

李忠信 编著

选煤厂 获最佳经济效益 方法的研究

煤炭工业出版社

选煤厂获最佳经济效益 方法的研究

李 忠 信 编著

煤 炭 工 业 出 版 社

〈京〉新登字042号

图书在版编目 (CIP) 数据

选煤厂获最佳经济效益方法的研究/李忠信 编著.-北京:煤炭工业出版社, 1994

ISBN 7-5020-1101-3

I. 选… II. 李… III. 选煤厂-经济效益-最佳化-研究
IV. TD94

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第13278号

选煤厂获最佳经济效益方法的研究

李忠信 编著

责任编辑:施文华

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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787×1092mm¹/32 印张7

字数153千字 印数1—410

1995年6月第1版 1995年6月第1次印刷

书号3869 GD313 定价7.50元

目 录

第一章	可选性曲线的绘制方法及其应用.....	1
第二章	选煤产品产率的计算方法.....	12
第三章	选煤厂最大精煤产率原则及应用.....	32
第四章	选煤厂最佳精煤灰分的确定方法.....	39
第五章	社会主义市场经济条件下选择最佳 精煤灰分的方法及应用.....	54
第六章	炼焦煤选煤厂最佳精煤灰分的近似 计算方法.....	64
第七章	动力煤选煤厂最佳精煤灰分的近似 计算方法.....	80
第八章	选煤厂实现最佳煤炭产品结构的方法.....	97
第九章	优化配煤的方法.....	123
第十章	选煤厂实现最大经济效益计算实例.....	167
第十一章	煤炭价格调价与选煤厂获最大经济 效益的关系.....	189
应用附表		207

第一章 可选性曲线的绘制方法 及其应用

为了优化选煤厂的生产管理和计算经济效益，有必要对选煤工艺过程的实际可选性曲线进行研究。下面就分别论述几种可选性曲线的绘制方法及其应用。

一、利用计算原煤绘制实际可选性曲线法

将选后产品进行浮沉试验，将分配到各产品中的各密度级物料量累计相加，依据所求得的产率和灰分，绘出实际可选性曲线。表1-1所示即为某选煤厂计算入选原煤的生成表。

利用表1-1再进行累计运算，可得计算原煤的可选性即浮沉试验资料（表1-2）。

仿照原煤浮沉试验资料，绘制浮物曲线 β 和沉物曲线 θ 的方法，即可绘制出实际可选性曲线，见图1-1。应该指出的是，这时绘出的可选性曲线，是按在某一特定的分选密度下分选出的产品绘制的，不适合其他密度，因此通用性差。应该仿表1-1及表1-2的方法按1.30、1.35、1.40、1.45、1.50、1.55和1.60七个密度级进行试验，得出相应的浮沉物产率和灰分，才可以绘出通用的浮物曲线 β' 和沉物曲线 θ' 。但这种方法很复杂，生产现场往往做不到。所以未能推广应用（可选性曲线图 θ' 省略）。有些选煤厂如能创造条件进行实验，就可绘制这种可选性曲线，而且可以应用。

二、引 β ， θ 曲线平行线法

当已知跳汰机二段和一段理论分选密度 δ_2 和 δ_1 时，由生

表 1-1 计算原煤的生成

密度级 (kg/l)	精煤 (%)		中煤 (%)		矸石 (%)		计算原煤 (%)	
	产率	灰分	产率	灰分	产率	灰分	产率	灰分
							$\frac{(2)+(4)}{+(6)}$	$\frac{f(2) \times (3) + (4) \times (5) + (6) \times (7)}{+(8)}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<1.25	0.18	3.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	3.72
1.25~1.40	50.26	7.10	8.07	9.53	0.03	8.83	58.36	7.41
1.40~1.45	1.36	15.52	3.40	16.97	0.01	14.87	4.77	16.55
1.45~1.50	0.53	20.01	2.27	21.56	0.06	15.99	2.86	21.24
1.50~1.60	0.11	24.95	2.59	28.81	0.08	30.55	2.78	28.70
1.60~1.80	0.01	34.90	1.76	39.12	0.23	39.47	2.00	39.15
1.80~2.00	0.00	0.00	0.30	53.35	0.56	53.66	0.86	53.55
>2.00	0.00	0.00	0.83	81.13	27.36	88.12	28.19	87.92
合 计	52.45	7.48	19.22	24.34	28.33	86.64	100.00	32.57

表 1-2 计算原煤的可选性

密度级 (kg/l)	产率 (%)	灰分 (%)	密度 (kg/l)	浮物累计 (%)		沉物累计 (%)	
				产率	灰分	产率	灰分
				$\Sigma(11) \downarrow$	$\Sigma(11) \times (12) \downarrow$ 100	$\Sigma(11) \uparrow$	$\Sigma(11) \times (12) \uparrow$ (11)
(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(18)
			$D_{\min}$	0.00	0.00	$D_{\min}$	32.57
<1.25	0.18	3.72	1.25	0.18	0.01	3.72	32.62
1.25~1.40	58.36	7.44	1.40	58.54	4.35	7.43	68.07
1.40~1.45	4.77	16.55	1.45	63.31	5.14	8.11	74.77
1.45~1.50	2.86	21.24	1.50	66.17	5.75	8.68	79.30
1.50~1.60	2.78	28.70	1.60	68.95	6.54	9.49	83.83
1.60~1.80	2.00	39.15	1.80	70.95	7.32	10.32	86.90
1.80~2.00	0.86	53.55	2.00	71.81	7.78	10.84	87.92
>2.00	23.19	87.92	$D_{\max}$	100.00	32.57	32.57	$A_{\max}$
合 计	100.00	32.57					

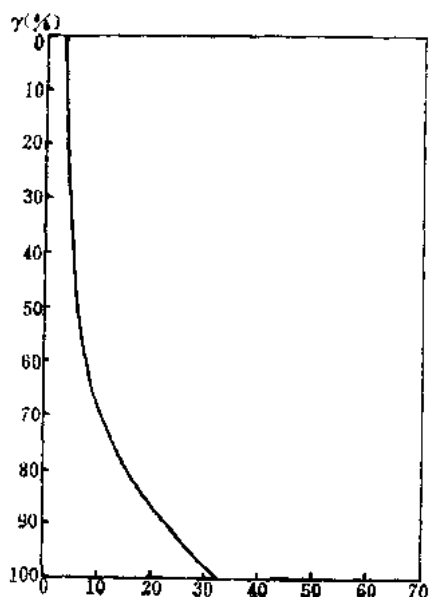


图 1-1 根据计算原煤绘制 β' 曲线

产实践，确定出相应的实际分选密度 δ'_2 和 δ'_1 ，根据理论 β 曲线、 θ 曲线和密度曲线 δ ，可按以下步骤绘制实际可选性曲线。

先在 δ_2 处作垂线与 δ 曲线相交于 P_2 点，由 P_2 点引横轴的平行线与 β 曲线相交于 Q_2 点，过 Q_2 点引垂线与横轴交于 A_2 （精煤灰分）点，延长 A_2Q_2 直线，再由 δ'_1 点引垂线与 δ 曲线交于 P'_1 点，过 P'_1 点引平行于横轴的直线与 A_2 延长线交于 Q'_1 点，过 Q'_1 点引 β 曲线的平行曲线（图1-2），仅引一段即可，一般只引到1.30~1.65密度级。图1-2中的虚线部分即为 β' 曲线。

θ' 曲线的绘制步骤与 β' 曲线的绘制方法相类似,只是 δ'_1 比 δ_1 大,过 δ_1 点引垂线与 θ 曲线相交于 N_1 点,由 N_1 点引平行于横轴的直线,与 θ 曲线交于 M_1 点,由 M_1 点引垂线,得矸石灰分 A_1 ,并延长 A_1M_1 。再由 δ'_1 点引垂线与 θ 曲线相交于 N'_1 点,过 N'_1 点引平行于横轴直线,与 A_1M_1 线交于 M'_1 点,过 M'_1 点引 θ 曲线的平行曲线 θ' (图1-2中虚线),也只引一段,一般引到1.65~2.00密度级。这种绘制可选性曲线的方法,在日本选煤生产中是普遍应用的。它的主要缺点是,要根据人的经验确定实际分选密度 δ'_1 和 δ'_2 ,而且同跳汰机的I值没有联系,不够科学、严密,但在日本已获得广泛应用。

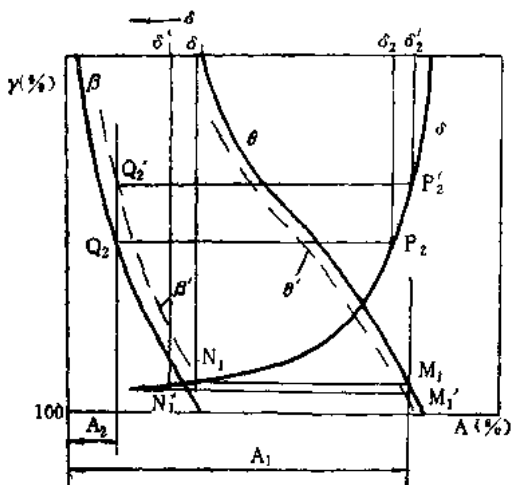


图 1-2 平行线法绘制实际可选性曲线

三、利用 $I=f(\Delta\delta)$ 求实际分选密度，引 β 、 θ 平行线法

当已知跳汰机 I_2 、 I_1 和理论分选密度 δ_2 、 δ_1 时，可利用公式 $\delta'_2 = \delta_2 - \frac{I_2}{3}$ （见下节）算出实际分选密度 δ'_2 ，而后在密度坐标上找出 δ_2 和 δ'_2 ，分别向 δ 曲线作垂线，交点为 P_2 和 P'_2 ，由 P_2 和 P'_2 分别引横轴的平行线， P_2 点与 β 曲线交点为 Q_2 ，过 Q_2 向横轴作垂线，得精煤灰分 A_2 ，延长 A_2Q_2 与过 P'_2 点横轴平行线交于 Q'_2 点，过 Q'_2 点作 β 曲线的平行线 β' （一段）， β' 即为实际浮物曲线（图1-3）。

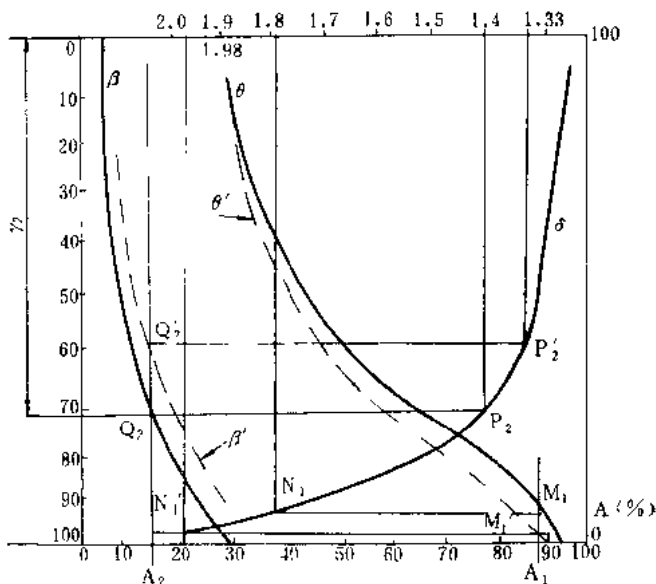


图 1-3 利用 $I=f(\Delta\delta)$ 求实际分选密度引 β 、 θ 平行线法绘制实际可选性曲线

θ' 曲线的绘制方法与 β' 曲线相似,由公式 $\delta'_1 = \delta_1 + \frac{I_1}{1.2}$ (见下节)算出实际分选密度 δ'_1 ,在密度坐标上找出 δ_1 和 δ'_1 ,过 δ_1 和 δ'_1 向 θ 曲线作垂线交于 N_1 和 N'_1 ,过 N_1 和 N'_1 分别引横轴的平行线,过 N_1 的平行线与 θ 曲线交于 M_1 点,过 M_1 引垂线得矸石灰分 A_1 , A_1M_1 线与过 N'_1 的平行线交于 M'_1 点,过 M'_1 点作 θ 曲线的平行曲线 θ' (图1-3虚线), θ' 即为实际沉煤曲线。该法与跳汰机 I 值相关,可以通过计算确定实际分选密度 δ'_2 和 δ'_1 ,比日本只靠人的经验确定实际分选密度的办法更具科学性,一般情况下可以应用。缺点是各用一个理论分选密度 δ_2 、 δ_1 ,不够精确。

举例说明:已知跳汰机二段的 I_2 为0.21,分选密度 δ_2 为1.40,则实际分选密度 $\delta'_2 = \delta_2 - \frac{I_2}{3} = 1.40 - \frac{0.21}{3} = 1.33$

一段的 $I_1 = 0.21$,理论分选密度 $\delta_1 = 1.80$

则实际分选密度 $\delta'_1 = \delta_1 + \frac{I_1}{1.2} = 1.80 + \frac{0.21}{1.2} = 1.98$

图1-3就是按上述方法绘制的 β' 和 θ' 曲线。

四、利用 $I = f(\Delta\delta)$ 求实际分选密度,连点绘制可选性曲线法

上述绘制可选性曲线的方法,虽有缺点,一般情况下是可以用的。为了比较精确地绘制可选性曲线,综合前述方法的优点,下面介绍一种新的可选性曲线的绘制方法,这种方法可取几个密度,因此比较精确。

根据国内外选煤生产实践资料表明,跳汰过程的理论分选密度 δ 与实际分选密度 δ' 的差值 $\Delta\delta$ 和跳汰机的不完善度 I

有近似线性关系。近年来，由于数控电磁风阀的出现，跳汰机的 I 值减小，一般为0.15左右。老式跳汰机 I 值最大可达0.3，即 I_2 一般在0.15~0.3， I_1 一般在0.12~0.24。为使精煤灰分稳定，选煤厂往往控制二段实际分选密度 δ'_2 稍低于二段的理论分选密度 δ_2 ，两密度差 $\Delta\delta_2$ 在0.05~0.1 之间。 I_2 与 $\Delta\delta_2$ 近似线性关系见表1-3。

表 1-3 I_2 与 $\Delta\delta_2$ 的关系表

	0.01		0.01		0.01		0.01		0.01	
$\Delta\delta_2$	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10				
I_2	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30				
	0.03		0.03		0.03		0.03		0.03	

由表1-3可以看出 $\Delta\delta_2$ 的阶差为0.01， I_2 的阶差为0.03，则

$$\frac{dI_2}{d\Delta\delta_2} = \frac{0.03}{0.01} = 3.0$$

斜率为常数，呈线性方程式

即 $I_2 = 3\Delta\delta_2 + b_2$ (b_2 为截距)

将表1-3中的首末两点坐标代入上式求出 b_2 值为零。

则

$$I_2 = 3\Delta\delta_2 = 3(\delta_2 - \delta'_2) \quad (1-1)$$

当已知跳汰机的 I_2 和不同的理论分选密度后，利用(1-1)式求出不同的实际分选密度，再利用理论可选性曲线 β 、密度曲线 δ 和理论分选密度，仿前述求灰分线后，可求出不同的坐标点，将其连接后，即可绘出实际可选性曲线 β' 。 θ' 实

际沉煤曲线的绘制与 β' 曲线的绘制方法基本相同。选煤厂为了保证矸石中尽量不带走煤，在操作中多使第一段的实际分选密度 δ' 稍大于理论分选密度 δ_1 ， I_1 与 $\Delta\delta_1$ 的近似线性关系见表1-4。

表 1-4 I_1 与 $\Delta\delta_1$ 关系表

	0.02		0.02		0.02		0.02		0.02	
$\Delta\delta_1$	0.10	0.12	0.12	0.14	0.14	0.16	0.16	0.18	0.18	0.20
I_1	0.12	0.144	0.144	0.168	0.168	0.192	0.192	0.216	0.216	0.24
	0.024		0.024		0.024		0.024		0.024	

由表1-4可以看出 $\Delta\delta_1$ 在0.1~0.2 之间，阶差为 0.02， I_1 的阶差为0.024

则

$$\frac{dI_1}{d\Delta\delta_1} = \frac{0.024}{0.02} = 1.2$$

即斜率为常数，呈线性方程式

$$I_1 = 1.2\Delta\delta_1 + b_1 \quad (b_1 \text{ 为截距})$$

将表1-4中首末两点坐标代入上式求出 b_1 为零。

$$\text{则} \quad I_1 = 1.2 \cdot \Delta\delta_1 = 1.2(\delta'_1 - \delta_1) \quad (1-2)$$

当已知 I_1 后，仿 β' 曲线的绘制方法，即可绘出实际的沉煤可选性曲线 θ' 。

五、应用实例

设已知某选煤厂跳汰机的 $I_1 = I_2 = 0.21$ ， $\delta_1 = 1.80$ ， $\delta_2 = 1.40$ ，理论可选性曲线见图1-3，绘制实际可选性曲线，求实际的选煤产品产率。

首先在图1-3上找出跳汰机二段的理论分选密度 $\delta_2 = 1.40$ ，过该点作垂线与 δ 曲线交于 P_2 ，由交点引横轴的平行线与 β 曲线交于 Q_2 ，过交点 Q_2 引垂线与横轴相交，得精煤灰分 $A_2 = 13\%$ ，相应理论产率 γ_2 为 71.0% 。按 (1-1) 式算出

实际分选密度 $\delta'_2 = \delta_2 - \frac{I_2}{3} = 1.4 - \frac{0.21}{3} = 1.33$ ，由该点

向 δ 曲线引垂直线，由交点 P'_2 引横轴的平行线，与过精煤灰分的垂直线相交于 Q'_2 点，得出精煤实际产率 $\gamma'_2 = 62.0\%$ ，然后再在图1-3上找出跳汰机一段的理论分选密度 $\delta_1 = 1.80$ ，同样引垂线与 δ 曲线相交，过交点 N_1 引平行线与 θ 曲线相交 M_1 ，过交点引垂线得矸石的灰分 $A_1 = 89\%$ 。按 (1-2) 式计

算实际分选密度 $\delta'_1 = \frac{I_1}{1.2} + \delta_1 = \frac{0.21}{1.2} + 1.8 = 1.98$ ，由该点

作垂线与 δ 曲线交于 N'_1 点，由 N'_1 引平行线与过矸石灰分点的垂线相交于 M'_1 点，则相应的矸石实际产率 $\gamma'_1 = 4.0\%$ ，中煤的实际产率 γ'_3 及灰分 A_3 可按下列式计算

$$\begin{cases} 100A_0 = A_1\gamma'_1 + A_2\gamma'_2 + A_3\gamma'_3 \\ 100 = \gamma'_1 + \gamma'_2 + \gamma'_3 \end{cases} \quad (1-3)$$

A_0 为原煤灰分 = 29% (不包括煤泥)。由上述得

$$\gamma'_3 = 100 - (\gamma'_1 + \gamma'_2) = 100 - (62 + 4) = 34.00$$

$$\begin{aligned} A_3 &= \frac{100A_0 - A_2\gamma'_2 - A_1\gamma'_1}{100(\gamma'_1 + \gamma'_3)} \\ &= \frac{100 \times 29 - 62 \times 13 - 4 \times 89}{34} = 51.12 \end{aligned}$$

计算结果为，精煤： $A_2 = 13.0\%$ ， $\gamma'_2 = 62.0\%$ ；中煤： $A_3 = 51.12\%$ ， $\gamma'_3 = 34.0\%$ ，矸石： $A_1 = 89.0\%$ ， $\gamma'_1 = 4.0\%$ 。 γ'_2 的量值与海勃堡近似公式法计算结果相近。第四种绘制可

选性曲线的方法是，选用不同的理论分选密度（平均值），计算出实际分选密度作图后，可得许多点（ A_i, γ_i ）连接后，即可绘出曲线，点愈多，曲线愈精确。

上面是利用可选性曲线，计算精、中煤和矸石的产率的方法，同时还可以计算出分选效率 η 。因为已知 γ'_2 和 γ_2 ，例如

前例中 $\gamma_2 = 71.0\%$ ， $\gamma'_2 = 62.0\%$ ，所以 $\eta = \frac{\gamma'_2}{\gamma_2} \times 100\% =$

$$\frac{62.0}{71.0} = 87.32\%。$$

另外在生产管理中，如果在一定时期内原煤的煤质比较稳定，可绘出该厂的实际 β' 曲线，配合理论 β 曲线，以及密度 δ 曲线，每个生产班通过“快速浮沉”或“快灰”分析试验，就可以随时算出当时的分选效率 η ，这对选煤厂的生产管理有很大的益处。

第二章 选煤产品产率的计算方法

一、格式法

该法认为计算原煤与实际入选原煤的各密度级出量的差值分布，符合正态分布。由此荷兰学者格鲁姆勃兰赫脱提出利用最小二乘法的理论，在对产品进行浮沉试验时，计算产品的产率，计算过程如下：

设某一密度级在精煤中的含量为 K ，在中煤中的含量为 L ，在尾煤中的含量为 M ，在原煤中的含量为 N ；又设精煤的产率为 γ_K ，中煤产率 γ_L ，尾煤产率为 γ_M ，该级在再生原煤和实际原煤中含量的差值 Δ ，可用下式求得

$$\Delta = \left(K \cdot \frac{\gamma_K}{100} + L \cdot \frac{\gamma_L}{100} + M \cdot \frac{\gamma_M}{100} \right) - N$$

以 $\gamma_M = 100 - \gamma_K - \gamma_L$ 代入上式

则 $\Delta = (K - M) \frac{\gamma_K}{100} + (L - M) \frac{\gamma_L}{100} - (N - M)$ ，因有

负值，故将其平方得

$$\Delta^2 = (K - M)^2 \left(\frac{\gamma_K}{100} \right)^2 + (L - M)^2 \left(\frac{\gamma_L}{100} \right)^2 +$$

$$+ (N - M)^2 + 2(K - M) \frac{\gamma_K}{100} (L - M) \cdot$$

$$\cdot \frac{\gamma_L}{100} - 2(K - M) \cdot \frac{\gamma_K}{100} (N - M) - 2(L - M) \cdot$$

$$\cdot \frac{\gamma_L}{100} (N - M)$$

如对全部密度级的差值 Δ^2 ，则有

$$\begin{aligned} \sum_1^n \Delta^2 &= \left(\frac{\gamma_K}{100} \right)^2 \sum_1^n (K - M)^2 + \left(\frac{\gamma_L}{100} \right)^2 \sum_1^n \\ &\quad \cdot (L - M)^2 + 2 \frac{\gamma_K}{100} \cdot \frac{\gamma_L}{100} \cdot \\ &\quad \cdot \sum_1^n (K - M)(L - M) - 2 \frac{\gamma_K}{100} \cdot \sum_1^n \\ &\quad \cdot (K - M)(N - M) - 2 \frac{\gamma_L}{100} \cdot \\ &\quad \cdot \sum_1^n (L - M)(N - M) \end{aligned}$$

式中 n 为密度级数， K 、 L 、 M 和 N 也相应地有 n 个值，只是下标没有注出。 $\sum_1^n \Delta^2 = f(\gamma_K, \gamma_L)$ 是三维空间中的椭圆曲面。如图2-1所示。

图2-1中 A 点是 $\sum_1^n \Delta^2$ 的最小值点， OC 是最确切的 γ_K 值， OB 是最确切的 γ_L 值。求 $\sum_1^n \Delta^2 = f(\gamma_K, \gamma_L)$ 的偏导数，即可解出 γ_K 、 γ_L 的确切值

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum \Delta^2}{\partial \frac{\gamma_K}{100}} &= 2 \cdot \frac{\gamma_K}{100} \sum (K - M)^2 + 2 \frac{\gamma_L}{100} \sum (K - M) \cdot \\ &\quad (L - M) - 2 \sum (K - M) \cdot (N - M) = 0 \end{aligned}$$