



· 普通高等教育“十二五”规划教材

互换性与 技术测量基础

主编 刘宁 陈云 周杰

H U H U A N X I N G Y U J I S H U C E L I A N G J I C H U



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十二五”规划

互换性与技术测量基础

主 编 刘 宁 陈 云 周 杰
参 编 卢君宜 袁 华 李 婷

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书贯彻最新国家标准,结合编者的多年教学实践,系统、精炼地讲述了“互换性与技术测量基础”课程的内容,争取打造一本课堂教学和读者自学的经典教材。

全书共9章,包括绪论,极限与配合,技术测量基础,几何公差,表面粗糙度,光滑工件尺寸的检验,常用结合件的互换性,圆柱齿轮传动的互换性,尺寸链基础。各章最后均附有习题。

本书可供大专院校机械类、仪表类和机电结合类各专业使用,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

互换性与技术测量基础 / 刘宁, 陈云, 周杰主编. —北京: 国防工业出版社, 2013. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-08882-3

I. ①互... II. ①刘... ②陈... ③周... 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(2013)第 196727 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 11¼ 字数 260 千字

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717



前 言

“互换性与技术测量基础”是高等院校机械类、仪器仪表类和机电结合类各专业必修的一门重要技术基础课,是联系设计系列和工艺系列课程的纽带,也是架设在基础课、实践课和专业课之间的桥梁。由于近些年国家标准有较多的变化,很多教材已无法满足新时代的要求,本书贯彻最新国家标准,结合编者的多年教学实践,在保证教材全面性、系统性的前提下,对教材内容作了精心编排,强调基础,突出了实用性。

在编写过程中,编者在参考诸多同类教材的基础上,结合自身长期教学实践,对部分较难的教学内容作了一些改革,例如,对“作用尺寸”的解释与理解,对“线、面轮廓度”的解释与理解,对“包容要求、最大实体要求等”零件合格性的判断解释与理解,关于“粗糙度”新、旧国家标准的比较与不同等,以期通俗易懂,便于读者理解与学习;再如,针对一般教材“圆柱齿轮传动的互换性”一章讲述偏弱的情况,本书增强了这一章的系统性,以期对机械类的学生与相关工程技术人员有所帮助;另外,针对本课程学时少的特点,删减了“用光滑极限量规检验”“普通螺纹结合的互换性”“尺寸链基础”中部分不常用的内容。

参与本书编写的人员有:武汉理工大学刘宁、陈云、周杰、袁华;武汉科技大学城市学院卢君宜;武汉生物工程学院李婷。全书由刘宁、陈云统稿,周杰参与了部分章节的审阅工作。在本书的编写工作中得到了武汉理工大学物流工程学院和国防工业出版社的大力支持。这里,向为本书出版作出贡献的所有人员表示诚挚的感谢。

目 录

绪论	1
0.1 互换性概述	1
0.2 标准化概述	2
0.3 几何精度设计概述	3
第1章 极限与配合	4
1.1 概述	4
1.2 基本术语及其定义	4
1.3 《极限与配合》国家标准的组成	12
1.4 尺寸公差与配合的选择	27
1.5 一般公差 线性尺寸的未注公差	39
习题1	40
第2章 技术测量基础	42
2.1 技术测量的基础知识	42
2.2 测量误差及数据处理	48
习题2	54
第3章 几何公差	56
3.1 概述	56
3.2 形状公差	60
3.3 形状或位置公差	62
3.4 位置公差	62
3.5 形位公差的选用	68
3.6 形位误差的评定	72
3.7 公差原则	78
习题3	85
第4章 表面粗糙度	88
4.1 概述	88
4.2 粗糙度轮廓的评定参数与数值规定	91
4.3 粗糙度轮廓参数的选择	94
4.4 表面结构的标注	96
4.5 表面粗糙度的检测	100
习题4	103

第 5 章 光滑工件尺寸的检验	104
5.1 用通用计量器具检验	104
5.2 用光滑极限量规检验	109
习题 5	114
第 6 章 常用结合件的互换性	116
6.1 滚动轴承的互换性	116
6.2 键、花键结合的互换性	123
6.3 普通螺纹结合的互换性	128
习题 6	133
第 7 章 圆柱齿轮传动的互换性	134
7.1 概述	134
7.2 齿轮传动准确性的评定指标及检测	138
7.3 齿轮传动平稳性的评定指标及检测	142
7.4 齿轮载荷分布均匀性的评定指标及检测	145
7.5 齿轮副精度评定指标与侧隙指标及检测	146
7.6 齿轮坯公差	152
7.7 圆柱齿轮精度标准及其应用	154
习题 7	162
第 8 章 尺寸链基础	163
8.1 基本概念	163
8.2 极值法	165
8.3 统计法	169
习题 8	171
参考文献	173

绪 论

0.1 互换性概述

0.1.1 互换性

什么是“互换性”？互换性的含义在日常生活中处处都能遇到。例如，灯泡坏了，换一个同规格的新的就行了；汽车、自行车、钟表某个零件磨损了，也可以换一个新零件。这是为什么呢？因为这些合格的产品和零部件具有在几何参数、物理参数（强度、刚度、硬度等）、化学参数（材料成分等）及其他参数上的一致性 or 相似性。它们在功能上能够彼此相互替换，即具有互换性。

所谓互换性，可表述为：按规定的几何、物理及其他质量参数的公差，分别制造机械的各个组成部分，使其在装配与更换时不需要辅助加工或修配，便能很好地满足使用功能的要求的特性。

按互换性的程度又可分为完全互换与不完全互换。当装配或更换时，不需要附加选择或调整的互换称为完全互换。若装配精度很高，采用完全互换将使零件制造公差很小，加工成本很高，甚至无法加工，这时，将零件的制造公差适当放大，使之便于加工，加工后测量出实际尺寸并按实际尺寸分成若干组，分组装配，如大孔组零件与大轴组零件装配，这种仅组内零件可以互换的性质称为不完全互换。滚动轴承在使用维护或更换时采用完全互换，而在生产其自身时就采用了不完全互换。

0.1.2 公差

矛盾是普遍的，差异就是矛盾，世界上不存在两个完全相同的个体。为使零件间具有互换性，不必要也不可能使零件质量参数的实际值完全相同，只要将它们的差异控制在一定的范围内即可，这个范围就是公差。“公差”即是允许实际质量参数的变动量。本课程仅讨论几何量公差，包括尺寸参数、形状参数、位置参数、表面粗糙度参数等。

0.1.3 互换性的作用

互换性的思想给产品的设计、制造和使用带来了很大方便。

在设计方面，按互换性进行设计可以最大限度地采用标准件、通用件，大大减少绘图、计算等工作量，缩短设计周期，并有利于产品多样化和计算机辅助设计。

在制造方面，互换性有利于组织大规模专业化生产，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，实现加工、装配过程的机械化、自动化，减轻工人的劳动强度，提高生产效率，保证产品质量，降低生产成本。

在使用方面,由于零部件具有互换性,因此可及时更换已经磨损、损坏了的零部件,减少机器的维修时间和费用,保证机器能够连续、持久地运转,提高整机的使用效率和寿命。

所以,互换性对保证产品质量、提高生产率和增加经济效益具有重要意义,因此互换性是现代机械制造业中一个普遍遵守的原则。

0.2 标准化概述

0.2.1 标准化及其作用

1. 标准

标准是为在一定的范围内获得最佳秩序,对活动或其结果规定的应共同遵守的规则、导则或特性的文件。该文件经协商一致制定并经一个公认机构批准。

标准一般是指技术标准,它是指对产品和工程的技术质量、规格及其检验方法等方面所作出的技术规定,是从事生产、建设工作的一种共同技术依据。

标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等。通常级别低的标准在技术水平和要求上应高于级别高的标准,以提高市场的竞争力。

标准中的基础标准则是指生产技术活动中最基本的、具有广泛指导意义的标准。这类标准具有一般的共性,是通用性最广的标准。如极限与配合标准、几何公差标准、表面粗糙度标准等。

2. 标准化

标准化是指制定(修订)、贯彻技术标准的活动。

标准化是实现互换性生产、组织专业化生产的前提条件;是提高产品质量、降低产品成本和提高产品竞争力的重要保证;是扩大国际贸易,使产品打进国际市场的必要条件。同时,标准化作为科学管理的手段,可以获得显著的经济效益。总之,随着经济建设和科学技术的发展,国际贸易的扩大,标准化的作用和重要性越来越显著,越来越受到各个国家特别是工业发达国家的高度重视。

0.2.2 优先数和优先数系

优先数和优先数系标准是重要的基础标准。由于工程上的技术参数值具有传播特性,如造纸机械的规格和参数值会影响印刷机械、书刊、报纸、复印机、文件柜等的规格和参数值,因此对各种技术参数值协调、简化和统一是标准化的重要内容。优先数系就是对各种技术参数的数值进行协调、简化和统一的科学数值制度。

国家标准(GB 321—2005)规定的优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 、 $\sqrt[80]{10}$ 导出的一组近似等比数列。各数列分别用符号R5、R10、R20、R40、R80表示,称为R5系列、R10系列……;R5、R10、R20、R40四个系列是优先数系中的常用系列,称为基本系列(表0.1)。

表 0.1 优先数系的基本系列

R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00			2.24	2.24		5.00	5.00	5.00
			1.06				2.36				5.30
		1.12	1.12	2.50	2.50	2.50	2.50			5.60	5.60
			1.18				2.65				6.00
	1.25	1.25	1.25			2.80	2.80	6.30	6.30	6.30	6.30
			1.32				3.00				6.70
		1.40	1.40		3.15	3.15	3.15			7.10	7.10
			1.50				3.35				7.50
1.60	1.60	1.60	1.60			3.55	3.55		8.00	8.00	8.00
			1.70				3.75				8.50
		1.80	1.80	4.00	4.00	4.00	4.00			9.00	9.00
			1.90				4.25				9.50
	2.00	2.00	2.00			4.50	4.50	10.00	10.00	10.00	10.00
			2.12				4.75				

优先数系中的任一个项值称为优先数。

采用优先数系有如下优点：

(1) 有疏有密、布置均匀。相邻两项的相对差为常数。若公比为 q ，则有

$$\frac{q^{n+1} - q^n}{q^n} = q - 1$$

(2) 移动小数点可向大小两个方向延伸。如 R5 中 10 ~ 100 的数值有 10、16、25、40、63、100。

(3) 数系间具有相关性，可以复合使用。如 R10 系列包含了 R5 系列数值，前面可用排列较密的 R10 系列，后面可用排列较疏的 R5 系列。还可以派生使用，如选用 R10/3 (1、2、4……)。

0.3 几何精度设计概述

几何精度就是零、部件允许的几何误差，也称为几何公差，简称公差。本课程最重要的内容就是几何精度设计。几何精度设计的主要依据是产品功能对零、部件的静态与动态精度要求，以及产品和使用维护的经济型。

根据市场需要进行产品的概念设计之后，就转入了产品的工程设计阶段，包括系统设计、参数设计和精度设计，它们是产品加工生产的前提。

系统设计是根据使用功能要求确定机械产品的基本工作原理和总体布局，以保证总体方案的合理和先进。参数设计是根据产品系统设计结果，通过详细的设计计算确定构成机械的每一个零件的形状及所有尺寸。精度设计是根据产品的使用功能要求、经济性要求和制造条件确定机械零、部件几何要素允许的加工和装配误差。

一般说来，产品几何精度设计的基本原则是最经济地满足功能的要求。精度设计时，应该考虑使用功能、生产设备、经济性、互换性、协调匹配等因素。

第1章 极限与配合

1.1 概 述

光滑圆柱体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。光滑圆柱体的公差为尺寸公差,尺寸公差与配合标准不仅用于圆柱形内、外表面的结合,还适用于零件上其他各种由单一尺寸确定的包容面与被包容面的结合,因而是一项应用广泛的重要基础标准。

在机械制造业中,“极限”用于协调机器零件的使用要求与制造经济性之间的矛盾;“配合”反映机器零件之间有关功能要求的相互关系。“极限与配合”的标准化有利于机器的设计、制造、使用和维修,有利于保证产品的精度、使用性能和寿命,是评定产品质量的重要技术指标。“极限与配合”的标准几乎涉及国民经济的各个部门,在机械工业中具有重要的作用。

我国1958年开始发布国家标准。自1979年以来,我国参加了国际标准化组织(ISO),结合我国的实际生产情况颁布了一系列国家标准,并于1994年后陆续修订,2009年对GB/T 1800进行了第三次修订。

新修订的“极限与配合”标准由以下几个标准组成:GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合 第一部分:公差、偏差和配合基础》;GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合 第二部分:标准公差等级和孔、轴极限偏差表》;GB/T 1801—2009《产品几何技术规范(GPS)极限与配合 公差带和配合的选择》;GB/T 1803—2003《公差与配合 尺寸至18mm孔、轴公差带》;GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差》。

1.2 基本术语及其定义

在GB/T 1800.1—2009“术语及定义”中,规定了有关要素、尺寸、偏差、公差和配合的基本术语和定义。

1.2.1 有关要素的术语和定义

1. 要素(feature)

要素是指构成零件几何特征的点、线、面。

2. 尺寸要素(feature of size)

尺寸要素指由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。

3. 实际(组成)要素(real(integral) feature)

实际(组成)要素指由接近实际(组成)要素所限定的工件实际表面的组成要素部分。具体含义如图 1-1 所示。

4. 提取组成要素(extracted integral feature)

按规定的方法,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。具体含义如图 1-1 所示。

5. 拟合组成要素(associated integral feature)

按规定的方法,由提取组成要素形成的并具有理想形状的组成要素。具体含义如图 1-1 所示。

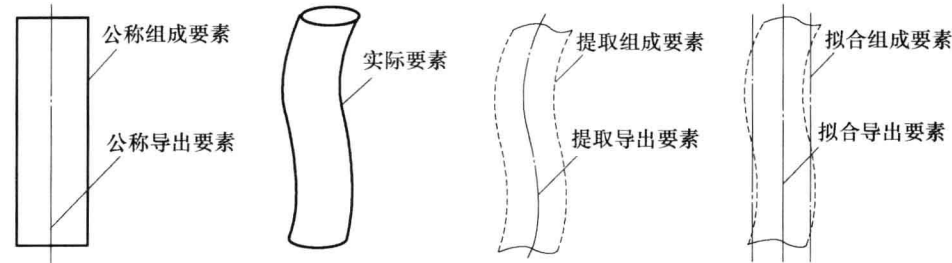


图 1-1 各要素的含义

1.2.2 孔、轴的定义

1. 孔(hole)

孔主要指圆柱形的内表面,也包括非圆柱形的内表面(由两平行平面或切面形成的包容面)。

2. 轴(shaft)

轴主要指圆柱形的外表面,也包括非圆柱形的外表面(由两平行平面或切面形成的被包容面)。

如图 1-2 所示,由平键的高度尺寸 d_1 及宽度 d_2 形成的键高、键宽表面都称为轴,而由轴键槽宽度尺寸 D_1 形成的轴键宽表面称为孔。

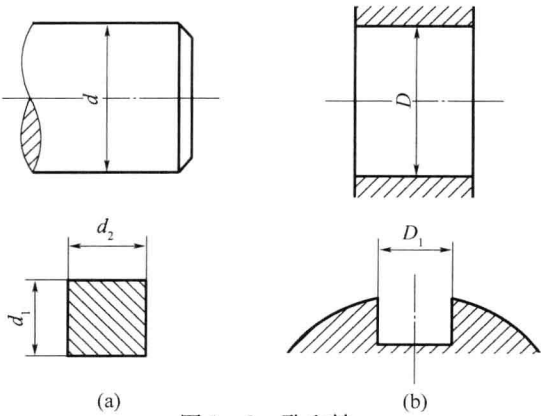


图 1-2 孔和轴
(a) 轴;(b) 孔。

当工件有配合关系时,孔是包容面,轴是被包容面,如轴键槽宽和键宽。没有这种配合关系的可视长度为尺寸,如图 1-3 中的尺寸 L 。

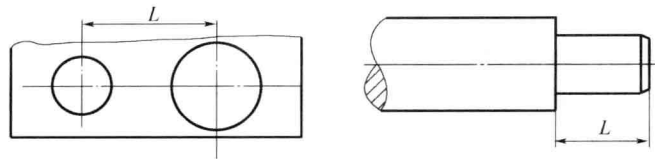


图 1-3 长度尺寸

1.2.3 有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸 (size)

尺寸是用特定单位表示线性尺寸值的数值。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。尺寸由数字和长度单位(如 mm)组成。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。采用其他单位时,则必须在数值后注写单位。

2. 公称尺寸 (nominal size) (代替原基本尺寸)

公称尺寸是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸,也是用来与极限偏差(上偏差、下偏差)一起计算得到极限尺寸(上极限尺寸和下极限尺寸)的尺寸。孔的公称尺寸用“ D ”表示;轴的公称尺寸用“ 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)。

公称尺寸是从零件的功能出发,通过强度、刚度等方面的计算或结构需要,并考虑工艺方面的其他要求后确定的。公称尺寸可以是一个整数或一个小数,如 30、16、8.75、2.5 等,它一般应按 GB/T 2822—2005《标准尺寸》选取并在图样上标注。

3. 实际尺寸 (actual size)

实际尺寸是指零件加工后通过测量获取的尺寸,孔和轴的实际尺寸分别用符号 D_a 和 d_a 表示。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。又由于加工误差的存在,同一零件同一几何要素不同部位的实际尺寸也各不相同,如图 1-4 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。

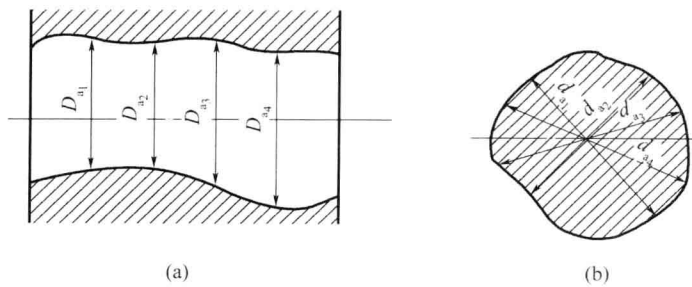


图 1-4 实际尺寸
(a) 孔;(b) 轴。

4. 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,实际尺寸应位于极限尺寸之中,也可以达到极限尺寸。尺寸要素允许的最大尺寸称为上极限尺寸;尺寸要素允许的最小尺寸称为下极限尺寸。孔和轴的上极限尺寸分别以 D_s 和 d_s 表示,下极限尺寸分别以 D_i 和 d_i 表示。

极限尺寸是以公称尺寸为基数来确定的,用以控制实际尺寸。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,即尺寸合格条件为: $D_i \leq D_a \leq D_s$; $d_i \leq d_a \leq d_s$ 。

5. 实体尺寸 (material size)

提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸并使其具有实体最大(即材料量最多)时的状态,称为最大实体状态(Maximum Material Condition, MMC)。确定要素最大实体状态的极限尺寸称为最大实体尺寸(Maximum Material Size, MMS)。孔和轴的最大实体尺寸分别用 D_M 、 d_M 表示。对于孔, $D_M = D_i$; 对于轴, $d_M = d_s$ 。

提取组成要素的局部尺寸处处位于极限尺寸并使其具有实体最小(即材料量最少)时的状态,称为最小实体状态(Least Material Condition, LMC)。确定要素最大实体状态的极限尺寸称为最小实体尺寸(Least Material Size, LMS)。孔和轴的最小实体尺寸分别用 D_L 、 d_L 表示。对于孔, $D_L = D_s$; 对于轴, $d_L = d_i$ 。

1.2.4 有关公差与偏差的术语和定义

1. 尺寸偏差 (size deviation)

尺寸偏差(简称偏差)是指某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

极限尺寸减其公称尺寸得到的代数差称为极限偏差,如图 1-5 所示。上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上(极限)偏差(upper limit deviation)。孔和轴的上极限偏差分别用符号 ES 和 es 表示,即

$$ES = D_s - D, es = d_s - d \quad (1-1)$$

下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下(极限)偏差(lower limit deviation)。孔和轴的下极限偏差分别用符号 EI 和 ei 表示,即

$$EI = D_i - D, ei = d_i - d \quad (1-2)$$

实际偏差(actual deviation)是指实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差。孔和轴的实际偏差分别用符号 E_a 和 e_a 表示,即

$$E_a = D_a - D; e_a = d_a - d \quad (1-3)$$

应该注意,极限尺寸和实际尺寸皆可能大于、小于或等于公称尺寸,所以偏差是一个代数数值,可能是正值、负值或零。

实际偏差应控制在极限偏差范围内,也可达到极限偏差。孔或轴的实际偏差的合格条件为

$$EI \leq E_a \leq ES$$

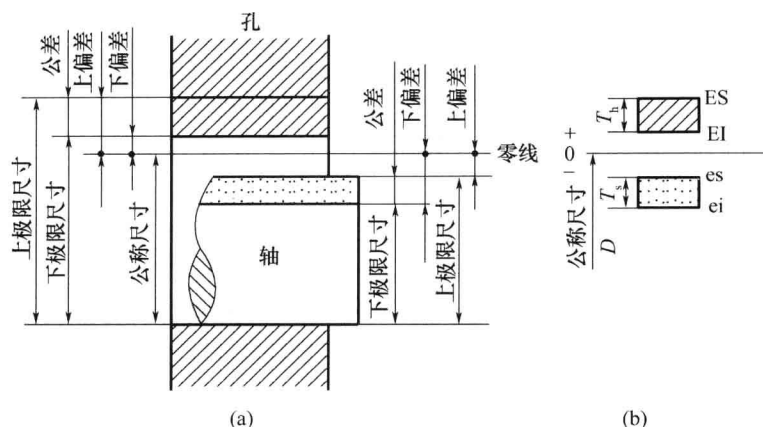


图 1-5 极限与配合示意图

$$ei \leq e_a \leq es$$

2. 尺寸公差 (size tolerance)

尺寸公差 (简称公差) 是允许尺寸的变动量。它等于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。孔和轴的尺寸公差分别用符号 T_h 和 T_s 表示。公差与极限尺寸、极限偏差的关系为

$$T_h = D_s - D_i = ES - EI \quad (1-4)$$

$$T_s = d_s - d_i = es - ei \quad (1-5)$$

因为上极限尺寸总是大于下极限尺寸, 上极限偏差总是大于下极限偏差, 所以公差是一个没有正、负号的绝对值。因为公差仅表示尺寸允许的变动范围, 所以公差不可能为零。

3. 公差带图 (tolerance zone graphic)

公称尺寸、极限偏差及公差等概念可通过图 1-5(a) 说明。由于公差数值比公称尺寸的数值小得多, 故不使用同一比例画出。为了使用方便, 在实际应用中一般不画出孔和轴的全形, 而是将截面图中有关公差部分按适当比例放大画出, 如图 1-5(b) 所示。该图称为极限与配合示意图, 简称公差带图。图中用尺寸公差带的高度和相互位置表示公差大小和配合性质, 它由零线和公差带组成。

(1) 零线 在公差带图中, 表示公称尺寸的一条直线, 以其为基准确定偏差的零起点, 正偏差位于零线上方, 负偏差位于零线下方。

(2) 公差带 在公差带图中, 由代表上极限偏差和下极限偏差的两平行直线所限定的区域。

公差带示意图中, 公称尺寸以 mm 为单位, 习惯上极限偏差和公差以 μm 为单位 (只标注数值, 不标注单位), 也可以以 mm 为单位。

4. 极限制 (limit system)

在国家标准中, 公差带图包括了“公差带大小”与“公差带位置”两个要素。公差带大小由公差值确定, 公差带相对零线的位置可由极限偏差中的任一个偏差 (上极限偏差或

下极限偏差)来确定。

用标准化的公差与极限偏差组成标准化的孔、轴公差带的制度称为极限制。GB/T 1800.1—2009 把标准化的公差统称为标准公差,把标准化的极限偏差统称为基本偏差,且规定了标准公差和基本偏差的具体数值。

5. 标准公差 (standard tolerance)

标准公差是指国家标准所规定的公差值,用来确定公差带的大小。

6. 基本偏差 (fundamental deviation)

基本偏差是指国家标准所规定的上极限偏差或下极限偏差,它一般为靠近零线或位于零线的那个极限偏差。

1.2.5 有关配合的术语和定义

1. 配合 (fit)

配合是指公称尺寸相同的并且相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

由于配合是指一批孔和一批轴的装配关系,而不是单个孔和轴的装配关系,所以用公差带关系来反映配合是比较确切的。不同的配合就是不同的孔、轴公差带之间的关系。

2. 间隙 (clearance) 或过盈 (interference)

间隙或过盈是指孔的尺寸减去相配合轴的尺寸所得的代数差。该代数差为正值时称为间隙,用符号 X 表示;该代数差为负值时,称为过盈,用符号 Y 表示。

3. 配合的种类

根据孔和轴公差带之间的关系不同,配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

1) 间隙配合 (clearance fit)

间隙配合是指具有间隙(包括最小间隙为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带的上方,如图 1-6(a) 所示。

由于孔、轴的实际尺寸允许在各自公差带内变动,所以孔、轴配合的间隙也是变动的。当孔为 D_s 而相配合的轴为 d_i 时,装配后形成最大间隙 $X_{\max}$;当孔为 D_i 而相配合轴为 d_s 时,装配后形成最小间隙 $X_{\min}$,即

$$X_{\max} = D_s - d_i = ES - ei \quad (1-6)$$

$$X_{\min} = D_i - d_s = EI - es \quad (1-7)$$

$X_{\max}$ 和 $X_{\min}$ 统称为极限间隙。实际生产中,成批生产的零件其实际尺寸大部分为极限尺寸的平均值,所以形成的间隙大多数在平均尺寸形成的平均间隙附近,平均间隙以 X_{av} 表示,即

$$X_{av} = \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \quad (1-8)$$

2) 过盈配合 (interference fit)

过盈配合是指具有过盈(包括最小过盈为零)的配合。此时,孔的公差带在轴的公差带的下方,如图 1-6(b) 所示。

当孔为 D_i 而相配合的轴为 d_s 时,装配后形成最大过盈 $Y_{\max}$;当孔为 D_s 而相配合轴为

d_i 时,装配后形成最小过盈 $Y_{\min}$,即

$$Y_{\max} = D_i - d_s = EI - es \tag{1-9}$$

$$Y_{\min} = D_s - d_i = ES - ei \tag{1-10}$$

$Y_{\max}$ 和 $Y_{\min}$ 统称为极限过盈。与间隙配合一样,在成批生产中,最可能得到的是平均过盈附近的过盈值,平均过盈用 Y_{av} 表示,即

$$Y_{av} = \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \tag{1-11}$$

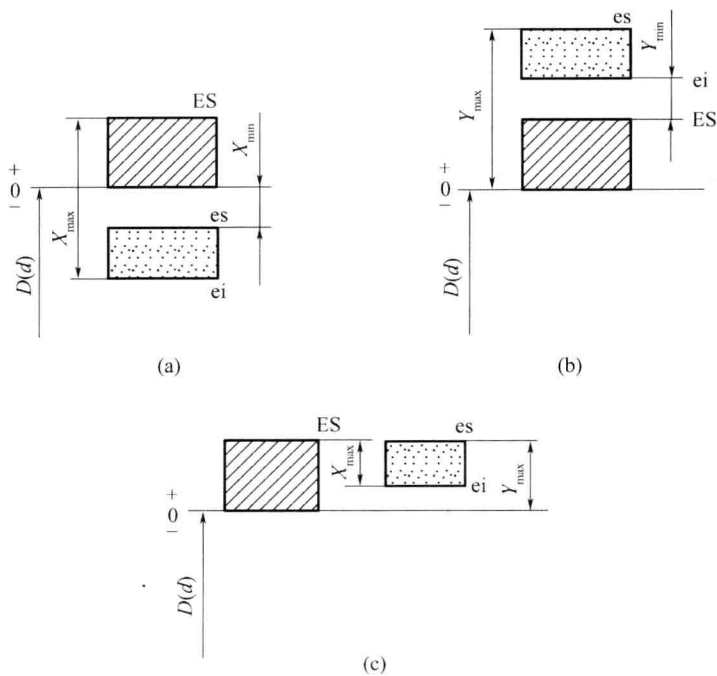


图 1-6 三类配合的公差带

(a) 间隙配合; (b) 过盈配合; (c) 过渡配合。

3) 过渡配合 (transition fit)

过渡配合是指具有间隙或过盈的配合。此时,孔的公差带与轴的公差带相互交叠,如图 1-6(c) 所示。

当孔为 D_s 而相配合的轴为 d_i 时,装配后形成最大间隙 $X_{\max}$; 当孔为 D_i 而相配合轴为 d_s 时,装配后形成最大过盈 $Y_{\max}$, 即

$$X_{\max} = D_s - d_i = ES - ei \tag{1-12}$$

$$Y_{\max} = D_i - d_s = EI - es \tag{1-13}$$

与前两种配合一样,在成批生产中,最可能得到的是平均间隙和平均过盈附近的值,其大小为

$$X_{av} (Y_{av}) = \frac{X_{\max} + Y_{\max}}{2} \tag{1-14}$$

按式(1-14)计算所得的值为正时是平均间隙,为负值是平均过盈。

4. 配合公差 (fit tolerance)

配合公差是指组成配合的孔、轴公差之和。它是允许间隙或过盈的变动量,用 T_f 表示。

对于间隙配合,有

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = T_h + T_s \quad (1-15)$$

对于过盈配合,有

$$T_f = |Y_{\min} - Y_{\max}| = T_h + T_s \quad (1-16)$$

对于过渡配合,有

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = T_h + T_s \quad (1-17)$$

以上公式说明,配合公差和尺寸公差一样,总是大于零的,配合精度(配合公差)的高低由相互配合的孔和轴的尺寸精度(尺寸公差)决定。配合精度要求越高,孔和轴的精度要求也越高,加工越困难,加工成本越高。所以,设计时要综合考虑使用要求和制造难易这两个方面,合理选取,从而提高综合技术经济效益。

5. 配合公差带图 (fit tolerance zone graphic)

配合公差带图是配合公差带的图解表示,用来直观地表达配合性质,即配合松紧及其变动情况的图。在配合公差带图中,横坐标为零线,表示间隙或过盈为零;零线上方的纵坐标为正值,代表间隙;零线下方的纵坐标为负值,代表过盈。配合公差带图两端的坐标值代表极限间隙或极限过盈,它反映配合的松紧程度;上、下两端间的距离为配合公差,它反映配合的松紧变化程度。如图 1-7 所示。

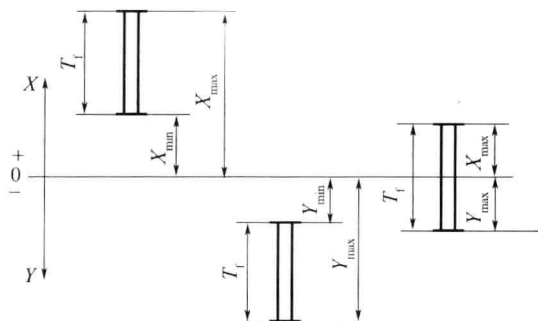


图 1-7 配合公差带图

例 1-1 组成配合的孔和轴在零件图上标注的公称尺寸和极限偏差分别为 $\phi 30_0^{+0.021}$ 和 $\phi 30_{+0.008}^{+0.021}$ 。试计算该配合的极限间隙或极限过盈、平均间隙或平均过盈及配合公差,指出属何类配合,并画出孔、轴公差带图与配合公差带图。

解:由式(1-6)计算最大间隙:

$$X_{\max} = ES - ei = [(+0.021) - (+0.008)] = +0.013(\text{mm})$$

由式(1-9)计算最大过盈:

$$Y_{\max} = EI - es = [0 - (+0.021)] = -0.021(\text{mm})$$

由式(1-14)计算平均间隙或平均过盈: