

焦化過程中 煉焦煤動態的研究

А.И. 赫莉姍福娃 等著

莫仁豪 選譯



重工業出版社

焦化過程中煉焦煤動態的研究

A.И. 赫莉娜福娃 等著

莫 仁 豪 選譯

張 孔 祥 校



重工業出版社

本書內容譯自1950年蘇聯科學院可燃礦物研究所著作集第二卷
(Труды института горючих ископаемых. ТОМ II)

焦化過程中煉焦煤動態的研究

莫仁豪 選譯 張孔祥 校

重工業出版社 (北京西直門內三官廟11號) 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五五年九月第一版

一九五五年九月北京第一次印刷 (1-1,170)

787×1092. $\frac{1}{25}$ • 70,000字 • 印張 $2\frac{24}{25}$ • 定價 (9) 0.64元

書號 0338

* * *

發行者 新華書店

263.2
387
5

焦化過程中煉焦煤動態的研究

A.И. 赫莉娜福娃 等著

莫 仁 豪 選譯

張 孔 祥 校

重 工 業 出 版 社

076267

本書內容譯自1950年蘇聯科學院可燃礦物研究所著作集第二卷
(Труды института горючих ископаемых. ТОМ II)

焦化過程中煉焦煤動態的研究

莫仁豪 選譯 張孔祥 校

重工業出版社 (北京西直門內三官廟11號) 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇一五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五五年九月第一版

一九五五年九月北京第一次印刷 (1—1,170)

787×1092. $\frac{1}{25}$ • 70,000字 • 印張2 $\frac{24}{25}$ • 定價 (9) 0.64元

書號 0338

* * *

發行者 新華書店

目 錄

加熱過程中煤的性質的變化·····	A. И. 赫莉娜福娃·····	4
煤在膠體狀態時的粘度·····	E. M. 泰茨·····	22
擴張器上對於煤在煉焦過程中的 收縮動態的研究·····	A. E. 布列斯列爾·····	31
焦炭中裂紋發展過程的評定·····	E. M. 泰茨, З. С. 洽賓娜·····	52
焦炭強度與其形成時的關係·····	E. M. 泰茨, З. С. 洽賓娜·····	65

附 錄

一、俄中人名對照表·····	72
二、俄中地名對照表·····	72
三、俄中專用名詞對照表·····	72

加熱過程中煤的性質的變化

А. И. 赫莉婭福娃

闡明煤和配合煤（裝爐煤）被加熱到 500° 時結構上和性質上的變化問題，是具有重要意義的。煤在焦爐中的動態和其所形成的焦炭的性質，主要決定於在較低溫度時煤對於加熱的關係。這是十分明顯的，因為在焦爐中的裝入煤，只能逐步地被加熱到 $900-1100^{\circ}$ 的最終溫度。這時，最快地被加熱的是直接與赤熱的爐牆相毗連的煤層 [1, 2]。

表 1

被加熱的煤樣的性質

煤 的 標 號	加熱溫度 °C	在煤的可燃體中的含量 (%)					
		輕 焦 油	化 合 水	不揮發性 殘 留 物	煤 氣 和 損 失	萃 取 液	
						酒精和苯 的混合物	萘 油
I	原 煤 樣	—	—	—	—	4.75	78.50
	350	微 量	1.01	98.55	0.44	3.52	74.77
	400	9.83	3.39	82.69	4.09	1.74	30.00
	450	11.51	4.92	78.19	5.38	0.17	3.52
	500	—	6.47	74.38	8.09	0	0
IIK	原 煤 樣	—	—	—	—	0.78	88.00
	350	微 量	0.55	99.17	0.28	1.58	83.58
	400	0.75	1.42	96.36	1.47	5.95	75.30
	450	2.29	1.65	91.67	4.39	6.50	72.86
	500	8.45	2.96	82.34	6.25	0.69	9.00
K	原 煤 樣	—	—	—	—	0.62	78.50
	350	0	0.38	99.29	0.33	1.02	76.28
	400	0.79	—	98.46	0.58	3.45	69.23
	450	2.78	0.71	95.61	0.90	3.09	55.18
	500	5.42	0.85	91.23	2.50	0.83	3.00
IIC	原 煤 樣	—	—	—	—	0.21	52.00
	350	0	0.14	99.66	0.20	0.82	53.00
	400	0.20	0.24	99.25	0.31	1.02	49.26
	450	0.87	0.47	98.17	0.49	1.42	53.45
	500	2.16	0.88	94.01	2.95	0.61	8.00

煤 樣 性 質

表 2

煤 的 標 號	加 熱 強 度 °C	W^I (%)	A^I (%)	V^I (%)	S^C 全 (%)	C^I (%)	H^I (%)	粘結性 (按蘇聯科學院可然礦物研究所方法) C	長潤熱 (卡/克)
Г	原煤樣	3.95	8.72	35.77	1.88	81.13	5.12	14.6	2.35
	350	1.12	9.23	35.41	1.79	81.99	4.71	12.3	11.12
	400	0.53	9.47	19.74	1.65	84.63	3.95	2.2	1.46
	450	1.33	9.75	17.54	1.52	85.01	—	0	6.37
	500	0.98	11.21	12.21	1.46	88.26	2.73	0	6.79
ИЖ	原煤樣	0.26	10.62	26.70	2.46	87.43	5.05	28.4	0.94
	350	0.39	10.75	19.65	2.42	88.51	5.02	19.2	1.50
	400	1.57	11.05	19.41	2.47	88.40	4.56	12.8	2.13
	450	0.13	10.66	14.95	2.36	90.92	4.54	9.3	0.81
	500	1.47	11.46	7.71	2.15	93.07	3.80	2.6	1.84
К	原煤樣	0.91	2.29	20.10	1.19	88.71	4.80	14.5	1.33
	350	0.67	1.55	18.51	1.23	87.76	4.79	12.6	1.45
	400	0.72	1.81	17.65	1.26	88.08	4.75	9.1	1.09
	450	0.77	2.26	14.75	1.21	88.23	4.13	6.3	0.88
	500	0.97	2.60	9.00	1.14	89.92	3.89	0	0.92
ИС	原煤樣	1.14	1.10	17.07	—	90.09	4.66	11.8	1.36
	350	0.89	1.24	16.66	—	90.18	4.65	11.2	1.74
	400	0.67	1.05	16.33	—	90.19	4.65	8.4	1.76
	450	0.50	1.16	14.73	—	90.24	4.42	6.0	1.38
	500	0.61	1.20	11.00	—	90.25	3.95	0	1.09

配合煤在加熱過程中動態的研究是值得引起注意的，也由於在工業情況下，通常煉焦用的不是單種煤，而是配合煤。此外，當對單種煤與它們的配合煤同時研究時，有可能搞清它們相互作用的動態。

研究加熱過程中煤在結構上和性質上的變化是非常困難的。到現在為止，關於煤質在化學和膠體化學上的結構問題，還沒有統一肯定的概念。各個作者對這個問題的看法，互有矛盾。某些科學研究者認為煤的膠體離子是球狀的〔3〕，另外一些科學研究者則認為是薄片狀的〔4〕。

科學研究者們認為煤轉變為膠質狀態，是因為煤中存有能被加熱熔融的消聚合體（膠質體）的緣故〔5, 3〕。

研究 350° 到 500° 加熱過程中煤的結構上和性質上的變化，是饒有趣味的，這個時候煤的各種不同性質明顯地表露出來，由於隨着加熱溫度的上昇，煤質中

膠質體與不熔融體之間的比例改變了。

將煤梯級式地加熱到 350°; 400°; 450° 和 500° 後, 這些部份的比例便改變了。研究各種煤在這些問題上的變化程度, 可以瞭解一些各種煤的結構與性質。

當煤因加熱而發生了很大的化學變化時, 大概在膠體化學方面, 同時還發生了排列的變化, 可以按各加熱程度而求出各種煤在這種變化的一定階段上的內部表面值。

測定浸潤熱的方法〔6—9〕, 是表示多孔性固體物內部表面最普通的方法之一, 這種方法, 現在同樣適用於煤的研究上。

除了根據煤的內部表面變化來表示其性質外, 我們還根據它的自然狀態和加熱到各種溫度時, 對於重溶劑的擴散性〔10〕, 來試驗煤的區別。所採用的重溶劑是 350°—380° 的蔥油餾份。

我們將不同變質程度的頓巴斯煤, 作了研究: 即氣煤、肥煤、焦煤、瘦煤以及按 1:1 比例配合的氣煤和瘦煤配合煤。

煤樣 150 公分, 粉碎到 0~1.5 公厘的粒度, 在鋁製乾餾釜中加熱到 350°; 400°; 450° 和 500° 以每分鐘 10° 的速度加熱到 300° 後, 以每分鐘 3° 的速度加熱到指定的試驗溫度。然後在指定溫度上, 停止溫度上昇, 這樣維持 15 分鐘時間, 而最終試驗 500° 爲例外, 待溫度達到 500° 時, 才停止加熱。照例, 在每次試驗時, 如加熱溫度有差誤, 則取新煤樣重做。

在加熱過程中, 煤的結構和性質上的變化, 是用熱分解的初次產品的產量 (輕焦油、化合物、煤氣和不揮發性殘留物) 煤氣成份、粘結性、工業和元素分析、溶於酒精和苯混合物中的百分率、在蔥油中的擴散性和浸潤熱等來表示的。

在試驗完畢後將煤粉碎到 0.23 公厘, 用所述的方法進行研究。即在煤樣稱好和粉碎就緒後, 立刻將一部份稱好的已被加熱的煤樣 (5 克), 裝入蘇氏萃取器中, 用酒精和苯混合物來萃取而其餘一部份 (1 克) 用蔥油來處理。

所研究的煤樣的浸潤熱, 在蔥油中的溶解度和分析的測定結果, 整理於表 1 和表 2 中。所得結果, 又以圖示形式表示於圖 1—3 中。各種煤的粘結性、揮發份、氫含量和在蔥油中的溶解度, 已可肯定是隨着加熱溫度上昇而減少的。

氣 煤

當氣煤被加熱到 350° 時, 其成份和性質發生了不顯著的變化。同時, 幾乎沒有產生輕焦油和煤氣, 而粘結性、元素分析、揮發份、溶解在酒精和苯混合物中的瀝青量和在蔥油中的溶解度的變化是很小的。

當試驗溫度從 350° 提到 400° 時, 煤的成份和性質, 已經呈現顯著的變化。同時, 化合物和輕焦油增加了, 受過熱的煤, 其粘結性能和能得到良好焦炭

的性能變壞了。

在煤的元素成份上，呈現出顯著的變化。氫含量減少到 3.95%，炭——增到 84.63%，揮發份降低到 19.74%，酒精-苯混合物中瀝青量——到 1.5%，蔥油中溶解度，降低到30.00%。

當氣煤被加熱到 450° 時，其性質上的變化，比以前試驗中的變化要大得多，但是，像在試驗溫度從350° 提高到 400° 時所見到的急劇的突變，在這種情形下並未呈現出來。

將煤加熱到 500° 時，發生了大量煤氣，炭含量增加而揮發份減少了。

煤氣成份隨着加熱溫度提高而發生了變化，即當將煤加熱到 350° 時，煤氣中含有氫和少量的飽和碳氫化合物，而當 500° 時，它們在煤氣中的百分率增加了。

含有 4.75% 的溶於酒精-苯混合物中瀝青量的氣煤，能够形成大量的水。

當加熱溫度從 350 提高到 400° 時，煤中有機物質分解而形成了初次產品。這時，煤的擴散性急劇地降低。

氣煤被加熱到350°時，

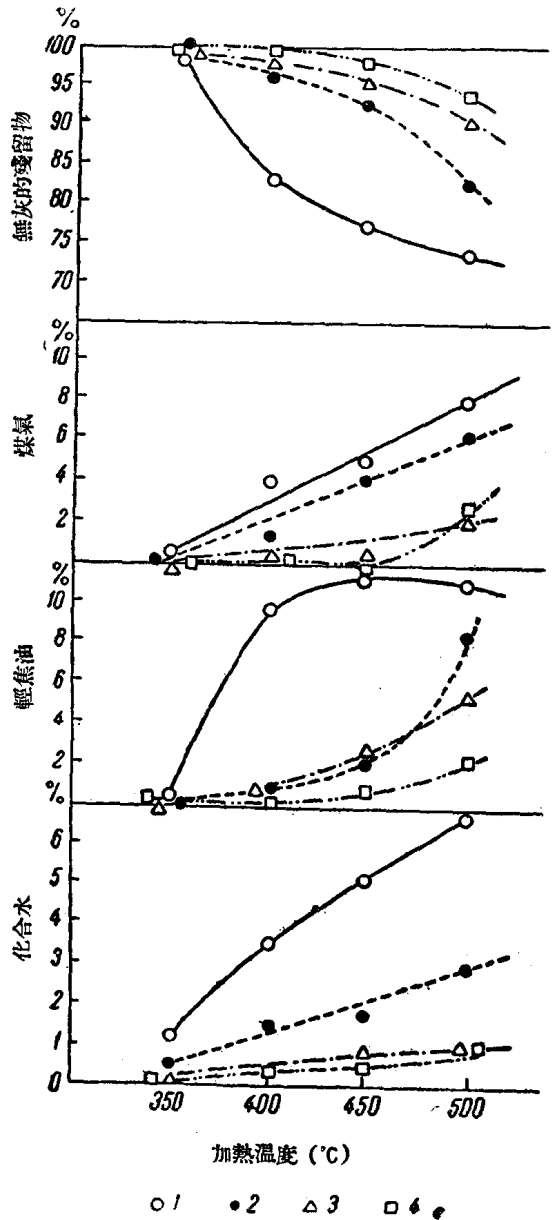


圖 1 將煤從350°加熱到500°時，熱分解產品含量的變化

1—氣煤；2—肥煤；3—焦煤；4—瘦煤

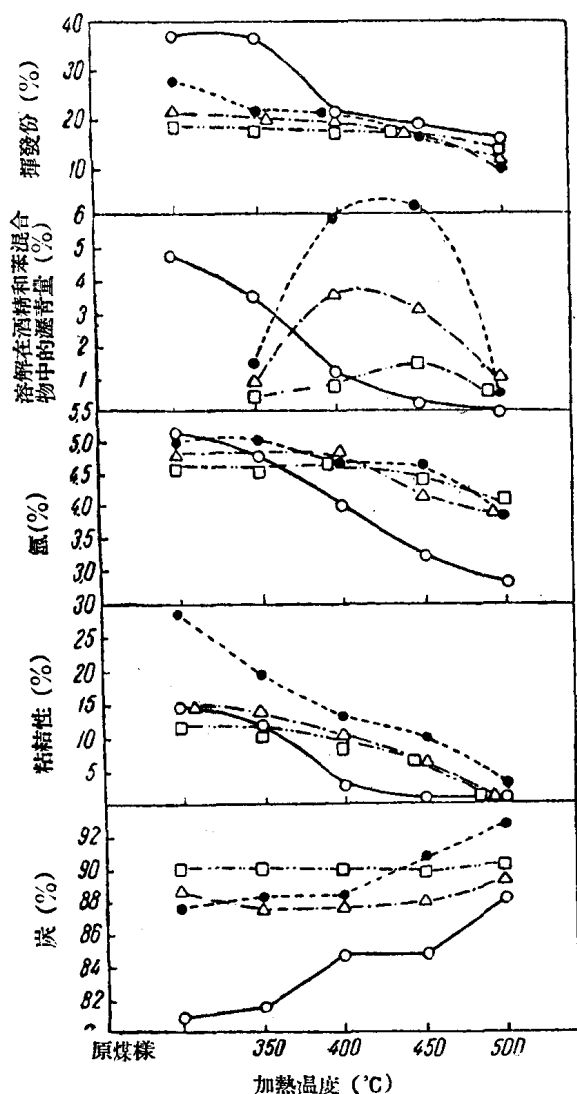


圖 2 將煤從350°加熱到500°時，工業
分析和元素分析的變化
1—氣煤；2—肥煤；3—焦煤；4—瘦煤

內部表面增加得很大 (表2、圖4)，它的絕對值變得非常接近於過去已被我們測定的長焰煤的內部表面值[8]。浸潤熱變化的相似波動，可以說明 350° 的溫度，非常近似於煤開始分解時的溫度。這是由於煤中各個膠體離子之間及膠體離子內部間的連結力減低的緣故。大概聚合的膠體離子，分裂為許多結構更簡單的小單位了。對煤質本身來說，就是發生了“鬆化”的現象。此時，吸附着的氣體（氮、氧、二氧化碳），從表面上排除了。

將煤加熱到 400° 時，內部表面值迅速地減少。

內部表面值最小的煤，能最好地煉成焦 [8—10]。因此，煤的性質，決定於加熱時內部表面值的變化。粘結性的煤被加熱時，其浸潤熱最小的原因，大概是與其轉變成膠質狀態而產生的膨脹有關。這樣，也能使氣孔率減小。

當繼續將溫度提高到 450 和 500° 時，能够看出內部表面值增加了。膨脹到極限的煤，分解而形成多孔性的結構，產生大量的初次產品。當氣煤最後被加熱到

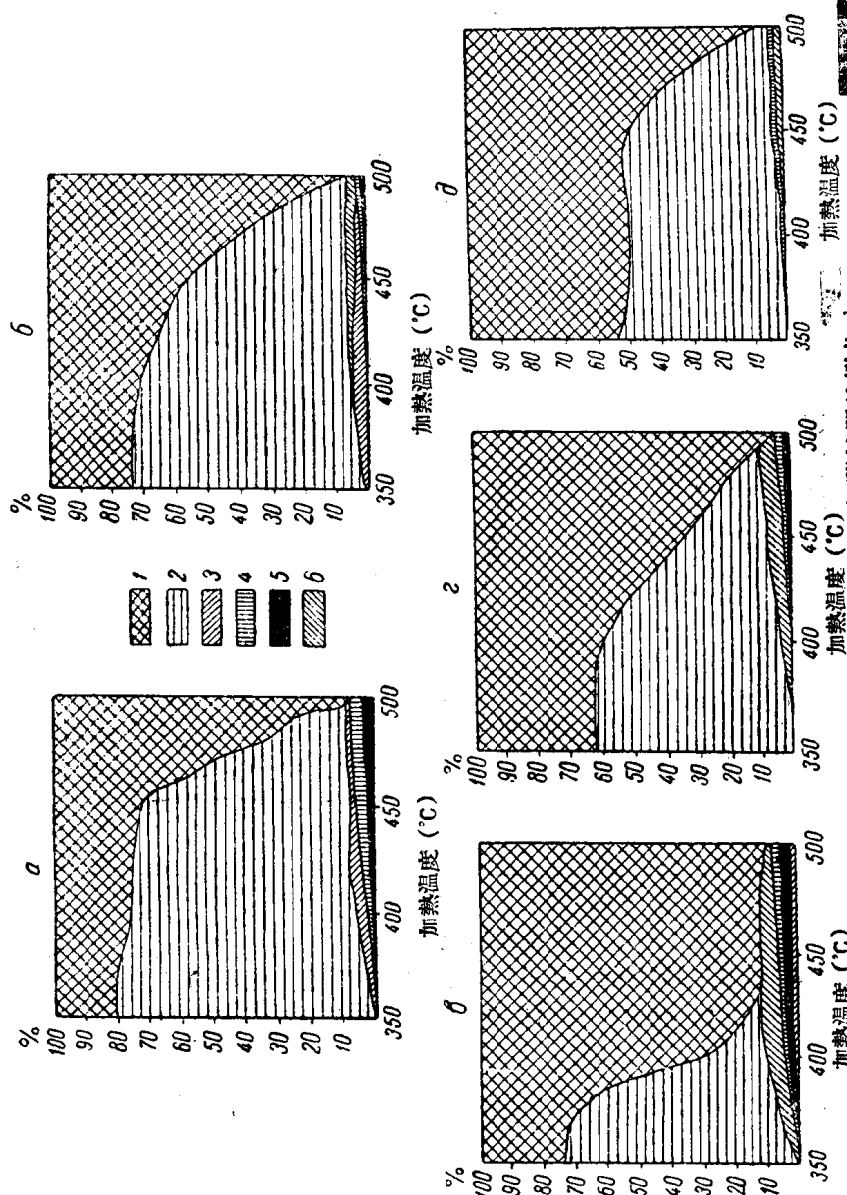


圖 3 將煤從 350° 加熱到 500° 時，其膠體-化學性質的變化
 a 肥煤; б 焦煤; в 氣煤; г 氣煤配瘦煤 (1:1); д 瘦煤; e 不溶於水的殘留物; 2 在酒精中溶解的部份; 3 酒精萃取物中
 的萃出物; 4 焦炭; 5 化合水; 6 輕焦油

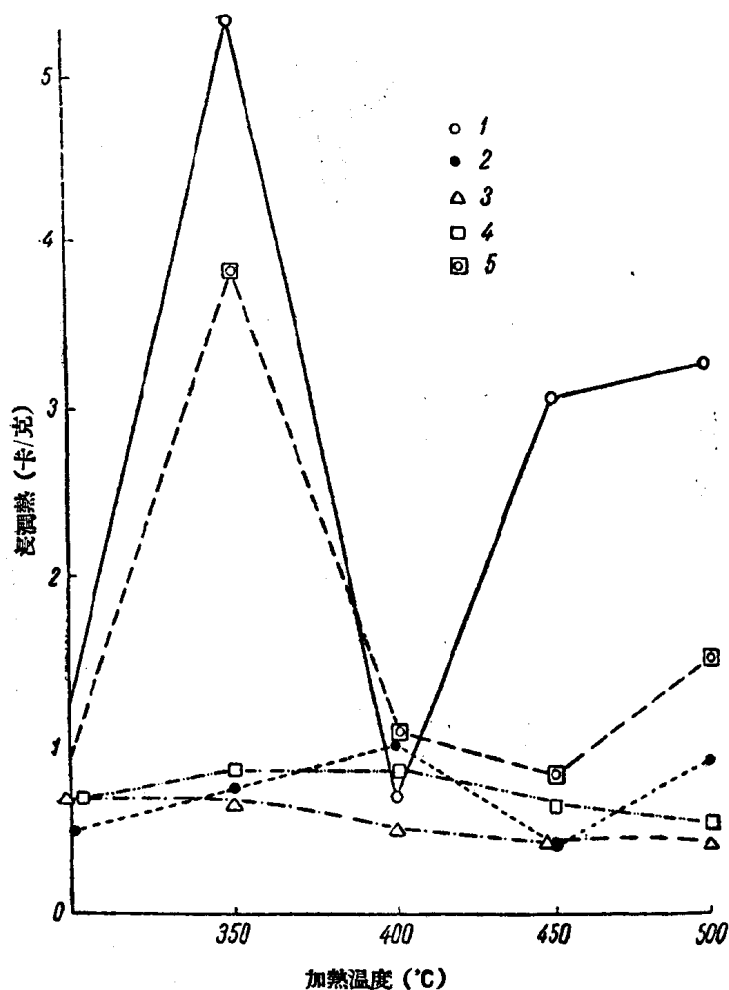


圖 4 當煤從350°加熱到500°時，其內部表面值（浸潤熱）的變化

1—氣煤；2—肥煤；3—焦煤；4—瘦煤；5—氣煤和瘦煤的配合煤（1:1）

500° 時，其內部表面值，較原來本身的煤樣，增加了兩倍多，即從2.35到6.79卡/克。

肥 煤

將肥煤從 350° 加熱到 500° 時，也發生揮發份、氫含量和粘結性的降低，

炭含量的增高。

肥煤與氣煤的區別，是在於肥煤的初次產品開始形成於較高的溫度。氣煤在 400° 時，形成了 9.83% 的輕焦油，而肥煤則僅為 0.75%，氣煤形成的水量—3.39%，煤氣量—4.09%，而肥煤形成的水量—1.42%，煤氣量—1.47%。

當氣煤和肥煤被加熱到 400° 時，所形成的煤氣的成份是不同的。氣煤加熱到 400° 時，形成了大量的飽和碳氫化合物，而在肥煤中所形成的飽和碳氫化合物是不多的，僅當溫度提高到 450° 時，其量才見增高。

將加熱溫度從 350° 提高到 400 和 450° 時，溶解於酒精和苯混合物中的瀝青量開始增加，而在 $400—450^{\circ}$ 的溫度範圍內，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量，幾乎保持在相等的水平上（5.95—6.50%），然後，當溫度提高到 500° 時，迅速地下降。

當溫度提高到 450° 以上時，急劇地增加了所有上述成份（輕焦油、化合水和煤氣）的數量。

在蔥油中的擴散性，在溫度 450° 以下時，保持較高的水平，（72.86%）當溫度超過 450° 時，擴散性曲線就急劇下降（表 1 和圖 3）。

由於氣煤和肥煤在蔥油中的溶解度間的差別很小，所以在其自然狀態下，按這種指標很難區別。待加熱到 400 和 450° 後，如前所述，這些煤在性質上呈現很大的變化，而變化各不相同。利用了這種性質，我們提出用溶劑來溶解被加熱到 $400—450^{\circ}$ 的煤樣，而溶解部份的數量，可用來表示類似煤種的性質。煤的加熱，可以在溶解煤的同一試管中，用普通加熱條件來進行。

肥煤的內部表面，是根據加熱溫度提高的程度，按照其成份和性質的變化而變化的。

將肥煤加熱到 350° 時，分解尚未開始，但是煤質大概發生了“鬆化”，因之在煤中形成了許多小單位的膠體離子。同時，在煤粒表面上排除了吸附着的氣體（氮、氧、二氧化碳）。由此而使浸潤熱量略有增加。但當肥煤加熱到 400° 時，內部表面繼續增加，這是與氣煤不同的。

這些結果，完全符合於肥煤在較高的溫度時才開始分解的說法——即肥煤比氣煤更成熟些（地質年代比較老些——譯者）。可見必須將肥煤加熱到相當高溫度時，才能使煤中每個膠體離子之間與其內部間的結合力減小，而開始分解成為結構上更簡單的小單位。根據肥煤浸潤熱的絕對值來看，要比加熱到相同溫度（ 350° ）的氣煤的浸潤熱小得多。

將肥煤加熱到臨界溫度 450° 時，由於隨着氣孔率減小而產生的膨脹現象，使煤的內部表面減少。

將煤加熱到 500° 時，能够看到內部表面是增加了；煤質的分解便開始更形劇烈。在此階段，由於分解出來的初次產品的作用範圍，於是形成了多孔性的結構，浸潤熱便增加了。

從表 2 中可看出，在內部表面上，肥煤與氣煤間的區別，是前者在 500° 時才變大，在加熱到 500° 時的浸潤熱，與原煤樣相比較，增加了兩倍。

焦 煤

在焦煤中，僅當加熱到 500° 時，才能看出炭含量從 88.71%（註 1）增到 89.92%，而肥煤在此時，炭含量由 87.43 增加到 93.07 %。

焦煤與肥煤一樣，在 450° 時，才開始分解而形成初次產品。僅有當溫度在 450° 時，才能觀察到頗多飽和碳氫化合物和水份的形成。

當溫度從 350° 提高到 400° 時，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量，增加到 3.45%。當繼續提高加熱溫度到 450° 時，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量，還是保持相當高—3.09%。將焦煤加熱到溫度 500° 時，則顯著地降低了溶於酒精和苯混合物中的瀝青量。

當溫度到 400° 時，在蔥油中的擴散性還是很高（69.23%），當 450° 時，則稍為降低（55.18%）。450° 以後，煤的擴散性急劇地降低（表 1 圖 3）。

焦煤在加熱時，其內部表面變化情況如下：將煤加熱到 350° 時，浸潤熱增加，到 400 和 450° 時，則下降，而提高到 500° 時，又有一些增加。形成這個現象的原因，類似前面所述氣煤和肥煤的差別一節。

必須注意到在焦煤加熱到 500° 時，浸潤熱量小於原煤樣中的浸潤熱。

瘦 煤

瘦煤（標號“ΠС”）從 350 加熱到 500° 時的動態，不同於其他被我們研究過的煤種。在溫度提高時，碳含量並無變化；僅加熱到 500° 時，在有機物中的氫量、揮發份及粘結性降低了。

當 500° 時，煤中的有機物開始分解而形成初次產品，此溫度，高於氣煤、肥煤和焦煤的分解溫度。煤氣中氫及飽和炭氫化合物的含量是隨着溫度的提高而增加的。從 350° 加熱到 450° 時，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量增加了，但當 500° 時，則下降。初次產品是非常少量的。當溫度到 350° 時，幾乎並無化合水產生。

在蔥油中的擴散性，是原樣中可燃體的 53%，加熱到 400° 時，擴散性稍

註 1. 原文為 88.23%，但表 2 中為 88.71%，故推測 88.23% 為 88.71% 之誤——譯者。

微有點下降，然後又升高。當 500° 時，瘦煤失去了擴散性。與上述煤種的差別，是在於煤中擴散性的曲線，平直地變化，沒有急劇的轉變（表 1、圖 3）。

瘦煤在加熱時，其內部表面變化如下：當溫度到 350° 和 400° 時，浸潤熱變大；加熱到 450° 時，則減少而變到與原來煤樣的浸潤熱相等。繼續加熱到 500° 時，浸潤熱量便隨即減少。在這些情況上，瘦煤是有異於氣煤和肥煤的。必須注意到當加熱到 500° 時，氣煤和肥煤的浸潤熱是大於原來煤樣的浸潤熱的，但焦煤和瘦煤則反而小於原來煤樣的浸潤熱。

氣煤和瘦煤的配合煤

當單種煤煉焦，不能得到品質優良的焦炭時，必須來研究最年青的煤（氣煤）和最年老的煤（瘦煤）相配合的煤的熱分解過程，使能確定裝爐煤中，能够包含多種煤。

將氣煤和瘦煤的配合煤（1:1），在一個鉛質乾餾釜中加熱到指定的溫度。研究的方法，與研究單種煤加熱時的動態的方法相同（如上述）。

研究結果，列於表 3 中。

所獲得的資料，又以圖示形式表示於圖 3、圖 5 和圖 6 中。

從表 3 和這些圖示中可以看出來，在氣煤和瘦煤的配合煤中，炭含量變化很微，僅當 500° 時，有一些增加。氫含量當溫度到 450° 時，逐步減少，而當 500° 時，急劇降低。揮發份和粘結性，隨着加熱溫度提高而下降。氣煤加熱到 400° 時，揮發份從 35.77% 降低到 19.74%，在瘦煤中——從 17.09% 到 16.33%，而在它們的配合煤中——從 26.87% 到 24.53%。

從測定揮發份所得到的資料來看，這是非常有意思，它與氫含量的變化是完全符合的。

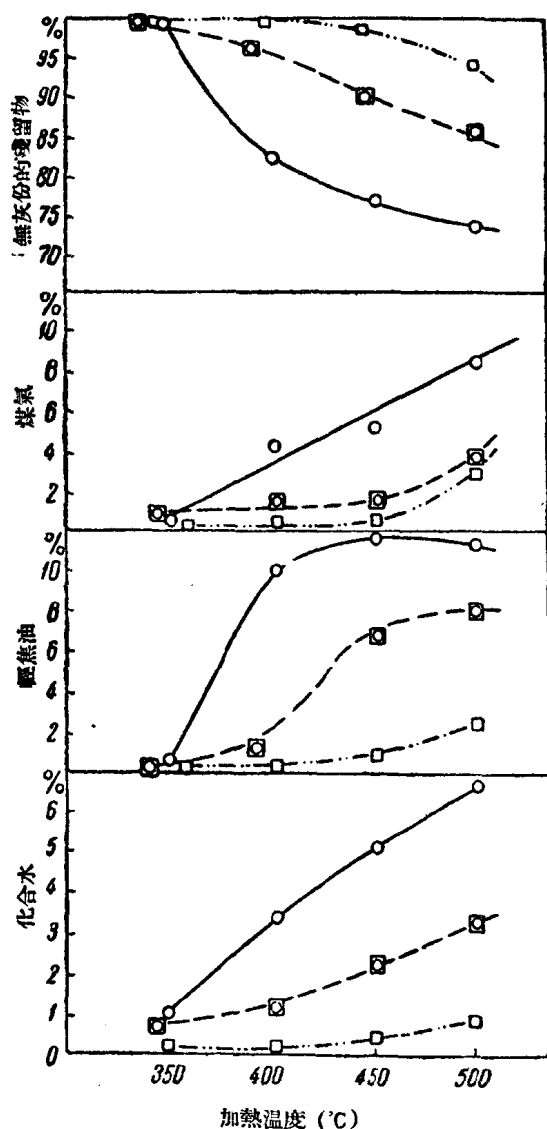
從表 3 看得出，當加熱到 400° 時，氫含量在氣煤中，從 5.12% 減少到 3.95%，在瘦煤中則不變，而在配合煤中變化很微。

配合煤在加熱到 400° 時，煤氣量亦顯著地下降了。

這些資料，對於說明氣煤配瘦煤時焦炭的形成動態來說，是具有很大的價值的。

在配合煤熱分解的結果中，可以揮發物形式揮發出去的氣煤部份，被阻滯在配合煤中了，於是和瘦煤間發生了相互作用。關於這一點，在決定溶於酒精和苯混合物中的瀝青量和蔥油中的溶解度等資料中，還能提到（表 3、圖 3 和圖 5）。

當溫度提高到 400° 時，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量，顯著地增加（4.04%），但後來又減少了。



○ 1 □ 2 ▴ 3

圖 5 將煤從 350° 加熱到 500° 時，其熱分解產品的變化：

1—氣煤；2—瘦煤；3—氣煤和瘦煤的配合煤（1:1）

當溫度在 450° 時，分解所產的初次產品量，急劇地增加。

到 400° 時，蔥油中的溶解度還是保持得很高（46—60%）；當 450° 時，減少到 32.42%，而後下降（表 3、圖 3 和圖 5）。

加熱到 400° 時，配合煤的某些性質的數值，有些提高，表明了氣煤膠質體部份當加熱到 400° 時，已經有一些分解而形成了初次產品。在有瘦煤的配合煤中，膠質體部份分解較少，且膠質體部份中有一部份與瘦煤起了相互作用。如分析了隨加熱溫度提高的程度而變化的配合煤內部表面的資料（表 3）後，可以得到與這一點相同的結論。從表上看得出來，當配合煤加熱到 350° 時，浸潤熱顯著地增加，當繼續提高加熱溫度到 400° 和 450° 時，浸潤熱被減少了，然後當 500° 時——又復增加。

由於配合煤中，存在着 50% 的氣煤，故當 450° 和 500° 時，它的內部表面變大了，配合煤的浸潤熱當 500° 時，也增加了（圖 4）。

藉浸潤熱方法之助，便