



全国高等职业教育规划教材

机械测量技术

主编 卢志珍 何时剑

主审 盛定高



附赠CD光盘，含视频案例
及多媒体课件等配套资源



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

机械测量技术

主编	卢志珍	何时剑
参编	倪学虎	毕艳茹
主审	盛定高	

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书共6个学习情境,内容包括:尺寸测量、几何误差测量、表面粗糙度测量、锥度和角度测量、螺纹测量和齿轮测量。

本书集教材、实验指导书、习题集三本书于一体,强调“知识与技能融合、理论与实践一体”,以“工作任务”引出专业知识,理论知识精炼、浅显,测量实例突出“怎么做”。本书的随书光盘中包含与本书配套的电子多媒体课件和测量案例的音像资料。

本书可作为高职高专院校机械设计与制造、机电一体化、数控技术应用、模具设计与制造,以及汽车设计与制造等专业的技术基础课教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械测量技术/卢志珍,何时剑主编. —北京:机械工业出版社, 2011.3 (2013.1重印)

全国高等职业教育规划教材

ISBN 978-7-111-33234-3

I. ①机… II. ①卢…②何… III. ①技术测量—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG801

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第013845号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:石隽辉 章承林 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年1月第1版第2次印刷

184mm×260mm·11.75印张·285千字

4 001—7 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-33234-3

ISBN 978-7-89451-849-1(光盘)

定价:25.00元(含1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

全国高等职业教育规划教材 机电类专业编委会成员名单

主 任	吴家礼					
副 主 任	任建伟	张 华	陈剑鹤	韩全立	盛靖琪	谭胜富
委 员	(按姓氏笔画排序)					
	王启洋	王国玉	王晓东	代礼前	史新民	田林红
	龙光涛	任艳君	刘靖华	刘 震	吕 汀	纪静波
	何 伟	吴元凯	张 伟	李长胜	李 宏	李柏青
	李晓宏	李益民	杨士伟	杨华明	杨 欣	杨显宏
	陈文杰	陈志刚	陈黎敏	苑喜军	金卫国	奚小网
	徐 宁	陶亦亦	曹 凤	盛定高	程时甘	韩满林
秘 书 长	胡毓坚					
副秘书长	郝秀凯					

出版说明

根据“教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见”中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课程的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

前 言

随着高职高专院校教学改革的进一步深入,基于工作过程的课程改革已经在高职院校的教学中全面展开,行动导向的“学习领域”课程方案应运而生,高职高专人才培养模式、课程体系和教学内容等也应满足相关改革的要求。

“机械测量技术”是高等职业教育机械设计与制造、机电一体化、数控技术应用、模具设计与制造及汽车设计与制造等专业的一门技术基础课,它包含了几何量公差与技术测量两方面的内容,与机械设计、机械制造及其质量控制密切相关。正是基于这种近年来高职院校教学改革的思想,也基于本课程较强的操作性,本书挣脱了本科教材压缩型和学科型的束缚,按照“行业引领、企业主导、学校参与”的思路,与企业技术专家紧密协作,基于生产现场的机械测量工作流程,以源于企业、经过教学改造的典型测量任务为载体,形成尺寸测量、几何误差测量、表面粗糙度测量、锥度和角度测量、螺纹测量、齿轮测量等6个学习情境,融合知识和技能,使学生在行动中学习。

本书围绕“培养适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高等技术应用性专门人才”这一目标构建全书内容,以培养技术应用能力为主线设计全书结构,主要特色有以下几点。

1) 任务驱动,体现专业性、针对性。每个学习情境以制造类专业常见的测量“工作任务”引出专业知识,按“教、学、做”合一的思路以工作过程为导向将职业素养教育融入教材内容中,坚持“应用为目的,必须、够用为度”的原则,突出知识的专业性和针对性。

2) 理实一体化,体现实践性、应用性。每个学习情境都由“理论知识”,“测量实例”,“想一想、做一做”这3大部分构成。“理论知识”精炼浅显,突出应用性;“测量实例”突出学生应该“怎么做”;“想一想、做一做”中有填空、选择、判断和综合题等,难度适中,有利于学生自我检测、全面巩固所学知识,培养分析和解决问题的能力,提高学习兴趣。

3) 采用最新国标,体现时代性、先进性。本书每个情境中的名词、术语等均采用国际单位制及最新的国家标准。

4) 配套立体式教学资源。一方面,本书集教材、实验指导书、习题集于一体,各部分内容完整,突出体现对学生基本知识、基本能力的训练和综合分析能力的培养;另一方面,随书光盘中包含与本书配套的电子多媒体课件和测量案例的音像资料,与本书形成了有机统一的立体化教材。

本书由卢志珍、何时剑担任主编。其中学习情境1、学习情境2、学习情境5、学习情境6和附录由卢志珍编写,学习情境3由何时剑、毕艳茹编写,学习情境4由倪学虎编写。盛定高担任本书的主审并给予悉心指导。

本书可作为各类职业技术院校、高等专科学校、成人高校的机械类、近机械类专业的教学用书,也可供有关工程技术人员参考。

在本书的编写过程中,编者得到了蒋继红、马宪亭、舒希勇、张锦萍等老师和学院各级领导的大力支持和帮助,同时得到了淮安远航船用设备制造有限公司、江苏金象减速机有限公司等企业的大力支持,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请专家和广大读者批评指正。

目 录

出版说明

前言

学习情境 1 尺寸测量	1
1.1 识读尺寸公差	1
1.1.1 尺寸公差	2
1.1.2 孔和轴的配合	4
1.1.3 查阅极限偏差	7
1.2 轴孔测量	18
1.2.1 测量准备	18
1.2.2 轴径测量	24
1.2.3 孔径测量	33
1.3 想一想、做一做	36
学习情境 2 几何误差测量	44
2.1 识读几何公差	44
2.1.1 几何公差研究对象	44
2.1.2 几何特征及符号	45
2.1.3 几何公差标注	46
2.1.4 基准及几何公差定义	50
2.1.5 公差原则	59
2.1.6 几何公差值	64
2.1.7 未注几何公差	67
2.2 几何误差测量	68
2.2.1 几何误差评定	68
2.2.2 直线度误差测量	69
2.2.3 平面度误差测量	72
2.2.4 圆度误差测量	74
2.2.5 对称度误差测量	77
2.2.6 跳动误差测量	79
2.3 想一想、做一做	80
学习情境 3 表面粗糙度测量	88
3.1 识读表面粗糙度	88
3.1.1 表面粗糙度定义	88
3.1.2 表面粗糙度评定参数	88
3.1.3 表面粗糙度标注	93
3.2 表面粗糙度测量	99
3.2.1 表面粗糙度测量方法	99

3.2.2 表面粗糙度测量	100
3.3 想一想、做一做	102
学习情境4 锥度和角度测量	105
4.1 锥度测量	105
4.1.1 识读圆锥公差	105
4.1.2 正弦规测量锥度偏差	111
4.2 角度测量	113
4.2.1 识读角度公差	113
4.2.2 游标万能角度尺测量角度	114
4.3 想一想、做一做	115
学习情境5 螺纹测量	118
5.1 识读螺纹公差	118
5.1.1 螺纹种类	118
5.1.2 螺纹基本几何参数	119
5.1.3 螺纹公差与螺纹精度	121
5.1.4 螺纹标记	124
5.1.5 螺纹中径合格条件	126
5.2 螺纹测量	128
5.2.1 综合测量	128
5.2.2 单项测量	129
5.3 想一想、做一做	132
学习情境6 齿轮测量	135
6.1 识读齿轮精度	135
6.1.1 齿轮传动基本要求	135
6.1.2 齿轮的主要加工误差	136
6.1.3 单个齿轮偏差项目及检测方法	138
6.1.4 齿轮精度等级及应用	146
6.1.5 齿轮副及齿坯的精度	153
6.1.6 齿轮精度设计举例	159
6.2 齿轮偏差测量	161
6.2.1 用万能测齿仪测量齿距偏差	161
6.2.2 用齿厚游标卡尺测量齿厚偏差	164
6.2.3 用公法线千分尺测量公法线长度偏差	165
6.2.4 用双面啮合检查仪测量径向综合偏差	167
6.2.5 用齿轮径向跳动检查仪测量齿轮径向跳动	168
6.3 想一想、做一做	170
附录 部分参考答案	173
参考文献	178

学习情境1 尺寸测量

【学习目标】

1. 读懂零件尺寸精度要求。
2. 掌握尺寸公差、轴孔配合、基本偏差、标准公差、基准制、极限偏差、未注公差及尺寸标注等知识。
3. 掌握孔、轴尺寸测量知识。
4. 掌握游标卡尺、外径千分尺、内径百分表、立式光学计等计量器具的结构、读数原理及使用方法等基本知识。
5. 会分析测量结果，并进行合格性判断。
6. 培养安全操作与协作意识，养成自觉清理工作环境的习惯。

【知识链接】

本学习情境知识内容主要参照下列标准编写：GB/T 1800.1—2009《产品几何技术规范（GPS）极限与配合 第1部分：公差、偏差和配合的基础》；GB/T 1800.2—2009《产品几何技术规范（GPS）极限与配合 第2部分：标准公差等级和孔、轴极限偏差表》；GB/T 4458.5—2003《机械制图 尺寸公差与配合注法》；GB/T 1804—2000《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》；GB/T 1801—2009《产品几何技术规范（GPS）极限与配合 公差带和配合的选择》；GB/T 6093—2001《几何量技术规范（GPS）长度标准 量块》；JJG 146—2003《量块检定规程》；GB/T 3177—2009《产品几何技术规范（GPS）光滑工件尺寸的检验》。

1.1 识读尺寸公差

在零件加工制造中,要识读零件工作图,例如图 1-1 所示的凹形板零件,其中尺寸 $20^{+0.084}_0$ 、 25 ± 0.15 、 $50^{+0}_{-0.062}$ 、 30 ± 0.05 等的含义是什么?它们的公称尺寸、极限尺寸、极限偏差、公差分别是多少?加工后如何测量这些尺寸?这些尺寸是否合格,如何判断?通过本学习情境的学习,要能正确识读尺寸公差要求、熟练地选择测量器具,测量各种尺寸误差,并进行合格性判断。

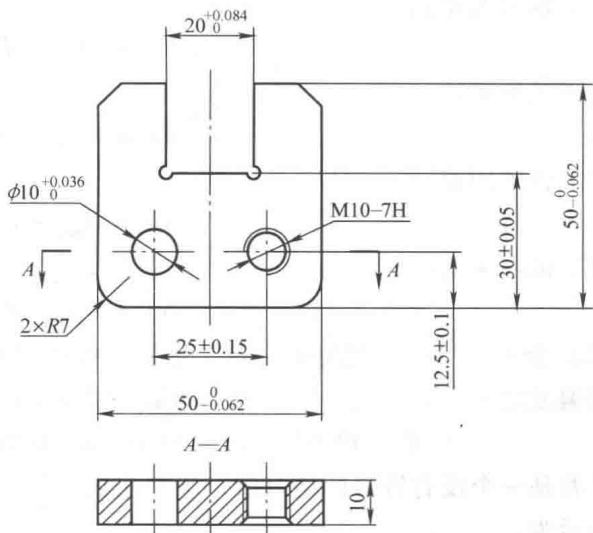


图 1-1 凹形板零件图

1.1.1 尺寸公差

1. 尺寸

在 GB/T1800.1—2009 中对尺寸是这样定义的：以特定单位表示线性尺寸值的数值，称为尺寸。在机械制造中一般用毫米（mm）作为特定单位。

（1）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（旧国标中称基本尺寸）。孔的公称尺寸用 D 表示，轴的公称尺寸用 d 表示。它是根据零件的强度、刚度等要求计算出的或通过试验和类比方法得到的，并经过圆整后得到的尺寸。如图 1-1 所示，50、10、50 为凹形板长度、厚度、高度的公称尺寸。

（2）极限尺寸 由一定大小的线性尺寸或角度尺寸确定的几何形状称为尺寸要素。尺寸要素允许的尺寸的两个极端，称为极限尺寸。尺寸要素允许的最大尺寸，称为上极限尺寸（旧国标中称最大极限尺寸），用 $D_{\max}$ 、 $d_{\max}$ 表示。尺寸要素允许的最小尺寸称为下极限尺寸（旧国标称为最小极限尺寸），用 $D_{\min}$ 、 $d_{\min}$ 表示。如图 1-1 中的长度尺寸 $50^{+0}_{-0.062}$ ，其中 50 和 49.938 分别为凹形板长度的上极限尺寸和下极限尺寸；如图 1-1 中的尺寸 30 ± 0.05 ，其中 30.05 和 29.95 分别为该尺寸的上极限尺寸和下极限尺寸。

（3）提取组成要素的局部尺寸 提取组成要素的局部尺寸是指一切提取组成要素上两对应点之间距离的统称。新的国家标准没有给出实际尺寸的定义，但提到了提取组成要素的局部尺寸。实际（组成）要素、提取组成要素的定义见学习情境 2 中所述。

2. 偏差与公差

（1）偏差 某一尺寸减其公称尺寸所得的代数差，称为偏差。上极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为上极限偏差（旧国标称上偏差）；下极限尺寸减其公称尺寸所得的代数差称为下极限偏差（旧国标称下偏差）；上极限偏差和下极限偏差统称为极限偏差。偏差可以为正、负或零值。如图 1-1 中，尺寸 $20^{+0.084}_0$ ，其上下极限偏差分别为 +0.084、0；尺寸 25 ± 0.015 ，其上下极限偏差分别为 +0.015、-0.015，上下极限偏差数值相同，符号相反。孔和轴的极限偏差用公式表示如下：

孔上极限偏差：

$$ES = D_{\max} - D$$

孔下极限偏差：

$$EI = D_{\min} - D$$

轴上极限偏差：

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

轴下极限偏差：

$$ei = d_{\min} - d$$

（2）公差 尺寸公差简称公差，是指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 1-1 中的尺寸 $50^{+0}_{-0.062}$ ，其公差为

$$| 50 - 49.938 | \text{ mm} = | 0 - (-0.062) | \text{ mm} = 0.062 \text{ mm}$$

公差是一个没有符号的绝对值，不存在正、负公差，也不允许为零。孔和轴的公差可用公式表示为：

孔公差：

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

轴公差：

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

3. 尺寸公差带

(1) 尺寸公差带（简称公差带） 在公差与配合示意图中，由代表上下极限偏差或上下极限尺寸的两条直线所限定的一个区域，称为公差带。它是由公差大小和其相对公称尺寸的位置来确定的，如图 1-2 所示。

(2) 尺寸公差带图 为了表明尺寸、极限偏差及公差之间的关系，可不必画出孔与轴的全形，而采用简单明了的公差带图表示，如图 1-3 所示。公差带图由两部分组成：零线和公差带。零线是在公差带图中，表示公称尺寸的一条直线，以其为基准确定偏差和公差。通常，零线沿水平方向绘制，正偏差位于其上，负偏差位于其下。绘制公差带图时，在零线左端注上相应的符号“+”、“0”、“-”，其左下方画上带箭头的尺寸线并注上公称尺寸值。公差带在垂直零线方向的宽度代表公差带的大小，平行于零线的上下两条直线分别表示上、下极限偏差；公差带沿零线方向的长度可适当选取。公差带图中，尺寸单位为 mm（毫米），偏差及公差单位多为 μm（微米）。

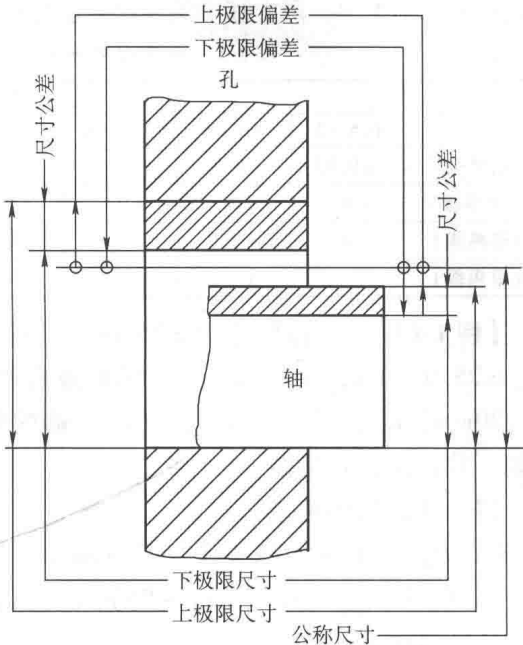


图 1-2 公差与配合示意图

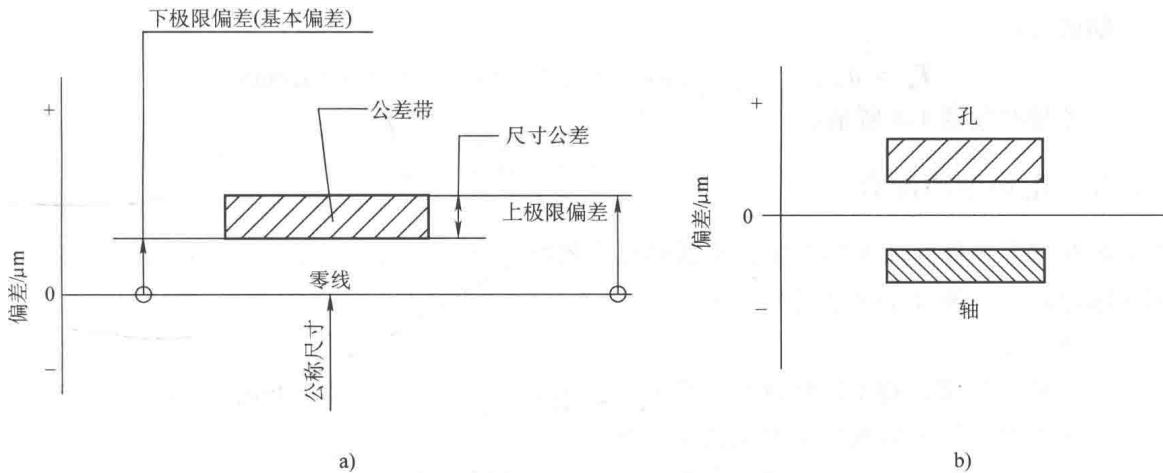


图 1-3 公差带图

a) 公差带图解 b) 孔、轴公差带示意图

4. 线性尺寸的未注公差（GB/T1804—2000）

线性尺寸的未注公差又称一般公差，是指在车间一般加工条件下可保证的公差，是机床设备在正常维护和操作情况下，能达到的经济加工精度。采用一般公差时，在公称尺寸后不标注极限

偏差或其他代号，所以又叫未注公差。如图 1-1 中的凹形板厚度尺寸 10 就是未注公差。

在 GB/T1804—2000 中，对未注公差规定了四个等级，即精密级（f）、中等级（m）、粗糙级（c）、最粗级（v）。线性尺寸未注公差的公差等级及其极限偏差数值见表 1-1。在图样上、技术文件或相应的标准中，用本标准的表示方法为：GB/T1804—m，其中 m 表示中等级。

表 1-1 线性尺寸一般公差的公差等级及其极限偏差数值（单位：mm）

公差等级	尺 寸 分 段							
	0.5 ~ 3	> 3 ~ 6	> 6 ~ 30	> 30 ~ 120	> 120 ~ 400	> 400 ~ 1000	> 1000 ~ 2000	> 2000 ~ 4000
f(精密级)	±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	—
m(中等级)	±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2
c(粗糙级)	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4
v(最粗级)	—	±0.5	±1	±1.5	±2.5	±4	±6	±8

【例 1-1】 公称尺寸 $D = 25\text{mm}$ ，孔的极限尺寸为 $D_{\max} = 25.021\text{mm}$ ， $D_{\min} = 25\text{mm}$ ，轴的极限尺寸为 $d_{\max} = 24.980\text{mm}$ ， $d_{\min} = 24.967\text{mm}$ 。求孔、轴的极限偏差及公差，并画出公差带图。

解：孔的极限偏差：

$ES = D_{\max} - D = (25.021 - 25)\text{mm} = +0.021\text{mm}$

$EI = D_{\min} - D = (25 - 25)\text{mm} = 0\text{mm}$

轴的极限偏差：

$es = d_{\max} - d = (24.980 - 25)\text{mm} = -0.020\text{mm}$

$ei = d_{\min} - d = (24.967 - 25)\text{mm} = -0.033\text{mm}$

孔的公差：

$T_D = D_{\max} - D_{\min} = (25.021 - 25)\text{mm} = 0.021\text{mm}$

轴的公差：

$T_d = d_{\max} - d_{\min} = (24.980 - 24.967)\text{mm} = 0.013\text{mm}$

公差带图如图 1-4 所示。

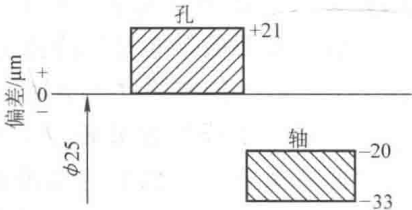


图 1-4 【例 1-1】公差带图

1.1.2 孔和轴的配合

在机械零部件的加工制造中，常遇到孔和轴的配合。所谓配合是指公称尺寸相同的并且相互结合的孔和轴公差带之间的关系。

1. 孔和轴

(1) 孔 通常，指工件的圆柱形内尺寸要素，如图 1-5a 所示，也包括非圆柱形的内尺寸要素（由两平行平面或切面形成的包容面）。

(2) 轴 通常，指工件的圆柱形外尺寸要素，如图 1-5b 所示，也包括非圆柱形的外尺寸要素（由两平行平面或切面形成的被包容面）。

标准中定义的孔和轴是广义的，从装配关系讲，孔为包容面，在它之内无材料；轴为被包容面，在它之外无材料。从加工工艺上讲，随着刀具的不断切削，轴的尺寸不断减小，而孔的尺寸不断加大。例如键的宽度和键槽的宽度尺寸要素等都是轴和孔，如图 1-6 所示。

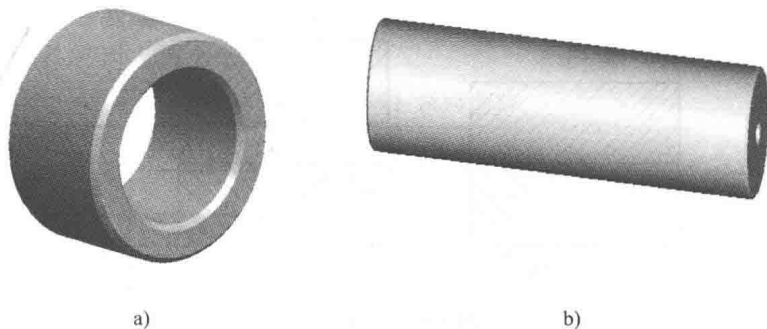


图 1-5 孔和轴

a) 孔 b) 轴

2. 孔和轴的配合类型

孔的尺寸减去相配合的轴的尺寸所得的代数差为正时称为间隙，为负时称为过盈。所以配合可分为间隙配合、过盈配合和过渡配合三种。

(1) 间隙配合 具有间隙的配合（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 1-7 所示。

由于孔和轴都有公差，所以实际间隙的大小随着孔和轴的尺寸而变化。孔的上极限尺寸与轴的下极限尺寸之差为最大间隙，也等于孔的上极限偏差减轴的下极限偏差。孔的下极限尺寸与轴的上极限尺寸之差为最小间隙，也等于孔的下极限偏差减轴的上极限偏差，以 X 代表间隙，则

最大间隙：

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

最小间隙：

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

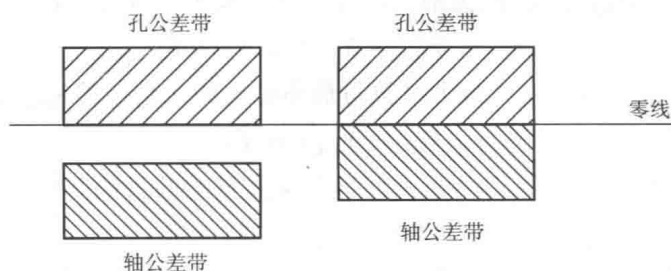


图 1-7 间隙配合

(2) 过盈配合 具有过盈的配合（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 1-8 所示。实际过盈的大小也随着孔和轴的尺寸而变化。

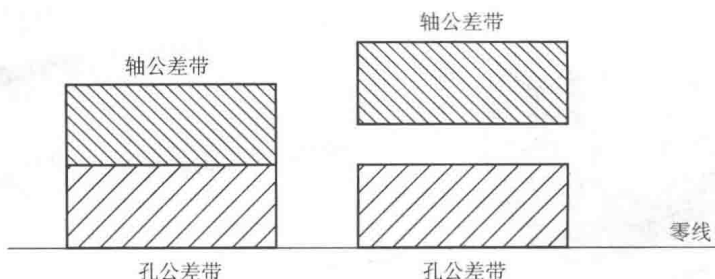


图 1-8 过盈配合

孔的上极限尺寸与轴的下极限尺寸之差为最小过盈，也等于孔的上极限偏差减轴的下极限偏差；孔的下极限尺寸与轴的上极限尺寸之差为最大过盈，也等于孔的下极限偏差减轴的上极限偏差，以 Y 代表过盈，则

最大过盈：

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

最小过盈：

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

(3) 过渡配合 可能具有间隙或过盈的配合，此时，孔和轴的公差带相互交叠，如图 1-9 所示。

在过渡配合中，孔的上极限尺寸减轴的下极限尺寸所得的差值为最大间隙。孔的下极限尺寸减轴的上极限尺寸所得的差值为最大过盈。

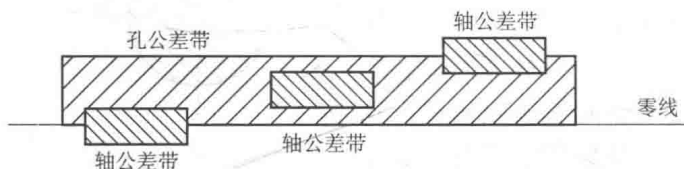


图 1-9 过渡配合

3. 配合公差

组成配合的孔与轴的公差之和称为配合公差。它是允许间隙或过盈的变动量。这是设计人员根据相配件的使用要求确定的。配合公差越大，配合精度越低；配合公差越小，配合精度越高。配合公差是一个没有符号的绝对值。

对于间隙配合，其配合公差 T_f 为最大间隙与最小间隙的代数差的绝对值：

$$T_f = |X_{\max} - X_{\min}| = T_D + T_d$$

对于过盈配合，其配合公差为最大过盈与最小过盈的代数差的绝对值：

$$T_f = |Y_{\max} - Y_{\min}| = T_D + T_d$$

对于过渡配合，其配合公差 T_f 为最大间隙与最大过盈的代数差的绝对值：

$$T_f = |X_{\max} - Y_{\max}| = T_D + T_d$$

【例 1-2】 写出下列三种孔、轴配合的公称尺寸，上、下极限偏差，公差，上、下极限尺寸，最大、最小间隙或过盈，属于何种配合，求出配合公差，并画出公差带图。

1) 孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{-0.020}_{-0.033}$ mm 相配合。

2) 孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{+0.041}_{+0.028}$ mm 相配合。

3) 孔 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm 与轴 $\phi 25^{+0.015}_{+0.002}$ mm 相配合。

解：将题中所得各解列入表 1-2 中。

表 1-2 【例 1-2】所得各解 (单位：mm)

项 目	1)		2)		3)	
	孔	轴	孔	轴	孔	轴
公称尺寸 D (d)	25	25	25	25	25	25
上极限尺寸 $D_{\max}$ ($d_{\max}$)	25.021	24.980	25.021	25.041	25.021	25.015
下极限尺寸 $D_{\min}$ ($d_{\min}$)	25.000	24.967	25.000	25.028	25.000	25.002
上极限偏差 ES (es)	+0.021	-0.020	+0.021	+0.041	+0.021	+0.015
下极限偏差 EI (ei)	0	-0.033	0	+0.028	0	+0.002
公差 T_D (T_d)	0.021	0.013	0.021	0.013	0.021	0.013
最大间隙 $X_{\max}$	+0.054				+0.019	
最小间隙 $X_{\min}$	+0.020					
最大过盈 $Y_{\max}$			-0.041		-0.015	
最小过盈 $Y_{\min}$			-0.007			
配合性质	间隙配合		过盈配合		过渡配合	
配合公差 T_f	0.034		0.034		0.034	

公差带图如图 1-10 所示。

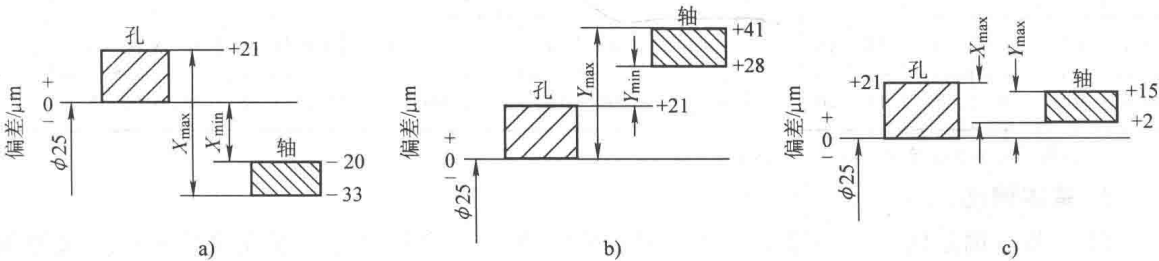


图 1-10 【例 1-2】公差带图
a) 间隙配合 b) 过盈配合 c) 过渡配合

1.1.3 查阅极限偏差

在国家标准中，孔和轴的尺寸公差也可以用公称尺寸和公差带代号表示，如 $\phi 20H8$ 、 $\phi 50f7$ 、 $\phi 80M7$ 等，公差带代号由标准公差等级和基本偏差字母两部分组成，实际应用中，由公差带代号可以查出极限偏差。

1. 标准公差

标准公差是指国家标准 GB/T1800.1—2009 中所规定任一公差，它确定了公差带的大小。GB/T1800.1—2009 规定的标准公差数值见表 1-3。由表可知，标准公差数值由标准公差等级和公称尺寸决定。

标准公差等级分 IT01、IT0、IT1、…、IT18 共 20 个等级，精度依次降低。IT 表示国际公差，数字表示公差等级代号。

同一公差等级、同一尺寸分段内各公称尺寸的标准公差数值是相同的。同一公差等级对所有公称尺寸的一组公差也被认为具有同等精确程度。

表 1-3 标准公差数值 (GB/T 1800.1—2009)

公称尺寸 /mm		标准公差等级																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
大于	至	μm											mm						
—	3	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.10	0.14	0.25	0.40	0.60	1.0	1.4
3	6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.30	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.90	1.5	2.2
10	18	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.70	1.10	1.8	2.7
18	30	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.30	2.1	3.3
30	50	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1.00	1.60	2.5	3.9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.30	0.46	0.74	1.20	1.90	3.0	4.6
80	120	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.40	2.20	3.5	5.4
120	180	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.40	0.63	1.00	1.60	2.50	4.0	6.3
180	250	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.90	4.6	7.2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.30	2.10	3.20	5.2	8.1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.40	2.30	3.60	5.7	8.9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.50	4.00	6.3	9.7

注：公称尺寸小于或等于 1mm 时，无 IT14 ~ IT18。

2. 基本偏差

(1) 基本偏差代号及其特点 基本偏差是指确定公差带相对于零线位置的那个极限偏差（上极限偏差或下极限偏差），一般为靠近零线的那个极限偏差。

当公差带在零线以上时，下极限偏差为基本偏差，公差带在零线以下时，上极限偏差为基本偏差，如图 1-11 所示。

国家标准规定了孔、轴各 28 种基本偏差代号，分别用拉丁字母表示，在 26 个拉丁字母中去掉易与其他含义混淆的五个字母：I、L、O、Q、W（i、l、o、q、w），同时增加 CD、EF、FG、JS、ZA、ZB、ZC（cd、ef、fg、js、za、zb、zc）七个双字母，共 28 种，基本偏差系列如图 1-12 所示。

基本偏差系列中的 H（h），其基本偏差为 0，JS（js）与零线对称，上极限偏差 ES（es）= + IT/2，下极限偏差 EI（ei）= - IT/2，上下极限偏差均可作为基本偏差。

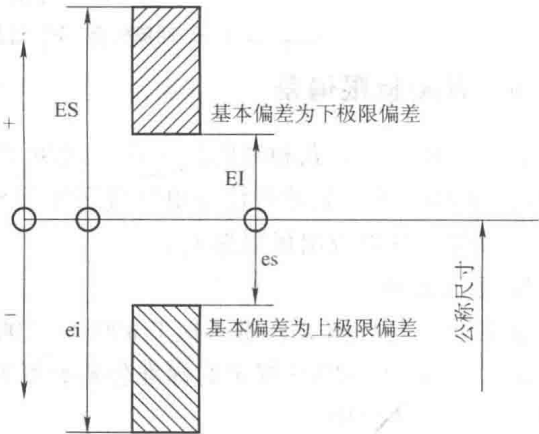


图 1-11 基本偏差示意图

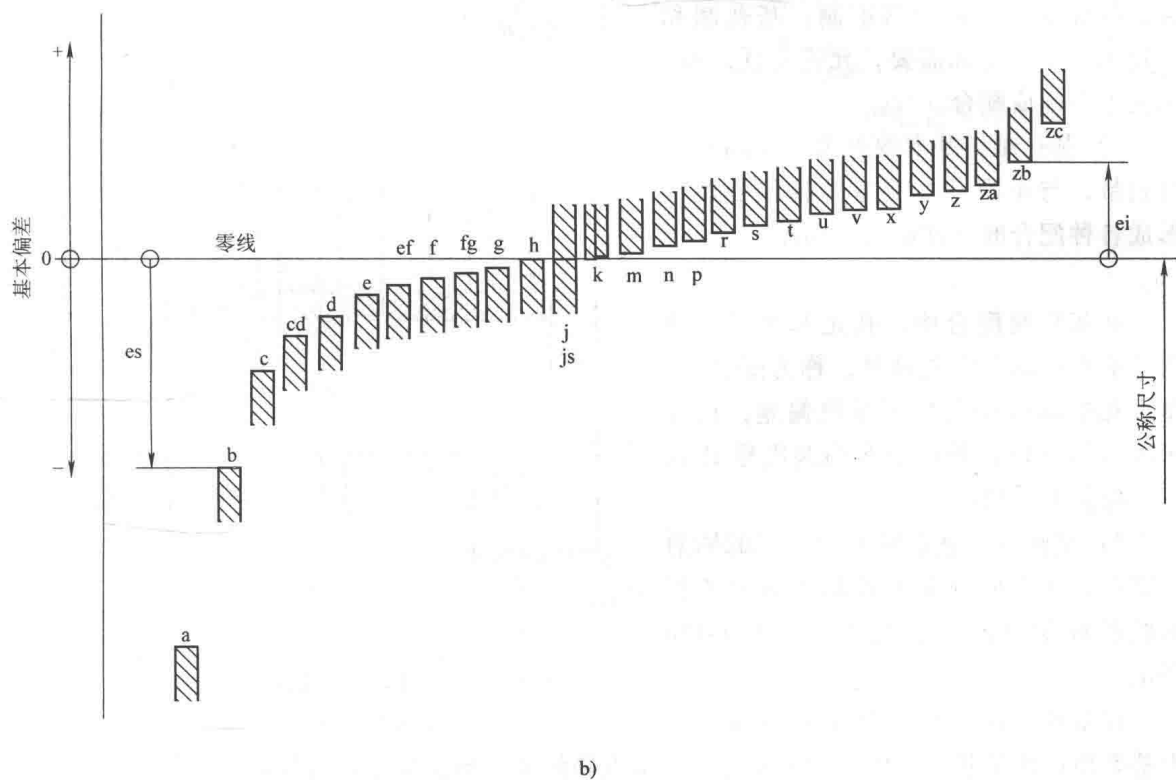
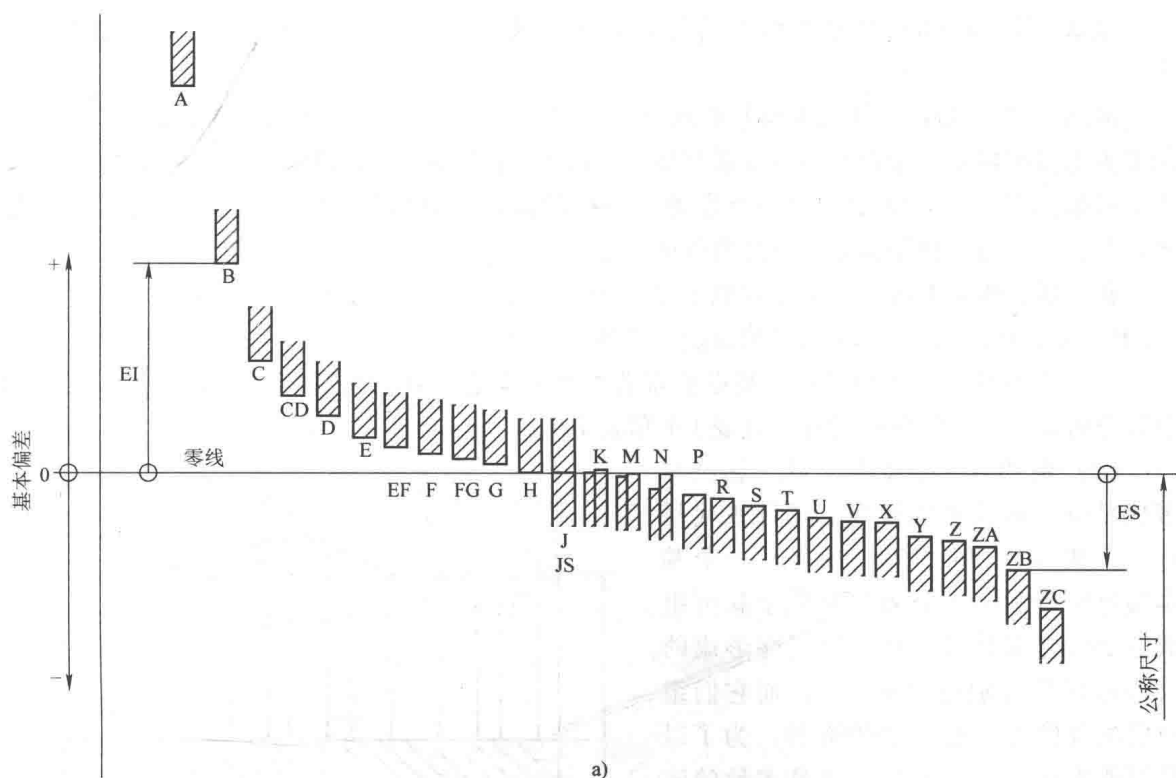


图 1-12 基本偏差系列

a) 孔 b) 轴