

混凝土结构设计规范 学 习 指 导

施岚青 张玉祥 编著

地 震 出 版 社

1 9 9 1

些条文逐条讲解的不同方法。

(3) 学用并重。书中除介绍条文制订的依据外，还讨论了一些应用技巧和注意事项，并分析了规范某些规定与实验结果的差值和裕量。这有助于读者在处理实际问题时掌握分寸。

(4) 查阅方便。为了便于与规范对照阅读，有关规范条文、图例、表格等均沿用规范的原编号，书中直接引用者用黑框或黑体字标出。在书后还附有索引，可以直接查到与规范条文相应的章节。

本书由建设部标准定额研究所所长邵卓民高级工程师审定。参加编著工作的还有张辉琪、孙惠镐、范迪璞等。傅德炫、金维麟、杨松、王正西等对本书的一些计算、绘图工作给予了支持，在此一并致谢。

由于水平所限、时间匆促，错误、不当之处在所难免，敬请读者予以指正。

施岚青

1991年元旦

(京)新登字095号

内 容 介 绍

本书主要介绍《混凝土结构设计规范(GBJ10-89)》中条文制订的理论依据、实验资料、一些规定或数据确定的背景。其特点是:

① 内容齐全。全面介绍了规范每一条文的内容、计算公式、构造规定和限制条件;② 编排合理。全书内容基本上按规范条文的顺序设置。③ 学用并重。在介绍条文制订依据的同时,还讨论了一些应用技巧和注意事项,并分析了某些规定与实验结果的差值与裕量,便于读者使用时掌握分寸。④ 查阅方便。有关规范条文、图表均用规范原编号,并用索引给出了本书章节与规范条文的对照。本书可供从事结构设计、科研、施工的科技人员,以及大专院校师生参考。

混凝土结构设计规范学习指导

施岚青 张玉祥 编著

责任编辑:蒋乃芳

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路4号

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

850×1168 1/32 21.125 印张 566 千字

1991年10月第一版 1991年10月第一次印刷

印数 0001—10000

ISBN 7-5028-0474-9/TU·37

(862) 定价: 14.00元

前 言

《混凝土结构设计规范(GBJ10-89)》是土建领域中应用最广泛的规范之一,也是土建结构工程技术人员最需熟悉的规范之一。这本规范与旧的 TJ 10-74 相比,引入了不少新的概念和理论,理论体系较完善,内容和篇幅也有增加。

新规范的制订主要以基本理论的演绎、实验成果的归纳、工程经验的总结、外国规范的分析借鉴以及专家的集体讨论和协议为基础。因此,要深入理解、正确运用新规范,单靠阅读条文正文是不够的,还应了解条文制订的依据、实验资料、一些规定或数据确定的背景。近年来,我在规范的讲解和推广工作中对此有深切体会,同时也了解到广大土建科技人员迫切希望能提供有关上述内容的书籍。

本人曾参加过历次混凝土规范的编制工作,并围绕规范有关内容进行过长期的研究,作过较多的实验和理论探讨,这次又作为规范编制组成员直接参与了一些条文的制订。这些为我编著本书提供了比较有利的条件。为规范的推广尽一分力,这就是编著本书的初衷。

本书有以下特点:

(1) 内容齐全。考虑到规范中的条文均对工程有指导和技术法律的作用,因此,书中不仅着重讲述重点部分和重要公式,而且对规范中的每一条文内容、计算公式、构造规定、限制条件均作了较详尽的介绍和分析。

(2) 编排合理。本书的编排次序基本上与规范次序一致,同时,为了照顾理论的系统性和循序渐进的认识规律,对部分内容作了适当调整。全书采取针对条文制定背景作较系统论述及对有

目 录

第一章 总则	(1)
一、规范制订的目的和适用范围	(1)
二、与其他规范的关系	(1)
第二章 基本设计规定	(3)
第一节 极限状态和极限状态方程	(3)
一、极限状态	(3)
二、极限状态方程	(5)
第二节 随机变量的分布及统计特征	(7)
一、平均值、标准差、变异系数和概率分布	(7)
二、保证率、特征值和标准值	(11)
三、随机变量的基本运算法则	(12)
第三节 概率极限状态设计方法	(13)
一、失效概率和可靠指标	(13)
二、实用设计表达式	(16)
第四节 荷载效应组合	(19)
一、荷载代表值	(19)
二、荷载设计值和荷载效应基本组合	(21)
三、荷载的选用	(23)
四、荷载效应系数	(23)
第五节 承载力极限状态计算	(24)
一、结构构件重要性系数 γ_0	(24)
二、承载力函数 $R(\cdot)$	(26)
三、倾覆和滑移验算的设计表达式	(30)
第六节 正常使用极限状态验算	(31)
一、表达式	(31)
二、三种荷载效应组合	(32)

三、变形控制	(33)
四、裂缝控制	(34)
第三章 材料	(38)
第一节 混凝土	(38)
一、混凝土的强度等级	(38)
二、混凝土强度的标准值	(41)
三、混凝土强度的设计值	(44)
四、混凝土的弹性模量 E_c 和剪变模量 G_c	(44)
第二节 钢筋	(46)
一、钢筋的种类	(46)
二、钢筋的强度标准值	(46)
三、钢筋的强度设计值	(48)
四、冷拉钢筋	(49)
五、钢丝的强度	(49)
六、钢筋的弹性模量	(50)
七、钢筋的焊接	(50)
第三节 材料的选用	(51)
第四节 材料的疲劳强度设计值	(53)
一、疲劳应力比	(53)
二、混凝土的疲劳强度和疲劳变形模量	(54)
三、钢筋的疲劳强度	(57)
第四章 预应力混凝土结构构件的计算规定	(59)
第一节 受力过程	(59)
一、施工阶段	(59)
二、荷载作用阶段	(60)
第二节 消压状态	(62)
第三节 张拉控制应力	(67)
第四节 施加预应力时的混凝土强度	(69)
第五节 预应力损失值	(70)
一、摩擦引起的预应力损失值 σ_{l2}	(70)
二、张拉端锚具变形引起的预应力损失值 σ_{l1}	(73)

三、温差引起的预应力损失值 σ_{l5}	(75)
四、钢筋松弛引起的预应力损失值 σ_{l4}	(76)
五、混凝土收缩徐变引起的预应力损失值 σ_{l6}	(77)
六、压陷引起的预应力损失值 σ_{l8}	(80)
七、预应力损失值的组合	(81)
第六节 预应力值的计算	(81)
一、换算截面和净截面	(82)
二、对称配筋时的预应力值计算	(83)
三、对称配置预应力钢筋和非预应力钢筋时的预 应力值计算	(86)
四、不对称配筋时的预应力值计算	(89)
五、预应力弯起钢筋计算时应注意的问题	(96)
第七节 施工阶段验算	(97)
一、施工阶段进行验算的必要性	(97)
二、施工阶段构件截面应力的计算	(98)
三、承载力验算	(98)
四、抗裂验算	(99)
第八节 预应力传递长度和锚固长度	(101)
一、预应力传递长度 l_t	(101)
二、锚固长度 l_a	(102)
第五章 正截面承载力计算	(103)
第一节 一般规定	(103)
一、基本假定	(103)
二、受压区混凝土的等效矩形应力图形	(106)
三、混凝土的弯压强度 f_{cm}	(108)
四、相对界限受压区高度 ξ_b	(109)
五、钢筋应力 σ_s	(113)
第二节 受弯构件的正截面承载力计算	(118)
一、矩形截面梁的正截面受弯承载力计算	(118)
二、T形截面梁的正截面受弯承载力计算	(131)
三、无屈服台阶钢筋配置的预应力混凝土梁的	

受弯承载力计算	(133)
四、双向受弯构件的正截面受弯承载力计算	(135)
第三节 轴心受压构件的正截面承载力计算	(139)
一、配置普通箍筋的轴心受压构件	(139)
二、配置螺旋箍筋的轴心受压构件	(142)
第四节 偏心受压构件的正截面承载力计算	(146)
一、偏心距	(146)
二、基本公式	(147)
三、截面承载力校核	(154)
四、不对称配筋构件的配筋计算	(160)
五、对称配筋构件的配筋计算	(170)
第五节 I 形、T 形和 L 形截面构件的正截面承载力计算	(173)
一、截面尺寸的确定	(173)
二、确定承载力计算公式的方法	(173)
三、承载力计算公式	(175)
四、I 形截面偏心受压构件的配筋计算	(177)
五、T 形和 L 形截面偏心受压构件的正截面承载力计算	(181)
第六节 均匀配筋截面构件的正截面承载力计算	(184)
一、概述	(184)
二、均匀配筋截面的应力分布	(186)
三、当 $\xi_0 \leq 1/(1+\beta)$ 时腹板承受的内力 N_{w} 和内力矩 M_{w}	(188)
四、当 $\xi_0 > 1/(1+\beta)$ 时腹板承受的内力 N_{w} 和内力矩 M_{w}	(189)
五、 N_{w} 和 M_{w} 的简化	(190)
六、当 $\xi h_0 < 2a'$ 时的承载力计算	(194)
七、受弯构件的正截面承载力计算	(196)
八、偏心受压构件的正截面承载力计算	(197)
第七节 环形截面构件的正截面承载力计算	(200)
一、概述	(200)
二、环形截面的几何特征	(201)

三、截面应力分布	(202)
四、截面内力	(206)
五、基本公式及其简化	(208)
六、几点讨论	(211)
七、偏心受压构件的正截面承载力计算步骤	(213)
八、受弯构件的正截面承载力计算	(220)
第八节 圆形截面构件的正截面承载力计算	(221)
一、圆形截面的几何特征	(221)
二、截面应力分布	(222)
三、截面内力	(223)
四、基本公式及其简化	(224)
五、偏心受压构件的正截面承载力计算步骤	(226)
六、受弯构件的正截面承载力计算	(231)
第九节 偏心距增大系数	(232)
第十节 双向偏心受压构件的正截面承载力计算	(238)
一、双向偏心受压承载力计算的实用公式	(238)
二、轴向力 N_{ux} , N_{uy} 的计算	(239)
三、对称配筋矩形截面双向偏心受压构件的正截面承载力简化计算方法	(240)
第十一节 受拉构件的正截面承载力计算	(248)
一、偏心受拉构件的受拉承载力计算	(248)
二、对称配筋偏心受拉构件的受拉承载力计算	(251)
三、沿截面腹部和沿周边均匀配筋构件的受拉承载力计算	(254)
四、双向偏心受拉构件的受拉承载力计算	(255)
五、双向偏心受拉构件承载力计算的简化方法	(256)
第六章 斜截面承载力计算	(260)
第一节 概述	(260)
第二节 集中荷载作用下矩形截面无腹筋简支梁的抗剪性能	(263)
一、斜裂缝引起的应力状态变化	(263)

二、破坏形态	(267)
三、影响受剪承载力的主要因素	(271)
四、剪切强度控制区	(274)
第三节 集中荷载作用下矩形截面无腹筋连续梁的 抗剪性能	(283)
第四节 均布荷载作用下矩形截面无腹筋梁的抗剪 性能	(287)
一、简支梁的抗剪性能	(287)
二、连续梁的抗剪性能	(290)
第五节 无腹筋梁受剪承载力计算公式	(294)
第六节 集中荷载作用下有腹筋梁的抗剪性能	(299)
一、箍筋的作用	(299)
二、集中荷载作用下配箍筋梁的受剪承载力	(303)
三、弯起钢筋	(308)
第七节 均布荷载作用下有腹筋梁的抗剪性能	(311)
一、简支梁的受剪承载力	(311)
二、连续梁的受剪承载力	(312)
第八节 T形梁的受剪承载力	(314)
第九节 受拉边倾斜的简支梁抗剪性能	(319)
第十节 斜截面受弯承载力计算	(321)
第十一节 偏心受压构件和偏心受拉构件的受剪 承载力	(324)
一、轴向力对简支构件抗剪性能的影响	(324)
二、框架柱的抗剪性能	(327)
三、偏心受压构件和偏心受拉构件的受剪承载力计算公式	(331)
第十二节 预应力混凝土受弯构件的受剪承载力	(335)
第七章 扭曲截面承载力计算	(337)
第一节 受扭构件的截面塑性抵抗矩	(337)
第二节 纯扭构件的开裂扭矩	(345)
第三节 纯扭构件的受扭承载力	(347)

第一章 总 则

《混凝土结构设计规范 (GBJ 10-89)》(以下简称规范)的总则主要讲述规范制订的目的、适用范围,以及与其他规范的关系。

一、规范制订的目的和适用范围

规范制订的目的是为了在混凝土结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量。

规范适用于工业与民用房屋和一般构筑物的钢筋混凝土、预应力混凝土以及素混凝土承重结构的设计,不适用于轻混凝土及其他特种混凝土结构的设计。在特殊地区或特殊环境下的结构设计,尚应符合专门规范的有关规定。

二、与其他规范的关系

目前我国工程结构方面的设计规范按其原则程度和指导范围大小可大体上分为四个层次。

第一层次最高,体现最基本原则,有下述三本规范:《工程结构设计统一标准》、《工程结构设计通用符号、计量单位和基本术语》和《工程结构荷载规范》。这三本规范规定了建筑结构、水工结构、港工结构、桥梁工程等领域内结构设计规范的制订原则。

第二层次用于指导建筑结构工程中各种结构设计规范的制订原则,也有三本规范:《建筑结构设计统一标准(GBJ 68-84)》、《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语(GBJ 83-85)》和《建筑结构荷载规范(GBJ 9-87)》。

第三层次是各类结构的设计规范，有混凝土结构设计规范以及钢、木、砌体、轻钢结构、建筑抗震等设计规范。

第四层次是各种规程，是第三层次规范在某个方面的更加具体的规定和补充。

混凝土结构设计规范和其他有关规范的关系可用图 1.1 示意。

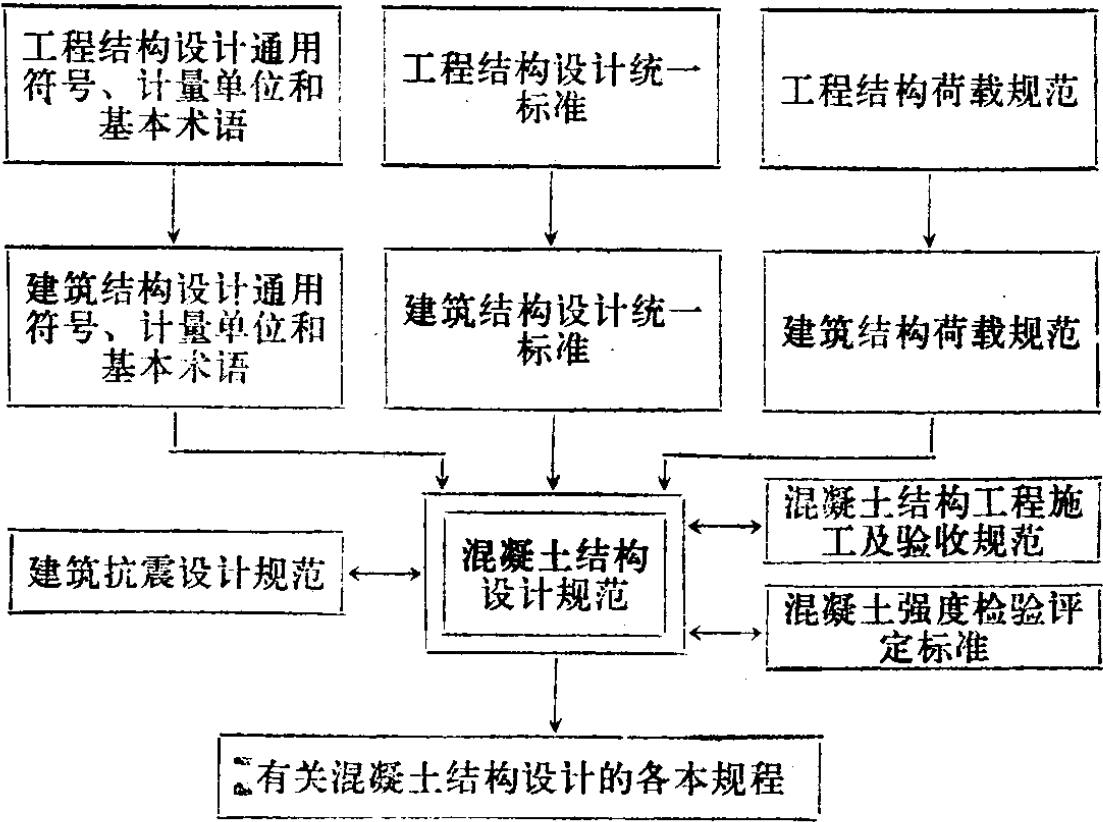


图 1.1 混凝土结构设计规范与其他规范的关系

第二章 基本设计规定

规范第 3.1.1 条明确指出：本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，采用以分项系数的设计表达式进行设计。概率极限状态设计法是运用概率分析方法，对结构可靠性给出科学的度量，明确地提出了结构可靠度的定义和可靠指标的计算公式，对结构的可靠概率作了近似的相对的估计，改变了过去采用定值安全系数时主要依靠经验的做法。这反映了当代世界结构设计方法发展的新水平，表明我国的建筑结构设计规范已进入世界先进行列。但规范所采用的设计表达式仍然是我国广大设计人员所熟悉的分项系数表达式。这种将先进的设计理论与传统的表达形式相结合的做法，使这种先进的设计理论在我国较快地进入了实用阶段。下面先对以概率理论为基础的极限状态设计方法的基本概念作一介绍。

第一节 极限状态和极限状态方程

一、极限状态

混凝土结构设计的基本目的是，以最经济的手段使结构在预定的设计基准期（按 50 年考虑）内具有预定的各种功能。

现以一个承受均布荷载的单筋矩形截面简支梁（图 2.1）为例加以说明。设梁的跨度 l_0 ，梁宽 b ，截面有效高度 h_0 ，纵向受拉钢筋面积 A_s ，钢筋抗拉强度 f_y ，混凝土弯压强度 f_{cm} ，截面刚度 B ，承受的均布荷载为 q 。

$$\text{梁跨中最大弯矩 } M = \frac{l_0^2}{8} q$$

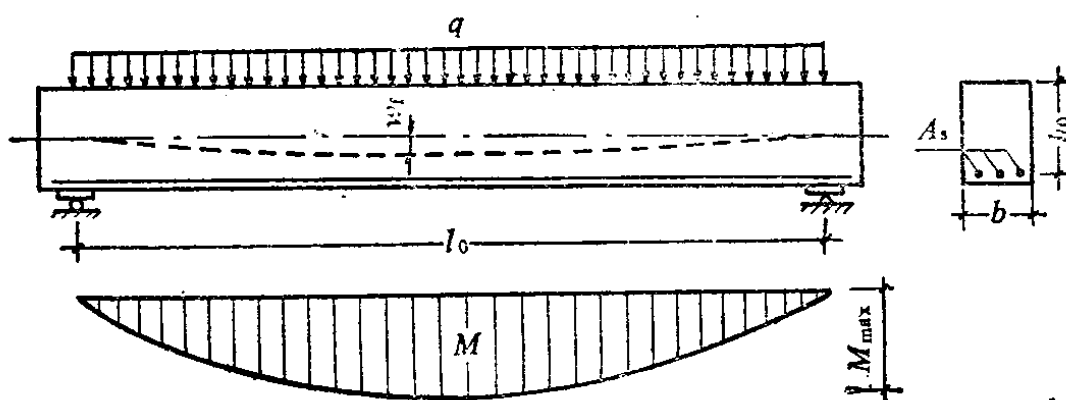


图 2.1 简支梁的受力情况

梁跨中最大挠度 $w_f = \frac{5l_0^4}{384B} q = \frac{5l_0^2}{48B} M$

梁所能承受的弯矩，即截面的受弯承载力

$$M_u = f_y A_s \left(h_0 - \frac{f_y A_s}{2 f_{cm} b} \right)$$

梁的允许挠度 $[w_f] = \frac{l_0}{200}$

若 $M < M_u$ 和 $w_f < l_0/200$ ，表示构件在承载力和变形两方面均能满足预定的功能要求，此梁处于可靠状态。

若 $M > M_u$ 或 $w_f > l_0/200$ ，表示构件已失去承载力或变形过大，不能再正常使用，即此梁处于失效状态。

若 $M = M_u$ 和 $w_f = l_0/200$ ，表示梁正处于由可靠状态进入失效状态的临界状态，这种状态就是规范第 3.1.2 条所谓的极限状态。极限状态的定义是：整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求，此特定状态称为该功能的极限状态。当 $M = M_u$ 时，构件达到承载力极限状态；当 $w_f = l_0/200$ 时，构件达到正常使用极限状态。规范第 3.1.2 条对这两种极限状态给出了明确的定义：

一、承载力极限状态：这种极限状态对应于结构或结构构件达到最大承载力、疲劳破坏或不适于继续承载的变形；

二、正常使用极限状态：这种极限状态对应于结构或结构构

件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。

根据两种极限状态的要求，规范第 3.1.3 条规定，混凝土结构设计时一般需要进行下列计算或验算：



二、极限状态方程

当结构构件处于极限状态时，影响结构可靠度的各种变量的关系式称为极限状态方程。 $M = M_u$ ， $w_f = l_0/200$ 即为极限状态方程，其中 M ， M_u ， w_f 均为荷载、材料强度、几何尺寸等多个变量的函数。从极限状态方程出发，表 2.1 列出了各种情况下结构构件的设计判别式。

从表 2.1 可以看出设计判别式的表达式有三类：

- (1) 内力值 $\leq$ 承载力值；
- (2) 应力值 $\leq$ 材料强度；
- (3) 最大裂缝宽度、挠度 $\leq$ 相应的允许限度。

以上三种形式又可概括地用一个形式来表示，即

$$S \leq R \quad (2.1)$$

式中 S ——作用效应。指荷载、地震、温度变化、地基沉降等因素作用于结构构件上而产生的内力、应力和变形

结构构件的设计判别式

表 2.1

极限状态的类型			判 别 式	说 明
承载能力极限状态	承载力	受拉	$N \leq N_u$	N, M, V, T 为构件截面上的内力 N_u, M_u, V_u, T_u 为构件截面的承载力
		受压	$N \leq N_u$	
		受弯	$M \leq M_u$	
		受剪	$V \leq V_u$	
正常使用极限状态		受扭	$T \leq T_u$	
		疲劳	$\sigma^f \leq f^f$	
	稳定性	倾覆	$M_{ov} \leq M_r$	M_{ov} 为倾覆力矩; V_s 为滑移力 M_r 为抗倾覆力矩; V_r 为抗滑移力
		滑移	$V_s \leq V_r$	
	变形	挠度	$w_f \leq [w_f]$	w_f 为最大挠度值 $[w_f]$ 为允许挠度值
		侧移	$w_f \leq [w_f]$	
	裂缝	抗裂	$\sigma_c \leq f_{ct}$	σ_c 为混凝土中的应力 f_{ct} 为混凝土抗拉强度
		裂缝宽度	$w_{max} \leq [w]$	
		钢筋应力	$\sigma_s \leq f_s$	σ_s 为钢筋应力 f_s 为钢筋材料强度

(即表 2.1 中的 $N, M, V, T, \sigma, w_f, w_{max}$ 等)。当“作用”系“荷载”时，此作用·效应也称为荷载效应(本书后面主要讨论荷载效应)；

R ——结构抗力。指整个结构或结构构件承受内力和变形的能力。

只要对荷载效应和结构抗力赋以不同的意义，不论是承载能力极限状态还是正常使用极限状态，式(2.1)均适用。

设
$$Z = R - S$$

则极限状态方程也可表示为下列形式

$$Z = R - S = 0 \quad (2.2)$$

Z 是结构抗力与荷载效应之差，称为“功能函数”。对上述均布荷载作用下的简支梁来说，其功能函数可表示为

$$Z = M_u - M \quad \text{和} \quad Z = [w_f] - w_f$$

$Z = R - S$ 表示扣除荷载效应后结构内部所具有的多余抗力，故也称“结构余力”。显然，

当 $Z > 0$ 时，结构处于可靠状态；

当 $Z = 0$ 时，结构处于极限状态；

当 $Z < 0$ 时，结构处于失效状态。

由于荷载是不确定的随机变量，所以荷载效应 S 也是一个随机变量。结构抗力是材料性能、几何参数和计算模式的精度等因素的函数。因材料性能的变异性、几何参数的不定性，以及计算模式的误差等，由这些因素综合构成的结构抗力函数 R 也是一个随机变量。由于 S 和 R 都是随机变量，故功能函数 $Z = R - S$ 也是一个随机变量。在讨论这些随机变量的特性之前，先介绍有关随机变量的一些基本知识。

第二节 随机变量的分布及统计特征

一、平均值、标准差、变异系数和概率分布

对于具有多种可能出现的结果，而究竟出现哪一种结果事先不能预测，但经试验之后其结果是明确的事件，称为随机事件。随机事件的特点是，在个别试验中具有不确定性，但在大量重复试验中又表现出一定的规律性。表示随机事件各种结果的变量称为随机变量。现通过下面例子来介绍有关随机变量的一些基本概念。

设所需要的混凝土强度值为 40 N/mm^2 ，按此要求设计并生