

2015 全国勘察设计注册工程师执业资格考试用书

2015

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

- ◇ 知名应试专家曹纬浚组织编写，内容紧扣考试大纲，采用最新规范规程，吸收考试亲历者的反馈建议。
- ◇ 首推“扫码学习”、注考网100元“学习卡”，享受针对性的视频辅导。
- ◇ 配套《2015注册岩土工程师执业资格考试基础考试真题及模拟题解析》（含二维码、注考网50元“学习卡”）



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

2015 全国勘察设计注册工程师执业资格考试用书

要 容 内

2015

注册岩土工程师执业资格考试 基础考试复习教程

Zhuce Yantu Gongchengshi Zhiye Zige Kaoshi Jichu Kaoshi Fuxi Jiaocheng

(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”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

2015 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, 2015. 1

ISBN 978-7-114-11942-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 001574 号

2015 Zhuce Yantu Gongchengshi Zhiye Zige Kaoshi Jichu Kaoshi Fuxi Jiaocheng
书 名:2015 注册岩土工程师执业资格考试基础考试复习教程

著 作 者:注册工程师考试复习用书编委会

责任编辑:刘彩云 吴燕伶 李 坤

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:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:95.5

字 数:2286 千

版 次:2005 年 1 月 第 1 版

印 次:2015 年 1 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11942-2

定 价:178.00 元(含上、下两册)

(有印刷、装订质量问题,由本公司负责调换)

主编致考生

一、注册岩土工程师在专业考试之前进行基础考试是和国外接轨的做法。通过基础考试并达到职业实践年限后就可以申请参加专业考试。基础考试是考大学中的基础课程,按考试大纲的安排,上午考试段考 11 科,120 道题,4 个小时,每题 1 分,共 120 分;下午考试段考 9 科,60 道题,4 个小时,每题 2 分,共 120 分;上、下午共 240 分。试题均为 4 选 1 的单选题,平均每题时间上午 2 分钟,下午 4 分钟,因此不会有复杂的论证和计算,主要是检验考生的基本概念和基本知识。考生在复习时不要偏重难度大或过于复杂的知识,而应将复习的注意力主要放在弄清基本概念和基本知识方面。

二、考生在复习本教程之前,应认真阅读“考试大纲”,清楚地了解考试的内容和范围,以便合理制订自己的复习计划。复习时一定要紧扣“考试大纲”的内容,将全面复习与突出重点相结合。着重对“考试大纲”要求掌握的基本概念、基本理论、基本计算方法、计算公式和步骤,以及基本知识的应用等内容有系统、有条理地重点掌握,明白其中的道理和关系,掌握分析问题的方法。同时还应会使用为减少计算工作量或简化、方便计算所制作的表格等。本教程中每章前均有一节“复习指导”,摘录了本章的考试大纲,具体说明本章的复习重点、难点和复习中要注意的问题,建议考生认真阅读每章的“复习指导”,参考“复习指导”的意见进行复习。在对基本概念、基本原理和基本知识有一个整体把握的基础上,对每章节的重点、难点进行重点复习和重点掌握。

三、注册岩土工程师基础考试上、下午试卷共计 240 分,上、下午不分段计算成绩,这几年及格线都是 55%,也就是说上、下午试卷总分达到 132 分就可以通过。因此,考生在准备考试时应注意扬长避短。从道理上讲,自己较弱的科目更应该努力复习,但毕竟时间和精力有限,如 2009 年新增加的“信号与信息技术”,据了解,土建非信息专业大多未学过,短时间内要掌握好比较困难,而“信号与信息技术”总共只有 6 道题,6 分,只占总分的 2.5%,也就是说,即使“信号与信息技术”一分未得,其他科目也还有 234 分,从 234 分中考 132 分是完全可以做到的。因此考生可以根据考试分科题量、分数分配和自己的具体情况,计划自己的复习重点和主要得分科目。当然一些主要得分科目是不能放松的,如“高等数学”24 题(上午段)24 分,“结构力学与结构设计”12 题(下午段)24 分,“工程地质”10 题(下午段)20 分,“岩体工程与基础工程”10 题(下午段)20 分,都是不能放松的;其他科目则可根据自己过去对课程的掌握情况有所侧重,争取在自己过去学得好的课程中多得分。

四、在考试拿到试卷时,建议考生不要顺着题序顺次往下做。因为有

的题会比较难,有的题不很熟悉,耽误的时间会比较多,以致到最后时间不够,题做不完,有些题会做但时间来不及,这就太得不偿失了。建议考生将做题过程分为四遍:

(1)首先用 15~20 分钟将题从头到尾看一遍,一是首先解答出自己很熟悉很有把握的题;二是将那些需要稍加思考估计能在平均答题时间里做出的题做个记号。这里说的平均答题时间,是指上午段 4 个小时考 120 道题,平均每题 2 分钟;下午段 4 个小时考 60 道题,平均每题 4 分钟,这个 2 分钟(上午)、4 分钟(下午)就是平均答题时间。将估计在这个时间里能做出来的题做上记号。

(2)第二遍做这些做了记号的题,这些题应该在考试时间里能做完,做完了这些题可以说就考出了考生的基本水平,不管考生基础如何,复习得怎么样,考得如何,至少不会因为题没做完而遗憾了。

(3)这些会做或基本会做的题做完以后,如果还有时间,就做那些需要稍多花费时间的题,能做几个算几个,并适当抽时间检查一下已答题的答案。

(4)考试时间将近结束时,比如还剩 5 分钟要收卷了,这时你就应看看还有多少道题没有答,这些题确实不会了,建议考生也不要放弃。既然是单选,那也不妨估个答案,答对了也是有分的。建议考生回头看看已答题目的答案,A、B、C、D 各有多少,虽然整个卷子四种答案的数量并不一定是平均的,但还是可以这样考虑,看看已答的题 A、B、C、D 中哪个答案最少,然后将不会做没有答的题按这个前边最少的答案通填,这样其中会有 $1/4$ 可能还会多于 $1/4$ 的题能得分,如果考生前边答对的题离及格正好差几分,这样一补充就能及格了。

五、基础考试是不允许带书和资料的,2011 年及以前,考试时会给每位考生发一本“考试手册”,载有公式和一些数据,供考生考试时翻找,考后收回。但从 2012 年起,取消了“考试手册”的配发。据说原因是考生使用不多,事实上也没有更多时间去翻手册。因此一些重要的公式、规定,考生一定要自己记住。

六、本教程每节后均附有习题,并在每章后附有提示及参考答案。另外,我们还专门为考生编写了一本《2015 注册岩土工程师执业资格考试基础考试真题及模拟题解析》,编制习题 2 700 多道,绝大多数习题都提供了解题提示和答案。建议考生在复习好本教程内容的基础上,多做习题。多做习题能帮助巩固已学的概念、理论、方法和公式等,并能发现自己的不足,哪些地方理解得不正确,哪些地方没有掌握好;同时熟能生巧,提高解题速度。本教程在最后提供了一套模拟试题,建议考生在复习完本教程以后,集中时间,排除干扰,模拟考试气氛,将模拟试题全部做一遍,以接近实战地检验一下自己的复习效果。

近年有读者给我们来信,除指出一些印刷差错(绝大多数意见是对的)外,还对教程和真题及模拟题解析中数十道习题的答案提出了质疑,经老师们仔细复查,有个别题答案确实错误,或答案印刷错误,而其余大多数的

题都是读者自己判断错误(已答复来信读者)。在此提醒读者,做题后如自己的结果和教程中的参考答案不符,请慎下结论,可将疑问发至我的邮箱 caowj0818@126.com,我会尽快核查并回复,以免读者判断错误致考试时答错题影响成绩。建议读者用我们的真题及模拟题解析做题练习,因该书中的题绝大多数附有题解,能帮助读者判断结果。

相信这本教程能帮助大家准备好考试。

最后,祝愿各位考生取得好成绩!

曹伟浚

2014年12月

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	12
第三节 水泥	15
第四节 混凝土	24
第五节 沥青及改性沥青	40
第六节 建筑钢材	46
第七节 木材	54
第八节 石材	57
第九节 粘土	58
习题提示及参考答案	60
第十三章 工程测量	64
复习指导	64
第一节 测量基本概念	66
第二节 水准测量	69
第三节 角度测量	73
第四节 距离测量及直线定向	78
第五节 测量误差的基本知识	83
第六节 控制测量	89
第七节 地形图测绘	96
第八节 地形图应用	98
第九节 建筑工程测量	100
第十节 全球定位系统(GPS)简介	106
习题提示及参考答案	107
第十四章 土木工程施工与管理	110
复习指导	110
第一节 土石方工程与桩基础工程	113
第二节 钢筋混凝土工程与预应力混凝土工程	128
第三节 结构吊装工程与砌体工程	140
第四节 施工组织设计	147

第五节	流水施工原理	150
第六节	网络计划技术	156
第七节	施工管理	164
	习题提示及参考答案	168
第十五章	结构力学	171
	复习指导	171
第一节	平面体系的几何组成分析	172
第二节	静定结构的受力分析与特性	178
第三节	结构的位移计算	201
第四节	超静定结构的受力分析与特性	215
第五节	结构的动力特性与动力反应	248
	习题提示及参考答案	258
第十六章	结构设计	264
	复习指导	264
第一节	钢筋混凝土结构材料性能	265
第二节	基本设计原则	270
第三节	钢筋混凝土构件承载力极限状态计算	279
第四节	正常使用极限状态验算	303
第五节	预应力混凝土	306
第六节	构造要求	320
第七节	单层厂房	320
第八节	钢筋混凝土多层及高层房屋	322
第九节	抗震设计要点	335
第十节	钢结构钢材性能	348
第十一节	钢结构基本构件	349
第十二节	钢结构的连接设计计算	356
第十三节	砌体结构材料性能	363
第十四节	砌体结构设计基本原则	366
第十五节	砌体墙、柱的承载力计算	367
第十六节	混合结构房屋设计	373
第十七节	砌体结构房屋部件	386
第十八节	砌体结构抗震设计要点	394
	习题提示及参考答案	400
第十七章	土力学与基础工程	404
	复习指导	404
第一节	土的物理性质和工程分类	407
第二节	地基中的应力	416
第三节	土的压缩性与地基沉降	421
第四节	土的抗剪强度	429
第五节	地基承载力	432

第六节	土压力	437
第七节	边坡稳定	442
第八节	浅基础	445
第九节	深基础	463
第十节	特殊性土	475
第十一节	地基处理	481
	习题提示及参考答案	487
第十八章	工程地质	491
	复习指导	491
第一节	岩石的成因和分类	493
第二节	地质构造	501
第三节	地貌和第四纪地质	509
第四节	岩体结构和稳定分析	526
第五节	动力地质	533
第六节	地下水	553
第七节	岩土工程勘察	564
第八节	原位测试技术	573
	习题提示及参考答案	578
第十九章	岩体力学与岩体工程	583
	复习指导	583
第一节	岩石的基本物理、力学性质及试验方法	585
第二节	岩体工程分类	625
第三节	岩体的初始地应力状态	640
第四节	岩体力学在边坡工程中的应用	657
第五节	岩体力学在岩基工程中的应用	684
	习题提示及参考答案	698
	模拟试题	705
附录一	勘察设计注册工程师资格考试公共基础考试大纲(上午段)	728
附录二	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)	735
附录三	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	740
附录四	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	741
附录五	注册土木工程师(岩土)基础考试参考书目	742



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。

石材和粘土: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、粘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 SiO_2 、 CaO 、 Al_2O_3 与 Fe_2O_3 ,但矿物组成则为 C_3S 、 C_2S 、 C_3A 和 C_4AF 。

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 θ 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 C_3S 、 C_2S 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,结合第一节的空间率概念,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及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(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、与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粘性、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粘结方式特点。

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)粘土

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。了解粘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、SiO₂ 和 Al₂O₃ 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 CaSO₄、CaO 和 CaCO₃,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	粘土砖、粘土瓦、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、胶粘剂
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)。

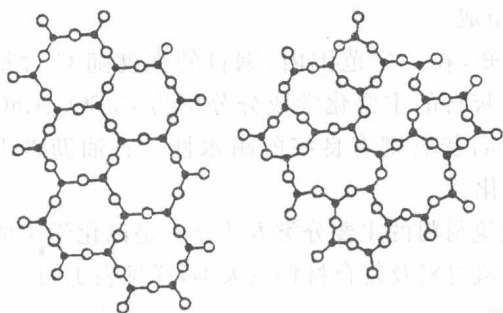


图 12-1 晶体、玻璃体的原子排列示意图

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、花岗石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粘结力,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。

(四)材料的宏观结构及其对性质的影响

宏观结构一般用肉眼或放大镜可以观察。在建筑材料中多注重观察密实性、多孔性、构造形式(如层状、粒状、纤维状等)。

材料的密实性好是指其结构致密,如钢材、天然石材等。其特点是强度高、硬度大、吸水性小、耐磨、抗渗、抗冻,但隔热性能差。

材料的孔隙特征包括内部孔隙的分布状况和连通状况。多孔材料的例子有加气混凝土、烧结普通砖、石膏制品等。多孔材料绝热性能好,但吸水性大、抗冻性较差,一般说来其强度较低。

建筑材料宏观构造形式与其性能有密切的关系。多层胶合板比单层板的强度、抗翘曲性均好得多。松散的粒状材料,如陶粒、膨胀珍珠岩等则适于作绝热材料;而密实的粒状材料,如砂子、石子则适于作混凝土的集料,承载性能好。

有许多建筑材料其宏观结构具有纹理形式,如大理石、木材、花岗石板材及人造板材等,它们的表面有自然形成或人工形成的各种条纹,因而作为装饰材料在建筑结构中被广泛使用。

由本节的简要综述,可以看出,建筑材料的性质,就根本来说,取决于其内部(或自身)的组成与结构。一旦材料组成已经确定,无论在什么尺度上的结构,都会在不同方面影响其性能;或者说,材料的内部结构是材料性质的内因,是理解与运用材料的基础。在随后各节有关性能指标的学习中,以及各种重要材料的分论中,都要以这个基本观点与方法来作为理解与掌握的基础。

二、建筑材料的基本性质

(一)建筑材料的物理性质

1. 材料的密度、表观密度与堆积密度

(1)密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积的质量,可由下式表示

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (12-1)$$

式中: ρ ——密度(g/cm^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g);

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积(cm^3)。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。在测量有孔材料的密实体积时,须将材料磨成细粉,干燥后用李氏瓶(排液置换法)测定。

(2)表观密度

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积的质量,可由下式表示

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (12-2)$$

式中: ρ_0 ——表观密度(g/cm^3 、 kg/m^3);

m ——材料的质量(g 、 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积(指包含内部孔隙的体积)(cm^3 、 m^3)。

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: ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料在堆积状态下的体积(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,可按式计算

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

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,可按式计算

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

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。

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。材料表面吸附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与固体接触面所成的夹角 θ ,见图 12-2。

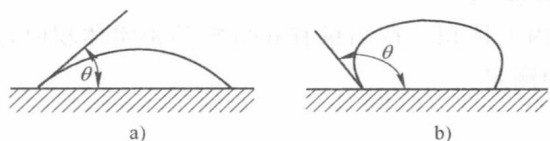


图 12-2 材料润湿示意图
a) 亲水性材料; b) 憎水性材料

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。

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。吸水性的的大小用吸水率表示。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。

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