

混凝土工实用计算

傅鍾鵬 編著

中国建筑工业出版社

混凝土工实用计算

傅鍾鵬 编著

中国建筑工业出版社

目 录

第一章	一般知识	1
第一节	常用符号	1
第二节	法定计量单位	9
第三节	标高计算	20
第四节	试验数据的图象处理	26
练习题		35
第二章	基本数学计算	38
第一节	比和比例	38
第二节	角度计算	46
第三节	勾股定理的应用	55
第四节	基础代数	67
练习题		82
第三章	混凝土工程量计算	86
第一节	面积计算	86
第二节	体积计算	99
第三节	工程量计算	112
练习题		122
第四章	材性计算	127
第一节	一般物理性质	127
第二节	水泥	139
第三节	碎石和卵石	149
第四节	砂	157
第五节	混凝土强度	166

练习题	
第五章 混凝土质量控制	173
第一节 强度增长率	173
第二节 加热和保温	178
第三节 数理统计方法初步	196
第四 质量评定	207
练习题	215
第六章 混凝土配合比计算	218
第一节 设计原则	218
第二节 水灰比值的确定	225
第三节 水泥用量计算	231
第四节 砂、石用量计算	238
第五节 理论配合比的建立	249
第六节 施工配合比	262
第七节 其他计算问题	267
练习题	279
第七章 简单配筋计算	281
第一节 外力与内力的对应联系	281
第二节 弯矩计算	288
第三节 钢筋混凝土工作原理	299
第四节 受弯构件配筋计算(一)	309
第五节 受弯构件配筋计算(二)	328
第六节 受压和受拉构件配筋计算	340
练习题	347
综合练习题	351
练习题解答	353
附录 三角函数表	398

第一章 一般知识

第一节 常用符号

在混凝土工程的施工计算中，经常要应用到一些符号，它们的作用是作为代表各种词语的标记，以使某些复杂的书写形式趋于简单化，这样，在计算过程中不但可以省略许多词语，并且使算式简洁明了。

算术运算时所用的“加”（+）、“减”（-）、“乘”（ $\times$ ）、“除”（ $\div$ ）以及“等于”（=）等这些符号是大家所熟悉的，而有些符号写法一样，解释的意义（或所代表的词语）却不相同，例如“加”的符号“+”在代数学中作为“正”的符号、“减”的符号“-”作为“负”的符号；另有一些词语则可用几种符号来表示，例如“b除a，或a除以b”可用以下三种组合形式的符号来表示：

$$a \div b \quad \text{或} \quad \frac{a}{b} \quad \text{或} \quad a/b$$

怎样选用和识别符号呢？通常情况下要知道以下三点：

（1）在科学技术上作硬性规定的，所有人都必须遵守，而且写出这些符号到处都通用，如以上提到的加、减、乘、除和等于的符号就属于这一类的符号。

（2）有一类符号是习惯上采用的，象“直径”（ d ）、“长度”（ l ）、“高度”（ h ）、“面积”（ A ）等，大

多数人都是这么用的，已经形成习惯，甚至规定到某个技术专业的标准中去，我们最好也加以采用；不过，如果有人不愿意用这些符号或在某些条件下应用它们有点不方便，那么，也可以采用别的符号来表示。

(3) 还有一类符号是任意选用的，没有什么特殊要求和限制，也没有通用性，例如图1-1所示的三角形，三个顶点用 A 、 B 、 C 表示就可以，如果觉得不方便（例如已有一个三角形的三顶点用 A 、 B 、 C 表示，这个三角形的三顶点再用 A 、 B 、 C 表示，就会产生混淆），那么也可以采用 E 、 F 、 G （或 D 、 H 、 K 等）。而三角形的边长可以用 a 表示，也可以用 l 或 d 等表示。不过选用这类符号时，也要照顾到习惯条件，例如三角形的顶点通常是用大写字母、边长通常是用小写字母表示，如果“顶点 A ”改为“顶点 a ”，那就不妥了。

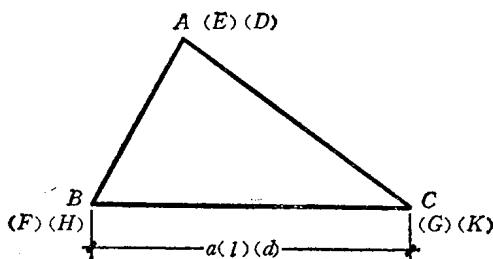


图 1-1

表示计量单位、图形部位、计算公式、化学成分、物理量以及构件代号等，常用的符号有拉丁字母、英文字母和我国汉语拼音字母，这三种字母的写法都一样；在建筑结构设

计中，规定应用拉丁字母，还选用一些希腊字母。

混凝土计算主要是应用拉丁字母和英文字母。当前，国家尚未正式规定拉丁字母读音，所以有关建筑设计标准确定：暂按英文字母发音。表1-1列出拉丁字母、英文字母以及几个常用的希腊字母表。关于这些字母的读音，表中用汉字注音并不是很准确的，因为有些发音找不到恰当的汉字来表达，所以学习时还得听教师的指导。

字 母 表

表 1-1

写 法		读 音	写 法		读 音
大 写	小 写		大 写	小 写	

拉丁字母和英文字母

A	a, a	爱	N	n	恩
B	b	比	O	o	欧
C	c	西	P	p	批
D	d	地	Q	q	“克由”拼音
E	e	衣	R	r	阿尔
F	f	爱 夫	S	s	爱斯
G	g, ɟ	基	T	t	梯
H	h	爱 曲	U	u	由
I	i	哀	V	v	维衣
J	j	街	W	w	达不溜
K	k	克	X	x	爱克斯
L	l	爱 勒	Y	y	外
M	m	爱 姆	Z	z	借

希 腊 字 母

写 法	σ	π	α	γ	φ	ρ
读 音	西格马	派	阿儿法	嘎吗	“弗爱”拼音	漏

一般情况下用一个字母作为一种符号叫做“主体符号”，有时也用主体符号带上、下标来构成符号，用以进一步说明主体符号的涵义。例如通常用 f 表示强度，而在 f 的右下角加一个小字，以区别是什么受力种类的强度，象

f_c ——抗压强度

f_t ——抗拉强度

其中下标 c 、 t 分别表示“压”、“拉”。

字母有大写和小写的区别，根据习惯使用的范围来确定该用哪种写法，要经常使用，熟悉后才能记住，表中所列的几个常用希腊字母都是小写的。

表1-1列出全部26个拉丁字母和英文字母，在这26个字母中，常用的也只有十几个，现把施工中通用的、本书内又常出现的一些主体符号和它们所代表的含义写在下面。

1. 一般符号

f ——钢筋或混凝土强度；

R ——反力；圆的半径；混凝土强度；

D ——圆的直径；

d ——圆的直径或钢筋直径；

n ——物品的件数（如混凝土试块组数、钢筋根数等）；

h ——高度；

l ——长度或跨度；

A ——面积；

S ——细骨料重；

G ——粗骨料重；恒荷载；

W ——水重；

C ——水泥重；混凝土强度等级；

V ——体积；剪力；

M ——弯矩;
 N ——轴向力;
 Q ——活荷载;
 γ ——比重;
 ρ ——配筋率;
 σ ——应力; 标准差;
 π ——圆周率;
 φ ——稳定系数。

2. 计量单位符号

用字母表示计量单位的, 必须按计量单位的中文名称读音, 如力的单位是 N ^①, 它的中文名称是“牛顿”(或简称为“牛”), 因此, N 字不读“恩”, 而必须读“牛顿”或“牛”, 如 $10N$ 应读成“十牛顿”或“十牛”。

长度单位:

m ——米; km ——千米, 公里;
 dm ——分米; cm ——厘米;
 mm ——毫米。

面积单位:

m^2 ——平方米; cm^2 ——平方厘米。

体积与容积单位:

m^3 ——立方米; cm^3 ——立方厘米;
 L (或 l)——升; dm^3 ——立方分米。

重量单位:

kg ——千克, 公斤; g ——克;
 t ——吨。

① 在法定计量单位中, 力的单位用牛顿(N)表示, 过去则用公斤(kg)表示; 它们的换算关系: $1N \approx 0.1kg$ 。

力的单位:

N——牛顿, 牛; kN——千牛顿, 千牛;

MN——兆牛顿, 兆牛。

弯矩单位:

N·m ——牛顿·米, 牛·米;

kN·m ——千牛顿·米, 千牛·米;

kN·cm ——千牛顿·厘米, 千牛·厘米;

MN·m ——兆牛顿·米, 兆牛·米;

强度和应力单位:

Pa ——帕斯卡, 帕;

kPa——千帕斯卡, 千帕;

MPa——兆帕斯卡, 兆帕^①。

时间单位:

s——秒; min——分;

h——小时, 时; d——天, 日。

3. 化学成分符号

表1-2列出材性中常见的一些化学成分符号。

化 学 成 分 符 号

表 1-2

名 称	碳	锰	硅	氧化钙	二氧化硅	三氧化硫
符 号	C	Mn	Si	CaO	SiO ₂	SO ₃

化学成分符号都是采用英文字母, 但是读音要按中文名称读汉字的音, 例如SO₃要读“三氧化硫”, 而不读“爱斯欧三”。

① 在法定计量单位中, 强度的单位用兆帕(MPa)表示, 过去则用kg/cm²表示; 它们的换算关系: 1MPa=10kg/cm²。

4. 数学符号

除了大家熟悉的加、减、乘、除、括号、等号、比等符号之外，本书还要用到以下几种：

$<$ ——小于， $>$ ——大于；

$\leq$ ——小于或等于，不大于；

$\geq$ ——大于或等于，不小于；

$\approx$ ——约等于； $\%$ ——百分比；

Σ （读“西格马”，是希腊字母 σ 的大写）——总计。

在混凝土施工计算中，还要用到一些特殊的数学符号，如三角函数、开方符号等，这些将在讲述有关内容时提到。

对于数学符号的读音，除了用字母表示的之外，都按符号所代表的数学名词读，例如 $\leq$ 读“小于或等于”或“不大于”；但对于 $\%$ ，如前面连一个数，就读“百分之”，而不读“百分比”，如64%读“百分之六十四”，而不读“六十四百分比”。

5. 其他符号

在计量单位中，平面角是用“度”、“分”、“秒”计量的，符号是在数字的右上角写“°”、“′”、“″”，读音也是度、分、秒，例如 $16^{\circ}24'32''$ 读“十六度二十四分三十二秒”。

“分”、“秒”的名称虽然与时间单位一样，但所用符号是不一样的，在使用时要加以注意；另外，有些旧书中用“′”、“″”表示英制长度“英尺”、“英寸”，也要注意区别。

“′”在钢筋混凝土结构学中作为上标，可以表示“受压”，例如图1-2是一根梁的截面，影线部分为受压区，那么翼缘宽度、高度就分别用 b'_f 、 h'_f ，而受拉区则没有“′”。在这

里，“’”的读音为“撇”，如 b_f 读“比爱夫撇”、受压钢筋设计强度 f_y 读“爱夫外撇”。

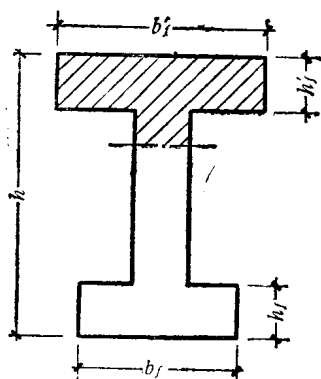


图 1-2

混凝土工计算范围还包括构件的简单配筋，因此也必须懂一些钢筋使用的符号。钢筋的种类很多，其中热轧钢筋按机械性能分为四个等级，是用罗马字母作为符号的，罗马字母 I、II、III、IV 即一、二、三、四，读音也是“一”、“二”、“三”、“四”，例如 II 级钢筋读“二级钢筋”。

在普通钢筋混凝土结构中，常用的几种钢筋符号列于表 1-3。

钢 筋 符 号 表 1-3

钢 筋 种 类	符 号	注
I 级钢筋	ϕ	I、b 是汉语拼音字母，表示“拉”、“拔”
II 级钢筋	Φ	
III 级钢筋	Φ	
冷拉 I 级钢筋	ϕ^I	
冷拔低碳钢丝	ϕ^b	

表1-3的各个主体符号都按“弗爱”拼音读,例如 $\Phi 18$ 读“弗爱十八”,表示直径为18毫米的Ⅲ级钢筋。

钢筋施工图上还有间距符号@,表示隔多远放一根钢筋,@读“间距”,如@200即间距200毫米;有时也用N表示钢筋号,例如N8表示第八号钢筋,读“八号筋”。

本书应用的其他符号还有~(起迄符号,读“至”),如10~20兆帕表示10兆帕至20兆帕范围内。

第二节 法定计量单位

用以量度同类量大小的一个标准量称为计量单位。例如量度长度这类量的大小,用“米”做计量单位,我们把光在真空中299792458分之1秒所经过的行程作为量度长度的标准,并称为米,这个标准长度就是长度的计量单位。

除了米之外,我们还使用或听说过“英寸”、“市尺”等长度计量单位,也知道1米=3市尺、1英寸=25.4毫米等长度计量单位的换算关系,那么,长度计量单位这么多,到底应该用哪种合适呢?

为了避免计量单位使用上的混乱,每个国家都以法令的形式明确规定要在全中国采用某些计量单位,称为“法定计量单位”。凡属法定计量单位,在该国家内,任何地区、任何部门、任何机构和任何个人都必须毫无例外地遵照采用,而非法定计量单位则应予废除。我国国务院在1984年2月27日发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,规定了我国的计量单位一律采用《中华人民共和国法定计量单位》,这些法定计量单位主要是采用国际单位制,并且加上一些我国选定的非国际单位制单位、用于构成十进倍数和分

数单位的词头。

国际单位制是世界上大部分国家采用的，由于它简单、科学、实用，所以国际上很多经济组织和科学技术组织都予以采用。为了推动我国科学技术进步和扩大国际经济文化交流，我国政府规定采取以国际单位制为基础、适当地再选定一些非国际单位制的单位作为我国的法定计量单位。

对于混凝土工来说，必须熟悉有关混凝土施工以及设计理论的各种计算，计算中所涉及的法定计量单位种类并不多，主要有长度、重量、时间、角度、力、应力等，以及由长度扩展的面积、体积等，还有一些特殊情况下使用的计量单位，如弯矩等。

按照法定计量单位的规定，由于有的单位在实际生活或生产活动中因数值太小或太大而使用不方便，所以在主单位前面还得加上一个构成十进倍数和分数单位的词头，以改变那个主单位的数值。例如长度的单位为“米”，长度的其它单位（如厘米、毫米）都以它为依据，米就称为主单位，我们说碎石的规格有多大，平常都说2至4厘米或20至40毫米，这“厘”、“毫”就是构成米的分数单位的词头，它们分别表示米的百分之一、千分之一。如果我们说，碎石的规格为0.02至0.04米也没有错，但是，听起来就太别扭，因为用米这个单位太大，不如用20至40毫米；又如说从水泥厂运水泥至搅拌站，运距是40公里，公里即千米，这“千”字是构成米的十进倍数的词头，如果不用这词头，就得说运距是40000米，显然，米这个单位用于表达运距远近就嫌太小了。

表1-4列出常用的词头和它们的意义。

对于法定计量单位，并不是所有单位都可以使用词头，例如时间单位“分”，就没有说“兆分”（一百万分）的，

至于哪些单位用什么样词头，将在各类量的计量单位中说

词 头 表 表 1-4

名 称	兆	千	分	厘	毫
符 号	M	k	d	c	m
所表示的倍数或分数	1000000	1000	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{1000}$

明。另外，要注意词头的意义，它本身并不是一个词，不能单独作为词使用（它就象汉字的偏旁部首一样，不能单独存在），更不能把它当做数词，譬如说一千这个数，不可以写成1k，只能写1000。还有一点要注意，表1-4中各词头的符号除了兆（M）是用大写英文字母之外，其余的都是小写，不可以将大写写成小写，或将小写写成大写。

以下分别介绍各类量的计量单位。所介绍的只是混凝土工经常用到的，或本书内用得着的；各种计量单位的符号写法已在上一节提过，不再重复列出。

1. 长度单位

前面已经说过，它是以光在一定时间内的行程作为标准量的，根据国际单位制的规定，“米”是它的主单位。混凝土工程中常用的长度单位有米、千米（公里）、分米、厘米、毫米等几种。米、千米通常用以表示距离，分米只有体积计算时才用，厘米一般在力学计算中用，毫米则大部分是用以标注施工图中的尺寸。

2. 重量单位

在国际单位制中是没有“重量”单位的，但有一种“质

量”单位，用以度量“质量”这类量的大小。质量表示物体所含物质的多少。搅拌机是一种物体，含有铁这种物质；那么，一桶水中含有水这种物质，怎么来比较它们所含物质的多少呢？国际单位制规定以“摩尔”作为物质的量的单位，把各种物质所含的“微粒”（分子、原子、离子等）数量与标准物质（碳—12，即原子核中有6个质子和6个中子的碳原子）所含微粒作个对比，以确定某物质的量有多少。质量的单位是千克（公斤）。

物理学中重量和质量是两个概念，通常将重量视为重力，即物体受地心引力产生的力，它的单位应该是牛顿（N）。但是在人们日常生活中，习惯于将重量和质量等同起来，采用相同的单位即千克（公斤）；而国务院关于实行法定计量单位的通知中也指出，在某些场合，重量就是质量。因此，我们可以用质量的单位——公斤（kg）表示物体的重量^①；在工程上，只有当重量的物理含义是指力的情况下，物体重量的含义才视为重力，这时的单位应该用力的单位——牛顿（N）来表示。例如当将楼板上的重物视作荷重并因此而计算楼板的承载能力时，该重物的表示单位就不是公斤，而应该将它化作牛顿了。

3. 时间单位

国际单位制的时间单位是秒，多长时间是1秒，它的定义是很复杂的，我们只需知道这是指日常钟表上所指的秒就可以了；国家还选用非国际单位制的计量单位分、时（或小时）和天（或日）。

4. 温度单位

在混凝土工程施工中所采用的温度单位是国际单位制中

① 此外，重量还可以用吨作为它的法定计量单位。

的摄氏度，它的符号是 $^{\circ}\text{C}$ ，按照法定计量单位的规定，这个符号可作为中文符号使用，可与其它中文符号构成组合形式的单位。这种温度单位是将水结冰时温度定为零度、水沸腾时温度定为100度，在这两个界限中分100个间隔，每一间隔就是1度。使用温度单位时要注意两点：

(1) $^{\circ}\text{C}$ 读“摄氏度”，例如 12°C 应读为“十二摄氏度”，而不应该读成“十二度”或“摄氏十二度”。

(2) $^{\circ}\text{C}$ 的正确写法是 $^{\circ}$ 和 C 两部分只占一个字的位 置，而不能将它们分离，例如12摄氏度的写法是 12°C ，不应该写成 12°C 。

另外，摄氏度是不能加词头使用的单位。

5. 力的单位

如果有一个力作用于物体上，就会使物体的运动状态发生改变，例如用一个力去推一小车石子，车就前进了；当物体的速度的大小和方向发生改变，即物体的运动状态发生改变时，物体具有加速度，加速度是速度变化与发生这个变化所用时间的比，单位为米/秒²。这样，国际单位制中规定力的单位为牛顿（或简称牛），它的含义是：使质量为1千克的物体产生1米/秒²加速度的力，叫做1牛顿，即

$$1\text{ 牛顿} = 1\text{ 千克} \cdot \text{米} / \text{秒}^2$$

在建筑工程中，我们经常听到“荷载”这个词，荷载是指作用于建筑物上的力，例如楼板上放一些家具，家具的重量形成一种荷载，作为力作用在楼板上。由于地心引力的影响，家具（或任何物体）受吸引而产生“重力加速度”，这样，要是家具的重量以千克计，加速度的单位是米/秒²，那么，家具作用于楼板上的力就是家具重量乘以加速度，它的单位是牛顿。常用的力的单位有千牛顿、兆牛顿等。