

水 結 構

長春建築工程學校

1956年

主 要 符 号

$[\sigma_c]$ ——順木紋容許压应力.

$[\sigma_p]$ ——順木紋容許拉应力.

$[\sigma_{\text{и}}]$ ——容許弯曲应力.

$[\sigma_{\text{см}}]$, $[\sigma_{\text{см}}]_{90^\circ}$, $[\sigma_{\text{см}}]_a$, $[\sigma_{\text{см}}]_{\text{ш}}$ ——
順木紋, 垂直木紋, 斜木紋, 螺栓垫下的容許挤压应力.

$[\sigma_{\text{ам}}]$ ——

$[\tau]$, $[\tau]_{90^\circ}$, $[\tau_{\text{и}}]$ ——
順木紋, 垂木紋, 弯曲时順木紋的容許剪应力.

$[T_{\text{ГВ}}]$ ——鋼釘的容許力.

$[T_{\text{и}}]$ ——梢釘的容許力.

$[T_{\text{шп}}]$ ——鍵的容許力.

$[T_{\text{пл}}]$ ——板梢的

T_1 ——單位長的从

a , c ——邊緣及中

b , h ——断 (截)

$b_{\text{пл}}$ ——板梢寬度.

$b_{\text{Гол}}$ ——枕木寬度.

$h_{\text{ср}}$ ——平均高度.

$h_{\text{вр}}$ ——槽口深度.

d ——直徑.

$d_{\text{ГВ}}$, $d_{\text{и}}$, d_{T} ——釘子, 梢釘, 螺栓的直徑.

F , $F_{\text{бр}}$, $F_{\text{нт}}$, $F_{\text{см}}$, $F_{\text{ск}}$, $F_{\text{сег}}$, $F_{\text{осл}}$ ——

断 (截) 面積, 全断面, 淨断面, 擠压面, 剪切面, 弧形及
減損面積.

$f_{\text{стр}}$ ——建筑拱度

$J_{\text{бр}}$, $J_{\text{нт}}$ ——全断面及淨断面慣矩.

K_a ——斜紋受力时, 梢釘容許力的修正系数.

$K\omega$ ——驗算組合梁強度時，對於断面矩量採用的係數。

$K_{\text{сн}}$ ——自重係數。

$L, L_0, L_{\text{пл}}, L_{\text{ск}}, L_{\text{шп}}, L_{\text{под}}$ ——

構件長度，計算長度，板梢長度，榫的長度，剪力面長度及
枕木長度。

$m, m_{\text{пл}}, m_{\text{шп}}$ ，——所需梢釘數目，板梢數，榫數。

$M_{\text{макс}}$ ——最大彎矩（撓矩）。

$M_{\text{уг}}, M_{\text{шп}}$ ——角鋼及槽鋼所受的彎（撓）矩。

$n, n_{\text{ш}}$ ——剪面數目及接縫數目。

N_c, N_p ——軸向壓力及拉力。

$N_{\text{нак}}, N_{\text{пр}}$ ——盖板及填板所受拉力。

P_c, P_c' ——雪荷重。

r_x, r_y ——慣性半徑。

$S_{\text{бп}}$ ——断面的面積矩。

S_1, S_2, S_3 ——梢釘間距。

$W_{\text{бп}}, W_{\text{нт}}$ ——全断面及淨断面矩量。

Q ——橫向剪力。

$\lambda_{\text{шп}}$ ——折算長細比。

目 錄

第一章 緒 論

1—1 概 說	1
1—2 發展簡史	1
1—3 主要应用範圍	6

第二章 建筑木材

2—1 木材的性能	7
2—2 木材的規格	14
2—3 木材的強度	15

第三章 構件計算

3—1 軸心受拉構件	16
3—2 軸心受壓構件	17
3—3 彎曲構件	21
3—4 拉力彎曲構件	27
3—5 壓力彎曲構件	28

第四章 構件的結合

4—1 概 說	32
4—2 槽齒結合	32
(1) 一般特性	32
(2) 對頭結合	32
(3) 單齒結合	33
(4) 雙齒結合	37
4—3 梢釘結合	42

(1) 一般叙述·····	42
(2) 圓鋼梢釘結合·····	43
(3) 鋼釘結合·····	48
(4) 板梢結合·····	53
4—4 榫結合·····	55

五章 組合梁

5—1 概 說·····	59
5—2 板揷梁·····	61
(1) 構 造·····	61
(2) 計算特点·····	62
5—3 榫合梁·····	64
(1) 構 造·····	64
(2) 計算特点·····	64
5—4 釘合腰板梁·····	65
(1) 一般特性·····	65
(2) 釘合梁的構造·····	67
(3) 釘合梁的計算·····	68
(4) 釘合梁設計实例·····	76

第六章 組合柱

6—1 概 說·····	87
6—2 軸心受压組合柱計算·····	89
(1) 实体柱·····	89
(2) 填板柱·····	92
(3) 綴条柱·····	93

第七章 屋頂复盖結構

7—1 复盖結構的組成·····	91
7—2 屋面荷重·····	96

7—3 屋面板計算·····	76
7—4 椽條計算·····	102
7—5 檁 條·····	103
7—6 擱 樓·····	107

第八章 桁 架

8—1 概 說·····	110
(1) 桁架的形式·····	110
(2) 桁架外形對弦杆及腹杆內力的影響·····	111
(3) 桁架的幾何尺寸·····	113
(4) 桁架的拱度·····	114
(5) 桁架的靜力計算·····	115
8—2 槽齒結合桁架·····	116
(1) 概 說·····	116
(2) 杆件計算·····	117
(3) 節點設計·····	119
a. 支承節點·····	119
b. 中間節點·····	122
B. 屋脊節點·····	128
r. 中央節點·····	128
8—3 槽齒結合桁架設計實例·····	130
8—4 多邊形桁架·····	145
8—5 桁架的空間連結·····	147

第九章 簡單的聯合體系

9—1 概 說·····	152
9—2 撐托梁·····	152
9—3 斜撐體系·····	155
9—4 人字架·····	161

木 結 構

第一章 緒 論

1—1 概 說

單純由木材或主要由木材構成的荷重結構稱為木結構。

木結構為建築結構（包括鋼結構，木結構，鋼筋結構及磚石結構）的一部分，內容非常廣泛，本教材僅敘述在建築中，一般木結構的構件、結合及簡單結構的構造和計算方法。讀者在學習本課程之先，應學過建築構造，建築材料，建築力學及材料力學等課程。上述基本課程中，尤以材料力學的一般理論應用為多。

1—2 發展簡史

根據考古學的資料證明，原始人就會廣泛地使用過木材，並用來作各種建築物；但受不完善的生產工具所限制，構造是極其簡單的，用樹枝和樹干做成的木材住宅是木結構的最古形式。隨着社會發展的需求，才出現了承重的由梁、柱構成的簡單結構。生產力的發展，使建築水平（包括木結構在內）提高了，人們有了金屬工具（在奴隸社會中），才使木材的加工及其結合（各種接榫）有可能做得比較完善。

我國最早的木材建築發現在河南安陽，據稱為殷代（公元前1400年）遺迹，其主要特點為立柱架梁，形成構架。這種形式為現代剛架結構指出了發展途徑。古代埃及和兩河流域建造的梁式屋頂及希臘的人字木屋架，與現代的構造也很少有區別。

封建制度下的生產力決定了木結構的手工業生產的特質，當

时采用的是各种接榫的圓木方木結構。我國古代这种木材建筑保存至今者有：山西五台的佛光寺大殿（建于公元857年）；河北薊縣的独乐寺观音閣（建于公元984年）；山西廣縣的佛宮寺木塔（建于公元1056年，九層，高36公尺）等，說明我國人民在木結構方面也早已有許多偉大成就。但这时結構的各部尺寸，是全憑建築師的經驗与“敏感”決定的。直至18世紀后期，才發展了結構計算和材料强度檢驗的科学方法。

16世紀中，意大利建築師派拉基奧（Палладио）創議的杆件体系木結構，直至19世紀才得到廣泛应用。1817年俄國建造的莫斯科練兵房（跨長約50^m，保存至今），可作为在房屋結構中应用的典型例子。18世紀末，俄國技師庫列賓（И. П. Кулибин）設計了世界上第一个木拱桥（300^m），并首先利用了索綫多边形的性質進行了結構試驗。此外，卓越的俄國工程師儒拉夫

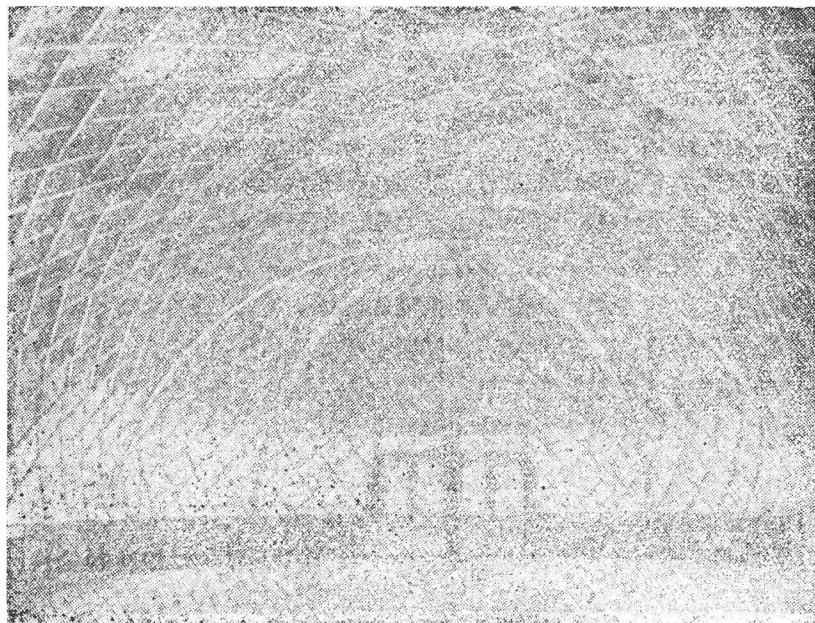


圖1—1 无金屬網狀系統

斯基（Ц. И. Журавский）設計和建筑了許多大跨度木橋，并首先給出了結（ray）氏桁架的計算理論。

資本主义时期，有了机器化的大工厂，使木材加工有了發展可能。建筑中采用了以梢，釘結合的板結構，并在20世紀初，出現了膠合木結構。由于力学的迅速發展，建立了包括木結構在內的建筑結構計算的理論基礎。

俄國杰出的科学活动家苏霍夫（В. Г. Шухов）提出的網狀空間結構以后在苏联和其他國家都獲得廣泛应用，并經苏联建筑师彼謝力尼克（С. И. Песельник）發展成为无金屬網狀系統（圖1—1）。

十月革命后，在社会主义制度下，木結構的理論与实践都得

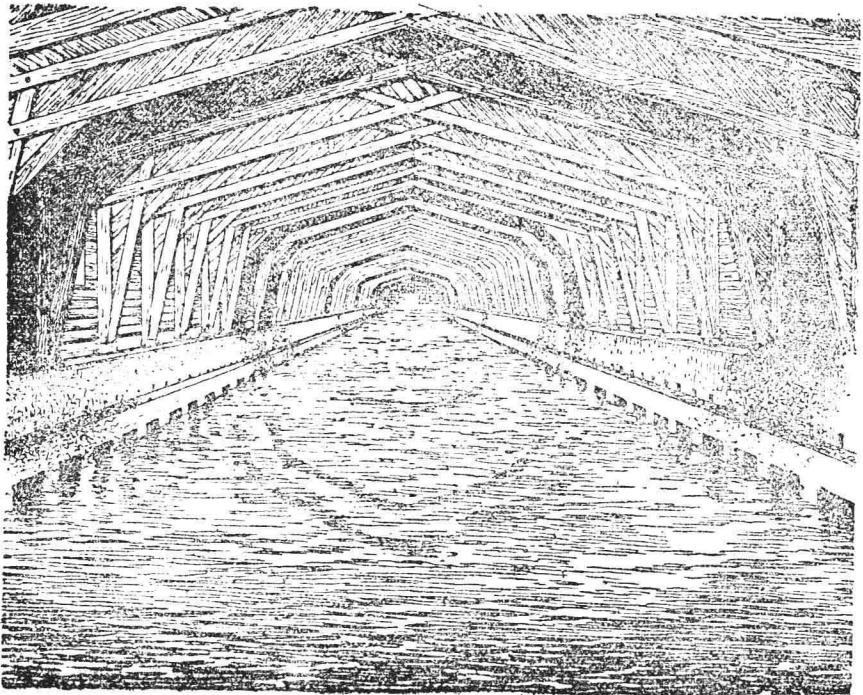


圖1—2 交叉腹板的釘合框架苏联1925年建造

到了新的以科学为根据的發展。五年計劃的規模和速度也向木結構提出了必須創造新的形式，新的構造和計算方法的要求。

苏联結構專家首先創造了釘合結構（圖1—2）和新的、方木

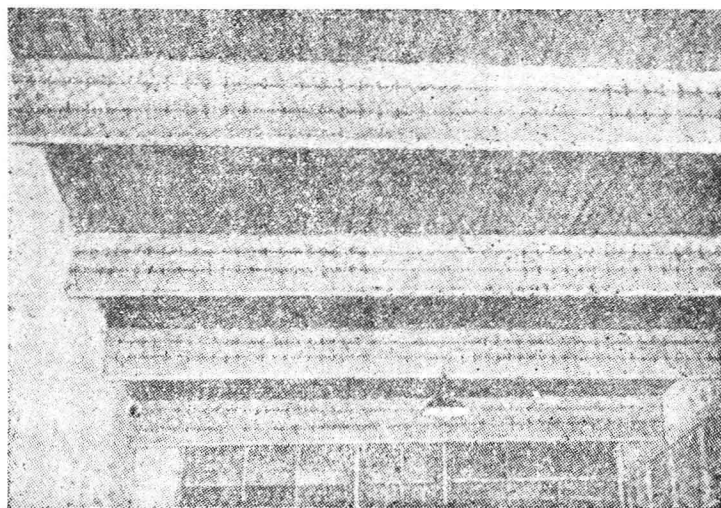


圖1—3 板梢梁

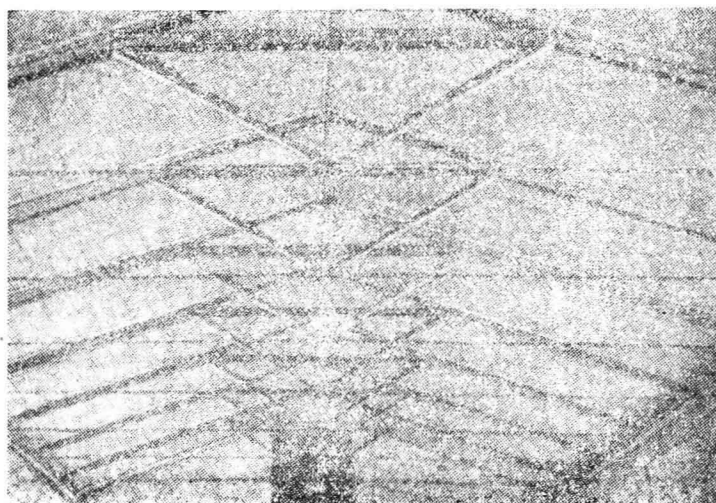


圖1—4 上弦为板梢結合的金屬木桁架跨長18M.

結構的形式一板桁梁（圖1—3），後者的特點是可以用機械制作。於是上弦為板桁梁之鋼木合用桁架獲得了廣泛應用（圖1—4）。

蘇聯在戰後時期，膠合結構的研究得到進一步發展，圖1—5為膠結合的屋蓋結構。

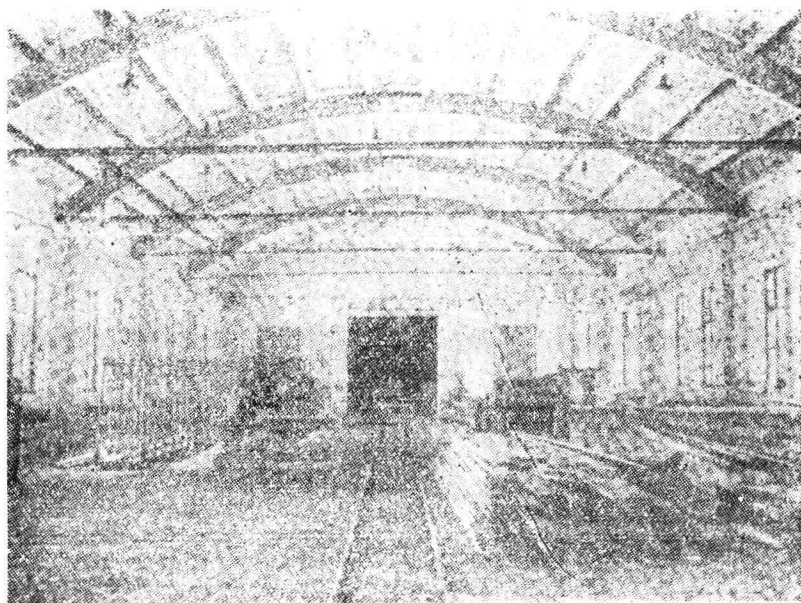


圖1—5 膠合拱屋蓋

蘇聯學者對木材的物理力學性質的研究，為木結構採用按極限狀態計算的先進方法創造了先決條件，並首先提出了關於以柔性連結物（釘、梢等）結合木材組合構件的先進計算理論。在理論和實驗的基礎上，創立了世界上第一個有系統の木結構設計技術準則。

我國在學習蘇聯的過程中，在解放後幾年來實踐的基礎上，也於1955年制訂了木結構設計暫行規範，今後更必須採取一切措施，學習蘇聯先進技術，為趕上世界先進水平而努力。鑒於木材在基本建設方面的需要量大，目前存在着供不應求的情況，所以

在使用時，必須嚴格遵守政務院關於節約木材的指示。

1—3 木結構在建築中的主要應用範圍

木材的寶貴的建築特性，決定了它的有效應用的廣闊範圍；惟使用未加處理之木材則因防腐性差和火災的危險而稍受限制。

層數不多的民用和工業房屋不保溫和保溫的復蓋結構，以及樓面最宜採用木制，因為在這類結構中除了最能充分地利用干材的優良品質外，又最容易用構造上的措施來防腐。

木結構宜用於陳列館類型的房屋以及倉庫等。

因為干材對於含有大量化學物的鍋爐煙氣有優良的抵抗性，故用無銹件木結構（特別是膠結構）來作為鐵路的機車庫和月台的棚頂以及干燥的化學車間的屋頂，比採用在上述條件下抵抗性較差的鋼結構和鋼鉸結構更為適宜。

在一年的任何季節，木材的加工和製造，木結構的制配和安裝等總極輕便迅速，拼折式木結構可以反復利用，因此木結構很適於用做為輔助結構。

木結構不宜用於高的建築、熱車間結構、起重量很大的工業房屋，長寬尺寸很大的平面屋蓋、高濕度的場所、永久性地下結構等中，也就是說，不容許把它用的難於防腐和容易發生火災的場合下。

第二章 建 筑 木 材

2—1 木材的性能

(1) 概 說

木材为一种优良而且便宜之建筑材料，已广泛使用于建筑中。但木材与其他建筑材料相同，有其优点亦有其缺点。因此在设计与架设建筑物与荷重结构时，必须充分利其良好之性能，并使其不良性能之影响减至最小限度。

建筑的实践证明木结构在正常的环境中，使用年限并不受限制。比如在干燥空气中保下来的木制埃及金字塔，超过五千年；前述我国古代木材建筑保存至今者，亦达千余年。

但木材使用于不良之环境下，则破损异常迅速，如木樁上端因水位高低变化，在3—5年内，即行损毁。

由此可知，木建筑必须特别注意，严密分析木材使用之环境，并应消除使木材不良性能扩大的一切因素。

木建筑物在设计、制作、安装及使用过程中，如能完全遵守技术规程，则此种建筑必定安全耐久而且经济。

(2) 木材的優良性能

(a) 質強而輕 若比較几种主要建筑材料的强度和重量，就可看出，木材的受压“相对强度”（材料的强度与重量之比）最高（表1—1），亦即單位受压强度最大，故当结构自重占总荷重較大部分时，采用木材的效率就最高。

木材受拉力时的效能不如受压（由于疵病缺陷的影响），就拉力相对强度而言木材則不如鋼料，因此最好采用鋼木合用結構結構，全部受压構件用木料，受拉構件用鋼料。

表1—1 建筑材料之重量与压力强度極限之比較

材 料	压力强度 kg/cm ²	重 量 kg/m ³	强度与重量之比值
鋼料 (CT. 3)	4200	7850	0.535
木 材 (松)	400	500	0.800
混 凝 土	110	2200	0.050
磚	22	1700	0.013

(6) 制作簡易 我國大部分地区盛產木材，供应便利，費用亦極低廉，木材的采伐及初步加工不需要如同生鋼料或水泥之复雜技術設備。

木材的随后的工厂加工和結構的制作需要劳动力很小，且費电不多。必要时，木材可簡單工具（斧，刨，鑿）以手工加工。

(B) 便于裝配 木材最符合于預制建筑的要求，在机械化建筑場或木工工厂制成構件及細節，然后运至工地拼裝。

在可能有拼合，折散，搬运再拼合之建筑物中，木材最为適用。

(r) 其他 木材順木紋之膨脹系数較鋼料与鋼筋混凝土小2倍至3倍。由于温度变形小，木結構中不用伸縮縫，使建筑支承構造簡單。

在全部建筑材料中，木材最难导热，故木材可用为隔热材料。厚11cm之木牆其隔热效能可与兩磚厚（51cm）之磚牆相等。

(3) 木材的不良性能及其补救

(a) 組織不均 木材为有机物質，由相互連通之管狀細胞組成（圖1—6）。細胞腔充滿水、空气及細胞汁，沿樹干相互連結，樹木依賴細胞由根部傳送鹽份水份至枝叶上。

木材的这种構造引起当作用力与纖維所夾之角度不同时，其强度亦不相同。在順木紋方向能抵抗較大之拉力及压力，垂直木紋

方向，受拉力則細胞易于分離，受壓力則細胞容易壓扁，故木材垂直木紋之拉力強度比順木紋小20—40倍，而壓力強度比順木紋小7—10倍。

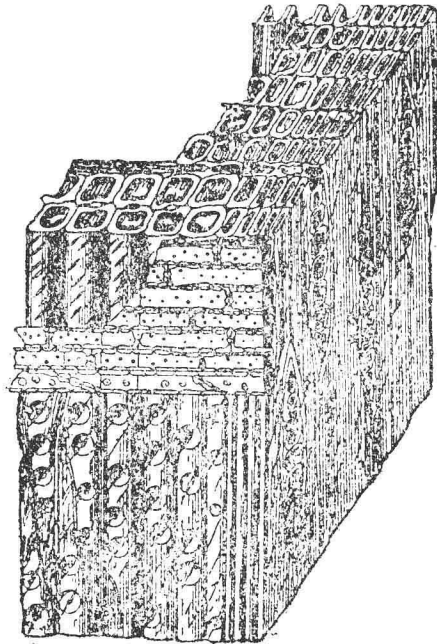


圖1—6

外力與木紋成角度時，此角度越小，木材之強度越大。

在樹干之橫斷面上木材之組成亦不均一，夏材強于春材，髓材遠遜于心材（圖1—7）。

為使結構中木構件發揮其最大強度，應使其順木紋受力；垂直木紋方向受力者，僅用于墊板、枕木、樁及用以承受擠壓力之小構件等。

木材在垂直木紋方向受拉力是不容許的。髓材部份強度最小又易于發生裂縫，故不容許在木板及木料的中央部份設置螺栓，

釘子及其他連結物。

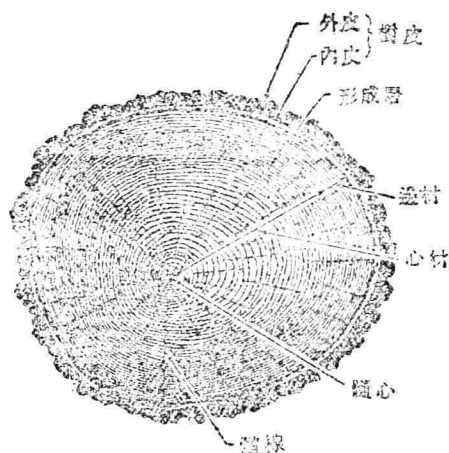


圖1—7 樹斷之橫切面

(6) 疵病 一切天然缺點如木節、各種裂縫等足以破壞其正常組織，影響機械性能，增加制作困難的缺點都稱為疵病。

節對順紋拉伸之抵抗力降低最大，對受彎木材最壞之影響為危險斷面中的節，當節在受拉力區域，特別是在拉力區域之邊緣或其附近時，節對於木材順紋受壓的影響較受彎曲為小。

天生的與人為的（鋸裁不當）歪扭，根據紋路（纖維）與年輪之傾斜程度也能降低木材之機械性能，歪扭對沿木紋之拉力與彎曲之抵抗能力降低最大。

其他疵病，對木材之強度也發生不良影響。

完全消除木材之疵病實不可能，僅能用嚴密選擇木材及適當進行分級以減少其影響。

進入工廠或現場製造木結構的木材，按其外表特征分為三組，每組指定制作荷重結構上某類構件。結構構件按其用途分為三類：

第一類——拉力及拉力彎曲構件，包括受拉力彎曲之組合

梁；

第二組——压力及弯曲構件；

第三类——屋面板、屋面条及不重要之構件，其破損不致引起全部建筑之破坏者。

当設計負重結構时，構件之类别应于圖上及材料表上指明。

木材按其質量的分类参看附錄二，表 2 及 3。

木材除按質量分类之外尚应对每一構件加以額外之檢查，使在安設連結物处或弯曲構件之拉力最大地区应避免有木節，局部歪扭及裂縫等存在。

(B) 含水量 木材內所含之水分，存在于細胞壁及細胞腔中，經過長期自然干燥，水分逐漸蒸發。細胞腔中的水分蒸發迅速而且容易，并不影响木材之尺寸及其机械性能；細胞壁水分蒸發甚緩且影响木材之变形及机械性能。

使木材完全干燥，僅在實驗室中才可能；實驗室中干燥器之溫度保持在 $100-105^{\circ}$ 之間，可使木材达到一不变之重量（相距 2 小时重量不發生差异）。木材含水量以百分率表之，如下式：

$$W_0 = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100$$

式中 G_1 ——試件在未干燥前之重；

G_2 ——試件达到不变重量时之重量。

按含水量多少，木材分为：

- 1) 干材——含水量小于 18%；
- 2) 半干材——含水量 18—23%；
- 3) 湿材——含水量大于 23%。

木材含水量的多少，也影响其單位体積重量。在各种含水量时的木材單位体積重量并不相同，实际計算时，采用其平均值（見附錄二表 4）。

含水量增加，木材强度随之减少，例如：松木含水量由 10% 增至 25% 时，順紋压力及弯曲强度相差几至 2 倍，同时木材之彈性系数迅速减少，因之变形顯著增加。