

# 煤炭利用与环境保护

全国环境保护科技长远规划组

海洋出版社

# 煤炭利用与环境保护

中国环境科学出版社

中国环境科学出版社

# 煤炭利用与环境保护

全国环境保护科技长远规划组

海洋出版社

1984年·北京

## 内 容 提 要

本书分析了煤炭在世界能源构成中的地位及环境影响,全面地介绍了美国、英国、日本、西德、苏联、印度等国家煤炭利用与环境保护的情况,并结合国情提出了控制我国煤炭利用的环境污染的战略措施。可供从事环保科研、教学和管理的人员及有关同志参考。

考。

### 煤 炭 利 用 与 环 境 保 护

全国环境保护科技长远规划组

责任编辑 张长户

海 洋 出 版 社 出 版

北京复兴门外海贸大楼

沈阳市第六印刷厂印刷

1984年10月第一版 开本: 787×1092 1/16

1984年10月第一次印刷 印张: 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub>

印数: 1—5000 字数: 224千字

统一书号: 13193·0474 定价: 1.90元

(内 部 发 行)

# 前 言

自1973年世界性的石油危机以来，煤炭在世界能源构成中的地位正在逐步加强。能源的这种变化，对环境特别是对大气环境，有着深远的影响。各国都在加紧研究煤炭的综合利用技术和污染控制措施。

煤炭是我国的第一能源。目前，煤炭加工与燃烧技术落后，管理不善，综合利用水平低。这不仅导致能源浪费和经济损失，而且造成严重的环境污染。

认真分析总结国外煤炭利用与污染控制的经验，结合国情研究制定控制燃煤环境污染与改善环境质量的战略措施，对于实现我国环境保护的战略目标，具有非常重要的意义。

全国环保科技长远规划组在编制规划的过程中，多次邀请专家、工程技术人员、环保工作者对我国的能源环保对策进行深入的讨论，并提出了许多宝贵意见。

为了系统地总结国内外环境保护的经验，我们组织编写了这本专题文集。由规划科技情报研究组吴景学、毛文永、刘双进、高达治、张康生编写，中国环境科学学会顾问吴锦教授审定。

在编写过程中，查阅了1983和1984年美国的化学文摘、环境文摘，日本的科学技术文献速报环境公害编、能源编。主要参考了国际能源机构1983年出版的Coal Use and the Environment，日本环境技术研究会出版的石炭利用技術マニュアル；近几年的英文刊物Colliery Guardian, Fuel Processing Technology, Journal of Mines Metal and Fuels等；日文刊物燃料协会誌、公害と対策、産業公害等；俄文刊物Кокс и Химия, Уголь等；中文资料《能源政策参考资料》、《能源研究》、《煤炭加工利用通讯》、《煤炭综合利用》、《城市煤气》、《世界煤炭技术》等；还有环保科技长远规划大气专题组及有关同志提供的基础资料。因涉及的文献很多，未逐条列出。在专题文集出版之际，向所有提供资料的同志表示感谢。

本专题文集涉及的内容范围很广，由于编者水平所限，加之时间仓促，缺点错误在所难免，欢迎读者批评指正。编者提出的一些看法和建议，很不成熟，仅供参考和讨论。

全国环保科技长远规划组

一九八四年十月

# 目 录

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 煤炭在世界能源中的地位及环境影响..... | ( 1 ) |
| 美国的煤炭利用与环境保护.....     | (11)  |
| 英国的煤炭利用与污染控制.....     | (44)  |
| 日本控制燃煤大气污染的技术途径.....  | (70)  |
| 西德的煤炭利用与环境保护.....     | (100) |
| 苏联的煤炭利用与环境保护.....     | (114) |
| 印度的煤炭利用与环境.....       | (133) |
| 我国的煤炭利用与环保战略.....     | (146) |

# 煤炭在世界能源中的地位及环境影响

煤炭是工业的粮食，是世界的基本能源和重要的工业原料。第二次世界大战以后，石油虽取代煤炭成为能源消费的主体，使人类在能源消费上从煤炭时代跨入石油时代，但煤炭仍是仅次于石油而和天然气相当的重要能源。1973年世界石油价格的大幅度提高，使各国纷纷调整其能源消费结构，降低石油和天然气比重，提高煤的使用量。随着科学技术的进步，人们对煤炭资源进行综合开发、综合利用的认识在加深，范围在不断扩大，煤炭将为人提供越来越多的财富，而煤炭利用引起的环境问题也会因技术的进步而得到有效的控制。所以，煤炭在未来的社会发展中将起着更为重要的作用，人们称“煤炭是通往未来的桥梁”。

我国煤炭资源非常丰富，在能源生产和消费结构中均占有十分重要的地位，它不仅是我国国民经济各部门最主要的动力源泉，同时也是某些工业的重要原料与人民日常生活不可缺少的燃料。为实现本世纪末工农业总产值翻两番的宏伟目标，能源的开发和利用是先决条件，而煤炭是我国的第一能源，目前由煤炭造成的环境污染已相当严重。因此，认真总结分析国外煤炭利用与污染控制的经验，结合国情研究控制环境污染，改善环境质量的战略措施，对于实现第二次全国环境保护会议上提出的我国环境保护的战略目标，即到2000年，力争全国环境污染问题基本得到解决，自然生态基本恢复良性循环，城乡生产生活环境清洁、优美、安静，全国环境状况基本上能够同国民经济的发展和人民物质文化生活的提高相适应，具有非常重要的意义。

## 一、煤炭在世界能源中的地位

人类最早使用的能源是木柴。自从工业革命以来，木柴日益匮乏，而且木柴的能量有限，不足以推动大功率的蒸汽机，于是煤炭逐渐代替木柴，生产规模和利用范围急剧扩大。在工业革命后的一个多世纪里，煤炭的利用占能源总利用量的80%以上，对人类的文明和社会的发展作出了巨大的贡献。到了本世纪五十年代，由于石油和天然气的发展，煤在能源中的统治地位逐渐为石油所代替，这种状况一直持续到七十年代。

从1973年世界性的石油危机以来，煤炭的使用量逐渐增加，由于煤炭的储量丰富，燃烧技术日益提高，因而煤在世界能源中的地位正在加强，有重新占据能源统治地位的趋势。世界能源的这种变化，对环境特别是对大气环境，有着深远的影响。

### 1. 世界煤炭储量

根据1977年9月“第10次世界能源会议”资料，世界煤炭总储量约有10万亿吨。其中发热值在5700千卡/公斤以上的硬煤(无烟煤、沥青煤)为7.7万亿吨；发热值在5700千卡/公斤以下的褐煤约2.3万亿吨。从储藏地域来看，亚洲占5.5万亿吨，北美1.3万亿

吨，欧洲0.5万亿吨，这三个地区占总储量的95%。从国家来看，苏联占4万亿吨，中国1.4万亿吨，美国1.2万亿吨。这三个国家是煤炭储量最丰富的国家，约占世界煤炭总储藏量的60%。其它储煤较多的国家有西德2300亿吨，澳大利亚2100亿吨，英国1600亿吨，波兰1200亿吨，加拿大近1000亿吨。

含水份较多、发热值较低的褐煤约占煤炭可采储量的23%，主要分布在美国、苏联、澳洲、东德和西德。由于褐煤易自燃起火，长途运输困难，除苏联和东、西德之外，开采利用得还较少。

现在，由于技术经济的限制，人类还只能开采埋深较浅、煤层较厚以及热值较高的煤炭，大部分煤炭储藏还只是一种后备资源。按照现在的技术水平，在技术上和经济上可采的煤炭储量仅有6630亿吨，称为可采储量，仅占总储量的百分之几。但是，即使是这百分之几的储量，折合成热量已是石油储量的5倍以上（表1）。而且，这些储量是在石油丰富的年代中探明的，随着地质勘探范围的扩大，探明储量还将增加。

表1 世界煤炭储量及分布 (百万吨)

| 国 家   | 地质学资源量  |         |          |          | 技术经济可采埋藏量 |        |        |        |
|-------|---------|---------|----------|----------|-----------|--------|--------|--------|
|       | 硬 煤     | 褐 煤     | 合计 (1)   | 合计 (2)   | 硬 煤       | 褐 煤    | 合计 (1) | 合计 (2) |
| 美 国   | 1190000 | 1380398 | 2570398  | 2570398  | 113230    | 64358  | 177588 | 166950 |
| 加 拿 大 | 96225   | 19127   | 115352   | 323036   | 8708      | 673    | 9381   | 4242   |
| 印 度   | 55575   | 1224    | 56799    | 81019    | 33345     | 355    | 33700  | 12427  |
| 西 德   | 330300  | 16500   | 346800   | 246800   | 23919     | 10500  | 34419  | 34419  |
| 英 国   | 163576  | —       | 163576   | 190000   | 45000     | —      | 45000  | 45000  |
| 南 非   | 57566   | —       | 57566    | 72000    | 26903     | —      | 26903  | 43000  |
| 澳大利亚  | 213760  | 48374   | 262134   | 600000   | 18128     | 9225   | 27353  | 32800  |
| 苏 联   | 3993000 | 867000  | 4860000  | 4860000  | 82900     | 27000  | 109900 | 109900 |
| 波 兰   | 121000  | 4500    | 125500   | 139750   | 20000     | 1000   | 21000  | 59600  |
| 中 国   | 1424680 | 13365   | 1438045  | 1438045  | 98883     | —      | 98883  | 98883  |
| 其 他   | 79152   | 49942   | 129094   | 229164   | 21456     | 30781  | 52237  | 55711  |
| 世界合计  | 7724834 | 2400430 | 10125264 | 10750212 | 492472    | 143892 | 636364 | 662932 |

注：硬煤、褐煤及其合计（1）根据第10次世界能源会议资料（1977）；

合计（2）一栏的数据来源于“煤——通向未来的桥梁”（1980）。

## 2. 世界煤炭生产

据联合国统计，1978年世界煤炭的总产量约为：硬煤26亿吨，褐煤10亿吨。其中主要的产煤国的硬煤生产量为：中国6亿吨，美国5.65亿吨，苏联5.56亿吨。三大产煤国的产量占世界总产量的三分之二。其它达到亿吨产量的国家有：波兰1.93亿吨，英国1.22亿吨，印度1.01亿吨。1978年世界煤炭的产量比1964年增长约33%，其中中国、澳大利亚、南非、加拿大、北朝鲜等增长2倍以上，印度、苏联、波兰、美国等增长

1.2—1.5倍，但西德、英国、法国生产量减少。

目前，煤炭不象石油那样，在世界很大的范围内流通，煤炭由于有储存、运输上的困难，大部分为生产国自己使用，只有小部分供出口流通。例如1977年世界煤炭的输出只占总量的8—10%，即只有不到2亿吨供出口。澳大利亚和加拿大生产的煤有一半供出口，分别占其产量的49%和52%，其它煤炭出口国主要有苏联、美国、英国、波兰、西德、南非，分别占其煤炭产量的5%、8%、2%、21%、16%和15%，详见表2。

表2 世界主要产煤国产量与输出量

| 国 家   | 产量 (千吨) |        |        | 出口量 (千吨) |       |
|-------|---------|--------|--------|----------|-------|
|       | 1976    | 1977   | 1978   | 1976     | 1977  |
| 美 国   | 598513  | 606918 | 565467 | 54535    | 49318 |
| 加 拿 大 | 20799   | 23042  | 24419  | 11762    | 12069 |
| 西 德   | 96325   | 91316  | 90164  | 13019    | 14554 |
| 波 兰   | 179303  | 186112 | 192862 | 39200    | 39210 |
| 英 国   | 122302  | 120820 | 121696 | 1436     | 1941  |
| 苏 联   | 494377  | 499768 | 555600 | 26896    | 25800 |
| 南 非   | 74600   | 85398  | 90600  | 5961     | 12765 |
| 澳大利亚  | 74948   | 72400  | 74950  | 31158    | 35527 |

### 3. 煤在能源战略转变中地位的提

本世纪以来，随着工业生产的扩大和人口的不增长，能源生产和消费一直在持续不断地上升，其中尤以石油的增长最为显著。七十年代，石油稳定地占世界能源消费的50%。如1978年，世界石油占能源总消费的50%以上，煤占26%，天然气占17%。据有关方面测算，按照目前的开采水平，世界石油储量仅够开采30年，因而在未来的世界能源供应中，石油将出现短缺。例如，1980年全世界的原油产量为5965万桶/天，已比1979年减少了5%，进入1981年以后，石油产量持续下降，处于石油需求旺季的第一季度的生产实际情况，还没有达到1977年以后四年平均生产量的标准。据世界代用能源战略研究组估计，从八十年代后期开始，石油能源将出现短缺，到九十年代短缺量还会迅速增加。1985年的石油短缺量每天为210万桶，1990年为570万桶，2000年可能达到每天2000万桶。

为了填补石油短缺，世界能源的战略选择概括起来有两种：一是发展替代能源，以补充石油的不足；二是大力节约能源，以使短缺量尽量减少。这两种战略，一般都是同时采用的。

八十年代世界能源的战略重点是全力谋求石油供应的稳定，大力开发以煤炭和核能为主的替代能源。同时积极推行旨在减少能源需求的节能政策，以确保八十年代经济增长的能源需要量和实现向未来能源的过渡做好准备。在替代能源的发展中，核能虽比煤炭有更大的前途，但核能因技术及安全上的考虑，短期内发展尚存在一定的困难，只有煤炭将成为近期主要发展的替代能源。

目前,煤炭占世界能源需求的四分之一以上。煤炭储量极为丰富,能够在相当长的时间内满足不断增长的能源需要。煤炭的开采、运输和利用技术是成熟的,并在不断地改进,其气化、液化等技术,将在九十年代或以后有重大改进,煤炭使用范围将大大扩大。此外利用现有技术,已可以使煤炭燃烧符合健康、安全及环境保护的高标准要求,而且因煤炭分布极其广泛,开采运输方便,不会过高地增加成本,因而煤炭的利用势将迅速扩大。

目前,煤炭在世界能源战略转移中的地位不断提高。1979年在威尼斯召开的西方七国首脑会议确定:“将石油消费比例从目前的54%降到1990年的40%,为此建议到九十年代初将煤炭的生产和消费增加一倍”。美国1978年10月制定的国家能源法规定,除经特许者外,新建发电设备及工业锅炉禁用石油、天然气而改烧煤炭。联邦德国在1977年制定的能源规划中也强调煤的重要性,禁止新建发电厂使用石油和天然气,并对煤的开采、洗选和气化、液化新技术的研究给予资助。1980年5月由美、英、西德、中国、印度、波兰等16个国家组成的世界煤炭研究会,曾以“煤炭——通向未来的桥梁”为题发表了研究报告。报告认为:“今后二十年内,石油在国际贸易中很可能要减少。强有力的节能措施,制定和迅速实施原子能、天然气、非常规油源和气源、太阳能、其它可再生能源和新技术的发展计划,都不足以满足日益增长的世界能源需求。为实现从目前到2000年这段时期的世界经济增长,即使是中等程度的增长,大力扩充煤炭生产、运输和利用设施,实为当务之急。煤炭不增长,前途将是黯淡的。”

据研究,在今后二十年内,煤炭必须供给世界能源增长需求的二分之一到三分之二。要达到这个目的,世界煤炭产量必须比1977年的水平增长1.5—2.0倍。

## 二、煤炭利用的技术体系及环境影响

煤炭的利用可分两部分。一是原料用的原料煤;二是动力用的燃料煤。原料煤主要是煤的焦化和干馏,生产焦炭、各种炭材和化工原料,干馏的副产气体是高热值可燃气体,可用于燃烧发电或民用。燃料煤的利用又可分为直接利用——一般燃烧和流化床燃烧;加工利用——以煤为主的各种混合燃烧技术和型煤;转化利用——煤的气化和液化技术。图1是煤炭利用的技术体系。

在世界煤炭的消费中,大部分是用作燃料煤。燃煤与燃油相比较,所造成的环境负荷要大得多。煤的发热量比油低,为获得同等的发热量,燃用量约为重油的1.5倍,灰分更是重油的100—300倍之多,排尘量甚至比油多150—450倍。有的含硫量可能比重油低,但因用煤量大,排出的硫氧化物反而可能更多。煤的含氮率约比重油高五倍,因而 $\text{NO}_2$ 的产生量也高于重油。燃煤造成的重金属污染比燃烧石油多数倍至数十倍,例如汞,即使是含汞较低的煤炭,汞污染亦达石油的两倍,天然气的4倍;镉等亦比石油多4倍,此外,煤的含硫、含氮均比石油高,因而产生的 $\text{SO}_x$ 和 $\text{NO}_x$ 污染物都比石油和天然气高。煤炭的运输、贮存等都会造成一定的环境问题。

燃煤造成的环境效应主要是大气污染。一个1万千瓦的燃煤电厂年耗煤300万吨,如果煤的含硫率2%,热效率38%,那么一年向大气排放的污染物:颗粒物3000吨,

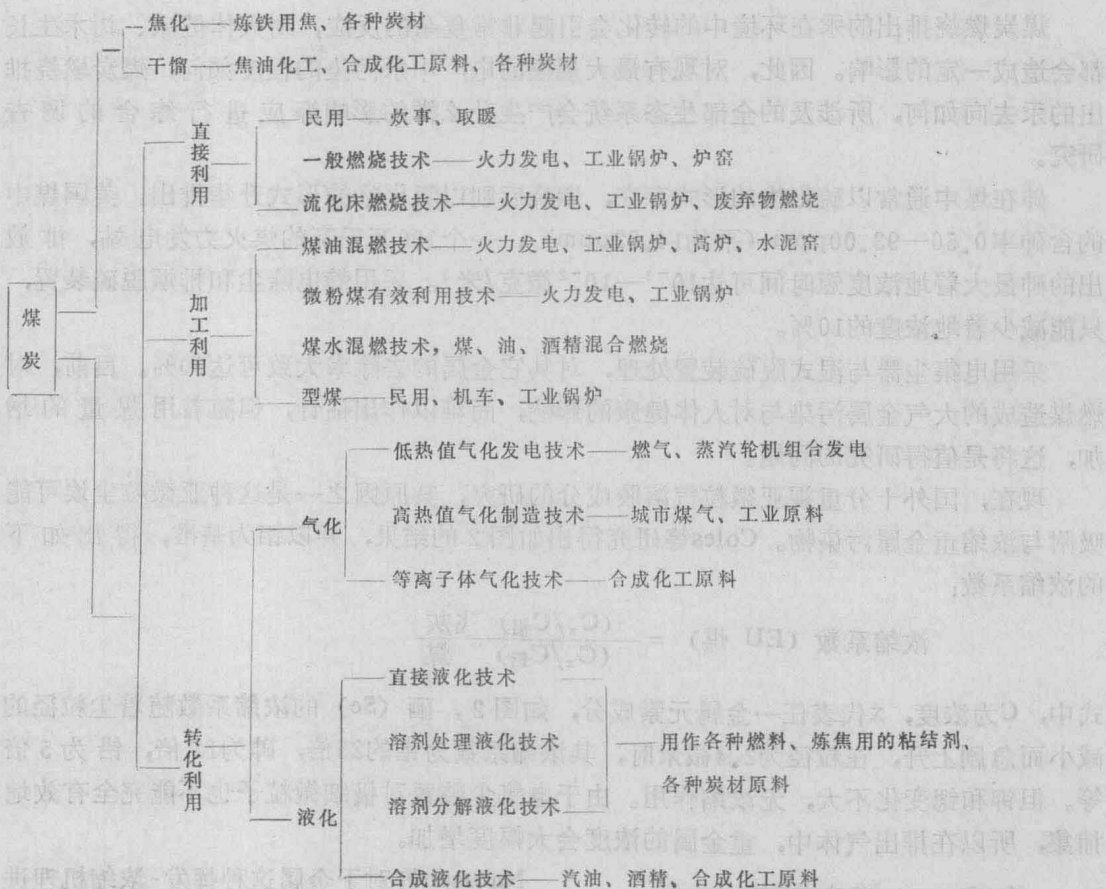


图1 煤炭利用的技术体系

$O_x$  110000吨,  $NO_x$  27000吨,  $CO$  2000吨, 碳氢化合物400吨。

— 燃煤造成的大气污染, 除了人们已有所了解的 $SO_x$ 、 $NO_x$ 、粉尘污染外, 还有微量重金属的污染, 多环芳烃的污染, 卤素的污染, 放射性污染等。

### 1. 微量金属的污染

煤中重金属含量一般比石油高, 而且挥发性高, 很容易释放到大气中去。例如, 煤中汞的含量比石油高一位数字, 且产地不同相差也很大。苏联煤中汞含量很高, 而德国的煤较低, 美国的煤波动很大。汞的沸点为 $356.9^{\circ}C$ , 所以煤在锅炉中燃烧后汞几乎全部气化, 目前采用的除尘器都难以捕集。据计算, 含98毫克汞的煤, 在一般锅炉中一分钟内汞就可气化, 只有4.08毫克的汞成为灰烬和被洗涤器的污泥除去, 而大约96%都排到大气中了。现在煤炭中的汞含量一般处在0.2—2 ppm的范围, 那么100万千瓦容量的燃煤电厂, 运行一年将排出0.4—4.1吨的汞。根据美国克里科布特的调查研究, 从烟囱起250米范围内, 气化状态的汞和粒子状态的汞都很多。在远离22公里的地方, 气化状态汞接近250米处的十分之一。该浓度是城市大气中一般汞浓度2—11毫克/米<sup>3</sup>的1/10

倍，而7公里处则高达60—500倍。

煤炭燃烧排出的汞在环境中的转化会引起非常复杂的反应，对人体健康、树木生长都会造成一定的影响。因此，对现有最大规模的电厂中汞污染的程度如何，煤炭燃烧排出的汞去向如何，所涉及的全部生态系统会产生什么样的影响等应进行综合的调查研究。

砷在煤中通常以硫化物的形式存在，燃烧后则以氧化物的形式升华排出。美国煤中的含砷率0.50—93.00ppm（平均14.02ppm），一个100万千瓦的煤火力发电站，排放出的砷最大着地浓度短时间可达 $10^{-1}$ — $10^{-2}$ 微克/米<sup>3</sup>。采用静电除尘和排烟脱硫装置，只能减少着地浓度的10%。

采用电集尘器与湿式脱硫装置处理，对其它金属的去除率大致可达90%。目前，对燃煤造成的大气金属污染与对人体健康的影响，尚难以作出估计，但随着用煤量的增加，这将是值得研究的问题。

现在，国外十分重视亚微粒气溶胶成分的研究，其原因之一是这种亚微粒尘埃可能吸附与浓缩重金属污染物。Coles等研究得出如图2的结果，并以铝为基准，得出如下浓缩系数：

$$\text{浓缩系数 (EU 煤)} = \frac{(C_x/C_{\text{铝}})_{\text{飞灰}}}{(C_x/C_{\text{铝}})_{\text{煤}}}$$

式中，C为浓度，x代表任一金属元素成分，如图2，硒（Se）的浓缩系数随着尘粒径的减小而急剧上升，在粒径为2.4微米时，其浓缩系数为铝的25倍，砷为11倍，铅为5倍等。但钾和锶变化不大，无浓缩作用。由于电集尘装置对极细微粒子也不能完全有效地捕集，所以在排出气体中，重金属的浓度会大幅度增加。

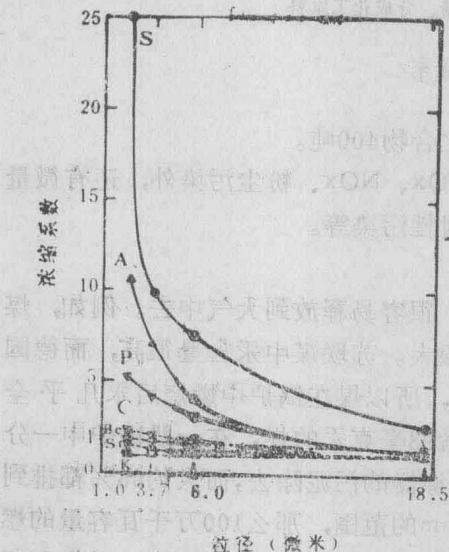


图2 浓缩系数与粒径的关系

Natusch等对于金属这种挥发-浓缩机理进行了研究，认为煤中无机成分中的金属化合物，其低沸点成分在燃烧时并不气化，而是蒸发，并随着排气的冷却而凝聚在飞灰或亚微粒表面上，其中有的形成络合物，使沸点进一步降低。

Block与Dams将飞灰的构成元素分为三类：

第一类包括Mg、Al、Ca、Se、Ti、Cr、Fe、Co、Rb、Ba、Hf、稀土类元素及Th为亲石元素，易与飞灰结合，飞灰粒径影响不大。

第二类包括Cl、Cu、Zn、As、Se、Br、In、Sb、I、Hg及Mo、Cd、W、V，在煤中主要是以硫化物结合，为亲铜元素，燃烧中气化后易于析出，飞灰表面而浓集。

第三类为介于二者之间的元素，包括Sr、Ni、V、Au、Cs及Ca、Mn、Cr、Cu、Co、Ba、

Pb等。金属在微粒子表面上的浓聚是十分复杂的过程，这也是今后燃煤污染应予研究的问题。

2. 多环芳烃对大气的污染

多环芳烃是一切化石燃料以及生物质燃烧时都排放的污染物。燃用细粉煤的锅炉排气中苯并(a)芘(BaP)的浓度可达0.4微克/米<sup>3</sup>。照此计算，一个100万千瓦的燃煤电站排放的BaP，短时间内最大着地浓度达10<sup>-5</sup>微克/米<sup>3</sup>。测试结果表明，燃煤排放的BaP大多附着在极微细粒子中，处于电集尘器捕集范围的下限，要除去这样的亚微粒子，当前主要寄希望于湿式脱硫装置。

3. 卤素的大气污染

煤中含有氟和氯等卤素物质。据美国调查，美国煤中氟的含量在25—143 ppm(平均61ppm)，氯的含量达100—5400ppm(平均值1400ppm)。当煤炭燃烧时，煤中所含的氟和氯就以氟化氢(HF)和氯化氢(HCl)的形式排出。对于一个100万千瓦的电站，当煤中氟和氯的含量分别达61ppm和1400ppm时，排气中的氟含量可达7.2毫克/标米<sup>3</sup>，氯达172毫克/标米<sup>3</sup>。氟化物和氯化物可通过湿式脱硫装置去除。

4. 放射性污染物

从长期影响考虑，燃煤造成的放射性污染是不可忽视的，因为燃煤造成的放射性污染比原子能发电站要大得多。但是迄今为止，对于这种低水平的放射性污染影响，还难以作出评价。

煤中的放射性物质的含量依煤种不同而差异甚大，有的浓度相当高，平均水平则与土壤或岩石相当。当长期燃煤时，例如几十年甚至几百年，其累积性的影响是值得注意的。但是，燃煤排出的放射性物质几乎都是呈固体粒子存在，在技术上是控制的。

飞灰中还含有致畸性物质，并且其致畸与致突变性与粒径有关，在粒径为3.2—2.2微米影响最大，但在350℃以上时，致突变性消失。由此推想，可能系有机物的作用，只要控制用煤条件，似乎比较容易解决。

表3 煤炭气化和液化所需的原料量和污染物排放量(吨)

| 原料和污染物          | 低热值气                | 高热值气                | 液 化                 |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 煤               | 4.6×10 <sup>6</sup> | 5.7×10 <sup>6</sup> | 4.6×10 <sup>6</sup> |
| 颗粒物             | 0.75                | 820                 | 529                 |
| SOx             | 1960                | 9061                | 1706                |
| NOx             | 982                 | 6771                | 7409                |
| CO              | 23                  | 354                 | 291                 |
| 碳氢化合物           | 28                  | 108                 | 2268                |
| NH <sub>3</sub> | 40                  | 49                  |                     |

煤的气化和液化也会对大气造成污染，表3给出了原煤需要量和大气污染物排放量的关系。不过，煤炭的气化和液化使热效率大大提高，污染源相对集中，污染物排放量减少，污染便于集中控制。

另外，煤的开采和利用还会造成水污染，同时有大量的固体废弃物产生。一个1万千瓦的燃煤电厂每年向水体排放的污染物：有机物66.3吨，硫酸82.5吨，氯化物26.3吨，磷酸盐41.7吨，硼331吨，悬浮固体物497吨；排放灰渣360000吨。采煤时会有酸性矿水产生，洗煤和煤的气化与液化都会产生固体废弃物。

### 三、研究煤炭利用与环境问题的重要意义

能源的开发利用要重视环境保护，尤其是我国能源消费以煤为主，这个问题今后将更加突出，如果不及早在环境保护上采取有效措施，就很难把我国建设成为一个清洁的现代化国家。研究煤炭利用与环境问题的关系，对于提高能源利用率，开展煤炭综合利用，控制环境污染具有重要的意义。

环境污染从实质上来说资源和能源的浪费。我国煤炭迄今仍采取大量直接燃烧的利用方式，能源利用率低，环境污染严重。

在几个经济大国中，日本能耗与我国比较接近。1977年，日本能耗总量折合成标准煤为54000万吨，这一年他们生产了10200万吨钢、8600万吨铁、500多万辆汽车，发电4000多亿度，供应了2600万辆汽车用油和11000万人口高度现代生活所需的燃料。国民经济产值达5000多亿美元。1981年，我国原煤产量62000万吨，加上10122万吨石油，1274000万立方米的天然气和1700万千瓦的水电，全部折合成标准煤，扣除出口，消费的能量仍然比日本多。但我国1981年仅生产了3560万吨钢、3417万吨铁、176000辆汽车、3093亿度电。工农业生产总产值只有7490亿元，生活用电也还没有保证。

差别如此之大的重要原因之一，就是我们的能源利用率低。日本目前各部门能源利用率平均为57%，是世界上能源利用率最高的国家。美国平均为51%，而我国能源利用率仅为30%左右，只及日本的一半。按此计算，我国1981年消耗的62000万吨煤，只有效地利用了18000万煤的发热量，如果采取一些改进措施，把利用率提高10%，达到目前世界上40%的一般水平，那么就等于增加十分之一的原煤，即相当于6200万吨煤的有效能量。可是，如果按目前利用率单纯从增产原煤着眼，就需要增产20700万吨煤。这个数字是相当惊人的。从环境保护的角度来说，能源利用率提高十分之一，就等于减少大约燃用2亿吨煤的污染物排放量。

我国煤炭利用以工业部门为主，民用煤消耗量也占有相当的比例。1982年大约是1.5亿吨，占煤炭总产量的1/4，比任何一个工业部门的耗煤量都多。但民用煤的加工利用技术落后，燃烧器具效率很低，一般只有15—20%，烟尘多，大量有害物质低空排放，是一个重大的污染源。如果把直接燃烧的民用煤制成煤气供居民使用，热效率可提高一倍，一座百万人的中等城市每年可从烧原煤50万吨减少一半，也就是说，可使污染物的排放量减二分之一。

由此可见，提高能源利用率对于控制城市环境污染具有何等重要的意义。我们应从

研究节能技术，制定节能政策，调整能源价格，加强能源管理，改造耗能设备等方面入手，努力提高能源利用率，控制环境污染。

在煤炭生产中，许多国家都注意实行煤与电力、钢铁、化学工业、建筑材料工厂等部门的联营，并在此基础上建设机器制造业，实现煤炭基地的综合发展。美国的阿帕拉契亚、苏联的顿巴斯、库兹巴斯和卡拉干达、联邦德国的鲁尔及萨尔、英国的约克-诺丁汉、法国的里尔-洛林、波兰的上西里西亚、捷克斯洛伐克的俄斯特拉发是国外十大煤炭基地，又是钢铁基地和大工业区。原煤的质量不同、用途各异，煤中夹杂着煤矸石、灰份、硫、氮、磷等杂质，在煤区建设煤-钢-电-化-建材综合发展基地可以减少生产中转环节，充分利用各种类型的煤和副产品，避免浪费，控制污染。同时，能减轻运输量和运费负担，综合发展还能以高利润的化工、机械等部门的盈余补偿采煤工业因投资多、煤价低而带来的收入不足，提高煤区的经济水平。

如西德鲁尔区，已开发煤炭二百多年，最初通过煤炭、电力、化工“三位一体”的综合经营，逐步发展成为包括电力、机械、城市煤气等辅助行业，实行多行业的联合经营管理。鲁尔区以煤为原料，创造了气化、液化、焦化、高压催化、合成等化学新工艺，生产出适合于工农业、交通运输、军事、人民生活所需要各种新产品。在五十年代后期，石油冲击了煤炭在能源结构中的地位，鲁尔区迅速将煤炭化工转向石油化工，并保证了焦炭及其副产品无明显下降。进入七十年代，煤炭的地位又开始回升，从环境保护的要求出发，把炼焦厂由43个缩减为35个，煤焦油厂由10个调整为6个。到1978年，西德从煤焦油中回收的产品已达500多种，并为煤化工东山再起，准备了更佳的技术经济条件。目前，西德的鲁尔地区煤年产量1.5亿吨左右，占全西德的82%，其发电量占西德的30%，氮肥占50%，钢产量占60%。他们重视煤炭综合利用的科学研究，不断创造新的经验，值得我们借鉴。

我国不少煤区自然条件并不比鲁尔差，煤炭综合利用的潜力很大。

两淮煤田地处皖北平原，耕地面积为安徽之冠，光热资源比鲁尔多得多，地表径流及地下水资源丰富；淮北商品粮及农副产品多，可以支持工交发展；接近苏浙沪工业发达地区，重工业产品增加后销售市场大；本区为我国东部南北交通枢纽，交通比较方便；两淮煤储量虽不及鲁尔多，但也是超过200亿吨的大矿区，煤的品种全，质量好，炼焦煤较多，经几十年的开采，目前采煤已有相当技术基础，可就近满足华东对能源的迫切需要；区内还有铁、白云石、耐火粘土、石灰石等矿产和丰富的生物资源，资源的多样性远比鲁尔丰富。但是，目前皖北经济结构单一，原煤大量输出，钢铁、化工、机械、建材生产都很薄弱。如果煤、钢、电、化工、机械、建材等联合发展，实现煤炭综合利用，皖北平原建成“华东鲁尔”是完全可能的。

山西煤炭储量占全国的三分之一，煤质优良，品种齐全，煤层较厚，覆盖较薄，易于开采，特别是炼焦煤储量高达53%，更是得天独厚，可生产各种高质量的焦炭，大有综合发展前途。但我国工业体制重视分工，忽视联合，各行其事，互相脱节，煤炭资源未能做到“物尽其用”。山西也应像鲁尔那样，从采煤、炼焦、造气、炼油、化工、建材等各方面综合经营，全面发展。

过去我们不注意对宏观经济的研究，往往单打一，缺乏辩证统一观点，煤炭工业产品结构单一，长期以生产原煤为主，不重视煤的转化和综合利用，致使能源利用率低，经济效益差，污染严重。

煤炭不仅是燃料，而且是重要的化工原料，发展煤化工的产品很多，有焦炭、焦炉气、焦油、粗苯等，这些产品又可进行深度加工，生产出人造纤维、塑料、化肥、颜料、药品等，加工次数越多，价值越大。若煤炭作为燃料的价值为1，加工成炼焦油增值10倍，加工成塑料增值90倍，合成为染料增值370倍，制成合成纤维则增值1500倍左右。

为了促进煤炭资源的综合利用和“三废”的集中回收与治理，对原料、燃料、副产品、“三废”利用有密切关系的工厂，应该成群布局或采取联合企业的布局方式。如煤炭基地有了煤，就可以就近建坑口电站，然后利用电站排出的粉煤灰作原料建设建材厂，于是就可以采取煤矿-坑口电站-建材厂的布局方式；也可采取煤矿-电力-化工-冶金-机械的布局方式。总之，应“牵”综合利用之“头”，使煤炭在能源结构中，走向联合，物尽其用，用得其所，充分发挥其更大的经济效益。

总之，认真分析国外煤炭利用的污染控制经验，有利于结合国情研究我国环境污染的控制途径。当然，我们不能盲目地仿照一些发达国家采取巨额投资解决环境问题的做法。我国的环境问题虽已相当严重，而且“欠帐”不少，但由于我们正处在四化建设的开始阶段，各方面需要投资很多，而当前国家财政比较困难，要拿出大量的人力、物力、财力用于环境保护是不可能的。对于长期以来造成的环境问题，应当按照比例，适度投资，积极治理，不能脱离国家技术经济力量的现实可能，过急地追求环境质量的高标准。最重要的是环境保护要讲求经济效益。赵紫阳总理在六届一次人大的政府工作报告中，要求“各部门、各地方和所有企业要牢固地树立提高经济效益的观念”，“把全部经济工作转到以提高经济效益为中心的轨道上来”，煤炭的利用及其环保自然不能例外。我们要从管理、体制、技术、科研等各个方面加强煤炭的综合开发与利用，提高能源利用率，并注意不断采用微电子技术、生物工程、激光、遥感等新技术，走污染控制以讲求环境保护经济效益为核心的新路子，为实现我国的环保目标而努力奋斗。

(吴景学、刘双进、毛文永 供稿)

# 美国的煤炭利用与环境保护

美国是世界上最大的能源消费国。目前,石油和天然气仍是美国的主要能源,然而随着油气资源的不断消耗和供应的不稳定性,煤炭用量逐渐增加,煤炭在能源中的地位日益提高,在最终以核能和其它清洁能源代替石油以前,煤炭在能源中将会一直占有重要位置。

美国政府于1960年已设立了煤炭研究局(OCR),开始研究煤炭利用技术。最初多集中于煤炭气化和液化的研究。石油危机之后,OCR改组为能源研究与发展署(ERDA),进而成为独立的能源部。现在,美国煤炭利用技术的开发比较活跃。

煤炭利用中最突出的问题是燃煤污染的控制。美国对燃煤污染的控制办法包括改变煤炭形态、采取先进的燃烧形式以及烟气的净化等几种途径。美国对燃煤污染的控制项目主要是控制二氧化硫、氮氧化物和颗粒物。颗粒物主要通过烟气除尘来解决,氮氧化物则通过消烟除尘和控制燃烧过程,减少氮氧化物生成来解决。最为重要的是致力于二氧化硫的控制。

## 一、美国能源战略及煤在能源中的地位

### 1. 能源概况

在第二次世界大战后的二十五年中,美国依靠大量廉价的国内石油使经济获得很大发展。在1950—1970年期间,美国国内的能源成本下降大约30%,这成为经济增长的一个重要促进因素。美国整个市场和工业以及以汽车工业为中心的经济,正是依靠这丰富的廉价能源而发展的。到1970年,美国国产石油达到了高峰,天然气生产也在1973年达到了高峰。

早在五十年代,美国少数石油地质学家和经济学家就开始提请人们注意廉价的美国石油资源正在接近耗尽,国内消费的增长速度开始超过新油藏的发现。1961年以后,美国探明石油储量开始下降。但是,美国仍墨守陈规,试图保持过去的方式,保持低廉的石油价格和继续过去浪费型使用能源的办法,甚至以增加石油进口来维持这种使用方式。

1973—1974年,石油输出国组织第一次提高石油价格以后,造成了美国全国范围的缺油,国民生产总值减少600亿美元。此后,1976—1977年冬天,美国遇到了异常寒冷的冬天并造成天然气短缺,这导致全国许多工厂停工,工人暂时失业,生产急剧下降。1978年冬春之际,全国煤矿工人的罢工,出现了没有足够的能源供应居民取暖和照明的情况。1978年冬季,伊朗石油生产几乎停产,从而使美国又受到一次沉重的打击。这一连串能源危机的出现,暴露了美国能源结构的脆弱性。在一系列打击之后,美国人认识到,美国的能源的不稳定会给政治和经济带来危