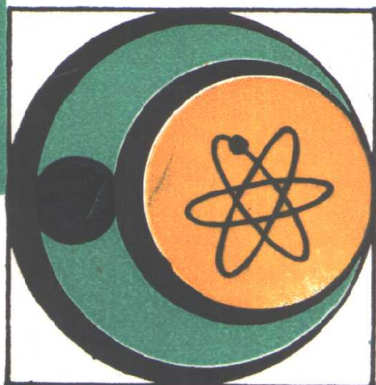
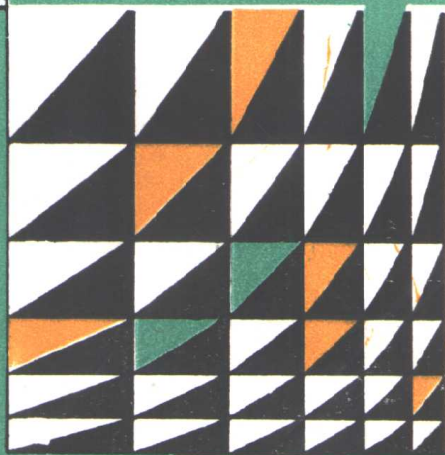




农村能源丛书



永川编著
业出版社

沼气工程设计

99
2

72.599
2132

农村能源丛书

沼气工程设计

卢永川 编著

农业出版社

农村能源丛书
沼 气 工 程 设 计
卢永川 编著

• • •
责任编辑 刘 存

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 6印张 125千字
1987年5月第1版 1987年8月北京第1次印刷
印数 1—2,300册 定价 1.25元

ISBN 7-109-00257-8/TS·5

统一书号 15144·720

序 言

农村能源是发展农业生产，改善农村人民生活，实现农业现代化的重要物质基础。我国百分之八十的人口居住在农村，在生活和生产中需要消耗大量能源。因此，解决好农村能源问题是我国能源建设的重要组成部分。

农村能源消费中，有商品能源的煤、油、电，有大量的生物质能源木柴、秸秆、柴草等，又有正在开发利用的沼气、太阳能、地热、风能、潮汐能等新能源，由于各地资源条件和供应情况的不同，存在着地区的差异，因此国家提出了“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求实效”的农村能源建设方针，从合理用好现有能源资源和大力开发新能源两方面努力，以满足农村能源消费日益增长的需要。

为了动员更多的人关心、支持和参加农村能源建设，从各方面解决农村能源开源节流问题，普及这方面的知识，我们组织编写了这套《农村能源丛书》，包括商品能源煤、油、电的节约，以及新能源在农村的开发利用，侧重于科学知识的介绍，以阐明科学原理为主，兼顾了先进技术的传播，同时也介绍了一些具体的方法，可应用于实际工作中。文字尽量通俗易懂，深入浅出，并配有插图，做到图文并茂。本丛书供从事农村能源工作的技术人员、基层干部、农业学校师

生、农村能源管理人员和具有初中以上文化知识的青年阅读参考。

中国农业工程学会农村能源专业委员会

一九八四年五月

• 3 •

内 容 提 要

本书以我国简易的农村沼气池的工程设计为对象，介绍了沼气池的工艺设计参数、沼气厌氧发酵装置的功能、沼气池的工作机理、池形设计的步骤和设计方法、结构设计的基本知识和设计过程。希望通过内容的阐述，使读者在进行沼气工程设计时能够运用沼气工程设计的技巧，力求使所设计的沼气池尽可能完善地将功能、池形和结构三者紧密相结合，使沼气池在规定的时间内和规定的条件下能完满地完成沼气池预定的功能。

本书是面向农村的中级科普读物，可供从事农村沼气的技术人员、农村基层干部、农业技术学校师生、农村技术推广站人员以及具有初中文化水平的知识青年等参考。

限于本人的技术水平有限，所以，书中难免有错误之处，望读者批评指正。

在编写之前，中国农业工程研究设计院林守忠工程师提了宝贵的意见。编写后又经该院王梦琪工程师细心的审核和指正。特向他（她）们致谢！

编著者 1984 年

目 录

第一章 概述	1
第一节 沼气能源工程建设的重要地位	1
第二节 沼气池的池形结构概述	3
第二章 沼气发生装置的功能	5
第一节 进料装置的功能	6
第二节 发酵装置的功能	11
第三节 储气装置的功能	19
第四节 输气装置的功能	25
第五节 出料装置的功能	25
第三章 池形设计参数的取值	27
第一节 关于产气率的取值问题	27
第二节 标准耗气率的取值问题	34
第三节 发酵原料液投料率 k 的取值	35
第四节 设计沼气压力的取值	38
第四章 水压式沼气池的池形设计	41
第一节 水压式沼气池的工作原理	41
第二节 水压式沼气池的工作机理	43
第三节 水压式沼气池的工作状态	57
第四节 水压式沼气池池形设计的若干规定的建议	68
第五节 发酵—储气间的几何尺寸计算	71
第六节 水压间的几何尺寸计算	81
第七节 水压式沼气池的池形设计步骤和实例	83

第五章 浮罩分离式沼气池的池形设计	104
第一节 浮罩分离式沼气池的组成和特点	104
第二节 浮罩分离式沼气池的工作机理	105
第三节 浮罩储气箱的设计	110
第四节 进料间和出料间的设计	113
第五节 浮罩分离式沼气池池形设计步骤和实例	113
第六章 沼气池的结构设计	119
第一节 板类结构的受力特性	120
第二节 若干力学一般知识介绍	128
第三节 结构设计的若干问题说明	134
第四节 圆筒形沼气池的结构设计	149
第五节 球形沼气池的结构设计	168
第六节 椭圆抛物面沼气池的结构设计	176

第一章 概 述

第一节 沼气能源工程建设的重要地位

随着工农业生产的发展，能源短缺的现象出现了，所以人们注意到广大农村中和农畜牧场中大量的粪便及各种各样的有机物、食品工厂的下脚料、城市中巨量的污物等极其丰富的沼气发酵原料资源的利用。因而，引起对沼气能源开展的重视，并对开发沼气能源的技术，从生物化学的消化机理到开发的应用技术进行了广泛的研究。但是，始终没有形成工业化的大生产，其开发的速度是很缓慢的。

在我国的农村中推广沼气池后，沼气生产规模日渐扩大，经济效益日益提高。在国际上能源奇缺趋势加剧的情况下，国际能源组织高度重视我国沼气能源开发的现实意义和长远前途。如果，我们在沼气能源开发技术上做出更大的贡献，可以促进国际上沼气能源开展速度，并改变沼气能源在能源结构中的比重。

近年来，从四川省到全国各地农村推广使用沼气池的实践中，看到了解决农村能源供应的另一条出路。因此，我们的党和政府对农村中推广使用沼气池，进行了力所能及的支持，寄予深切的期望，给予高度的评价。并号召我们要将

“发展沼气当作解决农村能源大事”和“战略性的措施”来抓。

我国四个现代化建设大规模的开展，能源需求量成倍地增长。因此，能源供需关系不平衡还将持续下去。特别是作为国民经济基础的农业，和具有八亿多人口的农村中，生产能源和生活能源供应将存在更大的困难。仅指农村生活能源消耗这一项，据估计每年耗费的能源若折合为原煤就需要耗费约三亿九千万吨。相当于全国能源消耗量的33.7%。如果，我们依靠发展沼气能源来解决对农村生活能源的供应，对国家将是一个极大的贡献。可见，作为生产沼气的工厂——沼气池的工程建设，必将日益提高到重要的位置上来。而且，将成为建设社会主义新农村的重要组成部分。

我们知道，沼气池能源工程建设总是要经过设计和施工阶段后才能交付使用。从设计的任务来说，就是选择合理的沼气池的池型结构，设计出符合沼气发酵工艺功能要求的沼气池。因此，沼气池池型结构设计应该完成如下两项设计任务：

1. 根据沼气发酵工艺的功能要求和受力性能，选择沼气池的合理池形。也就是沼气池的池形设计；

2. 按照池形设计，经过力学计算，进行强度和结构设计。我们称它为结构设计。

为此，本书将对池形设计和结构设计进行必要的叙述。因为，满足沼气发酵工艺的功能要求，是设计沼气池必须遵守的准则。因此，首先必须介绍沼气池装置的功能。

第二节 沼气池的池形结构概述

沼气池的池形结构是功能、池形和结构三者相结合的产物。设计者的任务，就是要完善地将功能、池形和结构三者体现在池形结构中。所以，将用较大的篇幅来介绍功能、池形和结构三方面的有关问题。

由此看来，沼气池的池形结构设计应分别完成如下主要任务：

1. 沼气池的主要任务是生产沼气，那么原料和发酵就是整个沼气发生装置中的核心环节。为了将沼气池的产气效率提到更高效率水平，在功能设计上要抓住：①最优原料配合比的设计；②发酵条件的设计；③沼气池各种装置的功能协调、配合；④满足使用条件；⑤正确处理气、肥和卫生三者的关系。

2. 池形设计的主要任务是根据沼气发酵工艺的功能要求，正确合理地决定：①发酵储料容积；②储气容积；③沼气池的工作压力的控制；④选择力学性能良好的池形；⑤各种装置的空间设计。

3. 结构的主要任务是承受荷载和传递荷载。所以，进行结构设计应注意：①选取传力路线短的结构；②选取内力单一的构件，最好是选取以压力为主的受力构件；③选用结构整体性好、构件种类少的结构方案；④正确执行设计规范，进行强度设计。

以功能、池形和结构三者相结合的沼气池，至今类别繁

多，名称不一。为了编写的需要，在观察国内外的各种沼气池后，在本书中归纳为水压式沼气池和浮罩分离式沼气池。

在使用中曾根据不同的进料制度和产气特性，将沼气池分为间歇式沼气池、连续式和半连续式沼气池。但若按沼气池的工作机理上看，它们也仅仅是应用水压式沼气池和浮罩分离式沼气池上的差别。因为，水压式沼气池和浮罩分离式沼气池，都可以作为间歇式沼气池使用，也可以用作连续式和半连续式沼气池。因此，池形设计中分别介绍这两种基本池形的设计。

第二章 沼气发生装置的功能

根据沼气发酵工艺要求，为制取沼气而设计的厌氧装置，在我国称为沼气池，或称沼气发生装置。在世界各国，称厌氧消化器、甲烷发生器、甲烷发酵器、甲烷发生罐、厌氧消化装置、沼氧发生装置等。

全功能的沼气池应该包括：①进料装置；②发酵装置（包括搅拌装置和增温装置）；③储气装置；④输气装置；⑤出料装置等五个主要部分。在小型沼气池中，则简化为进料间、发酵间、储气间、排气管和出料间。具体说，在水压式沼气池中，将发酵间和储气间设置在一起而成为发酵—储气间，又将出料间一隔为二，成为水压间和出料间（目前习惯

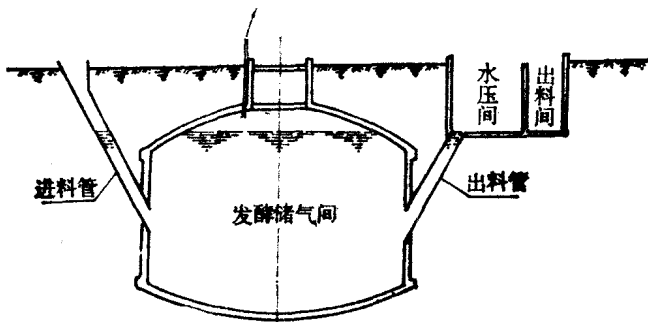


图 2—1

做法，是将水压间兼作出料间，为避免在使用工作中从水压间直接出料而引起破坏沼气池的功能。故此，将水压间和出料间分离设置），如图 2—1。在浮罩分离式沼气池中，则将发酵间和储气间分离设置，省去了水压间，如图 2—2。

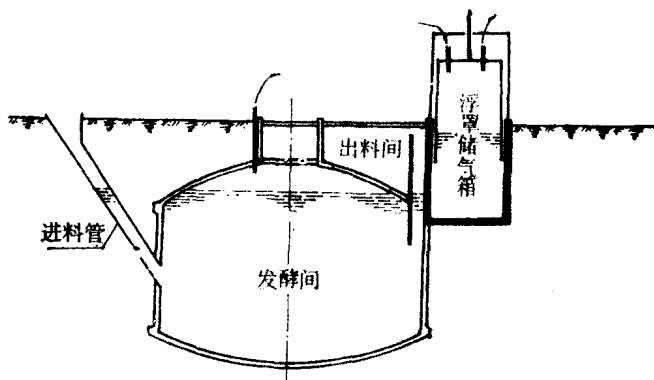


图 2—2

第一节 进料装置的功能

进料装置，又称进料间。它必须具有原料处理、称料、配料和进料的功能。因此，应配备相应的装置。

原料处理的方法，通常采用机械处理和生物化学处理。例如采用机械将秸秆切碎后又进行堆沤，经过生成酸菌的消化过程中的生物化学反应，达到了预发酵的效果。在小型沼气池中，进料间极度地简化成一根上口放大的进料管，所以，机械处理和堆沤只能在进料间的外部进行，或将秸秆切

碎后直接投入发酵间。

称配料之所以重要，是因为产气率的高低，在很大程度上决定于原料液的配合比。因此，国内外都非常重视最优原料液配合比的研究，力求按照最优配合比进行称配料。

对于最优配合比的选择，或者说原料液配合比的设计，应合理地选择原料液的料水比、碳氮比、酸碱度（pH 值）和加入适量的菌种接种所需要的活性泥。

从国内外对原料液配合比研究结果认为，原料液的料水比，取原料液中固体的含量为 10% 左右为最佳。因此，我国在“沼气发酵工艺规程（草案）”中规定“原料的固体成分在料液中的含量，夏天不得小于 5%，冬天最好达到 10% 以上”。

但是，对于发酵干物质浓度多少为好？许多研究者持有不同的看法*。

韩天喜以猪粪加稻草为原料，浓度从 5%—25%，27—30℃ 条件下进行试验，结果浓度从 5% 到 15%，随着浓度的增加，总产气量也显著增加。但是，浓度进一步加大，从 15% 到 25%，总产气量的增加不显著，甚至反而下降。

付尚志结合发酵干物质浓度和温度两个因素来考虑产气量的影响。高浓度（13.5%）在 50℃ 和 32℃ 的条件下，产气量比低浓度（7.4%）高一倍。但在 17℃ 的条件下，高浓度的产气量反而低于低浓度。由于高浓度在较低温度条件下，常易引起有机酸的积累，从而影响产气。因此，高浓度

* 学者的不同看法是摘抄浙江农业大学吴金鹏老师于 1982 年在中美生物质能转换技术讨论会上发表的论文“关于中国型沼气池发酵的研究”。

发酵不适于池温较低的沼气池。

张树政认为发酵浓度以 10% 为最好, 不仅日产气量高, 而且产气率也比 5% 和 15% 浓度高。

对于碳氮比的选择, 要根据生物化学的反应过程来决定。研究指出, 碳和氮这两种元素是菌种培植的主要养分, 碳元素供应给细菌能量, 氮则用以细胞建造。厌氧细菌将原料分解成为甲烷菌和二氧化碳的过程中, 消化碳的速度比消化氮的速度快, 并且存在一定的比例关系。这个比例关系, 在最初的研究中引用了土壤微生物的概念, 强调了碳氮比应取二十五分之一, 通过不断的试验研究结果逐渐改变了认识。许义忠等认为消化碳的速度比消化氮的速度要快 25—30 倍, 当其他条件适合时, 应将碳氮比 (C/N) 配成为 25—30:1。并发现碳氮比等于 30 的消化作用的速度最佳。成都生物所以人粪、猪粪、谷草为原料, 配成不同的碳氮比, 结果 25:1、30:1, 分别比 13:1 平均提高产气率 55% 和 22%。熊承永、许义忠以人粪为原料, 碳氮比等于 4.3:1 仍然可以发酵。刘克鑫等研究了发酵过程中碳氮比例变化, 进料时取碳氮比 C:N 等于 21:1, 在 35℃ 的发酵温度下, 经过 5 天的发酵后, 原料液中的碳氮比稍微降低为 18—20:1。说明发酵过程中消化碳素比消氮多得多, 而且氮素的损失很少。

综合国内外的研究结果表明, 沼气发酵要求的碳氮比例并不严格, 一般原料的碳氮比例介于 15—30:1 即可正常发酵, 当碳氮比配成为 25—30:1 消化速度最快。

如何进行原料液的碳氮比配制, 有的学者认为用常规化

学分析碳、氮含量，有时并不能正确反映发酵原料中碳氮比例关系。例如，木质素虽然含碳量很高，但多数微生物不能利用，这些碳可称为无效碳。

至于原料液的酸碱度（pH）的控制，经过试验研究认为沼气发酵菌生长的酸碱度指数 pH 的范围较广。但是过酸或过碱则开始产气时间来得缓慢，产气量少。如果在沼气的原料发酵过程中，将初始的酸碱度指数 pH 调节好，发酵中的 pH 一般比较稳定，变化不大。为了利用沼气菌在代谢过程中进行自行调节作用，因此在配料时必须将初始酸碱度调节好。经过大量的试验研究，几乎趋于一致的意见，即控制初始的酸碱度 pH 在 6.7—7.5 之间为最佳，也可以控制在 7—8 之间。

进料就是将配好的原料液按选定的进料制度，按量投入发酵间。因为有间歇式沼气池和连续式沼气池之分。所以应采用不同的进料制度。为此应简要介绍间歇式沼气池和连续式、半连续式沼气池与进料制度的关系。

所谓间歇式沼气池，是利用原料液在发酵间中滞留时间内产气率分布特性（见第三章第一节）而设计的。为了充分利用原料液的产气效果，采用原料液充分消化所需的时间作为定期进料的周期。由于原料从加料至发酵起动的时间内不产气。当发酵起动之后产气率又很快迅速提高，但产气率高峰期不长，大约只有 20 天左右。接着产气率急剧下降，产气率低而且需要延续 6—7 个月或更长的时间以后才能停止消化。表现出产气不连续不稳定的特性。

连续式沼气池，为了克服间歇式沼气池的产气不连续不