

普通高等学校“十二五”规划教材

土木工程材料

主 编 冯英杰
编 著 李守华 魏明强
主 审 王起才



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等学校“十二五”规划教材

土木工程材料

主 编	冯英杰	
编 著	李守华	魏明强
主 审	王起才	

国防工业出版社

内 容 简 介

本书在介绍土木工程常用材料的基本性质的基础上,对材料的生产原料、生产工艺、材料的组成与结构、材料的性能及应用等做了进一步讲述。具体内容包括:无机胶凝材料、混凝土、砂浆、钢材、木材、沥青及沥青混合料、防水材料、墙体材料、高分子建筑材料,同时对其他功能性材料也做了概括性介绍。该书最后还对土木工程材料常用的试验检测方法进行了介绍。为了便于相关知识的理解和掌握,每章都附有必要的思考题。

本书可作为高等学校土木工程专业及土建类相关专业的本、专科教材或参考书,也可用作土木工程设计、施工、科研、管理和监理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/冯英杰主编. —北京:国防工业出版社,2014.3

普通高等学校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-09452-7

I. ①土... II. ①冯... 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(2014)第061534号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本787×1092 1/16 印张19 字数464千字

2014年3月第1版第1次印刷 印数1—3000册 定价39.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

随着我国国民经济和科学技术的发展,工程建筑科技进步尤为显著,为了满足现代土木工程性能和施工技术的要求,土木工程材料的质量和性能在不断完善,品种在不断增加,与之相应的国家标准、规范和规程也在同步更新。因此,为了适应教学要求,应将这些新内容适时编入教材。

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,参考国家最新标准、规范和规程编写,系统地介绍了土木工程常用的无机胶凝材料、混凝土、砂浆、石材、建筑钢材、沥青与沥青混合料、木材、墙材、合成高分子材料及其他功能材料的基本理论和基本知识。内容突出应用性,适用面宽,可作为土木工程相关专业的教学用书,也可供土木工程设计、施工、科研和管理人员参考。

本书由西北民族大学冯英杰主编,兰州交通大学王起才教授主审。各章编写分工如下:冯英杰编写绪论、第2章、第3章和第4章,并负责全书统稿;李守华(西北民族大学)编写第5章、第10章、第11章、第12章和附录的试验部分;魏明强(西北民族大学)编写第1章、第6章、第7章、第8章、第9章。

由于土木工程材料发展较快,新材料、新工艺不断出现,各行业标准不一,加之我们水平有限,编写时间仓促,虽尽心尽力,书中不妥甚至错误之处在所难免。恳请广大读者批评指正。

作 者

2014年2月

目 录

绪论	1
第1章 土木工程材料的基本性质	5
1.1 材料的组成、结构与构造及其对材料性质的影响	5
1.1.1 材料的组成	5
1.1.2 材料的结构和构造	6
1.1.3 材料的孔隙与性质	8
1.2 材料的基本物理性质	9
1.2.1 材料的密度、表观密度和堆积密度	9
1.2.2 材料的孔隙率与密实度	11
1.2.3 材料的空隙率与填充率	11
1.2.4 材料与水相关的性质	12
1.2.5 材料的热工性质	15
1.3 材料的力学性质	16
1.3.1 材料的强度	16
1.3.2 材料的弹性与塑性	18
1.3.3 材料的脆性与韧性	19
1.3.4 材料的硬度与耐磨性	19
1.4 材料的耐久性	20
思考题	20
第2章 气硬性胶凝材料	21
2.1 石灰	21
2.1.1 石灰的生产	21
2.1.2 石灰的熟化与硬化	22
2.1.3 石灰的性质和质量要求	22
2.1.4 石灰的应用	24
2.2 石膏	24
2.2.1 石膏的原料、生产及种类	25
2.2.2 建筑石膏的凝结硬化	25
2.2.3 建筑石膏的质量要求、性质与应用	26
2.3 水玻璃	27

2.3.1	水玻璃的生产	27
2.3.2	水玻璃的硬化	28
2.3.3	水玻璃的性质	28
2.3.4	水玻璃的应用	28
思考题		29
第3章 水泥		30
3.1	硅酸盐水泥	30
3.1.1	硅酸盐水泥的生产及矿物组成	30
3.1.2	硅酸盐水泥的水化与硬化	32
3.1.3	硅酸盐水泥的技术性质	35
3.1.4	水泥石的腐蚀与防止	38
3.1.5	硅酸盐水泥的特性、应用与存储	41
3.2	掺混合材料的硅酸盐系水泥	42
3.2.1	水泥混合材料	42
3.2.2	普通硅酸盐水泥	43
3.2.3	矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥	44
3.2.4	复合硅酸盐水泥	47
3.3	其他水泥	48
3.3.1	快硬水泥	48
3.3.2	白色硅酸盐水泥	52
3.3.3	道路硅酸盐水泥	53
3.3.4	膨胀硅酸盐水泥与自应力硅酸盐水泥	54
3.3.5	低水化热硅酸盐水泥	56
思考题		57
第4章 混凝土		59
4.1	混凝土的概述	59
4.1.1	混凝土的定义	59
4.1.2	混凝土的发展历史	59
4.1.3	混凝土的分类	60
4.1.4	混凝土材料的特点	61
4.2	混凝土的组成材料	61
4.2.1	组成材料的作用	61
4.2.2	混凝土组成材料的技术要求	62
4.3	普通混凝土的主要技术性质	84
4.3.1	混凝土拌合物的和易性	84
4.3.2	混凝土的强度	89

4.3.3	混凝土的变形性能	99
4.3.4	混凝土的耐久性	104
4.4	混凝土的质量控制和评定	108
4.4.1	混凝土质量波动的原因	108
4.4.2	混凝土强度的波动规律	108
4.4.3	混凝土强度的平均值、标准差、变异系数	109
4.4.4	混凝土强度保证率	110
4.4.5	混凝土的配制强度	111
4.4.6	混凝土的强度评定	111
4.5	混凝土配合比设计	113
4.5.1	混凝土配合比设计的基本要求和基本参数	113
4.5.2	混凝土配合比设计的步骤	113
4.6	其他品种混凝土	120
4.6.1	泵送混凝土	120
4.6.2	高强混凝土	123
4.6.3	高性能混凝土	127
4.6.4	聚合物混凝土	129
	思考题	132
第5章	砂浆	133
5.1	砂浆的组成与分类	133
5.2	砂浆的性质	133
5.2.1	新拌砂浆的和易性	133
5.2.2	硬化砂浆的强度	134
5.3	砌筑砂浆	135
5.3.1	砌筑砂浆的技术条件	135
5.3.2	砌筑砂浆配合比设计	135
5.4	特种砂浆	137
5.4.1	防水砂浆	137
5.4.2	保温砂浆	138
5.4.3	吸音砂浆	138
5.4.4	耐酸砂浆	138
5.4.5	防辐射砂浆	138
	思考题	138
第6章	建筑石材	139
6.1	岩石的组成与分类	139
6.1.1	常见的主要造岩矿物	139

6.1.2	岩石的分类	141
6.2	石材力学性能及测试方法	143
6.2.1	岩石的结构与构造	143
6.2.2	建筑石材的技术性质	143
6.3	石材的加工类型及选用	146
6.3.1	石材的加工	146
6.3.2	天然大理石	147
6.3.3	天然装饰石材的选用原则	148
6.4	人造石材	149
6.4.1	人造石材的分类	149
6.4.2	常用人造石材	150
	思考题	151
第7章	建筑金属材料	152
7.1	钢材的冶炼与分类	152
7.1.1	钢材的冶炼	152
7.1.2	钢材的分类	153
7.2	钢材的技术性能	155
7.2.1	抗拉性能	155
7.2.2	冲击韧性	156
7.2.3	耐疲劳性	158
7.2.4	硬度	158
7.2.5	工艺性能	158
7.3	钢材的组成结构及其对性能的影响	162
7.3.1	钢材的晶体组织	162
7.3.2	钢材的组成	163
7.3.3	钢材的成分对性能的影响	163
7.4	土木钢材的性质及应用	164
7.4.1	钢筋混凝土用钢材	164
7.4.2	钢结构用钢材	166
7.5	钢材的腐蚀与防腐	171
7.5.1	钢材的腐蚀	171
7.5.2	腐蚀的防腐	172
	思考题	173
第8章	沥青与沥青混合料	174
8.1	沥青	174
8.1.1	沥青的历史及发展状况	175

8.1.2	石油沥青	176
8.1.3	煤沥青	183
8.1.4	乳化沥青	185
8.1.5	改性沥青	189
8.2	沥青混合料	190
8.2.1	定义	190
8.2.2	沥青混合料的分类	191
8.2.3	沥青混合料的优缺点	191
	思考题	192
第9章	木材	193
9.1	木材的分类与构造	193
9.1.1	树木的分类	193
9.1.2	木材的构造	193
9.2	木材的性能	195
9.2.1	木材的含水率与吸湿性	195
9.2.2	木材的湿胀与干缩变形	196
9.2.3	木材的强度	197
9.3	木材的应用	200
9.3.1	木材在建筑中优势	200
9.3.2	常用木材	201
9.3.3	木质材料制品	201
9.3.4	木质复合板	202
9.4	木材的防护与防火	204
9.4.1	木材在建筑应用中的缺陷	204
9.4.2	木材的腐蚀与防腐	205
9.4.3	木材的防火	207
	思考题	208
第10章	墙材	209
10.1	烧结砖	209
10.1.1	烧结普通砖	209
10.1.2	烧结多孔砖和烧结空心砖	211
10.2	墙用砌块	212
10.2.1	粉煤灰砌块	213
10.2.2	蒸压加气混凝土砌块	214
	思考题	216

第 11 章 高分子材料	217
11.1 高分子材料的基本知识	217
11.1.1 高分子材料的分类	217
11.1.2 高分子材料的合成方法及命名	218
11.1.3 高分子材料的基本性质	219
11.2 常用建筑高分子材料	219
11.2.1 树脂和塑料	219
11.2.2 高聚物合金	221
11.3 高分子材料在土木工程中的应用	221
11.3.1 高分子防水材料	221
11.3.2 涂料	223
11.3.3 建筑胶	227
思考题	228
第 12 章 其他功能材料	229
12.1 吸声材料	229
12.1.1 材料的吸声性能	229
12.1.2 选用吸声材料的基本要求	231
12.2 绝热材料	231
12.2.1 绝热材料的作用及基本要求	231
12.2.2 常用的绝热材料	232
12.3 装饰材料	234
12.3.1 装饰材料的功能	234
12.3.2 无机装饰材料	235
12.3.3 有机装饰材料	240
思考题	243
附录 I 常用土木工程材料试验	244
I.1 土木工程材料的基本性质试验	244
I.1.1 密度试验	244
I.1.2 表观密度试验	245
I.1.3 体积密度试验	246
I.1.4 堆积密度试验	247
I.1.5 孔隙率、空隙率的计算	248
I.2 水泥试验	248
I.2.1 水泥试验的一般规定	248
I.2.2 水泥细度检验	249

I.2.3	水泥标准稠度用水量试验(标准法和代用法)	250
I.2.4	水泥净浆凝结时间试验	252
I.2.5	安定性试验	253
I.2.6	水泥胶砂强度检验	254
I.3	砂石材料试验	255
I.3.1	砂试验	255
I.3.2	碎石或卵石试验	257
I.4	混凝土试验	261
I.4.1	混凝土拌合物试验室拌合方法	261
I.4.2	混凝土拌合物和易性试验	262
I.4.3	混凝土立方体抗压强度试验	264
I.4.4	混凝土劈裂抗拉强度试验	266
I.5	砂浆试验	266
I.5.1	砂浆的拌合	266
I.5.2	砂浆的稠度试验	267
I.5.3	砂浆分层度试验	268
I.5.4	砂浆抗压强度试验	268
I.6	钢材试验	269
I.6.1	钢筋试验	269
I.6.2	一般钢材试验	272
I.7	墙体材料试验	275
I.7.1	取样方法	275
I.7.2	抗压强度试验	275
I.8	沥青试验	277
I.8.1	取样方法	277
I.8.2	针入度试验	277
I.8.3	沥青延度试验	278
I.8.4	软化点试验	279
I.9	沥青混合料试验	280
I.9.1	沥青混合料的制备和物理指标测定	280
I.9.2	沥青混合料马歇尔稳定度试验	285
I.10	综合设计试验	287
I.10.1	普通混凝土配合比设计试验	287
I.10.2	掺外加剂或掺合料的混凝土配合比设计试验	288
I.10.3	沥青混合料的配合比设计试验	288
参考文献		290

绪 论

土木工程材料是一切土木工程的物质基础，材料的性质决定了土木工程结构物的性能。正确地选择和合理地使用土木工程材料，对结构的安全性、使用性、耐久性、经济性和美观性等性能有着重要的意义。因此，了解和掌握土木工程材料的相关知识，对于从事土木工程设计、施工、管理和科研的人员都是非常必要的。

1. 土木工程材料的分类

土木工程材料是指用于建造土木工程建筑物或构筑物的所有材料的总称。常见的土木工程材料，如石灰、水泥、钢筋、混凝土、木材、沥青等，由于其品种繁多、性能各异，因此为了方便使用、研究和管理，常从不同角度对其进行分类。

根据材料的来源，可分为天然材料和人造材料；根据材料的功能可分为结构材料、保温和隔热材料、装饰材料、防水材料等。根据材料的组成成分，可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类，各大类又可细分，如图 1 所示。



图 1 土木工程材料的分类

2. 土木工程材料的发展趋势

随着科学技术的进步和建筑工业发展的需要，新型土木工程材料应运而生，而社会的进

步、环境保护和节能降耗及建筑业的发展，又对土木工程材料提出了更高的要求。因而，今后一段时间内，土木工程材料将向以下几个方向发展。

(1) 轻质高强。现今钢筋混凝土结构材料自重大(每立方米约重 2500kg)，限制了建筑物向高层、大跨度方向进一步发展。通过减轻材料自重、提高材料强度，以尽量减轻结构物自重，在提高经济效益的同时满足结构物的设计要求。目前，世界各国都在大力发展高强混凝土、轻骨料混凝土、石膏板等材料，以适应土木工程发展的需要。

(2) 多功能。随着人们生活水平的提高，对材料功能的要求越来越高，要求新型材料从单一功能向多功能方向发展。既要求材料要满足一般的使用要求，还要求兼具呼吸、电磁屏蔽、防菌、灭菌、抗静电、防射线、防水、防霉、防火、自洁智能等功能。

(3) 节能环保。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及工农业废料；在生产工艺方面，要大力引进现代技术，改造或淘汰陈旧设备，降低原材料及能源消耗，减少环境污染，使人类社会可持续发展；材料本身无公害、无污染、无放射性、有利于环境保护和个人身体健康安全。

(4) 智能化。所谓智能化材料，是指材料本身具有自我诊断和预告破坏、自我修复的功能。此外，在产品形式方面，要积极发展预制技术，逐步提高构件化、单元化的水平。

3. 土木工程材料在土木工程中的地位

土木工程材料在土木工程中有着举足轻重的地位。

首先，土木工程是土木工程材料按照设计要求构筑或组合而成的，在一般土木工程的总造价中，与材料直接有关的费用占 50% 以上，土木工程材料的价格直接影响着建设投资。在相同工程建设中，可选择材料品种很多。虽然采用不同的材料或不同的施工方法，最终的体现效果相近，但是所需要的成本以及所消耗的资源相差可能很大。因此，从工程技术经济及可持续发展的角度来看，正确选择和使用材料，降低材料的资源消耗或能源消耗，节约与材料有关的费用，在土木工程建设中有着十分重要的意义。

另外，土木工程材料与工程设计和施工工艺之间存在着相互制约、相互促进和相互依存的关系。一种新型土木工程材料的出现，必将促进建筑形式的创新，同时，结构设计和施工工艺也将要进行相应的改进和提高。同样，新的建筑形式的出现和施工技术的进步也对土木工程材料提出更高和更多的要求。

再次，建筑物和构筑物的功能和使用寿命在很大程度上取决于土木工程材料的性能，如保温隔热材料的使用效果、钢材的锈蚀、防水材料的老化等。质量是土木工程建设中追求的第一目标，而工程质量的优劣与所采用材料的质量水平以及使用的合理与否具有直接的关系。通常，材料的品种、组成、构造、规格及使用方法等对土木工程的结构安全性、耐久性及应用性等工程质量指标都有直接的影响。因此，从材料的选择、生产、使用、检验评定，到材料的储运、保管等环节都必须做到科学合理；否则，任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷，甚至是重大质量事故。所以为了建筑物获得结构安全、性能可靠、耐久、美观、经济适用的综合品质，如何正确选择和使用材料是各项土木工程建设中的首要任务之一。

4. 土木工程材料的标准化

标准是为了在一定的范围内获得最佳秩序，经协商一致制定并由公认机构批准，共同使用的和重复使用的一种规范性文件。它以科学、技术和实践经验的综合成果为基础，经有关方面协商一致，由主管机关批准，以特定形式发布，作为共同遵守的准则和依据。

目前我国绝大多数土木工程材料都有相应的技术标准，这些技术标准对其分类、质量、

规格和验收方法等内容作了详尽而明确的规定。土木工程材料技术标准是检验产品质量的重要依据,有关生产、设计应用、管理和研究等部门应严格遵照执行。

在我国,土木工程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。

国家标准是由国家质量监督总局和国家标准化管理机构批准发布的全国性指导技术文件,分为强制性标准(代号为 GB)和推荐性标准(代号为 GB/T)。强制性标准是全国必须执行的技术指导文件,任何技术指标均不得低于标准中规定的要求;推荐性标准则在执行时也可采用其他相关标准的规定。推荐性标准是指国家鼓励自愿采用的具有指导作用而又不宜强制执行的标准,即标准所规定的技术内容和要求具有普通指导作用,允许使用单位结合自己的实际情况,灵活加以选用。

行业标准是由我国各主管部、委(局)批准发布,在该部门范围内统一使用的标准,也是全国性的技术指导文件,其代号按行业名而定,如建材行业标准的代号为 JC,建工行业标准的代号为 JG,交通行业标准的代号为 JT。

地方标准是对没有国家标准和行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一要求,由地方主管部门发布的地方性技术指导文件,其代号为 DB。在公布国家标准或行业标准之后,该地方标准自行废止。

企业标准是对企业范围内需要协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。企业标准由企业制定,由企业法人代表或法人代表授权的主管领导批准、发布,仅适用于本企业,其代号为 QB。

标准一般用部门代号、标准编号、批准年份和标准名称等来表示。如 GB 50204—2011《混凝土结构工程施工质量验收规范》,部门代号为 GB,标准编号为 50204,批准年份为 2011 年,标准名称为混凝土结构工程施工质量验收规范,为国家强制性标准;GB/T 1346—2011《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》,部门代号为 GB,标准编号为 1346,批准年份为 2011 年,标准名称为水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法,为国家推荐性标准。

技术标准是根据一个时期的技术水平而制定的,因而随着技术的发展和进步,需要对标准不断进行修订,当新标准实施后,旧标准自动废除。

当前经济全球化的发展形式,工程中常常涉及一些国际和国外标准,如国际标准 ISO、美国材料与试验协会标准 ASTM、英国标准 BS、德国标准 DIN、法国标准 NF、日本标准 JIS。

5. 本课程的学习内容、目的和要求

土木工程材料是从事土木工程专业人员必修的一门基础课。课程内容庞杂,各章自成体系,相互联系较少;该门课程的学习有理论课和试验课两个部分,其中理论课主要介绍了目前土木工程常用材料的生产、组成、性质、技术标准及其应用,与工程实际联系紧密。通过理论课的学习,了解材料的性质及材料结构与材料性质的关系,能够针对不同工程合理选用材料,能对材料性能改善进行科学分析与研究;试验课是学习该门课程不容忽视的重要环节,通过试验教学,进一步验证课堂教学中材料的基本理论,加深对材料性能的感性认识,让学生熟悉试验规程,培养学生的动手能力,掌握一定的试验操作技能,并能对试验结果进行正确的分析和判断。

土木工程材料与土木工程其他专业课程联系紧密,通过该门课的学习,为后续专业课程的学习打下良好基础。有以下几点建议:

(1) 这门课是一门实践性较强的课程,学习时应本着理论与实践相结合,认真严谨的态度。

应善于发现规律，掌握技巧，理解记忆，切勿死记硬背。

(2) 对于理论课的学习，除了上课认真听讲，更应注重课后总结，及时复习。虽然各章节自成体系，但可通过材料之间的分析对比，找出它们的共性与不同，比较记忆。

(3) 对于试验课的学习，必须重视试验课，课前应认真预习，先熟悉试验步骤、试验目的和操作方法，这部分内容在该教材试验章节介绍较详细。试验时，注意听试验老师讲解试验规程及注意事项，应尽可能多地参与并动手操作，准确记录试验数据，试验结束后及时处理和分析试验结果，并得出正确的试验结论。

第1章 土木工程材料的基本性质

土木工程材料的性质通常分为基本性质和特殊性质，所谓基本性质是指大多数材料共有的、基本的性质。材料的特殊性质是指某种材料所特有的不同于其他材料的性质。本章重点介绍材料的基本性质，对于材料的一些特殊性质，将在有关章节中叙述。

1.1 材料的组成、结构与构造及其对材料性质的影响

材料性质主要取决于材料本身的组成、结构和构造。这是材料科学最基本的原理之一，在学习、研究材料性质时应遵循和重视这一原理。

1.1.1 材料的组成

材料的组成包括材料的化学组成、矿物组成和相组成。它从根本上决定了材料的化学性质，并影响了材料的物理及力学性质。

1. 化学组成

化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类及数量。材料所含的化学元素及其含量的多少是影响材料化学稳定性和物理力学性质的主要因素。例如钢和铁都是以铁为基础，以碳为主要添加元素的铁碳合金。而因钢的含碳量比较低，表现出比铁更好的韧性和弹性。普通钢材在大气中容易锈蚀，但如果在炼钢时加入适量的铬或铬和镍可提高钢的抗蚀性，不易氧化，可以制造不锈钢医疗器械、日常用具等。

2. 矿物组成

矿物组成是指构成材料的矿物种类和数量。矿物通常指无机非金属材料中具有一定化学成分和特定的晶体结构及物理力学性能的单质或化合物。

材料的化学组成相同而矿物组成不同，其性能可能不同。例如，硅酸盐水泥的矿物成分为 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ 、 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，改变这四种矿物成分的相对比例，水泥的水化速度、强度及耐腐蚀性等性能会显著不同。

3. 相组成

材料中结构相近、物理化学性质均匀的部分称为相。自然界中的物质可分为气相、液相、固相三种形态。土木工程材料大多为多相固体材料。例如，混凝土可认为是由骨料颗粒分散在水泥浆体中所组成的三相复合材料。

复合材料的性质与材料的相组成及界面特性有密切关系。所谓界面是指多相材料中相与相之间的分界面，在实际材料中，界面是一个薄弱区，它的成分和结构与相内是不一样的，它们之间是不均匀的，可作为“界面相”来处理。通过改变和控制材料的相组成，可以改善和提高材料的技术性能。

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的组成有关外，还与其结构和构造密切相关。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的排列分布。一般地，按材料结构和构造的尺度范围，可分为宏观结构、细观结构和微观结构。

1. 宏观结构

土木工程材料的宏观结构是指肉眼可以看到或借助放大镜可观察到的粗大组织，其尺寸在 10^{-3}m 级以上。按宏观结构的孔隙特征和构造特征分为散粒、聚集、多孔、致密、纤维、层状等结构。材料的宏观结构不同，其性质明显不同。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，其性质完全不同，玻璃用作采光材料，而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及特征

宏观结构		结构特征	材料性质	常用材料举例
按孔隙特征	致密结构	无宏观尺度的孔隙	强度和硬度高，吸水性小，抗渗性和抗冻性好，耐磨性较好，保温隔热性差	钢铁、玻璃、天然石材、塑料等
	多孔结构	具有较多粗大孔隙	强度较低，抗渗性和抗冻性较差，吸水性较大，保温隔热性好	石膏制品、烧土制品、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	强度、导热性在平行纤维方向和垂直纤维方向上明显不同	木材、玻璃钢、岩棉、GRC 等
	层状结构	由多层材料叠合构成	强度、导热性表现为各项同性	复合墙板、胶合板、纸面石膏板等
	散粒结构	由松散颗粒状材料构成	随颗粒结构的不同而不同	砂石材料、膨胀蛭石、膨胀珍珠岩等
	聚集结构	由骨料和胶结材料构成	综合性能好、价格低	各种混凝土、砂浆、陶瓷等

2. 细观结构

细观结构(也称亚微观结构)是指可用光学显微镜观察到的组织结构，其尺寸范围在 $10^{-3} \sim 10^{-6}\text{m}$ 。土木工程材料的细观结构只是针对某种具体材料来进行分类研究。例如混凝土可分为基相、集料相、界面相；天然岩石可分为矿物、晶体颗粒、非晶体组织；木材可分为木纤维、导管、髓线、树脂道；钢材可分为铁素体、珠光体、渗碳体。

材料细观结构层次上的组织的特征、数量、分布和界面性质对材料的强度、耐久性等性能有很大影响。一般而言，材料内部的晶粒越细小、分布越均匀，则材料的受力状态越均匀、强度越高、脆性越小、耐久性越高；晶粒或不同组成材料之间的界面粘结越好，则材料的强度和耐久性越好。

3. 微观结构

微观结构是指借助电子显微镜或 X 射线来进行分析研究的原子、分子层次的结构，微观结构的尺寸范围在 $10^{-6} \sim 10^{-10}\text{m}$ 。材料微观结构决定了材料强度、硬度、弹塑性、熔点、导热性、导电性等性能。材料微观结构可分为晶体、玻璃体、胶体。