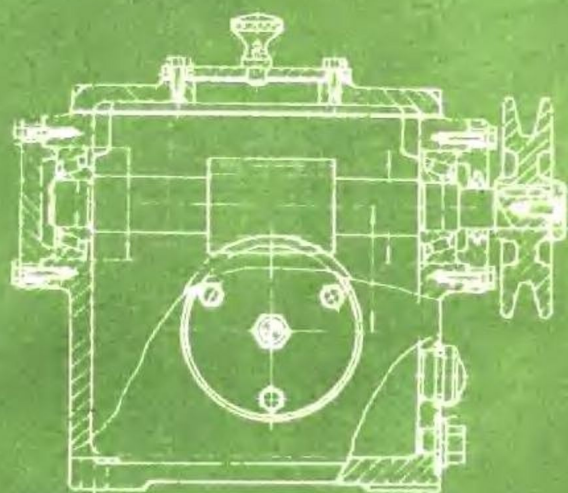
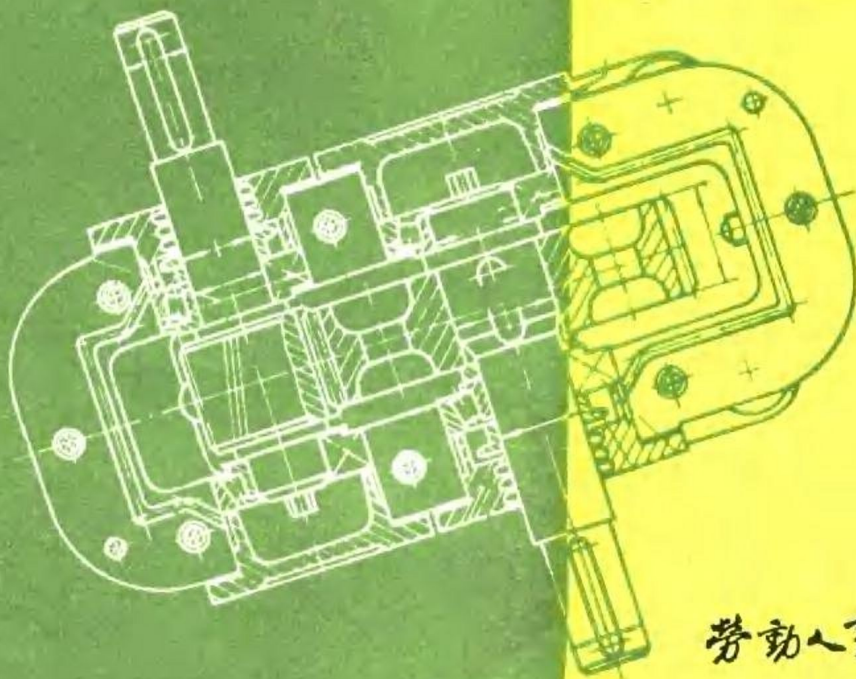


机械类高级技工培训教材



试用

公差配合与技术测量



劳动人事出版社

公差配合与技术测量

(试 用)

劳动部培训司 组织编写

劳动人事出版社

公差配合与技术测量

(试 用)

劳动部培训司组织编写

责任编辑：陈卫国

劳动人事出版社出版

(北京市和平里中街42号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 13.25印张 326千字

1989年2月北京第1版 1989年2月北京第1次印刷

印数：23 000册

ISBN 7-5045-0320-7/TG·030 (课) 定价：4.50元



内 容 简 介

本书是根据原劳动人事部培训就业局审订的《公差配合与技术测量教学大纲》编写，供高级技工培训使用的教材。

内容包括：概论，圆柱结合的公差与配合，技术测量，光滑圆柱工件的检测，形位公差及其检测，表面粗糙度及其检测，常用典型结合的公差及其检测，圆柱齿轮公差及其检测。

本书也适合班组长培训、关键岗位的专业培训和职工自学使用。

本书由徐英南编写，张文学审稿。

说 明

为了满足生产建设不断发展和适应企业深化改革的需要，原劳动人事部培训就业局于1987年10月组织编写了部分工种（专业）高级技工培训教材。这次组织编写的教材有机械制图、公差配合与技术测量、机构与零件、液压技术、机床电气控制、金属切削原理与刀具、机床夹具、机械制造工艺与设备、高级钳工技能训练和高级车工技能训练等10种。其余高级技工培训教材将根据需要陆续组织编写。

这次组织编写的教材内容，是根据高级技工的培养目标，按照原机械委颁发的工人技术等级标准对高级技工应知应会的要求，结合生产需要确定的。着重阐述本工种高级复杂程度的零件加工、复杂设备的调整、维修等操作技能、技巧和技术理论知识；适当介绍有关新技术、新工艺、新设备、新材料的应用；也涉及到某些技术岗位关键问题的处理。

教材的编写，力求理论联系实际，突出操作技能训练。各门课程相对独立，图文并茂，并采用了现行的新国标。这些教材通用性较强，比较适应当前培养高级技工的需要，也适合于班组长培训、关键岗位的专业培训和职工自学。

我们组织编写这一层次的教材，是初次尝试，不足之处在所难免，请各单位和个人在使用中提出宝贵意见和建议。

劳动部培训司

1988年7月

目 录

第一章 概论

§ 1-1 互换性的基本概念.....	1
§ 1-2 加工误差和公差.....	2
§ 1-3 公差与标准化.....	5
§ 1-4 技术测量与计量.....	5
习 题.....	6

第二章 圆柱结合的公差与配合

§ 2-1 有关尺寸的概念.....	7
§ 2-2 有关公差与偏差的概念.....	9
§ 2-3 常用公差带与配合.....	15
§ 2-4 公差与配合的应用和选择.....	19
习 题.....	27

第三章 技术测量

§ 3-1 测量要素和技术测量的任务.....	30
§ 3-2 计量单位和标准器具.....	31
§ 3-3 测量方法、计量指标和测量条件.....	36
§ 3-4 测量误差和测量精度.....	38
§ 3-5 测量工具.....	41
习 题.....	60

第四章 光滑圆柱工件的检测

§ 4-1 验收界限.....	61
§ 4-2 计量器具的选用.....	62
§ 4-3 光滑极限量规.....	67
习 题.....	69

第五章 形位公差及其检测

§ 5-1 基本概念.....	71
§ 5-2 形状公差和形状误差检测.....	75
§ 5-3 位置公差和位置误差检测.....	85
§ 5-4 形位公差与尺寸公差的关系.....	101
习 题.....	108

第六章 表面粗糙度及其检测

§ 6-1 概述.....	109
---------------	-----

§ 6-2 表面粗糙度的评定参数	110
§ 6-3 表面粗糙度的检测	117
习 题	119
第七章 常用典型结合的公差及其检测	
§ 7-1 圆锥公差及其检测	120
§ 7-2 键、花键公差及其检测	127
§ 7-3 滚动轴承的公差与配合	132
§ 7-4 圆柱螺纹公差及其检测	139
习 题	151
第八章 圆柱齿轮公差及其检测	
§ 8-1 概述	152
§ 8-2 第 I 公差组	153
§ 8-3 第 II 公差组	158
§ 8-4 第 III 公差组	162
§ 8-5 传动侧隙	163
§ 8-6 齿轮传动的安装误差	164
§ 8-7 渐开线圆柱齿轮精度标准 (JB179-83)	166
习 题	171
附录	
附录表 1 优先数系的基本系列 (GB321-80)	173
附录表 2 标准公差数值	174
附录表 3 轴的极限偏差 μ_m (GB1801-79)	175
附录表 4 孔的极限偏差 μ_m (GB1801-79)	184
附录表 5 长度计量器具允许的示值误差和示值变化	192
附录表 6 安全裕度和计量器具不确定度的允许值 (mm)	192
附录表 7 千分尺和游标卡尺的不确定度	193
附录表 8 比较仪和指示表的不确定度	193
附录表 9 常用长度测量方法的极限误差	194
附录表 10 向心轴承和向心推力球轴承的内、外圈公差 μ_m (摘自 GB307-77)	195
附录表 11 与向心轴承和向心推力轴承配合用的轴公差带	196
附录表 12 与向心轴承和向心推力轴承配合用的外壳孔公差带	197
附录表 13 机床梯形丝杠和螺母的公差 (摘自 JB2886-81)	197
附录表 14 圆柱齿轮传动公差	199

第一章 概 论

§ 1-1 互换性的基本概念

一、互换性概述

互换性在工业生产中具有重要意义。现代工业生产和科学技术的发展,对机器的要求是品种多、质量好、数量大、成本低。为了适应这样的要求,必须采取分工协作的方式组织生产,将组成机器的各个零部件,分别由各种专业工厂或车间成批制造,最后全部集中到一个工厂或车间来装配。每个工厂或车间保证所制造的零部件都合格,装配时,从一批零部件中任取一个,装成的机器台台合格。这意味着在同一规格的一批零部件中,任取一个装入机器,都能满足产品的性能要求。这种零部件具有可以替换使用的特性,称为互换性。

零部件具有互换性,使装配工作简化,生产周期缩短,便于组织流水作业和自动化生产,有利于实行企业专业化。因而可以提高劳动生产率和保证产品质量及降低生产成本。对于机器使用者来说,互换性也是十分重要的,机器在使用时,常因零件的损坏而停顿,如有可互换的备件,就能迅速互换,缩短维修时间而提高机器的利用率。

因此,在现代化大生产中,互换性是一项重要的技术经济原则。从事机械生产的人员,都要贯彻互换性原则,设计者要使所设计的机械结构简化,采用通用的零部件,规定合理的技术指标和公差,执行各项标准。制造者要选用精度足够的加工方法,造出合格的零部件。检验者要选用精密的相应的计量器具来检测零件,作出正确的评价,控制产品的质量。

二、互换性的种类及应用

在实际生产中,并不是所有零部件都要求互换,根据生产批量、零部件的通用性和精度要求,各种机器中要求互换的零部件数量,有多有少,互换性的程度有高有低。大量生产的产品(如汽车)有大部分零部件要互换;成批生产的产品(如机床)有相当多的零部件要互换;单件生产的产品(如重型机械)只有部分零部件要求互换,还有小部分零部件采用配作。通用零部件、易换的备件和标准件,都要求能完全互换。当零件限于本机使用,精度要求很高。加工又难于达到规定质量时,可降低互换性的程度,采用有限互换,甚至不互换。例如:汽车发动机中的配气机构,在装配时要调节气门间隙;车床上为保证前后顶针的等高,需刮削尾座架底面;滚动轴承要保证其旋转精度,内、外圈之间的滚珠采用分组选配方法。因此,对于零部件在装配时,不需任何附加的分组、选择、调整或修配的,叫做完全互换;在装配时要经过分组、选择或调整的,叫做有限互换(或称不完全互换);如需采用配作加工,或在装配时再加工、修配,则称为不能互换。

零部件能否互换,是以装入机器后满足产品性能要求为标志。因此,要达到零部件的互换有两个条件:一是,零部件的几何参数达到零部件结合的使用要求;二是,零部件的物理化学性能参数满足产品的功能要求。具有第一个条件的,称为几何参数互换;具有两个条件的,称为功能互换。这里,我们只讨论几何参数的互换性。

§ 1-2 加工误差和公差

一、误差与公差

要制造绝对准确的零件是不可能的，也是没有必要的。为了满足零件的互换性要求，必须对其几何参数加以限制，允许它在一定的范围内变动。

零件的几何参数的精度，是指加工后零件实际几何参数值对理论几何参数值的近似的程度。实际几何参数值与理论几何参数值之间的差别，就是误差。误差越小，则精度越高。所以，零件的加工精度的高低，是用误差的大小来表示的。“精度”与“误差”这两个概念，是评定零件几何参数的两个着眼点，实质上是一致的。

零件的几何参数误差，可分为三类：几何形状误差，它包括宏观几何形状误差——形状误差、中间几何形状误差——波度、微观几何形状误差——表面粗糙度；位置误差；尺寸误差。

要使零件具有互换性，必须将制成零件的几何参数控制在产品性能允许变动的范围内，这个允许变动的范围，叫做公差。尺寸公差是允许尺寸变动的范围；形状公差是零件上要素的形状允许变动的范围；位置公差是要素的位置允许变动的范围。尺寸误差直接决定两零件结合的配合性质，形状和位置误差影响配合性质的均匀性，表面粗糙度影响配合性质的稳定性。有关中间几何形状误差的波度，还处于研究阶段，尚未作为一项技术指标要求。

二、零件几何参数误差的数值特征

从一个零件上，只看到几何参数误差的形态和大小；从一批相同规格的零件上，可以看到误差大小的变化情况。

加工造成误差的原因很多，从一批零件的误差变化特征来看，可将各种原因所造成的误差归纳为两类：系统误差和随机误差。

1. 系统误差 所有零件误差的数值和符号都保持不变或按一定规律变化的误差，称为系统误差。如钻一个 $\phi 3\text{mm}$ 的孔，由于选用了 $\phi 2.9\text{mm}$ 的钻头，结果钻出的一批孔都小了 0.1mm ，其误差是一个定值。又如在自动车床上车轴，由于车刀的磨损，车出的轴直径一个比一个大，其误差具有一定的规律。

2. 随机误差 所有零件误差的数值不同，且符号不定，即误差有大有小、有正有负，这样的误差称为随机误差。这就是说零件的误差是随机出现的。它是由多种原因所形成的，如毛坯的大小或材质不匀、机床的刚性不足、夹具变形、加工中的振动等等。

3. 随机误差的特征 随机误差的性质和出现的规律，可用概率理论和数理统计方法找出。由于随机误差的存在，一批零件的同一几何参数出现大小不一致的情况，这就是数值分散，将这些分散的数值画成统计图，就可以看出随机误差的分布特征，定出数值分散的范围。例如：在车床上加工一批 $\phi 12\text{mm}$ 的轴，取200件（统计学称它为样本），测出每件的实际尺寸（概率论称它为随机变量），按尺寸分组计算件数，如表1-1所列。用表1-1的数据画成统计图，如图1-1所示。图中矩形面积表示每组内件数（ n_i ）对总件数（ n ）的百分比，称为频率 f_i 。当做大量实验时，频率的稳定值称为概率 p_i （ $p_i \approx f_i$ ）。图中横坐标表示尺寸误差，在横坐标轴上截取的区间宽度 Δx ，作为矩形的底，纵坐标表示的矩形高度为 $f_i/\Delta x$ ，叫做频率密度。将各矩形顶部中点连成的折线（图中虚线），叫做实际分布线。

表 1-1

一批零件的实际尺寸分组统计计算表

组号	尺寸分组区间	区间中心值	件数	频率	频率密度	运 算 值			
i	(mm)	尺寸 X_i	误差 x_i	n_i	$f_i = \frac{n_i}{n}$	$f_i / \Delta x$	$n_i x_i$	$x_i - \bar{x}$	$n_i (x_i - \bar{x})^2$
1	12.00~12.02	12.01	+0.01	0	0	0	0	-0.103	0
2	12.02~12.04	12.03	+0.03	2	0.01	0.50	+0.06	-0.083	0.014
3	12.04~12.06	12.05	+0.05	7	0.035	1.75	+0.35	-0.083	0.028
4	12.06~12.08	12.07	+0.07	18	0.09	4.5	+1.26	-0.043	0.033
5	12.08~12.10	12.09	+0.09	40	0.20	10	+3.60	-0.023	0.021
6	12.10~12.12	12.11	+0.11	52	0.26	13	+5.72	-0.003	0
7	12.12~12.14	12.13	+0.13	45	0.225	11.25	+5.58	+0.017	0.013
8	12.14~12.16	12.15	+0.15	20	0.10	5	+3.00	+0.037	0.027
9	12.16~12.18	12.17	+0.17	12	0.06	3	+2.04	+0.057	0.039
10	12.18~12.20	12.19	+0.19	4	0.02	1	+0.76	+0.077	0.024
11	12.20~12.22	12.21	+0.21	0	0	0	0	+0.097	0
区间宽度 $\Delta x = 0.02$		合计 Σ	$n = 200$	1	50	+22.64	0.199		

误差的算术平均值 $\bar{x} = \Sigma \frac{n_i x_i}{n} = \frac{+22.64}{200} = +0.1132 \approx +0.113 \text{ mm}$;

尺寸的算术平均值 $\bar{x} = \Sigma \frac{n_i x_i}{n} = X + \bar{x} = 12 + 0.113 = 12.113 \text{ mm}$;

标准偏差 $S = \sqrt{\frac{\Sigma n_i (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.199}{200-1}} = 0.0316 \approx 0.032 \text{ mm}$;

加工误差的分散范围 $\delta = 6S = 6 \times 0.0316 = 0.1896 \approx 0.190 \text{ mm}$

当样本的件数越多、分段越细时，折线将趋向为光滑的曲线。经过大量实验，总结出具有特定形状的连续分布曲线，叫做理论分布线。在正常条件下大量生产时，其分布线接近一种（理论的）正态分布。正态分布的分布曲线象个钟形，如图 1-2 所示。图中 x 坐标表示误差

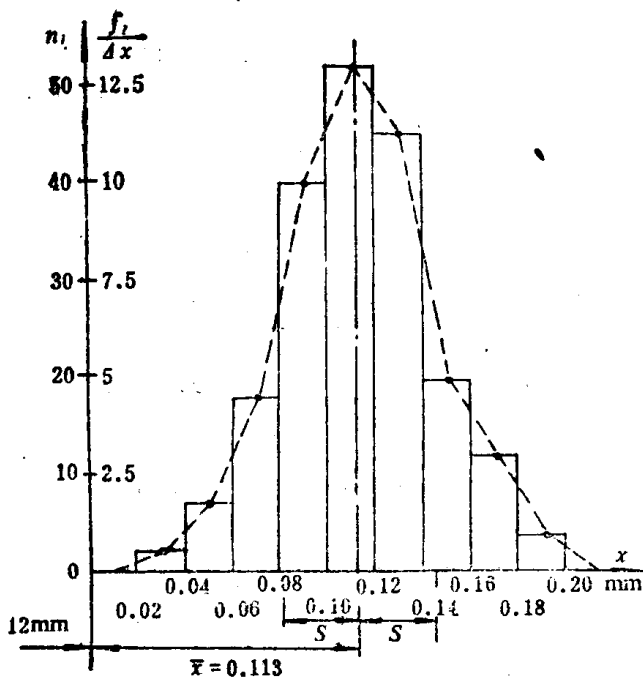


图 1-1 频率直方图

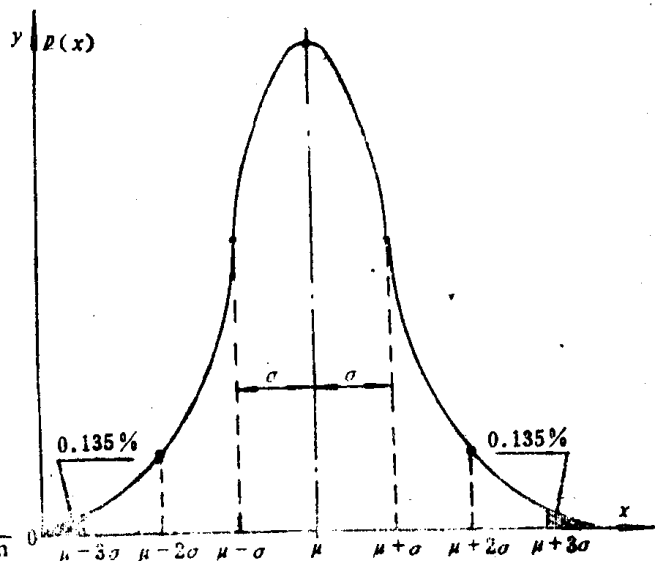


图 1-2 正态分布

差, y 坐标表示概率密度 $p(x)$ 。从正态分布来看, 随机误差具有以下几个特征:

(1) 直线 $x=\mu$ 是分布中心, 此时 y 值最大, 随机误差可看作为零。 $x>\mu$ 时, 随机误差为正; $x<\mu$ 时, 随机误差为负。

(2) 分布曲线对直线 $x=\mu$ 对称, 所以随机误差的符号相反而绝对值相等时出现的概率相同。

(3) 随机误差的绝对值越大, 出现的概率越小, x 趋向无穷大, y 趋向于零。

(4) $x=\mu\pm\sigma$ 处, 曲线出现拐点。当 σ 小时, 曲线陡峭, 尺寸集中; 当 σ 大时, 曲线平缓, 尺寸分散。超出 $\pm 3\sigma$ 界限时, 出现的概率只有 0.27%, 实际生产证明, 随机误差造成的尺寸分散, 很少超出 $\mu\pm 3\sigma$ 的界限。因此生产上多以 6σ 作为随机误差的分散范围来表示加工误差的大小, 这样合格率可达 99.73%。不同的加工方法具有不同大小的误差范围。

理论分布只是用来说明随机误差的分布特征, 实际上正态分布的特征参数 μ 和 σ 是不知道的, 通常要从生产中提取一批零件作样本, 用各个尺寸误差 x_i 的算术平均值 $\bar{x}$ 和标准偏差 S , 分别作为 μ 和 σ 的估计值, 并用它们作出正态分布图。

三、加工误差与公差的关系

设计时根据零件的使用要求规定公差; 加工时根据规定公差选择加工方法。为保证零件符合要求, 必须使加工误差的分散范围落在公差范围以内。如图 1-3 (a) 所示, 有三种不同的加工方法加工同一种零件, 得到不同的正态分布曲线: $\sigma_1<\sigma_2<\sigma_3$ 。

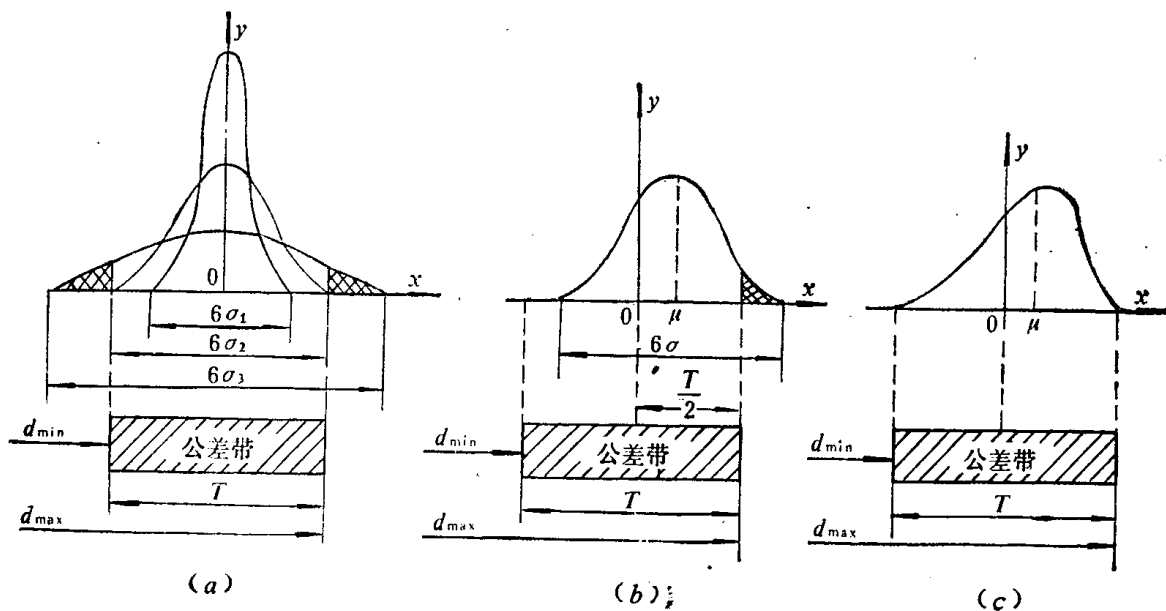


图 1-3 加工误差与公差的关系

(a) 大小不同 (b) 位置错开 (c) 曲线变形

第一种加工方法的随机误差, 分散范围小于公差, 即 $6\sigma_1<T$, 说明产品质量高。但未充分利用公差, 不经济。

第二种加工方法的随机误差, 分散范围等于公差, 即 $6\sigma_2=T$, 理论上 99.73% 的零件合格, 实际上不大会出现废品, 所以选用的加工方法经济、合适。

第三种加工方法的随机误差, 分散范围大于公差, 即 $6\sigma_3>T$, 这样会出现较多的废品

(图中网状的面积表示废品的概率)，说明产品质量不易保证，废品较多，加工方法不合适。

另外，加工过程还存在各种系统误差，不能完全消除，它会改变分布曲线的形状或位置。如图1-3 (b) 所示，这是由于机床的调整误差使分布曲线相对公差带移位，造成位置错开；又如图1-3 (c) 所示，这是由于在车床上加工轴时，怕出现不可修的废品，使多数零件的尺寸偏向最大极限，造成分布曲线变形。

§ 1-3 公差与标准化

一、标准化

发展互换性生产必须实行标准化，就定要将产品、零部件、原材料、刀具、工夹具、量具和机床的类型、规格、质量指标、检测方法等统一和简化，制订相互协调的标准，并按照统一的术语、符号、计量单位，将它们的几何性能参数及其公差数值标注在图样上，在生产过程中贯彻，以取得最好的经济效益。这样有利于推行互换性，扩大互换的范围。

标准化是研究社会化生产过程中技术协调的规律和方法，是组织现代化大工业生产的重要手段，是科学管理的重要基础，是实现现代化生产的客观需要。有关机械零部件互换性的标准有：零件的尺寸、形位和表面粗糙度标准；各种典型结合的公差与配合标准；几何参数的检测标准。这些都是实现机械产品零部件互换性的基础标准。

二、优先数和优先数系

在制订技术标准时，将涉及到很多的技术参数。为了满足使用上的多种需要而又简化生产，需将参数的量值，进行合理的分级。优先数和优先数系，是一种科学的，国际上统一的数值制度，是一种无量纲的分级数系，适用于各种量值的分级。国家标准 (GB321-80) “优先数和优先数系”特别指出：在确定产品的参数或参数系列时，必须最大限度地采用。优先数系列的基本系列，有以下四种公比的数列：

$$\begin{aligned} R_5 \quad q_5 &= \sqrt[5]{10} = 1.5849 \approx 1.6 \\ R_{10} \quad q_{10} &= \sqrt[10]{10} = 1.2589 \approx 1.25 \\ R_{20} \quad q_{20} &= \sqrt[20]{10} = 1.1220 \approx 1.12 \\ R_{40} \quad q_{40} &= \sqrt[40]{10} = 1.0593 \approx 1.06 \end{aligned}$$

优先数系列，在各项公差标准中得到了广泛的应用。公差标准的许多数值，都是按照优先数系列选定的。例如：在公差与配合的国家标准中，标准公差值就是按 R_5 优先数系列确定的；而尺寸分段是按 R_{10} 优先数系列确定的。优先数系有很多优点，疏密适当，有广泛的适应性，而且简单易记，使用方便，符合标准化的统一、简化和协调的原则。优先数系的基本系列，参见附录表1。

§ 1-4 技术测量与计量

一、计量

计量是保证计量单位的统一、量值的准确一致的测量。计量工作的任务是：制订和贯彻

计量法令和规程；推行统一的计量单位制；研究、建立、保存国家基准和标准；组织和进行量值传递；开展生产科研中的测试；对计量器具的制造、进口、销售、使用、修理实行监督和管理；开展计量学理论和计量技术的研究；参加国际计量活动等。计量是实现现代化的一项重要重要的技术基础。

二、技术测量

技术测量，是计量学科的一门分支，是研究以长度、角度、表面粗糙度、形状和位置等几何量的测量。技术测量的工作内容有两个方面：用计量器具测量几何量的实际值，按规定的公差评定零件的合格性；用极限量规检验零件的合格性。测量与检验合称为检测。

互换性的产生，开始于检测。早期的零部件制造，只是将结合件成对配制，零件不能互换。以后，用合格的零件作为工具来检验一批配件，只要工具紧密通过配件，所制成的配件就可以使用。测量这批可使用的配件，发现它们仍有差别，说明零件不必完全一样，仍然可以使用，由此产生了公差的概念。再以后，就按公差的两极限做成两只零件来作为工具，统称为极限量规，用来检验一批配件，当一个量规通过配件而另一量规不通过时，就可判断配件合格可用，而且可以互换。自从极限量规出现后，互换性生产就迅速发展。技术测量与公差就成为互换性生产中两个密切有关的重要内容。

零件几何参数误差的形态复杂，怎样测出误差的形态，定出各项误差的大小，需要技术测量得出可靠的结果，才能作出正确的判断。因此，技术测量是实现科学技术进步、提高产品精度、贯彻公差标准的必要条件，也往往是衡量工艺水平的一种尺度。

习 题

1. 试述互换性的含义。几何参数互换与功能互换有何区别？
2. 试述误差与公差的含义。零件的几何参数误差可分为哪几类？
3. 加工误差分有哪几类？各有何特征？
4. 从正态分布来看，随机误差有何特征？
5. 试分析加工误差与公差的关系。
6. 试述计量的含义。技术测量有哪些内容？

第二章 圆柱结合的公差与配合

§ 2-1 有关尺寸的概念

一、有关尺寸的术语

1. 尺寸 尺寸是用特定单位表示长度值的数字。尺寸表示的长度还包括直径、半径、宽度、高度、深度、厚度以及中心距等。它们的共同特点是两点之间的直线或弧线距离，总称为单一尺寸。

因为孔、轴是由单一尺寸直径确定的，所以孔、轴不仅代表圆柱形的内、外表面，也可以代表其它由单一尺寸确定的内、外表面。如由两平行平面构成的键槽和键厚。

2. 基本尺寸和极限尺寸 基本尺寸是由设计给定的尺寸。它是根据零件的强度、刚度、结构工艺等要求确定的。基本尺寸是确定极限尺寸的基数。极限尺寸是允许尺寸变动的两个界限值。其中较大的一个称为最大极限尺寸，较小的一个称为最小极限尺寸，它们是设计要求控制的尺寸。极限尺寸可以大于、等于或小于基本尺寸。

相互结合的孔和轴，其基本尺寸相同，但其极限尺寸不一定相同。为说明关系，常画成示意图，如图2-1所示。在图中将孔和轴的下边重合，使尺寸的差别反映在上边。

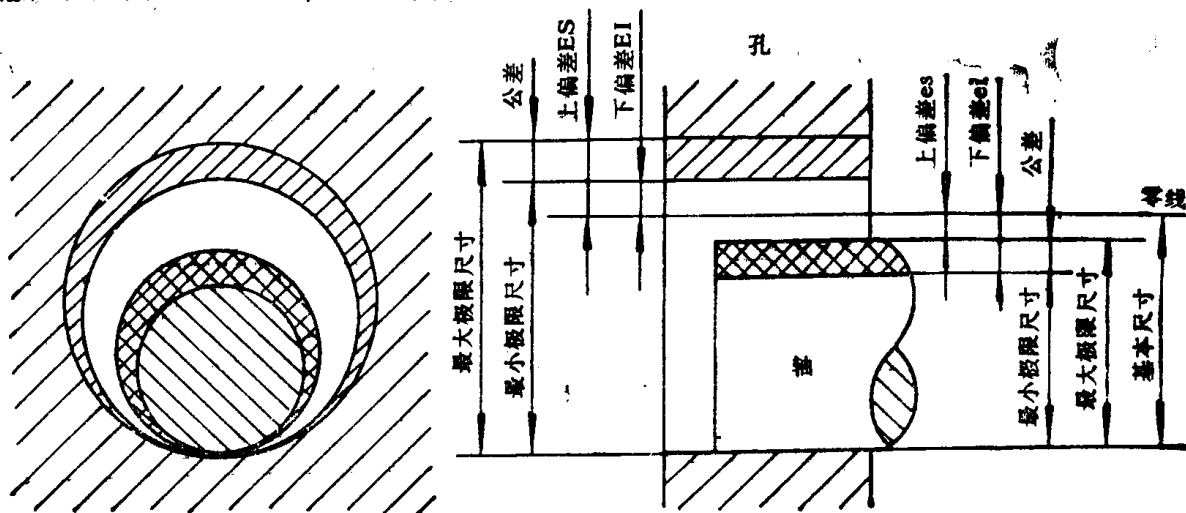


图 2-1 公差与配合示意图

3. 实体状态和实体尺寸 孔和轴具有允许的材料量为最多时的状态，称为最大实体状态（简称MMC）。在此状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸，它是孔的最小极限尺寸和轴的最大极限尺寸的统称（简称MMS）。孔和轴具有允许的材料量为最少时的状态，称为最小实体状态（简称LMC）。在此状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸，它是孔的最大极限尺寸和轴的最小极限尺寸的统称（简称LMS）。

从加工角度看，最大实体尺寸是孔、轴最后工序的起始尺寸，最小实体尺寸是加工的终止尺寸。

4. 实际尺寸和作用尺寸 实际尺寸是通过测量所得的尺寸。它表示实际零件的大小。由于测量误差的存在,实际尺寸并非尺寸的真值。当表面有形状误差时,表面各处的实际尺寸往往不相等。如图2-2所示。

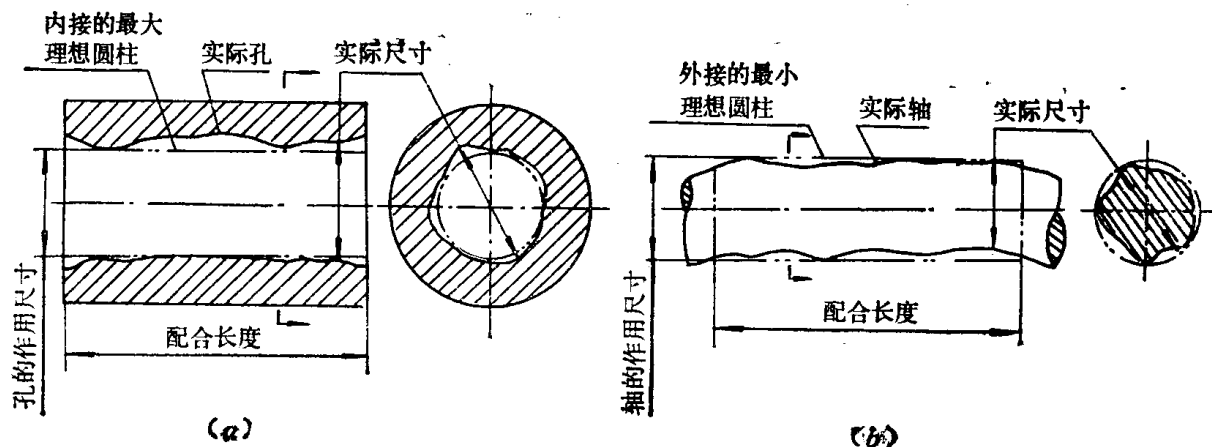


图 2-2 孔和轴的实际尺寸和作用尺寸

(a) 孔 (b) 轴

在配合面的全长上,与实际孔内接的最大理想轴的尺寸,称为孔的作用尺寸;与实际轴外接的最小理想孔的尺寸,称为轴的作用尺寸。如图2-2所示。理想孔、轴是指没有圆柱度误差的孔、轴,这是一个假想的刚好包容实际表面的圆柱。如实际孔、轴没有形状误差,其作用尺寸就等于实际尺寸;若实际孔、轴存在形状误差(不包括棱圆和弯曲),孔的作用尺寸等于孔上各处实际尺寸中的最小值,轴的作用尺寸等于轴上各实际尺寸中的最大值;如实际孔、轴有棱圆和弯曲,孔的作用尺寸小于孔的实际尺寸,轴的作用尺寸大于轴的实际尺寸,参见图2-3。

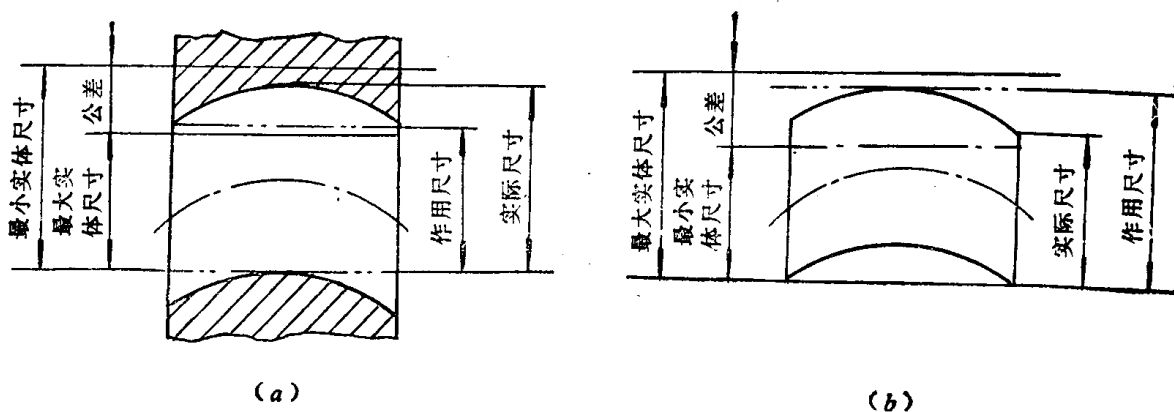


图 2-3 极限尺寸判断原则

(a) 弯曲的孔 (b) 弯曲的轴

二、极限尺寸的判断原则

实际尺寸和作用尺寸表达实际零件的大小,极限尺寸或实体尺寸表达设计要求控制的大小。如何根据极限尺寸来判断孔、轴的合格性,国标规定了一条原则,称为极限尺寸判断原则,即泰勒原则。其内容包括两个方面的要求:一是,孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对于孔,其作用尺寸应不小于最小极限尺寸;对于轴,其作用尺寸应不大于最大

极限尺寸。二是，在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对于孔，其实际尺寸应不大于最大极限尺寸；对于轴，其实际尺寸应不小于最小极限尺寸。

这条原则就是用最大实体尺寸控制作用尺寸，其含意只是要求局部表面上两测量点之间的距离不超出最小实体尺寸。例如，有一弯曲的孔，如图2-3(a)所示。其作用尺寸不小于最大实体尺寸，表面各处的实际尺寸都不大于最小实体尺寸，则可判断孔是合格的。例如，有一弯曲的轴，如图2-3(b)所示。其作用尺寸不大于最大实体尺寸，表面各处的实际尺寸都不小于最小实体尺寸，则可判断轴是合格的。

§ 2-2 有关公差与偏差的概念

一、尺寸偏差与尺寸公差

尺寸偏差（简称偏差），是某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为上偏差（孔用ES，轴用es）；最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为下偏差（孔用EI，轴用ei）；上偏差与下偏差统称为极限偏差。实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差，称为实际偏差。偏差可以为正、负或零值。

尺寸公差（简称公差），是允许尺寸的变动量。公差等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之代数差的绝对值；也等于上偏差与下偏差之代数差的绝对值。

极限偏差和公差与极限尺寸和基本尺寸的关系，可参见图2-1所示，也可写成公式。设 D 、 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 分别表示孔的基本尺寸、最大极限尺寸和最小极限尺寸，则孔的上偏差ES、下偏差EI和公差Th为：

$$ES = D_{\max} - D$$

$$EI = D_{\min} - D$$

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI$$

例2-1 有一基本尺寸为 $\phi 30\text{mm}$ 的孔，最大极限尺寸为 $\phi 30.041\text{mm}$ ，最小极限尺寸为 $\phi 30.020\text{mm}$ ，试计算偏差和公差。

解 $ES = D_{\max} - D = 30.041 - 30 = +0.041\text{mm}$

$$EI = D_{\min} - D = 30.020 - 30 = +0.020\text{mm}$$

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = 30.041 - 30.020 = 0.021\text{mm}$$

在图样上标注写成 $\phi 30^{+0.041}_{+0.020}$

如设 d 、 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 分别表示轴的基本尺寸、最大极限尺寸和最小极限尺寸，则轴的上偏差es、下偏差ei和公差Ts为：

$$es = d_{\max} - d$$

$$ei = d_{\min} - d$$

$$T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei$$

例2-2 有一基本尺寸为 $\phi 30\text{mm}$ 的轴，最大极限尺寸为 $\phi 29.980\text{mm}$ ，最小极限尺寸为 $\phi 29.959\text{mm}$ ，试计算偏差和公差。

解 $es = d_{\max} - d = 29.980 - 30 = -0.020\text{mm}$

$$ei = d_{\min} - d = 29.959 - 30 = -0.041\text{mm}$$

$$T_s = es - ei = -0.020 - (-0.041) = 0.021\text{mm}$$

在图样上标注写成 $\phi 30_{-0.041}^{+0.039}$

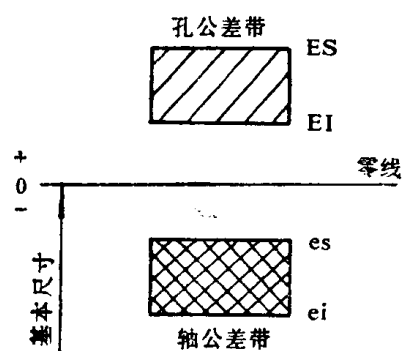


图 2-4 尺寸公差带

二、标准公差系列

为了实现互换性和满足各种使用的要求，首先必须使公差值标准化，统一公差数值。国标的公差值一律采用“标准公差”。所谓标准公差，就是国标的标准公差数值表中所列的，用以确定公差大小的任一公差值。标准公差系列包括三项内容：公差等级、公差单位和基本尺寸分段。

1. 公差等级 确定尺寸精确度的等级，称为公差等级。国标将标准公差分为20个等级，每级的公差数值大小各不相同，用以确定加工的易难程度或精确程度。标准公差用IT表示，公差等级的代号用阿拉伯数字表示。各公差等级的标准公差由IT和阿拉伯数字组成。

IT01、IT0、IT1、IT2……IT17、IT18。从IT01至IT18等级依次降低，公差数值依次增大。各级标准公差的数值，可按表2-1中公式计算。

表 2-1 标准公差的计算公式

公差等级	公 式		公差等级	公 式	
	①	②		①	②
IT01	$0.3 + 0.008D$	1I	IT8	25i	25I
IT0	$0.5 + 0.012D$	$\sqrt{2}I$	IT9	40i	40I
IT1	$0.8 + 0.020D$	2I	IT10	64i	64I
IT2	$(IT_1) \left(\frac{IT_5}{IT_1} \right)^{\frac{1}{4}}$		IT11	100i	100I
IT3	$(IT_1) \left(\frac{IT_5}{IT_1} \right)^{\frac{1}{2}}$		IT12	160i	160I
IT4	$(IT_1) \left(\frac{IT_5}{IT_1} \right)^{\frac{3}{4}}$		IT13	250i	250I
IT5	7i	7I	IT14	400i	400I
IT6	10i	10I	IT15	640i	640I
IT7	16i	16I	IT16	1000i	1000I
			IT17	1600i	1600I
			IT18	2500i	2500I

注：①列指基本尺寸 $\leq 500\text{mm}$ 的标准公差，其公差单位 $i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D$ ；

②列指基本尺寸 $> 500\text{mm}$ 的标准公差，其公差单位 $I = 0.004D + 2.1$ ；

③D单位为mm，i和I单位为 μm 。