

苏联 德·斯·叶勉利亞諾夫著

浮游选煤的 理論与实用

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書一方面闡述了浮选烟煤末煤的重要理論，另一方面並介紹了頓巴斯煤田某些选煤厂浮选設備的实际工作情况。對於各种浮游选煤机与輔助設備，以及浮游选煤所用的各种葯剂，亦作了說明。

本書可供选煤厂、煤炭工業的科学研究所及設計院的工程技術人員閱讀。

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФЛОТАЦИИ УГЛЯ

苏联 Д. С. ЕМЕЛЬЯНОВ 著

根据苏联國立煤礦技術書籍出版社(УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1954年列寧格勒第一版譯

344

浮 游 选 煤 的 理 論 与 实 用

袁 恩 恆 譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業局)

北京市書刊出版業營業許可證出字第084号

北京市印刷一厂排印 新華書店發行

*

开本78.7×109.2公分 $\frac{1}{16}$ * 印張10 $\frac{1}{4}$ * 字数176,000

1956年6月北京第1版第1次印刷

統一書号：15035·219 印数：1—3,600册 定价：(10)1.60元

目 錄

序 言	4
第一章 浮游选煤概論	6
第1節 利用煤粉及煤泥的意义	6
第2節 煤粉与煤泥的特性	7
第3節 用浮选方法处理煤粉和煤泥的效果	17
第二章 浮选法的原理	21
第4節 浮选法的种类	21
第5節 关于浮选理論研究的現况	22
第6節 浮选时的化学反应	23
第7節 礦化气泡的構成	29
第8節 浮游的运动因素	43
第9節 泡沫構成的理論	48
第三章 浮游选煤的理論基礎	55
第10節 浮游选煤問題的研究情况	55
第11節 浮游选煤的特点	56
第12節 煤炭的吸着能力	57
第13節 煤炭的孔隙度	60
第14節 煤炭的碳化程度、水份和煤岩成份	63
第15節 煤炭高度吸着能力的影响	66
第16節 煤炭的非極性性質的影响	73
第17節 煤炭顆粒表面的不均性	74
第18節 煤炭自然疏水性的影响	80
第19節 煤炭比重的影响	81
第四章 浮选葯剂	85

第20節	浮選藥劑的分類	85
第21節	捕集劑	85
第22節	煉焦所產的各種化學產品	88
第23節	石油及其蒸餾產品	99
第24節	泥煤焦油，頁岩焦油及其產品	114
第25節	起泡劑	115
第26節	抑制劑	115
第27節	調和劑	121
第五章	浮游選煤的技術操作過程	123
第28節	入選原煤的粒度	123
第29節	礦漿的稠度	134
第30節	浮選前礦漿的處理	137
第31節	藥劑的給量	138
第32節	礦漿的通氣	142
第33節	撇取泡沫的條件	144
第34節	浮選時間	147
第35節	浮選選煤的其他技術因素	149
第六章	浮選機械	152
第36節	浮選機械概論	152
第37節	攪拌式浮選機	154
第38節	混合式浮選機	160
第39節	氣力式浮選機	192
第40節	浮選機類型的選擇及其尺寸	194
第七章	浮選車間的輔助設備	197
第41節	給藥機	197
第42節	接觸桶及混合桶	202
第43節	礦漿分流器	206
第44節	濃縮機	207
第45節	真空過濾機	211

第46節	消泡机	220
第八章	浮选煤粉和煤泥的实际經驗	221
第47節	頓巴斯工業性浮选設備的实际工作經驗	221
第48節	尼基多夫卡及諾沃烏茲洛瓦亞等地浮选設備的 工作經驗	229
第49節	浮选精煤硫分的降低	238
結 論		251

序 言

党第十九次代表大会在所作关于 1951—1955 年的第五个五年计划的各项指示中，对煤炭工业提出了几项重大的任务。

在这个五年计划期间，煤的总产量应增加约 43%，而炼焦煤的产量则至少应增加 50%。

随着产量的增加，煤炭工业还应提高煤的质量：要将选煤和制煤砖的设备大加扩充，以保证在五年期间选煤量增加 1.7 倍左右。

苏联发展选煤工作是以先进技术作基础的：选煤厂的设备正进行着根本的革新，采用新的技术操作方法，使用更完善的选煤机器和机械，提高选煤效能。

近几年在精选炼焦煤时，都广泛采用浮游方法来选细微的煤末。

浮游方法是一种最好的选煤方法。它能使我們由高灰分的细微煤末中又可多选出 16—20% 的合乎要求的精煤，以供炼焦之用。

根据试验结果已经确定：炼焦配合煤中如含有浮选精煤，所炼得的焦的质量将会大大提高。此外，利用浮游方法能选出专供制造电极所需用的低灰分精煤。

虽然现在浮游方法已在各地广泛用于精选炼焦煤的实际工作中，但是关于这种选煤方法的理论问题还研究得不够。而且这种选煤法在工业上应用的经验，出版物中所作的论述，也还很少。

本书是为了说明利用浮游方法精选细微煤末的各项主要原

理，並將現有的实际浮游选煤經驗加以总结介紹，借以帮助这方面的工程技術人員掌握这种在最短期內应得到廣泛应用的新选煤法。

第一章 浮游选煤概論

第 1 節 利用煤粉及煤泥的意义

不經洗选的煤中，是含有很大量的細微煤末（即煤粉及煤泥）的，用浮游方法來选这种煤末，在技術上來講，是非常適宜的。

各洗煤厂的入厂原煤中是含有大量煤粉的。表 1 是說明某些洗煤厂入厂原煤中所含煤粉的数量和灰分的实际資料。

表 1

某些洗煤厂入厂原煤中所含小於 1 公厘的煤粉数量及其灰分

洗煤厂名称	小於 1 公厘的煤粉数量 (佔原煤的百分数)		煤粉的灰分(%)	
	1940年	1950年	1940年	1950年
加里米烏斯洗煤厂	12.5	13.6	16.54	18.20
伊尔敏斯克洗煤厂	12.3	17.3	16.80	17.50
“共青团”洗煤厂	11.0	17.0	16.40	18.68
德涅浦罗捷尔任斯克洗煤厂	—	25.7	—	15.00

其他各地洗煤厂入厂原煤所含煤粉之情况，也大致如此。由上列表 1 中可以看出：在近十年中，1 公厘以下的煤粉数量及其灰分都上升了。各洗煤厂入厂原煤中所含此种煤粉的数量，高低不同，变动很大。例如，按 1951 年 9 月份情况來說，伊尔敏斯克洗煤厂所產生 1 公厘以下煤粉的数量为 29.3%，灰分約为 14%；克里沃罗日洗煤厂所產者为 23.49%，灰分为 17%；新果魯博夫斯克洗煤厂所產生 0.6 公厘以下的煤粉数量

为53%，灰分則为 17.7%。

頓巴斯各洗煤厂入厂原煤中所含 1 公厘以下煤粉的数量，一般是 15—30%，灰分为 14—20%。很顯然的，煤粉灰分很高，使其不能作为具有完全价值的商品來使用。如將其摻入大塊的精煤中(有时为降低精煤水分是將煤粉摻入精煤的)，則会使精煤灰分增高 1—2%。若以煉焦煤的煤粉作为劣質煤，充当燃料用，是不容許的，因为煉焦煤是很寶貴的原料，將其充作燃料使用，就等於使其失去正用。因此，將煤粉加以精选，使其得到合理的利用，乃是一个很重要的任务。

除去煤粉之外，在洗煤厂中还有大量的煤泥產生。

洗煤厂中產生煤泥的多少是为許多因素所决定的，其中最主要的因素則为脫粉設備的效能、煤的硬度、运输机及选煤机运轉时使煤炭發生破碎的程度。現時各洗煤厂所用脫粉設備的效能都是不高的，一般只能將入选原煤中所含煤粉脫除50—60%。这也就是說：还有 50—40% 的煤粉進入选煤机內，而随后各种洗选產品經受脫水后，又留於煤泥水中。

就所有洗煤厂处理煤炭的总量來計算，所產生的煤粉与煤泥共有 20—40%，按平均数計算，約有 30%。使这些煤粉和煤泥得到合理的利用，乃是当前煤炭工業急待解决的問題之一。

第 2 節 煤粉与煤泥的特性

由於煤岩成份之不同及煤炭硬度与煤中所夾矸石之不同，其各种粒度之煤粉和煤泥的灰分的差別是非常大的。

表 2 所列是某几个洗煤厂所选之煤所含煤粉的篩別分析的結果，可作为上述的例証。

煤粉的篩別分析

表 2

洗 煤 厂 名 称	粒度(公厘)	数量(%)	灰分(%)
卡尔密克中心洗煤厂	+2	2.07	19.49
	2—1	5.32	17.41
	1—0.5	8.54	10.89
	0.5—0.3	24.86	12.02
	0.3—0.1	28.07	15.69
	—0.1	31.14	25.74
	原 煤 粉	100.0	17.43
卡拉岡达中心洗煤厂	+2	1.63	28.11
	2—1	20.20	13.86
	1—0.6	17.96	12.74
	0.6—0.4	25.04	13.92
	0.4—0.2	19.87	17.43
	0.2—0.15	1.09	17.01
	0.15—0.10	2.45	20.25
	0.10—0.075	3.76	22.17
	—0.075	8.00	23.83
	原 煤 粉	100.0	15.92
頓巴斯捷尔任斯克煤礦	1—0.5	47.30	21.04
	0.5—0.2	30.10	23.20
	—0.2	22.60	25.90
	原 煤 粉	100.0	22.79

由上表中可以看出：各級粒度煤粉的数量及其灰分，都是差別很大的；各級最小粒度煤粉的灰分都有規律地有所增高。

煤粉越細，煤受氧化程度越重。这一点對於浮游作用影响是很大的。

煤泥的性質，和煤粉一样，也是有很大差別的。洗煤厂所產生煤泥的來源有三：1)大小粒度精煤經脫水篩脫水时所產生

的煤泥水；2)小粒度精煤經离心脫水机脫水时所產生的煤泥水；3)由脫水煤倉所產生的煤泥水。

表3中所列是德涅浦罗彼特罗夫斯克与德涅浦罗捷尔任斯克兩洗煤厂所產煤泥的平均試样，由德涅浦罗彼特罗夫斯克礦業研究所化驗室所作的篩別分析，以作例証。

煤泥的篩別分析

表 3

德涅浦罗彼特罗夫斯克洗煤厂者				德涅浦罗捷尔任斯克洗煤厂者		
粒度(公厘)	数量(%)	灰分(%)	硫分(%)	粒度(公厘)	数量(%)	灰分(%)
+3	0.25	31.28	1.96	—	—	—
3—1.5	2.75	13.74	2.19	—	—	—
1.5—0.5	32.70	15.52	2.42	+1	0.6	8.62
0.5—0.3	25.30	22.32	2.64	1—0.75	4.0	10.12
0.3—0.2	6.30	30.65	3.65	0.75—0.40	29.4	14.06
0.2—0.1	14.00	37.95	3.84	0.4—0.2	22.8	17.56
—0.1	18.70	43.40	5.59	—0.2	43.2	28.50
原 煤 泥	100.0	26.45	3.32	原 煤 泥	100.0	20.89

表3所举之实例，对其他各洗煤厂所產生之煤泥，亦具有代表性質。

大塊精煤經脫水时所產生的煤泥，一般是与小塊精煤經脫水时所產生的煤泥不同。

德涅浦罗捷尔任斯克洗煤厂洗选塊煤及末煤所產生兩種煤泥的性質，即是个例子(見表4)。

煤泥有大粒的，也有小粒的。粒度較大的煤泥灰分較低，粒度小的煤泥灰分則較高。大粒煤泥之所以產生，是因为受脫水的精煤在脫水篩上未受到准确的篩分所致。大粒煤泥產生的数量是随着脫水篩篩板磨損程度而增加的，一般能达煤泥总產量的50%。

洗选塊煤及末煤所產生煤泥的性質

表 4

粒 度 (公厘)	塊 煤 煤 泥		末 煤 煤 泥	
	数量(%)	灰分(%)	数量(%)	灰分(%)
+3	0.75	6.94	0.43	12.03
3—1	30.73	8.86	21.24	12.98
1—0.5	24.58	16.10	29.40	17.61
—0.5	43.94	18.00	48.93	20.06
原 煤 泥	100.00	14.53	100.00	17.81

頓巴斯各洗煤厂煤泥的篩別分析

表 5

洗煤 厂別	煤 泥 別	数量 (佔 原屬之煤 灰分(%) 的%)		0.5公厘以上的大 粒煤泥(曾經在篩 上受水沖洗者)		0.5公厘以下 的小粒煤泥 (篩下品)	
		数量(%)	灰分(%)	数量(%)	灰分(%)	数量(%)	灰分(%)
甲厂	原 煤 煤 泥	20.5	14.9	12.4	8.3	8.1	24.0
	塊 煤 煤 泥	11.9	10.3	10.6	8.1	1.3	19.2
	末 煤 煤 泥	8.6	21.3	1.8	8.9	6.8	24.4
乙厂	原 煤 煤 泥	20.8	12.6	11.1	9.5	9.7	17.2
	塊 煤 煤 泥	10.6	10.6	9.2	9.0	1.4	17.0
	末 煤 煤 泥	10.2	14.7	1.9	10.1	8.2	16.2
丙厂	原 煤 煤 泥	19.4	14.1	10.5	7.9	8.9	21.4
	塊 煤 煤 泥	5.1	8.4	4.3	7.5	0.8	12.9
	末 煤 煤 泥	14.3	16.3	6.2	8.3	8.1	22.2
丁厂	原 煤 煤 泥	14.1	15.4	7.2	10.4	6.9	21.4
	塊 煤 煤 泥	5.2	12.8	4.2	9.8	1.0	20.0
	末 煤 煤 泥	8.9	17.4	3.0	10.1	5.9	21.0

頓巴斯各洗煤厂所出煤泥的篩別分析結果如表5所列^①。

由上表可以看出：無論是塊煤煤泥，或是末煤煤泥，其小粒者都是灰分較高的。因此各洗煤厂均將大粒煤泥加以脫水后，摻入精煤之中；而把小粒煤泥加以濃縮作為日常燃料之用。

各种粒度煤泥所含的灰分見表6。

各种粒度煤泥的灰分

表 6

粒度(公厘)	数量(%)	累計数量(%)	灰分(%)	硫分(%)
+4	7.69	7.69	3.49	1.84
4-3	4.27	11.96	5.52	1.79
3-2	3.90	15.86	5.16	1.77
2-1.5	7.07	22.93	5.11	2.03
1.5-1	7.63	30.56	5.95	1.94
1-0.7	12.94	43.52	6.65	1.88
0.7-0.5	15.23	58.75	8.44	2.01
0.5-0.2	15.71	74.46	12.67	2.15
-0.2	25.54	100.00	20.07	3.05
原 煤 泥	100.00	—	11.00	2.22

各种粒度的細微煤泥灰分之所以高，一方面是因为煤中含有各种礦物雜質，另一方面則因为煤中含有一种灰分最高的煤岩成份——絲炭，其性質是脆的。

因此可知，煤粉和煤泥的岩石学性質，以及各种礦物雜質的礦物成份和化学成份，對於浮游作用都是有極大关系的。

各洗煤厂都沒有關於煤粉及煤泥的煤岩成份的資料。但要

^① 參閱“煉焦用煤的精選”苏联曹·伊·曹列奧布拉克斯基著，劉駿文譯，燃料工業出版社，1954年。——編者

說明用浮游方法來選煤粉和煤泥時，是需要將其煤岩性質說明的，所以對這方面的問題有加以概略認識的必要。

用肉眼觀察各種腐植煤時，可以分辨出來有四种煤岩成份：絲炭、暗煤、亮煤、鏡煤。但在顯微鏡下觀察，煤基本上是由鏡煤及絲炭兩種成份組成的。頓巴斯所產供應煉焦之煤，基本上是屬於鏡煤類的煤炭。根據 Л.М. 馬叶爾教授所提出的研究資料來講，頓巴斯的此種煤中所含礦煤成份僅約5—7%。

茲將各種煤岩成份的性質，簡略敘述於下：

絲炭——比重一般是在1.35—1.45之間，是四种煤岩成份中灰分最高和孔隙最多的一種。絲炭分軟性絲炭和硬性絲炭兩種，軟性絲炭的硬度小於2，容易粉碎；硬性絲炭因已受礦化作用，其硬度為3—6.5。與其他三種煤岩成份相較，絲炭是最易受氧化的，其灰分最低者為5%，最高達30%。就一般情形來說，軟性絲炭的灰分低，硬性絲炭的灰分高。其灰分的成份主要是黃鐵礦(FeS_2)、菱鐵礦(FeCO_3)和方解石(CaCO_3)。

絲炭所含的灰分溶解於水中是很少的，只約有15%能溶於水內。有一些煤中含有黃鐵礦質的絲炭，它所含的硫分能達10—15%。絲炭在煉焦的時候是不粘結的，所以煉焦配合煤中如含有絲炭，它乃是一種有害的雜質(在大多數情況下是如此)。但是絲炭與肥煤相混煉焦時，如其數量只佔5—10%，那麼它不僅無害，而且有利。經驗已經證明：以肥煤煉出之焦是膨脹性的，摻加絲炭之後，則能提高焦炭的質量。

絲炭在煤層中是呈扁豆狀及不規則形狀的結核，其分佈狀況則主要是分佈於層理表面及裂隙之中。

如果送付浮選的礦漿中含有軟的絲炭，則其絕大部份聚集於最細微的煤泥和煤粉的顆粒中。在這種情況下，此種軟的絲炭便能很容易地浮游起來(因為它的灰分低)。假如選肥煤時，

原煤中所含絲炭的数量应以其不致影响精煤灰分为原則。肥煤中含有小量絲炭，是不会降低焦炭質量的(上面已經說過)。

遇所选之煤中含有硬的即已經礦化的絲炭时，則其僅有很小一部分会聚集於細微的煤粉和煤泥顆粒之中。这种硬絲炭的灰分高，而且比重亦較大，这会使其浮起的速度大为減小。礦化程度很深的絲炭在受浮选的时候，有的是在浮游选煤机的最后几个浮游室中浮起，有的則損失於尾礦之內。

特魯士烈維赤教授研究卡拉岡达中心洗煤厂所出煤粉和煤泥的浮游性时，發見其中含有兩種煤岩成份：一种是絲炭 α ，粉狀、疏水、手指触之沾手、質軟；另一种是絲炭 β ，已經礦化、質硬、親水。特魯士烈維赤教授乃根据这种研究結果作出了結論：礦化的絲炭是会有一部分損失於尾礦之中的。

頓巴斯的煉焦煤中所含最多的一种煤岩成份乃是軟質的絲炭但是它的灰分一般是高於其他三種煤岩成份的平均灰分。除煤中所含粘土質夾石層之外，絲炭及黃鉄礦乃是頓巴斯煉焦煤所含灰分的來源。除此之外，絲炭还是一种主要的含有固定硫之物。此种固定硫是选不出去的，它留在焦炭里面。对煉焦來講，这种硫是最有害的。在全部的煤中虽含有数量不大的絲炭(就頓巴斯之煤而言，含礦煤5—7%)，但絲炭本身是含很多硫(全硫)的。

暗煤——是一种复雜的煤岩成份，在煤中的含量也最多。它的硬度比其他各种煤岩成份的硬度均大，灰分是在5%左右。暗煤的灰分在成份上是类似高嶺土岩或粘土。暗煤系不粘結的，或稍有粘結性。其比重是1.27。

亮煤——也是一种复雜的煤岩成份，質軟，具有小量裂紋，比重为1.29。与暗煤相比，亮煤是較脆的。除去鏡煤之外，亮煤同时也是一种低灰分的煤岩成份，其灰分僅为1.2%。

亮煤所含灰分約有70%能溶解於水，它主要可能是變成煤炭的原生物質的鹼性化合物。亮煤富有粘結性。

鏡煤——是一種簡單的煤岩成份，而且是煤炭中的主要成份，比重為1.29，灰分僅約1%，而且灰分（約70%）很容易溶解於水中。此種鏡煤具有橫的裂紋，因此性脆，一經磨搽即成細微顆粒，而且富有粘結性。

煤中所含由絲炭要變成鏡煤之過渡煤稱為木化炭。木化炭近似絲炭的，稱為換質絲炭；其近似鏡煤的則稱為換質鏡煤。

對煤炭作顯微鏡下研究時，我們把木質纖維和芽胞等的殘骸所膠結成體的、看不出任何構造的膠結物質，叫作基性物質。

由上述各種煤岩成份的性質可以看出，其彼此的性質是不同的。所以在受浮選時，其彼此的浮游情況也是不同的。無論在硬度上、灰分上、灰分的化學成份上以及在煤炭本身的化學成份上的不同，在浮選的結果中都會表現出來。

鏡煤和亮煤用肉眼來看，是屬於閃光之煤；暗煤及絲炭則屬於無光澤之煤。就一般情況來講，頭兩種煤是較容易浮選的。

按脆性來說，暗煤和鏡煤是最脆的。因此在煤粉和煤泥中這兩種煤也最多。

四種煤岩成份的大小粒度的百分比

表 7

粒 度 別	絲 炭	暗 煤	亮 煤	鏡 煤
小粒度的	85.96	35.34	35.32	36.86
大粒度的	13.41	64.05	63.84	62.85
損 失	0.63	0.61	0.84	0.29
合 計	100.00	100.00	100.00	100.00

表 7 中所列是四种煤岩成份的大小粒度的百分比。

就表 7 所示情况言之，暗煤、亮煤和鏡煤的大小粒度的百分数是大致相同的，但有时鏡煤是以小粒度者居多数的。表中所示絲炭的数字是典型性質的。

卡拉岡达中心洗煤厂所出烟煤的煤粉和煤泥的煤岩成份如表 8 所示。

卡拉岡达中心洗煤厂煤粉和煤泥所含的煤岩成份 表 8

煤岩成份 名 称	粒 度 級 別 (公厘)						
	2—1	1—0.6	0.6—0.4	0.4—0.15	0.15—0.10	0.10—0.075	0.075—0
暗煤	20	15	20	15	—	—	—
木化炭	35	35	20	15	—	—	—
絲炭	10	15	15	15	20	25	30
換質絲炭	—	—	—	20	40	40	30
基性物質	30	25	35	20	25	20	15
礦物雜質	5	10	10	15	15	15	25
合 計	100	100	100	100	100	100	100

由表 8 可以看出：暗煤和木化炭都是比較硬的煤岩成份，均聚集於 0.1 公厘以上的各級中；絲炭的含量則隨粒度由大變小的程度而增加，在最小的 (0.075—0 公厘) 一級中絲炭佔 30%；換質絲炭僅在 0.4 公厘以下的各級中才含有的。

有一点还要注意：煤岩成份的灰分是隨着粒度級別由大變小的程度而增加的。

各种煤岩成份，在化学元素成份上，彼此是不同的。絲炭的化学元素成份尤其个别。

表 9 中所列是庫茲巴斯煤田煉焦煤性質的說明，由表中可以看出各种煤岩成份的不同。