

孔祥应 主编

能源与环境保护



中国科学技术出版社

能源与环境保护

孔祥应 主编

中国科学技术出版社

内 容 提 要

随着我国人口剧增、经济持续发展,要求加快发展能源工业,同时也带来了环境污染和对生态的破坏。本书对这两方面的问题进行了全面地论述,提出采取宏观控制同技术处理相结合的综合治理措施,并对举世瞩目的温室效应、酸雨和臭氧层破坏的形成过程及其危害作了介绍。全书共分12章,分别介绍了化石燃料、人口和能源消耗、发电和电力消费、节能和综合利用、各种污染及治理等。可供从事能源、环境保护有关的科技和管理人员参考,亦可作为大专院校和培训班教材。

(京)新登字175号

能源与环境保护

朱桂兰 主编

责任编辑:朱桂兰

封面设计:赵一东

技术设计:赵丽英

中国科学技术出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市平谷县大北印刷厂印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:16.5 字数:400千字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印刷:1—3650册 定价:5.50元

ISBN7-5046-0407-0/X·15

前 言

人类文明始于能源的利用,能源的开发和利用是人类社会生产力发展的主要因素之一。能源开发和利用的广度及深度也是当代国家工业化程度的重要标志。现在我国经济正处于重要的发展时期,工业化还处于初期发展的阶段。为了加速工业化的进程,要求能源工业超前或至少与经济同步发展,尤其是电力工业。因此,加快能源工业的发展势在必行。

自1860年以来,化石燃料一直占据世界能源的主要地位,每年燃烧大量的化石燃料,实践表明,化石燃料的开采和燃烧是污染环境和破坏生态平衡的主要污染源。主要是由工业发达国家造成的。举世瞩目的由温室效应引起的地球表面气温升高和酸雨的危害,都是燃烧化石燃料而形成的。

我国目前煤炭产量居世界之首,在一次能源中煤炭约占74%,其中转换成清洁、方便的电能的仅占23%,从而使大气呈煤烟型污染。尤其在城市,工业的发展使煤炭消费量迅速增加,造成大气污染的问题日益突出。另外,煤炭在开采和利用过程中还会造成其它环境问题,如水土流失、植被破坏、产生泥石流及大量煤矸石煤渣等。

在今后相当长的时间内,我国能源仍然以常规能源为主。发展能源工业和保护环境是十分复杂的课题包含着一系列的矛盾,如能源储量和开采量、能源生产和消费、能源利用和节约能源、生态破坏和影响、环境污染和治理等。解决这些矛盾要从整体上考虑,以科学方法综合研究每对与诸对矛盾之间的相互作用,相互制约的规律,以据此制定的政策为导向,支持合理投入,采取多种相应的技术,缓解这些矛盾,以促进工业化程度的提高。

基于以上的见解,本书着力以加快能源的开发、利用与保护环境;生态平衡的相互作用与相互制约为主要线索来讲述。书中应用详实数据和科学依据阐述加快发展我国常规能源工业的重要性和紧迫性,介绍我国能源工业的发展现状及前景,分析我国能源工业当前存在的主要问题及其对策。同时,还阐述了化石燃烧的开采和燃烧利用的过程中所引起的大气污染、水污染、热污染以及影响生态平衡的原理及其危害。介绍了控制环境污染和防治生态平衡被破坏的可行的措施。

本书内容具有以下的特点:针对性强、突出实践、内容充实。能源是现代经济发展的三大支柱(能源、材料、信息)之首,而它又是主要的污染源,对环境和生态都有重要的影响;针对我国特色把有关技术的方针和政策同能源生产建设及环境保护和防治生态的具体技术紧密地结合在一起;本书着重在分析和解决我国能源规划、设计、生产建设及其工艺过程中所产生环境、生态的实际问题;全书共分十二章四大部分,即化石燃料及污染的防治;实用污染气象学及扩散模型、大气污染和治理技术以及最优控制的方法;开发、利用核能发电和水力发电的重要性及其产生与环境问题的防治方法。全书由以上四大部分有机地联系在一起构成。写作方法,力求通俗易懂、图文结合、数据详实,并附有例题,但在

论及有些问题时又有一定深度。另外，该书既不同于一般概论书又不是专业技术书，它具有二者特征。因此，本书既适用于有关科技工作者及管理人士的参考，又可作为大专院校教材。读者对象主要是具有高中、大专文化程度，有些内容可供能源、环境有关专业的大学以上文化程度的人员参考。

参加本书编写的还有崔志澄、汪永菁和李裕娴等同志。在编写过程中能源部安全环保局徐风刚同志热忱支持，提供大量材料并提出许多宝贵的修改意见，表示由衷的感谢。

孔祥应

1990年12月

目 录

绪 论	(1)
第一章 化石燃料	(3)
第一节 煤	(3)
一、世界煤炭资源储量	(3)
二、我国煤炭储量的分布	(4)
三、煤的组成和结构	(5)
四、煤成分的表示法及换算	(6)
五、煤的发热量计算及其分类	(9)
六、灰分和硫	(10)
第二节 煤炭开采和环境	(11)
一、露天和地下开采对环境的影响	(11)
二、防治生态平衡破坏的方法和措施	(13)
三、煤矸石的利用	(16)
四、煤炭污水处理和利用	(17)
第三节 石油和天然气	(18)
一、石油的组成、性质及用途	(18)
二、世界和我国石油的产状	(19)
三、石油污染	(21)
四、天然气	(23)
第二章 人口和能源	(26)
第一节 人口	(26)
一、人口的统计参数和计算公式	(26)
二、世界人口增长的情况	(27)
三、中国人口增长及其控制	(28)
第二节 能源消耗	(32)
一、化石燃料消耗的情况	(32)
二、我国能源生产和消费	(35)
三、化石燃料的枯竭	(37)
第三章 燃烧	(39)
第一节 燃烧的基本概念	(39)
一、空气过剩系数	(39)
二、煤的燃烧过程	(40)
三、石油燃烧	(41)
第二节 燃烧产物的生成	(42)

一、空气污染浓度的表示方法	(42)
二、挥发物	(43)
三、氮氧化物的生成	(44)
四、硫化物的生成	(45)
五、一氧化碳和二氧化碳的生成	(46)
六、碳氢化合物的生成	(47)
七、铅化物	(48)
八、烟尘的产生	(48)
九、光化学烟雾	(49)
第三节 燃烧产物的计算	(51)
一、燃料燃烧所需的空气量计算	(52)
二、燃烧生成烟气量的计算	(53)
第四章 发电和电力消费	(58)
第一节 发电	(58)
一、概述	(58)
二、火力发电的效率	(61)
三、锅炉容量及其效率	(61)
四、效率和热经济性指标	(62)
第二节 电力消费	(66)
一、电力消费量和构成	(66)
二、家用电器耗电量	(69)
第五章 节约能源和综合利用	(70)
第一节 节能及其潜力	(70)
一、节能概念	(70)
二、为什么要节能	(71)
三、节能潜力	(72)
第二节 简要的节能技术	(73)
一、燃烧和热能利用系统的节能技术	(73)
二、电能供应和利用系统的节能技术	(75)
第三节 集中供热和热电联产	(80)
一、概述	(80)
二、国内外集中供热状况	(82)
三、集中供热评价	(83)
四、集中供热系统的热负荷	(84)
五、影响热电联产的几个主要因素	(87)
第四节 粉煤灰的污染和利用	(89)
一、粉煤灰物理化学性质	(90)
二、粉煤灰对环境的污染	(90)
三、粉煤灰的利用及其展望	(91)

四、粉煤灰的利用效益·····	(94)
第五节 冲粉煤灰水处理与利用·····	(94)
一、概述·····	(94)
二、冲灰水的水质·····	(95)
三、热排水中和稀释灰水排放·····	(96)
四、灰水闭路循环重复利用·····	(96)
第六章 热污染·····	(98)
第一节 温室效应·····	(98)
一、太阳辐射和气体吸收·····	(98)
二、什么是温室效应·····	(99)
三、砍伐森林与温室效应·····	(103)
四、气温的上升的影响及防治·····	(103)
第二节 热排水·····	(104)
一、热排水的概念·····	(104)
二、对水物理性质的影响·····	(105)
三、对水温的影响·····	(106)
四、对水化学性质的影响·····	(106)
第三节 冷却塔·····	(110)
一、冷却塔及其冷却过程·····	(110)
二、冷却塔的环境污染和循环排污水回收·····	(111)
第七章 大气污染·····	(114)
第一节 大气的组分及污染形成·····	(114)
一、大气的结构·····	(114)
二、大气的组成·····	(115)
三、大气污染的形成·····	(116)
四、当代世界大气污染的状况·····	(116)
五、我国大气污染情况·····	(117)
第二节 大气污染的危害·····	(118)
一、大气污染事件·····	(118)
二、污染物对人体危害的分类·····	(119)
三、污染物在生物体内积累·····	(121)
第三节 大气环境标准·····	(124)
一、大气质量标准·····	(124)
二、大气污染物排放标准·····	(125)
第四节 酸雨·····	(128)
一、概述·····	(128)
二、酸雨的形成·····	(129)
三、酸雨的危害及治理·····	(130)
四 土壤和湖泊的酸化·····	(130)

第八章 大气污染气象学	(133)
第一节 风和湍流	(133)
一、风	(133)
二、湍流	(141)
第二节 气温、逆温和云	(142)
一、气温	(142)
二、温度层结	(143)
三、逆温层	(144)
四、云	(147)
第三节 大气稳定度及其分类	(147)
一、大气稳定度	(147)
二、稳定度分类	(150)
第九章 烟气扩散浓度的估算	(155)
第一节 烟气扩散的高斯模型	(155)
一、为什么普遍选用高斯模型	(155)
二、高斯模型的适用条件	(155)
三、扩散模型	(155)
四、我国选用扩散参数的方法	(158)
五、扩散参数的计算公式	(158)
第二节 烟气抬升	(166)
一、抬升的概念	(166)
二、抬升公式	(167)
第三节 烟囱高度计算及厂址选择	(168)
一、烟囱高度对烟气扩散的作用	(168)
二、烟囱高度的计算	(169)
三、烟囱高度设计还应注意的问题	(170)
四、厂址的选择	(170)
第十章 大气污染的控制	(173)
第一节 除尘技术综述	(173)
一、颗粒状物的概述	(173)
二、除尘设备的分类	(175)
三、典型除尘设备介绍	(175)
第二节 脱硫技术综述	(181)
一、水洗	(181)
二、干吸收法	(181)
三、半干吸收法	(182)
四、湿吸收法	(183)
第三节 脱氮技术综述	(184)
一、概述	(184)

二、沸腾燃烧法.....	(184)
三、二段燃烧法.....	(185)
四、选择性非催化法.....	(186)
五、选择性催化法.....	(186)
第四节 城市区域大气污染最优控制.....	(187)
一、大气污染控制系统和数学模型.....	(187)
二、实例.....	(191)
第十一章 核电站与环境	(196)
第一节 核电站.....	(196)
一、世界核电发展的状况.....	(196)
二 我国核电站的建造及展望.....	(198)
第二节 核电站放射性来源、性质和危害.....	(199)
一、核电站放射性来源.....	(199)
二、放射性性质与物质相互作用.....	(204)
三、辐射对人体的伤害.....	(207)
四、核电站正常运行时对环境的影响.....	(208)
第三节 核电站放射性三废处理技术.....	(209)
一、核电站放射性废物处理方法概述.....	(209)
二、核电站放射性固体废物处置.....	(217)
三、核电站放射性三废处理系统.....	(219)
第四节 核电站安全和事故.....	(226)
一、核电站安全.....	(226)
二、核电站事故及其分类.....	(232)
三、未来核电站安全.....	(240)
第十二章 水力发电及其对环境的影响	(241)
第一节 水力发电.....	(241)
一、水力资源.....	(241)
二、世界水力发电状况.....	(241)
三、我国水力资源分布和发电现状及前景.....	(242)
四、加快我国水电发展的依据.....	(244)
五、水电站的组成及水轮机的效率.....	(245)
六、抽水蓄能电站.....	(248)
第二节 发展水电对环境的影响.....	(249)
一、大坝建设阶段对环境的影响.....	(249)
二、大坝建成后对环境的影响.....	(250)
附录 计算多高架源落地浓度的程序.....	(253)

绪 论

人类自古至今所利用的各种能量,如机械性热能、电能、化学能、原子能、光能等的资源总称为能源。它可分为两大部分,一是自然界中存在的天然能源,如煤炭、石油、天然气、水力、风力、铀、植物燃料、太阳能、地热、潮汐能等称为一次能源;二是由一次能源直接或间接转化为人造能源,如电力、汽油、煤油、柴油、重油、焦炭、煤气、沼气等称为二次能源。

人类生存在地球上,其进化和发展都与能源的利用有着极其重要的关系。50万年前北京人便有用火的迹象。人类利用能源的燃烧,以火烧烤禽兽肉和植物根茎,这样可以减少疾病,同时使食物中的蛋白质、淀粉转化成人容易吸收的营养,促进了人的大脑发育,提高人的思维能力,增长智慧。在公元前5000年,我们的祖先用火烧制陶器,以后用火冶炼金属,并逐步利用到其它方面。

煤炭相对大量开采始于公元13世纪,公元18世纪工业革命期间煤炭得到大规模的开采和利用,同时成为世界各国主要的能源。促进了机器工业、交通运输业、化学工业、农业的飞快发展,使工业革命后的100年期间创造的生产力比过去一切时代创造的全部生产力还要多。

能源已成为当代世界各国的经济发展的重要物质基础。工业、农业、交通运输业的发展,在很大程度上都依赖于能源。科学技术的发展也与能源有着十分密切的关系。人们住的楼房及其环境冷暖调节,吃的食物及其生产贮藏、穿的各种衣服、用的各种工具等等,无一不依靠能源。

当代国民经济、科学技术愈发展,人类生活日益富裕,更加依赖于能源。现在世界上利用常规能源煤炭、石油、天然气的燃烧、发电仍占92%,随着经济发展,人们的生活不断提高,对能源需求量也随之增大。然而,常规的煤炭资源、石油、天然气资源却日益减少,因为这种资源是不可再生的资源,所以总有一天,它会枯竭。在常规能源枯竭期尚未来临之际,人类用自己的智慧正在进行两方面的工作。一方面采用新技术提高常规能源热利用率和减少对环境污染;另一方面积极寻求新的能源,开发利用太阳能和风能将会给人类提供几乎取之不尽,用之不竭、对环境无污染的能源。

能源的广泛利用推动着科学经济技术的发展,是人类智慧战胜自然的重要体现,但“对于每一次这样的胜利,自然界对我们进行了报复”。目前,人类正在受到自然界空前凶猛的报复。

世界经济和科学技术的发展,依靠常规能源作为动力将维持一个相当长的时期。尤其是我国在今后相当长的时间内能源结构仍然以煤为主。煤的开采、燃烧,对自然环境的破坏,污染更为严重。露天煤矿的开采大量剥离表土、底土和岩石,使原有的植被遭到毁灭性的破坏。地下煤矿被开采、挖空,导致大片地面发生裂缝和塌陷。矿区堆积成山的煤矸

石，占用大量土地。洗煤水所流之处土地和水体都变成黑色，造成污染。常规能源煤炭、石油、天然气的燃烧过程中排放大量有害烟尘、二氧化硫、氮氧化物等污染物，这些污染物不仅对人体和生物造成直接伤害，同时，二氧化硫、氮氧化物在大气中迁移转化为酸雨、酸雪、酸物，导致土地、湖泊酸化。植被枯死，湖泊生物的生存受到威胁。另外，在燃烧过程中60%的热量没有被利用而被排放到大气和水体中，排放大量的二氧化碳虽然对人体和生物没有直接危害，但是它能吸收大气中部分热量和地表向大气反射的热量，而产生温室效应。它和向大气、水体中排放的废热都会造成全球地表温度升高，这将对生存在地球上的生物和人类产生巨大的威胁。

由此可见，常规能源开采和运输以及燃烧是污染环境的最大污染源。现在人们越来越认识到，人类在大量利用能源的同时，必须要控制污染物的排放，保护人类赖以生存的环境。

第一章 化石燃料

做为常规能源的煤、石油、天然气又被称为化石燃料。许多世纪以来,化石燃料一直是最重要的燃料,目前,人类所需要的动力绝大部分是通过燃烧化石燃料所获得的,并普遍用于家庭加热、取暖,同时还是冶金工业、化学工业的重要原料。

第一节 煤

煤是化石燃料中重要的一种能源。在我国能源结构中煤占70%以上,随着我国四化建设的需要,能源相应要有较大的发展。因为我国煤炭储量相当丰富,仅次于苏联、美国居世界第三位,所以,在能源结构中以煤为主将持续一个相当长的时期。煤炭产量在今后将日益增加。

一、世界煤炭资源储量

一般以“地质资源”作为埋藏在地下的煤炭总量的计量指标,以“技术和经济可采储量”来衡量这些地质资源,可在现有技术和经济条件下加以开采的煤量。在对煤炭资源作

表 1-1 按主要产煤国分的世界煤炭资源、储量与累计产量 (Mt煤当量)

	地质资源	技术经济可采储量	1977~2000年 累计产量**	累计产量与储量之比 %
澳大利亚*	600000	32800	4200	13
加拿大*	323036	4242	1800	***
中华人民共和国*	1438045	98883	20000	20
西德*	246800	34419	3100	9
印度*	81019	12427	3900	31
波兰*	139750	59600	6700	11
南非	72000	43000	3300	8
英国*	190000	45000	3000	7
美国*	2570398	166950	25000	15
苏联	4860000	109900	18000	16
其他国家	229164	55711	14000	25
世界总计	10750212	662932	103000	16

*世界煤炭研究会成员国

**根据世界煤炭研究会方案B

***已发表的加拿大煤储量不能用作此项比较

来源:世界能源会议和世界煤炭研究会国家报告(1980年)

出评价之后,下一步更重要的是估计经济可采的储量。应区分出露天开采的储量和井下开采的储量。“储量”一般指采用现代化方法可以经济地开采的资源。世界煤炭资源的贮存量约为10.8万亿t,其总能量约为 3×10^5 GJ。确定储量约1.4万亿t,其中在现有水平可采储量约6.6千亿t。资源分布见表1~1 (1980年)。

从表中可见煤炭资源大部分集中于北纬30°以北地区。苏联、美国、中国三国占世界总量的90%,苏联的推算储量非常大,约占世界总量的50%以上。

二、我国煤炭储量的分布

我国煤炭资源丰富,据1989年公布,在地下深1500m以内的煤炭总资源量达4Tt。1988年1月1日,经勘探证实的储量为8594亿t,但其中相当于世界资源会议定义的探明储量、即发达国家的实测储量的部分只占33%。

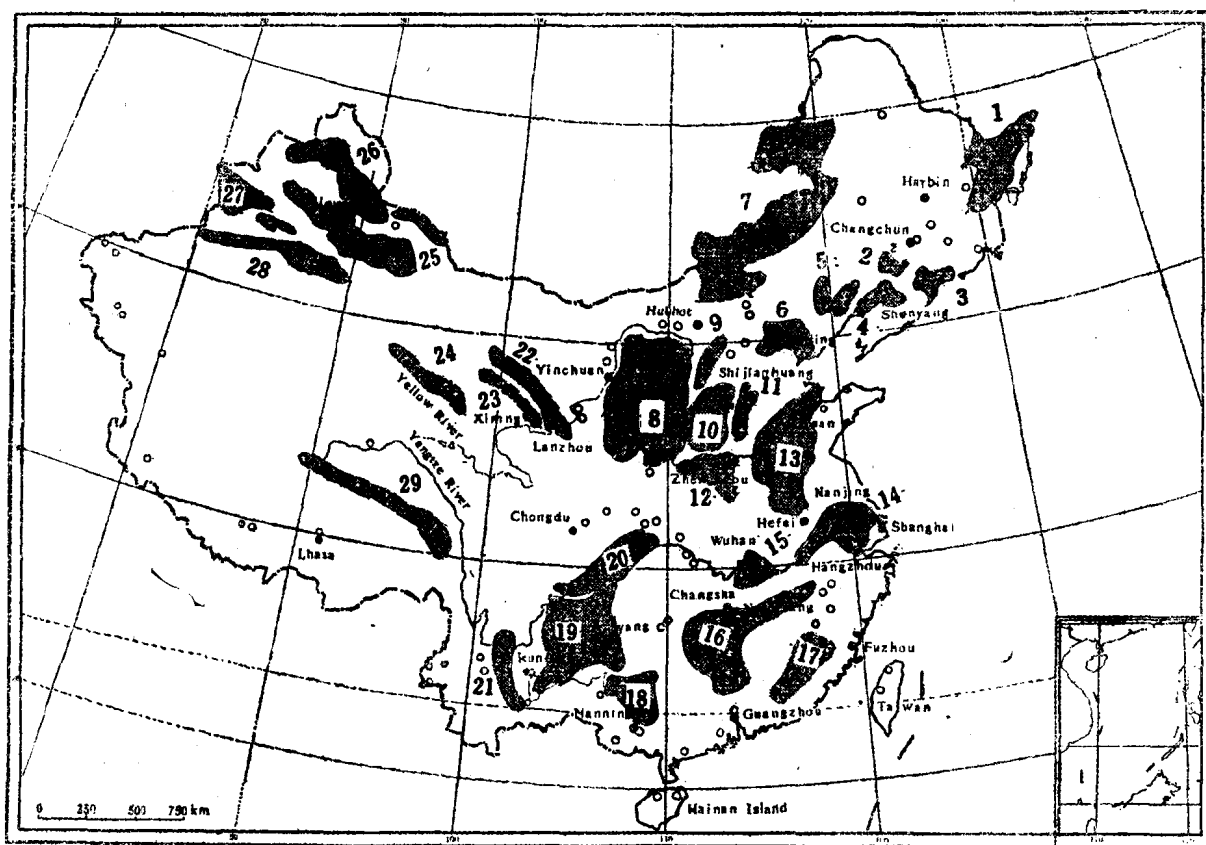


图 1-1 中国煤矿分布略图 (1983)

1—三江穆稜区;2—辽北区;3—浑江区;4—辽河太子河区;5—辽西区;6—京唐区;7—内蒙东部区;8—鄂尔多斯煤田;9—大宁煤田;10—沁水煤田;11—太行山东麓区;12—豫西区;13—苏鲁豫皖区;14—浙苏皖(南)区;15—鄂东南区;16—湘赣粤区;17—闽粤区;18—桂中区;19—黔滇川区;20—华莹山区;21—滇中区;22—河西走廊区;23—大通河区;24—柴北区;25—吐鲁番哈密煤田;26—准噶尔煤田;27—伊犁区;28—塔里木北缘区;29—藏北区。

我国煤炭资源分布广泛,东北起黑龙江三江穆稜区,西北至新疆伊犁河谷,北起鄂尔

多斯盆地，南至桂中平原，含煤面积约55万(km)²，占全国陆地面积的5.73%。我国煤炭资源分布虽然广泛，但是分布极不均衡。现有储量中，80.2%集中在华北和西北，其中山西、内蒙古和陕西分别占28.2%、23.0%和18.0%。加上贵州、新疆、宁夏和安徽这四个省和三个自治区的储量占全国的85.2%。东北、中南分别只占3.1%和3.7%，华东（含主要煤炭储量的安徽省）也只占6.5%。如果以京广铁路为东西分界线，东边储量占15%，西边储量占85%。若以秦岭——大别山划分南北，北部储量占94%，南部储量占6%。

我国能源结构将长期以煤为主，煤炭资源分布偏西北部。现在开发重点又往西移，而经济发展重心偏东南。这将给我国经济发展带来严重的问题。全国煤炭大“旅游”要把西北如新疆、陕西、宁夏和华北山西、河北等省，自治区煤炭运输到东南，还要运输到广东、广西、海南，最长运输距离达1800~3000km。目前煤炭运输量占铁路总运输量的40%，2000年我国的年煤产量可能达到14亿t，预计需从山西能源基地运出近4亿多t煤炭。如果全靠现有的铁路运输将难以实现。因此需要新建、扩建铁路、港口和码头，发展煤炭基地的火力发电和煤的洗选事业，以缓解煤炭运输的困难。

我国的煤炭种类齐全，从褐煤到无烟煤都有，其中以烟煤为主，占全国煤炭储量的70%以上。无烟煤占16%，褐煤只占14%，在烟煤中以动力煤储量最多，占其总储量的一半以上，主要分布在华北地区。炼焦煤主要分布在山西、黑龙江东部、河北、河南、江苏、山东、安徽及贵州省西部地区。无烟煤主要分布在山西和贵州两省。褐煤主要分布在内蒙古及云南、江西等省。

我国煤炭资源质量参差不齐，以华北地区和山西、河北两省为最佳，其次是西北的甘肃和新疆等地以及黑龙江和辽宁。最差的是华南和西南地区的煤炭资源，华南以含硫量高为著称，西南煤以含磷高为特点，有的地方的煤层夹着一层磷矿。

从产煤居位来看，我国煤炭的成煤年代为第三纪褐煤和侏罗纪煤，大多数是低硫煤，且含灰、磷量都低，发热量大，其煤质为最优。上二迭纪和下二迭纪煤中的含灰量高，含硫量南高北低，相差很大，特别是南方不同的煤层中含硫量普遍很高（5~6%以上），而大多以有机硫为主。至于石炭纪煤，不论是上、中、下石炭纪，南方或北方地区都是高硫煤、低灰份，而大多以黄铁矿硫为主。总之，我国煤炭资源中含硫量高于2%的煤居多。

从煤田质量来看，我国西北和华北的煤田层多且厚，例如乌鲁木齐煤田可采煤有30多层，煤层厚度可达160m，个别地方每平方公里面积内储量可达10000万t，易采易选；鄂尔多斯煤田与呼伦贝尔伊敏河煤田，离地表面仅几米至十几米，易露天开采，现在已建成大型露天煤矿。

三、煤的组成和结构

煤是很复杂的固体炭氢燃料。除了所含的水分和矿物杂质成分外，其可燃成分主要是炭和氢，并含少量的氧、氮、硫。它们一起构成有机聚合物。煤就是由很多个不同结构的这种微小的C、H、O、N、S的有机聚合物粒子和矿物杂质，水分等混合而结合成整体的混合物。图1-3是有机聚合物粒子的一种结构模型平面图，可以看到煤的可燃成分的结构主体是以碳原子构成的六角形层状物。而且上下是多层迭置的，在其边缘则连结着各种链状和环

状的碳氢化合物,还夹杂着一些O、N、S原子。这些多种有机聚合物粒子间常由不同的碳氢支链互相连结成更大的粒子,大粒子间夹杂着各种矿物质。

四、煤成分的表示法及换算

煤中各种成分的多少是通过元素分析获得的。燃料的元素成分分析主要用作锅炉设计时的原始数据和燃料燃烧及燃烧过程中各种污染物的计算依据。

煤中水分和矿物杂质成分随着开采、运输和贮存条件的不同而变化很大的。煤中水

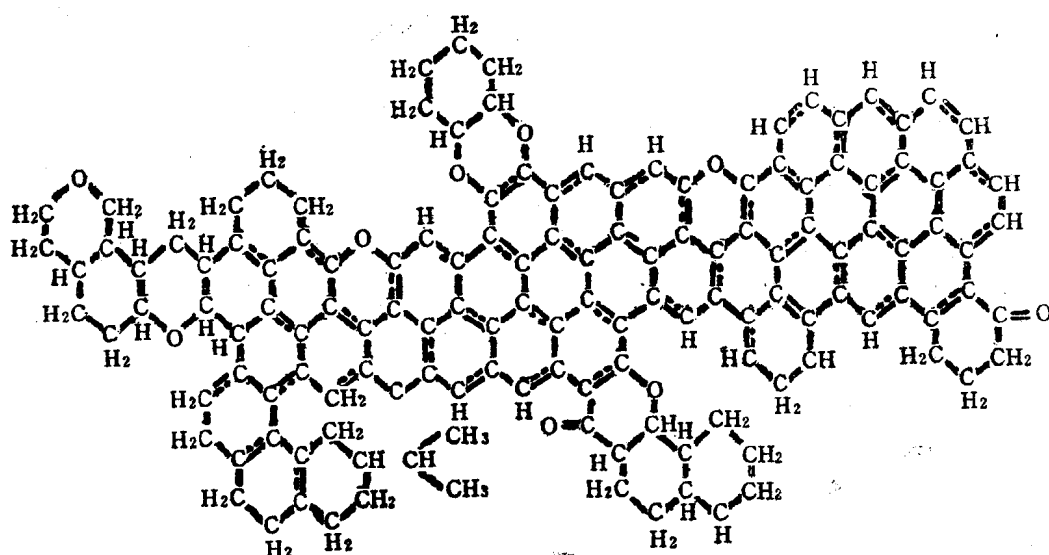


图 1-2 煤的可燃有机聚合物粒子的结构模型平面图

分还与气候条件有关。但煤中碳、氢、氧、氮和硫的绝对含量是不变的。为了更确切地说明煤的特性评价和比较各种煤,将煤的分析结果用应用基,分析基、干燥基和可燃基(基是计算基数的意思)来表示煤在不同条件下各种成分含量的重量百分数组成。

煤的应用基就是以进入锅炉准备燃烧的煤为分析基准,也就是拿炉前应用的煤分析所得的各种成分的重量百分数。分别用相应组成成分符号右上角码“y”表示,A代表灰分,W代表水分,其组成式可写成:

$$C^y + H^y + S^y + O^y + N^y + A^y + W^y = 100\% \quad (1-1)$$

当煤在实验室条件下(温度为20℃相对湿度为60%)进行风干后剩余下的水分称为分析基水分,它包括全部内水分和部分外水分。煤的分析基就是炉前使用的煤经风干后为分析基准所得的组成成分的重量百分数。分别用相应组成成分符号右上角加“f”表示,其组成式变为:

$$C^f + H^f + S + O + N + A + W^f = 100\% \quad (1-2)$$

同一种煤水分一变,其它各种成分也随着变化,为了表示一种煤比较稳定的成分含量,可采用干燥基来表示煤的成分。煤的干燥基就是将煤烘干除去全部水分后,分析所得的组成成分的重量百分数,用相应成分符号右上角加“g”表示,其组成式可写成:

$$C^g + H^g + S^g + O^g + N^g + A^g = 100\% \quad (1-3)$$

煤的含灰量变化很大，为了更明确地表示煤特性的稳定组成，可采用可燃基来表示煤的成分，煤的可燃基就是将煤的水分，灰分扣除后其它各组成成分的重量百分数。用相应成分符号右上角加“r”表示，其组成式可写成：

$$C^r + H^r + S^r + O^r + N^r = 100\% \quad (1-4)$$

上述四种基的表示方法要根据具体情况需要来加以选用。如煤矿的煤质资料常以可燃基作为基数。计算燃烧过程中产生的污染物的量以应用基当作基数为宜。灰分以干燥基灰分 A^g 表示，水分以分析基水分 W^f 表示。在锅炉的热力计算中都采用应用基成分来计算。另外，四种基中各种成分可以通过（1—1至1—4）式相互换算。例如，已知可燃基含炭量是 Cr ，求应用基含炭量 C^y 、 C^r 是 C^y ， H^y ， S^y ， O^y 及 N^y 五种成分作为计算基数的百分数、即

$$Cr = \frac{C^y}{C^y + H^y + S^y + O^y + N^y} = \frac{C^y}{100 - A^y - W^y} \times 100\% \quad (1-5)$$

$$C^y = Cr \times \frac{100 - A^y - W^y}{100} \quad (1-6)$$

可燃基的其它成分都用相仿的方法组成相应的应用基成分、它们的换算系数都是：

$$\frac{100 - A^y - W^y}{100} \quad (1-7)$$

例如，已知分析基含碳量 C^f ，求应用基含碳量是 C^y ，用干燥基含碳量 C^g 是 C^y ， H^y ， S^y ， O^y ， N^y 及 A^y 六种成分作为计算基数的百分数，也是 C^r ， H^r ， S^r ， O^r ， N^r ，及 A^r 六种成分作为计算基数的百分数，即

$$C^f = \frac{C^y}{C^y + H^y + S^y + O^y + N^y + A^y} = \frac{C^y}{100 - W^y} \times 100\% \quad (1-8)$$

$$C^g = \frac{C^f}{C^f + H^f + S^f + O^f + N^f + A^f} = \frac{C^f}{100 - W^f} \times 100\% \quad (1-9)$$

$$C^y = C^f \times \frac{100 - W^y}{100 - W^f} \% \quad (1-10)$$

分析基的其它成分即可用相仿的方法换算为相应的应用基成分，它们的换算系数都是：

$$\frac{100 - W^y}{100 - W^f} \quad (1-11)$$

煤的其它各种基之间的换算系数可用类似的方法求出，现将不同基的成分的换算系数列于表1-2中。

欲求基成分 = 已知基成分 × 换算系数 K

燃烧成分换算系数 K

由前所述。炉前使用的煤风干后仍旧残留在煤中的水分，称为分析基水分 W^f ，而在风干过程中逸出的水分，即为风干水分 W_y^f （它的基数是应用基）。风干水分和分析基水