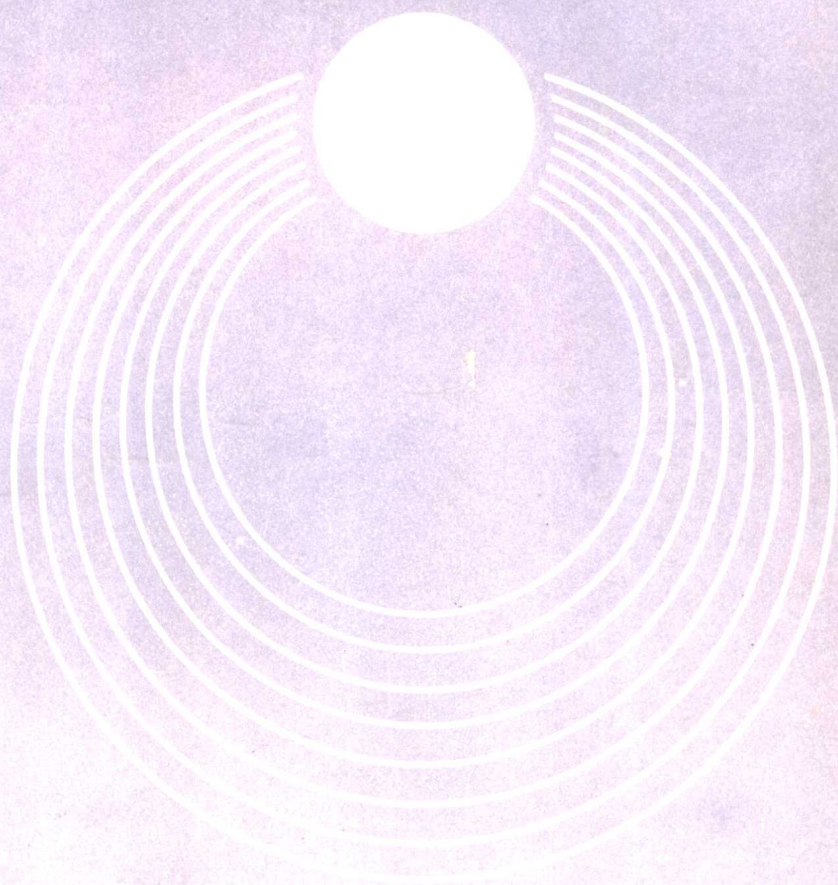


公差配合与技术测量

顾必忠 陈其昌 刘玉吉 余甦 编



四川科学技术出版社

801

公差配合与技术测量

顾必忠 陈其昌 刘玉吉 余 甦 编

四川科学技术出版社

责任编辑: 解励诚
封面设计: 吕小晶
技术设计: 杨璐璐

公差配合与技术测量

顾必忠 陈其昌 刘玉吉 余 魁 编

四川科学技术出版社出版

(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行

绵阳新华印刷厂印刷

统一书号: 15298·289

1986年10月第一版 开本787×1092 1/16

1986年10月第一次印刷 字数 448 千

印数 1—8,000 册 印张 19.25

定 价: 3.48 元

前 言

随着我国教育事业的发展和改革，需要教材都得重新编写。本教材即是依据航空部和航天部中专教材编委会机械类专业组审定的《公差配合与技术测量》教学大纲，由成都航空工业学校组织编写的。

内容包括：绪言；光滑圆柱体结合的公差与配合；技术测量基础；形状和位置公差与检测；光滑极限量规；表面粗糙度；圆锥的公差及测量；键和花键的公差及测量；螺纹的公差及测量；圆柱齿轮的公差及测量；尺寸链；微机在技术测量中的应用，共十二章。

本书有关的内容均采用最新国家标准，并注意到教材内容的更新与新技术的应用。全书着重阐述基本概念和基本原理，语言通俗、文字简洁。每章均附有思考题和习题，并将有关公差表汇编附于书末，是教学和从事设计工作的极好工具。

参加本书编写的单位及个人有：成都航空工业学校顾必忠（第二、七、九章及公差表）；华北航天工业学院陈其昌（第三、八、十、十一章）；湖北精密机械工业学校刘玉吉（第一、五、六章）；四川自贡工业学校余 甦（第四章）；西北工业大学（特邀）陈达秀、王玉荣（第十二章）。

顾必忠、陈其昌担任主编。

成都航空工业学校李仲生同志担任主审。

参加审稿工作的有：遵义机电学校郭秉均；北京第一航天工业学校朱新初；北京第三航天工业学校于百川；四川自贡工业学校曾国明；新都机械厂工学院高晋福；峨眉机械厂工学院李和清。成都航空工业学校唐志忠为编写本书作了大量工作，所有参加审稿及工作的有关同志对本书提出了许多宝贵意见，我们在此表示衷心感谢。

本教材适用于大学专科、中等专业学校、职工大学机械类专业；也可供职工中专及工程技术人员学习参考。参考教学时数为80学时。

戴凤同志为本书描绘全部图稿。

由于编者水平有限和编写时间匆促，书中难免存在缺点和错误，殷切希望读者批评指正。

编 者

一九八六年五月

第一节 概述	114
第二节 表面粗糙度的评定	116
第三节 表面粗糙度的选择和标注	121
第四节 表面粗糙度的测量	125
思考题和习题	128
第七章 圆锥的公差及测量	129
第一节 圆锥配合的基本概念	129
第二节 圆锥配合的误差分析	130
第三节 圆锥标准及公差	133
第四节 锥度与角度的测量	137
思考题和习题	144
第八章 键和花键的公差及测量	145
第一节 键联结的公差及测量	145
第二节 花键联结的公差及测量	147
思考题和习题	153
第九章 螺纹的公差及测量	154
第一节 概述	154
第二节 螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	155
第三节 普通螺纹的公差与配合	160
第四节 梯形螺纹的公差简介	164
第五节 MJ螺纹简介	166
第六节 螺纹的测量	167
思考题和习题	172
第十章 圆柱齿轮的公差及测量	173
第一节 概述	173
第二节 齿轮加工误差及检测	174
第三节 齿轮副的安装误差及检测	183
第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准 (JB179—83)	186
第五节 齿轮整体误差测量简介	192
思考题和习题	193
第十一章 尺寸链	194
第一节 尺寸链的基本概念	194
第二节 用极限法解尺寸链	195
思考题和习题	201
第十二章 微型计算机在测量技术中的应用	202
第一节 概 述	202
第二节 CAM万工显测量系统结构及工作原理	203
第三节 CAM万工显系统组件的选择	206
第四节 测量程序的特点与其设计步骤	208
第五节 几何误差的数值计算和数据处理实例	210
公差表	217

目 录

第一章 绪论	1
第一节 互换性概述	1
第二节 几何量的检测	2
第三节 本课程的任务与要求	3
第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合	4
第一节 基本术语及定义	4
第二节 新公差与配合标准的主要内容	11
第三节 公差与配合的选择	21
第四节 滚动轴承的公差与配合	27
思考题和习题	33
第三章 技术测量基础	35
第一节 技术测量的基本概念	35
第二节 长度基准与尺寸传递	35
第三节 测量器具与测量方法的分类	38
第四节 测量器具的主要度量指标	40
第五节 常用的量具和量仪	41
第六节 测量误差的基本知识	51
第七节 测量器具的选择	56
思考题和习题	59
第四章 形状和位置公差与检测	60
第一节 概述	60
第二节 基本概念	61
第三节 形位公差在图样上的标注	62
第四节 形状和位置公差	68
第五节 形位误差及其检测	79
第六节 形位公差等级及其公差值的选择	96
第七节 公差原则	97
思考题和习题	103
第五章 光滑极限量规	105
第一节 基本概念	105
第二节 工作量规的公差带	106
第三节 工作量规的设计	107
思考题和习题	112
第六章 表面粗糙度	114

第一节 概述	114
第二节 表面粗糙度的评定	116
第三节 表面粗糙度的选择和标注	121
第四节 表面粗糙度的测量	125
思考题和习题	128
第七章 圆锥的公差及测量	129
第一节 圆锥配合的基本概念	129
第二节 圆锥配合的误差分析	130
第三节 圆锥标准及公差	133
第四节 锥度与角度的测量	137
思考题和习题	144
第八章 键和花键的公差及测量	145
第一节 键联结的公差及测量	145
第二节 花键联结的公差及测量	147
思考题和习题	153
第九章 螺纹的公差及测量	154
第一节 概述	154
第二节 螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	155
第三节 普通螺纹的公差与配合	160
第四节 梯形螺纹的公差简介	164
第五节 MJ螺纹简介	166
第六节 螺纹的测量	167
思考题和习题	172
第十章 圆柱齿轮的公差及测量	173
第一节 概述	173
第二节 齿轮加工误差及检测	174
第三节 齿轮副的安装误差及检测	183
第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准 (JB179—83)	186
第五节 齿轮整体误差测量简介	192
思考题和习题	193
第十一章 尺寸链	194
第一节 尺寸链的基本概念	194
第二节 用极限法解尺寸链	195
思考题和习题	201
第十二章 微型计算机在测量技术中的应用	202
第一节 概述	202
第二节 CAM万工显测量系统结构及工作原理	203
第三节 CAM万工显系统组件的选择	206
第四节 测量程序的特点与其设计步骤	208
第五节 几何误差的数值计算和数据处理实例	210
公差表	217

第一章 绪 论

第一节 互换性概述

一、互换性的重要意义

在现代生活中，互换性的概念，人们自觉或不自觉到处都能遇到。例如人们脚上穿的鞋坏了，去商店买一双同样尺码的鞋就行了。灯泡坏了，可以换一个相同规格的新灯泡。钟表、缝纫机、自行车的零、部件坏了，都可以买到同样规格的零、部件换上去。生活上如此方便，就是因为合格的产品和零、部件具有尺寸、规格、功能上彼此互相替换的性能。

在现代化生产中，互换性是人们普遍遵循的原则，它是实现现代化大生产的基础。一颗人造卫星、一架飞机都是由成千上万个零、部件组装而成。由于这些零、部件具有互换性，可以由几十家甚至几百家工厂分散制造，然后再集中到几家或一家工厂组装或总装。在科学技术高速发展的今天，打破了国家的界限，有些产品的零、部件，分散到几个国家若干个工厂生产，最后集中到一个国家总装。

产品系列化、通用化、标准化程度越高，生产批量越大，也就越容易组织专业化大生产，并采用新工艺、新技术，实现高效率的自动化生产，提高经济效益。

按互换性原则设计标准零、部件，可以大为简化绘图和设计的工作量，使产品的品种规格很快更新换代，产品的结构更趋于先进合理，打入市场以后竞争力强。

按互换性原则生产的产品，将为用户使用和维修带来极大方便。

二、互换性的分类

按互换性的程度，可分为完全互换性和不完全互换性两类。对同规格的零、部件不需附加选择、调整或修配，就能顺利装配且能满足使用要求，称为完全互换性，它在机器制造中广泛应用。装配产品时，如果允许对零、部件选择或调整但不允许修配，是不完全互换性。分组装配法，即属不完全互换性。例如有些机器上某些部位的装配精度要求高，如果要求孔和轴都具有完全互换性，则孔和轴的尺寸制造精度很高，这样，必将导致加工困难或提高成本。为了解决这种矛盾，生产中把零件的精度降低，便于制造，然后根据实测尺寸，将相配件分成若干组，再把相应组的零件进行装配，这样既保证了装配精度的要求，也可解决加工零件的困难。

如果在装配产品时，允许修配零件，则零件就不具有互换性。

三、几何量的误差与公差

机器制造业中的互换性，通常包括几何量参数（尺寸、形状等）、机械性能（硬

度、强度等)、理化性能的互换性。本课程只研究几何量参数的互换性。

所谓几何量参数,一般包括:尺寸大小、形状和位置、表面粗糙度等。理论上讲,为了满足互换性要求,似乎在同规格的零、部件中,其实际几何参数要做得和理想几何参数完全一致,但是,在实际生产中这是不可能的,也没有必要。由于加工、测量等原因,零件的实际几何量参数只能做得和理想几何量参数很相近,这种相近的程度一般叫“误差”。只要这种相近程度保持在设计规定的范围内,就能达到互换的目的。

允许几何量参数变动的范围称为“公差”。公差是用来控制误差的。公差的制定应符合误差变化的客观规律,这是贯穿本课程的一条主线。研究几何量参数的误差和公差,是科研生产中的一个重要课题。

四、实现互换性的基础

现代化工业生产的特点是规模大、协作单位多、互换性要求高。为了正确协调各生产部门和准确衔接各生产环节,必须有一种协调手段,使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的技术统一,成为一个有机的整体,以实现互换性生产。标准与标准化正是联系这种关系的主要途径和手段,是实现互换性的基础。

按标准化的对象特征,标准分为:基础标准、产品标准、方法标准、安全标准、卫生标准、环境保护标准等。

几何量参数的标准,是基础标准。它在一定范围内作为其它标准的基础普遍使用,具有广泛的指导意义。本书以后各章,将逐步论述国家新颁布的各类几何量参数标准。

按标准的级别,我国技术标准分为三级:国家标准(GB);部标准(专业标准),如机械工业部标准(JB)和企业标准。

解放前,我国工业极端落后,一切技术标准都是用外国的,在标准化工作方面也呈现了半封建半殖民地的特征。解放后,在党和政府的关怀下,标准化工作取得了可喜的成就。自1958年国家发布第一批一百二十个标准起,至今已经制定了七千多个国家标准。1978年我国成为世界上最大的国际标准化机构(ISO)的成员国,当前,采用国际标准已成为世界发展的趋势。近几年,我们国家实行对外开放政策,为了适应国际上技术交流,正在按国际标准逐步修订我们国家的标准。

本书主要介绍各种几何量参数最新国家标准,旧国标以附录形式给出,便于对照。

第二节 几何量的检测

先进的公差标准是实现互换性的基础。但是,仅有公差标准而无相应的检测措施,还不足以保证实现互换性。必要的检测,是保证互换性生产的手段。通过检测,几何量参数的误差控制在规定的公差范围内,零件就合格,就能满足互换性要求。反之,零件就不合格,也就不能达到互换的目的。

检测的目的,不仅在于仲裁零件是否合格,还要根据检测的结果,分析产生废品的原因,以便设法减少废品,进而消除废品。

进行几何量参数的检测,首先要确定统一的计量单位,建立可靠的测量基准及精确

的尺寸传递系统。不然零件的精度就无法保证，也不能实现互换性生产。解放前，我国的计量工作和标准化工作一样，表现为半封建半殖民地特征。1959年，国务院发布了《关于统一计量单位制度的命令》，正式确定采用米制作为我国的基本计量制度。1977年，国务院发布了《⁹³中华人民共和国计量管理条例》，健全了从中央到地方各级计量机构和长度量值的传递系统，保证了全国计量单位的统一，促进了产品质量的提高。1984年，国务院发布了《关于在我国实行法定计量单位的命令》，在全国范围内统一实行以国际单位制为基础的法定计量单位。

随着生产和科学技术的发展，对几何量参数的检测精度和检测效率，提出了越来越高的要求。这样，研究各种测试理论和制造高精度的检测仪器，则日益成为保证互换性的重要手段。我国计量仪器的生产发展也很快。目前，全国拥有一批骨干仪器厂，生产了许多品种的量仪，有的已接近或达到世界先进水平。

第三节 本课程的任务与要求

本课程是机械类各专业的一门技术基础课，是联系设计课程与工艺课程的纽带，是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

本课程包括几何量参数的“公差配合”与“技术测量”两部分内容，是一门实践性很强的学科。前一部分内容主要通过课堂教学和课外作业来完成，后一部分内容主要通过实验课来完成。

本课程是从互换性角度出发，围绕误差与公差这两个基本概念，研究如何解决使用要求和制造要求的矛盾，而这一矛盾的解决，则在于合理地确定公差与配合以及采用适当的技术测量手段。

学生在学习本课程之前，应具有一定的理论知识和初步的生产实践知识，能读图并懂得图样的注法。学生完成本课程的学习任务以后，初步达到：

- 1) 掌握互换性基本概念及有关基本术语和定义。
- 2) 基本掌握本课程中讲到的几何量参数公差标准的主要内容及其应用的原则。
- 3) 初步学会根据机器零件的功能要求，正确选择几何量的公差与配合。
- 4) 能够正确查用本课程介绍的公差表格并能正确标注在图样上。
- 5) 初步了解各种典型几何量参数的检测方法并初步学会使用常用的计量器具。

第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合

光滑圆柱体结合在机器中应用非常广泛。光滑圆柱体新的《公差与配合》标准是应用最广泛的基础标准。

新的《公差与配合》标准由五个标准组成，其中：

GB1800—79是标准的基础部分，称为“总论—标准公差与基本偏差”，对公差制作了全面、系统的规定。

GB1801—1804—79是GB1800—79标准的应用。其中GB1801—79适于尺寸至500mm的孔和轴；GB1802—79适于尺寸大于500~3150mm的孔和轴；GB1803—79适于尺寸至18mm的孔和轴；GB1804—79为未注公差尺寸的极限偏差。由于500mm以内的尺寸是机械制造中最常用的尺寸，故本章主要介绍GB1800—79、GB1801—79两个标准的基本内容，其次介绍GB1804—79标准的基本内容。

第一节 基本术语及定义

术语及定义是公差与配合标准的基础，也是机械制造者的共同语言。要理解和应用公差与配合标准，首先应该了解这些术语及定义。

一、零件的尺寸

1. 尺寸 用特定单位表示长度值的数字称为尺寸。尺寸所表示的长度值有较为广泛的含义，它包括圆的直径和圆弧半径，也包括一般线性的两点间的距离，如宽度、高度和中心距离等，但不包括角度。

2. 基本尺寸 (L 、 l *) 设计时给定的尺寸称为基本尺寸。基本尺寸是设计人员根据使用要求，综合考虑强度、刚度、结构等方面的因素在设计时给定的尺寸。如图2—1中，圆柱销的外径 $\phi 10\text{mm}$ ，长度 25mm ，都是基本尺寸。它们是计算极限尺寸和偏差的起始尺寸。相互配合的孔和轴的基本尺寸是相同的。

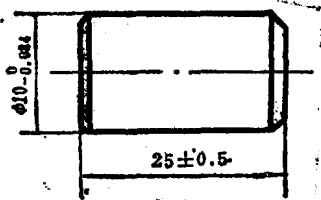


图2—1 基本尺寸

3. 实际尺寸 (L_a 、 l_a) 通过测量所得的尺寸称为实际尺寸。

由于存在测量误差，所测实际尺寸并非零件尺寸的真实值。由于存在形状误差，零件同一表面的不同部位的实际尺寸往往也是不同的。因此，实际尺寸是指某一位置的测量值。

4. 极限尺寸 允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。它是以基本尺寸为基数确定的。两个界限值中较大的一个称为最大极限尺寸 ($L_{\max}$ 、 $l_{\max}$)，较小的一个称为最

• 大写字母代表孔及有关代号，小写字母代表轴及有关代号，下同。

小极限尺寸 ($L_{\min}$ 、 $l_{\min}$)。

零件的尺寸应按极限尺寸限定的范围制造。生产实践中, 如何根据极限尺寸判断零件的尺寸合格与否, 已有统一的规定, 将在后面讨论。

二、零件的公差与偏差

1. 尺寸偏差 (简称偏差) 偏差是指某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

某一尺寸包括极限尺寸和实际尺寸。最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差 (ES、es); 最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差 (EI、ei); 上偏差和下偏差统称为极限偏差; 实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。

偏差可以为正、为负或为零。

2. 尺寸公差 (T) 尺寸公差是指允许尺寸的变动量 (简称公差)。由于变动范围的大小是没有正负含义的, 因此公差数值应该是一个绝对值, 为了简便起见, 可以省去绝对值符号。

公差值等于最大极限尺寸减去最小极限尺寸的代数差的绝对值, 也等于上偏差减去下偏差的代数差的绝对值, 用公式表示为:

$$\text{对孔: } T_h = L_{\max} - L_{\min} = ES - EI$$

$$\text{对轴: } T_s = l_{\max} - l_{\min} = es - ei$$

式中: T_h ——孔公差; T_s ——轴公差

公差是衡量零件精度的参数。当基本尺寸一定时, 公差愈小, 精度愈高, 加工愈困难, 反之, 精度愈低, 加工愈易。

应注意, 由于公差没有正负的含义, 因此, 在公差值的前面不应出现“+”或“-”号。

尺寸、偏差和公差的关系见图2-2。

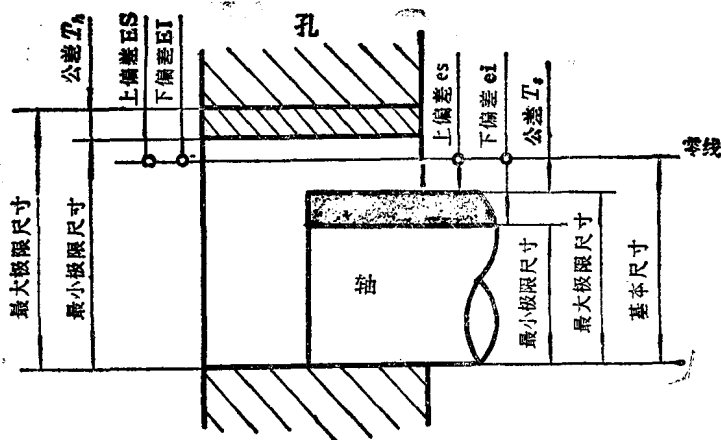


图2-2 尺寸、偏差和公差的关系

例1 基本尺寸为 $\phi 25\text{mm}$, 最大极限尺寸为 $\phi 25\text{mm}$, 最小极限尺寸为 $\phi 24.95\text{mm}$ 的轴, 计算轴的极限偏差和公差。

解 $es = l_{\max} - l = 25 - 25 = 0\text{mm}$

$$ei = l_{\min} - l = 24.95 - 25 = -0.05\text{mm}$$

$$T_s = l_{\max} - l_{\min} = 25 - 24.95 = 0.05\text{mm}$$

或: $T_s = es - ei = 0 - (-0.05) = 0.05\text{mm}$

3. 零线及尺寸公差带 在实用中, 由于公差的数值比基本尺寸的数值小得多, 很难按比例在图上画出, 为简便起见, 可不必画出孔与轴的全形, 只须按比例放大孔与轴的

公差带，并以此反映它们之间的关系，这种方法称为公差与配合的图解，简称公差带图。如图2—3，就是图2—2的公差带图。

零线：在公差带图中，确定偏差的一条基准直线。通常零线表示基本尺寸。正偏差位于零线之上，负偏差位于零线之下。

公差带：在公差带图中，由上、下偏差所限定的区域称为尺寸公差带，简称公差带。公差带包括“公差带大小”和相对于零线位置的“公差带位置”两个参数，它是“公差与配

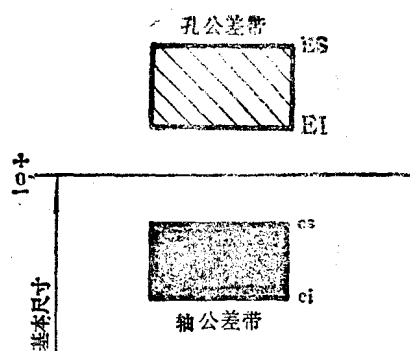


图2—3 公差带图

合”中的一个很重要的概念，用公差带图能直观地分析、计算和表达公差与配合的关系。

4. 基本偏差 国家标准表列的，用以确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差称为基本偏差，一般指靠近零线的那一个偏差，见图2—4。

当公差带在零线上方时，基本偏差为下偏差；当公差带在零线下方时，基本偏差为上偏差。

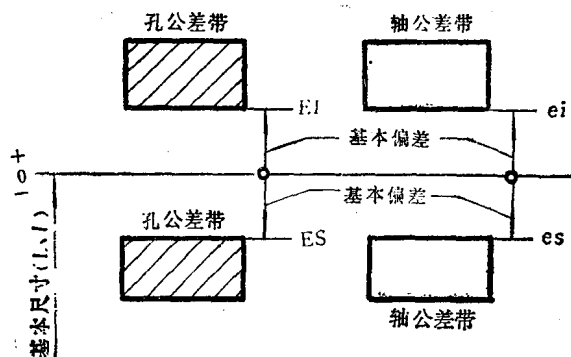


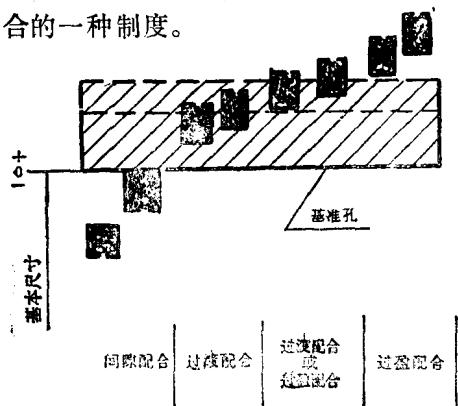
图2—4 基本偏差示意图

5. 标准公差 (IT) 国家标准表列的，用以确定公差带大小的任一公差称为标准公差

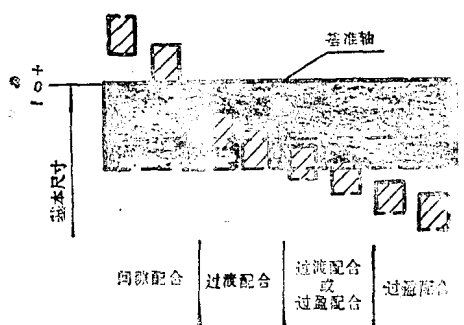
三、零件的配合

1. 配合及基准制 基本尺寸相同，相互结合的孔和轴公差带之间的关系称为配合。为了满足不同的使用性能要求，必须设置必要数量不同性质的配合，而改变孔、轴公差带的相对位置就能达到这一目的。为此，国家标准对配合规定了基孔制和基轴制两种基准制。

(1) 基孔制：基本偏差为一定的孔公差带，与不同基本偏差的轴的公差带形成各种配合的一种制度。



a)



b)

图2—5 基准制

基孔制中的孔称为基准孔，国标规定基准孔的下偏差为零，上偏差为正值，代号为“H”，与基准孔相配合的轴称为配合轴，见图2—5a。

(2) 基轴制：基本偏差为一定的轴的公差带，与不同基本偏差的孔的公差带形成各种配合的一种制度。

基轴制中的轴称为基准轴。国标规定基准轴的上偏差为零，下偏差为负值，代号为“h”，与基准轴相配合的孔称配合孔，见图2—5b。图2—5中的虚线表示基准件取不同公差等级时的情况。

按照孔、轴公差带位置不同，两种基准制都可形成三大类配合，见图2—5。

2. 间隙和间隙配合 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为正时称为间隙(X)。具有间隙的配合（包括最小间隙为零的情况）称为间隙配合。此时孔公差带在轴公差带之上，见图2—6。

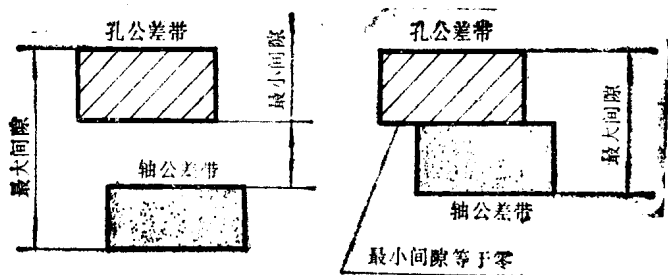


图2—6 间隙配合

间隙配合的松紧程度用最大间隙(X_{max})和最小间隙(X_{min})表示，最大间隙表示配合最松的状态，最小间隙表示配合最紧的状态，最大间隙和最小间隙统称为极限间隙。

数值上，孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸的代数差，称为最大间隙；孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸的代数差，称为最小间隙。用公式表示为：

$$X_{max} = L_{max} - l_{min} \quad X_{min} = L_{min} - l_{max}$$

$$\text{或: } X_{max} = ES - ei \quad X_{min} = EI - es$$

例2 $\phi 45^{+0.025}_0$ 的孔与 $\phi 45^{+0.009}_0$ 的轴相配合，求极限间隙。

$$\text{解 } X_{max} = ES - ei = +0.025 - (-0.025) = +0.05 \text{ mm}$$

$$X_{min} = EI - es = 0 - (-0.009) = +0.009 \text{ mm}$$

3. 过盈和过盈配合 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为负时称为过盈(Y)。具有过盈（包括最小过盈为零）的配合称为过盈配合，此时，孔公差带在轴公差带之下，见图2—7。

过盈配合的松紧程度用最大过盈(Y_{max})和最小过盈(Y_{min})表示。最大过盈表示配合最紧的状态，最小过盈表示配合最松的状态。最大过盈和最小过盈统称极限过盈。

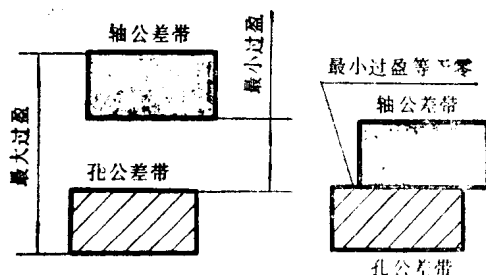


图2—7 过盈配合

数值上，孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸的代数差称为最大过盈；孔的最

大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸的代数差称为最小过盈。用公式表示为：

$$Y_{\max} = L_{\min} - l_{\max}; \quad Y_{\min} = L_{\max} - l_{\min}$$

$$\text{或: } Y_{\max} = EI - es; \quad Y_{\min} = ES - ei$$

例3 $\phi 45^{+0.025}_0$ 的孔与 $\phi 45^{+0.034}_{+0.009}$ 的轴相配合，求极限过盈。

$$\text{解 } Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.05) = -0.05 \text{ mm}.$$

$$Y_{\min} = ES - ei = +0.025 - (+0.034) = -0.009 \text{ mm}$$

4. 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合。此时，孔公差带与轴公差带相互交叠。见图2—8。

过渡配合的松紧程度由最大间隙和最大过盈表示。最大间隙表示配合最松的状态，其数值按间隙配合中的计算方法计算；最大过盈表示

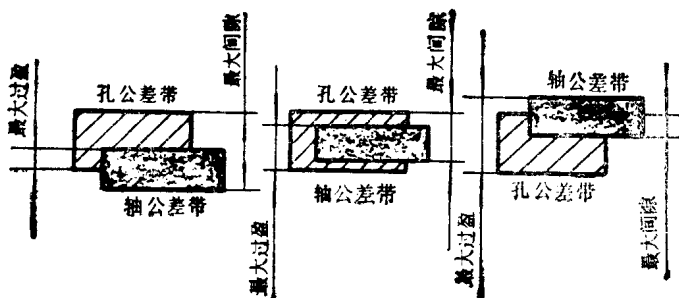


图2—8 过渡配合

示配合最紧的状态，其数值按过盈配合中的计算方法计算。

例4 $\phi 45^{+0.025}_0$ 的孔与 $\phi 45^{+0.017}_{+0.009}$ 的轴相配合，求极限间隙和极限过盈。

$$\text{解 } X_{\max} = ES - ei = +0.025 - (+0.017) = +0.008 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.033) = -0.033 \text{ mm}$$

5. 配合公差及配合公差带图

(1) 配合公差 (T_f) 允许间隙或过盈的变动量称为配合公差。用它衡量一批相互配合的零件产生间隙或过盈的一致程度。配合公差小，间隙或过盈变动范围小，配合精度高；配合公差大，间隙或过盈变动范围大，配合精度低。因此，配合公差是反映配合精度高低的一个参数。由于变动范围没有正负的含义，配合公差数值也是绝对值，用简化公式表示为：

对间隙配合：

$$\begin{aligned} T_f &= X_{\max} - X_{\min} = (ES - ei) - (EI - es) = (ES - EI) + (es - ei) \\ &= T_h + T_s \end{aligned}$$

对过盈配合：

$$\begin{aligned} T_f &= Y_{\min} - Y_{\max} = (ES - ei) - (EI - es) = (ES - EI) + (es - ei) \\ &= T_h + T_s \end{aligned}$$

对过渡配合：

$$\begin{aligned} T_f &= X_{\max} - Y_{\max} = (ES - ei) - (EI - es) = (ES - EI) + (es - ei) \\ &= T_h + T_s \end{aligned}$$

上述计算可知，配合公差等于相互配合的孔公差与轴公差之和。即配合精度的高低由相互配合的孔与轴本身的公差等级决定，配合公差体现机器配合部位使用性能的要

求，而孔、轴公差则体现对零件的制造要求。

(2) 配合公差带图 配合性质也可用公差带图直观反映，称为配合公差带图。见图2—9；

符号“ H ”表示配合公差带，零线表示间隙或过盈为零，零线以上为正，代表间隙；零线以下为负，代表过盈。当配合公差带完全在零线以上时为间隙配合；完全在零线以下时为过盈配合；与零线垂直相交时为过渡配合。配合公差带的上、下两端的坐标值，代表极限间隙或极限过盈。

四、孔与轴的定义

前面所述的孔与轴都是以圆柱形内表面或外表面为例，其实“孔”与“轴”有其广泛的含义。国标对“孔”与“轴”的定义如下：

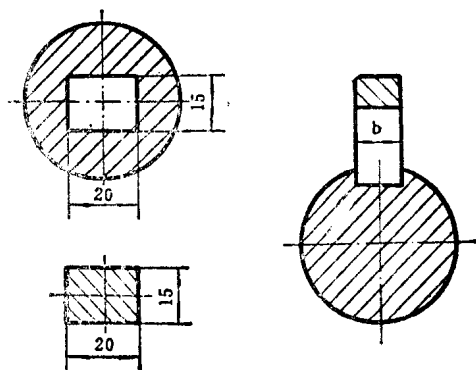


图2—10 孔和轴的其他形式

五、极限尺寸判断原则

对孔或轴来讲，如果没有形状误差，影响配合性质的仅有尺寸因素。但由于完工后的孔和轴不可避免地存在形状误差，它也将影响零件的配合性质。如图2—11，一个存在形状误差（轴线弯曲）的轴与一个具有正确形状的孔装配，其配合性质显然比轴没有形状误差时紧一些，甚至影响到不能顺利装配。因此，对孔和轴往往需要综合考虑尺寸与形状两个因素来判断零件是否合格。

国标对如何根据极限尺寸判断零件合格与否作了原则性规定，称为极限尺寸判

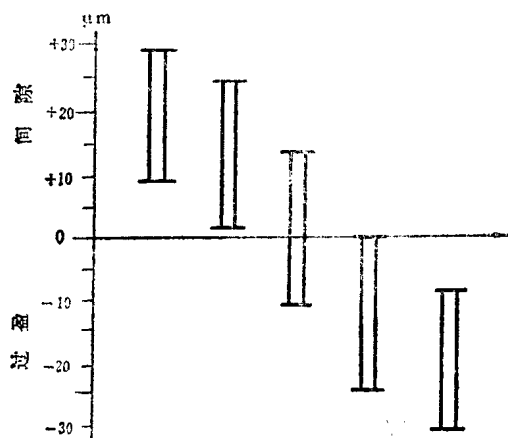


图2—9 配合公差带图

“孔”主要指圆柱形的内表面，也包括其它内表面中由单一尺寸确定的部分。

“轴”主要指圆柱形的外表面，也包括其它外表面中由单一尺寸确定的部分。

所谓单一尺寸是指内表面或外表面中某一个尺寸的意思。见图2—10中的尺寸b、15mm和20mm。

因此，《公差与配合》国家标准既适用于圆柱形的孔和轴，也适用于孔和轴的其他形式或结构的尺寸公差，以及由它们组成的配合。

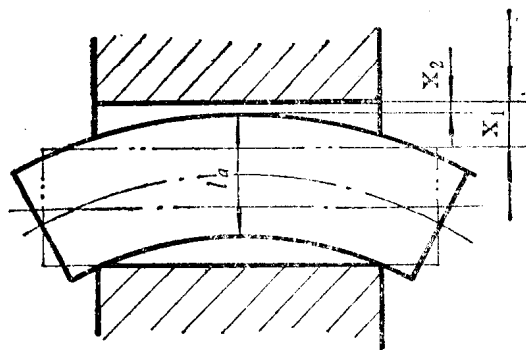


图2—14 形状误差对配合的影响

断原则。这个原则是由W·泰勒 (Willidm TdyLoy) 于1905年提出的, 因此又称泰勒原则。下面具体介绍。

1. 有关术语及定义

(1) 最大实体状态和最大实体尺寸 孔或轴具有允许的材料量为最多时的状态, 称为最大实体状态。在此状态下的极限尺寸称为最大实体尺寸。显然, 它是孔的最小极限尺寸 $L_{\min}$ 和轴的最大极限尺寸 $l_{\max}$ 的统称。

(2) 最小实体状态和最小实体尺寸 孔或轴具有允许的材料量为最少时的状态, 称为最小实体状态。在此状态下的极限尺寸称为最小实体尺寸。显然, 它是孔的最大极限尺寸 $L_{\max}$ 和轴的最小极限尺寸 $l_{\min}$ 的统称。

(3) 作用尺寸 (L_m, l_m) 作用尺寸是指孔和轴配合时实际起作用的尺寸, 其定义为: 在结合面的全长上, 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, 见图2—12。当实际的孔或轴有形状误差时, 形状误差在配合效果上相当于减小了孔的实际尺寸或增大了轴的实际尺寸。

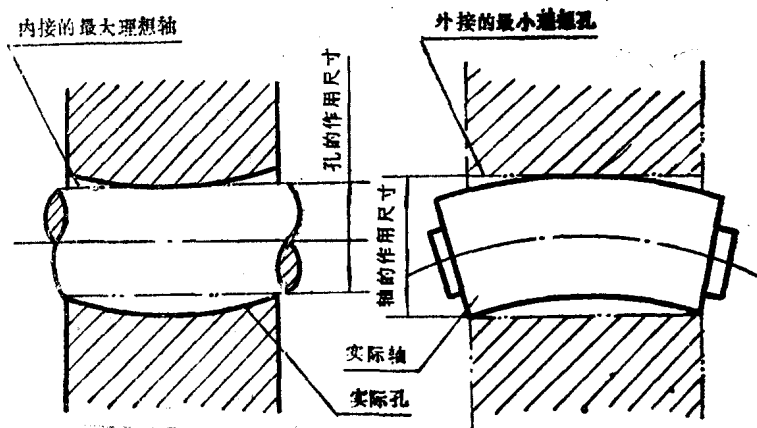


图2—12 孔和轴的作用尺寸

综上所述可见, 加工后的零件, 仅从实际尺寸不超出极限尺寸限定的范围还不能确定是合格的零件, 还应考虑作用尺寸也不能超出极限尺寸限定的范围。

2. 极限尺寸判断原则 国标规定的极限尺寸判断原则如下, 见图2—13:

孔或轴的作用尺寸不允许超过最大实体尺寸。即对孔, 其作用尺寸应大于或等于孔的最小极限尺寸; 对轴, 其作用尺寸应小于或等于轴的最大极限尺寸。

孔或轴在任何位置上的实际尺寸不允许超过最小实体尺寸。即对孔, 其实际尺

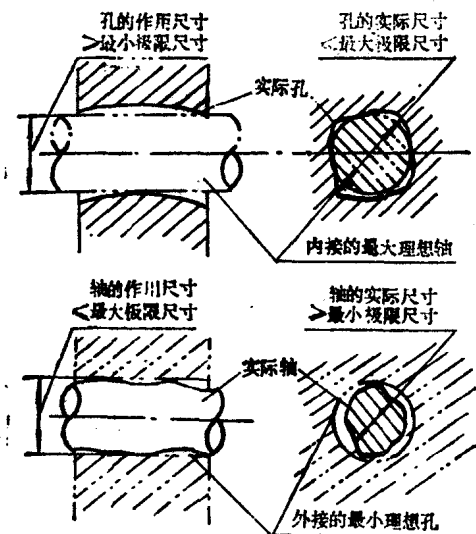


图2—13 极限尺寸判断原则