



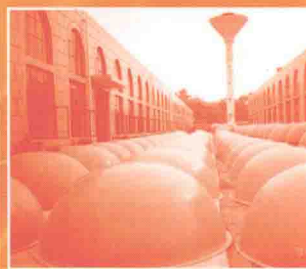
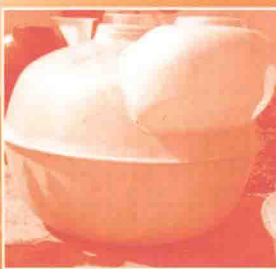
NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

农村沼气工程技术

NONGCUN ZHAOQI GONGCHENG JISHU

张无敌 刘伟伟 尹 芳 等编著



化学工业出版社



NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

农村沼气工程技术

NONGCUN ZHAOQI GONGCHENG JISHU

张无敌 刘伟伟 尹 芳 等编著



化学工业出版社

北京

《农村沼气工程技术》分为四章。第一章介绍农村家用沼气池技术,内容包括沼气发酵的原理、沼气发酵微生物、沼气发酵生物化学、沼气发酵工艺、农村沼气发酵管理、沼气安全使用与维护等;第二章介绍商品化户用玻璃钢沼气池,内容涉及玻璃钢沼气池的特点、工艺技术、管理维护与运行效果;第三章介绍农村沼气与生态农业,内容包括沼气、沼液、沼渣的综合利用技术以及沼气生态农业模式等;第四章介绍沼气工程技术,内容包括厌氧工艺与反应器、沼气工程规范、养殖场沼气工程、有机废水沼气工程、生活污水沼气工程等。

本书可供从事沼气开发利用与推广的人员阅读使用,也可供农林院校相关专业师生以及相关领域的研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

农村沼气工程技术/张无敌等编著. —北京:化学工业出版社, 2016. 3
(农村能源利用丛书)
ISBN 978-7-122-25855-7

I. ①农… II. ①张… III. ①农村-沼气利用-工程技术 IV. ①S216.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 299157 号

责任编辑:袁海燕
责任校对:边涛

文字编辑:荣世芳
装帧设计:刘丽华

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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张 14½ 字数 412 千字
2016 年 3 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:48.00 元

版权所有 违者必究

“农村能源利用丛书”

编委会

主 任：张无敌

副主任：尹 芳 陈玉保 刘士清

委 员（按姓名笔画排序）：

尹 芳 刘士清 许 玲 张无敌

陈玉保 赵兴玲 柳 静

本书编写人员：张无敌 刘伟伟 尹 芳

马 欢 刘士清

序

我国农村能源的发展经历了从单一的薪柴、节柴改灶、沼气建设、农村能源综合建设，到沼气与生态农业建设、太阳能热水器、太阳能路灯等多种能源利用的格局的发展过程。现今我们面临着化石燃料紧张和环境污染的双重压力，在广阔的农村地区，因地制宜地开发利用各种可再生能源技术是解决农村能源短缺的理想出路，这种方式已被实践证明是可行的，而且也适宜于在广大的发展中国家的农村推广应用。

长期以来，农村能源问题一直是制约农村经济发展、农村生态环境整治以及村落村貌卫生状况的重要因素，商品能源的供给无法满足农村的用能需求，因地制宜、多能互补的农村能源政策是有效解决农村能源短缺的途径。薪柴是农村生活燃料的重要能源之一，节柴炉灶的推广使用具有较大的市场，不断提高炉灶的节能效率仍是今后工作的重点之一；处置牲畜粪便最好的办法就是沼气利用，沼气的推广使用和“三沼”的综合利用是发展生态农业的重要纽带；太阳能热水器、太阳能光电利用、风能的利用以及微水电技术在农村具有广阔的天地，多种能源在农村的推广使用是建设社会主义新农村、发展农村循环经济的重要措施。在这种形式和要求下，编著出版系列农村能源利用丛书，丛书的编写突出实用性，深入浅出，该丛书的出版无疑对更好地建设和发展农村能源技术，以及服务于社会主义新农村的建设都将起到非常积极的作用。



前言

人类正面临着环境与发展的双重压力。经济的发展、社会的进步以能源为主要动力。现行的用能方式已对环境造成了巨大的破坏，制约着人类的发展。畜禽污水、有机废水排放量不断增加，污染治理备受挑战；农业发展使用了大量的化肥、农药，对土壤、地表水、地下水的污染以及病虫害抗性等问题等，已经造成了巨大的损失。人口不断增加，化石燃料最终必将耗尽，各国努力寻找新的可再生能源。

沼气技术能够实现对有机废弃物和有机废水的能源回收与资源化利用，特别是对于高含水的有机物来说，其对污染的治理具有不可替代性。沼气发酵系统能和农业生产紧密结合，减缓化肥农药带来的种种不利因素，有效刺激农村经济的发展。关于这一点中国农村的许多地区的实践已证明，沼气系统在促进农村经济发展上是卓有成效的。用沼气技术这一环保治理的手段可以拉动企业的可持续发展，同时将污染治理转化为资源开发的优势，使环保工程作为产业建立的基础和纽带，进而实现环境（或生态）效益的经济收益（CDM）。这一方式还将企业的发展与周边（或区域）农村的经济繁荣和农业的可持续发展有机结合，促进新农村的建设。通过沼气技术与工程建设，促进农业高产稳产农田的建设，形成以种植业为基础，养殖业为主导，沼气建设为纽带，综合利用为重点，加工业为特色的农村生态效益型经济的发展格局，使企业沼气工程成为带动周围（或区域）农村小康社会建设的一项基础工程、惠民工程。并形成集规模化养殖、有机废物（或废水）资源化利用、沼气发电、提供绿色肥料、农田灌溉用水为一体的现代大型沼气综合利用工程。通过市场的开发和带动，把农村可再生能源建设寓于农民增收之中，使农村能源技术与农民的经济活动密切结合；把成熟的技术优化组合，提供给农民使用，服务于“三农”，从而实现最佳综合效益，加快农村全面实现小康社会的步伐，转移农村剩余劳动

力，缓解城市就业压力；同时，带动相关产业的发展，促进区域经济实现跨越式发展。

沼气发酵是有机物厌氧分解的代谢途径，亦是自然界中有机物分解除氧化过程外的另一条唯一的途径。厌氧消化处理，除环保效益外，还有能源与有机肥的收益，在应对气候变化方面，环保效益将产生直接的经济收益。沼气技术与工程是发展高产、优质、高效、生态、安全农业的重要保障。

为了让从事沼气工程技术的人们对沼气发酵原理、工艺工程技术、“三沼”综合利用以及沼气生态农业模式等方面有较为全面的认识，作者根据从事沼气技术与开发利用 30 年的工作积累，结合目前沼气技术与应用的国内外现状，收集了大量国内外资料，查阅和参考了相关学科的各类著作和文献，经过反复修改和更新，方完成本书的编撰工作。《农村沼气工程技术》较为系统地介绍了沼气发酵微生物、沼气发酵生物化学过程、沼气发酵工艺技术、沼气安全使用与维护管理等基础知识，首次阐述了商品化玻璃钢沼气池的研制过程以及配套发酵工艺技术，全面总结了沼气综合利用技术、沼气生态农业模式，重点以案例的方式展示了各种有机废弃物（或废水）的沼气工程技术等。

作者试图使本书为从事和关心沼气工作的人们提供一些有益的参考与借鉴，包括从事科学研究、技术开发和企业界人士等。但是，沼气技术涉及专业较多、应用范围较广，对相关知识和技术的介绍难免有疏漏之处；同时，由于作者水平有限，对原理、工艺技术、工程设计以及相关生态模式的阐述未能达到透彻、全面，敬请读者批评指正，不胜感激。

张无敌、刘伟伟、尹芳、马欢、刘士清参与了本书的编撰工作，得到了作者单位的领导和同仁的帮助，也得到了作者家人们的理解和关心，书中引用了本行业的相关文献，借本书出版之际，向所有对本书给予支持、关心和帮助的领导、长者、朋友和同事们一并表示衷心的感谢。

编者

2016 年 3 月

目录

第一章 农村沼气技术	1
第一节 基本概念	3
一、沼气的来源与生态环境	3
二、沼气的性质	7
三、相关概念	11
第二节 沼气发酵基本原理	21
一、沼气发酵微生物种类	21
二、沼气发酵的生物化学过程	28
三、有机物产甲烷量的估计和计算	30
四、有机质的厌氧消化过程	33
第三节 沼气发酵微生物代谢	46
一、沼气发酵过程中的水解酶酶活变化规律	46
二、产氢产乙酸菌的代谢	53
三、耗氢产乙酸菌及其它不产甲烷微生物的代谢	63
四、产甲烷菌	66
五、不产甲烷微生物与产甲烷菌之间的关系	75
第四节 沼气发酵工艺学	78
一、沼气发酵的厌氧环境	78
二、沼气发酵适宜的温度	80
三、沼气发酵的适宜 pH 值	83
四、沼气发酵原料	85
五、沼气发酵料液浓度/有机负荷	88
六、沼气发酵接种物	92
第五节 沼气发酵的快速启动	94
一、原料的选择和预处理	94
二、进料数量和浓度	95

三、接种物用量	96
四、密封活动盖	97
五、放气试火	98
第六节 沼气发酵添加剂与抑制剂	99
一、添加剂	99
二、抑制剂	100
第七节 沼气池发酵的日常管理	102
一、勤进料与勤出料	102
二、常搅拌	102
三、保持适宜的 pH 值	103
四、经常检查输气装置和沼气池是否漏气	104
五、做好沼气池的越冬管理	104
六、沼气炉具的使用	104
七、沼气灯具的使用	106
八、沼气的安全使用	107
九、沼气池的保养与维修	108
第八节 病态沼气池的诊治	110
一、沼气池本身漏气和漏水	110
二、沼气输配管路系统的问题	113
三、沼气发酵系统的问题	113
四、维修沼气池时应注意的事项	114
第九节 我国农村常见沼气发酵工艺简介	115
一、按进料方式划分	115
二、按装置类型划分	117
三、按作用方式划分	117
四、按发酵料液的状态划分	117
五、按发酵温度划分	118
六、按发酵级差划分	118
第十节 沼气发酵器的类型	118
一、常规消化器	118
二、高速消化器	120
三、厌氧接触消化器	120
四、厌氧滤器	122

五、升流式厌氧污泥床	123
六、厌氧床工艺	124
七、两相厌氧消化器 (two phase anaerobic digester)	124
八、干发酵	125
九、塞流式厌氧消化装置	127
十、管道厌氧消化器	128
第十一节 世界各国的沼气池简图	130
一、沼气池的种类	130
二、我国各种沼气池简图	131
三、国外沼气池简图	133
第十二节 预防沼气窒息性中毒	144
一、沼气窒息性中毒表现	144
二、发生沼气窒息性中毒的原因	145
三、沼气窒息性中毒的预防和急救措施	146
第二章 户用商品化玻璃钢沼气池	149
第一节 我国户用沼气池的发展	152
第二节 玻璃钢材料简介及其户用沼气池开发	156
一、玻璃钠材料简介	156
二、商品化玻璃钢户用沼气池研发简况	157
第三节 商品化户用玻璃钢沼气池的性能	162
一、玻璃钢沼气池的生产工艺	162
二、玻璃钢沼气池的性能	163
三、商品化户用玻璃钢沼气池的结构	165
四、玻璃钢沼气池的寿命	166
第四节 自动监控进出料量玻璃钢沼气池	167
第五节 商品化户用玻璃钢沼气池实际运行效果	170
一、试验示范的总体情况	170
二、产气量及甲烷含量	172
三、启动时间	172
四、发酵运行分析	174
第六节 玻璃钢沼气池与常规沼气池建池和发酵工艺比较	178
一、建池稳定性和建池速度比较	178
二、建池成本分析	178

三、发酵工艺比较	180
四、综合性能比较	181
第七节 商品化户用玻璃钢沼气池的实践	182
一、玻璃钢沼气池建设方案	182
二、沼气池安装前的准备	185
三、玻璃钢沼气池的安装	187
四、投料与启动运行	191
第八节 玻璃钢沼气池的使用与管理	192
一、新建玻璃钢沼气池	192
二、玻璃钢沼气池发酵的科学管理	194
三、玻璃钢沼气池运行的日常管理	197
第三章 沼气技术与生态农业	199
第一节 沼气发酵系统与综合利用	202
一、沼气发酵系统	202
二、沼气及其发酵残留物综合利用	204
三、沼气发酵系统的功能	205
第二节 沼气的能源利用	207
一、炊事用能	207
二、沼气启动农机发电	210
第三节 沼气热能利用技术	217
一、沼气升温孵鸡	217
二、沼气灯照明升温育雏鸡	218
三、沼气养蚕	219
四、沼气灯照明提高母鸡产蛋率	220
五、沼气灯诱虫喂鱼	220
六、沼气灯保温贮藏红苕	221
七、沼气烘干粮食作物及升温育秧等	221
第四节 沼气非热利用技术	225
一、沼气贮粮	225
二、沼气保鲜蔬菜水果	231
三、沼气保鲜山楂	235
四、沼气保鲜苹果	237
五、沼气保鲜荔枝	239

第五节 沼气与大棚种植技术	240
一、沼气为蔬菜大棚增温和保温	241
二、沼气为蔬菜大棚增施二氧化碳气肥	241
三、沼气应用于大棚蔬菜种植的技术要点	245
第六节 沼气发酵残留物的营养成分	246
第七节 沼气发酵残留物的生物活性物质	248
一、各种水解酶类	249
二、B族维生素	250
三、氨基酸	250
四、植物激素	252
五、抗生素类	252
六、腐殖酸	252
七、沼气发酵残留物的矿物质元素分布	253
第八节 沼肥肥效与土壤改良	256
一、沼肥与堆沤肥的增产效果	256
二、沼肥对种植业的作用	257
三、改良土壤的意义	259
四、沼气发酵残留物改良土壤的效果	260
五、沼气发酵残留物培肥地力及其增产效果	262
第九节 沼液利用技术	263
一、沼液作为有机液肥	263
二、沼液用作浸种液	264
三、沼液作为无土栽培营养液	269
四、沼液作为农作物病虫害防治剂	272
第十节 沼气发酵残留物作饲料技术	280
一、沼气发酵残留物养鱼	281
二、添加沼气发酵残留物养猪	284
三、沼气发酵残留物作饲料的方法	288
第十一节 沼气发酵残留物栽种食用菌技术	289
一、沼气发酵残留物栽种食用菌能明显提高品质	290
二、沼气发酵残留物栽种食用菌的效益	290
三、菇渣仍然是理想的有机肥	291
四、沼气发酵残留物栽培食用菌的方法	291

第十二节 沼肥在种植业上的经济评价	292
一、沼肥的性质	292
二、沼肥对农作物产量及品质的影响	293
三、经济分析	297
第十三节 沼气与生态农业模式	299
一、北方“四位一体”沼气生态温室模式	299
二、西北“五配套”生态果园模式	301
三、南方“猪-沼-果”沼气能源生态模式	303
四、其它生态农业模式简介	304
第四章 大中型沼气工程	307
第一节 大中型沼气的分类	310
一、按容积大小进行分类	311
二、按处理不同有机废物的种类进行分类	312
三、原料性质	313
四、沼气工程的特点	314
第二节 沼气工程的发酵工艺及类型	315
一、厌氧接触工艺	315
二、厌氧滤器 (AF)	316
三、上流式厌氧污泥床 (UASB)	318
四、厌氧流化床 (AFB) 和厌氧附着膜膨胀床 (AAFEB)	328
五、膨胀颗粒污泥床 (EGSB)	328
六、内循环厌氧反应器 (IC 反应器)	330
七、上流式厌氧污泥床-滤器工艺 (UBF)	331
八、上流式厌氧固体反应器 (USR)	332
九、厌氧生物转盘 (ARBC)	333
十、厌氧折流板反应器 (ABR)	334
第三节 沼气工程的设计要求与管理	334
一、沼气工程的设计	334
二、沼气工程的启动	336
三、沼气工程运行管理	336
第四节 城镇生活污水处理工程与公共厕所粪便无害化处理工程	337

一、处理原则及容积计算	338
二、工艺流程及基本原理	340
三、处理效果分析	341
第五节 沼气工程为纽带的 4F 循环经济模式	346
一、大中型沼气工程在畜禽粪便治理中的作用	346
二、畜禽场沼气工程的定位	348
三、沼气工程的 4F 循环经济模式	350
四、养殖场沼气工程的目标	353
第六节 养猪场沼气发电并网工程案例	354
一、规模及污染物排放量	354
二、相关工艺参数与计算	355
三、工艺选择及工艺路线	356
四、“三沼”的利用与产品开发	361
五、社会、经济、环境效益分析	361
第七节 奶牛场沼气工程	364
一、工程规模及污染物排放量	364
二、相关参数	364
三、工艺设计	365
四、工艺流程	368
五、工程内容及投资估算	369
六、效益分析	371
第八节 鸡粪沼气发电工程案例	373
一、规模及污染物排放量	373
二、相关工艺参数与计算	373
三、工艺选择及工艺路线	375
四、“三沼”的利用与产品开发	376
五、效益分析	377
第九节 肉牛养殖场沼气工程	381
一、规模及污染物排放量	381
二、相关工艺参数与计算	382
三、工艺选择及工艺路线	382
四、“三沼”的利用与产品开发	384
五、工程内容、规模及投资估算	384

第十节 鹅养殖场 500m ³ 常温沼气工程方案	389
一、规模及污染物排放量	389
二、相关工艺参数与计算	390
三、工艺选择与工艺路线	390
四、“三沼”的利用与产品开发	392
五、社会、经济、生态/环境效益分析	394
第十一节 獭兔粪便常温沼气工程案例	398
一、项目的目标及意义	398
二、建设地点	398
三、相关参数	399
四、工艺设计	399
五、工艺流程	401
六、工程内容、规模及投资估算	402
七、效益分析	405
第十二节 豆制品废水处理沼气工程案例	407
一、案例背景	408
二、工程设计	409
三、工程效益分析	416
第十三节 啤酒厂沼气工程	417
一、规模及污染物排放量	417
二、相关工艺参数与计算	418
三、工艺选择及工艺路线	418
四、“三沼”利用与产品开发	422
五、社会、经济、生态/环境效益分析	423
第十四节 制药厂沼气工程	427
一、工程概况	427
二、厌氧-好氧处理工艺	428
三、运行成本分析	430
四、经济和环境效益	432
参考文献	434

第一章

农村沼气技术

