

国外沼气技术与研究

曹正寅 王广德 编译

山东省临沂地区科学技术情报研究所

前 言

近些年来，许多国家由于矿物燃料短缺，面临能源危机，都在积极研究开发新型能源。因此，国外关于沼气的研究工作便得到了较快的发展。他们不仅重视应用技术的研究，也加强了关于甲烷生成的基本理论研究。

我国在沼气的理论研究方面，与先进国家相比差距较大。这与我国沼气推广工作蓬勃发展的形势很不相适应。这种状况如果继续下去，势必会阻碍沼气事业向更高水平发展。因此我们觉得，介绍一些国外关于沼气的理论研究、实验方法、应用技术、经济效益以及规划设想等情况，在现阶段是非常必要的。

为此，我们选译了一些有关的文章，编成这本专题译文集。正因为是译文集，它就不可避免地存在一些缺点，比如缺乏连贯性；各篇文章难免互有重复；技术用语、写作方法和文字特点不尽一致等。但是妄加斧凿在科技文献翻译中是不能允许的。所以，我们除对一些确无必要的话语略作删节以外，所选文章基本上都是按原文译出的。

本资料收集的文章大部分选自美国的两本论文集，即：“Energy, Renewable Resources, and New Foods (AIChE Symposium Series)”和“Symposium Papers, Energy From Biomass and Wastes”（原件均藏中国科技情报所）。其余文章选自国外期刊杂志。

我们编译本资料的目的只是希望通过介绍国外沼气的部分情况，起到开阔眼界、启发思路的作用。鉴于国内情况与国外不同，本资料中介绍的材料仅供参考。由于我们业务知识不够，外语水平有限，谬误之处一定不少，恳请同志们批评指正。

此外，其中第九篇和第二十篇是刘瑞禄同志协助翻译的，在此一并表示感谢。

目 录

前 言

第一部分 常温沼气池及中、高温厌氧发酵

印度小型常温沼气池介绍

.....〔印度〕奇兰吉维 (1)

用动物粪便生产甲烷——中温发酵应用研究

.....〔美国〕史密斯 等 (18)

牛粪高温厌氧发酵和沼气池乏料的营养价值

.....〔美国〕桥本 等 (53)

第二部分 厌氧发酵的若干理论问题

关于厌氧发酵的三个阶段

.....〔美国〕布赖恩特 (83)

一个厌氧发酵动力学模型.....〔美国〕桥本 等 (108)

厌氧消化过程的稳定性

.....〔加拿大〕克罗伊克 等 (113)

厌氧消化过程若干参数的计算方法

.....〔美国〕汤姆·郭 等 (135)

第三部分 沼气生产的技术经济分析

关于利用废物和生物量生产沼气的技术经济分析

.....〔西德〕因坦 等 (149)

用小型养猪场粪便生产沼气

.....〔加拿大〕西尔维斯顿 (164)

利用垃圾生产甲烷.....〔美国〕怀斯 等 (188)

用牛粪生产甲烷和蛋白质的经济效果

..... (美国) 桥本 等 (205)

第四部分 关于能源农场的设想

建立海上能源农场, 利用海生植物生产甲烷

..... (美国) 斯台拉 (215)

海上能源农场计划介绍..... (美国) 希赖斯 (229)

种植陆上能源作物制取沼气

..... (美国) 米利恩 等 (250)

燃料农业的某些限制..... (美国) 波维奇 (262)

第五部分 其 他

美国、印度等五国生物能源潜力

..... (美国) 弗加拉 等 (275)

用生物量制取沼气的试验报告

..... (美国) 普费弗 (295)

家畜粪便厌氧消化所产生的能量及其对环境

的影响..... (美国) 汤姆·郭 (336)

施用厌氧污泥引起土壤性质变化

..... (美国) 克拉迪夫科 (355)

对消化残渣进行热处理增加可生物降解性

..... (美国) 高赛特 等 (370)

附: 本资料中常用计量单位换算表 (393)

印度小型常温沼气池介绍

印度 安得拉大学化工系主任

C. 奇兰吉维

提要 印度由于有75%的人口居住在农村，所以沼气设备极有发展前途。用牲畜粪便和人粪便能够生产的沼气总量，相当于9.3亿吨煤。

为了进一步扩大沼气生产潜力，还必须找到并利用能代替牛粪的原料。本文评述了各种型式沼气池的建造方法和操作情况。目前沼气设备成本还比较高。但是通过缩短管路、减少阀门和采用比较便宜的建筑材料，成本可以降低。最后，本文强调指出了，需要研究把农作物秸秆当作沼气原料是否合适，也需要研究碳氮比对于沼气产量的影响。

印度人口中有75%生活在农村。农村的能源是非商业性质的，例如动物粪便和柴火。但是，这些非商业性燃料，在总的能量构成中，所起的作用是很大的。随着能源危机的到来，非商业性能源对于满足总的能量需求，起着很重要的作用。尽管这些燃料的热值低，据估计，非商业性燃料的消耗量几乎还相当于2.3亿吨煤。因此我们必须切实而有效地利用这些燃料制取沼气。此外，从表1中的数字可以规划出一幅关于沼气生产潜力的理想图景。

表 1 印度全国动物粪便和人粪便
能够生产的沼气的燃料值

序号	项 目	数 量
1	预计每天可产生动物粪便	130万吨
2	每天可从动物粪便产生沼气	16.9亿立方英尺
3	印度估计总人口	6.6亿
4	每天可从人粪便产生沼气	6.6亿立方英尺
5	每天可产生的沼气总量	23.5亿立方英尺
6	每年相当于煤	412万吨
7	每年相当于石油	10.95亿加仑

印度于1939年开始研究沼气。实际上，1930年孟买就已经有了一个利用城市污水的沼气设备投入运转。印度农业研究所、国家环境工程研究所和农村工业委员会等团体，为了在印度推广沼气设备，在这一领域作了开创性的工作。下面介绍目前在印度流行的几种池型（1—5）。

1. 间歇式沼气池

图 1—1 是它的示意图。这是一个简单的具有双层混凝土壁（中间空隙 5 ~ 6 英寸）的圆筒形设备。两壁之间的空隙作为气箱的水封槽。气箱是一个下端开口的镀锌铁皮罐。水底放些砂子，气箱就放在砂子上。为了清除固体，留有一个入孔；为了排出液体，安上了一根带闸阀的直径 2 英寸的管子。为了方便，入孔和管子都穿过沼气池的两层壁，贴近地面。在沼气池里边装一根 $\frac{1}{2}$ 英寸的管子，用以给沼气池加水。在沼气池外边装一个液位指示玻璃管，用来指示沼气池内的液面高度。设备尺寸如下：基座半径 6 英尺；内筒半径 3 英尺 6 英寸；外筒半径 5 英尺 3 英寸；壁厚一砖（4 $\frac{1}{2}$ 英

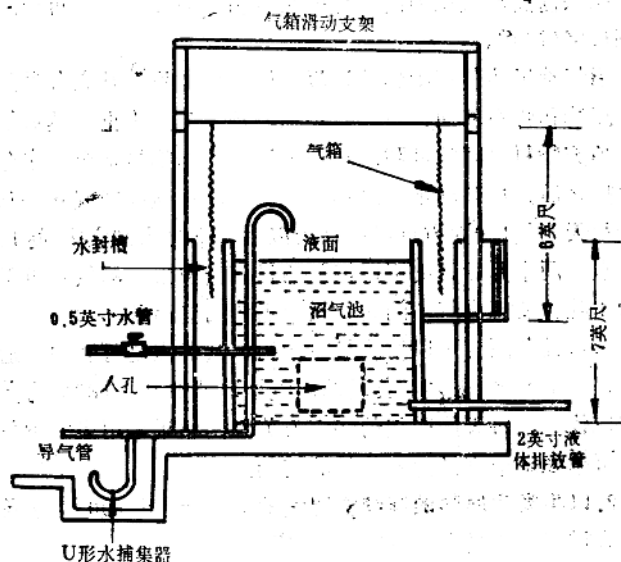


图 1—1 间歇式沼气池

寸)，筒高 7 英尺(从基座起算)。(译注：池体数据有误)。

气箱是一个倒扣着的圆筒形铁罐，由带波纹的 26 号镀锌铁皮做成，直径 8 英尺，高 6 英尺。气箱可以沿着四根一英寸管子上下滑动。沼气池的内外墙两面都要抹上水泥。为了提高强度并使受力均匀，在抹灰前，内筒的内侧面要铺衬 $\frac{1}{4}$ 英寸网眼的铁丝织网。人孔是把一块 $\frac{1}{4}$ 英寸厚的中碳钢板安装在一个大小适合的铁框上做成的。

气箱内部的压力取决于气箱的自重和放在它上边的重

量。如果需要沼气压力高，可以在气箱上边加沙袋，可一直加到1,000磅重。

沼气池里边装填植物性垃圾、屠宰场废物、其它各种纤维素废物和牲畜粪便，可一直装到离顶1英尺为止。然后加水，填充物料之间的孔隙。过一个星期，当物料把全部水分吸收掉之后，再装满水。这样一套设备，可连续产气30—40天，每天产气120立方英尺；40天以后，下降到90立方英尺多一点。两个月后，就可以把装的料清除出来。沼气肥重量约为4吨。要想供气不间断，至少需要两套设备。

这台设备同样可以做成方形的，其优点是可利用普通墙壁。一个 $8 \times 4\frac{1}{2} \times 5$ 英尺的沼气池，能够装下180立方英尺有机物料，每天能产气约60立方英尺。如果采用多室沼气池，可单独做个直径为8英尺的气箱。

2.以牛粪为原料的连续式沼气池（每天产气100立方英尺，农村工业委员会的方案）

图1—2就是这个方案。每天需要50公斤牛粪。据估计，至少必须要有5头牛，才能使这个设备连续运转。这种池子建在地下。先挖一个 8×12 英尺的地坑。再建一个混凝土基座（厚6英寸，直径6英尺，水泥、砂子、石子的比例为1:4:8）。然后在该基座上面建沼气池。池的圆形壁内径为5 $\frac{1}{2}$ 英尺，所用的水泥、砂子、石子比例为1:2:4。进料管与出料管分别安在池的两侧。两根管子都是4英寸镀锌铁皮管，其下端离沼气池底大约1到1 $\frac{1}{2}$ 英尺。池壁高出地面约4英尺。一堵高8英尺厚4英寸的墙壁把沼气池分为两半。该墙的顶部安装一个带气箱导管的支撑架，该架由角钢制成。导管是一根长8英尺，直径3英寸的镀锌钢管。支



图 1-2 连续式沼气池(农村工业委员会方案)

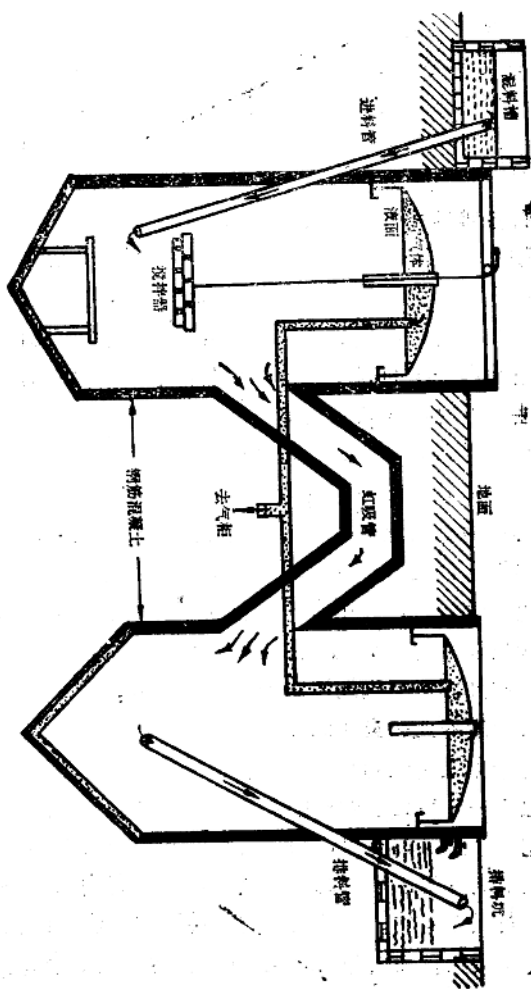
架牢固地安在隔墙的顶部。气箱空着的时候，就沉到料浆里，充满沼气时，就上升到地面。

混料槽呈圆筒形，直径2—4英尺，高3英尺，槽底比地面高1英尺，这就给沼气池进料提供了必要的压差。沼气肥料坑很长，不论任何时候，凡是池内积存下的沼气的肥，排料坑里都能容纳得下。这个料坑是用砖砌的，也可以用混凝土制成。排料管应该与地平面一样高。因为排料管与地平面的距离，决定着沼气池内料浆液面的高度。气箱呈圆筒形，直径5英尺，高4英尺。它是由12号中碳钢板制成的，并且在圆筒内部处处都装配得很合适，当气箱转动起来时，便使料浆得到了搅拌。在气箱顶部装上一只小旋塞和一个一英寸的阀门。用一根软管，一端接气箱，另一端接到沼气主管路上。

在寒冷地区建造上述设备时，沼气池四周要铺上绝热层。

3. 两级沼气池

建造图1—3所示的那种形式的沼气池，每天可以产气1,000—3,000立方英尺，至少要有50头牛给它供料。大部分沼气，是在第一级沼气池内产出的，而在第二级中，生物量就消耗殆尽了。两个沼气池都是钢筋混凝土建筑。沼气池体积，按照一立方英尺物料每天产生一立方英尺沼气进行计算。储气箱为固定式，储气箱的支撑件在建造沼气池壁的时候，就预埋好，并且间隔均匀，都向池内伸出5英寸。气箱就放在这些支撑物上。虹吸管照图施工。排料管固定在第二级沼气池上。固定的气箱，按照其直径大小，用厚度为12号或10号的钢板制成。储气箱的竖边高2英尺。中间插入一根



图—3 地下式两级沼气池

长2英尺，直径3英寸的镀锌管。管子插到料浆中，这就是搅拌器绳子的通道。

沼气从气箱底部用管子引出，并引到一个单独的气柜中去。气柜造得比较大，当用气正常时，足以装下每天产气量的一半。混料槽和出料坑的建造方法和单级沼气池相同。天气冷时，沼气池内装上热水管。热水循环使用。

4. 多级沼气池（每天可产气2,500立方英尺）

图1—4是一个两级沼气池和一个气柜的简图。它们建在地面上。两个池子直径都是7.5英尺，高12英尺，基座直径9英尺。两个沼气池的连接管直径8英寸。进料管由池中中心伸进池内一半的高度。料浆从混料槽用泵抽到第一级沼气池中去。这时，料浆就从第一级流到第二级里去。关闭从混料槽到泵之间的进料阀，同时打开沼气池底部的两个阀，这时连续开动泵，就可以进行搅拌。由于乏料始终不能沉淀，所以出料管就放置在第二级沼气池内料浆的上部。

尽管这台设备产气效率高，但是发酵仍不完全。当新料浆装进沼气池时，其中有一部分立即就从池中排了出去。

天气较冷时，沼气池内安装一个换热管，让热水在管内循环。此外，对沼气池还要采取绝热措施。

5. 印度农业研究所的方案

这个方案每天可用100磅鲜粪制取90立方英尺的沼气，能满足5—8口之家做饭的需要。详细结构如下：

挖一个直径5英尺，深12英尺的井和一条7英寸宽的斜沟，上端离井的水平距离为2英尺，下端离井底（竖直距离）2英尺3英寸。从井底砌起一砖厚的圆墙，保证沼气池直径为5英尺。在离井口3英尺的地方，砌出3个砖台，凸出

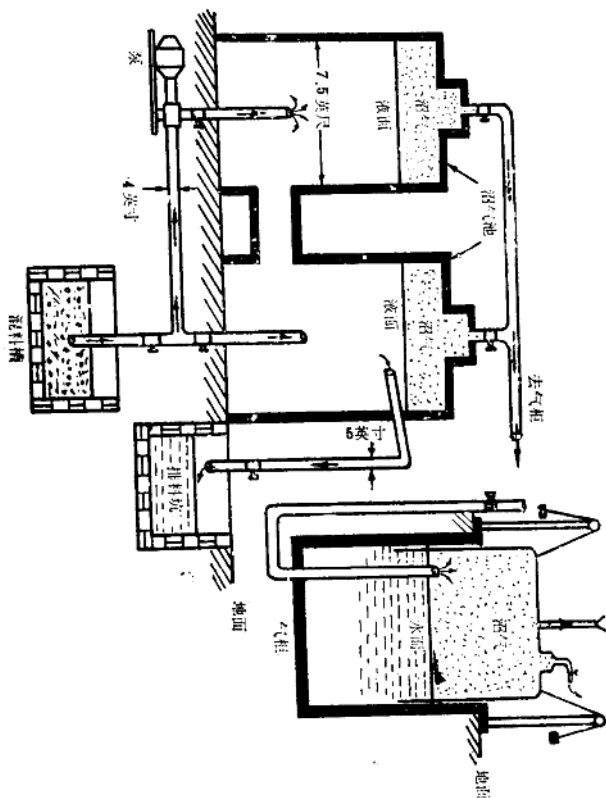


图 1—4 地上式两级沼气池

井内 6 英寸，用以支撑气箱。沼气池砖井比地平面高出 1 英尺。（译者注：此处文、图不符，估计绘图有误，）。在沼气池顶部装一根管子把沼气肥排到肥料坑中。

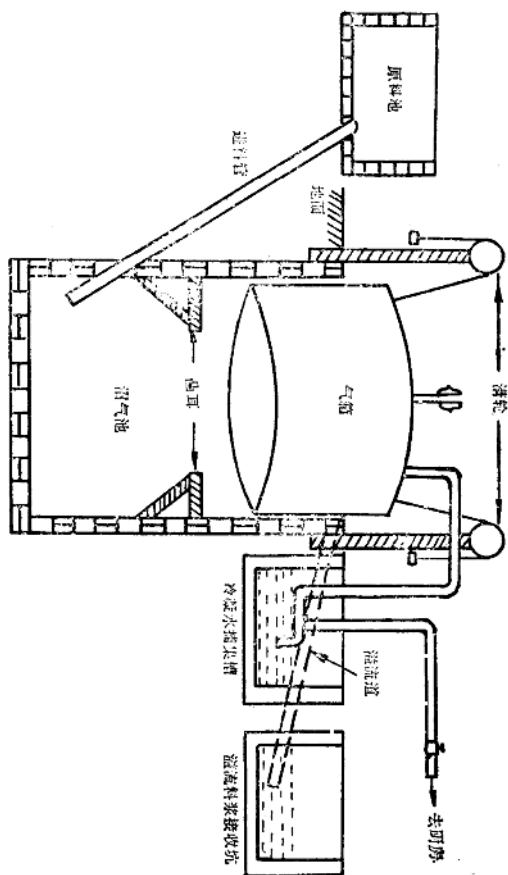


图 1—5 连续式沼气池（印度农业研究所方案）

以进料管为中心，砌一个 $2 \times 2 \times 2$ 英尺的原料池。在沼气池旁，另外再建一个 $1 \times 1 \times 1$ 英尺的料坑，用以收集

沼气管道中的冷凝水。

在井壁外按等距离竖起三根高 8 英尺，直径 1.6 英寸的黑铁管，每根管子顶端都装有滑轮。三根棕绳（每根都拧上铁链条）都一端缚上吊斗，另一端拴到气箱上面的把手上。绳索绕过滑轮后，吊桶就吊在离地 18 英寸的高度上。

初次装满沼气池，需要 2,000 磅鲜粪。一般在一个星期后开始产气。沼气积攒到一定数量，就把气箱从静止位置顶起来。因为最初的沼气含二氧化碳比较多，所以要放掉。经过试验，沼气能引燃的时候，就可以用于加热燃烧了。这种沼气池的规格可以加大到直径 8 英尺，深 12 英尺，相应气柜直径为 7.5 英尺，高 3 英尺 8 英寸，每天产气 270 立方英尺。国家环境工程研究所也研制出一种相类似的设备。其主要差别在于进料管和排料管结构不同。图 1—6 就是这种池型。

上面介绍的各种类型沼气池还比较贵。印度农业研究所的设计方案是其中最便宜的一种，因为它用的是次砖和薄中碳钢板。但是由于没有进行过足够的现场试验，还不能当作商品出售。

农村工业委员会的方案（图 1—2），在印度应用得最广，是一种最为标准化了的设计方案，但是还可作进一步的改进以降低造价。农村工业委员会设计的各种规模的设备的造价示于表 2。

近年来，又在开始建设居民区型的沼气设备。一个中间规模试验工程，正在安得拉邦卡林纳加尔县 *Sircille* 区的 *Kodumunja* 村进行建设。预计这套设备的能力为每天产气 3,850 立方英尺，造价差不多为 12 万 5 千卢比。这套设备由一个混料槽，24 个圆形沼气池（与图 1—1 相似），

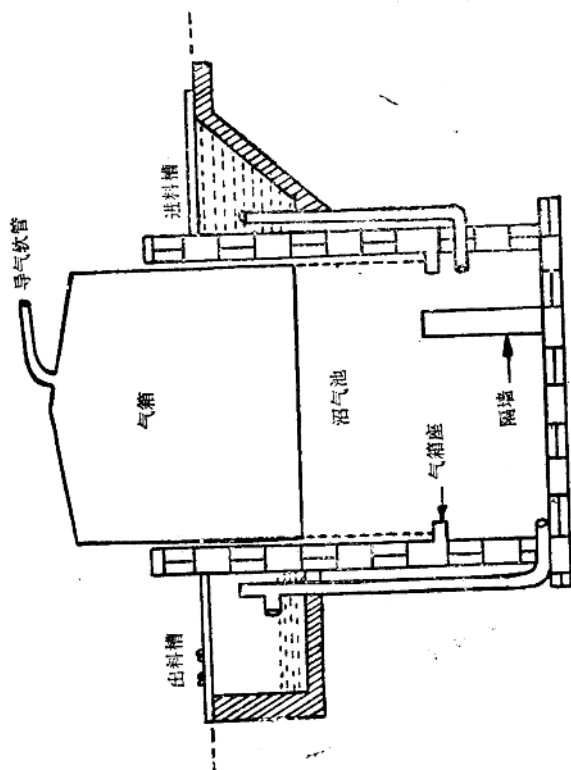


图 1—6 连续式沼气池（国家环境工程研究所方案）

一台沼气—柴油发动机和全部沼气池的气体收集器等组成。每天产的气可供60个家庭煮饭4个小时，同时能供5台泵（每台5马力）每天平均运转5小时之用。随着这类工程的成功，农业电力公司正在考虑建造一批大规模的中心沼气工