

36.17481-5440258
LSC 1

节 柴 灶

——原理及其应用



刘 司 城 编

新 时 代 出 版 社

36.1748

节 柴 灶

——原理及其应用

刘 司 城 编

新 时 代 出 版 社

内 容 简 介

本书力求用通俗易懂的语言，系统地介绍柴草的燃烧特性和实现柴草完全燃烧的条件，节柴灶的燃烧和传热的基本原理，节柴灶的灶型结构，砌灶方法，测试和操作要领，具有科学性和实用性。可供农村改灶技工和初中以上文化水平的农民学习，对农村干部和科技人员推广节柴灶也有一定的参考价值，是农村改灶节柴的必要读物，还可作为农村基层培训农民改灶技术员的教材。

节 柴 灶

——原理及其应用

刘 司 城 编

新时代出版社出版 新华书店北京发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 3.25 印张 69千字

1986年9月第1版 1986年9月北京第1次印刷

印数：0,001—2,720册

统一书号：15241·90 定价：0.72元

前 言

我国有八亿多农民、约一亿七千六百万户，有百分之九十以上的农户现在仍然使用热效率百分之十左右的古老柴灶。这种传统柴灶每年烧掉 5400 亿斤秸秆和 3000 亿斤薪柴（其中可用木柴约 7000 万立方米），浪费严重，影响农业生态平衡。全国有百分之四十五的农户（约 8000 万户）缺柴三、四个月。农村能源短缺，对我国农业生产的发展、人民生活的改善极为不利。

但是，从当前情况来看，在相当一个时期内，我国农村要获得大量的商品能源还不大可能，农民生活用能仍将仍然以柴草为主。改灶节柴刻不容缓。实践证明，改灶节柴是一项花钱少、见效快的节柴措施。每个节柴灶一年可节约柴草 2000 斤左右。为此，党中央、国务院从关心广大农民、解决农民烧柴难出发，把改灶节柴列为当前农村节能和改善人民生活的项目，决定在第七个五年计划期间大力推广节柴灶，争取在 1990 年以前改灶一亿二千六百万个，让百分之七十以上的农户用上节柴灶。这是一项重大的节能措施。

为了适应农村改灶节柴的新形势，广泛宣传节柴灶的科学知识，编写了《节柴灶——原理及其应用》一书。本书在编写过程中，得到东北农学院副教授陈荣耀和中国农业工程研究设计院农业工程处的热情帮助，特在此致谢！

目 录

第一章 柴草的燃烧特性	1
第一节 燃料的种类	1
第二节 木柴的物化特性	2
第三节 柴草的燃烧特性	11
第二章 燃烧原理	17
第一节 燃烧所必须的条件	17
第二节 柴草的燃烧方式	23
第三章 节柴灶的基本知识	26
第一节 节柴灶的构造	26
第二节 柴灶的热效率	28
第三节 柴灶的传热过程	31
第四章 节柴灶的类型及构造特点	39
第一节 节柴灶的类型	39
第二节 节柴灶的结构特点	39
第三节 薪柴灶	40
第四节 秸秆灶	44
第五节 草灶	47
第六节 炕连灶	50
第七节 连锅灶	57
第五章 节柴灶尺寸的确定	59
第一节 节柴灶热负荷的确定	59
第二节 炉篦面积的计算	61
第三节 节柴灶所需空气量的计算	62
第四节 节柴灶的烟囱尺寸的计算	63

第五节	节柴灶的进风道的尺寸	71
第六节	节柴灶的灶膛尺寸	73
第七节	节柴灶保温层的厚度	76
第八节	节柴灶的尺寸	77
第六章	怎样砌筑节柴灶	79
第一节	砌灶的准备工作	79
第二节	节柴灶的砌筑	81
第七章	测试柴灶性能使用的仪器和测试方法	87
第一节	柴的热值的测定	87
第二节	耗柴量的测定	88
第三节	用水量的测定	88
第四节	空气湿度的测定	89
第五节	柴灶性能评价标准及热效率计算	91
第八章	节柴灶的使用和维护	95
第一节	节柴灶的正确使用	95
第二节	节柴灶的维护	98

第一章 柴草的燃烧特性

第一节 燃料的种类

一、燃料的定义

凡燃烧时能放出大量的热，且其热能够经济而有效地用于现代工业生产和人们的日常生活的 所有物质，统称为燃料。

根据上述定义，常见的木柴、秸秆、稻草、煤炭、焦炭、石油制品、煤气、沼气等物质都是燃料。燃料与农民的生活甚为密切。这是因为千家万户日煮三餐饭、喝水、洗澡以及饲养家畜等都需要燃料燃烧供给热量。所以，燃料是农民生活中不可缺少的重要物质之一。

二、燃料的种类

燃料的种类很多。按物质形态可分为固体燃料、液体燃料和气体燃料；按来源可分为加工产品和天然产品两种。农民家庭用生活燃料分类见表1-1。

表1-1 农民家庭用燃料分类表

燃料的物态	来 源	
	天然产品	加工产品
固体燃料	木柴、煤、秸秆等	木炭、焦炭、煤泥、蜂窝煤
液体燃料	石 油	煤油等
气体燃料	天然气	沼气等

各类燃料中，木柴是一种优质燃料，秸秆、稻草、树叶则差些。目前，在农村生活用能中，木柴、秸秆、稻草的数量占有相当大的比重。人们把这些燃料统称为柴草（或柴）。

在各类燃料中，柴草属低热值燃料，其发热量约为2000~4500千卡[●]/公斤。煤的发热量约为5000~8400千卡/公斤，石油及其制品是高热值燃料，发热量约为10000千卡/公斤左右。沼气的热值约为5000~5500千卡/米³，也是一种优质燃料。

柴、草和煤炭、沼气是农家常用的燃料，下面将介绍其物理化学性质。

第二节 木柴的物化特性

柴灶所用的燃料一般指丛林灌木中的树枝、树干、树根、树果以及果园、公园和经济林（油茶树、油桐树、酸枣树和核桃树等）的树枝、枝桠和果壳，农作物的废弃物（秸秆、稻草、谷壳等），木材生产中的废弃物，树皮、树梢、枝桠、边角余料，新炭林中的轮伐物。

农民生活上使用的燃料种类繁多，变化很大，如果分别论述，势必使内容增多。同时，那样做，在客观上也无必要。为此，本书仅以木柴为代表，对它加以分析，以使读者了解农民生活用燃料的一般性质。

一、木柴的组成

木柴的化学元素组成主要为碳(C)、氢(H)、氧(O)和少量的氮(N)、硫(S)。此外，木柴还含有水分和灰分。

木柴是一种有机物质，它由可燃质、无机物和水分所

● 1卡=4.186焦。

组成。

(一) 木柴的基本成分

木柴的基本成分为碳、氢、氧、氮。其基本成分随树种不同而不同。表 1-2 是各种木柴的基本成分，表 1-3 是农作物秸秆的基本成分。

表 1-2 各种木柴的基本成分 (%)

成分①	碳	氢	氧	氮
榉木	49.4	6.9	43.1	0.6
柳树	50.8	6.0	43.2	—
赤松	49.9	6.1	43.4	0.6
冷杉	49.6	6.4	44.0	—
油松	48.7	6.0	44.6	0.7

① 这里指的是无水、无灰分的木柴成分。

表 1-3 农作物秸秆的基本成分 (%)

成分①	碳	氢	氧	氮	硫
玉米秸	49.95	5.97	43.12	0.83	0.13
麦秸	49.04	6.16	43.41	1.05	0.34
高粱秸	48.63	6.08	44.92	0.36	0.01
稻草	48.87	5.84	44.38	0.74	0.17

① 这里指的是无水、无灰分秸秆成分。

一般的无水、无灰分的木柴的基本成分的平均值为：

碳 49.5%
 氢 6.5%
 氧 43.0%
 氮 1.0%
 硫 含量甚微

木柴的热值高低取决于木柴的基本成分，也就是说，取决于碳和氢等可燃元素成分的多少。碳和氢在基本成分中占的百分数大，其热值就高；相反则低。当然，木柴的热值还与木柴含灰分的多少、干湿程度等有关，这将在后面各章节中分别加以论述。

现在将燃料的各种成分分述如下：

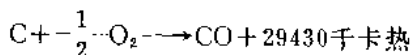
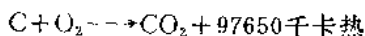
1. 碳

碳是柴草的主要成分，人们常常用碳含量的多少评价燃料的质量，它基本上决定了燃料的热值的大小。无水、无灰分的柴草的碳的百分数含量约为49%左右。

一公斤碳完全燃烧时，约放出 8100 千卡的热量。因为纯碳很难燃烧，故燃料中含碳量越多，燃点越高。所谓柴的燃点高，就是平常说的柴草不易着火和燃烧。

柴草中的碳元素，与氢、氮等组成不稳定的有机化合物。柴草的固定碳含量比煤炭的要少，挥发分含量多，因而它比煤炭容易燃烧，并且容易燃烧干净。

柴草中的碳完全燃烧时生成二氧化碳，供应的氧气不足时，则不能完全燃烧。不完全燃烧则生成一氧化碳，其化学反应式是：

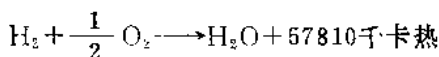


从上面的化学反应式可以看出，当氧气充足，碳完全燃烧，放出的热量多；氧气不足，碳不能完全燃烧，放出的热量少，两者相差 68220 千卡热，前者是后者的三倍多。因此，在燃料燃烧时，应想方设法供应足够多的氧气，使燃料燃烧完全，放出更多的热量来。

2. 氢

柴草中氢元素的含量约 6%，是仅次于碳元素的第二主要成分。在燃料中氢有两种存在形式：

一种叫可燃氢，燃烧时能放出大量的热能；另一种称化合氢，它与氧结合为水，不能燃烧放热。一公斤氢燃烧放出的热量约为 34000 千卡，比一公斤碳燃烧放出的热量多几倍。但氢在柴草中的含量少，故它在柴草燃烧时所起的作用仍然次于碳。氢燃烧生成水，在水成蒸汽状态时，其反应式是：

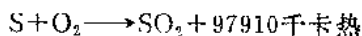


氢容易着火燃烧，所以柴草中含的氢愈多，愈容易燃烧。

氢燃烧时放出的热量有一部分被生成的水蒸汽（汽化潜热约 600 千卡/公斤）所带走，通过烟囱排入大气。所以，柴草中的氢燃烧时所放出的热量达不到 34000 千卡/公斤热。

3. 硫

硫在柴草中含量很少，有的木柴不含硫。其它生物质燃料中硫的含量一般在 0.1~0.2%。硫燃烧后生成 SO_2 气体，反应式如下：



硫是可燃物质，每公斤硫燃烧的发热量为 2200 千卡。它的燃烧产物二氧化硫（ SO_2 ）和三氧化硫（ SO_3 ）在高温下与烟气中的水蒸汽发生化学反应，生成亚硫酸（ H_2SO_3 ）和硫酸（ H_2SO_4 ）。这些物质对金属有强烈的腐蚀作用，含硫酸的气体对人体有害，对动植物生长也有影响。

4. 氮

氮在木柴中含量很少，在其它生物质燃料中的含量约为

0.5~1.5%。氮不参加燃烧反应，不能放热。是燃料中的惰性物质。

5. 氧

氧不属于可燃成分，氧与一部分氢和碳在一起处于化合物状态。柴草中含氧40%以上。

6. 磷

磷为可燃物质，燃烧产物为五氧化二磷 (P_2O_5)，存留在灰渣中。木柴含磷不多，约0.2~3%。

7. 钾

钾也是可燃物质，燃烧生成物为氧化钾 (K_2O)，存留于草木灰中，秸秆、杂草含钾量较木柴为多。

(二) 木柴中的灰分

木柴中所有可燃物质完全燃烧以及某些物质在一定温度下产生一系列分解、化合等复杂反应后的剩余物即是灰分。木柴的灰分含量跟树种和它所在的部位有密切关系。木柴含灰量的平均值大致为：

树叶： 7 %	枝梗： 0.3 %
树根： 0.2 %	主干： 0.3 %
树皮： 3 ~ 4 %	

其它生物质燃料含灰量比木柴要多得多。生物质燃料含灰量见表1-4。

灰分是燃料中的一些不能燃烧的矿物质，如二氧化硅 (SiO_2)、氧化铝 (Al_2O_3)、氧化钙 (CaO)、三氧化二铁 (Fe_2O_3) 等。灰分对燃料发热量有一定的影响，木柴含灰分多，发热量就少，燃烧温度就低，且不容易燃烬。如稻草，灰分含量高达 13.86%，其燃烧效果就不大好；豆秸含灰分 3.13%，燃烧状况比稻草好得多。

表1-4 生物质实用分析 (%)

柴 草	水 分	灰 分	挥 发 分	固 定 碳 含 量
杂 草	5.43	9.46	68.71	16.40
豆 秸	5.10	8.13	74.65	17.12
稻 草	4.97	13.86	65.11	16.06
玉米秸	4.87	5.93	71.95	17.75
高粱秸	4.71	8.91	68.90	17.48
谷 草	5.33	8.95	66.93	18.79
麦 秸	4.39	8.90	67.36	19.35
棉花秆	6.78	3.97	68.54	20.71
杂树叶	11.82	10.12	61.73	16.33
杨树叶	2.34	13.65	67.59	16.42
榆树叶	8.06	8.06	64.26	16.50

但是，燃料中的灰分据说也有某种助燃作用，灰分中的盐类可能起着燃烧反应的催化剂功能。

(三) 木柴的水分

柴草中的水分是一种杂质，当柴草燃烧时，它吸收灶膛内的热量，并且发生汽化，使灶膛温度降低，影响燃烧。含水分多的湿柴，甚致无法正常燃烧。

柴草中的水分分为两种：即内在的结合水和外部的自由水。前者在柴草中的含量有一个近似值（见表1-4）；后者随条件变化而变化，且变化范围很大，含水分5~60%不等。

木柴的含水率依树种、砍伐时间的长短、晾晒方式、晾晒的程度等等不同而不同。经砍伐和一段时间的干燥，木柴含水率大致稳定在15~20%左右。

根据试验证明，

把柴截成使用长度并直接进行防雨通风存放的，比直接码放干燥得快；劈柴比圆短木干燥得快，因为劈柴的水分蒸

发面积比圆短木大，除一些硬杂木外，一般短木、劈柴存放一年以上，就会发生热降解，即热值降低。引起降解的原因是木柴在外界条件的作用下发热、发酵、腐朽……木柴以外的其他生物质燃料，如稻草、麦秸、杂草等，热降解的更快。特别是当存放的柴草未晒干的情况下，降解的过程更迅速。很快就会发热、发酵、腐朽。

根据以上实验结论，木柴的干燥的方法是：把新采伐的木柴锯成短木，把粗的圆木劈开；垛放在防雨通风的场所，切忌暴晒。存放时间不宜过长。秸秆、杂草的存贮时间最好不要超过一年，否则柴质将降低。薪炭柴在一定干燥方式和干燥时间条件下的含水率见表1-5。

表1-5 薪炭柴码放方式、时间与含水率的关系

干燥时间 (月)	薪炭柴平均含水率 (%)			
	露天码放		防雨码放 (先在伐区放3个月)	
	劈柴	短木	劈柴	短木
0(原含水率)	75	78	76	78
3	48	62	48	61
6	37	46	32	45
9	33	38	27	37
12	30	35	26	33
18	18	27	18	21
24	16	24	16	17
30	15	24	15	18

二、柴草的热值

每公斤柴草完全燃烧时所产生的热量叫做柴草的热值。它是衡量柴草质量优劣的重要指标，也是改革炉灶的一个重

要依据。

因为柴草均含有水，水分在燃烧过程中受热变成水蒸汽；另外氢元素燃烧也生成水，生成的水受热后变成蒸汽。这些蒸汽携带着大量的热量随着烟气从烟囱中排出，使柴草的实际热值发生变化。正因为如此，人们把柴草的热值分为高位发热值和低位发热值。

(一) 高位发热值

燃料完全燃烧时的最大发热量，它包括燃料燃烧后生成的水蒸汽全部凝结成水时放出的凝结热（汽化潜热）。

(二) 低位发热值

燃料完全燃烧时的最大发热量减去水蒸汽所含的汽化潜热而实际放出的热量。

柴草的热值因其种类不同而不同，一般来说，木柴的热值高于草类、秸秆的热值（见表1-6，1-7）。

表1-6 各种木柴的低位发热值

树	种	低位发热值①(千卡/公斤)
云	杉	4290
桦	木	4160
赤	松	4410
冷	杉	4469
落	叶松	4420

① 这里指的是无水木柴的低位发热值。

无水木柴的热值，阔叶树种的平均热值为4290千卡/公斤，针叶树种略高于阔叶树种，约为4600千卡/公斤。

对柴草的热值影响较大的是柴草的含水率，试验表明，当木柴的含水率在50%时，大约需要消耗木柴热量的12~

表1-7 秸秆、杂草和树叶的热值

种类	含水率(%)	高位发热值 (千卡/公斤)	低位发热值 (千卡/公斤)
杂草	5.43	3886	3570
豆秸	5.10	4203	3859
稻草	4.97	3642	3339
玉米秸秆	4.87	4038	3714
高粱秸秆	4.71	3913	3601
麦秸	4.39	3985	3672
棉花秆	6.78	4152	3822
杂树叶	11.82	3892	3547
杨树叶	2.34	4031	3717

13%的热量用于水分蒸发；当含水率达到65%时，蒸发水分的热能消耗将占整个发热量的24%。木柴发热量与含水率的关系见表1-8。

表1-8 木柴含水率对木柴热值的影响

含水率 (%)	低位发热值(千卡/公斤)		
	松 树	云 杉	山 杨
0	4445	4445	4350
25	3173	3173	3101
35	2464	2664	2602
50	1900	1900	1853

从表1-8看出，含水率为25%的松树的热值比含水率为35%的高出709千卡/公斤，即高出约22%。在使用柴草时，应重视晾晒，使柴草的含水率降低，以提高柴草的热能利用率。

三、木柴的挥发分

木柴的燃烧是在高温下进行的。木柴中木质纤维含量较

多，其构成多为单键的化合物。木柴被加热时，木柴中的自由水首先被蒸发出来，湿木柴变成为干木柴。在继续加热的情况下，温度不断升高，分子活动加剧，化合键被打开，释放出大量的可燃物质——可燃气体。这种气体可燃物质叫做挥发分。挥发分的成分包括：一氧化碳(CO)、氢气(H₂)、各种碳氢化合物(C_nH_n)等。

木柴是含挥发分较多的固体燃料，平均在85%左右。农作物秸秆、杂草的挥发分含量略低于木柴，约为70%，详见表1-4。

正因为柴草含挥发分物质比较多，所以它们比煤炭的着火点低，容易着火燃烧。固体燃料的着火温度如表1-9。

表1-9 固体燃料的挥发分含量及着火温度

固体燃料名称	挥发分含量(%)	着火温度(°C)
木 柴	85	275
褐 煤	40	370
烟 煤	25	470~500
无烟煤	20	700

含挥发分较多的燃料比较容易实现完全燃烧，所以木柴是一种较好的燃料。

第三节 柴草的燃烧特性

当一根木柴投入到熊熊烈火之中时，其燃烧过程大致可分为三个阶段，如图 1-1 所示。

现将木柴的预热起燃、燃烧和燃烬三个阶段分述如下：