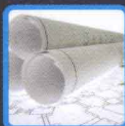




普通高等教育“十二五”机电类规划教材

精品力作



互换性与测量技术基础

万秀颖 连黎明 主编

田峰 绳飘 刘树杰 副主编

申家龙 主审

- 精品课程配套教材
- 采用国家最新标准
- 配套习题、答案、课件等教学资源
- 教学资源请登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费获取



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”机电类规划教材

互换性与测量技术基础

万秀颖 连黎明 主 编

田 峰 绳 飘 刘树杰 副主编

申家龙 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了互换性与测量技术的基本知识,采用最新国家标准,介绍了相关的测量技术。主要包括绪论、圆柱公差与配合、长度测量基础、形状和位置公差及检测、表面粗糙度及检测、光滑工件尺寸检验及量规设计、滚动轴承的公差和配合、圆锥的公差配合及检测、螺纹公差及检测、键和花键的公差与配合、圆柱齿轮传动公差及检测等内容。书后各章附有习题,供读者复习和巩固知识。

本书可作为高等院校机械类各专业的教材,也可供从事机械设计和制造的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与测量技术基础/万秀颖,连黎明主编.—北京:电子工业出版社,2011.8

(普通高等教育“十二五”机电类规划教材)

ISBN 978-7-121-13586-6

I. ①互… II. ①万… ②连… III. ①零部件—互换性—高等学校—教材 ②零部件—测量技术—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第090678号

策划编辑:李洁

责任编辑:李洁 特约编辑:钟永刚

印刷:涿州市京南印刷厂

装订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:363千字

印次:2011年8月第1次印刷

印数:4000册 定价:28.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

互换性与测量技术基础课程是高等工科院校机械类各专业的必修课教材。其内容涉及机械设计、机械制造、质量控制与生产管理等多方面标准及其技术知识。适用于高等院校机械类各专业的本、专科生。

本书是根据电子工业出版社组织的“普通高等学校十二五机械类规划教材”出版交流研讨会的精神而编写的。针对机械类专业的培养目标和教学大纲，本书在编写过程中，参考了许多同类教材和手册，并采用了新的国家标准，理论教学以实用为主，内容齐全，资料丰富。本书建议总学时数为 42 学时。

本书内容包括绪论、圆柱公差与配合、长度测量基础、形状和位置公差及检测、表面粗糙度及检测、光滑工件尺寸检验及量规设计、滚动轴承的公差和配合、圆锥的公差配合及检测、螺纹公差及检测、键和花键的公差与配合、圆柱齿轮公差及检测。每章附有习题。

本书由河南科技学院万秀颖（第 1、6、11 章）、新乡学院连黎明（第 3、8 章）担任主编；河南科技学院田峰（第 4、7 章）、南阳理工学院绳飘（第 2、9 章）、新乡学院刘树杰（第 5、10）担任副主编。全书由万秀颖和田峰负责统稿，由河南科技学院申家龙教授主审。

限于编者水平，书中不足之处和错误，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	(1)	习题	(45)
1.1 互换性与公差的概念	(1)	第 3 章 长度测量基础	(47)
1.1.1 互换性的概念	(1)	3.1 测量的基本概念	(47)
1.1.2 公差的概念	(2)	3.2 尺寸传递	(48)
1.2 标准化与优先数系	(2)	3.2.1 长度基准	(48)
1.2.1 标准化的意义	(2)	3.2.2 量值传递	(48)
1.2.2 优先数和优先数系	(3)	3.2.3 量块及其使用	(49)
第 2 章 圆柱公差与配合	(6)	3.3 测量方法与计量器具的分类	(53)
2.1 概述	(6)	3.3.1 测量方法分类	(53)
2.2 公差与配合的基本术语及定义	(7)	3.3.2 计量器具分类	(55)
2.2.1 孔、轴	(7)	3.3.3 计量器具与测量方法的 常用术语	(55)
2.2.2 尺寸	(7)	3.4 常用长度量具与量仪	(56)
2.2.3 公差与偏差	(9)	3.4.1 游标卡尺	(56)
2.2.4 配合与配合制	(11)	3.4.2 千分尺	(58)
2.3 公差与配合国家标准	(14)	3.4.3 机械式量仪	(59)
2.3.1 配合制	(14)	3.5 坐标测量机中的光栅与激光 测量原理	(61)
2.3.2 标准公差系列	(15)	3.5.1 长度测量光栅装置原理	(61)
2.3.3 基本偏差系列	(19)	3.5.2 激光测长机原理	(63)
2.3.4 公差与配合在图样上的 标注	(30)	3.6 测量误差和数据处理	(64)
2.4 国家标准规定的公差带与配合	(31)	3.6.1 测量误差的基本概念	(64)
2.4.1 孔公差带	(31)	3.6.2 测量误差的产生原因	(65)
2.4.2 轴公差带	(32)	3.6.3 测量误差的分类及处理 方法	(66)
2.4.3 配合	(33)	3.6.4 测量结果的数据处理	(72)
2.4.4 配制配合	(34)	习题	(74)
2.5 公差与配合的选用	(35)	第 4 章 形状和位置公差与检测	(76)
2.5.1 配合制的选用	(35)	4.1 形状和位置公差概述	(76)
2.5.2 公差等级的选用	(37)	4.1.1 形位公差的研究对象	(76)
2.5.3 配合种类的选用	(39)	4.1.2 形位公差的项目及其符号	(77)
2.6 一般公差 线性尺寸的未注 公差	(44)	4.1.3 形位公差的公差带	(78)
2.6.1 线性尺寸一般公差的概念	(44)	4.2 形位公差代号及标注方法	(80)
2.6.2 标准的有关规定	(44)	4.2.1 形位公差代号	(80)
2.6.3 线性尺寸的一般公差的 表示方法	(45)	4.2.2 形状和位置公差的标注 方法	(81)

4.2.3 特殊规定	(83)	5.3.2 表面粗糙度参数值的 确定	(130)
4.3 形位公差典型示例及其分析 ..	(85)	5.4 表面粗糙度的检测	(132)
4.3.1 形状公差带	(85)	5.4.1 比较法	(132)
4.3.2 定向公差带	(87)	5.4.2 光切法	(132)
4.3.3 定位公差带	(88)	5.4.3 干涉法	(133)
4.3.4 轮廓度公差带	(89)	5.4.4 针描法	(133)
4.3.5 跳动公差带	(90)	5.4.5 印模法	(134)
4.4 公差原则	(92)	习题	(134)
4.4.1 有关公差原则的基本 概念	(92)	第 6 章 光滑工件尺寸检验及量规设计 ..	(136)
4.4.2 各种公差原则的标注 与含义	(95)	6.1 光滑工件尺寸检验	(136)
4.5 形位公差的等级及选择	(103)	6.1.1 验收极限	(137)
4.5.1 形位公差等级与形位 公差值	(103)	6.1.2 计量器具的选择	(139)
4.5.2 未注形位公差的规定 ..	(106)	6.2 光滑极限量规设计	(141)
4.5.3 形位公差项目的选择 ..	(107)	6.2.1 基本概念	(141)
4.5.4 基准要素的选择	(109)	6.2.2 泰勒原则	(142)
4.5.5 形位公差原则的选择 ..	(110)	6.2.3 光滑极限量规公差	(143)
4.5.6 公差值的选择	(110)	6.2.4 量规设计	(145)
4.5.7 实例	(112)	习题	(148)
4.6 形位误差的评定与检测原则 ..	(113)	第 7 章 滚动轴承的公差和配合	(149)
4.6.1 最小包容区域	(113)	7.1 滚动轴承概述及其使用要求 ..	(149)
4.6.2 形位误差的评定	(114)	7.1.1 滚动轴承结构和类型 ..	(149)
4.6.3 形位误差的检测原则 ..	(116)	7.1.2 滚动轴承精度的特定 使用要求	(151)
习题	(118)	7.1.3 影响滚动轴承使用要 求的因素及其控制	(151)
第 5 章 表面粗糙度及检测	(120)	7.2 滚动轴承的公差特点	(151)
5.1 概述	(120)	7.2.1 滚动轴承的公差等级 ..	(151)
5.1.1 表面粗糙度的概念	(120)	7.2.2 滚动轴承内径、外径 公差带特点	(152)
5.1.2 表面粗糙度对零件使用 性能的影响	(121)	7.3 滚动轴承配合件公差及选用 ..	(153)
5.2 表面粗糙度的评定基础和 国家标准	(122)	7.3.1 轴颈和外壳孔的公差带	(153)
5.2.1 基本术语和定义	(122)	7.3.2 滚动轴承的配合选择 ..	(154)
5.2.2 表面粗糙度的评定参数	(124)	7.3.3 轴颈和外壳孔的形位 公差与表面粗糙度	(157)
5.2.3 表面粗糙度的国家标准	(126)	7.3.4 滚动轴承的配合选择 示例	(158)
5.2.4 表面粗糙度的符号及 标注	(127)	习题	(159)
5.3 表面粗糙度的选用	(129)	第 8 章 圆锥的公差配合及检测	(160)
5.3.1 表面粗糙度参数的选择	(129)	8.1 概述	(160)

8.1.1	圆锥配合的特点	(160)	10.1.1	概述	(188)
8.1.2	圆锥配合的基本参数	(161)	10.1.2	平键与半圆键的 公差与配合	(189)
8.2	圆锥公差	(161)	10.1.3	键的检验	(191)
8.2.1	锥度与锥角系列	(162)	10.2	花键连接	(191)
8.2.2	圆锥公差的基本参数	(164)	10.2.1	概述	(191)
8.2.3	圆锥公差	(164)	10.2.2	矩形花键连接	(192)
8.3	圆锥配合	(168)	习题		(197)
8.3.1	圆锥配合的定义	(168)	第 11 章	圆柱齿轮公差与检测	(198)
8.3.2	圆锥配合的种类	(168)	11.1	齿轮的使用要求及加工误差 分类	(198)
8.3.3	圆锥配合的形成	(169)	11.1.1	齿轮传动的使用要求	(198)
8.4	锥度的检测	(170)	11.1.2	齿轮加工误差的来源 与分类	(200)
8.4.1	锥度的检验	(170)	11.2	单个齿轮的评定指标及其检测	(202)
8.4.2	角度和锥角的测量	(171)	11.2.1	传递运动准确性的检测 项目	(202)
习题		(173)	11.2.2	传动工作平稳性的检测 项目	(207)
第 9 章	螺纹公差及检测	(174)	11.2.3	载荷分布均匀性的检测 项目	(211)
9.1	概述	(174)	11.2.4	影响侧隙的单个齿轮 因素及其检测	(212)
9.1.1	螺纹的使用要求	(174)	11.3	齿轮副的评定指标及其检测	(214)
9.1.2	螺纹的分类	(174)	11.3.1	轴线的平行度误差	(214)
9.1.3	螺纹主要几何参数	(175)	11.3.2	中心距偏差	(215)
9.2	普通螺纹的互换性	(176)	11.4	渐开线圆柱齿轮精度标准	(217)
9.2.1	几何参数对普通螺纹 互换性的影响	(176)	11.4.1	齿轮精度等级和确定	(217)
9.2.2	普通螺纹的公差带	(178)	11.4.2	齿轮副侧隙	(220)
9.2.3	普通螺纹的精度和旋合 长度	(181)	11.4.3	齿坯精度和齿轮表面 粗糙度	(222)
9.2.4	普通螺纹的公差带与 配合的选用	(182)	11.4.4	齿轮精度的标注代号	(223)
9.2.5	普通螺纹在图样上的 标注	(183)	习题		(223)
9.3	梯形螺纹简述	(183)	参考文献		(224)
9.4	螺纹测量	(184)			
9.4.1	综合测量	(184)			
9.4.2	单项测量	(185)			
习题		(187)			
第 10 章	键和花键的公差与配合	(188)			
10.1	键连接	(188)			

第 1 章

绪 论

1.1 互换性与公差的概念

1.1.1 互换性的概念

互换性是指机械产品在装配时,同一规格的零件或部件能够不经选择、不经调整、不经修配,并能保证机械产品使用性能要求的一种特性。机械产品实现了互换性,如果有的零件坏了,可以以旧换新,方便维修,延长机器的使用寿命。从设计来看,互换性可以最大限度地采用标准件和通用件,缩短了设计周期;从制造来看,互换性有利于组织专业化生产,有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,有利于计算机辅助制造,有利于实现加工过程机械化、自动化,从而可以提高劳动生产率和产品质量,降低成本;从使用和维修方面来看,具有互换性的零部件在磨损及损坏后及时更换,因此,减少了机器的维修时间和费用,提高机器的使用价值。

互换性在日常生活中随处可见。例如,灯泡坏了换个新的,自行车的零件坏了换个新的。合格的产品和零部件都能够在材料性能、几何尺寸、使用功能上彼此互换。从广义上说,互换性是指一种产品、过程或服务能够代替另一种产品、过程或服务,并且能满足同样要求的能力。

1.1.2 公差的概念

在加工零件的过程中，由于机床、刀具、温度等各种因素的影响，零件的尺寸、形状和表面粗糙度等几何量难以达到理想状态，总是有或大或小的误差。但从零件的使用功能角度看，不必要求零件的几何量绝对准确，只要求其在某一规定范围内变动。这个允许几何量变动的范围叫做几何量公差。实际上，只要零、部件的几何参数保持一定的变动范围，就能达到互换的目的。

允许零件尺寸和几何参数的变动量称为“公差”。

为了保证零件的互换性，要用公差来控制误差。设计时要按标准规定公差，而加工时不可避免会产生误差。因此，要使零件具有互换性，就应把完工的零件误差控制在规定的公差范围内。设计者的任务就是要正确地确定公差，并使它在图样上明确地表示出来。在满足功能要求的前提下，公差值应尽量规定得大一些，以便获得最佳的经济效益。

1.2 标准化与优先数系

1.2.1 标准化的意义

现代制造业生产的特点是规模大、分工细、协作单位多、互换性要求高。为了适应生产中各部门的协调和各生产环节的衔接，必须有一种手段，使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一，成为一个有机的整体，以实现互换性的生产。标准和标准化正是连接这种关系的主要途径和手段。实行标准化是互换性生产的基础。

标准是指为了取得国民经济的最佳效果，对需要协调统一的具有重复特征的物品（如产品、零部件等）和概念（如术语、规则、方法、代号、量值等），在总结科学实验和生产实践的基础上，由有关方面协调制定、主管部门批注后，在一定范围内作为活动的共同准则和依据。

标准化是指标准的制定、发布和贯彻实施的全部活动过程，包括从调查标准化对象开始，经试验、分析和综合归纳，进而制定和贯彻标准，还有修订标准等。标准化是以标准的形式体现的，也是一个不断循环、不断提高的过程。

按标准的作用范围，标准可分为国际标准、区域标准、国家标准、地方标准和试行标准。按标准化对象的特征，标准可分为基础标准、产品标准、方法标准和安全、卫生与环境保护标准等。基础标准是指在一定范围内作为标准的基础并普遍使用，具有广泛指导意义的标准。如极限与配合标准、形位公差标准等。基础标准是以标准化共性要求和前提条件为对象的标准，是为了保证产品的结构功能和制造质量而制定的、一般工程技术人员必须采用的通用性标准，也是制定其他标准时可依据的标准。

标准化早在人类开始创造工具时就已出现，它是社会生产劳动的产物。在近代工业兴起和发展的过程中，标准化日益显得重要起来。在19世纪，标准化的应用就非常广泛，特别在国防、造船、铁路运输业中的应用更为突出。20世纪初期，一些资本主义国家相继成立全国性的标准化组织机构，推进了本国的标准化事业。此后，随着生产的发展，国际间的交流越来越频繁，出现了地区性和国际性的标准化组织。1926年，成立了国际标准化组织（ISO）。现在，

这个世界上最大的标准化组织正成为联合国甲级咨询机构。据统计，ISO 制定了约 8000 多个国际标准。

我国的标准化工作在解放后也被重视起来，从 1958 年发布第一批 120 个国家标准起，至今已制定了 1 万多个国家标准。现在正以国际标准为基础制定出许多新的国家标准，向 ISO 靠拢。我国在 1978 年恢复为 ISO 成员国，1982 年、1985 年两届当选为 ISO 理事国，已开始承担 ISO 技术委员会秘书处工作和国际标准起草工作。

标准化是发展贸易、提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。搞好标准化，对于高速发展国民经济、提高产品和工程建设质量、提高劳动生产率、搞好环境保护和安全生产、改善人民生活等都有重要作用。

1.2.2 优先数和优先数系

在生产中，为了满足用户各种各样的要求，同一种产品的同一个参数还要从大到小取不同的值，从而形成不同规格的产品系列。这个系列确定得是否合理，与所取的数值如何分档、分级直接相关。优先数和优先数系是一种科学的数值制度，它使用于各种数值的分级，是国际上统一的数值分级制度。它不仅适用于标准的制定，也适用于标准制定前的规划、设计，从而把产品品种的发展引向科学的标准化轨道。工程技术上所采用的各项参数指标，特别是需要分等分档的参数指标，采用标准化的优先数系可以防止数值传播的紊乱。因此，优先数系是国际上统一的一个重要的基础标准。

工程技术上通常采用的优先数系，是一种十进制几何级数。即级数的各项数值中，包括 1, 10, 100, ..., 10^n 和 0.1, 0.01, ... 划分区间，称为十进段。级数的公比 $q = \sqrt[r]{10}$ ，这里 r 为每个十进段内的项数。我国标准 GB321—1980《优先数和优先数系》与国际标准 ISO3、ISO17、ISO497 采用的优先数系相同，规定的 r 值有 5, 10, 20, 40, 80 五种，分别采用国际代号 R5, R10, R20, R40, R80 表示。五种优先数系的公比如下：

$$R5 \text{ 系列 } q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.5849 \approx 1.60$$

$$R10 \text{ 系列 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2598 \approx 1.25$$

$$R20 \text{ 系列 } q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.1220 \approx 1.12$$

$$R40 \text{ 系列 } q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.0593 \approx 1.06$$

$$R80 \text{ 系列 } q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.0292 \approx 1.03$$

其中，R5、R10、R20 和 R40 是常用系列，称为基本系列，它们的数值见表 1-1。而 R80 则为补充系列，用于数值间隔要求更为细密的场合。

优先数的主要优点：相邻两项的相对差均匀，疏密适中，并且运算方便，简单易记。在同一系列中，优先数（理论值）的积、商、整数（正或负）的乘方等仍为优先数。因此，优先数得到了广泛的应用。

另外，为了使优先数系有更大的适应性来满足生产，可从基本系列中每隔几项选取一个优先数，组成新的系列，即派生系列。例如，经常使用的派生系列 R10/3，就是从基本系列 R10 中每逢三项取出一个优先数组成的，当首项为 1 时，R10/3 系列为 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00..., 其公比 $q = (\sqrt[10]{10})^3 \approx 1.2598^3 \approx 2$ 。

表 1-1 优先数基本系列

常用值			
R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00
			1.06
		1.12	1.12
			1.18
	1.25	1.25	1.25
			1.32
		1.40	1.40
			1.50
1.60	1.60	1.60	1.60
			1.70
		1.80	1.80
			1.90
	2.00	2.00	2.00
			2.12
		2.24	2.24
			2.36
2.50	2.50	2.50	2.50
			2.65
		2.80	2.80
			3.00
	3.15	3.15	3.15
			3.35
		3.55	3.55
			3.75
4.00	4.00	4.00	4.00
			4.25
		4.50	4.50
			4.75
	5.00	5.00	5.00
			5.30
		5.60	5.60
			6.00
6.30	6.30	6.30	6.30
			6.70
		7.10	7.10
			7.50

续表

常用值			
R5	R10	R20	R40
	8.00	8.00	8.00
			8.50
		9.00	9.00
			9.50
10.0	10.00	10.00	10.00

优先数系的应用很广，使用于各种尺寸、参数的系列化和质量指标的分级，对保证各种工业产品品种、规格的合理简化分档和协调具有重大的意义。选用基本系列时，应遵循先疏后密的原则，即应当按照 R5, R10, R20, R40 的顺序，优先采用公比较大的基本系列，以免规格太多。当基本系列不能满足分级要求时，可选用派生系列。选用时应优先采用公比较大和延伸项含有项值 1 的派生系列。

第2章

圆柱公差与配合

2.1 概述

光滑圆柱体结合是机械制造中应用最广泛的一种结合形式，是由孔和轴构成的。这种结合由结合直径与结合长度两个参数确定。从使用要求看，直径通常更重要，而且长径比可规定在一定范围内（如长度与直径之比为 1.5 左右）。因此，对圆柱结合可简化为按直径这一主参数考虑。

现代化的机械工业，要求机械零件具有互换性。为了使零件具有互换性，必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置以及表面粗糙度等的一致性。就尺寸而言，互换性要求尺寸的一致性，是指要求尺寸在某一合理的范围之内。这个范围既要保证相互结合的尺寸之间形成一定的关系，以满足不同的使用要求，又要在制造上是经济合理的。因此，形成了“公差与配合”的概念。“公差”主要反映机器零件使用要求与制造要求的矛盾；而“配合”则反映组成机器的零件之间的关系。

公差与配合的标准化有利于机器的设计、制造，使用和维修；有利于保证机械零件的精度、使用性能和寿命等要求；也有利于刀具、量具、机床等工艺装备的标准化。自 1979 年以来，我国参照 ISO 并结合我国的实际生产情况，颁行了一系列国家标准，2009 年以后又进行了进一步的修订。本章主要阐述公差与配合国家标准及检验国家标准的基本概念、主要内容及其应用。在讲叙标准的内容上，凡是有代替旧标准的新标准，均以新标准为主。

2.2 公差与配合的基本术语及定义

2.2.1 孔、轴

1. 孔 (Hole)

孔通常是指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由两个平行平面或切平面形成的包容面）。孔的直径尺寸用 D 表示。

2. 轴 (Shaft)

轴通常是指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由两个平行平面或切平面形成的被包容面）。轴的直径尺寸用 d 表示。

这里的孔和轴具有广泛的含义，不仅表示圆柱形的内、外表面，而且表示其他几何形状的内、外表面中内单一尺寸确定的部分。其特定的含义直接涉及公差与配合标准的使用范围。图 2-1 所示的各表面中， D_1 、 D_2 、 D_3 、 D_4 、 D_5 均可称为孔， d_1 、 d_2 、 d_3 、 d_4 均可称为轴。如果两表面同向，不能形成包容与被包容状态，则该单一尺寸所确定的部分既不是孔也不是轴，图 2-1 中由尺寸 L_1 、 L_2 、 L_3 所确定的部分。

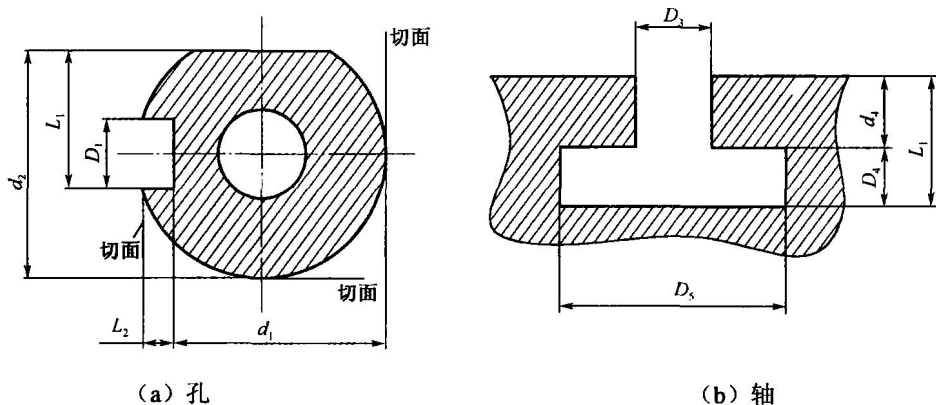


图 2-1 孔和轴

对于形状复杂的孔和轴可用以下几种方法来进行判断。从装配关系来看，孔是包容面，轴是被包容面；从加工制造来看，孔的尺寸越加工越大，轴的尺寸越加工越小；此外，孔、轴在测量上也有所不同，如用游标卡尺测孔时用内量爪，测轴时用外量爪。

2.2.2 尺寸

1. 尺寸 (Size)

以特定单位表示线性尺寸值的数值。尺寸表示长度的大小，它由数字和单位组成。机械制造

中，一般常用毫米（mm）作为特定单位，在图样上标注尺寸时，可将单位省略，仅标注数值。当以其他单位表示尺寸时，则应注明相应的长度单位。

2. 公称尺寸 (Nominal size)

公称尺寸是由图样规范确定的理想要素的尺寸，可以是一个整数或一个小数值，如 28, 9, 1.5, …。它是设计者通过计算、试验或类比的方法确定的，一般应按标准尺寸系列取值，以减少定值刀具、量具的规格和数量。通过它应用上、下极限偏差可算出极限尺寸的值，三者之间的关系如图 2-2 所示。

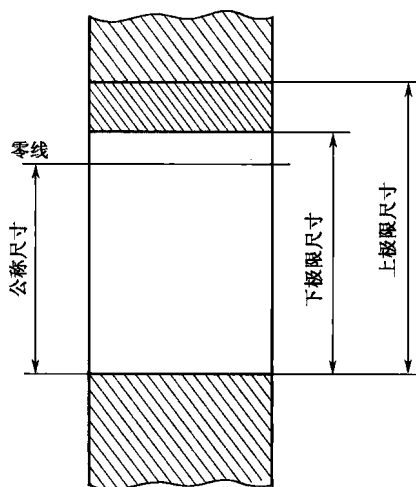


图 2-2 公称尺寸、上极限尺寸、下极限尺寸

3. 实际要素 (Real feature)

由接近实际要素所限定的工件实际表面的组成要素部分，其数值通过测量获得，由于存在测量误差，实际要素并非要素真值。同时，由于形状误差的影响，零件的同一表面上的不同部位，其实际要素的值往往并不相等。因此，实际要素的值具有不确定性。孔用“ D_a ”表示，轴用“ d_a ”表示。

4. 提取组成要素 (Extracted integral feature)

按规定方法，由实际（组成）要素提取有限数目的点所形成的实际（组成）要素的近似替代。

5. 提取组成要素的局部尺寸 (Local size of an extracted integral feature)

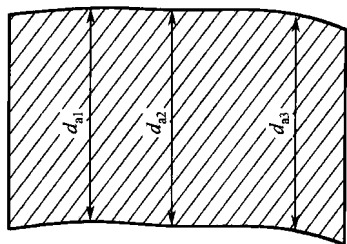


图 2-3 提取组成要素的局部尺寸

一切提取组成要素上两对应点之间距离的统称。由于零件表面存在形状误差，因此，同一表面不同部位得到的实际距离并不尽相同，如图 2-3 所示。孔用“ D_a ”表示，轴用“ d_a ”表示。

6. 极限尺寸 (Limits of size)

极限尺寸是指尺寸要素允许的尺寸的两个极端。其中最大尺寸称为上极限尺寸 (upper limit of size)，用“ D_{max} ”和“ d_{max} ”表示；最小尺寸称为下极限尺寸 (lower limit of size)，用“ D_{min} ”

和“ d_{\min} ”。极限尺寸和公称尺寸的关系如图 2-2 所示。

2.2.3 公差与偏差

1. 偏差 (Deviation)

偏差是指某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差。当“某一尺寸”为实际要素时得到的偏差叫做实际偏差，当“某一尺寸”为极限尺寸时得到的偏差叫做极限偏差。合格零件的实际偏差应在其极限偏差范围内，即用极限偏差来控制实际偏差。

2. 实际偏差 (Actual deviation)

实际偏差是指实际要素减其公称尺寸所得的代数差。孔和轴的实际偏差分别用“ E_a ”和“ e_a ”表示，则

$$E_a = D_a - D \quad (2-1)$$

$$e_a = d_a - d \quad (2-2)$$

3. 极限偏差 (Limit deviations)

极限偏差是指极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。包括上极限偏差和下极限偏差。上极限偏差是上极限尺寸减去公称尺寸所得的代数差；下极限偏差是下极限尺寸减去其公称尺寸所得的代数差。孔的上、下极限偏差分别以 ES 和 EI 表示；轴的上、下极限偏差分别以 es 和 ei 表示，即

$$ES = D_{\max} - D \quad (2-3)$$

$$EI = D_{\min} - D \quad (2-4)$$

$$es = d_{\max} - d \quad (2-5)$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (2-6)$$

由于极限偏差是用代数差来定义的，极限尺寸可能大于、小于、等于公称尺寸。所以，极限偏差可以为正、负或零。偏差使用时，除零外，前面必须标上相应的“+”“-”号。

标注极限偏差时，上极限偏差注在公称尺寸的右上方，下极限偏差标在公称尺寸的右下方，且上极限偏差必须大于下极限偏差，偏差数字的字体比尺寸数字的字体小一号，小数点必须对齐，小数点后的位数也必须相同。如 $\phi 25_{-0.033}^{-0.020}$ ；若上极限偏差或下极限偏差为零时，也必须标在相应的位置上，不可省略，并与上极限偏差或下极限偏差的小数点前的个位数对齐，如 $\phi 30_{-0.021}^0$ ， $\phi 50_0^{+0.039}$ ；当上、下极限偏差数值相同符号相反时，需简化标注，偏差数字的字体高度与尺寸数字的字体相同，如 $\phi 50 \pm 0.031$ 。

4. 尺寸公差 (Size tolerance)

尺寸公差是指上极限尺寸减下极限尺寸之差，或上极限偏差减下极限偏差之差。它是允许尺寸的变动量。公差是用以限制误差的，工件的误差在公差范围内即为合格；反之，则不合格。孔和轴的公差分别用“ T_h ”和“ T_s ”表示。

例 2.1 已知孔的基本尺寸 D 与轴的基本尺寸 d 均为 25mm，孔的上极限尺寸 $D_{\max}=25.021\text{mm}$ ，孔的下极限尺寸 $D_{\min}=25.000\text{mm}$ ，轴的上极限尺寸 $d_{\max}=24.980\text{mm}$ ，轴的下极限尺寸 $d_{\min}=24.967\text{mm}$ 。求孔与轴的极限偏差及公差。

解:

孔的上极限偏差为

$$ES = D_{\max} - D = (25.021 - 25)\text{mm} = +0.021\text{mm}$$

孔的下极限偏差为

$$EI = D_{\min} - D = (25.000 - 25)\text{mm} = 0\text{mm}$$

轴的上极限偏差为

$$es = d_{\max} - d = (24.980 - 25)\text{mm} = -0.020\text{mm}$$

轴的下极限偏差

$$ei = d_{\min} - d = (24.967 - 25)\text{mm} = -0.033\text{mm}$$

孔的公差为

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI = 0.021\text{mm}$$

轴的公差为

$$T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei = 0.013\text{mm}$$

说明设计要求时, 可以用公称尺寸与极限偏差表示, 可写为孔 $\phi 25_{0}^{+0.021}$ 轴 $\phi 25_{-0.033}^{-0.020}$ 。

偏差与公差是两个不同的概念, 不能混淆, 主要区别如下:

① 从数值看, 极限偏差可以为正值、负值或零, 而公差一定是正值。

② 从作用看, 极限偏差用于限制实际偏差, 它代表公差带的位置, 影响配合松紧, 而公差用于限制尺寸误差, 它代表公差带的大小, 影响配合精度。

③ 从工艺看, 偏差取决于加工时机床的调整(进刀), 而公差反映尺寸制造精度。对单个零件, 只能测出尺寸的实际偏差, 而对数量足够多的一批零件, 才能确定尺寸误差。

注意: 由于公差是上、下极限偏差的代数差, 所以, 确定了两极限偏差也就确定了公差。关系如下:

$$T_h = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI \quad (2-7)$$

$$T_s = d_{\max} - d_{\min} = es - ei \quad (2-8)$$

由于公差及偏差的数值与尺寸数值相比, 通常差别很大, 不使用同一比例表示, 故采用极限与配合图解(简称公差带图解)。图解中, 用“零线”代表公称尺寸, 不同方式区分孔、轴公差带, 其相互位置及大小应按协调比例绘出。

5. 公差带 (Tolerance zone)

在公差带图解中, 由代表上极限偏差和下极限偏差、上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差带大小和其相对零线的位置(基本偏差)来确定, 如图 2-4 所示。

① 零线: 在公差带图解中, 代表公称尺寸的线称为零线。通常, 零线水平绘制, 正偏差在零线以上, 负偏差在零线以下。

② 公差带的大小: 指公差带在零线垂直方向上的宽度, 由标准公差确定。

③ 公差带的位置: 指公差带沿零线垂直方向上的坐标位置, 由基本偏差确定。

在公差带图解中, 通常基本尺寸以 mm 为单位, 偏差和公差以 μm 为单位。

6. 标准公差 (IT) (Standard tolerance)

极限与配合制中, 所规定的任一公差。