

ZHU TAN ZHU CU YE DE SHENG CHAN YU YING YONG



竹炭·竹醋液

的生产与应用

张文标 李文珠 编著
张 宏 王伟龙



中国林业出版社

竹炭·竹醋液的生产与应用

张文标 李文珠 编著
张 宏 王伟龙

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

竹炭·竹醋液的生产与应用/ 张文标等编著. —北京: 中国林业出版社,
2006. 3

ISBN 7-5038-4354-3

I. 竹… II. 张… III. 竹材—加工 IV. TS65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 022695 号

出版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfph306@126.com 电话: (010) 66124051

网址: www.cfph.com.cn

发行: 新华书店北京发行所

印刷: 北京地质印刷厂

版次: 2006 年 4 月第 1 版

印次: 2006 年 4 月第 1 次

开本: 850mm × 1168mm 1/32

印张: 5.5

字数: 160 千字

定价: 15.00 元

序 言

炭的应用具有悠久的历史，木炭作为燃料使用，早就进入平民百姓的家庭；同时木炭还具有调湿、吸潮、净化水质、净化空气以及防霉、防腐、防虫等功效。堪称世界奇迹的中国“马王堆一号汉墓”的发现就是实证之一。随着地球环境的不断恶化，天然林资源的日益枯竭，国家“天然林资源保护工程”的实施，木炭逐渐减少，甚至被禁止。正是在这种背景下，一种新兴的机能性和环境保护材料——竹炭应运而生。在日本、中国等国家，对新型竹炭的深入研究，发现竹炭和木炭同样具备各种先进的功能，如竹炭的电磁波屏蔽机能、防静电机能、发射远红外线机能、释放负离子机能等。从某种意义上讲，竹炭可以被认为是一种集生物有机材料与无机材料于一体的新材料。但由于使用的原料不同，木炭和竹炭的性能有显著的差异。由于木炭的原料是各种木材，木材的种类繁多而且生长年限差异极大，所以木炭的性能范围是十分宽广的，难以开发应用。而竹炭的性能要比木炭均一，且竹子是一种速生材，是可再生资源，具有更广阔的应用领域。这也是为什么近几年竹炭产业得到迅猛发展的原因之一。

竹炭作为一个新兴的产业，在国内的应用领域日益扩展，已逐渐渗透到人们生活的各个领域。特别是随着国内市场的进一步扩大，越来越多的人开始接触竹炭。为了让更多的人了解竹炭、认识竹炭、使用竹炭，从而推动竹炭产业健康、快速的发展。作

者通过近几年的苦心研究和精心整理，编著了《竹炭·竹醋液的生产与应用》一书，以飨广大关注、爱好竹炭的友人，同时也圆作者的一份心愿。

尽管作者做出了极大的努力，但由于水平有限，时间仓促，书中不足之处恳请广大读者批评指正。同时恳切希望读者能够从书中了解到竹炭的神奇功效，让浑身是宝的竹炭，真正走入人类的“衣、食、住、行”，造福于人类，营造快乐健康的人生。

在编著过程中参阅和引用了一些相关文献资料，在此向各位作者表示致敬和谢意。

编 著 者

2005 年 11 月

目 录

序言

第一章 概述	(1)
第一节 竹子资源概况	(1)
第二节 竹子形态与构造	(2)
一、竹子的植物形态	(2)
二、竹材构造特征	(4)
三、竹秆的解剖特征	(5)
第三节 竹材的性质	(6)
一、竹材的物理性质	(6)
二、竹材的化学性质	(8)
第四节 竹子的利用	(9)
一、竹子传统用途	(10)
二、竹材的化学利用	(11)
第五节 炭的应用历史	(11)
一、药用	(12)
二、除湿保存用	(12)
第六节 炭的种类和用途	(14)
一、木炭 (Wood Charcoal)	(15)
二、竹炭 (Bamboo Charcoal)	(16)
三、活性炭 (Activated Charcoal)	(18)

四、机制炭 (Machine-made Charcoal)	(19)
第七节 国内竹炭的生产现状	(20)
一、竹炭生产厂家	(20)
二、竹炭的产量	(20)
第二章 竹炭的生产与工艺	(22)
第一节 竹材热解理论	(22)
一、竹材热分析	(22)
二、竹材热解	(24)
第二节 竹材预处理	(27)
一、竹材的干燥理论	(27)
二、竹材的干燥方法	(28)
第三节 竹材炭化	(29)
一、竹炭窑中的热量传递	(29)
二、竹炭窑中的气流循环	(30)
第四节 竹炭生产设备	(31)
一、竹材烟熏干燥设备	(32)
二、竹材热解设备	(33)
三、竹炭的粉碎设备	(39)
第五节 竹炭生产工艺	(39)
一、炭用竹材的选择	(39)
二、烧制前的准备	(40)
三、竹炭烧制过程	(40)
四、竹炭的后序加工	(40)
第三章 竹炭的基本性质	(41)
第一节 竹炭的分类	(41)
第二节 竹炭的构造	(42)
一、竹炭的微观结构	(42)
二、竹炭的晶体结构	(43)

第三节 竹炭的基本理化性能	(44)
一、竹炭的得率	(44)
二、竹炭的元素组成	(46)
三、竹炭的化学组成	(47)
四、竹炭的密度	(48)
五、竹炭的酸碱性	(49)
六、竹炭的吸水性	(50)
七、竹炭的热值	(51)
第四节 竹炭的吸附性	(52)
第五节 竹炭的导电性	(53)
第六节 竹炭的远红外性	(56)
第七节 竹炭的负离子效应	(58)
第八节 竹炭的微量元素	(60)
第九节 竹炭的不同烧制工艺和产品性能关系	(63)
第四章 竹醋液的基本性质	(68)
第一节 竹醋液的生产	(68)
第二节 竹醋液的基本理化性能	(71)
第三节 竹醋液的分类	(73)
第四节 竹醋液的化学组成	(73)
第五节 竹醋液的精制	(80)
第五章 竹炭·竹醋液的应用	(87)
第一节 竹炭·竹醋液在日常生活中的应用	(87)
第二节 竹炭·竹醋液在建筑室内装修上的应用	(94)
第三节 竹炭·竹醋液在农林园艺上的应用	(99)
第四节 竹炭·竹醋液在医药保健上的应用	(111)
第五节 其他应用	(114)
第六章 竹炭·竹醋液制品的开发	(116)
第一节 竹炭·竹醋液产品的分类	(116)

第二节 竹炭·竹醋液产品生产工艺	(116)
第三节 竹炭·竹醋液制品简介	(117)
附录1 竹炭·竹醋液问题与解答	(124)
附录2 竹炭·竹醋液专利汇编	(135)
参考文献	(165)

第一章

概 述

第一节 竹子资源概况

竹子属于被子植物亚门单子叶植物纲禾本科竹亚科(Bambusoideae)。全球的竹类植物共有 70 余属, 1 200 余种, 从热带到温带甚至寒带均有分布, 主要分布于热带和亚热带地区, 可分为三大竹区: 亚太竹区、美洲竹区和非洲竹区, 其中亚太竹区面积和竹种就占到世界的 80%。目前全世界竹林面积已达 2 200 万 hm^2 , 并且以每年 3% ~ 4% 的速度递增。

中国是世界竹子分布中心, 主要竹类有 40 余属, 500 余种。据 2001 年产竹省(自治区、直辖市)统计, 我国现有竹林面积 551 万 hm^2 , 占全球竹林面积的 25%, 居世界首位, 其中毛竹 350 多万 hm^2 , 占 60% 以上。竹林是我国重要的森林资源之一, 素有“第二森林”之美称。

由于各地气候、土壤、地形的变化和竹种生物学特性的差异, 我国竹子分布具有明显的地带性和区域性。大致可分为四个分布区:

(1) 黄河—长江竹区, 位于北纬 $30^\circ \sim 40^\circ$ 之间, 年平均温度 $12 \sim 17^\circ\text{C}$, 年降水量 600 ~ 1 200mm, 主要有刚竹属、苦竹属、箭竹属、青篱竹属、赤竹属等一些竹种。

(2) 长江—南岭竹区，位于北纬 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间，是中国竹林面积最大，竹子资源最丰富的地区，主要有刚竹属、苦竹属、短穗竹属、大节竹属、方竹属等竹种，其中毛竹林的面积 280 万 hm^2 。

(3) 华南竹区，位于北纬 $10^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 之间，年平均温度 $20 \sim 22^{\circ}\text{C}$ ，年降水量 $1\,200 \sim 2\,000 \text{ mm}$ 以上，主要有酸竹属、刺竹属、牡竹属、藤竹属、巨竹属、单竹属、茶秆竹属、梨竹属、滇竹属等竹种。

(4) 西南高山竹区，位于华西海拔 $1\,000 \sim 3\,000 \text{ m}$ 的高山地带，年平均温度 $8 \sim 12^{\circ}\text{C}$ ，年降水量 $800 \sim 1\,000 \text{ mm}$ 以上，是原始竹丛，大熊猫、金丝猴等珍贵动物的分布区，主要有方竹属、箭竹属、采竹属、玉山竹属、慈竹属的一些竹种。

千百年来，国内各地之间，进行了人工引种栽培。特别是 20 世纪 60 ~ 70 年代，大规模的“南竹北移”引种工作，在黄河流域新发展竹林 4 万 hm^2 。此外，从东南亚一些国家和日本引种了一些竹种，从而更丰富了中国的竹种资源。并且有以下两个主要特点：

(1) 竹类植物种类多，有直径大的，如云南省的巨龙竹，直径达 30 cm ；也有直径小的，直径仅 $3 \sim 5 \text{ mm}$ 。

(2) 竹类资源中集中成片分布特别是工业化利用价值较高的 250 万 hm^2 竹林资源主要分布在长江以南的浙江、江西、福建、湖南、湖北、安徽、广东、广西、四川等省（自治区），十分有利于开展竹类资源的工业化利用。

第二节 竹子形态与构造

一、竹子的植物形态

竹子植物形态上包括地下茎、竹秆、枝、叶箨和花果。

(一) 地下茎

竹子的地下茎是竹类孕笋成竹、扩大自身数量和生长范围的主要结构，依据其生长状态可分为合轴型、单轴型和复轴型。

(二) 竹秆

竹秆是竹类植物最重要的部分，也是竹子的主体，从上往下分为秆茎、秆基、秆柄三部分(见图 1-1)。

1. 秆茎

为竹秆的地上部分，具有明显的节和节间，节间中空，随竹种不同，节间长短、数目及形状有所变化。一般节间中空，即为竹腔，其木质坚硬的环境部分是秆壁或竹壁，竹壁厚度随竹种差异较大，但也有实心竹。

2. 秆基

为秆茎的下部，通常位于地下，入土生根部分。常较秆茎粗，由数节至十数节组成，节间短缩粗状，节上长芽，密生不定根。有的竹种秆基上的芽可直接萌笋成竹，有的只能先形成细长的地下茎，称竹鞭，再由竹鞭上的侧芽萌笋成竹。

3. 秆柄

是竹秆的最下部分，无芽无根，与竹鞭或母竹相连，是竹子地上和地下系统连接输导的枢纽。一般由十余节至数十节组成，长度几厘米至十几厘米，直径向下递减，节间很短，通常实心。

(三) 竹枝

竹枝由秆茎上的芽发育而成，是附着叶片的器官。由中空的

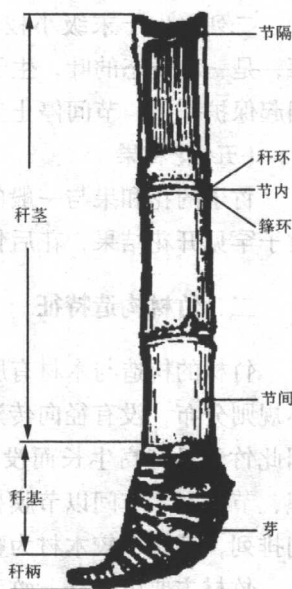


图 1-1 竹秆形态图

节间和具横隔的节组成，节上也可具有类似于秆环的枝环。

(四) 叶和箨

竹类植物的叶器官有营养叶和茎生叶两种。营养叶即正常的叶，二列着生于末级小枝的各节；茎生叶即笋壳，特称箨或秆箨，是一种变态的叶，生于竹秆或主枝的各节，对笋和幼嫩的节间起保护作用，节间停止生产后逐渐脱落。

(五) 花和果

竹子的花和果与一般的禾本科植物花、果基本相同。通常，竹子罕见开花结果，花后竹子多枯死，俗称自然枯。

二、竹材构造特征

竹材的构造与木材有所不同，竹材是单子叶植物，维管束成不规则分布，没有径向传递组织和形成层，具有节间分生组织，因此竹子只有高生长而没有直径生长；没有真正的髓和射线组织，节中空、节间以节膜相隔，具空髓；所有细胞都严格地按轴向排列，其构造较木材为整齐。

竹材主要由竹秆、竹节、竹壁、基本组织几部分组成(见图1-2)。竹秆由数十个节子和节间组成，形似圆锥壳体，中空，其周围部分称竹壁，是竹材的主要部分。在竹秆横切面上，可将竹壁分为竹青、竹肉和竹黄3部分。竹青是竹壁的外侧部分，组织紧密，质地坚韧，表面光滑，外表常附有一层蜡质，表层细胞内常含有叶绿素；老年竹秆或采伐过久的竹秆，因叶绿素变化或破坏，而呈黄色。竹黄为竹壁的内层，组织疏松，质地较脆，一般呈黄色。在竹青和竹黄的

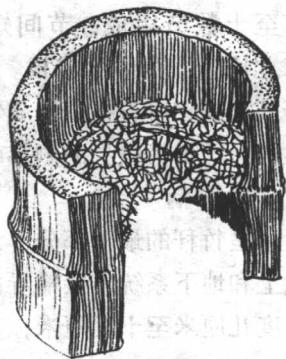


图1-2 竹壁的微管束分布

中部称竹肉。在竹黄内侧有一层薄膜，为退化的髓组织，称竹衣。

三、竹秆的解剖特征

解剖学上，竹秆的横断面由皮层、髓环、基本组织和维管束系统组成。皮层是竹壁的外侧层由外表皮、内表皮和内皮层3种不同形状的细胞构成。基本组织分布于皮层与髓环之间，为薄壁细胞组成。维管束分散于基本组织之中，是竹子的输导组织与机械组织的综合体，主要由原生木质部、后生木质部、韧皮部和维管束鞘组成。

维管束鞘起保护输导组织和机械支撑作用，占竹秆体积的40%~50%，由纤维和硬质细胞组成。在竹壁横切面上由外向内可以分出维管束的4个区域：周边区、过渡区、中心区、内方区。

竹材中维管束(见图1-3)的大小和密度随竹秆部位、大小和

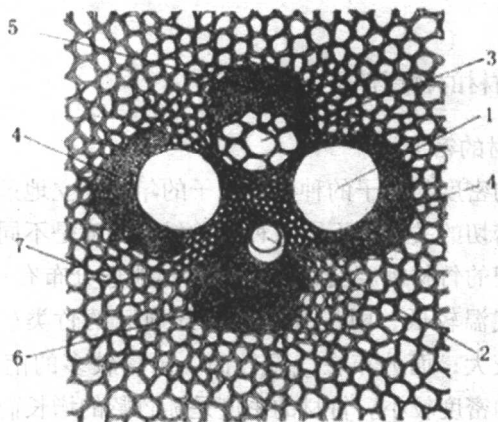


图1-3 竹材秆茎的维管束横切面

1. 后生木质部梯纹导管 2. 原生木质部梯纹和环纹导管

3. 初生韧皮部 4. 侧方纤维帽 5. 外方纤维帽

6. 内方纤维帽 7. 基本组织薄壁细胞

竹种的不同而异。同一竹秆，自基部至梢部，维管束总数一致，但维管束的横断面积随秆高增大而逐渐缩小，密度逐渐增大。同一竹秆，竹秆粗大的竹材，维管束的密度小；竹秆细小的竹材，维管束密度大。不同竹种，维管束的形状和密度亦不相同。

从维管束与基本组织的分布规律来看，靠近竹壁的外侧，维管束小，分布较密，基本组织的数量较少；维管束向内逐渐减少，分布比较稀疏，但形体较大，而基本组织数量较多。同一竹秆上，基部薄壁细胞所占比例大，约为 60%，梢部所占比例较小，约为 40%，从竹壁外层到内层薄壁细胞逐渐增多。薄壁细胞的主要功能贮存养分和水分，由于它的细胞壁是随竹龄的增长而逐渐增厚，细胞腔逐年缩小，其含水率也相应减少，故老龄竹的干缩率较小。

第三节 竹材的性质

一、竹材的物理性质

1. 竹材的密度

竹材的密度与竹子的种类、竹子的年龄、立地条件和竹秆部位都有着密切的关系。不同竹种的竹材其密度是不同的。竹类植物不同属间的竹材密度变化趋势，与其地理分布有一定的关系，即分布在气温较低、雨量较少的北部地区的竹类（如刚竹属），竹材密度较大；而分布在气温较高，雨量较多的南部地区的竹类，竹材的密度较小。竹材的密度是随竹龄的增长而不断增大和变化，这是由于竹材细胞壁及其结构是随年龄的增长而不断充实和变化。研究表明，毛竹竹材的密度，幼竹最小，1~6 年生逐步增大，5~8 年生稳定在较高的水平上，8 年生以后则有所下降。一般来说，在气候温暖多湿、土壤深厚肥沃的条件下，竹

子生长好，竹秆粗大，但是，竹材组织疏松，密度较低。在低温干燥、土壤较差的地方，竹子生长差、竹秆细小，但竹材组织致密，密度较大。竹秆的部位：同一竹种的竹材，竹秆自基部至梢部，密度逐步增大，同一高度上的竹材，竹壁外侧（竹青）的密度比竹壁内侧（竹黄）大。一般有节部分的密度比无节部分的密度要大。

2. 竹材的含水率

新鲜竹材的含水率与竹龄、部位和采伐季节等有密切关系。一般说，竹龄愈老，竹材含水率愈低；幼龄竹材含水率高。例如：Ⅰ龄级毛竹新鲜竹材含水率为135%；Ⅱ龄级（2~3年生）为91%；Ⅲ龄级（4~5年生）为82%；Ⅳ龄级（6~7年生）为77%。竹秆自基部至梢部含水率逐步降低。从含水率角度来看应选择Ⅲ龄级以上的竹材作为炭用竹材。

3. 竹子的干缩性

竹子的干缩同竹材的方向、竹壁的部位、竹龄、竹材含水率等有关。竹材的干缩有以下特征：①各个方向的干缩率，以弦向最大，径向（壁厚）次之，高度方向（纵向最小）。②各个部位的干缩率，弦向干缩，竹青最大、竹肉次之、竹黄最小；反之，纵向干缩，则竹青最小、竹肉次之、竹黄最大。③不同竹龄的干缩率，竹龄愈小，竹材弦向和径向的干缩率愈大，随着竹龄的增加，弦向和径向的干缩率逐步减小。④竹种不同，其干缩率也不同，不同的竹种其干缩率差异较大。

据日本京都大学木质材料研究所野村隆哉研究表明，毛竹的竹秆部分的切线方向（弦向）、半径方向（径向）以及纤维方向收缩率从外层向内层的变化见表1-1和表1-2。

表 1-1 毛竹竹秆半径方向各部位收缩率变化

部 位	收缩率(%)		
	切线方向	半径方向	长轴方向
A	7.28	9.20	0.07
B	4.74	4.65	0.10
C	4.26	4.62	0.50
D	3.53	3.86	0.55
E	2.04	7.94	—

注：A 是最外部，以下顺序指向内部 E

表 1-2 毛竹竹秆半径、切线方向收缩率变化

部 位	收缩率(%)		
	切线方向(无内皮)	切线方向(有内皮)	半径方向
A	6.36	—	3.43
B	5.51	0.20	5.63
C	5.17	0.16	6.34
D	4.19	1.47	7.25
E	3.23	1.63	6.82
F	3.23	1.44	7.60

注：A 节部隔板上部，B 节部隔板下部，以下顺次向节间中央部 F

另据野村隆哉研究表明竹秆圆周方向的密度和含水率的分布呈周期性变动，能表示一个周期函数。可以看出密度高的地方含水率低，密度低的地方含水率高。竹子干燥时，因为沿圆周方向含水率高的地方和含水率低的地方在纤维方向相同部位连续分布，所以收缩集中在含水率高的地方。

二、竹材的化学性质

竹子的化学组成主要由纤维素、半纤维素和木质素，其次是