

高等林业院校交流讲义

# 木材热解工艺学

南京林学院木材热解工艺学教研组编

林产化学工艺专业用

农业出版社

高等林业院校交流讲义

# 木材热解工艺学

南京林学院木材热解工艺学教研组编

林产化学工艺专业用

江苏工业学院图书馆  
藏书章

农业出版社

高等林业院校交流讲义  
**木材热解工艺学**  
南京林学院木材热解工艺学教研组编

农业出版社出版  
北京西总布胡同七号  
(北京市书刊出版业营业许可出字第 106 号)  
新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售  
中华书局上海印刷厂印刷装订  
统一书号 15144·257

1961 年 7 月上海制型	开本 787×1092 毫米 十六分之一
1961 年 7 月初版	字数 286 千字
1961 年 7 月上海第一次印刷	印张 十三又八分之七
印数 1—1,200 册	定价 (9) 一元三角

## 前 言

为了适应高等林业院校教学的需要,我們在院党委的领导下,进行了本书的编写工作。

本书是以苏联 B. H. 柯兹洛夫等著的“木材热解工艺学”和 A. B. 高尔顿等著的“木材干馏学”为基础,結合我国生产經驗并参考国内外的有关資料编写而成的。初稿曾作为我院林化专业“木材热解工艺学”課程的讲义。根据教学实践,今年又将初稿重新修訂。

本书由南京林学院木材热解工艺学教研組教师、进修教师编写。

由于編者的水平有限,本书在內容上难免有缺陷和錯誤,恳切地希望讀者提出宝贵意見,以便再版时修正。

編 者

1961年5月

# 目 录

前言

緒論 ..... 1

## 第一篇 木材热解的理论基础

第一章 木材的热分解及其产物的形成过程 ..... 3

§ 1. 木材热解的过程 ..... 3

§ 2. 木材組成物质的热分解 ..... 10

§ 3. 木材热解主要产物的形成过程 ..... 13

第二章 木材热解的条件对热解过程的影响 ..... 23

§ 1. 影响木材热解过程的因子 ..... 23

§ 2. 木材在各种介质中的热分解 ..... 28

## 第二篇 木材干馏的原料、设备和操作

第三章 木材干馏的原料 ..... 37

§ 1. 木材干馏原料的种类 ..... 37

§ 2. 干馏原料的贮存和干燥 ..... 37

第四章 木材干馏设备及其操作 ..... 43

§ 1. 炭窑 ..... 43

§ 2. 外热式干馏设备 ..... 48

§ 3. 内热式干馏设备 ..... 57

§ 4. 干馏产物的收集 ..... 63

## 第三篇 木材热分解产物的加工

第五章 木炭的加工和活性炭的制造 ..... 69

§ 1. 木炭的性质 ..... 69

§ 2. 木炭的加工 ..... 75

§ 3. 活性炭的制造 ..... 81

第六章 醋酸生产 ..... 87

§ 1. 醋石法制造醋酸 ..... 88

§ 2. 用萃取法制取醋酸 ..... 99

§ 3. 用恒沸点和吸收法制取醋酸 ..... 116

§ 4. 醋酸盐、醋酸酯和丙酮的制造 ..... 124

第七章 粗甲醇的加工	132
§ 1. 粗甲醇的間歇式加工法	132
§ 2. 粗甲醇的連續式加工法	136
§ 3. 木醇油和糠醛油的利用	141
第八章 木焦油的加工	144
§ 1. 木焦油的性质	144
§ 2. 木焦油的蒸餾及抗氧化剂的制造	147
§ 3. 木焦油中酚类的分离及其利用	155
§ 4. 木焦油的中性油的利用	163
§ 5. 木瀝青的利用	166
<b>第四篇 明子干餾和樺皮干餾</b>	
第九章 明子干餾	171
§ 1. 原料	171
§ 2. 明子干餾的一般特征	172
§ 3. 明子干餾的設備及其操作	172
§ 4. 明子干餾产物的加工	177
第十章 樺皮干餾	183
§ 1. 原料	183
§ 2. 樺皮干餾設備	184
<b>第五篇 木材气化</b>	
第十一章 气化过程的基本概念	189
§ 1. 固体燃料气化的基本理論	189
§ 2. 煤气发生炉的操作条件	192
第十二章 煤气发生炉設備	195
§ 1. 煤气发生炉的种类	195
§ 2. 各种煤气发生炉	196
第十三章 煤气的性质及煤气的淨化	206
§ 1. 煤气的性质	206
§ 2. 煤气的淨化	208
第十四章 木材的能量化学利用	210
§ 1. 坡梅郎淨夫流程	210
§ 2. 略明設計的能量化学利用設備	212

## 緒 論

木材是國民經濟各部門所必需的重要物資。但是，根據理論計算和實際生產數據，木材經採伐和機械加工後，直接被利用的成材和制成品，約占立木材積的40—60%，其餘的部分利用的不夠充分，同時在森林撫育和更新時，也有大量的廢材棄料。除此而外，我國還有不少的薪炭林和天然次生林資源，可供利用，這些木材和廢料往往由於運輸不便或沒有很好的利用而被浪費或焚毀了。

目前，合理利用這些廢材棄料的途徑是很多的，如木材熱解就是其中重要的方法之一。

在隔絕空氣或有限制地通入空氣的條件下，將木材加熱，使其分解的過程，稱為木材熱解。通過木材熱解的方法（干餾、氣化和燒炭等），可以利用上述廢材制得大量的化工產品，如醋酸及其高級同系物、甲醇、酚類、酯類、酮類、醛類、木焦油、木炭和煤氣等。這些產品可以廣泛地應用在化學纖維、合成橡膠、塑料、香料、藥物、假漆、洗滌劑等生產上和冶金、機械製造、石油、燃料、動力、運輸、選礦、建築及電氣等各個工業部門中。

特別值得注意的是木焦油和木炭。根據最近的研究資料，發現每公斤木材在熱解後得到的木焦油中，酚類化合物的含量比一公斤煤所能得到的酚要多20—40倍。酚是製造塑料、染料和炸藥等不可缺少的原料。目前，酚類主要由煤焦油制得，但仍然不能滿足化學工業的需要。因此，可以設想，隨着木材熱解工業的發展，它將會成為生產酚類化合物的重要部門。木炭，也是很多工業部門的重要原料。由於木炭中硫、磷等對冶金不利的雜質含量很少，可以用來作生產高級鋼、銅、鎂、鋁等工業的材料；在人造纖維工業中，木炭也被大量的用來製造二硫化碳。

解放前，國民黨反動政府根本不重視森林資源的合理利用，使木材熱解工業得不到發展，大量的森林資源被浪費掉了。解放後，由於黨和政府的重視，特別是1958年以來，在黨的總路綫、大躍進、人民公社三面紅旗的光輝照耀下，木材熱解工業有了很大的發展。現在，全國已有很多林化工廠和木材加工廠內已設有木材熱解車間。林化工業的科學研究機關和培養專業技術幹部的大專院校，也有了相應地發展並正在成長着，木材熱解工業在我国的發展前途是很廣闊的。

由於社會主義制度的無比優越，蘇聯的木材熱解工業和其他工業一樣，發展得很快，無論在生產上和理論研究上所取得的成就都是巨大的。因此，對我們木材熱解工作者來說，努力學習蘇聯的先進經驗是非常必要的。

本課程是研究木材热解过程、設備及热解产物加工的一門学科。現在這門学科还很年輕，在木材热解的領域中，还有很多理論和实际問題，須要我們去解决。为此，給木材热解工作者提出了光荣而艰巨的任务，我們必須为实现这些任务而努力。



# 第一篇 木材热解的理论基础

## 第一章 木材的热分解及其产物的形成过程

### §1. 木材热解的过程

#### 一、木材热解的几个阶段

木材热解是复杂的化学反应,其中主要是复杂物质分解成简单物质的分解反应,如纤维素分解生成  $\text{CO}_2$  等;也有由简单物质形成复杂物质的聚合、缩合反应,如酚、醛等的树脂化作用;还有一些物质在热解过程中几乎能保持原来的性质而不变化,如烯萜类。

由实验可知,木材热分解是在稍高于  $100^\circ\text{C}$  时开始的。例如当木材在  $100-150^\circ\text{C}$  下长期地加热时(加热几天至几星期),木材中戊聚糖的含量降低了。但在  $150^\circ\text{C}$  以下,木材的分解过程进行得很慢。

当木材加热到  $150^\circ\text{C}$  以上时,随着温度的上升,木材的重量不断地降低(见表1),这說

表1 木材加热时重量的变化  
(对  $150^\circ\text{C}$  时木材重量%)

加热温度 ( $^\circ\text{C}$ )	木材残留物 (%)	损失的重量 (干重的挥发性产物)
150	98.0	2.0
170	94.6	5.4
180	88.6	11.4
190	82.0	18.0
200	77.1	22.9
210	73.1	26.9
220	67.5	32.5
230	55.3	44.7
250	49.6	50.4
270	37.1	62.9

明在温度高于  $150^{\circ}\text{C}$  时,木材已经发生了明显的变化(分解)。

根据克拉松等的研究,桦木在高温下分解的情况如图 1 所示。由图可以看出,在最初的 2 小时内,干馏釜外部的温度达到  $290^{\circ}\text{C}$ ,而内部温度仅为  $150\text{--}160^{\circ}\text{C}$ ,这个时期内木材的热分解不显著,馏出的液体量最初逐渐增多,然后减少,馏出的液体主要是原来包含在木材中的水分。在第三小时,虽然外部温度保持  $290^{\circ}\text{C}$  左右,但内部温度却很快地上升,并超过了外部温度,说明木材热解过程中发生了放热反应。

根据木材干馏过程的温度变化、热解的速度和生成产物的情况等特征,可以把木材干馏过程大体上划分为下列四个阶段。

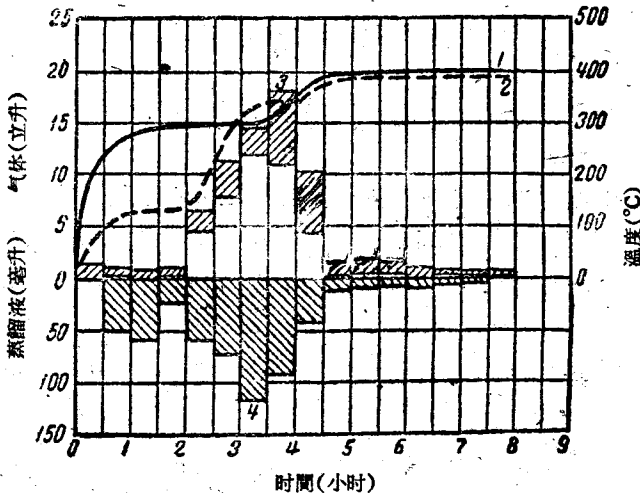


图 1 桦木的干燥和炭化图

1. 釜外温度线; 2. 釜内温度线; 3. 气体产品的数量(格子中划横线部分表示  $\text{CO}_2$ , 下面未划横线部分表示其它气体);  
4. 液体产品的数量。

(一)干燥阶段 这个阶段的温度在  $120\text{--}150^{\circ}\text{C}$  以下,热解的进行非常缓慢,实际上很难觉察,木材的化学组成几乎没有什么变化,主要是木材中所含水分的蒸发。

(二)预炭化阶段 这个阶段的温度为  $150\text{--}275^{\circ}\text{C}$ ,这时候木材的化学组成开始变化,木材的热分解反应比较明显,比较不稳定的组成部分(如半纤维素)分解生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{CO}$ ,同时也生成少量的醋酸等物质。

以上两个阶段都要外界供给热量,所以又称为吸热分解阶段。

(三)炭化阶段 这个阶段的温度为  $275\text{--}450^{\circ}\text{C}$ ,这时候,木材急剧地进行热分解,生成大量的分解产物。在生成的气体中,  $\text{CO}_2$  和  $\text{CO}$  逐渐减少,而碳氢化合物如  $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_4$  等增多;在生成的液体产物中含有大量的醋酸、甲醇和木焦油。这一阶段放出大量的反应热,所以又称为放热反应阶段。

(四)煨烧阶段 温度上升到  $450^{\circ}\text{C}$  以上,这个阶段依靠外部供给热量来进行木炭的煨烧,排出残留在木炭中的挥发物质。这时,生成的液体产物已经很少。

应该指出：实际上四个阶段是没有明显界限的，由于干馏釜各部分的温度状况不同，同时木材的传热系数很小，所以干馏釜内木材的位置不同（如在釜底或釜顶），甚至同一块木材的内部和外部，也可能同时处在不同的热解阶段。

## 二、木材热解的产物

木材热解时可以得到固态、液态和气态三种类型的产物。

在实验室条件下，榿木和松木的热解产物见表 2。

表 2 榿木、松木和云杉木材最终温度为 400° 时热分解产品的产量  
(对榿于木材重量%)

树 种	榿	松	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	1.80
酮(以丙酮计算)	1.13	0.26	0.29
水	21.42	22.61	23.44
木醋液共計	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	1.53
乙烯	0.21	0.14	0.15
氢	0.03	0.03	0.04
气体共計	17.06	16.98	16.79
损耗	0.94	1.09	0.38
总計	100	100	100

固态产物是木炭。木炭是疏松多孔的黑色固体，其性质和用途详见第三篇第五章。

从干馏设备中导出的蒸汽气体混合物经冷凝后得到液体产物(木醋液)和气体产物(不凝气体或木煤气)。

木醋液包含有 200 种以上的有机化合物,主要化合物如下:

- (一)酸类 如醋酸、蚁酸、丙酸、丁酸和其他高级酸;
- (二)醇类 甲醇、丙烯醇;
- (三)酮类 丙酮、甲乙酮;
- (四)醛类 甲醛、乙醛、糠醛;
- (五)酯类 乙酸甲酯、甲酸甲酯;
- (六)酚类及酚醚 甲苯酚、愈创木酚、苯三酚、邻苯三酚 1,3 二甲醚;

此外还有芳香族化合物、杂环化合物、醚类、内酯、胺类等化合物。

这些化合物中有些可以溶解于水,有的不溶于水,当阔叶树干馏的液体产物(粗木醋液)澄清时,可以分为两层:上层称为“澄清木醋液”,下层称为“沉淀木焦油”。

澄清木醋液是黄色到红棕色的液体,有特殊的烟焦气味。比重稍大于 1 (1.020—1.050)。其中含有 80—90% 的水分和 10—20% 的有机物。

澄清木醋液进一步加工,可以得到醋酸(或醋酸盐)和高级酸、甲醇、丙酮、有机溶剂等。

沉淀木焦油为黑色的粘滞液体,比重为 1.01—1.10,其中含有大量的酚类物质,经加工后可以得到轻油、杂酚油、抗氧化剂、沥青等。

这些产物的加工方法将在以后的章节中详细介绍。

木材热解时所得到的不凝气体中,主要的成分是  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$  和不饱和的碳氢化合物(如  $\text{C}_2\text{H}_4$ )等。气体的产量和组成因炭化温度、加热速度、木材的种类和质量、加热的方法以及热解设备的型式不同而异。

在不同的最终温度下,由松树木材所得到的气体的产量、组成和发热量见表 3。

表 3 在不同的温度下炭化松材所得到的不凝性气体的产量、组成和发热量

炭化的最终温度 (°C)	100 公斤全干材所得气体的体积(立方米)	气体的组成(体积%)					发热量(千卡)	
		$\text{CO}_2$	$\text{CO}$	$\text{CH}_4$	$\text{C}_2\text{H}_4$	$\text{H}_2$	1 立方米气	由 1 公斤木材所得气体
200	0.4	75.00	25.00	—	—	—	760	3
280	3.1	61.93	38.07	—	—	—	1165	37
300	5.6	56.07	40.17	3.76	—	—	1575	88
350	7.8	51.92	36.02	10.89	0.89	0.28	2271	177
400	9.5	49.36	34.00	14.31	0.86	1.47	2611	250
450	11.0	46.18	32.82	16.91	2.18	1.91	2960	326
500	12.8	43.20	29.37	21.72	3.68	2.34	3394	434
550	13.6	42.13	28.16	22.57	4.64	2.50	3521	479
600	14.3	40.98	27.20	23.42	5.74	2.66	3630	519
650	15.1	39.80	26.22	24.22	6.97	2.78	3733	564
700	16.0	38.56	25.19	24.94	8.50	2.81	3820	611

不凝气体一般用作燃料。

### 三、木材热分解反应的热效应

在木材炭化过程的不同阶段中，所需要的热量是不一样的。在最初阶段，需要供给热量，用来排除包含在木材中的水分和升高温度到开始放热反应。在放热反应阶段，不需要供给热量，因为，这个阶段的特征就是有较大的正的热效应。但在一般的热解速度下，只有当新材的含水率相当低时，才能使热解过程可以完全靠放热反应的热量进行。

根据基本的物理-化学原理，可以得到关于放热反应热的一些概念。

木材热分解时发生含碳基团的破裂而形成分子碎片，有部分分子碎片分解成原子，这些初生产物又形成在炭化条件下十分稳定的新物质。木材分解时含碳基团的破裂和形成分子碎片是吸收热量的，而在分子碎片形成新物质时是放热的，但是初生产物破裂时消耗的热量较小，而由初生中间产物形成新物质时放出的热量较大。结果，木材分解的总的过程是放热的。

确定放热反应时放出的热量是有很大的理论和实际意义的。在理论方面的意义是能够通过计算确定产物（木炭和蒸汽气体）被加热的实际温度，这在判断木材分解过程中各种化学变化的可能性时是极其重要的。

在实际意义方面是在列造设备的热量平衡表时，它是热量平衡表中最重要的收入项目之一。通常放热反应的热量，按炭化新材的最高发热量的5—6%计算。

木材分解时放出的热量不是固定不变的，它决定于木材的种类和质量、放热反应阶段中温度升高的速度、设备的总压力、加热木材的方法和设备的型式。因此，在各种情况下，木材热解反应的热效应有一些差别。例如当木材的纤维素、木素和其他组成物质分解时，如果迅速加热到高温，会促进二次反应的过程。因此，木材分解过程的总热效应较低，这种情况可以用熟知的规律来解释，即当温度较低时多进行放热反应，而高温时多进行吸热反应。

如果知道了产物的产量百分率和每种产物的热容和燃烧热，则由计算可以确定木材热分解的反应热。

木材分解反应的最高热效应是木材热解产物为液体状态时所放出的热量，并考虑分出蒸汽气体产品时克服外功所需要的热量。最低热效应是按热解产物呈蒸汽状态计算的。

表示热效应的公式：

$$\Delta U = \Delta Q + A \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

式中：

$\Delta U$ ——反应的热效应；

$\Delta Q$ ——木材分解过程中放出的热量；

$\int_{V_1}^{V_2} PdV$ ——相当于系统反对大气压力所作的功的热量。

A——形成1克分子蒸汽气体产物时,由功转换为热的转换系数。

因为炭化设备中压力不变,固相的体积  $V_1$  和生成的蒸汽气体混合物的体积比较时要小得多,所以积分得到:

$$\Delta U = \Delta Q + APV_2$$

体积的增加和分子数的变化有关,因此

$$APV_2 = nRT$$

$$\Delta U = \Delta Q + nRT$$

测定相当于蒸汽气体混合物为克服外压所作的功的热量是有一些困难的,因为生成的蒸汽混合物从木材中分出时的成分、数量和体积不能精确测定。因此我们只有根据热解的最终产物的产量来确定蒸汽的体积,在确定焦油物质的体积时,它们的分子量是按酚的分子量计算的。

反应的最高热效应,可以用木材中含有的热量减去热解产品中的热量的方法来计算。

根据樺木在实验室的条件下,最终温度为  $400^\circ\text{C}$  和炭化时间为 8 小时,炭化所得到的资料,可以作为计算热效应的例子。

木材分解产品的热力学常数见表 4。

表 4 木材分解产品的热力学常数

炭化产品	沸点 ( $^\circ\text{C}$ )	发热量 (千卡/公斤)	在 $0-275^\circ\text{C}$ 范围内的 产品的平均热容量 (千卡/公斤)		蒸发热 (千卡/公斤)
			蒸汽气体	液体	
木焦油.....	250	7080	0.400	0.500	100.0
醋酸.....	118	3410	0.400	0.536	97.0
甲醇.....	66	5310	0.400	0.650	262.0
丙酮.....	56	7760	0.374	0.606	125.3
气体:					
CO <sub>2</sub> .....	—	—	0.220	—	—
CO.....	—	2430	0.250	—	—
CH <sub>4</sub> .....	—	13060	0.650	—	—
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> .....	—	12190	0.460	—	—
各种有机化合物.....	250	3870	0.400	0.500	100.0
水.....	100	—	0.470	1.000	537.0

樺木的最高热效应和最低热效应计算的结果见表 5。

表 5 热效应的计算

炭化产品	100 公斤绝对干燥木材炭化的产品数量 (公斤)	1 公斤木材分解产品的最高发热量 (千卡/公斤)	从 1 公斤绝对干燥木材得到的炭化产品的发热量 (千卡)	1 公斤木材在 275°C 时炭化产品的热含量 (千卡)
木炭	31.80	7680	2442.2	19.3
木焦油	15.80	7080	1118.6	37.0
醋酸	7.08	3410	241.1	15.8
甲醇	1.60	5310	85.0	6.2
丙酮	0.19	7760	14.7	0.4
CO <sub>2</sub>	9.96	—	—	6.0
CO	3.32	2450	80.7	2.3
CH <sub>4</sub>	0.54	13090	70.5	1.0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.19	12192	23.2	0.2
各种有机化合物	10.03	3870	387.9	23.6
水	19.49	—	—	140.2
总计	100.00	—	4463.9	252.0

樺木的发热量比它的热解产品的发热量大  $4910 - 4463.9 = 446.1$  千卡。这表明木材热分解过程是放热过程。最高热效应对绝对干燥木材的发热量的百分数为：

$$\frac{446.1 \times 100}{4910} = 9.08\%$$

但是，有实际意义的不是最高热效应而是最低热效应，因为木材分解产物从设备中排出时是呈蒸汽状态。

樺木分解反应的最低热效应等于  $446.1 - 143.8^{①} = 302.3$  千卡，它对炭化绝对干燥木材发热量的百分率为：

$$\frac{302.3 \times 100}{4910} = 6.15\%$$

要确定反应热，必需从热效应的数值中减去由木材分出蒸汽气体时，相当于膨胀功的热量  $Q$ 。对于 1 公斤的木材的热量为：

$$Q = nRT = \frac{2.03 \times 1.985 \times 543}{100} = 22 \text{ 千卡}$$

式中：

$n = 2.03$ ——分出的蒸汽气体的分子数；

① 水和其他冷凝物质的蒸发热。

$R = 1.985$ ——气体常数;

$T = 543^\circ K$ ——放热反应开始时的温度。

因此,用以补偿通过设备壁向外散失的热量和继续升高温度的自由热为:

$$302.3 - 22.0 = 280.3 \text{ 千卡}$$

它对木材发热量的百分率为:

$$\frac{280.3 \times 100}{4910} = 5.7\%$$

## § 2. 木材组成物质的热分解

为了探明木材热分解过程的实质,许多人对木材的主要成分:纤维素、木素和半纤维素的分解过程进行了许多研究。

### 一、纤维素的热分解

将纤维素加热到  $100^\circ C$  左右时,已发生了一些物理变化,而化学变化还未开始。较明显的纤维素的破坏(碳化)在  $162^\circ C$  时开始。纤维素的放热分解过程从  $275^\circ C$  开始,放出的热量能使自身温度升高  $80^\circ C$  以上,在这一阶段中放出大量的产物。当温度上升到  $400-475^\circ C$  时几乎全部的挥发性物质都已分出。

根据克拉松等对棉花、松树、云杉、白桦、水青冈的亚硫酸纤维素进行热分解的结果见表 6。

表 6 纤维素的热分解

		纤维素炭化产品的产量 (%)				
		棉 花	松 树	云 杉	白 桦	水 青 冈
纤维素组成:						
水	分	4.82	5.60	6.44	6.65	7.81
灰	分	0.13	0.44	0.49	0.92	0.77
有 机	物	95.05	93.96	93.07	92.43	91.42
干馏产物:						
木	炭	33.82	36.93	34.86	33.39	32.91
$CO_2$		10.35	12.83	11.94	11.14	11.96
$C_2H_4$		0.17	0.21	0.19	0.41	0.25
CO		4.15	3.40	3.92	3.49	3.80
$CH_4$		0.27	0.27	0.22	0.47	0.39
甲	醇	—	—	0.07	—	0.19
丙	酮	0.07	0.08	0.13	0.15	0.26
醋	酸	1.39	2.18	2.79	3.89	3.50
其他有机物:						
焦	油	5.14	4.22	8.50	7.72	8.67
水	分	4.18	4.85	6.28	9.58	5.23
损	耗	34.52	34.17	29.99	29.35	31.68
		0.94	0.86	1.11	0.41	0.93



由表 6 可看出,純纖維素进行热分解所得产品中沒有甲醇,而木材在热分解时甲醇的产量为 0.9—2.0%。从纖維素热分解所得的醋酸和木焦油的数量都較木材热分解时为少。几种木材中闊叶材纖維素醋酸产量較針叶材纖維素醋酸的产量高。另外纖維素热分解时所形成的水分較木材热分解所得的水分多。当炭化溫度相同时,木炭的产量基本上是相同的。

## 二、木素的热分解

把木素逐漸地和均匀地加热,溫度約达到 250°C 时开始分出气体( $\text{CO}_2$  和  $\text{CO}$ );溫度进一步升高到 320—340°C 时,木素开始形成大量的蒸汽气体产物,其中含有醋酸、甲醇、木焦油和其他木素分解的产物,在气体中并出現碳氢化合物,这表明木素分解的开始。經实验确定,約在 450°C 时木素分解的化学反应热最为显著。

用 42% 的盐酸在冷的状况下离析出来的松树木素进行热分解試驗时,其过程见图 2。

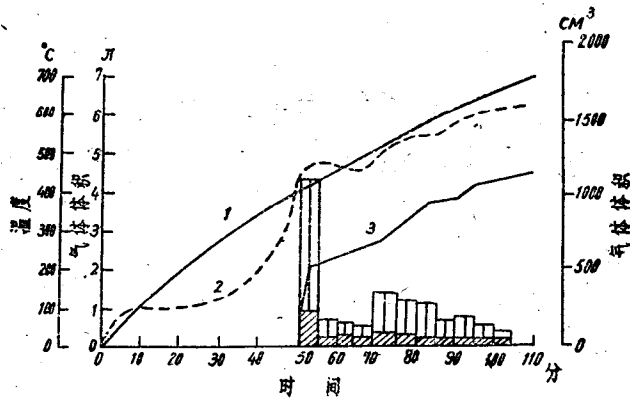


图 2 松树木素干餾图

1—干餾釜周围介质的溫度; 2—干餾釜内部溫度; 3—分出的气体量,  
小柱体——分出气体的体积; 有线条的部分——二氧化碳的含量。

由上图可以看出,木素的放热反应溫度約在 350—450°C 的范围内,比纖維素的放热反应溫度要高。

木素的热稳定性較大,这是由于木素的含碳量比纖維素高。一般燃料中碳素的含量越高,則开始放热反应的溫度越高。此外,木素是属于芳香族的結構,而纖維素属于杂环結構,芳香族化合物的热稳定性一般比杂环化合物为高。

木素热分解时,所得的炭和木焦油的产量百分率比纖維素大得多。

用盐酸法从松树、云杉和山楊木材中分离出来的木素(含甲氧基 14%)及水解木素热分解試驗的結果见表 7。