



新世纪土木工程系列教材

土木工程材料

(第2版)

黄政宇 主编

尚建丽 副主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



新世纪土木工程系列教材

土木工程材料

TUMU GONGCHENG CAILIAO

(第2版)

黄政宇 主编

尚建丽 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书根据土木工程专业培养要求,参照最新的国家标准、规范和规程,以加强基础、注重实用为原则,在第1版的基础上修订而成。

本书共10章,包括:土木工程材料的基本性质,无机胶凝材料,砂石材料,混凝土与砂浆,砌筑材料,金属材料,沥青和沥青混合料,合成高分子材料,木材,建筑功能材料及附录——土木工程材料试验。为便于教学各章附有必要的思考题。

本书可作为高等学校土木工程专业及土建类其他专业的本科教材或参考书,也可供土木工程设计、施工、科研、管理和监理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/黄政宇主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2013.7

ISBN 978-7-04-037658-6

I. ①土… II. ①黄… 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(2013)第 133209 号

策划编辑 单 蕾	责任编辑 单 蕾	封面设计 李小璐	版式设计 范晓红
插图绘制 尹 莉	责任校对 刘春萍	责任印制 张泽业	

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街4号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京机工印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm × 1092mm 1/16	版 次	2002年12月第1版
印 张	20		2013年7月第2版
字 数	480千字	印 次	2013年7月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	31.30元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 37658-00

教育部高等教育出版社土建类系列教材

编辑委员会委员名单

主任委员：沈蒲生(湖南大学)

副主任委员：(按姓氏笔画排序)

叶志明(上海大学)

白国良(西安建筑科技大学)

吴胜兴(河海大学)

邹超英(哈尔滨工业大学)

周绪红(兰州大学)

强士中(西南交通大学)

委员：(按姓氏笔画排序)

卫 军(中南大学)

王 湛(华南理工大学)

朱彦鹏(兰州理工大学)

江见鲸(清华大学)

李远富(西南交通大学)

张印阁(东北林业大学)

尚守平(湖南大学)

赵明华(湖南大学)

黄政宇(湖南大学)

梁兴文(西安建筑科技大学)

霍 达(北京工业大学)

王 健(北京建筑工程学院)

王清湘(大连理工大学)

刘 明(沈阳建筑大学)

杨和礼(武汉大学)

沙爱民(长安大学)

张家良(辽宁工业大学)

周 云(广州大学)

高 波(西南交通大学)

黄醒春(上海交通大学)

廖红建(西安交通大学)

出版者的话

根据 1998 年教育部颁布的《普通高等学校本科专业目录(1998 年)》,我社从 1999 年开始进行土木工程专业系列教材的策划工作,并于 2000 年成立了由具丰富教学经验、有较高学术水平和学术声望的教师组成的“高等教育出版社土建类教材编委会”,组织出版了新世纪土木工程系列教材,以适应当时“大土木”背景下的专业、课程教学改革需求。系列教材推出以来,几经修订,陆续完善,较好地满足了土木工程专业人才培养目标对课程教学的需求,对我国高校土木工程专业拓宽之后的人才培养和课程教学质量的提高起到了积极的推动作用,教学适用性良好,深受广大师生欢迎。至今,共出版 37 本,其中 22 本纳入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,5 本被评为普通高等教育精品教材,若干本获省市级优秀教材奖。

2012 年教育部颁布了新修订的《普通高等学校本科专业目录(2012 年)》。新的专业目录中土木与建筑分开单独设类,土木类包括土木工程、建筑环境与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑电气与智能化等 4 个专业,并增加了城市地下空间工程和道路桥梁与渡河工程 2 个特设专业。其中土木工程专业包含了 1998 年版专业目录中土建类的土木工程和建筑工程教育。

为了更好地帮助各高等学校根据新的专业目录对土木工程专业进行设置和调整,利于其人才培养,与时俱进,编委会决定,根据新的专业目录精神对本系列教材进行重新审视,并予以调整和修订。进行这一工作的指导思想是:

一、紧密结合人才培养模式和课程体系改革,适应新专业目录指导下的土木工程专业教学需求。

二、加强专业核心课程与专业方向课程的有机沟通,用系统的观点和方法优化课程体系结构。具体如,在体系上,将既有的一个系列整合为三个系列,即专业核心课程教材系列、专业方向课程教材系列和专业教学辅助教材系列。在内容上,对内容经典、符合新的专业设置要求的课程教材继续完善;对因新的专业设置要求变化而必须对内容、结构进行调整的课程教材着手修订。同时,跟踪已推出系列教材使用情况,以适时进行修订和完善。

三、各门课程教材要具有与本门学科发展相适应的学科水平,以科技进步和社会发展的最新成果充实、更新教材内容,贯彻理论联系实际的原则。

四、要正确处理继承、借鉴和创新的关系,不能简单地以传统和现代划线,决定取舍,而应根据教学需求取舍。继承、借鉴历史和国外的经验,注意研究结合我国的现实情况,择善而从,消化创新。

五、随着高新技术、特别是数字化和网络技术的发展,在本系列教材建设中,要充分考虑文字教材与音像、电子、网络教材的综合发展,发挥综合媒体在教学中的优势,提高教学质

量与效率。在开发研制教学软件时,要充分借鉴和利用精品课程建设和精品资源共享课建设的优质课程教学资源,要注意使文字教材与先进的软件接轨,明确不同形式教学资源之间的关系是相辅相成、相互补充的。

六、坚持质量第一。图书是特殊的商品,教材是特殊的图书。教材质量的优劣直接影响教学质量和教学秩序,最终影响学校人才培养的质量。教材不仅具有传播知识、服务教育、积累文化的功能,也是沟通作者、编辑、读者的桥梁,一定程度上还代表着国家学术文化或学校教学、科研水平。因此,遴选作者、审定教材、贯彻国家标准和规范等方面需严格把关。

为此,编委会在原系列教材的基础上,研究提出了符合新专业目录要求的新的土木工程专业系列教材的选题及其基本内容与编审或修订原则,并推荐作者。希望通过我们的努力,可以为新专业目录指导下的土木工程专业学生提供一套经过整合优化的比较系统的专业系列教材,以期为我国的土木工程专业教材建设贡献自己的一份力量。

本系列教材的编写和修订都经过了编委会的审阅,以求教材质量更臻完善。如有疏漏之处,恳请读者批评指正!

高等教育出版社
高等教育理工出版事业部
建筑与力学分社
二〇一三年三月一日

第2版前言

为了适应我国高等教育拓宽专业口径的需要,高等教育出版社组织编写了“新世纪土木工程系列教材”,并出版了《土木工程材料》(第1版),该教材自2002年12月出版以来,得到许多高等学校土木工程专业师生的欢迎。随着我国国民经济的迅速发展,工程建设相关的科学研究和技术革新进步显著,促使土木工程材料的性能不断改善,新品种、新材料不断涌现,相应的国家标准、规范和规程也大量更新,因而需要更新教材的内容,适应教学的要求。

本书保持注重土木工程材料基本理论和基本知识,兼顾建筑工程和道路桥梁专业方向的特点,按侧重土木工程材料新成果和新规范的原则,淘汰部分旧材料品种,增加新材料品种,尽可能按最新的标准规范修订。其中,着重修订了水泥、混凝土、钢材、砌筑材料和沥青混合料的内容。全书由湖南大学黄政宇教授为主编、西安建筑科技大学尚建丽教授为副主编进行修订。各章修订的任务分配为绪论、第2章、第3章、第4章由黄政宇(湖南大学)修订;第1章、第5章、第6章、附录实验1、5、6由尚建丽(西安建筑科技大学)修订;第7章、附录实验2、3、4、7、8由龚建清(湖南大学)修订;第8章、第9章、第10章由伍勇华(西安建筑科技大学)修订。

本书修订得到高等教育出版社、湖南大学、西安建筑科技大学的有关部门的大力支持,部分高等学校的同行提出了宝贵意见,在此一并致谢。鉴于土木工程材料的品种繁多,新材料、新品种不断出现,各行业有关材料的技术标准不一致,因此书中的疏漏、不妥甚至错误之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2013年4月

第 1 版前言

土木工程材料是土木工程的物质基础,《土木工程材料》是土木工程专业的技术基础课程。作为土木工程专业系列教材之一,本书以高等学校土木工程专业指导委员会制定的《土木工程材料》教学大纲为基本依据,根据土木工程专业的基本要求,参考国家最新的规范和规程,系统地介绍了土木工程常用的无机胶凝材料、金属材料、砂石材料、混凝土和砂浆、沥青和沥青混合料、合成高分子材料和木材等材料的基本理论和基本知识,适合于土木工程专业的教学,也可供专业技术人员参考。

学习本课程的目的使学生掌握主要土木工程材料的性质、用途、生产和使用方法,了解土木工程材料的性质与组成、结构的关系,以及改善性能的途径。通过本课程的学习,学会根据工程特点合理选择和正确使用材料,并为其他专业基础课和专业课的学习提供相关的材料知识。本书在编写时力求理论联系实际,在内容上尽可能反映本学科国内外的新成就和我国有关的新标准、新规范,并以土木工程各行业的公共材料为重点介绍土木工程材料。

本书由黄政宇主编,尚建丽为副主编。绪论、第 2 章、第 3 章、第 4 章由黄政宇(湖南大学)编写;第 1 章、第 5 章、第 6 章、附录的试验 1、5、6 由尚建丽(西安建筑科技大学)编写;第 7 章、试验 2、3、4、7、8 由龚建清(湖南大学)编写;第 8 章、第 9 章、第 10 章由伍勇华(西安建筑科技大学)编写。中南大学周士琼教授在百忙中审阅了本教材,并提出宝贵意见,在此表示诚挚谢意。本书在编写过程中得到高等教育出版社、湖南大学的大力帮助,在此一并表示感谢。

由于土木工程材料的品种繁多,新材料的发展很快,且各行业的技术标准不一致,加上时间仓促,水平有限,书中的疏漏、不妥甚至错误之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者
2002 年 10 月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任;构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

绪论	1
第 1 章 土木工程材料的基本性质	4
§ 1.1 材料的组成、结构及构造	4
§ 1.2 材料的物理性质	7
§ 1.3 材料的力学性质	9
§ 1.4 材料与水有关的性质	13
§ 1.5 材料的热物理性质	16
§ 1.6 材料的耐久性	18
§ 1.7 材料的安全性	18
复习思考题	19
第 2 章 无机胶凝材料	20
§ 2.1 气硬性胶凝材料	20
§ 2.2 硅酸盐水泥	27
§ 2.3 掺混合材料的硅酸盐水泥	36
§ 2.4 其他品种水泥	42
复习思考题	45
第 3 章 砂石材料	47
§ 3.1 砂石材料的技术性质	47
§ 3.2 砂石材料的级配和组成设计	51
复习思考题	60
第 4 章 混凝土与砂浆	62
§ 4.1 普通混凝土的组成材料	62
§ 4.2 普通混凝土的主要技术性质	75
§ 4.3 普通混凝土的配合比设计和质量控制	92
§ 4.4 其他品种混凝土	106
§ 4.5 砂浆	111
复习思考题	120
第 5 章 砌筑材料	122
§ 5.1 砌墙砖	122
§ 5.2 非烧结砌块	133

§ 5.3 砌筑用石材	138
复习思考题	143
第 6 章 金属材料	144
§ 6.1 钢材的生产和分类	144
§ 6.2 钢材的力学性能	145
§ 6.3 钢的晶体组织及化学成分	149
§ 6.4 钢材的加工与连接	152
§ 6.5 建筑钢材的品种与选用	155
§ 6.6 钢材的腐蚀与防止	167
复习思考题	169
第 7 章 沥青和沥青混合料	170
§ 7.1 沥青	170
§ 7.2 沥青混合料	178
复习思考题	215
第 8 章 合成高分子材料	217
§ 8.1 高分子化合物概述	217
§ 8.2 土木工程常用的合成高分子材料	225
复习思考题	233
第 9 章 木材	234
§ 9.1 木材的分类与构造	234
§ 9.2 木材的主要性能	236
§ 9.3 木材的防腐及防火	241
§ 9.4 木材的应用	242
复习思考题	243
第 10 章 建筑功能材料	244
§ 10.1 防水材料	244
§ 10.2 绝热材料	252
§ 10.3 吸声材料和隔声材料	254
§ 10.4 装饰材料	257
复习思考题	264
附录 土木工程材料试验	265
试验一 土木工程材料基本性质试验	265
试验二 水泥试验	267
试验三 砂石试验	275

试验四	普通混凝土试验	280
试验五	烧结多孔砖试验	287
试验六	钢筋试验	288
试验七	沥青试验	290
试验八	沥青混合料试验	294
参考文献		307

一、土木工程材料的分类

土木工程材料是指土木工程中使用的各种材料和制品,它是土木工程的物质基础。土木工程材料的品种繁多、作用和功能各异,为方便应用,常按不同原则分类。按材料来源,可分为天然材料和人造材料;按使用功能,可分为结构材料和功能材料。按组成材料的物质和化学成分,土木工程材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,每大类又有更细的类别,如下所示:

无机材料	金属材料	黑色金属——钢、铁、不锈钢等
		有色金属——铝、铜及其合金等
	非金属材料	天然石材——砂、石及石材制品等
		烧土制品——砖、瓦、玻璃、陶瓷等
有机材料	胶凝材料及其制品——石灰、石膏、水玻璃、水泥、混凝土、砂浆及硅酸盐制品等	
	天然高分子材料——木材、竹材、石油沥青、煤沥青等	
	合成高分子材料——塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等	
复合材料	有机材料基复合材料——玻璃纤维增强塑料、沥青混合料等	
	无机材料基复合材料——钢纤维增强混凝土、聚合物水泥混凝土等	

二、土木工程材料的作用和发展

土木工程材料作为土木工程的物质基础,对土木工程的发展起着关键作用。一类新的优良的材料的出现往往带来工程技术的变革,甚至出现大的飞跃。

人类最早是穴居巢处,进入石器时代后,才开始利用土、石、木等天然材料从事营造活动,挖土凿石为洞,伐木搭竹为棚。随着社会生产力的发展,人类进而利用天然材料进行简单加工,砖、瓦等人造土木工程材料相继出现,使人类第一次冲破天然材料的束缚,开始大量修建房屋和防御工程等,从而使土木工程出现第一次飞跃。17世纪70年代在土木工程中开始使用生铁,19世纪初开始使用熟铁建造桥梁和房屋,出现了钢结构的雏形。从19世纪中叶开始,出现了延性好、抗压和抗拉强度高、质量均匀的建筑钢材,使钢结构得到迅速发展,结构物的跨度从砖、石结构和木结构的几十米发展到百米、几百米,直到现代的千米以上,随着设计理论和施工技术的进一步完善,土木工程又产生了一次飞跃。19世纪20年代,波特兰水泥发明不久,出现了混凝土材料,并

很快与钢筋复合制成钢筋混凝土结构;20 世纪 30 年代,又出现了预应力混凝土材料,使土木工程又出现了新的经济、美观的工程结构形式,其结构设计理论和施工技术也得到了蓬勃发展,这是土木工程的又一次飞跃发展。纵观历史,土木工程三次飞跃都与新的优良的材料出现和应用有关。

土木工程材料的发展与土木工程技术的进步密切相关,它们相互制约、相互依赖和相互推动。新型土木工程材料的诞生推动土木工程设计理论和施工技术的变化,而新的设计理论和施工技术又对土木工程材料提出了更高的要求,常常会促进新材料的诞生和发展。

随着人类社会的进步和发展,更有效地利用地球上有限资源和能源,全面改善人类工作与生存的环境,迅速扩大人类的生存空间,满足愈来愈高的安全、舒适、美观、耐久的要求,实现土木工程可持续发展,是土木工程面临的新挑战,也对土木工程材料提出了更多和更高的要求。今后,在原材料方面要最大限度地节约有限的资源,充分利用可再生资源和工农业废料;在生产工艺方面,要尽量降低原材料及能源消耗,大力减少环境污染;在性能方面,除要力求轻质、高强、耐久和多功能外,还要考虑材料的安全性和可再生性。在产品型式方面应积极发展预制技术,提高产品的构件化、单元化的水平。总之,人类进入 21 世纪后,土木工程材料正向高性能、多功能、安全和环境友好的方向发展。

三、土木工程材料的选择和使用

土木工程材料的品种门类繁多、性能各异、用量巨大、价格悬殊,因此正确选择和合理使用土木工程材料,对工程的安全性、适用性、耐久性和经济性有着重大的意义。对于从事土木工程设计、施工、科研和管理的专业人员,掌握各种土木工程材料的性能及其适用范围,在种类繁多的土木工程材料中选择最合适的加以应用,十分重要。

土木工程材料的选择和使用,应该根据工程的特点和使用环境,遵照有关的技术标准进行。在我国,作为材料生产、设计、施工、管理和研究等部门应共同遵循的依据,绝大多数常用的土木工程材料,均由专门的机构制定并发布了相应的技术标准,对其质量、规格、检验方法和验收规则均作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、地方标准和企业标准四级。国家标准是由国家有关的主管部门发布的全国性的指导性技术文件,其代号为 GB。行业标准也是全国性的指导性技术文件,但它由各主管生产部(局)或行业协会发布,其代号按部门或行业协会名而定,如建材行业标准的代号为 JC,住房和城乡建设部行业标准的代号为 JGJ,中国工程建设标准化协会标准的代号为 CECS。地方标准是地方主管部门发布的地方性指导性技术文件,其代号为 DB。企业标准则仅适用于本企业,其代号为 QB。凡没有国家标准、行业标准和地方标准的产品,均应制定企业标准。国家标准、行业标准和地方标准按照要求执行的程度分为强制标准和推荐标准(以/T 表示)。当涉及国际间的土木工程项目时,有时还需要遵照国际标准或外国标准选择和使用材料,其中,主要有国际标准(代号 ISO)、美国材料试验学会标准(代号 ASTM)、日本工业标准(代号 JIS)、德国工业标准(代号 DIN)和英国标准(代号 BS)等。土木工程材料不仅要求必须符合产品标准,更重要的是要遵照有关设计、施工和应用的规范、规程选择和使用。由于现行的规范、规程是以往工程实践经验的总结,在从事土木工程活动时,应熟悉有关的技术标准。

在科学技术突飞猛进的今天,土木工程的新材料、新品种层出不穷,许多新材料、新品种的应用往往很难找到现行有关的技术标准,在这种情况下,熟悉相关类似材料的技术标准,特别是制定标准的科学依据十分重要。这就要求掌握土木工程材料的基础理论或基本规律,特别是土木工程材料的性质和影响材料性质的因素,才能根据工程特点,正确选择和合理使用材料。

四、学习土木工程材料的目的是和方法

土木工程材料课程是土木工程类专业的技术基础课,课程的学习目的是使学生获得有关土木工程材料的基本理论、基本知识和基本技能,为学习后续的专业课程提供材料的基础知识,并为今后从事设计、施工、管理和科研工作能够合理选择和正确使用土木工程材料奠定基础。

土木工程材料的内容杂、品种多、涉及面广,在学习的过程中,应始终以土木工程材料的性能和合理使用为中心,了解事物的本质和内在联系。例如,在学习材料的性质时,不能只满足于知道某材料具有哪些性质、哪些表象,更重要的是要掌握材料的组成、结构与性质的关系,以及材料各性质之间的相互关系。对于同一类属不同品种的材料,要善于运用对比的方法分析比较,不但要掌握材料的共性,更重要的是要了解它们各自的特性和具备这些特性的原因。材料的性质不仅与其组成结构有关,还受外界条件的影响,了解外界条件对材料性能的影响,对于合理使用土木工程材料十分重要。

土木工程材料课程是一门实践性很强的课程,试验是本课程重要的教学环节,其任务是验证基础理论,学习检验材料的试验方法,培养科学研究能力和严谨的科学态度。在试验时,要严肃认真、一丝不苟、注意观察,并应了解试验条件对试验结果的影响,能根据所学习的基本理论对试验结果做出正确的分析和判断。

第1章

土木工程材料的基本性质

在土木工程中,由于工程性质、结构部位及环境条件的不同,对材料有不同的要求。例如,各种建(构)筑物的主体结构,要承受各种荷载的作用,材料必须具有一定的强度。工业建筑或基础设施会受外界介质或环境的化学作用和物理作用,材料必须具有抵抗这些物理和化学作用的耐久性。民用建筑和住宅应外形美观、功能完善、使用方便、环境舒适,材料还必须具有防水防潮、隔声吸声、保温隔热和装饰等功能。由此可见,土木工程对材料性能的要求是复杂和多方面的。土木工程建设是人类的大规模生产活动,需消耗大量的自然资源和能源,并产生一定量的废气、废渣和粉尘等对自然环境有害的物质,所以,土木工程材料的选择和使用,还应考虑材料的人居环境及人类可持续发展的影响。因此,只有掌握材料的基本性质,才能正确选择、合理使用土木工程材料。

§ 1.1 材料的组成、结构及构造

不同的材料,由于组成不同而呈现不同的性质;同一种材料由于结构及构造的差异也会表现不同的性质。所以,材料的组成、结构及构造决定着材料的各种性质。只有了解材料的组成、结构及构造,才能更好地掌握材料的基本性质。

§ 1.1.1 材料的组成

一、化学组成

化学组成是指材料的化学成分。无机非金属材料的化学成分常用各氧化物的含量来反映,如石灰的化学成分是 CaO 。金属材料则常以化学元素的含量来表示,如碳素钢以碳元素含量来划分。合成高分子材料常以其链节表示,如聚乙烯的链节是 C_2H_4 等。土木工程材料的诸多性质都与其化学成分有关,如耐火性、力学性能、耐腐蚀性、耐老化性能等。

二、物相组成

物相是具有相同物理、化学性质,以及一定化学成分和结构特征的物质。对于无机非金属材料,通常用矿物成分表示;对于金属材料,通常用金相组织来表示。许多材料单从化学组成还不能判断其性质,还必须了解其物相组成。例如,水泥中熟料矿物的组成比例发生变化时,水泥的性质会随之改变。钢材的金相组织发生变化时,钢材的性质也会发生变化。

因此,材料的组成对材料性质的影响十分复杂,需结合具体材料的特性进行研究和分析。

§ 1.1.2 材料的结构和构造

材料的性质除与材料组成有关外,还与其结构和构造有密切关系。材料的结构和构造是泛指材料各组成部分之间的结合方式及其在空间排列分布的规律。目前,材料不同层次的结构和构造的名称和划分,在不同学科间尚未统一。通常,按材料的结构和构造的尺度范围,可分为宏观结构、介观结构和微观结构。

一、宏观结构

材料的宏观结构是指用肉眼或放大镜可分辨出的结构和构造状况,其尺度范围在 10^{-3} m 级以上。按宏观结构的特征,材料有致密、多孔、粒状、层状等结构,宏观结构不同的材料具有不同的特性。例如,玻璃与泡沫玻璃的组成相同,但宏观结构不同,前者为致密结构,后者为多孔结构,其性质截然不同,玻璃用作采光材料,泡沫玻璃用作绝热材料。

材料宏观结构和构造的分类及特征见表 1-1。

表 1-1 材料的宏观结构和构造的分类及特征

宏观结构		结构特征	常用的土木工程材料举例
按孔隙特征	致密结构	无宏观尺度的孔隙	钢铁、玻璃、塑料等
	微孔结构 多孔结构	主要具有微细孔隙 具有较多粗大孔隙	石膏制品、烧土制品等 加气混凝土、泡沫玻璃、泡沫塑料等
按构造特征	纤维结构	主要由纤维状材料构成	木材、玻璃钢、岩棉、GRC 等
	层状结构 散粒结构 聚集结构	由多层材料叠合构成 由松散颗粒状材料构成 由骨料和胶结材料构成	复合墙板、胶合板、纸面石膏板等 砂石材料、膨胀蛭石、膨胀珍珠岩等 各种混凝土、砂浆、陶瓷等

二、介观结构

材料的介观结构(又称亚微观结构)是指用光学显微镜和一般扫描透射电子显微镜所能观察到的结构,是介于宏观和微观之间的结构。其尺度范围在 $10^{-3} \sim 10^{-9}$ m。材料的介观结构根据其尺度范围,还可分为显微结构和纳米结构。其中,显微结构是指用光学显微镜所能观察到的结构,其尺度范围在 $10^{-3} \sim 10^{-7}$ m。土木工程材料的显微结构,应根据具体材料分类研究。对于水泥混凝土,通常是研究水泥石的孔隙结构及界面特性等结构;对于金属材料,通常是研究其金相组织、晶界及晶粒尺寸等。对于木材,通常是研究木纤维、管胞、髓线等组织的结构。材料在显微结构层次上的差异对材料的性能有显著的影响。例如,钢材的晶粒尺寸越小,钢材的强度越高。又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提高。因此,对于土木工程材料而言,从显微结构层次上研究并改善材料的性能十分重要。

材料的纳米结构是指一般扫描透射电子显微镜所能观察到的结构。其尺度范围在 $10^{-7} \sim 10^{-9}$ m。材料的纳米结构是 20 世纪 80 年代末期引起人们广泛关注的一个尺度。其基本结构单元