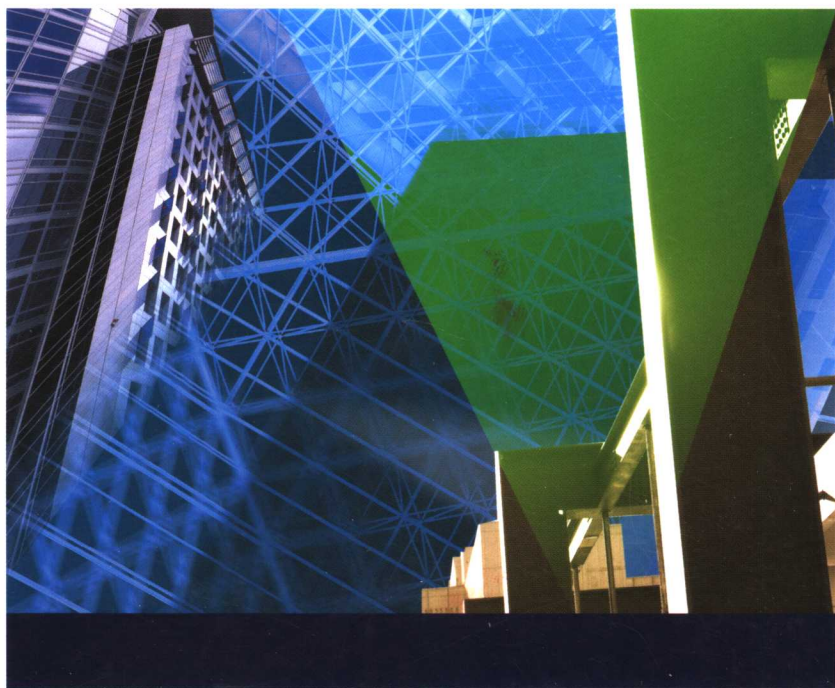


徐 瑛 陈友治 吴力立 编著

建筑材料化学



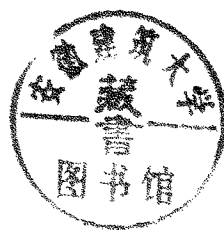
Chemical Industry Press



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

建筑材料化学

徐 瑛 陈友治 吴力立 编著



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料化学/徐瑛, 陈友治, 吴力立编著. —北京:
化学工业出版社, 2005. 4
ISBN 7-5025-6849-2

I. 建… II. ①徐…②陈…③吴… III. 建筑材料-应用
化学 IV. TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 027651 号

建筑材料化学

徐瑛 陈友治 吴力立 编著
责任编辑: 窦 臻 杜春阳
责任校对: 洪雅姝
封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市昌平振南印刷厂印刷
三河市延风装订厂装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20¼ 字数 499 千字
2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6849-2/TU·89
定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

在人类文明社会发展的进程中，无不以建筑工程为先导。建筑业是国民经济的一个重要组成部分。建筑材料是大千世界一切建筑的物质基础。建筑业的发展促进了建筑材料的发展，而建筑材料的生产、加工、选择与使用及其相关研究都与化学息息相关。

化学与建筑材料密切结合，形成一门独立的学科——建筑材料化学，其作为化学与建筑材料间的桥梁，是建筑材料发展的必然趋势。

《建筑材料化学》一书介绍了与专业结合紧密的、既有一定普遍性又有明显针对性的化学基本理论和基本知识，以化学的观点观察物质的变化，分析和解决建筑材料的生产、选择、加工、使用和研究等实践中所涉及的一些问题，为从事建筑类专业的科技人员打下良好的化学基础。本书着重介绍了钢材和铝合金等金属材料、建筑石膏、建筑石灰、水泥、混凝土、建筑玻璃、建筑陶瓷、无机新型墙体材料、建筑塑料、建筑涂料、建筑防水材料、化学灌浆材料、聚合物混凝土、建筑胶黏剂等建筑材料的化学组成、内部结构、性能、腐蚀与防护及其相互关系，并注重反映与现代建筑类工程技术有关新型建筑材料及其发展。化学为人类提供了源源不断的新型材料，化学建材产品已进入千家万户，而社会的进步与建筑业的发展、环境保护与节能降耗又对建筑材料提出了更高、更多的要求。大力开发高强、轻质、多功能、节能、无污染、有利于环境保护和人体健康的新型建筑材料，对我国国民经济的发展有着极其重要的现实意义。本书从建筑材料与环境保护、建筑材料行业的环境污染与防治、建材的绿色化和固体废弃物的综合利用四个方面较为详细地论述了绿色建材与建材绿色化，指出了国内外建筑材料发展的现状，展望了化学建材的发展前景。

本书既可供从事建筑材料、土木工程、化工和相关专业科技人员使用，也可作为高等学校建筑材料、建筑工程类相关专业学生的教材，是相关专业的研究人员、大专院校师生有价值的参考资料。

本书第1章、第2章、第3章和第5章5.1节、5.2节由徐瑛编写，第5章5.3节由吴力立和徐瑛编写，第4章4.1节、第6章、第7章由陈友治编写，第4章4.2~4.8节由吴力立编写。全书由徐瑛负责统稿。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免出现某些缺点和错误，敬请广大读者不吝赐教、批评指正。

作者

2005年2月于武汉理工大学

内 容 提 要

本书将化学的基本理论、基本知识与建筑材料的生产、选择、加工和使用有机地结合起来，着重介绍了建筑材料的化学组成、内部结构、性能、腐蚀与防护及其相互关系，论述了建筑材料行业的环境污染防治、建筑工程与环境保护等有关绿色建材与建材绿色化问题，展望了化学建材的发展前景，从而为材料的合成、使用与研究提供了科学依据。

本书既可供从事建筑材料、土木工程、化工和相关专业科技人员使用，也可作为高等学校建材、建筑类相关专业学生的教学用书。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 建筑与建筑材料的关系	1
1.1.1 建筑与建筑材料的发展	1
1.1.2 建筑物的质量与建筑材料的关系	1
1.2 建筑材料概论	2
1.2.1 建筑材料的分类	2
1.2.2 建筑材料的组成、结构与性质	4
1.2.3 现代建筑材料的发展方向	7
1.3 化学与建筑材料化学	7
1.3.1 化学	7
1.3.2 建筑材料化学	7
第2章 化学基础	9
2.1 化学反应的基本规律	9
2.1.1 化学反应中的能量规律	9
2.1.2 化学反应的方向规律和吉布斯函数变.....	11
2.1.3 化学反应进行的限度规律和化学平衡.....	15
2.1.4 化学反应速率.....	17
2.2 溶液与离子平衡.....	20
2.2.1 稀溶液的依数性.....	21
2.2.2 可溶电解质和单相离子平衡.....	24
2.2.3 难溶电解质和多相离子平衡.....	29
2.3 表面与胶体化学.....	32
2.3.1 表面张力.....	32
2.3.2 表面现象.....	32
2.3.3 表面活性剂.....	35
2.3.4 胶体.....	39
第3章 传统建筑材料化学	44
3.1 金属材料化学概论.....	44
3.1.1 金属的化学性质.....	44
3.1.2 合金.....	45
3.2 建筑钢材与铝合金.....	47
3.2.1 建筑钢材.....	47
3.2.2 铝和铝合金.....	52
3.3 无机非金属材料化学概论.....	54

3.3.1 无机非金属建筑材料的组成	54
3.3.2 SiO_2 和硅酸盐的结构与性能	55
3.3.3 无机建筑材料基本化学反应	60
3.4 气硬性胶凝材料	62
3.4.1 建筑石膏	62
3.4.2 建筑石灰	65
3.4.3 其他气硬性胶凝材料	70
3.5 水泥	72
3.5.1 水泥概述	72
3.5.2 硅酸盐水泥的生产工艺和烧成反应	73
3.5.3 微量氧化物对熟料煅烧和质量的影响	80
3.5.4 硅酸盐水泥熟料的矿物组成及结构特征	81
3.5.5 硅酸盐水泥的水化硬化	83
3.5.6 水泥混合材料及掺混合材料的硅酸盐水泥	92
3.5.7 特性水泥和专用水泥	93
3.6 混凝土	97
3.6.1 混凝土的一般概念	97
3.6.2 混凝土外加剂	98
3.7 建筑玻璃和陶瓷	105
3.7.1 建筑玻璃	105
3.7.2 建筑陶瓷	109
第4章 新型建筑材料化学	116
4.1 无机新型墙体材料	116
4.1.1 概述	116
4.1.2 绿色墙体材料的发展	118
4.1.3 新型墙体材料综合评价的技术指标	119
4.1.4 砌块	120
4.1.5 加气混凝土制品	124
4.1.6 非黏土砖	128
4.1.7 板材	133
4.2 新型高分子建筑材料	136
4.2.1 高分子科学与材料基础	136
4.2.2 高分子科学的基本概念和术语	136
4.2.3 聚合反应和高分子反应	139
4.2.4 高分子材料的概念	139
4.2.5 高分子建筑材料(化学建材)的发展	140
4.3 建筑塑料	141
4.3.1 建筑塑料概论	141
4.3.2 建筑塑料制品	147
4.4 建筑涂料	151

4.4.1	建筑涂料的组成	151
4.4.2	建筑涂料的种类	152
4.4.3	有机溶剂型建筑涂料	152
4.4.4	水性建筑涂料	155
4.4.5	建筑涂料的发展趋势	160
4.5	建筑防水材料	161
4.5.1	防水材料的基本成分	161
4.5.2	建筑防水卷材	163
4.5.3	防水涂料	165
4.5.4	建筑密封材料	168
4.6	化学灌浆材料	169
4.6.1	丙烯酸酯类灌浆材料	170
4.6.2	聚氨酯类灌浆材料	171
4.6.3	丙烯酸盐类灌浆材料	174
4.6.4	环氧树脂灌浆材料	175
4.6.5	铬木质素灌浆材料	176
4.7	聚合物混凝土	177
4.7.1	聚合物浸渍混凝土 (PIC)	177
4.7.2	聚合物水泥混凝土 (砂浆) (PCC)	179
4.7.3	聚合物混凝土 (砂浆)	182
4.8	建筑胶黏剂	185
4.8.1	建筑胶黏剂概论	185
4.8.2	常用建筑胶黏剂	187
第5章	建筑材料的腐蚀与防护	202
5.1	金属材料的腐蚀与防护	202
5.1.1	金属腐蚀的定义	202
5.1.2	金属腐蚀的类型	203
5.1.3	电化学基本原理	205
5.1.4	电化学腐蚀	213
5.1.5	金属材料的防护	215
5.1.6	电化学腐蚀的利用	222
5.2	无机非金属材料的腐蚀与防护	223
5.2.1	无机非金属材料腐蚀及其一般性机理	223
5.2.2	水泥基材料的腐蚀与防护	224
5.2.3	玻璃的化学稳定性	230
5.2.4	陶瓷的耐化学腐蚀性能	233
5.3	高分子材料的老化与防护	234
5.3.1	高分子材料的老化	234
5.3.2	建筑高分子材料的老化与腐蚀	243
5.3.3	高分子材料的防老化	248

5.3.4 建筑高分子材料的防老化体系	256
第6章 绿色建材与建材绿色化	258
6.1 建材与环境保护	258
6.1.1 建筑工业对环境的影响	258
6.1.2 恶劣的环境反作用于建筑物	259
6.1.3 小结	260
6.2 建材工业的污染与防治	260
6.2.1 建筑材料对环境的污染及治理	260
6.2.2 合理利用工业废弃物	261
6.2.3 多功能建筑材料利用	262
6.3 建材的绿色化	263
6.3.1 绿色建材在国内外的的发展	263
6.3.2 绿色建材	264
6.4 固体废弃物的综合利用	271
6.4.1 固体废弃物资源化技术发展态势	271
6.4.2 固体废弃物资源化发展现状	273
6.4.3 废弃物复合材料	276
6.4.4 固体废弃物资源化的一种新思路——仿生群乐体	277
6.4.5 生命周期评价 (LCA) 用于固体废弃物管理	279
第7章 化学建材的发展前景	281
7.1 化学建材的应用	281
7.1.1 我国化学建材的发展历程	281
7.1.2 化学建材的环境问题	281
7.1.3 化学建材的环保实例分析	282
7.1.4 非金属矿物材料在化学建材中的应用	284
7.2 化学建材的现状	288
7.2.1 国外化学建材的现状	288
7.2.2 国内化学建材的现状	289
7.3 化学建材的发展前景	290
7.3.1 国外化学建材趋势	291
7.3.2 我国目前发展趋势	291
附录 常用化学数据	304
附表1 一些物质的标准摩尔生成焓、标准摩尔吉布斯函数和 标准摩尔熵 (298.15K, 100kPa)(按元素周期表编排)	304
附表2 常见弱酸或弱碱的解离常数 (298.15K)	308
附表3 常见配离子的稳定常数 (298.15K)	308
附表4 常见难溶电解质的溶度积 (298.15K)	308
附表5 常见氧化还原电对的标准电极电势 (298.15K)	308
主要参考文献	310

第 1 章 绪 论

1.1 建筑与建筑材料的关系

1.1.1 建筑与建筑材料的发展

建筑是人类生活生产的场所，与人类社会的存在和发展息息相关。建筑材料是指在建筑工程中所使用的各种材料及其制品的总称，它是大千世界一切建筑的物质基础。建筑材料是伴随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。

人类的早期，由于生产力和生产技术的制约，一般是利用自然界存在的草、木、石、土、冰及兽皮等为材料，伐木为棚和凿石为洞作为居住的场所。随着人类社会生产力的发展，人类活动范围的增大，促进了建筑的发展，人类能够用黏土烘制砖瓦，用岩石烧制石灰、石膏之后，建筑材料才由天然采料进入了人工生产的阶段，为较大规模建造房屋创造了基本条件。至今世界上仍然保留着许多经典的古建筑，如中国长城、故宫，埃及金字塔以及欧亚洲建造的古教堂、古寺庙、古桥梁等，他们均显示了古代建筑的辉煌成就。

18~19 世纪，资本主义兴起，工业革命促进了商业及交通运输业的蓬勃发展，原有的建筑材料不能与此相适应。在其他的科学技术进步的推动下，钢材、水泥混凝土相继问世，才使人类的建筑活动超越出几千年来所受土、木、砖、石的限制，为现代建筑奠定了基础。

进入 20 世纪后，由于社会生产力突飞猛进，主要建筑材料的生产逐一实现了工业化，并逐渐形成了一门独立的学科——材料科学。随着第三次科技革命的到来和材料科学与工程学的发展，建筑材料不仅性能和功能不断改善，而且品种不断增加，产生了许多具有特殊功能的新型材料，如绝热材料、吸声材料以及最新的纳米级材料。新型建筑材料的诞生推动了建筑结构设计和施工工艺的变化，而新的建筑结构设计和施工工艺又对建筑材料品种和质量提出了更高和多样化的要求。

在人类文明社会发展的进程中，无不以建筑工程为先导。建筑业的发展不断促进建筑材料工业的发展，而建筑材料工业的发展又将推进和影响建筑业及国家经济建设的发展。即使在当今一些发达国家，建筑业依然长盛不衰。建筑关系到人类活动非常广泛的领域，涉及人们的生活、生产、教育、医疗、宗教等诸多方面，因此，无论是对个人还是社会，建筑都具有重要的意义。

1.1.2 建筑物的质量与建筑材料的关系

建筑材料直接关系到建筑物的结构形式、建筑质量和建筑造价，影响着城乡建设面貌的变化和人民居住条件的改善。建筑材料的品种、数量、规格、质量以及外观、色彩等都在很大程度上决定着建筑物的质量和功能，影响着建筑物的安全性、适用性、艺术性、耐久性。建造质量良好的建筑物是建筑技术工作者的重要职责。质量良好的建筑物应满足以下 4 个方

面的要求。

1.1.2.1 安全方面

建筑物要有足够的安全性,这就需要建筑材料具备足够的强度和抵抗变形的能力,能够安全地承受各种设计荷载。

1.1.2.2 适用方面

建筑物在使用方面要满足舒适方便的要求,给人们提供良好的生产、工作和生活的环境,这就需要有如隔热、保温、隔声、防水、抗菌等优良性能的建筑材料。

1.1.2.3 美观方面

要美化建筑物的艺术形象,就需要有各种绚丽多彩的装饰材料。

1.1.2.4 耐久与经济方面

“百年大计,质量第一”,这充分体现了对建筑物耐久性的要求,即建筑物应具有抵抗地震、台风、洪水等自然灾害、火灾等人为灾害以及环境污染与腐蚀等作用的能力。这就要求所选用的建筑材料具有良好的耐久性。耐久性与经济性又是统一的。提高材料的耐久性,对节约建筑材料、保证建筑物长期正常使用、减少维修费用、延长建筑物使用寿命等都是十分重要。

综上所述,质量良好的建筑物首先取决于所用建筑材料的质量,建筑材料在建筑工程中占有极重要的地位。建筑工程中许多技术问题的突破和创新,常有赖于建筑材料的创新与发展。新的建筑材料的出现,又将促进结构设计及施工技术的革新。建筑生产活动中建筑材料不但使用量大、面广、规格多,且经济性很强,直接影响建筑工程造价。一般建筑的总造价中材料费用占一半以上,且呈上升趋势。因此了解或掌握建筑材料的性能,按照建筑物及使用环境条件对建筑材料的要求,正确合理地选用建筑材料,充分发挥每一种材料的长处,做到材尽其能,物尽其用,并采取正确的运输、存贮与施工方法,这对节约材料、降低工程造价、提高建筑物的质量与使用功能、增加建筑物的使用寿命及建筑物的艺术性等,有着十分重要的作用。没有建筑材料,就没有古代文明;没有建筑材料的发展,就没有现代文明的发展。

1.2 建筑材料概论

1.2.1 建筑材料的分类

建筑材料的使用,在人类发展的历史上源远流长,经过人类几千年的研究、开发和利用,现在已经是种类繁多,琳琅满目,可以根据不同的原则进行分类。如按材料来源可分为天然材料和人造材料;按使用部位可分为承重材料、屋面材料、墙体材料、地面材料及吊顶材料等;按建筑功能可分为结构材料、装饰材料、防水材料、绝热材料和吸声材料等;最常见是按建筑材料的化学成分将其分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,其中无机材料又分为金属材料 and 无机非金属材料两大类,如表 1-1 所示。

1.2.1.1 金属材料

在建筑中,广泛应用各种金属材料,比如钢、铁、铝、铜等。金属又分为黑色金属和有色金属两大类。黑色金属通常包括铁、锰、铬以及它们的合金,主要有铁和各种钢,是应用最广的金属结构材料。有色金属是指除黑色金属外的所有其他金属以及合金,如铜及铜合金等。

表 1-1 建筑材料的类型

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属 有色金属	铁、碳钢、合金钢、不锈钢等 铝、铜、铝合金等
	非金属材料	天然石材 烧土制品 胶凝材料及制品 玻璃 无机纤维材料	砂、石及石材制品 黏土砖、瓦、陶瓷制品等 石灰、石膏及制品、水泥及混凝土制品等 普通平板玻璃、特种玻璃等 玻璃纤维、矿物棉等
有机材料	植物材料 沥青材料 合成高分子材料		木材、竹材、植物纤维及制品等 煤沥青、石油沥青及制品 塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶等
复合材料	有机与无机非金属材料复合 金属与无机非金属材料复合 金属与有机材料复合		聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等 钢筋混凝土、碳纤维混凝土等 PVC 钢板、有机涂料铝合金板等

在众多的金属材料中，建筑上用途最广的金属材料是钢材。钢材作为具有承受负荷能力的结构材料主要用于钢筋混凝土和钢结构。钢材虽具有强度高、塑性好、可加工性强、质量均匀、性能可靠等优点，但钢材易生锈、维护费用高、耐火性能差等不足之处，在使用时必须予以重视。钢铁的腐蚀一直是材料化学者的一个重要研究课题。

在建筑材料中，除了钢铁以外，使用广泛的还有轻金属材料——铝材。铝在自然界中分布较广，地壳中含量高达 8.13%，仅次于氧和硅。纯铝比较软，不能满足建筑工程中的许多要求，人们在铝中加入 Cu、Mg、Zn、Si 等形成铝合金，以提高其机械性能。

1.2.1.2 无机非金属材料

无机非金属材料原料来源丰富，成本低廉。从使用天然原料发展到使用专门生产的化工原料；除石膏、石灰、水泥、混凝土、玻璃、砖瓦、陶瓷、耐火材料外，还研究出了微晶玻璃、防火玻璃、抗菌玻璃、氧化物陶瓷、非氧化物陶瓷、抗菌陶瓷等具有特殊功能的新型材料。无机非金属材料的应用范围不断扩展，已从建筑及日常生活领域发展到冶金、化工、航天、交通能源、医药、光学、电子、新闻、情报技术等众多领域，在建筑工程上使用最为广泛。

胶凝材料又称胶结材料，即在物理、化学作用下，它能从浆体变成坚固的石状体，并能胶结其他物料，形成具有一定机械强度的物质。胶凝材料包括无机胶凝材料与有机胶凝材料，其中无机胶凝材料是建筑工程中不可缺少的结构材料。按照硬化条件，胶凝材料可分为气硬性胶凝材料和水硬性胶凝材料两类。气硬性胶凝材料只能在空气中硬化，也只能在空气中保持或继续提高其强度，如石灰、石膏、菱苦土和水玻璃等。这类材料一般只适用于地上或干燥环境中，而不宜用于潮湿环境中，更不可用于水中。水硬性胶凝材料不仅能在空气中硬化，而且在水中能更好地硬化，保持并继续提高其强度。水泥是典型的水硬性胶凝材料，既适用于地上，也适用于地下或水中工程。

玻璃的透明度好，机械强度高，热导率小、耐久性好，采用多种成型和加工方法可制成形态多变、颜色各异、大小不同的玻璃制品，各种独特功能的玻璃如微晶玻璃、防火玻璃、隔音玻璃、光致变色玻璃、自洁净玻璃、抗菌玻璃等纷纷问世，兴旺了玻璃家族，从而扩大了其使用范围，可广泛应用于建筑、轻工、交通、医药、化工、电子、通信、航空等各个领域。现代建筑中，玻璃不仅是采光材料，而且已成为现代建筑工程中重要的装饰材料之一。

烧土制品是以黏土为主要原料，经成型及焙烧所得的黏土砖（如烧结普通砖、黏土空心砖、地砖、绝热砖、耐火砖及耐酸砖）、瓦、陶瓷制品等。广义陶瓷是指以天然或人工合成的无机非金属材料为原料，经过成型和高温烧结而制成的无机多晶材料和制品，可分为普通陶瓷和特种陶瓷。建筑陶瓷是指用于建筑饰面或作为建筑构件的陶瓷制品，属于普通陶瓷，主要品种有内外墙贴面砖、地砖、陶瓷锦砖及室内外卫生用陶瓷等。

1.2.1.3 有机材料

有机材料包括植物材料、沥青材料和合成高分子材料。高分子材料一般是指相对分子质量在 10^4 以上、分子长度在 100nm 以上的有机化合物制成的材料。高分子材料又可分为天然高分子材料（如棉、毛、蚕丝等）和合成高分子材料（塑料、橡胶、化学纤维及某些胶黏剂、涂料等）。通常所说的高分子材料是指合成高分子材料。

合成高分子材料具有许多优异的性能，如质轻、比强度大、高弹性、透明、耐热、耐寒、电绝缘、耐辐射、耐化学腐蚀等，其应用已渗入到宇航、国防、计算机、机电、建材、化工、通讯、运输、农业、轻纺、医药等众多领域和人类生活的各个方面。作为建筑材料，始于 20 世纪 50 年代，经过半个多世纪的发展，现在已成为水泥、木材、钢材之后的一种重要建筑材料，比如，世界上建筑材料用量中 11% 以上是建筑塑料。

塑料是以合成树脂为主要组成成分，添加某些助剂和必要的其他辅助材料，在一定的温度和压力下制成各种形状，且在常温常压下能保持其形状不变的有机合成高分子材料。其中用于建筑工程的塑料即称建筑塑料。

大多数建筑涂料是一种高分子材料，主要起装饰和保护作用，在建筑业中应用越来越广。由于建筑涂料直接关系到人类的健康和生存环境，随着人们环保意识的逐渐增强，建筑涂料将向环保型、低毒型方向发展，近年来，生态建筑涂料、抗菌涂料的研究备受人们关注。

石油沥青是由许多高分子碳氢化合物及其非金属（主要为氧、硫、氮等）衍生物组成的黑色或褐色固体、半固体或液体的混合物，属于有机胶凝材料，与矿质混合料有着非常好的黏结能力，是道路工程中重要的筑路材料；同时由于其结构致密，几乎完全不溶于水和不吸水，因此广泛用作建筑工程中的防水、防潮和防渗材料。

1.2.1.4 复合材料

复合材料是指由两种或两种以上物理和化学性质不同的物质组合而成的一种多相材料，可分为有机与金属材料复合的材料（如 PVC 钢板、有机涂层铝合金板等）、金属与无机非金属材料复合的材料（如钢筋混凝土、钢纤维混凝土等）、无机非金属材料与有机材料复合的材料（如玻璃钢、聚合物混凝土等）等。这类材料不仅性能优于组分中的任意一个单独材料，而且还可能具有组分单独不具有的独特性能。复合是材料改性的一个有效途径。

1.2.2 建筑材料的组成、结构与性质

为了保证建筑物能经久耐用，必须掌握建筑材料的化学性质（如耐腐蚀性、燃烧性等）、物理性质（耐水性、耐热性、保温性）和力学性质（强度、变形性等），了解材料的性质与材料的组成、结构间的关系。材料的组成和结构是决定材料的各种性质的内因，而环境因素是影响材料性质的外因。

1.2.2.1 材料的组成

材料的组成通常是指材料的化学组成或矿物组成。

(1) 化学组成 各种建筑材料都具有一定的化学成分。材料所含的化学成分及其含量的多少既影响材料的物理、力学性质,也影响材料抵抗外界侵蚀作用的化学稳定性等。当材料与外界自然环境及各类物质相接触时,它们之间必然要按照化学变化规律发生作用。如钢材的锈蚀与其主要组成铁元素有关,铁易生锈,如果炼钢时加入适量的耐蚀 Cr 元素和 Ni 元素,就可以提高钢材的防锈能力。

(2) 矿物组成 矿物是指在地质作用下各种化学成分所形成的自然单质(如金刚石、自然金等)和化合物(如方解石、石英等),一般具有相对固定的化学成分和结构特征,矿物是组成岩石和矿石的基本单元。某些建筑材料如天然石材、无机胶凝材料等,其矿物组成是决定其材料性质的主要因素,如花岗岩是由长石、石英和云母等矿物所组成的,表现出非常坚硬、耐久;水泥所含的熟料矿物不同或其含量不同,则所表现出的水泥性质就各有差异,熟料矿物中硅酸三钙含量较高时,水泥的硬化速度就较快,强度也较高。

利用材料的组成可以大致判断出材料的某些性质,如材料组分易与周围介质(酸、碱、盐等)发生化学反应,则该材料的耐腐蚀性差或较差;如材料的组分易溶于水或微溶于水(或其他溶剂),则该材料的耐水性(或耐溶剂性)很差或较差;有机材料的耐火性和耐热性较差,且多数可以燃烧;合金的强度通常高于非合金的强度等。

1.2.2.2 材料的结构

一般从宏观到微观 3 个层次来观察材料的结构与其性质的关系。

(1) 宏观结构 宏观结构亦称构造,是指材料宏观存在的状态,即用肉眼或放大镜就可分辨的毫米级组织。宏观结构的分类及主要特征如下。

① 致密结构 基本上是无空隙的材料,如钢材、玻璃、沥青、部分塑料等。这类材料强度好、吸水性小、抗渗和抗冻性好。

② 多孔结构 材料内部存在有大体均匀分布的空隙,空隙率较高,既有大孔和微孔之分,也有开孔和闭孔之分,如泡沫塑料、加气混凝土、烧结普通砖、石膏制品等。这类材料质量轻、保温性能好。

③ 纤维结构 材料内部质点排列具有方向性,其平行纤维方向与垂直纤维方向的强度和导热性等性质具有明显的方向性,即各向异性,如木材、玻璃纤维、石棉等。

④ 层状结构 采用黏结或其他方法将不同的片材或各向异性的同一片材叠合成层状的结构,其每一层的材料性质不同,但叠合后可获得平面各向同性,并能显著提高强度、硬度和保温、装饰等性能,使其具有较好的综合性能,扩大其使用范围,如胶合板、纸面石膏板以及各种夹心板等。

材料的宏观结构较易改变。

(2) 亚微观结构 亚微观结构亦称显微结构或细观结构,是指用光学显微镜所能观察到的 $10^{-6} \sim 10^{-3} \text{ m}$ 级的材料结构,如分析金属的金相组织,观察木材的木纤维、导管、髓线、树脂道等显微结构,以及观察混凝土内部的微裂缝等。

材料内部各种组织的性质是不同的,这些组织的特征、数量、分布以及界面之间的结合情况等都对建筑材料的整体性质起着重要的影响作用,因此,研究分析材料的亚微观结构有着非常重要的意义。

材料的亚微观结构相对较易改变。

(3) 微观结构 微观结构是借助电子显微镜、扫描电子显微镜和 X 射线衍射仪等手段来研究原子、分子层次上的结构,微观结构的尺寸范围为 $10^{-10} \sim 10^{-6} \text{ m}$ 。材料的许多性质

如强度、硬度、熔点、导热性、导电性等都是由材料内部的微观结构所决定的。

多数建筑材料属于固体，材料的微观结构基本上可分为晶体、玻璃体和胶体 3 类。

① 晶体 晶体结构的特征是由其内部质点（离子、原子、分子）按特定的规则在空间呈有规律的排列，因此，晶体具有以下特点：

- a. 具有特定的几何外形，这是晶体内部质点按特定规则排列的外部表现；
- b. 各向异性，这是晶体的结构特征在性能上的反映；
- c. 具有固定的熔点和化学稳定性，这是由晶体键能和质点所处最低的能量状态所决定的；
- d. 结晶接触点和晶面是晶体破坏或变形的薄弱部分。

按晶体的质点及结合键的特征，晶体又可分为原子晶体、离子晶体、分子晶体和金属晶体，如表 1-2 所示。

表 1-2 材料中晶体结构结合键及其特性

晶体结构	质 点	结合键	常见材料	主要特征
原子晶体	原子	共价键	金刚石、石英、刚玉	硬度、强度、熔点均高，密度较小
离子晶体	正、负离子	离子键	氯化钠、石膏、石灰石	硬度、强度、熔点一般较高，密度中等，常不耐水
分子晶体	分子	分子键（范德华力、氢键）	蜡及有机化合物晶体	硬度、强度、熔点较低，密度小，水溶性与分子的极性有关
金属晶体	金属原子或金属阳离子	金属键	铁、铝、铜及其合金	硬度、强度变化大、密度大

一般而言，无机非金属材料中的晶体不是单一的结合键，而是既存在共价键又存在离子键的混合键型，如方解石、长石及硅酸盐类材料等，这类材料的性质相差较大。

② 玻璃体 将熔融物急速冷却时，质点来不及作有规则的排列就凝固了，这时形成的物质结构即为玻璃体。玻璃体因内部质点排列得不规则而具有如下特点：

- a. 无固定的几何外形，所以又称为无定形体；
- b. 各向同性；
- c. 无固定的熔点，加热时只出现软化现象；
- d. 具有较高的化学活性，在一定条件下易与其他物质发生化学反应。这是因为玻璃体在凝固时质点来不及定向排列，大量的化学能未能释放出，使玻璃体具有化学不稳定性，亦即存在化学潜能，容易和其他物质反应或自行缓慢向晶体转换，如在水泥、混凝土中使用的粒化高炉矿渣、火山灰、粉煤灰等均属玻璃体，常被用作硅酸盐水泥的活性掺和料，以改善水泥性质。

材料的化学成分相同，但形成的微观结构可以不同，其性能也就大有差异。如石英、石英玻璃和硅藻土，化学成分同为 SiO_2 ，但性能各不相同。

③ 胶体 物质以极微小的质点（粒径为 $1\sim 100\text{nm}$ ）分散在介质中所形成的分散系统称为胶体。由于胶体的质点很微小，其总的表面积很大，因而表面能很大，有很强的吸附力，所以胶体具有较强的黏结力。

胶体由于脱水作用或质点的凝聚而形成凝胶，凝胶既具有固体的性质，在长期应力作用下，又具有黏性液体的流动性质。硅酸盐水泥的主要水化产物是凝胶。混凝土的徐变就是由于水泥凝胶体而产生的。

从宏观、亚微观、微观 3 个不同层次的结构上来研究建筑材料的结构对其性质的影响，

对改进与提高材料性能、创造新型材料等都有着重要意义。

1.2.3 现代建筑材料的发展方向

依靠材料科学和化学等现代科学技术的结合,人们已开发出了许多高性能和多功能的新型材料,而社会的进步、环境保护和节能降耗及建筑业的发展,又对建筑材料提出了更高、更多的要求。因而,今后一段时间内,建筑材料将向以下几个方向发展。

1.2.3.1 高性能材料

将研制轻质、高强、高耐久性、高耐火性、高抗震性、高保温性、高吸声性、优异装饰性及优异防水性的材料,这对提高建筑物的安全性、适用性、艺术性、经济性及使用寿命等有着非常重要的作用。

1.2.3.2 复合化、多功能化

利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料,这对提高建筑物的使用功能、经济性、及加快施工速度等有着十分重要的作用。

1.2.3.3 绿色化

绿色建材又称生态建材、环保建材和健康建材,它是指采用清洁生产技术,节省能源,少用天然资源,充分利用地方资源和工业废渣生产低能耗(包括材料生产能耗和建筑使用能耗)、无毒害、无污染、无放射性、有利于环境保护和人体健康的建筑材料;重视建筑材料的再生利用,以保护自然资源、保护环境、维护生态环境的平衡,这将对传统建筑材料行业中普遍存在的高投入、高能耗、高资源消耗、环境污染严重等弊端的一次革命。

我国是一个发展中的国家,建筑材料的发展必须结合国情,走出一条具有中国特色的发展建材工业的道路。今后我国房屋建筑材料发展的主要方向应当是优先发展水泥与混凝土材料,推广应用新型建筑材料,发展高分子化学建材,改造黏土砖,发展黏土空心砖,以工业废料、废渣为建筑材料资源化,并开发地方建材资源。

1.3 化学与建筑材料化学

1.3.1 化学

化学是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构、性能及其变化规律和变化过程中能量关系的学科。它是一门古老而又年轻的科学,随着科学技术的飞速发展,人们已深刻认识到化学是人类社会迫切需要的一门中心学科,与信息、生命、材料、环境、能源、地球、空间和核科学等8大朝阳科学都有着密切的联系,人们的日常生活包括衣、食、住、行、医药卫生等都离不开化学。有人说21世纪是化学的世纪,这是有道理的。21世纪的化学将在与物理学、生命科学、材料科学、环境科学、信息科学、海洋科学、航天科学的相互交叉、相互渗透、相互促进中共同发展。

1.3.2 建筑材料化学

材料是指人类利用单质或化合物的某些功能来制作物件时用的化学物质。目前传统材料有几十万种,而新合成的材料每年大约以5%的速度在增加。可以毫不夸张地说,化学是材料发展的源泉,也可以说,材料科学的发展为化学研究开辟了一个新的领域。

在如今的建材行业里，化学扮演着越来越重要的作用。其一，“秦砖汉瓦”已经逐渐被取代，在传统的钢筋、水泥、混凝土、玻璃及陶瓷等建筑材料之后，各种新型建筑材料不断涌现，化学建材产品已进入千家万户。化学建材是新兴的建筑材料，主要包括建筑塑料、建筑涂料、防水材料、隔热保温材料、混凝土外加剂和建筑黏结剂等等，在建筑工程中应用十分广泛，已经成为继木材、钢材和水泥之后的第4大类建筑材料。它不仅可以代钢代木，而且具有许多钢材、铝材、木材等所不及的性能，可以节约能源，改善居住环境和条件，提高建筑功能。如塑料窗优良的密封性、抗腐蚀性使其特别适用于寒冷的地区、沿海盐雾性气候地区的建筑物，又如塑料管不生锈，不结垢，性能与金属管相比可提高供水能力20%。其二，尽管建筑材料种类繁多，性质千差万别，功能各异，但每一种建筑材料的组成、结构、性质、合成/加工和使用效能都离不开化学。例如：钢材、铝材、水泥、混凝土、玻璃、陶瓷、建筑塑料、建筑涂料、胶黏剂、化学灌浆材料、乳化沥青等建筑材料的生产、加工、选择与使用，软土地基的电化学加固，水泥水化硬化速率的调节与控制等等都需要化学知识。其三，金属材料的腐蚀现象、非金属材料的失效现象、高分子材料的老化现象已越来越引起人们的重视，而建筑材料的腐蚀与防护与化学息息相关。其四，随着人们生活水平的提高，对营造健康卫生环境日益重视，不但在乎建筑材料对建筑物的外在装饰效果，更注重其内在质量，注重建筑材料的绿色化。这就要求当代科学技术工程人员必须将建筑材料、建筑工程、化学、环境保护有机地结合起来，开发生态功能的新型建筑材料，实现人与自然的和谐发展。

建筑材料化学是从化学角度出发，研究建筑材料的组成 (composition)、结构 (structure) 与性质 (properties) 及其相互关系，从而为材料的合成/加工 (synthesis/processing) 与使用效能 (performance) 提供科学依据。为此，本书首先需要介绍与建筑材料、建筑工程密切相关的化学反应的一般规律 (包含化学热力学和化学动力学的基本知识)、溶液化学以及表面与胶体化学等基础知识，然后分别讨论传统建筑材料化学、新型建筑材料化学以及建筑材料的腐蚀与防护，接着，提出建筑材料行业的环境污染、建筑工程与环境保护等有关绿色建材与建材绿色化问题，最后展望化学建材的发展前景。建筑材料化学运用化学基本理论和基本知识解决建筑材料和建筑工程技术中可能遇到的化学实际问题，是建立在建筑材料和化学之间的桥梁学科，她将在化学、建筑材料科学、环境科学、工程技术等相互交叉、相互渗透、相互促进中得到进一步发展！