

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

建筑材料

(第二版)

高琼英 主编



武汉工业大学出版社

内 容 简 介

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

建 筑 材 料

(第二版)

高琼英 主编

第 二 版 封 面 图

(口翻书局版) 湖北出版集团出版
湖北出版集团湖北出版集团
湖北出版集团湖北出版集团

ISBN 7-5622-1000-1
湖北出版集团湖北出版集团

武汉工业大学出版社

ISBN 7-5622-1000-1

01.10.10

鄂新登字 13 号

内 容 简 介

本书为高等专科“工业与民用建筑专业”教材。主要介绍建筑材料的基本性质,建筑石材、砖、瓦、玻璃、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑钢材、木材、沥青及其制品、建筑塑料以及保温绝热、吸声、装饰材料等的品种、规格、性能和使用。并从使用建筑材料的角度介绍了建筑材料试验。

本书在第一版的基础上,结合建材工业的新进展和某些材料的国家标准的修订工作,对内容作了较大的修改,增加了材料的新品种,采用了最新标准和规范。本教材较好地处理了深度与广度的关系,重点突出,叙述简洁,适合于专科教学特点,并广泛介绍了各种建筑材料及其发展趋势,有利于读者开阔思路 and 合理选用建筑材料。

本书结合生产实践和施工的需要,注意了与专业课教材的衔接。除适合于“工业与民用建筑专业”专科学生使用以外,也适于非“工民建”专业本科学生使用,并可供从事建筑施工的技术人员及各种自学读者参考。

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

建 筑 材 料

(第二版)

高琼英 主编

责任编辑 曹文聪

责任校对 崔庆喜

*

武汉工业大学出版社出版(武昌街道口)

新华书店湖北发行所发行 各地新华书店经销

武汉工业大学出版社核工业中南三〇九印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.25 字数: 310 千字

1992年10月第2版 1995年10月第14次印刷

ISBN 7-5629-0674-2/TU·34

印数: 188001—218000 册

定价: 12.40 元

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

初 版 说 明

本系列教材的出版,是为了适应四化建设多层次培养人才,以及当前“工业与民用建筑”专科教材建设上的迫切需要而组织的。考虑到该专科国家还无统一的教学计划和课程教学大纲,故本系列教材编写前曾征集部分院校意见并进行归纳整理,制定了系列教材“编写总纲”,其主要编写要求是:

贯彻“少而精”的原则,加强基本理论、基本技能和基本知识的训练。各本教材字数按教学时数控制在每学时 4000 字左右。编写时要做到内容精练,叙理清楚,体系完整,特色鲜明。文字力求通俗流畅、插图力求正确清晰。对涉及到国家标准和规范的内容,均以现行国标(部标)和规范为准。对即将颁行的新规范,则以新规范的报批稿(或送审稿)为准。对教材中符号、计量单位和术语,则尽量采用《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83-85 的规定。

本系列教材的编写人员主要是武汉工业大学、湖南大学、华中理工大学、武汉冶金建筑专科学校和湖南城市建设专科学校等有丰富教学经验的教师。主审人员为全国部分高等院校和科研院的教授和专家。

本系列教材的出版在我国还是初次,且由于组稿仓促,缺点和不当之处一定很多,希读者指正,不胜感谢。

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材

编审委员会

1988 年 6 月

编 审 委 员 会

顾 问 袁润章 成文山 王龙甫

主 任 沈大荣

副主任 沈蒲生

委 员 (以姓氏笔划序)

刘声扬 刘鉴屏 吴代华 沙钟瑞 胡 逾 施楚贤

高琼英 黄仕诚 彭少民 彭图让 蔡伯钧 魏 璋

秘书长(总责任编辑) 刘声扬

高等专科“工业与民用建筑专业”系列教材书目

- | | | |
|-----------|----------------|-----------------|
| 1. 建筑材料 | 5. 结构力学 | 9. 土力学地基与基础 |
| 2. 建筑工程测量 | 6. 钢结构 | 10. 建筑施工 |
| 3. 理论力学 | 7. 混凝土结构(上)(下) | 11. 建筑工程经济与企业管理 |
| 4. 材料力学 | 8. 砌体结构 | |

材料类系“工业工程类用己业工”科专等高

前言 (第二版)

本书是依据工科高等院校土建专业三年制专科“建筑材料教学大纲”要求,并考虑到专科教学的特点而编写的。在教材内容上注意了深度和广度之间的关系,力图在重点突出水泥、水泥混凝土及材料的基本性质的基础上,广泛地介绍目前国内已有的各种建筑材料及其发展趋势,以利于开阔思路,便于合理选用建筑材料。

本书自1988年6月出版后,已多次印刷,编者在这里感谢本书第一版的主审湖南大学皮心喜教授及广大读者对本书的关怀。由于我国建筑业发展较快,无论品种、质量和工艺上都有许多新的进展,某些材料的国家标准也已有较大修改,为了适应这种发展的需要,第二版在教材内容上做了较大的修改,并采用了新的标准,还增加了“天然石材”的内容。本书第二版由华中理工大学李良茂(第六章、第九章);武汉工业大学聂章矩(第十章、第十一章及建筑材料试验);高琼英(第一、二、三、四、五、七、八、十二、十三、十四章)等负责编写。由武汉工业大学高琼英担任本书的主编,孙复强为第二版的主审。

由于时间仓促,书中的缺点和不妥之处在所难免,恳请读者在使用过程中给予指正并提出宝贵意见。

本书第一版出版以来,蒙各界人士厚爱,销路甚广,为时虽短,但已收到不少来信,对本

书提出不少宝贵意见,不胜感谢。

材料类系“工业工程类用己业工”科专等高

会员委审编

1988年

编者

1992. 2

会员委审编

街武王 山文如 总编委 同 编

编大高 孙 主

主编委 孙主编

(孙复强为执行) 员 委

孙复强 总 编 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 (孙复强为执行) 孙复强

材料类系“工业工程类用己业工”科专等高

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强 孙复强

目 录

第一章 绪论	1
第一节 建筑材料的定义和分类	1
第二节 建筑材料在建筑工程中的地位	2
第三节 建筑材料的现状和发展趋势	2
第四节 本课程的内容和任务	3
第二章 建筑材料的基本性质	4
第一节 材料的物理性质	4
第二节 材料的力学性质	6
第三节 材料的其他性质	8
第三章 天然石材	14
第一节 岩石的分类	14
第二节 天然石材的技术性质	15
第三节 工程用的主要岩石	17
第四节 天然石材的破坏及其防护	20
第四章 气硬性胶凝材料	22
第一节 石灰	22
第二节 石膏及其制品	24
第三节 镁质胶凝材料	28
第四节 水玻璃	29
第五章 水泥	31
第一节 硅酸盐水泥	31
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	38
第三节 特性水泥及专用水泥	41
第六章 混凝土	48
第一节 概述	48
第二节 混凝土的组成材料	49
第三节 混凝土的主要技术性质	57
第四节 混凝土外加剂	74
第五节 混凝土配合比设计	80
第六节 混凝土的质量控制	88
第七节 其他品种混凝土	91
第七章 建筑砂浆	99
第一节 砂浆的组成	99
第二节 砂浆的主要技术性质	100
第三节 砌筑砂浆及其配合比设计	101
第四节 其他砂浆	102

第八章 砖、瓦、陶瓷、玻璃	105
第一节 砖	105
第二节 瓦	109
第三节 建筑陶瓷	111
第四节 建筑玻璃	112
第九章 建筑钢材	116
第一节 钢的生产与分类	116
第二节 钢材的技术性能	118
第三节 建筑钢材的技术标准与选用	124
第四节 钢材的腐蚀与防腐措施	132
第十章 木材	135
第一节 木材的构造	135
第二节 木材的主要性质	136
第三节 木材的应用	139
第十一章 沥青及其制品	143
第一节 石油沥青	143
第二节 煤沥青	146
第三节 沥青防水材料	148
第十二章 建筑塑料	154
第一节 塑料的特性及组成	154
第二节 常用的建筑塑料及制品	155
第三节 树脂胶粘剂和嵌缝材料	157
第十三章 保温绝热材料和吸声材料	160
第一节 保温绝热材料	160
第二节 吸声材料	163
第十四章 装饰材料	166
第一节 装饰材料的功能与选择	166
第二节 常用饰面材料	168
第三节 装饰涂料	170
第四节 喷涂材料	172
建筑材料试验	174
试验一 建筑材料的基本性质试验	174
试验二 普通粘土砖试验	176
试验三 水泥试验	178
试验四 混凝土用砂和石试验	185
试验五 水泥混凝土试验	189
试验六 砌筑砂浆试验	195
试验七 沥青试验	197
试验八 钢材试验	200

第一章 绪 论

第一节 建筑材料的定义和分类

建筑材料是用于地基、地面、墙体、屋顶等各个部位的各种构件和结构体并最终构成建筑物的材料。

由于建筑材料种类繁多，为了研究、使用和叙述的方便，常从不同的角度对建筑材料进行分类。最常用的分类是按材料的化学成分及其使用功能。

根据材料的化学组成，可分为有机材料和无机材料两大类以及这两类的复合物。如表 1.1 所示。

建筑材料的分类 表 1.1

建 筑 材 料	无机材料	金属材料	钢、铁、铝、铜、各类合金等
		非金属材料	石灰、水泥、天然石材、混凝土、玻璃、烧土制品等
	有机材料	植物材料	木材、竹材
		沥青材料	石油沥青、煤沥青
		合成高分子材料	塑料、合成橡胶
	复合材料	金属-非金属	非金属-金属
		无机-有机	有机-无机

根据材料在建筑上的使用性能，大体上可分为三大类：即建筑结构材料、墙体材料和建筑功能材料。

一、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、基础、框架和其它受力构件、结构等所用的材料都属于这一类。对这类材料主要技术性能的要求是强度和耐久性。目前所用的主要结构材料有砖、水泥混凝土和钢材及其复合物——钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。根据我国情况分析研究后认为，在相当长的时期内钢筋混凝土（含预应力）是我国建筑工程中的主要结构材料。

二、墙体材料

墙体在建筑物中占有很大的比例，它分承重墙和非承重墙两类。目前大量采用的墙体材料为实心粘土砖、空心粘土砖、混凝土及加气混凝土砌块等。此外，还有混凝土墙板、石膏板、金属板材和复合墙板等。

三、建筑功能材料

主要是指担负某些建筑功能的非承重用材料。如防水材料、绝热保温材料、吸声、隔音材料、采光材料、装饰材料等。这类材料的品种、花样繁多，功能各异，随着国民经济的发展以及人民生活水平的提高，这类材料将会越来越多地应用于建筑物上。

一般说，建筑物的可靠度与安全度主要决定于由建筑结构材料组成的构件和结构体系，而建筑物的使用功能与建筑质量水平主要决定于建筑功能材料。

本书各章分别介绍上述各类材料的品种、性能和用途。但对某一具体材料来说,可能兼有多种功能。为了教学方便,将按下述顺序对各种常用的建筑材料分别进行讨论:天然石材,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,砂浆,砖,瓦,陶瓷,玻璃,建筑钢材,木材,沥青,建筑塑料,绝热材料,吸声材料及装饰材料等。

第二节 建筑材料在建筑工程中的地位

建筑材料和建筑设计、建筑结构、建筑经济及建筑施工等学科分支一样,是建筑工程学科的一部分,而且是极为重要的部分。因为,建筑材料是建筑工程的物质基础。一个优秀的建筑师总是把建筑艺术和以最佳方式选用材料融合在一起。结构工程师只有在很好地了解建筑材料的性能后,才能根据力学计算,准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构型式。例如,预应力钢筋混凝土结构和薄壳结构等都是在结构上把受力特性和材料特性统一的产物。建筑经济学家为了降低造价,节省投资,在基本建设中,特别是在已经兴起的商品房屋的事业中要做的事很多,但首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料,因为目前在我国的建筑工程中建筑材料所占的投资比例高达60%左右。而施工和安装的全过程则是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程,它涉及材料的选用、运输、储存以及加工等诸方面。总之,从事建筑工程的技术人员和专家都必须了解和懂得建筑材料,这是因为:建筑、材料、结构、施工四者是密切相关的。从根本上说,材料是基础,材料决定了建筑形式和施工方法。新材料的出现,可以促使建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新。理想建筑中,应该是使所用的材料都能最大限度地发挥其效能,并合理、经济地满足建筑功能上的各种要求。

第三节 建筑材料的现状和发展趋势

建国以来,特别是改革开放以来,我国建材工业得到了很大的发展:建材工业总产值1990年达到502亿元,与1980年相比增加150%;水泥产量达到2.1亿吨,比1980年增加160%;平板玻璃产量达8067万重量箱,比1980年增加227%。同时,建材产品品种明显增多,质量和配套水平显著提高,三星级宾馆所需装饰装修材料已能全部由国内生产供给。北京亚运会工程所用建筑材料的国产化率达到95%以上。现就几种主要建筑材料的发展趋势简述如下:

水泥 预计到1995年产量可达2.3亿吨,到2000年将达3亿吨。生产技术水平已有大幅度提高,水泥1t熟料的平均热耗已由1980年的206.5kg标煤下降到1990年的185.4kg标煤;水泥的平均标号已由1980年的448号提高到1990年的475号。预计到2000年,能用于结构工程的优质水泥将由1990年0.6亿吨增加到1.5亿吨。

水泥混凝土 国际学者们预言到本世纪末混凝土的年消耗量将超过100亿吨,而且在未来的100~200年内,混凝土仍将是最主要的建筑材料。近年来,混凝土一直在向快硬、高强、轻质、复合和节能方向发展。随着高标号水泥的出现,混凝土生产工艺的改革以及高效减水剂的使用,混凝土强度已有明显提高。60年代美国混凝土的平均强度为28MPa,70年代达到42MPa,预计到2000年,强度为70MPa的混凝土将被视为普通混凝土。

墙体材料 1988年我国砖产量已达4600亿块,其中绝大部分为粘土实心砖。生产粘土实心砖要耗用大量土地和农田,而且能耗也大,因此应大力调整墙体材料的产品结构。其方向是:①粘土实心砖向空心砖发展;②粘土砖向非粘土制品发展,如发展灰砂砖、粉煤灰砖、混凝土砌块等;③单一墙体向复合型墙体发展,如低层建筑可用粘土空心砖、加气混凝土、石膏板等作面层,中间填矿棉、岩棉等;多层住宅外墙可用空心砖、混凝土砌块等加保温材料;高层建筑可用轻混凝土、钢筋混凝土挂板,板中填充保温材料。用各种新型墙体材料取代传统的普通粘土砖墙,不仅为墙体材料增添了新的品种,而且还可以减轻墙体自重,改善绝热和吸声效果,提高抗震性能,有利于施工机械化和加快施工进度。到1995年,预计新型墙体材料可占当年墙体材料总产量的15%,使用新型墙体材料的城镇建筑可占当年竣工面积的40%以上。到2000年,新型墙体材料的产量将占墙体材料总产量的30%。

建筑用的平板玻璃 在我国也有了很大发展,建国初期的产量仅108万标箱,到1987年已达5600万标箱,提高了50多倍。到1995年,平板玻璃产量将达1.0亿重量箱。品种也从单一的窗玻璃发展为十多种。为了迅速提高我国玻璃工业的水平,目前还在大力发展玻璃新工艺,以求大幅度提高产品的产量和质量。同时大力进行玻璃的深加工以扩大品种,生产出功能各异的玻璃。当前主要是发展钢化玻璃、多种功能的涂层玻璃和双层中空玻璃等玻璃制品。由于这些玻璃的使用,门窗等开口部位和墙壁的功能可得到大幅度的改善。

装饰装修材料和功能材料 其中建筑塑料和其它有机建筑材料发展很快。据统计资料表明,在发达国家中建筑用塑料几乎占塑料总量的1/4,并且品种繁多,如塑料管道、塑料门窗、塑料壁纸、塑料地板、地毯、天花板以及各种涂料、嵌缝密封材料等。它们和其它有机建筑材料一起构成了我国的化学建材行业。这些新材料的出现,开拓了结构材料、非结构材料的新领域。而且,这些合成高分子材料,作为涂料、粘结剂、密封材料、喷涂材料等,有着多种多样的用途,成了促进建筑工业化的巨大推动力。此外,为了提高建筑物的质量,节约能源,保温绝热材料和吸声材料,如矿棉、玻璃棉、膨胀珍珠岩及各种吸声板等均得到了发展。

为了适应建筑工业化和进一步提高建筑物质量的要求,建筑材料今后的发展趋势为:继续提高材料的强度和进一步减轻材料的自重;研究和生产高效能和多功能的材料;对提高材料的耐久性,将给予极大的重视;构件的尺寸将日益增大,各种大型板材将广泛采用,预制化程度将进一步提高;各种类型的复合材料、建筑塑料、绝热吸声材料等将会与日俱增。

第四节 本课程的内容和任务

本课程是“工业与民用建筑专业”教学计划中的一门技术基础课,其任务是使初学者具有建筑材料的基础知识,和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力。由于建筑材料的质量直接影响建筑工程质量,因此,在选择和使用材料时,必须了解材料的技术性能和使用要求,并能根据建筑材料的规范标准对材料的质量进行检验,同时,对材料的储运和防护方法也应有所了解,以期今后在工作岗位上能切实做好本职工作。实验课是本课程的重要教学环节,其任务是为了进一步了解材料的性能和掌握试验方法,培养科学研究能力以及严谨的科学态度。

第二章 建筑材料的基本性质

在建筑物中，建筑材料要承受各种不同的作用，因而要求建筑材料具有相应的不同性质。如用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用，因此，选用的材料应具有所需要的力学性能。又如根据建筑物各种不同部位的使用要求，有些材料应具有防水、绝热、吸声等性能。对于某些工业建筑，要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能。此外，对于长期暴露在大气中的材料，要求能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融等的破坏作用。为了保证建筑物的耐久性，要求在工程设计与施工中正确地选择和合理地使用材料，因此，必须熟悉和掌握各种材料的基本性质。

第一节 材料的物理性质

一、材料的密度、表观密度与堆积密度

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积所具有的质量，按下式计算：

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (2.1)$$

式中， ρ ——密度 (g/cm^3)；

m ——材料的质量 (g)；

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (cm^3)。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数材料外，绝大多数材料都有一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时，应把材料磨成细粉以排除其内部孔隙，用密度瓶（李氏瓶）测定其实际体积，该体积即可视为材料绝对密实状态下的体积。材料磨得越细，所测得的密度值就越准确。

材料的密度与 4°C 纯水密度之比称相对密度，是一个无量纲的物理量。

(二) 表观密度

俗称容重，是指材料在自然状态下，单位体积所具有的质量，按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}, \quad (2.2)$$

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，或称表观体积 (cm^3 或 m^3)。

表观体积是指包含材料内部孔隙在内的体积。当材料孔隙内含有水分时，其质量和体积就均有所变化。故测定表观密度时，须注明其含水情况。在烘干状态下的表观密度，称为干表观密度。

(三) 堆积密度

堆积密度是指粉状、粒状或纤维状材料在堆积状态下（包含了颗粒内部的孔隙及颗粒

之间的空隙), 单位体积所具有的质量, 按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}, \quad (2.3)$$

式中, ρ'_0 ——堆积密度 (kg/m^3);

m ——材料的质量 (kg);

V'_0 ——材料的堆积体积 (m^3)。

测定散粒状等材料的堆积密度时, 材料的质量是指填充在一定容积的容器内的材料质量, 其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此, 材料的堆积体积包含了材料颗粒之间的空隙。

在建筑工程中, 计算材料用量、构件自重、配料计算以及确定堆放空间时经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。常用建筑材料的有关数据见表 2.1。

常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

表 2.1

材 料	密度 ρ (g/cm^3)	表观密度 ρ_0 (kg/m^3)	堆积密度 ρ'_0 (kg/m^3)	孔隙率 (%)
石 灰 岩	2.60	1800~2600	—	—
花 岗 岩	2.80	2500~2700	—	0.5~3.0
碎 石 (石灰岩)	2.60	—	1400~1700	—
砂	2.60	—	1450~1650	—
粘 土	2.60	—	1600~1800	—
普通粘土砖	2.50	1600~1800	—	20~40
粘土空心砖	2.50	1000~1400	—	—
水 泥	3.10	—	1200~1300	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
轻骨料混凝土	—	800~1900	—	—
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7850	—	0
泡沫塑料	—	20~50	—	—

二、材料的密实度与孔隙率

(一) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度, 也就是固体物质的体积占总体积的比例。密实度反映了材料的致密程度, 以 D 表示:

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%, \quad (2.4)$$

含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1。材料的很多性能如强度、吸水性、耐久性、导热性等均与其密实性有关。

(二) 孔隙率

孔隙率是指材料体积内, 孔隙体积与总体积之比, 以 P 表示。可用下式计算:

$$P = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%, \quad (2.5)$$

孔隙率与密实度的关系为：

$$P + D = 1, \quad (2.6)$$

上式表明，材料的总体积是由该材料的固体物质与其所包含的孔隙所组成。

孔隙率的大小也直接反映了材料的致密程度。材料内部的孔隙又可分为连通的孔和封闭的孔，连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通，而封闭孔隙彼此不连通且与外界隔绝。孔隙按其尺寸大小又可分为粗孔和细孔。孔隙率的大小及孔隙本身的特征与材料的许多重要性质，如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性和导热性等都有密切关系。一般而言，孔隙率较小，且连通孔较少的材料，其吸水性较小，强度较高，抗渗性和抗冻性较好。几种常用建筑材料的孔隙率见表 2.1。

三、材料的填充率与空隙率

(一) 填充率

填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中，被其颗粒填充的程度，以 D' 表示。可用下式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\%, \quad (2.7)$$

(二) 空隙率

空隙率是指散粒材料在某容器的堆积体积中，颗粒之间的空隙体积所占的比例，以 P' 表示。可用下式计算：

$$P' = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \right) \times 100\%, \quad (2.8)$$

$$D' + P' = 1, \quad (2.9)$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间相互填充的致密程度。

第二节 材料的力学性质

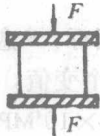
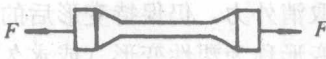
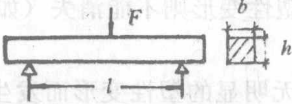
一、材料的强度、比强度

材料抵抗在外力（荷载）作用下而引起破坏的能力称为强度。当材料承受外力时，内部就产生应力，外力逐渐增加，应力也相应增大，直到材料内部质点间的作用力不再能抵抗这种应力时，材料即破坏，此时的极限应力就是材料的强度。

根据外力作用方式的不同，材料强度有抗拉、抗压、抗弯（抗折）和抗剪强度等，这些强度一般是通过静力试验来测定的，因而总称为静力强度。表 2.2 列出了各种强度的分类和计算公式。

静力强度分类

表 2.2

强度类别	举 例	计 算 式	附 注
抗压强度 f_c		$f_c = \frac{F}{A}$	F ——破坏荷载 (N) A ——受荷面积 (cm ²)
抗拉强度 f_t		$f_t = \frac{F}{A}$	l ——跨度 (cm) b ——断面宽度 (cm) h ——断面高度 (cm)
抗剪强度 f_v		$f_v = \frac{F}{A}$	
抗弯强度 f_{lm}		$f_{lm} = \frac{3Fl}{2bh^2}$	

材料的静力强度，实际上只是在特定条件下测定的强度值，为了使试验结果比较准确而且具有互相比较的意义，每个国家都规定有统一的标准试验方法。测定材料强度时，必须严格按照规定的标准试验方法进行。

大部分建筑材料根据其极限强度的大小，划分为若干不同的强度等级或标号。如混凝土按抗压强度有 C7.5, ..., C60 等十二个强度等级，普通水泥按抗压强度分为 325, ..., 625 等标号，建筑钢材主要按其抗拉强度划分级别。将建筑材料划分为若干强度等级或标号，对掌握材料性能，合理选用材料，正确进行设计和控制工程质量，是十分必要的。

为了对不同的材料强度进行比较，可以采用比强度。比强度是按单位质量计算的材料强度，其值等于材料的强度对其表观密度之比。它是衡量材料轻质高强的一个主要指标。以钢材、木材和混凝土的抗压强度来作比较，可求得三者的比强度，如表 2.3 所示。

钢材、木材和混凝土的强度比较

表 2.3

材 料	表观密度 (kg/m ³)	抗压强度 (MPa)	比 强 度
低 碳 钢	7860	415	0.053
松 木	500	34.3 (顺纹)	0.069
普 通 混 凝 土	2400	29.4	0.012

由表 2.3 数据可见，从比强度来看，钢材比混凝土强，而松木又比钢材强。就三者比较而言，混凝土是质量大而强度低的材料。

二、弹性和塑性

材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，变形即可消失，材料能够完全恢复原来形状的性质称为弹性。这种当外力取消后瞬间内即可完全消失的变形称为弹性变形。这种变形属于可逆变形，其数值的大小与外力成正比。其比例系数 E 称为弹性模量。在弹性变形范围内，弹性模量 E 为常数，其值等于应力 σ 与应变 ϵ 的比值，即

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

式中, σ ——材料的应力 (MPa);

ϵ ——材料的应变;

E ——材料的弹性模量 (MPa)。

弹性模量是衡量材料抵抗变形能力的一个指标, E 愈大, 材料愈不易变形。3 号钢的弹性模量 $E=2.1 \times 10^5 \text{MPa}$, 混凝土的弹性模量是个变值, 当混凝土强度等级由 C7.5 增加到 C60 时, 弹性模量 E 由 $1.55 \times 10^4 \text{MPa}$ 增到 $3.65 \times 10^4 \text{MPa}$ 。

在外力作用下材料产生变形, 如果取消外力, 仍保持变形后的形状尺寸, 并且不产生裂隙的性质称为塑性。这种不能消失的变形称为塑性变形 (或永久变形)。

许多材料受力不大时, 仅产生弹性变形; 受力超过一定限度后, 即产生塑性变形。如建筑钢材, 当外力值小于弹性极限时, 仅产生弹性变形; 若外力大于弹性极限后, 则除了弹性变形外, 还产生塑性变形。有的材料在受力时弹性变形和塑性变形同时产生, 如果取消外力, 则弹性变形可以消失, 而其塑性变形则不能消失 (如混凝土)。

三、脆性和韧性

材料在外力作用下直至破坏前并无明显的塑性变形而发生突然破坏的性质称为脆性。脆性材料抵抗冲击荷载或震动作用的能力很差, 但其抗压强度较高, 如混凝土、玻璃、砖、石、陶瓷等。

在冲击、震动荷载作用下, 材料能承受很大的变形也不致被破坏的性能称为韧性。在建筑工程中, 对于要承受冲击荷载和有抗震要求的结构, 如用作地面、吊车梁等的材料, 都要考虑材料的冲击韧性。

四、硬度

硬度是材料表面能抵抗其他较硬物体压入或刻划的能力。不同材料的硬度测定方法不同。按刻划法, 矿物硬度分为十级 (莫氏硬度), 其硬度递增的顺序为: 滑石 1; 石膏 2; 方解石 3; 萤石 4; 磷灰石 5; 正长石 6; 石英 7; 黄玉 8; 刚玉 9; 金刚石 10。钢材的硬度常用钢球压入法测定 (布氏硬度 HB)。一般, 硬度大的材料耐磨性较强, 但不易加工。在工作中, 有时可用硬度间接推算材料的强度。

第三节 材料的其他性质

一、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与疏水性 (憎水性)

材料在空气中与水接触时能被水润湿的性质称为亲水性。具有这种性质的材料称为亲水性材料, 如砖、混凝土、木材等。由于这类材料的分子与水分子间的吸引力大于水分子之间的内聚力, 因此, 能被水所润湿, 且能通过毛细管作用将水分吸入毛细管内部。

材料在空气中与水接触时不能被水润湿的性质称疏水性。具有这种性质的材料称为疏水材料, 如沥青、石蜡等。疏水性材料一般能阻止水分渗入毛细管中, 因而能降低材料的吸水性。疏水性材料不仅可用作防水材料, 而且还可用于亲水性材料的表面处理, 以降低其吸水性。

(二) 吸水性

材料在浸水状态下吸入水分的能力称为吸水性。吸水性的 大小, 以吸水率表示。吸水

率是指材料浸水后在规定时间内吸入水的质量占材料干燥质量或材料体积的百分数。

$$\text{质量吸水率 } W_w = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%, \quad (2.10)$$

$$\text{体积吸水率 } W_v = \frac{m_1 - m}{V_0} \times 100\%, \quad (2.11)$$

式中, m_1 ——材料吸水饱和状态下的质量 (g);

m ——材料干燥状态下的质量 (g);

V_0 ——材料自然状态下的体积 (cm^3)。

$$\therefore W_v / W_w = m / V_0 = \rho_0,$$

$$\therefore W_v = W_w \rho_0.$$

材料的吸水性, 不仅取决于材料本身是亲水的还是疏水的, 也与其孔隙率的大小及孔隙特征有关。一般孔隙率愈大, 则吸水性也愈强。封闭的孔隙, 水分不易进入; 粗大开口的孔隙, 不易吸满水分; 具有很多微小开口孔隙的材料, 则其吸水能力特别强。水在材料中对材料性质将产生不良的影响, 它使材料的表观密度和导热性增大, 强度降低, 体积膨胀。因此, 吸水率大对材料性质是不利的。

(三) 吸湿性

材料吸收空气中水分的能力称为吸湿性。吸湿性常以含水率来表示, 可用下式计算:

$$W = \frac{m_h - m_d}{m_d} \times 100\%, \quad (2.12)$$

式中, W ——材料的含水率 (%);

m_h ——材料吸收空气中水分后的质量 (g);

m_d ——材料烘干至恒重时的质量 (g)。

干的材料在空气中能吸收空气中的水分而逐渐变湿; 湿的材料在空气中能失去水分而逐渐变干, 最终将使材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡, 这时的材料处于气干状态。材料在气干状态时的含水率, 称为平衡含水率。平衡含水率并不是固定不变的, 它随环境中的温度和湿度的变化而改变。当材料吸水达到饱和状态时的含水率即为吸水率。

木材的吸湿性特别明显, 它能大量吸收水汽而增加质量, 降低强度和改变尺寸。木门窗在潮湿环境中常不易开关, 就是因吸湿而引起的。保温材料如果吸收水分之后, 将严重地降低其绝热性能。而为了防止室内墙面出现冷凝水, 有些墙面材料或饰面材料也需要有一定的吸湿性能。

(四) 耐水性

材料在长期饱和水作用下, 不产生破坏, 其强度也不显著降低的性质, 可用软化系数 K 表示:

$$K = \frac{R_1}{R_2}, \quad (2.13)$$

式中, K ——材料的软化系数;

R_1 ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度 (MPa);

R_2 ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

软化系数的大小表明材料浸水后强度降低的程度, 一般波动在 0~1 之间。软化系数越小, 说明材料吸水饱和后的强度降低越多, 所以其耐水性越差。对于经常位于水中或受潮

严重的重要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.85;受潮较轻的或次要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.70。

(五) 抗渗性

在压力水的作用下,材料抵抗水渗透的性能称为抗渗性。材料的抗渗性可用渗透系数表示:

$$k = \frac{Q\delta}{AtH}, \quad (2.14)$$

式中, k ——渗透系数 ($\text{mL}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ 或 cm/s);

Q ——渗水量 (mL);

A ——渗水面积 (cm^2);

δ ——试件厚度 (cm);

H ——静水头 (cm);

t ——渗水时间 (s)。

渗透系数反映了材料在单位时间内,在单位水头作用下,通过单位面积及厚度的渗透水量。因此,渗透系数愈大其抗渗性愈差。

有些材料,如混凝土的抗渗性用抗渗标号来表示。材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率和孔隙特征有密切关系。孔隙率很小而且是封闭孔隙的材料具有较高的抗渗性。对于地下建筑及水工构筑物,因常受到压力水的作用,故要求材料具有一定的抗渗性;对于防水材料,则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其它液体渗透的性质,也属于抗渗性。

(六) 抗冻性

抗冻性是材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻结和融化作用(冻融循环)而不破坏,强度也无显著降低的性质。以试件能经受的冻融循环次数表示材料的抗冻标号。

冰冻对材料的破坏作用是由于材料孔隙内的水结冰时体积膨胀而引起的。材料抗冻性的高低,决定于材料的吸水饱和程度和材料对结冰时体积膨胀所产生的压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料,对于抵抗温度变化、干湿交替等破坏作用的性能也较强。所以,抗冻性常作为考查材料耐久性的一个指标。处于温暖地区的建筑物,虽无冰冻作用,为抵抗大气的作用,确保建筑物的耐久性,有时对材料也提出一定的抗冻性要求。

二、材料的热工性质

在建筑中,建筑材料除了须满足必要的强度及其它性能的要求外,为了节约建筑物的使用能耗以及为生产和生活创造适宜的条件,常要求建筑材料具有一定的热工性质,以维持室内温度。常考虑的热工性质有材料的导热性、热容量和比热容等。

(一) 导热性

材料传导热量的能力称为导热性。材料导热能力的大小可用热导率(λ)表示。热导率在数值上等于厚度为 1m 的材料,当其相对表面的温度差为 1K 时,其单位面积(1m^2)上每小时所通过的热量。可用下式表示:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_2 - T_1)}, \quad (2.15)$$

式中, λ ——热导率 ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$);

Q ——传导的热量 (J);