

材料科学与工程系列教材 研究生用书

宏观材料学导论

INTRODUCTIVE OF MACRO-MATERIALOLOGY

肖纪美 著

哈尔滨工业大学出版社

材料科学与工程系列教材 研究生用书

宏观材料学导论

INTRODUCTIVE OF MACRO-MATERIALOLOGY

肖纪美 著

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

全书分3篇13章。第Ⅰ篇总论——材料学的方法论,包含4章,依次讨论历史分析、逻辑分析、系统分析、简易材料论,这些内容也适用于微观材料学。第Ⅱ篇分论,共8章,第5章简介宏观材料学的结构;第6章在可持续发展战略的指引下,讨论生态材料;第7及第8章与社会科学交叉,分别讨论材料经济及科技法律;第9及第10章在科教兴国战略的指引下,分别讨论材料科研及材料教育;第11及第12章分别与决策论及未来学交叉,分别介绍材料选用及材料展望。第Ⅲ篇结论,第13章,简论处事三论——算计,生态,适中。

图书在版编目(CIP)数据

宏观材料学导论/肖纪美著. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.6

(材料科学与工程系列教材)

研究生用书

ISBN 7-5603-1861-4

I. 宏… II. 肖… III. 材料科学-研究生-教材
IV. TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 043929 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787×960 1/16 印张 15.75 字数 287 千字

版 次 2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-1861-4/TB·34

印 数 1~3 000

定 价 20.00 元

序

作为学生是没有资格为先生的书作序的,但我有幸成为《宏观材料学导论》这本书的第一个读者,读后顿觉豁然开朗,遂以此文抒发感想并致敬意。

《宏观材料学导论》的结构完全不同于传统的材料学专著,有着鲜明的时代特色。在我看来,这部著作映射着肖先生长期教学和科研成果的结晶,是60余年知识和智慧的沉淀。将材料学的原理和应用、理论和实际紧密结合,是肖先生的治学体会,更是材料学的治学方法论。从中我们可以领悟到肖先生强烈的敬业精神、严谨的治学态度、精湛的学术造诣,以及在材料科学的发展和材料科学的教育事业中做出的巨大贡献。

数十年来,肖先生博览中外古今群书,博采众家之长,将宏观与微观结合、自然科学与社会科学结合,创建了别具一格的学术体系。《宏观材料学导论》就是其中的一部力作。《宏观材料学导论》以方法论为主线,精辟地论述了材料学中的逻辑思想方法、系统思维方法、简易材料论的分析方法与归纳方法。此外,又以个论的形式,论述了宏观材料学的结构及系统的分析方法,内容涉及生态材料、材料经济、材料科研、材料教育、科技法律及材料的应用。

本书主要特色在于,体系新颖,思路独特。在理论和应用,乃至经济学和哲学等多方面都有独到的论述和创见。理论概念严谨清楚,深入浅出,可读性强。丰富的应用事例,学用结合,为读者提供了一条学习和研究材料的高效方法。多学科交叉与渗透是本书的又一大特色。肖先生运用了多种学科的原理,提出了各种材料问题的分析方法及共性通则,读后大有余味未尽之感,确实是一部难得的具有创新体系的科学著作。

我相信,肖先生的这部新作,将给予材料学界和科学界的专家学者以启发。我同样相信,本书一定会强有力地推进中国的研究生教育事业的发展,并成为当代材料学科类研究生“宏观材料学”的入门教材。

衷心祝福肖先生健康长寿。

才鸿年

2003年夏

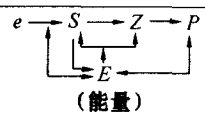
前言

“学然后知不足，教然后知困。知不足然后能自反也，知困然后能自强也。故曰：教学相长也。”([C1]p1521)

1943年，著者在唐山交通大学矿冶工程系毕业后，在高中任数理化教师及钢厂技术员。1948年1月赴美留学，1950年8月获美国密苏里大学冶金学博士，在冶金及机械厂的研究部门工作7年后归国。1957年至今，在北京科技大学任材料物理教授。一生都在“学”，大部分时间都任“教”；真是“知不足”、“知困”，期望“教学相长也”。

在长期教学与科研实践的基础上，编著出版了19部著作(见参考文献A)，深感人生总会有几次改行，为了适应21世纪的发展需要，必须借助于广泛的“类比交叉”。1986年，我在编著的关于材料科学与工程的材料科学20小时电视教材——《材料的应用与发展》([A8])中，提出“材料学”及“宏观材料学”、“微观材料学”，并发表了60余篇材料宏观问题方面的论文(见参考文献B)。

简单回顾人类认知“材料”的历程，大致可分为如下五个阶段：

[I]微观材料学	
(1)性能的测试	P (性能)
(2)相关法—— P 与 S 的相关关系	$P \leftrightarrow S$ (结构)
(3)过程法——从 Z 去理解和控制 P	e (环境) $\rightarrow S \rightarrow Z$ (过程) $\rightarrow P$
(4)能量法—— E 是控制因数 (说明见正文)	 <pre> graph LR e --> S S --> Z Z --> P P --> E E --> S E --> Z E --> P </pre> (能量)
[II]宏观材料学	
(5)在社会环境中，“经济”是控制因数	

撰著本书是一种新的尝试，资料也采用新的方式组织。在“前言”之后，分3篇，共13章。

第I篇总论，计4章。前三章依次运用“分析方法”——历史、逻辑、系统，从整体上论述“宏观材料学”的来龙去脉，明确它的定义和划分，了解它的各部分和各部分之间的关系，期望读者不仅学到宏观材料学的基本内容，而且能初

步理解分析问题的科学方法;第4章尝试遵循《易传》所云的“简易、变易、不易”三义,总结“微观材料学”中性能、结构、环境、过程、能量五个命题的18种方法,提出“微观材料学”的两个基本方程:

$$P = f(e, S)$$

$$S = \{E, R\}$$

式中, P 、 e 、 S 依次为材料的性能、环境和结构,而 E 是材料中“组元(Element)”的集合, R 是组元之间“关系(Relationship)”的集合。这一章名曰“简易材料论”,与前三章合并,称为“材料学的方法论”,运用它,不仅可认识材料这类“物”,推而广之,还有助于分析其他的物、人、事,故称之为本书的“总论”。

第Ⅱ篇分论,从第5至第12章,计8章。第5章在我国1996至2010年的15年大局的两个基本战略的指引下,简介随后七章之间的关系;第6章以生态材料为例,阐明可持续发展战略的实施;第7章讨论宏观材料学的核心问题——材料经济,第8章简述材料经济活动的保证——科技法律;第9章的材料科研及第10章的材料教育涉及落实我国第二个战略——“科教兴国”;第11章材料选用及第12章材料展望分别论述材料的现时及未来的问题。

第Ⅲ篇结论,仅含第13章,分3节。本章简单小结前面12章的主要内容之后,依次介绍和平发展时期的处事三论:算计论,生态论,适中论。

全书的图、表以篇计数,如图Ⅰ.4为第Ⅰ篇第4图,表Ⅱ.2为第Ⅱ篇第2表,余类推。方程式、引语、韵言则合并以章计数,如(7.3)为第7章第3式(或引语,或韵言)。注意,不加括号的7.3表示第7章第3节。

为了有助于阅读、选读、查阅、查核,本书试采用下列方式:

- (1)用较详细的正文、图、表目录,替代索引;
- (2)在每章之首,以斜体字选警句,供重视;
- (3)在每页书眉,以短句标明本页重点;
- (4)提供较详细的参考文献目录,以便查核或进一步阅览。

成稿时,回忆70余年学海拾贝往事,如有所获,要特别感谢师友们的指点和帮助,老伴洪镜纯在国内外的风雨同舟。

本书初探,如有谬误,敬请批评指正。

肖纪美

2003年3月于
北京科技大学

目 录

第 I 篇 总论	1
第 1 章 历史分析	1
1 材料与人类社会	2
1.1 人类超越其他动物的历史	2
1.2 新技术革命与材料科技	2
2 材料学的进化	5
2.1 实践	5
2.2 认知	7
2.2.1 美国 MIT 矿冶及材料系名称的演变	7
2.2.2 简论材料	7
2.2.3 微观材料学体系的建立历程	11
2.2.4 宏观材料学体系的建立历程	13
第 2 章 逻辑分析	16
1 概念	16
1.1 形式逻辑的规则	17
1.2 辩证逻辑中的概念	18
1.3 在“材料”中的应用	22
1.4 在“材料学科”中的应用	22
1.4.1 定义	22
1.4.2 材料学的划分	23
2 推理	23
2.1 概述	24
2.2 第三种推理方法——类比法	24
2.3 类比法的广泛应用 30 案例	28
2.4 材料学与生物学的类比与交叉	29
2.4.1 环境	29
2.4.2 性能	30
2.4.3 结构	31

2.4.4 过程和能量	32
2.4.5 结语	32
2.4.6 附录	33
2.5 应用学科的宏观分支	33
2.5.1 实践与反思	33
2.5.2 共鸣和启示	35
2.5.3 共性特点	37
2.5.4 总结和前瞻	38
3 因果	39
3.1 引言	39
3.2 分析	39
3.2.1 亚氏的应用	39
3.2.2 亚氏困境和缓解	40
3.3 结语	41
4 辩证思维的示例	42
4.1 引言	42
4.2 氢对材料的有益作用	42
4.2.1 氢对材料工艺的影响	42
4.2.2 氢对材料性能的影响	43
4.3 阳极溶解的有益作用	43
4.3.1 浸蚀	43
4.3.2 化学加工	44
4.3.3 抛光	44
4.4 腐蚀广论	46
4.4.1 环境	46
4.4.2 腐蚀广论	47
第3章 系统分析	49
1 系统的定义	49
2 系统分析	50
2.1 定义和内容	50
2.2 作用和重要性	51
2.3 模型化技术	51
2.4 最优化技术	52
3 模型化与结构设计	52

4 反馈的应用	53
4.1 概貌	53
4.2 学术实践的慎思	53
4.2.1 合金钢的研究	53
4.2.2 断裂机理的研究	54
4.2.3 耗散结构理论的启示	55
4.2.4 材料微观现象的新反馈	55
第4章 简易材料论	57
1 引言	57
2 分论	58
2.1 性能——一个符号	58
2.2 结构——一个方程	59
2.3 环境——五个对待	59
2.4 过程——三条原理	61
2.5 能量——八个分析	62
3 结语	63
第II篇 分论	64
第5章 引论——书的结构	64
1 材料学的划分	64
2 宏观材料学的结构	65
第6章 生态材料	67
1 历史回顾	67
2 逻辑思考	68
2.1 环境与材料	68
2.2 发展与增长	69
2.3 材料的定义和判据	70
2.4 生态	71
2.4.1 顾名思义或望文生义	71
2.4.2 溯源及定义	71
2.4.3 划分及引申	72
2.5 生态材料	72
2.6 外延和研究领域	73
2.6.1 环境	73

2.6.2 人文社科问题	74
2.6.3 科学技术问题	76
3 系统分析	78
3.1 模型化	78
3.2 最优化	79
4 未结束语	80
4.1 可持续发展法则	81
4.2 广义生态	81
第7章 材料经济	84
1 引言	84
2 经济体制	85
2.1 基本类型	85
2.2 我国经济体制改革历程	86
2.2.1 功能	87
2.2.2 环境	88
2.2.3 结构	90
3 经济学的基本规律	92
3.1 收益递减律	93
3.2 商品价格律	94
4 材料经济学	97
4.1 定义和内容	97
4.2 物质与信息的流动与循环	97
4.2.1 物质循环	98
4.2.2 材料企业的信息循环和反馈	101
4.3 材料生产的经济分析	101
4.3.1 成本分析	101
4.3.2 生产要素的最优组合	103
4.3.3 社会分工的经济效益	104
5 结语	104
第8章 科技法律	106
1 概述	106
1.1 逻辑分析	106
1.1.1 定义	106
1.1.2 划分	106

1.2 系统分析	107
1.2.1 科技发展对法律的影响	108
1.2.2 法律对科技发展的影响	109
1.2.3 科技法律内的系统分析	109
2 功能	109
2.1 规范功能	109
2.2 社会功能	111
3 结构	111
3.1 纵向结构	112
3.2 横向结构	113
3.2.1 科技法与民法之间的关系	113
3.2.2 科技法与行政法之间的关系	113
3.2.3 科技法与环境法之间的关系	114
3.2.4 科技法与经济法之间的关系	114
3.2.5 科技法内的横向结构	114
4 环境	115
4.1 社会环境	116
4.2 科技环境	117
5 过程	117
5.1 概念	117
5.2 特点	118
5.3 两个阶段	118
5.3.1 第一阶段	118
5.3.2 第二阶段	119
5.4 利益	119
5.4.1 利益与科技法形成的关系	119
5.4.2 利益与科技法实施的关系	120
6 能量	121
6.1 含义	121
6.2 作用	121
第9章 材料科研	123
1 引言	123
2 类型	124
3 选题	125

4 方法	128
4.1 系统分析法	128
4.1.1 寻求韧性最佳的工艺	128
4.1.2 寻求满足性能要求的材料和工艺	129
4.1.3 材料理论问题的研究	130
4.2 假说法	130
4.2.1 假说法在形式逻辑中的位置	132
4.2.2 提出假说的方法	134
4.3 直觉法及机遇法	137
5 科研水平	137
6 评价和管理	138
6.1 科研效益	138
6.2 科研效率	139
第10章 材料教育	141
1 简言中国的人才	141
1.1 定义	141
1.2 才能	141
1.3 知识结构	142
1.4 环境	142
1.5 过程	142
1.6 能量	143
2 初论人文素质教育	144
2.1 破题	144
2.2 概念	144
2.2.1 素质	145
2.2.2 人文及人文学	148
2.2.3 人文素质	149
2.3 人文素质教育	149
2.3.1 目的和内容	149
2.3.2 方式与方法	150
2.4 结语	151
3 学习论	151
3.1 引论	151
3.2 概念	152

3.3 环境	153
3.4 目的——提高才能	153
3.5 内容——知识结构	155
3.6 方法——学习过程	156
3.6.1 认真地学	156
3.6.2 学、思、问的结合	156
3.6.3 博学之	157
3.6.4 学以致用	157
3.6.5 专与博	158
3.6.6 整理资料	158
3.7 结语	158
第 11 章 材料选用	160
1 提出问题	160
2 性能选材法	162
2.1 使用性能	162
2.2 工艺性能	162
2.2.1 淬裂过程	162
2.2.2 钢种选择	165
2.3 性能递增选材法	165
3 成本选材法	168
3.1 材料成本法	168
3.2 生产成本法	172
4 多目标选材法	173
4.1 问题和目标	173
4.2 评价技术	174
4.2.1 分级法	174
4.2.2 优化法	175
5 决策论	177
5.1 概念——决策与问题	177
5.2 决策技术	178
5.3 问题的划分与分析	179
6 材料的管理	180
第 12 章 材料展望	182
1 引言	182

2 预测方法	182
2.1 分类	183
2.1.1 直观预测法	183
2.1.2 探索预测法	184
2.1.3 目标预测法	184
2.1.4 反馈预测法	185
2.2 外推法	185
2.3 特尔菲法	187
3 未来材料	189
3.1 总的趋势	189
3.1.1 材料生命曲线	189
3.1.2 竞争与替代	190
3.2 传统材料的改进	192
3.2.1 调整成分	192
3.2.2 改进工艺	193
3.3 新材料的研制	195
3.3.1 需要与满足	195
3.3.2 引进和创新	197
[例]纳米材料	198
(1)哲理	198
(2)逻辑思考	199
(3)历史进程	200
(4)微观分析——科技问题	201
(5)宏观控制——市场问题	203
(6)现况与展望	204
(7)结语	204
3.3.3 系统和环境	205
第Ⅲ篇 结论	207
第13章 结论	207
1 算计论	208
1.1 引子	208
1.2 分析	208
1.2.1 区别	208

1.2.2 关系	209
1.2.3 假算出假计	209
1.2.4 错算出错计	210
1.3 结语	210
2 生态论	211
2.1 自然环境	211
2.2 社会环境	211
3 适中论	212
3.1 破题	212
3.2 人文思考	212
3.2.1 哲理	212
3.2.2 历史	213
3.3 社会评价	214
3.3.1 政治运动	214
3.3.2 经济改革的宣传导向	214
3.3.3 经济体制的改革	215
3.3.4 经济规模和收益递减律	215
3.4 科技分析	217
3.4.1 数学的极值问题	217
3.4.2 系统工程的最优化	218
3.4.3 材料物理问题	219
3.4.4 功能过剩	219
3.5 结语	220
参考文献	
A 肖纪美著或编著的学术著作	221
B 肖纪美的材料宏观问题论文	222
C 其他文献	224
图目录	227
表目录	231

第 I 篇 总论

——实践认知材料和材料学——

本篇共四章,前三章将依次运用历史、逻辑和系统方法,通过学习和工作实践,认知材料和材料学;第4章为简易材料论,总结材料学中简易的、不易的、变易的规律。

第 1 章 历史分析

“史鉴使人明智。”([C6]p180) (1.1)

“史者何?记述人类社会赓续活动之体相,校其总成绩,求得
其因果关系,以为现代一般人活动之资览者也。”([C7]p1) (1.2)

“事物的秘密,只有从它的形成过程去理解。” (1.3)

材料学是一门技术科学,它是在社会需求的推动和基础科学的牵引下发展的。著者将参考如下资料,论述材料和材料学的历史。

(1)爱因斯坦与英费尔德,《物理学的进化》(1938)([C4]),从结构的观点考察物理学的进化,即从组元之间的关系来认识物理学的发展。

(2)赫胥黎,《进化论与伦理学》(1894)([C5]),从竞争与协调的观点分析生物的进化与人类社会的演化。

(3)系统论——从整体来推论部分比从部分来求解整体要容易得多。

(4)逻辑学——希望做到概念明确,判断恰当,推理正确。

(5)生态学的要求——遵循生态学的要求,学会人类与自然和社会的协调发展,不再强调人定胜天、征服自然。

在下面两节,先讨论两个问题:

(1)材料与人类社会;

(2)材料学的进化。

1 材料与人类社会

1.1 人类超越其他动物的历史

在地球表面,人类赖以生存和生活的有物质、能量和知识。这三方面,人类与其他动物都有很大的区别。虽然所有的动物都是由物质组成的,并且都需要食物来维持生命,但是:

“人是能制造和使用生产工具的动物。” (1.4)

人“属”于动物,人与其他种动物之间的差异——“种差”,便是上述语句中的定语。制造工具时,需要物质;不是所有的物质都是材料,从这些概念,可以定义材料:

“材料是能为人类制造有用器件(或物品)的物质。” (1.5)

同理,材料“属”于物质,而上述语句中的定语便是“种差”。

自从人类社会采用私有财产制以后,“经济”因素进入材料领域,材料的定义必须考虑经济:

“材料是能为人类社会经济地制造有用器件(或物品)的物质。” (1.6)

材料的生产和使用对于人类社会又带来越来越多的环境污染,材料的定义也应随着改变。对于“能为人类社会”也可采用更确切的叙述,因而现代的材料定义是:

“材料是人类社会所能接受地、经济地制造有用器件(或物品)的物质。” (1.7)

1.2 新技术革命与材料科技

人类与其他动物之间的第一个差别在于物质的利用。

历史学家曾用“材料”来划分时代,例如石器时代、陶器时代、铜器时代、铁器时代等。原始的人类,逐渐使用天然材料,如石头、骨骼、木材、兽皮等,来制造工具、武器、住所、衣服、用品等,这个时代叫做石器时代。随后,人类发现可塑性好的粘土加热变硬,制备了陶器,进入了陶器时代。在人类进化史上,这是一个里程碑,因为人类的智慧发展到将天然材料改造为人工材料。耗费更大的能量,人类将铜矿石及铁矿石分别还原为铜及铁,因而分别进入铜器时代及铁器时代。

人类与其他动物的第二个重要区别在于能量的利用。原始的人类与陆上的许多动物一样,采用穴居来利用贮存的太阳能。火的发现,是人类利用能源