

内部资料，不得翻印

混凝土结构设计规范讲义

(第三版)

中国建筑科学研究院结构所

1990年3月 北京

86.29
90/0591

内 容 简 介

我国新修订的《混凝土结构设计规范》GBJ10—89即将颁布施行,与原规范TJ10—74相比,新规范在内容上有很大的修改和补充。为使广大工程技术人员及时熟悉和掌握新规范的设计理论和方法,由主编单位成员根据新规范的条文和背景资料编写了这本普及讲义。

本书主要内容有:以概率理论为基础的极限状态设计方法;裂缝控制等级的划分原则;以平截面假定为基础的正截面承载力(拉压弯)计算体系;斜截面和扭曲截面承载力计算体系;受冲切和局部受压承载力计算方法;正截面和斜截面抗裂验算方法;裂缝宽度和刚度验算方法;伸缩缝、混凝土保护层和钢筋最小配筋率的规定;钢筋锚固、搭接、延伸的规定;叠合构件、深梁、牛腿和预埋件的设计方法;框架梁、柱、节点、剪力墙和单层厂房铰接排架柱的抗震设计方法等。

本讲义重点介绍新规范背景,设计工作应按新规范GBJ10—89进行。

第一、二、三章胡德炘、马坤贞执笔;

第四、五章白生翔执笔,其中疲劳强度验算沈在康执笔,局部受压黄成若执笔;

第六、七章黄成若执笔,其中钢筋锚固设计徐有邻执笔,预埋件白生翔执笔;

第八章孙慧中执笔。

目 录

第一章 修订概况.....	(3)
第一节 修订过程.....	(3)
第二节 主要修订内容.....	(4)
第三节 符号规则.....	(9)
第四节 各国安全度比较.....	(11)
第五节 结构可靠度基础.....	(13)
第二章 材料.....	(17)
第一节 钢筋.....	(17)
第二节 混凝土.....	(22)
第三节 疲劳.....	(29)
第三章 基本设计规定.....	(32)
第一节 概率极限状态设计法的概念.....	(32)
第二节 承载能力极限状态的计算规定.....	(32)
第三节 正常使用极限状态的验算规定.....	(35)
第四节 预应力混凝土结构构件的计算规定.....	(38)
第四章 承载能力极限状态计算.....	(48)
第一节 正截面承载力计算.....	(48)
第二节 斜截面承载力计算.....	(86)
第三节 扭曲截面承载力计算.....	(96)
第四节 受冲切承载力计算.....	(106)
第五节 局部受压承载力计算.....	(110)
第六节 疲劳强度验算.....	(113)
第五章 正常使用极限状态验算.....	(118)
第一节 抗裂验算.....	(118)
第二节 裂缝宽度验算.....	(122)
第三节 受弯构件挠度验算.....	(134)
第六章 构造规定.....	(142)
第一节 剪力墙结构的伸缩缝最大间距.....	(142)
第二节 混凝土保护层厚度.....	(143)
第三节 最小配筋率.....	(144)
第四节 钢筋的锚固设计.....	(145)
第七章 结构构件的规定.....	(149)
第一节 框架柱的计算长度.....	(149)
第二节 钢筋混凝土叠合构件的设计方法.....	(152)

第三节	钢筋混凝土深梁的设计方法.....	(160)
第四节	钢筋混凝土牛腿的设计方法.....	(165)
第五节	预埋件.....	(168)
第八章	钢筋混凝土结构构件抗震设计.....	(177)
第一节	一般规定.....	(177)
第二节	材料.....	(179)
第三节	框架梁的抗震设计.....	(181)
第四节	框架柱和铰接排架柱的抗震设计.....	(186)
第五节	框架节点及预埋件的抗震设计.....	(194)
第六节	剪力墙的抗震设计.....	(197)

目 录

第一章 修订概况.....	(3)
第一节 修订过程.....	(3)
第二节 主要修订内容.....	(4)
第三节 符号规则.....	(9)
第四节 各国安全度比较.....	(11)
第五节 结构可靠度基础.....	(13)
第二章 材料.....	(17)
第一节 钢筋.....	(17)
第二节 混凝土.....	(22)
第三节 疲劳.....	(29)
第三章 基本设计规定.....	(32)
第一节 概率极限状态设计法的概念.....	(32)
第二节 承载能力极限状态的计算规定.....	(32)
第三节 正常使用极限状态的验算规定.....	(35)
第四节 预应力混凝土结构构件的计算规定.....	(38)
第四章 承载能力极限状态计算.....	(48)
第一节 正截面承载力计算.....	(48)
第二节 斜截面承载力计算.....	(86)
第三节 扭曲截面承载力计算.....	(96)
第四节 受冲切承载力计算.....	(106)
第五节 局部受压承载力计算.....	(110)
第六节 疲劳强度验算.....	(113)
第五章 正常使用极限状态验算.....	(118)
第一节 抗裂验算.....	(118)
第二节 裂缝宽度验算.....	(122)
第三节 受弯构件挠度验算.....	(134)
第六章 构造规定.....	(142)
第一节 剪力墙结构的伸缩缝最大间距.....	(142)
第二节 混凝土保护层厚度.....	(143)
第三节 最小配筋率.....	(144)
第四节 钢筋的锚固设计.....	(145)
第七章 结构构件的规定.....	(149)
第一节 框架柱的计算长度.....	(149)
第二节 钢筋混凝土叠合构件的设计方法.....	(152)

第三节	钢筋混凝土深梁的设计方法.....	(160)
第四节	钢筋混凝土牛腿的设计方法.....	(165)
第五节	预埋件.....	(168)
第八章	钢筋混凝土结构构件抗震设计.....	(177)
第一节	一般规定.....	(177)
第二节	材料.....	(179)
第三节	框架梁的抗震设计.....	(181)
第四节	框架柱和铰接排架柱的抗震设计.....	(186)
第五节	框架节点及预埋件的抗震设计.....	(194)
第六节	剪力墙的抗震设计.....	(197)

第一章 修订概况

第一节 修订过程

混凝土结构设计规范的原名为《钢筋混凝土结构设计规范》TJ10—74。根据原国家建委下达的“一九八二年至一九八五年工程建设国家标准规范编制、修订计划”的安排，由中国建筑科学研究院负责，会同机械工业委员会、冶金工业部、原航空工业部、铁道部、有色冶金总公司等所属设计单位，和清华大学、同济大学、天津大学、重庆建工学院、哈尔滨建工学院、西南交通大学、原南京工学院、大连工学院、西安冶金建筑学院等高等院校共26单位组成修订组，共同完成全部修订任务。

1982年5月正式组成修订组，整个修订过程可分为以下四个阶段。

第一阶段 准备阶段（1982～1983）

总结原规范（TJ10—74）自1974年颁布实施以来存在的问题，收集国内外在钢筋混凝土结构领域取得的科研成果，对主要的先进国家同类规范进行比较。在以上工作基础上，制定修订工作大纲，明确主要修订问题及修订目标。1983年12月在南宁召开了全国钢筋混凝土结构标准技术委员会全体会议，认真审议了修订组提出的修订工作大纲，明确与统一了修订指导思想，以及重大修订问题的修订格局。

第二阶段 初稿阶段（1984～1985）

按照修订工作大纲，修订组采取统一领导与分工负责相结合的工作方法，在修订组内设置“结构可靠度”、“极限状态计算方法”、“结构与构造”、“构件抗震设计”四个小组，分工负责有关章节。修订组于1984年6月提出了新规范修订本的征求意见一稿，分发至全国各省市以及中央各部委主要设计单位和高等院校，广泛征求意见，同时，组织原航空工业部第四设计院、中国建筑西北设计院等六个设计单位对典型的工业与民用建筑结构进行试算。修订组对征求到的各种意见或建议，特别是试算结果进行认真分析，重新加工，于1985年5月提出新规范修订本征求意见第二稿，再次分发至各有关单位征求意见，同时进行第二次试算。

第三阶段 送审稿阶段（1985～1986）

经过两次征求意见稿的征求意见，各重大修订问题趋于成熟，于是在1985年1月提出了供全国钢筋混凝土结构标准技术委员会审议的送审稿，并于1986年3月召开了全国钢筋混凝土结构标准技术委员会全体会议，对此送审稿逐章、逐条进行了审议。会议除提出了多处改动意见外，对送审稿给予了积极地肯定，认为送审稿是在总结原规范颁布实施以来的实际经验，依据三批科研成果，借鉴近年国际先进标准的基础上制定的。与原规范比较，送审稿在内容上有很大的充实、提高和发展，已形成了较完备的计算体系，具有了我国自己的特色，并必将跻身于国际同类标准的先进行列。修订组根据全国钢筋混凝土结构标准技术委员会对送审稿审议意见，经过再一次加工与提高后，于1986年10月提出了新规范的正式

送审稿，供建设部审定会审定。

在1986年12月6日由建筑工程标准规范研究中心召开了新规范的部级审查会议，审查会议的审查结论是：“送审稿达到了技术先进、经济合理、安全适用、确保质量的要求”，“送审稿具有国际水平，在某些重要的设计理论和设计方法方面，达到了国际先进水平。”

第四阶段 报批稿阶段（1987~1988）

在通过部级审查会审查后，主编单位组成了总校对组，对符号、文字、内容进行全面的总校对，并根据国家计委标准定额局和建设部科技局的指示，对新规范的有关抗震设计内容与《建筑抗震设计规范》进行了全面的协调，经多次反复修改，于1988年底提出了报批稿。

第二节 主要修订内容

新规范共有八章十一个附录，总共297条。新规范的主要修订内容如下：

（一）结构可靠度设计体系

新规范认为影响结构的各种因素，如荷载、材料性能等，一般都具有随机性，结构可靠度的高低只能用结构失效概率的大小来表示，即结构可靠与否是个概率问题，抛弃了凡符合规范规定安全系数要求的结构一定安全，否则就一定不安全这种概念。

新规范在《统一标准》规定的分项系数设计表达式的基础上，在荷载分项系数、荷载组合系数已由《建筑结构荷载规范》规定的前提下，根据《统一标准》对各类构件可靠指标的要求，首先对轴心受拉构件进行可靠度分析，以确定钢材强度分项系数 γ_s ，然后对轴心受压构件按已知 γ_s 作可靠度分析，以确定砼强度分项系数 γ_c ，最后，在 γ_s 和 γ_c 都已确定后，分析计算公式的不定性，以确定构件承载力计算公式中的系数，如剪切计算中箍筋受剪承载力系数 $\alpha_{sv} = 1.5$ 等，从而建立了整本规范的可靠度设计体系。

（二）材料及基本设计规定

1、钢筋标准

钢厂生产的钢丝中出现了一种规格的钢丝具有不止一种的标准强度，冶金标准中这种变化，有利于工厂生产，但不利于设计使用，为避免在设计 and 施工上引起混乱，新规范作了相应的规定。此外，新规范根据冶金标准的修改，取消了一些细直径钢丝、钢绞线规格。

原规范对冷拉钢筋的冷拉工艺方法分为单控和双控两种，相应规定了两种设计强度，新规范在改变冷拉工艺方法（即改单控、双控为控制应力、控制冷拉率）的基础上，将冷拉钢筋的设计强度由两种改为一种，从而消除了由于两种设计强度给设计和施工带来的麻烦。

2、砼标准

原规范对砼试块的标准尺寸，规定边长为20cm，新规范规定边长为15cm。原规范认为砼标号为立方体试块抗压强度分布的0.15分位数，新规范规定砼强度等级按立方体试块抗压强度分布的0.05分位数确定，用符号C和立方体抗压强度标准值（N/mm²）表示。

新规范的砼质量，与国际上同等级的砼质量相等。

3、裂缝控制

原规范裂缝控制等级，对钢筋砼构件按裂缝宽度控制，对预应力砼构件按抗裂设计安全系数控制。新规范对钢筋砼和预应力砼构件的裂缝控制等级，统一划分为三级，简言之，一

级为构件受拉边缘砼不产生拉应力，二级为产生有限的拉应力，三级为产生裂缝但不超过允许值。

（三）预应力砼

建立了预应力钢筋合力点处砼法向应力为零时的预应力钢筋应力 σ_{po} 及相应的合力 N_{po} 这一概念，从而使预应力砼和钢筋砼结构计算连接成一个整体。

改变了原规范将预应力砼结构构件计算单列一章的编写方法，将预应力砼和钢筋砼结构计算放在同一个公式里。增加了预应力砼构件受扭计算和裂缝宽度验算，改进了受剪计算和刚度验算。

调整了预应力损失值，提高了高强钢丝类的张拉控制应力允许值。

（四）正截面承载力计算

最主要的引入平截面假定，给出了理想化的钢筋和砼的应力应变曲线，对常遇的截面形状和配筋形式给出了简化的实用计算公式，给出了按平截面假定的受弯构件超筋界限和大、小偏心受压界限条件，总之，在平截面假定的基础上建立起正截面承载力计算体系。

此外，以截面极限曲率为基础，修改了关于长柱偏心距增大系数的计算方法；增加了高强钢丝类配筋的受弯构件中钢丝应力进入强化段后对正截面承载力的提高作用，从而可以节约钢材。

（五）受剪受扭承载力计算

1、受剪

原规范受剪承载力计算限于无轴向力的情况，工程中大量偏心受压、偏心受拉构件的受剪无法计算，而预应力砼构件中预应力对抗剪的有利作用也没有考虑，新规范增加了轴向压力、轴向拉力、预应力作用下的受剪计算，填补了这方面空白。

原规范受剪构件可靠度不够，截面上限控制条件也偏松，新规范调低了箍筋受剪承载力系数，增加箍筋用量以提高受剪可靠度，并相应的加严了截面上限控制条件。此外，对承受以集中荷载为主的构件，加强了剪跨比的影响。

2、受扭

新规范以变角空间桁架的概念为基础，适当考虑砼的抗扭作用，建立受扭承载力计算公式。

原规范的受扭计算只适用钢筋砼矩形截面构件，新规范扩展到预应力砼构件，工形、T形截面构件，提出了工形、T形截面分块原则，每块截面受扭塑性抵抗矩计算方法，扭矩按每块截面受扭塑性抵抗矩的大小进行分配，每块截面按分配到的扭矩进行受扭计算。

3、弯剪扭

对工程上经常遇到的弯矩、剪力、扭矩共同作用，原规范没有明确规定计算方法，设计人员习惯上采用分别按受弯、受剪、受扭计算，然后将纵向钢筋和箍筋截面面积相叠加的设计方法。分析表明这种设计方法基本上是合理的，缺点是没有考虑到剪扭之间的相关性。

新规范采用半相关方法，即对砼项承载力采用剪扭相关关系，对剪扭构件的受剪承载力及受扭承载力分别引入承载力降低系数，以考虑扭矩大时砼受剪承载力的降低，以及剪力大时

砼受扭承载力的降低。

（六）冲切、局部受压与疲劳

1、冲切

分析表明原规范冲切承载力计算过于保守，新规范对原规范冲切安全系数调低约10%，增加了配置箍筋或弯起钢筋的板的冲切承载力计算方法。

2、局部受压

主要修改砼局部受压时计算底面积的取法，新规范采用“同心对称”的原则，要求计算底面积与局压面积具有相同的重心位置且对称，因此，当构件处于边部或角部局部受压时，局压处的砼强度不再提高。

3、疲劳

疲劳问题上传统观念是“不裂不疲”，原规范对承受疲劳作用的预应力砼构件不允许开裂，新规范改为有条件的“带裂疲劳”，允许预应力砼吊车梁在一定条件下开裂，这是十年疲劳研究取得的重大成果，可节约预应力钢筋10~20%。

对斜截面疲劳验算方法亦有改进，当受弯构件中和轴处主拉应力超过某一数值后，原规范规定不考虑剪压区砼受剪作用，全部主拉应力由横向钢筋承受，新规范适度考虑了砼的受剪作用，从而使横向钢筋用量降低5~10%。

（七）正常使用极限状态

1、抗裂验算

对严格要求不出现裂缝的构件，给出了在荷载短期效应组合下不出现拉应力的验算公式；对一般要求不出现裂缝的构件，给出了在荷载长期效应组合下不出现拉应力、在短期效应组合下出现拉应力但不超过允许值的验算公式。

2、裂缝宽度验算

对预应力砼构件的受拉钢筋建立“等效应力”这一概念，这种应力与钢筋砼构件受拉钢筋的应力在计算裂缝宽度时等效，即用钢筋砼裂缝宽度计算公式，将预应力钢筋的等效应力代入，即可算出预应力砼构件的裂缝宽度。

对钢筋砼构件裂缝宽度计算，原规范限于轴心受拉及受弯构件且计算公式不统一，新规范填补了偏心受拉及偏心受压构件，并统一了从轴心受拉、偏心受拉到受弯、偏心受压构件的计算。

3、挠度验算

原规范中允许出现裂缝的预应力砼受弯构件刚度计算公式，虽有简便的优点，但适用范围较小，计算精度较差且偏于不安全，新规范对此进行了修改。

（八）构造

1、剪力墙

近年来高层建筑迅速发展，剪力墙被广泛采用，为控制剪力墙建筑物的裂缝，新规范一方面从宏观上控制建筑物长度，即伸缩缝间距，根据工程调查资料，规定现浇式剪力墙结构伸缩缝间距，根据现浇式和装配式结构的刚度比例，推断出装配式剪力墙结构伸缩缝间距，另

一方面给出具体构造措施,规定剪力墙的配筋率,对顶层、底层、山墙等温差大,应力容易集中的部位,采用加强配筋的措施。

2、砼保护层

新规范从耐久性出发,增加了露天或室内高湿度环境下保护层厚度的规定,且与砼强度等级相联系,即砼强度等级高,保护层就可以薄;对保护层最小厚度,从原规范的10mm提高到15mm。

从粘结锚固性能出发,规定保护层厚度不应小于钢筋直径,以保证钢筋能充分发挥其强度。

3、最小配筋率

我国最小配筋率规定偏低,限于经济条件不宜普遍提高,新规范将原规范最低一档的最小配筋率,从0.1%提高到0.15%。

补充了钢丝类预应力砼受弯构件最小配筋率的规定,要求受弯承载力不小于该截面的开裂弯矩,目的是避免一出现裂缝就发生脆断的现象。

4、锚固设计

原规范对锚固长度的规定比较笼统,其可靠度水平差别相当大,在砼强度等级较高时,锚固长度过长,在砼强度等级较低时,又嫌不足。

以砼强度等级C25的锚固可靠度作为新规范与原规范的校准点,新规范按砼强度等级规定不同钢筋的锚固长度,在常用的C20~C30范围内,砼强度提高一级(5 N/mm^2),锚固长度减少5倍直径

以受拉钢筋的锚固长度为基准,导出搭接长度和延伸长度,建立了一套比较合理的锚固设计方法。

(九) 构件

1、柱的计算长度

原规范除单层厂房外,实际上仅对无侧移框架柱的计算长度作出了规定。新规范分无侧移、有侧移但有较少约束、有侧移且基本上无侧向约束三种情况规定柱计算长度。

原规范规定顶层柱的计算长度比其它层柱的计算长度大,但二阶效应分析表明不大,所以新规范规定二者取值相同,对底层柱的计算长度,在有侧移情况下可较其它层有所降低。

2、叠合构件

原规范对叠合构件的规定过于简单,不能满足设计需要。

在受弯承载力方面,根据叠合构件受拉钢筋应力超前现象,规定了控制条件,以防止受拉钢筋在使用阶段达到屈服强度;在受剪承载力方面,给出了叠合面受剪公式,当配箍率低时,斜截面受剪公式控制箍筋用量,当配箍率高时,叠合面受剪公式控制箍筋用量;在正常使用极限状态方面,根据叠合构件分二个阶段受力的特点,给出了刚度和裂缝计算公式。

3、深梁

近年来深梁广泛用于高层、地下建筑,原规范没有深梁设计条文

当纵向配筋率较低,则跨中出现垂直裂缝并发展成临界裂缝,由受拉钢筋达到屈服强度而导致正截面弯曲破坏。当配筋率较高,则跨中的垂直裂缝发展缓慢,而在剪弯区受拉边缘的

裂缝向上发展为斜裂缝，深梁形成拉杆拱的受力体系，若拉杆（纵向受拉钢筋）屈服则导致斜截面弯曲破坏，若拉杆未屈服而拱肋（梁腹的受压带）先压碎，则导致剪切破坏，新规范提出了相应的计算公式和构造措施，以防止上述破坏形态的出现。

4、预埋件

新规范从预埋件纯剪、纯弯、纯拉时的承载力出发，认为剪拉线性相关，弯拉线性相关，剪弯半线性相关，最后给出剪弯拉复合作用下的计算公式，考虑到压力的有利作用，相应给出剪弯压的计算公式。对预埋件的构造问题，亦作出了明确的规定。

此外，参照《钢筋混凝土高层建筑结构与施工规定》，增加了剪力墙计算与构造规定，另一方面，取消了双肢柱等构件。

（十）构件的抗震设计

根据国家计委和建设部有关规定，新规范增加了抗震方面的规定。

根据不同的结构类型（框架、框架剪力墙、剪力墙、单层厂房结构）、不同的设防烈度（6度至9度）、不同的房屋高度，划定结构的抗震等级（一级至四级），设计的依据是抗震等级而不是设防烈度。

根据不同的抗震等级，规定了适宜的砼强度等级和钢筋种类。为增加塑性铰长度从而增大构件塑性转动能力，规定对钢筋的极限强度与屈服强度之间应有一定的级差。为保证强柱弱梁、强剪弱弯这一设计思想的实现，钢筋屈服强度实际值与标准值的差别不应超过规定。

在框架梁、框架柱、框架节点三者关系上，贯彻强剪弱弯、强柱弱梁、更强节点的设计思想，对其它抗震结构，同样贯彻强剪弱弯。方法是加大剪力设计值，加大柱子弯矩设计值，加强节点设计，同时在构造上规定构件端部箍筋加密区，从而避免柱子出现塑性铰，避免梁端塑性铰区产生剪切破坏。这些设计思想和构造要求，目的是使结构在地震作用下具有较大的延性和耗能能力，实现小震不坏，大震不倒的目标。

（十一）符号、计量单位和基本术语

根据国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83—85，新规范对符号与计量单位作了全面的修订。根据各本建筑结构设计规范修订组的协调意见，将非法定计量单位与法定计量单位的换算关系近似取为 $1\text{kg}=10\text{N}$ ， $1\text{kg}/\text{cm}^2=0.1\text{N}/\text{mm}^2$ ，并将符号从汉语拼音符号改为国际通用符号，如砼汉语拼音h改为c。鉴于上述标准中的术语“砼结构”表示以砼为主制作的结构，包括素砼、钢筋砼和预应力砼结构，故规范名称由《钢筋混凝土结构设计规范》改为《砼结构设计规范》。

（十二）附录中的修订内容

1. 由于新老规范对混凝土标准的定义不同，新规范附录一中提出了一个过渡措施，即：原规范（TJ10—74）的混凝土标号与新规范的混凝土强度等级以及各项强度指标的换算关系，以便对有些工程结构暂时按混凝土标号施工时仍能设计或校核；

2. 将原规范的素混凝土一章移入新规范中的附录二；

3. 增加了双向偏心受压和受拉构件正截面承载力的近似计算方法；

4. 增加了不需作裂缝宽度验算的最大钢筋直径表；

5. 给出了非法定计量单位与法定计量单位的换算关系表。

第三节 符号规则

新规范符号基本按《建筑结构通用符号、计量单位和基本术语》的规定采用。现将符号规则简单介绍如下:

一、物理量、术语及说明语

物理量是物理现象的可以定性区别和定量确定的一种属性。各种物理量都能以一个数与一个计量单位的乘积来表示,这个数称为物理量的数值。

术语是各学科中采用的专门用语。物理量的名称是术语,但术语所表达的对象并非全是理量。

说明语是为了表明物理量的涵义而采用的定语。一般用于说明材料、状态、部位、方向、原因、性质等。

二、符号的构成

符号由主体符号或主体符号带上、下标构成。主体符号一般代表物理量,以一个字母表示。上、下标代表物理量或非物理量术语、说明语,可采用一个字母、缩写词、数字或其它标记表示,用来进一步阐明主体符号的涵义。

1、主体符号

采用下列三种字母:

斜体大写拉丁字母 M, N, T

斜体小写拉丁字母 a, b, x

斜体小写希腊字母 ρ, ξ, β

应当指出,小写希腊字母只用于无量纲的符号,但 σ, τ 例外。

2. 上标

采用标记或正体小写拉丁字母:

∞, M^f (fatigue)、 τ^r (right)

3 下标

采用正体小写拉丁字母或正体数字:

(1) 有关词的前三个字母

A_{cor} (core)、 σ_{con} (control)、 ρ_{min} (minimum)

(2) 有关词的前两个字母

M_{cr} (crack)、 f_{cu} (cube) **边**

(3) 有关词的第一个字母

F_l (local)、 b_f (fringe)、 ξ_b (balance)

(4) 数字 **边缘**

M_1, h_0, n_2

(5) 字母与数字组合

N_{po} (prestress, 数字)、 B_{st} (short, 数字)、 σ_{14} (loss, 数字)

(6) 两个字母组合

V_{cs} (concrete, steel)、 f_{py} (prestress, yield)、 ρ_{sv} (steel, vertical)

(7) 三个字母组合

M_{buk} (beam, ultimate, characteristic)、 A_{stl} (steel, torque, longitudinal)

三、基本术语及其符号

1、结构上的作用

作用 F action

力矩 M moment of force

永久作用 (恒载) G Permanent action

可变作用 (活载) Q Variable action

地震作用 E earthquake action

2、荷载效应

轴向力 (轴向力设计值) N normal force

剪力 (剪力设计值) V shear force

弯矩 (弯矩设计值) M bending moment

扭矩 (扭矩设计值) T torque

正应力 σ normal stress

剪应力 τ shear stress

主应力 σ_{tp} 、 σ_{cp} principal stress

预应力 σ_p prestress

3、材料性能

抗压强度 (混凝土抗压强度设计值) f_c compressive strength

抗拉强度 (混凝土抗拉强度设计值) f_t tensile strength

弯曲抗压强度 (混凝土弯曲抗压强度设计值) f_{cm} flexural strength

屈服强度 (钢筋抗拉强度设计值) f_y yield strength

疲劳强度 (钢筋疲劳强度设计值) f_y^f fatigue strength

弹性模量 E modulus of elasticity

剪变模量 G shear modulus

泊松比 ν poisson ratio

4、几何参数

截面高度 h height of section

截面宽度 b breadth of section

截面厚度 t thickness of section

截面直径 d diameter of section

截面周长 u perimeter of section

截面面积 A area of section

截面面积矩 S first moment of area

截面惯性矩 I second moment of area

截面抵抗矩 w section modulus

截面回转半径 i radius of gyration

偏心距 e eccentricity

长度 l length

跨度 l span

长细比 λ slenderness ratio

5. 数学术语

平均值 μ 、 m mean value

方差 σ^2 mean square deviation 偏差数.

标准差 σ standard deviation

变异系数 δ coefficient of variation

第四节 各国安全度的比较

从荷载标准值、荷载系数、材料强度标准值、材料系数及拉力公式中的计算系数等方面进行对比 (表 1.4-1 表 1.4-4)

荷 载 标 准 值 (KN/m²)

表1.4-1

国 别	住 房	办 公 室
中 国	1.5	1.5(2)
美 国	1.5~2	2.5
英 国	1.5~2	2.5
苏 联	1.5	2

国我比美、英低，与苏联接近

荷 载 系 数

表1.4-2

国 别	恒 载	活 载
中 国	1.2	1.4(1.3)
美 国	1.4	1.7
英 国	1.4	1.6
苏 联	1.1~1.3	1.2~1.4
ISO/DP 9307	1.35	1.5
CEB/FIP	1.35	1.5

我国比美、英、国际组织低，与苏联接近。

混凝土强度标准值的试块尺寸及保证率

表1.4-3

国 别	形 状	尺 寸	保 证 率	换算系数
中 国	立 方 体	15	95%	1
美 国	圆 柱 体	15×30	~	0.8
英 国	立 方 体	15	95%	1
苏 联	立 方 体	15	95%	1
CEB/FIP	圆 柱 体	15×30	95%	0.8
ISO 9317	圆 柱 体	15×30	95%	0.8

我国混凝土经“双改”后，强度标准值的标准与国际上取得一致。

材料系数及抗力公式中系数

表1.4-4

国 别	钢 筋	混 凝 土
中 国	$\gamma_s = 1.1 \sim 1.2$	$\gamma_c = 1.35 \quad f_c = f_{ck} / 1.35 = 0.67 f_{ouk} / 1.35 = 0.5 f_{ouk}$
美 国	$\gamma_s = 1/0.9 = 1.1$ (拉) $1/0.7 = 1.43$ (压)	$\gamma_c = 1/0.7 = 1.43$ $0.8 \times 0.7 \times 0.85 \times 0.8 = 0.38 f_{ouk}$
英 国	$\gamma_s = 1.15$ (拉) $1/0.67 \sim 1/0.75 = 1.5 \sim 1.33$ (压)	$\gamma_c = 1.5$ $0.67/1.5 = 0.45 f_{ouk} \quad 0.35 \sim 0.4 f_{ouk}$
苏 联	$\gamma_s = 1.05 \sim 1.2$ (1.1~1.25原)	$\gamma_c = 1.3$ (1.3原) $0.73/1.3 = 0.56 f_{ouk}$ $0.9 \times 0.95 \times 0.73/1.3 = 0.46 f_{ouk}$
CEB/FIP	$\gamma_s = 1.15$ 有附加偏心	$\gamma_c = 1.5$ $0.85 \times 0.85 \times 0.8/1.5 = 0.38 f_{ouk}$
ISO 9307	与CEB/FIP类似	与CEB/FIP类似

美、英与国际组织接近，我国与苏联接近。

由以上对比可见，美、英等安全度最高，国际组织次之，我国与苏联最低。新规范安全度总体水平不应再下降。

第五节 结构可靠度基础

一、结构可靠度的定义

《建筑结构设计统一标准》对建筑结构应满足的功能要求作了规定，可概括为：

1. 安全性 建筑结构应能承受在正常施工和正常使用时可能出现的各种作用（包括荷载及引起外加变形、约束变形的原因），以及应能在偶然事件发生时及发生后保持必需的整体稳定性。

2. 适用性 建筑结构在正常使用条件下应具有良好的工作性能。

3. 耐久性 建筑结构在正常维护条件下应具有规定的耐久性能。

《建筑结构设计统一标准》对结构可靠性和可靠度定义如下：

结构可靠性 结构在规定的时间内，在规定的条件下，完成预定功能的能力。

结构可靠度 结构在规定的时间内，在规定的条件下，完成预定功能的概率。

由此可见，结构可靠性是关于结构安全性、适用性和耐久性的概称；结构可靠度是结构可靠性的概率度量。亦即，后者是关于前者的一种定量描述。

以上所说的“规定时间”，一般是指设计基准期，即50年，所说的“规定的条件”，一般是指正常设计、正常施工、正常使用条件，不考虑人为的过失。

在各种随机因素的影响下，结构完成预定功能的能力不能事先确定，只能用概率来描述。结构可靠度的这一概率定义是从统计学观点出发的比较科学的定义，与其他各种从定值观点出发的定义（如认为结构安全度是结构的安全储备）有本质的区别。

结构能够完成预定功能的概率也称为“可靠概率”（ p_s ），而结构不能完成预定功能的概率则称为“失效概率”（ p_f ）。两者互补，即 $p_s + p_f = 1$ 。因此，可以采用 p_s 或者 p_f 来度量结构的可靠性，而一般习惯于采用 p_f 或与其相对应的可靠度指标 β 来度量。

建筑结构设计的目的，就是要使结构能以适当的可靠度满足各项预定的功能要求，也就是要使所设计结构的 p_f 值小到或 β 值大到可以接受的程度。《统一标准》采用 β 作为结构可靠性的度量指标，并针对不同的功能分析规定了不同的目标可靠指标值以作为各种建筑结构设计的统一依据。

二、结构构件可靠指标的计算

结构可靠度通常受各种荷载、材料性能、几何参数、计算公式精确性等因素的影响。这些因素一般具有随机性，称为随机变量，记为恒载（效应） G 、活载（效应） Q 、承载力 R 等。

按极限状态方法设计结构时，针对所要求的结构性能，如承载力，通常可以建立包括各有关随机变量在内的关系式：

$$Z = g(G, Q, R) = 0 \quad (1.5-1)$$

上述关系式称为极限状态方程，其中 $Z = g(\cdot)$ 称为结构的功能函数。

现以极限状态方程为线性方程的简单情况为例，导出结构的可靠指标，并阐明其几何意义。

此时结构的功能函数为：

$$Z = R - G - Q \quad (1.5-2)$$

~ 13 ~