

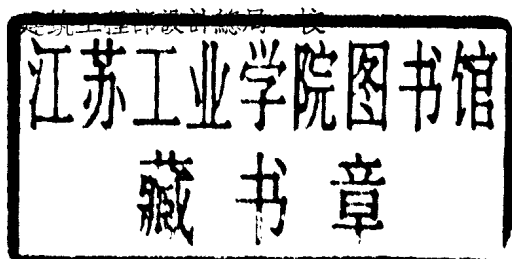
建筑結構按計算极限状态計算的
基本原理及荷載

И.И.戈里金勃拉特 著

建筑工程出版社

建筑結構按計算極限狀態計算
的基本原理及荷載

馬 成 沂 譯



建筑工(程)出版社出版

內容提要 本書闡述按計算極限狀態計算方法的基本原理，提出確定計算系數的論據，載有此種計算方法與其他計算方法相比的比較數據，同樣也闡述建築結構和地基按計算極限狀態方法計算時考慮荷載情況的基本原理。

本書供結構工程師和技術人員使用。

原本說明

書 名 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РА-
СЧЕТНЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ И
НАГРУЗКИ

著 者 И. И. Гольденблат

出版者 Госстройиздат

出版地點及年份 Москва—1955

建築結構按計算極限狀態計算 的基本原理及荷載

馬 成 沂 譯

*

建築工程出版社出版（北京市阜成門外大街）

（北京市書刊出版業營業許可證出字第052號）

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號736 25千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 1 $\frac{1}{8}$

1957年11月第1版，1957年11月第1次印刷

1958年9月第2次印刷

印數：2,830—7,340冊 定價（11）0.26元

目 录

前 言	4
第一章 建筑結構按計算極限状态計算方法的 基本原理	6
第一节 緒 言	6
第二节 計算極限状态方法的基本原理簡論	7
第三节 計算系数值的確定方法	18
第四节 計算極限状态方法与容許应力及破坏荷載方法的比 較，計算極限状态方法的先进性	25
第二章 荷 載	29

建筑結構按計算極限狀態計算 的基本原理及荷載

馬 成 沂 譯
建筑工程部設計總局 校

建筑工程出版社出版

內容提要 本書闡述按計算極限狀態計算方法的基本原理，提出確定計算系數的論據，載有此種計算方法與其他計算方法相比的比較數據，同樣也闡述建築結構和地基按計算極限狀態方法計算時考慮荷載情況的基本原理。

本書供結構工程師和技術人員使用。

原本說明

書名 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО РА-
СЧЕТНЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ И
НАГРУЗКИ

著者 И. И. Голъденблат

出版者 Госстройиздат

出版地点及年份 Москва—1955

建築結構按計算極限狀態計算 的基本原理及荷載

馬成沂 譯

*

建築工程出版社出版（北京市東城門外大街）

（北京市書局出版業營業許可証出字第052號）

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號736 25千字 787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張 1 $\frac{1}{8}$

1957年11月第1版，1957年11月第1次印刷

1958年9月第2次印刷

印數：2,530—7,340冊 定價（11）0.26元

目 录

前 言	4
第一章 建筑結構按計算极限状态計算方法的 基本原理	6
第一节 緒 言	6
第二节 計算極限状态方法的基本原理簡論	7
第三节 計算系数值的確定方法	18
第四节 計算極限状态方法与容許应力及破坏荷載方法的比 較，計算極限状态方法的先进性	25
第二章 荷 載	29

前 言

經苏联部长會議国家建設委员会批准的必須遵守执行的“建筑法規”中，采用了房屋和結構物建筑結構和天然地基按計算极限状态計算的新方法。为使广大工程技术界易于掌握此种計算方法，全苏建筑科学技术工程学会着手出版了一套参考书，以闡明这种新方法的实质，并例举按計算极限状态計算的数字实例。

所出版的参考书籍如下：

1. 技术科学博士 И. И. 戈里金勃拉特著“建筑結構按計算极限状态計算的基本原理及荷載”苏联科学院通訊院士 H. C. 斯特列律茨基教授編輯；

2. 技术科学副博士 K. Θ. 塔里著“混凝土和鋼筋混凝土結構按計算极限状态的計算”，苏联建筑科学院通訊院士 斯大林獎金获得者 A. A. 葛涅茲捷夫教授編輯；

3. 技术科学副博士 斯大林獎金获得者 C. A. 謝苗佐夫著“砖石和配筋砖石結構按計算极限状态的計算”，苏联建筑科学院通訊院士 Л. И. 奥尼西克教授編輯；

4. 技术科学副博士 B. A. 巴勒金著“鋼結構按計算极限状态的計算”，苏联科学院通訊院士 H. C. 斯特列律茨基教授編輯；

5. 技术科学副博士 B. M. 柯切諾夫著“木結構按計算极限状态的計算”，技术科学博士 斯大林獎金获得者 Г. Г. 卡尔辛編輯；

6. 技术科学副博士P.A.托卡里著“房屋和結構物的天然地基按計算极限状态的計算”，苏联科学院通訊院士H.A.泽托維奇教授編輯。

全蘇建筑科學技術工程學會組織處

第一章 建筑結構按計算極限狀態

計算方法的基本原理

第一节 緒言

苏联学者們所研究出的建筑結構按計算極限状态計算的新方法有着重大科学意义和实践意义。运用这种方法，可保証提高建筑結構的質量，使計算的原始条件接近結構的实际工作条件，而且也能更加节省材料。

还在战前，在苏联就采用了按破坏阶段計算 鋼筋混凝土結構的新方法；后来，在1942年^①，根据荷載可变性的分析，在混凝土和鋼筋混凝土結構按破坏阶段的設計标准中，采用了与活載和恒載比值成函数关系变化的不定安全系数。应当指出，只是采用不定安全系数这一項措施，在应用新标准的第一年中就节约了大量的鋼材。按破坏荷載計算混凝土結構、鋼筋混凝土結構，及后来砖石和配筋砖石結構，以及采用不定的强度安全系数等，这是研究出按計算極限状态計算方法上的一个重要阶段。在各种不同材料結構上发展和推广計算極限状态方法，就是在当时也是建筑技术所提出来的迫切任务之一。

H.C. 斯特列律茨基教授提出了关于选择計算系数系統和決定其大小的根据^②的建議，在研究出計算極限状态方法上有着重大的意义。

① “戰時混凝土和鋼筋混凝土結構設計和應用的指示”(Г37-42/建設人民委員會)，國立建筑書籍出版社，1943年。

② H.C. 斯特列律茨基教授：“結構物强度安全系數統計數學計算原理”，國立建筑書籍出版社，1947年。

計算極限狀態方法最後是在1945~1950年由冶金工業和化學工業企業建造部中央工業建築科學研究所(ЦНИПС)的全体科學工作人員擬定的。

“建築法規”^①頒布以前，在計算莫斯科的高層房屋的某些結構及設計氣罐、管綫等的設計實踐中，計算極限狀態方法就已被採用了。

計算極限狀態方法的某些原理，在擋土牆、磚石筒拱穩度計算的古典方法，中在土壤壓力的計算中，在對防止土壤從基礎下擠出的計算中，也能够見到；實際上柔性杆件縱向撓曲的計算，也是以研究杆件失去穩度的極限狀態為基礎的。

然而，試圖利用“古典的”概念來研究比較複雜的結構，特別像用鋼筋混凝土和配筋砌體這類組合材料建造的結構的極限狀態的情況，是很困難的。為了弄清各種外力作用下主要建築結構極限狀態的情況，需要作多年的理論研究和試驗研究。

只有經過這樣的研究之後，方可提出具有牢固試驗基礎的計算極限狀態方法。

下面我們闡述計算極限狀態計算方法的基本原理。

第二節 計算極限狀態方法的基本原理簡論

建築結構按計算極限狀態方法的計算，應以結構過渡到計算極限狀態（結構失去抵抗外部作用的能力，或者不能再滿足其使用要求時之狀態）過程的分析為依據。

必須比較詳細地談談“計算極限狀態”這個概念。

為此，最簡單的方法是研究低配筋鋼筋混凝土梁的試驗結果。

① “建築法規”經蘇聯部長會議國家建設委員會批准，於1955年1月起執行，其中規定了建築結構按計算極限狀態的計算方法是必須遵守執行的計算方法。

这种試驗表明，鋼筋中的应力一达到屈服限度(屈服点)，梁就不可恢复地剧烈下垂(即产生大的殘留变形)同时出现很多的裂縫。很明显，繼續使用这样的梁是不可能的了(虽然还需要再加一些外部荷載，梁才能破坏)。这样，当鋼筋中的应力一达到屈服限度，鋼筋混凝土梁就过渡到极限状态。在鋼結構方面也能见到类似的现象。将鋼結構变为不稳定(动变)結構，在許多情况下，需要形成大量的塑性鉸。但对許多类型的鋼結構來說，这一过程是发生在形成第一批塑性鉸之后的(远在这些結構变成不稳定結構之前)，由于出现显著的殘留变形，便不可能繼續使用这些結構。

所以在許多情况下(当然不是所有的情况)，結構是在未耗尽承載能力之前达到計算极限状态。

为了充分說明結構計算极限状态的概念，应当指出，就是結構虽然保持有强度和穩度，但当它受到很大可复(彈性)变形时，也可能达到計算极限状态。例如，在結構中有荷載通过时，可能出现使荷載不能移动的振动，因而結構不能繼續使用。因此，在这种情况下，我們所遇到的也是极限状态。

由此可见，按計算极限状态方法的計算，是从考虑結構首先应当滿足使用要求出发的。为此目的才引用計算极限状态，即結構不能滿足使用要求状态这一概念。

从上述說明中可以清楚了解，計算极限状态的方法要求分析結構过渡到极限状态的漸次发展的全部过程(例如，按超靜定系統中塑性鉸的形成順序)，并要求分析每一結構和結構物的使用条件。

有三种計算极限状态：

1) 第一种极限状态——承載能力(强度、穩度和材料的疲勞度)的极限状态，达到此种状态时，結構失去抵抗外部作用的能力或是产生使結構再不能滿足使用要求的殘留变形；

2) 第二种极限状态——静力荷载或动力荷载作用下过度变形的极限状态，达到此种状态时，在保持有强度和稳度结构中出现使结构再不能满足使用要求的可复变形或振动；

3) 第三种极限状态——裂缝出现或扩展的极限状态，达到此种状态时，在保持有强度和稳度的结构中出现裂缝或扩展到使结构不能再继续使用的程度，因为失去了所要求的不渗水性，以及由于饰面层损坏而产生遭受腐蚀的危险性等等。

在实践中所遇到的全部情况都可以归纳到上述的极限状态的分类中。

根据结构型式和工作条件，首先应确定结构属于何种极限状态。例如，对于钢筋混凝土压力管道来说，不容许有裂缝（第三种极限状态）；对于支持吊车轨道的钢筋混凝土柱子和钢柱子来说，不容许刚度不足，刚度不足时，可能影响吊车的畅行（第二种极限状态）；对于快转机械下的基础来说，不容许振幅过大（第二种极限状态）等等。

楼板下垂度大，抹面有危险开裂，楼板不稳定，均属于第二种极限状态。

受荷载作用时的砂类土壤和粘性土壤的压缩性很大，它超过钢材、混凝土、石材、木材压缩性的500~1000倍，因此必须首先根据其用途按变形（下陷、水平移动）极限状态计算地基。在这种情况下，地基的变形极限决定着基础上的结构是属于何种极限状态的。

显然，对所有的结构来说（与它们的受力情况无关），不容许达到第一种计算极限状态。促使达到第一种极限状态的条件极其多样。例如，在能引起材料疲劳破坏的多次重复荷载作用下，极限状态是以材料的耐久度等来决定。

计算极限状态方法的出发点在于：计算的目的是为了取得结构物使用过程中不达到任何一种极限状态的可靠保证。

結構達到任何一種計算極限狀態決定於許多因素，其中最重要的是下列各項：

- 1) 外部荷載和其他作用；
- 2) 製造結構用材料的質量及其機械性能；
- 3) 結構的一般工作條件、結構的製造條件等等。

因此，極限計算方法的依據是在考慮上述全部因素下分析建築結構過渡到極限狀態的過程。

在業經批准的建築法規中，確定了計算極限狀態的定義。在這套闡述混凝土結構、鋼筋混凝土結構、磚石結構、配筋磚石結構、鋼結構、木結構，以及房屋和結構物天然地基按計算極限狀態計算方法的叢書中，則是具體地說明各種結構的計算極限狀態。所以，計算極限狀態是由計算中的結構的工作具體條件和參數所確定。

上邊已經講過，結構過渡到極限狀態是受許多因素決定的。

首先必須談一談製造結構所用材料的質量及其機械性能這個因素。

實驗證明，建築材料的機械性能指標（例如，強度），並不是固定的。實際上這些指標是有著一定可變性的，或者像通常所說那樣，是離散的。

產生這種可變性的原因是什麼呢？

假如是談天然材料，則它們的形成條件就是指標可變性的原因。天然建築材料強度指標可變性的正確概念可根據分配曲綫得出。分配曲綫是表示所研究特性的某一值的呈顯次數如何，並且反映多次試驗用統計數學法處理的結果。

人造建築材料強度指標的可變性原因在很大程度上取決於人的自覺活動。實際上，建築材料製造工藝過程的特點和製造建築材料用原料的特性對可變性有著十分巨大的影響。

總之，在一定工藝過程的條件下，而且原料種類為一定時，所

得到的都是机械指标(例如,强度)有一定可变性的建筑材料。

例如,对于某些标号鋼材,平均屈服限度为 2800~3000 公斤/平方公分,而实际的屈服限度則介于 2100 至 3800 公斤/平方公分之間,有时变动范围还要大。天然石和人造石,混凝土和木材这类建筑材料的强度指标的可变性就更大。

所以应当指出,在考虑材料的标准强度(即以鑑定材料机械性能的实验为依据而由标准所规定的对外力作用的抗力)时,还必须考虑它們强度指标的可变性。

建筑材料强度的可变性可用匀質系数表示。用匀質系数 k 乘材料抵抗外力作用的标准强度 R^n ,我們得出强度的最小值:

$$kR^n = R \quad \text{公斤/平方公分,}$$

即是实用上必需考虑的材料强度下限。

$kR^n = R$ 之值叫做計算强度。

应当指出,計算强度是符合于原料的一定可变性指标和建筑材料制造工艺过程的正常条件的。因此引入匀質系数不仅不会降低,相反还会提高验收时对材料質量和匀質性的要求。

关于某一材料的实际性能是一个有特殊意义的问题。通常用上下限来鑑定材料的性能,材料在上下限之間具有不同的性能。

同时可以肯定,材料机械性能的变动范围要比一般标准所规定的范围大得多。如考虑到試驗是有选择性的,这就明显了,因此当验收試驗中有一定的廢品率时,就有可能把不合标准的材料算入验收产品中。

材料强度指标可变性的全部特点仅可用强度指标分配曲綫来表示。图1~4中繪有若干强度指标分配曲綫。

分配曲綫是可靠地确定匀質系数和标准强度值的原始資料。匀質系数和标准强度值的确定法,在本章第三节中說明。

中央工业建筑科学研究所所进行过的广泛試驗工作和理論工

作，使我們能够有根据地确定大部分建筑材料的标准强度和匀质系数值。例如，曾做过几万次鋼材的工厂試驗和大量混凝土試块等試驗結果的統計数学整理工作。

承载能力的耗尽(过渡到第一种极限状态)与結構型式和制造結構用材料的物理性能，尤其是与彈性—塑性性能有关。

中央工业建筑科学研究所所做的研究鋼筋混凝土結構、鋼結構、砖石結構、木結構的极限状态的試驗工作和理論工作对确定結構計算极限状态特性提供了必要的基础。

根据这些工作，可以将各种結構承载能力的計算值作为結構几何特性和制造結構用材料强度的函数。

例如，矩形截面鋼筋混凝土梁的承载能力(破坏力矩值)等于

$$M \leq R_n b h_0^2 \alpha (1 - 0.5\alpha), \quad (1)$$

式中

R_n —混凝土受弯时受压强度；

b 和 h_0 —梁的截面寬度和有效高度；

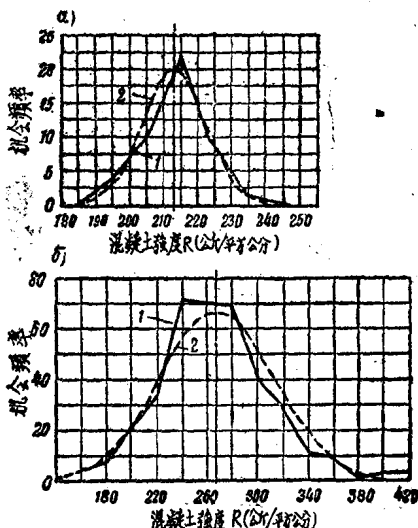


图 1 混凝土受压时强度的統計数学分配曲线

a—45个立方体試块；混凝土平均强度 $R = 213$ 公斤/平方公分；分配曲线的标准 $\sigma = 9$ 公斤/平方公分；b—375个立方体試块；混凝土平均强度 $R = 268$ 公斤/平方公分；分配曲线的标准 $\sigma = 44.8$ 公斤/平方公分；

1—按試驗資料；2—理論曲线

附注：圖 1~4 上原譯“机会頻率”或“頻率”，可改譯為“出現情况次數”——校者。

a —与配筋率有关的系数。

但是使我們感兴趣的是承载能力的最小可能值，此值可在算式中以等于标准强度乘匀質系数之积的計算强度替换标准强度計算得出。

例如公式(1)就可以变成下式：

$$M \leq k_a F_a \sigma_T h_0 \left(1 - 0.5 \frac{k_a F_a \sigma_T}{k_b R_n b h_0} \right), \quad (2)$$

式中： k_b ——混凝土匀質系数；

k_a ——鋼筋匀質系数；

F_a ——鋼筋截面面积；

σ_T ——鋼筋屈服限度；

R_n ——混凝土受压时抗压强度。

将匀質系数最小值代入公式(2)中，可以計算出梁所能承受的挠矩最小值，在計算时要考虑到混凝土指标和鋼筋屈服限度指标的可变性。

严格地說来，为了求出梁承载能力的最小值，应求出公式(2)中的函数的极小值，但要考虑鋼筋和混凝土强度指标可变性的极限資料。但是为了实际应用，这样做是没有必要的，只往公式(2)中代入匀質系数的最小值即可。

通常结构的最小承载能力可表示如下：

$$\Phi(S; k_1 R_1^H; k_2 R_2^H; \dots) \quad (3)$$

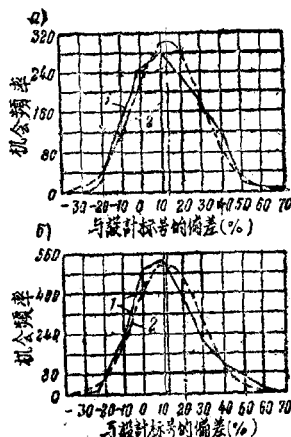


图2 混凝土受压时强度极限对設計标号偏差的統計数学分配曲綫

a —110號混凝土；立方体試塊塊數為1230个；混凝土平均强度超过設計標號13.3%；分配曲綫標準 $\sigma = 16.54\%$ ； b —140號混凝土；立方体試塊塊數為2097个；混凝土平均强度超过設計標號11.4%；分配曲綫標準 $\sigma = 13.2\%$ ；1—按試驗資料；2—理論曲綫