

高等学校教材

建筑工程材料

王福川 官来贵 主编



科学技术文献出版社

高等学校教材

号 061 零登预 (京)

建 筑 工 程 材 料

王福川 官来贵 主 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

科学技术文献出版社

(京) 新登字 130 号

内 容 提 要

本书系统介绍了建筑工程中常用建筑材料的组成、生产工艺、技术性能及其在建筑工程中的实际应用等知识。为了培养学生的动手能力并方便教学,书末编入了常用建筑工程材料的试验内容。

本书具有方便自学、加强应用、体现国家最新技术规范以及建筑工程材料的新发展的特点,除可用作“工业与民用建筑”(含函授、夜大、自学考试)等土建类专业的教材外,也可供土建施工、设计、科研及管理人员参考。

建 筑 工 程 材 料

王福川 官来贵 主编

科学技术文献出版社出版发行

(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)

陕西省凤翔县印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 19.2 印张 465 千字

1992 年 1 月第 1 版 1995 年 2 月第 2 次印刷

印数: 4 000—6 000 册

ISBN 7-5023-1632-9/TU·6

定 价: 15.00 元

序

“建筑工程材料”是工业与民用建筑等土建类专业教学计划中一门重要的技术基础课，它为学习建筑结构、建筑构造、建筑施工及建筑企业管理等课程以及从事建筑设计、施工及科学研究等工作提供常用建筑工程材料的化学组成、结构构造、技术性能、性能测试、合理使用以及评定验收、运输储存等的基本知识、基本理论和基本技能。

中国共产党十一届三中全会以来，随着社会主义四化建设的迅速发展，我国建筑和建筑材料工业也得到极大的发展。不仅城市中高层、多层的公共建筑、工业建筑、居住建筑拔地而起，而且农村乡镇的居住建筑、公共建筑也大量涌现，这就为从事建筑业者对建筑材料知识的掌握提出了更高的要求。

该书编者根据多年来的丰富教学经验，在总结建国以来所制订、修订的教学计划、教学大纲及我校教学经验的基础上，参考国内外多种教材，编写了这本既适用于工民建、建筑管理工程、建筑学等专业，也可供公路、铁道、水利工程、矿山建设等专业参考的教学用书。考虑到我国成人教育蓬勃发展的需要，编写时既深入浅出，还为每章撰写了内容提要及复习思考题等，以利自学，供作成人教育教材之用。该书既编写了传统建筑材料的有关内容，又适当增强了新型建筑材料内容，以适应建筑科技发展的需要。该书有关内容均按新近颁布的标准规范编写，有效地克服了内容陈旧与工程实际脱节的现象。该书编写过程中多次讨论内容及阐述之深广与准确。全书汇集后又经主编认真统稿，统一文章的语句格调，力求克服合编者各成一格、语言各异之弊。

值此建设迅速发展与教育深入改革之时，欣喜一本既系统介绍传统建筑工程材料，又适当介绍新型建筑材料，并按新近颁布的标准规范编写的适用面宽、方便自学、实用性强的建筑材料教学用书问世。本书出版，定会受到广大读者的欢迎，特为之序。

耿维恕

1991年7月15日

前 言

本教材主要适用于大学本科（包括函授、夜大、电大及自学考试）“工业与民用建筑”、“建筑结构工程”、“建筑管理工程”等土建类专业。“建筑学”、“城市规划”等专业可结合本专业特点选学有关内容。

为了适应多种形式办学的需要，在编写过程中充分注意到了方便自学的特点：在每章标题下面，给出本章学习的重点内容和自学学时；每章末给出适当广度和深度的复习思考题；在讲授内容上力求深入浅出，概念清晰。

本教材的另一特点是加强了材料在建筑工程中应用知识的介绍，引导同学们学以致用，培养解决实际问题的能力。全部内容均采用最新现行规范或标准（部分为国家标准报批稿）。

本教材由西安冶金建筑学院王福川、官来贵主编，张令茂主审。中国建筑学会建筑材料学术委员会委员耿维恕教授为本教材作序。官来贵、王福川负责全书统稿。各章编写人员如下：绪论、第一章、第二章——张令茂；第三章、第五章、第八章及第六章第六节——王福川；第六章、第七章——官来贵；第四章、第十一章——尚建丽；第十章、第十二章——房志勇；第九章、建筑工程材料试验——陈庆亭。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，谨请批评指正。

编 者

1991年7月

张维恕

1991年7月

目 录

绪 论	(1)
第一章 建筑工程材料的基本性质	(5)
第一节 材料的基本物理性质	(5)
第二节 材料的力学性质	(7)
第三节 材料与水有关的性质	(10)
第四节 材料的热工性质	(13)
第五节 材料的防火性能	(15)
第六节 材料的耐久性	(16)
第七节 材料的装饰性能	(17)
第八节 建筑材料的放射性	(17)
第九节 材料的组成、结构及其对材料性能的影响	(19)
复习思考题	(20)
第二章 天然石材	(22)
第一节 造岩矿物	(23)
第二节 建筑上常用岩石	(25)
第三节 建筑石材的应用	(28)
复习思考题	(29)
第三章 烧土及熔融制品	(30)
第一节 烧结普通砖	(30)
第二节 烧结多孔砖和烧结空心砖	(36)
第三节 建筑陶瓷	(38)
第四节 建筑玻璃	(44)
第五节 铸 石	(50)
复习思考题	(51)
第四章 气硬性无机胶凝材料	(52)
第一节 石膏	(52)
第二节 石灰	(58)
第三节 镁质胶凝材料	(62)
第四节 水玻璃	(64)
复习思考题	(66)
第五章 水泥	(69)
第一节 硅酸盐水泥	(69)
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	(78)

第三节 高铝水泥	(83)
第四节 其它品种水泥	(86)
第五节 水泥在工程中的应用	(89)
复习思考题	(95)
第六章 混凝土	(97)
第一节 普通混凝土的组成材料	(98)
第二节 混凝土拌合物的和易性	(109)
第三节 混凝土的强度	(114)
第四节 混凝土的变形性能	(123)
第五节 混凝土的耐久性	(127)
第六节 混凝土外加剂	(132)
第七节 混凝土的质量控制	(143)
第八节 普通混凝土配合比设计	(149)
第九节 轻混凝土	(156)
第十节 其它品种混凝土	(161)
第十一节 装饰混凝土	(166)
复习思考题	(168)
第七章 建筑砂浆	(171)
第一节 砌筑砂浆	(171)
第二节 抹面砂浆	(175)
第三节 其它砂浆	(177)
复习思考题	(178)
第八章 金属材料	(179)
第一节 钢的冶炼和分类	(179)
第二节 建筑钢材的力学性能	(181)
第三节 钢的化学成分及晶体组织	(186)
第四节 建筑钢材的冷加工、热处理和焊接	(188)
第五节 建筑钢材的技术标准及选用	(193)
第六节 钢材的腐蚀与防止	(203)
第七节 铝及铝合金	(205)
复习思考题	(208)
第九章 木材	(209)
第一节 木材的构造	(209)
第二节 木材的物理和力学性质	(210)
第三节 木材的应用	(215)
复习思考题	(217)
第十章 合成高分子材料	(218)
第一节 合成高分子材料概述	(218)

第二节	建筑塑料	(223)
第三节	建筑涂料	(227)
第四节	胶粘剂及建筑密封材料	(230)
	复习思考题	(234)
第十一章	防水材料	(235)
第一节	石油沥青	(235)
第二节	煤沥青	(243)
第三节	防水卷材	(245)
第四节	其它防水材料	(250)
第五节	沥青混凝土和沥青砂浆	(260)
	复习思考题	(261)
第十二章	绝热材料与吸声材料	(262)
第一节	绝热材料	(262)
第二节	吸声材料	(266)
第三节	隔声材料及隔声处理	(269)
	复习思考题	(270)
	建筑工程材料试验	(271)
试验一	建筑工程材料基本物理性质试验	(271)
试验二	砖强度等级测定	(273)
试验三	水泥试验	(276)
试验四	普通混凝土骨料试验	(281)
试验五	普通混凝土试验	(287)
试验六	建筑砂浆试验	(293)
试验七	钢筋试验	(295)
试验八	木材试验	(298)
试验九	石油沥青试验	(301)

绪 论

凡建筑工程中所用的各种材料,如砖、石、石灰、石膏、水泥、混凝土、砂浆、钢材、木材、沥青、塑料,以及绝热、吸声、装饰材料等,通称为建筑工程材料。建筑工程材料是建筑工程的物质基础,它直接影响国民经济的发展。

材料、设计、施工,三者是密切相关的一个系统工程。建筑与结构形式的设计和施工方法,受建筑材料的品种质量所制约。新型材料的出现,促使建筑及结构形式的变化,结构设计方法的改进和施工技术的革新。材料科学技术的进步对建筑工程技术的发展提供了新的可能。

为使建筑物满足适用、经济、美观等基本要求,必须正确地选择和合理使用建筑材料,使材料在建筑物的各个部位,充分发挥各自的作用,满足各种不同的要求。如高层或大跨度建筑中的结构材料,应是轻质、高强的;冷库建筑必须采用高效能的绝热材料;防水工程所用材料应具有良好的不透水性;影剧院、音乐厅为了达到良好的音响效果,需要采用优质的吸声材料;大型公共建筑及纪念建筑,需要采用耐久的优质饰面材料;而道路、桥梁、水利、海港工程用的材料,必须是耐磨、耐水、抗渗、抗冻的。材料的合理使用,能最大限度地发挥材料本身的效能,满足建筑功能的各项要求。

在建筑工程造价中,材料费所占比例很大,一般在50%—60%以上,在选用材料时,要注意经济性,它对降低建筑工程造价,提高基本建设的投资效果,保证国家经济建设的顺利发展,具有很大的意义。许多建筑材料体重、量大,宜就地取材,就地使用,以减少运输费用。建筑材料费用不仅在建筑工程造价中占有很大比例,而且由于某些材料在生产和需求上存在差距,供不应求,因此,在材料使用上必须严格贯彻节约的原则。对已建成的建筑物,应加强维护,以延长其使用年限,这对于贯彻增产节约方针,具有十分重要的意义。

节省能源已成为国民经济发展中的重大课题。许多建筑材料的生产能耗很大,应当大力研制开发节能新型材料。在建筑物使用期间,采暖和空调增加了使用能耗,为了节省能源,在设计时合理地采用绝热材料,是十分重要的。

随着现代工业生产的发展,工业废渣排量愈来愈大,如弃置不用,则占用土地,污染环境,成为公害。绝大多数工业废渣属于再生资源,含许多有用成分,可用作建筑材料的原料。在建筑工程中合理利用废渣,对节约资源、能源,保护环境,降低造价,具有重大的社会效益和经济效益。

建筑材料的发展经历了一个很长的历史时期。天然的土、石、木、竹等是古人类的主要建筑材料。约在公元前3000年,西亚的美索不达米亚开始用砖砌筑圆顶和拱。我国的“秦砖

汉瓦”，指建筑中使用砖瓦的初盛时期，制陶技术实际上远早于秦汉。在漫长的封建制度下，建筑材料发展十分缓慢。近代建筑材料大部分是在 19 世纪以后，随着生产力的发展而出现的。第一次工业革命，出现了水泥和钢材的工业化生产，使建筑业和建筑技术发生了革命性的变化。“现代建筑”是在出现大量现代建筑材料的基础上形成的。

我们的祖先在建筑、建筑技术、建筑材料的生产和应用上留下了许多宝贵的经验和丰富的遗产，至今仍是我们学习的典范。新中国建立以来，在党和国家的正确方针指引下，建筑业和建材工业获得了翻天覆地的变化。特别是党的十一届三中全会以来，全国城乡建设蓬勃发展，欣欣向荣。80 年代，即“六五”、“七五”期间，国家基本建设投资额由 1981 年的 428 亿元，增长至 1990 年的 1 703 亿元，城镇兴建房屋建筑面积由每年 1.2 亿 m^2 ，增长至每年 2 亿 m^2 ，而农村建房由 1981 年的 5 亿 m^2 ，增长至 1988 年的 8.8 亿 m^2 。全国城乡每年所消耗的建筑材料数量约 16 亿 t。

“八五”期间，根据国民经济和社会发展的总目标，重点是加强基础工业和基础设施的建设，加强原材料工业建设，并积极发展建筑业，努力推进城市和乡村建设，稳步发展住宅和公用设施的建设。在建材工业方面，继续贯彻“大家办建材”的方针，大力发展高档次的建材产品和新型建筑材料，加快墙体材料的改革，发展乡镇建材工业，降低建材生产能耗，发展废渣建材，并增加建材产品的有效供给。

随着现代工业的发展和科学技术水平的提高，人民生活条件的改善，人们对建筑和建筑材料的要求愈来愈高。新建筑、新结构、新工艺、新材料不断涌现，新型建筑材料在品种、性能、生产和应用上的发展趋势如下：

1. 性能优化 新型建筑材料具有轻质、高强、绝热、防水、防火、吸声、隔声等优良性能。
2. 结构及材料复合化 即一种材料兼具几种功能，可以大大提高材料的使用效能。
3. 品种多样化 能多方面地满足使用要求。
4. 生产效率高、成本低。
5. 施工安装机械化程度高、安装速度快、施工效率高。
6. 节省能源、利用废渣。

材料的发展经历了一个由简单到复杂，由通用到特殊，由单一性能到综合性能的长期历史过程。但随着新型建筑材料的不断出现，传统材料仍继续得到发展，预计在今后相当长的时期内，普通砖、水泥、混凝土和钢材，仍将是大量使用的普通建筑材料。

当前世界各国在建筑材料的发展上存在着共同的技术方向和路线。但由于各国的经济基础、历史地理条件以及传统生活习惯的不同，在材料发展上又形成了各国的具体特点。在我国建筑事业发展的进程中，不宜盲目搬用外国经验，应注意结合本国的客观条件和具体特点，积极而慎重地推广新型建筑材料。

三

建筑工程材料的品种繁多，组分各异，用途不一，按照基本成分，建筑工程材料的分类如表 1。

表1 建筑工程材料按基本成分的分类

金属材料		黑色金属	钢、铁	
		有色金属	铝、铜及其合金等	
非金属材料	无机材料	天然石材	花岗岩、石灰岩、砂岩、大理岩等	
		烧土及熔融制品	烧结砖、烧结瓦、陶瓷、玻璃、铸石等	
		胶凝材料	气硬性胶凝材料	石灰、石膏、苛性菱苦土、水玻璃
			水硬性胶凝材料	各种水泥
		无机人造石材		混凝土、砂浆等
				硅酸盐建筑制品
	有机材料		木材、沥青、合成高分子材料	
复合材料		金属—非金属材料、非金属—金属材料 有机—无机材料、无机—有机材料		

建筑工程材料按其在建筑工程中的主要用途可分为：结构材料、构造材料、防水材料、地面材料、饰面材料、绝热材料、吸声材料、耐酸材料、耐热材料、卫生工程材料及其他特殊材料。材料的用途不同，对材料性能的要求也不同。

根据产品和标准化的要求，我国对绝大部分材料，包括产品规格、测试方法和设备、验收规则、应用技术等，均制订有统一的标准。建材生产单位按照标准生产合格的产品，建材使用部门则按标准选用、验收、施工安装。

标准可分为国家标准、部行业标准、地方标准、企业标准等。各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。我国国家技术监督局是国家标准化的最高机关。

各级标准分别有部门符号、编号和批准年代号。举例如下：

GB——国家标准；

GBJ——建筑工程国家标准；

JGJ——建设部行业标准；

JC——国家建材局标准；

YB——冶金部冶金产品标准；

SY——能源部石油产品标准；

HG——化工部标准；

LY——林业部标准；

QB——轻工部标准；

ZB——国家级专业标准。

如国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》的标准号为 GB175-92，建设部行业标准《普通混凝土配合比设计技术规定》的标准号为 JGJ-55-81)。

国家标准和部标准都是全国通用标准，是国家指令性技术文件，生产、设计、施工等各部门必须严格遵照执行。

本书所编内容均以现行国标和部标为准,个别内容采用了国标或部标报批稿以及中国工程建设标准化委员会标准。有不少标准目前正在更新、拟订或审议中,本书暂未反映。待标准正式颁布(或定稿)后,于本书再版时,再作修订。

四

在高等学校“工业与民用建筑”、“建筑管理工程”等专业的教学计划中,本课程是一门专业基础课。课程的主要内容是对常用的建筑工程材料的生产、成分、构造、性能和应用等方面作综合的论述,为“房屋建筑学”、“工程结构设计”、“施工技术”等专业课提供理论及基础知识,也为今后从事专业技术工作提供必要的基础理论和训练,使高等学校培养的高级专门技术人才能够在建筑工程技术领域内,合理地选择和使用建筑材料。

学习本课程的基本要求:

1. 了解材料在建筑物上所起的作用和要求;
2. 了解常用材料的生产、成分和构造;
3. 掌握常用材料的主要技术性质,以及影响材料性质的主要因素及其相互关系;
4. 掌握常用材料的标准,熟悉其分类、分等和规格;
5. 熟悉常用材料的测试仪器,掌握测试方法和技术;
6. 了解常用材料的验收规则和储运注意事项;
7. 掌握常用材料的选用原则及方法;
8. 掌握工地配制材料的配制原理及方法,了解这些材料的施工注意事项。

本课程是“材料学”和“建筑工程学”的交叉学科,它既具有较深的理论性,又具有较强的实践性,课程涉及面宽,问题繁多。学习本课程时,除应注意听课,作好笔记,细心复习,及时完成作业,认真上好实验课之外,尚应注意以下学习方法:

1. 把握每章节的中心内容和重点,通过认真思考,理解并掌握这些重点内容;
2. 从材料的生产——成分——构造——性质——应用的相关性,理解其内在联系,学会推理方法;
3. 运用对比方法,以典型材料为例,理解相关材料的特性;
4. 理论联系实际;在实验时注意材料的物理形态及其变化,理解所得数据的物理意义,注意实验报告的编写;注意观察正在施工安装中的建筑材料和已建成建筑物上建筑材料所处的状态,调查材料使用实例及存在的问题;
5. 定期与老师或同学进行问题讨论,交换学习心得体会,互相启发,加深理解;
6. 适当阅览专业技术杂志或书籍,阅读有关建筑材料使用方面的文章,扩大知识面,培养学习兴趣。

实验是本课程重要教学环节之一。通过实验,获得材料性质的感性认识,掌握材料试验的基本方法,加深对课堂所学内容的理解,培养实事求是的科学态度和严肃认真的工作作风。

建筑材料原料、成品、样品及某些测试仪器的认识和观摩,也是本课程教学环节之一。

第一章 建筑工程材料的基本性质

内容提要: 本章是本课程的重点内容之一。重点介绍了建筑工程材料的基本物理性质、力学性质、与水有关的性质、热学性质及耐久性, 并从材料的组成、结构出发, 阐述了影响材料基本性质的内在因素, 应深入理解, 牢固掌握。本章还就材料的装饰性能、防火性能以及建筑材料的放射性问题作了一般性介绍。

本章自学学时为8学时。

在建筑中, 处于各部位的建筑材料起着各种不同的作用。各种不同的建筑材料应按其功能要求具有不同的性能。在设计、施工时, 为了合理地选择、使用建筑材料, 必须正确掌握或了解材料的各种性质。

建筑材料按其主要用途, 对材料性能的主要要求如下:

结构材料——强度、变形性、表观密度等;

构造材料——强度、表观密度、外观等;

绝热材料——导热性、热容量、吸水率、表观密度等;

防水材料——抗渗性、感温性、耐候性等;

地面材料——耐磨性、抗滑性等;

装饰材料——装饰性能、耐候性等;

耐热材料——耐热性、强度等;

耐腐蚀材料——耐腐蚀性、密实度等;

特种材料——使用上的特种要求。

所有建筑材料均要求具有一定的耐久性, 即长期处在一定使用条件下, 性能无显著劣化现象。

材料性能是材料内在因素的客观表现, 学习时应注意材料性能与其组成、结构之间的内在联系。

第一节 材料的基本物理性质

一、密度和表观密度

1. 密度

密度是材料在绝对密实状态下, 单位体积的质量 (重量), 又称比重, 即与水的密度之比。密度的计算式如下:

$$\rho = m / V$$

式中 ρ ——密度, g / cm^3 ;

m ——干燥材料的质量, g ; V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括材料内部孔隙在内的体积, 在建筑工程材料

中，除钢材、玻璃等少数材料外，大多数材料内部均存在孔隙。

为测定有孔材料的绝对密实体积，应把材料磨成细粉，干燥后用比重瓶测定其体积。材料磨得越细，测得的数值越接近于材料的真实体积。密度是材料物质结构的反映，凡单成分材料往往具有确定的密度值。

密度是材料的基本物理性质之一，与材料的其他性质存在着密切的相关关系。

2. 表观密度

表观密度是材料在自然状态下，单位体积的质量（重量），又称容重或体积密度。表观密度的计算式如下：

$$\rho_0 = m / V_0 \tag{1-2}$$

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括内部孔隙在内的体积。

规则形状材料的体积可用量具测量，计算而得。不规则形状材料体积可按阿基米德原理或直接用体积仪测得。

材料的表观密度一般指材料在干燥状态下单位体积的质量，称为干表观密度。当材料含水时，所得表观密度，称为湿表观密度。由于材料含水状态的不同，如绝干（烘干至恒重）、风干（气干）、含水（未饱和）、吸水饱和等，可分别称为干表观密度、气干表观密度、湿表观密度、饱和表观密度等。对于大多数无机非金属材料，气干表观密度和干表观密度的数值比较接近。这些材料吸湿或吸水后，体积变化甚小，一般可忽略不计。对于木材等轻质材料，由于吸湿和吸水性强，体积胀大，不同含水状态（包括气干状态）的表观密度数值差别较大，必须精确测定。

砂、石子等散粒材料的体积按自然堆积体积计算，称为堆积密度。若以振实体积计算，则称紧密堆积密度。

散粒材料的颗粒内部或多或少存在着孔隙，颗粒与颗粒之间又存在空隙，所以对散粒材料而言，有密度、（颗粒）表观密度和堆积密度三个物理量，应加区别。

在建筑工程中，凡计算材料用量和构件自重，进行配料计算，确定堆放空间及组织运输时，必须掌握材料的密度、表观密度及堆积密度等数据。表观密度与材料的其他性质（如强度、吸水性、导热性等）也存在着密切的关系。

几种常用材料的密度、表观密度及其孔隙率的数值如表 1-1。

表 1-1 几种常用材料的密度、表观密度及孔隙率

材 料	密度(g/cm^3)	表观密度(kg/m^3)	孔隙率(%)
花岗岩	2.6—2.9	2 500—2 800	0.5—3.0
普通砖	2.5—2.8	1 500—1 800	30—40
普通混凝土	—	2 300—2 500	5—10
松 木	1.55	380—700	55—75
建筑钢材	7.85	7 850	0

二、密实度和孔隙率

1. 密实度

密实度是材料体积内固体物质所充实的程度。密实度的计算式如下:

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \quad (1-3)$$

对于绝对密实材料, 因 $\rho_0 = \rho$ 故密实度 $D = 1$ 或 100%。对于大多数建筑材料, 因 $\rho_0 < \rho$, 故密实度 $D < 1$ 或 $D < 100\%$ 。

2. 孔隙率

孔隙率是材料体积内孔隙体积与材料总体积 (自然状态体积) 的比率。孔隙率的计算式如下:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (1-4)$$

由式(1-3)和(1-4)可见:

$$P + D = 1 \quad (1-5)$$

所以密实度和孔隙率值不必相提并论, 通常以孔隙率表征材料的密实程度。

对于砂、石子等散粒材料, 也可用式 (1-4) 计算其空隙率。此时, ρ_0 为散粒材料的堆积密度, ρ 为颗粒体的表观密度。由此算得的空隙率是指材料颗粒之间空隙体积与散粒材料堆积体积之比。而散粒材料本身颗粒的孔隙率, 则是颗粒内部的孔隙体积与颗粒外形所包含体积之比。

例: 某石子试样, 干燥状态下的堆积密度为 $1650\text{kg}/\text{m}^3$, 试样经浸水饱和, 投入装满水的广口瓶中后总重 1205g , 空广口瓶装满水时重 910g , 广口瓶中的石子取出后经干燥, 重 470g , 又将干燥后的石子磨成细粉, 取 50g 试样, 投入比重瓶, 水面升高体积为 18.5cm^3 。求此石子颗粒的密度、表观密度、孔隙率和堆积时的空隙率?

(解)

密度 $\rho = \frac{50}{18.5} = 2.70\text{g}/\text{cm}^3$

表观密度 $\rho_0 = \frac{470}{470 + 910 - 1205} = 2.69\text{g}/\text{cm}^3$

孔隙率 $P = 1 - \frac{2.69}{2.70} = 0.37\%$

空隙率 $P_0 = 1 - \frac{1.65}{2.69} = 38.43\%$

第二节 材料的力学性质

一、强度

材料的强度是材料在应力作用下抵抗破坏的能力。通常, 材料内部的应力多由外力 (或荷载) 作用而引起, 随着外力增加, 应力也随之增大, 直至应力超过材料内部质点所能抵抗

的极限,即强度极限,材料发生破坏。

根据外力作用方式,材料强度有抗拉、抗压、抗剪、抗弯(抗折)强度等,如图1-1所示。

在工程上,通常采用破坏试验法对材料的强度进行实测。将事先制作的试件放在材料试验机上,施加外力(荷载),直至破坏,根据试件尺寸和破坏时的荷载值,计算材料的强度。

材料的抗拉、抗压及抗剪强度的计算式如下:

$$R = \frac{P_{\max}}{F} \quad (1-6)$$

式中 R ——材料的极限强度, MPa;

$P_{\max}$ ——材料破坏时最大荷载, N;

F ——试件受力面积, mm^2 。

材料的抗弯强度与试件受力情况、截面形状及支承条件有关。一般试验方法是将条形试件(梁)放在两支点上,中间作用一集中荷载。对矩形截面的试件,抗弯强度的计算式为:

$$R_w = \frac{3P_{\max}l}{2bh^2} \quad (1-7)$$

式中 R_w ——材料的抗弯极限强度, MPa; $P_{\max}$ ——弯曲破坏时的最大集中荷载, N;

l ——两支点的间距, mm; b 、 h ——分别为受弯试件截面的宽和高, mm。

材料的强度主要取决于材料的组成和结构。不同种类的材料,强度差别甚大,即使同类材料,强度也有不少差异。不同的受力形式,不同的受力方向,强度也不相同。强度是结构材料性能研究的主要内容。

为便于材料的生产和使用,主要结构材料均按强度值作为划分强度等级或标号的标准。如烧结普通砖按抗压强度分为 MU30、MU25、MU20、MU15 等六个强度等级;普通水泥按抗压强度和抗折强度分为 325、425、525、625 四个标号;普通混凝土有 C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60 等 12 个强度等级;建筑钢材按机械性能(屈服点、抗拉强度、伸长率、冷弯性能等)划分钢号;结构用木材按弦向静曲强度划分强度等级。对结构材料按强度性能划分等级或标号。对于生产者控制生产工艺,保证产品质量,使用者掌握材料性能,合理选用材料,正确进行设计,精心组织施工,都是十分重要的。

在生产和使用材料时,为确保产品或工程质量,必须对材料的强度性能进行测试,作为出厂或验收的依据。材料的强度试验条件对测试所得数据影响很大,如试样采取方法、试件的形状和尺寸,试件的表面状况、试验机的类型、试验时加荷速度、环境的温度和湿度,以及试验数据的取舍等,均在不同程度上影响所得数据的代表性和精确性。所以对于各种建筑

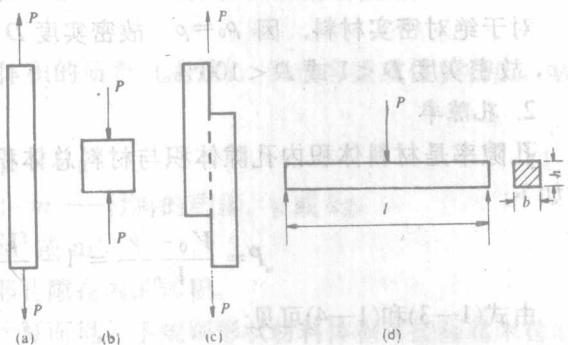


图 1-1 外力作用示意图

a—抗拉; b—抗压; c—抗剪; d—抗弯

材料必须严格遵照有关标准规定的试验方法进行试验。

二、弹性和塑性

材料在外力作用下产生变形，外力去除后，变形消失，材料恢复原有形状的性能称为弹性。如图 1-2 所示，当施加荷载至 A ，产生的弹性变形为 Oa ，荷载卸除，变形恢复至 O 点。这种性能称为完全弹性。弹性变形与荷载成正比关系，即 OA 为一直线。荷载与变形之比，或应力与应变之比，即 $\tan \phi$ ，称为材料的弹性模量。

如材料在外力作用下产生变形，外力去除，有一部分变形不能恢复，这种性质称为塑性，不能恢复的变形，称为塑性变形。如图 1-2，当施加荷载超过 A 点，材料产生明显的塑性变形，至 B 点， ab 即为塑性变形，荷载卸除，变形恢复至 O' 点， OO' 为永久变形。对理想的弹塑性材料， $OA \parallel O'B$ ， $OO' = ab$ ，建筑用低碳钢接近于理想的弹塑性材料，如荷载在 A 点以下，则接近于理想的弹性材料。许多建筑材料的荷载变形图如图 1-3 所示。材料受力后并不产生明显的塑性变形，但荷载变形关系呈曲线形，当荷载卸除，变形恢复至 O' ， OO' 为不可恢复的塑性变形或永久变形。混凝土的受力变形具有这种性质。

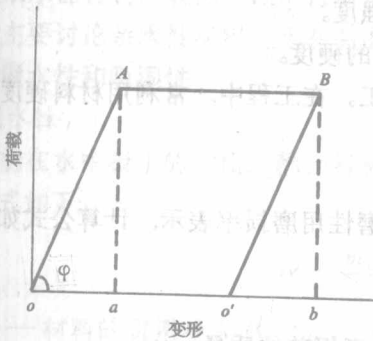


图 1-2 材料的弹性和塑性变形曲线

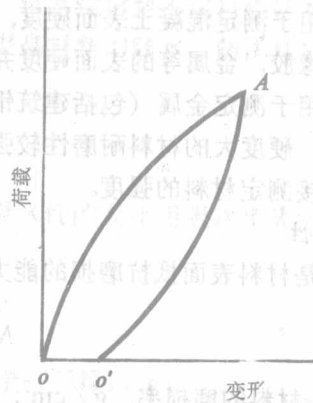


图 1-3 材料的弹塑性变形曲线

弹性和塑性有时作为描述材料变形性质的形容词，如弹性材料、塑性材料、弹塑性材料。建筑材料受力变形的机理也比较复杂，实际材料的受力变形过程和性质与理想模型有一定差距。

三、脆性和韧性

材料受力达到一定程度时，突然发生破坏，并无明显的变形，材料的这种性质称为脆性。脆性材料的变形曲线如图 1-4 所示。大部分无机非金属材料均属脆性材料，如天然石材、烧结普通砖、陶瓷、玻璃、普通混凝土、砂浆等。脆性材料的另一特点是抗压强度高而抗拉、抗折强度低。在工程中使用，应注意发挥这类材料的特性。

材料在冲击或动力荷载作用下，能吸收较大能量而不破坏的性能，称为韧性或冲击韧性。韧性以试件破坏时单位面积所消耗的功表示，计算公式如下：

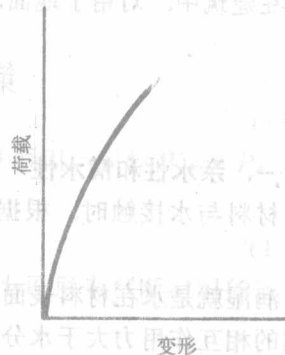


图 1-4 脆性材料的变形曲线