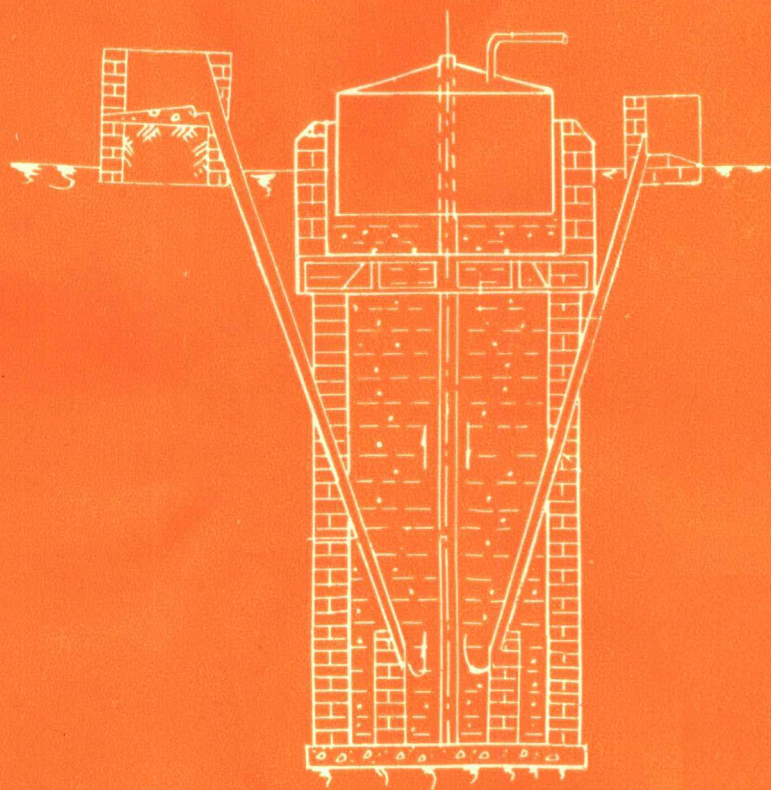


沼气技术员培训教材之 二

沼 气 建 池

曹 国 强 编 著



北京师范学院出版社

沼气技术员培训教材之二

沼 气 建 池

曹 国 强

北京师范学院出版社

1986年 北京

沼 气 建 池
zhaoqi jianchi

曹 国 强

米

北京师范学院出版社出版

(北京阜成门外花园村)

北京市新华书店发行 北京昌平兴华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 8.25 字数: 195千

1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷

印数: 1—6000册

统一书号: 17427·004 定价: 1.95元

目 录

概 述	(1)
第一章 沼气池的类型、构造和功能	(6)
第二章 各种几何形状沼气池的几何特征计算	(12)
第三章 地基知识	(16)
第四章 力学知识	(19)
第五章 沼气池设计的有关参数	(22)
第六章 圆筒形池的内力计算	(23)
第七章 拱形池的内力计算	(35)
第八章 仿锤形池的内力计算	(51)
第九章 扁球形池的内力计算	(56)
第十章 圆筒形浮罩的内力计算	(57)
第十一章 浮罩式沼气池圆柱形水封池内力计算	(69)
第十二章 截面强度计算	(72)
第十三章 沼气池设计中的其它若干问题	(78)
第十四章 建池材料	(83)
第十五章 施工技术	(99)
第十六章 沼气池的渗漏检查和维修技术	(108)
附 录	(111)
参考文献	(128)

概 述

各类生物质通过微生物生化作用进行厌氧发酵人工制取沼气的密闭装置，在我国称为沼气池。

设计沼气池应做到：

1. 技术先进，结构合理，施工方便，经济耐用，易于推广；
2. 在满足沼气发酵工艺要求，有利产气的情况下，兼顾残余物利用、环保与卫生、使用和管理等方面的要求，以充分发挥沼气池的综合效益；
3. 紧密结合国情，投资少，收效快；
4. 农村沼气池量大面广，各地情况不一，应注意通用性，又须考虑地区性。

近年来，随着世界各国普遍存在的能源短缺和日益严重的环境污染问题，许多国家对沼气这一可更新的生物质能源研究愈加重视，纷纷在沼气建设实践中，结合本国具体情况设计出具有各自特点的沼气池池型。图1、图2、图3、图4、图5、图6、图7，分别为印度、菲律宾、日本、西德、澳大利亚等国部分池型。

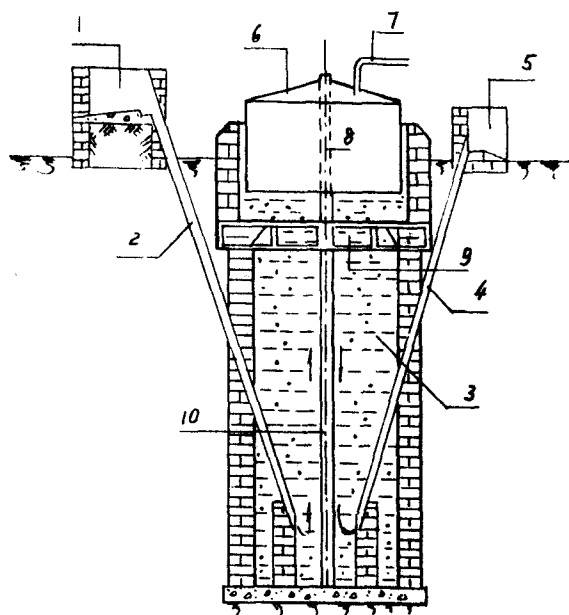


图 1 印度戈巴(GOBAR)型
沼气池简图

1. 进料口 2. 进料管 3. 发酵间 4. 出料管 5. 出料口
6. 浮罩 7. 气室 8. 气室管 9. 支架 10. 隔墙

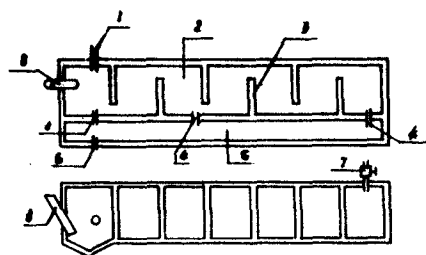


图 2 菲律宾某沼气池简图

1. 进料管 2. 发酵间 3. 隔墙 4. 溢流管
5. 出料槽 6. 出料管 7. 气室 8. 气室管

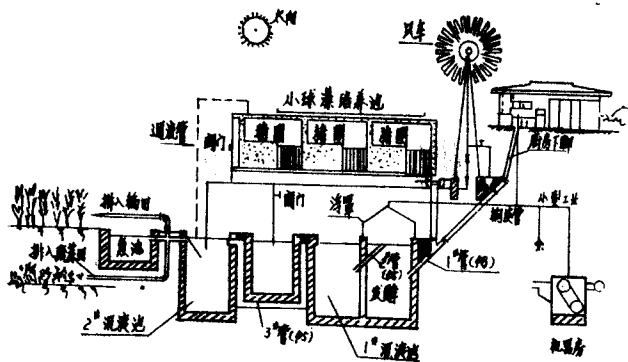


图 3 养猪粪沼气池及综合利用简图

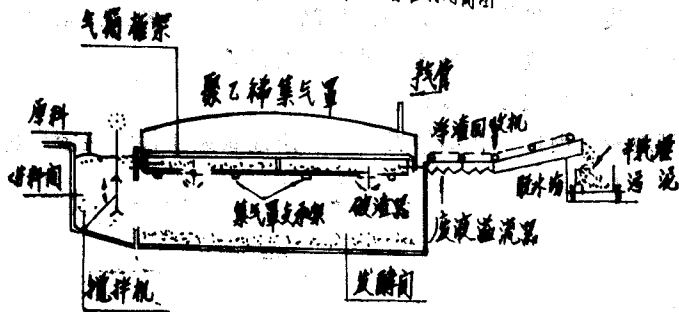


图 4 日本集沼气池简图

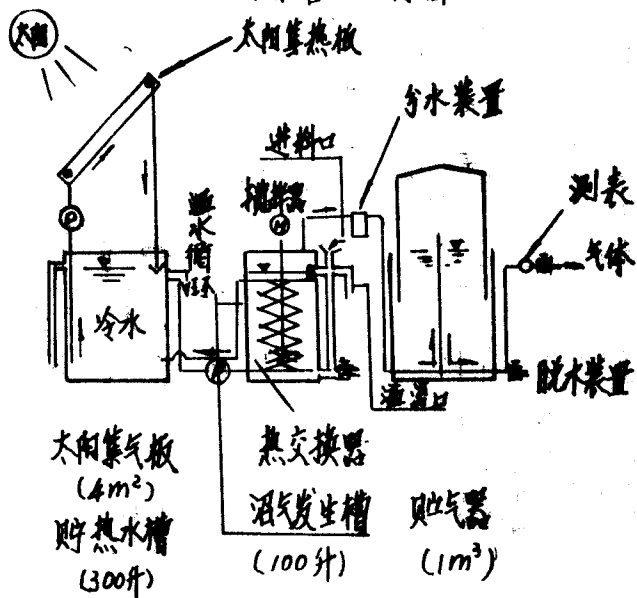


图 5 日本某地利用太阳能升温
沼气发酵装置简图

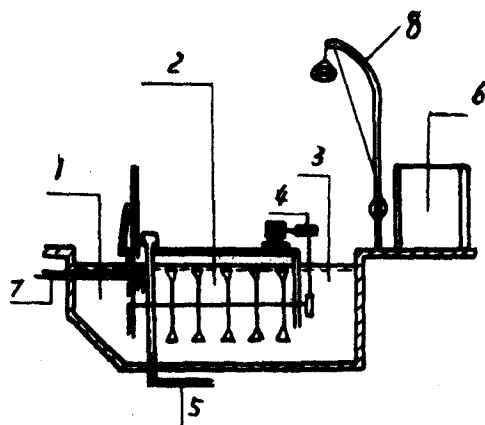


图 6 西德达姆斯达特式
沼气池简图

1. 进料间 2. 发酵池 3. 出料间 4. 电动搅
拌器 5. 输气管 6. 囤肥池 7. 加热用热
水管 8. 吊架

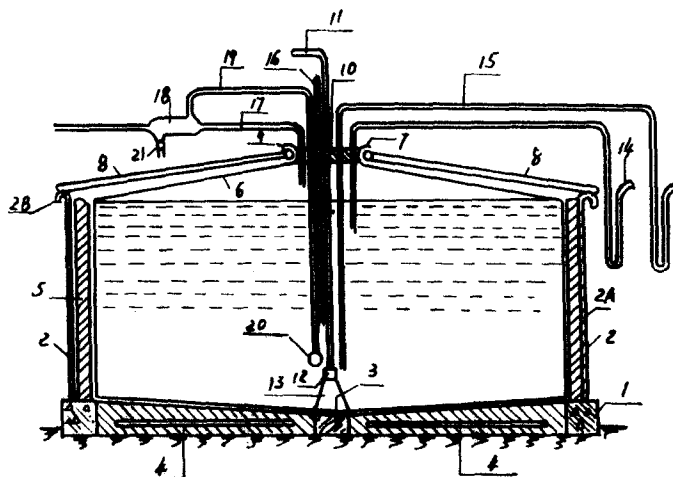


图 7 澳大利亚 BIZORBA/SANAMATIC 生物能
系统沼气发酵装置简图

1. 混凝土环 2. 护壁 2A 增板 2B 外卷式护壁顶端 3. 中心基脚 4. 热交
换器 5. 保温层 6. 柔性发酵膜 7. 袋颈 8. 槽梁 9. 支槽环 10. 气密式多管接头
11. 中心进料管 12. 空心管套 13. 支杆 14. 出料管 15. 出料槽 16. 加温管
17. 导风管 18. 导风管扩大段 19. 气搅拌进气管 20. 喷头 21. 阀门

我国台湾省沼气科技工作者在沼气技术上也作了不少工作，图8、图9、图10就是他们研究的沼气池池型。

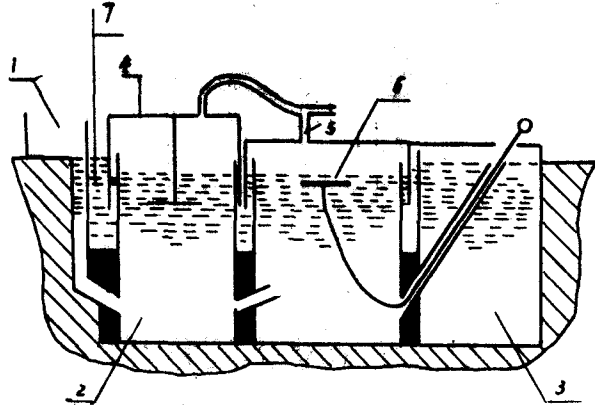


图 8 我国台湾省两级发酵池
池型简图

1. 进料口 2. 发酵间 3. 出料间 4. 浮罩 5. 气水管
6. 木板或塑料板 7. 水封槽

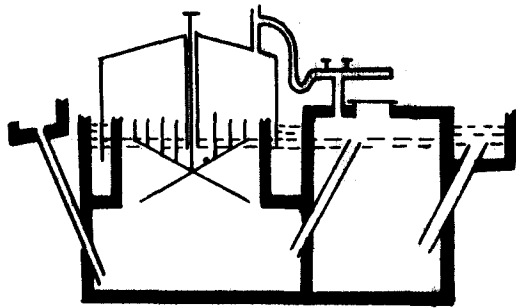


图 9 建于马亚农场的我国台湾省
沼气池简图

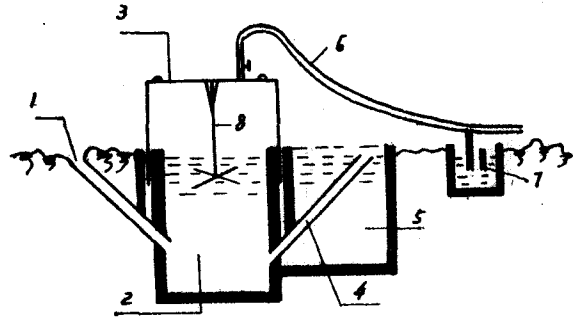


图 10 我国台湾省单级发酵池简图

1. 进料口 2. 发酵间 3. 浮罩 4. 溢流管 5. 出料间
6. 输气管 7. 气水分离器 8. 搅拌架

沼气历史考察表明，我国是世界上利用沼气历史较早的国家之一。一九二〇年，我国台湾省新竹县的罗国瑞先生就在广东省潮梅地区自己院内建造了一口有实用价值的“中华国瑞天然瓦斯库”（见图11），这是我国第一口水压式沼气池，由图可见，其构思是比较完整的。

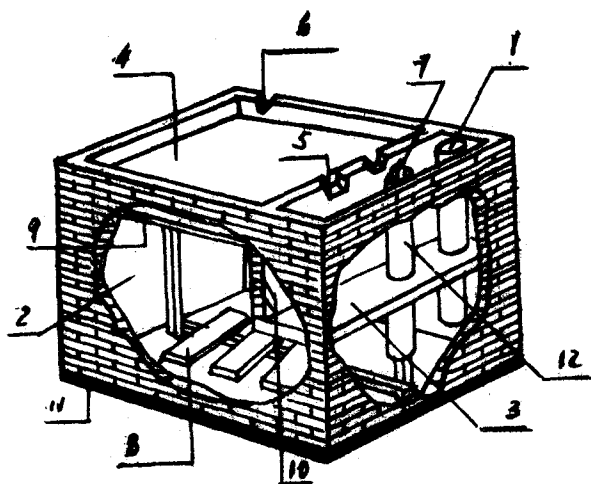


图 11 中华国瑞天然瓦斯库简图

1. 进料管 2. 发酵间 3. 侧水压间 4. 顶水压间
5. 联通管 6. 出水口 7. 搅拌机把手 8. 木制搅拌机
9. 顶板 10. 侧墙 11. 底板 12. 套筒

本世纪三十年代，在罗国瑞的倡导下，我国沼气的推广应用得到了相当的发展，当时的建池质量也是相当的高，不少沼气池至今保存完好，仍能使用。由于日本军国主义的侵略，我国沼气事业遭受挫折。

解放后，在一九五八年，我国沼气重新发展起来，但由于缺乏组织领导，加上技术上粗制滥造，效果不明显，致使群众运动再次受到夭折。

进入七十年代，我国沼气在政府部门的领导下，有组织、有计划、有步骤、积极而稳妥地向前发展。特别是自一九七九年以来，由于我国沼气科研力量的加强，沼气科研和沼气建设相互促进，使我国沼气的推广应用走上世界前列，得到国际沼气界人士的较高评价。

应该看到，我国属于发展中国家。目前，我国广大农村的经济水平是比较低的，农村建池量大面广。因此，作为沼气池设计工作者，应该从实际情况出发，走中国特色的建池道路。

第一章 沼气池的类型、构造和功能

虽然，世界各地农村沼气池五花八门。但是，我们可以根据其特点，将这些沼气池加以分类，以便分析研究。

沼气池按其贮气方式可以分为：水压式沼气池、浮罩式沼气池、气袋式沼气池等三大类。

沼气发酵池按其几何形状可分为：圆筒形池、球形池、长方形池、方形池、拱形池、扁球形池、圆管形池、椭球形池、卵形池、纺锤形池、圆环形池等。

沼气池按埋设位置可分为地下式、半埋式、地上式等。

沼气池按所采用的建池材料可区分为：砖结构池、石结构池、混凝土结构池、钢筋混凝土结构池、钢结构池、塑料结构池、钢丝网水泥结构池等。

沼气池按发酵液的干物质浓度有湿发酵池、干发酵池、“满装料”发酵池。

沼气池按发酵的步骤可分为二步发酵池、一步发酵池（液化、产酸、产甲烷在一个池内进行）。

沼气池又可分为单级发酵池、两级发酵池，乃至多级发酵池。

按所采用的发酵温度又可分为自然温度发酵池、中温发酵池、高温发酵池等。

按产甲烷菌和发酵液接触的程度还可区分为：有填充层厌氧过滤器、厌氧接触沼气发酵池、上流式厌氧污泥床发酵池等等。

下面着重介绍不同贮气方式沼气池的特点、构造及功能：

一、水压式沼气池

根据水压间放置的位置，水压式沼气池可分为侧水压式池、顶水压式池、分离水压式池（见图12、图13、图14）。

水压式沼气池由进料口、进料管、发酵间、贮气室、活动盖、导气管、蓄水圈、出料管、水压间（暨出料间用）等部分组成（如图12所示）。

进料管采用直管斜插于池墙中部，这样做施工方便、进料顺畅、搅拌方便。为便于施工，进料管可采用外方内圆的形式。经验证明，其内空尺寸以20厘米—30厘米为宜。

发酵间是沼气池的主体，按发酵技术中规定的配合比原料从进料管进入池内，于此处进行沼气发酵，要求不漏水。

贮气室是贮存沼气的地方，水压池的工作原理是气压水贮气，水压气用气。要求贮气室不渗漏沼气。

活动盖设置于贮气室顶部中央位置，可按需要打开或关闭，一般用粘土膏填塞于活动盖周边，然后用水封住活动盖。活动盖口应有一定尺寸，以利人员进出和出料机具上下的需

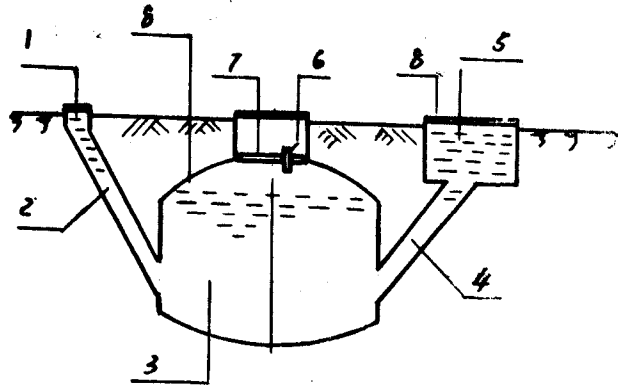


图 12 侧水压式沼气池简图

1. 进料口 2. 进料管 3. 发酵间 4. 出料管 5. 水压间 6. 气总管
7. 活动盖 8. 贮气室

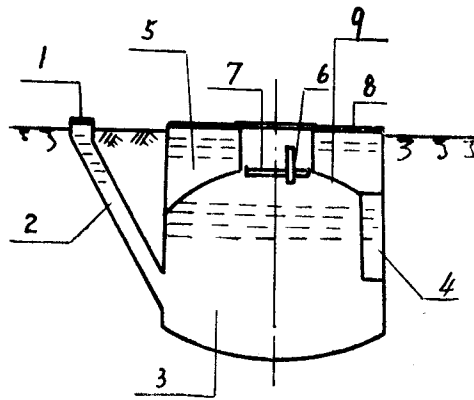


图 13 顶水压式沼气池简图

1. 进料口 2. 进料管 3. 发酵间 4. 出料管 5. 顶水压间
6. 气总管 7. 活动盖 8. 盖板 9. 贮气室

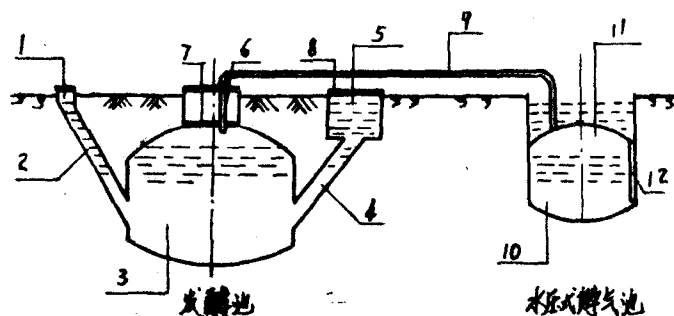


图 14 分属水压式沼气池简图

1. 进料口 2. 进料管 3. 发酵池 4. 出料管 5. 出料管 6. 导气管
7. 活动盖 8. 盖板 9. 输气管 10. 水池 11. 贮气室 12. 联接管

要，一般以下口尺寸为 50 cm 即能满足要求。设置活动盖可便于维修沼气池人员的进出、通风采光、发酵原料的大进大出，并可在池内沼气压力太大时，冲开活动盖，使池体得到保护。

出料管也呈外方内圆形式，并以一定坡度斜插于池墙中部。为出料方便起见，也有采用底层出料方式的。

水压间主要功能是水压作用，是水压式沼气池必须设置的部分。当沼气池产气时，池内发酵料液便依靠沼气的压力将清液压至水压间，使水压间液面升高，当使用沼气时，由于池内沼气压力下降，水压间内的清液便依靠重力的作用返回池内。这样，不断地产气、用气，水压间内的料液便不断地上升下降，使内外压力始终处于平衡状态。

为了贮存沼气发酵后的残余物，可在水压间的旁边设置囤肥池，以便合理地解决用肥和用气之间的矛盾。我们认为这是值得提倡的。

为了使用安全、越冬保温、改善环境卫生，在进出料间上部、蓄水圈上部应设以盖板。

当然，作为农村家用沼气池还需配套输气管道、压力表、开关、灯具和炉具。

水压式沼气池有以下优点：

1. 整体性能良好，建池材料的适应性强；
2. 构造简单，施工方便；
3. 造价较低；
4. 管理、使用方便；
5. 沼气池使用寿命长。如沼气池经常检查、维修、精心保养，根据沼气历史调查，一个混凝土结构或砖、石结构的水压式沼气池使用30~50年是完全可能的。特别是性能良好的密封材料的研究成功，更可体现水压池的优越性；
6. 水压池的水压间也可作为零星出料时的出料间用，可满足经常性的农业生产用肥要求。

二、浮罩式沼气池

根据浮罩的安放位置，可分为顶浮罩式、分离浮罩式沼气池。（见图15、图16）

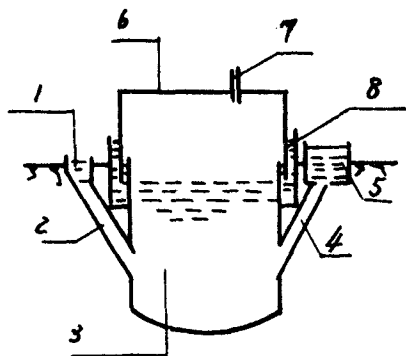


图 15 顶浮罩式沼气池简图

1. 进料口 2. 进料管 3. 发酵池 4. 出料管
5. 出料间 6. 浮罩 7. 导气管 8. 水封槽

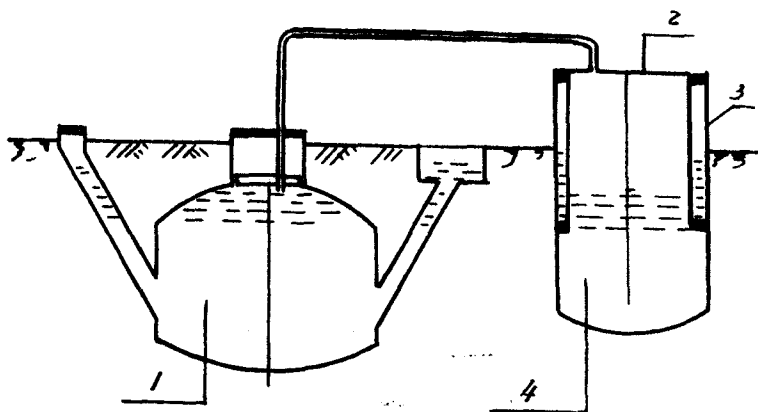


图 16 分离浮罩式沼气池

1. 发酵池 2. 浮罩 3. 导向柱 4. 水封池

所谓浮罩式沼气池，就是沼气发酵池所产沼气由浮罩贮存起来，浮罩池气压稳定，所以亦称恒压池。浮罩池的构造如图中所示，它与水压池唯一不同点在于水压池的贮气室由浮罩代替。为使浮罩能均匀升降，除浮罩制作时，要求浮罩轴对称、厚薄一致外，还要求设立导向系统。考虑到维修和施工的需要，应在浮罩的中央设置活动人孔。当然，进气和出气管也

是不可缺少的。浮罩池的主要优点在于：

1. 由于压力稳定，给燃烧器设计带来很大方便；
2. 对沼气发酵池的防渗漏要求较低；
3. 顶浮罩式沼气池还有大出料安全方便的优点。

但是，浮罩材料价格较贵，要求较高，还需相应的吊装机具，建池成本较高（钢浮罩还存在腐蚀、使用寿命不长的问题）。

三、气袋式沼气池（图17）

顾名思义，气袋式沼气池由气袋贮存，可采用橡胶气袋、聚氯乙烯塑料气袋、红泥塑料气袋。其它构造和水压池相同。

气袋池压力较低，对防渗漏要求不高。沼气池发酵料液不会随沼气的多少而波动，大出料时较为安全。但不足之处有：

1. 气袋材料价格贵，容易老化，寿命不长；
2. 沼气压力太低，难以用来煮饭、点灯。若要满足使用要求，需要在气袋上施加重物，使其具有一定的压力；
3. 由于某些原因，容易使气袋破裂。

随着红泥塑料研究的深入，上述缺点正在被一一克服。

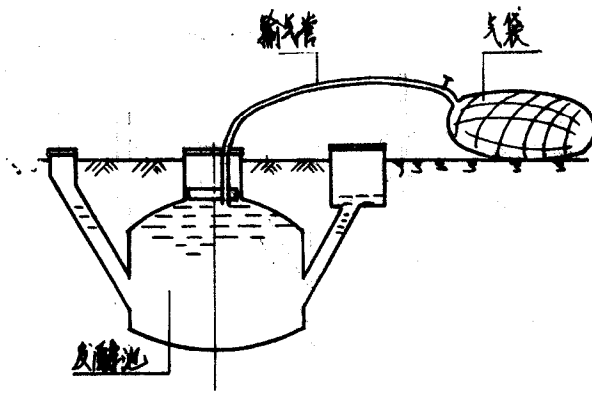


图 17 气袋式沼气池简图

目前，我国农村家用沼气池大部分采用水压式沼气池，浮罩池、气袋池在局部地区已得到应用。

近年来，红泥塑料引起了国内外沼气界的关注和兴趣。红泥塑料沼气池（示意如图18、图19）正在有关方面的领导下，有组织、有计划地深入研究，已初见成效。概括起来，红泥塑料沼气池有如下优点：

1. 能吸收太阳能，提高池温，促进发酵，提高产气率；
2. 气密性能较好；

3. 构造简单, 维修容易, 施工方便;
4. 可以提高发酵液浓度, 从而减小池容;
5. 进出料方便、安全;
6. 能工厂化生产, 商品化供应, 可确保沼气池质量;
7. 红泥塑料的抗老化性能、耐低温性能优于其它塑料, 使用寿命达10年以上。

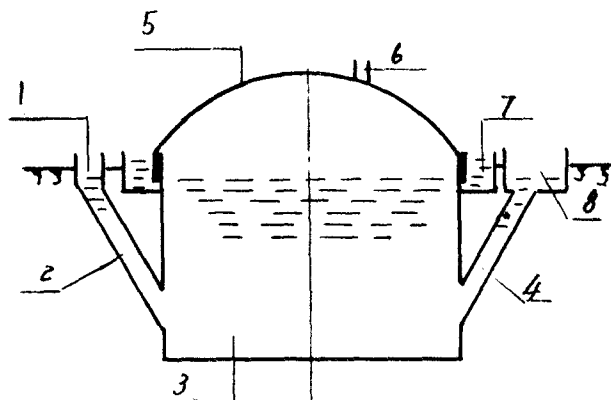


图 18 半塑式红泥塑料沼气池简图

1. 进料口 2. 进料管 3. 发酵间 4. 出料管 5. 红泥塑料气罩 6. 导气管 7. 水封槽 8. 出料间

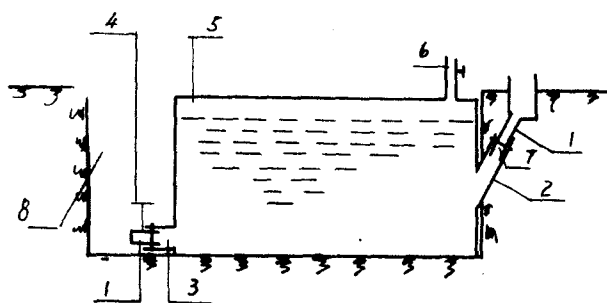


图 19 全塑式红泥塑料沼气池简图

1. 钢管(或硬塑料管) 2. 进料套 3. 出料套 4. 阀门
5. 红泥塑料袋 6. 导气管 7. 绳索 8. 地坑

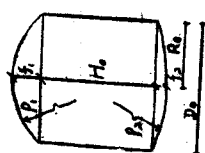
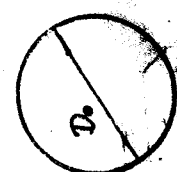
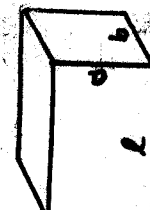
随着沼气科研的进一步深入, 特别是沼气发酵技术的突破, 可以预料, 将有更先进的池型问世, 到那时, 我国沼气水平将有更大的提高。

第二章 各种几何形状沼气 池的几何特征计算

沼气池设计计算的第一步，就是沼气池几何特征计算。包括：容积计算、尺寸计算、表面积计算。在此基础上方可进行内力和强度计算、材料用量计算，继而绘制设计图等一系列工作。

现将圆筒形池、球形池、长方形池、拱形池、圆管形池、纺锤形池、卵形池、扁球形池、圆环形池、椭球形池、椭圆柱形池的几何特征计算公式列于表1，供读者查用。

表1 各种几何形状沼气池几何特征计算公式表

序号	几何形状及名称	简图	容 积	表 面 积	其它几何尺寸
1	圆筒形池		$V = \frac{\pi}{6} [f_1(3R_0^2 + f_1^2) + f_2(3R_0^2 + f_2^2)] + \pi R_0^2 H_0$	$F = 2\pi(\rho_1 f_1 + \rho_2 f_2 + R_0 H_0)$	$\rho_1 = \frac{R_0^2}{2f_1} + \frac{f_1}{2}$ $\rho_2 = \frac{R_0^2}{2f_2} + \frac{f_2}{2}$
2	球形池		$V = \frac{\pi D_0^3}{6}$	$F = \pi D_0^2$	
3	长方形池		$V = a \times b \times L$	$F = 2(ab + aL + bL)$	