

符 主 编

ZHAOQI

沼 气 工 艺 学

农 业 出 版 社

沼 气 工 艺 学

徐曾符 主编

农业出版社

学 艺 工 产 部

江苏工业学院图书馆
藏书章

沼 气 工 艺 学

徐曾符 主编

农业出版社出版、发行（北京朝内大街130号） 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 19.75印张 438千字

1981年9月第1版 1981年9月北京第1次印刷

印数 1-20,700册

统一书号 16144·2298 定价 2.00元

编 审 人 员

- 主 编：徐曾符 浙江省沼气太阳能研究所
- 副主编：刘克鑫 中国科学院成都生物研究所
封光炳 浙江省建筑研究所
- 编 写：胡丽娜 北京市农业科学院
奚黛玲、李聚 北京市公用事业研究所
曹国强 四川省建筑研究所
蒋大中、秦菊英 浙江省建筑研究所
任元才 农业部成都沼气研究所
吴金鹏 浙江农业大学
王信全、罗淑英 四川省农业机械研究所
徐洁泉 中国科学院成都生物研究所
郁 郁 江苏省寄生虫病防治研究所
田声高 四川省农业科学院
- 审 稿：胡成春、徐泽光 国家科委
谢志恒、屠家宝 全国沼气建设领导小组办公室
文继皋 四川省建筑研究所
徐可南 四川省农业科学院
曹泽玺 四川省农业机械研究所
黄 聪 中国科学院广州能源研究所
章成骏 同济大学
彭武厚 上海工业微生物研究所
何尚炎 江苏省寄生虫病防治所
温吐林 浙江省农业科学院
吴润泉 浙江省沼气办公室
唐振方 江苏省沼气办公室

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 沼气发酵原理与工艺

第一章 沼气发酵微生物学	7
第一节 沼气发酵微生物概论	7
一、沼气发酵三阶段的微生物	8
二、沼气发酵微生物的种类和数量	9
三、沼气发酵微生物的生态环境	10
第二节 不产甲烷微生物	12
一、不产甲烷细菌的种类和数量	12
二、不产甲烷细菌的作用	16
第三节 产甲烷细菌	19
一、生命的第三种形式	19
二、甲烷细菌的形态	19
三、甲烷细菌的分类	21
四、甲烷细菌的营养	25
五、甲烷细菌的繁殖	27
六、甲烷细菌的能量代谢	27
第四节 沼气发酵中微生物的相互关系	28
一、相互协同和相互制约维持发酵过程的平衡	29
二、相互关系的典型表现——产甲烷菌与产氢菌的相互作用	30
三、产甲烷菌与“卫星菌”的相互关系	32
四、不产甲烷细菌之间的相互关系	33
第五节 沼气发酵微生物的分离培养方法	33
一、产甲烷细菌的分离培养方法	33
二、其他厌氧菌的分离培养方法	40
第二章 沼气发酵的生物化学	45
第一节 沼气发酵的生物化学过程	46
第二节 复杂有机物的分解代谢	48
一、碳水化合物的分解代谢	48
二、类脂化合物的分解代谢	54
三、含氮化合物的消化	55
第三节 甲烷形成的理论和研究现状	56
一、甲烷形成的理论	56
二、从乙酸产生甲烷的途径	59

三、巴克的设想	60
第四节 与甲烷形成相关的几个因子	61
第三章 沼气发酵工艺学	67
第一节 沼气发酵的工艺条件及其控制	67
一、严格的厌氧环境	67
二、发酵原料	68
三、发酵温度	74
四、pH	76
五、搅拌	77
六、压力	78
七、接种物	80
八、添加剂和抑制剂	80
九、“病态池”的诊断与治疗	83
第二节 沼气发酵工艺过程	84
一、按发酵温度划分的沼气发酵类型	84
二、按发酵方法划分的沼气发酵类型	85
三、按发酵级差划分的沼气发酵类型	88
四、几种其他沼气发酵工艺	89
第三节 农村沼气发酵的设计与操作	91
一、发酵原料的选择和计算	91
二、原料预处理	93
三、总固体和挥发固体的测定	94
四、按碳氮比配料	94
五、加接种物	95
六、发酵产气及气体收集使用	95
七、原料的消耗与补充	95
八、出料(或排放)	95
第四节 安全措施	95
一、安全发酵	95
二、安全管理与安全用气	96
三、安全维修	96
四、沼气窒息性中毒后的抢救	97

第二篇 沼气池的设计与施工

第四章 沼气池的结构型式及工艺参数	99
第一节 结构型式	99
第二节 工艺参数	104
第五章 建池材料	106
第一节 材料选用	106
第二节 几种建池材料的配制及性能	109
一、普通粘土砖	106
二、石材	107

三、石灰	107
四、水泥	108
五、普通混凝土	110
六、低标号混凝土	114
七、无熟料水泥混凝土	116
八、灰土材料	118
九、砌筑砂浆	119
第三节 密封材料	122
第六章 设计与计算	123
第一节 荷载与组合	123
第二节 圆形池的静力计算	126
一、几何特征计算	126
二、削球形池盖静力计算	130
三、圆柱形池墙静力计算	132
四、池底计算	133
第三节 球形池的静力计算	138
一、本公式	138
二、静力分析	140
第四节 卧式拱形池的静力计算	145
一、几何特征	145
二、静力计算	148
第五节 地基与基础	158
第六节 截面选择	158
一、无筋砖石砌体构件的强度验算	158
二、混凝土构件的强度计算	160
三、强度计算指标	161
第七节 浮罩式贮气柜的设计与计算	167
一、浮罩式贮气柜的结构型式及最佳尺寸	167
二、气柜计算	167
第八节 中型沼气池配套工程的规划及设计	168
第七章 施工技术	169
第一节 土方工程	169
第二节 圆形池的施工	170
一、砌块建池技术	170
二、整体建池施工工艺	173
第三节 球形沼气池的施工技术	177
第四节 卧式拱形沼气池的施工技术	179
第五节 钢筋混凝土浮罩式贮气柜施工	180
第六节 特殊地基地区建池	181
一、高水位地区建池技术	181
二、膨胀土地区建池技术	184
三、页岩地区建池技术	184

第七节 沼气池的施工操作与安全要求	186
第八章 沼气池的检查与维修	186
第一节 沼气池的渗漏检查	186
第二节 沼气池的维修	188
第九章 几种其他型式的沼气池	189
第三篇 沼气及其发酵残余物的应用	
第十章 沼气燃烧原理和燃烧器	191
第一节 沼气的成分及其物理性质	191
一、沼气的成分	191
二、沼气的分子量及气体常数	191
三、沼气池的压力	192
四、沼气的物理性质	192
第二节 沼气的燃烧反应	197
一、质量作用定律和化学平衡	197
二、化学反应速度	198
三、温度对化学反应速度的影响	200
四、压力对化学反应速度的影响	201
五、链式反应	202
第三节 沼气的燃烧特性	203
一、沼气的热值	203
二、理论空气需要量及过剩空气系数	204
三、燃烧产物——烟气	205
四、热平衡方程式与燃烧温度	206
五、沼气的着火及其浓度极限	207
六、火焰传播速度	212
第四节 沼气的燃烧方法	217
一、扩散式燃烧	217
二、大气式燃烧	219
三、无焰式燃烧	224
第五节 沼气燃烧器及其炉具	224
一、评价民用沼气炉具的质量标准	225
二、扩散式沼气燃烧器	226
三、大气式沼气燃烧器及用途	227
四、沼气红外线无焰燃烧器	241
五、我国民用沼气炉具简介	243
第十一章 沼气在内燃机上的应用	245
一、沼气在内燃机上的应用方法	246
二、柴油机改装为气体燃料发动机	246
三、柴油机改装成双燃料发动机	247
四、小容量异步发电机	254
第十二章 沼气发酵残余物在农业上的应用	259

第一节 发展农村沼气扩大有机肥源	259
一、单施无机肥对农业的影响	259
二、兴办沼气扩大肥源	260
第二节 发展农村沼气提高肥料质量	261
一、有机肥料的积制方法	261
二、有机质在沼气发酵中的变化与提高肥效的关系	262
三、氮素的转化和保存	263
第三节 发展农村沼气与作物增产和改良土壤	264
一、沼气的养分含量	264
二、沼气的增产效果	264
三、沼气肥对改良土壤的效果	267
第四节 沼气的施用技术	268
一、直接洒喷水肥	268
二、浇肥	268
三、随灌溉水浇施	268
四、与化肥配合施用	269
五、作浸种催芽、无土栽培的营养液	271
六、制作营养钵、营养土	271
第十三章 沼气发酵及其残余物的其他用途	272
第一节 利用沼气生产氯甲烷类化合物	272
一、氯甲烷类化合物的用途	272
二、反应原理	273
三、工艺流程	273
第二节 生产维生素B ₁₂ 及其他	276
第十四章 沼气发酵处理粪便与环境卫生	278
第一节 粪便无害化处理的意义	278
一、粪便与疾病传播	278
二、粪便处理的卫生指标	278
第二节 沼气发酵处理粪便的效果	279
一、在高温、中温沼气发酵条件下的处理效果	279
二、在常温沼气发酵条件下的处理效果	281
三、沼气发酵其他因素对杀灭虫卵的作用	282
四、沼气发酵残渣的处理效果	282
五、沼气发酵处理粪便控制有关疾病流行	283
第三节 影响沼气池处理粪便效果的因素	284
一、池型结构	284
二、搅拌	284
三、管理办法	284
第十五章 有机废弃物的厌气性处理	285
第一节 有机废弃物的资源	285
一、有机废弃物的种类	285
二、有机废弃物的数量	285

第二节 有机废弃物的性质	287
一、城市生活污水的成分和性质	287
二、工业废水的种类及其处理	288
三、城市垃圾的性质	290
四、人畜禽粪便	291
第三节 有机废物厌氧性处理工艺	292
一、厌氧性处理的工艺类型	292
二、厌氧性处理的工艺流程	293
三、厌氧性处理的工艺条件和操作	293
四、厌氧性处理的主要设备	295
五、厌氧处理的效果	297
参考文献	299

绪 论

能源是发展工农业生产和提高人民生活水平的重要物质基础。工农业生产的发展速度，往往取决于能源的合理开发和利用的程度。一般地说，在工业化初期，一个国家的能源消费量及其增长速度与国民生产总值及其发展速度是成正比例的，因此能源消耗量往往成为衡量一定时期一个国家的经济和技术水平的重要标志。

人类社会已经历了由薪柴到煤炭，和由煤炭到石油、天然气的两次能源变革。随着世界石油危机和环境污染问题的提出，又开始了第三次能源变革，即由有限的矿物燃料向无限的可再生能源（包括太阳能、生物能、风能、水能等）以及核能（包括裂变）的转变。

在可再生能源中，生物能是自然界各种植物通过光合作用，将太阳辐射能转换成化学能而固定下来的一种自然资源。不论作物秸秆、树木茎叶、人畜粪便，或是工农业生产和人民生活的有机废物，都是直接或间接来源于植物光合作用，在此意义上，生物能也是太阳能利用的范畴。

世界上生物能的资源是非常丰富的。美国康奈尔大学的学者估计，全世界陆地和海洋所有生态系统中，每年干有机物的净产量为1640亿吨，其中陆地上的为1100亿吨，占70%，这个数字相当于目前世界全年总能耗量的五倍多。英国《自然杂志》（1979年）也指出：地球上的植物，每年靠光合作用固碳 2×10^{11} 吨，相当于生产 3×10^{21} 焦耳的能量，为世界每年能耗量的十倍。中国生物质的生产量约为50亿吨干物质，其中农业生产量7亿多吨，即相当于中国目前全年总能耗量的2.5倍。

生物质资源虽如此丰富，但如何有效地、合理地利用它，却是一个值得注意的问题。

全世界约有十五亿人用薪柴和作物秸秆作燃料，还有众多的人直接烧畜粪。我国八亿农民的生活燃料中约有80%直接燃烧柴草和作物秸秆，不仅烧掉了大批可作饲料、肥料的自然资源，而且浪费了大量砍柴劳力，毁坏了大量林木、植被，造成水土流失，破坏生态平衡，直接影响农、林、牧、副的发展。从生物能的合理利用来说，直接燃烧生物质，只部分地利用它的热量，未充分利用它的肥料成分；另一方面，把作物秸秆沤肥或直接还田，虽可利用它的肥料成分，却损失了可以利用的热量，两者都不是有效地和合理地利用生物能源。假如先将生物质作为人类食物和牲畜饲料，而后将人畜排泄物和作物秸秆等一起投入沼气池发酵，就可不仅得到燃气和有机肥料，还可进一步由此制取化工产品。这样就使生物资源得到多次利用和综合利用，因此沼气发酵是生物能源的一种最有效的转换方式。联合国粮农组织、工业开发组织、环境规划署和技术合作部等也都先后组织专业考察团来我国访问，并委托我国举办沼气讲习班和帮助发展中国家修建沼气池。

为了比较系统地，从理论到实践地介绍我国沼气建设的基本经验，供大专院校有关专业师生和从事能源利用、研究工作者的参考。《沼气工艺学》一书将就沼气发酵的理论，它的装置和制取及其应用等方面进行阐述。

第一篇介绍沼气发酵原理和工艺，包括沼气发酵微生物学、沼气发酵生物化学和沼气发酵工艺学。着重介绍自然温度为主、混合原料为主、半连续单级发酵为主的工艺类型。

第二篇介绍沼气发酵装置的设计与施工。着重介绍怎样从我国农村实际出发，因地制宜，就地取材设计池型，选用材料和制定施工工艺。

第三篇介绍沼气及其发酵残余物的应用，着重介绍沼气的燃烧特性，沼气灯炉具的设计，沼气用作动力的研究，沼气发酵残余物在农业上的利用，以及怎样制取化工产品等等。

以上三篇之间和每篇各章节之间都是有着内在的联系。沼气发酵微生物学和沼气发酵生物化学是沼气发酵的基础理论；而发酵工艺和发酵装置则是为了满足微生物的生命活动而提供的必要条件，是进行沼气发酵的必要手段；沼气发酵的应用则是为了有效和合理地利用生物质能以适应社会发展中生态和能源平衡的需要，是人们所以要进行沼气发酵的目的。

由于沼气是由微生物产生的，是微生物生命活动的结果，只有了解发酵微生物的种类、生活条件和代谢途径，才能掌握沼气形成的规律。因此，研究沼气工艺学必须先弄通沼气发酵的理论基础，而后，在此基础上研究各类群微生物的适宜生活条件以及它们在厌氧生态系统中的消长和代谢平衡，才能设计沼气发酵工艺条件及其控制，设计沼气发酵工艺类型及其工艺流程。另一方面，沼气发酵微生物学和沼气发酵生物化学的发展，又必将促进新的发酵工艺改革和要求新的发酵装置，并为进一步扩大沼气应用创造新的条件。因此发酵微生物是《沼气工艺学》研究的中心。

一、我国沼气建设的主要经验

我国早在三十年代就有不少地方开展了沼气的制取和应用工作。如著名科学家周培源教授于1936年即在江苏省宜兴县建造了水压式、活动盖、埋入地下的沼气池，用以烧饭点灯。浙江省诸暨县安华镇也在同年用沼气供应居民照明。河北省武安县于1937年在室内建池，至今完好，仍可产气。

1958年全国不少省市曾推广过沼气，但由于缺乏经验，没有巩固下来。1973年四川等省总结了经验教训，加强了试点工作，到1974年底全国累计建沼气池四十六万个。1975年农林部和中国科学院在四川召开了全国沼气现场经验交流会，促使各地沼气工作有了进一步的发展，到1976年底累计建池三百四十多万个，使全国推广工作由试验示范阶段进入到有计划地成片发展。1978年国家把发展沼气作为农业基本建设的重要项目，制定了“加强领导，积极推广，成片发展，稳步前进”的方针和一系列经济政策，全国累计建池近七百万个，有二十一个县，一千九百多个人民公社和一万七千多个生产大队基本上实现了沼气化，即其中70%的农户约三千万户社员用上了沼气。沼气应用也开始由生活领域向生产领

域、由农村向城镇、由常温发酵技术向中温发酵发展。在一些社队和国营农牧场、屠宰场、酒厂、食品公司等单位，还建了三万六千多个容积较大的沼气池，利用沼气开动内燃机，进行抽水喷灌、碾米磨面、粉碎饲料，或干燥农副产品（谷物、烟叶、茶叶、蚕茧等）。有的还利用沼气发酵液和沉渣沤制肥料，养鱼，种蘑菇，提取维他命乙₁₂和四氯化碳等化工产品。目前，全国已建成小型沼气动力站715处，小型沼气发电站617处。一些城镇还利用沼气池厌氧发酵处理城市污水和粪便，初步取得了成绩。

沼气利用在我国农村迅速推广的原因，主要是由于农村能源缺乏，群众迫切需要解决烧的问题。各级党委加强了领导，从组织上、政策上、技术上、资金上、物资上采取了许多措施，帮助社队扬长避短，发挥优势，依靠人民公社集体力量和社员群众的积极性，有计划地、有组织地进行沼气建设。

（一）从我国农村实际情况出发，因地制宜，就地取材，讲求实效 我国农村幅员辽阔，各地的气候与土质条件迥异，建筑材料和发酵原料的来源也差别很大，饮食和用燃习惯又各不相同，因此必须区别南方与北方，沿海与内陆，山地与平原，采取因地制宜，就地取材，讲求实效的原则来设计不同的沼气池型和不同的发酵工艺，并且通过现场会议、专题讨论会、选型会议等形式，及时总结交流各地经验，促使这一工作稳步前进。

（二）制订正确的经济政策，把个人、集体、国家三者利益统一起来 我国目前的农业生产还比较落后，农民生活水平较低，农业积累也比较少，沼气建设所需的资金，如全部由农民个人或社、队集体负担，都较为困难，如全部由国家负担或补贴，也不可能，因此采取社员自办为主，集体和国家扶持为辅的原则，根据生产队（大队）的收入和积累水平，由社员群众讨论个人投资和集体补助的比例。穷队或困难户由银行、信用社予以低息贷款。建池所需水泥和少量钢材由国家计划供应，物资运输和技工工资由社队统一安排，社员参加建池辅助劳动和负担购备配件。这样，沼气池既是社员自己的生活资料，又是集体的生产资料。沼气池所产的沼气由个人使用，沼气池的肥料由集体管理，统一安排，建立合理的投肥政策和进出料制度，使个人、集体、国家的利益统一起来，保证沼气建设不断巩固和提高。

（三）沼气建设必须与国民经济计划的要求相适应 我国实行计划经济，农村沼气建设作为农业基本建设项目列入了国民经济计划，实行山、水、田、林、路、沼气统一规划，综合治理，并和农业机械化、发展社队企业及建设新农村结合起来，分期分批地成片发展。

推广沼气的重点放在严重缺柴和血吸虫病流行的农村，有条件的企事业单位和城镇也可试建大、中型沼气池，以求适当增加动力和电力的部分来源。

（四）沼气建设必须有一支热心四化、技术上过得硬的专业队伍 沼气是一种分散性能源，千家万户办沼气必须加强领导，建立各级推广沼气的班子。社队要有建池和管理的专业组织并配有专职的技术辅导人员。省、县沼气（或新能源）建设办公室（局）要抓好技术培训工作，搞好有说服力的样板，使群众亲眼看到和认识到办沼气对自己和对集体的好处。

在沼气科研工作上坚持理论与实践相结合的原则，采取专业研究与群众性科学实验相结合的办法，以专业研究为主，同时积极鼓励群众开展技术革新。专业研究的课题来自群众实践的需要，而科研成果又再拿到实践中去让群众检验，这样才能保证沼气科研工作不断提高到新的水平。

(五) 必须处理好巩固与发展的关系 实践证明，建池是基础，管理是关键，使用是目的。一哄而起，到处布点，盲目追求数量，忽视建池质量的做法是不对的。另一方面，重建轻管，或只建不管的思想也是有害的。沼气池必须坚持质量第一，切实把好质量验收关，对病态池必须及时处理，并落实好投肥等经济政策和建立必要的管理制度。在国民经济调整期间，更应着重抓好对现有沼气池的管理和巩固提高工作，认真总结经验，同时加强科研工作为今后进一步发展做好技术准备。

我国沼气建设虽取得了一些经验，但在前进中仍存在很多问题。这些问题主要是对沼气发酵基础理论和基本技术研究得不够，许多基本数据还有待总结提高，沼气池的产气率不高，利用率还较低，燃烧效率和发酵装置的配套率还较差。所有这些都必须认真对待，研究改进。

二、沼气建设在发展国民经济中的作用

农村办沼气，可以就地收集发酵原料，就地利用建池材料，就地使用，因此投资较小。一个农户建 10 立方米左右的沼气池，可供一家生活用燃料六到八个月或更多一点时间，建池材料费约 50—80 元，一般一年或较多一点时间节约下来的燃料费支出就可收回投资。而且从建池施工到产气使用，一般只需二十多天时间，可以利用农事间隙进行。

如前所述，沼气发酵原料的资源是非常丰富的。如将全国农村现有人畜粪便和作物秸秆的一半用来制取沼气，即可每年生产 683 亿立方米沼气，除了满足八亿农民的生活用燃气外，还余 60 亿立方米的沼气可用于搞沼气动力或每年发 90 亿度电。

沼气如同其他新能源一样，虽富有生命力，但也有其局限性，尤其在它成长初期，如仅从局部来看，似乎能量有限；但如从发展看，从积少成多来看，它所起的作用就很可观。这些作用主要表现在以下方面：

(一) 节约矿物能源消耗，改变农村能源结构

目前我国农村民用燃料的结构大致为：

作物秸秆	34.8%	薪柴	9.1%
煤炭	8.7%	牲畜粪便	1.9%
其他	45.5% (指杂草、树叶等)		

据有关部门估算，我国农村每年烧掉的生物质约为五亿四千多万吨，按热量计算，相当于 1978 年全国矿物能源消耗量的 50.8%，是全国能源总消耗量（包括烧掉的生物质）的 33.7%，在我国能源结构中占第二位。

如将作物秸秆通过沼气发酵，在用量上可比直接作燃料节省 1/2 或 1/3。当前农村不少地方燃料紧张，工业原料、饲料和燃料互争秸草，如全国严重缺柴的七千万农户都办起

沼气，全年只需一亿吨稻草，就可使秸秆从不足变为有余，节约相当可观的煤炭供应。

如果全国有一半的农村生产队搞5—7千瓦沼气发电，一年可发电二百多亿度。这些电由火力电厂供应，需消耗一千多万吨煤炭；如用柴油发电，也需消耗六百万吨柴油。

因此，在农村发展沼气，可以加速农村燃料现代化的过程，可以改变农村能源结构，可以节约矿物能源的消耗。

问题还在于我国农村一般常规能源不足，或者供应困难，目前不少农村缺煤少油和经常停电，而农业现代化的过程却是一个能源消耗不断增长的过程，社队企业要发展，社员生活要改善，农业生产要四化，均需投入很多的能源。但在一定时期内，要求国家大量增加农村所需的能源是不现实的。因此，如何发挥农村自有能源中生物能源丰富的优势，并提高其转化技术，则是一个带有战略意义的课题。

(二) 促进农业生产发展，改变农业循环体系 在生态循环系统中包括有许多相生或相斥的环节，每个环节的产物或废物的输出，往往成为另一环节的原料输入。从目前的农业循环来看，将谷物等所产的秸秆直接烧掉，或直接用于还田，或用作饲料后将畜粪作肥料的习惯做法，都未能充分利用农业生物产物的能量和物质，这样的农业循环是不完全的。

假如在上述循环中加入沼气应用环节，就成为比较完善的趋于封闭的循环体系，可以加速农业内部各部门间的综合发展，比较充分地利用农业生物产物的能量和物质，比较合理地保持自然生态系统的平衡。

一个十立方米的沼气池，一年可出沼气水肥(发酵液)15—20吨(相当于50—100公斤硫酸铵或25—50公斤过磷酸钙)和沉渣(发酵残余物)1吨左右(相当于50公斤硫酸铵或25公斤过磷酸钙)，对增积有机肥料起到积极作用。

因此，办沼气可以建立封闭的农业循环体系，有利于保持生态平衡，促进农业生产发展。

(三) 有利于保护环境，改善农村卫生 沼气本身是一种较少污染的卫生能源，沼气如能完全燃烧，既无烟灰，又不会造成公害。在制取沼气过程中，将人畜粪便、有机污水、污物等疾病传播源、污染源投入沼气池中密闭发酵，可将寄生虫卵和致病菌的大部分沉降和杀灭。农民为了多用沼气，主动清理阴沟积污，争拾道路野粪，也净化了环境，改善了农村卫生面貌。实践证明，一个沼气化的生产队，往往能成为一个卫生自然村。因此，农村办沼气不仅有利于改善农村卫生，也有利于保护和净化环境。

由上可知，我国农村的沼气建设，既是一项能源建设，也是一项肥料建设和卫生建设、环保建设。因此是农业现代化的重要组成部分。

不少国家在实现农业现代化的过程中往往出现能源危机和环境污染问题，而且由于长



期而单一地施用化肥影响了土壤肥力。办沼气可以为农业补充能源，可以净化农村环境，可以为农业生产增积有机肥料，所有这些虽然在目前所起的作用还不太显著，但它所探索的方向和途径是应当引起重视的。

三、必须加强沼气科研工作

我国沼气推广工作发展较快，在实践中提出了许多问题亟待研究解决。因此加强沼气科研计划性，充实沼气科研队伍，加强协作配合等问题已属刻不容缓。

(一) 加强沼气基础理论的研究 目前对沼气发酵微生物学和沼气发酵生物化学的研究，还只能描绘一个大致的轮廓，而且不少研究成果是在实验室的人工条件下取得的。今后要从沼气发酵的实际过程中，研究沼气发酵微生物及其代谢的相互作用，摸清主要微生物及甲烷的形成途径，探索人工控制的方法，积累数据，弄清机理。

(二) 加强对沼气发酵工艺及其装置的研究 目前由于专业分工关系，沼气发酵工艺与沼气发酵装置的研究是结合得不够的，今后要着重改进现有的发酵工艺并创造新的工艺，提高产气率，向工厂化生产发展。发酵装置必须保证微生物发酵条件的需要，创造新的池型结构，并向生产工厂化、装配化、标准化发展。

不论发酵工艺和发酵装置，都要扎扎实实测定好基本数据和参数，建立好技术档案。

(三) 加强对生物能转化技术的研究 首先要摸清生物能的资源分布情况，做好区划研究，使沼气推广工作建立在科学基础上。其次，要有目的地种植光合效率高的能源作物（包括陆生、水生植物和藻类）作为解决沼气发酵原料和改变农业结构的一个途径。再次，要研究利用生物质生产酒精代替石油，光合产氢，热分解处理城市垃圾。第四，要根据再生能源能量互补的特性，在农村中以沼气为中心搞自然能源共同体。此外，也要研究薪炭林的分布及其转化技术。

(四) 加强对沼气及其发酵残余物的应用研究 沼气及其发酵残余物的应用的近期目标是为了实现农村燃料现代化，要从解决农民实际需要出发，首先能使沼气逐步成为农村当家燃料，而后再根据条件，因地制宜地利用沼气增加工农副产品所需的燃料和动力。

沼肥对作物、对土壤的作用以及将沼肥作饲料或提取化工产品的研究必须进一步加强。

(五) 加强对生物能利用的技术经济研究 沼气在农村能源结构中的位置，对解决农村能源自给率中所起的作用，对农业增产、发展社队企业、农业机械化起多大经济效益等问题，都必须进行技术经济分析，为建立沼气经济学创造条件。

第一篇 沼气发酵原理与工艺

第一章 沼气发酵微生物学

沼气是由微生物产生的。沼气池中栖息着种类繁多、数量巨大且功能不同的各类微生物,这就是通常所说的沼气发酵微生物。这些微生物按照各自的营养需要起着不同的物质转化作用。从复杂有机物质的降解到甲烷的形成就是由它们进行合作来完成的。沼气发酵过程实质上是微生物的物质代谢和能量代谢过程。沼气发酵工艺就是创造适宜条件来保证微生物有旺盛的生活能力和代谢能力。因此,微生物是沼气发酵的核心。

沼气发酵的微生物学的研究已经有一百多年的历史。1875年波波夫(Popoff)等人就发现了甲烷发酵是一个微生物过程,广泛地引起了微生物学家的兴趣。1901年孙根(Söhn-gen)对甲烷菌的形态,特征及它们所能进行的转化提出了一个比较清楚的概念。1916年奥梅梁斯基(Omelianskii)分离出了第一株甲烷菌(现在已经证明不是一个纯种),1936年巴克尔(Barker)采用化学合成培养基培养阴沟污泥,获得了能很好地发酵乙醇、丙醇和丁醇的有机体。同年,休克莱凯因和海奈曼(Heukelekian和Heinemann)提出了一个计算甲烷菌近似数目的技术。1950年洪格特(Hungate)创建了厌氧技术,为以后对甲烷菌的研究创造了条件。1967年布赖恩特(Bryant)采用改良的洪格特技术将共生的奥梅梁斯基甲烷杆菌(Methanobacillus omelianskii)分纯,证明了它是甲烷杆菌 MOH 菌株(Methanobacterium MOH)和“S”有机体的共生体,使长达五十一年来一直认为是纯种的经典甲烷菌得以水落石出,使甲烷菌和产氢菌之间的相互关系得到了明确的证实。近年来美国学者如沃尔夫(Wolfe)、泽库斯(Zeikus)、姆卡蒂(McCarty)、沃斯(Woesse)等人,以及其他国家的许多学者也都在这方面作了很多工作,取得了很大成绩,特别在甲烷菌的研究方面进展尤为突出。

第一节 沼气发酵微生物概论

微生物是自然界中种类繁多,数量巨大,而肉眼所不可见的生物。根据它们的呼吸类型可将它们分为好氧微生物、厌氧微生物和兼性厌氧微生物三大类型。由于它们对氧的要求不同,因而栖息地也各不相同。它们各自在不同的生态环境中按照不同的方式进行物质转化,从而通常区分为“好氧发酵”和“厌氧发酵”。

好氧发酵在食品工业、医药工业、化学工业及污水处理等各方面已经得到了广泛应用,为人类创造了巨大的物质财富。