

坑木的防腐

苏联 普·斯·包特高爾靜等著

燃料工業出版社

坑木的防礙

苏联 普·斯·包特高爾靜 姆·恩·蓋列斯庫爾著

蔡 錦 鑄譯

燃料工業出版社

076287

內 容 提 要

本書系統地闡述了煤礦工業坑木防腐各項有關問題。全書分爲五篇：第一篇詳述木材的構造、性質和腐蝕傷；第二篇詳述木材腐敗菌的發生和種類；第三篇詳述坑木的防腐劑、防腐法和防腐車間；第四篇詳述木材支架防腐的特殊情況和用氣體防腐劑的防腐法；第五篇詳述防腐劑工作溶液的調製、試驗和安全技術。

本書可作大學或專科學校教材用，並適於設計機構工作人員、推行木材防腐工作人員以及林業、礦業工程技術人員參考。

* *

*

坑 木 的 防 腐

КОНСЕРВИРОВАНИЕ КРЕПЕЖНЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1949年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 П. С. ПОДКОПИН М. Н. ГЕЛЕСКУЛ 著

蔡 錦 鑄譯

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版登記證出字第0198

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：盧冠斌 校對：陳楓

書號534煤208

850×1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 56印張 * 4插頁 * 115千字 * 定價(9)一元二角三分

一九五五年九月北京第一版第一次印刷(1-1,100冊)

原 作 者 序

礦井的建設、恢復和改建必須消耗大量坑木；在生產礦井內，每採千噸煤的坑木消耗量達 45 立方公尺，其中 16—17 立方公尺左右用於支護準備巷道。坑木在井內的環境是異常惡劣的。

木材的腐朽是採礦巷道中木材支架損壞的最主要原因之一；岩石壓力（壓力來臨的區域）於大多數情況下只對已腐朽的木材才發生破壞作用。

因此，以防腐的措施來延長坑木的服務年限，是節約稀缺和邊遠木材的基本方法，也是減少巷道維護費用的基本方法。

煤礦工業不論在過去和現在，都極其重視坑木的防腐問題；但是必須承認，直至現在我們在廣泛採用防腐木材支護巷道方面還未取得足夠經驗。

1933—1944 年時，頓巴斯礦曾根據波波夫教授的設計書，建設了兩所木材防腐車間；這兩所車間的生產時間不長，生產經驗也未在報章上發表。

坑木防腐方面的書籍也非常有限。

其他工業部門在木材防腐上的豐富經驗，煤礦工業只能借用一小部分，因為煤礦工業中防腐木材的使用條件和對所用防腐劑的要求與其他工業部門不同。

這一切都可證明：系統地論述巷道所用支架木材天然性質和特點的本書有出版的迫切需要。

本書論述了坑木防腐方法；關於防腐車間的描述，對於礦山和設計機構工作人員，可能有極大參考價值。作者編著本書時，在參考了自己所著坑木防腐作品外，還參考了最近出版的現代技術書籍和許多科學研究機構的著作以及由諾沃-莫斯科和洛西諾奧斯特洛夫斯基等軌枕防腐工廠直接收集到的實際資料。

研究坑木防腐法勢必涉及木材管理學上的基本知識，因而作者認為有必要先在第一篇中略述木材的構造、性質和病斑傷。

目 錄

原作者序

導言..... 4

第一篇 礦 用 木 材

第 一 章 木材的構造..... 6

第 二 章 木材的主要性質及它們的指標..... 8

第 三 章 木材的病斑傷.....19

第 四 章 採用於井下巷道的樹種.....24

第 五 章 坑木的種類.....26

第二篇 坑 木 的 腐 朽

第 六 章 使孢子發芽和菌絲體發育的井下條件.....29

第 七 章 井下巷道中最常見的木材腐敗菌.....34

第 八 章 木材對某些木材腐敗菌的免疫性.....45

第 九 章 危害坑木的昆蟲.....46

第 十 章 坑木的腐朽.....47

第 十 一 章 坑木的燃燒.....53

第三篇 坑 木 的 防 腐

第 十 二 章 木材腐朽和燃燒的防止.....55

第 十 三 章 各種防腐劑的說明.....56

第 十 四 章 最適用的坑木防腐劑.....64

第 十 五 章 坑木防火劑.....69

第 十 六 章 各種木材防腐法的說明.....72

第 十 七 章 最適用的坑木防腐法.....85

第 十 八 章 熱冷溶槽法坑木防腐.....90

第 十 九 章 全部飽和法(使用壓力)坑木防腐.....93

第 二 十 章 表面浸漬井內擴散法坑木防腐.....97

第 二 十 一 章 木材防腐的技術經濟指標106

第二十二章	進一步發展坑木防腐技術的途徑	109
-------	----------------------	-----

第四篇 木材支架的防腐

第二十三章	防止井內木材支架腐朽的特殊情況	112
第二十四章	現有結構中木材防腐法的評述	114
第二十五章	防止木材腐敗菌的氣體防腐劑	114
第二十六章	氣體狀三氯硝基甲烷的殺菌性能	117
第二十七章	馬克耶夫礦務局格魯斯基斜井巷道木材支架 三氯硝基甲烷化的工業試驗	121
第二十八章	進一步發展巷道支架木材氣體防腐法 的途徑	128

第五篇 防腐劑工作溶液的調製、試驗和安全技術

第二十九章	防腐劑工作溶液的調製	130
第三十章	防腐劑的吸收量和透入度	134
第三十一章	主要水溶性防腐劑及其用水的試驗	137
第三十二章	防腐木材的試驗	145
第三十三章	安全技術和衛生	148

導 言

木材是非常重要的天然材料之一。木材的許多優良性能使其廣泛而多樣地被採用於採礦工業中。

木材的優良性能爲：

- 1) 容重不大而强度高；
- 2) 熱和電的傳導性微小；
- 3) 比重小，因而使支架的運送和安設便利；
- 4) 容易用簡單工具加工和接合支架構件(藉截槽和釘子等接合)；
- 5) 溫度變化時，伸縮的變化小；
- 6) 有彈性。

木材除有上述優良性能外，還存在有缺點。

木材的主要缺點如下：

- 1) 易腐朽；
- 2) 能燃燒甚至易燃燒。

用化學藥劑將木材作特殊處理，在很大程度上，能消滅上述缺點，亦即能延長其使用年限；此外，不論所作的結構如何，都能減少其消耗量，降低巷道維護費，減少因檢修井下巷道而蒙受的生產上損失。

用防腐劑處理過的坑木，由於其使用年限增加，可使礦井生產上異常重要的巷道修理工程(即重新支護)隨之而減少。重要巷道的修理往往阻礙井內的運輸，加多因重新支護而產生的矸石的運輸，破壞正常採煤過程和使通風惡化。

人類設法提高木材抗朽性和耐火性的強度可追溯至古代。兩千年前在羅馬與本都斯的密司立提發生的戰爭中，阿爾海拉古將軍曾使用防火木材製造堡壘。那時，木材的防火處理是將其投入礮溶液中浸漬；用此法處理的木材所建的堡壘，曾使敵人燒堡陰

謀宣告失敗。那時，木材的防火處理還局限於塗油漆或以礬、醋等溶液浸漬。

在古代，木材的防腐法是將木材表面燒焦然後塗以油漆。到十九世紀時，出現了新的深入浸漬法，即將木材裝入特殊裝置用壓力或真空使防腐溶液滲入木材。

俄國第一個木材防腐工廠建於1876年。

在鐵道業發展的同時，木材的防腐技術也有長足的發展；這是因為鐵道工業是木材的主要消費者，對於軌道枕木和電綫桿有大量的需要。

坑木的防腐到二十世紀時才開始。

二十世紀在木材防腐法上的特點是有了新的發明和改進（主要是減少了防腐劑的消耗量）。應該着重地指出，對於我們來說二十世紀更是坑木防腐工作的開端。

第一篇 礦 用 木 材

第一章 木材的構造

建築房屋、各項重大工程和支撐探礦巷道用的樹幹是樹木的最貴重部分。樹幹是由形狀不同和大小不同的細胞所組成的。這些細胞對於樹木的生長有不同的功用。細胞用肉眼是看不見的，確定木材的構造(或木材的顯微構造)，僅可利用顯微鏡。

為了獲得關於木材構造的正確概念，必須將樹幹分成三個主要的切面(圖1)：

- 1) 橫切面——垂直於樹幹中心綫所鋸切的平面；
- 2) 徑切面——依橫切面的半徑或直徑穿經樹幹中心綫所鋸切的平面；
- 3) 弦切面——通過橫切面離樹幹中心綫較遠的弦所鋸切的平面。

樹幹的橫切面，自邊緣至中心，可以分成下列幾個主要部分：皮層、形成層、木質部和髓部(圖2)。

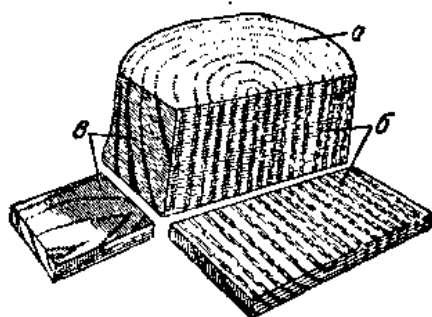


圖1

a—木材的橫切面(樑樹)；b—木材的徑切面(樑樹)；c—木材的弦切面(樑樹)

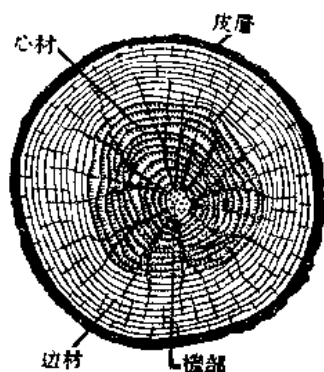


圖2 樹幹的橫切面

皮層 皮層是由樹皮的外層和內層——木栓組織和韌皮部所組成。

韌皮部 活樹中韌皮部的功用是把營養物質自樹葉輸送至樹幹和根部，它同樣也是分解儲備營養物質的部分。

形成層 位於木質部和韌皮部之間，是很薄的活細胞層，這些細胞能分裂和生長。形成層細胞的分裂每年往樹皮方向形成韌皮部細胞，向相反方向則形成木質部細胞，形成層細胞分裂時，形成木質部細胞的數量多於韌皮部細胞，因而木質部比皮層長得快。形成層的活動在冬季完全停頓。在形成層的生長時期，春季所生的木質部較鬆軟，夏季所生的木質部較緻密。

木質部 木質部是由許多自髓部至皮層的同心層所組成的，木質部與皮層被肉眼所看不見的形成層所隔開。

有幾種樹木的樹幹的橫切面上，很容易分出木質部外部顏色較光亮的部分——**邊材**（有時把其周緣部分稱作「外邊材」）和內部顏色（即中樞部分）較黑暗的部分——**心材**。

邊材 邊材是由新生細胞所組成的木質部的一部分。邊材中有活細胞。在活樹中因水分能於邊材中流動，故新伐下樹木的邊材的濕度顯著地大於心材。

心材 心材是由死細胞所組成，為活樹樹幹的骨架，承受主要的負荷。心材木質部顏色較黑暗是由於其中生有各種物質（樹脂、單甯等）；在它們的影響下，心材木質部的抗腐性較邊材為大。

某些樹種的心材和邊材在顏色上的差別不大顯著，但樹幹中心部分的含水量卻顯著地少於其邊緣部分，在這種情況下這兩個部分合稱為成熟木質部。

根據心材、邊材和成熟木質部是否存在，木材的樹種可分：
1) 心材樹種，即具有心材和邊材（櫟、合金歡、松、落葉松、雪松等）；
2) 邊材樹種，即僅具有邊材（樺、赤楊、山楊等）；
3) 成熟木質樹種，即具有成熟木質部和邊材（雲杉、冷杉、山毛櫸等）。

髓部 位於樹幹中心並穿經整個樹幹。髓部是由疏鬆地互相關附着的薄壁細胞所組成的，是一種薄弱鬆軟的組織。髓部和枝

芽在第一年生長出來的木質部分形成髓部筒。從橫切面上看，髓部筒的直徑有1至5公厘的，有時也有長達10公厘的。

年輪 樹木只於發育期間(春季和夏季)生長。木質部和韌皮部細胞自春季開始生長，繼續整個夏季後直至秋季方告終止。一年生一層の木質部即稱為年輪。橫切面上的年輪或大或小地形成同心圓；徑切面上年輪的界限幾乎都成直線；弦切面上的年輪呈拋物綫狀。

每一年輪可分成兩帶：生長期開始時(春季或夏季)所形成的春季帶和夏末所形成的夏季帶。這兩帶我們分別稱為早材和晚材，並有一定區別。

年輪較光亮、疏鬆和薄弱的部分叫早材；年輪較暗黑、緻密和堅硬的部分叫晚材。由此可見，年輪內晚材長得越旺，則木材越佳。因此，木材的力學性質主要決定於其晚材的相對含量。

髓芒 在櫟樹和山毛櫸樹幹的橫切面上，我們用肉眼可以看見沿半徑自形成層走向樹幹中心的窄的條紋——髓芒。針葉樹的髓芒用肉眼是看不見的。髓芒是由薄壁細胞組成的，為木質部最薄弱的地方，經常發生開裂。

樹脂道 大部分針葉樹種的樹脂集中在其假導管(組成木質部主要物質的縱纖維)之間的空隙，這種空隙即所謂樹脂道。樹脂道主要位於年輪的夏季帶部分，並與導管有所區別(針葉樹沒有供水分流動的導管)。樹脂道無獨立的溝壁，乃是細胞之間充滿樹脂的空間。在針葉樹的徑切面上我們可以觀察到樹脂道狀似黑色小點。樹脂是防止木材腐朽的防護物質。

第二章 木材的主要性質及它們的指標

一、木材的化學性質

木材的主要部分是由有機物質所組成，有機物質的成分內含有四種元素：碳(C)、氫(H)、氧(O)和氮(N)。一塊絕對乾燥的

木材平均含有：碳—49.5%；氫—6.3%；氧和氮一共爲44.2%。
木材中氮的平均含量爲0.12%。

除了有機物質以外，木材中也含有礦物質，燃燒後成爲灰。灰的數量取決於木材的樹種，它在木材總重的0.2—1.7%的範圍內變動。含於灰內可溶部分的最主要礦物質爲碳酸鉀和碳酸鈉。灰內不可溶的物質爲石灰、氧化鎂、氯化亞鐵和矽酸。

木材中所含的碳、氫和氧組成複雜的有機物質（甲醛、醋酸、乳酸、葡萄糖及纖維素等），這些物質一部分含在細胞壁中，一部分含在細胞內。

木材的細胞壁主要是由纖維素、半纖維素和木質素所組成。

細胞腔內含有單甯、色素、樹脂、樹膠、酯油和鹼質。

纖維素 纖維素是細胞膜的主要物質。它屬於多醣類，它的分子式爲 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ，式中 n ——沒有正確規定的聚合係數。

纖維素是非常耐久的物質，不溶於水、酒精、醚丙酮及其他普通有機溶劑中。

當酸和纖維素作用時，這種作用隨着酸的濃度、作用時間和溫度而發生各種不同的變化。

半纖維素 半纖維素被含於細胞膜中，它與纖維素近似，但有着較小的化學耐久性。

木質素或木材質 木質素或木材質是繼纖維素後的細胞壁的最主要組成部分。木質素的化學成分異常複雜。

與纖維素相較，木質素的化學耐久性較小，易受熱鹼、氧化物和鹵素的作用。

纖維素、木質素和半纖維素是組成木材的主要物質，它們幾乎佔乾燥木材重量的96%。

纖維素在木材內不是處在游離狀態中，而是與木質素和半纖維素化合在一起。

當木材的內部不通入空氣，使溫度到達 100° 以上時，它就開始發生化學變化，分泌出瓦斯狀和蒸氣狀的分解物。這樣的過程叫做木材的乾餾。

当温度升高至 170° 時，自木材中分泌出水分，当温度自 170° 升至 270° 時，木材開始分解。

当温度在空氣中達 275° 時，木材即開始燃燒(与空氣中的氧化合)，帶有明亮的火光。大塊木材由於導熱性小，在这种温度下不燃燒，它的初燃能轉為陰燃以至完全熄滅。因此，木材的實際燃點(对松木來說)為 $300-330^{\circ}$ 。

二、木材的物理性質

木材的物理性質應理解為，在木材的化学成分不變、試件完整性未被破壞的情況下，才能觀察到的一些性質。木材的物理性質決定於木材的外貌、重量以及它对水分、熱、声音、電和氣體等的關係。

木材的顏色 木材的顏色是區別木材樹种和辨明其質量的最主要的標誌。木材在儲存期內，一般都逐漸變黑；雲杉却例外，它在乾燥的倉庫內保持其光亮的顏色非常長久。有些樹种的木材，在空氣作用下才發出固有的顏色(例如，赤楊置於空氣中後變成紅色)。很多种木材在空氣中呈淺灰色——即受到「風化」。

木材顏色的均勻，一般來說，表示其質地優良。靠近心材常有黑色或淺色小條和斑點，這大体上表示木材的初朽。

色澤和結構 有些樹种(臭槭、槲等)的木材具有天然色澤。木材的色澤普通在鋸面上就能觀察到，它主要是由於在一個平面上互相靠近的髓芒所引起。

各种木材的組成部分(纖維、脈管、髓綫)在鋸面上描繪出一幅可以說明各樹种特點的花樣。这种花樣称作結構。結構的特點由鋸面來決定。

木材的氣味 木材的氣味決定於其中所含的樹膠、樹酯、酯油和單寧質等物。木材的氣味對於辨認木材的樹种具有一定的重要意義。

比重和容重 木材(沒有空隙的堅硬木質)的比重与作為物理体的木材的比重不同。木材的比重超过 1，所有樹种幾乎都如

此，平均等於 1.54 克/立方公分。木材比重對木材的空隙度測定具有重要的意義。

作為物理體的木材的比重（即木材重量與攝氏 4° 時同樣容積的水的重量之比）這一概念已不用，在實際工作中使用木材的容重。容重（木材單位體積的重量）以克/立方公分來表示，在計算時並以 15% 為木材標準濕度。容重有着很大實用意義，因為根據容重可評定木材的重量。此外，容重也可以當作木材的技術性質指標。

除容重外，也常使用假定容重。

在絕對乾燥狀態下樣品重量與新砍伐狀態下同一樣品體積之比叫做假定容重。假定容重的數值非常相近於絕對乾燥狀態下容重的數值。

假定容重 (γ_{ycn}) 和在絕對乾燥狀態下容重 (γ_0) 之間的關係用下列公式表示：

$$\gamma_0 = \frac{\gamma_{ycn}}{1 - \frac{\gamma}{100}},$$

式中 γ ——全部容積的收縮，%。

假定容重比容重所具的優點是：假定容重與收縮的數值無關並且不需按 15% 濕度重新計算。

木材的容重取決於濕度、年輪的寬度以及其樣品在樹幹的高度和直徑上所佔的位置。濕度增加時，容重也就增加。

當木材烤乾到達相當於纖維飽和點的濕度 (23—30%) 時，容重的變化與濕度成正比例地進行；在這之後，容重開始漸減，因而木材體積也就減小。當木材的濕度增加時，可以觀察到相反的現象。

木材容重與濕度之間的數值關係依下列公式求得：

$$\gamma_w = \gamma_0 \frac{100 + w}{100 + (\gamma_0 - \gamma_w)},$$

式中 γ_w ——濕度 w 時所求的容重，

γ_0 ——絕對乾燥狀態下的容重，

w ——木材的濕度，%，

γ_0 ——當木材烤乾達到絕對乾燥狀態時的容積收縮數值，
%，

γ_w ——當木材烤乾達到濕度 $w\%$ 時的容積收縮數值，%。

為求得木材的重量，一般使用根據蘇聯所長各種樹種的平均容重所製的統計表。

在表 1 內列舉了幾種根據濕度而轉移的樹種的木材重量（1 立方公尺木材的大概重量，公斤）。

表 1

樹 種	木材的濕度狀態			
	11—18% (空氣乾燥)	18—23% (半乾燥)	23—45% (潮 濕)	新砍伐 下 的
合金欖、山毛櫸、櫟、千金櫟、樺	700	730	800	1000
樺、落葉松	600	630	700	900
赤楊、山楊、松	500	550	600	800
雲杉、冷杉、赤楊	450	500	550	800

木材的容重也取決於年輪的寬度。早材和晚材在容重方面有很大的差別。例如，松木的早材容重和晚材容重之比為 1:3。

木材的孔隙度——這是絕對乾燥木材總體積中氣孔體積的百分比。孔隙度決定於木材的容重——容重越大，空隙度越小。

孔隙度的百分比依下列公式求得：

$$C = 100 \left(1 - \frac{\gamma_0}{d} \right),$$

式中 d ——木材的比重；

γ_0 ——絕對乾燥狀態下的容重。

木材的濕度——這是影響木材性質的最重要的物理因素。

處於木材中的水分的數量叫做木材的濕度。濕度要根據木材的原始重量（相對濕度）求得，或者根據絕對乾燥木材的重量（絕

对濕度)求得，並以百分率表示之。

在活樹中，水分的分佈是不均勻的：根部的水分數量最多，頂端的水分數量最少。在心材樹種的樹幹的橫切面內——邊材的水分多，心材的水分少。在松樹中，心材含有 24—50% 的水分，而邊材則含有 70—180% 的水分。

新砍伐下的樹木的濕度決定於樹種、砍倒的時間和其他因素，其變動範圍為 35—100%，或更多（指絕對乾燥木材的重量而言）。

砍伐下的樹木，特別是剝了皮的樹木很快就變乾。水分自表面和最外的外層蒸發掉，在木材中殘餘的水分力求自水分多的部分湧至水分少的部分。

木材的濕度是將試件烤乾後用稱量的方法求得，按下列公式計算：

$$w = \frac{G_w - G_0}{G_0} \cdot 100\%,$$

式中 G_w ——木材烤乾前的重量；

G_0 ——用 100—105 °C 的溫度烤乾後的常重。

木材中的水有下列三種：充於細胞腔中的毛細管水（自由水）；居於細胞膜中的吸着水或膠狀水；在活細胞中化學物質所含的化學結合水。

活樹中的水主要是毛細管水和吸着水，化學結合水的數量非常少。

在木材乾燥過程中，首先蒸發出來的水為毛細管水，最後蒸發出來的水為吸着水。木材的濕度，當毛細管水（自由水）喪失以及它的纖維被結合水全部飽和時，叫做纖維飽和點。

各樹種的纖維飽和點在 23—35% 的範圍內變動，其濕度平均大約等於 30%（根據木材的絕對乾燥重量求得）；就個別樹種來說，松和雲杉的此種濕度等於 29%，落葉松等於 30%。

木材在濕度上有下列區分：

1. 潮濕木材——濕度超過 23%，

2. 半乾燥木材——濕度自 23—18 %，

3. 空氣乾燥木材——濕度自 18—10 % (平均為 15 %)。

濕度近於 0 (0.5—2 %) 的乾燥木材是在 100—105 °C 的乾燥空氣中烤乾至常重時製得。

長期處於水中的木材叫做潮濕木材。潮濕木材的濕度超過新砍伐下的樹木。

還有所謂工業濕度的區分。工業濕度分為：(一)經營濕度，它以木材的經營條件為轉移；(二)生產濕度，這是木材在生產過程中濕度居留期間的濕度。

濕度有害地影響木材的物理力學性質，因而我們必須特別重視。

收縮 木材乾燥後，由於水分從細胞膜中蒸發掉而縮減其面積，此種現象叫做收縮。木材的收縮只有當木材的濕度低於纖維飽和點 (23—30 %) 時才開始發生。

膨大 木材能藉吸收水分和水蒸氣增大其綫面積和體積。木材從空氣中吸收水分能使其最大濕度達到 23—30 %。膨大只發生於纖維達到飽和點之前。木材在吸收別的液體時也發生膨大，但在程度上比起吸收水分來要小得多。

吸水率 木材浸入水中吸水的性質叫做吸水率或吸水能力。木材吸水的程度，即木材吸水的數量隨其浸入水中的時間和其樹種為轉移。一立方公寸木材在一定單位時間內吸收一定數量的水叫做吸水速度。木材所能吸收的最大的水量叫做貯水量，貯水量根據乾燥木材的重量用百分比求得。貯水量隨着細胞壁所吸收的吸入水的最大數量為轉移，並隨着充塞氣孔的毛細管水的最大數量為轉移。吸入水 ($w_{\text{инп}}$) 的最大數量等於 23—30 % (纖維飽和點濕度)。毛細管水的最大數量隨着木材中氣孔的體積，即隨着木材的空隙度 (氣孔度) 為轉移。

毛細管水的最大數量在理論上依下列公式求得：

$$w_{\text{кан}} = \frac{C}{\gamma} = \frac{100(1 - 0.65\gamma_0)}{\gamma_0},$$