



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高分子材料 设计与应用

顾 宜 李瑞海 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高分子材料设计与应用

顾 宜 李瑞海 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

全书共分3章：材料设计和应用的基本原理；高分子材料的主要品种；高分子材料的选用。围绕高分子材料的应用。全面介绍主要聚合物品种的制备方法、结构特点、成型加工方法、宏观性能和应用领域；并从材料科学与工程和材料经济学的基本原理出发，按照材料在不同使用环境下的性能要求，结合典型实例分析，系统讲述高分子材料设计和应用的基本原理，以及材料评价和选材的基本原则和方法。

本书供高分子材料类专业本科学生使用，同时可供研究生、教师和工程技术人员阅读参考，也可供材料类其他专业的学生选读。

图书在版编目 (CIP) 数据

高分子材料设计与应用/顾宜, 李瑞海主编. —北京: 化学工业出版社, 2011.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-122-10799-2

I. 高… II. ①顾…②李… III. 高分子材料-高等学校-教材 IV. TB324

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 044996 号

责任编辑: 杨 菁

文字编辑: 徐雪华

责任校对: 周梦华

装帧设计: 杨 北

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17¼ 字数 473 千字 2011 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 36.00 元

版权所有 违者必究

前言

高分子材料是材料家族中的一个重要成员，它的品种繁多、性能差别很大，能适应各种不同用途对材料的需求。然而，正是由于高分子材料品种和性能的多样性，及其性能对使用环境有很强的选择性，它一方面给工程应用提供了很多可用的材料选择，另一方面也给材料的使用和选择提出了更高的要求。正确、恰当地使用高分子材料、充分发挥其固有的优异性能，避免其性能上的某些缺陷，是工程设计中面临的一个越来越突出的重要课题。从学科的内涵来看，组成与结构、制备与加工、性质及使用效能（应用）是材料科学与工程四个基本要素，而应用是所有要素的集中体现。从社会的需求来看，近十年来，我国设置本科高分子材料与工程专业的学校数量和招生人数均大幅增加，而毕业生中从事高分子材料应用相关领域的人数在 50% 以上。因此，为高分子材料与工程专业的本科生开设一门高分子设计与应用方面的专业课程，并编写与之配套的教材。从材料科学与工程的基本原理出发，围绕高分子材料的应用，按照材料使用环境的要求，系统讲述材料设计和应用的基本原理，以及材料评价和选材的基本原则，使本专业的学生熟悉和掌握高分子材料的主要品种、应用形式和应用领域，是十分必要的。

四川大学是国内最早设置本科高分子材料专业的高校之一。顺应材料学科和专业的历史发展潮流，于 1988 年在国内本科高分子材料专业中率先开设了《高分子材料导论》课程，并编写了相应的讲义。在讲述材料科学与工程基本原理的同时，从应用出发介绍高分子材料的主要品种和选材原则。在此基础上，于 1999 年正式开设了《高分子材料设计与应用》课程，并编写了相应的讲义。经过十余年的教学实践和改革，逐渐形成了本课程和教材的特色。本教材共由三章组成。第一章从材料科学与工程和材料经济学的概念出发，围绕材料及其制品的应用环境（功能和工作条件）的要求，讲述材料的使用性能—加工性—组成和结构—宏观性能指标—失效（可靠性）—经济性之间关系的基本原理，讲述材料设计和选用的基本原则，材料的科研和管理等内容。使学生掌握材料设计和应用的基本理论。第二章从聚合物的结构、性质和应用形式出发，按照塑料、橡胶、化学纤维、涂料和胶黏剂、聚合物基复合材料进行分类，讲述主要聚合物品种的制备方法、结构特点、成型加工方法、宏观性能和主要应用领域。使学生全面了解各类高分子材料的基本特性，为高分子材料的设计和选用奠定基础。第三章从高分子材料的工程应用实际出发，按照日用塑料、结构材料、电绝缘材料、防腐蚀材料（防护材料）、摩擦材料、建筑材料、包装材料、阻尼材料、光学材料、光电磁功能材料、生物医用材料、化学功能材料、汽车用高分子材料等领域进行分类，讲授高分子材料的应用特点、使用环境对材料性能和成型工艺的要求，比较不同领域中常用的聚合物品种。通过典型的实例分析，使学生在理论与实际相结合的基础上，进一步掌握高分子材料设计和选用的基本原则和方法。

本教材在 1999 年顾宜、王文云、谢美丽、樊渝江和欧阳庆等人编写的《高分子材料设计与应用》讲义的基础上，经过十余年的教学实践，不断修改、不断完善。在教材的内容上，引入了高分子材料发展中的新品种、新原理、新方法；在教材的组织上力求做到系统性、科学性、新颖性和可读性，注重选材实例和案例分析，为学生提供了解决实际问题的样板。本教材由顾宜教授提出编写大纲，李瑞海教授组织实施。顾宜教授编写第 1 章和第 3 章 3.1、3.3、3.9、3.10 节，李瑞海教授编写第 2 章 2.1 节和第 3 章 3.2、3.14 节，刘向阳教

授编写第2章2.5节和第3章3.4、3.5、3.6节，孙树东副教授编写第2章2.2节和第3章3.11、3.13节，谢兴益副教授编写第2章2.4节和第3章3.12节，姜猛进博士编写第2章2.3节和第3章3.7、3.8节。

本教材虽然经过了一定时期的教学实践，但内容上讲仍然是一个新的体系，尚未能将材料科学与工程和材料经济学的基本原理很好地融入到设计和选材的过程中。另外，本教材内容涉及的知识领域非常广泛，鉴于我们的学识水平和知识面的局限，教材中难免有疏漏之处，诚望广大读者批评指正。

编者

2011年3月

目 录

第 1 章 材料设计和应用的基本原理	1
1.1 材料设计的基本要素	1
1.1.1 概述	1
1.1.2 材料的判据与问题	2
1.2 材料的失效与可靠性设计	4
1.2.1 产品的可靠性	4
1.2.2 材料的失效	4
1.2.3 可靠性设计	5
1.3 材料经济	6
1.3.1 材料经济学	6
1.3.2 材料的循环与材料经济	7
1.3.3 材料的管理	7
1.4 材料的选用	8
1.4.1 选用问题	8
1.4.2 性能选材法	9
1.4.3 成本选材法	9
1.5 材料的科研	9
参考文献	10
第 2 章 高分子材料的主要品种	11
2.1 塑料	11
2.1.1 塑料概述	11
2.1.2 热塑性塑料	21
2.1.3 热固性塑料	50
2.2 橡胶	62
2.2.1 橡胶概述	62
2.2.2 天然橡胶	70
2.2.3 通用合成橡胶	73
2.2.4 特种橡胶	79
2.2.5 热塑性弹性体	82
2.3 化学纤维	86
2.3.1 化学纤维概述	86
2.3.2 人造纤维	96
2.3.3 合成纤维	99
2.4 涂料与黏合剂	115
2.4.1 黏合理论与黏合剂的组成	115
2.4.2 胶黏剂的主要类型	121
2.4.3 涂料的组成和配方原理	129

2.4.4 涂料的主要品种	137
2.5 聚合物基复合材料	145
2.5.1 聚合物基复合材料概述	145
2.5.2 聚合物基复合材料的类型	148
2.5.3 复合材料成型加工方法	161
2.5.4 纤维增强聚合物基复合材料的常见品种	167
参考文献	174

第3章 高分子材料的选用	176
3.1 材料设计与应用的基本过程	176
3.1.1 功能设计	176
3.1.2 材料选择	177
3.1.3 结构设计	178
3.1.4 尺寸设计	179
3.1.5 模型	181
3.1.6 试生产及定型	181
3.2 日用塑料	182
3.2.1 日用塑料的特性	182
3.2.2 选材及应用实例	183
3.3 高分子结构材料	192
3.3.1 受力环境分析与初步选材	192
3.3.2 设计	194
3.3.3 应用实例	195
3.4 高分子电绝缘材料	201
3.4.1 电气绝缘环境分析及材料选用	201
3.4.2 应用实例	204
3.5 高分子防腐蚀材料	213
3.5.1 全塑结构与加强结构及材料选用	214
3.5.2 衬里结构及其材料选用	216
3.5.3 涂层	217
3.6 高分子摩擦材料	218
3.6.1 摩擦环境的分析与材料选用	218
3.6.2 应用实例	220
3.7 高分子建筑材料	227
3.7.1 高分子建筑材料简介	227
3.7.2 选材实例	230
3.8 高分子包装材料	233
3.8.1 高分子包装材料的选用要点	233
3.8.2 常用高分子包装材料	235
3.8.3 选材实例	236
3.9 高分子阻尼材料	238
3.9.1 阻尼特性	238
3.9.2 阻尼材料选用	238

3.10	高分子光学材料	239
3.10.1	高分子材料的光学特性	239
3.10.2	高分子光学材料的应用	241
3.11	光电磁功能高分子材料	245
3.11.1	概述	245
3.11.2	压电塑料	245
3.11.3	热电塑料	247
3.11.4	磁性塑料	248
3.11.5	光功能高分子材料	251
3.11.6	导电高分子材料	253
3.12	高分子生物医用材料	256
3.12.1	高分子生物材料概述	256
3.12.2	医用对高分子材料的要求	261
3.12.3	高分子生物材料的应用范围及材料选用	262
3.13	化学功能高分子材料	266
3.13.1	离子交换树脂	266
3.13.2	高分子催化剂	266
3.13.3	高吸水性树脂	268
3.14	汽车用高分子材料	270
3.14.1	汽车外饰件	271
3.14.2	汽车油箱	271
3.14.3	进气歧管	272
3.14.4	汽车内饰件	273
	参考文献	274

第 1 章 材料设计和应用的基本原理

随着社会的发展和科技的进步，人类对材料的需求和依赖度正在不断地增加，因此也极大地促进了材料科学与工程学科的发展。材料的发展日新月异，品种繁多，其应用已经渗透到人们生活和生产的各个方面，成为国民经济发展的重要支柱之一。在学习了解材料科学与工程学科基本原理的基础上，如何在实际应用中正确设计、选择和使用材料是一个十分复杂的问题，既涉及材料的微观性能、宏观性能，还涉及材料的加工工程和经济性等方面。把材料用好，真正做到物尽其用，让材料发展最大的经济效益和社会效益，是材料专业工程技术人员面临的一个十分重要的任务。

1.1 材料设计的基本要素

1.1.1 概述

从图 1.1 中我们可以看到，人们从地球上开采出矿物、石油或收获植物等原料，然后经过提取、精炼、合成等手段获取得到金属、水泥、纸、纤维、聚合物等初料，然后通过挤出、注射、烧结、纺织、复合等工艺技术加工得到晶体、合金、混凝土、陶瓷、塑料、橡胶、纺织品、复合材料等品种材料制品和产品，或通过结构和外形的设计通过制造和装配等手段，得到各类装置、机器等产品。然后，各类产品在服役使用过程中，发挥其使用功能服务于人类的生活和生产活动，直至材料被破坏或丧失其使用功能，最后作为垃圾废料弃置或进行回收利用再次进入加工——应用循环。上述过程构成了材料的大循环。

在这一循环过程中，材料的服役（应用）是最高目标，是材料价值的最充分体现，而材料制品的制备、合成、加工、装配过程则直接反映了与材料应用相关的材料设计基本思想。

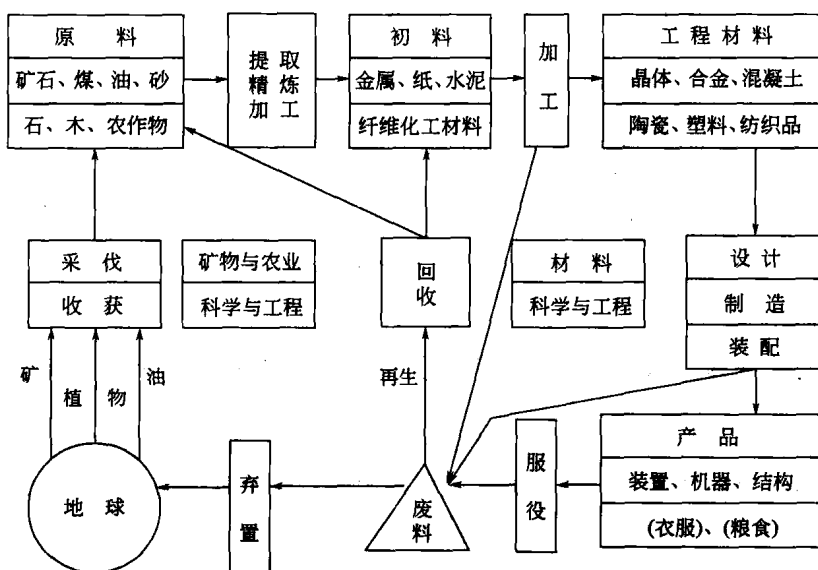


图 1.1 材料大循环

按照材料科学与工程学科的四大基本要素的相互关系,材料设计的基本功能就是从材料的制备和合成入手,通过材料的组成和结构的调控,赋予材料不同的性能,从而满足不同应用环境对材料使用性能的要求。然而,这样的设计只是与材料的自然属性相关,而没有考虑到材料在循环和应用过程中的社会属性问题。例如,在原料采伐过程中的地球资源问题,废弃物的环境污染问题,与材料制备过程中的能源问题,以及材料在使用过程中的失效,即可靠性问题,这四个方面构成了所谓材料经济学问题。

因此,对于材料工程师来讲,如何从应用的需求出发,从为数众多的材料中选择出为社会所接受的、最经济的、性能最佳的材料品种或设计出新材料,是一项重要的任务。要实现这一目标,必须考虑到以下的几个基本要素。①材料判据;②材料科学与工程原理;③材料的失效与可靠性分析;④材料经济学;⑤材料选用方法;⑥材料的管理;⑦材料的科研。

1.1.2 材料的判据与问题

1.1.2.1 材料的判据及战略问题

在人类的生活和生产中,材料是必需的物质基础。历史学者曾将人类的历史按石器时代、铜器时代、铁器时代来划分。为此,人们给材料下了一个定义,即材料是人类社会所能接受的、经济的制造有用器件(物品)的物质。如图 1.2 所示,其中,“人类社会所能接受的”,就是从人类社会发展的战略层面上讲,材料的使用和发展必须满足资源、能源和环保三方面的要求;“经济的”,则是对材料的制造工艺过程和使用过程的效益问题提出了要求;“制备有用器件(物品)”,则是从技术层面对材料的工艺性能、最终应用形态(外观和结构)和使用价值(性能)提出了要求。在五个判据中,资源、能源、环保和经济四个判据所反映的是社会的宏观要求;而质量判据,所反映的是材料应用的微观要求,与材料科学与工程的内容相联系。随着人类社会进入 21 世纪,自然资源和能源的减少,材料工业的发达,以及环境污染对人类生存的严重威胁等因素的影响,致使资源、能源、环保问题的重要性已被提到空前高的地位。当今社会,除了国家政府层面需要制定材料政策,对于资源、能源、环境保护三方面提出限制或要求外,无论是材料的使用者、生产者、研究者还是管理者,都必须服从战略总目标的要求,在充分发挥材料使用功能满足高新技术和人类生活对新材料需求的同时,积极促进材料的循环利用,节约能源,减少“三废”排放和环境污染。

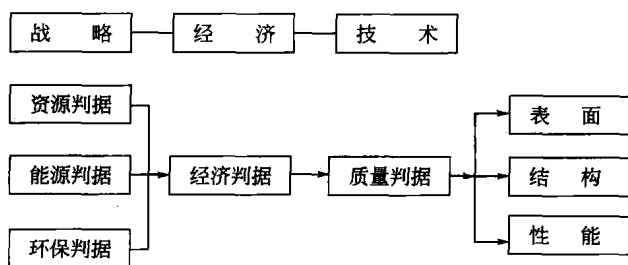


图 1.2 材料的现代判据

1.1.2.2 宏观材料学

按照自然现象分为“宏观”和“微观”的概念,材料学也可分为宏观材料学和微观材料学。

(1) 微观材料学 着眼于材料——单个的或集体的——在外界自然环境作用下,所表现的各种行为,以及这些行为与材料内部结构之间的关系和改善这些结构的工艺。它所包含的主要内容是材料的性能、结构和工艺,以结构为中心。

(2) 宏观材料学 着眼于从整体上分析材料问题,即将材料整体作为研究对象——系统,考察它与社会环境之间的交互作用,分析在环境的影响下材料内部宏观组元(各种材

料)的自组织问题。它所包含的主要内容:以经济为线索,研究材料的社会现象,是微观材料科学与社会科学之间的交叉科学。

图 1.3 比较了宏观和微观材料学以及它们之间的关系。

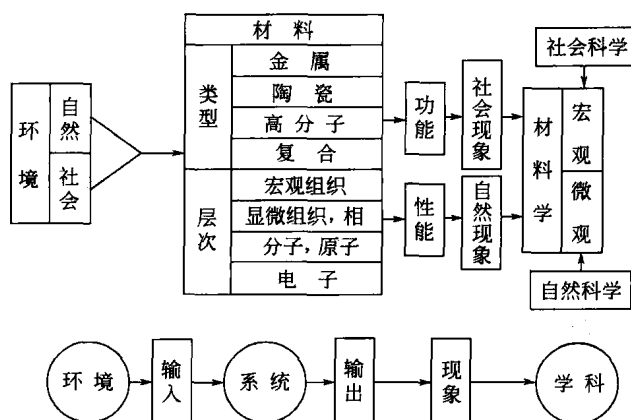


图 1.3 材料和材料学

1.1.2.3 材料科学与工程思路

材料的生产、使用和科研单位,一般是依据质量和经济这两个判据,选择目标函数及约束条件,从而进行材料设计并确定工艺流程。材料科学与工程的工作人员惯于采用图 1.4 的思路:①依据工程构件服役的行为确定所需的材料性能;②依据性能要求,确定所需的材料结构;③制定生产工艺,获得所需的材料结构;④采用必要的设备,保证工艺的实施。或逆向思考;⑤只有适当的设备才能保证工艺;⑥只有通过工艺才能保证结构;⑦结构决定性能;⑧材料的性能决定工程构件的行为。

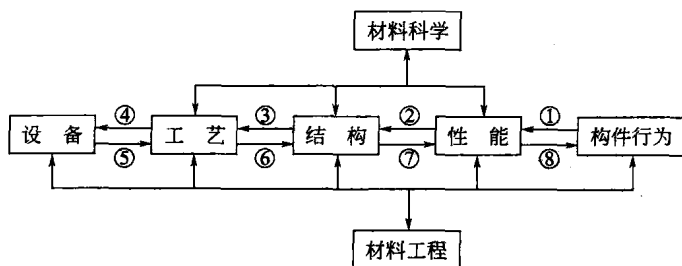


图 1.4 材料科学与工程的习惯思路

图 1.4 表明,为了保证工程构件安全而有效地运行,要求图中各个环节密切配合。既有生产材料和使用材料单位的配合,也有材料科学与材料工程的结合,共同构成一个整体。其中,材料工程是工程的一个领域,其目的在于经济地、而又为社会所能接受地控制材料的结构、性能和形状,它涉及图 1.4 中的各个环节。而材料科学是一门科学,它从事与材料本质的发现、分析和了解方面的研究。其目的在于提供材料结构的统一描绘或模型,以及解释这种结构与材料性能之间的关系。因此,材料科学的核心问题是结构和性能。在深入地理解和有效地控制性能和结构的过程中,都涉及能量。性能、结构、过程及能量之间的关系见图 1.5。它包括:①从外界条件引起材料内部结构的变化过程,去理解性能和新结构;②能量控制结构和过程;③从结构可以计算能量。性能是重要的工程参量,过程是理解性能和结构的重要环节;结构是深入理解性能和计算能量的中心环节;能量则控制结构的形成和过程的进行。

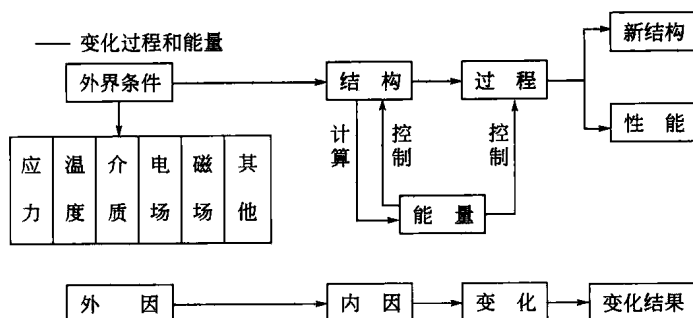


图 1.5 材料的性能、结构、过程、能量之间交互关系

1.2 材料的失效与可靠性设计

材料的服役过程是有一定寿命的，是会失效的。影响材料产品寿命的因素是很复杂的，既有材料内部的组成和结构的影响，也有外部使用环境（如温度、受力状态等）的影响；既有必然的因素，也有偶然的因素。对于材料的设计和使用来讲，学习了解评估材料失效的方法是很重要的。

1.2.1 产品的可靠性

1.2.1.1 可靠性

可靠性指的是产品在规定的条件下和规定的时间内，完成规定功能的能力。所谓规定条件，即环境条件，指的是所有外部和内部条件，如温度、湿度、辐射、磁场、电场、冲击、振动等或其组合；是自然的、人为的或自身引起的，影响到产品的形态、性能、可靠性或生存力。

可靠性参数 $R(t)$ 是用以描述产品可靠性的量化指标：

$$R(t) = P(T > t), 0 \leq t < \infty \quad (1.1)$$

式中， T 为产品的寿命，随机变量； P 是 T 超过 t 的概率。

而失效（故障）与可靠是相对立又紧密联系的一个矛盾体的两个方面。故障率 $\lambda(t)$ 是单位时间内出现故障的产品数与单位时间内产品寿命单位总数之比：

$$\lambda(t) = -R'(t)/R(t) \quad (1.2)$$

当 $\lambda(t) = \lambda$ 为常数时：

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1.3)$$

1.2.1.2 产品在工作时破坏的基本类型

- ① 原始破坏 质量控制未发觉的制造错误或因使用不合格的材料而引起；
- ② 偶然破坏 在产品的使用期限内由于偶然因素造成的无规律的破坏；
- ③ 产品过度超载，超过其安全能力；
- ④ 磨损破坏。

1.2.2 材料的失效

1.2.2.1 材料的应用和失效

材料的失效，指的是材料在应用过程中，产品功能失去效果的现象（对可修复产品，失效也称故障）。更一般地讲是系统的组元在制造、试车、储运或服役过程中伤亡，使系统无法或低效工作，或提前退役的现象。图 1.6 说明了材料的工程结构失效与各环节之间的关系。

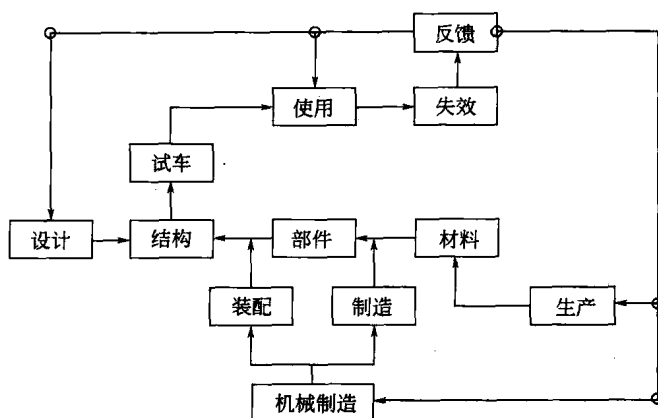


图 1.6 与工程结构失效有关的各个部门之间的工作关系

1.2.2.2 材料失效形式和机理

表 1.1 列出了材料在使用环境中的主要失效形式、影响因素和失效机理。主要失效形式包括断裂、变形、腐蚀、磨损及物理性能下降等现象。在一般情况下，正确设计的构件不易出现静载过载断裂，但疲劳破坏、脆性断裂等隐蔽性大、事前不易察觉，危害性也大。

表 1.1 材料失效形式和机理的分类

失效形式	主要因素	协助因素	失效机理
断裂	力学	恒载 交变载荷 化学、恒载 化学、交变载荷 热学(化学)	韧断及脆断 疲劳断裂 应力腐蚀断裂 腐蚀疲劳断裂 蠕变断裂
变形	力学	—	变形
腐蚀	化学	—	腐蚀 氢损伤
磨损	力学	— — 化学	磨损 微动磨损、液体冲刷失效 腐蚀
物理性能降低	电、磁、声或光学	—	物理性能降级

1.2.3 可靠性设计

1.2.3.1 使用寿命

产品的故障率低于指定值的这一段使用时间叫作产品的耐用寿命，或称产品的使用寿命。使用寿命的单位随要求而异。例如，某种导弹的使用寿命为 10 年，某种汽车的使用寿命为 10 万公里，某种扳钮开关的寿命为 2 万次开关等。对于一次性使用的产品，没有必要把某些材料或组成部分设计得特别经久耐用，应该将各材料或组成部分的使用寿命设计得比产品所要求的使用寿命略长一些。对于一般的耐久性产品，不可能把所有组成部分的使用寿命设计得都大于产品的使用寿命，成本太高且得不偿失。通常，将影响产品关键性能的材料和产品主体的使用寿命设计得大于要求的使用寿命。一般来讲，产品的耐用性主要取决于产品耐磨损的能力、耐疲劳的能力及耐腐蚀的能力。它们与产品的原材料选择有密切关系。而对于电器产品来讲，材料的电绝缘性的产品耐用性的重要指标。

1.2.3.2 安全系数

对于结构材料，使用过程中的可靠性具有十分重要的意义。而安全性设计是可靠性设计

的一个重要组成部分。

安全期判据——估计构件的寿命，适用于隐蔽的裂纹或其他缺陷引起结构发生灾难性破坏的那些构件。

安全系数是结构材料，尤其是航空结构材料的一项重要指标，它是破坏应力与设计应力的比值。其中，破坏应力体现的是材料的实际强度数据，而设计应力是产品使用条件下所需要的强度值。很显然，二者的比值越大，也就是说安全系数越高，产品的可靠性越高，越有保障。

通常安全系数选取范围在 1.2~2.0 之间。对于一些可靠性要求特别高的应用场合，安全系数取值高达 1.5~10 之间。

在实际应用中，应力类型视应用条件下受力状态的不同和材料种类的不同而定。例如，塑性材料，在静载荷状态下，采用屈服强度；脆性材料，在静载荷状态下，采用断裂强度；而在动态载荷状态下，则可采用疲劳强度（疲劳极限）。

1.2.3.3 设计准则

为了提高产品在使用过程中的可靠性，通常有以下的方法。

(1) 简化设计

① 尽可能减少产品组成部分的数量，尽量做到整体加工及整体铸造。

② 尽可能标准化、系列化、通用化，控制非标准材料、零、组、部件的百分比率。实现零、组部件多功能转化。

③ 尽可能采用已经过实践考验的，可靠性具有保证的材料、零、组、部件及整机。

(2) 尽早发现及确定可靠性关键项目 通过调研、分析，发现材料及产品在安全性方面的薄弱环节。

(3) 留有余量 选用安全系数较大、可靠性较高的材料或零部件、元器件。

(4) 降低故障率 在产品设计时，要将故障率降低到最小程度。通过调查、研究、试验和分析，提出满足企业研制生产需要，而生产厂家、品种、规格又尽可能少的材料、元器件、另组部件名单，供设计选用，并确定适当的筛选方案。

1.3 材料经济

1.3.1 材料经济学

材料经济学是一门材料科学与经济学的交叉科学。是对材料的生产、消费（即应用）、交换、分配、科研、发展、规划等活动进行经济效益的分析和评价的学科。是技术经济学在材料工业中的应用。

在 1.1.2.1 节已经讨论到，经济判据位于宏观的资源、能源、环保判据与微观的质量判据之间，起着联系的纽带作用。也就是说，材料工作者是在材料战略判据的限制及在保证质量的前提下，降低生产成本及其他费用，以求得整个社会经济效益的最优化；或者在经济上可靠的条件下，求得材料和产品质量的最优化。

从宏观上讲，材料经济学是以经济为线索，研究材料的社会现象，涉及的内容有：①材料的大循环；②材料工业的布局；③材料工业的技术政策；④材料科研的发展规划；⑤材料生产结构和消费结构的经济评价等。

从微观上讲，材料经济学是用价格论和厂商理论分析单个经济体的经济活动。涉及的内容有：①经济合理地利用资源、能源、设备、工具等；②工艺流程和材料产品的成本分析；③原料供应和产品销售的经济评价；④材料科研和发展的经济评价；⑤材料选择和应用的经

济分析；⑥产品的标准化、系列化、通用化等。

显然，除了材料的生产环节，对于材料选用和材料科研环节，经济因素同样具有十分重要的作用。

1.3.2 材料的循环与材料经济

图 1.1 示出材料从生到灭的循环。从经济的角度看，在这个循环中，材料消费者的需求拖动整个社会的经济活动和材料的流动，而这种流动的速度又限制了社会的需求，在商品经济的社会里，这种关系是十分重要的。除了图 1.1 的物质循环外，在商品经济中，材料企业的信息循环和反馈具有同样的重要性。如图 1.7 所示，框内是材料企业内部与生产有关的主要部门，他们之间必须进行经常而有效的信息流动，才能保持为一个有机联系的整体。其中，“销售”和“服务”是两个触角，通过他们捕获市场基本企业产品的信息，为“生产”、“发展”、“研究”部门提供反馈。

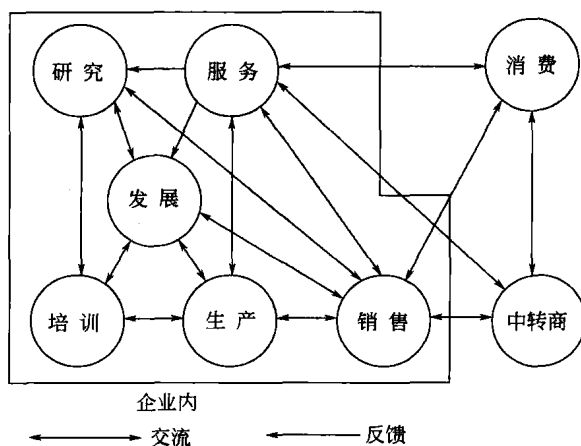


图 1.7 材料企业的信息循环和反馈

1.3.3 材料的管理

为了有效地发挥正确选择和使用材料的作用，对材料消费企业来讲，材料的管理是一个十分重要的中间环节。从经济的角度讲，材料管理的目的是以最低的成本在适当的时候提供适合质量和数量的材料，过少及过多的库存或冒风险或致浪费。材料管理涉及如图 1.8 所示的各种活动或功能，包括以下内容。

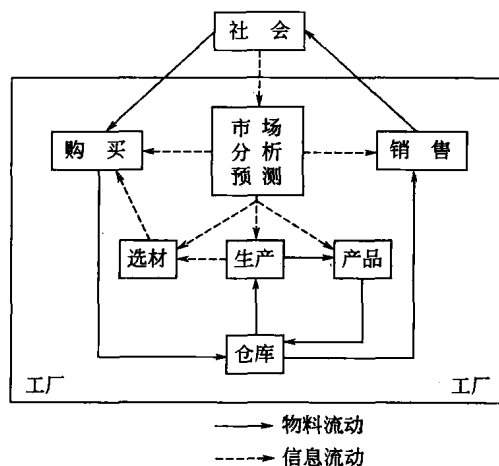


图 1.8 材料管理与材料选用

① 市场分析和预测 对原材料的供应及产品的销售市场进行分析和预测, 对材料的选用提供现在及未来的资料。

② 购买 依据市场供需, 适时地以最低价格购买所选择的原材料。

③ 库存 既不过多而积压资金, 又不太少而冒影响生产的风险。

④ 运输 物料在厂内有效而经济地流动, 是降低生产成本的重要措施。

⑤ 销售 拖动整个循环流动的动力。

作为一个整体, 材料的选用必须纳入或配合材料的管理, 才能发挥更大的作用。

1.4 材料的选用

生产材料的目的是为了应用, 正如图 1.1 材料大循环所指出的那样。材料消费者的需求, 拖动整个循环的材料流动, 是整个循环的推动力。因此, 从宏观材料学考虑, 材料生产者的任务是在自然和社会条件约束下, 既要满足材料消费者的要求, 也要激发材料消费者的新需求。材料的选用包括材料的选择和应用。本节先提出问题, 然后讨论选择材料的方法。

1.4.1 选用问题

从图 1.9 所示的关系可以看出, 依据材料选用的目的有以下各类材料的选用问题。

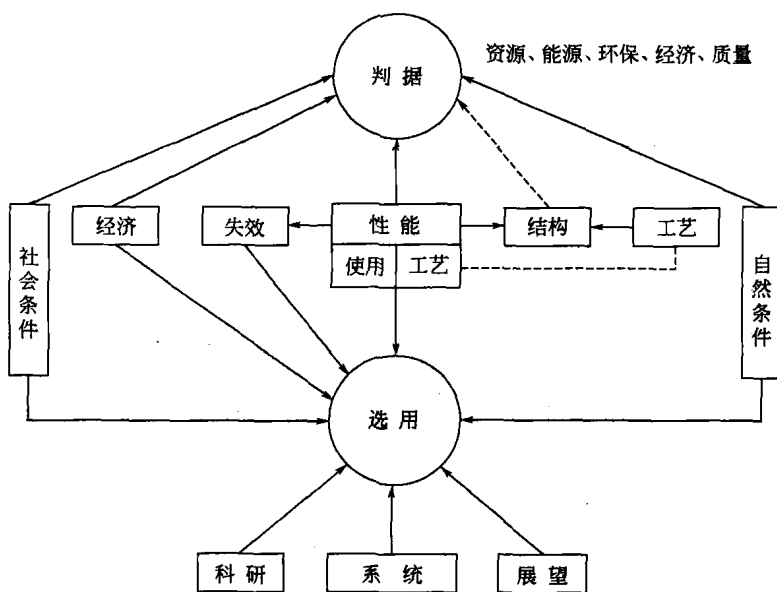


图 1.9 材料选用与其他材料问题之间的关系

(1) 防止失效事故 依据失效原因, 选用恰当的材料和工艺。这类失效既可能发生在材料使用阶段, 也可发生在生产制造阶段, 涉及材料使用性能和工艺性能。

(2) 选择成本最低而又满足最低使用性能的材料, 是价格工程在材料问题的应用, 也是多目标的决策问题。

(3) 材料生产成本的比较分析。

(4) 适应科技、社会和市场的发展: 选择材料, 这是带战略性的选材问题。如:

① 高技术的发展有赖于先进材料的出现。

② 社会条件限制: 包括资源、能源及环保因素, 政策的指令性法规等, 限制某些材料的使用, 材料的质量成为选材的重要条件。

③ 市场预测：消费者对产品式样的嗜好和购买力影响了产品的档次，从而影响了材料的选用。这些问题有赖于对市场要求的判断，涉及心理学、美学、预测学等方面的知识。

1.4.2 性能选材法

(1) 使用性能 首先依据应用的要求，从材料手册或材料性能数据库中查阅和比较各种材料的性能，然后选用。

若有两种主要性能，可采用坐标分类法，以应用或设计要求的两个性能的数值为坐标原点，再将手册查出或实验测定的不同材料的这两个性能数据绘图，位于第1象限的材料即满足设计要求。

(2) 工艺性能 首先从产品的外形出发，确定加工方法和加工设备，然后结合材料的物理和化学性质提出产品成型的工艺参数，最后确定选用材料的牌号。

(3) 性能递增选材法 首先考虑供选择材料的性能是否满足使用及工艺要求；对于性能都满足要求的各种材料，选用价格或成本最低的材料。

1.4.3 成本选材法

对于使用及工艺性能都满足要求的各种材料，就需要选用价格或成本最低的材料。对于材料应用的单位，一般有以下三种方法。

(1) 材料成本法 该法是针对材料制造工艺的费用没有差异的情况，此时材料应用单位主要需要考虑的是从材料的成本或购买费用入手选择材料。

(2) 生产成本法 该法是从原材料制成部件（零件）全过程的成本分析入手，进行选材的一种方法。该方法的步骤如下。

① 市场调查 从市场上已有的多种材料中，挑选使用性能可满足要求而价格较低的几种作为候选。

② 工艺分析 对候选材料可能采用的工艺进行分析，抽出影响成本的因素。

③ 成本计算 对材料、工艺的各种组合，应用计算机及适当公式计算。

④ 敏感性分析 对影响成本的主要项目进行单项分析。

⑤ 决策。

(3) 多目标选材法 该法将多方面因素集成在一起进行材料的选用分析，例如，将性能与成本综合考虑有三方面趋势。

① 在使用性能不变的情况下，尽量减少费用。

② 在费用不变的情况下，提高其性能。

③ 提高性能而费用降低。

1.5 材料的科研

材料的科研涉及材料内部在自然环境中所表现的各种自然现象，以及材料对于促进经济及社会发展的作用；前者是微观材料学的科研内容，后者是宏观材料学的科研内容。

材料的设计和选用与材料的科研是紧密联系在一起的。本节主要讨论材料科研的类型。包括以下三方面。

(1) 基础研究 探索自然界和社会基本规律的基本活动，涉及材料科学的基础问题，没有特定商业目的。

(2) 应用研究 针对应用相关的特定产品或工艺所进行的研究，应用前景很明确。在材料领域内，它运用基础研究的成果，探索新的材料或生产材料的新工艺，可以导致技术上的重大突破，甚至开辟新的工艺领域。