



普通高等教育材料科学与工程“十二五”规划教材

新材料概论

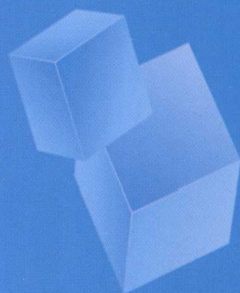
Introduction to Advanced Materials

陈光 崔崇 徐锋 张士华 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press



013047394

TB3-43
185

普通高等教育材料科学与工程“十二五

新材料概论

陈 光 崔 崇 徐 锋 张士华 主编



国防工业出版社

·北京·



北航

C1652961

TB3-43
185

08540810

内 容 简 介

任何重要的新材料得到广泛应用,进而给人类生活、国家安全乃至整个经济和社会发展带来重大影响,都是建立在人们对其全面了解和正确认识基础之上的。为了使读者全面了解和掌握材料的概念、分类、功能、原理、应用和发展趋势,本书在第1章“综论”材料科学与工程之后,分13章讲述了金属材料、无机非金属材料、高分子材料、复合材料、半导体和电介质材料、磁性材料、超导材料、新能源材料、生物材料、环境净化材料、机敏材料、超高温材料、纳米材料。本书力求全面、通俗,力避繁难、艰深,突出性能、应用,内容新颖、涵盖面广、信息量大、可读性强。

本书既可作为理工、经管等非材料类专业大学通识教育基础课以及材料科学与工程专业导论课程的教材,也适于各级各类管理人员和科技工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

新材料概论 / 陈光等主编. —北京:国防工业出版社, 2013. 4

普通高等教育材料科学与工程“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-08482-5

I. ①新… II. ①陈… III. ①材料科学—高等学校—教材 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 059582 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21 $\frac{3}{4}$ 字数 492 千字

2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 42.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

序

材料是人类赖以生存和发展的物质基础,是所有科技进步的核心,是高新技术发展和社会现代化的先导,是一个国家科学技术和工业水平的反映和标志。先进材料及先进材料技术对人类的生活水平、国家安全及经济实力起着关键性的作用。新材料的出现和使用往往会给技术进步、新产业的形成,乃至整个经济和社会的发展带来重大影响。不断开发和有效使用材料的能力是衡量社会技术水平和未来技术发展的重要尺度。

因此,20世纪70年代人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。20世纪80年代以高技术群为代表的新技术革命,又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志,世界各先进工业国家都把材料作为优先发展的领域。

但是,新材料和新材料技术要切实充分发挥推动社会和科技进步的作用,就不仅仅是材料科技工作者所能完成的。因为,合理选择和使用材料是所有工程的各个领域及其设计部门的任务,而准确判断与资助优先发展方向又是政府的职能。所有这些,都应建立在工作人员对材料的总体把握和正确认识的基础上。显然,这就要求从政府官员到所有工程领域的专业人员都要对材料的全貌有比较正确的了解。

南京理工大学经过全校教育教学思想大讨论,于2001年在非材料类工程专业培养计划中设置了“新材料概论”通识教育基础课。这在国内是值得称道的战略性举措,具有示范价值,随着时间的推移,必将显示出推动我国科技进步和社会发展的作用。

《新材料概论》力求全面、通俗,避免繁琐、艰深,突出性能、应用,内容新颖、涵盖面广、信息量大、可读性强,该书可作为各个非材料类理工科专业概述课程的首选教材和政府公务员、企事业单位管理人员、非材料类专业科技工作者对材料科学与工程建立整体和全貌的认识,了解现有材料的分类、特性、应用范围及其与相关学科领域的关系,把握高技术新型先进材料发展趋势的读物;对于文科人士的知识结构也是有益的补充;该书所涉及专题的深度与广度适度,作为材料科学与工程专业的导论课程也是很好的选择。

《新材料概论》的出版是对我国材料领域文献著作的有益补充,必将对我国材料科学与工程教育和知识的普及做出贡献。

师昌绪
2003年8月

前 言

2001年,南京理工大学经过全校教育教学思想大讨论,在非材料类专业培养计划中设置了《新材料概论》通识教育基础课,得到师昌绪先生的充分肯定和鼓励。

为满足教学需要,课程负责人陈光教授与崔崇教授共同主持编写了《新材料概论》一书,科学出版社于2003年8月出版发行。

10年来,《新材料概论》一直是南京理工大学所有通识教育基础课中最受欢迎、选修率最高的课程,已有3万多名本校非材料类专业本科生选修,并发展成了“一类精品课程”。

科学出版社2003年8月出版发行的《新材料概论》一书,也被国内其它多所大学作为教材使用。华中科技大学等还将其作为材料专业本科生导论课程的教材使用。据不完全统计,江苏、湖北、宁夏、福建、云南、广西等地的20多所院校都曾选择该书作为教材使用。

以上说明《新材料概论》一书在人才培养方面确实发挥了作用。

但由于当时首先是应教学需要之急,时间仓促,作者又缺乏经验,该书存在许多不足甚至错谬,重复的内容也不少,体系也不尽合理。去年,应国防工业出版社之邀,针对这些问题,陈光、崔崇、徐锋、张士华组织该课程任课教师,结合自己的教学实践,重新编写了《新材料概论》,以期有助于读者对材料科学与工程建立整体与全貌的认识,更适于教学中作为教材使用。

本书作者为:陈光(第1章),李永胜(第2章),彭东文(第3章),周天乐(第4章),徐锋(第5、7章),杜宇雷(第6、8章),江金国(第9章),张士华(第10章),赖建中(第11、12章),李建亮(第13章),朱和国(第14章)。

本书继续沿用了师昌绪先生2003年8月为科学出版社出版发行的《新材料概论》所作的序,作者在此对师先生所给予的关心与指导表示衷心感谢和崇高敬意!

由于本书涉及多学科交叉,内容广泛,信息量大,加之新成果不断涌现,以及编者水平和时间的限制,难免存在疏漏及不当之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

癸巳年春节于南理工

目 录

第 1 章 材料科学与工程综论	1
1.1 材料及其分类	1
1.2 材料——人类社会进步的里程碑	1
1.3 先进材料——人类社会现代化的基础和先导	6
1.3.1 电子技术的发展	6
1.3.2 光纤通信的诞生	7
1.3.3 航空航天技术的进步	8
1.4 材料科学与工程学科的形成与内涵	9
1.5 材料组成、制备、结构、性能与使用效能之间的关系	11
1.6 材料的应用	12
思考题	12
参考文献	13
第 2 章 金属材料	14
2.1 概述	14
2.1.1 金属材料的分类	15
2.1.2 金属材料的性能	16
2.1.3 金属的性能与金属键	17
2.2 钢铁材料	18
2.2.1 钢铁材料概述	18
2.2.2 先进钢铁材料需求	19
2.2.3 钢铁材料发展前景	20
2.3 有色金属材料	20
2.3.1 有色金属种类	20
2.3.2 铝合金	21
2.3.3 镁合金	22
2.3.4 铜及铜合金	24
2.4 新型金属结构材料	25
2.4.1 超级钢	25
2.4.2 超细晶钢	26

2.4.3	微合金化高强度钢	26
2.4.4	轻质高温钛合金	27
2.4.5	金属间化合物高温材料	30
2.4.6	高温合金	33
2.4.7	超塑性合金	35
2.4.8	泡沫金属材料	37
2.4.9	非晶合金	38
	思考题	40
	参考文献	41
第3章	无机非金属材料	42
3.1	水泥	42
3.1.1	水泥的分类与性能指标	42
3.1.2	常用的水泥品种	43
3.1.3	特种水泥	44
3.2	玻璃	46
3.2.1	玻璃的性能	47
3.2.2	玻璃的分类	47
3.2.3	常见玻璃的品种	48
3.3	陶瓷	49
3.3.1	陶瓷材料分类	49
3.3.2	陶瓷材料性能特点	50
3.3.3	氧化铝陶瓷	50
3.3.4	氧化锆陶瓷	52
3.3.5	氮化硅陶瓷	53
3.3.6	赛隆陶瓷	55
3.3.7	氮化硼陶瓷	56
3.3.8	碳化硅陶瓷	56
3.3.9	碳化硼陶瓷	59
3.4	耐火材料	59
3.4.1	概述	59
3.4.2	硅酸铝及刚玉质耐火材料	60
3.4.3	硅酸铝及刚玉质耐火材料	62
3.4.4	氧化镁—氧化钙系耐火材料	62
3.4.5	尖晶石耐火材料	63
3.4.6	含碳耐火材料	63
3.4.7	不定形耐火材料	64

思考题	65
参考文献	65
第4章 高分子材料	66
4.1 概述	66
4.1.1 合成高分子材料的诞生与发展	66
4.1.2 高分子材料的分类	68
4.2 塑料	71
4.2.1 塑料的特性和分类	71
4.2.2 塑料制品的主要组分及其作用	72
4.2.3 塑料的用途	77
4.3 橡胶	77
4.3.1 橡胶的特性和分类	77
4.3.2 主要的橡胶配合剂及其特性	79
4.4 有机纤维	82
4.4.1 纤维的特性及分类	82
4.4.2 合成纤维纺丝工艺过程简介	84
4.4.3 合成纤维的应用	84
4.5 高分子黏合剂及涂料	84
4.5.1 黏合剂	84
4.5.2 涂料	86
4.6 功能高分子	88
4.6.1 功能高分子分类	88
4.6.2 重要功能高分子述略	89
思考题	95
参考文献	96
第5章 复合材料	97
5.1 概述	97
5.1.1 复合的目的	97
5.1.2 复合材料的定义	97
5.1.3 复合材料的分类	98
5.1.4 复合材料的命名	98
5.1.5 复合材料的性能特点	99
5.1.6 复合材料的制备方法	100
5.2 增强材料	100
5.2.1 玻璃纤维	100

5.2.2	碳纤维	100
5.2.3	硼纤维	101
5.2.4	碳化硅纤维	101
5.2.5	无机类晶须	101
5.2.6	芳香族聚酰胺纤维	101
5.2.7	石棉纤维	102
5.3	金属基复合材料	103
5.3.1	概述	103
5.3.2	金属基复合材料性能	103
5.3.3	铝基复合材料	104
5.3.4	镁基复合材料	105
5.3.5	耐高温金属基复合材料	106
5.3.6	其他金属基复合材料	106
5.4	无机非金属基复合材料	107
5.4.1	陶瓷基复合材料及其应用	107
5.4.2	水泥基复合材料及其应用	108
5.5	聚合物基复合材料	108
5.6	碳/碳复合材料	110
	思考题	110
	参考文献	111
第6章	半导体和电介质材料	112
6.1	半导体材料	112
6.1.1	能带理论	112
6.1.2	半导体材料	113
6.2	铁电、压电、热释电和介电材料	117
6.2.1	铁电材料	117
6.2.2	压电材料	118
6.2.3	热释电材料	119
6.2.4	介电材料	119
6.2.5	铁电、压电和介电材料的应用	120
	思考题	123
	参考文献	123
第7章	磁性材料	125
7.1	物质磁性的来源及其基本分类	125
7.1.1	抗磁性	126

7.1.2 顺磁性	126
7.1.3 铁磁性	126
7.1.4 反铁磁性	128
7.1.5 亚铁磁性	129
7.2 强磁性物质及其应用	129
7.2.1 软磁材料的种类、性能和应用	130
7.2.2 永磁材料的种类、性能和应用	132
7.2.3 磁记录材料的种类、性能和应用	135
7.2.4 其他磁相关应用中的新型功能材料	138
思考题	142
参考文献	142
第8章 超导材料	144
8.1 超导材料的发展历史	144
8.2 高温超导体及进展	145
8.3 超导体特性	147
8.4 超导分类	149
8.5 超导材料的应用	150
思考题	153
参考文献	153
第9章 新能源材料	156
9.1 概述	156
9.1.1 新能源材料的作用	156
9.1.2 面临的难题	156
9.2 新型二次电池	157
9.2.1 概述	157
9.2.2 Ni/MH 镍氢电池	158
9.2.3 锂离子电池	161
9.3 燃料电池	168
9.3.1 概述	168
9.3.2 燃料电池的特点	169
9.3.3 燃料电池的分类	169
9.3.4 固体氧化物燃料电池	174
9.3.5 中温固体氧化物燃料电池	175
9.3.6 燃料电池的应用前景	181
9.4 太阳能电池	181

9.4.1	光生伏特效应	181
9.4.2	硅基太阳能电池	183
9.4.3	化合物薄膜太阳能电池	184
9.4.4	染料敏化纳米晶太阳能电池	185
9.4.5	有机太阳能电池	186
思考题		186
参考文献		187
第 10 章	生物材料	188
10.1	概述	188
10.1.1	生物材料的分类	188
10.1.2	生物材料的性能	190
10.1.3	生物材料的发展趋势	193
10.2	硬组织相容性材料	194
10.2.1	医用金属材料	194
10.2.2	生物陶瓷材料	199
10.3	软组织相容性材料	203
10.3.1	人工皮肤	203
10.3.2	人工晶体	205
10.4	血液相容性材料	207
10.4.1	人工心脏	208
10.4.2	人工心脏瓣膜	209
10.4.3	人工肾脏	210
10.5	生物降解材料	211
10.5.1	生物降解支架	212
10.5.2	纳米药物载体	213
思考题		217
参考文献		217
第 11 章	环境净化材料	219
11.1	概述	219
11.2	大气污染净化材料	219
11.2.1	吸收材料	220
11.2.2	吸附材料	222
11.2.3	催化材料	226
11.3	水污染净化材料	227
11.3.1	沉淀分离材料	228

11.3.2	中和材料	231
11.3.3	氧化还原材料	231
11.3.4	膜分离材料	233
11.3.5	离子交换树脂	234
11.4	噪声污染控制材料	235
11.4.1	吸声材料	236
11.4.2	隔声材料	239
11.4.3	消声材料	241
11.4.4	阻尼降噪材料	241
11.5	电磁波屏蔽和吸收材料	243
11.5.1	电磁波屏蔽材料	243
11.5.2	电磁波吸收材料	245
	思考题	248
	参考文献	248
第 12 章	机敏材料	250
12.1	概述	250
12.2	形状记忆材料	250
12.2.1	形状记忆合金	250
12.2.2	形状记忆陶瓷	259
12.2.3	形状记忆聚合物	261
12.3	压电材料	266
12.3.1	压电晶体材料	266
12.3.2	压电陶瓷材料	268
12.3.3	压电聚合物和压电复合材料	270
12.3.4	压电材料的应用	270
12.4	电/磁流变液材料	272
12.4.1	电/磁流变液简介	272
12.4.2	电流变液	273
12.4.3	磁流变液与电磁流变液	275
12.4.4	电/磁流变液材料的应用	276
12.5	磁致伸缩材料	277
12.5.1	磁致伸缩材料简介	277
12.5.2	磁致伸缩材料的种类	279
12.5.3	磁致伸缩材料的应用	279
12.6	光纤材料	280
12.6.1	光纤材料简介	281

12.6.2	光纤材料的制备	282
12.6.3	光纤材料的应用	283
思考题		283
参考文献		284
第 13 章	超高温材料	285
13.1	超高温环境与材料	285
13.1.1	超高温环境	285
13.1.2	超高温材料	286
13.2	典型超高温材料	290
13.2.1	难熔金属及其合金	290
13.2.2	超高温陶瓷基复合材料	293
13.2.3	改性的 C/C 复合材料	296
13.3	热防护材料	301
13.3.1	金属热防护材料	301
13.3.2	轻质隔热材料	302
13.3.3	热障涂层材料	302
13.3.4	热防护梯度功能材料	305
思考题		309
参考文献		309
第 14 章	纳米材料	311
14.1	引言	311
14.2	纳米材料的发展与研究史	312
14.3	与“纳米”有关的基本概念	313
14.3.1	纳米	313
14.3.2	纳米物质	314
14.3.3	纳米结构	315
14.3.4	纳米科技	316
14.4	纳米材料的特异效应	316
14.4.1	量子尺寸效应	316
14.4.2	小尺寸效应	317
14.4.3	表面效应	317
14.4.4	宏观量子隧道效应	317
14.4.5	介电限域效应	318
14.5	纳米材料的制备方法	318
14.5.1	物理法	318

14.5.2	化学方法	318
14.6	纳米材料的应用	319
14.6.1	纳米陶瓷	319
14.6.2	碳纳米管	320
14.6.3	纳米晶金属块体材料	320
14.6.4	电子学纳米器件	320
14.6.5	纳米隐身材料	321
14.6.6	爱清洁的纳米材料	322
14.6.7	运送药物的“纳米导弹”	322
14.6.8	纳米探针	322
14.6.9	扫描隧道显微镜及其应用	323
14.6.10	纳米加工技术	324
14.6.11	利用纳米技术控制蛋白质性质	325
14.6.12	纳米刀	325
14.6.13	金纳米颗粒	326
14.6.14	纳米石墨烯	326
14.7	纳米科技的国际竞争态势	327
14.7.1	美国	327
14.7.2	日本	328
14.7.3	欧洲诸国	328
14.7.4	我国纳米技术的基本态势	329
14.8	纳米科技的崛起原因与发展前景	329
14.8.1	纳米科技的崛起原因	329
14.8.2	纳米科技的发展前景	330
	思考题	330
	参考文献	330

第 1 章 材料科学与工程综论

1.1 材料及其分类

材料是人类用于制造物品、器件、构件、机器或其他产品的那些物质。材料是物质,但不是所有物质都可以称为材料。如燃料和化学原料、工业化学品、食物和药物,一般都不算是材料。材料总是和一定的用场相联系,可由一种或若干种物质构成。同一种物质,由于制备方法或加工方法的不同,可成为用途迥异的不同类型和性质的材料。

材料是人类赖以生存和发展的物质基础,与经济发展、国防建设和人民生活密切相关。20 世纪 70 年代人们把信息、材料和能源誉为当代文明的三大支柱。80 年代以高技术群为代表的新技术革命,又把新材料、信息技术和生物技术并列为新技术革命的重要标志。

材料除了具有重要性和普遍性以外,还具有多样性。由于多种多样,分类方法也就没有一个统一标准。按照材料的物理化学属性,可分为金属材料、无机非金属材料、有机高分子材料和由不同类型材料所组成的复合材料。按照材料的用途,又分为电子材料、航空航天材料、核材料、建筑材料、能源材料、生物材料等。更常见的两种分类方法则是把材料分为结构材料与功能材料、传统材料与新型材料。

结构材料是以力学性能为基础,制造受力构件所用的一类材料。功能材料则主要是利用物质的独特物理、化学性质或生物功能等而形成的一类材料。一种材料往往既是结构材料又是功能材料,如铁、铜、铝等。结构材料对物理或化学性能也有一定要求,如光泽、热导率、抗辐照、抗腐蚀、抗氧化等。

传统材料是指那些已经成熟且在工业中已批量生产并大量应用的材料,如钢铁、水泥、塑料等。这类材料由于用量大、产值高、涉及面广,又是很多支柱产业的基础,所以又称为基础材料。新型材料(先进材料)是指那些具有优异性能和应用前景,且正在发展的一类材料。新型材料与传统材料之间并没有明显的界限。传统材料通过采用新技术,提高性能,增加附加值可以成为新型材料;新型材料发展成熟且在工业中批量生产并大量应用之后也就成为了传统材料。传统材料是发展新型材料和高技术的基础,而新型材料又往往能推动传统材料的进一步发展。

1.2 材料——人类社会进步的里程碑

众所周知,人类社会发展的若干阶段:100 万年以前进入旧石器时代;1 万年以前进入新石器时代;5000 年以前进入青铜器时代;3000 年以前进入铁器时代(我国始于公元前 9 世纪—公元前 8 世纪的西周晚期)。显然,材料是人类社会进步的里程碑。

事实上,人类从猿人发展为现代人、发展到有文字记载的文明人的历史,就是一部材料和技术的演变史。我国是一个文明古国,中华民族在材料的开发应用方面也谱写了世界史中的光辉篇章。丝绸之路闻名世界,至今为人称道,它就是把中华民族发现、发展的丝绸材料和制品推向世界的见证。相传 5000 年前黄帝时便发明了养蚕造丝。比丝绸更早,在史前文化中便有了陶器的制作,并逐渐发展为世界闻名的中国瓷器文化。我国的青铜器文化也很有名,相传蚩尤就曾炼铜制剑。

从图 1-1 中可以看到人类人口增长、材料技术进步和人类文明发展之间的密切关系。人类从利用自然界的石块,经过炼铜、制铁,发展到制作合金材料、半导体材料和高分子材料等;技术上从用手、骨工具、陶器,到利用蒸汽机、计算机等;知识上从各种直观认识发展到自然科学和社会科学的各门学科。

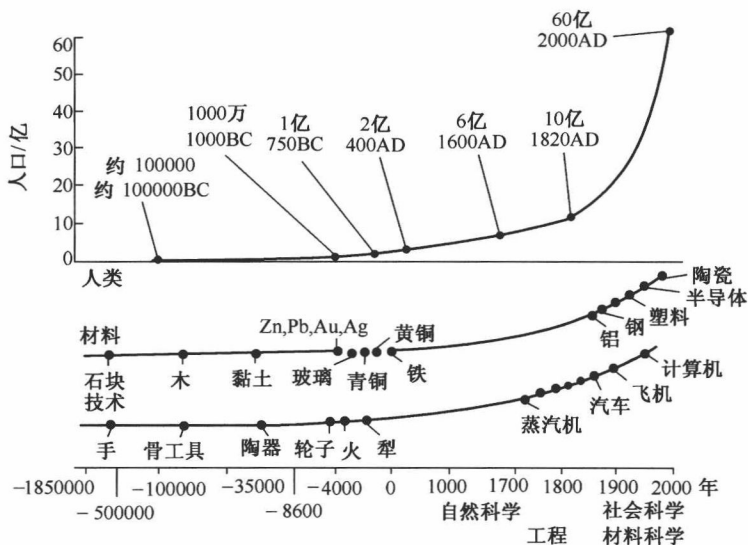


图 1-1 人类、材料和技术的演变中

纵观人类发现材料和利用材料的历史,每一种重要材料的发现和广泛利用,都会把人类支配和改造自然的能力提高到一个新水平,给社会生产力和人类生活水平带来巨大的变化,把人类的物质文明和精神文明向前推进一步。

早在 100 万年以前,人类开始用石头做工具,使人类进入旧石器时代。大约 1 万年以前,人类知道对石头进行加工,使之成为精致的器皿或工具,从而使人类进入新石器时代。在新石器时代,人类开始用皮毛遮身。8000 年前中国就开始用蚕丝做衣服,4500 年前印度人开始种植棉花,这些都标志着人类使用材料促进文明进步。

大约在 8000 年~9000 年前,人类还处于新石器时代,就发明了用黏土成型,再火烧固化而成为陶器(有考古学家证明陶器技术还略早于新石器时代)。历史上虽无陶器时代的名称,但其对人类文明的贡献却不可估量。史学家认为陶器是人类文明史前最重大的发明创造之一。

陶器被誉为“土水火的文明结晶”,是人类在进化历程的早期,用自然界中已有的物质“水”调和自然界中已有的物质“土”,再以火烧相结合创造出来的自然界中没有的人工制

品。经过火的焙烧,泥土发生陶化,改变了属性,可以盛水、烧水、煮饭、蒸饭。蒸煮食物时,水在常压下 100℃ 是相变点,沸腾而保持恒温,食物的营养成分不但不被破坏,而且更易于消化吸收。人类的饮食生活习性由烧烤发展为蒸煮,由食肉为主发展为食草为主。这样,人类就不必为生存获得食物去打猎,去和那些体能比我们人类大得多的飞禽猛兽战斗,生存状况彻底改观。

人类学会用火制陶,是第一次改变物质的自然属性的伟大尝试! 制陶改变了人与自然的关系,催发了人类改造自然和利用自然的聪明才智,加快了人类走向文明的进程,并催发了此后的一系列发明创造。陶器可以盛装食物,由此促进了从采集到原始农业的发展;储存食物又使人们得以定居,建筑也开始出现,并有条件驯化动物,形成原始畜牧业;用火制陶开拓了冶炼领域,为此后青铜时代、铁器时代开辟了道路;而且陶器帮助人们创造了食品发酵的滥觞,为发酵及酿酒的出现奠定了条件等。

古代华夏称为“礼仪之邦”,所谓“礼以酒成”,无酒不成礼。“礼(禮)”字的本意就是以“酒(醴)”举行的仪式。古代社交礼仪中伴有饮酒礼,所以有学者把肇始于龙山时代、兴盛于夏商时代的礼制概括为“酒礼”。有酒则必有酒器,酒器是礼仪制度的重要载体。黑陶和白陶质地高雅、尊贵,一般不做日用,而成为最初的礼器,也是青铜礼器的先驱。礼器是中华古代文明的重要标志,而外观和质料独特的白陶礼器和黑陶礼器,则是华夏礼制文明起源的最初物质表现。

用火使泥土陶化烧成陶器,必须烧够“火候”。低于陶化温度,泥土不能陶化,只能得到“硬化土”的泥器;保温时间不足,不能完全陶化,得到的则是“夹生陶”。无论是公元前 4800 年—公元前 2900 年仰韶文化的彩陶、公元前 5000 年—公元前 4000 年河姆渡文化的黑陶,还是公元前 4400 年—公元前 3300 年大溪文化的白陶和薄胎彩陶,都是完全陶化的质地非常好的陶器,既不是硬化土的泥器,也不是没有烧透的夹生陶。说明在那个时代,我们的先民们已经掌握了烧制陶器的两个基本技术要素。而这样的基本技术要素——温度和时间,一个属于热力学范畴,一个属于动力学范畴,到今天仍然是材料科学与工程中必不可少的两个基本要素。

史前时代最早的技术装备之一,是由陶钧和陶窑复合成的制陶装备。陶钧和陶窑是人类最早突破手持工具的技术装备,使人类社会生产力实现飞跃。

陶窑由燃烧室(火膛)和加热室(窑室)两大部分组成,不仅妥善地解决了燃烧技术和加热技术问题,还可以合理调节火室和窑室进气,得到氧化或还原性气氛,分别烧成红陶或灰陶。显然,陶窑烧制的火控技术已经达到了炉火纯青的地步。

为了获得不同性能的陶器,发明的“料土”配制和预处理技术,先进、科学、合理。比如,制造钵釜鼎鬲等炊煮陶器,要求陶器能经受火的反复炙烧而不炸不裂,则在泥土中掺入沙粒配制成夹砂陶;为了控制泥坯的变形或皴裂而加进不同比例的其他原料;追求造型细致美观,兼有摆设作用的装盛类容器,则采用淘洗对泥土进行净化预处理;……通过陶土成分配比调控陶器性能,不仅为青铜等金属材料冶炼、掌握“金有六齐”的生产技能和理性知识奠定了基础,也是现代材料学的核心内容。

显然,现代世界的科学技术很多都是从陶器这最“土”、最“简陋”的原始发明起源的! 陶器技术是冶金技术里火控技术、造型技术、铸造技术的基础。陶器的制作方法、装备,为青铜器制作奠定了技术基础。事实上,青铜器正是采用“陶范”铸造出来的。绝大多数青