

# 木屑综合利用

庄贤文编著



上海科学技术文献出版社

农副产品加工和综合利用

# 木屑综合利用

庄贤文 编著

上海科学技术文献出版社

农副产品加工和综合利用

**木屑综合利用**

庄贤文 编著

\*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路2号)

新华书店经销

昆山亭林印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32 印张 5.5 字数 133,000

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数: 1—1,700

ISBN 7-80513-109-0/T·66

定价: 2.30元

《科技新书目》183-286

## 前 言

人类运用工具加工木材已有几千年的历史。长期以来,从树木砍伐成原木,从原木再加工成板材、方材,树木的利用率(即全树利用率)仅 30~40%。随着人类社会物质文明的发展,地球上的各种资源都显得日趋紧张,即使是能够不断生长的树木也不例外。人们再也不能容忍浪费宝贵资源的现象继续下去。就木材而言,过去,从树木到板、方材的加工过程中,未被利用的部分主要包括枝桠、树根、树皮、锯屑和加工时产生的边板皮。现在,对树皮等的利用工作正在积极开展;木材加工时产生的边板皮、边角料、截头等已经基本上都被利用来造纸和制造木质人造板(刨花板、纤维板等);锯屑的利用也取得了一定的进展,但地区之间有较大差异。有些地区锯屑显得有点“供不应求”,而有些地区却堆积如山,任其腐烂。

不但要为锯屑找到出路,而且还要创造出尽可能高的经济效益。本书收集了目前国内、外锯屑综合利用的概况,介绍了以锯屑为原料生产人造板等结构材料;生产各种工业产品,尤其是活性炭等化工产品;栽培食用菌以及在其它农副业生产上的应用和用作燃料等方面的技术、工艺路线,供广大读者参考。因笔者水平有限,难免有不恰当或错误的地方,希读者批评指正。

庄贤文

1987.4

## 出版说明

根据国家科委提出七五期间的“星火计划”的设想，为把科学技术引向广大农村，提高中小企业特别是乡镇企业的技术水平，促进地方经济振兴发展，我社出版以下几种小丛书，供广大农村和乡镇企业的管理人员、技术人员、工人、农民学习借鉴。

1. 《农副产品加工和综合利用》丛书
2. 《特种动物饲养》丛书
3. 《家畜饲养》丛书
4. 《家禽饲养》丛书
5. 《中小企业与乡镇企业适用技术》丛书

本书是《农副产品加工和综合利用》丛书中的一种。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| <b>第一章 概述</b> .....     | 1  |
| 第一节 锯屑的产生.....          | 1  |
| 第二节 锯屑的品质.....          | 4  |
| 第三节 锯屑的化学组成.....        | 8  |
| <b>第二章 制造结构材料</b> ..... | 13 |
| 第一节 锯屑人造板.....          | 13 |
| 一、特性和用途.....            | 14 |
| 二、生产工艺.....             | 15 |
| 三、补强措施.....             | 18 |
| 第二节 锯屑塑料板.....          | 19 |
| 一、特性和用途.....            | 19 |
| 二、生产工艺.....             | 20 |
| 三、改性措施.....             | 23 |
| 第三节 水泥锯屑板.....          | 30 |
| 一、特性和用途.....            | 31 |
| 二、生产工艺.....             | 32 |
| 第四节 菱苦土.....            | 36 |
| 一、特性和用途.....            | 33 |
| 二、生产工艺.....             | 37 |
| 第五节 轻质砖.....            | 40 |
| 一、特性和用途.....            | 40 |
| 二、生产工艺.....             | 41 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| <b>第三章 工业原料</b> .....         | 45  |
| <b>第一节 酒精、糠醛及锯屑水解产品</b> ..... | 45  |
| 一、酒精.....                     | 46  |
| 二、糠醛.....                     | 55  |
| 三、木糖醇.....                    | 60  |
| 四、乙酰丙酸.....                   | 63  |
| <b>第二节 活性炭和锯屑热解产品</b> .....   | 65  |
| 一、粉状炭、醋酸、合成橡胶抗聚剂和木馏油.....     | 66  |
| 二、活性炭.....                    | 77  |
| <b>第三节 木粉</b> .....           | 96  |
| <b>第四节 浸提物</b> .....          | 98  |
| <b>第四章 农副业生产</b> .....        | 102 |
| <b>第一节 栽培食用菌</b> .....        | 102 |
| 一、食用菌基础知识.....                | 103 |
| 二、食用菌的生长条件.....               | 104 |
| 三、食用菌的培养料及对锯屑的要求.....         | 107 |
| 四、香菇的栽培.....                  | 110 |
| 五、其他食用菌的栽培.....               | 115 |
| 六、食用菌的加工贮存.....               | 117 |
| <b>第二节 饲料酵母和膨化饲料</b> .....    | 118 |
| 一、饲料酵母的概况.....                | 119 |
| 二、饲料酵母的生产.....                | 120 |
| 三、膨化饲料.....                   | 124 |
| <b>第三节 无土栽培的基质</b> .....      | 125 |
| 一、无土栽培的应用.....                | 126 |
| 二、无土栽培的优点.....                | 128 |
| 三、以锯屑为基质的无土栽培装置.....          | 130 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 四、西红柿的无土栽培·····       | 184 |
| 第四节 植物生长激素及其他用途·····  | 186 |
| 一、利用水解木素制造植物生长激素····· | 186 |
| 二、其他用途·····           | 187 |
| 第五章 燃料·····           | 139 |
| 第一节 锯屑的燃烧特性·····      | 139 |
| 第二节 锯屑锅炉·····         | 142 |
| 一、锯屑燃烧室的形式·····       | 143 |
| 二、除尘装置·····           | 149 |
| 三、木粉制备·····           | 151 |
| 第三节 锯屑的气化和液化·····     | 152 |
| 一、热解气和热解油·····        | 152 |
| 二、气化·····             | 152 |
| 三、液化·····             | 157 |
| 第四节 固体压缩燃料·····       | 157 |
| 一、无粘结剂固体压缩燃料的加工·····  | 158 |
| 二、有粘结剂固体压缩燃料的加工·····  | 161 |
| 三、民用锯屑块状燃料·····       | 161 |
| 结束语·····              | 163 |

# 第一章 概 述

## 第一节 锯屑的产生

全世界每年工业用木材 27.5 亿立方米，其中约 47% 的木材需要锯成各种规格的板材和方材。目前，绝大部分木材的锯割工作是由带锯齿的锯条或锯片完成的，它们分别装在带锯机、圆锯机或排锯机上。

现以带锯条纵向锯割木材为例，看锯屑是怎样产生的。从图1-1 可以看到，当锯条沿着切削方向  $V$  往下运动时，被锯木材同时沿着进料方向  $U$  推进。于是，木材的中间部分被锯齿逐渐

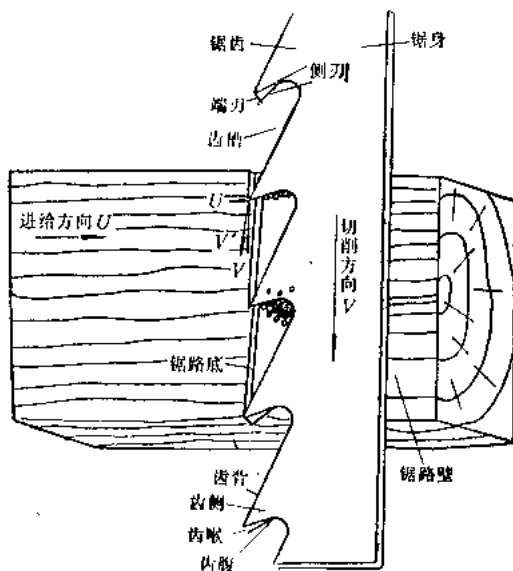


图 1-1 带锯条锯割木材时的情况

切碎,变成锯屑,形成锯路(也叫锯口),最终木材被锯开。为了便于观察锯路内的情况,在图中拿掉了锯身前方的木材,使锯屑、锯路底和锯身后方的锯路壁暴露在外。

锯齿由齿喉面、齿腹面、齿背面和齿侧组成。齿喉面与齿背面相交成端刃,齿喉面与齿侧面相交构成两条侧刃。

带锯条的锯齿切削木材的过程大致可分为4个阶段(见图1-2)。

第一阶段,锯齿向木材运动,端刃在垂直纤维方向切断木材纤维。

第二阶段,在端刃切断木材纤维的同时,齿喉面横着木材纤维方向压缩木材。当压力增加到足够大的时候,在齿喉面下方受压的一、二层木材(多数发生在年轮较疏松的早材部分)沿着图中ab、cd线和锯路两壁顺纤维方向剪裂。剪裂后的木材象悬臂梁受弯曲力破坏一样,被齿喉面最终折断,变成锯屑。

一般情况下,锯屑沿端刃切削轨迹(图1-2中的虚线)折断,有时端刃压到阻力较大的年轮晚材部分,木材在弯断前被拉裂。这

时裂口向内延伸超过端刃的切削轨迹,如图1-2中ef状。因此,

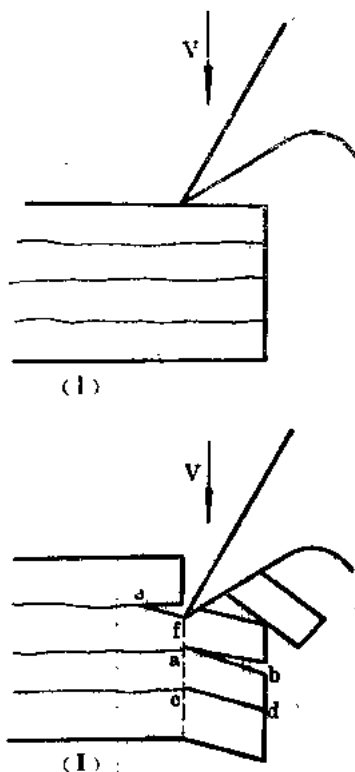


图 1-2 锯齿锯剖时锯路内木材破坏过程

- I. 端刃切断纤维;
- II. 木材剪裂、折断成锯屑

锯割木材时,锯屑是长短不一的。

第三阶段,锯屑输送、贮存和破碎。每一只锯齿,从切入木材开始,把锯路内木材一片片切成锯屑。大部分锯屑进入齿槽内临时贮存起来,小部分散落在锯齿两侧的锯路内。在齿槽内,锯屑受到挤压、破坏,最终破碎成小颗粒。

第四阶段,锯屑排出锯路。临时贮存在齿槽和锯路内的锯屑,随着锯条一起运动。当锯齿锯穿了木材,离开锯路时,它所带的锯屑便从齿槽内被排除掉。

在我国,锯路宽度一般在3毫米左右。在国外,为了提高锯割加工速度,要求锯片和锯条刚度比较高,锯路甚至宽达6毫米。一般锯路损失约占被加工木材的8~10%。也就是说,全世界每年在加工木材时产生近2亿吨锯屑。为了尽量减少锯路损失,人们曾经作了许多努力,例如使用薄锯条或薄锯片;利用高压水或激光进行无锯屑切割等。但是由于种种原因,至今都没有投入工业生产。

在我国,林区和工业城市中锯割木材的工厂规模一般为二、三万立方米;少数加工厂加工能力达到五、六万立方米。为数众多、散布在全国城镇和农村的小型木材厂,年加工能力只有1,000立方米左右。因此,全国每年产生的上千万吨锯屑,比较分散。在工业城市中,小部分锯屑已被用作工业原料;大部分锯屑过去运送到农村用作燃料。近年来,由于农村燃料结构的变化,运输费用的增加,松散的锯屑长途运输后直接作为燃料相当不经济。因此,大有锯屑成灾之势。在林区,绝大部分废弃锯屑堆积成山。由于锯屑中的水分蒸发困难,热量不易散发,林区“锯屑山”自然时有发生。即使是农村和小城镇的木材加工厂,大部分锯屑也只是直接用作燃料。因此,探讨怎样合理利用在木材加工中必然产生的锯屑,便提到议事日程上来了。

## 第二节 锯屑的品质

为了合理利用锯屑，首先必须对锯屑特性有一个较充分的了解。

用锯条或锯片从木材上分离下来的锯屑，除了形态上变成了小颗粒之外，其他特性和木材没有什么区别。因此，锯屑的区分，主要是根据颗粒特性和材种特性两个方面。

木材的锯割可以分为沿着木材纤维方向的纵剖和与木材纤维方向垂直的横截两种状态。横截锯割，由锯齿的侧刃切断木材纤维。锯屑的纤维长度基本上等于锯路的宽度。锯屑颗粒大小比较均匀，颗粒度比较大。锯屑基本上是边长为2~3毫米的稍带倾斜的正方体。由于横截工作量在木材锯割中所占比例很小，因此横截锯屑亦为数不多。

纵剖锯割，由锯齿的端刃切断木材纤维。锯屑的纤维长度与锯片或锯条的切削速度 $V$ 和木材的进料速度 $U$ 有关；一般来说，切削速度 $V$ 越大，进料速度 $U$ 越小，则锯屑的纤维长度越短，同时，木材的锯割表面越光洁。反之，锯屑纤维越长。由于带锯机和圆锯机的切削速度 $V$ 远远大于排锯机。因此，带锯机和圆锯机纵剖加工产生的锯屑，纤维比较短，锯屑基本上也呈稍带倾斜的正方体。而排锯机锯屑，纤维比较长，锯屑呈长方体。长度（即纤维长度）约为宽度或厚度的3倍。各种锯机纵剖木材锯屑的颗粒度分布如表1-1所示。表中排锯机颗粒度系

表 1-1 各种锯机纵剖木材锯屑颗粒度分布(%)

|         | 14目以下 | 14~40目 | 40~60目 | 60目以上 |
|---------|-------|--------|--------|-------|
| 排锯机     | 20.4  | 67.6   | 6.4    | 5.6   |
| 带锯机与圆锯机 | 3     | 65.7   | 19.1   | 12.2  |

表 1-2 针叶材经济树种

| 序号 | 名 称     | 容重(g/cm <sup>3</sup> ) | 主 要 特 性           | 产 地        |
|----|---------|------------------------|-------------------|------------|
| 1  | 马尾松     | 0.45~0.6               | 松脂味浓, 色黄褐         | 淮河以南       |
| 2  | 油 松     | 0.51                   | 松脂味浓, 褐色          | 华北、西北      |
| 3  | 樟子松     | 0.42~0.48              | 松脂味, 浅黄褐          | 内蒙古、黑龙江    |
| 4  | 红 松     | 0.43                   | 松脂味, 黄白色          | 东北         |
| 5  | 云 杉     | 0.47~0.5               | 松脂味, 黄白色          | 川、甘、晋、冀、内蒙 |
| 6  | 鱼鳞松     | 0.45                   | 松脂味, 黄白色          | 东北         |
| 7  | 臭 松     | 0.38                   | 不含松脂, 无气味, 浅黄白色   | 东北、冀、晋     |
| 8  | 铁杉      | 0.5~0.62               | 不含松脂, 无气味, 黄褐色    | 淮河以南       |
| 9  | 落叶松     | 0.64                   | 松脂味, 淡褐色          | 东北、内蒙      |
| 10 | 杉 木     | 0.4~0.43               | 无木射线, 木香味, 淡黄色    | 长江以南       |
| 11 | 柏 木     | 0.44~0.59              | 无木射线, 强烈柏木香味, 黄白色 | 长江以南       |
| 12 | 花旗松(美松) | 0.5~0.6                | 松脂味, 淡黄或淡红色       | 北美州        |

指锯屑颗粒的宽度或厚度。

从利用角度上来研究锯屑材种特性, 也就是研究木材的材种部分特性。主要包括容重、色泽、木材细胞中包含的可能渗出物质和由此而带来的气味。我国的木材有 7,500 多种, 但是用于加工成各种木制品的常用经济树种只有几十种。从大类上可以分为针叶材和阔叶材两类(见表 1-2 和表 1-3)。大部分针叶材含有树脂等可能渗出的物质, 而阔叶材却很少含有树脂。

木材是非均质材料, 顺纤维和横纤维方向的各种性能差异较大。对木材性能影响更大的是木材的含水率。表 1-4 是含水率不同的木材的导电性能。从中可以看出, 含水率为 22% 的木材电阻率约只有绝干木材的  $10^{-8}$  倍。同样, 绝干木材的比热约为 0.327 千卡/公斤·°C; 含水率 22% 的木材比热约为 0.58 千卡/公斤·°C。绝干木材的导热系数约为 0.00058 千卡/米·小时·°C; 含水率 22% 的木材导热系数增大了 1.4 倍。虽然锯屑之间存在空隙, 一些物理性能与木材有所差别, 如绝干锯屑的导热

表 1-3 阔叶材经济树种

| 序号 | 名 称             | 容重(g/cm³) | 主 要 特 性        | 产 地          |
|----|-----------------|-----------|----------------|--------------|
| 1  | 响叶杨(圆叶白杨、山白杨)   | 0.51      | 红褐色            | 长江流域         |
| 2  | 山杨(青杨)          | 0.41      | 淡黄褐色           | 川、鄂、豫、晋、冀、东北 |
| 3  | 旱 柳             | 0.43      | 淡红褐色           | 东北、华北、华中     |
| 4  | 核 桃             | 3.67      | 巧克力色           | 华北、西北、华中、华东  |
| 5  | 胡桃楸             | 0.526     | 灰黄褐色或灰红褐色      | 西北、华中、东北     |
| 6  | 枫杨(青钱柳)         | 0.39      | 灰褐色            | 西北、西南、华南、华东  |
| 7  | 梓木              | 0.6       | 浅红褐色           | 华北、东北        |
| 8  | 椴木(赤杨)          | 0.43      | 黄白色            | 四川、云南、东北     |
| 9  | 水青岗(长叶山毛榉)      | 0.79      | 红褐色            | 长江以南         |
| 10 | 苦槠(栲树、板栗、丝栗)    | 0.6~0.63  | 灰褐色            | 长江以南         |
| 11 | 麻栎              | 0.956     | 淡黄褐—深红褐        | 华东、中南        |
| 12 | 榆木              | 0.585     | 臭味,栗褐色         | 东北、华北、长江流域   |
| 13 | 梓木(大叶榉、小叶榉、兴叶榉) | 0.8       | 红褐色            | 江、浙、皖、湘、滇、东北 |
| 14 | 樟木              | 0.58      | 黄褐,红褐,灰褐色,樟脑香味 | 长江以南         |
| 15 | 枫香(枫树)          | 0.56      | 灰红褐色           | 淮河以南         |
| 16 | 槐 树             | 0.74      | 深灰褐色,豆腥味       | 长江、黄河流域      |
| 17 | 黄波罗             | 0.45      | 深栗褐色           | 东 北          |
| 18 | 木 荷             | 0.61      | 浅黄褐—浅红褐色       | 长江以南         |
| 19 | 大叶桉             | 0.645     | 红褐色            | 闽、粤、湘、桂、川    |
| 20 | 水曲柳             | 0.686     | 黄褐色,酸味         | 东北、内蒙        |
| 21 | 泡 桐             | 0.28      | 淡灰褐色           | 黄河以南         |
| 22 | 梓 柯             | 0.6       | 灰褐色            | 东北、华东、西南     |
| 23 | 柳 安             | 0.43~0.79 | 红褐色            | 东南亚          |

系数只有 0.00012 千卡/米·小时·℃。但含水率同样对锯屑有很大影响,因此,在应用锯屑时,必须严格控制锯屑含水率的范围。

表 1-4 不同含水率木材的导电性能(电阻率, 单位  $\Omega \cdot \text{cm}$ )

| 树 种   | 含 水 率 %              |                   |                   |
|-------|----------------------|-------------------|-------------------|
|       | 0                    | 22                | 100               |
| 雪 松   | $2.5 \times 10^{14}$ | $2.7 \times 10^6$ | $1.8 \times 10^4$ |
| 落 叶 松 | $8.6 \times 10^{13}$ | $6.6 \times 10^6$ | $2.0 \times 10^4$ |

由于木材的特殊构造,木材中的水分有两类:一类是呈吸附状态存在于细胞壁微细纤维间的水分,称为纤维含水,另一类呈游离状态存在于细胞腔之内和细胞间隙中的毛细管水,叫自由水。纤维含水率视材种不同而异,一般木材的饱和纤维含水率为23~30%。如果木材的含水率高于饱和纤维含水率,高出部分的水分就是毛细管水。在木材蒸发水分时,首先蒸发的是毛细管水。这个阶段木材的强度和体积均不会发生变化。当水分降到饱和纤维含水率以下时,强度逐渐增加,体积逐渐收缩,各种物理性能发生明显变化。另一方面,木材长时间暴露在一定湿度的空气中,木材含水率会变到与这种湿度相对恒定的一个量,即平衡含水率。例如在长江下游地区,木材的平衡含水率约为18~22%,随空气湿度的变化而上、下变化。但是,如果用人工的办法使木材含水率低于空气平衡含水率,由于木材的细胞腔及细胞壁纤维间已被一部分空气占据,木材在空气中吸湿后,其最终含水率将低于这个空气湿度的平衡含水率2~3%。由此可见,用于制造建筑材料和作为工业产品填料的锯屑,为了保持锯屑本身的尺寸稳定,应当至少干燥到比使用环境的平衡含水率低2~3%。

这里需要说明的是,锯屑或木材的含水率一般有两种表示法:

$$\text{绝干含水率 } U\% = \frac{G - G_1}{G_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$\text{相对含水率 } V\% = \frac{G - G_1}{G} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中  $G$  为含有水分的锯屑或木材的重量,  $G_1$  为这部分锯屑或木材的绝干重量。

绝对含水率  $U\%$  与相对含水率  $V\%$  可按下列式转换:

$$U\% = \frac{100V}{100 - V} \times 100\% \quad (1-3)$$

在没有特别指明时, 一般锯屑或木材的含水率都是指其绝对含水率  $U\%$ 。

测定木材含水率的方法有多种, 但对于锯屑, 主要是用干燥法: 先称出锯屑的重量  $G$ , 然后放入烘箱中, 以  $100 \pm 5^\circ\text{C}$  的温度干燥到重量不变为止。如果这时两次重复称量所得的锯屑绝干重量  $G_1$  的差异小于  $0.3\%$ , 即可认为已达到恒重。将  $G$  和  $G_1$  代入公式 1-1 计算。

### 第三节 锯屑的化学组成

组成木材的主要物质是有机物, 其中有 4 种化学元素: 碳、氢、氧和氮。尽管木材中有机物质的物理、化学性质各不相同, 不同树种或在不同部位木材所含的有机物质也各不相同, 但根据分析结果, 各种木材的元素组成几乎是相同的(见表 1-5)。

除了有机物质成分外, 木材还含有少量无机物质, 在燃烧时即产生灰分。木材中灰分含量一般约占绝干重量的  $0.3 \sim 1\%$ 。灰分主要由两部分组成: 一类是溶于水的钾、钠的碳酸盐类, 约占灰分总量  $10 \sim 25\%$ ; 另一类是不溶于水的碳酸钙等其他金属盐, 占灰分的  $75 \sim 90\%$ 。

如果锯屑用作工业燃料, 与煤一样, 需要进行工业分析。工业分析中, 含水率、挥发物、固定碳和灰分 4 项指标的总和为

表 1-5 各种木材的元素组成

| 树 种   | 含 量 (%) |     |       |      |
|-------|---------|-----|-------|------|
|       | C       | H   | O     | N    |
| 松     | 49.5    | 6.5 | 43.2  | 0.8  |
| 云 杉   | 51.0    | 6.2 | 41.9  | 0.9  |
| 冷 杉   | 50.1    | 6.2 | 42.9  | 0.8  |
| 落 叶 松 | 49.9    | 6.3 | 42.85 | 0.95 |
| 桦 木   | 48.8    | 6.4 | 43.8  | 1.0  |
| 栎 木   | 50.4    | 6.1 | 42.4  | 1.1  |
| 柳     | 51.6    | 6.3 | 41.2  | 0.9  |
| 白 杨   | 50.4    | 6.4 | 42.2  | 1.0  |
| 水 青 岗 | 50.1    | 6.2 | 42.5  | 1.2  |
| 椴 木   | 49.1    | 6.5 | 43.3  | 1.1  |
| 青 杨   | 50.1    | 6.4 | 42.7  | 0.8  |
| 白 蜡 树 | 49.2    | 6.3 | 43.5  | 1.0  |
| 槭 树   | 49.9    | 6.5 | 42.7  | 0.9  |

100%。从表 1-6 中可以明显看出，绝干的木材挥发分高，灰分少，因此与煤炭相比有许多优点。

木材中，碳、氢、氧等元素形成了复杂的有机物质，主要是碳水化合物中的纤维素及半纤维素；具有芳香族化合物的木素。

表 1-6 木材的工业分析(绝干)(%)

|     | 挥 发 物 | 固 定 碳 | 灰 分 |
|-----|-------|-------|-----|
| 杉 木 | 82.5  | 17.3  | 0.2 |
| 松 木 | 79.4  | 20.1  | 0.5 |
| 褐 煤 | 44.1  | 44.9  | 11  |
| 肥 煤 | 35.4  | 56.2  | 8.4 |

纤维素占木材全量的一半。纤维素的组成元素是：碳为 44.4%，氢为 6.2%，氧为 49.4%。纤维素的分子式是  $(C_6H_{10}O_5)_n$ 。式中  $(C_6H_{10}O_5)$  是葡萄糖基， $n$  为聚合度系数。这