

煤化学和煤焦油化学

上海化工学院编



上海人民出版社

煤化学和煤焦油化学

上海化工学院编

上海 1977.5.4 出版

煤化学和煤焦油化学

上海化工学院编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 15.5 字数 365,000

1976年11月第1版 1976年11月第1次印刷

统一书号: 15171·240 定价: 0.99 元

毛主席语录

阶级斗争是纲，其余都是目。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

编 者 的 话

为了适应我国煤化学工业日益发展的需要,我们在教育革命实践的基础上,编写了这本《煤化学和煤焦油化学》。

在编写过程中,我们批判了旧教材中的唯心论和形而上学观点,努力以辩证唯物主义和历史唯物主义为指导,坚持政治和业务、理论和实践、当前和长远的统一,深入有关工厂调查研究,学习和总结工农兵在三大革命运动中的丰富经验和创造发明。初稿写成后,我们又较广泛地征求了上海焦化厂等单位工人老师傅和革命科技人员的意见,并在我院 72 届煤化工专业工农兵学员的教学实践中应用。书中有关腐植酸的几章,曾作为石油化工部在张家口地区举办的一个短训班的教学材料。这次在出版前我们又进行了全面修改。

本书内容包括煤化学和煤焦油化学两大篇。

煤化学篇主要讨论腐植煤的基本特性、化学组成、化学结构、岩相、成因、分类、风化自燃,以及煤作为燃料、干馏、气化原料、直接化学加工原料的利用问题和生产中的一些化学问题。本篇重点叙述煤的热分解、煤的直接化学加工及腐植酸的化学和利用。

煤焦油化学篇讨论高温煤焦油的化学组成,高温煤焦油的几种主要组分的分离精制化学,煤焦油组分的综合利用和二次加工的化学原理(磺化、硝化、卤化、碱熔、氧化、缩合),以及高温煤焦油沥青的化学和综合利用。

本书主要供煤炭化学加工专业的工农兵学员学习之用,也可供从事炼焦、煤焦油加工、煤直接化学加工,特别是腐植酸类肥料及制品生产的科技人员参考。

由于我们学习马列著作和毛主席著作不够,目前煤化工生产发展很快,我们了解的情况又很有限,本书内容一定有很多不足之处,热忱希望广大读者提出宝贵意见,以便今后修改。

本书在编写中,曾得到很多单位的帮助和支持,我们在此特表谢意。

上海化工学院煤化工专业委员会

1975 年 11 月

32568

目 录

绪 言	1
-----	---

第一篇 煤 化 学

第一章 腐植煤的基本概念	5
第一节 煤的外表特征和主要利用	5
第二节 成煤过程是一个由量变到质变, 由低级到高级的发展过程	6
第三节 用工业分析表示的煤的组成成分	8
第四节 以元素分析确定煤的组成成分	14
第五节 分析结果的表示方法及基准换算	18
第六节 煤各项分析指标测定结果允许误差	20
第七节 煤的岩相组成	22
第八节 煤作为燃料应用	28
第二章 煤的干馏化学和利用	27
第一节 煤的干馏	27
第二节 影响煤干馏产品收率的主要因素	31
第三节 煤性质对焦化产品收率的影响——用 V^* % 预测焦化产品收率	41
第四节 煤在高温干馏过程中炼成焦炭和生产大量化学产品	48
第五节 配煤及炼焦用煤的分类	58
第三章 固体燃料气化的基本原理和主要利用	61
第一节 固体燃料的气化	61
第二节 空气煤气及混合煤气	62
第三节 水煤气	65
第四节 半水煤气	67
第五节 制水煤气用块状固体燃料	71
第六节 其他气化用固体燃料(无烟煤粉和劣质煤)	72
第四章 煤的直接化学加工	78
第一节 发展煤的直接化学加工的意义及其概况	78
第二节 泥炭的化学和综合利用	79
第三节 褐煤的化学和综合利用	84
第四节 年青煤中褐煤蜡的抽提	88
第五节 煤的氧化和氧解	91
第六节 煤的磺化	100
第七节 其他几种煤直接化学加工方法	102
第五章 腐植酸化学	103
第一节 腐植酸的组分及其分类	103

第二节	腐植酸的组成结构	109
第三节	腐植酸的性质	122
第六章	腐植酸类肥料及制品的生产和利用	132
第一节	腐植酸类肥料的生产方法	132
第二节	腐植酸类肥料的功能和施用	141
第三节	腐植酸类制品的农业利用	144
第四节	腐植酸类制品的工业利用及几种生产方法	146
第五节	有关腐植酸类肥料及制品的生产和利用的一般动向	152

第二篇 煤焦油化学

第七章	煤焦油分离精制化学	157
第一节	煤焦油的化学组成	157
第二节	煤焦油中主要组分的来源	163
第三节	煤焦油组分的分离方法	166
第四节	煤焦油各个馏分的化学和利用	178
第五节	煤焦油油类的组成、性质及利用	187
第六节	煤焦油研究及其加工利用的新动向	188
第八章	煤焦油组分的化学加工	192
第一节	磺化与碱熔	192
第二节	氯化 and 硝化	198
第三节	氯甲基化反应和脱 HX 反应	204
第四节	缩合反应	206
第五节	氧化、氧化剂及液相氧化	208
第六节	萘气相催化氧化生产苯酐	214
第七节	合成路线的选择	222
第九章	高温煤焦油沥青化学	225
第一节	煤焦油沥青的性质	225
第二节	煤焦油沥青的化学组成	225
第三节	煤焦油沥青的品种和规格	228
第四节	煤焦油沥青的用途及防护措施	229
附 录		235

绪 言

一、我国是最早开采煤和使用煤的国家

“中国的长期封建社会中,创造了灿烂的古代文化。”我国劳动人民早在战国时期就发现了煤,利用煤的热能取暖,烧制陶瓷器。古代称煤为石炭、石墨等,如后魏《水经注》上说“石墨可书,又燃之难尽,亦谓之石炭”。可见我国劳动人民在实践中很早就认识到煤的利用价值,不但用煤作为燃料,而且还用煤作墨料写字。西汉时期(公元前一百多年)已应用煤来炼铁,这比欧洲要早约一千七百年。从河南巩县西汉冶铁遗址的发掘,知道当时不仅用煤而且已把煤制成煤饼来炼铁,无疑这是冶铁技术上又一大进步。在明末的《天工开物》中记述了“取煤炭泥和做成饼”烧石灰,炼矾石以及烧取硫黄等用净黄土调成煤饼燃烧的事实,充分说明我国劳动人民在世界上最早积累了用煤粉为原料制团球(型煤)的先进经验。《天工开物》还记载了根据形状和使用性能对煤进行分类,称为“明煤”、“碎煤”和“末煤”三类,而“碎煤”又细分为用于炊煮的、焰高的“饭炭”和用于冶锻的、焰平的“铁炭”两种。

上述这些历史事实充分说明了我国劳动人民的才干和智慧,同时证明了我国是最早开采煤和使用煤的国家之一。

二、我国有丰富的煤炭资源

煤在自然界的分布很广,我国不但煤的资源丰富,而且煤种齐全,适用于各种工业用途。煤的分布遍及各省,山西省的煤储量占全国煤总储量的一半多一些,其他如内蒙、安徽、山东、新疆、河南、贵州等省、自治区都有相当大的储量。根据最近对褐煤和泥炭的普查勘探,发现我国的褐煤和泥炭资源也很丰富。近年来在我国南方十一个省、自治区和陕南又发现了大量的煤炭(包括石煤)资源。经过无产阶级文化大革命,很多省做到了原煤自给,扭转了“北煤南运”的局面,粉碎了“江南无煤”的谬论。

三、煤炭综合利用的好处和前景

对于煤的综合利用问题,要好好研究,这是今后发展的一个重要方向。煤炭综合利用的好处很多。煤炭作为燃料使用,是十分需要的,但并不经济合算;只有开展煤炭的综合利用,将煤炭首先作为化学、冶金等工业的原料,才能提高煤炭的经济价值。如果以煤炭作为燃料的价值为1,则加工成煤焦油能增值10倍,加工成塑料能增值90倍,合成染料能增值375倍,制成药品可增值750倍,而制造合成纤维则增值高达1500倍。如果在煤矿和钢铁厂开展煤炭综合利用,大搞联合企业(如煤矿—电力—化工联合企业,钢铁—化工联合企业等),就可减少煤的消耗并降低煤炭货运量,为社会主义积累资金并加快社会主义建设的速度。开展煤炭的综合利用又能消除“公害”,煤炭加工所得的煤灰、煤渣、废气、废液,都可以得到合理的处理和利用,大大地改善劳动人民的工作环境和生活环境。此外,煤炭与石油相比,一般埋藏较浅,可用土法开采,建立小煤窑,因地制宜,就地取材,适应中小厂的加工生产。所以,开展煤炭的综合利用,对于建立各地区独立的工业体系有着重大的战略性意义。现在,煤炭利用技术也在不断更新(如煤的快速热解和超高温热解等),加上煤炭新应用领域的开

辟(如煤的直接化学加工工业和炭素制品工业等),更使煤炭的综合利用展现了非常灿烂的前景。

四、煤化工与石油化工互相依存互相促进

近年来,石油化工的发展非常迅速,但以煤炭为原料的产品产量和品种仍一直在继续上升。这是因为,第一,到目前为止世界上已探测的煤炭资源与石油资源相比要大得多,而石油的消耗比率(年产量占蕴藏量的比率)则较煤要大得多。因此,从长远观点来看,发展煤炭综合利用和合理利用尤其重要。第二,虽然用石油加工方法可以廉价地制得很多脂肪族和脂环族化合物的化工原料,也能够较简便地制得石油苯类化合物。但是,由于煤是一种以芳香核结构为主的具有烷基侧链和含氧、含氮、含硫基团的高分子化合物,以这种特殊结构的煤作为原料可以得到很多石油化工较难得到的产品,如萘、苯酚类等。从煤可以独特地制得一些带有五员环的化合物如茚、茚以及三个芳香环以上的化合物,如蒽、菲、芘、萤蒽、晕苯等稠环化合物。此外,从煤还可以较简便地得到含氮、含硫、含氧化合物,如喹啉、吡啶、呋唑、各种高级酚、氧芴等。以上这些都是重要的化工原料,其中有一些还是重要的军工原料。第三,随着煤炭气化、液化技术的发展,有可能从煤炭生产大量的烯烃和烷烃制品以补充石油原料的不足。因此,煤炭综合利用与石油、天然气的综合利用的关系,或简单地说煤化工与石油化工两者的关系,是互相取长补短、互相依存,并互相促进,共同为基本有机合成工业提供丰富的应有尽有的化工原料的。

五、新旧中国煤化学工业的对比

旧中国三十多年只建了二十四座焦炉,其中绝大部分成为日本帝国主义掠夺我国资源,扩大侵略的工具。解放前夕,全国焦炭产量只有五十多万吨。解放前全国只有两个规模不大的合成氨厂,不仅生产能力低,技术水平也很落后,仅有的几座水煤气发生炉也成为国民党反动派剥削压迫劳动人民的工具。解放前我国没有煤的直接化学加工工业。

解放以来,在炼焦用煤的分类、煤岩学、煤的基本性质等方面的研究,以及在煤焦油的分离精制、煤的直接化学加工等的研究和生产方面作出了一定的成绩。特别应该指出的是:通过无产阶级文化大革命,由于狠批了刘少奇、林彪的反革命修正主义路线,认真贯彻落实了毛主席关于“有两个积极性,比只有一个积极性好得多”的方针,狠抓革命,猛促生产,煤化学工业和煤焦油化学工业正在形成一个欣欣向荣的新局面。按1972年的调查,我国已有158种煤焦油产品,比解放初期的9种焦化产品猛增约18倍,现在我国焦化产品基本上已能自给。不但全国大中小型焦化厂基本上都有煤焦油加工的配套,有些省的小煤矿、小煤窑又积极开展了土法炼焦所得焦油的加工利用,大大地推动了煤焦油加工的地方工业的发展。不少工厂开展了煤焦油的一些组分进一步化学加工的生产,也有许多工厂进行了煤焦油沥青的综合利用。在以煤炭为原料通过气化制造半水煤气从而生产合成氨方面,解放后又兴建了一些大型的合成氨工厂,不仅在产量上有了很大的提高,而且在技术上也取得了显著的成就。此外,被誉为满天星的小型氮肥厂在全国遍地开花,几年来许多厂的年产量翻了几倍,成为我国化肥工业的一支生力军。新兴的地方矿办、县办、甚至社办的煤的各种直接化学加工工业正在蓬勃发展。特别在无产阶级文化大革命、批林批孔、无产阶级专政理论学习的推动下,作为一种新型有机化学肥料的腐植酸类肥料的生产得到了迅猛的发展,生产单位不断增加,产量逐年扩大,制造方法也有了很大发展。由于生产这种肥料方法简单、投资少、成本低、上马快,目前全国大多数省、市、自治区都在加紧试制、试用或推广。这不但为多快好省地扩大有机肥源,促进我国农业增产,闯出了一条新路,而且为我国煤的直接化学加工

工业填补了空白。

炼焦用煤重视区域配煤，小化肥用煤注意“有啥吃啥”，当地产的一些年青煤（泥炭、褐煤）和风化煤被用作直接化学加工的原料，各省、自治区基本上已建立了独立的煤炭工业体系，正在不同程度上开展煤炭的综合利用。

总之，随着我国工农业生产的蓬勃发展，煤化学工业和煤焦油化学工业也在迅速发展中，我们必须遵照毛主席关于“深挖洞、广积粮、不称霸”的教导，进一步落实毛主席有关搞好综合利用的一系列光辉指示，不断实践，不断认识，不断充实和丰富煤化学和煤焦油化学的内容，使“煤化学和煤焦油化学”这门学科在社会主义革命和社会主义建设中发挥更大的作用。

第一篇 煤 化 学

第一章 腐植煤的基本概念

第一节 煤的外表特征和主要利用

在日常生活中看到的,以及在工业生产中使用的煤种是多种多样的,而且它们的用途也不同。现仅就腐植煤类的外表特征及主要利用说明如下,见表 1-1,图 1-1。

表 1-1 腐植煤的外表特征

特 征 \ 煤 种	泥 炭	褐 煤	烟 煤	无 烟 煤
颜 色	棕褐色为主	褐→黑褐	黑 色	灰 黑 色
光 泽	无	大多数暗	有一定光泽	金属光泽
外 部 条 带	有原始植物残体	不 明 显	呈条带状	无明显条带
燃 烧 现 象	有 烟	有 烟	多 烟	无 烟
水 分	多	较 多	少	较 少
比 重	—	1.1~1.4	1.2~1.5	1.4~1.8
硬 度	很 低	低	较 高	高

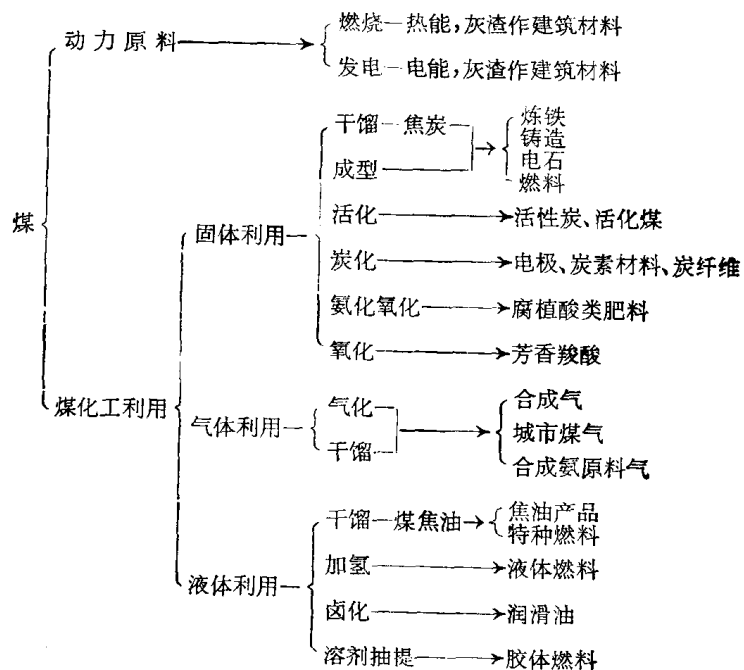


图 1-1 煤的利用系统

第二节 成煤过程是一个由量变到质变， 由低级到高级的发展过程

一、煤是由植物变来的

为了弄清为什么在自然界中会有各种不同的煤，首先必需了解煤是由什么变来的。在煤的应用及煤的开采过程中逐步了解了煤是由植物变来的。如在采煤中常常发现：在煤层的顶板上有树皮碎片和植物的根、茎、叶的化石；在煤层中有时会发现由断裂的树干变成的煤块。如将煤磨制成薄片，在显微镜下观察，可以发现在煤中有各种各样的植物残体遗迹。植物的元素组成大约为：碳 50%、氢 6%、氧 44%；植物的主要化学组成为：木质素、纤维素、树脂、脂肪、蛋白质等，其中纤维素、脂肪、蛋白质是不稳定的；而具有芳香族结构的木质素、树脂则比较稳定，它们对以后的成煤过程将产生较大的影响。

一般由高等植物变成的煤称为腐植煤，这种煤贮量多、用途广，是本书介绍的主要对象。此外，由高等植物的稳定组分，如树皮、树脂组成的煤称为残植煤，这种煤贮量不多；还有一种是由低等植物转变成的煤称为腐泥煤。

煤(腐植煤)是由高等植物生成的，形成厚的煤层必需有大量的植物，因此植物的大量生长是形成煤的首要条件，至于有了大量植物是否能形成煤，还与成煤过程中的外界条件有关。

二、成煤的两个阶段

当在地球表面有合适的温度、湿度时，植物大量生长，如果植物枯死后仍与空气接触，植物被分解，这样是不能成煤的，促使植物成煤还必需有合适的地质条件。一般植物成煤大致可分成两个阶段。

第一阶段：泥炭化阶段，即由植物转变成泥炭的阶段。当植物枯死后，堆积在充满水的沼泽中，开始是有水存在而氧不足，后来在水面下隔绝空气，并在细菌作用下，植物的各部分不断分解，相互作用，生成一种新的物质——腐植酸。在泥炭中还残留有部分植物的残体如根、茎、叶等。

第二阶段：由泥炭转变成褐煤，褐煤转变成烟煤，再转变成无烟煤阶段。当泥炭层形成后，有水经常冲向大陆的低洼地方，带来了大量砂、石，在泥炭层上逐渐形成岩层(称为顶板)，被埋在顶板下的泥炭层在顶板岩石层压力作用下，发生了压紧、失水、胶体老化、硬结等一系列变化，同时它的化学组成也发生了缓慢的变化，变成比重较大、较致密的黑褐色褐煤。

褐煤中不再含有植物组织的残体如根、茎、叶，而腐植酸的含量也随着煤化程度(植物的成煤程度)的加深而减少。这个过程由于具有矿物岩石形成的特征，故也称成岩作用。

当顶板逐渐加厚，顶板的静压力逐渐增高，煤层中的温度也逐渐升高，使煤质发生变化，逐渐由成岩作用变成了以温度影响为主的变质作用。这样褐煤逐渐变成烟煤、无烟煤(白煤)。如果有更高的温度，最终可能变成石墨。成煤过程见表 1-2。

表 1-2 成 煤 过 程

转 变 顺 序	植物——→泥炭——→褐煤——→烟煤——→无烟煤			
转 变 条 件	作用地点: 水中	地下	地下	地下
	作用时间: 数千年到数万年	数百年、数千万年	数千万年	数千万年
转 变 阶 段	主要因素: 生化作用	加压失水	温度(需要从外部供应能量)	
	第一阶段	第二阶段		
转 变 阶 段	泥炭化阶段	成岩阶段	变质阶段	
	成煤阶段			

从上述简要说明可以看出: 由于原始造煤物质和成煤条件的不同, 就形成了各种类型的煤。

三、成煤过程是一个由量变到质变, 由低级到高级的发展过程。

如果我们研究一下许多煤田煤的化学性质就可以知道: 在自然界中从植物转变成煤的过程是一个从低级到高级的发展过程, 也是一个逐渐由量变到质变的过程。从植物以及各种煤的组成成分(见表 1-3)来看, 随着煤的煤化程度的增加, 煤中碳含量增加, 氢含量和氧含量减少, 所以成煤过程是一个碳逐渐增加的过程, 而褐煤、烟煤、无烟煤乃是原始植物同一碳化过程的各个阶段的产物。但是某些资产阶级学者如巴脱尼认为: 原始物质是决定成煤的唯一因素, 也就是说煤种的多样性是由原始植物决定的, 从而也就否定了人们去认识煤, 能动的去改造煤, 使它更好地为人民服务的可能性。这些胡说是经不起事实考验的, 如抚顺

表 1-3 植物以及煤的组成成分

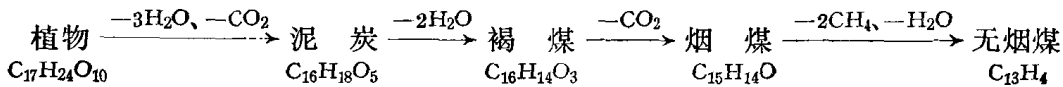
	元 素 分 析			示 性 分 析		
	C(%)	H(%)	O(%)	纤维素(%)	木质素(%)	腐植酸(%)
树 木	50	6	44	40~60	20~30	—
泥 炭	60~70	5~6	25~35	0~15	6~40	40~60
褐 煤	70~80	5~6	15~25	0~30	2~30	1~85
烟 煤	80~90	4~5	5~15	—	—	—
无 烟 煤	90~98	1~3	1~3	—	—	—

煤田的烟煤和云南小龙潭的褐煤, 尽管它们的造煤植物相同, 但是它们并没有变成同一种牌号的煤; 又如在山西省某煤田的同一煤层里, 可以看到各种牌号煤, 从变质作用较浅的烟煤

一直到无烟煤。这是由于地质条件不同,受到不同变质作用而形成的。

从煤化学观点来看,植物残体在泥炭化过程中,在生物化学因素影响下,一部分植物残体分解成水、二氧化碳及少量甲烷而消失,使碳含量相应地增加了。同时也生成了一种新的有机酸——腐植酸,它是成煤过程的中间产物,以后随着煤化程度的加深,由于腐植酸进一步脱二氧化碳、脱水、缩聚,在烟煤阶段腐植酸已消失,它已变成中性的腐植质。烟煤以后阶段,需要从外部供给较高的能量,使其进一步发生变化,脱甲烷、脱水,变成变质程度较深的烟煤和无烟煤。

如果用实验式表示植物、泥炭和各种类型的煤,则成煤过程的关系可简单表示如下:



从本节的简要说明可以看出:在自然界中许许多多的煤种,是因为成煤植物以及不同的成煤条件造成的。整个成煤过程是一个增碳化过程,是一个由低级向高级逐渐变化的过程,各种煤种仅仅是成煤过程中的一个“中间产物”,如果具备一定的地质条件,它们都可以变成无烟煤甚至是石墨。这就启示我们:煤的性质虽有差异,但也是可以改变的,只要我们认识了它的变化规律,就可以能动地去改造它,使它得到更加合理的利用和综合利用。

第三节 用工业分析表示的煤的组成成分

为了合理的利用煤炭资源,必须在使用这些资源之前,对煤作出工艺评价,在工艺上常使用的方法就是工业分析。在工业分析中包括煤的水分、灰分、挥发分和固定碳。水分、灰分、挥发分均用定量法测定,固定碳用差余法算出。我们知道:煤是由有机物及无机物两部分组成,无论是燃烧或工业应用都是利用煤的有机物,所以有机物含量(=挥发分+固定碳=100-水分-灰分)必然对煤的工业利用有很大影响。在进行测定时,要得到正确的分析数据,所选用的试样应具有代表性。

一、水 分

煤中水分用W代表,煤中水分高对煤的运输、过筛、破碎不利,在寒冷地区影响更大;在燃烧时由于蒸发水分需要消耗大量热量,对燃烧不利;在炼焦时每增加1%的多余水分将延长结焦时间5~10分。但煤中含有一定量水分,在煤燃烧时可以适当改善炉膛内的辐射效能。

煤中水分含量变化较大,它与煤的煤化程度有关。不同煤化程度煤的水分含量见表1-4。

表 1-4 不同煤化程度煤的水分

名 称	泥 炭	褐 煤	烟 煤	无 烟 煤
原始煤水分含量(%)	60~90	30~60	4~15	2~4
经空气风干后煤水分含量(%)	40~50	10~40	1~8	1~2

在表 1-4 中为什么同一类的煤会有两种水分呢？这是因为测定方法不同造成的：原始煤水分等于煤的外在水分与煤的内在水分之和。

外在水分是指煤在开采、运输、贮存，以及洗煤时附在煤表面或大毛细管（直径 $>10^{-5}$ 厘米）中的水。当将煤在空气中风干时，这类水分就不断蒸发，一直到其中水的蒸汽压与空气相对湿度达平衡时为止。此时失去的水分就称外在水分，以“ W_{wz} ”表示，失去外在水分的煤样称风干燥，或分析用煤。

内在水分是指将定量的风干燥煤加热到 $102\sim 105^{\circ}\text{C}$ ，保温一小时，达恒重时失去的水分，以“ W_{nz} ”表示。内在水分是吸附或凝聚在煤的小毛细管（直径 $<10^{-5}$ 厘米）中的水分，它主要以物理化学方式与煤质相连接，它的蒸汽压比纯水的蒸汽压小，因而在常温下这部分水分不易除去。由于内在水分是吸附或凝聚在小毛细管中，所以它的含量在一定程度上与煤的内表面积有关，煤化程度低的褐煤或泥炭在一定程度上也与煤中腐植酸的含量有关。

煤的内表面积可用润湿热法或 B.E.T. 法测定。润湿热法是利用“当煤被甲醇润湿后会放出一定的热量，它的大小取决于被测物的比表面积”的原理进行测定。用润湿热法和 B.E.T. 法测得的煤内表面积（见表 1-5）基本上是一致的。由于煤具有庞大的内表面积，可将煤活化制成活性炭、活化煤用以清除气体或液体中的污物。

表 1-5 煤的内表面积

样品号	B.E.T. 法	润 湿 热 法		
	表面积(米 ² /克)	润湿热(卡/克)	表面积(米 ² /克)	单位面积润湿热(卡/米 ²)
1	164	16.5	167	0.099
2	176	17.7	176	0.100
3	170	16.6	192	0.097

煤的全水分、外在水分、内在水分的关系可用下式表示：

$$W_Q = W_{wz} + W_{nz} \times \frac{100 - W_{wz}}{100}$$

式中：
 W_Q ——煤样的全水分 %
 W_{wz} ——煤样的外在水分 %
 W_{nz} ——煤样的内在水分 %

煤中水分除上述内在水分、外在水分外还有一种结晶水，这种结晶水一般是指矿物质中的结晶水，如硫酸钙($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、高岭土($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)等。这种类型的水在升温至 $102\sim 105^{\circ}\text{C}$ 时不能除去，只能在较高温度时才能除去，所以在测得的内在水分中不包括结晶水。此外，在煤有机质中含有氢和氧，在干馏或燃烧时也能生成水，这部分水称化合水或热解水。当然内在水分不包括化合水。

二、灰 分

灰分一般表示煤中矿物质含量(即灰分产率)，以 $A\%$ 表示。

1. 灰分对煤应用的影响

对于以煤为原料的工业来说,主要是利用煤中的有机物,而矿物质是一种“废料”。当矿物质含量高时,就增加了不必要的运输量,如果将煤作为动力燃料使用,不仅降低燃烧效果,有时由于灰渣烧结成块,不易从炉中排出,影响操作。当用煤炼焦时煤中矿物质全部转入焦中,焦炭在炼铁时不仅是还原剂,而且提供炼铁时所需要的热量。如果焦中灰分增高,固定碳相应就减少了,要适应炼铁生产的需要就要消耗更多的焦炭。同时为了在高炉中除去灰分就要相应地增加石灰石用量,炉渣也相应地增加了。这样由于焦中灰分高,在高炉炼铁时就要消耗更多的焦炭和石灰石,并产生大量炉渣,使高炉生产能力下降,显然这是不利于多快好省地发展冶金工业的。如果考虑到由于焦炭耗量的增加相应带入的硫也增加,则危害性就更大。

焦炭中灰分对炼铁生产的影响见表 1-6。

表 1-6 降低焦炭灰分对每生产 1000 万吨生铁的经济效果

影响项目 \ 焦炭灰分 (%)	14.5	13.5	12.5	11.5	10.5
可节约焦炭(万吨)	0	14	28	42	55
可节约石灰石(万吨)	0	8	17	24	32
可减少渣量(万吨)	0	14	27	39	52
可减少渣场占地(米 ²)	0	6,000	12,000	18,000	22,000
可减少运输量(万吨-公里)	0	6,200	11,200	15,900	18,000
可增产生铁(万吨)	0	35	72	109	145

一般认为:焦炭灰分增减 1%,焦比相应增减 2~2.5%,高炉产量相应减增 2.5~3%,渣量相应增减 2.7~2.9%。显然,焦炭中灰分越低越好,为此必需降低煤中灰分。为使煤降低灰分符合冶金工业要求,可采用选煤方法,如重力选煤法及浮选法等。我国的某些煤,特别是结焦性好的煤,往往是难选的煤。这是因为煤中矿物质一部分是在成煤过程中从裂缝渗入或在开采时从顶板或底板碎裂物中混入的,这部分“外来矿物质”易采用机械方法使其与煤分开,但是作为“原生矿物质”的是成煤植物中的矿物质和在成煤过程初期混入的矿物质,采用机械方法很难使其与煤分开,所以对煤的灰分不能无限制的降低。一般炼焦用配煤的灰分应小于 11%。

看来,煤中矿物质这一“废物”对工业生产是不利的,但是事物都是一分为二的,如能合理利用,也能变“废”为利。

2. 灰分的组成及利用

煤中矿物质含量变化很大,一般为 2~40%,矿物质含量 >40% 的一般称碳质页岩或称石煤、石板煤。过去在工业上不常利用,近些年来广大劳动人民遵照毛主席关于“看事情必须要看它的实质”的教导,即看到石煤中矿物质含量较高不利的一面,也看到石煤中仍有较多的碳可供燃烧的特点,大量地利用石煤。如浙江省广大革命群众,为了扭转北煤南运,大力开展和使用石煤,不断摸索石煤燃烧规律,广泛进行改革炉、窑、灶和综合利用石煤的科学试验活动,使石煤逐步用于工农业生产和城乡人民日常生活中。