

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



工程材料及热处理

GONGCHENG CAILIAO JI RECHULI

主 编 孙 刚 于 晗

副主编 田俊收



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

高职高专“十二五”规划教材

工程材料及热处理

主 编 孙 刚 于 晗
副主编 田俊收

北 京

冶金工业出版社

2012

内 容 提 要

本书是根据机械、材料、冶金等专业教学改革需要编写的。书中介绍了金属的晶体结构与结晶,合金的相结构与合金相图,铁碳合金相图及应用,金属的塑性变形与再结晶,钢的热处理,合金钢、铸铁、有色金属及其合金、非金属材料与复合材料的类型、组织、性能与应用,工程材料的选用及工艺路线分析等。本书中的单位、材料牌号、名词术语采用现行国家标准,为便于学习和理解,对其中一部分还列出了新旧国标的对比。书中各章均有小结和复习思考题,有利于读者掌握概念,提高分析和解决问题的能力。

本书可作为高职高专院校机械类、近机械类专业教材,也可作为高级技工学校、技师学院、职工大学和业余大学教材,并可供相关专业工程技术人员、技术工人参考。

320506

图书在版编目(CIP)数据

工程材料及热处理/孙刚,于晗主编. —北京:冶金工业出版社, 2012. 8

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5991-8

I. ①工… II. ①孙… ②于… III. ①工程材料—高等职业教育—教材 ②热处理—高等职业教育—教材 IV. ①TB3 ②TG15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 155290 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 陈慰萍 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5991-8

北京印刷一厂印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012 年 8 月第 1 版, 2012 年 8 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 13.5 印张; 329 千字; 206 页

29.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿信箱:tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

“工程材料及热处理”是机械类和近机械类专业的技术基础课，主要讲述金属材料的性能与成分、组织结构及加工工艺之间的关系。通过学习本课程，为合理选择和使用工程材料、正确制定零件加工工艺及进一步学习后续课程打下基础。

本书由材料的性能、金属学基础知识、金属材料热处理、工程材料及选用四部分组成。全书主要包括材料的性能、金属及合金的结构与结晶、基本类型相图分析方法和铁碳合金相图应用、金属的塑性变形与再结晶、钢的热处理、碳素钢与合金钢、铸铁、有色金属及合金、非金属材料与复合材料、工程材料的选用及工艺路线分析等内容。

本书在编写过程中注重体现以下特色：

(1) 注重应用，结合应用实例介绍理论知识，便于读者了解理论知识的实用意义。

(2) 注重能力的培养，每章后附有小结和复习思考题，有利于培养学生分析解决实际问题的能力。

(3) 内容循序渐进，深入浅出，适合高职学生学习，也适于技术院校学生和企业职工自学。

(4) 采用现行国家标准、行业标准，并增加了新材料、新技术、新工艺方面的内容。

本书的绪论和第1章由田俊收编写，第2章由孙亮编写，第3、4、5章由于晗编写，第6章由党天伟编写，第7章由田俊收和赵延彬编写，第8、10章由孙刚编写，第9章由赵鑫、金小光编写，第11章由薛晓峰、于雪超编写。全书由孙刚、于晗任主编，田俊收任副主编。

本书初稿由天津职业技术师范大学机械工程学院王健民教授主审，在此表示衷心感谢。

本书在编写过程中，得到了天津冶金职业技术学院、天津劳动保障技师学

院、中国国电内蒙古平庄煤业集团高级技工学校、北京汽车工业技师学院、北京新媒体技师学院、天津城市建设管理职业技术学院等各参编院校领导及同仁的大力支持和热情帮助，在此一并表示感谢。

本书在编写过程中借鉴和参考了各类相关教材，采纳了各类院校、科研单位和企业的教学资料、技术资料、论文和改革经验等，在此对原作者表示感谢。

由于编者水平所限，书中难免有不妥之处，欢迎读者批评指正！

编 者
2012年3月

目 录

绪论	1
1 材料的性能	4
1.1 材料的物理和化学性能	4
1.1.1 物理性能	4
1.1.2 化学性能	5
1.2 材料的力学性能	6
1.2.1 强度塑性与刚度	6
1.2.2 硬度	11
1.2.3 疲劳	14
1.2.4 冲击韧性	15
1.2.5 断裂韧性	17
1.2.6 新旧国标中常用力学性能指标名称与符号对照	17
1.3 金属材料的工艺性能	18
小结	19
复习思考题	19
2 金属的晶体结构与结晶	20
2.1 金属的晶体结构	20
2.1.1 晶体与非晶体	20
2.1.2 晶格与晶胞	20
2.1.3 常见金属的晶体结构	21
2.2 实际金属的晶体结构	23
2.2.1 多晶体结构	23
2.2.2 晶体缺陷	24
2.3 纯金属的结晶	26
2.3.1 纯金属的冷却曲线和过冷现象	26
2.3.2 纯金属的结晶过程	28
2.3.3 金属结晶晶粒大小的控制	29
2.3.4 金属铸锭的组织与缺陷	30
2.3.5 同素异构转变	31

小结	32
复习思考题	33
3 二元合金的相结构与结晶	34
3.1 合金的相结构	34
3.1.1 合金的概念	34
3.1.2 合金相结构的类型	34
3.1.3 合金的组织	37
3.2 二元合金相图	38
3.2.1 二元合金相图的基础知识	38
3.2.2 匀晶相图	40
3.2.3 共晶相图	42
3.2.4 合金性能与相图的关系	46
小结	48
复习思考题	48
4 铁碳合金相图和碳素钢	50
4.1 铁碳合金的基本相	50
4.1.1 铁素体	51
4.1.2 奥氏体	51
4.1.3 渗碳体	51
4.2 铁碳合金相图分析	52
4.2.1 铁碳合金相图的相区	53
4.2.2 铁碳合金相图中的特性点	53
4.2.3 铁碳合金相图中的特性线	53
4.3 典型铁碳合金的结晶过程及组织	54
4.3.1 铁碳合金分类	54
4.3.2 典型铁碳合金的结晶过程分析	55
4.4 含碳量对铁碳合金平衡组织和性能的影响	61
4.4.1 含碳量对平衡组织的影响	61
4.4.2 含碳量对力学性能的影响	62
4.5 铁碳合金相图的应用	62
4.6 碳素钢	64
4.6.1 钢中常存杂质元素及其对钢性能的影响	64
4.6.2 碳素钢的分类	65
4.6.3 碳素钢的牌号、性能和用途	66
小结	70
复习思考题	70

5 金属的塑性变形与再结晶	72
5.1 金属的塑性变形	72
5.1.1 单晶体的塑性变形	72
5.1.2 多晶体的塑性变形	76
5.2 冷塑性变形对金属组织和性能的影响	77
5.2.1 冷塑性变形对金属组织的影响	77
5.2.2 冷塑性变形对金属性能的影响	79
5.2.3 残余应力	79
5.3 冷塑性变形金属在加热时的变化	80
5.3.1 回复	80
5.3.2 再结晶	81
5.3.3 晶粒长大	82
5.4 金属的热变形加工	84
5.4.1 金属的热变形加工与冷变形加工的区别	84
5.4.2 金属的热变形加工对组织和性能的影响	84
小结	86
复习思考题	87
6 钢的热处理	88
6.1 概述	88
6.2 钢在加热时的组织转变	89
6.2.1 奥氏体的形成过程	89
6.2.2 奥氏体晶粒的长大	90
6.3 钢在冷却时组织的转变	92
6.3.1 过冷奥氏体的等温转变	92
6.3.2 过冷奥氏体的连续冷却转变	97
6.4 钢的退火和正火	98
6.4.1 退火	99
6.4.2 正火	100
6.5 钢的淬火	102
6.5.1 淬火工艺	102
6.5.2 淬火方法	104
6.5.3 钢的淬透性	105
6.5.4 淬火缺陷及防止方法	107
6.6 钢的回火	108
6.6.1 回火的目的	108
6.6.2 淬火钢的回火转变	108
6.6.3 回火的种类及应用	109

6.7 表面热处理	110
6.7.1 表面淬火	110
6.7.2 化学热处理	112
小结	115
复习思考题	115
7 合金钢	117
7.1 合金元素在钢中的作用	117
7.1.1 合金元素在钢中的存在形式	117
7.1.2 合金元素对铁碳相图的影响	118
7.1.3 合金元素对热处理的影响	119
7.2 合金钢的分类和编号	120
7.2.1 合金钢的分类	120
7.2.2 合金钢牌号的表示方法	120
7.3 合金结构钢	122
7.3.1 低合金高强度结构钢	122
7.3.2 合金渗碳钢	124
7.3.3 合金调质钢	126
7.3.4 合金弹簧钢	128
7.3.5 滚动轴承钢	130
7.3.6 易切钢	131
7.4 合金工具钢	132
7.4.1 合金刀具钢	132
7.4.2 合金量具钢	136
7.4.3 合金模具钢	137
7.5 特殊性能钢	139
7.5.1 不锈钢	139
7.5.2 耐热钢	143
7.5.3 耐磨钢	145
小结	146
复习思考题	146
8 铸铁	147
8.1 铸铁的石墨化过程与分类	147
8.1.1 石墨的结构和性能	147
8.1.2 铁碳合金双重相图	147
8.1.3 铸铁的石墨化过程	148
8.1.4 铸铁的分类	149
8.2 灰铸铁	150

8.2.1 灰铸铁的组织 and 性能	150
8.2.2 冷却速度对灰铸铁的组织 and 性能的影响	151
8.2.3 灰铸铁的孕育处理	152
8.2.4 灰铸铁的牌号与应用	152
8.2.5 灰铸铁的热处理	154
8.3 可锻铸铁	155
8.3.1 可锻铸铁组织及影响因素	155
8.3.2 可锻铸铁的牌号、性能特点及用途	156
8.4 球墨铸铁	157
8.4.1 球墨铸铁的组织、性能、用途和牌号	157
8.4.2 球墨铸铁的热处理	159
8.5 蠕墨铸铁	161
8.5.1 蠕墨铸铁的组织	161
8.5.2 蠕墨铸铁的牌号、力学性能及用途	161
8.6 合金铸铁	162
8.6.1 耐热铸铁	162
8.6.2 耐磨铸铁	162
8.6.3 耐蚀铸铁	163
小结	163
复习思考题	164
9 有色金属及硬质合金	165
9.1 铝及其合金	165
9.1.1 工业纯铝	165
9.1.2 铝合金及其应用	165
9.2 铜及其合金	171
9.2.1 工业纯铜	171
9.2.2 铜合金及其应用	171
9.3 钛及其合金	176
9.3.1 纯钛	176
9.3.2 钛合金及其应用	177
9.4 滑动轴承合金	178
9.4.1 滑动轴承合金的性能要求和组织特点	178
9.4.2 常用滑动轴承合金	178
9.5 硬质合金	180
9.5.1 硬质合金的性能特点	180
9.5.2 硬质合金的种类及应用	180
小结	181
复习思考题	182

10 非金属材料及复合材料	183
10.1 高分子材料	183
10.1.1 高分子材料基本知识	183
10.1.2 塑料	184
10.1.3 橡胶	187
10.1.4 合成胶黏剂	189
10.2 陶瓷材料	191
10.2.1 陶瓷的分类	191
10.2.2 常用陶瓷的性能特点及应用	192
10.3 复合材料	193
10.3.1 复合材料的基本类型	193
10.3.2 常用复合材料的特点与应用	193
小结	195
复习思考题	195
11 工程材料的选用及工艺路线分析	196
11.1 机械零件的失效形式及其原因分析	196
11.1.1 零件失效的形式	196
11.1.2 零件失效的原因	197
11.1.3 失效分析步骤	198
11.2 机械工程材料的选用	198
11.2.1 选用材料的一般原则	199
11.2.2 选材的一般步骤	200
11.3 典型零件的选材及工艺路线确定	201
11.3.1 轴类零件	201
11.3.2 齿轮类零件	202
小结	204
复习思考题	205
参考文献	206

绪 论

A 工程材料的分类与应用

工程材料是指应用于工程构件、机械零件、工具等的材料。按化学组成不同，工程材料可分为金属材料、非金属材料和复合材料三大类。

金属材料目前仍是机械工业生产中应用最多的材料。这是因为其来源丰富，且具有优良的使用性能和工艺性能，可满足生产和生活中的各种需要，并易于加工成各种形状和尺寸的零件和工具。金属材料还可通过改变成分、进行各类冷热加工以及热处理来改变其组织和性能，进一步扩大使用范围。

非金属材料包括有机高分子材料和无机非金属材料。非金属材料的某些力学性能不如金属材料，但它们具有的耐腐蚀性、电绝缘性、隔声性和减振性以及陶瓷材料具有的耐高温性，往往是金属材料所不具备的。非金属材料还具有原料来源丰富、价廉和成型加工容易等优点，因而在生活用品和工业生产中的应用日益广泛。

复合材料是在金属材料、有机高分子材料和无机非金属材料的基础上，把不同种类和不同性能的材料通过一定的途径和技术复合为一体，使原组分材料优点互补，获得比单一材料性能更好或具有某种特殊性能的多相材料。通过选择原材料的种类、控制各组分的配比、形态、分布和加工条件，可获得综合性能出色的复合材料，因而复合材料是一种很有发展前途的材料。

B 材料的发展与社会进步

材料是人类生存和发展的物质基础。人类利用材料制作工具和生产生活用品，不断提高生产力水平并改善自身的生存环境。人类发展的历史表明，材料的应用和发展对人类社会进步具有重要的推动作用。材料的品种、数量和质量已经成为衡量一个国家现代化程度的重要标志。历史学家将人类发展中使用的材料作为划分时代的依据，把人类历史划分为石器时代、青铜时代和铁器时代。

在群居洞穴的猿人旧石器时代（见图0-1），通过简单加工获得石器，帮助人类狩猎、护身和生存。随着石器加工制作水平的提高，出现了制陶（见图0-2）和纺织等原始手工

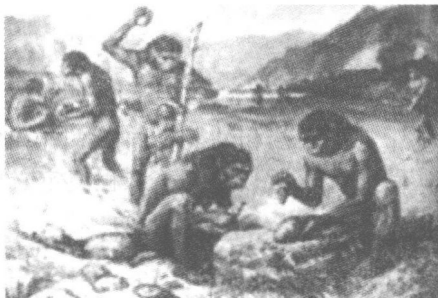


图0-1 旧石器时代



图0-2 陶器

业。从旧石器时代到陶器时代是人类发展史上的第一次飞跃，人类发展到将天然材料改造为人工材料及其制品的阶段。

青铜时代指主要以青铜为材料制造工具、用具、武器的人类物质文化发展阶段。铸造青铜器必须解决采矿、熔炼、制模、合金成分的比例配制和熔炉制造等一系列技术问题。从使用石器到铸造青铜器是人类发展史上的又一次飞跃，青铜工农具的使用大大促进了农业和手工业的出现，是社会变革和进步的巨大动力。我国商代时期就已经盛行青铜器，并将青铜器的冶炼和铸造技术推向高峰。杰出的代表作有商代文丁时期的司母戊鼎（出土于河南安阳，如图 0-3 所示）、秦始皇陵陪葬坑出土的铜马车、越王勾践的剑（出土于湖北江陵，如图 0-4 所示）等。

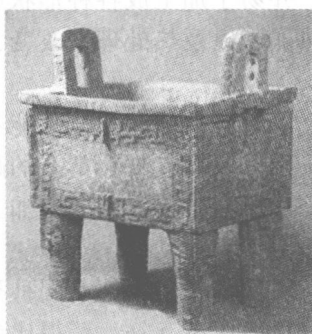


图 0-3 司母戊鼎

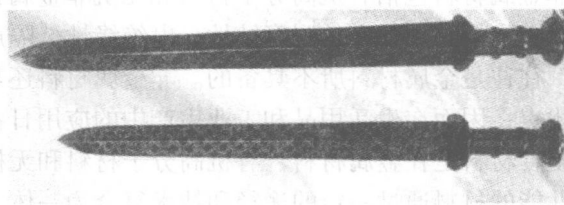


图 0-4 越王勾践的剑

铁器时代是青铜时代以后，人们开始使用铁为原料来制造工具和武器的时代。铁的高硬度、高熔点的性能与铁矿的高蕴涵量，使得铁比青铜更为便宜并可在很多方面应用，其需求量很快便远超青铜。铁器出现使人类的工具制造进入了一个全新阶段并普及于工农业生产领域，人类社会开始从农业和手工业社会进入工业社会，在人类发展史上起了重大的推动作用。

近代人类社会经历的重大发展都是以新材料的发现和先应用为先导的。钢铁的应用和发展为以蒸汽机的发明和应用为代表的工业革命奠定了物质基础；硅单晶材料的制造和应用，在电子技术特别是微电子技术的发明和应用中起着先导和核心作用；激光材料和光导纤维的问世，推动人类社会进入“信息时代”。当今，信息、能源、农业和先进制造等技术领域的发展都离不开新材料技术的发展，材料科学在推动社会发展和进步中正发挥着更关键性的作用。

C 本课程的目的、任务和学习方法

a 本课程的目的

使学生了解金属材料的化学成分、组织结构、加工处理工艺和性能之间的关系和变化规律，为正确选择和合理使用金属材料、指导生产实践以及学习其他相关课程奠定必要的基础。

b 本课程的任务

了解金属及合金的化学成分、组织结构与性能间关系和变化规律的理论；掌握 Fe-Fe₃C 相图基本知识和实际应用方法；掌握过冷奥氏体等温转变曲线的基本知识和在热处

理等工艺分析中的应用方法；了解合金元素在钢中的作用；理解和记忆本课程的常用名词和术语；了解常用工程材料的分类、编号、成分、性能及应用场合；初步具备正确选择和合理使用金属材料的能力；初步具备制定零件加工工艺路线的能力；初步具备分析和解决金属材料加工和使用中的常见问题的能力。

c 本课程的学习方法

本课程涉及物理、化学、材料力学、物理化学、晶体学和金属工艺学等方面的知识，而且名词概念较多，常使初学者感到不好掌握。在学习时要把握重点、理清思路、善于归纳。应抓住材料成分、加工工艺、组织结构及性能变化的规律这条主线，归纳出基本理论和重要概念，建立相关知识的横向联系，在理解的基础上记忆，避免死记硬背。

本课程的知识 and 理论都是在生产实践和实验研究中总结概括发展起来的，具有很强的实践性和实用性。在学习时尽可能联系生活和各类实践中相关的感性认识，这样有助于理解和掌握课程内容。要充分利用实验和实习，多观察，勤实践，主动在实践中发现问题，并联系所学的理论分析和探讨，提高分析和解决问题的能力。此外，还要认真完成作业，通过思考、归纳总结及科学安排的复习加深理解和巩固所学知识。



1 材料的性能

目前,应用最广泛的工程材料仍是金属材料,因此本章主要介绍金属材料的性能。金属材料能得到广泛应用,是因为其品种繁多并能满足各种场合对材料使用性能和工艺性能的要求。使用性能是指金属材料在使用条件下保证其制品正常工作所应具备的性能,包括物理性能、化学性能和力学性能等,它决定了金属材料的使用范围与使用寿命。工艺性能是指金属材料在冷、热加工过程中具备的性能,包括铸造性、可锻性、可焊性、热处理性能、切削加工性等,它决定了金属材料在制造过程中加工成型的适应能力。

1.1 材料的物理和化学性能

1.1.1 物理性能

材料的物理性能是指材料在各种物理条件下所表现出来的性能,包括密度、熔点、导热性、热膨胀性、磁性等。常用金属的物理性能见表 1-1。

表 1-1 常用金属的物理性能

金属名称	符号	密度(20℃) /kg·m ⁻³	熔点/℃	热导率(0~100℃) /W·(m·K) ⁻¹	线膨胀系数(0~100℃) /K ⁻¹	电阻率(20℃) /Ω·m
银	Ag	10.49×10 ³	960.8	418.6	19.7×10 ⁻⁶	1.63×10 ⁻⁸
铝	Al	2.70×10 ³	660.1	221.9	23.6×10 ⁻⁶	2.67×10 ⁻⁸
金	Au	19.30×10 ³	1063	315.5	14.1×10 ⁻⁶	2.40×10 ⁻⁸
镉	Cd	8.64×10 ³	321.1	103	31×10 ⁻⁶	7.3×10 ⁻⁸
钴	Co	8.9×10 ³	1494	96	12.5×10 ⁻⁶	6.34×10 ⁻⁸
铜	Cu	8.96×10 ³	1083	393.5	17.0×10 ⁻⁶	1.694×10 ⁻⁸
铬	Cr	7.19×10 ³	1903	67	6.2×10 ⁻⁶	13.2×10 ⁻⁸
铁	Fe	7.84×10 ³	1538	75.4	11.76×10 ⁻⁶	10.1×10 ⁻⁸
镁	Mg	1.74×10 ³	650	153.7	24.3×10 ⁻⁶	4.2×10 ⁻⁸
钼	Mo	10.20×10 ³	2615	137	5.1×10 ⁻⁶	5.7×10 ⁻⁸
镍	Ni	8.90×10 ³	1453	92.1	13.4×10 ⁻⁶	6.8×10 ⁻⁸
钛	Ti	4.508×10 ³	1677	15.1	8.2×10 ⁻⁶	54×10 ⁻⁸
钨	W	19.30×10 ³	3380	166.2	4.6×10 ⁻⁶	5.4×10 ⁻⁸
锰	Mn	7.40×10 ³	1244	7.8	23×10 ⁻⁶	185×10 ⁻⁸
钒	V	6.10×10 ³	1902	31.6	8.3×10 ⁻⁶	19.6×10 ⁻⁸

(1) 密度。材料单位体积的质量称为密度。在机械工程中,零件的密度与质量影响机器的效能。对于运动构件,材料的密度越小,消耗的能量越少,效率越高。材料的抗拉强度与密度之比称为比强度。比强度是零件选材的重要依据之一。

(2) 熔点。金属由固态转变为液态时的温度称为熔点。一般情况下,金属材料的熔点越高,其在高温下保持强度的能力越强。熔点是金属及其合金在冶炼、铸造、焊接过程中的重要参数。一般情况下,熔点低的金属易于冶炼、铸造和焊接。在进行零件设计时,也需要考虑材料的熔点,例如工业用高温炉、燃气轮机在高温下工作的机构和零件要选用耐高温的难熔金属。

(3) 导热性。导热性是材料传导热量的能力,用热导率(也称为导热系数) λ 来表征。材料的热导率越大,其导热性越好。金属中,导热性最好的是银,铜和铝次之。一般情况下,金属及其合金的导热性比非金属材料高很多,金属越纯导热能力越强。热交换器的散热片等零部件通常使用铜、铝等导热性好的材料来制造。金属的导热性对锻造、焊接、热处理等工艺有很大影响。零件的导热性越差,对该零件进行加热和冷却时其表面和内部的温差就越大,内应力也越大,零件也就越容易发生变形和开裂。

(4) 热膨胀性。热膨胀性是指材料在温度变化时,体积发生膨胀或收缩的性能。材料的热膨胀性通常用线膨胀系数表示。线膨胀系数是指材料在加热时,单位长度的材料在温度升高 1°C 时的伸长量。常用金属的线膨胀系数在 $5 \times 10^{-6} \sim 25 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 之间。通常,精密仪器的零部件选材要考虑线膨胀系数,影响精度的零件要选择线膨胀系数低的材料,例如数控加工中心的主轴、要求在恒温条件下使用的精密仪器(如高精密的数控机床、三坐标测量机)。在材料的加工过程中,也要考虑材料的热膨胀性,如果材料的表面和内部热膨胀不一致就会产生内应力。

(5) 导电性。材料传导电流的能力称为导电性,常用电阻率表征。材料的电阻率越小,其导电性越强。金属通常具有良好的导电性,其中导电性最好的是银,铜和铝次之。金属的纯度越高,导电性越好。通常,金属的电阻率随温度升高而增大;而非金属材料的电阻率随温度升高而降低。高分子材料和陶瓷材料是绝缘体,但部分高分子复合材料也有良好的导电性;含有特殊成分的陶瓷具有一定的导电性,可以用作半导体。

(6) 磁性。材料能导磁的性能称为磁性。金属的磁性会随温度升高而减弱或消失。根据材料在磁场作用下表现出的不同特性,可将材料分成三类:

1) 铁磁性材料,指在外磁场中能强烈地被磁化的材料,如铁、钴等。铁磁性材料常用于制造变压器、电动机、仪器仪表等。

2) 弱磁性材料,指在外磁场中只能微弱地被磁化的材料,如锰、铬等。

3) 抗磁性材料,指能抗拒或削弱外磁场对材料本身磁化作用的材料,如铜、锌等。抗磁性材料常用作磁屏蔽材料或防磁场干扰材料。

1.1.2 化学性能

材料的化学性能是指材料在室温或高温下,抵抗各种介质化学作用的能力,包括耐腐蚀性和抗氧化性等。

(1) 耐腐蚀性。耐腐蚀性是指材料抵抗各种介质腐蚀破坏的能力。一般来说,非金属材料的耐腐蚀性要高于金属材料。在金属材料中,碳钢、铸铁的耐腐蚀性较差,而不锈钢

钢、铝合金、铜合金、钛及其合金耐腐蚀性较好。金属材料在酸碱、海水或潮湿的大气中工作容易受到腐蚀，损失严重。每年全世界由于腐蚀而报废的金属设备和材料，约相当于全年金属产量的1/3。因此提高金属材料的耐腐蚀性，或做好防腐蚀措施，对于延长构件使用寿命、节约材料都有重大意义。

(2) 抗氧化性。抗氧化性是指材料抵抗高温氧化的能力。氧化的金属材料常在表面形成一层致密的保护性氧化膜，阻碍氧化的进一步发生。在钢中加入Cr、Si、Al等元素，可以在钢的表面形成致密的、高熔点的 Cr_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3 氧化膜，提高钢的抗氧化能力。

耐腐蚀性和抗氧化性统称为材料的化学稳定性。高温下的化学稳定性又称为热化学稳定性。化工设备、医疗器械、轮船应采用化学稳定性好的材料制造，例如医疗器械常采用不锈钢制造。在高温下工作的零部件，要采用热化学稳定性好的材料，例如燃气涡轮叶片宜采用高温抗氧化能力强和高温强度高的铬镍钢或者镍基耐热合金材料制造。

1.2 材料的力学性能

材料的力学性能是指材料在承受各种外加载荷（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。金属材料制成的零件、结构件或工具在使用过程中，如果外加载荷超过材料的承受能力，就会产生过量变形甚至断裂等损坏。因此，为了正确选择和合理使用金属材料，必须通过力学性能试验，了解金属材料对各种载荷的承受能力。常用的金属材料力学性能包括强度、硬度、塑性、刚度、冲击韧性、疲劳强度等，它们是通过各种力学性能试验得出的材料在各种载荷作用下抵抗破坏的能力。

1.2.1 强度塑性与刚度

金属材料在静载荷作用下的强度、塑性及刚度一般可通过拉伸试验来测定，了解拉伸试验过程和拉伸曲线是掌握这些性能指标的基础。

1.2.1.1 拉伸试验

拉伸试验是将一定形状和尺寸的金属试样装夹在拉伸试验机上，对试样施加缓慢增加的拉伸载荷，使试样发生变形直至把试样拉断为止。在拉伸过程中，记录试样承受载荷数值和对应的变形量，就可做出该金属的拉伸曲线。国标中统一规定了拉伸试样的形状、尺寸、加工要求和试验条件。

A 拉伸试样

为了能比较不同试验条件下的试验结果，对拉伸试样的形状、尺寸和加工要求有统一的规定。按GB/T 228.1—2010中的规定，拉伸试样分为比例试样和非比例试样两种，试样截面分为圆形和矩形两种，常用的为圆形比例试样。

图1-1所示为圆形拉伸试样。图中 d_0 为标准试样的原始直径； L_0 为标准试样的原始标距长度。根据标距长度 L_0 与直径 d_0 或试样横截面积 S_0 的比值关系，拉伸试样可分为长试样（ $L_0 = 11.3 \sqrt{S_0}$ ，即 $L_0 = 10d_0$ ）和短试样（ $L_0 = 5.65 \sqrt{S_0}$ ，即 $L_0 = 5d_0$ ）两种。