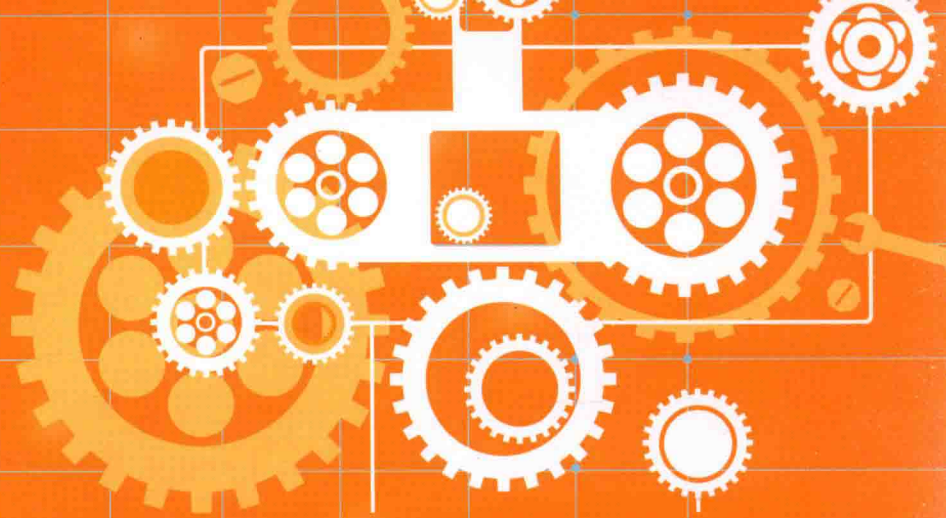




公差配合与技术测量

蒋 浩 刘 军 谭补辉 主编



中央广播电视大学出版社
Central Radio TV University Press

公差配合与技术测量

蒋浩 刘军 谭补辉 主编

中央广播电视大学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

公差配合与技术测量 / 蒋浩, 刘军, 谭补辉主编

— 北京: 中央广播电视大学出版社, 2017. 1

ISBN 978-7-304-08092-1

I. ①公… II. ①蒋… ②刘… ③谭… 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 (2017) 第 002638 号

版权所有, 翻印必究。

公差配合与技术测量

GONGCHA PEIHE YU JISHU CELIANG

蒋 浩 刘 军 谭补辉 主编

出版·发行: 中央广播电视大学出版社

电话: 营销中心 010-66490011

总编室 010-68182524

网址: <http://www.crtvup.com.cn>

地址: 北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编: 100039

经销: 新华书店北京发行所

策划编辑: 苏 醒

责任校对: 宋亦芳

责任编辑: 闫海新

责任印制: 赵连生

印刷: 北京明月印务有限责任公司

版本: 2017 年 1 月第 1 版

2017 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 16.75 字数: 389 千字

书号: ISBN 978-7-304-08092-1

定价: 50.00 元

(如有缺页或倒装, 本社负责退换)

前 言

“公差配合与技术测量”是机械类、仪器仪表类和机电类各专业的重要技术基础课，是联系机械设计和机械制造工艺等课程的桥梁和纽带。

本书从高等院校教学的实际出发，注重应用性、实践性、科学性和创新性；做到基本概念清晰，基本理论与实践相结合，强化突出学生应用能力的培养。在第三章技术测量基础中用较大的篇幅介绍了常用量仪器的测量原理与使用方法，为学生的实训、实习打下坚实的基础。为了给学生以后进行课程设计、毕业设计提供必要的参考资料和解题方便，本书收入了较多的公差表格。

本书全部采用国家颁布的最新标准，在叙述标准概念和定义的基础上，重点强调标准的应用能力，做到理论联系实际，学以致用。

本书作为高等院校机械类各专业的一门综合性、实用性很强的主干技术基础课程的教材，包含几何量公差与选用及误差检测两方面的内容，将互换性原理、标准化生产管理、误差检测等相关知识融合在一起，涉及机械设计、机械制造及质量控制等多方面技术问题，可供技术应用型人才、机械工程人员与管理人员参考。

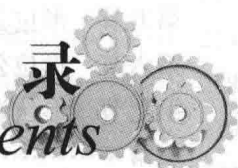
本书由蒋浩、刘军、谭补辉任主编，何学崇任副主编。

在编写过程中，编者参考了行业内一些先进的研究资料和著作，在此一并对这些作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免有不足和错漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

目录 Contents



第一章 绪论	1
第一节 互换性概述	1
第二节 标准化与优先数系	2
第三节 几何量检测的重要性	4
第四节 本课程的性质、任务与要求	5
小结	5
习题与思考题	6
第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合	7
第一节 概述	7
第二节 基本术语与定义	7
第三节 常用尺寸孔、轴的公差与配合的标准	16
第四节 线性尺寸的未注公差	28
第五节 公差与配合在设计中的应用	29
小结	40
习题与思考题	40
第三章 技术测量基础	42
第一节 概述	42
第二节 长度计量单位和基准量值的传递	42
第三节 计量器具和测量方法的分类	47
第四节 常用量具的测量原理、基本结构与使用方法	51
第五节 测量误差的基本知识	73
第六节 验收极限和计量器具的选用	79
小结	85
习题与思考题	86

第四章 几何公差与检测	87
第一节 概述	87
第二节 几何公差带	92
第三节 公差原则	109
第四节 几何公差的标注方法	122
第五节 形位公差的标准	127
第六节 形位公差的选择	132
第七节 形位误差的评定与检测原则	137
小结	140
习题与思考题	142
第五章 表面粗糙度及测量	144
第一节 概述	144
第二节 表面结构的轮廓参数和基本术语	145
第三节 零件表面特征的图样表示法	151
第四节 表面粗糙度的选择	157
第五节 表面粗糙度的测量	161
小结	165
习题与思考题	165
第六章 滚动轴承的公差与配合	166
第一节 概述	166
第二节 滚动轴承的公差等级	166
第三节 轴和外壳孔与滚动轴承的配合及选择	168
小结	176
习题与思考题	177
第七章 圆锥的公差与配合	178
第一节 概述	178
第二节 锥度、锥角系列	181
第三节 圆锥几何参数误差对圆锥配合的影响	183
第四节 圆锥公差及其给定方法	185
第五节 角度与锥度的检验和测量	190
小结	193
习题与思考题	194
第八章 键和花键的公差与检测	195
第一节 概述	195
第二节 平键连接	195
第三节 矩形花键连接	199

小结	205
习题与思考题	205
第九章 螺纹的公差与检测	206
第一节 概述	206
第二节 螺纹几何参数偏差对互换性的影响	210
第三节 普通螺纹的公差与配合	214
第四节 螺纹公差带及螺纹配合的选用	218
第五节 普通螺纹的标注与应用举例	219
第六节 螺纹的检测	222
小结	224
习题与思考题	225
第十章 圆柱齿轮公差与检测	226
第一节 概述	226
第二节 齿轮误差的评定指标和检测	228
第三节 齿轮副的评定及其检测	239
第四节 渐开线圆柱齿轮的精度标准	240
小结	255
习题与思考题	255
参考文献	257

第一章 绪 论



第一节 互换性概述

一、互换性及其意义

在日常生活中，经常会遇到零件互换的情况。例如，机器、汽车、拖拉机、自行车、缝纫机上的零件坏了，只要换上相同型号的零件就能正常运转，不必考虑生产厂家，之所以这样方便，就是因为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。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。

二、互换性的种类

互换性按其互换程度不同可分为以下几类。

1. 完全互换性

同一批零部件装配前不作任何挑选，装配时不需辅助修配和调整，装配后能满足其预定的使用要求，如螺栓、滚动轴承、圆柱销等标准件大都属于此类。

2. 不完全互换性

在装配时允许有附加选择或调整，但不允许任何修配。

不完全互换性多用于生产批量小和装配精度要求高的情况。当装配精度要求很高时，每个零件的精度也势必要求很高，这样会给零件的制造带来一定的困难。为了解决这一矛盾，在生产中常采用分组装配法、调整法或其他方法来实现。

3. 不具有互换性

在装配时需要对零件进行修配。

对于单件小批量生产的高精度产品，在装配时往往采用修配法和调整法来生产，这种生产方式效率低，但能获得高精度产品。

三、误差与公差

在加工零件的过程中，由于各种因素（机床、刀具、温度等）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，不必要求零件几何量绝对准确，只要求零件几何量在某一规定的范围内变动，即保证同一规格零部件（特别是几何量）彼此接近。这个允许几何量变动的范围叫做几何量

公差。这也是本课程所讲公差的范畴。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,并把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。

四、公差标准

为了实现互换性生产,对各种各样的公差要求必须有统一的术语、合理的数值以及合适的图样标注方式,使从事机械设计和(或)机械加工的人员具有共同的技术语言和技术依据,使得在设计 and 生产过程中较为方便、合理和经济,这就是为什么必须制定公差标准。公差标准是对零件的公差和零件之间相互配合所制定的技术标准。



第二节

标准化与优先数系

一、标准与标准化的概念

标准是指对重复性事物和概念所作的科学简化、协调和优选,并经一定程序审批后所颁布的统一规定。标准化包含标准制定、贯彻和修改的全部过程。

我国将标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

国家标准是需要在全国范围内有统一的技术要求时,由国家质量监督检验检疫总局颁布的标准。

行业标准是在没有国家标准,而又需要在全国某行业范围内有统一的技术要求时,由该行业的国家授权机构颁布的标准。但在有了国家标准后,该项行业标准即行废止。

地方标准是在没有国家标准和行业标准,而又需要在省、自治区、直辖市范围内有统一的技术安全、卫生等要求时,由地方政府授权机构颁布的标准。但在公布相应的国家标准或行业标准后,该地方标准即行废止。

企业标准是对企业生产的产品,在没有国家标准和行业标准及地方标准的情况下,由企业自行制定的标准,并以此标准作为组织生产的依据。如果已有国家标准或行业标准及地方标准,企业也可以制定严于国家标准或行业标准的企业标准,在企业内部使用。

二、优先数系

国家标准《优先数和优先数系》(GB/T 321—2005)规定十进制等比数列为优先数系,并规定了5个系列,分别用系列符号R5、R10、R20、R40和R80表示,称为Rr系列。其中前4个系列是常用的基本系列,而R80作为补充系列,仅用于分级很细的特殊场合。

优先数系是工程设计和工业生产中常用的一种数值制度。优先数与优先数系是19世纪末(1877年)法国人查尔斯·雷诺(Charles Renard)首先提出的。当时载人升空的气球所使用的绳索尺寸由设计者随意规定,多达425种。雷诺根据单位长度不同直径绳索的重量级数来确定绳索的尺寸,按几何公比递增,每进5项使项值增大10倍,把绳索规格减少到17种,并在此基础上产生了优先数系的系列。后人为了纪念雷诺,将优先数系称为Rr数系。

优先数的主要优点是：相邻两项的相对差均匀、疏密适中、运算方便、简单易记。在同系列中，优先数的积、商、整数乘方仍为优先数。

优先数系是十进等比数列，其中包含 10 的所有整数幂（……0.01、0.1、1、10、100、……）。只要知道一个十进段内的优先数值，其他十进段内的数值就可由小数点的前后移位得到。

优先数系中的数值可方便地向两端延伸，如表 1-1 中的数值，使小数点前后移位，便可以得到所有小于 1 和大于 10 的任意优先数。

优先数系的公比为 $q_r = \sqrt[5]{10}$ 。由表 1-1 可以看出，基本系列 R5、R10、R20、R40 的公比分别如下：

R5 系列 $q = \sqrt[5]{10} \approx 1.60$

R10 系列 $q = \sqrt[10]{10} \approx 1.25$

R20 系列 $q = \sqrt[20]{10} \approx 1.12$

R40 系列 $q = \sqrt[40]{10} \approx 1.06$

另外，补充系列 R80 的公比为 $q = \sqrt[80]{10} \approx 1.03$ 。

表 1-1 优先数基本系列（摘自 GB/T 321—2005）

基本系列（常用值）				计 算 值
R5	R10	R20	R40	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.000 0
			1.06	1.053 9
			1.12	1.122 0
			1.18	1.188 5
			1.25	1.258 9
	1.25	1.25	1.32	1.333 5
			1.40	1.412 5
			1.50	1.496 2
			1.60	1.584 9
			1.70	1.678 8
1.60	1.60	1.60	1.80	1.778 3
			1.90	1.883 6
			2.00	1.995 3
			2.12	2.113 5
			2.24	2.238 7
	2.00	2.00	2.36	2.371 4
			2.50	2.511 9
			2.65	2.660 7
			2.80	2.818 4
			3.00	2.985 4
2.50	2.50	2.50		

续表

基本系列 (常用值)				计算值
R5	R10	R20	R40	
4.00	3.15	3.15	3.15	3.162 3
			3.35	3.349 7
		3.55	3.55	3.548 1
			3.75	3.758 4
	4.00	4.00	4.00	3.981 1
			4.25	4.217 0
		4.50	4.50	4.466 8
			4.75	4.731 5
		5.00	5.00	5.011 9
			5.30	5.308 8
			5.60	5.623 4
			6.00	5.956 6
	6.30	6.30	6.30	6.309 6
			6.70	6.683 4
		7.10	7.10	7.079 5
			7.50	7.498 9
		8.00	8.00	7.943 3
			8.50	8.414 0
		9.00	9.00	8.912 5
			9.50	9.440 6
10.00	10.00	10.00	10.00	10.000 0

由表 1-1 可知:

① 优先数向纵向发展中的任一数均为优先数, 任意两项的积或商都为优先数, 任意一项的整数乘方或开方也都为优先数。

② R5、R10、R20、R40 前一项数系的项值包含在后一数系中。

③ 表列以 1~10 为基础, 所有大于 10 或小于 1 的优先数, 均可用 10 的整次幂乘以表 1-1 中的数值求得, 这样可以使该系列向两端无限延伸。

根据生产需要, 亦可派生出变形系列, 如 R10/3 系列, 即在 R10 数列中按每隔 3 项取 1 项的数列, 其公比为 $R10/3 = (\sqrt[10]{10})^3 = 2$, 如 1、2、4、8、……



第三节

几何量检测的重要性

几何量检测是组织互换性生产必不可少的重要措施。由于零部件的加工误差不可避免, 所以必须采用先进的公差标准, 对构成机械的零部件的几何量规定合理的公差, 用以实现零

部件的互换性。但若不采用适当的检测措施,规定的公差会形同虚设,不能发挥作用。因此,应按照公差标准和检测技术要求对零部件的几何量进行检测。只有几何量检测合格者,才能保证零部件在几何量方面的互换性。检测是检验和测量的统称。一般来说,测量的结果能够获得具体的数值;检验的结果只能判断合格与否,而不能获得具体数值。但是在检测过程中又会不可避免地产生或大或小的测量误差。这将导致两种误判:一是把不合格品误认为合格品而给予接受——误收;二是把合格品误认为废品而给予报废——误废。这是测量误差表现在检测方面的矛盾。这就需要从保证产品的质量和经济性两方面综合考虑,合理解决。检测的目的不仅仅在于判断工件合格与否,还有积极的一面,这就是根据检测的结果,分析产生废品的原因,以便设法减少和防止废品的产生。



第四节

本课程的性质、任务与要求

“公差配合与技术测量”是一门综合性的应用技术基础课程,本课程的发展与机械工业的发展密切相关。它是在手工作坊式的生产方式向现代化大工业发展的进程中发展产生的。“公差配合与技术测量”是机械类各专业的一门极其重要的核心专业技术基础课程,它涉及几何量公差与技术测量两个范畴。它是联系机械设计与机械制造等课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。

本课程的主要任务是使学生具备机械加工高素质劳动者和中、初级专门人才所必需的极限与配合的基本知识,几何量测量的基本理论,检测产品的基本技能。其主要内容包括极限与配合、表面粗糙度、形状和位置公差、花键公差、螺纹公差、齿轮公差等最新国家标准以及技术测量的基础知识。



小结

机械零件的几何精度设计原则是互换性原则和经济性原则。

机器零部件具有互换性必须同时满足两个条件,缺一不可:

- ① 装配前不需挑选、不经修理就能进行装配。
- ② 装配后能满足使用性能的要求。

本门课程所研究的互换性,主要是围绕几何量参数进行的,根据不同的对象、不同的部门、不同的技术要求可采用完全互换或不完全互换。

互换性在设计、制造、使用、维修等方面都起着重要的作用。

几何量误差可分为尺寸误差、几何形状误差(包括宏观几何形状误差、微观几何形状误差和表面波度)和相互位置误差。误差的产生是不可避免的,但必须控制在公差所规定的范围内。

互换性是现代化生产的重要原则,互换性只能通过标准化来实现。制定和贯彻公差标准、采用相应的技术测量措施是实现互换性的必要条件。近年来我国在标准化和计量工作上有了很大的发展,各种公差制都积极地向国际标准靠拢,长度计量单位也基本统一,测量技术和计量器具有了较大的发展。

标准化涉及面较广,最直接应用的是标准化的优先数系,它在各章中均会用到。掌握好

优先数系的实质和概念对今后的技术工作是有益的。



习题与思考题

1. 什么叫互换性？互换性有哪几类？
2. 完全互换和不完全互换有何区别？各适用于何种场合？
3. 什么是标准和标准化？标准化与互换性有何关系？
4. 为何要采用优先数系？R5、R10、R20、R40 这 4 个系列各代表什么？
5. 下面各列数据属于哪种系列？公比是多少？
 - (1) 家用灯泡 15~100 W 中的各种瓦数为 15 W、25 W、40 W、60 W、100 W。
 - (2) 某机床主轴转速为 50、63、100、125、……（单位为 r/min）。
 - (3) 表面粗糙度 Ra 的基本系列为 0.025、0.050、0.100、0.20、……（单位为 μm ）。

第二章 光滑圆柱体结合的公差与配合



第一节 概 述

机械行业在国民经济中占有举足轻重的地位,而孔、轴配合是机械制造中最广泛的一种配合,它对机械产品的使用性能和寿命有很大的影响,所以说,孔、轴配合是机械工程中重要的基础标准,它不仅适用于圆柱形孔、轴的配合,也适用于由单一尺寸确定的配合表面的配合。为了保证互换性,必须制定统一的设计、制造与检验的国家标准。

孔、轴的极限与配合的标准化是一项综合性的技术基础工作,是推行科学管理、推动企业技术进步和提高企业管理水平的重要手段。它不仅可防止产品尺寸设计中的混乱,有利于工艺过程、产品使用和维修的经济性,而且还利于刀具和量具等的标准化。

机械产品的各种零部件在进行机械的运动设计、结构设计、强度和刚度设计后计算出公称尺寸,接下来就要进行尺寸的精度设计。

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特征技术要求的一致性。就尺寸而言,互换性要求尺寸的一致性,但并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸,而只要求尺寸在某一合理的范围内。对于相互结合的零件,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,这样就形成了“极限与配合”的概念。“极限”用于协调机器零件使用要求与制造经济性之间的矛盾,“配合”用于反映零件组合时相互之间的关系。



第二节 基本术语与定义

一、要素方面的术语和定义

1. 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、两个平行对应面、圆锥形或楔形。

2. 公称(组成)要素

公称(组成)要素是由技术制图或其他方法确定的理论正确组成要素,如由一个或几个公称组成要素导出的中心点、轴线或中心平面,如图 2-1(a)所示。

3. 实际（组成）要素

实际（组成）要素是由接近实际（组成）要素所限定的工件实际表面的组成要素部分，如图 2-1（b）所示。

4. 提取组成要素

提取组成要素是按规定方法，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，如图 2-1（c）所示。

5. 提取导出要素

提取导出要素是由一个或几个提取组成要素得到的中心点、中心线或中心面，如图 2-1（c）所示。提取圆柱面的导出中心线称为提取中心线；两个相对提取平面的导出中心面称为提取中心面。

6. 拟合组成要素

拟合组成要素是按规定方法，由提取组成要素形成的具有理想形状的组成要素，如图 2-1（d）所示。

7. 拟合导出要素

拟合导出要素是由一个或几个拟合组成要素导出的中心点、轴线或中心平面，如图 2-1（d）所示。

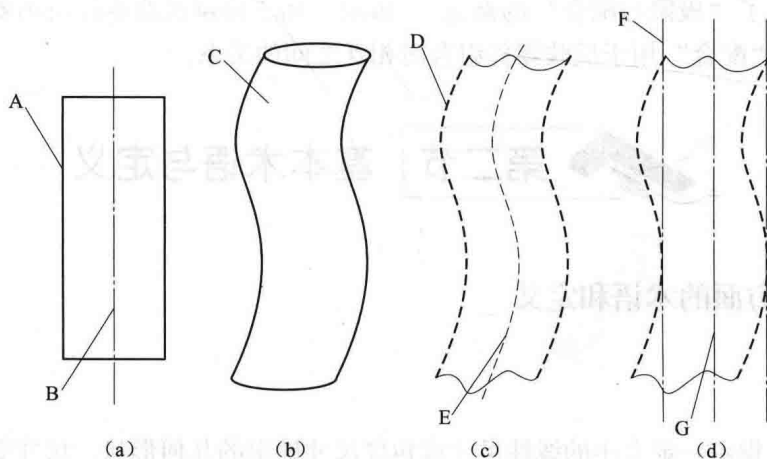


图 2-1 几何要素定义之间的相互关系

(a) 公称（图样）；(b) 工件（实际）；(c) 提取（有限点）；(d) 拟合（理想形状）

A—公称组成要素；B—公称导出要素；C—实际要素；D—提取组成要素；

E—提取导出要素；F—拟合组成要素；G—拟合导出要素

二、尺寸方面的术语及定义

1. 尺寸

尺寸是以特定单位表示线性尺寸值的数值，如长度、宽度、高度、半径、直径及中心距等。在机械工程图中，通常以 mm 为单位。

2. 公称尺寸 (D 、 d)

由图样规范确定的理想形状要素的尺寸称为公称尺寸，如图 2-2 所示。公称尺寸可以是一个整数或一个小数值，如 32、15、8.75、0.5、……孔的公称尺寸用大写字母“ D ”表示，轴的公称尺寸用小写字母“ d ”表示。

3. 提取组成要素的局部尺寸 (D_a 、 d_a)

提取组成要素的局部尺寸是一切提取组成要素上两个对应点之间距离的统称。

(1) 提取圆柱面的局部尺寸。提取圆柱面的局部尺寸是指要素上两个对应点之间的距离。其中：两个对应点之间的连线通过拟合圆圆心；横截面垂直于由提取表面得到的拟合圆柱面的轴线。

(2) 两平行提取表面的局部尺寸。两平行提取表面的局部尺寸是指两个平行对应提取表面上两个对应点之间的距离。其中：所有对应点的连线均垂直于拟合中心平面；拟合中心平面是由两个平行提取表面得到的两个拟合平行平面的中心平面（两个拟合平行平面之间的距离可能与公称距离不同）。

4. 极限尺寸

尺寸要素允许的尺寸的两个极端称为极限尺寸。提取组成要素的局部尺寸应位于其中，也可达到极限尺寸。

(1) 上极限尺寸 [$D(d)_{\max}$]。即尺寸要素允许的最大尺寸，如图 2-2 所示。

(2) 下极限尺寸 [$D(d)_{\min}$]。即尺寸要素允许的最小尺寸，如图 2-2 所示。

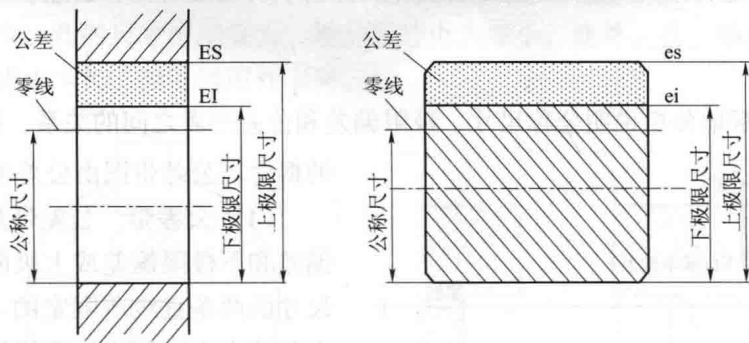


图 2-2 公称尺寸与极限尺寸示意图

三、偏差、公差方面的术语及定义

1. 极限制

极限制是经标准化的公差与偏差制度。

2. 偏差

偏差是某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差。

(1) 上极限偏差 (ES, es)。即上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差, 如图 2-2 所示。

(2) 下极限偏差 (EI, ei)。即下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差, 如图 2-2 所示。

极限偏差可用下列公式计算:

孔的上偏差 $ES = D_{\max} - D$, 孔的下偏差 $EI = D_{\min} - D$

轴的上偏差 $es = d_{\max} - d$, 轴的下偏差 $ei = d_{\min} - d$

3. 零线

零线是表示公称尺寸的一条直线, 以其为基准确定偏差和公差, 如图 2-2 所示。

4. 基本偏差

在极限与配合制中, 确定公差带相对零线位置的那个极限偏差称为基本偏差。它可以是上极限偏差, 也可以是下极限偏差, 一般为靠近零线的那个偏差, 如图 2-2 所示为下极限偏差。

5. 公差

(1) 尺寸公差 (简称公差)。尺寸公差是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, 如图 2-2 所示。

公差是绝对值不能为负值, 也不能为零 (公差为零, 零件将无法加工)。孔和轴的公差分别用 “ T_h ” 和 “ T_s ” 表示。

尺寸公差、极限尺寸和极限偏差的关系如下:

孔的公差 $T_h = |D_{\max} - D_{\min}| = |ES - EI|$

轴的公差 $T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei|$

(2) 标准公差 (IT)。标准公差是极限与配合制中所规定的任一公差。

6. 公差带图

为了能更直观地分析说明公称尺寸、极限偏差和公差三者之间的关系, 提出了公差带图

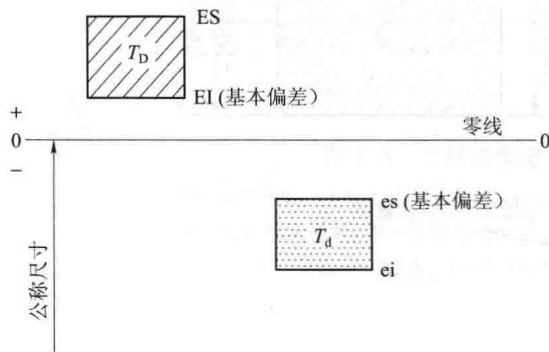


图 2-3 公差带图

的概念。公差带图由公差带和零线组成。

(1) 公差带。公差带是由代表上极限偏差和下极限偏差或上极限尺寸和下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域。它是由公差大小和其相对零线的位置 (如基本偏差) 来确定的, 如图 2-3 所示。

(2) 零线。零线是在极限与配合图解中表示公称尺寸的一条直线, 以其为基准确定偏差和公差, 如图 2-3 所示。通常, 零线沿水平方向绘制, 正偏差位于其上,