

研究报告

森工部分第一号

1960年1月30日

木屑干餾試驗報告

中国林业科学研究院森林工业科学研究所

上海林产化学研究室

木屑干餾試驗報告

一、概 述

同樹種的木材，其體積大小雖異，但其化學組成相同，但塊狀材與木屑之物理性能相差頗大，其直接影響於熱介者如：木屑比表面積大，導熱系數低，容積重量輕，緊密度小而阻力大，茲列表比較如下：

	容積重量 Kg/M ³	比表面積 M ² /M ³	熱傳導系數 千卡/米。小時°C	阻 力 緊密度 $\frac{V=15M/4^{\circ}C}{h=1M}$
				PM/M水柱
薪炭材 670—820	47.9	0.3	0.68	1.543
木 屑 167—250	332.3	0.045	0.25	36.2

以上比較數據系根據薪炭材平均直徑3—4公分或分裂綫在20公分以內，長度為5—25公分，材種為硬闊。濕度均為氣干為準。

由表列數字可見木屑與薪炭材在物理性能方面差別是巨大的，因而木屑熱介與木材熱介條件是不完全相同的，兩種不同的熱介必須採用不同的工藝路線和設備。木屑與木材的化學組成相同，在熱介中兩者的化學反應方程式無異，在相應的條件下反應後生成的新物質自然相同。因而，研究木屑干餾，主要是工藝設備方面的研究。

木屑特性中不利於熱介的因素有三，第一，木屑導熱系數低系因木屑緊密度僅0.25，在單位體積中，充滿了75%的空氣，空氣的導熱系數低於木材約15倍（空氣在0°C=0.0192千卡/米，小時°C），从而使木屑的導熱系數由原來木材狀態的0.3降低到0.045使熱氣體很難進入木屑層，所以人們經常把木屑作為絕熱材料用。第二，木屑的阻力隨木屑層的厚度而增加，嚴重影響了空氣主要傳熱方式——對流。第三，木屑容積重量輕，使設備的單位生產能力下降。對熱介影響最大的為第一、二兩項，它使得木屑在干餾爐內難於均勻受熱，以致木屑不能夠完全炭化。

木屑的特點中也有利於熱介的方面，如比表面積大，擴大了熱介過程中的換熱面，顆粒度小可降低表面至中心的热阻，加速熱能的交換；單體體積小，有利於操作連續化等。但這兩項並不足以克服導熱性和透氣性不良所造成的困難。

从以上分析看出,克服木屑导热性和透气性差的缺点,促使木屑全部参与热介反应是木屑干馏的关键,所以研究的重点,应是解决木屑炭化的条件,炭化问题解决之后,以下的反应,当与一般木材热介相同。

试验是与江宁制材厂合作进行的。利用该厂一个旧的砖砌立式炉,炉子结构太简,不甚理想,为了节约经费及争取时间,经过简单改造之后,加以利用。

二、试验经过

1. 试验木屑炭化条件

试验开始前,曾分析了木屑的特点,并参考了过去江宁厂试验用外热式炉干馏木屑失败的原因,确定(1)采用内热式,扩大木屑与热气体的接触面,适应木屑比表面积大的特点,(2)炉内安装热气体分配室,促使热气体散布均匀以克服木屑导热性和透气性差的缺点,试验炉高3.5米,有效高度2.5米,内径上0.9米下1.2米,炉身砖砌厚23公分,初次试验,我们在釜底上架 4×1.5 公分炉排,排下为高20公分的烟道气分配室,排上放有筛孔为0.5公分见方的筛板,热源采用固体燃料烟道气,烟道气导入炉排下,加料木屑厚120公分,按一般木材热介机理控制温度和风压,加热八小时,仅进气口炉排附近约40公分层炭化,另有部分焦化,以上均未炭化,炉排下进风口外的半个炉底及进气口边,均被落下的木屑充满,炉顶也没有木醋蒸汽排出,这次试验不成功的原因是气体分配室达不到要求,木屑层也太厚所致。

第二次试验,将气体分配室改为 90×100 公分的内结方(限于原炉,不能成正方)热气体从内接方的一角导入,直射对角,再反射至各角,促使其均匀分布,木屑层减为80公分,减少部分阻力,进气口温度提高到 500°C ,以增加温差来提高传热效能,加热14小时,木屑大部炭化,但仍有三处死角未炭化。这次由于在木屑层下部放置了20公分鲍花,落木屑现象没有了。第三次试验,将炉排上筛板取消鲍花填料改为 5×5 公分大小的木块,以增进透气程度,并通过填料层改善热载气体分布情况,试验结果木屑基本炭化,只个别死角炭化不够完全。第四次采用先将炉烘热至 400°C 。再行投料,并用分批加料,一次出料的方法,木屑全部炭化。第五次试验又对炉子作了修改。将内结方砌至顶。增加了炉壁厚度,气体分配室加高至50公分,烟道进气口改用铁管伸入分配室中央。出口弯头向下,使载热气体扩散更为均匀,试验结果良好,证明了在内热式干馏炉内,装置足以克服木屑导热性和透气性差的气体分配室,是能够使木屑炭化的。

2. 工艺条件试验

经过前五次的试验,炭化问题初步解决。炉子形式也肯定下来,接着便进行稳定性

試驗并摸索工艺条件，几次試驗情况如下表：

試驗 次数	木屑加料 (Kg)		加 煤		溫 度 (平均值)			得 炭	
	总 数	平均次数 Kg/小时	总 数	平均次数 Kg/小时	进 风	炭 层	出 气	公 斤	%
6	140	10	300	20	580°C	290°C	270°C	30.8	22
7									
8	370	13.2	355	12.7	600°C	350°C	180°C	100	27
9	380	18.1	275	13.1	680°C	350°C	270°C	120	31.5

备注：1.木屑湿度为 17%
 2.最大风量 37M³/分 (890M³/小时)
 3.最大风压 180MM水柱 (不受炭层高度的影响)

产品质量经过分析鉴定，均合乎要求，分析结果如下表：

产品名称	分析内容	质 量	备 註
木醋液	含 酸 量	7.6%	一般木材下馏木醋液含醋量为7.8%
木焦油	酸水及轻油	16%	从焦油外表及馏程看都符合要求，质量较好，仅抗氧剂得量稍低，一般是20%
	中 油	18%	
	抗 氧 剂	16%	
炭 屑	瀝 青	50%	除灰分由于烟道气未过滤稍高外，其它均合乎工业要求
	灰 分	4%	
	挥 发 分	10.75%	
	固 定 炭	72%	
	水 分	9.46%	

由于爐子已千孔百瘡，不堪再用，稳定性試驗只进行了四次，虽然次数不多，但已基本掌握了木屑干餾的工艺条件，现将工艺流程及操作简述于后：

(1) 爐体說明 (最后定型的) 見附图

爐身外圓，內方，豎式，总高3.5M，有效高度2.5M，壁厚一磚半，爐內层涂潭泥加头发，爐外涂石灰，爐体内一米見方，頂部为用顏料筒作的錐形加料器，錐罩为一生鉄鍋，从爐底到爐排約50公分为气体分配室，由煤爐通往干餾爐底进口气体管为4"鑄鉄管，伸至爐底中央，出气口向下彎，爐排为生鉄，排上为出炭口，下为出灰口，各为230×230MM見方。

于爐体不同位置装置5个溫度計，进口风压、风量均装有仪表測定。

(2) 工艺流程

先将木屑干燥至含水分在17%左右，将爐烘热至300°C，然后分批将木屑从爐頂进料口投入干餾爐內，另将空气由鼓风机(1)打入煤爐(烟道气发生爐)(2)使之燃燒成600°C左右的热载气体并鼓入干餾爐(3)即进行干餾，爐內此时所产生之气体在出口处約200°C左右即进入緩冲器(4)部分焦油在此被分离，未被冷凝之气体。进入冷凝器(5)最后再經泡沫塔(6)取得木醋液，留在干餾爐內部的炭扒出即为炭屑。

(3) 操作說明

干餾爐的基本操作为烘爐，加料，出炭；烟道气发生爐的基本操作为加煤及出渣(回收部分因原爐設備不适用未能进行試驗)現分別叙述如下：

烘爐：将干餾爐內爐排上加入20公斤煤球，然后将出炭口、出灰口堵塞，藉燃燒爐鼓入之载热空气流通下将煤球燃燒，約一小时左右爐壁溫度达400°C以上，即告完毕。

加料：将煤球灰扒出，重新封閉出炭口，然后将30Kg約5×5公分大小的木块倒入干餾爐，然后加入木屑20Kg，再放入10Kg木屑于加料器內进行預热，当爐內加入木屑后溫度即下降，再由烟道气爐不断送入载热气体約20分鐘左右，爐內木屑即进入热介阶段，炭层溫度达350°C，气体出口溫度达200°C，此时立即加入第二批木屑10Kg，10—20分鐘后溫度又上升，再进行第三批加料，如此分批加料，即可不断进行热介，热介过程中产生的气体出口溫度最好控制在200°C以下。

出炭：分冷出炭与热出炭两种，冷出炭即待爐溫下降至400°C以下时，打开出炭口，将炭扒出，热出炭即在干餾結束，炭层溫度高达600°C左右，立即卸出炭屑，这样可以节省冷爐和烘爐的时间，加快設備周轉并节约燃料，在出炭前先关闭鼓风机，闔下载热气体通往干餾爐的进气口，并将烟道气爐頂打开，打开出炭口，将炭屑迅速扒入容器，盖严，避免与空气接触，以免燃燒。

烟道气发生爐操作：烘爐前，先将烟道气发生爐燃着，加入50公斤煤，开启鼓风机，将载热气体吹入干餾爐內；加料时，先把鼓风机門关小，加毕再开大鼓风机，使热气体不断通过管道进入爐內，气体进口溫度要保持600°C，爐內反应方能正常，約3小时后烟道气发生爐內煤层降低，必須繼續加煤，此时，停止鼓风闔下进空气的入口，用手使鼓风机繼續轉动，至将爐頂盖揭开然后用鉄棒通爐渣，通好后，再加入50公斤煤，繼續鼓风开闔，进行送热，加煤时动作要迅速，以免发生瓦斯回窜，引起爆炸。

操作中如馬达鼓风机发生故障，停止運轉时，应迅速将冷却系统的气体出口用水封好，进气口闔断，烟道气爐灰口打开，鼓风机关閉，然后进行修理。

烟道气发生爐，主要是CO₂作为载热气体，其中最好是絕氧，氧的含量最高不能超过8%，以免进入干餾爐內遇CO引起爆炸事故，因此，应不断进行气体分析，控制烟道

气煤层高度，以保证安全操作。

此外，在干餾的整个过程中都存在着CO，除防爆外还要严防中毒事故，在操作区域应有良好的通风。

3. 經濟效果

按我們試驗中所用干餾爐的形式及工艺流程。如投入生产每天可处理500公斤左右木屑，如加以放大每天可处理1—2吨木屑，初步估算其經濟价值如下：

成本：

項 目	数 量	单 价 (元)	总 价 (元)	备 註
人 工	6 工	3.00	18.00	
煤	190公斤	0.04	7.60	(不包括新爐烘干用煤)
柴	12公斤	0.04	0.48	
动 力	15度	0.10	1.5	
木 屑	443公斤		20.86	(木屑含水分40%左右)
其它費用			3.00	其总价中包括烘干时需
小 計			51.44	用之人工及煤的費用)

产值：

炭	159.6公斤	0.168	26.81	(含水分20%)
木醋液	220公斤	0.1	22	
醋 酸	11.4	1.33	15.16	
焦 油	38公斤	0.2	7.6	
小 計			56.41	

利潤

5.03元

从以上計算中看，利潤可达10%左右，如进一步提高劳动生产率及化学产品的得率，并充分利用热介过程中的木煤气，降低煤耗，成本还可降低，倘再将木醋液和木焦油进一步加工为醋酸鈉及抗气剂等高值产品，产值还可大大提高。

三、收 获 及 探 討

通过試驗解决了木屑干餾的工艺条件，也发现一些属于木屑热介机理方面的问题，应待今后繼續探討。

1. 試驗肯定了內热式爐对木屑干餾是有利的，它不单是适应了木屑比表面积大的特点，加速热能的交换，而且载热气体在爐內的均匀分布以及为降低木屑层厚度而采用的

半連續或連續加料，都只有在內熱式爐才能充分實現，因而，內熱式爐是干餾木屑的重要條件。

2. 克服木屑導熱性和透氣性不良的辦法，主要的是使載熱氣體均勻擴散，能與所有木屑接觸，使載熱氣體分布均勻除設計相當的氣體分配裝置外，尚須與風量、風壓、溫度差配合得當，試驗中採用了較強的風壓和較高的溫度，但風壓不能高到使木屑飛翔速度，否則木屑會被吹入冷凝系統，造成堵塞，溫度也應控制進口溫度為 500°C 左右，不應太高，以免過多的耗用熱能。

3. 木屑層愈厚則阻力愈大，導熱性透氣性愈差，對干餾的不利因素愈大，因此，盡量降低木屑層厚度是必要的，試驗採用了半連續式加料，情況很好，如能採用連續式進出料裝置，則更為理想，連續式不僅有利於熱介，而且還能提高單位面積生產量，從而抵銷由於木屑單位容積重量輕，而造成的設備利用率低的缺點。

4. 試驗中發現木屑干餾應採用比木材干餾較高的溫度，我們採用進口溫度 500°C ，熱介都能順利進行，但在採用一般木材干餾溫度時，即進口溫度 400°C ，木屑層在 280°C 時加料，未獲成功，我們認為進口溫度高的原因是提高溫差有助於增加木屑的傳熱效能；而爐內木屑層溫度應提高到 350°C 時再加料的原因尚不太清，有待於進行機理方面的研究。

5. 在第一、二、三、四次試驗中都發現爐內木屑層和炭層（溫度較低區域）有酸性反應，第一次木屑層上部未炭化處呈強酸性；第二次熱介可凝氣體出的很少，疑是產生二次分介，但因爐子漏氣，得不出結論；第三次在上層炭屑中發現吸附有木焦油；第四次發現爐壁附近炭屑飽含酸液。直至第五次爐壁加厚後始消除，發生以上現象的原因，我們認為是冷木屑將熱蒸汽冷凝而吸着，木屑吸着了高沸點產品後，會產生二次分解，影響產品質量和數量，對干餾極為不利“但木屑是否真的具有吸着力，抑或其它原因，亦有待於進行機理方面的探討”。

6. 煙道氣熱值低，溫度不易控制，且產生煙道氣的固體燃料燃燒爐，操作困難，勞動強度大，還經常受煤質的影響，如能改用煤氣發生爐，用煤氣加熱，情況會更好些。

試驗的中心是圍繞木屑炭化條件，摸索工藝路線，未對機理方面進行探討，而且生產性的爐子，也不適宜於機理研究，此項研究，只能留待以後進行。

試驗的爐子如經放大設計，每日可處理1—2噸木屑，為分批進料一次出料的半連續式內熱式木屑干餾爐。

四、木屑干餾的意義

用干餾方面處理和利用廢木屑，是一種比較理想的方法，它既可以得到國民經濟所

需要的木炭、木焦油、木醋液等，又能夠徹底地處理廢木屑，木材經加工後約有8%變為木屑，如欲將木材利用率提高到90%以上，不包括木屑是不行的，估計今年我國的有木屑120萬噸左右，隨著木材生產和加工任務的增長，木屑數量也會逐年增長，過去對木屑多未加以利用，近年來由於領導重視和羣眾的發明創造，已經研究了幾種利用廢木屑的方法，如製木屑板、活性炭、酒精、木屑油等，還有部分作為低值燃料燒掉，但利用的總數並不多，而如作酒精及木屑油處理後廢渣仍很多，由於木屑體積龐大，運輸不便，又易失火，各制材廠對廢木屑的處理均感棘手。

木屑干餾可變廢料為重要的化工原料。它的優點是利用完全，沒有廢渣，投資較水解低得多，工藝過程也較水解簡單設備材料容易解決，除變廢料為化學產品外尚有相利潤，在我國森林資源不多，可作干餾用的薪炭材很少的情況下，從木屑中在取得干餾產品是適宜的。



照片說明：左圖試驗爐在加料，

右圖熱出炭

