

农田水利干部培训班讲义

建筑材料

武汉水利电力学院编

水利电力出版社

前 言

我院接受湖北省水利厅的委托，于1958年5月27日至8月19日开办了一期农田水利干部培训班。学员共75人，多系湖北省专、县两级的水利行政干部，文化程度自初小至高中不等。在开始的时候，部分学员对学习缺乏信心，但到后来，总的效果是好的。在结业的时候，89%的学员达到了优良成绩。

这本小册子就是当时的讲义整理而成的。由于我院开办这样的训练班还是初次，没有经验。讲义是临时由几位教师赶写出来的，难免有许多不妥当的地方，希望读者指正。

武汉水利电力学院 1959年1月

目 录

第一章	天然石料	2
第二章	烧土制品	5
第三章	木材	11
第四章	石灰	21
第五章	水泥	26
第六章	混凝土材料	40
第七章	建筑砂浆(灰浆)	61

第一章 天然石料

一、概 述

天然石料就是岩石經過开采、劈开、鋸开、凿平、磨光或者击碎等加工而制取的。

建筑上用到石料的地方很多，如用石料砌筑房子、建筑桥梁、鋪砌路面、修筑堤坝护岸，而混凝土中石料却占着相当大的部分。石料的应用很广，尤其在水利工程上用的最多，一方面是石料很坚强，能够經受住大的力量，另一方面使用以后长久不会破坏是它的主要优点。但缺点是加工比較困难，开采也不容易。

根据岩石形成的原因，可分为三大类。

火成岩：是地球里面的岩浆噴出地面或未噴出地面而凝結成功的一种岩石。

水成岩：是原有的岩石受了风化，崩解成細碎顆粒，由流动的水帶到另外的地方沉积下来，經過千万年长时期层层胶結在一起而成。所以这类的岩石的强度，比火成岩差。

变質岩：是火成岩或水成岩，受到很高的温度或者受到很大的压力的影响而形成的。

我們平常在建筑上常用到的岩石，如花崗岩就屬於火成岩类，砂岩或石灰岩就屬於水成岩类，而片麻岩及大理石則屬於变質岩。

二、石料的建筑性能

石料的性質很脆，脆性的材料往往能承受大的压力。試驗

石料究竟能够承受多大的压力，一般的是选取比较大的石块的样品把它锯成不少于6~9个标准的试件（试件是每边长5~10公分的立方体，或直径与高度为5~10公分的圆柱体），然后在压力机上把它们压坏，取压坏3块石料单位面积上的压力平均值，就是所谓石料的标号，必须提出注意的是干燥石料的单位面积上的压力，往往大于被水完全浸透了的单位面积上的压力，尤其是石料内部含有比较多的空洞，这种现象就更为显著。所以用石料修筑临水的建筑物时，一定要考虑到这种情况，为了说明这种关系，特别用一个软化系数来表示。

$$\text{软化系数} = \frac{\text{被水完全浸透以后的单位面积上的石料压力}}{\text{干燥石料的单位面积上的压力}}$$

严重受水浸润的建筑物，石料的软化系数不能低于0.8。

脆性的材料抵抗拉力的强度都比抵抗压力的强度小，石料的抗拉强度约相当于压力强度的 $\frac{1}{50}$ 。而抗弯的强度约为压力强度的 $\frac{1}{5}$ 。由此看来，当石料的抗压强度很高时，抗弯的强度也相应的增大。所以，可以用石料筑桥或沟渠上面的盖板。

石料中以花岗岩的性质较好，它是由石英、长石及少量的云母所组成。含石英愈多，花岗岩愈坚强结实。花岗岩具有优良的建筑性能。抗压强度达1,200~3,000公斤/平方公分。由于组织密实，单位重达2,600~2,800公斤/立方公尺，所以吸水率小，抗冻性能也高，这种石料很适宜于水利工程所用。

砂岩的种类很多，其组成物是石英砂及天然胶结物。砂岩中以砂质砂岩强度较高，砂岩的平均强度为400~3,000公斤/平方公分，单位重为2,000~2,650公斤/立方公尺。

石灰岩是常用来烧制石灰的一种原料，密实的石灰岩，在

建筑上应用很广，单位重不小于2,400公斤/立方公尺、抗压强度不小于300公斤/平方公分的石灰岩是适合作建筑材料的。石灰岩的缺点是容易受到酸类的侵蚀。

一般評定石灰岩的質量应考虑下面的条件：

1. 石灰岩的軟化系数；

2. 石灰岩的耐水性；

3. 抗冻性。

片麻岩是由花崗岩变質而来。片麻岩具有层理，一般垂直于层理的方向抗压强度可达1,500~2,000公斤/平方公分，也是建筑上常用的岩石。

三、石料的应用

一般建筑用的石料的分类有三种方法，按单位重来分的有輕石(单位重小于1,800公斤/立方公尺)及重石两种；也可以按强度分为不同的标号；另外也可以按抗冻性来分。鉴定石料抗冻性的好坏是在冻融循环試驗之后，重量损失不大于5%，强度降低不超过25%的方为合格。根据冻融循环的次數可分为10, 15, 25, 50, 100及200等，这主要取决于当地气候的条件。石料在应用上，根据使用的情况不同可分为：

1. 粗块石，就是开采以后的大块岩石不再經凿磨加工，为了便于施工起见每块岩石的重量在15~30公斤，粗块石多用于砌石工、护坡工、鋪石工、抛石工等。

2. 衬面石及砌筑条石，常用于建筑物外部的衬面，桥座及河岸以及坝与水閘等地方。

3. 屋面板，一般厚度都在5~8公厘，板的尺寸有250×150公厘或600×350公厘的，作为屋面板的岩石，一般能經受25次冻融，而抗弯强度不小于180公斤/平方公分。

水工建筑上用的石料不但要考虑它的温度，同时还要注意它的抗冻性以及在水浸潤的作用下是否会破坏，或强度严重的降低。处在水位变化部位的表面岩石，就必须具有較好的抗冻性，而吸水率不能太大，例如用火成岩，其吸水率也要小于0.8%；用作内部填充的石料除了火成岩外也允許采用水成岩，但标号需达150~300公斤/平方公分，且軟化系数不低于0.7才可。

岩石本身因含有空隙，由于水分的浸入，常使岩石受到破坏，为了防止这种损坏，除了在石料表面复盖一层防水的材料外，在加工过程中也要避免造成許多能够吸水的裂縫，此外石料表面使之光滑，不使积水存儲，避免水分滲入等，也可以根据情况加以考虑。

第二章 燒土制品

一、定义及分类

燒土制品是人造的建筑材料。把选好的粘土，用适量的水加以拌合，制成坯子，經過干燥，焙燒而成。根据紧密的程度可分为多孔的制品（空隙率大于5%）如普通磚，輕量磚，空心磚，瓦及排水管等；密实的制品（空隙率小于5%）如鋪路磚及污水管等。

二、磚的制造

1. 原料 制造磚的材料主要是粘土，选择土質时应使其杂质較少（如砂礫草根等），并具有一定的可塑性。所謂可塑性就是按粘土重量加入17~30%的水分，在压力的作用下被压成一

定的形状而不发生裂缝，压力停止候，还保持受压时的形状。如果粘土的可塑性太小，则不易成型，如果太大干燥时容易开裂。为了防止粘土在空气中干燥及烧制过程中的收缩，可在拌制粘土时加入适量的砂土。

粘土不但用来做为烧土制品的原料，也可以不经焙烧直接应用，例如在粘土中掺入25%（体积比）的草屑、木刨花等，加以搅拌风干成土坯砖，其抗压强度可达20~40公斤/平方公分。在农村中也直接用粘土作成夯土墙来建造房屋。

2. 烧制 将拌制好的粘土经过手工压坯或带式压坯机成型以后，或在自然情况下干燥，或利用室干法，使其湿度降低到8~10%左右，然后进行焙烧，焙烧温度一般达1,000°C左右，砖坯里的有机质被烧掉，水分被蒸散，或放出二氧化碳，使粘土具有许多孔隙，烧砖所用的窑有许多形式，地方上常见的土窑也叫做间歇窑，这种窑须将烧好的砖全部取出来以后才能装进新的砖坯，浪费燃料较多，质量也不很均匀。现在工厂里都

采用连续作用的环窑，这种窑分很多小室，每一小室都有一个窑门，砖坯由窑门装进去，烧好后再从窑门取出来，小室都是互相连通着的，空气从一个室进去，经过所有的室再放出去；一个室在装坯时，旁边的室可以同时出砖，其他的室或在焙烧或在冷却，所以这种窑能经常出砖，并节省燃料。

砖有红砖与青砖两种，环窑一般只能烧制红砖，制青砖的方法是砖经过高温烧炼以后在冷却以前，在窑顶喷洒冷水即成青砖。

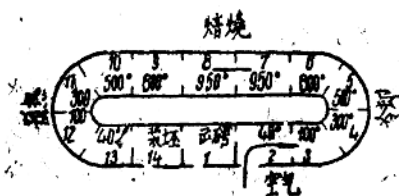


图 2-1 圆环窑工作图

燒磚的窯除了土窯與環窯的形式以外，還有在平地用磚坯和煤餅（煤粒的直徑不超過一公分，100斤煤中要摻土70~80斤，加水調成糊狀）混合裝成外形象一個碉堡式的圓窯，這種窯的優點是不需要窯子的設備，只要一些簡單的防雨措施；生產力大，一次可以燒磚幾萬塊至幾十萬塊；根據磚坯多少裝窯，不受地形限制，那裏有土就在那裏做坯燒磚，土完搬家不受損失；就地燒制，可以節約磚的運輸費用。

三、怎樣選擇磚

普通磚在建築物里經常受到壓力和彎力，如果抗彎及抗壓的強度不好，就不能砌大建築物，而砌成的牆也不堅固。除了要求磚具有一定的強度外，還要考慮磚是否有一定的隔熱性能，因為牆壁的功用就是保持室內一定的溫度，而不致隨着室外的溫度有很大的變化，所以質量較好的磚不但具有一定的強度，組織均勻緊密堅實而無裂縫；並且磚內還有一定的空隙，使磚具有隔熱性能。目前，磚的等級和質量，常從外觀檢查與強度檢查兩方面鑑定。

1. 外觀檢查

(1) 尺寸：應與標準尺寸相符合，我國目前的標準是 $240 \times 115 \times 53$ 公厘，但由於發生收縮，實際尺寸可能與標準尺寸有差別，但其差別不能大於標準規定。

(2) 彎曲：各面平整，無過大彎曲，如彎曲過大將影響砌體強度。

(3) 裂縫：一般無裂縫，即有也應當細微極小。貫穿裂縫最有害，在大面上貫穿裂縫長度超過15公厘時，抗彎強度降低20%。

(4) 斷面組織：磚的斷面上應該具有均勻的組織，無裂

縫、孔洞、石块及石灰的夹杂物。

(5) 棱角：棱角及边要完整，棱成直綫角成直角。

(6) 火候，顏色与声音：欠火磚一般声音敲起来最哑，顏色淡紅强度較低；过火磚顏色深暗，变形較大，声音极响亮，組織很紧密。因此隔热性能較差，但过火磚适用于基础及水工建筑方面的应用。

2. 强度檢查

(1) 抗压强度：根据磚的强度的大小而分为标号，試驗方法是把磚等鋸两半，将断面交錯迭起，浸水20~30分鐘后用水泥淨浆胶結起来，在室温放置3~4天，然后在压力試驗机上，压至破坏时，磚所能承的抗压强度就是磚的标号。

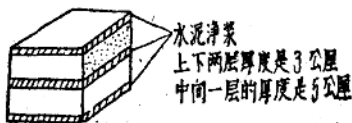


图 2-2 磚的压力試驗

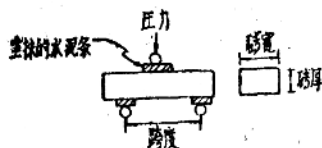


图 2-3 磚的抗弯試驗

(2) 抗弯强度：抗压强度高的磚，它的抗弯强度也高。由于建筑物不均匀的沉陷，因而使磚展生裂縫，如果抗弯强度大，則会防止。弯曲試驗的装置，如图2-3所示。

計算方法

$$\text{弯曲强度} = \frac{3(\text{弯断时的压力}) \times \text{支点間的跨度}}{2 \times \text{磚寬} \times \text{磚厚}}$$

公斤/平方公分。

两个支点間的跨度取20公分。

3. 吸水率 先将磚在100°C~110°C的烘箱內，烘至重量不变，然后将磚直立在水池內，用垫板垫起，然后加水，第一次

表 2-1

計算单位: 公厘

等 級 指 标		一 等	二 等
(一)外形指标			
1. 尺寸之允許公差, 不得超過:	长度	±5	±7
	寬度	±3	±5
	厚度	±2	±3
2. 弯曲, 不得超過:	大面	3	5
	条面	3	5
3. 缺棱掉角(以鈍度表示), 不得超過: 每块磚破坏处不得超過: 但都需有一个完整的頂面或条面。 鈍度小于 4 公厘者, 不按缺角掉角論		20 2处	30 不限
4. 裂紋			
机制磚: 未貫穿裂紋不超过 8 公厘者, 不按裂紋論。 在条面上未貫穿裂紋延伸在大面上之长度不得超過:		30	40
在条面貫穿裂紋延伸在大面上之长度不得超過:		15	30
每块磚上貫穿与未貫穿裂紋的条数合計不得超過:		2条	4条
手工磚: 在条面上不得有貫穿裂紋			
在条面上未貫穿裂紋, 不得超過:		1条	3条
其延伸在大面上的长度, 不得超過:		15	30
5. 紅磚对截磚在总数中所占百分数, 不得大于:		1%	3%
青磚对截磚在总数中所占百分数, 不得大于:		2%	5%
超出上述 1、2、3、4 項公差的磚和对截磚(即不合格品) 在磚总数中所占百分数, 不得大于:		7%	15%
6. 磚內不得含有影响強度的, 或爆炸后影响外形指标, 2、3、4 項的爆炸性石灰質或杂质。			

續表

等 級 指 标	一 等	二 等
7. 焙燒火度 欠火磚在磚總數中占百分數，不得超過： 不得有黑磚或酥磚	不允許	3%
(二) 強度指標(強度標号)		
1. 機制磚不得低於：	100 [°]	75 [°]
2. 手工磚不得低於：	75 [°]	50 [°]

使水淹至 $\frac{1}{2}$ 磚高，經12小時，第二次加水至 $\frac{3}{4}$ 磚高，再經12小時，最後加水使全磚淹沒(水不超過1公分)，再經24小時(總共經過48小時)後將磚取出用毛巾擦去表面水滴稱重。

$$\text{磚的吸水率} = \frac{\text{濕磚重} - \text{干磚重}}{\text{干磚重}} \times 100\%$$

作為房屋建築用的磚，因為要具有隔熱性能所以必須有一定的空隙率，要求磚的吸水率不低於8%。

表 2-2

磚之標号	极限强度(公斤/平方公分)				备 注
	抗 压 强 度		抗 弯 强 度		
	平均值	最小值	平均值	最小值	
200	200	150	34	17	(1)表中最小数值，系指一组(5块)试件中强度最小的数值，平均数值指一组(5个)试件的强度的算术平均值，其中低于平均值的不得超过2个 (2)如发现所取之砖样代表性不足时，可采用三组试件(每组5块)各组的平均值及最小值的算术平均值以确定其标号
150	150	100	28	14	
100	100	75	22	11	
75	75	50	18	9	
50	50	35	16	8	

4. 抗冻性 将磚样放入 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的水中浸泡24小时，再在零下 15°C 以下的温度內冻结5小时，然后再放入 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的水中浸泡5小时使磚融解，如在所試驗的一組(5块)試件中，經過15次循环冻融后重量損失不超过2%，抗压强度降低不超过25%則認為合格，湖北地区設計温度在零下10度以上可不考虑抗冻性。

茲将我国普通粘土磚質量暫行标准列表2-1 以便参考。

磚应符合上述外形指标与强度指标的規定，如有一項不能达到，則应按最低达到的指标确定等級。

磚的标号系根据表2-2規定之抗压及抗弯强度共同确定之。

第三章 木 材

一、概 論

人类使用木材作为建筑材料，已有悠久的历史，其使用范围也很广泛，如桥梁上做构架、桥面，铁路上的枕木，基础工程的桩木，水工建筑中的木坝、閘門、渡槽，房屋工程的构架、地板、門窗，以及脚手架、模型板等都需要大量的木材。

木材所以成为很重要的建筑材料，是因为它在建筑性能上有許多优点：

1. 木材質輕而有較大的强度；
2. 容易加工；
3. 在干燥空气中，木材有很高的耐久性，許多木材若长期置于水中其耐久性亦高；
4. 傳热性小。在一定温度变化下，伸縮相当少；
5. 缺陷疵病暴露显著，容易判断識別。

但木材在建筑性能上也有很多缺点:

- 1.耐火性很差, 容易燃烧;
- 2.当湿度(含水量)变化时, 显著的发生不均匀变形(当干燥时收缩, 潮湿时膨胀)引起弯曲、扭转及开裂;
- 3.容易受虫菌的侵蚀而腐朽;
- 4.木材组织不均一, 各方向强度不同。

二、木材的组织

把木材横切开来(如图3-1)就可以很清楚的看到木材横截面的结构, 主要由以下四个部分组成:

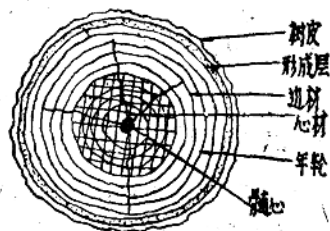


图 3-1 木材横截面

1.髓心 位于树干的中心, 由薄膜细胞组成, 它是树木初生的时候贮存养料用的。它的组织松而脆弱, 无强度易腐朽。

2.树皮 树皮是树的保护层, 它使树免于受剧烈温度变化的影响, 免于遭受生物对木

质的损害。它的强度很低, 在建筑上不能直接使用。

3.形成层 形成层是一层很薄的细胞, 位于木质部与树皮之间, 它能不断的分裂增殖, 向外生长成树皮, 向内生长成木质部。在一年当中, 形成层的工作是不平均的, 在冬天它的活动停止, 在春天它生成一些较松的木质部, 在夏天则生成较结实的木质部, 因此木材的组织是成层的。

4.木质部 树皮与髓心之间是木质部, 木质部结构坚实; 木材作为建筑材料使用的主要也就是木质部。

木质部可分为心材与边材。心材部分的水分较少, 不易扭

曲变形，顏色較边材深，由于其生長時間較久。細胞多已枯死，內儲单宁胶質，色素等物質，其他液体不易浸透，所以耐腐力較強。边材是木材有生命的部分。所含的水分較多，易于弯曲，顏色較淺，耐腐力較心材差一些。在受力性能方面，心材与边材近乎相等，无大差別。

在木質部中有呈同心圆分布的层次，每层相当于树木一年的生長，这就是所謂年輪，如果年輪愈是緊密，就說明木材愈密实堅強。年輪內淺色疏松部分是春季所生長的称为春材；深色細密部分是夏天和秋天生長的称为夏材(或称秋材)。若年輪內夏材所占的比例愈大，則木材的强度愈高。

三、树木的分类及建筑上常用的几种木材介紹

树木的种类很多，通常分为針叶树及闊叶树两大类：

1. 針叶树 材質較輕軟，叶呈針狀，大部分是常綠树，是建筑上最有用的木材。現列举几种如下：

(1) 杉木——产在长江以南和岭南一带。由于产地的不同名称也不同。湖南、云南、广西所产之杉木称广木，江西出产的杉木称西木，福建出产之杉木称建木。杉木的树干端直，材質輕軟，加工容易，干燥狀況良好，为我国南方最主要的建筑用木材。在含水量15%时，其順紋抗压强度平均約为380公斤/平方公分，弯曲强度約为670公斤/平方公分，順紋抗拉强度約为770公斤/平方公分，順紋抗剪强度約为40公斤/平方公分。

(2) 紅松——又称海松，为鴨綠江流域最主要的林木。軀干高大，品質优良，材質輕軟容易加工，含树脂多，耐腐力强。在含水量15%时，其順紋抗压强度平均約为320公斤/平方公分，弯曲强度約为650公斤/平方公分，順紋抗拉强度約为980公斤/平方公分，順紋抗剪强度約为60公斤/平方公分。

(3) 黃花松(落叶松)——比紅松堅硬、耐壓力強；耐濕，經久，容易保存；工程上常用作耐濕材料(如橋、碼頭、枕木等)；質略脆，風干後易生縱向裂縫。在含水量15%時，其順紋抗壓強度平均約為520公斤/平方公分，抗彎強度約為1,000公斤/平方公分，順紋抗拉強度約為1,220公斤/平方公分，順紋抗剪強度約為70公斤/平方公分。

(4) 馬尾松——分布在長江以南地區，材質輕軟較脆容易加工在水中亦很耐久。內部含有許多松脂，容易翹曲。在含水量15%時，其順紋抗壓強度平均約為430公斤/平方公分，抗彎強度約為850公斤/平方公分，順紋抗拉強度約為1,000公斤/平方公分，順紋抗剪強度約為70公斤/平方公分。

(5) 柏木——俗稱香柏，為我國南方重要木材之一。材質堅韌耐久，不易腐爛，用為水中木樁最為適宜。在含水量15%時，其順紋抗壓強度平均約為600公斤/平方公分，抗彎強度約為1,050公斤/平方公分，順紋抗剪強度約為75公斤/平方公分。

2. 闊葉樹 材質重而堅硬，所以又稱硬木樹，也稱雜木。普通為落叶樹。闊葉樹在建築上不如針葉樹用得普遍，宜作內部裝修及精細木工等，現列舉幾種如下：

(1) 榆木——材質堅硬，加工較難；收縮性很大，容易開裂；樹木較矮又不易長直，所以不能得到很長的材料，一般多用於小建築物上。在含水量15%時，其順紋抗壓強度平均約為490公斤/平方公分，抗彎強度約為1,000公斤/平方公分，順紋抗拉強度約為1,450公斤/平方公分，順紋抗剪強度約為160公斤/平方公分。

(2) 麻櫟——木質重而密致堅強，其強度、韌性、耐久性均較高，為水工建築物的優良材料。在我國南方產量很多。在含水量15%時，其順紋抗壓強度平均約為570公斤/平方公

分，抗弯强度约为1,150公斤/平方公分，顺纹抗拉强度约为1,400公斤/平方公分，顺纹抗剪强度约为125公斤/平方公分。

(3) 柳木——材質較輕軟，风干后不易开裂。为河工上常用之材料，用作柳桩、护岸、柳帚等，为我国劳动人民与灾害斗争的重要材料。

四、含水量对于木材性质的影响

含水量指木材内含水的重量而言，通常以百分率表示。由于木材内部的孔隙又小又多，所以一般木材都含有一定的水分，新砍伐的木材其含水量达35~120%之多，在空气中干燥的木材其含水量约15~20%。

木材的含水量对于木材的各项性质产生很大的影响：

1. 增加了木材的重量 例如松木在空气中干燥后其平均单位重约为500公斤/立方公尺，潮湿时为600公斤/立方公尺，被水浸湿时则达800公斤/立方公尺。

2. 减小了木材强度 根据实验结果可知：干木的强度较高，随着含水量的增加其强度减少。例如含水量由10%增至25%时。其顺纹压力强度几乎相差一倍。

3. 当木材含水量变化时，产生收缩和膨胀。 木材干燥时有收缩现象，当潮湿时有膨胀现象。木材的收缩和膨胀在各方向是不一致的，纵向（顺木纹的方向）收缩和膨胀较小，径向（半径方向）较大，而弦向（与年轮相切的方向）最大。

4. 翘曲与裂缝
由于木材在干燥时各方向的收缩不一致，



图 3-2 木材的翘曲与裂缝

或由于木材不均匀的干燥使之发生不均匀的收缩，干得快的一面收缩得快些。因之就使木材发生翘曲或裂缝的现象。如图3-2所示。

五、木材的强度

木材的强度极不一致，树种不同其强度就不同，同一树种若产地不同其强度亦有差别。由于木材本身组织的不均匀性，故受力方向顺着木纹或者垂直木纹其强度的差别甚大。含水量对木材强度的影响甚为显著(如前所述)。此外树节、裂缝、虫害等缺陷都直接严重的影响木材的强度。

1. 抗压强度 木材受压时，根据作用力方向的不同可分顺纹抗压及横纹抗压。顺纹抗压强度要比横纹抗压强度大3~10倍，所以在使用时应使顺纹受压力，横纹受力者仅适用于垫板、枕木，及承受挤压力较小的构件。

2. 抗拉强度 木材的顺纹抗拉强度最大。约为顺纹抗压强度的2~3倍，但由于构件两端接头处往往受到横纹抗压及剪切的作用，故不能充分利用。所以一般很少纯用木材作承受拉力的构件。

木材的横纹抗拉强度甚小，约低于顺纹抗拉强度10~40倍。

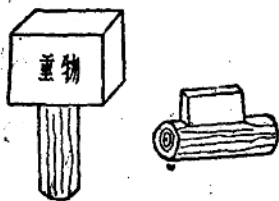


图3-3 顺纹受压和横纹受压

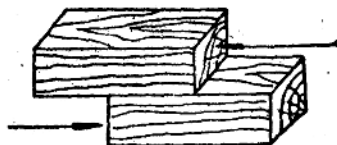


图3-4 顺纹剪切