



国家技能型紧缺人才培养培训工程系列教材
高职高专规划教材

(汽车运用与维修专业)

钳工实训

柴增田 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



国家技能型紧缺人才培养培训工程系列教材
高职高专规划教材
(汽车运用与维修专业)

钳 工 实 训

主 编 柴增田
副主编 董庆华
参 编 姜 德 万 涛
王 文 徐晓东
主 审 苏海青



机械工业出版社

本教材是按照高等职业技术学院的培养目标和教学基本要求,为满足高职院校培养“技能型紧缺人才”而编写的。

全书共 11 章,分别包括了技术测量、钳工概述、划线、锯割、锉削、钻孔及铰孔、攻螺纹与套螺纹、铆接、刮削、研磨、钣金的基本知识和基本操作方法,在每章后面都安排了思考题。

本书可作为各类职业技术学院、高职高专汽车类、机械类或近机械类专业的钳工实训教材,也可供有关工程技术人员、中等专业学校和技术工人等学习选用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

钳工实训/柴增田主编. —北京:机械工业出版社, 2006.2

ISBN 7-111-18586-2

I. 钳… II. 柴… III. 钳工-基本知识
IV. TC9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 014971 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张双国、宋学敏

责任编辑:王海峰、张双国

版式设计:张世琴 责任校对:张莉娟

封面设计:陈 沛 责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2006 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·9.75 印张·225 千字

0001—4000 册

定价:16.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

编辑热线:(010) 68354423

封面防伪标均为盗版

出版说明

根据“教育部等六部委关于实施职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程的通知（教职成〔2003〕5号）”、“教育部关于制定《2004~2007年职业教育教材开发编写计划》的通知（教职成司函〔2004〕13号）”等的文件精神，实施《2003~2007年教育振兴行动计划》中提出的“制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”，深化教育教学改革，推动职业教育与培训全面发展，大力提高教学质量，争取在2005年内，完成教育部会同有关部委和行业组织已颁布专业教学指导方案的数控技术应用、汽车运用与维修、计算机应用与软件技术和护理四个专业领域核心教学与训练项目的教材及配套多媒体课件的开发编写任务（教学指导方案已分别以教职成厅〔2003〕3、4、5、6号文件发布）。机械工业出版社根据教育部颁布的指导性方案组织了本套国家技能型紧缺人才培养培训工程系列教材。

本套教材为落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》中提出的“积极推进课程和教材改革，开发和编写反映新知识、新技术、新工艺、新方法，具有职业教育特色的课程和教材”的要求，坚持以就业为导向，以能力为本位，面向市场、面向社会，为经济结构调整和科技进步服务，为就业和再就业服务，为农村、农业和农民服务。积极贯彻“两级规划、两级管理”制度，充分发挥地方、行业和职业院校的积极性，尊重群众首创精神，鼓励教材不断创新，努力建立适应社会主义市场经济体制和现代化建设需要，反映现代科学技术水平，具有职业教育特色，品种多样，系列配套，层次衔接，有利于培养高素质劳动者和高、中级实用人才的高等职业教育与培训教材体系。

本套教材适合于高职高专、成人高校和民办高校使用。

机械工业出版社

2005年3月

前 言

本教材是按照高等职业技术学院的培养目标和教学基本要求,为满足高职院校培养“技能型紧缺人才”而编写的。本书可作为各类职业技术学院、高职高专汽车类、机械类或近机械类专业的钳工实训教材,也可供有关工程技术人员、中等专业学校和技术工人等学习选用或参考。

全书共 11 章,分别包括了技术测量、钳工概述、划线、锯割、锉削、钻孔及铰孔、攻螺纹与套螺纹、铆接、刮削和研磨、钣金的基本知识和基本操作方法,在每章后面都安排了思考题。

本教材的编写原则:

- 1) 教材中使用的术语、名词、标准等均贯彻了最新国家标准。
- 2) 教材每章后附有思考题,供学生复习时使用。
- 3) 在编写中尽可能作到对内容叙述简练,图文结合,深入浅出。

参加本书编写的有承德石油高等专科学校柴增田(前言、第四章、第五章),董庆华(第一章、第二章、第三章、第七章),徐晓东(第八章、第十一章),姜德(第十章),河南职业技术学院王文(第六章),万涛(第九章)。本书由柴增田教授任主编、董庆华高工任副主编并负责统稿,苏海青教授任主审。

在本书编写过程中参考了大量有关院校和专家的有关文献和资料,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有缺点错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第一章 测量基础知识及常用量具..... 1

第一节 机械加工精度及

表面粗糙度 1

一、机械加工精度 1

二、表面粗糙度 8

第二节 钳工常用测量器具..... 10

一、游标量具 10

二、微动螺旋式量仪 13

三、机械式量仪 15

四、钳工常用量具的维护和保养 17

思考题 18

第二章 钳工概述 19

第一节 钳工工作的主要内容 19

第二节 钳工的常用设备及工作场地 19

一、钳工工作的常用设备 19

二、工作场地 21

思考题 22

第三章 划线 23

第一节 划线的常用工具及划线涂料 23

一、划线的常用工具 23

二、划线涂料 28

第二节 划线前的准备工作 28

第三节 划线的分类及基准选择 28

一、划线分类 28

二、划线基准的选择 29

第四节 划线时的找正和借料 30

一、找正 30

二、借料 30

第五节 划线的步骤和实例 32

一、划线的步骤 32

二、平面划线实例 32

三、立体划线实例 33

四、划线常见缺陷、原因分析与

预防措施 35

思考题 35

第四章 锯削 37

第一节 手锯的构造和种类 37

一、手锯的类型 37

二、手锯的构造 38

第二节 锯条 38

第三节 锯削方法 39

一、锯条的安装 39

二、操作方法 40

三、各种工件的锯削方法 41

四、锯齿崩裂后的处理 44

第四节 锯条损坏原因和锯削时

的废品分析 44

思考题 45

第五章 锉削 46

第一节 锉刀 46

一、锉刀各部分名称 46

二、锉刀的齿纹 47

三、锉刀的种类和选择 47

四、锉刀柄的装卸 49

五、锉刀的保养 49

第二节 锉刀的操作方法 50

一、锉刀的握法 50

二、锉削时的姿势 51

三、工件的夹持 52

四、基本锉削方法 53

第三节 各种表面的锉法	54	三、普通螺纹的基本尺寸	84
一、锉直角平面	54	第二节 攻螺纹	84
二、锉曲面	56	一、螺纹底孔直径的确定和加工	85
第四节 锉配	57	二、丝锥的结构和种类	86
第五节 锉削时的废品分析和		三、手动攻螺纹	88
安全技术	60	四、机动攻螺纹	89
一、锉削时的废品分析及预防方法	60	五、攻螺纹时常用的方法及工具	90
二、锉削的安全技术	61	六、攻螺纹中丝锥折断的取出方法	90
思考题	61	七、攻螺纹时常见缺陷分析	91
第六章 钻孔及铰孔	62	第三节 套螺纹	92
第一节 钻头	62	一、套螺纹工具	92
一、麻花钻	62	二、套螺纹的操作方法	93
二、麻花钻的刃磨	64	三、套螺纹常见缺陷分析	94
第二节 钻床附具	65	思考题	94
一、钻夹头	65	第八章 铆接	95
二、钻头套	65	第一节 铆接概念	95
三、快换钻夹头	66	一、铆接的基本形式	95
第三节 钻床和电钻	66	二、铆接的种类	96
一、台式钻床	66	第二节 铆接工艺及应用	96
二、立式钻床	67	一、冷铆	96
三、手电钻	68	二、拉铆	97
第四节 钻孔方法	69	三、热铆	97
一、工件的夹持	69	四、铆接的应用	98
二、一般工件的钻孔方法	70	第三节 铆接参数的确定	98
三、在圆柱形工件上钻孔的方法	72	一、铆钉直径的确定	98
四、在斜面上钻孔的方法	72	二、铆钉长度的确定	99
第五节 钻孔时的冷却、润滑和		三、铆钉通孔直径的确定	99
切削用量	73	第四节 铆接质量分析与处理	99
一、钻孔时的冷却和润滑	73	一、铆接缺陷	99
二、钻孔时的切削用量	73	二、铆接质量检查	99
第六节 钻孔时的废品分析和钻头		思考题	100
损坏的原因	74	第九章 刮削	101
第七节 铰孔和铰刀	75	第一节 刮削概述	101
一、铰刀的种类及结构特点	75	一、刮削的特点及作用	101
二、铰刀的研磨	79	二、刮削原理	101
三、铰孔方法	80	三、刮削余量	101
思考题	81	第二节 显示剂和刮削精度的检查	102
第七章 攻螺纹与套螺纹	83	一、显示剂	102
第一节 螺纹基本知识	83	二、刮削精度的检查	103
一、螺纹的种类和用途	83	第三节 刮削工具	105
二、螺纹的要素	83	一、校准工具	105

二、刮刀	105	一、手工研磨运动轨迹的形式	118
第四节 刮削方法	107	二、平面研磨	119
一、刮削前的准备工作	107	三、圆柱面的研磨	120
二、平面刮削姿势	107	四、圆锥面的研磨	122
三、刮削步骤	108	五、凡尔线的研磨	122
四、刮削方法	109	六、机械研磨	124
第五节 曲面刮削	110	第四节 研磨时的要点和研磨面	
一、内曲面刮削姿势	110	缺陷的分析	126
二、外曲面刮削姿势	110	一、研磨时的要点	126
三、曲面刮削的要点	111	二、研磨面缺陷的分析	126
第六节 刮削面缺陷的分析和		思考题	126
安全技术	111	第十一章 钣金工	128
一、刮削面缺陷的分析	111	第一节 钣金件的加工	128
二、刮削的安全技术	112	一、薄板的下料	128
思考题	112	二、薄板的成形	131
第十章 研磨	113	第二节 薄板的焊接和切割	140
第一节 研磨概念	113	一、薄板的焊接	140
一、研磨目的	113	二、薄板的切割	144
二、研磨原理	114	第三节 变形薄板的成形修复	144
三、研磨余量	114	一、手工修复	145
第二节 研磨工具和研磨剂	114	二、机械修复	145
一、研具材料	114	三、火焰修复	145
二、研磨剂	115	思考题	146
第三节 研磨方法	118	参考文献	147

第一章 测量基础知识及常用量具

学习目标

1. 了解测量方面的基础知识、常用量具的原理及维护。
2. 掌握机械加工精度及表面粗糙度的基本概念。
3. 重点掌握常用测量器具的使用方法和读数方法。

技术测量是确认机械加工质量的重要手段，机械加工中的测量技术主要包括机械加工精度及表面粗糙度的几何参数测量，也包括量具的使用及合理选择测量方法。

第一节 机械加工精度及表面粗糙度

机械加工精度及表面粗糙度是评价机械加工质量的重要方面。

一、机械加工精度

机械加工精度包括：尺寸精度、形状与位置精度。

1. 尺寸精度

(1) 基本名词和术语

1) 加工精度与加工误差。机械加工精度指零件加工后的实际几何参数（尺寸大小、几何形状、相互位置）与理论的几何参数的符合程度。符合程度越高，加工精度越高。

加工误差是机械零件加工后的实际几何参数与理论几何参数的偏离程度。偏离越大，加工误差就越大。加工误差越大，则加工精度越低；反之越高。

2) 基本尺寸。基本尺寸是机械零件设计时给定的尺寸，图 1-1 是孔和轴的基本尺寸标注示例。一般孔的基本尺寸用 D 表示，轴的基本尺寸用 d 表示。

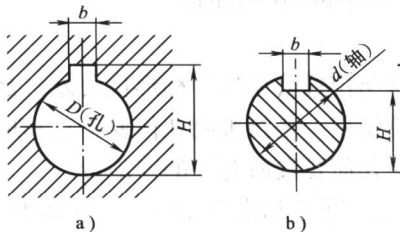


图 1-1 孔和轴的基本尺寸

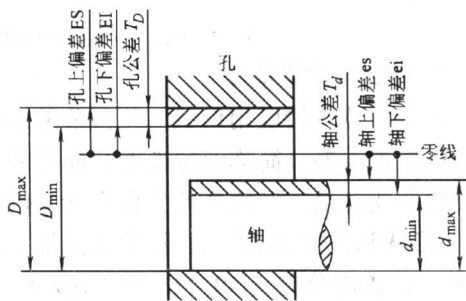


图 1-2 极限尺寸、偏差、公差

2 钳工实训

3) 极限尺寸与偏差。设计时允许尺寸变化的两个界限为极限尺寸, 其中一个为最大极限尺寸, 一个为最小极限尺寸, 分别以 $D_{\max}$ 、 $D_{\min}$ 和 $d_{\max}$ 、 $d_{\min}$ 代表孔和轴的最大极限尺寸及最小极限尺寸。

尺寸偏差是指某一尺寸减去基本尺寸所得的代数差。最大极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差为上偏差, 最小极限尺寸减去基本尺寸所得的代数差为下偏差, 如图 1-2 所示 (图中零线即表示基本尺寸)。

偏差可有正值、负值、零值。

4) 公差。公差是允许尺寸的变动量, 是最大极限尺寸与最小极限尺寸代数差的绝对值。

基本尺寸、偏差、公差都已标准化, 可以参考相应的国家标准。

例 图样中标注孔 $\phi 25\text{mm}$ 、轴 $\phi 25\text{mm}$, 如图 1-3 所示, 计算极限尺寸、偏差、公差。

解 孔和轴的基本尺寸都是 $\phi 25\text{mm}$ 。

1) 轴 (如图 1-3a 所示)

轴的最大极限尺寸 $d_{\max} = \phi 24.993\text{mm}$

轴的最小极限尺寸 $d_{\min} = \phi 24.980\text{mm}$

轴的上偏差 (用 es 表示)

$$es = d_{\max} - d = (24.993 - 25.000)\text{mm} = -0.007\text{mm}$$

轴的下偏差 (用 ei 表示)

$$ei = d_{\min} - d = (24.980 - 25.000)\text{mm} = -0.020\text{mm}$$

轴的公差 (用 T_α 表示)

$$T_\alpha = d_{\max} - d_{\min} = (24.993 - 24.980)\text{mm} = 0.013\text{mm}$$

2) 孔 (如图 1-3b 所示)

孔的最大极限尺寸 $D_{\max} = \phi 25.021\text{mm}$

孔的最小极限尺寸 $D_{\min} = \phi 25.000\text{mm}$

孔的上偏差 (用 ES 表示)

$$ES = D_{\max} - D = (25.021 - 25.000)\text{mm} = 0.021\text{mm}$$

孔的下偏差 (用 EI 表示)

$$EI = D_{\min} - D = (25.000 - 25.000)\text{mm} = 0\text{mm}$$

孔的公差 (用 T_D 表示)

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} = (25.021 - 25.000)\text{mm} = 0.021\text{mm}$$

2. 形状与位置精度

形状与位置精度用形状与位置公差来表示。形状与位置公差 (简称形位公差) 是针对形状与位置误差 (简称形位误差) 而言的。所谓形位误差, 是指被测几何要素对其理想几何要素的变动量; 形位公差是指实际几何要素对理想几何要素所允许的变动量。

《形状和位置公差》国家标准包括: 通则、定义、符号和图样表示法 (GB/T1182—1996)、位置度公差 (GB/T13319—1991)、未注公差值 (GB/T1184—1996)、非刚性零件注法 (GB/T16892—1992)、延伸公差带 (GB/T17773—1999)、检测规定 (GB/T1958—1980)。

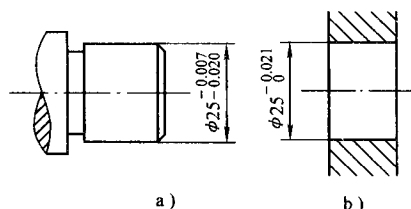


图 1-3 轴和孔尺寸标注示例

a) 轴 b) 孔

(1) 形状与位置的几何要素 任何机械零件，就其几何体而言，都是由若干点、线、面构成。这些点、线、面在形位公差中就称为要素。在机械加工中，由于种种原因，要使机械零件的各要素的形状及相互位置制造得完全准确是不可能的，总会存在着加工误差。

1) 轮廓要素与中心要素。素线、交线、平面、圆柱面、圆锥面、球面、圆锥面的交点等统称为轮廓要素（实际要素）；而球心、轴线、中心线、对称中心面等称为中心要素（取得要素），如图 1-4 所示。中心要素对应轮廓要素的存在而存在，在实际零件上是不能直接看到的，它是由轮廓要素导出的要素。

2) 理想要素和实际要素。理想要素是具有几何意义的没有任何误差的要素，如圆柱面就是几何圆柱。零件上实际存在的要素称为实际要素，如零件加工后实际存在圆柱面、平面等。实际要素是通过测量后得到的。

3) 测量要素与基准要素。机械零件工作图中给出的形位公差的要素就是测量要素，如平面度、平行度等；用来确定被测要素方向或（和）位置的要素，称为基准要素，通常称为基准，如测量两个平面的平行度，可以确定一个面为基准要素，也可以使两个平面互为基准。

4) 单一要素和关联要素。零件工作图上仅对要素本身给出形位公差的要素，称为单一要素；对其他要素有位置公差要求的要素称为关联要素。例如：有平面度要求的平面为单一要素，中心线对其他平面有平行度或垂直度要求的要素为关联要素。

同一要素，既可以是测量要素，也可以作基准要素；测量要素可以是单一要素，也可以是关联要素。测量要素一定是实际要素，轮廓要素和中心要素可以是测量要素，也可以作基准要素，但要注意，中心要素要由轮廓要素来体现。

(2) 形位公差分类及项目符号

1) 形位公差的分类。形位公差以零件几何要素分类，即单一形位误差和关联形位误差。单一要素的形状误差包括直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度、面轮廓度。关联要素的位置误差分为定向、定位和跳动误差。

2) 各种形位公差项目及符号（见表 1-1）。

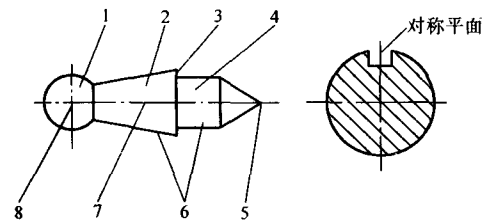


图 1-4 几何要素

1—球面 2—圆锥面 3—平面
4—圆柱面 5—点 6—素线 7—轴线 8—球心

表 1-1 形位公差项目及符号				
公 差		特征项目	符号	有或无基准要求
形状	形状	直线度	—	无
		平面度		无
		圆度		无
		圆柱度		无

(续)

公差		特征项目	符号	有或无基准要求
形状或位置	轮廓	线轮廓度		有或无
		面轮廓度		有或无
位置	定向	平行度		有
		垂直度		有
		倾斜度		有
	定位	位置度		有或无
		同轴(同心)度		有
		对称度		有
	跳动	圆跳动		有
		全跳动		有

(3) 形位公差标注

1) 直线度。它是指零件上被测直线偏离其理想形状的程度。在给定平面内直线度如图 1-5 所示。

2) 平面度。平面度是指被测平面平的程度。图 1-6 表示平面度的标注及其公差带。

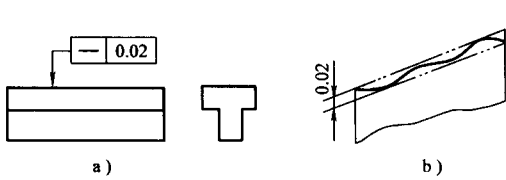


图 1-5 直线度
a) 标注 b) 公差带

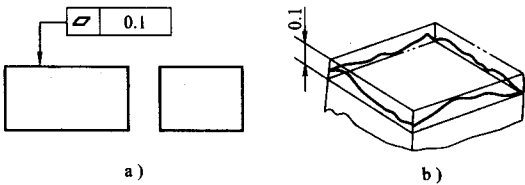


图 1-6 平面度
a) 标注 b) 公差带

3) 圆度。圆度是限制实际圆对理想圆变动量的指标。图 1-7 表示垂直于轴线的任意正截面上，该圆必须位于半径差为公差值 T (0.02mm) 的两个同心圆之间。

实际圆是一个封闭的平面曲线。

4) 圆柱度。圆柱度是限制实际圆柱对理想圆柱变动量的一项综合指标。图 1-8 表示圆柱面必须位于半径差为公差值 T (0.05mm) 的两个同轴圆柱面之间。

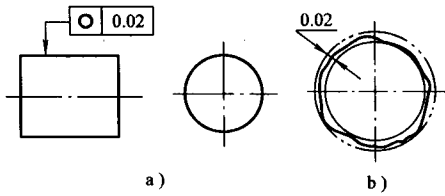


图 1-7 圆度
a) 标注 b) 公差带

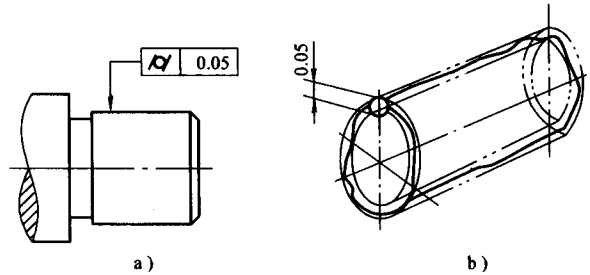


图 1-8 圆柱度
a) 标注 b) 公差带

5) 线轮廓度。线轮廓度是对曲线形状精度的要求，是限制实际曲线对理想曲线变动量的一项指标。图 1-9 表示的线轮廓度公差带为包络一系列直径为公差值 T (0.04mm) 的圆的两包络线之间的距离。

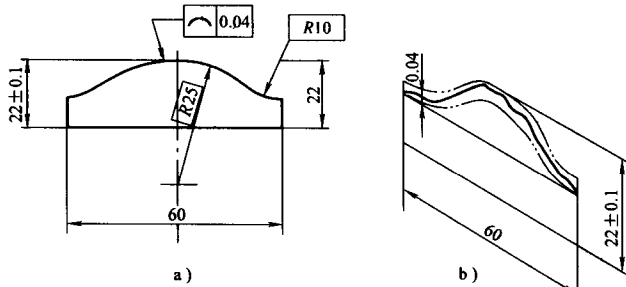


图 1-9 线轮廓度
a) 标注 b) 公差带

6) 面轮廓度。面轮廓度是对曲面精度的要求，是限制实际曲面对理想曲面变动量的一项指标。图 1-10 表示的面轮廓度公差带为包络一系列直径为公差值 T (0.02mm) 的球的两包络面之间的区域。

7) 平行度。平行度是限制实际要素对基准要素在平行方向上变动量的一项指标。平行度公差带的特点是与基准平行。

图 1-11 表示基准为平面，测量要素只能在惟一的方向上有平行度要求，公差带为距离为公差值 T (0.05mm) 且平行于基准平面的两平行面之间的区域。

8) 垂直度。垂直度是限制测量要素对基准要素在垂直方向上变动量的一项指标。垂直度公差带的特点是与基准垂直，图 1-12 表示面对面的垂直度。

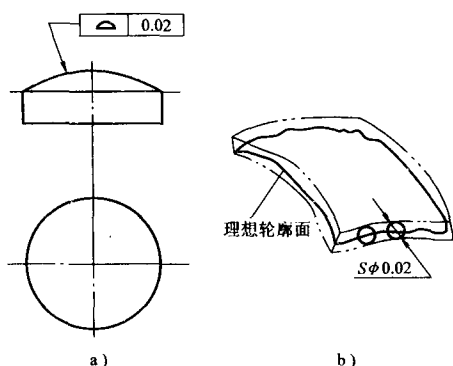


图 1-10 面轮廓度
a) 标注 b) 公差带

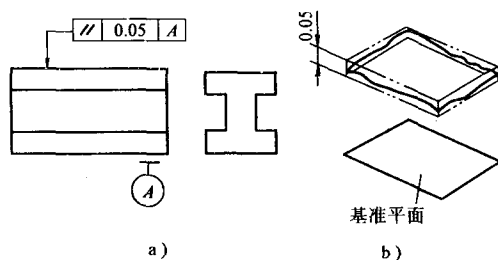


图 1-11 面对面平行度
a) 标注 b) 公差带

9) 倾斜度。当被测要素与基准倾斜一定角度时 (除去 0° 和 90°)，称为倾斜度。图 1-13 为倾斜度的标注方法，其公差带是距离为公差值 T (0.08mm) 且与基准成一定理论正确角度的两平行平面之间的区域。

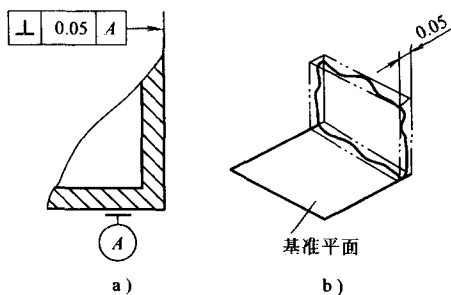


图 1-12 面对面垂直度
a) 标注 b) 公差带

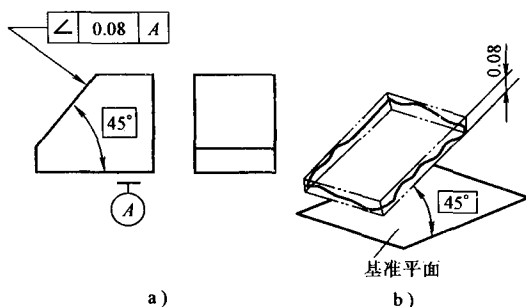


图 1-13 倾斜度
a) 标注 b) 公差带

10) 同轴度。同轴度是限制被测轴线偏离基准轴线的一项指标。被测轴线相对基准轴线可以有平移、倾斜、弯曲的误差。图 1-14 的标注表示 ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 T (0.1mm)，且与基准轴线同轴的圆柱面内。同轴度影响机械的旋转精度及装配要求。

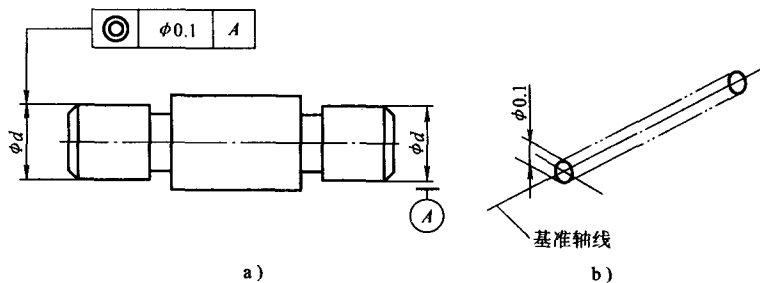


图 1-14 同轴度
a) 标注 b) 公差带

11) 对称度。对称度是限制中心要素（中心平面、中心线或轴线）偏离基准中心要素的一项指标。

图 1-15 的标注表示公差带是距离为公差值 T (0.1mm)，且相对基准中心平面对称配置的两平行面之间的区域。

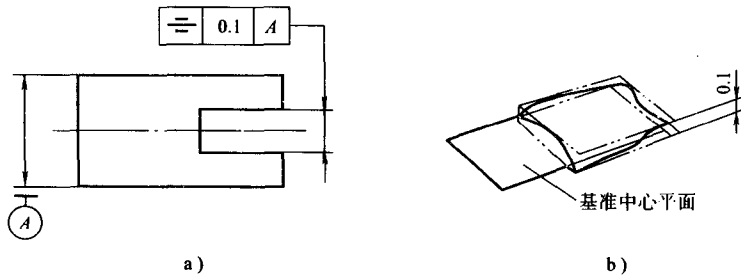


图 1-15 面对面对称度

a) 标注 b) 公差带

12) 位置度。位置度是限制被测点、线、面的实际位置对理想位置变动量的一项指标。

图 1-16 表示孔的位置度，公差带是直径为公差值 T (0.3mm) 且以线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。

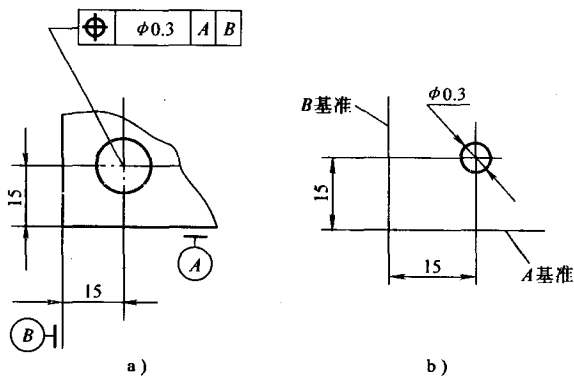


图 1-16 孔的位置度

a) 标注 b) 公差带

13) 圆跳动。圆跳动公差是关联实际要素绕基准轴线作无轴向移动回转一周时，在任一测量面内所允许的最大跳动量。它包括径向圆跳动和端面圆跳动。

径向圆跳动是反映圆柱面各点距离轴线回转半径的变化量，其公差带是垂直于基准轴线的任一测量平面内半径差为公差值 T ，且圆心在基准轴线上的两个同心圆之间的区域，图 1-17 所示为径向圆跳动， T 值为 0.05mm。

端面圆跳动是反映端面上各点绕基准轴线回转时沿轴向的变动量。其公差带是与基准

轴线同轴的任意直径位置的测量圆柱面上沿母线方向宽度为 T 的圆柱面区域。图 1-18 所示为端面圆跳动, T 为 0.05mm 。

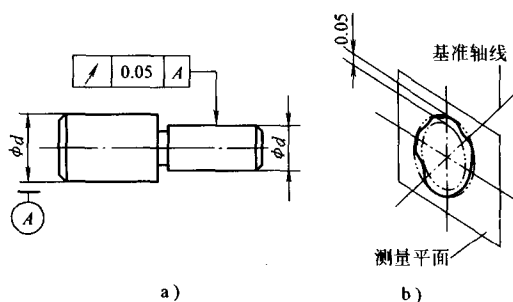


图 1-17 径向圆跳动

a) 标注 b) 公差带

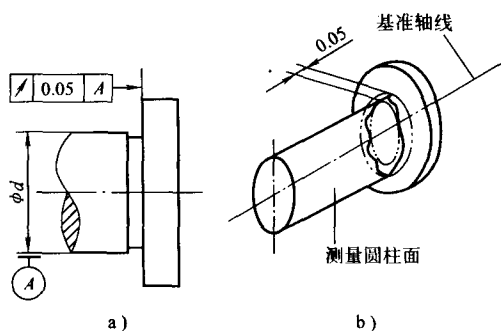


图 1-18 端面圆跳动

a) 标注 b) 公差带

14) 全跳动。全跳动是整个测量要素相对于基准要素的跳动总量, 包括径向全跳动和端面全跳动。

图 1-19 表示径向全跳动的公差带是半径差为公差值 T (0.2mm), 且与基准轴线同轴的两圆柱面之间的区域。

图 1-20 表示端面全跳动的公差带是距离为 T (0.05mm), 且与轴线垂直的两个平行平面之间的区域。

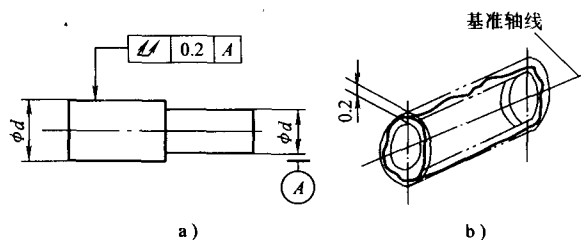


图 1-19 径向全跳动

a) 标注 b) 公差带

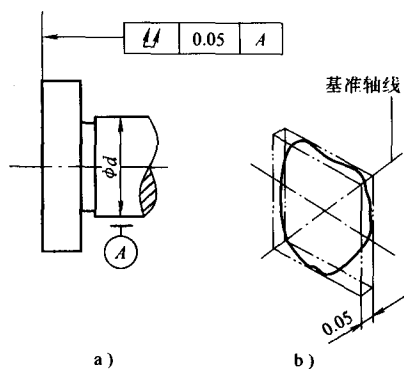


图 1-20 端面全跳动

a) 标注 b) 公差带

二、表面粗糙度

经过机械加工的表面其实际轮廓总会有误差。根据误差产生的性质和原因, 这些误差通常可分解为表面粗糙度、波度和形状误差, 如图 1-21 所示。

表面粗糙度是指加工表面具有较小的间距和峰谷所组成的微观几何形状特征, 一般由零件的加工过程和其他原因形成的。表面粗糙度对机械零件的功能有着重要的影响。

1. 表面粗糙度评定参数及数值

国标 (GB/T1031—1995) 规定: 表面粗糙度的评定参数应从轮廓算术平均偏差 (R_a)、微观不平度十点高度 (R_z) 和轮廓最大高度 (R_y) 三个中选取。

机械零件的表面粗糙度多选取轮廓算术平均偏差 R_a , 它是指在取样长度 l 内轮廓偏离绝对值的算术平均值, 如图 1-22 所示, 用公式表示为:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

$$\text{或近似 } R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

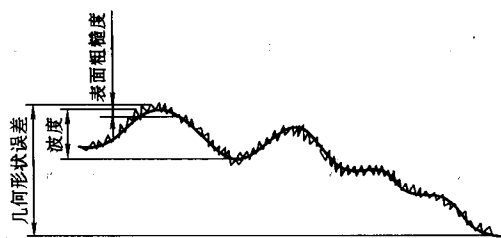


图 1-21 表面几何形状误差

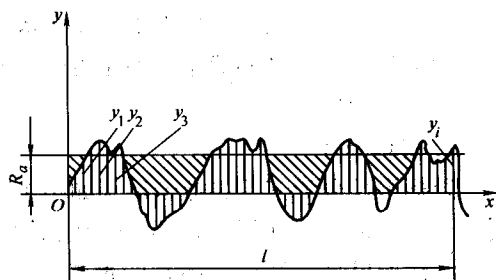


图 1-22 表面粗糙度

2. 表面粗糙度的标注

国标 (GB/T 131—1993) 规定了零件的表面特征代 (符) 号及其在图样上的标注。图样上给定的表面特征代 (符) 号, 是机械加工完后的要求和按功能需要给出的表面特征的各项要求。例如:

✓ 表示不需要机械加工 (也称用不去除材料的方法获得)。

6.3/✓ 表示经机械加工后, 表面粗糙度 R_a 值为 $6.3\mu\text{m}$ 。

表面粗糙度的标注方式如图 1-23 所示。

3. 表面粗糙度的测量

目前常用的表面粗糙度的测量方法有四种, 即比较法、光切法、干涉法、针描法。目前一般车间常用的方法为比较法, 重要的表面有时采用其他三种方法, 将在以后的课程中介绍。

比较法是将被测表面与表面粗糙度样板对照, 用肉眼或借助放大镜、比较显微镜进行比较; 也可用手摸、指甲划动的感觉来判断被加工表面的粗糙度。

表面粗糙度样板的材料、形状、加工工艺应尽量与被加工工件相同, 这样才能便于比较, 否则会产生较大的误差。

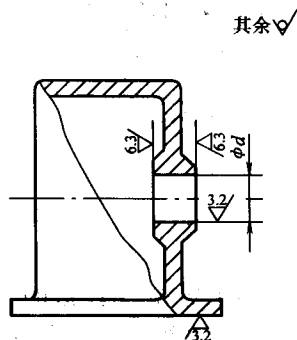


图 1-23 表面粗糙度的标注