

編制煤成因分类图解的原則

Н. Г. 格列契斯尼柯夫

(北京地質勘探學院教授)

И. И. 阿莫索夫确定了, 决定煤炭物質的成分和性質的主要地質因素是: 原始質料, 聚积条件, 环境的复水程度, 介質的化学特性, 变质作用和风化作用^[1]。为了决定这些因素所起的影响, 必須拟定一些能表示形成煤的整个过程的指标, 也就是能表明聚煤的成因实质的指标。从另一方面看, 分类指标应该能采用直接符合工业要求的通用指标来广泛地、多方面地反映煤的性質。

統一的煤的成因分类是煤田地質学中最关键性的理論和实际問題之一。在編制頓涅茨煤田煤化学图时, 学者們和生产部門密切地合作着, 在这方面做了大量的工作^[6]。

頓涅茨煤田中石炭紀煤的特点是: 在地层剖面中各煤层的煤岩成分都是同一种类型的, 而且煤层在水平方面很稳定。所以頓巴斯煤主要的分类指标是变质程度。在頓巴斯, 长期以来都是以可燃体的揮发物析出率作为变质程度的指标的, 但是对煤进行了較深入的研究后, 发现有些煤的揮发物析出率是相同的, 但是其他指标的差別很大。揮发物析出率减少时, 煤的成分和性質的变化, 如图 1 中所示。

由图 1 中可以看出, 当揮发物析出率减少时, 每种指标的变化不是用綫来表示, 而是用寬度不同、形状不同的带来表示的。这个带的揮发物析出率相同时, 是由这指标的极小值和极大值来圈定的。在变质过程中, 元素成分是单向变化, 而粘結性、碳氢化合物的溶解度、发热量和机械强度在变化过程中都是有极大值或极小值的。

早在 1932 年 В. В. 維达夫斯基 [Видавский]^[5] 就已指出: 有的煤揮发物析出率是相同的, 但性質是不同的。В. В. 維达夫斯基把这些煤确定为在成煤的泥炭阶段具有不同还原程度的有机物質。由此可見, 不能仅用变质来解释頓涅茨煤的性質的多样性, 所以, 在煤层形成的过程中, 至少还有一个因素对煤質起了很大的影响。这因素就是还原程度。还原程度的区别是成因上的差別, 所以还原程度也和变质程度一样, 是頓

涅茨煤的一个分类指标。頓巴斯煤可以按还原程度分为四种类型: а 类型——还原弱的煤; б 类型——还原中等的煤; в 类型——还原煤; вв 类型——还原强的煤。所以图 1 中带的寬度是由煤的类型不同所造成的。带愈寬, 具体指标受成因类型的影响愈大, 也就是这指标对还原程度說来, 灵敏度愈高。当变质程度增高时, 指标的值也是逐渐增高, 或者在曲綫上有极大值时, 在表示指标和揮发物析出率关系的带中“в”和“вв”类型的煤是在上部, “а”类型的煤是在下部, 而“б”类型的煤是在中間的位置, 当变质程度增高时, 指标的值則相应减少, 或在曲綫上有极小值时, “а”类型煤在指标带的上部, 而“в”和“вв”类型在带的下部。

当在一个地层剖面中, 下伏煤层的揮发物析出率比上复煤层要高时, 会使有些人感到希尔特定律发生偏差了, 这种现象很容易用自然界存在着还原程度不同的煤来解释。在变质程度相同时 (对頓巴斯煤說来, 大約平均在一百米垂直距离內), “в”类型的煤的揮发物析出率較高。所以就是对頓涅茨煤田的煤說来, 如果只用揮发物析出率来鑑定变质阶段, 而不考虑到煤的还原程度的話, 那么, 这也仅仅是一个相当近似的指标。这对瘦化煤和无烟煤說来更为重要, 因为用这些煤的揮发物析出率、粘結性、有机溶剂中的溶解度以及其他指标, 都沒法很好地来进行分类。

但是, 就是在高变质程度时, 煤的成因类型的标誌还是保存得很多的。在这些标誌中有煤层結構、分散很細的黃鉄矿的存在, 硫的含量、灰分的成分、机械程度以及其他标誌。

所以在編制煤的成因类型和煤田的煤化学图时, 首先就必须确定出: 能反映原始質料在泥炭阶段的变化情况和固体可燃矿产在变质过程中变化过程的可靠指标。

大致可分出四种既能反映固体可燃矿产的成因、又能反映它的实用价值的煤的标誌: 1) 植物原始質料; 2) 煤岩成分; 3) 按还原程度分的成因类型; 4) 变质程度。在拟定各煤田、煤产地的成因类型和編制

煤化学图时,往往都以这些标志作为根据。

对于一个煤田的煤层说来,原始质料决定了成因类型,所以实际上这个标志是一个固定标志。所以在描述时代不同的煤田和煤产地的煤时,原始质料才是一个分类标志。因此,对每一个煤田说来,必要的分类标志就只剩下煤岩成分、按还原程度分的成因类型和变质程度等三项标志。每个煤田形成时的特性决定它主要的分类特征。顿涅茨煤田和庫兹涅茨煤田的煤的形成条件如表 1 所示。

由表 1 中资料的对比可以看出:

- 1) 顿涅茨煤田和庫兹涅茨煤田的煤都是腐植煤,但是它们是由不同的原始质料所形成的。
- 2) 除了这两个煤田的原始质料不同以外,在每个煤田中原始质料变化的特有条件也是不同的,这决定了煤层结构和煤岩成分。
- 3) 顿涅茨煤田各煤层的分組煤岩成分是相仿的,

这是由于原始质料变化条件相仿而造成的。在各煤层中含有 74—88% 凝胶化物质, 3—15% 絲煤化物质, 2—12% 孢子角质类物质,所以对頓巴斯说来,煤岩成分不是一个分类指标。

4) 显然,对頓巴斯煤说来,主要的指标将是还原程度和变质程度;因为还原程度是在成煤的泥炭阶段物质受介质的化学特性影响的结果。

5) 在庫兹涅茨煤田巴拉洪組的任何地質剖面中,各煤层的分組煤岩成分都是不同的。各煤层中絲質組組份的含量由 20% 变到 70%。这是由于在形成各煤层过程中,原始质料的变化条件变动很大所造成的。

6) 所以在編制庫兹涅茨煤田巴拉洪組的分类时,必須考虑到三个指标:分組的煤岩成分、按还原程度分的成因类型和煤的变质程度。

从頓涅茨煤田和庫兹涅茨煤田(巴拉洪組)的煤分类标志的对比中可以看出,根据三个指标来編制庫兹

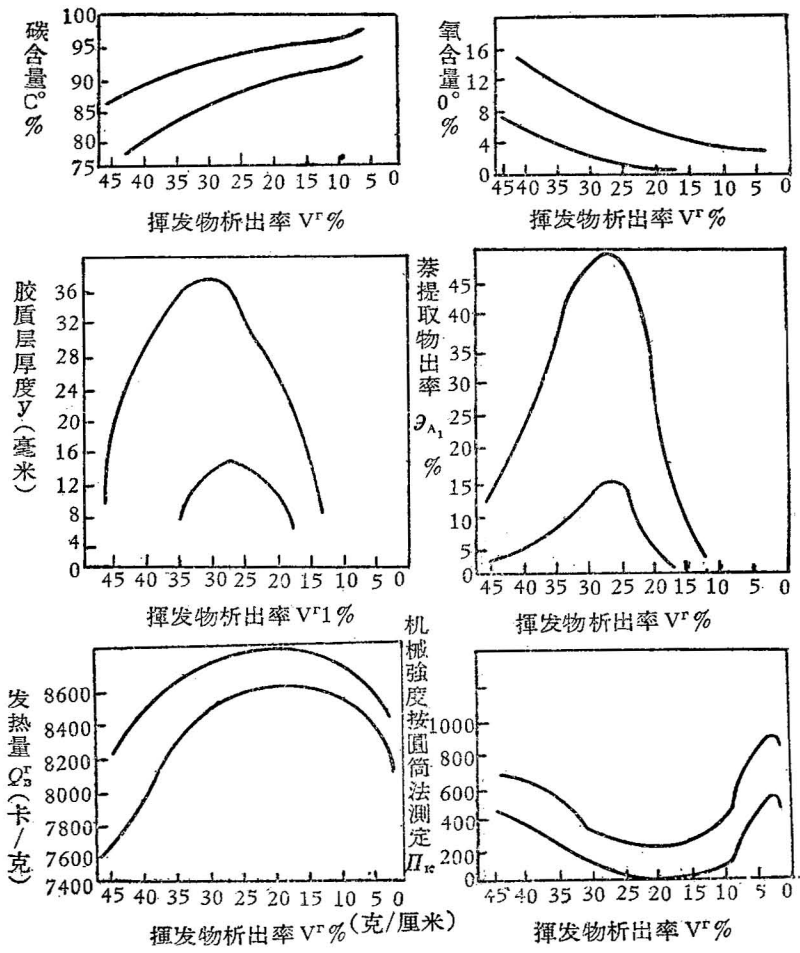


图 1 揮发物析出率减少时,煤的成分和性质的变化

表 1

指 标	頓 涅 茨 煤 田	庫茲涅茨煤田 (巴拉洪組)
一般特征: a) 地质时代 b) 气候	中 石 炭 紀 均調的溫湿气候,沒有季节变化(木質部沒有年輪)	石炭二疊紀 較干燥的溫和气候,有季节变化(木質部有年輪)。
煤田类型	地槽型, 近海型	地槽型, 远海型
植物原始質料	鱗木类隱花植物 (鱗木, 封印木) 和木賊类植物 (蘆木类) 以周皮和薄壁組織为主。	舌羊齿类隱花植物和裸子植物苛得狄綱, 主要是木本植物, 木質部很发育。
泥炭沼的水平面	水平面的变动是經常的, 相当均匀的。煤的細条带状和微条带状就是这种变动的結果。分組煤岩成分相仿。	水平面的变动很少, 不均調的。其結果是形成許多条带(分层)的光亮煤、半亮煤、半暗煤和暗淡煤。分組煤岩成分不同。
植物殘体分解和变化时介質的化学特性 (盐类成分和氧化还原的性能)	沉积环境中以还原条件为主, 但也有些煤层是在氧化較強的环境下形成的。	在不同煤层形成时, 有氧化条件的分解环境, 也有还原条件的分解环境。
变質作用	形成了变質程度由长焰煤到无烟煤的煤	形成了变質程度由长焰煤到无烟煤的煤

巴斯煤的分类, 要比根据二个指标編制頓涅茨煤的分类困难得多。

因此, 随着每个煤田成煤的具体条件的不同, 都会有自己特有的分类指标。

在編制每个煤田煤的分类时, 必須确定煤的煤岩特点, 研究地层剖面中分組煤岩成分, 研究在泥炭阶段在水平方向上原始質料变化条件的稳定性 (还原程度) 和变質程度。

頓涅茨煤的成因分类图解的編制方法*)

如同上述, 頓涅茨煤的性質取决于二个成因指标: 还原程度和变質程度。但是在編制煤的分类时, 必須要有变質程度和按还原程度分的成因类型的数值指标, 这些指标的灵敏度應該很高, 而且只能是受一个因素的影响。最后这一点也就是在选择分类的数值指标时的最大困难。

例如, 以前认为挥发物析出率是頓涅茨煤田煤变質程度的可靠指标, 但当深入研究时, 发现它也取决于还原程度。既然挥发物析出率是被地质工作者、工艺师和煤化学工作者所常用的标准工艺指标, 所以运用它来作为分类指标时, 首先就必须考虑到: 对各种变質阶段煤說来, 等变質但还原程度不同的两块煤, 它們挥发物析出率会受煤的成因类型的影响。在这些研究中是以区域变質的概念作为基础的。在地层剖面中, 两层相邻煤层的变質程度應該是一样的, 当煤岩成分相同时, 它們性質的不同只能用还原程度类型的不同来解释。

在研究实际資料时发现: 有些时候, 同一个矿中,

在同一个垂直地层剖面上所采的两个相邻煤层的性質有时很相同, 但有时則差別得大。性質相同的相邻煤层是属于同一种还原程度的成因类型, 而性質不同的, 是属于另一种类型。在对比两个邻近煤层时, 应根据层間厚度作出挥发物析出率的修正, 当垂直层面的垂直深度增加 100 米时, V^r 应减少 1%, 所以下伏煤层的挥发物析出率值應該低 $\frac{m}{100}$ 。m 是两层煤之間的岩系厚度。如果根据地层位置下伏煤层的挥发物析出率應該低 $0.01 \times m\%$, 而实际上是高了 $\Delta V^r\%$, 那么在进行了煤层間岩系厚度的修正以后, 由于煤的类型而产生的挥发物的差值将是 $\Delta V^r = \Delta V^r_1 + 0.01m$ 。这样, 研究了各变質程度的煤以后, 就可确定出“a”与“b”类型等变質煤之間挥发物析出率的关系。

在图 2 中, 表示出挥发物析出率差值 (ΔV^r) 与“a”类型还原弱的煤的挥发物析出率的关系。在水平綫上的是“a”类型煤的挥发物析出率值 (V^r_a), 在垂直綫上的是“b”类型与“a”类型煤的挥发物析出率的差值。由图中可見, 随着变質程度的增高, 由于类型不同而产生的挥发物析出率差值是在减少。这种关系可用方程式来表示。

$$\Delta V^r = -0.00002 (V^r)^2 + 0.177 V^r + 0.20$$

因为 $(V^r)^2$ 的系数值很小, 所以无论 V^r 是多大, 这项的数值都是很小的, 所以可以略去, 簡化以后这种关系就变为直綫方程式了。

*) 在这节里, 将根据頓涅茨煤田煤化学图 (1954 年 IV 卷) 中的資料, 来敘述頓涅茨煤的分类图解編制方法。

$$\Delta V^r = 0.177V^r + 0.20$$

这样在确定了这种关系以后，就可以计算出变质程度相同而还原程度相反的煤的挥发物析出率的值了(表 2)。

表 2 中所表示的还原程度与挥发物析出率的关系，使我们能根据挥发物析出率来编制分类图解上的挥发物析出率等值线(图 3)。

在分类图解下面的横座标画上还原弱的煤的挥发物析出率，而在图解的上限横座标相应的一点，画上等变质的还原煤的值，在上下横座标挥发物析出率值相等的两点用挥发物析出率等值线相连接起来。等值线

与座标轴之间的倾角表明煤的类型对挥发物析出率的影响。

为了确定煤的位置，在分类图解上还必须有一个表明煤还原程度的指标。现在还没有一个能直接决定所有变质阶段煤的还原程度的指标。所以在鉴定还原程度时应用了几个指标，每个指标能在一定的变质程度范围内清楚地反映出煤的类型。粘结煤还原程度的分类指标是胶质层厚度。众所周知，粘结性取决于变质程度，但同时粘结性也能反映出煤的还原程度。当挥发物析出率不同时，煤的粘结性变化的极限值如图 4 和表 3 所示。

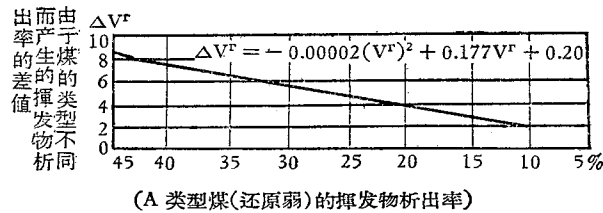


图 2 不同类型煤挥发物析出率的差值 ΔV^r 与挥发物析出率 V^r 之关系

表 2 等变质而还原程度类型相反的煤的挥发物析出率

V_a^r , % (A 类型还原弱的煤)	ΔV^r , %	V_b^r , % (B 类型还原强的煤)	由 A 类型变为 B 类型时, 挥发物析出率变化的比率
45	8.2	53.2	18.2
40	7.3	47.3	18.2
35	6.4	41.4	18.2
30	5.5	35.5	18.3
25	4.6	29.6	18.4
20	3.7	23.7	18.5
15	2.85	17.85	19.0
10	2.0	12.0	20.0
5	1.1	6.1	22.0

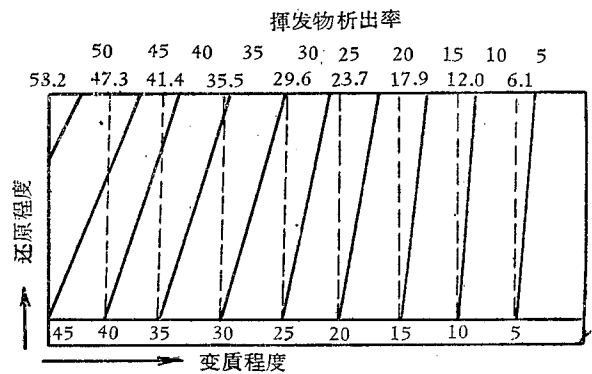


图 3 挥发物析出率等值线的绘制

表 3 膠質層厚度的極限值與揮發物析出率的关系

揮發物析出率 $V^r(\%)$	膠質層厚度的極 限值 y (毫米)		揮發物析出率 $V^r(\%)$	膠質層厚度的極 限值 y (毫米)	
	最大值	最小值		最大值	最小值
46	6	0	24	31	13
45	12	0	23	29	12
44	16	0	22	27	11
43	20	0	21	26	10
42	24	0	20	24	8
41	26	0	19	22	7
40	28	0	18	20	5
39	30	0	17	19	3
35	35	5	16	17	1
32	37	10	15	15	0
28	36	14	14	12	0
27	35	14	13	9	0
26	34	14	12	5	0
25	32	14	11	0	0

在分類圖解上編繪粘結性等值綫時，是以下列原則為出發點的。在分類圖解的上部應該是這變質程度煤中粘結性最高的煤，而在下部是粘結性指標最低的煤。這樣在下橫座標的每條揮發物等值綫上寫下 y 值的最小值（見表3），而在上橫座標上寫下最大值。每條揮發物析出率等值綫上，以 5 個單位為間隔，劃分成幾段。聯結膠質層厚度值相同的點，這樣就可以獲得膠質層厚度等值綫了。當然在這裡採用了一個假設：當揮發物析出率值固定時，膠質層厚度的變化與還原程度成比例。

揮發物和膠質層厚度的等值綫在分類指標上組成一個特殊的網格，這樣在圖解上（圖5）就可以根據 V^r 和 Y 兩個值來決定每種煤的位置，也就是來決定它按還原程度分的成因類型和變質程度。

也可以根據上述方法把煤的任何性質在分類圖解上畫成等值綫，但是只有當指標的變化範圍要比可能發生的偶然變動大得多，並且比允許誤差要大好幾倍時，才能用這一性質作為分類指標。如果在某一變質範圍內，帶的寬度很窄，那麼對這一範圍說來，就不能用這個指標作為分類指標了。例如不能用膠質層的指標來作微粘結煤和不粘結煤的第二指標。在編制頓涅茨煤田分類圖解時，對微粘結煤、不粘結煤和無煙煤說來，用的是與這些煤的成因類型和變質有關的性質。

為了選擇這樣的性質以及相應的指標，把頓巴斯煤分成了四組：1) 不粘結和微粘結的長焰

煤；2) 粘結良好的煤；3) 微粘結的瘦化煤；4) 不粘結的貧煤、半無煙煤和無煙煤。

1. 長焰煤能微粘結，但它們的粘結性往往低於膠質層測定法的靈敏度。長焰煤是以元素成分（包括碳含量在內）作為第二分類指標。碳含量作為指標的優點是：在化驗過程中是直接測定的，而氧的含量就是間接測定的，會受到測定碳、氫和氮時所發生的誤差的影響。氫含量和氮含量也不是很好的指標。低變質煤的氫含量變化不大（5.5—6.5%），而氮含量實際上是常數。

在各種不同的揮發物析出率和有機物質比重（ K_d ）的值的情況下，碳含量變化的極限值如圖6和表4所示。

圖7表示碳含量等值綫在頓涅茨煤的分類圖解上的位置。揮發物析出率隨着變質程度的增高而減少，而碳含量則增加，把這兩個指標結合起來，就可以得出一套方向不同的斜等值綫的網格，用這網格就可以決定煤的變質程度和按成因類型分的還原程度。

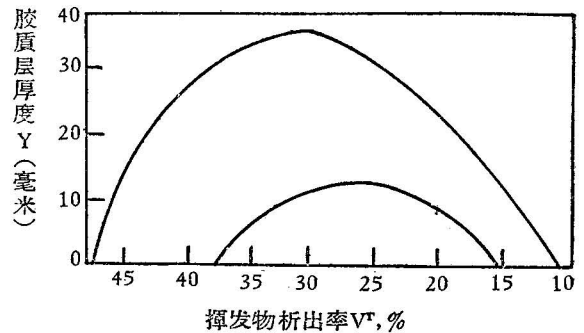


圖4 揮發物析出率不同時，膠質層厚度變化的極限值

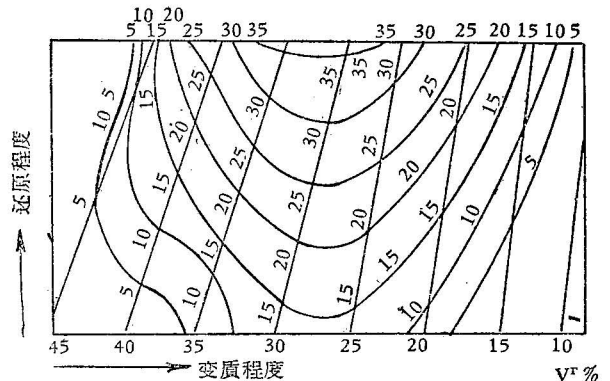


圖5 頓涅茨煤按 V^r 和 Y 值的分類圖解部分

的类型。在变质程度相同时，还原较强的煤的 K_A 值比还原弱的煤要低，在分类图解上可以看到等值线是有一些倾斜的。随着变质增高，这倾斜也就逐渐消失，而当 K_A 等于 1.60 时，等值线就变成直线了。

选用了机械强度作为不粘结煤、半无烟煤和无烟煤的第二分类指标，机械强度在采煤和工艺用煤中有很大的意义，它是与煤的有机物质的化学成分和结构有着密切的联系（表 6）。

在图 10 上表明了按圆筒法测定的机械强度等值线在分类图解上的位置。

所以，在编制顿涅茨煤分类图解时，应用了几个指标，其中每一个都是在一定变质范围内的分类指标（表 7）。

在表 7 中，鉴定煤炭物质的变质程度的称为“第一”分类指标，画在横轴上（变质程度轴），而鉴定还原类型的（结合着“第一”指标）称为“第二”指标，画在纵轴上。“第一”分类指标的等值线是绘制“第二”指标等值线的基础。

由此可见，顿涅茨煤的分类图解是按下列方式来编制的：

1. 选择并论证了以挥发物析出率（对 $V^r=48-9\%$ 的煤）和有机物质的比重（对 V^r 值小于 9% 的煤）作为

表 5 在各种挥发物析出率和有机物质比重的值时，焦油出率变化极限值

$V^r(\%)$	K_A	焦油出率变化的极限值 (由一至)	焦油出率变化的范围(%)	等值线间隔数
46		10.5—3	8	8
44		11—3.5	7.5	7.5
40		11—4	7	7
35		11—4.5	6.5	6.5
32		11—4.75	6.25	6.25
30		11—5	6	6
26		10.5—5.25	5.25	5.25
24		10.25—5.25	5	5
22		9.75—5	4.75	4.75
20		9.5—4.75	4.75	4.75
18		6—4	4	4
15		6—2.5	3.5	3.5
14		5.5—1.75	3.75	3.75
13		5—1	4	4
12		4.5—0.5	4	4
11		3.5—0	3.5	3.5
10		2.5—0	2.5	2.5
9	1.30	1.25—0	1.25	1.25
—	1.31	0.5—0	0.5	0.5
—	1.315	0—0	0	0

表 6 在各种不同挥发物析出率和有机物质比重的值时，按圆筒法测定的机械强度 (Π_K) 变化的极限值

V^r	K_A	Π_K 变化的极限值(克/厘米) 由一至	Π_K 值变化范围 (克/厘米)	等值线间隔数
45		650—400	250	5
42		630—370	260	5.2
40		600—330	270	5.4
39		580—300	280	5.6
38		550—280	270	5.4
36		500—200	300	6.0
35		390—100	290	5.8
33		350—75	275	5.5
32		300—50	250	5
30		250—50	200	4
28		250—50	200	4
24		200—50	150	3
17		200—50	150	3
13		275—50	225	4.5
10		350—50	300	6
9	1.30	400—65	335	6.7
	1.31	500—125	375	7.5
	1.32	575—175	400	8
	1.33	575—175	400	8
	1.34	725—350	375	7.5
	1.35	825—425	400	8
	1.36	837.5—475	362.5	7.25
	1.37	850—525	325	6.5
	1.39	875—537.5	337.5	6.75
	1.41	887.5—550	337.5	6.75
	1.43	900—550	350	7
	1.45	900—550	350	7
	1.47	900—537.5	362.5	7.25
	1.49	900—525	375	7.5
	1.51	900—512.5	387.5	7.75
	1.55	875—475	400	8
	1.57	867.5—450	412.5	8.25
	1.59	850—425	425	8.5

表 7 编制分类图解用的指标

图解的部分	煤的范围	分 类 指 标	
		“第一”指标	“第二”指标
I	微粘结煤	挥发物析出率 V^r	碳含量 C^o
II	粘结煤	”	胶质层厚度 Y
III	微粘结煤 (贫化煤)	”	以可燃物质作基的焦油出量
IV	不粘结煤	有机物质的比重 K_A	机械强度 Π_K

最合适的指标。而9%的挥发物析出率与1.30的比重相应。就根据这两个指标与还原程度的关系,绘制“第一”指标的等值线。

2. 根据研究实际资料的结果,阐明了“第二”指标与煤的类型关系的特性。这种关系或者是用变质相等,但类型肯定是不同的煤的“第二”指标值来进行对比而得出,或者是同时观察与煤的类型的关系已经确定的指标和这个指标的变化而得出的。

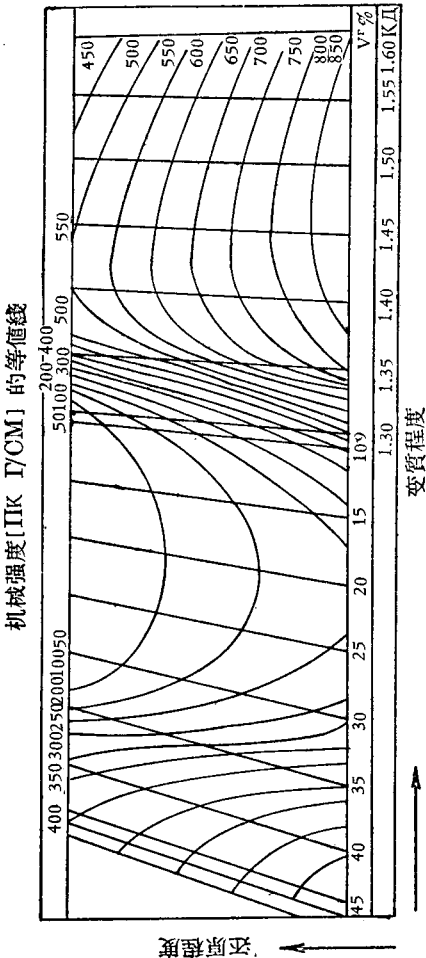


图 10 在分类图解上机械强度的等值线、据图例法

3. 在“第一”指标的等值线图,在每条等值线的基点和顶点上,根据已确定的“第二”指标与煤的类型的关系,注下“第二”指标的极限值。把第一指标的等值线划分成几个等分,这样就能得出第二指标的中间值,并且应把这些数值注下。根据煤带的形状来选择“第一”指标等值线的数量和密度:当煤带的形状成弯曲状或突变时,就必须加密等值线、連結起“第二”指标值相等的点,把得出的等值线加以平整,根据这种图表

就能确定某一个指标在什么范围内能最清楚地反映煤的成分和性质。

用这样的方法在分类图解上,可以绘制很多指标的等值线。然后根据清楚程度、精确程度和附合一般要求的分析,来选择整个分类图解用的指标。

这样就编制成了如图 11 所示的顿涅茨煤田煤的整个的分类图解。如图 11 和表 7 所示,“第一”指标是挥发物析出率,在不粘结煤和无烟煤的范围内是采用了有机物质的比重;长焰煤的“第二”指标是碳含量,粘结煤的指标是胶质层厚度,微粘结的瘦化煤的指标是按顿涅茨煤炭研究所方法测定的焦油出率,不粘结煤和无烟煤的指标是机械强度。

在分类图解上所画的都是分类指标的等值线,而且只有在图解上它们能作为分类指标的部分才把它们

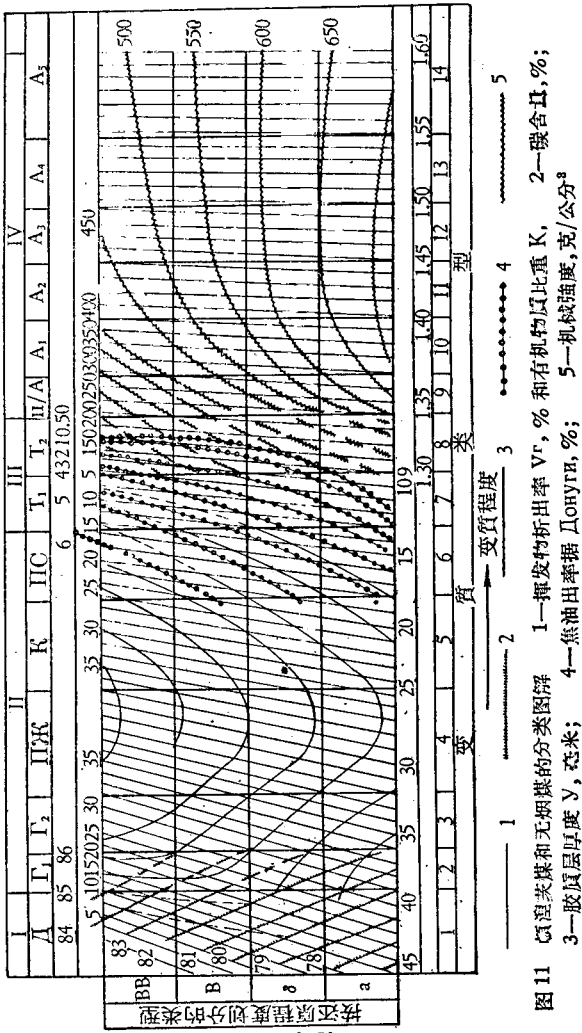


图 11 顿涅茨煤的分类图解 1—挥发物析出率 V_r , % 和有机物质比重 K , 2—碳含量, %; 3—胶质层厚度 Y , 毫米; 4—焦油出率 Δ 百分; 5—机械强度, 克/公分²

画了出来。为了运用方便起见,按变质程度把图解用垂直线划分为十四组,并且用横线把图解划分出与还原程度的成因类型相符合的四个部分。把变质组和还原类型结合起来(16, 2a, 6bb等),就能表示出具有具体工艺性能的成因级别。

所以根据分类图解可以决定煤的变质程度、还原类型、成因级别和工艺性能。

在编制顿巴斯分类图表时,把煤的性质当作是成煤的主要因素和成煤阶段作用的结果。它的编制方法,是以研究按煤系位置是等变质的煤为基础的,也就是以地质煤化学方法作为编制的基础的。所以这样的图解完全是可以称为成因图解的。

编制顿巴斯的成因分类图解的原则,对所有的煤田和煤产地说来,都是适用的。但是作为选择分类指标的根据的成因指标的数目,是要取决于聚积条件和该区随后的地质发展史的。

通常在编制一个煤田(当原始质料是相同时)的成因分类时,有三个指标:煤炭物质的煤岩定量,还原程度或煤的成因类型,和煤炭物质的变质程度。

所以在编制每个煤田的成因分类时,首先必须决定:能阐明聚积条件、环境的复水程度、介质的化学性质和变质作用对煤的成分和性质所起的影响的必要和足够的指标。从这方面看来,在决定分类指标中,最主要的是煤岩研究。

没有必要再来详细地叙述每个煤田成因分类的意

义。仅指出,只有在总结世界上最大的煤田的资料基础上,才可能编制固体可燃矿产总的成因分类。在编制每个煤田的煤化学图之前,必须预先编成因分类。

参考文献

- [1] Аммосов, И. И., 1954; Геологические факторы и свойства углей. Тр. ИГИ, т. III, 1954, стр. 9—40.
- [2] Аммосов, И. И., 1952; Основные принципы неодинакового состава и свойств ископаемых углей. Изд. АН СССР, сер. геол. №3, 1952, стр. 27—38.
- [3] Аммосов, И. И., 1944: Метод составления зональных карт метаморфизма углей. Изд. АН СССР. ОТН, № 10—11, 1944, стр. 784—796.
- [4] Боголюбова, Л. И., 1956: Генетические типы клареновых углей среднего карбона Донецкого бассейна. Тр. лаб. геол. угля, т. VI, 1956, стр. 227—239.
- [5] Видавский, В. В. и Прокопец, Е. И., 1929—1931: Изучение коксующей способности методом нафталинового экстрагирования. Сборник работ по химии угля, ВУГИ, Харьков, 1932.
- [6] Геолого-углехимическая карта Донецкого Бассейна. Выпуск VIII, углетехиздат, 1954.
- [7] Попова, М. Е. и Пермитина К. С., 1953: Петрографический метод оценки спекаемости угля. Сборник химия и генезис твердых горючих ископаемых. Тр. I Всесоюзного совещания. Изд. АН СССР, 1953.