

聂君 任晓远 宋宝会 主编

新农村能源 技术及应用

XINNONGCUN NENGYUAN
JISHU JI YINGYONG

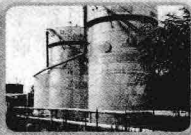
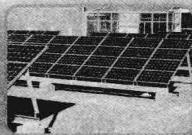


化学工业出版社

聂君 任晓远 宋宝会 主编

新农村能源 技术及应用

XINNONGCUN NENGYUAN
JISHU JI YINGYONG



化学工业出版社

· 北京 ·

本书遵循“节能、开发利用可再生能源和新农村建设”的指导思想，主要介绍了当前新农村广泛应用的沼气、太阳能、风能、节能炉灶与炕灶、薪炭林以及地热能等各种能源的开发利用技术，包括各种能源的设备制作、工艺和生产技术、有效开发利用途径等，实用性与可操作性强。

本书适合从事和关心新农村能源工作的领导、科研管理和技术推广人员阅读，也可供大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新农村能源技术及应用/聂君，任晓远，宋宝会主
编. —北京：化学工业出版社，2010.7
ISBN 978-7-122-08718-8

I. 新… II. ①聂…②任…③宋… III. ①农村-能
源-利用 IV. S210.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 102223 号

责任编辑：刘 军
责任校对：王素芹

文字编辑：杨欣欣
装帧设计：张 辉

出版发行：化学工业出版社
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷：北京市振南印刷有限责任公司
装 订：三河市宇新装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张 7 彩插 2 字数 180 千字
2010 年 8 月北京 第 1 版 第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888 (传真：010-64519686) 售后服务：010-64518899
网 址：<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：19.00 元

版权所有 违者必究

本书编写人员名单

主 编

聂 君 任晓远 宋宝会

副 主 编

聂魁巍 江福民 刘卫平

参编人员 (按姓名汉语拼音排序)

常国辉 范鹏辉 高冬梅

黄旭丹 李明殊 李亚芹

王耿男 王 晶 吴宏秋

翟洪凯 钟洪亮 周岱辉

前言

为进一步贯彻落实《中共中央、国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》提出的“要大力开发节约资源和保护环境的农业技术，重点推广废弃物综合利用技术，相关产业链接技术和可再生能源开发利用技术”的要求，加快新农村能源建设，推动我国能源事业的发展，宣传普及能源科技知识，我们根据过去多年积累的农村能源建设实践经验，收集和参阅了有关能源建设开发利用方面的相关资料，组织编写了《新农村能源技术及应用》一书。

本书主要介绍了生物能、太阳能、风能、地热能、节能技术等方面多年来的研究推广成果，包括各种能源的开发利用技术，设备制造，工艺技术研发和生产技术，成本与效益分析，以及薪炭林的树种选择和造林技术等。另外，还介绍了农村各种能源的形成、开发利用途径及国家能源建设标准等，为在节能和开发利用可再生能源和新农村建设方面尽微薄之力。

本书可供从事和关心能源，特别是从事农村能源工作的管理人员、科研管理和技术推广人员以及大专院校师生和企业决策人员阅读参考。

本书力求内容系统、规范、实用，在组织编写过程中得到了有关方面的支持，在此表示感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请广大读者和同行专家不吝指正。

编者

2010年4月

目录

第一章 沼气开发利用技术

1

第一节 沼气基本知识	1
一、沼气	1
二、沼气的用途	2
三、沼气建设在农村能源建设中的地位和作用	2
第二节 沼气发酵原理	4
一、沼气发酵和沼气发酵微生物	4
二、沼气发酵原料	6
三、碳氮粪草比对沼气发酵的影响	11
四、沼气发酵启动阶段及其重要作用	13
五、北方冬季沼气池保温防寒措施	18
六、搅拌在沼气发酵中的作用	18
七、合理计算投料、争取多产气	20
八、沼气发酵工艺	25
九、农村常见发酵原料的配料比	26
第三节 沼气肥的应用及沼气的综合利用	29
一、多积优质肥	29
二、改善生态环境	30
第四节 “四位一体”农村能源生态模式	31
一、设计与施工	32
二、使用与管理	36
第五节 农村卧式封闭铁沼气罐装置和干发酵工艺	37
一、卧式封闭铁沼气罐装置	38
二、发酵原理	38

■ 第六节 生物质秸秆气化技术	39
一、生物质气化特性	40
二、固定床气化炉煤气发生过程	43
三、煤气发生炉的类型	43

第二章 太阳能利用技术

50

■ 第一节 太阳能知识	50
■ 第二节 太阳能电池	51
一、概述	51
二、太阳能电池的类型和结构	54
■ 第三节 太阳灶	68
一、基本知识	68
二、抛物曲面	71
三、反光材料	81
四、支撑及跟踪机构	82
五、太阳灶制作技术	84
■ 第四节 太阳能供暖系统	86
一、被动式太阳房	86
二、主动式太阳能采暖系统	93
三、适合我国发展的太阳能采暖系统	97

第三章 风能的开发与利用

99

■ 第一节 风能知识	99
一、概述	99
二、风的一般知识	99
三、计算及区划	102
■ 第二节 风力机的基本结构	105
一、分类与命名	105
二、结构与功能	106
■ 第三节 风力发电机的使用与维护	108

一、风力发电机的选择	108
二、安装使用	110
三、维护	111
■ 第四节 小型风力提水机简介 (FS-6 型风力提水机组 设计)	117
一、主要性能指标确定和技术规格	117
二、风力机参数的确定与计算	118
三、调速系统及制动机制	120
四、水泵设计与匹配	120

第四章 节能炉灶与炕灶

123

■ 第一节 炕、灶知识	123
一、炕灶的发展简史	123
二、燃烧知识	125
■ 第二节 节柴灶	129
一、炉灶的一些基本参数	129
二、新式炉灶的设计	131
三、常用的几种节柴灶	133
■ 第三节 节能炕	136
一、炕的传热原理及结构形式	136
二、炕体的各部位砌筑要求	137
三、介绍几种炕型	139
■ 第四节 烟囱	153
一、烟囱的设计	153
二、烟囱的砌筑	155
三、病态烟囱的维修	156
■ 第五节 炉灶、炕灶和烟囱常见问题与排除方法	157
一、炉灶的常见问题与排除方法	157
二、大锅灶的常见问题与排除方法	161
三、火炕的常见问题与排除方法	162

四、烟囱的常见问题与排除方法	164
----------------------	-----

第五章 薪炭林	166
----------------	------------

第一节 怎样营造薪炭林	166
一、树种选择	166
二、造林时期	167
三、造林方法	168
第二节 营造薪炭林的主要树种和营造技术	170
一、油松	170
二、杨树	172
三、旱柳	174
四、刺槐	175
五、紫穗槐	177
六、胡枝子	179
七、沙棘	179
八、怪柳	180

第六章 地热能在农村的应用	182
----------------------	------------

第一节 地热能的概念	182
第二节 地热水在农村的用途	183
一、地热在农业上的应用	183
二、地热在林业上的应用	185
三、地热在牧业上的应用	185
四、地热在副业上的应用	186
五、地热在渔业上的应用	187
六、地热在生活上的应用	187
第三节 地热水的利用输送	188
一、管线的定位	188
二、管道的敷设方式	189
三、经济管径的确定	190

四、保护层材料的选择	191
五、保温层经济厚度的确定	192
■ 第四节 地热温室的建造	192
一、制定规划	192
二、温室的荷载与结构材料	194
三、温室的覆盖物	195
四、温室的类型及其特点	196
五、温室的换气构造	197

附 录	户用沼气池施工操作规程	199
-----	-------------	-----

	参考文献	213
--	------	-----

第一章

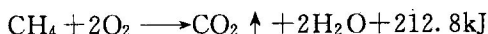
沼气开发利用技术

第一节 沼气基本知识

一、沼气

沼气是一种生物质能，属于可再生能源，是由微生物在厌氧条件下发酵有机质产生的。沼气是由多种气体组成的混合气体，成分主要是甲烷（CH₄），约含 55%~70%；其次是二氧化碳（CO₂），约含 28%~44%；另外，还含有少量的硫化氢（H₂S）、氮（N₂）、氧（O₂）、一氧化碳（CO）等。现在，人工制取沼气的方法和技术已经被人们所掌握，沼气已经成了一种可以利用的优质能源。

沼气之所以能够作为燃料，是因为它所含有的大量甲烷气体可以燃烧。甲烷完全燃烧时，呈淡蓝色火焰，要放出大量热能，化学反应式为：



1m³ 沼气完全燃烧可以释放 23000~27000kJ 热量，相当于 0.55kg 柴油或 0.8kg 标准煤充分燃烧后的放热量，能使 75kg、20℃ 的水温度上升到 100℃，可够一个五口之家一天做 3 顿饭，可使 1 盏沼气灯照明 6~7h。

沼气中的甲烷无色、无味、无臭，但其中的硫化氢有气味，使沼气燃烧时发出臭鸡蛋气味。利用这个特性，可以用来判断输气管路是否有漏气现象。

甲烷密度 0.716kg/m³，比空气密度 1.293kg/m³ 小将近一半，因此人工制取沼气时，稍加压力，沼气就可以从发酵池升入导气管，进入输气管输送给燃烧器，为人们所利用。

甲烷在水中的溶解度很小，在一个大气压、20℃的条件下，只有3%的甲烷溶解于水中。因此，沼气发酵间尽管有大量的水，也不会影响沼气的产生。

二、沼气的用途

我国最初办沼气的目的只是为了利用其热能，将其作为农村生活燃料，解决农民缺柴问题。随着沼气科研和技术水平的提高，沼气的用途已经不再局限于作为燃料，其用途已经扩展到很多方面。具体说来，沼气有以下用途：

(1) 作为燃料 主要有：①作为生活燃料；②用于发电；③用于汽车燃料；④用于燃烧锅炉；⑤发动内燃机，用作打米、磨面、粉碎饲料等农副产品加工和抽水灌溉等农事活动；⑥用于孵鸡、育鸡雏、育秧、育蚕、烘干粮食和棉花、烘制茶叶等升温燃料。

(2) 作为化工原料 如用于生产四氯甲烷等。

(3) 制造缺氧或低氧环境

① 用于粮库或农民家庭消灭贮粮害虫；

② 用于保鲜水果。

除上述之外，一个十分值得注视的用途是，有的酒厂在酿酒过程中用沼气处理，可以提高酒质量。

三、沼气建设在农村能源建设中的地位和作用

在许多人看来，沼气只可以煮饭、点灯，解决一些农村生活用能问题。但大量的科研成果和沼气的生产实践说明，在农村办沼气不仅能促进农村能源建设，而且可推动新农村建设。

(1) 可以在全国大多数农村解决农民的缺柴困难 据有关部门统计，全国约有8亿农民，1.8亿农户，其中有8000万农户每年缺柴2~4个月，若以行政区划计算，大约有10个省市农村缺柴达半年之久。有许多农民“不愁锅中米，但愁锅下柴”。中央解决这个问题的方针是“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求效益”。

从全国来讲，薪柴、沼气、煤炭、电力、风力、地热、太阳能都能作为农村能源开发利用。从沼气来讲，因为它没有煤炭、电力、风力、地热、太阳能那样受到地区的局限性，比秸秆在普通柴灶燃烧的热能利用率高，并能取得肥料，促进有机质还田，因此很有希望成为我国广大农村普遍利用的一种生活能源。实践证明，推广沼气以后，在南方一年可使用沼气解决8~10个月的炊事燃料问题，在东北寒冷地区，可解决4~6个月的炊事燃料问题。因此，沼气在一定程度上使我国多数地区农村的缺柴问题将会得到缓解。

（2）可以提高肥效，增加肥料

① 人畜粪便通过沼气发酵，比传统的储存方法氮素损失少，速效氮含量高。人畜粪便在发酵过程中，迟效性的氮要逐渐分解成速效性的氨态氮。用传统的敞口粪坑或堆沤方法储存人畜粪便，因敞口无盖，氨态氮极易流失；加之沼气发酵过程中产生许多有机酸，有利于吸收固定氨态氮，因此总氮减少极少，氨态氮比例提高。因此可见，推广沼气是解决我国想解决而长期无法解决的粪坑无盖、人畜粪养分损失问题的一个极好办法。

② 秸秆通过沼气发酵，增加有机肥料。我国农村普遍把秸秆作为燃料，一经烧掉，有机质和氮素损失殆尽，剩下的少量灰分中只留一点钾肥，这是我国有机肥料的极大浪费。办了沼气，秸秆用作发酵原料，不仅可以取得与直接燃烧相当或更多的热能，而且增加了大量的有机肥料。如果将这些秸秆先作牲畜饲料或种植蘑菇等其他用途，再用畜粪或菇渣等人池发酵，就将取得更好的经济效益。

③ 办沼气可以调动农民集有机肥和收集有机质残物的积极性，增加有机肥料。农民建了沼气池后，为了提高沼气产量，必须主动采集杂草入池，过去没有利用的烂菜叶、烂穗壳等也投入池内，日积月累，便可产生不少有机肥料。

（3）有利于农田生态平衡 近年全国各地测土施肥说明，我国农田有机质仍在不断下降，土壤养分减少，物理性质变差，产生这

一状况的一个重要原因是，虽然国家提倡秸秆还田，但是农村烧柴问题没有解决，秸秆还田无法实现。兴办沼气，正是使秸秆既可发挥燃料效益又可还田的一条有效途径。因此，沼气也是解决我国农田生态平衡的一条重要措施。

(4) 有利于改善卫生面貌 当前有的农村卫生面貌较差，主要有三个原因：一是粪便管理差，病原菌和宿生虫卵无法消灭，造成反复感染致病；二是秸秆、薪柴作主要燃料，烟尘严重污染环境；三是野粪、残渣、杂草等缺乏恰当处理，造成环境脏、乱、差。兴办沼气，上述问题有的可以基本解决，有的可以在很大程度上得到改善。

第二节 沼气发酵原理

一、沼气发酵和沼气发酵微生物

沼气发酵又称甲烷发酵或厌氧消化，是指有机质在厌氧条件下通过微生物的分解代谢活动，最终产生沼气的过程。就农村来说，从沼气池投料开始，到产气结束、揭盖出料为止，整个过程中沼气池内部在进行沼气发酵。

参加沼气发酵的微生物种类很多。按照它们的作用来分，有两类：一类是不产生甲烷的微生物。这类微生物的作用是把复杂有机质分解为简单有机质，为产甲烷微生物的活动提供原料。它们并不能把投入沼气池的原料转变成沼气。再一类是产甲烷微生物，其作用是把不产甲烷微生物分解产生的简单有机质转变成沼气。

不产甲烷微生物又由许多微生物组成，从种类来分，有细菌、真菌和原生动物三大类；从对环境的要求来分，有厌氧菌、兼性厌氧菌、好氧菌，但以厌氧菌的数量最多，比兼性厌氧菌和好氧菌多100~200倍；从作用来分，有纤维分解菌、半纤维分解菌、淀粉分解菌、蛋白质分解菌、脂肪分解菌、产氢产乙酸细菌和其他特殊细菌（如能还原硫酸盐的去磺弧菌）。前五种细菌的作用是分别将

发酵原料的纤维素、半纤维素、淀粉、脂肪、蛋白质分解成小分子化合物，为产甲烷菌生产甲烷提供原料；产氢产乙酸细菌的作用是将沼气发酵过程中产生的醇、挥发性饱和有机酸（丙酸、丁酸等）进一步转化成乙酸、氢和二氧化碳，为产甲烷菌所用。

产甲烷微生物都是专性厌氧菌，只能在极其严格的厌氧环境中生活。产甲烷菌繁殖的时间一般都比较长，增长一倍要4天左右，也有繁殖时间比较短的，增长一倍不到3h。迄今为止，人们得到的产甲烷菌纯种不多，只有13种，产甲烷菌的形态有4种：八叠球状、杆状、球状和螺旋状，分别称为甲烷八叠球菌、甲烷杆菌、甲烷球菌和甲烷螺旋菌。产甲烷菌的作用是将不产甲烷微生物分解产生的氢、二氧化碳和乙酸、甲酸转化成甲烷。但应注意，70%以上的甲烷都是由乙酸转化来，因此乙酸是产甲烷菌的主要原料。

总之，沼气池的原料被微生物分解最终形成沼气经过3个阶段：第一阶段，不产甲烷微生物中的发酵细菌产生胞外酶将纤维素、蛋白质、脂肪分解成简单有机物；第二阶段，不产甲烷微生物中的产氢产乙酸细菌将较高级的脂肪酸（丙酸、丁酸等）转化成乙酸、氢和二氧化碳；第三阶段，产甲烷细菌将第一、第二阶段形成的乙酸、氢、二氧化碳和甲酸等转化成沼气（甲烷、二氧化碳），如图1-1所示。

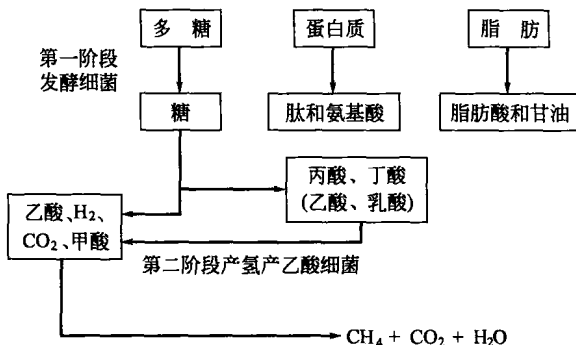


图 1-1 沼气发酵的三个阶段

二、沼气发酵原料

沼气发酵原料是供给沼气微生物进行正常的生命活动所需的营养和能量，是不断地生产沼气的物质基础。自然界中沼气发酵原料非常丰富，几乎所有的有机物，如农村的农作物秸秆、各种青杂草，城镇的工业有机废物、垃圾、生活污水，湖泊、海洋中的水生植物（水葫芦、水浮莲、水花生和水草、藻类），人和各种畜禽的粪便，都可作为沼气发酵的原料。在我国，用于沼气生产的有人畜禽粪便、作物秸秆、酒厂废醪、屠宰废水等。城市垃圾的利用尚处于研究之中，其他有机废水、废物和各种水域中的有机质尚有待开发。

我国的沼气发酵原料，就数量来讲也相当可观。仅以农作物秸秆为例，一年的生产量全国约 4.5 亿吨，若以一半作牲畜饲料和工业原料，一半作农村沼气发酵原料，以每千克固体原料产气率 0.2m^3 计算，一年可以生产沼气 $3.6 \times 10^{10} \text{m}^3$ ，8 亿农民人均 45m^3 ，五口之家户均 225m^3 ，可以解决六七个月的生活燃料问题。再把人畜粪便作为沼气发酵原料，加上薪柴和其他能源，农村生活燃料问题就可以得到解决。

1. 农村的沼气发酵原料及其特点

农村可以用作沼气发酵原料的品种虽然很多，但有的数量不多（如水浮莲等），有的采集花费劳力（如青杂草等），利用的经济价值不大，而便于利用的主要只有农作物秸秆和人畜粪便两类。秸秆类中，数量最多、最宜利用的是玉米秸、稻草、麦秆。特别是玉米秸，既不能用作工业造纸等的原料，一般也不用作牲畜饲料，都被烧掉或弃置不用，因而最宜用作沼气发酵原料。粪便类中，最好利用的是猪粪、鸡粪和圈养牛羊的粪便。散放的牲畜（如牛、马、羊）和禽（如鸡、鸭），因粪便难收集，较难利用。

秸秆和粪便两类原料，因化学组成不同，在沼气发酵中所表现

的特点也不相同。粪便类原料，氮素含量较高，称为富氮原料。这类原料的颗粒较细，又含有较多的低分子化合物，易于被沼气微生物发酵利用，因此投料前不必进行预处理，投料后分解和产气速度较快，并且可以不加秸秆单独作为沼气发酵原料。秸秆类原料，因碳素含量较高，称为富碳原料。这类原料主要由木质素、纤维素、半纤维素、果胶和蜡质组成。因为蜡质层存在于秸秆表面，很容易被沼气微生物所破坏，木质素又极难被沼气微生物分解利用，所以秸秆类原料在投料前一般需要铡细并进行预处理，且投料后分解和产气速度较慢。一般来说，秸秆单独作为发酵原料投入沼气池内，不易启动产气，必须与粪便配合才行。这就是农村沼气池通常采用粪便和秸秆混合原料的原因。

2. 农村沼气发酵原料的数量计算方法

在一个村进行沼气建设规划时，首先应该进行沼气资源调查，了解沼气发酵原料数量。在掌握沼气发酵原料的数量的基础上，可以根据以下方法来进行计算。

(1) 秸秆类原料的计算 秸秆产量与籽粒产量是成比例的，一般作物秸秆与籽粒之比是 $1.8:1$ 或 $1.2:1$ 。各地情况和作物品种不同，可根据粮食产量分别推算出玉米、水稻、小麦等各种秸秆的产量，将有关各种作物秸秆的产量相加，计算出秸秆的总产量，再扣出秸秆用在工业原料、牲畜饲料以及其他非能源用途（如盖房、制造用秸秆等）方面的用量，就能算出沼气发酵原料的秸秆类原料的数量。

(2) 粪便类原料的计算 粪便类原料计算方法是根据人和各种畜禽每日的产粪量，推算出产粪便的总产量。但对于无法收集到的那部分粪便（比如马、牛、羊、鸡在野外活动时排泄的粪便）要扣除，剩下的才是沼气发酵的数量。人和各种畜禽的日排粪量可参看表 1-1，其中的体重是指一个人或一头畜、一只禽的体重，如体重超过或不足表中的标准时，应按表中的标准酌情折合成标准头数。如一户饲养了两头各 75kg 重的猪，总重为 150kg，可折合成 3 头