



面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材



工程材料 与热加工技术

■ 主 编 程晓宇 主 审 蒋清亮



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

面向 21 世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

工程材料与热加工技术

主 编 程晓宇

副主编 张建国 王周让

参 编 王巧云 吴金杰 王晓梅

主 审 蒋清亮

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书是根据高职高专机电及电气类专业对工程材料和热加工技术的要求来组织编写的,全书以零件材料与毛坯的选择为目标,以材料为主体,力求突出教材的科学性和实用性,以满足高职高专机电类及电气类专业教学的需求。

本书共分12章。第1章介绍了工程材料的力学性能;第2、3章通过相图分析建立材料的组织和性能关系;第4章介绍了钢的热处理;第5~8章以钢为主介绍了金属材料及非金属材料的牌号、成分、组织、性能及应用;第9~11章介绍了铸、锻、焊毛坯的特点;第12章介绍了零件毛坯及材料的选择方法。本书在各章开始设计了案例或有趣的实验,在各章最后开辟了知识窗,以扩大学生的视野;各章末对学习内容及学习方法均作了总结和指导,并附有一定的自测习题,便于学生巩固所学内容。

本书可作为高职高专院校机电及电气类专业的教材,也可作为广大工程科技人员的参考书。

★本书配有电子教案,需要者可与出版社联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

工程材料与热加工技术 / 程晓宇主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.2

面向21世纪机电及电气类专业高职高专规划教材

ISBN 7-5606-1623-2

I. 工… II. 程… III. ① 工程材料—高等学校: 技术学校—教材

② 热加工—高等学校: 技术学校—教材 IV. ① TB3 ② TG

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第155185号

策 划 毛红兵

责任编辑 龙 晖 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

<http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 18.625

字 数 435千字

印 数 1~4000册

定 价 20.00元

ISBN 7-5606-1623-2/TB·0004

XDUP 1915001-1

如有印装问题可调换

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

本书是高职高专机电及电气类专业规划教材之一，是根据高职院校教学改革方针，结合编者多年来在培养技术应用型人才方面探索的实践经验而编写的。本书特别强调对工程材料与热加工内容进行整合，突出课程的科学性和实用性，以零件材料与毛坯的选择为中心目标，以材料应用为主线，避免复杂的推理论证和定量分析，力求理论描述通俗易懂，并把理论内容与实训、实验结合起来，通过实际案例分析引出理论部分内容。每章均附设知识窗，补充与该章节主题相关的一些学科前沿知识内容，目的是拓宽学生的阅读范围和知识视野。本书的设计方式和内容选择注重激发学生的好奇心和求知欲，引起其主动阅读的愿望，在愉悦的阅读过程中逐步拓宽视野。

本教材具有以下特点：

(1) 以材料与毛坯选择为目标，以材料应用为主线，将理论教学与实训教学内容进行全方位的整合，形成新的课程内容体系，把对学生技术应用能力的培养贯穿到教材内容的各个部分。

(2) 注重企业生产技术实际案例。每章通过企业实际发生的一些材料方面的生产技术案例引出该章节主题，让学生一开始就注意理论与实践的结合，提高学生分析与解决问题的能力。

(3) 在内容的取舍上，坚持“开窗口，留接口”，即在正文中强调现代材料科技新成果和先进技术与传统材料加工方法的结合与贯通，又让学生在知识窗中开拓眼界，接触到一些技术前沿的知识，留下与其他知识连接的接口。

全书共分 12 章，主要包括工程材料的性能、材料的组织与性能、材料的热处理，以及工业用钢中的各种工程材料、热加工技术、零件材料与毛坯的选择等内容。本书在各章的开始设计了案例或有趣的实验，以提高教材的可读性；在各章最后开辟了知识窗，扩大学习的视野；各章末对学习内容及学习方法均作了总结和指导，并附有一定量的自测习题，便于巩固所学内容。

参加本书编写的有：陕西国防工业职业技术学院程晓宇、王晓梅，郑州铁路职业技术学院张建国，陕西航空职业技术学院王周让，河南机电高等专科学校吴金杰，西安航空技术高等专科学校王巧云。其中程晓宇编写第 1 章、第 5 章、第 12 章及附录，张建国编写绪论、第 6 章、第 8 章和第 9 章，王周让编写第 2 章和第 4 章部分内容，吴金杰编写第 7 章和第 11 章，王晓梅编写第 4 章部分内容并负责大量图片的处理工作。本书由程晓宇任主编，张建国、王周让任副主编，由西安理工大学高等技术学院蒋清亮主审。

尽管我们在探索“工程材料与热加工技术”课程的特色方面做了许多努力，但由于高职教育教学改革是一个需要长期探索和不断深化的过程，完善与提高需要一段时间，加之编者的水平和视角有限，因而书中的不足和疏漏在所难免，恳请读者批评和指正，以便及时改进。

所有意见和建议请寄：cxy@gfxy.com

编 者

2005 年 9 月

目 录

绪论	1
第 1 章 材料的力学性能	3
1.1 强度与塑性	3
1.1.1 拉伸曲线与应力—应变曲线	3
1.1.2 刚度与强度	5
1.1.3 塑性	7
1.2 硬度	7
1.2.1 布氏硬度	8
1.2.2 洛氏硬度	9
1.2.3 维氏硬度	11
1.3 韧性	12
1.3.1 冲击韧性	12
1.3.2 断裂韧性	14
1.4 疲劳强度	16
1.4.1 疲劳及疲劳强度	16
1.4.2 不同形式的疲劳	18
知识窗——材料的性能	20
学习指导	21
自测习题	22
第 2 章 金属的晶体结构与结晶	24
2.1 金属的晶体结构	24
2.1.1 晶体结构常识	24
2.1.2 实际金属的晶体结构	27
2.1.3 合金的相结构	30
2.2 金属的结晶	32
2.2.1 纯金属的结晶	32
2.2.2 二元合金相图	34
知识窗——高分子材料的结构	39
学习指导	40
自测习题	40

第 3 章 铁碳合金相图	42
3.1 纯铁的同素异构转变与铁碳合金基本相	42
3.1.1 纯铁的同素异构转变	42
3.1.2 铁碳合金的基本相和基本组织	43
3.2 铁碳合金相图分析	44
3.2.1 图形分析	45
3.2.2 典型合金结晶过程分析	46
3.3 铁碳合金相图的应用	49
3.3.1 含碳量、组织与力学性能的关系	49
3.3.2 铁碳合金相图的应用	51
知识窗——金相观察	52
学习指导	53
自测习题	53
第 4 章 钢的热处理	55
4.1 钢在加热时的转变	55
4.2 钢在冷却时的转变	58
4.2.1 过冷奥氏体的等温转变曲线(TTT 图)	58
4.2.2 等温转变产物的组织与性能	60
4.2.3 过冷奥氏体的连续冷却转变	63
4.3 钢的退火与正火	67
4.3.1 退火	67
4.3.2 正火	69
4.4 钢的淬火	70
4.5 淬火钢的回火	76
4.6 钢的表面热处理	78
4.6.1 钢的表面淬火	78
4.6.2 化学热处理	80
4.7 热处理技术条件的标注与工序安排	84
4.7.1 热处理技术条件的标注	84
4.7.2 热处理工序位置的安排	85
知识窗——气相沉积	86
学习指导	88
自测习题	89
第 5 章 工业用钢	91
5.1 杂质元素与合金元素在钢中的作用	91
5.1.1 常存杂质元素对钢性能的影响	91
5.1.2 合金元素在钢中的作用	92

5.2 钢的分类与牌号	96
5.2.1 钢的分类	96
5.2.2 工业用钢的牌号表示方法	97
5.3 结构钢——工程结构用钢	99
5.3.1 碳素结构钢	100
5.3.2 低合金结构钢	101
5.3.3 耐候钢	102
5.3.4 碳素铸钢	103
5.3.5 其他工程结构钢	104
5.4 结构钢——机械结构用钢	104
5.4.1 优质碳素结构钢和合金结构钢	104
5.4.2 弹簧钢与滚动轴承钢	110
5.4.3 其他机械结构用钢	113
5.5 工具钢	114
5.5.1 刃具钢	114
5.5.2 模具钢	119
5.5.3 量具钢	123
5.6 特殊性能钢	123
5.6.1 不锈钢	123
5.6.2 耐热钢	126
5.6.3 耐磨钢	128
知识窗——功能材料	129
学习指导	130
自测习题	131
第6章 铸铁	133
6.1 铸铁的分类及石墨化	133
6.1.1 铸铁的分类	133
6.1.2 铸铁的石墨化	134
6.2 常用铸铁	136
6.2.1 灰口铸铁	136
6.2.2 球墨铸铁	138
6.2.3 蠕墨铸铁	139
6.2.4 可锻铸铁	141
知识窗——合金铸铁	142
学习指导	144
自测习题	144
第7章 非铁金属	146
7.1 铝及铝合金	146
7.1.1 工业纯铝	146

7.1.2 铝合金	147
7.2 铜及铜合金	152
7.2.1 工业纯铜	152
7.2.2 铜合金	153
7.3 滑动轴承合金	158
7.4 粉末冶金材料	160
7.4.1 粉末冶金材料工艺简介及应用	160
7.4.2 硬质合金	161
知识窗——钛及镁	163
学习指导	163
自测习题	163
第8章 常用非金属材料	165
8.1 高分子材料	165
8.1.1 塑料	166
8.1.2 橡胶	168
8.2 陶瓷材料	170
8.3 复合材料	171
知识窗——先进陶瓷的精密注射成型	172
学习指导	175
自测习题	175
第9章 铸造	176
9.1 铸造工艺基础	176
9.1.1 金属的铸造性能	177
9.1.2 铸件缺陷分析	180
9.2 砂型铸造	181
9.2.1 砂型铸造的工艺过程	181
9.2.2 砂型铸造工艺设计	187
9.3 铸件结构工艺性	190
9.4 特种铸造简介	193
知识窗——铸造新技术	196
学习指导	198
自测习题	198
第10章 锻压	200
10.1 锻压概述	200
10.1.1 金属塑性变形与再结晶	200
10.1.2 锻压主要的生产方式	203
10.1.3 金属的可锻性与锻造比	204
10.2 自由锻造	206
10.3 模型锻造	211

10.3.1 锤上模锻.....	211
10.3.2 胎模锻造.....	214
10.4 板料冲压.....	215
知识窗——锻压新技术简介.....	219
学习指导.....	220
自测习题.....	221
第 11 章 焊接	223
11.1 焊接概述.....	223
11.2 焊条电弧焊.....	224
11.3 其他焊接方法.....	229
11.3.1 埋弧焊.....	229
11.3.2 气体保护焊(CO ₂ 、氩气).....	231
11.3.3 电渣焊.....	233
11.3.4 电阻焊.....	234
11.3.5 钎焊.....	234
11.4 常用金属材料的焊接.....	235
11.5 焊接结构设计.....	241
11.6 焊接质量及其控制.....	245
11.6.1 焊接接头的组织与性能.....	245
11.6.2 焊接应力与变形.....	246
11.6.3 焊接接头的主要缺陷及检验.....	249
知识窗——焊接现状及展望.....	251
学习指导.....	252
自测习题.....	252
第 12 章 零件材料与毛坯的选择	254
12.1 机械零件的失效.....	254
12.2 零件的选材原则与步骤.....	257
12.3 典型零件的选材.....	259
12.3.1 齿轮类零件的选材.....	259
12.3.2 轴类零件的选材.....	262
12.3.3 冷冲模具的选材.....	265
12.3.4 箱体类零件的选材.....	267
12.4 零件毛坯的选择.....	267
12.4.1 零件毛坯选择的原则和依据.....	267
12.4.2 毛坯选择应用.....	269
知识窗——材料与热加工的发展.....	271
学习指导.....	273
自测习题.....	273

附录 A 常用布氏硬度换算表.....	275
附录 B 钢的硬度及抗拉强度换算表.....	278
附录 C 常用钢种的临界温度.....	281
附录 D 热处理工艺分类及代号(GB/T 12693—90).....	284
参考文献.....	286

绪 论

1. 本课程与机械制造的关系

“工程材料与热加工技术”课程主要介绍工程材料、热处理和铸造、压力加工、焊接等热加工技术的基本知识。材料与国民经济建设和人民的生活息息相关，例如，汽车、电力机车、飞机、轮船、机床、冰箱、电视等。机械产品由机械零件、组件和部件组成。其中机械零件是机械产品最基本的单元，它是通过机械制造工艺过程获得的。机械零件的制造工艺过程主要包括零件材料的选择、毛坯的生产、切削加工、热处理等，如图 0-1 所示。

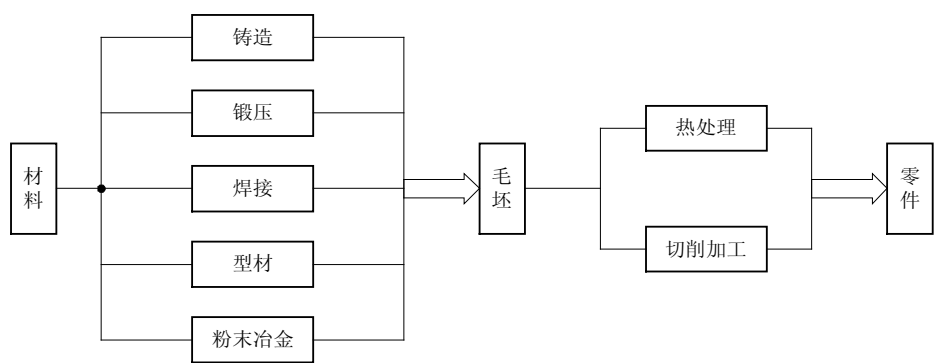


图 0-1 机械零件的制造工艺过程

由机械零件的制造工艺过程可知，从事机械制造的人员必须具备工程材料、热处理和铸造、压力加工、焊接等热加工技术的基本知识。高职高专院校的机电及电气类学生必须具备机械制造的基本知识和相关技能。因此，“工程材料与热加工技术”课程是高职高专院校机电及电气类学生必修的一门技术基础课。

2. 课程主要内容

“工程材料与热加工技术”课程主要研究两大方面的内容：工程材料与热加工技术。工程材料部分包括材料的性能、金属的晶体结构与结晶、铁碳合金状态图等金属学基础理论和非合金钢、低合金钢与合金钢、铸铁、非铁金属、非金属材料、粉末冶金材料等常用工程材料；热加工技术部分包括钢的热处理、铸造、锻压、焊接等热加工工艺。

3. 工程材料与热加工技术发展历史

“工程材料与热加工技术”来源于人类的生产实践，具有悠久的发展历史，它对人类文明进步起到了积极的推动作用。在石器时代，人类的祖先以石器为主要工具，石块是人类历史上最早使用的工程材料。人类的祖先在不断改进石器的过程中发现了天然铜块和铜矿石，并在陶器的制造过程中发现了冶铜术，后来又将锡矿石和铜矿石一起冶炼，生产出

了更加坚韧和耐磨的青铜，人类社会从此进入青铜器时代。公元 1200 年左右，人类开始使用铁，人类社会进入铁器时代。后来钢铁工业迅速发展，成为 18 世纪产业革命的重要内容和物质基础。

在材料生产和热加工技术方面，中华民族取得过辉煌的成就。我国使用铜的历史有 4000 年左右，在商代(公元前 1562 年~公元前 1066 年)就有高度发达的青铜加工技术。我国铁的使用比欧洲早 1900 余年，在春秋时期就大量使用了铁器。东汉时期我国就掌握了炼钢技术，比其他国家早 1600 余年。河南安阳出土的司母戊大方鼎，重达 875 kg，它不仅体积庞大，而且花纹精巧、造型精美，反映了我国古代高超的铸造技术。湖北江陵楚墓出土的越王勾践宝剑在地下埋藏 2000 多年，出土时仍金光闪闪、锋利无比，经研究发现是因为越王勾践宝剑经过了硫化处理，表明在当时我国已掌握了高超的铸造、热处理技术。明朝宋应星所著的《天工开物》一书记载了冶铁、炼钢、铸钟、锻铁和淬火等各种金属加工方法，是世界上最早比较全面的阐述材料与加工技术的科学文献之一。

以上事实充分说明了中华民族在材料生产和材料加工工艺方面对世界文明和人类进步的卓越贡献。但是，18 世纪特别是鸦片战争以后，由于封建制度的日益腐败和资本主义列强的侵略，严重地束缚了我国生产力和科学技术的发展，材料生产和材料加工科学也难逃厄运，造成了我国在该方面的落后局面。

新中国成立后，我国人民在共产党的领导下，在金属材料、非金属材料及其加工工艺方面有了突飞猛进的发展。原子弹、氢弹、导弹、人造地球卫星、超导材料、纳米材料等重大项目的研究与实验成功，标志着我国在新材料、新工艺、新技术和新设备以及材料生产和热加工技术方面达到了很高的水平。相信在不远的将来，我国在机械制造领域一定能步入世界先进行列。

4. 课程的性质和基本要求

“工程材料与热加工技术”课程具有实践性和综合性强的特点，因此，在学习本课程时要注意感性认识的积累，注意多观察、多实践、勤思考，同时做到理论联系实际。学习本课程的基本要求是：

- (1) 掌握金属力学性能、晶体结构、铁碳相图等金属学的基本知识。
- (2) 初步掌握常用金属材料的分类、牌号(代号)、性能特点及用途。
- (3) 掌握零件材料的选择方法，具有选择典型零件材料的能力。
- (4) 了解热处理原理，掌握各种热处理方法的特点、工艺过程及应用。
- (5) 了解各种热加工技术的基本原理、工艺特点及加工范围，并初步具有选择毛坯制造方法的能力。
- (6) 通过实验和实习，具有一定的热处理、铸造、锻造、焊接等实践动手操作能力。

第 1 章 材料的力学性能

某企业老板，当他看到某厂家用铝箔切割机切铝箔时，他想到可以用它来切割钢板，于是试了刀具，感觉没什么问题就买了机器。等安装调试好以后，工人将钢卷一放，机器被压断了。原来机器是切割铝箔用的，承受不了钢卷的重量，这位老板就没有强度的概念。

大多数机器零件或构件是用金属材料制造的，它们在不同的载荷下工作，我们应根据工作条件及力学性能合理选择材料。金属材料的力学性能是指金属材料在不同环境(温度、介质)下，承受各种外加载荷(拉伸、压缩、弯曲、扭转、冲击、交变应力等)时所表现出的力学特征，大多数情况下金属出现变形和断裂。金属的力学性能理解为金属受力时对变形与断裂的抵抗能力。

常用的力学性能有：强度、刚度、弹性、塑性、硬度、冲击韧性及疲劳强度等。

1.1 强度与塑性

1.1.1 拉伸曲线与应力—应变曲线

1. 拉伸曲线

GB 228—87 规定了拉伸试验的方法和拉伸试验试样的制作标准。在试验时，金属材料制作成一定的尺寸和形状(如图 1-1 所示)，将拉伸试样装夹在拉伸试验机上，对试样施加拉力，在拉力不断增加的过程中观察试样的变化，直至把试样拉断。

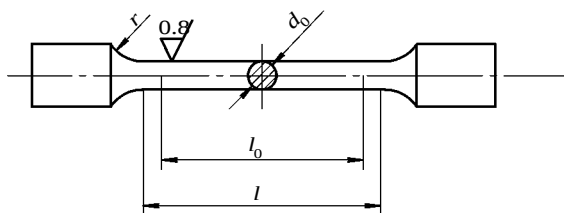


图 1-1 圆形拉伸试样示意图

根据拉伸过程中载荷(F)与试样的伸长量(Δl)之间的关系，可以绘制出金属的拉伸曲线。如图 1-2 所示为低碳钢的拉伸曲线，拉伸过程可分为弹性变形、塑性变形和断裂三个阶段。具体分析如下：

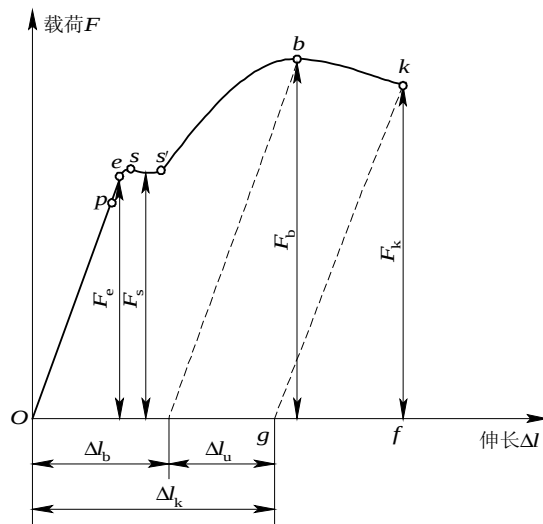


图 1-2 低碳钢的拉伸曲线

Op 段：试样的伸长量与载荷呈直线关系，完全符合虎克定律，试样处于弹性变形阶段。

pe 段：伸长量与载荷不再成正比关系，拉伸曲线不成直线，试样仍处于弹性变形阶段。

ss' 段(拉伸曲线中的平台或锯齿)：外力不增加或变化不大，试样仍继续伸长，出现明显的塑性变形，这种现象称为屈服现象。

s'b 段：这个阶段，载荷增加，伸长沿整个试样长度均匀伸长，同时，随着塑性变形不断增加，试样的变形抗力也逐渐增加，这个阶段是材料的强化阶段。

b 点：载荷达到最大，试样局部面积减小，伸长增加，形成了“缩颈”。

bk 段：随着缩颈处截面不断减小(非均匀塑性变形阶段)，承载能力不断下降，到 *k* 点时试样发生断裂。

拉伸曲线中，断裂总伸长为 *Of*，其中塑形变形伸长为 *Og*(试样断后测得的伸长 Δl_k)，弹性伸长为 *gf*。

2. 应力—应变曲线(σ — ϵ 曲线)

应力：用承受的载荷 *F* 除以试样的原始横截面积 S_0 表示，即

$$\sigma = \frac{F}{S_0} / \text{MPa}$$

式中，*F* 为试样所承受的载荷； S_0 为试样的原始横截面积。

应变：用试样的伸长量 Δl 除以试样的原始标距 l_0 表示，即

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

式中， Δl 为试样标距长度的伸长量； l_0 为试样的原始标距长度。

应力—应变曲线的形状与拉伸曲线形状相同，只是坐标数值不同。图 1-3 所示是低碳钢的应力—应变曲线，即 σ — ϵ 曲线。

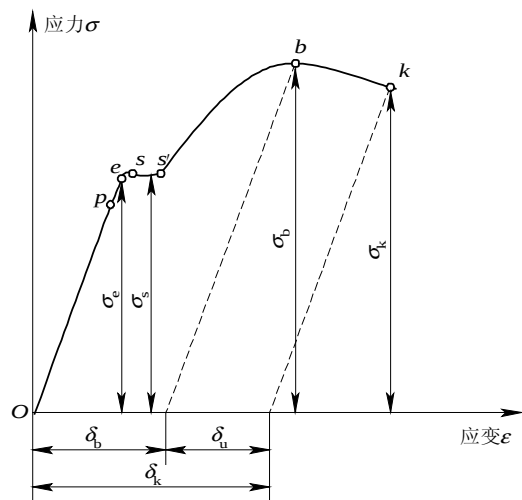


图 1-3 应力—应变曲线

在测得的拉伸曲线中，不同材料的拉伸曲线形状有很大差别。像低碳钢这样，材料在断裂前有明显塑性变形的断裂称为韧性断裂；而灰口铸铁、淬火高碳钢等材料，在断裂前塑性变形量很小，甚至不发生塑性变形的断裂称为脆性断裂。

1.1.2 刚度与强度

1. 刚度

刚度是指材料抵抗弹性变形的能力，刚度的大小一般用弹性模量 E 表示。弹性模量是指材料在弹性状态下的应力与应变的比值，即

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} / \text{MPa}$$

式中， σ 为试样承受的应力； ε 为试样的应变。

在应力—应变曲线上，弹性模量就是直线部分的斜率。对于材料而言，弹性模量 E 越大，其刚度越大。 E 主要取决于各种金属材料的本性，是一个对组织不敏感的力学性能指标。对钢进行热处理、微量合金化及塑性变形等，其弹性模量变化很小。

机械零件大多都是在弹性状态下工作的，零件对刚度都有一定的要求，一般不允许有过量的弹性变形，因为过量的弹性变形会使机器的精度下降。零件的刚度主要由材料的刚度决定，另外还与零件的形状、截面尺寸有关。例如镗床的镗杆，为了保证高的加工精度，要选刚度较大的材料，另外还必须要有足够的截面尺寸。

单位质量的弹性模量称为比弹性模量。航天飞行器上的许多零件及一些体育器材对比弹性模量都有很高的要求。常用材料的弹性模量及比弹性模量见表 1-1。

表 1-1 常用材料的弹性模量及比弹性模量

材料	陶瓷	钢	铝	铜	钛	铍	聚酯塑料	玻璃	木材	混凝土	碳纤维增强复合材料
E/GPa	400	200	69	110	117		1~5	69	12	47	270
$\frac{E}{\rho}$		25.3	25.6	12.4	27	168		27.6	20	18.8	180

2. 弹性极限^①

弹性极限 σ_e 是材料开始产生塑性变形时所承受的最大应力值。按照 GB 228—87 规定, 弹性极限和屈服极限已经取消, 两者统称为规定微量塑性伸长的应力。由于其物理意义及工程中仍有应用, 这里仍保留。

$$\sigma_e = \frac{F_e}{S_0} / \text{MPa}$$

式中, F_e 为试样不发生塑性变形的最大载荷; S_0 为试样的原始横截面积。

一些在工作中不允许有微量塑性变形的零件(精密的弹性元件、炮筒等), 在设计和选材时, 弹性极限是重要的依据。

3. 强度

强度是指金属材料在静载荷作用下抵抗塑性变形和断裂的能力。工程上常用的强度指标有规定残余伸长应力、屈服点(屈服强度)、抗拉强度等。

1) 屈服点和屈服强度

在图 1-3 中, 屈服点 σ_s 是指应力—应变曲线中平台对应的应力值, 表示材料开始产生明显塑性变形的最小应力值, 即

$$\sigma_s = \frac{F_s}{S_0} / \text{MPa}$$

式中, F_s 为试样发生屈服现象时的载荷; S_0 为试样的原始横截面积。

对于高碳淬火钢、铸铁等材料, 在拉伸试验中没有明显的屈服现象, 无法确定其屈服点。国家标准规定, 一般以规定残余伸长率为 0.2% 时对应的应力 $\sigma_{r0.2}$ 作为材料的屈服强度, 通常记作 $\sigma_{0.2}$, 即

$$\sigma_{0.2} = \frac{F_{0.2}}{S_0} / \text{MPa}$$

式中, $F_{0.2}$ 为标距发生 0.2% 残余伸长时的载荷。

屈服点 σ_s 和屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 通常是机器零件设计的主要强度指标, 也是评定金属材料强度的重要指标之一。我们知道, 工程上各种机器零件工作时是不允许发生过量残余变形而失效的, 设计的许用应力以 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$ 来确定。

2) 抗拉强度

抗拉强度 σ_b 是指材料在断裂前所承受的最大应力值, 即

$$\sigma_b = \frac{F_b}{S_0} / \text{MPa}$$

式中, F_b 为试样拉断前承受的最大载荷。

试样在拉伸过程中, 达到最大载荷之前是均匀塑性变形, 因此抗拉强度 σ_b 是塑性材料抵抗大量均匀塑性变形的能力。塑性材料的 σ_b 没有直接意义; 铸铁等脆性材料在拉伸过程中一般不出现缩颈现象, 抗拉强度就是材料的断裂强度, 脆性材料制成的零件以 σ_b 确定其许用应力。

^① 弹性极限具有理论意义, 目前难以测出真正的弹性极限。工程中用规定非比例伸长应力表示材料的弹性极限。例如: $\sigma_{p0.005}$ 表示规定非比例伸长率为 0.005% 时对应的应力。