

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

对于“煤的新分类法 及成分与特性圖解研究”及 “中国煤新圖解分类法”两文的意見*

汪寅人

(煤炭科学研究所)

清华大学庄前鼎教授在地質學報第36卷第1期所發表的“煤的新分类法及成分与特性圖解研究”及在机械工程学報第4卷第1期所發表的“中国煤新圖解分类法”两篇論文,就其內容与目的来講,作者曾搜集国内外部分的煤質資料,进行整理,并对各种煤的化学分析(工業分析与元素分析)数据間的关系,反复推敲,得出了对中国煤的新圖解分类方法及各种煤的化学成分与特性間的联系等具有概括性的結果。对各种煤質資料的系統整理,实验結果的折算与分析,以至圖解等工作。都可看出作者曾付出了大量的劳动。这种努力从事科学研究的不懈精神,是非常值得推崇的。現就該两篇論文中主要方面的几个問題,提出以下几点意見:

(一)在“煤的新分类法及成分与特性圖解研究”一文中,作者将早期有关煤質的化学分类方法,作了簡要的述評之后,得出了以下两个論点:(地質學報,36卷1期64頁)

(1) 分类法的标准必須以二个与煤性質有关的参变数为座标标准。

(2) 其中一个座标必須与煤中水、灰分等有直接或間接的关系。

根据以上二个論点,作者得出了以純燃基揮發分 V^r 及工作質基的燃煤特性系数 β^{**} 作为煤的新分类法中两个标准指标,并宣称用这两个指标进行圖解时(圖5;6),“圖上煤的詳細分类异乎寻常的清楚,区域鮮明,类别显著。”,并認為“这个特性系数的变化規律,很可能成为烟煤区域中詳細分类的座标标准”(引号中文見地質學報,36卷1期65,64.頁)

作者所提出的二个基本論点及新分类法所采用的二个标准指标,按照历来各国的煤分类基准而論,是不够充分正确的。分类指标必須是二个,是一般的圖解方法所通用的。但由于煤質本身的复杂性和变質程度的連續性而不易截然区分,故近代的煤分类

* 1956年10月15日收到。

** $\beta = 2.35 \frac{Hp - 0.126Op + 0.04Np}{Cp + 0.375Sp}$

法,一般都采用二个以上的指标(如苏联、波兰、美国、国际分类等)。然而在实用分类法中,为了区分煤的大类,采用单一指标,亦仍具有一定的效果及应用范围(如用揮發分、固定碳、加水燃率、發热量等)。当然,在近代的用煤要求日益严格的情况下,单一指标的分类法已不能适应需要,故选用分类指标的主要目的是在于能有效地划分各种类型的煤和划分得愈清楚愈好。因此,就分类指标而言,当必須是与煤性質有关的。但必須明确所选择的分类指标,它所依据的煤的性質。从近代煤分类法的趋势来看,作为煤分类的性質依据,一般可分为二大类(不包括煤岩学的分类)。第一类是代表煤的變質程度,一般都选用煤的揮發分(或固定碳、燃料比等)或碳、氫、氧等元素含量(或它們的比值)。第二类代表煤的工艺性能(或煤的物理化学性質),其中包括煤的粘結性、結焦性、膨脹性(包括自由膨脹及膨脹压力)、胶質層(包括最大厚度、最終收縮度、流动性、軟固化点等)、潤湿热、高低温干餾試驗等。作者对于选择煤分类的指标标准的性質依据,似未从理論上加以权衡比較,因而得出含义不甚明确的第一論点,从而認為燃煤特性系数 β , 可作为煤分类的标准指标,是不够全面的。

作者的第二論点,以煤分类指标的选择,“必須与煤中水分、灰分等性質有直接或間接的关系”,因而認為“新的煤分类方法,以純燃質揮發物为分类基础,同时結合煤的特性系数 β 的方法为最合适,或可認為近百年来国际間对煤分类法的一个很重大的建議”(引号中文見地質学报, 36 卷 1 期 53 頁結論 1)。此一論点很不正确,与研究煤分类的理論基础根本不符。因煤的工作質基的水分含量(W^p),不似空气干燥基的水分含量(W^a) 尚能部分地显示了各煤种的變質程度(特別是低級煤阶段)或煤的物理結構性質(与饱和湿度平衡时的最高含量时),而工作質基的水分含量(W^p),則受外界因素的影响而变化無常(例如开采条件、雨水等),因而与煤的性質,既無直接关系,而間接地也只会相反地混淆了煤中內在水分与煤性質間的固有关系。至于煤的工作質基的灰分含量(A^p)的高低,一般只应用在銷售煤或洗选作業中,作为划分煤的等級的指标。但通常采用的也是干燥基的灰分含量(A^c),而不是工作質基的灰分含量(A^p)。

在任何的煤分类方法中,都沒有考虑以工作質基的分析数据作为煤分类基础的原因,正是因为水分(W^p)及灰分(A^p)不仅不能导致出正确的分类效果(例如根据 W^p 及 A^p 来折算揮發分及元素分析結果),相反的只能使分类方法产生更多的偏向与錯誤。

(二)作者建議在新的煤分类法中,可采用 V^r 及 β 二个指标。如不考虑 β 为工作質基(如作者后来所建議,可采用简化后的可燃基 β' 来代替),則从分类的准則上講,尚不能視為不妥。因所选用的指标 V^r 可代表煤的變質程度,而 β (或 β')則可代表煤的一种工艺性能——燃燒特性(因 β 与煤燃燒后烟道气中的 $SO_2 + CO_2$ 的理論最高值有关)。

但認為可用 β “这个特性系数的变化規律，作为烟煤区域中詳細分类的座标标准”，是很值得考虑的。因烟煤范围正好是煤分类的最主要部分，而这一部分煤的主要的工艺性能是与煤的結焦性有关的各种特性，絕非 β 这样一个特性系数所能充分代表的。因此以 β 作为煤分类的标准指标之一，并不能詳細地区分烟煤范围内的各个煤种。至于經简化后的 β' ，实际上是煤中的自由氫 ($H^r - \frac{O^r}{8}$) 和碳素 (C^r) 之比 (β 或 β' 中的系数 2.35，对分类来講，并不起任何作用)，也并不能有規律的反映出各种烟煤在分类中应具有的各种工艺特性。根据煤炭研究所对国内各重点矿可采煤層的研究結果，曾以充分足够的分析数据驗證了“中国煤新圖解分类法”中的特性系数 β' ，并不能“在烟煤区域中詳細分类”。(可参閱煤炭研究所“修正中国煤分类方案的初步工作报告”一文及附表)。

(三)作者用 SO_2 及 CO_2 总和的最高值 ($RO_2^{\max}$)，引証了新分类法中指标之一的特性系数 β ，具有明显的規律性，認為“ β 与 $RO_2^{\max}$ 的关系，也系一根近似直綫关系的曲綫。从上面 (圖 9) 也可很清晰地看出煤的类别”(引号中文見地質学报，36 卷 1 期 68 頁)。这一論点实际上是不能作为理論依据的。因 $RO_2^{\max}$ 既为 $SO_2 + CO_2$ 的理論最高值，則过剩空气系数 $\alpha = 1$ ，而 $RO_2^{\max}$ 即相等於 $\frac{21}{1+\beta}$ 。故 β 与 $RO_2^{\max}$ 之接近直綫关系，是屬必然的，特别是因为各种煤的 β 都远小於 +1.0。因而并不能以有这样一个直綫关系，就認為可以証明 β 在分类作用中的規律性和“可以很清晰地看出煤的类别”。相反地，这也正好說明了以 β 值来截然划分煤种的不合理性。因为很显然的， $SO_2 + CO_2$ 的理論最高值尽可相等，但不等于能証明了煤种的必然相同。这样的实际問題，当無需再举例引証。

(四)作者在“中国煤新圖解分类法”一文中，認為中国煤缺少元素分析数据而全国产煤“仅有实用分析数据”，故进一步研究探求“(a)新分类法的簡化方法，即从元素分析得出簡化的新分类法；(6)从实用分析得出二座标的新分类方法”。根据作者的研究結果，得出了三种元素分析新圖解分类法，所采用的分类指标分別为：

$$\text{新圖解分类法(一): } V^r \text{ 及 } \beta = 2.35 \frac{H^r - \frac{O^r}{8}}{C^r},$$

$$\text{新圖解分类法(二): } H^r - \frac{O^r}{8} \text{ 及 } C^r,$$

$$\text{新圖解分类法(三): } V^r \text{ 及 } \frac{O^r + N^r}{H^r},$$

及一种实用分析新圖解分类法，分类指标为 V^r 及去灰定碳百分数 FC^w 。并認為“根据此法(实用分析新圖解法)及煤的結焦性能圖解圖 ($V^r \propto \frac{H^r}{O^r}$ 元素分析)，与煤的發热量圖解圖，全国产煤均可定出类别”。(以上引号中文見机械工學学报 4 卷 1 期，85—86 頁)

原文摘要) 在三种元素分析新圖解分类法中, 作者認為第(一)法(即采用分类指标 V^r 及 β') 为最合适。

姑不論作者对中国煤的化学分析資料, 缺乏全面了解(特别是解放后的煤質研究工作), 但对研究“中国煤新圖解分类法”所得出的結果, 仍以煤的元素成分为分类法中必要的依据。换言之, 各种圖解法中所采用的二个指标, 基本上仍只能代表了煤的多种性質之一的变質程度。不过却証明了作者在第一个研究报告中(即“煤的新分类法及成分与特性圖解研究”)所強調的“工作質基”(即“必須与水分、灰分有关的”指标)的論点, 已显然不能成立。同时也清楚地說明了所謂煤的特性系数“ β ”或簡化后的“ β' ”, 實質上即是自由氫与碳素之比。作者虽也指出了“煤的特性是受煤的成分、自由氫及碳素与揮發物的影响, 是比較正确的”, (見机械工程学报, 4 卷 1 期 99 頁)但同时又認為“煤的成分相互間的关系圖解圖(例如 C^r 及 V^r 圖)能明显地显出分类类别区域, 但两个座标的影响不够全面而不能作为分类法”(見机械工程学报, 4 卷 1 期 115 頁), 这两个論点, 显然又是相互抵触的。而作者在結論中却再次強調, 認為元素分析新圖解分类法(一), 較之其他的(二)或(三)两法, 均更适合。但同时又認為“圖解圖 3 (即元素分析新圖解分类法(三))也能很鮮明地显出煤分类的类别区域。若与圖 1 (簡化特性系数)互相比較, 本質上两个不同方法达到了同一个目的, 即要求获得詳細的分类类别, 但簡化特性系数 β' 的理論根据, 比之氧氮总和与氫比率, 更加正确”。(見該文 115 頁)作者既已肯定“自由氫”及“氧氮总和与氫比率”与煤的特性具有一定的相互关系(固不論作者所言特性是指的那一种), 而也認為它們在分类中能鮮明地显示出类别区域, 但总認為簡化特性系数 β' 的理論根据是“比較”或“更加”正确, 然又未作有任何“理論根据”的解釋, 这是令人难以理解和信服的, 是不符合辯証的科学研究法則的。

实际上选用“自由氫”或“氧氮总和与氫比率”作为煤分类的指标之一, 其有效程度如何, 已为各国学者所早已研究和探討过。就我国各地产煤而言, 采用这些純燃基的化学元素組成(或比值), 作为分类之一, 其成效如何和所适应的分类范围, 也都有过系統的研究和得出了一定的結果。因此对于作者認為采用簡化特性系数 β' 作为煤分类的指标是最为合适, 是很值得商榷的。

(五)作者所建議的实用分析新圖解分类法中的主要指标之一, 为去灰定碳百分数, 即 $FC^w = FC^a \times \frac{100}{100 - A^a}$, 也就是空气干燥無灰基的固定碳百分数。这也說明了作者已不否認工作質基的不适应于煤分类的应用。但就去灰定碳及純燃基揮發分 V^r 作为两个分类指标而言, 实际上也都只是代表了煤的变質程度。 V^r 原相等于 $100 - (FC^w + W^w)$ 的近似值, 因此在煤的整个变質阶段中, 应用 FC^w 来分类而能起較明显的作用的,

也只属于低級煤阶段。而实际起作用的参变数实为 W^w (或 W^a)，而并不絕對是 FC^w 。

按指标的灵敏度来講， FC^w 并不完全比旧分类中的加水燃率为高。因加水燃率也屬去灰标准，故分子中的 FC^w 既直接与 W^a 有关，而整个燃率又随 W^a 的增加而变小。故如以 V^r 与加水燃率作双座标圖解圖，也可使煤的类别得到一般的划分(且所得曲綫也較以 FC^w 所制成的为合理，可参閱作者第一篇論文中的圖 4——旧分类法比較，地質学报，36 卷 1 期)，但仍不能按照煤的工艺性能，作到詳細的分类。因此若采用 V^r 与 FC^w 作为两个分类座标，其实际作用与采用单一指标(如 V^r 、 FC^w 或各种燃率等)，并無区别。作者認為这一“实用分析新圖解分类法是比较旧法較佳的新分类法”，也是值得商榷的。

作者認為“若运用实用分析新分类法而对于类别仍不能肯定时，則可参考結焦性系数 $\frac{H^r}{O^r}$ 区域圖、發热量圖解圖及煤的物理性能与燃燒性能而决定”(見机械工程学报，4 卷 1 期 116 頁)，实际上这一所謂結焦性系数 $\frac{H^r}{O^r}$ ，也只能代表煤的变質程度(根据元素分析結果)。虽然这一系数(氢氧比)，对于煤的結焦性能，在一定的变質阶段中尚具有某种程度的相互联系，但并没有明显的規律，尚不如自由氢那样与煤的結焦性能还具有一般性的規律。至于發热量，按照各国常用的分类标准，也只能适用于变質阶段較淺的低級煤种，例如在国际分类法中，采用揮發分或發热量来区分煤的級別，但明确規定了在揮發分大于 33% 时，才可以發热量(含水無灰基)来作为区别煤的級別，煤的变質程度的指标之一。

(六)作者在两篇論文中反复討論了煤的化学成分相互間的关系及其变化規律，并运用直綫方程式求出了在某些范圍內，煤的成分的相互关系的变化規律，例如以 $C^r = 93.3 - \frac{V^r}{4.55}$ 代表了烟煤区域內揮發分与碳素間的变化关系，从而作者建議可运用这些圖解圖換算煤中的各种化学組成以至校正分析数据。实际上，由于作者所搜集的資料和数据不够充分(包括数量和質量)，因而使圖解所得曲綫的輪廓形状限于片面性，使由直綫方程式所求出的經驗公式失去了应有的意义。从作者所作的某些圖解圖，例如 V^r 与 C^r 实际并非完全直綫关系的曲綫，也可証明这一事实。由此可見，作者所建議用經驗公式来換算或校正煤中的化学成分，不仅不能达到实验的許可誤差范圍，而且与实用要求的近似值，有些也会相差很远。

作者所論述的某些成分的变化規律，例如随揮發分的减少，碳的含量的增加，氧、氢、氮含量的降低等，已为众所周知，但所列举的变化范圍，特别是中国煤种，与实际情况出入很大。例如煤中含氮量的变化規律，如按作者所述的变化范圍(地質学报，36 卷 1 期 68—69 頁)，則已超越随碳化程度的加深而降低的一般規律了。至于以揮發分含量

的高低來估計(或者是假設)全硫($S_{\%}$)含量(甚至硫酸鹽硫 $S_{\%}^{\circ}$),從而以公式來計算揮發性硫(S_r°)(地質學報 36 卷,1 期 70 頁),這與中國煤的實際情況相差更遠。作者似乎因為“中國煤元素分析,對於含硫分析,數據不全,一般只給 $S_{\%}$ 而不給 S_r° ”(見該文 70 頁),所以“只能從兩個圖解圖上得出近似關係”而求出了折算 S_r° 的幾個公式,這不僅是缺少充分理由的解釋,而且也是不合邏輯的令人難解的假設。

作者對於不同煤種中的 O^r 及 W^p 的含量以至灰分含量 A^c , 都指出了有個概括的變化範圍(見該文 71 頁),這從實踐和理論上來講,也都是缺乏依據的。

作者也討論了煤中“含氧量的增加,將降低燃料的發熱量”,並認為“如在煙煤區,每增加含氧量 1%,即降低發熱量約 1.7%”(引號中文見該文 69 頁),實際上煤中含氧量的增加而發熱量隨之降低,並非絕對等比的。例如在貧煤階段,含氧量的減少,發熱量也隨之降低。因此作者的推導,只能限於局部範圍內,而不能認為這一規律能完全適應於整個煙煤範圍。

(七)作者在兩篇論文中,所搜集的煤質研究資料不夠充分。就採用研究中國煤質的資料而言,元素分析數據僅 55 個,工業分析數據 147 個(不包括翁氏分類法的 31 個)。作者雖也聲明這些數據僅屬少數地區(東北區及華北區),不夠充分代表全國煤田,但所列各表中的數據,錯誤很多,因而使研究結果就不免會產生偏向。茲舉各表中的具體例子如下:

表 1——中國各產地煤實用分析表(31 個分析結果)

表中除 15、19、27、29 四個序號的 $W^a + V^a + FC^a + A^a = 100$ 外,其餘 27 個序號的 $W^a + V^a + FC^a + A^a \neq 100$ 。

表 2——中國煤元素分析(東北區)(34 個分析結果)

表中的 15、18、24、25、26、27、30 各個序號的 $C^r + H^r + O^r + N^r \neq 100$; 其他如 21、22、30 三個序號的 V^r 與 C^r 值不相稱。

表 3——中國煤元素分析(華北區)(21 個分析結果)

表中 1 號 $V^r = 37.2\%$, $W^a = 0.75\%$, 不正常。

4 號 $V^r = 30.6\%$, $C^r = 77.72\%$, 偏低。

13 號 $C^r + H^r + O^r + N^r \neq 100$

20 及 21 號均為無煙煤而 O^r 都偏高,說明 C、H 的分析數據不夠準確。

表 4——我國各省煤礦所產煙煤實用分析(機械工程學報,4 卷 1 期 93—98 頁)(147 個分析結果)

(1) 表中 8、8、12、13、15、16、20、21、22、25、28、32、34、36、37、41、44、47、48、50、51、

53、57、65、67、72、76、80、83、84、93、99、100、101、104、105、111、112、113、115、116、122、123、125、126、127、128、130、132、139、142、145 五十二个序号的 $W^a + V^a + FC^a + A^a \approx 100$ 。

(2) 9、10、11、79、85、99、100、106、120、128、142、147 各号的 W^a 都偏高而 73 号的 W^a 偏低；因而使 V^r 等折算結果不正确。

(3) 106 号 $W^a = 10.00$, $V^a = 25.00$, $FC^a = 60.00$, $A^a = 5.00$, $S^a = 1.00$, $Q_{\text{net}}^p = 7000$ ，分析結果全部采用整数，与实际相差很大。

(4) 68 号 $V^r = 54\%$ 而 $W^a = 1.6\%$ ，比一般情况低很多， $Q_{\text{net}}^p = 7364$ 則比一般情况为高，这煤可能系特殊煤种（如江西乐平煤），但仅就 V^r 即将煤种定为褐煤，似不很妥当（69 号煤的情况相似）。

(5) 20、29 号的 V^r 折算錯誤。

从所列各表的分析数据上看，大多数都采用了原煤試样的分析結果，这与作者所提的用煤样的工作質基作为分类基础的論点，是部分相符的。但原煤中的矿物質，特别是含量較高时，对測定揮發分和折算成 V^r 干扰很大，而对元素成分的准确度也必然会有影响，且这些原煤分析結果，在折算成純燃基时，也并未作任何补正的計算。作者对这些比較陈旧而又缺乏可靠性的研究資料，未作認真的审核而一概加以采用，当不可避免地会导致分类效果与实践产生一定的距离。

綜合以上主要方面的几点意見，可以看出作者在两篇研究報告中所提出的中国煤的新分类方法的主要理論根据是不很充分的，且所选用的研究資料也缺乏可靠性，因而認為新分类法可把各种煤种都能清楚地划分出类别而比过去的分类法都为优越，“或可認為近百年間国际間，对煤分类法的一个很重大的建議”，是很不妥当而值得商榷的。至于新分类方法中所討論的有关煤的成分与特性的关系，以及所建議采用的各种指标（煤的化学元素組成与比值），均为早期各国学者所探討和研究过的。这些分类指标，作为区分煤的大类，或为近代的煤分类方法中某些区域的輔助指标，可能尚具有一定的适用价值，但仍需以更多可靠的中国煤分析数据来加以驗證和修正指标的适用范围。

COMMENTS ON "GRAPHICAL INVESTIGATION OF COAL CLASSIFICATION METHODS, COAL COMPOSITION AND PROPERTIES" AND "THE NEW GRAPHICAL CLASSIFICATION METHODS FOR CHINESE COALS"

(ABSTRACT)

WANG YIN-JEN

(*Coal Research Institute*)

In the two papers, the Author had systematically organized and repeatedly studied the materials of the properties of coals of different kinds with a lot of keen labour which ought to be appreciated.

The two fundamental points of view given in the new methods of classification are not sufficiently sound. It seems that the index adopted for the coal classification has been selected without an appropriate theoretical consideration. Therefore, the index β (characteristic fuel coefficient) or β' (simplified characteristic coefficient) which was suggested as a principal index of classification could not adequately indicate the main properties of different coals in the bituminous range. The sufficient and reliable analytical data, recently obtained of Chinese coals, verified that the characteristic coefficient β' in the new method of classification cannot classify the bituminous coals in detail.

From the approximate linear relation between $RO_2^{\max}$ and β , the Author presumably concluded that β should show evident regularity when used as an index of classification. As such an approximate linear relation is mathematically a necessary consequence, it just elucidates that to use β as the principal index for strict classification of coal ranks is not reasonable.

The various indices recommended by the Author in his new graphical methods of coal classification based on the ultimate analysis or on the proximate analysis can indicate, in fact, the degree of metamorphism—one of the characters of coal only. Such approaches have already been attempted and investigated by many investigators and proved to be not quite satisfactory. To use the fixed carbon content of the air-dried ash-free coal ($FC^w\%$) as an index of classification will only be satisfactory in the low rank range; the actual functioning is from the inherent moisture content ($W^w\%$ or $W^a\%$). A graphical classification using these two coordinates, FC^w and V^r , will make no difference from using any single

* Received on 15th Oct. 1956.

one instead. It is obvious from the classification graph that the new index FC^w is rather unreasonable as compared with the old ones (different fuel ratios) in early methods. The so-called coking index H^r/O^r cannot really indicate the coking properties of coal also.

As a result of investigation of the compositions and properties of different kinds of coals, the Author obtained a general relation and suggested to use the empirical formulae derived from the apparent average linear equation, based on such scanty data, to calculate the chemical composition or check the analytical data. However, such empirical formulae could not satisfy the practical use properly.

The materials collected by the Author in the two papers for the study of properties of Chinese coals are not only out of date and not fully representative, but also there are in the analytical data many mistakes which probably influence the results of the investigation and make part of the conclusions on bias.