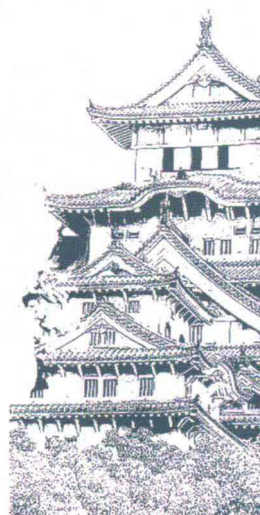


高等院校土木建筑类“十二五”创新规划教材

建筑材料

徐子芳 主编

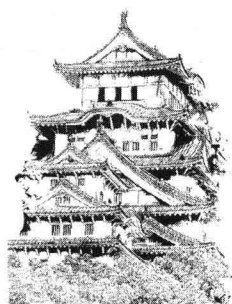


中国科学技术大学出版社

高等院校土木建筑类“十二五”创新规划教材

徐子芳 主编

建筑材料



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书讲述了近年来国内外重点研究并发展的建筑材料的最新研究内容及进展情况,重点论述了多个领域最新使用的建筑材料的种类、作用,并根据大量实际操作总结出制备新型建筑材料的途径和技术方法,对建筑材料的使用范围、途径的研究有所突破,尤其增加了新型建筑材料领域的开发及其研究成果。此外,本书还对废物的利用、新材料在跨领域的改性研究等最新研究成果进行了概述。本书具有内容新颖、时代性强、实用性强、可读性强等特点。

本书既可以作为无机/有机材料专业学生的学习教材,也可作为土木、建筑、机械、化工等领域生产技术人员和相关技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/徐子芳主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.7
ISBN 978-7-312-03213-4

I. 建… II. 徐… III. 建筑材料 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 099656 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 中国科学技术大学印刷厂
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787mm×1092mm 1/16
印张 19.5
字数 500 千
版次 2013 年 7 月第 1 版
印次 2013 年 7 月第 1 次印刷
定价 34.00 元

前 言

建筑 and 材料是本书的两个关键词。建筑离不开材料,材料因建筑而发展。建筑作为改造客观世界而满足人类社会需要的实践场所,在历史长河中不断地推动着人类社会走向进步和文明。而材料作为建筑造物活动必不可少的基础资源,同样经历了漫长的发展历程,每一次材料的创新和变革,都使人类的建筑文明迈向一个新的台阶。如果说材料科学强调材料的基本科学规律、关注材料的内部结构、探知材料的微观世界、解决材料的科学问题,那么建筑材料则强调材料的基本应用、关注材料的外在性能、揭示材料的宏观现象、解决材料的实际应用问题。材料科学为建筑材料提供理论基础,建筑材料为材料科学的发展提供动力。因此,本书立足于深入研究材料的科学理论,认真探索材料的建筑工程应用,使材料更好地服务于建筑工程,拓宽材料的建筑应用领域。

全书共 15 章,主要介绍建筑材料的基本性质、无机胶凝材料、水泥、混凝土、陶瓷、玻璃、建筑高分子材料、建筑砂浆、墙体与屋面材料、木材、石材、防水材料、建筑塑料、绝热材料和吸声材料、建筑钢材等在建筑工程领域的应用;每章都配有复习思考题。本书在编写过程中采用最新的相关规范和标准,突出了“绿色建筑材料”的应用。

本书由安徽理工大学材料科学与工程学院徐子芳老师担任主编。本书第 4 章由安徽新华学院赵莉老师负责编写,第 7 章和附录由安徽新华学院张劼老师负责编写,其余章节由徐子芳老师负责编写。

由于建筑材料发展很快,新材料、新品种不断出现,加之时间仓促和作者水平有限,在搜集资料和编写过程中难免存在一些疏漏、不足乃至错误之处,敬请读者批评指正,以期修改完善。同时,在编写过程中参考了相关教材、书籍和有关刊物、网站的资料,在此一并向相关作者表示诚挚的谢意。

编 者

2013 年 1 月

目 录

前言	(i)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 建筑材料概述	(1)
1.2 建筑材料的基本性质	(2)
1.3 绿色建筑材料	(7)
第 2 章 无机胶凝建筑材料	(13)
2.1 无机胶凝建筑材料概述	(13)
2.2 水泥	(15)
2.3 镁质胶凝材料	(36)
2.4 石膏、石灰、水玻璃	(38)
第 3 章 混凝土材料	(44)
3.1 混凝土概述	(44)
3.2 普通混凝土	(45)
3.3 特种混凝土	(57)
3.4 高性能混凝土	(66)
第 4 章 陶瓷工程材料	(77)
4.1 陶瓷工程材料概述	(77)
4.2 工程装饰陶瓷	(80)
4.3 工程结构陶瓷	(82)
4.4 金属陶瓷	(86)
4.5 陶瓷工程材料的加工	(89)
第 5 章 建筑玻璃材料	(95)
5.1 建筑玻璃材料概述	(95)
5.2 玻璃的生产	(100)
5.3 特种玻璃材料	(115)
5.4 艺术玻璃	(121)

第 6 章 耐火建筑材料	(125)
6.1 耐火建筑材料概述	(125)
6.2 硅酸铝质耐火材料	(131)
6.3 硅质耐火材料	(132)
6.4 镁质耐火材料	(133)
6.5 熔铸耐火材料	(135)
6.6 轻质耐火材料	(135)
6.7 不定型耐火材料	(139)
6.8 含碳质耐火材料	(140)
第 7 章 建筑高分子材料	(142)
7.1 高分子化合物基本知识	(142)
7.2 胶黏剂	(148)
7.3 高分子化合物在岩土工程中的应用	(155)
第 8 章 墙体材料	(159)
8.1 砌墙砖	(159)
8.2 建筑砌块	(161)
8.3 墙用板材	(167)
8.4 建筑砂浆	(168)
第 9 章 绝热材料与吸声材料	(171)
9.1 绝热材料	(171)
9.2 吸声材料	(173)
第 10 章 防水材料	(180)
10.1 沥青	(180)
10.2 防水卷材	(187)
10.3 防水涂料	(189)
10.4 密封材料	(192)
10.5 沥青混合料	(192)
10.6 防水剂	(193)
第 11 章 建筑塑料	(199)
11.1 建筑塑料的概述	(199)
11.2 常用的建筑塑料	(200)
11.3 常用的建筑塑料制品	(201)
11.4 塑料管材	(203)
11.5 其他塑料品种	(205)
第 12 章 建筑装饰材料	(208)
12.1 建筑装饰材料概述	(208)
12.2 装饰水泥	(209)

12.3	装饰混凝土	(211)
12.4	建筑装饰陶瓷	(213)
12.5	建筑装饰玻璃	(215)
12.6	壁纸墙布	(218)
第 13 章	石材	(221)
13.1	石材概述	(221)
13.2	天然石材	(224)
13.3	人造石材	(228)
第 14 章	木材	(234)
14.1	木材概述	(234)
14.2	木材的分类与构造	(235)
14.3	木材的物理力学性质	(238)
14.4	木材的防腐与防火	(240)
14.5	人造板材	(242)
第 15 章	金属材料	(250)
15.1	钢材的分类	(250)
15.2	钢材的技术性质	(251)
15.3	钢材的化学成分及晶体组织	(253)
15.4	钢材的冷加工和热处理	(254)
15.5	钢结构常用钢材	(255)
15.6	建筑钢材的标准及选用	(257)
15.7	混凝土结构用钢	(258)
15.8	钢材的防锈蚀	(260)
附录	建筑材料基本实验	(263)
实验 1	土木工程材料的基本性质实验	(263)
实验 2	水泥实验	(265)
实验 3	混凝土用砂、石实验	(273)
实验 4	混凝土拌和物性能实验	(280)
实验 5	混凝土劈裂抗拉强度实验	(286)
实验 6	建筑砂浆实验	(287)
实验 7	砌墙砖实验	(290)
实验 8	石油沥青实验	(292)
实验 9	建筑钢材实验	(295)
参考文献		(299)

第 1 章 绪 论

1.1 建筑材料概述

以下从四个方面对建筑材料进行概述。

1. 建筑材料的历史与发展

各个时期的建筑材料：

- ① 古代：泥土、草、木材、石材、砖瓦等；
- ② 近现代：1824 年发明的水泥和 19 世纪中叶开始使用的钢材；
- ③ 现代：大量使用现代材料（钢材、水泥、玻璃等）和功能材料。

建筑材料的发展方向：

- ① 原材料方面：利用再生资源及工农业废料；
- ② 生产工艺方面：技术改造，节能增效；
- ③ 性能方面：轻质、高强、耐久、多功能；
- ④ 产品形式方面：预制化、构件化、单元化。

2. 建筑材料的分类

(1) 按材料来源分类

建筑材料按其来源可分为天然材料和人造材料。天然材料包括石材、木材等；人造材料包括水泥、钢材、塑料、复合材料等。

(2) 按化学成分分类

建筑材料按其化学成分可分为无机材料、有机材料、金属材料和非金属材料。其中无机材料主要包括无机胶凝建筑材料、混凝土材料、陶瓷工程材料、建筑玻璃等建筑材料。

(3) 按材料功能分类

建筑材料按其使用功能可分为结构材料、装饰材料、防水材料、绝热材料、吸声材料、耐火材料等。

(4) 按使用部位分类

建筑材料按其使用部位可分为墙体材料、屋面材料和地面材料等。

3. 建筑材料的特点

建筑材料在工程中使用时必须满足：

- ① 具有工程要求的使用功能；
- ② 具有与使用环境条件相适应的耐久性；

③ 具有丰富的资源,满足工程对材料量的需求且材料价廉。

在使用环境中,理想的建筑材料应具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、无毒、高效节能等特点。

4. 建筑材料常用的技术标准

我国常用的建筑材料的技术标准有如下三大类:

① 国家标准:包括强制性标准(GB)和推荐性标准(GB/T)。

② 行业标准:包括建筑工程行业标准(JGJ)、建筑材料行业标准(JC)等。

③ 地方标准(DBJ)和企业标准(QB)。

标准的表示方法:标准名称、部门代号、编号和批准年份。

1.2 建筑材料的基本性质

1.2.1 材料的组成、结构及构造对性质的影响

材料的组成包括化学组成和矿物组成,它们决定了材料的各种性质。材料的结构可分为宏观结构、细观结构和微观结构。

1. 宏观结构

用肉眼或放大镜能够分辨的毫米级以上的粗大组织称为宏观结构,可分为:

① 致密结构:如钢材、有色金属、玻璃、塑料、致密的天然石材等,其特点是强度和硬度较高、吸水性小、抗渗和抗冻性较好。

② 多孔结构:如加气混凝土、泡沫塑料等,其特点是强度较低、吸水性大、抗渗和抗冻性较差、绝缘性较好。

③ 微孔结构:如普通烧结砖、建筑石膏制品等,其特点与多孔结构材料特点相同。

④ 纤维结构:如木材、竹材、玻璃纤维增强塑料、石棉制品等,其特点是平行纤维方向与垂直纤维方向的各种性质具有明显差异。

⑤ 片状或层状结构:如胶合板、纸面石膏板、各种夹心板等,其特点是具有平面各向同性,材料的强度、硬度较高,综合性能好。

⑥ 散粒结构:如砂子、石子、膨胀珍珠岩等,其特点是颗粒之间存在大量空隙,其空隙率主要取决于颗粒级配、颗粒形状及直径等。

2. 细观结构

用光学显微镜所观察到的微米级组织结构称为细观结构。材料的细观结构对其力学性质、耐久性等影响很大。

3. 微观结构

用电子显微镜、X射线衍射仪等手段所观测到的材料原子、分子级的微观组织称为微观结构。材料从微观结构看,可分为晶体与非晶体两类。

1.2.2 材料的物理性质

1. 密度、表观密度与堆积密度

- ① 密度(ρ):材料在绝对密实状态下单位体积的干质量。
- ② 表观密度(ρ_0):材料在自然状态下单位体积的干质量。
- ③ 堆积密度(ρ'_0):粒状或粉状材料在堆积状态下单位体积的质量。

2. 材料的密实度与孔隙率

- ① 密实度(D):材料体积内被固体物质充实的程度,即固体体积占总体积的百分率。
- ② 孔隙率(P):材料体积内孔隙体积占总体积的百分率。

$$D + P = 1$$

3. 材料的填充率与空隙率

- ① 填充率(D'):散粒材料在堆积体积中被其颗粒填充的程度。
- ② 空隙率(P'):散粒材料在堆积体积中颗粒之间的空隙体积占堆积体积的百分率。

$$D' + P' = 1$$

4. 材料与水有关的性质

(1) 材料的亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触时,能被水湿润的称其具有亲水性,具有亲水性的材料称为亲水性材料;反之则具有憎水性,具有憎水性的材料称为憎水性材料。

(2) 材料的含水率与吸水性

- ① 含水率:材料中所含水的质量占其干质量的百分率。
- ② 吸水性:材料与水接触吸收水分的性质,其大小用吸水率表示。吸水率又分为质量吸水率和体积吸水率。

一般材料的孔隙率愈大,吸水性愈强;开口而连通的细小孔隙愈多,吸水性愈强;闭口孔隙,水分不易进入;开口的粗大孔隙,水分容易进入但不能存留,故吸水性较小。材料的吸水性对其性质有影响:材料吸水后,其质量增加、体积膨胀、导热性增加、强度和耐久性下降。

(3) 材料的耐水性

耐水性是指材料长期在水作用下保持其原有性质的能力。结构材料的耐水性主要指强度的变化,用软化系数(KR)来表示。 KR 的大小说明材料吸水饱和后其强度下降的程度。 KR 越大,表明材料吸水饱和后强度下降越少,其耐水性越强;反之则耐水性越差。一般认为 $KR \geq 0.85$ 的材料,称为耐水性材料。经常位于水中或受潮严重的重要结构物,应选用 $KR \geq 0.85$ 的材料;受潮较轻的或次要结构物,应选用 $KR \geq 0.75$ 的材料。

(4) 材料的抗渗性

抗渗性是指材料抵抗水或其他液体渗透的性能,用抗渗系数 K 表示。

(5) 材料的抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下能经受多次冻融循环而不破损,其强度也不严重降低的性质,用抗冻等级表示。

抗冻等级是以试件在吸水饱和状态下经冻融循环作用,用其质量损失和强度下降均不超过规定数值下的最大冻融循环次数来表示的。

5. 材料的热性质

① 导热性:材料传递热量的性质,用导热系数 λ 表示。导热系数越小,材料的隔热保温性能越好。

② 热容量:材料受热时吸收热量、冷却时放出热量的性质,用 Q 表示。

③ 热变形性:材料随温度的升降而产生热胀冷缩变形的性质,称为材料的热变形性。用线膨胀系数 α 表示。线膨胀系数 α 越大,表明材料的热变形量越大。

④ 耐燃性:材料在空气中遇火而不燃烧的性能。按照遇火时的反应将材料分为:非燃烧材料、难燃烧材料和燃烧材料三类。

6. 材料的力学性质

力学性能是指材料在载荷(外力)作用下所表现出的特性。材料的机械性能亦称力学性能,是指材料在载荷(外力)作用时表现出来的行为,包括强度、弹性、塑性、刚性、硬度、韧性、疲劳性能和耐磨性等。通常材料的强度和塑性是根据国家标准《金属材料——室温拉伸实验方法》(GB/T228—2002)规定进行静拉伸实验测量得到的。

(1) 强度

广义的强度是指材料在外力作用下对永久变形与断裂的抵抗能力。若将断裂看成变形的极限,则强度简称为变形的抵抗能力。强度可依据国家标准的规定进行拉伸实验得到。

① 分类。根据载荷的不同,强度可分为:抗拉强度 σ_b 、抗压强度 σ_{bc} 、抗弯强度 σ_{bb} 、抗剪强度 τ_b 、抗扭强度 τ_t 。

② 抗拉强度 σ_b 。图 1.1 为圆形拉伸试样及拉伸实验测 σ_b 示意图。

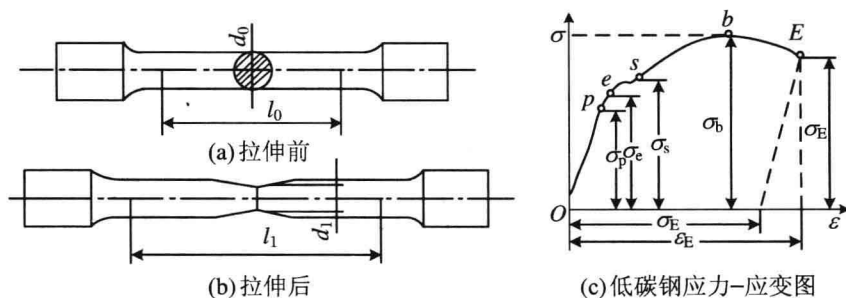


图 1.1 圆形拉伸试样(拉伸前和拉伸后)及拉伸实验测 σ_b

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (\text{应力})$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100\% \quad (\text{应变})$$

变形阶段分为:弹性变形阶段、屈服阶段、强化阶段、颈缩阶段、断裂阶段。

③ 强度指标。 σ_e :弹性极限,指材料保持弹性变形,不产生永久变形的最大应力,是弹性零件的设计基础; σ_s :屈服极限(屈服强度),表示金属开始发生明显塑性变形的抗力,没有明显屈服的材料用 $\sigma_{0.2}$ 表示; σ_b :强度极限(抗拉强度),表示金属受拉时所能承受的最大应力。

金属材料的强度与其化学成分、工艺过程、热处理过程均有关。

④ 比强度。材料的强度与其表观密度的比值称为比强度。它是衡量材料轻质高强性能的一项重要指标。比强度越大,材料的轻质高强性能越好。

(2) 弹性

材料在外力作用下产生变形,当取消外力后,能完全恢复到原形状的性质称为弹性。

(3) 塑性

材料在外力作用下产生变形,当取消外力后,仍保持变形后的形状和尺寸的性质称为塑性。其常用延伸率和断面收缩率表示。

① 延伸率指拉伸实验中,标距的伸长与原始标距的百分比。

② 断面收缩率是指试样拉断后,缩颈处截面积的最大缩减量与原横断面积的百分比。金属材料的延伸率和断面收缩率越大,材料的塑性越好。

(4) 脆性

材料在外力作用下,直到破坏前并无明显的塑性变形而发生突然破坏的性质称为脆性。

(5) 韧性

材料在冲击或震动荷载的作用下,能吸收较大能量并产生较大变形而不发生破坏的性质称为韧性。

材料在塑性变形和断裂前吸收变形能量的能力,是材料强度和塑性的综合表现。材料韧性的高低决定了材料的断裂类型:延性断裂和脆性断裂。低韧性的材料易于发生脆性断裂且危害极大,如压力容器和大型锅炉的爆炸、船舶脆断沉没等。

评定材料韧性的指标有:冲击韧度和断裂韧度。

① 冲击韧度。冲击韧度是指材料在冲击载荷下吸收塑性变形功和断裂功的能力。冲击韧度用来评价材料在冲击载荷下(多数情况下还有缺口联合作用)的脆化趋势及其程度。图 1.2 为摆锤式冲击实验示意图。冲击韧度用标准试样的冲击吸收功除以断裂面面积表示:

$$\alpha_k = \frac{A_k}{A_0} \quad (1.1)$$

式中, α_k 为冲击韧度, J/cm^2 ; A_k 为冲击吸收功, J ; A_0 为试样缺口处面积, cm^2 。冲击韧度反映了材料的冶金质量和各种热加工工艺质量,用其评价材料对一次或数次大能量冲击破坏的抵抗能力,并评定在此工作条件下材料对缺口的敏感性及材料的冷脆性。但是冲击韧度只用来评定中低强度钢的韧性,仅反映该材料在一次或多次大能量冲击加载下抵抗变形与断裂的能力。

② 断裂韧度。断裂韧度表征材料抵抗裂纹失稳扩展的能力。引入应力场强度因子 K_I :

$$K_I = Y\sigma\sqrt{a} \quad (1.2)$$

式中, Y 为零件中裂纹的几何形状因子; a 为裂纹长度; σ 为名义工作应力。 K_I 值越大,裂纹尖端的应力场越强,大于某一临界值 K_{IC} (断裂韧度):

当 $K_I \geq K_{IC}$ 时,零件内裂纹将发生快速失稳扩展而出现应力脆性断裂;

当 $K_I < K_{IC}$ 时,零件在设计寿命内安全可靠。

由上述临界断裂判据公式可知,为了使零件不发生脆断,可以控制三个参数: K_{IC} , σ , a 。根据零件的实际名义工作应力 σ 和裂纹长度 a , 确定 K_{IC} , 为正确选材提供依据;根据使用材料的断裂韧度 K_{IC} 及已探测出的零件内尺寸,确定临界断裂应力 σ_c , 为零件最大承载能力设计提供

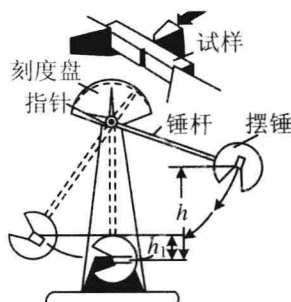


图 1.2 摆锤式冲击实验示意图

依据;根据已知材料的断裂韧度和实际工作应力,估算临界裂纹长度 a_c ,为零件裂纹探伤提供依据。

(6) 疲劳性能

① 疲劳的基本概念。

(a) 交变载荷指大小、方向均随时间做周期性的循环变化,又称循环载荷。

(b) 疲劳断裂指零件在交变载荷下,虽然零件所承受的应力低于材料的屈服点,但经较长时间的工作而产生裂纹或突然发生完全断裂的过程。

疲劳破坏的特点:断裂时的应力远低于材料静载下的抗拉强度,甚至低于屈服强度;无论是韧性材料还是脆性材料断裂时均无明显的塑性变形,是一种无预兆的、突然发生的脆性断裂,危险性极大。

② 疲劳过程。

疲劳过程由三个阶段组成:

(a) 裂纹萌生。材料本身的既存缺陷或零件结构设计而存在的键槽、油孔等使零件受力时局部区域产生应力集中,易萌生裂纹。

(b) 裂纹扩展。裂纹形成后在交变应力作用下继续扩展长大,出现裂纹扩展区。

(c) 最后断裂。随着疲劳裂纹的不断扩展,零件的有效承载面积逐渐减小,应力或裂纹应力场强度因子不断增加,达到临界值时发生断裂。

③ 疲劳抗力指标。

当应力低于一定值时试样可以经受无限周期循环而不被破坏,此应力值称为材料的疲劳极限(亦称疲劳强度)。对黑色金属来说,一般规定应力循环 10^7 次而不断裂的最大应力称为其疲劳极限;对有色金属、不锈钢,取 10^8 次。

(7) 硬度

硬度是反映材料软硬程度的一种性能指标,它表示材料表面局部区域内抵抗变形,特别是抗塑性变形、压痕或划痕的能力,是表征材料性能的一个综合参量。

硬度的表示方法主要有:布氏硬度、洛氏硬度、维氏硬度、显微硬度、莫氏硬度、锉刀硬度。

① 布氏硬度。

(a) 原理:用一定直径 D 的钢球或硬质合金球(压头),以相应的实验力 F 压入试样表面,经过规定的保持时间,卸载后测量试样表面的压痕直径 d ,如图 1.3 所示,计算出压痕球变形表面积进而得到所承受的平均应力值,即为布氏硬度值,球面压痕单位面积上所承受的平均压力用 HB 表示。

(b) 表示方法:200HBS10/1 000/30 表示直径为 10 mm 的钢球,在 9 800 N(1 000 kgf)的载荷下保持 30 s 时测得的布氏硬度为 200。

(c) 适用材料:各种退火状态的钢材、铸铁、有色金属等,也用于调质处理的机械零件。

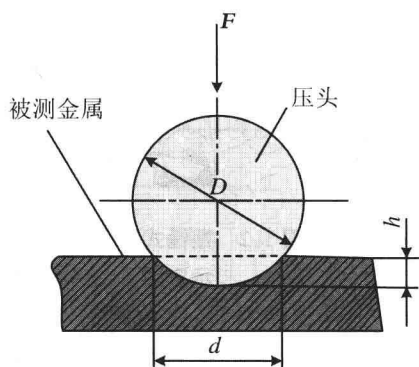


图 1.3 布氏硬度的测试方法(国际模具网)

(d) 缺点:操作复杂,需查表,不常用。

② 洛氏硬度。

(a) 原理:采用一定规格的压头,在一定实验力作用下压入试样表面,然后通过测定压痕的深度来计算并表示其硬度值,用符号 HR 表示。 HR 越大,硬度越低。有 HRA , HRB , HRC 三种表示法。

(b) 适用材料:钢铁原材料、有色金属、淬火后工件、硬质合金等。

(c) 优点:操作迅速、简便,压痕小,不损伤工件表面,应用广泛。

③ 其他硬度。

(a) 显微硬度:材料微区硬度用于单个晶粒、夹杂物、某种组成相的硬度测试;用 HV 值表示。

(b) 莫氏硬度:一种刻画硬度,用于陶瓷和矿物的硬度测试。该硬度的标尺是选定 10 种不同的矿物,从软到硬将莫氏硬度分为 10 级,如金刚石对应于莫氏硬度的 10 级;用 HM 值表示。

(c) 锉刀硬度:适合于大型零件的测定。各种硬度之间有粗略的经验换算关系。

(8) 耐磨性

由两零件因摩擦而逐渐引起的表面材料损伤(表现为表面尺寸变化和物质损耗)的现象叫作磨损。主要有黏着磨损、磨粒磨损和接触疲劳磨损。

① 磨损的主要类型与机理。

(a) 黏着磨损:在摩擦副接触面上局部发生金属黏着,而这些黏着点的强度往往大于金属本身强度,在随后的相对运动时,发生的破坏将出现在强度较低的地方。磨损形式有:金属磨屑从零件表面被拉下来或零件表面被擦伤两种。

(b) 磨粒磨损:滑动摩擦时,零件表面摩擦区内存在硬质磨粒使磨面发生局部塑性变形、磨料嵌入和被磨料切割等过程,以至于材料磨面逐步损耗。

② 提高材料耐磨性的途径。

(a) 提高材料硬度以增强零件表面抗变形和断裂的能力。

(b) 改善两接触面的接触状态以减小摩擦。

总之,材料的物理性能不仅对建筑材料的选用有着重要的意义,是建筑材料的基础,还会对材料的加工工艺产生影响。在建筑材料的使用过程中不仅要关注其力学性能指标,还要关注建筑材料的电、磁、热、化学性能等指标。

1.3 绿色建筑材料

1.3.1 建筑材料的历史沿革

建筑材料的发展是随着社会生产力的发展和生产关系的变革而不断进步的。它在历史的发展中经历了三次较大的变革:第一次是从原始社会穴居巢处的天然土石、草泥藤条到封建社会的人工烧制砖瓦;第二次是从漫长的石灰、石膏气硬性胶材时代到 19 世纪水泥的出现;第三次是从钢筋混凝土的出现到 20 世纪 30 年代高分子材料的发明以及随之而来的各种有机/无机

复合材料的出现。目前,建筑材料正经历着以各种高性能材料和智能材料的出现为标志的第四次重要变革。

人类社会发展的历史证明,材料是人类生存和发展的物质基础,也是人类社会现代文明的重要标志,每一种重要的新材料的发现和运用,都会引起生产技术的革命,加速社会发展的进程,并对社会经济的各方面产生重要影响,材料、能源、信息技术构成了现代科技的三大支柱。建筑材料作为材料领域的重要分支,从原始半坡村落小屋的草泥、橡木、藤条到现代构筑高楼大厦的钢筋、水泥,从本能的燕雀衔泥到人工的纤维增强,从遮风避雨到保温隔热,从远古的石器、青铜器到当今的钢材时代,都记载着人类社会所走过的每一个脚印。它的生产和应用不仅直接反映了社会发展进程,而且还在较大程度上影响着矿产资源和能源的利用以及环境问题的产生和解决,因此建筑材料的发展方向就在一定程度上成为决定社会经济能否可持续发展的重要因素。

1.3.2 传统建筑材料所带来的问题

建筑材料作为经济发展的物质基础和先导,为社会带来了巨大财富,推动了人类文明的进程。然而,从资源、能源和环境的角度分析,传统建筑材料(主要指水泥、混凝土、黏土砖及产生污染的化学建材)的生产和使用不仅是矿产资源和能源的主要消耗者,而且也是人类生存空间的主要争夺者,是人居环境污染的重要责任者。据统计,我国建材产品每年消耗黏土、石灰石和砂石资源约 50 亿 t,消耗能源达 2.3 亿 t 标准煤(约占全国工业能耗的 1/6),破坏农田达 6700 公顷,仅水泥和石灰每年排放的 CO_2 就达 6 亿 t,占全国工业排放 CO_2 量的 40% 左右,年粉尘、烟尘及 SO_2 排放量超 100 万 t,废渣排放量达 1000 万 t。我国的社会总产品只利用了原料的 30%,大部分原料变成了废弃物,既浪费了宝贵的资源和能源,又污染了环境。到 2010 年,我国水泥产量从目前的年产 6 亿 t 增至 8 亿 t,全世界水泥产量从目前的年产 15 亿 t 增至 18 亿 t,仅水泥工业就使大气层中 CO_2 量增加了 15 亿 t,将严重影响地球环境,使地球温室效应加剧。传统的建材工业已经成为资源用量最多、能源消耗最多、大气污染最为严重的产业之一。

此外,人们为改善居住条件一直进行着不懈的努力,人们对居室的要求不再是遮风避雨、维持生存,而是追求舒适和身心健康,从传统的砖、瓦、灰、砂、石到如今令人眼花缭乱的各种新型建材就是很好的证明。然而,由于传统装修材料散发出大量的有害物质和有毒气体,出现了很多装修病,轻则使人气喘、胸闷,重则感染、发烧、呕吐甚至诱发病变。人造板及 107 胶中的甲醛,油漆中的苯、二甲苯及氯乙烯已被国际癌症研究中心定为人的致癌物。这些物质在表干后仍缓慢释放,在室内通风不良的情况下浓度较高,且往往得不到重视,危害很大。铅及铬等重金属盐类或氧化物是颜料、油漆、涂料的重要成分,它们对神经系统、心血管系统尤其对婴幼儿的智力影响很大。花岗岩等石材及新拌混凝土可使居室内氡的浓度增加,氡及其子体是形成肺癌的重要原因。凡此种种不一而足。科技发展到今天,人们在享受现代物质文明的同时,也意识到了建筑及装饰材料对人居环境所产生的负面效果,认识到美化居室绝不能以牺牲环境和健康作代价,健康意识渐浓的现代人,正急切地期待绿色材料进入家庭。

1.3.3 绿色建材的基本特征

到目前为止,人们尚未对绿色建材的定义加以准确表述,但与传统建材相比,本书作者认为

它应具有以下几方面的基本特征:

① 在生产过程中,以高新技术为基础,尽可能少地使用天然资源和能源,大量采用尾矿、废渣和废液等废弃物;不产生过量的有毒有害物质或废料;不得使用甲醛、卤化物或芳香族碳氢化合物,产品中不得含有汞、铅、铬及其化合物。

② 在使用过程中,应最大限度地满足人居所要求的健康、舒适、卫生、安全、环保与美观,且应具有灭菌、除臭、防火、调温、调湿等多种功能和良好的耐久性能。

③ 在完成使用寿命后,可再生循环利用或易于转化为对环境无显著影响的物质。

由绿色建材的基本特征可以看出,传统建材主要追求的是材料的使用性能,而绿色建筑材料追求的不仅仅是良好的使用性能,而且在材料的生产、使用、废弃到再生的整个生命周期中特别强调与人居环境协调共存。实际上,它是一种对资源、能源消耗少,对环境影响小,再生资源利用率高、具有优异使用性能的新型建筑材料。绿色建材不仅仅是指某一具体的产品,它主要指对环境的贡献和功能。比如粉煤灰、矿渣的资源化既可以解决占用农田、污染环境的问题,又能够解决土木工程资源短缺的问题,因而它具备绿色建材的特征。

1.3.4 绿色建筑材料与可持续发展

首先,从资源的开发利用与再生及对环境影响的角度来看,绿色建材不仅可以充分利用传统建材较多地利用低品位矿石,有效地节约宝贵的矿产资源,而且还可以大量利用矿渣、粉煤灰、磷渣、碱渣、酸渣等工业废渣与副产品,以及生活中的废弃物及其他可再生资源为原料,从而既解决了可持续性生产中资源不足的问题,又减少了因煅烧天然矿物所消耗的能源及其过程中所产生的大量 CO_2 和 SO_2 对环境造成的新污染。同时它在完成使用寿命后还能够再生利用或易于降解为对环境无污染的物质,比如可将废弃的建筑物及构件进行分拣、破碎、筛分处理,不仅可为混凝土提供丰富的人造骨料资源,也将大大改变过度开山或挖取河床以及由此引起的破坏自然景观、造成水土流失的状况,从而直接或间接地改善了自然环境和生态平衡,大大减轻了可持续发展的资源压力和环境负荷,为可持续发展创造了充分的物质条件。

其次,从技术和经济角度看,绿色建材是在传统建材基础之上应用现代科学技术发展起来的高技术产品。它采用大量的工业副产品及废弃物为原料,其生产成本比使用天然资源会有所降低,因而会取得比生产传统建材更好的经济效益,这是在市场经济条件下可持续发展的源动力。如普通硅酸盐水泥烧成温度在 1450°C 以上,它不仅要求高品位的石灰石原料、消耗更多能源和资源,而且排放更多的有害气体,而采用高新技术研究开发节能环保型的高性能贝利特水泥,其烧成温度仅为 $1200\sim 1250^\circ\text{C}$,预计每年可节省 1000 万 t 标准煤,可减少 CO_2 总排放量 25% 以上,并且可利用低品位矿石和工业废渣为原料,这种水泥不仅具有良好的强度、耐久性和抗化学侵蚀性,而且所产生的经济和社会效益也十分显著。再如我国的火力发电厂每年产生粉煤灰约 1.5 亿 t,要将这些粉煤灰排入灰场需增加占地约 1000 公顷,由此造成的经济损失每年高达 300 亿元,如将这些粉煤灰转化为可利用的资源,所取得的经济效益将十分可观。

最后,从人类的生存与发展条件看,良好的人居环境、洁净的水源、无污染的食品是人体健康的基本条件,而人体健康是对社会资源的最大节约,也是人类社会可持续发展的根本保证。绿色建材避免使用对人体十分有害的甲醛、芳香族碳氢化合物及含汞、铅、铬化合物等物质,可有效减少居室环境中致癌物出现的可能。使用绿色建材,减少了 CO_2 和 SO_2 的排放量,有效减

轻了大气环境的恶化,降低了大范围酸雨发生、全球温室化效应的加剧以及由此产生的气候异常的可能性。反之,如果这些问题不加以解决,任其发展,将对人类自身的生存与发展构成严重威胁。没有了良好的人居环境和人类赖以生存的能源和资源,也就没有了人类自身,人类社会的可持续发展也就无从谈起。

可持续发展的含义十分广泛,涉及政治、经济、社会、自然、技术、文化等方面,但总的来讲,它一般包括三种生产即物质生产、人的生产和环境生产。物质生产指人从环境中索取生产资源并将它转化为生活资料的总过程,该过程产生生活资料满足人的需要,同时产生废弃物返回环境;人的生产指人生存和繁衍的总过程,该过程消费物质生产产出的生活资料和环境生产所提供的生活资料,同时产生废弃物返回环境;环境生产是指在自然力和人力共同作用下环境对其自然结构和状态的维持,包括消费污染和产生资源。人和环境的系统通畅和谐与否取决于这三种生产的关系,因此只有这三种生产维持相对的动态平衡才能实现可持续发展。所以从这个意义讲,可持续发展本质上是应用科学技术及经济管理知识,处理由于无节制的技术激增所造成的负面问题,其主要方面就是通过保护和减少浪费来更有效地利用资源以及对材料更好地循环利用。由此我们可以看出,绿色建材符合可持续发展战略要求,与可持续发展在本质上是是一致的。

1.3.5 绿色建筑材料的应用与展望

绿色建材在一些发达国家早已得到研制开发。近 20 年来,国际上主要工业发达国家和地区对绿色建材发展非常重视,如美国、加拿大、日本、西欧、北欧等已就建筑材料对室内空气的影响进行了全面、系统的基础研究工作,并制定了严格的法规。国际标准化机构(ISO)也讨论制订了环境协调和制品的标准,大大推动了绿色建材的发展。

美国是较早提出环境标志的国家,如美国环保局(EPA)设置了室内空气部,正在开展应用于室内的空气质量控制的研究计划。加州大学设置了室内空气系统,研究并制订了评价建筑材料释放挥发性有机化合物(VOC)的理论基础;确定了测试建筑材料释放挥发性有机化合物的体系和方法;提出了预测建筑材料影响室内空气质量数学模型。

丹麦、挪威为了促进绿色建材的发展,推出了“健康建材”标准,国家法律规定对于出售的涂料等建材产品在使用说明书上除了标出产品质量标准外,还必须标出健康指标。瑞典已正式实施新的建筑法规,规定用于室内的建筑材料必须实行安全标签制,制订了有机化合物室内空气浓度指标限值。德国是世界上最早推行环境标志的国家,发布了第一个环境标志——“蓝天使”后,至今实施“蓝天使”的产品已达 7 500 多种,占全国商品的 30%。英国也是研究开发绿色建材较早的欧洲国家之一。另外,芬兰、冰岛等国家于 1989 年实施了统一的北欧环境标志。日本对绿色建材的发展也非常重视,于 1988 年开展环境标志工作,至今已经有 2 500 多种环保产品。

近年来,绿色建材在中国也得到了较大的发展,建筑装饰业对绿色建材开始重视,特别是城市居民对绿色建材给予了极大关注。建设部已明令禁止使用含较多游离甲醛的 107 胶等材料,北京市也已明令禁止在混凝土中使用尿素等可产生氨气的防冻剂,此外一系列相关的标准已经或即将出台。我国也成立了相应的环境标志产品认证委员会,水性涂料(乳胶漆)是建材第一批首先实行环境标志的产品。乳胶漆的推广和应用是对过去使用的油漆等传统的内墙装饰材料的重要变革。

我国也先后从美国、加拿大、澳大利亚等国家引进了一些绿色建材,同时在引进的基础上开