

根据物理標誌和煤岩標誌 确定煤的变質程度

Л. И. 薩尔別耶娃 著

湯臣健 程慧珠 譯

P469.2

S127

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本書第一章敘述了根據煤的物理標誌確定煤的變質程度的方法，第二章敘述了根據煤的顯微煤岩結構確定煤的變質程度的方法，最後還作出有關結論。

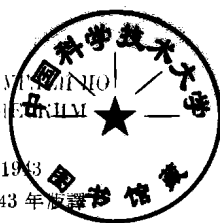
根據本書內容可以不作煤的化學分析來確定煤的變質程度或牌號。這對於野外分析設備簡陋的煤田地質勘探隊的地質工作人員來說，是一種極為珍貴的文獻。

本書可供野外煤田地質勘探人員、室內煤岩鑑定人員以及有關的研究人員和教學人員閱讀。

Л. Н. Сарбеева
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАМОРФИЗМА УГЛЕЙ
ФИЗИЧЕСКИМ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИМ
ПРИЗНАКАМ

Гостотехиздат Москва 1943

根據蘇聯國立燃料技術書籍出版社 1943 年出版



906

根據物理標誌和煤岩標誌確定煤的變質程度

Л. Н. 薩爾別耶娃著

湯臣健 倪慧珠譯

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 084 號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

開本 787×1092 公厘 1/32 印張 1 插頁 3 字數 20,000

1950 年 2 月北京第 1 版 1959 年 2 月北京第 1 次印刷

統一書號：15035-620 印數：0,001-3,000 冊 定價：0.18 元

目 錄

序 言	1
緒 論	4
第一章 随着炭化程度的增高煤的物理性質的变化	6
第1節 光 澤	6
第2節 顏 色	9
第3節 結 構	10
第4節 劈 理	12
第5節 比 重	15
第6節 孔隙度	16
第7節 彈 性	17
第8節 硬 度	19
第9節 導電性	20
第二章 随着炭化程度的增高煤的顯微結構的变化	21
結 論	28

序 言

近年來在煤炭工業方面建立了統一的煤田勘探機構的系統。在所有的煤田內或在分布有大型煤產地的地區中，都有煤田勘探局，這些局中都有經常進行工作的固定的地質勘探隊在進行着各種地質工作和勘探工作（地質測量、普查、物探工作、鉆探工作、山地工作等等）。

由于战时的原因，在礦務局和煤礦內新的礦井地質人員及水文地質人員不斷地增多，他們進行着大量的巷道編錄工作。

每年在蘇聯的煤產地中要打幾十萬米的鉆孔和挖成千上萬米的探井和探槽。

所有這些大量的資料的整理結果，都被綜合在個別煤產地和井田區的勘探及儲量計算報告中。這些報告是礦井設計和建井的基礎。決定資料整理和報告編寫的質量的主要條件是工作方法的統一。要想在固定的地質勘探隊中，在勘探區直接進行室內工作的全面綜合是很困難的。這是因為勘探隊的地質人員有時不準備對現有的資料（岩石標本、煤樣、動植物化石）進行獨立的全面的整理，還因為未必在每一個隊上都有實驗室及設備；由于上述情況就必須按下列步驟來作：第一、在短時期內，在地質勘探局的系統內成立化學工藝實驗室和沉積岩及煤岩實驗室；第二、在地質勘探人員的手中，應有一些簡明的指導書，即各種工作的指南。

煤炭工業部人民委員會煤田勘探总局所采取的這些措施是：

1. 深入地研究所勘探煤層的性質，並解決其應用於國民經濟的各種需要（動力技術、氣化、煉半焦和制取液態燃料等等）上的可能性的問題。

2. 改進原始的地質編錄並提高勘探資料整理的質量。

3. 就地培養煤化學、煤岩學及沉積岩石學方面的專門幹部。

4. 在地質勘探隊及局中為地質人員創造條件，以便於每一個地質人員在完成了一系列的勘探工作之後，能提高自己的業務水平，並能在某些問題上進行專門的研究。勘探某個地段及地區的目的，不僅是計算該地段的煤的儲量，而且要作出科學的地質綜合和結論。

為地質勘探人員和礦井地質人員的日常工作所必需的已出版的一些指導書有：

1) 煤產地的取樣——P. A. 魏涅爾。

2) 根據物理標誌和煤岩標誌確定煤的變質程度——

Л. И. 薩爾別也娃。

3) 煤岩研究和煤層描述指南——С. Н. 納烏莫娃。

4) 煤系的研究和描述指南——Г. Ф. 克拉申寧尼可夫。

5) 對比煤層的孢子分析法——И. Э. 瓦爾茨（1941年出版）。

6) 煤產地勘探方法及勘探坑硯編錄——И. А. 庫茲涅佐夫。

除了这些指導書外,苏联煤炭勘探总局还出版了許多著作,这些著作綜合了某些含煤区的地質勘探資料。

毫無疑問,由于地質勘探工作範圍的不断擴大,以及由于要在各种条件下來运用这些指導書,于是就必須加强和补充这些指導書。

苏联煤炭勘探总局希望大家無論对下版的書或者是本版的書提出意見和补充,地址是: 莫斯科,煤炭工業部人民委员会煤炭勘探总局。

苏联煤炭工業部人民委员会
煤炭勘探总局总工程师
B. C. 雅勃洛柯夫

緒 論

在 1937~1938 年間,苏联人民委员会地質委员会全苏地質研究所煤岩研究室就已經進行了按煤的物理標誌和煤岩標誌來确定煤的变質程度这一工作。本書中扼要地叙述了所獲得的成果,作这些研究工作的原因是:化学分析远远不能經常精确地确定煤的炭化(变質)程度,这一点已为煤岩研究者的工作所証实,特别是已被那些与闡明煤的粘結性有关的工作所証实。同时,精确地确定炭化程度这一重要的標誌,乃是闡明一系列問題的必要条件,这些問題与煤的实际应用直接有关(如結焦性等)。从另一方面來講,我們早就知道:煤的一切特性,無論是煤的物理性質或者是廣义的煤的結構性質,均在褐煤到無烟煤的範圍內作有規律的变化。在我們所研究的任务中,首先应当闡明这些規律,其次应当研究定量表示在这些規律的方法。

但是,由于大家都知道,煤的物理性質和其他性質不僅決定于炭化程度,而且也決定于其他許多因素。例如決定于煤岩成分、灰分、風化程度等等。因此,最初只能局限于研究一种类型的各种变質程度的煤。

頓巴斯煤对这个目的來說是最合適的,而这种煤也已經被研究过。在新的掌子面上曾采取过一系列光亮型煤,其揮發分由 49 到 1.5%。

这些煤的一般煤岩类型和化学特征如表 1 所示。

在研究任务中还包括研究这一系列煤的下列物理性

質:光澤、顏色、結構、劈理、孔隙度、致密度、硬度、彈性和導電性。此外,還必須研究炭化作用的顯微特征的定量表示法。

表 10

煤 樣 號	鏡煤、木質 鏡煤、基質 (%)	絲 煤 (%)	木質絲煤、 木質鏡煤 質絲煤 (%)	不透明物 質(絲煤 化碎片) (%)	孢子、 角質層 (%)	在 有 機 體 中				灰分 (A%)	水分 (%)
						揮發分 (%)	碳 (C%)	氫 (H%)	氧 (O%)		
4 _B	69.55	1.67	6.42	7.55	14.81	49.06	76.19	6.45	3.28	8.68	
13	83.00	0.4	5.4	2.8	8.4	40.97	81.24	5.18	1.22	13.49	
98	74.72	0.65	1.96	4.24	18.4	40.46	81.49	5.64	1.53	2.89	
7	72.9	2.5	5.8	5.4	13.43	40.09	82.39	6.18	2.77	1.80	
102	—	—	—	—	—	35.36	—	—	6.71	1.90	
21	85.53	0.18	0.18	0.94	13.55	27.75	85.65	5.74	0.87	1.73	
29	86.82	—	1.08	4.34	7.79	28.21	86.66	4.89	3.86	1.09	
37	87.47	0.20	0.20	1.46	0.67	28.61	86.45	5.09	0.43	1.33	
40 ₂	87.59	0.86	2.75	4.57	4.30	24.77	88.26	5.09	1.18	1.27	
42	86.40	0.71	4.77	8.12	—	18.00	—	—	—	—	
100	89.59	1.27	3.66	5.48	—	17.56	88.96	4.82	2.88	0.93	
46	93.32	0.43	1.07	5.18	—	14.18	89.27	4.75	1.83	0.50	
47	80.87	0.38	9.85	0.90	—	11.77	91.87	4.33	1.26	0.76	
52	98.58	—	0.40	1.02	—	11.50	90.99	4.28	2.14	1.13	
56	98.64	0.20	0.39	0.77	—	7.65	72.00	3.95	1.64	1.21	
60 _a	91.50	—	2.10	6.40	—	4.58	93.83	3.12	1.35	1.23	
75	76.04	—	8.76	12.67	8.31	2.45	95.59	2.43	1.04	1.81	
82	93.13	—	0.57	0.96	5.33	1.5	—	—	2.0	—	

① 作者是在光片中用精確的方法來統計煤岩組分的。化學分析是由化學家 H. 柯明娜在全蘇地質研究所地球化學組的煤炭研究室中完成的。

第一章 随着炭化程度的增高煤的 物理性質的变化

第1節 光 澤

还在煤岩学發展的初期,就不止一次地指出:褐煤的光澤总是比烟煤,尤其是比無烟煤較為暗淡。以后又确定了煤的光澤与炭化程度之間的一定的依从关系,而且甚至研究过測定光澤的方法。如果有人对該問題發展的詳細情况感到兴趣,則可以看一下 IO. A. 热姆丘日尼柯夫的著作[3]。

在我們所研究的一系列煤的範圍內,也可以發現由低炭化的煤到無烟煤,光澤是有規律地增强的。例如,根据肉眼所能辨別的光澤强度,这一系列的煤可以分为六組,它們的特征如表 2 所示。

表 2

煤組	揮發分 (V_r) %	光 澤 的 特 性
I	由 49 到 41	暗淡的、樹脂狀光澤
II	由 40.5 到 36	近似玻璃的較光亮的光澤
III	由 35 到 29	光亮的玻璃狀光澤
IV	由 28 到 17	十分光亮的玻璃狀光澤
V	由 16 到 7	十分光亮的金剛狀光澤
VI	由 6 到 1	十分光亮的金屬狀光澤

为了檢驗和証明这种規律性,我們在礦山机械加工研究所的“分光鏡”中,用肉眼計光法來測定上述一系列煤的

反射力。

这一方法是以煤的反射力与各种波长的标准氧化镁的比较作为基础的。为此曾用一系列煤的每一种煤中的鏡煤磨制了水平切面的光片。經驗証明：整个系列的煤的反射力必須用一定的波长來進行比較，波长最好从585~630 $m\mu$ （从黄色到紅色），因为曾經确定，由于波长的不同，煤吸收光线的性能也是不同的。例如，煤吸收綠光要少于吸收黃光与紅光。

用这种方法測定光澤的結果列在表3中，并如圖1所示。

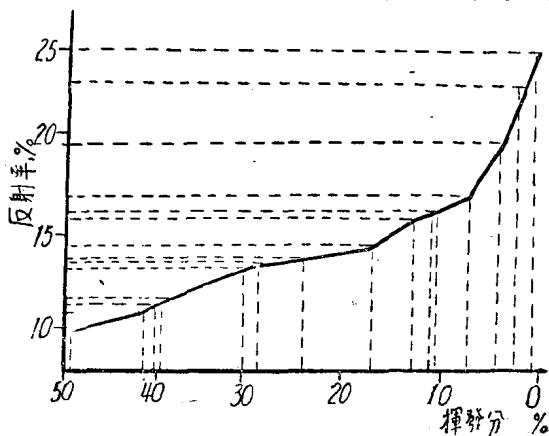


圖1 煤的反射力(光澤)与炭化程度的关系

根据所獲得的資料，可以作出如下的結論：

1. 随着煤的炭化程度的增高(揮發物質的減少)，煤的反射力(光澤)逐漸增強。

2. 光澤增強的总規律不是直綫而是折綫。這說明有一定的突变存在。这样的突变有四个：a) 在揮發分为41%

表 3

煤样号	揮發分 (V) ¹ %	反 射 力 %					平均值
		1	2	3	4	5	
4	49.06	9.7	10	9.8	9.7	10	9.8
13	40.97	10.7	11.0	11.0	11.2	11.5	11.09
98	40.46	11.2	11.2	11.5	12.2	12.2	11.7
11	40.09	11.7	11.5	11.7	11.5	12.5	11.8
23	29.75	13.2	13	12.5	13.7	14.0	13.35
30	28.80	13.2	13.2	12.7	14.0	13.9	13.40
37	28.61	13.5	13.7	14.0	14.0	14.0	13.87
40	24.77	14.0	14.0	13.7	14.0	14.2	13.98
42	17.56	14.2	14.2	14.5	14.2	15.4	14.55
44	14.18	15.4	16.0	15.7	15.8	16.7	15.97
47	11.70	15.7	16.2	16.0	16.2	17.2	16.3
52	11.50	15.7	16.2	15.5	16.7	17.2	16.35
55	7.65	17.5	19.0	15.7	17.7	17.2	17.05
60	4.58	19.0	18.7	20.0	20.0	20.0	19.85
75	2.45	23.7	23.2	22.2	22.0	23.0	22.85
82	1.5	25.2	25.0	24.0	25.2	25.0	24.9
84	1.5	25.5	35.5	24.0	24.2	25.2	24.9

与 40% 之間; 0) 在揮發分为 30% 与 28% 之間; B) 在揮發分为 17% 与 14% 之間; r) 在揮發分为 8% 与 5% 之間。用这点顯然可以解釋这个事实: 即甚至肉眼根据光澤强度也能很容易地区別这四組煤。

3. 在变質最强烈的無烟煤中, 光澤最强。

4. 用这种測定光澤的方法, 可以很簡單且很快地确定煤的炭化程度, 并且其誤差不大于揮發物的 2%, 这有着重大的意义。

第2節 顏 色

煤的顏色只能極概略地反映炭化程度，因此不能把它作為測定的依據。根據煤的顏色可以把我們所研究的一系列的煤分成四組：

I. (揮發分從 49 到 41%)——具有輕微的淺褐色色彩，在更大程度上為孢子分子所固有的；

II. (揮發分從 40 到 17%)——深黑色；

III. (揮發分從 16 到 7%)——深灰黑色，略帶銀色淺黃色色彩；

IV. (揮發分從 6 到 1%)——深灰色，略帶金黃色色彩。

這一系列煤的條痕色的變化與其顏色的變化稍有不同。根據條痕色可把煤分為六組。

I. (揮發分由 49 到 41%)——條痕為淺棕褐色；

II. (揮發分由 40 到 35%)——條痕為棕色；

III. (揮發分由 30 到 18%)——條痕為深棕色；

IV. (揮發分由 17 到 12%)——條痕為黑色，略帶淺褐色；

V. (揮發分由 11 到 5%)——條痕為深灰色；

VI. (揮發分由 4 到 1%)——條痕為深黑色。

但是必須注意到，反映炭化作用的這個指標，與煤的顏色一樣，是不固定的，它取決於許多其他的因素，如：煤岩類型、風化程度和在划條痕時所加的壓力。

頭兩種因素的影響暫時還了解得不够，壓力不影響到條痕的色彩，但是能改變色彩的強度。在圖 2 中所表示的

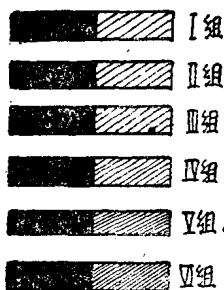


圖 2 各种炭化程度煤的
条痕色

揮發分 (V^d)%

- I 組—49.06~40.97;
- II 組—40.09~40.46;
- III 組—25.75~24.77;
- IV 組—17.56~11.77;
- V 組—11.50~4.58;
- VI 組—2.45~1.50。

煤的条痕色是在毛瓷板上加大压力时用煤所划得的。其中所有变质程度的煤都是用相同的煤岩类型(鏡煤)來划条痕色的。

对亮煤也作了这种条痕色表, 这张表的特性与上述那张表毫無相异之处。無論在什么情况下我們都認為: 在我們規定的頓巴斯煤組的範圍內, 完全可以根据条痕色來确定炭化程度。如果为了更精确地确定炭化程度, 則不能应用这个標誌。

第 3 節 結 構

在結構上, 我們所研究的一系列の頓巴斯煤, 是一种条帶狀的煤, 主要是亮煤組分。

亮煤及暗煤条帶的厚度为 0.5 到 2~3 厘米, 很少达到 5 厘米。鏡煤和絲煤以及与它們近似的植物組織的碎片, 总是呈厚度为 0.3 厘米以下的透鏡体出現, 只有在个别情况下才达到 1 厘米。

为了闡明由低炭化程度的煤过渡到無烟煤时結構是如何变化的, 就必須談到这些組分的差別, 这些差別决定着結構的外貌。

鏡煤——大家都知道, 鏡煤是植物組織完全凝膠化的碎片, 鏡煤的特征是: 無論在物理性質上或在化学性質上, 都是致密而均匀的。在任何炭化程度的煤中, 鏡煤都比其

他組分光澤強且和均勻。變質作用主要表現在鏡煤的光澤上，在由炭化作用系列的最初組成過渡到最末一個組成——無煙煤時。光澤的強度有規律地增強，變質作用對鏡煤的顏色也稍有影響。

與鏡煤相反，絲煤則完全是非凝膠化的煤化植物組織碎片。在物理性質上絲煤是非均質的，是多孔的。同時，絲煤是煤的一種組成部分，在這種組成部分的植物質料轉變為最終的產物——炭時的轉變作用最為充分。

由此可知，變質因素（變質作用最後使煤變為石墨，亦即純炭）對絲煤這樣一部分煤的影響應當最小，實際上也是這樣。絲煤碎片以及與其近似的組分（木煤和木質鏡煤）的性質，在褐煤和無煙煤中，幾乎沒什麼區別。

在炭化作用系列的所有組成中，這些碎片經常呈絲絹狀光亮煤，纖維狀煤，性脆（絲煤）或致密而結實（木質鏡煤絲煤）。（在由貧煤過渡到無煙煤的情況下，只能見到一些非常不明顯的暗灰色絲煤化碎片。

亮煤——是一種主要由與鏡煤相似的凝膠化物質和各種各樣的少量包裹體所組成的聚合體。在包裹體中，角質化分子（孢子及角質層碎片）最常見，植物組織的絲煤化碎片次之。

角質分子基本上是一種非常細小的顯微體，它在物理性質及化學性質上是均質的，變質作用對這些包裹體有強烈的影響。

例如，在靠近炭化作用系列的極端時，孢子及角質層碎片在性質上逐漸與凝膠化物質相趨近，就在這個系列的中

部(焦煤)它們在物理性質上就已經不能區分了。同時在炭化程度很低的煤(褐煤和長焰煤)中,這些組分很暗淡。所以,在由低炭化程度的煤過渡為無煙時,第一,由於孢子、角質層與基質相混合,亮煤的均質程度在增高;第二,和鏡煤相似,亮煤的光澤在增強,因為在煤的這個組分中,基本上是凝膠化物質。對暗煤說來,變質作用的表現情況與此相似,但是因為暗煤與亮煤正相反,暗煤主要是由包裹體所組成的,而在包裹體中占優勢的可以是角質物質,或絲煤化物質。由此可以知道,變質因素對暗煤的作用有時是極不顯著的(例如對木質暗煤)。

所以,當我們研究了煤的組分在變質作用的影響下所發生的變化以後,就可以明白為什麼由褐煤過渡為無煙煤時,任何一種煤岩類型的結構都會發生變化。當然,由於孢子、角質層與基質相混合,在由炭化程度很低的煤向無煙煤過渡時可以看到整個煤的均質程度在增高,同時亦可看到條帶狀結構的明顯程度在降低。有些地方這種條帶狀結構變成了綫理狀結構。但是在大多數情況下,這種條帶狀結構在所有各種變質程度的煤中,還是可以看得見的。在變質作用的影響下,煤的結構是逐漸變化的,是極不顯著的,因此不能對結構的這些變化進行定量測定。

第4節 劈理

劈理的表現性質與煤的炭化程度的依賴關係,在Г. А. 伊凡諾夫和Л. И. 薩爾別耶娃[5]的著作中已經基本上得到了闡明,這裡我們感到興趣的主要是內生裂隙的數量問

題，因為內生裂隙毫無例外地為所有的煤所固有。可以用兩種方法來表示煤的裂隙的數量：一種是用裂隙之間的間距來表示；另一種是用單位長度或單位體積上的裂隙的數目來表示。兩種方法的精確度相同，在看了圖3之後，這點是不難相信的。同時，由於第二種方法很複雜，因此我們認為：在作這種研究時，完全可以只採用第一種方法，即測定內生裂隙之間的間距（以厘米表示）。在表4與圖3中表明了炭化作用系列各個組成的劈理差別（圖3、表4）。

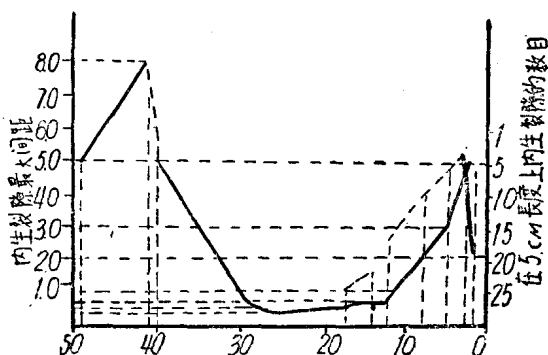


圖3 煤的內生裂隙數量與炭化程度的關係

1—內生裂隙最大間距； 2—每5厘米中內生裂隙的數量

必須指出：根據隨着煤的炭化程度的增高時，內生裂隙間距變化的一般規律（列在這些表中）證明：劈理並不是煤的炭化程度的偶然指標，但是大家都知道，同一煤岩類型的內生裂隙的數目不僅取決於炭化程度，而且也取決於許多其他的地質因素。因此可以了解到：僅僅根據內生劈理一

表 4

揮發分 (V_r) %	內生 裂隙 間距 (厘米)	內平均 裂隙間 距 (厘米)	在度隙 五上的 厘米數 目 長裂	揮發分 (V_r) %	內生 裂隙 間距 (厘米)	內平均 裂隙間 距 (厘米)	在度隙 五上的 厘米數 目 長裂
49.06	0.2~5	1.7	5	14.13	0.1~0.7	0.3	22
40.97	0.5~8	3.3	1~2	11.77	0.1~0.7	0.8	22
40.09	0.2~5	2.5	2~3	11.50	0.1~1	0.5	17
35.36	0.1~1	0.7	12	7.65	0.1~2	0.5	10
29.75	0.1~1	0.5	12	4.58	0.1~3	1.0	6
28.61	0.1~0.5	0.2	25	2.45	0.2~5	1.4	2~3
24.77	0.1~0.4	0.2	25	1.5	0.1~2	0.5	8
17.56	0.1~0.5	0.2	25				

个標誌不是經常都能精确地确定煤的炭化程度的。

一个煤層的煤,有时虽然炭化程度很低(V_r 为49%),但內生裂隙之間距可以不大(在5厘米以下)。这可能是因为在該礦井中煤層的頂板是石灰岩的緣故。

我們考慮到一些与一般規律不符合的例外情况,还考慮到各段曲綫的部分重叠現象(圖3)。我們可以作出結論:根据內生劈理这一个標誌,僅能大致地划分煤的組別。例如,最終确定,亮煤型焦煤的特征是內生裂隙总是很多(其間距不大于0.5厘米),而長焰煤和气煤相反,它們的內生裂隙間距很大(不小于5厘米)。这在圖3中清楚可見。

在煤的这个範圍內,在外生劈理方面也可以發現一种規律性,根据这种規律,在揮發分为49~40%的煤中,通常見不到外生裂隙或者外生裂隙的数目很少。通常只是一