

全国职业教育规划教材

全国职业教育规划教材编审委员会审定

极限配合 与技术测量

全国职业教育规划教材
编审委员会 组织编写



南开大学出版社
NANKAI UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

极限配合与技术测量 / 全国职业教育规划教材编审委员组织编写. -- 天津: 南开大学出版社, 2012.06

ISBN 978-7-310-03819-0

I. ①极… II. ①全… III. ①公差: 配合—专业学校—教材 ②技术测量—专业学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第068318号

南开大学出版社

北京旭晨印刷厂印刷装订 全国新华书店经销
787mm × 1092mm 16开本 11印张 266千字

2012年7月第1版第1次印刷

定价: 32.80元

责任编辑: 尹建国

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 022-23508339

读者服务部电话: 022-23668705

发行部电话: 022-23672171

本书如有印装质量问题, 请与本社联系调换

编委会

主 编

顾元国

副主编

林景凡

编 委

刑燕鹏 李玉兰 邓良平

前言

preface

极限配合与技术测量是机电专业的一门技术基础课,是架设在基础课、实践教学课和专业课之间的桥梁。

本书作为面向新世纪机械学科的新课程体系中一门技术基础课教材,本书在编写时力求突出以下特点:

(1) 突出极限与配合及测量技术的基本理论、基本知识,加强常用标准的应用和常用几何量测试基本技能的培养。

(2) 根据机械工程一级学科新课程体系的特点和需要,筛选并精简内容,删除不必要的数学推导过程,精简标准方面的内容,为学生查找标准、设计手册的自学能力创造条件。

(3) 为了便于自学、教学和应用能力的提高,书中辅以针对性强的实例,且每章配备了联系实际的习题。

(4) 在绪论中,力求简明而适当地介绍互换性、标准化、优先数和优先数系、极限与配合及技术测量的发展、课程研究的对象、基本特点及要求等内容,以激发学生的求知欲和学习兴趣。

(5) 全书内容丰富,概念清楚,资料翔实,极限与配合一律采用最新国家标准。便于根据各专业对本课程的不同要求,对书中内容进行取舍。本书适合作为机电类专业的基本教材,也可供从事机械设计制造、机电一体化、计量测试、检验人员参考。

本课程的实践性和综合性很强。教师应将单纯为学生讲授知识转变为对他们的能力、素质的培养,并尽量以学生为中心;学生应将立足点转移到自主学习能力、动手能力和创新能力的培养上,这样便不难达到本课程的基本教学要求。

本书在策划、编写及出版过程中,得到合编院校的有关部门和任课教师的大力支持;得到有关专家学者、兄弟院校及合编院校同行的热忱指教。此外,本书在编写中引用了部分标准和技术文献资料。在此,对上述单位和人员一并表示衷心感谢。

全国职业教育规划教材编审委员会

目 录

contents

第一章 绪论	1
第一节 互换性概述	1
第二节 互换性生产的实现	2
第三节 课程的地位、性质和任务	3
第二章 极限与配合	5
第一节 尺寸的基本术语及定义	5
第二节 配合的术语及定义	8
第三节 极限与配合的国家标准	12
第四节 公差与配合的选用	23
第三章 形状和位置公差	29
第一节 概述	29
第二节 形位公差的标注	32
第三节 形位公差带	38
第四节 形位误差评定及其检测	53
第五节 公差原则	62
第六节 形位公差的选择	76
第七节 形位误差的检测原则	82
第四章 表面粗糙度与测量	91
第一节 概述	91

第二节	表面粗糙度的评定参数	92
-----	------------	----

第三节	表面粗糙度的符号、代号及标注	95
-----	----------------	----

第五章 测量技术基础 99

第一节	长度基准和尺寸传递	99
-----	-----------	----

第二节	测量方法的分类及特点	102
-----	------------	-----

第三节	计量器具的分类及其技术指标	103
-----	---------------	-----

第四节	孔、轴尺寸与锥度、角度的检测	104
-----	----------------	-----

第五节	计量器具的维护与保养	113
-----	------------	-----

第六章 尺寸链 115

第一节	基本概念	115
-----	------	-----

第二节	完全互换法解尺寸链	119
-----	-----------	-----

第三节	大数互换法解尺寸链	124
-----	-----------	-----

第四节	解尺寸链的其他方法	127
-----	-----------	-----

附录 / 轴、孔的基本偏差数值与极限偏差	133
----------------------	-----

参考文献	165
------	-----

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，装配后能满足预定的使用性能。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，装配后能满足预定的使用性能，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，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。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 互换性生产的实现

一、几何参数误差

具有互换性的零（部）件，其几何参数一定要做得绝对准确吗？从加工角度上看是不可能的。因为在零件的加工过程中，无论设备的精度和操作者的技术水平多高，几何参数绝对准确的零件是加工不出来的，加工误差是客观存在的。从使用要求上也是没有必要的。

几何参数误差是零件加工后的实际几何参数相对其理想几何参数的偏离量。包括尺寸误差、形状误差、位置误差及表面粗糙度。

二、几何参数公差

几何参数误差对零件的使用性能和互换性是有一定影响的。实践证明，只要把零件的几何参数误差控制在一定的范围之内，零件的使用性能和互换性就能得到保证。

几何参数公差是零件几何参数允许的变动量。它包括尺寸公差、形状公差、位置公差等。

公差是限制误差的,以保证互换性的实现。因此,建立各种几何参数的公差标准,是实现对零件误差的控制和实现零(部)件互换性的基础。

三、标准化

在现代化生产中,标准化是一项重要的技术措施。因为一种机械产品的制造过程往往涉及到许多部门和企业,甚至还要进行国际间协作。为了适应生产上各部门与企业在技术上相互协调的要求,必须有一个共同的技术标准。

标准化是指制订标准与贯彻标准的全过程。标准即技术上的法规。标准经主管部门颁布生效后,具有一定的法律效应,不得擅自修改或拒不执行。我国标准分为国家标准、部颁标准、地方标准和企业标准。标准化水平的高低体现了一个国家现代化的程度。

四、技术测量

在机械制造中加工与测量是相互依存的,有了先进的公差标准,还要有相应的技术测量措施,零件的使用功能和互换性才能得到保证。

技术测量的目的,不仅仅是判断零件是否合格,还要根据测量的结果,分析产生废品的原因,以便设法减少废品。

第三节 课程的地位、性质和任务

本课程是机械加工技术专业的一门主干课程,是机械类各专业的一门必修课。

本课程的主要任务是:使学生具备机械加工高素质操作者所应具备的机械零件的几何精度及极限与配合的基本知识;几何参数测量的基本理论;检测产品的基本技能,为学生毕业后胜任岗位工作,增强适应职业变化能力和继续学习打下一定的基础。

通过本课程的教学,学生应达到下列基本要求:

一、知识目标

- 1) 掌握极限与配合、形位公差、表面粗糙度的基本概念与基本规定;
- 2) 掌握技术测量的基本概念、基本规定;
- 3) 掌握技术测量的基本知识;
- 4) 了解常用测量器具的种类、应用范围及检测方法;
- 5) 了解与本课程有关的技术政策法规。

二、能力目标

- 1) 具有与本课程有关的识图、标注、执行国家标准、使用技术资料和测量器具的能力；
- 2) 具有正确选用现场计量器具检测产品的基本技能及分析零件质量的初步能力；
- 3) 具有运用计算机获取、处理和表达与本课程有关的技术信息的初步能力；
- 4) 初步具有严谨的工作作风和创新精神。

思考与练习

1. 什么是互换性？并举例说明。
2. 简述互换性在机械制造业中的重要意义。
3. 分析标准化的意义。

第二章 极限与配合

第一节 尺寸的基本术语及定义

尺寸公差与配合是一项重要的标准，是判断一个零件是否合格的基础标准。国家标准为此制定了一系列有关的标准。如：

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 公差带与配合的选择》等。

一、尺寸的术语及定义

1. 尺寸

尺寸指以特定单位表示长度的数值。长度指直径、半径、深度、高度、宽度、中心距等，特定单位为mm。

2. 基本尺寸（孔 D 、轴 d ）

基本尺寸是指设计给定的尺寸，是根据使用要求，经过强度、刚度、结构的设计计算，并符合标准系列而得到的尺寸。

3. 实际尺寸（孔 D_a 、轴 d_a ）

实际尺寸是指通过测量得到的尺寸。由于工件加工有误差，测量也有误差，因此实际尺寸并非确定值，如图2-1所示。

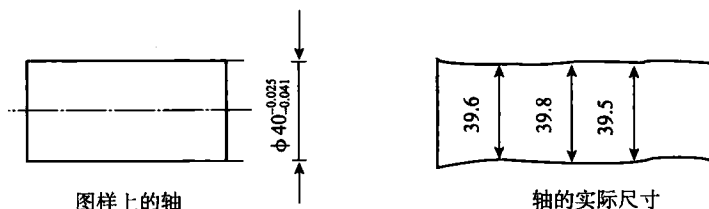


图2-1 轴的实际尺寸

4. 极限尺寸

极限尺寸是指允许尺寸变化的两个界限值。其中最大的称为最大极限尺寸（孔 $D_{\max}$ 、轴 $d_{\max}$ ），最小的称为最小极限尺寸（孔 $D_{\min}$ 、轴 $d_{\min}$ ），如图2-2所示。合格的实际尺寸应在最大与最小极限尺寸之间。极限尺寸可以大于、小于或等于基本尺寸。

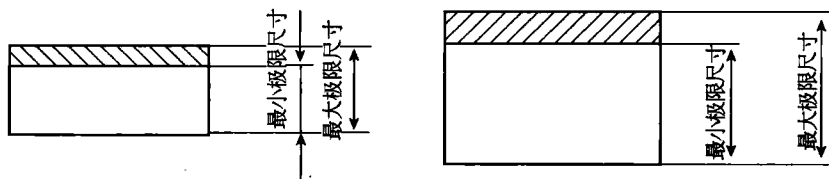


图2-2 孔、轴的极限尺寸

二、尺寸偏差与公差

1. 尺寸偏差（简称偏差）

偏差是指某一尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。偏差可以是正值、负值或零值。

2. 实际偏差

实际偏差是指实际尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

3. 极限偏差（上偏差、下偏差统称极限偏差）

上偏差：最大极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

孔用ES：ES= $D_{\max}-D$ ；轴用es：es= $d_{\max}-d$ 。

下偏差：最小极限尺寸减去其基本尺寸所得的代数差。

孔用EI：EI= $D_{\min}-D$ ；轴用ei：ei= $d_{\min}-d$ 。

【例2-1】 已知孔的基本尺寸为 $\phi 50$ ，最大极限尺寸 $\phi 50.008$ ，最小极限尺寸 $\phi 49.992$ ，求孔的上、下偏差，并校核当零件的实际尺寸为 $\phi 50.002$ 时是否合格。

解 ES= $D_{\max}-D=50.008-50=+0.008$

EI= $D_{\min}-D=49.992-50=-0.008$

实际偏差= $50.002-50=+0.002$

因为 $-0.008 < +0.002 < +0.008$ ，所以，零件合格。

4. 尺寸公差（简称公差）

公差是指允许尺寸的变动量，即最大极限尺寸减去最小极限尺寸之代数差的绝对值，或上偏差减去下偏差之代数差的绝对值。公差是绝对值，因此没有正、负，也没有零公差。

孔公差（ T_D ）

$$T_D = |D_{\max} - D_{\min}| \text{ 或 } |ES - EI|$$

轴公差（ T_d ）

$$T_d = |d_{\max} - d_{\min}| \text{ 或 } |es - ei|$$

【例2-2】求孔 $\phi 50 \pm 0.008$ 的公差。

解 孔公差

$$T_D = ES - EI = 0.008 - (-0.008) = 0.016$$

或

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = 50.008 - 49.992 = 0.016$$

【例2-3】求轴 $\phi 50_{-0.021}^0$ 的公差。

解 轴公差 $T_d = es - ei = 0 - (-0.021) = 0.021$

或

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} = 50.000 - 49.979 = 0.021$$

5. 尺寸公差带图解（简称公差带图）

图2-3表达了孔轴尺寸、偏差、极限尺寸、公差、配合之间的关系。鉴于公差数值往往较小，不使用同一比例表示，故常采用尺寸公差带图解表示。尺寸公差带图解由零线和公差带两部分组成。

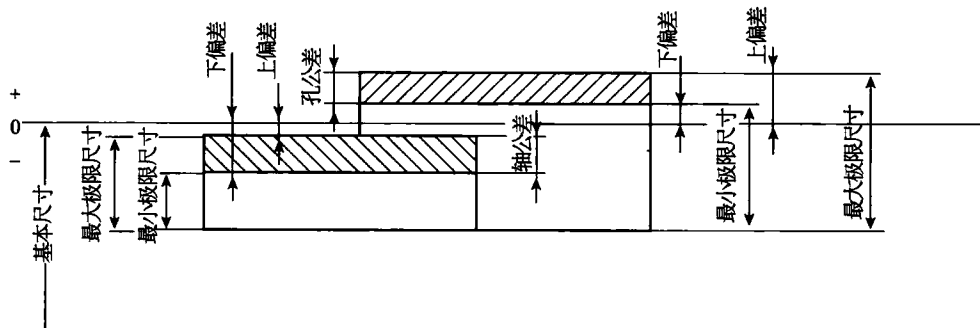


图2-3 公差与配合示意图

（1）零线

零线是在公差带图中，确定偏差的一条基准直线。零线表示基本尺寸，零线以上为正偏差，零线以下为负偏差。

（2）公差带

公差带是在公差带图中，由代表上、下偏差的两条直线所限定的区域。

(3) 公差带图

公差带图如图2-4所示。

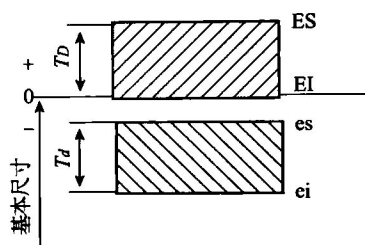


图2-4 公差带图

第二节 配合的术语及定义

一、孔与轴

1. 孔

孔通常指工件的圆柱形内表面，也包括非圆柱形内表面。

2. 轴

轴通常指工件的圆柱形外表面，也包括非圆柱形外表面，如图2-5所示。

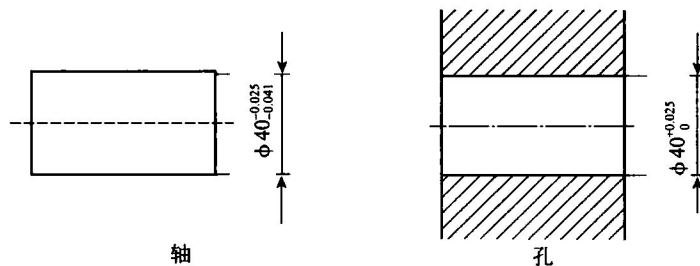


图2-5 孔与轴

二、配合

1. 配合

配合是指基本尺寸相同的、相互结合的孔和轴公差带之间的关系。孔、轴公差带之间的关系有间隙和过盈两种。

间隙 (X) —— 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差，差值为正时，称为间隙。

过盈 (Y) —— 孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差，差值为负时，称为过盈。

2. 配合种类

当一批零件装配时，根据孔、轴的公差带关系，可分为间隙配合、过盈配合、过渡配合三种。

(1) 间隙配合

间隙配合指具有间隙（包括最小间隙为零）的配合，此时孔的公差带在轴的公差带之上，如图2-6所示。

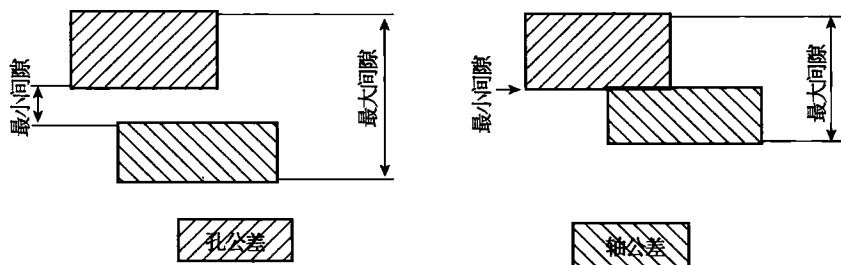


图2-6 间隙配合

在实际装配中，孔、轴结合的性质不同，有最大间隙、最小间隙之分。

最大间隙 ($X_{\max}$) —— 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸之差值，或孔的上偏差减去轴的下偏差。

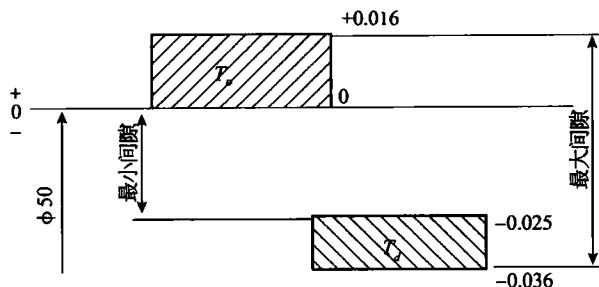
$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad \text{或} \quad X_{\max} = ES - ei$$

最小间隙 ($X_{\min}$) —— 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸之差值，或孔的下偏差减去轴的上偏差。

$$X_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \quad \text{或} \quad X_{\min} = EI - es$$

【例2-4】 已知孔 $\phi 50^{+0.016}_0$ ，轴为 $\phi 50^{-0.025}_{-0.036}$ 。试画出它们的配合公差带图，并据此确定其配合性质，再计算它们的最大间隙（或过盈）和最小间隙（或过盈）。

解 1) 画公差带图



2) 判断: 由上图可见, 由于孔的公差带在轴的公差带之上, 所以是间隙配合。

3) 计算: 最大间隙

$$X_{\max} = ES - ei = +0.016 - (-0.036) = +0.052$$

最小间隙

$$X_{\min} = EI - es = 0 - (-0.025) = +0.025$$

(2) 过盈配合

过盈配合指具有过盈 (包括最小过盈为零) 的配合, 此时孔的公差带在轴的公差带之下, 如图2-7所示。

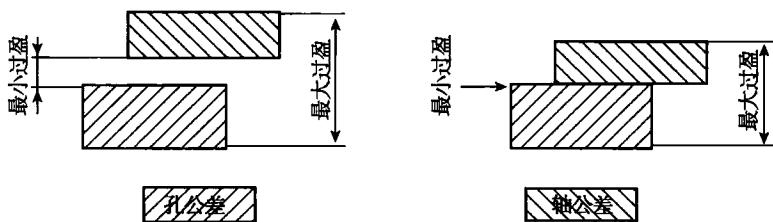


图2-7 过盈配合

在实际装配中, 孔、轴结合的性质不同, 有最大过盈、最小过盈之分。

最小过盈 ($Y_{\min}$) —— 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸之差值, 或孔的上偏差减去轴的下偏差。

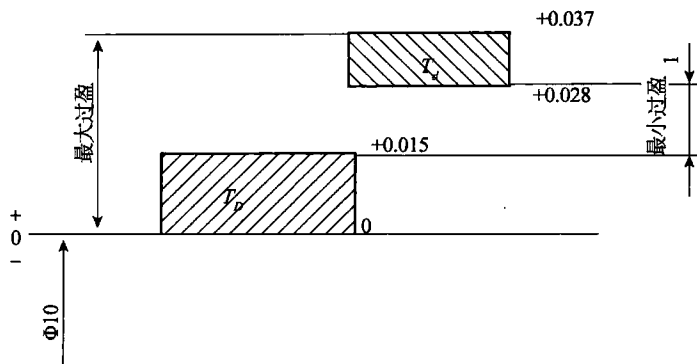
$$Y_{\min} = D_{\max} - d_{\min} \quad \text{或} \quad Y_{\min} = ES - ei$$

最大过盈 ($Y_{\max}$) —— 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸之差值, 或孔的下偏差减去轴的上偏差。

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} \quad \text{或} \quad Y_{\max} = EI - es$$

【例2-5】 已知孔 $\phi 10^{+0.015}_0$, 轴为 $\phi 10^{+0.037}_{+0.028}$ 。试画出它们的配合公差带图, 并据此确定其配合性质, 再计算它们的最大间隙 (或过盈) 和最小间隙 (或过盈)。

解 1) 画公差带图



2) 判断: 由上图可见, 由于孔的公差带在轴的公差带之下, 所以是过盈配合。

3) 计算: 最小过盈 $Y_{\min} = ES - ei = +0.015 - (+0.028) = -0.013$

最大过盈 $Y_{\max} = EI - es = 0 - (+0.037) = -0.037$

(3) 过渡配合

过渡配合指可能具有间隙、也可能具有过盈的配合, 但间隙量或过盈量均较小, 此时孔的公差带与轴的公差带相互交叠, 如图2-8所示。

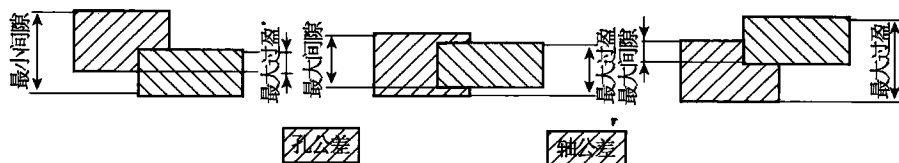


图2-8 过渡配合

在实际装配中, 孔、轴结合的性质不同, 有最大间隙、最大过盈之分。

最大间隙 ($X_{\max}$) —— 孔的最大极限尺寸减去轴的最小极限尺寸之差值, 或孔的上偏差减去轴的下偏差。

$$X_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \quad \text{或} \quad X_{\max} = ES - ei$$

最大过盈 ($Y_{\max}$) —— 孔的最小极限尺寸减去轴的最大极限尺寸之差值, 或孔的下偏差减去轴的上偏差。

$$Y_{\max} = D_{\min} - d_{\max} \quad \text{或} \quad Y_{\max} = EI - es$$

【例2-6】 已知孔 $\phi 30^{+0.002}_{-0.011}$, 轴为 $\phi 30^{0}_{-0.013}$ 。试画出它们的配合公差带图, 并据此确定其配合性质; 计算它们的最大间隙 (或过盈) 和最小间隙 (或过盈)。

解 1) 画公差带图

