

115791

基本馆藏

建筑結構物
按极限状态
的計算

B. A. 巴尔金等著



高等教育出版社

建築物 按極限狀態的計算

B. A. 巴尔金等著
路湛沁等譯

高等教育出版社

本書系根据苏联国立建筑書籍出版社(Госстройизда)出版的 В. А. 巴尔金(В. А. Балдин)等著, В. М. 凱尔兌什(В. М. Келдыш)主編“建筑結構物按極限状态的計算”(Расчет строительных конструкций по предельным состояниям)一書 1951 年版譯出。原書系供建筑工程师(設計人員及施工人員)以及高等工業学校高年級学生参考之用,其目的是为了普及按極限状态計算的方法并促进其采用。

本書敘述了建筑結構物按極限状态計算方法的要旨,并介紹了建筑准則集編(Уточное положение)草案所采用的決定計算系数的方法;在書中还詳細地說明了应用本計算法于各种材料(鋼筋混凝土、磚石、金屬及木材)所制結構物的問題。

本書中譯本由唐山鉄道学院路湛沁等集体譯出,其翻譯工作的分配如下:序言由潘昌实譯,胡世麟校;第一章、第二章由潘昌实譯;第三章由路湛沁,周其剛譯;第四章、第五章由黄棠譯。

建筑結構物按極限状态的計算

В. А. 巴尔金等著

路湛沁等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010-285 開本 860×1168 1/32 印張 8 15/16 插頁 4 字數 221,000

一九五七年二月第一版

一九五七年二月上海第一次印刷

印數 1—8,000

定價(9) ¥ 1.80

目 錄

序	6
第一章 結構物按極限狀態計算的普遍原則	11
I. 按極限狀態計算的原理	11
II. 擬定各種規定數值及計算系數的方法	25
III. 荷載	30
第二章 鋼筋混凝土結構物按極限狀態的計算	37
I. 鋼筋混凝土結構物構件按極限狀態計算的一般原則	37
1. 按負載能力的計算	38
2. 按極限變形的計算	41
3. 按裂縫之形成或其極限開展度的計算	43
II. 混凝土及鋼筋之各種規定標值及計算標值	44
1. 用於鋼筋混凝土結構物中之混凝土	44
2. 混凝土按檢查試驗數據而定之強度、混凝土之規定抗度及計算抗度	46
3. 混凝土的彈性模量	51
4. 鋼筋混凝土結構物之鋼筋	52
III. 鋼筋混凝土結構物構件按負載能力的計算	55
1. 工作條件系數	55
2. 按負載能力計算時的極限狀態	57
3. 中心受壓構件	58
4. 中心受拉構件	61
5. 受撓構件	61
6. 帶柔性鋼筋之偏心受壓構件	88
7. 偏心受拉構件	98
8. 按極限狀態與按破壞階段計算強度之比較	100
IV. 鋼筋混凝土結構物構件按極限變形的計算	104
V. 鋼筋混凝土結構物按裂縫之形成及其極限開展度的計算	107
第三章 磚石結構物按極限狀態的計算	111
I. 磚石結構物構件按極限狀態計算的一般原則	111
II. 磚石砌體的規定標值	116
1. 磚石及膠砂的標號	116

2. 磚石砌體的規定抗压抗壓	117
3. 磚石砌體的彈性性質	123
4. 磚石砌體抗拉, 抗剪及抗撓的規定抗度	125
5. 磚石砌體的勻質系數	129
6. 規定標值與 Y-57-43 強度標準的比較	133
III. 無配筋構件的計算	136
1. 磚石砌體的工作條件系數	136
2. 中心受壓構件	137
3. 偏心受壓構件	139
4. 局部壓力	157
5. 受拉及受撓構件, 構件的受剪	159
6. 過梁的計算	162
7. 多層牆的計算	167
IV. 配筋磚石構件及綜合構件的計算	169
1. 概論	169
2. 橫向(間接)配筋	170
3. 縱向配筋	175
4. 綜合結構	184
第四章 鋼結構物按極限狀態的計算	191
I. 鋼結構物按極限狀態計算的一般原則	191
II. 勻質系數與計算抗度, 工作條件系數	192
1. 基本原理	192
2. 鋼的勻質系數和計算抗度	194
3. 鉚釘的勻質系數和計算抗度	196
4. 鉚接結合的勻質系數和計算抗度	197
5. 工作條件系數	200
III. 鋼結構物按負載能力計算的極限狀態之基本標值	201
1. 一般原理	201
2. 實腹鋼結構物按負載能力的極限狀態	203
3. 鋼的桿結構按負載能力的極限狀態	210
4. 鋼結構物構件按負載能力的極限狀態及其計算公式	214
IV. 鋼結構物按變形的極限狀態之基本標值	216
V. 鋼結構按極限狀態計算的方法與按容許應力計算的方法 之比較	218
第五章 木結構物按極限狀態的計算	223
I. 木結構物按極限狀態計算的一般原則	223

II. 木材的規定標值与計算標值	227
III. 木結構物構件的計算	234
1. 受撓構件	234
2. 受拉構件及受拉受撓構件	239
3. 受壓構件及受壓受撓構件	240
4. 彎成構件	244
IV. 木結構物諸構件的結合之計算	245
1. 結合處木材抗剪及承壓的計算	245
2. 樺結合	248
3. 稜體鍵結合	250
4. 用裂縫圈的結合	253
5. 栓結合	255
V. 木結構物的計算	266
1. 概說	266
2. 組合梁	269
中俄文人名對照表	284
中俄名詞對照表	285

序

計算結構物与建筑物的強度与穩定度的問題乃是建筑業中最重要問題之一。長期以來建筑結構物的強度与穩定度都是用容許应力法來計算的。直到現在，这个方法在技術中大概仍然是最通用的。其實質在於，結構物構件的尺寸是按照这样的条件來选定的：即使得作用於其中的应力不超过容許应力，后者是材料強度限值的某一分数。

材料強度限值与容許应力之比值称为強度的安全系数，但此数值大小实际上並沒有足夠的科学根据就加以規定了。此外，容許应力本身，只有在作用的荷載与应力之間的比例关系一直能維持到破坏为止的情形下才有意义，但是这种情形，如所周知，在建筑結構物中是少有的。

容許应力法的缺点很早以前就被察觉了，因而也就出現过一系列的著作，其中建議在計算建筑結構物強度及穩定度时，採取另一种能更正确地考慮材料的物理性質和結構物在破坏階段中的实际工作情况的方法。这就造成了計算方法的轉变，放棄按容許应力計算的方法而採用按破坏力計算的方法。

按破坏力計算的方法在全世界首先是在苏联於 1938 年应用於鋼筋混凝土結構方面，因为按容許应力計算方法的上述缺点对此类結構的影响特別突出。后来在混凝土、磚石与配筋磚石結構物方面也改用了按破坏力計算的方法。

按破坏力計算建筑結構物的方法的基本思想及各別步骤是由苏联学者們研究出來的。特別值得提出的是：A. Ф. 乐列以特教

授的研究工作和在 A. A. 格涅茲節夫教授領導下的中央工業建筑科学研究所的科学工作者們的集体研究工作；前者的研究作为研究和拟定按破坏力計算鋼筋混凝土結構物的理論奠定了基礎，后者借助於实验及理論上的廣泛研究發展了这些思想，創造了按破坏階段計算鋼筋混凝土結構物的嚴整的理論。

后来，由於 Л. И. 奥尼普克教授及中央工業建筑科学研究所磚石結構物实验室的科学工作者們的研究工作，这个方法又被推廣到磚石結構物計算上去了。

此外，还应当提出 A. A. 格涅茲節夫教授的研究工作，他确定了建筑結構物轉变到強度極限状态的許多普遍的規律。

在研究鋼結構物与木結構物的实际工作情况方面，苏联的学者們与工程师們也做了很多工作。

例如，在中央工業建筑科学研究所，И. С. 斯特烈列茨基教授，С. А. 別恩什金教授，技術科学后补博士 В. С. 杜尔金等等，以及 В. Н. 郭尔布諾夫教授和其他很多專家們，在研究鋼結構物在彈性-塑性階段的性質方面，曾完成了一些工作。

Ф. И. 別梁金教授和 Ю. М. 伊凡諾夫教授，Г. Г. 卡尔盛教授与中央工業建筑科学研究所的其他科学工作者們曾研究过木結構在荷載之下直到破坏为止的性質。

可是，这些研究工作在当时还不能用來修改按容許应力計算鋼結構与木結構的方法。

苏联学者們一方面發展有关建筑結構物直至破坏时为止的工作性質的这門科学，同时他們企圖進一步闡明並确定強度的安全系数值。从这一观点看來，甚至按破坏力計算的方法也还远未臻於完善，因为这个方法对強度安全系数值也未提出科学的闡釋与根据。

1943 年，在建筑人民委員部技術委員會之下曾組織了一个統

一建筑結構物計算方法委員會(後來該會改由中央工業建筑科学研究所領導),其目的是:拟定計算各种材料建造的建筑結構物的統一方法以及探討強度安全系數值的科学根据。

1944年,技術科学博士 H. H. 郭尔金布拉特,工程师 C. H. 陀布累寧与技術科学后补博士 A. H. 波波夫等曾向該委員會提出建議要求用过载系數及材料品質系數^①的系統來代替單一的強度安全系數。这个建議大大地推动了統一的計算方法的拟定工作。

對於新的統一的計算方法之拟定有巨大意义的还有 H. C. 斯特烈列茨基教授的研究工作;他分析了安全系數問題和結構物的不破坏性問題,並研究了如何选择各种不同的計算系數系統並規定其系數值,使不破坏性具有所需要的值。

新的計算方法称为按極限状态的計算方法,其現有的形式乃是由中央工業建筑科学研究所統一計算方法委員會拟定出來的,委員會中的成員有:技術科学后补博士 B. A. 巴尔金, A. A. 格渥茲節夫教授,技術科学博士 H. H. 郭尔金布拉特, Ю. M. 伊凡諾夫教授, B. M. 格尔兌什教授(主席),技術科学后补博士 B. M. 郭琴諾夫, Л. H. 奥尼普克教授, H. C. 斯特烈列茨基教授,技術科学后补博士 K. 9. 达尔等。該委員會並在新計算方法的基礎上訂出了結構物(鋼的,木的,混凝土的与鋼筋混凝土的,磚石与配筋磚石的)的設計准則及普遍的計算原理,这些都載於建筑准則彙編草案中。

按極限状态的新計算方法与按容許应力及按破坏力計算方法的區別,除了前者的通用性外,乃在於它引用了一些規定結構物工作限度的極限状态,並引用了新的計算系數系統(过载系數,勻質系數与工作条件系數)來代替單一的安全系數。

^① 現在叫勻質系數。

苏联科学家們建議和研究出來的这一計算方法乃是最先進的計算方法。因为引用一些系数來分別考慮荷载、材料強度特性及其他因素等的变动性對於結構物負載能力的影響，便使我們能夠比定單一的強度安全系数更为簡便、更为精確地來確定这些系数值。此外，由於引用勻質系数，所以材料勻質性的任何增加都可以立刻考慮到，結果就可以減輕結構物以及節省材料。新的計算方法使我們能夠更准确地來確定結構物的实际負載能力，因而也就有可能更为經濟地來設計結構物。建筑結構物的新計算方法有很大的优点，这也就是为什么將这个方法列入建筑准則彙編所拟定的結構物設計准則的理由。

这个方法是一个新的东西，所以需要最廣泛地加以推廣，以便能尽快地应用它於实际中。

本書对新計算方法之基本原理作了簡短的、尽可能通俗的敘述，並主要提供了有关計算各种結構物構件的詳細实际資料，並附有計算例题。

本書第一章是技術科学博士 И. И. 郭尔金布拉特所作，第二章是技術科学后补博士 К. Д. 达尔所作，第三章是技術科学后补博士 М. Я. 比尔底什按，Л. И. 奥尼昔克教授所研究出的資料撰寫，第四章是技術科学后补博士 В. А. 巴尔金所作，第五章为技術科学后补博士 В. М. 郭琴諾夫所作。全書总校閱工作是由技術科学博士 В. М. 格尔伦什教授担任的。

苏联中央工業建筑科学研究所管理处

第一章 結構物按極限狀態計算 的普遍原則

I. 按極限狀態計算的原理

按“容許應力”計算建築結構物的方法还是在十九世紀初，繼按極限平衡計算的方法之后創立的。因為此法較普遍並且與“材料力學”方法聯系得密切，它就成了佔統治地位的計算方法，直到最近二十年，它才受到尖銳的批評。

容許應力法的主要缺點在於它以假想的彈性體為前提，而忽視建築材料的塑性性質，並且對於結構物在荷載下的實際工作情況也考慮得不夠周到。因此，這一方法就沒有也不可能對建築結構物的負載能力作出正確的估計。並且容許應力法已與建築實踐有所抵觸。

近五十年來，鋼的容許應力提高了差不多一倍，而混凝土的容許應力則提高了約百分之五十。當更精確計算的結果使容許應力提高時，實際上還沒有充分的根據來批判按容許應力計算的方法。但是，一旦計算精確後發現結構物中存在著一些區域，該處的應力已等於甚至大於應力的極限值時，在這些場合應如何處理呢？而儘管有這種情況，結構物卻並不破壞而是平安地存在著，這事實又如何解釋呢？

由於改進鋼桁架計算的結果確曾有過上述情況。

如所周知，雖然這類桁架的結點實際上是剛性的，但桁架卻按鉸接系統計算。考慮結點之剛性的影響並研究結鉸中應力分佈情

況的結果指出：在動力荷載作用下平穩地工作着的鋼桁架，其結鈹中存在著一些區域，這些地方算出的應力比容許應力大得多。這樣，在容許應力法範圍之內已決不能再求應力的提高，而我們必須來解釋，為什麼桁架並不破壞。

然而這一解釋只有在研究桁架瀕於破壞時的極限狀態的基礎上才可能得到。分析這種極限狀態的結果指出：高值應力的局部集中和由此而引起的塑性變形並不影響桁架的總的負載能力。

鉚接結合中也有類似的情形。多列鉚釘的接头是多次靜不定系統；按彈性材料的假定進行其精確計算時，接头中主要只有第一列和末一列鉚釘在工作。這樣計算時，結果與按平均內力計算所得者不同，即在用荷載下，端部鉚釘中的應力已大大超過了容許應力。如果要遵循“容許應力”法，則本應把接头的容許內力值降低至低於通常按平均內力計算所求得的容許內力值。但是按平均內力法所設計的多列鉚釘的接头，却仍然在平穩地工作着。

因此最大應力的計算值並不就是判斷建築物強度的准繩。

二十年代中曾做過一個有趣的實驗。有人測定了一所正在建造的房舍之骨架中鋼筋混凝土柱內鋼筋中的應力。

在澆灌柱內的混凝土時，曾在柱內鋼筋上裝好了應變計（測量直線變形的儀器）。隨着骨架的建造，變形不斷增長，因而應力亦不斷增長，最後，在完工後完全可靠地工作着的骨架內，鋼筋應力竟等於屈服點，亦即大約超過容許應力一倍。

因此，建築物的強度遠遠不是總由最大應力值表征的。

按容許應力計算的方法在很多場合中已經開始阻礙建築技術的發展。它造成了這樣的結果，即儘管對建築物工作情況的知識深入了一步，但若不發展計算理論則在許多場合中就不能減小安全係數，因而也不能減少結構物的重量與價格。尤其是在個別場合里，按容許應力計算還會指出必須加固一些儘管已平穩渡過了

許多年的結構物。

例如鋼筋混凝土無梁樓蓋就有過這樣的情形。早在二十世紀初，這種樓蓋的尺寸便已用純粹實驗的方法而定出了。在二十年代中德國專家們提出了根據彈性理論來計算這種樓蓋的方法。這種算法使得樓蓋的重量幾乎增加到一倍半，這就表明：把鋼筋混凝土無梁樓蓋這種結構物看作是由理想彈性材料制成的結構物，乃是不正確的。

在磚石結構物方面，實驗工作的結果同樣指出，按容許應力法計算有不夠完善的地方。

例如，偏心受壓時磚柱的實際強度比較按容許應力法計算所應預期之強度超出 50%，而在偏心大的情況下甚至超出 100%。

容許應力法之不夠完善久已為人所察覺。因之開始出現了一些著作，提出了一種原則上不同的計算建築結構物之強度與穩定度的方法。在蘇聯最先實現了混凝土結構物、鋼筋混凝土結構物與磚石結構物改按破壞荷載方法計算的這一轉變。

按照破壞荷載計算的方法與容許應力法之不同，在於前者利用實驗資料要廣泛得多，它概括了蘇聯建築業中的經驗，並且考慮了材料的塑性極限狀態。這種計算方法（破壞荷載法），是以對建築材料實際性質的分析和對結構物工作條件的分析為根據的。

按照容許應力計算的方法和按破壞荷載計算的方法都從應用一個概括的（不再細分的）安全系數出發；這一個系數中包括了所有對結構物強度有影響而為計算所無法顧到的因素。

不難證明，這種概括的強度安全系數，由於它不能表征結構物在破壞時的真實物理狀態，也就不能充作判斷結構物強度的正確的准繩。

這一系數對結構物的強度儲備並不能提供正確的概念；而將這一系數引用於計算中時，在很多情況下是假想出一種不可能的，

而且也並不是总能促使建築物可靠性增加的荷載組合。

的確，在用強度安全系數乘結構物自重時，我們把實際上沒有的虛構的荷載引入了計算；因為很明顯地，事實上結構物的自重與它的計算值相差不會超出 10~15%。

只要舉出偏心受壓構件中受拉纖維的強度計算就可作為一個簡單的例子。

在一般情況下（為求例子簡化，故不考慮縱向撓曲），在由均質材料制成的結構物中，柱的強度由下式決定

$$\sigma_{np} \geq \frac{kN}{F} \pm \frac{kM}{W},$$

式中 F 與 W —截面的面積與截面矩；

N 與 M —縱向力與相應的撓矩；

σ_{np} —材料的受拉強度限；

k —概括的強度安全系數。

不难看出，在式中兩項均加大到 k 倍的條件下所求得的計算應力值，要比只有第二項加大到 k 倍所求得者為小。

通常實際上發生的則是後一種情形，因為結構物的自重並不會像作用在樓蓋上的活載或風載那樣，有很大的變動範圍。

因此在一般情形下 N 與 M 的數值並不彼此成比例地變動；而它們數值的實際變動情況所引起的應力則可能比較按上述公式算得者更高。

計算連續梁時若對恆載採用概括的強度安全系數，則當自重的影響系減載性質時，將使算出的撓矩值過小；而當自重的作用系增大該截面上的內力時，則使算出的撓矩值過大。

在計算建築物的一切場合中，只要有幾種彼此獨立的力素在作用着，而其中的每一種力素都可以各自變化，就會出現大致類似的情況。

規定強度安全系數時沒有管各種荷載的特點和本性如何，而這系數卻需要照顧到：計算營用荷載之可能有的增加，與因無法顧到的作用（收縮、溫度等）所生的內力，以及結構物構件尺寸與計算尺寸間可能有的差別。

這樣，所有不利的與無法用計算來顧到的情況都用一個概括的強度安全系數來估計。然而像我們已指出過的那樣，這樣的系數完全不能充作判斷結構物可靠性的確切標準。

把概括的強度安全系數分解為幾個部分的安全系數（關於荷載、材料等等），並且通過研究和正確地估計這幾個系數的辦法，來規定它們在各種場合中的數值，便可在計算方面獲得很大的進步。

在作了上面的初步說明之後，茲進而闡述極限狀態法的基本原則。

首先給“極限狀態”這一概念下一個定義。

極限狀態應了解為結構物的這樣一種狀態，在達到這種狀態後結構物即不可能再正常地使用。

有三種不同的極限狀態：

(a) 第一種極限狀態——按照負載能力（結構物的強度與穩定度，材料的疲勞）的極限狀態，當達到這種極限狀態時，結構物即失去抵抗外力作用的能力，或發生頗大的殘余變形而使該結構物不可能繼續營用。

(b) 第二種極限狀態——按照因靜力或動力荷載產生過大變形的極限狀態，當達到這種極限狀態時，結構物仍保有強度與穩定度，但其中發生的變形或振動使該結構物不可能繼續營用。

(B) 第三種極限狀態——按照裂縫之形成或開展的極限狀態，當達到這種極限狀態時，結構物仍保有強度和穩定度，但其中有裂縫出現並開展到頗大的程度；在這種情況下，由於失去了必要的不透水性、由於銹蝕的危險或由於裝蝕面層損壞而使該結構物

不可能繼續營用。

極限狀態法的基本思想是：計算的目的在於求得可靠的保證，使得在結構物營用期內，無論對整個結構物說或對其個別構件說，都不致於出現任何一種不能容許的極限狀態。

結構物達到任何一種極限狀態的可能性，與很多因素有關，其中最重要的是：(a) 外加荷載及其他作用；(б) 制成結構物之材料的質量與機械性質；(в) 結構物總的工作條件與其製備條件等。

因此，對建築結構物轉變到極限狀態的過程所作的分析應該作為計算法的依據，在分析中應考慮到所有各種對結構物負載能力有影響的因素。

首先談一談像制成結構物的材料之質量及其機械性質的這一類因素。

實驗證明：建築材料的各種機械性質（例如強度）並不是固定不變的。事實上這些機械性質的特征是有一定的變動性，或者稱為強度指標的散佈性。

這種變動性決定於什麼呢？

如果談到各種天然材料，則其強度指標的變動性決定於其生成條件。我們可以根據分佈曲線（它是將很多試驗統計整理所得的結果）而得到關於天然建築材料強度指標的變動性之正確概念。

人工建築材料的強度指標之變動性是由一些在人力控制範圍內的原因所決定的。事實上，製備建築材料之工藝過程的特點以及用來製備此等材料之原料的特點都對此變動性有重大影響。

然而不管怎樣，在一定工藝過程條件下，用同一種原料時，我們總是制得以其機械特性（例如強度）有一定的變動性為特征的建築材料。

例如標號 Ст. 3 的鋼，當報廢屈服點為 2400 公斤/公分² 時，其