

煤化学

MEI HUAXUE

主 编 郎会荣 李桂芬

副主编 徐 博



哈尔滨地图出版社

煤 化 学

MEIHUAXUE

主 编 郎会荣 李桂芬

副主编 徐 博

参 编 徐 岩 姚 静 肖伟丽

哈尔滨地图出版社

· 哈尔滨 ·

图书在版编目(CIP)数据

煤化学 / 郎会荣, 李桂芬主编. — 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2007. 4

ISBN 978 - 7 - 80717 - 537 - 4

I. 煤… II. ①郎…②李… III. 煤 - 应用化学 IV. TQ530

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 042783 号

哈尔滨地图出版社出版发行

(地址: 哈尔滨市南岗区测绘路 2 号 邮政编码: 150086)

哈尔滨市动力区哈平印刷厂印刷

开本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 10.875 字数: 320 千字

2007 年 4 月第 1 版 2007 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 80717 - 537 - 4

印数: 1 ~ 1 000 定价: 28.00 元

前 言

本教材是根据高职高专教育专业人才的培养目标和规定编写的。全书共分七章,介绍了中国的能源概况及煤炭资源、中国煤炭的综合利用及存在的环境问题,系统介绍了界面化学与选煤专业的关系,煤及成煤作用,煤的物理和化学性质,技术检查,常用试验与测定,中国煤炭的分类,全面质量管理等内容,着重培养学生的实际动手操作能力,为将来学生学好专业课打下一个坚实的基础。

本书由郎会荣、李桂芬主编,徐博任副主编,参编人员有徐岩、姚静、肖伟丽。第一章、第五章、第三章由七台河职业学院李桂芬编写,第四章、第六章、第七章由七台河职业学院郎会荣编写,第二章由鸡西大学徐博编写,绪论由七台河职业学院郎会荣、李桂芬编写,全书由七台河职业学院郎会荣、李桂芬、徐岩、姚静、肖伟丽统稿并整理。

鉴于编者水平和能力所限,本书不妥之处恳请读者指正,以便今后修改。

目 录

绪论	1
第一章 界面化学	10
第一节 液体界面性质	10
第二节 溶液的界面性质	15
第三节 固体界面性质	22
第四节 液体对固体的润湿作用	23
第二章 煤的外表特征和生成	28
第一节 煤的种类及一般特性	28
第二节 煤的生成	31
第三章 煤的一般性质	36
第一节 煤的宏观及微观特征	36
第二节 煤的物理性质	40
第三节 煤的化学性质	49
第四章 技术检查	56
第一节 煤样采取的有关术语和定义	56
第二节 煤样的采取和制备	57
第三节 煤样的制备	63
第四节 筛分试验和浮沉试验	68
第五节 可选性曲线及其应用	74
第六节 选煤厂技术检查	77
第七节 原煤及产品的数量检查	84
第五章 试验与测定	86
第一节 煤质分析中常用基线和符号	86
第二节 煤的工业分析	87
第三节 煤的元素分析	97
第四节 煤的全硫测定	101
第五节 煤炭发热量测定	109
第六节 分析结果的基准换算	115
第七节 煤的粘结性(结焦性)指标	118
第八节 煤的其他工艺性质	121
第六章 煤的分类及煤质评价	123
第一节 煤的分类指标	123

第二节 中国煤的分类.....	124
第三节 国际煤分类.....	130
第四节 各种煤的特性及用途.....	132
第五节 炼焦煤种和配煤原理.....	134
第六节 煤质评价.....	136
第七章 质量管理.....	141
第一节 质量管理概述.....	141
第二节 质量保证体系.....	144
第三节 质量分析的方法.....	148
第四节 煤炭产品的质量管理.....	158
第五节 井下工程质量管理.....	163
参考文献.....	167

绪 论

一、中国能源概况及煤炭资源

1. 能源

能提供能量的物质即称之为能源。它在一定条件下可以转换为人们所需的某种形式的能量。比如煤炭,把它们加热到一定温度,就能和空气中的氧气化合并放出大量的热能。

(1) 能源的重要性

能源是能量和动力的源泉。能源是实现国民经济现代化和提高人民生活的物质基础。现代化在很大程度上取决于能源的科学开发、充分供应和合理利用。

在能源利用的发展史上,经历过三次重大的转折:

①18 世纪瓦特发明蒸汽机。人类逐步从依靠人力、畜力为动力,以柴草为能源,转向以蒸汽为动力,以煤炭为能源,以致完成了产业革命,并发展了煤化学工业。

②19 世纪 70 年代开始,人们用燃煤或水力发电逐步取代了蒸汽,电力成为主要的动力。

③20 世纪五六十年代。廉价的石油、天然气的大量开发和利用,使世界能源结构转向以石油、天然气为主要能源,并发展了庞大的石油化学工业。

由此可见,能源供应和结构的变化对世界各国的经济、政治、军事等有着重大影响。

(2) 能源的种类

①根据能源产生的方式以及是否可再利用可分为一次能源和二次能源、可再生能源和不可再生能源:

一次能源:自然界中以现成的形式存在的能源。如煤炭、石油、电力、天然气等,也称之为常规能源(图 1 中第一排所列)。我国煤炭在一次能源中占总消费量的比重为 60% 以上。

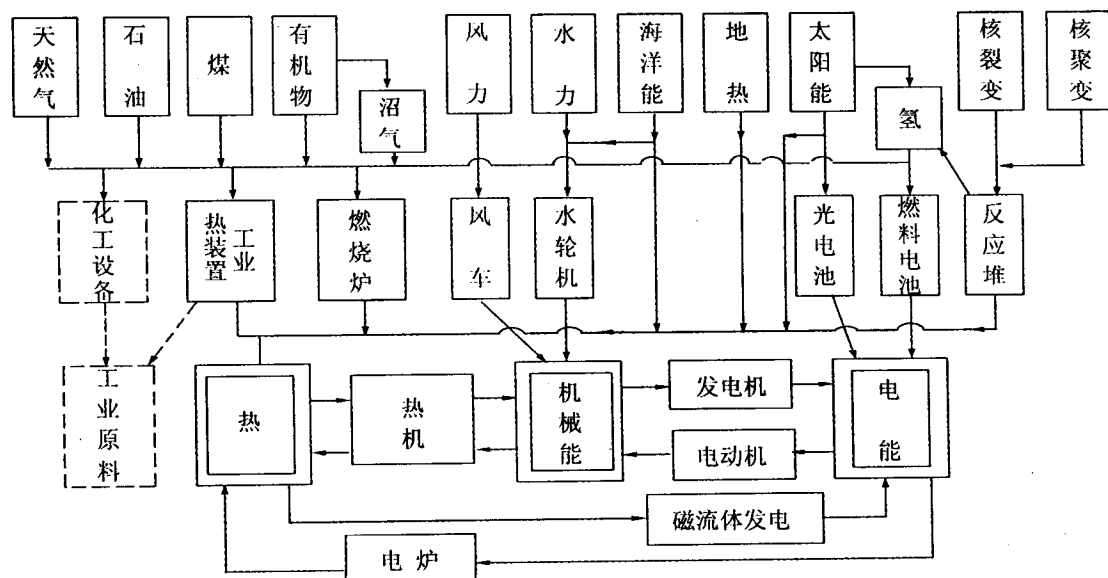


图 1 能源及其转化和利用

在一次能源中,矿物燃料和核燃料(铀、钍、硼、氦)为非再生能源;其他为再生能源,因它

们并不因人类的利用和本身的转化而日趋减少。

二次能源:需要依靠某种能源转换而得到的能源。例如,电能、氢能、石油制品(汽油、煤油、柴油等)和煤制品(煤气、焦炭等)。此外,工业生产中的余热、余压也是一种二次能源。在二次能源中,电能、液体燃料、煤气和氢具有突出的优点:清洁、便于输送和使用,热效率高。

②按能源的形态特征或转换与应用的层次对能源进行分类:

固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物能、风能、核能、海洋能和地热能等。其中,前三个类型统称化石燃料或化石能源。

③根据能源消耗后是否造成环境污染可分为:

污染型能源和清洁型能源等。

(3)能源的转化

沼气及沼气右边的各项则称为新能源。

可见,能源的合理开发、转化、使用和节约是重大的技术经济问题和科学研究的课题。

2. 世界能源概况

从总体上看,21世纪,世界能源的需求量仍将继续增长,但能源开发结构无疑将由石油主导型发展为多元共进型,可再生能源将迅速发展。由于能源结构调整和变化的周期较长,因此,在相当长的一段时期内,世界能源形势表现出下述特征:

第一,传统的矿物燃料仍将是世界较长一段时期内能源生产消费的主体。这是因为,世界能源需求在2020年将达到110~352亿吨标准煤,如此巨大的能源需求是任何一种新能源在短期内都无法满足的,而矿物燃料的资源目前看依然较为丰裕,价格也比较低廉。有人估计,矿物燃料按目前的开发利用强度和回收率,仍可供全世界100~200年。

第二,能源开发利用所造成的环境问题日趋严重。目前全球性的能源环境问题主要为:酸雨、臭氧层破坏、水资源污染、温室气体排放等。

第三,能源生产消费结构将出现多元化趋势,特别是可再生能源和核能将会发挥较大的作用。从目前世界各国既定能源战略来看,大规模的开发利用可再生能源,已成为未来各国能源战略的重要组成部分。可再生能源提供了世界所需能源的20%以上,其中14%是生物质能,6%是水能。预计今后水电和柴薪的消费量每年将增加10%。从世界可再生能源的利用与发展趋势看,风能、太阳能和生物质能发展最快,产业前景最好,其开发利用增长率远高于常规能源。

风力发电技术成本最接近于常规能源,因而也成为产业化发展最快的清洁能源技术,风电是世界上增长最快的能源,年增长率达27%。无论从能源安全还是环境要求来看,可再生能源将成为新能源的战略选择。

3. 中国能源概况

水力的理论蕴藏量为6.8亿千瓦,占世界第一位。石油探明储量约数十亿吨,占世界第八位,有些地区尚待探明,如新疆及渤海湾、南海、东海大陆架,前景较乐观。天然气探明储量居世界第16位,但与煤矿伴生的矿井气储量很丰富,可以随着煤矿的开采而抽出利用。

我国煤炭资源丰富,探明可采储量为7300多亿吨,居世界之首,约占世界总储量的46%。我国也是世界上第一产煤和用煤大国,中国对煤炭的需求量约占世界煤炭总产量的30%。我国在相当长的时间内能源仍将以煤炭为主。然而,我国的煤炭资源存在分布不均、勘探程度低、原煤入洗比重低、高硫煤利用较困难和煤炭综合利用程度差等问题。并且由于以煤炭为主要能源,对交通运输和环境保护带来严重的压力,这些都有待于逐步加以解决。

中国人均能源量很少。尽管中国的煤炭年产量已达到14亿吨,名列世界第一,可中国有

13 亿人口,人均资源很少。其中,煤炭资源仅占世界人均资源的一半,石油资源只占世界人均资源 1/10,特别是矿产资源的储藏量是很有限的,虽然眼前不至于发生能源危机,但从长远看,能源工业仍是制约中国国民经济可持续发展的重要因素。

4. 中国的煤炭资源

我国煤炭资源概况和应重视的问题:

我国经济建设的发展在较长一段时期内离不开煤炭。世界上公认煤是通向未来可以再生能源为基础的持久能源体系的桥梁。在伦敦召开的第二届世界煤炭会议上比较一致的看法是:煤以其储量丰富和价格低廉将在今后的能源市场上起主要作用。据估计,若按目前煤的年开采速度计算,世界硬煤储量够开采 170 年,褐煤够开采 390 年,因此今后相当长的一段时间内,煤仍将是世界的主要能源,世界对煤的需求也将继续增加。

我国煤炭资源丰富,储量居世界第三位。全国 2 300 多个县市中 1 458 个有煤赋存;鄂尔多斯是资源量大于 5 000 亿吨的特大级煤盆地,准噶尔和吐哈盆地也都赋存着巨大的煤资源量。我国预测煤炭资源量按不同埋深分别为:1 200 米以浅为 2 万亿吨;1 500 米以浅为 3.8~4 万亿吨;2 000 米以浅为 5 万亿吨。煤类有褐煤、弱粘结煤、不粘结煤、长焰煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、贫煤、无烟煤和超无烟煤,其中低煤级煤占比例最大,炼焦用煤约为 20%。我国又是个产煤大国,处在世界第一位。

我国煤炭资源丰富,但也存在不容忽视的问题。

(1)资源的地理分布极不平衡。中国煤炭资源北多南少,西多东少,煤炭资源的分布与消费区分布极不协调。从各大行政区内部看,煤炭资源分布也不平衡,如华东地区的煤炭资源储量的 87% 集中在安徽、山东,而工业主要在以上海为中心的长江三角洲地区;中南地区煤炭资源的 72% 集中在河南,而工业主要在武汉和珠江三角洲地区;西南煤炭资源的 67% 集中在贵州,而工业主要在四川;东北地区相对好一些,但也有 52% 的煤炭资源集中在北部黑龙江,而工业集中在辽宁。

各地区煤炭品种和质量变化较大,分布也不理想。中国炼焦煤在地区上分布不平衡,四种主要炼焦煤种中,瘦煤、焦煤、肥煤有一半左右集中在山西,而拥有大型钢铁企业的华东、中南、东北地区,炼焦煤很少。在东北地区,钢铁工业在辽宁,炼焦煤大多在黑龙江;西南地区,钢铁工业在四川,而炼焦煤主要集中在贵州。

中国在地质历史上的成煤期共有 14 个,其中有 4 个最主要的成煤期,即广泛分布在华北一带的晚炭纪—早二叠纪,广泛分布在南方各省的晚二叠纪,分布在华北北部、东北南部和西北地区的早中侏罗纪以及分布在东北地区、内蒙东部的晚侏罗纪—早白垩纪等四个时期。它们所赋存的煤炭资源量分别占中国煤炭资源总量的 26%, 5%, 60% 和 7%, 合计占总资源量的 98%。上述四个最主要的成煤期中,晚二叠纪主要在中国南方形成了有工业价值的煤炭资源,其他三个成煤期分别在中国华北、西北和东北地区形成极为丰富的煤炭资源。

中国煤炭资源分布面广,除上海市外,全国 30 个省、市、自治区都有不同数量的煤炭资源。在全国 2 100 多个县中,1 200 多个有预测储量,已有煤矿进行开采的县就有 1 100 多个,占 60% 左右。从煤炭资源的分布区域看,华北地区最多,占全国保有储量的 49.25%,其次为西北地区,占全国的 30.39%,依次为西南地区,占 8.64%,华东地区,占 5.7%,中南地区,占 3.06%,东北地区,占 2.97%。按省、市、自治区计算,山西、内蒙、陕西、新疆、贵州和宁夏 6 省区最多,这 6 省的保有储量约占全国的 81.6%。

(2)回采率低。只有 30% 或稍高,在回采中丢弃的大量煤炭,已难于再开采出来,浪费很

大。煤在运输、储存过程中也造成不应有的损失。而开采计划性差的严重后果之一是仅占我国煤炭资源总量 1/5 的炼焦用煤,近年来的开采量竟高达煤年产总量的 50%,我国实际用于冶金的煤仅占 8%,显然大部分本来可用于制取焦炭或作为化工原料的煤就浪费在直接燃烧中。而且大部分优质的低灰、低硫、粘结性强的炼焦煤已经超前开采,土法炼焦只能用粘结性强的煤,造成很大浪费,所剩下的多为劣质部分,导致炼焦用煤紧张,此种状态必须改变,对余下的炼焦用煤进行计划开采。我国用煤的转化率低,只有 20%,因而产品能耗高。据 1985 年资料,我国每百万美元产值的能耗为 3 165 吨标准燃料,是印度 1 548 吨的两倍多,是美国 623 吨的 5 倍多,是日本 399 吨的近 8 倍;2006 年国内外四种重要产品的单位能耗比较,我国的平均能耗都不同程度地高于发达国家。

(3) 缺煤的东北、华东、京津冀以及中南地区的煤矿开采强度大,产量衰减多、报废速度快,加以回采率低,最近 10 年来国营煤矿每年衰减报废能力近 1 000 万吨,况且近年来新井建设投资有缩减趋势,新增产能不大。我国的煤炭资源消耗过快。

(4) 近年来出现一种对我国煤炭资源过分乐观的看法,似乎我们的煤多到可以取之不尽,用之不竭的程度。诚然,我国煤的储量居世界第三位,但人均占有量只相当于煤资源中等的国家。对我国煤炭资源丰富程度估计过高的重要原因之一,是所谓的“中国煤的探明储量”逐年加码,1994 年接近 1 万亿吨。这个数字的确不小,几乎是我国煤炭 1 200 米以浅预测储量的一半。但却是名不符实。作为探明储量原意,应有较高比例可供建井设计的精查储量,但实际却是 C + D 级储量占到 70% ~ 80%,符合于世界能源委员会建议的探明储量定义的不过 30%。本来就不多的高级储量中除去用于建井,再减去因地质构造条件复杂、煤质欠佳等近期尚难利用的储量,余下的不过 300 多亿吨,就是这近 1 万亿吨的探明储量除储量级别低之外,因煤田勘查工作而逐年增加,但却未减去生产井和建井已经利用的 2 300 余亿吨的储量。如此只增不减,好像中国的煤炭资源不是一次能源而是可与可再生能源相比了。

“探明储量”促成一些人认为我国的煤炭资源可以高枕无忧,因而不加爱惜。在开采、运储、使用中造成巨大浪费,并且放松、削弱了有关的煤地质科研工作,进而影响到几乎放弃煤田地质与勘探专业人才的培养,这对于摸清我国煤炭资源家底,有计划地开发、利用极为不利。对这种名不符实的所谓“煤的探明储量”,有人建议改为“勘查储量”或者“普查储量”。可见,做到煤矿区分布合理,产量和煤类能适应经济建设发展的需要,煤地质研究工作和煤田勘探的工作量是巨大的。我们应该实事求是地对待我国煤炭资源,从长远着想,不应放松煤田地质勘探与煤地质研究工作,不再浪费,走开发与节能并重的发展道路。

另一方面,煤炭资源还应该包括来源于煤层和煤系的煤成气与煤成油。煤与油气同为化石能源,由于成矿条件的差异,以往认为产煤区不利于生油,而含油的地层煤层不发育。实际上,尽管煤来自有机质高度集中堆积的沼泽相,油气主要与湖泊和海相的泥岩、碳酸盐岩中分散有机质的富集有关,但实际上随基底的升降变迁,在同一盆地内聚煤和成油气的沉积相条件沿横向上可以并存,在垂向上可以互相交替。而且在煤的演化过程中沥青化作用的进行必然会产生油气。20 世纪 50 年代末荷兰发现了与石炭纪煤系有关的格罗宁根特大型气田后,世界各地相继在含煤盆地中发现大型气田。我国自从“煤成气开发研究”被列为国家“六五”科技攻关项目后,陆续在四川、鄂尔多斯盆地、东海、南沙等处发现了一批煤成气田和含煤成气构造。据估计,世界上大气田和天然气储量的 70% ~ 80% 来自含煤岩系。煤成气是一种高效、洁净的燃料和原料。对于浅层煤成气,即煤层甲烷全国平均每采一吨煤的排放量为 1.0 ~ 1.1 m³,每年排放到大气的总量是十分可观的。煤层甲烷的开发除作为能源外,对煤矿来说可

以减轻煤矿灾害,是变害为利,还可减少向大气排放甲烷,有利于环保和减缓大气温室效应。1996年5月我国成立由煤炭部、地矿部和石油天然气总公司组建的“中联煤层气公司”,将联合开发煤层气资源。大力开发利用煤层气有利于改善我国以煤为主的能源结构。

60年代后期开始,在澳大利亚的吉普斯兰盆地、印度尼西亚的库特盆地、加拿大的斯科舍和马更些盆地以及北海默里盆地先后发现了一批与中、新生代煤系有关的重要油气田。我国自1989年以来在吐哈盆地鄯善弧形构造带找到了与侏罗纪含煤岩系有关的油气田,继而在塔里木盆地北部、准噶尔盆地、酒泉东等又有重要发现,展示了我国含煤岩系中找油气的良好前景。我国煤成气资源丰富,应作为第二煤炭资源开发利用,现已起步,煤成油也将增加其在我国能源结构中的比重。

中国的煤炭资源相对丰富,其储量约占全国矿产资源储量的90%,化石能源的95%,具有巨大的资源潜力。

①中国煤炭资源虽然丰富,但勘探程度很低。

②中国煤炭品种齐全,从褐煤到无烟煤的分布情况如下。

a. 褐煤占全部保有储量的13.07%。主要分布于内蒙古东部、黑龙江西部和云南东部等地。

b. 低变质烟煤(长焰煤、不黏煤、弱黏煤、1/2中黏煤)占全部保有储量32.60%。主要分布于中国新疆、陕西、内蒙古、宁夏等省区,甘肃、辽宁等省低变质烟煤也比较丰富。中变质烟煤(气煤、气肥煤、肥煤、1/3焦煤、焦煤和瘦煤)占全部保有储量的26.25%,主要分布于华北石炭、二叠纪和华南二叠纪含煤地层中。

c. 主要用于炼焦,但是,肥煤、焦煤和瘦煤等炼焦主要煤种少,仅占全国保有储量的13.73%,优质炼焦用煤则更加短缺。

d. 高变质煤(贫煤、无烟煤)占全部保有储量的16.92%。主要分布于山西、贵州和四川南部等地区。

e. 分类不明的煤占11.16%。

③中国煤炭质量有很大差异。

秦岭以南地区,除少数煤田外,多数煤田的煤质差,含硫高。一般中国以低变质烟煤为主,占33%;其次为中变质烟煤、贫煤和高变质无烟煤以及低变质的褐煤;以特低硫、低硫煤为主,占56%,低中硫、中硫煤占33%;灰分中等,以低中灰、中灰煤为主,占查明资源量的76%,特低灰、低灰煤也比较丰富,占查明资源量的22%;高、中热值煤占92%,中低热值煤很少。

④中国煤系伴生矿产资源丰富。

煤系地层中具有煤层气、锗、铀、高岭土等多种矿产,中国煤层气资源总量超过31万亿立方米,相当于450亿吨标准煤,位居世界第三。

二、中国煤炭资源的综合利用及存在的环境问题

1. 中国煤炭资源的综合利用

中国是世界上开发利用煤最早的国家。在汉代的一些史料中,有现今河南六河沟、登封、洛阳等地采煤的记载。当时煤不仅当作柴烧,而且成了煮盐、炼铁的燃料。现河南巩县还能见到当时用煤饼炼铁的遗迹。汉朝以后,称煤为“石墨”或“石炭”。可见中国劳动人民不仅有悠久的用煤历史,而且积累了丰富的找煤经验和煤田地质知识。在现代地质学诞生之前,就已经创造出在当时具有一定水平的煤田地质科学技术。

欧洲人用煤的历史比中国晚得多。欧洲人到18世纪才开始炼焦,比中国晚了500多年。煤化学是煤炭综合利用技术的理论基础,而煤炭综合利用又是煤化学的服务对象。煤化

学是随着煤炭综合利用的开发、发展而开创和振兴的,煤炭综合利用的新工艺、新产品的开发充实了煤化学学科的内容,而其中的问题与不足反过来又促进了煤化学的深入研究与发展。

目前在世界范围内有一半以上的煤炭作为一次能源用来直接燃烧供热和发电,然而,燃煤在给人类带来光明和温暖的同时,却给人类带来严重的污染与危害。因此,大力发展洁净煤技术,将煤炭转化为洁净的二次能源(一次能源通过某种转换而得到的能源叫做二次能源。例如,电能、氢能、石油制品、煤制品和余热等)一直是煤炭综合利用的一个主攻方向。煤炭通过气化和液化工艺可得到煤气和人造液体燃料,这些液体燃料不但在运输与使用上非常方便,而且可大大减少污染。煤炭经洗选除去大部分灰分和硫分,并进一步加工为型煤或水煤浆、精细水煤浆、油煤浆等都是减少大气污染洁净煤应用技术。

由煤制取化工产品的的方法有:焦化、加氢、液化、气化、氧化制腐殖酸类物质以及煤制电石以生产乙炔。其中,将煤气化制成合成气($\text{CO} + \text{H}_2$),再通过各种合成方法制造多种化工原料(“一碳化学”路线)以及将煤液化制造苯属烃的工艺日益引起人们的重视。

煤炭综合利用并制取高附加值化工产品的的方法是多种多样的,其中包括煤的干馏(焦化)、加氢、液化、气化、氧化、磺化、卤化、水解、溶剂抽提等。煤炭还可以直接用作还原剂、过滤材料、吸附材料、塑料和炭素材料等。煤炭综合利用的系统图如图2所示。由图可见,煤炭的综合利用与能源、化工、冶金、炭素材料和农业等关系极为密切,在国民经济中具有举足轻重的重要位置。

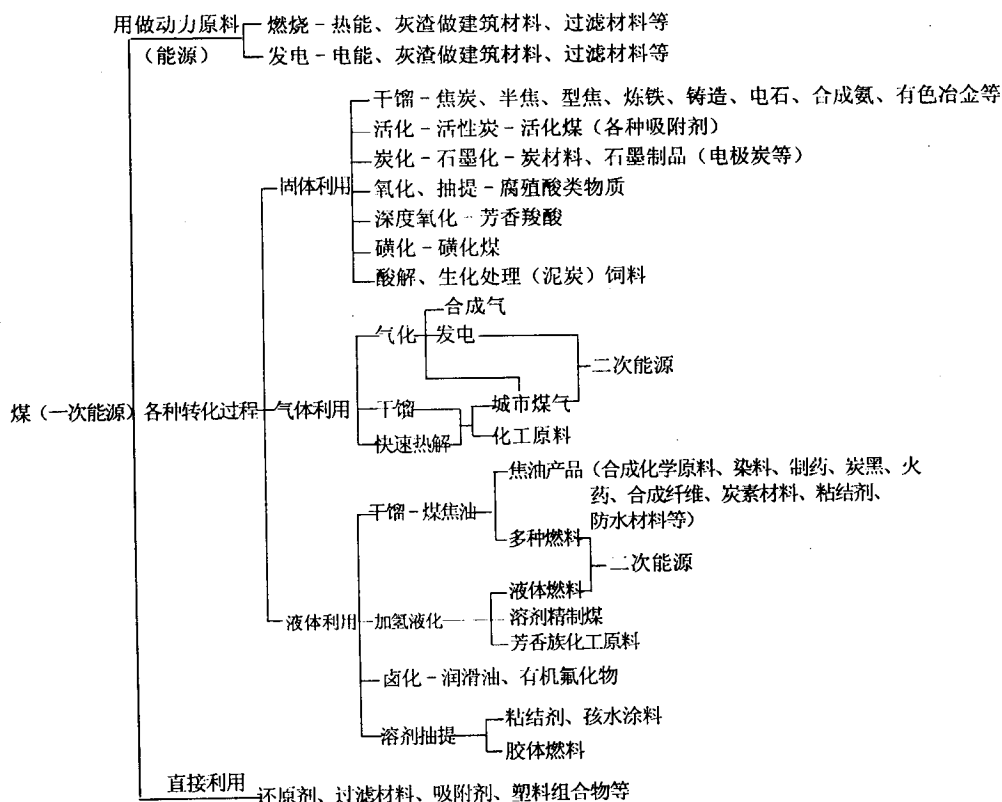


图2 煤炭综合利用途径

为了体现规模效益,提高产品的附加值,做到扭亏为盈、并综合提高企业的经济效益和社

会效益,现代化的煤化学综合利用工业,其组织形式往往是各种各样煤炭利用部门的联合。

(1)几个煤炭利用部门的联合

①采煤—电力—建材—化工;

以采煤—电力—建材—化工联合企业为例:在年产 1 500 万 t 煤的煤矿中建立大型洗煤厂,将 350 万 t 洗精煤用于炼焦,所产焦炉煤气可以长距离输送作为城市煤气,焦炭供钢铁企业使用;另将 365 万 t 煤用于煤气厂,生产合成气和燃料气;集中处理和深度加工焦化厂与煤气厂所得焦油、粗苯、煤气等,大量生产染料、塑料、合成氨、合成纤维和药品等产品;洗煤厂的洗中煤用于发电供热;粉煤灰、煤矸石和高灰煤用于生产煤渣砖、加气混凝土和水泥等建筑材料;各个工艺过程的废水、废气集中处理,以最大限度地减少环境污染;这样,就可将亏损的单一采煤工业变为大量营利的综合性煤化工工业体系。

②采煤—电力—城市煤气—化工;

③钢铁—炼焦—化工—煤气—建材;

④炼焦—煤气—化工(三联供)。

(2)几个单元过程的联合

①焦化(或高温过速热解)—气化液化;

②热解(或溶剂精制)—气化—发电;

③气化—合成;

④液化(溶剂精制或超临界萃取)—燃烧—气化;

⑤液化(超临界萃取)—加氢气化。

此外,还可以有多种方式的联合,通过联合可以大大提高煤的利用效率,推动煤炭应用科学技术的迅速发展。

2. 煤利用存在的环境问题

我国煤炭综合利用的选择标准应该是清洁(尽量减少环境污染)、高效(煤炭的高效率利用和无效运输的降低)、高附加值和高效益(含经济与社会效益)。

煤是不洁净能源,在给人类带来光明和温暖的同时,也给人类赖以生存的环境造成了破坏。

(1)煤炭在开采、运输、储存、利用和转化过程中造成的污染

①统配煤矿开采每年矿井酸性涌水约 14 亿立方米;采煤排放的甲烷约占人类活动排放甲烷量的 10%。

②中国堆积的煤矸石已超过 15 亿吨,占地 $8.671 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。矸石堆容易自燃,而且会排放出大量的污染气体和液体。

③每年约有 6 亿吨煤靠铁路长途运输,使用敞篷车造成约有 300 万吨煤尘排在铁路沿线,造成污染。

④储存煤不仅占去大面积土地,而且储存时间长的煤在氧化、风化作用下,炼焦煤会失去黏结性,煤堆会自燃,造成环境污染。

(2)煤在燃烧过程中造成的污染物有烟尘、烟气和炉渣等

烟尘含有由煤中矿物质、伴生元素转化而来的飞灰和未燃烧的炭粒,形成大量的烟尘。

烟气含有 SO_2 、 CO_2 、 CO 、 NO_x 等有害气体。

① CO_2 在大气中含量增多会造成“温室效应”,使气候变暖; CO 是窒息性气体,量大时能在很短时间内使人的大脑缺氧而死亡;

② SO_2 对人体健康和植物的生长都有危害,它刺激黏膜、引起呼吸道疾病并能使植物枯

死;排放到大气中的 SO_2 、 SO_3 和 NO_2 与水蒸气化合生成硫酸和硝酸,这两种酸与水分子结合生成硫酸雾,硫酸雾与烟尘接触形成硫酸尘,与降水接触成为酸雨。酸雨使土壤酸化,使建筑物受到腐蚀,并妨碍植物生长。中国中、高硫煤和高硫煤占煤总储量的 $1/3$ 。中国用煤量在相当长一段时期内将继续增长,若不及时采取有效治理措施,主要燃煤区的污染,特别是大气的污染程度将要加剧。

(3) 炉渣内含有多种有害物质

全国每年排出的炉渣高达 2 亿多吨,不仅占去大面积土地,而且在堆放过程中流出含有多种重金属离子的酸性废水污染环境。

煤的气化和液化工艺的优点是可生产比较洁净的气体燃料和液体燃料,消除燃煤所造成的污染,但气化和液化过程本身仍然有污染问题。

经济的发展应与环境资源相互协调发展,不能以牺牲环境为代价来发展经济,因此如何有效地治理因用煤造成的环境污染就成为紧迫的研究任务,务使煤炭资源的开发利用与环境效益结合起来。

中国煤炭利用技术的选择标准应该是:减少环境污染——清洁,提高煤炭使用效率和减少无效投入(如高灰分煤的运输)——高效。为此,需尽早开发多种煤炭利用的新技术,以便使中国的煤炭利用技术逐步完成向新技术的转变。

三、界面化学与选煤专业的关系

界面化学是一门独立的学科。它与许多现代学科如化学、化工各专业,环境化学、材料化学、生物化学、医学及药学等相互渗透,关系密切。界面化学主要介绍了气液、液液、气固及液固等各种界面现象及其规律,同时兼顾了在材料化学、环境化学、电化学、高分子化学、日用化工、精细化工、生命科学和药学等领域的某些应用。我们每天的生活都被界面和分界面现象所围绕着。例如,使用洗发香波或除臭剂,准备膳食,洗涤衣物和器皿以及配戴隐型眼镜。我们肯定将两个材料粘接或粘合在一起可以形成固体—固体之间的界面,从邮票到飞机都是如此。所有这些熟悉的物体都有大量的界面,并通过界面科学技术加以设计和控制。

界面化学是煤炭洗选、煤化工等专业的基础课程,随着科学技术的发展,界面化学在煤炭综合开发利用上的应用日趋广泛,当前比较热门的是它在水煤浆技术上的应用。水煤浆技术是一种新型洁净煤技术,在煤质特性、煤粉粒度分布稳定的条件下,表面活性剂是否与煤种匹配是最关键的因素。在实际过程中,除了考虑分散剂的性质与煤种是否匹配和适宜加入量外,还要注意各种分散剂的复配,利用它们的协同效应提高分散剂的分散稳定性和降低成本。靠经验和半经验研制和筛选水煤浆添加剂的工作十分繁杂,研究添加剂的分子结构特征和煤表面物化性质间的匹配性是解决问题的有效途径。在煤炭洗选加工上,为研究表面活性剂对煤浮选的促进作用,选取了多种表面活性剂进行实验。通过对几种煤样的浮选实验,优选出六种表面活性剂。在煤的浮选中,表面活性剂的性能受到多种因素的影响,其中表面活性的结构是一个重要的因素。

四、采集、制备煤样的内容及目的

煤样是指从煤中采取的具有代表性的用来进行煤质检验的那部分煤。煤样的采集是制样与分析的前提,是技术检查工作的基础和依据。采样的目的就是为了获得具有代表性的样品。煤样是一种化学组成和粒度组成都很不均匀的混合物,采样量一般较大,而煤质分析中所需要的试样,根据测试项目的要求,一般只需几克到几百克。因此,在煤样采集之后,还需按一定的方法将原始煤样的质量逐渐减小到分析煤样所需要的质量,而使化学组成和物理性质与原始

煤样保持一致,这一过程也就是煤样的制备。

采样的目的是为了获得具有代表性的样品,制样则是在煤样采集的基础上,将采集煤样经过破碎、混合和缩分等程序,制备成能代表原来煤样的分析用煤样。因此,对于煤这种粒度组成和化学组成都极不均匀的混合物来说,为使煤的分析结果总误差不超过一定的限度,必须正确地掌握煤样的采集和制备方法。

五、全面质量管理在选煤中的作用

选煤过程是由多个执行不同任务的工艺环节和多台工艺设备及辅助设备所完成,是连续性、多作业的大生产,各环节之间互相联系又互相制约。在整个工艺过程中,不但要求各种产品质量合格,而且要求工艺指标先进、分选效率高和经济效益好。如果它们之间没有明确的要求,没有合适、最佳的互相配合就可能出现重视了产品的质量而忽略了产品的数量,甚至早成大量煤的损失;或者,注意了产品的数量,但产品质量又没有达到要求。为了珍惜煤炭资源,达到最好的经济效益,必须实现质量与数量指标的统一。

全面质量管理是运用现代化的科学技术、先进的检测手段和科学的工作方法来进行管理。它的目标是在生产过程中,在实现低消耗、低成本和和高效率的前提下达到产品优质和高产。用各种组织手段和方法调动职工们的积极性。关心、爱护职工,将工人、工程技术人员和管理人员的注意力吸引到关心选煤厂的重大问题和经济效果显著的问题上来。所以说,全面质量管理除了依靠科学技术以外,关键还在于依靠人的积极性。

第一章 界面化学

界面存在于两相交界面处,随两相性质的不同,界面可分为气液界面、气固界面、液液界面、固液界面和固固界面。许多自然现象、工农业生产过程、生理现象以及科学研究直至日常生活,几乎都涉及各种表面性质。如露珠呈球状,玻璃窗自动沾满灰尘,捕收剂在矿物表面的吸附,颗粒微小的固体物质(如矿尘)更易燃烧乃至爆炸,等等。这些现象都显示物体的表面具有与体内不同的性质。

第一节 液体界面性质

一、表面自由能和表面张力

1. 表面自由能

任何表面实际上是两相之间的界面,习惯上将一相为气相的相接触面称为界面。表面和界面这两个名词常常混用,讨论的表面都是界面。分子在界面上所处的环境与体相内部的环境不同,如图 1-1 所示。

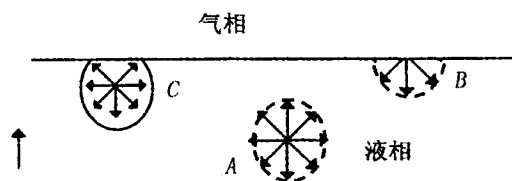


图 1-1 液体内层及表面分子受力情况示意图

在液相内部的分子 A,从统计的观点看,它周围的其他分子对它的吸引力是对称的(如图中箭头所示),因此分子可以自由移动而不消耗功。处于表(界)面上的分子(如 B)与周围分子间的作用力是不对称的。这里表面层内分子的密度是由液相密度转为气相的密度,因此液相分子对它的引力(短程 van der Waals 力,作用范围相当于分子直径数量级)要大于气相分子对它的引力,结果使表面分子受到液体内部的拉力,并有向液体内部迁移的趋势,所以液相表面有自动缩小的倾向。从能量的角度看,要将液相内的分子移到表面,需要对它做功,此即表面功。对于纯液体,如在恒温恒压下,可逆增加体系的表面 dA ,则对体系所作表面功 $\delta w'$ 正比于表面积的增加,即

$$\delta w' = \sigma dA \quad (1-1)$$

式中: σ ——比例常数。

对于只有一种表面的纯液体,当体系发生可逆变化时,在恒温、恒压下其 $\delta w'$ 等于体系自由焓 G 的变化,即

$$dG = \sigma dA \quad (1-2)$$

所以:

$$\sigma = (\delta G / \delta A)_{T,p} \quad (1-3)$$

式(1-3)作为 σ 的定义,称 σ 为比表面自由焓,简称表面自由焓,其单位是 J/m^2 。当变化在恒温恒容下发生,则 $\sigma = (\delta F / \delta A)_{T,p}$ 就简称为表面自由能。 σ 也常简称为表面能。

2. 表面张力

从另一个角度来理解, σ 的单位为 $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$, 也可以用 $\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$ 表示。因牛顿是力的单位, 因此, 表面自由能也可看做是垂直作用于相表面上的力, 这个力的方向是沿着相的表面与相的界面相切, 并促使其表面积缩小的方向, 所以物理学上把 σ 称为表面张力。见图 1-2 所示, 用金属丝做成一个圈, 其一边是活动的。将金属圈浸入液体再取出, 圈上即有膜形成。圈上绷紧的膜的表面张力使得滑丝向缩小膜面积的方向移动 (如 dx), 除非外加一个力 F 才能不移动。此力是作用在膜的整个边长上, 并随滑丝的长度而改变。因此, 单位边长上的力是液体表面的固有特性。图中的膜有两个面, 故此装置量得的单位长度上的力等于

$$\sigma = F/2L \quad (1-4)$$

此时, σ 又称为表面张力, 它是在单位长度的作用线上, 液体表面的收缩力。它垂直于分界边缘并指向液体内部。表面张力的单位为 N/m , 由此也可看出表面自由焓与表面张力是同一物理量。

不同物质的表面能 (表面张力) 不同, 表面能 (表面张力) 数值随温度而变化。同一物质处于液态和固态时, 它的表面能也是不相同的。由于液体结构与固体结构的特点差别很大, 因而它们的表面特点也差别很大。处于液体表面的分子受到一种垂直指向液体内部的合引力, 表面越小则这类分子的数目就越少, 系统的能量也相应地越低。于是, 液体的表面有自行缩小的趋势, 我们可以把这种趋势视为表面分子相互吸引的结果。这就如同在液体表面形成一层拉力膜, 此拉力是与表面平行的。它的大小表示了表面自行缩小趋势的大小, 它就是我们所说的表面张力。要使液体表面增大就必须消耗一定数量的功, 所消耗的功便转化为表面能。液体的表面张力与表面能的数值是一样的, 但它们的物理概念是不同的。

固体是一种刚性物质, 其表面上分子的流动性较差, 它能够承受剪应力的作用, 因此可以抵抗表面收缩的趋势。固体的表面张力是根据固体表面上增加附加的原子以建立新的表面时所作的可逆功来定义的。

二、影响表面张力的因素

表面张力是液体 (包括固体) 表面的一种性质, 而且是强度性质。有多种因素可以影响物质的表面张力。

1. 物质本性

表面张力取决于分子间的引力和分子结构, 因此表面张力与物质本性有关。例如, 水是极性分子, 分子间有很强的吸引力, 常压下, 20°C 时水的表面张力高达 $72.75 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。而非极性分子的正己烷在同温下其表面张力只有 $18.4 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。水银有极大的内聚力, 故在室温下是所有液体中表面张力最高的物质 ($\sigma_{\text{Hg}} = 485 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$)。当然, 其他熔态金属的表面张力也很高。例如, 1100°C 熔态铜的表面张力为 $879 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ 。

2. 相界面性质

通常所说的某种液体的表面张力, 是指该液体与含有本身蒸气的空气相接触时的测定值。

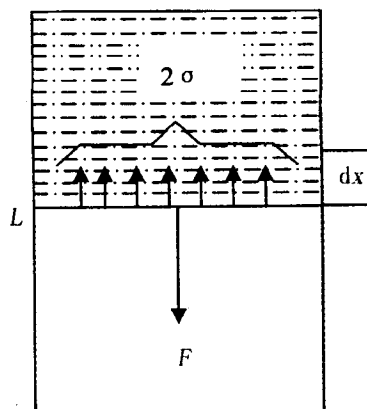


图 1-2 带滑丝的金圈上形成一肥皂膜, 在外力作用下膜被拉伸