



高等职业教育“十三五”规划教材

公差配合与 技术测量基础

主 编 张 茜
主 审 周孝康



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



高等职业教育

公差配合与技术测量基础

主 编 张 茜

主 审 周孝康



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书围绕实际生产所需要的知识体系,用通俗易懂的文字和丰富的图表,介绍了机械加工中有关极限配合的基本内容、在技术测量方面的基本知识和常用量具量仪的使用方法。

本书介绍的知识面较宽并且深度适当,内容简明扼要,理论联系实际。本书侧重于基本概念的讲解和标准的应用,每个章节的知识既相互联系又各自独立,这些知识是机电类专业学生必须掌握的基本核心技能,可为他们学习后续专业课程及以后就业打下基础。本书采用了最新的国家标准及法定计量单位,提高了知识的准确性和内容的严密性。

本书各章后配有习题,以配合教学使用。

本书不仅可供高等职业院校机电类各专业师生使用,也可作为机械制造专业的工程技术人员、计量检测人员及机加工操作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

公差配合与技术测量基础 / 张茜主编. -- 北京 :

北京航空航天大学出版社, 2016.7

ISBN 978-7-5124-2182-0

I. ①公… II. ①张… III. ①公差—配合②技术测量

IV. ①TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 147575 号

版权所有,侵权必究。

公差配合与技术测量基础

主 编 张 茜

主 审 周孝康

责任编辑 董 瑞 王 贻

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:10.25 字数:262 千字

2017 年 2 月第 1 版 2017 年 2 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2182-0 定价:24.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

“公差配合与技术测量基础”是工科院校的主要课程,也是一门技术性和应用性比较强的专业基础课。

我国现代制造业发展迅速,市场对产品的加工工艺要求越来越高,技术测量水平也随之提高。本书结合编者多年的教学经验,并参考许多同类教材,教材内容的安排上以实用为原则,从生产实际出发,不仅涵盖了学生应具备的知识和能力结构,更注重突出基础性和应用性;教材内容的呈现方式上以图片、实物照片或表格等形式为主,强调由浅入深,循序渐进,将各个知识点生动地展示出来,力求给学生营造一个直观的认知环境,让学生更好地理解 and 掌握所学内容。

本书内容包括“公差配合”和“技术测量”两大部分:“公差配合”属于标准化范畴;“技术测量”属于计量学范畴。具体内容包括:极限与配合、技术测量基础及常用计量器具、几何公差及其检测、公差原则、公差要求和表面粗糙度等。教材编写中采用了最新的国家标准,重点讲解了基本概念及标准的应用,计量器具的使用方法以及几何公差的应用等内容。

本书由四川航天职业技术学院张茜主编,周孝康主审,姚蓉、孙文珍任副主编。其中第1章、第2章及4.5节由张茜编写,第4章的4.1节至4.4节以及4.6节和第5章由孙文珍编写,第3章、第6章由姚蓉编写。全书由张茜进行统稿和定稿。由于编者水平有限,书中如有错漏之处,敬请读者批评指正。

编 者
2016年6月

目 录

第1章 概 论	1
1.1 互换性	1
1.1.1 互换性的概念和分类	1
1.1.2 互换性的作用与意义	1
1.2 标准化和优先数	2
1.2.1 标准和标准化	2
1.2.2 优先数和优先数系	3
1.3 本课程的性质与任务	4
1.3.1 本课程的性质	4
1.3.2 本课程的任务	4
习 题	5
第2章 极限与配合	6
2.1 基本术语和定义	6
2.1.1 孔和轴的定义	6
2.1.2 有关要素、尺寸的术语和定义	7
2.1.3 偏差与尺寸公差	9
2.1.4 零线与公差带	12
2.1.5 配 合	13
2.2 极限与配合标准的基本规定	18
2.2.1 标准公差	18
2.2.2 基本偏差	20
2.2.3 公差带	22
2.2.4 基本偏差数值的确定	24
2.2.5 另一极限偏差的确定	24
2.2.6 极限偏差表	26
2.2.7 配 合	26
2.2.8 一般公差——线性尺寸的未注公差	28
2.3 公差带与配合的选择	29
2.3.1 配合制的选择	29
2.3.2 标准公差等级选择	30

2.3.3 配合的选择	33
习 题	36
第3章 技术测量基础及常用计量器具	38
3.1 技术测量概述	38
3.1.1 计量单位	38
3.1.2 计量器具的分类	39
3.1.3 测量方法的分类	41
3.1.4 计量器具的技术参数	43
3.2 测量误差的基本知识	44
3.2.1 测量误差的基本概念	44
3.2.2 测量误差产生的原因	44
3.3 常用长度尺寸测量的量具与量仪	45
3.3.1 游标量具	45
3.3.2 测微螺旋量具	48
3.3.3 量 块	52
3.3.4 机械式量仪	55
3.4 测量角度的常用计量器具	62
3.4.1 扇形万能角度尺	62
3.4.2 圆形万能角度尺	63
3.4.3 正弦规	64
3.5 其他计量器具简介	66
3.5.1 塞 尺	66
3.5.2 直角尺	66
3.5.3 检验平尺	67
3.5.4 水平仪	67
3.5.5 偏摆仪	68
3.5.6 检验平板	68
3.5.7 数显量具、量仪	69
3.6 光滑极限量规	70
3.6.1 量规的功用及分类	70
3.6.2 量规设计原则	71
3.6.3 轴用量规	72
3.6.4 孔用量规	73
3.6.5 圆锥量规	73
3.7 计量器具的维护保养	74

习 题	75
第 4 章 几何公差及其检测	77
4.1 概 述	77
4.2 几何公差的基本概念	78
4.2.1 零件的要素	78
4.2.2 要素的分类	78
4.2.3 零件几何误差的概念	79
4.3 几何公差带	80
4.3.1 几何公差的特征项目及符号	80
4.3.2 几何公差带	81
4.4 几何公差带的标注	82
4.4.1 几何公差的框格和指引线	82
4.4.2 基准要素的符号	83
4.4.3 被测要素的标注	83
4.4.4 基准要素的标注	85
4.4.5 几何公差的其他标注规定	87
4.5 几何公差的应用和解读	88
4.5.1 形状公差	88
4.5.2 线轮廓度和面轮廓度公差	90
4.5.3 方向公差	92
4.5.4 位置公差	97
4.5.5 跳动公差	100
4.5.6 几何公差解读举例	102
4.6 几何误差的检测方法	103
4.6.1 几何误差的检测原则	103
4.6.2 形状误差的检测	104
4.6.3 方向、位置、跳动误差的检测	105
习 题	108
第 5 章 公差原则和公差要求	110
5.1 公差原则的基本概念	110
5.1.1 最大实体状态、最大实体尺寸和最大实体边界	110
5.1.2 最小实体状态、最小实体尺寸和最小实体边界	110
5.1.3 最大实体实效尺寸、最大实体实效状态和最大实体实效边界	111
5.1.4 最小实体实效尺寸、最小实体实效状态和最小实体实效边界	111
5.1.5 边界尺寸	111

5.2 独立原则和相关要求	112
5.2.1 独立原则	112
5.2.2 相关要求	112
习 题	117
第 6 章 表面粗糙度	119
6.1 表面粗糙度的基本概念	119
6.1.1 表面粗糙度的概念	119
6.1.2 表面粗糙度对零件使用功能的影响	119
6.2 表面粗糙度的评定	120
6.2.1 表面粗糙度评定的基本术语和定义	120
6.2.2 表面粗糙度的评定参数	121
6.3 表面粗糙度的标注	123
6.3.1 表面粗糙度的表示方法	123
6.3.2 表面粗糙度在图样中的标注	126
6.4 表面粗糙度的选用	127
6.5 表面粗糙度的检测	129
习 题	130
附 表	132
参考文献	154

第1章 概 论

【学习目标】

- (1) 掌握互换性的含义及标准化的概念。
- (2) 了解本课程的研究对象、任务及要求。

1.1 互换性

1.1.1 互换性的概念和分类

机械制造业担负着为国民经济各部门提供先进技术装备的重要任务,各种技术装备都是由许多零件组成的,这些零件的制造要符合互换性原则。

1. 互换性的定义

在机械制造业中,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、调整或辅助加工等,就能进行装配,并能满足机械产品使用性能要求的一种特性。例如,当有些零件(如活塞、曲轴和轴承等)因损坏而需要更换时,其备件不经任何钳工修配即可使用,而且能完全满足性能要求,这样的零件称为具有互换性的零件。

在日常生活中,互换性的例子也很多。比如家里的灯泡坏了,换上同规格的新灯泡就可以使用了;玩具中的电池没电了,换上同型号的新电池也可以使用了。

机械制造业中的互换性按其影响因素可分为几何参数互换性和功能互换性,本课程只讨论几何参数互换性。

2. 互换性的分类

互换性按程度和范围的不同,可分为完全互换性和不完全互换性。

当装配和更换零件时,不需挑选、调整或辅助加工,则这种互换性称为完全互换性。当装配和更换零件时,需要挑选、调整或辅助加工,这样在几何参数上才具有互相替换的性能,则这种互换性称为不完全互换性。不完全互换在机械制造业中具有实际意义:当装配精度要求较高时,采用完全互换将使零件的制造公差很小,造成加工困难,成本增加。这时,可将零件的制造公差适当放大,使之便于加工,加工后,零件按尺寸大小分成若干组,减小每组零件之间的尺寸差别,装配时则按相应组进行。这样,即可保证装配精度和使用要求,又能解决加工困难,降低成本。此时,仅组内零件可以互换,组与组之间不可互换,则此种互换性为不完全互换。比如零部件厂际协作应采用完全互换,部件或构件在同一厂内制造和装配时,可采用不完全互换。

1.1.2 互换性的作用与意义

在现代生产中,互换性已成为一个人们普遍遵循的原则。互换性对机器设计、制造和使用

都具有十分重要的意义。

① 从设计角度看:在产品中采用了具有互换性的零件,尤其是最大限度地采用了标准件和通用件,这就大大地简化了设计、计算和绘图等工作的复杂程度,减少了工作量,缩短了设计周期。

② 从制造和装配角度看:在加工时,同一零件可由不同厂商按照规定公差分别进行加工,实现专业化的协调生产,提高了产品质量和生产率,降低了制造成本;在装配时,由于零件具有互换性,可直接实现替代装配,减少了劳动量,缩短了装配周期。

③ 从使用角度看:如果机器中的某个零件具有互换性,当某个零件损坏时,可以直接使用备件进行替换,缩短了维修时间,保证了维修质量,延长了机器的使用寿命,提高了机器的使用效率。

互换性广泛用于机械制造业各类产品的设计和制造,创造了巨大的经济效益和社会效益。在机械制造中,大量地应用具有互换性的零件,不仅可以大大提高设计与制造的劳动生产率,而且能有效地保证产品的质量,降低成本。因此,零件具有互换性是机械制造中重要的生产原则和有效的技术措施。

1.2 标准化和优先数

1.2.1 标准和标准化

要实现互换性,首先必须采用标准化生产,如果没有标准将产品和技术要求统一起来,就不可能组织互换性生产,因此说标准化是实现互换性生产的技术基础。

1. 标准的定义

标准是指对需要协调统一的重复性事物(如产品、零部件等)和概念(如术语、规则、方法、代号和量值等)所做的统一规定,它是以科学技术和实践经验的综合成果为基础,经协商一致,制定并由公认机构批准的,以特定形式发布的,共同使用和重复使用的一种规范性文件。

2. 标准的分类与分级

按性质不同,标准可分为技术标准、生产组织标准和经济管理标准三类;按使用程度不同,标准可分为基础标准和一般标准,其中基础标准是指在一定范围内作为其他标准的基础,普遍使用并具有广泛指导意义的标准。

标准制定的范围不同,其级别也不一样。我国标准分为国家标准(GB)、地方标准、行业标准和企业标准(QB)四个级别。从世界范围看,还有国际标准(如 ISO)和国际区域性标准(如 IEC)。

3. 标准化的定义与意义

标准化是指在经济、技术、科学及管理等社会实践中,通过对重复性事物和概念通过制定、发布和实施标准达到统一,以获得最佳秩序和社会效益的全部活动过程;也是指制定标准,贯彻标准和修改标准的全过程,是一个系统工程。

标准化的意义在于通过对标准化的实施,以获得最佳的社会经济成效。它是组织现代化大生产的重要手段和必要条件,是实行科学管理的基础,也是对产品设计的基本要求之一,是我国很重要的一项技术政策。

1.2.2 优先数和优先数系

为了保证互换性,就需要合理地确定零件公差,而公差数值标准化的理论基础就是优先数和优先数系。优先数和优先数系是一种科学的、国际统一的数值制度。产品或零件的主要参数按优先数系形成系列,可使产品或零件走上系列化、标准化轨道;用优先数系进行系列设计,便于分析参数间的关系,减少设计计算工作量,还可用较少的品种规格来满足较宽范围的需要,便于各部门、各专业之间的配合。

1. 优先数系

在产品设计和制定技术标准时,涉及很多技术参数,这些技术参数在生产各环节中往往不是孤立的。当选定一个数值作为某种产品的参数指标后,这个数值就会按一定的规律向一切相关的制品、材料等有关参数指标传播扩散。例如螺栓的直径确定后,不仅会传播到螺母的内径上,也会传播到加工这些螺纹的刀具上,传播到检测这些螺纹的量具及装配它们的工具上,这种技术参数的传播性,在生产实际中极为普遍。工程技术上的参数数值,即使只有很小的差别,经过多次传播后,产生的相关参数数值越多,如果随意取值,势必给组织生产、协作配套和设备维修带来很大困难,因此,在生产中,对于各种技术参数,必须从全局出发,按照国家标准选值。

“优先数和优先数系”(GB/T 321—2005)中规定,优先数系是公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有 10 的整数幂的几何级数的常用圆整值。优先数系是十进制等比数列,并规定了五个系列,它们分别用系列符号 R5、R10、R20、R40 和 R80 表示,称为 R5 系列、R10 系列、R20 系列、R40 系列和 R80 系列。各系列公比分别为

R5

$q_5 = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$

R10

$q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R20

$q_{20} = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R40

$q_{40} = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$

R80

$q_{80} = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$

R5、R10、R20 和 R40 四个系列是优先数系中的常用系列,称为基本系列。该系列各项数值如表 1-1 所列。R80 为补充系列,仅用于参数分级很细或基本系列中的优先数不能满足需要的场合。

表 1-1 优先数系的基本系列

基本系列(常用值)				基本系列(常用值)			
R5	R10	R20	R40	R5	R10	R20	R40
1.00	1.00	1.00	1.00				
			1.06				3.35
		1.12	1.12			3.55	3.55
			1.18				3.75
	1.25	1.25	1.25	4.00	4.00	4.00	4.00
			1.32				4.25

续表 1-1

基本系列(常用值)				基本系列(常用值)			
		1.40	1.40			4.50	4.50
			1.50				4.75
1.60	1.60	1.60	1.60		5.00	5.00	5.00
			1.70				5.30
		1.80	1.80			5.60	5.60
			1.90				6.00
	2.00	2.00	2.00	6.30	6.30	6.30	6.30
			2.12				6.70
		2.24	2.24			7.10	7.10
			2.36				7.50
2.50	2.50	2.50	2.50		8.00	8.00	8.00
			2.65				8.50
		2.80	2.80			9.00	9.00
			3.00				9.50
	3.15	3.15	3.15	10.00	10.00	10.00	10.00

2. 优先数

优先数系的五个系列中任一个项值均为优先数。根据圆整的精确度,可分为计算值和常用值。

- ① 计算值:取五位有效数字,供精确计算用。
- ② 常用值:经常使用的通常所称的优先数,取三位有效数字。

1.3 本课程的性质与任务

1.3.1 本课程的性质

“公差配合与技术测量基础”是机械类各专业学生必须掌握的一门重要的技术基础课,是联系设计课程与工艺课程的纽带,是从基础课程过渡到专业课程的桥梁。

它以互换性内容为基础,紧紧围绕机械产品零部件的制造误差和公差及其关系,研究零部件的设计、制造精度与技术测量方法,研究如何解决使用要求与制造要求的矛盾。

1.3.2 本课程的任务

- (1) 了解国家标准中有关极限与配合方面的基本术语及其定义。
- (2) 掌握极限与配合标准的基本规定。
- (3) 掌握极限与配合相关的基本计算方法、代号的标注和识读。
- (4) 了解几何公差的基本内容。
- (5) 掌握几何公差代号的含义和标注方法。

- (6) 掌握表面粗糙度符号和代号的标注方法。
- (7) 掌握常用计量器具的使用方法。

习 题

- 1. 什么是互换性？
- 2. 列举生活中具有互换性的例子。
- 3. 互换性的分类及其应用场合是什么？
- 4. 什么是标准和标准化？

第 2 章 极限与配合

【学习目标】

- (1) 正确理解孔和轴的定义。
- (2) 掌握公称尺寸和极限尺寸的定义。
- (3) 掌握尺寸偏差、公差的定义及其与极限尺寸的关系。
- (4) 掌握绘制和分析公差带图。
- (5) 掌握极限间隙(过盈)和配合公差计算方法,并且能够区别三类配合之间的不同。
- (6) 掌握标准公差和基本偏差的概念。
- (7) 掌握配合制的概念并能正确判断配合的性质。
- (8) 能够识读配合公差代号。

2.1 基本术语和定义

为了在设计、制造、检验和使用时统一人员的认识,保证互换性原则得以实施,则必须要明确极限与配合的术语和定义,并正确掌握极限与配合标准的应用。

2.1.1 孔和轴的定义

在机械产品中,孔和轴通常指的是由圆柱形的内、外表面所形成的部分,是最普遍的结合形式。但在极限与配合中,孔和轴的定义则更为广泛。

在极限与配合中,孔指工件的圆柱形内尺寸要素,也包括非圆柱形内尺寸要素(由两平行平面或切面形成的包容面),如图 2-1 所示。

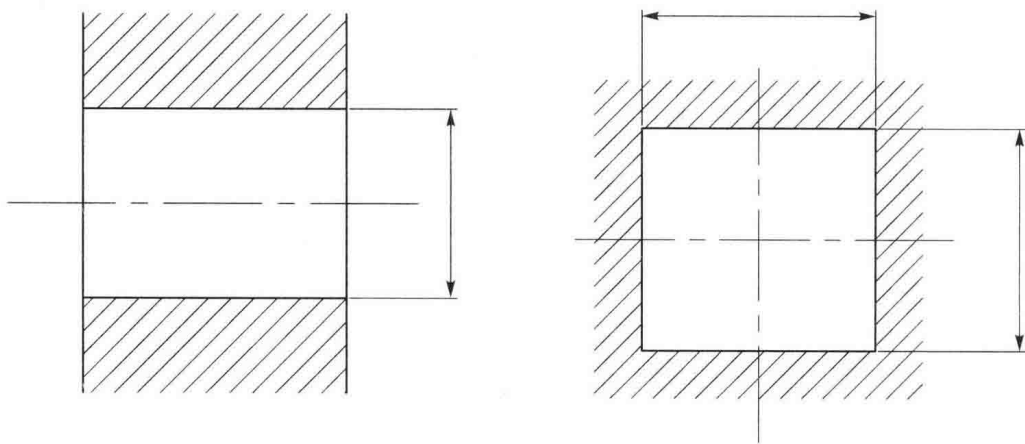


图 2-1 孔

在极限和配合中,轴指工件的圆柱形外尺寸要素,也包括非圆柱形外尺寸要素(由两平行平面或切面形成的被包容面),如图 2-2 所示。

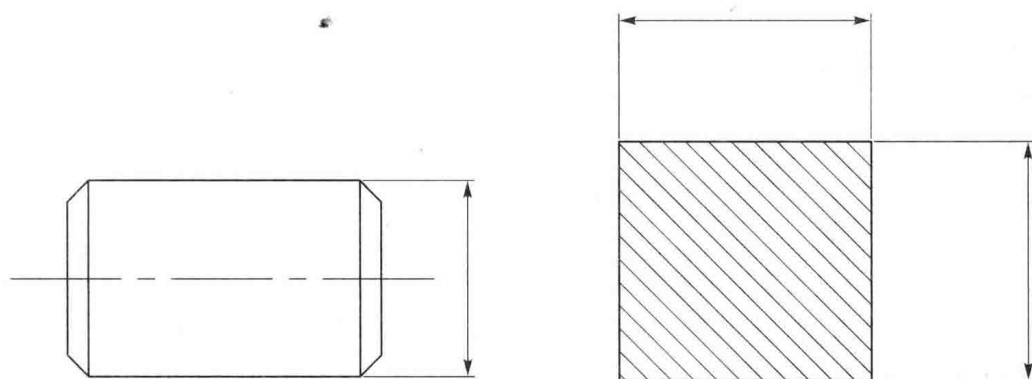


图 2-2 轴

以上定义中提到的包容和被包容是对零件的装配关系而言的,即零件在装配后形成了包容和被包容的关系,将包容面统称为孔,被包容面统称为轴,因此,孔和轴分别具有包容和被包容的功能。如图 2-3 所示 D_1 、 D_2 、 D_3 和 D_4 各表面尺寸确定的各组平行平面或切面所形成的包容面都称为孔; d_1 、 d_2 、 d_3 和 d_4 各尺寸确定的圆柱形外表面和各组平行平面或切面所形成的被包容面都称为轴。如果两平行平面或切面既不能形成包容面,也不能形成被包容面,则它们既不是孔,也不是轴,而是属于一般长度尺寸,如图 2-3 所示中由 L_1 、 L_2 和 L_3 各尺寸确定的各组平行平面或切面。从加工制造的过程来看,随着加工余量减少,孔的尺寸越来越大,轴的尺寸越来越小。

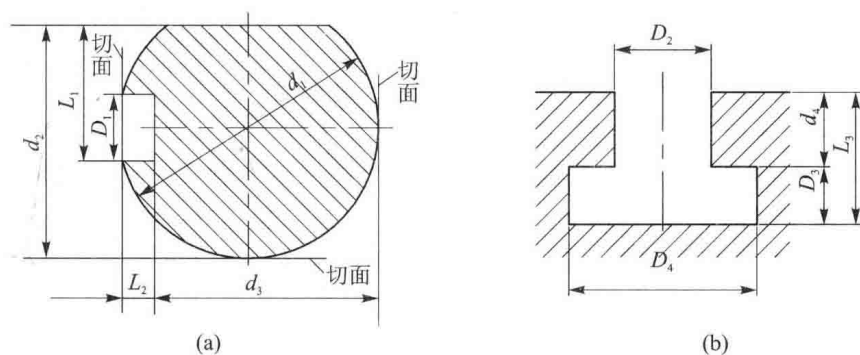


图 2-3 孔和轴

2.1.2 有关要素、尺寸的术语和定义

为使加工后的零件具有互换性,在零件的结构设计过程中就必须掌握有关尺寸、偏差、公差和配合的基本概念。

1. 要素

要素是构成零件几何特征的点、线和面。

2. 尺寸要素

尺寸要素是指由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状。尺寸要素可以是圆柱形、球形、两平行对应面、圆锥形或楔形等。

3. 尺 寸

以特定单位表示线性尺寸值的数值称为尺寸,一般情况下,尺寸只表示长度量(线值),包括深度、高度、宽度、直径、半径及中心距等。尺寸由数值和特定单位两部分组成,比如60 mm、80 μm 等,国家标准规定,图样上尺寸数字的特定单位是 mm,如果以它为单位时,可省略单位的标注,只标注数值;如果采用其他单位,则必须在数值后注写单位。

4. 公称尺寸

公称尺寸是由图样规范确定的理想形状要素的尺寸,它是设计人员根据零件的使用要求,通过计算、试验或者类比的方法并经过标准化后确定的。在极限与配合中,通过应用上、下极限偏差可由公称尺寸计算出极限尺寸。公称尺寸可以是一个整数值或一个小数值,例如 28, 8.5 等,一般按标准尺寸系列取值,孔直径的公称尺寸用大写字母“D”表示,轴直径的公称尺寸用小写字母“d”表示,如图 2-4 所示,80 mm 是轴长度的公称尺寸,φ35 mm 是轴直径的公称尺寸。

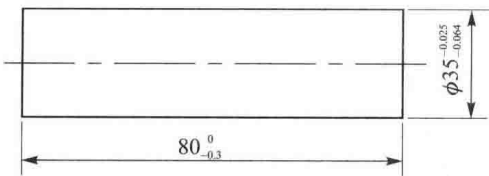


图 2-4 公称尺寸

5. 实际(组成)要素

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称为实际(组成)要素。实际(组成)要素尺寸均指提取组成要素的局部尺寸。

6. 提取组成要素

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要素的近似替代。

7. 提取组成要素的局部尺寸

提取组成要素的局部尺寸是一切提取组成要素上两对应点之间距离的统称,也就是通过测量所得的尺寸,为了方便起见,也可简称为提取要素的局部尺寸,提取组成要素的局部尺寸并非给定尺寸的真值,而是一个近似真值的尺寸,这里需要注意,由于工件存在形状误差和测量误差,即使是同一表面,不同部位的提取组成要素的局部尺寸也不会完全相同。

8. 极限尺寸

极限尺寸是指尺寸要素允许的尺寸的两个极端。其中,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。极限尺寸是以公称尺寸为基数来确定的,它可以大于、小于或等于公称尺寸。孔的上极限尺寸用 $D_{\max}$ 表示,下极限尺寸用 $D_{\min}$ 表示;轴的上极限尺寸用 $d_{\max}$ 表示,下极限尺寸用 $d_{\min}$ 表示。

零件的提取组成要素的局部尺寸应介于上极限尺寸和下极限尺寸之间,否则零件尺寸不合格,如图 2-5 所示。

孔的公称尺寸

$$D = \phi 60 \text{ mm}$$

孔的上极限尺寸

$$D_{\max} = \phi 60.030 \text{ mm}$$

孔的下极限尺寸

$$D_{\min} = \phi 60 \text{ mm}$$

轴的公称尺寸

$$d = \phi 60 \text{ mm}$$

轴的上极限尺寸 $d_{\max} = \phi 59.990 \text{ mm}$
 轴的下极限尺寸 $d_{\min} = \phi 59.971 \text{ mm}$

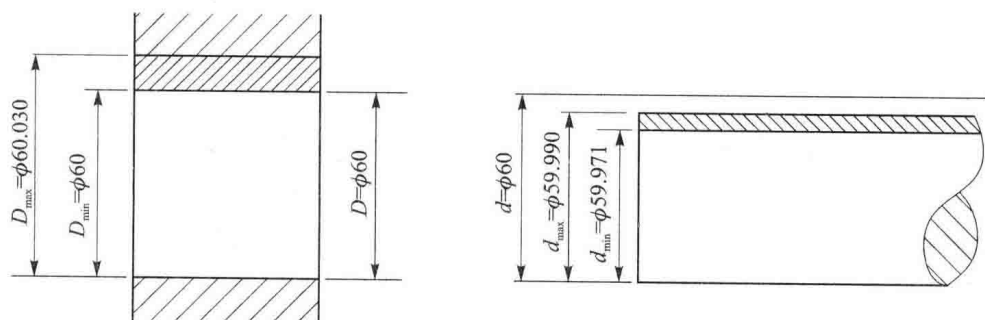


图 2-5 极限尺寸

2.1.3 偏差与尺寸公差

1. 偏差

某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为偏差,根据某一尺寸的不同,偏差可分为极限偏差和实际偏差两种。偏差可为正值、负值或零。

2. 极限偏差

极限尺寸减公称尺寸所得的代数差称为极限偏差。因为极限尺寸包括上极限尺寸和下极限尺寸,所以极限偏差就包括上极限偏差和下极限偏差,如图 2-6 所示。

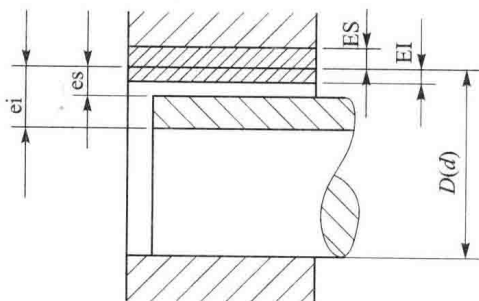


图 2-6 极限偏差

(1) 上极限偏差

上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差。孔的上极限偏差代号用字母 ES 表示,轴的上极限偏差代号用字母 es 表示,其公式为

$$ES = D_{\max} - D \quad (2-1)$$

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

(2) 下极限偏差

下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差。孔的下极限偏差代号用字母 EI 表示;轴的下极限偏差代号用字母 ei 表示,其公式为

$$EI = D_{\min} - D \quad (2-3)$$

$$ei = d_{\min} - d \quad (2-4)$$

在标注极限偏差时,上极限偏差标注在公称尺寸的右上方,下极限偏差标注在上极限偏差