

民主德国的沼气

中国农业科学院农业机械化研究所选译

农业出版社

民主德國的沼氣

中國農業科學院農業機械化研究所選譯

※

農業出版社出版

(北京西總布胡同7號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第106號
農業機械化學院印刷所印刷 新華書店發行

※

787×1029 耗1/32·1 $\frac{5}{8}$ 印張·33,264字

1958年6月第1版

1958年6月北京第1次印刷

印數：1—5,000 定價：(9)0.16元

統一書號：16144.226 58.6.京型

前 言

利用农村有机废物如牲畜粪便、藁秆、烂叶等，经过发酵产生沼气，既可取得廉价燃料，又可获得大量速效肥料。它可解决农村点灯照明、煮饭、积肥以至动力问题。无疑地，生物能的利用对我国国民经济具有重大意义。

自1957年湖北省试验沼气基本成功后，在党和政府的高度重视下，全国各地广泛地展开了试验研究，各省纷纷提出实现沼气的口号。在农业部的领导下，我所也积极地开展了沼气的试验研究工作。为了学习国内外的先进经验，我们组织翻译了一些国外有关资料，有的曾在“农业机械化研究通讯”上发表过；但远远不能满足各地需要，纷纷来信索取，为此，我们特将有关资料译出分册出版，以应各地需要。

我们深信，在党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义总路线的照耀下，全党全民办科学事业，沼气化必然提前实现。我们希望这本小册子能对各地沼气试验研究有所帮助。

在此，并感谢电力设计院翻译室同志在百忙中帮我们翻译了德文部分。

沼氣發生站的发展情况及其 在农业上的实际应用的远景

民主德國 斯·羅斯格教授

一 前 言

随着新的农业大规模經營的建立，农庄、畜舍和貯藏作业的机械化問題，愈益显示出其重要性。由于现代化新机器的發展，大部分农村具备了机械化的条件，近年来，关心农庄、畜舍和貯藏作业机械化的人日益增加。

在农业生产过程中，厩肥作业佔有很大比重，而目前尚未获得一种完善的、适于在农业中实际运用的沼氣发生方法来证实应用流体肥料的意义。几乎所有欧洲的国家都在研究这一問題。人民民主国家中，近两年来也在大力发展沼氣发生站。苏联、捷克斯洛伐克和匈牙利都已建設了試驗性发生站，波蘭对沼氣发生站也很重視。

在西欧国家中，西德最先将沼氣应用到农业方面去，但目前却显得有些暂时停止发展的现象。在这些国家中，中型发生站和力能的利用由于經濟上的原因而受到限制，只有一些大型的发生站，现在运用得很滿意。

在民主德國，有很多科学研究机关正在对沼氣发生及其在农业上的实际应用进行研究，深信将会获得很大进展；但就目前說来，尚未做到使試驗設備成为成熟的合乎实用的設備。

由于对这方面不断地研究，建立了各种不同形式的試驗性沼氣发生站，但始終沒有超出一定的技术条件。从經濟上来

說，这样的发生站还不适于在农业上实际应用。从这些研究中获得的新科学知識，如用来决定沼气发生站的建設，还得經過实际的考驗。

和过去一样，从力能观点来看，前景是很有利的。今后通过降低发生设备本身需用的能量和保證产气的可靠性，深信在农业中应用沼气还是有經濟意义的。

除了証实农村应用沼气发生站的必要性之外，在今后发展中，沼气运用的經濟性的重要意义也是不能忽視的。因此，运用經濟学家和技术人員必須紧密合作，一方面在发展沼气发生站时，通过运用經濟的研究，使技术日趋先进，另一方面，技术人員对沼气的知識亦得以不断提高。

經常出现一些对沼气发生站加以否定的爭論，有人認為由于力能科学上的新发展——首先是原子能的应用——不久即能供应足够的廉价的动力，因此研究沼气发生站的工作似乎价值不大。这样的論点，是对整个形势的一种誤解，就原子能來說，在最近几十年內还不能指望它比用褐煤生产的能更便宜。同时，在原子能电站附近还是需要有用其他燃料发电的电站作为基本負荷电站的。开拓生物能源的重大意义在于除了能使厩肥作业得到完善的机械化和增加肥效之外，生物能还是来自不断生长着的植物中的一种能源。

与上面的論点恰恰相反，沼气发生站获得的能量，不仅可以用于农业經濟，同时还可以向其他的国民經济供应动力。根据計算，英国在1965年需煤量为23,000—26,000万吨，根据现在煤的生产水平，每年将缺少2,000—3,000万吨，如果这个缺少的数量用沼气来弥补，則每年需沼气2,600,000—3,700,000万标准立方公尺。英国有耕地9,729,000英亩和标准牲畜7,950,000头，将全部厩肥都用来产生沼气，則有效沼气也只能达到386.

万标准立方公尺。由此可见，一个国家对能量的需要是非常迫切的，即使能量的成本较原子能电站所得的要高一些，也仍然是需要的。

正是从上述的观点出发，在考虑沼气发生站和腐植质作业的时候，必须有为这一问题作长期努力的意志，因为在开发沼气能源的研究工作中，必然要牵涉到一系列的技术问题的。

二 目前所掌握的农业沼气发生方法

在法国南部和非洲北部第一批获得成绩的沼气开发试验工作的基础上，不少德国科学家和技术人员为农业设计了一系列的沼气发生站。目前，我们可举出四种主要的沼气发生方法：

1. 施密特—艾格斯吕斯法；
2. 发酵池法（达模城系统）；
3. 法国的马素法；
4. 李芒法（在自然湿度下粪便发酵）。

施密特—艾格斯吕斯法

目前，施密特—艾格斯吕斯法是最适于应用于农业的一种方法。在西德，所有大型的沼气发生站，几乎全是采用这种方法。小型沼气站采用这种方法的还不多见。这种方法是以粪便液化的原理来工作，用德弗所发明的冲洗器来破坏积结层的，这种破坏积结层的装置效果极好，使发酵室负荷能达到每昼夜 4.5 公斤（有机物）/公尺³（发酵室容积）。当用嗜温性发酵（30—32°C），有机物消化量是 30% 时，各种发酵室负荷的产气率如下：

$B = 1$ 公斤（有机物）/公尺³（发酵室），昼夜

产气率 0.27 标准公尺³（沼气）/公尺³（发酵室），昼夜

$B=2$ 公斤 (有机物) / 公尺³ (发酵室), 昼夜
产气率 0.55 标准公尺³ (沼气) / 公尺³ (发酵室), 昼夜

$B=3$ 公斤 (有机物) / 公尺³ (发酵室), 昼夜
产气率 0.82 标准公尺³ (沼气) / 公尺³ (发酵室), 昼夜

$B=4$ 公斤 (有机物) / 公尺³ (发酵室), 昼夜
产气率 1.09 标准公尺³ (沼气) / 公尺³ (发酵室), 昼夜

$B=5$ 公斤 (有机物) / 公尺³ (发酵室), 昼夜
产气率 1.36 标准公尺³ (沼气) / 公尺³ (发酵室), 昼夜

可惜的是, 在施密特沼气发生设备中, 其本身的热消耗量一直没有精确地掌握, 而我们又不会知道其发酵室的保温厚度, 也不可能计算其热消耗量。这种方法由于有机物消化过程和粪便排除的工艺形式相结合, 为厩肥的机械化输送创造了有利条件, 因此它在运用上的优点是显著的。这种方法能使土壤中的腐植质和含氮量增加。从经济上说, 这种方法适于大型的沼气发生站而不适于小型发生站。

发 酵 池 法

发酵池方法是来自莱因荷德推广的“达模城”系统。后来又由白脱劳斯在达模城的罗尔巴赫按照这个方法加以发展而建设了沼气发生站。

采用这种方法的结果是: 发酵室负荷 $B=3.0$ 公斤 (有机物) / 公尺³ (发酵室), 昼夜; 产气率 0.56 标准公尺³ (沼气) / 公尺³ (发酵室), 昼夜; 发酵温度为 25°C。这种方法的产气率比施密特—艾格斯吕斯法小一些, 因为它是采用一种可动的机械工具来破坏积结层的。

按照达模城系统建成的小型沼气发生站(图 1, 见第 5 页),

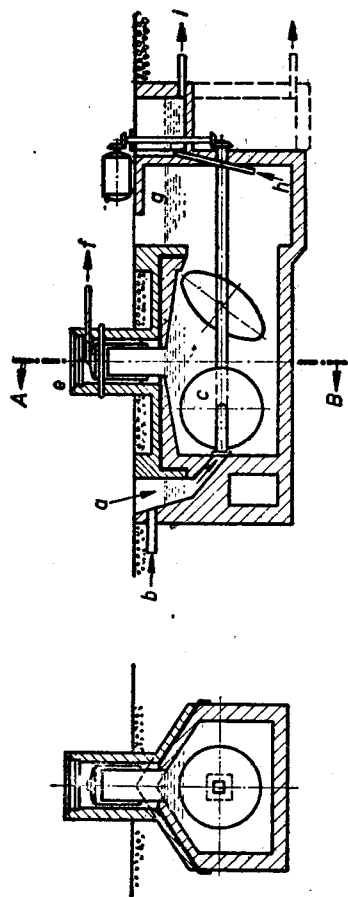


圖 1 “達模城”系統發酵池

其发酵池通常为正方形或长方形的。采用这样的形状，大概是由于平板状的混凝土建筑较弯曲的建筑造价要低些。只有在没有预制混凝土构件时，才宜采用正方形或长方形发酵池（预制混凝土一般可作成圆筒形）。

图2（见第7页）列出了方形和圆形发酵池的表面积与容积的关系曲线。从图中可以看出，容积愈大，则长度较大的发酵池，其面积与容积之比就较有利。根据传热公式($Q=KF\Delta t \cdot Z$)可以知道，由于圆形发酵池的表面积要比同样容积的方形发酵池小，所以其散热损失也较小，通过这种措施，就使同样容积的发酵室散热损失减少3.6%至10.18%，这就是说，在同样条件下，将实际运行中不可避免的散热损失适当减少是不可能的。

在捷克斯洛伐克，有人进行了一种新的布置的试验（图3，见第8页）来减少沼气发生站本身的热消耗，这个方法只将粪便送入发酵室内，因而不必对粪水和污水进行加热（译者注：用其他方法——粪便和污水一同送入，污水必须加热）。粪便从畜舍经过链式刮板机送到小车上，小车经过一个闸门而进入发酵室底部。在发酵时间中，小车慢慢移动通过发酵地区，发酵完毕后，再经过另一闸门推出，送至粪便堆积处，用吊车将肥料卸出堆积起来，这种肥料的施用方法则是和普通未发生沼气的非流体肥料是一样的。对降低沼气发生站本身用能来说，这种方法是成功的。目前还没有试验出，究竟要补充多少发酵液体，以使发酵用的最适宜含氮量大约不超过1000毫克/公升。这种方法所需要的发酵室容积也是比较小的。但是，我们也还不能完全赞同这种方法，因为它采用链式刮板机和小车运送粪便，将会造成很多事故，不能保证沼气发生站运行可靠。要想避免刮板机上的冻结现象和粪便运送时所起的冷却

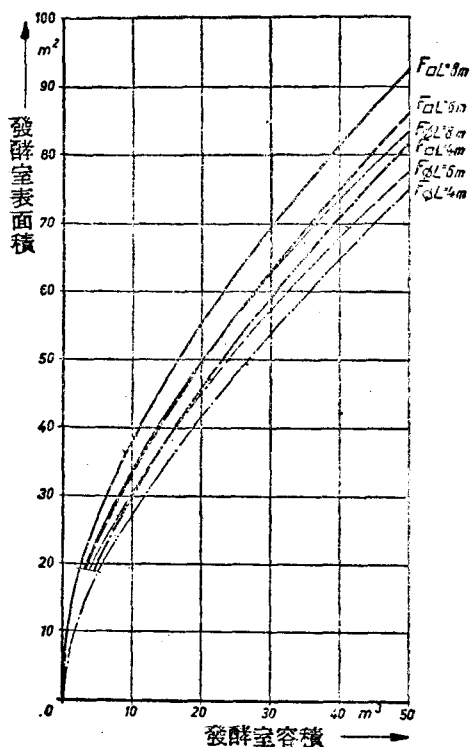


圖2 方形和圓形發酵池表面積與容積關係曲線表

作用，就得采取特殊措施，因而增加設備費用。此外，和一般廐肥作业一样，在堆积和往田間施用時，肥料將殘留在車上，不易清除，這是這種方法的一個最大缺點。

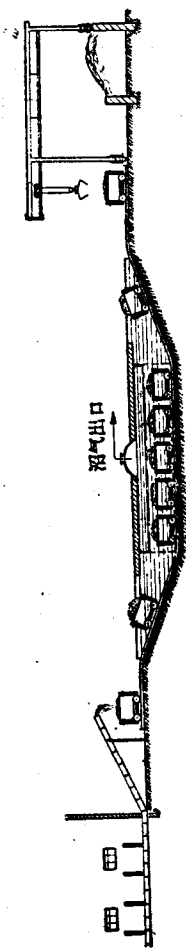


圖3 捷克斯洛伐克的大型沼氣發生設備

馬 素 法

这种方法，由于下面两个原因，在德国沒有采用：

1.按照德国的气候条件，不能保持发酵室应有的温度。即使加强设备的保温，热平衡情况还是很坏。主要是因为发酵室面积和体积的比例比起其他方法特別不利。

2.这种方法輸送和排除粪便的工作，人力不能办到，必須采用机械化，因而造价太高，无法推广。

李 芒 法

这种由李芒、斯特来尔和哥茨所发明的方法是按发酵物質的自然温度来进行发酵的。粪便大約以30天的時間，由上而下經過一个发酵室，用一个螺旋輸送器将已发酵的粪便抽出。发酵室可以加热，聚集在发酵室底部不加热区域内的液体重新送入发酵室中和新加入的粪便一同再进行发酵。

和馬素法一样，发酵室保温情况不好，进口密封也很困难，迄今为止，这种方法对农业來說尙无实际意义，有待研究改进其結構。

三 对新的試驗性發生站的評價

在民主德国，凱采尔最先研究沼气。他第一个在福莱因伯辛根建立了試驗性发生站，虽然这个发生站未能完全符合理想，但它为建立其他沼气发生站积累了一些有价值的經驗。

1954年，德勒斯頓大学也建立了沼气发生站，对各种不同的沼气产生方法进行了比較，也进行了各种破坏积結层方法的試驗。比較的結果，采用冲洗器破坏积結层的施密特—艾格斯呂斯系統效率最好。这种系統能使发酵室負荷达4.2公斤(有机

物)/公尺³(发酵室),昼夜左右,产气率达1.18公尺³(沼气)/公尺³(发酵室),昼夜;佔有机物24%。

从操作简单可靠来说,利用增减压力进行发酵的“太平洋污水箱公司”系统比较好。但这种方法所能到达的发酵室负荷不及施密特—艾格斯吕斯方法,最高只能达到2.5 公斤(有机物)/公尺³(发酵室),昼夜,但最好不要在这个最大负荷工作,一般保持在2.0 公斤(有机物)/公尺³(发酵室),昼夜,产气率大概和施密特—艾格斯吕斯方法在同样负荷时所能达到的产气率相等。这主要看是否能改用新的破坏积结层的方法,来提高沼气产气率。据目前试验结果,还没有能提出一种特别的方法,今后应将各种不同的方法加以改进和比较,以求出最适宜的一种。

德勒斯頓大学的沼气发生站在操作中由于发酵室内液体水位控制不够安全,测量管被积结层堵塞,致使液体涨满,钢筋混凝土壁不能承受5公尺水柱的水泵压力而使一个发酵室的盖被冲开。

今后应当吸取这个教训,在发酵室牆上靠近积结层的地方装一安全閥門,当压力升高至发酵室不能承受时,此門即被冲开,这样,只要重新更换閥門,即能繼續操作。

熱 泵 原 理

在波尔尼一个新建的沼气发生站中,第一次实际运用了热泵原理来加热发酵室。图4(见第11頁)为这种热泵设备系统的示意图。每天由发酵室排出发酵过的腐植質,不像目前其他沼气发生站那样直接用泵送到肥料仓去,而是送到一个散热损失較低的中間貯存箱中。

当新鮮粪便送入发酵室时,发酵室温度将会降低,降低的

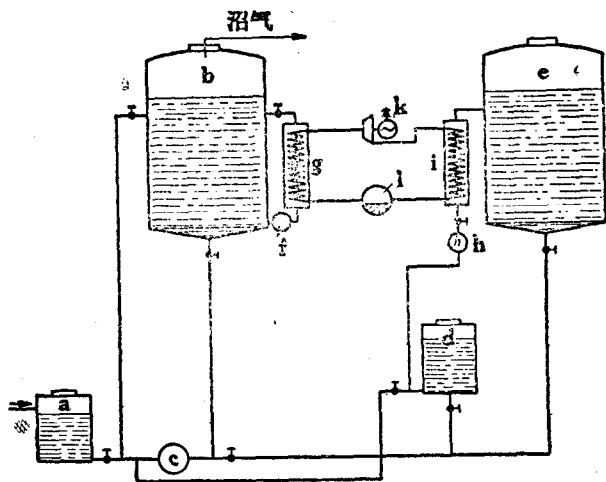


圖 4 熱泵設備示意圖

a.混合器 b.發酵室 c.中心泵 d.中間貯存箱 e.肥料倉
f.循環泵 g.液化器(熱交換器) h.循環泵
i.熱交換器 k.中間冷卻壓縮機 l.液態氮貯存箱

程度依其具体情况而不同，平均約 2°C 。利用中間貯存箱中已發酵腐植質的熱量來恢復發酵室溫度，這種貯存箱中的腐植質用泵送經熱交換器後進入肥料倉，經過熱交換器時，把熱量傳給了循環着的氨，氨的溫度升高而蒸發，蒸發後的氨經過中間冷壓縮機被壓縮，再送入另一個熱交換器中進行液化和散熱。在第二個熱交換器中，把熱量傳給發酵室內的發酵液體。液化後的氨聚集到一個貯氨箱中，再進行蒸發。

這種對發酵室加熱而進行的熱交換過程，按年平均數計，應使每天約為20小時，以提高壓縮機的利用率。中間貯存箱內的腐植質冷卻後溫度劇烈下降。降溫後的腐植質仍返回中間貯存箱利用來破壞中間貯存箱內的積結層，最後全部降溫

后，再一起用泵送入肥料仓。

由于应用热泵，使嗜热性发酵的经济性较过去提高，以前用蒸气或热水加热送入新鲜粪便时，由于能量消耗太多，使嗜热性发酵无法发展。采用热泵后，因为已发酵粪便的热量被利用来加热新加入的粪便，情况就好得多了。

加热新鲜粪便所需热量，是沼气发生站本身用能的主要部分，这种热量损失，无论嗜热性发酵或嗜温性发酵都是不能完全避免的，但通过热交换器和管道的回收作用可以减少一些。嗜热性发酵的沼气发生站在操作中需要的热量比嗜温性要多。利用热泵原理来减少沼气发生站本身用热，目前正在用其他方式进行试验。

關於氣體貯存的一些問題

由于沼气在农业中是以低压力来应用的，因此采用圓筒形高压容器是不经济的。实际上，几乎全用水封式低压容器来贮存沼气。这种水封式低压容器除了造价昂贵之外，还有在冬季操作时需要水池进行加温的缺点，在1955—1956年严冬的操作經驗告訴我們，任何措施都不能使水池不冻结。用蒸汽加热时，需蒸汽量太多，因而很不经济，可是目前还没有找到好的办法。

在福萊因伯辛根沼气发生站，曾在水池中加鹽来降低冰点，但这种方法也只能用于比較温暖的冬季，像1955—1956年的冬季就不行。此外，这个办法使得水池壁受到极严重的腐蝕。在水池上适当增加保温的办法，也只适用于較温暖的冬季。在水封式容器中，由于沼气內含有大量的二氧化碳，使容器鋼板迅速被侵蝕也是一个缺点。

德勒斯頓研究所設計的一種新的貯氣設備，称为沼气貯存

袋。这种設備在小型沼气发生站是比較适宜和經濟的，其最大可能容积为200公尺³。

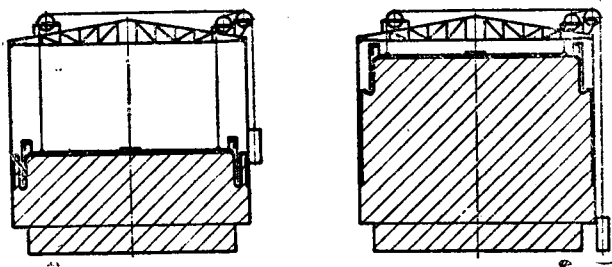


圖 5 維金斯容器

在沼气发生站裝置普通的盘形气体容器（即 Man 容器和 Klönne 容器）是不可能的，因为它对管理維護要求高，这对沼气发生站是不适宜的，應該采用較簡單的設備。我們拟在一个新的沼气发生試驗站采用維金斯容器作为低压气体容器（如图 5）这个容器是用橡片薄膜（海豹皮）来密封的。

采用乾式气体容器，不单保证了冬季操作可靠，而且可以使容器壁鋼板减少腐蝕，降低沼气发生站的造价。經驗証明，乾式容器要比水封式容器节省造价20%左右。因此沼气发生站試用維金斯容器引起了大家的重視。

氣體應用方面的問題

目前的工作是要解决沼气在已知的应用範圍內的使用方法問題。由于沼气热值高，因此，按低压气体使用最經濟，問題只是要有相当大的容器。比較适宜的应用方法是夏季用一种新

方法应用沼气的热能来乾燥粮食和蔬菜，冬季則用沼气供取暖、炊事和温室加热等之用。

利用內燃机将沼气热能变为电能，只可以在一定条件下进行，因为工艺費用是非常大的。

西德的經驗証明，将沼气应用于驱动农业拖拉机时，其設備費用和管理費用是很昂貴的。因为在拖拉机上要求一容量足够的容器才能保証操作时不断供給需要的沼气。

我們多次試驗証明，要把沼气用于城市瓦斯設備，不改进其燃烧咀是不能达到良好燃燒效果的。沼气中惰性气体二氧化碳含量要减少至40%以下，才能使沼气的燃点和燃燒速度滿足其在城市瓦斯設備中燃燒效果良好的要求。

目前在使用沼气时，还必須將城市瓦斯設備用手工的办法加以改装。这种不实用的改装方法是存在危险的。因此我們正在德勒斯頓大学采取一种措施来改变沼气的燃点和燃燒速度，靠改变沼气燃燒性能的办法就可以不改装普通瓦斯用具而使用沼气。关于这方面的結果，以后再行报导。

四 农业經濟組織对沼气發生站規模的影响

很多人都認為：沼气发生站的发展研究方向应以小型为主，他們的根据是：在西欧国家的农业經濟組織条件下，建立像施密特—艾格斯呂斯式的大型发生站是不可能的。另外也有不同的意見，認為特別需要大型的发生站，这种意見受到西欧国家发展中的农业企业的支持。不顧小农經濟这一因素，单从生产力对国民經济的影响來說，爭取建立大型发生站是有道理的。因为大型发生站使机械化程度提高，将促进农业技术本身发生組織上的变化。

我們进行了近年来农业企业规模变化的調查——为了工作