

材料科学与工程著作系列  
HEP Series in Materials Science and Engineering

HEP  
MSE

毛卫民 编著

# 材料与人类社会

材料科学与工程入门

---

## Materials and Human Society

Brief introduction to materials science and engineering

高等教育出版社

# 材料与人类社会

材料科学与工程入门

毛卫民 编著



高等教育出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

材料与人类社会:材料科学与工程入门 / 毛卫民编  
著. -- 北京:高等教育出版社, 2014.10  
(材料科学与工程著作系列)  
ISBN 978-7-04-040807-2

I. ①材… II. ①毛… III. ①材料科学—关系—社会发展—研究 IV. ①TB3②K02

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第190452号

策划编辑 刘剑波  
责任编辑 刘剑波  
封面设计 王凌波  
版式设计 王凌波  
责任校对 刘丽娟  
责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印 刷 北京信彩瑞末印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 18.25  
字 数 270千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landraco.com>  
<http://www.landraco.com.cn>  
版 次 2014年10月第1版  
印 次 2014年10月第1次印刷  
定 价 59.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,  
请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究  
物 料 号 40807-00

# Materials and Human Society

Brief Introduction to Materials Science and Engineering

# 前 言

自1977年恢复高考以来，中国内地高等学校录取大学本科生的数量逐年增多，自1997年至今仍保持稳定升高的趋势；其中录取本科新生的数量在高考生中所占的比例虽有所波动，但大体呈上升趋势。目前录取本科新生的数量约360万，高考生中本科录取率超过38%；由此可见，高中毕业生接受普通高等本科教育的机会越来越多。材料科学与工程专业（以下简称材料专业）是非常重要的工程学科，对国民经济发展具有举足轻重的影响。2004年以来材料专业本科新生招生人数随全国高等学校录取人数的增长而不断增长，占全部新生的比例也保持起伏增长，达到1.8%~1.9%的水平。目前中国内地800多所公立普通高等学校中有约370所学校招收材料专业的本科学生，占全国本科院校的43.72%；其中包括了121所“211”重点大学，约占公立普通高等学校总数的14.3%。招收材料专业本科生的数量为7万~8万人。如果考虑到非公立学校招收材料专业的本科生，以及各类专科生，则会是一个更加巨大的数字。材料专业本科生绝对数量的稳步增长有力地支撑了材料学科和材料工业的发展。

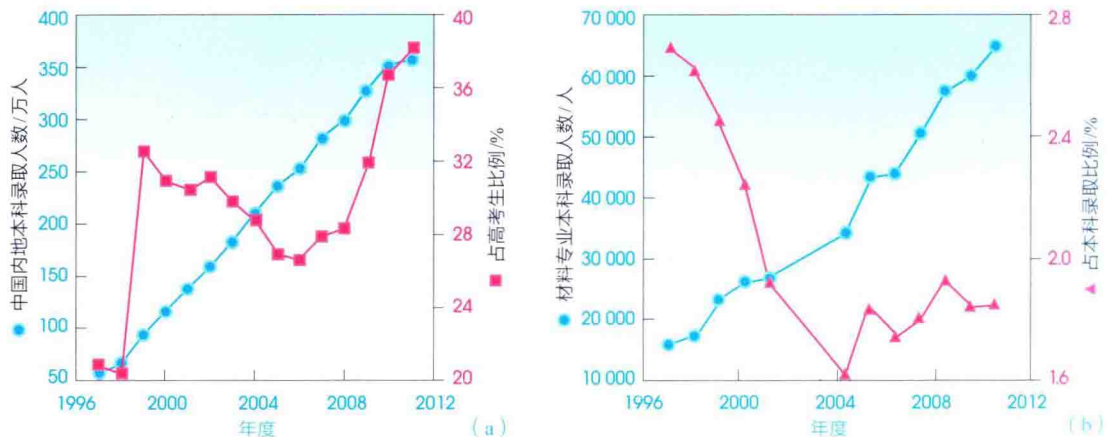


图 0.1 中国内地本科录取情况 (a) 及材料专业本科录取情况 (b) (教育部《中国教育统计年鉴》数据)

根据教育部发展规划司公布的数据, 中国内地 1997 年入学的材料专业本科生, 到 2001 年毕业时有 200 多人没有完成学业; 而 2005 年入学的材料专业本科生, 到 2009 年毕业时没有完成学业的学生则上升到 2 000 多人, 未毕业人数明显上升。材料专业未毕业人数增多除了入学人数增加的影响外仍存在比较复杂的其他原因。对于高中理科毕业生来说, 比较容易了解物理、化学、生物等与高中课程直接相关的基础学科, 对机械类专业也容易有直观的理解, 对电子类专业则更容易引起兴趣; 反之对材料专业则不太容易有适当的了解。作为一个工科的专业, 普通公众也往往并不能理解“材料”一词真正的专业含义及所涉及的专业范围。在高考分数的制约下, 高考生难免存在盲目报考材料专业的现象。另一方面, 新生进入高校学习后往往很难从高考巨大的被动学习压力下迅速转换角色、并适应高等学校以自觉自主学习为主的氛围; 加上缺乏对材料专业特点的了解, 难免会出现不能跟上学习进度、半途要求转换专业、甚至不能正常毕业的现象。面对这种现状, 我们很有必要对应届理

科高中毕业生及大学一年级学生开展材料专业学习的入门教育。

针对上述问题，作者以理科高中生的知识水平为基础，在众多学者和专家的帮助下参考相关的文献资料草拟本书，从多个角度系统而科学普及性地阐述了材料及材料科学与工程学科、材料与人类社会的进步、材料在现代社会中的广泛应用、材料的服役及材料科学与工程学科的知识范围。另外，专门聘请了多方面的专家，以当今一些新颖而生动的实例介绍了形形色色高技术新材料的发展。本书注意由浅入深、循序渐进，系统而全面地介绍了材料专业入门知识；撰写过程中注重材料的历史背景、发展进程、对现代社会的关键性推动作用，以及材料与当今重大社会新闻事件的密切联系。本书不追求对材料专业知识的深入介绍，而是保持专业科普水平，并注意尝试使读者对材料专业产生学习或了解的兴趣。本书可为理科高考学生及其家长提供材料专业及学科基本情况的介绍，为材料专业学生提供入门教育素材，也可帮助其他工科学生拓宽知识面；普通公众也可以从中获得相应的科普知识。因此，本书可以供理科高中毕业生、毕业生家长及所在中学作为报考高等学校时选择专业的参考；可用做高等学校材料专业低年级学生专业入门的教材或非材料专业工科高年级学生的选修课教材；亦可作为普通公众的科普读物。

在本书的成稿过程中，大量的专家、学者及社会各界人士参与了编写工作，或为本书的编写提供了指导和帮助。北京大学拱玉书教授对编写与西亚历史相关的内容给予了指导，并提供了图片资料。本书特别邀请浙江大学赵新兵教授编写了热电材料方面的文稿（5.10节）。内蒙古科技大学任慧平教授、安徽工业大学朱国辉教授、新疆众和公司左宏高工、联想公司毛昌民高工、中国商



用飞机公司李东博士、德国马普钢铁研究所Raabe教授、德国IMA材料研究和应用公司Grahert博士为本书提供了图片资料；中南大学张新明教授和广西大学曾建民教授为本书提供了实物资料；中房驰昊公司董事长王学东先生为本书提供了图片及实物资料。

北京科技大学许多专家、教授参与了本书的编写，或以各种形式提供了帮助。董建新教授编写了高温合金方面的文稿（5.2节）；高学绪教授编写了磁致伸缩材料方面的文稿（5.6节）；龙毅教授编写了磁热材料方面的文稿（5.7节）；廖庆亮副教授编写了纳米材料方面的文稿（5.11节），黄运华教授提供了协助；杨洲教授和何万里讲师合作编写了液晶材料方面的文稿（5.12节）；郑裕东教授编写了生物医用材料方面的文稿（5.13节）；经于广华教授组织，滕蛟副教授和杨美音博士为编写磁电阻材料提供了多方面的素材（5.8节）。另外，李延祥教授和潜伟教授为本书提供了大量冶金史方面的图片和系统资料；康永林教授、唐荻教授、任学平教授、蔡庆伍教授等提供了材料开发和材料加工方面的实物及图片；李晓刚教授提供了金属腐蚀失效方面的图片和资料；孙加林教授、曹文斌教授、陈俊红副教授等提供了无机非金属材料方面的图片和咨询。何业东教授、郭志猛教授、冯强教授等提供了必要的咨询与资料；杨平教授、冯惠平高工提供了实物样品和图片。王开平高工为本书进行了全国材料专业调研并提供了调研资料，同时为本书承担了大量的制图工作，并审核、校对了全书的文稿。在本书收集图片的过程中，北京科技大学材料学院、新金属材料国家重点实验室、冶金工程研究院以及其他许多各界人士提供了热情的帮助。

作者谨向上述各位专家、学者、朋友表示诚挚的谢意。本书还获得了北京科技大学“十二五”教材建设基

金的资助。由于作者的认识水平有限，书中谬误在所难免，恳请广大读者和有关专家批评指正。

作者

2014年10月

## 第1章

# 材料及材料科学与工程学科

000	第 1 章	材料及材料科学与工程学科
001	1.1	材料的基本概念及其与人类的关系
001	1.1.1	人类赖以生存的物质环境
004	1.1.2	材料的概念
006	1.1.3	人类社会的材料特征
008	1.2	材料的基本特征
008	1.2.1	服役环境对材料的要求
010	1.2.2	不同材料的物理和化学本质
013	1.2.3	材料的基本力学性能与结构材料
015	1.2.4	材料的其他基本物理性能与功能材料
016	1.2.5	材料的加工制作
018	1.3	材料科学与工程学科的人才培养
018	1.3.1	材料科学与工程学科的特点与工科特征
021	1.3.2	材料科学与工程学科高等教育专业人才的培养
024	1.3.3	材料科学与工程的可持续发展
028		思考题
029		参考文献
032	第 2 章	材料与人类社会的进步
033	2.1	石器时代
034	2.1.1	旧石器时代
036	2.1.2	新石器时代的陶器
038	2.1.3	新石器时代的磨光石器
041	2.1.4	石器的后续发展
044	2.2	铜器时代
044	2.2.1	天然铜与铜石并用时代
046	2.2.2	红铜阶段及铜的古代冶炼原理
048	2.2.3	青铜器的制作和使用
050	2.3	铁器时代
050	2.3.1	陨铁的使用

062	2.3.2	铁在古代冶炼技术及古代铁器的使用
067	2.3.3	中国古代冶铁技术的优势和特点
059	2.3.4	后铁器时代(钢铁时代)
064	2.4	信息时代——硅时代
065	2.4.1	信息的数字化
067	2.4.2	电子计算机与信息处理
068	2.4.3	硅半导体支撑信息数字化的硬件原理
072	2.4.4	计算机发展所需大规模集成电路的材料原理
076	2.4.5	网络高速传输所需的光导纤维
079	2.4.6	信息时代与硅时代
081		思考题
081		参考文献
086	第3章	材料在现代社会中的广泛应用
087	3.1	钢铁材料
087	3.1.1	钢铁材料的生产
088	3.1.2	钢铁线材与型材的应用
091	3.1.3	钢铁板材和管材的应用
093	3.1.4	钢铁材料在机电等其他行业的应用
095	3.2	非铁金属材料
095	3.2.1	铝及铝合金
098	3.2.2	铜及铜合金
100	3.2.3	钛及钛合金
101	3.2.4	镁及镁合金
104	3.3	无机非金属材料
104	3.3.1	水泥
106	3.3.2	普通陶瓷
108	3.3.3	耐火材料
109	3.3.4	玻璃
113	3.3.5	特种陶瓷

117	3.4	有机高分子材料
117	3.4.1	塑料
122	3.4.2	橡胶
125	3.4.3	有机纤维
129	3.4.4	生物医学上使用的高分子材料
131	3.4.5	木材与纸张
133		思考题
133		参考文献
138	第4章	材料的服役及材料科学与工程学科的知识范围
139	4.1	材料服役过程中的损耗与失效
140	4.1.1	材料的常规失效
141	4.1.2	人为因素造成的失效
143	4.1.3	极端条件下服役的材料及其失效
145	4.1.4	自然灾害造成的材料失效
146	4.1.5	材料科学与工程学科的社会责任
149	4.2	材料科学与工程专业的课程设置与学习过程简介
150	4.2.1	材料专业的工科基础知识
150	4.2.2	专业基础知识和专业知识
151	4.2.3	选修及其他知识
152	4.2.4	实践环节
154	4.3	材料科学与工程专业的实验与研究
154	4.3.1	材料的结构与观测
160	4.3.2	材料的加工与制备
166	4.3.3	材料的性能及其测量
168	4.3.4	材料的服役检测
170		思考题
170		参考文献

174	第 5 章	形形色色的高技术新材料
176	5.1	社会安全的守护者——抗灾安全用钢
176	5.1.1	道路交通事故及汽车用钢的安全对策
177	5.1.2	抗灾安全用钢的基本原理
179	5.1.3	抗灾安全用钢的其他应用
181	5.2	航空发动机材料中的皇冠——涡轮盘和叶片用高温合金
182	5.2.1	航空发动机
184	5.2.2	发动机上的关键材料
185	5.2.3	发动机高温合金的发展与展望
186	5.3	点石成金——人工金刚石
187	5.3.1	性能优异的金金刚石
188	5.3.2	天然金刚石
189	5.3.3	人工金刚石
191	5.4	传输电流而无电阻的神秘物质——超导材料
191	5.4.1	物质的超导现象
193	5.4.2	超导原理浅析
194	5.4.3	超导材料的发展
197	5.4.4	超导材料的工程应用
199	5.5	无限清洁能源的输送载体——储氢材料
199	5.5.1	全球的石油资源
200	5.5.2	氢燃料电池及其工作原理
201	5.5.3	储氢材料的发展
203	5.6	能量转换与信息转换的载体——磁致伸缩材料
203	5.6.1	材料的磁致伸缩效应
204	5.6.2	磁致伸缩材料的发展
206	5.6.3	磁致伸缩材料的应用
209	5.7	绿色环保磁制冷技术的关键——磁热材料
209	5.7.1	磁热效应与磁热材料
210	5.7.2	磁制冷原理
213	5.7.3	磁热材料的发展与应用
214	5.7.4	磁蓄冷材料及其原理

217	5.8	地球脉搏的监护者——磁电阻材料
217	5.8.1	地球的磁场及持续磁场的工业应用
218	5.8.2	磁电阻材料和地磁场测量原理
220	5.8.3	磁电阻材料的结构及其应用
221	5.9	电磁波的吞噬者——隐身材料
221	5.9.1	电磁感应与电磁波
222	5.9.2	物质对电磁波的散射与吸收
224	5.9.3	隐身材料原理
227	5.10	温度与电压的转换介质——热电材料
227	5.10.1	物质的热电效应
229	5.10.2	热电原理和热电材料
231	5.10.3	热电材料的实际应用
234	5.11	小尺寸引起大效应——纳米材料
234	5.11.1	纳米材料的概念
236	5.11.2	纳米效应与纳米技术
238	5.11.3	纳米材料的发展与应用
242	5.12	具有晶体特性的流体——液晶材料
242	5.12.1	液晶的概念
243	5.12.2	液晶的分类和电光效应
245	5.12.3	液晶显示器的发展和广泛应用
247	5.13	人类组织或器官的替代者——生物医用材料
247	5.13.1	生物医用材料的基本概念与特点
248	5.13.2	生物医用金属材料
249	5.13.3	生物医用陶瓷材料
251	5.13.4	生物医用高分子材料
252		思考题
252		参考文献



本章将引入材料的基本概念，进而简要介绍材料专业所涉及的大致范围及材料专业人才培养的概况。

## 1.1 材料的基本概念及其与人类的关系

### 1.1.1 人类赖以生存的物质环境

清晨醒来，睁开眼睛会看到房间里的桌椅门窗。起身穿衣，整理床铺，会看到内衣外衣、床单被褥。洗漱清理、准备早餐会接触到卫生洁具、锅灶碗筷，它们都有各自的特性和用途。我们是否有时会想到或问到，这些东西是用什么做的、怎样做成的？走出家门，看看我们赖以生活的各种不同的居所往往会产生出温馨的感觉。或许我们会利用不同的交通工具上学，如自行车、轨道交通、公交车等，使我们便捷地来到学校。