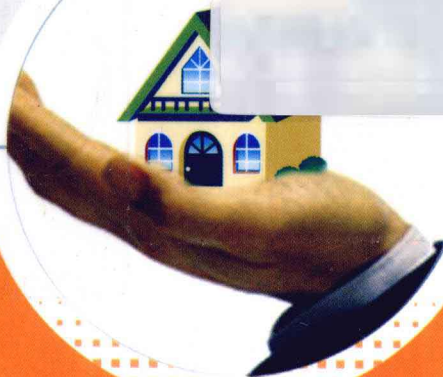




建筑工人新手易学一本通系列

混凝土工 新手易学 一本通

HUNNINGTUGONG
XUE YIBENTONG



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

建筑工人新手易学一本通系列

混凝土工新手

易学一本通

主 编 白建方

参 编 杨晓方 孙 丹 孙兴雷 邓 海

杨 杰 刘彦林 李志刚



机 械 工 业 出 版 社

混凝土施工是建筑工程施工中重要的工序之一,混凝土工的主要工作任务是在安全、质量均有保证的情况下,将混凝土浇筑成混凝土构件或构筑物等。本书内容以施工技术人员真正需求为切入点,深入浅出地对混凝土基本知识、混凝土原材料及施工机具、普通混凝土主要施工操作技术、特殊混凝土施工操作技术、混凝土季节施工、混凝土裂缝及其控制、混凝土工程施工安全常识进行了阐述。

本书可供建筑业混凝土工程相关施工技术人员日常学习及培训使用,也可作为高职高专技工类学校师生参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土工新手易学一本通/白建方主编. —北京:机械工业出版社, 2012.3

(建筑工人新手易学一本通系列)

ISBN 978-7-111-37092-5

I. ①混… II. ①白… III. ①混凝土施工-基本知识
IV. ①TU755

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第004962号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:薛俊高 责任编辑:薛俊高 范秋涛

版式设计:石冉 责任校对:任秀丽

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2012年3月第1版·第1次印刷

140mm×203mm·7.75印张·203千字

标准书号:ISBN 978-7-111-37092-5

定价:23.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前言

社会总在不停的向前发展，无论前面的路是多么的遥远，人们用自己的聪明和才智改变着这个世界，日新月异的变化让我们目不暇接，我们不得不叹服人的潜力之无穷，建筑就是人们改造世界能力的体现之一，从原始社会的栖树而存到如今入住摩天大楼，都是很好的见证。

眼下，无论城市还是农村，几乎要变成水泥和混凝土的世界。混凝土工，是目前建筑施工企业重要的技术工人，除了踏踏实实去履行自己的职责外，还应积极主动地学习来自各方的技术信息，包括材料的、工艺的、标准规范的。其实，无论从事的是什么样的职业，也无论是处于什么样的岗位，如若付出比平常多两倍或三倍的辛苦和努力就一定能把工作做好，并能超越同行。作为一名混凝土工，只要勤勉地去工作，一样可以做出自己的风采。

像其他高科技产品一样，不更新就要落后，落后就要“挨打”，伴随新材料新技术的革新，混凝土施工技术这几年来也有不少新的变化，我们此次编写的这本混凝土施工技术书，相比同类书籍，在引用材料上，参考了当前混凝土最新的标准和规范；在编写方式上，采用理论与实际操作相融合的方式进行组织；在知识点架构上，打破常规，深入浅出，注重实用，图文互应。真心希望能得到施工技术人员的赏爱。

限于时间及水平所限，书中难免有这样那样的疏漏，还望读者朋友批评指正为盼。另外，在编写过程中，引用参考了众多编者的相关文献，在此深表谢意。

编 者

目录

前言

第一章 混凝土基本常识	1
第一节 混凝土的种类	1
第二节 混凝土的性质	2
第二章 混凝土原材料及施工机具	11
第一节 混凝土原材料	11
第二节 混凝土施工常用机具	36
第三章 普通混凝土主要施工操作技术	56
第一节 混凝土配合比设计	56
第二节 混凝土施工搅拌站系统设置	71
第三节 混凝土的搅拌	74
第四节 混凝土的运输	80
第五节 混凝土的浇筑	83
第六节 混凝土的养护	98
第七节 混凝土拆模基本要求	102
第八节 混凝土施工质量检验	103
第九节 常见混凝土质量缺陷及防治	112
第四章 特殊混凝土施工操作技术	116
第一节 泵送混凝土施工	116
第二节 大模板、滑模及升板法混凝土施工	131
第三节 预应力混凝土施工	146
第四节 大体积混凝土施工	150
第五节 高强混凝土施工	155
第六节 防水混凝土施工	157
第七节 耐酸、耐碱混凝土施工	165
第八节 混凝土构筑物施工	169

第五章 混凝土季节施工	178
第一节 冬期混凝土施工	178
第二节 夏季混凝土施工	200
第三节 雨期混凝土施工	205
第六章 混凝土裂缝及其控制	208
第一节 混凝土施工中非结构性裂缝及其控制	209
第二节 高层住宅楼板裂缝控制	212
第七章 混凝土工施工安全常识	217
第一节 混凝土工安全基本知识	217
第二节 混凝土工安全技术操作规程	225
第三节 施工场地常见安全标志	229
第四节 安全生产法律法规摘录	233
参考文献	239

第一章

混凝土基本常识



小贴士

混凝土，简称砼，通常讲的混凝土是指用水泥作胶凝材料，砂、石作骨料，与水（加或不加外加剂和掺合料）按一定比例配合，经搅拌、成型、养护而得的人造石材，其广泛应用于土木工程中。

第一节 混凝土的种类

一、按使用功能分

混凝土按使用功能可分为结构用混凝土、保温混凝土、耐酸碱混凝土、抗渗混凝土、抗冻混凝土、高强混凝土、防水混凝土、耐热混凝土、道路混凝土、大坝混凝土、防护混凝土和装饰混凝土等。

例如，抗渗等级等于或大于 P6 级的混凝土为抗渗混凝土，抗冻等级等于或大于 F50 级的混凝土为抗冻混凝土。

二、按胶结材料分

混凝土按胶结材料可分为水泥混凝土、石膏混凝土、水玻璃混凝土、沥青混凝土和聚合物混凝土等。土建施工中最常用的就是水泥混凝土。

三、按表观密度分

(1) 轻混凝土 轻混凝土表观密度为 $500 \sim 1900 \text{ kg/m}^3$ ，是用火山灰渣、黏土陶粒和陶砂、粉煤灰陶粒和陶砂等轻骨料制成

的。包括轻骨料混凝土（表观密度为 $500 \sim 1900\text{kg/m}^3$ ）和多孔混凝土（表观密度为 $500 \sim 800\text{kg/m}^3$ ），主要用于各种承重结构和承重隔热制品。

（2）特轻混凝土 包括表观密度在 500kg/m^3 以下的多孔混凝土和用特轻骨料（膨胀珍珠岩、蛭石、泡沫塑料等）制成的轻骨料混凝土，主要用作保温隔热材料。

（3）重混凝土 其表观密度为 $1900 \sim 2500\text{kg/m}^3$ ，是用致密的天然砂、石作为骨料制成的，主要用于各种承重结构。

（4）特重混凝土 其表观密度大于 2500kg/m^3 。是用特别密实和特别重的骨料制成的，例如钢筋混凝土等，主要用于防辐射工程。

四、按混凝土结构分

混凝土按结构可分为普通混凝土、细粒混凝土、大孔混凝土和多孔混凝土等。

其中，普通混凝土是由碎石或卵石、砂、水泥和水制成；细粒混凝土是由细骨料和胶结材料制成，主要用于制造薄壁构件；大孔混凝土是由粗骨料和胶结材料制成，骨料外包胶结材料，彼此以点接触，骨料之间有较大的空隙，主要用于墙体内隔层等填充部位；多孔混凝土没有粗细骨料之分，全部由磨细的胶结材料和其他粉料加水拌成料浆，用机械方法或化学方法使之形成许多微小的气泡后再经硬化制成。

五、按施工方法分

混凝土按施工方法可分为现浇混凝土、预制混凝土、泵送混凝土和喷射混凝土等。其中，现浇混凝土主要用于条形、杯形等基础的浇筑；泵送混凝土是指利用混凝土泵沿管道直接将混凝土拌合物输送到浇筑地点，一次性完成混凝土水平和垂直运输的一种高效输送、浇筑混凝土的施工技术。

第二节 混凝土的性质

一、混凝土拌合物的和易性

为了使混凝土便于泵送、浇筑，并均匀、密实地填充满模

板, 保证混凝土工程的质量, 就需要混凝土拌合物具有良好的和易性。混凝土拌合物的和易性是指混凝土在施工中是否易于操作, 是否具有能使所浇筑的构件质量均匀、成型易于密实的性能。对混凝土拌合物的要求, 主要是使运输、浇筑、捣实和表面处理等施工过程易于进行, 减少离析, 从而保证良好的浇筑质量, 进而为保证混凝土的强度和耐久性创造必要的条件。混凝土的和易性包括流动性、黏聚性和保水性等。

1. 和易性的测定

通常, 以坍落度再辅以黏聚性和保水性作为综合指标来评定混凝土的和易性。

(1) 坍落度试验用具 混凝土坍落度试验所用的器具为坍落度筒、漏斗、捣棒和钢尺。

1) 坍落度筒是一个高 300mm, 下口内径为 200mm, 上口内径为 100mm 的圆台形铁筒。其内部应光滑、无凹凸部位, 两边有把手和脚踏板。

2) 漏斗用金属制成, 可以紧密地套在坍落度筒上口内。

3) 捣棒为直径 16mm、长 600mm、端部磨圆的钢棒, 用以捣实坍落度筒内的混凝土。

(2) 坍落度试验操作步骤

1) 首先湿润坍落度筒、漏斗和捣棒, 把坍落度筒放在不吸水的刚性水平底板上。

2) 用双脚踩住脚踏板, 将混凝土拌合物用小铲经漏斗分三次均匀地装入筒内, 每次装料约为 $1/3$ 筒高, 每次用捣棒插捣 25 次。

3) 插捣时, 应沿螺旋方向由外向中心进行, 插棒可以稍稍倾斜。插捣底层时, 捣棒应贯穿整个高度。插捣第二层和顶层时, 捣棒应插透本层直至下一层的表面。装顶层时, 混凝土应装到高出筒口。

4) 插捣过程中, 如混凝土沉落低于筒口, 则应随时添加混凝土拌合物。

5) 顶层插捣完后, 拔去漏斗, 刮去多余的混凝土, 并用抹刀抹平。

6) 清除筒边底板上的混凝土后, 垂直平稳地提起坍落度筒。坍落度筒的提起过程应不间断地进行。

7) 提起坍落度筒后, 立即测量筒顶与坍落后混凝土试体最高点之间的高度差, 即为该混凝土拌合物的坍落度值, 以 mm 为单位, 精确至 5mm, 整个过程应在 150s 内完成, 如图 1-1 所示。

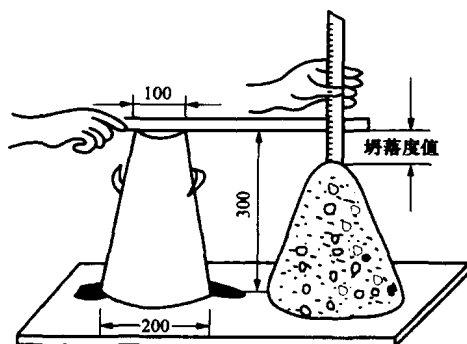


图 1-1 坍落度值测量

8) 坍落度筒提起后, 如混凝土发生崩坍或一边剪坏时, 应重新取样另行测定, 如第二次试验仍出现上述现象, 则表示该混凝土和易性不好。注意观察坍落后混凝土试体的黏聚性和保水性。

9) 用捣棒在已坍落的混凝土锥体侧面轻轻敲打, 如果锥体逐渐下沉, 则表示黏聚性良好; 如果锥体倒坍、部分崩裂或出现离析现象时, 则表示黏聚性不好。

10) 坍落度筒提起后, 如有较多的稀浆从底部析出, 且锥体部分的混凝土因失浆而使骨料外露, 则表示混凝土拌合物的保水性能不好。

11) 坍落度筒提起后无稀浆或仅有少量稀浆自底部析出, 即表示混凝土拌合物的保水性能良好。

12) 根据坍落度的测定和黏聚性、保水性的直观观察,即可综合评定混凝土拌合物的和易性。

2. 坍落度的选定

混凝土的坍落度大小应根据建筑物的特征、钢筋含量、运输距离、浇筑方法及气候条件等因素选定。对于结构截面较小、钢筋含量较多的结构,应选用坍落度较大的混凝土;对于大体积素混凝土及少筋混凝土,可选用坍落度较小的混凝土。混凝土浇筑时的坍落度可按表 1-1 及表 1-2 选用。

表 1-1 混凝土浇筑时的坍落度选定 (单位: mm)

结构类型	坍落度
(1) 基础或地面垫层 (2) 无筋的厚大结构(挡土墙、基础或厚大的块体等)或配筋稀疏的结构	10 ~ 30
板、梁和大型及中型截面的柱子等	30 ~ 50
配筋密集的结构(薄壁、斗仓、筒仓、细柱等)	50 ~ 70
配筋特密的结构	70 ~ 90

表 1-2 泵送混凝土坍落度选定

泵送高度/m	< 30	30 ~ 60	60 ~ 100	> 100
坍落度/mm	100 ~ 140	140 ~ 160	160 ~ 180	180 ~ 200

二、混凝土的强度等级

混凝土的强度高低主要是指立方体抗压强度($f_{cu,k}$)的大小,混凝土的抗压强度用强度等级来表示。混凝土的强度等级按立方体抗压强度标准值($f_{cu,k}$)来划分,可分为 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80 十四个等级。其中“C”表示混凝土的强度等级,后面的数字则表示其抗压强度,如 C35 表示该混凝土的抗压强度为 35MPa。混凝土强度等级的测定方法是,把混凝土拌合物按标

准方法制作成边长为 150mm 的立方体标准试块，在标准条件下（温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 90%）养护 28d 后，采用标准实验方法测得具有 95% 保证率的抗压强度，混凝土强度单位为 MPa。

影响混凝土抗压强度的主要因素有：

（1）水灰比 当采用的水泥品种及强度等级确定后，混凝土的强度随水灰比的增大而有规律地降低。

（2）骨料的种类及性质 混凝土强度的大小与骨料表面的粗糙程度、砂石的强度等级、骨料的级配有着很大的关系；当砂石中含有较多的杂质，砂石本身的强度较低时，拌制的混凝土强度较低；砂石级配良好、砂率适中时制成的混凝土的强度较高。

（3）水泥的强度 如其他条件相同，水泥的强度等级越高，混凝土的强度也就越高；反之，混凝土的强度也就越低。

（4）外加剂 混凝土中掺入外加剂，可明显地改善混凝土的性能。例如：掺入减水剂，使混凝土的强度明显提高；加入早强剂可大幅度地提高混凝土的早期强度；掺入缓凝剂可减缓水泥的水化速度，但使混凝土的初期强度有所降低。

（5）养护的湿度和温度 混凝土强度的发展，依靠水泥的不断水化，而水泥的水化必须在一定的温度和湿度环境下进行。故在混凝土浇筑后一段时间内，必须保证其水化所需的温度和湿度。所以，混凝土浇筑后必须加强养护，保持适当的温度和湿度，保证混凝土强度的不断发展。

（6）养护龄期 混凝土在正常养护条件下，其强度随龄期的增长规律与水泥是一致的，混凝土强度在最初 3 ~ 7d 增长较快，以后逐渐缓慢，28d 后强度增长更慢，但增长过程可延续几十年。一般以 28d 龄期的强度作为混凝土的强度设计值。

影响混凝土强度的因素除上述因素以外，还与施工方法和施工质量有着密切的关系，尤其是施工过程中的振捣工艺，将明显地影响着混凝土的均匀性、密实性和硬化后的强度及耐久性，从而影响混凝土的强度。

“小总结”

强度是混凝土最重要的力学性能，通常用混凝土强度来评定和控制混凝土的质量。混凝土的强度有抗拉强度、抗压强度、抗弯强度、抗剪强度和与钢筋的粘结强度等，其中混凝土的抗压强度是最大的，抗拉强度最小。通常，在结构设计、施工、验收中均以抗压强度为依据。

三、混凝土的耐久性

1. 耐久性介绍

混凝土的耐久性主要指混凝土的抗渗性、抗冻性、抗侵蚀性和抗碳化性。

(1) 混凝土的抗渗性 混凝土的抗渗性是指混凝土抵抗压力水渗透的能力。混凝土的抗渗性对于地下建筑、水工及港口建筑等工程都是一项重要的指标。同时，混凝土的抗渗性还将直接影响混凝土的抗冻性和抗侵蚀性。混凝土的抗渗性以抗渗等级来表示，混凝土的抗渗等级用“P”来表示，如 P2、P4、P6、P8、P12 等，抗渗等级大于或等于 P6 的混凝土称为抗渗混凝土。

(2) 混凝土的抗冻性 混凝土的抗冻性是指混凝土在水饱和和状态下，能经受多次冻融循环作用而不破坏，同时也不严重降低强度的性能。

混凝土的抗冻性用抗冻等级来表示，混凝土的抗冻等级有 F25、F50、F100、F150、F200、F250、F300 七个等级，它们分别表示混凝土能承受反复冻融循环次数为 25、50、100、150、200、250 和 300 次。抗冻等级大于或等于 F50 的混凝土称为抗冻混凝土。

(3) 混凝土的抗侵蚀性 当工程所处的环境有侵蚀介质时，对混凝土必须提出抗侵蚀性的要求。混凝土的抗侵蚀性取决于水泥的品种、混凝土的密实度及孔隙特征。混凝土的密实性好，具

有封闭孔隙的混凝土侵蚀介质不易侵入，混凝土的抗侵蚀性就好。

(4) 混凝土的抗碳化性 混凝土的碳化是指空气中的二氧化碳与水泥石中的氢氧化钙作用，产生碳酸钙和水。碳化作用对混凝土有不利影响，首先减弱对钢筋的保护作用，使钢筋表面的氧化膜被破坏而开始生锈；其次，碳化作用还会引起混凝土收缩，使混凝土表面碳化层产生拉应力，从而产生微细裂缝，以致降低混凝土的抗折强度。

2. 耐久性设计要求

1) 耐久性设计应满足低渗透性的要求。按工程设计抗渗性指标，确定氯离子扩散系数要求，作为初选水胶比的依据。水胶比通常不大于 0.42。混凝土中氯离子扩散系数与渗透性的关系见表 1-3。

表 1-3 混凝土中氯离子扩散系数与渗透性的关系

氯离子扩散系数 / (cm^2/s)	ASTM C1202 6h 总导电量/c	对氯离子渗 透性评价	参考混凝土种类	
			水胶比	28d 强度/MPa
1.0×10^{-7}	>4000	很高	>0.6	<30
$5 \times 10^{-8} \sim 1.0 \times 10^{-7}$		高	0.45 ~ 0.60	30 ~ 40
$1.0 \times 10^{-8} \sim 5 \times 10^{-8}$	2000 ~ 4000	中	0.40 ~ 0.45	40 ~ 60
$5 \times 10^{-9} \sim 1.0 \times 10^{-8}$	1000 ~ 2000	低	0.35 ~ 0.40	60 ~ 80
$5 \times 10^{-10} \sim 5 \times 10^{-9}$	100 ~ 1000	很低	0.30 ~ 0.35	80 ~ 100
$<5 \times 10^{-10}$	<100	可忽略	<0.30	>100

当混凝土的强度足够高、水灰比足够低时，氯离子的扩散系数约在 $10^{-9} \text{cm}^2/\text{s}$ 数量级时，则混凝土具有较高的抗渗性；普通混凝土中氯离子的扩散系数多在 $10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$ 数量级；品质较差的混凝土中氯离子的扩散系数在 $10^{-7} \text{cm}^2/\text{s}$ 数量级。

2) 胶凝材料总量应大于设计相同强度等级传统混凝土时的水泥用量，以提高混凝土的耐久性。对不同强度等级的混凝土，胶凝材料总量一般应不少于 $400 \text{kg}/\text{m}^3$ ，不大于 $500 \text{kg}/\text{m}^3$ 。

3) 砂率按混凝土施工性调整。为不严重影响混凝土弹性模量, 砂率不宜大于 45%。由于胶凝材料中各组分密度相差较大, 宜采用绝对体积法进行配合比的计算。至少第一盘试配要采用绝对体积法。混凝土拌合物应有最小的砂石空隙率。试配后应检验其强度是否满足设计要求, 检验应按配制强度进行。

混凝土配制强度: $f_{cu,o} = f_{cu,k} + 1.645\sigma$

式中 $f_{cu,o}$ ——混凝土配制强度 (MPa);

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度 (MPa);

σ ——混凝土强度标准差, 设计强度等级为 C50 以下时, σ 取 5.0MPa; 设计强度等级为 C50 以上时 (含 C50), σ 取 6.0MPa。

4) 应按计算出的配合比进行试拌, 检验施工性。调整其坍落度和坍落流动度, 观察体积稳定性, 测定混凝土的表观密度, 调整计算密度和材料用量。

混凝土耐久性指标见表 1-4。

表 1-4 混凝土耐久性指标

抗蚀系数	抗渗等级	ASTMC1202 法测量结果及评价	氯离子扩散系数 / ($10^{-8} \text{cm}^2/\text{s}$)
1.14	>P12	573/很低	1.1/中

3. 提高混凝土耐久性的措施

提高混凝土耐久性的措施见表 1-5。

表 1-5 提高混凝土耐久性的措施

类 别	措施内容
对原材料严格检验	应对混凝土做坚固性和吸水率试验, 通常是吸水率越大, 坚固性越差, 坚固性试验可根据吸水率指标进行决定
降低混凝土渗透性	(1) 合理选用水灰比 合理选用水灰比对混凝土的抗渗性有重要影响。合理选用水灰比就必须合理化选用水泥 (2) 科学掺用矿物细掺料 矿物细掺料种类、掺量、品种、

(续)

类 别	措施内容
降低混凝土渗透性	活性、细度等不同,对混凝土性能的影响也大不相同。矿物细掺料在提高混凝土性能的同时,也会带来某些副作用,如降低早期强度、需水量增大、收缩增大等。因此,不能盲目掺用细掺料,而应根据具体的工程实际,科学地掺用 (3) 添加外加剂 添加减水剂、高效减水剂、缓凝剂可以有效地改善混凝土的工作性,从而有利于混凝土的均匀性和密实性,减少质量缺陷,提高混凝土抗渗性。外加剂的掺用应注意不同外加剂之间的匹配、外加剂与水泥的相容性及外加剂的成分、掺量等。如在钢筋混凝土中掺用外加剂应严格控制氯离子的引入,以免对钢筋防锈蚀不利
改善混凝土体积稳定性	保持混凝土的体积稳定性,就是控制混凝土的收缩,混凝土收缩主要有化学收缩、塑性收缩、温度收缩、干燥收缩、自收缩和碳化收缩等几种。掌握不同收缩的产生机理及影响因素,采取相应措施,如加强养护,尽量避免使用高细度的水泥和矿渣,控制硅灰和矿渣的掺量,掺加适量的粉煤灰,考虑掺用收缩抑制剂和膨胀剂,才能有效地防止和减少混凝土的开裂

第二章

混凝土原材料及施工机具



小贴士

通常，混凝土是由水泥、细骨料（砂）、粗骨料（石子）、水及外加剂，按一定比例搅拌硬化后，凝结而成的。其中，砂和石子在混凝土中起骨架作用，所以又统称为骨料。砂是细骨料；石子是粗骨料。其他粗骨料还有陶粒、重晶石、铁矿石等。水泥的水化物起胶结和填充作用，所以水泥又称为胶凝材料。其他胶凝材料还有沥青等。在工程中还常加入外加剂来改善混凝土的性能，如减水剂、早强剂、缓凝剂、防冻剂等。同时，还可加入粉煤灰、矿渣等掺合料用来替代水泥，并改善混凝土的性能。

混凝土施工机具主要是混凝土搅拌机、混凝土搅拌运输车等。

第一节 混凝土原材料

一、水泥

1. 水泥的品种及组成成分

水泥的品种及组成成分见表 2-1。

2. 常用水泥主要技术要求

常用水泥主要技术要求可参见表 2-2 及表 2-3 内容。