

苏联煤岩学

煤岩学原理和煤岩学研究方法

〔苏〕И.Э.瓦尔茨 主编

地质出版社



苏联煤岩学

煤岩学原理和煤岩学研究方法

〔苏〕И.Э. 瓦尔茨 主编

朱榔如 田树华 译

李濂清 校

地质出版社

内 容 简 介

《苏联煤岩学》一书共包括三篇。第一篇为煤岩学原理；第二篇为煤岩学研究方法；第三篇为苏联主要煤田煤层的物质-煤岩成分和煤质。本书包括前两篇。

本书可供从事煤岩学、煤田地质学、石油地质学、煤成气、地热和古地温研究、沉积岩演化及有关矿产等方面的科研、教学和生产人员参考。

ПЕТРОГРАФИЯ УГЛЕЙ СССР

Основы петрографии углей
и методы угленетрографических
исследований

Под редакцией И. Э. Вальц

ЛЕНИНГРАД(НЕДРА)ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ 1982

苏联煤岩学

煤岩学原理和煤岩学研究方法

〔苏〕 И. Э. 瓦尔茨 主编

朱柳如 田树华 译

李藻清 校

*

责任编辑：牟相欣

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：850×1168^{1/32} 印张：6^{7/16} 字数：165,000

1986年12月北京第一版·1986年12月北京第一次印刷

印数：1—1,325册 定价：1.85 元

统一书号：13038·新279



译 者 的 话

作为煤田地质学的一个分支学科的煤岩学，近年来获得极其迅速的发展。

在苏联，最近几年发表了一系列煤岩学著作，无论是在理论基础方面，还是在煤岩学方法方面，都获得了许多新的资料。在此基础上，由全苏地质勘探研究所煤和油页岩地质室化学-煤岩学实验室的研究人员，编写出版了《苏联煤岩学》这一著作。

本著作包括三篇：第一篇为煤岩学原理；第二篇为煤岩学研究方法；第三篇为苏联主要煤田煤层的物质-煤岩成分和煤质。本书包括前两篇。

前言、第一篇第一章至第八章由朱榔如翻译；第一篇第九章至第十二章、第二篇第一章至第四章由田树华翻译。全书由李濂清校。其中第二篇第二章并经门桂珍审校。

ABA 18/28

前 言

现在，煤地质学家和煤岩学家的主要任务，不是简单地查明煤的储量，而是查明在重要工业区适合于露天开采的、具有一定质量的煤的储量。作为能源的煤，只有在露天开采的情况下才能与石油进行竞争，石油的勘探需要更多的费用。

对煤和煤层的研究已有二百年之久，这首先取决于煤作为珍贵的矿产具有很大的实际意义。煤的原始物质、煤岩成分和变质作用的研究，在探讨成煤理论，阐明古植物学、孢粉学、有机物质地球化学等相邻学科领域的一系列问题方面，起了重要的作用。长期以来，煤岩学研究的发展解决了与煤质评价和确定煤的合理利用途径有关的实用性质的任务。

但是，煤岩学中还有许多问题需要进一步探讨。这一方面是由于作为地质体的煤层，其结构和组成各不相同，另一方面是由于在煤产地开拓过程中出现了愈来愈新的问题以及有必要查明具有给定的化学性质和工艺性质的煤层。

最近几年，在苏联发表了一系列煤岩学著作，其中首先应当提到的是各个煤田和煤产地煤的图鉴，以及阐明煤的分类和成因问题的著作^[9,65,67,74]。此外，还有大量的各个地区的资料需要综合并反映苏联煤岩学研究工作的当代水平。最后，在最近期间，无论是在理论基础方面，还是在煤岩学方法方面，都获得了许多新的资料^[65,66]。

因此，根据苏联地质部固体可燃矿产找矿勘探局的建议，在全苏地质勘探研究所煤和油页岩地质室的化学-煤岩学实验室，完成了出版《苏联煤岩学》这一著作的准备工作，该著作是该实验室后阶段的工作总结。根据第一阶段的研究成果，曾编写了《苏

联煤的煤岩类型》一书，在该书中探讨了煤的显微组分和煤的类型的分类问题，并附有显微结构图鉴^[65]。在第二阶段，编写了《煤和油页岩的岩石学和化学研究方法的合理综合》一书^[24]。本著作为第三阶段研究工作的总结，其中阐明了这样一些问题，如煤岩学的现状、煤岩学的理论原理和概念、煤的煤岩特性与化学特性的关系，探讨了应用于研究含煤建造和解决地质勘探工作实际问题的煤岩学研究方法，综合了苏联各煤田和煤产地的煤岩学资料。

本著作包括三篇：煤岩学原理（第一篇）；煤岩学研究方法（第二篇）；苏联主要煤田煤层的物质-煤岩成分和煤质（第三篇）。本书包括前两篇。第三篇即区域部分，准备以后单独出书。

目 录

第一篇 煤岩学原理

第一章	煤的原始物质和显微组分	И.Э.瓦尔茨, И.Б.沃尔科娃	3
第二章	煤的显微组分的化学性质	О.И.加夫里洛娃	17
	煤的化学结构的基本概念		17
	镜质组		19
	丝质组		23
	类脂组		25
第三章	煤中的矿物杂质	И.Б.沃尔科娃	28
	煤的矿物包裹体的主要类型		28
	煤中的杂质元素		32
	煤灰的化学成分(大量元素)		34
第四章	煤的宏观标志和结构构造特征	И.Б.沃尔科娃	38
第五章	煤的物质-煤岩分类		
		Н.М.克雷洛娃, И.Б.沃尔科娃	47
第六章	褐煤的煤岩标志和化学性质及其在变质过程中的变化	И.Б.沃尔科娃, Н.В.博格丹诺娃	58
	褐煤的煤化作用类型(变质阶段)		58
	褐煤在泥炭-烟煤整个系列中的位置		62
	褐煤的化学特征与其成因和煤化作用的关系		65
第七章	烟煤的煤岩标志和化学性质及其在变质过程中的变化	Н.М.克雷洛娃, О.И.加夫里洛娃	70
	煤岩标志和光学标志		70

化学性质	76
第八章 煤的物理性质及其在各种因素影响下的变化	84
原生因素	84
次生因素	89
第九章 风化作用过程中煤的性质的变化(煤的表生作用)	93
风化煤的物理性质和显微结构	95
风化煤的化学性质	99
第十章 沉积岩有机质的集中形式(煤)和分散形式的特征比较	105
第十一章 煤层相(古代泥炭沼泽相)	115
第十二章 各种含煤建造的煤层类型及其特征	12

第二篇 煤岩学研究方法

第一章 利用煤岩学方法解决地质勘探工作中的问题	142
煤岩学方法应用于煤层对比	142
煤质评价和预测	148
第二章 多元统计方法在煤岩研究中的应用	154
第三章 煤的显微组分反射率的研究方法	170
第四章 显微镜研究用的现代煤片及其质量的基本因素	181
煤片的磨制方法及其发展	181
制备现代煤片的基本工序	185

第一篇

煤岩学原理

关于煤层是一种同类型有机沉积岩岩层的现有概念，只有在个别情况下，即当煤层为简单结构并由同一煤岩类型组成时才是适合的。而大多数煤层，尤其是可采煤层，是由各种煤岩类型的多层交替所组成，而有时在煤层的顶板和底板之间还含有岩石夹层。苏联各种含煤建造的75%以上的煤层均属于这种类型。在煤层中各种类型煤和岩石成层的顺序决定了煤层的结构或构造，并与原始聚煤条件有关。

在煤层中，有机物质至少可以划分成三种等级：

I. 显微组分（微成分）——在显微镜下划分的煤的基本组成，有具体的煤岩标志和一定的化学成分。

II. 煤的类型（煤岩类型）——显微组分的特征的组合（共生），在煤层中形成厚几厘米以上的分层。

III. 煤层——包含在顶板与底板之间的、各种煤的类型（和岩石夹层）的共生，厚度从二、三十厘米到几十米。在空间上，煤层在几百米到几百公里的距离上保持稳定。

按照建造分析原则，煤岩学研究的主要对象应当是整个煤层。同时要指出其研究的某些方向或问题：1) 研究每个煤层的所有细节（成分、结构、层位、原始物质、相）；2) 研究煤层的旋回结构，煤层与围岩的关系，首先是与顶底板的关系；3) 确定煤层的类型，分析其在空间上和在建剖面上的分布，查明煤和沉积物的聚积作用的一般关系。

煤层——这是在成煤作用过程的不同阶段呈现的、多种因素

相互作用的综合结果。

按照成煤作用阶段性的理论，在本书中首先探讨在第一个聚煤阶段形成的煤炭物质的标志：原始物质、煤的有机组分和无机组分、煤的结构和构造。对煤岩学资料补充以煤组成部分的化学研究结果，因为只有进行煤的化学-煤岩学综合研究，才能获得关于煤层的物质成分，成因和煤质的最全面的信息。

在阐述了煤的初始（成因）特征之后，阐述煤炭物质的各种（煤岩的、化学的和物理的）性质在区域变质和接触变质过程中的变化问题，然后探讨煤转化的最后阶段——其在自然条件下的风化（表生作用）。

往下，根据文献资料 and 全苏地质勘探研究所煤和油页岩地质室化学-煤岩学实验室的研究资料，给出了沉积岩中有机物质的富集形式（煤）和分散形式的岩石学标志和化学性质的比较特征。第十一和十二章阐述了作为含煤建造中有机物质最高等级的煤层的相和类型。除了煤层按物质成分的分类外，还探讨了不同时代、不同类型的地层中煤层的一般的岩石成因特征。

第一章

煤的原始物质和显微组分

为了查明煤的成因，研究原始物质的成分具有重要的意义。正是根据原始物质的成分这个标志，首先将煤分为三大类：腐殖煤、腐泥煤和残殖煤，然后在进一步分类时更细地划分。关于原始物质成分的资料还广泛地应用于煤质鉴定和煤层层位对比。

对煤的原始物质可用显微镜方法、古植物学方法和化学方法等不同方法研究。广泛应用于煤岩学的显微镜方法，可以借助最新式的光学仪器，在薄片和光片中研究原始物质的组成部分。在最近期间，煤的煤植体（фитералы）分析和组织分析方法得到很大的发展，这在许多苏联研究者的著作中有所叙述^[30, 48, 51]。

煤的原始物质的基本形态组成部分，在西欧的文献中称为微成分（maceral）^[55]，而在苏联文献中称为显微组分（микрoкoмпoнeнт）。根据И.Э.瓦尔茨（Вальц）的定义，显微组分“……具有一定的、清晰的显微结构标志，以及在变质过程中发生变化的化学性质。”（И.Э.Вальц，1956，第31页）。

目前，在苏联煤岩学中，关于显微组分的分类和术语，存在着几种方案，它们适用于煤岩学研究的不同方向。几乎所有的分类都考虑了两个主要标志：显微组分的物质成分和结构，并且根据研究工作的种类和任务，加以比较详细的划分。在И.Э.瓦尔茨的分类中，首次提出在原始物质的组织成分中，划分出具有各种不同功能的组织类型（木质部、叶的薄壁组织、树皮等），因为它们的转化产物常常具有不同的化学性质和工艺性质。

1968年,全苏地质勘探研究所列宁格勒的煤岩学家们提出了腐殖煤显微组分的多级分类系统,每个下一级与上一级的区别在于标志更为详细。这个分类在不同目的的煤岩学研究时均可应用。

П.П.季莫菲耶夫(Тимофеев)和П.П.鲍戈留博娃(Боголюбова)^[74]制定了十分详细的显微组分成因分类。在每一个植物组织成因的显微组分亚类中,划分出四种结构型:结构体(телинит)、次结构体(посттелинит)、似无结构体(преколлинит)和无结构体(коллинит),它们表示在腐殖化过程中植物组织凝胶化作用顺序发展的阶段。

在国外,广泛流行斯托普斯—赫尔冷的纯形态分类系统^[55],主要应用于实用煤岩学。根据国际煤岩学委员会的决议,给微成分的名称加上词尾-инит,这亦为大多数苏联研究者所接受,应用于显微组分的命名。近年来,在国际委员会会议上研究了烟煤和褐煤的几种分类方案,然而到目前为止还没有拟定出统一的显微组分而类。

1969年,Е.С.科尔任涅夫斯卡娅(Корженевская)和А.В.拉波(Лапо)^[65]提出了显微组分分类,除上述标志外,该分类还考虑了煤化作用程度,并以相应的字母来标记(例如,镜质体B、镜质体II等)。

在本书中,采用如下有点综合性的分类方案(表1)。根据这个方案,主要的显微组分依据原始物质的成分划分为更小的分类单位。例如,由木质-纤维素组织遗体所形成的显微组分,再分为结构碎片(结构镜质体、结构丝质体等)、无结构碎片(无结构镜质体、无结构半丝质体等)、显微碎片的聚集体(细碎镜质体、细碎丝质体等)和高度凝胶化的产物(基质镜质体等)。类脂组划分为具有人所周知的个体标志的、许多十分具体的显微组分。藻类组划分为叶状藻类体(藻类的原叶体)和胶状藻类体(无结构的凝胶状物质),它是由藻类和栖居在水体中的低等动物的分解产物所组成的。除上述显微组分外,在该表

表 1 煤的显微组分综合分类表

原始植物遗体的性质	物质类型	显微组分	显微组分	植物组织成因的显微结构	备 注
高等植物的木质-纤维素组织的遗体	凝胶化物	镜质组	结构镜质体(теловитринит)	α, β 和 γ 结构	在可能确定原始植物组织类型的情况下,采用下列名称:替代结构镜质体的是孢子囊镜质体或薄壁组织体等;替代细碎镜质体的是细碎木质煤体或细碎木质煤体等(指明占优势的结构);替代基质镜质体的是基质薄壁组织体等。然而,胶结的显微组分,其原始物质多半具有混合的特征,因此它们未必能用具体的植物组织来命名
			无结构镜质体(гомовитринит)	Δ 结构	
		半镜质组	细碎镜质体(атритито-витринит)	不明显团块状的 α, β 和 γ 结构或均一结构	
			基质镜质体(десмито-витринит)		
丝炭化物	丝质组	类似于镜质组划分		类似于镜质组划分	
		结构半丝质体(телосемифюзинит)	α, β 和 γ 结构		
		无结构半丝质体(гомосемифюзинит)	Δ 结构		
		细碎半丝质体(атритито-семифюзинит)	不明显团块状的 α, β 和 γ 结构或均一结构		
	丝质组	基质半丝质体(десмито-семифюзинит)			
		结构丝质体(телофюзинит)	α, β 和 γ 结构		
		无结构丝质体(гомифюзинит)	Δ 结构		
		细碎丝质体(атритито-фюзинит)	不明显团块状的 α, β 和 γ 结构或均一结构		
		微粒体(микринит(块状的))			

续表

原始植物 遗体的性质	物质类型	显微组分	显微组分	植物组织成因的显 微组分结构	备 注
类脂物质 含量高的高等 植物遗体	类脂物质	脂 组 (липоид- лигнит)	小孢子体 (микроспоринит) 大孢子体 (макроспоринит) 孢子囊体 (спорангинит) 角质体 (кутинит) 树脂体 (резинит) 木栓体 (суберинит) 细碎类脂体 (аггрито-липиди- нит)		大部分细碎类脂体指的是各种类 脂组分细碎屑的混合物。如果在其 成分中某一种组分占优势, 如孢子 体或树脂体, 则如此命名: 细碎孢 子体或细碎树脂体, 等等
低等植物 和动物的遗 体	类脂物质 + 胶状物质	藻 类 组 (альгин- нит)	叶状藻类体 (талломоалгинит) 胶状藻类体 (коллоалгинит)		叶状藻类体可能由各种植物成分 的藻类所组成, 而胶状藻类体可能 由低等植物和动物的分解产物所组 成
低等菌类 的遗体 (含 几丁质)	胶状物质 含量高的物 质	菌 核 组 (склеро- тинит)	菌核体 (склеротинит)		分为: 真菌核体 (真菌核体)、菌 丝菌核体 (菌丝)、密丝组织菌核体 (菌类的假薄壁组织) 和孢子菌核体 (菌孢子)
性质不明的显微组分		微粒体 (细粒的) 混合微粒体 (микстинит) 团块镜质体 (корповитринит)			

的下面还划分出性质不明的显微组分（微粒体、混合微粒体和团块镜质体），关于它们的成因还有不同的见解。

在表中指明了植物组织成因的显微组分的结构。用希腊字母对它们进行标记，也就是说，保留了在И.Э.瓦尔茨的分类中为此目的所利用的标记^[77]。具有 α 结构的组分，其特点是细胞结构保存完好；细胞腔或者是空的，或者被矿物质所充填。植物遗体的细胞腔被有机质所充填者，属于 γ 结构。 β 结构的组分具有不明显的细胞结构，并具有特殊的团块结构。 Δ 结构的组分，在薄片和普通透射光下好像是均一的，丧失了细胞结构的标志。不同结构组织的小碎片（ $<0.1\text{mm}$ ）聚积形成细碎体。植物组织高度凝胶化的产物，它通常起着胶结物的作用，称为基质体。

对由木质-纤维素组织所形成的显微组分所给出的术语标记原则，适合于在原始物质的组织分析水平上所进行的工作。对菌核组相应地列出了可能的亚种，而对其余各组则单独加以说明。

所引用的显微组分分类方案，在进行不同详细程度的煤岩学研究时均可应用。例如，在新煤产地初次大体查明煤的定性成分时，以凝胶化组、丝炭化组和类脂组（而且菌核组显微组分通常与丝炭化组合并）这三种物质类型进行统计就足够了。在研究煤的粘结性时，这时在显微镜下划分煤中这些物质组有很大的作用。根据这些组别的统计，阐明了许多规律，它们成为以后预测不同煤田煤的结焦性的基础。在需要把显微组分画在腐殖煤的三角分类图解上时，也要把它们归并为上述各种组别。

当所研究的煤中有腐泥煤亚种存在，或必须分别统计腐殖煤中的弱丝炭化和强丝炭化植物组织遗体时，可以利用表1中所列显微组分组的术语作简要的煤岩鉴定。

在有关区域性煤岩学的工作中，通常采用表1所列的各种显微组分类型，同时要比详细地指出显微组分的结构标志。最后，在详细研究煤的原始物质时，要划分出在植物生长时具有各种不同功能的各种类型的组织（木质部、树皮、机械组织、叶的薄

壁组织等),并且通过指出其结构标志来指示其分解程度(见表1备注栏)。因而,所列出的显微组分分类方案,根据对进行煤岩学研究所指定的具体任务,规定显微组分划分的不同详细程度。

在镜质组中,包含有遭受凝胶化的、在显微镜下没有发现可被认为是丝炭化标志的多少有点明显的颜色变化的、高等植物木质-纤维素组织的任何遗体。镜质组显微组分可以具有任何保存程度的原始解剖结构,同样的,有任何大小的粒度,从大的碎片到几微米的极小的团块。在薄片普通透射光下,该组显微组分具有鲜艳的色调,介于浅黄橙色、橙色、橙红色和红色色调之间^①。在普通反射光下,这些组分呈浅灰色,而在油浸下,呈较深的灰色。无论是在透射光还是在反射光下,上述色调很可能发生变化,这取决于原始物质不同的初始成分、其分解条件和以后在成岩作用和变质作用过程中的变化。

借助于在煤岩学中应用的任何光学研究方法,镜质组显微组分与半丝质组和丝质组显微组分均易于区别。为了正确无误地区别镜质组显微组分与半镜质组显微组分,必须在油浸反射光下研究煤,测定其反射率,或者采用高质量的双面磨光薄片。

在数量上,镜质组是在任何煤田和任何地质时代的煤层中见到的分布最广的显微组分。它在凝胶质煤组的光亮煤和半亮煤中最为发育,然而在数量逐渐减少的情况下,可一直追溯到最暗淡的丝炭质煤中。在成因上这个组分多半与强覆水滞水沼泽有关,但在其它许多相的煤中也具有一定的数量。

半镜质组显微组分与上一组显微组分类似,也是高等植物组织的凝胶化产物,而与镜质组显微组分的区别是在显微镜下呈现有些不同的颜色。可以认为,形成它们的植物遗体除了遭受凝胶化作用外,还遭受了某些氧化作用,可以把它看作是极弱的丝炭化作用。在薄片普通透射光下,半镜质组显微组分呈浅棕色,

① 第三纪褐煤中的针叶树和某些沼泽灌木的木质部呈黄色。

根据颜色未必易与相邻各组的显微组区分开来。在反射光油侵下，半镜质组显微组分具有很低的突起，呈乳白色到浅灰色。

由于半镜质组显微组分的特征标志不明显，未必十分清晰地显示出来，这就是这种显微组分组还远未被所有煤岩学家所识别的原因。因此，其分布程度和属于哪一种煤相，还没有确切地查明。

在半丝质组中包含有植物组织的任何除初步凝胶化外还经受过十分明显的与氧化作用一样的丝炭化作用影响的遗体。由此，在薄片上该组显微组分显示出各种色调的棕色。在光片中，无论是按颜色还是按突起的明显程度，它们均介于半镜质组和丝质组显微组分之间。

无论是在显微镜的透射光下还是在反射光下，半丝质组显微组分均十分容易鉴别，然而为了使测定更加正确，要合理地采用与油侵相配合的反射光，并测量其反射率。半丝质组显微组分在成因上最可能属于弱覆水森林沼泽相，但亦见于别的煤相中。

在丝质组中包括了所有黑色的（在薄片上）、白色的有时为浅黄色的、具高突起的（在光片中）、由高等植物组织的遗体所形成的显微组分，而与其大小、植物属性和细胞结构标志的保存程度无关。该组显微组分在反射光下较容易正确无误地确定，尤其是在应用油侵和测量反射率的情况下。当在透射光下研究它们时，必须有精细地、均匀地磨光的薄片，以免将上一组显微组分错误地归入丝质组中。

丝质组显微组分见于所有地质时代和一切煤化阶段的煤层中，但对烟煤来说最为典型。其形成通常与干燥通气的介质条件或森林火灾有关。在早二叠世和侏罗纪的煤层中见到这种组分最多，包含在丝炭质煤组各种亚型煤的组成之中。

在类脂组中包括各种各样的稳定的植物遗体，早先称为黄色形态分子。虽然其来源不同，然而在植物生长过程中它们均起保护作用，在这一点上是相似的。属于这种组分的有孢子和花粉的壳、