

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

建筑材料

Jianzhu Cailiao

国家示范性
建设成果
精品教材
职业院校

建筑材料

陈桂萍
主编

北京邮电大学出版社



X-B



国家示范性高等职业院校建设成果精品教材

“互联网+”创新型教材

建筑材料

Jianzhu Cailiao

陈桂萍 主编

- 将“互联网+”思维融入教材
- 纸质教材与数字资源有机整合
- 通过扫描书中二维码呈现
- 移动学习，随时随地

策划编辑: 邹莹
责任编辑: 边丽新
助理编辑: 马特
封面设计: 李甲



定价: 49.80元



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



国家示范性高等职业院校建设成果精品教材

“互联网+”创新型教材

建筑材料

主 编 陈桂萍

副主编 魏文义



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书是根据辽宁省交通高等专科学校地下工程与隧道工程技术专业承担的教育部、财政部立项的“高等职业学校提升专业服务产业发展能力(地下工程与隧道工程技术专业)”项目的课程标准和编写要求编写而成的。全书分建筑材料理论知识篇和建筑材料性能试验检测篇两部分。其中理论知识篇介绍了工程中常用的建筑材料如建筑石材、无机胶凝材料、水泥混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、防水材料等的基本技术性能和技术要求,相关材料在工程中的应用;试验检测篇介绍了工程中常用建筑材料如水泥、水泥混凝土、建筑砂浆、建筑钢材和防水材料等的技术性能检测方法,检测结果的处理、评价和检测结果的工程应用。

本书可作为高职高专土建类相关专业的教材,也可作为相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/陈桂萍主编. -- 北京:北京邮电大学出版社,2014.10(2025.8重印)

ISBN 978-7-5635-4167-6

I. ①建… II. ①陈… III. ①建筑材料—高等职业教育—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 250780 号

策划编辑:邹莹 责任编辑:边丽新 封面设计:李甲

出版发行:北京邮电大学出版社

社址:北京市海淀区西土城路10号

邮政编码:100876

发行部:电话:010-62282185 传真:010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销:各地新华书店

印 刷:三河市龙大印装有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.75

字 数:456千字

版 次:2014年10月第1版

印 次:2025年8月第8次印刷

ISBN 978-7-5635-4167-6

定 价:49.80元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

联系电话:400-615-1233

本书是以培养具有一定的专业理论知识和较强的实践操作能力的技术技能人才为指导思想编写的。本书重点介绍了土木工程建设中通用的建筑石材、无机胶凝材料、水泥混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、防水材料等知识,详细介绍了相关材料技术性能的检测方法和检测结果的处理、评价及其在工程实践中的应用。

本书依据最新的技术规范和行业标准编写而成。为了及时检验和强化学生对新知识的理解和掌握的程度,教材中穿插了“跟踪自测”内容,每个模块的最后有“思考与练习”;为了拓宽学生的知识视野,为后续的专业课及自主学习奠定一定的理论基础,编者结合相关的教学内容适时加入了“知识拓展”内容,以供参考。

本书的参考学时(推荐)见下表。

序 号	内 容	学 时
0	绪论	1
理论知识篇		
1	建筑材料的基本性质	5
2	建筑石材	2
3	无机胶凝材料	10
4	水泥混凝土	14
5	建筑砂浆	3
6	建筑钢材	5
7	防水材料	4
试验检测篇		
8	建筑材料检测概述	2

续表

序 号	内 容	学 时
9	水泥技术性能检测	8
10	水泥混凝土用集料性能检测	4
11	水泥混凝土技术性能检测	3
12	建筑砂浆技术性能检测	2
13	建筑钢材技术性能检测	1
14	防水材料技术性能检测	4
总计		68

本书由辽宁省交通高等专科学校陈桂萍任主编，魏文义任副主编。具体编写分工如下：魏文义负责理论知识篇中的模块 2、模块 3 中的 3.2、模块 6 和模块 7 中的 7.2.1~7.2.3 的编写工作；陈桂萍负责理论知识篇其余内容和试验检测篇的编写工作，并承担全书的统稿工作。

本书在编写过程中参考了许多文献资料，谨向这些文献的作者致以最诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中不妥和疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵的意见和建议，以便修正。

编 者

绪论	1
----------	---

理论知识篇

模块 1 建筑材料的基本性质 7

知识目标	7
1.1 材料的物理性质	8
1.1.1 材料与质量和体积有关的性质	8
1.1.2 材料与水有关的性质	11
1.1.3 材料与热有关的性质	15
1.2 材料的力学性质	18
1.2.1 强度、强度等级、比强度	18
1.2.2 弹性和塑性	20
1.2.3 脆性和韧性	20
1.2.4 硬度和耐磨性	21
1.3 材料的耐久性	21
思考与练习	22

模块 2 建筑石材 23

知识目标	23
2.1 建筑石材的分类及特点	24
2.1.1 天然石材的分类及特点	24
2.1.2 人造石材的分类及特点	25
2.2 天然石材的技术性质及工程应用	26

2.2.1 天然石材的技术性质	26
2.2.2 天然石材的工程应用及选用原则	28
2.3 常用的天然石材	29
2.3.1 建筑工程中常用的天然石材	29
2.3.2 装饰工程中常用的天然石材	30
2.4 地铁车站地面装饰用石材	30
2.4.1 地铁车站地面对装饰材料的要求	30
2.4.2 用于地铁车站地面装饰的石材	31
思考与练习	31

模块 3 无机胶凝材料 33

知识目标	33
3.1 水硬性胶凝材料	34
3.1.1 通用水泥	34
3.1.2 专用水泥	49
3.1.3 特性水泥	50
3.1.4 水泥的储运及使用注意事项	51
3.2 气硬性胶凝材料	52
3.2.1 石灰	52
3.2.2 水玻璃	57
思考与练习	58

模块 4 水泥混凝土 61

知识目标	61
------------	----

4.1 水泥混凝土概述	62
4.1.1 水泥混凝土的分类	62
4.1.2 水泥混凝土的特点	62
4.1.3 水泥混凝土的发展	63
4.2 混凝土组成材料的技术要求	63
4.2.1 水泥	64
4.2.2 集料	66
4.2.3 水	79
4.2.4 矿物掺合料	80
4.2.5 外加剂	81
4.3 水泥混凝土的技术性质	84
4.3.1 混凝土拌合物的和易性	84
4.3.2 硬化混凝土的强度和变形	92
4.3.3 混凝土的长期性能和耐久性能	103
4.4 混凝土的质量控制与强度评定	105
4.4.1 混凝土的质量控制	105
4.4.2 混凝土强度的评定方法	108
4.5 混凝土的配合比设计	114
4.5.1 配合比设计基本知识	114
4.5.2 混凝土初步配合比的确定	116
4.5.3 基准配合比、试验室配合比和施工配合比的确定	123
4.6 其他混凝土	131
4.6.1 泵送混凝土	131
4.6.2 抗渗混凝土	133
4.6.3 高性能混凝土	134
4.6.4 预拌混凝土	135
思考与练习	137

模块5 建筑砂浆 139

知识目标	139
5.1 砌筑砂浆	140

5.1.1 砌筑砂浆的分类	140
5.1.2 砌筑砂浆的组成材料	140
5.1.3 砌筑砂浆的技术性质	142
5.1.4 砌筑砂浆的配合比设计	144
5.2 抹面砂浆和特种砂浆	148
5.2.1 抹面砂浆	148
5.2.2 特种砂浆	149
思考与练习	150

模块6 建筑钢材 151

知识目标	151
6.1 钢材的基本知识	152
6.1.1 钢材的特点	152
6.1.2 钢材的分类	152
6.1.3 化学元素对钢材性能的影响	154
6.2 钢材的技术性质	155
6.2.1 力学性质	155
6.2.2 工艺性能	159
6.2.3 耐久性	161
6.3 建筑工程用钢	162
6.3.1 钢结构用钢	162
6.3.2 钢筋混凝土结构用钢	169
6.3.3 预应力混凝土用钢	171
6.4 钢材的运输、验收和储存	178
思考与练习	179

模块7 防水材料 181

知识目标	181
7.1 防水材料概述	182
7.1.1 防水材料的分类	182
7.1.2 防水材料的技术性能要求	183
7.1.3 防水原则	184
7.2 常用的防水材料	184
7.2.1 沥青材料	184
7.2.2 柔性防水材料	192
7.2.3 防水密封材料	194

7.2.4 刚性防水材料	195
7.3 地下防水工程用防水材料	202
7.3.1 地下工程的防水等级	203
7.3.2 地下防水工程主体结构用 防水材料	203
7.3.3 特殊部位用防水材料	204
思考与练习	206

试验检测篇

模块 8 建筑材料检测概述 211

知识目标	211
8.1 材料性能检测的意义和 任务	212
8.2 建筑材料技术性能检测的基础 知识	213
8.2.1 检测机构的条件	213
8.2.2 检测工作的法律法规 依据	213
8.2.3 见证取样送检制度	214
8.2.4 见证取样范围及送检 程序	214
8.2.5 见证人员的基本要求和 职责	217
8.2.6 取样人员的基本要求和 职责	217
8.2.7 建筑材料检测常用的 技术标准	218
8.3 建筑材料检测误差及数据 修约规则	218
8.3.1 建筑材料检测误差	218
8.3.2 减小检测误差的途径	218
8.3.3 检测试验数据的记录 及修约	219
8.3.4 数值统计	220
思考与练习	221

模块 9 水泥技术性能检测 223

技能目标	223
------------	-----

9.1 水泥取样及其细度测定	224
9.2 水泥标准稠度用水量测定	225
9.3 水泥凝结时间的测定	227
9.4 水泥安定性试验(标准法)	229
9.5 水泥胶砂强度试验	231
思考与练习	234

模块 10 水泥混凝土用集料性能

检测 237

技能目标	237
10.1 砂石取样及试样处理	238
10.2 砂石表观密度测定	239
10.2.1 砂表观密度的测定 (容量瓶法)	239
10.2.2 石子表观密度测定 (网篮法)	240
10.3 砂石松装堆积密度测定	242
10.3.1 砂的松装堆积密度 测定	242
10.3.2 碎石或卵石的松装堆积 密度测定	244
10.4 砂的含泥量及泥块含量 测定	245
10.4.1 含泥量测定	245
10.4.2 泥块含量测定	246
10.5 水泥混凝土用砂石的颗粒 级配试验	247
10.5.1 细集料的筛分试验	247
10.5.2 粗集料的筛分试验	249
10.6 粗集料中针片状颗粒的 总含量测定	251
10.7 粗集料的压碎值测定	252
思考与练习	254

模块 11 水泥混凝土技术性能

检测 255

技能目标	255
11.1 水泥混凝土的拌制及和易性、 表观密度测定	256
11.1.1 混凝土的拌制	256

- 11.1.2 混凝土拌合物和易性
试验 257
- 11.1.3 混凝土拌合物表观密
度测定 260
- 11.2 混凝土取样、标准试件制作
及养护 261
 - 11.2.1 混凝土的取样 261
 - 11.2.2 混凝土试件的成形和
养护 262
- 11.3 混凝土抗压强度试验 264
- 思考与练习 265

模块 12 建筑砂浆技术性能

- 检测** 267
- 技能目标 267
- 12.1 施工现场砂浆取样及试验
室制备 268
- 12.2 砂浆和易性及表观密度
检测 269
 - 12.2.1 砂浆和易性检测 269
 - 12.2.2 砂浆表观密度测定 271
- 12.3 砂浆立方体抗压强度
试验 272
- 思考与练习 274

模块 13 建筑钢材技术性能

- 检测** 275
- 技能目标 275

- 13.1 一般检测规定 276
- 13.2 低碳钢的拉伸试验 276
- 13.3 钢材的冷弯试验 279
- 思考与练习 281

模块 14 防水材料技术性能

- 检测** 283
- 技能目标 283
- 14.1 沥青的取样及石油沥青
三大技术指标的检测 284
 - 14.1.1 沥青的取样 284
 - 14.1.2 沥青针入度测定 284
 - 14.1.3 沥青延度测定 287
 - 14.1.4 沥青软化点测定(环
球法) 288
- 14.2 防水卷材的取样、低温柔性
及吸水性检测 290
 - 14.2.1 防水卷材的取样 290
 - 14.2.2 沥青防水卷材低温柔性
试验 290
 - 14.2.3 沥青防水卷材和高分子
防水卷材吸水性检测 ... 292
- 思考与练习 293

参考文献 294

绪 论

建筑材料是在地下工程、基础工程、水利工程、交通工程、工业与民用建筑工程等各种土木工程中所使用的各种材料及制品的总称。从广义上讲,建筑材料包括构成建筑物本体的各种材料(如钢材、木材、水泥、砂石、混凝土、地铁管片、防水材料等)、施工过程中所用的各种材料(如模板、脚手架等)及各种建筑器材(如水、暖设备和电器等)。

1. 建筑材料的分类

建筑材料种类繁多,为了研究、使用 and 叙述的方便,常从不同角度进行分类,最常见的是按化学成分和使用功能进行的分类。

1)按化学成分分类

建筑材料按化学成分的不同可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,见表 0-1。



图片
建筑

表 0-1 建筑材料按化学成分不同的分类

无机材料	金属材料	建筑钢材、铜材、铝合金、铸铁等
	非金属材料	水泥、混凝土、建筑砂浆、天然石材、玻璃等
有机材料	合成有机材料	塑料、涂料、胶黏剂、密封材料
	天然有机材料	天然沥青、木材、竹材、植物纤维等
复合材料	金属-非金属复合材料	钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	无机非金属-有机复合材料	沥青混合料、聚合物混凝土
	有机-有机复合材料	树脂改性沥青、橡胶改性沥青

2)按使用功能分类

建筑材料按使用功能的不同可分为建筑结构材料、建筑功能材料和建筑装饰材料。建筑结构材料是指用作建筑结构的承重材料,如水泥、石材、混凝土、钢筋混凝土和各种钢材;建筑功能材料是指提供建筑物使用、耐久、安全、美观等性能的材料,如防水材料、吸声材料、防火材料、保温隔热材料等;建筑装饰材料又称建筑饰面材料,是指铺设或涂装在建筑物表面起装饰和美化环境作用的材料,如瓷砖、玻璃、地板、涂料等。



图片
建筑功能材料

2. 建筑材料与土木工程的关系

建筑业是我国国民经济的支柱产业,建筑材料是一切土木建筑工程的物质基础。材料质量的好坏、选用的是否适当、配备的是否合理,决定了施工水平的高低、结构形式和建筑物性能的好坏,影响结构物的质量、使用寿命和人们生活生产的环境质量。建筑材料又是工程预算的物资基础。建筑材料的组成、结构和构造不同,其性能也就各不相同,价格相差悬殊。

大量的工程实际统计分析表明,一般工程的材料费用均占总造价的50%~60%,重要工程可达70%~80%。因此合理地选择和使用材料,对节约工程投资、降低工程造价有着十分重要的经济意义。此外,材料还影响设计水平的提高和工艺的更新换代。设计水平的提高和工艺的更新换代往往要依赖于新材料的使用;同时,新材料的出现和使用必然导致工程建筑设计、工艺的革新。

3. 建筑材料的性能要求

经济的快速发展带动了人们物质和生活水平的不断提升。当今社会,人们在生产、生活、学习、工作、休闲娱乐等方面,关注的核心是建筑物、构筑物 and 基础设施的美观、舒适、经济、环保、耐久、安全、高效能等综合性能,为此,建筑材料的性能必须满足相关性能的综合要求。

实际使用中,对不同种类、不同用途的材料所重点考虑的性能有所不同或者是各有侧重。例如,对于结构材料要重点考虑其力学性能、耐久性能、化学性能及生产性能等;对于装饰材料重点考虑的是其物理性能、美观性能、环保性能、安全性能等;对于地下工程和隧道工程则重点关注的是其力学性能、防水抗渗性能、耐火性、环保性和耐久性等。

4. 建筑材料检测的技术标准

1) 技术标准的含义

技术标准是从事产品生产、工程建设、科学研究及商品流通领域中需要共同遵循的技术依据。建筑材料的技术标准又称技术规范,包括原料、材料及产品的质量、规格、等级、性质要求,以及检验方法、生产及设计的技术规定等内容。

2) 技术标准的分类

根据发布单位与适用范围不同,技术标准可分为国家标准、行业标准、企业标准和地方标准四个等级。

(1) 国家标准是指对全国经济技术发展有重大意义,根据全国范围内统一的技术要求所制定的标准。国家标准是国内上述四级标准体系中的主体。

(2) 行业标准是指对没有国家标准而又需要在全国某个行业范围内根据统一的技术要求所制定的标准。行业标准是对国家标准的补充,是专业性、技术性较强的标准。

(3) 地方标准是指对没有国家标准和行业标准,又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的技术标准。地方标准在本行政区域内适用,不得与国家和行业标准相抵触。

(4) 企业标准是指在上述三种标准均没有的情况下,企业自行制定的产品标准和在企业内部需要协调、统一的技术要求和管理、工作要求所制定的标准或规范(代号 QB),作为企业组织生产和经营活动的依据。

3) 技术标准的表示

表示形式:名称+代号+编号。

名称——标准的名称。

代号——标准的等级或发布单位。代号用汉语拼音首字母表示,如 GB(国标)、JT(交通)、JC(建材)等。

编号——标准的顺序号和批准/修订年代号,用阿拉伯数字表示。

例如,《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)的各部分组成如图 0-1 所示。

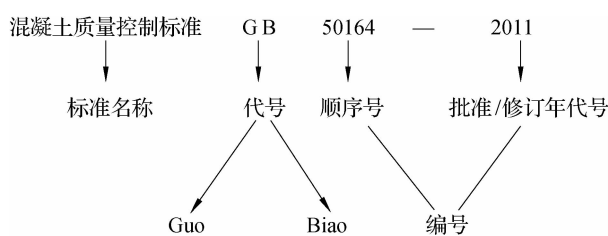


图 0-1 标准各部分组成示例

《中华人民共和国标准化法》按法律属性将标准分为强制性和推荐性两种。

(1) 强制性标准是国家要求对其规定的各项内容必须无条件遵照执行的标准。否则,国家将依法追究当事人的法律责任。

(2) 推荐性标准是国家鼓励自愿采纳、具有指导作用而又不宜强制执行的标准。但是,推荐性标准一旦经法律、法规或经济合同采纳,被引用的推荐性标准则在规定的相应范围内强制执行。表示推荐性的技术标准时,在标准代号后加“/T”。

我国国家标准及某些行业标准代号示例见表 0-2。

表 0-2 我国国家标准及某些行业标准代号示例

标准类型	标准代号	代号含义	示 例
国家标准	GB	强制性国家标准	《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)
	GB/T	推荐性国家标准	《混凝土外加剂定义、分类、命名与术语》(GB/T 8075—2005)
行业标准 (交通运输部)	JT	交通行业标准	《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)
地方标准	DB	地方标准	《沈阳地铁混凝土技术规范》(DB2 01/T J05—2008)

由于技术标准是根据某一时期的技术水平制定的,只反映该时期内的技术水平和技术要求,因此技术标准具有时效性和相对稳定性的特点。随着新材料、新工艺和新结构不断地涌现,技术标准是要不断进行修订的,我国每五年左右修订一次。

5. 建筑材料的发展趋势

建筑材料是随着人类社会生产力的不断发展和人民生活水平的不断提高而向前发展的。随着社会生产力的发展,人们对建筑物的规模、质量等方面的要求越来越高,其与工程材料的数量、品种、质量等都有着相互依赖和相互矛盾的关系。

近些年来,科学技术的快速发展带动和促进了材料科学的发展,尤其在墙体材料、装饰材料、防水材料领域得到了长足的发展。为了推进我国经济社会的全面协调与可持续发展,切实提高人们的生活水平和生活质量,未来的建筑材料将向着资源节约型、能源节约型、环境友好型、功能多样化及可循环再生利用的方向发展,具体体现在以下几个方面。

(1) 在材料性能方面,向轻质、高强、耐久的方向发展。研究高强度钢材、高强度混凝土、纤维复合混凝土等轻质高强材料,提高材料的比强度,减小承重结构的截面尺寸,降低构件

或建筑物自重,实现现代建筑的高层化、大跨化和轻量化。



图片
预制构件

(2)在制品形式方面,向预制化、构件化的方向发展。不断增大构件尺寸,逐步实现设计标准化、结构装配化、预制工厂化、施工机械化,大大提高生产效率。

(3)发展“绿色建筑材料”或“生态建筑材料”。在资源利用方面,充分利用工业废料、废渣、废液,降低产品生产过程中的能耗,增加资源的可循环再利用率,有效地保护生态环境和天然资源。

总之,科学技术的快速发展和人们生活水平的不断提高,对建筑材料的性能提出了更高的要求,可持续发展的理念已逐渐深入到建筑材料行业中,具有节能、环保、绿色和健康等特点的建筑材料应运而生。建筑材料正向着追求功能多样性、全寿命周期经济性及可循环再生利用性等方向发展。

6. 本课程的学习要求

建筑材料是高等职业院校土木工程相关专业开设的一门专业核心课,也是一门实践性非常强的专业核心课。通过本课程的学习,要求掌握材料的基本理论和基本知识,具备质量员、施工员、安全员、试验员等岗位所需的基础知识和职业技能,具体目标如下。

(1)知识目标。熟悉土木建筑工程中常用建筑材料的品种、规格;掌握常用材料技术性能的检测原理、检测方法和质量评价方法;掌握混凝土配合比的设计原理及方法;掌握建筑材料应用和保管等方面的知识。

(2)能力目标。会根据工程需要合理选择建筑材料,会进行常用建筑材料的取样、检测,能正确填写检测报告并进行试验结果的客观评价,能自主学习新标准、新规范,自主跟踪新材料和新技术的发展和应用。

(3)素质目标。通过理论与实践过程的学习训练,端正学生的学习态度,具有团队协作、吃苦耐劳的学习和工作精神;具有较好的口头与书面表达能力;具有理论联系实际、严谨务实、实事求是的工作作风和科学的思维方式。



理论知识篇

-  模块 1 建筑材料的基本性质
-  模块 2 建筑石材
-  模块 3 无机胶凝材料
-  模块 4 水泥混凝土
-  模块 5 建筑砂浆
-  模块 6 建筑钢材
-  模块 7 防水材料



● 建筑材料的基本性质

● 知识目标

掌握描述材料物理性质的相关参数的含义、影响因素及其工程意义。

会根据材料的物理参数值推断或评价材料的力学性质和耐久性能。

掌握强度、比强度的含义和工程意义。

了解耐久性的含义,掌握评价耐久性的指标。

建筑材料在不同的建筑结构或建筑结构的部位所起的作用有所不同,因而要求的技术性质和技术指标也不相同。例如,用作梁、板、柱等结构的材料要承受拉力、压力等荷载的作用,要求其具有足够的强度;房屋屋面和其他防水部位的材料应具有良好的防水作用及抗渗性能;房屋外墙材料要求具有良好的保温、隔热性能等。此外,建筑物还会长期承受风吹、雨淋、日晒及化学腐蚀等作用,要求材料具有良好的耐久性能;用于室内外装饰的材料还应该具有良好的装饰美观性能等。

将建筑材料应具备的各种技术性能归纳起来可概括为物理性质、力学性质、化学性质和耐久性四个基本技术性质。本模块重点介绍材料的物理性质、力学性质和耐久性。

1.1 材料的物理性质



测试
材料的物理
性质

材料的物理性质主要包括与质量和体积有关的性质、与水有关的性质和与热有关的性质。

1.1.1 材料与质量和体积有关的性质

1. 材料的微观体积构成

1) 块状材料

如图 1-1(a)所示,从微观角度分析,块状材料的体积包括矿质实体体积、闭口孔隙(不与外界连通)体积和开口孔隙(与外界连通)体积三个部分,各部分的体积与质量关系如图 1-1(b)所示。

2) 散粒状或粉状材料

如图 1-2 所示,堆积起来的散粒状或粉状材料的微观体积包括颗粒的实体体积、颗粒的开口孔隙体积、颗粒的闭口孔隙体积和颗粒间间隙体积四个部分。由于颗粒的开口孔隙与颗粒间间隙通常是贯通的,因此,散粒状或粉状材料的堆积体积可以理解为由颗粒的总表观体积与颗粒间总空隙构成。

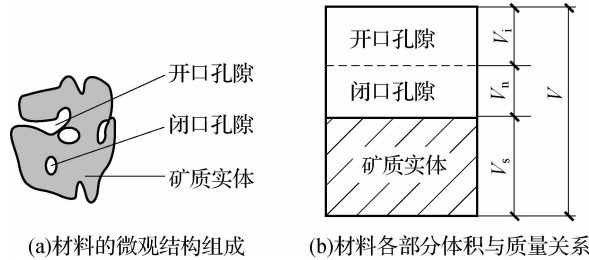


图 1-1 材料微观结构示意图

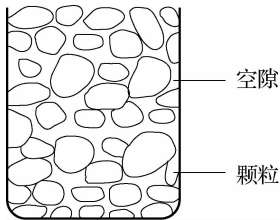


图 1-2 散粒状或粉状材料的堆积体积
(堆积体积=颗粒体积+空隙体积)

物理学中,通常用密度反映材料质量和体积的关系。实际工程中,根据材料所处的状态的不同,分别用密度、表观密度、毛体积密度和堆积密度来描述材料质量和体积间的关系,间接地预测或推断材料的物理性质和力学性质等性能,为合理选择和使用材料提供理论参考

或依据。

2. 反映材料质量与体积关系的参数

1) 密度

密度是材料在绝对密实状态下(不含任何孔隙),单位体积的矿质实体所具有的质量。密度用 ρ 表示,按式(1-1)计算。

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

式中, ρ 为密度(g/cm^3); m 为材料在干燥状态下的质量(g); V_s 为绝对体积或矿质实体体积(cm^3)。

建筑材料中除钢材、玻璃等少数材料接近绝对密实外,绝大多数材料内部都包含有一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉(规定粒径小于 0.2 mm),除去内部孔隙,经干燥后用李氏密度瓶测定其绝对体积。待测材料磨得越细,测得的体积越接近绝对体积,所得密度值越准确。

2) 表观密度

表观密度是材料单位表观体积(实体体积+闭口孔隙体积)所具有的质量,用 ρ_a 表示,按式(1-2)计算。

$$\rho_a = \frac{m}{V_s + V_n} \quad (1-2)$$

式中, ρ_a 为材料的表观密度(g/cm^3); V_n 为材料闭口孔隙的体积(cm^3)。

表观密度与材料结构组成中孔隙的多少和孔隙的含水程度密切相关。材料的孔隙越多,表观密度越小;当孔隙中含有水分时,其质量和体积均发生变化。因此测定材料的表观密度时须注明含水情况。标准状态下测定的表观密度为材料在烘干状态下的表观密度。表观密度通常用于水泥混凝土或沥青混合料的配合比设计。

3) 毛体积密度

材料在自然状态下,单位体积(矿质实体体积+闭口孔隙体积+开口孔隙体积)所具有的质量为毛体积密度,以 ρ_b 表示,按式(1-3)计算。

$$\rho_b = \frac{m}{V_s + V_i + V_n} \quad (1-3)$$

式中, ρ_b 为材料的毛体积密度(g/cm^3); V_i 为材料开口孔隙的体积(cm^3)。

因为 $V_s + V_i + V_n = V$,故式(1-3)可以改写为

$$\rho_b = \frac{m}{V} \quad (1-4)$$

式中, V 为材料总体积(cm^3)。

测定材料的毛体积密度时,对于遇水不崩解、不溃散的体积稳定的材料,可将其加工为规则形状的试件,采用精密量具测量其几何形状的方法计算其体积;而对遇水溶解或体积不稳定的松软材料,应采用“封蜡法”测定。

4) 堆积密度

堆积密度是指散粒状或粉末状材料在自然堆积状态下单位体积(矿质实体、闭口孔隙、开口孔隙、颗粒间间隙的体积之和)具有的质量,用 ρ'_0 表示,按式(1-5)进行计算。

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-5)$$

式中, ρ'_0 为材料的堆积密度 (kg/m^3); m 为材料的质量 (kg); V'_0 为材料的自然堆积体积 (矿质实体、闭口孔隙、开口孔隙、颗粒间间隙的体积之和), 如图 1-2 所示, 也即盛装材料的容器的容积 (m^3)。

堆积密度的大小取决于材料的表观密度和材料堆积的紧密程度, 由此又将堆积密度分为松装堆积密度和紧装堆积密度。松散堆积时测得的堆积密度值要明显小于紧密堆积时的测定值。工程中通常采用松装堆积密度确定颗粒状材料的堆积空间。

在建筑工程中, 计算构件的自重、混凝土配合比以及确定材料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物理参数。

常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度

材 料	密度 $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	表观密度 $\rho_s/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	堆积密度 $\rho'_0/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
花岗岩	2.60~2.90	2.5~2.8	—
碎石(石灰岩)	2.60~2.80	2.6	1 400~1 700
砂	2.60~2.70	2.65	1 450~1 650
水泥	2.8~3.10	—	1 000~1 600
普通混凝土	—	2.0~2.8	—
轻集料混凝土	—	0.8~1.9	—
钢材	7.85	7.85	—
普通黏土砖	—	2.5~2.7	1 600~1 800

3. 表征材料结构密实性的参数

1) 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙(闭合孔+开口孔)体积占材料总体积(矿质实体、闭口孔隙、开口孔隙的体积之和)的百分率, 以 P 表示, 按式(1-6)进行计算。

$$P = \frac{V - V_s}{V} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-6)$$

式中, P 为孔隙率; V_s 为材料的绝对密实体积 (cm^3 或 m^3); V 为材料的自然体积 (cm^3 或 m^3)。

孔隙率反映了材料内部构造的致密程度。孔隙率越大, 材料结构密实性越差, 质地越疏松。材料的强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等工程性质都与材料的孔隙率有关, 不仅取决于孔隙率的大小, 还与孔隙的形状、分布、连通与否等构造特征密切相关。

2) 密实度

密实度是指材料固体部分的体积(矿质实体体积)占材料总体积(矿质实体、闭合孔隙、开口孔隙的体积之和)的百分率, 以 D 表示, 按式(1-7)进行计算。

$$D = \frac{V_s}{V} \times 100\% = \frac{\rho_b}{\rho} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中, D 为材料的密实度。

含有孔隙的材料密实度均小于 1。材料的 ρ_b 与 ρ 越接近, D 越趋近于 1, 材料结构就越密实。

一般来说, 材料内部开口孔隙增多会使材料的吸水性、吸湿性、透水性、吸声性提高, 抗冻性和抗渗性变差; 材料内部闭口孔隙的增多会提高材料的保温隔热性能。

4. 表征材料堆积紧密程度的参数

1) 空隙率

空隙率是指散粒状或粉状材料颗粒之间的空隙体积占总体积的百分率, 用 P' 表示, 按式(1-8)计算。

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

式中, P' 为材料的空隙率; V'_0 为材料的自然堆积体积 (cm^3 或 m^3); V_0 为材料的表观体积 (cm^3 或 m^3)。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒间互相填充的紧密程度。空隙率可作为控制混凝土集料级配与计算含砂率的依据。

2) 填充率

填充率是指散粒状或粉状材料颗粒体积占其自然堆积体积的百分率, 用 D' 表示, 即

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_a} \times 100\% = 1 - P' \quad (1-9)$$

1.1.2 材料与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

当水与建筑材料在空气中接触时, 会出现两种不同的现象。如图 1-3 所示, 表面能被水润湿, 即水能在其表面铺展开的材料为亲水性材料; 表面不能被水润湿, 即水不能在其表面铺展开的材料称为憎水性材料。

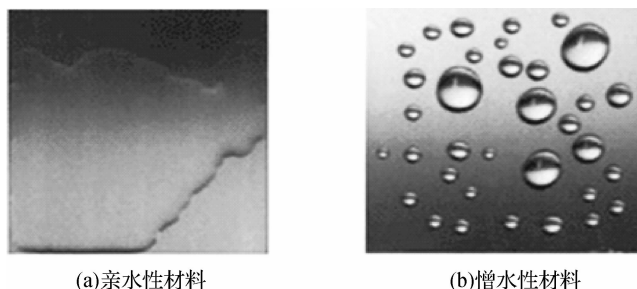


图 1-3 水在不同材料表面作用的情形

材料的亲水性或憎水性通常以润湿角的大小划分。润湿角是在材料、水和空气的交点处, 沿水滴表面的切线与水和固体接触面所成的夹角。

如图 1-4 所示, 润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 的材料为亲水性材料; 润湿角 $\theta > 90^\circ$ 的材料为憎水性材料。润湿角 θ 越小, 材料越易被水润湿。

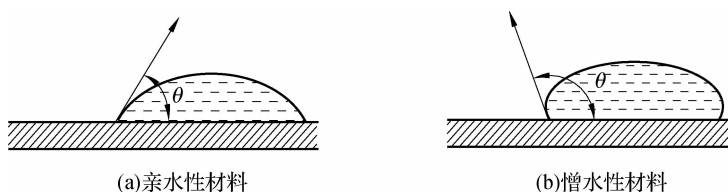


图 1-4 材料的润湿角

大多数建筑材料,如石料、砖、混凝土、木材等都属于亲水性材料,这些材料的表面都能被水润湿,并且能通过毛细管作用自动将水吸入材料内部。而沥青、油漆、石蜡、塑料等有机高分子材料都属于憎水性材料,这些材料的表面不仅不能被水润湿,而且能阻止水分渗入毛细管中。

建筑工程中,憎水性材料常用作防潮、防水及防腐材料,也可用于亲水性材料的表面处理,以降低亲水材料的吸水量,提高材料的耐水性。

2. 吸水性与吸湿性

1) 吸水性

材料在浸水状态下吸收水分的性质称为吸水性。材料的吸水性通常用质量吸水率表示,即材料在吸水饱和时,所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分率,按式(1-10)进行计算。

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中, $W_{\text{质}}$ 为质量吸水率; $m_{\text{湿}}$ 为材料在吸水饱和状态下的质量(g); $m_{\text{干}}$ 为材料在绝对干燥状态下的质量(g)。

实际工程中,对于加气混凝土、软木等轻质多孔的材料,由于吸入水分的质量往往超过材料干燥时的自重,这时 $W_{\text{质}}$ 大于100%,为了方便表示,则采用体积吸水率表示其吸水性,即材料在吸水饱和时,吸入水分的体积占干燥材料自然体积的百分率,按式(1-11)计算。

$$W_{\text{体}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_0} \times 100\% = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_0} \times \frac{1}{\rho_{\text{水}}} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中, $W_{\text{体}}$ 为体积吸水率; $V_{\text{水}}$ 为材料吸入水分的体积(cm^3); V_0 为干燥材料在自然状态下的体积(cm^3); $\rho_{\text{水}}$ 为水的密度(g/cm^3),常温下取 $1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

体积吸水率与质量吸水率的关系为

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \rho_0 \quad (1-12)$$

式中, ρ_0 为材料在干燥状态下的毛体积密度(g/cm^3)。

材料吸水率的大小不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的,而且与材料的孔隙率的大小及孔隙特征密切相关。一般材料的孔隙率越大,吸水率也越大;孔隙率相同的情况下,具有细小连通孔的材料比具有较多粗大开口孔隙或闭口孔隙的材料吸水性更强。

2) 吸湿性

材料在潮湿的空气中吸收空气中水分的性质称为吸湿性。材料的吸湿性用含水率表示,即材料所含水的质量占材料干燥质量的百分数,按式(1-13)计算。

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-13)$$

式中, $W_{\text{含}}$ 为材料的含水率; $m_{\text{含}}$ 为材料含水时的质量(g); $m_{\text{干}}$ 为材料干燥至恒重时的质量(g)。

一般开口孔隙率较大的亲水性材料具有较强的吸湿性。材料含水率的大小,除与其本身的成分、组织构造等有关外,还与周围的温度、湿度有关。气温越低,相对湿度越大,材料的含水率也就越大。材料的吸水率是一个定值,是材料在规定条件下的最大含水率。

知识拓展

平衡含水率

材料的含水率随空气湿度的不同而改变。在不同湿度的空气中,材料既能在空气中吸收水分,又可向空气中扩散水分,最后与空气湿度达到平衡,此时的含水率称为平衡含水率。木材的吸湿性随空气湿度的变化特别明显。例如,木门窗制作后如长期处在空气湿度小的环境中,为了与周围湿度平衡,木材便向外散发水分,于是门窗体积收缩而致干裂。

3. 耐水性

耐水性是指材料长期处于水饱和状态下而不被破坏,强度也不显著降低的性质,用软化系数表示。软化系数是指材料在吸水饱和状态下的抗压强度与其在干燥状态下的强度的比值,按式(1-14)计算。

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (1-14)$$

式中, $K_{\text{软}}$ 为材料的软化系数; $f_{\text{饱}}$ 为材料在吸水饱和状态下的抗压强度(MPa); $f_{\text{干}}$ 为材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

软化系数的取值为 0~1。软化系数越小,说明材料吸水饱和后强度降低得越多,耐水性越差。软化系数大于 0.80 的材料通常可认为是耐水材料。对于经常位于水中或处于潮湿环境中的重要建筑物所选用的材料,其软化系数不得低于 0.85;对于受潮较轻或次要结构所用的材料,其软化系数允许稍有降低,但不宜小于 0.75。

跟踪自测

1. 某材料在干燥状态下的抗压强度是 258 MPa;吸水饱和后的抗压强度是 246 MPa。此材料可否用于潮湿环境的重要结构?

2. 软化系数是评价材料()水性的指标,软化系数的取值范围是()。软化系数为 0.80 的材料,表明其在水饱和状态下的抗压强度为干燥状态下的()%,即在吸水饱和状态下强度降低了()%。

4. 抗冻性

抗冻性是指材料在含水状态下抵抗多次冻融循环而不被破坏,强度也无显著降低的性质。按照国家标准规定,材料的抗冻性可采取快冻和慢冻两种试验方法测定,分别用抗冻等

级或抗冻标号表示其抗冻性能的大小。

慢冻试验法是指材料在室内常温(20 ± 2)℃和1个大气压条件下吸水至饱和后,置于 -15 ℃以下冻结4 h,然后取出放入(20 ± 5)℃的水中融解4 h,如此为一次冻融循环。材料的抗冻性能以材料的质量损失不超过5%、压力损失不超过25%,且试件表面无剥落、裂缝、分层及掉边等现象时所承受的最大冻融循环次数表示,如D50、D100、D150等。

快冻试验法是采用 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ 的棱柱体试件,以28 d龄期后进行试验,试件吸水饱和后承受反复冻融循环,一个循环在2~4 h内完成。材料的抗冻性能以相对动弹性模量值不小于60%,而且质量损失率不超过5%时所承受的最大冻融循环次数表示,如F50、F100、F150等。

材料的结构越密实、闭口孔隙越多、孔隙的充水程度越小,则抗冻等级越高或抗冻标号越大,抗冻性越好。

实际工程中选择材料抗冻等级时要综合考虑工程种类、结构部位、使用条件和气候条件等诸多因素。在冬季室外温度低于 -10 ℃的寒冷地区,建筑物的外墙及露天工程中使用的材料必须进行抗冻性检验。如在一月份平均气温低于 -10 ℃的地区,除气候干旱地区的不受冻部分外,桥梁工程用石料应符合表1-2的抗冻指标要求。

表 1-2 桥梁工程用石料抗冻性指标

结构部位	冻融循环次数	
	大中桥	小桥及涵洞
镶面或表层的石料	50	25

5. 抗渗性

抗渗性是指材料在水、油、酒精等液体的压力作用下抵抗渗透的性能。描述材料的抗渗性能的方式通常有渗透系数和抗渗等级两种。

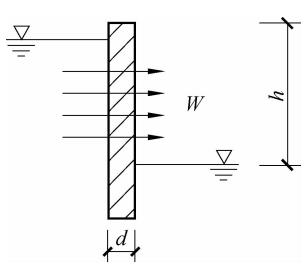


图 1-5 材料透水

1) 渗透系数

如图1-5所示,材料在压力水作用下透过水量的多少遵守达西定律。即在一定时间 t 内,透过材料试件的水量 W 与试件的渗水面积 A 及水头差 h 成正比,与试件厚度 d 成反比。达西定律可用式(1-15)表示。

$$K = \frac{Wd}{Ath} \quad (1-15)$$

式中, K 为渗透系数(cm/h); W 为透过材料试件的水量(cm^3); A 为透水面积(cm^2); h 为材料两侧的水压差(cm); d 为试件厚度(cm); t 为透水时间(h)。

材料的渗透系数越小,说明材料的抗渗性越强。

2) 抗渗等级

抗渗等级是以28 d龄期的标准试件,按标准试验方法进行试验时所能承受的最大水压力来确定的。《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)中根据一组混凝土6个试件中4个试件未出现渗水时所能承受的最大水压力,将混凝土划分为P4、P6、P8、P10、P12五个抗渗

等级,相应表示混凝土能抵抗 0.4 MPa、0.6 MPa、0.8 MPa、1.0 MPa 及 1.2 MPa 的静水压力而不渗水。材料的抗渗等级越高,抗渗性越好。抗渗等级不小于 P6 的混凝土为抗渗混凝土。

材料抗渗性与材料的亲水程度、孔隙率及孔隙特征有关。憎水性材料、孔隙率小而孔隙封闭的材料具有较高的抗渗性;亲水性材料、具有连通孔隙和孔隙率较大的材料的抗渗性较差。

地下建筑防水工程通常使用防水混凝土,要求其应具有较高的密实性、憎水性和抗渗性,抗渗等级大于或等于 P6,即最小抗渗压力为 0.6 MPa。

《地下工程防水技术规范》(GB 50108—2008)规定:对于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级围岩(土层及软弱围岩)防水混凝土,设计抗渗等级应符合表 1-3 的规定。

表 1-3 防水混凝土设计抗渗等级

工程埋置深度/m	设计抗渗等级
<10	P6
10~20	P8
20~30	P10
>30	P12

1.1.3 材料与热有关的性质

1. 导热性

导热性是指材料传导热量的性质,用热导率(导热系数) λ 表示,按式(1-16)计算。

$$\lambda=\frac{Qa}{At(T_2-T_1)} \tag{1-16}$$

式中, λ 为热导率[W/(m·K)]; Q 为传导的热量(J); a 为材料厚度(m); A 为热传导面积(m²); t 为热传导时间(h); T_2-T_1 为材料两侧温度差(K)。

热导率的取值通常为 0.023~400 W/(m·K)。热导率值越小,材料的导热性能越差,保温隔热性能越好。材料的热导率受以下因素影响。

(1)材料的化学组成和物理结构。一般地,金属材料、无机材料、晶体材料的热导率分别大于非金属材料、有机材料、非晶体材料的热导率,即 $\lambda_{\text{金属}} > \lambda_{\text{非金属}}, \lambda_{\text{无机}} > \lambda_{\text{有机}}, \lambda_{\text{晶体}} > \lambda_{\text{非晶体}}$ 。

(2)孔隙率与孔隙特征。材料的孔隙越多,热导率越小。空气的热导率 [$\lambda_{\text{空气}} \leq 0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] 远远小于固体物质的热导率。

当孔隙率相同时,由微小而封闭孔隙组成的材料可以减少或避免材料孔隙内的热的对流传导,其热导率低于由粗大而连通孔隙组成的材料。

(3)含水状况及导热时的温度。材料受潮后其导热能力将明显增加,因为水的热导率为 0.58 W/(m·K),比空气的热导率约大 25 倍;当材料受冻后导热能力更强,因为冰的导热系数 [$\lambda=2.33 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$] 比空气约大 100 倍。对于除金属外的大多数建筑材料,热导率会随导热时温度的升高而增大。

人们常把防止材料内部热量的散失称为保温,把防止材料外部热量的进入称为隔热,将保温隔热统称为绝热,并将 $\lambda \leq 0.15 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料称为绝热材料。

2. 热容量

材料在受热时吸收热量、冷却时放出热量的性质称为材料的热容量。热容量的大小用比热容 c 表示。比热容为单位质量(1 g)材料温度升高或降低(1 K)所吸收或放出的热量,按式(1-17)计算。

$$c=\frac{Q}{m(T_2-T_1)} \tag{1-17}$$

式中, c 为材料的比热容[J/(g·K)]; Q 为材料吸收或放出的热量(J); m 为材料的质量(g); T_2-T_1 为材料受热或冷却前后的温差(K)。

材料的热导率和比热容是设计建筑物维护结构、进行热工计算时的重要参数,选用热导率小、比热容大的材料可以节约能耗并长时间地保持室内温度的稳定。常见建筑材料的热导率和比热容见表 1-4。

表 1-4 常用建筑材料的热导率和比热容指标

材料名称	热导率/ [W/(m·K)]	比热容/ [J/(g·K)]	材料名称	热导率/ [W/(m·K)]	比热容/ [J/(g·K)]
建筑钢材	58	0.48	普通黏土砖	0.80	0.88
花岗岩	3.49	0.92	泡沫塑料	0.035	1.30
普通混凝土	1.51	0.84	冰	2.33	2.05
水泥砂浆	0.93	0.84	水	0.58	4.19
黏土空心砖	0.64	0.92	密闭空气	0.023	1.00

3. 耐火性与耐燃性

1) 耐火性

耐火性又称耐热性,是指材料在火焰和高温的长时间作用下,保持其结构或形状不破坏、性能不明显下降的性质。通常材料在高温作用下会发生以下两种变化。

(1) 受热变形。材料受热后要发生热膨胀导致形状或体积的改变,严重时会引起结构的破坏。例如,钢材受热达 350 ℃ 以上时,其抗拉强度显著降低,钢结构会因产生过大的变形而失去稳定;水泥混凝土在 300 ℃ 以上时,水泥石将脱水收缩,集料受热膨胀,因此混凝土长期在 300 ℃ 以上环境中工作会导致结构破坏。

(2) 受热变质。一些材料长期在高温作用下会发生性质的改变。例如,石灰石、大理石等碳酸盐类矿物在 900 ℃ 以上时分解生成氧化物并放出二氧化碳气体;氢氧化钙在 600 ℃ 以上时失水并生成氧化钙;木材长期受热将发生碳化甚至燃烧等。

材料的耐火性用耐火极限表示,即材料从受到火的作用时起,到失去支持能力或完整性被破坏或失去隔火作用时止的这段时间,单位是小时(h)。常见材料的极限耐火温度见表 1-5。

表 1-5 常见材料的极限耐火温度

材 料	温度/℃	备 注
石灰岩、大理石	750	开始分解温度
花岗岩	575	相变发生急剧膨胀温度
普通黏土砖砌体	500	最高使用温度
普通混凝土	200	
普通钢筋混凝土	200	
	500	火灾时最高允许温度
预应力混凝土	400	
钢材	350	
木材	260	火灾危险温度

2)耐燃性

耐燃性是指在发生火灾时,材料可否燃烧及燃烧的难易程度的性质。按耐燃性的不同将材料分为非燃烧材料、难燃烧材料和燃烧材料三类。

(1)非燃烧材料,即在空气中受高温作用不起火、不微燃、不炭化的材料。无机材料均为非燃烧材料,如玻璃、陶瓷、混凝土、钢材、铝合金材料等。但是,玻璃、混凝土、钢材、铝材等受火焰作用会发生明显的变形而失去使用功能,因此它们具有良好的耐燃性但却是不耐火的。

(2)难燃烧材料,即在空气中受高温作用难起火、难微燃、难炭化,当火源移走后燃烧会立即停止的材料。难燃烧材料多为以可燃材料为基体的复合材料,如沥青混凝土、水泥刨花板等材料,它们可以推迟起火时间或缩小火灾蔓延的范围。

(3)燃烧材料,即在空气中受高温作用会自行起火或微燃,当火源移走后仍能继续燃烧或微燃的材料,如木材及大部分有机材料。

耐燃性与耐火性是两个不同的概念,耐燃性的材料不一定耐火,耐火的材料一般都耐燃。如钢材是耐燃材料(不燃烧性材料),但为非耐火材料,其耐火极限仅为 0.25 h,即在高温作用下,在短时间内就会变形、熔融。

根据我国《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)的规定,民用建筑的耐火等级建筑物构件的燃烧性能和耐火极限不应低于表 1-6 的规定。

表 1-6 建筑物构件(部分)的燃烧性能和耐火极限

构件名称		耐火等级			
		一级	二级	三级	四级
墙	防火墙	非燃烧体 3.00	非燃烧体 3.00	非燃烧体 3.00	非燃烧体 3.00
	承重墙	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.00	难燃烧体 0.50
	非承重外墙	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	燃烧体
	房间隔墙	非燃烧体 0.75	非燃烧体 0.50	难燃烧体 0.50	难燃烧体 0.25
	楼梯间和前室的墙、电梯井的墙、住宅单元之间的墙和分户墙	非燃烧体 2.00	非燃烧体 2.00	非燃烧体 1.50	难燃烧体 0.50
	疏散走道两侧的隔墙	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	非燃烧体 1.00	难燃烧体 0.25

续表

构件名称	耐火等级			
	一级	二级	三级	四级
柱	非燃烧体 3.00	非燃烧体 2.50	非燃烧体 2.00	难燃烧体 0.50
梁	非燃烧体 2.00	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	难燃烧体 0.50
楼板	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	燃烧体
屋顶承重构件	非燃烧体 1.50	非燃烧体 0.50	燃烧体 0.50	燃烧体
疏散楼梯	非燃烧体 1.50	非燃烧体 1.00	非燃烧体 0.50	燃烧体
吊顶(包括吊顶格栅)	非燃烧体 0.25	难燃烧体 0.25	难燃烧体 0.15	燃烧体

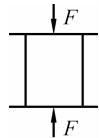
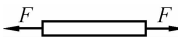
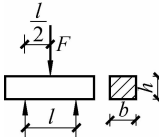
1.2 材料的力学性质

1.2.1 强度、强度等级、比强度

1. 强度

强度是材料在应力(荷载)作用下抵抗破坏的最大能力。根据外力作用方式的不同,材料强度有抗压、抗拉、抗剪、抗弯或抗折强度等。工程上,材料的强度值大多在特定条件下,采用标准试件静力破坏试验法来测定。即将预先制作的标准试件放置在材料试验机上,施加外力(荷载)直至试件破坏,根据试件尺寸和破坏时的荷载值计算出材料的强度。材料在各种状态下的受力特点和计算方法见表 1-7。

表 1-7 材料静力强度示意图及计算公式

强度/MPa	受力示意图	计算公式	备 注
抗压强度 f_c		$f_c = \frac{F}{A}$	F ——破坏荷载(N) A ——受荷面积(mm^2) l ——跨度(mm) b ——断面宽度(mm) h ——断面高度(mm)
抗拉强度 f_t		$f_t = \frac{F}{A}$	
抗剪强度 f_v		$f_v = \frac{F}{A}$	
抗弯强度 f_m		$f_m = \frac{3Fl}{2bh^2}$	

材料的矿物组成成分、组成构造或构造中的裂隙分布等不同,材料将具有不同的强度特性,如混凝土、石材、砖等的抗压强度高而抗拉强度相对较小,这类材料不适于做受弯构件;而钢材的抗压和抗拉强度则近乎相等,工程中主要用作结构材料和钢筋混凝土的配筋,有着良好的工程适用性。

此外,材料的强度还受试验条件的影响。例如,进行岩石抗压强度试验时,同一种岩石,试件的形状相同时,尺寸越大(高宽比越大),强度值越小;试验时的加荷速度越快,强度值越大;含水状态不同,强度测定值不同,通常干燥状态下的强度要大于水饱和状态下的强度,水饱和状态下的强度又要大于冻融循环状态下的强度;同样的材料,表面粗糙时的强度测定值大于表面光滑时的强度测定值。

常用建筑材料的强度值见表 1-8。

表 1-8 常用建筑材料的强度值

材 料	抗压强度/MPa	抗拉强度/MPa	抗折强度/MPa
花岗岩	100~250	5~8	10~14
普通混凝土	5~60	1~9	—
建筑石膏	2.9~4.9	—	1.8~2.5
玻璃	600~1 200	40~800	—
松木(顺纹)	30~50	80~120	60~100
钢材	240~1 500	240~150	—

2. 强度等级

强度等级是人为地将材料按强度特性所进行的分级。在结构中主要承受压力的材料通常以抗压强度来划分强度等级,如水泥混凝土、建筑砂浆;在建筑物中主要承受拉力的材料通常以屈服强度来划分强度等级。

3. 比强度

比强度是指按单位质量计算的材料强度,其值等于材料的强度与其表观密度之比。比强度是衡量材料轻质高强的主要指标,比强度大则表明材料轻质高强,优质的材料必须具有较高的比强度。

通常在高层建筑结构、大跨度结构、软土地基结构中,宜选用比强度大的建筑材料。工程上几种常用材料的比强度见表 1-9。

表 1-9 常用材料的比强度

材料名称	表观密度/(kg·m ⁻³)	强度值/MPa	比强度
低碳钢	7 800	235	0.030 1
普通混凝土	2 400	30	0.012 5
烧结普通砖	1 700	10	0.005 9
松木	500	34	0.068 0

1.2.2 弹性和塑性

1. 弹性

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后能够完全恢复原来形状的性质称为弹性,在弹性变形范围内产生的变形称为弹性变形或瞬时变形,变形值的大小 ϵ 与外力 σ 成正比,即

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (1-18)$$

式中, ϵ 为材料的应变; σ 为材料的应力(MPa); E 为材料的弹性模量(MPa)。

弹性模量是衡量材料抵抗变形能力的一个指标, E 值越大,材料越不易变形。

2. 塑性

材料在外力作用下产生变形,外力取消后仍能保持变形后的形状和尺寸,并且不产生裂缝的性质称为塑性,这种不能恢复的变形称为塑性变形或永久变形。

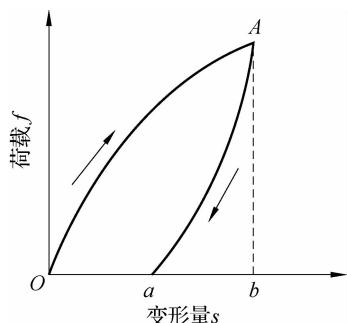


图 1-6 弹塑性材料变形曲线

不同的材料在外力作用下表现出不同的变形特征,单纯的弹性或塑性变形的材料都是不存在的。例如,低碳钢在较小的受力范围内仅产生弹性变形,随着外力增大直至超过弹性极限时,则不但出现弹性变形,而且出现塑性变形。对于沥青混凝土,在它受力开始,弹性变形和塑性变形便同时发生,除去外力后,弹性变形可以恢复,而塑性变形不能恢复。具有上述变形特征的材料称为弹塑性材料,其变形曲线如图 1-6 所示,图中 ab 表示可恢复的弹性变形, aO 表示不可恢复的塑性变形。

1.2.3 脆性和韧性

1. 脆性

材料在外力作用下达到一定值时,突然发生破坏并且无明显的塑性变形的性质称为脆性,具有这种性质的材料称为脆性材料。脆性材料的抗压强度通常要高于其抗拉和抗折强度数倍甚至数十倍,抵抗冲击或振动荷载的能力很差。大部分无机非金属材料如天然石材,陶瓷、玻璃、普通混凝土、砂浆等均属于脆性材料,其只适用于承受静压力作用的工程部位,如基础、墙体、墩座等。

2. 韧性

材料在冲击或动力荷载作用下,能吸收较多能量而产生较大塑性变形而不破坏的性质称为韧性或冲击韧性,以试件破坏时单位面积所消耗的功表示。

韧性材料的抗拉强度接近或高于其抗压强度,如建筑钢材、沥青混合料等属于韧性材料。建筑工程中,对于有承受冲击荷载和抗震要求的结构,如路面、桥梁、吊车梁等使用的材料,均应具有较高的韧性。

1.2.4 硬度和耐磨性

1. 硬度

硬度是材料抵抗其他硬物刻划或压入其表面的能力。不同材料的硬度测定方法不同。

天然矿物的硬度用刻划法确定,并按滑石、石膏、方解石、萤石、磷灰石、正长石、石英、黄玉、刚玉、金刚石的顺序,划分为 10 个硬度等级;木材、钢材等材料的硬度是用硬球或硬尖物体如圆锥或角锥压入测定的;混凝土、砖、建筑砂浆、金属等材料的硬度使用回弹法测定。

一般硬度大的材料耐磨性较强,不易进行再加工。

2. 耐磨性

耐磨性是材料表面抵抗磨损的能力,用磨耗率表示,按式(1-19)计算。

$$G=\frac{m_1-m_2}{A}$$

(1-19)

式中,G 为材料的磨耗率(g/cm²);m₁ 为材料磨损前的质量(g);m₂ 为材料磨损后的质量(g);A 为材料试件的受磨面积(cm²)。

强度较高且密实的材料,其硬度较大,耐磨性较好。在建筑工程中用于道路路面、广场道面、楼梯踏步等工程部位的材料均应考虑其硬度和耐磨性。

1.3 材料的耐久性

1. 耐久性的含义

耐久性是指材料在使用过程中,抵抗自身及外界环境各种因素及有害介质的作用,保持工作性能直到极限状态的性质。

耐久性是一项综合指标,包括抗冻性、抗渗性、抗化学侵蚀性、抗碳化性、大气稳定性、抗老化、耐磨性等多种性质。

2. 耐久性的影响因素

不同建筑材料的耐久性包含着不同的具体内容,如混凝土的耐久性主要是混凝土的抗渗性、抗冻性、抗腐蚀性和抗碳化性;建筑钢材的耐久性主要是指钢材的抗锈蚀性;沥青材料的耐久性主要取决于大气的稳定性和对温度的敏感性等。几种常用建筑材料的耐久性影响因素和评价指标见表 1-10。



图文
混凝土耐久性
实例分析

表 1-10 常用建筑材料的耐久性影响因素和评价指标

建筑材料	耐久性破坏因素	破坏原因	评价指标
水泥混凝土	压力水	渗透	抗渗等级
	水	冻融	抗冻等级
	酸、碱、盐	水泥石化学腐蚀	—
	CO ₂ 、H ₂ O	碳化	碳化深度
	碱-集料反应	水、过量碱、活性 SiO ₂	膨胀率

续表

建筑材料	耐久性破坏因素	破坏原因	评价指标
建筑钢材	H_2O 、 O_2 、 Cl^-	电化学腐蚀	电位锈蚀率
建筑石材	机械力、流水、泥沙	磨损	磨损值、磨光值
防水卷材	压力水	渗透	渗透系数

耐久性是在工程结构设计和选择建筑材料时必须重视和慎重考虑的问题。采用耐久性良好的材料,利于节省材料、降低工程造价、减少维修费用、延长结构物的使用寿命。



思考与练习

一、名词和符号解释

表观密度 软化系数 堆积密度 P_{10} 含水率

二、填空题

1. 材料的吸湿性是指材料在()中吸收水分的性质。
2. 水可以在亲水性材料表面铺展开,铺展开后的润湿角() 90° 。
3. 某岩石在气干状态、干燥状态、水饱和状态下测得的抗压强度分别为 174 MPa、178 MPa、168 MPa,该岩石()用于水下工程。
4. 如材料的质量已知,求密度、体积密度、表观密度时,应测定的体积分别为()体积、()体积、()体积。
5. 含水率为 7% 的砂 600 g,其含水质量为()g。

三、选择题

1. 材料在绝对密度状态下的体积为 V ,开口孔隙体积为 V_k ,闭口孔隙体积为 V_b ,材料干燥质量为 m ,则材料的密度为(),表观密度为(),毛体积密度为()。

A. m/V B. $m/(V+V_k)$ C. $m/(V+V_k+V_b)$ D. $m/(V+V_b)$
2. 密度是指材料在()下单位体积的质量。

A. 自然状态 B. 绝对体积近似值 C. 绝对密实状态 D. 松散状态
3. 材料抗渗性能高低主要取决于()。

A. 导热性 B. 闭口孔隙率 C. 抗压强度 D. 孔隙率
4. 衡量材料轻质高强性能的一个主要指标是()。

A. 抗压强度 B. 抗拉强度 C. 比强度 D. 抗剪强度
5. 通常材料的软化系数()时,可以认为是耐水的材料。

A. >0.95 B. >0.80 C. >0.75 D. >0.65

四、计算题

1. 某一块状材料的烘干质量为 102 g,自然状态下的体积为 40 cm^3 ,绝对密实状态下的体积为 39 cm^3 ,试计算该材料的密度、毛体积密度、密实度和孔隙率。
2. 称取松散密度为 1400 kg/m^3 的干砂 300 g,装入广口瓶中,再把瓶中装满水,称重为 835 g。已知空瓶加满水时的重量为 649 g,求该砂的表观密度和空隙率。

● 建筑石材

● 知识目标

了解石材的分类、特点及常用石材的工程应用。

掌握石材的技术性能及选用原则。

了解工程中常用的建筑石材的种类，掌握其应具备的基本技术性质。

掌握地铁车站用装饰石材应满足的技术要求，会正确选材。

2.1 建筑石材的分类及特点



图文
著名石结构
建筑

建筑石材是指具有一定的物理、化学性能,可用作建筑材料的岩石。石材作为一种建筑材料,在建筑工程中不仅作为基石用材、墙体用材、混凝土集料用材,还被用作建筑装饰材料,在工业与民用建筑、道路、桥涵、隧道、堤坝等各类土木建筑工程中都得到了广泛的应用。

按来源的不同,建筑石材可分为天然石材和人造石材两大类。

2.1.1 天然石材的分类及特点

1. 天然石材的分类

天然岩石是由各种不同地质作用形成的天然固态矿物集合体。天然石材是将开采到的天然岩石,不经过加工或只经过形状、尺寸和表面简单的物理加工而制得的块状材料。天然石材是人类历史上使用最久的建筑材料。

按地质形成条件的不同,天然石材可分为岩浆岩石材、沉积岩石材和变质岩石材三大类。

1) 岩浆岩

岩浆岩又称火成岩,是地壳内的熔融岩浆喷出地面后冷凝固结后形成的岩石。根据岩浆冷却程度的不同,岩浆岩可分为深成岩、浅成岩和火山岩三种。三种岩浆岩的成因、特性及常见岩浆岩见表 2-1。

表 2-1 三种岩浆岩的成因、特性及常见岩浆岩

分 类	成 因	特 性	常见岩浆岩
深成岩	地壳深处的岩浆在上部覆盖层压力的作用下经缓慢冷凝形成的岩石	结晶完整,块状构造。抗压强度高,吸水率小,表观密度大,抗冻性好	花岗岩、正长岩、橄榄岩、闪长岩、辉长岩等
浅成岩	浅成岩又称半深成岩。它介于深成岩与火山岩之间,具深成岩与熔岩中间结构的火成岩	不完整的结晶或玻璃质状。当岩浆形成较厚的岩层时,其性质与深成岩相似;形成较薄的岩层时,其性质与火山岩相似	安山岩、辉绿岩等
火山岩	火山爆发时,岩浆被喷到空中经急速冷却后形成的岩石	多孔玻璃质结构,表观密度小	玄武岩、火山灰、火山渣、浮石、火山凝灰岩等

2) 沉积岩

沉积岩又称水成岩,是由地表各类岩石经自然风化、风力搬运、流水冲刷等外力作用后,再经逐层沉积、重结晶而在地表及地表下不太深的地下形成的岩石。沉积岩是地壳表面分布最广的一种岩石。

沉积岩根据其生成条件的不同可分为化学沉积岩、机械沉积岩和有机沉积岩三种。三

种沉积岩的成因、特性及常见沉积岩见表 2-2。

表 2-2 三种沉积岩的成因、特性及常见沉积岩

分 类	成 因	特 性	常用沉积岩名称
化学沉积岩	岩石风化后溶解于水形成的溶液和胶体，经聚积、反应、重结晶、沉淀而形成	沉积岩的结构特征是呈层状构造，外观多层理，表观密度小，孔隙率和吸水率较大，强度较低，耐久性较差	石膏、白云岩
机械沉积岩	由自然风化后的岩石、碎屑在流水、风、雨、冰川、沉积等机械力的作用下重新压实或黏结而成的岩石		砂岩、页岩、砂、卵石
有机沉积岩	海水或淡水中的各种有机体死亡后的残骸沉积而成的岩石		生物碎屑灰岩、硅藻土

3)变质岩

变质岩是由原有岩石经变质后形成的岩石。即地壳中原有的各类岩石，在地层的压力或温度作用下，在固体状态下发生再结晶作用，而使其矿物成分、结构构造以至化学成分发生部分或全部改变而形成的新岩石，如大理岩、石英岩、片麻岩等。

变质岩的性能取决于变质的原岩。一般地，沉积岩变质后结构较原岩石致密，性能变好；而岩浆岩变质后，有时其构造不如原岩石坚实，性能变差。例如，石英岩十分耐久，用于主要建筑的饰面、地面、踏步等；片麻岩易风化，只能用于不重要的结构。

2. 天然石材的特点

- (1)资源丰富，便于就地取材。
- (2)结构密实，抗压强度高，耐久性、耐磨性好。
- (3)加工困难，自重大，开采和运输不够方便。

2.1.2 人造石材的分类及特点

人造石材是用无机或有机黏结料、矿物质原料及各种外加剂人工配制而成的仿天然石材制品。工程中常用的人造石材是以大理石碎料、石英砂、石粉等为集料，以树脂、聚酯等聚合物或水泥为黏结剂，在真空条件下经强力拌和振动、加压成形、打磨抛光及切割等工序制成的板材。

人造石材是近几年新出现的一种新型建材，它是代替天然大理石和木材的首选产品。人造石材因具有性能、形状、花色图案的可设计性，受到众多消费者的青睐，得到广泛的应用。

1. 人造石材的分类

按照生产所用的原料不同，人造石材可分为以下四类。

- (1)水泥型人造石材。水泥型人造石材是以白水泥、普通水泥为黏结材料，与破碎的大理石和大理石粉、颜料等配制拌和成混合物料，经浇捣成形、养护等工序制成。
- (2)树脂型人造石材。树脂型人造石材是以不饱和聚酯树脂为黏结剂，配以天然大理石

或方解石、白云石、硅砂、玻璃粉等无机粉料,以及适量的阻燃剂、颜料等,经浇捣成形、固化、脱模、烘干、抛光等加工工序制成。

(3)复合型人造石材。复合型人造石材是以水泥等无机胶凝材料将碎石、石粉等集料黏结成形并硬化,再将硬化体浸渍于有机高分子树脂材料中,使其在一定条件下集合而成的人造材料。复合型人造石板是目前普遍使用的人造石材。

(4)烧结型人造石材。烧结型人造石材是将长石、石英、辉绿石、方解石等粉料和赤铁矿粉,以及一定量的高岭土共同混合,一般配比为石粉 60%、黏土 40%,采用混浆法制备坯料,用半干压法成形,再在窑炉中以 1 000 ℃左右的高温焙烧而成。烧结型人造石材的装饰性好,性能稳定,但需经高温焙烧,因而能耗大、造价高。

目前使用最广泛的是以不饱和聚酯树脂为黏结剂而生产的树脂型人造石材,其又称聚酯合成石。不饱和聚酯树脂具有黏度小、易于成形、光泽好、颜色浅、固化快、常温下可操作性强等优点,具有稳定的物理和化学性能,工程适用范围很广。

2. 人造石材的特点

(1)花色纹理仿真性强,品种多,质感好,可以配合不同的家居色彩和装修档次使用。

(2)不存在色差,重量轻,耐污染、耐腐蚀,耐久性好。

(3)施工便捷,无缝拼接,整体性好。在装饰较长的台面或转角处,人造石材可按设计的形状和尺寸切割、拼接,经过打磨抛光处理,可实现无缝对接,整体效果好。

(4)利于环保。构成人造石材的各种成分都具有环保性,可直接与食物接触。

(5)易老化,不宜用于工程的外部结构。在大气中的自然因素条件下,人造石材中的有机高分子材料抗老化能力差,不宜用于室外装修工程。

跟踪自测

1. 天然石材质量大,抗压强度(),开采和运输难度大。

2. 人造石材的花色纹理仿真性(),不存在色差,但在大气中的抗老化能力()。它不宜用作工程的()部结构材料,也不宜用于()装修工程。

2.2 天然石材的技术性质及工程应用

石材在使用前必须进行技术性质的检验和鉴定,只有符合设计和施工要求的石材方可用于工程。本节重点介绍天然石材的相关知识。

2.2.1 天然石材的技术性质

天然石材的技术性质取决于岩石的地质成因、矿物成分等因素,其中所含有的杂质对其技术性能也有不同程度的影响。因此,同一种岩石,其技术性质可能会有不同程度的差异。天然石材的技术性质主要包括物理性质、力学性质、耐久性和工艺性等。

1. 物理性能

1) 表观密度

石材的表观密度取决于其矿物组成和结构孔隙率。表观密度影响石材的抗压强度和耐久性。通常情况下,同种石材表观密度越大,抗压强度越高,吸水率越小,耐久性越好,导热性越好。

2) 吸水性

石材的吸水性主要取决于石料造岩矿物的性质及其组成的结构状态,即孔隙大小、孔隙的形态和分布情况等。

深成岩及许多的变质岩的孔隙率都很小,因而其吸水率也小。例如,花岗岩的吸水率通常小于0.5%;致密的石灰岩的吸水率小于1%。

3) 耐水性

用于任何工程或工程任何部位的石材都必须具有较高的耐水性、较小的吸水率。

石材的耐水性以软化系数表示,并按软化系数值的大小分为高、中、低三等。软化系数大于0.9的为高耐水性石材;软化系数0.7~0.9的为中耐水性石材;软化系数小于0.7的为低耐水性石材。一般地,软化系数低于0.8的石材不允许用于主要建筑中。

4) 耐热性

石材的耐热性与其化学成分和矿物组成有关。例如,含石膏的石材在100℃时开始分解;含碳酸钙的石材在827℃时开始分解破坏。石英与其他矿物所组成的结晶石材如花岗岩等在700℃以上发生晶型转变而使体积膨胀,强度下降。

5) 导热性

石材的导热性用热导率(导热系数)表示,热导率越大则导热性能越强。石材的开口孔隙越多,热导率越小。相同成分的石材,玻璃态的热导率比结晶态的小。

2. 力学性质

1) 抗压强度

石材的抗压强度与矿物组成、结构及构造特征有关。作为结构材料或圬工砌体材料,石材必须具有较高的结构密实性、抗压强度和较强的抗风化性能。

2) 耐磨耗性

石材的磨耗率是指石料抵抗冲击、边缘剪切和摩擦等综合作用的性能,也是评定石料等级的依据之一。在车辆等各种荷载或水流、泥沙等的碾压和冲刷作用下,石材必须具有较高的耐磨耗性,以确保整体结构的耐久性。石材的磨耗率越小,耐磨耗性越强。一般地,抗压强度高的石材,其耐磨耗性较好。

3) 坚固性

坚固性是指石材在自然风化和其他外界物理、化学因素作用下抵抗破裂的能力,是对石材耐候性的一种快速、简易的检验。

3. 工艺性

石材的工艺性是指其开采和加工过程的难易程度及可能性,包括加工性、磨光性、抗钻性。

1)加工性

加工性是指对岩石劈裂、破碎、磨光和抛光等加工工艺的难易程度。凡是强度、硬度、韧性高的石材,其加工性能较差;质脆粗糙,有颗粒交错结构或含有层片状构造及风化的岩石,可加工性能都差。

2)磨光性

磨光性是指石材能否磨成平整光滑表面的性质。一般具有致密、均匀、细粒结构的岩石,磨光性都较好;而结构疏松多孔的有鳞片状构造的岩石,磨光性都较差。

当岩石用作水泥混凝土或沥青混合料的集料,或用作地面等的装饰材料时,必须具有较高的耐磨光性能,以保证交通的安全性和装饰的美观性。

3)抗钻性

抗钻性是指对石材进行钻孔加工的难易程度。岩石的结构越密实、强度越高,抗钻性越好。

4. 耐久性

石材的耐久性包括抗冻性、抗蚀性、抗风化性和使用年限。在水、大气、酸碱性的环境介质等的作用下,石材的性能不破坏、使用年限越长,其耐久性越好。

一般地,结构致密、吸水率小的石材,其抗冻性、抗渗性和抗腐蚀性相对较强。对于吸水率小于0.5%的石材,可不进行抗冻性试验。

2.2.2 天然石材的工程应用及选用原则

1. 天然石材的工程应用

天然石材在土木建筑工程中主要有以下几个方面的用途。



图文
石材装饰工程
中的通病

(1)石砌体材料。各类片石、料石等块石材料用作石砌体材料,主要用于砌筑基础、桥涵、堤坝河岸和隧道衬砌等辅助工程。

(2)集料。石材经破碎筛分后得到的不同规格的碎石、卵石等散粒状材料,可用作水泥混凝土、沥青混合料、碎石稳定土等各类混凝土和稳定材料的集料,从中起着骨架、支撑和填充的作用。

(3)装饰材料。在各类建筑工程和带有美化及艺术效果的场合,装饰材料作为饰面材料。

2. 天然石材的选用原则

(1)适用性。适用性是指选用石材时,要考虑石材在具体工程中的结构部位和主要作用。例如,在基础、勒脚、柱、墙等部位起承重作用的石材,要考虑其强度等级、耐久性、抗冻性等技术性能;维护结构用的石材应考虑是否具有良好的绝热性能;用作地面、台阶等部位的石材要求坚韧耐磨;用作饰面板、栏杆、扶手等起装饰作用的构件,要考虑石材的色泽与环境的协调性和石材本身的可加工性;而对处于高温、高湿、严寒等特殊条件下的构件,则要考虑石材的耐水性、抗冻性和耐化学腐蚀等耐久性能。

(2)经济性。选择和使用石材尽量综合考虑利用地方资源,尽可能做到就地就近取材,以降低工程成本。对于天然石材而言,因其密度大、硬脆,则不适宜长途运输。

(3)安全性。考虑到天然岩石内含有的放射性元素对人体所造成的危害,选用天然石材时,应有放射性检验合格证明或检测鉴定。作为装饰材料用的天然石材按放射性水平可分

为 A、B、C 三类,A 类产品最安全,可用于任何场合;B 类产品不可用于建筑物(如住宅、公共生活用房),但可用于构筑物;C 类产品需限制其销售,只能用于居民点以外的路基、涵洞、水坝等构筑物。

跟踪自测

1. 天然石材经破碎筛分后,可用作水泥混凝土、沥青混合料等混合料的()料,从中起着()、支撑和填充的作用。
2. 装饰材料用的天然石材按放射性水平可分为 A、B、C 三类,()类最安全,可用于任何场合;放射性超过 C 类的岩石,只能用于海堤、桥墩等()的地方。

2.3 常用的天然石材

2.3.1 建筑工程中常用的天然石材

建筑工程中常用的天然石材应具备的技术性质和在工程中的应用详见表 2-3。

表 2-3 建筑工程中常用的天然石材

岩石类别	岩石名称	性 质	应 用
岩浆岩类	花岗岩	孔隙率小,结构致密(体积密度为 2 600~2 800 kg/m ³),抗压强度为 120~250 MPa;吸水率小于 1%;化学稳定性好,不易风化变质;耐酸性很强;耐久性好。其中的细粒花岗石可使用 500~1 000 年,粗粒花岗石可使用 100~200 年	基础、挡土墙、勒脚;室内外墙面、地面、柱面装饰;纪念碑、纪念馆等高级建筑的外饰面材料;公共交通建筑的饰面装饰工程
	玄武岩	孔隙率较低,结构致密,抗压强度较高;脆性大,抗冲击性差;抗风化性较强	可用于基础、桥梁等石砌体
	火山灰、浮石	轻质多孔结构	火山灰可用作水泥的混合材;浮石可用作轻集料混凝土的轻质集料
沉积岩类	普通石灰岩	结构密实,孔隙率低,抗压强度较高;硬度小,开采加工容易	可用于基础、墙体、挡土墙等石砌体,不得用于酸性水中
变质岩类	大理岩	结构致密,其体积密度可达 2 700 kg/m ³ ;吸水率不超过 1%;抗压强度为 100~150 MPa;耐久性较好	公共建筑室内墙面、柱面、地面;楼梯栏杆、窗台板、卫生间的洗漱台面等;用于制作大理石壁画、工艺品
	石英岩	结构致密均匀,抗压强度高;质地坚硬,耐久性很强,使用寿命可达千年以上	建筑砌筑或用于饰面

2.3.2 装饰工程中常用的天然石材

1. 天然花岗岩

用于建筑装饰工程中的花岗岩是由天然花岗石加工成的板材或块材。

花岗岩是典型的火成岩,是全晶质岩石,其主要成分是石英、长石和少量的暗色矿物和云母。按结晶颗粒大小的不同,其分为细粒、中粒和粗粒等。颜色呈灰色、黄色、蔷薇色、红色等。

优质花岗岩的石英含量多达 20%~40%,云母含量少,晶粒细而匀,结构紧密,不含其他杂质,抛光后光泽明亮,不易风化,色调鲜明,花色丰富,庄重大方。

花岗岩比大理石密度大,抗压强度高,孔隙率、吸水率极低,材质硬度高,其耐磨、耐久、耐腐蚀性能均优于其他石材。花岗岩经抛光后,是室内外地面、墙面、踏步、柱石、勒脚等处首选的装饰材料。

2. 天然大理石



图片
大理石装饰

天然大理石是石灰岩或白云岩在地壳内经过高温高压作用形成的变质岩,多为层状结构,有明显的结晶,纹理有斑纹、条纹之分,是一种富有装饰性的天然石材。

天然大理石化学成分为碳酸钙或碳酸镁等碳酸盐,矿物成分为方解石或白云石,纯大理石为白色,当含有部分其他深色矿物时,便产生多种色彩与优美的花纹。从色彩上来说,天然大理石有纯黑、纯白、纯灰、墨绿等数种;从纹理上说,天然大理石有晚霞、云雾、山水、海浪等山水图案、自然景观。

天然大理石的抗压强度较高,但硬度并不太高,易于加工雕刻与抛光。

应该特别注意的是,当大理石长期受雨水冲刷,特别是受酸性雨水冲刷时,可能使其表面的某些物质被侵蚀,从而失去原貌和光泽,影响装饰效果,因此大理石多用于室内装饰装修工程。

2.4 地铁车站地面装饰用石材

2.4.1 地铁车站地面对装饰材料的要求

(1)防滑性能。由于地铁车站具有较高的交通客流量,因此,地面装饰石材必须具有较强的防滑性,以保证乘客的安全。

(2)工艺性。用于地铁站台内的装饰石材应具有良好的可加工性,满足饰材角度偏差、平度偏差、棱角缺陷等技术指标要求;满足表面色彩和光泽度、色差、色斑等指标要求,纹理自然美观,工程设计的表现效果好,观赏性强。

实际工程中,应严格控制色差和水渍现象。在满足防滑系数要求时,尽量提高光泽度,以满足观感效果。

(3)安全性。岩石用于地铁车站做装饰材料,除了应满足放射性要求外,对用于地铁或隧道内部的装饰石材还必须满足安全性要求,即必须具有较高的防火性能。规范规定所有用于地铁内部装饰的材料防火等级必须达 A 级。

(4)经济性。天然石材的结构密实,密度大,开采、加工和运输都很不方便,且运费较高。

在选材和开采加工中,应综合考虑地方资源,尽量就地选材,降低工程成本。

2.4.2 用于地铁车站地面装饰的石材

1. 花岗岩

花岗岩用于工程具有以下特点。

- (1) 石材花色多样,天然花纹美丽,质感细腻,可选择性强。
- (2) 硬度高,耐磨性好,磨损后观感不变。
- (3) 可加工性强。花岗岩适合现场加工,可进行切割、磨边、倒角、开口打眼等加工;可加工成弧形板等异型材。
- (4) 孔隙率和吸水率小,且不易风化,能用于户外装饰。
- (5) 相对密度大,施工中搬运和加工难度都较大。

2. 人造石材

与天然石材相比,人造石材具有以下特点。

- (1) 色泽一致,不易出现色差。
- (2) 可大批量供货,保证工期。
- (3) 耐磨性满足不了地铁客流的要求。
- (4) 部分满足不了消防防火要求,价格较高。

知识拓展

(1) 花岗石、大理石、水磨石饰面板须成捆运输,每捆最多 10 块(400 mm×400 mm),且须用草绳或其他绳索捆紧扎牢。捆内板块要光面相对且须用质细、坚韧的整纸垫隔,以免损坏表面光泽;每捆的规格、花色必须相同,并须注明编号。

(2) 运输及搬运过程中严禁摔掷、碰撞,尤其要注意保护板的棱角。装车时要紧密稳固,空隙处用纸垫实、塞实,严禁松动、冲撞。木箱包装的饰面板如使用机械装卸,一次起吊以不超过两箱为宜,并须轻起轻落,以防损坏包装。

(3) 散装的大型饰面板须直立搬运,下放时须使背面棱先着地。吊运或抬运时,受力处应加衬垫。

(4) 饰面板不宜露天存放,宜存于库内。成捆成箱者须将同种规格、品种、花色、编号者存于一处,以免混乱。堆码高度不宜超过 1.6 m。

(5) 散置饰面板应直立堆垛,并使光面相对,按顺序倾斜放置,倾斜度不应大于 15°,底层与每层间须用弹性材料支垫。花岗石饰面板垛高不得超过 1.7 m,大理石、水磨石不宜超过 1.6 m。

思考与练习

一、名词解释

天然石材 人造石材 磨耗率 磨光性

二、填空题

1. 建筑石材可分为()石材和()石材两大类。
2. 石材的耐水性按()系数值的大小分为高、中、低三等。
3. 石材的吸水性主要取决于石料造岩矿物及其组成的()状态,即孔隙大小、孔隙形态和分布情况等。
4. 石材的表观密度越大,抗压强度越(),吸水率越(),耐久性越好。
5. 用于道路工程路面的石材应该具有()的磨光值。

三、选择题

1. 大理石不适于用作()装饰装修工程。
A. 墙面
B. 柱面及磨损较小的地面
C. 踏步
D. 外墙面
2. 花岗岩主要用于()、勒脚、踏步地面。
A. 基础
B. 挡土墙
C. 外墙饰面雕塑
3. 下列天然石材中,使用年限最长的是()。
A. 花岗岩
B. 大理石
C. 石灰岩
D. 砂岩
4. 规范规定所有用于地铁内部装饰的材料防()等级必须达 A 级。
A. 水
B. 火
C. 冻
D. 滑
5. 用于地铁站地面装饰的石材,不需考虑()。
A. 抗滑性能
B. 工艺性
C. 安全性
D. 经济性
E. 抗冻性
6. 与天然石材相比,人造石材若用作地铁站地面的装饰,具有()缺点。
A. 不易出现色差
B. 货源不足,影响工期
C. 耐磨性满足不了地铁客流的要求
D. 可加工性差
7. 下列选项中,用于建造永久性工程、纪念性建筑的良好材料是()。
A. 大理石
B. 石灰岩
C. 花岗岩
D. 砂岩

四、简答题

1. 天然石材的特点有哪些?
2. 人造石材的特点有哪些?
3. 石材的选用原则是什么?
4. 地铁站地面对装饰石材有哪些要求?