

154897 ~~120838~~

高等學校交流講義

鋼木結構

清華大學

黃熊·瞿履謙·陸錫麟編

基本館藏



(內部交流 * 僅供參考)

中央人民政府高等教育部教材編審處

一九五六年八月廿九日

鋼 木 結 構

書號(8003)

新華書店華東總分店總經售

商務印書館上海廠印刷

一九五四年八月出版第一次印刷
開數 1-4.110

字數 277,000
定價 16.50元

鋼木結構 目 錄

木結構

第一章	緒論	13
第二章	木材基本構件	28
第三章	木結構的聯接和拼接	63
第四章	組合樑及組合柱子	76
第五章	屋頂木結構	

鋼結構

第一章	緒論	133
第二章	鉚接與螺栓接合	142
第三章	鐸接	164
第四章	樑及鉸樑	180
第五章	壓桿及柱	207
第六章	桁架	230
第七章	工業建築結構	260
第八章	高層居住及合同樓房鋼骨架結構	283

附錄

一	屋頂木結構(汽車幹線與城市道路專業用)	295
二	屋頂木結構(水利專修利用)	312
三	木桁架(水利專修利用)	333

木 結 構

第一章 緒論

1—1. 我國木結構之發展情況及今後在經濟建設中的作用

遠自上古，我國就已經應用木材為建築材料。在滿足人類生活需要及勞動創造的過程中，從簡易之梁柱逐漸發展至各種複雜的木結構。祖先累世積代勞動的結晶，給我們現代留下了寶貴的遺產。

我國古代之匠師在木結構方面有卓越的貢獻。例如山西五台山佛光寺正殿建造於公元875年至今仍然十分完整，是我國現存的最古之木結構。山西應縣佛宮寺木塔建於公元1056年，由頂至地面高達66公尺，這一結構更突出的顯示了中國勞動人民在結構方面光輝的成就。又如四川一帶依山架木的棧道，青海、西康的木造飛橋等也是古代勞動人民以自己的智慧在運輸交通方面為現代創造的範例。在建築方面也創造出精美的技巧，太和殿層疊繁複的斗拱就是智慧和創造的藝術結晶，雖然在中華民族五千年的文化歷史裡，祖先創造了無數偉大的木結構，但由於歷代統治者的摧殘，年齡在700年以上者，至今尚存有三十多處，但也不甚完整了。

木結構在我國雖有着輝煌的成就，但在解放前由於國民黨反動統治的結果，使木結構的研究及使用方面一無發展。在木材的採伐使用上，國民黨遠超過歷代的昏王暴君，一方面只知泛濫砍伐和盲目開墾，使我國廣大森林嚴重遭破壞，一方面則把國民經濟繫於帝國主義操縱之下，以致美松、菲律賓松等外國木材充斥市場，使我國林業的發展更趨瀕危。

解放後人民政府對植林護林工作極為重視，在西北現已開始建造三十公里長的防護林，在東北遼瀾的大興安嶺林區上，正用飛機護林，中央林業部提出了「普遍護林，重點造林，合理採伐和利用」的林業政策，和有關護林的指示等。因此在人民掌握政權的時代裡，給木結構的發展也提供了光明遠大的前途。

在經濟建設的第一個五年計劃中，木結構的發展和木材的合理使用更成為建設中的一個重要問題。因此1951年8月中央政務院發佈了「關於節約木材的指示」及中央有關部門對木結構設計及材料的使用上擬出了許多標準的規格。隨着經濟建設的發展，我國製材工業的規模也日益擴大，在東北產林區裡，已建立起數十個有新型設置的製材廠，這些製材廠每天能生產近一萬立方公尺的木材，不僅可以供應我國建設工程的需要，並且，由於製材廠在林區，原木可以就地製成成材，再運到各地去，比起運輸原木來，每年可以節省兩萬伍仟個車皮。

在學習蘇聯先進經驗的過程中，為我國木結構設計及木材使用方面指出新的方向。在蘇聯先進建築施工原則「設計標準化，材料工廠化，施工機械化」的指導下，中央有關部門已先後草擬了各方面的設計規範及標準的材料規格，例如中央建築工程廳製訂了某些建築物的標準設計，其中包括不同間距與跨度的木屋架等。

其他除蘇聯先進科學中有關結構設計的塑性理論，膠合結構，釘合結構及新式連接器的應用，人字屋架的採用等也都給木結構的發展開闢了廣闊的前途，相信在黨和人民政府的領導下，在蘇聯先進科學的指導下，木結構將在祖國的經濟建設中，擔當起偉大的建設使命，並將在已有的光輝成就上沿着新的方向向前發展。

1—2. 主要建築木材的種類和規格

木材可分為針葉樹和闊葉樹二種。一般說來針葉樹較軟，闊葉樹較硬。因為軟木比較容易加工，製作需要的形狀和尺寸，而且比重較小，所以建築木材，以針葉樹為主。

主要的建築木材有下列幾種：

2. 紅松——東北產量最多，木材質軟，施工容易，紅色，紋理粗且，油脂多，耐朽力強，比重約0.368，建築、枕木、門窗框常用。

6. 白松——東北產量最多，與紅松相仿，但色白，油脂較少，紋理較糙。

B. 黃花松——邊材白色，心材稍帶褐色。材質堅硬，能耐久不

腐，工作易施，但比重較大，約0.448。

Γ.魚鱗松——木材質軟，光澤美，年輪整齊，紋理密，耐朽力弱。比重約0.352。

Δ.杉木 中南產量最多，約佔市場的80%，木材色白，無心材邊材之分，紋理通直，易加工，能耐入且不為白蟻所蝕，比重約0.352。建築、船艦、枕木多用之。

其他瀾葉木材——目前我國在建設的時期木材極感缺乏，需要大力節約，儘量採用本地的瀾葉木材，在華北如榆木、楊木、樺木等，是比較經濟的。特別在臨時性建築如倉庫、料房、圍牆、腳手架等，尤為合適。

為了合理的使用木材及使設計和材料都向標準化發展，因此中央建築部特擬出了木材標準規格並規定，本設計圖所有木材的尺寸均依照下列的規範（單位C M）

- (1) 方木 寬計有3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20等十三種，高計有5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30等十六種。長度，由2公尺起至10公尺止，每25 C M進一級。
- (2) 圓木 圓木直徑由5 C M起至26 C M止，每增1 C M進一級（構架中桿件直徑最小用8 C M）長度由2公尺起至13公尺止，每50 C M進一級。

1. 3. 建築木材的性能及優缺點

1. 建築木材的性能

木材雖是一種良好而便宜的建築材料，但是它亦和其他建築材料一樣，有優點亦有其缺點，因此我們必須掌握木材的性能，利用其優點，避免、減少其缺點，以發揮材料之最大效果。例如千年以上佛光寺之木結構，至今仍無損壞，而作為橋樑基礎的木樁則因水位高低升降的無常，在三、五年內即行糟朽就是一例。

(1) 木材的強度性質

木材和其他建築材料不同，是一種不均勻不等同的材料。即使

屬於同一類樹木或在同一棵樹上的材料，由於生長部位的不同，也必有不同的構造和強度，這就是木材的不均勻性。而在同一塊木料，因木紋方向的不同，也有不同的拉力、壓力、剪力強度和硬度，這就是木材的不等向性。通常，順紋壓力和拉力強度要比橫紋壓力和拉力強度大得多，順紋剪力強度要比橫紋剪力強度小得多，如將順紋剪力與順紋壓力和拉力強度作比較，前者比後者小得多。

因此我們常用下面五種應力來表示一種木材的強度，這就是：撓曲應力，順紋拉應力，順紋壓應力，構件壓應力和順紋剪應力。由於木材的不均勻性，每一種應力都必須是很多試件的平均值。關於我國目前設計採用的應力標準見下節所介紹的規範。

(2) 影响木材的強度的因素

木材的比重、含水量及木節、裂縫等各種疵病，都能影响木材的強度，將在下面分別敘述：

a. 木材的比重

不同的木材，有不同的比重，普通的為0.3~0.7。同一種木材，又因生長速率、木紋鬆密、春材夏材的多寡等因素而稍有出入。一般說來，木材的強度直接和比重有關，比重愈大，強度也愈大，比重愈小，強度也愈小。多次試驗証明強度和比重大概成一次以上的方次關係，如以風乾木（含水量12%）的撓曲應力為例：

$$U_n = 180 \quad OG = 125 \quad KL / CM^2 \quad (\delta \text{ 為木材的比重})$$

d. 木材的含水量與收縮

木材在其細胞壁中，常含有大量的自由水份，樹木伐倒後，開始減少水分，且在製作過程中，水分繼續消失。所謂含水量，就是木材中所含水分和烘乾木材的重量百分比。木材被應用後，仍須使乾燥至與其周圍大氣成平衡為止。同樣，在潮濕的環境中，木材吸收水分，直至平衡狀態。

當木材細胞壁的自由水分蒸發完畢而細胞壁水分仍為飽和時，稱為木材的纖維飽和點，通常為24%~30%的含水量。

木材到達纖維飽和點繼續減少水分，則細胞壁內水分漸少，木材的尺寸因之縮小，這叫木材的收縮。木材的收縮，在長度方向很小，橫向收縮大致依其年輪切線方向。

因木材的收縮，能致木建築構件發生變形，而使聯接有太鬆或太緊的現象，太鬆時可能發生聯接脫落，太緊時可能發生預先應力。而且，因木材各方向收縮率的差異，特別在乾燥太快時，會產生翹曲和裂縫。

為了避免上面的缺陷，天然木料在使用之前，常先放在空氣流通的乾燥地方，予以風乾，使其含水量自30%~35%降至12%~15%，以後即使含水量稍有增減，也不致有很大的變形。風乾所需的時間需視木材的情形和風乾的環境而定，如果時間較急，可以用人工加熱，增加乾燥的速率。

B. 木材的含水量和強度的關係

木材含水量在纖維飽和點以下時，水分增加，則各種強度都隨着降低，直至到達纖維飽和點，以後水分繼續增加，對強度就無甚影響。含水量對木材強度的影響很大，特別在受壓力時尤甚，所以在結構設計中，對濕材及可能受水的木材，應降低其許可應力。

Γ. 荷重的久暫

在衝出撓曲中，荷載驟然作用，幾秒鐘就拿掉，木材所能抵抗的力量可達靜止撓曲情形的二倍左右，反之木架承受持久荷載，其破壞力量只有在幾分鐘荷載下破壞情形的1/2~1/3。也就是說，木材抵抗暫時荷載的能力要強於抵抗持久荷載的能力。

因此，木構件對於衝出荷重，只要不超過100%就可不必考慮，而在風力地震等較暫時的荷載，可以提高其許可應力。

Ⅱ. 木材的疵病

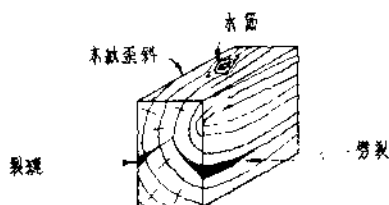
(1) 腐爛——腐爛的木材，不能承受荷載，所以不能用在木結構上。

(2) 木節——木材中有較疏之處，具木紋或彎曲，且常沿木節

之邊發生裂縫。至於影響強度，則依本節在橫斷面中的地位及面積而定，故建築材料中許可應力有規定者，木節的尺寸和數目，應該有所限制。

(iii) 裂縫及劈裂——裂縫是指經過幾個年輪圈的裂開，劈裂是沿木紋將兩個年輪圈分開的裂開，裂縫及劈裂過多，則將減小木材的抗動應力，故在建築中，對裂縫及劈裂的尺寸地位及數目，亦有限制。

(iv) 木紋的歪斜——木材是不等向的材料，所以木紋的方向對木紋傾斜或成彎曲形狀時，就會降低強度，所以在建築中，木紋的最大坡度應有所規定。



2. 木材的優缺點

木材除了分佈廣，價格較廉以外，還有很多優點：

(1) 質輕，便於採伐和搬運，而且相對說來，有較高的強度。如果我們將材料的單位重和許可應力的比值稱為其工作衡量指數，則鋼為 5×10^{-4} 噸，木材為 6×10^{-4} 噸，鋼筋混凝土為 4×10^{-3} 噸。鋼筋混凝土重量較大，施工複雜費時，鋼比木材稍輕，但目前我們鋼的產量有限，而且主要服務於重工業和國防工業，所以在一般建築上還不能大量採用。

(2) 質軟，易於加工，製成各種構件，應用各種聯接，架設施工所需的設備也較簡單，且為時迅速，再加價格便宜，對臨時性建築（如腳手架、便橋等）最為適用。

(3) 其他優點：木材能吸收衝出和振動，對於熱聲電是不良導體，對稀鹽稀酸有相當的抵抗性，能浮於水，缺陷疵病易於檢查判斷，美觀舒適等。

木材也有很多缺點：

(1) 耐久性差，易於腐爛，現在防腐方法雖多，但究屬費錢，且其結果也不能如鋼和鋼筋混凝土。現代對建築要求提高，按照中央建築工程部「建築設計規程草案」的規定，木材一般不能用在永久性的建築，而只能用在半永久性建築（20年以上）半臨時性建築（20年以下）和臨時性建築。

(2) 木材種類太多，且強度性質各異，即在同一木材，也並不均勻等向，而且還要受含水量的影響，比較不易掌握。

(3) 由於強度的限制，一般木結構跨度常不能太大。

1—4 木材的設計標準

1. 制定標準的重要性

為了配合全國的基本建設的發展，使各項建築物能達到安全合用、經濟堅固的原則，在結構設計及施工上必須有一定的標準。

以前我們也有一些不完全的技術標準，但是大多數採自資本主義國家，在技術上存在着濃厚的保守思想，這樣使我們土建工作產生設計上的不合理不經濟，而造成嚴重的浪費現象，使國家財產遭受巨大的損失。如果我們把他與蘇聯國家規定的技術標準相比較，則過去在計算一般土建工程結構時所採用的荷載，平均高於蘇聯標準50%左右，相同規格的打料許可應力，平均低於蘇聯標準20%左右，譬如比較保守的「北京市人民政府建設局建築設計簡則草案」和吸取蘇聯先進經驗的「東北人民政府工業部建築物結構設計暫行標準」隨便舉例來說：教室的荷載，北京規定為 350kg/m^2 東北規定為 200kg/m^2 。白松的許可順紋壓應力，北京規定為 50kg/m^2 東北規定為 90kg/m^2 。東北工業部的「建築物結構設計暫行標準」就是針對這種不合理的情況而制定的。據東北工業部的計劃，此項標準如能貫徹執行，則在不影響建築物使用效能的條件下，1952年土建結構部分投資，可以節省25%，若按全部土建投資計算，可以節省10%。這是在基本建設中一掃具有重大政治意義和經濟意義的大事，並將為即將開始的十年建設，準備有利的條

件。這一「建築物結構設計暫行標準」之對於基本建設的意義，正如新式採煤法之對於煤礦工業，高速切削多刀多刃切削之對於機械工業，具有最大的歷史意義。（以上參閱1952年3月6日東北人民政府工業部關於貫徹執行「建築物結構設計暫行標準」的指示。）

為此，中央建築工程部又根據東北工業部的「建築物結構設計暫行標準」研究了全國的實際情況，制定了全國性的「建築設計規範初稿」來更進一步的推廣先進標準，迎接十年建設的新任務。

2. 制定標準的原理

蘇聯目前使用的規範，是我們目前最高的目標，我們應該逐漸提高，向他看齊。但是為了目前的經濟情況，例如我們的材料產品，施工質量，機械化程度都不及蘇聯，我們不能將標準訂得太高。這是要有我們自己標準的原因。而且，在目前，規範還只是初稿的時候，對於規範的使用，應該結合具體的建設任務、經濟情況和當地情形，予以靈活運用，發揮最大的作用。

規範的內容要全面，條文要明確，才能起最大的作用。內容應該包括荷載的計算，材料的規格，許可應力和結構設計等項。

荷載的計算，應該根據實際情況，從詳規定，因為用得太多，會浪費材料，用得太多，會發生危險，恰到好處是最必要的。

對於材料規格的規定，應該有原則重點。例如腐爛的木材一定不能用等外材等（低於規格基本要求的材料）必須降低其許可應力。重要的結構或構件如果破壞，會遭受巨大的損失，所以要求較嚴，次要的可以稍寬。永久性的建築要求較嚴，臨時性的建築要求較寬。同時，還要考慮材料的用途，例如木材的木節，對拉力影響較大，對壓力影響較小，甚至沒有影響，所以拉桿對木節的要求，一定要高於壓桿。

許可應力，應該根據試驗結果，予以合理規定，定得太高，造成危險，定得太低，產生浪費。規定各種許可應力時，還必須考慮到一些實際情況，如試驗時和實際上承受荷載的差別性等。

以木材的許可應力為例，木材試驗多用較小試件，質量較高，不

會有大的木節裂縫等疵病，和實際情形的大構件並不一致，所以大構件（或大試件）的破壞應力要比試件的破壞應力為低，可能達本。同時木材試驗時加荷載為時很暫，僅幾分鐘，實際上則是持久荷載，破壞應力可能又要降低些。但是木構件所受的荷載和其強度性質可能稍有出入，所以不容許可應力用到破壞應力，而必須有適當的保留，破壞應力和許可應力的比，叫做安全因素，在木材中約用 $\frac{1}{2}$ 以上。假使考慮小試件和實際構件的差別，則安全因素應為：

$$\frac{1\frac{1}{2}}{(1-\frac{1}{2})(1-\frac{1}{4})} = 4 \text{ 或以上。}$$

3. 木結構設計標準

下面將介紹「東北工業部建築物結構設計暫行標準」中，「木結構」一章的一部分。其餘應用之處，當在以後陸續介紹。

第十一條 材料——建築物承重結構所用之木材，應符合第十七表所規定質量（見下頁）

木材疵病名稱	厚度小於10公分 之本板及方木		厚度大於10 公分之方木		直徑等於及大於 12公分之圓木	
	受拉構件 及彎曲構件 之受拉區域	受壓構件 及彎曲構件 之受壓區域	受拉構件 及彎曲構件 之受拉區域	受壓構件 及彎曲構件 之受壓區域	受拉 及 彎曲構件	受壓構件
1. 腐爛	不能用	不能用	不能用	不能用	不能用	不能用
2. 木節 (支板除外)	尺寸小於右列者 ，可以使用 木板、方木或圓 木每長一公尺中 有之木節數少於 右列者 尺寸小於右列者 可下作木節計 有支板年輪木節時	所在面 寬度之 $\frac{1}{4}$ 3 1.5公分厚度 小於4公分時 為12分 不能用	所在面 寬度之 $\frac{1}{4}$ 3 2公分 不能用	所在面 寬度之 $\frac{1}{4}$ 4 2公分 不能用	直徑之 $\frac{1}{4}$ 6 2公分 不能用	直徑之 $\frac{1}{4}$ 6 2.5公分 不能用
3. 斜木紋最大坡度小 於右列者可以使用	5%	7%	7%	10%	10%	15%
4. 局部斜木紋或渦形 木紋 (圖17) A. 第一連續木紋之 最大坡度 B. 如由邊緣至第一連 續木紋波峰之距離 B小於木板或方木 寬度之一半時可不 考慮	不得超過 20%	不限制	不限制	不限制	—	—
5. 裂縫 A. 深度小於右列者可以使用 B. 長度之和小於右列者可以 使用	板厚之 $\frac{1}{4}$ 構件長度 之 $\frac{1}{4}$	板厚之 $\frac{1}{4}$ 構件長度 之 $\frac{1}{4}$	方厚之 $\frac{1}{4}$ 構件長度 之 $\frac{1}{4}$	方厚之 $\frac{1}{4}$ 構件長度 之 $\frac{1}{4}$	直徑之 $\frac{1}{4}$ —	直徑之 $\frac{1}{4}$ —
6. 心髓	厚度小於6公 分之本板不能用	能用	能用	能用	—	—
7. 波形木紋波峰與波谷之高度 不大於右列者可以使用	1.5公分	不限制	1.5公分	不限制	不限制	不限制

註：(1)上表中未提到之木材疵病，使用時可不受限制。

(2)木節之尺寸 α 依構件之橫向計算(圖

18)

(3)軸心受壓之圓木支柱中，當曲折係數

P 大於0.6時，木節可不受限制。

(4)木材計算用之單位體積重量，松木(

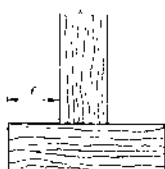
黃花松除外)採用500公斤/公尺³，

黃花松及硬木採用700公斤/公尺³。

(5)木材順紋受拉，順紋受壓及彎曲時之彈性係數 $E=100000$ 公斤/公分²

第十二條 許可應力——第十八表中所列之木材許可應力，僅於下列情況時適用之。

- 1.當計算主要荷重時。
- 2.當木材符合於第十一條規定質量時。
- 3.當木材為乾材時：含水率小於18%)
- 4.當使用處所不受雨雪侵蝕時。



e 構件邊緣至受壓構件自由端之距離。
 h 受壓構件之厚度。

圖 19

第十八表

木材之許可應力(公斤/公分²)

木材種類	壓 應 力			拉應力 平行於 木紋 { S_t }	彎曲 應力 { S_u }	剪應力 平行於 木紋 { C }
	平行於木紋 全部受壓 (80°) 局部受壓 { S_{cm} }	垂直於木紋(圖19) 全部受壓 (90°) 局部受壓 (80°) $e < h$ $e < 10$ 公分	局部受壓 (90°) $e \geq h$ $e \geq 10$ 公分			
白 松	90	14	21	70	90	8
紅 松	85	16	24	75	85	10
黃 花 松	130	20	30	95	130	11
魚 鱗 松	75	13	20	50	75	7
臭 松	55	9	14	45	55	6

註：(1)當計算主要荷重加上附加荷重時，上表中所列數值應乘以係數

12.

- (2) 當木材不為乾材(含水率大於18%)或使用處所與本條(4)不同時, 上表中所列數值應根據實際情況, 乘以第十九表中所列之係數。

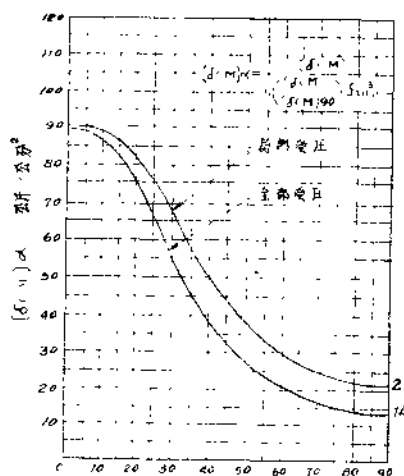
第十九表 木材許可應力降低係數

名稱	含水率 %	使用處所		
		不受雨雪侵蝕	受雨雪侵蝕	在水口
乾材	<18	1.0	0.9	0.7
半乾材	18-23	0.9	0.8	0.7
濕材	>18	0.8	0.7	0.7

- (3) 當壓力作用方向既不平行於木紋, 又不垂直於木紋, 而與木紋成 α 角時(斜紋受壓), 其許可壓應力應按下列公式計算:

$$[\delta CM]_{\alpha} = \frac{[\delta C]}{1 + \left(\frac{[\delta CM]}{[\delta CM]_{90}} - 1 \right) \sin^3 \alpha} \quad (1-1)$$

白松之斜紋受壓許可
應力 $([\delta CM]_{\alpha})$
可由圖表一求得。



圖表一 白松之斜紋受壓許可應力。

第二章 木材基本構件

2—1. 木材基本構件的種類

按照承受荷載的方式，木材基本構件可以分為下列三種：

- a. 梁——承受橫向荷載或傾斜荷載；
- b. 拉桿——軸心受拉或偏心受拉（同時受拉及受撓）；
- c. 壓桿——軸心受壓或偏心受壓（同時受壓及受撓）。

設計的方法將在下面分別敘述。

2 2 梁內應力

梁承受橫向荷載，就發生撓矩和剪力，其數值可由撓矩圖和剪力圖來決定。這些撓矩和剪力要由梁的淨截面來抵抗。梁的毛截面是指其全部截面，淨截面是指其毛截面減去其中不能傳達應力的部分，如缺口、開孔等。圖 2-1 是九個缺口、開孔的實例。截面 A 表示支點處的缺口，為使梁頂的地位稍低，或使梁頂與鄰近的梁頂相齊平；截面 B 為梁中央的缺口，使留管子地位，或嵌入建築物的其他部份；截面 C 表示螺栓聯接時的開孔。

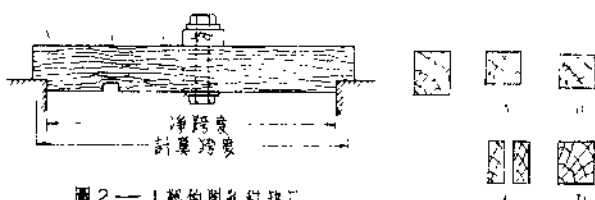


圖 2—1 梁的開孔和缺口

木梁內需要校核的應力主要有三種，即撓曲應力、順紋剪應力和橫紋承壓應力，其最大值均不應超過容許應力。（參閱東北工業部：《建築物結構設計暫行標準》第十二條）

如果梁的截面全跨度一律，則其撓曲應力只需在最大撓矩處校核，剪應力只需在最大剪力處校核，但如梁的淨截面有變化（圖 2-1，A、B、C 處）則除最大撓矩最大剪力處外，還在校核淨斷面縮小的

地方。

1. 梁的撓曲應力

根據材料力學的分析，梁的撓曲應力為（圖2-2）

$$\sigma_u = \frac{M Y}{J_{HT}} \quad (2-1)$$

最大撓曲應力發生在最小纖維處。

$$(\sigma_u)_{\max} = \frac{M Y_{\max}}{J_{HT}} = \frac{M}{\frac{J_{HT}}{Y_{\max}}} = \frac{M}{W_{HT}} \quad (2-2)$$

式中 σ_u —— 撓曲應力

M —— 截面撓矩

Y —— 某一點至中立軸的距離

J_{HT} —— 淨截面的慣性矩

W_{HT} —— 淨截面的截面模量

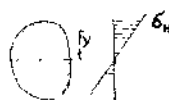


圖2-2 截面撓曲應力分佈圖

在安全的情形下：

$$(\sigma_u)_{\max} = \frac{M}{W_{HT}} \leq [\sigma_u] \quad (2-3)$$

式中 $[\sigma_u]$ —— 容許撓曲應力。

在一般情形下，梁的撓曲應力是最主要的應力，常常控制截面的尺寸，因此設計時往往先根據大撓矩選擇合適的截面，再用這截面校核其他應力是否安全。為方便起見(2-3)可改寫為：

$$W_{HT} \geq \frac{M}{[\sigma_u]} \quad (2-4)$$

在矩形截面中 $Y_{\max} = \frac{h}{2}$, $J_{HT} = \frac{1}{12} b h^3$, $W_{HT} = \frac{1}{6} b h^2$

$$\text{則 } (\sigma_u)_{\max} = \frac{6M}{b h^2} \leq [\sigma_u] \quad (2-5)$$

$$\text{或 } W_{HT} = \frac{1}{6} b h^2 \geq \frac{M}{[\sigma_u]}, \text{ 或 } b h^2 \geq \frac{6M}{[\sigma_u]} \quad (2-6)$$

在圓形截面中 $Y_{\max} = \frac{d}{2}$, $J_{HT} = \frac{\pi}{64} d^4$, $W_{HT} = \frac{\pi}{32} d^3$

$$\text{則 } (\sigma_u)_{\max} = \frac{32}{\pi} \frac{M}{d^3} \leq [\sigma_u] \quad (2-7)$$

$$\text{或 } W_{HT} = \frac{\pi}{32} d^3 \geq \frac{M}{[\sigma_u]}, \text{ 或 } d^3 \geq \frac{32}{\pi} \frac{M}{[\sigma_u]} \quad (2-8)$$

2. 梁的剪應力

梁截面的剪應力在中立軸處最大，超過其平均剪應力，在二端則為零，其分佈曲線可根據材料力學公式（圖2-4）

