

新农村建设实用丛书

用放心气

——农村沼气利用

◆ 刘 耕 李景明 编著



中国计划出版社

新农村建设实用丛书

用放心气——农村沼气利用

刘 耕 李景明 编著

中国计划出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

用放心气: 农村沼气利用 / 刘耕, 李景明编著. —北京:
中国计划出版社, 2007. 5

(新农村建设实用丛书)

ISBN 978-7-80177-902-1

I. 用… II. ①刘…②李… III. 农村—甲烷—综合利用
IV. S216. 4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第056735号

新农村建设实用丛书
用放心气——农村沼气利用

刘 耕 李景明 编著

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

三河富华印刷包装有限公司印刷

850×1168 毫米 1/32 11.25 印张 313 千字

2007 年 5 月第一版 2007 年 5 月第一次印刷

印数 1—3000 册

☆

ISBN 978-7-80177-902-1

定价: 24.00 元

前 言

党的十六大报告中提出要“全面繁荣农村经济，加快城镇化进程”，要“加大对农业的投入和支持，加快农业科技进步和农村基础设施建设”。在2006年10月召开的十六届六中全会通过的《中共中央关于构建社会主义和谐社会若干重大问题的决定》中更进一步强调，“扎实推进社会主义新农村建设，促进城乡协调发展”。

《新农村建设实用丛书》是一套解决当前中国新农村建设中突出问题的实用丛书。该丛书对新农村建设中急需解决的问题给出了答案。新农村建设急需什么？按农民的通俗提法，就是要解决“走平坦路、喝干净水、用放心气”等具体问题。为此，中国计划出版社组织相关专家编写了《新农村建设实用丛书》。本套丛书从村镇规划入手，结合我国农村具体情况，为农村道路建设、取水排水、沼气利用等方面提供了一套技术可靠、内容实用、通俗易懂、简便易行的小册子。

编者

二〇〇七年元月

目 录

第1章 沼气发展简述	1
1.1 沼气发展简史	1
1.1.1 国外沼气发展概况	1
1.1.2 我国沼气发展概况	2
1.2 我国农村沼气的发展	6
1.2.1 我国农村沼气建设的三个阶段	6
1.2.2 我国农村沼气发展现状	7
1.2.3 主要发展模式和技术	12
1.3 农村沼气在新农村建设中的作用	19
1.3.1 重要的基础设施	19
1.3.2 改善农村生活、提供优质农业生产能源	20
1.3.3 改善农村卫生环境、保护生态环境	22
1.3.4 改善农村村容村貌	24
1.3.5 促进增产增收、为无公害生产提供基础条件	25
1.3.6 促进农村社会文明建设	26
第2章 沼气发酵原理	28
2.1 沼气概述	28
2.1.1 什么是沼气	28
2.1.2 沼气的制取	29
2.1.3 沼气的成分	29
2.1.4 沼气的特性	29
2.2 沼气发酵微生物	31
2.2.1 不产甲烷菌	32
2.2.2 产甲烷菌	32
2.2.3 沼气发酵微生物的作用	33
2.3 沼气发酵过程	34
2.3.1 水解发酵阶段	34
2.3.2 产酸阶段	35
2.3.3 产甲烷阶段	35
2.4 沼气发酵基本条件	36

2.4.1 质优足量的沼气发酵微生物菌种	36
2.4.2 碳氮比适宜的发酵原料	37
2.4.3 适度的发酵浓度	40
2.4.4 适当的酸碱度	40
2.4.5 严格的厌氧环境	40
2.4.6 适宜的发酵温度	41
2.4.7 持续地搅拌	42
2.4.8 添加剂和抑制剂	43
第3章 农村沼气设施类型	45
3.1 农村户用沼气	45
3.1.1 农村户用沼气的概念	45
3.1.2 农村户用沼气的作用	45
3.2 畜禽养殖沼气工程	46
3.2.1 畜禽养殖沼气工程的概念	46
3.2.2 畜禽养殖沼气工程的应用	46
3.3 生活污水净化沼气池	48
3.3.1 生活污水净化沼气池的概念	48
3.3.2 生活污水净化沼气池的应用	48
第4章 农村户用沼气池类型	50
4.1 沼气池概述	50
4.1.1 沼气池的产生与发展	50
4.1.2 户用沼气池的基本构成与工作原理	51
4.2 沼气池的基本类型与构造	51
4.2.1 底层出料水压式沼气池	52
4.2.2 强回流沼气池	53
4.2.3 分离储气浮罩沼气池	56
4.2.4 旋流布料自动循环沼气池	59
4.2.5 曲流布料沼气池	62
4.3 其他类型沼气池	63
4.3.1 玻璃钢沼气池	63
4.3.2 工程塑料沼气池	64
4.3.3 水凝性胶结材料沼气池	65
第5章 农村户用沼气池的设计与施工	67
5.1 沼气池的设计	67
5.1.1 沼气池的设计原理	67

5.1.2 沼气池的设计依据	67
5.1.3 设计参数	69
5.1.4 池型设计	70
5.1.5 容积设计和位置的选择	76
5.2 沼气池的施工	78
5.2.1 基本要求	78
5.2.2 建池材料	80
5.2.3 施工工艺	80
第6章 农村户用沼气池的运行和管理	87
6.1 沼气池的启动	87
6.1.1 密封性能检查	87
6.1.2 发酵原料的准备	87
6.1.3 启动操作技术	92
6.2 沼气池的安全使用	94
6.2.1 安全使用原则	94
6.2.2 安全使用须知和注意事项	95
6.2.3 其他注意事项	96
第7章 农村户用沼气输配与使用	98
7.1 沼气的净化与输配	98
7.1.1 沼气输配系统	98
7.1.2 压力表	99
7.1.3 脱硫器	99
7.2 沼气产品的选择与安装	100
7.2.1 沼气灶具	100
7.2.2 沼气灯	101
7.2.3 沼气饭锅	102
7.2.4 沼气热水器	102
第8章 农村户用沼气常见故障与排除方法	103
8.1 沼气池常见故障与排除方法	103
8.1.1 常见故障及处理	103
8.1.2 病态池常见故障类型、产生原因与维修	107
8.2 沼气输配设备常见故障与排除方法	109
8.2.1 沼气灶具的常见故障及排除方法	109
8.2.2 沼气脱硫器常见故障与排除方法	110

8.2.3 沼气压力表常见故障与排除方法	111
8.2.4 调控器的维护方法	111
8.2.5 使用调节器应注意的事项	112
第9章 农村户用沼气管理	113
9.1 项目管理办法	113
9.1.1 农业部项目管理办法	113
9.1.2 省级项目管理办法	114
9.2 项目验收	114
9.3 安全管理	115
9.3.1 建立健全的安全生产责任制	115
9.3.2 加强安全生产使用的教育培训	115
9.3.3 建立安全事故报告制度	115
9.4 人员管理	116
9.4.1 把好人员素质关	116
9.4.2 严格沼气生产工技能考核	116
9.4.3 实行持证上岗资格准入制度	116
9.5 建设后运行管理	116
第10章 农村沼气“一池三改”建设	118
10.1 “一池三改”的概念、作用和建设要求	118
10.1.1 基本概念、目的和要求	118
10.1.2 “一池三改”的三大效益	119
10.1.3 “一池三改”的建设原则、规划	119
10.1.4 “一池三改”设计、施工的资格要求	120
10.2 “一池三改”建设的总体布局和建设	121
10.2.1 “一池三改”建设的总体布局	121
10.2.2 “一池三改”中沼气池建设	122
10.2.3 “一池三改”中的畜禽舍建设	124
10.2.4 “一池三改”中的厕所和厨房建设	124
10.3 “一池三改”的施工、使用和安全运行管理	127
10.3.1 “一池三改”的施工	127
10.3.2 使用、管理与安全规范	127
第11章 生态家园模式	129
11.1 概述	129
11.1.1 基本原理	130

11.1.2 主要内容	130
11.1.3 规划布局	132
11.2 北方“四位一体”能源生态模式的规划	134
11.2.1 设计原则	134
11.2.2 建设技术	139
11.2.3 配套设施	148
11.3 南方“猪沼果”能源生态模式的规划	155
11.3.1 规划与设计	156
11.3.2 建设技术	157
11.3.3 果园的设计与施工	161
11.4 西北“五配套”能源生态模式的规划	163
11.4.1 规划与设计	163
11.4.2 建设技术	164
11.4.3 配套设施	166
11.5 农村生态校园建设	169
11.5.1 农村生态校园的概念和三大作用、四项功能	169
11.5.2 建设原则和规划	175
11.5.3 建设技术选择及其组合	178
11.5.4 卫生厕所技术要求	182
第12章 生活污水净化沼气池建设技术	184
12.1 生活污水净化沼气池的工程原理	184
12.2 生活污水净化沼气池的工艺分类及参数	185
12.2.1 分流制	185
12.2.2 合流制	186
12.2.3 工艺参数	186
12.3 生活污水净化沼气池的设计	186
12.3.1 生活污水水量及水质	186
12.3.2 基本设计参数	189
12.3.3 工艺设计	192
12.3.4 结构设计	194
12.3.5 配套设施	194
12.4 生活污水净化池的施工	194
12.4.1 施工组织	194
12.4.2 土方施工	195
12.4.3 混凝土和砌体工程	196

12.4.4 密封及防腐工程	197
12.4.5 工艺设备及管道工程	198
12.5 工程质量验收	198
12.5.1 一般规定	198
12.5.2 工程验收	199
12.5.3 中间验收	199
12.5.4 竣工验收	200
12.6 生活污水净化沼气池的运行管理	200
12.6.1 运行	200
12.6.2 维护	201
12.6.3 安全管理和管理人员	201
12.6.4 档案管理	202
第 13 章 畜禽养殖能源环境工程建设技术	204
13.1 沼气发酵工艺及运行管理	204
13.1.1 工艺类型	205
13.1.2 沼气发酵原料的评估和计量	205
13.1.3 工艺流程	206
13.1.4 厌氧消化器的分类	209
13.1.5 厌氧消化器的工艺类型	211
13.2 畜禽养殖场沼气工程的设计	221
13.2.1 畜禽养殖场沼气工程总的目标和建设要求	221
13.2.2 两种主要工艺	222
13.2.3 工艺的主要环节	222
13.2.4 畜禽养殖能源环境工程工艺流程	230
13.2.5 选址和总体布置	232
13.3 畜禽养殖场沼气工程运行、维护及安全技术规程	233
13.3.1 总体的运管、维护及安全要求	233
13.3.2 格栅的运管、维护及安全要求	237
13.3.3 水泵与泵房的运管、维护及安全要求	237
13.3.4 固液分离机的运管、维护及安全要求	239
13.3.5 沉淀池的运管、维护及安全要求	239
13.3.6 贮存调节池的运管、维护及安全要求	240
13.3.7 厌氧消化器的运管、维护及安全要求	241
13.3.8 氧化沟与活性污泥(SBR)池的运管、维护及安全要求	243
13.3.9 污泥脱水设施的运管、维护及安全要求	244

13.3.10 沼气贮气柜的运管、维护及安全要求	245
13.3.11 沼气净化设备的运管、维护及安全要求	246
13.3.12 控制室的运管、维护及安全要求	247
13.3.13 化验室的运管、维护及安全要求	249
第 14 章 沼气发电技术	252
14.1 沼气发电的作用和发展	252
14.1.1 促进沼气工程推广应用的重要手段	252
14.1.2 沼气发电技术的发展	252
14.1.3 沼气发电的作用	253
14.1.4 沼气发电的发展潜力和趋势	254
14.2 沼气发电原理和系统	255
14.2.1 沼气发电的基本原理	255
14.2.2 沼气发电的组成系统	256
14.3 农村废弃物沼气(发电)工程	256
14.3.1 加强农村生活垃圾收集与处理	256
14.3.2 农村垃圾沼气(发电)化处理的必要性	258
14.3.3 垃圾沼气(发电)化处理工艺及方法	259
14.3.4 垃圾沼气化处理所产沼气的主要成分	260
14.3.5 垃圾沼气(发电)化处理可实现无公害化排放	261
14.3.6 垃圾沼气(发电)化处理的发展前景	261
14.3.7 垃圾沼气化处理设备的平面布置及主设备结构	262
14.3.8 系统安全管理	263
第 15 章 综合利用技术	264
15.1 概述	264
15.1.1 发展状况	264
15.1.2 基本原理	265
15.2 沼气的综合利用技术	266
15.2.1 炊事照明	267
15.2.2 沼气在日光温室中的应用	269
15.2.3 沼气保鲜技术	275
15.2.4 沼气贮粮技术	279
15.2.5 沼气孵鸡技术	282
15.2.6 沼气养蚕技术	286
15.2.7 沼气灯光诱虫技术	287
15.3 沼液的综合利用技术	287

15.3.1 沼液的成分与特性	287
15.3.2 沼液浸种	289
15.3.3 沼液拌料喂猪	291
15.3.4 沼液叶面施肥	294
15.3.5 沼液防治病虫害	296
15.4 沼渣的综合利用技术	298
15.4.1 沼渣的成分与特性	298
15.4.2 沼渣制营养钵	299
15.4.3 沼渣种菇技术	299
15.4.4 沼渣养殖蚯蚓技术	305
15.5 沼液沼渣混合（沼肥）综合利用技术	307
15.5.1 沼肥的特性与概念	307
15.5.2 沼肥种花	308
15.5.3 沼肥种柑橘	310
15.5.4 沼肥种梨	312
15.5.5 沼肥种西瓜	314
15.5.6 沼肥早育稻秧	315
15.5.7 沼肥种大蒜	317
15.5.8 沼肥育桑	317
15.5.9 沼肥种烟技术	318
15.5.10 沼肥池塘养鱼	320
15.5.11 沼肥稻田养鱼	322
15.5.12 沼肥养殖黄鳝技术	323
附录1 农村沼气标准一览表	325
附录2 农村沼气建设国债项目管理办法（试行）	327
附录3 农业基本建设项目竣工验收管理规定	334
附录4 农业基本建设项目竣工验收表	339
参考文献	346

第 1 章 沼气发展简述

1.1 沼气发展简史

沼气是一种取之不尽、用之不竭的可再生的生物质能源，当今世界，无论是发达国家抑或是发展中国家，也不论是能源短缺的国家或能源丰富的国家，都在从能源方面研究和利用它。沼气有许多长处，如原料来源丰富，造价低廉，热效率高，清洁卫生等。还可以综合利用，变废为宝，一举解决能源、环境卫生、生产有机肥料和维持生态平衡等工农业生产和人民生活中的重大问题。有人预言，沼气不仅是当今世界能源的一种补充，而且将在未来的“超工业时代”中，发挥更重要的作用。现在世界上许多国家，包括美国、俄罗斯、日本、德国、法国、英国、意大利等主要的发达国家，以及印度、韩国、南非、巴西、印尼、肯尼亚和我国等许多发展中国家，都在加紧研究和利用沼气。

1.1.1 国外沼气发展概况

早在 1667 年席勒 (Slily) 就发现了沼气，但不知道它的化学成分。到 1716 年意大利物理学家 A·沃尔塔 (Volta) 才测出湖泊底部植物腐烂而产生的气体主要成分是甲烷 (CH_4)，但当时仍然没有人认识到它是怎样产生的。直到 1873 年俄国学者波波夫 (Popoff) 才发现了沼气是微生物在厌氧条件下分解有机物质的一种产物。这一发现震动了当时的微生物界，引起了微生物学家的广泛重视。19 世纪 60 年代法国人 L·穆拉斯将简易沉淀池改进成世界上的第一个沼气发生器 (又称自动净化器)。19 世纪末到 20 世纪，许多微生物学家在研究厌氧发酵，特别是在研究纤维素的厌氧发酵中，发现许多有机物质通过厌氧发酵都可以产生沼气，并且推断，天然气的形成也是微生物对有机物质进行厌

氧发酵的结果。

沼气的生产利用不仅在发达国家中有较快发展,而且在发展中国家也有较快的发展。印度、巴西、马来西亚、巴基斯坦、尼泊尔、南非和肯尼亚等国也加强了开辟沼气新能源的领导工作。

1981年8月,联合国在肯尼亚首都内罗毕召开了关于发展新能源的大会,大会一致呼吁各国大力发展太阳能、沼气生物质能源等新能源,以逐步代替目前以石油为主的矿物质能源,会议特别强调发展中国家大力开发可再生能源(包括沼气)。目前,随着矿物质能源的大量消耗,世界各国都有在努力开发利用永久性的新兴能源(如核能、太阳能、生物质能等)。以便逐步取代当前的矿物质能源,从而防止世界能源危机的到来。

1.1.2 我国沼气发展概况

我国是利用沼气最早的国家之一,据说4000年前在我国的西南地区就开始利用天然沼气。

我国沼气技术发展开始于20世纪20年代。早于1921年,我国台湾省新竹县人罗国瑞就对沼气进行过十多年的研究,在位于汕头新兴街的私宅内建造了以他的名字命名的沼气池——国瑞天然瓦斯库,供应全家煮饭、照明之用,引起了轰动。1929年夏季他在汕头试办沼气,开设了我国第一个沼气商号“中国天然瓦斯灯行”。1930年取得专利权,1934年前后在上海、武汉、广州、宁波等地举办过沼气培训班和开过沼气瓦斯公司。那时我国绝大多数城镇均无电力供应,制取沼气的目的是用于一些商店、寺庙的照明。当时在舟山、汕头等地修建的长方形钢筋混凝土结构沼气池和罗国瑞编写的“中华国瑞天然瓦斯库讲义”仍流传至今。当时所建沼气池的数量不多,但遍及13个省份,至今仍有可以使用的,池型与我国目前使用的水压式沼气池基本相似,均为混凝土结构。这个时期可称之为中国沼气技术发展的开端。

20世纪50年代,从湖北省开始,我国农村一些地方兴办沼气,

目的是想解决农村的炊事用能。1958年4月,毛泽东主席在武汉展览馆观看了沼气利用情况后,高兴地说:“很好,这要好好地推广”。这一年,他在湖北、安徽等地视察农村沼气时又指出:“沼气又能点灯,又能做饭,又能作肥料,要大力发展,要好好推广。”之后全国很多省市都修建了沼气池,涌现了不少先进技术和推广沼气的经验,湖北省工业厅设计了水压式沼气池,沙阳农场利用沼气发电,武汉公用汽车公司用沼气开汽车,湖北省生物能利用组用沼气中的 CO_2 制干冰,青岛污水处理厂用沼气发酵杀卵灭菌等,形成了我国沼气发展的第一次热潮。1958年中国科学院微生物研究所、沈阳农学院、浙江农业大学等科研单位和大专院校,配合全国各地大办沼气的群众运动,开展了一些沼气发酵的研究工作。中国科学院微生物研究所张书政教授等在沼气发酵方面也进行了一些研究工作。但由于严格厌氧微生物研究技术上的困难没有获得突破,理论研究未能深入下去。后来,由于种种原因,沼气的研究、推广和利用暂时停了下来。由于科学技术没有跟上,沼气池的修建质量也不稳定,又缺乏正确的技术管理,留下来能够使用的沼气池很少。这个时期是我国沼气建设的第一次热潮,引起了国家领导人和各方面的关注和重视,积累了一定的实践经验,科研机构和专家、学者以及技术人员开展了研究,可称之为中国沼气技术推广应用和研究的初期。

20世纪60年代末到70年代末的大规模推广。从1968年四川中江县龙台区部分社员办沼气开始,我国的沼气技术又逐渐发展起来了。1972年农业部和中国科学院等领导单位在中江召开了推广沼气现场会,明确提出了农村推广沼气是解决农村能源的重要途径。至此以后,四川、江苏、河南、湖南、浙江、广东、湖北、山东等许多省、市、地、县都开始兴办沼气,掀起了发展沼气的又一次热潮,而且实现了沼气的一次大发展,农村户用沼气池数量很快达到了700万个。南京古生物研究所、四川生物研究所等科研单位和大专院校,开始了对沼气的研究工作,并取得了一些研究成果。但是由于因陋就简,土法上马,急于求成,加上水泥等建材和资金

不足,这个时期的沼气池普遍寿命不高,一般只有 3~5 年;到 20 世纪 70 年代后期就开始有大量池子报废,同时由于对沼气的安全生产知识没有能够很好的普及和被人们掌握,出现了一些诸如池体维修没有排气而造成人员窒息甚至死亡、不按照安全规定使用而着火、爆炸造成人员伤亡和财产损失等现象。这些事故难免造成人们对沼气应用的怀疑和观望。事实上,这些沼气池虽然使用时间不长,但由于因陋就简,投资少,使用的总效益,早已经超过总投入。据四川省调查,这批沼气池 70% 以上收回投入成本,并有明确的经济效益,20% 刚收回成本,10 % 未能收回成本。这个时期是我国第一次大规模的沼气建设,政府给予了强有力的组织和推动,积累了大量的正反经验,取得了一些研究成果和技术进步,沼气技术在全国得到了大范围的渗透和普及,可称之为中国沼气技术第一次大规模推广应用时期。

20 世纪 70 年代末到 90 年代末的稳步发展。1979 年由全国沼气建设领导小组,组织了全国各有关单位和大专院校,对沼气发酵中的若干理论和应用问题进行了较全面的研究。1981 年河南农业大学创办了第一个农村能源本科专业。中国在沼气领域开展了大规模的应用基础和应用技术研究,从建筑材料、建造工艺、发酵工艺、管理维护等方面加速规范化、标准化过程,同时引进和消化国外厌氧消化研究的新成果,逐步形成了规范、标准的水压式沼气池以及相配套的科学建池技术、发酵工艺、配套设备,使中国的户用沼气建设进入健康稳步发展的阶段。同时也建设了一些大中型沼气工程,在畜禽养殖场和工业有机高浓度废水处理上开展了试点应用。沼气的建设和终端应用设备沼气灶、管材管件、沼气综合利用也逐步开展起来。20 世纪 80 年代后期和 90 年代,我国农村沼气技术已进入综合利用阶段,服务于优质高产高效农业,给农民带来更多的货币收入。进入 90 年代,农村户用沼气技术在南方成为“猪沼果(菜、渔…)”小型生态农业模式的核心技术,在北方成为“四位一体”(太阳能、沼气、种植、养殖)生态农业模式的核心技术。由于沼气技术可以有效地消化处理工农业有机废物(水)和居民的

果的基础上增加太阳能暖圈和水窖)为代表的农村户用沼气发展模式。“八五”期间平均每年新增 36 万户,“九五”期间平均每年新增 75 万户。到 2000 年底全国已有农村用沼气池 980 万户,其中,55%的沼气池开展了综合利用,推广北方“四位一体”能源生态模式 32 万户,南方“猪沼果”能源生态模式 215 万户。同时,畜禽养殖场大中型沼气工程建设开始起步,先后建设了一批示范工程。

1.2.1.3 加快发展阶段

进入 21 世纪,尤其是 2001 年以来为加快发展阶段。自 2000 年农业部提出以沼气为纽带的“生态家园富民计划”起,并在部分省区成功地实施了示范村建设以后,国家自 2001 年起加大了对农村沼气建设的投入力度,加快了农村沼气示范推广速度。2001~2005 年,中央累计投入 35.3 亿元,其中户用沼气池投资 34.5 亿元,建设沼气池 357.6 万户;养殖场沼气工程投资 8115 万元,建设沼气工程 120 处。

截止到 2006 年底,全国已推广应用农村户用沼气池 1807 万户,年生产沼气超过 $7 \times 10^9 \text{ m}^3$;同时,建设养殖场大中型沼气工程 3556 处,年处理畜禽粪便 $871 \times 10^5 \text{ t}$ 。

1.2.2 我国农村沼气发展现状

1.2.2.1 近年发展概述

1979 年 5 月全国沼气工作会议,认真总结了前一阶段发展沼气的经验教训,提出重视质量,稳步发展的方针。同年国务院又审批了国家经委、科委、农委、农业部“关于当前农村沼气建设的几个问题”报告,决定加强对沼气工作的领导,纳入国家计划,组织开展科研。随后建立了自上而下的沼气管理机构,并在全国开展了沼气普查。1980 年成立了中国沼气协会(现为中国沼气学会)。在建设实践中,20 世纪 90 年代提出了农村沼气建设和农业生产及农村经济发展紧密结合的思路,深化了内涵、拓展了领域。