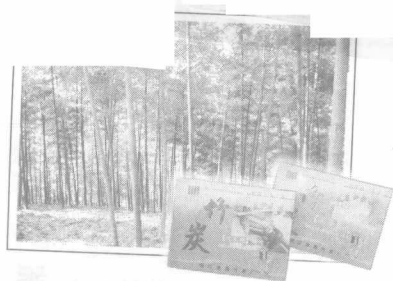


21 世纪特种物产高效生产新技术丛书



遂昌竹炭生产与应用

王伟龙 翁益明 邱永华 傅秋华 编著

中国农业出版社

序

丽水地处中国东南，与温州相邻，自然资源丰富，生态环境优良，全市森林覆盖率79.1%，被誉为“华东天然氧吧”、“浙江绿谷”。流淌的历史长河，使丽水文化灿烂，人杰地灵，1500年前建造了通济堰水利工程，800年前开人工栽培香菇先河。新时代的召唤，要求科技进步把传统特产、资源优势转化为区域特色商品优势，成为经济发展新的增长点。

改革开放以来，科技人员在先辈的基础上，创造性地开发了高棚层架栽培、大棚秋栽、半地下式栽培、夏季地栽等丽水香菇栽培模式，使香菇人工栽培实现了新的飞跃。当今丽水不仅是全球最大的香菇及其原辅材料、机械、菌种生产基地和产品集散地，也是香菇栽培技术研发和辐射中心。成千上万的现代丽水菇农足迹遍及全国，传播丽水香菇栽培技术，为我国香菇产业的发展贡献着汗水和智慧。通过一竹三笋、笋竹两用、菜竹笋高效栽培等栽培模式和加工利用的研究与推广，在较短的时间内实现了竹林高效经

营技术从比较落后到比较先进的跨越；竹林加工利用从低水平到较高水平的跨越；推动竹产业从量的扩张向质的提高转变，并在质的提高基础上推进量的新的扩张。竹业产值从2000年的6亿元增加到2004年的13亿元，实现3年翻番。面对竞争日益激烈的农产品市场，选育出了具有自主知识产权的厚朴、红晶李、翡翠柚、处红柚、无核瓯柑等良种，先后通过浙江省林木品种审定委员会审定和国家林木品种审定委员会认定；17个农产品通过国家绿色食品认证，44个农产品通过有机食品认证，58个农产品通过无公害食品认证。香菇、黑木耳、灵芝、茶叶、中药材、竹笋等丽水的传统特产，经过不断地科技创新正在焕发新的活力，产生显著的经济效益、社会效益和生态效益。

《21世纪特种物产高效生产新技术丛书》是丽水科技人员长期从事丽水经济特产技术创新的结晶，是贯彻落实科学发展观和中央、省、市农村工作精神的具体实践。《21世纪特种物产高效生产新技术丛书》的编写、出版，对于帮助广大农民学习科技、提高科技素质，推动区域特色产业的发展，都将起到重要的作用，特此作序祝贺。

丽水市人民政府副市长

蔡建中

竹炭产品展示



文照牌竹醋嫩肤皂



文照牌竹炭屏蔽围裙



文照牌衣柜除味竹炭包



文照牌竹炭保健内衣



文照牌竹炭健肤皂



文照牌竹醋洗手液



文照牌保健竹炭鞋垫



文照牌竹醋除臭液

浙江省遂昌县文照竹炭有限公司 法人代表：陈文照

联系电话：0578-8185075 13306786879

竹炭产品展示



名康牌竹炭皂



名康牌竹醋液



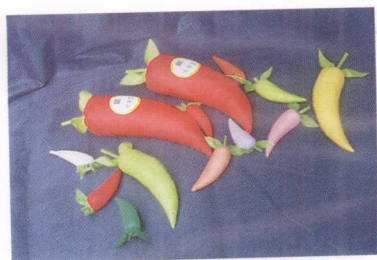
名康牌竹炭垫



名康牌竹炭枕



名康牌除味宝



名康牌除味宝



名康牌除味宝



名康牌竹炭风铃

浙江省遂昌县竹炭厂 法人代表：李金明
联系电话：0578-8132578 13905786073

竹炭产品展示



徐福牌汽车座垫



徐福牌竹炭纤维棉被



徐福牌竹炭电脑手垫



徐福牌竹炭电脑鼠标垫



徐福牌竹炭除臭棒



徐福牌竹炭纤维袜



徐福牌汽车除臭剂



徐福牌竹炭冬瓜枕

浙江省遂昌县徐福炭业有限公司 法人代表：徐贤庚

联系电话：0578-8185001 13957065825

竹炭产品展示



卖炭翁牌竹炭纤维棉被



卖炭翁牌竹炭枕



卖炭翁牌竹炭鞋塞



卖炭翁牌竹炭床垫



卖炭翁牌竹炭腰枕



卖炭翁牌足浴炭



卖炭翁



卖炭翁牌竹炭筐炭

浙江省遂昌县卖炭翁生态开发有限公司 法人代表：许爱东
联系电话：0571-87832139 13355785188

目 录

序

第一章 概况	1
第二章 竹材构造与特性	3
一、竹材的构造	3
二、竹材的化学成分及性质	3
三、竹材的物理力学性质	5
第三章 竹炭和竹醋液理化性质	8
一、竹炭基本理化性质	8
二、竹醋液基本理化性质	15
三、木质机制炭、竹质机制炭和竹炭理化 性能比较	17
第四章 竹炭和竹醋液生产加工工艺	21
一、竹炭生产工艺	21
二、竹醋液生产工艺	30
第五章 竹炭和竹醋液功能与应用	37
一、竹炭结构和功能	37
二、竹炭和竹醋液的利用	42

三、竹炭、竹醋液产品	45
四、常见竹炭产品工艺流程	48
第六章 遂昌竹炭产业发展模式	51
一、遂昌竹炭产业发展过程	51
二、遂昌竹炭业在国内地位的评述	55
三、遂昌竹炭业发展模式	57
附录	67
一、遂昌主要竹炭企业	67
二、竹炭 浙江省地方标准 DB33/T467—2004	72
三、木炭和木炭试验方法 中华人民共和国 国家标准 GB/T17664—1999	79
主要参考文献	87

第一章

□□□□

概 况

从雷电点燃原始森林使木炭横空出世那一刻起，我们的先民们便开始使用炭，不仅用来烧烤、取暖和冶炼金属，还用于保存物品和调节环境。马王堆古墓用炭使墓主几千年不朽，古井用炭使先民保证饮水清澈，火药、冶炼都印证了炭在人类文明发展史上的重要作用。

20 世纪 80 年代，丽水山区根据国际市场需求组织烧制白炭，以其致密、比重大、燃烧时间长等特性而风靡日本等国际市场，但随之而来的是烧制木炭的主要原材料天然阔叶林资源锐减，生态失去平衡，生态功能遭受严重破坏。为了维护生态平衡、提高环境质量，保护生物多样性，1995 年国家启动了天然林保护工程，限制木质资源的消耗，停止木炭的生产和销售。在处理炭业发展与资源保护的关键时刻，木炭的替代品竹炭应运而生。1996 年遂昌率先在国内开发出适合日本、韩国市场需求的竹炭系列产品，开创了我国竹材化学利用的新篇章！并迅速成为竹产业中重要的朝阳产业之一！福建、江西、安徽、广西等竹产区的竹炭产业都正在蓬勃发展。

竹炭以毛竹为原料。与阔叶林相比，毛竹资源非常丰富，其广泛生长于我国南方各省，生长迅速，一次种植后，每年萌发新竹，以择伐方式采伐，生物群落相对稳定，可以持续利用。在竹炭生产迅速发展的同时，竹炭的应用领域不断得到拓展，目前竹炭已经在净化水质、改善居住环境、调节植物生长、改良土壤、屏蔽电磁波、美容美肤、功能材料等领域广泛应用。竹炭市场也从单一出口日本，发展到东南亚、欧美等地区，国内市场也得到

了很好的开拓，竹炭产品国内迅速热销。

遂昌位于浙江西南，全县总面积 381 万亩^{*}，其中林业用地 333 万亩，占总面积的 87.4%，竹林面积 30 万亩，其中毛竹林 25 万亩，竹林总株数 2 893 万株，森林覆盖率 81.37%，是个典型的山区县。全县现有人口 22.56 万人，其中农业人口 19.26 万人，占总人口的 85.36%，林业产业收入是当地农民的主要经济来源之一。自 1996 年在国内率先开发生产竹炭以来，以科技为先导，以企业为主体，通过政府引导和扶持，组建行业协会，采用连锁加盟等模式开拓市场，短短几年间，竹炭业得到了迅猛发展，成为竹产业的支柱，至 2005 年已拥有竹炭加工企业 50 余家，从业人员 3 000 余人，开发出竹炭和竹醋液两大系列产品 200 余种，在国内建立连锁经营加盟商 2 000 余家，竹炭及其制品产值达 2 亿元。遂昌竹炭业无论在企业数量、规模、产值，还是产品开发的深度和广度上都已位居全国前列，成为国内最大的竹炭生产、加工和出口基地，名副其实的“中国竹炭之乡”。

^{*} 亩为非法定计量单位，15 亩=1 公顷。

竹材构造与特性

一、竹材的构造

竹材是竹子砍伐后除去枝条的主干，又称竹杆。竹杆由数十个节和节间组成，形似圆锥壳体，中空，其周围部分称为竹壁。竹杆的外部是由几层表皮细胞组成，最外部覆盖着蜡层，秆内部是由无数的薄壁细胞和维管束组成，竹材节间都是轴向细胞。

竹壁可分竹青、竹肉、竹黄 3 部分。竹青位于竹壁的外侧，组织紧密，质地坚韧，表面光滑，常附一层蜡质，表层细胞常含叶绿素，老年竹竿或采伐过久竹竿竹青因叶绿素变化或破坏而呈黄色。竹黄位于竹壁的内侧，维管束分布稀疏，组织疏松，质地脆弱，呈黄色；竹肉位于竹青与竹黄之间，所占比例大，由维管束和基本组织构成。

与木材相比，竹材的解剖特征有其自身的特点。通过显微镜可以观察竹材的解剖构造。横切面作切片观察可以看出维管束和基本组织在竹壁上的分布规律：愈近竹壁的外侧，维管束形体愈小，分布愈密，基本组织的数量愈小；愈近竹壁的内侧，维管束形体愈大，分布愈稀，基本组织的数量愈多。因此，竹材的比重和力学强度都是竹壁的外侧大于内侧。

二、竹材的化学成分及性质

竹材的化学成分十分复杂，组成竹材的主要成分是纤维素、半纤维素和木质素，它们同属于高聚糖，三者总量占干

重 90% 以上；其次是蛋白质、脂肪、果胶、单宁、色素、灰分等成分。纤维素、半纤维素、木质素是形成竹材细胞壁主要成分的聚合物，直接参与竹材材质的形成；蛋白质、脂肪、果胶、单宁、色素、灰分等成分也沉积在细胞壁内，但多数存在于细胞内脏或特殊组织内，直接或间接与竹材的生理作用有关。

1. 纤维素 纤维素是组成竹材细胞壁的主要物质，其化学元素组成为：碳 44.2%，氢 6.3%，氧 49.5%；其分子式用 $(C_6H_{12}O_5)_n$ 来表示，分子量为 7 000~10 000。

不同竹龄的竹材中纤维素含量不同，一般随竹龄增加，纤维素含量降低。

2. 半纤维素 半纤维素也是构成竹材细胞壁的主要成分。竹材半纤维素中主要为多聚戊糖，约占竹材半纤维素量的 95%，多聚甘露糖占 4%~5%，多聚半乳糖其量甚微。

毛竹竹材中的半纤维素含量一般为 14%~25%，平均约 22.7%。随着竹龄的增加，半纤维素的含量也有所降低。

3. 木质素 木质素是存在于竹材细胞壁内，集中在微纤丝之间的惟一的芳香族聚合物，它使竹材组织具有刚性，不易被菌虫侵蚀或消化吸收。

在毛竹中，木质素的含量约为 26.4%。随着竹龄的增长，木质素的含量逐渐增多。在竹材的热分解过程中，木质素形成竹炭。

4. 毛竹竹材的浸提成分 竹材中的浸提成分主要是指用冷水、热水、醚、醇或 1% 氢氧化钠等溶剂从竹材中提取出的物质。毛竹浸提物主要成分有蛋白质、还原糖、脂类、淀粉、灰分 (P_2O_5 、 K_2O 、 SiO_2 、S、Ca、Fe、Mn、Na 等)。不同年龄的毛竹竹材中主要灰分含量不同，见表 2-1。

表 2-1 不同年龄的毛竹竹材中主要灰分元素含量

年龄	1~2	3~4	5~6	7~8	平均
总灰分 (%)	2.73	2.09	1.31	1.29	1.86
P ₂ O ₅	0.25	0.17	0.18	0.14	0.19
K ₂ O	1.07	0.93	0.61	0.59	0.80
SiO ₂	0.1	0.11	0.18	0.22	0.15

三、竹材的物理力学性质

1. 竹材的密度 单位体积竹材的重量称竹材的密度，在很大程度上竹材的密度决定着竹材的力学性质。根据含水率状况，密度可分为下列 4 种：

基本密度 = 绝干材重量 / 生材体积

生材密度 = 生材重量 / 生材体积

气干密度 = 气干材重量 / 气干材体积

绝干密度 = 绝干材重量 / 绝干材体积

竹材的基本密度与竹杆部位、竹子年龄、生长条件有密切关系。从基部至梢部密度逐步增大；同一高度上的竹材，竹青密度大，竹黄密度小；有节部分密度大，无节部分密度小。其产生原因是，竹杆上部、竹壁外侧、竹节部位维管束密度较大，导管孔径较细，所以密度较大；竹杆下部、竹黄和无节部位维管束密度较小，导管孔径较粗，所以密度较小。

随着竹子年龄的增大，竹材细胞壁及内含物逐渐充实变化，虽然幼竹生成后竹杆的体积不再有明显的变化，但是密度在 1~6 年生是逐步提高，6~8 年生稳定在较高水平。8 年生以后有所下降。

立地条件不同，竹子生长不一样。同是毛竹，一般在气候温暖多湿、土壤深厚肥沃的条件下，竹杆粗大，竹子生长好，但

是,竹材组织较疏松,密度较小。在低温干燥、土质较差的地方,竹子生长差,竹杆细小,但是,竹材组织较充实,密度较大。

2. 竹材的干缩性 竹材干燥时,其形状和体积随含水率下降而减少,称为干缩或收缩。竹材尺寸的变化不是随含水率的下降而均匀地收缩,当含水率在纤维饱和点以上、自由水蒸发时,尺寸无变化;而在纤维饱和点以下、吸着水开始散失时,才发生收缩现象。

竹材干燥是竹材工业化利用不可或缺的一个重要环节。由于竹材本身具有向异性的特点以及其固有的节间组织,如干燥不好势必造成开裂等各种现象发生。竹壁外侧的维管束微小,但数量多,而竹壁内侧的维管束大而少。由于这种独特的结构,竹杆干燥时很容易劈裂。

竹材的干缩性以收缩率来表示,即干燥前、后尺寸之差值与干燥后尺寸的比值的百分率。

毛竹林材的收缩率弦向最大,径向次之,纵向最小。纵向收缩中,竹青收缩率最小,竹肉次之,竹黄最大;弦向收缩中,竹青最大,竹肉次之,竹黄最小。

竹龄越小,弦向和径向收缩率越大。纵向收缩率与竹龄无关。

引起竹材收缩的主要原因是竹材维管束中的导管失水后发生收缩。因此,竹材中维管束分布的部位收缩率大,疏的部位收缩率就小。

3. 竹材的强度 竹材的强度包括抗压强度、抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度、抗扭强度、刚度、硬度、劈裂性等。竹材强度与含水率、竹杆部位、竹龄、生长条件有密切关系。

4. 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;竹材

不同部位的含水率也有所不同,一般竹秆自基部至梢部含水率逐步降低;竹材含水率还与采伐时间有关,一般来说夏季采伐的竹材含水率最高,秋季和春季次之,最低是冬季。竹材中含水率对竹炭和竹醋液产品质量和产量有一定影响作用。

竹炭和竹醋液理化性质

竹炭是竹材热解的主要产品，它的理化性质包括竹炭的含水率、灰分含量、挥发分含量、固定碳含量、密度、电阻率、pH和热值等。

一、竹炭基本理化性质

1. 竹炭基本理化性能指标

(1) 竹炭密度 竹炭密度为竹炭单位体积的质量。由于竹炭是一种多孔性物质，它的密度同活性炭一样可分为以下3种：

堆积密度 (ρ_B) 是指在规定条件下，单位体积的竹炭，包括它的孔隙体积和颗粒间的孔隙在内的质量，即：

$$\rho_B = m/V = m / (V_1 + V_2 + V_3)$$

式中 m ——竹炭的堆积质量 (克)；

V ——竹炭的堆积体积 (立方厘米)；

V_1 ——竹炭颗粒间的空隙体积 (立方厘米)；

V_2 ——竹炭颗粒内部空隙体积 (立方厘米)；

V_3 ——竹炭的实质体积 (立方厘米)。

颗粒密度 (ρ_P) 它是指在规定条件下，单位体积的竹炭，包括它的孔隙体积，但不包括颗粒之间的空隙的质量，即：

$$\rho_P = m / (V_2 + V_3)$$

真密度 (ρ_T) 它是指规定条件下，单位体积的竹炭，不包括空隙体积和颗粒间的空隙的重量，即： $\rho_T = m / V_3$

窑体不同部位烧制的竹炭其密度各不相同，炭化最高温度高的地方，竹炭的密度略大些，但变化没有明显的规律。对于取自