

动力煤的綜合利用

水利电力部技术改进局編



水利电力出版社

动力煤的综合利用

水利电力部技术改进局编

*

1239R257

水利电力出版社出版(北京西郊科场路二里铺)

北京市书刊出版业营业许可证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华书店发行

*

787×1092 1/32开本 * 13/16印张 * 17千字

1958年9月北京第1版

1958年9月北京第1次印刷(0001—20,100册)

统一书号: 15143·1024 定价(第9类)0.13元

出版者的話

发电厂燃料的綜合利用，是电业生产上一項重大的技术革命。煤里面含有很多貴重的产品，例如煤焦油，是化学工业上很有价值的原料，可以提炼很多种藥品、染料、人造橡胶、合成纖維和化学肥料，还可以提炼汽油、柴油、潤滑油等。

但是，我国約有70%的煤被直接作为燃料燒掉了。这是十分可惜的。如果在煤燃燒之前，先把这些貴重产品提炼出来，將为国家創造大量的財富。

正因为这样，燃料的綜合利用已成为当前科学研究工作的主要課題，同时广大人民也表现出很大的兴趣。因此，我們出版了水利电力部技术政策研究室編写的这本小册子，以便使所有消耗固体燃料的企业、工人和科学爱好者，能对燃料的綜合利用問題得一个清晰而完整的概念。

在这本小册子里，叙述了煤的工艺加工和低温干餾相結合的問題，介紹了在发电厂里燃料綜合利用的几种簡單形式，綜合热电厂以及动力工艺綜合利用的技术經濟指标。

在本書中，所論述的燃料綜合利用，祇是煤在燃燒前貴重产品的提取；至于燃燒后灰渣的利用，將在我社同时期出版的“鍋炉灰渣的利用”一書中詳細論述，特提請讀者注意。

我們欢迎讀者对于本書的宝貴意見和反映。意見請寄北京科学路二里沟。

目 錄

一、煤炭綜合利用的意義·····	3
二、煤的工藝加工和低溫干餾·····	4
三、發電廠燃料綜合利用的簡單形式·····	10
四、先進的動力工藝綜合利用系統——綜合熱電廠·····	12
五、動力工藝綜合利用的技術經濟指標·····	15
六、在煤炭綜合利用課題之下動力工作者的任務和今后的 研究工作·····	18
七、試燒焦炭末的結果摘要·····	21
八、結語·····	24

一、煤炭綜合利用的意义

人們利用煤炭是从利用它的热能开始的，随着科学技术的进步，煤炭的用途愈来愈广。現在煤炭不仅是民用、交通和动力工业的燃料，冶金工业需要用煤来煉焦炭，石油工业化学工业需要煤中的焦油和瓦斯来煉制人造石油，化学肥料合成纖維（尼龙、卡普隆）塑料（聚苯乙烯、聚氯乙烯），合成橡膠，杀虫剂，染料，染料中間体，增塑剂，溶剂，藥料（奎宁、阿司匹灵），制香料，調味品，炸藥，涂料，电极，瀝青，合成糖精等等，煤灰还可以制成建筑材料和保温材料，从煤焦油中提取焦化产品，世界上已有300多种。將來煤的用途必然会更加广闊，因此煤炭实际已經成为发展工农业生产和提高人类物質生活所不可缺少的宝貝。

我国煤的資源是很丰富的，充分利用得天独厚的煤炭資源是多快好省地建設社会主义的重要因素。但是目前我們利用煤炭資源的情况还是停留在低級阶段，根据1957年的統計，全年12,800万吨产煤中有11800万吨用于直接燃燒，約佔92%。这样的直接燃燒以低温干餾焦油加氫的方法来計算，我們就白白地燒掉了汽油、煤油、柴油600多万吨，如以上海煤气厂的加工方法計算，則白白地燒掉了750万吨焦油和49万餘吨精苯，这些精苯可制卡普隆33万吨，相当于4,670万担棉花，同时还燒掉了其它很多有机化学和国防化学工业原料。在社会主义飞跃前进的情况下，1962年煤炭产量比目前將增長三、四倍，第二个五年計劃以后的增長数字更为龐大。如果不改变煤炭利用的方式，浪費的数字將更为惊人。为了消除这样巨大的損失，为社会主

又建設积累更多的資金，創造更多的財富，我們取用煤中熱能为主的动力工业，必須立即开始煤的綜合利用，这样，对国民經济是有非常重大的意义的。

从我国目前的条件来看，煤炭綜合利用已經有了技术基础。第一、我国在冶金和化学工业方面已經有了不少高温煉焦厂和低温干餾厂；第二、东北已經有了不少煉煤厂；第三、我国已經有九个城市有煤气厂；第四、有些火电厂已有燃燒瓦斯的經驗，半焦在煤粉炉上試燒已經成功。这些技术基础說明我們已有条件在全国範圍內开始煤的綜合利用。有人說：“我国煤藏丰富，綜合利用可早可迟”。也有人說：“过去沒有綜合利用，一样发展了生产，保證了民生”。这些思想显然是一种保守思想，必然会造成大量浪費国家宝貴資源。他們的言論是不合乎鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义的总路綫的，必須加以批駁。

二、煤的工藝加工和低温干餾

近代煤的化学工艺加工方法，主要是以煤的热解为基础的。由于对最后的产品要求不同，热解的工艺方法也就不同；其中最重要的是煉焦、低温干餾、气化和加氫。

在断絕空气的条件下，將煤加热使其发生分解的过程称为干餾或煉焦。低温干餾(或称半煉焦)和煉焦之間的差別，决定于过程的最終温度。低温干餾的加热温度到 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ ，而煉焦的結束温度則高达 $900\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 。低温干餾的主要目的是为了取得焦油，而煉焦則为了取得冶金用的焦炭。

煤的气化是个热化学过程，在这个过程中，煤中的碳素与

空气、富氧空气或水蒸汽中的氧在高温下化合变成可燃气体(主要是CO及H₂)。气化过程实际上总是伴随着煤的干馏过程共同进行。因此,在可燃气体中也包含有焦油蒸汽及炼焦煤气等。气化过程的主要目的,就是产生这种可燃煤气,供做化学原料或家庭及工业燃料。

煤的裂化加氢过程,是将煤的有机物质热溶于适宜的溶剂中得到煤溶体(性质接近于高沸点的焦油残留物),通过触媒剂在高压(300~700大气压)下与氢化合并发生裂化,使高分子的可燃物转化为富有氢的低分子化合物。它的目的是制取高产率的汽油,或者同时得到柴油、燃料油和酚类。

煤的上述几种热加工方法的主要产品率列于表1。比较它们的特点,可以看出,煤的低温干馏工艺过程最适合用来与生产动力的燃烧过程相配合达到综合利用的目的。

表1 煤的各种热加工方法的主要产品产率

热加工 方法	燃料 种类	工艺过程特点	产 品 产 率			
			焦油 占原煤%	其中汽 油占原 煤%	标准热值煤 气①标准公 尺 ³ /吨煤	固体剩余物 占原煤%
炼焦	烟煤	干馏最终温度 900~1100°C	2~5.5 (比重1.1 2~1.22)	0.05~ 0.15	300~350	65~70焦炭 (V _G = 0.5~1%)
低温干馏	烟煤	干馏最终温度 550~600°C	8~10 (比重0.9 ~1.0)	1~1.5	100~150	70~80半焦 (V _G = 8~12%)
气化	焦炭 无烟煤	空气、水蒸汽 鼓风	—	—	900~1300	10~20 (灰份)
加氢	烟煤	液相及气相加氢 300~700大气压 470~480°C	—	45~50	少量烷族 气	少量低质半焦

① 煤气的标准热值通常定为4000大卡/标准公尺³。

下面简单的介绍一下目前工业上采用的低温干馏过程的工

艺特点:

煤在干餾过程中首先要經過乾燥阶段和初餾阶段。通常要加热到 $110\sim 115^{\circ}\text{C}$ ，才能把煤中的固有水分（結晶水分）除去。随着温度进一步升高，从燃料中有二氧化碳气体和水蒸汽放出，这是由于有机物中含氧化合物的分裂而产生的。这种变化通常到 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 为止，这个阶段叫做初餾。在燃料初餾时所放出的乾气体量通常不大于燃料重量的 $2\sim 2.5\%$ 。大致在 250°C 开始逸出揮发性气体，約在 300°C 左右便有焦油蒸汽开始逸出，它在温度 $425\sim 475^{\circ}\text{C}$ 时达到最高峯，在 550°C 左右时便告結束，而气体的逸出，則要在更高的温度下才結束。低温干餾的目的是为了取得焦油，所以过程的最終温度結束在 $550\sim 600^{\circ}\text{C}$ 。温度再升高时則有越来越多的煙質焦油遭受高温分解而变成气体产物，因而焦油产量会逐渐降低。煤在低温干餾后剩余的固体产品称为半焦，是很好的民用和动力燃料，也可以用来发生煤气。

低温干餾可用来处理各种燃料：泥煤、頁岩、褐煤和烟煤。由于原料不同，干餾产物的性質也有不同。一般在工业上适宜于低温干餾的煤，除了要求具有較高的含油率（ 10% 左右及以上）外，同时还要求最好是沒有粘結性或弱粘結性的，因为，目前常用的煉焦炉构造都不适于加工粘結性的煤。

泥煤和褐煤都是沒有粘結性的，故可以用簡單的豎井炉或其他各式煉焦炉来加工。对烟煤来講，豎井和魯奇式三段炉只适于加工不粘結或弱粘結的煤种，而粘結性煤則应在室式或甌式炉中来加工。泥煤、褐煤及烟煤低温干餾产品的平均产率如表2。

低温乾餾工艺过程的基本条件是：温度，加热速度，燃料在各种温度下停留的时间，揮发物逸出的状态和速度；与这些有关的还有：被加工燃料的顆粒尺寸，煤层厚度，加热的方法

表2 泥煤、褐煤、烟煤低温干馏产品回收率
(按原煤百分比)

		泥 炭	褐 煤	烟 煤
焦 油		7	8	8~12
煤 气		22.5	7~8	6~8
半 焦		30	57	70~80
焦 油 水①		40.5	27~28	5~15

① 焦油水——在干燥初馏及干馏过程中逸出的总水分。

和状况。

温度对过程的影响，可以从图1、图2及图3中看出，图1给出煤气产量的变化情况，图中曲线的上限及下限相当于碳化程度较浅及较深的煤种。图2及图3所示为碳化程度较浅的气煤的干馏产品性质。温度超过500~600°C后，焦油中不稳定的烃质化合物开始了高温分解，结果使焦油中沥青质含量增加，因而焦油比重也无形增加。此时煤气中的烃类也起了显著的分解，所以氢的含量百分比也增加了。

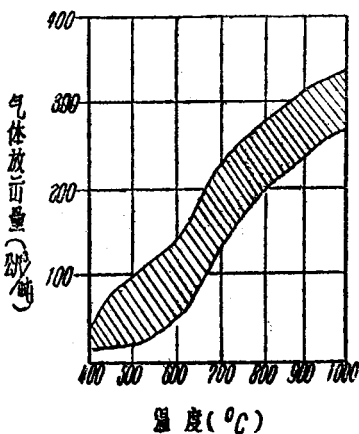


图1 炼焦温度和气体产率的关系

干馏出的焦炉气(焦油蒸汽与煤气)在炉里停留的时间越少，它的分解反应进行的也越少。使焦炉气迅速放出并防止过热，可以得到质量最好，产率最高的焦油。

在一般干馏炉中，受燃料颗粒尺寸的限制，加热速度必须

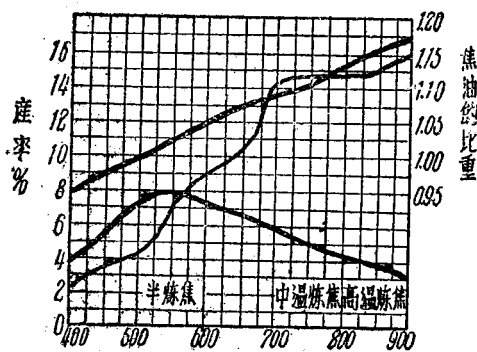


图2 炼焦温度对气体和焦油产率及对焦油比重的影响

1—焦油的产率；2—气体的产率；3—焦油的比重。

要缓慢而均匀，才能得出差不多完全保持自己特性的焦油，这样就延长了干馏过程的时间。

綜上所述，目前低温干馏工业的技术水平（条件）大致如下：

1) 适宜加工非粘結性或弱粘結性燃料。对于粘結性較大的烟煤，需要預先經過热处理以減低煤的胶質性，或使用較特殊构造的外热式炉，在原煤的顆粒特性上，也有些限制，細碎部分不能太多；

2) 加热速度迟緩，主要受顆粒尺寸及煤层厚度的影响。

因此，一般炉的干馏过程持續

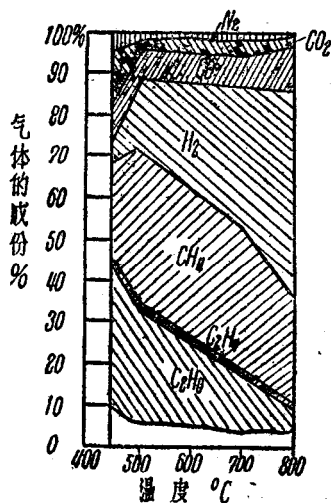


图3 炼焦温度和气体成分的关系

時間很长，生产能力較小的炉子一般为4~5小时；大型的魯奇式炉需要10~15小时；

3)一般乾餾炉是間歇作业的，即裝料、卸料及加热不是連續穩定的过程。这样，就不便于控制，而且不符合近代化大規模生产的要求；

4)因为处理强度不高，生产量低，所以工厂設備就必然龐大，設備的單位造价也就隨着增加；

5)可以得到質量較高的焦油产品，但气态汽油含量不高。半炼焦的热消耗，因煤的性質和炉型而異。对水分為5~7%的煙煤約為300~325大卡/公斤；

6)外热式炉中也有設計為連續操作的可加工粘結性煤的薄层式干餾炉。使用0~15公厘等級的碎末煤，其中0~1公厘的煤尘允許含量為20~30%。这种炉的过程强度大大提高，煤在炉中的停留時間為2~15分鐘。近年来，利用沸騰层实行細粒煤干餾的方法，也得到广泛的研究和采用。这些方法，可以說是低温干餾工艺的发展方向。

低温干餾所获得的焦油是生产汽油、柴油、煤油及潤滑油的寶貴原料。焦油中較重的餾分如用高压加氢处理也可以再得到大量的汽油、煤油和柴油。瀝青可用于公路建設及鑄造的結合剂。焦油及焦油水中还含有大量的苯及酚类，可供医藥及制造合成纖維等应用。

低温煤气的燃燒热高达6000~8000大卡/标准公尺³。它是很好的生活用及工业用的气体燃料，并且有利于远距离供应。低温煤气中烷烴、不飽和烴及氢的含量高，所以也可以做为化学合成的原料。例如：不飽和烴可用于生产酒精，而氢可供制造氮肥，甲烷借轉換反应也可轉化为氢。

半炼焦煤气中，还保有一些蒸汽状态的烴質，低沸点的烴

类，用液体回收剂洗涤方法回收即成为高级的液体燃料——煤气汽油。含量平均佔原煤重量的0.2~0.6%。

三、發電廠燃料綜合利用的簡單形式

最簡單的燃料动力工艺綜合利用系統是采取联合企业的形式，即发电厂与低温干餾工厂簡單地联系起来，它的流程大致情况如图4所示。电厂鍋炉把300~400°C的烟气送入低温干餾厂以供原煤干燥，原煤干餾生成的焦油供提炼液体燃料，煤气供城市居民或工业用途，也可供电厂做燃料。低温干餾的固体剩余产品——半焦則送电厂燒鍋炉。

在这种联合企业中，电厂及干餾厂都各自保持其独立性，彼此之間基本上只是产品利用的关系（半焦、煤气及电力、蒸汽），所以燃料的热能利用效率并没有很大的提高。但是，因为它使燃料达到了化学工艺和动力的綜合利用，可以生产出多种化工产品，而且也可以降低电能及其他产品的生产成本，所以在許多国家（如德国、捷克及美国）还是得到了发展。图5所示为一个德国的用褐煤做原料的大型联合企业，它由以下几个厂組成：

发电厂——容量25万瓩；

褐煤制磚厂——每昼夜处理6,500吨煤；

低温干餾厂——每昼夜处理6,500吨煤；

液体燃料加工厂——年产25万吨人造液体燃料；

高压气化厂——年产1.6亿公尺³煤气。

这种联合企业的缺点是：低温干餾炉的效率不高，采用的是魯奇式炉，生产能力每昼夜仅300吨煤。如以半焦回收率60%計算，則至少需要4台炉子才能配合发电厂的一台200吨/时鍋

炉。因此，低温干馏厂的投資，必然較高。

美国对褐煤及烟煤的利用，都成功的采用了帕雷式沸腾层低温干馏的方法。在某一个综合利用褐煤的联合企业内，这种型式的干馏炉設計生产能力达到450吨煤/时，使用0~6.4公厘等級的燃料。干馏炉排出的半焦粉帶有很高的温度(480°C)，用惰性气体(加热用的廢烟气)鼓入鍋炉燃燒以制取蒸汽和电能。发电厂设备的容量为 3×8 万千瓦。

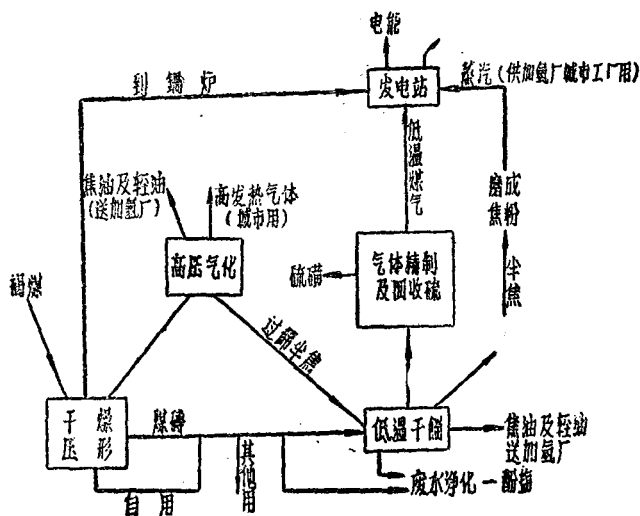


图5 动力化学联合企业流程示意图

四、先進的动力工藝綜合利用系統

綜合热电厂

如前所述，現在低温干馏工业所使用的热加工方法热能利用的效率較差，处理强度不高，設備笨重而投資較大。采用这

样的热加工方法就使燃料的动力工艺综合利用的經濟效益不能达到最高程度。为了建立高效益的动力工艺过程，就必须进一步研究与鍋炉燃燒直接連系的具有高强度的新干餾方法。

苏联科学院动力研究所(ЭНИН)通过理論及实验研究，已經成功地解决了这个关键問題。使燃料达到高强度热加工的基本理論包括以下五点：

1) 为达到燃料的快速加热和干餾，避免受顆粒尺寸的影响，就必须使用粉狀或細微顆粒(到1~2公厘)的燃料；

2) 被加工的粉狀或微粒燃料，在悬浮状态下与气体或固体热载体直接混合，才能使受热最均匀，而且使加工过程更加迅速；

3) 燃料的快速加热便于热解过程的控制。因为加热温度均匀，而过程時間縮短，就有可能获得最大限度的高質量的低温干餾产品；

4) 因为干餾过程的迅速完成和流动状态的热加工，便有可能实现連續不断的操作。而且，生产能力大大增加，相应地干餾设备的构造尺寸則大为縮小；

5) 成粉狀或微粒狀的干餾剩余产品——半焦，便于直接在近代大中容量的鍋炉机組內燃燒。鍋炉燃燒生成的烟气則可做为燃料的干燥介質。

根据这些理論和实验的結果，动力研究所会同各有关工业部已經建立了若干套半工业性或工业性生产試驗设备，用来加工泥煤、褐煤和頁岩。图6给出了这种动力工艺综合利用的原則系統的一例。豎井磨煤机磨制的粗粉狀燃料被烟气加热到 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$ (根据燃料种类)，然后在旋风分离器中与烟气分开。烟气鼓入鍋炉燃燒室，而燃料則迅速进入热解室，在其中与热焦炭粉混合并被加热到指定的最适宜的热解温度(約 $550\sim$

750°C)。热解产物(煤气、焦油汽及水蒸汽)引出經清淨及冷凝处理。半焦粉則用螺旋输送机或是其他装置送入“工艺燃烧室”中。在其中部分半焦进行燃烧，并賴此使燃烧室内温度保持在800~1100°C。从工艺燃烧室出来的半焦粉，其中顆粒較粗的部分被旋风分离器捕捉重返热解室以加热燃料；細煤粉則随同烟气鼓入鍋炉燃烧室进行燃烧。因为此时半焦粉温度很高，故燃烧强度可数倍于普通煤粉燃烧室。

对于熾热的微粒狀半焦，用于蒸汽鍋炉的最合理的燃烧方

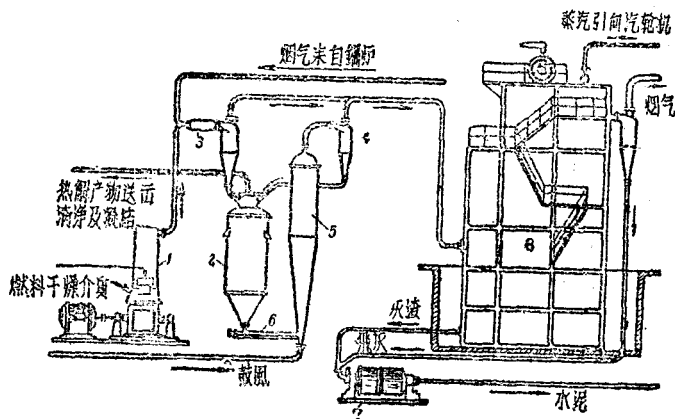


图6 燃料动力工艺综合利用原则系统图

1—豎井管煤机；2—热解室；3—加热蒸发器；4—旋风分离器；5—工艺燃烧室；6—螺旋输送机；7—球磨机；8—鍋爐。

式是采用旋风炉，它可能使工艺系統更加簡化。

用这种高强度热加工方法处理褐煤，整个加工过程仅需要10分鐘。获得煤气的热值为5000大卡/标准公尺³，而用普通方法仅有3500~4500大卡/标准公尺³。煤气及焦油中的汽油成分也較多。

根据这种先进而廉用泥煤做燃料的10万瓩綜合热电厂，其工艺流程原則系統如图7。如果使用的燃料是烟煤，則流程系統尚可簡化，因为它不需要复杂的乾燥設備。

在苏联，已經提出了这样的伟大任务：在第7~8个五年計劃期間，即在1960~1970年內，应爭取將所有新建的火力发电厂都建設成为綜合利用的电厂。

應該指出：苏联科学院及有关工业部过去所进行的工作主要是針對頁岩、泥煤和褐煤的热加工。对于烟煤，尤其是有熔化粘結性的煤种，則很少研究或尚未研究。而我国煤炭生产86%以上是烟煤，其中不粘結或弱粘結煤約只佔40%，因此为把苏联的先进經驗运用到我国，尚需要进一步結合我国的煤种进行試驗研究。

五、动力工藝綜合利用的技術經濟指标

根据苏联所进行的半工业性生产試驗和对某些煤种所做的計算，燃料的动力工藝綜合利用的技术經濟价值可举以下数例予以說明：

1) 在一个頁岩煤气联合企业的热电厂中，已將一台容量为75吨/时的鍋炉改成使用頁岩的綜合利用系統。单是这一台鍋炉子的改造，就使企业的頁岩加工产品产量提高了15%；倘若整个热电厂的鍋炉都按綜合利用的系統运行，則該企业的容量就可增加50~70%。此外，綜合利用所生产的煤气成本比目前联合企业所生产的降低2倍。利用这种方法扩大联合企业的生产能力，在投資上可節約数倍。