

MECHANISM AND SCIENCE OF BAMBOO
CHARCOAL AND BAMBOO VINEGAR

竹炭和竹醋液的机能与科学

—2001年国际竹炭竹醋液学术研讨会论文集

Symposium of International Academic Discussion
on Bamboo charcoal & Bamboo Vinegar in 2001

中国林业出版社

CHINA FORESTRY PUBLISHING HOUSE

MECHANISM AND SCIENCE OF BAMBOO CHARCOAL AND BAMBOO VINEGAR

竹炭和竹醋液的机能与科学

2001 年国际竹炭竹醋液学术研讨会论文集

Symposium of International Academic Discussion on
Bamboo Charcoal & Bamboo Vinegar in 2001

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

竹炭和竹醋液的机能与科学：2001 年国际竹炭竹醋液研讨会论文集/本书编委会编.
—北京：中国林业出版社，2001
ISBN 7-5038-2942-7

I. 竹… II. 张… III. 竹材-加工-国际会议-文集 IV. S781.9-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 079303 号

出版：中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话：66184477

发行：中国林业出版社

印刷：北京地质印刷厂

版次：2001 年 11 月第 1 版

印次：2001 年 11 月第 1 次

开本：889mm×1194mm 1/16

印张：17.5

字数：438 千字

印数：1～500 册

定价：60.00 元

《竹炭和竹醋液的机能与科学》

编 委 会

主任委员	江泽慧			
副主任委员	张齐生	程渭山		
	野村隆哉	张敏		
委 员	木村志郎	小田清弘	潼惠子	
	叶良明	吴伟根	章晓光	

前 言

近十年来,随着世界经济的发展,全球经济一体化进程的加快,人类环保意识不断增强,保护物种的多样性,保护森林生态系统的呼声日益高涨。在这种情况下,竹类资源化学加工的产品——竹炭、竹醋液的生产在日本、中国等悄然兴起,已呈现出一种新兴产业的发展态势。竹炭、竹醋液及其产品的应用,从初期的烧烤使用,迅速扩大到居室调温调湿,有害气体的吸附、水质的净化、人体的养生保健、食品果蔬保鲜、土壤改良、除臭灭菌及农药生产等领域。据目前的有关科研成果与市场销售状况预测,竹炭竹醋液在环境生态保护领域的应用开发将具有更为广阔的前景。

为方便从事竹炭、竹醋液的生产、科研和产品经营销售的人员更多地了解竹炭、竹醋液的功能及其生产与应用,我们趁2001年国际竹炭、竹醋液学术研讨会暨高级研讨班顺利召开的机会,汇集了有关竹炭、竹醋液的基础研究、应用研究和生产经营方面的有关论文20篇付梓出版,以期对竹炭、竹醋液及产品的生产、科研与应用开发有所裨益,促进竹炭、竹醋液生产的健康发展,推动产品的应用开发研究。

本书在编辑出版的过程中,得到了中国竹产业协会、浙江省科技厅、浙江省林业局、浙江林学院、浙江省人事厅有关领导和专家学者的大力支持,国际竹藤组织、日本京都大学木质科学研究所、日本竹炭竹醋液协会、南京林业大学、国家林业局竹子中心、日本农林科学研究所、浙江省林业科学研究院、浙江省临安市人民政府、浙江省遂昌县人民政府、浙江省衢县人民政府、浙江省遂昌县文照炭制品厂、浙江省衢县民心实业有限公司、浙江省临安天丰物产有限公司、浙江省新昌福大竹木有限公司、浙江省林业产业协会竹炭分会的积极协助,又得到了中国林业出版社的通力合作,特别是责任编辑为完善本书付出了辛勤劳动。在此一并表示衷心感谢。

本书虽经作者和编辑共同努力,但由于时间仓促,加之我们水平有限,疏漏和错误在所难免,恳请读者批评指正。

本书编委会
2001年11月4日

PREFACE

The production of bamboo charcoals and bamboo vinegar have already been on the way to a new thriving industry, especially in Japan and China in late 10 years with the world economy development and the increasing sense of environment protection and diversity of species.

The utilization of the above mentioned products, up to now, have been widely adopted in the fields from the health care, food protection, water purification, soil improvement, sterilization and the production of pesticide.

In order to do something helpful for the people in this line, we, taking the opportunity of this seminar, gathered together the related essays on the basic research, application and production experience of these two items, with the sincere hope that they will be really working for the people mentioned here.

Here, we greatly acknowledge all the help coming from the International Network of Bamboo & Rattan, Wood Research Institute, Kyoto University (Japan), Japan Bamboo Charcoal & Bamboo Vinegar Association, Nanjing Forestry University, China National Bamboo Research Center, Agricultural and Forestry Science Institute Foundation (Japan), Zhejiang Forestry Academy, Zhejiang Suichang County People's government, Zhejiang Quxian county People's government, Zhejiang Lin-an County People's government, Zhejiang Suichang Wenzhao Charcoal Product Company, Zhejiang Quxian MingXin Industry and Commerce Co., Ltd, Zhejiang Linan Tian-Feng Wu Chan Co., Ltd Zhejiang Xiangchang Fuda Bamboo and Wood Co., Ltd.

We also should extend our thanks to China Forestry Publishing House for their cooperation.

And our special appreciation goes to the responsibility editor of this book.

We will be highly grateful if anybody can inform us any errors and mistakes in the book without hesitation when they find.

Editorial board
November 4, 2001

目次

CONTENTS

中国竹类资源的有效利用及展望	张齐生 (1)
Prospect and Utilization of Bamboo Resources in China	ZHANG Qi-sheng (3)
竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附特性与影响因素研究	张齐生, 姜树海, 黄河浪等 (6)
Research on Absorption Properties and Relative Factors of Bamboo Charcoal on 2,4-di-chloro Hydroxybenzene	ZHANG Qi-sheng, JIANG Shu-hai, HUANG He-lang, et al. (10)
竹炭的烧制工艺与理化性能关系的初探	叶良明, 张文标, 李文珠 (16)
Preliminary Study on Relationship Between Burning Technology of Bamboo Charcoal and Its Physi-chemical Properties	YE Liang-ming, ZHANG Wen-biao, LI Wen-zhu (20)
竹醋液精制的初步研究	张文标, 张宏, 钱俊等 (26)
Preliminary Study on Bamboo Vinegar Refining	 ZHANG Wen-biao, ZHANG Hong, QIAN Jun, et al. (35)
2 种方法处理的竹醋液组分比较	张文标, 张齐生, 叶良明等 (46)
Bamboo Vinegar Constituents Analysis on Two Methods	 ZHANG Wen-biao, ZHANG Qi-sheng, YE Liang-ming, et al. (53)
竹片、竹丝和竹屑化学法生产活性炭的初步研究	郑兴福, 尤匡银, 丁兴革 (61)
Primary Research on Active Bamboo Charcoal Making With Bamboo Chips, Bamboo Slices and Bamboo Sawdust	ZHEN Xin-fu, YOU Kuang-yin, DING Xing-cui (64)
毛竹材制取活性炭的初步研究	胡福昌, 陈顺伟, 潘美彤 (68)
Preliminary Study on Preparation of Active Charcoal from Bamboo Timber	 HU Fu-chang, CHEN Shun-wei, PAN Mei-xing (73)
遂昌县竹炭业发展报告	邵小根, 傅秋华, 丁志勇 (79)
Report on Development of Bamboo Charcoal Industry in Suichang County of Zhejiang Province	SHAO Xiao-gen, FU Qiu-hua, DING Zhi-yong (82)
弘扬遂昌炭文化, 做大竹炭产业	陈文照 (86)
Carry Forward Coal Culture of Suichang, Promote Bamboo Charcoal Trade	 CHEN Wen-zhao (88)
衢县竹炭可持续发展调查与思考	袁亚平, 杨思新, 林其盛 (92)
Sustainable Development and Reflection on Bamboo Charcoal Industry in Quxian County of Zhejiang Province	YUAN Ya-ping, YANG Si-xin, LIN Qi-sheng (96)
竹炭的工业化生产探讨	浙江新昌福大竹木有限公司 (101)
Industrialized Production of Bamboo Charcoal	 Zhejiang Xinchang Fustar Bamboo & Lumber Co, Ltd. (104)
竹炭的应用推广	叶喜祥, 王益冰 (108)
Use and Popularization of Bamboo Charcoal	YE Xi-xiang, WANG Yi-bing (111)
浙江省遂昌县竹产业发展报告	邵小根, 傅秋华 (115)
A Report on Development of Bamboo Industry in Shuichang County	 SHAO Xiao-gen, FU Qiu-hua (118)

竹炭和竹醋液的标准化研究	野村隆哉 (123)
On Standardization of Bamboo Charcoal and Bamboo Vinegar	NOMURA Takaya (136)
青竹用精密切断机械的开发	木村志郎, 大石诚一, 横地秀行, 鸟羽曙 (155)
The Development of A Precise Cutting Machine for Green Bamboo	
..... KIMURA Shiro, OISHI Seichi, YOKOCHI Hideyuki, TOBA Akenmi (162)	
竹炭的电阻	横地秀行, 木村志郎 (168)
Electric Resistance of Bamboo Charcoal	YOKOCHI Hideyuki, MURA Shiro (171)
竹炭的电气特性研究	野村隆哉 (174)
On Electric Characteristics of Bamboo Charcoal	NOMURA Takaya (179)
竹炭生产中烟热处理的实践	永田寛治 (186)
The Practice of Smoke Heat Treatment In the Bamboo Charcoal Production	
..... NAGATA Kannji (189)	
市场上不同竹炭的吸水性能的比较	NOMURA Takay (193)
Moisture Adsorbing Function of Bamboo Charcoal——Comparison of Bamboo Charcoals on the Market	(201)
加纳竹类资源的现状及利用	ELIDAVID (213)
The Status of Bamboo Resources and Utilization in Ghana	ELIDAVID (215)
了解竹炭性质, 掌握烧炭的技术	野村隆哉 (218)
Let Us Know the Properties of Bamboo——Wisdom to Burn Bamboo Charcoal Well	
..... NOMURA Takaya (227)	
竹材预处理——烟干燥的影响 Effect of Smoke Drying as a Pretreatment of Raw Bamboo Materials	NOMURA Takaya (241)
浙江林学院概况	(254)
Zhejiang Forestry University A Brief Introduction	(255)
浙江林业科学研究院概况	(257)
Zhejiang Forestry Academy A Brief Introduction	(258)
浙江省遂昌文照炭制品厂简介	(260)
A Brief Introduction to Wenzhao Charcoal Products Factory in Shuichang County, Zhejiang Province, China	(262)
浙江省衢县民心实业有限公司简介	(265)
A Brief Introduction to Mingxing Industry Limited Company in Quxian County, Zhejiang Province, China	(267)
浙江新昌福大竹木有限公司简介	(270)
A Brief Introduction to Xinchang Fustar Bamboo & Lumber Co., Ltd	(271)
杭州临安天丰物产有限公司简介	(272)
A Brief Introduction to Hangzhou Lin'an Tianfeng Products Co., Ltd	(272)

中国竹类资源的有效利用及展望

张 齐 生

(中国工程院院士、浙江林学院院长)

关键词: 竹类; 竹类资源; 利用; 中国

1 中国的竹类资源

中国是世界主要的产竹大国,对竹林经营利用的历史也最为悠久。据记载中国有竹类植物 39 属 500 余种,占世界竹类植物属和种的 50% (世界有 79 属, 1 200 多种)。中国有竹林面积 421 万 hm^2 , 占全国森林总面积的 2.8%, 占国土陆地面积的 0.5%, 中国竹类资源的主要特点是: ①竹类植物种类多, 有直径大的, 如云南省产的巨龙竹, 直径达 30 cm; 也有直径小的, 直径仅 3~5 mm; 有适合原竹利用的, 有适合剖篾编织的, 也有适合机械加工制造人造板的, 还有适合笋用的。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 毛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、贵州等省(区), 十分有利于开展竹类资源的工业化利用。每年毛竹采伐量超过 4 亿株, 约相当于 800 万 m^3 的木材量, 另有各种杂竹约 300 万 t, 生产鲜笋约 170 万 t, 为中国开展竹类资源有效利用提供了十分有利的条件。

2 中国竹类资源的利用

2.1 传统利用

自古以来, 竹子广泛地应用于中国人民的农业、渔业、建筑业, 鲜笋和笋干也是中国人喜爱的菜肴。竹子经剖篾、编织, 制作成农具、家具和口用的生活用品。还有很多能工巧匠, 利用剖篾编织、雕刻技术等制作成的器皿、动物、人物、景观、生活用具等竹编、竹刻工艺品, 形成中国传统的中国竹工艺艺术。

2.2 工业化利用

2.2.1 竹浆造纸

竹子纤维含量高, 通常为 40%~60%。纤维长细比大 (长度 1.2~2.0 mm, 宽度 15~18 μm), 是良好的造纸原料。中国目前有一批造纸厂以竹子为原料进行制浆造纸, 如四川省的乐山、雅安、沐川造纸厂, 广东省的广宁造纸厂, 江西省的宜川、抚州造纸厂等, 年纸产量约 40 万 t, 目前还有上升的趋势。

2.2.2 竹材人造板

将中空圆形的竹筒, 通过展平或锯制的方法加工成竹片, 或通过剖篾的方法制成竹篾或通过切片和刨片的方法加工成竹刨花, 再按照木质人造板的构成方法制成各种竹材人造板。中国的竹材人造板经过 20 多年的发展, 目前已初具规模, 总产量超过 100 万 m^3 , 生产厂家有数百家, 产品广泛应用于车辆、建筑、家具、装修等领域。按产品

用途分主要有以下几类:

- (1) 车辆地板用竹材胶合板——载重汽车、客车、铁路棚车、铁路平板车等。
- (2) 建筑模板用竹材胶合板——普通模板、清水混凝土模板等。
- (3) 家具、装修用竹材胶合板——竹材集成材、竹材地板等。
- (4) 竹木复合胶合板——竹子和木材单板或木板按照科学的结构复合而成, 主要产品有竹木复合集装箱底板、船用竹木复合空心跳板等。

2.2.3 竹笋加工

中国年产竹笋约 170 万 t, 主要产品有清汁笋、调味笋、盐渍笋、各种保鲜笋及笋干制品。

2.2.4 日用竹制品

(1) 竹凉席。竹凉席是日用竹制品的大宗产品, 既有久负盛名的传统编织竹席(如湖南益阳的水竹凉席和安徽舒城的舒席), 堪称竹席珍品。也有近代机制竹凉席和麻将竹凉席。目前在中国已有数百家竹凉席工厂, 产品进入千家万户。

(2) 竹筷。竹筷的品种较多, 有单支竹筷和双联竹筷。既有一次使用的, 也有重复多次使用的, 这是中国人每天都少不了的餐具。

(3) 竹家具。竹家具具有圆竹家具和竹材集成材家具两大类。目前竹子先制成集成材, 再按现代家具制造工艺制作的竹家具正在受到越来越多的重视。

2.2.5 竹子化学加工

竹子化学利用近几年来中国才开始重视和生产。主要产品有:

(1) 竹叶提取物。竹叶中含有竹叶黄酮和酚类化合物、微量元素等多种成分, 具有重要的营养价值和医疗保健作用, 目前已开发成功竹叶黄酮和竹叶啤酒等两类产品。

(2) 竹制炭。竹子有特殊的微孔构造, 炭化后有很强的吸附能力, 经活化后这一功能更为突出。可广泛应用于制药、食品、化学、冶金、环保等部门, 并可开发成多种系列环保产品, 目前中国浙江、江西、湖南、福建等省已有生产。年产量近万吨, 产品主要出口日本、韩国等国家。

中国的竹类资源主要分布在南方山区, 竹类资源的开发利用直接关系到山区群众的脱贫致富和山区经济的发展, 因此竹类资源的有效利用一直受到各级政府的关注和支持。中国的竹材人造板目前已在车辆、建筑、家具和装修业中得到广泛的应用, 总产量已超过 100 万 m^3 , 竹地板还行销欧美和日本等国。

竹炭对竹材的直径大小等级要求不严格, 又是一种重要的保健和环保材料, 在世界生态环境日益恶化的今天, 我们期望通过这次国际竹炭竹醋液学术研讨会, 进一步交流竹炭和竹醋液的加工、应用和商业方面的技术和经验, 使中国和世界各国的竹类资源都能得到充分利用, 使竹子成为人们的友好材料, 造福于全世界的人民。

Prospect and Utilization of Bamboo Resources in China

ZHANG Qi - sheng

(Academician of China Engineering Academy, President of Zhejiang Forestry College)

Key words: bamboo charcoal; bamboo resources; utilization; China

1 Bamboo Resources in China

China is a main country in the world that is rich in bamboo and has long history in the use of bamboo. It is recorded that bamboo has about thirty-nine genera and over five hundred varieties in China which is about 50 percent of bamboo genera and varieties in the world (79 genera and 1 200 varieties in the world). Bamboo areas in China is about 4 210 000 hectares, covering 2.8 percent of the natural forest areas and 0.5 percent of nature areas. The features of bamboo resources are: ① There are varieties of bamboo with diameters from 3 ~ 5 mm to 30 cm. There is also bamboo which is fit to use it directly or cut it into strip then wave strip or be processed into man-made panels or use bamboo shoots. ② The bamboo resources' distributions are central, especially 2 500 000 hectares of high industrialization value mainly in Zhejiang, Jiangxi, Fujian, Hunan, Hubei, Anhui, Guangdong, Guangxi, Sichuan, Guizhou, etc. in south areas of Yangtze River. The distributions help to industrialize us of bamboo resources. It is favorable to the utilization of bamboo resources in China that each year bamboo resources can produce 400 000 000 pieces of mao bamboo equivalent to over 8 000 000 m³ woods, more than 3 000 000 t of other kinds of bamboos and 1 700 000 t of fresh bamboo shoots.

2 Utilization of bamboo resources in China

2.1 Traditional utilization in China

Bamboo has been widely used in agriculture, fishery, building industry and dishes such as farm tools, air-dried bamboo shoots, furniture and daily necessities since long time ago. It also formed craft arts of bamboo by waving or carving. There are crafts such as utensils, figures, animals, scenery, life apparatus and so on made from bamboo.

2.2 Industrial utilization

2.2.1 Bamboo pule paper

Bamboo is good pulp material because of its high fibers content about 40 ~ 60 percent and high slenderness with length of 1.2 ~ 2.0 mm and width of 15 ~ 18 μ m. There are paper mills that use bamboo as material at Leshan, Yaan, Muchuan in Sichuan Province, Guangning in Guangdong Province and Yichuan, Wuzhou in Jiangxi Province. The annual output is about 400 000 t. The output will trend to rise at present.

2.2.2 Bamboo man-made panels

Bamboo can be made into all kinds of man-made panels. It can be processed into bamboo plates by sawing or spreading out, thin bamboo strips by cutting and bamboo particles by slicing or planing. There are about several hundred mills of bamboo man-made panels by more than twenty years of development. The total output is about 1 000 000 m³. The products are used widely in traffic, building, furniture, decorations, etc. They are classified according to their use as followed:

①Bamboo plywood used in vehicles floors such as trucks, bus, flatbed tricycle, railway boxcar and so on.

②Bamboo plywood used in building form such as common form and concrete form.

③Bamboo plywood used in furniture and decorations such as bamboo laminated panels and bamboo floors.

④Bamboo-wood composite plywood with scientific structure of bamboo and wood veneers or planks. The main products are bamboo-wood composite containers floor and bamboo-wood composite hollow core spring panels for ships

2.2.3 Bamboo shoots process

The annual output of bamboo shoots is about 1 700 000 t. The main products are clear-juiced bamboo shoots, flavoring bamboo shoots, pickled bamboo shoots, air-dried bamboo shoots and bamboo shoots preserving freshness.

2.2.4 Bamboo products of everyday use

①Bamboo summer sleeping mats

Bamboo summer sleeping mats are the main bamboo products of everyday use. There are not only the famous traditional woven mat such as Hunan Yiyang's water bamboo mats and Anhui Shuchen's Shu mats but also machine-processed bamboo mats or Majiang bamboo mats. For the time being there are several hundred mills of bamboo mats. The products have been accepted by consumers.

②Bamboo chopsticks

There are many kinds of bamboo chopsticks Both single chopstick and double

chopstick are produced. There are not only disposal chopsticks but also chopsticks that are used for many times. Chopsticks are the indispensable dinner sets for Chinese.

③Bamboo furniture

There are two kinds of furniture made from bamboo timber or bamboo laminated panel. More and more attention is paid to the furniture of bamboo laminated panel.

2.2.5 Chemical process of bamboo

China began to pay attention to bamboo chemical utilization just in recent years. The main products are as followed.

①Leave extraction

The bamboo leaves contain progesterone, phenol compounds, trace elements, etc. It can act as nutrition and medical health protection. Bamboo leave progesterone and beers have been successfully developed.

②Bamboo charcoals

Carbonized bamboo has strong ability to adsorb because of its tiny hole. The ability will be much stronger if carbonized bamboo is activated. The bamboo charcoal can be utilized in sectors such as medicine, foodstuff, chemistry, metallurgy and environment protection. Now bamboo charcoal has been produced in Zhejiang, Jiangxi, Hunan, Fujian, etc. in China. The annual output is about thousands of tons. Bamboo charcoals now mainly exports to Japan, Korea, etc. China bamboo resources mainly distribute in south mountain areas. Utilization of bamboo resources have so great effects on the economic development of mountain areas that local governments always support and pay close attention to utilization of bamboo resources. The output of bamboo man-made panels has been over 1 000 000 m³, which now are used in vehicles, building, furniture, decoration, etc. Bamboo floors also export to Europe, America, Japan and so on.

Bamboo charcoals' demands on bamboo's diameter and size are not strict. However, bamboo charcoals is important material which features in health and environment protection. Today with ecological environment deterioration, we expect that the international bamboo charcoal symposium will make a way forward in exchanging technology and experience on process, utilization and commerce of bamboo charcoals and bamboo vinegar. We also expect that the resources of bamboo in China and other parts of the world will be effectively utilized and do goods to the human being through the symposium.

竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附特性与影响因素研究

张齐生¹, 姜树海¹, 黄河浪¹, 关明杰¹, 徐亦钢², 石利利²

(1.南京林业大学, 江苏南京 210037; 2.国家环境保护总局南京环境科学研究所, 江苏南京 210042)

摘要: 竹炭是新型的机能性和环境保护材料。本文结合饮用水研究领域的前沿课题, 详细研究了竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附特性与影响因素。研究结果表明竹炭对 2,4-二氯苯酚具有良好的吸附性能。

关键词: 竹炭; 饮用水; 2,4-二氯苯酚; 吸附

大气污染和水污染一直是困扰社会进步与发展的两大环境问题。它与人们的生产和生活休戚相关。特别是在地球环境不断恶化的今天, 环境保护将成为永恒的主题。正是在这种背景下, 一种新型的机能性和环境保护材料——竹炭应运而生。竹炭的现状是商业先行而科学研究滞后, 日前在各领域应用的竹炭的机能性均没有科学的证据。新型吸附材料的开发是饮用水深度处理领域研究的重点课题, 为此, 我们进行了竹炭对饮用水中有机污染物净化能力的科学研究。

2,4-二氯苯酚是饮用水中主要的有机污染物之一。研究开发除去氯酚类污染物的新型吸附材料, 对改善饮用水的质量具有重要的现实意义。本文就竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附特性进行了较为详细的研究, 分析了竹炭粒径、吸附时间、2,4-二氯苯酚的浓度等因素对竹炭吸附 2,4-二氯苯酚的影响, 为研究开发竹炭在饮用水深度处理中的应用提供科学依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

竹炭: 取自统一浙江新昌福大竹木有限公司, 样品经粉碎研磨, 粒径控制在 0.06~0.9 mm。用分析筛分级。加封储存备用。

2,4-二氯苯酚: 分析纯。乙醚: 分析纯。

1.2 试验方法

二氯苯酚标准溶液配制: 准确称取 0.010 1 g 的 2,4-二氯苯酚, 用乙醚将其溶解于 100 mL 容量瓶中, 定容后摇匀, 即配成浓度为 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 2,4-二氯苯酚标准溶液, 冰箱中保存备用。

实验采用静态平衡吸附法: 配制一定浓度系列的 2,4-二氯苯酚水溶液于 250 mL 三角烧瓶中, 准确加入 0.02~1.00 g 竹炭, 摇匀, 置于 20 °C 恒温振荡器, 静止一定时间, 过滤, 滤液用 25 mL×2 乙醚萃取 2 次, 定容至 50 mL, 待气相色谱测定 2,4-二氯苯酚含量。

气相色谱法测定条件: HP5890 气相色谱仪(电子捕获检测器); HP-5 石英毛细管柱(内径 0.53 mm, 长 10 m, 液膜厚度 2.65 μm); 柱温 95 $^{\circ}\text{C}$, 汽化室温度 150 $^{\circ}\text{C}$, 检测室温度 250 $^{\circ}\text{C}$; N_2 30.5 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$; 进样量 1 μL 。

上述条件下 2,4-二氯苯酚的保留时间为 2.75 min。

2 试验结果与讨论

2.1 竹炭对 2, 4-二氯苯酚的吸附反应动力学

图 1 为竹炭对 2,4 二氯苯酚的吸附反应动力学曲线。由图 1 可知, 竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附量随时间的增加而增加, 同时竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附速率在开始时较快, 在 30 min 后基本趋于平衡, 随后吸附速率减慢。将竹炭对 2,4-二氯苯酚的吸附量对吸附时间进行拟合, 可得方程:

$$\ln C = -0.896 - 0.00185t \quad \text{相关系数 } r=0.863$$

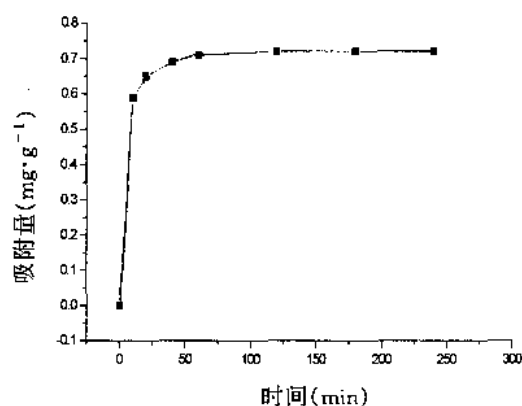


图 1 接触时间对 2, 4-二氯苯酚吸附的影响

表明竹炭对 2, 4-二氯苯酚的吸附符合一级反应动力学, 竹炭对 2, 4-二氯苯酚的作用主要为分子间范德华力的作用。

2.2 吸附等温线

2,4-二氯苯酚浓度的影响试验结果见图 2。由图 2 可知, 2,4-二氯苯酚浓度 0.50~1 500 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度, 竹炭对 2, 4-二氯苯酚的吸附量与 2, 4-二氯苯酚的浓度间呈良好的线

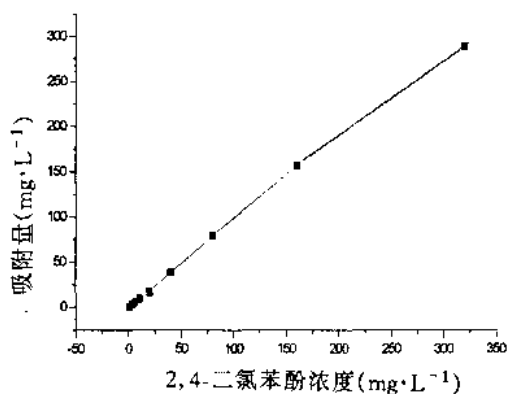


图 2 竹炭对 2, 4-二氯苯酚的吸附

性关系,表明竹炭对 2, 4-二氯苯酚的吸附能力较强,在本试验条件下,每克竹炭对 2, 4-二氯苯酚最大吸附量可达 1 500 mg。同时由表 1 可见,水体中 2, 4-二氯苯酚浓度为 $2.50 \sim 640 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,竹炭对 2, 4-二氯苯酚的去除率为 $89.2\% \sim 99.2\%$,表现出良好的吸附性能。

表 1 水体中竹炭对 2, 4-二氯苯酚的去除率

编号	2, 4-二氯苯酚浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	测定值 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	去除率 (%)
1	2.50	0.02	99.2
2	40	1.2	97
3	160	3.1	98
4	640	69.1	89.2

2.3 节间竹炭的影响

取竹子不同部位(有无节间)的竹炭:无节间竹炭、单节间竹炭和双节间竹炭(每件试料有 2 个节间)进行吸附试验,结果见图 3。试验结果表明竹子不同部位的竹炭的吸附能力有明显差别,无节间竹炭吸附能力最强,单节间竹炭的吸附能力次之,双节间竹炭的吸附能力最差。这主要是因为无节间、单节间和双节间的竹炭材结构、密度和含水率等不同,从而导致这些炭材烧出的竹炭具有不同比表面积的结果。

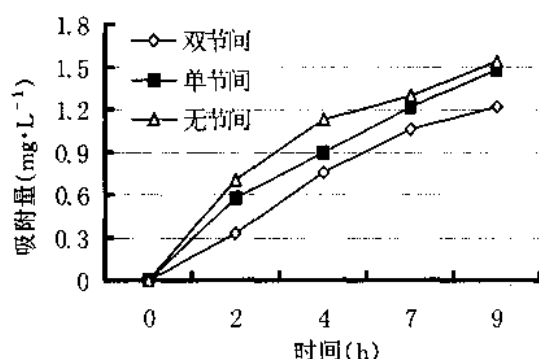


图 3 竹不同部位的竹炭的吸附曲线

2.4 粒径大小的影响

实验用竹炭的粒径为 $0.06 \sim 0.90 \text{ mm}$,筛分为 4 个粒组: $0.800 \sim 0.900 \text{ mm}$ 为 1 级; $0.250 \sim 0.350 \text{ mm}$ 为 2 级; $0.150 \sim 0.155 \text{ mm}$ 为 3 级; $0.055 \sim 0.060 \text{ mm}$ 为 4 级。2, 4-二氯苯酚的浓度为 $1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 值 6.4, 竹炭用量为 0.2 g , 试验温度为 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 结果见表 2。

表 2 竹炭粒径对去除 2, 4-二氯苯酚的影响

颗粒大 (mm)	粒径分级	吸附量 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	去除率 (%)
0.800~0.900	1	1.1	22
0.250~0.350	2	1.7	34
0.150~0.155	3	2.5	50
0.055~0.060	4	4.9	98

结果表明：在试验时间一定的条件下，粒径由 2 级到 1 级，2,4-二氯苯酚的去除率仅增加 12%，由 3 级到 1 级，2,4-二氯苯酚的去除率增加 28%，由 4 级到 1 级，2,4-二氯苯酚的去除率增加 76%。其原因是粒径越小，竹炭的吸附速度越快，在有限的时间内，吸附量越大，去除 2,4-二氯苯酚效果越好。但粒径越小，加工耗能耗时越多，难度越大，吸附后固液分离越困难。因此在实际应用时，竹炭粒径大小的选择应依据去除效果的要求而定。

2.5 吸附温度的影响

温度的影响试验结果表明，当 2,4-二氯苯酚的起始浓度一定时，温度越高，吸附量越低。说明随着温度的增加，吸附剂的吸附能力逐渐降低（图 4）。这同一般吸附皆为放热过程是一致的。

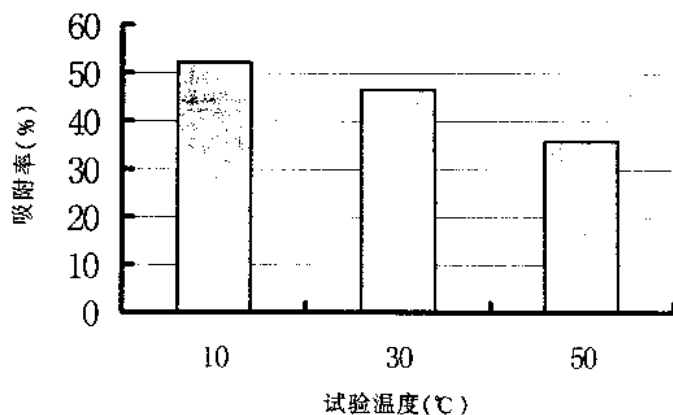


图 4 不同温度对竹炭吸附性能的影响

2.6 pH 值的影响

酸度的影响试验结果见表 3。由表 3 可见，pH 值 2.0~10.0，竹炭均有很强的吸附 2,4-二氯苯酚的能力，在本试验条件下，去除率均达 99% 以上。

表 3 酸度对竹炭吸附 2, 4-二氯酚性能的影响

pH 值	2	4	6	8	10
起始浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	6.800	6.800	6.800	6.800	6.800
测定浓度 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	0.046	0.020	0.011	0.007	0.009
吸附率 (%)	99.3	99.7	99.8	99.9	99.9

3 结 论

- (1) 竹炭对 2, 4-二氯苯酚有很强的吸附能力，其吸附反应遵循一级反应动力学方程。
- (2) 在本试验条件下，竹炭对水体中 2, 4-二氯苯酚的最大吸附量可达 $1500 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。
- (3) 竹炭对 2, 4-二氯苯酚的吸附性能与竹炭粒径大小、比表面积、吸附温度等有关。
- (4) pH 值 2.0~10.0 时，竹炭对 2, 4-二氯苯酚均表现出良好的吸附性能。