



21世纪机械专业教育系列规划教材
全国高等职业教育教材编委会专家审定

极限配合与 技术测量

朱地维 主 编



天津科学技术出版社



极限配合与技术测量

朱地维 主编



天津科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

极限配合与技术测量 / 朱地维主编. — 天津: 天津科学技术出版社, 2009. 1
ISBN 978-7-5308-4096-4

I. 极… II. 朱… III. ①公差: 配合 ②技术测量 IV.
TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 166264 号

责任编辑: 曹 阳

责任印制: 王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人: 胡振泰

天津市西康路 35 号 邮编: 300051

电话: (022) 23332403 (编辑室) (022) 23332393 (发行部)

网址: www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/16 印张 11.5 字数 25 万字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

定价: 22.00 元

前 言

《极限配合与技术测量》是职业院校机械类、近机类和仪器仪表类各专业的一门重要技术基础课,密切联系着其他基础课和专业课。

本课程研究机械制造中的加工误差、互换性原理和几何量的检测,为学生继续学习机械设计、制造、维护、测量打下理论基础。本书以职业教育中的实际技能要求为宗旨,内容简明、易懂、易学、重点突出。作者在编写过程中注重实例引入,以便读者对全书内容的融汇贯通。

本书共有八章的内容,分别是:第一章绪论,第二章尺寸极限与配合,第三章技术测量基础,第四章形状和位置公差及其误差检测,第五章表面粗糙度,第六章平键、花键联结的公差与检测,第七章普通螺纹结合的公差与检测,第八章直齿圆柱齿轮的公差与检测。为了巩固所学知识,每章配习题、实验。

本书是一直从事职业院校一线工作教师积累多年经验而编写。具有如下特点。

1. 书中全部采用最新国家标准,对传统教材《互换性与测量技术基础》的内容进行了精选,并增加了新知识内容,如现代制造精度保证和检测基础知识,以体现教材的系统性和先进性。

2. 取材新颖,理论联系实际,结构紧凑,文字精练,突出职业教育特点,内容按排由浅入深,突出重点与难点,具有较强的系统性、准确性和逻辑性。

3. 适用面广,既可为高职高专、中职中专教育作教材使用,又可为广大工程技术人员或从事机械设计、制造、标准化和计量检测工作人员作参考。

本书疏漏之处肯请广大读者批评指正。

编 者
2009 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 互换性概述.....	1
第二节 几何量的误差与测量.....	2
第三节 标准及标准化.....	3
第四节 优先数和优先数系.....	5
第五节 本课程的性质和选务.....	6
本章习题	7
第二章 尺寸极限与配合	8
第一节 基本概念.....	8
第二节 极限与配合的标准化	15
第三节 公差与配合的选用	32
本章习题	40
第三章 技术测量基础	41
第一节 概述	41
第二节 常用长度量具与量仪	42
第三节 角度量具及测量	64
第四节 测量误差	67

第五节 测量器具的选择	69
-------------------	----

本章习题	70
------------	----

第四章 形状和位置公差及其误差检测

72

第一节 概述	72
--------------	----

第二节 形位公差的标注方法	78
---------------------	----

第三节 形位公差及公差带	84
--------------------	----

第四节 公差原则	102
----------------	-----

第五节 形位误差的评定及检测	110
----------------------	-----

本章习题	118
------------	-----

第五章 表面粗糙度

120

第一节 概述	120
--------------	-----

第二节 表面粗糙度的评定	121
--------------------	-----

第三节 表面粗糙度的标注及选用	124
-----------------------	-----

第四节 表面粗糙度的检测	128
--------------------	-----

本章习题	130
------------	-----

第六章 平键、花键联结的公差与检测

131

第一节 平键联结的公差与检测	131
----------------------	-----

第二节 矩形花键联结的公差与检测	134
------------------------	-----

本章习题	138
------------	-----

第七章 普通螺纹结合的公差与检测	139
第一节 概述	139
第二节 螺纹几何参数误差对互换性的影响	140
第三节 普通螺纹的公差与配合	143
第四节 普通螺纹的检测	150
本章习题	153

第八章 直齿圆柱齿轮的公差与检测	155
第一节 概述	155
第二节 齿轮误差的评定指标及检测	157
第三节 齿轮副误差的评定指标及检测	164
第四节 渐开线圆柱齿轮精度标准及应用	166
本章习题	174

学生实验	176
-------------------	-----

第一章 绪 论

第一节 互换性概述

一、互换性的基本概念

现代化工业生产是专业化的协作生产,即用分散加工,集中装配的方法来保证产品质量、提高生产率和降低成本的。例如,在汽车制造业中,汽车上的成千上万个零(部)件是由上百家工厂分工协作进行专业化生产的,汽车制造厂只负责生产若干主要零件。最后,集中到汽车制造厂进行部装和总装。由此可知,实现专业化协作生产的重要条件是所生产的零(部)件必须具有互换性。

(一)互换性的含义

在机械工业中,互换性是指相同规格的零(部)件,装配或更换时,不经挑选、调整或附加加工,就能进行装配,并且满足预定的使用性能。

零(部)件的互换性应包括其几何参数、力学性能和理化性能等方面的互换性。本课程主要研究几何参数的互换性。

(二)互换性的种类

按互换的程度可分为完全互换性与不完全互换性

1. 完全互换性

若零(部)件在装配或更换时,不经挑选、调整或修配,装配后就能满足预定的使用性能,则这样的零(部)件具有完全互换性。

2. 不完全互换性

若零(部)件在装配或更换时,允许有附加选择或附加调整,但不允许修配,装配后也能满足预定的使用性能,则这样的零(部)件具有不完全互换性。例如,当装配精度要求很高时,采用完全互换性,将使零件的制造公差很小,加工难度加大,成本高,甚至无法加工。为此,生产中可适当地放大零件的制造公差,以便加工。在装配前,根据相配零件实际尺寸的大小分成若干对应组,使对应组内尺寸差别较小,对应组零件进行装配,大孔配

大轴,小孔配小轴。这样,既解决了加工困难,又保证了装配精度,这种仅限于组内零件的互换称为不完全互换性。

二、互换性的作用

从设计上看,由于采用具有互换性的标准件、通用件,可使设计工作简化,设计周期缩短,并便于计算机辅助设计。

从制造上看,互换性是组织专业化协作生产的重要基础。可以分散加工,集中装配。有利于使用现代化的工艺装备,有利于利用流水线和自动线等先进的生产方式,有利于产品质量和生产率的提高,有利于生产成本的下降。

从装配上看,由于装配时不需附加加工和修配,因此互换性减轻了工人的劳动强度,缩短了劳动周期,并且可以采用流水作业的装配方式,大幅度地提高生产率。

从使用上看,由于零(部)件具有互换性,生产中各种设备的零(部)件及人们日常使用的拖拉机、自行车等零(部)件损坏后,可在最短时间内用备件加以替换,很快地恢复其使用功能,因此减少了修理时间及费用,从而提高了设备的利用率,延长了它们的使用性能。

综上所述,互换性是现代化生产基本的技术经济原则,在机器的制造与使用中具有很重要的作用。

第二节 几何量的误差与测量

一、几何量的误差

要保证零件具有互换性,就必须保证零件几何参数的准确性。在零件加工过程中,由于会受到各种因素的影响,因此不可能做得绝对准确,其制得的零件几何参数总不可避免地会产生误差,这样的误差称为几何量误差。几何量误差主要包括尺寸误差、形位误差和表面微观形状误差(表面粗糙度)等。虽然零件上的几何量误差可能会影响零件的使用功能和互换性,但实践证明,只要将这些误差控制在一定的范围内,即将零件几何量实际值的变动限制在一定范围内,保证同一规格的零件彼此充分近似,则零件的使用功能和互换性都能得到保证。因此,为了限制误差,提出公差的概念。公差即允许工件尺寸、几何形状和相互位置参数存在变动的范围,它包括尺寸公差和形位公差等。工件的误差在公差范围内,为合格件;超出公差范围,为不合格件。误差是在加工过程中产生的,而公差则是由设计人员给定的。

二、几何量的测量

实践证明,要保证零件的使用功能和互换性,不仅要对产品各零部件的几何量规定合

理的公差,还要有相应的技术测量措施。只有通过测量,才能判断零件的几何量误差是否控制在公差范围内。因此,测量是生产中不可缺少的技术手段,是实现互换性生产的技术保证。测量的目的,不仅在于判断零件是否合格,还要依据测量的结果,分析产生不合格的原因,及时采取必要的工艺措施,提高加工精度,减少不合格产品,提高合格率,从而降低生产成本和提高生产率。

几何量测量在我国具有悠久的历史。早在秦朝,就已统一度量制度。但由于我国历史上长期的封建统治,科学技术未能得到发展,因此测量技术和计量器具曾长期处于落后状态,直到新中国成立才扭转这种局面。1959年国务院发布《关于统一计量制度的命令》,正式确定采用国际米制作为我国的基本长度计量单位。1977年国务院发布《中华人民共和国计量管理条例》,健全各级计量机构和长度量值传递系统,保证全国计量单位的统一。1984年发布《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,在全国范围内统一实行以国际单位制为基础的法定计量单位。1985年颁布了计量法。这样,在国家省市、企业各级计量机构管理下,我国的长度计量单位基本得到统一,尺寸的准确传递也得以实现。与此同时,我国的计量器具也有较大的发展,不仅能生产较多品种的计量仪器,而且计量仪器的精度也得到很大的提高,有些甚至达到世界领先水平。

第三节 标准及标准化

一、标准及标准化的概念

要实现互换性,则要求设计、制造、检验等工作按照统一标准进行。在我国国家标准《标准化基本术语》(GB 3935.1—1982)中,把“标准”定义为对重复性事物和概念所做的统一规定。“标准”即是一种“规定”,它的制定是以科学、技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。“标准化”的定义是在经济、技术、科学及管理等社会实践中,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。制定“标准”是“标准化”中的一项工作。

二、标准的分类与级别

1. 标准的分类

按照标准化对象的特征,标准可分为基础标准、产品标准、方法标准、卫生标准、安全与环境保护标准等。以标准化共性要求和前提条件为对象的标准称为基础标准,如计量单位、术语、符号、优先数系、机械制图、极限与配合、零件结构要素等。这类标准具有最一

般的共性,因而是通用性最强的标准。本课程主要涉及的就是此类标准,如极限与配合标准、形位公差标准、表面粗糙度标准等。

2. 标准的级别

目前我国标准分为 4 级,即国家标准、专业标准(部委标准)、地方标准和企业标准。

由国家标准化主管部门审批颁布,对全国经济技术发展有重大意义,必须在全国范围内统一执行的标准称为国家标准,用 GB 代号表示。例如代号 GB 1800—1979,其中,GB 代表国家标准;1800 代表标准编号;1979 代表标准颁布的年代。

由专业(或部委)标准化部门批准发布,在专业范围内统一执行的标准称为专业标准(部委标准)。

由地方标准化主管部门审批颁布的标准称为地方标准。通常是在没有国家标准或国家标准不能满足需要的情况下,依据某地区的特殊情况发布的仅在该地区范围内统一执行的标准。

由企业内部所制定颁发的标准称为企业标准,用代号 QB 表示。企业标准一般高于专业标准和国家标准。

从世界范围看,还有国际标准和区域标准。国际标准是指由国际标准化组织和国际电工委员会等国际组织颁布的标准。区域标准是指世界某一区域标准化团体颁布的标准或采用的技术规范。

一般来说,国家标准、专业标准和企业标准为强制执行的标准,且专业标准(部委标准)和企业标准不得与国家标准相抵触,企业标准不得与专业标准(部委标准)相抵触;而国际标准为推荐和指导性标准,不能强迫执行。但由于国际标准的先进性和通用性,以及国际技术交流的需要,世界各国纷纷修订自己的国家标准,以便向国际标准靠拢。

三、标准化与互换性生产的关系

标准化是实现互换性的前提。现代化生产的特点是规模大、分工细、协作多,为适应生产中各个单位、部门之间的协调和衔接,必然通过“标准”使分散的、局部的生产部门和生产环节保持必要的统一。因此,标准化是保证互换性生产的手段,而互换性又为标准化活动及其进一步发展提供条件。可以说,如果不要求互换性,就不需要进行标准化。

四、标准化的作用

从作用上讲,标准化的影响是多方面的。世界各国的经济发展过程表明,标准化是组织现代化大生产的重要手段,是实现专业化协作生产的必要前提,是科学管理的重要组成部分。标准化同时是联系科研、设计、生产和使用等方面的纽带,是使整个社会经济合理化的技术基础。标准化也是发展贸易,提高产品在国际市场上竞争能力的技术保证。现

代化的程度越高,对标准化的要求也越高。搞好标准化,对加速发展国民经济,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卫生,以及改善人民生活等都有重要的作用。

第四节 优先数和优先数系

在产品设计中,需要确定许多技术参数。即使同一类产品的同一技术参数,也需要取不同的数值,以形成不同规格的产品系列,来满足不同情况下的使用要求。产品系列的确定是否合理,与技术参数的数值如何选择密切相关。当选定一个数值作为某产品的参数指标时,这个数值就会按一定的规律,向一切有关材料和制品的相应指标传播。例如,若螺纹孔的直径尺寸一定,则其相应的攻丝前钻孔用的钻头直径、加工螺纹所用的丝锥的尺寸以及检验该螺纹孔所用的螺纹塞规的尺寸等也随之确定下来,这种情况称为数值的传播。因此,为了既能满足用户对产品的多种需要,又能简化生产、节约原材料、降低成本,必须对产品的技术参数进行合理的简化和统一。优先数和优先数系正是进行这种简化和统一的一种科学的数值制度。

国家标准(GB/T 321—1980)规定的优先数系是由公比为 $\sqrt[5]{10}$ 、 $\sqrt[10]{10}$ 、 $\sqrt[20]{10}$ 、 $\sqrt[40]{10}$ 和 $\sqrt[80]{10}$,且项值中含有10的整数幂的理论等比数列导出的一组近似的等比数列。各数列分别用符号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。其中前4个系列为常用的基本系列,而R80系列则作为补偿系列。前4个系列的公比分别为:

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

$$\text{R10 系列的公比 } q_{10} = \sqrt[10]{10} \approx 1.2589 \approx 1.25$$

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

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

优先数系中的任何一个项值均为优先数,其值见表1-1。从表1-1可以发现,R5系列的项值包含在R10系列中,R10系列的项值包含在R20系列之中,R20系列的项值包含在R40系列之中。

此外,为了使优先数系有更大的适应性,可从基本系列中每隔几项选取一个优先数,组成一个新的系列,这种新的系列称为派生系列。例如,派生系列 $R \frac{10}{2}$ 就是从基本系列R10中每隔一项取出一个优先数组成的,当首项为1时, $R \frac{10}{2}$ 系列为1.00,1.60,2.50,6.30,10.00,...

采用等比数列作为优先数系可使相邻两个优先数的相对差相同,且运算方便,简单易记。选用基本系列时,应遵守先疏后密的规则,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,以免规格过多。

表 1-1 优先数系的基本系列(常用值)

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	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				

第五节 本课程的性质和任务

《极限配合与技术测量》是职业技术学校机械冷加工专业的一门专业基础课。在教学计划中,本课程是联系设计类课程和机械制造工艺类课程的纽带,是从基础课及其他技术基础课向专业课过渡的桥梁。

学生学习完本课程后,应达到如下基本要求。

- (1) 掌握互换性和标准化的基本概念及有关的基本术语和定义。
- (2) 掌握几何量公差的内容、特点及其检测方法。
- (3) 掌握公差与配合方面的基本计算方法。
- (4) 掌握几何量公差代号的标注和识读。
- (5) 理解常用量具的读数原理和使用方法。

在学习本课程前,应具有一定的机械原理和机械制图方面的知识和初步的生产实践知识。在学习本课程时,应将本课程的学习与机械工艺类课程的学习及生产实习结合起来,相互促进,进一步理解和掌握本课程的内容。

本章习题

1. 什么叫互换性？完全互换性和不完全互换性有什么区别？
2. 按互换性原则组织生产有哪些优越性？
3. 几何量的误差包括哪些内容？
4. 什么是标准？什么是标准化？标准化的作用是什么？
5. 如何理解标准化和互换性生产的关系？
6. 什么是优先数系？基本系列有哪些？

第二章 尺寸极限与配合

第一节 基本概念

光滑圆柱体在机械制造业中应用最为广泛,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,而且适用于其他各种由单一尺寸确定的包容面与被包容面的结合。

1997 年至 1998 年对 GB 1800—1979 进行了修订,修订后的 GB/T 1800 由 3 部分组成:

GB/T 1800.1—1997《极限与配合基础第 1 部分:词汇》;

GB/T 1800.2—1998《极限与配合基础第 2 部分:公差、偏差和配合的基本规定》;

GB/T 1800.3—1998《极限与配合基础第 3 部分:标准公差与基本偏差数值表》。

1999 年又制定 GB/T 1800.4—1999《极限与配合标准公差等级和孔、轴的极限偏差值表》。同时对 GB 1801—1979、GB 1802—1979 进行修订,修订后的结果为 GB/T 1801—1999《极限与配合公差带与配合的选择》。

2000 年对 GB/T 1804—1992《一般公差线性尺寸的未注公差》和 GB/T 11335—1989《未注公差角度的极限偏差》进行了修订,修订后的结果为 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》。

本章将主要介绍修订后的国家标准,以说明公差与配合国家标准构成的基本原理和使用原则。

一、有关孔和轴的定义

孔是指工件的圆柱形内表面及其他非圆柱形内表面中由单一尺寸确定的部分。轴是指圆柱形外表面及其他非圆柱形外表面中由单一尺寸确定的部分,也就是说孔为包容面,轴为被包容面,如图 2-1 所示。

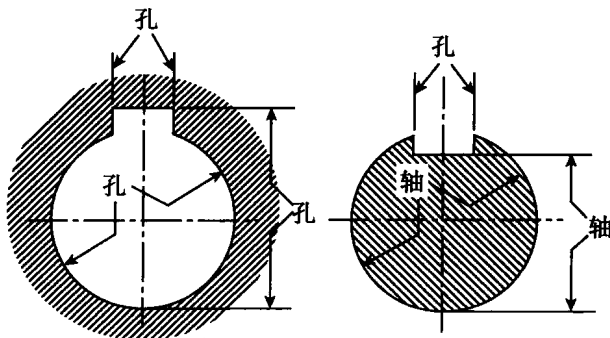


图 2-1 孔和轴示例

二、有关尺寸的术语和定义

1. 尺寸

尺寸是指以特定单位表示线性尺寸值的数值。线性尺寸值包括直径、半径、宽度、高度、深度、厚度及中心距等。在技术图样上,尺寸的特定计量单位为 mm,以此为单位时,一般可省略不写。

2. 基本尺寸

通过基本尺寸应用上、下偏差可算出极限尺寸的数值称为基本尺寸。基本尺寸由设计时给定,是在设计时考虑零件的强度、刚度、工艺及结构等方面的因素,通过试验、计算或依据经验确定。孔和轴的基本尺寸分别以字母 D 和 d 表示。为减少定值刀具、量具的规格,基本尺寸应尽量采用标准尺寸。

3. 实际尺寸

实际尺寸是指通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。由于存在测量误差,因此零件实际尺寸并非被测量零件尺寸的真值。又由于加工误差的存在,因此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 2-2 所示。孔和轴的实际尺寸分别以 D_a 和 d_a 表示。

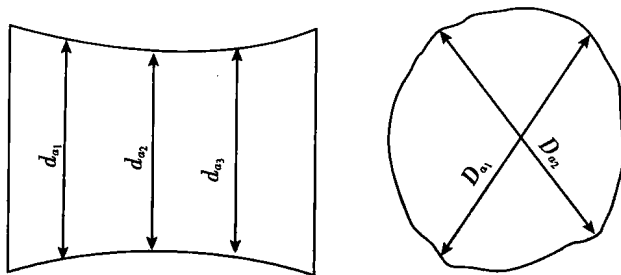


图 2-2 实际尺寸

4. 极限尺寸

极限尺寸是指一个孔或轴允许的尺寸的两个极端。孔或轴允许的最大尺寸称为最大极限尺寸,孔或轴允许的最小尺寸称为最小极限尺寸。孔的最大和最小极限尺寸分别以 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$ 表示,轴的最大和最小极限尺寸分别以 $d_{\max}$ 和 $d_{\min}$ 表示。极限尺寸是以基本尺寸为基数来确定的,它用于控制实际尺寸。尺寸合格条件为: $D_{\min} \leq D_a \leq D_{\max}$; $d_{\min} \leq d_a \leq d_{\max}$ 。如图 2-3 所示,孔的基本尺寸 D 为 30 mm,孔的最大极限尺寸 $D_{\max}$ 为 30.021 mm,孔的最小极限尺寸 $D_{\min}$ 为 30 mm;轴的基本尺寸 d 为 30 mm,轴的最大极限尺寸 $d_{\max}$ 为 29.993 mm,轴的最小极限尺寸 $d_{\min}$ 为 29.980 mm。

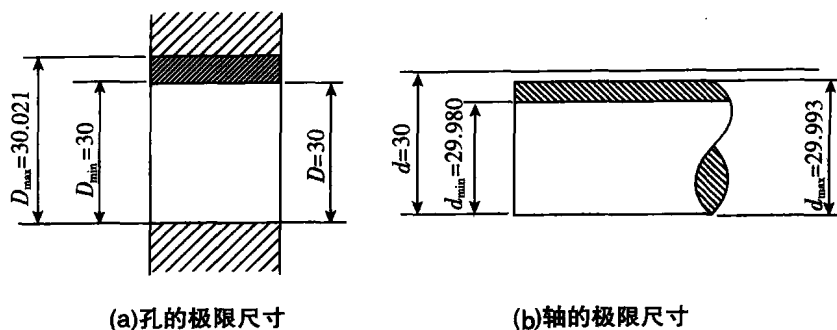


图 2-3 极限尺寸

三、有关偏差与公差的技术和定义

1. 尺寸偏差

某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差,简称偏差。偏差包括实际偏差和极限偏差,而极限偏差又包括上偏差和下偏差。

(1) 实际偏差。实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为实际偏差。实际偏差也可以为正值、负值或零。合格零件的实际偏差应在上、下偏差之间。

孔的实际偏差为:

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

轴的实际偏差为:

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

(2) 极限偏差。极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为极限偏差。最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为上偏差。孔的上偏差用 ES 表示;轴的上偏差用 es 表示。最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差称为下偏差。孔的下偏差用 EI 表示,轴的下偏差用 ei 表示,如图 2-4 所示。极限偏差可用下列公式表示:

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

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

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

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

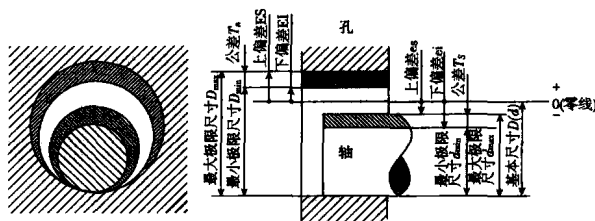


图 2-4 极限与配合示意图