

木材与纤维素化学

A.C. 謝尔盖耶娃



A·C·謝尔盖耶娃著

木材与纤维素化学

申宗圻 建中心译

中国林业出版社

一九五七年·北京

本書系根据苏联森林工業与造紙工業出版社（Гослесбумиздат）出版的А·С·謝尔盖耶娃（А·С·Сергеева）所著木材与纖維素化学（Химия древесины и Целлюлозы）1954年版譯出。原書經苏联森林工業和造紙工業部教育司审定为中等專業学校教科書。

本書扼要地叙述了有关木材結構、纖維素、木素、半纖維素的一些基本知識。

本書前五章由北京林學院申宗圻同志譯、其余的由西北农学院建中心同志譯，最后由申宗圻同志校閱。

版权所有 不准翻印

А·С·謝尔盖耶娃著

木材与纖維素化学

申宗圻 建中心譯

*

中国林業出版社出版

（北京安定門外和平里）

北京市書刊出版營業許可証出字第007号

工人日报印刷厂印刷 新华書店發行

*

31" × 43" / 32 · 5 1/2印張 · 111,300字

1957年5月第1版

1957年5月第1次印刷

印数: 0001—6,150册 定价 (10) 0.80 元

目 錄

前 言

第一章 木材的構造.....	3
木材的微观構造.....	5
木材的解剖分子.....	12
細胞在树木生机中的作用.....	19
第二章 木材的物理性質.....	21
比重和容積重.....	21
湿度.....	22
發熱量.....	27
导热性.....	28
热容量.....	29
导电性.....	29
第三章 木材的缺陷.....	31
由于真菌所产生的缺陷.....	31
由于虫害产生的缺陷.....	32
非寄生性的缺陷.....	33
腐朽材的物理机械特性.....	34
木材的防腐.....	35
第四章 木材的化学成分.....	36
第五章 纖維素.....	41

纖維素的結構.....	42
木材中纖維素含量的測定.....	51
纖維素分子的化学不均一性.....	52
纖維素的溶解.....	54
酸对纖維素的作用, 纖維素的水解.....	58
碱对纖維素的作用, 碱化纖維素.....	63
纖維素的氧化.....	68
氧化纖維素的特性.....	79
第六章 纖維素的酯和醚	81
纖維素的酯(衍生纖維素).....	81
無机酸的纖維素酯.....	82
有机酸的纖維素酯.....	87
纖維素的醚.....	95
纖維素的混合酯.....	97
第七章 半纖維素	100
多縮戊糖.....	103
多縮己糖.....	108
第八章 果膠質、树膠	113
果膠質.....	113
树膠.....	114
第九章 纖維素中半纖維素的含量对造紙工業和 化学加工的意义	115
第十章 木材水解	117
加水分解.....	118
加酸水解.....	120
第十一章 木素	125
木素的成分与結構.....	125

木素与碳水化合物的关系	131
木素和纤维素分离的方法	132
亚硫酸鹽紙漿	138
第十二章 木材的脂肪和树脂	149
脂肪	149
树脂	149
針叶树材的树脂酸	155
天然树脂(特殊树脂)	156
第十三章 木材中含的其他物質	158
✓ 鞣料(單宁)	158
色素	162
木材中的生物鹼	162
木材的葡萄糖(糖)甙	163
第十四章 木材的热分解	165
参考書刊	170

前 言

苏联共产党第十九次代表大会在关于1951—1955年發展苏联第五个五年計劃的指示中，規定了进一步和平發展苏联經濟和急剧提高苏联国民經濟的任务。

五年計劃預示着几种最重要的工業产品的产量將大为增加。1955年紙的产量將比1950年增長40%左右。

第十九次党代会的指示規定：“应当尽力發展造紙、紙漿、家具、膠合板、木材化学和水解等工業”〔注〕。

作为生产纖維素、紙張、紙板、水解酒精、松节油、松香、鞣料等的林产化学工業，在第五个五年計劃期間將比过去更大規模地發展。

木材的纖維素業已广泛地应用来生产人造絲、膠卷和油漆等。

木材是具有非常广泛利用前途的、貴重的化学原料。但是，只有通曉木材的化学性質和物理—化学特性，这种原料才有可能在技术上合理地、在化学价值上最充分地加以利用。

〔注〕見“苏联共产党（布）第十九次代表大会关于1951—1955年苏联發展第五个五年計劃的指示”，人民出版社1952年版第43頁。

这本教科書是供林产化学中等專業学校学生用的；書中叙述了在木材化学加工工艺部門工作最必需的、有关木材及纖維素化学的基本知識。

教科書扼要地叙述了关于木材的結構成分、基本纖維的結構、木材的物理性質、木材的基本化学成分、作为木材細胞壁最主要成份的纖維素、以及木材成份中所有的其他物質及其物理—化学特性的基本知識。有了这些知識才可能运用較先进的木材化学成份分离和利用的工艺学，才可能正确地控制木材化学加工的过程。

这本教科書对不脫产，在業余学校或技术进修班学习纖維素和造纸工業的技术工人，也有閱讀价值；他們可以从本書中获得对提高自己文化技术水平有用的知識。

第一章 木材的構造

每一株树都是由树干、树枝及根所組成。根是用来攝取土壤中的礦物質养料和把树固定在土壤之中。树干是由根部將水分輸往叶部和自叶部將有机养料輸送出来，支撑着树枝，叶子，花朵和果实的重量，并且还用以儲存养料。树干是树木的主要部分，占整个树木体积的50~90%。树干的主要部分可分为：树皮，形成層，木質部和髓。树枝和叶子組成树冠。在叶子里形成有机养料。

圖1.是橡树树干的橫断面，在这上面可以区分出树皮（a），木質部和髓。圖上看到的黑色的树干中央部分是心材（b），色淺的周緣部分是边材（c）。

無論針叶树或闊叶树的木質部里都有髓射綫。在（圖1, r）上髓射綫有若徑向的狭条紋。这些射綫在闊叶树中占木質部体积的10~20%，在針叶树中占木質部体积的5~10%。

立木树干的树皮也同木質部一样是树木重要的部分。

在立木中树皮輸送叶子所制成的养料，是养料儲藏存积的地方，并且可以保护树干免于遭受外界不良的影响。

各种树种的树皮为树干体积的7~20%。有些树种的

树皮具有經濟价值；例如栓皮櫟的树皮可以用来制造軟木塞和絕热材料；赤楊或橡树的树皮可充作提取鞣料的原料；从椴木树皮里可以得到用来編制席子，口袋和繩索的韌皮纖維。

在立木的树皮与木質部之間有狹窄环狀薄層的形成層。紧靠着形成層的一層树皮称之为韌皮部。

形成層是由具有分裂和生長能力的活細胞構成的。形成層細胞进行分裂，每年在木質部的一面生長木質部細胞，在树皮的一面生長韌皮部細胞。

根据某些研究者的材料，形成層在生長季节順着半徑的方向在木質部形成105~110个細胞，而在韌皮部总共只形成10~11个細胞。形成層細胞的分裂在木質部的一面發生得几乎比在韌皮部的一面多到10倍，所以木質部比韌皮部增長得快。

形成層的活动在苏联地区平均始于五月上半月，但并非同时在树木整个部分一齐开始：在幼枝的芽內先开始（和在树根內），然后在树的較成年部分开始，逐漸达到树干的基部。

在一年的不同时期內，形成層細胞發育得不一样，它們最迅速的生長是在形成層活动的初期（春季和夏季）。在这个時間內細胞达到最大的寬度。在晚夏和秋季便形成壁厚而狹窄的細胞。由于形成層細胞这种發育的特点，在树干的木質部里便形成了新的層次，在髓的周圍配置成同心圓。这样的層次称之为年輪或年輪層。

每个年輪是由兩層所組成的：在靠近形成層的外層和靠近中心的內層。外層是在形成層活动的初期形成的（春季或夏初），称之为早材或春材；內層是在夏末形成的，故

称之为晚材或夏材（有时称为秋材）。

早材系由較松軟的細胞所構成，并且在大多数的情况下具有較晚材略淺的色澤。有些树种的年輪（松树，落叶松）看起来較其它树种的年輪明晰。

根据年輪的数目可以大概的估計出树木的年齡来。

树干，树根和树枝剝去树皮后的主要組織称之为木材，木材和成年树干的髓部一起占树干体积的70~93%。

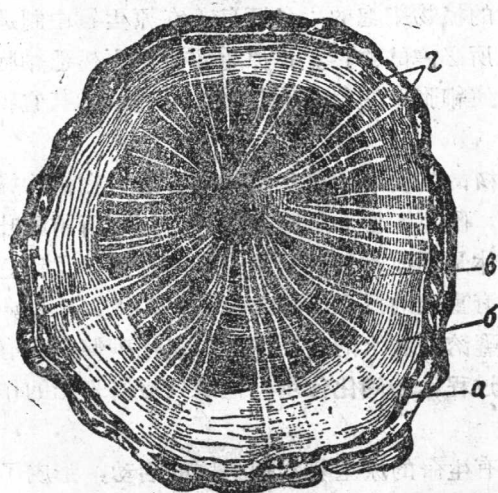


圖 1 橡树树干的橫断面

a—树皮；6—边材；B—心材；r—髓射线。

木材的微观構造

木材的微观研究証明，木材是由形状、大小不同的細胞紧密結合而構成的。

細胞是任何植物，包括树木在內的基本構造單位。

上文業已指出木材細胞是由形成層細胞所形成的，形成層的活動每屆春季就恢復，它的細胞便開始分裂為木質部細胞和韌皮部細胞。

一個細胞按照結構和功用可分為細胞腔（內部）和細胞壁（胞壁）。活細胞的細胞腔含有原生質，細胞核和無生命的內含物（淀粉粒，油滴等等）。

原生質根據它的化學成分主要是由水和蛋白質所構成，是活的植物細胞的生命源泉。在原生質中製造植物發育和生長所必需的物質。在原生質中形成構造細胞壁的物質，以及使細胞壁變得具有堅韌，不透水和其它特性的物質。

細胞核的主要功用是從事細胞分裂 在植物綠色部分的細胞里，除原生質和細胞核之外，還有所謂的葉綠體。這些葉綠體是固體物質，其中有綠的色素，這種色素對植物生命具有重大的意義。它從空氣中吸取二氧化碳（ CO_2 ），在有無機鹽溶液和水的條件下把二氧化碳轉化為有機化合物。這種過程稱為同化作用，但是只有借日光的作用才能進行。

由於有生命的原生質和細胞核的活動，形成了細胞壁（胞壁），最初在原生質的外面呈現出很薄的一層，甚至放得更大的時候才勉強能辨別出來。幼細胞具有薄而能延伸的細胞壁。細胞壁的厚度隨着細胞的發育而迅速地增加。植物細胞壁的微觀構造，尤其木質化的細胞壁是非常複雜的。

細胞壁的層狀和條狀結構是細胞壁構造的主要特點。在顯微鏡下仔細觀察便能見到細胞壁的層狀結構。在細胞壁的橫切面上可以區分為三層：第一層，第二層和第三

層。

相鄰植物細胞壁的橫切面如圖 2 所示：a—第一層，b—第二層，c—第三層，r—細胞的胞間層。

第一層是外面的一層。細胞的這一層與另一細胞的同一層挨在一起，層與層之間用特殊胞間質連結。在偏振光下觀察，胞間層並不是相同的。在其中可見到兩層色淺的初生壁，在它們之間色深的一層便是胞間質。

第二層直接和第一層相毗鄰。它是組成細胞壁基本部分最厚的一層。細胞主要靠這層的發育增厚本身的胞壁。由於第二層不均勻的生長，細胞壁里面便產生環狀、螺旋狀、網狀的增厚。

第三層是最里面的一層，它毗鄰着第二層，厚度不大，通常由純纖維素構成。

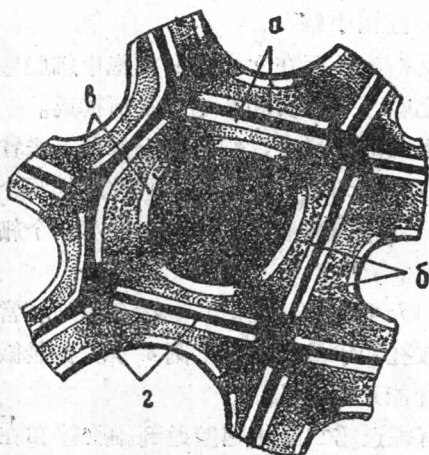


圖 2 在顯微鏡下觀察的植物細胞壁的橫切面

a—第一層；b—第二層；c—第三層；r—胞間層

上文已提到植物細胞壁顯示的特点是它們的條狀結構。在顯微鏡下觀察管胞和韌型纖維的厚胞壁便可見到非常顯著的細綫條，成螺旋狀自右往左斜行（圖 3）。細胞壁看起來像捻起來的繩索一樣。觀察膨脹的細胞

壁便能見到相互交錯的細綫条，它們屬於在不同方向扭旋的同一細胞壁的不同層次。

“精確研究扭旋結構所作出的結論是：第一層（外層）的扭旋几乎垂直于纖維的縱軸，在第二層的主要部分中，扭旋的方向与纖維的縱軸成很小的角度，在第三層中它們的方向几乎与纖維的縱軸垂直”〔注〕。



圖3 針葉樹種細胞壁結構的圖式

隨細胞壁的生長，細胞壁的成分也有所改變。細胞壁最大的變化是它們的木質化或木素化。在未木質化的細胞中細胞壁是由純纖維素所構成，而在木質化的細胞中細胞壁是由木素，多糖尾酸化物，果膠質和其它物質所構成。

在細胞壁厚度增加的过程中，細胞壁上常留下未曾增厚的部位，這些部位稱之為紋孔；通過這些紋孔把兩個連接着的細胞腔構通，養料的溶液經過紋孔便可從一個細胞通到另一個細胞里去。

各種細胞紋孔的大小和形狀是極其多種多樣的。常見的有單紋孔，具緣紋孔和半具緣紋孔（圖4）。在顯微鏡下觀察植物細胞時就能見到紋孔。

單紋孔1，具有經過第二層細胞壁通到細胞腔和在盡頭為第一層薄膜（紋孔膜）所封閉的圓筒狀或橢圓狀的腔

〔注〕Н·И·尼基廷（НИКИТИН）著：木材化學，蘇聯科學院出版，1951，第14—15頁。

道。紋孔膜通常具有（由細胞通細胞）貫通的孔眼。在活細胞中這些孔眼為胞間連絲所充滿；因此把所有的活細胞的原生質結合成一個整體。

在具緣紋孔 2 中，紋孔道在由細胞腔的出口處大大地擴張開來，於是第三層和第二層胞壁便腫脹起來好像圓頂狀懸在第一層胞壁的上頭；腔道的內部也為第一層細胞壁的薄膜封閉着。在顯微鏡下觀察具緣紋孔，它們在橫切面上具有兩個同心圓的小圓圈，小圓圈的內圈（ β ）符合圓頂狀上的孔眼，外圈（ Γ ）符合圓頂狀的基部。

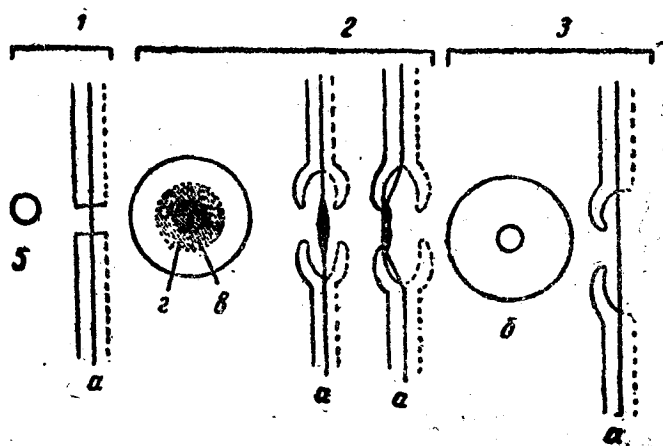


圖 4 紋孔的結構

1—單紋孔；2—具緣紋孔；3—半具緣紋孔；a—細胞斷面上的紋孔形態；b—紋孔正面的形態； β —具緣紋孔內部的小圈； Γ —具緣紋孔外部的小圈。

植物細胞的具緣紋孔的形狀及其分布示于圖（5）半具緣紋孔示于圖 4，圖 3。

最近應用 X-光的分析來研究細胞壁的構造，說明細

胞壁的構造比借顯微鏡所研究的更為複雜。

植物細胞壁（胞壁）的層次按其成分是有所區別的。

第一層和第二層的主要部分基本上是由纖維素所構成的。經研究，發現其中尚有多糖尾酸化物，半纖維素和木素的存在。它們當中的纖維素，半纖維素及木素是成相互貫穿的系統。第三層則未曾木質化。

各種植物所有胞間物質的成分是不一樣的，並且在不同發育階段時的成分也不相同。植物細胞相互分離的難易即可証明這一點，例如西瓜的細胞在果實成熟的時候便自發地分离開來，馬鈴薯塊莖的細胞在水中沸煮後才會分離，榎木，亞麻和大麻的韌皮纖維在水中長時期的浸透後才能分離。木材細胞僅在熱的亞硫酸溶液，鹼液和氧化劑的作用下才能分離。木材中的胞間質系由木素，多糖尾酸化物，果膠質所組成。

在木材的成分中除纖維素，半纖維素，木素和果膠質之外還有其它的物質，例如松脂和鞣料，它們不屬於細胞壁的物質成分，而只是細胞的內含物。

植物全部的生活機能只是活細胞才能完成。活細胞的生活機能是由原生質，細胞核及葉綠體來實行。一個成熟的活細胞能夠借分裂繁殖為兩個新細胞。新形成的細胞還能夠再分裂。

因此，經過一個時期就會由一個細胞形成多細胞的樹木組織。

除去含有原生質，細胞核，葉綠體的活細胞之外，植物中還存在着只有單獨一層胞壁所構成的細胞，這類細胞叫作死細胞。它們是由活細胞衰亡後變成的，而它們不參與植物的生長和發育。木材所有的死細胞是由于木素在它

們的胞壁中沉淀而木質化了。

細胞在初生的時期或為球形，或為立方形。細胞在發育的過程中便使其形狀能適應它們在植物中所承擔的那些工作。

雖然長大的植物細胞有各式各樣的形狀，但是可以分為兩種主要的類型：**薄壁細胞**和**銳端細胞**。

薄壁細胞是活的細胞，如圖（6）所示的磚狀細胞，它們長度的延伸很小。由它們所形成的植物組織稱為**薄壁組織**。銳端細胞是延伸過的死細胞；為長纖維狀（圖7）。完全發育了的銳端細胞便失去了原生質，它們通常是厚壁的細胞，細胞腔的輪廓為圓形，四角形或多角形，具有相當數目的紋孔，兩端尖銳，它們的尾端一個楔入一個。這些細胞所形成的組織稱為**銳端組織**。

細胞的大小很不同，所以薄壁細胞的橫向直徑可以為0.01—0.1毫米，高度幾乎一樣；直徑由0.01~0.03毫米的銳端細胞其平均長度為1~3毫米，有

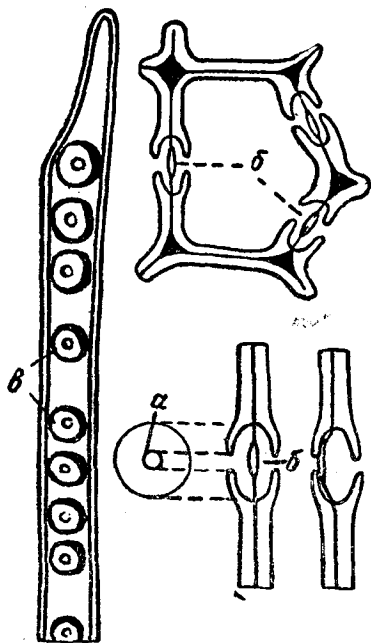


圖5 植物細胞的具緣紋孔：

a—紋孔道的內部；b—細胞橫切面上的具緣紋孔；B—具緣紋孔。