

中等专业学校教学用书

低温干餾工艺学

撫順石油学院人造石油教研組編



中国工业出版社

中等专业学校教学用书



低温干餾工艺学

撫順石油学院人造石油教研組編

江苏工业学院图书馆
藏书章

中国工业出版社

本書為中等專業學校人造石油專業所應用的教材，包括燃料化學和低温干餾工學兩部分內容。為了適用於全國各中等專業石油學校，故本書重點的介紹了干餾原理以及當前我國所廣泛應用的撫順爐、魯奇爐和氣燃式方型爐及其產品的回收，並一般的介紹了原料的生成、性質、預備處理及干餾產品的應用等各方面的知識。本書中注意到理論與實際的聯繫，加強了生產操作及經驗的介紹，也反映了科學上的新成就及安全生產的知識。

人造石油工學的其他三部分內容——合成、加氫和煉制，則在本院另編的合成石油工學、焦油加氫工藝學和石油及低温焦油煉制工學中介紹。

本書除可作為中等專業學校教科書外，也可供低温干餾廠的工程技術人員參考。

低温干餾工學

撫順石油學院人造石油教研組編

*

中國工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

機械工業出版社印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

*

開本787×1092¹/₁₆·印張13¹/₂·字數315,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印數001—733·定價（9—4）1.30元

統一書號：15165·270（石油—55）

前 言

本書是根据我国中等专业学校人造石油专业“人造石油工学”课程的教学大纲编写的。

我国石油工业的高速度高水平的发展，迫切需要大量的又紅又专的石油工业建设干部。因此，为了多快好省地培养人造石油专业干部，我們根据党对教学工作的指示，石油工业发展的需要和几年来教学工作的体会与現有資料，由教研室几名教师集体编写了这本书。由于时间仓促，資料和参考書不足，以及編者的水平和实际經驗所限，錯誤和缺点一定很多。請各位教师、同学、有关工程技术人员、工人同志給予批評指导，以便再版时更正。

撫順石油学院人造石油教研組

1961.4.29

目 录

前 言 緒 論

第一篇 低 温 干 餾 原 料

第一章 煤及油母頁岩的生成	3
第1节 生成固体燃料的原始物質及族組成	3
第2节 成煤过程的几个阶段	3
一、成煤的一般过程	3
二、腐植煤的生成	5
三、腐泥煤的生成	6
四、残植煤的生成	7
第二章 固体燃料的分析	8
第一节 工业分析	8
一、水分	8
二、灰分	9
三、揮发分 和 固定碳	10
第2节 固体燃料有机物的元素分析	11
一、碳	12
二、氢	12
三、氧	12
四、氮	13
五、硫	13
第3节 固体燃料的低溫干餾分析	15
第4节 分析結果的表示方法和基準的換算	15
第三章 固体燃料的岩相組成	18
第1节 煤岩研究的方法	18
一、粗視研究法	18
二、显微研究法	18
第2节 煤岩研究的目的和应用	18
第3节 定型体和基質	19
一、定型体	19
二、基質	19
第4节 煤的四种煤岩拼分	19
第5节 四拼分的化学工艺性質	20
第四章 煤的分类	23
第1节 煤的一般分类方法	23
一、按照煤的成因分类	23
二、按用途分类	23

三、按变质程度的分类.....	23
四、按煤的拼分(煤岩学)分类.....	23
第2节 我国烟煤分类的情况.....	23

第二篇 固体燃料的低温干馏

第一章 燃料的燃烧与气化的基本原理.....	27
第1节 燃料的燃烧.....	27
一、燃烧的基本概念.....	27
二、煤气燃烧的计算.....	30
三、燃料的爆炸及影响爆炸的因素.....	37
第2节 气化原理.....	38
一、气化的定义与分类.....	38
二、煤气发生炉的反应.....	38
三、影响气化操作的主要因素.....	39
第二章 低温干馏基本原理.....	41
第1节 干馏的基本概念.....	41
一、干馏的目的和分类.....	41
二、干馏的供热方式与热载体的种类.....	42
第2节 干馏的一般反应过程.....	44
一、热分解原理.....	44
二、煤及油母页岩在干馏过程中的化学变化.....	45
第3节 影响低温干馏的各种因素.....	51
一、固体燃料性质对低温干馏的影响.....	51
二、原料性质对低温干馏产物的影响.....	58
三、低温干馏对原料的要求.....	64
四、操作条件对低温干馏过程的影响.....	65
第4节 评价干馏工业与炉型的主要指标.....	73
第三章 低温干馏原料运输、贮存及预处理.....	75
第1节 概述.....	75
第2节 原料的破碎.....	75
一、破碎的一般概念.....	75
二、破碎机的种类及选择原则.....	76
第3节 原料的筛分.....	78
一、筛分的一般概念.....	78
二、筛分机的种类及选择原则.....	79
第4节 粉末燃料的压錠.....	81
第5节 原料的运输和贮存.....	81
第四章 低温干馏炉及其操作.....	85
第1节 撫順式干馏爐.....	85
一、撫順式爐的建立及其发展簡史.....	85
二、撫順式干馏爐的结构及各部件的作用.....	88
三、撫順式干馏爐的原理及其特点.....	91

四、撫順式干餾爐的操作.....	93
五、對撫順式干餾爐的評價.....	100
六、撫順式干餾爐的改進.....	101
七、三段撫順式干餾爐與半氣燃撫順式干餾爐.....	103
八、三段撫順式干餾爐的工藝計算.....	105
第2節 魯奇爐.....	116
一、魯奇爐各層的結構與筑爐材料.....	118
二、魯奇爐的操作技術.....	120
三、魯奇爐的改進.....	124
四、魯奇爐的特點及改進方向.....	126
五、魯奇爐的工藝計算.....	129
第3節 氣燃式方型爐.....	142
一、氣燃式方型爐的原理結構及流程.....	142
二、氣燃式方型爐的操作.....	147
第4節 百頁窗式干餾爐.....	148
一、百頁窗爐爐體結構與流程.....	148
二、試驗結果及操作條件.....	149
三、評價.....	149
第5節 其他爐型.....	150
一、棒甸內外併熱式干餾爐.....	150
二、集熱式干餾爐.....	151
三、成堆干餾.....	152
四、地下干餾.....	153
第五章 低溫干餾產品的冷凝與回收.....	155
第1節 概述.....	155
第2節 撫順式干餾爐的冷凝回收流程.....	156
一、第一冷凝回收流程.....	156
二、第二冷凝回收流程.....	158
三、第一種和第二種流程的比較.....	158
四、第三冷凝回收流程.....	158
五、第一、第二和第三冷凝回收流程的比較.....	159
第3節 魯奇爐冷凝回收流程.....	159
一、流程介紹.....	159
二、流程評價.....	160
第4節 氣燃式方型爐冷凝回收流程.....	160
第5節 冷凝與冷卻回收設備和冷凝回收系統的操作.....	161
一、粗煤氣的除塵及焦油霧的捕集.....	161
二、冷卻與冷凝回收設備.....	167
三、冷凝回收系統的操作.....	171
第6節 氨的回收.....	172
一、硫酸法吸收氨.....	173
二、其他回收氨的方法.....	176
第7節 煤氣中輕質油的回收.....	177

一、回收的方法及其原理	177
二、洗油吸收法工艺流程	178
三、影响因素及操作条件	179
四、对洗油的要求及常用洗油的性质	181
第8节 硫化氢和吡啶回收	181
一、硫化氢的回收	181
二、吡啶回收	181
第9节 污水、乳化油及油泥的处理	182
一、污水净化	182
二、乳化油处理	189
三、油泥处理	189
第10节 平面布置及防火保安	190
一、平面布置	190
二、防火保安	190
第六章 固体燃料及干馏产品的综合利用	194
第1节 固体燃料的综合利用	194
一、固体燃料干馏——动力综合利用	194
二、流化干馏	194
第2节 低温干馏产品的综合利用	197
一、半焦和頁岩灰的利用	197
二、低温焦油的综合利用	199
三、煤气的综合利用	199

附录

参考書目

緒 論

石油是现代主要动力来源和极其宝贵的化工原料。它直接与国民经济各部门如国防、农业、交通运输、工业、甚至日常生活都有密切联系。因此为了使我国早日建成为一个伟大的社会主义工业国，就必须迅速发展石油工业。

解放以来，我国石油工业有了极大的发展，特别是1958年以来在党的总路线的光辉照耀下，在一整套两条腿走路方针的指引下，石油工业各战线开展了声势浩大的以技术革新和技术革命为中心的增产节约运动，掀起了我国石油工业空前大跃进的高潮。广大职工将冲天的革命干劲与实事求是的科学精神正确地结合起来，使我国石油工业面貌迅速改观。三年来不仅在石油产量上有了很大的增长，而且在提高产品质量和增加产品品种方面也有了飞跃的发展。这就是党的总路线和一整套“两条腿走路”的方针在石油工业战线上的胜利。

目前我国主要制取人造石油的方法有下列三种：

1.煤及油母頁岩的干餾：包括高温、中温和低温三种不同的途径，虽然制取人造石油仍以低温干餾为主，但是高温干餾工业所能提供的人造石油来源也不能忽视。

2.一氧化碳和氢合成液体烃类：将褐煤、烟煤、无烟煤及焦炭与固体燃料气化制取气体燃料，再由气体燃料（一氧化碳和氢）利用催化剂在一定条件下合成液体烃类和其他有机化合物。

3.煤或重质油料在高压或中压下加氢，以获得液体燃料或扩大轻质油品和提高油品的使用价值。

由此可见制取人造石油大部分是以固体燃料作为原料的，故人造石油工业与煤炭和油母頁岩的综合利用是分不开的。我国煤炭及油母頁岩的储量极其丰富，而且分布极广。遍布全国，主要产区有辽宁、陕西、吉林、甘肃、广东、内蒙、山西、四川、云南、广西、湖南、江西等省及自治区。油母頁岩的资源分布也极为广泛，除了江苏、福建和湖北三省尚未查清外，其他各省都发现有大量矿藏。

利用固体燃料，在隔绝氧气的条件下加热，使其有机质分解以后得到各种干餾产品的干餾作业，在十七世纪末期随着资本主义的开始而发展，但现代低温干餾工业的发展则约在十九世纪的初期开始。而到了十九世纪中叶，在资本主义国家中用低温干餾方法制取液体燃料产品的工业得到了发展，当时主要的原料是褐煤、烟煤和油母頁岩，炼制照明用的灯油和石蜡，如德国从油母頁岩加工中得到的灯油年产量已达16000吨。但是在十九世纪后期由于天然石油的开采与加工工业的兴起，低温干餾所获得的焦油成本高，无法与天然石油相竞争，因此在以获得利润为主的资本主义国家中低温干餾工业就得不到发展，逐渐趋于衰颓。廿世纪初期，由于汽化器式内燃机的出现，并得到了极为广泛的应用，因此液体燃料的需要量激增，天然石油就供不应求，尤其是缺乏天然石油资源的国家如德国、日本等，为了发动侵略战争，急需石油用品，低温干餾工业才重新引起了人们的注意，而且主要的是制取低温焦油进一步加工以生产类似石油的各种液体燃料产品。由此可见，在资本主义国家中，石油工业祇有为资本家获取大量利润，或是为了满足帝国主义的侵略野

心的条件下才能得到发展，决非像我们社会主义国家那样，发展石油工业是为了充分利用国家资源和满足人民需要出发的。

我国油母頁岩丰富资源，解放前在帝国主义、封建主义、官僚资本主义的统治下，根本不能用来为人民造福，相反地，却成为敌人掠夺的目标。日本帝国主义在侵入我国东北后，疯狂地掠夺我国资源，于1930年在我国撫順就着手搞油母頁岩低温干餾。敌人虽然竭力地进行野蛮的、破坏性的掠夺，但到其1945年投降为止，由于这方面工厂的设备简陋，技术水平低劣，油母頁岩资源利用率仅达65%，采油率只有60—65%，頁岩油最高年产量不过25万吨左右。就是这样的生产情况到抗战胜利后又遭到国民党和日寇的破坏，以至濒于完全停滞和破产的境地。

解放后工人阶级得到了彻底的解放，当了国家的主人，在党的正确领导下发挥了无穷的智慧和冲天的干劲，克服了重重困难，不但恢复了生产而且不断地发展和提高了生产。目前不仅是大大增加了产量，而且充分利用了含油率較低的貧矿和8—20毫米的小块頁岩，回收了煤气中的輕質油。尤其在1958年大跃进以来，成績更为显著，不但对原有撫順炉进行了技术改造，而且綜合国外多种炉型的优点，創造了气燃式方型炉、百叶窗炉等先进的炉型，在操作上也总结了一整套的生产經驗，从而大大地提高了原料的利用率和采油效率，使当前我国人造石油工业得到了巨大的发展。

本書主要包括燃料化学和低温干餾工学二部分內容，介紹了低温干餾原料——煤和油母頁岩的生成、性質及热分解机理，原料的預处理，並講述了低温干餾原理、方法、炉型、操作和計算、回收方法和設備以及低温干餾产品的应用和低温干餾所生成污水的处理。

关于固体燃料的各种化学分析及油品分析，本書中祇講述其对低温干餾影响的部分，具体分析方法，另在燃料分析課程中講述；同时本書中所講述的各种回收設備，祇講述其工艺的要求和选择，具体的原理和計算，以及蓄热式加热炉部分，則分別在“人造石油过程与設備”中予以介紹。

第一篇 低溫干餾原料

第一章 煤及油母頁岩的生成

第1节 生成固体燃料的原始物質及族組成

煤是由植物生成的，在生成其他可燃固体矿产时(如油母頁岩)，除了植物外尚有动物有机体参加。

地球上所有植物可以分成两类：即低等植物与高等植物。属于低等植物的有藻类和細菌。它們大多数生在水面上，故又称浮游生物。植物都由細胞构成，細胞又由細胞膜与原生質(即內含物)所組成。細胞膜主要由纖維素、半纖維素、木質素組成。細胞內含物由蛋白質、脂肪和碳水化合物組成。

高等植物的細胞膜含量比內含物多，植物組織愈簡單，其中的細胞內含物質愈多，由此可見，高等植物是由纖維素、半纖維素为主。而低等植物則以蛋白質、脂肪、树脂等为主。木質素在低等植物里含量很少，高等植物含量較多，最低等植物完全不含木質素。

各种植物的化学族組成实际上可認為由醣类纖維素、半纖維素、木質素、蛋白質、脂肪、树脂、树蜡和果胶等物質构成。

①在植物的化学族組成的成份中，木質素是成煤的主要物質。木質素是一种具有芳香結構的高分子化合物，含有許多甲氧基和羟基，可以經過細菌的氧化分解作用，生成另一种具有复杂的芳香結構的酸——腐植酸，是成煤的基本物質。

②醣类、纖維素、半纖維素和淀粉的基本結構是碳水化合物，亦即是鏈狀碳氢化合物，它的分子量也非常大，在成煤过程中，它本身可以在水解以后流失，脱离成煤区域；也可以与其它物質縮合(与蛋白質)，成为成煤物質之一；同时，纖維素等同样在适当的条件下可以生成腐植酸，进一步成煤。

③蛋白質、类脂肪物質(蜡、脂肪和树脂等)是燃料中瀝青、氮和硫的原始物質，因为蛋白質是富氮的碳氢化合物，而类脂肪物質主要是烴类和醇酸生成的脂，它們也都具有高分子化合物的結構和性質，因此在以低等植物为原始物質生成的腐泥煤中含有較多的瀝青，而在高等植物生成的腐植煤，含芳香結構物質多，含氢量低。

但是必須明确指出，在成煤过程中，各种族組成成分都参加了成煤作用。祇是其中以木質素纖維素为主。低等植物的成煤作用，其重要的区别，是有較多的可以生成瀝青的固态，或液态的脂肪化合物和蛋白質参加。

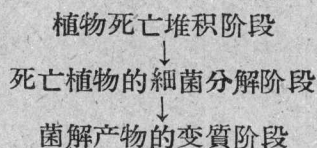
第2节 成煤过程的几个阶段

一、成煤的一般过程

前面談到煤是植物生成的，这些植物又有高等植物和低等植物之分。低等植物多生长在靜水湖泊或海洋中，高等植物則生长在大陆或沼泽地带。植物死亡后轉化为煤的历程和

外界因素（氧气量及細菌活动等）有关，並不是所有植物死亡后都可以成煤。

成煤过程可以总结如下：



植物的不断死亡，不断集中堆积，是成煤的首要条件。堆积的情况不同，生成的煤层的可能和煤的性质也就有所不同。

堆积植物的种类，以及堆积处的物理、化学生物条件不同，則所生成的种类也就不同。堆积条件的多样性，就造成了成煤条件和成煤种类、性质的多样性。对这种多样性的理解，可以使人造石油工作者更好的掌握原料埋藏规律及其加工特征，以指导人造石油的生产与研究工作。

事实上植物的堆积阶段和菌解阶段是共同进行的。上面不断的堆积，下面則持續的发生細菌分解过程。只有在堆积层被大量的冲积物形成矿层頂板掩盖以后，成煤过程才从細菌主要控制的生物化学阶段，轉移到主要受地質因素影响的地質化学变質阶段，所以成煤可以看成是經過两个主要阶段。

菌解过程由于条件不同，可以有下列四种不同情况。

1. 全败作用：植物死亡后在空气充分接触和大量流通的情况下，植物的残体就主要受到需氧細菌氧化分解作用，而生成二氧化碳和水，因而沒有留下任何固体有机物的残余，留下的仅是无机質而形成的无机岩，这种过程不可能生成煤和油母頁岩等固体燃料；

2. 半败作用：生长在低地沼泽的高等植物死亡后，如在氧气不充足但又不間断地流通的条件下，由于需氧細菌的活动，而进行不完全的氧化，則植物有机質放出氧化产物—水和二氧化碳，並且生成黑色的固体残留物—含氧的有机物，称为腐植土；

3. 泥炭化作用：其实古代的高等植物的成长与堆积，都是在沼泽地区潮湿有水的情况下进行的。上述地区一旦堆积植物多了，便逐渐下沉，此时腐植土便在乏氧細菌的作用下产生还原作用，进行分解，放出气体，生成較原始物質。碳的含量增加，氧的含量和氢的含量减少，此新物質称为泥炭。这种轉化过程，称为碳化过程；

4. 腐敗作用：生长在靜水湖泊中的低等植物，如浮游生物藻类等死亡后，堆积在水底，由于水底氧气很少，只有乏氧細菌才能活动，死亡植物在这里只能产生还原作用，結果使低等植物中的有机物分解生成含氢丰富的分解产物，这种物質称为腐泥。成煤过程中的有机物的分解見表 I—1—1。

泥炭化过程和腐敗过程都是在細菌作用下进行的，所以也称为生物化学过程，是植物形成煤的最初阶段。

变質阶段是植物菌解产物腐泥、泥炭进一步轉化成煤的过程，它的特征是在地面下，即在堆积矿层的埋藏与压力下完成。主要受地質因素影响的地質化学过程，这种地質因素主要表现在地温、地压上，地下的温度压力随着地質年代的新老矿藏深度的加深而变化（一般是增加）。

这种条件下，从成煤的化学角度上看，主要进行的是腐泥和腐泥炭的去氧、去氢相对的增碳，高分子化合物的进一步叠合成分子量更高碳氢比更大的化合物。見表 I—1—2

和 I—1—3。

表 I—1—1 成煤过程中的有机物分解过程

原始物質	过程名称	与氧的关系	与水的关系	作用的性質	产 物	
陆生植物 沼泽植物	全败作用	氧气自由进入	有水存在	完全氧化	灰 份	
	半败作用	有少量氧气进入		腐 植 物	固体含炭	腐植土
	泥炭化作用	开始有氧气进入, 后来没有氧气	开始有水份存在, 后来沉于水中	开始为腐植化作用, 后来是还原作用	化 合 物	泥 炭
水中有机物	腐败作用	没有氧气	在死水中	主要还原作用	固 体 富 氧化合物	腐 泥

表 I—1—2 泥炭阶段的增炭作用

深 度	組 成	C %	H %	O %
水	藓	50.0	6.5	42.4
表 面	泥 炭	57.7	5.4	36.0
表面下2.3米	泥炭	62.0	5.2	30.0
表面下4.6米	泥炭	64.07	5.0	26.0

表 I—1—3 成煤过程的增炭作用

变質深度	燃 料	組成	C	H	O	N	C/H
按此方向增加	木 材		50	6	43	1	8
	泥 炭		59	6	33	2	10
	褐 煤		69	5.3	25	0.8	12—13
	烟 煤		82	5	13	0.8	16
	无 烟 煤		95	2.5	2	痕跡	38

二、腐植煤的生成

大量的植物受到地壳和气候上的巨大变化, 形成了大量死亡和堆积。后来在合适的条件下受到細菌的作用, 植物中各組分分解, 产生了含有大量腐植酸的泥炭。

当地壳沉下的速度, 超过植物堆积速度时, 則泥沙等便沉积在泥炭之上, 逐漸形成頂板, 造成了埋复泥炭。它受着頂板的压力作用, 发生了压紧、失水、胶体老化等过程。埋复泥炭变成了褐煤。此阶段称岩化过程。

褐煤繼續受着高温高压的作用, 即轉变成烟煤。年青的烟煤含有大量的腐植酸(60—75%), 随着煤的老化, 腐植酸逐漸减少, 到烟煤阶段, 不再含腐植酸。

随着变質过程的加深, 烟煤进一步变成年老的煤种——无烟煤, 甚至石墨。此阶段称变質过程。見表 I—1—4。

1. 泥炭: 是一种含水較多的胶体物, 其有机質部分包括有腐植酸、植物残骸及瀝青。腐植酸是芳香族高分子化合物, 是由植物的纖維素及木質素分解生成的。腐植酸溶解于碱液, 其溶液呈褐色。植物組成中的树脂、树蜡和脂肪混合而成的瀝青, 轉入到泥炭中去。在泥炭中尚保存植物組織的残余。泥煤含水很高, 在95%左右。

2. 褐煤: 它位于泥炭和烟煤之間, 在褐煤时期, 植物的原始物質, 遭受到最后的分解, 因此在褐煤中基本上沒有尚未分解的植物組成。褐煤中腐植酸含量, 随着此煤变老而

表 I—1—4 腐植煤的生成过程

植 物	泥炭化		生物化学作用	
	↑ 岩 化 过程 ↓	↑ 煤 化 过程 ↓	↑ 压力 作用 ↓ ↑ 压力 温度 作用 ↓	↑ 地 質 化 学 作 用 ↓
泥 炭				
褐 煤				
烟 煤				
无烟煤				

碱溶液染成褐色。

4. 无烟煤：是矿物煤中最古老的煤，这是一种黑而光輝的煤。它的特征是强度大，含炭量高，挥发物少。經高等植物的死亡到生成无烟煤的过程中，碳的百分比含量不断地增加，氢和氧的百分数不断降低，此过程又称为增碳化过程。

三、腐泥煤的生成

腐泥煤的原生物質，是浮游生物、海底生物和水生植物，此外，还有少量水生低等动物及多細胞的軟体动物、昆虫的幼虫等。这些生物死亡后即沉到水底，在氧气很少的情况下，长期受各种細菌生物的作用，而变成所謂腐泥胶。后来在乏氧細菌的作用下，使原来組成发生改变，就是碳含量增加，氧含量减少，变成了腐泥。

在腐泥沉积的最初阶段，細菌还能繼續活动，随着腐泥深度的增加，細菌活动就逐渐停止，在埋藏于矿物层下面的条件下，腐泥中的腐植酸去羧基而变成腐植質。至于脂肪、树脂和树蜡在解脂酵素的影响下，已变成甘油、醇和脂肪酸。脂肪酸較稳定，在腐泥轉变为腐泥煤的时候，由于叠合作用的結果，变成不溶性的化合物。含矿物質和腐植質最少的，最典型的腐泥煤就是泥煤。一般腐泥煤的变質程度和褐煤、年青烟煤相近，各种腐泥煤經过进一步变質后可以形成碳化程度很高的碳瀝青。腐泥煤成煤过程总结見表 I—1—5。

表 I—1—5 腐泥煤的生成过程

低等植物 腐 泥 腐 泥 煤	腐泥化		生物化学作用	
	↑ 腐 泥 化 ↓	↑ 煤 化 ↓	↑ 地 質 化 学 作 用 ↓	↑ 地 質 化 学 作 用 ↓

腐泥煤的特点是 $\frac{C}{H}$ 远較腐植煤为高，故

在隔絕氧气加热时的焦油产率很高。各种腐泥煤介紹如下。

1. 藻煤：含有均匀的有机物，其中夹杂着水藻残骸，故为典型的腐泥煤。

2. 半藻煤：含有較多之腐植物質。

3. 烛煤：含有較多的水孢子，撫順烛煤(即煤精)含H較多，挥发分也很多(>50%)。

4. 胶泥煤：有完全均匀之有机物質。

5. 油母頁岩：属于藻煤的一种。

假如藻煤的有机質，已完全不含有原始物質的形态組分，且帶有大量矿物質在33%以上时，則这种藻煤叫做油母頁岩。因为按岩相看来，油母頁岩和藻煤属于一个类型，其区别只在于頁岩中所含矿物質較藻煤中多。因此从藻煤划分出油母頁岩，完全是人为的，这种划分建筑在矿物質的含量上。

很明显的，应该認為在某些情况下，在腐植煤中也可能遇到一些生成物，其中矿物質的含量可能远远超过33%。在实际上，也发现过类似的生成物，这些生成物被称做碳質頁岩。

一般除灰份含量很高以外，具备下列性質的可燃性矿物就可称为油母頁岩：

1) 有机質中氢的百分含量很高，碳氢比最大不超过10，而且有机質是分散在泥灰岩或粘土等介質当中。

2) 有机質中不含有能被普通有机溶剂所提出来的瀝青，或者不超过1—2%，但經热处理（340—395°C）以后，油母就能变成溶于有机溶剂的瀝青，这种瀝青称为热解瀝青。

3) 低温干餾时能产生焦油，此种焦油主要由液态烴类所組成，其中也或多或少含有液体含氧、含氮及含硫化物。

4) 大多数的油母頁岩都具有片理的性質，即具有在受打击时或多或少能按层分裂成薄片的性質，而且油母頁岩越趋于典型，則片理性質就越強。

油母頁岩中的有机質称为油母。它是由腐藻經长期轉变而生成的，在生长油母頁岩的过程中（由于有不定数量的腐植物質的参加），所生成的油母是各式各样的。例如典型的油母頁岩的油母，其氢含量为9.0—9.2%，碳含量为75—78%，但在油母頁岩中也有氢含量为10.3%而碳含量为82.7%的捷克頁岩，甚至还有含氢仅有6.3%，而含碳58.3%的。和腐植煤比較起来，油母頁岩的氢含量要高得多。所以油母頁岩进行低温干餾时，焦油产率很高。但是对各种不同的油母頁岩来講，焦油产率也不一样，油母中氧含量愈少，則焦油产率越高。

四、残植煤的生成

除了腐植煤、腐泥煤外，还有一种残植煤。原始物質是高等植物，生成过程类似腐泥煤，所以也称为腐植-腐泥煤；这类煤矿儲量很少，所以对它研究也較少，撫順出产的琥珀就屬於残植煤类。

第二章 固体燃料的分析

固体燃料的化学分析，包括工业分析和元素分析。固体燃料通过工业分析和元素分析，不仅可以研究和鑑定固体燃料的性質，而且可对各种原料做出評价，給綜合利用、合理操作以及提高产率提供科学依据，从而訂出加工方向，这样可以达到合理利用資源的目的。

第1节 工业分析

工业分析的内容包括測定固体燃料中的水分(W)、灰分(A)和揮发分(V)。从水分和灰分的数据可初步判断其中有机質含量(有机質含量=100-水分-灰分)。燃料中除了水分以外，能够揮发的主要是有机質的可揮发分，特别是热分解产物中的可揮发分。因此从燃料揮发分的产率，可初步判断其中有机質的性質。目前人們利用煤及油母頁岩主要还是有机質部分，因此，可以看出这些燃料的工业价值大小，另外可以从分析結果进行煤的分类。也必须指出，分析数据的正确性或誤差的大小，与采試样的方法和分析方法正确与否有着密切关系。

一、水分

水分是燃料的組成部分之一，其含量变化范围很大，一般規律是随煤变質程度的加深而减少。水分在固体燃料中存在的形态有三种。

(一) 水分在固体燃料中存在的三种形态

1. 外在水分，又称表面水分，是指在开采、运输、儲存及預处理时受外界影响而湿润在煤及油母頁岩表面上及毛細孔中的水份。其蒸汽压与純水相同，当存在于空气中一、二天内即蒸发而消失，此时的煤即为风干煤。含有外在水分的煤，称为应用燃料或工作燃料。外在水分用 W_{BH} 表示，而风干煤的水分則用符号 W^a 或 W^d 表示， W^d 一般相当于實驗室50—60°C下干燥的燃料所含的残余水分。

2. 内在水分。指风干煤加热到102—105°C时所失去的水分，又称为吸着水分，以 W^a 或 W^d 表示。除去了内在水分的燃料，称为絕對干燥燃料，用符号“C”表示。内在水分主要以物理化学的方式与煤質相联系着，其中一部分由煤分子吸附了水分，另一部分是凝結在小毛細管孔中，由于内部吸附力的作用，内在水分的蒸汽压小于純水的蒸汽压，放在空气中不易蒸发除去。内在水分与燃料的化学結構以至生成条件和变質程度均有关系。

3. 結晶水。指固体燃料矿物質中以化学鍵連接的水分，这些水是形成矿物質晶体的組成部分。在105°C的干燥温度下不能除去，必須在高温下才能除去。但在高温下有机物已經分解，所以結晶水不能用加热的方法測得。

此外，还有热解水。主要是在热分解过程中所产生的水分，並不存在于固体燃料中，結晶水和热解水总称为化合水。

平常工业分析时所測定的水分，不包括結晶水和热解水，而祇包括内在水分与外在水分。这二部分水分合称为总水分。用 W^p (工作燃料的总水分)表示。

(二) 水分的影响

水分在固体燃料中是无用之物，而且水分高时会带来下列不利影响：

1. 增加运输量和破碎时的能量消耗。
2. 当水分高时，影响燃料筛分不净。
3. 在燃料热加工过程中，增加热能消耗，因而降低了热值、火焰温度及增加了加热时间，而且对炉内耐火材料的寿命也有害。
4. 加速了燃料储备过程的风化和自燃。
5. 冬季易于冻结。

（三）水分的测定方法

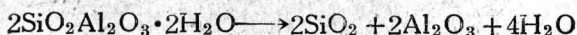
在实验室里所测定煤的水分，是指空气干燥状态的试料，在105℃左右进行加热后所放出的水分。测定水分的方法，是将所称煤样放入预先加热到102—105℃的烘箱中干燥。褐煤和无烟煤需干燥2小时，其他各种煤干燥1小时，然后将试样自烘箱中取出，在干燥器内冷却后，测其重量，它所失去的重量，即为原料中所含的水分。通常用原料的百分比表示水分的含量。这种方法并不完善，因为某些容易氧化的煤，在烘干过程中因氧化反而增加重量。对于这一类煤，最好缩短干燥或确定管理的干燥时间。一般在真空下及70—80℃以下，进行干燥或向烘箱内通入N₂，在102—105℃的干燥方法只能除去煤中的吸附水分，煤中所含的化合水分，只有在比105℃更高的温度下才能排出。

二、灰分

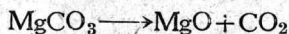
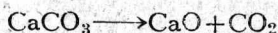
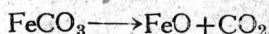
灰分就是燃料中可燃物质烧尽以后，剩下不能燃烧的残渣。经常说：煤中含有多少灰分，这种说法是不合理的，因为煤中不含灰分，而只是当煤燃烧后，才得到灰份。因此只能说煤在燃烧时灰分的产率。

通过灰分的测定，就是间接评定可燃性矿物无机物的含量，所以是表示燃料中矿物质的指标。煤中常见的矿物质组成及其燃烧时所发生的主要反应如下：

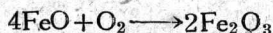
1. 粘土、石膏等物质失去结晶水：



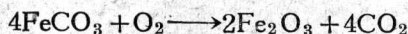
2. 碳酸盐类受热分解放出CO₂：



3. 氧化亚铁进行氧化而生成氧化铁：



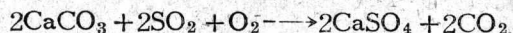
原来的FeCO₃在燃烧时所生成的FeO可进一步氧化成氧化铁：



4. 黄铁矿氧化成二氧化硫及氧化铁：



5. 在燃烧过程中，生成的SO₂与煤中的CaCO₃及O₂起作用而生成硫酸钙：



6. 碱和氯化物(MCl)在较高温度下(约700℃)受热时，可能局部蒸发。

（一）灰分的影响

固体燃料中的灰分，同样为无用之物，由于灰分的存在会产生下列的不良影响：