 130
§ 3-5 几何形状偏差和相互位置偏差对配合性质的影响..... 20	第九章 圓柱螺紋的結合 132
§ 3-6 概率(或然率)基础..... 21	§ 9-1 螺紋結合的种类..... 132
第四章 技术測量基础 30	§ 9-2 螺紋結合互换性的概念..... 132
§ 4-1 技术測量的意义..... 30	§ 9-3 螺紋結合的公差和配合..... 137
§ 4-2 測量工具和測量方法的分类..... 31	§ 9-4 螺紋的檢查..... 142
§ 4-3 測量中的一些基本度量指标..... 32	第十章 齒輪傳动 155
§ 4-4 机械制造业中的长度标准——块規..... 33	§ 10-1 概述..... 155
§ 4-5 常用量具的讀数裝置..... 36	§ 10-2 对齒輪傳动所提出的要求..... 155
§ 4-6 量仪机构中的一些典型傳动系統..... 39	§ 10-3 齒輪傳动的綜合質量指标和各部分誤差的分析..... 156
§ 4-7 測量精度..... 43	§ 10-4 齒輪公差标准..... 169
§ 4-8 測量的机械化和自动化..... 46	第十一章 鍵与花鍵結合 173
第五章 光滑圓柱形結合 51	§ 11-1 單鍵結合..... 178
§ 5-1 公差与配合制度..... 51	§ 11-2 花鍵結合..... 179
§ 5-2 精度等級和配合的選用..... 60	第十二章 尺寸鏈 191
§ 5-3 分組裝配..... 71	§ 12-1 尺寸鏈..... 191
§ 5-4 綜合配合..... 73	§ 12-2 正面問題..... 192
§ 5-5 在高溫或低溫工作条件下結合間隙的計算..... 75	§ 12-3 反面問題..... 195
§ 5-6 尺寸偏差与配合在圖紙上的标注..... 76	第十三章 孔間距公差 204
§ 5-7 国际公差与配合制度(ISA 制)..... 77	§ 13-1 計算公差的基本原則..... 204
§ 5-8 尺寸小于1毫米的公差与配合..... 82	§ 13-2 軸孔間間隙量和軸孔偏心率之間的关系..... 204
§ 5-9 尺寸大于500~10000毫米的公差与配合..... 84	§ 13-3 以軸心綫为基准的同列孔距公差..... 205
§ 5-10 自由直綫尺寸公差..... 86	§ 13-4 以平面为基准的孔距公差..... 208
§ 5-11 鑄件公差..... 87	§ 13-5 以兩孔为基准的孔距公差..... 210
§ 5-12 国家标准公差与配合制度(国际(GB)159-59至174-59)..... 89	§ 13-6 以极座標布置的同周上諸孔位置尺寸公差..... 211
第六章 滾动軸承 98	§ 13-7 檢查孔間距的工具与方法..... 212
§ 6-1 基本概念..... 98	第十四章 統計檢查 217
§ 6-2 滾动軸承連接尺寸跟机座孔与軸徑的公差与配合(TOCF3325-55)..... 98	§ 14-1 統計参数..... 217
§ 6-3 軸承的基本尺寸和旋轉的精度..... 99	§ 14-2 統計参数的約計..... 218
§ 6-4 徑向滾动軸承的間隙..... 101	§ 14-3 分布的稳定性..... 218
§ 6-5 配合的選擇..... 102	§ 14-4 机床工作正常的条件..... 220
	§ 14-5 統計檢查方法..... 220
	参考文献 223

第一章 緒論——机械制造中互换性的基本概念

§ 1-1 现代机械制造的特点及与互换性的关系

现代生产技术的发展，真是一日千里。机械制造也愈来愈发展。一方面要求机器的数量很多，另一方面又要求它们的质量很好。象汽车这样复杂的机器，在现代的汽车制造厂中的生产线上，每隔几分钟造出一辆汽车已经是极为平常的事了。至于象滚动轴承这样简单的机件，每天在一个厂中将生产出几十万套之多！而它们的精密程度则是非常之高的。

一台机器是由很多零件组成的，象一辆汽车中就有不下上万个零件。其中在汽车厂制造的只是一部分，有些零件是由全国其他工厂制造好，而后拿到汽车厂来进行装配的。这样，在各个有关的制造厂之间就必须要有很好的协调。

从机器在工厂中生产出来的过程来分析，开始时机器先在工厂的设计部门设计好，设计的过程是先设计好整台机器的轮廓和其中各种机构的结合，规定好它们的性能和精度的要求，然后，再根据整个机器的技术要求，设计出其中每个零件的工作图，并规定出它们的技术条件。总之设计的过程是从机器的整体开始，而后到其中各个部分。在将设计好的图纸拿去制造时，就有了不同的过程。制造是先做好各个零件，然后将它们装配成整台机器，也就是先从部分开始，再到整体。为了使制造出的整台机器能和设计时所规定的性能相符合，也必须要求生产中有很好的协调。

所谓协调就是要遵循一定的规则，这种规则是要符合现代机械制造中所固有的规律提出的。在机器生产中很重要的一个原则就是互换性。互换性所包含的基本内容可归纳成以下两点：①在制造和使用机器中，某一零件可用任意一个相同零件来代替，而且不需要经过任何钳工修配或辅助加工；②在零件互相代替后，都能满足所规定的质量要求。例如：一批同一尺寸的螺帽中的任意一个都能旋入相同尺寸的螺杆上，并且螺帽和螺杆间能保证不会有太大的间隙。又如任一个从市上买回的螺絲扳手，都能套到相当尺寸的六角螺帽上，扳手的缺口宽度总比螺帽的宽度要稍许大些，但又不是大得太多（图1-1）。第一个基本点说明在生产中，制造和装配一批机器时，一批相同零件中的任一个零件都能装到任一台机器上去，它是由于制造中的要求而提出来的，这种性质往往叫它做可装配性。第二个基本点是由机器的使用要求中来的，使用时要求能满足预先规定的技术条件。所以具有互换性的零件就是一批同样零件中的任意一个都能不经任何钳工修配或辅助加工而装到机器上，且能满足所要求的质量。这样的生产形式叫做互换性生产。互换性不只是零件才可具有的性质，整个部件也可有互换性的性质。由于对现代机器和仪器的要求愈来愈高，上面所给的互换性定义也有了发展。一般认为互换性是有关机器和仪器的设计、制造和使用的一个综合性的概念，具有互换性就是在机器和仪器的结构上具有这样的优点，它能满足机器和仪器在使用上各方面的高质量的要求，并能满足在生产时达到经济合理的目的，所用

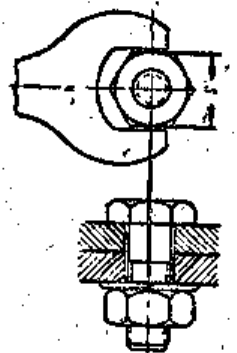


图 1-1

的生产方式是把机器中各个零件各别地制造后，再一起装配起来的。这样的一个概念所包含的内容是很广的。此外，互换性现在已经不只应用在几何尺寸参数方面，也已经发展应用到许多物理机械性能参数方面，如硬度，磁性等。

§ 1-2 互换性对国民经济的意义

对现代机械制造业来讲，互换性的生产是极普遍的。在汽车厂的装配作业线上，每隔几分钟就要装配好一辆汽车。所用的零件是各个车间分头生产出来的，甚至是从别的厂中订货订来的。假使在装配时，零件没有互换性，在一批同样的零件中，就不能任意拿一个零件装上去，而必须一个一个零件对着来配合，在装配时往往还要经过钳工修配。钳工修配是劳动强度较大的手工操作，这种操作不能保证生产的时间节奏，因为钳工修配不易控制时间，并且所需时间也要较长，生产率低。由于钳工修配的结果，质量也不能保证一致，各台机器间的质量有较大的差异。

为了要使得生产中能达到互换性的要求，必须进行很多标准化的工作。机器本身的结构和尺寸大小有标准的，制造机器中用的机床，工具等也有标准的。这样有很多好处，它使得在生产中各工厂间的专业分工和协作有了可能，能够加速新产品的掌握过程，能保证机器质量的不断提高，使现有机器能更合理的使用和发挥作用，所以对整个生产中的经济性有很大的意义。由于有这样一些原因，现在即使在单件生产性质的工厂中，看来并不必须要互换性，但也应当采用各种通用的标准和规格，而不象在早期机械制造中的那样，是完全修配性质的生产了。

总起来说机械制造中要有互换性生产是符合多、快、好、省的原则的。

§ 1-3 保证互换性生产的几个方面

为了使互换性生产能顺利进行，必须从设计，制造和技术组织三方面来保证。

一、设计方面。

上面已经讲过，互换性就是任一相同零件能不经过钳工修配或辅助加工就可互相代替，并且能保证预定的质量要求。但在制造零件的过程中，不可能把一批零件做得尺寸完全相等，而总是有一些相差的。尺寸要求相差愈小，制造起来也就愈困难。另一方面，很微小的相差对机器的质量也还没有显著的影响，所以也没有必要将尺寸做得完全一样。为了保证能得到预定的质量，就要对零件的尺寸或其他参数规定一个容许的变动量，这一量就叫公差。如对尺寸规定一个容许的变动量，就叫尺寸公差，通常在机械制造中，公差就指尺寸公差而言，机器中很多零件是互相结合在一起的，最常看到的一种是轴和孔结合在一起。轴装在孔中间有时要求紧一些，有时又要求松一些，这种在零件相互结合起来时所要求的松紧程度，叫做配合。松而能有相对移动的，叫活动配合；紧而不能作相对移动的叫压配合。所以对零件尺寸不只要规定公差，并且也要规定零件结合时的配合，公差和配合是互相有联系的。

有时机器的质量要求很高，使得零件尺寸的公差很小，这样，制造起来就很困难和不经济。在这种情况下，就只得放弃完全互换性的生产方式，而采用一些变通的办法。在装配时可对互相配合的零件中的某一个零件进行一些钳工修配；也可将互相配合的零件预先

进行分组，然后按组装配；也可将配合中的一个零件的尺寸设计成能够变动调节的，来进行对误差的补偿；也可利用概率原理来计算，使得所产生的废品量是合理的和可修复的等等。方法很多，所有这一些方法中，大多数零件的制造和装配仍旧是具有互换性的两点要求，所以给它一个名称叫做不完全互换性，或叫做有限制互换性；和它们相对的以前所讲的互换性就叫做完全互换性。至于完全采用钳工修配性质的生产方式就是没有互换性了。不完全互换性生产大多只用在工厂内部的生产中，而在厂际间的协作生产，和供应厂外用的备件生产中，就应该采用完全互换性。

二、制造方面。

在制造中很重要的一点是工件的计量问题。从互换性生产的发展历史来看，早期的生产中是没有互换性的，在制造机件时，是将要联结在一起的几个零件对配着制造，而不是互相分开制造的。这样所制造出的各台同样机器上的零件，是不能互相替换的。这样对配着生产，劳动量大，生产率低，又没有互换性。在生产发展过程中，随着经验的积累，对某一种机器上的某一个活动圆柱形配合，可以得到一个工作时最理想的间隙值 X （图1-2）。这样，工匠们先做好一个和理想轴直径一样大小的很精密的孔，这一孔称做标准量规，于是在制造轴时，就和这一标准量规来比较，将轴加工到正好能不大不小地塞进孔形的标准量规中时，就算加工完毕。这样，轴就不和孔一起对配，而是可以单独加工好一批。在加工孔时，工匠们也用预先做好的精密轴形标准量规来比较。用这种方法加工出来的零件比前一种就进了一步，已经具有互换性了。

因为用这样方法加工好的一批轴和一批孔，可以任取一对互相配合，达到所需要的间隙。但这种方法要求工人技术水平很高，劳动生产率也很低，由于这样缘故，它不能得到很大的发展。直到在生产中出现了极限量规时，互换性生产才迅速地发展起来。由于孔和轴配合时间隙 X 是可以容许在一定范围内变化的，所以孔和轴的尺寸都可以容许有一定变动量，这就有了

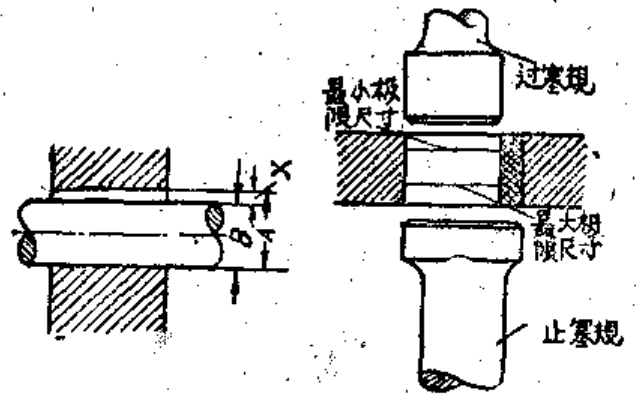


图 1-2

图 1-3

公差。以孔为例（图1-3），在这公差范围中有一最大尺寸，有一最小尺寸。它们是两个极限尺寸。这样，就可以做两个标准量规，它们和轴的外形相似，一个尺寸和孔的容许最大极限尺寸相等，另一个和容许最小极限尺寸相等，在加工孔时，只要加工到这样的程度，小的一个量规能塞进孔去，而大的一个却塞不进去，这个孔就加工合格了。应能塞进去的一个叫做“过”端，而塞不进去的一个叫做“止”端。由于量规是做成孔的容许的最大和最小极限尺寸的，所以叫做极限量规。在加工轴时，也用同样的方法。随着机械制造的发展，所用的计量器具也一起发展起来，逐渐地出现了很多精密的通用量具，用这样一些量具也同样能够控制加工出的工件在公差带的范围内，这样制造出来的零件也具有完全的互换性。

三、技术组织方面。

为了能很好贯彻互换性还必须要有技术组织方面的措施，这可分为两方面。一个方面是应根据生产中对各种精确程度和配合性质的需要，同时也考虑到加工的可能性，而制订出

各种合理的公差制度。现在国家科学技术委员会已制订有光滑圆柱形结合的公差制度，第一机械工业部也制订有光滑圆柱形工件的量规公差制度，螺纹公差制度，和螺纹量规公差制度等；一些复杂零件象齿轮等的公差制度也有试用的草案。必须有了这样一些公差制度，才能在全国范围中有生产的互换性。另一个方面，是必须有一套合理的尺寸传递制度，来控制在全国范围中尺寸标准的统一。这就是要达到在测量单位上统一和量具精度的控制上统一。我国现在已由国务院命令规定我国长度的计量单位采用米制，在机械制造中通用的单位是一米的千分之一，称为毫米(mm)，而在计算公差中往往采用千分之一毫米，称为微米(μ)。

§ 1-4 互换性生产和设计制造及使用的关系

互换性生产对机器的设计，制造和使用提出了一系列的要求。

一、对设计方面的要求。

1. 由于要求互换性，就应力求使机器部件的结构简单，组成的尺寸少。象图 1-4 中，同一个部件有两种结构形式，在 (a) 中得到 F 尺寸，要通过 A, B, C, D, E 五个尺寸；而在 (b) 中，得到 F 尺寸，只需通过 $A, B,$ 和 C 三个尺寸。这样 (b) 的结构形式就比 (a) 的要好。

2. 机器应尽量部件化，即整个机器可由若干个部件装配而成，这样的结构易于互换。

3. 对零件在机器中的定位应很好注意，对不动的零件，应将它六个自由度都消除，过定位的存在对互换性不利，如支持一个平面的位置用三点即已足够。

4. 零件的几何形状应尽可能的简单，以便于加工。

5. 选择公差和配合，以及表面光洁度的要求应合理，要求太高使加工起来不经济，要求太低又使得互换性不好。

二、对制造方面的要求。

在制造中，要能达到互换性，就必须使得加工出的零件符合规定的精度。要保证这点，必须使得加工零件所用的一些设备如机床，刀具，夹具，量具和辅助工具等有足够的工艺精度，并且能保持这工艺精度经久不变。

三、对使用方面的要求。

由于机器有了互换性，使得对机器的充分合理的使用创造了很好的条件。对一些在使用过程中易损零件应有备件，这样，在零件损坏时，能用新的很快换上，不使机器有较长时间的停工，而影响到对机器的充分利用，这些备件当然必须具有完全互换性。

§ 1-5 我国互换性生产的发展

在解放以前，我国可说没有自己的机器制造业，而只有半封建半殖民地性质的修配工业，基础很薄弱，只在一些军火工业部门，还用一些互换性生产，但总的说来互换性生产是很不发展的，一方面没有真正的全国统一的公差制度，另一方面生产工具也很落后，没

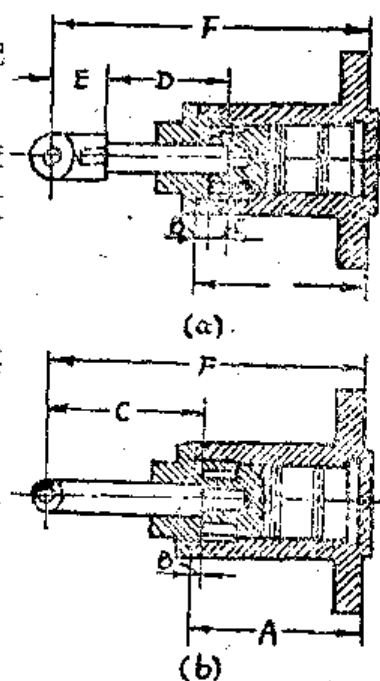


图 1-4

有足够的物质基础。直到解放以后才带来了新的转变，特别是从 1953 年起开始了发展国民经济的第一个五年计划，我国自己的机械制造业开始建立起来了，各种机床厂、工具厂、量具厂，以及标志着现代生产技术水平汽车厂等相继投入了生产。到第一个五年计划结束，已经初步建立了工业化的基础。一些新建的大型工厂多是按照互换性的生产方式建立的，它们能制造出质量高的机器。和这一发展同时，第一机械工业部不断地颁布了一些公差制度，象光滑圆柱形结合公差制度，光滑圆柱形结合量规公差制度，螺纹公差制度等，这些制度基本上都是采用苏联的标准，所以它符合世界上最先进的技术水平，也符合我国建设的实际需要。目前光滑圆柱形结合公差制度已有经国家科学技术委员会批准的国家标准。

同时在 1952 年后，在高等学校的机械制造方面专业多开设了“公差和技术测量”课程，使得这方面的技术教育工作也能跟上建设的需要。在几年中也掌握了一些精密量具的生产，象块规等。特别是在 1958 年的国民经济大跃进中，在精密测量工具的制造方面，也有了很大成就，试制成功了象万能工具显微镜这样的复杂的光学测量仪器，很多新型原理的测量仪器，象弹簧式测微仪等也都掌握了生产，对各种复杂零件的公差制度也在积极开展研究。

另一方面在大跃进中，各地方的中小型工厂象雨后春笋一样建立起来，满足着各方面的需要，这一新局面也带来了一些新问题。在这些工厂中计量工作还较薄弱，对量具的尺寸精度的控制还很不健全，很多还刚开始建立这方面的工作。根据这一情况，就必须加强计量工作，各省市成立了计量局和各种计量机构，在全国建立起计量网，归科学技术委员会领导。国务院也在 1959 年 6 月统一了全国的计量制度，目前这方面工作正在积极开展。与此同时，也加强了这方面的技术交流和宣传工作。可以预计由于全国各地计量工作的开展，我国机械制造业中的互换性生产定将又大大地跨前一步。

第二章 基本概念和术语

在机械制造业中，为了统一起见，对公差与配合规定了统一的基本概念和术语，并把它们订入标准。现分别说明如下。

一、包围面和被包围面。

在装配两个零件时，常将一个零件装入另一个零件内，这时后者叫包围件，前者叫被包围件，它们的接触面分别叫做包围面和被包围面；接触面的尺寸分别叫做包围尺寸和被包围尺寸。

例如机械制造业用得最多的光滑圆柱形结合，轴是装在孔内的，这时孔的壁就是包围面，轴的圆柱面就是被包围面；它们相应的尺寸，孔的直径就是包围尺寸，轴的直径是被包围尺寸。在平面物体中，键槽和键是包围面和被包围面的典型例子。

二、公称尺寸。

根据强度、刚度、结构和工艺的要求而确定的尺寸叫公称尺寸。包围面和被包围面的公称尺寸是相同的，即包围尺寸的公称尺寸等于被包围尺寸的公称尺寸。公称尺寸的数目理论上无限的，例如1、1.1、1.01、1.001等等。但是，公称尺寸的数目越多，制造和检验用的工具（如刀具、冲模、锻模、量规等）的品种也需要越多。这是不经济的，因此，在实际生产中需限制尺寸的数目。第一机械工业部机械工业通用标准，机标（JB）176-60中规定标准直径在0.1~10000毫米范围内有四个系列，共计201个尺寸，其中1~500毫米范围内的标准直径见表2-1。同时对标准长度也作了规定，机标（JB）177-60，其在0.001~24000毫米范围内亦有四个系列，有263个标准长度，表2-2中摘录了1~500毫米范围内的标准长度。由于这个原因，根据设计资料算出来的尺寸必须圆整成在机标（JB）176-60和机标（JB）177-60中所规定的数值。

表2-1 标准直径(mm)

5 系 列			10 系 列			20 系 列			40 系 列			系 列		
1	1	1.2	1	1.1	1.2	1.4	1	1.05	1.1	1.15	1.2	1.3	1.4	1.5
1.6	1.6	2	1.6	1.8	2	2.2	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.4
2.5	2.5	3.2	2.5	2.8	3.2	3.6	2.5	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8
4	4	5	4	4.5	5	5.5	4	4.2	4.5	4.8	5	5.2	5.5	5.8
6	6	8	6	7	8	9	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
10	10	12	10	11	12	14	10	10.5	11	11.5	12	13	14	15
16	16	20	16	18	20	22	16	17	18	19	20	21	22	24
25	25	32	25	28	32	35	25	26	28	30	32	34	35	38
40	40	50	40	45	50	55	40	42	45	48	50	52	55	58
60	60	80	60	70	80	90	60	65	70	75	80	85	90	95
100	100	120	100	110	120	140	100	105	110	115	120	130	140	150
160	160	200	160	180	200	220	160	170	180	190	200	210	220	240
250	250	320	250	280	320	360	250	260	280	300	320	340	360	380
400	400	500	400	450	500		400	420	450	480	500			

表2-2 标准长度 (mm)

5 系列	10 系 列		20 系 列				40 系 列							
1	1	1.2	1	1.1	1.2	1.4	1	1.05	1.1	1.15	1.2	1.3	1.4	1.5
1.6	1.6	2	1.6	1.8	2	2.2	1.6	1.7	1.8	1.9	2	2.1	2.2	2.4
2.5	2.5	3.2	2.5	2.8	3.2	3.6	2.5	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8
4	4	5	4	4.5	5	5.5	4	4.2	4.5	4.8	5	5.2	5.5	5.8
6	6	8	6	7	8	9	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
10	10	12	10	11	12	14	10	10.5	11	11.5	12	13	14	15
16	16	20	16	18	20	22	16	17	18	19	20	21	22	24
25	25	32	25	28	32	35	25	26	28	30	32	34	35	38
40	40	50	40	45	50	55	40	42	45	48	50	52	55	58
60	60	80	60	70	80	90	60	65	70	75	80	85	90	95
100	100	125	100	110	125	140	100	105	110	115	125	130	140	150
160	160	200	160	180	200	220	160	170	180	190	200	210	220	240
250	250	320	250	280	320	360	250	260	280	300	320	340	360	380
400	400	500	400	450	500		400	420	450	480	500			

三、实际尺寸。

在生产中所需的尺寸不可能保持绝对准确。如果测量误差小到可以忽略不计，则从零件量出的尺寸作为零件的实际尺寸。

四、极限尺寸。

加工工件时，不可能做得绝对准确，因此必须限制完工工件的实际尺寸的变动范围，即实际尺寸不得超出这范围。范围有两边界，相当于这两边界的尺寸叫极限尺寸。

极限尺寸有两个，一大一小，大的叫最大极限尺寸，小的叫最小极限尺寸，见图2-1。

五、偏差。

极限尺寸和公称尺寸之差叫偏差或极限偏差。偏差又分上偏差和下偏差，前者是指最大极限尺寸和公称尺寸之差，后者指最小极限尺寸和公称尺寸之差。上偏差简称上差，代号是 Δ_s ；下偏差称为下差，代号是 Δ_x 。

如用 D 表示孔的公称尺寸，用 d 表示轴的公称尺寸则

$$\left. \begin{array}{ll} \text{孔的上差} & \Delta_{sD} = D_{\max} - D \\ \text{孔的下差} & \Delta_{xD} = D_{\min} - D \end{array} \right\} \quad (2-1)$$

$$\left. \begin{array}{ll} \text{轴的上差} & \Delta_{sd} = d_{\max} - d \\ \text{轴的下差} & \Delta_{xd} = d_{\min} - d \end{array} \right\} \quad (2-2)$$

偏差可以是正值、负值或零。极限尺寸大于公称尺寸时，偏差是正值；极限尺寸小于

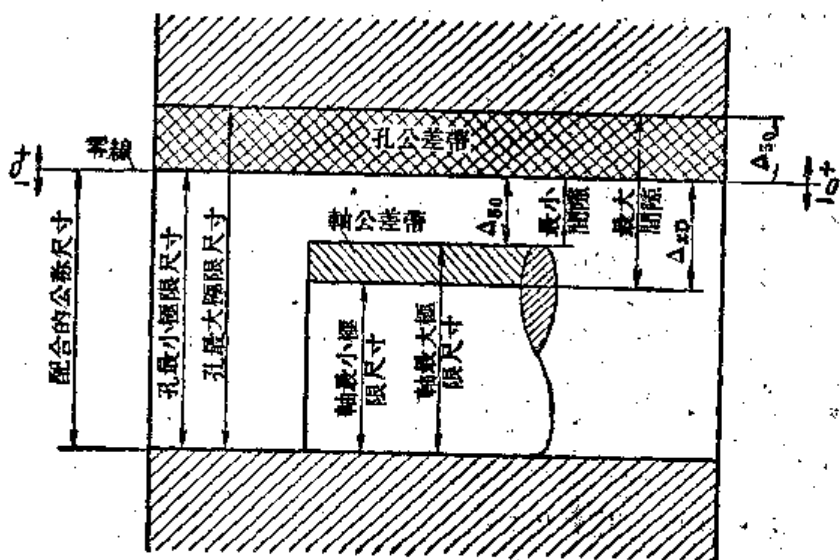


图 2-1

公称尺寸时，偏差是负值；极限尺寸等于公称尺寸时，偏差等于零。

六、公差。

最大极限尺寸和最小极限尺寸之差，或上差和下差之差叫公差，代号是 δ ，见图2-1。这种关系也可用式子表示：

$$\text{孔的公差} \quad \delta_D = D_{\max} - D_{\min} = \Delta_{sD} - \Delta_{x_D}; \quad (2-3)$$

$$\text{轴的公差} \quad \delta_d = d_{\max} - d_{\min} = \Delta_{s_d} - \Delta_{x_d}; \quad (2-4)$$

例 已知轴的公称尺寸 $d = 40$ 毫米，上差 $\Delta_{s_d} = -25$ 微米，下差 $\Delta_{x_d} = -50$ 微米。求轴的极限尺寸和公差。

解 轴的最大极限尺寸 $d_{\max}$ 。

$$d_{\max} = d + \Delta_{s_d} = 40 - 0.025 = 39.975 \text{ 毫米}$$

轴的最小极限尺寸 $d_{\min}$ 。

$$d_{\min} = d + \Delta_{x_d} = 40 - 0.050 = 39.95 \text{ 毫米}$$

轴的公差 δ_d 。

$$\delta_d = \Delta_{s_d} - \Delta_{x_d} = (-25) - (-50) = 25 \text{ 微米}$$

七、间隙和过盈。

孔径大于轴径时，它们装在一起就有空隙，即包围面尺寸大于被包围面尺寸，它们两者之差称为间隙。孔径小于轴径时，它们装在一起时孔胀大而轴缩小，即包围面尺寸小于被包围面的尺寸，这样在装配前它们的尺寸差叫过盈。

间隙的代号是 X 。间隙的作用是存贮润滑油，补偿温度差、尺寸误差和弹性变形等等，因此很重要。过盈的代号是 Y ，见图2-2。过盈的大小决定结合的牢固程度，决定结合传递扭矩的能力。

在一批零件中，它们的实际尺寸是不同的，因此它们在装配时的间隙和过盈也不相同，它们的极限是最大间隙、最小间隙、最大过盈、最小过盈。

最大间隙是最大孔径和最小轴径之差，或等于孔的上差和轴的下差之差

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = \Delta_{sD} - \Delta_{x_d} \quad (2-5)$$

最小间隙是最小孔径和最大轴径之差，或等于孔的下差和轴的上差之差

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = \Delta_{x_D} - \Delta_{s_d} \quad (2-6)$$

最大过盈是最大轴径和最小孔径之差，或等于轴的上差和孔的下差之差

$$Y_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = \Delta_{s_d} - \Delta_{x_D} \quad (2-7)$$

最小过盈是最小轴径和最大孔径之差，或等于轴的下差和孔的上差之差

$$Y_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = \Delta_{x_d} - \Delta_{sD} \quad (2-8)$$

从数字观点上看来，比较式子 (2-5)、(2-6)、(2-7)、(2-8) 可以得出以下的结论：

$$X_{\max} = -Y_{\min}, \quad X_{\min} = -Y_{\max}$$

但是这个结论实际上没有什么意义，仅在乱用式子时会得出这些结果。

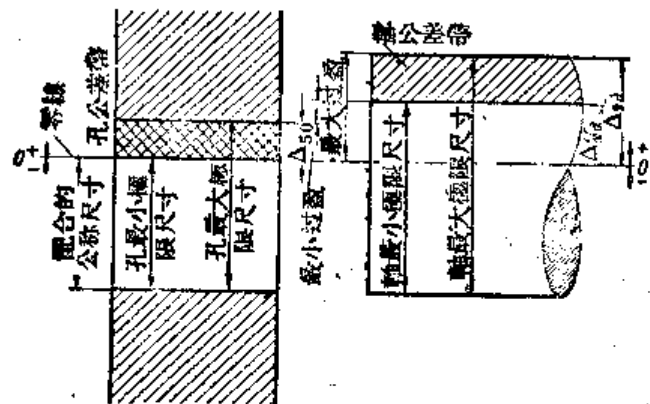


图 2-2

八、配合公差。

两个零件装在一起(例如轴装在孔内), 但没指明间隙、过盈等等管它叫结合。两个零件装在一起, 又指出间隙、过盈等等管它叫配合。换句话说, 结合的含义比配合广泛些。包围面和被包围面又叫结合面, 包围件和被包围件又叫做结合件, 包围面和被包围面的尺寸又叫结合尺寸。配合公差是指一个配合的公差, 等于轴公差和孔公差之和。孔大于轴时配合公差又叫间隙公差, 它的代号是 δ_x ; 孔小于轴时配合公差又叫过盈公差, 它的代号是 δ_y :

$$\delta_x = X_{\max} - X_{\min} = (D_{\max} - D_{\min}) + (d_{\max} - d_{\min}) = \delta_D + \delta_d \quad (2-9)$$

$$\delta_y = Y_{\max} - Y_{\min} = \delta_D + \delta_d \quad (2-10)$$

从上面两式看来, $\delta_x = \delta_y$ 这在实际上也没有什么意义, 仅仅是从数学观点来比较两式的结论。

九、公差带图示法。

从图 2-1 和 2-2 看出, 在图上表示出来的公差象一条带子, 因此管它叫公差带。为了防止计算上的错误, 在计算之前把孔和轴的公差画在图纸上。这种表达方式叫公差带图示法, 见图 2-3。

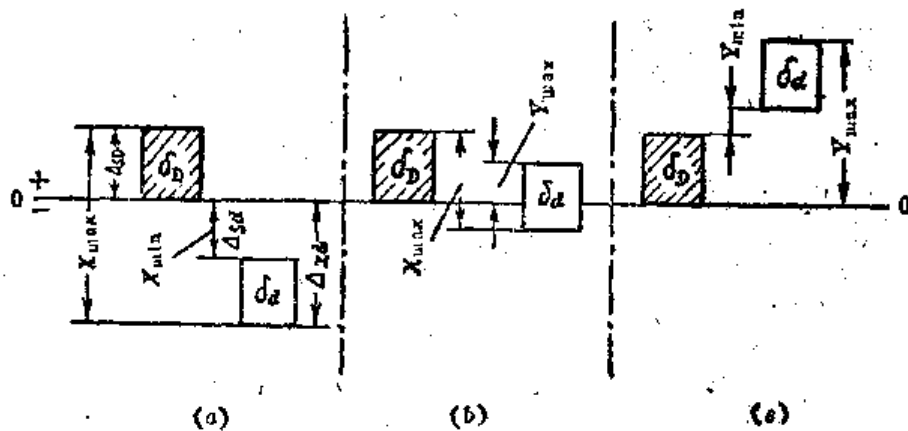


图 2-3

在图 2-3 上公称尺寸用零线表示, 这零线也叫基线。在零线之上的偏差是正的, 在零线之下的是负的。公差带的宽度表示公差的数值。公差带的上边界相当于上差, 下边界相当于下差, 当公差带的一个边界跟零线重合时, 有一个偏差等于零。

十、配合的种类。

一切配合可分成三类:

- 1) 活动配合 配合后, 保证配合面之间有间隙 (有时等于零), 保证结合件能相对运动;
- 2) 压配合 在配合前, 保证配合面之间有过盈, 这过盈用来防止结合件发生相对运动;
- 3) 过渡配合 配合时可能发生间隙, 也可能发生过盈, 见图 2-3 上的 b 图。这三种配合的详细情况在第五章讨论。

第二章 习 題

1. 本章讲的基本术语，用什么方法记忆才不会发生错误？
2. 軸的尺寸是 $30 \begin{smallmatrix} +0.010 \\ -0.015 \end{smallmatrix}$ ，孔的尺寸是 $30^{+0.023}$ ，試用图示法表示它們。求它們的极限尺寸、偏差、間隙和过盈。
3. 孔的尺寸是 $50^{+0.045}$ ，軸的尺寸是 $50 \begin{smallmatrix} +0.010 \\ -0.027 \end{smallmatrix}$ 。求它們的极限尺寸、偏差和間隙，再用图示法表示它們的相互位置。
4. 孔的尺寸是 $40^{+0.027}$ ，軸的尺寸是 $40 \begin{smallmatrix} +0.077 \\ -0.050 \end{smallmatrix}$ 。求出它們的过盈公差和过盈，再用图示法表示它們的相互关系。

第三章 加工精度

在机械制造中加工精度是指完工零件的精密程度。完工零件的几何参数（直径、长度等）非常接近规定的几何参数时，通常说这零件的加工精度很高，反之就说这零件的加工精度很低。上面讲的是加工精度的一般概念。严格地说，加工精度的高低应依下列因素而定：

一、尺寸精度。

完工工件的实际尺寸和规定的尺寸之差叫偏差。工件的实际尺寸理论上是无法知道的，通常把从工件量出来的尺寸作为工件的实际尺寸，实际上工件的实际尺寸和从工件量出来的尺寸是有差别的，这差别叫误差。有时偏差和误差两个名词是通用的，没有差别。偏差很小时认为加工精度很高，反之认为加工精度很低（详见第五章）。

二、几何形状偏差。

这种偏差，按其大小又可分成表面形状偏差（宏观几何形）、波度和表面光洁度（微观几何形）。

三、相互位置偏差。

§ 3-1 表面形状偏差

表面形状偏差是指零件的实际形状和正确形状之差。零件的形状是形形色色的，但是最基本的几何形状是平面、圆柱面、圆锥面和球面。

圆柱形零件的表面形状偏差，最常见的有：

一 在垂直于轴线的平面内的圆度偏差（见图 3-1 的椭圆度和棱圆度）；

二 母线直线度偏差（图 3-2 的鼓形度和鞍形度）；

三 母线平行度偏差（图 3-2 的圆锥度）。

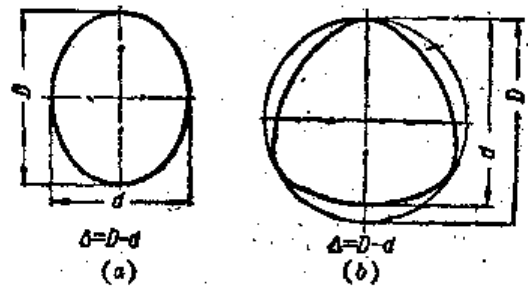


图 3-1

椭圆度 (a) 和棱圆度 (b)

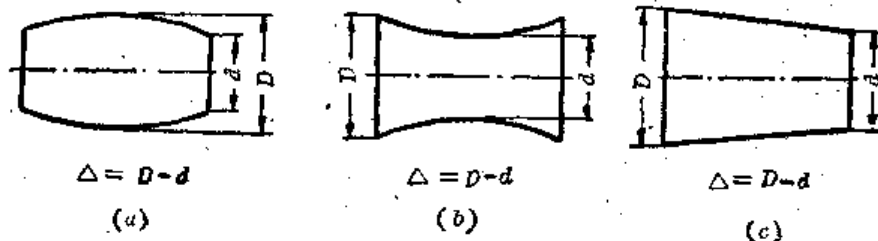


图 3-2

鼓形度 (a)；鞍形度 (b)；锥度 (c)。

椭圆度是在同一个垂直于轴线的横截面上量得的最大直径 D 和最小直径 d 之差。

如果截面轮廓是许多不同中心的圆弧联成的，则这种偏差叫棱圆度。棱圆度就是一个圆的直径和两平行平面间距离之差，这两平行平面都跟零件的表面相切，而零件的截面恰

恰完全画在所指这个圆之内。

圆锥面和球面的表面形状偏差，跟上面讲的类似，不再说明。

从互换性这个观点看来，表面形状偏差和尺寸公差的关系可用下列条件规定：

1. 图纸或技术条件没有指明时，一切圆柱形偏差都不得超出公差带。
2. 用技术条件规定表面形状偏差的允许数值。例如，活套销的直径公差是 15 微米，椭圆度、棱圆度、锥度都不得大于 4 微米。
3. 对于薄壁零件，由于容易变形，除了规定极限直径 d_{max} 和 d_{min} 外，必须规定平均直径的公差（详见第六章）。

各种圆柱形偏差的习用代号及表示方法见图 3-3。

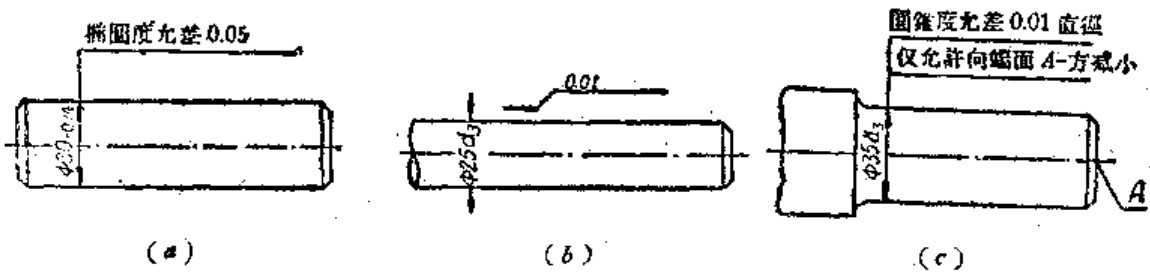


图3-3 圆柱形偏差的习用代号及表示方法：

- a—直径30毫米的极限椭圆度偏差不得大于0.05毫米；
b—母线直度的极限偏差不得大于0.01毫米；
c—圆锥度不得大于0.01毫米且仅允许向A面减小。

结合面是平面的零件，形状偏差是不直度（或直度偏差）和不平度（或平度偏差）。

按既定方向作一垂直于被检验表面的平面，被检验表面在这平面内的轮廓对直线的偏差就是不直度，（见图 3-4 上的 f）。不直度的公差可以指被检验表面在既定方向上的全长，或指一定的长度。

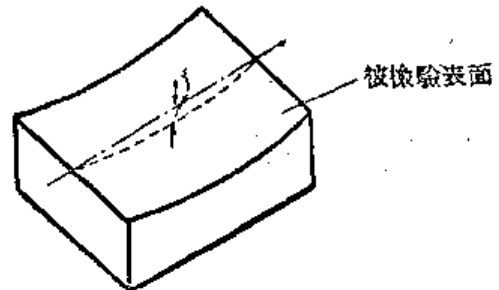


图3-4 平面不直度。

不平度是被检验表面在任何方向的不直度。

§ 3-2 相互位置偏差

结合面是平的零件，相互位置误差是不平行度和不垂直度。它们的代号见图 3-5)。图中箭头所指的是基准面，这基准面用来决定另一表面（用两条短线表示的）的位置（见图 3-5）。

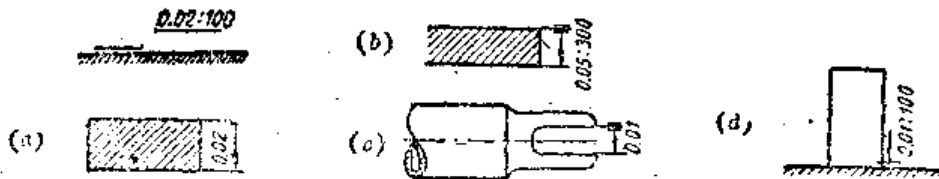


图3-5 各平面各相互位置偏差的习用代号：

- a—上平面对下平面的极限平行度偏差（不得大于0.02毫米）；箭头指着基准面；
b—上平面对下平面的极限平行度偏差是每300毫米不得超出0.05毫米；
c—槽内两侧平面的极限平行度偏差不得超出0.01毫米；
d—垂直平面对水平平面的极限垂直度偏差是每100毫米不得超出0.01毫米。