



木結構設計及計算例題

И. Я. 伊万宁著

高等教育出版社

I

05



木結構設計及計算例題

И. Я. 伊万宁著

西安冶金学院 建筑工程专业 木结构教研组

江苏工业学院图书馆
藏书章

高等教育出版社

本书系根据苏联国立建筑书籍出版社(Госстройиздат)出版的伊万宁(И. Я. Иванни)著“木結構設計及計算例題”(Примеры проектирования и расчета деревянных конструкций)1957年版譯出。原书經苏联高等教育部审定为高等学校土建专业的教学参考书,亦可供設計和施工技術人員参考。

本书研討了現代木結構按計算極限状态設計和計算的例子。所有算例,無論是圍护部分的构件,或是屋頂承重結構,都是按照現行的“木結構設計标准及技術规范”(НПТУ 122-55)作成的。

本书由西安冶金学院建筑工程系鋼木結構教研組教师集体翻譯。

木結構設計及計算例題

И. Я. 伊万宁著

西安冶金学院建筑工程系鋼木結構教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版業登記證出字第054号)

中国人民大学印刷厂印裝 新华書店发行

統一書号 15010·812 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 8

字數 185,000 印數 0001—3,500 定价 (7) 1.10

1955年8月第1版 1955年8月第1次印刷

序

建筑的进一步工业化及节约木材和钢材的迫切要求，向建筑工作者提出一项任务：采用技术上和经济上合理的现代工业化型式的木结构及钢木结构。根据这一任务，本书研究了主要的现代工业化型式的工厂制造的胶合结构和钢木结构。同时，工业的承重木结构的围护部分照例也采用了工业化的型式，做成带有矿质棉保温层及卷材屋面的装配式承重板和屋面板。这种围护结构构件的详细计算在例2中作了分析。为了不重复，以后即只讨论承重结构的计算，此项承重结构或是承受由屋顶传来的给定荷载，或是承受不经计算的给定围护结构。

本书由木结构按计算极限状态计算的数字实例组成。

在每一数字实例中，详尽并循序地叙述符合于现行的“木结构设计标准及技术规范”（НДТУ 122-55）的计算。

著者认为有责任尽可能编入各种实用计算情况，不仅要包括木构件本身的计算，而且要包括构件联接的计算，以及平面的实体式和格子式木结构的计算，使得通过具体数字实例能够全面而深入地领会按极限状态计算的方法。

本书系供土木建筑类高等学校及土木系学生用的教学参考书，既可在学习木结构课程时使用，也可在做木结构课程设计时使用。

著者认为，教材的详尽而系统的叙述，应能有助于广大的工程技术界领会木结构计算的新方法。

技术科学副博士 Б. А. 奥斯文斯基 (Освенский)，В. Г. 皮斯契珂夫 (Писчиков)，Ю. В. 斯立茨珂乌霍夫 (Слицкоухов) 和 Е. К.

伊万諾夫(Иванов), 以及莫斯科建筑工程学院木結構教研組主任
技术科学副博士 В. В. 包里沙珂夫(Большаков)对本书提出了宝
貴的意見, 著者向他們表示感謝。

著者

目 录

序	v
关于木結構設計的一般知識	1
例 1. 層間樓板中的胶合工字梁計算	13
例 2. 胶合多层工字形截面梁支承的单坡屋頂計算	19
例 3. 双坡胶合多层梁的計算	44
例 4. 板銷梁的計算	50
例 5. 三角形三鉸拱計算	56
例 6. 圓弧形胶合三鉸拱計算	83
例 7. 上弦为方木板銷梁的撐托桁架計算	95
例 8. 单坡胶合鋼木桁架計算	113
例 9. 胶合弓形桁架計算	135
例 10. 方木上弦的多边形鋼木桁架計算	152
例 11. 方木板銷組合上弦的多边形鋼木桁架計算	177
例 12. 有坡度的仿木板銷組合截面的鋼木桁架的計算	201
例 13. 榫接方木多边形桁架的計算	221
附录 I. 承重木結構的常用鋸材規格	248
附录 II. 螺栓和拉条	248
附录 III. 决定圓弧形三鉸拱最大弯矩 M_0 和同一截面中法向力 N_0 的 图表	249

关于木結構設計的一般知識

在工业和民用房屋中，承重木結構主要用在具有正常温度湿度状态的房屋屋頂和樓板中，而这些房屋通常采用外排水，并且不設上部采光天窗的。在經常受潮及通风困难时，以及在火灾危险性較大的情况下，不应采用木結構。

工业与民用房屋承重木結構的設計，應該根据“建筑法規”(СНП)， “木結構設計标准及技术規范”(НПТУ 122-55)，以及苏联部长會議国家建設委员会 1954 年 10 月 2 日批准的“在建筑中节约金属，木材及水泥的技术規程”(ТП 101-54)来进行。

設計承重木結構應該考慮到：

- 1) 科学和技术的最新成就；
- 2) 通过使用装配式木結構及工厂制造的零件，使木結構进一步工业化；
- 3) 最大限度地节约木材和金属，并使結構制造和安装的劳动量最低；
- 4) 使結構、构件及联接标准化和统一化；
- 5) 达到最有利的技术經濟指标；
- 6) 結構使用的实际条件；
- 7) 使用闊叶材及利用廢材的可能性；
- 8) 保护木結構不致腐朽和燒毀，如果結構处在化学侵蝕介质中，还要防止腐蝕。

承重木結構的构件應該主要用針叶材来制造。同时，用于制造地面上的結構的木材，含水率不应超过 25%，而用于胶合結構者不超过 15%。

如果木材干縮时并不导致联接的离散或使結構大量下垂，以及木材防腐能够得到可靠保証时，地上木結構也可以使用含水率再高一些的木材。

仅仅对于經常处在潮湿状态的結構，才不限制木材的含水量。

在使用針叶和闊叶类鋸材时，鋸材的規格和构件或其个别部分的木材質量，應該根据下述的构件类别的不同而滿足建筑法規第一卷第一篇第十一章及第三卷第二篇第六章(I-A. 11 и III-B-6 СНиП)的要求。

第 I 类构件——計算承載能力利用率达 70% 以上的受拉构件(包括組合梁的受拉构件)；

第 II 类构件——受压构件和受弯构件，还有計算承載能力利用率未超过 70% 的受拉构件；

第 III 类构件——屋面板，挂瓦条和一些不重要的构件，这些构件的破坏不至損害承重結構的完整性(參看 СНиП 122-55, 表 1)。

制造胶合結構用的鋸材，对于材边和材面处(在梁的端部区域)木节的要求允許放寬一些，而对工字梁，在容許稜角的标准方面也可降低。因此，对胶合結構确定了特殊的构件分类(參看 СНиП 122-55, 表 18)。

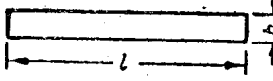
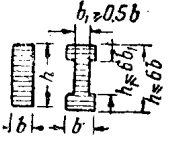
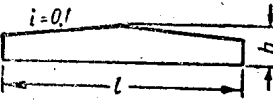
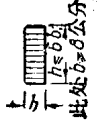
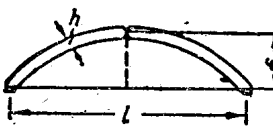
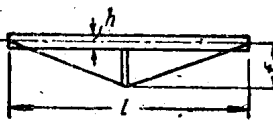
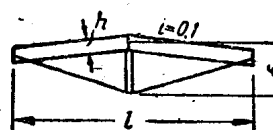
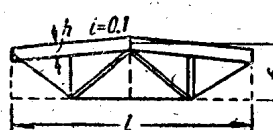
在設計木結構时，應該尽量少用不同尺寸的截面，同时按照鋸材的宜用規格(參看附录 I)来采用。

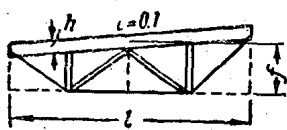
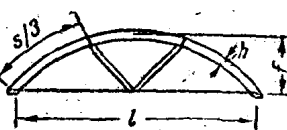
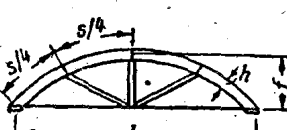
木結構中的金属部件應該按照“鋼結構設計标准及技术规范”(СНиП 121-55)来設計，并应防止腐蝕。

木材的种类和含水率，結構中木构件的类别和加工性質(刨光，防腐等)，結構中金属部件的鋼号和加工(涂油漆，清漆等)以及焊条类型，均应在木結構施工图中注明。

在設計工厂制造的木結構时，必須考虑到为本工程服务的生产企业的設備(机床設備，机械化的工具)及其他制造条件。

表 1. 胶合木结构及钢木结构的适宜方案

编号	结构简图	跨长 (公尺)	$\frac{l}{f}$	截面	$\frac{l}{h}$	自重 系数 $k_{c, B}$	上弦 倾度 i
1		6—12	—		12	4—6	—
2		6—12	—		10	4—6	0.1
3		12—18	2—7 最好用 6	同上, 当 $h \leq 5b$ 时	30—50	2—4	0.286—1
4		12—24	同上	同上, 当 $h \leq 4b$ 时	40	2—4	—
5		9—15	6—8	同上, 当 $h \leq 5b$ 时	24	3—4	—
6		9—15	6—8	同上, 当 $h \leq 5b$ 时	24	3—4	0.1
7		15—24	6—7	同上, 当 $h \leq 5b$ 时	50	3—4	0.1

編號	結構簡圖	跨長 (公尺)	$\frac{l}{f}$	截面	$\frac{l}{h}$	自重 係數 $k_{G.B}$	上弦 傾度 i
8		15—24	6—7	同上, 当 $h \leq 5b$ 时	48	3—4	0.1
9		15—18	6—7	同上, 当 $h \leq 4b$ 时	55	2—3	—
10		18—24	6—7	同上, 当 $h \leq 4b$ 时	66	2—3	—
11		12—21	4—5	同上, 当 $h \leq 5b$ 时	40—50	3—4	0.4—0.5

工厂制造的承重木结构包括有:

- 1) 胶合结构(梁, 拱及桁架);
- 2) 用杰烈維雅金板销做成的方木组合梁及由这种组成的三铰拱;

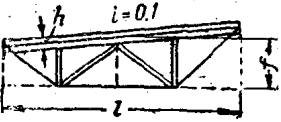
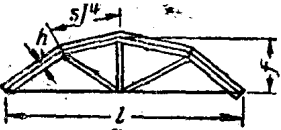
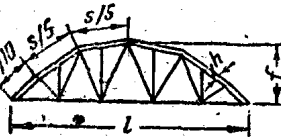
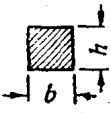
3) 上弦由整截面方材或是借杰烈維雅金板销组成的组合截面方材构件的钢木桁架, 多半是大节间的桁架。

表1及表2列出承重的木结构、钢木胶合结构及方木结构的适宜方案。

设计这些结构时, 必需考虑它们的运输便利, 整体安装或分成大块组合件来安装的可能性。同时应该规定结构在运输和安装时

表 2. 方材結構及鋼木方材結構的適宜方案

編號	結構簡圖	跨長 (公尺)	$\frac{l}{f}$	截面	$\frac{l}{h}$	自重 係數 $k_{c.o.}$	上弦 傾度 i
1		4—6	—		10— 16	6— 12	—
2		9—12	2—8	同上 $b \times h_1 =$ $= \begin{cases} 10 \times 15 \text{ 公分} \\ 15 \times 15 \text{ 公分} \\ 15 \times 18 \text{ 公分} \end{cases}$	20— 40	4—7	0.25—1
3		9—12	6—8	同上	20— 30	3— 4.5	—
4		9—12	6—8	同上	20— 30	3— 4.5	0.1
5		12—18	4—5	同上	—	3— 4.5	0.4—0.5
6		12—18	4—6	同上	20— 40	3— 4.5	0.3—0.5
7		15—21	6—7	同上	30— 50	3— 4.5	0.1

編號	結構簡圖	跨長 (公尺)	$\frac{l}{f}$	截面	$\frac{l}{h}$	自重 係數 $k_{a.r}$	上弦 傾度 i
8		15—21	6—7	同上	30— 50	3— 4.5	0.1
9		18—21	6	同上 $b \times h_1 =$ $\begin{cases} 10 \times 15 \text{ 公分} \\ 15 \times 15 \text{ 公分} \\ 15 \times 18 \text{ 公分} \end{cases}$	40— 60	3— 4.5	0.34
10		15—21	4—5	同上	30— 50	3— 4.5	0.4—0.5
11		9—18	6		60— 120	3—5	—

系牢的措施,并指明起吊时捆夹的位置。

目前,現場制造的木結構包括有:

- 1) 現場有电能及鏈式切槽机时采用的板銷梁;
- 2) 采用方木构件的鋼木結構;
- 3) 正面榫接的方木或原木桁架,人字架,正面榫接的方木或原木斜撐橫梁式結構及其他結構。

板材下弦的結構(釘合交叉腹板梁,弯曲上弦的釘合弓形桁架),仅仅在用優質鋸材做受拉下弦时才允許采用;同时,板材受拉构件中,邊緣不容許削損。

承重木結構照例應該做成外露式的和通风良好的,尽量做到

能够让人进行检查，并且全部置于采暖房間范围以内或全部置于它的范围以外。不允许把弦杆、支承节点及中间节点、承重构件(桁架、拱、組合梁等)的端部闭不透风地嵌固在墙中、保暖屋頂中及采暖房屋的其他围护结构中。

为了保证结构的稳定性(防止向结构平面之外凸出)，必须规定把屋頂檩条牢固地固定在结构的上弦上。在采用拼合板保暖屋頂时，这一点特别应该注意。

屋頂的不保暖及保暖的防护部分宜设计为由木板做成的重量不大的板件(不超过 120 公斤)装配而成，同时板件的輪廓尺寸应该适合由不带拖車的运貨汽車来装载。

屋頂的板件应该具有足够的强度和刚度，不仅能承受横向荷载，而且还能承受纵向荷载，即作用在屋頂平面内斜放檩条上的荷载。此外，板件应保证承受(通过檩条)作用在屋頂平面内的、等于承重结构上弦压力 2% 的力量。

不论房屋服务期限长短，也不论木材是否进行防腐处理，设计木承重结构和围护结构时都应采取构造上的措施来防止腐朽。

保护木材不致腐朽的构造措施，在于预防木材受到凝結水及来自大气中、生产中和土壤中的潮湿，并且通过造成干燥的温度湿度状况使木材风干(设置起风干作用的通气孔等)。

为了防止地下水，必须把木材和可能渗水的地方隔开。

为了避免冻结和凝結水，应该设置足够的隔热层，在必要的情况下，还要在采暖房屋的正温度的一面设置隔气层。这一点不仅关系到屋頂和墙壁，也关系到支承承重结构的梁巢。

为了减少使用木材的房屋失火的危险性，必须规定：

1) 在屋頂、楼板、墙、隔墙等的空心结构中，安设用刨花板、矿渣填料，石棉板等做成的隔板，而把空气間层分成为若干个可以对结构的内部空間进行通风的独立部分。

2) 在有火灾危险的房間,用專門的耐火設施把木結構和火源隔開,即利用隔牆,懸幕,石棉片擋板等物。

做成平滑的牆和天花板,不帶有伸入房間內的木制部分,也可以提高房屋的耐火性;此外,采用枋木、原木及大塊胶合构件做成的木結構,耐火性也高一些。

木制的牆,天花板和隔牆的防火,可以借抹灰,防火漆,不燃或難燃的飾面板來實現。

在有能使金屬腐蝕的化學葯劑作用的條件下,最好采用無金屬的木結構,如胶合結構或杰烈維雅金板銷梁等。在這些結構中,金屬另件只能用作安裝聯結系和系緊螺栓,這些另件不需要對結構減載就可以更換。

選擇某一建築物的承重木結構圖式、构件聯接方法以及屋頂圍護部分的型式時,應該通過不同結構方案的比較,以技術經濟計算作為依據。同時必須記住,保溫屋頂圍護部分的价格要比承重木結構的价格大得多。

為了降低桁架製造的勞動量,最好把節點數目——同時必然也把節間數目——減到最少限度,多采用裝配式的大節間桁架。在這種桁架中,當采用無閣樓的屋頂時,桁架下弦節間長度可以取上弦節間長度的兩倍;同時,所有受壓构件、壓-撓构件和壓-拉构件都用木材作成,而所有受拉构件都用金屬做成。這樣就形成鋼木桁架,它的受壓构件和壓撓构件用整截面或組合截面的枋木做成,而受拉腹杆都用圓鋼作成單拉杆或雙拉杆。由於雙拉杆調節拉力困難,應該多用單拉杆。

鋼木屋架的受拉下弦和拱結構的拉杆,通常用型鋼或圓鋼做成。應該安設一些吊杆,以防止鋼拉杆下垂。

在設計格子式木結構的節點時,除了大節間桁架的支承節點和上弦中央節點外,桁架构件一般應匯集在節點中心;這種大節間

桁架的屋頂荷載是置于節間之內，因此，為了減少節點間荷載的影響，最好通過對上述節點的偏心處理來造成起減載作用的反向力矩。

為了保證格子式木結構的必要剛度，結構的跨長和高度比 $\left(\frac{l}{f}\right)$ 按照實踐的資料採取表 1 和表 2 所列的規定數值。這兩個表還給出最适宜的跨長和其他數據。此外，為了抵償敞開的梁式桁架在荷載下的下垂，做成不小於 $\frac{1}{200}l$ 的建築加拱，加拱的做法通常是在一處或兩處把下弦做成折綫。建築加拱對桁架杆件內力大小的影響不大。因此，桁架杆內力可以不考慮建築加拱而用解析法或圖解方法來決定。

在設計過程中，必須極力設法使整個結構和它的另件在使用條件以及施工條件和運輸條件下盡量等強；同時，應該注意到：運輸條件和安裝條件有時對承重結構圖式的選擇起很大影響。

構件在節點、接頭和其他接合處的聯接不應該用具有不同屈從性的不同接合形式來實現。在聯接中，不應該使一部分構件直接相聯，而另一部分構件卻通過中間構件或任何聯杆來聯接。

必須從構造方面極力設法使軸向力均勻分布在組合截面承重構件的各部分。

除了膠合結構外，在所有木結構中，受拉木構件的接頭一般應該外蓋木接板，並在縱向用兩行圓鋼銷相聯。受壓構件的接頭可以放在任何節間，並置于不至向結構平面兩側外凸的固定節點附近，但不能放在邊端節間（支承節間）和靠近脊點的節間。受壓接頭宜做成端面和端面正面頂接，並加接板和墊板以螺栓相聯。接頭的地位應該和鋸材的長度協調，以減少廢材。

組合結構的板束，應該沿全部長度用系緊螺栓扣緊，在節點和接頭上尤其必要。系緊螺栓的直徑根據所聯接束板的尺寸取用，

但不得小于 1.2 公分。

系紧螺栓垫板的边长或直径的尺寸，应该不小于系紧螺栓直径的 3.5 倍，厚度则不小于栓径的 0.25。

系紧螺栓保证装配时联接的紧密性，并且消除能够使联接在使用期间工作恶化的缝隙。系紧螺栓是根据构造而布置在直径稍大一点的孔内，这些螺栓在计算中不加考虑。由计算决定了数量的销（和螺栓），永远要紧密地安置在直径相适应的孔中，并且这些孔要在组合结构的板束装配好后再进行钻制。

构件在计算恒载和计算活载的最不利组合之下所产生的最大可能计算内力，应由静力计算确定。

对于矢高 $f \geq \frac{l}{4}$ 的圆形三铰拱，最不利的情况是全部跨长上的计算恒载，和一侧的计算活载（雪载）组合在一起，这一侧活载从支点开始，长度等于跨长的 0.6^①。在这样的荷载作用下，决定距支点 $\frac{1}{4}$ 跨长处截面内的最大弯矩，和同一截面内的计算法向力。

对于圆形三铰拱，在同一截面内的计算弯矩和计算法向力可以由綫图决定（参阅附录 III）。

对于三角形的三铰拱，全部拱跨上都有计算恒载和活载时最为不利。

拱的结构计算通常按照在结构平面内的压力和弯曲来进行，计算长度取拱弧长的一半。

当没有计算弯矩或弯矩值很小时，应当在计算恒载和活载布满全拱的情况下，根据距支点 $\frac{1}{4}$ 跨长处截面的计算法向力来计算稳定性，此时三铰拱的计算长度取拱弧长度的 0.7。

如果在拱上没有连续地系牢，那末还必须在檩条之间（这些檩条系固定于拱上）的范围内验算拱在本身平面外稳定性。

① 参阅 Д. А. Кочетков, Деревянные конструкции, изд. Минкомхоза, 1950.

拱的拉杆照例做成金属的，不多于两个肢。拉杆按它的最大拉伸内力计算。这一内力等于在拱上布满计算恒载和活载时产生的最大推力。

桁架杆件内力可以由解析方法或图解方法求得。平常都爱用图解法，由马克司威尔——克雷蒙纳交互图决定内力。

作用在屋架上的恒载和活载（雪及风荷载），平常都是均匀分布的。因此，对于对称的桁架，建议只就布置在一半跨度上的单位节点荷载来画一个内力图。

在决定桁架另一半上单位荷载引起的内力时，利用杆的对称性，也就是右侧有荷载时左半桁架杆件内力等于左侧有荷载时桁架右面一半相对称的杆件的内力。

这样分别决定了桁架杆件在左侧和右侧单位荷载下的内力，桁架全跨有荷载时的内力就由左侧荷载时对称杆的内力和右侧荷载时的内力的代数和得出。

屋架杆件由单位节点荷载引起的内力，可以用著者的綫图^①迅速而足够准确的决定。

这样算得的桁架左半跨，右半跨及全跨有单位荷载时的内力，将以节点荷载 P 为单位来表示，因而能够利用于任何荷载，包括恒载和活载。

为了确定荷载引起的内力，把桁架全跨有单位荷载时的内力乘以计算节点恒载 P_g ，而桁架左半跨和右半跨有单位荷载的内力则分别乘以计算节点活载 P_{po} 。

如果风载在屋架上不引起正压力，那末为了确定计算内力（最大可能内力），必须对桁架每根杆件比较下列荷载引起的内力：

^① 这里和下文所引証的决定桁架杆件内力的綫图都是指 И. Я. 伊万宁所著“屋架杆件内力的确定”(Определение усилий в стержнях стропильных ферм)一书，苏联 Госстройиздат, 1955 年版。