

012779

目 录

第一章 保証沼气发电的連續性	3
第一节 沼气池的大小	3
第二节 沼气池的密封	8
第三节 貯气問題	15
第四节 合理安排使用沼气的時間	26
第五节 适时更換沼气池中的旧料	28
第六节 除去沼气中无用或有害成分	31
第二章 提高沼气产量	34
第一节 攪拌裝置	35
第二节 含水量	40
第三节 原料堆沤	43
第四节 原料配合	46
第五节 池液增溫	48
第三章 沼气池的維護和檢修	50
第一节 沼气池的复盖	51
第二节 安全裝置	51
第三节 沼气池的检查修理	53
第四节 沉渣的清理	55
第四章 保存熟料肥效	57
附 录 水压間的計算式	59



C0109844

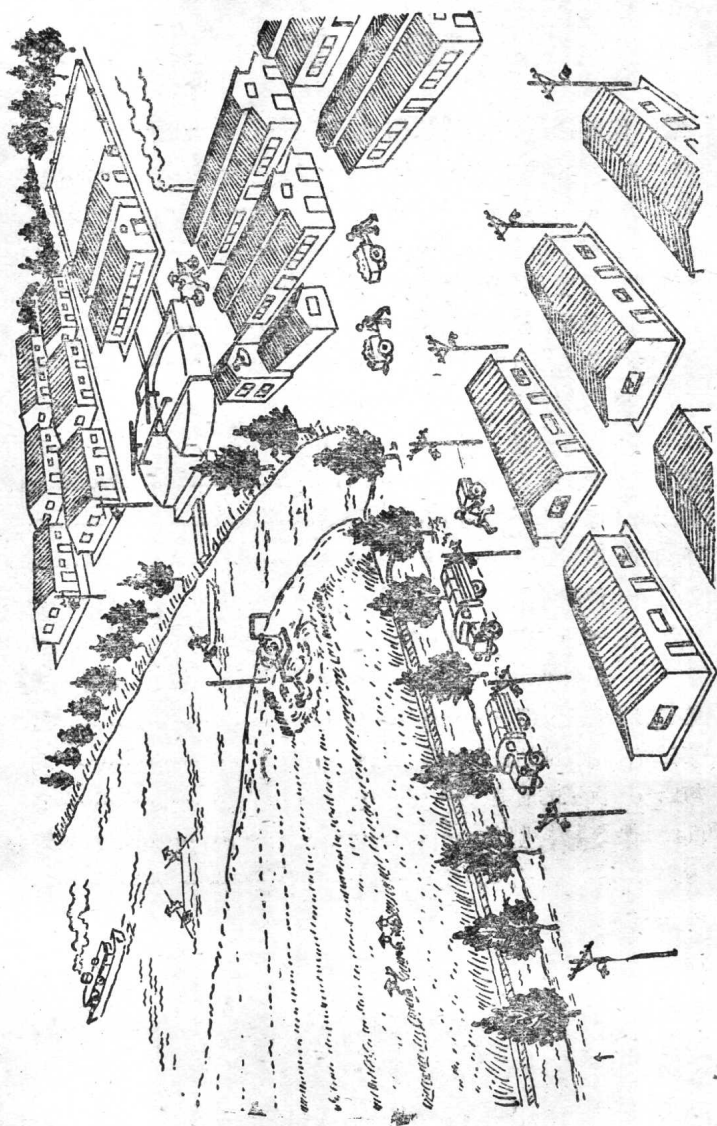


图 1 农村中的沼气动力站

第一章 保証沼氣发电的連續性

利用沼氣发电，是农村电气化的重要措施之一。許多地方已紛紛建設沼氣发电站，而且取得了許多成功的經驗。利用沼氣可以发电是沒有問題的，但根据我們的体驗，如果要按照实际需要发电的时间来保証連續使用沼氣发电，是有很多問題的。有的沼氣发电站，由于連續发电的問題沒有解决，往往运行不正常甚至有連續几天停机的現象。

在这一章里，我們就是来探討怎样保証沼氣发电的連續性，也就是：要使得利用沼氣开动內燃机时，机器馬力多大，每天运行多久，都能滿足一定的要求。实践証明，要办到这点也并不是很困难的，最重要的是做好修建沼氣池和使用沼氣兩件事。这就是下面所要說到的。

第一节 沼氣池的大小

沼氣池(或池組)的容积同使用的內燃机的馬力要相配。

通常一部內燃机 1 匹馬力开 1 小时要用沼氣 0.6 立方公尺，这叫耗氣率，可以用个等式表示：

$$\text{耗氣率} = 0.6 \text{ 立方公尺} / \text{馬力} \cdot \text{小时}。$$

沼氣池的发酵液 1 立方公尺每天大概产生沼氣 0.4 立方公尺，这叫产氣率，可以用等式表示：

$$\text{产氣率} = 0.4 \text{ 立方公尺} / \text{立方公尺} \cdot \text{晝夜}。$$

必須指出，上面說到的沼氣體积是常温常压(20°C 左右，約 1 个大气压)下的体积。

用內燃机的馬力乘耗氣率，就是那部內燃机每小时的耗氣

AN 36/02

量。用发酵液容积乘产气率，就是沼气池每天的产气量。

1 天的产气量是 1 小时耗气量的几倍，每天就能开机几小时。

现在我们从表 1 来看看广东省番禺县 4 个沼气池的例子。

表 1

池 名	內燃机 功 率 (馬力)	发酵池容积 (立方公尺)	容积比馬 力的倍数 ($\frac{\text{立方公尺}}{\text{馬力}}$)	每 小 时 耗 气 量 (立方公尺)	每 晝 夜 产 气 量 (立方公尺)	每天开机 时 数 (小时)
崩沙崗池	8	34	4.25	4.8	13.6	2.83
黎地基池	60	380	6.33	36.0	152.0	4.22
沙头社池	18	270	15.00	10.8	108.0	10.00
新造二社池	8	150	18.75	4.8	60.0	12.5

我們可以看到，崩沙崗池的发酵液容积是內燃机馬力的 4.25 倍，情况最糟。每天开机不到 3 小时。黎地基池是 6.33 倍，也好不了多少，每天开机 4 小时多一些。沙头社池是 15 倍，可頂事了，每天开机 10 小时。新造二社池是 18.75 倍，更合用了，每天开机 12 小时半。

发酵液容积比內燃机馬力的倍数，为什么这等重要？原来它同每天开机时数是有一定的关系的。这很容易算出来：

每天开机时数是 $\frac{1 \text{ 天的产气量}}{1 \text{ 小时的耗气量}}$ ，更詳尽說，是

$$\frac{\text{产气率} \times \text{发酵液容积}}{\text{耗气率} \times \text{內燃机馬力}} \cdot$$

这个分数可以看作是兩個分数相乘的結果，即是 $\frac{\text{产气率}}{\text{耗气率}} \times \frac{\text{发酵液容积}}{\text{內燃机馬力}}$ 。后头这个分数的得数就是发酵液容积比內燃机

馬力的倍数，这样就得出下面的公式：

每天开机时数 = $\frac{\text{产气率}}{\text{耗气率}} \times \text{发酵液容积比內燃机馬力的倍数}$ 。

把目前我們产气率和耗气率的数值算进去，就得：

每天开机时数 = $\frac{0.4}{0.6} \times \text{容积比馬力的倍数} = \frac{2}{3} \times \text{容积比馬力的倍数}$ 。

式中：每天开机时数的單位是小时，容积(发酵液)的單位是立方公尺。

比如，发酵液容积比馬力的倍数是3。每天就能开机 $\frac{2}{3} \times 3 = 2$ 小时，倍数是12，每天就能开机 $\frac{2}{3} \times 12 = 8$ 小时。

由此可見，发酵液容积比內燃机馬力的倍数，决定了每天开机的时数。

上面的式子可以用字母写得很簡明。每天开机时数用 T 代表，产气率用 E 代表，耗气率用 C 代表，发酵液容积比內燃机馬力的倍数用 K 代表，那就写成：

$$T = \frac{E}{C} K。$$

在 $E=0.4$ 、 $C=0.6$ 的时候： $T = \frac{2}{3} K$ 。

选定了 E/C 的数值之后， T 和 K 的关系还可以用一目了然的图象表示出来：

K 愈大， T 也愈大，所以每条綫都是向上斜的。

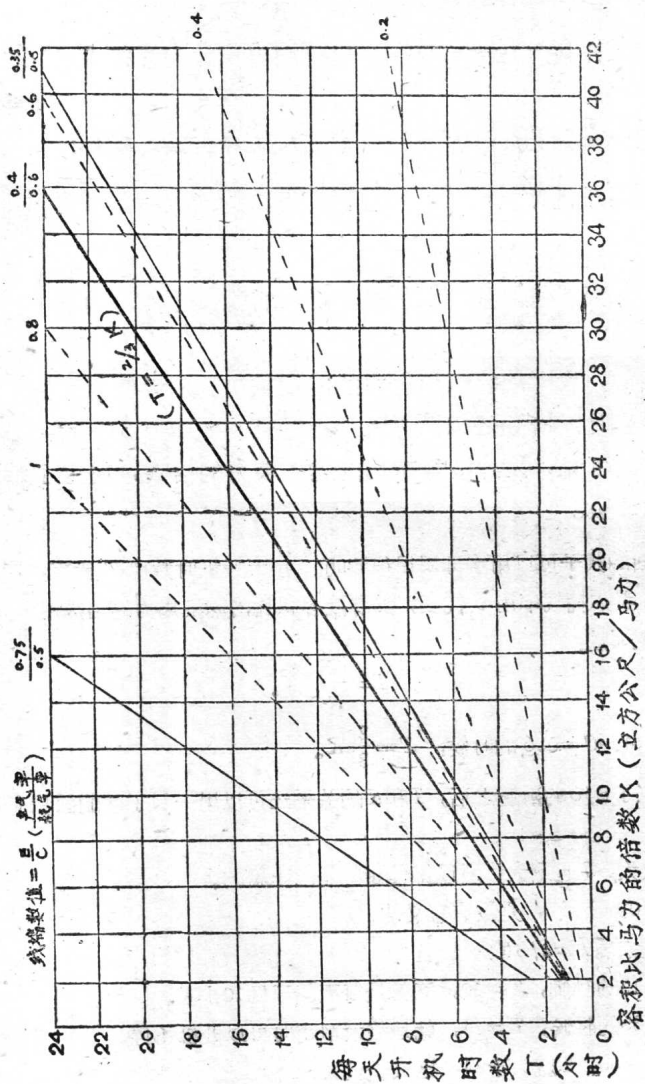
$K=0$ 或小于0，是沒有意义的。

我們来看 $T=2/3K$ 那条綫：

$K=15$ 的时候， $T=10$ ，这就是每天能开机10小时。

$K=36$ 的时候， $T=24$ ，就是整天24小时可以开机不停。

K 大于36， T 就大于24，这式子就失掉意义了。这时1天的产气量大于1天的耗气量，可轉用更大馬力的內燃机。



要記住：当耗气率 C 或产气率 E 有改变的时候， $T=2/3K$ 里面的 $2/3$ 就要改为别的数字。这时图象里直线的斜度也跟着不同。这直线好比一根指针，能以图里的 O 点为中心两边摆动。 $\frac{\text{产气率}}{\text{耗气率}} (E/C)$ 的数值愈大，它愈摆近垂直线，反之，愈近水平线。当然，它愈近垂直线愈好。这表示产气率增加或耗气率减少，或者两种情况一齐出现。于是 K 不用这样大就可以得到够长的开机时间了。

我们在设计的时候，先要确定用多大马力的内燃机和每天要开机几小时，然后两数相乘得出马力小时是多少。

用上面容积比马力的倍数那个公式的同样道理，可以得出发酵液容积和马力小时的关系的公式。

既然1天产气量是1小时耗气量的几倍，每天就可以开机几小时，那就是：1天产气量 = 1小时耗气量 $\times$ 每天开机时数。再详细些说，就是：产气率 $\times$ 发酵液容积 = 耗气率 $\times$ 内燃机马力 $\times$ 每天开机时数，这式子两边都用产气率来除，就得出：

$$\text{发酵液容积} = \frac{\text{耗气率}}{\text{产气率}} \times \text{马力} \times \text{每天开机时数}。$$

照我们目前产气率和耗气率的数值，实用的公式是：

$$\text{发酵液容积} = \frac{2}{3} \times \text{马力} \times \text{每天开机时数}。$$

式中：发酵液容积的单位是立方公尺，每天开机时数的单位是小时。

但是，沼气池不能装满发酵液，还得留出个贮气空间。一般来说，贮气空间是发酵液的 $\frac{1}{3}$ （即佔总容积的25%）。从上面的公式，发酵液容积既然是马力小时数的 $\frac{2}{3}$ 倍，那么贮气空间就是马力小时数的 $\frac{1}{3}$ （因为 $\frac{1}{3} \times \frac{2}{3} = \frac{1}{3}$ ）。发酵液容积和贮气空间合起来，就是马力小时数的 $\frac{2}{3} + \frac{1}{3} = 1$ 倍了。所以，

$$\text{总容积} = 1 \times \text{马力} \times \text{每天开机时数}。$$

我們举几个例子：

表 2

內 燃 机 功 率 (馬力)	每天开机时数 (小时)	每 天 功 数 (馬力小时)	总 容 积 (立方公尺)
8	12	96	192
15	14	210	420
32	15	280	960
60	22	1320	2640

有人主張发酵液要裝得更滿才好。如果采用这意見，所設計的总容积就可以縮小些。比如說，貯气空間是发酵液的3/17 (即佔总容积的15%)，那么，总容积 = $1.77 \times$ 馬力小时，是上表所設計的88%。

总容积确定了，建一个大池还是分建几个小池来連成一个池組呢？

池不可过大。因为池愈大，各种物質脹縮不勻所生的裂痕也愈厉害，不利于密封。但也不可过小。因为池愈小，散热面积愈大，不利于保温。不过，首先要考虑的是密封。普通一个池可以是100立方公尺左右以至200立方公尺左右。总容积超过1,000立方公尺的，就要分建几个500~600立方公尺的大池，但格外要好工好料。

第二节 沼气池的密封

沼气池漏气，产生的沼气就会跑掉。所以池子大漏特漏，沼气就无影无踪。現在要談的是微漏的情况，它也会严重降低使用效果的。

番禺市桥电力厂沼气池，在使用初期发生过下面的现象：

发酵液容积2,000立方公尺，内燃机60馬力，产气率和耗气率为通常数值，所以每天开机时数应是 $\frac{2}{3} \times 2,000/60 = 22$ 小时多些。可是，运行过程，开机时数逐天减少。

日期	第1~ 3天	第4~ 6天	第7~ 9天	第10~ 12天	第13~ 15天	第16~ 18天	第19~ 20天	第21~ 26天	第27天	27天以 后
平均每 天連續 开机 时数 (小时)	20	18	15	10	8	5	3	停机6 天	12	又漸漸 减少

发酵条件正常，每天又用适当数量(按发酵週期分配)的新料置换同量旧料，产气量无论如何是比较稳定的。但怎样会造成开机时数逐天直线下降呢？細心檢查，原来有輕微的漏气现象。

根据檢查分析，最初貯气时就跑掉了一些沼气，在連續开机之后，发酵室內的气体抽得稀薄，造成負压(压强小于1大气压)，于是空气就鑽了进来。天天开机，池內空气天天增加，空气在池內佔了一定的体积，貯气时沼气和空气又跑掉了一些。因此，連續开机時間也就天天短了。第19天我們測得发酵室內氧佔11%，即空气佔55%，那天連續开机3小时。停机几天后，到第27天，氧佔3%，即空气佔15%，又可以开机12小时了。自然，以后每天开机時間又得逐漸减少。

可見即使在輕微漏气的情况下开机，运行一定不正常，而且微漏最易变成大漏，沼气池也終成廢物。此外，由于滲入大量空气，也易形成含甲烷5~15%的爆炸性混合气体，相当危險。所以，沼气池中发酵室的完全密封，是絕對必要的。

上面的討論是針對用发酵室來貯气的沼气池來說的，对于另有貯气柜的沼气池，也不能容許輕微的漏气。

消灭漏气现象，必须作好沼气池修建时的密封工作。密封的命脉所在，是发酵室内部的粉刷或涂料。试验证明，10公分厚的200号^①钢筋混凝土顶盖，内部粉刷不好仍照样漏气。木顶盖，块石墙，但内部粉刷做得好，也能防止漏气（在0.02气压以下）。当然，这不是叫人不用注意墙和顶盖本身。

我们的原则是：建造沼气池和建造普通建筑物不同，对用料和做法的要求要加倍严格。

先说砌墙和拱：

(1) 砖要放在水里浸透，洒水也不成。

(2) 一定要用石灰膏（又叫石灰浆、石灰油）。石灰膏就是将生石灰加水，充分沸化，完全不要沉渣。要不然，将来就产生隙缝。

(3) 砂要细，并洗净。

(4) 砌墙用80号混合砂浆（1:0.4:3，即300号水泥1份，石灰膏0.4份，细砂3份，按体积配合）。砌拱用100号混合砂浆（1:0.1:2.5，即300号水泥1份，石灰膏0.1份，细砂2.5份，按体积配合）。石灰膏要在使用前三天准备好。使用混合砂浆时，先把水泥和砂干拌均匀，又将石灰膏放到拌池里用水搞匀，然后将水泥砂倒入拌和。砂浆必须随拌随用，切不可在硬化后又加水拌和使用。所以，每次只要拌得够用就行了，不要无限度的大量拌和来贮存。

(5) 砌砖要用铺灰法（又叫坐刀灰，砂浆满刀）。铺灰法就是在已砌好的一块砖上用灰刀抹满砂浆，将新砌砖用力推压，用灰刀轻轻敲实，使砖缝砂浆受挤外溢，再将外溢砂浆刮去。

^① 200号混凝土：每立方公尺用400号水泥330公斤，碎石0.75立方公尺，细沙0.62立方公尺，水0.5立方公尺。

牆或拱砌好后，又刮去磚縫部分砂漿，深度約半公分，然後用水泥砂漿(1:2，即水泥1份，細砂2份，按體積配合)或者100號混合砂漿(見上)將縫填平。

(6)磚縫不得過寬，牆縫不准大於8公厘(0.8公分)，拱縫不准超過1公分。但也不得過窄。總之是要砂漿飽滿，發揮最大的粘結力。磚的垂直縫不准同縫。

(7)貯氣部分(一般在牆高的 $\frac{2}{3}$ 以上及拱的全部)要用火力燒透上等的磚，不得用劣磚。也不得用斷磚砌築。

(8)牆的拐角處要求磚與磚間互相咬緊。

(9)拱架要穩當而圓滑。砌拱時自兩端向拱頂推進，使拱架平均受壓，不致偏側擺動。砌好后最少7天拱架才能拆除。

上述9點算是重點。其餘一般用料和做法的要求也得注意做到。

現在介紹內部粉刷或塗料的密封法四種，這是比較有效和易辦的。這些密封法最好在池的基礎奠定後進行。

一、砂漿粉刷：

用混合砂漿，分3次粉刷，共約2公分厚。

第一次約粉1公分厚，用1:0.5:3砂漿(即水泥1份，石灰膏半份，細砂3份，按體積配合)。第二次粉6~7公厘厚，用1:0.5:2砂漿(即水泥1份、石灰膏半份、細砂2份的體積比)。第三次粉3~4公厘厚，用1:0.5:1砂漿(即水泥1份、石灰膏半份、細砂1份的體積比)。

砂要洗去泥土，水泥不要太陳舊。

拌砂漿時，先將水泥和砂照份量干拌均勻，並用細篩(1英吋18眼的)篩過，除去粗粒及雜質。再照份量加入石灰膏，用適量的水反復拌和，直到沒有石灰塊為止。沙漿數量要足夠一次粉刷應用，並且拌好了馬上用。

必須在發酵室全部建成后才進行粉刷（准备好煤氣燈等在池內照明）。每次粉刷要池壁頂蓋一氣呵成。

要用技術高的粉刷工人來操作。

粉刷時，先將內壁刷干淨，並洒水濕潤。每遍推粉須同一方向，同一時間連續完成，不得中途間斷，造成接縫，致日後發生漏氣，轉角處都要粉成圓角。

每次粉刷都必須在一天內完成。

各次粉刷相隔時間不得超過12小時。

第一、二次粉刷不用磨光，但要用灰刀壓實，沒有砂眼出現。這可使各層密合得更牢。第三次就得認真磨光了，直到絲毫沒有砂眼為止。

每次粉刷之後，一定要檢查過砂漿全部牢實，才能做下一次的粉刷。檢查的方法，是等砂漿微干後，用手輕輕握着一根棍子（鐵棍最好，木棍也行），用棍端微微觸着內壁拖過，使棍端密密震動。聽到空洞聲時，那里的砂漿就是還未結合牢實的，要鏟掉重粉。

粉刷完成後，保養7天。全部粉刷面都用濕過水的草袋或麻袋封貼（由頂架支承），每天洒水。

保養完了，又用燈逐一察看有無砂眼裂痕。有，就將它周圍刮毛，用1:0.5:1砂漿補粉，細心磨光。

二、砂漿加防水油粉刷：

防水油配方如下：

水玻璃（即矽酸鈉）	66.29%
重鉻酸鉀	0.15%
硫酸銅	0.42%
水	33.14%

先刷淨內壁，用防水油滲水泥（不要加水），拌勻成水泥

漿，扫在全部壁上(稀薄和扫灰水的灰漿相同)。这样能增加池壁密度。

然后用水泥砂漿(1:2.5, 即水泥1份, 細砂2.5份的体积比)滲上防水油5%。粉刷2~3次。每次約5公厘厚, 共1~1.5公分厚。

照上述砂漿粉刷的全套做法进行粉刷。

三、冷涂瀝青:

先用水泥沙漿(1:2.5, 即水泥1份, 細砂2.5份的体积比)粉刷一次, 厚約一公分, 然后用1份瀝青放在1份煤油中(按重量計), 浸透、搞匀, 使它充分溶解。共涂三次。每次全部貯气空間的內壁涂遍, 不得有絲毫漏涂的地方。在微干时涂下一次的。

四、加紙冷涂瀝青:

照上法用煤油开好冷涂用的瀝青。

先涂瀝青一次, 全部內壁涂遍。跟着貼紙(最好是防潮紙, 一般報紙也可以)。每貼一張, 用瀝青遍涂紙上。然后貼第二張, 与第一張交接約2公分, 又用瀝青遍涂紙上。依次进行, 全部貼滿。瀝青微干后, 又全部涂瀝青一次, 沒有遺漏的地方。

上面四种方法每平方公尺所需材料及造价对比如下:

池的基础也和密封极有关系, 因为基础沉陷不均会引起裂縫。不过, 比起来基础問題似乎总好办些, 凡是发现地基土質太松, 或有松有硬, 坚决另找地点建池。池子建成后, 要是沉陷生裂, 也可設法补救。但一定要等它完全陷定了才动手。办法是將池子灌滿水, 观察一个时期。没有什么变化了, 就进行修补, 或者拆去部分重建。番禺县鐘村二社沼气池不这么办, 見縫就补, 結果进料使用后因为繼續沉陷裂得更甚。于是只得清粪重修, 多做了功夫。

表 3

材料 及 造 价 方 法	水泥	石灰	砂	防水油	瀝青	煤油	紙	造 价		每平方 公 尺
	(公斤)	(公斤)	(公斤)	(公斤)	(公斤)	(公斤)		材料 (元)	工資 (元)	合計 (元)
砂漿粉刷	10	5	28					1.1	1.5	2.6
砂漿加防水 油	7		21	2				1.2	1.5	2.7
冷涂瀝青	4.7		14		0.3	0.3		0.85	0.6	1.45
加紙冷涂瀝 青	4.7		14		0.3	0.3	3(張)	0.9	0.6	1.5

为了保証完全密封，沼气池在使用前必須作严格檢查。如图 3，裝上U形水銀气压計。关闭导气管，向池內注水。水淹过发酵室下面的进料口和出料口之后，发酵室內气压漸漸上升。繼續注水，直到气压升到0.1大气压为止。經過 24 小时，

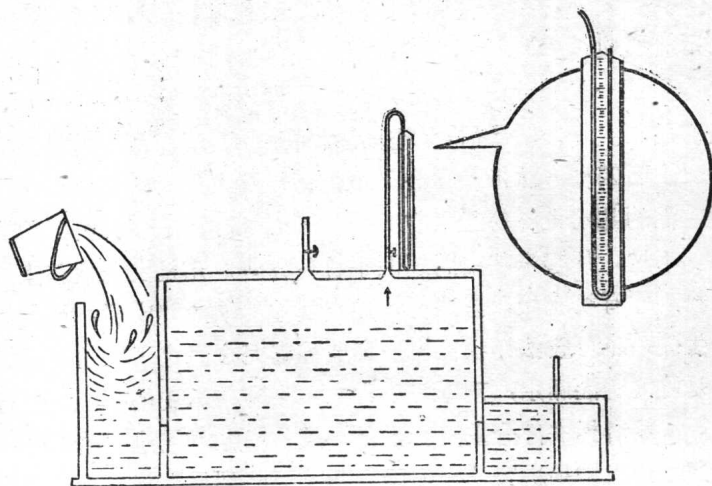


图 3 向池內注水来檢查密封的示意图

气压沒有降低，那池子就可用了。倘見气压降低，应重新粉刷或涂瀝青 1 ~ 2 次，再試。

第三节 貯气問題

通常我們的沼氣站，不是每天24小时都开机加工、发电照明的；而是根据需要，貯一会儿气，开一会儿机。

再說，产气率只是一个平均数字，实际上沼气的产量是不平稳的，会有时多，有时少。所以就算日夜全都开机，要保証什么时候都够气，也得貯气。几个池子輪班連續开机的，次班的池子当然要貯气。沼气直接用来点灯煮飯的时候，要它均匀有力，同样要貯气。

可見，沼氣池的貯气問題很重要。

在貯气和开机交替进行的时候，特別要注意兩個問題。一个是要有恰当的貯气时数，这决定了貯气后的連續开机时数。一个是要有較好的貯气設備，容得下所需的最大貯气量。

先談貯气时数的問題。

貯气时数和开机时数是一定的关系的。这很易計算出来（計算时把产气率当作很均匀的，因为这样可以得到实用上方便的譜尺）：

比如有一个沼氣池，裝了120立方公尺的发酵液，开10匹馬力的內燃机。产气率是0.4立方公尺/立方公尺晝夜，耗气率是0.6立方公尺/馬力小时。那么，內燃机1小时的耗气量是 $0.6 \times 10 = 6$ 立方公尺。但沼氣池1小时的产气量是 $0.4 \times 120 \div 24 = 2$ 立方公尺，尚欠沼氣 $6 - 2 = 4$ 立方公尺。这个欠差气量是1小时产气量的几倍，就要貯气几小时来补足它。补足了，才可以連續开机1小时。所以开机1小时所需要的貯气时间是 $4 \div 2 = 2$ 小时。倘要开机3小时，就得先貯气 $2 \times 3 = 6$ 小时。

但是还有更简便的图算法。这不单是用来求贮气时间，还可以作别种计算。

我们在第一节已经知道，发酵液容积比内燃机马力的倍数 (K) 决定了每天所能开机的总时数 (T)。这样，用24减去这时数，自然就是每天所需要的贮气总时数。用开机总时数除贮气总时数就算出开机1小时所需的贮气时间了。如果分段开机，那么，一段开机时间 (用 t_2 代表) 和它所需的贮气时间 (用 t_1 代表) 的关系就是：

$$t_1 = \frac{24 - T}{T} t_2。$$

这个公式可以用图象表示出来：

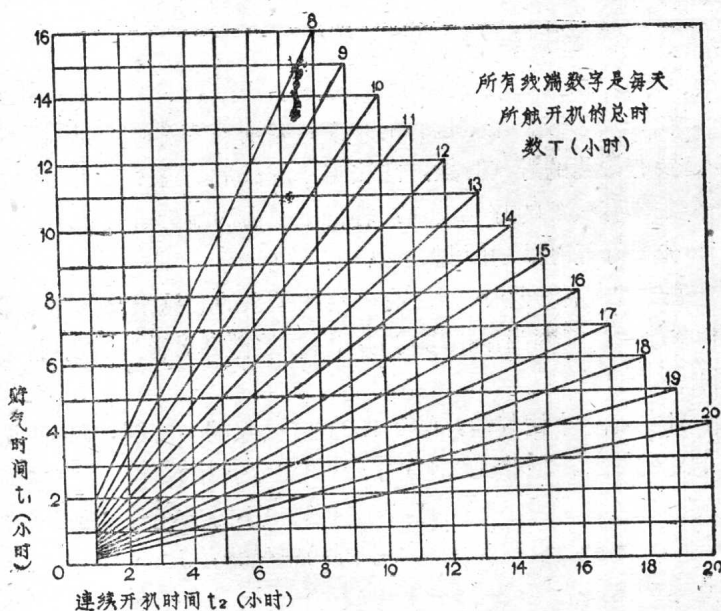


图4 开机时间和贮气时间的关系

用图4和第一节的图2 (容积比马力的倍数决定每天开机时数) 配合起来使用，可以省去许多计算。共有三种用法，

(一) 决定貯气時間

比如，就是上面的例子，沼氣池的發酵液容積120立方公尺，內燃機有10馬力，產氣率0.4，耗氣率0.6。一眼就看得出容積比馬力的倍數(K)是12。于是從圖2橫軸“12”那點沿縱綫直上，止于綫端標着“ $\frac{0.4}{0.6}$ ”的那條斜綫上(因為現在產氣率是0.4，耗氣率是0.6，所以選用這條斜綫)。這時一共上了4格，對着縱軸的“8”字，因此每天所能開機總時數是8小時。再到圖4來選定綫端標着“8”的那條斜綫。如果想知道開機3小時要貯氣多久，那就從橫軸的“3”那點(就是“2”過一格)沿縱綫直上，止于選定的斜綫上。這時共上了6格，對着縱軸的“6”字，所以所需貯氣時間是6小時。

有零頭的數也可以算。例如由兩個沼氣池聯成的池組，共有發酵液218立方公尺，開15馬力的內燃機，產氣率0.35，耗氣率0.6。用15除218，知容積為馬力的14.5倍。從圖2橫軸14那點再過 $\frac{1}{4}$ 格(即14.5)，沿縱綫方向直上，止于標着 $\frac{0.35}{0.6}$ 的那條斜綫上，這時對着縱軸的“8”字上面 $\frac{1}{4}$ 格的地方，這指出每天所能開機時數是8.5小時。再用圖4，想知道開機4小時所需貯氣時間。從橫軸的“4”那點沿縱綫直上，止于“8”和“9”兩條斜綫之間，估計大約是兩綫的中間，這時對着縱軸的“7”再過 $\frac{3}{10}$ 格(“7”字沒有寫出來，它在“6”字之上“8”字之下，很易看出來的)，所以貯氣時間是7.3小時。

(二) 算出開機時間

比如，已知每天所能開機總時數(T)是11.5小時。貯氣5.5小時後能連續開機多久呢？從圖4縱軸的“6”那點下降半格(即是5.5)沿橫綫而過，止于“11”和“12”兩條斜綫之間，估計大約是兩綫的中間，總共過了5格多些，可知開機時間是5.1小時。

(三) 測定產氣率

比如，內燃機是10馬力的，發酵液容積120立方公尺。貯氣8小時後，能夠開機5小時，產氣率是多少？先用圖4，從縱軸的“8”那點沿橫綫過5格，這位置是在“9”和“10”兩斜綫之間，離開“9”綫的距離是那儿兩斜綫寬度的 $\frac{1}{4}$ ，可知每天所能開機總時數是9.25小時。再用圖2，