

21世纪高等学校规划教材

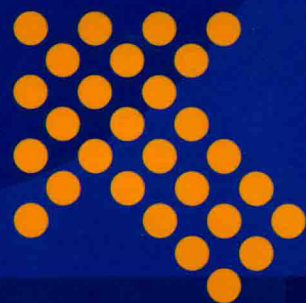


DIANCHANG RANLIAO

电厂燃料

周桂萍 范志斌 主 编
刘吉堂 刘颖琳 副主编

(第二版)



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

要 素 容 因

21世纪高等学校规划教材

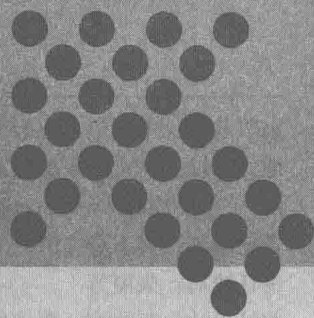


DIANCHANG RNLIAO

电厂燃料

(第二版)

主 编 周桂萍 范志斌
副主编 刘吉堂 刘颖琳
参 编 冷述博 王东路 史传红
主 审 叶春松



中国电力出版社

地址：北京市东城区

邮政编码：100000

电话：(010) 63416688

网址：www.cepp.com.cn

电子邮箱：cepp@163.com

印刷：中国电力出版社

发行：中国电力出版社

定价：35.00元

ISBN 7-5123-0000-0



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。主要内容包括：煤的形成、煤质特性、发电用煤一般性质、煤的采制样原理与技术、煤与煤灰的物理化学特性检测、电力生产中煤炭应用与管理、煤的清洁燃烧技术等。

本书可作为普通高等院校电厂化学或燃料管理专业教材或参考书，也可作为电厂燃料管理、检测技术人员参考用书，还可作为电力系统燃料专业岗位技术培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

电厂燃料 / 周桂萍, 范志斌主编. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2017. 5

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5198-0627-9

I. ①电… II. ①周…②范… III. ①火电厂—电厂燃料系统—高等学校—教材 IV. ① TM621.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 070362 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 吴玉贤 (010-63412540)

责任校对: 朱丽芳

装帧设计: 郝晓燕 左 铭

责任印制: 吴 迪

印 刷: 北京市同江印刷厂

版 次: 2007 年 3 月第一版 2017 年 5 月第二版

印 次: 2017 年 5 月北京第六次印刷

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 16 开本

印 张: 19.25

字 数: 472 千字

定 价: 45.00 元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

前 言

本书第一版自出版以来,在电厂化学专业教学和电力行业燃料采制化岗位职工培训中得到了较广泛应用。但是 2007 年以来,随着国家标准与国际标准的逐步接轨,本教材依据的有关燃料采制化的标准都进行了修订,为保证教材内容的实用性,并力求满足各类燃料采制化岗位培训以及技能竞赛的需要,对本书进行了修订。

在本次修订过程中,更正了原书中存在的问题;更新了部分数据;对有关章节进行了调整:删除了原第三章、第十三章内容,将原第五章工业分析与元素分析拆分成两章。

本书由周桂萍、范志斌主编,刘吉堂、刘颖琳副主编,参编冷述博、王东路、史传红。

限于编者水平,书中疏漏和不足之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

2017 年 5 月

第一版前言

煤炭是火力发电厂生产过程中的主要原料,发电用煤的支出占电厂发电成本的70%以上,其质量优劣直接影响电厂的安全运行。火力发电厂煤粉锅炉对燃用煤质有特定要求,如果不能保证使用符合设计要求的煤炭,其燃烧效率就会降低,甚至危及锅炉设备安全。我国各种容量电力燃煤机组都不同程度存在着燃烧设备与燃料特性不相适应的问题,因此加强对燃料质量的管理不仅是电厂生产管理的要求,还是电厂获得经营利润的基础。

近年来,煤炭市场发生了较大变化,受供需矛盾影响,电力用煤价格上扬,质量却难以保证,如何正确验收煤炭质量、优化使用煤炭资源成为保证电力安全生产的首要问题。为解决煤炭检验结果严重滞后于锅炉燃烧的矛盾,各种先进的煤炭检测与管理技术得到开发与应用,为电力用煤的管理提供了先进有效的手段,充分吸收利用先进技术科学管理煤炭成为发电用煤质量管理的发展方向。此外,电力煤炭燃烧过程中产生的废渣、废气给环境带来了危害,对污染的治理引起人们的广泛关注,煤的清洁燃烧技术也在不断研究开发与应用推广之中。这些变化给电厂燃料的管理工作提出了新问题,带来了新机遇,从事电力燃料营销、生产利用与管理的人员迫切需要深入系统掌握相关理论,以适应电力生产的发展需求。

本书根据电厂燃料检验与管理的要求,系统介绍了电厂煤炭质量验收与管理的基本内容和方法,指出实际操作中的注意事项与存在问题,具有基础性、应用性以及综合性的特点。主要内容包括燃料采制样的基本理论及机械采制样机械的特点与性能要求,煤炭质量检验的项目、原理和方法,煤炭质量检验的控制方法以及电力用煤在线检测与清洁燃烧的新技术等。

本书由从事电厂燃料检验的教师与现场工程技术人员,结合实践经验,参考国内外相关书籍与文献编写而成。其中,第一、三、八、十三章由刘吉堂编写,第二、九、十、十一、十二章由周桂萍编写,第四、五章由范志斌编写,第六、七章由刘颖琳编写,全书由周桂萍担任主编,刘吉堂担任副主编。

本书由武汉大学动力与机械学院叶春松主审。本教材在编写过程中,得到了山东电力研究院暨山东电力高等专科学校的领导和老师的支持与帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平所限,疏漏与不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2007年2月

目 录

前言	
第一版前言	
第一章 煤炭资源概况	1
第一节 世界煤炭资源概况	1
第二节 我国煤炭资源概况	4
第二章 煤炭特性与分类	10
第一节 煤的形成与种类	10
第二节 煤的组成与燃煤特性指标	12
第三节 煤的基准	18
第四节 煤炭分类	22
第三章 煤的采制样技术	27
第一节 采样原理	27
第二节 商品煤人工采样方法	31
第三节 入炉煤粉与煤灰渣采样	49
第四节 煤样的制备	53
第五节 商品煤质量抽查验收方法	72
第四章 机械采制样技术与应用	79
第一节 采制样机基本结构	79
第二节 采制样机的种类与特点	87
第三节 采制样机性能检验方法	96
第五章 煤的工业分析	114
第一节 煤的全水分	114
第二节 煤的工业分析	119
第三节 煤的工业分析方法 (仪器法)	127
第六章 煤的元素组成分析	131
第一节 煤中碳氢含量的测定	131
第二节 煤中氮含量的测定	138
第三节 煤中碳氢氮含量的快速分析方法	144

第四节	煤中全硫的测定	146
第五节	煤中碳酸盐二氧化碳的测定	159
第七章	煤的发热量测定	162
第一节	发热量测定原理	162
第二节	热量计通用要求	164
第三节	冷却校正原理及计算	168
第四节	仪器热容量的标定	171
第五节	发热量的测定	175
第六节	自动热量计性能检验	181
第八章	煤与煤灰的物理特性及检测	184
第一节	煤的密度及其测定	184
第二节	煤的哈氏可磨性	188
第三节	煤的磨损指数	192
第四节	煤粉细度	197
第五节	煤灰熔融性	201
第六节	飞灰和炉渣可燃物测定方法	207
第七节	煤灰比电阻	208
第九章	煤灰化学组分检测	214
第一节	煤灰成分测定基本原理	214
第二节	常量分析法测定煤灰成分	219
第三节	半微量分析法测定煤灰成分	227
第四节	原子吸收分光光度法测定煤灰成分	229
第五节	煤灰成分中硫磷的测定	232
第十章	煤中有害微量元素检测	236
第一节	煤中微量元素的分布及迁移规律	236
第二节	煤中氟的测定	238
第三节	煤中氯的测定	242
第四节	煤中其他有害微量元素的检测	246
第十一章	煤炭检验质量控制	255
第一节	煤炭检验的一般规定	255
第二节	煤炭检验中的误差	258
第三节	分析数据的处理方法	262
第四节	检验质量控制方法	275

第五节 煤炭检验不确定度.....	284
第十二章 煤炭在线检测技术	287
第一节 射线检测基本知识.....	287
第二节 灰分的在线检测.....	289
第三节 水分的微波检测技术.....	294
第四节 瞬发 γ 中子活化分析技术	296
参考文献	300

第一章 煤炭资源概况

煤作为一种能源,人类已经使用了很长时间,但作为人类的基本能源需求,即照明、取暖的资源 and 提供完成工农业和运输等需求的动力来源,则是进入 19 世纪以后的事。在这之前使用的所有形式的能源都是可再生的。19 世纪初,世界煤炭的产量约为 1500 万 t,而到了 21 世纪已达到了上百亿吨。世界依赖于煤炭的高峰在 20 世纪初来临,煤炭资源在当时提供了世界能源消费中的 90%,此后,石油资源的开发和利用在一定程度上缓解了世界对煤炭的依赖。

然而煤炭的使用却带来了严重的生态问题,20 世纪重大的大气环境污染事件,如酸雨、臭氧层减少、温室气体效应、全球气候变暖等都与煤炭利用相关。大气中的主要污染物:二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、烟尘、可吸入颗粒物、有机污染物、重金属的主要来源都是煤的燃烧,这些污染物对人类的健康和生态环境造成了很大的损害。

20 世纪 70 年代,由于发生了严重的石油危机,人类开始思考如何在煤炭开发、利用过程中减少对环境的危害。世界上许多国家从能源发展战略的长远利益考虑,相继开始了以环境保护为核心的煤炭利用技术的研究工作,将其视为实现和保证能源稳定、安全和有力发展的关键。经过 40 多年的研究,这些技术正在使人们重新认识煤炭作为基础能源的价值。本章就煤炭资源的储量、消费、在能源结构中的地位及分布情况等加以介绍。

第一节 世界煤炭资源概况

1. 世界能源消费情况

人类的生产和生活离不开能源,一个国家的能源消费和生产情况在一定程度上反映了国家的经济发展水平。表 1-1 为 2005—2014 年世界一次能源结构及消费情况。可以看出,世界能源消费的增长与世界经济的发展趋势是完全一致的。

表 1-1 2005—2014 年世界一次能源结构及消费情况

年份 (年)	一次能源总量 (百万 toe)	一次能源结构中的份额 (%)					
		石油	天然气	煤炭	核能	水电	可再生能源
2005	10 537.1	36.1	23.5	27.8	6	6.3	—
2006	10 878.5	35.8	23.7	28.4	5.8	6.3	—
2007	11 099.3	35.6	23.8	28.6	5.6	6.4	—
2008	11 294.9	34.8	24.1	29.2	5.5	6.4	—
2009	11 164.3	34.8	23.8	29.4	5.5	6.6	—
2010	12 002.4	33.6	23.8	29.6	5.2	6.5	1.3
2011	12 225	33.4	23.8	29.7	4.9	6.5	1.7
2012	12 476.6	33.1	23.9	29.9	4.5	6.7	1.9
2013	12 730.4	32.9	23.7	30.1	4.4	6.7	2.2
2014	12 928.4	32.6	23.7	30	4.4	6.8	2.5

表 1-2 为 2014 年世界前十位国家和地区的一次能源消费量和全世界消耗的总量，可以看出：在全球 129.28 亿 toe 的总消耗量中，石油占据第一位，达 32.6%；煤炭为 30%；天然气为 23.7%；核能占 4.4%；水电占 6.8%。化石能源总量达 86.3%，占有绝对重要的地位，而除石油之外，煤炭是第二位重要的能源。从国家和地区来看，这一分布也很不平衡，世界前十位国家消耗的能源占全球能源消耗的 65.8%，其中，中国最多，一个国家就消耗了全世界 23.0%的能源，美国其次，占到 17.8%。

表 1-2 2014 年世界前十位国家和地区一次能源消费量及全世界消耗总量 (百万 toe)

国家	石油	天然气	煤炭	核能	水电	可再生能源	合计
美国	36.4	30.2	19.7	8.3	2.6	2.8	2298.7
加拿大	31	28.2	6.4	7.2	25.6	1.5	332.7
北美洲合计	36.3	30.7	17.3	7.7	5.4	2.6	2822.8
巴西	48.1	12.1	5.2	1.2	28.2	5.2	296
中南美洲合计	47.1	22.1	4.6	0.7	22.4	3.1	692.8
德国	35.9	20.5	24.9	7.1	1.5	10.2	311
俄罗斯	21.7	54	12.5	6	5.8	—	681.9
欧洲和欧亚合计	30.3	32.1	16.8	9.4	6.9	4.4	2830.3
伊朗	37	60.8	0.4	0.4	1.3	—	252
中东合计	47.5	50.6	1.2	0.1	0.6	—	827.9
非洲合计	42.7	25.7	23.5	0.9	6.5	0.7	420.1
中国	17.5	5.6	66	1	8.1	1.8	2972.1
印度	28.3	7.1	56.5	1.2	4.6	2.2	637.8
日本	43.1	22.2	27.7	—	4.3	2.5	456.1
韩国	39.5	15.7	31	13	0.3	0.4	273.2
亚太地区合计	26.8	11.4	52	1.5	6.4	1.8	5334.6
全世界总计	32.6	23.7	30	4.4	6.8	2.5	12928.4

2. 世界能源的储量状况

英国石油公司 BP 发布的《2014 年世界能源统计报告》相关数据如下：

截至 2013 年年底，世界石油探明储量为 16 879 亿桶，可以满足全球 53.3 年的生产需要。中国石油探明储量为 181 亿桶（25 亿 t），占世界石油探明储量的 1.1%，储采比为 11.9 年。

全球天然气探明储量为 185.7 万亿 m³，可以满足全球 55.1 年的生产需要。中国天然气探明储量为 3.3 万亿 m³，占世界天然气探明储量 1.8%，储采比为 28.0 年。

全球煤炭探明储量为 8915 亿 t，可以保证全球 113 年的生产需要。美国、俄罗斯和中国是世界上煤炭探明储量前三的国家。2013 年底，中国煤炭探明储量为 1145 亿 t（无烟煤和烟煤为 622 亿 t，次烟煤和褐煤为 523 亿 t），占世界煤炭探明储量的 12.8%，储采比为 31 年。

全球范围看，石油不可能长期占据能源消耗中的第一位，预计在 21 世纪中叶，如果人类无法找到大规模的替代能源的话，人类又将重新依赖于煤炭作为最主要的能源。

另外，世界能源储量分布区域上又很不均衡。石油储量最多地区是中东；天然气和煤炭储量最多的是欧洲；亚洲、大洋洲除煤炭稍多以外，石油、天然气都很少。

图 1-1、图 1-2 分别列出了 2012 年世界石油探明储量排名前十位的国家和 2012 年世界煤炭探明储量排名前十位的国家。



图 1-1 2012 年世界石油探明储量排名前十位的国家 (单位: 亿桶)



图 1-2 2012 年世界煤炭探明储量排名前十位的国家 (单位: 百万 t)

3. 世界煤炭生产情况

表 1-3 为 2010—2014 年世界主要煤炭生产国煤炭产量情况, 其情况同上述分析基本相同。中国、美国、澳大利亚、印度和俄罗斯依然为煤炭生产大国, 其产量排名没有变化。

表 1-3 2010—2014 年世界煤炭生产的基本情况 (亿 t)

国家	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
中国	34.28	37.64	39.45	39.74	38.74
美国	9.84	9.93	9.28	9.50	9.07
印度	5.74	5.89	6.06	6.19	6.44
澳大利亚	4.24	4.16	4.31	4.71	4.91
印度尼西亚	3.06	3.25	3.86	4.49	4.58
俄罗斯	3.22	3.34	3.55	3.55	3.58
南非	2.54	2.55	2.60	2.56	2.61
德国	1.82	1.88	1.96	1.90	1.86
波兰	1.33	1.39	1.44	1.43	1.37
哈萨克斯坦	1.11	1.16	1.16	1.14	1.09
世界总计	72.54	76.59	78.65	82.31	81.65

4. 世界煤炭消费情况

世界能源消费呈现总量和人均消费量持续“双增”态势。从 1965 年到 2013 年受世界人口增长、工业化、城镇化诸多因素拉动, 世界一次能源消费总量从 53.6 亿 t 标准煤增加到 181.9 亿 t 标准煤, 近 50 年时间增长了 2.4 倍, 年均增长 2.6%。亚太地区逐渐成为世界能源消费总量最大、增速最快的地区。

世界能源消费结构长期以化石能源为主, 但其所占比重正在逐步下降, 电能占终端能源消费比重逐步提高。随着电气化水平提高, 越来越多的煤炭、天然气等化石能源被转化成电能, 化石能源在世界终端能源消费结构中的比重持续下降。1973—2012 年, 煤炭、石油在世界终端能源消费中的比重分别下降了 3.6、7.5 个百分点, 而电能所占比重从 9.4% 增长到 18.1%, 仅次于石油占比, 居第二位。

2012 年全球煤炭消费量前十名的国家见表 1-4。

表 1-4 2011 年和 2012 年全球煤炭消费量前十名的国家

国家	2012 年消费量 (百万 toe)	2011 年消费量 (百万 toe)	2012 年比 2011 年 增减 (%)	2012 年占全球 消费量 (%)
中国	1873.3	1760.8	6.1%	50.2%
美国	437.8	495.5	-11.9%	11.7%
印度	298.3	270.6	9.9%	8.0%
日本	124.4	117.7	5.4%	3.3%
俄罗斯	93.9	93.7	0.2%	2.5%
南非	89.8	89.1	0.5%	2.4%
韩国	81.8	83.6	-2.4%	2.2%
德国	79.2	76.0	3.9%	2.1%
波兰	54.0	56.1	-4.0%	1.4%
印度尼西亚	50.4	48.9	2.8%	1.4%

从以上数据中可以得出以下结论：第一，就目前而言，煤炭资源是储量最大、最可靠的能源，在世界能源结构中占有不可动摇的最重要地位；第二，石油和煤炭资源在世界范围内的分布极不平衡，各个国家应该根据自己国家及周边地区的资源特点来考虑自己能源方面的发展战略；第三，能源与各个国家社会经济发展水平密切相关，发达国家已经占据了世界能源消耗中的极大部分，这已经成为制约发展中国家经济社会发展的重要因素，同时也是影响国际政治关系的重要因素。

第二节 我国煤炭资源概况

1. 我国能源资源的基本状况

我国能源资源基本特点是富煤、贫油、少气，与石油和天然气相比较，我国煤炭资源的储量相对丰富。据统计，截至 2014 年底，我国探明煤炭储量 1145 亿 t，占世界煤炭储量的 12.8%；石油探明储量为 25 亿 t，占世界石油储量的 1.1%。天然气 3.5 万亿 m³，占世界天然气储量的 1.8%，我国能源资源情况见表 1-5。

表 1-5 2014 年我国一次能源探明储量情况

一次能源	探明储量	单位	占世界总量的比例 (%)	储采比 (年)
煤炭	1145	亿 t	12.8	30
其中：无烟煤和烟煤	622		—	—
次烟煤和褐煤	523		—	—
石油	25	亿 t	1.1	11.9
天然气	3.5	万亿 m ³	1.8	25.7

随着经济的增长，以及对能源密集型行业的调整，我国的能源产量及结构也发生了变化。据统计，2014 年我国的煤炭产量为 3874 百万 t (1844.6 百万 toe)，占世界煤炭产量的 46.9%。石油产量（包括原油、致密油、油砂和天然气液）为 211.4 百万 t (4246 千桶/d)，占全球石油产量的 5%。；天然气产量为 1345 亿 m³ (130 亿 ft³，121 百万 toe)，占世界天然气产量的 3.9%。由此可见，煤炭依然是我国能源的主要燃料。

2. 我国煤炭资源状况

煤炭是我国能源的主要支柱。煤炭资源的需求及分布情况可概括如下：

我国煤炭资源分布总体来说比较集中，东部南部少，西部北部多。山西、内蒙古、陕西、新疆、贵州、宁夏六省（区）为煤矿集中区，广东、江苏、浙江等东部发达省份基本没有煤矿分布；优质动力煤丰富，优质无烟煤和优质炼焦用煤较少；煤层埋藏较深，不适于露天开采；我国煤矿中，与煤层共生、伴生的矿产种类很多。含煤地层中有高岭岩、耐火黏土、铝土矿、膨润土、硅藻土、油页岩、石墨、硫铁矿、石膏、石英砂岩等；在煤层中除了煤层气，还有大量的微量元素，如：镓、锗、铀、钍、钒等；在煤层的基底和盖层中还有石灰岩、大理石、岩盐、矿泉水和泥炭等，有用物质总共 30 多种，分布广泛，储量丰富。

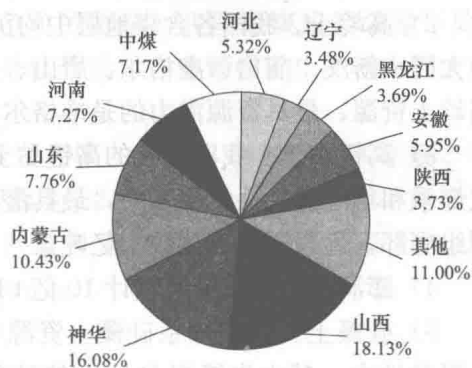


图 1-3 全国煤炭分布结构

各省区煤炭资源差异很大，全国各省区及煤炭公司煤炭分布结构如图 1-3 所示。

从总体资源数量上看，我国煤炭资源潜力很大，总的数量是具有优势的，大体排在俄罗斯、美国之后，但人均占有的资源量不足，约为全世界人均占有量的二分之一，不具优势，其开采条件更无优势可言。

3. 我国煤炭资源的主要特点

(1) 煤炭资源与水资源、煤炭消费需求呈逆向分布。我国是一个水资源贫乏的国家，水资源年均总量约 2.8 万亿 m^3 ，人均占有量仅相当于世界人均占有量的四分之一。不仅如此，水资源分布还极不平衡，昆仑山—秦岭—大别山以北的 17 个省（市区）约占全国面积的 60%，而水资源仅占 22%；太行山以西、昆仑山—秦岭以北广大地区水资源更少，其面积占全国的 4.7%，而同一区域的煤炭资源量占全国的 90.30%，储量占 78.1%。煤炭资源与我国水资源分布正好呈逆向分布，煤炭工业的战略西进不可避免地将面临水资源缺乏的严峻问题。

我国东部沿海人口密集，经济发达，国民生产总值占全国一半以上，煤炭及能源需求越来越大，而沿海的辽、京、津、冀、苏、浙、闽、鲁、粤、桂、琼等 11 省（市区）煤炭资源储量总数仅为 538.32 亿 t，占全国 5.30%，其中储量有 132.65 亿 t，占全国煤炭储量 7.5%。煤炭消费需求与资源储量也呈逆向分布，北煤南运、西煤东调（或北电南送、西电东送）的格局将长期存在。

(2) 地质条件中等偏差。

1) 煤层多以薄煤层和中厚煤层为主，厚及特厚煤层少。少量特厚煤层多赋存于中新生的褐煤盆地中，煤层的状况决定了我国煤炭开发主要是井工开采。

2) 煤田构造以中等为主，复杂的较多。除山西和鄂尔多斯盆地的煤田大部分构造简单外，其余地区的煤田大多断裂、褶皱发育，有时还伴有火成岩侵入。构造较简单的山西一些煤田中还遭受陷落柱的影响和破坏。构造的总体趋势是，南方较北方复杂，东部较西部复杂。

3) 煤矿地质灾害多。在我国相当一部分煤矿，瓦斯涌出量大，次数多、强度大。

综上所述,同世界主要采煤国家相比,我国煤炭资源的地质条件应属于中等偏差的水平。

(3) 我国煤系地层分布广泛,与煤共伴生矿产较丰富。主要的共伴生矿产如下:

1) 煤层气。资源量预计在 16 万亿 m^3 以上,资源特点和赋存条件最具潜力的地区是山西沁水煤田、河东煤田、安徽两淮煤田和黔西煤田。

2) 高岭土。我国各含煤地层中均沉积有高岭土矿,尤以石炭二叠纪煤系成矿最好。其中大同、新汶、蒲白、准格尔、唐山、介休、阳泉、焦作、徐州、两淮矿区都有丰富的优质高岭土资源,最具资源潜力的是准格尔和徐淮地区,其远景资源可达百亿吨以上。

3) 高铝黏土。我国所有的高铝黏土几乎都产于煤系地层中,主要分布于华北石炭二叠纪煤系和华南晚二叠纪煤系中,最具潜力的是山西、河南、山东各煤田和贵州二叠纪煤系龙潭组底部,远景资源可达数十亿吨。

4) 膨润土。远景资源预计 10 亿 t 以上。

5) 硅藻土。我国煤系硅藻土资源丰富,主要分布在云南的寻甸、腾冲、先锋第三纪褐煤盆地中,其中先锋煤盆地中的硅藻土矿层达 100 多米。另外,黑龙江鸡西南的永庆第三纪褐煤盆地中也有硅藻土。云南、黑龙江两省第三纪煤系中预计有数亿吨硅藻土远景资源。

6) 锆矿。煤层中含有多种稀有元素,其中具有工业品位和开采价值的是锆矿。目前发现的锆矿主要分布在云南和内蒙古褐煤中,如胜利煤田的锆矿品位可达 200mg/kg 以上,所以内蒙古东部和云南大量的褐煤盆地中锆矿资源潜力很大。

(4) 中国煤炭资源分布面积达 60 万 km^2 。根据中国煤炭资源聚集和赋存规律,可以天山—阴山造山带、昆仑山—秦岭—大别山纬向造山带和贺兰山—龙门山经向造山带为界,将中国划分为东北、华北、华南、西北和滇藏五大赋煤区。在此基础上,根据大兴安岭—太行山—雪峰山断裂带将东部三个赋煤区划分为六个亚赋煤区,即二连浩特—海拉尔赋煤亚区、东三省亚区、黄淮海亚区、晋陕蒙宁亚区、华南和西南亚区。

既广泛又相对集中,西多东少、北多南少,是中国煤炭资源地理分布的重要特征。在大兴安岭—太行山—雪峰山一线以西的晋、陕、蒙、宁、甘、青、新、川、渝、黔、滇、藏 12 个省(市区)的煤炭资源量占全国总量的 89%;而该线以东的 20 个省(市区)仅占全国的 11%。分布在昆仑山—秦岭—大别山一线以北的京、津、冀、辽、吉、黑、鲁、苏、皖、沪、豫、晋、陕、蒙、宁、甘、青、新 18 个省(市区)的煤炭资源量占全国煤炭资源总量的 93.6%;而该线以南的 14 个省(市区)仅占全国的 6.4%。客观地质条件形成的这种不均衡分布格局,决定了中国北煤南运、西煤东调的长期发展态势。

资源总量相对分布不均。全国各地区均有煤炭资源分布,但主要集中在华北和西北,最大的为山西、陕西、内蒙古和新疆,其探明储量主要集中在以上四省区,占全国保有储量的 75%~80%。

(5) 煤种齐全,但不均衡。中国煤炭资源的煤种,从低变质的泥炭、褐煤到高变质的无烟煤均有赋存,其中烟煤占 75%,褐煤占 13%,从资源利用角度,动力用煤约占 50%,炼焦用煤占 20%。从资源需求角度,炼焦煤中的主焦煤、肥煤和瘦煤为短缺煤种。

(6) 煤质较好。中国煤炭的质量总的来说比较好,已探明的保有储量中,灰分小于 10%的特低灰煤占 20%以上,含硫量小于 1%的低硫煤约占 65%,含硫量 1%~2%的占

15%~20%，含硫量大于2%的占10%~20%。

4. 我国煤炭资源开发利用现状

我国煤炭工业经过 60 多年的开发建设，特别是改革开放以后，煤炭产量迅速增长。煤炭产量的快速增长，对国民经济的发展和现代化建设起到了重要的支持和保障作用。自 20 世纪 80 年代中期开始，煤炭供不应求的情况出现缓解并出现供过于求的现象。特别是从 1997 年以来，由于受国内经济结构调整和亚洲金融危机的影响，我国的煤炭需求量下降，煤炭产量也随着市场的变化逐年减少；随着国家关闭非法小煤矿，整顿煤矿生产秩序等宏观调控措施的逐步落实，煤炭产量日渐稳定。

据统计，2014 年我国的能源燃料消费依然以煤炭为主导，占比为 66%。2014 年底，中国煤炭探明储量为 114 500 百万 t，其中无烟煤和烟煤为 62 200 百万 t，次烟煤和褐煤为 52 300 百万 t，占世界煤炭探明储量的 12.8%。煤炭产量为 3874 百万 t (1844.6 百万 toe)。煤炭消费为 1962.4 百万 toe，占世界煤炭消耗量的 50.6%。

我国煤炭有两大主要用途：动力用煤和炼焦用煤。

(1) 动力煤。

1) 发电用煤。我国约 1/3 以上的煤用来发电，目前我国五大发电集团供电煤耗在 315g/kWh 左右。

2) 一般工业锅炉用煤：除热电厂及大型供热锅炉外，一般企业及取暖用的工业锅炉型号繁多，数量大且分散，用煤量约占动力煤的 30%。

3) 建材用煤。约占动力用煤的 10%以上，以水泥用煤量为最大，其次为玻璃、砖、瓦等。

4) 生活用煤。生活用煤的数量也较大，约占燃料用煤的 20%。

5) 其他用煤。蒸汽机车用煤、冶金用动力煤等。

(2) 炼焦煤。我国虽然煤炭资源比较丰富，但炼焦煤资源还相对较少，炼焦煤储量仅占我国煤炭总储量 27.65%。

炼焦煤的主要用途是炼焦炭，焦炭由焦煤或混合煤高温冶炼而成，一般 1.3t 左右的焦煤才能炼一吨焦炭。焦炭多用于炼钢，是目前钢铁等行业的主要生产原料，被喻为钢铁工业的“基本食粮”，是各国在世界原料市场上必争的原料之一。

据统计，2014 年，我国发电装机总容量已达到 13.6 亿 kW（见表 1-6），全口径发电量达 5.79 万亿 kWh，均稳居世界第一。我国的电力生产一直以火电为主，发电装机总量中火电占比一直在 70%以上，发电量中火电占比一直在 80%左右。近年来，随着风电、太阳能的发展，火电占比有所下降，装机容量占比从 2000 年的 74.4%下降至 2014 年的 71.5%；发电量占比从 2000 年的 81%下降至 2014 年的 78.6%。火电的绝大部分为燃煤火电，燃煤火电在火电装机中的占比在 95%左右。

表 1-6 2001—2014 年我国年发电量

年份（年）	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
发电量（万 kWh）	14 808.02	16 540	19 105.75	22 033.09	25 002.6	28 657.26	32 815.53
年份（年）	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
发电量（万 kWh）	34 668.82	37 146.51	42 071.6	44 667	47 086.2	54 316.4	57 944.6

5. 中国煤炭需求与生产预测

同其他能源形式相比，由于煤的可获得性好，资源相对充足，因此是最为可靠的能源，也是相对廉价的能源。通常相同发热量下，国际天然气、油的价格是煤的 2~3 倍。

由清华·布鲁金斯公共政策研究中心主编的低碳发展蓝皮书《中国低碳发展报告 2015—2016》报告称，2000—2013 年的 13 年间，全国煤炭消费量年均增加 2.18 亿 t，年均增长 8.8%。2013 年煤炭消费量达到峰值，总量超过 42.2 亿 t。2014 年则出现了首次下滑，总量减少 1.23 亿 t，降幅为 2.9%。2015 年以来，煤炭消费量继续下滑，降幅达 3.7%。

虽然最近几年我国的能源结构持续改进，但煤炭依然是中国能源消费的主导燃料，2014 年煤炭占比仍然高达 66%。表 1-7 为 2014 年我国能源消费情况。

表 1-7 2014 年我国能源消费情况

能源	消费量	单位	占世界总耗量比例（%）
煤炭	1962.4	百万 toe	50.6
石油	520.3	百万 t	12.4
天然气	185.5	十亿 m ³	5.4
核电	126.3	十亿 kWh	5
水电	1064.3		27.4
太阳能发电	29.1		15.7
风电	158.4		22.4

“十三五”时期，我国经济社会发展呈现新趋势，预测“十三五”煤炭需求将低速增长。一方面，从宏观经济发展趋势看，随着我国工业化、信息化、城镇化、农业现代化持续推进，能源需求仍将保持增长，煤炭作为我国能源的主体地位不会改变。另一方面，我国经济发展进入新常态，经济结构不断优化，服务业成为我国经济增长的主体；国家推动能源革命，能源结构不断优化，非化石能源比重上升，替代煤炭作用增强。同时，随着科技进步，煤炭利用方式、利用领域不断拓展，煤炭将由燃料向燃料和原料并重转变。

煤炭工业要着力推进结构调整与转型升级。要优化资源开发布局，严格控制煤炭总量；根据市场需求，控制煤矿新建规模；建立煤矿退出机制，淘汰落后产能，消化过剩产能，优化煤炭生产结构；支持建设大型坑口电厂，促进煤电联营和煤电一体化发展；支持现代煤炭物流、煤炭金融等新兴产业发展；鼓励煤炭上下游协调发展，推进企业兼并重组，推动煤炭结构调整与转型升级，催生新的增长点，促进发展方式由数量、速度型向质量、效益型转变。表 1-8 为国家能源局给出的全国煤炭需求端及供给端预测情况分析。

表 1-8 全国煤炭需求端及供给端预测 (亿 t)

类别	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
表观需求量	41.4	41.9	42.3	42.7
增速	1.20%	1.00%	1.00%	1.00%
新增需求量	0.5	0.4	0.4	0.4
累计新增	0.2	0.7	1.1	1.5
需求合计	41.4	41.9	42.3	42.7
原煤产量	38.2	38.5	38.3	38.1

续表

类别	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
进口量	2	2	2	2
新增在建矿产能	1.2	1	0.5	0.5
新增整合矿产能	0.3	0.3	0.3	0.3
淘汰落后产能	1	1	1	1
不符合证照煤矿限产	0	0	0	
新增供给量	-0.5	0.3	-0.2	-0.2
累计新增	0.4	0.7	0.5	0.3
供给合计	40.2	40.5	40.3	40.1

从以上数据及分析可以得出以下结论：

(1) 我国能源资源并不十分丰富，供应十分紧张。在各种能源资源中，最具有实际意义的是煤炭、石油、天然气、水能和核能资源。由于我国人口众多，能源的人均资源占有量是世界人均资源量的 $1/2$ ，仅为美国人均资源量的 $1/10$ 。

(2) 从我国能源资源的储量、当前能源生产和消费角度看，煤炭是我国最主要的一次性能源。煤炭目前以至未来几十年中都将是支持我国能源供应的主要来源。

(3) 电力工业是原煤消耗量的最大部门，燃煤火力发电是电力生产的最主要形式。

(4) 煤炭不仅是我国最重要的能源，而且也是重要的化工原料。以煤为原料生产的合成氨占总产量的 64% ，以煤为原料生产的甲醇占总产量的 70% ，煤化工在我国化学工业中占有十分重要的地位。

(5) 煤炭消费构成复杂、能耗高、利用率低、浪费严重。