

GAO DENG XUE XIAO SHI YONG JIAO CAI

高等学校试用教材

胡庆涛 主编

非金属材料学

中国铁道出版社

71.224
4703

高等学校试用教材

非 金 属 材 料 学

胡庆涛 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

000605

内 容 简 介

本书系根据铁道物资技术供应专业非金属材料学1965年版本，并参考国内外有关资料编写而成。

本书主要阐述非金属材料的基本性质、应用理论、质量检验、储运保管和材料的节约利废。全书共分七篇，第一篇材料的基本性质；第二篇天然石料、陶质材料、玻璃制品；第三篇无机胶凝材料及其制品；第四篇木材；第五篇石油产品；第六篇高分子材料；第七篇其它非金属材料。

本书可作物资管理专业和同类性质专业的教材，亦可供建工、建材等部门和铁道工程技术以及物资工作者学习参考。

高等学校试用教材

非金属材料学

胡庆涛 主编

中国铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：26.5 字数：667千

1982年4月 第1版 1982年4月 第1次印刷

印数：0001—5,000册 定价：2.75元

前 言

非金属材料学是根据铁道材料技术供应专业教学计划和《非金属材料学》教学大纲的要求编写的，除作本专业教材外，可供同类性质专业和物资工作者参考。

本书在编写过程中，力求把非金属材料的基本理论和铁路物资供应工作实际结合起来；考虑到专业特点，着重论述了材料的基本性能以及材料的储运保管和合理使用。在内容编排上，既注意到系统性、完整性，也注意了对重点材料的基本理论和基础知识进行较为详细的阐述。关于国内外某些材料的新品种和发展方向适当地作了一些介绍。

本书由北方交通大学非金属材料教研室编写。胡庆涛同志负责主编，参加编写的有周介英、杨淑智、李西昌、肖孝德、袁义些、赵锦清、朱庆琦同志。

该教材由常文富、赵佩皋同志主审，并得到铁道部教育局、物资局和物资局天津干部学院的支持，在审稿和定稿过程中，又蒙王庭槐、刘茂森同志指导，并提供许多资料和宝贵意见，在此一并致谢。

由于编者水平有限，谬误和不当之处，诚望读者批评指正。

编 者

目 录

绪 论	1
第一篇 非金属材料的基本性质	3
第一章 非金属材料的基本性质	3
第一节 材料的基本物理性质	3
第二节 材料的基本力学性质	5
第三节 影响材料基本性质的因素	8
第四节 材料的组成、结构和构造对材料基本性质的影响	12
第二篇 天然石料、陶质材料、玻璃制品	15
第二章 天然石料	15
第一节 天然石料的组成、分类及其特点	15
第二节 天然石料的使用性质	16
第三节 铁路常用的天然石料及其质量鉴定	18
第四节 天然石料的破坏及其防护	21
第三章 陶质材料	22
第一节 生产陶质材料的原料	22
第二节 普通粘土砖和耐火材料	26
第三节 其它主要建筑陶质材料	32
第四节 陶质材料的储运保管	34
第四章 玻璃制品	36
第一节 制造玻璃的原料	36
第二节 玻璃的基本性质	37
第三节 玻璃制品的主要品种	39
第四节 玻璃的储存和运输	43
第三篇 无机胶凝材料	44
第五章 气硬性胶凝材料	46
第一节 石 膏	46
第二节 石 灰	50
第三节 镁质胶凝材料	54
第四节 水玻璃	56
第六章 水硬性胶凝材料	60
第一节 硅酸盐水泥	60
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	69
第三节 其它品种的水泥	72

第四节 水泥的应用、储运和验收	76
第七章 混凝土及建筑砂浆	79
第一节 普通混凝土的组成材料	79
第二节 混凝土的主要技术性质	87
第三节 混凝土的外加剂	99
第四节 混凝土配合比设计	104
第五节 其它混凝土	108
第六节 混凝土制品	114
第七节 建筑砂浆	116
第四篇 木材和竹材	122
第八章 木材和竹材	122
第一节 木材的构造	122
第二节 木材的技术性质	126
第三节 木材的缺陷	136
第四节 常用树种及其识别	140
第五节 常用的材种	147
第六节 木材的管理	161
第七节 竹 材	169
第五篇 石油产品	172
第九章 石油的组成和基本性质	172
第一节 石油的化学组成	172
第二节 石油分类	180
第三节 石油产品的主要物理性质	183
第十章 石油燃料	195
第一节 内燃机用石油燃料	195
第二节 炉用石油燃料	212
第三节 照明用石油燃料	213
第四节 工业汽油和溶剂油	214
第十一章 润滑油脂	216
第一节 摩擦与润滑	216
第二节 润滑油	217
第三节 润滑脂	231
第四节 润滑油的更生	238
第五节 润滑油脂的储运和管理	239
第十二章 有机胶凝材料及其制品	241
第一节 石油沥青	241
第二节 煤沥青	245
第三节 有机胶凝材料制品	247
第四节 有机胶凝材料及制品的储运和管理	251
第六篇 高分子材料	253

第十三章 塑 料	253
第一节 高分子化合物的基本概念	253
第二节 塑料的组成和分类	255
第三节 塑料的主要性能	257
第四节 主要的合成树脂及其塑料	264
第五节 塑料主要技术性能的检测	279
第六节 塑料的老化	282
第七节 塑料的改性和增强	284
第八节 塑料的应用和管理	290
第十四章 橡胶及其制品	293
第一节 概 述	293
第二节 天然橡胶和主要合成橡胶	294
第三节 橡胶制品的组成及其生产工艺	301
第四节 常用的橡胶制品	304
第五节 橡胶及其制品的主要性质	311
第六节 橡胶制品的老化及保管	316
第十五章 胶粘材料	319
第一节 胶粘剂概述	319
第二节 树脂型胶粘剂	324
第三节 橡胶型胶粘剂	344
第十六章 涂 料	348
第一节 涂料的组成和分类	348
第二节 常用的涂料品种	355
第三节 涂料的保管和运输	368
第七篇 其它非金属材料	370
第十七章 纤维材料	370
第一节 天然纤维	370
第二节 化学纤维	385
第十八章 研磨材料	391
第一节 磨 料	391
第二节 研磨工具	394
第三节 研磨用品	400
第十九章 爆破材料	402
第一节 爆破材料的基本性质	402
第二节 常用的工业炸药	407
第三节 起爆材料	411
第四节 爆破材料的管理	414

绪 论

一、材料科学和非金属材料

在当今世界上，非金属材料和其它材料一样，正随着科学技术的日新月异而迅速发展，它不仅影响着整个社会的生产建设，也紧密地联系着人们的日常生活，成为当代科学技术的三大支柱之一。

特别是二十世纪五十年代以来，由于物质结构等基础科学的发展，已逐渐由对材料的宏观认识进入微观探讨，促进了新材料的发现，也给新技术带来突破。现在，人们对材料的认识在不断深化，并形成了一门新兴的综合性学科。

材料科学是研究材料组分、结构与其性能关系的科学，是一门跨学科的科学，和其它学科有着密切的联系，涉及到数学、物理、化学、固体物理、表面物理化学、材料化学等。其任务是：运用各门科学知识和技术手段，研究材料的形成机理和制备方法；研究材料的组织、结构、杂质、缺陷等与性能的关系；研究材料在加工、使用过程中的变化和改进途径；研究材料各种性能的物理化学本质等等。

在浩如烟海的材料当中，非金属材料是重要的组成部分，通过发展材料科学才能揭示材料世界的奥秘，促进非金属材料的发展。因此，我们在学习、研究非金属材料的过程中，一定要抓住材料科学的本质，运用基础科学的基本原理和原则，去计算、预测和推论材料的性能及其使用范围，使其能按照人们指定的性能设计和制造，更好地为供应工作服务，推进我国社会主义现代化建设的进程。

二、非金属材料在国民经济中的地位

非金属材料在国民经济和铁路运输业中，都占有重要地位，在实现四个现代化的过程中肩负着极其重要的任务。比如，没有砂石、水泥、木材、混凝土，建筑工程将无法进行；没有化纤、塑料等，将给生产和人民生活带来很大不便；没有复合材料等耐磨、耐热、高强、耐腐蚀的特种材料，一些尖端技术将不能实现。总之，任何科学技术的发展都离不开材料，没有新材料，就没有新技术、新工艺、新设备，也就不能适应我国工业、农业、国防、科学技术和人民生活不断增长的需要。

非金属材料是最有发展前途的材料之一。就世界范围来讲，尽管各国的发展重点不同，如日、美侧重发展钢、木、混凝土结构，而苏联和其它一些国家则侧重发展砖、瓦及混凝土建筑。但其中有一种是相同的，就是混凝土制品无论在哪一个国家，也无论现在和将来在工程上都是主要的，而且都朝着高强、轻质、耐久、多功能的方向发展。此外，塑料、橡胶、纤维等高分子材料也是很有希望的非金属材料，有人认为自本世纪中叶以来，人类已经开始进入高分子合成材料时代是不过分的。目前在欧美以及日本等一些国家，塑料占整个建筑材

料的20~25%。1985年全世界塑料生产按体积计算将超过钢铁的产量。我国塑料工业虽然历史很短,但发展也是很快的,生产规模已有100余万吨。随着我国科学技术和材料工业的不断发展,非金属材料将在我国社会主义建设事业中发挥越来越重要的作用。

三、非金属材料在我国的发展

我国是一个具有悠久历史和文明的国家,随着社会生产力的发展和科学技术水平的提高,非金属材料也得到相应的发展,产量不断提高,品种日益增加,为社会主义建设提供了基础材料和特种材料。例如,许多具有特殊性能的水泥、混凝土、高分子材料以及复合材料的相继出现并得到迅速发展和广泛应用。

在铁路生产建设中,非金属材料已逐步取代钢材和铜材,如机车上四十七种套垫板,原为铜材,现已为已内酰胺代替。而且以聚四氟乙烯代替填料,以聚氨酯泡沫塑料代替棉毛线,以化纤代替棉布等等,应用范围越来越广,使用面越来越大。

四、非金属材料学的研究内容

非金属材料学是铁道材料技术管理专业的一门专业课程,内容包括除金属材料以外的几乎所有原材料。结合铁路实际主要有:天然石材、陶质材料、玻璃制品、无机胶凝材料、混凝土、木材、石油产品以及有机胶凝材料、塑料、橡胶、胶粘材料、涂料、纤维材料、装饰材料、爆破材料、软水材料、研磨和焊接材料等。着重研究材料的宏观性质与微观结构的关系以及材料的使用、检验和保管技术。其任务一方面是为物资供应工作者提供非金属材料方面的基础理论知识;另一方面是为从事物资工作在选择材料、合理使用、正确保管、节约代用,利旧利废、及时运送和检测技术等方面打下坚实的基础。

鉴于非金属材料品类繁多的特点,在学习本课程时,首先要抓住铁路常用的、大量的几类主要材料,如无机胶凝材料、木材、石油产品和高分子材料等,并且要注意分析和比较同类材料不同品种的共性和特性,以利针对具体情况合理选择。其次,根据物资专业的性质,应以材料的技术性能、应用范围以及检验、保管知识为重点,适当了解材料的组成、构造、加工过程等对其性能的影响,要达到学会“识货”的目的。第三,要重视实验课的学习和实践。因为材料实验是检验材料各种技术性能的必要手段,通过检验方能确定材料质量的优劣,是否符合技术标准以及保管过程中有无变质,所以实验不论对选择材料还是保管材料都是十分必要的。当前,我们的实验技术和测试手段还比较落后,但随着现代测试技术的发展,如电子显微镜、X射线、差热分析、示踪原子、核磁共振等的应用,将会使材料检验技术前进一步。因此,我们要认真对待各项实验,以加深和巩固理论知识,掌握操作技能。

第一篇 非金属材料的基本性质

第一章 非金属材料的基本性质

为了正确地供应材料，合理使用材料，使国家的宝贵物资能发挥它们的最大功能，取得最大的经济效果，必须要求供、需双方的材料管理人员对材料的性质有比较全面的了解。

非金属材料种类繁多，性质差别极大，尤其它们的用途各异。即使是同一种材料，在使用过程中，由于自然环境和部位的不同，对材料性质也有很大的影响。因此，有必要首先从各种材料共同的基本性质进行探讨，引述一些基本概念，作为学习具体材料技术性质的基础。

本章仅将非金属材料比较重要的基本性质概括为六个方面加以论述：材料的基本物理性质；材料的基本力学性质；材料与水有关的性质；材料与热有关的性质；材料的耐久性；材料的组成、结构及构造对材料基本性质的影响。

第一节 材料的基本物理性质

材料的基本物理性质，主要包括：容重、比重、孔隙及其特征、体积胀缩等。它们是衡量材料重量和形态的主要指标。

一、材料的容重和比重

(一) 容重：容重是材料在自然状态下，包括孔隙或空隙在内的单位体积重量。材料的容重可按式计算：

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \quad (1-1)$$

式中 γ_0 ——容重（克/厘米³，公斤/米³或公斤/升）；

G ——材料的重量（克或公斤）；

V_0 ——材料在自然状态下（包括孔隙或空隙在内）的体积（厘米³、米³或升等）。

材料内部如含有水分，其重量和体积都会发生变化，从而影响材料的容重值。通常所谓材料的容重，是指材料在气干状态下的容重，或称干容重。如果材料含有较多水分时，必须注明材料含水状态。

砂、石等散粒材料，其颗粒间存在着空隙，所测得容重称为松散容重。

(二) 比重：比重是材料在绝对密实状态下单位体积重量。材料的比重可按式计算：

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-2)$$

式中 γ ——比重（克/厘米³，或公斤/米³），在使用时可注明单位；

G ——材料在绝对干燥状态下的重量（克或公斤）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积，也称绝对体积（厘米³或米³）。

材料绝对密实状态下的体积，是指不包括材料体内孔隙在内的体积。一般材料除钢材、玻璃等品种外，内部都具有一些孔隙。测定具有孔隙材料的比重时，应先将材料磨成细粉，干燥后，用比重瓶测定实际体积。材料磨得越细，测定的比重值越精确。由此法测得的比重称为真比重。

某些松散材料如砂、石等，其内部有或多或少的孔隙，总的说来还是比较密实的材料。但是，它们形状很不规则，为了省去磨细的工序，常用排水法测其体积（只包括内部孔隙的体积，而不包括颗粒之间空隙的体积）的近似值，计算其比重。由此法测得的比重称为视比重。

二、材料的孔隙及其特征

孔隙是指材料内部的空隙。根据它的构造特征可分为连通孔隙与封闭孔隙两种。连通孔隙或称开口孔隙，其孔隙与材料体外相连通；封闭孔隙是与材料体外相隔绝的。

根据孔隙的孔径大小可分为三类：粗孔隙的孔径达1毫米以上；细小孔隙的孔径在1毫米以下；微细孔隙的孔径在1/100毫米以下。材料孔隙的大小和构造对材料性能的影响很大。

衡量材料孔隙以密实度和孔隙率来表示：

$$\text{密实度} \quad D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\gamma_0}{\gamma} \times 100\% \quad (1-3)$$

$$\text{孔隙率} \quad P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\gamma_0}{\gamma}\right) \times 100\% \quad (1-4)$$

由上式说明密实度与孔隙率都可由材料的比重和容重求得。密实度与孔隙率都是表示材料的紧密性质的。通常采用孔隙率说明材料的孔隙多少，疏松程度，也就说明了材料的密实程度。

散粒材料也用（1—4）式来计算空隙率，但需将式中的容重换以材料的松散容重，比重换以材料的视比重。这样算得的空隙率，为松散材料颗粒之间的空隙所占的百分率，而不是颗粒内部的孔隙百分率。

三、材料的胀缩

材料处在大气中，由于温度、湿度的变动或其它介质作用，会产生物理、化学的变化，从而引起材料体积的胀缩。材料在使用中，其胀缩常受到制品结构的限制，遂引起制品开裂和变形。材料在未受外力的作用下，主要有湿胀和干缩、热胀和冷缩以及碳化收缩等。

（一）湿胀和干缩：含有自由水（孔隙中的水分）和吸附水（材料结构中所吸附的水分）的材料，由于大气的温度、湿度的变化，导致所含水分增加或减少，会引起体积的胀缩。对

制品危害较大的是体积收缩，常分为气干收缩和绝干收缩两种。

气干收缩是材料所含水分在大气中达到与大气湿度相平衡时所产生的收缩。气干收缩值为试件在一定湿度的空气中恒重后的长度与制做试件时的原来长度之比。

绝干收缩是将材料烘至绝对干燥时所产生的收缩。绝对干缩值为试件烘至绝对干燥时的长度与制做试件时的原来长度之比。

如果空气中湿度增大，则会引起材料内部所含水分增多而产生湿胀。对制品的危害较干缩小。

(二) 热胀和冷缩：材料由于气温度的变化，会引起材料的胀缩，称为热胀和冷缩。其值为试件在一定温度条件下，经过温度改变后的长度与原来试件长度之比，称为膨胀和收缩系数。

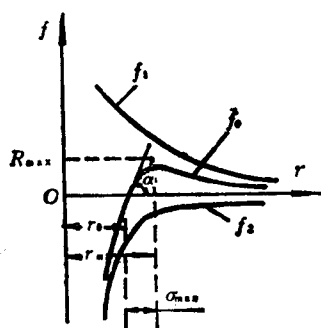
(三) 碳化收缩：材料在大气中受 CO_2 的作用而碳化，其体积产生收缩，这种收缩称为碳化收缩。这类材料系含有某些硅酸盐类的材料。大气中的 CO_2 约在万分之三左右，碳化作用虽然很慢，但日久天长仍会引起制品表面产生微裂，并随碳化作用的深入而发展，从而影响了制品的性能，甚至破坏。所以碳化收缩是硅酸盐制品、混凝土和轻混凝土预制构件等的重要性能指标之一。

为了测定材料的碳化收缩值，多将试件置于高浓度 CO_2 气体的碳化箱中进行碳化，用酚酞指示剂测定呈中性反应时，测量试件碳化收缩值。全测定的过程必须在恒温、恒湿的条件下进行。

第二节 材料的基本力学性质

材料的基本力学性质主要是强度和变形。这是材料在外力作用下，材料内部质点的平衡被破坏，从而产生了平衡外力的抵抗力和相应的变形。

材料质点间具有相互吸引和排斥的两个内力，当达到平衡时，相邻两质点就在相距一定距离的位置上。在材料受到外力作用时，破坏了内力的平衡，质点间距离发生了变化，其作用可由两质点间相互作用力曲线（图 1—1）来说明。



f ——相互作用力； f_1 ——质点间的吸引力曲线；
 f_2 ——质点间的排斥力曲线； f_0 ——净作用力曲线；
 r ——质点间的距离； r_0 ——质点平衡时的距离；
 r_m ——净作用力最大时质点间的距离；
 R_{max} ——理论抗拉极限强度；
 δ_{max} ——理论极限拉伸值。

图 1—1 质点间相互作用力曲线

当材料未受到外力作用时， $r=r_0$ ，即相互作用力等于零，此点称为平衡点。当材料受到外力压缩作用时，则 $r < r_0$ ，质点间的排斥力占优势，使材料具有抗压的内力。这时材料单位面积上的内力称为抗压应力强度。当材料受到外力拉伸时， $r > r_0$ ，质点间的吸引力占优势，使材料具有抗拉的内力。这时材料单位面积上的内力称为抗拉应力强度。当材料受到剪

切时, 质点沿着剪切面发生位移, 同样产生抗剪的内力。这时材料单位面积上的内力称为抗剪应力强度。

以材料受拉时为例, 当 $r=r_m$ 时, 抵抗拉伸的内力最大, R_{max} 是材料的理论抗拉极限强度, δ_{max} 是材料的极限拉伸值, $\tan \alpha$ 是材料的弹性模量。

当材料产生应力时, 质点距离随着发生变化, 所引起的材料变形称为应变。当外力除去后, 质点回到原来的平衡位置, 材料又恢复到原来的形状。

材料应力随着外力增加而增大, 如应力超过极限强度时, 材料则发生破坏, 无法回到原来的形状。

一、变形性质

材料的变形性质随着材料的结构和外力作用的不同而改变, 主要有: 弹性变形、塑性变形、徐变、松弛、弹性模量等。

(一) 弹性变形和塑性变形: 材料在外力作用下所产生的变形, 当外力消除后即能完全恢复原状的性质称为弹性。如外力消除后不能完全恢复原来形状的性质称为塑性。这种变形称为塑性变形或永久变形。

弹性变形是由于外力对材料的作用没有超过质点间的相互作用力, 外力消除后, 各质点仍回到原有的平衡位置, 变形消失。弹性变形曲线如图 1—2 (a) $O-A$ 线段所示, 材料的弹性变形与外力成正比, 这种性质称为虎克定律。

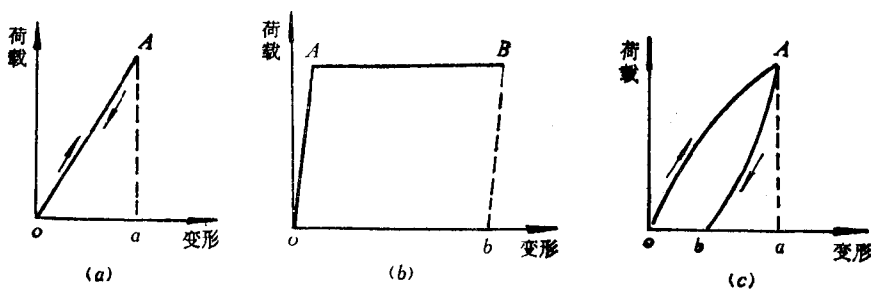


图 1—2 材料的荷载与变形曲线
a——弹性变形曲线; b——塑性变形曲线; c——弹塑性变形曲线。

塑性变形是由于外力的作用已超过了材料质点间的相互作用力, 使材料部分结构或构造受到破坏, 致变形不能消失。塑性变形曲线如图 1—2 (b) $A-B$ 线段所示, 说明外力对材料的作用未能全部转为内力, 部分消耗于材料结构或构造的破坏, 所产生的变形不再消失。

材料在外力作用下, 于破坏前有显著塑性变形的称为塑性材料; 如果没有显著塑性变形的称为脆性材料。但材料的塑性和脆性随着温度、含水率、加载速度等因素而改变。

实际上, 单纯的脆性材料是没有的, 有的材料在较小外力作用下, 表现为弹性变形; 一旦受力超过一定限度后, 则表现为塑性变形。有的材料在受力后, 弹性变形和塑性变形同时产生如图 1—2 (c)。如果消除外力, 则弹性变形 $b-a$ 可以恢复, 塑性变形 $0-b$ 则不能恢复。

材料在外力冲击、震动的作用下, 如材料能够吸收较大的能量, 同时产生较大的变形而不破坏的材料称为韧性材料。

(二) 徐变和松弛：材料在长期不变的外力作用下，变形会随着时间的加长而不断增大的现象，称为材料的徐变，或称为蠕滑变形。徐变是材料的不可恢复的塑性变形，主要因材料中含有某些非晶体物质，具有类似于液体的粘稠态流动性质而造成的。如材料的晶体结构中存在着缺陷，也会产生材料的徐变现象。徐变的发展和作用与材料应力有关：当应力未超过极限强度时，徐变发展随着时间的加长而减小，最后材料的变形停止发展，如图 1—3 曲线 *a*；当应力超过极限强度时，徐变发展随时间而增大，最后导致材料的破坏，如图 1—3 曲线 *b*。徐变发展还受环境温度、湿度的影响，并随它们增高而加大。材料的徐变性质决定材料在荷重长期作用下的性能，对材料的使用有很大的影响。

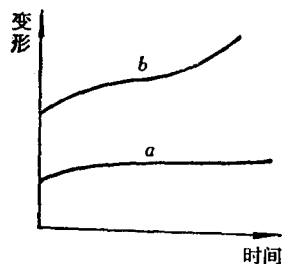


图 1—3 材料的徐变曲线

材料在荷载作用下，如总变形不变，而塑性变形增加使弹性变形减小，因而引起应力降低，这种现象称为松弛。由于材料的松弛性质使所担负的应力分布发生变化，在材料使用时应考虑它的松弛性质。

非金属材料中的木材和无机胶凝材料的徐变和松弛的影响较大，在使用时必须加以考虑。

(三) 弹性模量：材料在外力作用下，质点间的距离发生变化，产生了应力与应变。一般弹性材料，当应力较小时，应力与应变的比值为常数，称为弹性模量：

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \text{常数} \quad (1-5)$$

式中 σ ——材料的应力（公斤/厘米²）；

ε ——材料的应变（材料的变形，不用单位，只用数值）；

E ——弹性模量（公斤/厘米²）。

弹性模量 E 越大，材料越不易变形，为反映材料抗变形能力的重要数据。弹性应变的最大应力称为弹性极限。如应力超过此限度即不能恢复原来形状。理想的弹性体，其弹性应力上限即是它的极限强度。

二、强 度

材料在外力作用下抵抗破坏的能力称为强度。由于同一材料在结构和构造上存在了不同的缺陷和疵病，特别是内部的空隙和裂纹，致使材料的平均应力远小于理论强度。所以材料的强度须用能代表所使用材料性能的试件，进行静力破坏性试验来测定。

材料在使用过程中，所承受的各种外力，使材料产生各种强度，如抗拉、抗压、抗弯、抗剪、抗冲击和硬度等。

(一) 影响强度的因素：材料的强度主要决定于材料的组成、结构和构造。因此，不同品种材料的强度各不相同，即使是同一种材料，也因结构、构造和缺陷的不同，其强度也有所差异。

此外试件的尺寸、形状、含水量、表面光洁度、加荷速度等对材料的强度也有很大的影响。

因此，用静力破坏方法测得的强度，实际只是在特定条件下测得的强度值，仅提供了有

条件的强度指标。为了获得相对的、比较精确的材料强度，就必须严格遵循所规定的材料试验标准进行测定。

(二) 比强度：按单位重量计算的材料强度称为比强度，其值等于材料的强度对其容重之比。它是衡量材料的轻质、高弹性能的一个主要指标。

(三) 抗冲击强度：材料对于冲击荷载的抵抗能力称为抗冲击强度或称冲击韧性。由于冲击荷载的方向不同，分为冲击抗压、冲击抗拉和冲击抗弯三类。通常是以中间带有缺口的试件进行冲击弯曲试验，并通过这种试验计算出破坏试件所耗费的能量，以判定材料的抗冲击强度。

使材料断裂破坏的能量称为材料的抗断裂能。它是在断裂时所承担的全部能量。在单向强度试验时的断裂能等于应力与应力方向的变形值的乘积所得的功，单位为公斤·厘米。即等于应力应变曲线所包围的面积（图 1—4）。但相同强度的材料断裂能可以差别很大，因此决定材料的许可应力不仅是强度，其能承受的总断裂能也是主要指标之一。

(四) 硬度：硬度是材料表面的局部抗压强度。由于测定方法很多，可分为压痕硬度、冲击硬度、回弹硬度、刻痕硬度等。利用材料的硬度与其它力学性质的关系，可以由硬度大致推知其它力学性质。材料的硬度对材料加工有很大意义。

材料硬度与材料耐磨性有关，一般说来硬度大的材料比硬度小的耐磨。

材料同时受到磨损和冲击的作用，称为磨耗。

矿物硬度以莫氏硬度测定，是由十种不同硬度的矿物（滑石、石膏、方解石、萤石、磷石、长石、石英、黄玉、刚玉和金刚石等）组成的，分为十级以鉴别其它矿物的硬度，并以硬度作为确定矿物类别的重要方法之一。

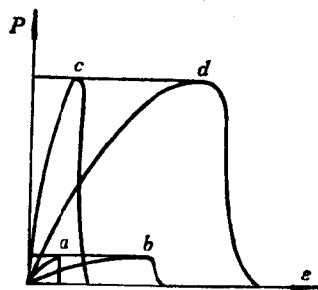


图 1—4 不同材料的应力应变曲线
a——低强度脆性材料；b——低强度柔软的弹性材料；c——高强度脆性材料；d——高强度柔韧的材料。

第三节 影响材料基本性质的因素

一、材料与水有关的性质

材料在使用过程中都会与水相接触，而水对材料的性能有很大的影响。尤其是对强度、抗腐蚀、耐久性等影响更大。材料与水有关性质，主要有：亲水性、吸水性、耐水性、透水性和抗冻性等。

(一) 材料的亲水性：材料在空气中与水接触时，如水分子间的相互作用力小于材料分子与水分子间的相互作用力，则水湿润了材料的表面。这时水、空气、材料表面三相交点处，沿水滴表面切线与材料表面所成的夹角，称为湿润角 θ ， θ 恒小于或等于 90° （图 1—5 a）。这种材料称为亲水性材料。

亲水性材料毛细管中的水分，形成凹形的液面，并随着毛细管直径和湿润角的大小进到一定的深度。

如果水分子间的相互作用力大于材料分子与水分子间的相互作用力时，材料表面则不能被水所湿润。湿润角 θ 大于 90° （图 1—5 b）。这种材料称为憎水性材料。



图 1—5 材料的亲水性和憎水性
a——亲水性材料；b——憎水性材料。

憎水性材料毛细管中的水分，形成凸形的液面，除在压力下一般不会进入材料的内部。

常用的亲水性材料有：砖、瓦、灰、石、混凝土、木材等。常用的憎水性材料有：沥青、石蜡、油漆等。用于防水的材料，必须是憎水性材料或表面经过憎水处理的亲水性材料。

(二) 材料的吸水性：材料吸收水分的能力称为吸水性。材料吸水性主要取决于材料是亲水的还是憎水的，并受材料的孔隙率和孔隙特征的影响。亲水性材料的孔隙率越大，开口微细孔隙越多，吸水能力越强。憎水性材料因不受水的湿润而不能吸水。

材料的吸水性以吸水率表示，并分为重量吸水率和体积吸水率两种：

$$\text{重量吸水率} \quad B_{\text{重}} = \frac{G_1 - G}{G} \times 100\% \quad (1-6)$$

$$\text{体积吸水率} \quad B_{\text{体}} = \frac{G_1 - G}{V_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

$$B_{\text{体}} = B_{\text{重}} \cdot \frac{G}{V_0} = B_{\text{重}} \gamma_0 \quad (1-8)$$

式中 G ——材料在干燥状态下的重量；

G_1 ——材料吸水饱和后的重量。

通常使用的多是重量吸水率，系指材料吸水达到饱和状态下的吸水率，或称饱和吸水率和饱水率。未达到饱和的吸水率，通常称为含水率。含水率与饱水率的比值称为饱和系数。材料所含水分与空气的湿度相平衡时，此时的含水率称为平衡含水率。当材料吸水饱和后而表面无水时，称为饱和面干含水率。

材料在潮湿环境中能从空气中吸收水分，这种性质称为吸湿性。材料在干燥环境中，所含水分能向空气中散发，这种性质称为材料的还水性。

材料吸水后，其容重增大，材料性能发生改变，如导热性提高，体积膨胀，强度降低。但某些材料，如混凝土长期在潮湿环境中或水中也会增长其强度；而粘土类材料吸水后，随着含水量的增加而塑化，最后会变成泥浆，完全丧失了强度。

(三) 材料的耐水性：材料在水的作用下，其强度不降低或降低不显著的性质称为材料的耐水性。材料的耐水性用软化系数表示。

$$K_p = \frac{R_w}{R_d} \quad (1-9)$$

式中 K_p ——软化系数；

R_w ——材料在含水饱和状态下的抗压强度；

R_d ——材料在干燥状态下的抗压强度。

材料的软化系数介于 0 ~ 1 之间，其值越小，材料强度降低则越大。 K_p 大于 0.85 以上的材料认为是耐水的，可用于水中和受潮严重的重要结构。 K_p 介于 0.75 ~ 0.85 之间的材料

可用于受潮较轻的次要结构。经常处于干燥环境中的结构，可不考虑材料的软化系数。

(四) 材料的透水性：材料在水压力作用下，其透水性能称为透水性。材料的透水性随着材料的孔隙多少、大小、封闭与开口情况而变。绝对密实的材料和具有封闭孔隙的材料，基本是不透水的。材料抵抗压力渗透的能力称为材料的不透水性或抗渗性，是防水结构所用材料的重要指标。通常用渗透系数表示。

$$\frac{Q}{At} = K \frac{H}{d}; \quad K = \frac{Q}{At} \cdot \frac{d}{H} \quad (1-10)$$

式中 K ——渗透系数 (厘米³/厘米²·小时)；

Q ——透水量 (厘米³)；

A ——透水面积 (厘米²)；

t ——透水时间 (小时)；

d ——试件厚度 (厘米)；

H ——压力水头 (厘米)。

渗透系数的意义是：单位时间内，在单位水头作用下，通过试件单位面积渗透的水量。渗透系数大的材料，其抗渗性差。

如果每隔一定时间，增加 1 公斤/厘米²水压力，直至试件透水时，所承受的最大水压力，称为材料抗渗标号，以 B_1 、 B_2 ……等表示。如 B_{10} 说明试件在 10 公斤/厘米² 以上的水压力下渗水。

抗渗性差的材料，如用于需要防水的处所，必须采用其它抗渗性强的材料作为防水层，以提高其抗渗能力。

(五) 材料的抗冻性：材料在吸水达到饱和后，能经受多次冻融循环而不破坏，也不严重降低强度的性能，称为抗冻性。

抗冻性指标是将材料浸水饱和后作冻融循环试验，直至强度降低不大于 20~25%，重量损失不大于 5%，以所经受的冻融循环次数表示。通常以 M_5 、 M_{10} 、 M_{25} 、 M_{50} 、 M_{100} 、 M_{150} 、 M_{200} 为抗冻性的标号 (M_{50} 表示能经受冻融循环在 50 次以上)。

材料的抗冻性受材料的强度、吸水性、耐水性、以及孔隙中含水程度等因素的影响。如材料内部孔隙中水分未达到饱和程度，有多余空间供结冰时水的体积自由膨胀，不致于使材料发生破坏。因此，材料的吸水饱和程度和材料抵抗结冰膨胀的能力是决定材料抗冻性好坏的主要因素。

材料的抗冻性还受外界条件的影响，如：冻结温度、冻结速度、冻融周期等。因此，选用材料时必须根据使用环境及气候条件加以选择，并按标准冻结条件进行检测材料的抗冻性。冻融试验时，冻结温度一般要低于 -15°C 。

二、材料与热有关的性质

材料与热有关的性质主要有导热性、热容量、耐热性等。

(一) 材料的导热性：热量自材料的一侧传导至另一侧的性质，称为材料的导热性。材料的导热性能由导热系数来表示。

匀质材料的导热系数：