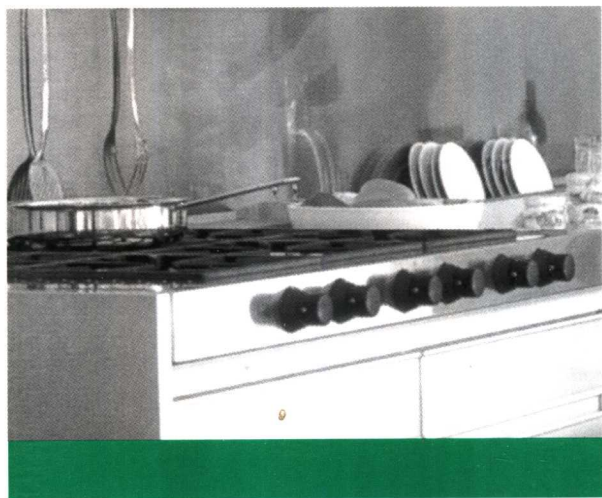


郝芳洲 贾振航 王明洲 编著

实用节能炉灶



Chemical Industry Press

4.23



化学工业出版社
“三农”读物出版中心

实用节能炉灶

郝芳洲 贾振航 王明洲 编著



化学工业出版社
“三农”读物出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

实用节能炉灶/郝芳洲, 贾振航, 王明洲编著. —北京:
化学工业出版社, 2004. 8
ISBN 7-5025-6098-X

I. 实… II. ①郝…②贾…③王… III. 节能-炉灶
IV. TS914. 23

中国版本图书馆CIP数据核字 (2004) 第 090184 号

实用节能炉灶

郝芳洲 贾振航 王明洲 编著

责任编辑: 孙绥中

责任校对: 李 林 靳 荣

封面设计: 于剑凝

*

化学工业出版社 出版发行

“三农”读物出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 6½ 字数 174 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6098-X/TK·12

定 价: 14.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

自 20 世纪 80 年代以来，国家在全国农村有计划地开展改灶节柴工作，累计改灶 1.8 亿户，其中商品炉灶 2000 万户，对缓解农村生活燃料短缺起到了很大作用，取得了显著的社会效益、经济效益和生态效益。对发展中国家也有借鉴意义。

现在有些地方农作物秸秆多了，综合利用一时还搞不起来，就出现了焚烧现象，严重地污染了大气环境。前些年有的农村地区搞了秸秆气化集中供气试点，但有些技术问题尚需进一步完善，真正要普及这项技术还有个过程。从现实来看，很多农村地区依然脱离不了省柴节煤炉灶。编者在近一两年去了西部一些农村地区，看到有些地方的炕灶还相当落后，不仅浪费大量的柴草，而且还严重地污染环境。从发展农村经济、改善和提高农民的生活质量、保护生态和可持续发展的角度出发，在相当一部分农村地区继续抓改灶节柴工作的推广是必要的。依然可以采取试点、示范结合当地的实际情况，才能巩固改灶成果。培训技工，实行有偿服务，以手工垒砌和半商品灶为主，给农民提供结构简单，性能可靠，造型美观，操作方便，安全卫生，并且燃料适应性广泛的灶，让农民群众用好管好灶。结合劳动社会保障部颁布的“农村节能员”职业技能工种，培养农村改造炕灶炉窑技工和技师，本书可以作为参考资料。

农村省柴节煤工作已从生活领域扩展到生产领域，例如炒茶、烤烟、制砖等节能效果显著的技术，在本书中也加以介绍。

随着市场经济的发展，广大农民生活水平的提高，农村生活燃料出现了多元化结构。石油液化气、沼气、新型液体燃料（醇类和轻烃类）、煤炭、农作物秸秆和薪材。但现阶段大多数

农村地区的生活燃料还是以柴、煤为主，随着型煤在农村地区的推广使用，使用各种规格型号的燃煤炉具也越来越多。特别是长江以北广大农村地区，过去冬季采暖用火炕或者根本不采暖，而现在用燃煤水暖煤炉的越来越多。前些年，由于科研单位和高等院校的参与，出现了一批科技含量比较高、热性能比较好的炉具，从而促进了炉具的技术进步。近年来，国家加大了大气污染的治理力度，广大消费者的环保意识也在不断提高，对炉具也提出了新的要求：即节能又环保。因此很多炉具生产企业研制开发出环保型低排放炉具。同时对煤也提出要求，民用煤如何做到洁净燃烧，就要进行动力配煤后再制成型煤，只有炉和煤二者有机地结合才能真正达到减少大气和居室环境污染的目的。

采暖光有个炉子还不行，它只是采暖循环系统的一个重要组成部分。谈到系统就涉及到安装和使用的问题。由于一部分人缺少对循环系统基本常识的了解，往往会出现一些安全隐患。国家对安全问题非常重视，不仅对炉具生产企业提出新的要求，对制造质量要有保证，同时用户在使用时在思想上也不能麻痹大意。本书向广大读者介绍了这方面的知识。

综上所述，本书向农村和小城镇广大读者介绍的柴、煤为主的炉灶以及相关知识，使其加强对炉灶结构、性能等的了解，普及这方面的基本知识。

本书在编写过程中，得到了蔡敏学、周伯俞、张德地、郭继业等专家学者的大力支持和帮助，他们提供了宝贵的资料，才使本书的内容更加充实，在此谨致衷心的感谢。

由于作者水平有限，错误之处在所难免，诚恳希望读者批评指正。

编者

2004年4月

内 容 提 要

我国广大农村每天做饭、取暖和某些农副产品的加工，消耗着大量能源。本书从燃料和燃烧的基本知识与原理出发，介绍了省柴炉灶，节能炉窑，先进采暖循环系统的结构、原理、建造和操作技术。书中内容非常实用，总结了农村多年节能省柴、省煤的经验。值得一读。

本书适合广大农村能源工作者和农民阅读。

目 录

第一章 燃料和燃烧的基本知识	1
第一节 燃料	1
第二节 燃烧与传热	8
第二章 炉灶热损失分析	18
第一节 炉灶热平衡方程式	18
第二节 几种热损失	20
第三节 与炉灶有关的基本参数和概念	26
第三章 省柴灶和炕	32
第一节 灶的演变过程及分类	33
第二节 旧灶的弊病	36
第三节 省柴灶的设计	37
第四节 烟囱	58
第五节 组装式省柴灶和典型灶	66
第六节 炕和燃池	76
第七节 柴灶热性能测试方法	98
第四章 农村生产节能炉窑	104
第一节 炒茶省柴灶	104
第二节 节能烤烟房	107
第三节 省柴节煤砖窑	110
第四节 高效固体燃料燃烧炉	113
第五章 型煤和炊事型煤炉具	116
第一节 型煤推广	116

第二节	民用洁净煤技术	118
第三节	炊事型煤炉具	123
第四节	民用炊事蜂窝煤炉有关技术及检测标准	130
第五节	典型炊事蜂窝煤炉	134
第六章	煤的燃烧机理和燃烧方式	137
第一节	煤的燃烧机理	137
第二节	煤烟的形成	141
第三节	煤的燃烧方式	142
第四节	有关二次进风的探讨	148
第七章	民用采暖循环系统	150
第一节	民用水暖煤炉	150
第二节	散热器	159
第三节	膨胀水箱及阀门	168
第四节	民用水暖煤炉循环系统的正常循环	170
第五节	与循环有关的知识	177
第六节	民用水暖煤炉采暖循环系统的使用安全及保养	184
第七节	民用水暖煤炉通用技术条件	187
第八节	民用水暖煤炉热性能试验方法	191
参考文献		200

第一章 燃料和燃烧的基本知识

第一节 燃 料

某种物质在燃烧过程中能放出大量的热能，也就是当它被加热到一定温度时，能与氧气发生强烈的化学反应而放出大量热能的碳化物和碳氢化合物，这种物质只有它放出的热量在经济上确有可利用价值才能称为燃料。

燃料可分为三种，即气体（如石油液化气、沼气等）、液体（如石油、酒精等）、固体（如柴、煤等）。

农村生活燃料主要是农作物秸秆、柴草，这些称之为生物质燃料。煤属于矿物质。同为固体燃料。它们的组成成分有相同的地方也有不同的地方，分述如下。

一、生物质燃料的组成成分

1. 组成成分

生物质燃料的组成成分为碳、氢、硫、磷、钾、氮、氧、水分和灰分。

(1) 碳 (C) 碳是生物质燃料中的主要成分。1 千克碳完全燃烧时，可放出 33858 千焦的热量，碳燃烧后变成二氧化碳 (CO_2) 和一氧化碳 (CO)。柴草中的碳一部分是游离的碳氢化合物，在燃烧中析出挥发物，另一部分是在灰渣中不完全燃烧的碳为固定碳。在柴草中固定碳的含量较少，挥发分较多，所以容易点燃和燃烬。

(2) 氢 (H_2) 氢是重要的可燃物质，在柴草中含量 5% 左右。一般以碳氢化合物的形式存在。受热时极易挥发。氢容易燃烧，柴草中含氢愈多（如豆秸）就愈易燃烧。

(3) 硫 (S) 硫也是可燃物质。每千克硫燃烧的发热量为 9196 千焦。燃烧生成二氧化硫 (SO_2) 和三氧化硫 (SO_3)，和烟气中水蒸气起化合作用，生成亚硫酸和硫酸蒸气。硫在柴草中含量少，一般只有 0.1%~0.2%。

(4) 磷 (P) 和钾 (K) 磷和钾都是可燃物质。也是生物质燃料特有的成分。磷燃烧后生成五氧化二磷 (P_2O_5)。钾燃烧后生成氧化钾 (K_2O)。在柴草中磷的含量只有 0.2%~0.3%，而钾的含量为 11%~20%。

(5) 氮 (N) 和氧 (O_2) 柴草中含氮量很少，只有 0.5%~1.5%，故对燃烧影响不大；而含氧量占 30%~44%。燃料燃烧时可相对减少供空气量。

(6) 水分 水分是生物质燃料中的杂质之一，不仅不能燃烧，还会吸收灶膛里热量而汽化，降低灶膛温度。含水量愈多的柴草愈不容易燃烧，含水量可在 5%~60%，变化很大（见表 1-1）。

(7) 灰分 灰分是柴草中不可燃的矿物质。灰分多的柴草，发热量就低。例如稻草的灰分高达 13.86%，而豆秸的灰分仅为 3.13%，故二者燃烧情况差别甚大。

灰分过大则容易在烟道中沉积，使通路截面变窄降低抽力，影响燃烧，排入大气后对大气污染也比较重。

2. 组成成分表示方法

组成成分可用各组成因素的质量百分数来表示，对于同一种燃料，采用不同的基数时，其百分数则不同。通常的计算基数有应用基和分析基。但比较普遍使用的还是分析基。它是燃料取样后经过风干，分析所得的各组成成分。由于分析基化验时去掉了大部分水分，组成成分稳定，便于应用查阅，表示时在元素符号右上角加汉语拼音字母“f”

$$C^f + H^f + S^f + K^f + P^f + N^f + W^f + A^f = 100\%$$

(碳) (氢) (硫) (钾) (磷) (氮) (水分) (灰分)

以上的组成成分是以质量百分数表示的。

另一种方法称为工业分析法。它不是测定各元素所含的百分

表 1-1 燃料低位发热量与含水量对照表

单位: 千焦/千克

含水量/% 种类	5	7	9	11	12	14	16	18	20	22
玉米秸秆	15422.2	15041.5	14660.7	14280	14091.7	13710	13330.2	12949.5	12568.7	12192.2
高粱秸秆	15744.4	15359.5	14970.4	14585.4	14393	14008	13623.1	13238.2	12853.2	12464.1
棉花秆	15945.2	15551.9	15167	14773.7	14577.1	14192.1	13803	13413.9	13020.6	12635.7
豆秸	15836.4	15313.4	14949.4	14568.7	14372	13991.3	13606.4	13221.4	12836.5	12451.6
麦草	15439	15058.2	14681.7	14301	14154.5	13731.9	13355.3	12974.6	12598	12221.5
稻草	14183.8	13832.3	13480.8	13129.3	12953.6	12602.2	12250.7	11899.3	11547.8	11194.4
谷草	14794.6	14426.4	14062.4	13694.2	13514.3	13146.1	12782.1	12460	12054.1	11690.1
柳树枝	16321.8	15928.5	15518.5	15129.3	14932.7	14535.2	14133.6	13740.3	13342.8	12945.3
杨树枝	13995.5	13606.4	13259.1	12911.8	12736.1	12388.8	12041.3	11694.3	11347	10995.6
牛粪	15380.4	14957.8	14585.4	14208.9	14016.4	13639.8	13263.3	12890.9	12430.7	12133.6
马尾松	18371.9	17932.6	17489.1	17049.8	16828	16384.5	15936.9	15493.4	15054	14610.5
桦木	16970.3	16422.2	16125.1	15715.1	15505.9	15095.9	14685.8	14275.8	13870	13460
楸木	16652.3	16250.7	15840.6	15439	15238.1	14836.5	14426.4	14020.6	13623.1	13213.1

表 1-2 各种生物质燃料组成成分和低发热量

燃料种类	Wt %	A %	Vt %	C _{gd} %	Ht %	Ct %	St %	Nt %	Pt %	Kt %	低发热量 Q _{DW} 千焦/千克
杂草	5.43	9.40	68.77	16.40	5.24	41.00	0.22	1.59	1.68	13.6	16192.1
豆秸	5.10	3.13	74.65	17.12	5.81	44.79	0.11	5.88	2.86	16.33	16146.1
稻草	4.97	13.86	65.11	16.06	5.06	38.32	0.11	0.63	0.146	11.28	13970.4
玉米秸杆	4.87	5.93	71.45	17.75	5.45	42.17	0.12	0.74	2.60	13.80	15539.4
高粱秸杆	4.71	8.91	68.90	17.48	5.25	41.93	0.10	0.59	1.12	13.60	15066.6
谷草	5.33	8.95	66.93	18.79	5.17	41.42	0.15	1.04	1.24	18.28	15012.2
麦草	4.39	8.90	67.36	19.35	5.31	41.28	0.18	0.65	0.33	20.40	15363.6
棉花秸杆	6.78	3.97	68.54	20.71	5.35	43.50	0.20	0.91	2.10	24.70	15991.2
马粪	6.34	21.85	58.99	12.82	4.64	37.25	0.17	1.40	1.02	3.14	14012.2
羊粪	6.29	26.23	54.76	12.72	4.68	36.70	0.36	2.31	3.29	3.17	14003.8
猪粪	5.76	8.43	65.78	20.03	5.46	40.98	0.25	3.54	3.32	2.74	15991.2
牛粪	6.46	32.40	48.72	12.52	4.68	32.07	0.22	1.41	1.71	3.84	11619.0
杂树叶	11.28	10.12	61.73	16.33	5.08	41.14	0.14	0.74	0.52	3.84	14840.6
杨树叶	2.34	13.65	67.59	16.42	5.56	42.69	0.43	1.02	0.68	5.63	15551.9

数，而仅仅测定水分（W）、灰分（A）、挥发分（V）和固定碳（ C_{GD} ）含量以表征生物质燃料的主要燃烧特性指标。

表 1-2 为中国科学院能源研究所杨富强、吉小云同志测定的各种生物质燃料的组成成分和低发热量。

二、煤的组成成分

1. 组成成分

煤的组成成分有碳、氢、硫、氧、氮、水分和灰分。

(1) 碳 碳是煤中的主要可燃成分，基本上决定着煤发热量的大小，这与生物质燃料是一致的。碳在煤中常与氢、氧、硫等形成化合物。纯碳是很难完全燃烧的，因此煤中的可燃成分碳化程度越深，在炉中燃烧就越发困难。根据煤质不同，煤中含碳量为 55%~90%。

(2) 氢 纯氢燃烧时生成水，发热量为 142590 千焦/千克，约为纯碳发热量的 4 倍。氢是煤中能发出最大热量的元素。且容易着火。氢在煤中一般不超过 4%~5%。

(3) 硫 我国煤中的硫主要有两种形态存在。一是有机硫，它与煤中的碳、氢、氧等元素合成复杂的化合物，均匀地分布在煤中。二是硫化铁硫，以金属硫化物形态存在于煤中。这两种硫可以挥发并参与燃烧。硫在燃烧时放出一些热量，但生成二氧化硫和三氧化硫，这些气体与水蒸气合成亚硫酸和硫酸蒸气，对金属有腐蚀作用。如果以二氧化硫气体的形态排放到大气中，还会污染环境。硫在煤中是有害物质，含量大多在 2% 以内。个别情况也有达 7%~8%。

(4) 氧 煤中氧越高，游离氢就越少，氧是降低煤发热量的有害元素。氧在无烟煤中含量为 1%~2%；泥煤中可高达 40%。

(5) 氮 氮是惰性气体，不参与燃烧。氮在煤中含量为 0.5%~2.5%。

(6) 水分 水分在煤的加热和汽化过程中，不但不能放出热量而且要吸收热量。并且还会与煤中硫的燃烧产物合成亚硫酸和硫酸

蒸气，起腐蚀作用，水分过高，煤着火困难。水分在煤中含量为4%~35%，有的劣质煤的水分含量高达50%以上。

(7) 灰分 煤燃烧后，其中不可燃的矿物质如氧化硅、三氧化二铁等剩留下来而形成的灰渣，这就是灰分。灰分越高，煤的发热量就越低，煤中的灰分一般为5%~35%。劣质煤的灰分可高达40%~50%。

2. 煤质的分析基准

煤质分析通常有4种基准，即收到基(ar)、空气干燥基(ad)、干燥基(d)、干燥无灰基(daf)。各种分析基础所得出的煤成分的百分数是不同的。同时又各有一定的用途。当进行热力计算时，必须知道收到基成分；在工业应用中常用空气干燥基和干燥基成分；为了说明煤的特性，则用比较稳定的干燥无灰基成分。这四种基准可以换算，这里就不详细表述了。

四种基准间的表示方法为：

干燥无灰基组成

$$C_{daf} + H_{daf} + O_{daf} + N_{daf} + S_{daf} = 100\%;$$

干燥基组成

$$C_d + H_d + O_d + N_d + S_d + A_a = 100\%;$$

空气干燥基组成

$$C_{ad} + H_{ad} + O_{ad} + N_{ad} + S_{ad} + A_{ad} + W_{ad} = 100\%;$$

收到基组成

$$C_{ar} + H_{ar} + O_{ar} + N_{ar} + S_{ar} + W_{ar} = 100\%.$$

三、生物质燃料与煤在结构特性上的差别

根据上述综合分析可以看出生物质燃料与煤在结构特性上存在四个主要差别（见表1-3）。

表 1-3 生物质燃料与煤在结构特性上的主要差别

燃料种类	碳/%	氧/%	氢/%	灰分/%	挥发分/%	密度/(吨/米 ³)
生物质	38~50	30~44	5~6	4~14	65~70	0.47~0.64(木材)
煤	55~90	3~20	3~5	5~25	7~38	0.8~1.0

1. 含碳量和固定碳含量的不同

生物质燃料中含碳量最高仅达 50% 左右，相当于生成年代较少的褐煤的含碳量。生物质燃料中的固定碳含量也明显低于煤。因此生物质燃料不耐烧，需要频繁添加，并且它的热值也较低。

2. 含氢量和析出挥发分的不同

生物质燃料中的碳，多数和氢结合成较低分子的碳氢化合物，遇到一定温度后热分解而析出挥发分，所以生物质燃料容易点燃。燃烧初期析出量较大，在空气和温度不足的情况下易产生镶黑边的火焰。

3. 含氧量不同

生物质燃料含氧量明显高于煤。它使得生物质燃料热值低，但容易点燃，在燃烧时可相对地减少空气量的供给。

4. 密度不同

生物质燃料的密度明显地低于煤。质地比较疏松，特别是农作物秸秆，易于燃烧和燃尽。灰渣中残留的碳量，一般比煤少。

四、燃料的热值

燃料的热值就是通常说的发热量。发热量是指单位数量的燃料完全燃烧所发出的热量。其单位是千焦/千克（或千卡/千克）。

燃料的发热量分为收到基恒容高位发热量和收到基恒容低位发热量。

燃料发热量的测定，是将一定质量的燃料试样放在一个密闭的容器（通称氧弹）中，在有过剩 $(22 \sim 35) \times 10^5$ 帕氧气存在的条件下使其完全燃烧，用水来吸收放出的热量，然后由水温的升高计算出该燃料的发热量。这种在弹筒中有过剩氧气存在的条件下，燃烧单位质量的燃料所得到的热量，称为弹筒发热量，也叫高位发热量；把在大气状态下完全燃烧单位质量的燃料所得到的热量称为低位发热量。它等于从高位发热量中扣除水蒸气凝结热后的热量，其值由计算获得。

由于高位发热量和低位发热量测定的条件不同，反应的生成物

不同，以及反应终止时温度不同，因而二者在数值上是有差异的。因为低位发热量接近于燃料在大气压下完全燃烧时所释放出的热量，所以在计算热效率时都用低位发热量。

由发热量还需提出一个“标准煤”的概念。为了比较不同用能设备的燃料消耗，评价设备能源利用效率，计算各种产品的能耗定额，国家有一个统一标准，就是通常说的“标准煤”的概念。它实际上是一种假想的发热量为 29.3076 兆焦/千克（工程单位制为 7000 千卡/千克）。各种不同发热量的燃料都折成标准煤后就可便于比较了。

第二节 燃烧与传热

一、燃烧应具备的条件

燃烧过程是个强烈的化学反应，也就是同时产生光和热的氧化反应，燃烧必须具备三个条件，也就是通常说的三个要素：

- (1) 必须有燃料；
- (2) 必须有足够高的温度；
- (3) 提供充分的氧气（空气）。

缺少其中一个条件，无论如何都不能燃烧。只有三个条件同时存在才能引起燃烧。

二、完全燃烧具备的条件

使燃料完全燃烧有以下几条

(1) 必须把温度维持在燃料的着火温度以上。如果不能维持在着火温度以上，继续燃烧是不可能的。一般来说燃烧室温度每升高 10°C ，燃烧速度可提高 1~2 倍。因此提高燃烧温度是十分必要的。

(2) 必须把适量的空气量以正确的方法供应给燃料，使燃料与空气有充分地接触。如果燃料和空气不能充分混合，燃烧也不会旺盛。

(3) 必须及时妥善地排除灰渣。如果不排除灰渣，就会阻碍空

气进入，则不能使燃烧持续下去。

(4) 必须提供燃料燃烧的足够空间和时间。有足够的空间就是有一定容量的燃烧室，如果燃烧气体在未全部烧完之前就离开了燃烧室，就会被冷却到着火温度以下，则不能完全燃烧。同时燃烧的气体还必须在燃烧室内有足够的停留时间，使其燃烧结束后再离开燃烧室。

如果不符合上述条件，就会造成不完全燃烧。

三、燃料燃烧的过程

不论是省柴灶还是节煤炉，都有炉（灶）算子。柴草或煤都在算子上燃烧。这就是层燃燃烧。不管按什么方式燃烧，燃料总要经过分解燃烧和表面燃烧等过程，都要经过预热干燥、蒸发水分、析出挥发物，挥发物和焦炭的燃烧、残炭的燃烬，以及灰分的形成等阶段。

现以省柴灶烧生物质燃料为例来说明燃烧过程。

燃料送入燃烧室后，在高温热量（由前期燃烧形成）作用下，燃料被加热析出水分。随后，燃料由于温度的继续增高，约在 250°C 左右，热分解开始，挥发分（低分子的碳氢化合物或氢）析出，气态的挥发分和周围高温空气的混合首先被引燃而燃烧。一般情况下，燃料中残留下的焦炭被挥发分包围着，燃烧室中氧气不易渗透到焦炭的表面，只有当挥发分的燃烧快要结束时，焦炭及其周围温度已很高，空气中的氧才有可能接触到焦炭表面而产生焦炭的燃烧。焦炭燃烧不断产生着灰烬，它包裹着剩余的焦炭，妨碍它的燃烧，所以加强灶算的通风或适当地捅火都可促进焦炭的燃烧。灰渣中残留的余炭就是这段燃烧不良而形成的。

产生火焰的燃烧过程为两个阶段：即挥发分析出燃烧和焦炭燃烧，前者约占燃烧时间的10%，后者则占90%。

生物质燃料在燃烧过程中有以下特点。

(1) 生物质燃料的密度小，结构比较松散，挥发分含量高，在 250°C 时热分解开始，到 350°C 时挥发分就能析出80%。可以看出，