



中等專業學校教學用書

煤的工業分析

苏联 姆·阿·門柯夫斯基等著

煤炭工業出版社

中 等 專 業 学 校 教 学 用 书

煤 的 工 業 分 析

姆·阿·門柯夫斯基
維·斯·卡明斯基
苏联 恩·阿·彼特罗夫 著
阿·阿·弗洛金

成都工学院分析化学教研组译

苏联煤炭工業部教育司审定作为采矿專業学校教材

煤 炭 工 業 出 版 社

本書是苏联采矿專業学校“选煤及煤磚制造”專業教科書。書中首先簡單地介紹了煤的成分及其对煤質的影响,然后詳細地叙述煤样的采取和縮分方法、煤的結焦性、苏联煤的工業牌号分类,并結合苏联国家标准分別叙述發热量、水分、灰分、硫分、揮發分等測定法;对选煤厂用水質量鑑定方法也作了比較詳細的介紹。

本書可作为煤矿專業学校教材并可供化驗、选煤工作人員参考。

本書由成都工学院分析化学教研組陈鑑、邓明强、曾繁綽、孙本义、官自元等同志翻譯,在翻譯过程中曾得到有机化学教研組李忠福同志的协助。

ТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УГЛЕЙ

苏联 М. А. МЕНКОВСКИЙ В. С. КАМИНСКИЙ 著
Н. А. ПЕТРОВ А. А. ФЛОДИН

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社 (УГЛЕТЕХИЗДАТ)

1952年列宁格勒第1版譯

587

煤的工業分析

成都工学院分析化学教研組譯

煤炭工業出版社出版(地址:北京东長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業登記證出字第081号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

开本85×116.8公分 $\frac{1}{32}$ * 印張5 $\frac{3}{4}$ * 插頁6* 字数122,000

1957年7月北京第1版•

1957年7月北京第1次印刷

統一書号: 15035·351 印数: 0,001—1,550册 定价:(10)1.00元

前 言

第十九次党代表大会关于 1951—1955 年苏联發展第五个五年計劃的指示，在煤炭工業工作人員面前，提出了巨大而重要的任务。

在这几年內，煤的开采量應該增加 43%。

与煤的增产同时，應該用扩大选煤和煤磚制造的方法来大大地提高煤的質量。在五年內选煤量的增加，拟定大約为 2.7 倍。

用先进技术装备起来的新选煤工厂的建設的蓬勃發展，需要培养高度熟練的干部。

本教程(煤的工業分析)是按 1950 年所批准的采矿技术学校“选煤和煤磚制造”專業的教学大綱編著的。

煤的化驗室分析包括水分、灰分、硫分和揮發分的測定，以及水的工業分析。所有这些測定都可以由教师和学生在校閱讀教程的任何理論部分的同时进行，不过，首先都应当讀完前兩個題目“燃料概論”和“矿物煤的組成部分”。

在本教程有关各章里，作者闡述了制备分析試样的化驗室操作技术和測定煤的結焦性与發热量的化驗室操作技术。这些操作的进行都應該与閱讀必要的理論部分直接配合。

本書第一和第二章是姆·阿·門柯夫斯基教授在技术科学碩士伏·斯·卡明斯基参加下写成的。第七章是姆·阿·門柯夫斯基教授和技术科学碩士伏·斯·卡明斯基在莫斯科矿业学院主任講師阿·阿·弗洛金参加下写成的。第三、四、五章是技术科学碩士伏·斯·卡明斯基写的。

第六和第八章是恩·阿·彼得罗夫副教授写的。

引言和結束語是姆·阿·門柯夫斯基教授写的。本書的总校訂工作也是由他負責的。

著者謹向本書校閱者伏·勒·卡尔波維奇致謝。他所提出的宝貴意見，在我們編写时，已加以考虑。

著 者

目 录

前 言	
引 言	4
第一章 燃料概論	5
§ 1. 矿物燃料的种类	5
§ 2. 固体可燃矿物	7
§ 3. 液体燃料	9
§ 4. 气体燃料	11
§ 5. 煤的生成和种类	12
§ 6. 褐煤、烟煤和無烟煤的性質和用途	13
第二章 矿物煤的組成部分及其对煤	
質的影响	15
§ 7. 矿物煤的一般特性	15
§ 8. 水分	15
§ 9. 灰分	16
§ 10. 揮發物和不揮發殘渣	18
§ 11. 硫分	19
§ 12. 碳、氫、氮和氧	20
第三章 采样	21
§ 13. 煤样的种类	21
§ 14. 采样規則	25
§ 15. 煤样的破碎、混合和縮分	47
§ 16. 化驗室煤样和分析煤样的制备	55
第四章 結焦性	64
§ 17. 煤的結焦力和成焦力	64
§ 18. 根据焦炭熔塊鑑定煤的結焦性	72

§ 19. 用膠質層法鑑定煤的成焦性	74
§ 20. 根据苏联科学院可燃矿物研究所的方法 鑑定煤的成焦性	89
第五章 煤的牌号分类法	93
§ 21. 煤的分类形式	93
§ 22. 煤的化学分类	99
§ 23. 伏·斯·克雷姆的分类图表	105
§ 24. 根据现行苏联国家标准的煤的工业分类法	107
§ 25. 勒·姆·薩波日尼柯夫的膠質層法分类圖	113
§ 26. 根据煤塊大小的分类法	115
第六章 發热量	117
§ 27. 量热法的一般原理	117
§ 28. 計算和換算用公式	126
第七章 煤的化驗室試驗	128
§ 29. 水分的測定	128
§ 30. 灰分的測定	133
§ 31. 硫分的測定	136
§ 32. 用快速法測定硫分	141
§ 33. 揮發物的測定	145
§ 34. 水的分析	147
§ 35. 水的硬度的測定	160
第八章 气体分析	161
§ 36. 气体分析的主要方法	161
§ 37. 气体定律	162
§ 38. 气体分析仪器	163
§ 39. 各种气体的測定	164
§ 40. 气体混合物的系統分析	163
結束語	169
附 录	170

引 言

任何工業部門产品的成分和性質的測定，以及質量的鑑定，都是借助于工業分析來進行的。

在工業分析中，都運用着那些研究一定對象的分析化學方法以及專門擬定的方法。

因此，我們把工業分析分為煤的、石油的、礦石的、金屬的、水的、油的分析等等。

為了對選煤和煤磚製造工廠的工作進行正確的技術檢查，就必須靈活地掌握原煤及其精選產品的工業分析。

選煤和煤磚製造工廠的技術檢查任務是多方面的，其中主要的是：

a) 檢查工廠工作的數量和質量指標；

6) 檢查工廠技術操作過程是否正確，檢查各機器及設備的運轉情況。

為了完成這些任務，必須系統地研究用於加工的煤的質量以及工廠所出產的精煤和中煤或煤磚的質量。也必須檢查矸石的成分，以證明矸石中沒有損失大量的煤質。這樣獲得的指標是說明工廠工作在技術上和經濟上的效果；這些指標對於總結材料的編寫、企業業務的分析、原煤（運入工廠作為原料的）價格的確定，以及與工廠產品消費者進行計算，都是必需的。

每個企業對各種機器和設備都有一定的標準，這些標準是在編制全廠工作計劃時確定的。

對各機器和設備所生產的產品進行質量檢查，可以防止違反已經建立的生產制度，從而協助企業計劃的完成。

通過工業分析所作出的測定，對於煤的質量鑑定有很大的

意义。

知道了煤的成分，就一定能够计算煤的发热量，以及确定它是否适合某种用途。

对我们工业中的经济是非常重视的；然而任何一种计算，无论是工业计算或经济计算，要是没有原料及其加工产品的化学分析，都是不可思议的。

在选择煤的工业分析方法之前，必须熟悉燃料的主要类型及其一般特性。

第一章 燃料概论

§ 1. 矿物燃料的种类

燃料这一总名称意味着可燃的有机物质。这些有机物质是热能的来源，它们存在于自然界中（煤、石油、天然气、木材），或者是由人工制成的（焦炭、半焦炭、合成汽油、裂解的产物——石油热裂的产物等等）。

燃料可以是固体的、液体的或气体的。

煤和其他可燃矿物，对于国民经济各部门具有极大的价值。实际上，如果缺乏了燃料，一切工业和运输都要停顿。列宁写道：“……没有煤炭工业，则任何现代化的工业，任何工厂都是不可想像的”^①。

木材、泥煤、褐煤、烟煤、无烟煤、油页岩是天然的固体燃料；木炭、半焦炭、焦炭就是人造固体燃料。

天然液体燃料以石油为代表。把石油分成个别的组成部分，就得到这些常用的液体燃料，如汽油、灯油、重油等。还

① 列宁：“1920年4月1日在第一国际全俄矿工代表大会上的讲话”，“列宁全集”，俄文第4版，第30卷。

有很多人造的液体燃料。其中有一些是将固体可燃矿物（油頁岩、褐煤和烟煤）用热裂的方法制成的；另外一些是将气体用縮合或聚合的方法制得的；第三种是由气体作用于固体或液体燃料(氫化)而制得的。

气体燃料也可能是天然的(天然气)，或者是从固体燃料或液体燃料加工中取得的。

表 1 是燃料調查儲量和开采量的数据，是按相等的热量單位計算的。

表 1
燃料的儲量和开采量

燃料种类	世 界		苏 联	
	儲量, %	开采量, %	儲量, %	开采量 1950年, %
煙煤和褐煤	95.4	60.4	95	71
油頁岩	2.4	0.2	0.8	2
泥煤	1.9	1.6	3.6	7
石油和天然气	0.3	37.8	0.6	20

从上表可知，世界上大部分儲藏的可燃矿物是固体燃料；而且特点是，在苏联尤其是在外国，石油和天然气开采量的百分数(20、37.8%)，大大地超过了石油和天然气在燃料儲量中的百分率(0.6、0.3%)。这个現象是由于

液体燃料和气体燃料对工业最适合，而且对日益發展的內燃机來說，它們是目前不能代替的燃料。

还应该考虑到，石油不仅是燃料，而且是化学工业的宝贵原料。

由此可知，从固体燃料中制备液体燃料和气体燃料的设备的广泛發展，具有何等重大的意义。

苏联拥有巨大的矿物燃料儲量，完全能够保証滿足我們多年的需要。

我們的产煤基地每年都在扩大。無論是在烏拉尔、在远

东、在卡查赫斯坦、在北極圈內、在炎熱的中亞細亞以及在明媚的格魯吉亞都出產煤。

蘇聯礦藏中煤的統計儲量，在過去24年內，從國際地質會議第十二屆常會(1913年)到第十七屆常會(1937年)，整整增加了六倍。1937年以後，我們的地質勘探隊的工作仍舊很順利地進行着。

以下將簡述各種燃料的類型和它們在國民經濟中的意義。

§2. 固體可燃礦物

煤是最重要的可燃礦物，是由遙遠地質年代的植物遺骸逐漸碳化而成的。姆·伏·羅蒙諾索夫在“關於金屬生成的史話”上寫道：“礦物煤起源於植物”。煤的碳化作用是在上部地層壓力下，隔絕空氣，經過千百萬年進行着的。在植物遺骸的分解和碳化過程中，細菌和水起着巨大的作用。

碳化的過程越長，礦物燃料中碳的含量就越高。碳化作用的最終產物幾乎由純碳組成。根據蘇聯科學家現代唯物主義的學說，煤質原來不是什麼僵硬的物質，而是組成它的有機化合物逐漸發生縮合與聚合作用不斷發生變化的結果。碳化作用各連續階段的產物是泥煤、褐煤、煙煤和無煙煤。

最重要的固體礦物燃料的熱值直接與其含碳量有關。

煤中除主要組成元素(碳、氧、氫、氮)外，經常含有硫。硫會降低煤的質量。除硫是現代選煤工業的主要任務之一。與選煤有關的問題，特別是與煤的除硫有關的問題和煤的加工過程，將在有關的專業課程里進行討論。在這裡只指出：煤在空氣中加熱時，溫度在350—500°C 就着火。煤在密閉器(不與空氣接觸)中加熱時，首先放出水汽，然後放出各種氣體及揮發性物質，這些物質在空氣中燃燒時，發生有煙火焰。固體殘余物

称为半焦炭或焦炭，煤的这种加热变化过程，按温度不同而分别称为半焦化或焦化。

在保存大堆碎煤时，由于剧烈氧化作用的结果，可能引起煤的自然。为了预防煤的自然，必须堆成特别的煤堆；而在大的煤堆中，应从金属管内通入空气，使煤冷却。最合理的是用滚子压平煤堆，上加保护盖，使煤与空气隔绝。

在研究固体可燃矿物（其中最主要的是最有价值的烟煤和无烟煤，其次就是褐煤和泥煤）的同时，还不能不提到另一种可燃矿物，那就是近来对我们有很大意义的油页岩。

油页岩显然是在淡水或滨海的水中生成的。衰亡的海草和微生物沉积在海底。地面的植物遗骸也从海岸落入水底。有机物发生腐败，生成絮状物质，称为藻质。在这种物质中，有机物的分解产物开始了相互作用的过程。鱼类、软体动物、贝壳、昆虫的遗骸也落到这种物质中，这些物质逐渐压紧和碳化。在各个不同的变化阶段，这种物质称为腐泥煤、腐藻煤，最后的称为油母。油母也就是含在现今的油页岩中的有机物质。这种物质在地质变化过程中，原是埋藏在岩层之下和无机物质混合起来的。

油页岩含有 50% 的有机物和 30—80% 的灰分（石灰石、二氧化硅、氧化铝等）。

油页岩的热值是 1750—4000 千卡/公斤（爱沙尼亚油页岩）。油页岩大多用来制备可燃气体及发动机燃料。在这些过程中所得到的灰渣可用作建筑材料和酸性土壤的肥料。

在结束固体燃料种类的概述时，应该指出，各种木材现在在工业上已经失去了意义，但仍可用作日用燃料，并且还是制造许多化学产物（樟脑、松节油、松香、浮选剂等）的贵重原料。

如果在 1913 年沙皇俄国所需要的木材量约为燃料总量的

三分之一(确数是 30.2%)，則在 1940 年，在苏联木材需要量的比率約降低一半以上，即佔該年所用燃料总量的 13.9%；而在 1950 年，这个数字更降到 10% 以下。

各种原木材的發热量和水分見表 2。

表 2

木 材 的 發 热 量

木材种类	原木材中水分, %	最低發热量, 千卡/公斤
橡 树	35	2130
樺 树	31	1940
縱 树	37	1780
松 树	40	1740
赤楊树	32	1855

人們早已知道木材隔絕空气的加热分解过程，其結果是变为木炭。在知道煤的煉焦过程以前，木炭是从矿石提煉金屬的唯一冶金燃料。

甚至在現代，在小型鼓風爐中提煉优等品質的金屬时，仍旧使用木炭，因为它实际上不含任何对金屬有害的雜質，例如經常含在煤中并部分轉入焦炭中的硫和磷。但是，已經很少作为冶金燃料的木炭的数量，还在逐年減少。一方面，这是由于煤的精选和煉焦技术的完善，有可能得到很純的焦炭，以及由于金屬电熔煉法的广泛發展。另一方面，为了生产冶金用木炭，势必大量砍伐森林，这是社会主义經濟計劃所不容許的。

§3. 液体燃料

石油，或者常称烏金，古时就早已知道了。但是把石油用于工業的目的，还是在十九世紀初期才开始的。那时开始从石油取得煤油，当时叫它做“光源油”，用来照明。

1892年需要液体燃料的内燃机的发明，是引起石油开采及其加工工业迅速发展的主要原因之一。

需要大量液体燃料的飞机、汽车、拖拉机制造业的迅速发展，使石油的开采和加工工业具有特殊的意义。

现在，石油是决定各国经济的产品之一。

石油是各种碳氢化合物的混合物。外表上，石油大都是暗褐色或绿黑色的油状液体，具有特殊的臭味。石油的比重是0.83—0.97。间或有比重大于1的石油，例如古丽石油的比重为1.04。石油的热值为10000—12000千卡。

俄国和苏联学者德·依·门捷列夫、伏·伏·马尔可夫尼科夫、阿·普·科诺瓦洛夫、格·斯·彼得罗夫、伏·特·苏霍夫、恩·德·泽林斯基、依·姆·古布金、斯·斯·那苗特金以及其他很多人的工作，在研究石油及其性质的世界科学领域中，起着领导的作用。

不同产地的石油，它所含碳氢化合物的性质也不一样。例如巴库石油，主要含环状碳氢化合物，而在格罗兹内、罗马尼亚和宾夕法尼亚的石油，则含饱和的脂肪族碳氢化合物。石油平均含84—85%的碳、12—14%的氢、4—5%的氧、氮和其他元素。伏·伏·马尔可夫尼科夫(1838—1904年)首先研究巴库石油，并在其中发现环状碳氢化合物。现在认为石油是由最简单的植物和动物机体——浮游生物的残骸生成的。按这一个为恩·德·泽林斯基院士等支持的学说来说，石油是在各种地质年代内聚集于浅海区域底部的浮游生物的分解产物。

这些植物和动物遗骸的分解作用，是在不与空气接触并在复盖着它们的沉积岩层和水层的压力下进行的。这时蛋白质分解成更简单的化合物，变成气体而散出，或被水冲刷掉，脂肪就变成稳定的碳氢化合物。

作燃料用的石油的价值，是在于它和固体可燃矿物相反，几乎不含水和灰，而且很容易地、很适宜地在簡單的爐灶中燒尽。此外在管道运输的可能性方面，石油及其加工的液体产物比固体燃料有更为巨大的优越性。石油是这样貴重的物質，如果用它作为鍋爐的燃料那是不合理的。目前用作鍋爐燃料的只是重油——石油蒸去輕油馏分(汽油、煤油等)后的殘余物，而且只是那些从重油中不能提煉出品質优良潤滑油的石油才用来制造这种重油。

石油的輕油馏分是內燃机的不可代替的燃料。为了增加輕油的产量，在石油加工时，采用專門的加热过程和催化过程，使石油重油部分的分子裂解。

为了增加液体燃料的产量，可以用人工的方法在隔絕空气时蒸馏油頁岩、褐煤和烟煤，也可以在高温和高压下用氫处理烟煤(氫化)来制造液体燃料。还有用固体燃料和液体燃料加工时(气化)所得到的气体来生产液体燃料的方法。

§ 4. 气 体 燃 料

在生产的实践中，使用气体燃料比使用液体燃料更为方便的原因是：容易管理爐灶，便于得到某一过程所需要的温度，以及在燃烧以后沒有一点明显的灰燼。

可燃气体的高热值和便于輸送(沿导气管)也就使气体燃料成为最經濟的燃料。先进的学者很早就对气体燃料的优越性作了评价。德·依·門捷列夫在他的著作中不只一次地談到这一点。他首先提出了地下煤的气化計劃。守旧的沙皇政府不仅不采用这个計劃，而且也不寻求利用地下天然气的可能性。

例如，早已知道的达格斯坦的天然氣产地，只有到了苏維埃政权时代才首先开始經營。达格斯坦火井区的玻璃厂开始利

用了这个矿区的可燃气体。革命前，这些气体只有当地居民用来烹飪食物。

在苏联天然气开采量的水平在1947年就大大地超过了沙皇时代(1913年)的水平。

天然气产地总是与石油产地在一起的，根据这一点提出了石油气体的探测法，这个方法是用来发现石油产地的。事实上，在地底下的气体能穿过岩層透到地表上来，并且可以用化学方法分析空气来发现它。根据分析的结果可以确定某些石油或天然气产地的存在。

现在，在苏联开采了许多天然气的产地。大家知道用专门的导气管供应莫斯科的薩拉托夫天然气，对莫斯科的气化事业有何等重大的意义。达沙夫天然气产地供应基輔的气体。我們对于天然气的利用，每年都有很大的发展。除此之外，我们也发展了固体可燃矿物的气化事业。

§ 5. 煤的生成和种类

姆·伏·罗蒙諾索夫早已确定固体可燃矿物是从植物变来的。1826年，恩·肖格洛夫教授写了关于生物組織参加煤的生成問題。

现在可以认为：可燃矿物类型的多样性决定于生成它们的植物組織，这种植物組織是一种單一的化学綜合物。

植物物質在形成固体可燃矿物的第一阶段的变化，主要是生物化学变化。但是，就在这个时期，也不單是組成植物組織的物質發生分解，而且也發生合成反应，生成新的化合物，然后变成高分子化合物。

Д.И.門捷列夫是这样确定各种煤的形成的：“一切矿物煤……其区别只在于碳化作用进行程度的不同，它們力圖从褐煤

經過真正的烟煤而过渡到無烟煤”(德·依·門捷列夫：“燃料”，1897年)。

因此，煤的轉變系統應該是這樣的：泥煤——褐煤——烟煤——無烟煤。

對於煤的轉變過程起着重大影響的，當然還有外界的因素，例如：位於煤層上面的岩石的成分，滲入煤層的水的成分（即水含有什么雜質），最後，煤層上面的岩層的厚度如何，因而煤層受到的壓力和溫度如何。

§ 6. 褐煤、烟煤和無烟煤的性質和用途

煤的性質既決定於形成煤的原始物質的特性，又決定於煤層形成的條件。

褐煤、烟煤和無烟煤的區別首先是碳的含量不同；無烟煤的含碳量幾乎比褐煤多30%，烟煤的含碳量居中。在所有各種煤中，氫的含量都相當小（2—6%）。因此，碳的含量在決定上述各類煤作為燃料的價值時，顯然居于首要的地位。

實際上，某些種無烟煤在燃燒時放出的熱量，幾乎是褐煤的兩倍。

十分顯明，碳的含量大時，組成含碳物質的其他元素的量就相應地減少；這些元素是：惰性的（如氮）和用於燃燒時有害的（如硫、磷等）。照例褐煤的灰分最大。無烟煤的機械穩定性很大，即使在運輸和傳送時既不易變成碎屑，也不易破壞。

關於煤的應用問題，不屬於本書研究範圍。但是這裡應當正確地指出，除了把煤用作燃料以外，煤的最大消費者是煉焦工業。煉焦工業供給冶金用的焦炭（煤加熱分解的產物）。

在不久以前，製造焦炭完全是用“K”號（煉焦煤）烟煤，現在各種烟煤都用來煉焦（採用它們的混合物）。用於煉焦的煤應

該合乎有关的特定标准。

冶金焦炭的用途，正如它的名称所說明的一样，是煉鉄和鑄造；冶金焦炭的質量决定于灰分、硫分、磷分、水分、揮發分的測定，以及决定于对稳定性、折裂性、粗細度、多孔性的物理机械試驗。

在測定煉焦的煤的質量时，下列性質十分重要：1)結焦性，2)膨脹或收縮的能力，3)在焦炭中产生橫裂或縱裂，4)煤中硫、磷和灰分。

換言之，只有这种煤才适合煉焦：在一定温度条件下能够单独或与他种煤混合时生成符合質量的焦炭。

用于煉焦的煤的混合物中不包括無烟煤；但是在鼓風爐中熔煉生鉄时則采用热稳定的無烟煤与焦炭的混合物。采用热稳定的無烟煤能够大大改进熔煉过程。热稳定的無烟煤是無烟煤在 1000°C 左右加热制成的。

綜上所述，可以指出：無烟煤(含碳量最多的高级可燃矿物)最好直接用作动力燃料，而冶金工業基本上是使用从烟煤加工制得的焦炭。

褐煤除了直接燃燒之外，还可以用溶剂从其中提取石臘和用来制造半焦炭。

变質程度不大的烟煤也可以进行半焦化。半焦化和焦化不同的地方是加工时温度較低(550°C)。半焦化的目的除了使价值不大的固体燃料提高价值以外，是在于制取人造液体燃料。这些制造过程在化学工艺学的專業課程中有詳細的研究。

为了使烟煤末及褐煤的半焦化作用和直接燃燒作用易于进行，就要把烟煤末和褐煤压制成煤磚。

总之，在談到煤的加工时，必須指出：用各种方法来处理大部分的煤，其目的在于降低它們的灰分和尽可能減少硫分。