

217

館內閱讀

131560

木結構按計算極限狀態的計算

B. M. 柯切諾夫

其本館藏



58
/4140

建筑工程出版社

558

131560

5/4140

K1

建筑結構按計算極限狀態計算方法參考叢書

木結構按計算極限狀態的計算

馬成沂 張鵬文 譯

建筑工程出版社出版

• 1957 •

內容提要 本書闡述了木結構按計算極限狀態計算的基本原理。書內并載有計算所需資料和數據；木結構的計算特點；無疵木材的標準強度；建築木材的勻質系數、計算強度及彈性模量；木結構構件及其結合的計算。

書內以實例說明按計算極限狀態計算的方法。

本書可供工程師及建築技術人員使用。

原本說明

書 名 РАСЧЕТ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО
РАСЧЕТНЫМ ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

著 者 В.М.Коченов

出版者 Государственное издательство литературы
по строительству и архитектуре

出版地点 Москва 1955
及 年 份

木結構按計算極限狀態的計算

馬成沂、張鵬文 譯

*

建築工程出版社出版（北京市東城門外兩處士路）

（北京市書刊出版業營業登記證出字第052號）

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號62·35千 787×1092 1/32 印張 1 11/16

1957年10月第1版 1957年10月第1次印刷

印數：1—7,450册 定價(10)0.28元

目 录

前 言	4
第一章 木結構按計算極限狀態計算的基本原理	6
第一節 木結構按計算極限狀態計算的特点	6
第二節 無疵木材的标准强度	9
第三節 建築木材的勻質系数、計算强度及彈性模量	12
第二章 木結構構件的計算	16
第一節 軸心受拉構件	16
第二節 軸心受压構件	16
第三節 受撓構件	18
一、强度的計算	18
二、撓度的計算	20
第四節 偏心受拉構件	21
第五節 偏心受压構件	22
第六節 弧形構件計算的特点	24
第三章 木結構構件結合的計算	25
第一節 木材結合受切和承压計算的一般指示	25
第二節 榫結合	27
第三節 楔結合	29
第四節 銷結合	31
第五節 膠結合	35
計算实例	36

前 言

經苏联部長會議国家建設委員會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書，以闡明这种新方法的实質，并例举按計算极限状态計算的数字实例。

所出版的参考書籍如下：

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 К. Э. 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 А. А. 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 С. А. 謝苗佐夫著“磚石和配筋磚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 В. А. 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 В. М. 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 木結構按計算極限狀態 計算的基本原理

第一节 木結構按計算極限狀態計算的特点

根据“建筑法規”所規定的建筑結構按計算極限狀態計算的基本原則，木結構应按下列兩種極限狀態計算：

1. 承載能力極限狀態——按構件、結合及整個結構的強度或穩度；

2. 總變形極限狀態——主要是按受撓構件及結構的撓度。

按基本的極限狀態——按結構的承載能力的計算，實際上就是按可能的最壞情況計算，即是按結構全部使用期間內可能產生的最大荷載及按材料的最小強度（考慮影響材料強度的全部因素）求得。這樣，隨着過渡到結構按計算極限狀態的計算，按容許應力計算的結構，其可靠性儲備（單一安全系數——譯者）的概念就要消失。這種概念造成了一種結構十分安全的表面印象，然而在許多情況下却引起了設計和製造結構時不謹慎的態度。這對木結構尤其重要，因為小尺寸無疵木材試件的強度和具有難免缺陷（樹節、斜紋等）的實際構件的強度相差很大。

木材除具有疵病、含水性及其他這類影響其強度和應變性等特殊因素外，而且在不同的荷載作用持續時間下，木材和整個結構有不同的變化情況，這點也是木材和木結構所特有的。在荷載長期作用下的木材的強度很低，因而木結構的承載能力很低，然而其變形却要大于荷載短期作用下所出現的變形，這一點在計算中應當考慮。

木結構按容許應力計算，是以木材強度極限為依據的，應將強度極限視為木材的極限強度；荷載長期作用下的木材強度的降低，僅能借確定容許應力時增大總安全系數的方法間接考慮。在按極限狀態計算的新方法中，採取木材的持久強度做為計算根據，因為絕大多數木結構都是考慮它們承受長期作用下的荷載，雪、風等作用下的重複荷載亦應包括在此類荷載之中。必須指出，能顯著地減少極限強度和持久強度之間差別的破壞荷載作用時間，不是以年，而是以月或甚至以日來計算的。

持久承載能力的計算，適用於結構構件結合〔這對於松馳結合（釘結合等——譯者）來說比對木材的意義更大〕及整個結構。

按第一種極限狀態，即按承載能力計算時，採用計算荷載。計算荷載是以標準荷載乘超載系數得出的^①。

木結構構件及結合按承載能力計算的原始公式，是根據將應力與應變聯系在一起的木材彈性-塑性工作圖形確定的。根據木材的抗压極限強度 R_{cP} 和抗拉極限強度 R_{tP} ，借圖 1 中所示的計算圖形（接近於木材的實際工作圖形），便能確定出構件受撓、偏心受壓、偏心受拉時的承載能力。

受切時的這種關係與受拉時的這種關係相同，取為直線關係。對水平或垂直於木紋的擠壓來說，這種關係的性質與承壓時相同，這也就是銷結合按極限狀態計算方法的依據（第三章第四節）。

按上述圖形（圖 1）考慮木材塑性工作的承壓計算，既適用於無疵木材，也適用於普通建築木材（有樹節和其他疵病者）。

確定木結構構件及結合承載能力的上述前提條件，不僅適用於荷載的短期作用情況，而且也適用於荷載的長期作用情況。同時，計算圖的形狀並不改變，但計算抗压強度、抗拉強度等將降低

① 見И.И.戈里金勃拉特著“建築結構按計算極限狀態計算的基本原理及荷載”，國立建築書籍出版社，1955年版。

到持久强度之值。

由于后效变形,木材的计算弹性模量亦可降低,利用此一弹性模量能够以普通方法确定某一应力下的总变形。

这种综合计算方法,使得我们无论是在荷载短期作用下或是在长期作用下都能在极限状态下充分利用木材的强度和它的塑性。具有一定假定性荷载的长期作用时的弹性模量的降低值,取之与抗压强度的降低值成正比。因此,计算中所取的受压时的木材弹性强度指标,即弹性模量 E 与抗压强度 R_c 之比值,在荷载的短期和长期作用下皆近似地取为常数:

$$\frac{E_{BP}}{R_c^{BP}} \approx \frac{E_{DA}}{R_c^{DA}} \approx \text{const.}$$

当构件的承载能力不仅受木材强度,而且还受变形所决定时,上边这种假定能显著地简化计算(例如计算稳度、计算挠曲时的受压及弧形构件等)。

根据上述的前提条件,确定了新的木结构设计标准(建筑法规第二卷第二篇第五章)的木结构构件及结合按第一种计算极限状态——按承载能力计算的公式(见后面第二章和第三章)。附加因素,例如,不直接由公式考虑的附加应力影响(构件减损截面处的应力集中)、截面形状及制造上可能产生的尺寸不精确等的影响,借引入工作条件系数 m 考虑。在所谈因素或因素组合若能降低结构承载能力时,取工作条件系数 m 小于1,相反,则取之大于1。

如上所述,承载能力的计算就是按可能的最坏情况计算的,可能的最坏情况一方面由于结构的可能的超载引起(此种情况借标准荷载乘超载系数考虑),另一方面由于可能使用了力学性能较低的木材所引起。后一情况则在确定木材的基本强度指标——木材的标准强度和匀质系数,以及代入公式中的计算强度(即标准强

度乘勻質系数所得之积)时考虑(第一章第二节及第三节)。

木結構按第二种极限状态即按总变形的計算,基本上适用于如梁、桁架及單独的受撓構件等結構,計算的目的是限制变形值。此时,确定变形的方法与上面談过的木結構計算方法在原則上并不改变。进行計算时,标准(标准使用)荷載不乘以超載系数,并假定木材是彈性工作的。后一种情况的根据是,木材計算强度按因有树节而減損了的截面确定,而其余在比較稀的树节之間的木材所受的应力很弱。

与驗算承載能力相同,变形計算应根据木材的平均指标,不应按照降低的指标。这样取指标的理由是,当使用降低了質量的木材时,在个别情况下撓度增大对整个結構並沒有危險。这也就是按变形計算时取标准荷載,而不取計算荷載的理由。

計算复杂木結構(組合梁、桁架等)的变形时,应考虑連接結構各个構件联結系(楔、銷等)的松弛性影响。

計算超靜定木結構的構件及結合的内力时,也是假定材料是彈性工作的。

第二节 无疵木材的标准强度

木材的标准强度是无疵(无缺陷)木材的原始标准指标。

标准强度可以統計数学法求得,而作为工程中所用木材的可能最小极限强度(和持久强度)。这是由于在施工現場上,廢品照例不是根据无疵木材机械强度的標誌,而仅仅根据缺陷(主要是树节及斜紋),以外觀檢查送去制造結構的木材的方法来确定。

木質很差的木料是可以报廢的;但要在对木材强度有怀疑时及在建造特殊重要的承重結構时方可报廢。木材的容重及夏季木質(晚期木質)的百分率可作为与木材强度有极其密切关系的標誌。但这类標誌的关系系数仍旧是很低的。因此只能將这样的木

材报废视为是初步的。为了能惜报废较坏木材来额外提高标准强度,要求由經驗丰富的驗收員仔細反复地將木材分类及进行力学試驗的檢查,不过在施工現場条件下,这是很难實現的。如木結構在工廠条件下制造时,在这方面是有一定的可能的^①,因此在新的规范中將工廠条件下制造的結構的計算强度提高了10%。

因为現有的木材持久强度的直接实验数据有限,为了求得无疵木材的标准强度,利用現有的大量小尺寸标准試件强度极限(极限强度)数据,乘以考虑荷載長期作用影响的修正值。現在对以标准的机器試驗方法所确定的木材极限强度已研究得很透彻了^②。大量地試驗过建筑工程中广泛使用树种的木材,因此可將試驗結果作为統計数学資料利用。

木材的主要物理力学性能的可变性系数相当稳定,所以利用統計数学方法可以确定这类性能的可能最小数值。在工程中广泛使用的主要树种的空气干燥(湿度15%)木材(松、云杉)极限强度的平均值 $R_{\text{ср}}^{\text{вв}}$ 載于表1。表征木材的某种强度可变性的平均变异系数 v 亦載于表1。根据这些数据可确定木材的可能最小极限强度 $R_{\text{мин}}^{\text{вв}}$ (表1),可能最小极限强度有99%是按下列公式作为平均强度减去2.25个标准值得出的。

$$R_{\text{мин}}^{\text{вв}} = R_{\text{ср}}^{\text{вв}} \left(1 - 2.25 \frac{v}{100} \right).$$

在这种情况下采用統計数学法的目的,是为了保証各种应力状态下構件及結構的等强度性。結構安全工作的几率,是受上述这点及下列將要研究的一系列附加因素,以及荷載等的共同影响所决定的。在材料品質及其制造質量符合全部要求的条件下,这

① 尤其是木材强度的射擊試驗方法。

② 見國定全蘇標準ГОСТ4631—49“木材物理力学性能指標”。

个結果几率很大。

松和云杉木質的强度指标

表 1

强度分類	$R_{\text{ср}}^{\text{вп}}$ (公斤/平方公分)	v (%)	$R_{\text{мин}}^{\text{вп}}$ (公斤/平方公分)	$R_{\text{мин}}^{\text{дл}}$ (公斤/平方公分)	$k_{\text{разм}}$	$k_{\text{пор}}$
抗撓强度.....	750	15	496	330	0.90	0.44
順木紋抗拉强度.....	1000	20	550	367	0.75	0.36
順木紋抗壓及承壓强度.....	400	13	264	190	1.00	0.67
全部表面上橫木紋抗壓及承壓强度	—	—	—	20	0.90	1.00
部分長度上的橫木紋承壓强度.....	—	—	—	40	$\frac{0.75(1)}{1.00(2)}$	1.00
順木紋抗切强度.....	68	20	37	$\frac{25(3)}{35(4)}$	0.90	0.75

(1) 承壓面的長度等于及大于10公分。

(2) 承壓面的長度為3公分。

(3) 受切面的平均强度。

(4) 最大强度。

用所得的 $R_{\text{мин}}^{\text{вп}}$ 之值乘实验系数 $k_{\text{дл}}$, 即可換算出标准持久强度。由于缺乏木材持久强度值的实验資料, 在“建筑法規”中采取了总(單一)的系数 $k_{\text{дл}} = 2/3$ (各种强度皆同)。此时考虑絕大多数建筑結構不仅要計算它所承受的經常作用的荷載(恒載), 而且还要計算乘超载系数的活載。因此, 結構可能处于乘超载系数求出的全部計算荷載作用下的時間并不長。

在結構仅按經常作用的荷載計算时, 应乘以补充强度降低系数 0.8。显然, 在構件中恒載作用下的內力超过全部計算內力的 0.8 时, 降低修正值才起作用。随着恒載作用下的內力部分的增大, 全部計算內力的总修正值的数值会在 1.0 至 0.8 之間变化, 同时 0.8 仅在構件中只是有固定的內力作用时采用。

因此, 單純恒載長期作用影响的总修正值为

$$k_{дл} = \frac{2 \times 0.8}{3} = 0.53,$$

它显然是接近持久强度限值的。

在活載和恒載平均比值下，总超載系数約为1.25，这符合补充修正值 $0.8 = \frac{1}{1.25}$ ，但須將补充修正值視為結構不考虑超載的标准活載長期作用下的保証。

用上述方法并乘系数 $k_{дл} = \frac{2}{3}$ 求得的木材可能最小持久强度 $R_{мин}^{дл}$ 載于表1。为便于受切計算，在表中已將按全面积的平均抗切强度(分子)換算为考虑試件应力不均布性的計算中采用的最大强度(分母)。根据实验資料，橫木紋的抗切强度取为順木紋抗切强度之半。

“建筑法規”規定的松和云杉无疵木材标准极限强度及持久强度已与表1中相应的 $R_{мин}^{вр}$ 及 $R_{мин}^{дл}$ 之值化等(某些数值业已化整)。其他树种无疵木材的标准强度可根据“建筑法規”中松和云杉的标准强度乘相应的換算系数求得。

第三节 建筑木材的匀質系数、計算强度及彈性模量

使用有树节、斜紋及裂縫等缺陷(应限制在标准規定的範圍內)的普通建筑質量木材制成的木結構，应按降低无疵木材标准持久强度的計算强度来計算强度及穩度。为了換算成計算强度，标准持久强度应乘以木材的匀質系数，匀質系数是下面两个系数的乘积：其一是 $k_{разм}$ ，是考虑大尺寸構件中木材不均匀質性影响的，另一是 $k_{пор}$ ，是考虑木材缺陷，主要是树节及受切时考虑裂縫等影响的。

大尺寸構件木材的强度比小尺寸标准試件的强度小。这主要是由于構件橫截面及部分縱向方面木質的不匀質性造成的。木材的抗拉强度尤其显著地降低，因为在拉断和切力共同作用时，大型

構件是易于在强度最小的木紋杂乱的表面处断裂。根据試驗結果所得系数 $k_{разм}$ 之数值,載于表1。

正如試驗結果表明,可借减去構件計算截面中树节所占面积的方法来考虑树节及因之而引起的木紋傾斜的影响,并且假定树节位在構件边稜的最不利情况。以适当地减少受切面积的方法来考虑裂縫的影响。“建筑法規”中所取的借以确定适当的降低系数 $k_{пор}$ 的承重木結構構件中缺陷的容許尺寸,基本上和旧标准中所規定的相同。

所規定的适用于缺陷容許尺寸的系数 $k_{пор}$ 載于表1,表中之值在受切时用此系数考虑裂縫的影响,在其余情况下用于考虑树节的影响。建筑木材在容許尺寸範圍內的斜紋所引起的强度降低不大。

对木材垂直木紋的抗压强度及承压强度的研究,較对木材其他强度的研究少,因此其值是根据現有的实验資料考虑建筑經驗确定的。部分長度上的局部承压力适用于自由端的長度不小于承压面長度的構件。所示的标准强度是尺寸为 $2 \times 2 \times 6$ 公分标准試件的标准强度。 $k_{разм}$ (表1)分子中之数值在承压面的長度为10公分及大于10公分及分母中数值在承压面的長度为3公分的情况下采用。

以尺度系数 $k_{разм}$ 和缺陷系数 $k_{пор}$ 相乘得出的标准中所采用的匀質系数 k 之数值(业已化整)載于表2。匀質系数适用于各种的木材。

由标准持久强度乘匀質系数所得的松和云杉的基本計算强度載于表3。

与木紋斜交成角的木材抗切强度和承压强度,按旧标准的分母中含正弦立方的公式确定。正樺結合中木材順木紋的基本計算承压强度取为150公斤/平方公分。工廠制造結構,在檢查木材質量

木材的勻質系數

表 2

應 力 分 類	木材的勻質系數
撓曲應力.....	0.40
順木紋拉應力.....	0.27
順木紋壓應力及承壓應力.....	0.65
全表面橫木紋壓應力及承壓應力.....	0.90
當自由端的長度不小於承壓面的長度及構件的厚度時， 部分長度上的橫木紋承壓應力：	
(1) 承壓面的順木紋長度等於或大於10公分.....	0.75
(2) 承壓面的長度為3公分.....	1.00
順木紋切應力及與木紋成斜角的切應力.....	0.70

松和云杉的基本計算強度(公斤/平方公分)

表 3

應 力 種 類	符 號	計算強度 公斤/平方公分
撓曲應力.....	R_B	130
順木紋拉應力.....	R_P	100
順木紋壓應力和承壓應力.....	$R_C; R_{CM}$	130
在全部表面上橫木紋的以及在側樑結合中的壓應力及 承壓應力.....	$R_{C90}; R_{CM90}$	18
當自由端的長度不小於承壓面的長度及構件的厚度時，部分 長度上的橫木紋承壓應力：		
(1) 順木紋承壓面的長度為10公分及大於10公分者，以 及在正樑結合、楔結合和結構的支承平面內.....	R_{CM90}	30
(2) 承壓面的長度為3公分，以及在螺栓、墊板下與木紋 所成角度為60°~90°時的承壓應力.....	R_{CM90}	40
順木紋切應力(最大值).....	R_{CK}	24
橫木紋切應力(最大值).....	R_{CK90}	12

的條件下，其計算強度可提高10%。

“建築法規”中所採用的標準強度和計算強度按規定適用於含水率為15%的木材。考慮到空氣乾燥，木材難以供應工程之需，標準中容許採用高濕度(25%以下)的木材製造防潮木結構；此時，假定木材在所示條件下，基本上在結構未受到全部計算荷載(考慮可

能超载决定的)作用之前就达到空气干燥状态。

在計算短期受潮湿随后干燥的木結構时,例如計算无防雨雪措施的敞露結構时,木材的計算强度应降低,即將規定强度乘以系数0.85。在計算長期受潮湿的木結構时,例如,計算水中的木結構,則应乘系数0.75。

新标准也規定要降低处在較高温度($35-50^{\circ}$)作用下的生产房屋中的木材計算强度,即將原計算强度乘以系数0.8。当所規定的木材所在环境的温度高于 50° 时,和以前的規定相同,禁止采用木結構。

木結構有时遭受荷載的短期作用。在这种情况下,木材强度比荷載連續作用下的强度为高。因此,在計算結構受安裝荷載及地震荷載作用时,計算强度根据标准分別乘1.1及1.2,而在計算承压强度时乘1.3及1.5,以提高其計算强度。必須強調指出,仅借用这些系数来考虑提高木材的强度。此外,“建筑法規”中規定了計算某些荷載組合的降低值,其根据是它与最大荷載吻合的几率很小。

如上所述,仅計算經常作用荷載影响时,方乘計算强度降低系数0.8。

按变形計算結構时,各种树种空气干燥木材的彈性模量皆取为100000公斤/平方公分。当木材处于高湿度或高温度的情况下,并仅驗算恒載作用下的变形时,降低木材的彈性模量与同样条件下降低木材的計算强度相同,乘相同的系数。

在須要考虑一些因素会同时出現(例如,高湿度和高温度,仅恒載作用)的情况,要降低木材的計算强度和彈性模量,即乘以用于考虑这些因素影响的各种系数。

第二章 木結構構件的計算

第一节 軸心受拉構件

軸心受拉構件按下列公式計算：

$$N \leq m_p R_p F'_{HT}, \quad (1)$$

式中， N ——計算縱向拉力，以標準荷載乘超載系數求得；

m_p ——構件的受拉工作條件系數；

R_p ——木材抗拉計算強度，乘各必須的修正值求得（第一章第三節）；

F'_{HT} ——構件減損橫截面的淨截面面積。

導入構件受拉工作條件系數 m ，主要是為了考慮構件的局部減損（木銷孔、槽口等）附近的應力集中的影響。正如試驗所表明，有此種減損時，減損橫截面面積的抗拉平均強度比沒有此種減損時更低。對於構件因槽口、木銷等各種減損（根據試驗結果），取其系數平均為 $m_p = 0.8$ 。

直接在計算強度數值中考慮缺孔的影響（同以前在舊標準中確定受拉時容許應力所採用的）是不合理的，因為還可能要遇到必須計算非減損構件截面的情形。

在計算減損橫截面面積 F'_{HT} 時，要考慮分布在20公分長度內的缺孔。所有這些缺孔皆作為重合在一個截面上考慮。

第二节 軸心受壓構件

軸心受壓構件應按減損截面計算其強度和穩度。按下列公式計算強度

$$N \leq m_c R_c F'_{HT}; \quad (2)$$