

高等学校工程专科金工系列教材

金属工艺实习

杨森 主编



机械工业出版社

高等学校工程专科金工系列教材

金属工艺实习

杨 森	主 编
黄菊生 李卫权	副主编
陈文明	主 审



机械工业出版社

《金属工艺实习》是根据 1996 年国家教委颁发的“高等学校工程专科金工实习教学基本要求”精神及结合我们多年来金工实习教学改革经验而编写的。该教材是高等学校工程专科金属工艺学系列教材之一。内容包括：技术测量、工程材料与热处理、铸造、锻压、焊接、机械加工等基本工艺训练，对数控机床加工、特种加工及新工艺、新材料、新技术做了简要介绍。本书共十四章，并附有思考题或考核题。

本教材供高等工程专科学校机械类及近机类专业学生在金工实习中使用，也可供职工大学等成人教育学校选用及作为工程技术人员参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

金属工艺实习/杨森主编 - 北京: 机械工业出版社,
1997.7 (2004.2 重印)
(高等学校专科金工系列教材)
ISBN 7-111-05746-5

I. 金... II. 杨... III. 金属加工—工艺—实习—
高等学校—教材 IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 007108 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: 王英杰 董连仁 版式设计: 冉晓华 责任校对: 韩 晶

封面设计: 姚 毅 责任印制: 洪汉军

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 7 月第 1 版第 3 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·12 印张·290 千字

定价: 14.20 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) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

金工实习（也称基本工艺训练）是机械类或近机类各专业重要的实践教学环节，它对培养学生实践能力和学习后续课程起到重要作用。多年来，金工实习教学改革取得了丰硕的成果。本教材是在总结了各参编学校金工实习教学改革经验的基础上，考虑了国内各高等工程专科学校金工实习条件后编写的，适当拓宽了基本工艺训练内容，体现了新工艺、新材料、新技术的发展和应用。本书是由《金属工艺实习》、《金属工艺学》、《金属工艺设计》、《金属工艺学实验》组成的高等学校工程专科机械类和近机类金属工艺学系列教材之一。

本教材的编写原则：

- 1) 《金属工艺实习》是根据 1996 年颁发的高等学校工程专科金工实习教学基本要求”（机械类专业用）精神，结合各校多年金工实习教学经验编写的。
- 2) 教材每章后除附有思考题外，为考核学生实践能力还增加了基本工艺操作考核试题。
- 3) 教材中使用的术语、名词、标准等均认真贯彻了最新国家标准及法定计量单位。
- 4) 在编写中尽可能做到内容叙述简炼，深入浅出，图文并茂。

本教材编写人员有：

承德石油高等专科学校杨森（前言、绪论、第一章、第八章）、金卫东（第十三章）、柴增田（第三章）、王纪安（第四章）、董庆华（第十章、第十一章）、李卫权（第十二章）、苏海青（第十四章）；湘潭机电高等专科学校黄菊生（第五章）；华北航天工业学院庞国星（第二章）、宋文智（第六章）；潍坊高等专科学校赵文亮（第七章），宋健与张鹏（第九章）。本教材由杨森同志任主编，黄菊生、李卫权同志任副主编，由河北科技大学陈文明副教授任主审。

教材编写过程中，各参编学校领导给予了大力支持，审稿会上许多同志提出了宝贵意见，在此对上述有关同志表示衷心感谢。

限于编者水平，且时间紧迫，欠妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言		
绪论	1	
一、金工实习在教学中的地位和作用	1	
二、金工实习内容及做法	1	
第一章 技术测量	2	
第一节 机械加工精度及表面粗糙度	2	
一、机械加工精度	2	
二、表面粗糙度	8	
第二节 技术测量基础	9	
一、测量的基本概念	9	
二、测量方法与计量器具的分类	10	
第三节 长度及角度测量	14	
一、计量器具的选择	14	
二、测量方法的选择	15	
三、测量误差来源及防范	15	
第四节 形状与位置误差检测原则	15	
一、与理想要素比较原则	15	
二、测量特征参数原则	16	
三、测量跳动原则	16	
四、控制实效边界原则	16	
思考题	16	
考核题	17	
第二章 工程材料	18	
第一节 金属材料的种类、性能及用途	18	
一、金属材料的性能	18	
二、常用的金属材料	19	
三、金属材料的供货形状	20	
第二节 非金属材料的种类、性能及用途	21	
思考题	21	
第三章 铸造	22	
第一节 概述	22	
第二节 砂型铸造	23	
一、型砂、芯砂	23	
二、手工造型	24	
三、机器造型	30	
四、型芯制造	31	
五、合型	32	
第三节 浇注系统	33	
第四节 冒口	35	
第五节 浇注	36	
第六节 落砂、清理及铸件缺陷分析	36	
一、落砂	36	
二、清理	37	
三、铸件缺陷分类及产生原因	37	
第七节 铸造工艺图	39	
第八节 金属的熔炼	40	
一、铸铁的熔炼	40	
二、铸钢的熔炼	43	
三、铸造铝合金的熔炼	44	
思考题	44	
考核题	46	
第四章 锻压	47	
第一节 概述	47	
第二节 坯料的加热和锻件的冷却	47	
一、加热设备	47	
二、锻造温度范围的确定	48	
三、锻件的冷却方法	49	
第三节 自由锻	49	
一、自由锻设备	49	
二、自由锻基本工序	51	
三、典型锻件自由锻工艺过程	53	
四、锤上自由锻实习的安全规则	53	
第四节 胎模锻	54	
一、胎模的结构	55	
二、胎模锻的工艺过程	55	
第五节 冲压	55	
一、冲压设备	56	
二、冲压的基本工序	56	
三、冲模	57	
第六节 锻压缺陷及原因分析	57	
一、加热缺陷	57	
二、冷却缺陷	58	
思考题	58	
考核题	58	
第五章 焊接	60	
第一节 概述	60	
第二节 焊条电弧焊	60	
一、焊接过程	60	

二、电焊机	61	第二节 金属切削刀具	102
三、电焊条	62	一、刀具的组成	102
四、焊接工艺	63	二、刀具切削部分角度	102
五、操作技术	64	三、车刀的刃磨	104
第三节 气焊与气割	65	四、刀具材料	104
一、气焊	65	第三节 切削过程中的物理现象	106
二、气割	67	一、切削过程中的金属变形	106
第四节 焊接缺陷及原因分析	68	二、切削力	107
思考题	69	三、切削热	107
考核题	69	四、刀具的磨损	107
第六章 钢的热处理	70	第四节 切削液	107
第一节 常用热处理加热设备	70	一、切削液的功用	107
第二节 常用热处理方法	71	二、常用切削液及其选择	108
一、整体热处理	71	思考题	109
二、表面热处理	73	第九章 车削加工	110
第三节 热处理常见缺陷及防止方法	74	第一节 车床的种类及工艺范围	110
一、钢在加热时出现的缺陷	74	一、车床的种类	110
二、钢在淬火操作中常出现的缺陷与防止方法	75	二、车床的工艺范围	111
思考题	75	第二节 卧式车床的传动系统	111
第七章 钳工	76	一、卧式车床传动系统	111
第一节 概述	76	二、传动系统分析	111
一、钳工的工作范围	76	第三节 车刀的安装	113
二、钳工工作台和台虎钳	76	一、车刀的结构形式与种类	113
第二节 钳工基本工艺	77	二、车刀的安装	114
一、划线	77	三、车削运动	114
二、锯削	81	第四节 工件的安装方法及附件	114
三、锉削与錾削	82	一、三爪自定心卡盘	114
四、钻孔、扩孔、铰孔与镗孔	86	二、四爪单动卡盘	115
五、攻螺纹与套螺纹	91	三、顶尖	116
六、刮削	92	四、用其它附件安装工件	117
第三节 装配工艺	94	第五节 车床操作要点	119
一、概述	94	一、刻度盘及刻度盘手柄的使用	119
二、拆装工艺	95	二、粗车和精车	120
三、装配质量与产品性能	97	三、试切的方法与步骤	121
思考题	97	第六节 基本车削工艺	121
考核题	98	一、车外圆	121
第八章 金属切削基本知识	99	二、车端面	122
第一节 切削加工运动分析	99	三、孔加工	123
一、表面成形运动	99	四、车槽和切断	124
二、切削运动	100	五、车圆锥面	125
三、切削要素	101	六、螺纹加工	125
		第七节 典型零件加工	127
		一、轴类零件	127

二、套筒类零件·····	129	三、刨斜面·····	161
三、盘类零件·····	129	四、T形槽、燕尾槽加工·····	162
四、异形零件·····	130	第六节 拉削加工简介·····	163
第八节 车削零件的结构工艺性·····	131	一、拉床·····	163
思考题·····	134	二、拉刀·····	163
考核题·····	134	三、拉削工艺特点·····	164
第十章 铣削加工 ·····	136	四、在拉床上可完成的工作·····	164
第一节 概述·····	136	思考题·····	165
第二节 铣床·····	137	考核题·····	165
一、万能卧式铣床·····	137	第十二章 磨削加工 ·····	166
二、立式铣床·····	138	第一节 磨床种类及工艺范围·····	166
三、无升降台式铣床·····	138	一、外圆磨床及工艺范围·····	166
四、龙门铣床·····	139	二、内圆磨床及工艺范围·····	169
五、特种铣床·····	139	三、平面磨床及工艺范围·····	169
第三节 铣刀及其安装·····	139	四、无心外圆磨床及工艺范围·····	170
一、铣刀的种类和用途·····	139	第二节 砂轮的特性及其应用·····	170
二、铣刀的安装·····	140	一、砂轮的特性·····	170
第四节 铣削基本工艺·····	141	二、砂轮的检查、安装及修整·····	172
一、铣平面·····	141	第三节 磨削过程和磨削用量·····	175
二、铣台阶·····	147	一、磨削过程·····	175
三、铣键槽·····	148	二、磨削用量·····	175
四、切断·····	149	思考题·····	176
五、铣直齿圆柱齿轮·····	149	第十三章 齿形加工 ·····	177
第五节 铣床附件及应用·····	149	第一节 滚齿·····	177
思考题·····	151	一、滚齿的加工原理·····	177
考核题·····	151	二、Y3150E型滚齿机·····	177
第十一章 刨削加工 ·····	153	三、圆柱齿轮的加工·····	177
第一节 概述·····	153	第二节 插齿·····	181
第二节 刨床·····	154	一、插齿原理·····	181
一、牛头刨床·····	154	二、插齿加工运动·····	181
二、龙门刨床·····	157	思考题·····	182
三、插床·····	157	考核题·····	182
第三节 刨刀·····	157	第十四章 数控机床加工与特种加工	
一、刨刀的结构特点·····	157	简介·····	183
二、刨刀的种类及用途·····	157	第一节 数控机床加工·····	183
第四节 工件的安装·····	158	一、概述·····	183
一、用平口虎钳安装·····	158	二、数控机床的组成·····	183
二、在工作台上用压板、螺栓安装·····	158	三、数控机床加工的特点·····	184
三、用专用夹具安装·····	158	第二节 特种加工·····	184
第五节 刨削基本加工工艺·····	158	一、概述·····	184
一、刨平面·····	158	二、特种加工方法简介·····	184
二、刨台阶·····	160	主要参考文献·····	186

绪 论

一、金工实习在教学中的地位和作用

金工实习（也称基本工艺训练）是工科教学计划中的必修课，是传授机械制造基础知识和对学生进行实践能力训练的重要实践教学环节。

当代机械制造业中应用的三大技术，即计算机技术、数控技术及成组技术，都是以基本的机械制造工艺技术为基础的。因此，机械制造基本工艺训练就成了工科学生的技术素质教育。

金工实习对学好后续课程有着重要意义，特别是技术基础课和专业课，都与金工实习有着重要联系。

金工实习场地是校内的工业环境，学生在实习时置身于工业环境中，接受实习指导人员思想品德教育，培养工程技术人员的全面素质。因此，金工实习是强化学生工程意识教育的良好教学手段。

二、金工实习内容及做法

（一）金工实习的内容

金工实习的内容是由机械制造工艺过程中提取的基本工艺方法为基础，它包括了一般机械制造的基本工艺过程，同时也包括了技术准备等的训练内容。本教材包括的内容如下：

1. 技术测量训练

机械加工精度及表面粗糙度的测量是机械加工过程中必不可少的技术手段，机械零件加工质量的好坏，由技术测量体现出来，学生应了解加工精度及表面粗糙度概念，学会使用通用量具，掌握一般几何参数的测量技术，了解当代先进的测量技术。

2. 机械加工基本工艺技术训练

机械加工基本工艺技术包括车削、铣削、钻镗削、刨削、磨削等，使学生掌握各种典型表面（包括简单几何形状表面及成形表面）的加工方法、掌握机床运动及操作技术。

3. 装配技术训练

装配是机械零件和部件的总成过程，它对提高产品质量有着重要意义，装配技术训练，使学生了解基本装配方法及其对产品质量的影响。钳工是机械加工和装配过程中的基本工艺技术，学生应掌握钳工的基本工艺方法，如划线、錾削、锉削、锯削、钻孔、扩孔、铰孔、刮研等工艺技术。

4. 毛坯制造工艺技术训练

毛坯制造是机械加工的基础，本教材包括铸造（含砂型、熔模铸造）、锻压、焊接（包括气焊及焊条电弧焊）等工艺方法，同时了解金属冶炼知识。

5. 金属材料及热处理训练

通过训练使学生认识常用金属材料及其鉴别方法，熟悉一般热处理方法及其对材料性能的影响。

（二）金工实习的做法

金工实习包括传授金属工艺基础知识及实际操作技能，以操作技能训练为主，每个部分都包括应知内容考核和实际操作技能考核。

第一章 技术测量

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、形状及位置精度。

(一) 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。

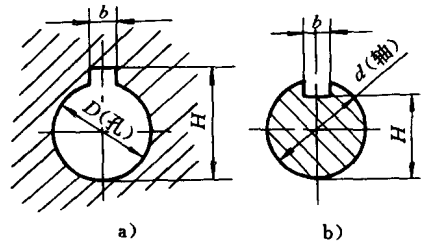


图 1-1 孔与轴

(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）。

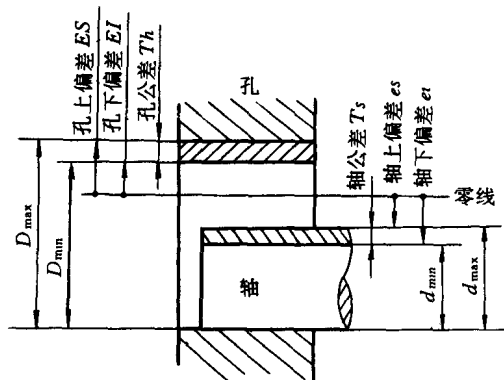


图 1-2 极限尺寸、偏差、公差

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 $\phi 25^{+0.021}_0$ mm、轴 $\phi 25^{-0.007}_{-0.020}$ 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) 孔

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）

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

孔的下偏差（用 EI 表示）

$$EI = D_{\min} - D = 25.000 - 25.000 = 0$$

孔的公差（用 T_h 表示）

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

2) 轴

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_s 表示）

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

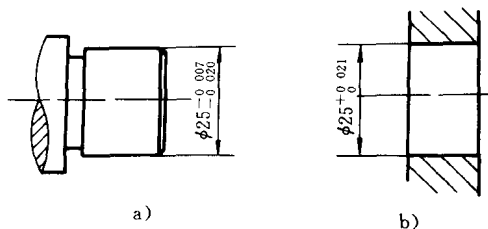


图 1-3 轴和孔尺寸标注示例

a) 轴 b) 孔

(二) 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：代号与注法（GB1182—80），术语与定义（GB1183—80），未注公差的规定（GB1184—80），检测规定（GB1958—80）。

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、面在形位公差中就成为要素。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、平面、圆柱面、圆锥面、球面等统称为轮廓要素；而圆心、球心、轴线、中心线、中心面称为中心要素，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，它是由轮廓要素来体现。

(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;对其它有功能关系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,中心线对其它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。

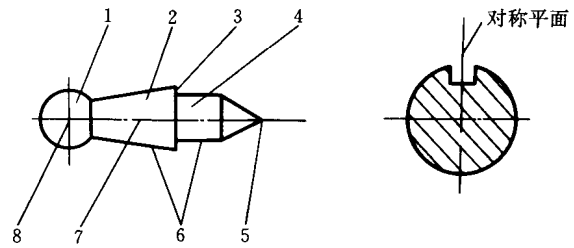


图 1-4 几何要素
1—球面 2—圆锥面 3—平面 4—圆柱面
5—点 6—素线 7—轴线 8—球心

2. 形位公差分类及项目符号

(1) 形位公差的分类 形位公差是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 如表 1-1 所示。

表 1-1 形位公差项目及符号

分类	项目	符号	分类	项目	符号	
形状公差	直线度	—	位置公差	定向	平行度	//
	平面度	▭			垂直度	⊥
	圆度	○			倾斜度	∠
	圆柱度	∅		定位	同轴度	◎
	线轮廓度	⌒			对称度	≡
	面轮廓度	⌒			位置度	⊕
位置公差	面轮廓度	⌒		跳动	圆跳动	↗
					全跳动	↗↘

3. 形位公差的标注

(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 1-5a 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。

(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

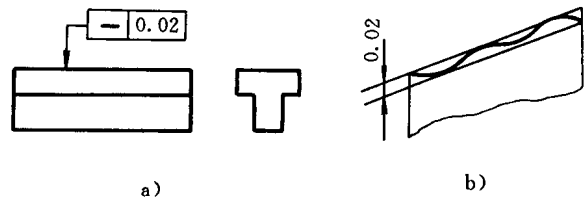


图 1-5 直线度
a) 标注 b) 公差带

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。

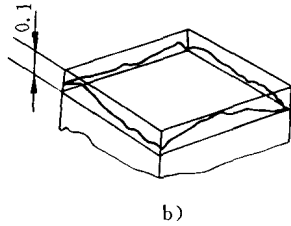
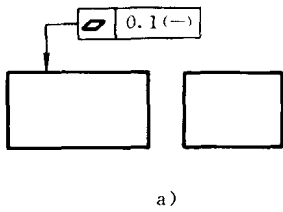


图 1-6 平面度

a) 标注 b) 公差带

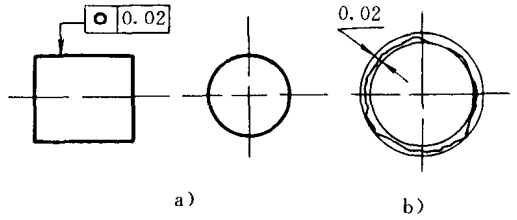


图 1-7 圆度

a) 标注 b) 公差带

(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。

(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。

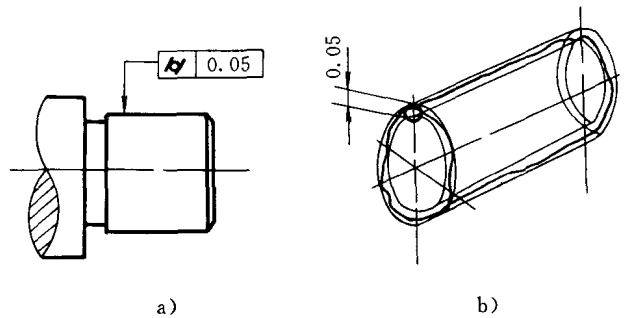


图 1-8 圆柱度

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) 的球的两个包络面之间的区域。

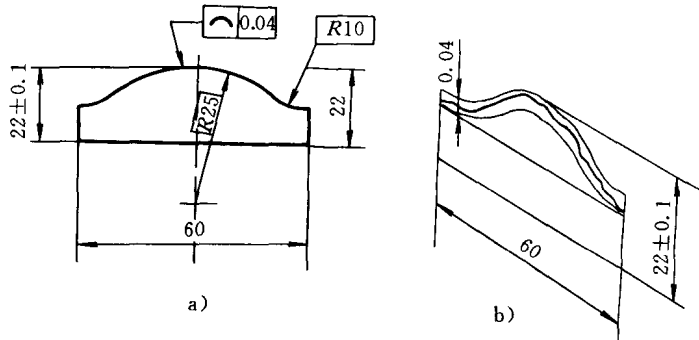


图 1-9 线轮廓度

a) 标注 b) 公差带

(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，测量要素只能在唯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。

(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。

(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。

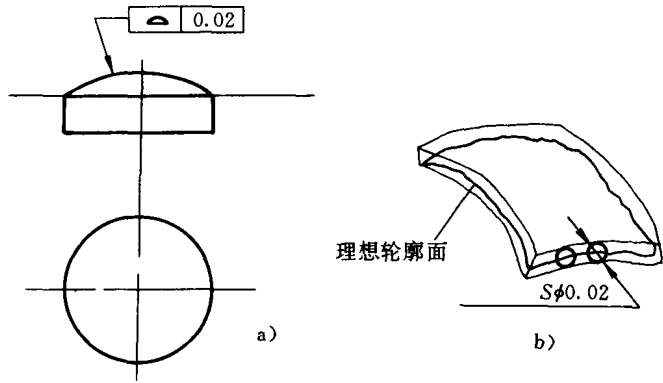


图 1-10 面轮廓度
a) 标注 b) 公差带

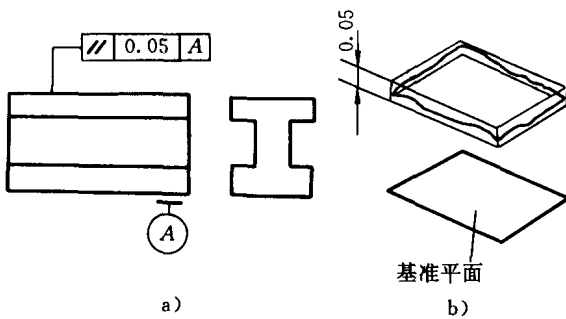


图 1-11 面对面平行度
a) 标注 b) 公差带

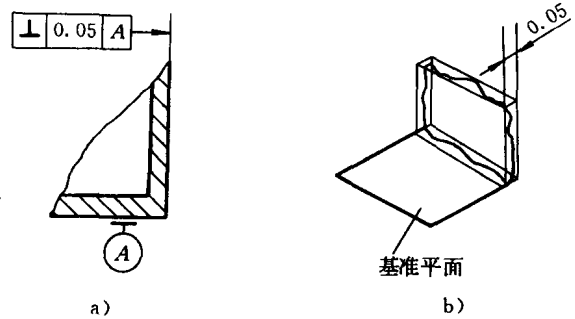


图 1-12 面对面垂直度
a) 标注 b) 公差带

(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。

(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。

(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

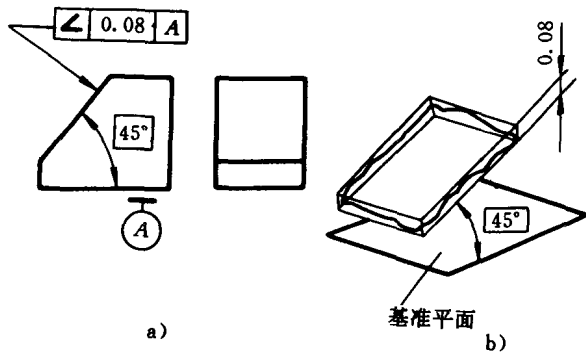


图 1-13 倾斜度
a) 标注 b) 公差带

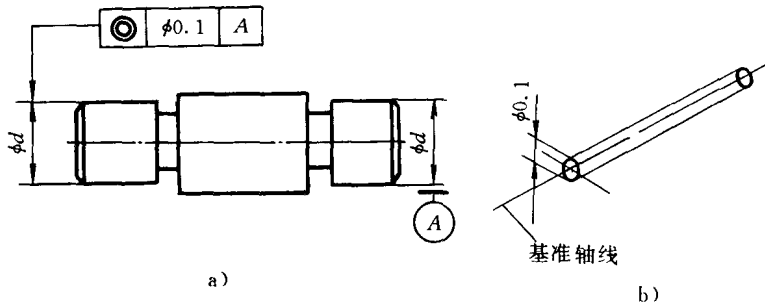


图 1-14 同轴度
a) 标注 b) 公差带

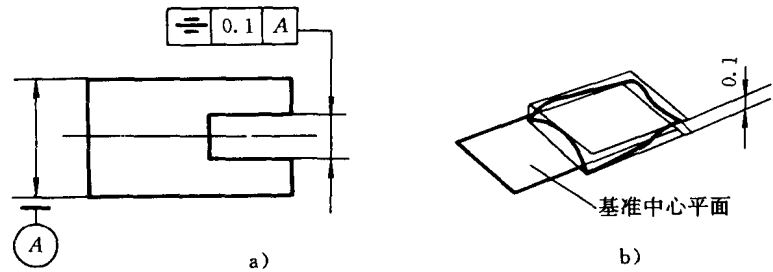


图 1-15 面对面对称度
a) 标注 b) 公差带

一测量面内所允许的最大跳动量。

1) 径向圆跳动。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。

2) 端面圆跳动。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。

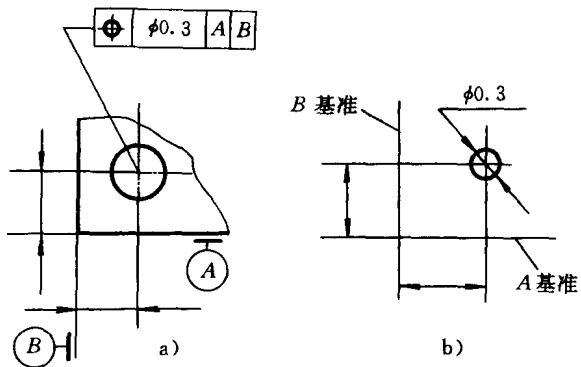


图 1-16 孔的位置度(点)
a) 标注 b) 公差带

(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。

1) 径向全跳动。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。

2) 端面全跳动。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。

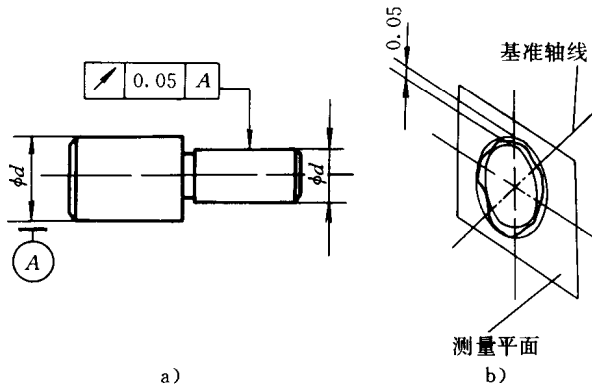


图 1-17 径向圆跳动
a) 标注 b) 公差带

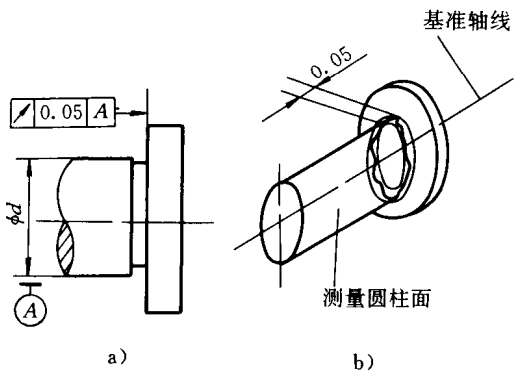


图 1-18 端面圆跳动
a) 标注 b) 公差带

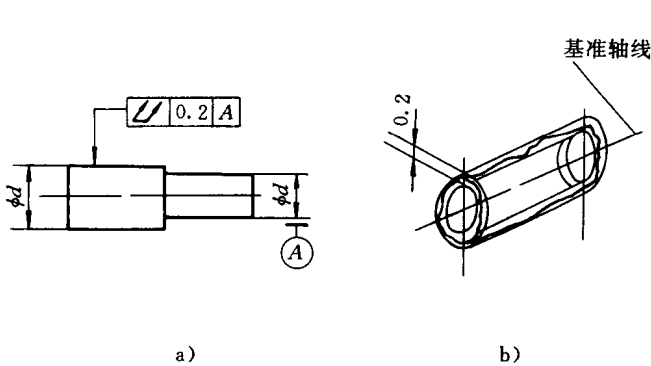


图 1-19 径向全跳动
a) 标注 b) 公差带

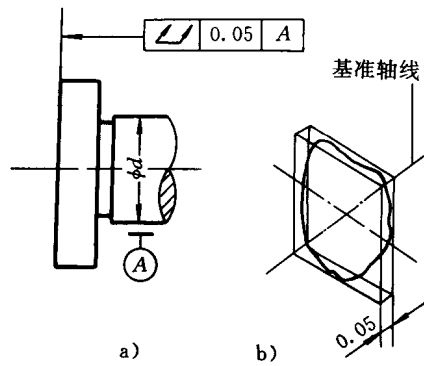


图 1-20 端面全跳动
a) 标注 b) 公差带

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（或）其它原因形成的。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 (GB1031—83) 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：

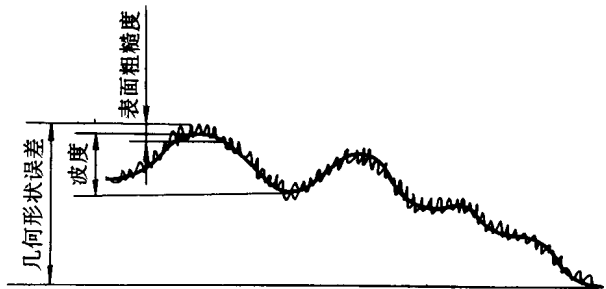


图 1-21 表面几何形状误差

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

或近似
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \quad (1-1)$$

2. 表面粗糙度的标注

国标(GB131—83)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它三种方法,将在以后的课程中介绍。

比较法是将被测表面与粗糙度样板对照,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。比较法只限于表面粗糙度数值较大的近似评定。

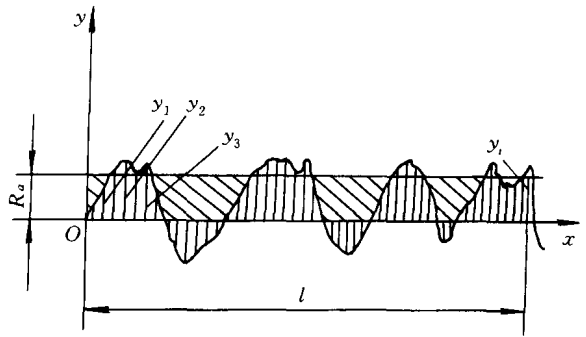


图 1-22 R_a 值示意图

其余 ✓

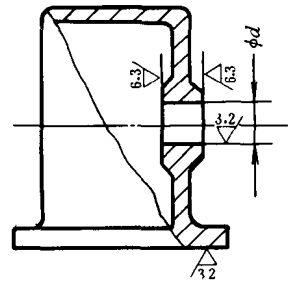


图 1-23 表面粗糙度标注

第二节 技术测量基础

一、测量的基本概念

测量就是确定量值而进行的实验过程,在测量中假设 L 为被测量值, E 为被采用的计量单位,那么它们的比值为:

$$q = \frac{L}{E} \quad (1-2)$$

此式的物理意义表示为在被测量值一定的情况下,比值 q 的大小完全取决于所采用的计量单位 E ,而且成正比关系:

$$L = qE$$

因此,任何测量都有被测量值和计量单位。另外,还有二者是如何比较和比较以后的精确程度,即测量方法及精确度。可见,测量过程包括测量对象、计量单位、测量方法及测量精确度四个因素。

测量对象主要指几何量,包括:长度、角度、表面粗糙度及形状与位置误差等。

二、测量方法与计量器具的分类

(一) 测量方法分类

测量方法可按不同的形式类别分为直接测量和间接测量、综合测量与单项测量、接触与非接触测量、被动与主动测量、静态与动态测量。

1. 直接测量与间接测量

(1) 直接测量 无需对测量值进行一定的函数关系的辅助计算而直接得到的被测量值的测量。如用游标卡尺或外径千分尺直接测得的轴径尺寸。

(2) 间接测量 通过与直接测量值有一定关系的其它量的计算得到该被测量值的测量。如通过两孔坐标尺寸的测量，经过计算可以得到两孔中心距大小。

直接测量也可以分为绝对测量与相对测量。

若由仪器刻度尺上读出被测参数的整个量值，这种方法为绝对测量，如千分尺测得轴径尺寸为 $\phi 35.14\text{mm}$ 。若由刻度尺指示的值只是被测参数对标准量的偏差，这种测量叫相对测量（也称比较测量），例如，应用比较仪测得轴直径尺寸的偏差，而不能测出轴径尺寸的整个量值。

2. 综合测量与单项测量

(1) 综合测量 同时测量工件上几个有关参数，从而综合地判定工件是否合格，如用花键塞规检查花键孔，即为综合测量。它包括了花键孔内外直径误差、花键分度误差及键宽误差等几个参数误差。综合测量，工作效率较高。

(2) 单项测量 测量彼此没有联系的工件的单项参数，如测量螺纹的螺距、牙型角等，单项测量有利于分析工件加工中产生误差的原因。

3. 接触与非接触测量

(1) 接触测量 测量时测量头与工件被测表面接触并有机作用力的测量力存在，如用千分尺测量轴径尺寸等。

(2) 不接触测量 测量时测量头与工件表面不接触，没有机械测量力存在，如用气动量仪测量轴径尺寸等。

接触测量对工件表面存在的油污、灰尘、切削液不敏感，而不接触测量就敏感得多，往往影响测量精度。

4. 主动测量与被动测量

(1) 主动测量 即为工件加工过程中的测量。此时测量结果可以直接调整刀具和机床，使测量与加工密切结合起来，如曲轴径磨削过程中可以根据测量情况及时调整砂轮进给量，以保证轴径尺寸，主动测量是技术测量的发展方向。

(2) 被动测量 即是工件加工后的测量，也称为验收测量，以发现和剔出废品。

5. 静态测量与动态测量

(1) 静态测量 仪器测量头与工件被测表面相对静止，如千分尺测轴径尺寸。

(2) 动态测量 测量时，仪器测量头与被测表面有相对运动，如曲轴颈在磨削过程中的测量，它可以经反馈直接控制机床的调整，以保证加工精度，动态测量是技术测量的发展方向之一，它可以提高测量效率和保证测量精度。

(二) 计量器具的分类

按计量器具的用途、特点，可分为标准量具、极限量规、检验夹具、计量仪器等。