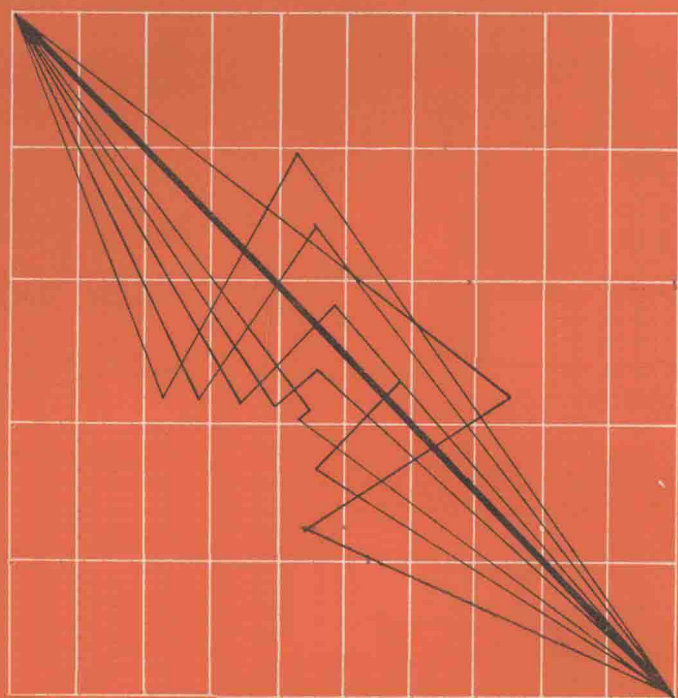


混凝土与钢筋混凝土 结构设计的

新理论与新方法

主 编

〔苏〕 A·A·格沃兹捷夫



黑龙江省建筑设计院情报室

1 9 8 3

混凝土与钢筋混凝土 结构设计的 新理论与新方法

主 编

〔苏〕A·A·格沃兹捷夫

翻 译

陈玉增 邢淑华 王松岩

王常清 张叔君 马光正

(内部资料)

黑龙江省建筑设计院情报室

1983

本书是根据苏联国家建筑书籍出版社关于建筑物理和建筑结构文献出版计划出版的。

作者：A. A. 格沃兹捷夫；C. A. 德米特里耶夫；
IO. II. 古霞；A. C. 札列索夫；H. M. 木林；E. A. 契斯加柯夫。

本书对CHII II — 21 — 75中混凝土和钢筋混凝土结构计算和构造的新理论和新方法做了论证和说明，阐述了极限状态的分类、抗裂度的要求等级、安全度体系和材料及其有关指标，给出了结构在各种作用下按第一类和第二类极限状态的计算方法和构造要求。

本书可供设计和科研单位的工程技术人员、设计工作者和高等院校师生使用。

书内附有表格12个，插图82幅、参考文献154种。

序 言

1976~1980年国民经济发展的基本方向表明：必须提高设计和科研部门的责任感，以保证设计成果达到较高的技术水平。因此，以近年来建筑科研成果为基础制定的规范具有特别重要的意义。在重新审查建筑结构设计规范时，根据积累的科研成果和试验资料，对其进行了修改，其中包括在以前审查过的标准或规范中已有反映的部分。

熟悉修改规范的全部论据，对于正确理解和使用规范是很重要的。这也是有经验的设计、教学与科研人员十分关心的问题。但修改规范的依据一般不在出版物中发表，或者发表的很少。

本书的作者多年来都曾直接参与了СНП II — 21 — 75《混凝土和钢筋混凝土结构设计规范》的制定工作。他们同时给自己提出一个课题，即对这一规范进行充分说明并提出依据。

这本专著的内容基本上是按规范的顺序进行论述的，但也有不按规范顺序说明之处。例如：关于挠度的极限值是在关于变形计算的章节中阐述的；关于抗裂度的分类和裂缝开展的最大限值是在叙述结构抗裂度计算的一章中阐述的；非予应力钢筋的锚固和予应力钢筋予应力的传递是在第三章中阐述的；予应力对结构强度的影响则单独分出一章，即在第五章中阐述。

第一章第1节，第二章第1节和第四章第1节的一部分由А. А. 格沃兹捷夫编写；第一章第2节，第三章第4

节和第 5 节由 H. M. 木林编写；第三章第 1 节的大部分和第三节由 E. A. 契斯加柯夫编写；第三章第 2 节和第四章第 1 节的一部分由 A. C. 扎列索夫编写，第四章第 1 节的其余部分和第四章的第 2 节由 IO. II. 古霞编写。应作者邀请，由 C. A. 谢缅措夫和 M. B. 奥勃拉兹措娃编写了论述混凝土局部抗压强度的第三章第 3 节。他们在本节中首次发表了从 1962 年开始进行的关于混凝土局部抗压强度试验所积累的数据。

原稿承 T. II. 契斯托瓦娅眷清，作者对此谨表谢意。

混凝土与钢筋混凝土结构设计的新理论与新方法

目 录

序 言	(1)
第一章 概 论	(1)
1. 规范适用范围、计算要求, 共性问题的 若干原则	(1)
2. 予应力、予应力的建立和损失	(12)
第二章 材料、计算强度和工作条件系数	(25)
1. 混凝土	(25)
2. 钢筋	(48)
第三章 按第一类极限状态的计算	(61)
1. 考虑柔度时构件正截面强度计算	(61)
2. 斜截面和空间截面强度计算	(120)
3. 荷载局部作用计算	(155)
4. 钢筋的锚固	(178)
5. 持久强度	(205)
第四章 按第二类极限状态的计算	(216)
1. 裂缝形成的计算	(216)
2. 裂缝开展和闭合的计算	(233)
3. 变形计算	(253)
第五章 予应力对钢筋混凝土构件强度影响的研究	(274)
1. 一般概念	(274)
2. 钢筋A中应力和应变的变化	(278)
3. 钢筋A的予应力对正截面强度的影响	(292)
4. 正截面强度的简化计算	(298)
5. 予应力对斜截面强度的影响	(307)
参考文献	(310)

第一章 概 论

1. 规范适用范围、计算要求、共性问题的若干原则

设计长期处在温度为 $+50^{\circ}\text{C} \sim -70^{\circ}\text{C}$ 环境中工作的混凝土和钢筋混凝土房屋和构筑物的结构时，必须遵照新规范（1.1条）。但水工构筑物、隧道、桥梁、路基下管道、以及公路路面与机场路面，则应根据CHнП的专门章节进行设计。

所有这些规范均以极限状态方法为基础。但其具体要求则依相应结构的用途不同而异。其中还有一些不是由于结构特点引起的，而是由于习惯用法或负责编制规范的人员之间的严重意见分歧所造成的差异。消除这些差异是近年来的迫切任务。

CHнП II—21—75不适用于具有重要特点、而且使用范围有相对局限性的某些结构，即配筋水泥结构、硅酸盐结构以及经常在工艺温度超过 50°C 情况下工作的结构。这些结构按专门的规程进行设计。我国南方地区日光直接照射的结构，其温度同样可能超过 50°C ，但规范仅考虑了Ⅳa气候区（根据CHнП建筑气候学和地球物理学一章），那里这项温度作用非常强烈，而且是长期的。本书《混凝土》一章中规定了在这种情况下所应考虑的计算特点。

与 СНиП II—B 1—62* 不同, 在 СНиП II—21—75 中论述了轻混凝土结构(轻骨料混凝土, 多孔混凝土, 密孔及大孔混凝土)。细石混凝土(砂粒)只是用来填充装配式结构的缝隙, 保证混凝土与布置在沟槽中及结构表面的受拉钢筋间的粘着力, 并防止埋件的腐蚀。但由于缺乏全面研究, 新规范中没有涉及细石混凝土结构。混凝土及钢筋混凝土研究院对这种结构的设计有专门的建议。此外, СНиП II—21—75 也没有涉及特重混凝土和特轻混凝土结构、石膏混凝土结构、以及特种胶结料混凝土结构、膨胀水泥和特殊骨料混凝土结构⁽¹⁾。本规范限定使用混合胶结料时, 只针对多孔混凝土。

对于在腐蚀介质条件下, 以及高温条件下工作的结构, 则必须考虑 СНиП 提出的建筑结构防腐蚀的补充要求(1.2 条)。

根据 СНиП 关于建筑气候和地球物理学一章的规定, 取建筑地区最冷 5 天的平均温度作为室外冬季计算温度(1.3 条)。计算工艺温度则由设计决定。

根据 СНиП 关于建筑气候和地球物理学章节的规定, 取最热一个月的室外相对平均湿度, 或采暖房屋和建筑物中室内空气的相对湿度作为周围空气介质的湿度。

规范的许多章节(1.4—1.8 条)给出了关于结构方案选择的规定。这些规定与以前旧规范中的规定无多大区别, 只是有所精简, 图例和说明部分均从略。

关于混凝土结构(1.9 条)应有一个补充说明: 如果结

[1]: 混凝土的分类见第二章

构使用阶段的强度仅由混凝土保证时，则视此种结构为混凝土结构。

1.10条专门规定，规范中载入的材料计算强度、裂缝允许开展宽度和允许挠度仅在设计时采用，而在鉴定结构质量时应遵照相应的国标或规范的有关要求。该条意在防止因不了解规定的这些数值的用途而在鉴定结构质量时采用这些数字。

根据CHнП中《建筑结构和地基设计的基本原则》，混凝土和钢筋混凝土结构应当满足按承载能力（第一类极限状态）和按正常使用（第二类极限状态）的计算要求。

I、按第一类极限状态的计算应保证：

结构不产生脆性、韧性和其他性质的破坏（根据强度进行结构计算）。在必要情况下要考虑结构破坏前的挠度；

不丧失结构形状的稳定性（薄壁结构稳定性计算等），或产生位移（挡土墙及偏心负荷高基础的倾复和滑动的计算、半地下或地下蓄水池及泵站等的浮力计算）；

结构不产生疲劳破坏（处于多次重复荷载——移动荷载，脉冲荷载作用下的结构、如吊车梁，轨枕、以及某些不平衡机器下的构架式基础和楼板等结构的持久强度计算）；

结构在外部介质不良影响和强烈因素共同作用下不产生破坏（腐蚀性介质的周期性和永久性作用、冻融交变作用等）。

II、按第二类极限状态的计算应保证：

结构不产生过大与长期的裂缝开展（如果根据使用条件不允许形成裂缝或裂缝的过大开展）；

结构不产生过大的位移（挠度、转角、倾斜和振幅）。

与CHнП II—B 1—62*相比，新规范用两类极限状态

代替了过去的三类极限状态，完善了具体规定，并列举了荷载和介质不断影响共同作用下破坏的极限状态。

众所周知，混凝土的应力状态对其抗冻性有相当大的影响。拉应力和相当大的压应力能降低抗冻性，压力适当则能提高抗冻性。这是由于受拉时材料密度减小，而受压时材料密度只能限定在应力的一定程度，该程度标志着微型裂缝强烈发展的开始。在这一范围内微型裂缝的发展将降低材料的密实度，从而减少其抵抗冻融交变作用的能力[7、8、9、95]。混凝土的应力状态对其抵抗腐蚀介质的能力也有类似的作用。

这样，上述极限状态的实际意义是很明显的，但是当前考虑这一问题的方法尚未完全制定出来。在新规范中，这一问题实际上已在混凝土抗冻性要求中和在为低温条件下使用的结构所采用的工作条件系数中有所反映（本书第二章）。至于对腐蚀介质影响的考虑，CHиП关于建筑结构防腐一章中已有规定。

对与上述极限状态有关的荷载和高温的共同作用进行了比较全面的研究。这些均在承受较高温度和高温作用的混凝土和钢筋混凝土结构设计规范中作了规定。

根据CHиП《建筑结构和地基设计的基本原则》，规定标准强度的保证率（可信率）不低于0.95。在正态分布时与下式相符：

$$R^H = m - 1.64\sigma$$

式中 m —平均值； σ —均方差，或标准差。

对某些材料，例如钢（其中包括钢筋）而言，这样作符合

以前的实践经验和规范的原则，然而对于混凝土来说，上述标准强度的确定将要导致相当重要的变化。

问题在于 СНиП II—B. 1—62* 中所说的混凝土的标准强度是指设计标号和由此而推算出的受弯时的抗压强度 R_n ，棱柱强度 R_{np} 和抗拉强度 R_p 均为平均值，并因此具有 0.5 的可信率。这样，混凝土和钢筋的标准强度就具有完全不同的保证率。如上所述，当同时使用这些数值时，就会产生误解和导致错误的结论。

从前，确定计算强度的方法是把标准强度乘以匀质系数。但是这些系数没有反映出材料非均质性在统计学上的区别。实际上意想的计算强度的可信率为 0.997，即应等于平均值减三倍标准值：

$$R = m - 3\sigma$$

此时对于钢筋来说，匀质系数为：

$$\frac{m - 3\sigma}{m - 1.64\sigma} = \frac{1 - 3v}{1 - 1.64v}$$

式中 $v = \frac{\sigma}{m}$ —— 变异系数。而作为混凝土的匀质系数

$$\frac{m - 3\sigma}{m} = 1 - 3v$$

这是性质不同的两种值。

根据 СНиП II—A 10—71，现在从标准强度换算成计算强度已不采用乘以小于 1 的匀质系数的方法，而是采用除以大于 1 的材料安全系数的方法。采用这种换算方法的目的是要与国际组织相一致（欧洲混凝土委员会，国际预应力钢筋混凝土协会，近年来还有国际钢结构协会和国际标准化组织）。

如果规定标准强度时考虑材料性质的统计学变化性（即其值的可信率）那么材料的安全系数应考虑那些不可能以统计方法考虑的因素。例如，结构中和试件试验中材料强度不可能相同这样的因素。

材料的安全系数因所考虑的极限状态不同而不同，现在计算中引进的材料强度值，当其数字上等于标准强度时，也称为计算强度。即这一材料强度是在安全系数等于 1 时（第二类极限状态）确定的。

按 CH_нП《荷载和其他作用》一章，标准荷载和其他作用在设计中主要根据使用经验确定。计算中引进的荷载和其他作用称为计算值，它根据标准值乘以 CH_нП规定的超载系数 n 求得。对于不同的极限状态，该系数值也不相同。

荷载和其他作用分为静的和活的。活的又分为长期的、短期的和特殊的。特殊的又分为短期的和长期的。

某些荷载在最大值时可作为短期荷载考虑，而其比较小的值又属长期作用。对这种荷载规定两种值：短期的和长期的。显然，在计算中可能出现短期值或长期值，有时可能是它们的差，以补充荷载长期作用部分从而转为短期（最大）作用，但任何时候不能取比其最大值大的长期和短期作用值的和。

CH_нП II—6—74 中 1—4 条表 3 指出的吊车荷载、雪荷载、住宅、办公和其他房间的活荷载，以及温度作用均属于上述荷载。

为这些荷载规定了两种等级的目的，是为了能够更好地考虑具有徐变特征的各种材料，诸如混凝土、木材、塑料等。

以前的分类法把上述 4 种荷载均看成短期荷载，这样就

不能全面地考虑这些荷载中一部分的长期作用引起的附加挠度和裂缝的附加开展。

结构计算应考虑使用、施工、安装和运输阶段（1.12条）可能产生的作用力的最不利的组合。这时（1.15条）装配整体式结构和有受力钢筋的整体结构，在下述两种工作阶段应按强度，裂缝形成和开展以及变形进行计算：

a) 在现场浇注的混凝土达到规定强度之前的阶段——承受混凝土自重和在该阶段作用于结构上的其他荷载；

б) 在现场浇注的混凝土达到规定强度之后的阶段——承受结构施工阶段和使用阶段作用的荷载。

在计算两个或若干个短期荷载（和作用力）组合时，引进小于1的组合系数，该系数考虑这些荷载的最大值同时作用的小或然率。

如果上面提到的规定了短期和长期作用值的某一荷载列入作用力的计算组合，那么这两个值均乘以组合系数。因此，如果他们的差列入计算，那么该值也同级降低。

在计算装配式结构构件承受运输，安装时产生的作用力时，根据СНП II—B.1—62*，要求对其自重乘以1.5动力系数，不考虑超载系数。但НИИСК的研究表明，〔90,118〕，搬运过程中产生的动力作用往往是相当大的。采用引进1.5动力系数方法考虑这一作用力是远远不够的。因此新规范中（1.14条）把运输时对自重引进的动力系数值提高到1.8。起吊和安装时仍采用1.5。但是当有可能进行试验时，也允许取较低的动力系数，但不能小于1.25。这时和从前一样仍不考虑超载系数。

规范中规定的动力系数的提高不应使结构加重。设计运

输方法和支承方法时，应考虑高动力系数不给钢筋混凝土结构造成破坏的危险。

规范中对受压构件规定了新的要求：考虑静力计算没有估计到的压力偶然偏心矩（1.22条）。能够引起受压构件沿截面均匀压缩的中心受压，在试验室条件下也很难实现。因此不得不对所试验的试件采用不大的作用力进行试验性加荷，根据测得的边界变形来计算偏心矩，并将试件在压力机内移动，以取得更均匀的变形。这种过程有时要重复多次。因此在实际结构中就更不能认为那一根构件为中心受压了。况且，不大的偏心矩也能明显地降低受压构件的承载能力。产生偶然偏心矩的原因是：

沿截面的混凝土质量不均匀，特别是平置浇注的构件，当其截面高度很大而混凝土又为稠状时更易造成这种现象。

受压构件轴的初始弯曲或偏离垂线；

没有考虑到的水平力及其他作用。

根据新规范，偶然偏心矩应取下述三个值中的最大值：受压构件构造高度的 $1/600$ ，截面高度的 $1/30$ ，或 1cm 。这些值是根据欧洲混凝土学会（E K B）、预应力钢筋混凝土协会的建议采用的，许多国家的规范也这样采用。但根据美国混凝土学会建筑法规，偶然偏心矩等于受压构件截面高度的 $1/10$ 。

国外规范中考虑偶然偏心矩时，在所有情况下，都与计算所确定的偏心矩加在一起。在本新规范中，对静定结构也采用这一规定。

对于超静定结构做了如下让步：如果计算求得的偏心矩

小于偶然偏心矩，则取偶然偏心矩，如果大于偶然偏心矩，则不考虑后者。其理由是：偶然偏心矩的存在必导致受压杆件端部的相互位移。但在超静定结构中，结构构件间的联系在某种程度上阻止了这种位移。因此，在某种程度上减弱了偶然偏心矩的影响。

这种减弱对于计算偏心矩大的截面来说，相当重要。对于偏心矩很小的截面，则没什么影响。上述问题可通过II形框架的简单例子予以说明：由三个相同的杆件组成的II形框架，其支座是嵌固的（图1.a）。在均布荷载作用下，横梁上的跨中弯矩等于 $5/72pl^2$ ，横梁上的支座弯矩等于 $pl^2/18$ ，立柱上零弯矩点位于柱高的1/3处。此时，立柱上部2/3高度区的偶然偏心矩朝向跨内，底部1/3高度区的偶然偏心矩朝向跨外。基本系中与偏心矩成比例的弯矩正好与这一偏心矩相符（图1.б）。由于偏心矩在横梁中引起的纵向内力不大，

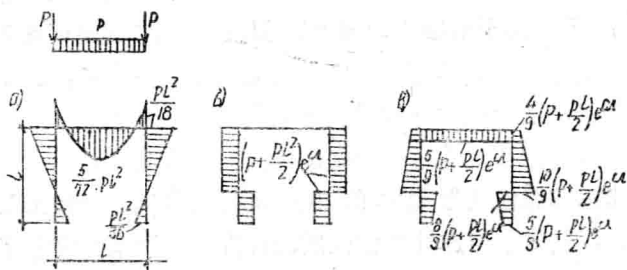


图 1 超静定框架中的偶然偏心矩

a—框架的计算弯矩；

б—偶然偏心矩在基本体系中引起的弯矩；

в—偶然偏心矩在超静定框架中引起的弯矩

图1中Ia弯矩的比例比1б与1в小。

在本例构件中可忽略不计^[1]。

框架的超静定性质，亦即其构件间变形的协调，造成了结构多余的附加未知数。这些未知数能改变偶然偏心矩的取值（图1.6）。立柱的上端和下端偏心矩减少约一半，但接近零点处几乎不变。实际上不用进行详细计算。引用上述例子的目的，就是为了证明规范中计算偶然偏心矩的原理。

规范中的这一章，还对结构内力计算方法的一般特点做了规定（1.16条）。

承受纵向压力的构件，特别是高度和进深都很大的房屋构件，当承受水平荷载和温度变形时，最好按变形简图进行内力计算。并且必须注意材料的非弹性变形，以及混凝土裂缝的存在。

按变形简图计算，要求采用电子计算机（ЭВМ）或采用为定型结构所编制的近似方法。这些方法都比较完善。

无论按第一类或第二类极限状态计算，在荷载及强迫变形、位移（由于混凝土的湿度、温度变化，支座移动等引起）作用下，当计算超静定钢筋混凝土结构内力时，通常应注意钢筋和混凝土的非弹性变形和裂缝的存在。

按线弹性假定确定超静定结构内力的方法，对于在后几步要考虑非弹性变形计算的中间阶段（叠代法，修正系数方法），及对于考虑非弹性性质的计算方法尚未制定的结构都适用。

CHнП II—B1—62*不允许使用所谓特低配筋率的构件

[1]译者注：原文图1.6式 $(P + \frac{PL}{2})$ 中的L有平方2，恐系印误，译者予以取消。

(予应力构件，一般偏心受压构件，以及所有承受动力作用的构件)。这些构件的强度随着混凝土受拉区裂缝的形成而消失。这些形成裂缝的内力不是按计算强度确定，而是按平均强度确定。并且需将形成裂缝的内力提高10%以上才能达到符合钢筋计算强度的内力。

由于特低配筋率构件可能突然产生破坏，所以特别危险。但是当混凝土的截面按某种构造要求取高于计算要求值时，则上述要求又将导致不合理的钢筋耗量。为避免这一点，新规范对特低配筋率构件的要求作了改动(1.20条)。要想完全避免使用这些特低配筋率的构件是不可能的。但在这类构件中，应将按强度计算求得的受拉钢筋截面增大15%。这就是说。钢筋应能承受高于按超载系数 $n > 1$ 求得的内力。但产生这种内力的可能性非常小。因此可以认为按上述要求裂缝形成时的脆性破坏完全可以避免；或者在钢筋能够承受的内力作用下混凝土中形成了裂缝，或者完全没有形成裂缝。

当混凝土的截面由于某些相当重要的原因比按计算要求的截面大得多时，按新规范的钢筋耗量也比按CHиП II—B 1—62*为少。

正如旧规范1.23条所指出的，温度缝的距离应按计算确定。只有当冬季室外计算温度高于 -40°C 时，对那些第三类抗裂性要求的予应力和非予应力结构，如果所采用的温度缝的距离不超过规范中表3的规定数值，可不进行计算。