

曹长武 编著

火电厂 煤质检测技术

(第2版)

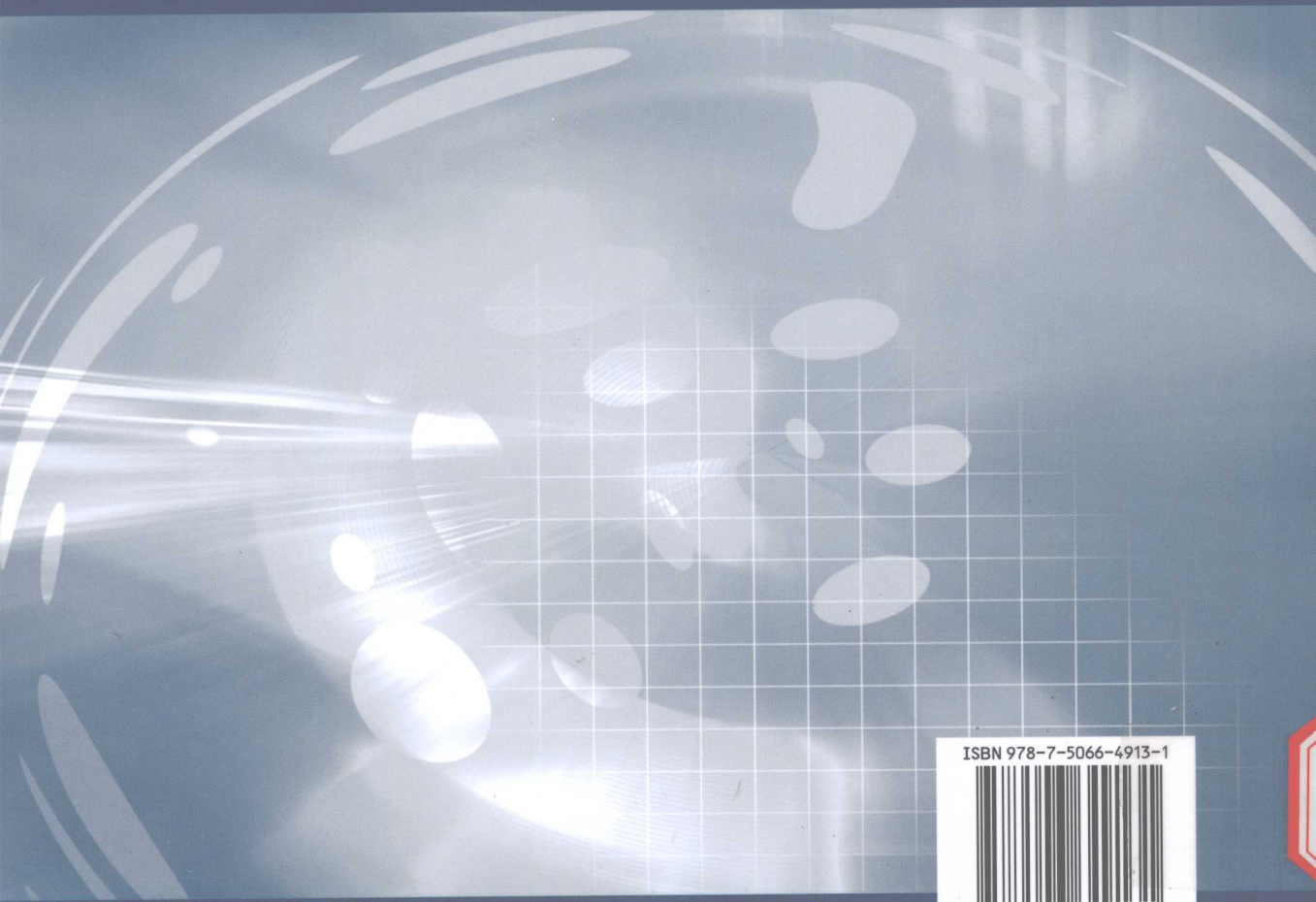


 中国标准出版社



责任编辑：叶伊兵
封面设计：徐东彦
版式设计：张利华

责任校对：刘宝灵
责任印制：程 刚



ISBN 978-7-5066-4913-1



9 787506 649131 >

销售分类建议：能源、化工

定价：85.00 元

编著 曹长武

火电厂煤质检测技术

(第2版)

中国标准出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

火电厂煤质检测技术/曹长武编著. -2 版. —北京: 中国标准出版社, 2008

ISBN 978-7-5066-4913-1

I. 火… II. 曹… III. 火电厂-煤质-检测 IV. TM621.2
TQ531

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 095768 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 33.25 字数 779 千字

2008 年 8 月第二版 2008 年 8 月第二次印刷

*

定价 85.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533

前言

《火电厂煤质检测技术》自 2002 年 12 月出版以来,我国煤炭工业生产已有很大发展。截至 2006 年年底,全国发电装机容量达到 6.22 亿 kW,当年我国原煤产量达到 23.25 亿 t,同时电力用煤量也大幅度增加,通常约占全国煤产量的 50%左右。

5 年来,我国加速了电源结构调整的步伐,但是在我国电源结构中,以火电为主,在火电中又以煤为主的基本格局依然如故。这一基本状况在短期内是不会改变的。而我国火电厂的平均发电煤耗较技术发达国家要高 50~60 g/(kW·h),同时火电生产对环境污染严重。为此,大力开展节能降耗,加强环境保护就成为我国电厂能否可持续发展的关键性因素。火电厂的节能降耗及环境保护与电力用煤紧密相关。在新形势下,加强电煤监督,扩大机组容量,降低发电成本,减少环境污染,提高煤质检测技术方面,均提出了更高的要求。

自 2003 年以来,我国制修订了一批与煤质检测相关的重要标准,如 2003 年修订了国标 GB/T 213《煤的发热量测定方法》,2004 年制定了国标 GB/T 19494《煤炭机械化采样》,同时 2003 年修订了国标 GB/T 13223《火电厂大气污染物排放标准》等。贯彻这些新修制定的标准,是各个火电厂面临的新任务,也体现了《火电厂煤质检测技术》一书修订的必要性与迫切性。

本书第2版与第1版相比,内容上有了很多变化,特别是大大增加了基础知识,机械化采制样、发热量测定等方面的内容,充分体现了上述新制修定标准的要求。由于第1版每章最后所列若干问答题与计算题经大大充实后,单独出版了《火电厂煤质检测技术习题集》,故在第2版中将上述部分删除。新出版的《火电厂煤质检测技术习题集》则与本书第2版配套使用。

本书第2版与第1版结构完全相同,共分3篇10章,但具体内容已大大充实,其篇幅约比第1版增加50%以上;另一方面,第2版仍保持第1版的写作风格,突出其实用性,重点是对与电煤相关的基础知识、采制样及主要检测项目中的技术问题加以分析,提出解决问题的方法与途径,以提高煤质检测人员解决实际问题的能力。本书第2版仍以阐述标准检测方法为主,深入浅出地讲明检测原理及其技术要点,同时将国内外最新的、具有实用性及先进性的采制样及特性检测技术介绍给读者。在第2版本中,刻意增加了与电力生产密切相关的锅炉运行及环境保护方面基础知识,以期使读者能更好地开拓视野、增长生产知识,全面提高对煤质检测重要性的认识及其实际工作水平。

参加本书的工作人员有宋丽莎、罗竹杰、刘颖琳、冷述博、王焕懋、孟金萍、曹阳、陈霞、周桂萍、刘小宁、刘英斌、孙安利、周少玲、李艳萍等,对他们付出的劳动及提出的意见,在此表示谢意。

编著者 曹长武

2008年5月

第一篇 基础知识

第一章	电煤特性概述	3
第一节	我国能源结构与火力发电燃料	3
第二节	煤的分类及其基本特征	11
第三节	煤炭产品及其分级	20
第四节	煤炭组成与煤质特性指标	24
第五节	发电煤粉锅炉与煤粉制备	27
第六节	煤粉燃烧与电厂发电效率	39
第七节	煤粉燃烧产物与环境保护	46
第八节	电力用煤特性与电力生产	67
第九节	电厂入厂煤质验收	71
第十节	电力生产全过程中的煤质监督	78
第十一节	贮存于煤场中的煤质变化	84
第十二节	煤的基准及其应用	90
第十三节	煤质监控对电厂生产的影响	97
第十四节	燃煤电厂节能降耗的潜力与途径	103
第十五节	煤质检测的基本要求与一般规定	112
第二章	煤质检测的质量控制	116
第一节	误差的类型与特点	116

第二节	检测精密度	122
第三节	检测准确度	128
第四节	常用数理统计方法	131
第五节	数理统计方法的应用	138
第六节	检测数据处理方法	143
第七节	标准煤样及其应用	148

第二篇 煤的采制样技术

第三章	煤的采样技术	157
第一节	煤炭采样特点与采样精密度	157
第二节	人工采样的技术要点	163
第三节	电厂用煤人工采样方法	166
第四节	煤炭采样标准中若干问题的分析讨论	178
第五节	电煤人工采样操作中的若干问题	183
第六节	入炉煤粉、飞灰及炉渣采样	192
第四章	煤的制样技术	200
第一节	制样的基本概念	200
第二节	制样室与制样设备	205
第三节	煤的人工制样方法	214
第四节	测定水分与存查煤样的制备	217
第五节	制样性能检验	219
第六节	人工制样流程与设备的改进	223
第五章	煤的机械化采制样技术	226
第一节	煤的机械化采制样概述	226
第二节	对采煤样机的技术要求	230
第三节	皮带采煤样机的应用	236
第四节	火车、汽车采煤样机的应用	239
第五节	分体式采煤样机的应用	246
第六节	采煤样机性能检验	251

第七节 皮带采煤样机的发展方向	261
-----------------------	-----

第三篇 煤质检测技术

第六章 工业分析检测技术	269
--------------------	-----

第一节 煤中水分测定	269
第二节 煤中灰分测定	277
第三节 煤中挥发分测定	283
第四节 工业分析指标的热重法测定	288
第五节 工业分析指标的在线检测	292
第六节 煤中碳酸盐二氧化碳含量的测定	298

第七章 元素分析检测技术	301
--------------------	-----

第一节 煤中碳与氢的测定(三节炉法)	301
第二节 煤中碳与氢的测定(其他方法)	308
第三节 煤中氮的测定	312
第四节 煤中碳、氢、氮联合测定	315
第五节 煤中全硫测定(标准方法)	321
第六节 煤中全硫测定(红外吸收法)	328
第七节 煤中各种形态硫的测定	333
第八节 煤中氟及砷含量的测定	337

第八章 煤的发热量测定	343
-------------------	-----

第一节 发热量的基本概念	343
第二节 氧弹热量计	346
第三节 量热温度计及其校正	354
第四节 冷却校正及其计算	358
第五节 热容量的标定	366
第六节 发热量的测定及计算	376
第七节 发热量测定中的各种技术问题解析	383
第八节 绝热式热量计的使用	399
第九节 新型自动热量计的使用	402

第十节	热量计综合性能检验	410
第十一节	电厂标准煤耗及其计算	418
第九章	煤的物理性能测定	423
第一节	煤的密度及其测定	423
第二节	煤粉细度的测定	429
第三节	煤的哈氏可磨性指数的测定	435
第四节	煤的磨损指数测定	441
第五节	煤的着火点测定	445
第十章	灰及渣的特性测定	450
第一节	灰、渣可燃物(含碳量)的测定	450
第二节	煤灰熔融性及其测定要求	454
第三节	煤灰熔融性测定仪	458
第四节	煤灰熔融性的测定	462
第五节	灰渣流动特性及其测定	468
第六节	煤(灰)质检测与化学分析方法	472
第七节	煤(灰)质检测与分光光度法	494
第八节	煤灰成分测定方法概述	502
第九节	煤灰成分测定	505
第十节	灰渣特性与电力生产	512
附录	火电厂煤质检测技术术语名称(中、英文)	516

第一篇

基 础 知 识

煤质特性及其检测质量控制方面的基础知识,是煤质特性检测技术的重要组成部分,它贯穿于煤质检测的全过程中。

本书将电煤特性概述与煤质检测质量控制两章合为基础知识篇。第一章介绍了煤炭分类、煤的基准及其应用、煤质特性与电力生产等方面的专业基础知识;第二章介绍了误差的类型与特点、精密度与准确度、常用数理统计方法等,这些都是检测质量控制方面最重要、也是应用最多的基础知识。

对煤质检测人员来说,单纯能按标准或规程进行检测操作是不够的。只有熟悉并掌握煤质特性方面的基础知识,学会并能应用检测质量控制的原理与方法,这对保证煤质检测质量,提高煤质检测水平具有十分重要的意义。

第一章

电煤特性概述

要了解电煤特性,掌握煤质特性检测技术,就必须学习煤炭的基础知识,认识煤质特性与电力生产的关系,从而为学习本书打下基础。

第一节 我国能源结构与火力发电燃料

能源是国民经济的基础。从我国能源资源总量情况来看,煤炭一直是我国一次能源的主体,见表 1-1。

一、我国能源结构的特点

1. 我国能源结构

我国能源生产总量及构成见表 1-1。

表 1-1 能源生产总量及构成

年 份	能源生产总量/ ($\times 10^4$ tce ¹⁾)	占能源生产总量的比例/%			
		原 煤	原 油	天然气	水 电 ²⁾
1978	62 770	70.3	23.7	2.9	3.1
1980	63 735	69.4	23.8	3.0	3.8
1985	85 546	72.8	20.9	2.0	4.3
1989	101 639	74.1	19.3	2.0	4.6
1990	103 922	74.2	19.0	2.0	4.8
1991	104 844	74.1	19.2	2.0	4.7
1992	107 256	74.3	18.9	2.0	4.8
1993	111 059	74.0	18.7	2.0	5.3
1994	118 729	74.6	17.6	1.9	5.9
1995	129 034	75.3	16.6	1.9	6.2
1996	132 616	75.2	17.0	2.0	5.8
1997	132 410	74.1	17.3	2.1	6.5
1998	124 250	71.9	18.5	2.5	7.1
1999	109 126	68.3	21.0	3.1	7.6
2000	106 988	66.6	21.8	3.4	8.2
2001	120 900	68.6	19.4	3.3	8.7
2002	138 369	71.2	17.3	3.1	8.4
2003	160 300	74.2	15.2	2.9	7.7

1) 1 tce=29.307 6GJ。
2) 电力折算标准煤的系数根据当年平均发电煤耗计算。

2003 年我国能源生产总量为 $160\,300 \times 10^4$ tce, 其中煤占 74.2%, 原油占 15.2%, 天然气占 2.9%, 水电占 7.7%。

2006 年我国一次能源生产总量为 22.1 亿 tce, 较 2003 年增加了 37.9%。2006 年原煤生产总量为 23.8 亿 t, 原油为 1.84 亿 t。同年我国能源消费总量为 24.6 亿 tce, 其中煤炭消费 23.7 亿 t, 原油消费 3.2 亿 t, 天然气消费 5.56 亿 m^3 。

我国各种能源占消费总量的比重, 长期以来相对稳定, 变化不太大, 这与世界平均能源消费状况相差很大, 见表 1-2。

表 1-2 我国能源近期消费总量及构成

年 份	能源消费总量/ (10^4 tce)	占能源消费总量的比例/%			
		煤 炭	石 油	天 然 气	水 电
2001	134 914	65.3	24.3	2.7	7.7
2002	148 222	65.6	24.0	2.6	7.8
2003	107 800	67.1	22.7	2.8	7.4

2005 年世界各国一次能源消费结构见表 1-3。

表 1-3 2005 年一次能源消费结构

10^6 t 油当量

国 家	石 油	天 然 气	煤	核 能	水力发电	总 计	天然气占 一次能源 的比例/%
美 国	944.6	570.1	575.4	185.9	60.6	2 336.6	24.4
加 拿 大	100.1	82.3	32.5	20.8	81.7	317.5	25.9
墨 西 哥	87.8	44.6	6.0	2.4	6.3	147.2	30.3
北美洲总计	1 132.6	697.1	613.9	209.2	148.6	2 801.3	24.9
阿 根 廷	20.1	36.5	0.8	1.6	7.9	66.9	54.6
巴 西	83.6	18.2	13.5	2.2	77.0	194.5	9.4
智 利	11.9	6.8	2.4		5.9	27.0	25.2
哥伦比亚	10.4	6.1	2.3		9.0	27.8	21.9
厄瓜多尔	6.6	0.2			1.7	8.4	2.4
秘 鲁	6.4	1.4	0.6		4.3	12.8	10.9
委内瑞拉	25.4	26.1	0.1		17.6	69.2	37.7
中南美洲其他国家	58.8	16.4	1.4		18.3	95.0	17.3
中南美洲总计	223.3	111.7	21.1	3.7	141.7	501.4	22.3
奥 地 利	14.2	9.0	2.5		9.0	34.6	26.0
阿塞拜疆	5.1	7.9			0.7	13.7	57.7
白俄罗斯	6.7	17.0	0.1			23.8	71.4
比利时、卢森堡	39.5	15.2	6.4	11.1	0.6	72.7	20.9
保加利亚	5.0	2.9	7.4	4.2	0.8	20.3	14.2

续表 1-3

10⁶ t 油当量

国 家	石 油	天然气	煤	核 能	水力发电	总 计	天然气占 一次能源 的比例/%
捷克共和国	9.9	7.7	20.5	5.6	0.7	44.4	17.3
丹麦	9.1	4.5	3.6			17.2	26.2
芬兰	11.0	3.6	2.5	5.5	3.1	25.6	14.0
法国	93.1	40.5	13.3	102.4	12.8	262.1	15.5
德国	121.5	77.3	82.1	36.9	6.3	324.0	23.9
希腊	20.9	2.3	9.0		1.3	33.5	6.9
匈牙利	7.0	12.1	2.7	3.1		24.9	48.6
冰岛	0.9		0.1		1.6	2.6	0.00
爱尔兰共和国	9.4	3.5	1.9		0.2	14.9	23.5
意大利	86.3	71.1	16.9		9.6	183.9	38.7
哈萨克斯坦	10.0	16.0	27.2		2.0	55.2	29.0
立陶宛	2.7	2.9	0.2	2.3	0.2	8.3	34.9
荷兰	49.6	35.5	8.7	0.9		94.7	37.5
挪威	9.8	4.0	0.5		30.9	45.2	8.8
波兰	21.9	12.2	56.7		0.9	91.7	13.3
葡萄牙	15.3	2.7	3.8		1.1	23.0	11.7
罗马尼亚	11.3	15.6	7.1	1.3	4.6	39.8	39.2
俄罗斯联邦	130.0	364.6	111.6	33.9	39.6	679.6	53.6
斯洛伐克	3.5	5.3	4.3	4.0	1.1	18.2	29.1
西班牙	78.8	29.1	21.4	13.0	5.2	147.4	19.7
瑞典	15.1	0.7	2.2	16.3	15.5	49.7	1.4
瑞士	12.2	2.8	0.1	5.3	7.5	27.9	10.0
土耳其	30.3	24.6	26.1		9.0	89.7	27.4
土库曼斯坦	4.9	14.9				19.8	75.3
乌克兰	13.9	65.6	37.4	20.1	2.8	139.7	47.0
英国	82.9	85.1	39.1	18.5	1.7	227.3	37.4
乌兹别克	7.8	39.6	1.1		1.6	50.1	79.0
欧洲其他国家	24.3	13.8	21.3	1.9	16.9	78.1	17.7
欧洲和欧亚总计	963.3	1 009.7	537.5	286.3	187.2	2 984.0	33.8
伊朗	78.6	79.6	1.1		2.8	162.0	49.1
科威特	14.4	8.7				23.1	37.7
卡塔尔	3.8	14.3				18.1	79.0
沙特阿拉伯	87.2	62.6				149.8	41.8

续表 1-3

10⁶ t 油当量

国 家	石 油	天然气	煤	核 能	水力发电	总 计	天然气占 一次能源 的比例/%
阿联酋	18.3	36.4				54.6	66.7
中东其他国家	69.2	24.3	7.9		1.1	102.5	23.7
中东总计	271.3	225.9	9.0		3.9	510.2	44.3
阿尔及利亚	11.2	21.7	0.9		0.1	33.9	64.0
埃及	29.2	23.0	0.5		3.1	55.8	41.2
南非	24.9		91.9	2.9	0.8	120.5	0.00
非洲其他国家	64.0	19.4	7.0		15.9	106.3	18.3
非洲总计	129.3	64.1	100.3	2.9	19.9	316.5	20.3
澳大利亚	39.7	23.1	52.2		3.7	118.7	19.5
孟加拉国	4.0	12.8	0.4		0.3	17.4	73.6
中国	327.3	42.3	1 081.9	11.8	90.8	1 554.0	2.7
中国香港	13.8	1.9	7.2			22.9	8.3
印度	115.7	33.0	212.9	4.0	21.7	387.3	8.5
印度尼西亚	55.3	35.5	23.5		2.1	116.4	30.5
日本	244.2	73.0	121.3	66.3	19.8	524.6	13.9
马来西亚	22.0	31.4	6.3		1.5	61.2	51.3
新西兰	7.0	3.2	2.1		5.5	17.8	18.0
巴基斯坦	17.4	26.9	4.1	0.6	6.9	55.9	48.1
菲律宾	14.7	2.7	5.9		1.9	25.2	10.7
新加坡	42.2	5.9				48.1	12.3
韩国	105.5	30.0	54.8	33.2	1.2	224.6	13.4
中国台湾	41.6	9.6	38.2	9.0	1.8	100.3	9.6
泰国	45.6	26.9	11.8		1.3	85.6	31.4
亚太地区其他国家	21.1	8.0	25.7		8.9	63.8	12.5
亚太地区总计	1 116.3	366.2	1 648.1	125.0	167.4	3 423.7	10.7
世界总计	3 836.8	2 474.7	2 929.8	627.2	668.7	10 537.1	23.5
其中:欧盟 25 国	700.4	424.1	299.0	220.9	70.8	1 715.1	24.7
OECD	2270.7	1275.1	1168.5	531.3	296.8	5 542.4	23.1
前苏联	186.3	536.3	178.2	56.9	56.5	1 014.3	52.9
其他新兴国家	1 379.9	663.2	1 583.1	38.9	315.3	3 980.4	16.7

对照表 1-2 及表 1-3, 中国能源消费结构的特点是煤炭所占比例极高, 而天然气所占比例远远低于世界平均水平。

提高天然气在一次能源消费的份额是世界各国优化能源结构的大势所趋。20 世纪 70

年代世界天然气储量及产量的增长速度居各种一次能源之首。

天然气是高效清洁能源。从 20 世纪 80 年代以来,我国天然气探明储量和产量持续快速增长,已经形成了川渝、新疆、长庆、青海以及南海等陆上及海上气区,累计可采储量为 2.66 万亿 m^3 。随着西气东输,川气东送工程的建设,我国在“十一五”期间,天然气消费将会达到我国能源消费总量的 10% 左右,煤炭所占比例将会下降,这将大大改善我国的能源结构,并有效地降低因煤燃烧所产生的环境污染。

2. 我国的能源形势

我国能源形势相当严峻,节约优先的方针没有得到落实,节能工作远不适应我国能源短缺的基本国情,远不能满足我国经济社会发展的基本要求。

应该清醒地认识到,我国煤炭产量虽然居世界第一位,但我国仍是能源资源严重短缺的国家。

我国石油、天然气人均剩余可采储量仅为世界平均水平的 7.7% 及 7.1%,储量比较丰富的煤炭也只有世界平均水平的 58.6%。按目前探明储量和开采能力测算,我国煤炭、石油、天然气可采年限分别为 80 年、15 年及 30 年,而世界平均水平为 230 年、45 年及 61 年。

另一方面,我国又是能源资源浪费惊人的国家。我国能源利用效率只有 33%,比国际先进水平约低 10 个百分点,就拿火力发电来说,我国 300 MW 及 600 MW 发电机组的发电标准煤耗一般在 $(310 \sim 360) \text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$,如某发电厂发电煤耗为 $330 \text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$,则 1 kgce 可发电 $3.03 \text{kW} \cdot \text{h}$,其能源利用率也仅为 37.27%。

不同发电煤耗值对应的能源利用率见表 1-4。

表 1-4 不同发电煤耗对应的能源利用效率

发电煤耗/ $[\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$	280	300	310	320	330	340	350	360	380	400
能源利用率/%	43.91	41.00	39.68	38.44	37.27	36.16	35.18	34.19	32.35	30.75

我国火电厂的发电煤耗约比世界先进水平高 $(50 \sim 60) \text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ 。

2004 年我国国内生产总值约占全世界的 4.4%,而煤炭消费占 35% 以上,原油消费占 7.8%,其他如钢铁、水泥及水的消费量也大大高于世界平均水平。

二、我国火力发电燃料

1. 我国的电源结构

煤、石油、天然气、核能均可作为发电燃料,而以煤为主的这种格局一直如此,且短期内也无法改变。

截至 2005 年底,我国发电装机容量为 50 841 万 kW,其中火电 38 413 万 kW,占 76.6%;水电为 11 652 万 kW,占 22.9%;核电 685 万 kW,占 1.35%。

在火力发电中,我国核电所占比例很低。截至 2005 年底,全世界有核电机组 441 台,其中美国 113 座,法国 59 座,日本及俄罗斯都在 30 座以上。

2005 年,核能总发电量达 2.63 万亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,发电量占全世界总发电量的 16%。2006 年核发电量在国内总发电量中所占比例超过 20% 的有 18 个国家,其中法国占 78.5%,立陶宛占 69.6%,斯洛伐克及比利时均占 50% 以上。