

高等职业教育“十二五”规划教材·机械系列

# 极限配合 与技术测量

吴艳红 主 编  
吕江毅 副主编  
陈志江 主 审  
王英杰 主 审



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

## 内 容 简 介

本书是高等职业教育“十二五”规划教材,根据高等职业教育培养目标和教学要求编写而成。全书内容包括:绪论,孔、轴结合的极限与配合,技术测量基础,几何公差及其检测,表面粗糙度及其检测,光滑极限量规,键、花键连接的公差与检测,普通螺纹连接的公差与检测,圆柱齿轮传动的公差与检测。

本书全部采用2009年起实施的最新国家标准,系统地介绍了各种标准的基本概念、基本原理及其应用。概念阐述清楚,难点分析深入,各章均配置了适量的复习与思考题,以加深对所学内容的理解,满足教学需要。

本书适合作为高等职业院校机电类、近机类、工程技术类专业教材,也可作为职业大学、职工培训和中等职业教育相关专业教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

极限配合与技术测量 / 吴艳红主编. —北京: 中国铁道出版社, 2010.5

高等职业教育“十二五”规划教材. 机械系列

ISBN 978-7-113-11399-5

I. ①极… II. ①吴… III. ①公差: 配合—高等学校—教材②技术测量—高等学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第081118号

书 名: 极限配合与技术测量

作 者: 吴艳红 主编

策划编辑: 安增桂 李小军

责任编辑: 李小军

编辑部电话: (010) 63560056

编辑助理: 何红艳 胡京平

封面设计: 付 巍

封面制作: 李 路

版式设计: 于 洋

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码: 100054)

印 刷: 北京市昌平开拓印刷厂

版 次: 2010年6月第1版

2010年6月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 9.5 字数: 219千

印 数: 3 000册

书 号: ISBN 978-7-113-11399-5

定 价: 18.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换。

# 前 言

本书是高等职业教育“十二五”规划教材，是根据高等职业教育培养目标和教学要求，并参照国家最新相关标准编写的适用于机电类、近机类、工程技术类等相关专业的教材。

极限配合与技术测量是一门实践性强、应用广的专业基础课。本课程的任务是传授机械零部件精度设计的原则和方法以及机械产品质量保证的测量和检验技术。

本书的主要特点有：

1. 根据高等职业教育培养目标是为生产一线培养高级技术人才的教学特点，本教材注重学生的创新精神和实践能力的培养。采用新的课程体系和编排次序，突出重点，讲求实用，符合学生的认知规律，方便教与学。

2. 根据高等职业教育的特点，教材中的基础理论部分以应用为目的，以必需够用为出发点，适当地降低了难度，突出了应用。对测量器具，在选型方面立足于国内产品，并介绍其工作原理。

全书共分九章，内容包括：绪论，孔、轴结合的极限与配合，技术测量基础，几何公差及其检测，表面粗糙度及其检测，光滑极限量规，键、花键连接的公差与检测，普通螺纹连接的公差与检测，圆柱齿轮传动的公差与检测。各章均配置了适量的复习与思考题，以加深对所学内容的理解，满足教学要求。

参加本书编写的有：山西大学职业技术学院吴艳红、周丽丹，北京电子科技职业学院（汽车工程学院）吕江毅、甄雯，太原铁路机械学校陈志江，昆明铁路机械学校孟莹，北京电气工程学校李桂珍，北京自动化工程学校高卫红。

本书由吴艳红主编，负责全书的统稿，吕江毅、陈志江任副主编。

本书由山西大学职业技术学院高级讲师王英杰担任主审。王英杰高级讲师对本书提出许多宝贵意见，在此表示衷心感谢！限于编者的水平，书中难免仍有错漏之处，欢迎广大任课老师和读者批评指正。

编 者  
2010年4月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 互换性的基本概念 .....	1
1.2 互换性的实现 .....	2
1.2.1 标准和标准化 .....	2
1.2.2 技术测量 .....	2
1.3 本课程的目标和特点 .....	3
本章小结 .....	3
复习与思考 .....	3
<b>第 2 章 孔、轴结合的极限与配合</b> .....	4
2.1 基本术语和定义 .....	4
2.1.1 孔和轴 .....	4
2.1.2 尺寸的术语及定义 .....	5
2.1.3 尺寸偏差的术语及定义 .....	6
2.1.4 公差的术语及定义 .....	7
2.1.5 配合的术语及定义 .....	9
2.2 极限与配合的国家标准 .....	13
2.2.1 标准公差系列 .....	13
2.2.2 基本偏差系列 .....	14
2.2.3 基准制 .....	20
2.3 极限与配合的代号 .....	21
2.3.1 孔、轴尺寸公差带代号 .....	21
2.3.2 配合公差带代号 .....	22
2.3.3 极限与配合代号的含义 .....	25
2.3.4 极限偏差数值表 .....	26
2.4 极限与配合的选用 .....	27
2.4.1 基准制的选用 .....	27
2.4.2 公差等级的选用 .....	27
2.4.3 配合的选用 .....	29
2.4.4 极限与配合应用举例 .....	30
2.5 线性尺寸的一般公差 .....	32
2.5.1 一般公差的概念 .....	32
2.5.2 线性尺寸的一般公差 .....	32
本章小结 .....	33
复习与思考 .....	33

<b>第 3 章 技术测量基础</b> .....	37
3.1 测量的基础知识 .....	37
3.1.1 长度单位 .....	37
3.1.2 测量器具的分类 .....	38
3.1.3 测量器具的技术参数 .....	39
3.2 常用长度量具与量仪 .....	39
3.2.1 量块 .....	39
3.2.2 游标量具 .....	41
3.2.3 螺旋测微量具 .....	42
3.2.4 机械式量仪 .....	44
3.3 常用的角度量具与测量方法 .....	45
3.3.1 万能角度尺 .....	45
3.3.2 正弦规 .....	47
3.4 测量误差 .....	47
3.4.1 测量误差的基本概念 .....	47
3.4.2 误差产生的原因 .....	48
3.4.3 测量误差的分类 .....	48
3.5 测量器具的选择 .....	49
本章小结 .....	51
复习与思考 .....	51
<b>第 4 章 几何公差及其检测</b> .....	53
4.1 零件的要素 .....	53
4.1.1 零件要素的概念 .....	53
4.1.2 零件要素的分类 .....	54
4.2 几何公差的几何特征符号 .....	55
4.2.1 几何特征符号 .....	55
4.2.2 几何公差的附加符号 .....	56
4.3 几何公差的标注 .....	57
4.3.1 被测要素的标注 .....	57
4.3.2 基准要素的标注 .....	59
4.3.3 几何公差数值的标注方法及示例 .....	59
4.4 几何公差带 .....	60
4.4.1 几何公差带的四个要素 .....	60
4.4.2 几何公差带的特点 .....	61
4.5 几何公差的选择 .....	70
4.5.1 几何公差项目的选择 .....	70
4.5.2 基准要素的选择 .....	71
4.5.3 几何公差值的选择 .....	71

4.6	公差原则	71
4.6.1	基本术语	72
4.6.2	独立原则与相关要求	73
4.7	各类几何公差的检测原则	74
	本章小结	76
	复习与思考	76
<b>第5章</b>	<b>表面粗糙度及其检测</b>	<b>79</b>
5.1	基本概念	79
5.1.1	表面结构的含义	79
5.1.2	表面粗糙度的概念	80
5.1.3	表面粗糙度对零件使用性能的影响	80
5.2	表面粗糙度的评定	81
5.2.1	基本术语和定义	81
5.2.2	表面粗糙度的评定参数	82
5.3	表面粗糙度的标注	83
5.3.1	表面结构的图形符号	83
5.3.2	表面粗糙度的代号	84
5.3.3	表面结构要求在图样上的标注	85
5.3.4	表面结构要求在图样上的标注示例	86
5.4	表面粗糙度的选用	87
5.4.1	表面粗糙度参数值的选择	87
5.4.2	常用加工方法达到的表面粗糙度	88
5.5	表面粗糙度的检测	89
	本章小结	90
	复习与思考	90
<b>第6章</b>	<b>光滑极限量规</b>	<b>92</b>
6.1	光滑极限量规的应用	92
6.2	量规的工作形式	93
6.3	量规的分类与使用	94
6.3.1	量规的分类	94
6.3.2	量规的使用	94
	本章小结	95
	复习与思考	95
<b>第7章</b>	<b>键、花键连接的公差与检测</b>	<b>96</b>
7.1	概述	96
7.2	平键连接的公差与检测	97
7.2.1	平键连接的尺寸公差	97
7.2.2	平键连接的几何公差	98

7.2.3	平键连接的表面粗糙度 .....	98
7.2.4	平键的测量 .....	98
7.3	矩形花键连接的公差与检测 .....	99
7.3.1	矩形花键的尺寸公差 .....	99
7.3.2	矩形花键的几何公差 .....	100
7.3.3	矩形花键的表面粗糙度 .....	101
7.3.4	矩形花键的标记 .....	101
7.3.5	花键的检验 .....	101
	本章小结 .....	102
	复习与思考 .....	103
<b>第8章</b>	<b>普通螺纹连接的公差与检测 .....</b>	<b>104</b>
8.1	概述 .....	104
8.1.1	螺纹的种类 .....	104
8.1.2	普通螺纹几何参数 .....	104
8.2	螺纹的几何误差对螺纹互换性的影响 .....	105
8.2.1	大径和小径误差对互换性的影响 .....	105
8.2.2	螺距误差对互换性的影响 .....	105
8.2.3	牙侧角误差对互换性的影响 .....	106
8.2.4	螺纹中径误差对互换性的影响 .....	106
8.3	普通螺纹的公差 .....	106
8.3.1	螺纹公差带的概念 .....	106
8.3.2	螺纹的公差等级及基本偏差 .....	107
8.3.3	螺纹精度与旋合长度 .....	107
8.3.4	螺纹公差带的代号及选用 .....	108
8.3.5	螺纹在图样上的标记 .....	108
8.4	螺纹的检测 .....	109
8.4.1	综合测量 .....	109
8.4.2	单项测量 .....	110
	本章小结 .....	111
	复习与思考 .....	111
<b>第9章</b>	<b>圆柱齿轮传动的公差与检测 .....</b>	<b>113</b>
9.1	概述 .....	113
9.1.1	圆柱齿轮传动的使用要求 .....	113
9.1.2	齿轮误差的来源 .....	113
9.2	单个齿轮的公差与检测 .....	114
9.2.1	轮齿同侧齿面偏差 .....	114
9.2.2	径向综合偏差和径向跳动 .....	116
9.2.3	齿厚偏差和公法线长度偏差 .....	116

9.2.4 齿轮检验项目的确定 .....	117
9.3 齿轮的精度及应用 .....	117
9.3.1 齿轮的精度等级 .....	117
9.3.2 精度等级的选用 .....	118
9.3.3 齿轮精度的标注 .....	118
9.4 齿轮副的公差 .....	120
9.4.1 轴线平行度偏差 .....	120
9.4.2 中心距偏差 .....	120
9.4.3 接触斑点 .....	120
9.4.4 齿轮副法向侧隙及齿厚极限偏差 .....	121
9.5 齿轮公差新旧国际对比 .....	121
本章小结 .....	123
复习与思考 .....	123
附录 .....	125
参考文献 .....	144



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 互换性的基本概念

在现代化大规模生产中，常采用专业化的协作生产（分散加工、集中装配），例如在汽车制造业中，成千上万个汽车零部件是由上百个厂家进行专业化生产的，汽车制造厂只负责生产主要零部件，最后集中到汽车厂进行总装。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。

### 相关链接

汽车是人类创造的精美机器，它改变了人类的世界，目前全世界汽车保有量已超过 9 亿辆，我国汽车工业总产值到 2007 年已达到 9 450 亿元。汽车工业标志着一个国家科技的水平，汽车工业所涉及的新技术范围之广、数量之多，是其他产业难以相比的，汽车是唯一一种零件以万计、产量以万计、保有量以亿计的高科技产品。下图照片为某汽车厂总装车间。



互换性是指同一规格的零部件，不需做任何挑选、调整或辅助加工（如钳工修配）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，更换某装配体上的 M8 螺母时，只需任选一个相同规格的螺母就能旋入使用，如图 1-1 所示；又如减速器上从动轴轴承磨损需要更换，我们更换上相同型号的轴承，从动轴就能恢复原有使用性能要求，如图 1-2 所示，所以这些零部件都具有互换性。

根据互换的程度不同，互换性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，不需要做任何选择或辅助加工。其通用性强，装配方便，有利于专业化生产，在制造业中被广泛采用。不完全互换性是指零部件在装配时允许有附加的选择和调整，但不允许修配。不完全互换通常用于生产内部、装配精度要求较高的场合。

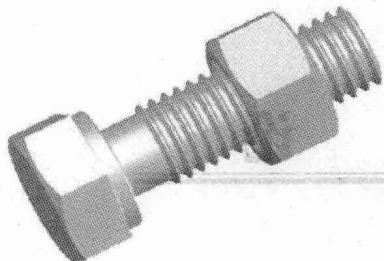


图 1-1 螺母具有互换性

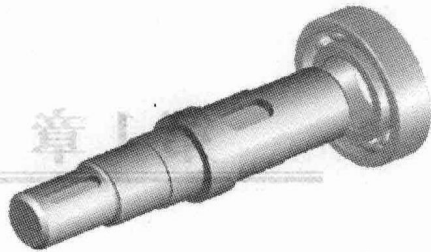


图 1-2 轴承具有互换性

零部件的互换性既包括其几何参数（如尺寸、几何形状和表面粗糙度）的互换，也包括其机械性能（如硬度、强度等）的互换。本课程仅论述几何参数的互换性。

## 1.2 互换性的实现

互换性是现代化生产的基本技术经济原则。生产中如何实现互换性？是否需要同一规格零件的几何参数完全一致？实践证明，这是不可能也是没有必要的。只要同规格零件的几何参数在一定范围内变动，就能达到互换性要求。这个允许零件几何参数的变动量就是公差，它包括尺寸公差、几何公差及表面粗糙度大小。

### 1.2.1 标准和标准化

为实现互换性，就必须建立一个共同的技术标准，以满足各生产环节之间相互衔接的要求。国际标准化组织（ISO）所制定的标准，是代表先进技术水平国际协议。许多国家参照它制定本国的国家标准，或完全采用国际标准。我国标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。

制定、发布和贯彻执行标准的全部活动过程，称为标准化。标准化使分散的、局部的各部门与企业技术上有了共同的技术标准，形成一个统一的整体。

标准化是实现互换性的技术基础，是组织现代化生产的重要手段。



#### 相关链接

标准是以科学、技术和经验的综合成果为基础，以促进最佳社会效益为目的而制定的。我国的国家标准通过审查后由国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会审批、给定标准编号并批准发布。

代号 GB 为强制性标准，代号 GB/T 为推荐性标准。

### 1.2.2 技术测量

合格的零件才能实现互换性。零件的几何参数公差都是一些微小量，单凭人的感官难以判断加工零件是否已达到设计要求，必须通过检测，才能判定零件是否合格。因此，技术测量是实现互换性的技术保证。

在机械制造业中,机械加工与技术测量是相互依存的,特别是精密加工与精密技术测量更是相互促进又相互制约。因此在某种意义上,技术测量水平标志着一个国家的科学技术和生产水平,所以其研究和发 展受到各国的普遍重视。

### 1.3 本课程的目标和特点

“极限配合与技术测量”是高等职业院校机电专业和工程技术类各专业的主干课程,是从基础课向专业课过渡的桥梁。

学习本课程应掌握以下基本内容:

- (1) 了解互换性、标准化和技术测量的概念和作用;
- (2) 熟悉极限与配合、几何公差、表面粗糙度等基本概念,了解各基本术语,能看懂图样上的标注;
- (3) 了解主要连接件和传动件的公差与配合;
- (4) 了解技术测量的基本知识,学会常用测量器具的使用。

本课程由极限配合与测量技术两大部分组成,极限配合主要介绍国家标准的相关内容,属于标准化范畴,技术测量属于计量学范畴。本课程将二者有机结合在一起,具有较强的技术性和实践性。

### 本章小结

本章主要介绍了互换性的基本概念。实现互换性,标准化是技术基础,技术测量是技术保证。在学习之后,同学们可以结合生活中的一些机械零件,了解互换性的广泛应用。

### 复习与思考

#### 一、填空题

1. 互换性是指\_\_\_\_\_的一批零件或部件,不做任何\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_,就能进行装配,并能保证满足机械产品使用性能要求的一种特性。
2. 根据互换的程度不同,互换性可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
3. 机械零件几何参数的互换性标准包括\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

#### 二、简答题

1. 什么是完全互换性?什么是不完全互换性?
2. 简述我国的技术标准有哪几级。

#### 三、讨论题

具有互换性的零件的几何参数是否必须加工成完全一样?

## 第 2 章 孔、轴结合的极限与配合

为使零件具有互换性，必须保证零件的尺寸、几何形状和相互位置，以及表面粗糙度等技术要求的一致性。就尺寸而言，互换性要求尺寸的一致性，并不是要求零件都准确地制成一个指定的尺寸，而只是要求这些零件的尺寸处在某一合理的范围之内。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，同时在制造上是经济合理的，这就形成了“极限与配合”的概念。

### 知识拓展

随着资本主义大工业的快速发展，迫切要求零部件“互换性”的范围要扩大。1902年英国一家名为纽瓦尔（Newall）的公司制定并出版了一本《纽瓦尔标准——极限表》，这是现在看到的最早的极限与配合制。

我国 1959 年发布了 GB 159~174—1959《公差与配合》是参考前苏联标准。1997—2003 年，中国陆续修订并发布了第三部“极限与配合”的国家标准。从总体上来说，我国的“极限与配合”的标准制的标准体系已基本形成，现行的尺寸公差新标准也与 ISO 新标准保持了一一对应的关系。

GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范（GPS） 极限与配合》，（以下简称《极限与配合》），主要修改内容如下：

“基本尺寸”改为“公称尺寸”；上偏差、下偏差、最大极限尺寸和最小极限尺寸分别修改为上极限偏差、下极限偏差、上极限尺寸、下极限尺寸。

### 2.1 基本术语和定义

为了正确掌握极限与配合标准及其应用，必须首先熟悉极限与配合的基本术语和定义。

#### 2.1.1 孔和轴

在国家标准《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。孔、轴在国标《极限与配合》中的特定含义，关系到极限与配合制度的应用范围。

## 1. 孔

孔主要指圆柱形的内表面，也包括其他内表面中由单一尺寸确定的部分。

## 2. 轴

轴主要指圆柱形的外表面，也包括其他外表面中由单一尺寸确定的部分。

由孔、轴定义可知，这里的孔、轴具有广泛的含义。孔和轴不仅是通常所理解的圆柱形的内表面和外表面，如图 2-1 (a) 所示，而且还表示其他几何形状的内、外表面中由单一尺寸确定的部分，如图 2-1 (b) 所示。

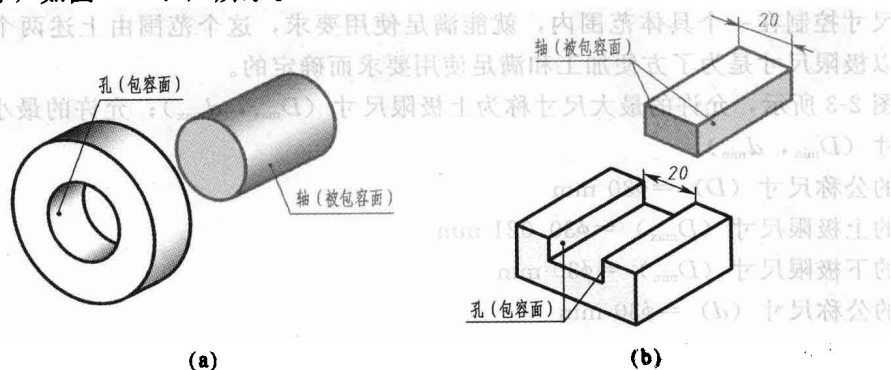


图 2-1 孔与轴

孔与轴的区别：从装配关系看，孔是包容面，轴是被包容面；从加工过程看，孔的尺寸由小变大，轴的尺寸由大变小。

### 2.1.2 尺寸的术语及其定义

#### 1. 尺寸

用特定单位表示长度大小的数值称为尺寸。长度包括直径、半径、宽度、深度、高度和中心距等。尺寸由数值和特定单位两部分组成，如孔的直径是 50 mm。在机械图样中，一般以毫米 (mm) 为单位时，图样上只标注数值而不标注单位。

#### 2. 公称尺寸

零件的公称尺寸是图样规范确定的理想形状要素的尺寸。如图 2-2 所示， $\phi 10$  为销轴直径的公称尺寸，35 为其长度的公称尺寸； $\phi 25$  为孔直径的公称尺寸。

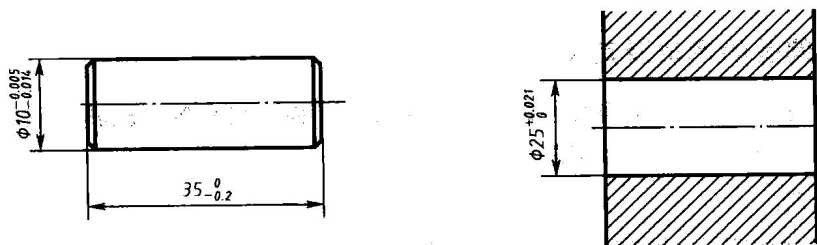


图 2-2 公称尺寸

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. 实际尺寸

通过测量获得的尺寸称为实际尺寸。由于存在加工误差，零件同一表面上不同位置、不同部位的实际尺寸不一定相等。孔的实际尺寸用  $D_a$  表示 [图 2-3 (a)]; 轴的实际尺寸用  $d_a$  表示 [图 2-3 (b)]。

### 4. 极限尺寸

允许尺寸变化的两个界限值称为极限尺寸。在机械加工中，由于各种误差的存在，要把同一规格的零件加工成同一尺寸是不可能的。从使用的角度来讲，也没有必要。只需将零件的实际尺寸控制在一个具体范围内，就能满足使用要求，这个范围由上述两个极限尺寸确定，所以极限尺寸是为了方便加工和满足使用要求而确定的。

如图 2-3 所示，允许的最大尺寸称为上极限尺寸 ( $D_{\max}$ ,  $d_{\max}$ )；允许的最小尺寸称为下极限尺寸 ( $D_{\min}$ ,  $d_{\min}$ )。

孔的公称尺寸 ( $D$ ) =  $\phi 30$  mm

孔的上极限尺寸 ( $D_{\max}$ ) =  $\phi 30.021$  mm

孔的下极限尺寸 ( $D_{\min}$ ) =  $\phi 30$  mm

轴的公称尺寸 ( $d$ ) =  $\phi 30$  mm

轴的上极限尺寸 ( $d_{\max}$ ) =  $\phi 29.993$  mm

轴的下极限尺寸 ( $d_{\min}$ ) =  $\phi 29.980$  mm

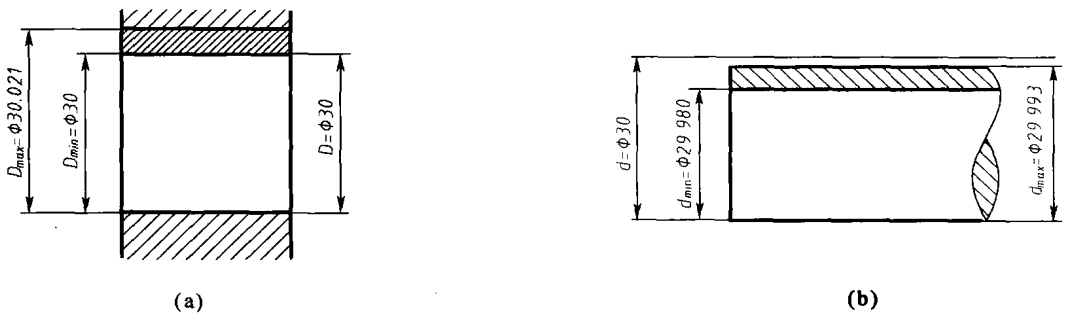


图 2-3 极限尺寸

公称尺寸和极限尺寸都是设计时给定的。公称尺寸可以在两个极限尺寸确定的范围之内，也可以在两个极限尺寸确定的范围之外，但合格零件的实际尺寸，必须介于两个极限尺寸之间。

### 2.1.3 尺寸偏差的术语及定义

尺寸偏差（简称偏差）是指某一尺寸（实际尺寸、极限尺寸等）减其公称尺寸所得的代数差。偏差分为极限偏差和实际偏差。

#### 1. 极限偏差

极限偏差是指极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。由于极限尺寸有上极限尺寸和下极限尺寸之分，所以对应的极限偏差又分为上极限偏差和下极限偏差，如图 2-4 所示。

(1) 上极限偏差 上极限偏差是指上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。孔的上极限

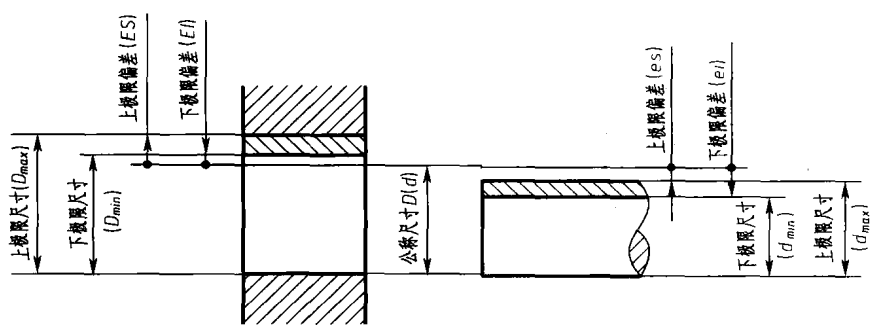


图 2-4 极限偏差

偏差用ES表示，轴的上极限偏差用 es 表示。

用公式表示，即 
$$ES = D_{max} - D \tag{2-1}$$

$$es = d_{max} - d \tag{2-2}$$

(2) 下极限偏差 下极限偏差是指下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差。孔的下极限偏差用 EI 表示，轴的下极限偏差用 ei 表示。

用公式表示，即 
$$EI = D_{min} - D \tag{2-3}$$

$$ei = d_{min} - d \tag{2-4}$$

(3) 标注 一般在图样和技术文件上只标注公称尺寸和极限偏差。标注形式为：

公称尺寸<sub>卡</sub>极限偏差

如图 2-2 中的  $\phi 10 \begin{smallmatrix} -0.005 \\ -0.014 \end{smallmatrix}$ ， $35 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.2 \end{smallmatrix}$ ， $\phi 25 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ 0 \end{smallmatrix}$ 。标注极限偏差时，上、下极限偏差的小数点必须对齐；当上、(下) 极限偏差数值为零时，用数字“0”表示，并与另一极限偏差的个位数字对齐；当上、下极限偏差数值相等而符号相反时、应简化标注，如  $\phi 40 \pm 0.008$ 。

### 2. 实际偏差

实际尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为实际偏差。

由于极限尺寸和实际尺寸可能大于、等于或小于公称尺寸，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在规定的极限偏差的范围内。

**【例 2-1】**某直径的公称尺寸为  $\phi 50$  mm，上极限尺寸为  $\phi 50.048$  mm，下极限尺寸为  $\phi 50.009$  mm，求孔的上、下极限偏差。

解：由公式 (2-1)、(2-3) 得：

孔的上极限偏差  $ES = D_{max} - D = 50.048 - 50 = +0.048$

孔的下极限偏差  $EI = D_{min} - D = 50.009 - 50 = +0.009$

## 2.1.4 公差术语及定义

### 1. 尺寸公差

尺寸公差是设计人员根据零件使用的精度要求，并考虑制造时的经济性，对尺寸变动范围给定的允许值，即允许尺寸的变动量。孔的公差用  $T_h$  表示，轴的公差用  $T_s$  表示，它等于上极限尺寸减下极限尺寸之差的绝对值，也等于上极限偏差减下极限偏差之差的绝对值，如图 2-5 所示，其表达式为：

孔的公差 
$$T_h = | D_{max} - D_{min} | = | ES - EI | \tag{2-5}$$

轴的公差

$$T_s = |d_{\max} - d_{\min}| = |es - ei| \quad (2-6)$$

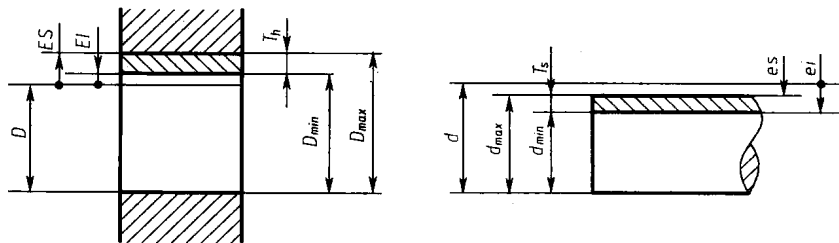


图 2-5 尺寸的偏差与公差

**【例 2-2】** 有一孔的尺寸为  $\phi 50 \begin{smallmatrix} +0.048 \\ -0.009 \end{smallmatrix}$ ，求孔的尺寸公差  $T_h$ 。

解：由公式 (2-5) 得：

$$\text{孔的公差} \quad T_h = |ES - EI| = 0.048 - 0.009 = 0.039$$

也可利用极限尺寸计算公差：

$$D_{\max} = D + ES = 50 + 0.048 = 50.048$$

$$D_{\min} = D + EI = 50 + 0.009 = 50.009$$

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

由上述可知，公差和极限偏差是两个不同的概念。公差大小决定了允许尺寸的变动范围，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公称尺寸的位置（在公差带图中），极限偏差值可以是正值、负值或零。从加工的角度看，公差与零件的精度有关，而极限偏差可以判定零件是否合格。

## 2. 尺寸公差带及公差带图

由于公称尺寸与公差、极限偏差的大小相差悬殊，不便于用同一比例在图上表示，为了清楚地表示它们的关系，可采用简单明了的公差带图表示，如图 2-6 所示。

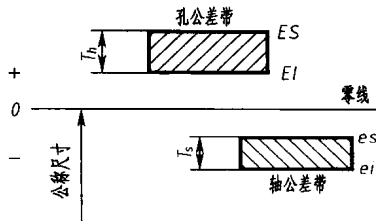


图 2-6 公差带图

公差带图由零线和公差带两部分组成。

(1) 零线 在公差带图中，表示公称尺寸的一条直线称为零线。通常零线沿水平方向绘制，在其左端画出表示偏差的符号“0”和“+”“-”号，零线上方表示偏差为正，零线下方表示偏差为负。在其左下方画上带单向箭头的尺寸线，并标上公称尺寸值。

(2) 公差带 在公差带图中，由代表上极限偏差和下极限偏差的两条直线所限定的区域，称为公差带。用图表示的公差带，称为公差带图。

公差带沿零线方向的长度可以适当选取。为了区别，一般在同一图中，孔和轴的公差带



的剖面线相反，或疏密程度不同。

公差带图由“公差带的大小”和“公差带位置”两个要素决定。公差带的大小指公差带在零线垂直方向上的宽度，即公差值的大小；公差带的位置指公差带相对于零线的位置。

**【例 2-3】** 绘出孔  $\phi 25^{+0.021}_0$  和轴  $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}$  的尺寸公差带图。

**解：** 尺寸公差带图如图 2-7 所示。

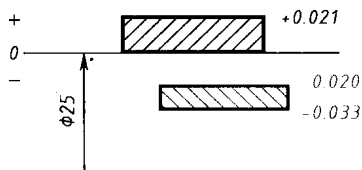


图 2-7 例 2-3 尺寸公差带图

## 2.1.5 配合的术语及定义

配合是指公称尺寸相同，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。

### 1. 间隙与过盈

当孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为正时，称为间隙，一般用  $X$  表示，其数值前应标“+”号，如  $X = +0.025 \text{ mm}$ 。间隙的存在是孔与轴配合后能产生相对运动的基本条件。

当孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸为负时，称为过盈，一般用  $Y$  表示，其数值前应标“-”号，如  $Y = -0.025 \text{ mm}$ 。过盈的存在是使配合零件位置固定或传递载荷的基本条件。

### 2. 配合的种类

根据形成间隙或过盈的情况，配合分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三大类。

(1) 间隙配合 间隙配合是指具有间隙（包括最小间隙等于零）的配合。当零件处于间隙配合时，孔的公差带在轴的公差带之上，如图 2-8 所示，且孔的实际尺寸总是大于或等于轴的实际尺寸。

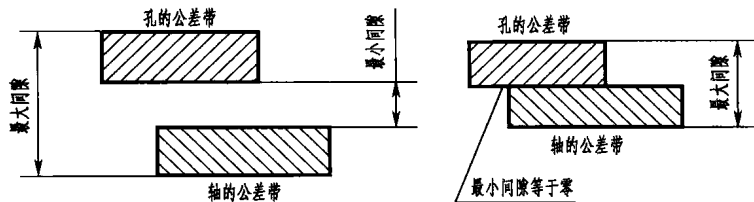


图 2-8 间隙配合的孔、轴公差带

由于孔、轴的实际尺寸允许在其公差带内变动，因而其配合的间隙也是变动的。当孔为上极限尺寸而与其相配合的轴为下极限尺寸时，配合处于最松状态，此时的间隙称为最大间隙，用  $X_{\max}$  表示。当孔为下极限尺寸而与其相配合的轴为上极限尺寸时，配合处于最紧状态，此时的间隙称为最小间隙，用  $X_{\min}$  表示。它们的平均值，称为平均间隙，用  $X_{av}$  表示。即

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei \quad (2-7)$$

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es \quad (2-8)$$