

草炭干餾法

——制取肥料、提炼焦油和发生沼气——

黑龙江省农业科学研究所土肥系著

全国农业展览会編

农 业 出 版 社

草炭干餾法

——制取肥料、提煉焦油和發生沼氣——

黑龍江省農業科學研究所土肥系著

全國農業展覽會編

農業出版社

草 炭 干 餾 法

黑龍江省農業科學研究所土肥系著
全國農業展覽會編

農業出版社出版

(北京西便門外大街7號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

北京外文印刷廠印刷 新華書店發行

787X1092 1/32·11/4 印張·28,000字

1958年12月第1版

1958年12月北京第1次印刷

印數: 1—7,500 定價: (0) 0.12元

統一書號: 16144.431 58.11.京型

目 录

前言.....	4
一、草炭.....	5
二、草炭的干馏.....	9
(一)草炭干馏的过程.....	10
(二)草炭干馏过程的分区.....	13
三、草炭干馏的产品回收率.....	15
四、草炭干馏爐.....	16
(一)外热爐.....	17
(二)内热爐.....	24
五、草炭干馏作業及流程.....	24
(一)草炭的开采及干燥.....	24
(二)草炭干馏前的加工.....	27
(三)外热式爐的入料.....	27
(四)通入水蒸汽.....	28
(五)外热爐干馏的时间.....	28
(六)檢查爐溫.....	28
(七)成堆干馏的操作.....	29
(八)連續式內热爐的操作.....	30
(九)回收系統.....	32
六、草炭干馏的产品回收及加工.....	34
(一)氨的回收.....	34
(二)氨水的加工.....	37
(三)焦油的划溫分餾.....	37

前 言

在总路綫的光輝照耀下，社会主义各項建設工作时新日异的飞跃發展。六亿人民正以惊天动地的劳动智慧，排山倒海的英雄气魄，創造着“一天等于二十年”的奇蹟。生产热情，撫之熾手，高产衛星，大放光彩。

在这种新形势影响与鼓舞之下，黑龙江省农業科学研究所土壤肥料系試驗成功了草炭干餾制造氮肥，提取燃料油和發生沼氣，并作为“五一”节向党的献礼。

这项研究工作，得到中央及省委極大的关怀和重視，在研究中又采取了边研究，边推广，边提高的方法，并及时的吸取了外地經驗，因而在研究探索过程中，是逐步提高、逐步發展的。

为了使这个工作遍地开花，在社会主义大生产中，結丰硕之果，現在將草炭干餾制取肥料，提煉焦油，發生沼氣的研究与生产方法介紹于后，拋磚引玉，交流經驗俾期提高制做技术，迅速为生产应用。

一、草 炭

草炭又叫草筏子，也有人叫它泥煤或泥炭，是在气候湿润、地形低洼的地理条件下产生的历史产物，也是土壤形成过程中的一个特殊阶段，草炭形成过程的最大特点是有机质合成的速度大大的超过了分解速度，因而在一定的时间因素下累积了大量的有机质及植物营养元素，特别是高分子化合物和氮素^①。其化学元素组成与木材和煤炭的比较结果如下表：

草炭、木材、煤炭的化学元素组成比较表^②

种 类	有 机 物 的 元 素 组 成 %		
	C	H	O+N
草 炭	59	6	35 (N=1.0--2.5)
木 材	44	6	50 (N=0.1--0.5)
煤 炭	82	5	13 (N=0.5--1.0)

从上表看出草炭有机物的元素组成情况介于木材和煤炭之间，但其中氮素的含量高于煤炭和木材，这是草炭的特点。这就决定了草炭可以作为干馏原料，制取焦油，氮肥和可燃性气体的根本条件。此外草炭灰中还含有丰富的磷钾等植物必需的矿物成分，因而草炭干馏后的焦炭也可作为很好的肥料。

① “东北泥炭资源调查及利用”，东北农业科学研究所 1957 年 7 月。

② “煤的化工学”，苏联阿·阿·阿格罗格金（煤炭工业出版社）。

草炭灰分及植物营养元素含量表

草 炭 产 地	粗灰分	HCl可溶 性灰分%	N%	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%
黑龙江省桦川县申家店①	30.88	9.87	2.38	0.69	0.20	1.17
黑龙江省尚志县烏吉密①	52.79	4.06	1.45	0.29	0.14	2.33
吉林省延吉县文化村②	21.47	6.68	2.85	0.44	0.46	3.04
吉林省柳河县郑家街②	47.71	10.49	1.78	0.46	0.27	1.90
山东省平度十六区③	66.30		0.9	0.19	0.36	

草炭中含有較多的氮磷鉀鈣及大量的有机物質，从农业的利用上看来，应该是很好的天然肥料，但经过試驗及生产实践証明，草炭直接作为肥料施用，其增产效果并不显著。

如东北农科所1955年在吉林省东部灰化土地区进行泥炭肥料效果生产試驗結果証明：純泥炭中虽然含有的植物营养物質总量是很丰富的，特别是氮素，但增产率并不高，这是泥炭不易分解的緣故，所以泥炭本身非活性的养分，必須加以活化才能为植物利用②。

吉林省綜合农业試驗站 1955—1956 年兩年的泥炭調查和堆肥的研究結果証明：泥炭是一种長期积聚起来的半分解状态沼澤植物的有机殘体，其可溶部分和已分解的纖維素，半纖維素部分已經分解，而所殘留的則是比較难以分解的木質素和蛋白質等一类的有机态物質，因此在我們多次的發酵試驗中發現，無論堆肥温度升到多高，添加入何種物質，均不能看到泥炭在經過短期的堆腐过程后的完全分解；在其形态上看不見有什么显著的变化①。

① “东北地区泥炭研究报告(三)”，黑龙江省农业厅著，1957年。

② “ ” ” ” 吉林省綜合农业試驗站著，1956年。

③ “山东东部地区草炭調查研究”，山东农科所，1957年5月。

东北农科所 1955 年泥炭堆肥試驗結果証明：在自然状态下堆积的泥炭，活性氮及磷酸量均有增加，但速度甚慢，活性氮素 77 天（8 月 9 日到 10 月 24 日）增加了 13.25 毫克/百克，还不足原草炭所含全氮量的 1%^①。

在佳木斯农业試驗站从 1954 年到 1957 年堆积的草炭，經過了四年的時間也沒有腐熟，从草炭形态上也沒有看見任何显著的变化。

綜上結果可以看出，草炭中所含的植物营养成分，植物是不易直接吸收利用的，草炭不适于直接作为肥料利用，所以在生产中农民应用草炭直接作肥料的也很少。

用草炭垫牲畜圈，作有机无机顆粒肥料及作細菌肥料的吸收剂等，虽然在生产上有所应用，但主要都是利用草炭的吸收性能，而不是利用其固有成分，而且上述用途的需要量是極小的。如与草炭的埋藏量对比，这些用途都是微不足道的。

我国各地草炭的埋藏量極为丰富而且普遍，自从 1958 年 4 月本所草炭干餾試驗成功之后，黑龙江省农业科学研究所先后收到十几省一百多县將近一千多單位及个人来信和来人索取草炭干餾資料，同时，都介紹当地埋藏着大量草炭的情况，其蘊藏量是惊人的。

我們初步估算黑龙江省的草炭埋藏量可达 10 亿立方公尺。1958 年 8 月尚志县工业會議的估算，該县已經查清的草炭面积为 2,500 公頃，埋藏量为 5,000 万立方公尺。

1957 年黑龙江省农业厅等單位組成的草炭調查組，調查 8 个县 16 个点的埋藏量估算为 800 万立方公尺。

1955 年东北农科所等單位在吉林省进行泥炭調查工作，共發現 74 处总面积为 5,290 公頃，平均厚度为 1.3 公尺，埋藏量

^① “东北地区泥炭研究报告(二)”，吉林省綜合农业試驗站著，1956 年。

約为 7,000 万立方公尺。

根据山东省农科所进行的山东东部地区草炭調查研究报告指出,山东省草炭分布面积共有 12,000 亩以上。

据来人和来信介紹,青海、宁夏、广东、新疆等地也存在大量的草炭資源。

从上述几个極不完全的数字也足以証明我国的草炭資源是極其丰富的,并且草炭与其他矿藏不同,因草炭都存在于土地的表面,一般为 0—1—2 公尺,或 0—5 公尺,質地疎松,所以开采非常容易,既不用打豎井,又不用放炸药,鉄鍬、鎬头、洋犁、拖拉机,都能应用,即老人、妇女、小孩,都能从事这项劳动,尙志县的一位刘老大爷,年过 60 岁一天还能挖掘草炭 20 余立方公尺,由此可以看出,草炭的挖掘是很容易的。

草炭的物理性質:草炭隨产地和層次的不同,其物理性狀,也有所不同,一般为棕黄色及至暗褐色的海綿狀或纖維狀。分解度高的比較細密,分解度低的就很粗糙,有的植物殘体的原形还可辨識出来,其色泽及疎密程度又和原植物种类及混入的泥土数量有关,植物体纖細,分解度大,混入泥土多的,色偏暗,質地致密,甚至也有呈塘泥狀的,生成年代較久的也有形成坚实的結構接近于褐煤的性狀。

草炭因为多在低窪地生成,并有海綿样結構,保水力强,所以一般含水量很大,每百斤新挖出的草炭中常含有 70—80 斤的水分,虽然經過較長時間的自然干燥,欲使其水分降低到 30% 以下也很困难(每 100 斤自然样品中,絕對干草炭的重量很难达到 70 斤以上)。这一点給草炭干餾作業上帶來了一定的困难,所以提前挖掘使其充分干燥,乃是非常必要的。

草炭容重,常因含泥沙及水分而出入很大,每立方公尺的体积中絕對干草炭的重量常在 150—300 公斤之間,由于膨松体

輕，給運輸上、特別是干餾的爐膛的容積上，造成困難，根據黑龍江省農業科學研究所試驗結果證明：用 50 個大氣壓力（即平方公分的面積上加上 50 公斤重量的壓力），可使草炭的體積壓縮一倍（用樺川縣申家店草炭試驗以下同）。

關於草炭的研究，在蘇聯、歐洲各國和日本曾進行，特別是蘇聯對草炭的研究，無論在草炭的發生學，分類和分布規律，物理、化學和生物特性，機械化開采，工業和農業生產上的應用等方面都獲得了極其重要的成就，蘇聯有 2 個泥炭研究所和 1 個泥炭專業學院，我國過去在這方面的研究很少，僅僅見到偽滿時期的 4 至 5 篇有關草炭理化性質的室內分析資料^①。解放後，東北農學院，東北農科所，吉林、黑龍江農業廳等單位，關於東北泥炭資源調查和堆肥方法的研究作了很多工作，但在生產上利用的還不多，自從 1958 年春季以來由於全國生產大躍進，對草炭資源都在考慮廣泛利用的途徑。目前，除干餾草炭制取焦油、化肥，收集可燃氣體外，應用草炭製造細菌肥料和顆粒肥料的，也廣泛的出現了。並且用草炭製造胡敏酸、制草酸、以及用草炭代替硫酸吸收氨氣，製造草炭氨化肥料和用草炭吸收煙道中的氨氣等研究工作，也正在進行之中。

黑龍江省尚志縣農民與各地肥料生產部門簽訂的草炭供應合同，已經達到幾萬噸。可見草炭這一資源，已經得到各地有關部門的重用了。

二、草炭的干餾

把草炭放在密閉的空間中使它與空氣隔絕加熱至很高的溫度時（大約 500—700°C 左右）草炭內部便發生複雜的變化，草炭

^① “東北地區泥炭土的研究報告（一）”，吉林省農業廳著，1956 年。

分解，生成新的固体(炭渣)、液体(焦油、氨水及其他)及气体物质(沼气等)，草炭热分解的这种复杂的化学过程可用“干馏”这一术语来表示。

草炭经过干馏，即加热分解，使其含氮化合物中的氮素大部分转化为氨，使其炭氢化合物转化为焦油和可燃性气体，使其难溶性的磷钾等灰分元素也转化为易溶的形态残留在灰分之中，便于植物吸收利用。

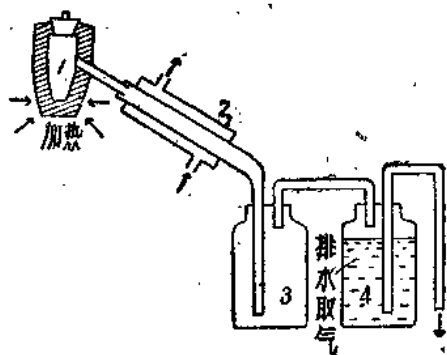


圖 1

因为草炭在自然的条件下是一种极难分解的物质，

1. 干馏瓶

2. 冷却管

3. 冷凝液接受器

4. 气体收集器

所以“草炭干馏”就是人为的促进草炭分解，加速宇宙物质循环速度的方法。

在实验室的条件下最简单的干馏过程如图 1：

完善的实验室草炭干馏试验装备如图 2 及图 3：

(一) 草炭干馏的过程

草炭干馏的过程以下面的方式进行①：

①温度为 $100-150^{\circ}\text{C}$ 时(有时在更高的温度)从草炭中放出吸湿水分。

② $150-200^{\circ}\text{C}$ 时逸出的主要是草炭所吸附的二氧化碳气。

① “可燃气体生产原理” H.B. 施沙科夫著。

③在 $200-250^{\circ}\text{C}$ 时草炭便开始显著的分解，此时二氧化碳的放出增多，也出现酸类、热解水和其他氧化物。

④在将近 300°C 时出现焦油产物。

⑤在 350°C 与 400°C 之间，草炭发生强烈的分解，放出的气体数量激烈增多，此阶段所放出的气体已为可燃气体，因为不仅含有二氧化碳，而且含有大量的不饱和烃和沼气与氨气，在此温度范围内，还可以观察到焦油及氨水的强烈生成。

⑥在 $400-450^{\circ}\text{C}$ 时焦油及氨水的逸出达到最高点，此后逐渐减少。

在炼焦工业上，把 $500-550^{\circ}\text{C}$ 的干馏叫低温干馏， $900-1100^{\circ}\text{C}$ 的干馏叫高温干馏， $600-800^{\circ}\text{C}$ 叫中温干馏。在草炭干馏上，如以生产焦油为主，就要进行低温干馏，因为低温干馏，焦油的质量高，含轻质油分（汽油）高，如以生产氮肥为主，就要进行中温干馏，因为氨的产量在 900°C 以下，温度越高产量越高， 900°C 以上由于氨被破坏，产量反而降低，如以生产可燃性气体燃料为主，就要进行高温干馏，因为在 $500-1,000^{\circ}\text{C}$ 之间所放出的气体较自 $200-500^{\circ}\text{C}$ 所放出的多 3—4

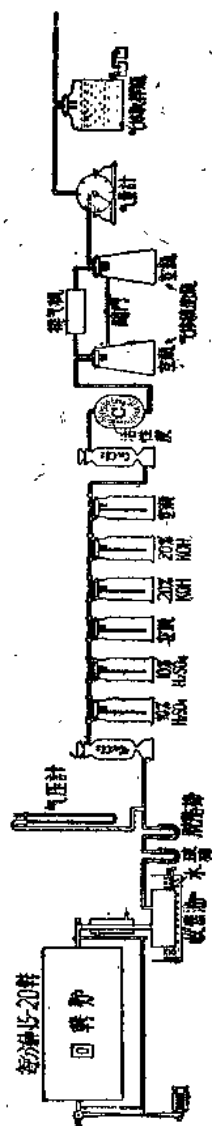


圖 2 干馏迴轉試驗裝置(中国科学院煤炭研究室)

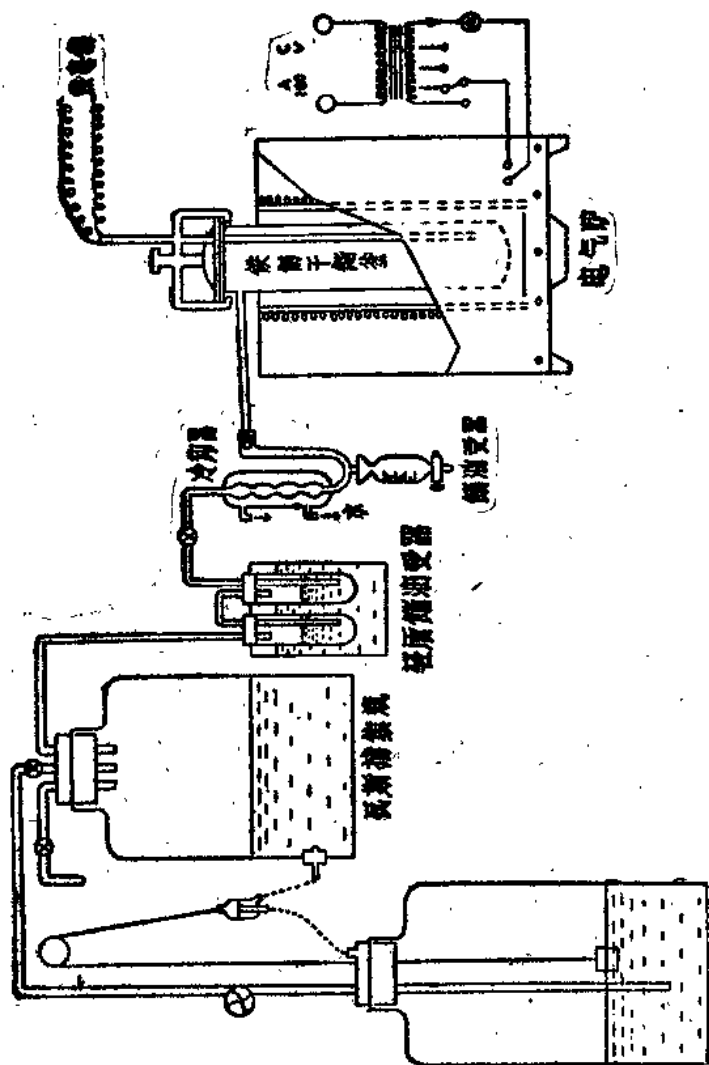


圖 8 室内試驗裝置

倍,但在过高的温度(600°C 以上)干馏时,所放出的焦油与煤气,在沿草炭外層运动时,与赤热的干馏器壁(或爐室的壁)或于靠爐壁已生成的焦炭的赤热表面接触就被过热的温度热解,这时,它們便發生二級产物。初級輕焦油被分解(裂化),生成稳定的气体、重焦油和瀝青。初級煤气,也有一部分被裂化。由于这些二級現象,焦油的产率比低温干馏要低,焦油的质量也發生变化。因而分馏时分出的有价值的輕質馏出物便减少。

(二)草炭干馏过程的分区

裝入干馏器而自外部加热的草炭,其受热是不均匀的,由于草炭的导热性不良,热量由干馏器壁傳入爐的中心都进行的很慢,因此,在开始加热时,靠近干馏器壁的草炭層的温度与草炭内部的温度之間的差別相当大,这样一来,在草炭層中造成許多不同的温度区域。因此,干馏过程也是分区进行的。

草炭干馏时各个区域的分布状况如图4:



圖4

如图4,靠近干馏器(或爐)壁的地方,温度經常保持在 1000°C 的水平上,所以草炭被迅速加热而变为焦炭,这里是焦炭区;其次,向草炭層深处去,在焦化区之后,草炭温度暂时还没有达到煉焦温度,这里便是低温干馏区。

在低温干馏区之后,則是所謂膠質層区,这一区的性質和来源是这样:草炭中的物質在开始强烈分解的温度下($350-400^{\circ}\text{C}$)瀝青質便熔融而变为半液体物質,因为生成膠質層,当繼

- ①焦炭 ②低温焦炭 ③液态瀝青
- ④膠質層 ⑤干燥草炭 ⑥生草炭

續提高溫度而失去揮發物時，則膠質層漸漸變成焦炭，再向草炭的深處去，則是乾燥區和生草炭區。

在任何的干餾過程中，上述的區分都是存在的，但隨着干餾的逐步進展，生草炭區、干草炭區膠質層均將依次消失。

上述干餾過程的區分是假定的，實際上，在干餾器中並沒有溫度的突然變化，溫度自器壁至中心的變化，是沿一平滑曲線進行的，因此上述的草炭自一種狀態轉向另一種狀態的轉變，實際上也是經過許多中間變化而逐漸發生的。

草炭在干餾時的分解是許多化學反應的綜合，和所有的化學反應一樣，與草炭分解反應的同時可能有某種熱效應發生。

根據許多學者對纖維素、木材和泥炭的分解熱效應的研究所得的資料，當溫度為 300°C 左右，過程是放熱的，即草炭本身放出熱量。這時雖不從外部加熱亦可分解並劇烈地放出氣體，但到一定程度即停止放熱與放出二氧化碳氣，這即標誌着完成了本身的熱反應，但並未達到干餾要求，因此，為了使干餾過程完成，此後需要和開始時一樣，從外界再供給熱量。

草炭的干餾分解的熱效應與草炭中的含氧量有關，草炭中含氧量愈多，則在一定範圍內的分解熱效也應愈高，當草炭中的含氧量在 17% 左右時，則草炭的分解反應可以自熱地進行，即不吸收熱，也不放出熱，熱效應為零。當然這是指絕對干草炭來說的，因為要使草炭中的水分蒸發，則需要更多的熱量並不在內。

據證明，絕對干草炭的發熱量與木材的發熱量相似，而比一般煤炭的發熱量低得很多，煤炭每公斤能發生 5,000—6,000 大卡的熱量，而草炭只能發生 3,000 大卡左右。

如前所述草炭的含水量一般很高，因為使 1 公斤的水蒸發掉就要消耗 600 大卡左右的熱量，所以草炭干餾過程中，預先減少其中的含水是完全必要的，也可以明確指出如能將草炭中的

水分降低到 25% 以下，則不需要另加燃料而利用草炭本身發生的熱量，就保證足用而且有余。

三、草炭干餾的產品回收率

每噸風干草炭經過干餾回收產品的數量如下表：

草炭產地	氮 (公斤)	焦 油 (公斤)	水 分 (公斤)	殘留物 (公斤)	氣 體	注
桦川县申家店	5—15	30—80	200—400	250—450	120—200 立方公尺	本所室內小型試驗 多次結果（中溫干 餾）
"		133.8	248.0	485.5	132.7 公斤	中国科学院煤炭研 究室鉛皿試驗（低 溫干餾）

從每噸草炭中回收的氮量達到 15 公斤，以此制成了氨水，草炭複合肥料和硫酸銨等各種含氮素的肥料，如以制硫酸銨計算，每噸草炭（干基）可得硫酸銨 60 公斤以上。

焦油的理論產量為 13.38%，實際的產量也達到 8%，據勃利縣油廠室內試驗結果證明，其中 70—170°C 的餾分（汽油）占 23%，170—220°C 的餾分（煤油）占 25%，220—270°C 的餾分（輕柴油）占 17%，270—300°C 的餾分（中柴油）占 5%，300—350°C 的餾分（重柴油）占 9%，350°C 以上的（柏油）占 7%，水分占 4%，同廠的生產試驗結果：汽油為 11%，煤油為 6.7%，輕柴油 4%，中柴油 12.9%，重柴油 25%，水分 43.4%，柏油 7%，損失 12.5%。

每噸草炭產生可燃性氣體的產量達 120—200 立方公尺（標準狀態），每立方公尺可供 1 馬力的內燃機開動 2 小時，共可供 40 馬力的內燃機開動 6—10 小時，殘留的炭渣中含有全 P_2O_5 ，

0.8—1%，速效 P_2O_5 ，0.3—0.5%，高于腐熟的馬盼和其他各种有机肥料的速效磷肥成分。用它代替磷肥进行盆鉢試驗效果也很显著。

每公斤炭渣中加入0.3—0.4 公斤的稀氨水，即成为草炭复合肥料，把氨水吸收于固体之中，施法簡單、运输和儲藏都很



圖 5

方便而且氮磷鉀成分俱全，并可节约硫酸和硫酸結晶的操作过程，这种草炭复合肥料是合于理想的矿質肥料。

四、草炭干餾爐

草炭干餾的工厂应该設在生产草炭的現場，免去运输原料。因此干餾設備——爐子及回收系統——就应具备以下特点：①結構簡單，节省基建材料，特别是鋼材和一切工業器材；②加热均匀，保証产品质量；③效果高，投料多，生产快，回收率高；④节省燃料；⑤操作簡單。

按着煉焦工業方面的資料：煉焦爐的类型虽然不下几百种，但可按原則上的相同分为几組。这样，如果將过程的最主要的因素——爐子的加热方法作为爐子分类的基础，則所有的爐子將可分为两个大組：即內热式爐和外热式爐。

外热式爐：热是經過被加热的爐牆而送給草炭的，主要是用热傳导的方式由牆壁傳給草炭。