



中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 极限配合与技术测量

(机械加工技术专业)

主编 沈学勤 李世维



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材  
全国中等职业教育教材审定委员会审定

# 极限配合与技术测量

(机械加工技术专业)

主    编    沈学勤    李世维  
责任主审    罗圣国  
审    稿    王吉生    刘兆英

高等教育出版社

## 内容简介

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校机械加工技术专业教学指导方案》中主干课程《极限配合与技术测量教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

本书主要包括理论教学和实训教学两大部分。理论教学内容有：极限配合与技术测量概述、孔和轴尺寸的极限与配合、技术测量基础、形状和位置公差、表面粗糙度、技术测量。实训内容有：用内径百分表测量内孔直径、平面度误差的测量、用齿轮游标卡尺测量圆柱直齿轮齿厚、用三针法测量螺纹中径。本书注重于实际应用，用通俗的语言介绍新标准的规定，阐述误差检测的原则和方法，力求理论和实际结合。

本书可作为中等职业学校机械加工技术专业教材，也可作为相关行业岗位培训教材或自学用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

极限配合与技术测量/沈学勤、李世维 主编. —北京:高等教育出版社, 2002.8 (2004 重印)  
中等职业学校机械加工技术专业教材  
ISBN 7-04-010902-6

I. 极... II. ①沈...②李... III. ①公差:配合-专业学校-教材②技术测量-专业学校-教材 IV. TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 043355 号

极限配合与技术测量  
沈学勤 李世维 主编

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-82028899		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京机工印刷厂		
开 本	787×1092 1/16	版 次	2002 年 8 月第 1 版
印 张	10	印 次	2004 年 2 月第 7 次印刷
字 数	230000	定 价	12.50 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

# 中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》（教职成〔2001〕1 号）的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲（课程教学基本要求）编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

# 前 言

本书是根据教育部 2001 年颁发的《中等职业学校机械加工技术专业教学指导方案》中主干课程《极限配合与技术测量教学基本要求》，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准编写的中等职业教育国家规划教材。

“极限配合与技术测量”是一门实践性强、应用广、技术知识含量较高的专业基础课。在编写中遵循理论教学以应用为主的原则，实训内容着眼于实践。全书采用了最新的国家标准，内容尽可能做到少而精，表述上力求通俗易懂。

本书共六章，建议课时分配如下，供参考使用。

章序	课程内容	讲课	实训	机动	合计
第一章	概述	2			2
第二章	孔、轴尺寸的极限与配合	8			8
第三章	技术测量基础	6			6
第四章	形状和位置公差	10	4		14
第五章	表面粗糙度	2	2		4
第六章	技术测量	12			12
	实验		8		8
	机动			6	6
	综合实践		1 周		1 周
	合计	40	14 + 1 周	6	60 + 1 周

综合实践周应根据各校的具体条件安排教学内容和教学时间，目的应以培养学生综合运用知识的能力和解决现场问题的能力为主。

本书的第一、二、三、四章由沈学勤编写，第五、六章和实验由苏慧编写，主编沈学勤、李世维。

本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过，由北京科技大学罗圣国教授担任责任主审，北京科技大学王吉生、刘兆英副教授审稿。他们对书稿提出了很多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

在本书的编写过程中得到了石家庄市职教中心林瑞振的大力支持，在此深表谢意。

由于编者水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者  
2002 年 5 月

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	(1)
第一节 互换性 .....	(1)
第二节 加工误差和公差 .....	(2)
第三节 极限与配合标准 .....	(3)
第四节 技术测量概念 .....	(3)
复习与思考题 .....	(4)
<b>第二章 孔、轴尺寸的极限与配合</b> .....	(5)
第一节 极限与配合的术语及定义 .....	(5)
第二节 标准公差系列 .....	(17)
第三节 基本偏差系列 .....	(20)
第四节 公差带代号 .....	(26)
第五节 基准制 .....	(29)
第六节 极限与配合代号的识别 .....	(30)
第七节 极限与配合应用简介 .....	(32)
第八节 未注公差的线性 and 角度尺寸的公差 .....	(38)
复习与思考题 .....	(39)
<b>第三章 技术测量基础</b> .....	(41)
第一节 测量基础知识 .....	(41)
第二节 常用长度量具 .....	(42)
第三节 角度测量 .....	(60)
第四节 计量器具的选择原则 .....	(63)
第五节 测量误差 .....	(65)
复习与思考题 .....	(66)
<b>第四章 形状和位置公差</b> .....	(68)
第一节 形位公差的符号 .....	(68)
第二节 形位公差的标注方法 .....	(71)
第三节 形位公差的基本概念 .....	(76)
第四节 公差原则 .....	(82)
第五节 形位公差带的定义与标注 .....	(89)
第六节 形位公差的检测原则 .....	(104)
第七节 形位公差的解释 .....	(106)
复习与思考题 .....	(107)
<b>第五章 表面粗糙度</b> .....	(110)
第一节 表面粗糙度概述 .....	(110)
第二节 表面粗糙度对机器零件功能的影响 .....	(113)
第三节 表面粗糙度的标注 .....	(113)

第四节	常用加工方法达到的表面粗糙度 .....	(115)
第五节	表面粗糙度的测量 .....	(116)
	复习与思考题 .....	(119)
<b>第六章</b>	<b>技术测量</b> .....	<b>(120)</b>
第一节	光滑极限量规 .....	(120)
第二节	平键、花键的联结公差和检验 .....	(123)
第三节	普通螺纹的连接公差和检验 .....	(129)
第四节	渐开线圆柱齿轮的公差和检验 .....	(137)
	复习与思考题 .....	(143)
<b>实验</b>	.....	<b>(144)</b>
实验一	用内径百分表测量内孔直径 .....	(144)
实验二	平面度误差的测量 .....	(146)
实验三	用齿轮游标卡尺测量圆柱直齿轮齿厚 .....	(146)
实验四	用三针法测量螺纹中径 .....	(147)
<b>参考文献</b>	.....	<b>(149)</b>

# 第一章 概 述

“极限配合与技术测量”是中等职业学校机械加工专业的主干课程，是技术性和实践性都比较强的一门技术基础课。它包括极限配合和技术测量两部分，并将这两部分内容有机地结合在一起。

“极限配合与技术测量”课程的主要任务是学习和研究互换性，围绕零件的制造误差和公差概念及其使用要求之间的关系，合理地解决生产成本、产品质量与效益之间的矛盾。零件制造精度是机械产品的基础。因为每一台机器都是由成百上千个零件构成的，如果其中某一个零件精度达不到要求，就必然会影响到产品的质量和生产企业的声誉。

“极限配合与技术测量”课程的主要内容包括极限与配合、形位公差、表面粗糙度和技术测量。学好本课程的方法，重要的是理论联系实际，做到学以致用，才能收到良好的效果。

## 第一节 互 换 性

在现代化的大规模生产中，常采用专业化、协作生产方式以求达到提高生产率、保证产品质量的目的。这种分散加工、集中组装的产品质量主要由零部件的互换性给予保证。

所谓互换性，是指在制成同一规格的零件中，不需要作任何挑选或附加加工（如选配或钳工加工）就可以组装成部件或整机，并能达到设计要求。例如，在更换自行车轴上 M8 螺母时，只要在相同规格（M8）的螺母中任选一个就可以旋入使用。因为这批螺母具有互换性。此外，互换性也应用在标准件生产中，例如滚动轴承的内、外圈就有较高的互换性。根据零件的互换范围不同，互换性可分为完全互换性和不完全互换性两种。完全互换性是指零、部件在装配时，不需要作任何选择或附加加工；而不完全互换性则是指零、部件在装配时允许进行附加加工、选择与调整。其中完全互换性通用性强、装配方便，可减少修理时间和费用，利于专业化生产。所以完全互换性在机器制造中被广泛采用。但是在有些情况下不便采用完全互换性。例如在装配的机器精度要求较高时，若采用完全互换性，则与其相配合的零件精度要求也必须高。高精度的要求往往会受到加工条件的限制，加工比较困难，即使可以加工，而加工费用会很大。为解决加工困难和装配精度要求之间的矛盾，常采用分组装配法。分组装配法就是在装配时根据零件实际尺寸的大小分成若干组，使同组零件的相配尺寸相差值很小，然后再与相对应组内零件进行装配。这种把零件的互换性范围限制在同一组内的方法，称为分组装配法。此种方法所具有的互换性属于不完全互换性。使用分组装配法既可以解决零件加工困难，又能保证装配精度。

遵循互换性原则生产，不仅能提高生产率，而且能有效地保证产品质量，降低生产成本，所以互换性是机器和仪器制造中的重要生产原则。



## 第二节 加工误差和公差

### 一、加工误差

零件的尺寸需要经过加工后才能获得，但是由于在加工过程中会受到各种因素的影响，不可能把零件加工成理论上准确的尺寸。即使是同一个工人，在同一台机器上对同一批规格相同的零件进行加工，也很难得到完全一样的尺寸。这就是加工误差。

#### 1. 加工误差的定义

零件的实际尺寸和理论上的绝对准确尺寸之差称为加工误差。

#### 2. 加工误差的分类

零件加工时不可能保证成品的几何参数绝对正确，总有误差存在。

加工误差的分类如下：

- (1) 尺寸误差；
- (2) 形状误差；
- (3) 位置误差；
- (4) 表面粗糙度误差。

另外，还有一种介于形状误差和表面粗糙度误差之间的波纹度误差，它的波峰和波长比表面粗糙度大得多。目前这种误差还没有标准。

这些加工误差的存在都将影响零件的互换性。为满足零件的互换性要求，加工误差必须控制在公差范围内才为合格品，反之为不合格品。

### 二、公差

零件的精度是由公差来体现的，合格件的误差大小由公差控制。公差值的大小已经标准化。公差由设计者给定。

所谓的公差，就是指零件的尺寸、几何形状、几何位置关系及表面粗糙度参数值允许变动的范围。公差被用来限制误差。

公差主要分以下几种：

- (1) 尺寸公差；
- (2) 形状公差；
- (3) 位置公差；
- (4) 表面粗糙度公差。

对同一尺寸来说，公差值大就是允许的加工误差大，加工容易，零件的制造成本低；公差值小就是允许的加工误差小，精度高，加工困难，零件的制造成本高。所以零件的公差值大小，与零件的加工难易程度密切相关，直接影响产品成本的高低。

### 第三节 极限与配合标准

在现代化生产中，标准化和标准是一项重要的技术措施。

标准化是指制定标准和贯彻执行技术标准为主要内容的全部活动过程。

所谓的标准就是指技术标准，是指为产品和工程上的规格、技术要求及其检测方法方面等所作的技术规定。标准是从事设计、制造和检测工作的技术依据。

随着我国的科学技术发展，标准也在不断地修改和完善。国家在 1979 年参考国际标准 (ISO) 曾对早期的《公差与配合》标准进行过修订，制定了比较合理和完善的标准体系，形成 GB 1800 ~ 1804—79《公差与配合》。但是近几年我国与国际上的技术交流更加频繁，为此于 1997 ~ 1999 年先后等效采用 ISO 286—1: 1988《ISO 极限与配合制 第 1 部分：公差、偏差和配合的基础》、ISO 286—2: 1988《ISO 极限与配合制 第 2 部分：标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》以及 ISO 1829—1975《一般用途公差带的选择》，对有关的国家标准进行了修订，形成了《极限与配合》标准：

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：标准公差和基本偏差数值表》

GB/T 1800.4—1999《极限与配合 标准公差等级和孔、轴的极限偏差表》

GB/T 1801—1999《极限与配合 公差带和配合的选择》

GB/T 1804—2000《未注公差的线性和角度尺寸的公差》

同样国家对形位公差也发布了新的技术标准：

GB/T 1182—1996《形状和位置公差 通则、定义、符号和图样表示法》

GB/T 1184—1996《形状和位置公差 未标注公差值》

GB/T 4249—1996《公差原则》

GB/T 16671—1996《形状和位置公差 最大实体要求、最小实体要求和可逆要求》

根据生产中的实际需要，现行标准又分为：国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级，如果其他标准规定与国家标准的规定有矛盾时，应以国家标准为准。

### 第四节 技术测量概念

技术测量措施是实现互换性的必要条件。如果只有完善的极限与配合标准，但缺乏相应的技术检测方法，那么互换性的生产是不可能实现的。所谓技术测量，就是把被测出的量值与具有计量单位的标准量进行比较，从而确定被测量的量值。将测量的结果与图样的要求进行比较，就能判断零件是否合格。凡在公差要求范围内的均为合格零件；凡超出公差要求范围的均为不合格零件。

机器制造业中的技术测量对象主要是指：长度、角度、表面粗糙度和形位误差。

根据被测量的对象不同，采用的测量方法、选择量具精度和规格、计量单位都有一定的差异。

为保证测量的准确度，测量时应注意以下几点：

(1) 建立统一的计量单位，以确保量值传递准确。

(2) 拟定正确的测量方法，合理地选择测量量具。

(3) 正确地处理测量所获得的有关数据。

(4) 充分地考虑环境因素对测量精度的影响，如：温度、湿度、振动和灰尘等因素的影响。

技术测量部分主要包括：测量基础和测量实验与实训两个方面的内容。

技术测量基础主要阐述技术测量原则、测量方法、选用量具和量仪原则，并简述常用常规量具的刻线及刻度原理。

实验与实训主要是结合技术测量的理论知识，对一些典型零件检测示例介绍。

通过对技术测量部分的学习，能够使学生掌握、了解和识别量具的种类及用途，能正确地使用常用量具测量零件。

## 复习与思考题

- 1-1 极限配合与技术测量课程性质是什么？
- 1-2 互换性原则是什么？
- 1-3 什么是完全互换性？什么是不完全互换性？
- 1-4 什么是分组装配法？其有什么特点？
- 1-5 什么是加工误差？加工误差分几类？
- 1-6 什么是公差？公差分几种？
- 1-7 简述加工误差和公差的特征。
- 1-8 为什么说标准化和标准不是一回事？

## 第二章 孔、轴尺寸的极限与配合

圆柱体结合通常指孔与轴的结合，是机器中最广泛采用的一种结合形式。为了使加工后的孔与轴能满足互换性要求，必须在设计时采用极限与配合标准。圆柱体结合的“极限与配合”是基本标准，是机器制造中的基础标准。

“极限与配合”的标准化不仅可防止任意规定公差和配合的混乱现象，保证零、部件互换性能的配合质量；而且还有利于刀具、量具的标准化；有利于组织专业化协作生产和技术交流。

本章介绍的有关术语和定义都源于 GB/T 1800.1—1997。

### 第一节 极限与配合的术语及定义

为了正确理解和应用国标《极限与配合》，首先必须清楚地掌握“极限与配合”的基本术语和定义。这些基本术语和定义不仅仅是极限与配合的基础，也是技术上的一种共同语言。

#### 一、孔和轴的定义及其特点

在国家标准（以下简称国标）《极限与配合》中，主要是规范孔、轴的尺寸公差，以及由孔和轴组成配合的规定。而孔、轴在国标《极限与配合》中还有其特定规定的含义，关系到极限与配合制度的应用范围。

##### 1. 孔

通常指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面（由两个平行平面或切面形成的包容面），如图 2-1 所示。

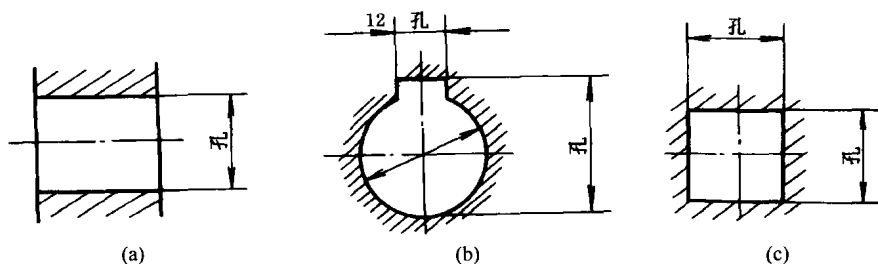


图 2-1 孔

图 2-1 中方形孔和键槽两个非圆柱形内表面都视为孔。因为方形孔是由两个单一尺寸（长度和宽度）确定的；键槽是由两个平行平面所构成的内表面，也是孔，它是由单一尺寸  $12$  确定的。

孔的特点是：

- (1) 装配后孔是包容面。
- (2) 加工过程中，零件实体材料变小，而孔的尺寸由小变大。

## 2. 轴

通常指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面（由两个平行平面或切面形成的被包容面），如图 2-2 所示。

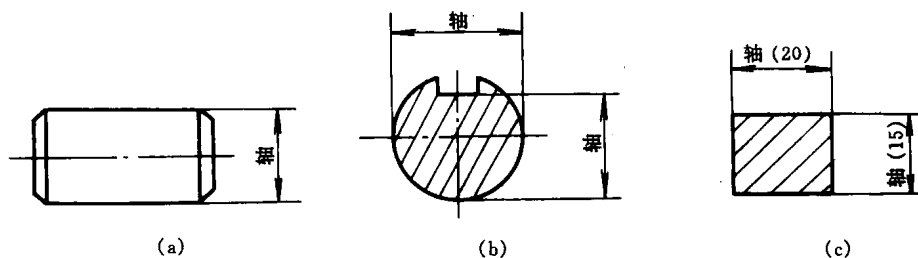


图 2-2 轴

图 2-2 中横截面为长方形的轴是非圆柱形外表面，它是由两个单一尺寸（20 和 15）确定的，也视为是轴。

轴的特点是：

- (1) 装配后轴是被包容面。
- (2) 加工过程中，零件的实体材料变少，而轴的尺寸由大变小。

## 二、尺寸的术语及其定义

### 1. 尺寸

以特定单位表示线性长度的数值，称为尺寸。

国标中规定：在机械工程中，一般均采用毫米（mm）作为尺寸的特定单位。如：一个孔的直径是 50 mm，深为 200 mm，则 50 和 200 都是尺寸。图样上标注的尺寸，凡是采用特定计量单位的均不用标出单位，只标注数值。除孔、轴的直径外，像半径、长、宽、高和中心距等都叫尺寸。

### 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。基本尺寸可以是一个整数或一个小数，如 32、15、8.75、0.5 等等。

零件的基本尺寸是设计时给定的。其尺寸是根据零件的使用要求，通过计算、试验或经验确定的。设计时应尽量把基本尺寸圆整成标准直径或标准尺寸。

孔的基本尺寸用“ $L$ ”表示；轴的基本尺寸用“ $l$ ”表示。

### 3. 实际尺寸

通过测量获得的某一孔、轴的尺寸。

由于测量有误差存在、零件的实际尺寸并不是零件尺寸的真值。从理论上讲，尺寸的真值是难以得到的，但随着量具精度的提高，测量尺寸就越来越接近零件的实际尺寸。

孔的实际尺寸用“ $L_a$ ”；轴的实际尺寸用“ $l_a$ ”表示。

### 4. 局部实际尺寸

一个孔或轴的任意横截面中的任一距离，即任何两相对点之间测得的尺寸。

由于零件表面有形位误差的影响，因此同一表面不同位置、不同部位的实际尺寸也不一定相同。

### 5. 极限尺寸

一个孔或轴允许的尺寸的两个界限值。实际尺寸应位于其中，也可达到极限尺寸。两个极限尺寸中，较大的一个称为最大极限尺寸；较小的一个称为最小极限尺寸。最大极限尺寸和最小极限尺寸是控制加工后的两个尺寸界线。

孔最大极限尺寸用“ $L_{max}$ ”表示，轴最大极限尺寸用“ $l_{max}$ ”表示；最小极限尺寸，孔用“ $L_{min}$ ”表示，轴用“ $l_{min}$ ”表示。合格的零件的实际尺寸必须大于或等于最小极限尺寸，且小于或等于最大极限尺寸。

在机械加工中，因为有各种误差的存在，要把同一规格的尺寸准确地加工成同一数值是不可能的，从使用角度看也没这种必要，所以说极限尺寸是为了方便加工和满足使用要求和需要来确定的。

## 三、偏差的术语及其定义

### 1. 尺寸偏差

某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等等）减去其基本尺寸所得的代数差称为尺寸偏差（简称偏差）。

### 2. 上偏差

最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

孔的上偏差用“ES”表示；轴的上偏差用“es”表示，如图 2-3 所示。

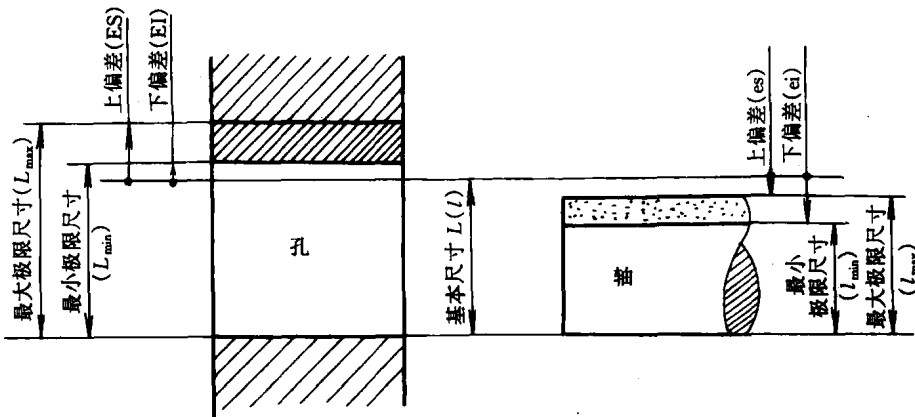


图 2-3 尺寸与偏差

计算公式为

$$ES = L_{max} - L$$

$$es = l_{max} - l$$

### 3. 下偏差

最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

孔的下偏差用“EI”表示；轴的下偏差用“ei”表示，如图 2-3 所示。  
计算公式为

$$EI = L_{\min} - L$$

$$ei = l_{\min} - l$$

#### 4. 极限偏差

上偏差与下偏差的统称。

#### 5. 实际偏差

实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

由于极限尺寸和实际尺寸有可能大于、小于或等于基本尺寸，所以极限偏差和实际偏差可以为正值、负值或零。显然，合格零件的实际偏差应控制在极限偏差范围以内。

在实际生产中，一般在图样上只标注基本尺寸和极限偏差。标注形式为：

基本尺寸<sup>上偏差</sup>，如  $\phi 50_{-0.062}^0$

**例 1** 某孔、轴分别为  $\phi 50_{+0.025}^0$  和  $\phi 50_{-0.025}^{-0.009}$ ，指出孔和轴的基本尺寸、极限偏差，并求出极限尺寸。

解

$\phi 50_{+0.025}^0$  的孔：

$$L = 50$$

$$ES = +0.025$$

$$EI = 0$$

$$\begin{aligned} L_{\max} &= L + ES \\ &= 50 + 0.025 \\ &= 50.025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\min} &= L + EI \\ &= 50 + 0 \\ &= 50 \end{aligned}$$

$\phi 50_{-0.025}^{-0.009}$  的轴：

$$l = 50$$

$$es = -0.009$$

$$ei = -0.025$$

$$\begin{aligned} l_{\max} &= l + es \\ &= 50 + (-0.009) \\ &= 49.991 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_{\min} &= l + ei \\ &= 50 + (-0.025) \\ &= 49.975 \end{aligned}$$

### 四、公差的术语及其定义

#### 1. 尺寸公差

最大极限尺寸与最小极限尺寸之差，或上偏差与下偏差之差，称为尺寸公差（简称公差）。它是尺寸允许的变动量。

零件在制造过程中，不可能加工成基本尺寸。实际尺寸与基本尺寸总有一个差值，但差值应在允许的范围内变化，这个允许范围就是尺寸允许的变动量，它的大小应等于最大极限尺寸与最小极限尺寸之差。

孔的公差用“ $T_h$ ”表示；轴的公差用“ $T_s$ ”表示，如图 2-4 所示。

上述定义可以写成下列计算公式：

$$T_h = L_{\max} - L_{\min} = ES - EI$$

$$T_s = l_{\max} - l_{\min} = es - ei$$

**例 2** 有一孔的尺寸为  $\phi 50_{+0.009}^{+0.048}$ ，求孔的直径尺寸公差  $T_h$ 。

解 根据公式得

$$L_{\max} = L + ES = 50 + 0.048 = 50.048$$

$$L_{\min} = L + EI = 50 + 0.009 = 50.009$$

$$T_h = L_{\max} - L_{\min} = 50.048 - 50.009 = 0.039$$

或

$$T_h = ES - EI = 0.048 - 0.009 = 0.039$$

由上述可知，公差和极限偏差是两种不同的概念。公差大小是决定尺寸允许的变动范围，公差值是绝对值，没有正、负、零。极限偏差决定极限尺寸相对其基本尺寸的位置，极限偏差值可以是正值、负值或零。

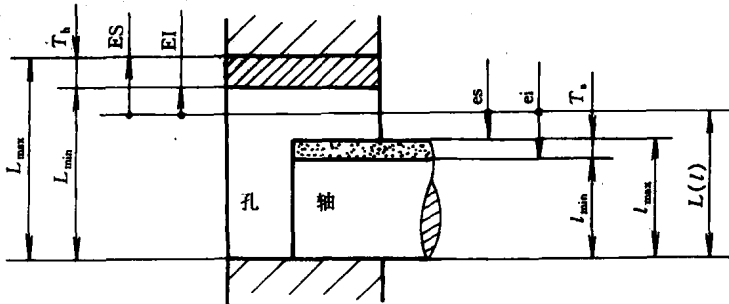


图 2-4 尺寸的偏差与公差

## 2. 尺寸公差带

表示零件的尺寸相对其基本尺寸所允许的变动范围，称为公差带。用图表示的公差带，称为公差带图。

在公差带图中，零线是确定基本偏差的一条基准线，极限偏差位于零线上方，表示偏差为正；位于零线下方，表示偏差为负；当与零线重合时，表示偏差为零。

上、下偏差之间的宽度表示公差带的大小，即公差值。

公差带如图 2-5 所示。公差带包括公差带的大小和公差带位置两个部分。公差带的大小是由标准公差确定的，公差带的位置是由基本偏差<sup>①</sup> 确定的。

## 3. 零线

在极限与配合图解中，表示基本尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。画公差带图时，先画出零线，然后根据上、下偏差的大小分别画出孔、轴的公差带。正偏差位于零线的上方，负偏差位于零线的下方。因为公差数值与零件尺寸的数值相差很大，难以用相同比例画出，为了简化和分析方便，通常只将公差部分按比例放大画出来，而不必画出孔和轴的全部。这对研究零件尺寸公差带和分析零件配合性质是十分方便和清晰的。

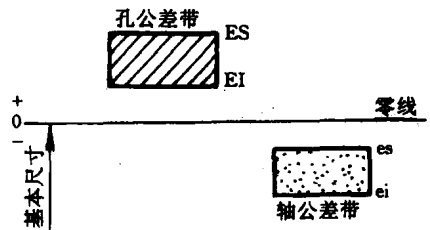


图 2-5 公差带图

<sup>①</sup> 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偏差。基本偏差是使公差带位置标准化的唯一指标，原则上与公差等级无关。



## 五、配合的术语及其定义

配合是指基本尺寸相同、相互结合的孔和轴公差带之间的位置关系。零件在组装时，常使用配合这一概念来反映零件组装后的松紧程度。根据孔和轴公差带相对位置的不同，配合可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

### 1. 间隙配合

孔的尺寸减去相配合轴的尺寸之差为正值。此时孔的公差带在轴的公差带上方，如图 2-6 所示。

在间隙配合中，孔与轴之间的配合总是存在间隙的，但间隙的大小是随孔、轴实际尺寸不同而变化的。其变化只能在最大和最小极限尺寸之间，也就是配合间隙只能在最大间隙和最小间隙之间。

(1) 最大间隙 是指在间隙配合或过渡配合中，孔的最大极限尺寸与轴的最小极限尺寸之差；也等于孔的上偏差减轴的下偏差，用  $X_{\max}$  表示。

上述定义可用计算公式表达，即

$$X_{\max} = L_{\max} - l_{\min} = ES - ei$$

(2) 最小间隙 是指在间隙配合中，孔的最小极限尺寸与轴的最大极限尺寸之差；也等于孔的下偏差减去轴的上偏差，用  $X_{\min}$  表示。

上述定义可以用计算公式表述为

$$X_{\min} = L_{\min} - l_{\max} = EI - es$$

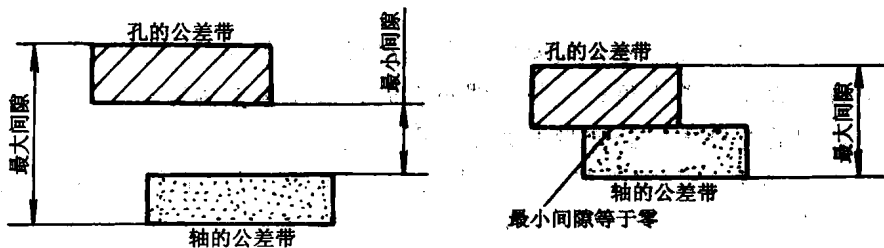


图 2-6 间隙配合

例 3 相配合的孔、轴零件的尺寸，孔的尺寸为  $\phi 80^{+0.030}_0$ ，轴的尺寸为  $\phi 80_{-0.049}^{-0.030}$ ，求最大间隙和最小间隙各是多少？

解 按极限尺寸计算

$$L_{\max} = 80 + 0.030 = 80.030$$

$$L_{\min} = 80 + 0 = 80$$

$$l_{\max} = 80 + (-0.030) = 79.97$$

$$l_{\min} = 80 + (-0.049) = 79.951$$

$$X_{\max} = L_{\max} - l_{\min} = 80.030 - 79.951 = +0.079$$

$$X_{\min} = L_{\min} - l_{\max} = 80 - 79.97 = +0.030$$

按偏差计算，则

$$X_{\max} = ES - ei = 0.030 - (-0.049) = +0.079$$