

中等专业学校試用教科书

鋼木結構

下 冊

木 結 构

北京建築工程学校編



中国工业出版社

中等专业学校試用教科书



鋼 木 結 构

下 冊

木 結 构

北京建筑工程学校編

中国工业出版社

本书主要介绍木材的力学性能、木结构按极限状态计算原理及基本构件计算、木结构构件的结合、屋面结构、桁架以及现场木结构等问题。

本书可作为中等专业学校建筑结构与施工专业的试用教科书。

参加本书选编工作的有康绍文、吴佩凡同志。

鋼 木 結 构

下 册

木 結 构

北京建筑工程学校編

中国工业出版社出版 (北京东黄城根路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印張 $5\frac{7}{8}$ · 插頁1 · 字数 124000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—5,433 · 定价(9-4)0.60元

統一书号: 15165 · 813 建工-72)

目 录

第一章 緒論	5
第一节 木結構发展簡史	5
第二节 木結構的优缺点及应用范围	7
第二章 木材	9
第一节 木材的力学性能	9
第二节 木材的主要計算指标	20
第三节 木材的規格及质量要求	24
第四节 木材的防腐与防火	27
第三章 木結構按极限状态計算原理 及基本构件計算	28
第一节 木結構按极限状态計算基本原理	28
第二节 軸心受拉构件	29
第三节 軸心受压构件	30
第四节 受弯构件	33
第五节 偏心受拉构件	35
第六节 偏心受压构件	36
第七节 例題	38
第四章 木結構构件的結合	45
第一节 槽齿(榫)結合	45
第二节 銅梢結合	58
第三节 釘結合	63
第四节 其他結合方法	67
第五章 屋面結構	70
第一节 概說	70
第二节 屋面板	74

第三节	椽条	78
第四节	檩条	81
第五节	例题	90
第六章	桁架	103
第一节	桁架概說	103
第二节	桁架杆件的设计	115
第三节	桁架的节点	118
第四节	木桁架其他問題	126
第五节	木桁架设计例题	132
第七章	現場木結構	147
第一节	木模板	147
第二节	木起重机	163
附录		172
表1	木材的容重	
表2	按梢徑(即小头)确定圓木的体积(米 ³)	
表3	圓截面的 U 、 F 、 J 和 W	
表4	鋸平一面的圓木的 F_{HT} 、 W_{HT} 、 J_{HT} 、 C 和 Z	
表5	鋸平二面和四面的圓橫截面的 J_{HT} 和 W_{HT}	
表6	平边的圓木橫截面的主要計算数据	
表7	鋸材截面的 F 、 J 和 W 值	
表8	螺栓和垫板的重量	
表9	扒釘的尺寸(毫米)和重量(公斤)	
表10	圓鋼角結合計算表	
表11	釘結合計算表	
表12	各种計算簡图的最大弯矩值及相对撓度的計算公式	
表13	豪式桁架受单位节点荷載时杆件的內力公式	
表14	四节間桁架各杆內力系数及长度系数表	
表15	六节間桁架各杆內力系数及长度系数表	
表16	八节間桁架各杆內力系数及长度系数表	

第一章 緒 論

第一节 木結構发展簡史

木材是一种应用极广的天然建筑材料。由于木材质地輕而堅，产地分布很广，采伐和加工都很方便，因此用木材作为承重結構，远較用其他材料为早。我国史书載有“有巢氏构木为巢”，大概是房屋建筑的始祖。我国发现的最古的建筑，在河南省安阳市，据称是公元前1400年殷代遺物，可惜現在只遺留了柱下的石墩及基础比較完整。我国古代房屋建筑的主要特点是先立柱而后加梁，組成梁柱式构架，再砌墙盖瓦，这样形成了我国独特的建筑风格。随着历史发展，木結構技术也得到了不断的提高与发展。在房屋建筑中还用托架、挑梁、斗拱等合理結構形式，以增加結構物的跨度。为了使建筑物抵抗风雨的侵蝕，除了屋盖出簷外，还創造了举世聞名的油漆技术，大大加强了木結構的效用。由于木結構建筑物不如磚石結構經久，数千年来能保存得完整无缺的，已所剩无几。据研究古代建筑者的統計，距今七、八百年的古建筑物計有三十多座。如山西省五台县的佛光寺大殿（图1-1）建于公元857年。河北省薊县的独乐寺观音閣（图1-2）建于公元984年。山西省应县的佛宮寺木塔（图1-3），建于公元1056年，高达66米，相当于一座現代二十层楼房的高度，尤为宏偉。此外如北京的故宮、天坛祈年殿等，都是著名的古代木建筑。

同时，我国在棧道、浮桥和吊桥方面，也有很大成就。

苏联拥有面积广大而木材丰富的森林。在十月革命前，木材为主要的建筑材料。如莫斯科练兵房，建于1817年，木

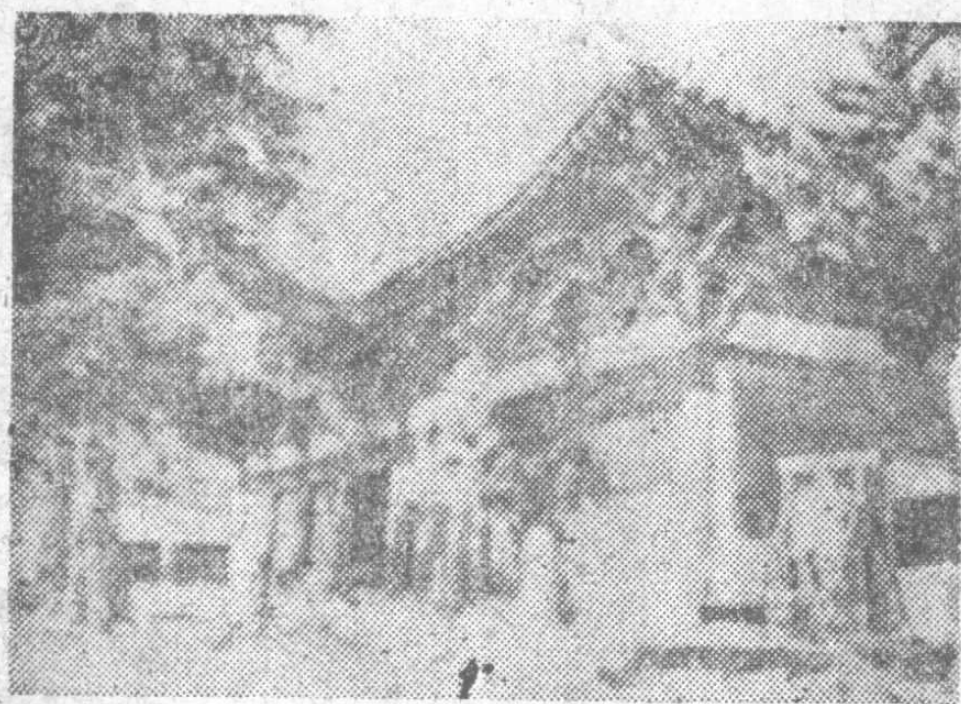


图 1-1 山西省五台县佛光寺大殿

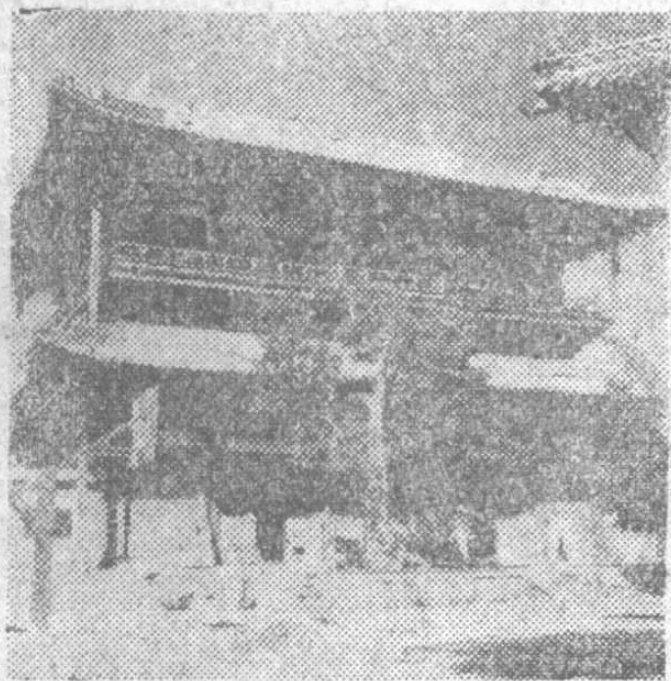


图 1-2 河北省藁县独乐寺
观音閣

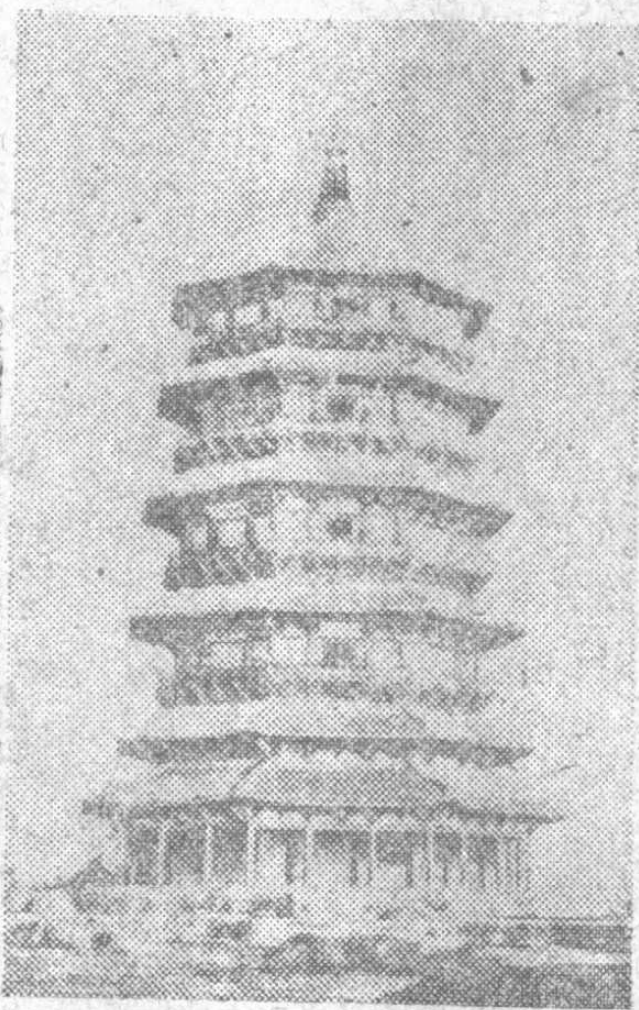


图 1-3 山西省应县佛宫
寺木塔

桁架跨度长达49.6米，保存至今。在偉大的十月革命后，大量使用木材，創造了許多新型的結構型式，如釘合腰板梁、釘合弓形桁架和三鉸拱。1933年創造了板肖結構，其他尚有网状筒拱及具有防水性能的膠合結構等。在計算理論方面，苏联學者們創立了組合杆件的計算理論，并于1955年提出了木結構按極限狀態計算的新理論。

目前我国在木結構的应用和研究方面也取得了很大成就，有很多公共建築物（如礼堂、展覽館等）和工业車間（如裝配車間等）的屋蓋采用了木結構。如30米跨度的拱形木桁架、41米跨度的木框架、18米跨度的网状筒拱以及板肖桁架、膠合桁架等都被采用。

我国是世界上樹種最丰富的国家之一，有适于寒帶、溫帶和熱帶地区生长的各种樹木。但是由于过去在反动統治下，森林不但長期得不到培育，而且被恣意采伐和破坏，以致現在保存的林區面积很小，只占全國土地的7.9%。解放以后人民政府即注意封山育林。但因森林的培植生長需要較长的時間，而国家經濟建設对木材的需要增長很快，因此目前建筑用木材的供应情况仍不能大量滿足需要，我們采用木結構时，应特別注意節約木材，要求采用經濟合理的結構方案，并做到材尽其用和在可能条件下采用木材的代用品。

第二节 木結構的优缺点及应用範圍

木材是良好的建筑材料之一，具有許多优良的特性。其中主要的是：

1. 强度大、质量輕：建筑上所用的几种主要材料为木材、鋼材、混凝土及磚石等。这几种材料中，木材的重量最輕，它的单位容重强度亦仅次于鋼材。

2.制作簡易：木材在加工制作方面如鋸割、凿榫、打釘、钻孔以及拼装等工作都較簡易，不需要什么复杂的技术和设备。

3.施工不受季节的限制，四季都可施工，冬季施工不会增加建造費用。

4.木材是良好的絕緣材料，具有隔音、隔热、耐震等性能。

但是木材也有一些缺点：

1.組織不均匀：木材是各向異性的材料，同一根木料在各个方向的强度并不相等。

2.木材具有天生的疵病，主要有木节、斜紋和裂縫等。这些疵病对木材强度影响很大，并增加制作上的困难。

3.木材含水量的变化会引起本身体积的显著变化。木材干燥后体积收縮，使构件結合处容易产生空隙；潮湿后体积膨脹，使結構容易变形。木板干燥时会产生翹曲和裂縫等不良現象。

4.木材尺寸有一定的限制，在大跨度結構中，需要把木料接长和拼合成大尺寸的截面，使結構构件复杂化。

5.木材易受菌类腐蝕和蛀虫的侵害，易于着火燃燒，故对于木結構須加强防腐、防虫和防火等措施。

木結構的应用范围适用于：

- 1.一般中小型房屋的屋盖；
- 2.农村建筑——因木材在农村中可以就地取材，加工簡便；
- 3.小跨度的冷加工車間；
- 4.中小型桥梁、棧道；
- 5.輔助結構，如模板、支架、把杆、龙门架等。

第二章 木 材

第一节 木材的力学性能

研究木材力学性能时，一般用沒有疵病的所謂清材做成标准小試件，放在試驗机上进行試驗。这种試驗的优点在于能够大量地进行試驗，然后用統計数学来整理所得資料；而且可以由同一条木料上截取质量相同的試件，以便比較研究含水量等因素变化时木材强度的变化和木材各种力学性能間的相互关系等。清材小試件的試驗結果虽能說明某个地区某一树种的木材之强度基本情况；但不能直接用于結構設計。因为結構中实际应用的木材是尺寸較大的，木材疵病不可避免，而疵病的情况、木材截面大小与形状会严重影响木材强度。故在实际应用中需要乘以一定的折減系数来考虑它的影响。

（一）木材强度与力作用時間的关系

力的作用時間增长則强度減小（持久强度問題），木材有一个重要特性是：力的作用時間增长，則强度降低而变形增大。

关于这問題所进行的試驗以用橫向撓曲試件者較多，图2-1表示这类試驗結果的典型例子。图中橫座标表示从試件承載开始到它破坏为止所經過的时间，纵座标表示相应的破坏应力。从图中看出，应力愈大則試件破坏愈快。曲綫的漸近性质表示，虽然加长荷載作用的持續時間将降低木材的强度，但这不是无限的；它将漸近于某一个常数 σ_{da} （持久强度极限），等于曲綫漸近綫的纵座标。在荷載不变情况下，当 $\sigma < \sigma_{da}$ 时，荷載不論作用多久，試件不会破坏；当 $\sigma > \sigma_{da}$

时，則試件經過一定時間后破坏；而且 σ 超过 σ_{da} 愈大，破坏必定发生得愈快。除受撓之外，木材受其他应力时，其持久抵抗曲线亦具有上述性质，即有水平渐近线。

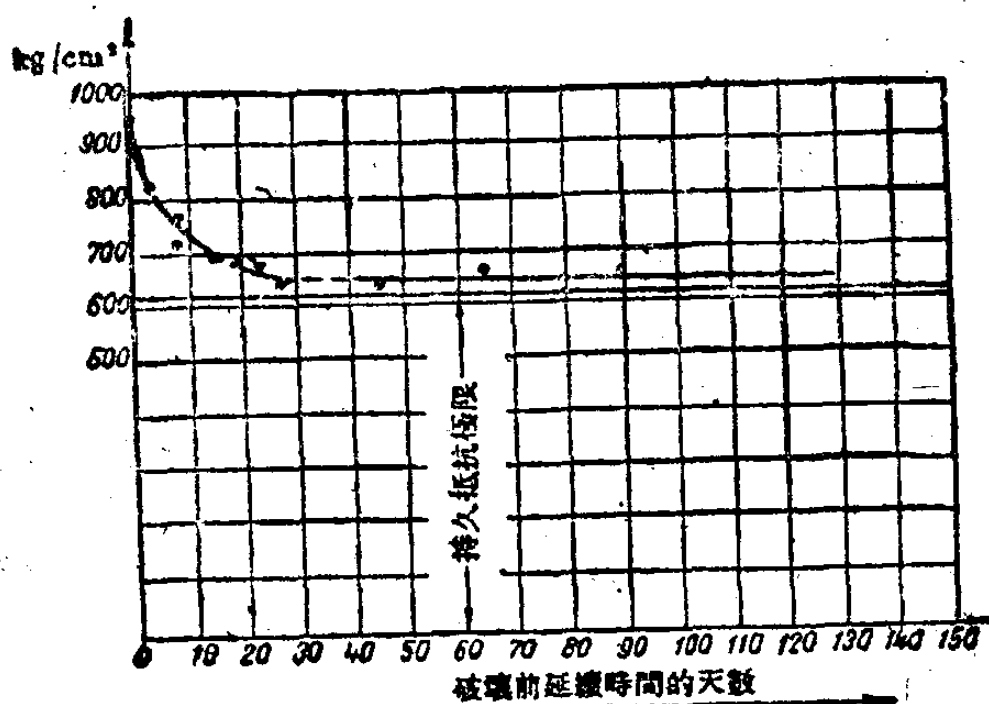


图 2-1 木材强度与外力作用时间的关系

一般实际结构均处于恒载的长期作用之下，而各种荷载组合的作用期间则长短不同；但与破坏试验相比较，力的作用期间仍较长，故直接采用瞬时强度极限作为木材强度的指标是不合理的。因此制定规范时对于荷载的主要组合采用持久强度极限作为木材实用强度的指标；对于作用期较短的各种组合，可以考虑增大木材的计算强度。

(二) 顺纹拉压性能

木材顺纹受拉时的性能与顺纹受压时有显著差别；受拉时工作是脆性的，受压时则有显著的塑性。由图(2-2)可见，木材受拉时其应力应变图直至破坏时为止，均近似于一直线，受压时则有近于流幅的一段。用清材小试件进行试验

时，木材抗拉的强度极限平均值超出抗压强度极限平均值一倍以上；但实用上采用的计算强度，则抗拉强度反低于抗压强度，这主要由于受拉时木材呈弹性工作直至脆性破坏，因此各种不利影响（如疵病等）均会显著地削弱其抗拉性能，规范中引用木材抗拉的匀质系数很低。

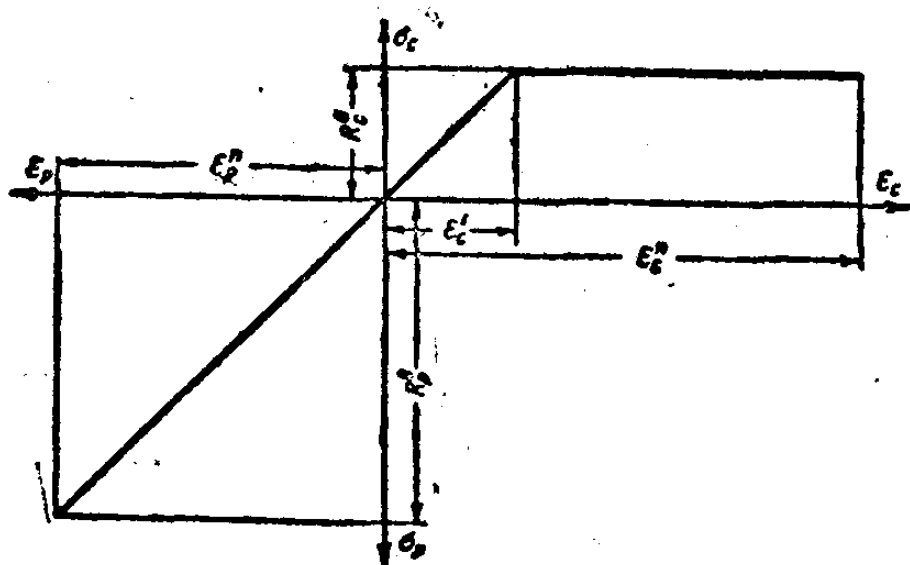


图 2-2 木材顺纹拉压的应力应变图（简化计算图式）

关于国产鱼鳞云杉的各项重要拉压性能指标如下所示：

瞬时强度极限平均值	抗拉时1000公斤/厘米 ²	抗压时400 公斤/厘米 ²
瞬时强度极限最低值 （保证率1%）	550	300
持久强度极限最低值	370	200
有木节实物大小构件 的强度修正系数	0.24	0.65
实用的计算强度	90公斤/厘米 ²	130公斤/厘米 ²

结构中木压杆截面尺寸的决定除考虑强度之外，还要满足稳定性的要求（即考虑压杆的纵向挠曲）；因此，其截面上可能有的压应力较小。这更使得木压杆的工作比木拉杆安全。总之，木材用作压杆要比用作拉杆有利得多。

(三) 弯曲性能

木结构受弯曲时，部分截面受拉而其余部分截面则受压。当荷载小时，垂直截面上法向应力的分布符合直线规律。但荷载较大之后，应力图形即发生变化；受压区中出现塑性变形而受拉区中则仍为直线变化。

至接近破坏时，实际应力图形将如图(2-3)所示，可按受压区中为梯形，而受拉区中为三角形计算。但按照这种应力图形来进行计算是比较麻烦的；因此通常按常见的材料力学公式

学公式 $\sigma = \frac{M}{W}$ 计算，而根据试验结果决定这样算时不准超过的计算强度值。规范上所给的强度是根据常用比例的矩形

截面定出的。对于圆形截面、工字形截面等，应考虑一定的修正系数。例如原木因纤维未截断，疵病的不利影响较小，且截面形状较有利，故采用工作条件系数1.2。

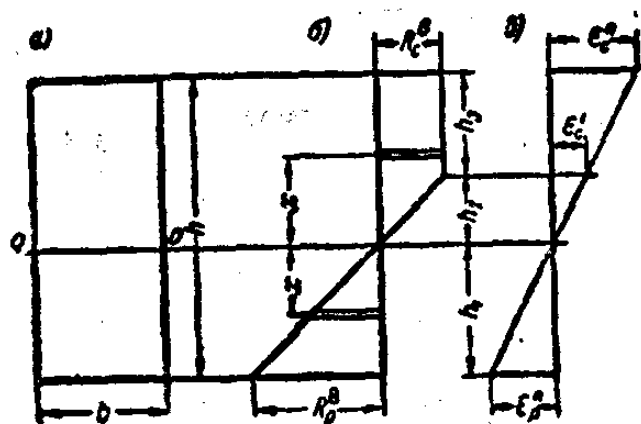


图 2-3 矩形截面木梁受弯破坏前的应力分布图及应变分布图

总的说来，木材受弯时的性质介于受拉受压之间，具有一定的塑性。木节、斜纹等疵病位于受拉区时，其影响较大；位于受压区时则影响较小。木材用作梁也是比较有利的，因此很常用。

以上讲的拉、压、弯曲三种性能是在研究木结构杆件工

作情况时經常用到的。木材的彈性模量值也是順紋拉压和弯曲时大致相同。根据試驗，木材的彈性模量与其强度間有一定比例关系，当强度因含水量、受力時間等原因而变化时，彈性模量值亦发生大致成比例的变化，木材的比例极限可取为其强度限的一半。按規範計算木結構变形时，一般采用順紋彈性模量 $E = 100,000$ 公斤/厘米²，与树种无关。

（四）挤压性能（承压性能）

挤压指木材表面的承压工作情况。表面受挤压的破坏，指由于表面加工及构件对准得不够精确而引起过大的局部超应力及附加变形；或是甲构件內較硬的晚材压入乙构件較軟的早材中去，破坏了接触面的平滑性。构件受压因强度不足而破坏，則指构件內纖維所受压应力过大，以致部分受力較大的坚硬晚材层失去稳定，然后形成纖維的折曲和开裂。受压是讲构件內部的問題而挤压是讲构件表面的問題，二者有所区别。必須挤压强度够而表面并不破損，外力才能正常地傳入构件內部而使构件起压杆作用。

随外力与木紋方向間关系之不同，木材的挤压可分为三种。

1. 順紋挤压 順紋挤压强度比順紋受压强度略小一些，且木节对挤压并无減弱影响，規範中規定二者强度相等。

2. 橫紋挤压 橫紋挤压时木材工作情况完全不同。首先是各个纖維管漸被压扁；至一定限度后，表面纖維壁被压坏而发生类似流幅的阶段。橫紋挤压时，木材发生比順紋大得多的变形，其中有彈性变形和塑性变形；实用上根据变形的极限值决定容許的挤压强度。总变形图上相当于比例极限一点的应力值 σ_{np} （图2-5），是規定其計算强度的主要根据。橫紋挤压的計算强度远較順紋挤压为低。

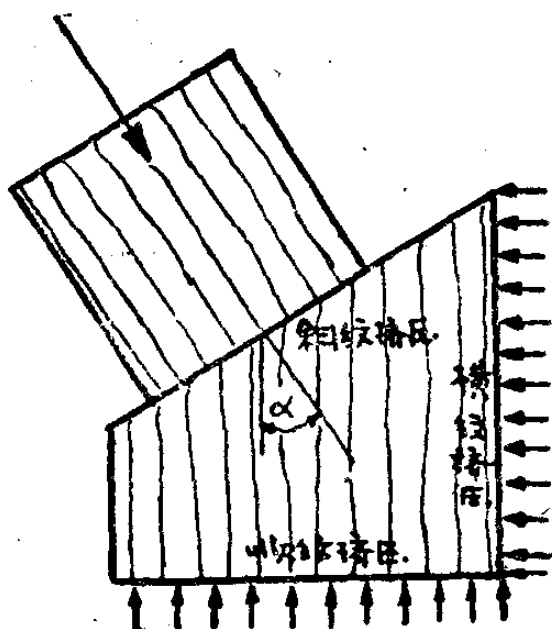


图 2-4 木材的順紋、橫紋和斜紋擠壓

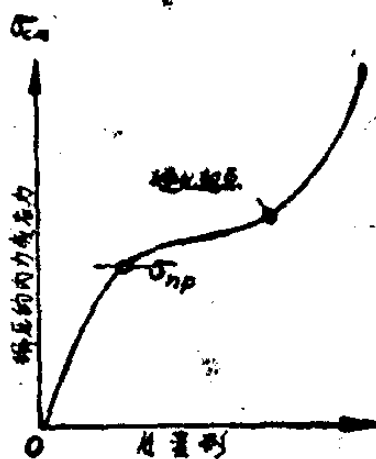


图 2-5 木材橫紋擠壓的應力應變圖

构件表面上局部受挤压时,在直接挤压区段以外的纖維,由于其連續性,必然起一定的支援作用。其效用无異增大了挤压面积,或是提高了挤压强度。橫紋挤压可分三种情况:构件全部表面受挤压,在部分长度上局部受挤压,以及在部分长度上和部分寬度上局部受挤压。

部分长度上的局部挤压最常見因而也最重要。由試驗知道,这时比例极限 σ_{np} 决定于挤压面的长度及其与自由端长度的比值。挤压面愈狹窄,亦即纖維的挤压长度 $l_{c.n}$ 愈短, σ_{np} 愈高;这是由于在直接挤压长度以外的纖維,起着相对說来較大的支援作用。 σ_{np} 的大小等于全部挤压面长度时(在全部表面上挤压的情形), σ_{np} 的数值即达最小值,这数值几乎与挤压面的尺寸完全无关。 $l_{c.n}$ 尺寸一定时, σ_{np} 的大小决定于自由端长度与 $l_{c.n}$ 的比值。自由端长度增加則 σ_{np} 亦增加,直到自由端的长度等于 $l_{c.n}$ 时为止(即在图2-6a中当 $l=3l_{c.n}$ 时)。再繼續加长自由端长度,則 σ_{np} 几乎完全不会增

加。自由端长度小于构件厚度时，橫紋挤压可能引起两端的开裂（图2-65）。因此木结构中一般在构造上保証自由端长度不小于承压面长度，且不小于构件厚度。順紋局部挤压时，由于木材各纖維間粘着力不强因此木纖維在橫向的相互支援作用很小，故在部分寬度上受挤压时， σ_{np} 的增加极微，一般不加考虑。

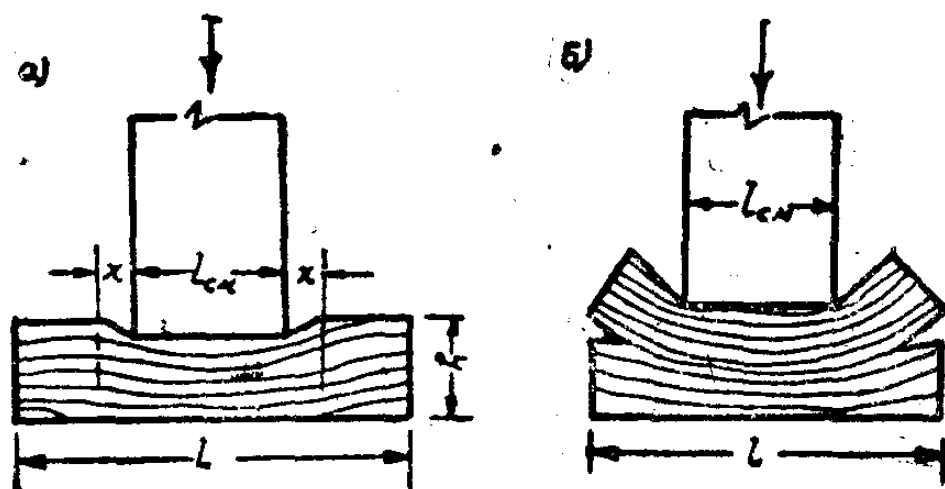


图 2-6 部分长度上的局部挤压

规范中对于全部表面上挤压，部分长度上挤压（又依挤压面长短分两种情况），定有不同的计算强度值。

3. 斜紋挤压（图2-4）

当作用力方向与木紋交成 α 角，其值在 0° 与 90° 之間时，为斜紋挤压。斜紋挤压的计算强度介于順紋与橫紋挤压之間，其值則随 α 角而定。通常用經驗公式或曲綫根据 α 角决定相应的挤压计算强度。

$$R_{c\alpha} = \frac{R_{c\parallel}}{1 + \left(\frac{R_{c\parallel}}{R_{c\perp 90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha} \quad (2-1)$$

式中 $R_{c\alpha}$ 、 $R_{c\parallel}$ 、 $R_{c\perp 90}$ 分別代表木材斜紋挤压、順紋挤压、

橫紋擠壓的計算強度。

當 $\alpha = 0^\circ$ 時及 $\alpha = 90^\circ$ 時，用此式可得正確的極端值；至於採用 $\sin^3 \alpha$ ，則是根據試驗資料決定的。在樺結合計算中用此公式時， R_{ca} 按規範用得較大（在魚鱗雲杉用 150 公斤/厘米²），亦須注意。

（五）抗剪性能

木材的抗剪性能極關重要，木結構中的毛病往往發生在受剪問題上。影響抗剪性能的因素較多，情況也比較複雜。

根據剪切面及作用力與木紋纖維間的相對位置，可區分三種受剪情況，即截紋剪切、順紋剪切及橫紋剪切（圖2-7）。截紋剪切指剪切面垂直於木紋，發生剪切時要將木紋截斷的情況（圖2-7a）；木材對這種剪切抵抗作用很大，一般不會破壞。剪切面平行於木紋時；如作用力與木紋平行則為順紋剪切（圖2-7b）；如作用力與木紋垂直則為橫紋剪切（圖2-7c）。橫紋剪切強度大致是順紋剪切強度的一半，而截紋剪切強度則為順紋剪切強度的 8 倍。通常結構中遇到的多半是順紋剪切，因此下文中也只談這種剪切的例子。

試驗結果說明，木材順紋受剪時，其破壞是脆性的，破壞前的極限變形值很小，破壞的出現比較突然。含水量 15% 的魚鱗雲杉標準試件，其順紋受剪強度極限平均值接近 70 公斤/厘米²，最低值則接近 40 公斤/厘米²（保證率 1%）。

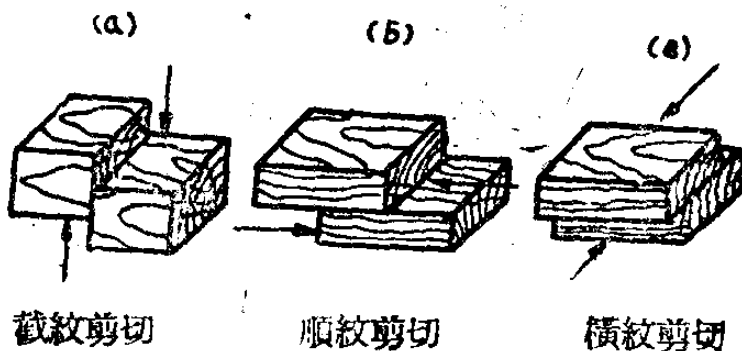


圖 2-7 木材受剪的三種情況