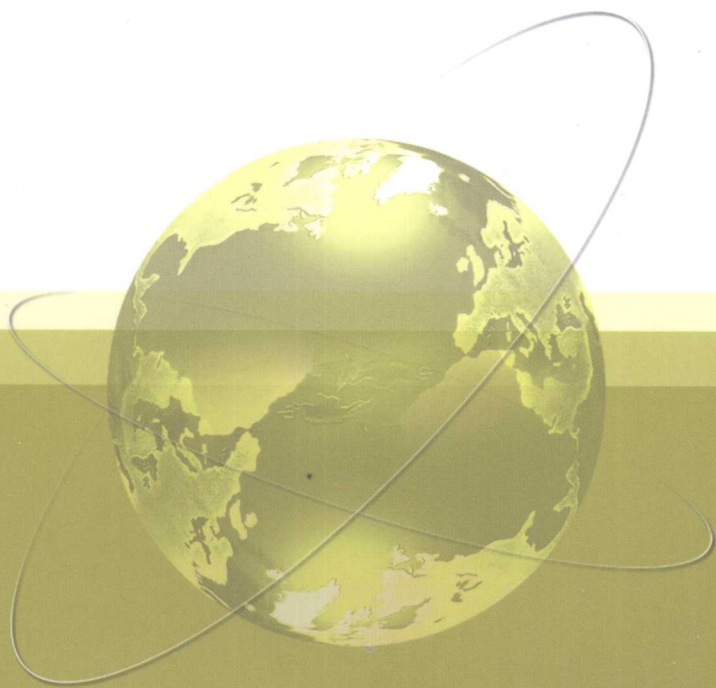




21世纪高职高专规划教材

(土建类)

建筑材料

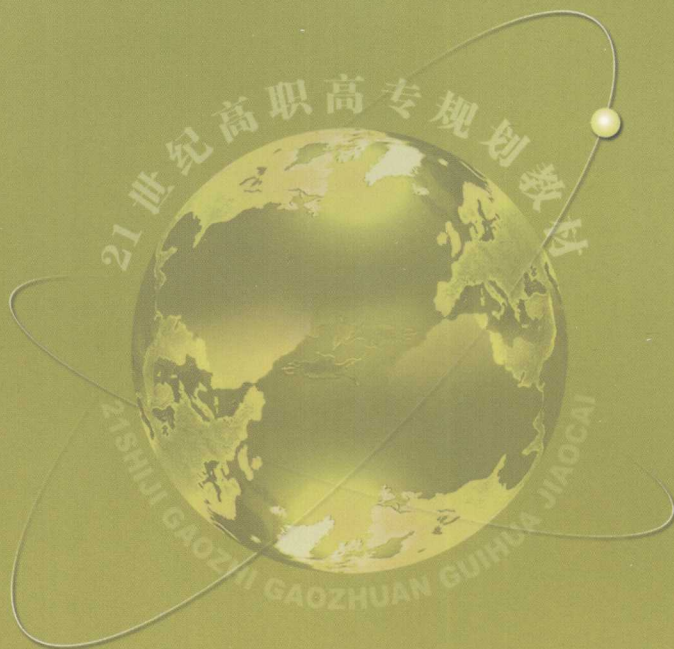


刘学应 主编



● ISBN 978-7-111-21448-9

● 策划编辑：余茂祚



地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010) 68326294 网址：http://www.cmpbook.com
(010) 68993821 E-mail:online@cmpbook.com

定价：21.00 元

ISBN978-7-111-21448-9



9 787111 214489 >

21 世纪高职高专规划教材
(土建类)

建筑材料

主 编 刘学应
副主编 张思梅 许志云 申淑荣
参 编 蔡丽朋 史国莲 余学芳 杨元芃 郭晓燕



机械工业出版社

本书依据高职高专的教学规律和教学特点,本着以适应社会实际需要为宗旨,以理论知识适度、强调技术应用和实际动手能力为目标来编写教材的基本内容,力求教材内容实用、精练、突出重点,注重与建设工程现行施工规范、建材标准紧密结合。全书共分11章,分别是建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料和屋面材料、建筑钢材、防水材料、建筑装饰材料、绝热及吸声材料、建筑材料试验。

本书可作为高职、高专、各类成人教育及建筑工程行业相关专业的教材,也可供有关建筑工程类专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/刘学应主编. —北京:机械工业出版社,
2007.5

21世纪高职高专规划教材. 土建类

ISBN 978-7-111-21448-9

I. 建… II. 刘… III. 建筑材料-高等学校:技术学校-
教材 IV. TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第065196号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:余茂祚

责任编辑:余茂祚 版式设计:冉晓华 责任校对:程俊巧

封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷(北京市朝阳区展望印刷厂装订)

2007年7月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·13.75印张·337千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-21448-9

定价:21.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专规划教材

编委会名单

编委会主任 王文斌

编委会副主任 (按姓氏笔画为序)

王建明	王明耀	王胜利	王寅仓	王锡铭
刘义	刘晶磷	刘锡奇	杜建根	李向东
李兴旺	李居参	李麟书	杨国祥	余党军
张建华	茆有柏	秦建华	唐汝元	谈向群
符宁平	蒋国良	薛世山	储克森	

编委会委员 (按姓氏笔画为序, 黑体字为常务编委)

王若明	田建敏	成运花	曲昭仲	朱强
刘莹	刘学应	许展	严安云	李连邨
李学锋	李选芒	李超群	杨飒	杨群祥
杨翠明	吴锐	何志祥	何宝文	余元冠
沈国良	张波	张锋	张福臣	陈月波
陈向平	陈江伟	武友德	林钢	周国良
宗序炎	赵建武	恽达明	俞庆生	晏初宏
倪依纯	徐炳亭	徐铮颖	韩学军	崔平
崔景茂	焦斌			

总策划 余茂祚

前言

本书是根据教育部有关文件精神,针对高职高专培养技能型、应用型人才的特点,由中国机械工业教育协会和机械工业出版社组织全国 80 多所院校编写的 21 世纪高职高专规划教材之一。

材料是工程建设的基础,没有材料,建筑就无从谈起。建筑材料课程是建筑工程类专业的专业基础课程之一,其理论知识是今后专业学习和从事工程建设领域相关工作必不可少的。

随着我国经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,我国建筑行业正飞速发展,新技术、新材料不断出现与应用,推动了建筑材料和建筑材料知识的不断更新,新的国家标准、规范相继颁布,因此建筑工程类专业的基础知识也必然要进行更新并系统化。

本书在编写过程中注重理论与实践相结合,以应用为主、理论够用为度,力求反映当前最先进的材料技术知识,强调内容精练,信息容量较大,并渗透了现代材料与工程技术的基础理论、材料性质与施工技术相结合的内容,力求引导同学们扩大知识面、了解新型材料的发展动向。

在编写时由于《金属材料 室温拉伸试验方法》GB/T 228—2002 标准与之配套的剪切、扭转等新标准尚未颁布,新旧符号与术语全书难以统一。为此本书的符号与术语仍采用 GB/T 228—1987 标准。为方便读者并把新旧标准符号与术语对照列于附录中,供参考。

全书共 11 章,分别介绍了建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料和屋面材料、建筑钢材、防水材料、建筑装饰材料、绝热及吸声材料、建筑材料试验。

本书由浙江水利水电专科学校刘学应主编,并负责全书的统稿和整理工作,副主编有安徽水利水电职业技术学院张思梅、金华职业技术学院许志云和日照职业技术学院申淑荣,参加编写的有洛阳大学蔡丽朋、山西长治职业技术学院史国莲、浙江水利水电专科学校余学芳、包头钢铁职业技术学院杨元范和内蒙古科技大学建工与土木学院郭晓燕。其中,张思梅编写了绪论和第 5、11 章,杨元范编写了第 1 章,刘学应编写了第 2 章及其他章节部分内容,许志云编写了第 3、6 章,蔡丽朋编写了第 4 章,申淑荣编写了第 7、9 章,郭晓燕编写了第 8 章,史国莲编写了第 10 章,余学芳编写了各章的习题部分。

本书在编写过程中得到了机械工业出版社余茂祚教授和编者所在单位领导的大力支持和协助,在此表示感谢。

由于建筑材料的发展很快,新材料、新品种不断涌现,而且各行业技术标准也不统一,加之编者水平有限,书中难免有错误和疏漏之处,敬请广大读者和专家批评指正。

编者

目 录

前言

绪论	1
----------	---

第1章 建筑材料的基本性质	4
---------------------	---

1.1 材料的化学组成、结构与构造	4
-------------------------	---

1.2 材料的物理性质	5
-------------------	---

1.3 材料的力学性质	11
-------------------	----

1.4 材料的耐久性	13
------------------	----

本章小结	13
------------	----

复习思考题	14
-------------	----

第2章 气硬性胶凝材料	16
-------------------	----

2.1 石灰	16
--------------	----

2.2 石膏	20
--------------	----

2.3 水玻璃	24
---------------	----

本章小结	25
------------	----

复习思考题	26
-------------	----

第3章 水泥	28
--------------	----

3.1 硅酸盐类水泥概述	28
--------------------	----

3.2 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥	29
-------------------------	----

3.3 掺大量混合材料的硅酸盐水泥	37
-------------------------	----

3.4 其他品种水泥	42
------------------	----

本章小结	47
------------	----

复习思考题	47
-------------	----

第4章 混凝土	49
---------------	----

4.1 普通混凝土的组成材料	49
----------------------	----

4.2 普通混凝土的主要技术性质	55
------------------------	----

4.3 混凝土外加剂	64
------------------	----

4.4 混凝土的质量控制	67
--------------------	----

4.5 普通混凝土的配合比设计	70
-----------------------	----

4.6 其他类型混凝土	75
-------------------	----

本章小结	78
------------	----

复习思考题	79
-------------	----

第5章 建筑砂浆	82
----------------	----

5.1 砌筑砂浆	82
----------------	----

5.2 抹面砂浆	87
----------------	----

本章小结	89
------------	----

复习思考题	90
-------------	----

第6章 墙体材料和屋面材料	91
---------------------	----

6.1 砌墙砖	91
---------------	----

6.2 砌块	96
--------------	----

6.3 天然石材	98
----------------	----

6.4 墙体板材	99
----------------	----

6.5 屋面材料	101
----------------	-----

本章小结	102
------------	-----

复习思考题	102
-------------	-----

第7章 建筑钢材	104
----------------	-----

7.1 钢的分类	104
----------------	-----

7.2 建筑钢材的力学性能	105
---------------------	-----

7.3 建筑钢材的晶体组织和化学成分	108
--------------------------	-----

7.4 钢材的加工	110
-----------------	-----

7.5 建筑钢材的标准与选用	111
----------------------	-----

7.6 建筑钢材的锈蚀及防护	118
----------------------	-----

7.7 其他金属材料在建筑中的应用	119
-------------------------	-----

本章小结	121
------------	-----

复习思考题	121
-------------	-----

第8章 防水材料	124
----------------	-----

8.1 石油沥青	124
----------------	-----

8.2 煤沥青	131
---------------	-----

8.3 防水卷材	132
----------------	-----

8.4 防水涂料	135
----------------	-----

8.5 建筑密封材料	138
------------------	-----

本章小结	139
------------	-----

复习思考题	140
-------------	-----

第9章 建筑装饰材料 141

- 9.1 建筑装饰材料的基本要求
及选用原则 141
- 9.2 常用建筑装饰材料 142
- 9.3 建筑塑料及胶黏剂 153
- 9.4 建筑装饰材料的防火和
燃烧性能 157
- 本章小结 159
- 复习思考题 160

第10章 绝热及吸声材料 161

- 10.1 绝热材料 161
- 10.2 吸声材料和隔声材料 163
- 10.3 建筑节能材料 166
- 本章小结 168

复习思考题 168

第11章 建筑材料试验 170

- 11.1 建筑材料的基本性质
试验 170
- 11.2 水泥的基本性质试验 173
- 11.3 混凝土用集料试验 182
- 11.4 普通混凝土试验 190
- 11.5 建筑砂浆试验 195
- 11.6 钢筋试验 199
- 11.7 烧结普通砖试验 203
- 11.8 沥青试验 204

附录 材料性能名称、符号新旧

标准对照表 210

参考文献 211

绪 论

1. 建筑与建筑工程材料 任何建筑物都是由各种建筑材料组成的,所以说建筑材料是建筑工程的物质基础。

建筑材料和建筑、结构、施工之间存在着相互依存、相互促进的密切关系。新型建筑材料的出现,必将促进建筑形式的创新,同时会促进结构设计及施工技术的革新与发展。

随着社会的发展和人民生活水平的提高,对土建工程在功能方面提出各种新要求,这反过来又将促进建筑材料的发展。例如:建筑物下部结构、涵洞和隧道等工程需要高抗渗防水材料;现代高层建筑和大跨度结构需要轻质高强材料;化学工业厂房和港口工程等需要耐化学腐蚀材料;严寒地区工程需要高抗冻性材料;建筑节能需要高效保温隔热材料;为满足建筑物的美观效果,则需要各种装饰材料,等。

建筑材料品种繁多、性能各异,且用量相当大,据统计,在工程总造价中,材料费所占比例可达 50%~70%。因此,在土建工程中,按照建筑物对材料的功能要求及其环境特点,合理地选择建筑材料,对于节约材料、降低工程造价、提高工程的经济效益有重要的意义。

2. 建筑材料的历史与发展 建筑材料的发展史是人类文明史的一部分,利用建筑材料改造自然、促进人类物质文明进步,是人类社会发展的一个重要标志。随着社会生产力和科学技术的不断进步,建筑材料也在逐步发展中。

远在新石器时期以前,人类就已开始采用黏土、石、木和竹等天然材料建造房屋。据统计,在距今约 6000 年的西安半坡遗址,就是采用木骨泥墙建造房屋。烧土瓦在西周(公元前 1060 年~公元前 711 年)早期的陕西凤雏遗址中已有发现,并有了在土墙上采用三合土抹面。说明了我国劳动人民能够对天然原料进行加工,出现了人造建筑材料,让人类突破了仅使用天然材料的约束。

我国早在公元前 5 世纪的东周时期已有烧制的瓦,公元前 4 世纪的战国时期已有烧制的砖。始建于公元前 214 年的万里长城,所使用的砖、石等材料多达 1 亿 m^3 。19 世纪,资本主义各国先后发生工业革命,随着工业化的发展,建筑、桥梁和水利等工程的大量兴建,建筑领域有了突飞猛进的变化。19 世纪初,开始用脆性较大的生铁建造桥梁与房屋,到了 19 世纪中叶,强度高、塑性好、质地均匀的建筑钢材应运而生,钢结构得到了迅猛发展。19 世纪 20 年代,英国发明了波特兰水泥,出现了现代意义上的水泥混凝土。随后,人们利用钢筋受拉、混凝土受压的特点,研究出现代作为主体结构的钢筋混凝土结构。为克服钢筋混凝土结构刚度低、抗裂性能差的缺点,20 世纪初又发明了预应力钢筋混凝土结构,将土木工程推向了飞速发展的新阶段。

建筑材料工业的发展,关系到国民经济各个部门的建设速度和生产规模,而且直接影响人民生活 and 居住条件的改善和提高。可见,建筑材料的研制与应用具有十分重要的意义。为了适应我国经济建设的发展需要和建筑工程的功能需要,今后建筑材料的发展将具有以下一些趋向:

(1) 综合性能材料的研制。轻质、高强、耐久和高效等具有优良综合性能的建筑材料

是今后研制和发展的主要方向。

(2) 节约能源。优先开发、生产低能耗的建筑材料。

(3) 充分利用地方材料。随着人们环境保护意识的增强,合理开发利用工业废料也是建筑材料的一种发展趋势。

3. 建筑材料的分类和标准化

(1) 建筑材料的分类。建筑材料的种类繁多、组分各异、用途不一,有多种不同的分类方法。

1) 按化学成分分类。通常分为无机材料、有机材料和复合材料三类,如图 0-1 所示。

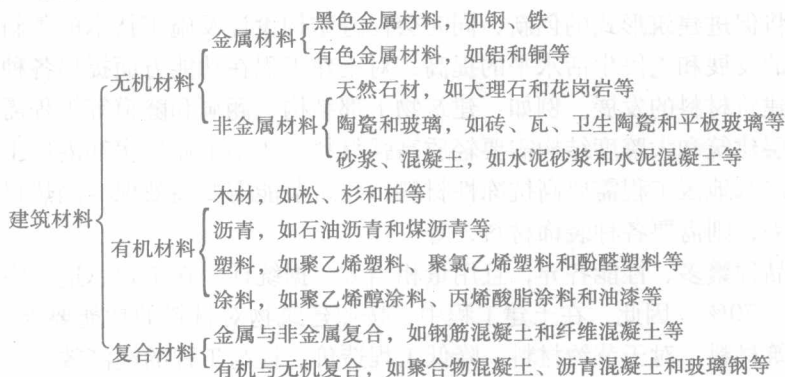


图 0-1 建筑材料化学成分分类

2) 按功能分类。通常可分为建筑结构材料、墙体材料和功能材料三类。

①建筑结构材料。主要是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如梁、板、柱和框架等受力构件所用的材料。目前,所用的结构材料主要有砖、石、水泥混凝土、钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土和轻钢结构等,对这类材料的主要技术性能的要求是强度和耐久性。

②墙体材料。是指建筑物内、外及分隔墙体所用的材料,有承重和非承重两类。目前所用的墙体材料主要有实心砖、空心砖、多孔砖、混凝土砌块,还有石膏板和复合墙板等。认真选用墙体材料对降低建筑物成本、节能及安全耐久等都是很重要的。

③功能材料。主要是指承担某些建筑功能的非承重用材料,如防水材料、装饰材料、绝热材料和吸声材料等。

(2) 建筑材料的标准化。产品标准化是现代工业发展的产物,是组织现代化大生产的重要手段,也是科学管理的重要组成部分。

建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据。对于生产部门,必须按标准生产合格的产品,同时它可促进企业改善管理、提高生产率、实现生产过程合理化。对于使用部门,则应按标准选用材料,可使设计和施工标准化,从而可加速施工进度,降低工程造价。同时,技术标准又是供需双方对产品质量验收的依据,是保证工程质量的先决条件。

建筑材料的技术标准可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准,各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。对需要在全国范围内统一的技术要求,应当制定国家标准,国家标准由国务院标准化行政部门制定。对没有国家标准而又需要在全国某行业范围内统一的技术要求,可以制定行业标准。此外,对没有国家标准和行业标准,又需在省、自

治区、直辖市范围内统一要求的，可以制定地方标准。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的，应当制定企业标准，作为组织生产的依据。

国家标准和行业标准表示方法如下：

1) 国家标准的表示方法。国家标准由国家标准代号、编号、修订年份和标准名称等4个部分组成，现以普通硅酸盐水泥为例，其表示方法如图0-2所示。

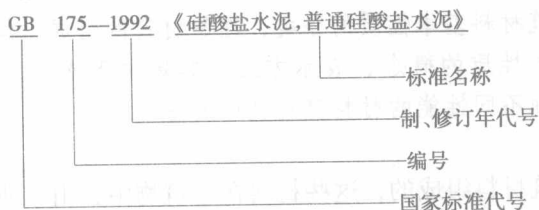


图0-2 国家标准的表示方法

强制性国家标准代号为GB，推荐性国家标准在GB后加“/T”。例如，GB/T 50080—2002《普通混凝土拌和物性能试验方法标准》。

2) 行业标准表示方法。行业标准由行业标准代号、编号、制订或修订年份和标准名称等部分组成。现以水磨石制品为例，JC 507—1993《建筑水磨石制品》的表示方法如图0-3所示。

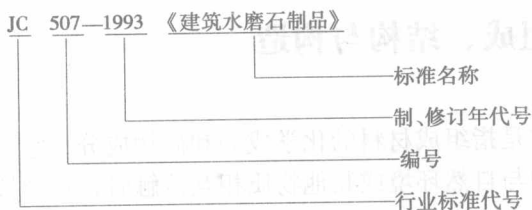


图0-3 行业标准的表示方法

推荐性行业标准，同样在行业标准后加“/T”。

我国国家标准及与建筑材料有关的几个行业标准代号有：GB——国家标准、GBJ——建筑工程国家标准、JC——国家建材行业标准、JT——国家交通行业标准，等。

4. 学习本课程的目的和方法 建筑材料是建筑、水利、土木类专业的一门重要的专业基础课，又是一门实践性很强的应用型学科。它为学习建筑、结构和施工等专业课程提供必要的建材知识，同时为今后从事工程实践打下重要的基础。学习本课程的目的是让同学们掌握常用建筑材料的基本性能和特点，能够根据工程实际条件合理选用各种建筑材料；掌握主要建筑材料的验收、储存和保管等方面的基本知识与方法，并具备独立进行建筑材料性能检验和质量检验的基本技能。

除了基本理论知识的学习之外，试验课是本课程的重要教学环节。通过试验，一方面要学会主要建筑材料的性能检验方法，能对建筑材料进行合格性判断与验收；另一方面要提高试验技能和动手能力，能对试验数据、试验结果进行正确的分析和判别，培养认真的学习态度和严谨的工作作风。

第1章 建筑材料的基本性质

学习目标 了解建筑材料基本性质的分类，理解材料的组成、结构、构造对材料性质的影响，掌握材料各种基本性质的概念、表示方法及其影响因素。只有牢固掌握这些基本性质，才能为以后学习各种不同性能的材料奠定良好的基础。

建筑物是由各种建筑材料组成的，这些材料在建筑物中，由于所处的不同部位，承受着各种不同的作用，而这些作用又都能引起材料的破坏。因此，为保证建筑物的正常安全使用，就要求建筑材料必须具备与之相适应的不同的性能，如强度、防水、保温、抗冻、绝热、吸声和耐腐蚀性能等。

在建筑工程中，要正确选择和合理使用性能上能满足要求的材料，必须熟悉和掌握各种材料本身的性质。而在种类繁多、性能各异的建筑材料中，通常将材料共同具有的性质称为材料的基本性质，它归结为化学性质、物理性质、力学性质、耐久性。

1.1 材料的化学组成、结构与构造

1.1.1 材料的化学组成

材料的化学组成通常是指组成材料的化学成分和矿物成分，它不仅决定了材料本身的性质，而且当材料在使用中与自然环境或其他物质相互接触时，将会按照化学变化规律发生作用，从而使材料的性能发生改变。因此，在选用建筑材料时，必须考虑材料的化学组成，如硅酸盐水泥石中含有较多的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，而地下水中常溶解较多的 CO_2 ，形成 CaCO_3 ，当硅酸盐水泥遇到地下水时，就会发生化学反应，生成溶解度大的 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ，导致水泥石受损破坏，所以硅酸盐水泥不宜用于有受化学侵蚀及有地下水的工程中。

1.1.2 材料的结构

材料的许多性质都与材料的结构状态有着密切的关系。建筑材料的结构基本上可以分为晶体、玻璃体和胶体三种结构状态。

1. 晶体 晶体结构是有一定结晶形状的固体，晶体结构的粒子（分子、原子、离子）是按照特定的规则排列在空间的。粒子在空间排列的状态不同，构成了不同类型的晶格，一般有正方体晶格、立方体晶格和六方体晶格等。金属和石英等都属于晶体结构。一般来说，具有晶体结构的物质都有固定的几何形状、强度高、各向异性及一定的熔点等特性，如铁的熔点为 1535°C ，属于立方体晶格结构。

2. 玻璃体 玻璃体结构是无固定形状的物质，其粒子的排列是没有规律的。玻璃体结构材料的特点是没有一定的几何外形、无确定的熔点及力学性质各向同性等，如建筑材料中的普通玻璃、粒化高炉矿渣和火山灰等都属于玻璃体结构。

3. 胶体 胶体是极其微小的粒子分散在介质中形成的结构。由于胶体的粒子很微小，其表面积很大，吸附能力很强，使胶体具有很强的黏结力。胶体失水后成为凝胶，可以把材料中的固体颗粒黏结为整体，如硅酸盐水泥石中的水化硅酸钙和水化铝酸钙就属于胶体结

构。

1.1.3 材料的构造

材料的构造也是影响材料各种性能的重要因素，材料的构造通常是指其宏观的组成和孔隙的状况。

1. 建筑材料的性质与材料孔隙关系 建筑材料的性质与材料的孔隙有着密切的关系，材料的孔隙是指材料的固体物质内部被空气所占据的空间，孔隙对材料性质的影响可由孔隙直径、孔隙的贯通性、孔隙率三个因素确定。

按孔隙的大小，可将孔隙分为极微细孔隙、细小孔隙（毛细孔、较粗大孔隙、粗大孔隙）。粗大孔隙或较粗大孔隙会影响材料的强度和密度，毛细孔则会影响材料的吸水性和抗冻性，而极微细孔隙对材料的影响很小，如孔径小于 20nm 的无机非金属材料，水或有害气体难以侵入，可视为无害孔隙。

贯通性是指孔隙之间、孔隙与外界空气之间的贯通状态。若孔隙之间、孔隙与外界空气之间都是互相连通的，就称为开口贯通孔，反之则称为封闭孔。在通常情况下，开口贯通孔对材料的吸水性和吸声性影响很大，而封闭孔则有利于材料的保温隔热性能。

孔隙率是指孔隙在材料体积内所占的比例，一般而言，材料的孔隙率（开口贯通孔）越大，强度越低，抗冻性和耐久性越差。

2. 建筑材料的构造组成状态 建筑材料常见的构造组成状态可分为致密状、多孔状、微孔状、纤维状和叠层状 5 种。

(1) 致密状。材料接近绝对密实，没有或基本没有孔隙的状态，这种构造的材料强度高、密度大、导热性强，如钢材和玻璃等。

(2) 多孔状。材料具有较多孔隙且孔径粗大，这种构造的材料常为轻质材料，其特点是有较好的保温隔热性和吸声性能，如加气混凝土和泡沫塑料等。

(3) 微孔状。材料具有较多的连通毛细孔，一般情况下材料的密度和热导率均较小，具有良好的吸声性和吸水性，但抗渗性能差，如烧结砖、石膏制品。

(4) 纤维状。正常情况下，这种构造通常是各向异性的，其物理力学性质是随纤维方向而改变的，如木材和玻璃纤维等材料。

(5) 叠层状。这种构造的性能是各向异性、综合性能好，如胶合板和夹层玻璃等。

1.2 材料的物理性质

1.2.1 材料与质量有关的性质

在建筑工程中，为了计算材料用量、构件自重、配合比、确定材料堆放空间以及运输量等，常用到的物理指标是材料的各种密度。广义密度的含义是指单位体积内所含物质的质量。由于在研究建筑材料的密度时，对材料体积测定方法的不同和工程应用中的需要，故产生了材料各种不同的密度概念。

1. 密度 密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量，可将下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——材料的密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)；

m ——材料的质量 (g 或 kg)；

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (cm^3 或 m^3)。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括材料孔隙在内的固体物质体积,在建筑材料中,除钢材和玻璃等少数材料外,绝大多数材料都有一些孔隙。为了测得含孔隙材料的密度,通常把材料磨成细粉,除去孔隙,干燥后用密度瓶(李氏瓶)测定其绝对体积,材料磨得越细,测得的密度值越精确。对于可研磨的砌块,如石膏等非密实的块状材料,即可用此法测定求得密度;对于形状不规则的较密实的散粒材料,在测定实际密度时可不必将其磨成细粉(如砂和砖等),而用排水法测其绝对体积的近似值,所得密度为近似密度(视密度)。

2. 表观密度 表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量,可按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (cm^3 或 m^3)。

材料在自然状态下的体积是指包含材料固体物质内部孔隙的体积,当材料在自然状态下的含水情况不同时,其质量和体积均有变化,故测定表观密度时,应注明含水情况。在烘干状态下的表观密度称为干表观密度,而在空气中自然干燥状态下的表观密度称为气干表观密度。

3. 堆积密度 堆积密度是指粉状、颗粒状或纤维状材料在堆积状态下单位体积的质量,可按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 kg);

V'_0 ——材料的堆积体积 (cm^3 或 m^3)。

材料在堆积状态下的体积不仅包含材料内部的孔隙体积,而且还包含颗粒之间的空隙(材料颗粒之间被空气所占据的空间)体积。

材料的堆积密度可用容器来测得,其值的大小不仅取决于材料的表观密度,而且还与材料的含水情况、堆积的密度程度有关。常用建筑材料的相关数据见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度 (单位: kg/m^3)

材料名称	密 度	表观密度	堆积密度
花岗岩	2600 ~ 2800	2500 ~ 2800	—
碎石(石灰岩)	2600 ~ 2700	—	1400 ~ 1700
砂	2600 ~ 2700	—	1450 ~ 1650
黏土	2600 ~ 2700	—	1600 ~ 1800
烧结黏土砖	2500	1600 ~ 1800	—
水泥	3100	—	1200 ~ 1300
轻集料混凝土	—	800 ~ 1900	—
木材	1550	400 ~ 800	—
钢材	7850	7850	—
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—

1.2.2 材料与其致密程度有关的性质

1. 密实度 密实度是指材料内被固体物质所充实的程度，它反映了材料的致密程度，用字母 D 表示，可按下式计算：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

2. 孔隙率 孔隙率是指在材料体积内孔隙体积所占的比例，它直接反映材料的致密程度，用字母 P 表示，可按下式计算，即

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

由式 (1-4) 和式 (1-5) 可导出下式，即

$$P + D = 1 \quad (1-6)$$

建筑材料的许多工程性质，如强度、耐水性、抗渗性、导热性和吸声性等均与材料的致密程度有关。一般而言，孔隙率小且贯通孔隙也较少的材料吸水性小、强度高、抗渗性和抗冻性好。

3. 填充率 填充率是指散粒状材料在其堆积体积中被其颗粒填充的程度，用 D' 表示，可按下式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

4. 空隙率 空隙率是指散粒状材料的堆积体积内，颗粒之间的空隙体积所占的比例，用 P' 表示，可按下式计算：

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-8)$$

由式 (1-7) 和式 (1-8) 可导出

$$P' + D' = 1 \quad (1-9)$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间的相互填充的致密程度，它可作为控制混凝土集料级配和计算含砂率的依据。

1.2.3 材料与水有关的性质

建筑物在使用过程中，材料常会受到周围环境中各种水的作用（如空气中的水分、雨、雪、地下水和冻融水等），而且这些水在绝大多数的情况下都会影响材料的使用性能。

1. 亲水性和憎水性 材料与水接触时，根据其表面是否能够被水润湿的状况，可分为亲水性材料和憎水性材料两类。

材料被水润湿的程度可用润湿角 θ 表示（见图 1-1），润湿角 θ 是在材料、水和空气的交点处沿水滴表面的切线与水和材料接触面之间的夹角。 θ 越小，则材料被水所润湿的程度越高。一般认为，当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ （见图 1-1a）时，水分

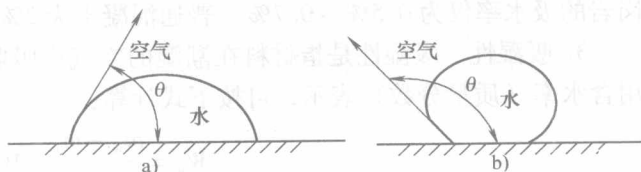


图 1-1 材料润湿示意图

a) 亲水性材料 b) 憎水性材料

θ —润湿角

子与材料分子之间的相互吸引力大于水分子之间的内聚力，材料可被水浸润，故称该种材料为亲水性材料；反之，当润湿角 $\theta > 90^\circ$ （见图 1-1b）时，水分子与材料分子之间的相互吸引力小于水分子之间的内聚力，材料表面不会被水浸润，故称该种材料为憎水性材料。

大多数的建筑材料都属于亲水性材料，如石料、砖、混凝土和木材等，水通过毛细管的作用被吸入材料的毛细孔隙内，从而使材料表面能够被水润湿。

沥青和石蜡等属于憎水性材料，对水有排斥作用，其表面不能被水浸润，故常用做防水、防潮材料，若将憎水性材料用于亲水性材料的表面处理，还可降低亲水材料的吸水性。

2. 吸水性 吸水性是指材料在水中吸入水分的能力，吸水性的大小用吸水率表示。材料的吸水率有体积吸水率和质量吸水率之分。

（1）质量吸水率。质量吸水率是指材料吸水达到饱和状态下吸入水的质量与材料在干燥状态下的质量之比，可按下式计算：

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 W_m ——质量吸水率（%）；

m_1 ——材料在绝对干燥状态下的质量（g）；

m_2 ——材料在吸入水至饱和状态下的质量（g）。

（2）体积吸水率。对于轻质、疏松的材料，因其质量吸水率通常大于 100%，故采用体积吸水率表示其吸水性。体积吸水率是指材料吸收水分后水分占有的体积占干燥材料自然体积的百分数，可按下式计算：

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} \times 100\% = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_v ——体积吸水率（%）；

V_w ——材料在吸水饱和状态下水的体积（ cm^3 ）；

V_0 ——材料在自然干燥状态下的体积（ cm^3 ）；

ρ_w ——水的密度，常温下可取 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 。

材料的吸水性不仅与材料本身是亲水的还是憎水的性质有关，而且还与材料孔隙的特征有密切关系。如果材料中有大量的封闭孔隙，则水分是不易进入的；若材料中有大量的粗大开口的孔隙，则水分可进入但不易存留，仅能湿润孔壁，因此材料的吸水率较低；如果材料中有很多的开口贯通的毛细孔隙，则在毛细孔作用下材料的吸水率就很大。例如，坚密的花岗岩的吸水率仅为 0.5% ~ 0.7%，普通混凝土为 2% ~ 4%，烧结砖为 8% ~ 20%。

3. 吸湿性 吸湿性是指材料在潮湿的空气中吸收空气中的水分的性质。吸湿性的大小用含水率（质量分数）表示，可按下式计算：

$$W_w = \frac{m_w - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-12)$$

式中 W_w ——材料的含水率（质量分数，%）；

m_w ——材料含水时的质量（g）；

m_1 ——材料在绝对干燥状态下的质量（g）。

材料的吸湿性不但与材料本身的特性（组成、构造）有关，而且受所处环境的温度和湿度的影响很大。材料既可从湿润的空气中吸收水分，又可向干燥的空气中散发水分，材料

的吸湿性最终使材料中的湿度与空气的湿度达到平衡状态,此时材料的含水率称为平衡含水率。材料的吸湿性对工程建设影响也很大,例如,石灰和水泥等由于吸湿性很强,极易发生材料受潮失效而造成经济损失,保温材料吸水后其保温隔热性能降低等,所以在工程施工中对一些材料要特别注意,必须采取有效的防护措施。

4. 耐水性 耐水性是指材料长期在饱和水作用下不破坏、强度不显著降低的性质。材料耐水性的大小用软化系数表示,可按下式计算:

$$K_p = \frac{f_w}{f} \quad (1-13)$$

式中 K_p ——软化系数;

f_w ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度 (MPa);

f ——材料在绝对干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

一般材料浸水后,其内部的结合力会减弱,引起不同程度的强度降低。所以材料的软化系数值变动于 0~1 之间。工程中,当需要考虑材料的耐水性时,软化系数的大小就是选择材料的重要依据之一,通常软化系数 $K_p > 0.80$ 的材料被认为是耐水材料。对于长期处于水中或潮湿环境中的建筑物必须选择 $K_p > 0.85$ 的材料;次要建筑物或受潮湿较轻的情况下, K_p 也不宜小于 0.70;当材料用于干燥环境时,可不考虑其软化系数。

5. 抗渗性 抗渗性是指材料抵抗压力水或其他液体渗透的性质,用渗透系数表示,可按下式计算:

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-14)$$

式中 K ——渗透系数 (cm/h);

Q ——透过试件材料的水量 (cm^3);

d ——试件厚度 (cm);

H ——水头差 (cm);

A ——透水面积 (cm^2);

t ——透水时间 (h)。

材料的渗透系数越大,表示其抗渗性越差。材料的抗渗性也可用抗渗等级 P 表示,即在标准试验条件下,材料的最大渗水压力 (单位为 MPa)。例如, P_4 表示该试件材料抵抗静水压力的能力为 0.4MPa。材料的抗渗性与其孔隙率和孔隙特征有密切联系,若孔隙率很小或是封闭孔隙时,材料的抗渗性就较好。

6. 抗冻性 抗冻性是指材料在吸水饱和的状态下,能够经受多次冻融循环的作用而不破坏、强度不显著降低 (不大于 25%)、质量不显著减少 (不大于 5%) 的性质。

将经过吸水饱和的材料试件用 -15°C 的温度 (水在微小的毛细孔中低于 -15°C 时才能冻结) 冻结后,再在 20°C 的水中融化的过程称作一次冻融循环。通常将材料抵抗冻融循环的次数作为评价材料抗冻性的指标,用抗冻等级 F 表示。如抗冻等级 F_{25} 表示材料经过 25 次冻融循环而未超过规定的损失程度。

材料遭受冻结破坏的原因,主要是由于材料毛细孔中水分冻结时体积增大 (约 11.1%),对孔壁产生了很大的应力 (可达 100MPa),致使材料产生局部破坏;融化时,则是由外向内逐层进行的,在内外层之间形成压力差和温度差,从而加速了材料的破坏,所以