

2017

全国勘察设计注册工程师  
执业资格考试用书

# 注册岩土工程师执业资格考试 基础考试复习教程

(下册)

注册工程师考试复习用书编委会 / 编  
曹纬浚 / 主编



注册岩土工程师考试微课程  
视频·题库·电子书·QQ·答疑



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

责任编辑 刘彩云 ( 544641689@qq.com )

主编信箱 caowj0818@126.com

QQ 群 151125757

封面设计  樊斐 装帧  
MOB:15521027010

# 2017 注册岩土工程师 执业资格考试用书书目

## ▶ 基础考试

2017 注册岩土工程师执业资格考试基础考试复习教程

2017 注册岩土工程师执业资格考试基础考试复习题集

2017 注册岩土工程师执业资格考试基础考试试卷 (2011~2016)

## ▶ 专业考试

2017 注册岩土工程师执业资格考试专业考试考题十讲

2017 注册岩土工程师执业资格考试专业考试复习教程

2017 注册岩土工程师专业考试案例分析历年考题及模拟题详解

2017 注册岩土工程师执业资格考试专业考试历年真题详解 案例分析

2017 注册岩土工程师执业资格考试专业考试历年真题详解 专业知识

2017 注册岩土工程师执业资格考试专业考试规范汇编

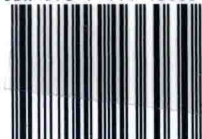
2017 注册岩土工程师执业资格考试专业考试法律法规汇编

2017 土力学与基础工程习题解析与学习指导

图书分类上架建议

注册考试用书·注册岩土

ISBN 978-7-114-13603-0



9 787114 136030 >

网上购书 / [www.jtbook.com.cn](http://www.jtbook.com.cn)

定价：188.00元（含上、下两册）



 **狂考网**  
助您考试一臂之力  
[www.zhukaowang.com.cn](http://www.zhukaowang.com.cn)

Zhuce Yantu Gongchengshi Zhiye Zige Kaoshi  
Jichu Kaoshi Fuxi Jiaocheng

# 注册岩土工程师执业资格考试 基础考试复习教程 (下册)

注册工程师考试复习用书编委会 / 编  
曹纬浚 / 主编



人民交通出版社股份有限公司  
China Communications Press Co., Ltd.

## 内 容 提 要

本书根据2009年最新公布考试大纲及近几年考试真题编写,内容贴合考试实际,是考生复习必备的经典教材。

本书编写人员全部是多年从事注册岩土工程师基础考试培训工作的专家、教授,本书内容吸取了近几年考试培训的经验和考生回馈意见,以现行考试大纲为依据,以最新规范、教材为基础进行编写,指导考生复习,因此力求简明扼要,联系实际,着重于对概念和规范的理解运用,并注意突出重点。教程的每节后均附有习题,每章后附有习题提示及参考答案,同时书后附一套模拟试题,可作为考生检验复习效果和准备考试之用。

本书各个科目均有配套辅导视频,考生可扫描书中二维码或登录“注考网”及微信公众号“注册岩土工程师考试微课程”在线学习。

由于本书篇幅较大,分为上、下两册,以便于携带和翻阅。

本书适合参加2017年注册岩土工程师[也称注册土木工程师(岩土)]基础考试的人员使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

2017注册岩土工程师执业资格考试基础考试复习教程/  
注册工程师考试复习用书编委会编. —北京:人民交通  
出版社股份有限公司,2017.1

ISBN 978-7-114-13603-0

I. ①2… II. ①注… III. ①岩土工程—资格考试—  
自学参考资料 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第003450号

书 名:2017注册岩土工程师执业资格考试基础考试复习教程

著 者:注册工程师考试复习用书编委会

责任编辑:刘彩云

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:97.5

字 数:1593千

版 次:2017年1月 第1版

印 次:2017年1月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13603-0

定 价:188.00元(含上、下两册)

(有印刷、装订质量问题,由本公司负责调换)

# 目 录

## 下 册

第十二章 土木工程材料	1
复习指导	1
第一节 材料科学与物质结构基础知识	5
第二节 气硬性无机胶凝材料	13
第三节 水泥	15
第四节 混凝土	26
第五节 沥青及改性沥青	42
第六节 建筑钢材	48
第七节 木材	58
第八节 石材	60
第九节 黏土	61
习题提示及参考答案	63
第十三章 工程测量	67
复习指导	67
第一节 测量基本概念	69
第二节 水准测量	72
第三节 角度测量	77
第四节 距离测量及直线定向	82
第五节 测量误差的基本知识	88
第六节 控制测量	93
第七节 地形图测绘	101
第八节 地形图应用	103
第九节 建筑工程测量	105
第十节 全球定位系统(GPS)简介	112
习题提示及参考答案	112
第十四章 土木工程施工与管理	115
复习指导	115
第一节 土石方工程与桩基础工程	118
第二节 钢筋混凝土工程与预应力混凝土工程	134
第三节 结构吊装工程与砌体工程	145
第四节 施工组织设计	153
第五节 流水施工原理	157

第六节	网络计划技术	162
第七节	施工管理	171
	习题提示及参考答案	176
<b>第十五章</b>	<b>结构力学</b>	179
	复习指导	179
第一节	平面体系的几何组成分析	180
第二节	静定结构的受力分析与特性	186
第三节	结构的位移计算	210
第四节	超静定结构的受力分析与特性	225
第五节	结构的动力特性与动力反应	258
	习题提示及参考答案	268
<b>第十六章</b>	<b>结构设计</b>	274
	复习指导	274
第一节	钢筋混凝土结构材料性能	275
第二节	基本设计原则	280
第三节	钢筋混凝土构件承载能力极限状态计算	289
第四节	正常使用极限状态验算	313
第五节	预应力混凝土	317
第六节	构造要求	331
第七节	单层厂房	332
第八节	钢筋混凝土多层及高层房屋	333
第九节	抗震设计要点	347
第十节	钢结构钢材性能	359
第十一节	钢结构基本构件	361
第十二节	钢结构的连接设计计算	369
第十三节	砌体结构材料性能	376
第十四节	砌体结构设计基本原则	379
第十五节	砌体墙、柱的承载力计算	380
第十六节	混合结构房屋设计	387
第十七节	砌体结构房屋部件	400
第十八节	砌体结构抗震设计要点	408
	习题提示及参考答案	415
<b>第十七章</b>	<b>土力学与基础工程</b>	420
	复习指导	420
第一节	土的物理性质和工程分类	423
第二节	地基中的应力	432
第三节	土的压缩性与地基沉降	438
第四节	土的抗剪强度	448
第五节	地基承载力	451
第六节	土压力	457

第七节	边坡稳定	462
第八节	浅基础	465
第九节	深基础	484
第十节	特殊性土	496
第十一节	地基处理	502
	习题提示及参考答案	510
<b>第十八章</b>	<b>工程地质</b>	514
	复习指导	514
第一节	岩石的成因和分类	516
第二节	地质构造	525
第三节	地貌和第四纪地质	534
第四节	岩体结构和稳定分析	551
第五节	动力地质	559
第六节	地下水	580
第七节	岩土工程勘察	592
第八节	原位测试技术	601
	习题提示及参考答案	606
<b>第十九章</b>	<b>岩体力学与岩体工程</b>	611
	复习指导	611
第一节	岩石的基本物理、力学性质及试验方法	613
第二节	岩体工程分类	654
第三节	岩体的初始地应力状态	671
第四节	岩体力学在边坡工程中的应用	689
第五节	岩体力学在岩基工程中的应用	717
	习题提示及参考答案	732
<b>附录一</b>	<b>勘察设计注册工程师资格考试公共基础考试大纲(上午段)</b>	739
<b>附录二</b>	<b>注册土木工程师(岩土)执业资格考试专业基础考试大纲(下午段)</b>	746
<b>附录三</b>	<b>勘察设计注册工程师资格考试公共基础试题(上午段)配置说明</b>	751
<b>附录四</b>	<b>注册土木工程师(岩土)执业资格考试专业基础考试(下午段)配置说明</b>	752
<b>附录五</b>	<b>注册土木工程师(岩土)基础考试参考书目</b>	753

## 第十二章 土木工程材料

### 复习指导

#### 一、考试大纲

##### 10.1 材料科学与物质结构基础知识

材料的组成:化学组成、矿物组成及其对材料性质的影响。

材料的微观结构及其对材料性质的影响:原子结构、离子键、金属键、共价键和范德华力、晶体与无定形体(玻璃体)。

材料的宏观结构及其对材料性质的影响。

建筑材料的基本性质:密度、表观密度与堆积密度、孔隙与孔隙率特征、亲水性与憎水性、吸水性与吸湿性、耐水性、抗渗性、抗冻性、导热性、强度与变形性能、脆性与韧性。

##### 10.2 材料的性能和应用

无机胶凝材料:气硬性胶凝材料、石膏和石灰技术性质与应用。

水硬性胶凝材料:水泥的组成、水化与凝结硬化机理、性能与应用。

混凝土:原材料技术要求、拌和物的和易性及其影响因素、强度性能与变形性能、耐久性(抗渗性、抗冻性)、碱-骨料反应、混凝土外加剂与配合比设计。

沥青及改性沥青:组成、性质和应用。

建筑钢材:组成和组织与性能的关系、加工处理及其对钢材性能的影响、建筑钢材和种类与选用。

木材:组成、性能与应用。

石材和黏土:组成、性能与应用。

#### 二、复习指导

“土木工程材料”考试大纲提供了一个对复习的基本指南与宏观框架,但很多具体、详细的复习内容不可能在考试大纲中给出,必须加以注意。如果仅仅关注大纲的宏观框架,就可能对复习内容的一些细节掉以轻心,复习得不够全面、充分,致使做题的准确率不高,最终影响考试成绩。因此,在这里综合常见的教材、复习资料、练习题资料和考生普遍、常见的问题,对复习内容整理出尽量具体、详细的提示,希望能对考生的自学复习起到良好的指导作用。

总体而言,各节中以混凝土占的篇幅最多,且混凝土在土木工程中往往是用量最大、作用最为重要的一种结构材料,故第四节混凝土应引起特别重视,作为复习的首要重点。水泥本来的仅是混凝土的原材料之一,但由于水泥性能与应用的复杂性,必须将水泥单列一节,给出专门详细的讲解,故从第四节混凝土往前延伸,应先行掌握水泥的内容,在掌握好水泥内容的基础上方可掌握好混凝土的内容。因此,第三节水泥也很重要。水泥仅是胶凝材料的一种,石膏、

石灰也属于胶凝材料,但石膏、石灰与水泥有何不同之处,必须明确区分,故在第二节中专门给出胶凝材料的定义与划分以及石膏、石灰的具体特点。第一节则在本教材的开始即给出一些基本、普遍的概念与定义,准确掌握这些概念与定义是十分重要的,因为这些概念与定义在后面的各节中经常要用到。沥青及改性沥青、建筑钢材、木材、石材、黏土作为各具特色的具体材料品种,则在各节中分别列出,虽然相对于混凝土这些具体材料的内容较为简短,但也须分别掌握这些材料的特点。

### (一)材料科学与物质结构基础知识

土木工程材料按化学组成可划分为无机、有机和有机无机复合的三大类。通常材料的组成包含化学组成与矿物组成两个不同的含义。化学组成指构成材料的基本化合物或单质;而矿物组成则指构成材料尤其是无机材料的人工合成或天然的以一定具体形式存在的基本化合物。例如硬化前的水泥化学组成为  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  与  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,但矿物组成则为  $\text{C}_3\text{S}$ 、 $\text{C}_2\text{S}$ 、 $\text{C}_3\text{A}$  和  $\text{C}_4\text{AF}$ 。

在材料的微观结构中,首先应掌握晶体、非晶体的区别。在非晶体中掌握玻璃体与胶体的区别。

三种密度的区别应注意掌握。密度与孔隙率、空隙率无关,反映材料的本质与化学组成特征;表观密度与密度、孔隙率有关;堆积密度与表观密度、空隙率有关。应掌握用密度、表观密度计算孔隙率,用表观密度、堆积密度计算空隙率的公式。应掌握孔隙与空隙的区别。

在与水有关的性质中,应掌握亲水性与憎水性的工程意义,掌握润湿边角或接触角  $\theta$  的含义。应掌握吸水性与吸湿性的区别与联系,掌握计算公式,尤其应注意公式中分母是材料干燥时的质量。在耐水性中,应掌握材料的软化系数  $K$ 、分母与分子的确切含义。如  $K \geq 0.85$ ,则材料具有良好的耐水性。应了解其抗渗性和抗冻性的定义、性能表达方式。在导热性中,应了解其定义与工程意义。在以上性质中,应注意掌握其影响因素,尤其是孔隙率、孔隙连通特征和水的存在对其的影响。

在力学性质中,应掌握在不同受力状态下强度表达式含有哪些参数,掌握强度与孔隙率的关系。区别掌握弹性与塑性、脆性与韧性的不同含义,了解其工程意义。

### (二)气硬性无机胶凝材料

应掌握胶凝材料、水硬性、气硬性的特征。

在石灰中,应掌握过火石灰的危害与陈伏的作用。在石灰的硬化中,应掌握两个过程结晶与碳化的含义,掌握建筑石灰和石灰硬化产物的化学组成,分别理解石灰硬化速度慢和气硬性的根源所在。了解石灰的应用,如灰土、三合土、灰砂砖、碳化石灰板。

在石膏中,应掌握建筑石膏与石膏硬化产物的化学组成,理解石膏凝结、硬化过程,理解石膏气硬性的根源所在。了解石膏的性能特点与应用。

### (三)水泥

总体而言,主要应掌握六大通用水泥(即硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥)。可根据共性特点将六大通用水泥分为两大类,即硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥为一类,矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥和复合水泥为另一类,分别掌握;具体在矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥和复合水泥中,还可分别掌握四种水泥的各自特性。这样就便于化繁为简,理解准确而不易混淆、遗忘,牢固掌握水泥的主要内容。

在硅酸盐水泥中,首先应掌握熟料四大矿物的水化速度、放热量、硬化速度。不必死记硬背水化的每一个化学方程式,但应知主要由哪些反应物得到哪些主要产物,可将  $\text{C}_3\text{S}$ 、 $\text{C}_2\text{S}$  同

等看待,然后了解  $C_3A$ ,  $C_4AF$  也可看作与  $C_3A$  类似。其中以  $C_3A$  较为复杂,石膏即因  $C_3A$  而掺入水泥中,故石膏的作用由此而被牢固掌握。应了解水泥硬化产物的组成与结构。应理解水泥细度、凝结(初凝、终凝)时间的实际意义,理解颗粒尺寸与比表面积的关系。掌握体积安定性的含义,牢固掌握引起安定性不良的三种因素及有关检验方法与标准规定。了解易导致水泥石侵蚀的组成与结构方面的原因,了解防侵蚀的措施。

普通硅酸盐水泥是一种掺加了混合材料的水泥,但由于掺量不大,其性能接近于硅酸盐水泥,故凡硅酸盐水泥的特点基本也适用于普通水泥。

应了解活性混合材料与非活性混合材料的区别。在掺混合材料水泥中应掌握矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥这三种水泥的共性,也应区别掌握三者的特性。注意这里提到的抗冻性主要指早期抗冻性,抗碳化性在混凝土耐久性中将有详细讲述。复合水泥一般不需专门了解,因为其性能特点主要取决于哪一种混合材料掺量较大,共性则仍同于矿渣水泥、火山灰水泥、粉煤灰水泥。

应理解以上主要五种水泥的性能特点与工程选用。

此外简要掌握铝酸盐水泥和硫铝酸盐水泥。注意掌握这些水泥的主要熟料、主要水化产物、凝结硬化的主要特征、水化产物的强度与耐久性、在哪些工程上适用、有哪些使用禁忌。

白水泥与彩色水泥只需简要了解。白水泥含铁少,在白水泥的基础上加入颜料即可得彩色水泥。注意白水泥的四个等级白度与三个产品等级的划分。快硬硅酸盐水泥是在硅酸盐水泥的基础上增加水化快速的矿物如  $C_3A$  和  $C_3S$  而得到的。膨胀水泥和自应力水泥两者的共同特点均是硬化时整体膨胀,其原理均是利用生成膨胀性的高硫型水化硫铝酸钙(钙矾石)。

#### (四)混凝土

主要应掌握普通混凝土的组成材料,混凝土性能如和易性、力学性能、耐久性、配合比设计。了解重混凝土与轻混凝土的特点与应用。

在混凝土组成材料中,水泥应在第三节掌握。应理解水泥与水组成水泥浆、砂石构成集料、水泥浆与集料分别所起的作用。在砂石中,结合第一节的空隙率概念,考虑砂或石子堆积形成骨架、填充空隙的效果,从颗粒尺寸—比表面积—水泥消耗量的关系和级配—空隙率—水泥消耗量的关系两个主要角度,理解对砂石细度与级配的技术要求,以满足良好的和易性与降低水泥用量的要求。在以上学习中应重点掌握集料细度与级配两个概念。了解砂石中的有害杂质的种类与影响。掌握石子压碎指标的含义。结合混凝土耐久性的碱-集料反应内容,了解石子的碱-集料反应检测。了解混凝土拌和水的要求。

在混凝土外加剂中,主要应掌握减水剂、引气剂、速凝剂、缓凝剂与早强剂的作用,了解五种减水剂、三乙醇胺早强剂的特点。在混凝土掺和料中,主要了解掺和料与水泥混合材料的同与异。

了解混凝土和易性的含义与测定方法,了解坍落度的范围划分,了解施工中混凝土坍落度选择的原则与要求。理解和易性的影响因素,理解改善和易性的措施。

了解混凝土强度几个主要概念的实际含义。理解强度的影响因素,理解改善强度的措施。牢固掌握混凝土强度公式(即保罗米公式),其中回归系数不必记。

了解混凝土变形中非荷载变形的几种方式、引起变形的原因、变形是否可引起混凝土开裂。了解混凝土变形中受力变形的内容,了解在短期荷载作用下的应力-应变关系与弹性模量测定及其影响因素,了解徐变的影响因素与其对混凝土结构的作用。

了解混凝土耐久性的各分项内容,如抗渗性、抗冻性、碱-集料反应、抗碳化性、抗化学侵蚀性。了解其影响因素、改善措施。化学侵蚀性可与第三节水泥石的侵蚀与防侵蚀内容相联系。

了解氯离子( $\text{Cl}^-$ )对钢筋混凝土结构耐久性的影响。

了解混凝土配合比设计的三大步骤,即设计计算、试配与调整、施工配合比换算。在设计计算中,掌握配制强度的计算、水灰比的确定。掌握施工配合比换算公式,可与第一节吸水性及吸湿性计算内容相联系。

#### (五)沥青及改性沥青

主要掌握石油沥青内容。了解石油沥青的组成特点、组分的划分及其对沥青性能的影响。掌握沥青主要技术性质如黏性、塑性、温度稳定性、大气稳定性,尤其是前三个的表达方式、与沥青性能的关系。

了解煤沥青的主要优缺点。

了解石油沥青改性的主要方式与效果。

了解沥青的主要应用方式,冷底子油、沥青胶、嵌缝油膏的组成原材料与施工应用特点。了解沥青防水卷材,尤其是石油沥青油毡的标号划分方法、石油沥青卷材与煤沥青卷材的黏结方式特点。

了解合成高分子防水材料相对于沥青防水材料的主要特点,了解三元乙丙橡胶防水卷材的使用温度范围与优缺点。

#### (六)建筑钢材

了解建筑钢材分别按化学成分与脱氧程度的划分方式。掌握钢材的主要力学性能、工艺性能及指标,注意了解其中低碳钢与硬钢的应力-应变曲线特点、屈服点、 $\sigma_{0.2}$ 、屈强比、伸长率、冷脆性。了解钢材中合金元素与有害元素的划分,掌握各有害元素对钢材性能的影响。掌握钢材的冷加工和冷加工时效两个概念及其对钢材性能的不同影响。

掌握钢材牌号的表达方法与含义,了解常用的 Q235 号钢特点和沸腾钢的使用限制。了解型钢与钢板的使用。了解各种钢筋和钢丝的特点,尤其注意掌握热轧钢筋 I、II、III 级的选用特点,了解冷拉热轧钢筋 I、II、III、IV 级的选用特点,掌握最为经济、常用的冷拔低碳钢丝的甲级、乙级的选用,了解冷轧扭钢筋的特点,了解预应力用钢丝、钢绞线的材质与适用范围。了解钢材防锈与防火的措施。

#### (七)木材

掌握木材的分类。掌握纤维饱和点、平衡含水率、窑干含水率的含义与数值范围,掌握大于或小于纤维饱和点的含水率对木材强度与体积膨胀的不同影响。掌握木材在不同方向的胀缩变化特点。掌握木材强度的各向异性,如顺纹抗拉、横纹抗拉、横纹抗压等的数值高低。了解木材的防腐、木材初级产品种类。

#### (八)石材

掌握花岗岩与大理石的岩石属性、选岩矿物、主要化学成分、酸碱性。掌握花岗岩与大理石的主要优缺点、工程适用范围。

#### (九)黏土

了解土的组成。了解土粒的大小与土的级配。了解颗粒分析两参数与级配的关系。了解土的液相类型。掌握土的干密度与干重度的含义。了解土的相对密实度。了解黏性土的稠度与三种界限含水率的含义。掌握影响土压实性的因素。

土木工程材料,又称建筑材料,是形成土木工程各种建筑物和构筑物的物质基础。材料的性能与质量直接影响着建筑结构的效能与使用寿命。依据结构的设计与使用要求合理地选用材料,将会产生良好的经济效益与社会效益。因此,无论对于结构设计还是施工,建筑材料的使用

与选择均占有重要的地位。要做到这一切,重要的一点是对建筑材料有全面与深入的了解。

本章将简要介绍主要建筑材料的组成及内部结构、基本性质及表征指标,并对建筑结构中常用的建材类型分述其性能与应用。

## 第一节 材料科学与物质结构基础知识

### 一、建筑材料的组成、结构及其对材料性能的影响

建筑材料品种繁多,性质各异,在使用上差别很大。对建筑材料要做到深入了解、自如运用及不断开拓,就必须对材料的组成、结构及性能间的关系作本质的、理性的了解,这是材料科学的基本任务。

#### (一) 建筑材料的组成

材料的组成是决定其性能与结构的基础。这里所说的组成主要指化学组成与矿物组成两个方面。

##### 1. 化学组成

建筑材料的化学组成大体上分为有机与无机两大类。前者如沥青中的 C—H 化合物及其衍生物、建筑涂料中的树脂等;而后者则如钢材中的 Fe、C、Si、Mn、S、P 等元素,普通水泥则主要由 CaO、SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等形成的硅酸钙及铝酸钙组成。

化学组成对建筑材料的性能影响极大。众所周知,在一定范围内,钢材的强度随 C 含量的增加而提高,而塑性却下降。又如石膏、石灰和石灰石的主要化学成分分别为 CaSO<sub>4</sub>、CaO 和 CaCO<sub>3</sub>,因而石膏、石灰易溶于水,且耐水性差,而石灰石则有良好的耐水性。石油沥青由 C—H 化合物及其衍生物组成,从而决定了它易于老化。

由于化学组成对建筑材料起本质的影响,所以,建筑材料的主要分类方法之一是以化学组成作为划分标准。按此标准,建筑材料分为无机材料、有机材料及复合材料三大类,详见表 12-1。

建筑材料的分类

表 12-1

分 类		实 例	
无机材料	非金属材料	天然石材	毛石、料石、石板、碎石、卵石、砂
		烧土制品	黏土砖、黏土瓦、陶器、炆器、瓷器
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃棉、矿棉、铸石
		胶凝材料	石膏、石灰、菱苦土、水玻璃,以及各种水泥
		砂浆及混凝土	砌筑砂浆、抹面砂浆 普通混凝土、轻骨料混凝土
	硅酸盐制品	灰砂砖、硅酸盐砌块	
金属材料	黑色金属 有色金属	铁、非合金钢、合金钢 铝、铜及其合金	
有机材料	植物质材料	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、胶黏剂	
复合材料	金属—非金属	钢纤混凝土、钢筋混凝土	
	无机非金属—有机	玻纤增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土、人造石	
	金属—有机	PVC 涂层钢板、轻质金属夹芯板、铝塑板	

## 2. 矿物组成

某些建筑材料,其性质主要取决于矿物组成。例如,天然石材中的花岗岩,其矿物组成主要是石英和长石,因此,它的强度高,抗风化性能好。又如,对于硅酸盐水泥来说,构成熟料的矿物成分中硅酸三钙含量较高,因此,硬化速度快,强度也较高。

### (二)材料的微观结构及其对性质的影响

建筑材料的结构按尺度可划分为三个层次:

- (1)微观结构:原子-分子尺度。
- (2)亚微观(细观)结构:光学显微镜尺度。
- (3)宏观结构:目测或放大镜尺度。

建筑材料的许多性质,如强度、硬度、导电性、导热性等,除受其组成影响外,还取决于材料内部的微观结构。观察微观结构的主要工具是电子显微镜等,其分辨程度可达 $\text{\AA}$ (读“埃”, $1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$ )。建筑材料主要为固态物质,即使是液体材料也必须固化后才能使用。固态物质可划分为晶体与非晶体两种结构。

### 1. 晶体结构

晶体结构的基本特征在于其内部质点(原子、分子等)按一定的规则排列,形成晶格构造。具体来说,内部质点具有长程有序(即沿特定的长度方向规则排布)以及平移有序(即晶格构形可以周期式平移)。晶体原子排列示例之一见图 12-1a)。

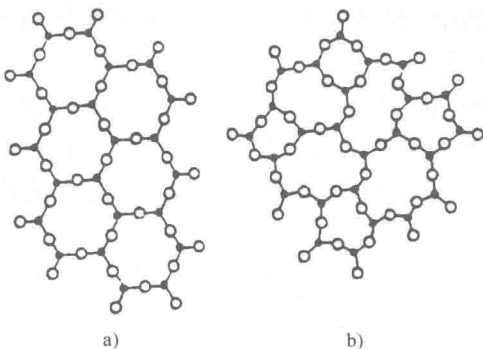


图 12-1 晶体、玻璃体的原子排列示意图  
a)晶体;b)玻璃体

晶格构造使晶体具有一定的几何外形及各向异性,但因实际使用的晶体材料通常由众多细小晶粒杂乱排布而成(晶格随机取向),故在宏观上多呈现各向同性。晶体材料受外力可以发生弹性变形,但达到一定值时,则材料会沿内部的滑移面产生塑性变形。另外,晶体具有一定的熔点且多具有良好的导电性与导热性,这也是与非晶体的主要差异。

晶体材料种类很多,金属材料、石英矿物、花岗岩等石材都是晶体结构材料。

### 2. 非晶体结构

非晶体物质的主体有玻璃体和胶体两类。玻璃体中原子呈完全无序排列,故又称为无定型体,它由熔融物质经急冷形成。建筑用玻璃是玻璃体的重要代表,此外,火山灰、矿棉、岩棉、粒化高炉矿渣也属玻璃体。玻璃体原子排列的无序性示意图见图 12-1b)。

玻璃体的特点之一是各向同性,如导热性无方向差异。但一般来说,其导热性较晶体材料为低,故有良好的保温隔热性能。玻璃体无固定的熔点,但化学活性较高。

胶体由众多细小固体粒子(粒径约在 $1\sim 100\mu\text{m}$ )分散在连续介质中而成。建材中的固体沥青、固化后的水玻璃、水泥石中的水化硅酸钙等都属胶体。

胶体多具有良好的吸附力和较强的黏结力,这是由于胶体的质点微小,总表面积很大,因而表面能很大的缘故。

### (三)材料的亚微观结构及其对性质的影响

材料在亚微观尺度上的结构同样值得重视。例如,金属材料的晶粒粗细及金相组织直接影响其强度、硬度、韧性;又如,木材的纤维状细胞组织对强度、导热性起支配作用。



材料的表观密度大小与其含水情况有关,应予以注明。通常材料的表观密度是指气干状态下的密度。

### (3)堆积密度

堆积密度是粉状或粒状材料的一个指标,指在堆积状态下,单位体积的质量,可由下式表示

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (12-3)$$

式中: $\rho'_0$ ——堆积密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$m$ ——材料的质量( $\text{kg}$ );

$V'_0$ ——材料在堆积状态下的体积( $\text{m}^3$ )。

## 2. 材料的孔隙率与空隙率

### (1)孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占总体积的比例,可按下列式计算

$$\text{孔隙率} \quad P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (12-4)$$

材料中固体体积占总体积的比例,称为密实度。密实度  $D=1-P$ ,即材料的密实度+孔隙率=1。

材料孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。孔隙率的大小及孔隙本身的特征(孔隙构造与大小)对材料的性质影响较大。

### (2)空隙率

空隙率是指散粒材料在堆积体积中,颗粒之间的空隙体积占总体积的比例,可按下列式计算

$$\text{空隙率} \quad P' = \frac{V_{\text{空}}}{V'_0} = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = 1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \quad (12-5)$$

空隙率的大小反映了散粒材料颗粒互相填充的致密程度。在混凝土中,空隙率可作为控制砂石级配及计算混凝土砂率的依据。

**【例 12-2】** 材料的孔隙率降低,则其:

- A. 密度增大而强度提高
- B. 表观密度增大而强度提高
- C. 密度减小而强度降低
- D. 表观密度减小而强度降低

**解** 材料的密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。所以密度与孔隙率无关;孔隙率降低,即材料的密实度增大,表观密度增大,而强度提高。

答案:B

**【例 12-3】** 密度为  $2.6\text{g}/\text{cm}^3$  的岩石具有 10% 的孔隙率,其表观密度为:

- A.  $2\ 340\text{kg}/\text{m}^3$
- B.  $2\ 680\text{kg}/\text{m}^3$
- C.  $2\ 600\text{kg}/\text{m}^3$
- D.  $2\ 364\text{kg}/\text{m}^3$

**解**

$$\text{孔隙率} P = 1 - \frac{\text{表观密度}}{\text{密度}}$$

$$\text{表观密度} = (1 - P) \times \text{密度} = (1 - 10\%) \times 2.6 = 2.34\text{g}/\text{cm}^3 = 2\ 340\text{kg}/\text{m}^3$$

答案:A

**【例 12-4】** 材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为:

- A. 密度
- B. 表观密度
- C. 密实度
- D. 堆积密度



解 材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为密度;材料在自然状态下,单位体积的质量称为表观密度;散粒材料在堆积状态下,单位体积的质量称为堆积密度。材料中固体体积占自然状态体积的百分比称为密实度。

答案:A

### 3. 材料的亲水性与憎水性

材料表面与水或空气中的水汽接触时,产生不同程度的润湿。材料表面吸水或水汽而被润湿的性质与材料本身的性质有关。材料能被水润湿的性质称为亲水性,材料不能被水润湿的性质称为憎水性。一般可以按润湿边角的大小将材料分为亲水性材料与憎水性材料两类。润湿边角指在材料、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 $\theta$ ,见图 12-2。

亲水性材料水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力, $\theta < 90^\circ$ ,表面易被水润湿,且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。建筑材料大多为亲水性材料,如砖、混凝土、木材等,少数材料如沥青、石蜡等为憎水性材料。憎水性材料的 $\theta \geq 90^\circ$ ,有较好的防水效果。

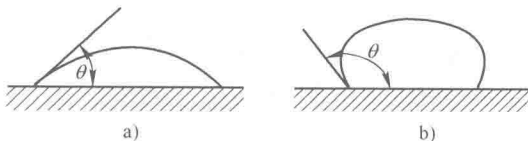


图 12-2 材料润湿示意图  
a) 亲水性材料; b) 憎水性材料

### 4. 材料的吸水性与吸湿性

#### (1) 吸水性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的用吸水率表示。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率。建筑材料一般均采用质量吸水率。

$$\text{质量吸水率 } \omega_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (12-6)$$

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)。

材料的吸水性与材料的亲水、憎水性有关,还与材料孔隙率的大小、孔隙特征有关。对于细微连通孔隙,孔隙率越大,则吸水率越大。封闭孔隙,水分不能进入,粗大开口孔隙,水分不能存留,吸水率均较小。因此,具有很多微小开口孔隙的亲水性材料,其吸水性特别强。

#### (2) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性,常用含水率表示,可由下式计算

$$\text{含水率 } \omega = \frac{m_{\text{湿}} - m}{m} \times 100\% \quad (12-7)$$

式中: $m_{\text{湿}}$ ——材料吸收空气中水分后的质量(g);

$m$ ——材料烘干至恒重时的质量(g)。

材料的含水率随空气湿度和环境温度变化而变化,也就是水分可以被吸收,又可向外界扩散,最后与空气湿度达到平衡。与空气湿度达到平衡时的含水率称为材料的平衡含水率。

材料的吸水性与吸湿性均会导致材料其他性质的改变,如材料自重增大,绝热性、强度及耐水性等产生不同程度的下降等。

### 5. 材料的耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。

材料的耐水性用软化系数  $K$  表示

$$K = \frac{\text{材料在吸水饱和状态下的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}} \quad (12-8)$$

软化系数的大小表示材料浸水饱和后强度降低的程度,其范围波动在 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,耐水性则越差。对于经常处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;受潮较轻或次要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.75。

#### 6. 材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或不透水性)。材料的抗渗性常用渗透系数  $K$  表示。

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (12-9)$$

式中:  $K$ ——材料的渗透系数(cm/h);

$Q$ ——渗水量( $\text{cm}^3$ );

$d$ ——试件厚度(cm);

$H$ ——静水压力水头(cm);

$t$ ——渗水时间(h);

$A$ ——渗水面积( $\text{cm}^2$ )。

渗透系数越大,表明材料渗透的水量越多,抗渗性则越差。

抗渗性也可用抗渗等级表示。抗渗等级是以规定的试件,在标准试验方法下所能承受的最大水压力来确定的,以符号  $P_n$  表示,其中  $n$  为该材料所能承受的最大水压力的 0.1MPa 数。如普通混凝土的抗渗等级为  $P_6$ ,即表示混凝土能承受 0.6MPa 的压力水而不渗透。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率及孔隙特征有关。孔隙率较大且是连通的孔隙材料,其抗渗性较差。

抗渗性是决定材料耐久性的主要指标。对于地下建筑及水工构筑物,因常受到压力水的作用,所以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。材料抵抗其他液体渗透的性质,也属抗渗性。

#### 7. 材料的抗冻性

材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻融循环(冻结与融化)作用而不破坏,强度也无显著降低的性质,称为材料的抗冻性。

材料受冻融破坏是由于材料孔隙中的水结冰造成的。水结冰时体积增大约 9%,当材料孔隙中充满水时,由于水结冰对孔壁产生很大的压力,而使孔壁开裂。

材料的抗冻性可用抗冻标号  $D_n$  或抗冻等级  $F_n$  表示, $n$  为最大冻融次数,如  $D_{25}$ 、 $D_{50}$  等。一般规定材料在经受若干次冻融循环后,质量损失不超过 5%,强度损失不超过 25%时,所承受的冻融循环次数为抗冻标号,质量损失不超过 5%,相对动弹性模量不小于 6%时所承受的循环次数为抗冻等级。对于水工及冬季气温在  $-15^\circ\text{C}$  的地区施工应考虑材料的抗冻性。

材料抗冻性的高低,取决于材料孔隙中被水充满的程度和材料对因水分结冰体积膨胀所产生压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料,对抵抗大气温度变化、干湿交替等风化作用的综合能力通常也较强,所以抗冻性常作为考察材料耐久性的一项指标。处于温暖地区的建筑物,虽无冰冻作用,但为了抵抗大气作用,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。