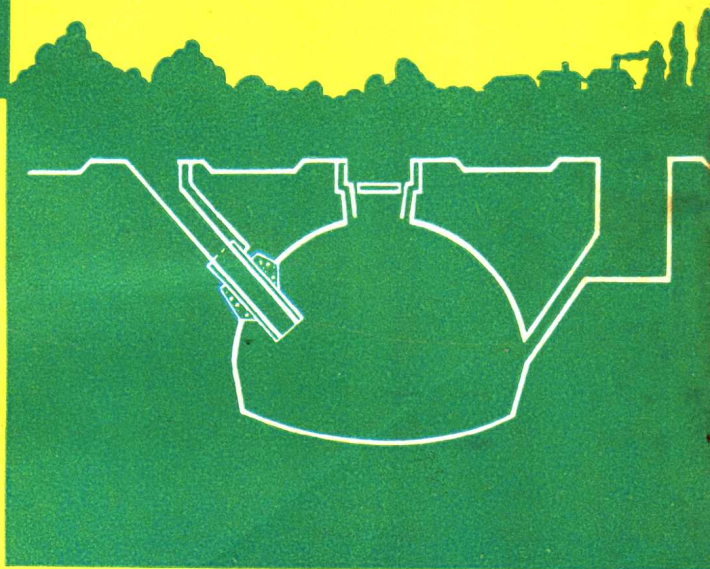


农村中小型沼气池的设计与施工

西南建筑设计院 编



3.6

1

科学出版社

农村中小型沼气池的 设计与施工

西南建筑设计院 编

科 学 出 版 社

1981

内 容 简 介

本书是在整理四川省沼气池建池技术训练班讲稿及总结有关建池经验的基础上,参考其它有关资料而编写的一本通俗读物,主要介绍农村中、小型沼气池设计和施工技术,列有设计计算实例及常用沼气池计算图表。

本书可供农村建池技术人员参考。

农村中小型沼气池的设计与施工

西南建筑设计院 编

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

石家庄地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1981 年 10 月第二次印刷 印张: 6 1/2 插页: 3

印数: 38,101—46,200 字数: 145,000

统一书号: 15031·249

本社书号: 1524·15—1

定 价: 0.62 元

前 言

一九七五年,我院在四川省沼气领导小组的主持下,先后在四川的温江、万县、内江、乐山、涪陵、西昌等地区,举办沼气建池技术训练班,向农村沼气技术员讲授建池技术,普及有关建池的科学知识。通过理论与实践的短期培训,普遍反映减少了建池中的盲目性,提高了科学性,有利于提高建池质量,降低建池成本。

通过多次短训班的讲授、调查和试验,并吸收来自群众的实践经验,我们编写了“农村办沼气建池讲义”一书。

目前,我国农村办沼气又有了进一步的发展。为了适应农村办沼气的建池需要和农村青年自修科学知识的愿望,我们在上述讲义的基础上,编写了这本沼气建池技术的通俗读物。本书由李鸿猷、陈家乐、向树德、谢集雍同志执笔,何云骧同志审定。本书的内容简明扼要,计算理论力求简化,叙述力求通俗。

自讲义的编写到本书的出版,曾得到四川省沼气领导小组和仁寿、彭山、大邑、西昌、达县、眉山、崇庆等县及内江市沼气领导小组的大力支持,特此致谢。

由于水平有限,缺点错误难免,请读者批评指正。

目 录

前言	i
第一章 概述	1
第二章 沼气池的地基承载力与土压力	6
2.1 土的现场简易识别法	6
2.2 地基土的容许承载力	13
2.3 池上的土压力	18
2.4 坑壁的稳定高度	23
第三章 沼气池设计计算	27
3.1 设计步骤	27
3.2 池容积通用计算公式及经济尺寸	28
3.3 作用在池上的荷载及其组合	33
3.4 池的内力分析	38
3.5 池各部分断面选择	51
3.6 稳定验算	57
3.7 设计计算实例	59
3.8 制图初步	66
第四章 沼气池建池材料	75
4.1 建池常用的基本材料	75
4.2 灰土的性质及最优配合比	93
4.3 三合土的性质及配合比	95
4.4 普通混凝土的性质及配合比	96
4.5 无熟料水泥混凝土	106
4.6 防水混凝土	108
4.7 竹筋混凝土	111

4.8	砂浆的性质及配合比	113
4.9	简易防水材料	120
4.10	建池材料预算	122
第五章	沼气池的施工	127
5.1	池址	127
5.2	施工准备和池坑开挖	127
5.3	混凝土的施工	129
5.4	灰土的施工	136
5.5	三合土的施工	137
5.6	砖砌体的施工	138
5.7	卵石(乱石)砌体的施工	139
5.8	料石(板石或条石)砌体的施工	140
5.9	膨胀土及岩石地基建池技术	142
5.10	地下水的处理	143
5.11	进、出料管及活动盖的安装	146
5.12	抹灰	147
5.13	施工的质量检验	150
附录		153
表 1	短壁沼气池几何尺寸计算 K 值表	154
表 2	削球形池盖(反削球形池底)几何尺寸计算 K 值表	157
表 3	沼气池容积 V 立方根表	158
表 4	短壁沼气池几何尺寸表	159
表 5	混凝土配合比及材料用量表	162
表 6	混凝土配合料用量表	163
表 7	灰土配合比及材料用量表	164
表 8	三合土配合比及材料用量表	164
表 9	砖砌体材料用量表	165
表 10	板石砌体砂浆材料用量表	166
表 11	抹灰砂浆(抹 1 毫米厚)每米 ² 材料用量表	166
表 12	每米 ³ 抹灰砂浆材料用量表	167

表 13	几种抹灰作法砂浆配合比及材料用量表	168
表 14	30—100 号混凝土预制块池墙材料用量表	170
表 15	30 号混凝土削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{5} D$)、池墙, 无结构层、 混凝土反削球形池底的全池材料用量表	175
表 16	50 号混凝土削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{5} D$)、池墙, 无结构层、 混凝土反削球形池底的全池材料用量表	176
表 17	100 号混凝土削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{5} D$)、池墙, 无结构 层、混凝土反削球形池底的全池材料用量表	177
表 18	灰土削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{5} D$)、卵石池墙, 无结构层、灰 土、混凝土池底的全池材料用量表	178
表 19	灰土削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{5} D$)、池墙, 无结构层、灰土、混 凝土反削球形池底的全池材料用量表	180
表 20	三合土削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{5} D$)、池墙, 无结构层、三合 土、混凝土反削球形池底的全池材料用量表	182
表 21	砖砌削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{3} D$)、池墙, 无结构层、灰土、混 凝土反削球形池底的全池材料用量表	184
表 22	卵石削球形池盖 ($f_1 = \frac{1}{3} D$)、池墙, 无结构层、灰土、混 凝土反削球形池底的全池材料用量表	186
表 23	板石池盖及池墙的板材规格数量表	187
表 24	板石池盖、池墙, 无结构层、灰土、混凝土反削球形池 底的材料用量表	191
附图 1	块材砌筑沼气池示意图	192
附图 2	整体浇筑沼气池示意图	194
附图 3	原土凿池沼气池示意图	196
附图 4	原土凿坑整体盖沼气池示意图	198

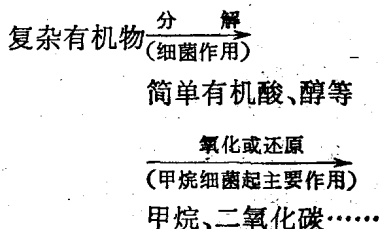
表 25 砖石砌筑削球形池盖、池墙, 灰土、三合土、混凝土整
浇反削球形池底的全池材料用量表

表 26 灰土、三合土、混凝土整浇削球形池盖、池墙, 砖石砌
筑反削球形池底的全池材料用量表

第一章 概 述

沼气广泛存在于大自然中，很早以前，人们就从沼泽、湖泊和池塘里发现了它，故名为沼气。沼气是一种可燃性混合气体。将农作物秸秆、杂草、树叶等有机物质加水密闭，在一定酸碱度、湿度条件下，经多种细菌的作用——分解、氧化或还原就会产生沼气。沼气的主要成分为甲烷和二氧化碳。一般情况下，甲烷占沼气体积 60% 左右。

沼气的产生过程可表示如下：



上式中的分解、氧化或还原都是在缺氧条件下，由多种细菌作用完成的；甲烷细菌是嫌气菌类，它在正常生长时，需要吸收碳、氮和无机盐类作为养料。

人们了解了产生沼气的原理就可以创造条件来制取它。我国广大农村的沼气发生池，就是人工制取沼气的实例。

农村办沼气，好处很多，深受广大群众欢迎。最初，只是

为了解决农用燃料不足的困难,当办起沼气之后,其它许多方面的优点也显示出来了。

首先,沼气池排出的粪液是良好的有机肥料。农作物秸秆下池造气后变为肥料,回到农田,这样,可改良土壤。人畜粪便下池后,经过密闭发酵,其中氨态氮和有效磷大大提高。群众反映:沼气肥看起来象清水,用起来象氨水。池底的沉渣,含有8—12%的腐植酸,可造腐植酸类肥料。将生磷矿粉与沼气沉渣一起堆沤,可制成沼气磷肥。四川绵阳县,在一九七五年基本上实现沼气化后,两年来增产粮食一亿五千万斤,平均每年增产12.7%。

其次,农村大办沼气,不仅可以增强蓄水抗旱能力,并可同喷灌结合起来,解决丘陵坡地的施肥和灌溉问题。一个10米³沼气池,可蓄水二百余担。一九七六年,四川虽然遭受干旱,但基本实现沼气的县、社,不仅粮食没有减产,反而个个增产。

第三,沼气是一种廉价的生物能源,可用于发电,也可直接发动汽油机,或同柴油混合燃烧,为抽水、喷灌、机耕、打米磨面、粉碎饲料……等提供动力。

另外,办沼气也是对粪便进行消毒处理的一种手段。粪便中的病菌、寄生虫卵,经过沼气池的密闭发酵和沉渣堆沤造肥后,能被沉淀或者杀死,如吸血虫卵、钩虫卵、蛔虫卵等可减少90%左右。因此,办沼气起着改善环境卫生的作用。

要制取沼气,首先就要修建沼气池。一般沼气池由四部分组成:进料间、发酵-贮气间、出料间、活动盖(图1)和导气管。

进料间是输送原料的地方,原料通过进料管直接落入发酵间。进料管口径可按进料方式和池体大小来考虑,一般内径为300毫米。中小型沼气池可不设进料间,直接用

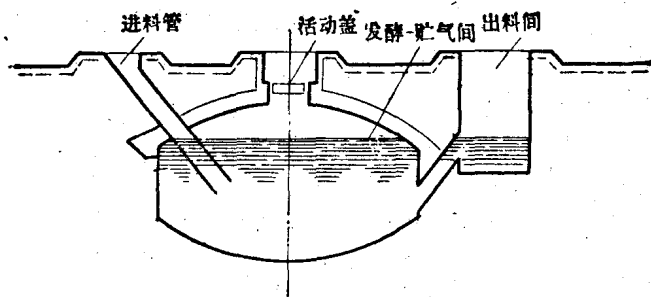


图1 沼气池示意图

斜槽或直管进料。进料管上口可与厕所、猪圈连通，下口插入发酵-贮气间约 $1/2$ 高度处。

出料间大小按发酵-贮气间大小和取料方式决定，一般宜做成竖井形或斜槽形，其位置应与进料口位置呈 180° 布置，以免新料未经发酵即进入出料间。出料间下口宜开设在池高 $1/2$ 处，上口宜加设盖板，以防人畜误落池内，同时也有利于环境卫生。

进料、出料口的上沿均应高出发酵-贮气间一定高度，以便池内气压增大时，料液压至进料、出料口一定高度，起静压箱作用。大型沼气池宜用机械进、出料。

发酵-贮气间是沼气池的主体，简称主池，其工程量一般占全部工程量的 70% 左右，以料液面为界，其下部为料液发酵间，上部为贮气间。主池净容积大小是根据需要产气量来计算的，在常温发酵条件下，通常按每米³料液日平均产气量为 $0.15-0.2$ 米³ 计算。一般农户用小池，可根据家庭人口数，选建净容积为 $6、8、10、12$ 米³ 的沼气池。根据四川经验，需建池的净容积，可用下述简单方法估算：即 4 米³ 加人口数。在一般情况下，宜加强管理，充分发挥沼气池的效率，而盲目增大池体。农村社队作为动力用的沼气池，其净容积可按

日最大总耗气量的1.1—1.3倍决定。日最大总耗气量应根据每台机械日最大耗气量及机械台数而定。当耗气量较大时,为了便于管理、维修,均衡产气,宜选用成组的中小池代替大池。为了避免设置加热和恒温设备,目前,我国普遍采用常温发酵,因此,池体宜建于地下一定深度处,上部复土应有一定厚度,在严寒地区,应设置在冻结线以下,以保证池温不低于8°C,温度波动不致超过3°C。

活动盖和导气管。活动盖又称安全盖,它设置在主池顶部,其作用在于:当池内贮气过多,气压很大时,可以冲开活动盖,放出气体,减小气压,以保主池不致破裂或爆炸,并在清池和检修时,便于出料、通风和采光,预防入池人员中毒。活动盖形式、大小和重量的选择,应便于开闭、人员下池及调节气压。一般采用圆形,上大下小,用普通混凝土制成。中小型沼气池活动盖,上口直径约700—800毫米,下口直径600—700毫米,厚度200毫米左右。导气管通常是在活动盖上埋设一段金属直管,与软质塑料管连接而成。

为了使沼气池适用经济、坚固耐用,需进行场地选择,地基勘察,池体设计,合理选材,精心施工等环节。一般农户用小池,比较简单,可以直接选用通用图纸,或按本书附录查表决定池子结构尺寸,无需进行专门计算。大型沼气池,机械化沼气池,可请有关部门设计、施工。因此,以下章节着重论述中型沼气池的设计、施工和选材问题,供县、社沼气技术人员参考使用。

根据四川农村近几年建池经验,农用小池建池一般原则为:“三结合,圆小浅,直管进,活动盖,出料口加盖”所谓“三结合”,就是将沼气池与猪圈、厕所结合修建,使人畜粪便直接流入池内,减少原料运输,节约用地,同时可以保持和提高池温。“圆小浅”就是池型呈圆形,容积较小,埋入地下的深度

较浅(一般不超过2米)。圆形结构受力合理,便于使用脆性材料,容积小,则造价低,便于管理;埋置浅,则节约土石方,易于避开地下水影响。同容积的池体,液面大的产气量高,因此,在选型时,宜适当放大池子直径,减小池的深度。

常温发酵沼气池,是一种地下构筑物,它和土的关系十分密切。为广大农村沼气技术人员学习方便起见,本书特于第二章介绍了关于地基基础方面的一些知识;掌握了这些知识,方能较好地学习以后的设计计算章节。第三章中介绍了由砖石、混凝土……等脆性材料建造的沼气池通用计算方法,计算实例,制图初步,以便读者掌握运用。第四章介绍了建池材料的基础知识,材料预算,内容偏重于地方性材料,以利于合理选材,就地取材。第五章介绍了沼气池的施工,内容偏重于农村常用的行之有效的施工方法,以供读者结合具体情况参考使用。

第二章 沼气池的地基承载力与土压力

2.1 土的现场简易识别法

沼气池是地下构筑物，它与土的关系十分密切。土是由固体、液体和气体三部分组成的非均质物体。固体部分由矿物颗粒组成(有时含有机物质)，构成土的骨架，其中布满互相连贯的孔隙，这些孔隙有时完全被水充满，有时部分被水占据、部分被气体占据。水和溶解物构成土的液体部分。空气和其他气体构成土的气体部分。这三部分的比例不是固定的，随周围条件的改变而改变。天然土是多种多样的，性质十分复杂，不仅与土粒大小、形状、成分和含水量等有密切关系，而且与土的形成过程和年代有关。在天然土层中很难找到两处性质完全相同的土；就是在同一地点，不同深度的土其性质也可能不同。因此，在工程实践中必须根据各种土性质的不同划分类别，以利应用。工程上定义的土，范围较广，凡正在经受风化的岩体及岩体风化后的产物，都定义为土。土的工程分类，按常规方法是依据它的物理力学性质进行的。成片的岩层是一种固体，它的强度一般很高，压缩性很小，对于修建一般沼气池强度足够。它的工程分类涉及到地质学问题，有关这方面的知识，为了节省篇幅，本书不予详细介绍。岩体的风化产物——碎屑土，由于粒径大小、颗粒级配的不同，一般可分为碎石土、砂土、粘性土三大类。碎石土是粒径大于2毫米的颗粒含量超过全重50%的土；砂土是粒径大于2毫米的颗粒含量不超过全重50%的土。砂土又可分为砾砂、粗

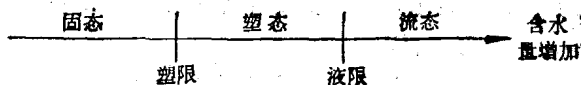


图 2

砂、中砂、细砂和粉砂五种。碎石土和砂土，其强度决定于它们的密实程度，一般分为密实、中密、稍密、松散四种。除细砂、粉砂外，其强度与饱和度无关。水对粘性土的影响性很大，粘性土由于含水量的不同，可以为固态、塑态和液态（如图2）。由固态变成塑态时的分界含水量称为塑限（%）；由塑态变成液态时的分界含水量称为液限（%）。液限与塑限之差称为塑性指数。砂土的塑性指数小于3。粘性土又可分为轻亚粘土、亚粘土、粘土三类，其塑性指数分别为：

轻亚粘土	3—10
亚粘土	10—17
粘土	大于 17

同类土由于密实程度的不同，强度的变化幅度很大。粘性土还由于含水量的不同，强度也不同。修建沼气池时，必须了解土的性质。现将影响土性质的一些指标介绍如下。

孔隙比是土的重要指标，它是土的孔隙体积与土颗粒体积之比，通常以符号 e 表示。根据 e 值的不同，砂土的密实度如表 2.1 所示。

表 2.1 砂土的密实度

土 的 名 称	密 实 度			
	密 实	中 密	稍 密	松 散
砾砂、粗砂、中砂	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.75$	$0.75 < e \leq 0.85$	$e > 0.85$
细砂、粉砂	$e < 0.70$	$0.70 \leq e \leq 0.85$	$0.85 < e \leq 0.95$	$e > 0.95$

湿度即天然含水量，它是土中水的重量与土颗粒的重量之比(%)。

饱和度是土中水的体积与土内孔隙体积之比，以百分率表示。根据饱和度的不同，砂土的湿度可分为：

稍湿	饱和度 ≤ 50
很湿	$50 < \text{饱和度} \leq 80$
饱和	饱和度 > 80

液性指数即稠度，其值为湿度减塑限后除以塑性指数。粘性土的状态，按液性指数的不同分为坚硬、硬塑、可塑、软塑和流塑，其划分标准见表 2.2。

表 2.2 液性指数

土 的 状 态		液 性 指 数
坚	硬	小于或等于 0
硬	塑	大于 0, 小于或等于 0.25
可	塑	大于 0.25, 小于或等于 0.75
软	塑	大于 0.75, 小于或等于 1
流	塑	大于 1

含水比是土的天然含水量与土的液限之比。

上述土的物理指标，通常是在实验室中求得的，在缺乏实验条件时可用一些简易方法鉴定。为此，我们特别介绍一些土的简易识别方法供参考使用。关于土的分类方法见表 2.3；土的湿润程度见表 2.4；碎石土的密实度可见表 2.5；对于砂土的产状，见表 2.6。

这些简易识别方法是很有用的，也是比较近似的，其近似程度随观测者的实践经验多寡而不同，希读者勤于实践、积累经验。

至于粘性土的液限和塑限的简单实验方法将在本章 2.2 节里介绍。

表 2.3 一般土的简易分类法

识别 土的名称	用手捻搓时的感觉	肉眼和用 放大镜 观察	土 的 情 况		湿土搓条情况	湿润时用 刀 切	天然土浸于水中
			干 时	湿 时			
粘 土	有滑腻感,不感觉有砂粒,土块难于破开;水分较大时极为粘手	见不到砂粒	非常坚硬,撞击成碎块	粘滞可塑,很软,实际不透水	能搓成直径为1毫米的长条,弯曲或手持一端时不断裂,容易搓成圆球,压成饼,饼边不裂缝	有明显的滑面,对刀刃有粘滞阻力,切断面非常规则	呈现一块滑腻的胶体,不易分散,土块表面的颗粒有少量分散,在水中呈现悬浮状态,使水浑浊,且不能辨别出颗粒存在
亚 粘 土	仔细捻搓感觉到有少量滑腻感,稍有滑腻感与粘滞感,感到有砂粒存在,土块容易碎	从薄层中可以看到砂粒	不太坚硬,土块需要用力才压碎	塑性小,有粘结力	可搓成3~5毫米直径的粗短条,可以搓成圆球	有光滑面,切断面规则	呈一块胶体,用力搅拌后部分分散,使水浑浊,仔细观察偶尔能辨出个别颗粒
轻 亚 粘 土	感觉有细颗粒存在或感觉粗糙,有轻微粘滞感或无粘滞感		一碰就掉			切断面稍粗糙	本来粘聚一起,但搅拌后即行分散,分散颗粒在水中大部分可辨认
砂 土	感觉是砂粒,松散,不胶结,易挖	绝大部分是砂粒	松散,不胶结	无塑性	搓不成条		