

混凝土构件生产工艺

周兆桐 杨伯科 刘良季等 编著

辽宁科学技术出版社

1988年·沈阳

混凝土构件生产工艺

周兆桐 杨伯科 刘良季等 编著

辽宁科学技术出版社

1988年·沈阳

前 言

随着城乡工业与民用建筑的迅速发展，建筑材料短缺已成为当务之急，其中尤以木材为最。目前，最理想的解决途径，就是大力推广混凝土建筑构件。

混凝土是现代房屋建筑中发展最快、使用最广的工程材料，以混凝土做建筑构件，具有原料丰富、坚固耐久、防火防蚀、节约能源、成本低廉以及有利于环境保护等优点。因此，我国把发展钢筋混凝土结构做为一项长期的技术政策。

目前，全世界混凝土年产量已达60亿吨，其中发达国家每人每年达3~4吨，而我国每人每年只有半吨左右。正因为如此，我国混凝土行业仍是处于发展中的“朝阳工业”。可以预料，一旦混凝土构件在我国辽阔的城乡广泛推广使用后，其需用量将是十分可观的。

当前从事混凝土构件生产的人员逐年增加，特别是广大乡镇混凝土构件生产厂家增长更快，他们迫切需要学习和掌握这方面的生产和施工技术知识，以适应优质、低耗的社会要求。本书就是为此目的而编写的。

书中较系统地介绍了混凝土构件生产的一般知识、整套生产工艺及设备选型；为了促进混凝土构件行业推行全面质量管理，又全面地介绍了有关混凝土质量控制的基础知识和实用技术。对于书中使用的计量单位，基本上按照法定单位做了统一，有的不便统一则按照法定单位做了标注，还有的暂沿用原使用单位，以便供读者对照执行。

目 录

第一章 混凝土基本知识	1
第一节 建筑材料的基本性质.....	1
第二节 普通混凝土的原材料.....	12
第三节 普通混凝土的主要技术性能.....	26
第二章 普通混凝土的配合比设计	38
第一节 用水量的确定.....	38
第二节 水泥用量的确定.....	40
第三节 砂、石用量的确定.....	44
第四节 配合比设计的一般步骤.....	46
第五节 混凝土配合比设计实例.....	51
第三章 原材料的贮存	56
第一节 原材料的贮存期及材料损耗系数.....	56
第二节 砂石堆场.....	57
第三节 水泥仓库.....	60
第四节 钢筋仓库.....	62
第四章 混凝土拌合物的制备	64
第一节 影响搅拌质量的因素.....	64
第二节 搅拌工艺.....	67

第三节	混凝土拌合物的运输	73
第四节	给料机械	74
第五节	称量机械	79
第六节	搅拌机械	81
第五章	钢筋加工工艺	106
第一节	钢筋的品种、性能及选用	106
第二节	钢筋的冷加工	112
第三节	钢筋的配料加工	120
第四节	钢筋网片及骨架的成型	126
第五节	钢筋强化机械	130
第六节	调直切断机械	141
第七节	钢筋切断机械	149
第八节	钢筋弯曲机械	152
第九节	钢筋镦头机械	153
✓第十节	预应力钢筋张拉机械	158
第十一节	钢筋对焊机械	160
第十二节	钢筋点焊机械	162
第十三节	配筋构造的一般规定	165
第六章	混凝土构件成型	176
✓第一节	密实成型方法	176
第二节	模型	179
第三节	隔离剂	181
✓第四节	振动密实成型	184
第五节	成型车间生产工艺组织	195
第六节	设备选型计算	204

第七章 预应力钢筋混凝土构件	214
第一节 概述.....	214
✓第二节 预应力钢筋混凝土的材料.....	219
第三节 长线台座法生产工艺.....	220
第四节 长线台座拉模和挤压机生产工艺.....	233
第八章 混凝土构件的养护	237
第一节 概述.....	237
第二节 自然养护.....	238
第三节 蒸汽养护.....	249
第四节 蒸汽养护的热耗.....	253
第五节 蒸汽负荷计算.....	257
第六节 热介质定向循环养护简介.....	261
第九章 试验、检验及缺陷的控制	263
第一节 试验室.....	263
第二节 成品检验.....	278
第三节 混凝土的缺陷及其控制方法.....	297
第十章 混凝土构件的质量管理	305
第一节 混凝土强度统计方法.....	306
第二节 影响混凝土强度标准离差的因素.....	322
第三节 质量管理图.....	324
第四节 混凝土质量早期判定与控制.....	335
第十一章 冬期生产	350

第一节	冬期生产的基本规定.....	350
第二节	材料要求.....	351
第三节	运输、浇灌和养护.....	352
第四节	外加剂的使用.....	354
第五节	测温.....	356
〔附录〕	法定计量单位和原使用单位换算表.....	357

第一章 混凝土基本知识

第一节 建筑材料的基本性质

一、材料的物理性质

正确掌握材料的物理性质，对合理选择材料和使用材料是十分重要的。建筑材料的物理性质包括的内容很多，这里只重点介绍与质量、水、热有关的物理性质。这也是混凝土材料最为重要的性质之一。

(一) 与质量有关的性质

1. 密度

密度是材料在绝对密实状态下单位体积的质量。可按下式计算：

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

式中 γ ——材料的密度（克/厘米³）；

G ——材料在干燥状态下的质量（克）；

V ——材料在绝对密实状态下的体积（厘米³）。

比重是指材料在绝对密实状态下单位体积的重量与同单位体积的水（4℃）的重量之比。比重是无量纲单位。比重这个物量单位国际上已不再用，我国国家标准 GB3102 中也未列出，比重最好代之以密度。

绝对密实状态下的体积指不包括材料的内部孔隙在内的体积。对有孔隙的材料，可把材料磨成细粉用比重瓶进行测

定其实体积。对密实材料，如外形不规则等，可用排水法测定其实体积。

2. 容重

容重是材料在自然状态下单位体积的质量。按下式计算：

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 γ_0 ——材料的容重（公斤/米³）；

G ——材料的质量（公斤）；

V_0 ——材料在自然状态下的体积（米³）。

自然状态下的体积指包括内部孔隙在内的体积。外形规则的材料可直接测量外形尺寸从而计算其体积。对于外形不规则的颗粒状材料，可先使其饱水然后再用排水法测得其颗粒体积，这样测得的容重值称为颗粒容重。

材料含水时，重量要增加，有些材料含水时体积还会发生变化。所以，一般应注明材料的含水情况。常用建筑材料的密度和容重见表 1—1。

3. 密实度与孔隙率（空隙率）

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。孔隙率是指孔隙体积所占的比例。空隙率是指材料自然堆积状态时，颗粒间的空隙在总体积中所占的比例。

密实度与孔隙率关系密切，在数值上两者之和为 1 或 100%。孔隙率大小对材料的物理性质和力学性质均有影响。一般，孔隙率愈小，则材料的容重值愈大、强度愈高。

材料孔隙的构造和大小对材料性能影响也较大，孔隙构造可分为连通孔与封闭孔，按其尺寸大小可分为极微细孔

表1—1 常用建筑材料的密度及容重

材料名称	密度 (g/cm ³)	容重 (kg/m ³)
石灰岩	2.60	1800~2600
碎石 (石灰岩)	2.60	1400~1700*
轻骨料	2.20~2.50	300~1000*
砂	2.60	1450~1650*
普通硅酸盐水泥	3.10	1200~1300*
普通混凝土	—	2100~2600
轻骨料混凝土	—	800~1900
普通粘土砖	2.70	1600~1800
木材	1.55	400~900
钢材	7.85	7850

注：有*者系松散容重值

隙、细小孔隙和较粗大孔隙等。孔隙率可按下式计算：

$$P = \left(1 - \frac{\gamma_s}{\gamma}\right) \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 γ_s 及 γ ——分别为容重及密度。

如用松散容重代替 γ_s ，用颗粒容重代替 γ ，则上式可算得空隙率。

(二) 与水有关的性质

1. 吸水性和吸湿性

吸水性指材料在水中吸收水分的能力(以吸水率表示)，吸湿性指材料在空气中吸收空气中的水分的能力(以含水率表示)。一般，吸水性指吸水饱和状态，而吸湿性则指非饱和状态。

吸水率以材料在一定时间内吸收水分的质量与材料烘干至恒定的质量之比的百分数表示。分为质量吸水率和体积吸水率，一般多采用质量吸水率。可按下式计算：

$$W_{\text{重}} = \frac{G_1 - G}{G} \times 100\% \quad (1-4)$$

$$\text{或 } W_{\text{体}} = \frac{G_1 - G}{V} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 $W_{\text{重}}$ 或 $W_{\text{体}}$ ——材料的质量吸水率或体积吸水率 (%) ;

$G_{\text{湿}}$ ——材料吸水后的质量 (克) ;

$G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的质量 (克) ;

V ——材料自然状态下的体积 (厘米³) 。

含水率以材料在潮湿空气中吸收空气中的水分的质量与材料烘干至恒重时的质量之比的百分数表示。可按下式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{G_{\text{含}} - G_{\text{干}}}{G_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率 (%) ;

$G_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量 (克) ;

$G_{\text{干}}$ ——材料烘干至恒重时的质量 (克) 。

材料的吸水性和吸湿性主要取决于材料本身与水分的相互吸引力的大小, 还与材料的孔隙率的大小及孔隙结构特征有关, 一般孔隙率越大者, 吸水性及吸湿性越大, 孔隙虽微小但为开口孔者, 吸水性及吸湿性亦大。所以, 多种材料的吸水率相差很大, 如花岗岩等密实岩石的质量吸水率仅为 0.5~0.7%, 普通混凝土为 2~3%, 粘土砖为 8~20%, 而木材和一些多孔轻质材料则可高达 100% 以上。

材料吸水后对材料的性能会产生一系列的影响, 如容重增大, 导热性提高, 体积膨胀, 强度降低等。所以, 在实际应用中必须加以注意, 如在混凝土的配合比设计中, 必须

考虑粗骨料的含水率和吸水率；在使用轻质材料时，特别要注意材料含水变潮后对材料保温性能的影响等。

当然，在某些情况下，材料吸水后也不都是坏影响，如木材完全浸没在水中比暴露在大气中或受干湿循环作用时的耐久性反而好；混凝土长期浸在没有压力的淡水中，其强度随时间增长也会有所增长等。

2. 耐水性

材料在长期饱水作用下不产生破坏，其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数表示。

$$K = \frac{R_{\text{饱}}}{R_{\text{干}}} \quad (1-7)$$

式中 K ——材料的软化系数；

$R_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态下的抗压极限强度（兆帕）；

$R_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压极限强度（兆帕）。

软化系数一般小于1。在某些使用部位下，材料的软化系数是一个重要的指标。如对长期浸水或处于潮湿环境中的重要结构物，其主要结构材料的软化系数应在0.85以上；次要结构物或受潮较轻的结构物要求材料的软化系数应在0.75以上。软化系数大于0.80的材料，通常可认为是耐水的。经常处于干燥环境中的结构，可不必考虑软化系数。

3. 抗冻性

抗冻性是材料在吸水饱和状态下，抵抗多次冻结和融化作用（冻融循环）的性能。

建筑物在自然环境中，往往是夏、秋季节被水浸湿，然后在冬、春季节又受到反复的冰冻和融化的交替循环作用，这种自然气候条件对材料的破坏作用是比较严重的。一般，把

材料这种抵抗冻融循环作用的能力，作为衡量材料耐久性的主要指标之一。

冰冻的破坏作用是由于材料在孔隙中的水分在结冰时能产生9%的体积膨胀，从而对孔壁产生很大的压力（可高达100兆帕），使孔壁开展，材料产生裂缝。随着反复冻结与融化次数的增多，材料表面将产生脱屑、剥落，强度也逐渐降低。材料在经受一定的冻融循环后，可采用抗压强度或材料质量损失的指标来衡量材料的抗冻性能。即材料的抗冻性是以材料能经受规定的冻融循环次数后，检验其抗压强度降低值不超过25%或质量损失值不大于5%者为合格，然后以此检验合格的冻融循环次数来划分材料的抗冻标号，如M10、M15、M25等。

材料的抗冻性要求必须根据建筑物的等级、材料所处的环境及气候条件等来决定。对寒冷地区，冬季设计温度低于零下15℃的重要工程所用的墙体材料、覆面材料，其抗冻性必须符合要求。

4. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性。一般，地下建筑物和土工构筑物，因经常受到压力水的作用，材料一定要满足抗渗性的要求，而对于屋面材料和防水材料等，则要求有更高的抗渗性。

材料的抗渗性可用材料抵抗压力水渗透的能力来表示。即材料在一定面积上，每隔一定的时间，增加1工程大气压(at)的水压力，直至材料的断面上发现透水为止，此时材料所能承受的最大压力，即为材料的抗渗标号，以 B_1 、 B_2 、 B_3 ……表示。例如，材料在3个工程大气压力之下渗水，则其抗渗标号为 B_3 。除抗渗标号外，还可用渗透系数来表示。

材料抗渗性的大小，与材料本身的孔隙率和孔隙构造特征有关。一般，绝对密实的或具有封闭孔隙的材料，实际上是不透水的，而孔隙率较大和孔隙连通的材料则抗渗性较低。一般说来抗渗性好的材料，其抗冻性也好。

(三) 与热有关的性质

主要指材料的保温、隔热、耐热等热工性能，这些性能与材料的使用功能和使用部位有关。例如，当建筑材料在建筑物中用作围护结构时，对材料的热工性能的要求就显得特别重要。

1. 材料的热传导性

当材料或构件两表面存在温度差时，热量可由一面传到另一面，这就是材料的热传导性质，它可用导热系数来表示，其公式如下：

$$\lambda = \frac{QD}{\Delta t \cdot Z \cdot A} \quad (1-8)$$

式中 λ ——材料的导热系数，千卡/米·℃·小时（千瓦/米·开尔文）*；

Q ——材料传导的热量，千卡（千焦）；

D ——材料的厚度，米；

Δt ——材料两面的温度差，℃（开）；

Z ——传热时间，小时（秒）；

A ——材料传热的面，米²。

材料的导热系数随材料的比重（或容重）提高而增加，并且与材料的孔隙大小和构造特征有密切关系。一般，多孔材料的导热系数较小，但当其孔隙中所充满的介质（空气、

* 瓦 = 焦耳/秒。

水、冰)不同时,材料的导热性能就会发生变化,因为空气、水和冰这三种介质的导热系数分别为0.02、0.5和2.0千卡/米·℃·小时。因此,要保证材料优良的保温性能,就要求材料尽量干燥不受潮,而吸水受潮后尽量不受冰冻,这对施工和使用都有很现实的意义。

2. 材料的比热和热容量

材料在加热时可吸收热量,在冷却时可放出热量,这种吸热和放热的性质称为材料的热容量,一般用比热来表示。

比热可按下式计算:

$$C = \frac{Q}{G \cdot \Delta t} \quad (1-9)$$

式中 C ——材料的比热(千卡/公斤·℃)(千焦/公斤·开);

Q ——材料吸收(或放出)的热量(千卡)(千焦);

G ——材料的质量(公斤);

Δt ——材料受热(或冷却)前后的温度差(℃)(开)。

材料的热容量值(比热 C 和材料质量 G 的乘积),对于保持建筑物内部温度稳定和冬期施工有很大的实用意义。

二、材料的力学性质

材料在使用时,通常会受到外力的作用,外力的作用方式是多种多样的,而每种材料能够承受的外力大小和作用方式也是不同的。因此,正确了解和掌握材料的力学性质,对于合理选择和使用材料是非常重要的。

(一) 强度

材料抵抗外力破坏的能力称为强度。当材料承受外力作用时,材料内部就产生应力(指单位面积上的内力),当应力增大至超过材料本身所能承受的极限值时,材料就要产生破坏,此时的极限应力值就是材料的极限强度。

由于外力作用的方式不同，产生的应力主要有压、拉、弯、剪四种（图 1—1）。所以，把强度分为抗压强度、抗拉强度、抗弯强度和抗剪强度四种。

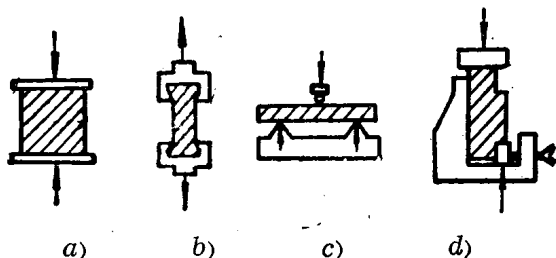


图1—1 材料承受各种外力示意图

a) 抗压 b) 抗拉 c) 抗弯 d) 抗剪

一般，材料的强度是在静力试验中测定的，所以总称为静力强度。各静力强度的计算公式如下。

材料的抗压、抗拉、抗剪强度由下式计算：

$$R = \frac{P}{F} \quad (1-10)$$

式中 R ——分别为抗压、抗拉或抗剪强度（兆帕）；

P ——材料受压或受拉、受剪破坏时的荷载（牛）；

F ——材料的受力面积（毫米²）。

当外力是作用于构件支点中心的集中荷载，而材料截面为矩形时，如（图 1—1 C）所示，则抗弯强度（也称抗折强度）为：

$$R_{\text{弯}} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1-11)$$

式中 $R_{\text{弯}}$ ——抗弯强度（兆帕）；

P ——受弯时破坏荷载（牛）；

L——两支点间距(毫米)；

b——截面宽度(毫米)；

h——截面高度(毫米)。

各种材料表现出的各种静力强度性质是很不相同的，如脆性材料混凝土、石子、砖等，其抗压强度要比抗拉强度高得多，抗拉强度只相当于抗压强度的 $1/5 \sim 1/50$ 。所以，这类材料在建筑物中只适于用作承受压力荷载的部位。又如弹塑性材料金属、钢材等，其抗压强度和抗拉强度就较接近。所以，必须根据材料的主要力学性能，因材施教，才能更好地发挥材料的优势。

材料的强度主要取决于材料的成分、结构和构造。一般，成分相同的材料，如果其孔隙率和构造特征不同，强度差异也很大；孔隙率越大的材料强度越低，强度与孔隙率具有近似的线性比例关系。

当然，材料的强度测定还受各种试验条件的影响，如试验时材料的含水量、试件的尺寸和各种试验参数等，都会对强度值产生影响。因此，必须严格按照规定的试验方法进行测定。

(二) 弹性和塑性

弹性和塑性是材料受到荷载时的变形性质。材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，凡能够完全恢复到原来状态的变形，称为弹性变形(或瞬时变形)。弹性变形与外力的关系，表现为线性的，即外力与变形成正比关系，这在物理学上称为虎克定律。

材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，不能恢复到原来状态而仍保留的变形，称为塑性变形(或永久变形)。

材料在受力较小时，处于外力与变形成正比关系的弹性