

林业职业技术培训统编教材

木材热解与 活性炭生产

国家林业局职业技能鉴定指导中心 编



 中国物资出版社

林业职业技术培训统编教材

木材热解与活性炭生产

国家林业局职业技能鉴定指导中心 编

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

木材热解与活性炭生产/国家林业局职业技能鉴定指导中心编. —北京: 中国物资出版社, 2003. 4

ISBN 7-5047-1832-7

I. 木… II. 国… III. ①木材热解②活性炭-生产工艺 IV. ①TQ351.2②TQ424.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 016183 号

责任编辑 霍俊超 陈孟勤

封面设计 彩奇风

责任印制 方鹏远

责任校对 方鹏远

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.com.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68392746 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

利森达印务有限公司印刷

开本: 787×1092mm 1/32 印张: 11 字数: 260 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

印数: 0001--4000 册

书号: ISBN 7-5047-1832-7/S · 0033

定价: 18.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

林业职业技术培训统编教材编审组

组 长：

马安全 国家林业局人事教育司巡视员
国家林业局职业技能鉴定指导中心主任

副组长：

安丰杰 国家林业局人才开发交流中心主任
国家林业局职业技能鉴定指导中心副主任

谢 颖 国家林业局人才开发交流中心副主任
国家林业局职业技能鉴定指导中心副主任

成 员：

文世丰 国家林业局人事教育司处长
王常青 国家林业局人事教育司副处长
何乐观 国家林业局人才开发交流中心副处长

《木材热解与活性炭生产》

主 编：周建斌

编 者：周建斌 高尚愚 周雄尊 李光华

主 审：李 云

审 稿：张和华 古可隆

编写说明

本书是按《中华人民共和国技术等级标准·林业》中所列活性炭工的要求编写的全国林业行业技术培训统编教材之一，全书共分七章，内容包括：木材热解的基础知识、木材热解工艺、活性炭的结构和性质、活性炭生产方法、活性炭的应用及再生等内容。本教材适用作木材热解和活性炭生产人员的培训教材，也可供其他林业工作者参考。

由于我们水平有限，书中如有错漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2002年12月

序

改革开放以来，我国林业建设事业在党中央、国务院的重视和关怀下，在各级党委和政府的领导下，经过林业战线广大职工和林农群众的共同努力，取得了举世瞩目的成就。特别是近几年，林业和森林生态环境建设得到了全国人民的空前关注，天然林保护工程、退耕还林还草工程、环京津防沙治沙工程、野生动植物保护及自然保护区建设工程、“三北”和长江中下游等地区防护林建设工程、速生丰产用材林基地建设工程等六大林业重点工程相继启动，初步奠定了新世纪中国林业生产力布局的新框架，为林业建设注入了强大动力，使林业走上了以大工程带动大发展之路。目前，全国森林面积达到 23.8 亿亩，活立木蓄积量达到 124.9 亿立方米，森林覆盖率提高到了 16.55%。同时，我国林业产业也得到了长足发展。人造板产量超过 2100 万立方米，居世界第二位。经济林产品年产量达 6880 万吨，居世界第一位。森林旅游、花卉、竹藤、森林食品等一批新兴产业异军突起。2001 年全国林业总产值达 4090.5 亿元，是 1997 年 1918.2 亿元的 2.1 倍，年平均增长率超过 25%。

根据我国林业的实际情况，国家林业局党组进行了全方位、深层次的战略调整，以“三个代表”重要思想为指导，按照向上攀登、向下扎根、向外延伸的要求，突出全面推进六大工程建设这个重点，强化“严管林、慎用钱、质为先”这三项工作，精心组织，周密安排，开拓进取，扎实工作，加

速推进林业“五大转变”，即由以木材生产为主向以生态建设为主转变，由以采伐天然林为主向以采伐人工林为主转变，由毁林开荒向退耕还林转变，由无偿使用森林生态效益向有偿使用森林生态效益转变，由部门办林业向全社会办林业转变，不断开创林业跨越式发展的新局面。

为了实现我国林业跨越式发展的战略目标，必须把林业建设真正转移到依靠科技进步和提高林业劳动者素质的轨道上来。林业专业技术人员和技工队伍是林业建设事业和林业经济发展的重要力量，有计划有步骤地开展林业技术人员的职业培训工作，对于提高林业职工素质，促进林业发展具有深远的意义。

职业技术培训教材建设是发展职业教育培训事业的基础工作。林业职业技术培训统编教材编审委员会根据林业产业发展的要求，组织全国营造林、木材加工和林产化工等专业的专家、学者和生产一线具有丰富实践经验的工程技术人员、管理专家和工人技师，根据《中华人民共和国职业分类大典》和原林业部、劳动部颁发的《中华人民共和国技术等级标准（林业）》等相关技术要求，编写了林业职业技术培训统编教材，作为对全国林业职工进行职业技术培训和职业技能鉴定的指定教材，同时可作为各类林业院校、林业企事业单位技术人员的专业教材和参考读物。

该套教材体现了我国林业行业的特点，围绕职业培训目标，融理论知识与实际操作技能于一体，突出技能训练，注重实用性和科学性，文字表述简明准确，深入浅出，易学易懂，适合具有初中以上文化程度的人员选用，是各类林业专业技术人员、技工和林业院校学生的理想教材。

当前我国正在积极推进职业资格证书制度建设，大力加

强各类职业教育培训工作，在各类职业院校毕（结）业生中也广泛开展了职业资格证书与学历文凭并重的“双证”制度建设，全国已经有 3000 多万人取得了国家职业资格证书。林业职业技术培训统编教材的建设，也必将为林业职业资格证书制度建设和林业的跨越式发展作出应有的贡献。

2002 年 12 月

绪 言

木材热解和活性炭生产是充分利用森林资源，发展木材综合利用的重要方法之一。我国地域辽阔，有不少薪炭林和天然次生林资源，在森林抚育和间伐作业中有许多零散木材，在木材采运和加工过程中的剩余物约占原木材积的 50%~60%，此外还有果壳、果核等森林副产品的废弃物，这些都是木材热解或活性炭生产的重要原料，当然还有其他含碳物质（例如煤等）也是活性炭生产的重要原料。

木材热解的产品有木炭、木醋液、木焦油和木煤气。木炭中硫、磷的含量很少，可用来制造硫、磷含量低的铸铁，并可进一步炼制高级钢。由于木炭的灰分含量很小（1.2%~1.5%），电导率只为焦炭的 1/10~1/15，因此，它是电炉炼铁合金的很好的还原剂，木炭的反应能力大，用于人造纤维工业中的二硫化碳生产和活性炭的制造，木炭还用于制造木炭球、渗碳剂、黑火药、固体润滑剂、电极炭制品等；木醋液经加工可以制得醋酸、醋酸盐、醋酸酯、甲醇和溶剂等产品；木焦油加工后可以制得木焦油抗聚剂、杂酚油、木馏油，浮选起泡剂、粘接剂等产品，应用在合成橡胶、化工、医药、选矿，铸造等工业部门；木煤气可作燃料使用。

活性炭现已在工业、农业、国防、科技及人民生活各项领域中得到广泛的使用，成为国民经济中一种不可缺少的、重要的工业产品。在气相领域中，活性炭主要应用于空气及原料气体的净化、溶剂回收、各种工业废气治理、烟气的脱硫

脱硝、毒气防护、压缩气体及碳酸气的净化、气体的分离提纯、高真空与超低温技术等方面；在液相领域中，活性炭是制糖工业、食品工业（味精、饮料、酒类、食用油等）生产过程中的净化、化学制品的精制、医药品去除热源性物质与脱色精制、干洗、电镀工业、黄金提取及其他如贵金属的分离提纯等产业中广泛使用着的一种吸附剂；在环境保护领域中，活性炭具有广阔的前景，如活性炭在水处理中很早就得到了使用，在防止大气污染，生活环境空气的净化、防除生产中放出的有害气体和恶臭、防止原子能设施放出的放射性物质及排烟脱硫等部门也广泛使用活性炭；活性炭作为催化剂和催化剂载体，广泛应用于氧化、脱氢、卤化、还原、水合、聚合、异构化等反应中。

我国的活性炭生产是解放后才逐步发展起来的，经过半个世纪左右的发展，在产品产量、品种、质量和生产技术等方面都取得了长足的进步，到目前我国活性炭年产量突破 9 万吨，占世界总产量 12% 左右，仅次于美国居世界第二位。除了满足国内各行业需要外，约有一半以上产品供出口，产品出口至美国、西欧、日本及东南亚等。

目 录

绪 言

第一章 木材热解的基础知识	(1)
第一节 木材热解的过程和产物	(1)
第二节 木材热解过程的影响因素	(14)
第二章 木材热解工艺	(23)
第一节 木材热解的原料	(23)
第二节 木材和果壳的炭化	(35)
第三节 木材干馏	(50)
第四节 松根干馏	(85)
第五节 木炭的性质与用途	(93)
第三章 活性炭的结构和性质	(115)
第一节 活性炭的孔隙结构	(116)
第二节 活性炭的化学结构	(127)
第三节 活性炭的吸附性质	(131)
第四章 气体活化法生产活性炭	(143)
第一节 基本理论	(144)
第二节 多管炉水蒸汽活化法	(161)
第三节 鞍式炉活化法	(177)
第四节 其他气体活化法	(213)
第五章 化学药品活化法生产活性炭	(230)
第一节 化学药品活化原理概述	(230)
第二节 氯化锌活化法	(239)

第三节	磷酸活化法·····	(279)
第六章	活性炭的应用·····	(283)
第一节	活性炭在气相吸附中的应用·····	(283)
第二节	活性炭在液相吸附中的应用·····	(296)
第三节	活性炭在环境保护中的应用·····	(303)
第四节	活性炭在催化剂及其他方面的应用·····	(310)
第七章	活性炭的再生·····	(315)
第一节	再生的理论基础和分类·····	(315)
第二节	再生方法·····	(317)

第一章 木材热解的基础知识

木材热解是在隔绝空气或通入少量空气的条件下,使木材或其他植物原料受热分解制取各种热解产品的方法。它包括木材干馏、烧炭、木材气化、活性炭制造、松根干馏、桦皮干馏等。

木材干馏是用枝丫、梢头和薪炭材等为原料在干馏釜中,于隔绝空气的条件下加热分解,产生气体产物,经冷凝分离,可以得到木醋液、木焦油、木煤气等产品的方法。残留在干馏釜内的固体产物是木炭;木焦油和木醋液进一步加工,还可以制得木焦油抗聚剂、醋酸、甲醇等产品。

烧炭是薪炭材在炭窑和烧炭炉中,通入少量空气进行加热分解制取木炭的方法。

木材气化是以森林采伐和木材加工剩余物(或木炭为原料),在煤气发生炉内热加工,使之转变成煤气的方法。

活性炭制造是用植物原料(木屑、木炭、果壳、果核等),煤和其他含碳工业废料作原料,在炭化、活化炉中进行热加工制取活性炭的方法。

松根干馏和桦皮干馏是以松根(明子)或桦皮作原料,在干馏设备内加热分解,以制取松焦油、选矿油、干馏松节油或桦皮焦油等产品的方法。

第一节 木材热解的过程和产物

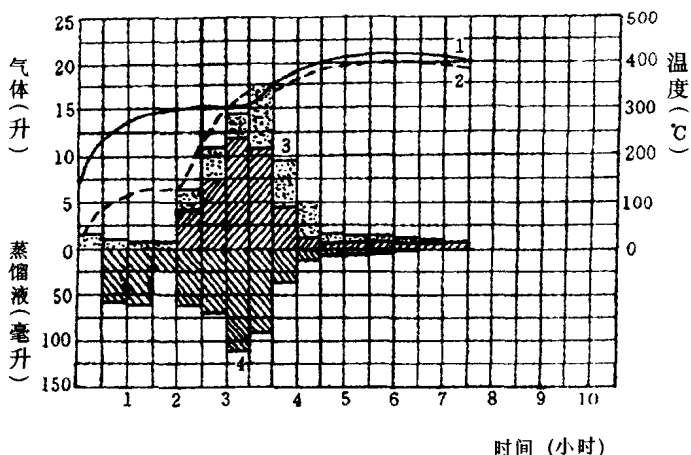
一、木材热解的过程

当木材长时间加热时,可以在 100℃ 以下开始热分解,但

是,分解是极不明显的。由实验得知,木材在 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 长时间加热时(几天至几星期),发现木材中戊聚糖的含量降低了,而一般在 150°C 以下,木材的热分解过程是比较缓慢的。

在实验室条件下,木材在高温下热解的情况见图 1-1。试验是在小型干馏釜中进行的,釜中装木材 1kg,干馏时间为 8h。

由图 1-1 可以看出,在最初 2h 内,虽然釜外温度迅速上升到 290°C 左右,但釜内温度保持在 150°C 以下,从生成的分解产物可以看出,木材的热分解作用并不显著。釜内温度以及在 1.5h 以后液体流出速度的下降,是由于液体馏出物中大部分是木材中原来所含的水分。约 2h 以后,木材中的水分已蒸发完毕,虽然釜外温度保持在 $290\sim 300^{\circ}\text{C}$ 左右,釜内温度却急剧上升,并超过釜外温度,说明木材热解过程中发



1. 釜外温度曲线 2. 釜内温度曲线 3. 气体产物量(格子中斜线部分表示 CO_2 量,有黑点部分表示可燃性气体量) 4. 液体产物量

图 1-1 木材热解时温度、时间与产物的关系

生了放热反应。这时生成大量的可燃性气体和二氧化碳，干馏出的液体物中含有醋酸、焦油和甲醇等。

根据木材热分解过程的温度变化、热解速度和生成物的情况等特征，可以把木材干馏过程大体上分为干燥阶段、预炭化阶段、炭化阶段、煅烧阶段等。各阶段的温度范围、产物及主要特征见表 1-1。

表 1-1 木材热解的四个阶段的特征

阶段名称	温度范围	主要特征	分解产物状况
干燥阶段	室温~150℃	吸热反应，蒸发水分，木材化学组成不变	水(吸着水)
预炭化阶段	150~275℃	吸热反应，不稳定的组分开始分解，木材化学组成开始变化	开始有二氧化碳、一氧化碳、醋酸等生成。
炭化阶段	275~450℃	放热反应，木材各组分发生激烈分解，后期木炭已经形成	生成大量液态，气态产物
煅烧阶段	450~500℃	吸热反应，木炭中固定碳含量提高	气态，液态产物已经很少

实际上，上述四个阶段并没有明显的界限。其中干燥阶段和预炭化阶段要靠外界供给热量来保证热解温度的上升，所以又称吸热分解阶段，而炭化阶段则放出大量的反应热，因此又称为放热反应阶段。煅烧阶段也是靠外部供给热量进行木炭的煅烧的。

二、木材热解的产物

木材热解时可以得到固体产物(木炭)、液体产物(粗木醋

液)和气体产物(木煤气)。

在实验室条件下,桦木、松木和云杉等木材热解得到的产物见表 1-2。试验也是在小型干馏釜中进行的,釜中每次可装木材 1kg~1.5kg,每次干馏的总时间为 8(h)。

表 1-2 三种木材在最终温度为 400℃时的热分解产品产量(对绝干木材重量%)

树 种	桦 木	松 木	云 杉
木 炭	33.66	36.40	37.43
木醋液:			
沉淀木焦油(沉积木焦油)	3.75	10.81	10.19
其他物质:			
溶解木焦油	10.42	5.90	5.13
挥发酸(以醋酸计算)	7.66	3.70	3.95
醇(以甲醇计算)	1.83	0.89	0.88
醛(以甲醛计算)	0.50	0.19	0.22
酯类(以醋酸甲酯计算)	1.63	1.22	1.30
酮(以丙酮计算)	1.13	0.26	0.29
水	21.42	22.61	23.44
木醋液共计	48.34	45.58	45.40
气 体:			
二氧化碳	11.19	11.17	10.95
一氧化碳	4.12	4.10	4.07
甲 烷	1.51	1.49	1.58
乙 烯	0.21	0.14	0.15
氢	0.03	0.03	0.04
气体共计	17.06	16.93	16.79
损 耗	0.94	1.09	0.38
总 计	100	100	100