

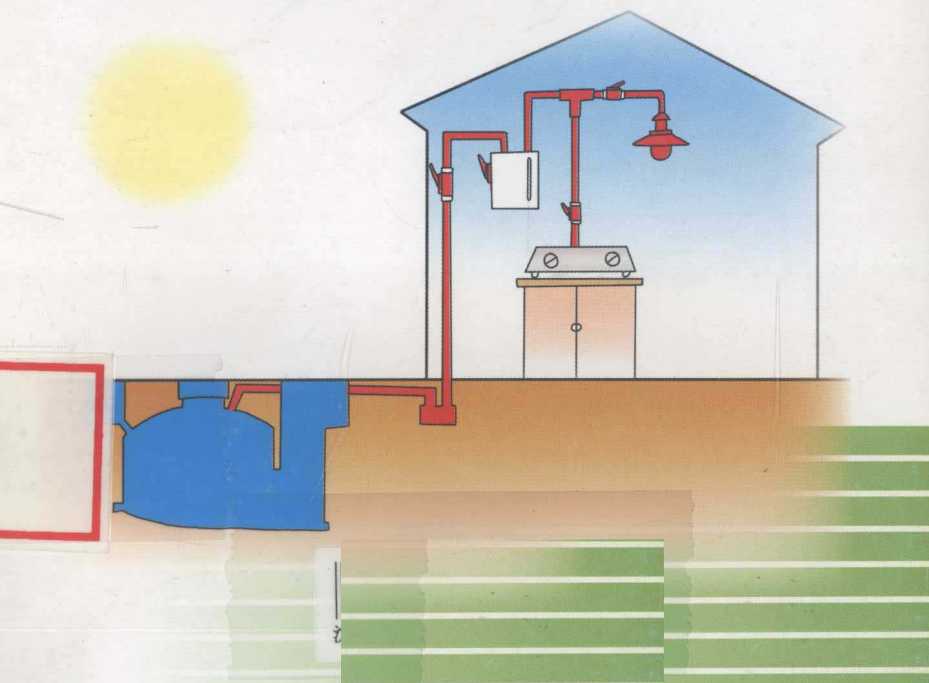


X I N N O N G C U N S H U W U

机电应用与实用技术

沼气实用技术

薛开吉 李 建 主编



河北科学技术出版社



X I N N O N G C U

机电应用与实用技术

沼气实用技术

薛开吉 李 建 主编

苏工业学院图书馆
藏书章

河北科学技术出版社

主 编 薛开吉 李 建

副主编 阎国敏 李新领 刘敬彦 康文学 贺瑞肖 刘 栋

编 委 (以姓氏笔画为序)

刘 栋 刘敬彦 孙振英 李 建 李新领 张荣珍

郑春花 赵荣菊 贺瑞肖 徐彩玲 阎国敏 康文学

董金锁 霍光军 薛 莲 薛开吉

图书在版编目 (CIP) 数据

沼气实用技术/薛开吉, 李建主编. —石家庄: 河北科学技术出版社, 2008. 10

ISBN 978-7-5375-3762-9

I. 沼… II. 薛… III. 甲烷-技术 IV. S216.4

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第161138号

机电应用与实用技术

沼气实用技术

薛开吉 李 建 主编

出版发行 河北科学技术出版社

地 址 石家庄市友谊北大街330号 (邮编: 050061)

印 刷 河北供销印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/32

印 张 9.375

字 数 202000

版 次 2009年1月第1版

2009年1月第1次印刷

定 价 15.00元

<http://www.hbstp.com>



利用生物质制取沼气，既能合理利用生物质资源，实现能源再生，又可除弊兴利，实现生态平衡的良性循环。从而，为国民经济发展，尤其是为农村经济发展和增加农民收入提供了可靠的能源保障；也为改善城镇环境，治理污染开辟了一条一举多得的途径。所以，发展沼气事业，是实施科技兴国战略和可持续发展战略，实现农业现代化的一项重要措施。

我国沼气建设取得了举世瞩目的成就，沼气技术在建设文明富裕的社会主义新农村中，受到农民群众的普遍赞誉和青睐。为了广泛传播沼气知识，推进沼气事业不断发展，河北省农业广播电视学校石家庄市分校编写了《沼气实用技术》一书。本书着重介绍沼气应用技术，力图在总结多年教学和生产实践基础上，博采众长，择优选精，展现出上世纪90年代农村沼气技术的先进水平，为农民群众、农村工作者和沼气爱好者，提供一部通俗易懂的科普读物和多项效益兼备的致富途径。

在编写过程中，参考一些专家、学者的研究成果和技术资料，并引用了有关单位的沼气生产实例，在此一并致以真挚的谢意。

该书由郭梦云、董金锁、薛开吉统一修改、审校、定稿。

由于我们的专业知识有限，收集的资料不全，书中疏漏和错误实属难免，敬请广大读者批评指正。

作 者



第一篇 沼气的开发利用概况	(1)
第一章 发展沼气的目的、意义及过程	(1)
第一节 发展沼气的目的和意义	(1)
第二节 我国沼气的发展过程	(7)
第二章 沼气发展的现状及对策	(11)
第一节 沼气发展的现状	(11)
第二节 沼气的发展前景与对策	(14)
第二篇 沼气发酵	(17)
第三章 沼气的制取原理	(17)
第一节 沼气发酵微生物	(18)
第二节 沼气的性质	(25)
第三节 沼气发酵过程	(26)
第四章 沼气发酵原料	(29)
第一节 原料的种类及数量	(29)
第二节 原料的成分	(32)
第三节 原料的产气性能	(34)
第四节 原料产气量的计算和表示法	(37)
第五章 发酵工艺	(40)
第一节 发酵的基本条件	(40)
第二节 工艺类型	(46)

第三节	工艺的选型	(48)
第六章	农村沼气发酵典型工艺	(51)
第一节	农村家用水压式沼气池发酵工艺	(51)
第二节	低浓度启动高浓度沼气发酵	(57)
第三节	沼气干发酵工艺	(61)
第四节	沼气两步发酵工艺	(63)
第七章	指标检测与发酵管理	(66)
第一节	挥发酸的测定	(66)
第二节	pH 值的测定	(70)
第三节	硫化氢的测定	(73)
第四节	氨氮的测定	(80)
第五节	产气量的测定	(85)
第六节	沼气成分的测定	(89)
第七节	沼气发酵的运转管理	(95)
第三篇	发酵装置	(103)
第八章	沼气池的设计与选型	(103)
第一节	沼气池及其工作原理	(103)
第二节	沼气池的选型	(105)
第三节	沼气池的设计	(107)
第九章	沼气池的建造和检修	(114)
第一节	建池材料	(114)
第二节	农村家用水压式沼气池的建造	(122)
第三节	分离浮罩式沼气池的建造	(130)
第四节	红泥塑料沼气池的建造	(134)
第五节	沼气池的配套装置及安装	(136)
第六节	沼气池的渗漏检查	(142)

第七节	沼气池及管网的检修	(145)
第十章	农村家用典型池型	(151)
第一节	曲流布料沼气池	(151)
第二节	宁 V 小康型沼气池	(154)
第三节	自动排料沼气干发酵装置	(157)
第四节	上流式浮罩沼气发酵装置	(159)
第五节	饲、气、肥多功能沼气池	(164)
第六节	小型高效沼气池	(170)
第七节	三位一体综合设施	(175)
第四篇	沼气、沼液和沼渣的应用	(181)
第十一章	沼气能的应用	(181)
第一节	沼气作为生活用能	(182)
第二节	沼气作为生产用能	(190)
第十二章	沼气肥的应用	(196)
第一节	沼气肥的组分、功能及增产效果	(196)
第二节	沼气肥的施用方法	(200)
第十三章	沼气、沼液和沼渣的综合利用	(204)
第一节	沼气的综合利用	(204)
第二节	沼液的综合利用	(209)
第三节	沼渣的综合利用	(213)
第四节	沼液和沼渣的综合利用	(215)
第五节	沼气、沼液和沼渣综合利用模式	(222)
第五篇	大中型沼气工程概述	(231)
第十四章	装置系统	(231)
第一节	厌氧消化装置	(231)
第二节	沼气脱硫装置	(236)

第三节	沼气的贮存装置.....	(239)
第四节	输配装置.....	(242)
第五节	沼气发酵前后处理装置.....	(246)
第十五章	大中型沼气发酵工艺.....	(250)
第一节	发酵原料.....	(250)
第二节	发酵工艺.....	(255)
第十六章	沼气工程运转实例.....	(261)
第一节	酒厂沼气工程.....	(261)
第二节	猪场沼气工程.....	(266)
第三节	牛场沼气工程.....	(270)
第四节	鸡场沼气工程.....	(273)
第五节	大中型沼气发电工程.....	(276)

附录		(282)
-----------	-------	-------

附录一	常用非法定计量单位与法定计量单位 的换算关系.....	(282)
附录二	常用燃料的热值.....	(284)
附录三	几种气体的着火点及爆炸限度.....	(284)
附录四	常用面积计算方法.....	(285)
附录五	常用体积计算方法.....	(286)

参考文献		(288)
-------------	-------	-------

第一篇 沼气的开发利用概况

第一章 发展沼气的目的、意义及过程

沼气的开发利用,不仅能解决农村缺柴少电的部分问题,缓解农村能源供需矛盾,而且可综合利用物质资源,为农业提供优质有机肥,扩大肥源和饲料来源,保护生态环境,促进农业生态良性循环。所以,沼气的开发利用是关系到我国能源建设、肥料建设、生态环境建设的大事。我国一向重视沼气的开发利用,沼气的发展经历了试办、大办、整顿的曲折过程,终于走上了稳步、健康发展的轨道。现在,我国的沼气建设正向现代化、产业化和国际化方向迈进。

第一节 发展沼气的目的和意义

最初人们开发沼气仅为获取生活用能,随着科学技术的进步,逐渐认识到沼气建设的综合效益、现实意义和深远的历史意义。

一、发展沼气的目的

沼气是一种可再生的优质生物能。农村开发利用沼气的最初目的主要是解决日常炊事和照明等方面的生活用能。沼气灯有电灯一样的亮度,但没有触电的危险,且成本低,运

用自如，可照亮千家万户；用沼气做饭既方便，又卫生，没有烟熏火燎的痛苦，所以发展沼气备受群众欢迎。

开始人们建造沼气池只注重多产沼气，提出宁“稀”勿“干”的发酵工艺，千方百计地提高沼气池产气率，以满足炊事、照明用能的需求。后来发现沼气发酵后的渣水是很好的有机肥，办沼气开始考虑气肥兼顾，在习惯用固体肥的地区开展高浓度发酵，乃至干发酵，目的在于得到足够的沼气和有机肥。随着科学技术的不断进步和人民生活水平的日益提高，人们对兴办沼气提出了更高的要求，促进了沼气综合利用的发展。从而沼气的利用逐渐由点灯、做饭的生活领域向种植、养殖、加工业等生产领域、生态领域和环保领域等方面发展。现在农村发展沼气的目的除满足生活用能和农业用肥外，还渴望以沼气技术为纽带，把多种经营联合起来，实现多环节、多层次和高效益的生态农业循环，使有机废弃物资源化，从而获取可观的经济效益、生态效益和社会效益。

二、发展沼气的意义

多年的实践证明，沼气的开发利用是农村可持续发展战略的重要内容之一，是利在当代功在千秋的大事，具有很好的现实意义和长远的历史意义。

1. 合理利用生物质资源 我国的生物质资源从总量看是比较多的，除城市工业有机废渣、废水、垃圾、生活污水外，大部分生物质资源都集中在农村。据有关资料介绍，我国的农业废弃物约有 11.46 亿吨，但由于人口众多，实际人均资源占有量低于世界平均水平，又由于我国地域辽阔，资源分布零散不均，薪柴、秸秆和其他农业废弃物体积膨松、不

便收集和运输，因此大多就地使用。因受常规能源供应、传统习惯、经济基础和技术条件等诸多因素的影响，从资源开发利用的总体看，目前落后的利用方式仍占主导地位。我国有 12 亿人口，其中有 9 亿人口生活在农村，其 3/4 的生活用能主要依靠直接燃烧薪柴和秸秆来解决，燃料利用率很低，造成资源的极大浪费。

生物质资源具有燃用、饲用和肥用等多种价值。沼气技术是变废为宝的高效转换技术，遵循“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求效益”的农村能源建设方针，采用以沼气为纽带的生物质资源综合利用技术，通过集约化生产，使生物质资源得到多层利用，在获取清洁能源的同时，沼气发酵残留物经过二次开发，可实现资源综合利用，形成综合规模效益，所以发展沼气是资源合理利用的有效途径。

2. 缓解农村能源供需矛盾 农村能源是关系到农民生活、生产和实现农业现代化的大问题。长期以来，农村能源短缺，制约了农村经济的发展，尽管国家采取了一系列开源节流的补救措施，也取得了一定的成效，但农村能源供需矛盾仍十分严峻。

(1) 用能总量持续增加。随着农村社会经济的迅速发展和人口的不断增加，以及高产、优质、高效农业建设的需要，农村生活、生产用能总量将持续增加，尤其是商品能源和生产用能的比重迅速上升（表 1-1）。

(2) 农村能源缺口大。我国农村能源缺口很大，据王革华等同志研究报道，到 2000 年，从农村地区的能源自产和需求量来看，能源缺口将高达 1.6~2 亿吨标准煤。从国家大能源系统看，1992 年全国能源生产总量为 11 亿吨标准煤，农村

表 1-1

农村能源消费情况

单位:万吨标准煤

年度	部门	薪柴	秸秆	沼气	生物质小计	煤炭	油品	电力	气体燃料	商品能源小计	合计
1979	合计	10377	11369		21746	5815	1427	1658		9500	30846
	生活	10377	11369		21746	3258	151	310		3719	25465
	生产					2557	1276	1348		5181	5181
1987	合计	13263	13032	60.3	26355.3	18320	2464	3003	46.4	23833.4	50188.7
	生活	13263	13032	60.3	26355.3	5958	189	498	46.4	6691.4	33046.7
	生产					12362	2275	2505		17142	17142
1992	合计	11029.6	13549.8	82.3	24661.7	23844.6	3239.2	5316.4	54	32454.2	57115.9
	生活	9347.3	13549.8	82.3	22979.4	7888.7	141.2	1120.5	54	9204.4	32183.8
	生产	1682.3			1682.3	15955.9	3098	4195.9		23249.8	24932.1

注:摘自王革华《新形势下农村能源建设发展战略研究》。

地区的能源消费占当年能源生产总量的 29%，按这个比例计算，如果 2000 年全国一次性能源的生产总量为 14 亿吨标准煤的话，届时农村地区的能源供应缺口约为 0.5 亿吨标准煤，商品能源的缺口更大。

沼气可分散生产，就地使用，成本低，见效快。作物秸秆、落叶、杂草、人畜粪便、生活垃圾和污水等有机废弃物经过厌氧发酵，可产生高品位生物能。通过沼气发酵技术，一是可把不能直接作为燃料的废弃物转换为清洁能源，二是秸秆类通过沼气发酵产生高热值的沼气能，比直接燃烧秸秆节约一半以上的能源。所以办沼气具有开源节流的双重作用。多年实践证明，开发利用沼气是缓解农村能源供需矛盾的有效途径。

3. 促进农业和绿色食品生产 所谓绿色食品是指通过无公害的有机耕作方法，即以无害化的人畜粪便、绿肥等有机肥代替化肥，以生物防治技术代替农药，在特定条件下生产出来的无污染、安全、高营养的粮食、水果和蔬菜等农产品。

沼气发酵残留物即沼气渣水含有作物必需的氮、磷、钾三大要素，还含有多种微量元素，是作物的优质有机肥。同时沼气渣水符合绿色食品生产的需要，一是各种废弃物特别是人畜粪便经过厌氧发酵后，其中的虫卵和病菌大部分被杀死，沼气渣再经高温堆沤，基本达到无害化处理要求；二是沼气液不仅有较高的肥效，还有一定的抗病虫害作用，用沼气液浸种或喷施作物叶面，可使作物秧苗健壮，抗病虫害能力增强，起到生物防治的作用；三是兴办沼气还可避免人们焚烧秸秆和杂草、落叶，有利于净化环境。

综上所述，发展沼气可为绿色食品的生产提供无害化优良有机肥，用沼气液浸种、喷施叶面可防治病虫害，不用农药，具有生物防治的作用，发展沼气可实现闭锁式的良性循环，可创建良好的生态环境，所以发展沼气是促进农业发展特别是绿色食品生产的绝好办法。

4. 有利于环境保护 环境保护是我国的一项基本国策。环境的恶化是指环境的污染或生态系统失调。

(1) 导致环境恶化的原因。

①废物的排放。长期以来，由于人们的能源意识和环境意识不高，在企业的经营活动中，往往从自身的眼前利益出发，为急于致富，饥不择食，不惜以浪费资源、污染环境为代价，选用的项目耗能大，污染严重，如小化工、小制革、小电镀、小造纸业等，生产过程中产生的废渣、废气、废液大多不加处理，任意排放，加上环保投资力度不够，使农田、水体、空气受到不同程度的污染。据不完全统计，全国累计遭到污染的耕地已达 1000 万公顷，有 82% 的江河、湖泊也受到不同程度的污染。从总体看，目前的环境状态令人担忧。

②资源的无序利用。我国农村地区长期面临着能源严重不足的困扰，农村一直沿袭着原始的用能方式，能源资源的开发利用长期处于无序状态。农民为了解决生产、生活用能，每年要烧掉 2/3 的秸秆和大量薪柴，由于林木的过度采伐，植被破坏，水土流失，秸秆的低效燃烧，造成饲料紧张，有机质不能还田，土壤肥力下降，久而久之，生态环境遭到持续性破坏。

(2) 发展沼气是保护环境的有效措施。沼气的制取是当地自然资源，生物(动植物、微生物)关系和新技术的具体利

用。在一定的工艺条件下，人们利用厌氧发酵技术，把工业有机废渣水、垃圾、粪便、秸秆、杂草和落叶等废弃物转化为沼气，化害为利。一方面为农民生产、生活提供能源，节约薪柴和煤炭，有利于饲养业的发展和植被的保护；另一方面，沼气发酵后的渣水是很好的有机肥，可用于改土、培肥、调控土壤环境，有利于农业增产；同时各种农业废弃物通过沼气发酵，可杀死各种病菌和虫卵，减少污染源，除害灭病。发展沼气对环境质量有十分重要的调控作用，有利于我国碧水、蓝天和绿地的保护，所以发展沼气是保护环境的有效措施。

第二节 我国沼气的发展过程

沼气的发展至今已有 100 多年的历史，从现有的资料看，我国沼气的研究、开发利用和发展起始于 20 世纪 20 年代。罗国瑞先生从减少煤油进口和解决燃料的问题出发，开始研究人工制取沼气的技术。在总结前人经验的基础上，经过十多年的反复试验、研究，终于成功地建造了第一个家用水压式沼气池，即“中华国瑞天然瓦斯库”。以后，又连续建造了十余个沼气池，个个池子运转良好，颇受用户欢迎。1929 年，正式成立“国瑞瓦斯（又名沼气）灯公司”，1930 年，经轻工业部批准，取得专利权。随后将公司迁至上海，改名为“中华国瑞瓦斯总行”，开始在全国承包建造沼气池，销售建池物资和炉、灯具、压力表等配套设备。业务开展很活跃，许多户纷纷要求建池。为克服技术力量不足的困难，罗国瑞先生及其同事们举办沼气技术培训班，编写了《中华国瑞天然瓦斯

库实习讲义》等教材，向学员们系统传授沼气技术，为全国各地培训了大批沼气技术人员。30年代，沼气技术在我国许多地方得到推广应用。在上海、江苏、浙江、广东、福建、湖北、湖南、安徽、四川、河南、陕西、云南等十多个省市成立了推广沼气的瓦斯分行，建池300多个。30年代，我国的电力供应尚未普及，只有少数大城市使用电灯照明，中小城市和乡镇还停留在用煤油灯、动植物油灯照明的水平。推广沼气的目的主要是解决工厂、商店、庙寺和家庭的照明问题，也兼顾部分炊事用能。1936年，罗国瑞先生在浙江省建造的7只并联长方形沼气池，池容积96立方米，所产沼气供70多个商店和住户点灯照明，这是我国第一个商业性的“天然瓦斯灯站”。据农业部成都沼气科学研究所等单位调查，30年代生产的沼气用于照明、做饭、炒菜、制作饼干、消毒医疗器械、烧制灯泡、做照相光源等多方面，在上海沼气发电也获得成功。

30年代保留下来的沼气池有50多个，池型多为长方形，也有一些圆柱形池，池容积小的6立方米，大的108立方米，建池材料多为砖石结构，少数是三合土结构。建池质量很好，从建池到管理由专人负责，使用良好。日本帝国主义侵入中国后，“中华国瑞瓦斯总行”随之遭到破坏，我国30年代推广的沼气工作被迫中断。

50年代，我国又一次掀起办沼气的高潮，目的主要是解决农民炊事用能问题。由于科学技术和物质条件所限，建池质量不高，又缺乏科学管理，使沼气的发展受到影响，以失败而告终。

从70年代起，我国沼气的发展大体经过大发展时期、调