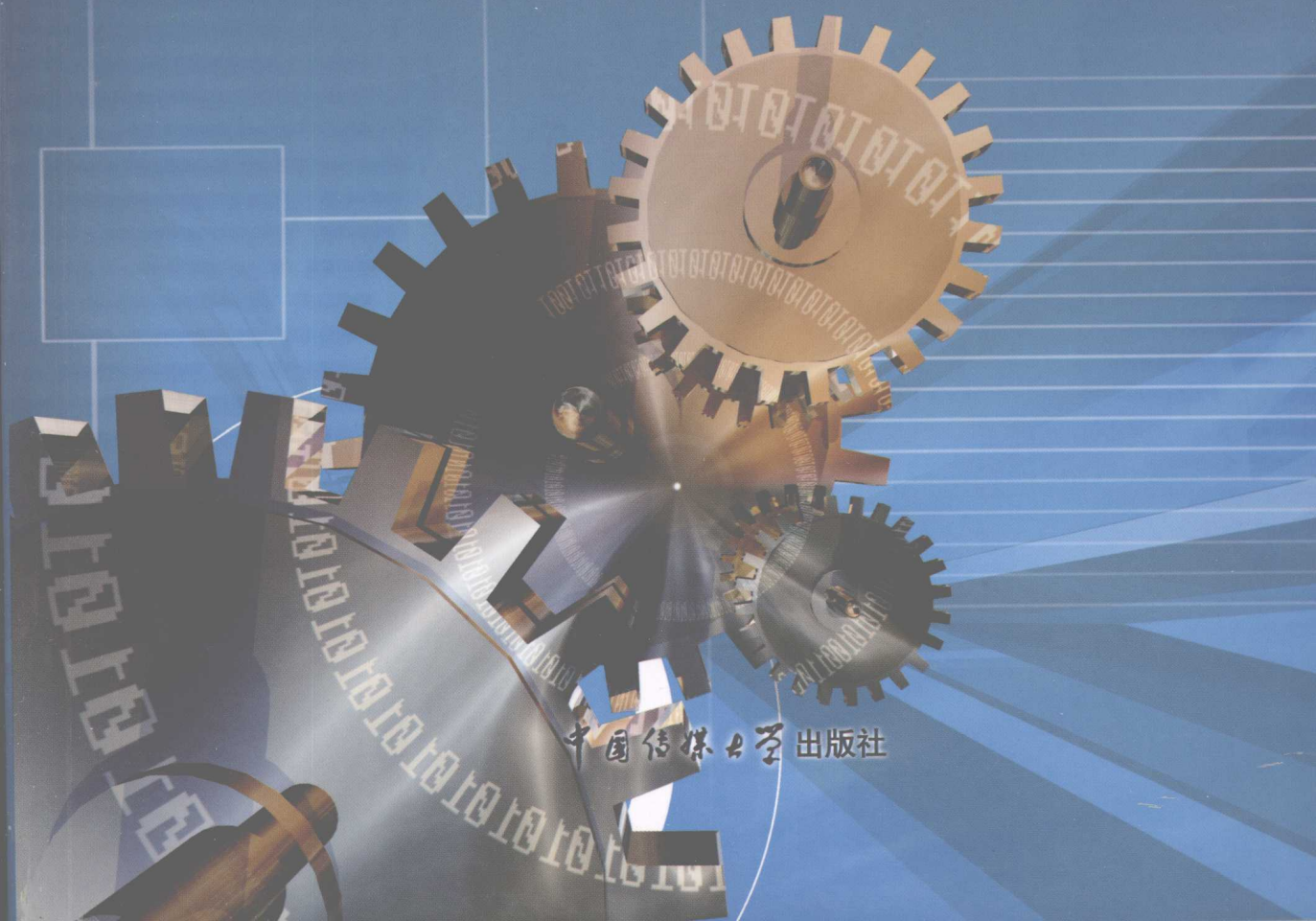


Gongcha Peihe yu Celiang Jishu

公差配合 与测量技术

主编：赵兰苓



中国传媒大学出版社

Gongcha Peihe yu Celiang Jishu

公差配合 与测量技术

主编：赵兰苓

中国传媒大学出版社

内 容 简 介

本书共十章,分为光滑圆柱的公差与配合、测量技术基础、形状和位置公差及测量、表面粗糙度及测量、量规设计基础、圆锥和角度的公差及测量、平键、花键联结的公差及测量、螺纹结合的公差及测量、圆柱齿轮的公差及测量、尺寸链基础。从公差配合的基本概念、测量技术基本知识入手,介绍了各种零件公差与配合的特点,对测量方法、测量原理、测量工具进行了详细说明。结合测量工作的实际情况,对测量误差及数据处理进行了介绍。

本书另附习题集一册。

本书可供职业学校机械类及机电类专业教学使用,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与测量技术/赵兰苓主编. —北京:中国传媒大学出版社,2007.2

ISBN 978-7-81085-917-2

I. 公… II. 赵… III. ①公差—配合—高等学校—教材②技术测量—高等学校—教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 022774 号

公差配合与测量技术

主 编 赵兰苓

策 划 王 进 蔡开松

责任编辑 欣 文

责任印制 曹 辉

出 版 人 蔡 翔

出版发行 中国传媒大学出版社 (原北京广播学院出版社)

北京市朝阳区定福庄东街1号 邮编 100024

电话: 010-65450532 65450528 传真: 010-65779405

http: //www. cucp. com. cn

经 销 新华书店总店北京发行所

印 刷 天津市蓟县宏图印务有限公司

开 本 787×1092mm 1/16

印 张 21.5 (共二册)

版 次 2007年4月第1版 2007年4月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-81085-917-2/K. 917 定 价: 35.00 元 (共二册)

版权所有

翻印必究

印装错误

负责调换

前言

高度发达的制造业和先进的制造技术,必须有先进的技术人才做支撑,目前我国的制造业要想进一步强大,必须尽快拥有一批高技能的人才和高素质的劳动者,职业教育担负着这一使命,在人才培养中起着至关重要的作用。

《公差配合与测量技术》是机械类各个专业的一门重要的技术基础课,密切联系其他基础课和专业课,课程内容在生产实际中直接应用,是机械设计、制造、检测技术人员所必须掌握的基本技能,本书以职业教育中的实际技能要求为宗旨,内容简明扼要,突出重点。

在编写过程中注重实例的引入,便于读者对全书内容的融汇贯通。希望通过本课程的学习,学生能够掌握公差配合的相关概念、术语、定义,学会应用公差标准,同时能够获得几何量测量的基本理论知识,通过测量技术的训练,掌握常用测量器具的基本操纵技能,使学生初步掌握公差在机械设计中的应用方法。

本书共有十章的内容,分别是:第一章光滑圆柱的公差与配合,第二章测量技术基础,第三章形状和位置公差及测量,第四章表面粗糙度及测量,第五章量规设计基础,第六章圆锥和角度的公差及测量,第七章平键、花键联结的公差及测量,第八章螺纹结合的公差及测量,第九章圆柱齿轮的公差及测量,和最后第十章尺寸链基础。为了加强对基本知识内容的强化训练,与本书配套使用的还有一本习题册。

本书编写的主要特点:

1. 概念、术语、定义严格给出,并注意他们之间的相互区别和联系。
2. 教材图例丰富,在讲解内容中实时穿插图例,内容更加形象。
3. 与生产实际紧密结合,书中的例题多数来自工程实践,学生在学习了一定的知识,掌握了相关的技能后,能够再应用于工程中。

本书适合于职业院校机械类专业的数控、模具、辅助设计的课程教学,也可以作为机械类相关专业的技能培训教材,或者从事数控加工和模具设计的工程技术人员参考书。在该书的编写过程当中,得到同行师生的热情帮助,在这里表示衷心的感谢。同时衷心希望使用该书的广大读者能够对本教材的不当之处给予批评指正。

编者

目录

M U L U

绪 论	1
第一节 互换性和标准化	1
第二节 优先数与优先数系	2
第三节 公差与检测	3
思考题	3
第一章 光滑圆柱的公差与配合	4
第一节 公差与配合的基本术语及定义	4
第二节 公差与偏差国家标准	14
第三节 一般、常用和优先的公差带与配合	22
第四节 公差与配合的选用	26
第五节 一般公差 线性尺寸的未注公差	32
第六节 滚动轴承的公差与配合	33
思考题	41
第二章 测量技术基础	42
第一节 测量的基本概念	42
第二节 测量器具简介	51
第三节 测量误差及数据处理	65
思考题	73
第三章 形状和位置公差及测量	74
第一节 概述	74
第二节 形状和位置公差的标注方法及其意义	81
第三节 形状公差	91
第四节 位置公差	94
第五节 公差原则	106
第六节 形位公差的选择	115
第七节 形位公差的检测	117

目录

思考题	125
第四章 表面粗糙度及测量	126
第一节 概述	126
第二节 表面粗糙度的评定标准	127
第三节 表面粗糙度的标注	132
第四节 表面粗糙度的测量	135
思考题	136
第五章 量规设计基础	137
第一节 概述	137
第二节 工作量规的设计	140
思考题	145
第六章 圆锥和角度的公差及测量	146
第一节 概述	146
第二节 圆锥公差	149
第三节 圆锥配合	154
第四节 角度和锥度的测量	157
思考题	162
第七章 平键、花键联结的公差及测量	163
第一节 平键联结的公差及测量	163
第二节 花键联结的公差及测量	167
思考题	179
第八章 螺纹结合的公差及测量	180
第一节 概述	180
第二节 普通螺纹的公差与配合	187
第三节 螺纹的测量	193
第四节 丝杠和丝杠螺母简介	197

目录

思考题	203
第九章 圆柱齿轮的公差及测量	204
第一节 概述	204
第二节 圆柱齿轮传动精度的评定指标	207
第三节 齿轮副精度的评定指标	220
第四节 渐开线圆柱齿轮传动精度的设计	223
思考题	226
第十章 尺寸链基础	227
第一节 尺寸链的基本概念	227
第二节 尺寸链的建立与分析	229
思考题	239
自测题	240
自测题参考答案	243

绪论

任何一台机器的设计,除了运动分析、结构设计、强度、刚度计算外,还要进行精度设计。研究机器的精度时,要处理好机器的使用要求与制造工艺的矛盾。解决的方法是规定合理的公差,并用检测手段保证其贯彻实施。由此可见,“公差”在生产中是非常重要的。

公差是一门专业基础课,要求掌握有关公差、测量的基本概念、基本理论、术语、定义;培养公差设计及精度检测的基本能力;学会查工具书,如手册、标准等。

第一节 互换性和标准化

一、什么叫互换性

举例:组成现代技术装置和日用机电产品的各种零件,如电灯泡、自行车、手表、缝纫机上的零件、一批规格为 M10—6H 的螺母与 M10—6g 螺栓的自由旋合。在现代化生产中,一般应遵守互换性原则。在日常生活中,经常会遇到零件互换的情况,如果零件坏了,只要换上相同型号的零件就能正常运转,不必要考虑生产厂家,之所以这样方便,就是这些零(部)件具有互相替换的性能。要实现专业化生产必须采用互换性原则。

1. 定义

互换性是指同一规格的一批零件或部件中,任取其一,不需要任何挑选或附加修配(如钳工修配)直接装在机器上,达到规定的功能要求。

2. 互换性内容

(1) 几何参数互换:包括尺寸、形状、位置、表面微观形状误差的互换性。

(2) 机械性能互换:如强度、硬度、材料等。

3. 互换性类别

根据互换性的性质,互换性可分为:

(1) 完全互换性:完全互换是指零部件在装配或更换时,无需挑选、辅助加工或修配就能顺利装在机器上并满足使用的性能。

(2) 不完全互换性:指一批零件有选择地进行互换。

通常采用概率法、分组法或调整法等工艺措施,实现顺利装配并在功能上达到使用性能要求。

优点:在保证装配、配合功能要求的前提下,能适当放宽制造公差,使得加工容易,降低制造成本。

缺点:降低了互换水平,不利于部件、机器的装配和维修。

4. 互换性的意义

(1) 能实现大工业化生产。

(2) 是机器设计标准化、系列化、通用化的理论依据。

(3) 可大幅度地降低成本。

二、怎样才能使零件具有互换性

若制成的一批零件实际尺寸数值等于理论值,即这些零件完全相同,这当然能够互换,但在生产上不可能,且没有必要。因而实际生产只要求制成零件的实际参数值在一定范围内变动,保证零件充分近似即可。

要使零件具有互换性,就应按“公差”制造。

三、实现互换性的条件

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。

四、标准和标准化

生产中要实现互换性,搞好标准化和计量工作是前提和基础。

1. 标准是对重复性事物和概念所做的统一规定。

我国的技术标准分三级:国家标准(GB)、部门标准(专业标准,如JB)、企业标准。

2. 公差标准:对零件的公差和相互配合所制订的标准。

3. 标准化是指制定及实施标准的全过程。

数值标准化:统一的数值标准是标准化的重要内容。

制定公差标准以及设计零件的结构参数时,都需要通过数值表示。任何产品的参数值不仅与自身的技术特性有关,还直接、间接地影响与其配套系列产品的参数值。如:螺母直径数值,影响并决定螺钉直径数值以及丝锥、螺纹塞规、钻头等系列产品的直径数值。由于参数值间的关联产生的扩散称为“数值扩散”。

为满足不同的需求,产品必然出现不同的规格,形成系列产品。产品数值的杂乱无章会给组织生产、协作配套、使用维修带来困难。故需对数值进行标准化。

第二节 优先数与优先数系

在产品的设计生产当中,为了满足不同要求,同一产品的同一参数,从达到小取不同的数值时形成不同规格的产品系列,采用科学的数值分级,由此总结了一套科学的数值标准,即优先数和优先数系。

1. 优先数系:由一些十进制等比数构成的数系。

优先数系中的任一个数称为优先数。

2. 优先数系的构成

优先数系是国际上统一的数值分级制度,是一种无量纲的分级数系,适用于各种量值的分级。在我们确定产品的参数或者参数系列时,应该最大可能地采用优先数和优先数系。产品的主要参数按照优先数形成系列可使产品走上系列化,便于分析参数间的关系,可以减轻设计计算的工作量。

优先数由一些十进制等比数列构成。

代号:为 R_r (r 取 5, 10, 20, 40, 80);

等比数列的公比: $q_r = \sqrt[r]{10}$ 。

在同一个等比数列中,每隔 r 项的后项比前项的比值增大为 10。

个数:优先数系中,项数从 1 开始,可向大于 1 和小于 1 两边无限延伸,每个十进区间有 r 个优先数。

如:R5 系列, $q_5 \approx 1.6$, 在 1~10 中,共有 5 个数,分别为 1, 1.6, 2.5, 4.0, 6.3。

优先数多为无理数,应用时要圆整。

如:R10 系列 $q_{10} \approx 1.25$

R20 系列 $q_{20} \approx 1.12$

R40 系列 $q_{40} \approx 1.06$

R80 系列 $q_{80} \approx 1.03$

优先数系的基本数列见表

在各种公差标准的制定中,优先数系得到广泛的应用,公差标准的许多数值,都是按照优先数系制定的。国家标准《公差与配合》中的公差等级系数就是按照 R5 优先数系列确定的。

第三节 公差与检测

一、公差与检测

公差:允许零件尺寸和几何参数的变动量,用于控制加工中的误差。

公差标准是实现零件误差控制和保证互换性的基础。

检测:包含检验与测量。

制定相应的检验标准,按公差标准制造,并按一定的标准来检验,这样互换性才能得以实现。

二、公差与配合的作用

“公差”是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”是反映机器零件之间有关功能要求的相互关系。

“公差与配合”的标准化,有利于机器的设计、制造、使用和维修,直接影响产品的精度、性能和使用寿命,是评定产品质量的重要技术指标。

三、加工误差

一批零件加工完毕后,尺寸总是存在不同程度的差异。我们称一批零件的尺寸变动为尺寸误差。随着制造水平的提高,尺寸误差会不断减少,但是永远不能消除尺寸误差。

加工误差分为以下几种:

1. 尺寸误差加工后零件的实际尺寸和理想尺寸的差别。如直径误差,孔径误差。
2. 形状误差加工后零件的实际表面形状和其理想形状的差别。如圆度,直线度等。
3. 位置误差加工后零件的表面、轴线、或者对称平面之间的相对位置对于其理想位置的差异。如同轴度,位置度等等。
4. 表面粗糙度 零件加工表面上具有的较小间距和峰谷所形成的微观几何形状误差。

思考题

- 1 简述互换性的意义。
- 2 什么是优先数和优先数系?

第一章

光滑圆柱的公差与配合

第一节 公差与配合的基本术语及定义

一、有关孔和轴的定义

1. 孔

通常指工件的圆柱形内表面,也包括非圆柱形内表面(由二平行平面或切面形成的包容面),如图 1-1a 所示。

2. 轴

通常指工件的圆柱形外表面,也包括非圆柱形外表面(由二平行平面或切面形成的被包容面),如图 1-2b 所示。

通常,孔用 D 表示,轴用 d 表示。

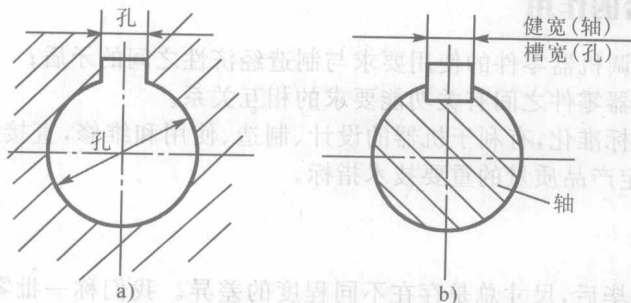


图 1-1 孔和轴

二、有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸

尺寸是用特定单位表示长度值的数字。

长度值包括:直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。在制图中,图样上的尺寸通常用毫米(mm)做单位,在标注时经常省略单位,只标注数值。如果使用其他单位标注尺寸,必须在图样上注明长度单位。

2. 基本尺寸

基本尺寸是设计给定的尺寸,一般要求符合标准的尺寸系列。基本尺寸如图 1-2 所示。

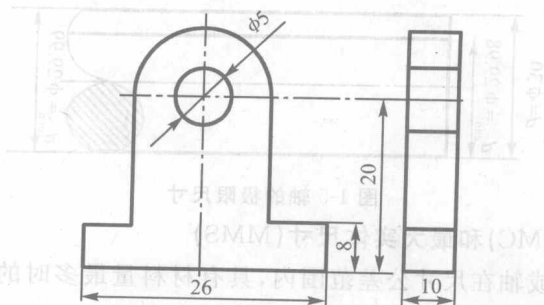


图 1-2 基本尺寸

3. 实际尺寸

实际尺寸是通过测量所得的尺寸。

由于测量过程当中不可避免地存在测量误差,同一个零件反复测量几次,测量的实际尺寸会不同,因此实际尺寸不可能等于真实尺寸。它只是接近真实尺寸的一个随机尺寸。实际尺寸的大小由加工所决定。

另外,由于零件存在着形状误差,所以不同部位的实际尺寸不尽相同,故往往把它称为局部实际尺寸。同一个横截面内,不同方向上的实际尺寸也可能不同。如图 1-3 所示。

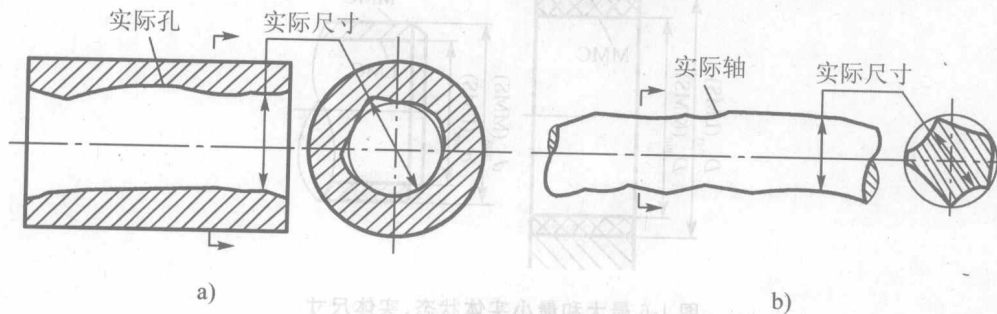


图 1-3 实际尺寸

4. 极限尺寸

极限尺寸是允许尺寸变化的两个极限值。两者中较大的称为最大极限尺寸,较小的称为最小极限尺寸。

极限尺寸是允许变动范围的两个界限尺寸,即最大极限尺寸和最小极限尺寸。如果完工后的零件在任意位置的实际尺寸都在极限尺寸范围内,那么这个零件才是合格零件。

轴的最大极限尺寸用 $d_{\max}$ 表示。轴的最小极限尺寸用 $d_{\min}$ 表示。

孔的最大极限尺寸用 $D_{\max}$ 表示。孔的最小极限尺寸用 $D_{\min}$ 表示。

孔和轴的极限尺寸分别如图 1-4、1-5 所示。

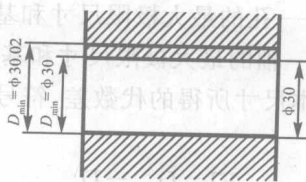


图 1-4 孔的极限尺寸

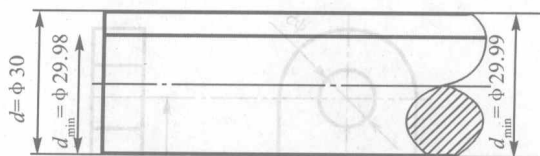


图 1-5 轴的极限尺寸

5. 最大实体状态(MMC)和最大实体尺寸(MMS)

最大实体状态指孔或轴在尺寸公差范围内,具有材料量最多时的状态。在此状态下的尺寸称为最大实体尺寸。

轴的最大极限尺寸用 $d_{\max}$ 表示。孔的最小极限尺寸用 $D_{\min}$ 表示。

6. 最小实体状态(LMC)和最小实体尺寸(LMS)

最小实体状态指孔或轴在尺寸公差范围内,具有材料量最少时的状态。在此状态下的尺寸称为最小实体尺寸。

轴的最小极限尺寸用 $d_{\min}$ 表示。孔的最大极限尺寸用 $D_{\max}$ 表示。

最大实体状态、最大实体尺寸、最小实体状态以及最小实体尺寸如图 1-6 所示。

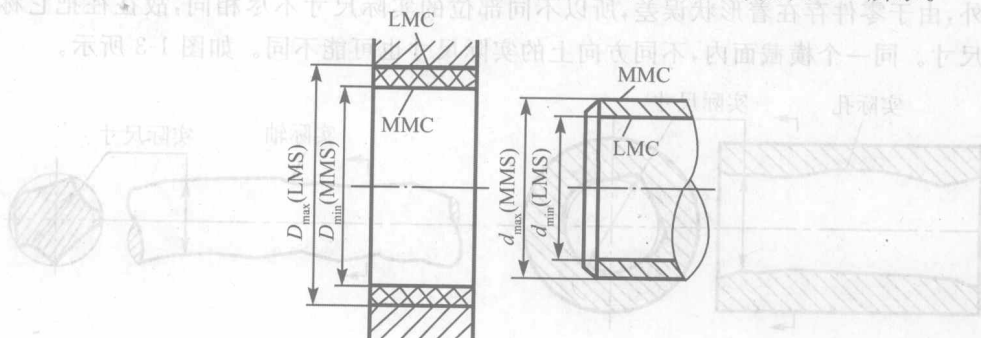


图 1-6 最大和最小实体状态、实体尺寸

三、有关公差与偏差的术语和定义

1. 尺寸偏差(偏差)

某一尺寸减其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差(简称偏差)。孔用 E 表示,轴用 e 表示。偏差可能为正或负,亦可为零。

上偏差:最大极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差,符号(孔:ES、轴:es)。其数学表达式为:

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

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

式中 $D_{\max}$ 、 D ——孔的最大极限尺寸和基本尺寸;

$d_{\max}$ 、 d ——轴的最大极限尺寸和基本尺寸。

下偏差:最小极限尺寸减其基本尺寸所得的代数差,符号(孔:EI、轴:ei);

其数学表达式为:

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

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

式中 $D_{\min}$ ——孔的最小极限尺寸;

$d_{\min}$ ——轴的最小极限尺寸。

上偏差和下偏差统称为极限偏差。极限偏差决定了极限尺寸相对于基本尺寸的位置。

有时候轴的最大极限尺寸和最小极限尺寸都小于基本尺寸,所以上下偏差都是负值。尺寸偏差如图 1-7 所示。

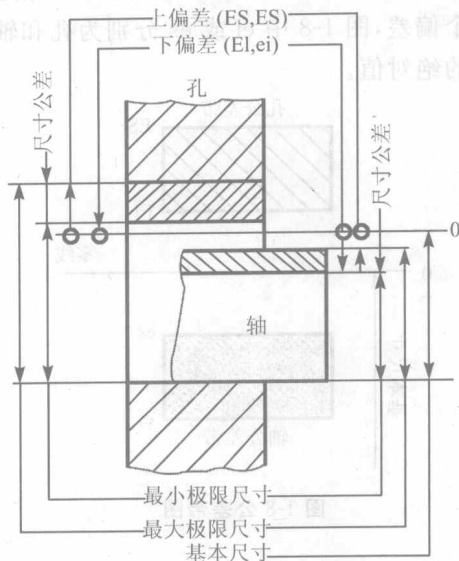


图 1-7 尺寸偏差

实际偏差:实际尺寸减其基本尺寸的代数差。

由于实际尺寸可能大于、小于或等于基本尺寸,因此实际偏差可能为正、负或零值。书写或计算时必须带上正或负号。

2. 尺寸公差(公差)

尺寸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代数差的绝对值。也等于上偏差与下偏差代数差的绝对值。

公差大小是允许尺寸变动范围大小的量。公差值大则允许变动范围大,因此加工精度低。反之,公差值小则允许尺寸变动范围小,要求加工精度高。

3. 零线与公差带

零线:表示基本尺寸的一条直线。

以零线为基准确定偏差和公差,零线以上为正,以下为负。

公差带:由代表上、下偏差的两条直线所限定的一个区域。用图表示的公差带,称为公差带图。

公差带有两个基本参数,即公差带大小与位置。

上、下偏差之间的宽度表示公差带的大小,即公差值。公差值由标准公差确定。

公差带相对于零线的位置由基本偏差确定。

在公差带图解中,由代表上偏差和下偏差或最大极限尺寸和最小极限尺寸的两条直线所限定的一个区域称为公差带。

为了说明基本尺寸、极限偏差和公差三者关系,需要画出公差带图。如图 1-8 所示。

基本尺寸是公差带的零线,即衡量公差带位置的起始点。

图中 e_i 和 e_s 是决定孔、轴公差带位置的极限偏差。 e_i 和 e_s 的绝对值越大,孔、轴公差带离零线越远。绝对值越小,则孔、轴公差带离零线就越近。

国家标准把用以确定公差带相对于零线位置的上偏差和下偏差称为基本偏差,它往往是离零线近的或位于零线的那个偏差,图 1-8 中 e_i 或 e_s 分别为孔和轴的基本偏差。

尺寸公差是一个没符号的绝对值。

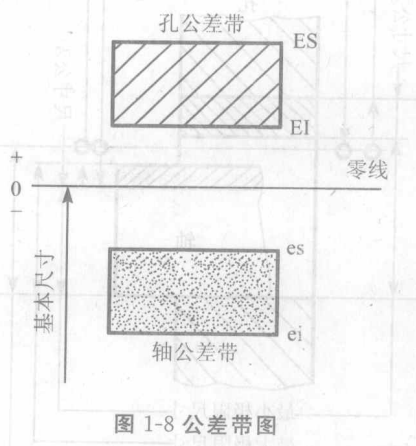


图 1-8 公差带图

4. 基本偏差

基本偏差是用于确定公差带相对于零线位置的上偏差或下偏差。一般为靠近零线的那个极限偏差。

公差带位于零线的上方时,基本偏差为下偏差。公差带位于零线的下方时,基本偏差为上偏差。

基本偏差如图 1-9 所示。

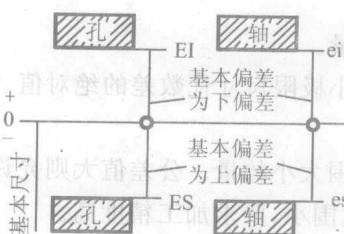


图 1-9 基本偏差

注意:国际规定的个别基本偏差也有不遵守上述规定的。

四、有关配合的术语和定义

配合是基本尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

配合决定零件间结合的松紧程度,是反映组成机器的各零件之间结合性质的重要技术特性。所谓配合特性,是指相配零件之间配合的松紧状态。

间隙或过盈是孔的尺寸减去轴的尺寸所得的代数差,如图 1-10 和图 1-11 所示。

如果该差值为正则为间隙,用 X 表示,在代数差前加“+”号。

如果该差值为负则为过盈,用 Y 表示,在代数差前加“-”号。

配合按照出现间隙或过盈的不同,可分为三种类型:间隙配合、过盈配合和过渡配合。

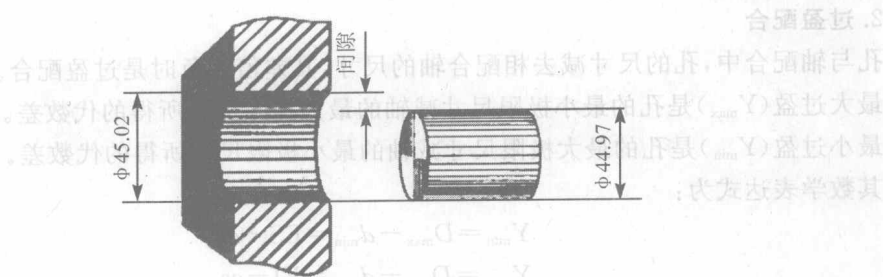


图 1-10 间隙

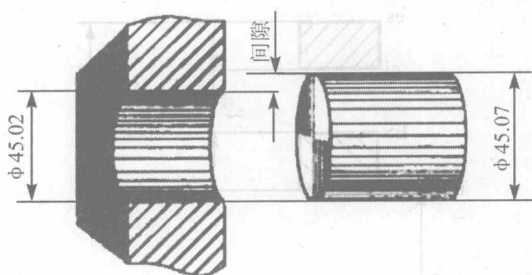


图 1-11 过盈

1. 间隙配合

孔与轴配合中,孔的尺寸减去相配合轴的尺寸,其差值为正时是间隙配合。

最大间隙($X_{\max}$)是孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差。

最小间隙($X_{\min}$)是孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差。

其数学表达式为:

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

最大间隙和最小间隙如图 1-12 所示。

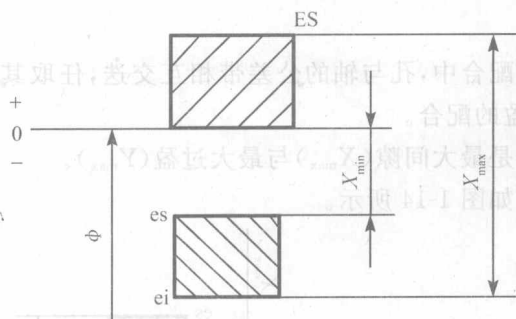


图 1-12 最大间隙和最小间隙

间隙配合的平均松紧程度称为平均间隙,它是最大间隙和最小间隙的平均值。

其数学表达式为:

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

配合公差:允许间隙的变动量。

配合公差 = $|X_{\max} - X_{\min}|$ = 孔公差 + 轴公差

间隙配合时孔的公差带在轴的公差带之上。

2. 过盈配合

孔与轴配合中,孔的尺寸减去相配合轴的尺寸,其差值为负时是过盈配合。

最大过盈($Y_{\max}$)是孔的最小极限尺寸减轴的最大极限尺寸所得的代数差。

最小过盈($Y_{\min}$)是孔的最大极限尺寸减轴的最小极限尺寸所得的代数差。

其数学表达式为:

$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei$$

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es$$

最大过盈和最小过盈如图 1-13 所示。

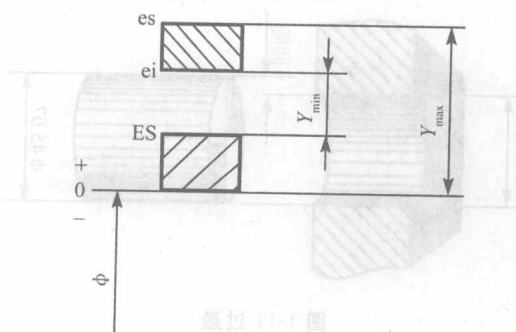


图 1-13 最大过盈和最小过盈

平均过盈为最大过盈和最小过盈的平均值。

其数学表达式为:

$$Y_{av} = \frac{1}{2}(Y_{\max} + Y_{\min})$$

配合公差:允许过盈的变动量。

$$\text{配合公差} = |Y_{\min} - Y_{\max}| = \text{孔公差} + \text{轴公差}$$

过盈配合时孔的公差带完全在轴的公差带之下。

3. 过渡配合

过渡配合是在孔与轴配合中,孔与轴的公差带相互交迭,任取其中一对孔和轴相配,可能具有间隙,也可能具有过盈的配合。

过渡配合的极限情况是最大间隙($X_{\max}$)与最大过盈($Y_{\max}$)。

最大间隙和最大过盈如图 1-14 所示。

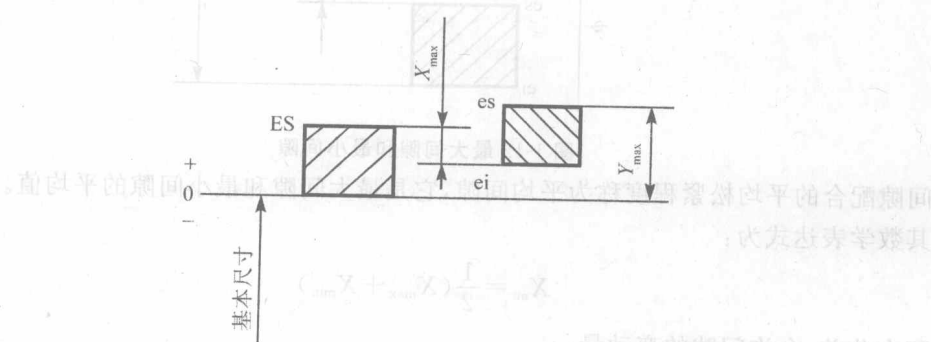


图 1-14 最大间隙和最大过盈