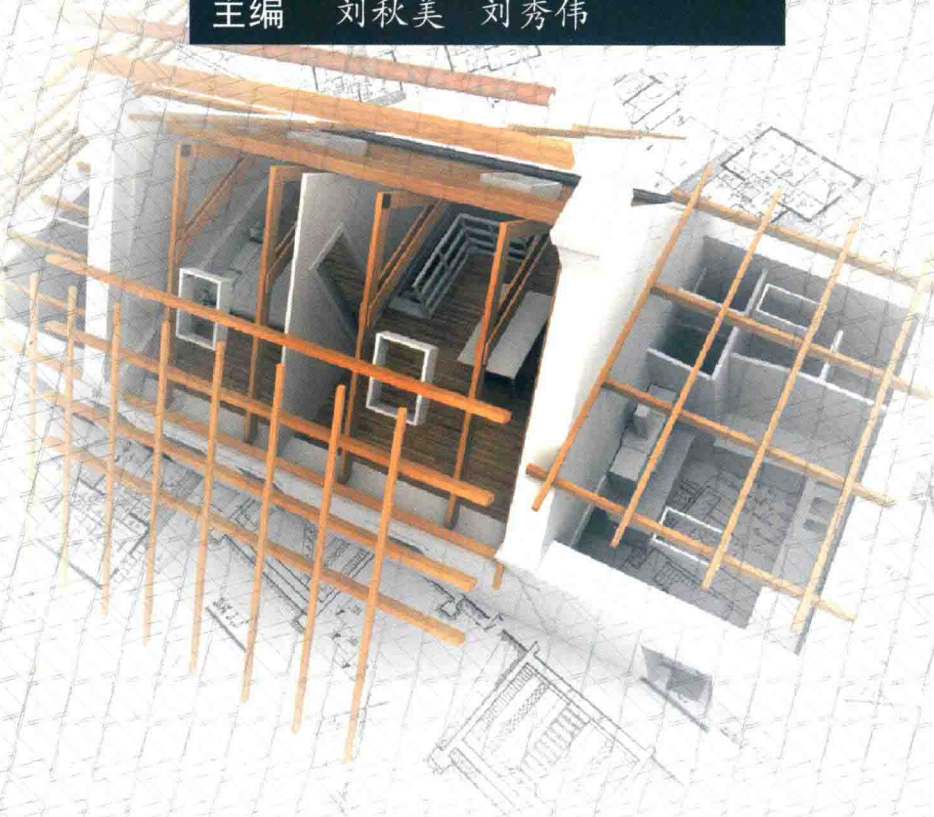


面向21世纪课程教材
高等教育土木工程专业教材

土木工程材料

主编 刘秋美 刘秀伟



非外借



西南交通大学出版社

面向 21 世纪课程教材
高等教育土木工程专业教材

土木工程材料

主 编 刘秋美 刘秀伟

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内容简介

本书为高等学校土木工程专业规划教材,全书分为上、下两篇,共有 15 章。上篇主要介绍土木工程材料的基本组成、技术性能和质量要求、混合料的组成设计方法,并对实际工程中出现的事故和案例进行分析。内容包括绪论、土木工程材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料与屋面材料、金属材料、沥青、合成高分子材料、建筑功能材料。下篇为土木工程材料试验方法,围绕混凝土组成设计编写了原材料的试验检测方法和混凝土的综合性能试验方法。为了方便教学,在各章附有适量的练习题,学生可以通过扫二维码在手机里完成习题。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料 / 刘秋美, 刘秀伟主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2019.1
高等教育土木工程专业教材 面向 21 世纪课程教材
ISBN 978-7-5643-6770-1

I. ①土… II. ①刘… ②刘… III. ①土木工程—建
筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 026996 号

高等教育土木工程专业教材
面向 21 世纪课程教材
土木工程材料

主 编 / 刘秋美 刘秀伟

责任编辑 / 姜锡伟

助理编辑 / 王同晓

封面设计 / 原谋书装

西南交通大学出版社出版发行
(四川省成都市二环路北一段 111 号西南交通大学创新大厦 21 楼 610031)
发行部电话: 028-87600564 028-87600533
网址: <http://www.xnjdcbs.com>
印刷: 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 19.5 字数 484 千
版次 2019 年 1 月第 1 版
印次 2019 年 1 月第 1 次

书号 ISBN 978-7-5643-6770-1
定价 42.00 元

课件咨询电话: 028-87600533
图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本书是按照高等学校土木工程本科指导性专业技术规范要求,以全国高等学校土木工程专业教学指导委员会制定的“土木工程材料教学大纲”为依据,并吸收了国内外土木工程材料领域的最新成果,借鉴了同类教材的优点,参考国家、行业现行标准、规范和规程编写,同时编者在总结多年的教学经验的基础上,注重先进性、实用性和系统性,着重培养学生分析与解决实际问题的能力。

本书在内容上力求体现新标准、新规范和新成果,囊括土木工程所涉及的各大类材料,在介绍常规土木工程材料的基本概念(均有英文注释)、基本理论、基本方法和试验技能的基础上,引入相应的工程实例分析,引导学生理论联系实际,培养分析解决实际问题的能力。每章均设有学习内容与目标,重点与难点;每章均设有例题,通过典型例题的讲解、分析,加强学生对所学内容的理解;每章均设有复习与思考,练习题,学生通过扫描二维码就可以在手机里练习,帮助学生及时消化所学的内容。

本书内容分为上篇基础理论和下篇土木工程材料试验方法,将试验作为重要组成部分,联系工程实际,并将试验分为五章,较完整地包含混凝土配合比组成设计,以实现高等学校土木工程本科指导性专业规范提出的通过实践教育,培养学生实践技能、创新创业和工程设计的初步能力。

本书依据高等学校土木工程本科指导下专业规范及行业最新标准、规范进行编写。内容精练、要点突出,既有较为完整的理论,又注重工程实用性,且具有较宽的专业适应面,可作为高等学校土木工程、水利工程、环境工程、建筑学、城市规划、道路与桥梁、交通工程、工程管理等其他相关专业的教学用书,也可作为从事土木工程勘测、设计、施工、科研和管理工作的专业人员的参考用书。

本书由刘秋美(贵州理工学院土木工程学院)、刘秀伟(贵州理工学院土木工程学院)主编,段莉(贵州理工学院土木工程学院)、曹文泽(贵州理工学院土木工程学院)、宋链(重庆文理学院建筑工程学院)副主编。具体分工:第1章、第2章、第9章由曹文泽编写;第4章、第5章、第6章由段莉编写;绪论由宋链编写;第3章、第8章、第10章由刘秀伟编写;第7章、第11章、第12章、第13章、第14章、第15章,全书的英文注释、复习题与思考题、练习题由刘秋美编写并负责全书统稿。

本教材主要参考文献都附列于书末,在此谨向原作者表示感谢。

近年来新理论、新材料和新工艺不断涌现,各行业技术标准更新快且不完全一致,再且限于时间仓促和编者水平有限,难免存在缺点和不足之处,谨请使用本书的教师与读者批评指正。

编 者

2018年11月

目 录

绪 论	1
第 1 章 土木工程材料的基本性质	7
1.1 材料的组成和结构	7
1.2 材料的基本物理性质	10
1.3 材料与水相关的性质	15
1.4 材料的力学性质	19
1.5 材料的热工性质	22
1.6 材料的耐久性	23
第 2 章 气硬性胶凝材料	27
2.1 石灰	27
2.2 石膏	33
2.3 水玻璃	36
第 3 章 水 泥	39
3.1 硅酸盐水泥	40
3.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	50
3.3 特性水泥和专用水泥	57
第 4 章 混凝土	64
4.1 概述	64
4.2 普通混凝土的组成材料	67
4.3 普通混凝土的主要性能	83
4.4 混凝土质量控制与强度评定	102
4.5 普通混凝土配合比设计	105
4.6 其他品种混凝土	113
第 5 章 建筑砂浆	119
5.1 砌筑砂浆	120
5.2 抹面砂浆	128
5.3 特种砂浆	130

第 6 章	墙体材料和屋面材料	132
6.1	墙体材料	132
6.2	屋面材料	150
第 7 章	金属材料	157
7.1	建筑钢材	157
7.2	建筑钢材的主要技术性能	160
7.3	建筑钢材的标准与选用	166
7.4	铝合金及其制品	183
第 8 章	沥 青	189
8.1	石油沥青	189
8.2	其他沥青	199
8.3	沥青混合料	203
8.4	沥青混合料的技术性质	206
8.5	热拌沥青混合料的组成设计	212
第 9 章	合成高分子材料	233
9.1	合成高分子材料的分子特征和性能特点	234
9.2	高分子材料在土木工程中的应用	236
第 10 章	建筑功能材料	244
10.1	建筑防水材料	244
10.2	绝热材料	250
10.3	吸声隔声材料	253
10.4	建筑装饰及复合功能材料	255
第 11 章	水泥常规试验	265
11.1	试验目的	265
11.2	试验取样	265
11.3	试验取样	265
11.4	试验内容	266
第 12 章	混凝土试验	275
12.1	细集料试验	275
12.2	粗集料试验	278
12.3	普通混凝土配合比试验	282
第 13 章	建筑砂浆实验	288
13.1	砂浆拌合物的取样方法及试样拌和	288
13.2	试验项目	288

第 14 章 钢筋试验	291
14.1 试验目的	291
14.2 试验取样	291
14.3 试验项目	291
第 15 章 沥青试验	295
15.1 试验目的	295
15.2 试验项目	295
参考文献	300
本书引用的标准及规范	301

绪 论

1. 土木工程与材料

土木工程泛指建筑工程、道路桥梁工程、水利工程等建设性工程。土木工程中所使用的各种材料及制品，都统称为土木工程材料。材料是一切土木工程的物质基础，也是其重要的质量基础。在材料的选择、生产、储运、保管、使用和检验评定等各个环节中，任何失误都有可能造成土木工程的质量缺陷，甚至是重大质量事故。国内外土木工程中的重大质量事故大多与材料的质量不合格有关。因此，一个合格的土木工程技术人员必须正确、熟练地掌握土木工程材料的有关知识。

一般来说，土木工程对材料的基本要求是：

- ① 须具备足够的强度，能够安全地承受设计荷载；
- ② 材料自身的质量以轻为宜（即表观密度较小），以减轻下部结构和地基的负荷；
- ③ 具有与使用环境相适应的耐久性，以减少维修费用；
- ④ 用于装饰的材料，应能美化建筑，产生一定的艺术效果；
- ⑤ 用于特殊部位的材料，应具有相应的特殊功能，例如屋面材料能隔热、防水，楼板和内墙材料能隔声等。

按照建筑物或构筑物对材料性能的要求及使用时的环境条件，正确合理地选用材料，做到“材尽其能，物尽其用”，对于保证建筑结构物的安全、实用、美观、耐久及造价适度等方面有着重大的意义。

2. 土木工程材料的分类

构成土木建筑物的材料称为土木工程材料，是应用于土木工程建设中的无机材料、有机材料和复合材料的总称。它包括用于建筑物的地基、基础、地面、墙体、梁、板、柱、屋顶和建筑装饰的所有材料。土木工程材料的种类繁多，性能各异，用途不一，为了便于区分和使用，通常根据材料的组成、功能和用途加以分类。

（1）按化学组成分类

根据材料的化学成分，可将土木工程材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，如图 0.1 所示。

（2）按使用功能分类

土木工程材料按使用功能可分为结构材料、墙体材料和功能材料。

- ① 结构材料：构成结构物受力构件，用于承受荷载作用的材料，如构筑物的基础、柱、梁所用的材料。

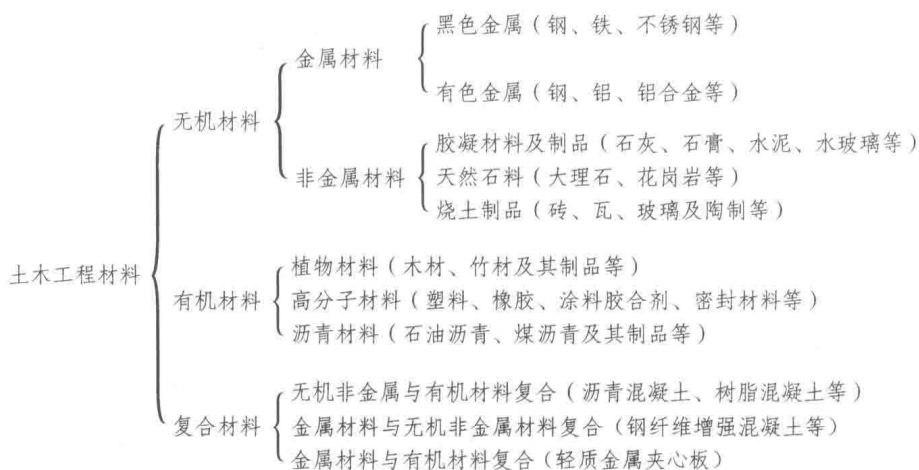


图 0.1 土木工程材料按化学组成分类

② 墙体材料：建筑物内、外及分隔墙体所采用的材料，具体分为承重和非承重两类。

③ 功能材料：具有某些特殊功能的材料，用于满足建筑物或构筑物的适用性，如围护结构材料、防水材料、装饰材料、保温隔热材料等。这类材料品种繁多，形式多样，功能各异，正越来越多地应用于各种建筑物或构筑物上。

3. 土木工程材料在建筑工程中的地位和作用

土木工程材料的性能、质量和价格直接影响整个土木工程的质量和造价，在建设工程中起着举足轻重的作用。

① 土木工程材料是建筑工程的物质基础。各种建筑物与构筑物都是在合理设计的基础上，由各种材料建造而成，建筑材料的品种、规格及质量都直接关系到建筑物的适应性、技术性及耐久性。

② 建筑材料的质量直接影响着建设工程的质量。在土木建筑工程中，从材料的选择、生产、使用、检验评定，到材料的储运、保管等，任何环节的失误都可能造成工程质量的缺陷，甚至是重大质量事故。事实说明，国内外土木工程建设中的质量事故绝大部分是与材料的质量缺陷有关。

③ 材料对土木工程造价有很大影响。一般在土木建筑工程的总造价中，与材料有关的费用占 50%以上，有的甚至达到 70%。在实际应用中，同一类型材料，由于来源、生产地的不同，其性能和价格上都有很大差异。学习并研究各种建筑材料的性能和特点，就是为了同学们在今后的工作中能正确地使用这些材料。

④ 建筑工程技术的突破依赖于材料性能的改进。随着材料科学的发展，新型多功能材料不断涌现，也促进了建筑设计、结构设计和施工技术的发展，使建筑物的适用性、艺术性、坚固性和耐久性等得到进一步的改善。

总之，土木工程材料在土木工程建设中的地位和作用是非常重要的。

4. 土木工程材料的发展及趋势

(1) 土木工程材料的发展史

土木工程材料是随着人类社会生产力的发展和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。

远古时期，人类穴居巢处，进入能够制造简单工具的石器时代后，人类开始挖土凿石为洞，伐木搭竹为棚，利用木材、岩石、竹、黏土等天然材料建造简单的房屋。直到人类能够使用黏土烧制砖、瓦，用岩石烧制石灰、石膏后，土木工程材料才由天然材料进入人工生产阶段，为较大规模地建造房屋创造了基本条件。18 世纪后，资本主义兴起，促进了工商业和交通运输业的蓬勃发展，在其他科学技术进步的推动下，水泥^①和钢材^②相继问世，极大地推动了钢结构和钢筋混凝土结构的迅速发展，结构物的跨度从砖、石结构及木结构的几十米发展到百米、几百米，直至现代的千米以上。进入 20 世纪后，社会生产力的高速发展及材料科学与工程的形成和发展，使土木工程材料在性能和质量上不断得到改善和提高，20 世纪 30 年代，出现了预应力混凝土结构，使土木工程的设计理论和施工技术进一步完善。到了 21 世纪，全球性的生存环境恶化问题日益显露：人口爆炸性地增长、资源日益匮乏、森林锐减、河流湖泊干涸、土地沙化、地球臭氧层破坏、气候异常等等，人类意识到资源环境问题的严重性，否定了过去为了发展经济在资源环境问题上杀鸡取卵、急功近利的错误做法，使用轻质、高强、节能、高性能的绿色建材成为大势所趋。

（2）土木工程材料的发展方向

土木工程材料行业对资源的利用和对环境的影响都占据着重要位置，在产值、能耗、环保等方面都是国民经济中的大户。为了保证源源不断地为工程建设提供质量可靠的材料，避免新型材料的生产和发展对环境造成损害，土木工程材料的发展必须遵循与工业“循环再生、协调共生、持续自然”的原则。因此，“绿色建材”的概念应运而生。“绿色建材”又称为生态建材、环保建材、健康建材等，是采用清洁的生产技术，少用天然资源，大量使用工业或城市固体废弃物和植物秸秆，所生产的无毒、无污染、无放射性、有利于环保和人体健康的土木工程材料。

发展“绿色建材”是一项长期的战略任务，符合可持续发展的战略方针，既满足现代人安居乐业、健康长寿的需要，又不损害后代人的更大的需求能力和利益。因此，土木工程材料将具有以下发展趋势：

① 高性能。随着现代化建筑向高层、大跨度、节能、美观、舒适的方向发展，迫切需要发展轻质、高强度、高耐久、高保温、高防水性能的材料，而多功能的复合为一，是节约建设成本、减轻结构自重、改善施工现场作业环境的有效途径。

② 绿色环保。充分利用工业废料、废渣作为原材料，生产和使用过程不产生废水、废气、废渣、噪声，使用后的产品可再生循环和回收利用，因此研究开发和应用环保材料已成为趋势。

③ 节能。采用低能耗、无环境污染的生产技术，优先开发、生产低能耗的材料，从而降低材料和建筑物的成本以及建筑使用能耗。

5. 土木工程材料的技术标准

标准是对重复性事物和概念所做出的统一规定，是对某项技术或产品实行统一执行的要

① 1824 年，由英国建筑工程师约瑟夫·阿斯谱丁发明了水泥。

② 1859 年，英国冶金学家亨利·贝塞发明的转炉炼钢法使钢材得以大量生产。

求。土木工程材料的品种繁多，材料的生产、使用、储存都须遵照有关的技术标准执行，对于常用的材料，有关部门制定并发布了相应的技术标准，对其质量、规格、检验方法和验收规范均做了详尽而明确的规定。目前，我国的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准、企业标准四级。

(1) 国家标准

由国家标准局发布的全国性指导技术文件，其代号 GB，如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)。其中，“GB”为国家标准的代号，“175”为标准编号，“2007”为标准颁布年代号，“通用硅酸盐水泥”为该标准的技术名称。国家标准是强制性标准，任何技术(产品)不得低于此标准规定的技术指标。

(2) 行业标准

由主管生产部门(或总局)发布，如《蒸压灰砂空心砖》(JC/T 637—2009)，其中，“JC”为颁布此准的行业标准代号，“T”为推荐标准，它表示也可以执行其他标准，为非强制性标准。

其他还有：JGJ——住房和城乡建设行业标准；JC——建筑材料工业行业标准；YB——冶金行业标准；JTJ——交通行业标准；SD——水电行业标准；JZ——建筑工程行业标准；CH——测绘行业标准；SH——石油化工业行业标准。

(3) 地方标准(代号是 DB)和企业标准(代号是 QB)

标准的一般表示方法是由标准名称、部门代号、标准编号和颁布年份等组成，如辽宁省地方标准《矿渣混凝土砖建筑技术规程》(DB21/T 147—2007)。

随着我国改革开放的不断深入，经常还涉及一些材料的国际标准或外国标准。具体内容如表 0.1 所示。

表 0.1 国际和国外标准编号

英文缩写	英语名称	中文名称
ISO	International Standard Organization	国际标准化组织标准
ASTM	American Society for Testing Materials	美国材料与试验学会标准
JIS	Japanese Industrial Standard	日本工业标准
BS	British Standard	英国(工业)标准

6. 课程学习内容和学习方法

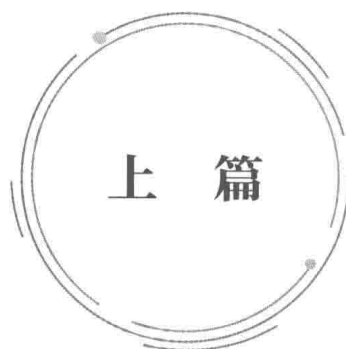
本课程作为土木工程类的专业基础课，为学习房屋建筑学、混凝土结构设计原理及土木工程施工等后续课程提供材料方面的基本知识，并为学生今后从事设计、施工、工程管理和造价及材料检测等工作提供基本理论和基本技能。

课程任务是使学生获得有关土木工程材料的技术性质及应用的基础知识和必要的基本理论，并获得主要土木工程材料性能检测和试验方法的基本技能训练。

本课程所涉及的材料种类繁多，内容庞杂，且各种材料自成体系。在学习过程中，需了

解材料在建筑物上所起的作用和要求，了解常用材料的生产、成分和构造，掌握常用材料的技术性质，以及影响材料性质的主要因素及其相互关系，掌握常用材料的标准，熟悉其分类、等级和规格。

本课程具有很强的理论性和实践性，除了应抓住重点学好理论知识外，还应重视实践环节。为此，本课程开设了相应的实验课，旨在通过动手实践，加深和巩固对理论知识的理解，培养和训练学生对土木工程材料的检测技能，培养应用型人才。



上 篇

基 础 理 论

第1章 土木工程材料的基本性质

【内容与目标】

本章主要介绍材料的组成、结构与性质三方面的关系及材料的物理性质、力学性质和耐久性等内容。

- ① 熟练掌握土木工程材料的力学性质；
- ② 掌握土木工程材料的基本物理性质；
- ③ 掌握土木工程材料的耐久性的基本概念，了解影响因素；
- ④ 了解土木工程材料的基本组成、结构和构造及其与材料基本性质的关系。

【重点与难点】

- ① 材料的绝对密实体积（密度）、表观体积（表观密度）、毛体积（体积密度）和堆积体积（堆积密度）的定义及其计算方法；
- ② 材料与水有关的性质包括哪些内容，性能指标如何计算；
- ③ 亲水性与憎水性、吸水性与吸湿性的区别；
- ④ 材料的力学性能包括哪些内容，与组成结构之间存在怎样的关系；
- ⑤ 引起材料耐久性劣化的因素。

1.1 材料的组成和结构

不同的材料由于内部组成不同而呈现出不同的性质，相同组成的材料由于结构和构造的差异也会表现出不同的性质。因此，材料的组成（Components of Materials）、结构和构造决定材料的性质。要了解材料的性质，就要先研究材料的组成、结构和构造。

1.1.1 材料的组成

1. 化学组成

化学组成（Chemical Components）是指材料的化学成分。无机非金属材料的化学组成常

以其各氧化物含量表示，如石灰的化学成分是 CaO ，金属材料则以化学元素的含量表示，碳素钢以 Fe 元素含量来划分；有机材料以各化合物的含量表示，如聚乙烯的链接节（化合物分子结构间的连接部分）是 C_2H_4 等。

2. 矿物组成

将材料中具有特定的晶体结构和特定物理力学性能的组织结构称为矿物。矿物组成（Mineral Components）是指构成材料的矿物种类和数量。如花岗石的主要矿物组成为长石、石英和少量云母，酸性岩石多，决定了花岗石耐酸性好，但耐火性差；大理石的主要矿物组成为方解石、白云石，含有少量石英，因此大理石不耐酸腐蚀，酸雨会使大理石中的方解石腐蚀成石膏，致使石材表面失去光泽；石英砂的主要成分是石英，如果其中含有玉髓、蛋白石，易降低水泥混凝土的耐久性。

3. 相组成

将材料中结构相近、性质相同的均匀部分称为相（Phase）。同一种材料可由多相物质组成。例如，建筑钢材中就有铁素体、渗碳体、珠光体，铁素体软，渗碳体硬，它们的比例不同，就能生产不同强度和塑性的钢材；利用油和水不相溶，形成油包水或水包油的乳液涂料，能产生梦幻般多彩的效果；复合材料是宏观层次上的多相组成材料，如钢筋混凝土、沥青混凝土、塑料泡沫夹心压型钢板，它们的配比和构造形式不同，材料性质变化可能较大。

1.1.2 材料的结构

材料的结构（the Structure of Materials）是决定材料性质的重要因素之一，包括宏观结构（Macrostructure）、细微结构（Mesostructure）和微观结构（Microstructure）。

1. 宏观结构

宏观结构是用肉眼或放大镜能够分辨的毫米级以上的粗大组织，是指材料宏观存在的状态，其尺寸在 10^{-3} m 级以上。

（1）密实结构

密实结构（Dense Structure）是指材料内部基本无孔隙，这类材料强度高、耐腐蚀、自重较大，如钢材、玻璃等。

（2）多孔结构

多孔结构（Porous Structure）是指材料内部有大量开口孔隙和闭口孔隙，大多是轻质材料，如加气混凝土，泡沫混凝土等，常作为保温吸声材料。

（3）纤维结构

纤维结构（Fibrous Structure）是由纤维状物质构成的材料结构，纤维之间存在相当多的

孔隙,如木材、钢纤维、玻璃纤维、矿棉等,平行纤维方向的抗拉强度较高,能用作保温隔热和吸声材料。

(4) 层状结构

层状结构(Layer Structure)是天然形成或人工采用黏结等方法将材料叠合成层状的结构,如胶合板、纸面石膏板、泡沫压型钢板复合墙等,各层材料性质不同,但叠合后材料综合性质较好,扩大了材料的使用范围。

(5) 粒状结构

粒状结构(Particle Structure)是材料呈松散颗粒状结构,如石粉、砂石、粉煤灰陶粒,能作为普通混凝土骨料、沥青混凝土集料及轻混凝土骨料,聚苯乙烯泡沫颗粒能作为轻混凝土和轻砂浆的骨料,赋予材料以保温、隔热性能。

(6) 纹理结构

纹理结构(Texture Structure)是指天然材料在生长或形成过程中,自然形成有天然纹理的结构,如木板、大理石板和花岗石板等。也能人工制造表面纹理,如木屑板压粘涂覆三聚氰胺的装饰纸形成书桌面及复合地板,模仿天然木纹;墙地砖烧结出仿天然石材的纹理,具有较强的装饰表现力。

2. 细观结构

细观结构是指用光学显微镜所看到的微米级($10^{-9} \sim 10^{-3}$ m)的组织结构。细观结构主要研究材料内部的晶粒、颗粒等的大小和形态,晶界或界面,孔隙与微裂纹的大小、形状及分布。如金属材料晶粒的粗细及金相组织;混凝土的粗细骨料、水泥石以及孔隙组织;木材的木纤维、导管、髓线等。

材料在细观结构层次上的差异对材料的性能有显著的影响。如混凝土中毛细孔的数量减少、孔径减小,将使混凝土的强度和抗渗性等性能提高。

3. 微观结构

微观结构是指原子、分子层次的结构,可用电子显微镜和 X 射线来分析该层次的结构特征。

(1) 晶体

晶体(the Crystalline State)是质点(离子、原子、分子)在空间上按特定的规律呈周期性排列而形成的结构。晶体具有以下特点:具有特定的几何外形、各向异性、固定的熔点和化学稳定性,结晶接触点和晶面是晶体结构的薄弱环节。根据晶体的质点及化学键的不同,晶体可分为:

① 原子晶体(Atomic Crystal):中性原子以共价键结合,结合力大,原子晶体的强度、硬度、熔点都高,密度小,如金刚石、石英、刚玉等。

② 离子晶体(Ionic Crystal):正负离子以离子键结合,离子晶体强度、硬度、熔点均高,但波动大,部分可溶密度中等,如氯化钠、石膏、石灰岩等。

③ 分子晶体 (Molecular Crystal): 以分子间的范德华力及分子键结合的晶体。分子晶体强度、硬度、熔点均较低, 大部分可溶, 密度小。

④ 金属晶体 (Metallic Crystal): 自由电子与金属阳离子间以库仑引力相结合。金属晶体强度、硬度变化大, 密度大。

从键的结合力来看, 共价键和离子键最强, 金属键较强, 分子键最弱。如纤维状矿物材料玻璃纤维和岩棉, 纤维内链状方向上的共价键力要比纤维与纤维之间的分子键结合力大得多, 这类材料易分散成纤维, 强度具有方向性; 云母、滑石等结构层状材料的层间键力是分子力, 结合力较弱, 这类材料易被剥离成薄片; 岛状材料如石英, 硅氧原子以共价键结合成四面体, 四面体在三维空间形成立体空间网架结构, 因此质地坚硬, 强度高。

(2) 玻璃体

呈熔融状态材料在急速冷却时, 其质点来不及或因某种原因不能按规则排列就产生凝固所形成的结构称为玻璃体 (Amorphous State)。玻璃体又称无定形体或非晶体, 结构特征为质点在空间上呈非周期性排列。

玻璃体是化学不稳定结构, 容易与其他物质起化学作用, 具有较高的化学活性。如生产水泥熟料时, 硅酸盐从高温水泥回转窑急速落入空气中, 急冷过程使得它来不及作定向排列, 质点间的能量只能以内能的形式储存起来, 具有化学不稳定性, 能与水反应产生水硬性; 粉煤灰、水淬粒化高炉矿渣、火山灰等玻璃体材料, 能与石膏、石灰在有水的条件下水化和硬化, 常掺入到硅酸盐水泥, 丰富了硅酸盐水泥的品种。

(3) 胶体

胶体 (Colloid) 是指物质以极微小的质点 (粒径为 $1 \sim 100 \mu\text{m}$) 分散在介质中所形成的结构。由于胶体中的分散质与分散介质带相反的电荷, 胶体能保持稳定。分散质颗粒细小, 使胶体具有吸附性、黏结性。根据分散质与分散介质的相对比例不同, 胶体结构分为溶胶、溶凝胶和凝胶。乳胶漆是高分子树脂通过乳化剂分散在水中形成的涂料; 道路石油沥青要求高温不软低温不脆, 需具有溶凝胶结构; 硅酸盐水泥水化形成的水化产物中的凝胶将砂和石黏结成一个整体, 形成人造石材。

1.2 材料的基本物理性质

1.2.1 材料的孔隙构造

多数材料内部都含有孔隙, 由于孔的尺寸与构造不同, 使得不同材料表现出不同的性质特点, 也决定了它们在工程中的不同用途。

材料内部的孔隙构造包括孔隙尺寸、孔隙率等内容。与外界相通的空称为开口孔, 与外界不连通且外界介质无法侵入的孔称为闭口孔。材料内部的孔隙构造如图 1.1 所示。