



水利造价信息网

2021

全国一级造价工程师职业资格考试
《建设工程技术与计量》

— (水利工程) 考点精讲

主讲老师：吕桂军



水利造价信息网

第二章 建筑材料



第一节 建筑材料的分类



第一节 建筑材料的分类

1. 建筑材料按化学成分来分类，见表2-1-10

表2-1-1 建筑材料的分类

无 机 材 料	金属材料	黑色金属 ✓	钢、铁及其合金
		有色金属 ✓	铝、铜
	非金属材料	天然石材	矿石料及石材制品等
		烧土制品	砖、瓦、玻璃等
		胶凝材料	石灰、石膏、水泥等
有机 材 料	植物材料 ✓	木材、竹材等	
	沥青材料 ✓	石油沥青、煤沥青及沥青制品	
	高分子材料 ✓	塑料、合成橡胶	
复合 材 料	非金属材料与非金属材料复合	水泥混凝土、砂浆等	
	无机非金属材料与有机材料复合	玻璃纤维增强塑料、沥青混凝土等	
	金属材料与无机非金属材料复合	钢纤维增强混凝土等	
	金属材料与有机材料复合	轻质金属夹芯板等	



【例-多选题】建筑材料按材料的化学成分可分为()。

- A.无机材料
- B.有机材料
- C.金属材料
- D.高分子材料
- E.复合材料

【答案】ABE



2. 建筑材料是指用于建造建筑物和构筑物的所有材料，是原材料、半成品和成品的总称。工程中用于材料的费用占工程投资的比例大多高于60%。根据材料所占的投资比重，水利工程中一般把建筑材料分为主要材料和次要材料。

(1) 主要材料：水泥、混凝土、钢材、木材、火工材料、油料（汽油、柴油）、砂石料、土工合成材料、粉煤灰等相对用量较多、影响投资较大的材料。

(2) 次要材料：电焊条、铁件、氧气、卡扣件、铁钉等相对用量较少、影响投资较小的材料。

【例-多选题】以下()属于主要材料。

- A.砂石料
- B.水泥
- C.石灰
- D.铁件
- E.电焊条

【答案】AB

【解析】主要材料包括水泥、混凝土、钢材、木材、火工材料、油料(汽油、柴油)、砂石料、土工合成材料、粉煤灰等相对用量较多、影响投资较大的材料。次要材料：电焊条、铁件、氧气、卡扣件、铁钉等相对用量较少、影响投资较小的材料。



水利造价信息网

第二节 建筑材料的性能及应用



第二节 建筑材料的性能及应用

一、水泥

1. 水泥是水硬性胶凝材料，加水拌和后会发生一系列化学反应，经一定时间成为坚硬而结实的胶结料。水泥除能在空气中硬化和保持强度外，还能在水中继续硬化，并长期保持和继续提高其强度。

水泥种类繁多，按其主要矿物组成可分为硅酸盐类水泥、铝酸盐类水泥、硫铝酸盐类水泥等，其中以硅酸盐类水泥应用最为广泛，工程中常用的有硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥等，常称为五大品种水泥。还有一些为满足特殊要求的硅酸盐类水泥，如低热水泥、快硬硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥等。



【例-单选题】工程中目前应用最广泛的水泥类型()。

- A.矿渣水泥
- B.硅酸盐水泥
- C.铝酸盐水泥
- D.铁铝酸盐水泥

【答案】B

【解析】水泥种类繁多，按其主要矿物组成可分为硅酸盐类水泥、铝酸盐类水泥、硫铝酸盐类水泥等，其中以硅酸盐类水泥应用最为广泛。



(一) 硅酸盐水泥

1. 细度。细度是指硅酸盐水泥及普通水泥颗粒的粗细程度，用比表面积法表示。水泥的细度直接影响水泥的活性和强度。颗粒越细，与水反应的表面积越大，水化速度越快，早期强度越高，但硬化收缩较大，且粉磨时能耗大，成本高。颗粒过粗，又不利于水泥活性的发挥，强度也低。现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175-2007)规定，硅酸盐水泥比表面积应大于300m²/kg。

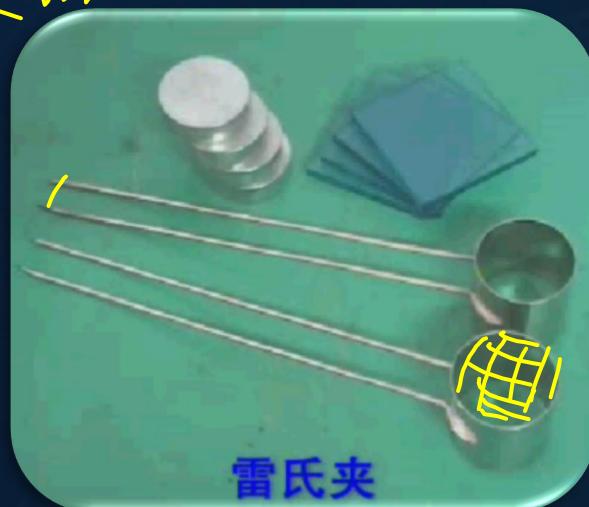


2. 凝结时间。凝结时间分为初凝时间和终凝时间。现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175-2007)规定，硅酸盐水泥初凝时间不得早于45min，终凝时间不得迟于6.5h；普通硅酸盐水泥初凝时间不得早于45min，终凝时间不得迟于10h。

水泥初凝时间不合要求，该水泥报废；终凝时间不合要求，视为不合格。



3. 安定性。水泥在硬化过程中，体积变化是否均匀，简称安定性。水泥安定性不良会导致构件(制品)产生膨胀性裂纹或翘曲变形，造成质量事故。引起安定性不良的主要原因是熟料中游离氧化钙、游离氧化镁或石膏含量过多。安定性不合格的水泥不得用于水利工程。





【例-单选题】硅酸盐水泥的初凝时间不得早于()。

- A.45min
- B.90min
- C.180min
- D.390min

【答案】A

【解析】 硅酸盐水泥的初凝时间不得早于45min,终凝时间不得迟于6.5h;普通硅酸盐水泥初凝时间不得早于45min,终凝时间不得迟于10h。



【例-单选题】普通硅酸盐水泥终凝时间不得迟于（ ）。

- A.4.5h
- B.5.5h
- C.6.5h
- D.10h

【答案】D



4.强度等级。水泥强度是指胶砂的强度而不是净浆的强度，它是评定水泥强度等级的依据。根据现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671-1999)的规定，将水泥、标准砂和水按照(质量比)水泥：标准砂=1:3、水灰比为0.5的规定制成胶砂试件，在标准温度(20±1)°C的水中养护，测3d和28d的试件抗折强度和抗压强度，以规定龄期的抗压强度和抗折强度划分强度等级。分为42.5、42.5R、52.5、52.5R、62.5和62.5R六个等级，有代号R的为早强型水泥。



5.水化热。水泥的水化热是水化过程中放出的热量。水泥的水化热主要在早期释放，后期逐渐减少。对大型基础、水坝、桥墩等大体积混凝土工程，由于水化热产生的热量积聚在内部不易发散，将会使混凝土内外产生较大的温度差，所引起的温度应力使混凝土可能产生裂缝，因此水化热对大体积混凝土工程是不利的。



【例-单选题】水泥强度等级42.5R中的“R”代表该水泥为()。

- A.早强型
- B.低热型
- C.快凝型
- D.快硬型

【答案】A



【例-多选题】硅酸盐水泥的技术性质指标有（ ）。

- A.细度
- B.黏聚性
- C.安定性
- D.强度等级
- E.保水性

【答案】ACD



(二)混合材料水泥

1.混合材料

在生产水泥时，为改善水泥性能，调节水泥强度等级，而加到水泥中的人工或天然矿物材料，称为水泥混合材料。按其性能分为活性(水硬性)混合材料和非活性(填充性)混合材料两类。

凡本身不具有水硬性或水硬性很弱的混合材料，在石灰、石膏的作用下具有较强的水硬性，这种混合材料称为活性混合材料。活性混合材料有粒化高炉矿渣、火山灰质混合材料和粉煤灰、硅粉等。



非活性混合材料是指与水泥成分中的氢氧化钙不发生化学作用或很少掺加水泥化学反应的天然或人工的矿物质材料，如石英砂、石灰石 废渣，活性指标低于相应国家标准要求的粒化高炉矿渣、粉煤灰、火山灰质混合材料。掺入硅酸盐水泥中，主要起调节水泥强度、改善和易性及水泥的耐磨性(如加入磨细的石英砂粉)等。



二、建筑钢材

1. 水利工程常用的建筑钢材主要由碳素结构钢、优质碳素结构钢、普通低合金钢等加工而成。碳素结构钢按其力学性能和化学成分含量可分为Q195、Q215、Q235、Q275四个牌号，从Q195 ~ Q275，钢号越大，钢中含碳量越多，其强度、硬度也就越高，但塑性和韧性降低。



Q195、Q215号钢塑性高，易于冷弯和焊接，但强度较低，故多用于受荷较小及焊接构件中，以及制造铆钉和地脚螺栓等。

 Q235号钢有较高的强度和良好的塑性、韧性，易于焊接，且在焊接及气割后机械性能仍稳定，有利于冷热加工，故广泛地用于建筑结构中，作为钢结构的屋架、闸门、管道和桥梁及钢筋混凝土结构中的钢筋等，是目前应用最广的钢种。 ✓

Q275号钢的屈服强度较高，但塑性、韧性和可焊性较差，可用于钢筋混凝土结构中配筋及钢结构构件和制造螺栓。



【例-单选题】碳素结构钢()具有较高的强度和良好的塑性、韧性，广泛用于建筑结构中。

- A.Q195
- B.Q215
- C.Q235 ✓
- D.Q275

【答案】C



2. 碳素结构钢牌号的表示方法: 钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。其表示方法见表2-2-6。

表 2-2-6 钢牌号表示方法

名称	采用汉字及其汉语拼音		符号
	汉字	汉语拼音	
屈服点	屈	Q	
质量等级			A, B, C, D
沸腾钢	沸	F	
半镇静钢	半	b	
镇静钢	镇	Z	
特种镇静钢	特镇	TZ	

注:在钢牌号组成的表示方法中,“Z”与“TZ”代号可以省略。

例如: Q235-B.F, 表示屈服强度为235 MPa, 质量等级为B级的沸腾钢。

Q235-B.F ✓



【例-单选题】碳素钢牌号Q235, Q代表()。

A.抗拉强度

B.屈服强度

C.质量等级

D.含碳量

【答案】B

【解析】Q235-B.F，表示屈服强度为235MPa,质量等级为B级的沸腾钢。



(二)优质碳素结构钢

优质碳素结构钢，简称优质碳素钢。这类钢主要是镇静钢，与碳素结构钢相比，质量好，磷硫含量限制较严，一般均不得大于0.04%。优质碳素钢按含碳量划分钢号，并按锰含量不同分为普通含锰量钢(含锰量小于0.80%)、较高含锰量钢(含锰量小于1.2%)和高级优质碳素钢。较高含锰量的钢具有较好的淬透性以及较高的强度和硬度。



优质碳素结构钢的钢号(牌号)以两位数字表示，数字代表平均含碳量的万分数的近似值，如45—称为45号钢，表示平均含碳量为万分之四十五(即0.45%)，较高含锰量钢则在钢号后面加“锰”或“Mn”字。普通含锰量钢又分为镇静钢和沸腾钢两种，沸腾钢在牌号后面加注“沸”或“F”，以示区别，高级优质碳素钢在钢号尾部加“A”表示。



(三)普通低合金钢

1.普通低合金钢(简称普低钢)是在碳素钢的基础上加入少量合金元素(不超过5%)的钢。在满足塑性、韧性及工艺性能(主要指可焊性等)要求的条件下使钢具有更高的强度和耐腐蚀、耐磨损等优良性能。由于合金元素的强化作用,普通低合金钢的屈服强度比碳素结构钢高25% ~ 150%,由于强度大大提高,用普通低合金钢取代碳素钢可大量节约钢材,减轻结构质量,并保证产品使用可靠、耐久。



2.按化学成分分类

①碳素钢。碳素钢含碳量为 $0.02\% \sim 2.06\%$ ，按含碳量又可分为低碳钢 ($C < 0.25\%$)、中碳钢 ($0.25\% \leq C \leq 0.6\%$)、高碳钢 ($C > 0.6\%$)。在建筑工程中，主要用的是低碳钢和中碳钢。

②合金钢。合金钢可以分为低合金钢 (合金元素总量小于5%)、中合金钢 (合金元素总量为 $5\% \sim 10\%$)、高合金钢 (合金元素总量大于10%)。建筑上常用低合金钢。



【例-单选题】含碳量为0.5%的钢筋属于（C）。

A.高碳钢

B.中碳钢 ✓

0.25 ~ 0.6

C.低碳钢

D.微碳钢

【答案】B

【解析】碳素钢含碳量为0.02% ~ 2.06%，按含碳量又可分为低碳钢 ($C < 0.25\%$) 、中碳 ($0.25\% \leq C \leq 0.6\%$) 、高碳钢 ($C > 0.6\%$)。在建筑工程中，主要用的是低碳钢和中碳钢。



(四)常用的建筑钢材

1. 钢筋混凝土结构用钢

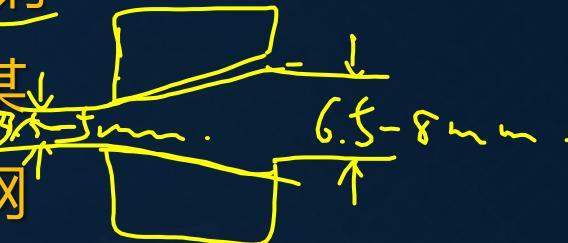
(1) 热轧钢筋

热轧光圆钢筋为HPB300一种牌号，普通热轧钢筋分HRB400、HRB500、HRB600、HRB400E、HRB500E五种牌号，细晶粒热轧钢筋分HRBF400、HRBF500、HRBF400E、HRBF500E四种牌号。强度值和伸长率均为要求的最小值。随钢筋级别的提高，其屈服强度和极限强度逐渐增加，而其塑性则逐渐下降。综合钢筋的强度、塑性、工艺性和经济性等因素，非预应力钢筋混凝土可选HPB300、HRB400钢筋，而预应力钢筋混凝土则宜选用HRB600、HRB500钢筋和HRB400钢筋。



(2) 冷加工钢筋

冷加工钢筋是在常温下对热轧钢筋进行机械加工(冷拉、冷拔、冷轧、冷扭、冲压等)而成。常见的品种有冷拉热轧钢筋(常温下将热轧钢筋拉伸至超过屈服点小于抗拉强度的某
一应力，然后卸荷，即制成了冷拉热轧钢筋)、冷轧带肋钢筋(用低碳钢热轧盘圆条直接冷轧或经冷拔后再冷轧，形成三面或两面横肋的钢筋)和冷拔低碳钢丝(将直径6.5~8.0mm的Q235或Q215盘圆条通过小直径的拔丝孔逐步拉拔而成，直径3~5mm。由于经多次拔制，其屈服强度可提高40%~60%，同时失去了低碳钢的良好塑性，变得硬脆)。





(3) 热处理钢筋

热处理钢筋是钢厂将热轧的带肋钢筋(中碳低合金钢)经淬火和高温回火调质处理而成的，即以热处理状态交货，成盘供应，每盘长约200m。热处理钢筋强度高，用材省，锚固性好，预应力稳定，主要用作预应力钢筋混凝土轨枕，也可以用于预应力混凝土板、吊车梁等构件。

(4) 预应力混凝土用钢丝

预应力混凝土用钢丝是用优质碳素结构钢经冷加工及时效处理或热处理等工艺过程制得，具有很高的强度，安全可靠，且便于施工。



(5) 预应力混凝土钢绞线

钢绞线是将若干根碳素钢丝，经绞捻及消除内应力的热处理后制成。

2.钢结构用钢

钢结构用钢主要是热轧成型的钢板和型钢等。薄壁轻型钢结构中主要采用薄壁型钢、圆钢和小角钢。钢材所用的母材主要是普通碳素结构钢及低合金高强度结构钢。钢结构常用的热轧型钢有:I型钢、H型钢、T型钢、槽钢、等边角钢、不等边角钢等。型钢是钢结构中采用的主要钢材。

(五)钢材的性能

钢材的主要性能包括力学性能和工艺性能。其中力学性能是钢材最重要的使用性能，包括抗拉性能、冲击性能、硬度、疲劳性能等。工艺性能表示钢材在各种加工过程中的行为，包括冷弯性能和焊接性能等。

1.抗拉性能。抗拉性能是钢材的最主要性能，表征其性能的技术指标主要是屈服强度、抗拉强度和伸长率。

2.冲击性能。冲击性能指钢材抵抗冲击荷载的能力。其指标是通过标准试件的弯曲冲击韧性试验确定的。

3.硬度。钢材的硬度是指表面层局部体积抵抗较硬物体压入产生塑性变形的能力，表征值常用布氏硬度值HB表示。



4.耐疲劳性。在交变荷载反复作用下，钢材往往在应力远小于抗拉强度时发生断裂，这种现象称为钢材的疲劳破坏。

5.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，是钢材的重要工艺性能。冷弯试验是一种比较严格的试验，对钢材的焊接质量也是一种严格的检验，能揭示焊件在受弯表面存在的未熔合、裂纹和夹杂物等问题。



6. 焊接性能。钢材的可焊性是指焊接后在焊缝处的性质与母材性质的一致程度。影响钢材可焊性的主要因素是化学成分及含量。含碳量超过0.3%时，可焊性显著下降；特别是硫含量较多时，会使焊缝处产生裂纹并硬脆，严重降低焊接质量。





【例-单选题】钢材的主要性能包力学性能和工艺性能，
其中工艺性能主要有（ ）。

- A.冷弯性能 ✓
- B.冲击性能
- C.抗拉性能
- D.焊接性能 ✓
- E.耐疲劳性能

【答案】AD

【解析】工艺性能表示钢材在各种加工过程中的行为，
包括冷弯性能和焊接性能等。



三、木材

建筑工程中，木材作为承重结构用材、施工用木支撑、木模板等材料，在工程中占有重要而独特的地位。

(一)木材的分类

1.按树种分类

木材从外形上分为针叶树和阔叶树两大类。

针叶树纹理平直、材质均匀、木质较软、易加工、变形小，建筑上广泛用作承重构件和装修材料，如杉树、松树等。

阔叶树质密、木质较硬、加工较难、易翘裂、纹理美观，适用于室内装修，如水曲柳、枫木等。

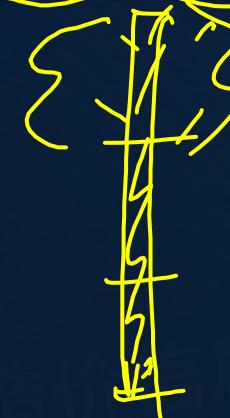


2. 建筑用木材，按材种分类，可分为原条、原木、锯材三类。

原条又称条木，是指经修枝、剥皮、没有加工的伐木。
原条主要用作建筑施工的脚手杆。

原木是伐倒木经修枝、剥皮以后，按树种和树干的粗细、长短、体态状况，依其最合适用途，加以截断的圆形木段。

锯材又称成材，是原木经过加工后的初步产品。





(二)木材的物理性质

1.木材的含水率

木材的含水率是木材中水分质量占木材干燥质量的百分比。

木材中所含水分由自由水(存在于细胞腔内和细胞间隙中)、吸
附水(存在于细胞壁内)、化合水三部分组成。

影响木材物理力学性质和应用的最主要的含水率指标是纤
维饱和点和平衡含水率。

纤维饱和点是木材仅细胞壁中的吸附水达饱和而细胞腔和
细胞间隙中无自由水存在时的含水率。

平衡含水率是指木材中的水分与周围空气中的水分达到吸
收与挥发动态平衡时的含水率。



2.木材的湿胀干缩与变形

木材仅当细胞壁内吸附水的含量发生变化才会引起木材的变形，即湿胀干缩。只有当含水率小于纤维饱和点时，表明水分都吸附在细胞壁的纤维上，它的增加或减少才能引起木材的湿胀干缩，即只有吸附水的改变才影响木材的变形，而纤维饱和点正是这一改变的转折点。



(三)木材力学性质

木材按受力状态分为抗拉、抗压、抗弯和抗剪四种强度，而抗拉、抗压和抗剪强度又有顺纹和横纹之分。所谓顺纹是指作用力方向与纤维方向平行，横纹是指作用力方向与纤维方向垂直。在顺纹方向的抗拉强度是木材各种力学强度中最高的，顺纹抗压强度仅次于顺纹抗拉和抗弯强度。





四、汽油、柴油

1.油料大致分为四大类：液体燃料（汽油、煤油、柴油等）、润滑油（发动机润滑油、工业用润滑油等）、润滑脂（减磨用脂、防护用脂等）、特种油（液压油、传动油等）。

汽油是用量最大的轻质石油产品之一，是引擎的一种重要燃料。汽油产品根据用途可分为航空汽油、车用汽油、溶剂汽油三大类。



柴油分为普通柴油（沸点范围为 $180\sim370^{\circ}\text{C}$ ）和重柴油（沸点范围为 $350\sim410^{\circ}\text{C}$ ）两大类。柴油使用性能中最重要的是着火性和流动性，其技术指标分别为十六烷值和凝点，我国柴油现行规格中要求含硫量控制在 $0.5\% \sim 1.5\%$ ，同车用汽油一样。



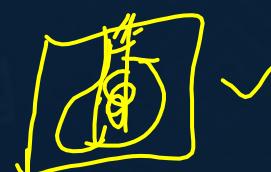
五、火工材料

1. 火工材料。常见的火工材料有火雷管、电雷管、乳化炸药、硝铵炸药、散装炸药、非电毫秒管、导火索、导爆索等民用爆炸物品。水利工程主要采用乳化炸药、电雷管、导电线等火工材料。

2. 炸药的爆炸性能主要有感度、威力、猛度、殉爆、安定性等。

① 感度是指炸药在外界能量(如热能、电能、光能、机械能及爆能等)的作用下发生爆炸变化的难易程度，是衡量爆炸稳定性的一个重要标志。

② 威力是指炸药爆炸时做功的能力，亦即对周围介质的破坏能力。





③猛度是炸药在爆炸后爆轰产物对周围物体破坏的猛烈程度，用来衡量炸药的局部破坏能力。

④殉爆是指当一个炸药药包爆炸时，可以使位于一定距离处，与其没有什么联系的另一个炸药药包也发生爆炸的现象。

⑤安定性是指炸药在一定储存期间内不改变其物理性质、化学性质和爆炸性质的能力。



六、混凝土

(一)概述

1. 混凝土是由胶凝材料、粗骨料、细骨料和水（或不加水）按适当的比例配合、拌和制成混合物，经一定时间后硬化而成的人造石材。干表观密度大于 2600kg/m^3 的称为重混凝土，干表观密度在 $1950 \sim 2600\text{kg/m}^3$ 称为普通混凝土，干表观密度小于 1950kg/m^3 的称为轻混凝土。



按用途、性能或施工方法的不同，混凝土分为普通混凝土、水工混凝土、海工混凝土、道路混凝土、防水混凝土、防射线混凝土、耐酸混凝土、耐热混凝土、高强混凝土、高性能混凝土、自流平混凝土、碾压混凝土、喷射混凝土、泵送混凝土、水下浇筑混凝土等。此外，还有纤维增强混凝土、聚合物混凝土等。

2.混凝土的特点

混凝土的主要优点是：具有较高的强度及耐久性，可以调整其配合成分，使其具有不同的物理力学特性，以满足各种工程的不同要求；混凝土拌和物具有可塑性，便于浇筑成各种形状的构件或整体结构，能与钢筋牢固地结合成坚固、耐久、抗震且经济的钢筋混凝土结构。

混凝土的主要缺点是：抗拉强度低，一般不用于承受拉力的结构，在温度、湿度变化的影响下，容易产生裂缝。此外，混凝土原材料品质及混凝土配合成分的波动以及混凝土运输、浇筑、养护等施工工艺，对混凝土质量有很大的影响，施工过程中需要严格的质量控制。



3.混凝土的组成及组成材料的作用

普通混凝土由水泥、水、砂子和石子组成，另外还常掺入适量的外加剂和掺和料。一般来说，在混凝土中，水泥约占总重的 $10\% \sim 15\%$ ，其余为砂、石骨料，砂石比例为 $1:2$ 左右，孔隙的体积含量为 $1\% \sim 5\%$ 。



工程中使用的混凝土，一般必须满足以下四个基本要求：

- (1) 混凝土拌和物应具有与施工条件相适应的和易性，便于施工时浇筑振捣密实，并能保证混凝土的均匀性。
- (2) 混凝土经养护至规定龄期，应达到设计所要求的强度。
- (3) 硬化后的混凝土应具有与工程环境相适应的耐久性，如抗渗、抗冻、抗侵蚀、抗磨损等。
- (4) 在满足上述三项要求的前提下，混凝土各种材料的配合应经济合理。

此外，对于大体积混凝土（结构物实体最小尺寸不小于1m的混凝土），还需考虑低热性要求，以利于避免产生裂缝。



(二)混凝土的主要技术性质

混凝土的主要技术性质包括混凝土拌和物的和易性、凝结特性、硬化混凝土的强度、变形及耐久性等。一般常用坍落度定量地表示拌和物流动性的大小，根据经验，通过对试验或现场的观察，定性地判断或评定混凝土拌和物黏聚性及保水性的优劣。

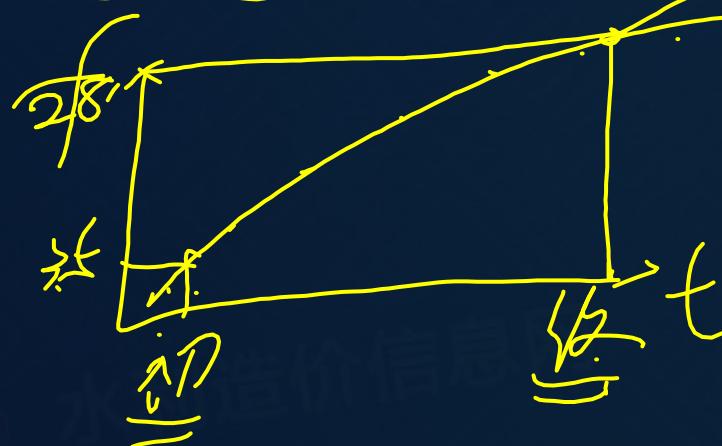


1.混凝土拌和物的和易性

和易性是指混凝土拌和物在一定的施工条件下，便于施工操作并获得质量均匀、密实混凝土的性能，和易性包括流动性和黏聚性及保水性三方面的含义。流动性测定方法有坍落度简法和维勃稠度法。流动性的大小反映拌和物的稀稠，它关系着施工振捣的难易和浇筑的质量。黏聚性不好的拌和物，砂浆与石子容易分离，振捣后会出现蜂窝、空洞等现象，严重影响工程质量。保水性指混凝土拌和物具有一定的保持水分不泌出的能力。



2. 混凝土拌和物的凝结时间(分为初凝时间和终凝时间)通常用贯入阻力法测定。先用5mm筛孔的筛从拌和物中筛取砂浆，按规定方法装入规定的容器中，然后用贯入阻力仪的试杆每隔一定时间插入待测砂浆一定深度(25mm)，测得其贯入阻力，绘制贯入阻力与时间关系曲线，贯入阻力3.5MPa及28.0MPa对应的时间即为拌和物的初凝时间和终凝时间。初凝表示可施工时间的极限，终凝表示混凝土的力学强度开始快速发展。





3.根据坍落度的不同，可将混凝土拌和物分为流态的（坍落度大于80mm）、流动性的（坍落度为30~80mm）、低流动性的（坍落度为10~30mm）及干硬性的（坍落度小于10mm）。坍落度试验仅适用于骨料最大粒径不大于40mm，坍落度不小于10mm的混凝土拌和物。对于干硬性混凝土，通常采用维勃稠度仪来测定混凝土拌和物的流动性。维勃稠度试验适用于骨料最大粒径不小于40mm，维勃稠度为5~30s的混凝土。维勃稠度代表拌和物振实所需要的能量，时间越短，表明拌和物越容易被振实。



4.影响混凝土拌和物和易性的因素

- (1) 水泥浆含量。 ✓
- (2) 砂率。砂率是指细骨料含量占骨料总量的百分数。
- (3) 水灰比。 ✓ $\frac{S}{S+G} \times 100\%$
- (4) 水泥特性。 ✓
- (5) 骨料特性。 ✓

5.混凝土的强度

混凝土强度分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等，其中以抗压强度最大，故混凝土主要用于承受压力。水利水电工程中，混凝土抗压强度标准值常采用长龄期和95%保证率。



(1) 混凝土立方体抗压强度 (f_{cu})。混凝土立方体抗压强度是指按标准方法测试的，标准尺寸为150mm×150mm×150mm的立方体试件，在标准养护条件下 ((20 ± 2) °C, 相对湿度为95%以上) 的标准养护室中养护，养护到28d龄期，以标准试验方法测得的抗压强度值。



(2) 混凝土轴心抗压强度 (f_{cp})。为了使测得的混凝土强度与实际情况接近，在进行钢筋混凝土受压构件（如柱子、桁架的腹杆等）计算时，都是采用混凝土的轴心抗压强度。混凝土轴心抗压强度是指按标准方法制作的，标准尺寸为 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 的棱柱体试件，在标准养护条件下养护到 28d 龄期，以标准试验方法测得的抗压强度值。

(3) 影响混凝土强度的因素

水泥强度等级和水灰比；骨料；养护温度、湿度；龄期。

【例-单选题】根据《水工混凝土施工规范》，一般混凝土养护时间不宜少于（ ）天。

- A.7
- B.14
- C.28 ✓
- D.90

【答案】C

【解析】一般混凝土的养护时间不少于28d。



6.混凝土的耐久性包括抗渗性、抗冻性、抗冲磨性、抗侵蚀性以及碳化等。

1) 混凝土抗渗性

混凝土的抗渗性是指其抵抗压力水渗透作用的能力。抗渗性是混凝土的一项重要性质，除关系到混凝土的挡水及防水作用外，还直接影响混凝土的抗冻性及抗侵蚀性等。抗渗性较差的混凝土，水分容易渗入内部，若遇冰冻或水中含有侵蚀性溶质，混凝土就容易受到冰冻或侵蚀作用而破坏。混凝土抗渗性可用渗透系数或抗渗等级表示。我国目前沿用的表示方法是抗渗等级。



混凝土抗渗等级，是以28d龄期的标准试件，在标准试验方法下所能承受的最大水压力来确定的。混凝土抗渗等级分为W2、W4、W6、W8、W10、W12等，即表示混凝土在标准试验条件下能抵抗0.2MPa、0.4MPa、0.6MPa、0.8 MPa、1.0 MPa、1.2 MPa的压力水而不渗水。



2) 混凝土的抗冻性

F ✓ D

混凝土的抗冻性，是指混凝土在水饱和状态下能经受多次冻融作用而不破坏，同时也不严重降低强度的性能。混凝土抗冻性常以抗冻等级表示。抗冻等级采用快速冻融法确定，取28d龄期 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 400\text{mm}$ 的混凝土试件，在水饱和状态下经N次标准条件下的快速冻融后，若其相对动弹性模量P下降至60%或质量损失达5%，则该混凝土抗冻等级即为FN。混凝土抗冻等级分为F50、F100、F150、F200、F250、F300、F350等。



3) 混凝土的抗磨性及抗气蚀性

对于有抗磨要求的混凝土，其强度等级应不低于C35，或者采用真空作业，以提高其耐磨性。对于结构物可能受磨损特别严重的部位，应采用抗磨性较强的材料加以防护。高速水流经过凸凹不平、断面突变或水道急骤转弯的混凝土表面时，会使混凝土发生气蚀破坏。

对混凝土材料来说，提高抗气蚀性能的主要途径是采用C50以上的混凝土，骨料最大粒径应不大于20mm，在混凝土中掺入硅粉及高效减水剂，严格控制施工质量，保证混凝土密实、均匀及表面平整等。



4) 混凝土的碱骨料反应

当骨料中含有活性氧化硅(如蛋白石、某些隧石、凝灰岩、安山岩等)的岩石颗粒(砂或石子)时，这些岩石颗粒会与水泥中的碱(K_2O 及 Na_2O)发生化学反应(即碱-硅酸反应)，使混凝土发生不均匀膨胀，造成裂缝、强度和弹性模量下降等不良现象，从而威胁工程安全。

此外，水泥中的碱还能与某些层状硅酸盐骨料反应(即碱-硅酸盐反应)及与某些碳酸盐骨料(如某些白云石和白云质石灰岩等)发生反应(即碱-碳酸盐反应)。上述这些碱与混凝土骨料发生的反应统称为碱骨料反应。受碱骨料反应危害的工程，包括一些公路、桥梁和混凝土闸坝等。



发生碱骨料反应的必要条件是：骨料中含有活性成分，并超过一定数量；混凝土中含碱量较高(如水泥含碱量超过 0.6% 或混凝土中含碱量超过 3.0kg/m^3)；有水分，如果混凝土内没有水分或水分不足，反应就会停止或减小。

目前鉴定骨料是否会发生碱-硅酸反应或碱-硅酸盐反应的常用方法是砂浆长度法。鉴定骨料是否会发生碱-碳酸盐反应的方法是小岩石柱长度法。此外，还有快速鉴定方法等。



防止碱骨料反应的措施有：

①条件允许时，选择非活性骨料； ✓

②选用低碱水泥，并控制混凝土中总的含碱量；

③在混凝土中掺入适量的活性掺和料，如粉煤灰等，

可抑制碱骨料反应的发生或减小其膨胀率；

④在混凝土中掺入引气剂，使其中含有大量均匀分布的微小气泡，可减小其膨胀破坏作用；

⑤在条件允许时，采取防止外界水分渗入混凝土内部的措施，如混凝土表面防护等。



(5) 混凝土的碳化

空气中的 CO_2 通过混凝土中的毛细孔隙，由表及里地向内部扩散，在有水分存在的条件下，与水泥石中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 反应生成 CaCO_3 ，使混凝土中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度下降，称为碳化(或中性化)。碳化还会引起混凝土收缩，使混凝土表层产生细微裂缝。混凝土碳化严重时将影响钢筋混凝土结构的使用寿命。



使用硅酸盐水泥或普通水泥，采用较小的水灰比及较多的水泥用量，掺用引气剂或减水剂，采用密实的砂、石骨料以及严格控制混凝土施工质量，使混凝土均匀密实，均可提高混凝土抗碳化能力。

混凝土中掺入粉煤灰以及采用蒸汽养护的养护方法，会加速混凝土碳化。



(三)水泥混凝土的骨料及拌和、养护用水

1. 细骨料(砂)

砂主要作为细骨料，粒径为 $0.16 \sim 5\text{mm}$ ，有天然砂和机制砂之分。大于 5mm 的列入石子范围。在《建筑用砂》(GB/T14684-2011)中，将砂按技术要求分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类。Ⅰ类宜用于强度等级大于C60的混凝土，Ⅱ类宜用于强度等级为C30~C60及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土，Ⅲ类宜用于强度等级小于C30的混凝土。

2. 砂的物理特性

砂粒按其直径划分为3种：粗砂平均直径不小于 0.5mm ；中砂平均直径 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ ；细砂平均直径 $0.25 \sim 0.35\text{mm}$ 。



3. 砂的颗粒级配和细度模数

砂的细度模数是指不同粒径的砂粒混在一起后的平均粗细程度。按细度模数的大小，可将砂分为粗砂、中砂、细砂及特细砂。细度模数为3.1~3.7的是粗砂，2.3~3.0的是中砂，1.6~2.2的是细砂，0.7~1.5的属特细砂。饱和面干砂既不从混凝土拌和物中吸取水分，也不往拌和物中带入水分。我国水工混凝土工程多按饱和面干状态的砂、石来设计混凝土配合比。在工业及民用建筑工程中，习惯按干燥状态的砂(含水率小于0.5%)及石子(含水率小于0.2%)来设计混凝土配合比。

【例-单选题】按细度模数的大小，可将砂分为粗砂、中砂、细砂和特细砂。普通混凝土用砂宜为细度模数()的中砂。

- A.3.7 ~ 0.7
- B.3.0 ~ 2.3
- C.3.7 ~ 2.2
- D.3.0 ~ 1.6

【答案】 B

【解析】 可将砂分为粗砂、中砂、细砂及特细砂。细度模数为3.1 ~ 3.7的是粗砂，2.3 ~ 3.0的是中砂，1.6 ~ 2.2的是细砂，0.7 ~ 1.5的属特细砂。



5.卵石和碎石在水利工程中用量很大，其颗粒粒径均大于5mm，称为粗骨料。

(1)最大粒径(DM)。粗骨料公称粒径的上限值，称为骨料最大粒径。粗骨料最大粒径增大时，骨料的空隙率及表面积都减小，在水灰比及混凝土流动性相同的条件下，可使水泥用量减少，且有助于提高混凝土的密实性、减小混凝土的发热量及混凝土的收缩，这对大体积混凝土颇为有利。



6.粗骨料公称粒径的上限值，称为骨料最大粒径 (D_M)。

实践证明，当 D_M 在80mm以下变动时， D_M 增大，水泥用量显著减小，节约水泥效果明显；当 D_M 超过150mm时， D_M 增大，水泥用量不再显著减小。一般规定，超径石子含量不得大于5%，逊径石子含量不得大于10%。如果超过规定数量，最好进行二次筛分，否则应调整骨料级配，以保证工程质量。

表 2-2-11 一般粗骨料分级表

名称	公称粒径(mm)	级配
小石	5 ~ 20	一
中石	20 ~ 40	二
大石	40 ~ 80	三
特大石	80 ~ 150 或 80 ~ 120	四

【例-单选题】在大体积混凝土设计中，选择三、四级配混凝土的目的是（ ）。

- A.提高混凝土耐久性
- B.改善混凝土和易性
- C.减少水泥用量 ✓
- D.减少骨料用量

【答案】C

【解析】实践证明，当DM在80mm以下变动时，DM增大，水泥用量显著减小，节约水泥效果明显；当DM超过150mm时，DM增大，水泥用量不再显著减小。



7. 凡可饮用的水，均可用于拌制和养护混凝土。未经处理的工业废水、污水及沼泽水，不能使用。待检验的水与标准饮用水试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于30min；待检验水配制水泥砂浆28d抗压强度不得低于用标准饮用水拌制的砂浆抗压强度的90%。在缺乏淡水地区，素混凝土允许用海水拌制，但应加强对混凝土的强度检验，以符合设计要求；对有抗冻要求的混凝土，水灰比应降低0.05。由于海水对钢筋有锈蚀作用，故钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土不得用海水拌制。



8.粗骨料公称粒径的上限值，称为骨料最大粒径 (DM)。

粗骨料最大粒径增大时，骨料的空隙率及表面积都减小，在水灰比及混凝土流动性相同的条件下，可使水泥用量减少，且有助于提高混凝土的密实性、减少混凝土的发热量及混凝土的收缩，这对大体积混凝土颇为有利。实践证明，当DM在80mm以下变动时，DM增大，水泥用量显著减小，节约水泥效果明显；当DM超过150mm时，DM增大，水泥用量不再显著减小。粗骨料粒径的选用取决于构件截面尺寸和配筋的疏密。根据《混凝土工程施工质量验收规范》（GB50204-2015）的规定，最大颗粒尺寸不得~~超过~~结构截面最小尺寸的1/4，同时不得大于钢筋最小净间距的3/4，对板类构件不得超过板厚的1/2。



9.粗骨料的级配原理与细骨料基本相同，即将大小石子适当掺配，使粗骨料的空隙率及表面积都比较小，这样拌制出的混凝土水泥用量少，质量也较好。

表 2-2-11 一般粗骨料分级表

名称	公称粒径(mm)	级配
小石	5 ~ 20	一
中石	20 ~ 40	二
大石	40 ~ 80	三
特大石	80 ~ 150 或 80 ~ 120	四



【例-单选题】有抗冻要求的粗骨料混凝土软弱颗粒

的含量宜小于（ ）。

- A.5% ✓
- B.7%
- C.8%
- D.10%

【答案】A

【解析】

表 2-2-12 粗骨料品质要求	
项目	指标
表观密度(kg/m^3)	≥ 2500
吸水率(%)	<u>有抗冻和抗侵蚀性要求的混凝土</u>
	≤ 1.5
	无抗冻要求的混凝土
	≤ 2.5
含泥量(%)	D_{20}, D_{40} 粒径级
	≤ 1
	$D_{80}, D_{150} (D_{120})$ 粒径级
	≤ 0.5
坚固性(%)	有抗冻和抗侵蚀性要求的混凝土
	≤ 5
	无抗冻要求的混凝土
	≤ 12
软弱颗粒含量(%)	设计龄期强度等级 $\geq 30 \text{ MPa}$ 和有抗冻要求的混凝土
	≤ 5
	设计龄期强度等级 $< 30 \text{ MPa}$
	≤ 10
叶片状颗粒含量(%)	设计龄期强度等级 $\geq 30 \text{ MPa}$ 和有抗冻要求的混凝土
	≤ 15
	设计龄期强度等级 $< 30 \text{ MPa}$
	≤ 25
泥块含量	不允许
硫化物及硫酸盐含量(%)	≤ 0.5
有机质含量	浅于标准色



(四)混凝土外加剂

1.在拌制混凝土过程中掺入的不超过水泥质量的5%(特殊情况除外),且能使混凝土按需要改变性质的物质,称为混凝土外加剂。如普通减水剂、早强剂、引气剂、缓凝剂、高效减水剂、引气减水剂、缓凝减水剂、速凝剂、防水剂、阻锈剂、膨胀剂、防冻剂等。



2.混凝土外加剂按其主要作用可分为如下5类:

(1)改善混凝土拌和物流变性能的外加剂，包括各种减水剂、引气剂及泵送剂。

(2)调节混凝土凝结硬化性能的外加剂，包括缓凝剂、早强剂及速凝剂等。

(3)调节混凝土含气量的外加剂，包括引气剂、消泡剂、泡沫剂、发泡剂等。

(4)改善混凝土耐久性的外加剂，包括引气剂、防水剂、阻锈剂等。

(5)改善混凝土其他特殊性能的外加剂，包括保水剂、膨胀剂、黏结剂、着色剂、防冻剂等。



【例-单选题】混凝土中加入减水剂的作用是()。

- A. 调节混凝土拌合的流变性
- B. 调节混凝土强度
- C. 调节混凝土凝结时间
- D. 调节混凝土水化热

【答案】A

【解析】改善混凝土拌和物流变性能的外加剂，包括各种减水剂、引气剂及泵送剂。



(五)混凝土配合比及其确定原则

混凝土配合比的表示方法，常用的有两种。一种是用 $1m^3$ 混凝土中各项材料的质量表示，另一种是用各项材料间的质量比表示(以水泥为1)。

组成混凝土的水泥、砂、石子及水等四项基本材料之间的相对用量，可用三个对比关系表达，它们是水灰比（指混凝土中水的用量与水泥用量的质量比值）、含砂率（混凝土中砂与砂石的体积比或质量比称为砂率。）及单位用水量（即 $1m^3$ 混凝土用水量），它们称为混凝土配合比的三个参数。



(六)碾压混凝土

1. 碾压混凝土的概念

以适宜干稠的混凝土拌和物，薄层铺筑，用振动碾碾压密实的混凝土，称为碾压混凝土。筑坝用碾压混凝土的配合比参数是水胶比、掺和料比例、砂率及浆砂比。

筑坝用碾压混凝土有三种主要的类型：



(1) 超贫碾压混凝土(也称水泥固结砂、石碾压混凝土)。这类碾压混凝土中，胶凝材料总量不大于
110kg/m³，其中粉煤灰或其他掺和料用量大多不超过
胶凝材料总量的30%。此类混凝土胶凝材料用量少，水
胶比大(一般达到0.9~1.5)，混凝土孔隙率大，强度低，
多用于建筑物的基础或坝体的内部，而坝体的防渗则由
其他混凝土或防渗材料承担。



(2) 干贫碾压混凝土。该类混凝土中胶凝材料用量 $120 \sim 130 \text{kg/m}^3$, 其中掺和料占胶凝材料总量的 $25\% \sim 30\%$, 水胶比一般为 $0.7 \sim 0.9$

(3) 高掺和料碾压混凝土。这类碾压混凝土中胶凝材料用量 $140 \sim 250 \text{kg/m}^3$, 其中掺和料占胶凝材料质量的 $50\% \sim 75\%$ 。这类混凝土具有较好的密实性及较高抗压强度和抗渗性, 水胶比为 $0.45 \sim 0.7$ 。

筑坝用碾压混凝土的配合比参数是水胶比、掺和料比例、砂率及浆砂比。碾压混凝土中一般应掺缓凝减水剂, 必要时还掺入引气剂, 实验室碾压混凝土配合比一般需经过现场试碾压, 经调整后才用于正式施工。

2. 碾压混凝土的原材料

碾压混凝土是由水泥、掺和料、水、砂、石子及外加剂等六种材料组成。

(1) 水泥。重要的大体积建筑物的内部混凝土，应该使用强度等级32.5级及以上的低热(或中热)硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。一般建筑物及临时工程的内部混凝土，可选用掺混合材料的32.5级的水泥。

(2) 掺和料。碾压混凝土所用的掺和料一般应选用活性掺和料，如粉煤灰、粒化高炉矿渣以及火山灰或其他火山灰质材料等。当缺乏活性掺和料时，经试验论证，也可以掺用适量的非活性掺和料。掺和料的细度应与水泥细度相似或更细，以改善拌和物的工作性。



(3) 骨料。用于碾压混凝土的骨料包括细骨料(砂)和粗骨料(石子)，由于干硬的碾压混凝土拌和物易发生粗骨料分离，为提高拌和物的抗分离性，粗骨料最大粒径一般不超过80mm，并应适当降低最大粒径级在粗骨料中所占的比例。

(4) 外加剂。碾压混凝土中一般都掺适量的缓凝减水剂。在严寒地区使用的碾压混凝土，还应考虑掺用引气剂，以提高混凝土的抗冻性。



(七)特种混凝土

1. 高性能混凝土是指具有好的工作性、匀质性好、早期强度高而后期强度不倒缩、韧性好、体积稳定性好、在恶劣的使用环境条件下寿命长的混凝土。高性能混凝土一般既是高强混凝土 (C60 ~ C100)，也是流态混凝土 (坍落度大于200mm)。

2. 水下浇筑（灌注）混凝土分为普通水下浇筑混凝土和水下不分散混凝土两种。

3.纤维混凝土。纤维混凝土是以混凝土(或砂浆)为基材，掺入纤维而组成的水泥基复合材料。纤维混凝土分为：

- ①纤维增强混凝土，这种混凝土采用高强高弹性模量的纤维，如钢纤维、碳纤维等；
- ②纤维增韧防裂混凝土，这种混凝土采用低弹模高塑性纤维，如尼龙纤维、聚丙烯纤维、聚氯乙烯纤维等。



4. 硅粉混凝土。硅粉平均粒径为 $0.1\mu\text{m}$ 左右，密度为 $2.2 \sim 2.5\text{g/cm}^3$ ，其主要成分为无定型二氧化硅。 SiO_2 。硅粉混凝土具有早强、耐久性好、抗冲磨等优点，已广泛应用于泵送混凝土，水下混凝土，高强度、高性能混凝土，喷射混凝土和水工耐磨蚀混凝土等。通过加入硅粉，新拌混凝土黏性提高、坍落度变小，拌和物不易产生离析，可泵性得到改善。硬化后的混凝土早期强度提高较快，抗冻性、抗渗性较好，抗化学腐蚀能力高。



5.塑性混凝土是指水泥用量较低，并掺加较多的膨润土、黏土等材料的大流动性混凝土，具有低强度、低弹模和大应变等特性。由于其变形能力强、抗渗性能好、易于施工，因而极适宜应用于防渗墙工程。按抗压强度和弹性模量，防渗墙混凝土可以分为刚性和塑性两类。刚性混凝土的抗压强度一般大于5MPa 弹性模量大于2000MPa; 塑性混凝土的抗压强度一般小于5MPa.弹性模量小于2000MPa。



6.防辐射混凝土也称为防护混凝土、屏蔽混凝土或重混凝土。它能屏蔽 α 、 β 、 γ 、X射线和中子流的辐射，是常用的防护材料。

防辐射混凝土要求表观密度大、结合水多、质量均匀、收缩小，不允许存在空洞、裂缝等缺陷，同时要有一定结构强度及耐久性。

7.耐热混凝土是在长期高温下能保持所需物理力学性能的特种混凝土。耐热混凝土的骨料可采用重矿渣、红砖及耐火砖碎块、安山岩、玄武岩、烧结镁砂、铬铁矿等。



8.耐酸混凝土是由水玻璃作胶凝材料，氟硅酸钠为固化剂，与耐酸骨料及掺料按一定比例配制而成的。常用的水玻璃有钾水玻璃和钠水玻璃。水玻璃耐酸混凝土一般要在温暖(10°C以上)和干燥环境中硬化(禁止浇水)，其3d抗压强度约为11~12MPa，28d抗压强度不小于15MPa。

9.生态混凝土又名“植被混凝土”。生态混凝土是能够适应绿色植物生长、又具有一定的防护功能的混凝土及其制品，具有一定强度，而其表面又可繁衍花草，它由作为主体的植被与其载体的被面、被床、床絮和床基等有机结合而成。适用于坡度为50°~80°的各类坡面的生态修复。



七、砌筑砂浆

(一)砌筑砂浆组成材料

1.砂。配制砌筑砂浆宜采用中砂，并应过筛，不得含有杂质。砂浆中砂的最大粒径因受灰缝厚度的限制，一般不超过灰缝厚度的 $1/5 \sim 1/4$ 。水泥砂浆、混合砂浆的强度等级 $\geq M5$ 时，含泥量 $\leq 5\%$ ；强度等级 $< M5$ ，其含泥量应 $\leq 10\%$ 。



(二)砌筑砂浆性质

1.和易性。砂浆的和易性包括流动性和保水性两个方面。

2.强度等级。砂浆抗压强度是确定强度等级的主要依据。

砌筑砂浆强度等级是用尺寸为7.07cm×7.07cm×7.07cm的立方体试件，在标准温度(20±3)°C及一定湿度条件下养护一天的平均抗压极限强度(MPa)而确定的。



【例-单选题】砌筑砂浆的组成材料为（ ）。

A.水

B.水泥

C.石子

D.砂

E.土

【答案】ABD

【解析】砌筑砂浆的组成材料有：**水泥、外掺料及外
加剂、砂、水。**



八、建筑砌块

表 2-2-17 砌块分类

按尺寸(mm)分类	按密实情况分类		按主要原材料分类
大型砌块(主规格高度 > 980) ✓	实心砌块 ✓	普通混凝土砌块 ✓	
中型砌块(主规格高度 380 ~ 980) ✓	空心砌块 空心率 < 25% ✓	轻骨料混凝土砌块 ✓	
	空心率 25% ~ 40% ✓	粉煤灰硅酸盐砌块 ✓	
小型砌块(主规格高度 115 ~ 380) ✓	多孔砌块 (表观密度 300 ~ 900 kg/m ³) ✓	煤矸石砌块 ✓	
		加气混凝土砌块 ✓	

九、普通砖

1. 尺寸。烧结普通砖按砖的质量分为优等品及合格品。

烧结普通砖的标准尺寸为240mm × 115mm × 53mm。其依据是加上9.5 ~ 10mm的砌筑灰缝，则4块砖长、8块砖宽、16块砖厚为1m。砌筑1m³砖体需512块砖，一般再加2.5%的损耗即为计算工程所需用的砖数。



2.强度。砖在砌体中主要起承压作用。根据抗压强度分为MU30、MU25、MU20、MU15、MU10、MU7.5等六个强度等级。

3.抗冻性。抗冻性指砖具有抗冻融的能力，由冻融试验鉴定。将吸水饱和的10块砖，在 $-20 \sim -15^{\circ}\text{C}$ 条件下冻结3h，再放入 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 水中融化2h以上，称为一个冻融循环。如此反复进行15次试验后测得单块砖的重量损失不超过2%，10块砖平均强度值不低于所属强度等级要求的标准值时，即认为抗冻性合格。



十、天然石材

(一)建筑工程中常用的岩石

1. 常用的岩浆岩 ✓

1) 花岗岩。具有色彩鲜艳、密度大、硬度及抗压强度高(100~250MPa)、耐磨性及抗风化能力强、孔隙率及吸水率低(一般在5%左右)、凿平及磨光性好等特点。在建筑工程中常用作饰面、基座、路面等，也是水工建筑物的理想石料。

2) 正长岩。✓

3) 玄武岩。其特点是密度大。抗压强度由于构造不同波动较大，为100~500Mpa；脆性及硬度大，难以加工。主要用作筑路、铺砌堤岸边坡等，也是铸石的原料。



2. 常见的沉积岩

(1) 石灰岩。其特点是构造细密、层理分明，抗压强度为 $20\sim120\text{ MPa}$ ，并且有较高的耐水性和抗冻性。广泛用于建筑工程及一般水利工程。

(2) 砂岩。碳酸钙胶结成的称石灰质砂岩，近于白色，质地较软，容易加工，但易受化学腐蚀。不宜用于水工建筑物。



3. 常用的变质岩

(1) 大理岩。大理岩是由石灰岩或白云岩变质而成的，构造致密，抗压强度($120 \sim 300 \text{ MPa}$)高，硬度不太大，易开采、加工、磨光。纯大理岩为白色，称汉白玉。

(2) 片麻岩。

(3) 石英岩。



(二)石材

工程上常用的石材有毛石（由爆破直接得到的不规则石块，用于堤岸的抛投抢护，砌筑挡土墙、堤坝、基础、道路垫层等）、块石（将毛石稍经加工，具有两个大致平行的平面，多用于砌筑建筑物的主体部位，如闸墩、桥墩、码头、墙身等）、粗料石（粗料石外形按设计要求加工比较规则，可用于砌筑坝面、墩台、石拱或作饰面材料）、细料石（细料石是按设计要求经仔细加工成外形方正的六面体，表面凹凸深度差应小于2mm）和饰面板材（饰面板材是根据统一规格将石材锯解、刨平、磨光制成的板材。常用的有花岗石板材和大理石板材）等。



十一、土工合成材料

土工合成材料分为土工织物、土工膜、土工特种材料(土工网，玻纤网，土工垫)和土工复合材料等类型。

土工合成材料具有反滤功能、排水功能、隔离功能、防渗功能、防护功能以及加筋和加固等多方面的功能，因而在水利工程中获得广泛应用，用于水闸和堤防工程的防渗、排渗和加固工程，堤岸护坡及防汛抢险工程中。

(一)土工织物。土工织物的另一名称为土工布。土工织物突出的优点是质量轻、整体连续性好(可做成较大面积的整体)、施工方便、抗拉强度较高、耐腐蚀和抗微生物侵蚀性好。缺点是未经特殊处理，抗紫外线能力低，如暴露在外，受紫外线直接照射容易老化，但如不直接暴露，则抗老化及耐久性能仍较高。

(二)土工膜。土工膜一般可分为沥青和聚合物(合成高聚物)两大类。土工膜的不透水性很好，弹性和适应变形的能力很强，能适用于不同的施工条件和工作应力，具有良好的耐老化能力，处于水下和土中的土工膜的耐久性尤为突出。土工膜具有突出的防渗和防水性能。



【例-单选题】土工合成材料耐久性不包括（ ）。

- A.抗紫外线能力
- B.生物稳定性
- C.蠕变性
- D.渗透性

【答案】A



(三)土工特种材料

1.土工膜袋。土工膜袋是一种由双层聚合化纤织物制成的连续(或单独)袋状材料，利用高压泵把混凝土或砂浆灌入膜袋中，形成板状或其他形状结构，常用于护坡或其他地基处理工程。

2.土工网。土工网是由合成材料条带、粗股条编织或合成树脂压制的具有较大孔眼、刚度较大的平面结构或三维结构的网状土工合成材料，用于软基加固垫层、坡面防护、植草以及用作制造组合土工材料的基材。



3.土工网垫和土工格室。土工网垫和土工格室都是用合成材料特制的三维结构。常用作防冲蚀和保土工程，刚度大、侧限能力高的土工格室多用于地基加筋垫层、路基基床或道床中。

4.聚苯乙烯泡沫塑料(EPS)。EPS具有质量轻、耐热、抗压性能好、吸水率低、自立性好等优点，常用作铁路路基的填料。

5.土工格栅。土工格栅是一种主要的土工合成材料，与其他土工合成材料相比，它具有独特的性能与功效。土工格栅常用作加筋土结构的筋材或复合材料的筋材等。土工格栅分为塑料类和玻璃纤维类两种类型。



【例-多选题】以下属于土工特种材料的是（ ）。

- A.土工膜
- B.土工网
- C.土工膜袋
- D.土工格室
- E.土工织物

【答案】BCD

【解析】土工特种材料包括：土工膜袋、土工网、土工网
垫和土工格室、聚苯乙烯泡沫塑料、土工格栅。



(四)土工复合材料

土工复合材料是由两种或两种以上的土工合成材料组合在一起的制品，这类制品能满足不同工程的需要，因而产品繁复，主要有复合土工膜、塑料排水带、软式排水管以及其他复合排水材料等。



十二、灌浆材料

为了减少基础渗漏，改善裂隙岩体的物理力学性质；修补病险建筑物，增加建筑物和地基的整体稳定性，提高其抗渗性、强度、耐久性，在水利工程中广泛应用于各种形式的压力灌浆。

压力灌浆按其使用目的可分为帷幕灌浆、固结灌浆、接缝灌浆、回填灌浆、接缝施工灌浆及各种建筑物的补强灌浆。压力灌浆按灌浆材料不同可分为水泥、石灰、黏土类灌浆；沥青灌浆；化学灌浆（能灌入缝宽 0.15mm 以下的细裂缝，具有较高的黏结强度，并能灵活调节凝结时间）三类。



十三、建筑物缝面止水材料

水工建筑物的缝面保护和缝面止水是增强建筑物面板牢固度和不渗水性，发挥其使用功能的一项重要工程措施。建筑物封缝止水材料要求不透水、不透气、耐久性好，而且还要具有隔热、抗冻、抗裂、防震等性能。在水利工程中，诸如大坝、水闸、各种引水交叉建筑物、水工隧洞等，均设置伸缩缝、沉陷缝，通常采用砂漿、沥青、砂柱、铜片、铁片、铝片、塑料片、橡皮、环氧树脂玻璃布以及沥青油毛毡、沥青等止水材料。

(一)金属止水片材料；(二)沥青类缝面止水材料；(三)聚氯乙烯塑料止水带 (-25~80°C)；(四)橡胶止水带 (温度使用范围为-45~+60°C)；(五)其他填缝止水材料。



十四、天然筑坝材料

(一)土料。对防渗体土料的要求是：渗透性低；较高的抗剪强度；良好的压实性能，压缩性小，且要有一定的塑性，以能适应坝壳和坝基变形而不致产生裂缝；有良好的抗冲蚀能力，以免发生渗透破坏等。用作心墙、斜墙和铺盖的防渗土料，一般要求渗透系数k不大于 10^{-5} cm/s。



用作均质坝的土料渗透系数 k 最好小于 10^{-4} cm/s 。黏粒含量为 $15\% \sim 30\%$ 或塑性指数为 $10 \sim 17$ 的中壤土、重壤土及黏粒含量 $30\% \sim 40\%$ 或塑性指数为 $17 \sim 20$ 的黏土都较适宜。黏粒含量大于 40% 的黏土最好不用，因为它易于干裂且难压实。塑性指数大于 20 和液限大于 40% 的冲积黏土、浸水后膨胀软化较大的黏土、开挖压实困难的干硬性砾土、分散性土和冻土应尽量不用。

防渗体对杂质含量的要求比对坝壳材料的要求高。一般要求水溶盐含量(指易溶盐和中溶盐的总量，按质量计)不大于 3% ；有机质含量(按质量计)对均质坝不大于 5% ，对心墙或斜墙不大于 2% ，特殊情况下经充分论证后可适当提高。



【例-多选题】试验测得一土料场以下数据，符合均质土坝填筑料质量要求的有()。

- A.粘粒含量20% ✓
- B.塑性指数11 ✓
- C.击实后渗透系数 $5 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ✓
- D.水溶盐含量3% ✓
- E.天然含水率高于最优含水率3.8%

【答案】ABCD

【解析】用作均质坝的土料渗透系数k最好小于 10^{-4} cm/s 。

黏粒含量为15% ~ 30%或塑性指数为10 ~ 17的中壤土、重壤土及黏粒含量30% ~ 40%或塑性指数为17 ~ 20的黏土都较适宜。



有些工程采用砾质黏土或人工加砾黏土(含有一定量 $d>5\text{mm}$ 的粗粒的黏性土)作防渗体。当粗粒含量不超过50%，其孔隙全被细粒所填充，且有足够的抗渗性和抗渗稳定性时，也是良好的防渗材料。

由于含有粗粒，压缩性小，与坝壳的变形比较协调，因而用于高坝心墙的下部较为合适，但其组成常是不均匀的，施工时要注意粗粒不能集中，以免形成渗漏通道。粗粒最大粒径不宜大于 150mm 或铺土厚的 $2/3$ ， 0.075mm 以下的颗粒含量不应小于15%，填筑时不得发生粗料集中架空现象。



(二)堆石料

上游堆石区硬质岩料压实后宜有良好的颗粒级配，最大粒径不应超过压实层厚度，小于5mm的颗粒含量不宜超过20%，小于0.075 mm的颗粒含量不宜超过5%，并具有低压缩性、高抗剪强度和自由排水性能。

排水区应用坚硬、抗风化能力强、软化系数高的堆石料，并应控制小于0.075mm的颗粒含量不超过5%，压实后应能自由排水。用砂砾石料筑坝时，砂砾石料中小于0.075mm颗粒含量超过8%时，宜用在坝内干燥区。

(三)砂石料

根据料源情况分天然骨料和人工骨料两种。天然骨料是指开采砂砾料经筛分、冲洗加工而成的卵石和砂，有河砂、海砂、山砂、河卵石、海卵石等。人工骨料是指用爆破方法开采岩石作为原料，经机械破碎、碾磨而成的碎石和机制砂。

1. 黄砂。黄砂主要作为细骨料，粒径为0.15~5mm，与胶凝材料(包括水泥、石灰、石膏)配制成砂浆和混凝土使用。
2. 卵石、碎石。卵石、碎石在水利工程中用量很大，颗粒粒径均大于5mm称为粗骨料。



(四)垫层料与过渡料。垫层料应具有良好的级配、内部结构稳定或自反滤稳定要求。最大粒径为80~100mm，小于5mm的颗粒含量宜为35%~55%，小于0.075mm的颗粒含量宜为4%~8%；压实后具有低压缩性、高抗剪强度，渗透系数宜为 $1\times10^{-4}\sim1\times10^{-3}$ cm/s，并具有良好的施工特性。

寒冷地区及抽水蓄能电站垫层料的渗透系数宜为 $1\times10^{-3}\sim1\times10^{-2}$ cm/s。

特殊垫层区应采用最大粒径不超过40mm，级配连续，对粉煤灰、粉细砂或堵缝泥浆有自愈作用的反滤料。

过渡料对垫层料应具有反滤保护作用。采用连续级配，最大粒径宜为300mm。压实后应具有低压缩性和高抗剪强度，并具有自由排水性。



(五)排水体、护坡料

排水体和砌石护坡所用石料，应具有足够的强度，且不易被溶蚀，还应具有较高的抗水性，其~~软化系数(饱和抗压强度与干抗压强度之比)~~不小于0.75 ~ 0.85，同时还要能抗冻融和风化。块石料的~~饱和抗压强度不小于40 ~ 50MPa，其孔隙率不大于3%，吸水率(按孔隙体积比计算)不大于0.8，重度应大于22kN/m³。~~除块石外，碎石、卵石也可应用，但不宜使用风化岩石。



【例-单选题】在堆石料原岩的质量技术指标中，一般要求软化系数大于()。

A 0.55

B.0.65

C 0.75

D 0.85

【答案】 C

【解析】 排水体和砌石护坡所用石料，应具有足够的强度，且不易被溶蚀，还应具有较高的抗水性，其软化系数(饱和抗压强度与干抗压强度之比)不小于0.75—0. 85，同时还要能抗冻融和风化。



(六)反滤料

铺筑反滤层用的砂砾石和卵石，需具备下列条件：

- (1)未经风化与溶蚀，且坚硬、密实、耐风化以及不易被水溶解。
- (2)透水性很大，要求其渗透系数至少大于被保护土渗透系数的50~100倍。
- (3)具有一定的抗剪强度。 ✓
- (4)没有塑性。 ✓
- (5)反滤层用的砂砾石、卵石中有机混合物含量的限度与坝体土料的要求相同。



(6)砾石、卵石应具有高度的抗水性和抗冻性，故砾石的孔隙率不超过4%，最好采用岩浆岩石料。

(7)反滤层所用的砂及砾石中，粒径小于0.1mm的(即含泥量)不应大于5%(按质量计)，亦不应含有大量粒径小于0.05mm的粉土和黏土颗粒。

十五、沥青及防水材料

(一)沥青

1.沥青材料。沥青作为一种有机胶凝材料，具有良好的黏性、塑性、耐腐蚀性和憎水性，在建筑工程中主要用作防潮、防水、防腐蚀材料，主要应用于屋面、地面、地下结构的防水工程以及其他防水工程和防腐工程。

2.沥青材料的分类

沥青按其在自然界中获得的方式分类可分为地沥青和焦油沥青两大类。其中地沥青又分为天然沥青和石油沥青。



十六、保温隔热材料

在建筑工程中，常把用于控制室内热量外流的材料称为保温材料，将防止室外热量进入室内的材料称为隔热材料，两者统称为绝热材料。绝热材料主要用于墙体及屋顶、热工设备及管道、冷藏库等工程或冬季施工的工程。影响材料导热系数的主要因素包括材料的化学成分、微观结构、孔结构、湿度、温度和热流方向等，其中孔结构和湿度对导热系数的影响最大。

一般来讲，常温时导热系数不大于 $0.175\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的材料称为绝热材料，而把导热系数在 $0.05\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以下的材料称为高效绝热材料。



【例-单选题】水利工程建筑材料中绝热材料是指常温时导热系数不大于() w/ (m·k)。

A.0.350

B.0.175

C.0.05

D. 0.075

【答案】B

【解析】一般来讲，常温时导热系数不大于0.175W/(m · K)的材料称为绝热材料，而把导热系数在0.05W/(m · K)以下的材料称为高效绝热材料。



1. 泡沫塑料

目前，我国生产的有聚苯乙烯泡沫塑料，表观密度为
20~50kg/m³，导热系数为0.038~0.047W/(m·K)，最高
使用温度约70°C；聚氯乙烯泡沫塑料，表观密度为12~
75kg/m³，导热系数为0.01W/(m·K)，最高使用温度约70°C，
遇火能自行熄灭；聚氨酯泡沫塑料，表观密度为30~50
kg/m³，导热系数为0.035~0.042 W/(m·K)，最高使用温
度达120°C，最低使用温度为-60°C。



聚苯乙烯板分为模塑聚苯板(EPS)和挤塑聚苯板(XPS)两种，在同样厚度情况下，XPS板比EPS板的保温效果要好，EPS板与XPS板相比，吸水性较高、延展性要好。XPS板是目前建筑业界常用的隔热、防潮材料，已被广泛应用于墙体保温，平面混凝土屋顶及钢结构屋顶的保温，低温储藏，地面、泊车平台、机场跑道、高速公路等领域的防潮保温及控制地面膨胀等方面。



【例-单选题】聚苯乙烯泡沫塑料用做保湿隔热材料时，
其最高使用度约为()°C

- A.50
- B.70
- C.100
- D.120

【答案】B

【解析】聚苯乙烯泡沫塑料，表观密度为20~50
kg/m³，导热系数为0.038~0.047W/(m·K)，最高使用温度
约70°C。



水利造价信息网

谢谢观看！