

斯塔赫煤岩学教程

蘇
天
錫
和

P618.11
S-777

斯塔赫煤岩学教程

〔联邦德国〕E·斯塔赫 等著

杨 起 等译

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书为当代西方煤田地质、煤岩学方面的代表作,堪称经典著作。原为德文本,现译自英译本。此书有不少新的观点,资料翔实,图文并茂。其内容遍及当代煤岩学领域中最重要 的方面,诸如煤的成因、岩石组成、煤岩学方法,特别是精密显微光度计、荧光显微技术、电子显微镜技术和电子计算机在煤岩学研究中的应用以及煤岩学在地层、地质构造、古植物、煤炭开采、石油勘探和燃料工艺等学科领域中的应用等。书末附有中英文对照词汇索引。

读者对象:煤田地质、石油地质工作者、地质院校师生以及煤质化验人员。

特邀编辑:李 濂 清

责任编辑:吕 代 铭

E. STACH M., -TH. MACKOWSKY M. TEICHMÜLLER
G. H. TAYLOR D. CHANDRA R. TEICHMÜLLER

Stach's Textbook of COAL PETROLOGY

Third Edition

GEBRÜDER BORNTRAEGER · BERLIN · STUTTGART 1982

斯塔赫煤岩学教程

(联邦德国)E·斯塔赫 等著

杨 起 等译

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm¹/₃₂, 印张28¹/₂, 插页2

字数 659 千字 印数1—1,230

1990年4月第1版 1990年4月第1次印刷

ISBN 7-5020-0256-1/TD·245

书号8096 定价 12.50元

译 者 的 话

E. 斯塔赫于1935年撰写的《煤岩学教程》(德文),对发展煤的显微镜下研究起了重要促进作用。为了纪念此书发表四十周年,1975年由一些著名煤岩学家与斯塔赫合写了全新的第二版《煤岩学教程》,全名为《斯塔赫煤岩学教程》(德文)。本书从煤的成因、岩石组成、煤岩学方法到煤岩学在地层、地质构造、古植物、煤炭开采、石油勘探和燃料工艺等学科领域中的应用都做了较全面的论述。由于精密显微光度计、荧光显微技术、电子显微技术以及计算机的应用,促使煤岩学在技术方法和地质与工业应用等方面有了迅速的发展。为此,1981年原作者又对第二版中有关章节做了增补,作为《煤岩学教程》(德文)的第三版。它是当前煤岩学领域中最重要、很实用、具有指导作用的一本书,是煤岩学的经典著作。为此,我们将其英译本译出,奉献给国内同行。

我们在书末附了个“中英文对照词汇索引”,以便于读者查找书中相应的英文原词。有些名词术语的译名未必很恰当;有的也有不同的译法,书中只能选择其中的一种。

本书译者的分工如下:第二版前言和第三版前言:杨起;第一章:杨起;第二章:李宝芳(2~2.138, 2.23~2.243);杨起(2.14~2.142.4, 2.22~2.223);黄家福(2.2~2.212.36, 2.25~2.256);蔡爱莉(2.26~2.212.36, 2.25~2.256);第二章增补:李宝芳(2.15~2.135, 2.138);李祯(2.142.1~2.142.4, 2.25~2.27);潘治贵(2.23~2.231);第三章:黄家福(第二版第三章全文);第三章增补:黄家福(3.1~3.5);潘治贵(3.221~3.222, 3.224, 3.232~3.233.2, 3.233.31, 3.233.33, 3.233.4~3.233.7, 3.243.14, 3.243.5);第四章:蔡爱莉(第二版第四章全文);第四章增补:翁成敏(4.29, 4.4, 4.43~4.45);第五章:周师庸(第二版第五章全文);第五章增补:黄家福(5.2, 5.21~5.22, 5.24);周师庸(5.34, 5.341, 5.4);李谦清、汪正平(英汉主题索引)。本书由黄家福(1987年病逝)统校,杨起校核审定。

第二版前言

与煤化学相比,在一定程度上与煤物理学相比,煤岩学是燃料科学中一门较新的学科。煤是非均质的,大部分可辨别的组分只能在显微镜下观察到。自从在 Stach (斯塔赫) 的《煤岩学教程》(Stach's "Lehrbuch der Kohlenpetrographie") (1935) 中认识到了这种非均质的重要性以来,煤的显微镜研究法发展得很快。《煤岩学教程》第一版问世四十年后的今天,煤岩学不仅在基础理论研究上,而且在应用研究方面,也具有重大的意义。继 D. Chandra 在 1970 年建议出版新版斯塔赫《教程》之后,Gebrüder Borntraeger 出版社就承担组织出版由若干位作者合写的一本全新的书,对煤岩学在科学和工业上具有重要意义的领域尽可能地作出全面的论述。由于期望本书能够获得更多的读者,作者们勉强同意了限制本书的范围、插图(几乎去掉了所有的彩色插图)和参考文献。同样,为了避免篇幅过长,有关煤的化学和物理学方面的内容只能很简单地涉及。尽管有这些限制,但我们还是期望,在对以下几个方面进行相当全面的论述时已经获得了成功,这些方面包括:煤的成因,煤的岩石组成,显微组分在煤化过程中的变化,煤岩学方法及其在解决古植物学、地质学、油气勘探、煤的评价估算以及燃料工艺学问题方面的应用。本书主要涉及烟煤的岩石学,但 2.1、3、4.4 和 5.2 等章节也论及褐煤、木质褐煤和亚烟煤的岩石学(由 Teichmüller 撰写)。

本教程是由几位作者编写的,每位都是他或她所研究领域内的专家。由于每章都打算全面阐述,因此,有一些重复和偶有不同的观点是势所难免的。这些情况说明,煤岩学仍然是一个年轻而发展迅速的科学分支。

国际煤岩学委员会内各国煤岩学家的自愿合作,才得以使名词术语和测试方法得到国际上的赞同和承认。这样,在我们看来,本书实质上完全可以认为是对《国际煤岩学手册》的补充,后者经过 1971 年和 1975 年两次对第二版的增补,已接近于完善。

希望本书能有助于那些想对煤岩学较新领域得到全面了解的学生,但更希望对在科学与工业界涉及到煤岩学问题的地质学家、采矿工程师、化学家、物理学家和燃料工艺学家有所帮助。

由于决定此书用英文出版,因此 E. Stach 和 M.-Th. Mackowsky 撰写的各章由 F. Zierke (联邦德国埃森) 和 G. H. Taylor (澳大利亚新南威尔士州北赖德) 翻译。M. 与 R. Teichmüller 撰写的由 D. G. Murchison (英国泰因河畔纽卡斯尔) 翻译。作者们就翻译的准确,向译者表示最诚挚的感谢。

C. E. Marshall 教授和 D. E. Tompkins 博士提供表 15 的数据(2.25 节),《燃料(Fuel)》杂志总编辑 J. A. G. Thomas 博士应允复制《燃料》杂志卷 41 的图 61 和 62,卷 40 的图 66e~f,卷 44 的图 67;以及《经济地质(Economic Geology)》杂志编辑 H. J. Kisch 博士和 Brian J. Skinner 博士许可复制《经济地质》杂志卷 61 的图 66a~d,为此谨向他们表示衷心的感谢。对联邦德国法兰克福的 K. U. Leistikov 博士教授、不伦瑞克的 W. Flaig 博士教授和杜塞尔多夫的 K. Rehnelt, 为他们审核本书的 2.1 节和第 3 章中的植物与化学参考文献表示感谢。

我们还感谢澳大利亚联邦科学与工业研究机构(CSIRO);印度矿业学院地质系(印度丹巴德);北来因-威斯法伦地质研究所(克拉费耳特);埃森采矿研究所,感谢他们

在编写本书过程中所给予的支持。

最后，作者感谢出版者，特别是 E. Nägele 博士，感谢他们耐心而迅速地满足作者们提出的愿望。

作者谨识

1975年8月

第三版前言

自1975年《煤岩学教程》第二版问世以来,煤岩学得到特别迅速的发展。其进展不仅在使用的技术和方法方面,而且也在应用于解决地质和工业问题方面。

北美泥炭发育的研究、煤和油页岩的荧光显微镜研究,获得了许多关于煤相和显微组分成因的新资料。至于石油的研究,有些最重要的进展得自煤岩学与有机地球化学研究的结合。

计算机的广泛利用,导致了显微组分分析、反射率测定和荧光光谱特征鉴定的技术进步。镜质组光性的研究,提供了对地质作用过程新的了解;对各煤级阶段反射率变化的更详细了解具有特别重要的意义;利用反射光下荧光显微镜研究方法,明显地获得了有关煤和油源岩的新的科研成果。正是由于这个原因,在《教程》的第三版中刊登了两幅彩色图版,用以说明荧光性。这些图版再加上相应的入射光黑白显微照片,显示出各种观察方法的优点。可以期待,在近几年内,将由高分辨力透射电子显微镜技术获得许多全新的资料。虽然在本版中提到了这些方法的一些成果,但是目前许多煤岩学家对这些方法还不很熟悉。

第二版中所有有用的原始资料,出人意料地迅速地变得很贫乏,除了别的原因之外,还可归之于这一事实,即现在对煤岩学方法和成果抱有强烈兴趣的不仅是煤科学家,还包括相邻领域中的地质学家、地球物理学家和岩石学家。几年以前曾经证实,镜质组反射率能使我们获得某一特定岩石单位的最大埋藏深度、先前最高的岩层温度和现在所处的成岩阶段的资料。鉴于这一手段可应用于大多数沉积岩,因此它已被广泛用来阐明沉积盆地的构造史,估计古地温梯度,以及估计成岩程度或变质程度。鉴定煤级的镜下技术对于勘探烃类具有特殊价值;把镜质组反射率作为油源岩成熟度的最好量度标准,现已被人们广泛接受。由于荧光能辨出生油显微组分和估算其丰度,因而,荧光显微镜技术的应用对石油工业也成为必不可少的了。总之,狭义的“煤岩学”已让位给更广泛得多的“有机岩石学 (organic petrology)” 研究。

近年来,在对碳化作用和液化作用过程提供新的认识上,也证明煤岩学研究取得了显著的成绩。除其它影响外,证实了成焦受到煤中活性显微组分与惰性显微组分相互共生的影响。这一点再加上半丝质组的极其多变的性质(如以反射率的易变性为例),使得有必要重新估计惰性组的作用。也许我们需要脱离传统的方法,寻找新的途径——可能使用自动图象分析,它可以使我们能够更准确地预测焦炭的性能。

对加氢作用的意义的日益强调,导致对这一作用过程的深入研究,部分是通过显微镜下鉴定配料试验和连续生产的残余物进行的。进行显微组分组成、煤级与有关加氢作用残余物的比较研究,能够评价各种煤的转变速度和效率。看来,很可能象对待炼焦一样,我们不久可以有一定把握地预测某种煤在特定条件下氢化产物的产量。但是,作者认为报道有关气化作用的进展还为时过早。

总的说来,在煤岩学整个领域如此活跃的情况下,现在就出一本《教程》的全面修订版本并不合适。对以往版本的追加内容现在作为增补附在原来有关章节之后。新的参考文献在原来的文献目录之后单独列出。本版中的作者索引和主题索引则完全是重新编制的。

德国作者衷心感谢Taylor教授校正了他们的英文稿。作者特别感谢出版者，还有Nagèle博士本人所给予的帮助和体谅，尤其是他们接受了所需的彩色图版和其它许多追加的显微照片和图件。

作者谨识

1981年8月

目 录

译者的话

第二版前言

第三版前言

第1章 绪论和历史概述 (E. Stach)	1
第2章 煤岩学基础	4
2.1 煤形成的地质基础 (M. Teichmüller和R. Teichmüller)	4
2.1.1 泥炭沼泽的起源	4
2.1.1.1 植物群的演化	4
2.1.1.2 气候	6
2.1.1.3 古地理和构造条件	7
2.1.1.3.1 古地理	7
2.1.1.3.2 大地构造	12
2.1.2 泥炭增厚、压实和形成煤所需的时间	13
2.1.3 煤相的发育	14
2.1.3.1 堆积方式 (原地生成的, 异地生成的)	14
2.1.3.2 形成泥炭的植物群落	15
2.1.3.3 沉积环境 (浅沼的, 湖沼的, 微咸水—咸水的, 富含钙质的)	21
2.1.3.4 养分供给 (富养分的, 贫养分的)	23
2.1.3.5 pH值, 细菌活动性, 硫	24
2.1.3.6 泥炭的温度	27
2.1.3.7 氧化还原电位 (需氧的, 厌氧的)	27
2.1.3.8 不同地质时代和不同煤盆地的煤相特征	28
2.1.4 泥炭的成岩作用和煤化作用	29
2.1.4.1 泥炭的成岩作用 (泥炭化作用)	29
2.1.4.2 煤化作用	29
2.1.4.2.1 煤化作用过程	29
2.1.4.2.2 煤化作用的原因	43
2.1.4.2.3 煤化作用和沥青化作用	51
2.1.4.2.4 煤化作用和围岩的成岩作用	62
2.2 显微镜下可识别的煤的组分	66
2.2.1 煤的显微组分	66
2.2.1.1 “显微组分”的概念 (E. Stach)	66
2.2.1.2 三个显微组分	67
2.2.1.2.1 镜质组	69
2.2.1.2.1.1 显微组分的描述	69
2.2.1.2.1.1.1 结构镜质体	70
2.2.1.2.1.1.2 无结构镜质体	70
2.2.1.2.1.1.3 团块镜质体	74
2.2.1.2.1.1.4 碎屑镜质体	74

2.2.1.2.1.2	镜质组的物理性质	74
2.2.1.2.1.2.1	断口、光泽和裂隙	74
2.2.1.2.1.2.2	镜质组的密度	74
2.2.1.2.1.2.3	镜质组的折射率和吸收指数	74
2.2.1.2.1.2.4	镜质组的反射率	75
2.2.1.2.1.2.5	镜质组的显微硬度	76
2.2.1.2.1.2.6	镜质组的孔隙度、超细结构和X射线结构	76
2.2.1.2.1.3	镜质组的化学性质	76
2.2.1.2.2	壳质组的显微组分	77
2.2.1.2.2.1	孢子体	77
2.2.1.2.2.1.1	石化孢子的概述和形态学	77
2.2.1.2.2.1.2	薄壁孢子和厚壁孢子	78
2.2.1.2.2.1.3	孢子体和微粒体	80
2.2.1.2.2.1.4	孢子体的产出及其地层意义	80
2.2.1.2.2.1.5	孢子体的物理性质	81
2.2.1.2.2.1.6	孢子体的化学性质	82
2.2.1.2.2.2	角质体	82
2.2.1.2.2.2.1	起源	82
2.2.1.2.2.2.2	磨光面上和浸解制备物中角质体的形态	83
2.2.1.2.2.2.3	角质体的产出和地层意义	84
2.2.1.2.2.2.4	角质层分析	87
2.2.1.2.2.2.5	角质体的物理性质	87
2.2.1.2.2.2.6	角质体的化学性质	87
2.2.1.2.2.3	树脂体	88
2.2.1.2.2.3.1	概述	88
2.2.1.2.2.3.2	树脂体在磨光面和薄片中的形态	90
2.2.1.2.2.3.3	树脂体的产出和地层意义	90
2.2.1.2.2.3.4	树脂体的物理性质	91
2.2.1.2.2.3.5	树脂体的化学性质	91
2.2.1.2.2.4	藻类体	92
2.2.1.2.2.4.1	概述	92
2.2.1.2.2.4.2	皮拉藻和轮奇藻藻类体的形态	94
2.2.1.2.2.4.3	藻类体的产出	95
2.2.1.2.2.4.4	藻类体的物理性质和化学性质	95
2.2.1.2.2.5	碎屑壳质体	95
2.2.1.2.2.6	壳质组显微组分的煤化作用	95
2.2.1.2.3	惰性组的显微组分	97
2.2.1.2.3.1	丝质体	97
2.2.1.2.3.1.1	丝质体的描述	97
2.2.1.2.3.1.2	丝质体的产出	97
2.2.1.2.3.1.3	丝质体的物理性质和化学性质	99
2.2.1.2.3.2	半丝质体	99
2.2.1.2.3.2.1	半丝质体的描述	99

2.2 1 2.3 2 2 半丝质体的产出	99
2.2 1 2.3 2 3 半丝质体的物理性质和化学性质	100
2.2 1 2.3 3 粗粒体	101
2.2 1 2.3 3 1 粗粒体的描述	101
2.2 1 2.3 3 2 粗粒体的产出	101
2.2 1 2.3 3 3 粗粒体的物理性质和化学性质	101
2.2 1 2.3 4 碎屑惰性体	101
2.2 1 2.3 4 1 碎屑惰性体的描述	101
2.2 1 2.3 4 2 碎屑惰性体的产出	101
2.2 1 2.3 4 3 碎屑惰性体的物理性质和化学性质	103
2.2 1 2.3 5 微粒体	103
2.2 1 2.3 5 1 微粒体的描述	103
2.2 1 2.3 5 2 微粒体的产出	103
2.2 1 2.3 5 3 微粒体的物理性质和化学性质	103
2.2 1 2.3 6 菌类体	103
2.2 1 2.3 6 1 第三纪煤中的菌类体	103
2.2 1 2.3 6 2 石炭纪煤中的菌类体	105
2.2 1 2.3 6 3 菌类体的产出	105
2.2 1 2.3 6 4 菌类体的物理性质	105
2.2 2 煤的显微煤岩类型及其组成 (E. Stach)	107
2.2 2 1 显微煤岩类型的概念	107
2.2 2 1.1 单组分显微煤岩类型	107
2.2 2 1.1 1 微镜煤	107
2.2 2 1.1 2 微类脂煤	111
2.2 2 1.1 3 微惰性煤	111
2.2 2 1.2 双组分显微煤岩类型	111
2.2 2 1.2 1 微亮煤	111
2.2 2 1.2 2 微镜惰煤	112
2.2 2 1.2 3 微暗煤	112
2.2 2 1.3 微三合煤	114
2.2 2 2 显微煤岩类型的物理性质和化学性质	114
2.2 2 3 微碳矿质岩	115
2.2 3 煤中的矿物和痕量元素 (M. Th. Mackowsky)	117
2.2 3 1 粘土矿物	119
2.2 3 2 碳酸盐矿物	124
2.2 3 3 硫化物	125
2.2 3 4 氧化物和氢氧化物	126
2.2 3 5 磷酸盐	129
2.2 3 6 重矿物	129
2.2 3 7 盐类	129
2.2 3 8 痕量元素	129
2.2 4 腐殖煤和腐泥煤的煤岩类型 (E. Stach)	130
2.2 4 1 腐殖煤的煤岩类型	131

2.2.4.1.1	镜煤(光亮煤)	131
2.2.4.1.2	亮煤	131
2.2.4.1.3	暗煤(暗淡煤)	131
2.2.4.1.4	丝炭	131
2.2.4.2	腐泥煤	131
2.2.4.2.1	烛煤	131
2.2.4.2.2	烛煤与藻煤的过渡类型	133
2.2.4.2.3	藻煤	133
2.2.4.3	碳质页岩、烛煤页岩和藻煤页岩	135
2.2.5	冈瓦纳煤(D.Chandra和G.H.Taylor)	135
2.2.5.1	引言	135
2.2.5.2	沉积条件	135
2.2.5.3	煤层的宏观特征	137
2.2.5.4	煤岩的显微镜研究	137
2.2.5.4.1	显微组分	138
2.2.5.4.1.1	壳质组	138
2.2.5.4.1.1.1	藻类体	138
2.2.5.4.1.1.2	孢子体	138
2.2.5.4.1.1.3	树脂体	140
2.2.5.4.1.1.4	角质体	140
2.2.5.4.1.2	镜质组	140
2.2.5.4.1.3	惰性组	142
2.2.5.4.1.3.1	微粒体	142
2.2.5.4.1.3.2	粗粒体	142
2.2.5.4.1.3.3	碎屑惰性体	142
2.2.5.4.1.3.4	菌类体	142
2.2.5.4.1.3.5	半丝质体	144
2.2.5.4.1.3.6	丝质体	144
2.2.5.4.2	显微煤岩类型	144
2.2.5.4.3	矿物质	145
2.2.5.4.3.1	粘土矿物	146
2.2.5.4.3.2	碳酸盐矿物	146
2.2.5.4.3.3	硫化物矿物	146
2.2.5.4.3.4	硅氧矿物	147
2.2.5.4.3.5	其它矿物; 矿物组合	147
2.2.5.5	煤级; 热力变质和构造变质	148
2.2.5.6	应用和评价	149
2.2.6	氧化煤(D.Chandra)	150
2.2.6.1	显微构造和反射率	150
2.2.6.1.1	低温下的氧化作用(150℃以下)	150
2.2.6.1.2	高温下的氧化作用(150℃以上)	153
2.2.6.1.3	氧化环	153
2.2.7	热变质煤(D.Chandra和G.H.Taylor)	156

2.2.7.1	引言	156
2.2.7.2	显微构造	156
2.2.7.2.1	基质	156
2.2.7.2.2	原有组分	157
2.2.7.2.3	新生成的组分	157
2.2.7.3	反射率	160
2.2.7.3.1	反射率与化学成分的关系	161
2.2.7.3.2	压力对热变质煤的影响	162
2.2.7.3.3	热变质煤变质温度的估计	162
第3章	煤岩成分的成因 (M. Teichmüller)	165
3.1	引言和研究方法	165
3.2	显微组分的成因	169
3.2.1	概述	169
3.2.2	镜质组	169
3.2.2.1	化学和植物前身	169
3.2.2.2	在泥炭和褐煤阶段的变化	171
3.2.2.3	各种显微组分	174
3.2.2.3.1	结构镜质体, 均质镜质体	174
3.2.2.3.2	基质镜质体, 碎屑镜质体, 降解体	177
3.2.2.3.3	胶质镜质体	180
3.2.2.3.4	团块镜质体	180
3.2.2.4	镜质组在烟煤阶段和无烟煤阶段的变化	181
3.2.3	类脂组 (壳质组)	184
3.2.3.1	化学和植物前身	184
3.2.3.2	在泥炭化作用和煤化作用过程中的变化	184
3.2.3.3	各种显微组分	186
3.2.3.3.1	孢子体	186
3.2.3.3.2	角质体	188
3.2.3.3.3	树脂体	190
3.2.3.3.3.1	萜烯树脂体	191
3.2.3.3.3.2	类脂树脂体	192
3.2.3.3.3.3	次生“树脂体” (渗出沥青体)	193
3.2.3.3.4	藻类体	197
3.2.3.3.5	木栓质体	199
3.2.3.3.6	碎屑壳质体	199
3.2.3.3.7	沥青质体	200
3.2.4	惰性组	201
3.2.4.1	化学和植物前身	201
3.2.4.2	在泥炭化作用和煤化作用过程中的变化	202
3.2.4.3	各种显微组分	202
3.2.4.3.1	丝质体和半丝质体	202
3.2.4.3.1.1	火焚丝质体	202
3.2.4.3.1.2	氧化丝质体	203

3.2.4.3.1.3 后生丝质体	204
3.2.4.3.1.4 原生丝质体	206
3.2.4.3.2 菌类体	206
3.2.4.3.3 粗粒体	208
3.2.4.3.4 碎屑惰性体	209
3.2.4.3.5 微粒体	209
3.3 显微煤岩类型的成因	212
3.3.1 微镜煤	212
3.3.2 微亮煤	212
3.3.3 微暗煤	214
3.3.4 微三合煤	214
3.3.5 微镜惰煤	215
3.3.6 微丝煤, 微半丝煤	215
3.3.7 稀少的显微煤岩类型	215
3.4 腐泥煤(烛煤和藻煤)的成因	216
3.5 残殖煤的成因	218
第4章 鉴定的方法和仪器	219
4.1 取样和磨光面或薄片的制备 (M.-Th. Mackowsky)	219
4.1.1 取样	219
4.1.2 磨光面的制备	219
4.1.3 制备颗粒煤样的磨光面	220
4.1.3.1 不加压制备光片	220
4.1.3.2 加压制备光片	220
4.1.3.3 研磨	220
4.1.3.4 抛光	222
4.1.4 煤薄片的制备	222
4.2 煤的鉴定方法	222
4.2.1 煤层宏观煤岩剖面和微观煤岩剖面分析 (M.-Th. Mackowsky)	222
4.2.1.1 煤层宏观煤岩剖面	222
4.2.1.1.1 煤层总体构造的观察	222
4.2.1.1.2 煤层的宏观煤岩描述	222
4.2.1.2 煤层剖面的镜下分析	226
4.2.1.2.1 取样和光片制备	226
4.2.1.2.1.1 柱状煤样	226
4.2.1.2.1.2 煤心煤样	226
4.2.1.2.1.3 磨光面的制备	227
4.2.1.2.1.4 分析的步骤	227
4.2.2 颗粒煤样光片的显微组分分析 (M.-Th. Mackowsky)	228
4.2.2.1 概述	228
4.2.2.2 仪器	229
4.2.2.3 方法和评价	229
4.2.2.4 分析结果的评价和精确度	230
4.2.3 颗粒煤样的显微煤岩类型分析 (M.-Th. Mackowsky)	231

4.2.3.1	概述	231
4.2.3.2	仪器	231
4.2.3.3	分析方法	232
4.2.3.3.1	显微煤岩类型分析	232
4.2.3.3.1.1	显微煤岩类型的分组	232
4.2.3.3.1.2	方法	232
4.2.3.3.1.3	结果的评价和表示法	233
4.2.3.3.1.4	分析的精确度	233
4.2.3.3.2	显微组分—显微煤岩类型综合分析	233
4.2.3.3.2.1	分析方法	233
4.2.3.3.2.2	分析的精度	235
4.2.4	根据镜质组反射率测定确定煤级 (M.-Th.Mackowsky)	236
4.2.4.1	概述	236
4.2.4.2	反射率测定用的仪器	241
4.2.4.3	测量方法	241
4.2.4.4	结果的评价和表示法	242
4.2.4.5	测量精度	243
4.2.4.6	其它显微组分或显微组分组反射率的测定	243
4.2.5	通过测定镜质组反射率确定配煤中煤的煤级 (M.-Th.Mackowsky)	243
4.2.5.1	概述	243
4.2.5.2	仪器和测量系统校核	243
4.2.5.3	方法	244
4.2.5.4	结果的评价和表示法	245
4.2.5.5	鉴定时比例的平均误差	245
4.2.6	矿物分布的分析 (M.-Th.Mackowsky)	246
4.2.6.1	概述	246
4.2.6.2	仪器	247
4.2.6.3	矿物总含量的分布	247
4.2.6.4	单种矿物的分布	247
4.2.6.5	不同类型组合的分布	248
4.2.7	煤的磨光面的浸蚀 (M.-Th.Mackowsky)	249
4.2.7.1	概述	249
4.2.7.2	方法	250
4.2.8	硬度和强度的测定 (M.-Th.Mackowsky)	251
4.2.8.1	硬度试验	251
4.2.8.1.1	概述	251
4.2.8.1.2	测定方法	253
4.2.8.2	机械强度	254
4.2.8.2.1	概述	254
4.2.8.2.2	测试方法	256
4.2.8.2.2.1	维氏宏观强度	256
4.2.8.2.2.2	抗压强度	256
4.2.8.2.2.3	可磨性和结构强度	256

4.2.8.2.2.4 振动-冲击强度 (据 Späth)	257
4.2.9 荧光显微术 (E. Stach)	258
4.2.9.1 概述	258
4.2.9.2 现代荧光显微镜	258
4.2.9.3 实用方面	259
4.2.9.4 强度的定量测定和光谱测定法	260
4.2.9.5 荧光摄影	261
4.3 焦炭的显微镜鉴定 (M.-Th. Mackowsky)	263
4.3.1 概述	263
4.3.2 罗斯光片的鉴定	264
4.3.3 焦炭构造的定量鉴定 (按 E. Hoffmann 的方法) (见 Abramski 和 Mackowsky, 1952)	265
4.3.4 焦炭的光学性质的测定	266
4.4 除煤以外的沉积岩的煤级测定 (M. Teichmüller)	267
4.4.1 样品的选择	268
4.4.2 煤质包体的富集	268
4.4.3 制片	269
4.4.4 反射率的测定	270
4.4.5 荧光光谱测定	274
第 5 章 应用煤岩学	278
5.1 煤层对比 (E. Stach)	278
5.1.1 煤层对比方法	278
5.1.2 利用煤岩方法对比煤层	278
5.1.2.1 标志煤层	278
5.1.2.2 宏观煤层剖面 and 煤层形成曲线	278
5.1.2.3 微观煤层对比——暗淡分层	281
5.1.2.4 厚壁孢子微暗煤层	281
5.1.2.5 显微组分分析	281
5.1.3 应用孢粉学对比煤层	281
5.1.3.1 孢粉分析	281
5.1.3.2 孢子频数图	282
5.1.4 通过确定煤级来对比煤层	282
5.1.5 具有特殊煤岩特征的煤层	282
5.2 煤岩学方法在地质工作中, 包括油气勘探的应用 (M. Teichmüller)	282
5.2.1 煤岩学在解决地层、古地理和构造问题方面的重要性	283
5.2.2 煤岩学在解决地热问题上的应用	291
5.2.3 煤岩学与探矿	296
5.2.4 煤岩学在油气勘探中的重要性	296
5.2.5 煤岩学方法进一步应用的可能性	306
5.3 煤岩学在工艺过程中的应用 (M.-Th. Mackowsky)	306
5.3.1 概述	306
5.3.2 采煤	306
5.3.3 选煤 (Mackowsky 和 Hoffmann, 1960)	308

5.3.3.1 概述	308
5.3.3.2 洗选	309
5.3.3.2.1 降低含硫量的可能性	310
5.3.3.2.2 聚集黄铁矿的可能性	311
5.3.3.2.3 “错配”物的测定	311
5.3.3.2.4 静电选煤方法	311
5.3.4 碳化	313
5.3.4.1 炼焦煤的性质	314
5.3.4.2 由煤转变成焦炭	325
5.3.4.3 粒度分布的影响	328
5.3.4.4 焦炭性质的预测	330
5.3.4.4.1 Brown、Taylor和Cook的方法	331
5.3.4.4.2 Ammosov等和Schapiro等的方法	331
5.3.4.4.3 Simonis和Mackowsky的方法	333
5.3.5 型焦和热压型块——无烟燃料	337
5.3.6 压型（用沥青作粘结剂）	342
5.3.7 煤的燃烧	345
5.3.8 煤的自然	350
5.4 液化（氢化）	352
缩写词	357
英汉主题索引	359
汉英词汇索引	388
参考文献（第二版）	402
参考文献（第三版）	501
彩色图版	