



建筑专业“十三五”规划教材

建筑材料

JIANZHU CAILIAO

主编◎赵丹洋 刘芳 孙艳杰

主审◎章银祥



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

建筑专业“十三五”规划教材

建筑材料

主 编 赵丹洋 刘 芳 孙艳杰

主 审 章银祥

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书是依据最新建筑工程技术标准、材料标准,按照高等人才培养目标以及专业教学改革的需要进行编写的。本书共分十章,主要内容包括建筑材料的基本性质、砂石材料、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、木材和防水材料。

本书既可作为应用型本科院校、职业院校的教材,也可作为成教和辅导用书,还可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/赵丹洋,刘芳,孙艳杰主编.--西安:西安电子科技大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5606-4200-0

I. ①建… II. ①赵… ②刘… ③孙… III. ①建筑材料 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 171656 号

策 划 罗建锋 章银武

责任编辑 李 文

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (010) 56091798 (029) 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 三河市悦鑫印务有限公司

版 次 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 16.25

字 数 336千字

印 数 1~3000册

定 价 39.80元

ISBN 978-7-5606-4200-0

XDUP4492001-1

如有印装问题请联系 010-56091798

前言

建筑业作为国家经济支柱产业之一迅速发展。目前全国各地已先后建造了一些具有重大意义的重点工程和一大批高层、超高层建筑，因此建筑材料的使用就显得越来越重要。建筑材料是土木工程和建筑工程中使用的材料的统称，是建筑工程的物质基础。

为了落实教育规划纲要，深化高等教育和职业教育的课程改革，使大学生具备社会所需要的就业能力，特组织专家和一线骨干教师编写了《建筑材料》一书。

本书系统介绍了土建工程施工所涉及的建筑材料的性质和应用知识，将建筑材料与工程应用紧密地联系在一起。本书编写的主导思想是针对应用型本科、职业教育学生，以理论够用为度，内容简明扼要，突出常用建筑材料的性能特点及其在工程中的应用；符合新规范、新标准和有关的技术法规；紧密切合大纲，重点突出。

本书共分十章，主要内容包括建筑材料的基本性质、砂石材料、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、木材和防水材料等。

本书由湖北工业职业技术学院的赵丹洋、湖南高尔夫旅游职业学院的刘芳和黑龙江林业职业技术学院的孙艳杰担任主编，由北京建筑材料科学研究总院的章银祥担任主审。其中，赵丹洋编写了第一到第四章，刘芳编写了第五到第八章，孙艳杰编写了第六到第十章。本书的相关资料和售后服务可扫本书封底的微信二维码或与 QQ（2436472462）联系获得。

本书在编写过程中借鉴了一些著作，作者在此表示感谢。书中难免有所疏漏，恳请读者谅解并提出宝贵意见，以便再版时修改和完善。

编者

2016年6月

目 录

第一章 建筑材料的基本性质	1
【学习目标】	1
第一节 建筑材料的物理性质	1
一、材料与质量有关的性质	1
二、材料与水有关的性质	6
三、材料的热工性质	9
四、材料的声学性能	12
第二节 建筑材料的力学性质	13
一、材料的强度	13
二、材料的韧性和脆性	16
三、材料的硬度	17
四、材料的弹性和塑性	17
五、材料的耐磨性	18
第三节 建筑材料的耐久性	19
一、影响材料耐久性的因素	19
二、耐久性的测定	19
【本章小结】	20
【复习思考题】	20
第二章 砂石材料	21
【学习目标】	21
第一节 岩石的基本知识	21
一、岩石的分类	22
二、建筑石材的技术性能	23
第二节 常用建筑石材	24
一、建筑石材的选用原则	24
二、毛石和料石	25
三、石材饰面板	25

四、人造石材	27
【本章小结】	30
【复习思考题】	30
第三章 气硬性胶凝材料	31
【学习目标】	31
第一节 石膏	31
一、建筑石膏	32
二、高强度石膏	33
三、无水石膏水泥	33
第二节 石灰	33
一、石灰的原料和性质	33
二、石灰的生产	35
三、石灰的熟化	35
四、石灰的硬化	36
五、石灰的技术要求	36
六、石灰的储存和运输	38
第三节 水玻璃	38
一、水玻璃的特性	38
二、水玻璃在建筑工程中的用途	38
【本章小结】	39
【复习思考题】	39
第四章 水泥	40
【学习目标】	40
第一节 硅酸盐水泥基本知识	41
一、硅酸盐类水泥的分类	41
二、硅酸盐水泥的性质	41
三、硅酸盐水泥熟料的矿物组成	42
四、硅酸盐水泥生产的流程	43
五、硅酸盐水泥熟料的矿物含量及特性	43
六、硅酸盐水泥的水化和凝结硬化	44
七、硅酸盐水泥的技术要求	47
八、硅酸盐水泥石的腐蚀与防治	50

九、水泥的储存和运输	53
十、水泥的包装和标志	54
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	54
一、混合材料的种类	54
二、活性混合材料在激发剂作用下的水化	55
三、普通硅酸盐水泥	56
四、矿渣、火山灰质、粉煤灰硅酸盐水泥	56
五、复合硅酸盐水泥	58
第三节 专用水泥和特性水泥	59
一、专用水泥	59
二、特性水泥	60
【本章小结】	63
【复习思考题】	64
第五章 混凝土	65
【学习目标】	66
第一节 混凝土的基本知识	66
一、混凝土的分类	66
二、混凝土的特点	67
三、混凝土应用的基本要求	67
第二节 混凝土的基本材料	68
一、水泥	68
二、细骨料——砂子	69
三、粗骨料——石子	75
四、混凝土用水	78
第三节 测定混凝土的技术性质	79
一、混凝土拌合物的和易性	79
二、硬化混凝土的强度	84
三、混凝土的变形性能	91
四、混凝土的耐久性	92
第四节 普通混凝土配合比设计	94
一、配合比设计的基本要求	94
二、混凝土配合比设计基本参数的确定	94
三、混凝土配合比设计的步骤	95

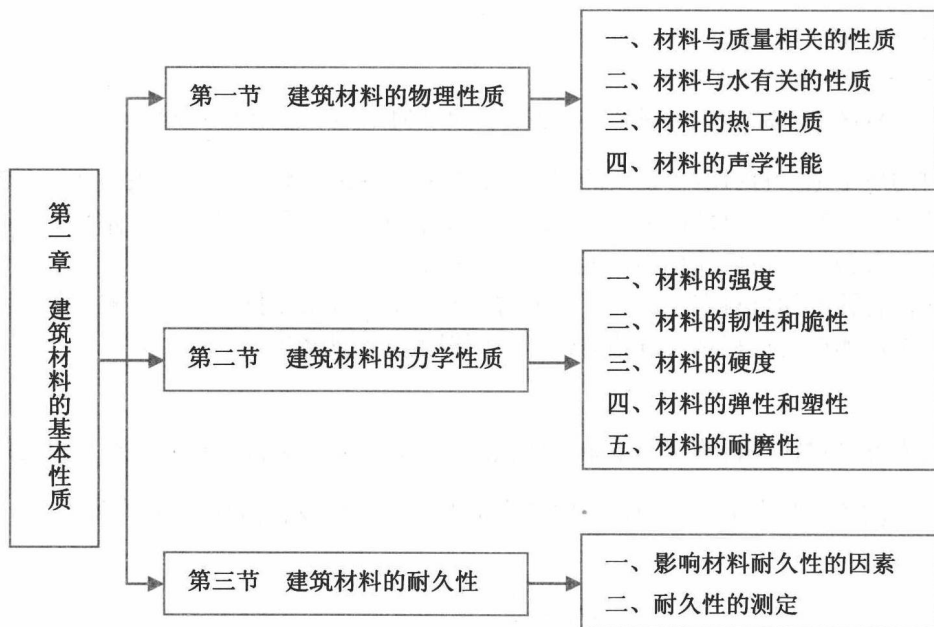
四、碎石混凝土配合比参考表	103
五、卵石混凝土配合比参考表	112
第五节 混凝土的质量控制	124
一、质量检验和质量控制	125
二、混凝土强度的检验	126
三、混凝土强度平均值、标准差及保证率	126
四、混凝土强度的评定方法	128
第六节 混凝土外加剂	130
一、混凝土外加剂的分类	130
二、混凝土外加剂在工程中的技术效果	131
三、工程中常用的混凝土外加剂	131
四、外加剂的选择与应用	135
第七节 混凝土掺合料	136
一、粉煤灰	136
二、硅灰	139
三、矿渣微粉	139
四、煤矸石	139
第八节 特殊品种混凝土	139
一、高强混凝土	139
二、高性能混凝土	140
三、轻混凝土	141
四、泵送混凝土	145
五、加气混凝土	146
六、纤维混凝土	147
七、喷射混凝土	148
八、大体积混凝土	148
九、碾压混凝土	148
十、防水混凝土	150
十一、沥青混凝土	151
【本章小结】	151
【复习思考题】	151

第六章 建筑砂浆	152
【学习目标】	152
第一节 建筑砂浆基础知识	152
一、建筑砂浆的分类.....	152
二、建筑砂浆的用途.....	153
三、建筑砂浆的组成.....	153
第二节 建筑砂浆的技术性质	154
一、新拌砂浆的和易性.....	154
二、硬化砂浆的性质.....	155
第三节 设计砌筑砂浆的配合比	156
一、砌筑砂浆配合比设计基本要求.....	156
二、砌筑砂浆配合比设计.....	157
第四节 抹面砂浆及特种砂浆	160
一、抹面砂浆.....	160
二、特种砂浆.....	161
【本章小结】	162
【复习思考题】	162
第七章 墙体材料	163
【学习目标】	163
第一节 砌墙砖	163
一、烧结砖.....	164
二、蒸压（养）砖.....	173
第二节 墙用砌块	175
一、粉煤灰砌块.....	176
二、蒸压加气混凝土砌块.....	177
三、混凝土小型空心砌块.....	180
四、轻集料混凝土小型空心砌块.....	181
第三节 墙用板材	182
一、水泥类墙用板材.....	182
二、石膏类墙用板材.....	188
三、植物纤维类墙用板材.....	190
四、复合墙板.....	190
【本章小结】	191

【复习思考题】	192
第八章 建筑钢材	193
【学习目标】	193
第一节 钢材的基本知识	193
一、钢材的概念及特点	194
二、钢材的冶炼	194
三、钢材的分类	195
四、钢材化学成分对钢材性能的影响	195
五、钢的基本晶体组织	196
第二节 钢材的技术性质	197
一、钢材的力学性能	197
二、钢材的工艺性能	203
三、冷加工强化处理与时效处理	204
四、钢材的热处理	205
第三节 选用钢材的标准	205
一、钢结构用钢	205
二、钢筋混凝土结构用钢	210
【本章小结】	215
【复习思考题】	215
第九章 木材	216
【学习目标】	216
第一节 木材的基本构造	216
一、木材的微观构造	217
二、木材的宏观构造	218
第二节 木材的性质	219
一、木材的物理性质	219
二、木材的力学性能	220
第三节 木材的防腐	223
一、木材腐朽的分类	223
二、木腐菌生存繁殖的条件	223
三、木材的自然防腐等级	224
四、木材的防腐	224

第四节 木材的综合利用	224
一、纤维板	225
二、胶合板	225
三、细木工板	225
四、涂饰人造板	225
五、保丽板	226
六、刨花板、木丝板和木屑板	226
【本章小结】	226
【复习思考题】	226
第十章 防水材料	227
【学习目标】	227
第一节 沥青防水材料	227
一、石油沥青	228
二、改性沥青	233
三、煤沥青	235
第二节 防水卷材	235
一、沥青防水卷材	235
二、高聚物改性沥青防水卷材	236
三、合成高分子防水卷材	240
第三节 其他防水材料	246
一、防水涂料	246
二、防水石膏	248
三、防水粉	250
【本章小结】	250
【复习思考题】	250
参考文献	251

第一章 建筑材料的基本性质



本章结构图

【学习目标】

- 掌握材料的基本物理性质和力学性能;
- 了解建筑材料的耐久性;
- 熟悉建筑材料的基本性质检测。

第一节 建筑材料的物理性质

一、材料与质量有关的性质

材料与质量有关的性质主要是指材料的各种密度和描述其孔隙与空隙状况的指标,在这些指标的表达式中都有质量这一参数。

(一) 材料的密度、表观密度和堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。密度 (ρ) 的计算公式为:

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

式中 ρ ——材料的密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 kg);

V ——材料在绝对密实状态下的体积, 即材料体积内固体物质的实体积 (cm^3 或 m^3)。

材料的质量是指材料所含物质的多少。材料在绝对密实状态下的体积, 是指不包括内部孔隙的材料体积。由于材料在自然状态下并非绝对密实, 所以绝对密实体积一般难以直接测定, 只有钢材、玻璃等材料可近似地直接测定。

在测定有孔隙的材料密度时, 可以把材料磨成细粉或采用排液置换法测量其体积。材料磨得越细, 测得的体积越接近绝对体积, 所得密度值就越准确。

2. 表观密度

表观密度是材料在自然状态下单位体积的质量, 测定材料的表观密度时, 材料的质量可以是在任意含水状态下的, 但需说明含水情况。表观密度 ρ_0 的计算公式为:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度 (kg/m^3 或 g/cm^3);

m ——在自然状态下材料的质量 (kg 或 g);

V_0 ——在自然状态下材料的体积 (m^3 或 cm^3)。

在自然状态下, 材料内部的孔隙可分为两类: 有的孔之间相互连通, 且与外界相通, 称为开口孔; 有的孔互相独立, 不与外界相通, 称为闭口孔。大多数材料在使用时, 其体积是指包括内部所有孔在内的体积, 即自然状态下的体积 (V_0), 如砖、石材、混凝土等。有的材料 (如砂、石) 在拌制混凝土时, 因其内部的开口孔被水占据, 材料体积只包括材料实体积及其闭口孔体积 (以 V' 表示)。为了区别这两种情况, 常将包括所有孔隙在内的密度称为表观密度; 把只包括闭口孔在内的密度称为视密度, 用 ρ' 表示, 即 $\rho' = \frac{m}{V'}$ 。视密度当计算砂、石在混凝土中的实际体积时有实用意义。

在自然状态下, 材料内部常含有水分, 其质量随含水程度而改变, 因此视密度应注明其含水程度。材料的视密度除取决于材料的密度及构造状态外, 还与其含水程度有关。

3. 堆积密度

堆积密度是指粉状、颗粒状材料在堆积状态下单位体积的质量, 按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度 (kg/m^3) ;
 m ——材料的质量 (kg) ;
 V'_0 ——材料的堆积体积 (m^3) 。

堆积体积包括固体物质所占体积、开口孔隙体积、闭口孔隙体积、颗粒之间的空隙体积, 如图 1-1 所示。

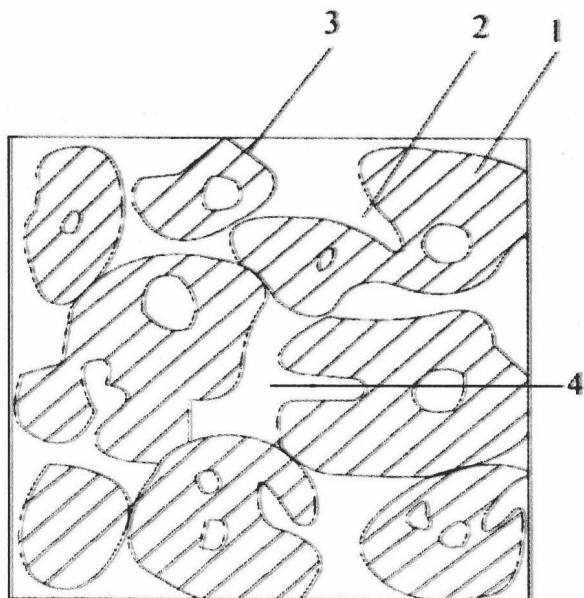


图 1-1 散粒材料堆积组成示意图

1—颗粒中的固体物质; 2—颗粒的开口孔隙; 3—颗粒的闭口孔隙; 4—颗粒之间的空隙

散粒材料在自然状态下的体积, 是指既含颗粒内部的孔隙, 又含颗粒之间空隙在内的总体积。测定散粒材料的堆积密度时, 材料的质量是指在一定容积的容器内的材料质量, 其堆积体积是指所用容器的容积。若以捣实体积计算, 则称紧密堆积密度。

(二) 材料的密实度与孔隙率

1. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。密实度 D 的计算公式为:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 D ——材料的密实度 (%) ;

V ——材料中固体物质的体积 (cm^3 或 m^3)；

V_0 ——在自然状态下的材料体积 (包括内部孔隙体积, cm^3 或 m^3)；

ρ_0 ——材料的表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)；

ρ ——材料的密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积所占整个体积的百分率。孔隙率 P 的计算公式为：

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% = 1 - D \quad (1-5)$$

式中 P ——材料的孔隙率 (%)。

孔隙率反映了材料内部孔隙的多少，它会直接影响材料的多种性质。若孔隙率越大，则材料的表观密度、强度越小，耐磨性、抗冻性、抗渗性、耐腐蚀性、耐水性及耐久性越差，而保温性、吸声性、吸水性与吸湿性越强。上述性质不仅与材料的孔隙率大小有关，还与孔隙特征（如开口孔隙、闭口孔隙、球形孔隙等）有关。此外，孔隙尺寸的大小、孔隙在材料内部分布的均匀程度等，都是孔隙在材料内部的特征表现。

在建筑工程中，计算材料的用量和构件自重，进行配料计算，确定材料堆放空间及组织运输时，经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度。常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率如表 1-1 所示。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

材料名称	密度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	表观密度/ $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	堆积密度/ $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	孔隙率/(%)
石灰岩	2.60	1 800~2 600	—	0.6~1.5
花岗岩	2.60~2.90	2 500~2 800	—	0.5~1.0
碎石 (石灰岩)	2.60	—	1 400~1 700	—
砂	2.60	—	1 450~1 650	—
水 泥	2.80~3.20	—	1 000~1 400	—
烧结普通砖	2.50~2.70	1 600~1 800	—	20~40
普通混凝土	2.60	2 100~2 600	—	5~20
轻质混凝土	2.60	1 000~1 400	—	60~65
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7 850	—	—
泡沫塑料	—	5~50	—	95~99

(三) 材料的填充率与空隙率

对于松散颗粒状态材料（如砂、石子等），可用填充率和空隙率表示其填充的疏松致

密的程度。

1. 填充率

填充率是指散粒状材料在堆积体积内被颗粒所填充的程度。填充率 D' 的计算公式为：

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率 (%)。

2. 空隙率

空隙率是指散粒状材料在堆积体积内颗粒之间的空隙体积所占的百分率。空隙率 P' 的计算公式为：

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \quad (1-7)$$

式中 P' ——散粒状材料在堆积状态下的空隙率 (%)。

空隙率考虑的是材料颗粒间的空隙，这对填充和粘结散粒材料时，研究散粒状材料的空隙结构和计算胶结材料的需要量十分重要。

(四) 压实度

材料的压实度是指散粒状材料被压实的程度，即散粒状材料经压实后的干堆积密度 ρ' 值与该材料经充分压实后的干堆积密度 ρ'_m 值的比率百分数。压实度 K_y 的计算公式为：

$$K_y = \frac{\rho'}{\rho'_m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 K_y ——散粒状材料的压实度 (%)；

ρ' ——散粒状材料经压实后的实测干堆积密度 (kg/m^3)；

ρ'_m ——散粒状材料经充分压实后的最大干堆积密度 (kg/m^3)。

【案例 1】

经测定，质量为 3.4 kg，容积为 10 L 的量筒装满绝干石子后的总质量为 18.4 kg，若向量筒内注水，待石子吸水饱和后，为注满此筒共注入水 4.27 kg，将上述吸水饱和后的石子擦干表面后称得总质量为 18.6 kg（含筒重），求该石子的视密度、表观密度、堆积密度及开口孔隙率。

【解】 由已知得： $V'_0 = 10 \text{ L}$

$$V_{\text{开}} = 18.6 - 18.4 = 0.2 \text{ (L)}, \quad V_{\text{开}} + V_{\text{空}} = 4.27 \text{ (L)}$$

$$V_{\text{空}} = 4.27 - 0.2 = 4.07 \text{ (L)}, V_0 = 10 - 4.07 = 5.93 \text{ (L)}$$

$$V' = V_0 - V_{\text{开}} = 5.93 - 0.2 = 5.73 \text{ (L)}$$

视密度为:
$$\rho' = \frac{m}{V'} = \frac{18.4 - 3.4}{5.73} = 2.62 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

表观密度为:
$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} = \frac{18.4 - 3.4}{5.93} = 2.53 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

开口孔隙率为:
$$P_k = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times 100\% = \frac{18.6 - 18.4}{5.93} \times 100\% = 3.37\%$$

堆积密度为:
$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} = \frac{18.4 - 3.4}{10} = 1.5 \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

二、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

(1) 亲水性。材料能被水润湿的性质，称为亲水性。亲水性材料如砖、混凝土等。材料产生亲水性的原因是其与水接触时，材料与水分子之间的亲和力大于水分子之间的内聚力。

(2) 憎水性。当材料与水接触，材料与水分子之间的亲和力小于水分子之间的内聚力时，材料则表现为憎水性。憎水性材料如沥青、石油等。

(3) 润湿角。材料被水润湿的情况可用润湿角 θ 来表示。当材料与水接触时，在材料、水、空气三相的交界点，作沿水滴表面的切线，此切线与材料和水接触面的夹角 θ 称为润湿角，如图 1-2 所示。

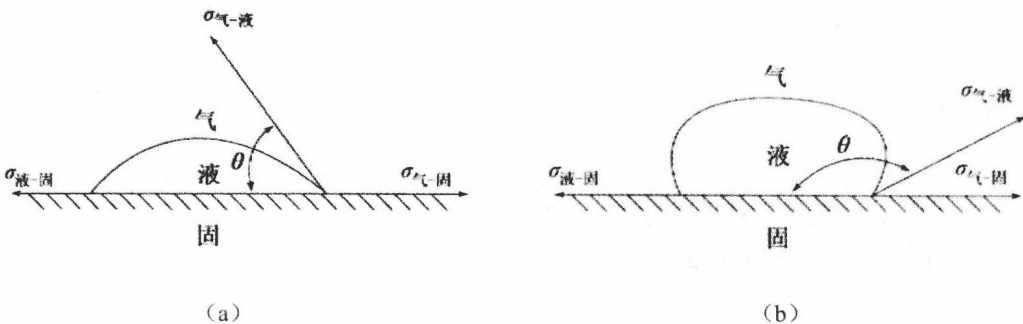


图 1-2 材料的亲水性与憎水性示意图

(a) 亲水性材料； (b) 憎水性材料