

中国科学院
石油研究所 ★ 煤炭研究室
研究报告集刊

第1集

1959



科学出版社

中国科学院 石油研究所
煤炭研究室 研究报告集刊

編輯委员会

张 大 煜 (主 編)		郭 和 夫 (副 主 編)
王 弘 立	王 祖 侗	李 海
何 学 綸	金 道 森	徐 康
张 存 浩	张 明 南	聶 恆 銳

中国科学院
石油研究所 · 煤炭研究室
研究报告集刊

編輯者	中国科学院 <small>石油研究所 煤炭研究室</small>
	編輯委员会
出版者	科 学 出 版 社
	<small>北京朝陽門大街 117 号 北京市书刊出版业营业许可证出字第 061 号</small>
印刷者	中国科学院印刷厂
总經售	新 华 书 店

1959 年 9 月 第 一 版	书号：1873 字数：125,000
1959 年 9 月 第 一 次 印 刷	开本：787×1092 1/16
(京) 0001-1,800	印张：3 3/4 插页：5

定价：0.73 元

中國科學院石油研究所
煤炭研究室 研究報告集刊

第1集 (總第4集) 1959年

目 錄

- (1) 固體燃料及其利用..... H. M. 卡拉瓦耶夫 (1)
- (2) 離心過程選煤方法..... A. B. 尤洛夫斯基, Л. Г. 捷米道夫 (7)
- (3) 煤的深度洗選..... Л. Г. 捷米道夫 (16)
- (4) 壓力對固體燃料低溫乾餾過程的影響..... B. G. 阿里特舒列爾 (20)
- (5) 中國若干煤田煤類型和國際煤分類方案適用性的研究
..... 裘維剛、列斯雅克·雅德維加 (28)
- (6) 用不粘結的粉煤或粉焦制小高爐燃料——第一報
..... 張 芷、呂佩俠、朱希平 (41)
- (7) 土法煉焦改進方向——粘結性煤成堆乾餾煉冶金焦炭的工業性試驗
初步報告..... 中國科學院煤炭研究室、旅大市甘井子區煉油廠 (45)
- (8) 土法煉焦回收焦油
..... 中國科學院煤炭研究室、復縣瓦房店手工業聯社煉焦廠 (49)
- (9) 空氣氧化精制法——第一報、對煤焦油的精制
..... 林鐵錚、芮尊宏 (53)
- (10) 鶴崗煤田煤的岩相類型及其性質的鑑定..... 周玉琴、盧喜先、王祖侗 (56)
- 更 正..... (44)
- 來函照登..... (52)

固體燃料及其利用

蘇聯科學院通訊院士 H. M. 卡拉瓦耶夫

(蘇聯科學院可燃礦物研究所)

固體燃料這個概念包括了一切天然固體可燃物質，即各種植物和可燃礦物：泥煤、腐泥、褐煤、煙煤、無煙煤、腐泥煤和頁岩。在解決植物物質（木材和農業上的廢物）的合理利用的問題時，需要特殊地對待它們，因為對它們的利用和對礦物燃料的利用還是有區別的，這裡就不多談它們了，我們要談到的是礦物燃料。

科學的最新成就使我們改變了對各種東西的觀點，特別是對礦物燃料的觀點。

如果說，在二十世紀初熱能的唯一來源是各種形式的燃料，那末，現在情況就不同了。當發現了可以利用化學元素原子內能之後，能的儲藏情況從根本上改變了。毫無疑問，在不久的將來，人類將能解決控制與管理內核子過程的任務，並將使它們變成人類需要而服務的能的重要源泉。

二十世紀的另一成就是，化學合成，尤其是有機合成的飛速進展，這就為制取新的物質打開了異常美好的前景。這些新物質所具有的性質在本世紀初我們就已知了。讓我們來設想一下，甚至在製成塑膠之後，有人就會說，用類似的材料或借助於類似的材料可以製成最重的軋鋼機所用的軸承，或航空馬達所用的齒輪，等等。這是屬於各種高分子化合物方面的，這些化合物逐漸地就代替了在生活中和工業上有着廣泛用途的天然材料。除此之外，在很多情況下，利用有機合成物質製造的產品，就其堅固性和使用的性能來講，都超過了金屬製品。

人類天才的這兩大成就，使我們改變了對礦物燃料的觀點，使我們用新的方法評價它在進一步提高人類生活水平上的作用和意義。

從燃料工業的觀點來講，這兩大成就是相對立的。

掌握和生產內核子能應同時大量減少為生產熱能所需要的燃料。可以看成極端的情況是，需要燃料時其主要作用不是熱能來源而是化學試劑的作用。例如，在高爐過程中焦炭的碳，它主要是起還原氧化鐵為純鐵的作用。在所述及的例子中，包括用氫氣代替碳，氫氣可用電解水的辦法來取得。如果原子能電站電能非常便宜，以致氫氣用於此目的比燃料的碳更便宜的話，這樣一來，甚至當碳是還原物質時，可以設想用原子能電站所得氫氣代替碳。

有機合成的情況則完全不一樣。在現代科學技術情況下，有機合成僅可能在含碳化合物基礎上得到發展，而後者唯一來源暫時只是植物和各種可燃礦物。

在不久的將來，有可能掌握光合成的過程，建立比葉綠素更有效能的催化劑來從碳酸和水生成有機物質，像在植物中所進行的那樣。建立植物中含有各種各樣物質以及再現其中進行的合成作用是將來的事情，但是製取甲醛以及再現原始烓鍵是完全可能的。由甲醛轉化成所有有機合成工業上所需要的產物一般是可能的，但是需要複雜的工藝流程來獲取所需要的有機化合物，而後者在從燃料加工製取時並不複雜，非常簡單。

目前，在有機合成工業方面已感到某些產品的不足，不管是數量也好，不管是種類也好，這種需要愈來愈增長。大家都知道，任何有機化合物僅僅在燃料加工產物的基礎上才能得到。

顯然，在這種情況下，所有與燃料利用有關的科學技術工作者應該逐漸掌握對燃料的新觀點，並應把燃料不僅僅看做為動能的主要來源，而且要看成為有機合成工業上唯一提供原料的物質。而燃料加工後的廢物則將做為動力用。

煤化學家們鄭重地提出需要把固體燃料不僅看成爲動力的來源，而且應看成化學工業原料的來源的時候已經距今卅餘年了。頑強地貫徹了燃料有機物質綜合利用的想法，先製取燃料熱分解的氣體和液體產品，殘留物燃燒並取得熱能。當這些思想將被生活本身所證明了的時候，我們還未想到，這一時刻會如此快地來臨。現在，不僅與燃料有關的化學家應該考慮這一問題，而且已是所有與有機合成工業的發展有關的人們（如從事人造染料、藥物、以至高分子化合物——塑料、人造橡膠等的工作者）都應該考慮這個問題的時候了。

如果石油和天然氣在生產脂肪族碳氫化合物上不互相競爭的話，那麼在含氧、含硫和含氮化合物以及芳香烴方面還是以固體燃料爲優越。例如，石油工作者在製取苯和甲苯時碰到的一些困難是衆所皆知的，爲滿足硝化物的需要，苯及甲苯是極易由煉焦化學生產產品中取得。在確定有機合成的原料來源時應考慮到這樣一點，在石油或泥煤、頁岩和煤等基地能否得到這種原料。固體燃料就其組成來說要比石油複雜得多，由固體燃料制取的產品種類要比由石油及天然氣製取的產品種類多得多。

這一切都表明，在發展有機合成工業的過程中，固體燃料應佔有顯著地位，我們應把它看成一個產品和半成品的豐富來源而予以很大的注意，我們對它的注意不應小於對石油和天然氣的注意。

同時，應考慮到有機合成的發展前途。現時，在有機合成工業上所利用的純有機化合物的品種還很有限，毫無疑問，這是因爲有機合成還很年青。再過幾年這些品種將大爲擴大，很難估計能擴大多少倍。但總的來說，是需要氧化物、硫化物、氮化物以及縮合芳烴的，由固體燃料製取這些化合物要比由石油烴類進行複雜合成簡便，並且也便宜。

簡單的情況就是這樣，我們應根據這些情況來評價燃料的現狀，以及它在提高人民福利和建立新的社會關係，建設共產主義社會的事業中的作用。

下面試圖分析一下固體燃料利用問題的現狀。

我們先來看看最常用的一些熱加工的方法——高溫、中溫及低溫煉焦。

關於煉焦化學生產方面的問題在專門的報告中談得很多，所以有關高溫煉焦的一些問題我就不在此談了。

除了無殘渣氧化外，其他固體燃料加工的方法有兩種目的：或是獲取優質固體燃料，或是取得人造液體燃料。

與上述目的緊密相關的主要過程是低溫煉焦（即低溫乾餾）和破壞加氫。在德國這些過程以褐煤爲原料取得了廣泛的應用。這可用下述兩種原因來解釋：第一、褐煤本身價廉質高；第二、國家需要保證國內液體燃料的需求。

褐煤售價每噸爲2.5—3.0馬克，而煙煤一噸則需12—15馬克，這樣自然就有可能發展低溫乾餾工業，以期獲得高質量無煙燃料——半焦的同時，亦可得到含有大量石臘和酚類的焦油。這種生產過程是很經濟的。煤焦油部分地加工成爲各種潤滑油，馬達燃料，切削油（Фрезол），石臘和電極焦；部分煤焦油運往工廠，在那裡作爲原料或與褐煤混合進行破壞加氫，這樣就可得到汽油和柴油。

當考察低溫乾餾和破壞加氫過程時，必須考慮到石油產地的存在或缺少狀況。

當缺乏石油工業產地時，人造液體燃料，汽油和柴油的生產主要依靠低溫乾餾和破壞加氫過程的產品來滿足。這時，把德國成熟的流程稍作修改就可適用於任何其他國家。有機合成工業的發展要求對德國的流程加以修改。所有德國流程，其主要目的在於取得大量的馬達燃料。由於人造橡膠，烴類高聚合物（聚乙烯，聚丙烯等）以及制取苯、酚類烷基化衍生物等對烴類氣體的大量需要，顯然應對破壞加氫過程作一定的改變以便同時取得有機合成所必需的原料。這不僅保證了有機合成工業的發展，並由於生產用於有機合成的原料，而使馬達燃料的價格降低了。

在具有足夠石油儲藏量時，情況就完全不同了。

顯然，對燃料熱加工來講，在燃料燃燒之前進行熱加工將其所含氣體和焦油加以利用，從而能抵償燃料加工本身和氣體、焦油進一步加工所消耗的全部費用，同時又能取得半焦，在經濟上這是很合理的。這點是不需要證明的。

低溫乾餾過程通常於 450°—550° 和不高於 600° 的溫度下結束。在這一溫度範圍內，有隨時間的增長而進行的各種各樣的分解與合成過程，因而就有可能取得組成不一的產品，其中特別是煤焦油，後者在此情況下是我們最感興趣的產物。

利用同一燃料而在不同的低溫乾餾裝置上所取得的各種煤焦油，性質上是有差別的。低溫乾餾的方法對所得煤焦油的性質有很大的影響。

例如當以頁岩為原料時，無熱載體循環乾餾爐所得的頁岩焦油，隧道式爐焦油及分解產品多次循環的焦油，它們在餾分組成上是有很大區別的。發生爐焦油中，沸點低於 200° 的低沸點產品比隧道式爐焦油少 17 倍。

內熱和外熱條件下所取得的煙煤焦油，其低於 200° 餾分的收率，瀝青以前的油餾分和瀝青收率上也是有差別的。

比較在不同條件下所取得的泥煤焦油，亦可以發現，在收率相同和含酚量相同情況下，所得泥煤焦油的餾分組成的差別却甚大。

至於談到褐煤焦油，低溫乾餾過程的條件決定着它們餾分組成上的很大差別。析出焦油不象泥煤那樣顯著。

由上述例子可知，低溫乾餾煤焦油組成取決於熟加工的操作過程。

第二個決定焦油特徵的因素是原始燃料的組成。

文獻中有很多在相同條件下蒸餾各種褐煤所得煤焦油的分析數據，由這些數據了解到，它們的組成在很大程度上是取決於原褐煤的性質。如果僅考察代表褐煤焦油的主要指標，則它們波動於下列範圍。

	蘇聯煤	德國煤		蘇聯煤	德國煤
比 重	0.9—1.027	0.88—1.08	石 腦 含 量 %	12.0—1.0	29.0—3.7
酚 類 含 量 %	5.7—32.0	6.0—44.0	低於 300° 餾分 %	70—50	82—57

酚類含量與石腦含量是有一定關係的，一般是酚類越多，石腦就越少，反之亦然。

所有上面說的這一切，從一方面來看，它使利用低溫乾餾過程來加工煤變得複雜了；從另一方面來看，使制定過程的操作制度容易了，可以使該過程用來制取極珍貴的化學產品，以保證經濟上的合理性。應當力求不去獲取最大量的焦油收率，而儘可能地去獲取更多的珍貴化學產品。

最近幾年來，在蘇聯由於制定動力工藝流程，對固體和氣體熱載體低溫乾餾過程裝置的設計給予很大的重視。在提高生產率、裝置的結構精簡性以及建立一定加熱的方式等方面取得了很大的成就。在研究過程中利用細粒狀的泥煤、頁岩及褐煤為原料。這使得在除掉所得產品中的煤塵方面產生了很大困難。這一問題解決後，將能建立一種非常成熟的低溫乾餾過程，利用該過程可獲取各種組成的產品，並可改善經濟指標。所用的裝置能在很寬的範圍內來改變加熱方式，同時可使過程主要趨向於取得高收率的焦油和氣體。小型試驗裝置的實際工作表明，這一過程是極易掌握和控制的。在現有基礎上可以認為，排除粉末這一問題一定能解決。這一過程的最大優點在於，它可利用細粒狀燃料，而這些原料在其他普通的乾餾爐中是無法加工的。

令人遺憾的是，過去的一些工作主要放在過程的加熱方面，而很少去研究所得到的氣體和焦油，它們的收率方面研究得更少。

定性地研究得自小型熱加工褐煤裝置的焦油表明，改變過程的操作條件可得到富有芳香族化合物的焦油，它含有大量的苯、甲苯、二甲苯和低級酚類。我們還不能夠十分準確地確定在各種不同操作條件下的焦油收率。如果我們能使該過程進行到那種程度，芳烴化了的焦油收率等於或較低於一般焦油，這將對國民經濟有着重要意義。對有機合或來講，這是一個芳香物質的新來源。

利用隧道式爐低溫乾餾愛沙尼亞頁岩，不論在焦油和氣體的收率方面，或是在產品的質量方面都獲得了良好的結果。與所有其他爐型和氣體發生爐相比，所得到的焦油收率達到了最大值。從質量上來講，所得焦油也是完全合乎要求的。在列寧格勒和塔林 (Таллин) 所進行的研究工作 (主要是頁岩焦油中分離出的產品利用問題的研究) 證明，把焦油加工成其他產品來代替馬達燃料的生產，會大

大地提高頁岩干餾工廠的經濟性。在這方面，對上述情況我們已取得實際上的證明，加工固體燃料的企業實現化學化是改進其經濟指標的最正確的途徑。

對低溫焦油研究的不足和低溫焦油本身的複雜性，除了酚、甲酚和二甲酚外，尚不能從低溫焦油中分離出某些其他純單體化合物，來滿足有機合成的需要。當然，在將來這些化合物定能分離出來和很好地加以利用。目前，我們只能利用某些馏分或某些物質組分來製取各種各樣的产品。加工過程的本身還需要進一步詳細地來研究。精製過程本身可使某些馏分（這些馏分是由不飽合化合物中分離出來的）轉變成商業產品，把精製過程與製取經基芳基磺酸的過程結合起來即可得到表面活性洗滌劑，從而代替了過去該過程所餘下的所謂酸性焦油廢物。

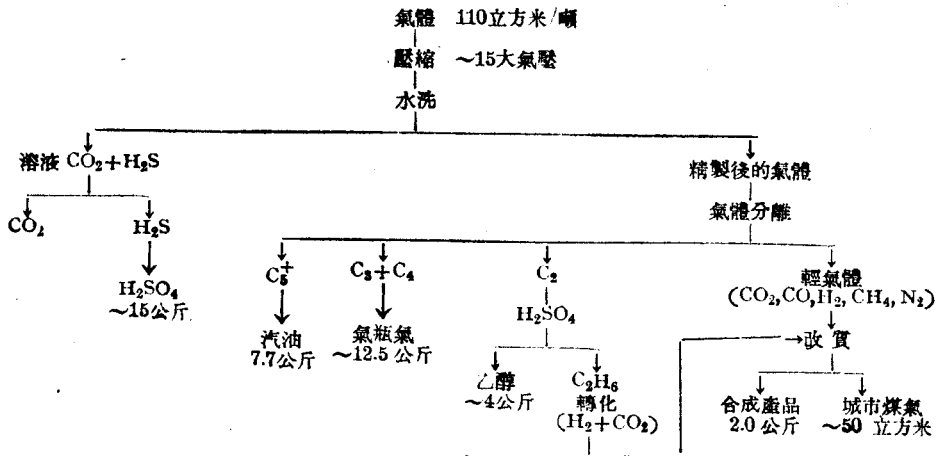
和焦油一樣，低溫乾餾的氣體的組成亦有顯著不同，它決定於原始燃料和加熱制度。從泥煤和褐煤裡，一般所得到的氣體富於 CO_2 和 CO ，其熱值在 2800—3000 大卡/米³。煙煤中得到的氣體則富有不飽和與飽和的烴類，熱值約 7000 大卡/米³。頁岩的氣體尤其富有烴類，熱值在 9000 大卡/米³ 左右。

低溫乾餾的氣體，甚至由泥煤和褐煤中得到的乾餾氣體對於化學工業來講都是很有利的。因為其中含有達 5% 烯烴 (C_2-C_4) 和 20% 烷烴類 (C_1-C_4)，相當於一噸乾燥基褐煤中能有 7—15 公斤。此外， H_2 、 CO 、 H_2S 都可以利用來作為製取有機合成的原料以及半成品之用。而煙煤和頁岩的低溫乾餾氣體則有更大的好處和利處。

下面舉例說明褐煤的乾餾氣體的組成（容量毫升%）：

CO_2	44.5 %	N_2	2.7 %	C_2H_6	1.63 %
H_2S	3.5 %	C_2H_4	2.25 %	C_4H_8	0.85 %
CO	10.5 %	C_2H_6	3.95 %	C_4H_{10}	0.60 %
H_2	11.4 %	C_3H_8	2.22 %	C_5+	2.00 %
CH_4	13.9 %				

用以下的加工流程可以定向製取如下產品：



這樣一來，我們可以從 110 立米氣體中得到：

馬達輕油	20.2 公斤/噸乾煤	硫	酸	15.0 公斤/噸乾煤
其中包括 氣瓶氣	12.5 公斤/噸乾煤	合 成 產 品		2.0 公斤/噸乾煤
汽 油	7.7 公斤/噸乾煤	城 市 煤 氣		~50 立 方 米
乙 醇	4.0 公斤/噸乾煤			

所有的產物無疑是很珍貴的。製取它們會大大地提高乾餾過程的經濟效果。

在加工煙煤和頁岩的乾餾氣時會得到更高的經濟效果。對乾餾氣體的經濟意義估計不足嚴重地阻礙了乾餾事業的發展。利用它們來加熱乾餾爐的方法在任何程度上也不能認為是合理的。在某些情況

下，人們是把它們同煙道氣混合，而完全降低了它們的價值，從而未能使其轉化成寶貴的產品和半成品。

固體燃料的破壞加氫是基於 В. Н. Ипатьев 的工作，即在加壓下將氫作用於有機化合物上。在德國這一方法已經得到工業利用，將褐煤轉化成液體煙，由後者再得到馬達燃料。

與其他方法比較，加氫這一方法的優越性在於可使煤中90—95%的有機物完全轉化成液體煙類。這個方法以前在德國製定的目的是獲得馬達燃料，所以破壞加氫被認為是製取人造液體燃料的方法。

無疑，這個方法蘊藏着巨大的可能來從固體燃料中製取多種多樣的產品。

研究各種條件下破壞加氫的產物時表明，利用該方法可得到很多酚，複雜的芳煙，雜環化合物，甚至氮。所有這些產品毫無疑問在不久的將來，在有機合成工業上將得到廣泛的應用。

所以，對這個方法應給予很大的注意。採用各種催化劑、溫度和壓力來研究各種固體燃料破壞加氫的產物，以期製定為合成而製取重要的和必要的有機物質的最佳條件和制度，同時得到品質優良的液體燃料。

現代陸地運輸和航空運輸對燃料有特殊的要求，而用一般方法由石油或固體燃料中製得的產物常常不能滿足這種要求。近代的液體燃料很大一部分是合成的，即有機合成的產物。

破壞加氫的主要缺點在於：(1) 過程的操作溫度較高 $\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，壓力也較高 200—700 大氣壓；(2) 過程的進行速度小，需要大型設備；(3) 方法過程複雜；(4) 反應器要用貴重的合金鋼；(5) 建設工廠需要大量的投資和多量的金屬；(6) 對煤的要求嚴，灰分不能大於 6%。這些缺點使得它不能很快地推廣到工業上。如果能找到一種催化劑能提高過程的速度和降低壓力，那麼這一方法目前就會得到普遍的採用。

與固體燃料無殘渣氣化有關的一些加工過程佔有特殊地位。目前，氣化時我們可以得到三種氣體：低發熱量氣體 ~ 1600 大卡/米³ 以下；中發熱量氣體 ~ 2800 大卡/米³；高發熱量氣體 ~ 4500 大卡/米³。前兩者在常壓下就可得到，後者在 20 大氣壓能得到。

第一種和第三種氣體可從任何一種非粘結性固體燃料（從泥煤開始到無煙煤）來製取。第二種氣體可以由焦炭或無煙煤氣化而製取之。

低發熱量氣體可以用作一些爐灶的動力燃料，這些爐灶需要完全純粹的燃料，需要遵守嚴格的加熱制度，或者是將低發熱量氣體用來造成爐內所需之壓力，除此之外，尚可用到內燃機上。

中發熱量的水煤氣在工業的各部門中用來製取氫氣。

第二種中發熱量氣體，所謂合成原料氣，可以從任何固體燃料中得到（如從泥煤、褐煤和煙煤中）。在德國建立了相當複雜的工藝流程來用褐煤生產這種氣。它含有約 85% 的 H_2 和 CO ，它們的比例 $\text{H}_2:\text{CO}$ 可由 2 到 1 以下。

可把這樣的氣化裝置同基於 H_2 和 CO 合成不同產物的工廠結合起來。

用 CO 和 H_2 合成能得到飽和的與不飽和的脂肪族碳氫化合物、醇、酸，等等。此外，由於 CO_2 和最簡單的不飽和煙引進混合物中使得合成的可能性更擴大了。

這種製取有機合成原料和半成品的辦法，和破壞加氫一樣，有着很大的潛在能力，無疑地在將來它將在供應化學工業原料上佔據顯著的地位。

該方法的主要優點在於，它能適用於任何固體燃料。

高發熱量氣體可以在專門為此建立起來的工廠裡製取，高發熱量氣體暫時還只能作為城市煤氣來用。

在生產低發熱量和高發熱量氣體的時候，由於原始燃料的不同，可以獲得一定量的焦油，就組成來說它與低溫焦油相近，所以可以有同樣的用途。

加壓氣化有其特別重要的特點，燃料的全部氮在氣化過程中實際上全部轉化成氨。這點就成為該方法經濟性的有利因素和重要因素。例如，當燃料中含氮 1.5% 時，每一噸氣化燃料就可製得 15 公斤氨。在評價製取氣體的各種方法時，必須考慮到這一點。

這些氣體中的任何一種都可以成功地被天然氣所代替。只有在固體燃料很便宜的情況下才能與天然氣相競爭。

直到最近，在利用固體燃料的時候，工業仍沒有給予始終作為燃料成分的礦物雜質以任何注意。與此同時，如果使礦物質得以利用，那將在很多情況下得以降低主要產品的成本。例如愛沙尼亞的頁岩含很多的石灰石，其灰分具有粘性性質，用其灰分可以製取品質不高的水泥，這種水泥可用於很多建築工程上。將頁岩灰分利用到水泥工業上，就可以部分地抵消頁岩開採的成本，從而也就降低了其加工的主要產品的成本。

第二個例子。在洗選含大量黃鐵礦的煤時，可得到黃鐵礦的富集物，由後者可獲取硫酸，這樣一來，含硫煤洗選後餘下的沒用的尾礦便具有了珍貴的價值，從而降低了精煤的成本。莫斯科近郊煤的灰分可以利用它製造耐火製品。最後，在很多煤中發現了相當大量的稀有元素，如銻、鉍等，這些元素是建立高效能放射裝置所必要的物質，它們也可用於其他目的。

這樣看來，煤中的礦物質部分在許多情況下不應視之為廢物，而應把它們看為製取國家需要產品的原料來源。

由上述對固體燃料利用問題的簡短分析可得如下結論：

燃料綜合利用的概念在發展着。過去它僅與有機物質有關，而現在應把礦物質部分包括進去。這就大大地擴大了固體燃料在工業中的影響範圍，從而要求科學工作者和消費者以新的態度來對待固體燃料的利用問題，不僅要研究它們的有機物部分，並且也要研究它們的礦物質部分，進而尋找出利用前後兩者的最合理的途徑。

工程師和科學工作者們應大力工作的基本方向是，把有機合成工業所需要的產品的生產，與現代航空和陸地運輸所需要的高品質液體燃料的生產很好地結合起來。

盧喜先、林均勇、李長治譯

離心過程選煤方法*

(提供給中華人民共和國煤炭工業部和中國科學院煤炭研究室的報告)

蘇聯技術科學博士 A. B. 尤洛夫斯基

蘇聯技術科學副博士 Л. П. 捷米道夫

(蘇聯科學院可燃礦物研究所)

一、方法的理論基礎

離心過程選煤方法是一個新的選煤方法，它是建立在下列三個特殊因素相結合的基礎之上的：

- (1) 根據最小限度的把煤-黃鐵礦相與煤-礦物質相分割到所需要的程度，而進行的原煤合理破碎；
- (2) 利用真溶液（分子溶液）作為分離介質；
- (3) 在強化了的離心場中進行洗選過程。

離心過程選煤方法的理論根據，是蘇聯已建立起來的礦物質分割理論，以及所有有關離心機分離煤機理研究工作的成果。

離心過程是一個全面洗選煤的方法（灰、硫及岩相組分）。利用該方法的任務之一，是高效率地，降低煉焦用煤中的硫含量。

任何高硫質煤中，硫的主要和最主要的存在形式是黃鐵礦硫（ FeS_2 ），它是在原煤物質形成的過程中在煤層裡生成的。除掉煤中存在的黃鐵礦便可解決煉焦煤的脫硫問題。在此情況下，任何高硫質不能利用的煤，只要先把它們變為中級硫質和少硫煤便可利用它們去煉焦。

在選煤過程中，脫除硫的最主要困難是黃鐵礦在煤體中的分佈狀態異常分散。大多數煉焦煤中黃鐵礦包裹體含量變動範圍為 100—200 至 5—10 μ （微毫米）。

為了除掉硫而進行的煤洗選過程，在下述情況下才可以進行，即在破碎原煤過程中，取得含黃鐵礦包裹體量不同的許多塊度（粒度）相異的煤組。與目前選煤用粒度相比，這種破碎的程度是相當大的。

在脫除難選煤的灰分時同樣會遇到類似的困難。此時，由於礦物雜質在煤體中是分佈狀態非常分散，洗選過程便受到了阻礙。因此，通常的破碎程度和一般的選煤方法，在很多情況下會導致精煤收率甚低和精煤灰分極高的後果。這方面，可以卡拉甘達（Караганда）許多煤層的煤，頓巴斯某些煤以及其他一些煤田煤的結果為例。

在很多情況下，因灰分多而難洗選的煤通常是無法利用它們去煉焦的，這樣一來，對蘇聯一系列重要地區的冶金工業的發展有着很大的威脅。例如布列雅（Буря）和南高加索的煤便是典型的例子。因而，若能選擇相應的最佳破碎制度，並進而把煤-礦物質粒子與它們的結合體精確分開，將會大大改進洗選的指標。

這樣，在建立合理的新的選煤工藝過程之前，必須進行能奠定所需要的數學計算方法基礎的理論

* 本文根據蘇聯專家捷米道夫1959年1月在中國科學院煤炭研究所所作的報告譯出——譯者註。

研究工作，這種數學計算方法使我們能計算出，在深化所洗選煤破碎過程中煤-礦物質相分割的最佳條件。

已制定了的煤破碎過程中的礦物質分割理論，能對所提出的問題給以具體的解決。

對面臨的這樣一個問題給以極大的簡化以後，則可認為：原始物質是由主要組分A（煤體）與某些礦物質包裹體B（如黃鐵礦）構成的，礦物質具有着相同的平均直徑大小 α ，並雜亂地（按照或然率）分佈在主要物體A的內部。

與主要礦物質體積大小 $1-J$ 相比，所有包裹體體積 J 是很小的。原始有用礦物破碎成粒度相同或相近的顆粒，其顆粒的平均直徑大小為 β 。

則可得關係式：

$$\frac{\alpha}{\beta} = K$$

K 值我們稱之為破碎了的有用礦物的粉碎度。

正像下面將要講到的那樣，在說明具體事實材料時選煤過程的一切指標是依據破碎的性質，即根據 K 值的大小來改變的。為此，必須採用下列規定的術語名稱，這些術語名稱表示着包裹體平均大小對破碎顆粒平均大小的比值：

- a. “相對粗破碎”， K 值大大地小於1 ($K \ll 1$)；
- b. “相對細破碎”， K 值大大地高於1 ($K \gg 1$)。

下述情況稱之為相對細破碎，破碎顆粒的直徑大小小於包裹體的直徑大小。此時，破碎後的顆粒僅能含有一部分包裹體，而不可能含有一個整個的包裹體。下述情況稱之為相對粗破碎，破碎後破碎顆粒的大小，在極端情況下較包裹體大小大2—3倍。此時，破碎後的顆粒可含有數個包裹體。

顯然，在極粗的破碎情況下，當 $K \ll 1$ 時某些破碎後顆粒中B相含量的 K 與原煤平均組成的 J 間的差別將會很小。

這種破碎對洗選過程來講，實際上尚不能增加任何效果。

在極細的破碎情況下，當 $K \gg 1$ 時實際上將會實現兩相的充分分割，而只剩下極少量的含有兩類礦物質的結合體。

此時，進一步粉碎事實上再不能增加洗選程度，而只能造成盲目的動力機械消耗。

已有的礦物質分割理論使我們有可能建立了一定的數學計算方法，在礦物質包裹體平均統計大小數據的基礎上，利用該計算方法可以得出選煤過程中的所有主要變數（分離的比重，洗選產品的收率 and 它們的灰分和硫分的組成）。

從物理學觀點可知，在極粗的破碎情況下，當 $K \ll 1$ 時，破碎後顆粒組成 α 與原煤平均組成 J 相比較，在各方面都是相差甚小的。

由此可知，合適的粉碎度的合理下限是存在的。

為了使顯著有效的洗選變為可能，就必須使在破碎後的顆粒中，要有大量的具有灰分或硫分組成比煤平均組成相差30%的顆粒。由此可見， $K_{\text{最小值}}$ 大約為：

$$K_{\text{最小值}} = 0.05$$

有 $K_{\text{最小值}}$ 存在時，與原煤平均組成相比，破碎後顆粒組成開始顯著的改變，這才有可能實現洗選過程。

顯然，當 $K_{\text{最小值}}$ 為這麼大小時，洗選過程的效果還是不夠非常大的，實質上此時只是組成變化的開始。只有當 K 值等於1—2時，洗選過程的效率才能很大。

在下面的表1和表2中，列出了這種計算的典型例子，表中的數據表明了 K 值不同時脫硫和脫灰的效果。

表 1. 粉碎度 K 值不同時精煤灰含量的變化

粉 碎 度	$K=0.1$			$K=2$		
	5000	5000	5000	250	250	250
顆 粒 大 小 (μ)	5000	5000	5000	250	250	250
分離介質的比重(克/毫升)	1.5	1.35	1.27	1.5	1.35	1.27
精 煤 的 收 率 (%)	100	49.7	—	80.6	74.2	67.7
精 煤 的 灰 分 (%)	16.7	15.8	—	3.2	0.99	0.22
尾 礦 的 收 率 (%)	—	50.3	100	19.4	25.8	32.3
尾 礦 的 灰 分 (%)	—	17.8	16.7	72.6	61.7	51.1

表 2. 粉碎度 K 值不同時精煤硫含量的變化*

粉 碎 度 (K_{FeS_2})	$K=0.1$			$K=2$		
粉 碎 度 (K_{FeS_2})	$K=0.05$			$K=1$		
粉碎後顆粒的大小(μ)	5000	5000	5000	250	250	250
分離介質的比重(克/毫升)	1.5	1.48	1.35	1.5	1.48	1.35
精 煤 的 收 率 (%)	100	49.7	—	69.2	64.8	59.8
精 煤 的 灰 分 (%)	16.7	15.7	—	3.8	2.4	1.1
精煤中 FeS_2 的含量 (%)	7.0	6.8	—	0.8	0.4	0.26
尾 礦 的 收 率 (%)	—	50.3	100	30.8	35.2	40.2
尾 礦 的 灰 分 (%)	—	16.9	16.7	45.6	49.1	39.9
尾礦中 FeS_2 的含量 (%)	—	7.2	7.0	20.9	19.1	17.0

* 洗選產品的含硫量以 $FeS_2\%$ 表示。

表 1 和表 2 中所列舉的數據令人信服地表明了，原煤合理的破碎深度給脫灰和脫硫的高效率選煤過程提供了多麼重要的先決條件。

然而，在處理煤過程中礦物質分割本身還不能實現煤的脫硫目的。

對於頓巴斯煤田的煤來講，實際上合理的破碎（從分割煤-硫物質相的觀點出發）在大多數場合下是 3 毫米篩分粉碎度，這種篩分顆粒與大顆粒配煤相混合便可用去煉焦。僅僅極個別的較少量的煤種需要把破碎度加大到 1 毫米。

同時，在目前蘇聯和世界上已有的選煤方法中，尚沒有一個方法能用來充分合理洗選粒度為 3 毫米的煤。只有當分離準確度不小於比重百分比的 0.01—0.02 時，煤-黃鐵礦相的分割才有可能實現。顯然，陳舊的選煤技術在這方面是無能為力的。

在新的和非常高的選煤技術水平基礎上才有可能解決這方面的問題，這對煤炭工業與冶金工業都有着異常重要的意義。

最近幾年來，在蘇聯科學院和煤炭工業部的科學家與工程技術人員的共同努力下找到了一個高效率的離心過程選煤方法，用該方法可完成破碎過程中所造成的礦物質分割任務。

離心機中的選煤過程，是一個在離心力作用下和在真重液存在下，能使煤進行極精確分層的過程。

煤以液體（具有準確的規定密度）中的懸浮物形式加入離心機的迴轉轉子中。

註：選煤過程中主要指標的計算公式與方法詳見“Инженерные расчёты к теории раскрытия минералов в процессе обочащения углей”作者為 О. М. Тодес, А. З. Юровский 等，1955 年，蘇聯科學院出版社出版。——譯者

懸浮物在到達液體的迴轉表面後，它便開始在液體的迴轉表面上浮現出來，然後經過一段很短的時間它便具有了轉子迴轉的角速度。由於迴轉的結果懸浮物承受了離心力 C ，離心力 C 是符合牛頓第二定律的：

$$C = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$j = \omega^2 \cdot r$$

式中： m ——質量；
 ω ——角速度；
 r ——離心機轉子內表面半徑；
 j ——離心加速度。

由不同密度顆粒構成的固體懸浮體，在離心加速度的作用下產生分層現象，從而產生比分散介質輕的和重的段分。比重比介質比重小的顆粒向迴轉中心集中，即向迴轉液體內表面集中，這便形成了懸浮段分，而比重比分散介質比重大的顆粒都跑向轉子的邊緣處，進而形成了沉澱。當然，在懸浮段分中匯集了脫離了礦物質和黃鐵礦包裹體的自由顆粒，而在沉澱了的段分中有矽石顆粒、黃鐵礦以及脫去相當量礦物質的煤顆粒。

所得到的不同段分由不同的出口分別導出，這樣整個選煤過程就完成了。

所得煤段分比值和質量主要由分離介質的密度與原煤顆粒組成所決定。

這樣，在有一定比重液體存在下，在離心力場中由於離心加速度的作用便可把煤分成輕質段分（精煤）和重質段分（或沉澱段分）。離心加速度遠遠大於地心吸力加速度，因而在離心機中分層的強度相應的高得多。在強化的離心力場中作為分離介質的物質只可用真溶液，因為任何假溶液（懸浮液）在離心力作用場中不可避免地本身也要產生分層現象，從而喪失了原始密度。

離心力場的強度由所謂的分離因子 ϕ 來決定，分離因子表明離心力 C 要大於地球引力。

分離因子數值可用下面的公式計算：

$$\phi = \frac{j}{g} = 111 \cdot 10^{-3} \cdot r \cdot n^2$$

式中： r ——離心機溢流筒的半徑；
 n ——每分鐘的轉數。

用於選煤新技術的離心機，其分離因子約為 600，這樣才保證了過程的高強度和分離的最大準確度。

二、離心過程的一般工藝流程

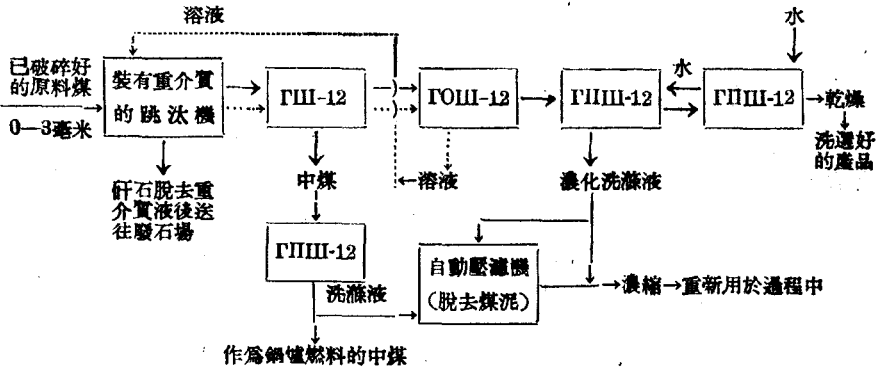
可以按照幾個流程來實現離心過程選煤方法。

當必須分離選煤過程的三種產品（精煤、中煤和尾礦）時，在工藝過程中採用離心機的同時還利用跳汰機。這時，同一般的濕過程不同，跳汰機裡使用的重介質溶液也就是流程中基本離心部分所使用的重介質溶液。跳汰機的作用僅局限於廢棄尾礦的分離。利用真溶液（代替水）可提高跳汰機的工作效率，並可保證選煤的巨大深度。在跳汰機裡用的工藝溶液流向離心選煤機中。

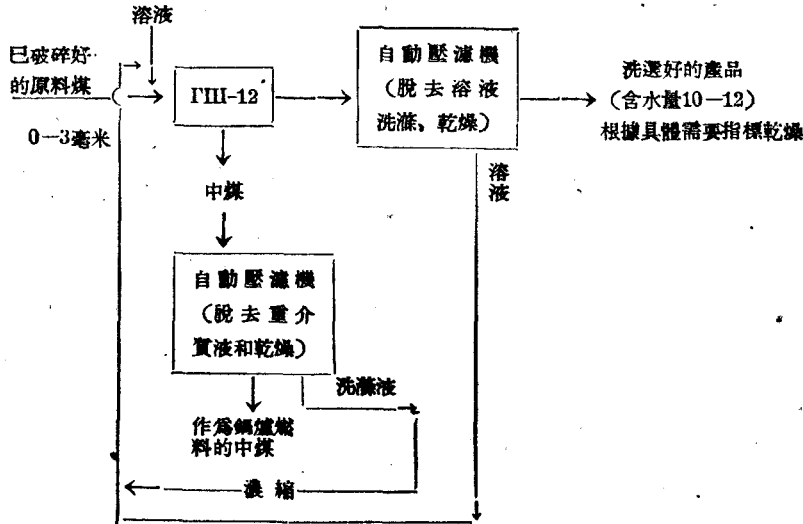
目前，離心選煤過程是按兩個主要方案來實現的。在包古拉也夫（Борупаев）中央選煤廠離心選煤車間裡實現着如下的工藝過程：原煤（0—3毫米級的）和具有一定密度的重介質溶液一起進入第一分離離心機“ГIII—12”中去。這台離心機可把重質段分分離出來，並使我們得到乾燥狀態的重質段分，然後進行洗滌。逆流洗滌是在分段的洗滌離心機“ГIII—12”上進行的，中煤就是從這裡出來去進行乾燥的。

離心過程選煤法的一般工藝流程

方案 A 與 A' (方案 A 是設有跳汰機的流程, 方案 A' 是不設跳汰機的流程)



方案 B.



在分離離心機“ΓIII-12”上得到的帶有精煤的溶液送往第二個洗選裝置上去, 即離心機“ΓOIII-12”。在這台離心機上輕質段分(精煤)就從工藝溶液中分離出來。這項操作有雙重意義。一方面, 可以得到預先(在洗滌前)已乾燥了的精煤; 此外, 在離心機“ΓOIII-12”*(在離心場裡輸送精煤)裡進行着精煤的補充再精選, 將其中分散最細的礦物雜質除去。必須指出, 這台離心機與第一台分離離心機“ΓIII-12”配合起來就是目前的機器組合, 這個組合可以使我們實現煤體的最高效率的物理脫灰。

乾燥了的精煤連續地送到一或二台離心機“ΓIIII-12”裡去, 在這裡將精煤的殘餘鹽含量洗到合乎標準要求時, 再送往乾燥間。

由於上述過程各階段的結果, 工藝溶液中已混有一些很細的煤泥, 這樣就需要平行地進行主要循環溶液及洗滌水的脫煤泥過程。這項操作是利用自動壓濾機來進行的。由壓濾機上得到的已經洗過的濾出物加入中煤中。這樣一來, 固體產品離心過程的流程是封閉的, 實際上完全免除了煤的損失。

如上所述, 選煤的主要產品的洗滌是在專門的離心機“ΓIIII-12”上進行的。這一洗滌過程可以按照逆流原理來實現, 由於離心機的構造是分段的, 因此這個洗滌過程也是多段的。這樣一種情況既

* 下面將要談到我們所提到的每一種類型離心機的設計特點的簡要鑑定。

可以保證固體產品的洗滌質量很高，又可以保證在所得的洗滌水中鹽的濃度大大提高。洗滌水的最終濃縮是在佔三間廠房的蒸發設備上進行的，在該設備中使溶液達到一定的密度後再送回過程中去循環使用。

這樣一來，該過程的液相流程也是物理封閉的。對一噸精選的煤要消耗大約5公斤的鹽，這樣的消耗量是不大的，是完全合乎經濟指標的數值。

新康德拉契也夫(Ново-Кондратьев)中央選煤廠離心選煤車間設計了另外一個簡易流程。

選煤是在第一台離心機“ГШ-12”上完成的。沉澱段分也經過同樣的洗滌與乾燥階段，關於這一點在上一流程中已有所敘述。帶有精煤的溶液直接送到一組壓濾機上，在這裡完成一系列必須的操作——分離工藝溶液^{*}，精煤的洗滌及其乾燥。到目前為止，由壓濾機上得到的精煤所含殘餘水分可達10—12%左右。所以說，有否必要進行補充乾燥還是一個在爭論的問題。

我們所說的每一個離心過程選煤法的流程的利用，應取決於所設計的生產過程的性質，以及用來洗選的煤的本身特點。

三、離心過程選煤方法所用的重介質溶液

利用重液作為分離介質，對實現離心過程選煤具有重大的意義。在這個方法的制定過程中，曾試驗了各種重液的體系。確定了鹽溶液在工藝上和經濟上的優點，而鹽溶液則是一系列化學和冶金生產的廢物。

在我國的某些地區裡利用氧化鐵的硫酸鹽和碱土金屬的硝酸鹽為重介質，這無疑將是很適宜的。

對頓巴斯的煤來講，需要用氯化鈣的水溶液來作離心選煤的基本重液。頓巴斯“Славсод”和“Донсод”工廠的含有氯化鈣的廢水實際上可以保證蘇聯選煤工業的全部需要。

在溫度為10°C時，飽和的氯化鈣水溶液的比重為1.39。用一個很簡單的辦法就可以得到比重為1.4或更高的穩定的氯化鈣溶液，即將溶液輕輕地加熱，使溶液的溫度保持在15—30°的範圍內(表3)。

溫度為10°C時，用加入少量硝酸鈣的方法不經加熱就可以得到穩定的氯化鈣溶液(表4)。

表 3、在不同溫度下使用的氯化鈣溶液的最大比重

指 標	數 值					
氯化鈣溶液的比重(克/毫升)	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45
保證溶液穩定性的溫度(°C)	15	18	21	23	25	27

表 4、加入硝酸鈣的氯化鈣溶液的最大比重

指 標	數 值					
氯化鈣的重量濃度(%)	38.7	38.4	38.1	37.0	36.7	36.4
硝酸鈣的重量濃度(%)	1.9	3.1	4.2	6.2	7.4	9.0
在10°C時水溶液的穩定密度	1.401	1.414	1.422	1.430	1.440	1.451

在採用冷的硝酸鈣水溶液(不加氯化鈣)時，分離的比重可達1.55，而採用冷的氧化鐵的硫酸鹽的水溶液時，分離的比重可達1.6。

氯化鈣溶液可以在由黑色金屬制成的裝置中使用。甚至在製造蒸發裝置的時候，只要保持氯化鈣

* 由於這樣，就不一定需要對它進行單獨的脫煤泥過程了，所得到的溶液可直接循環使用。

溶液的相應的鹼性 (pH 約為 10—12) 也可以利用黑色金屬。硝酸鈣和氧化鐵的硫酸鹽溶液的蒸發操作中，要求採用由不銹材料製成的裝置。

已試驗過的各種鹽溶液 (以及它們的混合物) 幾乎可以保證全國各主要採煤區選煤工業對真正重液的需要。

四、離心選煤方法用的專門裝置

上面在敘述離心過程選煤工藝流程的時候，曾提及為實現該過程所必需的裝置。

該方法的最主要的裝置和為此方法專門研究出來的裝置，有自動壓濾機和三種離心機 (“ГШ—12” “ТОШ—12” 以及 “ТПШ—12”)，這些裝置都起着各自獨特的工藝作用。

煤的原始懸浮體在重介質溶液中經加料管進入轉子，在轉子中在離心力的作用下，高灰分的廢物就沉積到轉子內壁上了。此時，精煤還懸浮着並與溶液一起經溢孔分離出來。沉積段分用螺旋運送器送到對面的轉子的窄狹部分上，並經過排料孔排出。圓盤就擋住了精煤，使其不落入廢物裡。離心機經皮帶輪由三角傳動裝置發動而進行工作。螺旋運送器的運動通過減速器傳遞之。選煤離心機工藝計算原理業已出版。

工藝溶液與精煤的分離是在離心機 “ТОШ” 中完成的。溶液中的精煤懸浮體經過吸收管進入離心機。

漂浮着的精煤被留在所謂的“滯流推進器”上，並由主運送機輪向出口。脫過煤泥的溶液經溢孔分離出。因為這部分煤泥在離心力的作用下就沉積到轉子的內表面上了，在離心機上在螺旋運送器作用下，沉積粒子與溶液一起送去脫泥。離心機 “ТОШ—12” 和離心機 “ГШ—12” 一樣也有三角傳動裝置，三角傳動裝置經減速器就可使螺旋運送器進行工作。

在 “ТПШ—12” 型洗滌離心機中，經過空心軸 (除吸收管外) 裝有洗滌水管。被洗物質的懸浮體到達轉子的廣闊部分後，螺旋運送器就將它經過整個轉子輸向排料孔。洗滌水進入狹窄部分與固體物質相遇，這樣就洗去了鹽類，然後經溢孔流走。轉子是分段式的，這樣就形成一些小浴槽，這些小浴槽就可使煤的洗滌強化起來。

在全蘇選煤研究所 Жилёв 實驗工廠進行了 “ГШ—12” “ТОШ—12” 以及 “ТПШ—11” 等首批類型的工業裝置的試驗。

伏龍茲 Сумы 機械製造廠大批生產這些機械，每台的生產能力為 30 噸/小時 (對原煤)。

離心過程選煤方法所用的自動壓濾機的特點是，沉澱的取出是完全機械化的。用專門的空心橡皮扎緊就可以使過濾階段嚴密起來，撤去壓力後，用來輸送濾出煤的皮帶便可暢通通過。由於過濾產品的取出是機械化的，所以就可以使過程在較薄的層里進行，這就大大地提高了壓濾機的生產能力。

壓濾機上按有自動裝置，它可以以任何精確程度來控制過程的各階段：過濾、一次乾燥、洗滌和最終乾燥。在 Жилёв 工廠對自動壓濾機進行了必要的試驗。目前，“Прогресс” 工廠已生產出第一批工業用的自動壓濾機。上述這些類型的機械裝置就是離心選煤過程方法裝置的主要組成部分。

五、離心過程選煤方法的工藝指標

在俄羅斯聯邦社會主義共和國國家計劃委員會的選煤科學研究所的 Жилёв 選煤實驗工廠裡，進行着焦煤離心過程選煤法的工業試驗。

從 Жилёв 工廠開工 (1953 年) 起，就在那裡進行了各礦區高硫及難選煤的離心選煤實驗。下邊列出了所得到的離心選煤的典型指標。

(一) 頓巴斯煤的硫及灰分的洗選

頓巴斯的高硫及高灰煤洗選是應用離心過程選煤的首要工作之一。降低頓巴斯煤中的硫含量是實現蘇共二十大代表大會關於提高現有高爐生產能力決議的主要道路之一。

如果將用於煉焦的精煤硫含量降低1%（與目前用於冶金工業的煤之硫含量相比），那麼就可在蘇聯的南方解決下列最主要的任務：

- (1) 使高爐生產力提高15—20%；
- (2) 使焦炭的消耗量減少10—15%；
- (3) 使每年適於煉焦的煤的資源擴大5—6百萬噸。

用離心選煤方法與現有選煤方法進行煤脫硫和脫灰的典型對比結果列入下表中：

表 5

所用的洗選煤	原煤中的含量		精煤的質量					
			利用現代選煤方法			利用離心選煤方法		
	灰分 (%)	硫分 (%)	收率 (%)	灰分 (%)	硫分 (%)	收率 (%)	灰分 (%)	硫分 (%)
Никитовка 4% 煤礦井 (選煤廠)	24.3	3.62	61.1	7.6	2.85	62.4	3.6	1.83
Ясиновка 3% 煤礦井	24.5	5.90	29.1	5.0	4.15	45.0	4.2	2.25

(二) 卡拉甘達煤的洗選和為滿足煉焦需要進行精煤補充提取的遠景前途

目前，利用卡查赫地方煤資源，保證卡查赫鋼鐵廠生產的問題是非常尖銳的。只有當採用了新的選煤工藝過程條件下，“卡查赫的鋼鐵企業”才可以擺脫必須利用輸入的庫茲涅茨煤的局面。

大部分卡拉甘達煤的特點是粘結性差。雖然，有很多具有良好焦煤性質的煤，但都是極難選的煤。

以這類煤為原料，比較了離心過程選煤法與其他現代選煤方法的工作效率，這些現代選煤方法目前在蘇聯和世界各國都在採用着。

除了表6中所列舉的數據以外，還特別進行了用離心過程方法洗選卡拉甘達選煤綜合工廠的中煤和煤泥的工作。在此情況下，得到了很重要的結果，用這些結果依據1957年水平計算出了列於表7中的定性定量指標。

表 6

煤層	原煤中灰分含量 (%)	精煤			
		重介質、跳汰機和浮選過程綜合方法*		離心過程選煤方法	
		收率 (%)	灰分 (%)	收率 (%)	灰分 (%)
“優 秀 層”	30.4	34.9	12.0	45.0	9.2
“上 中 層”	35.7	22.6	13.3	13.3	9.0

* 12—6毫米煤級用重介質洗選；6—1毫米用跳汰機；1—0毫米用浮選。