

选煤技术文集

煤泥水处理



《煤泥水处理》编译组 煤炭工业出版社

选煤技术文集

煤 泥 水 处 理

《煤泥水处理》编译组

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书包括煤泥水处理工艺和设备、深锥浓缩机底流产品的电化脱水、选煤厂煤泥水流程的改进三部分。

书中比较系统地介绍了选煤厂用水的性质，煤泥的特性，絮凝的机理以及煤泥沉淀与絮凝的动力学理论。书中还介绍了用沉淀、过滤和离心力等方法进行煤泥脱水的工艺和设备，提出几种不同的煤泥水系统及其计算方法，对目前正在研制的电化脱水设备和浮选尾煤的脱水系统也做了阐述。

本书可供有关专业的工程技术人员、工人和科研、设计人员阅读，煤矿院、校有关专业的师生也可参阅。

选煤技术文集

煤 泥 水 处 理

《煤泥水处理》编译组

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₃₂ 印张9⁷/₈
字数 218 千字 印数1-4,360
1979年10月第 1 版 1979年10月第 1 次印刷
书号15035·2237 定价0.80元

编译者的话

在选煤厂的工艺系统中，煤泥的处理（回收、浓缩和脱水）是一个重要环节。近年来，煤泥处理已成为选煤厂中急待解决的重要课题。各国的选煤工作者几乎都在研究、简化现有煤泥水系统，改进煤泥浓缩脱水设备，并寻找实现煤泥厂内回收、洗水闭路循环的新途径。

为使我国选煤工作者更多的了解国内外煤泥水处理工艺的发展情况，我们编译了这本书，供读者借鉴。

收入文集的文章主要选自苏联的书刊和国内的有关科研成果。

书中阐述的煤泥絮凝理论，煤泥水系统的选择与计算，煤泥回收和浓缩设备的改进，凝聚剂的使用等，对选煤厂生产管理具有一定的参考价值。书中扼要介绍的尾煤脱水的新途径——电化学脱水法，是目前国内外正在研究的新课题。

在文集编译过程中，我们对原文作了必要的删改。全书由单忠健同志整理。

在编译过程中，我们得到有关同志的支持和帮助，有的文章还引用了我国部分选煤厂的试验资料。借此机会，表示感谢。由于我们的水平不高，加之时间仓促，书中缺点和错误在所难免，希望读者批评指正。

一九七八年十一月二十四日

目 录

煤泥水处理工艺和设备	1
一、工业用水及煤泥	1
二、煤泥沉淀与分级原理	22
三、煤泥的凝聚	46
四、分级(脱泥)、浓缩及洗水澄清设备	67
五、离心脱水设备	122
六、过滤脱水	129
七、选煤厂煤泥水系统	195
八、煤泥水系统的评定	251
深锥浓缩机底流产品进一步脱水的新途径——电化学脱水 ...	262
九、深锥浓缩机	262
十、电化学脱水的一般原理	263
十一、电化学脱水过程的分析	272
十二、电化学脱水试验	277
选煤厂煤泥水流程的改进	298
十三、选煤厂煤泥水流程	298
十四、浮选尾煤的脱水	303

煤泥水处理工艺和设备

[苏] T·Г·弗缅科 B·C·布达维茨基
E·M·勃加尔采娃 著

一、工业用水及煤泥

(一) 工业用水

在选煤厂，水是洗煤过程中一种重要的工作介质。为了减少水耗，必须将水返回复用。这种循环水在生产过程中被煤泥污染，含大量可溶性盐类，从而使水的比重、粘度和盐类组成等性质发生了变化，可用下列数据来说明：

1. 比重 化学纯的水，其比重与温度有关。

温度，℃	4	7	10	15	20	30	50
比重，克/厘米 ³	1	0.99997	0.99973	0.99913	0.99823	0.99567	0.99807

工业用水当其中仅含有可溶性盐类时，其比重与化学纯净水的比重略有不同，但很接近，所以，规定在温度为4~16℃的条件下，其比重等于1。

被煤泥污染的水的比重与煤泥的含量和煤泥的比重有关，可用表1-1的数据来表示。

2. 粘度 化学纯的水其动力粘度值与温度的关系如表1-2所示。

粘度随温度的不同而发生的变化是很大的，这种变化无论是在实验室研究时或在选煤生产实践中，都应加以考虑。这一点对于细粒煤泥的沉淀尤为重要。溶有盐类的工业用水

表 1-1 煤浆的比重与固体含量及其比重的关系

水中的固体含量 克/升	当固体的比重为下列数值时的煤浆比重, 克/厘米 ³								
	1.35	1.4	1.45	1.5	1.55	1.6	2.2	2.3	2.4
50	1.012	1.014	1.016	1.018	1.019	1.021	1.042	1.046	1.050
100	1.025	1.029	1.033	1.036	1.040	1.044	1.087	1.094	1.102
200	1.049	1.055	1.063	1.070	1.077	1.084	1.168	1.182	1.196
300	1.075	1.086	1.097	1.108	1.118	1.129	1.258	1.297	1.301
400	1.100	1.114	1.128	1.142	1.156	1.171	1.342	1.370	1.398
500	1.125	1.143	1.161	1.179	1.197	1.214	1.429	1.465	1.501
600	1.150	1.172	1.194	1.215	1.237	1.258	1.516	1.559	1.602

表 1-2 水的粘度与温度的关系

温 度 ℃	动力粘度 牛顿·秒/米 ²	温 度 ℃	动力粘度 牛顿·秒/米 ²
5	0.0015180	40	0.0006536
10	0.0013097	45	0.0005970
15	0.0011447	50	0.0005492
20	0.0010087	60	0.0004699
25	0.0008949	70	0.0004571
30	0.0008004	80	0.0003570
35	0.0007208	90	0.0003166

的动力粘度随盐类浓度的增高而稍有增高。

含有煤泥的水与纯水的性质是不同的。单从洗水的固体含量这个观点出发来评定洗水是不充分的。在同样的固体含量下, 水的粘度随煤泥的性质和粒度组成的不同会发生很大的变化。

在评定被煤泥污染的水的粘度时, 不仅应考虑固体含量, 而且要考虑固体颗粒间复杂的相互作用。因此, “粘度”这个术语应用于煤泥水这种悬浮液时, 只是相对的。

为了表达粗分散系悬浮液的粘度特性，可采用一个专门术语“有效粘度”。

各种不同煤泥水的有效粘度，可按下式计算：

$$\mu_{\text{有效}} = \mu_B \frac{t_B \Delta_{\Pi}}{t_{\Pi} \Delta_B} = \mu_B \frac{t_B \Delta_{\Pi}}{1000 t_{\Pi}} \quad (\text{牛顿} \cdot \text{秒} / \text{米}^2), \quad (1-1)$$

式中 μ_B ——净水的粘度，牛顿·秒/米²，按表 1-2 取值；

t_B ——净水自粘度计流出的时间，秒；

Δ_{Π} ——煤泥浆的比重，公斤/米³；

t_{Π} ——煤泥浆自粘度计流出的时间，秒；

Δ_B ——净水的比重，等于1000公斤/米³。

如果说胶体介质的粘度主要是由分散相的含量所决定，那么，对煤泥水悬浮液来说，粘度还取决于煤泥粒度的不均匀性所引起的相互作用力的变化。颗粒间的相互作用以及介质性质的形成过程是十分复杂的，至今尚未彻底研究清楚。

为了研究煤泥水的固体含量及其粒度组成对煤泥水性质的影响，曾经利用具有下列特性的煤泥：

粒度(微米)	43~50	30~43	20~30	16~20	12~16	<12
灰分(%)	9.7	9.5	10.8	12.4	20	27.7

由上述粒度组成的煤泥，在介质温度为20℃时制备的各种煤浆的有效粘度的特性，如图1-1曲线所示。

图1-1的曲线表明，在煤泥粒度为35微米以下时，粘度剧增。当煤泥的粒度增大时，煤浆的粘度值实际上并不增高。当煤浆中固体含量小于50克/升（曲线1和2）时，未发现其粘度剧增的情况。为了验证这一点，曾在玻璃量筒内对不同的固体含量和不同煤泥粒度的煤浆，进行测定煤浆固体沉降速度的实验（见图1-2）。

实验结果证明，在不同固体含量的煤泥水中，当煤泥的

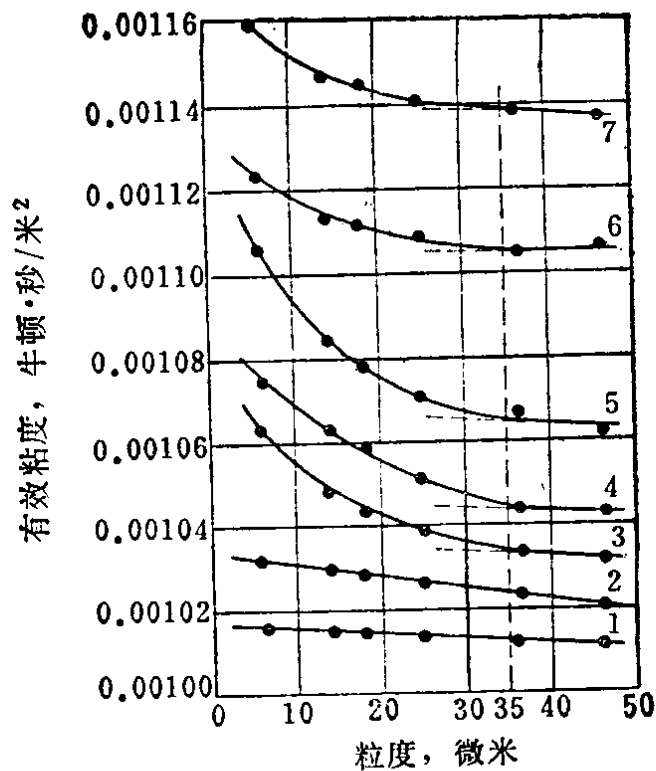


图 1-1 煤浆的有效粘度与煤泥粒度在下列固体含量
(克/升)下的关系

1—10; 2—25; 3—50; 4—75; 5—100; 6—150; 7—200

粒度小于35微米时，其沉降速度相差无几而粘度剧增。粒度大于35微米的煤泥比较容易沉淀，粘度变化也不大。

随着介质粘度的增高，介质对沉降物质的阻力也增大。因而在跳汰过程中，较细煤粒的分选效率亦随之降低。

在被泥质煤泥（0~0.045毫米粒级的灰分高于25%）污染的水中进行的煤炭跳汰的试验（见图1-3）表明，此时有效分选的粒度下限，0.5~1毫米粒级的灰分及介质的粘度均有所增高，当水中的煤泥含量在50克/升以上时，增高得更显著。如果水被泥化程度不大的煤泥所污染（0~0.045毫米粒级的灰分低于25%时）则上述级别的灰分、介质粘度和煤的有效分选粒度下限将从固体含量为80克/升起开始剧增。这一

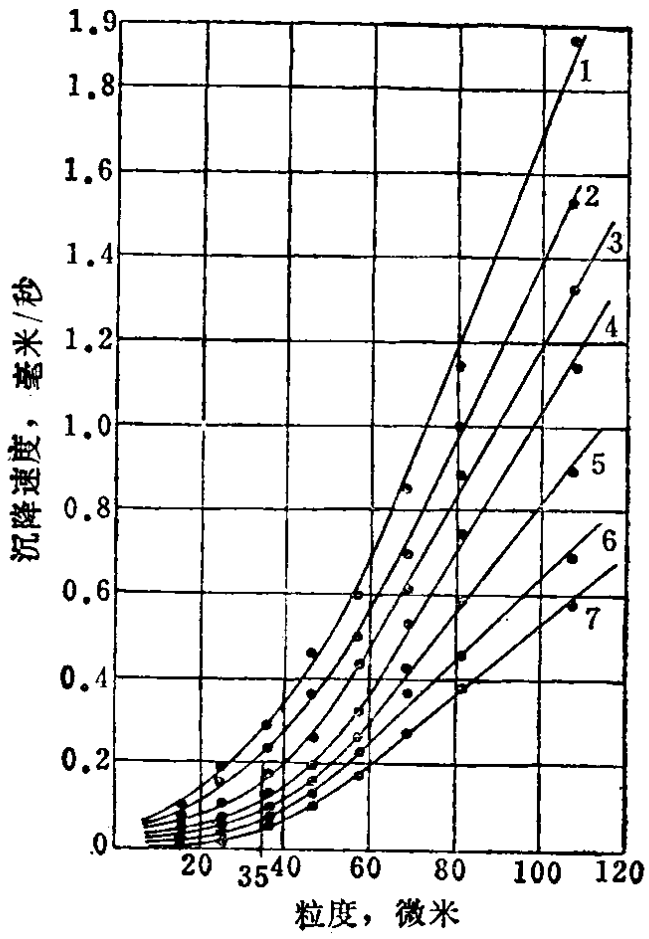


图 1-2 煤浆中含有下列固体含量(克/升)时, 各种不同粒度的颗粒的沉降速度
1—10; 2—25; 3—50; 4—75; 5—100; 6—150; 7—200

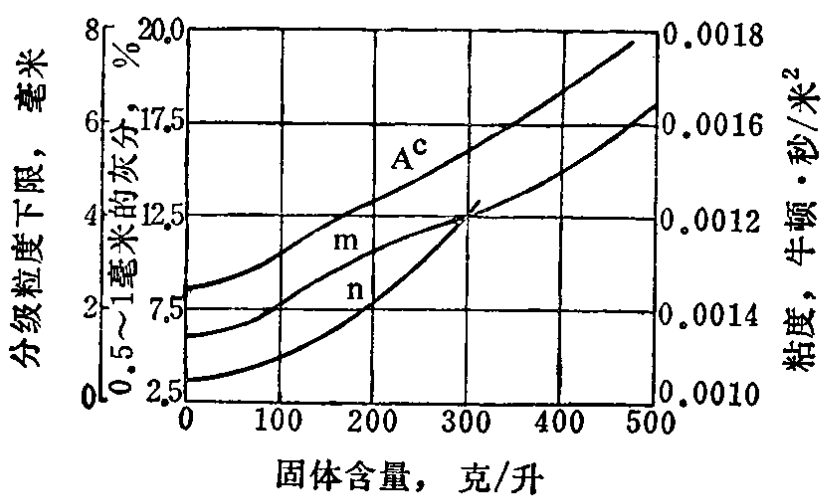


图 1-3 悬浮液的粘度、分选粒度下限和0.5~1毫米级精煤的灰分与水中固体含量的关系

点也可从图 1-4 所示的不同固体含量下的精煤灰分和分选深度的变化曲线得到证明。

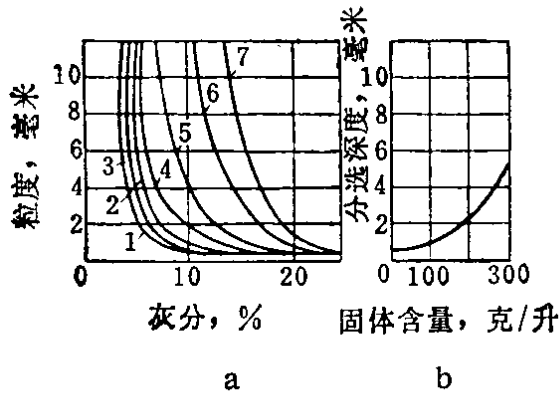


图 1-4 在含有粒度小于1000微米煤泥的介质中的分选效果

a—精煤的灰分; b—分选深度

1—0克/升; 2—50克/升; 3—100克/升;
4—200克/升; 5—300克/升; 6—400克/升;
7—500克/升

当循环水中的固体含量为 0 至 80 克/升(泥化的煤泥含量在 50 克/升以下)时, 介质粘度和分选指标实际上均无变化。因此, 循环水中容许的固体含量根据煤泥的特性不同不应高于 50~80 克/升。固体含量进一步增高时, 将导致

跳汰过程的效率下降。关于这一点, 已由一些选煤厂的工业性试验所证实。

某一选煤厂对循环水中固体含量为 200~250 克/升和小于 5 克/升(比较纯净的水)时的跳汰机选后产品进行了分析试验。试验结果列于表 1-3。

在被污染的循环水中, 只有粒度大于 1 毫米的颗粒才能被有效地分选出来, 粒度小于 1 毫米的则不能有效地分选, 然而, 在比较纯净的循环水中, 能非常有效地分选粒度大于 0.5 毫米的颗粒。

在循环水被污染的条件下, 跳汰机对细粒煤的分选效率低的原因是由于介质的阻力随粘度和比重的增高而大大增大。例如, 当水的污染达到 400 克/升时, 其粘度可增高 30%, 而其比重将增大 18%。此外, 由于煤泥的循环, 跳汰机也将过负荷, 有时, 其负荷可达到 300 吨/时。

洛塔林格 (Лотаринги) 选煤厂曾通过试验确证, 在

表 1-3 选后产品的灰分与循环水中固体含量的关系

产品	煤 的 粒 度, 毫 米							合计
	>13	6~13	3~6	1~3	0.5~1	0.3~0.5	<0.3	
200~250克/升								
精煤:								
粗粒	4.7	5.15	5.92	6.75	6.74	10.41	13.38	5.43
细粒	—	5.17	6.22	7.78	9.43	11.30	15.14	6.80
洗矸:								
粗粒	75.07	75.07	68.06	65.01	57.03	33.04	38.02	71.75
细粒	—	72.36	70.88	68.21	62.28	31.51	34.70	68.09
小于5克/升								
精煤:								
粗粒	4.29	5.81	6.29	7.55	8.60	9.05	15.07	5.20
细粒	—	4.28	4.75	4.98	5.87	6.71	9.45	5.45
洗矸:								
粗粒	78.20	76.13	76.50	69.60	69.90	65.10	51.14	76.40
细粒	—	75.66	73.04	70.30	65.38	63.00	47.78	72.50

比较纯净的水中,煤的有效分选粒度为0.4~0.5毫米以上。

当循环水中的固体含量颇大时,粒度为0.5~1毫米的颗粒不能在澄清浓缩设备中很好地沉淀,而溢流进入浮选,其中大部分跑到尾煤中,从而降低了尾煤的灰分。

污染的循环水对脱水过程也有不良影响。随着循环水中固体含量的增高,煤泥筛上产品的水分也会增高(见表1-4)。

因此,选煤厂的工艺流程、设备和工作制度必须能保证使循环水达到最适宜的固体含量,即不高于50~80克/升,而且应使介质的质量保持稳定。此外,为了防止在循环过程中形成并聚集额外的细粒煤泥(小于35微米),必须尽可能地缩短水与煤泥的接触时间。关于这一点,可以采用能够最大限度地减少各类容器的容量和循环水用量的煤泥水系统来

表 1-4 煤泥脱水筛上产品的水分与循环水中固体含量的关系

固体含量 克/升	煤 泥 筛 入 料		脱 水 后 煤 泥	
	固体含量,克/升	灰分,%	水分,%	灰分,%
165	365	13.24	30.7	9.22
180	416	14.22	31.0	10.08
190	464	16.29	31.8	13.80
200	400	13.80	33.5	10.31
350	460	13.13	35.1	10.57

实现。

3. 水的盐类组成 选煤厂使用的生产用水中经常都含有一定量的可溶性盐类。由于入选原煤中所含的某些矿物组分被浸出,因而使水中的某些盐类发生聚集。

选煤厂的生产用水中含有 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{++} 、 Mg^{++} 、 Fe^{++} 等阳离子和 HCO_3^- 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{--} 、 SiO_2^- 等阴离子。此外,水中还含有 CO_2 、 O_2 、 H_2 、 N_2 等可溶性气体。

对于水的化学污染程度可以根据水的硬度、氢离子浓度(pH)和电导率来评定。

选煤厂循环水的矿化作用是由于煤的矿物组成部分中的某些化合物在循环水中与煤(或无烟煤)相互作用时被溶解而发生的。

根据试验可知,当水与非氧化煤和矸石相互作用时,水的矿化与接触时间实际上无关。碱性介质对水的矿化没有影响,而酸性介质则能溶解无机化合物。但是,由于煤具有缓冲性,介质的pH值增大到中性时,对无机化合物在水中的溶解就不再继续发生影响。选煤厂用水的矿化程度和与水发生接触的矿物质的数量成正比关系。

现将顿巴斯九家选煤厂循环水的盐类组成列于表1-5。

表 1-5 循环水的盐类组成

pH	蒸发残渣 毫克/升	总硬度 毫克/当量	离子组成, 毫克/升					
			K ⁺ , Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻
7.5	4059	29.0	716.9	334.7	149.9	314.6	2376.0	109.8
7.5	3338	26.5	557.8	260.5	163.9	352.0	1824.0	231.0
7.5	3470	25.5	638.5	276.5	142.0	324.9	1888.0	292.0
7.5	3100	26.0	544.4	284.0	131.0	444.5	1640.0	183.0
7.3	1638	15.0	269.7	188.4	69.1	215.4	869.0	122.0
7.4	2036	7.5	538.0	108.2	46.8	294.8	937.7	189.1
7.4	2518	11.0	636.9	144.3	46.3	304.3	1247.9	225.7
7.4	3352	32.0	377.1	368.7	169.0	444.5	1614.7	146.4
7.3	2042	12.5	416.0	136.3	69.4	352.2	793.2	256.2

上述数据表明, 在这些洗选顿涅茨煤的选煤厂中, 循环水的盐类组成都是极不相同的。

如果认为容许电导率不应超过2500微欧姆(高电导率能引起金属结构物发生腐蚀), 那么根据乌克兰十四家选煤厂的统计, 其中只有四家选煤厂的生产用水的电导率低于2500微欧姆。

乌克兰选煤科学研究院指出, 增大选煤厂循环水的矿化程度, 实际上很少改变其腐蚀活性。因此, 选煤厂可以利用矿化程度强且含有硫酸盐的井下水作为生产用水。

在选煤厂采用煤泥水闭路循环时, 循环水中的盐类应保持3000~6000克/米³的动平衡。这一数量的盐类含量能够改善煤泥水的澄清过程。

(二) 煤泥的特性及其聚集的原因

在选煤实践中, 通常将湿法选煤所得到的粒度1毫米以下的含水产品叫做煤泥。而采用浮选后这个煤泥的粒度上限是

0.5毫米。

煤泥是一种复杂的多分散系统，它是由一些各种不同形状、不同粒度和不同岩相成分的颗粒以不同的比例所构成。

选煤厂的煤泥水呈悬浮体，煤泥呈塑性体和松散体（固体）。

悬浮体分为不稳定的和稳定的两种。在不稳定的悬浮体中，由于较大的颗粒沉降而使固体分层。为了使固体在不稳定的悬浮体中能够保持悬浮状态，需要施加机械作用（如搅拌、上升水流等等）。用来表示煤浆不稳定性的粒度下限为1微米。

胶态悬浮体是固体与液体的混合物，固体颗粒由分子力来保持其悬浮状态，分子力大于固体颗粒的重力。此种固体颗粒的粒度上限为0.1微米。

塑性体是固体与水的混合物，由于含水量不多，固体颗粒相互间处于经常和直接接触的状态，不再是悬浮体，而是一种比较均匀的塑性体。当固体含量超过600克/升时，煤浆可能呈现为塑性体，并且，该塑性体的剪应力不低于10~12牛顿/米²。

松散体（固体）是一种固体与少量液体的混合物，且颗粒间充有空气，因此这种混合物系由三相组成，但无重力水。

选煤厂的煤泥按粒度可分为两类：粒度大于35~45微米的粗粒煤泥，这类煤泥较易沉淀、回收、分选和脱水，也就是说这类煤泥的处理不会发生困难；粒度小于35~45微米的细粒煤泥，它使煤浆的性质发生急剧的变化，并给煤泥的分选、沉淀、浓缩、脱水和过滤等作业都带来困难。

选煤厂中还有未选（原生）煤泥和选后煤泥（浮选精煤、水力旋流器精煤和淘汰盘精煤），以及离心液和尾煤

(浮选尾煤、水力旋流器与淘汰盘尾煤)。

在整个选煤工艺流程中，各不同工艺环节的煤泥产品的粒度及矿物组成也各不相同。

为了按粒度评定煤泥，可采用特征指数 a (分散度)：

$$\gamma = e^{ad}, \quad \ln\gamma = ad, \quad (1-2)$$

式中 γ ——平均粒度为 d 的粒级出量，%；

a ——平均粒度为 d 的粒级分散度；

d ——粒级的平均粒度，微米。

但是，因为每一粒级都具有它本身的分散度，故全部煤泥的分散度可按所有粒级分散度的加权平均值来计算：

$$a = \frac{\gamma_1 a_1 + \gamma_2 a_2 + \cdots + \gamma_n a_n}{100}, \quad (1-3)$$

式中 $\gamma_1, \gamma_2, \cdots, \gamma_n$ ——煤泥各粒级的出量，%；

a_1, a_2, \cdots, a_n ——煤泥各粒级的分散度，

$$a_1 = \frac{\ln 100}{d_1}, \quad a_2 = \frac{\ln 100}{d_2} \cdots \cdots,$$

$$a_n = \frac{\ln 100}{d_n};$$

d_1, d_2, \cdots, d_n ——各粒级煤泥颗粒的平均粒度，微米。

根据煤泥的粒度组成(见表1-6)，即可计算其分散度。每一粒级的分散度可按下式计算，

即

$$a = \frac{\ln 100}{d};$$

$$a_1 = \frac{\ln 100}{2000} = 0.0023026;$$

表 1-6 煤 泥 的 粒 度 组 成

粒 度, 微 米	平均粒度, 微米	出 量, %
1000~3000	2000	21.69
500~1000	750	9.60
250~500	375	13.61
125~250	187.5	11.64
63~125	94	6.86
40~63	51.5	8.42
20~40	30	22.33
10~20	15	4.02
—10	5	1.83

$$a_2 = \frac{\ln 100}{750} = 0.006155;$$

$$a_3 = \frac{\ln 100}{375} = 0.0123;$$

$$a_4 = \frac{\ln 100}{187.5} = 0.02455;$$

$$a_5 = \frac{\ln 100}{94} = 0.049;$$

$$a_6 = \frac{\ln 100}{51.5} = 0.0896;$$

$$a_7 = \frac{\ln 100}{30} = 0.1536;$$

$$a_8 = \frac{\ln 100}{15} = 0.307;$$

$$a_9 = \frac{\ln 100}{5} = 0.922。$$

全部煤泥的分散度 a ，可按公式1-3计算：