

21世纪全国高职高专机电系列实用规划教材



21st CENTURY
实用规划教材

金工实训

主 编 柴增田



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材

金工实训

主 编 柴增田



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本教材在总结多年来金工实训教学改革成果的基础上, 汇集了各参编学校金工实训教学的改革经验, 以适当拓宽基本工艺训练内容为基点, 体现了新工艺、新材料、新技术的发展和应用。全书共 14 章, 分别包括技术测量、工程材料、铸造、锻压、焊接、热处理、钳工、金属切削基本知识、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、齿形加工和数控机床加工与特种加工简介等内容, 并且在每章后面都附有思考题。

本书最好与《金属工艺学》(柴增田主编)教材配套使用, 两本教材内容互补而不重叠。本书可作为各类职业技术学院、高职高专机械类或近机械类专业的金工实训教材, 也可供有关工程技术人员、中等专科学校和技术工人等学习选用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

金工实训/柴增田主编. —北京: 北京大学出版社, 2009. 1

(21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材)

ISBN 978 - 7 - 301 - 13652 - 2

I. 金… II. 柴… III. 金属加工—实习—高等学校: 技术学校—教材 IV. TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 052306 号

书 名: 金工实训

著作责任者: 柴增田 主编

策划编辑: 赖 青

责任编辑: 孙哲伟

标准书号: ISBN 978 - 7 - 301 - 13652 - 2/TH · 0098

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 326 千字

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 22.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010 - 62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21世纪全国高取高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

主任 傅水根

副主任 (按拼音顺序排名)

陈铁牛	李 辉	刘 涛	祁翠琴
钱东东	盛 健	王世震	吴宗保
张吉国	郑晓峰		

委员 (按拼音顺序排名)

蔡兴旺	曹建东	柴增田	程 艳
丁学恭	傅维亚	高 原	何 伟
胡 勇	李国兴	李源生	梁南丁
刘靖岩	刘瑞己	刘 铁	卢菊洪
马立克	南秀蓉	欧阳全会	钱泉森
邱士安	宋德明	王世辉	王用伦
王欲进	吴百中	吴水萍	武昭辉
肖 珑	徐 萍	喻宗泉	袁 广
张 勤	张西振	张 莹	周 征

丛书总序

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。从 20 世纪 90 年代末开始, 伴随我国高等教育的快速发展, 高等职业技术教育也进入了快速发展时期。在短短的几年时间内, 我国高等职业技术教育的规模, 无论是在校生数量还是院校的数量, 都已接近高等教育总规模的半壁江山。因此, 高等职业技术教育承担着为我国走新型工业化道路、调整经济结构和转变增长方式提供高素质技能型人才的重任。随着我国经济建设步伐的加快, 特别是随着我国由制造大国向制造强国的转变, 现代制造业急需高素质高技能的专业人才。

为了使高职高专机电类专业毕业生满足市场需求, 具备企业所需的知识能力和专业素质, 高职高专院校的机电类专业根据市场和社会需要, 努力建立培养企业生产第一线所需的高等职业技术应用型人才的教学体系和教材资源环境, 不断更新教学内容, 改进教学方法, 积极探讨机电类专业创新人才的培养模式, 大力推进精品专业、精品课程和教材建设。因此, 组织编写符合高等职业教育特色的机电类专业规划教材是高等职业技术教育发展的需要。

教材建设是高等学校建设的一项基本内容, 高质量的教材是培养合格人才的基本保证。大力发展高等职业教育, 培养和造就适应生产、建设、管理、服务第一线需要的高素质技能型人才, 要求我们必须重视高等职业教育教材改革与建设, 编写和出版具有高等职业教育自身特色的教材。近年来, 高职教材建设取得了一定成绩, 出版的教材种类有所增加, 但与高职发展需求相比, 还存在较大的差距。其中部分教材还没有真正过渡到以培养技术应用能力为主的体系中来, 高职特色反映也不够, 极少数教材内容过于浅显, 这些都对高职人才培养十分不利。因此, 做好高职教材改革与建设工作刻不容缓。

北京大学出版社抓住这一时机, 组织全国长期从事高职高专教学工作并具有丰富实践经验的骨干教师, 编写了高职高专机电系列实用规划教材, 对传统的课程体系进行了有效的整合, 注意了课程体系结构的调整, 反映系列教材各门课程之间的渗透与衔接, 内容合理分配; 努力拓宽知识面, 在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索, 加强理论联系实际, 突出技能培养和理论知识的应用能力培养, 精简了理论内容, 既满足机械类专业对理论、技能及其基础素质的要求, 同时提供选择和创新的空間, 以满足学有余力的学生进修或探究学习的需求; 对专业技术内容进行了及时的更新, 反映了技术的最新发展, 同时结合行业的特色, 缩短了学生专业技术技能与生产一线要求的距离, 具有鲜明的高等职业技术人才培养特色。

最后, 我们感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动, 也感谢北京大学出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因, 本系列教材还存在一些不足和错漏。我们相信, 在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下, 不断改进和完善这套教材, 使之成为我国高等职业技术教育的教学改革、课程体系建设和教材建设中的优秀教材。

《21 世纪全国高职高专机电系列实用规划教材》

专家编审委员会

2007 年 7 月

前 言

金工实训(也称金工实习)是机械类或近机械类各专业的重要实践教学环节,它对培养学生的实践能力和学习后续课程起着重要作用。本教材在总结多年来金工实训教学改革成果的基础上,汇聚了各参编学校金工实训教学的改革经验,以适当拓宽基本工艺训练内容为基点,体现了新工艺、新材料、新技术的发展和应用。本书与《金属工艺学》(柴增田主编)教材配套使用,两本教材内容互补而不重叠。本书可作为各类职业技术学院、高职高专机械类或近机械类专业的金工实训教材,也可供有关工程技术人员、中等专科学校和技术工人等学习选用或参考。

全书共 14 章,分别包括技术测量、工程材料、铸造、锻压、焊接、热处理、钳工、金属切削基本知识、车削加工、铣削加工、刨削加工、磨削加工、齿形加工和数控机床加工与特种加工简介等内容,并且在每章后面都附有思考题。

本教材的编写原则如下:

- (1) 教材中使用的术语、名词、标准等均贯彻了最新的国家标准及法定计量单位。
- (2) 教材于每章后附有思考题,供学生在复习时使用。
- (3) 在编写中尽可能做到对内容叙述简练、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的柴增田(内容简介、前言、第 1 章、第 3 章、第 14 章)和陈文娟(第 8 章、第 9 章、第 13 章),保定职业技术学院的艾建军(第 7 章、第 12 章),甘肃畜牧工程职业技术学院的张毅(第 6 章),许昌职业技术学院的李民朝(第 10 章、第 11 章),武汉工业职业技术学院的陈淑花(第 4 章),郑州铁路职业技术学院的文晓娟(第 2 章),山西建筑职业技术学院的陈建军(第 5 章)。本书由柴增田教授任主编,陈文娟和艾建军任副主编。

本书的编写参考了大量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,书中难免有疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

目 录

绪论	1	3.7 铸件的主要缺陷及其 产生原因	49
第 1 章 技术测量	2	3.8 铸造工艺图	51
1.1 机械加工精度及表面粗糙度	2	3.9 金属的熔炼	52
1.1.1 机械加工精度	2	3.9.1 冲天炉熔化铸铁	52
1.1.2 表面粗糙度	10	3.9.2 铸钢熔炼	56
1.2 技术测量基础	12	3.9.3 铝合金熔化	57
1.2.1 测量的基本概念	12	思考题	57
1.2.2 测量方法与计量器具 的分类	12	第 4 章 锻压	59
1.3 长度及角度测量	17	4.1 概述	59
1.4 形状与位置误差的检测 原则	18	4.2 坯料的加热和锻件的冷却	60
思考题	20	4.2.1 加热设备	60
第 2 章 工程材料	22	4.2.2 锻造温度范围的确定	61
2.1 金属材料的种类、性能及用途	22	4.2.3 锻件的冷却方法	62
2.1.1 金属材料的性能	22	4.3 自由锻	62
2.1.2 常用的金属材料	23	4.3.1 自由锻设备	62
2.2 非金属材料的种类、性能 及用途	28	4.3.2 自由锻基本工序	64
2.2.1 高分子材料	28	4.3.3 典型锻件自由锻工艺 过程	64
2.2.2 陶瓷材料	30	4.3.4 锤上自由锻实习的 安全规则	64
2.2.3 复合材料	31	4.4 胎模锻	66
思考题	33	4.5 冲压	67
第 3 章 铸造	34	4.5.1 冲压设备	67
3.1 概述	34	4.5.2 冲压的基本工序	69
3.2 砂型铸造	35	4.5.3 冲模	71
3.2.1 型砂、芯砂	35	4.6 锻压缺陷及原因分析	72
3.2.2 手工造型	37	思考题	72
3.2.3 机器造型	42	第 5 章 焊接	73
3.2.4 型芯制造	42	5.1 概述	73
3.2.5 合型	44	5.2 焊条电弧焊	74
3.3 浇注系统	44	5.2.1 焊接过程	74
3.4 冒口	47	5.2.2 电焊机	75
3.5 浇注	47	5.2.3 电焊条	76
3.6 落砂和清理	48	5.2.4 焊接工艺	77

5.2.5 操作技术	79	9.5 工件的安装方法及附件	140
5.3 气焊与气割	79	9.6 车床的操作要点	145
5.3.1 气焊	79	9.7 基本车削工艺	148
5.3.2 气割	84	9.8 典型零件车削加工实例	157
5.4 焊接缺陷及原因分析	86	9.9 车削零件的结构工艺性	163
思考题	87	思考题	165
第 6 章 热处理	89	第 10 章 铣削加工	167
6.1 热处理的基本知识	89	10.1 铣削加工概述	167
6.1.1 热处理的概念	89	10.2 铣床	168
6.1.2 热处理加热设备	89	10.3 铣刀及其安装	170
6.1.3 常用热处理方法	90	10.4 铣削的基本工艺	172
6.2 热处理常见缺陷及防止办法	94	10.4.1 铣平面	172
思考题	97	10.4.2 铣台阶面	175
第 7 章 钳工	98	10.4.3 铣键槽	175
7.1 概述	98	10.4.4 铣直齿圆柱齿轮	176
7.2 钳工基本工艺	99	10.5 铣床附件及应用	179
7.2.1 划线	99	10.6 铣削操作的安全规程与 维护保养	180
7.2.2 锯削	103	思考题	180
7.2.3 锉削与錾削	104	第 11 章 刨削加工	182
7.2.4 孔、扩孔、铰孔与 铰孔	108	11.1 刨削加工概述	182
7.2.5 攻螺纹与套螺纹	113	11.2 刨床	183
7.2.6 刮削	115	11.2.1 牛头刨床	183
7.3 装配工艺	117	11.2.2 龙门刨床	186
7.3.1 概述	117	11.2.3 插床	186
7.3.2 拆装工艺	118	11.3 刨刀	187
7.3.3 装配质量与产品性能	120	11.4 工件的安装	188
思考题	121	11.5 刨削的基本加工工艺	189
第 8 章 金属切削基本知识	123	11.6 拉削加工简介	191
8.1 切削加工的运动分析	123	思考题	193
8.2 刀具材料	126	第 12 章 磨削加工	194
8.3 切削过程中的物理现象	127	12.1 磨床种类及工艺范围	194
8.4 切削液	128	12.2 砂轮的特性及其应用	199
思考题	130	12.3 磨削过程和磨削用量	204
第 9 章 车削加工	131	思考题	205
9.1 车床的种类及工艺范围	131	第 13 章 齿形加工	206
9.2 卧式车床的传动系统	132	13.1 滚齿	206
9.3 车床的基本构造及其机械 加工工艺特点	136	13.1.1 滚齿的加工原理	206
9.4 车刀的安装及刃磨	138	13.1.2 Y3150E 型滚齿机	206
		13.1.3 圆柱齿轮的加工	207

13.2 插齿	210	14.1.1 概述	213
13.2.1 插齿原理	210	14.1.2 数控机床的组成	213
13.2.2 插齿加工运动	211	14.1.3 数控机床加工的特点 ...	214
思考题	212	14.2 特种加工	215
第 14 章 数控机床加工与特种		14.2.1 概述	215
加工简介	213	14.2.2 特种加工方法简介	215
14.1 数控机床加工	213	参考文献	216

绪 论

1. 金工实训在教学中的地位和作用

金工实训(也称基本工艺训练)是工科教学计划中的必修课,也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,它们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。

金工实训对学生学好后续课程有着重要意义,特别是技术基础课和专业课,都与金工实训有着重要联系。

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

2. 金工实训的内容及做法

1) 金工实训的内容

金工实训的内容是以机械制造工艺过程中提取的基本工艺方法为基础的,它包括一般机械制造的基本工艺过程,同时也包括技术准备等训练内容。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可以由技术测量体现出来,学生应了解加工精度及表面粗糙度的概念,学会使用通用量具,掌握一般几何参数的测量技术,并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,此项技术的训练能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的意义,装配技术训练可以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。

(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,此项技术的训练可同时使学生了解金属冶炼知识。

(5) 金属材料及热处理训练。通过该项训练可使学生认识常用的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。

2) 金工实训的做法

金工实训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两部分。

第1章 技术测量

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

1.1 机械加工精度及表面粗糙度

1.1.1 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) 加工精度与加工误差

加工精度是指机械零件加工后的实际几何参数(尺寸大小、几何形状、相互位置)与理论几何参数的符合程度，符合程度越高，加工精度就越高。

加工误差是指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，偏离程度越大，加工误差就越大。加工误差越大，则加工精度就越低，反之越高。

2) 基本尺寸

基本尺寸是机械零件在设计时给定的尺寸，图 1.1 是孔和轴的基本尺寸的标注示例。一般孔的基本尺寸用“ D ”表示，轴的基本尺寸用“ d ”表示。

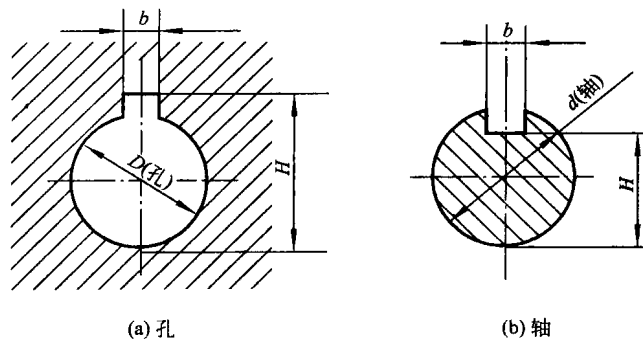


图 1.1 孔和轴的基本尺寸的标注示例

3) 极限尺寸与偏差

在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，另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)。

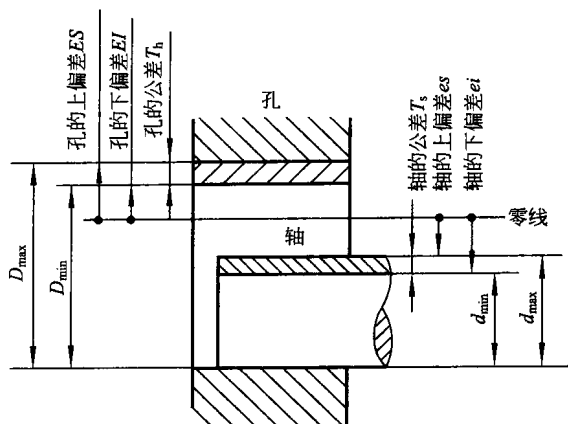


图 1.2 极限尺寸、偏差、公差。

偏差有正值、负值、零值 3 种。

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 $\phi 25_{-0.020}^{0.007}$ mm，如图 1.3 所示，计算极限尺寸、偏差、公差。

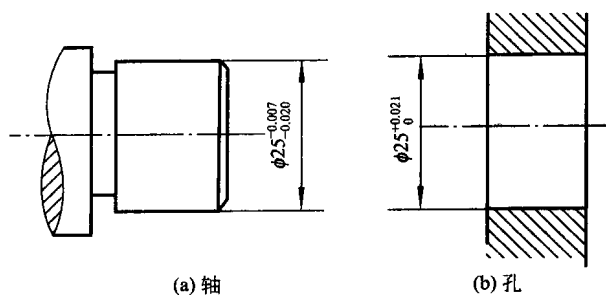


图 1.3 轴和孔尺寸的标注示例

解：孔和轴的基本尺寸都是 $\phi 25$ mm。

(1) 计算孔的极限尺寸、偏差、公差。

孔的最大极限尺寸： $D_{\max} = \phi 25.021$ mm

孔的最小极限尺寸： $D_{\min} = \phi 25.000$ 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_h 表示)：

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

(2) 计算轴的极限尺寸、偏差、公差。

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)：

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

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》国家标准包括代号与注法(GB 1182—1980)、术语与定义(GB 1183—1980)、未注公差的规定(GB 1184—1980)、检测规定(GB 1958—1980)。

1) 形位公差的分类及项目与符号

(1) 形位公差的分类。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；对其他有功能关系的要素称为关联要素。形位公差是以零件几何要素进行分类的，即单一形位误差和关联形位误差。单一要素的形位误差包括直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度、面轮廓度。关联要素的形位误差分为定向、定位和跳动误差。

(2) 形位公差的项目与符号，见表 1-1。

表 1-1 形位公差项目与符号

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	⊕
				跳动	圆跳动	
					全跳动	

2) 形位公差的标注

(1) 直线度。直线度是指零件上被测直线偏离其理想形状的程度。在给定平面内的直线度如图 1.4(a)所示。

(2) 平面度。平面度是指被测平面平的程度。图 1.5 表示的是平面度的标注及其公差带。

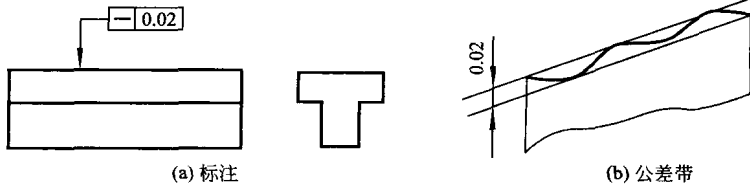


图 1.4 直线度

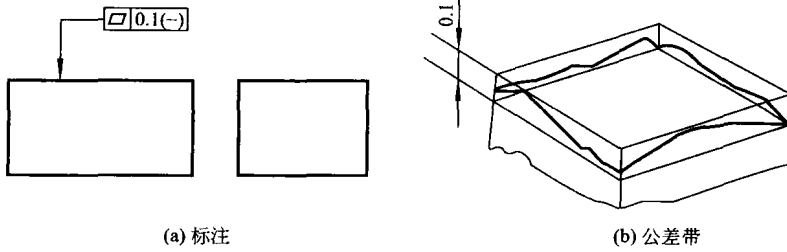


图 1.5 平面度

(3) 圆度。圆度是限制实际圆对理想圆变动量的指标。图 1.6 表示，在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 $t(0.02\text{mm})$ 的两个同心圆之间。实际圆是一个封闭的平面曲线。

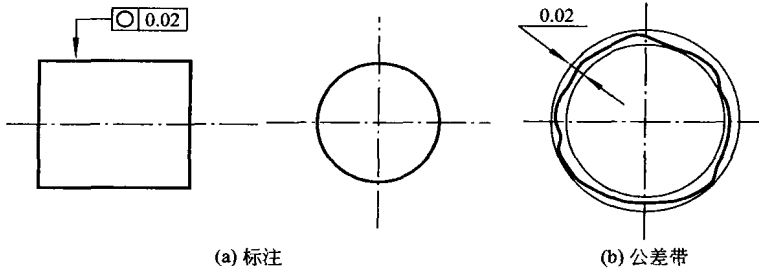


图 1.6 圆度

(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 1.7 表示，圆柱面必须位于半径差为公差值 $t(0.05\text{mm})$ 的两个同轴圆柱面之间。

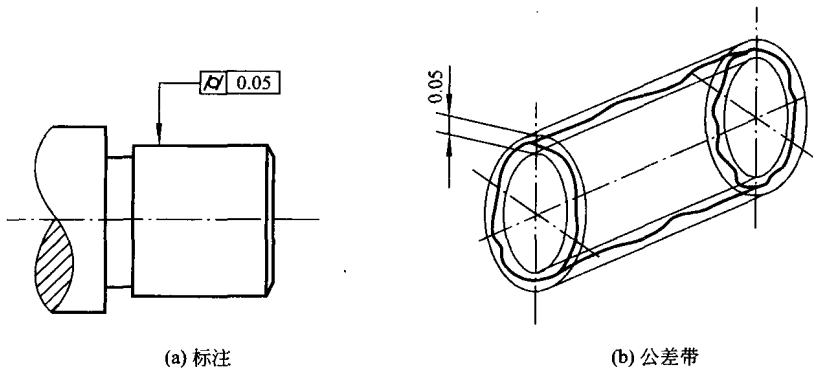


图 1.7 圆柱度

(5) 线轮廓度。线轮廓度是对曲线形状精度的要求，也是限制实际曲线对理想曲线变动量的一项指标。图 1.8 表示，线轮廓度公差带为包括一系列直径为公差值 $t(0.04\text{mm})$ 的圆的两条包络线之间的距离。

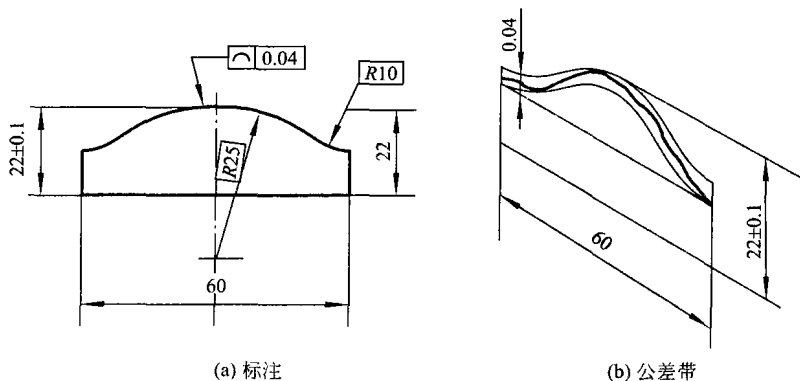


图 1.8 线轮廓度

(6) 面轮廓度。面轮廓度是对曲面精度的要求，也是限制实际曲面对理想曲面变动量的一项指标。图 1.9 表示，面轮廓度公差带为包括一系列直径为公差值 $t(0.02\text{mm})$ 的球的两个包络面之间的区域。

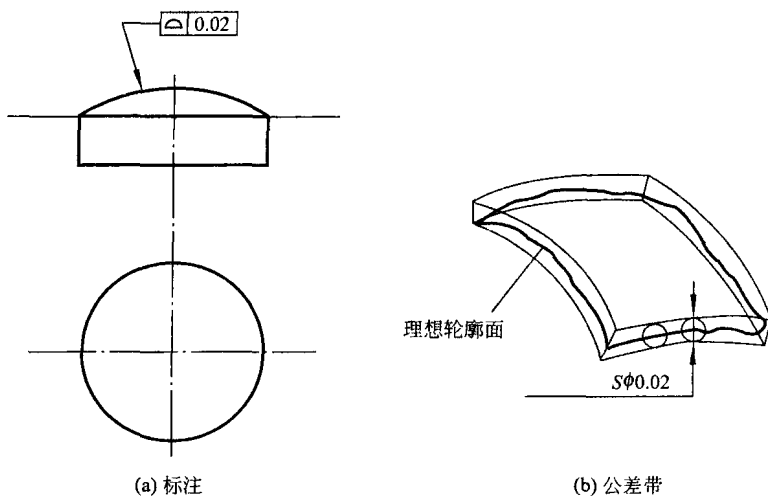


图 1.9 面轮廓度

(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 1.10 表示，以基准为平面，测量要素只能在唯一的方向上有平行度要求，其公差带为公差值为 $t(0.05\text{mm})$ 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要素垂直，图 1.11 表示的是面对面垂直度。

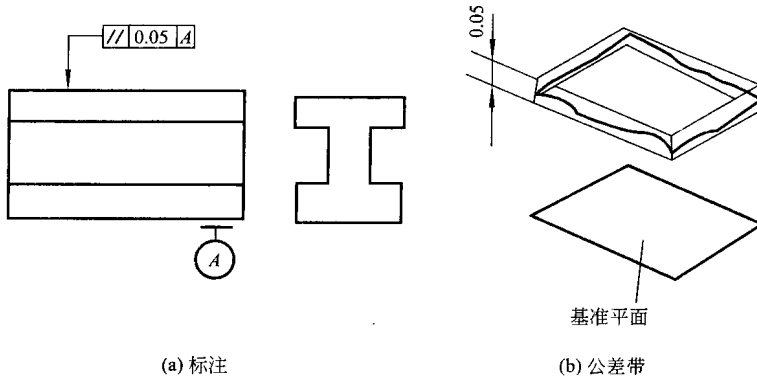


图 1.10 面对面平行度

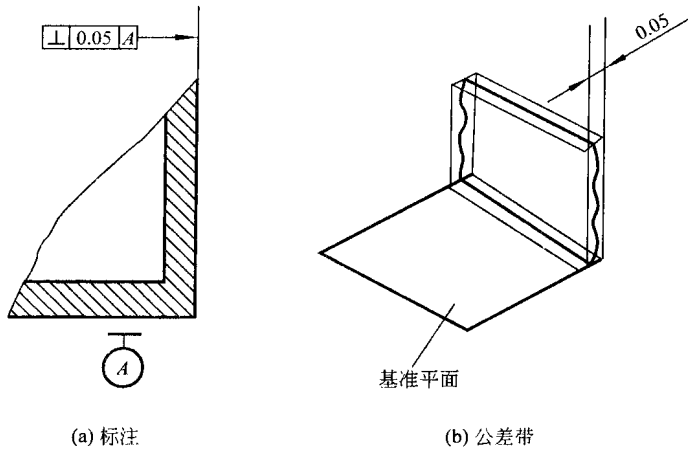


图 1.11 面对面垂直度

(9) 倾斜度。当被测要素与基准平面倾斜一定角度时(除去 0° 和 90°)，此倾斜角度称为倾斜度。图 1.12(a)为倾斜度的标注方法，其公差带是距离为公差值 t (0.08mm) 且与基准平面成一定理论正确角度的两个平行平面之间的区域，如图 1.12(b)所示。

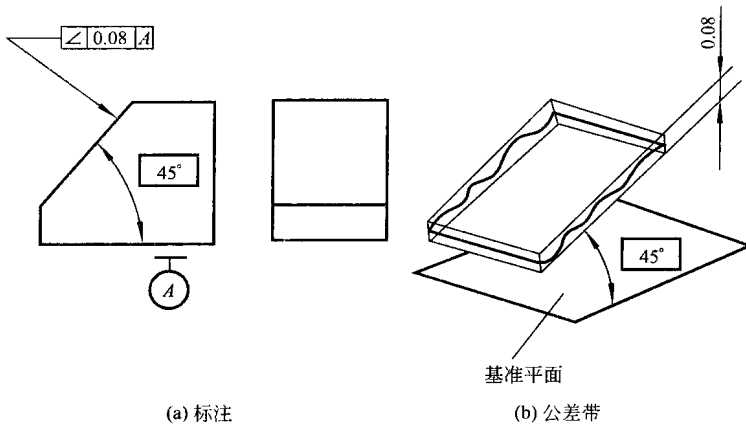


图 1.12 倾斜度

(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误差、倾斜误差、弯曲误差。图 1.13 的标注表示, ϕd 的轴线必须位于直径为公差值 $t(0.1\text{mm})$ 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。

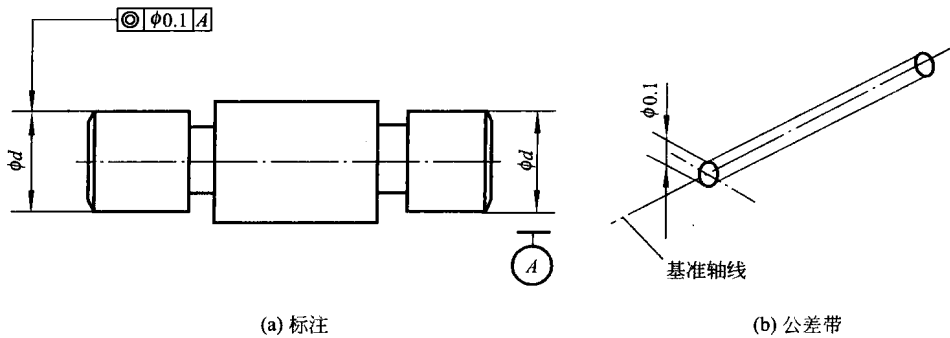


图 1.13 同轴度

(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 1.14 的标注表示, 公差带为距离为公差值 $t(0.1\text{mm})$ 且相对基准中心平面对称配置的两个平行面之间的区域。

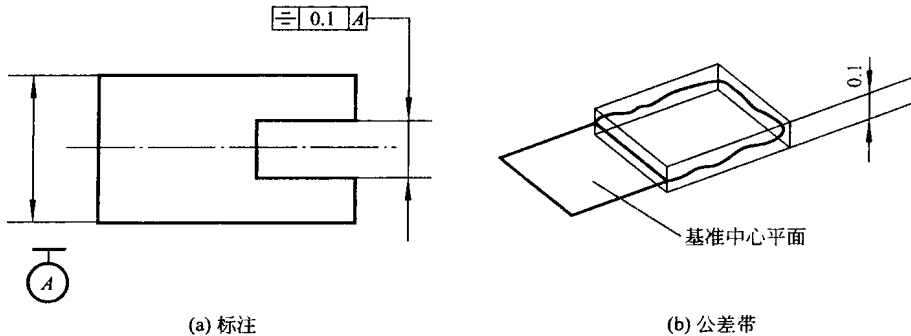


图 1.14 面对称度

(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 1.15 表示孔的位置度(点), 公差带为直径为公差值 $t(0.3\text{mm})$ 且以中心线的理想位置为轴线的圆柱面内的区域。

(13) 圆跳动。圆跳动公差是指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。

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, 如图 1.16 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在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。如图 1.17 所示为端面圆跳动, t 值为 0.05mm 。