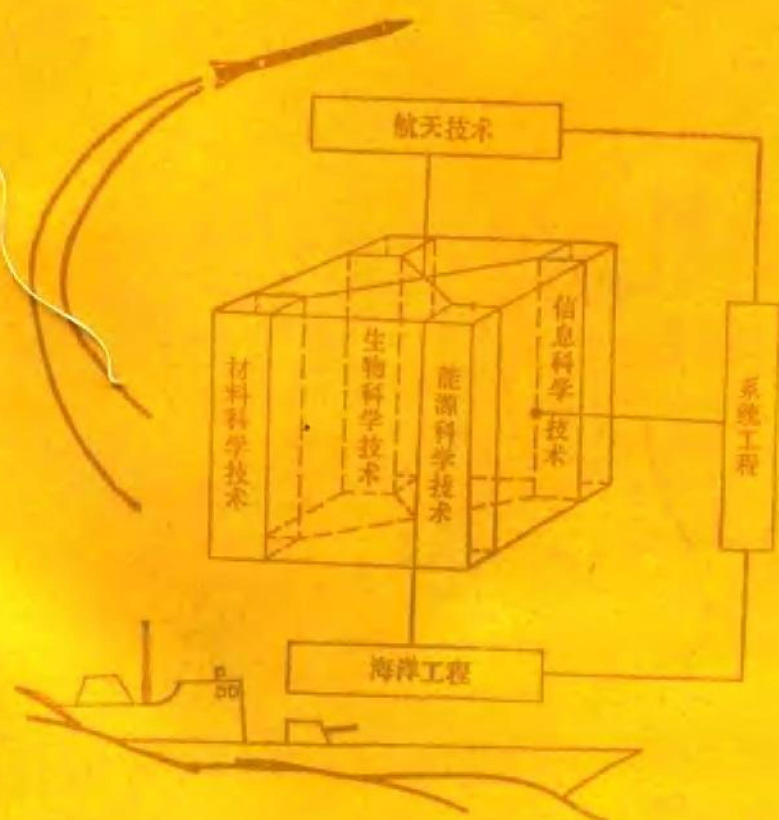


材料的应用与发展

肖纪美 著



宇航出版社

内 容 简 介

本书是国家教委和中国科协决定利用通讯卫星开辟“继续教育”节目中关于材料科学与工程方面的电视教材，它采用从应用到发展的新体系，全面地介绍了材料学的基础知识，论述了处理各种材料问题的方法。本书分两部分：微观材料学包括狭义的材料科学和工程的内容，即材料的性能、结构和工艺；吸收经济学、系统学、科学学、未来学等的基础知识建立的宏观材料学，包括材料经济、选用、科研、系统和展望。

本书的观点反映了著者从事材料工作四十余年所积累的丰富经验，这些观点、所介绍的基础知识和所论述的处理问题的方法，可供从事材料应用、管理、生产、科研和教学人员参考。

材 料 的 应 用 与 发 展

肖纪美 著

责任编辑：林茂燕

宇航出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

香河谭庄印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张：17.5 字数：470千字

1988年7月第1版第1次印刷 印数：1-9400册

ISBN 7-80034-101-1/TB·029 定价：6.00元

作者简介



作者为我国著名的材料科学家。1920年生于湖南凤凰。1943年毕业于唐山交通大学矿冶系，后留学美国，于1950年获美国密苏里大学冶金学博士学位，在铬锰氮系奥氏体不锈钢耐热钢的系统原始性科研方面，作出了重要贡献。

1957年回国后，一直在北京钢铁学院担任教授，长期从事教学和科研工作。讲授过金属材料学、金属物理、断裂力学、合金能量学、腐蚀金属学、材料科学与工程方法论等课程，并指导过大量研究生。在物理化学、物理冶金、合金热力学、断裂力学、材料科学等方面进行了大量科研工作，先后发表130篇学术论文，出版《高速钢的金属学问题》、《不锈钢的金属学问题》、《腐蚀金属学》、《金属的韧性与其强化》、《合金能量学》、《合金相及相变》六本专著。

1981年当选为中国科学院学部委员。现任中国金属腐蚀与防护学会副理事长，中国稀土学会常务理事，中国金属学会理事，在中国机械工程学会、中国航空学会、中国兵工学会、中国宇航学会下属的材料学会或委员会担任工作，积极从事学术交流工作。从1977年到1986年，在23个省市举行的学术会议及学习班上，共作了165次报告或讲课，有着广泛的学术影响。所著的《合金能量学》1987年被评为全国优秀教材；十余年来从事的“材料的应力腐蚀及氢致开裂机理的研究”获1987年国家自然科学二等奖。

1980年受聘为国际性“冶金学报”（Acta Metallurgica）及“冶金简报”（Scripta Metallurgica）编辑，从1979年到1986年，受美、加、日、澳大学及研究单位邀请，共作了31次学术报告，并在四次国际会议上受邀作了大会报告，在国际材料学界享有一定的声誉。

前 言

国家教委和中国科协决定利用通讯卫星开辟教育频道，并为具有大专以上文化水平的科技人员举办“继续教育”节目，关于材料科学与工程方面的内容，委交中国金属学会筹办。

1986年4月30日中国金属学会副秘书长庞兆民邀集柯俊、师昌绪、肖纪美，商讨所承担的电视广播教学任务，达到一致的看法。会后，肖纪美整理和补充讨论意见，于5月4日上报中国金属学会，提出针对教学对象和适应学科发展的体系，即从材料的失效到材料的展望，从应用到发展的体系。5月12日中国金属学会薛凌利用第五届国际材料力学行为会议审稿会的机会，邀请了章守华、康沫狂、雷廷权、周瑞发、吴伯群、何明元等同志，讨论肖纪美5月4日所整理的倡议，与会同志们提出了不少宝贵意见。随后，中国金属学会又收到师昌绪、颜鸣皋、刘嘉禾、毛志远等同志的书面意见。冶金工业部及中国金属学会于5月27日以(86)冶金函字第170号通知北京钢铁学院，确定电视广播教学的题目为“材料的应用与发展”，“北京钢铁学院负责组织编写教材，制作录相等工作，由王润院长总负责，肖纪美教授任总编导”。

作者勉为其难地接受上级交下的任务，感到任重力薄，唯有吸收国内材料科学和工程方面专家们的意见，总结四十余年来从事各种材料工作的经验和教训，遵循邓小平同志关于“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的指示，迎接交叉学科的到来，明确以下两个问题，以确定全书框架：

(1)教学和读者对象——以材料的应用和管理人员为主，兼顾材料的生产、科研及教学人员。

(2)目的和体系——提出“材料学”(Materialogy)的新体系，尝试使读者：

(a) 从整体上理解材料学。除开传统的狭义的“材料科学与工程”——“微观材料学”外，吸收经济学、系统学、科学学、未来学等的知识，建立“宏观材料学”，这两者的份量约分占全书的 $\frac{2}{3}$ 及 $\frac{1}{3}$ 。

(b) 获得必要的、现代的基础知识。

(c) 熟悉处理材料问题的各种方法，开拓思路，提高分析和解决问题的能力。

上述设想于1986年7月17日至19日在包头召开的、有17个学会参加的“全国材料研讨会筹备会”中，征求了张沛霖、师昌绪、张锐生、王曼霞、陈玉民、何家雯、刘家驹、贾厚生、周瑞发、李茂山等同志的意见，整理后于7月25日上报冶金工业部及中国金属学会。8月19日由中国科协田光华同志及中国金属学会庞兆民同志出面，邀请了柯俊、师昌绪、章守华、王润、张锐生、周瑞发、贾厚生、朱之翰、吴伯群、赵任涛等同志，再次审定全书框架和内容，会上热烈地积极地提出许多鼓励及完善的宝贵意见。

任务的需要和同行们的支持与鼓励，促使书稿的完成；宇航出版社副编审林茂燕同志和社的负责同志打破常规地保证了本书的出版；对于成书过程中所有同志的帮助，在此一并致谢。

本书是一种新的尝试，而成书仓促，作者水平有限，错误难免，希读者指正。

肖纪美

1987年4月于北京钢铁学院

目 录

第 一 章	绪论	(1)
§ 1	人类与材料	(1)
§ 2	新技术革命与材料	(4)
§ 3	材料的内涵和外延	(5)
§ 3.1	定义	(6)
§ 3.2	划分	(6)
§ 4	材料的判据和问题	(10)
§ 5	材料的应用和失效	(13)
§ 6	目的和体系	(16)
第 二 章	材料的失效	(19)
§ 1	引言	(19)
§ 2	低温脆断	(22)
§ 2.1	海船脆断与夏氏V型缺口韧性	(22)
§ 2.2	缺口韧性之间相关性	(25)
§ 3	疲劳断裂	(30)
	(1) 断口特征	(30)
	(2) 光滑试样的疲劳性能	(31)
	(3) 缺口试样的疲劳性能	(34)
	(4) 裂纹试样测定的性能	(36)
	(5) 改善疲劳性能的途径	(37)
§ 4	应力腐蚀断裂	(38)
§ 4.1	汽轮机叶轮的碱脆	(38)
	(1) 事故概况	(38)
	(2) 工况及应力计算	(39)
	(3) 材质及断裂力学分析	(39)
	(4) 化学介质作用的分析	(42)
	(5) 结论和防止措施	(42)

§ 4.2	应力腐蚀断裂和氢脆	(43)
(1)	概念	(43)
(2)	试验方法和工程参量	(44)
(3)	作用机理和影响因素	(48)
(4)	抑制措施	(52)
§ 5	结语	(56)
第三章	材料的性能	(57)
§ 1	分析方法	(57)
§ 1.1	逻辑分析	(57)
(1)	内涵与定义	(57)
(2)	外延与划分	(59)
(3)	共性问题	(59)
§ 1.2	系统分析	(64)
(1)	黑箱法	(64)
(2)	相关法	(65)
(3)	过程法	(66)
§ 2	韧性与韧化	(68)
§ 2.1	逻辑分析	(68)
(1)	定义	(68)
(2)	划分	(69)
§ 2.2	系统分析	(70)
(1)	应力、应变和应变能	(70)
(2)	内因和外因	(72)
(3)	能量和过程	(75)
(4)	韧性和脆性	(79)
§ 3	腐蚀与耐蚀性	(79)
§ 3.1	概念	(79)
§ 3.2	金属腐蚀的基本过程	(82)
§ 3.3	热力学问题	(87)
(1)	电位-pH图	(87)
(2)	混合氧化图	(90)
§ 3.4	动力学问题	(91)

	(1) 极化曲线.....	(91)
	(2) 不锈钢的极化曲线.....	(94)
§ 3.5	结构学问题.....	(103)
	(1) 膜的成分、结构及厚度.....	(103)
	(2) 表面处理和耐蚀性.....	(105)
§ 3.6	局部腐蚀.....	(106)
	(1) 晶间腐蚀.....	(106)
	(2) 点腐蚀和缝隙腐蚀.....	(107)
§ 3.7	防腐蚀技术.....	(108)
	(1) 合理选材和表面涂层.....	(108)
	(2) 改善工作环境.....	(108)
	(3) 对整个系统采用电化学保护.....	(108)
§ 4	磨损与耐磨性.....	(109)
§ 4.1	逻辑分析.....	(109)
	(1) 定义.....	(109)
	(2) 划分.....	(110)
§ 4.2	系统分析.....	(112)
§ 4.3	基本过程和参量.....	(112)
	(1) 接触面积.....	(112)
	(2) 摩擦生热.....	(115)
	(3) 化学变化.....	(117)
	(4) 力学现象.....	(119)
	(5) 润滑作用.....	(121)
§ 4.4	磨损机理.....	(124)
	(1) 粘结磨损机理.....	(124)
	(2) 剥层磨损机理.....	(126)
	(3) 磨料磨损机理.....	(126)
	(4) 表面疲劳磨损机理.....	(127)
	(5) 腐蚀磨损.....	(128)
	(6) 断裂韧性与磨损.....	(130)
§ 4.5	材料的耐磨性.....	(131)
§ 5	结语.....	(135)

第 四 章	材料的结构	(183)
§ 1	引言	(138)
§ 2	分析方法	(139)
§ 2.1	概念	(139)
	(1) 组元	(140)
	(2) 排列方式	(141)
	(3) 运动方式	(142)
§ 2.2	结构的测定	(143)
§ 2.3	共性问题	(144)
	(1) 可分与穷尽	(146)
	(2) 转变与守恒	(147)
	(3) 树木与森林	(149)
	(4) 表象与真情	(152)
§ 3	自由原子结构	(156)
§ 4	结合键和晶体结构	(160)
§ 4.1	离子键晶体	(160)
	(1) 结构特征	(160)
	(2) 结构和能量	(163)
§ 4.2	共价键晶体	(169)
	(1) 共价键和分子轨道	(169)
	(2) 共价键晶体	(172)
	(3) 高分子化合物的立体结构	(174)
§ 4.3	金属键晶体	(181)
	(1) 密排方式	(182)
	(2) 结合键	(192)
	(3) 合金化的基本参量	(196)
§ 4.4	分子键晶体	(203)
§ 4.5	结语	(203)
§ 5	能带结构	(205)
§ 5.1	近自由电子法	(205)
§ 5.2	紧束缚近似法	(209)
§ 6	原子型晶体缺陷	(212)

§ 6.1	分类	(212)
§ 6.2	空位	(214)
§ 6.3	位错	(216)
	(1) 原子模型	(216)
	(2) 位错能量	(218)
	(3) 位错运动	(223)
§ 6.4	晶界	(226)
	(1) 结构和能量	(226)
	(2) 晶界化学	(232)
§ 7	电子型晶体缺陷	(237)
§ 7.1	引言	(237)
§ 7.2	元素半导体	(238)
§ 7.3	化合物半导体	(242)
	(1) 氧化膜的结构及扩散机理	(242)
	(2) 氧化的半导体理论	(246)
§ 8	相	(248)
§ 8.1	相图·相变和显微组织	(248)
§ 8.2	相的定义和分类	(258)
§ 8.3	固溶体	(261)
	(1) 晶体结构	(261)
	(2) 固溶线	(265)
§ 8.4	中间相	(266)
	(1) 分类	(267)
	(2) 处理方法	(270)
§ 8.5	亚稳相	(278)
§ 9	显微组织	(283)
§ 10	结语	(284)
第五章	材料的工艺	(286)
§ 1	引言	(286)
§ 1.1	结构的控制	(286)
§ 1.2	工艺的目的和分类	(288)
§ 2	生产工艺	(290)

§ 2.1	金属材料	(291)
(1)	火法冶金	(292)
①	矿石准备	(292)
(A)	铁矿粉的球团和烧结	(292)
(B)	硫化矿的焙烧	(293)
(C)	氧化矿的焙烧	(294)
②	冶炼	(296)
(A)	高炉炼生铁—焦碳还原剂	(301)
(B)	炭还原其他金属化合物	(303)
(C)	氢还原法	(304)
(D)	金属热还原法	(304)
(E)	熔铈冶炼	(305)
③	精炼	(305)
(A)	炼钢	(305)
(B)	火法精炼铜	(308)
(C)	火法精炼锡	(308)
(D)	区域熔炼提纯	(309)
(E)	精馏	(311)
(F)	电渣重熔精炼法	(314)
(2)	湿法冶金	(315)
①	浸取	(316)
②	分离	(318)
③	富集	(318)
④	提取金属或化合物	(319)
(3)	电冶金	(319)
①	水溶液电解	(319)
②	熔盐电解	(322)
(4)	总结	(324)
§ 2.2	陶瓷材料	(325)
(1)	原料制备	(327)
(2)	成型与烧结	(329)
(3)	熔融固化	(330)

§ 2.3	单晶材料	(333)
	(1) 水溶液法	(334)
	(2) 熔体法	(335)
	(3) 气相法	(337)
	(4) 固相法	(339)
§ 2.4	高分子材料	(340)
	(1) 概述	(340)
	(2) 单体制备	(341)
	① 乙烯及丙烯型普通塑料	(344)
	② 工程塑料	(345)
	(3) 均聚	(347)
	① 缩聚	(347)
	② 加成聚合	(348)
	③ 加成缩聚	(348)
	(4) 共聚	(349)
	(5) 共混	(349)
§ 2.5	结语	(350)
§ 3	加工工艺	(351)
§ 3.1	概述	(351)
§ 3.2	冷-热加工	(354)
	(1) 加工类型	(354)
	(2) 加热	(355)
	(3) 锻造或轧制	(357)
	(4) 冷却	(359)
	(5) 超塑性成形	(359)
§ 3.3	切削加工	(362)
	(1) 切削种类及金属的塑性	(363)
	(2) 切削热	(365)
	(3) 切削液	(367)
	(4) 滞流及切屑瘤	(367)
	(5) 切削功	(368)
	(6) 表面粗糙度	(369)

	(7) 刀具的磨损及切削速度.....	(369)
§ 3.4	焊接.....	(371)
	(1) 焊接方法的分类及其特点.....	(371)
	(2) 熔化焊接的冶金学问题.....	(376)
	① 冶炼.....	(376)
	② 铸造.....	(377)
	③ 热处理.....	(379)
	(3) 焊接结构的断裂力学分析.....	(381)
	① 残余应力.....	(381)
	② 断裂韧性.....	(382)
	③ 焊接裂纹及焊接脆性.....	(382)
	(A) 凝固开裂.....	(383)
	(B) 液化开裂.....	(384)
	(C) 分层开裂.....	(384)
	(D) 马氏体转变脆性.....	(385)
	(E) 氢致延迟开裂.....	(385)
	(F) 焊后加热开裂.....	(385)
§ 3.5	工程塑料的成形加工.....	(386)
	(1) 注射成型.....	(386)
	(2) 挤出成型.....	(387)
	(3) 吹塑成型.....	(387)
	(4) 压制成型.....	(388)
§ 4	工艺性能.....	(388)
§ 4.1	相关法.....	(388)
	(1) 焊接性.....	(389)
	(2) 切削性.....	(389)
	(3) 热加工性.....	(391)
§ 4.2	过程法——深冲性.....	(393)
	(1) n 值.....	(394)
	(2) R 值.....	(395)
	(3) 双向变形的成形极限.....	(396)
	(4) 其它因素.....	(397)

§ 5	结语	(398)
第 六 章	材料的经济	(400)
§ 1	引论	(400)
§ 1.1	经济体制	(400)
§ 1.2	宏观材料学	(403)
§ 1.3	材料经济学	(404)
§ 2	商品经济的边际分析方法	(405)
§ 2.1	收益递减律	(406)
§ 2.2	商品价格	(408)
§ 3	材料循环	(411)
§ 3.1	材料大循环	(412)
§ 3.2	材料企业的信息循环和反馈	(414)
§ 4	材料生产的经济分析	(416)
§ 4.1	成本分析	(416)
§ 4.2	生产要素的最优组合	(419)
§ 4.3	社会分工的经济效益	(420)
§ 5	结语	(421)
第 七 章	材料的选用	(422)
§ 1	提出问题	(422)
§ 2	性能选材法	(425)
§ 2.1	使用性能	(425)
§ 2.2	工艺性能	(425)
	(1) 淬裂过程	(425)
	(2) 钢种选择	(428)
§ 2.3	性能递增选材法	(429)
§ 3	成本选材法	(432)
§ 3.1	材料成本法	(433)
§ 3.2	生产成本法	(435)
§ 4	多目标选材法	(439)
§ 4.1	问题和目标	(439)
§ 4.2	评价技术	(440)
	(1) 分级法	(440)

	(2) 优化法.....	(441)
§ 5	材料的管理.....	(443)
第 八 章	材料的科研.....	(445)
§ 1	类型.....	(445)
§ 1.1	基础研究.....	(447)
§ 1.2	应用研究.....	(447)
§ 1.3	发展.....	(447)
§ 2	选题.....	(449)
§ 2.1	生存竞争, 适者生存.....	(449)
§ 2.2	加强协调, 继续生存.....	(450)
§ 2.3	明确科研类型, 选题选人.....	(450)
§ 2.4	收益递减律的借鉴.....	(451)
§ 2.5	形核理论的启示.....	(451)
	(1) 均匀形核.....	(451)
	(2) 非均匀形核.....	(453)
§ 3	方法.....	(453)
§ 3.1	概述.....	(453)
§ 3.2	系统分析法.....	(455)
	(1) 寻求韧性最佳的工艺及/或断裂机理.....	(455)
	(2) 寻求满足性能要求的材料和工艺.....	(457)
	(3) 材料理论问题的研究.....	(458)
§ 3.3	假说法.....	(459)
	(1) 破绽法.....	(459)
	(2) 类比法.....	(461)
	(3) 统计法.....	(462)
	(4) 近似法.....	(464)
	(5) 直觉法及机遇法.....	(465)
	(6) 科研水平.....	(466)
§ 4	评价及管理.....	(467)
§ 4.1	科研效益.....	(467)
§ 4.2	科研效率.....	(468)
第 九 章	材料的系统.....	(470)

§ 1	引言·····	(470)
§ 2	系统分析·····	(471)
§ 2.1	能量方法·····	(473)
§ 2.2	信息流动·····	(474)
	(1) 黑箱法·····	(475)
	(2) 反馈法·····	(476)
§ 3	模型化技术·····	(479)
§ 3.1	概念和步骤·····	(479)
§ 3.2	方法·····	(481)
	(1) 方块图·····	(481)
	(2) 组元三角形·····	(482)
	(3) 过程模型·····	(483)
	(4) 时间模型·····	(484)
	(5) 结构模型解析法·····	(484)
	(6) 模拟·····	(486)
§ 4	最优化技术·····	(487)
§ 4.1	线性规划法·····	(489)
§ 4.2	动态规划法·····	(491)
§ 4.3	网络法·····	(493)
	(1) 名词和符号·····	(494)
	(2) 过程步骤·····	(494)
	(3) 缩短PERT网络日程·····	(498)
§ 5	决策论·····	(501)
§ 5.1	概念·····	(501)
§ 5.2	技术·····	(502)
	(1) 评分优选法·····	(503)
	(2) 相关树法·····	(504)
	(3) 决策树法·····	(504)
第 十 章	材料的展望·····	(508)
§ 1	引言·····	(508)
§ 2	预测方法·····	(509)
§ 2.1	分类·····	(509)

	(1) 直观预测法.....	(510)
	(2) 探索预测法.....	(510)
	(3) 目标预测法.....	(511)
	(4) 反馈预测法.....	(511)
§ 2.2	外推法.....	(512)
§ 2.3	特尔菲法.....	(515)
§ 3	未来材料.....	(516)
§ 3.1	总的趋势.....	(517)
	(1) 材料生命曲线.....	(517)
	(2) 竞争与替代.....	(519)
§ 3.2	传统材料的改进.....	(521)
	(1) 调整成分.....	(522)
	(2) 改进工艺.....	(523)
§ 3.3	新材料的研制.....	(525)
	(1) 需要和满足.....	(526)
	(2) 引进和创新.....	(529)
	(3) 系统和环境.....	(530)
参考文献.....		(533)