



沼气技术 及其应用

第二版

张全国 主编



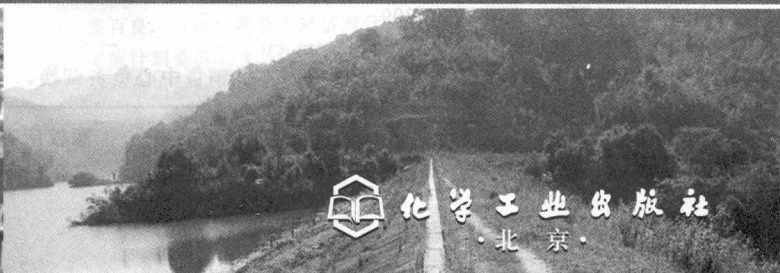
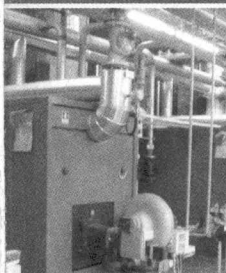
化学工业出版社



沼气技术 及其应用

—— 第二版 ——

张全国 主编



化学工业出版社
· 北京 ·

本书是作者总结多年从事沼气工程技术与推广应用工作的研究成果,并结合国内外沼气技术的最新进展编写而成。本书以沼气生态农业模式为核心,阐述了以沼气技术为纽带的农业生态工程原理及其应用技术,系统介绍了沼气技术在我国的发展历程和现状,沼气技术基础,户用沼气池与中小型沼气工程的设计、施工及运行管理,沼液、沼渣的加工利用技术;以沼气为基础的生态农业模式,沼气能源利用技术及沼气成本及效益分析等。

本书适用于广大农村的农业技术人员,从事现代农业建设和社会主义新农村建设的组织管理人员和广大基层沼气建设工作者参阅,可作为农业工程、生态农业、可再生能源工程和农业环境工程等领域科技工作者的参考资料,亦可作为高等院校相关专业师生的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

沼气技术及其应用/张全国主编. —2版. —北京:
化学工业出版社, 2008. 6
ISBN 978-7-122-03069-6

I. 沼… II. 张… III. 甲烷-技术 IV. S216.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第082687号

责任编辑: 刘 军 杨立新
责任校对: 李 林

装帧设计: 郑小红

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: 北京云浩印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张12 $\frac{1}{4}$ 字数330千字
2008年8月北京第2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: 28.00 元

版权所有 违者必究

《沼气技术及其应用》(第二版)

编写人员

主 编 张全国

副 主 编 王艳锦 樊峰鸣

参编人员 (按姓氏汉语拼音排序)

陈开碇 范振山 郭前辉 焦有宙 李 刚

徐桂转 杨群发 杨世关 岳建芝 周雪花

第二版前言

《沼气技术及其应用》自 2005 年出版以来,深受广大读者的欢迎和好评,并于 2007 年荣获第九届中国石油和化学工业科技图书一等奖。尤其是近年来沼气建设事业的迅速发展,已使沼气技术的研究与应用步入了更新更高的发展阶段,出现了许多新内容,许多读者也希望能够修订再版,因此有必要重新修订和增补。为此,作者根据化学工业出版社的修订再版计划,在第一版的基础上针对读者提出的意见和建议进行了较大幅度的增补和完善。

由于是再版,原版的整体框架基本没作大的改动,对书中的陈旧内容和资料进行了更新,增加了一些新知识、新技术和新工艺。第一章内容结构有所调整,增补了“沼气技术在促进社会发展中的作用”;第二章内容基本保持不变,章题修改成“沼气技术基础”,跳出原来“农村家用沼气技术基础”的框架;第三章增添了“输气管道的安装”和“户用沼气池启动过程中常见故障分析”等内容,同时在户用沼气池运行管理和安全管理方面也增加了篇幅;第四章“中小型沼气工程的设计与施工”是新增加的一章内容,着重介绍了沼气新技术——辅热集箱式沼气工程技术。由于新增加了一章内容,原版的第四、五、六、七、八章依次成为第二版的第五、六、七、八、九章,这些章节的内容也都有所增补,尽量引用最新的数据和资料以反映沼气技术在这几年中的新进展。

本书的修订再版由张全国任主编、王艳锦和樊峰鸣任副主编,其中第一章由杨世关编写,第二章由杨群发和郭前辉编写,第三章由岳建芝和焦有宙编写,第四章由王艳锦和陈开碇编写,第五章由周雪花和范振山编写,第六章由李刚和张全国编写,第七章由杨世关和樊峰鸣编写,第八章由徐桂转编写,第九章由岳建芝和周雪花编写,全书最后由张全国、王艳锦、樊峰鸣统稿。本书在修订再版

过程中,得到了李景明、杨秀山、袁振宏、邱凌、李文哲、王晓华、刘荣厚等专家和教授的大力支持,谨此一并致以衷心的感谢。

虽然本书的修订再版内容注意吸收了沼气技术发展的最新成果,但因编写人员学术水平和实践经验所限,书中还可能不足及疏漏之处,敬请读者批评指正。

编著者

2008年4月

第一版前言

随着人们对健康生活的追求,科学消费观念的更新,人们更加关心生态环境对人类生活的影响。追求绿色、环保、健康型的产品,特别是在无污染的生态环境中,采用无公害、生态良性循环的生态农业工艺技术生产出来的,经检验合格的安全卫生的食(饮)用优质农产品及其加工品更让广大消费者情有独钟。现代农业从作物、病、虫、草等整个生态系统出发,综合运用各种防治措施,创造不利病虫害孳生和有利于各类天敌繁衍的环境条件,保持农业生态系统的平衡和生物多样性,减少各类病虫害所造成的损失,强调生产环境无污染、生产要素无污染以及生产过程不造成环境污染和生态破坏,即农产品的采摘、分选、包装、储藏、搬运、直至上架销售的各个环节都有严格的要求,严禁二次污染,甚至对包装的材质是否达到环保标准都有要求。

以沼气技术为纽带的农业生态工程作为按照生态学原理和经济学规律建立起来的社会、经济和生态三种效益统一的农业生产体系,它遵循生态学原理,能够有效地运用农业生态系统中生物群落共生原理,系统内多种组分相互协调和促进的功能原理,以及地球化学循环的规律,实现物质和能量多层次、多途径利用与转化,从而设计与建设合理利用自然资源,保持生态系统多样性、稳定性和持续高效功能的农业生态系统。沼气技术已经成为我国生态农业发展的重要技术支撑之一,本书全面系统地介绍了农业生态工程中的沼气技术。内容主要包括以沼气技术为基础的现代生态农业模式、理论基础、工艺原理及其实用技术,深入浅出地介绍了农村家用沼气工程应用技术及利用沼液沼渣替代农药化肥生产生态农产品等相关技术,充分反映了沼气技术在我国农业生态工程中的研究成果和实践经验,适用于广大农村的农业技术人员,从事生态农业、农业

环境保护和农村可再生能源研究开发的科技工作者以及从事管理工作的领导干部阅读，亦可作为高等院校相关专业的教材和参考书。

本书由张全国主编、倪慎军和关树义副主编，其中第一章由杨世关和倪慎军编写，第二章由杨群发和郭前辉编写，第三章由岳建芝和张国强编写，第四章由张全国和李改莲编写，第五章由李刚和张全国编写，第六章由杨世关和关树义编写，第七章由徐桂转编写，第八章由岳建芝编写，全书最后由张全国、关树义统稿。

在本书编写过程中，虽然注意吸收了沼气技术的新发展和新成果，但由于编写时间仓促和作者水平所限，书中难免存在不足及疏漏之处，敬请各位读者提出宝贵意见，以使本书日臻完善。

编者

2004年12月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 我国沼气技术发展历程	1
1.2 沼气技术在促进社会发展中的作用	3
1.2.1 缓解我国化石能源供应压力	3
1.2.2 改善农民生活环境及卫生条件	5
1.2.3 控制局部地区环境污染	5
1.2.4 促进农业生态环境的改善	7
1.2.5 促进新农村建设	9
参考文献	10
第 2 章 沼气技术基础	11
2.1 沼气发酵基本原理	11
2.1.1 概述	11
2.1.2 沼气发酵微生物	12
2.2 沼气发酵原料及处理	15
2.2.1 沼气发酵原料及其产气特性	15
2.2.2 沼气发酵原料预处理	22
2.3 沼气发酵工艺及控制条件	32
2.3.1 沼气发酵工艺	32
2.3.2 沼气发酵工艺控制条件	53
参考文献	68
第 3 章 户用沼气池的设计、施工及运行管理	69
3.1 户用沼气池的设计	69
3.1.1 沼气池设计原则	69
3.1.2 户用沼气池的常用池形及其特点	69
3.1.3 沼气池设计参数的确定	74
3.1.4 沼气池设计计算	75

3.2	户用沼气池施工工艺	77
3.2.1	建池时间的选择	77
3.2.2	池形选择	78
3.2.3	建池地址的选择	78
3.2.4	施工工艺的选择	79
3.2.5	建筑材料的选择	79
3.2.6	土方工程	82
3.2.7	施工标准及其操作要点	84
3.2.8	沼气池的验收	88
3.3	输气管道的安装	88
3.3.1	输气管道管材的选择	89
3.3.2	管径的选择	89
3.3.3	管件的选用	89
3.3.4	输气管路的安装要求	90
3.3.5	输气管路的安装方法	90
3.3.6	输气管路中疏水瓶的安装	91
3.3.7	输气管路的气密性检查	92
3.3.8	输气管路安装过程中的注意事项	92
3.4	户用沼气池的启动	93
3.5	户用沼气池的运行管理	96
3.5.1	沼气池的进出料管理	96
3.5.2	池内搅拌	96
3.5.3	发酵料液的酸碱度调节	97
3.5.4	冬季的保温增温管理	97
3.5.5	夏季防止沼气外溢	98
3.6	沼气池的安全管理	98
	参考文献	99
第4章	中小型沼气工程的设计与施工	101
4.1	沼气工程的分类标准	101
4.2	中小型沼气工程的设计计算	102
4.2.1	基本参数的确定	102

4.2.2	池容的确定	105
4.2.3	结构设计	109
4.2.4	选址规划及施工准备	117
4.2.5	土方及基础工程施工	119
4.3	辅热集箱式沼气工程技术	131
4.3.1	概述	131
4.3.2	养殖场规模与沼气原料量的确定	132
4.3.3	辅热集箱式沼气工程的设计	135
4.3.4	辅热集箱式沼气工程施工工艺	144
4.3.5	辅热集箱式沼气工程技术特性及其应用	150
	参考文献	151
第5章	沼液加工利用技术	153
5.1	沼液的主要组成和特性	153
5.2	沼液肥效及其增效技术	157
5.2.1	沼液肥效	157
5.2.2	厌氧发酵液的增效技术	160
5.3	沼液抗病虫作用及其应用技术	161
5.3.1	沼液的抗病虫作用	161
5.3.2	沼液的应用技术	165
5.4	沼液浸种和催芽技术	168
5.5	沼液无土栽培技术	171
5.6	沼液养殖技术	171
5.6.1	沼液养猪	172
5.6.2	沼液用于其他养殖	174
5.7	生态型沼液产品加工工艺	176
	参考文献	176
第6章	沼渣综合利用技术	180
6.1	沼渣的定义	180
6.2	沼渣的基本特性	180
6.2.1	沼渣肥料的基本特性	181
6.2.2	沼渣饲料的基本特性	184

6.3 工业沼肥生产技术	184
6.4 沼渣肥料的实用技术	185
6.4.1 沼渣制作棉花营养钵	185
6.4.2 沼渣玉米营养土的施用	186
6.4.3 沼渣种植香菇技术	186
6.4.4 沼渣堆肥处理	187
6.4.5 沼渣与其他肥料的配合使用方法	188
6.4.6 沼渣养猪	189
6.4.7 沼渣养鱼	189
6.4.8 沼渣养殖黄鳝技术	190
6.4.9 沼渣养殖蚯蚓技术	191
参考文献	195
第7章 以沼气为纽带的生态农业模式	196
7.1 以沼气为纽带的农业生态工程理论与技术体系	196
7.1.1 基本概念	196
7.1.2 基本原理	198
7.1.3 农业生态工程设计的技术体系	202
7.2 以沼气为纽带的生态农业模式	209
7.2.1 以沼气为纽带的生态温室模式	209
7.2.2 以沼气为纽带的生态果园模式	234
7.2.3 以沼气为纽带的生态农场模式	260
参考文献	275
第8章 沼气能源利用技术	276
8.1 沼气的成分和燃烧特性	276
8.1.1 沼气的成分和物理性质	276
8.1.2 沼气的燃烧特性	279
8.2 沼气净化技术	287
8.2.1 沼气脱水工艺及装置	287
8.2.2 沼气脱硫工艺及装置	290
8.2.3 沼气脱二氧化碳工艺及装置	305
8.3 沼气的能源化利用途径	309

8.3.1	沼气热利用技术及装置	309
8.3.2	沼气发电技术	322
	参考文献	347
第9章	沼气工程技术经济评价	350
9.1	技术经济评价的基本理论	350
9.1.1	资金的时间价值原理	350
9.1.2	比较原理	351
9.1.3	边际产出和机会成本原理	351
9.1.4	经济效果原理	352
9.1.5	资源替代原理	352
9.2	经济效益评价方法	354
9.2.1	经济效益与经济效果	354
9.2.2	经济效益的表示	354
9.2.3	经济效益评价的指标体系	356
9.2.4	经济效益评价的基本方法	359
9.3	不确定性分析	364
9.3.1	盈亏平衡分析	364
9.3.2	敏感性分析	367
9.4	社会效益评价	368
9.4.1	社会效益评价的内容	368
9.4.2	社会效益评价的方法	369
9.4.3	社会效益和经济效益的关系	372
9.5	案例分析	373
9.5.1	户用沼气的技术经济分析	373
9.5.2	辅热集箱式沼气工程技术经济分析	378
	参考文献	379

第1章 概 论

1.1 我国沼气技术发展历程

沼气在我国的应用已经有一个多世纪的历史，其发展历程大体上可分为4个阶段，即20世纪30年代、50年代、70年代、80年代至今。

沼气早期被称为瓦斯，沼气池被称为瓦斯库。在19世纪80年代末，广东潮梅一带民间就开始了制取瓦斯的试验，到19世纪末出现了简陋的瓦斯库，并初步懂得了制取瓦斯的方法。由于当时沼气池过于简陋，产气率低，没能得到推广应用。我国真正意义上的沼气研究和推广始于20世纪30年代。当时的代表性人物主要有台湾省新竹县的罗国瑞，汉口的田立方。他们从反对帝国主义对中国进行经济侵略和为农村解决燃料问题出发，决心从事天然瓦斯的研究推广工作。罗国瑞从20世纪初期即开始了天然瓦斯库的研究和试验工作，历经10多年的辛勤工作，研制出了我国第一个较完备且具有实用价值的瓦斯库。他为了推广该项技术，于1929年在广东汕头市开办了我国第一个推广沼气的机构——汕头市国瑞瓦斯汽灯公司。为了能在更大范围内推广该技术，1931年他将公司迁至上海，更名为“中华国瑞瓦斯总行”，之后又更名为“中华国瑞瓦斯全国总行”。总行又在全国各地设立了分行。期间，罗国瑞于1933年开始了沼气技术人员的培训工作，并编写了培训教材《中华国瑞天然瓦斯库实习讲义》。田立方在1930年左右成功设计了带搅拌装置的圆柱形水压式和分离式两种天然瓦斯库。由于瓦斯库应用效果较好，所以他于1933年左右开办了“汉口天然瓦斯总行”，

在总行内设立了一个研究机构“汉口天然瓦斯灯技术研究所”和一个人员培训机构“天然瓦斯传习所”。田立方于1937年编写了《天然瓦斯（沼气）灯制造法全书》，此书共4个分册，即《材料要论》、《造库技术》、《工程设计》和《装置使用》。

沼气在我国进行第二次大范围推广是在20世纪50年代。这次全国大办沼气的策源地在武昌，其发起人是30年代在“汉口天然瓦斯传习所”接受过培训的原中南材料学研究工程所的工程师姜子钢。武昌办沼气的经验经新闻媒体报道后在全国震动很大，全国各地纷纷派人到武昌学习。为了适应当时形势发展的需要，农业部于1958年上半年委托中国农业科学院和北京农业大学举办了全国沼气技术培训班。1958年4月11日毛主席视察武汉地方工业展览馆参观沼气应用的展览时，指示“这要好好推广”，从而加速了沼气在全国的推广，当时全国大多数省（市）、县基本上都办上了沼气。但由于操之过急，忽视建池质量以及沼气池缺乏正确的管理等原因，当时所建的数十万沼气池大多都废弃了。

我国第三次大规模推广沼气是在20世纪70年代。70年代末期由于农村生活燃料的严重缺乏，在河南、四川、江苏等农村又掀起了发展沼气的热潮。而且这股热潮很快传遍了全国，短短几年时间内全国累计修建户用沼气池700万个。这种搞运动式的推广带来的弊端在短时间便显现出来，修建的沼气池平均使用寿命只有3~5年，到70年代后期有大量的沼气池报废。

可以说20世纪50年代和20世纪70年代两次的沼气推广最后都以失败而告终。这两次失败，特别是70年代的推广失败为此后沼气在我国农村的推广和应用带来了严重的负面影响，直到现在一些农村地区的农民对沼气技术还持怀疑态度。这也提醒人们在今后的沼气技术推广应用中一定要严格控制建池的质量和实行科学的管理，唯有如此，才能保证这项技术得到健康发展，真正造福于民。

同时，在以上三次规模化的沼气推广过程中，人们对沼气技术的认识还大都停留在利用其解决燃料短缺的层面，建沼气池的出发点大都是为了获取燃料用于点灯做饭，也就是说人们看到的只是其

作为能源的价值。对沼气技术更深层次的认识和更大范围的应用始于20世纪80年代。

20世纪80年代以后沼气技术在我国的发展主要有以下几个特点。

(1) 有了可靠的技术保障。农业部组织成立了专门的研究机构——农业部沼气科学研究所, 1980年又组织成立了中国沼气学会, 一些高校如首都师范大学、浙江农业大学、河南农业大学等也开展了这方面的研究和人才培养工作。经过广大科技工作者的努力, 在沼气发酵微生物学原理和沼气发酵工艺方面都取得了重要进展。

(2) 沼气池池型和沼气发酵原料有了大的发展和变化。首先在池型方面, 在传统的圆筒形沼气池的基础上, 研究出了许多高效实用的池型, 如曲流布料沼气池、强回流沼气池、分离浮罩沼气池、预制板沼气池等。沼气发酵原料方面实现了秸秆向畜禽粪便的转变, 从而解决了利用秸秆作为原料存在的出料难, 易结壳等难题。

(3) 沼气技术的利用途径实现了重大转变, 由以前的单一制取能源向改善农村环境卫生、保护生态环境、发展生态农业等多元化利用转变, 尤其是其在生态农业方面的独特作用, 更是近年来这一技术得到重视和推广的重要原因。沼气发酵的主要产物沼气、沼液和沼渣都可以在农业生态工程的建设中发挥重要作用, 如沼气可以用于诱蛾, 可以为日光温室大棚增温并提供 CO_2 气肥; 沼液可以用作叶面肥和杀虫剂; 沼渣是一种很好的有机肥。

所以, 近年来以沼气为纽带的各种农业生态工程技术模式得到快速发展, 并且产生了良好的效果。可以说, 目前沼气技术已经成为我国生态农业发展的重要技术支撑之一。

1.2 沼气技术在促进社会发展中的作用

1.2.1 缓解我国化石能源供应压力

能源是国民经济的基础, 直接影响着经济发展的速度和国家安

全。随着我国国民经济持续快速的发展,一些能源消耗行业呈现快速增长的势头,使能源总需求明显扩大、价格不断上升,局部地区出现了能源供应紧张的情况。目前我国已成为煤炭世界第一消费大国,继美国之后的第二石油和电力消费大国,而我国石油储量仅是世界的2%。我国近几年能源生产与消费情况见表1-1。随着我国经济的持续快速发展,对能源的需求量也呈逐年递增趋势,所以面临的能源供应压力也在不断增加。在这种形势下,加大沼气等生物能的开发利用已成为缓解我国能源供应压力的一个重要途径。

表 1-1 我国能源生产与消费情况^①

项 目	单 位	2000 年	2003 年	2005 年
能源消费总量	万吨	138553	203227	222468
能源生产总量	万吨	128978	187341	206300
原煤	亿吨	12.99	19.92	21.29
原油	万吨	16300	17587	18100
发电量	亿千瓦时	13556	22033	24747
植物油料	万吨			3078

① 国家统计局统计资料。

沼气作为可再生的清洁能源,既可替代秸秆、薪柴等传统生物质能源,也可替代煤炭等商品能源,而且能源效率明显高于秸秆、薪柴、煤炭等。发展沼气是我国能源战略的重要组成部分,对增加优质能源供应、缓解国家能源压力具有重大的现实意义。比如,建设一个 8m^3 的户用沼气池,年均产沼气 385m^3 ,相当于 605kg 标准煤,可解决3~5口之家一年80%的生活燃料。一个年存栏1万头育肥猪场大中型沼气工程,年可处理鲜粪7200t左右,生产沼气约55万立方米,给居民供气相当于每年850t标准煤。如果按照规划到2010年建设4000万户沼气池和4700处大中型沼气工程,大约相当于年替代2820万吨左右的标准煤。根据2006年国家发展与改革委员会制订的《可再生能源中长期发展规划》,2010年我国沼气年利用量要达到190亿立方米,到2020年达到443亿立方米。