

文章编号: 1007-882X(2004)02-0151-07

功能性木质炭素新材料的研究与开发

黄 彪^{1,2}, 高尚愚²

(1. 福建农林大学 材料工程学院, 福建 福州 350002; 2. 南京林业大学 化工学院, 江苏 南京 210037)

摘 要: 木质炭化物的高效开发利用, 对解决废弃物资源化、环保、生态环境等问题将起到十分积极的作用。通过述评功能性木质炭素新材料的国内外研究和开发进展, 涉及到木质炭素材料吸着特性的研究概况、木质炭化物在环境净化方面的应用、木质系炭素新材料的研发、性能和应用等方面。着重介绍了一些木质系炭素新材料: 木陶瓷、木质吸油材料、高电导性材料、保健材料、土壤改良材料、二氧化钛/炭复合材料、烧结炭等。同时对其副产物木醋液的应用领域, 如在食品添加剂、除臭剂、医药、农业等方面的应用也做了一些梗概。由此可看出: 木质炭化物新利用, 高功能化的研发可使古老的木炭衍化为新颖的功能性材料, 从而产生更高的经济、社会 and 生态效益。

关键词: 木质炭化物; 进展; 炭素新材料

中图分类号: TB 34 **文献标识码:** A

1 前言

木材是一种天然材料, 与其他源于矿产资源的材料相比, 木材的突出优势在于它的可再生性。这是其他材料所不能比拟的, 符合人类社会可持续发展的战略构想。

人类生产和使用木质炭化物(木炭)的历史悠久, 除做燃料和冶炼外, 在公元前 1550 年埃及就用于医药, 公元前 2 世纪印度用于滤水^[1], 我们的祖先用木炭重量变化来测量空气的湿度及制备黑火药, 长沙马王堆出土的汉墓木椁用木炭来吸潮、防腐, 明朝李时珍在《本草纲目》中记述了果核煅炭可治疗腹泻和肠胃病。总的来说, 过去木炭主要作为燃料与冶炼使用, 从 20 世纪 50 年代以后, 随着矿物燃料的普及, 这种利用渐渐被忽视。然而, 近年来木炭的一些新用途受到了很大关注。如环境净化方面, 过去一直使用活性炭作吸附剂, 最近有些场合开始使用木炭了。究其原因, 首先是吸附剂价格问题。活性炭制造过程中, 需炭化和活化二道工序, 操作复杂, 得率很低, 而木炭只需炭化一道工序, 得率较高, 故较便宜。其次, 将间伐材、废材、山场剩余物等充分利用起来, 从资源的有效利用方面来说, 能作到可持续发展。再加之, 随着农业上时兴无农药无化肥的有机耕作法的发展潮流, 木炭及其副产物木醋液作

为土壤改良剂、植物生长调节剂、无害农药使用, 有益于环境, 有益于人类。还有, 木炭是一种炭化物, 从防止地球的温室效应来看, 它可以固体形态直接将碳元素固定下来, 使碳元素不会形成 CO_2 进入大气中, 造成 CO_2 浓度增加, 即有降低大气中温室效应的环保效益^[2-5]。与此同时, 功能性木质炭素新材料如隔音材料, 电磁屏蔽材料等的开发也备受关注^[6,7]。

2 木质炭素材料吸附特性研究

自 Sheele 在 1773 年, Fontana 在 1777 年分别发现木炭能吸附大量的空气等气体以来, 许多人也经验性地知道, 木炭的吸附能力随种类的不同而变化, 并且有随着种类的不同, 对特定吸附质的吸附能力也不同的所谓选择性吸附现象。19 世纪后半期, Stanhouse 和 Hunter 分别做了木炭对多种有机蒸汽的吸附实验, 从多方面就不同原料木炭的吸附问题作了研究。特别是 Hunter 提出了在各种原料制成的炭中, 椰壳炭具有最出色的吸附性能的报告; Stanhouse 用吸附用炭做了净化空气的实用性试验, 随后于 1872 年初次对防毒面具问题作了记载。关于木炭的气相吸附问题, 发现了许多实验室性的用途, 最有名的是 Tait 和 Dewar 提出的木炭用于制造

收稿日期: 2003-09-04; 修回日期: 2004-03-21

基金项目: 福建省教育厅资助项目(JA01044)

作者简介: 黄彪(1966-)男, 福建古田人, 福建农林大学副教授, 南京林业大学在职博士生, 从事林产化工的教学与研究工作, 主要研究方向为炭材料与生物质能源。Tel: +86-599-850051X(O), +86-599-850123K(H), E-mail: bhuang@public.npqtt.fj.cn

高真空,以及 Ramsay 提出的从空气中分离稀有气体。然而工业上最先利用木炭的吸附性能的领域是精制蔗糖。为了达到这一目的,大量制造液相用木炭的方法取得了进步,人们采用水蒸气及二氧化碳及化学方法进行活化处理,生产活性炭^[8]。

随着活性炭生产与研究的兴起,木炭吸附能力方面的利用曾一度被人们忽视。近年来,木炭的研究与利用又重新兴起,特别是从木炭开发制造出高机性能炭素材料,以及木炭在环境净化等方面的研究与开发引起学者们的重视^[9]。

随着先进检测仪器与手段的日益更新,对木炭的研究又重新进入了一个新时代。如森美知子等对木质材料(PB, LVL)及木材(日本柳杉等)进行低温炭化,再进一步在 500℃~1000℃下炭化后,研究了不同原料及不同炭化处理温度所得炭化物的内部表面构造、吸湿性、甲醛吸着特性等。研究表明,随着炭化温度提高,炭化物的比表面积、吸湿性、甲醛吸附量随之增大,但在 600℃的炭化温度下,炭化物的吸湿性较低。在甲醛与水蒸气共存的环境下,低温(500℃~700℃)炭化物对甲醛的吸附量比对水的吸附量大,高温(800℃~900℃)炭化物则对水的吸附量大^[10]。北村寿宏等对日本柳杉制取吸附用木炭进行了一系列较系统的研究,着重探索了炭化温度、氛围气、炭化时间等方面的影响。结果表明,在 N₂ 氛围下,炭化温度在 400℃~600℃之间时,炭化物的比表面积随温度升高而增大,随后再升高温度至 600℃~1000℃,炭化物比表面积则减少。在有氧条件下,炭化物比表面积随氧浓度增大而增大。当在 N₂ 和 CO₂ 混合气体氛围下炭化时,在 700℃~900℃时,比表面积则减少。当炭化温度在 700℃, 800℃, 900℃时,炭化物的比表面积取决于炭的得率,而炭化温度、CO₂ 浓度则不直接产生影响。当在 N₂ 和 O₂ 混合气体氛围下内炭化时,在 400℃~700℃时,炭化物的比表面积小,温度与 O₂ 浓度对其影响不大,在 700℃~900℃时,炭化物的比表面积随炭化温度升高而增大,而 900℃~1000℃时,则渐渐减少。在 700℃~900℃范围内,在同一炭化温度条件下,炭得率下降则炭化物比表面积增大;O₂ 浓度增大,则炭得率下降;氧气浓度不会直接影响炭化物的比表面积;炭化物比表面积主要取决于炭化温度和炭得率。实验尚表明,对增大炭化物比表面积而言,在 CO₂ 气氛下比在 O₂ 气氛下更有效^[11-13]。

本间千晶等人研究了库页冷杉在氮气及空气氛

围下炭化制得的炭化物的化学构造与氨气吸附能力,结果表明,在空气中制得的炭化物对氨与碱的吸着能力大于在氮气中制得的炭化物。炭化温度在 300℃时,空气中制得的炭化物对氨与碱的吸着能力最大。炭化物的红外光谱显示,在空气中制得的炭化物有较多数量的羧基和内酯基团形成,且元素分析表明其有较高的氧、氢元素含量,较低的碳元素含量。这表明在空气中,库页冷杉在 300℃下发生了脱水、脱氢且发生了羧化作用^[14]。他们又以纤维素为原料进行炭化,亦获得了与上述相似的结果。在空气中炭化可有效形成酸性基团,适合制备氨吸附剂。

齐藤幸惠等研究了木质系炭化物对甲醛的吸脱附性能,结果表明:1000℃下炭化的竹炭和 600℃下炭化的碎料板炭均能使空气中的甲醛含量从 4×10^{-7} 降低到 8×10^{-8} 。进行吸附实验时,30℃时吸附甲醛的量仅比 20℃时的低 10%,这表明在夏天吸附去除甲醛亦有效。试验尚表明,高温炭脱附甲醛量比低温炭的小。示差扫描量热分析(DSC)试验表明,一般来说炭化温度高,炭化物脱附的温度亦高。当炭化温度在 600℃时,炭化物脱附的温度最低,开始脱附时的温度大约在 50℃左右^[15]。

滝本裕美等人研究了木炭作为木住宅地板调湿剂的一些吸附特性^[16]。实验采用 4 种木炭(建筑废材炭、红松炭、落叶松炭、竹炭),对其吸湿性、吸水性及粒度的影响作了研究。结果表明,各炭种的吸水性不同,5L 炭可吸附的水量在 2000g~3700g 之间,粒度小的原料的吸水性高;在相对湿度为 97% 时,各木炭水分含量的质量分数为 9%~14%。

L. L. Pubido 等人采用木粉在不同炭化温度下制得炭化物,将这些炭化物进行去除水溶液中生金属离子的实验,实验表明 1000℃炭化得到的炭化物可有效去除水溶液中汞离子,其去除率甚至高于市售的活性炭^[17-19]。Ikao Abe 等人对常绿橡木、竹、椰壳及日本雪松为原料制得的炭化物去除饮用水中的三氯甲烷进行了实验,结果表明炭化物有一定的吸附水中三氯甲烷的能力,若将这些炭化物进行活化,如日本雪松炭经水蒸气活化 50min 获得的炭化物吸附水中三氯甲烷的能力大于市售活性炭^[20]。青山政和亦对炭化物去除水中汞离子作了研究,其采用原料为旧报纸,在 N₂ 保护下,900℃炭化 3h 得到的炭化物比市售粉状活性炭能更有效去水中二价汞离子^[21]。今岡正美等人对木炭净化河川水质进行了研究考察,结果表明木炭可有效地去除水中污染物,

净化河川水质,并指出净化能力主要缘于木炭与微生物的复合功能^[22]。在采用木炭净化水质的研究中尚有東国茂等^[23]。日本研究人员除了在实验室进行模拟试验外,还进行了大规模的户外现场实地实验,在日本许多地方均开展了这样的实验,获取了许多有价值的信息,且都达到了一定的净化效果^[24]。

安部郁夫等人对木炭作为吸着剂进行了较长时间的研究^[25-27]。研究了针、阔叶材木炭的孔径分布特性、吸着速度特性、比表面积等,并进行了简便方法提高木炭吸附能力的研究,取得了较好效果,研制出了比表面积略低于活性炭的活性木炭。

3 木质系炭素新材料的研发

木质炭化物具有吸附性、研磨性、吸光性、隔热性和较强的反应性。因此,除燃料和传统的工业用炭以外,木炭的新用途越来越广泛^[28-30]。研究人员在木质系炭素材料新利用、高功能化的研发上下了很大功夫,作了大量的工作,取得了令人瞩目的成果。

3.1 木陶瓷^[31,32]

1990年,日本清森工业试验场的岡部敏弘等人将木质原料浸渍高分子树脂后,进行真空炭化开发出一种新材料木陶瓷,引起了普遍关注。经研究表明,它具有如下一些特点和广阔的应用前景:(1)轻量、比强度高,可作构造用材;(2)硬质、耐磨,可作摩擦材料;(3)结构多孔,可作各种过滤、吸收材料以及其他材料的基体;(4)耐热、耐氧化、耐腐蚀,可应用于高温、腐蚀材料中;(5)导热,有良好的远红外反射功能,是很有前途的采暖材料;(6)是理想的环境材料。木陶瓷的副产品为木醋液,是农业土壤改良剂和防虫抗菌剂,木陶瓷使用后仍可做吸附剂,废弃时也可以破碎做土壤改良剂,没有环境负担,同样重要的是,它使碳得以大量固定(约 172 kg/m^3),从而有利于温室效应的抑制。

3.2 木质吸油材料^[33,34]

油船、油罐泄漏事故和工厂含油污废水的排放等,对海水及河水造成严重的污染,既浪费资源,还危及海洋生物,严重破坏了生态环境。为此,人们对开发油的回收处理技术越来越迫切,尤其是海湾战争后,研究步伐明显加快。随着环保要求的提高,对工业排放废油的限制更加严格,因而吸油材料在环保方面的应用将越来越广泛。

以日本北海道林产试验场为代表的研究人员利用间伐材和旧纸板研究开发出可有效改善海洋环境污染的木质吸油材料。首先将间伐材加工成木片状,再进行解纤,即分离帚化纤维,旧纸板也经处理成纤维状,尔后在一定温度下炭化,该炭化物可吸附重油 $13.4 \text{ kg/kg} \sim 25.0 \text{ kg/kg}$ 。该木质吸油材料的特点是制法简单易行,无需使用水和任何有机溶液,不存在废液污水处理问题。且使用后的吸油材料用普通烧却炉烧掉或再利用均可。炭化物可采用无纺布装成袋或与纸浆一起抄成纸板状,或与热融性纤维混合后,干燥、热压成片状。

3.3 高电导性材料^[35-37]

日本研究人员以木质炭化物为原料研制出导电性炭素新材料及防电磁波材料,该材料采用粒径为 $0.01 \mu\text{m} \sim 1.0 \mu\text{m}$ 的竹、木炭粉末与热固性树脂混熔调制成自硬化性颗粒体,以该颗粒体为母粒,辅以其他材料进一步加工成各种形状的板材等复合材料。这些材料均具有优异的电磁波屏蔽效果,可减少电磁波对人体影响及对电子仪器产生误动作的危害,同时具质轻、耐热、阻燃、物理强度高好等性能。

3.4 保鲜材料^[38]

日本研究人员以竹、木炭为原料,经特殊处理后制成具很好保鲜作用的“菜鲜炭”,并将其加工成各种形式,如与植物纤维一起抄造成“菜鲜炭”纸,与瓦楞纸复合成“菜鲜炭”包装纸箱,造粒均匀后以无纺布包装成“菜鲜炭”包等,该制品特别对蔬菜花卉长距离运输的保鲜有很好效果。目前“菜鲜炭”系列产品已在日本市场出售。

3.5 保健材料^[39-41]

木质炭化物具有吸附能力,能辐射远红外线,刺激身体各经络的穴道,改善身体器官机能。把导电性的竹炭粉和助剂混合后装入衣物、织物、枕头、垫子和宠物用具等物品中缝合或粘合,具有消臭、按摩、辐射红外线、调温调湿、抗菌和抑制毒性等作用。

3.6 土壤改良材料^[38,42]

木质炭化物对 CO_2 的吸附性能高,不腐烂,透气、保肥性好,能调整土壤酸碱度,并可补充一些微量元素用来改良土壤,从而促进作物根系的良好生长。同时竹、木炭能吸附一定湿气且含矿物质,故一些有助于植物生长的微生物、细菌易滋养于炭中,从而大大促进植物生长。研究人员尚发现施用木炭能使高尔夫球场之类绿地草坪生长良好且管理容易。

3.7 二氧化钛/炭复合材料^[43]

光催化和纳米技术是近 20 年发展起来的新研

究领域,玉川甲泰等采用木粉与二氧化钛混合均匀,压制成型,然后将成型物在炭化炉中于 500 ℃ ~ 1 000 ℃ 下炭化制成二氧化钛/炭复合材料,实现将污染物及中间产物吸附而使污染物完全净化。

3.8 烧结炭^[44,45]

日本新明和工业株式会社的山根健司将炭化温度 700 ℃ 下获得的杉木炭进行预处理后,放入通电烧结装置中高温高压处理制得新型炭材料烧结炭,同时研究了其电、热特性及结构、化学、机械等性能。烧结炭质轻、坚硬,导热、导电性好,不燃,并呈化学惰性,且可与金属复合制取有特殊用途的金属复合烧结炭。研究表明,它有很好的应用前景,可应用于电极材料、导电性材料、电磁屏蔽材料等领域中。

3.9 其他

木质炭化物还在融雪剂、水产、畜牧业、美容护肤材料、建筑材料等领域得到了很好应用^[6,46-48]。同时其副产物木醋液也广泛应用于许多领域,如(1)食品添加剂。澄清木醋液后可用作薰液,以液态法薰制火腿和香肠,不易生虫,味道更鲜美,其效果和安全性优于烟熏^[49]。(2)除臭剂。将竹、木醋液喷洒在卫生间等有恶臭处,能消除臭味,保持空气清新。夏天还可作为除臭水消除身上汗臭,并使人感到凉爽^[50]。(3)医药方面^[2,51]。木醋液具抗菌、消毒作用,且渗透性大,应用在胃肠、皮肤药及缓解筋肉酸痛等方面。此外木醋液对脚气有特效医治作用,对过敏性皮炎和糖尿病等疾病也具一定疗效。(4)农业方面^[52,53]。木醋液具有抗菌、消毒及促进植物生根等作用,可用作植物发根促进剂、农药添加剂及抗菌剂。用木醋液处理 2 年生苗的移植床,苗木生长量高于对照区。木醋液还可用于家畜粪便除臭、有机农业的害虫驱除及美容、沐浴剂等方面。

4 结束语

过去木质炭化物大多作为燃料用,利用价值低,对木炭相关之研究更是渐被忽视,然而木质炭化物具有吸着性、研磨性、吸光性、隔热性和较强的反应性等优良特性。随着科技发展,近年来其新用途、新材料的研究开发十分活跃。研究人员在木质炭化物新利用、高功能化的研发上下了很大功夫,作了大量的工作,取得了令人注目的成果,使古老的木炭衍化为新颖的功能性材料。木质炭化物的高效开发利用,对解决废弃物资源化、环保、生态环境等问题将

起到十分积极的作用。我国具有丰富的木质资源,而我们在木质炭化物的高效开发利用上与发达国家相比有一定距离,故希望能引起有关部门的重视,期望国家在科研项目的安排方面,注重给木质炭化物新利用、高功能化方面的研究发展方面留有一定空间,同时期望能加强该研究领域的国际交流与合作,引进国外先进的技术与设备,加快我国功能性木质碳素新材料开发利用的步伐,建立符合中国国情的木质炭化物高效开发利用的结构体系。

参考文献

- [1] Hassler J W. Purification with Activated Carbon[M]. New York: Chemical Publishing Co., Inc., 1974. 3-4.
- [2] 炭やきの會. 環境を守る—木炭と木酢液[M]. 東京:家の光協會, 1991.
(Association of Charcoal. Protection Environment — Charcoal and Wood Vinegar[M]. Tokyo: Association of Family. 1991.)
- [3] 王松永. 木材利用與環境保護[J]. (臺灣)林産工業, 1992, 11(2): 133-143.
(WAN Song-yung. Wood utilization and environment protection[J]. Forest Products Industry(Chinese), 1992, 11(2): 133-143.)
- [4] 王松永. 木材利用對環境的正面效應[J]. (臺灣)林産工業, 1994, 13(3): 485-494.
(WAN Song-yung. The positive effect on environment by wood utilization[J]. Forest Products Industry(Chinese), 1994, 13(3): 485-494.)
- [5] 洪崇彬, 王松永. 木質廢料之碳化物的基本性質及其用途[J]. (臺灣)林産工業, 1998, 17(3): 595-606.
(HONG Chong-bing, WAN Song-yung. The basic properties and utilizations of charcoal from wooden waste[J]. Forest Products Industry(Chinese), 1998, 17(3): 595-606.)
- [6] 今村佑嗣. 木炭からのカーボン機能性材料の開発[J]. 触媒, 1999, 41(4): 254-258.
(YUJI Imamura. Development of new functional carbon materials from wood charcoal[J]. Catalysis, 1999, 41(4): 254-258.)
- [7] 成代進. 木炭・木酢液の特性新しい利用[J]. 木材工業, 1993, 48(12): 565-589.
(SHE Daishun. Properties and the new utilization of charcoal and wood vinegar[J]. Wood Industry, 1993, 48(12): 565-589.)
- [8] 高尚愚, 陈维, 译. 活性炭基础与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1986. 1-2.
(GAO Shang-yu, CHEN Wei. Basic and Utilization of Activated Carbon[M]. Beijing: Forestry Press, 1986. 1-2.)
- [9] 安部郁夫. 吸着剤として見直される木炭[J]. 科學と工業, 1994, 68(4): 161-169.
(ABE Ikuo. Charcoal as an adsorbent[J]. Science and Industry, 1994, 68(4): 161-169.)

- [10] 森美知子, 斉藤幸恵. 木質系材料から調製された炭化物質の吸着特性[J]. 木材学会誌, 2000, **46**(4): 335-362.
(MORI Michiko, SAITO Yukie. Adsorption properties of charcoals from wood-based materials[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2000, **46**(4): 335-362.)
- [11] 北村寿宏, 片山裕之. スギ材から製造した木炭比表面積に及ぼす炭化条件の影響[J]. 木材学会誌, 2001, **47**(2): 164-170.
(KITAMURA Toshihiro, KATAYAMA Hiroyuki. Effects of carbonizing conditions on the specific surface area of charcoal from Sugi wood[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2001, **47**(2): 164-170.)
- [12] 北村寿宏, 田口剛, 片山裕之. スギ材から製造した木炭の比表面積に及ぼす炭化条件の影響 (第2報). 炭化温度と炭化雰囲気中の二酸化炭素濃度の影響[J]. 木材学会誌, 2002, **48**(4): 272-279.
(KITAMURA Toshihiro, TAGUCHI Goh, KATAYAMA Hiroyuki. Effects of carbonizing conditions on the specific surface area of charcoal from Sugi wood (2) — Effects of carbonizing temperature and carbon dioxide concentration in carbonizing atmospheres[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2002, **48**(4): 272-279.)
- [13] 北村寿宏, 松本寿生, 片山裕之. スギ材からの吸着用木炭の製造に及ぼす炭化条件影響[J]. 木材学会誌, 1999, **45**(2): 171-177.
(KITAMURA Toshihiro, MATSUMOTO Sumio, KATAYAMA Hiroyuki. The effect of carbonizing conditions on the properties of charcoal absorbent from cryptomeria[J]. Mokuzai Gakkaishi, 1999, **45**(2): 171-177.)
- [14] 本間千晶, 佐野弥栄子. 窒素及び空気雰囲気下で製造したトドマツ材炭化物の化学構造とアンモニア吸着能 [J]. 木材学会誌, 2000, **46**(4): 348-354.
(HONMA Sensho, SANO Yaeko. Chemical structure and ammonia adsorption ability of Todomatsu wood carbonized in nitrogen and air atmospheres[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2000, **46**(4): 348-354.)
- [15] 斉藤幸恵, 森美知子. 木質系炭化物質の HCHO 吸脱着[J]. 木材学会誌, 2000, **46**(6): 596-601.
(SAITO Yukie, MORI Michiko. Formaldehyde adsorption and desorption properties of wood-based charcoal[J]. Mokuzai Gakkaishi, 2000, **46**(6): 596-601.)
- [16] 滝本裕美, 中野達夫, 武田考志. 木炭による木造住宅床下の湿度及び部材の含水状態の改善——4 種類の木炭の吸湿性及び吸水性に及ぼす粒度の影響[J]. 木材工業, 2000, **55**(1): 14-17.
(TAKIMOTO Hiromi, NAKANO Tatsuo, TAKEDA Takasi. Improvement of house treated by charcoal — Effect of size of particle in 4 kinds of charcoals on moisture sorption and water sorption[J]. Wood Industry, 2000, **55**(1): 14-17.)
- [17] Pulido L L, Hata T. Removal of mercury and other metals by carbonized wood powder from aqueous solutions of their salts[J]. J Wood Sci, 1998, **44**(3): 237-243.
- [18] Novicio L P, Hata T. Removal of mercury from aqueous solutions of mercuric chloride using wood powder carbonized at high temperature[J]. Wood Res, 1998(85): 48-55.
- [19] Novicio L P, Hata T. Removal of mercury by carbonized wood materials from aqueous solutions of different types of mercury compounds[J]. Resource Processing Technology, 1999, **46**(1): 3-8.
- [20] Abe Ikuo, Fukuhara Tomoko, Maruyama Jun. Preparation of carbonaceous adsorbents for removal of chloroform from drinking water [J]. Carbon, 2000, **39**: 1069-1073.
- [21] 青山政和. 新聞古紙炭化物による水溶液から水銀除去[J]. 林産試験場報, 2001, **15**(3): 12-15.
(AOYAMA Masakazu. Removal of mercury from aqueous solutions by carbonized waste newsprint [J]. J Hokkaido Prod Res Inst, 2001, **15**(3): 12-15.)
- [22] 今岡正美, 平山公明. 木炭の河川水質浄化効果に関する基礎的考察[J]. 山梨大学工学部研究報告, 1994(45): 91-102.
(YIMAKATA Shemi, HEYAMA Kome. Study on the effect on purified water by charcoal[J]. Journal of Technical Department of Yamali University, 1994(45): 91-102.)
- [23] 東国茂, 相馬勲. フィリピンにおける水質汚濁の現状と水質浄化への木炭の適用性について [J]. 水処理技術, 1993, **304**(10): 27-35.
(TO Mokoni, KIMIISA Sato. Water pollution situation of Philippines and the feasibility of purified water by charcoal[J]. Technical of Water Treatment, 1993, **304**(10): 27-35.)
- [24] 新松智子, 石井保治. 木炭による水質浄化実験とその評価 [J]. 用水と废水, 1991, **33**(12): 3-11.
(ARAFUNE Tomoko, ISHII Yasuji. Study and evaluate on purified water by charcoal[J]. Water and Waste Water, 1991, **33**(12): 3-11.)
- [25] 安部郁夫, 岩崎訓, 岩田良美. 木炭の製造方法と吸着特性の関係[J]. 炭素, 1998(185): 277-284.
(ABE Ikuo, NAKAGAWA Kazuki, IWATA Yoshimi. The relationship between adsorption properties and the method of developing charcoal[J]. Tansu, 1998(185): 277-284.)
- [26] 安部郁夫. 吸着剤として見直される木炭[J]. 科学と工業, 1994, **68**(4): 161-169.
(ABE Ikuo. Charcoal as an adsorbent[J]. Science and Industry, 1994, **68**(4): 161-169.)
- [27] 安部郁夫. 木炭吸着剤の製造と利用[J]. 木材工業, 1996, **51**(7): 294-300.
(ABE Ikuo. Development and utilization of charcoal adsorbent [J]. Wood Industry, 1996, **51**(7): 294-300.)
- [28] 谷田貝亮克. 木炭の特性とその利用[J]. 木材工業, 1997, **52**(10): 472-477.
(YATAGAI Mitsuyoshi. Character of charcoal and its utilization [J]. Wood Industry, 1997, **52**(10): 472-477.)
- [29] 石原茂久. 木材から木炭へ[J]. 木材工業, 2001, **56**(9): 406-409.
(ISHIHARA Shigehisa. From wood to charcoal [J]. Wood Industry, 2001, **56**(9): 406-409.)
- [30] 石原茂久. 木質系炭素材料素材開発の新しい展開[J]. 木材学会誌, 1996, **42**(8): 717-723.
(ISHIHARA Shigehisa. Recent trend of advanced carbon materials from wood charcoals [J]. Mokuzai Gakkaishi, 1996, **42**(8): 717-723.)
- [31] 岡部敏弘. ウッドセラミックスの製造方法[P]. 日本公開特許公報, 平4-164806.
(OKABE Toshihiro. Production of wood ceramics[P]. Japan Patent:

- JP H04-164806, 1992.)
- [32] 岡部敏弘. 木質系多孔質炭素材料 — ウッドセラミックス [M]. (株)内田老鶴圃, 1996.
(OKABE Toshihiro. Wooden Porous Carbon Material — Wood Ceramics[M]. Tokyo: Uchida Rokakoho Publishing Co., LTD, 1996.)
- [33] 梅原勝雄, 中村史門, 加藤幸浩. 木質油吸着材の開発 [J]. 林産試験場報, 1998, **12**(5): 8-11.
(UMEHARA Katsuo, MINEMURA Shinya, KATO Yukihiro. Development of wooden oil adsorbent[J]. J Hokkaido Prod Res Inst, 1998, **12**(5): 8-11.)
- [34] 斉藤勝, 梅原勝雄, 中村史門. 油吸着材の製造方法およびその連続製造装置 [P]. 日本公開特許公報, 平 07-155590.
(SAITO Masaru, UMEHARA Katsuo, MINEMURA Shinya. Production of oil adsorbent and continuous producing device therefore[P]. Japan Patent: JP H07-155590, 1995.)
- [35] 佐藤恒男. 電磁波障害防止シート [P]. 日本公開特許公報, 2001-189590.
(SATO Tsuneo. Electromagnetic interference preventive sheet [P]. Japan Patent: JP 2001-189590, 2001.)
- [36] 岩田主司. 導電性竹炭材製造方法 [P]. 日本公開特許公報, 平 10-251564.
(IWATA Keiji. Production of electroconductive bamboo charcoal putty material and its production [P]. Japan Patent: JP H10-251564, 1998.)
- [37] 横田実. 電子機器の電磁波防御材 [P]. 日本公開特許公報, 平 11-163581.
(YOKOTA Minoru. Material for protecting electronic equipment against electromagnetic waves[J]. Japan Patent: JP H11-163581, 1999.)
- [38] 杉浦銀治. 炭焼革命—まちづくりと地球環境浄化のために [M]. 東京: (株)牧野出版, 1992. 8-96.
(SUGIURA Kinji. Charcoal Revolution — Purified Environment of Earth[M]. Tokyo: Bokuno Publishing Co., 1992. 8-96.)
- [39] 森竹 豊. 竹炭枕 [P]. 日本公開特許公報, 2001-327383.
(MORITAKE Yutaka. Bamboo charcoal pillow [P]. Japan Patent: JP 2001-327383, 2001.)
- [40] 西山利一. 遠赤外線効果のあるマット [P]. 日本公開特許公報, 2000-014495.
(NISHIYAMA Kazuichi. Mat having far infrared ray effect[P]. Japan Patent: JP 2000-014495, 2000.)
- [41] 森竹 豊. 健康寝具 [P]. 日本公開特許公報, 平 09-299197.
(MORITAKE Yutaka. Healthy bedding[P]. Japan Patent: JP H09-299197, 1997.)
- [42] 杉浦銀治. 木炭はよみがえる [M]. 東京: 全国林業改良普及協会, 1998. 53-101.
(SUGIURA Kinji. Talk about Charcoal [M]. Tokyo: Association of Forestry Improvement, 1998. 53-101.)
- [43] 長川甲泰. 二酸化チタンを含有する木炭及びその成型物 [P]. 日本公開特許公報, 平 09-239268.
(TAMAGAWA Kotai. Charcoal containing titanium dioxide and its molding[P]. Japan Patent: JP H09-239268, 1997.)
- [44] 山根健司. 木炭新たな展開—焼結炭 [J]. 木材工業, 1999, **54**(7): 313-317.
(YAMANE Takeshi. New kind of wood charcoal-sintered charcoal[J]. Wood Industry, 1999, **54**(7): 313-317.)
- [45] 山根健司. 通電焼結法により焼結された複合焼結炭 [P]. 日本公開特許公報, 平 11-131072.
(YAMANE Takeshi. Compound carbide sintered by electrosintering method[P]. Japan Patent: JP H11-131072, 1999.)
- [46] 吉田勝彦. 化粧料 [P]. 日本公開特許公報, 2001-233722.
(YOSHIDA Katsuhiko. Cosmetic[P]. Japan Patent: JP 2001- 233722 2001.)
- [47] 石田重美. 竹炭セラミックス [P]. 日本公開特許公報, 平 09-271759.
(ISHIDA Shigemi. Bamboo charcoal ceramic [P]. Japan Patent: JP H09-271759, 1997.)
- [48] 石田重美. 木炭入り建築材料 [P]. 日本公開特許公報, 平 2001-040816.
(ISHIDA Shigemi. Building material including charcoal[J]. Japan Patent: JP 2001-040816, 2001.)
- [49] 岸本定吉. 木炭の博物誌 [M]. 東京: (株)綜合科学出版社, 1988.
(KISHIMOTO Sadakichi. Knowledge of Charcoal [M]. Tokyo: Science Press, 1988.)
- [50] 新庄哲二. 消臭香 [P]. 日本公開特許公報, 2002-209990.
(SHINJO Tetsuzo. Deodorizing incense[P]. Japan Patent: JP 2002-209990, 2002.)
- [51] 陳森義. 竹酢液或いは木酢液を使用した脱臭剤及び殺菌剤 [P]. 日本公開特許公報, 平 09-094291.
(CHIN Moriyoshi. Deodorant and germicide made from bamboo vinegar or pyrolignous acid[P]. Japan Patent: JP H09-094291, 1997.)
- [52] 岸本定吉. 炭と木酢液で減農薬 [M]. 東京: 農山漁村文化協会, 1996.
(KISHIMOTO Sadakichi. On Reducing Chemical Pesticide by Charcoal and Wood Vinegar [M]. Tokyo: Association of Country Culture, 1996.)
- [53] Kumar M, Gupta R C. Industrial uses of wood char[J]. Energy Sources, 1998, **20**: 575-589.

Progress in advanced carbon materials from wood charcoals

HUANG Biao^{1,2}, GAO Shang-yu²

(1. College of Material Engineering, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China;

2. College of Chemical Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China)

Abstract: The study of wood charcoal utilization and development of advanced carbon materials from them has seen much activity in recent years. Efficient use of wood charcoal solves environmental and ecological problems by using wastes as raw materials. Progress in the research and utilization of wood charcoals, concerning the adsorption characteristics of wood charcoal, wood charcoal for environmental protection and advanced carbon materials from wood charcoals is summarized. Special attention is paid to advanced carbon materials from wood charcoal, such as: wood ceramics, wood oil adsorbents, electromagnetic interference shielding materials, electroconductive charcoal putty, titanium dioxide/charcoal composites, sintered charcoal, health care materials, soil modification materials, building materials, etc. The use of wood vinegar, a by-product of charcoal production, is also considered, such as for deodorizing incense, germicides, cosmetics, medical uses, food additives, agricultural chemicals, etc. Development of new advanced carbon materials from wood charcoal will produce many social, economic and ecological benefits.

Keywords: Wood charcoals; Progress; Advanced carbon materials

Foundation item: Supported by Fujian Education Commission (JA01044)

Author introduction: HUANG Biao (1966-), male, Associate Professor of Fujian Agriculture and Forestry University, Ph.D. Candidate of Nanjing Forestry University, engaged in teaching and research on chemistry and industry of forest products. The research area is carbon materials and energy of biomass. Tel: +86-599-850051X(O), +86-599-8501231(H), E-mail: bhuang@public.npopt.fj.cn

2004 年中国材料研究会年会 ——“O 分会 新型炭材料主题” 征 文 通 知

由中国材料研究学会(C-MRS)举行的 2004 年中国材料研讨会定于 2004 年 11 月 22 日~26 日在北京京丰宾馆召开,该大会首次设立了“新型炭材料分会”,由康飞宇教授(清华大学)担任分会主席,希望从事炭材料领域研究的各位专家学者积极撰稿参会。

征文要求

- 1、凡内容符合主题范围、未在国内外正式刊物或其他会议上发表的论文,均可应征(重复发表责任自负)。
- 2、作者须先提交一页的论文摘要(含图、表、参考文献)。摘要统一采用 A4 纸,激光打印,标题用“3 黑”,作者姓名采用“小 4 宋”,单位名称、邮编、电话、传真、电子信箱均用“5 宋”放在括号内,正文用“5 宋”。打印区尺寸:宽 150 mm,高 210 mm,行距适中。
- 3、论文摘要请用 E-mail 发至中国材料研究学会(注明征文字样及分会主题代码)及各分会收稿人。
- 4、论文摘要经评审录用,并在 10 月 15 日前交纳规定的会议注册费后,将编入会前出版的年会论文摘要集,提供大会交流。未按时交注册费者,摘要将不被编入。
- 5、录用的论文全文打印规格见 www.c-mrs.org.cn/c-mrs2004,论文全文会后正式出版会议论文集(有书号)。
- 6、论文摘要截止日期 2004 年 9 月 10 日。
- 7、论文录取通知 2004 年 9 月 20 日。
- 8、参加“青年优秀论文”评选的论文,提交摘要的同时提交全文。

联系人 黄正宏 电话 010-62773752,传真 010-62783749 E-mail: zhhuang@mail.tsinghua.edu.cn

* 青年优秀论文奖:大会将从参会报告中评选出 15 篇青年优秀论文,并颁发中国材料研究学会 2004 年青年优秀论文奖。获奖条件是:第一作者 35 岁以下,到会注册并在会议上交流。由作者本人申请并在会前预交论文全文,经分会主席推荐,提交学会奖励委员会评议确定。