



土木工程概论

主编
赵燕红

土木与建筑类专业创新型一体化教材

土木工程概论

主 编 赵燕红

北京出版集团
北京出版社



扫描二维码
共享立体资源

北京出版集团
北京出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程概论 / 赵燕红主编. — 北京 : 北京出版社, 2018.2 (2020 重印)
ISBN 978-7-200-13843-6

I. ①土… II. ①赵… III. ①土木工程—概论 IV.
① TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 017164 号

土木工程概论

TUMU GONGCHENG GAILUN

主 编: 赵燕红
出 版: 北京出版集团
北京出版社
地 址: 北京北三环中路 6 号
邮 编: 100120
网 址: www.bph.com.cn
总发行: 北京出版集团
经 销: 新华书店
印 刷: 定州市新华印刷有限公司
版印次: 2018 年 2 月第 1 版 2020 年 11 月第 2 次印刷
开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16
印 张: 16.5
字 数: 324 千字
书 号: ISBN 978-7-200-13843-6
定 价: 46.00 元

教材意见建议接收方式: 010-58572162 邮箱: jiaocai@bphg.com.cn

如有印装质量问题, 由本社负责调换

质量监督电话: 010-82685218 010-58572750 010-58572393

单元一 绪论	1
学习任务 1 土木工程概述	2
学习任务 2 土木工程的发展	5
学习任务 3 土木工程专业简介	16
单元二 土木工程材料	19
学习任务 1 土木工程材料的分类	20
学习任务 2 木材	22
学习任务 3 砌体	25
学习任务 4 无机胶凝材料	29
学习任务 5 混凝土	33
学习任务 6 钢材	40
学习任务 7 沥青	46
学习任务 8 功能材料	50
单元三 建筑工程	55
学习任务 1 建筑工程概述	56
学习任务 2 单层建筑	64
学习任务 3 多层与高层建筑	70

学习任务 4 基本构件·····	75
单元四 基础工程 ·····	79
学习任务 1 岩土工程勘察·····	80
学习任务 2 地基与基础 ·····	85
学习任务 3 地基处理技术·····	94
单元五 道路工程 ·····	99
学习任务 1 道路工程概述·····	100
学习任务 2 道路的组成和构造 ·····	105
学习任务 3 高速公路·····	110
单元六 桥梁工程 ·····	114
学习任务 1 桥梁工程概述·····	115
学习任务 2 桥梁的组成和构造 ·····	124
学习任务 3 桥梁工程施工技术 ·····	129
单元七 铁路工程 ·····	136
学习任务 1 铁路工程概述·····	137
学习任务 2 铁路线路设计·····	139
学习任务 3 铁路路基·····	144
单元八 隧道工程 ·····	147
学习任务 1 隧道工程概述·····	148
学习任务 2 隧道的结构 ·····	155
学习任务 3 隧道工程施工技术 ·····	161
单元九 水利工程 ·····	168
学习任务 1 水利工程概述·····	169
学习任务 2 水工建筑·····	171

学习任务 3 治河防洪工程	180
单元十 给排水工程	183
学习任务 1 给排水工程概述	184
学习任务 2 城市给排水工程	186
学习任务 3 建筑给排水工程	193
单元十一 土木工程施工	202
学习任务 1 施工测量	203
学习任务 2 基础工程施工	205
学习任务 3 结构工程施工	210
学习任务 4 防水工程施工	215
学习任务 5 施工组织设计	218
单元十二 工程项目管理	223
学习任务 1 工程项目管理的基本内容	224
学习任务 2 建设法规	228
学习任务 3 工程项目招投标	231
学习任务 4 建设工程监理	234
单元十三 抗震与减灾	241
学习任务 1 我国地质灾害概况和成灾特点	242
学习任务 2 灾害防治	245
参考文献	252

单元二 | 土木工程材料

单元描述

土木工程材料是各项基本建设的重要物质基础，其质量直接影响工程的质量与寿命。一幢建筑物从主体结构到每一个细部和构件，都是由各种建筑材料经过设计、施工而制成的。土木工程材料在土木工程中用量巨大，材料的费用占工程总造价的 50% 左右，有的高达 70%。土木工程材料对于创造良好的经济效益与社会效益具有十分重要的意义。

掌握各种土木工程材料的性能及适用范围，选用最合适的品种，是工程设计者的主要任务，也是施工人员、管理人员应当了解的。

学习任务 1 | 土木工程材料的分类

■ 任务目标

1. 掌握土木工程材料的分类。
2. 了解正确选用土木工程材料的重要性。

知识链接

土木工程材料是指各类土木工程（建筑工程、交通工程、水利工程等）中所用的材料。

土木工程材料的性能对构筑物的功能和使用寿命具有决定性作用。例如钢材的锈蚀、混凝土的劣化、防水材料的老化等均为材料问题，这些材料特性构成了构筑物的整体性能。正确选择土木工程材料，对土木工程的安全、实用、耐久、美观及造价等均有重要意义。

此外，新型土木工程材料的出现，对建筑形式的变化、结构设计计算和施工技术都有很大的促进作用。

土木工程材料品种繁多，作用和功能也各不相同。为便于掌握和使用，一般可把材料进行简单的分类。例如，按材料来源可分为天然材料和人造材料；按化学组成可分为无机材料、有机材料和复合材料；按使用功能可分为结构材料、墙体材料和功能材料。如表 2-1 至表 2-3 所示。

表 2-1 土木工程材料按材料来源分类

天然材料	石材、木材、竹材等
人造材料	水泥、陶瓷、塑料等

表 2-2 土木工程材料按化学组成分类

无机材料	金属材料	黑色金属	铁、碳素钢、合金钢等
		有色金属	铝、铜及其合金等
	非金属材料	天然石材	石板、碎石、砂等
		烧结制品	砖、瓦、陶瓷等
		胶凝材料	石灰、水泥、石膏等
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃纤维等

续表

有机材料	植物质材料	木材、竹材、植物纤维及其制品等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青及其制品等
	合成高分子材料	塑料、橡胶、有机涂料、黏合剂等
复合材料	无机—无机复合材料	混凝土、钢筋混凝土、碳纤维混凝土等
	无机—有机复合材料	沥青混凝土、玻璃钢、PVC 钢板等
	有机—有机复合材料	沥青类防水材料及其制品等

表 2-3 土木工程材料按使用功能分类

结构材料(承重构件使用的材料)	混凝土、水泥、砂、石、钢材等
墙体材料(建筑内外及隔墙使用的材料)	空心砖、多孔砖、加气混凝土砌块等
功能材料(建筑所需相应功能使用的材料)	装饰装修材料、防水材料、保温隔热材料等

学习任务 2 | 木材

■ 任务目标

- 1. 熟悉木材的构造。
- 2. 掌握木材的主要性质。

知识链接

木材作为土木工程材料，已有悠久的历史。在土木工程中，木材可作为桁架、梁、柱、支撑、门窗、地板、桥梁、脚手架、混凝土模板及室内装修材料等。

木材的优点有：轻质、高强、弹性和韧性良好、能承受冲击和振动、导热性低、易于加工、纹理美观、装饰效果良好等。木材的缺点有：构造不均匀、各向异性；含水率变化时胀缩显著，导致尺寸、形状的改变；易腐朽及虫蛀；易燃烧；有天然疵病；等等。但是经过一定加工和处理，木材的这些缺点可以得到很大程度的减轻。

建筑用木材分为针叶树和阔叶树两大类。针叶树如松、杉、柏等，一般树干通直而高大，易得木材，纹理通顺，材质均匀，木质较软，易于加工，故又称软木材。其胀缩变形较小，耐腐蚀性强，有较高的强度，为建筑工程的主要用材，广泛用于承重结构材料。阔叶树如榆木、水曲柳、柞木等，树干通直部分较短，材质较硬而重，难于加工，故又称硬木材。其强度较大，胀缩、翘曲变形大，易于开裂，不宜作为承重构件，经加工后，常有美观的纹理，故适用于内部装修、家具和胶合板。

一、木材的构造

(一) 宏观构造

木材的宏观构造是指用肉眼或放大镜所能观察到的木材组织。由于木材构造的不均匀性，研究木材宏观构造特征时，可从树干的三个切面来进行剖析，即横切面、径切面和弦切面，如图 2-1 所示。

横切面：与树干主轴垂直的切面。

径切面：顺着树干方向，通过髓心的切面。

弦切面：顺着树干方向，与髓心有一定距离的切面。

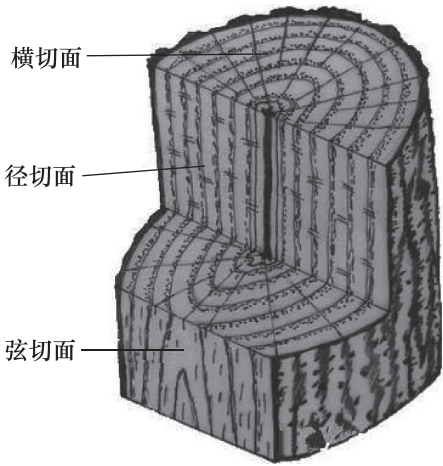


图 2-1 木材的宏观构造

从横切面上可以看到，树木由树皮、髓心和木质部组成。

木质部是作为土建材料使用的主要部分，其靠近髓心的部分颜色较深，称为心材；靠近树皮的部分颜色较浅，称为边材。一般来说，心材比边材的利用价值大一些。

从横切面上还可以看到深浅相间的同心圆环，即所谓年轮。一般树木每年生长一轮。在同一年轮内，春季生长的木质色较浅，质松软，称为春材（早材）；夏秋两季生长的木质色较深，质坚硬，称为夏材（晚材）。相同树种，年轮越密，材质越好；夏材部分越多，木材强度越高。

（二）微观构造

木材的微观构造是指借助显微镜才能见到的木材组织。用光学显微镜观察木材切片，可以看到木材是由无数管状细胞紧密结合而成的，除少数细胞横向排列外，绝大多数细胞纵向排列。每个细胞都是由细胞壁和细胞腔两部分组成的，细胞壁由细纤维组成，其纵向连接较横向连接牢固，故细胞壁纵向强度高、横向强度低。细纤维间具有极小的空隙，能吸附和渗透水分。木材细胞壁越厚，细胞腔越小，则木材越密实，体积密度和强度也越大，但胀缩也越大。春材细胞壁薄、细胞腔大，夏材则细胞壁厚、细胞腔小。

二、木材的主要性质

木材细胞壁内充满吸附水，而细胞腔及细胞间隙中无自由水时的含水率，称为纤维饱和点。纤维饱和点是木材物理力学性质发生变化的转折点。

（一）湿胀干缩

木材具有显著的湿胀干缩性，这是由细胞壁内吸附水含量变化所致。木材由潮湿状态干燥到纤维饱和点时，其尺寸不变，继续干燥，即当细胞壁中吸附水蒸发时，木材发生体积收缩；反之，干燥木材吸湿时，将发生体积膨胀，当含水率达到纤维饱和点时，其膨胀值达到最高，之后木材含水率继续增大，但体积不再膨胀。木材的收缩和膨胀对木材的使用有严重影响，会使木材产生裂缝、翘曲或变形，甚至引起木结构的接合松弛或凸起、装修部件的破坏等。

（二）强度具有方向性

木材各向异性的特点，影响了其力学性能，使木材的各种力学强度都具有明显的方向性。当顺纹受力（作用力方向与木纹方向一致）时，木材抗压、抗拉强度都高；当横纹受力（作用力方向与木纹方向垂直）时，木材的强度都低；当斜纹受力（作用力方向介于顺纹和横纹之间）时，木材强度随着力与木纹交角的增大而降低。

影响木材强度的因素如下。

1. 含水率

木材的含水率对木材强度影响很大，当细胞壁中水分增多时，木纤维相互间的黏结力减弱，细胞壁软化。因此，当木材含水率在纤维饱和点以内变化时，木材强度随之变化，含水率增大强度下降，含水率减小强度上升；当木材含水率在纤维饱和点以上变

化时，木材强度不变。木材含水率在纤维饱和点以内变化，对木材各种强度影响最大的是顺纹抗压强度，其次是抗弯强度，对顺纹抗剪强度影响较小，而对顺纹抗拉强度几乎没有影响。

2. 温度

当环境温度升高时，木材纤维中的胶结物质逐渐软化，因而木材强度降低。当环境温度超过 40℃ 时，木材开始分解，颜色变黑，强度明显下降；当环境温度长期超过 50℃ 时，不宜采用木结构；当环境温度降至 0℃ 以下时，木材中水分结冰，木材强度增大，但木质变得较脆；一旦解冻，木材的各项强度都低于未冻时的强度。

3. 长期荷载

木材对长期荷载的抵抗能力低于对暂时荷载的抵抗能力。木材在外力的长期作用下，只有当其应力远低于强度极限的某一范围时，才可避免因长期负荷而破坏。这是由于木材在较大的外力作用下会产生等速蠕滑，经过长时间积累，将急剧产生大量连续变形。木材在长期荷载下不致引起破坏的最大强度，称为持久强度。木材的持久强度比极限强度小得多，一般为极限强度的 50%~60%。

4. 疵病

木材在生长、采伐、保管过程中，所产生的内部和外部的缺陷，统称为疵病。木材的疵病包括木节、斜纹、裂纹、腐朽和虫害等，这些疵病都不同程度地降低了木材的物理力学性质，也降低了木材的等级，甚至使木材失去使用价值。

三、木材的干燥、防腐与防火

(一) 木材的干燥

木材为防止腐朽、虫蛀，避免产生翘曲、变形或裂缝，提高木材强度和耐久性，在使用前通常应进行干燥处理。

(二) 木材的防腐

木材具有适合菌类繁殖和昆虫寄生的各种条件。木材的防腐措施通常采用两种方式：一种是创造条件，使木材不适合菌类繁殖和昆虫寄生，最常用的办法是进行通风、排湿和表面涂刷油漆等；另一种是把木材变为有毒物质，使其不能作为菌类和昆虫的养料，通常是把化学防腐剂、防虫剂注入木材内。

(三) 木材的防火

木材是易燃物质，其防火措施通常是将防火涂料刷于木材表面，也可以把木材放入防火涂料槽内浸渍。

学习任务 3 | 砌体

■ 任务目标

- 1. 了解岩石的分类和天然石材的技术性质。
- 2. 熟悉建筑石材的加工成品。
- 3. 熟悉砖的分类及性质。

知识链接



砌体

一、石材

天然石材是指从天然岩体中开采出来的，并加工成块状或板状材料的总称，是最古老的土木工程材料之一。天然石材具有很高的抗压强度、良好的耐磨性和耐久性、资源分布广、蕴藏量丰富、便于就地取材、生产成本低等优点，是古今土木工程中修建城垣、桥梁、房屋、道路及水利工程的主要材料。

(一) 岩石的分类

土木工程领域常用的岩石分类如表 2-4 所示。

表 2-4 土木工程领域常用的岩石分类

岩石种类		常用岩石种类	结构构造	特征	用途
岩浆岩	火山岩	火山灰，火山砂，浮石等	非晶结构，玻璃质结构，多孔	孔隙率大，具有化学活性	水泥原料，轻混凝土骨料
	浅成岩	安山岩，玄武岩，辉绿岩等	结晶不完全，有玻璃质结构，气孔状	熔点高，抗压强度较高，不易磨损，有孔隙形成	铸石原料，混凝土骨料，路面用石料等
	深成岩	花岗岩，闪长岩，辉长岩等	矿物全部结晶，块状构造较致密	抗压强度高，容重大，孔隙小，吸水小，耐磨	道路，桥墩，基础，石坝，骨料等
沉积岩	机械沉积岩	砂岩，页岩等	石英晶屑，层状构造	一般都具有较多孔隙，强度较低，耐久性差	基础，墙身，人行道，骨料等
	生物沉积岩	石灰岩	粒状结晶，隐晶质，介壳质结构，层状构造		石灰、水泥原料，道路建筑材料，混凝土骨料等
	化学沉积岩	白云岩	细晶结构，粒状构造		一般建筑材料，碎石等

续表					
岩石种类		常用岩石种类	结构构造	特征	用途
变质岩	接触变质岩	大理岩	致密结晶结构，块状构造		装饰材料，碎石、块石、人行道、石板等
	区域变质岩	片麻岩	等粒或斑晶结构，片麻状或带状构造		
	动力变质岩	糜棱岩	等粒结晶结构，块状构造		

(二)天然石材的技术性质

1. 物理性质

致密的石材（如花岗石、大理石等），其表观密度接近于其密度，为 2 500~3 100 kg/m³；而孔隙率较大的石材（如火山凝灰岩、浮石等），其表观密度为 500~1 700 kg/m³。

天然石材按表观密度大小可分为重石和轻石两类，表观密度大于 1 800 kg/m³ 的为重石，表观密度小于 1 800 kg/m³ 的为轻石。重石可用于建筑物的基础、地面、房屋外墙、桥梁及水工构筑物等，轻石主要用作墙体材料。

吸水性主要与其孔隙率及孔隙特征有关。花岗石的吸水率通常小于 0.5%，致密的石灰石吸水率小于 1%，而多孔贝壳石灰石吸水率高达 15%。天然石材的吸水性对其强度和耐水性有很大影响，石材吸水后颗粒之间的黏结力降低，内部结构减弱，从而使石材强度降低。石材吸水性还影响到其他一些性质，如导热性、抗冻性等。

耐磨性用单位面积磨耗量表示。天然石材的耐磨性与其组成矿物的硬度、结构、构造特征以及石材的抗压强度和冲击韧性等有关。组成矿物越坚硬、构造越致密以及石材的抗压强度和冲击韧性越高，则石材的耐磨性越好。

抗冻性与其矿物组成、晶粒大小及分布均匀性、天然胶结物的胶结性质等有关。天然石材在水饱和状态下，经规定次数的反复冻融循环，若无贯穿裂纹且质量损失不超过 5%，强度损失不超过 25%，则符合抗冻性的要求。

耐热性取决于其化学成分及矿物组成。含有石膏的石材，在 100 ℃ 以上时开始破坏；含有碳酸镁的石材，当温度高于 625 ℃ 时会发生破坏；含有碳酸钙的石材，温度达到 827 ℃ 时开始破坏；由石英和其他矿物组成的结晶石材（如花岗石等），当温度达到 700 ℃ 以上时，由于石英受热发生膨胀，石材强度会迅速下降。

导热性主要与其表观密度和结构状态有关。重质石材的导热系数可达 2.91~3.49 W/（m·K）。由此也可看出，石材建筑的保温及隔热性能较差。

2. 力学性质

抗压强度是划分强度等级的依据。测定天然石材抗压强度的试件为 50 mm×50 mm×50 mm 的立方体。天然石材的强度等级分为 MU100、MU80、MU60、MU50、MU40、MU30、MU20 七个等级，等级越高，强度越高。

天然石材的抗拉强度比抗压强度小得多，为抗压强度的 1/20~1/10，是典型的脆性材料。这是石材不同于金属材料 and 木材的重要特性，也是限制其适用范围的重要原因。

(三) 建筑石材的加工成品

土木工程中使用的石材，按加工后的外形分为块状石材、板状石材和散状石材等。

1. 块状石材

(1) 毛石

毛石也称片石，是不成形的石料，是采石场通过爆破直接获得的形状不规则的石块，处于开采以后的自然状态。根据平整程度又将其分为乱毛石和平毛石两类。

建筑用毛石，一般要求石块中部厚度不小于 150 mm，长度为 300~400 mm，质量为 20~30 kg，强度不宜小于 10 MPa，软化系数不应小于 0.75，常用于砌筑基础、勒脚、墙身、堤坝、挡土墙，也可配制片石混凝土等。

(2) 料石

料石是用毛料加工成的具有一定规格，用来砌筑建筑物的石料。料石一般由致密均匀的砂岩、石灰岩、花岗岩加工而成。根据表面加工的平整程度分为毛料石、粗料石、半细料石和细料石 4 种；按形状可分为条石、方石及拱石 3 种。一般毛料石、粗料石主要应用于建筑物的基础、勒脚、墙体部位，半细料石和细料石主要用作镶面的材料。

2. 板状石材

板状石材是用致密的岩石经凿平、锯断、磨光等各种加工方法制作而成的石料（厚度一般为 20 mm），如花岗石、大理石和青石板等。用于建筑物内外墙面、柱面、地面、栏杆、台阶等处装修用的板状石材也称为饰面石材。

3. 散状石材

建筑工程中的散状石材，主要指碎石、卵石和色石渣 3 种。碎石、卵石可用作骨料、装饰铺砌材料，其中卵石还可作为园林、庭院等地面的铺砌材料；色石渣由天然大理石或花岗石等残碎料加工而成，有各种色彩，可作为人造大理石、水磨石、水刷石及其他饰面粉刷骨料之用。

二、砖

砖俗称砖头，是一种常用的砌筑材料、建筑用的人造小型块材砖。砖按生产工艺分为烧结砖（主要指黏土砖）和非烧结砖（主要指灰砂砖、粉煤灰砖等）；按所用原材料分为黏土砖、页岩砖、煤矸石砖、粉煤灰砖、炉渣砖和灰砂砖等；按有无孔洞分为空心砖、多孔砖和实心砖，如图 2-2、图 2-3 和图 2-4 所示。黏土砖以黏土（包括页岩、煤矸石等粉料）为主要原料，经泥料处理、成型、干燥和焙烧而成。但以粉煤灰、煤矸石和页岩等为原料烧制的砖，因其颗粒细度不及黏土，故塑性差，制砖时常需掺入一定量的黏土，以增加可塑性。

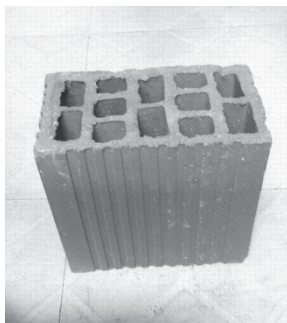


图 2-2 空心砖

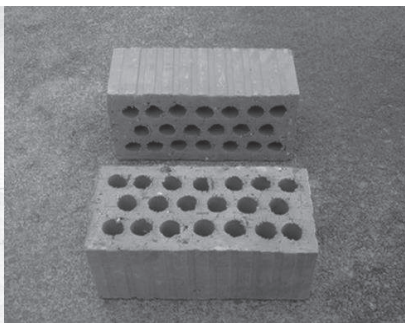


图 2-3 多孔砖



图 2-4 实心砖

利用煤矸石和粉煤灰等工业废渣烧砖，不仅可以减少环境污染，节约大片良田，而且可以节省大量的燃料煤，是三废利用、变废为宝的有效途径。近年来国内外都在研制非烧结砖。非烧结砖是利用不适合种田的山泥、废土、砂等，加入少量水泥或石灰为固结剂，以及微量外加剂和适量水，经混合搅拌、压制成型、自然养护或蒸养一定时间而成的。

学习任务 4 | 无机胶凝材料

■ 任务目标

1. 了解无机胶凝材料的分类。
2. 掌握石灰、石膏和水泥的特性与应用。

知识链接

凡是经过一系列的物理、化学变化，能将散粒状材料或块状材料黏结成整体的材料，统称为胶凝材料。

根据胶凝材料的化学组成，可将其分为无机胶凝材料和有机胶凝材料两大类。相比较而言，无机胶凝材料在土木工程中的应用更加广泛。

无机胶凝材料按硬化条件的不同又分为气硬性和水硬性两种。

气硬性胶凝材料只能在空气中凝结硬化和增长强度，所以只适用于地上和干燥环境中，不能用于潮湿环境，更不能用于水中，如建筑石膏、石灰、水玻璃和菱苦土等。

而水硬性胶凝材料，不但能在空气中凝结硬化和增长强度，还能在潮湿环境甚至水中凝结硬化和增长强度，因此它既适用于地上，也适用于潮湿环境或水中，如各种水泥。

一、石灰

石灰是人类较早使用的无机胶凝材料之一。其原料分布广，生产工艺简单，成本低廉，在土木工程中应用广泛。

(一) 石灰的特性与技术要求

1. 保水性与可塑性好

生石灰消化为石灰浆时，能形成颗粒极细的呈胶体分散状态的氢氧化钙粒子，其表面能吸附一层厚的水膜，使颗粒间的摩擦力减小，因而石灰浆的可塑性好。利用这一性质，将其掺入水泥砂浆中，配制成混合砂浆，可显著提高砂浆的和易性。

2. 硬化缓慢

石灰浆的硬化只能在空气中进行，因为空气中 CO_2 的含量少，碳化作用进行缓慢，

加之已硬化的表层对内部的硬化起阻碍作用，所以石灰浆的硬化过程较长。

3. 硬化后强度低

生石灰消化时的理论需水量为生石灰质量的 32%。为了使石灰浆具有一定的可塑性而便于应用，同时考虑到一部分水因消化时水化热大而被蒸发掉，故实际消化用水量很大，而多余水分在硬化后蒸发，留下大量孔隙，使硬化石灰体密实度小、强度低。

4. 硬化时体积收缩大

石灰浆中存在大量的游离水，硬化时大量蒸发，导致内部毛细管失水紧缩，引起显著的体积收缩变形，使硬化石灰体产生裂纹，故石灰浆不宜单独使用，工程施工时常掺入一定量的骨料（砂子）或纤维材料（麻刀、纸筋等）。

5. 耐水性差

由于石灰浆硬化慢、硬化后强度低，当其受潮后，其中尚未碳化的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 易发生溶解，且硬化石灰体遇水会产生溃散，故石灰不宜用于潮湿环境。

（二）石灰的主要用途

1. 石灰乳和石灰砂浆

在墙面装饰中，常用消石灰粉或石灰膏掺加大量水制成石灰乳，用于墙面粉刷，还可用石灰膏或消石灰粉配制石灰砂浆或水泥石灰混合砂浆，用于砌筑或抹灰工程。

2. 石灰稳定土

将消石灰粉或生石灰粉掺入各种粉碎或原来松散的土中，经拌和、压实及养护得到的混合料，称为石灰稳定土。它包括石灰土、石灰稳定砂砾土、石灰碎石土等。石灰稳定土具有一定的强度和耐水性，广泛用作建筑物的基础、地面的垫层及道路的路面基层。

3. 硅酸盐制品

以石灰（消石灰粉或生石灰粉）与硅质材料（砂、粉煤灰、火山灰、矿渣等）为主要原料，经配料、拌和、成型和养护可制得砖、砌块等各种制品，因其内部的胶凝物质主要是水化硅酸钙，所以称为硅酸盐制品，常用的有灰砂砖、粉煤灰砖等。

二、石膏

如今，环保已经成为全世界普遍关注的话题，随着生态建筑和绿色建材概念日益为人们所接受，以石膏为主体的绿色建材在我国也越来越受到建筑界的关注，这是因为：第一，石膏是一种公认的绿色建材，石膏建材制品对人体无害，在长期使用过程中不会有任何有害气体释放，并且石膏无放射性，没有重金属的危害，而且石膏可入药，也可作为食品添加剂；第二，我国天然石膏资源十分丰富，储量居世界首位；第三，由于我国环境保护的迫切性，大量化学石膏（磷石膏、脱硫石膏等）的处理已成当务之急。

发展石膏建材可以将化学石膏变废为宝，增加了其利用价值，石膏建材废品经处理可以回收循环利用。因此，无论是从生态建筑、环境保护，还是从资源开发和化学石

膏的综合利用来看,石膏建材在我国都是一种应该大力研究和开发的绿色建筑材料。

三、水泥

水泥是建筑业三大基本材料之一,其使用广、用量大。生产水泥需要较多的能源,但水泥与砂、石等材料组成的混凝土是一种低能耗新型建筑材料。例如,在相同荷载的条件下,混凝土柱的耗能量仅为钢柱的 $1/6 \sim 1/5$,砖柱的 $1/4$ 。根据预测,在未来的几十年内,水泥依旧是主要的建筑材料。

(一) 水泥的原料组成

水泥的原料主要是石灰石质原料、黏土质原料和校正原料。凡以碳酸钙为主要成分的原料都叫石灰石质原料,主要有石灰岩、泥灰岩等。黏土质原料是指含碱和碱土的铝硅酸盐。若石灰石质原料和黏土质原料配合所得的生料成分不符合配料方案要求,则必须根据所缺的组分,加入相应的校正原料。

(二) 水泥的分类

按性能和用途,水泥可分为通用水泥、专用水泥和特性水泥。

1. 通用水泥

通用水泥是指土木工程通常采用的水泥。根据《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)的规定,通用硅酸盐水泥是以硅酸盐水泥熟料和适量的石膏及规定的混合材料制成的水硬性胶凝材料。通用硅酸盐水泥按混合材料的品种和掺量分为硅酸盐水泥、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,具体如表 2-5 所示。

表 2-5 六大通用水泥的组成及性能

名称	简称	代号	主要组成	主要特性和适用范围
硅酸盐水泥	纯硅水泥	P·I	由硅酸盐水泥熟料加适量石膏磨细而成,不掺任何混合材料	具有强度高、凝结硬化快、抗冻性好、耐磨性好和不透水性等优点。缺点是水化热较高、抗水性差、耐酸碱和硫酸盐类的化学腐蚀性较差。适用于配制高强混凝土、预应力混凝土,道路工程,低温下施工的工程等。不宜用于大体积混凝土工程和地下工程
		P·II	由硅酸盐水泥熟料、 $\leq 5\%$ 石灰石或粒化高炉矿渣、适量石膏磨细而成	
普通硅酸盐水泥	普通水泥	P·O	由硅酸盐水泥熟料、 $> 5\%$ 且 $\leq 20\%$ 混合材料、适量石膏磨细而成	与硅酸盐水泥相比,早期强度略有降低,抗冻性与耐磨性稍有下降,低温凝结时间有所延长。适用于各种强度混凝土的配制、各种混凝土构件的生产和各种钢筋混凝土工程的施工
矿渣硅酸盐水泥	矿渣水泥	P·S·A P·S·B	由硅酸盐水泥熟料、 $> 20\%$ 且 $\leq 70\%$ 粒化高炉矿渣、适量石膏磨细而成	具有水化热低,抗硫酸盐腐蚀性能好,抑制碱—骨料反应,蒸汽养护效果好,耐热性高,凝结时间长,早期强度低、后期强度增大,保水性较差,抗冻性较差等特点。矿渣水泥使用范围广,适用于地面、地下、水中等各种混凝土工程。不适宜用于需要早期强度或易受冻融循环作用的结构工程

续表

名称	简称	代号	主要组成	主要特性和适用范围
火山灰质硅酸盐水泥	火山灰质水泥	P·P	由硅酸盐水泥熟料、> 20% 且 ≤ 40% 火山灰质混合材料、适量石膏磨细而成	具有水化热低，抗硫酸盐腐蚀性能好，保水性好，凝结时间长，早期强度低、后期强度增大，需水量大，干缩大等特点。适用于地下工程、大体积混凝土工程、长期处于潮湿环境的工程和地下有腐蚀性的环境工程，不宜用于需要早期强度或冻融和干湿交替的部位
粉煤灰硅酸盐水泥	粉煤灰水泥	P·F	由硅酸盐水泥熟料、> 20% 且 ≤ 50% 粉煤灰、适量石膏磨细而成	具有需水量少，和易性好，泌水小，干缩小，水化热低，耐腐蚀性好，抑制碱—骨料反应，早期强度低、后期强度增大，抗冻性差等特点。可广泛用于各种工业和民用建筑工程，不宜用于低温下施工的工程
复合硅酸盐水泥	复合水泥	P·C	由硅酸盐水泥熟料、> 20% 且 ≤ 50% 两种或两种以上混合材料、适量石膏磨细而成	具有较高的早期强度和较好的和易性，但需水量较大，配制混凝土的耐久性略差

2. 专用水泥

专用水泥是指具有专门用途的水泥，如道路硅酸盐水泥、装饰水泥等。

3. 特性水泥

特性水泥是指某一方面具有突出性能的水泥，以其主要矿物名称、特性或用途命名，并可冠以不同型号或混合材料名称，如铝酸盐水泥、硫铝酸盐水泥、快硬硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥，G 级油井水泥等。

学习任务 5 | 混凝土

■ 任务目标

1. 熟悉混凝土的组成材料。
2. 熟悉普通混凝土的主要技术指标。
3. 了解特种混凝土的特性及应用。

知识链接

混凝土是由胶凝材料、水、粗骨料和细骨料按适当比例配合，拌制成拌合物，经一定时间硬化而成的人造石材。混凝土按胶凝材料可分为水泥混凝土、沥青混凝土、聚合物混凝土等。

水泥混凝土是最常用的一种混凝土。它是由水泥、水、粗骨料和细骨料按适当比例配合，拌制均匀，浇筑成型，经硬化形成的人造石材。

一、混凝土的组成材料

在混凝土中，砂、石起骨架作用，称为骨料。水泥与水形成水泥浆，水泥浆包裹在骨料表面并填充其空隙。在硬化前，水泥浆起润滑作用，赋予拌合物一定和易性，且便于施工。水泥浆硬化后则将骨料胶结成一个坚实的整体。混凝土的结构如图 2-5 所示。

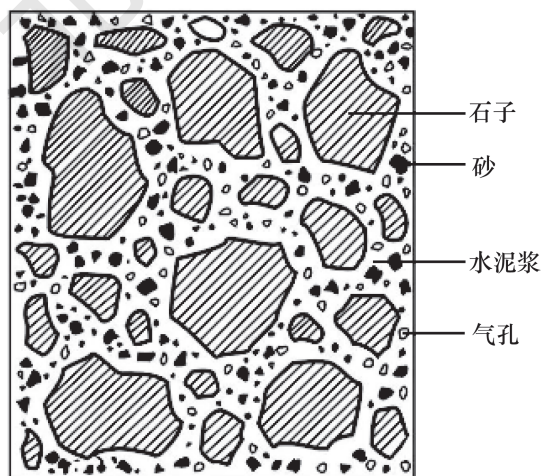


图 2-5 混凝土的结构

（一）水泥

配制混凝土一般可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥，必要时可采用快硬硅酸盐水泥或其他水泥。采用何种水泥，应根据混凝土工程特点和所处的环境条件来选择。

选用的水泥强度等级应与混凝土的设计强度等级相适应。原则上是配制高强度等级混凝土，选用高强度等级水泥；配制低强度等级混凝土，选用低强度等级水泥。用高强度等级水泥配制低强度等级混凝土，会使水泥用量偏少，影响和易性及密实度，所以必须这样做时应掺入一定数量的混合材料。用低强度等级水泥配制高强度等级混凝土，会使水泥用量过多，不经济，而且会影响混凝土其他性质。

（二）细骨料

粒径在 0.16~5.00 mm 之间的骨料称为细骨料（砂）。一般采用天然砂，它是岩石风化后所形成的大小不等、由不同矿物散粒组成的混合物，一般有河砂、海砂、山砂。普通混凝土用砂多为河砂，河砂是由岩石风化后经河水冲刷而成的，特征是颗粒光滑、无棱角。沿海地区的砂称为海砂，海砂中含有的氯盐对钢筋有锈蚀作用。山区所产的砂粒称为山砂，是由岩石风化而成的，特征是多棱角。

砂子的粗细颗粒要搭配合理，不同颗粒等级搭配称为级配。因此，混凝土用砂要符合理想的级配。砂子的粗细程度还可以用细度模数来表示，一般细度模数为 3.1~3.7 的称为粗砂，2.3~3.0 的称为中砂，1.6~2.2 的称为细砂，0.7~1.5 的称为特细砂。配制混凝土的细骨料要求清洁、不含杂质，以保证混凝土的质量。

砂子中的氯离子超标会对钢筋产生腐蚀作用，在一定年限之后钢筋逐渐锈蚀，进而导致混凝土开裂。没有钢筋支撑，素混凝土将导致建筑不能够承受拉力，承载力下降，从而造成安全隐患。因此《混凝土质量控制标准》（GB 50164—2011）规定：钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土用砂的氯离子含量分别不应大于 0.06% 和 0.02%。混凝土用海砂必须经过净化处理。混凝土用海砂氯离子含量不应大于 0.03%，海砂不得用于预应力钢筋混凝土。

（三）粗骨料

粒径大于 5 mm 的骨料称为粗骨料，通常为石子。石子又有碎石和卵石之分。由天然岩石或卵石经破碎、筛分而得的岩石颗粒称为碎石，由自然条件作用形成的岩石颗粒称为卵石。碎石的特征是多棱角，表面粗糙，与水泥黏结较好；而卵石则是无棱角，表面圆滑，与水泥黏结不太好，但流动性较好，对泵送混凝土较有利。在水泥和水的用量相同的情况下，用碎石拌制的混凝土强度较高，但流动性差；而用卵石拌制的混凝土流动性好，但强度较低。

石子中各种粒径分布的范围称为粒级。粒级又分为连续粒级和单粒级两种。混凝土用石应采用连续粒级。连续粒级可分为 5~10 mm、5~16 mm、5~20 mm、5~25 mm、5~31.5 mm、5~40 mm 六种规格。单粒级石子主要用于按比例组合成级配良好的骨料。要根据结构的薄厚及钢筋疏密的程度确定粗骨料的粒级。

（四）水

混凝土拌和用水要求洁净、不含有害杂质，凡是能饮用的自来水或清洁的天然水都能拌制混凝土。酸性水、含硫酸盐或氯化物以及遭受污染的水和海水都不宜拌和混凝土。

二、粗细骨料的质量要求

为了保证混凝土的质量，并且不耗用过多的水泥，对粗细骨料要有一定的质量要求。

（一）级配

为了保证混凝土的密实性，并尽量节约水泥，要求骨料的粗细颗粒比例适当，使骨料间的空隙最小，所有颗粒的总表面积并不太大，这就可以减少填充空隙和包裹颗粒所需要的水泥浆，以达到节约水泥的目的。

（二）含泥量

砂石中含泥土太多，将严重影响混凝土的强度和耐久性。含泥量对不同强度等级的混凝土的影响程度不同，对高强度等级混凝土的影响比对低强度等级混凝土大，故对高强度等级混凝土的骨料含泥量的控制应更严些，而对低强度等级混凝土的骨料含泥量的控制则可稍许放宽些。

（三）有害物质含量

骨料中的有害物质包括硫化物及硫酸盐、有机物、云母和轻物质等。骨料中含有这些有害物质，将对混凝土的凝结、硬化，耐久性，以及对钢筋等都有不良影响。因此，要控制骨料中的有害物质含量。

（四）粗骨料中针、片状颗粒含量

理想粗骨料长、宽、厚三个方向的尺寸应该比较相近，以保证混凝土的各项性能良好。粗骨料中针、片状颗粒本身容易折断，使混凝土拌合物的工作性能变坏，如果其含量过多，则影响混凝土的强度及水泥用量。

骨料中含泥量、有害物质含量和针、片状颗粒含量等的限量在有关标准中都有规定。

（五）粗骨料的强度

为了保证混凝土的强度，要求石子强度至少是混凝土强度的 2.5 倍。石子强度可以由原始石材切割成的立方体试件进行抗压试验。但这个方法比较麻烦，一般情况下用压碎指标来检验石子的强度。压碎指标是指将石子装入刚性的标准圆筒内，在规定压力下试压，被压碎颗粒所占的百分率越大，被压碎颗粒越多，表示石子强度越低。

三、普通混凝土的主要技术指标

混凝土在凝结硬化以前，称为混凝土拌合物。对于混凝土拌合物，要求具有良好的和易性，以方便施工，获得良好的浇灌质量。混凝土拌合物凝结硬化后，要求具有足够的强度，并具有必要的耐久性。

（一）混凝土拌合物的和易性

混凝土拌合物的和易性也称工作性，是指混凝土在搅拌、运输、浇灌、捣实等过程中易于工作，能保持质量均匀而不发生离析的性能。

混凝土拌合物的和易性是一项综合性能，包括流动性、黏聚性和保水性三个方面。流动性是指混凝土拌合物在本身自重或机械振捣作用下，能产生流动，并均匀密实地填满模板的性能；黏聚性是指混凝土拌合物在施工过程中，其组成材料之间有一定的黏聚力，不致产生分离和离析现象，使混凝土保持整体均匀的性能；保水性是指混凝土拌合物在施工过程中，具有一定的保水能力，不致产生严重的泌水现象（泌出的水会形成泌水通道，影响混凝土的密实，降低混凝土的强度、抗渗性和耐久性）的性能。

通常采用坍落度测定混凝土拌合物的流动性，同时目测拌合物的黏聚性和保水性。

坍落度试验是将混凝土拌合物按规定的方法装入标准的坍落筒（无底）内，装满并刮平后，将筒垂直向上提起，混凝土拌合物将在自身重力作用下产生坍落，坍落筒高与坍落后拌合物最高点之间的高差（mm），即为该混凝土拌合物的坍落度。坍落度数值越大，表示混凝土拌合物的流动性越大，如图 2-6 所示。

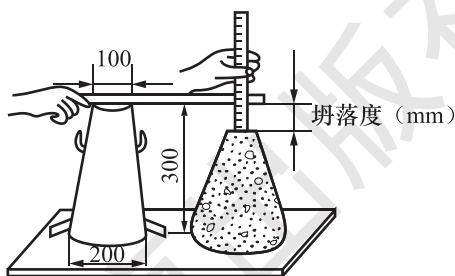


图 2-6 坍落度试验

测定坍落度的同时应观测混凝土拌合物的黏聚性和保水性。黏聚性的测定方法是：用捣棒在已坍落的混凝土锥体侧面轻轻敲打，若锥体均匀下沉，则表示混凝土拌合物的黏聚性较好；若锥体出现崩坍，则表示混凝土拌合物的黏聚性不好。保水性的测定方法是：当坍落筒提起后，通过看锥体周围析出水泥浆的多少来判定，析出水泥浆较少者，保水性好。

（二）影响和易性的因素

（1）水泥浆使混凝土拌合物产生流动性。在水胶比不变的前提下，单位体积混凝土拌合物内，水泥浆越多，拌合物的流动性越大。但水泥浆不宜过多，否则会产生流浆现象。水泥浆也不宜过少，否则不能填满骨料之间的空隙。因此，混凝土拌合物中的水泥浆用量应以满足拌合物的流动性为准。

（2）水泥浆的稠度由水胶比决定。水胶比越小，水泥浆越稠，混凝土拌合物的流动性越差，不利于混凝土浇筑。但水胶比太大，则会产生流浆等现象。因此，水胶比不能过大或过小。

（3）砂率是指混凝土中砂的质量占砂、石质量的百分比，表示混凝土中砂与石子的组合关系。砂率越大，混凝土中砂的比例越高。若砂率过大，则混凝土拌合物显得干

稠、流动性差；若砂率过小，则砂的体积不足以填充石子之间的空隙，混凝土拌合物的流动性也不好。所以，在配制混凝土时要合理选择砂率。

(4) 外加剂可改变混凝土的性能。加入少量的引气剂、减水剂等外加剂，可使混凝土拌合物获得较好的和易性。

(三) 混凝土的强度

混凝土拌合物经过凝结硬化，应达到规定的强度要求。混凝土的强度包括抗压强度、抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度等，其中抗压强度最大，故混凝土主要用来承受压力。

把混凝土制作成棱长为 150 mm 的立方体标准块，将其在标准条件下〔温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度在 95% 以上〕养护到 28 d 龄期，测得的具有 95% 保证率的强度值为混凝土立方体试件抗压强度，简称立方体抗压强度。因此，混凝土强度通常是指立方体抗压强度。

混凝土强度等级是按混凝土立方体抗压强度标准值来划分的。混凝土强度等级采用符号 C 与立方体抗压强度标准值（单位为 MPa）来表示，分为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80 十四个等级。混凝土强度等级是混凝土结构设计、施工质量控制和工程验收的重要依据。

影响混凝土抗压强度的因素很多，主要有组成材料的配合比、骨料的质量养护条件、龄期等。

混凝土的强度主要取决于水泥石的强度及水泥石与骨料间的黏结力，两者均随水泥强度和水胶比的变化而变化。水胶比较小，混凝土中所加水分除去与水泥化合反应所需之外，剩余水分较少，混凝土内部结构密实，孔隙少，强度较高；水胶比较大，则剩余水分较多，在混凝土中形成较多的孔隙，强度明显下降。

骨料本身的强度一般都比水泥石的强度高（轻骨料除外），所以骨料不直接影响混凝土的强度。但使用低强度的岩石，会使混凝土的强度降低。用碎石配制的混凝土比用卵石配制的混凝土强度高。

养护条件主要是指环境的温度和湿度。当环境温度较高时，混凝土强度发展较快；当温度低于 0°C 时，混凝土强度不发展。当环境湿度较小时，混凝土会因环境干燥而失水，其强度不继续发展，通常应确保环境湿度大于 80%。所以，为保证混凝土强度，周围环境需保持尽量高一点儿的温度和必要的湿度。

混凝土在正常养护条件下，强度随着龄期的增加而增长。在最初的 7~14 d 内，强度增长较快；28 d 以后，强度增长缓慢，增长过程可延续数十年。

(四) 混凝土的耐久性

混凝土的耐久性是指混凝土抵抗环境介质作用并长期保持其良好的使用性能和外观完整性的能力。它主要包括抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性、碳化、碱骨料反应、干缩等性能。

(1) 抗渗性 抗渗性是指混凝土抵抗在压力作用下水、油等液体渗透的性能。混凝土的抗渗性直接影响其抗冻性和抗侵蚀性，是耐久性中重要的指标之一。

(2) 抗冻性 抗冻性是指水泥混凝土抵抗冻融循环的能力。在冰冻作用下,混凝土内部孔隙中的水结冰造成体积膨胀,导致混凝土产生裂缝,而反复冻融使裂缝不断扩展,从而使混凝土强度下降,直到混凝土局部或整体破碎。

(3) 抗侵蚀性 混凝土发生的侵蚀,主要是由水泥石在外界侵蚀介质作用下受到破坏而引起的,与所选用的水泥品种及混凝土本身的密实度有关。

(4) 碳化 碳化是指环境中的二氧化碳与水泥石中的氢氧化钙发生化学反应,生成碳酸钙和水,从而降低混凝土碱度的现象。碳化使混凝土的硬度降低,减弱了混凝土对钢筋的防锈保护作用。碳化还会引起混凝土体积收缩,产生细微裂缝,从而使混凝土强度降低。

(5) 碱骨料反应 碱骨料反应是指硬化混凝土中所含的碱与骨料中的活性成分发生反应,生成具有吸水膨胀性的产物。其在有水的条件下吸水膨胀,导致混凝土开裂。

(6) 干缩 干缩是混凝土因毛细孔和凝胶体中水分蒸发与散发而引起体积缩小,当干缩受到限制时,混凝土会出现干缩裂缝,从而影响耐久性。

四、特种混凝土

(一) 轻骨料混凝土

轻骨料混凝土又称轻集料混凝土,是指粗骨料选用轻骨料,细骨料选用轻骨料或普通砂,表观密度不大于 1950 kg/m^3 的混凝土。

轻骨料一般指堆积密度不大于 1000 kg/m^3 的粗骨料(如多孔的人造陶粒、工业废渣、天然浮石等),以及粒径不大于 5 mm 且堆积密度不超过 1100 kg/m^3 的轻砂。大部分轻骨料具有微小的气孔,表观密度小,所拌制的混凝土自重小。

与普通混凝土相比,轻骨料混凝土孔隙率高,表观密度小,吸水率大,强度低。它可用于房屋围护结构或承重构件,同时具有轻质、保温、隔热等性能。

(二) 多孔混凝土

多孔混凝土是一种不用骨料的轻混凝土。其内部充满大量细小封闭的气孔,孔隙率极大,可达混凝土总体积的 85% ,表观密度一般在 $300 \sim 1200 \text{ kg/m}^3$,导热率较小,具有良好的保温隔热性能,可制作屋面板、内外墙板、砌块和保温制品,用于工业与民用建筑和管道的保温。多孔混凝土可分为加气混凝土和泡沫混凝土。

(三) 大孔混凝土

大孔混凝土是由粗骨料、水泥、水,不用细骨料或只用很少细骨料拌制而成的具有大量较大孔径的轻混凝土。它具有导热性低、透水性好等特点,可用作绝热材料和滤水材料,在水工建筑中常用来作为排水暗管、井壁滤管等的混凝土。

(四) 防水混凝土

把具有良好抗渗性并达到防水要求的混凝土称为防水混凝土。通常可以用适当增加水泥用量、改善骨料颗粒级配、掺加适当外加剂等方法使混凝土均匀密实,减少甚至封闭混凝土内部的毛细管通路,以得到具有较高的抗渗、防水性能的混凝土。

富水泥浆防水混凝土一般采用较小的水胶比、较高的水泥用量（不低于 300 kg/m^3 ）、合理的砂率配制而成。富水泥浆防水混凝土适用于环境潮湿的地下结构的防水工程。

骨料级配防水混凝土严格控制砂、石级配及其混合比例，使骨料之间的空隙被充分填充，混凝土获得最大的密实度，从而提高抗渗性能、达到防水效果。

外加剂防水混凝土在混凝土中掺入外加剂来改善其内部结构，从而提高其抗渗性。常用的外加剂有密实剂、复合外加剂等。

（五）纤维混凝土

纤维混凝土是在普通混凝土中掺加各种纤维而制成的，如钢纤维、碳纤维、尼龙、聚丙烯等。纤维的作用是提高混凝土的抗拉强度，降低脆性，提高抗裂性。在纤维混凝土中，纤维的含量和特性对其性能有很大影响。纤维混凝土主要应用于路面、桥面、机场跑道等工程中。

北京出版社

学习任务 6 | 钢材

■ 任务目标

1. 掌握钢材的分类和主要性能。
2. 熟悉土木工程建设中常用建筑钢材的特性和应用。

知识链接

工程领域中，钢材是指用于钢结构的各种型钢（如圆钢、角钢、工字钢等）、钢板、钢管和用于钢筋混凝土的各种钢筋、钢丝等。钢材强度高，有一定的塑性和韧性，有承受冲击和振动载荷的能力，可以焊接和铆接，便于装配。因此，在工程中大量使用钢材，将其作为结构材料。建筑钢材可分为钢结构用钢、钢筋混凝土结构用钢和建筑装饰用钢制品。

一、钢材的分类

钢材按化学成分可分为以下几个类别。

（一）碳素钢

铁和碳的合金。其中除铁和碳之外，含有硅、锰、磷、硫等元素。按含碳量（质量分数）不同可分为低碳钢（ $C < 0.25\%$ ）、中碳钢（ $0.25\% < C < 0.60\%$ ）和高碳钢（ $C > 0.60\%$ ）三类。碳含量小于 0.04% 的钢称工业纯铁。

（二）普通低合金钢

在低碳普碳钢的基础上加入少量合金元素（如硅、钙、钛、铌、硼和稀土元素等，其总量不超过 3%）而获得的较好综合性能的钢种。

（三）合金钢

含有一种或多种适量合金元素的钢种，具有良好性能或特殊性能。按合金元素总含量不同，可分为低合金钢（合金总量 $< 5\%$ ）、中合金钢（合金总量为 $5\% \sim 10\%$ ）和高合金钢（合金总量 $> 10\%$ ）三类。

二、钢材的主要性能

(一) 抗拉性能

抗拉性能是钢材的重要性能之一。由拉力试验测定的屈服点、抗拉强度和伸长率是钢材抗拉性能的主要技术指标。钢材的抗拉性能可通过低碳钢受拉时的应力—应变曲线阐明，如图 2-7 所示。曲线可划分为弹性阶段 (OA)、弹塑性阶段 (AB)、塑性阶段 (BB') 和应变强化阶段 ($B'D$)，超过 D 点后试件产生颈缩和断裂。

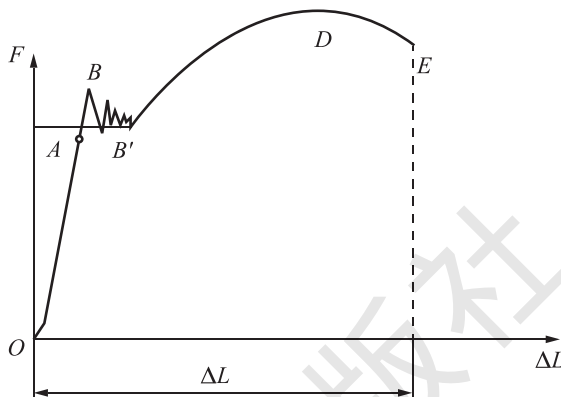


图 2-7 低碳钢受拉时的应力—应变曲线

(二) 冲击性能

冲击性能是指钢材抵抗冲击载荷的能力。冲击性能的指标是通过标准试件的弯曲冲击韧性试验确定的。以摆锤打击试件，于刻记处将其打断，试件单位面积上所消耗的功，即为钢材的冲击韧性值，用冲击韧性 a_k (J/mm^2) 表示。 a_k 值越大，冲击韧性越好。

钢的化学成分及冶炼、加工质量对冲击性能都有明显的影响。试验表明，冲击韧性随温度降低而下降，这种性质称为钢材的冷脆性。钢材脆性临界温度越低，其低温冲击性能越好。所以在低温下使用的结构，应当选用脆性临界温度比使用温度低的钢材。

(三) 疲劳性能

受交变荷载反复作用时，钢材在应力远低于其屈服强度的情况下突然发生脆性断裂破坏的现象，称为疲劳破坏。疲劳破坏是在低应力状态下突然发生的，所以危害极大，往往造成灾难性的事故。钢材的疲劳极限与其抗拉强度有关，一般抗拉强度高，其疲劳极限也较高。

(四) 冷弯性能

冷弯性能是指钢材在常温下承受弯曲变形的能力，是建筑钢材的重要工艺性能，对钢材弯曲和弯钩有影响。

钢材的冷弯性能指标，用试件在常温下所能承受的弯曲程度表示。弯曲程度是通过试件被弯曲的角度和弯芯直径与试件的厚度（或直径）的比值区分的。

冷弯试验是通过试件弯曲处的塑性变形实现的，如图 2-8 所示。它和伸长率一样，表明钢材在静荷下的塑性。但冷弯是钢材处于不利变形条件下的塑性，而伸长率则是反映钢材在均匀变形下的塑性。故冷弯试验是一种比较严格的检验，能揭示钢材是否存在内部组织不均匀、内应力和夹杂物等缺陷。

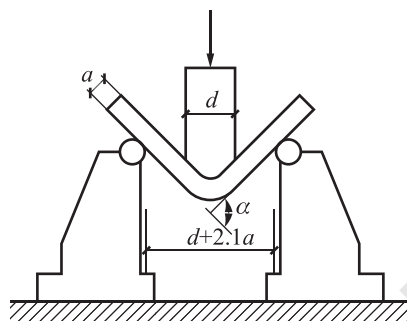


图 2-8 冷弯试验

a —冷弯试件的厚度； d —符合试验要求的弯芯直径； α —符合试验要求的试件弯曲角度

（五）焊接性能

焊接是钢结构的主要连接方式。在工业与民用建筑的钢结构中，焊接结构占 90% 以上。钢材的可焊性是指钢材是否适于用通常的方法与工艺进行焊接的性能。可焊性好的钢材易于用一般焊接方法和工艺施焊，焊口处不易形成裂纹、气孔、夹渣等缺陷，焊接后钢材的力学性能，特别是强度不低于原有钢材，硬脆倾向小。

三、常用建筑钢材

土木工程建设中常用的建筑钢材主要有钢筋混凝土结构用的钢筋、钢丝，钢结构用的型钢等。

（一）钢筋混凝土用的钢材

钢筋混凝土用的钢材主要是指钢筋和钢丝，其材质主要是由碳素结构钢和低合金结构钢轧制而成的。按生产工艺性能和用途的不同，它可分为下列各类。

1. 热轧钢筋

热轧钢筋是建筑工程中用量最大的钢材品种之一，主要用于钢筋混凝土结构和预应力钢筋混凝土结构的配筋。热轧钢筋按其轧制外形分为热轧光圆钢筋和热轧带肋钢筋，如图 2-9、图 2-10 所示，其中，光圆钢筋有直条钢筋和盘条钢筋。依据热轧钢筋的屈服强度、抗拉强度、伸长率及冷弯性能等技术指标分别划分为 Q215、Q235、R235、HRB335、HRB400 和 HRB500 等不同强度等级的钢筋。热轧钢筋的力学性能和工艺性能应符合《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》（GB 13013—1991）和《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》（GB 1499—1998）的规定。

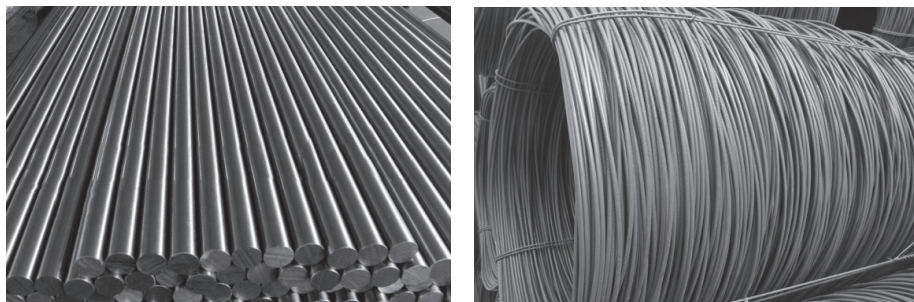


图 2-9 热轧光圆钢筋



图 2-10 热轧带肋钢筋

热轧带肋钢筋的强度较高，塑性及焊接性也较好，广泛用作大中型钢筋混凝土结构的受力钢筋以及预应力钢筋。

2. 冷拉钢筋

为了提高强度以节约钢筋，工程中常按施工规程对热轧钢筋进行冷拉处理。冷拉钢筋经时效处理后，钢筋的强度提高，但塑性、韧性降低。因此，冷拉钢筋不宜用于受冲击或重复荷载作用的结构。

3. 冷轧带肋钢筋

冷轧带肋钢筋采用热轧圆盘条经冷轧而成，表面带有沿长度方向均匀分布的二面或三面的月牙肋。冷轧带肋钢筋是采用冷加工方法强化的典型产品，冷轧后钢筋的强度明显提高，但塑性降低，屈强比变小。这类钢筋适用于中、小预应力混凝土结构构件和普通钢筋混凝土结构构件。

4. 预应力混凝土用热处理钢筋

热处理钢筋是由普通热轧中碳、低合金钢筋经淬火和回火调质处理后的钢筋，通常直径有 6 mm、8.2 mm、10 mm 3 种规格。预应力混凝土用热处理钢筋按外形分为有纵肋和无纵肋两种，但都有横肋。热处理钢筋不能用电焊切断，也不能焊接，以免引起强度下降或脆断，它适用于预应力混凝土结构。

5. 预应力混凝土用钢丝和钢绞线

预应力混凝土用钢丝是采用优质碳素钢或其他性能相应的钢种，经冷加工与时效处理或热处理而制成的高强度钢丝。若将 2 根、3 根或 7 根圆形断面的钢丝捻成一束，经过消除内应力的热处理后就制成了预应力混凝土用钢绞线。预应力钢丝、钢绞线等均属于冷加工强化及热处理钢材，其抗拉强度远远超过热轧钢筋和冷轧钢筋，并具有较好的柔韧性，应力松弛率低，它适用于大跨度、重负荷的预应力钢筋混凝土结构。

(二) 钢结构用的钢材

钢结构构件一般应直接选用各种型钢。型钢之间可直接连接或附加连接钢板进行连接，连接方式可铆接、焊接或螺栓连接。其钢材类型主要是型钢和钢板。

1. 热轧型钢

热轧型钢主要有角钢、工字钢、槽钢、钢管、T 字钢等，如图 2-11 所示。角钢有等边角钢和不等边角钢两种。

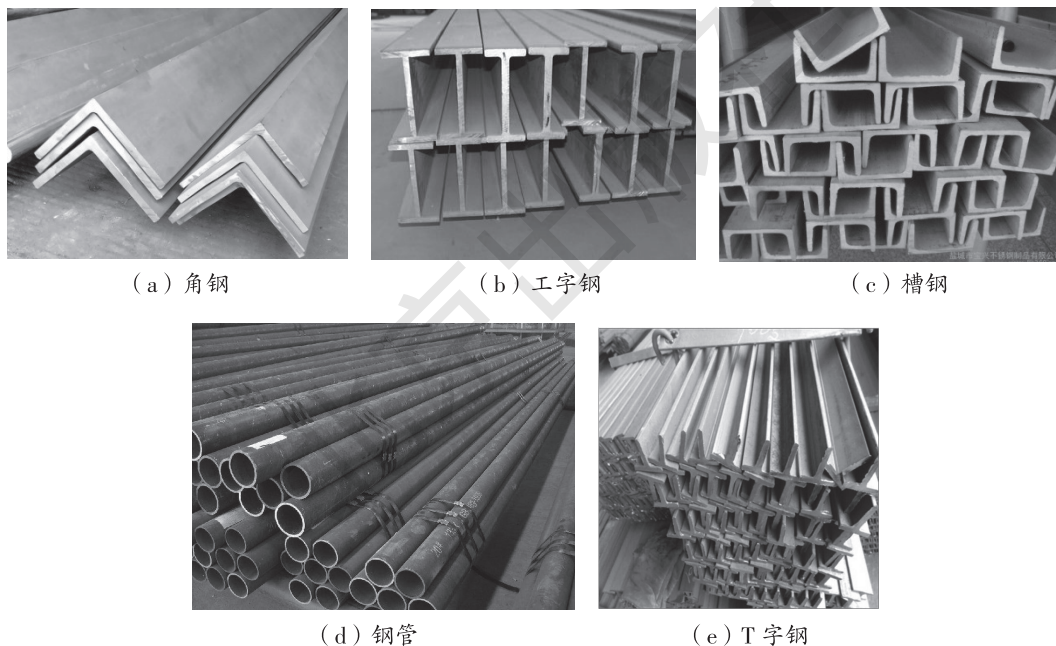


图 2-11 常用热轧型钢

2. 冷弯薄壁型钢

冷弯薄壁型钢通常用 2~6 mm 薄钢板冷弯或模压而成，有角钢、槽钢等开口薄壁型钢及方形、矩形等空心薄壁型钢。它可用于轻型钢结构。

3. 钢板和压型钢板

用光面轧辊轧制而成的扁平钢材称为钢板。按轧制温度不同，可分为冷轧和热轧两种；按厚度不同，热轧钢板可分为厚板（厚度大于 4 mm）和薄板（厚度为 0.35~0.4 mm）两种，冷轧钢板只有薄板（厚度 0.2~0.4 mm）。

薄钢板经冷压或冷轧成波形、双曲形、V形等形状，称为压型钢板，如图 2-12 所示。压型钢板具有轻质高强、抗震性能好、施工快、外形美观等优点。它主要用于楼板、屋面、围护结构等，用途十分广泛。

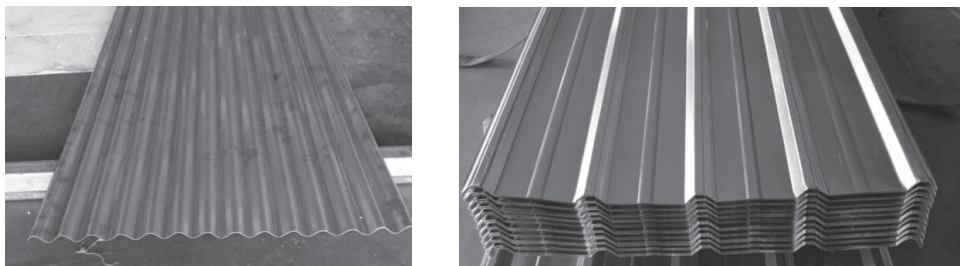


图 2-12 压型钢板

除此之外，建筑钢材还有钢管。钢管按截面形式的不同，分为圆钢管、方钢管和多边形钢管。钢管可采用无缝钢管和有缝钢管，主要用于桁架、塔桅等钢结构中，以及大跨度、高层、重载的钢管混凝土结构。

四、混凝土结构对钢筋性能的要求

1. 钢筋的强度

钢筋强度是指钢筋的屈服强度及极限强度。钢筋的屈服强度是设计计算时的主要依据（对无明显流幅的钢筋，取它的条件屈服点）。采用高强度钢筋可以节约钢材，取得较好的经济效果。改变钢材的化学成分，生产新的钢种可以提高钢筋的强度。另外，对钢筋进行冷加工也可以提高钢筋的屈服强度。使用冷拔和冷拉钢筋时应符合专门规程的规定。

2. 钢筋的塑性

要求钢材有一定的塑性是为了使钢筋在断裂前有足够的变形，在钢筋混凝土结构中，能给出构件将要破坏的预告信号，同时要保证钢筋冷弯的要求，通过试验检验钢材承受弯曲变形的能力以间接反映钢筋的塑性性能。钢筋的伸长率和冷弯性能是施工单位验收钢筋塑性是否合格的主要指标。

3. 钢筋的可焊性

可焊性是评定钢筋焊接后接头的性能指标。可焊性好，即要求在一定的工艺条件下，钢筋焊接后不产生裂纹及过大的变形。

4. 钢筋的耐火性

热轧钢筋的耐火性能最好，冷轧钢筋其次，预应力钢筋最差。结构设计时应注意混凝土保护层厚度满足对构件耐火极限的要求。

5. 钢筋与混凝土的黏结力

为了保证钢筋与混凝土共同工作，要求钢筋与混凝土之间必须有足够的黏结力。钢筋表面的形状是影响黏结力的重要因素。

学习任务 7 | 沥青

■ 任务目标

1. 熟悉石油沥青和改性石油沥青的组成和性质。
2. 了解沥青混合料的组成和性质。

知识链接

沥青是一种褐色或黑褐色的有机胶凝材料，在建筑、道路、桥梁等工程中有着广泛的应用，其主要用途是生产防水材料和铺筑沥青路面等。

沥青按产源可分为地沥青（天然地沥青和石油地沥青）和焦油沥青（煤沥青、木沥青和页岩沥青）两大类。

一、石油沥青

（一）石油沥青的基本组成

石油沥青是由石油经蒸馏、吹氧、调和等工艺加工得到的残留物，是石油中相对分子质量最大、组成及结构最为复杂的混合物。

石油沥青的组分：①油分，起到赋予沥青流动性的作用；②树脂（沥青脂胶），其中绝大部分属于中性树脂；③地沥青质（沥青质），是决定石油沥青温度敏感性、黏性的重要组成部分。

（二）石油沥青的胶体结构

石油沥青的结构是以地沥青质为核心，和油分、树脂共同形成胶体结构，胶体结构可分为溶胶型、凝胶型和溶凝胶型三种类型。大部分优质道路沥青均为溶凝胶型结构。

（三）石油沥青的主要性质

（1）防水性：石油沥青是憎水性材料，本身构造致密，所以石油沥青有良好的防水性，广泛用作建筑工程的防潮、防水材料。

（2）黏滞性：指在外力作用下沥青粒子产生相互位移抵抗变形的能力。它是沥青材料的重要性质。

（3）塑性：指沥青材料在外力作用下产生变形，去除外力后，仍保持变形后形状的性质。它是沥青性质的重要指标。

(4) 延性：指当其受到外力作用时，所能承受的最大塑性变形，是沥青的内聚力大小的衡量标志。

(5) 温度敏感性：指沥青的黏滞性和塑性随温度升降而变化的性能，是沥青性质的重要指标。

(6) 大气稳定性：指沥青在热、阳光、氧气和潮湿等因素长期综合作用下抵抗老化的性能。

(四) 石油沥青的技术要求

(1) 石油沥青的技术标准：在工程建设中常用的石油沥青可分为道路石油沥青、建筑石油沥青和普通石油沥青。

(2) 石油沥青的应用：道路石油沥青牌号较多，一般拌制成沥青混凝土、沥青拌合料或沥青砂浆等使用。建筑石油沥青黏性较大，耐热性较好，但塑性较小，主要用作制造油毡、油纸、防水涂料和沥青胶；用于屋面防水工程，应注意温度敏感性，防止过分软化而流淌。普通石油沥青含蜡较多，温度敏感性大，故在工程中不直接单独使用，只能与其他种类石油沥青掺配使用。

二、改性石油沥青

改性石油沥青是指在沥青中掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、磨细的橡胶粉或其他填料等外掺剂（改性剂），或采取对沥青轻度氧化加工等措施，使沥青的性能得以改善。工程上常用的沥青有以下几种。

(一) 矿物填料改性沥青

在沥青中加入一定数量的矿物填充料，可以提高沥青的黏性和耐热性，减小沥青的温度敏感性，主要用于生产沥青胶。

(二) 树脂改性沥青

用树脂改性石油沥青，可以改善沥青的耐寒性、耐热性、黏结性和不透气性。如氯丁橡胶改性沥青、丁基橡胶改性沥青、热塑性丁苯橡胶（SBS）改性沥青、再生橡胶改性沥青等。

三、沥青混合料

沥青混合料是指将石子、砂和矿粉经人工合理选择级配组成的矿质混合料与适量的沥青材料拌和所组成的混合物。

(一) 沥青混合料的组成

1. 沥青材料

不同型号的沥青材料，具有不同的技术指标，适用于不同等级、不同类型的路面。在选择沥青材料的时候，要考虑到气候条件、交通量、施工方法等情况。寒冷地区宜选用稠度较小、延度较大的沥青，以免冬季裂缝；较热地区选用稠度较大、软化点高的沥青，以免夏季泛油，发软。一般路面的上层宜用较稠的沥青，下层和联结层宜用较

稀的沥青。

2. 粗集料

粗集料包括碎石、破碎砾石、筛选砾石、钢渣、矿渣等，但高速公路和一级公路不得使用筛选砾石和矿渣。

沥青混合料的粗集料要求洁净、干燥、无风化、无杂质，并且具有足够的强度和耐磨性。一般选用高强、碱性的岩石轧制成接近于立方体、表面粗糙、具有棱角的颗粒。

沥青混合料对粗集料的级配不单独提出要求，只要求它与细集料、矿粉组成的矿质混合料能符合相应的沥青混合料的矿料级配范围。每种混合料按空隙率分为Ⅰ型（空隙率为3%~6%）和Ⅱ型（空隙率为6%~10%）两种。一种粗集料不能满足要求时，可用两种以上不同级配的粗集料掺合使用。

3. 细集料

沥青路面的细集料包括天然砂、机制砂、石屑。细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配。细集料同样应洁净，黏土含量不大于3%。

细集料应与沥青有很好的黏结能力。热拌沥青混合料的细集料宜采用优质的天然砂或机制砂。在缺砂地区，也可使用石屑，但用于高速公路、一级公路、城市快速路、主干路沥青混凝土面层及抗滑表层的石屑用量不宜超过砂的用量。

4. 矿粉

矿粉是由石灰岩或岩浆岩中的碱性岩石磨制而成的，也可以利用工业粉末、废料、粉煤灰等代替，但用量不宜超过矿料总量的2%。其中粉煤灰的用量不宜超过填料总量的50%，粉煤灰的烧失量应小于12%，与矿粉混合后的塑性指数应小于4%。矿粉应干燥、洁净，能自由地从矿粉仓流出。高速公路、一级公路的沥青面层不宜采用粉煤灰作为填料。拌和机的粉尘可作为矿粉的一部分回收使用，但每盘用量不得超过填料总量的25%，掺有粉尘填料矿粉的塑性指数不得大于4%。

沥青混合料配合比设计的主要任务是根据沥青混合料的技术要求，选择粗集料、细集料、矿粉和沥青材料，并确定各组成材料相互配合的最佳组成比例，使沥青混合料既满足技术要求，又符合经济原则。

（二）沥青混合料的技术性质

沥青是一种黏—弹塑性体材料，应用于道路时，因所处的环境、位置、荷载的特点，应有不同的技术要求。

1. 高温稳定性

沥青混合料的高温稳定性是指在高温条件下，沥青混合料承受多次重复荷载作用而不发生过大的累积塑性变形的能力。

2. 低温抗裂性

沥青混合料是黏—弹塑性体材料，其物理性质随温度变化很大。当温度较低时，沥青混合料表现为弹性性质，变形能力大大降低。在外部荷载产生的应力和温度下降引

起的材料收缩应力联合作用下，沥青路面可能发生断裂，产生低温裂缝。沥青混合料的低温开裂是由混合料的低温脆化、低温收缩和温度疲劳引起的。混合料的低温脆化一般用不同温度下的弯拉破坏试验来评定，低温收缩可采用低温收缩试验评定，而温度疲劳则可以用低频疲劳试验来评定。

3. 耐久性

沥青混合料的耐久性与组成材料的性质和配合比有密切关系。首先，在大气因素作用下，沥青组分会产生转化，油分减少，沥青质增加，使沥青的塑性逐渐减小，脆性增加，路面的使用品质下降；其次，从耐久性方面来考虑，混合料应有较高的密实度和较小的空隙率，但是空隙率过小，将影响沥青混合料的高温稳定性。因此，在我国的有关规定中，对空隙率和饱和度提出了要求。

4. 抗滑性

沥青路面的抗滑性与集料的表面结构、级配组成、沥青用量等因素有关。为保证抗滑性能，面层集料应选用质地坚硬具有棱角的碎石，通常采用玄武岩。采用适当增大集料粒径、减少沥青用量以及控制沥青的含蜡量等措施，均可提高路面的抗滑性。

5. 施工和易性

沥青混合料应具备良好的施工和易性，使混合料易于拌和、摊铺和碾压施工。影响施工和易性的因素很多，主要是混合料的级配和沥青的黏度大小及用量，其他因素如当地气温、拌合设备、施工机械条件等都有一定影响。

学习任务 8 | 功能材料

■ 任务目标

1. 掌握常用功能材料的概念。
2. 熟悉常用功能材料的特性和应用。

知识链接

一、防水材料

(一) 防水卷材



3 分钟了解防水涂料和防水验收

防水卷材主要用于建筑墙体、屋面，以及隧道、公路、垃圾填埋场等处，起到抵御外界雨水、地下水渗漏的一种可卷曲成卷状的柔性建材产品。其作为工程基础，与建筑物之间无渗漏连接，是整个工程防水的第一道屏障，对整个工程起着至关重要的作用。

将沥青类或高分子类防水材料浸渍在胎体上，制作成的防水材料产品，以卷材形式提供，称为防水卷材。根据主要组成材料不同，分为沥青防水卷材、高分子聚合物改性沥青防水卷材和高分子防水卷材。

1. 沥青防水卷材

沥青防水卷材是传统的防水卷材，成本低，但拉伸强度和延伸率低，温度稳定性差，高温易流淌，低温易脆裂，耐老化性较差，使用年限短，属于低档防水卷材。

2. 高分子聚合物改性沥青防水卷材

高分子聚合物改性沥青防水卷材是以玻纤毡、聚酯毡、黄麻布、聚乙烯膜，聚酯无纺布，金属箔或者两种复合材料为胎基，以掺量不少于 10% 的合成高分子聚合物改性沥青、氧化沥青为浸涂材料，以粉状、片状、粒状矿质材料合成高分子薄膜，金属膜为覆面材料制成的、可卷曲的片状类防水材料。

高分子聚合物改性沥青防水卷材一般可分为弹性体聚合物改性沥青防水卷材、塑性体聚合物改性沥青防水卷材等。

(1) 弹性体 (SBS) 聚合物改性沥青防水卷材

SBS 改性沥青防水卷材是以热塑性弹性体为改性剂，将石油沥青改性后作为浸涂涂盖材料，以玻纤毡或聚酯毡等增强材料为胎体，以塑料薄膜、矿物粒、片料等作为

防黏隔离层，经过选材、配料、共熔、浸渍、复合成型、卷曲、检验、分卷、包装等工序加工而制成的一种柔性中、高档可卷曲的片状防水材料，属弹性体沥青防水卷材中有代表性的品种。

其特点是综合性能强，具有良好的耐高温和低温以及耐老化性能，施工简便。

(2) 塑性体 (APP, 即无规聚丙烯) 聚合物改性沥青防水卷材

APP 改性沥青防水卷材属塑性体沥青防水卷材，以纤维毡或纤维物为胎体，浸涂 APP 改性沥青，上表面撒布矿物粒、片料或覆盖聚乙烯膜，下表面撒布细砂或者覆盖聚乙烯膜，经过一定的生产工艺而加工制成的一种中、高档改性沥青可卷曲片状防水材料。

其特点是分子结构稳定，老化期长，具有良好的耐热性，拉伸强度高，伸长率大，施工简便、无污染。

3. 高分子防水卷材

高分子防水卷材，亦称高聚物防水卷材，是以合成橡胶、合成树脂或者两者共混体系为基料，加入适量的各种助剂、填充料等，经过混炼、塑炼、压延或挤出成型、硫化、定型等加工工艺制成的片状可卷曲的防水材料。

高聚物防水卷材品种较多，一般基于原料组成及性能分为：橡胶类、树脂类和橡塑共混。常见的三元乙丙、聚氯乙烯、氯化聚乙烯、氯化聚乙稀—橡胶共混及三元丁橡胶防水卷材都属于高聚物防水卷材。

三元乙丙橡胶防水卷材以三元乙丙橡胶为主体制成，是目前耐老化性能最好的一种卷材，使用寿命可达 50 年。它的耐候性、耐臭氧性、耐热性和低温柔性超过氯丁与丁基橡胶，比塑料优越得多。它还具有质量轻、抗拉强度高、延伸率大和耐酸碱腐蚀等特点。它对煤焦油不敏感，但遇机油时将产生溶胀。

三元乙丙橡胶防水卷材的适用范围非常广，可用于屋面、厨房、卫生间等防水工程，也可用于桥梁、隧道、地下室、蓄水池、电站水库、排灌渠道和污水处理等需要防水的部位。

三元乙丙橡胶卷材防水性能很好，但工程造价较贵，目前我国属高档防水材料。从综合经济方面分析，其经济效益还是十分显著的。目前在美国、日本等国，其用量已占合成高分子防水卷材总量的 60%~70%。

(二) 防水涂料

防水涂料是指常温下为液体，涂覆后经干燥或固化形成连续的、能达到防水目的的弹性涂膜的柔性材料。

防水涂料按照使用部位可分为：屋面防水涂料、地下防水涂料和道桥防水涂料。也可按照成型类别分为：挥发型、反应型和反应挥发型防水涂料。一般按照主要成膜物质种类进行分类，可分为：丙烯酸类、聚氨酯类、有机硅类、高聚物改性沥青类和其他防水涂料。

防水涂料特别适用于各种复杂、不规则部位的防水，能形成无缝的完整防水膜。涂布的防水涂料既是防水层的主体，又是胶黏剂，因而施工质量容易保证，维修也较

简单。防水涂料广泛适用于屋面防水工程、地下室防水工程和地面防潮、地面防渗等。下面仅对聚氨酯防水涂料进行介绍。

聚氨酯防水涂料在常温下即能交联固化，形成具有柔韧性、富有弹性、耐水、抗裂的整体防水厚质涂层。

聚氨酯防水涂膜固化时无体积收缩，它具有优异的耐候、耐油、耐臭氧、不燃烧等特性。涂膜具有橡胶般的弹性，故延伸性好，抗拉强度及抗撕裂强度也较高。使用温度范围宽，为 $-30 \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。耐久性好，当涂膜厚为 $1.5 \sim 2.0\text{ mm}$ 时，耐用年限在 10 年以上。聚氨酯涂料对材料具有良好的附着力，因此与各种基材如混凝土、砖、岩石、木材、金属、玻璃及橡胶等均能黏结牢固，且施工操作较简便。

聚氨酯涂料是目前世界各国最常用的一种树脂基防水涂料，它可在任何复杂的基层表面施工，适用于各种基层的屋面、地下建筑、水池、浴室、卫生间等工程的防水。例如北京长城饭店的屋面防水，即采用了这种防水涂料，其防水效果很好。聚氨酯涂料施工时需首先进行基层表面处理，然后涂布底胶，待底胶固化后再行涂刷聚氨酯防水层，一般刷 2 遍，第二遍的涂刷方向应与第一遍垂直，以确保防水施工质量。最后可在第二遍涂层尚未固化前，撒上少量干净石碴，以对防水层起保护作用。也可在施工第二遍刷涂料时，随刷随贴一层玻璃布，以增强防水效果。

二、绝热材料

绝热材料是指能阻滞热流传递的材料，又称热绝缘材料。传统绝热材料如玻璃纤维、石棉、岩棉、硅酸盐等，新型绝热材料如气凝胶毡、真空板等，它们用于建筑围护或者热工设备、阻抗热流传递的材料或者材料复合体，既包括保温材料，也包括保冷材料。绝热材料一方面满足了建筑空间或热工设备的热环境，另一方面也节约了能源。

（一）分类

绝热材料的分类方法一般有两种。

按化学成分可以分为有机绝热材料和无机绝热材料两类。有机绝热材料的保温隔热性能优良，但吸湿性较大，耐久性较差，不耐高温，常用品种有木丝板、纤维板、软木制品和泡沫塑料等。无机绝热材料的保温隔热性能一般不如有机绝热材料，但耐久性好，不燃烧，耐热性能较好，常用品种有石棉、岩棉、矿渣棉、玻璃棉、膨胀蛭石、膨胀珍珠岩、加气混凝土和微孔硅酸钙等。

按组织结构可以分为多孔结构材料（如加气混凝土、泡沫塑料等），松散的粒状、片状、粉末状结构材料（如硅藻土、轻集料等），纤维聚集结构材料（如矿物棉、有机纤维制品等）和致密结构材料（如铝箔、热反射玻璃等）。建筑工程中常用的绝热材料有硅酸盐绝热材料、矿物棉绝热材料、有机绝热材料和复合绝热材料四类。

（二）绝热原理

多孔、松散多层和纤维状绝热材料阻抗热流的作用，一是依靠材料表面的反射来阻抗辐射热，二是依靠材料的孔隙或夹层中被密闭空气的低导热率来阻减热流的传导。

(三) 影响绝热材料作用发挥的因素

影响绝热材料作用发挥的因素有以下几点。

(1) 表观密度 表观密度越小, 孔隙率越大, 绝热性能越好。但是当孔隙率达到一定限值, 孔隙中的空气对流换热作用增强的影响超过了固体物质减少而使导热系数下降的影响时, 绝热性能反而下降。

(2) 湿度 由于水的导热系数为密闭空气导热系数的 20 倍, 冰的导热系数为水的 4 倍, 因此绝热材料受潮或结冰将使其绝热性能大幅度降低。

(3) 热流方向 对于纤维结构绝热材料(如松木), 当热流方向平行于纤维方向时, 其绝热作用较小, 而在垂直于纤维方向时其绝热作用则成倍增大。

(4) 温度 当温度升高时, 由于固体分子热运动增强, 材料孔隙中空气的导热作用和孔壁间的辐射作用增加, 而使材料的绝热性能下降。

三、吸声隔声材料

随着现代城市的发展, 噪声已成为一种严重的环境污染。随着生活水平的提高, 人们对建筑物的声环境问题越来越关注和重视。选用适当的材料对建筑物进行吸声和隔声处理, 是建筑物噪声控制过程中最常用、最基本的技术措施之一。

材料吸声和材料隔声的区别在于: 材料的吸声着眼于声源一侧反射声能的大小, 目标是反射声能要小; 材料隔声着眼于入射声源另一侧的透射声能的大小, 目标是透射声能要小。吸声材料对入射声能的衰减吸收, 一般只有十分之几。因此, 其吸声能力即吸声系数可以用小数表示; 而隔声材料可使透射声能衰减到入射声能的 $3/10 \sim 2/5$ 或更小, 为方便表达, 其隔声量用分贝的计量方法来表示。

吸声材料的基本特征是多孔、疏松、透气。对于多孔材料, 由于声波能进入材料内相互连通的孔隙中, 受到空气分子的摩擦阻滞, 所以多孔材料能将声能转变为热能。对于纤维材料, 由于声波引起细小纤维的机械振动, 所以纤维材料能将声能转变为热能, 从而把声能吸收。而对于隔声材料, 一般来说, 其材料面密度越大越好, 尤其是单层匀质的构件, 其隔声量的高低完全由其面密度的大小所决定。常用的吸声材料和隔声材料如表 2-6 所示。

表 2-6 吸声材料和隔声材料的分类

分类		种类和特点
吸声材料	无机材料	水泥蛭石板、石膏砂浆(掺水泥玻纤)、水泥膨胀珍珠岩板、水泥砂浆等
	有机材料	软木板、木丝板、穿孔五夹板、三夹板、木质纤维板等
	多孔材料	泡沫玻璃、脲醛泡沫塑料、泡沫水泥、吸声蜂窝板、泡沫塑料等
	纤维材料	矿渣棉、玻璃棉、酚醛玻璃纤维板、工业毛毡等
隔声材料	隔绝空气声材料	主要服从质量定律, 即材料的容积密度越大, 质量越大, 隔声性越好, 因此应选用密实的材料作为隔声材料, 如砖、混凝土、钢板等
	隔绝固体声材料	最有效的措施是采用不连续的结构处理, 即在墙壁和承重梁之间、房屋的框架和墙板之间加弹性衬垫, 如毛毡、软木、橡胶等材料或在楼板上加弹性地毯

职业技能知识点考核

1. 简述土木工程材料的分类，并举例说明。
2. 影响木材强度的因素有哪些？
3. 天然石材的抗冻性主要和哪些因素有关？
4. 气硬性胶凝材料和水硬性胶凝材料有什么区别？
5. 普通硅酸盐水泥具有哪些特性和适用范围？
6. 混凝土的组成材料有哪些？各起什么作用？
7. 什么是混凝土拌合物的和易性？
8. 冷轧带肋钢筋具有什么特性？
9. 石油沥青的主要性质有哪些？
10. 影响绝热材料的因素有哪些？
11. 吸声材料的基本特征是什么？

北京出版社