

煤 化 学

朱之培 高晋生 编著

上海科学技术出版社

煤 化 学

朱之培 高晋生 编著

31230/53

8K230/24

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本书是高等院校煤化工专业的教学参考书,内容包括:煤的生成、岩相组成、工业分析和元素分析、物理和物理化学性质、化学性质、分子结构、泥炭和褐煤的化学组成及应用、热解、分类、煤焦油化学、高碳物料化学和能源化学基础等。根据我国以煤为主的能源政策和实现四个现代化宏伟目标的需要,重点介绍了与煤的转化和综合利用有关的煤化学基本知识和理论,以及研究开发中的新进展等。本书可作为高等院校煤化工专业以及焦化、城市燃气和煤综合利用等专业的煤化学教学参考书或教材,也可供从事煤田地质、开采、化验、焦化、气化、液化、炭素材料、腐植酸和其它综合利用研究与生产的工程技术人员参考。

封面设计 胡光武

煤 化 学

朱之培 高晋生 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路 450 号)

新华书店上海发行所发行 上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19 插页 2 字数 450,000

1984 年 12 月第 1 版 1984 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1—5,200

统一书号: 13119-1198 定价: 3.25 元

编 著 者 的 话

在本书之前我们曾与陈丕亚同志一起编写过《煤化学和煤焦油化学》，以上海化工学院煤化工专业委员会名义由上海人民出版社于1976年11月出版。此书当时虽受到各方面的欢迎，但根据那时的要求编成，故还存在许多缺点和不足，譬如：因过分强调联系实际而削弱了理论，介绍国外研究成果也很不够。由于要求破旧体系，以致章节安排不太合理等。为了适应当前教学、科研和生产的需要，我们在最近几年工作的基础上针对上述问题重新编著了本书。

从世界范围来说，最近的十年是煤化学和煤转化工艺的研究和开发工作非常活跃和大有进展的时期。根据我国以煤为主的能源政策和发展煤的转化与综合利用的需要，本书作为煤化工专业的专业《煤化学》教学参考书主要介绍煤的种类、组成、结构、各种性质和利用途径等，为学习煤化学加工工艺提供必要的基本知识和基础理论。与原书比较，这次在以下方面作了较大的改动：1. 本书在参照1965年教育部直属高等院校煤化学教学大纲的基础上对各章内容都作了补充和更新，特别是对煤的分子结构、各类煤的分类及其指标、泥炭和褐煤及其主要成分的利用等部分增加了较多的新内容，另外还新增加了“高碳物料化学”和“能源化学基础”两章。2. 由于篇幅限制和避免内容分散，这次对原书中的煤焦油化学部分作了较大删改，并将书名改为《煤化学》。3. 在取材上一方面尽可能反映煤化学最新理论和成果，另一方面为保证教学参考书有一定的相对稳定性，要求在内容方面有一定的成熟性。

由于我们的学术水平和所掌握的资料有限，本书一定还有不少缺点甚至错误，敬希各方面专家和广大读者批评指正。

朱之培 高晋生

一九八三年十二月

目 录

绪论	1
第一章 煤的外表特征和生成过程	6
第一节 固体燃料的种类及主要特征	6
第二节 腐植煤的外表特征	6
第三节 腐植煤的生成过程	8
第二章 煤的岩相组成	20
第一节 研究煤岩组成的意义和方法	20
第二节 宏观煤岩组成和它们的物理性质	21
第三节 煤岩的显微组成	24
第四节 显微组分的分类和命名	31
第五节 煤岩显微组分的基本化学性质和工艺性质	39
第六节 煤岩学研究在煤田地质和煤的加工利用中的应用	43
第三章 煤的工业分析和元素分析	46
第一节 煤的工业分析	46
第二节 煤的元素分析	57
第三节 煤的发热量	68
第四节 分析结果的表示方法和基准换算	70
第四章 煤的物理和物理化学性质	73
第一节 煤的空间结构性质	73
第二节 煤的光学性质	79
第三节 煤的电、磁性质	83
第四节 煤的机械性质和热性质	88
第五节 煤的溶剂抽提性质	92
第五章 煤的化学性质	97
第一节 煤的氧化	97
第二节 煤的加氢	107
第三节 煤的其它化学反应	116
第六章 煤的分子结构	122
第一节 煤的基本结构单元	122
第二节 煤的分子量	129
第三节 煤中的低分子化合物	135
第四节 煤的分子结构类型	136
第七章 泥炭和褐煤的化学和利用	142
第一节 泥炭的化学	142
第二节 泥炭的利用	146
第三节 褐煤的化学	149
第四节 褐煤蜡和泥炭蜡的化学和利用	153
第五节 腐植酸的化学和利用	156

第八章 煤的热解和粘结、成焦	171
第一节 煤的热解过程	171
第二节 煤热解的影响因素	175
第三节 煤的热解动力学	182
✓ 第四节 煤的粘结性和结焦性指标及测定方法	186
第五节 煤的粘结和成焦机理与配煤	193
第六节 煤热解新工艺	203
第九章 煤的分类	208
✓ 第一节 煤的分类指标	209
第二节 硬煤和褐煤的国际分类	212
第三节 我国煤炭的分类	215
第四节 各类煤种的利用途径	219
第十章 煤焦油化学	220
第一节 煤焦油的化学组成	220
第二节 煤焦油中主要组分的来源及分离	226
第三节 煤焦油各个馏分的化学和利用	228
第四节 煤焦油油类的组成、性质及利用	232
第五节 高温煤焦油沥青化学	234
第六节 煤焦油研究及其加工利用的新动向	237
第十一章 高碳物料化学	240
第一节 炭素材料的种类、用途和重要性	241
第二节 炭化和石墨化过程	243
第三节 炭和石墨制品的常规生产法和以煤类为原料的直接生产法	248
第四节 几种炭素制品的生产方法	254
第五节 活性炭的性质、品种和用途	257
第六节 活性炭的吸附特性	260
第七节 活性炭的生产	263
第八节 活化煤、活化焦和炭质分子筛	266
第九节 炭黑的特性、用途、品种和制造方法	267
第十二章 煤炭能源化学基础	269
第一节 煤的燃烧	269
第二节 煤的气化	273
第三节 煤的液化	281
附录	288

绪 论

一、世界和我国煤炭资源的储量、分布及生产

根据 1980 年慕尼黑世界能源会议资料,世界煤炭已探明储量为 13200 亿吨,目前技术和经济可采储量是 8820 亿吨。按 1981 年 1 月在西德亚森召开的国际煤炭利用新工艺讨论会的一篇报告,用现代工艺在技术经济上可以回收的世界煤炭资源总计约 6000 亿吨标准煤*。上述资源主要集中分布在美、苏、中、欧洲、澳大利亚和南非。世界泥炭的估算储量为 2770 亿吨,而探明储量为 570 亿吨,技术和经济可采储量为 160 亿吨。泥炭资源主要分布在苏、美、芬兰、中、加、瑞典、波、爱尔兰、英和挪威。

1980 年世界煤的生产量为 29 亿吨标准煤,主要的产煤国家有美国、苏联、中国、波兰、西德及英国。根据新近的调查研究推测,本世纪末以前的煤产量将会有相当大的增长,例如“世界煤炭研究”杂志预计按现实需要的年产量将会增加到 68 亿吨标准煤。世界泥炭的年生产量没有统计数字,估计每年开采几亿吨,单就苏联一个国家近年来用于农业中的泥炭制品生产规模就达每年 1 亿 7 千万吨。

1983 年底我国煤炭的确认埋藏量达到 7700 亿吨。用现代的探矿技术,每年新证实 80~100 亿吨以上的煤炭埋藏量,1980 年新勘探出来的煤炭储量就有 232 亿吨。丰富的煤炭资源为我国煤炭工业的发展提供了坚实的物质基础。我国煤炭资源虽分布广泛,但埋藏量的分布并不均匀,华北地区最为丰富,山西和内蒙古的储量占我国煤炭总储量的大多数。煤种从褐煤经烟煤到无烟煤都有广泛的分布。近年来我国每年的煤产量已近 7 亿吨,按目前生产水平计算,我国的煤炭资源至少可供几百年开采之用。据不完全资料的分析和估算,我国泥炭的总面积约为 415.9 万公顷,占全国土地总面积的 0.43%,估计泥炭的总储量为 270.2 亿吨(风干重),其中裸露泥炭占 80%,埋藏泥炭占 20%。

从能源的资源来看,我国是一个能源大国,煤炭是我国当前的主要能源,它的储量也远比石油和天然气为多。为此,积极开发和有效地利用我国的煤炭资源,并大力节约煤炭的用量以满足日益增长的对能源的需要是按我国实际情况实现四个现代化所决定的必由之路。

二、煤炭的综合利用

煤炭的综合利用是煤化学的基础,因为煤化学是随着煤炭综合利用的逐渐发展而产生的一门学科。

我国是世界上采煤、用煤最早的国家之一,据历史记载在一千七百多年前煤早被作为能源来利用,在一千五百多年前我国已开始用煤来炼铁,到十三世纪初煤在我国已用得相当普遍。国外是从十八世纪产业革命以后才比较广泛利用煤炭的,到本世纪五十年代煤炭能源化工有较快的发展。虽然在六十年代到七十年代初的这一时期中,由于石油化工的兴起,煤炭化工曾暂时衰落,但终究因煤炭的埋藏量丰富和具有独特的化学结构,在世界石油供应紧张、资源日益枯竭的七十年代初期煤炭能源化工再次登上了舞台。现就煤炭综合利用的内

* 以每吨煤的发热量为 700 万大卡计算的煤的吨数。

容、方式和环境保护问题分述如下:

1. 煤炭的综合利用

一般煤炭作为能源直接燃烧利用,近年来各国致力于开发将煤炭转化为二次洁净能源(流体燃料)的气化和液化的工艺,在这些工艺中所得的流体燃料(各种煤气和人造液体燃料)运输和使用都很方便,而且可大大减少污染。目前处于开发中的气化和液化的工艺有几十种,其中一部分将在今后数年走上工业成熟的阶段。与此同时,国内外将细煤粉与重油(石油产品)各以50%的比例相混制成油煤浆(又称胶体燃料)作为能源利用,它具备了一般流体燃料的优点。

由煤炭制取化工产品的方法有五种,这就是焦化、加氢液化、气化、氧化制取腐植酸类物质和苯甲酸及煤制电石以生产乙炔的路线。这些方法的开发和改进空前活跃,其中从煤的气化所得原料煤气通过各种合成方法制得品种较多化工原料(特别是从一氧化碳和氢开始经催化合成制得基本化工原料等的称为“一碳化学”的路线)以及煤通过液化制得苯系芳烃的工艺更引起人们的注意。

最近几年来用煤炭制取工农业用原材料的各种工艺的开发和改进得到了较快的发展,见图1所示。

所以,煤炭综合利用的内容包括煤炭本身作为能源、煤炭作为制造二次能源、化工原料及工农业用原材料的原料等几个方面,目前煤炭综合利用正处在崭新的黄金时代。煤炭综合利用与能源、环保、化工、冶金、电炭、材料、农业等学科的关系非常密切。煤化学家将煤炭综合利用制成以下的系统图(见图2)。

2. 煤炭综合利用的方式

煤炭综合利用的理想方式是合理有效,一般采取以下几种方式:

(1) 将煤炭利用的几个方面结合起来,进行多种经营,做到物尽其用。

① 煤矿-电力-建材-化工; ② 煤矿-电力-城市煤气-化工; ③ 钢铁-炼焦-化工-煤气-建材。

(2) 将几个单元过程合并成为“煤综合体”(coalplex),提高经济效益。

① 焦化(或高温快速热解)-气化-液化; ② 热解(或溶剂精制)-气化-发电; ③ 气化-合成-燃烧; ④ 液化(用溶剂精制或气体萃取)-燃烧-气化; ⑤ 液化(用气体萃取)-加氢气化。

随着煤炭综合利用范围的不断扩大,各种利用方式密切结合可以大大推动煤炭应用科学技术的迅速发展。

3. 煤炭综合利用中的环保问题

煤炭含有较多的硫和多环化合物及少量的重金属和放射性元素,在开采、洗选、储运、燃烧及转化过程中排放出较多的污染物,因此可以说煤炭是最大的污染源。在近期内煤炭既

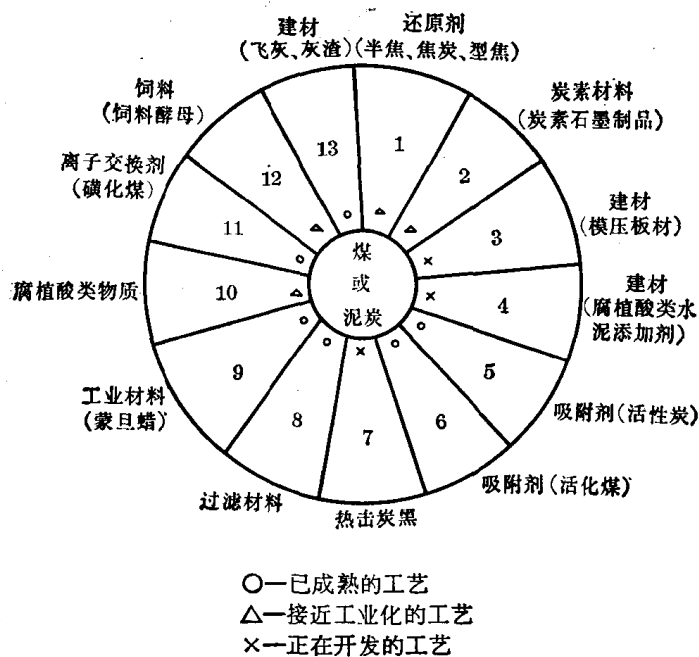


图1 煤炭制取工农业用原材料

是我国的主要能源,其耗用量肯定非常大,如果不解决煤炭转化加工过程中的环保问题,煤炭的利用将会受到严重影响。

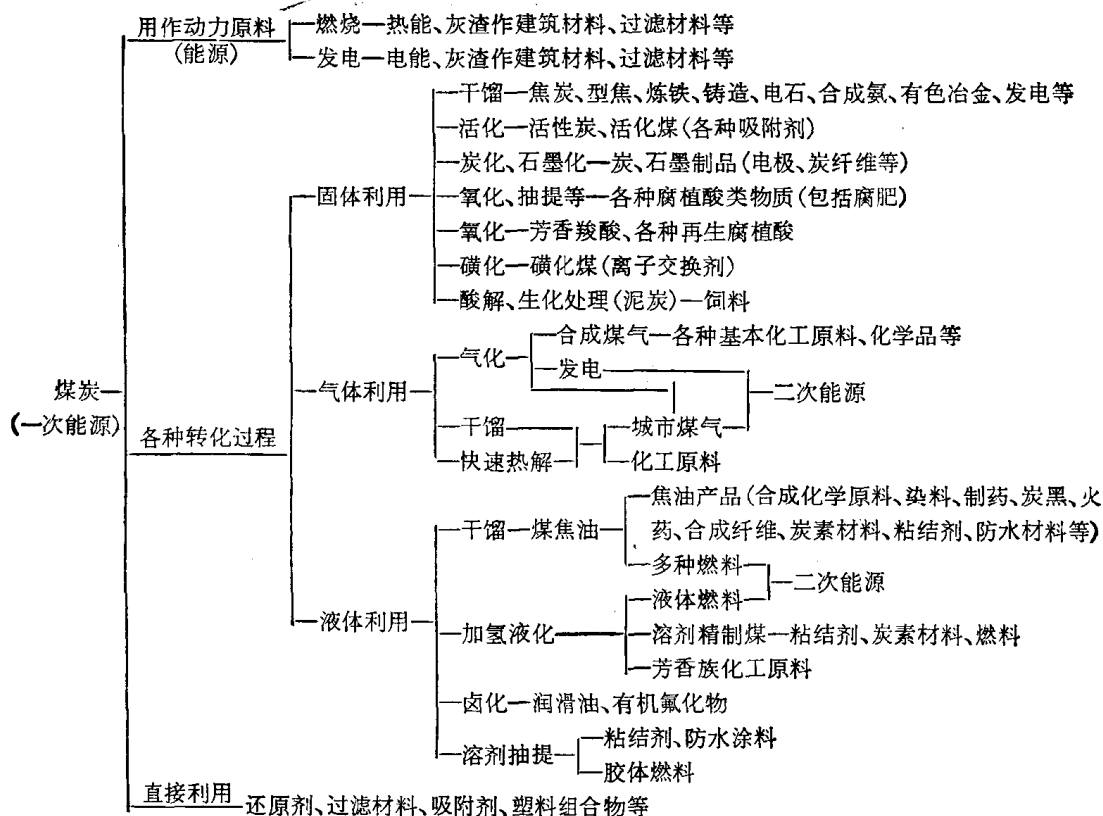


图2 煤炭综合利用一览系统图

煤在燃烧中排放的污染物有 SO_x 、 NO_x 、 CO 、有机化合物(氧化烃类和多环化合物)和 As、Cd、Cr、Hg、Pb 等有毒的痕量金属和放射性物质以及固体废弃物(飞灰和炉渣)。

由于炉体结构不严密和操作不完善,炼焦炉散放出大量的烟气、 CO 、烃类、 H_2S 、 NH_3 、 SO_x 和 NO_x 。随同颗粒排放的气体逸出物和煤焦油中的多环芳烃(如 3,4 苯并芘、二苯并蒽等)都是致癌物,污染大气和工业用水。

气化和液化的优点之一是产生较洁净的气体燃料和液体燃料,大大减少煤炭直接燃烧所造成的污染,但气化和液化过程本身也仍然有污染的问题尚待解决。煤的气化所得煤气中含有 H_2S 、 CO 、 COS 、 NH_3 、 HCN 等污染物并有煤尘随同煤气带出,煤气作为燃料使用时产生 SO_x 和 NO_x 的量也相当高;气化洗涤水中含有酚、焦油、悬浮固体、氰化物和硫化物等污染物。煤的液化产生浮渣、含油废水及含有 H_2S 、 NH_3 、 CO 和多种芳烃等的气体,还产生一定数量的致癌性“煤焦油沥青挥发物”的烃类。在使用催化剂的一些液化过程中还有羰基镍、硫化钼等污染物。

煤的燃烧、气化和液化过程产生的灰渣和固体废物在堆置中流出含有多种重金属离子的酸性废水污染环境。

由于煤炭转化加工过程所产生的污染严重,而以煤炭为原料制成的煤炭制品(炭质吸附剂和炭质离子交换剂)又具有良好的脱除上述污染物的能力,“以煤净化煤”的课题越来越受到人们的注意,这是国外近年来煤炭应用科学研究发展的一个新的动向。

三、煤化学的内容和特点

煤化学是在十九世纪才开始逐渐形成的一门独立的学科,国外称为“煤科学”。它是“煤的转化工艺学”即国外所称的“煤的技术”的基础课程。

煤化学所涉及的面较广,它与许多学科有关。学习煤的成因必然要懂得地球化学、古植物学、地理学、沼泽学、微生物学、地质学等的基本知识,煤及其化学加工产品的性能常采用高分子化学、晶体学、胶体化学、电化学、表面化学、流变学等的基本原理来阐明,煤的岩相常用岩石学的基本概念来解释。因此深入掌握煤化学不仅要有扎实的有机化学、物理化学、物理学等的知识,而且还要有上述各学科的广博的基础知识。煤及其产物的分析是研究和发发展煤化学这门学科的重要手段。由于煤具有天赋的不均一性这一特点,从煤的采样和制样直到分析操作步骤都应确定统一的标准,不重视煤样采集和制备的方法,所得分析结果就没有代表性。分析所用的仪器设备和操作方法的规范性很强,如果不严格采用统一规格的仪器设备和按照统一规定的操作规程进行分析,所得数据就不可能准确,并且没有可比性。煤化学实验的操作者除了要熟练掌握一般的重量分析和容量分析的操作技术以外,还必须懂得现代仪器分析的基本原理,并具备一定的识别光、色、质、热图谱的能力。

煤化学研究的内容主要包括下列几个方面:

- (1) 煤的生成、组成、结构、分析、性质、分类等。
- (2) 煤的转化过程及其机理。
- (3) 煤化学加工产物的组成、性质和应用。

研究这些问题的目的在于充分了解煤的特性,以便解决煤的合理利用中的问题,开发新的加工技术并开拓新的利用途径。例如,研究煤在有机溶剂中加氢的性质,逐渐演变为现代煤的加氢液化为液体燃料的过程;又如通过氧化法研究煤的结构及对煤中碱可溶组分离腐植酸的研究,导致了腐植酸类物质在工农业生产上的利用。

煤是一种组成、结构非常复杂且极不均一的,包括有机和无机化合物的混合物,还有无机物与有机质组成的金属有机络合物,这些物质还处在连续的地质化学变化过程中。由于成煤的原始物料和生物化学作用的不同,和地质化学因素的差异,使煤成为含有几十种煤岩显微组分的复杂混合物。正是因为各种因素的千变万化,可以说世界上没有组成、结构、性质完全相同的两块煤,这就给煤化学研究带来了很大的困难。因为煤不是一种纯物质,煤化学中所导出的定律很少,也较难用化学反应动力学确切地来阐明一些问题。这就影响了煤化学的发展,并使煤化学与其它学科比较是不成熟且较落后的。但是由于煤的综合利用范围日益广泛,吸引了广大科学工作者对煤化学的浓厚兴趣。

人们对煤的认识是随着对煤的开采和利用的发展而加深和拓宽的。例如,在十九世纪煤通常仅作为直接燃烧用燃料的年代里,只需要掌握一些煤的工业分析、元素分析及发热量等简单数据及外部特征,就足以解决生产问题了。本世纪三十年代以来,随着煤化工,特别是焦化、气化、低温干馏、煤液化等工业进一步的发展,使煤化学不再停留在外部特征和个别性质的研究上,而是逐步深入到组成、结构及工艺过程机理等一些本质问题,并从煤的生成过程上来探索引起煤性质和组成多样性的原因,力求把外部性质和现象与内在的组成与结构紧密地联系起来。此外,还积极进行了炼焦化学、煤气化和合成液体燃料的研究。在五十年代,有关煤最主要的理论问题,如煤岩学和煤的生成,煤的粘结成焦机理及结构模型等方

面有了一些学说,不仅能解释许多现象,并给转化工艺指出了新的方向,开展了扩大炼焦用煤、型焦等方面的研究。

七十年代以来,对煤化学和煤化工的研究重新重视起来。美国前几年成立了能源部,研究单位遍及美国各主要大学;最近又成立了能源研究中心,主要研究煤的气化、液化。有些大学也开展了煤炭直接化学加工的研究。苏联一贯对煤化学给予很大的重视,早已在很多的研究所和有关大学中,对各种不同类型的煤炭(包括泥炭、褐煤)进行各种转化工艺化学原理的研究和探讨。我国近年来对煤炭研究也越来越重视,最近成立了能源委员会,全国有几个较大的煤炭科学研究机构。有关省市相继成立了煤化学研究所。

国内外已组织大量人力、物力来进行有计划的系统研究,并采用了最现代化的科学研究仪器,如用色谱仪、红外光谱仪、紫外光谱仪、X射线衍射仪、顺磁共振、核磁共振波谱仪、质谱仪、热谱仪、显微光度仪、电子显微镜、电子计算机等先进工具来研究煤,并建立了完善的煤化工实验装置和中间试验厂。因此,不仅在煤化学基础理论的研究,并且在煤的热分解、焦化、气化、液化等新技术、新工艺、新产品等的研制方面都获得了不同程度的突破。例如,煤岩学、焦炭的显微研究及粘结成焦机理等的研究,已应用于焦炭质量的实验室预测,大高炉用焦炭质量的研究,现代化配煤工艺及型焦生产,还有液化的液固分离技术,溶剂精制煤的研制、气化用炉型及操作方法的改进等方面。

必须指出,由于煤质结构复杂等原因,煤化学的研究水平还较低,还刚刚开始采用数学工具和电子计算机来研究有关的理论和实际问题。煤的科学分类问题还未得到解决。从世界范畴来看,虽对煤化学的研究已达二百年之久,但目前还处于积累资料阶段,对煤结构的认识仅仅是一个笼统大致的概念。因此煤化学课程基本上停留在叙述性和评述性内容。

我国煤化学和煤化工的研究水平比较落后。我们研究和学习煤化学的任务,一方面是密切结合实现“四化”所需要的生产实际问题,如扩大炼焦用煤,提高焦炭质量以及实现煤的气化、液化及其它转化过程,以生产城市急需的洁净能源、化工原料及工农业用原材料从而进行煤的工艺性质和新的转化原理的应用研究。另一方面则要加强煤的基础理论的探讨,例如应加强煤的岩相、煤的结构化学、煤的表面性质、煤中矿物质的性能、粘结成焦机理、煤化学反应动力学及反应工程学以及催化等方面的研究。

煤化学是一门实践性很强、并处于迅速发展过程中的一门学科,我们要遵循实践、认识、再实践、再认识的客观规律,在认真学习前人科学总结的基础上,用辩证唯物主义的认识论来进行学习和研究。既要重视理论,又要重视实验和实践。在学习和实践过程中,注意提高自己抽象思维和分析解决问题的能力,要刻苦钻研,勇于创新,使目前处于发展中的煤化学逐步完善起来。

第一章 煤的外表特征和生成过程

人类在近二、三百年来,在对煤的开采和应用过程中逐步认识到煤是由一定地质年代生长的繁茂植物,在适宜的地质环境中,逐渐堆积成厚层,并埋藏在水底或泥砂中,经过漫长地质年代的天然煤化作用而生成的。

第一节 固体燃料的种类及主要特征

由于成煤植物和生成条件的不同,世界上固体燃料一般有三类,它们是腐植煤、残植煤和腐泥煤。由高等植物形成的煤称为腐植煤。由高等植物中稳定组分(角质、树皮、孢子、树脂等)富集(一般含量都在 50~60% 以上)而形成的煤称为残植煤。这两类煤都在沼泽环境中形成。主要由湖沼、泻湖中的藻类等浮游生物在还原环境下经过腐解形成的煤称为腐泥煤。在自然界中分布最广而常见的固体燃料是腐植煤,如泥炭、褐煤、烟煤、无烟煤就属于这一类。残植煤的分布则非常少,如我国云南禄劝的角质残植煤,江西乐平、浙江长广的树皮残植煤,以及山西大同煤田的少量孢子残植煤夹层等属于这一类。世界上腐泥煤的储量并不多,研究得也较不完整,我国山东鲁西煤田有腐泥煤。属于腐泥煤类的还有藻煤、胶泥煤、油页岩。油页岩是带有大量矿物质(40% 以上)的藻煤,我国辽宁抚顺、广东茂名及吉林桦甸等地储藏丰富,主要用于制造人造石油。我国南方许多省区的石煤也是属于生长在早古生代地层中的一种腐泥煤。另外还有主要由藻类和较多腐植质所形成的腐植腐泥煤,如山西浑源和大同、山东新汶、兖州、枣庄等地的烛煤,以及用于雕琢工艺美术品的抚顺的煤精属于这一类。

现将腐植煤类和腐泥煤类的几种主要特征列在表 1-1 中。

表 1-1 腐植煤类和腐泥煤类的几种主要特征

类 别	腐 植 煤 类	腐 泥 煤 类
特 征		
颜 色	褐色和黑色	褐色占多数
光 泽	光亮的居多	暗
用 火 柴 燃 烧	不燃烧	燃烧,有沥青味
有机物的氢含量	一般小于 6%	一般大于 6%,可达 11.5%
低温焦油产率	一般小于 20%	一般大于 25%

残植煤光泽较暗或具油脂光泽,韧性较大,化学工艺性质的特点是挥发分高,氢含量高,焦油产率高。

由于腐泥煤类和残植煤类的储量少,对它们的研究也较少,本书重点讲述腐植煤类。

第二节 腐植煤的外表特征

腐植煤是自然界中分布最广、蕴藏量最大、用途最广的煤,近代的煤炭合理利用及其化

学加工主要是建立在腐植煤的基础上的,因此它是本门学科研究的主要对象。根据煤化程度的不同,腐植煤类又可分为泥炭、褐煤、烟煤及无烟煤四个大类,每一种类型的腐植煤具有不同的特征和性质,因而它们的利用途径也有差异。

一、泥 炭

泥炭是棕褐色或黑褐色的不均匀物质。含有大量的水分,一般可高达 85~95%。开采出来的泥炭用自然风干方法可将水分降低至 25~35%,干燥后的泥炭为棕色或黑棕色的土状碎块,其真比重为 1.29~1.61。经风干后,泥炭的体积缩小 40%。泥炭中含有大量的未分解的根、茎、叶的残体,有时用肉眼就可看出,因此泥炭中的木质素和碳水化合物的含量较高。此外,泥炭还含有一种在成煤过程中开始形成的、可用碱抽出、用酸沉淀的新物质(即腐植酸)和可被有些有机溶剂所抽出的酸性沥青。

二、褐 煤

大多数褐煤的外表呈褐色或暗褐色,因而得名。无光泽,比重 1.1~1.4。从年青的褐煤转变为年老的褐煤时常发生一些变化:颜色变深变暗,比重增加,紧密程度增加,水分减少,腐植酸开始增加,以后又减少。褐煤与泥炭的区别是在外表上完全不含有未分解的植物组织残体,不具有新开出泥炭所特有的无定形状态。从学术上讲褐煤与烟煤的不同之处是它含有腐植酸。泥炭与褐煤的区分标志如表 1-2 所示。

表 1-2 泥炭与褐煤的区分

区 分 标 志	泥 炭	褐 煤
原 始 水 分 (%)	>60 或 75	<60 或 75
游 离 纤 维 素	存 在	不 存 在
颜 色、结 构	黑色、褐色疏松易切割	褐色已经固结,较难切割

三、烟 煤

烟煤是在自然界中最重要的和分布最广的煤种。它与泥炭、褐煤的区别是:不含有腐植酸,因它已缩合成为更复杂的中性的腐植质。其中含有少量呈偏中性的沥青。此外,在外观看来都是黑色的,硬度较大,真比重较高(1.2~1.45)。通常烟煤具有不同程度的光泽,绝大多数都呈条带状,其中有亮的条带,也有暗的条带,相互交替,燃烧时烟多。褐煤与烟煤的区分标志如表 1-3 所示。

表 1-3 褐煤与烟煤的区分

区 分 标 志	褐 煤	烟 煤	区 分 标 志	褐 煤	烟 煤
光 泽	暗淡呈微光亮	光 亮	在稀 HNO ₃ 溶液中的颜色	红 色	无 色
条 痕 色	褐色,很少具黑色	黑色,很少具褐色	腐 植 酸	有	无
在沸腾 KOH 溶液中的颜色	褐 色	无 色	沥 青	酸 性	偏中性

四、无 烟 煤

无烟煤是腐植煤类中最年老的一种煤。无烟煤呈灰黑色,带有金属光泽,与烟煤有所区

别的是:它的真比重较高,为1.4~1.8。燃烧时无烟,火焰较短。

五、各种腐植煤的主要特征

各种腐植煤的主要特征如表1-4所示。

表1-4 各种腐植煤的主要特征

特 征	泥 炭	褐 煤	烟 煤	无 烟 煤
颜 色	棕褐色为主	褐色,黑褐色	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	一	1.1~1.4	1.2~1.5	1.4~1.8
硬 度	很 低	低	较 高	高

第三节 腐植煤的生成过程

自然界存在的各种煤类不仅外表有很大的差异,而且它们的性质也很不相同。搞清原始物质转化成煤的特征及成煤条件对煤的组成和性质的影响将有助于进一步掌握煤的特性及其变化规律,从而指导煤的合理利用。所以深入了解煤的成因问题对合理开发和综合利用煤炭资源具有重大的理论意义和实际意义。

成煤过程是由许多因素决定的,例如原始物质的种类,残体的堆积条件,积水情况,水介质的性质,所承受的温度和压力等。这些因素有的互相制约,有的互相促进,因此有必要加以综合研究。

一、主要成煤时期和成煤地质条件

在煤层中发现大量保存完好的古代植物化石和炭化了的树干;煤层底板的粘土类岩石中找到了植物根部的遗迹;在显微镜下观察由煤磨成的薄片可以看到植物细胞的残留痕迹以及孢子、花粉、树脂、角质层等植物残体,这就有力地证实了腐植煤是由高等植物变来的。

煤是由植物变来的,但这并不是说从形成地球以后煤就已生成了,因为植物本身并不是从地球存在开始那一天就有的。为了了解煤的生成,必须了解植物的发生和发展。植物的发生和发展与气候和地理条件有关。气候和地理环境的变化又与地壳的运动有关。在形成地球以后,大的地壳变化已发生过很多次,相应的气候与地理环境也变化了很多次。但是植物在与气候和地理环境的斗争中并没有消失,与此相反,它改造得更完善,更稳定,更完美。从无生命的单细胞生物过渡到多细胞藻类;从水生植物到陆生的裸蕨,从孢子植物到裸子植物,再从裸子植物到被子植物,这些都是植物同气候和地理环境搏斗获得胜利的结果。虽然自泥盆纪就有陆生植物出现,但因其数量不多未能形成有工业价值的煤层。只有在温暖潮湿的古气候条件下,高大的木本植物的大量繁殖,以及它们死亡后残体的大量堆积才广泛形成了有工业意义的煤层。在整个地质年代中有三个最大的聚煤期,它们是:

(1) 古生代的石炭纪和二迭纪,造煤植物主要是孢子植物。

(2) 中生代的侏罗纪和白垩纪, 造煤植物主要是裸子植物。

(3) 新生代的第三纪, 造煤植物主要是被子植物。

现将各地质年代植物生长和造煤情况列在表 1-5 中。

表 1-5 各地质年代植物生长和造煤情况

代	纪	距今年代, 百万年	植 物 演 进	植物 种类	煤 种	煤 矿
始生代		2003	无化石发现	无生物		
原生代		1453	海藻等演化			
古生代	寒武纪	553	石灰藻及其它藻类繁殖, 无陆生植物	藻类植物	石 煤	南方几个省
	奥陶纪	448	石灰藻遍地, 陆生植物仍少见			
	志留纪	381	陆生植物出现, 但不如藻类盛		无烟煤	云南禄劝、广东台山和秦岭西段等
	泥盆纪	354	陆生植物渐盛, 有裸蕨类、石松类	孢子植物		
	石炭纪	309	气候温湿、裸蕨类、石松类、木贼类等, 孢子植物繁盛, 形体庞大, 森林茂密		无烟煤和烟煤	本溪、淮南、开滦、山西、太行山一带等
	二迭纪	223	松、柏、银杏等裸子植物繁盛, 蕨类植物衰落			
中生代	三迭纪	185	松、柏、银杏、苏铁等遍及全球, 蕨类植物中石松消灭, 羊齿、木贼等仍有	裸子植物	烟 煤	新疆、内蒙等地
	侏罗纪	157	裸子植物全盛、苏铁更盛			
	白垩纪	125	被子植物勃兴, 有花植物传播, 如白杨、枫等	被子植物	烟煤、褐煤	阜新、大同、萍乡、北票等
新生代	第三纪		现代五谷果类甚盛(主要为双子叶和单子叶植物)		褐煤、烟煤	云南、广西、广东、辽宁、台湾等
	第四纪				褐煤、泥炭	
	现 代				泥 炭	

必须指出, 聚煤期虽与植物的生长繁殖有密切的关系, 但煤的埋藏量并不能直接反映出当时植物生长的数量, 因为除了造煤植物的生长繁殖条件以外, 聚煤还必须具备煤田形成的地质条件。

形成煤田的主要地质条件就是地壳上升或下降的垂直运动, 由于这种运动在地球上才出现陆地高山和海洋, 或者使陆地变为湖泊, 当地壳下沉而形成不太深的沼泽时, 则在此沼泽中就有可能生长大量水生植物, 在沼泽的边缘又生长出大量的沼泽植物, 或适合于在潮湿气候中生长的孢子植物等。这些植物的残体, 就堆积在沼泽水中, 沼泽就变为泥炭沼。如地壳的下沉和植物生长的速度能相互配合则将形成很厚的泥炭层。这些泥炭层埋于地下以后, 在压力、温度和沉积时间等地质因素的作用下, 逐渐形成褐煤和烟煤。如果在地球上不出现这种沼泽, 则植物残体不能埋没于水中而暴露在大氣中, 由于受到充分的氧化作用, 经过一段时间只留下灰分, 就不可能形成煤田, 因此促使植物变成煤的地质条件和地理环境等都是不可缺少的重要因素。

我国的煤田分布情况可参见表1-6, 由较高等的陆生植物和高等植物形成的具有工业价值的煤田开始在下石炭纪积聚。由表1-6可见: 主要聚煤期为上石炭纪太原统, 下二迭纪山西统, 上二迭纪乐平统和侏罗纪四个时期。这些煤田的聚煤量分别占全国煤炭储量的27.28%、17.17%、9.94%和38.84%, 二迭纪石合子统和第三纪的聚煤量各占全国煤炭储量的3.17%和2.80%。上述聚煤情况与亚洲和世界其它地区的情况基本一致。

表1-6 全国及各大区不同聚煤期的煤田分布情况表(截止1977年底)

大区名称	占全国 煤炭 储量 (%)	成煤时代 储量(%)	古 生 代							中 生 代			新生代
			石 炭 纪			二 迭 纪				三迭纪	侏罗 纪	白垩 纪	第三纪
			下石 炭纪	中石 炭纪	上石炭纪 (太原统)	下二迭纪 (山西统)	石合 子统	黔阳统	上二迭纪 (乐平统)				
全国总计	100.00	占 全 国	0.19	0.006	27.28	17.17	3.17	0.07	9.94	0.47	38.84	0.07	2.80
东北区	8.75	占 本 区	0	0	1.53	2.10	0	0	0	0	37.00	0	9.37
		占 全 国	0	0	0.13	0.18	0	0	0	0	7.61	0	0.82
华北区	60.36	占 本 区	0	0	39.89	21.46	0	0	0	0	38.41	0.12	0.12
		占 全 国	0	0	24.09	12.96	0	0	0	0	23.19	0.07	0.07
华东区	6.61	占 本 区	0.02	0	18.02	29.66	44.97	0.03	4.59	1.24	0.31	0	1.16
		占 全 国	0.001	0	1.19	1.96	2.97	0.002	0.30	0.08	0.02	0	0.08
中南区	3.63	占 本 区	4.94	0.04	26.26	36.20	5.19	1.45	16.92	1.79	4.60	0	2.62
		占 全 国	0.18	0.001	0.95	1.31	0.19	0.05	0.61	0.07	0.17	0	0.19
西北区	9.41	占 本 区	0.001	0.05	9.79	8.06	0.07	0	0	0.51	80.53	0	0
		占 全 国	0.000	0.005	0.92	0.76	0.01	0	0	0.14	7.58	0	0
西南区	11.24	占 本 区	0.05	0	0	0	0	0.13	80.31	1.64	2.42	0.003	15.45
		占 全 国	0.01	0	0	0	0	0.02	9.03	0.18	0.27	0.001	1.74

二、造煤植物的族组成及其成煤性质

高等植物和低等植物组成的基本单元都是细胞, 细胞是由细胞壁和原生质组成。细胞壁的主要成分是纤维素、半纤维素和木质素。原生质是细胞的内含物, 它是由蛋白质和一些糖类组成。高等植物的细胞含原生质较少, 低等植物细胞中的原生质多。高等植物的整个外表面为一层表皮所包裹。表皮的外层为角质层, 表皮的里层是木栓层, 木栓层、角质层都比较稳定, 它们和表皮共同起保护植物的作用。叶子的表皮除有角质层外还有表皮毛等附属物, 它们是由树脂和树蜡所组成, 此外植物还有花粉和孢子, 它们分别是种子植物和孢子植物的繁殖器官, 外壳比较稳定。因此从化学观点来看, 植物的有机组成主要是: (1) 糖类即纤维素、半纤维素和果胶质等碳水化合物; (2) 木质素; (3) 蛋白质; (4) 脂肪、树脂、树蜡、孢粉质等脂类化合物。植物的不同种类及其不同生长阶段所含的各种有机组成的百分比不同, 大体上低等植物的有机组成主要是蛋白质和脂肪, 高等植物则主要由纤维素、半纤维素及木质素组成(见表1-7)。植物的有机组成不同, 在沼泽中分解的难易程度有差别, 从而影响到煤的性质。

