建筑結構的安全度与强度

A.P.尔然尼采 主編

建筑工程出版社

建筑結构的安全度与强度

趙超燮　費覺敏　譯

建筑工程出版社出版

·1957·

內容提要　本書是苏联中央工业建筑科学研究院科学家們发表的論文集。全書有論文七篇，分別叙述有关建筑結構安全度和强度的各种問題，并且还講述考虑材料塑性时建筑結構的計算法。

本書可供科学研究工作者、結構工程师和技术員参考。

原本說明

書　　名	ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОЧНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
著　　者	ЦНИПС
出 版 者	Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре
出版地点及年份	Москва-1952

建筑結構的安全度与强度

趙超燮　費覺民　譯

*

建筑工程出版社出版（北京市阜成門外南禮士路）

（北京市書刊出版業營業許可証出字第052號）

建筑工程出版社印刷廠印刷・新華書店發行

書號703　148千字　850×1168 $^{1}/_{32}$　印張5 $^{3}/_{4}$

1957年10月第1版　1957年10月第1次印刷

印數：1—1,650册　定價（11）1.40元

目　录

譯者序

这本書反映了苏联科学家們在結構强度計算方面的成就，从書里，可以进一步証明苏联科学的先进性。特别値得提出的是A.P.尔然尼采教授的文章“結構安全度計算的問題”，在这篇文章中，尔然尼采教授提出一种結構强度計算的新理論——容許誤差理論。根据这个理論計算鋼筋混凝土結构时，比按极限狀态計算的結果，可以节省鋼筋和混凝土的用量11～22%❶，計算鋼結构时，可以节省鋼材用量～20%❷。由此可以看出，尔然尼采教授提出的这个理論是应該引起我国科学研究工作者和工程师們的注意的。

容許誤差理論是以概率和統計学的理論为基础，其它如确定匀質系数和超載系数的問題时，也都要牽涉到統計学。然而一般地說起来，工程师們对統計学是比較生疏的。因此建議閱讀本書时可以参看有关統計理論的書籍❸，以便对于統計学的基本理論有所了解，能够更好地理解本書的內容。

本書第七篇察烏索夫論文的譯文曾請北京大学数学系裘光明同志校訂，特此表示衷心感謝。

虽然，譯文經过多次校訂，但由于內容比較新頴，加以譯者的技术与俄文水平有限，因此，錯誤与艰澀之处仍然在所难免，誠懇地希望讀者提出意見和指正。

譯者

1955.9.7.

---

❶ 見蘇聯“工業建筑”1957年8月號第36頁——譯者注

❷ 見蘇聯“工業建筑”1954年3月號第37頁——譯者注

❸ 可參考 Л.З. 龍西斯基著：“概率論及數理統計學要義”電力工業版社1956年中譯版——譯者注

序　言

近几年来，由于苏联科学家和工程师們所写的各种著作，使結構强度計算法更加完善起来，这一事实也就証明苏联科学在这一方面的进步发展。根据这些著作就能断定：任何經过詳細討論的結構强度計算法都是以兩个原理作根据的。第一个原理是确定結構的承重能力，并且要考虑建筑材料的所有基本性質，如：彈性、塑性、徐变等等。这一部分的計算是以一些經过实驗証明的假設作基础，其目的是要确定結構或建筑物处于极限狀态的条件。

第二个原理是詳細估計那些計算結果的誤差，这些誤差是由于各种假設、原材料的非匀質性，以及計算中所規定的荷載性質和荷載数值的变异所造成的。由于这些誤差当使用荷載比予先規定的計算荷載小得多的时候，就可能达到极限狀态，而考虑誤差就能知道結構可能的(最不利的)极限狀态。

本集为中央工业建筑科学研究院所完成和发表的著作，其中大部分是用来明确由相同观点而产生的概念和計算方法。

在A.P.尔然尼采(A.P.Ржаницын)的論文里，詳細說明了結構安全度計算的原則；提出了确定結構安全尺寸的新方法，发展了破坏概念并依破坏的重要性进行分类。

在P.A.穆耳列尔(P.A.Мyллер)的論文里，叙述了强度統計計算法的发展，并且这些方法是用来計算可能破坏的情形，同时还应当重視可能破坏的概率。P.A.穆耳列尔的第一篇論文对确定材料匀質系数的方法作了詳細的說明，这篇文章是具有巨大实践意义的。第二篇論文叙述了确定安全系数的方法，这个方法和現有的方法相反，即使在实踐上常見的极不对称分配曲綫的情形下也可以应用。

Г.A.盖尼耶夫(Г.A.Гениев)的三篇論文是研究結構構件强

度和稳定性的一些問題，并考慮到它們工作的实际情形。第一篇論文叙述了偏心受压磚石柱的实用計算方法，这时要考慮附加垂度、极限狀态下的裂縫开展和材料的塑性变形。第二篇論文叙述了凸緣連接的計算法。Г.А.盖尼耶夫的第三篇論文对金屬組合杆的綴板在縱向力作用下的計算法作了詳細的說明，研究計算法，并导出公式，按照这些公式就可确定綴板的安全尺寸，这样一来，就同时解決了强度和安全度的問題，因而也就解决了一些基本困难，在这以前，由于这些困难以致这个实际上极为重要的問題，迄未求得論証和适当的解答。

Н.С.察烏索夫（Н.С.Чаусов）的論文叙述了拉普拉斯变换反运算的数解法，应用这种方法可以解决現在許多复杂的結構計算問題，特别是当結構在动荷載或重复荷載作用下，計算材料徐变的問題。掌握这种有效的数学方法，对工程师是有很大好处的。Н.С.察烏索夫所发展了的数解法使許多工程問題能应用拉普拉斯变换法来解决。

本集上列各篇論文的簡要內容說明了中央工业建筑科学研究院，最近在研究結構安全度計算法方面所做的工作；发表这些著作的目的，是要促进新的計算方法能用于設計实践，并且从而协助解决在設計我国社会主义建設的大規模結構物时的許多問題。

中央工業建筑科學研究院管理處

結構安全度計算的問題

技术科学博士 A.P.爾然尼朵教授

1. 强度計算的容許誤差理論

結構强度和变形的工程計算的准确性問題，对于确定安全系数或者容許荷載的数值来說，是有决定性意义的。因此，应估計計算結果的准确度，也就是估計計算結果在各方面可能发生的誤差，这是非常重要的。这时，应当考虑影响計算准确度的兩类因素。从設計者的观点来看，第一类因素可以叫作“主观因素”，而第二类叫作“客观因素”。

計算的精密性，也就是取来作为計算依据的結構簡图与实际結構工作情形的接近程度；考虑次要因素的多少；所用計算法的优越性；計算的繁复性等等都应該列入“主观”因素內。

客观因素就是頻数(重复出現的次数)分布曲綫上原始計算值的不准确性；頻数是依計算值的誤差及其平均值来决定的。

毫无疑义，第一类因素对計算准确度是起一些作用的，特别是当結構計算不能用試驗来驗証时。

但是，依照現在的結構理論和实际工程計算法，不仅能保証計算所必需的准确度(如果估計到原始計算值的客观不准确性)，而且要远远超过它。至于簡化計算簡图，以及有意識引用各种近似計算法，則由于我們工程技术干部的高等熟練技术，决不会严重地影响計算結果；而即使与实际发生的应力有些差别，但在絕大多数的情形下是偏于結構工作的安全方面。因此，对于这些使計算不准确的因素，就不在这里研究了。

第二类因素，也就是所謂“客观因素”却重要得多。这些因素的实質，主要是由于結構和材料制造过程的生产技术不完善，以致

結構和材料的性能不稳定；同时，由于使用狀况的不完善，这样就可能发生使用荷載大于設計数值的現象（从施工工程师或使用者的观点来看，这些因素多半也是主观的）。但是，如果能够提高使用水平，改善結構制造过程的生产技术和改善結構物的施工，实行标准化以及更准确地加工等等，則計算值誤差出現的机会就可大大减少。因而可以減小安全系数，降低結構物的造价。所以說現在的建筑工业中还蘊藏着巨大的經济潛力。只有我們采用了更完善的生产方法，以及在确定結構所需的尺寸时，能考虑結構强度数值上的实际誤差，这样才能降低造价，大大地节約資財。

按照"容許应力"計算的方法不可能来考虑生产技术和使用的因素，而規定容許应力和計算荷載时，沒有充分的根据和分析，这就会出現准确的工程計算和采用粗略近似安全系数之間惊人的不相适应。就是按建筑法规草案比較完善的結構計算方法，也不能彻底解决这个問題；由于过度謹慎地引用了超載系数和勻質系数的最不利組合，而实际上是怎么也不会发生的。因此，在許多情形下，仍然不能利用結構巨大的潛在承重能力。根据設計和使用的經驗，对統計法所求得的系数进行修正的机会是很少的；那就是說要一个計算值与平均值的誤差，超出超載系数和勻質系数所确定的設計概率界限——約为1/700——是极难得的事（正态分布定律的情形下容許誤差在三倍标准差处）。

从1947年起，在許多論文❶中出現了一些理論，虽然都是不同近似程度的安全度計算法，但这些理論在原則上是严密的。这种以变量統計为基础的方法，广义地来說，其本質就是設計工程結構的容許誤差理論的基础。这个理論不仅考虑几何尺寸，而主要是考虑材料的强度性能和荷載数值。这个方法的最終目的就是要求出安全系数，也就是确定引起結構极限狀态的荷載应該降低的系数，以便保証結構工作的安全。

---

❶ "建筑工業"№8，1947年；"工程結構的研究工作"第二集，В.В.布爾格曼主編的論文集和"結構按極限狀態計算理論的資料"第二集，В.М.凱耳迪什教授主編，建筑出版社，1949年俄文版。

所提出确定結構安全(工作的)狀态的实用方法如下。

結構不破坏的条件可写成不等式：

$$R(x,y,\cdots)>0, \tag{1}$$

式中 $x,y,\cdots$某一分布曲綫的計算值。

根据 $x,y,\cdots$的分布曲綫，可确定分布曲綫R；并且提出的条件是要在 $R<0$ 范圍內，分布曲綫的面积等于已知的某一很小数值——結構达到极限狀态的概率。

作分布曲綫时所遇到数学上的困难可以这样来克服，就是近似地認为分布曲綫$x,y,\cdots$是正态分布曲綫，而函数$R(x,y,\cdots)$則按其平均值依x、y冪次分成級数，在这个級数內只保留一次冪的項。

于是分布曲綫R亦可由正态曲綫求得，并且曲綫中心[1] m_R 就可按下列公式来計算：

$$m_R=R(m_x,m_y,\cdots), \tag{2}$$

式中 $m_x,m_y,\cdots$是分布曲綫$x,y,\cdots$的中心，而标准差[2] s_R根据下列公式計算：

$$s_R^2=s_x^2\frac{\partial R}{\partial x}\left(x=m_x,\ y=m_y,\cdots\right)+$$

$$+s_y^2\frac{\partial R}{\partial y}(x=m_y,y=m_y,\cdots)+\cdots \tag{3}$$

原始計算值的变异系数[3] $\frac{s_x}{m_x}$、$\frac{s_y}{m_y}$、…愈小，則这个方法的准确度就愈大。

要直接应用这个方法来求結構的安全尺寸，就应該写出一个公式，它要很准确地反映結構的实际工作情形。当我們取不带任何安全系数的原始計算值的平均值时，就能根据这个公式得到所求尺寸或荷載的破坏值。其次利用类似的公式(3)的公式，根据原始值的标准差就能求得未知量的标准差，將这个标准差乘以安

---

[1] 曲綫中心因其相似于曲綫形心而得名，曲綫中心即指曲綫中心的坐標值。當對稱時以及鐘形曲綫時，曲綫中心與最大縱坐標（曲綫衆數）和曲綫橫坐標平均値（曲綫的中値）相重合。——譯者註

[2] 一組變量的標准差等于變量與其平均値差的自乘平均値的平方根，故標准差有時叫作根均方差。——譯者注

[3] 變異系數亦可譯作離差系數。——譯者注

全特征 r（即說明超过結構极限狀态的概率的标准差数）再加上先前求得的破坏值。这里近似的地方是以正态曲綫作为計算范圍的分布曲綫；当計算值的变异系数很小时，在一般情形下可以認为是很准确的。利用下面所举的例題很容易理解这个方法。这些例題的数据都是引自“結構按极限狀态計算理論的資料”（建筑出版社，1949年俄文版第8頁）論文集中 B.M. 凱耳廸什和 И.И. 戈利登勃拉特的論文里的数据。計算值的标准差是根据上述著作中的匀質系数和超載系数的数值算得的，正如他們所指出的，匀質系数和超載系数的数值，分别在离开分布曲綫平均值的三倍标准差处与曲綫相交。

例題 1 选擇偏心受压鋼筋混凝土柱对称鋼筋截面的計算公式❶：

$$F_a=\frac{1}{\sigma_T(h_0-a')}\left[\Sigma N_i e_i+M-h_0\Sigma N_i\left(1-\frac{\Sigma N_i}{2bh_0R_и}\right)\right]. \quad (4)$$

数据：

$$R_и=135\,kg/cm^2;$$

匀質系数

$$k_0(R_и)=0.6;$$

标准差

$$s(R_и)=135\frac{1-0.6}{3}=18\,kg/cm^2;$$

鋼筋的屈服点❷

$$\sigma_T=1900kg/cm^2;\quad k_0(\sigma_T)=0.85;$$

$$s(\sigma_T)=1900\frac{1-0.85}{3}=95\,kg/cm^2;❸$$

$$h=45\,cm,\ b=40\,cm,\ h_0=41.5\,cm,\ h_0-a'=38\,cm.$$

恒載（結構自重）：

---

❶ 參閱“鋼筋混凝土結構設計標准及技术規范” НиТУ-3-48。

❷ 鋼筋屈服點 $\sigma_T=1900kg/cm^2$ 并不是它的平均値。當匀質系數爲0.7時，正確地說，應取 $\sigma_T=2300kg/cm^2$，因爲這樣，計算强度才是 $1600kg/cm^2$。這時，按上述方法來解答就會更經濟（參閱以下所述）。

❸ 原書誤爲 $85kg/cm^2$，因此計算結果稍有出入。——譯者注

$$N_1=31.90\,t;\ M_1=3.46\,tm;$$

超載系数

$$k_п(N_1)=1.1;$$

标准差

$$s(N_1)=31900\frac{1.1-1}{3}=1063\,kg;$$

活载(雪載)

$$N_2=7.20\,t,\ M_2=1.08\,tm;\ k_п(N_2)=1.40;$$

$$s(N_2)=7200\frac{1.4-1}{3}=960\,kg;$$

活載(风載)

$$M_3=5.34\,tm;\ N_3=0;\ k_п(M_3)=1.25;$$

$$s(M_3)=534000\frac{1.25-1}{3}=44500\,kgcm.$$

按照建筑法規草案考虑柱因长細比的增加，其弯矩的增大系数等于1.24*(因为所有縱向力要乘以总超載系数，而混凝土的极限强度 $R_и$則要乘以总匀質系数)。

考虑这种系数，对于最小受压鋼筋的偏心距等于：

$$e_1=\frac{346000}{31900}1.24+22.5-3.5=13.4+19=32.4\,cm;$$

$$e_2=\frac{108000}{7200}1.24+22.5-3.5=18.6+19=37.6\,cm;$$

$$\Sigma M=31900\times32.4+7200\times37.6+53400\times1.24$$
$$=1970000\,kgcm;$$

$$\Sigma N=31900+7200=39100\,kg.$$

求出受压鋼筋面积的破坏值：

---

* 要更精確地考慮長細比的影响就會使計算大爲複雜，但却可以節省一些(參閱著者所著"確定縱向彎曲容許應力的統計法"。中央工業建筑科學研究院科學通報，第三期，建筑出版社1951年俄文版)。

$$\{F'_a\}=\frac{1970000}{1900\times 38}-\frac{41.5}{38}\times\frac{39100}{1900}\left(1-\frac{39100}{2\times 40\times 41.5\times 135}\right)$$

$$=27.4-22.4(1-0.0872)=7.00\ cm^2.$$

为了确定F'_a的标准差从公式(4)可以求得：

$$\frac{\partial F'_a}{\partial N_i}=\frac{1}{\sigma_T(h_0-a')}\left(e_i-h_0+\frac{\Sigma N_i}{bR_И}\right);$$

$$\frac{\partial F'_a}{\partial M}=\frac{1.24}{\sigma_T(h_0-a')};\quad \frac{\partial F'_a}{\partial R_И}=\frac{-(\Sigma N_i)^2}{2b(h_0-a')\sigma_T}\times\frac{1}{R_И^2};$$

$$\frac{\partial F'_a}{\partial \sigma_T}=-\frac{1}{\sigma_T^2(h_0-a')}\left[\Sigma N_i e_i+M-h_0\Sigma N_i\left(1-\frac{\Sigma N_i}{2bh_0R_И}\right)\right]$$

$$=-\frac{F'_a}{\sigma_T}.$$

將数据代入：

$$\frac{\partial F'_a}{\partial N_1}=\frac{1}{1900\times 38}\left(32.4-41.5+\frac{39100}{40\times 135}\right)=0.000123;$$

$$\frac{\partial F'_a}{\partial N_2}=\frac{1}{1900\times 38}\left(37.6-41.5+\frac{39100}{40\times 135}\right)=0.0000461;$$

$$\frac{\partial F'_a}{\partial M}=\frac{1.24}{1900\times 38}=0.0000172;$$

$$\frac{\partial F'_a}{\partial \sigma_T}=-\frac{7.0}{1900}=-0.00368;$$

$$\frac{\partial F'_a}{\partial R_И}=-\frac{39100^2}{2\times 40\times 1900\times 38\times 135^2}=-0.0145;$$

$$s^2(F'_a)=1063^2\times 0.000123^2+960^2\times 0.0000461^2+44500^2\times$$
$$\times 0.0000172^2+95^2\times 0.00368^2+18^2\times 0.0145^2=0.770;$$

$$s(F'_a)=\sqrt{0.770}=0.88cm^2.$$

当$\gamma=3$时，所需的鋼筋数量：

$$[F'_a]=7.00+3.0\times 0.88=9.68cm^2.$$

按照建筑法規草案算出$[F'_a]=11.2\ cm^2$，这样就能节省

$$\left(1-\frac{9.68}{11.2}\right)100=13.5\%.$$

当 $r=4$ 时，就得到

$$[F_a]=7.00+4\times 0.88=10.56;$$

在这种情形下能节省5.5%。

如果考虑用 $R_И$ 和 σ_T 的标准数值的实际平均值来代替降低的平均值，用实际匀質系数代替建筑法規草案中所提高了的匀質系数，则实际上还能节省更多的鋼筋。

例題 2 选擇鋼筋混凝土T形吊車梁的鋼筋截面。

計算公式：

$$F_a=\frac{\Sigma M_i}{\sigma_T\left(h_0-\frac{d}{2}\right)}. \tag{5}$$

数据（第一跨梁的）：

$$\sigma_T=1900\ kg/cm^2;\quad s(\sigma_T)=95\ kg/cm^2;$$

$$M_1=280000\ kgcm;\quad k_n=1.1;$$

$$s(M_1)=280000\frac{1.1-1}{3}=9333\ kgcm;$$

$$M_2=2320000\ kgcm;\quad k_n=1.3;$$

$$s(M_2)=2320000\frac{1.3-1}{3}=232000\ kgcm;$$

$$h_0-\frac{d}{2}=69\ cm.$$

F_a的极限值等于：

$$\{F_a\}=\frac{280000+2320000}{1900\times 69}=19.85cm^2.$$

从公式（5）求得：

$$\frac{\partial F_a}{\partial M_1}=\frac{\partial F_a}{\partial M_2}=\frac{1}{\sigma_T\left(h_0-\frac{d}{2}\right)}=\frac{1}{1900\times 69}=0.00000764;$$

$$\frac{\partial F_a}{\partial \sigma_T} = -\frac{1}{\sigma_T^2} \frac{\Sigma M}{\left(h_0 - \frac{d}{2}\right)} = -\frac{F_a}{\sigma_T} = \frac{19.85}{1900} = 0.01045;$$

$$s^2(F_a) = 9333^2 \times 0.00000764^2 + 232000^2 \times 0.00000764^2 + \\ + 95^2 \times 0.01045^2 = 3.92;$$

$$s(F_a) = \sqrt{3.92} = 1.98\ cm^2.$$

当 $\gamma = 3$ 时，所需的鋼筋数量：

$$[F_a] = 19.85 + 3 \times 1.98 = 25.8\ cm^2.$$

按照建筑法規草案得出 $[F_a] = 30\ cm^2$，这样可以节省14%。

当 $\gamma = 4$ 时，我們得到 $[F_a] = 27.8\ cm^2$ 能节省7.25%。

大家知道，鋼屈服点的变异系数❶接近 0.10，因此实际上当 $\gamma = 3$ 时，$k_0 = 1 - 3 \times 0.10 = 0.7$，而在同一計算强度1600 kg/cm^2 的情形下就是：

$$m(\sigma_T) = \frac{1600}{0.7} = 2300\ kg/cm^2.$$

同时，在后面一个例題内可以求得：

$$\{F_a\} = \frac{2600000}{2300 \times 69} = 16.4\ cm^2;$$

$$\frac{\partial F_a}{\partial M} = \frac{1}{2300 \times 69} = 0.0000063;$$

$$\frac{\partial F_a}{\partial \sigma_T} = \frac{16.4}{2300} = 0.00714;$$

$$s(\sigma_T) = 2300 \frac{1 - 0.7}{3} = 230\ kg/cm^2.$$

其它的資料不变：

$$s^2(F_a) = 9333^2 \times 0.0000063^2 + 232000^2 \times 0.0000063^2 + \\ + 230^2 \times 0.00714^2 = 4.84.$$

$$s(F_a) = \sqrt{4.84} = 2.2\ cm^2;$$

$$[F_a] = 16.4 + 3 \times 2.2 = 23.0\ cm^2;$$

---

❶ B.B.庫拉耶夫、A.A.奥依海爾、E.E.多爾恩佈等人的研究著作。

可以节省

$$\frac{30-23}{30}100=23\%.$$

在安全特征提高到 4 的时候，得到：

$$[F_a]=16.4+4\times2.2=25.2\ cm^2;$$

在这种情形下也能节省16%。

我們可以看到，甚至在原始公式十分复杂的情形下，这个計算法也不会引起任何困难。这个方法同样可以有效地用来确定結構最大安全荷載的数值，并可以确定一般表示結構安全度的任何未知量。所提出方法的主要优点，不仅是結果經济而且保証相同的安全特征，这可用数 r 来說明，它取决于有誤差的变量的数目。在不对称分布曲綫和計算值的变异系数很大时，这个方法的准确度就比較差，但在实际上可以認为是适用的。在材料比較均匀和荷載比較稳定时，准确度也就增加起来。考虑分布曲綫的高次矩就能得出更准确的結果❶。

2. 樓板均布荷載系数的確定

計算多层房屋的柱、牆和基础时，楼板均布荷載折减系数的确定是应用容許誤差理論計算結構的例題。在建筑法规草案中，对于多层房屋的各楼层建議采用下列的均布荷載数值❷。

对于最上面的兩层，采用荷載的100%；

对于第三层和第四层（从上面数起），采用所有上部荷載的85%；

对于第五层和第六层，采用所有上部荷載的70%；

其余各层采用所有上部荷載的60%。

楼板均布荷載的折减系数是考虑到所有各层同时发生最大超載的机会极小，而且眞正地反映荷載数値可能的影响。下面我們

---

❶ 參閱本論文集P.A.穆耳列爾的論文。

❷ "結構設計標准""草案"、"建筑法規草案的資料"，机器制造出版社，1949年出版。

來討論和确定这些系数。

我們假設每层均布荷載的分布是符合正态定律。当然，这样就产生一定的不准确性。但是在任何情形下，若某几层荷載的总和越是接近于荷載的正态分布，則层数也就越多(根据許多被加数总和的极限分布定理)。

設每层的荷載都相同，其分布曲綫的中心等于 m_q，而标准差等于 s_q。

那么，n 层荷載的中心 $m_{nq}=nm_q$ 和标准差 $s_{nq}=s_q\sqrt{n}$。第 n 层的計算荷載將是：

$$q_n=nm_q+\gamma s_q\sqrt{n}, \tag{6}$$

式中 γ——安全特征。

第一层的計算荷載等于：

$$q=m_q+\gamma s_q. \tag{7}$$

由此，所有上部荷載的系数等于：

$$\frac{q_n}{nq}=\frac{nm_q+\gamma s_q\sqrt{n}}{n(m_q+\gamma s_q)}. \tag{8}$$

或者，因为

$$1+\frac{\gamma s_q}{m_q}=k_{п}, \tag{9}$$

式中 $k_{п}$——超載系数，那么

$$\frac{q_n}{nq}=\frac{n+(k_{п}-1)\sqrt{n}}{nk_{п}}. \tag{10}$$

知道了 n 的不同数值，就很容易繪出 $\frac{q_n}{nq}$ 与超載系数 $k_{п}$ 的关系图(图1)。

在这里应該指出，我們假設每层的荷載数值与其它各层的荷載完全沒有关系；換句話說，就是把各层荷載間的相关系数都認为是等于零。但是在某些情形下也不能无条件地同意。例如，在多层仓庫的情形下，当貯滿一层房間时，比貯滿其它各层的机会就要多些。因此，最好只在居住和公共建筑中采用計算荷載的折減