

确定混煤中单煤比例的方法

Method of Determining the Ratio of Single Coal in Mixed Coal

姚伯元/YAO Bo-yuan

海南大学理工学院海南省精细化工重点实验室,海口 570228

Provincial Key Laboratory of Fine Chemical Industry, Technology Institute of Hainan University,
Haikou 570228, China

[摘要] 建立了一种新的在有重叠峰情况下确定混煤中单煤比例的方法:曲线剥离分峰法。该法按单煤正态分布曲线方程积分计算混煤比,操作简单,计算结果唯一,效果良好,适用于各种复杂情况。引入镜质组含量校正后,可以更准确地计算混煤比。建立单煤与混煤分布曲线方程的过程,可作为由一组实测数据确定多个待定参数的成功实例。

[关键词] 混煤比;镜质组反射率;曲线剥离分峰

[中图分类号] TQ52

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)05-0062-04

Abstract: A new method that calculates the ratio of single coal in mixed coal is given. When several single coal peaks are partly overlapped, separating overlapped curve is established. The method with the characteristics of simple operation and single result is based on the integral of normal distribution equation of every single coal. It can be used in many complex problems. As calibration of vitrinite content is introduced, the exact ratio of single coal in mixed coal can be figured out. The process of establishing curve distribution equation is a good example of obtaining several parameters according to one group of test date.

Key Words: ratio of mixed coal; vitrinite reflectance; separating overlapped curve

CLC Number: TQ52

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)05-0062-04

1 引言

混煤指将不同牌号的单煤按一定比例混合后的煤。对于单煤用户,制作混煤不失为“煤矿开采、运输和利用过程中广泛采用的改善煤质,实现优势互补,提高经济效益的技术”^[1]。然而,对于配煤炼焦企业,混煤存在较大的危害性^[2]。一般粘结性、结焦性好的肥煤、焦煤,混煤现象严重,气煤等混煤现象较少。实际中,仅用煤化学指标难以鉴别混煤,例如,用 1/3 焦煤、瘦煤配成的混煤,其挥发分、粘结指数等指标均可与焦煤相同,甚至单煤焦也与焦煤的单煤焦相同或相近,显然这种假“焦煤”在炼焦配煤中的作用与焦煤不同。混煤具有的隐蔽性、不稳定性与难操作性,使以往建立的炼焦配煤理论与方法无法适应,因此,建立实用有效的确定混煤中单煤比例的方法,对于指导炼焦配煤或商品煤交易均有重要意义。

2 确定混煤中各单煤所占比例(混煤比)

混煤比计算根据煤镜质组反射率分布曲线分析与以下事实:

- ① 单煤镜质组反射率分布直方图(或分布曲线)服从正态分布;
- ② 单煤峰面积与单煤所占比例有关,峰面积百分比可以代表其体积百分比。

测定煤镜质组反射率时,样品中每一点测定到的机会相等。某单煤混入比例高,其镜质组测定到的机会多,因此在分布曲线上峰面积大。

反射率分布曲线是由反射率分布直方图的中点连成的曲线。HY 系列或 HD 型全自动显微镜光度计给出镜质组反射率分布曲线的方法为:先在二数据点之间按“抛物线插值法”给出一插值

点,再进行“五点三次平滑处理”,使分布曲线既光滑又不失真^[3]。

2.1 单煤镜质组反射率分布上下限法

先在混煤反射率分布曲线上用滚动棒(图 1 中竖线,可用鼠标左右移动,需要时弹出)确定各单煤分布曲线的上下限,再计算各单煤的峰面积。某单煤峰面积占混煤曲线总面积的百分比即为该煤所占百分比。该法仅适用于各单煤分布曲线无重叠的最简单情况。

2.2 曲线剥离分峰法

混煤中各单煤反射率分布曲线有重叠且各单煤峰高度有差异时,不考虑各单煤分布曲线形态,在重叠部分中部硬性划开,显然计算结果误差较大。为此,提出一种新的计算混煤比的方法:曲线剥离分峰法。该方法先确定各单煤分布曲线方程,再积分计算其峰面积,进而确定其所占比例,无论单煤分布曲线有无重叠都适用。

2.2.1 曲线剥离分峰法的数学原理

在镜质组反射率分布曲线上,横坐标为随机反射率 R ,纵坐标为频率百分比 y 。由于单煤分布曲线呈正态分布,因此拟合函数为:

$$\hat{y}(R)=A \exp\left(-\frac{(R-U)^2}{\sigma^2}\right) \quad (1)$$

其中, σ 为均方差,与峰宽有关; A 为峰高; U 为峰值。显然峰值在 $R=U$ 处: $y(R)=A$ 。

混煤分布曲线由单煤分布曲线迭加而成。用峰半高时宽度替代均方差 σ ,峰参数(为单煤个数的 3 倍)统一用 b_j 表示,则其拟合函数为:

收稿日期: 2006-02-15

作者简介: 姚伯元,男,海口市人民大道 58 号海南大学理工学院化工系,教授,主要从事煤岩自动化测定仪器与新型碳材料研究工作;
E-mail: yby@hainu.edu.cn

$$\hat{y}(R) = \sum_{j=1}^{m-2} b_j \exp\left(-\frac{E_1(R-b_{j+1})^2}{b_{j+1}^2}\right) (j=1,4,7,\dots,m-2) \quad (2)$$

式中 E_1 为常数,可以证明: $E_1=4\ln 2$ 。求和号内单项为单煤分布曲线。由于峰参数 b_j 待定,因此写成:

$$\hat{y}(R) = f(R, b_1, b_2, \Lambda, b_m) \quad (j=1,2,3,\dots,m) \quad (3)$$

混煤实测分布曲线仅由一组数据 (R_k, y_k) 组成,无法确定(1)式中的多个峰参数 b_j 。为此,先确定其初值,记为 b_j^0 ,偏差记为 Δ_j ,则: $b_j = b_j^0 + \Delta_j$, ($j=1,2,3,\dots,m$),将确定 b_j 问题转换为确定其修正值 Δ_j 问题。由于(1)式为非线性函数,无法直接求解,为此,在 b_j^0 处,将(2)式函数按泰勒展开,略去 Δ_j 高次项,划为线性函数处理。于是:

$$f(R_k, b_1, b_2, \Lambda, b_m) = f_{k_0} + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_1} \Delta_1 + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_2} \Delta_2 + \Lambda + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_m} \Delta_m \quad (4)$$

$$\text{其中: } f_{k_0} = f(R_k, b_1^0, b_2^0, \Lambda, b_m^0) \quad \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_j} = \frac{\partial f(R_k, b_1, b_2, \Lambda, b_m)}{\partial b_j}$$

b_j^0 给定后, f_{k_0} 及其 b_j 的偏导数均可直接求出。在实测混煤曲线数据结点 (y_k, R_k) ($k=1, 2, 3, \dots, n$) 处,混煤拟合曲线与实测曲线的残差平方和 Q 与 b_j 的偏导数分别为:

$$\begin{aligned} Q &= \sum_{k=1}^n (y_k - f(R_k, b_1, b_2, \Lambda, b_m))^2 \\ &= \sum_{k=1}^n [y_k - (f_{k_0} + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_1} \Delta_1 + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_2} \Delta_2 + \Lambda + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_m} \Delta_m)]^2 \\ \frac{\partial Q}{\partial \Delta_j} &= \frac{\partial Q}{\partial \Delta_j} = 2 \sum_{k=1}^n [y_k - (f_{k_0} + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_1} \Delta_1 + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_2} \Delta_2 + \Lambda + \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_m} \Delta_m)] \left(-\frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_j}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{令 } \frac{\partial Q}{\partial \Delta_j} = 0, S_j = \sum_{k=1}^n \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_j} \cdot \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_j}, S_{ij} = \sum_{k=1}^n (y_k - f_{k_0}) \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_j} (i,j=1,2,\dots,m)$$

$$\text{则 } \frac{\partial Q}{\partial \Delta_j} = 2(S_j \Delta_1 + S_{j2} \Delta_2 + \Lambda + S_{jm} \Delta_m - S_{ij}) = 0 \quad (6)$$

于是建立以 Δ_j 变量的 m 阶线性方程组:

$$\begin{cases} S_{11} \Delta_1 + S_{12} \Delta_2 + \Lambda + S_{1m} \Delta_m = S_{1j} \\ S_{21} \Delta_1 + S_{22} \Delta_2 + \Lambda + S_{2m} \Delta_m = S_{2j} \\ \dots \dots \dots \\ S_{m1} \Delta_1 + S_{m2} \Delta_2 + \Lambda + S_{mm} \Delta_m = S_{mj} \end{cases} \quad (7)$$

不难推导出对应于峰半高宽、峰位、峰高的 b_j ($j=1,4,7,\dots,m-2$) 一阶偏导数分别为:

$$\frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_1} = \frac{D}{b_j} \cdot E, \quad \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_{j+2}} = E, \quad \frac{\partial f_{k_0}}{\partial b_{j+1}} = D \cdot E \quad (8)$$

$$\text{其中 } E = \exp\left(-\frac{E_1(R_k - b_{j+1})^2}{b_{j+1}^2}\right), \quad D = \frac{2b_{j+2}E_1(R_k - b_{j+1})^2}{b_j^2}$$

由于 b_j^0 与 (y_k, R_k) 已知,方程左端的 S_{ij} 与方程右端的 S_{ij} 均可算出,故可由(3)式解得 Δ_j ,于是各单煤峰参数 $b_j = b_j^0 + \Delta_j$ 确定。($j=1, 2, 3$ 时对应单煤 1, $j=4, 5, 6$ 时对应单煤 2, $\dots$)。将 b_j 作为新的峰参数初值,重复上述计算过程,则可逐步逼近峰参数真值。解(3)式线性方程组可参见[3]254。为加快计算速度,采用了以下措施。

1) 减少数据结点 煤质组反射率分布图按国家标准规定的 0.05 阶绘制^[4]。实际混煤反射率分布范围在 0.6~2.0,故取 $k=12,13, \dots,40$ 的数据结点参与计算即可。

2) 设定 Δ_j 误差限为 1% 当 $|b_j - b_j^0| \leq 1\%$ 时,认为 b_j 已满意,停止计算。

3) 采用阻尼最小二乘法 将 b_j 作为新初值前,在 $b_j \pm 0.05$ 范围,每次增加或减少 0.005,计算残差平方和,寻找其合适值。若

残差平方和减小,则采用其作为新初值,以减少逼近 b_j 真值过程中反复解 Δ_j 的线性方程组的次数。

4) 若计算过程中 Δ_j 不逐步减小,则停止计算,且不给出现算结果。

各单煤峰参数确定后,混煤中第 p 个单煤峰面积占混煤峰总面积的百分比 $W_p(\%)$ 则为第 p 个单煤的百分含量。因此,

$$W_p(\%) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \hat{y}_p(R)}{\int_{-\infty}^{\infty} \hat{y}(R)} \times 100\% \quad (9)$$

2.2.2 确定单煤峰参数初值

在混煤分布曲线上,将滚动棒移动至单煤峰最高值处,单击右键或“确定”命令按钮即可确定单煤峰参数初值。此时滚动棒横座标为峰位,与分布曲线交点纵座标为峰高。在峰高一半处,设置定宽线(以峰位为中心,向两侧延伸的横线),寻找与分布曲线的交点。两交点间宽度则为半高宽,曲线交点与滚动棒间宽度称为单侧半高宽,见图 1。

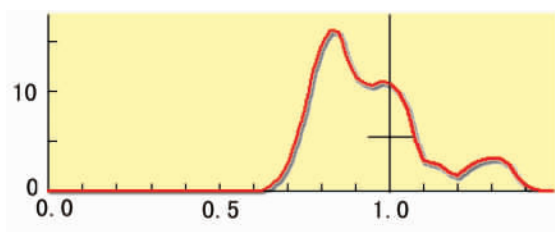


图 1 确定峰参数的滚动棒与定宽线示意图

Fig. 1 Sketch of roll bar and widened line used to ascertain peak parameters

2.2.3 计算结果分析

确定各单煤峰参数初值全部完成后,给出混煤比例计算结果。复杂混煤情况下的计算结果列于表 1,对应的曲线示意图如图 2 所示,蓝色为剥离出的单煤曲线,黑色为由单煤曲线迭加而成的混煤拟合曲线,与红色实测混煤分布曲线几乎全部重合,由此可见达到了预期效果。

表 1 混煤计算结果				
Tbl. 1 Calculated results of mixed coal				
单煤编号	煤种	R_c	$R_{\max}^0$	标准方差
1	焦煤	1.161	1.24	0.066
2	焦煤	1.389	1.483	0.074
3	焦瘦煤	1.563	1.67	0.068
4	瘦煤	1.878	1.878	0.044

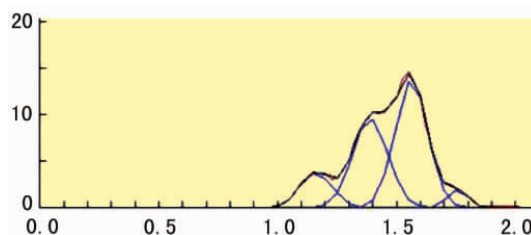


图 2 曲线剥离分峰结果及其计算的混煤比

Fig. 2 Results of separating overlapped curve and calculated ratio of mixed coal

曲线剥离分峰法的优点有:①用滚动棒确定的各单煤峰参数初值操作简单,只需轻点鼠标即可;②单煤曲线按其分布规律剥离后,再用其分布方程积分计算所占比例,科学合理;③确定

的峰参数允许带有偏差;④ 计算结果唯一。

根据最小二乘原理,用单煤迭加曲线拟合混煤实测曲线产生的误差平方和达到最小即可,这样可能使计算结果不唯一,但这种情况只会在峰参数初值带有较大偏差时出现。反复实验证明,虽然滚动棒在不同位置确定峰参数初值不同,但只要滚动棒的位置离单煤峰位距离不超过半高宽的 20%,计算结果均相同。由此可见,对峰参数初值要求不高,允许带有偏差;滚动棒偏离单煤峰位过大的不正常情况非常明显,不难避免,因此计算结果唯一。

2.2.4 曲线剥离分峰法的改进

曲线剥离分峰法计算大致混煤比随 HY 系列显微镜光度计在 50 余个大型、中型企业多年使用^[5],逐步发现某些不能适用的情况,需要进一步改进才能适用于各种复杂情况。

1) 确定单煤峰高与峰位初值的改进 从用滚动棒确定峰参数初值原理可知:峰高确定后,峰位与峰半高宽也随之确定。为此,移动滚动棒经过单煤分布曲线过程中,自动寻找单煤峰分布曲线最高点,随之确定峰参数,彻底解决了确定的单煤峰参数初值偏差较大情况。

2) 确定单煤峰半高宽初值的改进 当混煤中单煤峰重叠部分过多时,会遇到以下问题:① 定宽线找不到交点,定宽线在曲线重叠一侧找到的交点已是与另一单煤分布曲线的交点,偏差明显过大,使计算结果失真,图 1 中滚动棒处单煤峰即属于这种情况;② 确定的半高宽过宽,与实际明显不符;③ 单煤分布曲线呈偏正态分布;④ 计算无结果。

单煤分布曲线呈正态分布,依据其对称性,半高宽应为单侧半高宽的 2 倍。对于问题①,定宽线只要找到无重叠一侧的单侧交点即可;对于问题②与③,定宽线确定的左右单侧半高宽不一致时,用数值较小的单侧半高宽 2 倍作为半高宽;问题④是由于计算结果达不到设定的精度要求而未给出。此时单煤曲线重叠过多,近于单峰。图 1 中滚动棒处单煤峰若再靠近其左侧单煤峰,则属于这种情况。

从依据原理分析,虽然混煤实测曲线上处于单煤重叠范围的数据也参与计算,但仅依据最小二乘原理,剥离结果存在多解性。剥离结果具有唯一性是由于无重叠部分的有效数据在建立分布方程中所起的作用,并利用正态分布对称性决定了重叠部分单煤曲线形态。因此单煤分布曲线重叠部分越多,建立分布曲线方程过程中有效数据越少,出现多解性可能越大。当真正起作用的无重叠部分有效数据过少时,混煤曲线无力剥离分峰,故不给出计算结果。另一方面,单煤分布曲线重叠部分越多,性质也越接近于单煤。若重叠部分过多,这种混煤性质已与单煤相近,再剥离分峰已无意义。

这些改进措施效果明显,已使曲线剥离分峰法适用于大多数情况,如对图 1 所示情况进行改进就取得了满意结果,见图 3。

2.3 曲线剥离分峰结合单煤镜质组反射率分布上下限法

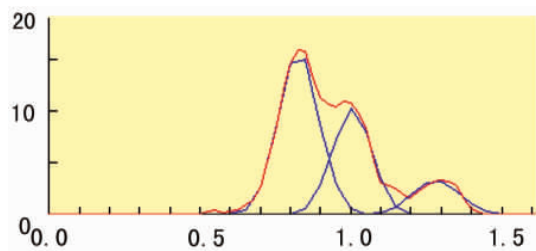
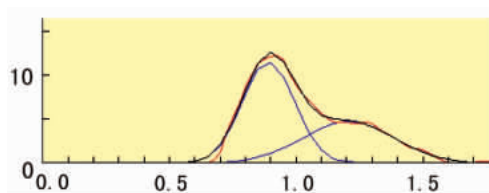


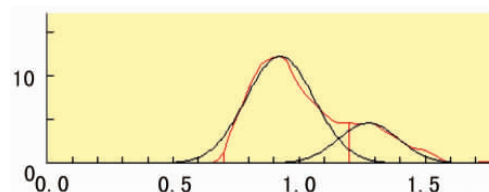
图 3 混煤分布曲线的剥离结果
Fig. 3 Separation results of mixed coal distribution curve in Fig.1

上述改进后,仍存在个别剥离的单煤分布曲线过宽问题,如图 4(a)。深入分析表明,剥离出单煤分布曲线时,混煤拟合曲线与实测曲线误差平方和已达到最小,因此图中红色混煤实测分布曲

线与黑色混煤拟合曲线几乎重合。因此,必须补充新的限制条件以解决上述问题。



(a) 改进前



(b) 改进后

图 4 改进前后单煤峰分布曲线比较

Fig. 4 Comparison of distribution curve of single coal peak between unimproved and improved

实际上,不同牌号(变质程度)单煤分布曲线虽均呈正态分布,但分布宽度存在差异。笔者多年实践经验表明,随着煤变质程度增加,单煤反射率分布曲线宽度逐渐增大。如瘦煤反射率分布曲线宽度肯定较气煤大,相信实际工作者均有类似的经验,见表 2 与表 3。

表 2 各牌号煤镜质组最大反射率平均值^[6]

Tbl. 2 Mean vitrinite reflectance value of several coals

煤种	非炼焦煤	气煤	1/3 焦煤	肥煤	焦煤	瘦焦煤	瘦煤	贫煤	无烟煤
$R_{\max}^0$	<0.6	0.6~0.8	0.8~0.9	0.9~1.2	1.2~1.5	1.5~1.7	1.7~1.9	1.9~2.5	>2.5

表 3 各牌号单煤反射率分布曲线常见半高宽度

Tbl. 3 Normal width of half peak height of reflectance distribution curve of several single coals

煤种	气煤	1/3 焦煤	肥煤	焦煤	瘦焦煤	瘦煤	贫煤
常见半高宽	0.15~0.2	0.2~0.25	0.25~0.3	0.3~0.4	0.3~0.5	0.4~0.6	0.4~0.7

注:焦化企业来煤混入的无烟煤在反射率分布图中常呈孤零棒状。

因此,可先根据单煤峰位判断其煤牌号,再用滚动棒对该煤大致分布宽度定界后,通过数据排序寻找峰高,进而确定峰参数初值。由单煤牌号确定其大致分布宽度,仅是使最小二乘原理在合理范围发挥作用,故剥离出的单煤分布曲线范围不需要与限定的范围完全一致。实际剥离效果见图 4(b),剥离出的单煤曲线既能很好地拟合混煤实测曲线 1,也不再分布过宽。

3 混煤比的镜质组含量校正

目前计算混煤比唯一可依据的是分析煤镜质组反射率分布曲线,也不可能再找到其他可依据的方法。但各单煤的镜质组含量可能存在差异,使混煤比计算结果带有偏差。

例如,由镜质组含量分别为 45%与 90%的 2 种单煤,按各占 50%构成混煤。在测定镜质组反射率的过程中,因镜质组每一点测定到的机会均等,显然在混煤镜质组反射率分布曲线中,单煤 2 的峰面积大,计算出的单煤 2 比例高,与实际情况不符。

通过显微煤岩组分测定,可以确定各单煤镜质组含量 V_j ($j=1,2,3, \dots, p$)。激活设置的“镜质组含量校正”选择项,输入各单煤镜质组含量后,则对单煤分布曲线纵座标进行 y_k/V_k 换算($k=1,2,3$

..., n), 重新绘制分布曲线后, 建立公共基准; 所有单煤组分全部为镜质组。消除了镜质组因含量不同产生的误差, 可准确计算混煤比。校正后, 上例测定到单煤 1 镜质组一个点, 相当于测定到单煤 2 两个点, 则这 2 种单煤分布曲线面积相等, 计算出的各单煤比例也各占 50%。

实际上, 混煤仅来源于洗煤厂附近的煤矿或煤层。跨矿区洗煤与洗精煤运出后再掺杂造成混煤情况均极为罕见。因此可查阅来煤矿区各煤矿镜质组含量数据, 对计算结果进行校正。

4 计算结果误差分析

4.1 误差来源

上述方法确定的混煤比误差有以下几个来源。

4.1.1 测定条件误差

取样、缩分、制样等环节带入的误差同所有煤质分析项目, 粉煤光片磨制不合格或测定时焦距不准, 都会使测定的反射率值偏低。自动测定无法避开不合格区域, 一般较人工测定带入的误差大。这些环节达到有关国家标准并采用自动调焦^[7]与监视窗口后, 可不再考虑。

浸油折射率会随温度变化而改变, 使用油浸物镜测定的反射率, 使测定结果带入系统偏差。HY 系列或 HD 型全自动显微镜光度计已将不同温度下测定的反射率值全部校正到标准温度状态 (23℃), 消除了该系统偏差。

4.1.2 测定误差

人工测定煤反射率时, 按国家标准, 测定结果重复性 $\leq 0.1\%$ 。由于仅测定“均质镜质体或基质镜质体”, 且由少量测点代表整个煤样, 测定者经验差异等都带入误差。自动测定时, 由于测定全部镜质组, 有效测点多, 代表性好, 测定误差也应 $\leq 0.1\%$ 。

4.1.3 测定方法误差

人工测定煤反射率时, 依靠测定者经验判别镜质组; 自动测定煤反射率时, 由仪器判别镜质组, 2 种测定方法之间存在系统误差。

由于人工测定费时费力, 一般单位对混煤的测定可能达不到国家标准规定的 250 点^[8], 使测定结果误差增大, 带入混煤比计算结果的误差也增大。当自动测定总点数为 1 万时, 一般测定到的镜质组有效点数为 2 000~3 000。增加测点数也易于做到。自动测定 2 万点, 仅增加约 10 min。因此计算混煤比时, 依据自动测定煤镜质组反射率结果, 由样本代替总体产生的误差应小于依据人工测定的结果。研究表明, 自动测定结果与人工测定结果之间线性关系显著, 相关系数达 0.998。通过换算后, 二者间可互相替代^[9]。故可不考虑采用不同测定方法产生的系统偏差。

4.1.4 计算误差

峰参数误差 $\Delta_j \leq 1\%$, 对分布方程积分计算混煤比实质为求和运算, 无误差积累。曲线“五点三次平滑”处理, 会消除部分实测数据随机误差^{[3][52]}, 故计算误差可按 1% 考虑。

4.1.5 镜质组含量校正误差

对计算结果进行镜质组含量校正后, 虽然消除了各单煤因镜质组含量差异导致的误差, 但带入了新的测定误差。按有关国家标准^[10], 测定显微煤岩组分时, 测定点数为 500 点, 重复性测定允许偏差为 2%~4.5%, 仅当某种组分含量超过 90% 时才会出现最大偏差 4.5%。中国炼焦煤主要煤产地为华北、西北等石炭—二迭纪与侏罗纪煤, 其镜质组含量超过 90% 的煤极少^[11]。因此, 由镜质组含量校正产生的测定误差可按 4% 考虑。

4.2 误差估计与讨论

根据以上误差分析, 若测定结果符合有关国家标准, 带入的系统偏差可排除不考虑。镜质组反射率测定误差与计算误差均很小, 且为随机误差。其符号不可能全部一致, 计算过程中会互相抵消一部分, 因此带入计算结果误差较小。

进行镜质组含量校正带入的随机误差最大。采用半自动测定更多测点, 重复性测定取平均值均可有效减小测定误差。若显微煤岩组分进行重复性测定, 测定误差可按 2% 考虑。因此曲线剥离分峰法计算结果进行镜质组含量校正后, 计算结果总误差应不大于 5%。若依据煤反射率、显微煤岩组分重复性测定结果, 计算结果总误差应不大于 3%。

若不进行镜质组含量进行校正, 混煤比计算结果则带有系统偏差。实际上, 混煤仅来源于洗煤厂附近的煤矿或煤层, 其单煤镜质组含量固定, 使上述系统偏差带有倾向性与固定性, 不难发现与校正, 即由混煤中剥离出的某单煤比例计算结果总是较其实际比例偏高或偏低。用镜质组含量对计算结果校正一次则可以确定这一系统偏差。消除这一系统误差则可得到混煤比准确计算结果, 避免每次均需显微煤岩组分测定数据进行校正。若对来自同一洗煤厂的不同批次混煤校正多次, 则不但使确定的系统偏差更加可靠, 还可找出其分布规律, 根据计算结果的所在范围进行更精细的分段校正。

确定这一系统偏差后, 若混煤来自同一洗煤厂, 可不再对曲线剥离分峰法直接计算结果进行镜质组含量校正, 也能准确计算混煤比。例如, 某混煤用曲线剥离分峰法直接计算出某单煤所占百分比为 30%, 这一结果仅是该单煤所占比大致百分比, 未给出其真值所在范围。来自同一洗煤厂的混煤比计算结果曾进行过镜质组含量校正。当时该单煤直接计算结果所占百分比为 50%。进行镜质组含量校正后, 该单煤所占百分比为 55%, 则该单煤直接计算结果较实际情况每 1% 偏低 0.1% ($\varepsilon = \Delta y / y = (55\% - 50\%) \div 50\% = 0.1\%$)。该单煤直接计算结果的系统偏差 $\Delta y = \varepsilon \times y = 0.1\% \times 30\% = 3\%$, 消除系统偏差后, 该单煤实际所占百分比为 30% + 3% = 33%。考虑到直接计算结果带有 1% 随机误差, 镜质组含量校正后带入 2% 随机误差, 则该单煤实际所占百分比应在 30%~36% 之间。

5 结语

本文建立的曲线剥离分峰等确定混煤比的方法依据合理, 计算结果唯一, 操作简便, 效果良好, 能适用于各种复杂情况。引入镜质组含量校正后, 可以更准确地计算混煤比, 成为炼焦与煤质工作者的有力工具。本文建立单煤分布曲线与混煤拟合曲线方程的过程与用滚动棒确定参数初值的方法具有普遍意义, 可以作为成功实例, 供需要由一组实验数据确定多个待定参数时借鉴。

参考文献 (References)

- [1] 段连秀, 王生维, 张明, 等. 混配煤混配比例的煤岩学检测方法 & 研究[J]. 煤炭转化, 1999, 22(2): 33.
- [2] 周学鹰, 吴芸芸, 戴中蜀, 等. 用镜质组反射率分布图监控生产来煤[J]. 燃料与化工, 2000, 31(5): 233-235.
- [3] 张巨洪, 朱军, 刘祖照, 等. BASIC 语言程序库[M]. 北京: 清华大学出版社, 1983: 152.
- [4] 国家技术监督局. GB/T6948-1998, 煤的镜质体反射率显微镜测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [5] 姚伯元, 许国贤. 自动确定煤岩参数的数据处理技术[J]. 燃料与化工, 1996, 27(6): 281-285.
- [6] 虞继舜主编. 煤化学[M]. 第二版. 北京: 冶金工业出版社, 2003: 110-111.
- [7] 姚伯元, 许国贤. 全自动显微镜光度计与煤岩参数自动测定技术[J]. 燃料与化工, 1996, 27(4): 172-175.
- [8] 国家技术监督局. GB/T15591-1995, 商品煤反射率分布图判别方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995.
- [9] 姚伯元, 许国贤, 田华, 等. 显微镜光度计测定煤镜质组反射率的研究[J]. 燃料与化工, 1997, 28(3): 132-138.
- [10] 国家技术监督局. GB/T8899-1998, 煤的显微组分和矿物测定方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [11] 中国煤田地质总局. 中国煤岩学图鉴[M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 1995.

(责任编辑 李向荣)