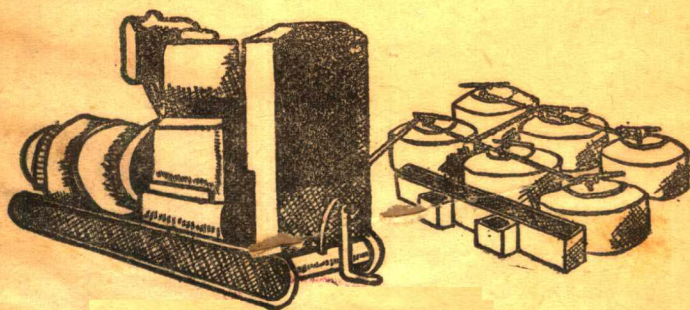


沼 气 机

严卫明 牛子菽著



水利电力出版社

内 容 提 要

沼气是内燃机一种很理想的燃料，但内燃机使用沼气却是一个新的问题。本书作者经过实践、试验，对沼气的性能，提高功率，沼气机混合器的装置等问题，作了详细的讲述。由于目前的沼气机，一般是由煤气机、柴油机、汽油机改装而成，所以，书中特专述了内燃机使用沼气的改装技术；这一部分是北京农业机械化研究所牛子羲工程师写的，其余都是华南工学院写的。

本书可供利用沼气作为内燃机燃料的广大读者参考应用。

沼 气 机

严卫明 牛子羲著

* •

1526R318

水利电力出版社出版（北京西郊科春路二里）

北京市书刊出版业营业许可出字第106号

水利电力出版社印刷厂排印 新华书店发行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 16印张 * 16千字

1958年10月北京第1版

1959年1月北京第2次印刷(15,101—30,320册)

统一书号：T15143·279 定价(第9类)0.08元

目 录

緒論.....	
一、沼氣機工作性能的分析.....	
二、內燃機的選擇.....	
三、如何提高沼氣機的功率.....	
四、沼氣機的混合器.....	
五、內燃機使用沼氣的改裝.....	
六、沼氣的儲用.....	

內燃机除了用汽油、柴油、煤气等燃料外，也可以使用沼气，我們把使用沼气的內燃机叫做沼气机。煤气机、汽油机、柴油机都可以改成沼气机，因为它們的構造、动作原理，基本上都是相同的。在这本書中只講述內燃机使用沼气的一些特殊性能和要求。

沼气是內燃机一种很理想的燃料，它含有高質量的甲烷(CH_4 ，发热量8800大卡/米³)35.2~60%，在燃燒缸内优点很多。在性質上，除含有一小部分硫化氫对活門和燃燒室金屬有腐蝕作用外，一般不稀化滑潤剂，不起冷凝作用，燃燒后沒有灰燼，不产生烟气，并可受高压不自燃。对于用提高压缩比的方法来提提高內燃机的能率，有着很有利的条件。

从工艺方面來說，使用沼气的內燃机，它的吸气系統的結構可以比較簡單。而使用汽油則必須有輸油、澄清、化油等設備，因为要解决起動和各种負荷等綜合的供油問題，結構是复杂的，工艺上要求也比較高。

气体燃料(如煤气等)曾經是內燃机始創时的主要燃料。后来为了將用煤气的固定式动力設備改变为可移动的动力設備，才采用了揮发性强的液体燃料，但是，在燃用液体燃料时，还須把它变为气体，这个問題大約經過了相当期間的實踐和逐步改进，才形成了現在內燃机上的化油器。沼气是一种气体燃料，內燃机燃用沼气，可以采用气体燃料的供气方法，就是在吸气系統上裝設适合空气和沼气的調节活門来控制气体的流量，这样就可以基本上解决燃料系統的問題(混合空气和調整方法見后)。

一、沼氣機工作性能的分析

提高內燃機功率的途徑，一般是从轉數方面來考慮的比較多。從理論上來說，在單位時間內，同一汽缸容積中如果工作的次數多了（即轉數高了），當然是可以得到較高的功率的；但提高了轉數后內燃機內一系列的部件特別是往復運動的部件，如活塞、肖子等受爆炸、壓力和慣性力的沖擊，它是跟着轉速的平方值增加的，例如轉速增為2倍，沖擊力增為4倍。這樣，就可能會超過各零件的許可應力。因此，近代內燃機中為了減輕旋動機件的重量，除了在活塞體重量方面設法改用輕金屬外，最有效的是縮小活塞行程與缸徑的比例，如1:0.8等數據。

使用沼氣時，如想通過提高轉速來提高功率，是很不利的。當沼氣由發酵池引至汽缸內，必需經過一道較長的導管，在這裡造成的氣流阻力，使缸內的充氣率銳減。如200厘米³的汽缸容積，無阻力吸入氣體量當然是200厘米³，這是100%的充氣率。但實際上如轉速在2800轉/小時時，氣體流過混合氣道進氣歧管，再加上管長3公尺的阻力損失，充氣率只達77%，另有23%為氣流阻力造成的損失。轉數增加，氣流加速阻力增大，充氣效率降低，如下式：

$$\text{充氣效率} = \frac{\text{實際汽缸充氣重量}}{\text{理想汽缸充氣重量}}$$

提高沼氣池內的壓力，是可以糾正一部分的充氣損失的。可是另一方面，當發酵池從產氣開始經一段時間用氣后，氣壓降低，在吸氣系統上會發生空氣和沼氣混合不協調的困難。

內燃機使用沼氣，對有適當混合比要求是很高的。沼氣從

池里引至內燃机，經過了較長的道路，虽然一般沼氣池的水压間产生一定的压力，但此压力当流速增加时，就可能下降至等压(或低压)，这样汽缸就要付出吸力，促使气体很快的补充。由于气压降低造成汽缸进气减少，但燃燒室所用的空气是直接由入气管徑在很少流动阻力的条件下輸入，因此，若使用固定大小断面积的导管来控制等量的混合比是困难的。尤其是在單缸、冲程短小的机种情况下，当吸气行程开始时，在一个短暫的时间內兩股不同压力的气流，由靜止轉变为运动，这里存在着的阻力和慣性等关系，迫使气流的动反应有先后之別；而当这些压力关系漸趋均衡时，吸气行程已停止，結果缸內空气量多，即沼氣量少，达不到我們要求适量的混合比(按观察各地沼氣池的工作情况，空气量可多于規定4~6%)；假如內燃机仍能进行运动，也不能發揮爆炸的热效能。如果选用的內燃机行程很長(大石乡用的7匹发动机缸徑与行程的比是1:2)，汽缸容积大，吸气時間較長；或者选用連續吸气的多缸內燃机，因吸入气量多，吸气初期形成混合气虽比較差，但这种混合气在吸入总气量所占的比重小了很多，这样(相对的)可减少由于混合比不合适所帶來的缺点。

小型的內燃机(4匹馬力以下)改用沼氣，根据农村使用的經驗，認為問題較大，达不到額定功率。这主要是燃燒室容量的热效率問題。一般內燃机能率，由于磨擦的消耗，是小于汽缸能率的，也就是有一部分的功为机內各部件在运动中所消耗。汽缸越小，这种損耗越大。沼气的发热量，一般情况都赶不上汽油，汽缸能率小了，但磨擦消耗沒有随着减少，因此，总功能損失更严重了。

二、內燃机的选择

根据上述这些因素，以及我們用直流发电机在广州市农展馆、市桥、大石乡和华南工学院沼气池測驗內燃机的功率时，虽然所得到的数据并不是內燃机用沼气后所产生的实际功率，因为其中还包括发电机效率，但从同一机器中用汽油和沼气的比較功率数据分析，可以測出沼气机的功率。如果要專門測量沼气机，还得一些專用仪器；因沼气池所在地很分散，攜帶仪器不便，学院試驗設備布置未妥，尚未办到。現在初步提出下面数据供作参考。

(1) 从气体質量方面选用所需內燃机动力問題：

沼气池产生的气体質量，对选择适当的內燃机的型号大小是一个重要的問題。图1的測驗曲綫是大石乡和华南工学院、市桥、农展馆情况的比較，由于气体成分不同，例如可燃气成分只少了約10%，而发出的功就显著下降，同时行車很不稳定，需要經常調整混合气量。如果选用的机种再小，为 $1\frac{1}{2}$ 匹或2匹，因为热效率不能抵消摩擦动力的消耗，內燃机的功很难發揮，起动也有困难。經多次的試驗証明，当沼气含 CH_4 高时，如果以农展馆5月15日和市桥5月22日所用的沼气，发热量約6060大卡/米³为标准的话，輸出的功和汽油比較，大約只降低了6~8%。在同一池中使用沼气来开动內燃机，还要注意发气的初期和末期的問題，因为初期和末期发气不很旺盛，且气体的发热量也比較低。如試驗时，华南工学院是处在初期，大石乡处在末期。这样都影响了內燃机的功率。因此，控制发酵池在不同時間內都能发生有相当高热值的沼气的問題，对內

燃机的正常运转是非常必要的。对发酵池连续加料的方法应考虑采用。

此外，据上面分析，并经过大石乡和华南工学院试验，由图1可看出，采用小型内燃机（如4匹马力以下）显得不很有利；实用意义不大。至于对大型单缸或多缸内燃机，从热效率的观点来考虑，可以酌情使用。

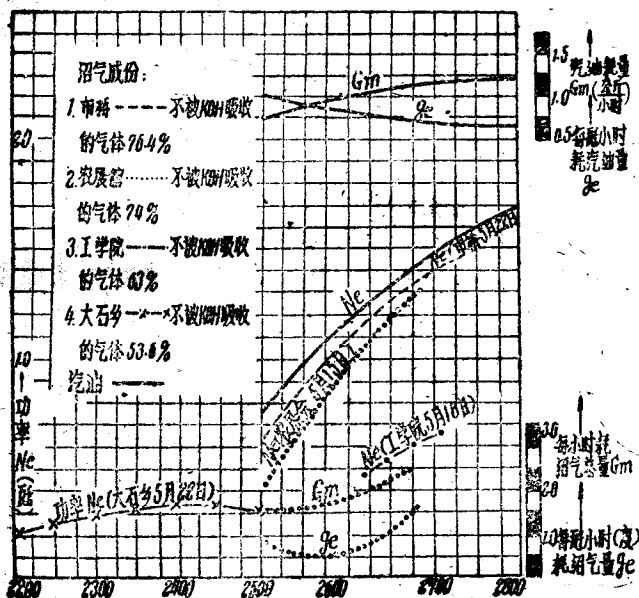


图1 4匹马力单缸汽油发动机，改用沼气外部特性曲线

(2) 那些种类的内燃机适合使用沼气：

在收集资料的三个星期内，我们观察了8台不同结构和大小的内燃机运转情况，并重点地做了一些负荷试验。

单缸3000转/小时、6缸的小型内燃机发电机，当气体质量

較差時，基本不能起動。

單缸2800轉/小時、3瓩的小型內燃機發電機起動較困難，氣體質量較差時功率驟降，在有比較好的氣體質量時，才能正常運轉（火焰須風吹不滅）。

單缸900轉/小時、6瓩內燃機運轉正常，易起動，與用柴油同。

單缸300轉/小時、10瓩內燃機氣體質量較差，也能供出一定的功率，起動簡易。

單缸 220 轉/小時、45瓩內燃機運轉性能良好。

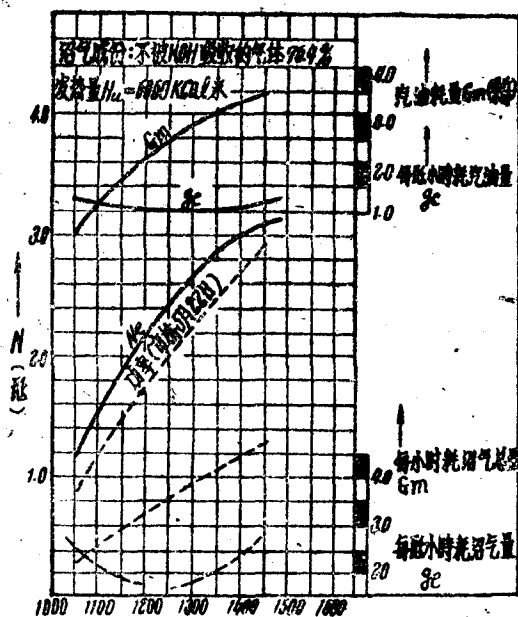


图2 “4馬力汽油发动机”改用沼氣的外部特性曲线

根据上述实践和理論探討，我們認為單缸和多缸的內燃机都可利用沼氣。而採用單缸內燃机時，應選擇汽缸與行程的比例在1:1.5左右，轉速要慢，功率不宜太小（最好不低於3匹）。多缸內燃机，基本上是連續吸氣，對沼氣和空氣混合較為有利，因而起動也不感困難。圖2所示曲線基本上與圖1單缸4匹形狀相似，同一部內燃机使用沼氣和汽油比較，功率約降低了10%。根據圖2的試驗結果，可看出這種8匹馬力的內燃机很適用於小型沼氣發電，個別時間可帶動5匹馬力以下小的工作機械（見市橋、大石鄉的使用情況）。應該指出的是：在大石鄉用的內燃机，氣缸徑雖不大，但行程很長（ $d:l=1:2$ ），這種內燃机使用沼氣特別有利，因此，在負壓條件下，仍能正常工作，並輸出相當高（4匹）的功率。

對耗氣量的確定，需要考慮許多因素，如沼氣質量及氣缸效率等。現根據實際測驗所得的數據，大致上可列出如下範圍。

小於4匹馬力的內燃机可用 $0.7 \text{ 米}^3/\text{小時} \cdot \text{馬力}$ 。

4~10匹馬力內燃机可用 $0.6 \text{ 米}^3/\text{小時} \cdot \text{馬力}$ 。

大於10匹馬力的內燃机可用 $0.55 \text{ 米}^3/\text{小時} \cdot \text{馬力}$ 。

必須說明的是，如果提高壓縮比，功率可以提高，因此可以減少耗氣量。這樣就可以採用蘇聯用氣量為 $0.5 \text{ 米}^3/\text{小時} \cdot \text{馬力}$ 的數據了。

三、如何提高沼氣机的功率

上面談過，沼氣的質量及其他因素對沼氣机發出的功率影響很大。不過，在池內沼氣有了一定的質量後，為要提高沼氣机的功率，可以從如下幾方面考慮：

(1)混合燃燒的空氣量：要使沼氣在內燃機汽缸內爆炸，必需足夠的氧氣量，這些氧取自空氣（無風）。為了達到沼氣的完全燃燒，最好空氣比一般情況下的混合比所用空氣量多4~6%，但要注意不能過稀（即沼氣不能過少），如稀了會使燃燒遲緩，而引起內燃機發熱。

(2)燃燒速度：用氣體燃料的內燃機，一般較用汽油時的火焰蔓延的速度較慢。如氣體內含有氫氣約5%，就可以增加燃燒的速度達20倍。所以，從內燃機的角度來看，希望沼氣含氫的份量多些。

(3)點火時間：由於混合氣體火焰蔓延的速度較用汽油慢，所以應將點火時間提前，即早點火2~3度^①。這裡未考慮氣體含氫的問題，因為暫用分析法未能將氫的份量確定。

(4)提高壓縮比：提高沼氣機汽缸內混合氣體的壓縮比，可以更好地發揮熱效率（即沼氣作出更多的功）。道理是：一定體積的氣體被壓縮得越小，膨脹的能力越大。前面提到：沼氣機爆性很好，即使有較高的壓縮比也不產生自然，這樣，似乎可以盡量提高壓縮比的數值來提高沼氣內燃的功率；可是，實際上由於內燃機的結構和機動部分極限載荷的限制是有一定範圍的，因而提高壓縮比也有一定限度。近代用汽油內燃機的壓縮比約在6~10之間（吉斯—110型的壓縮比已用1:6.85）。如一般汽油內燃機壓縮比為6，提高到8.5後，可以增加10%的功率。由圖3可以看到：曲綫起點壓縮比5.5，初升較斜，漸趨平緩，這種現象是由於壓縮比用得太高時，燃燒的壓力也隨着劇烈增加，因而運動阻力包括缸壁軸承等的摩擦損失加大，不能成直綫上升。這裡就說明了一般內燃機提高壓縮比有一定的

^① 活塞到達上死（止）點，也即彎軸到達上死點前2~3度。

限度。改裝用沼气的汽油机，將壓縮比掌握在 8~10 之間比較最有利，过高可能徒然增加机內各部件的負荷。

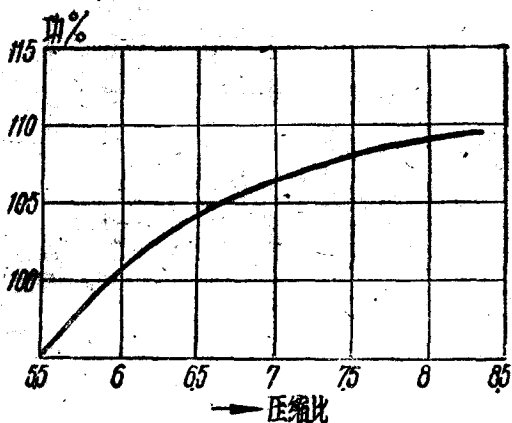


图 3

在提高沼气內燃功率的試驗中，基本上符合上述原理。供試驗用的內燃机原来壓縮比較低，約为 1:5，計劃提高四种比值：用 1:7，1:8.5，1:9.5 和 1:10 来作比較，在外特性綫上求最有利的数据。由于加工不够准确，只能做到 1:8.5 和 1:9.5 两种不同的結果。試驗的整个过程，注意了控制着一个均衡的冷却水温 $85 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 和潤滑油温度約 88°C ，并使用图 7 所示的混合器。結果用这种 8 匹馬力型汽油发动机使用沼气最有利的壓縮比，如图 4 功率外特綫所示，应当是 1:8.5，这种壓縮比在 1,450 轉/分时增加的馬力，与原壓縮比 1:5 相比較，达到 0.4 瓩，提高了功率約 10%。在同一条件下作更高的壓縮比試驗，用 1:9.5，低轉时情况良好，馬力大約再有 0.09% 的提高。但到 1,300 轉/分时表示功率的曲綫升高緩慢，到

1,350轉/分时就与压缩比 1:8.5 的曲线交叉, 轉数再高时, 反比 8.5 曲线降低 0.18 瓩。因此, 如果該机常用的运行轉数超过 1,350 轉/分, 采用 1:9.5 的压缩比就显得非常不利了。

这里証明了內燃机常用的轉数, 对采用压缩比应当有选择。至于燃燒室內形状和进出气門的布置, 对选用压缩比也应当有差

別。如頂置式进出气門, 燃燒室內一般形状接近半圓球形; 压缩过程中, 气体运动由缸頂斜面的驅駛, 基本上是向心运动的, 有集中在火花塞周圍的趋向, 着火后火焰傳播距离大致相等, 而又紧凑, 工作比較快捷, 可以选用比 1:8.5 高一些的压缩比。相反地, 如果燃燒室結構复杂, 如側置式进出气門, 压力傳播距离不等, 同时起着扰动作用, 选用 1:8.5 左右的压缩比, 可能比較合适。

总之, 选用压缩比应根据內燃机的型号特性而定。低轉速單缸內燃机可將压缩比提高一些, 多缸高轉速的內燃机用 1:8.5 就可以滿足一般性的要求。

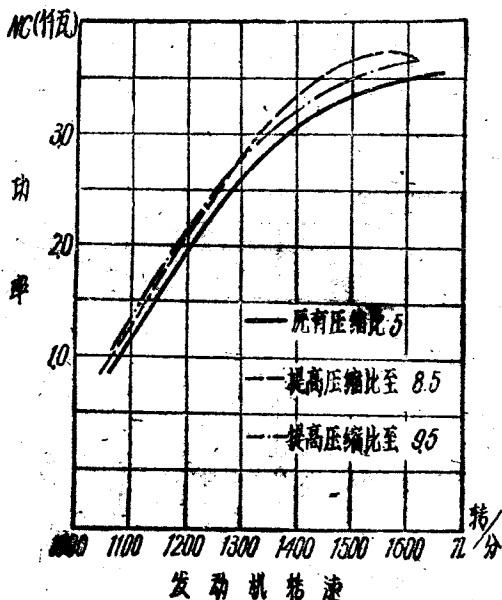


图 4 改变压缩比的沼气机外特性曲线

增加壓縮比最簡單和实际的办法是縮小燃燒室，也就是在缸頂和缸蓋間的密合平面，用刨削或銑削的方法切去 1.5~3 公厘(按使用壓縮比大小而定)。其他办法如增加擋塊，用螺栓固緊在缸蓋式活塞頂上等办法，会使燃燒室內的环境复杂化，影响混合气体或燃燒后火焰的合理运动，同时增加固緊擋塊結構中的許多的縫隙和造成无数突出点，結果温度很难外导，常引起室內的自燃或早着火的现象，严重地影响內燃机的运转。

(5) 吸气系統內的空气、沼气混合問題：

一般使用气体燃料时，这一問題是常被忽略的。表面上看来，好象不关重要，可是，如果处理不好，它是影响內燃机不能發揮其应有功率的主要原因之一，拿四缸或六缸內燃机來說，如混入沼气的缸口安裝位置，如图 3 所示。那么，在这段比較短的管道里，气流的速度最高約达 40 米/秒，还是处在“层流”流动情况範圍內，這兩股气体当然有一部分已混合，但也有一部分就各保持各自的最短途徑进入汽缸管道，結果，分至各缸

的气体不是沼
气过多，就是氧
气过多，空气內
的氧不能得到
良好的混合，因
此降低燃料所
应發揮的功率。

所以，入气口的混合問題，也是內燃机使用沼气的一个重要課題。对图 5

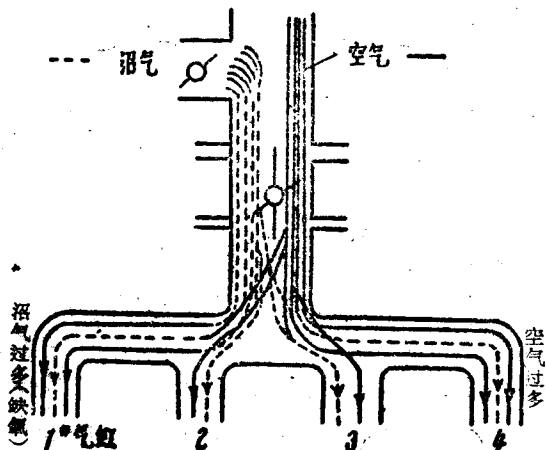


图 5

所示現象糾正的方法也很簡單，只要將沼氣入口改在中央位置，并多設渦流葉片，使空氣在該點產生渦流，就能提高混合率。

四、沼氣機的混合器

不論由沼氣發酵池直接取沼氣或經儲氣櫃取沼氣，對沼氣機混合器的主要要求，就是要以正確的比例來混合沼氣和空氣。若混合比例不恰當，或混合不均勻，如前面所說，內燃機的功率就要嚴重降低。所以，設計合理的進氣混合器是非常必要的。在考慮混合器的結構時，空氣和沼氣入氣的孔徑，使用上的要求應是一個不變值，可是進氣口的前後地區的壓力，常因流量不同而有很大的變動。同時內燃機轉動時震動很大，也沒有辦法在每種負荷情況下自動調節各入氣口徑。因此，很難從理論上進行計算和探討。現參考汽油化油器的基本原理和实地觀察得到的沼氣、空氣混合數據，建議兩種類型的設計如下：

(1) 單缸低轉速 6~45 瓦型機沼氣混合器

這個設計意圖與煤氣機混合器不同的地方，是在吸入空氣窄口處用扁長形縫口三條，作為沼氣輸入口，目的是使這裡因受流量影響的壓力敏感性可提到最大。這種氣流速度造成的低壓，用來控制沼氣入氣的流量和壓力；當空載時，窄口的氣流速度由於用量減少降至最低，失掉了上述作用。因此缸內所需的空轉沼氣用量，流經空轉導管，由節氣門旁的小孔進入吸氣管。節氣門在關閉的情況下，所留下的空氣流速，形成的渦流可維持沼氣空轉導管內的應有的吸力。同時，形成的渦流又能得到較好的混合機會。沼氣總入口管裝有不同孔徑的薄鐵塊，可根據沼氣發酵池的壓力來制定孔徑的大小，孔上設有回火活門，防止燃燒混合沼氣回流而產生爆炸作用。空氣窄口的口徑，最好在選定內燃機後根據該機原汽油化油器吸氣口，或柴油機的

空气入气口口徑
做标准。

(2)多缸內
燃机 4~6 缸 及
小型單缸 4 缸 以
下輕型沼氣混合
器。

用上述方法
設計的混合器，
用在輕型高速的
机种上，理論上
仍未能解决兩股
气流在常变的負
荷和压力的情况
下，要求达到适
量的混合比所存
在的問題。如何
才能更进一步使

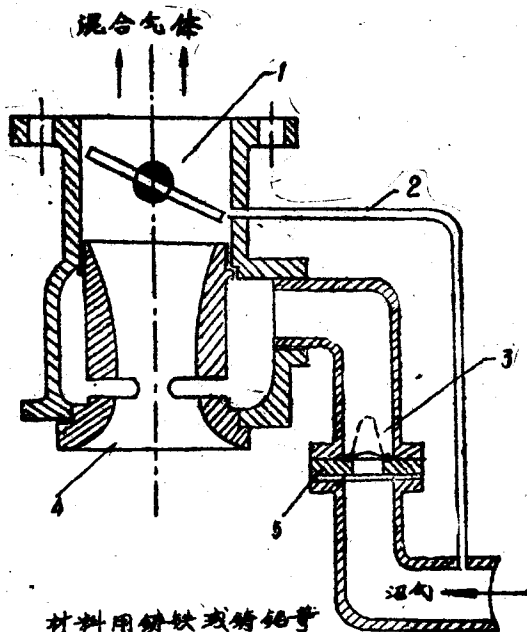


图 6

1—节流門；2—空轉沼氣導管；3—回火活門；

4—空氣窄口；5—沼氣總入口。

气体混合得更好，以尽量發揮气体的热值而提高內燃机的能率，有必要在空气和沼氣的管道中增設調节气量活門，这种措施只适用于連續吸气的机种，即多气缸和單气缸，且容積較小如 200 厘米³ 以下的內燃机。根据我們在这次研究沼氣功率中所做的混合器，对調节和混合都有一定的优点，如图 7 所示。用一个小瓶盛汽油，并配制一銅管和調节螺釘，代替了普通所用的复杂的化油器来帮助起動；待起動后，就可以开并調节沼氣和空气管道的活門，使之由窄口处輸入缸內。如果在內燃机運轉过程中，气流或气压发生波动时，可以很方便地調节沼

气和空气管道的活門，从而得到正常的混合比。

本混合器的优点主要是結構簡單，調节方便，对农村

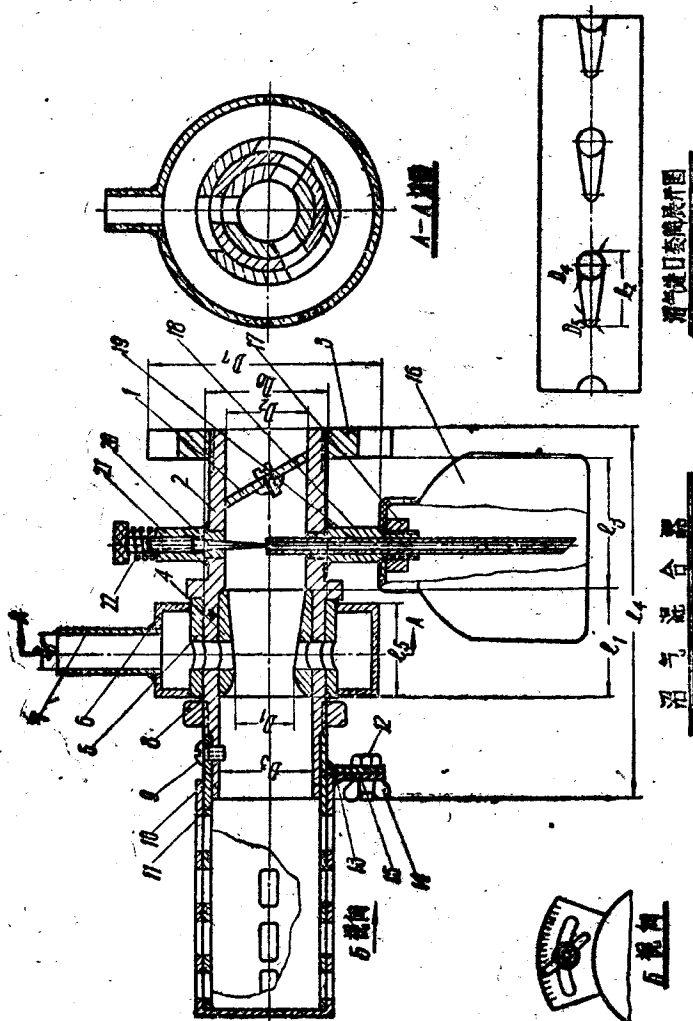


图 7