

全國煤礦采煤、掘進及機械化技術專業會議

文件彙編之十一

坑 木 節 約(一)

煤炭工業出版社

898

全國煤礦采煤、掘進及機械化技術專業會議
文件彙編之十一

坑木節約(一)

煤炭工業出版社編

*

煤炭工業出版社出版

(社址:北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $1\frac{1}{2}$ 字數27,000

1958年9月北京第1版 1958年9月北京第1次印

統一書號:15085·611 印數:0,001—4,000冊 定價:0.20元

萍乡坑木代用品（竹材） 使用的研究分析

目前我局各礦已大量使用坑木代用品（竹材），这是一种降低坑木消耗的有效办法。竹材是一种有机的材料，属于禾本科竹亞科植物，品种有500种之多，有优良的物理性能，生長較快，三、五年即可成材；而本省產竹丰富，价格便宜，因此对竹材进行研究，設法利用竹材來大量地代替木材与鋼材，以緩和当前坑木供应緊張的情况，便成为我局的一項重要任务。自1956年中央关于節約坑木指示后，我局即正式着手研究竹材支架的各种形式、結構和使用条件，至目前为止，在回采、掘進、运输、排水、土建等方面，已經采用廿余种各种不同形式的代用品，僅从1956年1月至1957年5月份即節約木材达30,839M³，基本上解决了坑木供应不足的困难。

关于竹材的利用，我局早在1952年就已經开始，井下就使用竹梯子、竹篾和竹筐來代替木材，但由于当时对这方面重視不够，井下除了上述三种形式以外，別無其他形式；至1953年增產節約运动开始后，我局响应党的号召，又在回采工作面与掘進巷道使用竹尖与竹片；1954年末，又开始部分使用竹柱与竹棚子，但由于对这项工作缺乏經驗，在使用，上亦不够大胆，因此未得到推廣；直至1956年，我局各礦才大量試驗，回采区大量使用各种不同形式的竹

柱与竹梁。掘進巷道亦使用了各种形式的棚梁。經過兩年來的實踐，我局对竹材代替坑木摸得了一定的經驗，實踐証明，只要掌握竹材性質和使用条件，在使用上是安全的，經濟上是合理的，因此大力地推廣使用竹材，对節約坑木、降低成本是有一定意义的。

就我局的頂板条件來說，一般是屬于一級頂板，岩石破碎性較大，放頂时頂板隨放隨落，采煤时护頂工作比較困难，稍不注意，支架与打竹尖不及时，容易產生局部冒頂事故，因此，使用条件并不是十分理想的。

一、对竹材物理性質的分析研究

1. 毛竹的品種

竹材的品種較多，我局在使用上，采用本省出產楠竹与江南竹（即一般的毛竹）兩種。这种竹材肉厚，干直，徑圍較大，一般來講，这种結構無論在受弯曲及偏心压力，在力学观点上講，均是可貴的材料。

2. 竹材的产量

根据統計，我國竹材產量相当丰富，年產量約在15,000万以上，其中以長江以南產竹較多，僅浙江、江西、廣東三省，年產量达1,000万担以上（給我局在竹材就地取材，提供有利的条件）。

3. 竹材的成长及采伐時間

毛竹的生長能力比木材为快，約3年至5年即成壯碩

的毛竹；由于竹材的物理性質和采伐的年限与季節有密切的关系，根据用途的不同，一般3年至5年为宜，如表1及表2所示。

竹材生长期試驗

表1

生長年限(年)	耐 压 力(噸)	比 較(%)
1	18.5	100
2	15.2	118
3	18.4	136

各种性能的生长期試驗

表2

竹 材 的 性 質	最适宜的采伐年限(年)	备 注
耐 压 性	5—7	
抗 張 强 度	3—8	
弯 曲 强 度	4—5	
压 縮 强 度	4—6	

根据表1、表2可知，礦井中采用的竹材以5年为最好。

4. 原竹的外形尺寸分析

1) 毛竹壁厚估計：

竹材壁厚大小，將直接影响其荷重的性質，在竹材的選購中，对毛竹壁厚要相当考慮，通过其外形分析，得出其壁厚与剛徑比随高度变化的規律，自根部2公尺起至8公尺左右，此比值約为3%—4%（如图1），所以只要估計毛竹的外圍就可以測得其內部壁厚，但毛竹本身形狀

变化不一，故以上結果只作为毛竹壁厚的大略估計。

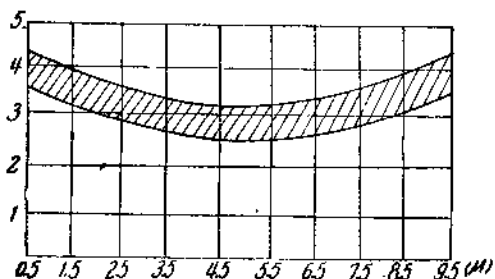


圖1 原竹壁厚与闊徑比随高度变化曲綫

2) 毛竹節間距随高度的变化:

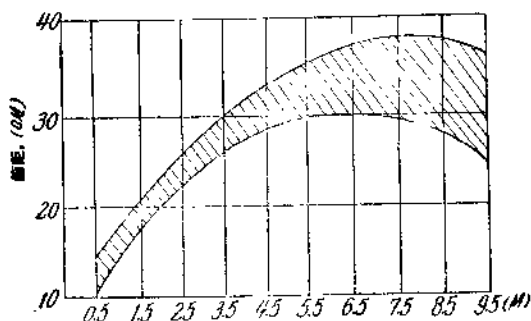


圖2 原竹節間距随高度变化曲綫

由圖2可知，竹材的節間距随高度而增大，由于竹節的有無与疏密，常影响竹材的某些力学性能，在选用竹頂、竹梁时，要采用節間距最密的，因为它的强度最大。

5. 毛竹的自然含水率

竹材的含水率，一般由產地運來而未經处理的含量較高；由于竹材的受力性能，因含水量的改变而变化，根据各种書刊雜誌的報導，竹材的含水率在15—20%时强度最大，所以，在实际采用竹材时，对原竹的干燥問題也值得考慮，一般在采伐后經過2个月的風干再行使用。

表 3

試 驗 时 間	根 部	中 部	節 部	备
新采伐的原竹	20.75	61.5	26.6	根部自0.5M起至9.5M(对比)
原竹采伐后經過60天的風干后	100	75	50	根部0.6M起至全長(相对比)

6. 竹材的吸水性

竹材的吸水性很强；在使用中因增加了竹材的自由面，故其吸水性尤强。此外，吸水率跟吸水時間有关（見圖3）。

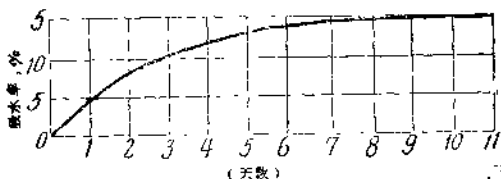


圖 8 竹条吸水率与時間的关系曲线

7. 竹材的物理性質

表 4

種類	抗压强度 (KG/CM ²)	抗張强度 (KG/CM ²)	抗弯强度 (KG/CM ²)	可 縮 性	備 注
楠 竹	540.55	竹黃1810.3 竹青3856.7	915	竹黃0.0401 竹青0.0410	
江南竹	500		588	0.060	

从表 4 的数字来看，竹材本身是一种賦有优良物理性質的材料，茲將竹、木、鋼三者物理性質列表比較。

表 5

物 理 性 質	木 材	Ct 3 鋼	竹 材
極限抗压强度 (KG/CM ²)	212	3,800—4,700	890
極限抗拉强度 (KG/CM ²)		3,800—4,700	1842
極限弯曲强度 (KG/CM ²)	380		915
極限抗剪强度 (KG/CM ²)	46.7		140
抗拉彈性模数		2100,000	126,220
抗压彈性模数	95,115		28,900

注：表 4 和表 5 中数据摘自混凝土 2 一書(楊文淵編)与建筑施工經驗匯編第二輯关于設計和研究一文。

二、竹材防腐及防水性处理

經過上面的分析，我們知道竹材有許多优点，但也有些嚴重缺点，即竹材易于拉長，竹黃脆弱易断，制成“混凝土竹”后極易發生裂紋，特別是吸水性強，竹材內部

水分的得失，引起膨脹與收縮，直接影響同混凝土的握裹力，降低了混凝土竹的抗压强度；另外，還會發生虫蛀、發霉、腐爛及燃燒（氧化），因此在大規模建設中，為了解決坑木供應緊張問題，進一步利用竹材必要性和可能性，就需要針對上述問題進行研究。

1. 竹材的化学成分及其与木材的比較

（一）竹材的化学成分：

由于竹材的品种很多，正确地講，其化学成分也各有差异。即使是同一根毛竹，根部，中部及梢部的成分亦有区别；就節与節間的成分來說，嫩竹和老竹，竹青与竹黃的成分亦不一致。根据北京清華大学及哈尔滨工業大学教授苏联專家卡岡同志的研究，竹材的成分以纖維和木質最多，其次是失水戊醣、蛋白質、灰分（以二氧化矽為主），果膠和色素的含量最少。

三年生竹莖的化学成分

表 6

化 学 成 分	梢 部	中 部	根 部
纖 維 素	52.15%	53.10%	53.00%
木 質 素	26.05%	28.25%	26.63%
失 水 戊 醣		15—20%	
灰 分		1.65—2.02%	
苯 醇 溶 出 物		0.19—0.55%	
乙 醇 溶 出 物		2.59—5.29%	
果 膠		0.0008—0.036%	

由上表來看，纖維素、木質素占总成分的81.35%（中

部);竹青、竹節所含的木質與色素比竹黃多,組織緊密堅韌,竹黃組織稍松,竹黃是淀粉和膠組成的膠體,此外竹青含有蠟質油分,竹節含有少量的二氧化矽。

(二) 竹材、木材的化學成分比較,見表 7。

表 7

化 學 成 分	一 般 坑 木	三 年 生 毛 竹
纖維素	59.54%	51.29—52.08% (粗纖維)
氮	0.07%	0.54 %
粗 蛋 白	0.45	
灰 分	0.29%	0.101%
醇 溶 出 物	1.89%	7.88 %
熱 水 溶 出 物	1.84%	2.17 %
冷 水 溶 出 物	1.20%	5.33 %
NaOH溶出物	15.20%	

2. 竹材的腐爛條件及其防腐處理

1) 竹材腐爛條件,及腐爛期限:腐爛條件見表 8,腐爛期限見表 9。

竹材的腐爛條件

表 8

	菌 類 發 育 條 件	井 下 特 有 的 條 件
空 氣 溫 度	18—25°C	15—26°C
空氣相對濕度	60—98%	80—95%
竹材絕對濕度	20—60%	50—70%
日 光	最好沒有	沒 有
空 氣 流 通	最好停止	各有不同
介 質 反 應	稍帶酸性	各有不同

竹材的腐爛期限 (根據井下統計材料) 表 9

使用地點	維持期	備 注
一般運輸巷道	6 個月至 10 個月	個別乾燥的地方可在 1 年左右 密閉的亦可維持 14 個月以上
通風巷道	3 個月至 6 個月	
回采工作面	1 年至 1 年半	

不难看出,井下的空气条件是适宜竹材腐爛的,何況毛竹在進入礦井以後,一般已染上若干的菌類,因此,要想防止毛竹的腐爛,改變井下條件顯然並不會收到良好的效果,只有從用化學處理來解決這個問題。

2) 竹材的防腐處理

由表 7 可知,毛竹的化學成分和木材的化學成分有許多相同的地方。據清華大學研究結果,採用酚醛樹脂,溶解在乙酸戊脂里,製成飽和溶液,塗在竹子上,這方法不僅方便價廉,同時在潮濕地方不發霉,效果較佳。

3) 竹材的防水處理

目前我局大量地使用混凝土竹,從使用中發現以下幾項主要的問題: a) 竹材的彈性模數低,竹材非屬純彈性體而有塑性變形; b) 竹材吸水失水脹縮變形,破壞了與混凝土的粘結力; B) 混凝土的耐久性低,因為混凝土屬鹼性物質,對竹材化學成分起破壞作用,降低了竹材的強度,克服這些缺點,目前尚無更好的辦法,一般是將竹材浸在氯化鋅 ($ZnCl_2$) 與水的溶液中 2—3 天,使竹材內部的空隙中填有若干不溶性的物質,減少其吸水能力,提高混凝土竹的質量。

三、竹材的种类和一般用途及其發展方向

1. 回 采 区

在回采区使用的，主要有三种，一种是竹帘与竹笆，作假頂、护頂，背帮及擋煤用（如图4）。

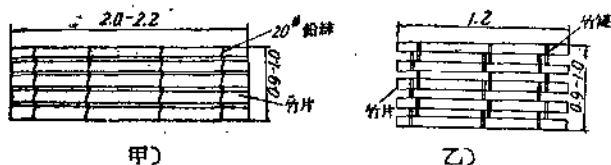


图4 竹帘与竹笆

第二种是竹尖，作护頂用，將整根毛竹劈成2—4塊，一端削尖即成。

第三种是竹擋煤板（图5），將竹擋煤板插在电溜子上（靠老塘方向），在攏煤与放炮时，煤可以直接進入运输机，提高裝煤效率。

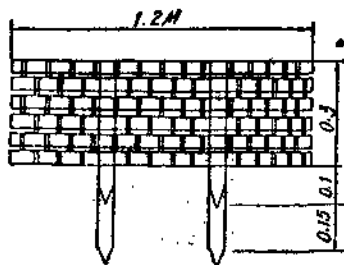


图5 竹擋煤板

2. 掘進區

在掘進區使用的，除竹筴和竹尖以外，還有竹盤。竹盤，是在溜煤眼使用的一種支架形式。溜煤眼的規格為 $1.0 \times 1.5\text{M}$ 及 $1.0 \times 1.0\text{M}$ 兩種，斜高一般為 16M 。根據經驗，竹盤使用在維持時間在一年之內的非主要溜煤眼中較好；掘摸索溜煤眼的壓力情況，每隔五架竹盤中架一木盤，能加強支撐力量和便於修理，我局使用竹盤以來，取得較好效果。

3. 通風方面

在通風方面使用的，有竹篾風筒、竹風門和竹夾風牆。

竹篾風筒是用雙層絲篾織成的。這種風筒，在使用上有很多優點：輕便，價廉，特別在地質條件變化較大（彎曲、起伏）巷道，竹風筒可以做成各種形狀來適應巷道的變化；在小斷面巷道中，可以採用直徑小於 200MM 的竹風筒，以免因風筒過多地占有空間位置而影響掘進和運輸。

竹風門和竹夾風牆（作風幃用），見圖6。

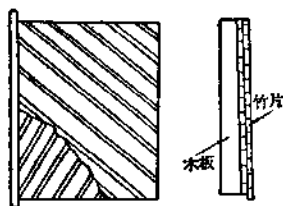
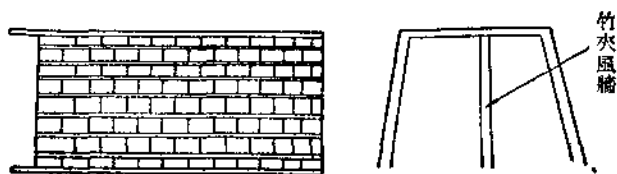


圖 6 (甲)



(乙)

圖6 竹風門及竹夾風牆

4. 運輸方面

在運輸方面使用的，主要有竹梯子、竹地滾和竹木笨溜子。竹梯子，在掘進巷道作拖運料減少摩擦力用，同時作行人用；竹地滾，作托住無極繩、減少鋼絲繩摩擦力用；竹木笨溜子（圖7），作溜煤用。

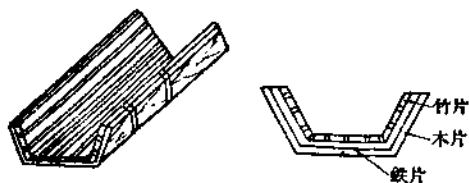


圖7 竹木笨溜子

此外，在排水方面，有竹水管、竹水溝；土木方面有竹笆牆、竹跳板、竹腳手架等，均收到節約木材的效果。

四、几种主要竹材的使用情况

1. 掘进方面

(一) 圓竹棚梁及竹棚腿的竹棚

(1) 使用情况：这种形式是我局最初在掘進巷道中使用的（一般在次要巷道），由于是第一次試驗，缺乏經驗，采用上不大胆，和木棚間隔使用，棚距0.6M，为了減輕梁的負荷，在煤壁頂端挖梁窩，棚腿与棚梁相互垂直（圖8）。

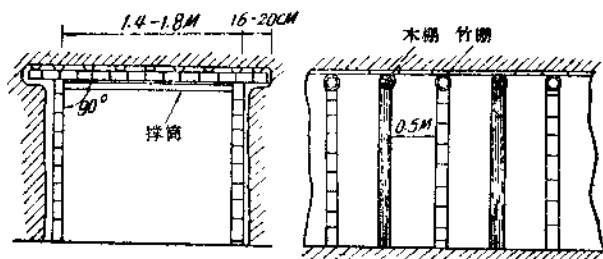


圖8 竹棚

虽然我們也知道，从性質上看，竹子有許多优良的物理性質，但对某一根竹材到底能負荷多大压力，尙無法掌握，为了更進一步了解其性能，曾進行过耐压試驗（見表10和圖9）和抗弯强度試驗（見表11）。

表10

代用品名称	長度 M	直徑 CM	油压机指示数字 (KG/CM)	油压机断面積 (CM ²)	柱子上所受压力 (KG/CM ²)	竹材断面 CM ²	單位荷重 KG/CM ²	压坏情况	备注
天然原竹	1.8	12	60	176.6	10536	26.5	400	彎曲未破	
"	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	9713	"	367	"	

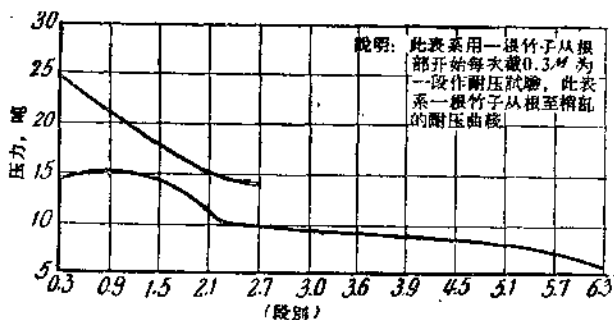


圖9 竹子耐压曲线 (短曲线系帶鉛絲箍竹子)

表11

名稱	直徑 (CM)	支距 (M)	油指示機數	總壓力 (KG)	最大彎矩 (J _M)	最大彎曲應力 (Kg/CM ²)	斷面系數 (W)	油壓機斷面 (CM ²)	備 注
天然竹子	12	1.25	75	1825	0.416	588	2.1	176.6	$W = \frac{0.098(D^4 - d^4)}{D}$

試驗过程用人力搖動油压机，試驗結果一般合乎要求。

此外，經過多次現場觀察，在压力不大的巷道里架設竹棚，經2—4个月后并未破坏。破坏的規律一般是这样：竹棚受到頂板压力，逐漸开始弯曲，首先棚梁的支点產生劈裂，撓度加大，把撐篙压断、压掉，梁繼續下垂；由于頂板岩压不断离層，压力漸大，產生側压力將棚腿压弯，以致竹棚全部破坏。

这种支架將棚梁的兩端插入兩帮內16—20CM，以增加頂梁的抵抗力量，减少竹棚腿的負荷，棚腿上端砍成碗口

形式，內填木楔，以鉛絲扎緊，增加耐压面積。这样的架設形式，棚腿受力最小，棚腿取垂直状态，故棚腿支压力 = $\frac{Q}{2}$ 。事实上頂梁插入兩帮內，頂板压力有部分通过帮牆傳遞到底板，剩下部分由梁傳至底板，由于頂压結果，可能使兩帮鼓出，而給棚腿一个力量，使柱脚弯曲而挤出。克服这种现象的办法是用撐筒和在頂梁下部靠棚腿的地方釘上木塊（用木棚梁时），見圖10。



圖10

（2）竹棚的优缺点

点：竹棚的优点是：

- 1) 竹材的彈性强度較大，不易驟然破坏；
- 2) 这种支架形式受力比較小（部分压力由煤壁負担）；
- 3) 撐筒能支撑部分压力，避免拉倒棚腿；

4) 竹材价格低，重量輕，需用劳动量小。它的缺点是：1) 竹材不能承受支点的集中压力，常導至竹筒沿軸向劈裂，破坏其断面形狀，降低抗弯强度；2) 竹梁的撓度較大（8—10MM）；3) 柱脚易于压弯。

（二）木梁和混凝土竹棚腿梯形棚子

根据上述竹梁不能承受支点压力的缺点，將竹梁改換为木梁，棚腿用混凝土和竹子。

（1）制造方法：將直徑12—14CM的竹子鋸成長1.4—2.2M的，用鐮刀將竹節全部打通，削平，上下兩端用