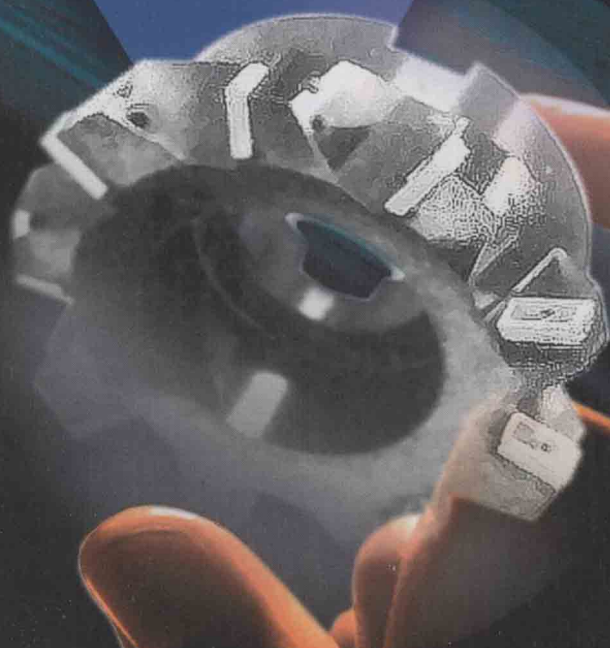


全国中等职业技术学校机械类专业通用教材

公差配合与技术 测量基础

(第二版)



中国劳动社会保障出版社

全国中等职业技术院校教材 机械类各专业通用教材

公差配合与技术 测量基础

(第二版)



机械工业出版社 机械工业出版社

全国中等职业技术学校机械类专业通用教材

公差配合与技术测量基础

(第二版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量基础/胡荆生主编. —2 版. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2000.6

ISBN 7-5045-2642-8

I. 公…

II. 胡…

III. ①公差-专业学校-教材 ②配合-专业学校-教材 ③技术测量-专业学校-教材

IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 17109 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 唐 云 岐

*

北京乾沣印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 384 千字

2000 年 6 月第 2 版 2004 年 1 月第 12 次印刷

印数: 200000 册

定价: 17.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专用 侵权必究

本书封面轧有我社社标和英文缩写的暗纹

否则即为盗版, 请读者举报

举报电话: 010-64911344

修 订 说 明

全国技工学校机械类专业通用教材及配套用书出版以来，在技工学校的教学中发挥了重要的作用，受到了广大师生的欢迎，大部分教材已经经过一次或数次修订。但是，随着科学技术和我国国民经济的迅猛发展，以及技工学校教学的不断改革，这套教材暴露出一些不足。例如，教材结构还不够完善，不能完全适应技工学校教学的要求；教材内容滞后于科学技术日新月异的变化；教材中采用的国家标准有些已被新的标准取代，须进行相应的修改，等等。

1999~2000年，劳动和社会保障部培训就业司组织全国有关方面的教学专家，对技工学校机械类专业通用工种教学计划及所属课程的教学大纲进行了修订。根据新的教学大纲，我们组织了相应教材的修订工作。

这次教材修订工作的重点是：进一步协调各教材之间的关系，使教材的内容安排和衔接更为合理；体现理论与技能训练一体化的教学改革成果；充分考虑各地区中等职业技术学校对教材的不同要求，增强教材的适用性，使教材的使用更加方便、灵活；将素质教育和技能培养有机地结合，既使学生掌握专业知识和技能，还给学生以发展后劲；充实新知识、新技术、新工艺和新方法等方面的内容，力求反映科学技术的最新成果；采用最新的国家标准，使教材的内容更加规范化。

这次教材的修订工作得到北京、上海、天津、辽宁、山东、河南、河北、广东、江苏、湖北、四川、浙江、陕西、内蒙等省、市、自治区劳动社会保障厅（局）的大力支持，对此，我们表示衷心的感谢。

劳动和社会保障部教材办公室

2000年

简 介

本书根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的《公差配合与技术测量基础教学大纲》编写，供中等职业技术学校机械类专业使用。本书主要包括：光滑圆柱形结合的极限与配合、技术测量的基本知识及常用计量器具、形状和位置公差、尺寸公差和形位公差的关系、表面粗糙度、光滑工件尺寸的检测、形状和位置误差的检测、螺纹结合的公差与检测等。

本书也可作为职业培训教材。

本书由胡荆生、胡瑞华编写，胡荆生主编；王槐德、孔繁明审稿，王槐德主审。

目 录

绪 论	(1)
习 题	(4)
第一章 光滑圆柱形结合的极限与配合	(5)
§ 1-1 基本术语及其定义	(6)
§ 1-2 极限与配合标准的基本规定	(17)
§ 1-3 公差带与配合的选用	(35)
习 题	(41)
第二章 技术测量的基本知识及常用计量器具	(44)
§ 2-1 技术测量的基本知识	(44)
§ 2-2 测量长度尺寸的常用计量器具	(51)
§ 2-3 测量角度的常用计量器具	(64)
习 题	(72)
第三章 形状和位置公差	(75)
§ 3-1 概述	(75)
§ 3-2 形位误差和形位公差	(79)
§ 3-3 形位公差的项目及其公差带的定义	(84)
§ 3-4 形位公差的标注	(107)
习 题	(112)
第四章 尺寸公差和形位公差的关系	(117)
§ 4-1 有关的术语及定义	(117)
§ 4-2 公差原则	(121)
§ 4-3 注公差尺寸的解释	(131)
习 题	(133)
第五章 表面粗糙度	(137)
§ 5-1 表面粗糙度概述	(137)
§ 5-2 表面粗糙度的评定标准	(138)
§ 5-3 表面粗糙度符号、代号及其注法	(146)
§ 5-4 表面粗糙度的应用及检测	(152)
习 题	(157)

第六章 光滑工件尺寸的检测	(159)
§ 6-1 用普通计量器具检测光滑工件	(159)
§ 6-2 光滑极限量规	(166)
习 题	(172)
第七章 形状和位置误差的检测	(174)
§ 7-1 形位误差的评定准则	(174)
§ 7-2 形位误差检测示例	(178)
习 题	(186)
第八章 螺纹结合的公差与检测	(188)
§ 8-1 概述	(188)
§ 8-2 螺纹几何参数误差对螺纹互换性的影响	(192)
§ 8-3 普通螺纹的公差与配合	(196)
§ 8-4 机床丝杠、螺母公差简介	(208)
§ 8-5 螺纹的检测	(210)
习 题	(214)
附 录	(215)
附表一 轴的极限偏差	(215)
附表二 孔的极限偏差	(224)
附表三 直线度、平面度	(232)
附表四 圆度、圆柱度	(233)
附表五 平行度、垂直度、倾斜度	(234)
附表六 同轴度、对称度、圆跳动和全跳动	(235)
附表七 位置度数系	(236)
附表八 普通螺纹偏差表(摘录)	(237)

绪 论

一、互换性的概述

1. 互换性的含义

互换性是现代化生产的一个重要技术经济原则，它普遍应用于机械设备和各种家用机电产品的生产中。随着现代化生产的发展，专业化、协作化生产模式的不断扩大，互换性原则的应用范围也越来越大。

互换性的广义上的定义是：“一种产品、过程或服务代替另一产品、过程或服务能满足同样要求的能力。”在机械工业中，互换性是指制成的同一规格的一批零件或部件，不需作任何挑选、调整或辅助加工（如钳工修配），就能进行装配，并能满足机械产品的使用性能要求的一种特性。具有这种特性的零（部）件称为具有互换性的零（部）件。能够保证零（部）件具有互换性的生产，称为遵循互换性原则的生产。例如，一批螺纹标记为 M10-6H 的螺母，如果都能与 M10-6g 的螺栓自由旋合，并且满足设计的连接强度要求，则这批螺母就具有互换性。又如车床上的主轴轴承，磨损到一定程度后会影响车床的使用，在这种情况下，我们换上代号相同的另一个轴承，主轴就能恢复到原来的精度而达到满足使用性能的要求，这里轴承作为一个部件而具有互换性。

在日常生活中，互换性的例子也是很多的。如自行车的前轴或辐条坏了，可以迅速换上一个新的，更换后仍能满足使用要求。又如日光灯的启辉器坏了，灯管不能发光，换上一个相同规格的启辉器，灯管就能正常启动发光。

广义地说，零（部）件的互换性应包括其几何参数、力学性能、物理化学性能等方面的互换性。根据本课程的教学任务，以下主要对几何参数的互换性加以论述。

2. 互换性的种类

互换性按其程度和范围的不同可分为完全互换性和不完全互换性。

若零件在装配或更换时，不作任何选择，不需调整或修配，就能满足预定的使用要求，则其互换性为完全互换性，也称为绝对互换性。完全互换性在生产中得到广泛应用。当装配精度要求较高，零件加工困难较大时，则可采用不完全互换性。所谓不完全互换性，就是在装配前允许有附加的选择，装配时允许有附加的调整但不允许修配，装配后能满足预期的使用要求。不完全互换性又称为有限互换性。

分组装配法即属典型的不完全互换性。当机器上某些部位的装配精度要求很高时，此时如采用完全互换性，则零件的加工精度要求就很高，这样就将导致加工困难，制造成本过高，甚至无法加工。在实际的生产中，往往把零件的精度要求适当降低，以便于加工。加工完后根据零件实测尺寸的大小，将制成的零件分为若干组，使每组内的尺寸差别较小，然后对相应组的零件进行装配，这样，既解决了零件的加工困难，又保证了部件的装配精度要

求。采用此方法进行装配时，仅组内的零件可以互换，而组与组之间的零件不可互换，即限定了互换的范围。如柴油机喷油器柱塞的装配，滚动轴承内、外圈与滚动体的装配，采用的就是分组装配法。

上述两种互换性的使用场合不同，一般来说，不完全互换性仅限于部件或机构的制造厂内部的装配，至于厂际协作或配件的生产，则往往要求完全互换性。

3. 互换性的技术经济意义

互换性原则广泛用于机械制造中的产品设计、零件的加工和装配、机器的使用和维修等各个方面。

在设计方面，由于采用互换性强的标准件和通用件，可以使设计工作简化，缩短设计周期，并便于计算机辅助设计，这对发展系列产品十分重要。

在加工和装配方面，当零件具有互换性时，可以采用分散加工、集中装配。这样有利于组织跨地域的专业化厂际协作生产；有利于使用现代化的工艺装备，并可提高设备的利用率；有利于采用自动线等先进的生产方式；还可减轻劳动强度，缩短装配周期，从而保证装配质量。

在使用和维修方面，互换性有其不可取代的优势。当机器的零件突然损坏或按计划定期更换时，可迅速用相同规格的零件装上，既缩短了维修时间，又能保证维修质量，从而提高机器的利用率和延长机器的使用寿命。

互换性生产是随着产品大批量生产的需求而逐步发展和完善起来的。随着数控技术和计算机技术的发展，机械制造业由传统的生产方式向现代化的生产方式转化，在多品种、小批量的生产中，互换性的应用也越来越广泛，对互换性的要求将越来越高。因此，互换性原则是组织现代化生产极为重要的技术经济原则。

二、几何量的误差

要保证零件具有互换性，就必须保证零件的几何参数的准确性。但是，零件在加工的过程中，由于机床精度、计量器具精度、操作工人技术水平及生产环境等诸多因素的影响，其加工后得到的几何参数会不可避免地偏离设计时的理想要求，而产生误差。这种误差称为零件的几何量误差。几何量误差主要包含尺寸误差、形状误差、位置误差和表面微观形状误差——表面粗糙度等。

零件具有几何量误差后能否保证零件的互换性？实践证明，虽然零件的几何量误差可能影响到零件的使用性能，但只要将这些误差控制在一定的范围内，仍能满足使用功能要求，也就是说仍可以保证零件的互换性要求。

为了控制几何量误差，提出了公差的概念。所谓几何参数的公差就是零件几何参数允许的变动量，它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。只有将零件的误差控制在相应的公差内，才能保证互换性的实现。

三、公差标准和标准化

既然用几何参数的公差来控制几何量误差的大小，那么就必须确定几何量公差的大小及对零件几何参数的相关要求，也就是说要制定公差标准。公差标准是一种技术标准。技术标准是规范技术要求的法规，是指为产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作的技术规定，是从事生产建设工作的共同技术依据。

标准按对象的特征可分为：基础标准、产品标准、方法标准、安全和环境保护标准等。

基础标准是指生产技术活动中最基本的具有广泛指导意义的标准。这类标准具有最一般的共性，因而是通用性最强的标准。本课程所讲的极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等就属于基础标准。

标准的建立必须以科学技术和实践经验作为依据，在充分协商的基础上，对生产技术活动中的要求，以特定程序、特定形式颁发统一的规定，在一定的范围内作为共同遵守的技术准则。在生产的实践中，还应根据客观情况的变化，不断地修订和完善标准。以上所述的以制定标准和贯彻标准为主要内容的全部活动过程称为标准化。

在现代化生产中，标准化是一项重要的技术措施。一种产品的制造，往往涉及到许多部门和企业，为了适应各个部门与企业之间在技术上相互协调的要求，必须有一个共同的技术标准，使独立、分散的部门和企业之间保持必要的技术统一，使相互联系的生产过程形成一个有机的整体，以保证互换性生产的实现。所以标准是保证互换性的基础，标准化是实现互换性生产的基础。

四、几何量的测量

制定和贯彻公差标准是实现互换性的基础，但要保证互换性在生产实践中实现还必须要有相应的技术测量措施。前面已讲过制定公差的目的就是为了控制误差，通过测量，如零件的几何参数误差控制在规定的公差范围内，则此零件就合格，就能满足互换性的要求；反之，误差超过公差范围，零件就不合格，也就不能达到互换的目的。因此，对零件的测量是保证互换性生产的一个重要手段。

测量的目的，不仅在于零件加工完后判定零件是否合格，还要根据测量的结果，分析产生不合格零件的原因，及时采取必要的工艺措施，提高加工精度，减少不合格产品，提高合格率，从而降低生产成本和提高生产效率。

要保证几何参数测量的正确性，首先要保证长度计量单位的统一。1984年国务院发布了《关于在我国实行法定计量单位的命令》，规定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。其次还必须建立长度基准，实现基准的再现和量值的传递。1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》，建立了各级计量机构和长度量值传递系统，为保证测量结果的准确可靠奠定了基础。此外，为保证测量精度，使测量技术满足现代化生产技术水平发展的需求，还必须研究测试理论，制定计量规程，设计和制造各种先进的计量器具，培训各级计量人员。

综上所述，现代化的机械生产，必须遵循互换性的原则，随着生产水平的提高，对互换性的要求也越来越高，而要保证互换性的实现，则必须保证零件加工的精度。由于加工中各种因素的影响，零件的几何量的误差不可避免地存在，但只要将几何量的误差控制在一定的范围内，就能实现互换性。要确定这“一定范围”的大小，就必须制定相应的公差标准；要知道零件的几何量的误差是否控制在公差范围内，即零件是否合格，就必须具有相应的技术测量措施和检测规定。

五、本课程的性质和任务

《公差配合与技术测量基础》是中等职业技术学校机械类冷加工专业的一门专业基础课。它比较全面地讲述了机械加工中有关尺寸公差、形位公差、表面粗糙度等技术要求及有关各种测量技术的基本知识。本课程的学习是为了给专业工艺课程的教学和生产实习教学打下必要的基础。

通过本课程的学习,应使学生了解国家标准中有关公差、配合等方面的基本术语及其定义,熟悉极限与配合标准的基本规定,掌握极限与配合方面的基本计算方法及代号的标注和识读;了解形位公差的基本内容,理解形位公差代号的含义,掌握形位公差代号的标注方法;了解表面粗糙度的评定标准及基本的检测方法,掌握表面粗糙度符号、代号的注法;了解滚动轴承公差和普通螺纹公差的特点,理解螺纹标记的组成及其含义;了解有关测量的基本知识,理解常用量具的读数原理,掌握常用量具的使用方法;初步了解形位误差的检测原则和基本方法。

学生在学习本课程时,应具有一定的机械原理和机械制图方面的知识及初步的生产实践知识。本课程除在理论知识上具有一定的难度外,还具有很强的实践性,因而必须将本课程的学习与专业工艺课程的学习、生产实习有机结合起来,利用实习中所获得的感性知识来促进本课程的学习,同时将本课程中所学的知识运用于专业工艺课程的学习和生产实习中去,通过实践,进一步加深理解和掌握本课程的内容。

习 题

1. 什么是互换性?为什么现代化生产必须按互换性原则进行?
2. 试比较完全互换性和不完全互换性的异同点,并说明各自的应用场合。
3. 简要叙述互换性原则的技术经济意义。
4. 具有互换性的零件是否必须加工成完全一样?为什么?
5. 几何量的误差包括哪些内容?产生几何量误差的主要因素是什么?
6. 为什么要规定公差和制定公差标准?
7. 为什么说对零件的测量是保证互换性的重要手段?
8. 用日常生活中的实例阐明互换性的意义。
9. 试说明分组装配法的特点及作用。
10. 为什么说在现代化生产中,标准化是一项重要的技术措施?
11. 学习本课程的主要任务是什么?
12. 简述如何学习《公差配合与技术测量基础》。

第一章 光滑圆柱形结合的极限与配合

光滑圆柱形结合是众多机械连接形式中最简单、最基本的一种，实际应用也最为广泛。对这种结合形式所规定的极限与配合的标准，不仅适合于光滑圆柱面，还适用于零件上其它表面（如二平行平面或切面）与结构（如键联接），因而是一项应用广泛的重要基础标准。

我国最早的关于光滑圆柱形结合的极限与配合的国家标准是 GB159~174-59，它颁布于 1959 年，称为《公差与配合》国家标准。由于历史的原因，它属于 OCT 制（前苏联）标准体系。该标准颁发后，在生产中得到广泛的应用，对我国国民经济的发展，特别是机械工业的发展起了重要的作用。但是在进入 70 年代后，随着机械工业的迅速发展，特别是我国与世界各国的技术、经济交流日益频繁，此标准已明显不适合需要。为此我国开始采用国际公差制度，以 ISO/R286-1962 等国际标准为依据，结合我国的具体情况，制定了新的《公差与配合》国家标准，于 1979 年颁布执行，此《公差与配合》的国家标准包括五个标准：GB1800-79《公差与配合 总论 标准公差与基本偏差》，GB1801-79《公差与配合 尺寸至 500mm 孔、轴公差带与配合》，GB1802-79《公差与配合 尺寸大于 500mm 至 3150mm 常用孔、轴公差带》，GB1803-79《公差与配合 尺寸至 18mm 孔、轴公差带》，GB1804-79《公差与配合 未注公差尺寸的极限偏差》。

进入 90 年代后，随着我国改革的不断深入发展，我国的对外贸易进一步扩大，技术和经济的交流更进一步向深度和广度发展。为了适应新的形势发展的需求，使公差与配合的国家标准能更好地与国际标准接轨，并考虑到国际标准的修订，我国先后对 1979 年颁发的公差与配合的国家标准进行了较大幅度的修订。1992 年根据国际标准 ISO 2768-1:1989《一般公差—第一部分：未注公差的线性和角度尺寸的公差》对 GB1804 进行了修订，修订后的标准为 GB/T1804-1992《一般公差 线性尺寸的未注公差》。1997 年至 1998 年根据国际标准 ISO 286-1:1988《ISO 极限与配合制—第一部分：公差、偏差和配合的基础》对 GB1800 进行了修订，修订后的 GB/T1800 在《极限与配合基础》主标题下，由以下三部分标准组成：GB/T1800.1-1997《极限与配合 基础 第 1 部分：词汇》；GB/T1800.2-1998《极限与配合 基础 第 2 部分：公差、偏差和配合的基本规定》；GB/T1800.3-1998《极限与配合 基础 第 3 部分：标准公差与基本偏差数值表》。1999 年又制定了 GB/T1800.4-1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》；同时根据 ISO 1829-1975《一般用途公差带的选择》，结合我国实际使用情况对 GB/T1801-1979，GB/T1802-1979 进行了修订，修订后的标准为 GB/T1801-1999《极限与配合 公差带与配合的选择》。

本教材主要介绍 GB/T1800.1-1997，GB/T1800.2-1998，GB/T1800.3-1998 和 GB/T1800.4-1999 及 GB/T1801-1999，GB/T1804-1992 等标准的基本内容。

§ 1-1 基本术语及其定义

一、尺寸的术语和定义

1. 尺寸

用特定单位表示线性尺寸值的数值称为尺寸。在机械零件中，线性尺寸值包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。由尺寸的定义可知，尺寸由数值和特定单位两部分组成，如 30mm（毫米）、60 μm （微米）等。在机械制图中，图样上的尺寸通常以 mm 为单位，如以此为单位时，可省略单位的标注，仅标注数值。采用其它单位时，则必须在数值后注写单位。

2. 基本尺寸 (D, d)

标准规定：通过它应用上、下偏差可算出极限尺寸的尺寸称为基本尺寸。孔的基本尺寸用“ D ”表示；轴的基本尺寸用“ d ”表示（标准规定：大写字母表示孔的有关代号，小写字母表示轴的有关代号，后同）。基本尺寸由设计给定，设计时可根据零件的使用要求，通过计算、试验或类比的方法确定基本尺寸。

为了减少定值刀具（如钻头、铰刀等）、量具（如量规等）、型材和零件尺寸的规格，国家标准（GB/T2822-1981）已将尺寸标准化。因而基本尺寸应尽量选取标准尺寸，即通过计算或试验的方法，得到尺寸的数值，在保证使用要求的前提下，此数值接近哪个标准尺寸（一般为大于此数值的标准尺寸），则取这个标准尺寸作为基本尺寸。

图样上所标注的尺寸，通常都是基本尺寸。如图 1-1 所示，车床主轴箱中间轴装配图和零件图中的 $\phi 25\text{mm}$ 为中间轴直径的基本尺寸，30mm 是齿轮衬套长度的基本尺寸。

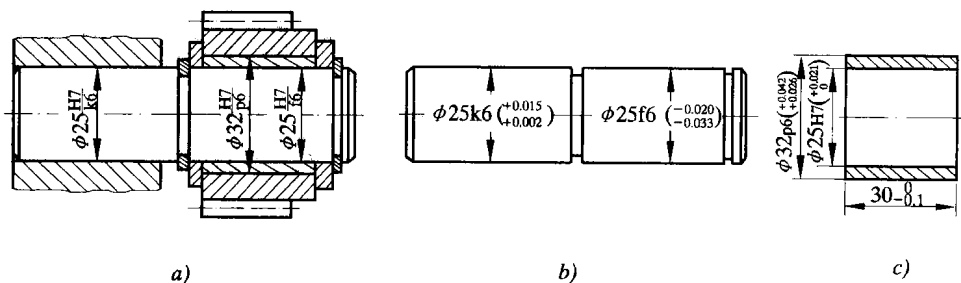


图 1-1 车床主轴箱中间轴装配图和零件图

a) 装配图 b) 中间轴零件图 c) 齿轮衬套零件图

3. 实际尺寸 (D_a, d_a)

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸称为实际尺寸。由于测量过程中，不可避免地存在测量误差，因此所得的实际尺寸并非尺寸的真值。同时，由于零件表面存在着形状误差，使得同一表面上不同位置的实际尺寸也往往不一定相等。如图 1-2 所示，由于形状误差，沿轴向不同部位的实际尺寸不相等，不同方向的直径尺寸也不相等。

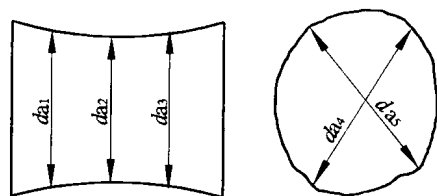


图 1-2 实际尺寸

4. 极限尺寸

一个孔或轴允许的尺寸的两个极端称为极限尺寸，实际尺寸应位于极限尺寸之中，也可达到极限尺寸。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸；孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸。极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的。

在机械加工中，由于机床、刀具、量具等各种因素而形成的加工误差的存在，要把同一规格的零件加工成同一尺寸是不可能的。从使用的角度来讲，也没有必要将同一规格的零件都加工成同一尺寸，只须将零件的实际尺寸控制在一个范围内，就能满足使用要求。这个范围由上述两个极限尺寸确定。

如图 1-3 所示：

孔的基本尺寸 (D) = $\phi 30\text{mm}$

孔的最大极限尺寸 ($D_{\max}$) = $\phi 30.021\text{mm}$

孔的最小极限尺寸 ($D_{\min}$) = $\phi 30\text{mm}$

轴的基本尺寸 (d) = $\phi 30\text{mm}$

轴的最大极限尺寸 ($d_{\max}$) = $\phi 29.993\text{mm}$

轴的最小极限尺寸 ($d_{\min}$) = $\phi 29.980\text{mm}$

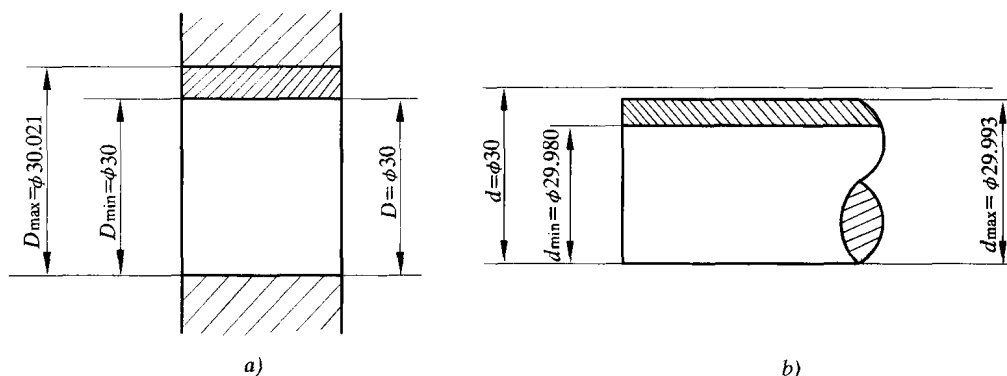


图 1-3 极限尺寸

a) 孔的极限尺寸 b) 轴的极限尺寸

要注意的是基本尺寸和极限尺寸都是设计时给定的，基本尺寸可以在极限尺寸所确定的范围内，也可以在极限尺寸所确定的范围外。如上图中的孔的基本尺寸等于孔的最小极限尺寸，在两极限尺寸所确定的范围内；而轴的基本尺寸大于轴的最大极限尺寸，在两极限尺寸所确定的范围外。

当不考虑形位误差的影响，加工后的零件获得的实际尺寸若在两极限尺寸所确定的范围之内，则零件合格，否则零件不合格。

二、公差与偏差的术语及其定义

1. 偏差

某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等等）减其基本尺寸所得的代数差称为偏差。

偏差有以下几种：

(1) 极限偏差

极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。

由于极限尺寸有最大极限尺寸和最小极限尺寸之分，因而极限偏差有上偏差和下偏差之分，如图 1-4 所示。

上偏差：最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示，轴的上偏差用 es 表示。用公式可表示为

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D \\ es &= d_{\max} - d \end{aligned} \quad (1-1a)$$

下偏差：最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示，轴的下偏差用 ei 表示。用公式可表示为

$$\begin{aligned} EI &= D_{\min} - D \\ ei &= d_{\min} - d \end{aligned} \quad (1-1b)$$

由于极限偏差是用代数差来定义的，而极限尺寸可能大于、小于或等于基本尺寸，所以极限偏差可以为正值、负值或零值，因而在计算和使用中一定要注意极限偏差的正、负号，不能遗漏。

国标规定：在图样上和技术文件上标注极限偏差数值时，上偏差标在基本尺寸的右上角，下偏差标在基本尺寸的右下角。特别要注意的是当偏差为零值时，必须在相应的位置上标注“0”，而不能省略。如图 1-1 中的 $\phi 25k6 \left(\begin{smallmatrix} +0.015 \\ +0.002 \end{smallmatrix} \right)$ ， $\phi 25H7 \left(\begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$ ， $30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix}$ 。当上、下偏差数值相等而符号相反时，可简化标注，如 $\phi 40 \pm 0.008$ 。

(2) 实际偏差

实际尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。实际偏差也可以为正值、负值或零值。合格零件的实际偏差应在上、下偏差之间。

(3) 尺寸偏差计算举例

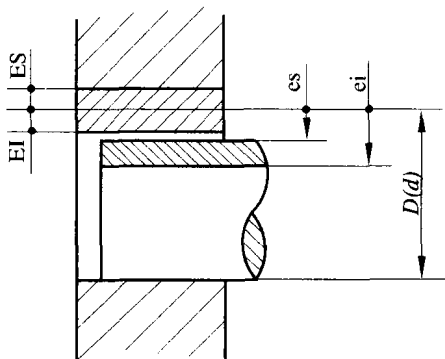


图 1-4 极限偏差

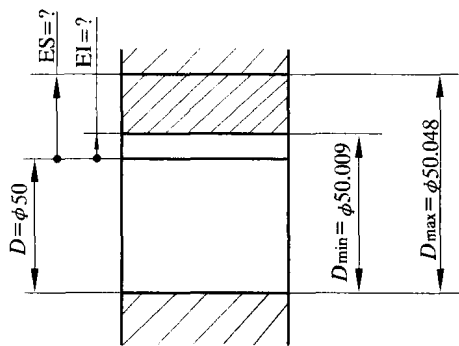


图 1-5 孔的偏差计算示例

例 1-1 设计一孔，其直径的基本尺寸为 $\phi 50\text{mm}$ ，最大极限尺寸 $\phi 50.048\text{mm}$ ，最小极限尺寸 $\phi 50.009\text{mm}$ （图 1-5），求孔的上、下偏差。

解：

由公式（1-1）可知孔的上、下偏差为

$$\begin{aligned} ES &= D_{\max} - D = 50.048 - 50 = +0.048\text{mm} \\ EI &= D_{\min} - D = 50.009 - 50 = +0.009\text{mm} \end{aligned}$$

例 1-2 设计一轴，其直径的基本尺寸为 $\phi 60\text{mm}$ ，最大极限尺寸 $\phi 60.018\text{mm}$ ，最小极限尺寸 $\phi 59.988\text{mm}$ （图 1-6），求轴的上、下偏差。

解：

由公式 (1-1) 可知轴的上、下偏差为

$$es = d_{\max} - d = 60.018 - 60 = +0.018\text{mm}$$

$$ei = d_{\min} - d = 59.988 - 60 = -0.012\text{mm}$$

2. 尺寸公差 (T)

尺寸公差是最大极限尺寸减最小极限尺寸之差，或上偏差减下偏差之差。由定义可以看出，尺寸公差是允许尺寸的变动量。尺寸公差简称公差。

公差是设计时根据零件要求的精度并考虑加工时的经济性能，对尺寸的变动范围给定的允许值。由于合格零件的实际尺寸只能在最大极限尺寸与最小极限尺寸之间的范围内变动，而变动只涉及到大小，因此用绝对值定义，所以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。孔和轴的公差分别以 T_h 和 T_s 表示，则其表达式为

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| \quad (1-2a)$$

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| \quad (1-2b)$$

由公式(1-1)可得：

$$D_{\max} = D + ES \quad D_{\min} = D + EI$$

代入公式(1-2a)中可得：

$$T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |(D + ES) - (D + EI)|$$

所以

$$T_h = |ES - EI| \quad (1-3a)$$

同理可推导出

$$T_s = |es - ei| \quad (1-3b)$$

以上两式说明：公差又等于上偏差与下偏差的代数差的绝对值。

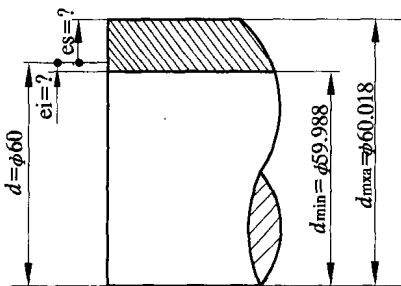


图 1-6 轴的偏差计算示例

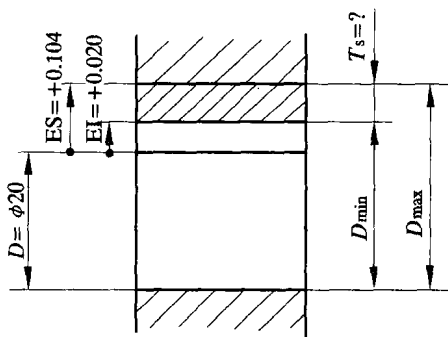


图 1-7 孔的尺寸公差计算示例

从以上叙述可以看出，尺寸公差是用绝对值来定义的，没有正、负的含义，因此在公差值的前面不能标出“+”号或“-”号；同时因加工误差不可避免，即零件的实际尺寸总是变动的，所以公差不能取零值。这两点与偏差是不相同的。

从加工的角度看，基本尺寸相同的零件，公差值越大，加工就越容易，反之加工就越困难。

例 1-3 求孔 $\phi 20^{+0.104}_{+0.020}\text{mm}$ 的尺寸公差（图 1-7）。

解：