

选 煤 技 术 文 集

煤炭 可选性的评定

徐 骏 等 编 著

煤炭工业出版社

U192
X434

选煤技术文集

煤炭可选性的评定

徐 骏 等编著

煤炭工业出版社

出版说明

煤炭可选性反映按要求的质量指标从原煤中选出合格产品的难易程度，它是选煤工艺研究和选煤厂设计的主要依据。国内外研究这个课题的人很多，有的已形成学派，争相立说。但由于煤种繁多，影响煤炭可选性的因素错综复杂，因而对可选性的评定方法、标准和其他问题，迄今仍无统一的认识。

可选性的研究，特别是怎样评定我国煤炭的可选性，是广大选煤工作者非常关心的课题。有鉴于此，我们约请对此有研究的同志就这一专题撰文阐明自己的观点和评定标准，对国际通用的评定方法，也组织专文进行述评。全书共收入有关煤炭可选性的论文十二篇和一篇文章摘要，均按收稿时间先后进行编排。在选编过程中，徐骏和安文华同志做了不少工作，在此谨致谢意。

收入本书的文章，有论点，有论据，是作者对评定煤炭可选性的见解和方法，大部分来源于选煤生产实践，一部分则侧重于理论分析。由于着眼点的关系，引出的结论不尽相同。出版这种专题性论文集，我们也是一次尝试。读者有什么看法或对内容有什么商榷性意见，请告诉我们或迳与作者联系。

242 52/01

目 录

国外煤炭可选性评定方法概述.....	1
利用综合可选性指数法评定煤炭可选性.....	31
关于煤炭可选性评定方法的研究	102
用分选比重 ± 0.1 含量法评定可选性的新标准.....	136
全面评定煤炭可选性的方法——全貌模型法	142
评定煤炭可选性的新方法——轻中比值法	159
评定煤炭可选性的H关系式	167
利用干扰系数评定原煤的可选性	174
用 C_H 比值评定原煤的可选性	179
用邻污法评定煤炭可选性	182
等降中煤法评定煤炭可选性的原理	187
煤炭可选性的评定	203
关于煤炭可选性的评定问题（摘要）	218
对煤炭可选性的探讨	220
关于煤炭可选性指标的应用问题	239
煤炭可浮性的评定和预测方法	246

国外煤炭可选性评定方法概述

徐 骏

本文介绍煤炭可选性研究工作的简况、国外学者提出的各种评定方法及作者对各该方法的简评。

一、评定煤炭可选性的简史和现状

最早研究煤炭可选性的学者是澳洲人里廷格尔。1867年，他用氯化锌溶液进行煤的浮沉试验。1903年，法国矿业评论杂志上刊登了法国工程师查尔瓦特关于绘制可选性曲线文章。1905年比利时学者亨利在列日召开的国际采矿会议上发表了绘制可选性曲线文章，他将原煤在跳汰机内分层后的床层按不同高度进行水平分层，然后分别测定各分层的重量和灰分，绘成可选性曲线。1911年利赫特对可选性曲线作了数学分析。1925年以后，才出现利用原煤浮沉组成绘制的可选性曲线，并增添了“比重曲线”。

美国是最早对各煤田主要煤层进行可选性调查的国家。早在1924年，麦克米伦和勃特就研究美国西部几个州的煤层的可选性，他们的工作成果获得了美国矿业局的重视。1929年，矿业局的扬西和弗雷泽研究美国东部和中部各州主要煤层的可选性。1950年又组织了大量人力广泛调查了宾夕法尼亚、肯塔基、弗吉尼亚、西弗吉尼亚和田纳西各州的烟煤的可选性，对全国冶金用煤的赋存状况进行了普查。

目前国外使用的评定煤炭可选性的方法很多，这些方法

大都是在可选性曲线的基础上或启发下提出来的。例如中间煤含量法(即全量中煤法)、分选比重 ± 0.1 含量法(即邻近中煤法)、比重曲线正切法等;也有的是利用迈尔曲线提出来的,如第四届国际选煤会议上印度恰卡等提出的可选性指数法。

二、国外评定可选性方法简介

(一) 中间煤含量法

中间煤含量法最先在西德使用。他们将1.5~2.0比重级的煤量占全部煤量的百分数,作为评定可选性等级的指标(表1-1)。

表 1-1 西德中间煤含量法标准

中 煤 含 量 (%)	可 选 性 等 级
<7.5	易 选
7.5~15.0	中 等
>15.0	难 选

英国以1.35~1.60比重级作中间煤,以中间煤量占扣除+1.6比重级后的原煤量的百分数,作为划分煤炭可选性的标准(表1-2)。

表 1-2 英国中间煤含量法标准

中 煤 含 量 (%)	可 选 性 等 级
<7.0	易 选
7.0~29.0	中 等
>29.0	难 选

但在英国广泛使用的，实际上并不是中间煤含量法，而是分选比重 ± 0.1 含量法。1952年苏联煤炭工业部颁布了中间煤含量法的标准。他们将1.4(1.5)~1.8比重级的煤定为中间煤，根据中间煤含量将可选性分成4级（表1-3）。此后若干年中，苏联工程技术人员在实践中发现将可选性分成上述4级是不够的，因为中间煤含量大于14%的煤层数量很多，有必要将上限提高一些。因此1958~1962年间出版的一些书籍中，将 $>14\%$ 这一级又分成3个小子级，即14~20%、20~30%和30~40%。

表 1-3 1952年苏联中间煤含量法标准

中 煤 含 量 (%)	可 选 性 等 级
<4.0	易 选
4.0~8.0	中等易选
8.0~14.0	难 选
>14.0	很 难 选

1962年，苏联公布了煤炭可选性分类的国家标准，即ГОСТ10100-62，该标准主要是根据库兹巴斯选煤科学研究院提供的资料确定的。他们在实验室和顿巴斯、库兹巴斯选煤厂进行试验，研究可选性的不同评定方法与工业生产条件下数量效率的关系，将试验结果用数理统计方法整理，证明以中间煤含量除以原煤中去除纯矸石后的煤量所得的百分数与数量效率之间的关系最密切。上述国家标准已成为苏联评定煤炭可选性的统一标准。标准仍把1.4~1.8比重级的煤称为“中间煤”。1964年苏联泊利格尔松在他的著作中介绍了这个标准（表1-4）。

在1962年以前我国曾采用1952年苏联煤炭工业部颁布的

表 1-4 苏联去除纯矸石后的中间煤含量标准

中 煤 含 量 (%)	可 选 性 等 级
<4	易 选
4~10	中 等
10~17	难 选
>17	很难选

中间煤含量法标准。多年的实践证明，这样的标准是完全不适用的，如果采用这样的标准，我国绝大部分煤都将属于所谓“很难选”这一级。因此1962年我国煤炭工业部所订的煤矿设计规范中重新划分了级别（表1-5）。但这样的标准仍然没有与洗选效果联系起来，实际上，这样的标准也没有广泛应用。

表 1-5 1962年我国煤矿设计规范的中间煤含量法标准

中 煤 含 量 (%)	可 选 性 等 级
<10	易 选
10~20	中 等
20~30	难 选
>30	很难选

（二）分选比重 ± 0.1 含量法

分选比重 ± 0.1 含量法是美国人勃特在 1928 年首先提出的。他将原煤中大于分选比重 0.1 和小于分选比重 0.1 范围内的煤量占全部煤重的百分数，作为评定可选性的指标（表1-6）。他同时在浮物曲线（ β ）的基础上，补充成包括比重曲线（ δ ）、比重 ± 0.1 曲线和沉物曲线的可选性曲线图。

可选性是一个宏观的、概略的观念，如没有充分的根据

表 1-6 勃氏分选比重 ± 0.1 含量法标准

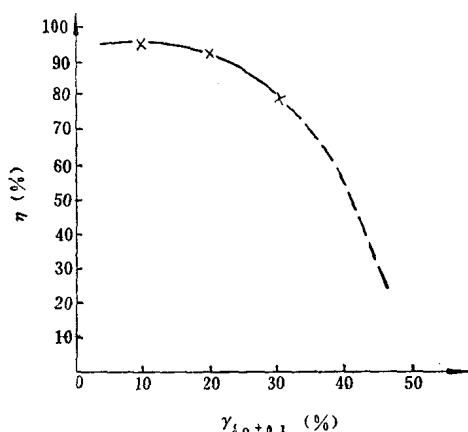
± 0.1 比重物 (%)	可选性等 级	原 煤 处 理 方 法
$\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} < 7$	易 选	用任何选煤方法, 高处理量
7~10	中 等	用高效率的分选方法, 高处理量
10~15	稍难选	用高效率的分选方法, 中等处理量, 较好的管理水平
15~20	难 选	用高效率的分选方法, 低处理量, 熟练的管理水平
20~25	很难选	用效率很高的分选方法, 低处理量, 熟练的管理水平
>25	极难选	用少数效率特高的分选方法, 低处理量, 熟练的管理水平

而把它划分得级别过细、过多, 是没有必要的, 使用起来反而感到不方便。勃特提出来的可选性等级标准就存在这一缺点。所以有些国家就根据具体情况, 简化、更改该表的等级标准, 但没有获得较多国家的承认。上述方法在美国、日本等用得最广, 尤其是日本, 他们认为 ± 0.1 含量法是评定可选性的唯一方法, 而 ± 0.1 含量与跳汰机的分选效率有一个大致的关系 (图1-1): $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 小于10% 时, 跳汰与重介选煤的效率差不多, 当 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 大于20% 时, 跳汰与重介选煤的效率差就大大增加。因此他们认为当 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 小于10% 时, 采用运转费较省的跳汰法, 当 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 大于20% 时, 应采用重介选, 当 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1}$ 为10~20% 时可根据具体条件确定。但也有些日本的工程技术人员认为上述 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1}$ 的界限值规定得偏小一些, 应相应改为15% 与25%。苏联有些工程技术人员认为 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 和理论回收率与实际回收率的差值 $\Delta\gamma$ 有关系 (表1-7)。

上述 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 与 η 或 $\Delta\gamma$ 的关系, 由于没有考虑分选机械本身的性能 (I 或 E), 很明显, 这种关系是有局限性的, 没有普遍意义。

表 1-7 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1}$ 与 $\Delta\gamma$ 的关系

$\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} (\%)$	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
$\Delta\gamma (\%)$	43	35	30	26	22	18	14	10	8	6

图 1-1 分选比重 ± 0.1 含量与跳次机分选效率的关系

在计算时, $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1} \%$ 一般都不扣除纯矸石, 但有些国家的工程技术人员也提出要扣除纯矸石量然后计算 ± 0.1 含量。实际应用时, 如研究尚未进行洗选的原煤的可选性, 一般以理论分选比重 δ_0 为标准比较方便; 但在根据选后各产品的浮沉资料分析可选性与洗选效率时, 或利用尚未进行洗选的原煤浮沉资料通过数理统计方法的计算, 来估计洗选效率与可选性的关系时却以实际分选比重 δ_P 为标准比较方便。从一般文献资料上可以看到, 美国一般是以理论分选比重为标准, 日本实际是两种分选比重都用, 但用得较多的可能还是理论

分选比重。从道理上说,以实际分选比重较合理。有些原煤用两种不同的分选比重估得的 ± 0.1 含量差别很大,这是使用 ± 0.1 含量法存在的一个没有统一的现实问题。

(三) 比重曲线正切法

法国选煤工作者用比重曲线上的分选比重那一点的切线与横坐标轴夹角的正切 $\tan\alpha$,来表示这种原煤在该分选比重时的可选性。这种方法是法国学者贝尔岗提出来的。绘制比重曲线的座标(包括横座标和纵座标)在某一固定刻度时, $\tan\alpha$ 与 $\gamma_{\delta_0\pm 0.1}$ 之间就有某一可以换算的关系存在。比如在以比重为横座标、出率为纵座标的座标图上,横座标与纵座标的总长度相等,比重由1.15开始到2.85为止,出率由0开始到100%为止,在这样的座标图上, $\tan\alpha$ 与 $\gamma_{\delta_0\pm 0.1}$ 之间的近似关系见表1-8。

表 1-8 $\tan\alpha$ 与 $\gamma_{\delta_0\pm 0.1}$ 的对照

$\tan\alpha$	$\gamma_{\delta_0\pm 0.1}$	$\tan\alpha$	$\gamma_{\delta_0\pm 0.1}$
<0.595	<7	1.275~1.700	15~20
0.595~0.850	7~10	1.700~2.125	20~25
0.850~1.275	10~15	>2.125	>25

表1-8是根据图1-2推导出来的。分选比重 δ_0 为2.0时

$$\tan\alpha = \frac{ac}{bc} \approx \frac{\gamma_{\delta_0\pm 0.1}}{2.1-1.9} \approx \frac{\gamma_{\delta_0\pm 0.1}}{0.2}$$

在上式中,分子 $\gamma_{\delta_0\pm 0.1}$ 以百分数表示,分母0.2却以比重为单位,因此必须换成相同的单位,其相除的商数才有意义。这里准备将比重换算成百分数单位。横座标的全长为100%,比重为1.15~2.85,比重差值为1.70,故与每0.1比重差相

当的百分数为 $\frac{100}{1.7/0.1} = \frac{100}{17}$ ，显然，相当于0.2比重差的百

分数为 $\frac{100}{17} \times \frac{0.2}{0.1} = \frac{100}{8.5}$ ，因此 $\tan \alpha = \frac{\gamma_{\delta_0 \pm 0.1}}{100/8.5} = \frac{\gamma_{\delta_0 \pm 0.1}}{11.765}$ 。

由上述可知， $\tan \alpha$ 与 $\gamma_{\delta_0 \pm 0.1}$ 之间差一个常数倍，而这个常数只与绘制比重曲线时所取座标刻度大小有关。所以用 $\tan \alpha$ 来评定煤的可选性，实际上与用 ± 0.1 含量法评定可选性是一回事。但这仅是近似相等，因为，严格说来，a、b 两点不在曲线上，而在与曲线相切的某一切线上，例如当 $\delta_0 = 1.4$ 时就能比较明显的看出这种关系。根据图1-2的座标刻度，法国选煤技术工作者认为 $\tan \alpha = 0.25$ 时，为易选； $\tan \alpha = 0.34$ 时，为中等易选； $\tan \alpha = 0.5$ 时为难选。

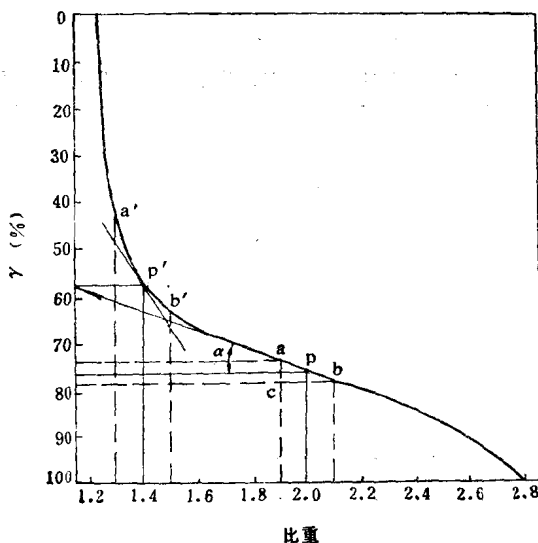


图 1-2 比重曲线

(四) 可选性指数法

关于评定煤炭可选性方法的研究工作，在过去20~30年中并没有多大进展。值得提一下的，就是1962年在英国召开的第四届国际选煤会议上，印度中央燃料研究院恰卡、巴斯、密脱拉和拉希立等4人提出一篇论文——煤炭可选性的比较和相关指数。

各国选煤工作者对这篇论文所提出的评定煤炭可选性的新方法有不同的反映。有的认为煤炭可选性与分选比重有关，而可选性指数法却没有考虑分选比重对可选性的影响这一因素，因此认为这种方法是不实用的。但也有人认为可选性指数给评定煤炭可选性提出了一个新的统一的指数，是值得欢迎的。

下面以我国N煤田F层与G₂层混合煤的浮沉组成为例进行计算（表1-9），从而推导出可选性指数的含义。

表 1-9 N煤田F层与G₂层混合煤累计灰分量的分布率

比 重 级	产 率 (%)		灰分 (%)		累计灰分量 分布率D.O.A
	γ	$\Sigma\gamma$	A^*	ΣA^*	$\frac{\Sigma\gamma \cdot \Sigma A^*}{A_R^*}$
-1.3	10.96	10.96	3.74	3.74	1.64
1.3~1.4	39.27	50.23	9.01	7.87	15.84
1.4~1.5	17.92	68.15	18.31	10.59	28.90
1.5~1.6	8.09	76.24	27.58	12.38	37.80
1.6~1.8	6.84	83.08	39.79	14.63	48.65
+1.8	16.92	100.0	75.39	24.96	100.0
合 计	100.0		24.96		

累计灰分量分布率 (Distribution of overall ash) 简称D.O.A. 是指某一比重级的累计出率乘以该比重级的累计灰分，然后除以原煤灰分量，将所得的商数取百分数，即

越容易选；可选性指数越小，这种煤越难选。据该文作者认为，大部分煤的可选性指数均为10~80%。根据这一范围，他们建议将煤的可选性分成5个等级(表1-10)。

表 1-10 可选性指数标准

可 选 性 指 数	可 选 性 等 级
<20	极 难
21~30	难 选
31~40	中 等
41~60	易 选
>60	很 易

如根据表1-10来划分，可以知道N煤田F层与G₂层混合煤的可选性属易选煤。

提出可选性指数这一标准的作者，也同样指出在计算累计灰分量分布率和绘制可选性指数图时，最好应将原煤中比重大于1.7或1.8的游离矸石去除。据他们的经验，扣除游离矸石后，可选性指数将降低2~4%，但实际上将大大超过这一界限。例如N煤田F层与G₂层混合煤在扣去游离矸石(+1.8比重级)前后的可选性指数差值为13.1%。扣去游离矸石计算累计灰分量分布率的方法见表1-11。

为了进一步说明可选性指数的物理概念，可以设想有这样两种煤：一种煤各比重级的灰分完全相同，这种煤的D.O.A.值就等于 $\Sigma\gamma\%$ 值，所以这种煤的累计灰分量分布曲线就是对角线AB，可选性指数面积等于零(图1-4, a)。另一种煤是由90%纯煤($A^s = 0$)和10%纯矸石($A^s = 70$)组成，这种煤的累计灰分量分布曲线是一条折线，其可选性指数面积很大(图1-4, b)。

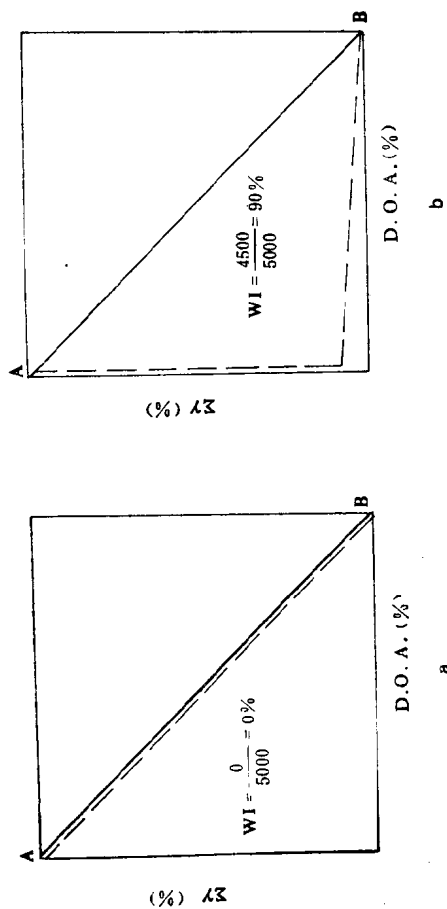


图 1-4 两种极端的可选性指数

表 1-11 F层与G₂层混合煤扣除游离矸石后累计灰分分布率

比重级	原 煤		原煤(扣除游离矸石)				D. O. A
	$\gamma(\%)$	$A^s(\%)$	$\gamma(\%)$	$A^s(\%)$	$\Sigma\gamma(\%)$	$\Sigma A^s(\%)$	$\frac{\Sigma\gamma \cdot \Sigma A^s}{A_R^s}$
-1.3	10.96	3.74	13.19	3.74	13.19	3.74	3.36
1.3~1.4	39.27	9.01	47.27	9.01	60.46	7.86	32.42
1.4~1.5	17.92	18.31	21.57	18.31	82.03	10.61	59.37
1.5~1.6	8.09	27.58	9.74	27.58	91.77	12.41	77.75
1.6~1.8	6.84	39.79	8.23	39.79	100.00	14.66	100.00
+1.8	16.92	75.39	—	—	—	—	—
合计	100.00	24.96	100.00	14.66	—	—	—

但一般原煤可以把它近似地设想为由3种均一物质组成,例如一种是灰分为0%的纯煤,一种是灰分为20%的夹矸煤,再一种是灰分很高的(例如为70%)的纯矸石(表1-12)。用表1-12的数据绘成可选性指数图(图1-5)。由图1-5的可选性指数面积来看,№2煤样的面积最大,№4煤样次之,№3煤样更次之,最小的是№1煤样。这4个煤样的浮沉组成表明,凡是纯煤量最大、矸石煤量最小的煤(№2)最容易选;相反,凡是纯煤量最小、夹矸煤量最大的煤(№1)最难选。从这一点看,可选性指数法是符合一般规律的,但这是在假设相同比重级的煤具有

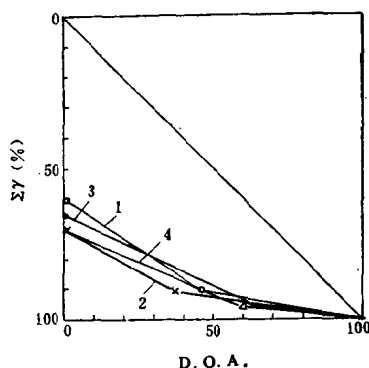


图 1-5 3种均一物质组成的原煤的可选性指数
1—№1煤样; 2—№2煤样; 3—№3煤样; 4—№4煤样