

JIXIE ZHIZAO XINJISHU JINENG XUNLIAN CONGSHU

机械制造新技术技能训练丛书

金属工艺学基础

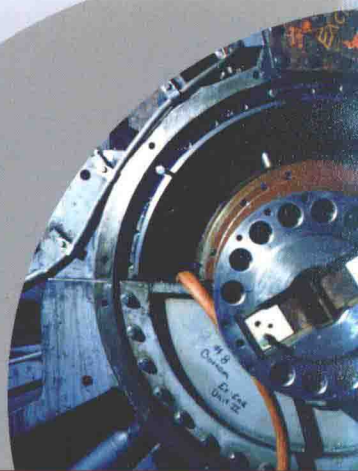
迪特马尔·法尔克 (Dietmar Falk)

于尔根·克斯 (Jürgen Kaese)

[德] 沃尔夫冈·伦德 (Wolfgang Rund) 著

京特·蒂特 (Günther Tiedt)

■ 刘德忠 那薇 刘畅 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械制造新技术技能训练丛书

金属工艺学基础

迪特马尔·法尔克 (Dietmar Falk)

于尔根·克斯 (Jürgen Kaese)

[德] 沃尔夫冈·伦德 (Wolfgang Rund) 著

京特·蒂特 (Günther Tiedt)

刘德忠 那薇 刘畅 译



机械工业出版社

本书作为高等职业教育的教科书,重点教授制造技术的五个领域的知识和技能:测量技术、加工技术、材料技术、机械与设备技术、控制技术。突出实际操作能力,材料技术部分兼顾了金属材料学基础。对信息技术、电工技术、技术文件,以及设计与制造的基本知识与基本技能进行了简要的介绍。适合作为机械制造(冷加工)、金属材料热加工及处理专业的职业教育教材。

Metalltechnik Grundbildung

Dietmar Falk, Jürgen Kaese, Wolfgang Rund, Günther Tiedt

Original ISBN: 3-14-231020-7

Copyright © Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig Germany 2004

Authorized Simplified Chinese Edition is published by CMP.

All Rights Reserved.

本书中文简体版由德国 Westermann 出版社授权机械工业出版社独家出版发行。版权所有,侵权必究。

北京市版权局著作权合同登记 图字:01-2004-6518 号。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺学基础/(德)法尔克等著;刘德忠,那薇,刘畅译. —北京:机械工业出版社,2016.1

(机械制造新技术技能训练丛书)

书名原文:Metalltechnik Grundbildung

ISBN 978-7-111-52216-4

I. ①金… II. ①法…②刘…③那…④刘… III. ①金属加工-工艺学-高等职业教育-教材 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 280573 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:何士娟 责任编辑:何士娟

责任校对:刘怡丹 封面设计:路恩中

责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2016 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 24.25 印张 · 597 千字

0001—2500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-52216-4

定价 79.80 元

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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

本书重点教授制造技术的五个领域的知识和技能：测量技术、加工技术、材料技术、机械与设备技术、控制技术。突出实际操作能力培养。

在传授专业知识的同时穿插必要的基础知识，把两者有机结合。

本书从生产中的实际应用例子入手，把知识点溶解在实例中。

重要的知识点都用文本框框起来，帮助学生把书中的精华提炼出来。

本书的每个章节都以小结或/和习题结束，帮助学生把知识穿成串，并通过习题操练一番，以求加深理解并实际掌握知识和能力。这种做总结的方法学生可以参考模仿，以提高自学能力，终身受益。

书中强调技术标准的应用，熟悉和掌握技术标准对于技术人员非常重要。本书还传授了安全生产的知识，介绍了相关的法规。

本书处处体现了德意志民族认真、严谨、务实的作风。德国制造业能在超过一个世纪的时间跨度内始终走在世界前列，与这种作风密切相关，发人深省。

目 录

前言

第1章 测量技术	1
1.1 基础知识	1
1.1.1 检验的目的	1
1.1.2 检验的种类	1
1.1.3 基本参数和基本单位	2
1.1.3.1 小数与乘方	2
1.1.3.2 长度	3
1.1.3.3 面积	3
1.1.3.4 体积	3
1.1.3.5 角度	3
1.1.3.6 时间	4
1.1.3.7 质量	4
1.1.3.8 温度	5
1.1.3.9 力	5
1.1.3.10 压力	5
1.1.4 测量与量规	6
1.1.5 测量公差	7
1.1.6 测量方法	9
1.2 长度测量	10
1.2.1 量具	10
1.2.2 读数型量具	13
1.2.2.1 游标卡尺	13
1.2.2.2 千分尺	17
1.2.2.3 百分表	18
1.2.2.4 千分表	19
1.2.3 量规	23
1.2.3.1 形状量规	24
1.2.3.2 尺寸量规	24
1.3 角度的检验	25
1.3.1 角度测量	25
1.3.2 角度量规	28
1.4 方向的检验	28
1.4.1 用水平尺检验	29

1.4.2 用倾斜水平仪检验	30
1.4.3 液压静态水平仪检验	30
1.5 量具选择	32
1.6 测量误差	32
1.6.1 产生测量误差的原因	33
1.6.2 误差的种类	33
第2章 加工技术	37
2.1 产品的制造过程	37
2.2 加工方法分类	37
2.3 准备工作	40
2.4 分离	44
2.4.1 分割	47
2.4.1.1 鋸凿和夹断	47
2.4.1.2 剪切刀	51
2.4.2 手工切削	58
2.4.2.1 鋸子	61
2.4.2.2 锯削	64
2.4.2.3 锉削	66
2.4.3 机械切削	70
2.4.3.1 加工运动	70
2.4.3.2 钻削	73
2.4.3.3 钻沉头孔	79
2.4.3.4 铰削	80
2.4.3.5 攻螺纹	82
2.4.3.6 车削	88
2.4.3.7 铣削	100
2.4.3.8 磨削	108
2.5 塑性成形	110
2.5.1 弯曲成形	111
2.5.1.1 弯曲过程	111
2.5.1.2 展开长度	112
2.5.1.3 最小弯曲直径	112
2.5.1.4 板材的弯曲	114
2.5.1.5 管件的弯曲	115

2.5.1.6 型材的弯曲	116	3.3 金属材料的结构	181
2.5.1.7 轧槽、折边与折叠	119	3.3.1 晶格结构类型	181
2.5.2 压力成形	121	3.3.2 金属组织的形成过程	182
2.5.2.1 轧制	121	3.3.3 铁碳相图	186
2.5.2.2 锻造	121	3.4 钢铁材料的生产	189
2.5.3 拉压变形	125	3.4.1 生铁的生产	189
2.5.3.1 拉深	125	3.4.2 钢的生产	190
2.5.3.2 拉拔	126	3.4.3 伴生元素与合金元素	194
2.6 成形	127	3.4.4 铸铁的生产	195
2.6.1 铸造成形	128	3.5 钢的后续加工	197
2.6.1.1 用一次铸型铸造	129	3.5.1 半成品的生产	197
2.6.1.2 用永久铸型铸造	130	3.5.2 钢的热处理	198
2.6.2 粉末冶金成形	132	3.6 钢铁材料及其半成品的命名	201
2.7 装配	135	3.6.1 钢和铸钢的命名	201
2.7.1 连接的种类	135	3.6.2 铸铁材料的命名	204
2.7.2 连接的作用方式	136	3.6.3 钢铁材料的编号	205
2.7.3 销轴和销钉连接	141	3.6.4 在制品的命名	206
2.7.4 键连接	143	3.7 钢的分类及其应用	207
2.7.5 楔形键连接	144	3.7.1 主要品质分级	208
2.7.6 压力连接	144	3.7.2 按照用途分类	209
2.7.7 螺纹连接	146	3.7.2.1 结构钢	209
2.7.7.1 螺纹种类	151	3.7.2.2 工具钢	210
2.7.7.2 螺栓	152	3.8 有色金属	212
2.7.7.3 螺母	153	3.8.1 分类与命名	212
2.7.7.4 螺栓与螺母的标记	154	3.8.2 铜与铜合金	214
2.7.7.5 螺栓防松措施	154	3.8.3 铝与铝合金	215
2.7.8 钎焊	156	3.8.4 其他有色金属概述	217
2.7.9 焊接	159	3.9 烧结金属	218
2.7.9.1 气体熔焊	159	3.10 刀具材料	220
2.7.9.2 电弧焊	162	3.11 塑料	221
2.7.9.3 焊缝形状	164	3.11.1 塑料的特性	222
2.7.10 粘接	165	3.11.2 塑料合成方法	222
第3章 材料技术	170	3.11.3 塑料的分类	223
3.1 工程材料特性	170	3.12 材料与环境	227
3.1.1 物理特性	171	第4章 机械与设备技术	230
3.1.2 工艺特性	175	4.1 机械与设备	230
3.1.3 化学特性	177	4.1.1 机械系统基础	230
3.1.4 生态学特性	178	4.1.2 物理学基础	232
3.2 材料的分类	179	4.1.2.1 功与能	232

4.1.2.2 功率与效率	233	5.4.2 状态图	270
4.1.2.3 质量流量和容积流量	233	5.5 气动控制	276
4.1.2.4 信息与信号	234	5.5.1 压缩空气准备单元	277
4.2 工业系统的主要功能	235	5.5.2 压缩空气控制单元	279
4.2.1 能量转换系统	235	5.5.2.1 方向控制阀	279
4.2.1.1 能量转换机械	236	5.5.2.2 单向型控制阀	282
4.2.1.2 能量转换设备	237	5.5.3 驱动单元	282
4.2.2 材料转换系统	238	5.5.4 气动开关原理图	286
4.2.2.1 用于材料变形的机械	239	5.6 电气控制	290
4.2.2.2 用于物体位置改变的机械	240	5.6.1 电气控制单元	290
4.2.3 信息转换系统	241	5.6.1.1 开关	290
4.2.3.1 测量装置	241	5.6.1.2 继电器	292
4.2.3.2 控制与调节装置	242	5.6.1.3 电磁阀	293
4.3 工业系统的功能单元	244	5.6.2 开关电路原理图	295
4.3.1 系统分解	244	5.6.2.1 耦合电流回路	295
4.3.2 功能划分	245	5.6.2.2 分立电流回路	295
4.3.3 基本功能	247	5.6.2.3 电-气动联合回路	296
4.4 人员、机械与环境的保护	250	5.6.3 电控原理图	296
4.4.1 人员的保护	250	5.7 液压控制	302
4.4.2 机械的保护	251	5.7.1 能量供应单元	302
4.4.3 环境的保护	252	5.7.2 能量控制单元	302
第5章 控制技术	258	5.7.2.1 方向控制阀	303
5.1 控制系统	258	5.7.2.2 压力控制阀	303
5.1.1 控制信息转换系统	258	5.7.2.3 流量控制阀	304
5.1.2 控制区段与控制装置	259	5.7.3 驱动单元	306
5.1.3 控制功能的分解	259	5.7.4 液压原理图	306
5.2 控制与调节	261	第6章 信息技术	311
5.2.1 控制	261	6.1 计算机结构原理	312
5.2.2 调节	262	6.1.1 硬件	312
5.3 控制的种类	264	6.1.1.1 数据输入	312
5.3.1 逻辑控制	264	6.1.1.2 数据处理	313
5.3.2 程序控制	264	6.1.1.3 数据输出	315
5.4 控制功能说明	266	6.1.1.4 数据存储	316
5.4.1 功能图表	266	6.1.2 软件	319
5.4.1.1 信号状态	266	6.1.2.1 系统软件	319
5.4.1.2 逻辑符号	267	6.1.2.2 应用软件	320
5.4.1.3 开关功能	267	6.1.3 硬盘里的数据组织	320
5.4.1.4 双联保险开关	269	6.2 程序编制	324
		6.2.1 任务描述	324

6.2.2 任务分析	324	7.6.2 电功	355
6.2.3 程序框图	325	7.7 电流效应	356
6.2.4 程序语言	325	7.8 保护措施	357
6.2.4.1 BASIC 语言	327	7.8.1 电路与设备的保护	357
6.2.4.2 PASCAL 语言	328	7.8.2 防止危险的体电流的保护 措施	357
6.2.5 程序编制与程序测试	330	第8章 技术文件	360
6.2.6 程序文件	331	8.1 任务与合同	360
6.3 标准化编程	334	8.2 技术文件	360
6.3.1 文字处理	334	8.3 毛坯选择	363
6.3.2 电子表格	335	8.4 加工工艺	363
6.3.3 数据库	335	8.5 装配	366
6.4 互联网	336	第9章 设计与制造	367
6.4.1 技术前提	336	9.1 “平板”设计	367
6.4.2 互联网的服务	337	9.1.1 一般描述	367
6.4.3 互联网带来的机会与风险	339	9.1.2 读设计图	367
第7章 电工技术	341	9.1.3 计划加工与检验	367
7.1 电流	341	9.2 螺旋千斤顶设计	369
7.1.1 电流测量	342	9.2.1 功能说明	369
7.2 导体、绝缘体与半导体	343	9.2.2 读设计图	370
7.3 电压	344	9.2.3 连接件	371
7.3.1 电压的测量	345	9.2.4 制订工艺	372
7.3.2 电压的产生	345	9.2.5 检验	374
7.4 电阻	347	9.3 漏斗设计	375
7.4.1 电阻的测量	348	9.3.1 一般描述	375
7.4.2 欧姆定律	348	9.3.2 读设计图	375
7.5 电阻的连接	351	9.3.3 零件清单	375
7.5.1 串联	351	9.3.4 漏斗制造	375
7.5.2 并联	352	9.3.5 防松螺母	377
7.6 电功率与电功	354	9.3.6 支架制造	377
7.6.1 电功率	354		

第1章 测量技术

1.1 基础知识

无论是手工产品还是工业产品都要进行检验。产品都是按照一定的技术信息生产出来的，这些信息包括图样、明细栏、标准、订货单、装配计划和其他辅助资料。这些信息涉及一个工件的材料、尺寸、形状和表面质量。

1.1.1 检验的目的

通过检验确定一个产品是否具有要求的性质。加工前的检验是检查原料的尺寸和材质。加工过程中的检验是检查工件的尺寸、形状及表面质量。加工完成后的最终检验是检查工件是否具有要求的所有性质。对先前的检查结果要做出“是”或“否”的判断（图 1-1）。

1.1.2 检验的种类

不用量具的检验可以通过观察、触摸、听声音、尝味道、嗅气味来实现。这类检验称为主观检验。对于工业产品，这样检验是不够的。因为这种检验方法对于检验者的依赖性很强（图 1-2）。

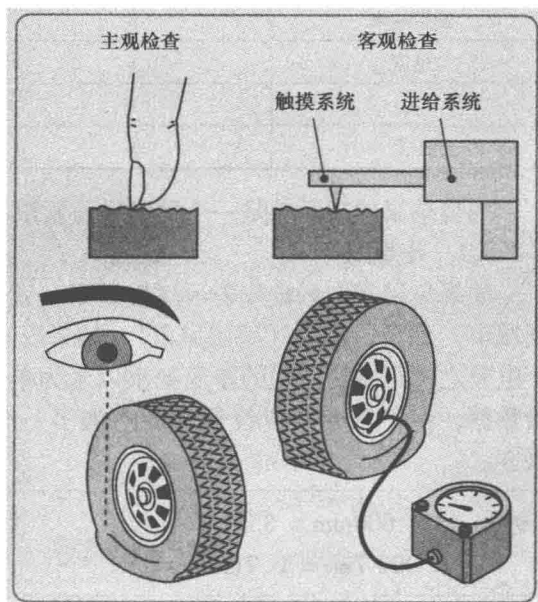
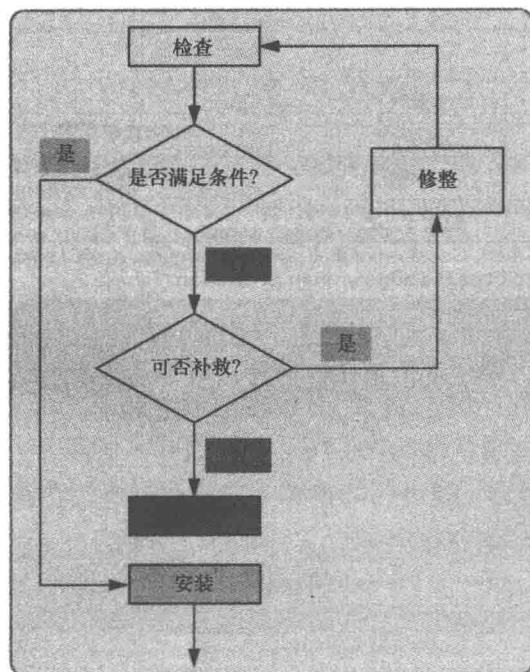


图 1-1 检验过程框图

图 1-2 主观检验与客观检验

尺寸方面的检验是检查工件的尺寸大小以及是否在允许的尺寸范围内。这种检验不依赖于人的主观因素，称为客观检验。这种检验需要使用技术手段（检具）。

1.1.3 基本参数和基本单位

对于客观检验，目前已经依据 SI 系统（国际单位制）规定了七种基本参数及其单位。在金属工艺的领域内重要的参数有长度、质量、时间、温度和电流强度。

按照 DIN 1301（见相关手册），对于每一种基本参数都有一个规定的字符和与之对应的单位标记（表 1-1）。

表 1-1 SI 系统基本参数

SI 基本参数	参数符号	SI 基本单位	单位符号
长度	<i>l</i>	米	m
质量	<i>M</i>	千克	kg
时间	<i>t</i>	秒	s
温度	<i>T</i>	热力学温度	K
电流强度	<i>I</i>	安培	A

除了 SI 基本参数，还有许多其他技术参数，例如，面积、体积、速度、加速度和力。这些参数称为 SI 导出参数（表 1-2）。

表 1-2 SI 导出参数（选一部分）

SI 导出参数	参数符号	SI 导出单位	单位符号
面积	<i>A</i>	平方米	m ²
体积	<i>V</i>	立方米	m ³
角度	$\alpha, \beta, \dots$	度	°
回转频率	<i>n</i>	每秒	s ⁻¹
速度	<i>v</i>	米每秒	m/s
力	<i>F</i>	牛顿	N
压力	<i>p</i>	帕斯卡、巴	Pa、bar

测量结果的表示总是一个数字后面紧跟着一个单位符号。

1.1.3.1 小数与乘方

如果只用基本参数来表示测量结果，就会出现很大的数字。例如，从度塞尔多夫（德国城市）到布伦瑞克（德国城市），如果以米为单位表示就是 351 000m。用于检验火花塞两个电极之间距离的量规的厚度如果以米为单位表示就是 0.000 7m。对于这些不便阅读的测量数据，就在原有单位符号前面附加了一个符号，导出新的单位，并将数据变为小数或乘方。

例如：351 000mm = 351km
0.000 7m = 0.7mm

对于测量结果的表达，在选择单位时应该注意，使数据简单，阅读方便。

测量数值也可以表示成一个小数乘以 10 的若干次方, 这种方法称为幂表示法。

$$\begin{aligned}\text{例如: } 590 &= 5.9 \times 10^2 \\ -0.005 &= -5 \times 10^{-3}\end{aligned}$$

幂表示法也在计算器中使用, 当某一数值超过了计算器规定位数时, 就自动转换成幂表示法。在 BASIC 和 PASCAL 算法语言中也采用这种表示方法。

$$\text{例如: } 1.234\ 567\ 89\text{E}+08 = 123\ 456\ 789$$

1.1.3.2 长度

长度 l 的基本单位符号是 m , 它等于光在真空中每秒钟传播距离的 $1/299\ 729\ 458$ 。在金属工艺领域, 大多数情况下使用 mm 。在技术图样中可以只写数字, 不写单位, 表示的单位就是 mm 。

在英制单位中一般用英寸作为长度单位。

$$\begin{aligned}1\ \text{英寸} &= 25.4\ \text{毫米} \\ 1\ \text{in} &= 25.4\ \text{mm}\end{aligned}$$

在德国只有在设备的维修保养时才用到英制单位, 有些设备的螺纹采用英制螺纹。

1.1.3.3 面积

面积采用长度单位的平方来表示。在基本单位平方米 (m^2) 的基础上, 还有导出单位 cm^2 和 dm^2 。除此以外, 还有两个用来表示土地面积的特殊单位: 公亩 (a) 和公顷 (ha)。

$$\begin{aligned}1\ \text{m} \times 1\ \text{m} &= 1\ \text{m}^2 \\ 10\ \text{dm} \times 10\ \text{dm} &= 100\ \text{dm}^2 \\ 100\ \text{cm} \times 100\ \text{cm} &= 10\ 000\ \text{cm}^2 \\ 1000\ \text{mm} \times 1000\ \text{mm} &= 1\ 000\ 000\ \text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1\ a &= 100\ \text{m}^2 \\ 1\ ha &= 100\ a = 10\ 000\ \text{m}^2\end{aligned}$$

1.1.3.4 体积

体积是三维物理量, 用长度的三次方表示, 所以体积 V 表示成立方米 (m^3)。还有导出单位 cm^3 和 dm^3 。另外有一个特殊的单位升 (L)。

$$\begin{aligned}1\ \text{m} \times 1\ \text{m} \times 1\ \text{m} &= 1\ \text{m}^3 \\ 10\ \text{dm} \times 10\ \text{dm} \times 10\ \text{dm} &= 1\ 000\ \text{dm}^3 \\ 100\ \text{cm} \times 100\ \text{cm} \times 100\ \text{cm} &= 1\ 000\ 000\ \text{cm}^3 \\ 1000\ \text{mm} \times 1000\ \text{mm} \times 1000\ \text{mm} &= 1\ 000\ 000\ 000\ \text{mm}^3\end{aligned}$$

$$1\ L = 1\ \text{dm}^3 = 1\ 000\ \text{cm}^3$$

1.1.3.5 角度

人们把圆周划分为 360 等份, 每一份称为 1 度 (图 1-3)。

表示角 (α 、 β 、 γ ……) 的单位是度 ($^{\circ}$)。比度还小的单位与度之间不采用十进制, 而是采用六十进制。

1 Grad = 60Minuten 1° = 60'	1 Minute = 60Sekunden 1' = 60"
1° = 60' = 3 600"	

1.1.3.6 时间

时间 t 的 SI 基本单位是秒 (s)。比秒大的时间单位有分 (min)、时 (h)、天 (d) 或年 (y), 它们与秒的关系也采用非十进制。比秒小的时间单位采用十进制。

1 Minute = 60Sekunden 1 min = 60s 1 Tag = 24Stunden 1 d = 24h	1 Stunde = 60Minuten 1 h = 60min 1 Jahr = 365Tage 1 y = 365d
1 Sekunde = 1 000Millisekunden 1 s = 1 000ms	

1.1.3.7 质量

质量 m 的 SI 基本单位是千克 (kg), 1kg 质量等于国际千克基准的质量, 国际千克基准是一个直径和高度均为 39mm 的铂铱合金圆柱体 (图 1-4)。

可以用一架天平来测量物体的质量。就是用一个已知质量 (砝码) 与被测物体来比较。这时, 如果天平平衡, 就认定被测物体与砝码具有相同的质量 (图 1-5)。比千克大的质量单位有吨 (t), 比千克小的质量单位有克 (g), 它们与千克的关系都采用十进制。



图 1-4 国际千克基准的复制品 (存放在位于布伦瑞克的联邦物理 - 技术院)

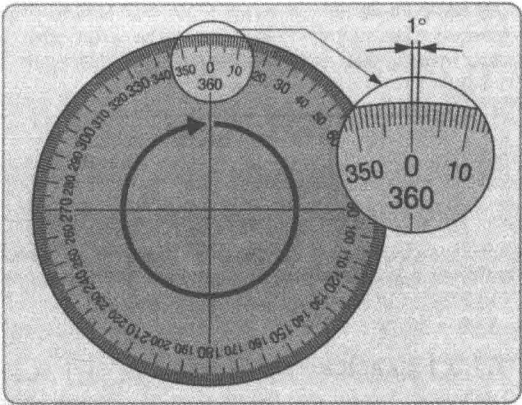


图 1-3 角度的划分

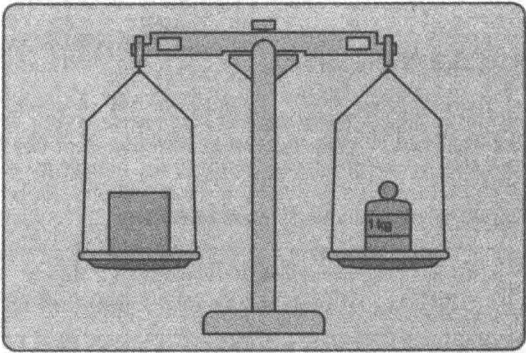


图 1-5 用天平来比较物体的质量

体积相同而材质不同的物体具有不同的质量 (图 1-6), 反之, 质量相同而材质不同的

物体具有不同的体积。

质量 m 与体积 V 之商称为材料的密度 (ρ)。

$$\text{密度} = \frac{\text{质量}}{\text{体积}} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

密度表示一个边长为 1dm 的立方体所具有的质量。密度的单位, 对于固体或液体是 g/cm^3 、 kg/dm^3 和 t/m^3 。

1.1.3.8 温度

温度 T 的 SI 基本单位是 Kelvin^① (K), 热力学温度的参考点是绝对零度 0K。除了热力学温度 (K) 还有摄氏 (Celsius^②) 温度 ($^{\circ}\text{C}$)。热力学温度与摄氏温度的关系可以用下面公式表示。

$$\text{热力学温度} = \text{摄氏温度} + 273.15$$

$$T = t + 273.15$$

$$\text{摄氏温度} = \text{热力学温度} - 273.15$$

$$t = T - 273.15$$

在图 1-7 中表示了热力学温度 T 与摄氏温度 t 的换算关系。

1.1.3.9 力

力 F 的基本单位是牛顿 (Newton^③) (N), 1N 的力能够使具有 1kg 质量的物体在 1s 内运动速度增加 1m/s。

$$\text{力} = \text{质量} \cdot \text{加速度}$$

$$1\text{N} = \frac{1\text{kg} \cdot 1\text{m}}{\text{s}^2}$$

大于或小于以牛顿为单位的力可以用小数或乘方来表示。

1.1.3.10 压力

压力 p 的基本单位是帕斯卡 (Pascal^④) (Pa)。1Pa 的压力等于 1N 的力除以 1m^2 的面积。

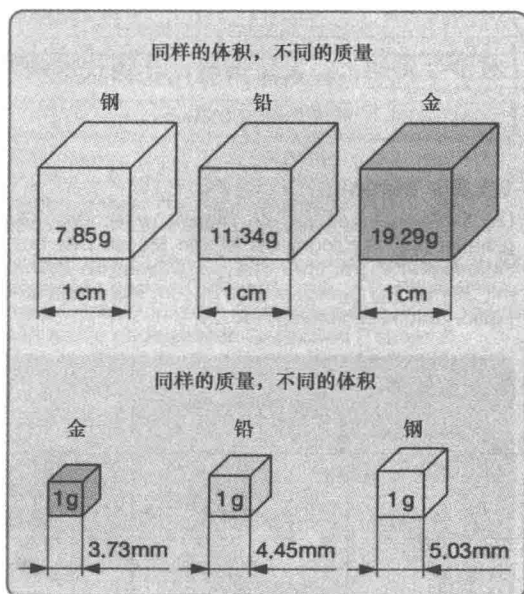


图 1-6 质量与体积

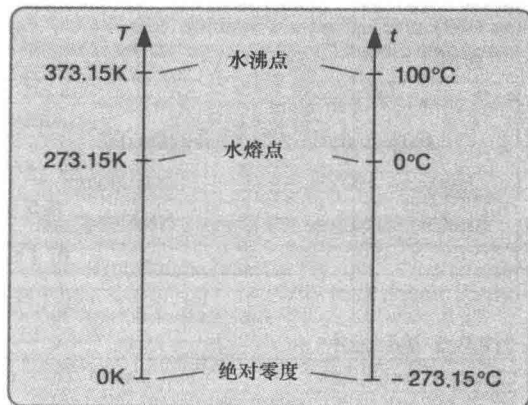


图 1-7 热力学温度与摄氏温度的关系

① Lord Kelvin of Largs, 英国物理学家, 1824 - 1907

② Anders Celsius, 瑞典物理学家, 1701 - 1744

③ Sir Isaac Newton, 英国物理学家, 1642 - 1727

④ Blaise Pascal, 法国物理学家, 1623 - 1662

$\text{压力} = \frac{\text{力}}{\text{面积}}$	$p = \frac{F}{A}$
--	-------------------

对于金属加工、设备维修、车辆技术领域，单位帕斯卡是太小了。经常用到的单位是巴（bar）。它们之间的换算关系如下。

$1\text{Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
$1\text{bar} = 100\,000\text{Pa} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$

小结

表 1-3

物理量		选用的测量单位		测量装置（举例）
名称	标准符号	名称	单位符号	
长度	l	米 毫米	m mm	刻度尺、卷尺、游标卡尺
面积	A	平方米 平方厘米	m^2 cm^2	测量长度和宽度
体积	V	立方米 立方厘米	m^3 cm^3	测量长、宽、高
角度	α, β, γ	度	°	角度尺、角度规
时间	t	秒 分	s min	时钟、秒表
质量	m	千克	kg	天平
温度	T t	开〔尔文〕 摄氏度	K ℃	温度计
力	F	牛〔顿〕	N	弹簧秤
压力	p	帕〔斯卡〕 巴	Pa bar	压力计

1.1.4 测量与量规

工件测量可以应用量具与量规来完成。

在使用量具测量时，是把一个未知尺寸与规定的测量单位相比较（图 1-8a）。图示的钢板尺的规定测量单位是毫米。测量的过程就是确定工件的某一个参数包含了多少测量单位（毫米）。用测量结果表示工件的某一个参数的大小。测量结果包括测量数值和尺寸单位两部分。 $l=45\text{mm}$ 表示工件参数 l 包含 45 个测量单位，而测量单位为 mm。

在使用量规测量时，是把一个工件的形状和尺寸与一个尺寸规或异形规相比较（图 1-8b，图 1-8c）。量规的形状和尺寸是按照被测零件的形状和尺寸制成的。检验时，借助量

规确定一个工件的形状和尺寸相对于它的理想形状和理想尺寸的误差是否在允许公差范围。大量的产品的尺寸形状都恰好精确地等于理论尺寸，这样的事情是不可能的。用量规检验的作用，是把实际误差控制在要求的范围之内。量具与量规也可以集成在一起（图 1-8d）。

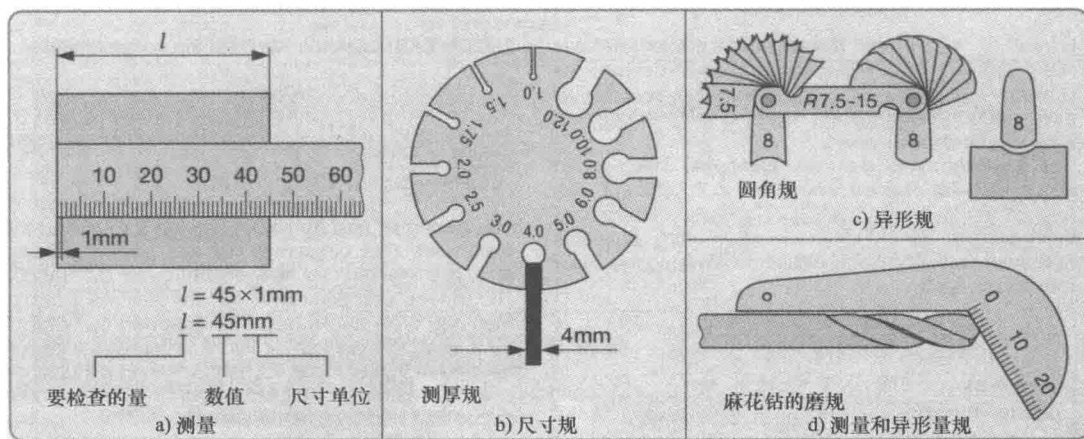


图 1-8 量具与量规

1.1.5 测量公差

一张工程图样（图 1-9）里所标注的尺寸 N 是公称尺寸。公称尺寸是不可能绝对准确地加工出来的，尽管如此，零件的功能也完全可以实现。功能决定零件的加工精度。也没有必要绝对准确地加工，要考虑成本。

零件的加工精度既考虑必要，也考虑可能性。

零件的加工精度取决于其要实现的功能。下水管（图 1-9a）外径的尺寸精度与其功能的关系并不重要，因此没有必要加工得很精确。而将要安装球轴承的轴径的尺寸与其功能的关系就很重要，因此必须精确地加工。

工件的实际尺寸 l 总是小于或大于公称尺寸。所以工程图必须规定允许的公差范围，借助极限偏差来表示。

公称尺寸向上的极限尺寸，称为上极限偏差（图 1-10 中的 0.5mm ）。公称尺寸向下的极限尺寸，称为下极限偏差（图 1-10 中的 -0.2mm ）。由公称尺寸及极限偏差组成的尺寸称为带公差尺寸。

举例：

带公差尺寸： $100^{+0.5}_{-0.2}$

公称尺寸： 100mm

上极限偏差： $+0.5\text{mm}$

下极限偏差： -0.2mm

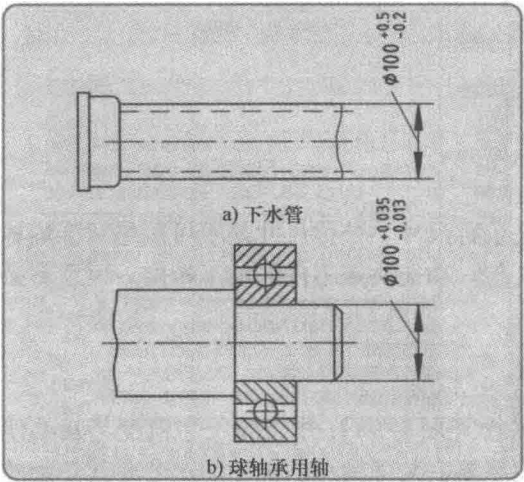


图 1-9 对应的公差

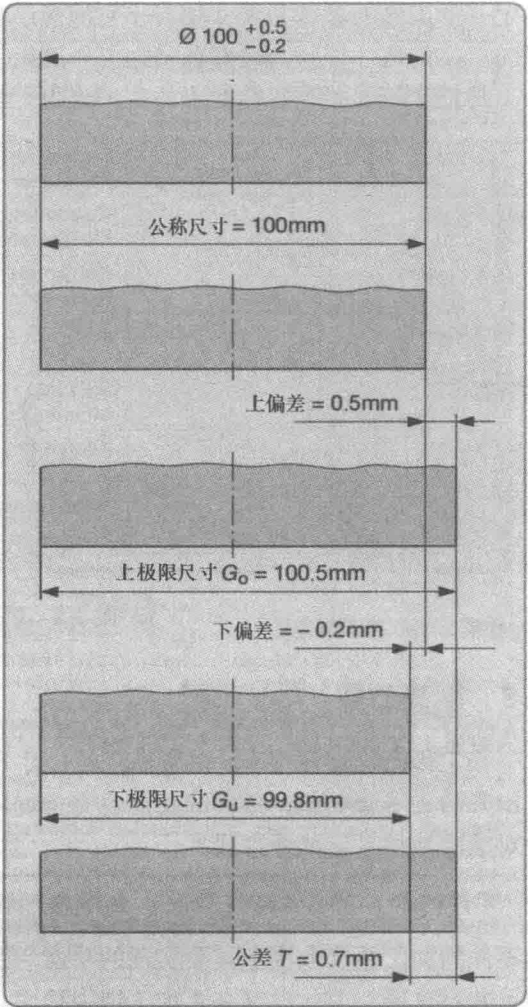


图 1-10 长度测量技术的基本概念

按照 DIN ISO 286 的上极限偏差和下极限偏差用表 1-4 所列的标准缩写符号表示。

表 1-4 标准缩写符号

	标准缩写符号	
	孔	轴
上极限偏差	ES	es
下极限偏差	EI	ei

由公称尺寸和偏差计算极限尺寸，所允许的最大极限尺寸称为极大尺寸 $G_o^{\ominus}$ （图 1-10 中的 100.5mm）。所允许的最小极限尺寸称为极小尺寸 G_u （图 1-10 中的 99.8mm）。当一个工件的尺寸处于上极限尺寸与下极限尺寸之间时，该工件的尺寸就是合格的。

极限尺寸按照下面公式计算（表 1-5）：

上极限尺寸 $G_o = 100\text{mm} + (+0.5\text{mm}) = 100.5\text{mm}$

下极限尺寸 $G_u = 100\text{mm} + (-0.2\text{mm}) = 99.8\text{mm}$

$\ominus$ ：非标准化缩略语。

表 1-5 极限尺寸计算

极限尺寸计算	
孔	轴
$G_o = N + ES$	$G_o = N + es$
$G_u = N + EI$	$G_u = N + ei$

上极限尺寸与下极限尺寸之间的差值就是允许的总偏差，称为尺寸公差 T 。尺寸公差的计算方法如下：

公差 $T = 100.5\text{mm} - 99.8\text{mm} = 0.7\text{mm}$

公差 = 上极限尺寸 - 下极限尺寸
 $T = G_o - G_u$

工程图样中也经常出现的公称尺寸不带偏差，这并不意味着任意公差。在 DIN ISO 2768 中将这种只有公称尺寸的情况规定为普通公差。公差值取决于公称尺寸和公差等级。分为四个公差等级：f（细）、m（中）、c（粗）和 v（很粗）。在同一公差等级中，公称尺寸越大，公差值就越大。举例见表 1-6。

表 1-6 公称尺寸举例

举例：	
公称尺寸	100mm
普通公差标准	DIN ISO 2768 - m
上极限偏差	+0.3mm
下极限偏差	-0.3mm
上极限尺寸	$100\text{mm} + (+0.3\text{mm}) = 100.3\text{mm}$
下极限尺寸	$100\text{mm} + (-0.3\text{mm}) = 99.7\text{mm}$
公差	$100.3\text{mm} - 99.7\text{mm} = 0.6\text{mm}$

1.1.6 测量方法

使用量具的测量分为三种：直接测量、间接测量、差别测量。

直接测量（图 1-11a）时，被测量对象直接与量具比较。例如，一个长度直接与刻度尺比较，一个角度直接与角度规比较。压力直接与压力计比较。测量值可以直接读出来，不需要其他辅助装置。

间接测量（图 1-11b），是由于形状限制，测量对象无法与量具直接比较，必须使用辅助测量装置。零件内部的孔的直径，可以用弹性内卡钳测量，然后用游标卡尺测量内卡钳两脚的宽度。

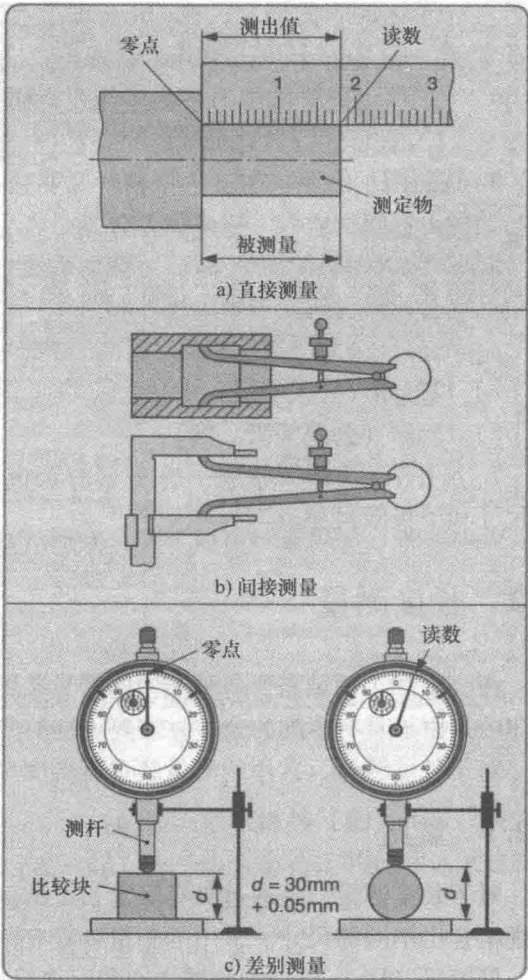


图 1-11 测量方法