

Zhaoqishengchangong

职业技能培训鉴定教材

沼气生产工

人力资源和社会保障部教材办公室
新疆生产建设兵团劳动和社会保障局、农业局

组织编写



(初级 中级 高级)



中国劳动社会保障出版社

ZhaOqishengchangong

职业技能培训鉴定教材

沼气生产工

(初级 中级 高级)

主 编 袁雅梅
编 者 袁雅梅 邱 凌 周孟津 苑瑞华
漆 馨 张衍林 田晓东 成 磊
主 审 王 峰



中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

沼气生产工：初级、中级、高级/人力资源和社会保障部教材办公室，新疆生产建设兵团劳动和社会保障局，新疆生产建设兵团农业局组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2009

职业技能培训鉴定教材

ISBN 978-7-5045-7858-7

I. 沼… II. ①人…②新…③新… III. 甲烷-生产-职业技能鉴定-教材 IV. S216.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 089166 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

北京北苑印刷有限责任公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×960 毫米 16 开本 23.75 印张 459 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

定价：46.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64927085

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64954652

教材编审委员会

- 主 任** 李勇先（新疆生产建设兵团副秘书长、农业局局长）
- 副主任** 曲德林（新疆生产建设兵团劳动和社会保障局副局长）
彭玉兰（新疆生产建设兵团劳动和社会保障局副局长）
刘景德（新疆生产建设兵团农业局副局长）
苗启华（新疆生产建设兵团农业局总畜牧师）
- 委 员** 多 林（新疆生产建设兵团劳动和社会保障局就业培训处处长）
杜之虎（新疆生产建设兵团农业局种植业管理处处长）
黄国林（新疆生产建设兵团职业技能鉴定中心主任）
丁卫东（新疆生产建设兵团农业局乡镇企业产业指导处处长）
张利淇（新疆生产建设兵团农业局园艺处副处长）
宋安星（新疆生产建设兵团职业技能鉴定中心副主任）
李宏健（新疆生产建设兵团兽医总站畜牧科科长）
尤满仓（原新疆生产建设兵团农业局处长）

教材编审委员会办公室

- 主 任** 多 林
- 副主任** 杜之虎 黄国林
- 成 员** 宋安星 冉 颢 尤满仓 陈纪顺 李晓梅 唐晓东

内 容 简 介

本教材以《国家职业标准·沼气生产工》为依据，结合新疆生产建设兵团沼气生产技术进行编写。教材在编写过程中紧紧围绕“以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，力求突出职业技能培训特色，满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材详细介绍了沼气生产工要求掌握的最新实用知识和技术。全书按户用、小型及中、大型沼气的运行和管理分为三个部分，每个部分包含若干单元，主要内容包括沼气基础知识，户用沼气池的施工、启动、运行、管理与维修，管路及利用设施的安装与维护，沼气综合利用，小、中、大型沼气的运行、管理与维护，培训与管理等。每一单元后安排了单元测试题及答案，供读者巩固、检验学习效果时参考使用。

本教材是初级、中级、高级沼气生产工职业技能培训与鉴定考核用书，也可供沼气生产工技师、高级技师人员培训参考使用，还可供相关人员参加就业培训、岗位培训使用。

前 言

为满足各级培训、鉴定部门和广大劳动者的需要，人力资源和社会保障部教材办公室、中国劳动社会保障出版社在总结以往教材编写经验的基础上，联合新疆生产建设兵团劳动和社会保障局、兵团农业局和兵团职业技能鉴定中心，依据国家职业标准和企业对各类技能人才的需求，研发了农业类系列职业技能培训鉴定教材，涉及农艺工、果树工、蔬菜工、牧草工、农作物植保员、家畜饲养工、家禽饲养工、农机修理工、拖拉机驾驶员、联合收割机驾驶员、白酒酿造工、乳品检验员、沼气生产工、制油工、制粉工等职业和工种。新教材除了满足地方、行业、产业需求外，也具有全国通用性。这套教材力求体现以下主要特点：

在编写原则上，突出以职业能力为核心。教材编写贯穿“以职业标准为依据，以企业需求为导向，以职业能力为核心”的理念，依据国家职业标准，结合企业实际，反映岗位要求，突出新知识、新技术、新工艺、新方法，注重职业能力培养。凡是职业岗位工作中要求掌握的知识和技能，均作详细介绍。

在使用功能上，注重服务于培训和鉴定。根据职业发展的实际情况和培训需求，教材力求体现职业培训的规律，反映职业技能鉴定考核的基本要求，满足培训对象参加各级各类鉴定考试的需要。

在编写模式上，采用分级模块化编写。纵向上，教材按照国家职业资格等级编写，各等级合理衔接、步步提升，为技能人才培养搭建科学的阶梯型培训架构。横向上，教材按照职业功能分模块展开，安排足量、适用的内容，贴近生产实际，贴近培训对象需要，贴近市场需求。

在内容安排上，增强教材的可读性。为便于培训、鉴定部门在有限的时间内把最重要的知识和技能传授给培训对象，同时也便于培训对象迅速抓住重点，提高学习效率，在教材中精心设置了“培训目标”“特别提示”等栏目，以提示应该达到的目标，需要



沼气生产工（初级 中级 高级）

掌握的重点、难点、鉴定点和有关的扩展知识。另外，每个学习单元后安排了单元测试题，方便培训对象及时巩固、检验学习效果。

本系列教材在编写过程中得到新疆生产建设兵团劳动和社会保障局、兵团农业局和兵团职业技能鉴定中心的大力支持和热情帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

编写教材有相当的难度，是一项探索性工作。由于时间仓促，不足之处在所难免，恳切希望各使用单位和个人对教材提出宝贵意见，以便修订时加以完善。

人力资源和社会保障部教材办公室



目 录

第一部分 户用沼气池的运行与管理

第1单元 沼气及其安全使用/1-32

第一节 沼气发酵/4

第二节 安全使用沼气/27

单元测试题/30

单元测试题答案/32

第2单元 沼气池的施工/33-53

第一节 选择池址与备料/34

第二节 土方及基础工程/37

第三节 池体施工/42

单元测试题/51

单元测试题答案/53

第3单元 沼气池的启动/54-67

第一节 发酵原料及接种物的准备/55

第二节 投料启动/58

单元测试题/65

单元测试题答案/67

第4单元 沼气池的运行、管理与维修/68-86

第一节 沼气池的运行/69

第二节 沼气池的管理与维修/77



单元测试题/83

单元测试题答案/85

第5单元 管路及利用设施的安装与维护/87-114

第一节 沼气输配设施和配套设备/88

第二节 安装与维护/99

单元测试题/111

单元测试题答案/113

第6单元 沼气综合利用/115-150

第一节 沼气发酵产物的综合利用/116

第二节 以沼气为纽带的北方农村能源生态模式/138

单元测试题/148

单元测试题答案/149

第二部分 小型沼气的运行和管理

第7单元 小型沼气工程运行/153-217

第一节 沼气发酵原理及工艺/154

第二节 小型沼气工程的运行/184

第三节 生活污水净化沼气池/197

单元测试题/216

单元测试题答案/217

第8单元 沼气工程的管理与维护/218-226

第一节 沼气工程的管理/219

第二节 沼气工程的日常维护/223

单元测试题/225

单元测试题答案/226



第9单元 沼气综合利用/227 -234

- 第一节 沼气发酵产物的后处理/228
- 第二节 沼气、沼液和沼渣的综合利用/228
- 单元测试题/233
- 单元测试题答案/234

第10单元 培训与管理/235 -241

- 第一节 培训/236
- 第二节 沼气生产管理/239
- 单元测试题/240
- 单元测试题答案/241

第三部分 大、中型沼气的运行和管理

第11单元 大、中型沼气的运行/245 -308

- 第一节 大、中型沼气的工艺和原理/246
- 第二节 大、中型沼气的运行/284
- 第三节 沼气的净化/289
- 单元测试题/306
- 单元测试题答案/308

第12单元 沼气工程的管理与维护/309 -328

- 第一节 沼气工程的管理/310
- 第二节 大型沼气的日常维护/324
- 单元测试题/327
- 单元测试题答案/328

第13单元 沼气发酵产物的资源化利用/329 -345

- 第一节 沼气发酵产物固液分离/330



沼气生产工（初级 中级 高级）

第二节 沼气、沼液和沼渣的综合利用/335

单元测试题/344

单元测试题答案/345

第 14 单元 培训与管理/346 - 354

第一节 培训/347

第二节 管理/349

单元测试题/353

单元测试题答案/354

附录 1 各种能源折算标准煤参考值/355

附录 2 国际单位制与工程单位制的单位换算表/356

附录 3 沼气生产工国家职业标准/357

参考文献/367

ZHIYE JINENG PEIXUN JIANDING JIAOCAI

第一部分

户用沼气池的 运行与管理

第 7 单元

沼气及其安全使用

- 第一节 沼气发酵 /4
- 第二节 安全使用沼气 /27



第一节 沼气发酵



培训 目标

- 掌握沼气的定义和主要特性
- 能够理解沼气发酵的基本原理
- 掌握沼气发酵微生物在沼气发酵过程中的基本功能
- 能够判断沼气发酵的基本条件

一、沼气的来源、成分和性质

在日常生活中，特别是在气温较高的夏、秋季节，人们经常可以看到，从死水塘、污水沟、储粪池的表面会冒出许多小气泡，如果把这些小气泡收集起来，用火引燃，便可产生蓝色的火苗，这种可以燃烧的气体就是沼气（见图 1—1）。由于它最初是从沼泽中发现的，所以称为沼气（marsh gas）。沼气又是有机物质在厌氧条件下产生出来的气体，因此，又称为生物气（biogas）。

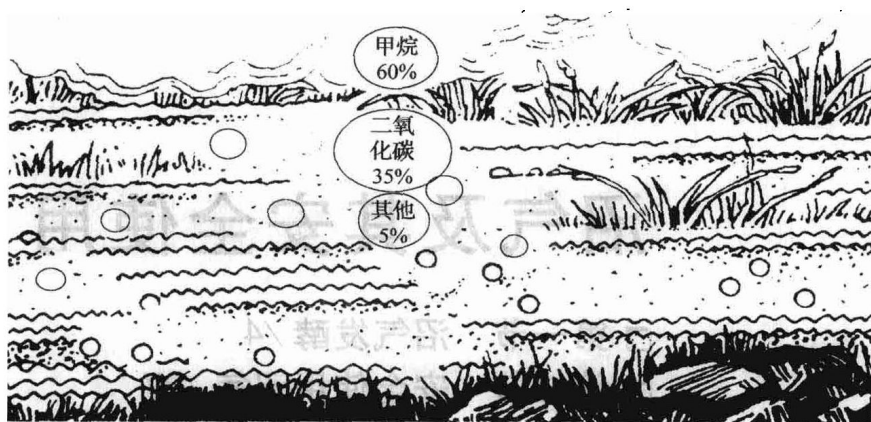


图 1—1 沼气的产生

沼气实质上是人畜粪尿、生活污水和植物茎叶等有机物质在一定的水分、温度和厌氧条件下，经沼气微生物的发酵转换而成的一种方便、清洁、优质、高品位气体燃料，可以直接用于炊事和照明，也可以用于供热、烘干、储粮。沼气发酵剩余物是一种高效有机肥料和养殖辅助营养料，与农业主导产业相结合，进行综合利用，可产生显著的综合效益。

1. 沼气的来源

沼气发酵是自然界中普遍而典型的物质循环过程，按其来源不同，可分为天然沼气和人工沼气两大类。天然沼气是在没有人工干预的情况下，由于特殊的自然环境条件而



形成的。除广泛存在于粪坑、阴沟、池塘等自然界厌氧生态系统外，地层深处的古代有机体在逐渐形成石油的过程中，也产生一种性质近似于沼气的可燃性气体，称为天然气。人类在分析掌握了自然界产生沼气的规律后，便有意识地模仿自然环境建造沼气池，将各种有机物质作为原料，用人工的方法制取沼气，这就是“人工沼气”。人工沼气的性质近似于天然气，但人工沼气与天然气也有不同之处，其主要不同点见表 1—1。

表 1—1 人工沼气和天然气的差异

气体种类	制取方法	可燃成分	含量 (%)	热值 (kJ/m ³)
人工沼气	发酵法	甲烷、氢气	55 ~ 70	20 000 ~ 29 000
天然气	钻井法	甲烷、丙烷、丁烷、戊烷	90 以上	36 000 左右

2. 沼气的成分

无论是天然产生的，还是人工制取的沼气，都是以甲烷为主要成分的混合气体，其成分不仅随发酵原料的种类及相对含量不同而有变化，而且会因发酵条件及发酵阶段而各有差异。一般情况下，沼气中的主要成分是甲烷 (CH₄)、二氧化碳 (CO₂) 和少量的硫化氢 (H₂S)、氢 (H₂)、一氧化碳 (CO)、氮 (N₂) 等气体。其中甲烷占 50% ~ 70%、二氧化碳占 30% ~ 40%，其他成分含量极少。沼气中的甲烷、氢气、一氧化碳等是可以燃烧的气体，人类主要利用这一部分气体的燃烧来获得能量。

3. 沼气的性质

沼气是一种无色气体，由于它常含有微量的硫化氢 (H₂S) 气体，所以，脱除硫化氢前，有轻微的臭鸡蛋味，燃烧后，臭鸡蛋味消除。沼气的主要成分是甲烷，所以沼气的理化性质也近似于甲烷 (见表 1—2)。

表 1—2 甲烷与沼气的主要理化性质

理化特性	甲烷 (CH ₄)	标准沼气 (CH ₄ = 60%, CO ₂ < 40%)
体积百分比 (%)	54 ~ 80	100
热值 (kJ/m ³)	35 820	21 520
密度 (g/L 标准状态)	0.72	1.22
比重 (与空气相比)	0.55	0.94
临界温度 (°C)	-82.5	-25.7 ~ 48.42
临界压力 (×10 ⁵ Pa)	46.4	59.35 ~ 53.93
爆炸范围 [与空气混合的 体积百分比 (%)]	5 ~ 15	8.80 ~ 24.4
气味	无	微臭

(1) 热值。甲烷是一种发热值相当高的优质气体燃料。1 m³ 纯甲烷，在标准状况下完全燃烧，可放出 35 822 kJ 的热量，最高温度可达 1 400℃。沼气中因含有其他气体，



发热量稍低一点，为 20 000 ~ 29 000 kJ，最高温度可达 1 200℃。因此，在人工制取沼气中，应创造适宜的发酵条件，以提高沼气中甲烷的含量。

(2) 比重。与空气相比，甲烷的比重为 0.55，标准沼气的比重为 0.94。所以，在沼气池气室中，沼气较轻，分布在上层；二氧化碳较重，分布在下层。沼气比空气轻，在空气中容易扩散，扩散速度比空气快 3 倍。当空气中甲烷的含量达 25% ~ 30% 时，对人畜有一定的麻醉作用。

(3) 溶解度。甲烷在水中的溶解度很小，在 20℃ 一个标准大气压下，100 个单位体积的水只能溶解 3 个单位体积的甲烷，这就是沼气不但在淹水条件下生成，还可用排水法收集的原因。

(4) 临界温度和压力。气体从气态变成液态时，所需要的温度和压力称为临界温度和临界压力。标准沼气的平均临界温度为 -37℃，平均临界压力为 56.64×10^5 Pa（即 56.64 个大气压力）。这说明沼气液化的条件是相当苛刻的，也是沼气只能以管道输气，不能液化装罐作为商品能源交易的原因。

(5) 分子结构与尺寸。甲烷的分子结构是一个碳原子和四个氢原子构成的正四面体，相对分子量为 16.04。其分子直径为 3.76×10^{-11} m，约为水泥砂浆孔隙的 1/4。这是研制复合涂料，提高沼气池密封性的重要依据。

(6) 燃烧特性。甲烷是一种优质气体燃料，一个体积的甲烷需要两个体积的氧气才能完全燃烧。氧气约占空气的 1/5，而沼气中甲烷含量为 60% ~ 70%，所以，一个体积的沼气需要 6 ~ 7 个体积的空气才能充分燃烧。这是研制沼气用具和正确使用用具的重要依据。

(7) 爆炸极限。在常压下，标准沼气与空气混合的爆炸极限是 8.80% ~ 24.4%；沼气与空气按 1:10 的比例混合，在封闭条件下，遇到火会迅速燃烧、膨胀，产生很大的推动力，因此，沼气除了可以用于炊事、照明外，还可以用做动力燃料。

二、沼气发酵基本原理

沼气发酵又称为厌氧消化、厌氧发酵和甲烷发酵，是指有机物质（如人畜家禽粪便、秸秆、杂草等）在一定的水分、温度和厌氧条件下，通过种类繁多、数量庞大且功能不同的各类微生物的分解代谢，最终形成甲烷和二氧化碳等混合性气体（沼气）的复杂的生物化学过程。

1. 沼气发酵微生物

沼气发酵微生物是人工制取沼气最重要的因素，只有有了大量的沼气微生物，并使各种类群的微生物得到基本的生长条件，沼气发酵原料才能在微生物的作用下转化为沼气。

(1) 沼气发酵微生物的种类。沼气发酵是一种极其复杂的微生物和化学过程，这一