

浮游選煤理論的 幾個問題

蘇聯 德·斯·葉勉利亞諾夫著

吳 壽 培譯

燃料工業出版社

523.35/4839

PDG

內 容 提 要

本書簡要地闡述了一般浮選理論和用浮選法洗選的煤的特點；研究了有關浮游選煤的一些問題：煤的吸着能力問題，煤的無極性本質對於藥劑作用的性質和浮選藥組所形成的泡沫的影響問題，煤粒表面不均一性對浮選的影響問題等等。

本書可供選煤廠工程技術人員和礦業學院選礦系教師和學生參考之用。

* * *

浮游選煤理論的幾個問題

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ

根據蘇聯國光煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)
1953年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 Д. С. ЕМЕЛЬЯНОВ 著

吳 嘉 培 譯

冶煉工業出版社出版

地址：北京東長安街郵政三二號

北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：張伯頌 穆湘如 校對：王承誌

書號309 * 煤120 * 787 × 1092 32開本 * 1卷印張 * 51千字 * 印1—3,000册

一九五四年十二月北京第一版第一次印刷

定價2,300元

目 錄

緒 言	2
一 浮選一般理論的概述	4
1. 關於浮選的簡短說明	4
2. 浮選一般理論的現狀	4
二 煤的浮選的理論基礎	11
1. 煤的浮選問題的研究情況	11
2. 浮選煤的特點	13
3. 煤的吸着能力	14
4. 由於煤的高度的吸附能力但選擇性弱所產生的問題	21
5. 煤的無極性對藥劑作用的性質及 浮選機組所形成的泡沫的影響	27
6. 煤粒表面的不均一性對浮選的影響	28
7. 煤的自然疏水性對浮選的影響	34
8. 煤的比重小對浮選的影響	35
三 結 論	36

緒 言

在十九次黨代表大會決議中，按蘇聯發展的第五個五年計劃（1951—1955年）煤礦工業中煤的採掘量，規定了在1955年要比1950年增長43%。

隨着煤的採掘量的巨大發展，同樣也規定了要提高煤的質量，爲了這個目的，在五年計劃中選煤的發展必須保證大約增長到2.7倍。

在採掘過程的運輸作業中和在機械選煤中所產生的煤粉的精選，是一個急待解決的問題。

粒度小於1公厘的煤塵量，在頓巴斯原煤中，變動在10—20%的範圍內；灰分是15—20%。

在選煤廠中產生的煤泥佔原煤的8—15%，主要由除塵器工作的效率、運輸和選煤機的粉碎程度、頁岩的性質和煤在水中軟化以及採用的選煤技術系統來決定。煤泥灰分在大多數情況下，變動於12—25%之間。

用重力選煤法來處理煤塵及煤泥，效率是不高的。例如對卡拉甘達的煤泥用流洗槽試驗，顯示了：當原煤泥的灰分約爲22%時，得出精煤約31%，灰分爲10%，同時尾礦的灰分僅約28%。這樣，煤泥流洗槽僅能在精煤中收回約35%的煤。

淘汰盤對於選分煤泥同樣是效率很低的，例如基切洛夫的煤用淘汰盤選分時，原煤泥的灰分約18%，得到精煤的灰分約13%，尾礦的灰分約23%。

利用電選的新方法洗選煤塵，還停留在實驗室及半工業試驗的階段。

近來對於煤粉的精選找到了採用特殊跳汰機的方法。

在德涅普羅切爾仁斯基選煤廠採用煤泥跳汰機的試驗，雖然得到精煤的灰分相當高，但顯示了由煤泥中排出一定量的矸石的可能性。

在脫水篩脫水後，篩下產物的灰分約 17%，要用浮選法重新精選。

在選煤廠的技術系統中包含了浮選，這不僅在煤塵、煤泥的精選上可以提高煉焦原料的回收，而且可以改善一些選煤廠的煤泥處理問題。

浮選工作的試驗顯示了，當選分灰分為 15—20% 的煤塵和煤泥時，在大多數情況下，可得灰分是 6—10% 的精煤及灰分是 60—75% 的尾礦，在尾礦中煤的損失常不超過 5—8%。

在戰後斯大林五年計劃的年代中，開始廣泛地使用浮選到選煤實踐中，現時在所有煉焦煤的選煤廠中，都設計和建設了浮選車間，由此可見，最近的將來浮選將是精選煤粉的基本方法之一。

浮游選煤的理論問題的研究很少，這是在選煤的實踐中掌握浮選所遇到的困難之一，因為我們對於煤同金屬礦石，或極性非金屬礦物的區別的十分重要的特點沒有足夠的深入研究。在本書中作者對於浮游選煤理論基礎的一些問題作了簡要的闡述。

一 浮選一般理論的概述

1. 關於浮選的簡短說明

浮選是有用礦物精選方法的一種，用這種方法使一種礦物黏在打入浮選槽的空氣泡上浮到（浮游）礦液的表面，不具有黏在空氣泡上的能力的另外的礦物留在礦液之內。浮選能適用於對磨細的礦物的處理（對煤不大於2—3公厘，對礦石不大於0.3公厘）。

浮選的技術過程由以下幾個基本手續構成：

- (1) 取得有一定固體含量的礦液，通常是15—40%之間；
- (2) 加入礦液中少許能選擇地減少浮游礦物被水濕潤性的捕收劑，在個別情況下，還須加入能實現某些因素的調整劑；
- (3) 加入起泡劑能使氣泡具有必要的穩定性；
- (4) 礦液分散在浮選槽中；
- (5) 使聚集有用礦物的礦化氣泡和剩下的礦液分離，而且把這些氣泡排出浮選槽。

2. 浮選一般理論的現狀

浮選是發生在液、固、氣體三相交界層上的分子現象的結果。我們可以驕傲地指出，構成浮選理論基礎的物理化學的主要原理，是俄國學者第一個研究出來的。

在1879年俄國學者卡茲益大學教授伊·斯·格羅梅克，第一個提出了毛細理論，在解釋浮選過程時起了主要作用。

物理化學家勒·格·古爾維奇提出了對浮選很重要的觀念。

在研究現代浮選理論中，蘇聯學者的著作，無可疑義地是先驅者。

科學家阿·恩·弗羅姆金、普·阿·列賓捷爾、布·維·捷略金、布·恩·卡巴諾夫、克·弗·貝露格拉左夫、德·阿·舒唯道夫、

伊·恩·普拉克辛、姆·阿·恩格列思、奧·斯·保格達諾夫、斯·伊·米脫羅芬諾夫、維·伊·克拉辛、茲·維·伏爾科娃等創造了現代浮選理論的基礎。

但是應該指出，不管我們的知識在浮選的領域中發展得如何快，但是問題是這樣的複雜，到現在還存在着一系列的問題不能得到解決。

把一種礦物和其他礦物分離的浮選過程的解釋，首先必須知道：

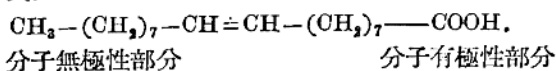
1. 所採用的浮選藥劑在浮游礦物的表面上引起了什麼變化，亦即在礦物表面及藥劑之間進行的過程是怎樣的本性；
2. 浮游礦物選擇地黏着在空氣泡上是什麼原因；
3. 浮選氣泡的形成的性質特點。

現在講到前兩個浮選的基本理論問題。

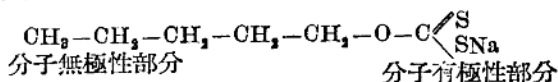
發生在浮游礦物表面與藥劑之間的反應本性的特點，捕收劑的作用，大家都知道就是在於提高浮游礦物的疏水性，即減弱被水濕潤的性質。

按照大家都採用的概念，有機物質可以作為捕收劑，它的分子具有異極性的結構，亦即具有極性的和非極性的部分。

油酸和戊基黃酸鈉可作為這些物質的例子，油酸的分子結構可以下面的方程式表示：



戊基黃酸鈉的構造式如下：



異極性化合物在化學反應中，其無極性部分是不起變化的。這樣，這種分子的化學上的活動部分是有極性部分，把異極性物質溶解在水內，它的分子自動地集合在水和空氣的接界部分，同時分子無極性部分將向着空氣中，而有極性部分在水裏。

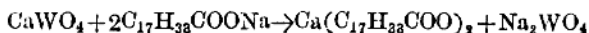
捕收劑的異極性分子和浮游粒子相接觸，它的有極性部分固結在粒子表面，而無極性碳氫鏈同時伸入水中。這樣，被浮游的粒子暫時

蓋上了一層無極性部分向外的捕收劑分子。結果，粒子的表面就變成了被水濕潤性較小的捕收劑分子，無極性碳氫鏈愈長，被浮游礦物的疏水性也就愈強。

捕收劑分子和礦物表面互相作用的本性，可以成爲化學的和吸附性的。像大家所知道的，化學反應和物理吸附是沒有尖銳的界限，按此性質來說，是介於化學反應和物理吸附之間的反應。我們應當注意，由於化學反應而形成某種新物質的時候，即參加反應分子化學的吸着及其相反的過程，就是說離開粒子的表面，這種反應的進行是很困難的，甚至於不可能的。這樣，假如捕收劑參與了浮游礦物表面的化學反應，那末從表面上用簡單的手段（如清洗）除去反應藥劑（解吸）是不可能的。

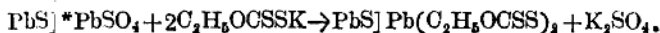
在吸附時，被吸附物質分子的保持力是相當薄弱的，僅僅吸在表面上，而在化學上是沒有連結的，亦即這種分子固着的鞏固性相當小，從表面上除去大部分的吸附分子，在這種情況下不會很困難。

某些氧化性和不大的可溶性，是捕收劑和礦物表面互相起化學作用的必要條件。在浮選氧化礦時，捕收劑直接和礦物表面作用，而在浮選硫化礦時，就和最後的氧化產物作用。含鎢礦物的白鎢礦和油酸鈉互相作用，可作爲氧化礦物和異極性捕收劑化學作用的例子。



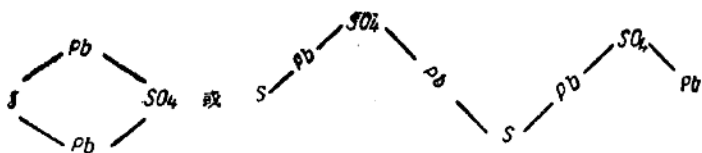
在這個情況下，白鎢礦的表面上由於周圍的作用造成了鈣肥皂的薄膜。

下面的方鉛礦和乙基黃酸鈉之間的作用，可作爲藥劑在硫化礦表面進行化學作用的例子。



在這個情況下，黃酸不和硫化鉛作用，而和它表面的氧化物硫酸鉛作用，由於在方鉛礦表面上的作用，結果形成了黃酸鉛的薄膜，舒維道夫教授指出捕收劑分子如果不和完全氧化的產物（如 PbSO_4 ）而和半氧化產物作用的時候如：

* 有括號的表示不變部分。



只有這樣，才能牢固地保持在浮游的硫化礦的表面，同樣的在半氧化產品中，鉛原子一方面和硫原子相聯結，另一方面和SO₄根聯結，亦即鉛原子堅固地和硫化礦的結晶格子相聯結，同時由於硫酸根(SO₄)的出現，礦物具有很大的能力參加化學反應。

由於對礦物表面進行的反應本性的問題的研究，對於美國塔加爾脫學派及英國划爾脫學派的錯誤觀點應引起注意，塔加爾脫許多年以來替所謂「浮選的化學理論」辯護，他證明一切對浮選有影響的被溶解的藥劑，無論是對浮游的，或是對被抑制的礦物的作用，都是僅按照化學作用的規律來進行。而划爾脫相反的證明在浮選中礦物表面吸附作用是具有首要意義的，替所謂「浮選吸附理論」辯護。

這些學派的錯誤觀點，首先是他們把所有浮選理論歸結到一個問題——就是礦物與藥劑之間產生反應的本性上。然而發生在礦物表面的反應的本性，僅僅是附合了浮選過程一系列現象的一個環節。

大家都知道，幾乎常常是吸附先於化學反應。在浮選時，藥劑和礦物互相作用的情況下，基本是物理吸附的或者相反地是化學反應的影響，而有時二者都發生作用，這些情況都是可能的。

浮選綜合體的形成，「粒子-氣泡」浮選綜合體的形成的可能性，形成的速度，它存在的持久性是和一系列的原因有關的，首先，和藥劑與礦物表面的特性及本性、和礦物被水濕潤的能力(這很大程度是為礦物和藥劑互相作用的特性和本性所決定的)，以及和常在水中圍繞着礦物粒子的水化物皮膜的存在情況有關的。在礦液中，礦物粒子和空氣泡接觸的條件、礦液的密度、礦液中空氣的飽和程度、空氣泡及浮游粒子的大小等，同樣對浮選的基本作用發生影響。

浮游礦物自發的黏向空氣泡，是由粒子和氣泡的表面自由能趨向最小的傾向而決定。

「粒子-氣泡」浮選綜合體的形成是基於熱力學第二定律的，按照這個定律在孤立系中，僅僅在當自由能趨向減少的同時，才可能自發的產生這樣的過程或現象。

水滴的接觸角的大小，決定了粒子黏向氣泡時表面自由能的減少。在礦物粒子和空氣泡接觸時，表面自由能減少得愈多，接觸角就愈大，浮選綜合體的形成將愈堅固和愈快。某些學者傾向於僅用礦物的被水濕潤性的不好，也就是說只用接觸的大小來解釋粒子和空氣泡的黏着。其實粒子的黏着不僅和接觸角的大小有關，還和很多原因有關。浮選可以在各種不同值的接觸角情況下進行，但是粒子黏向空氣泡的能力和粒子被水濕潤性之間無疑地是有聯系的。

粒子固着在空氣泡上的力學，現在在文獻上對於解釋浮選過程，有二種不同的粒子固着在氣泡上的力學。其中之一已被很多研究者證明了，可稱為毛細力學。其次是克·弗·別露格拉索夫所提出的集聚力學或分子力學。

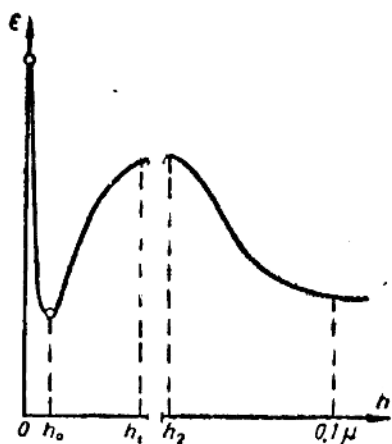


圖1 在粒子-氣泡界面上表面自由能的變化和粒子與氣泡之間水層高度的關係

黏着的毛細力學的中心意義如下：

若把礦粒和空氣泡移到相當近的距離，當水層達到一定的厚度時，由於它的能量的不穩定而生成了粒子和氣泡的互相牽引^①。

自由能由於粒子與氣泡之間的水層厚度的變化而變化，以圖1表示之。其中縱軸上表示「粒子-氣泡」系統的表面自由能的大小， ϵ 表示粒子與氣泡間單位接觸面積的表面能，水平軸上表

① 薄水層在固體和空氣之間的特性，為布·維·捷略金所提出。

示粒子和氣泡間的水層厚度。

在圖 1 中很明顯水層的厚度大於 0.1 微米時，在接觸面上，表面自由能與水層的厚度無關，當粒子向氣泡從 0.1 微米移近到 h_2 時，自由能增加。應注意，在這個範圍內（由 0.1 微米到 h_2 ）自動的縮小水層是不可能的，因為按照熱力學第二定律，僅僅在自由能趨向減少的同时，過程或現象才可能自發地進行。

在這種情況下，當粒子從 0.1 微米移近氣泡到 h_2 的距離時，自由能 ϵ 不是降下而是增大。這樣，為了粒子能黏向氣泡，應該克服表示在圖 1 的能的障礙區，亦即必須加以某一個外力的作用，這個外力可以使粒子由 0.1 微米移向氣泡到 h_2 的距離。在實際的浮選礦液中，這種外力就是礦物粒子的重力、被攪拌的礦液的旋渦和衝擊的動力作用。

其後，當克服了，能的障礙區 0.1 微米到 h_2 的距離粒子和氣泡自動地靠近到相當近的距離（由 h_1 到 h_0 ），亦即粒子黏向了氣泡。這粒子和氣泡的地位是很穩固的，因為它們互相脫離時，同時要有自由

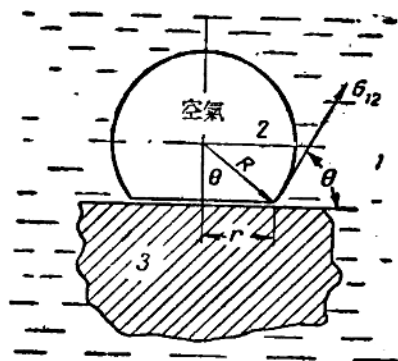


圖 2 一定重量的粒子黏在空氣泡上的條件（按阿·恩·弗羅姆金）

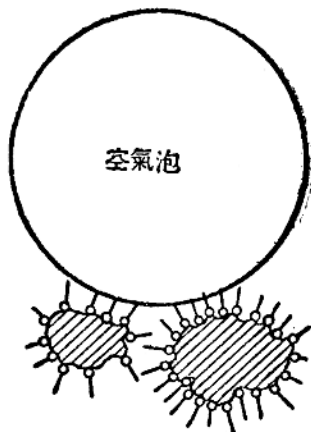


圖 3 礦物粒子在空氣泡上固着的圖解（按克·弗·貝露格拉索夫）

能的增高，上面已經說過，這種過程底自發的進行是不可能的。

粒子和氣泡由 h_1 到 h_0 自動的靠近，是飛躍式地進行的，形成了像分子大小厚薄的剩餘水膜，這個水膜愈薄，粒子在氣泡上保持得就愈鞏固。

這樣，礦物粒子在毛細力的作用下，傾向於黏向空氣泡。重力和攪拌礦液動力的作用，相反地可能是使粒子離開氣泡的原因。阿·恩·弗羅姆金和布·恩·卡巴諾夫提出了決定一定重量的礦粒黏着的基本條件的方程式（圖 2）。這方程式的簡約式可以下式表示之。

$$q = 2\pi r \sigma_{12} \left(\sin \theta - \frac{r}{R} \right), \quad (1)$$

其中 q —— 礦粒在水中的重量，

r —— 接觸圈的半徑，

σ_{12} —— 在水-空氣界面的表面張力，

θ —— 接觸角，

R —— 空氣泡的平均曲率半徑。

對重量是 q 的礦粒的黏着，必須有一定值的接觸角 θ ，空氣泡的曲率半徑 R 和接觸圈半徑 r ，由方程式 1 很明顯：

$$\sin \theta = \frac{q}{2\pi r \sigma_{12}} + \frac{r}{R}, \quad (2)$$

即粒子在水中重量 q 愈大，對一定大小的粒子的黏着所必要的接觸角也應該愈大。

阿·恩·弗羅姆金和布·恩·卡巴諾夫指出，任何一個在礦物表面進行的化學的、吸附的、毛細的或電學的特性的變化，很靈敏地對接觸角大小有影響。

克·弗·貝露格拉左夫提出黏着的分子力學的本質，是礦物粒子被異極性分子底無極部分，在外的單分子層所掩蓋，當有機會和空氣泡相接觸，就固定在其表面。同時捕收劑分子無極性部分到達了空氣泡膜的表面，且穿透了它，把粒子保持在氣泡上（圖 3）。在氣泡表面及粒子之間，可以存在着很薄的水層。

上述方式形成的〔粒子-氣泡〕綜合體的表面自由能降下很多，因為捕收劑的無極性部分不在水中，而是處在空氣中。異極性分子的無極性端穿透氣泡的薄膜，可以理解它在氣泡內部具有和活性物質在液-氣界面上的吸附機構完全相似。

吸附在粒子表面的一部分分子，不參加與氣泡的聯結，吸附的捕收劑分子在粒子表面的密度愈大，則水層愈薄，捕收劑分子碳氫鏈愈長，參加與氣泡聯結的分子數愈多，亦即粒子保持在氣泡上愈鞏固。

這樣，粒子黏向氣泡的分子力學的理论，不直接聯系接觸角的大小。若固着在粒子上的捕收劑分子無極性部分達到了氣泡的表面，那末，捕收劑分子在粒子表面的密度顯得不很大，而且實質上粒子的被水濕潤性沒改變時，就是在這種情況下亦可能黏着。由此可見，對粒子黏向氣泡不必要形成三相的接觸周界，亦即不必要消滅粒子和氣泡之間的水層，因為採用的捕收劑分子的長度有時超過水分的長度幾倍，那末捕收劑分子無極性部分就可能穿過水層達到空氣泡的表面，這水層的厚度有分子般的厚薄。

礦物粒子黏向氣泡的分子力學，可允許用來近似地估計使粒子離氣泡所必要的功的大小，也就是說，由礦液中浮選藥劑的濃度和它的物理化學的常數，可以接近於定量地來估計浮選的結果。但是應該注意，這個力學不能解釋被無極性碳氫油所遮蓋的無極性礦物（如煤）的黏着現象。

二 煤的浮選的理論基礎

1. 煤的浮選問題的研究情況

很多述及浮選理論問題的作者常提出煤的浮選和金屬礦石的浮選是沒區別的。

事實上煤的浮選的基本方式是既有別於金屬礦石，又有別於有極

性的非金屬礦石^①。

假使比較浮選煤和浮選金屬礦石的某一些指標，就可以容易地證明這點（表 1）。

煤與金屬礦物的浮選指標

表 1

指 標	礦 石	煤	2 與 3 行的 近似比值
浮游礦物的比重	3—7	1.2—1.4	3.5
浮游礦物的最大粒度	0.3 毫米	3.0 毫米	0.1
浮選通常的平均持續時間	10—30分	3—8 分	4 分
產品、產量對原礦的百分率	5—20	65—85	0.15
按照單位時間內移向泡沫的固體的容積來說的礦物浮選相對速度	1	100	0.01

由表 1 中很明顯看出，煤粒子與金屬礦石和有極性非金屬礦物有很大區別。不僅在比重上，而且在浮游粒子粒度方面，特別重要的在浮選速度方面；按照移向泡沫的固體體積煤粒來說的浮選相對速度，平均超過極大多數金屬礦物浮選速度的 100 倍。在浮選過程中，這種速度的差別，即使在頭二分鐘的時間內，也是在頗大程度內存在着。

推廣關於煤和礦石是相似的和關於浮選煤是相對容易的觀點，不能促進關於煤浮選理論的發展或是工業實踐上此種選礦方法的運用。

服從這樣觀點的時候，就是說，完全利用由金屬礦石浮選實踐中引導出來的研究方法來研究煤的浮選的時候，不能回答當浮選開始相對廣泛地用到對於各種不同性質的煤的精選的時候，就突然發生的一些本質問題。

沒有煤浮選過程的理論基礎，在浮選實驗中要想掌握這方法是有困難的，因為對每種煤幾乎都必須經過長期實驗的研究，確定過程進

① 所謂金屬礦物是既包括金屬礦石本身也包括有極性的非金屬礦石的。

行的必要的技術條件。沒有關於煤和礦石相比較的浮選特點的正確概念，常常引導作者對同一個問題作出正好相反的結論，而有時對於在煤的浮選試驗時觀察到的現象，仍然不能作出全面的解釋。

在大多數刊載的浮選煤的著作中，是研究各種浮選藥劑對選分結果影響的問題。

現在大家都知道，有多於 30 種物質被試用為浮選煤的藥劑。個別作者關於某些藥劑的效率的意見常常有分歧，例如煤油，一個作者說有了這種藥劑煤不浮游，而另外人發現有了煤油達到了較好的效果。關於石油原油，一個作者證明它的存在抑止了暗煤而浮游輝煤，另外一作者發現石油所以不採用的要點是它不能引起煤的浮游。關於煤的岩相差異的優先浮選，一個作者認為首先浮游暗煤，而明煤的浮游進行較遲，另外一個作者相反地發現首先浮游明煤而其次是暗煤，

無論是個別作者關於估計任一藥劑的意見，或者煤在同一藥劑中浮選的結果有很大分歧，存在這個分歧的原因在哪裏呢。

按照現代著作的作者意見，在浮游選煤研究的領域中，尤其是為了這目的尋找浮選藥劑的範圍內，是基於有關浮選煤和浮選礦石相似的不準確的理論概念，而沒有考慮到浮選煤和浮選礦石的根本區別。

2. 浮選煤的特點

浮游選煤區別於其他的特點，首先是：

1. 煤粒具有高度的吸附能力，而比任何可溶的，乳濁液的或以膠體情況存在的物質，特別比無極性油類或表面活性物質選擇性弱；
2. 煤粒本性是無極性的，亦即非異極性的；
3. 煤質有極大的不均一性，尤其是變質程度上的不同和空隙性的各種不同的性質；
4. 煤粒自然的疏水性比金屬礦物要高；
5. 浮游的煤粒比重小。

上述的五點，是在浮選時觀察到的煤與金屬礦物不同的原因和它的規律性。

如上所述，浮選理論的基本問題是：被浮游粒子與藥劑互相作用的本性和浮選綜合體「粒子-氣泡」的形成。

對浮選煤的情況，發生浮游礦物表面的反應的本性，以及形成浮選綜合體的條件根本的方式，是不同於金屬礦石的浮選的。

它的高度吸附能力對浮選結果引起影響最大，這是煤的最主要的特點。

3. 煤的吸着能力

常常把「吸着」理解為固體吸着，任何一種氣體或被溶解的物質（溶質），在這種情況下固體稱為吸着體。

術語「吸着」包括有以下四個不同形式的吸着過程：吸附、吸收、化學吸附、毛細凝聚。應注意，任何一種氣體或溶質聚集在固體物的表面稱為吸附，吸附過程是純表面現象，進行得非常快，對光滑的（無孔的）吸着體吸附過程，在一秒鐘內就會完成，對有孔的吸着體過程，會延續到幾秒鐘或一分鐘。

任何物質由於它透入（擴散）吸着體的內部的時候，這種吸着就稱為吸收，同時在吸着體中形成被吸收物質的固體溶液。吸收過程是以很小的速度進行的，因為在固體中擴散作用進行得很慢。

被吸着物和固體互相起化學作用時，稱為化學吸附。同時，這過程可以僅在固體表面進行或可以深入內部。

毛細凝聚主要是屬於蒸氣吸着，因之在這情況下我們不研究它。

「吸着」這個術語應該不僅是上述的個別的物理本性的吸着過程，而包括着它們共存的情況。吸附過程常常是伴隨着發生化學吸附或吸收而隨時改變。

在蘇聯科學院礦業學院中，設立了吸着過程實驗室，進行了關於各種不同氣體被煤吸着的吸附特性的專門研究。當從吸着過程中浮選煤時，吸附作用是最有價值的。由於煤的浮選常在很短的時間內進行，亦可得出這個結論。因之，像需要相當長時間的吸收作用的吸着過程，不可能起大的作用，化學吸附在某些情況下，可能引起很大的影響。

既然在浮選煤時最重要的特點是它的高度的而實際上選擇性弱的吸附能力，當研究煤浮選的理論基礎時，我們就可以很顯著地作出在吸着過程的物理化學中很好研究過的規律性的結論。如大家都知道的，在液、氣界面或液、固界面研究吸附作用最多。這時，我們應注意被溶解的物質或被乳化的物質在固體表面吸附的情況，按院士姆·姆·杜比寧的意見，在液、氣界面吸附的規律可以相似的採用到固、液界面的吸附。

固體表面的吸附現象，早在 1785 年就由俄國學者勞維茨所注意，他注意到了煤能從溶液中吸出物質。在 1894 年俄國人焦耳格維奇提出了和溶液濃度相聯系的被吸附（被吸着）物質的量的經驗公式，以後（1907—1910 年），這公式被弗倫德萊詳細地研究了，就是一般所知道的弗倫德萊等溫吸附式，這公式常以下式表示：

$$\frac{x}{m} = \alpha \cdot c \frac{1}{n}, \quad (3)$$

其中 x —— 被吸附物質的量；

m —— 吸附體的量，克；

c —— 溶液中被吸附物質平衡濃度；

α 與 $\frac{1}{n}$ —— 由經驗得來的常數。

這個公式對於在浮選條件下，研究吸附的情況是完全適合的，因為它正是研究不離解的或弱離解的物質的釋稀水溶液中的吸附現象，得到的結果，亦即當存在有碳氫油類的煤浮選時，實際上正好符合這個條件。

常數 α 和 $\frac{1}{n}$ 是由圖解方法或由大量經驗數字的平均值的計算來決定。

常數 $\frac{1}{n}$ 對於不同的吸着體及吸附物質很少改變，通常變動在 0.1—0.5 之間，雖然常數 $\frac{1}{n}$ 變化不大，而等溫吸附的性質則變化很大。這常數是由吸着體及被吸着物質的互相關係而決定的，亦即對過程的化學方面具有某些關係。