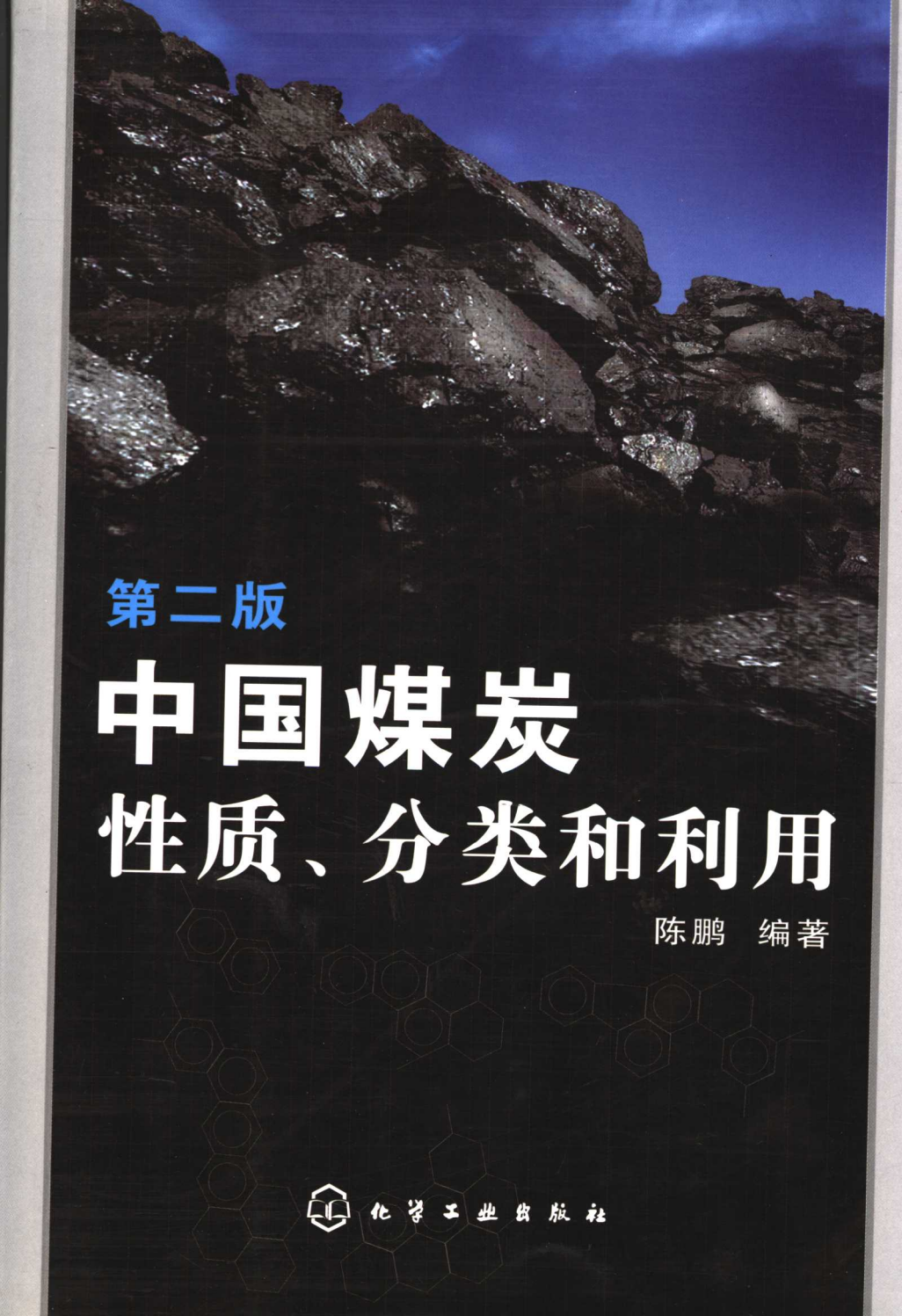




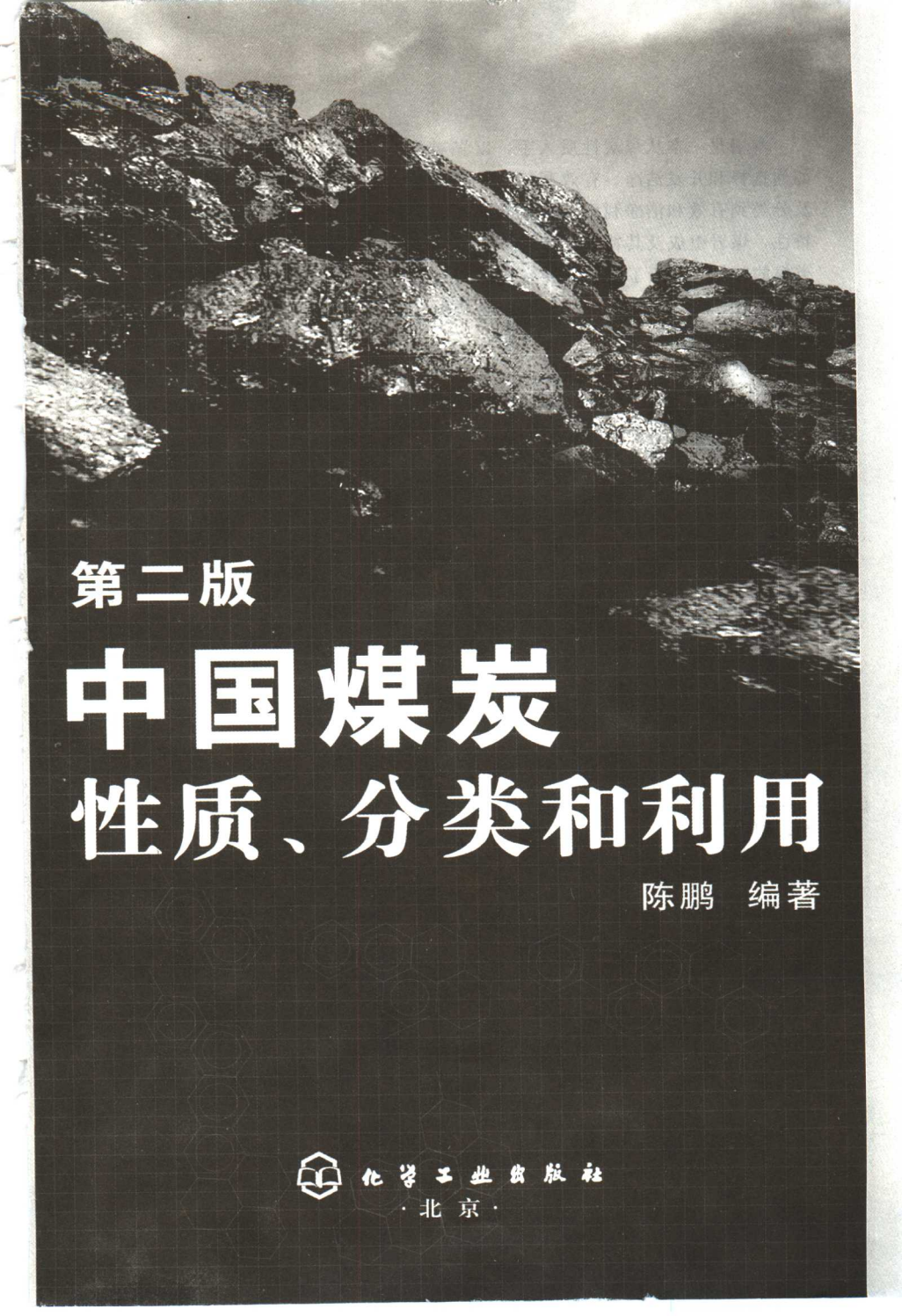
第二版

中国煤炭 性质、分类和利用

陈鹏 编著



化学工业出版社



第二版

中国煤炭 性质、分类和利用

陈鹏 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是一本从煤炭性质入手,以煤炭分类为主线,阐述煤炭利用过程中如何选择和开发洁净、有效利用途径的专著,为读者在中国煤炭资源、性质及分类到有效和洁净利用工程之间架起一座桥梁。重点论述中国煤炭资源的特性、煤岩组成及其特点、煤质分析、煤的分类和评价方法,并针对不同类型煤的特性,分析了煤对各种转化利用的适应性,阐明了煤性质与分类对焦化、燃烧、气化、液化及对环境影响的指导作用,进而论述了煤分类学在煤利用工程中的应用。

本书可供从事煤田地质勘探、煤炭生产及煤炭利用(如冶金、电力、化工、建材、环保)的技术人员以及物资和外贸等方面的科技人员、管理干部和有关高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国煤炭性质、分类和利用/陈鹏编著. -2版. -北京:化学工业出版社, 2006.12
ISBN 978-7-5025-9279-0

I. 中… II. 陈… III. ①煤质-研究-中国 ②煤炭-分类-研究-中国 ③煤炭-应用-研究-中国 IV. TQ53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 144476 号

责任编辑:王苏平
责任校对:陈 静

装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市万龙印装有限公司
850mm×1168mm 1/32 印张21 $\frac{3}{4}$ 字数587千字
2007年3月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:48.00 元

版权所有 违者必究



陈鹏,男(1934.11.2),江苏江阴人。煤炭科学研究总院北京煤化工分院博士生导师,教授。1956年毕业于浙江大学化工系,后就读北京电视大学数学系;20世纪80年代初赴美国,在俄亥俄大学化学系及犹他大学燃料工程系作访问学者,进修2年。现任神华集团煤制油公司专家顾问组成员,兼任国际煤岩委员会(ICCP)委员和国际标准化组织(ISO/TC27)煤炭分析试验方法委员会(SC5)委员及“化工学报”、“煤炭转化”期刊编委,“燃料化学学报”编辑委员会顾问,并任煤转化国家重点实验室以及化学工程联合(清华大学、天津大学、华东理工大学和浙江大学)国家重点实验室学术委员会委员。先后获奖9次,其中“烟煤黏结指数测定方法”和“煤岩学炼焦配煤方法研究”分别获国家科技进步三等奖;“中国煤炭的分类研究”等7项成果分别获部级科技进步一等奖和二等奖。此外获发明专利2项,出版合著、专著5本,发表学术论文200余篇。本书第一版获2004年中国石油和化学工业协会科技进步二等奖。

再版前言

本书第一版经数次重印后，出版社就酝酿再版。对作者来说，再版需要增添新的内容，收集最近的资料和更新数据，要在 4~5 个月内完成，时间和精力是完成再版的最大障碍，承诺这本书的再版是几经踌躇后才做出的决定。

从本书首版到现在，只有短短 5 年。期间，国内煤化工产业出现一派大好形势，迎来煤化工利用又一个春天，这激发起再版的欲望；一些洁净煤关键技术的突破，在内容上也使我感到有再版的必要；本书第一版面世后，蒙读者垂青，咨询要求和鼓励不断，也敦促我对内容做与时俱进的增补；2006 年初，中国创建的煤质国家标准被投票通过成为国际标准，书的再版也将为介绍中国人自己的国际标准提供一个平台；本书荣获 2004 年中国石油和化学工业协会科技进步二等奖也成为化学工业出版社说服自己将书再版的一个理由。

因为是再版，原版的总体结构保持不变，还是按原来的顺序分 10 章来撰写，但每一章内容都有所增补，一些章目随章节内容稍有变动。第一版中的前言和后语，作为一段历史记忆而继续留存。原附录不变，附录中新增 ISO 15585 : 2006 硬煤-黏结指数测定方法（第一版）的中译本。

第 1 章中除因年代更迭需要更新统计数据之外，还增补了“煤化工的发展机遇”和“煤基多联产”两节。

第 2 章章目修改成“中国煤炭资源的特点、分级及 13 个大型煤炭基地”，内容除新增 1999 年“固体矿产资源/储量分类”国家标准外，还增添了最近公布的国内 13 个大型煤炭基地，可惜由于资料收集方面的原因，煤质部分数据有的煤炭基地数据相对较多，有的就显得很少，未能相互配套，不能不说是一个

遗憾。

第3章增加了应用X射线光电能谱研究煤还原程度的结果，增补了镜质组等显微组分荧光性质的数据，为解释焦化过程中的一些煤质异常，提供了一种方法。

第4章内容基本保持不变，增加了煤炭分析方法的一些国际动态，诸如对原国家标准“烟煤黏结指数测定方法”升格为国际标准ISO 15585 Hard Coal-Determination of Caking Index（公布日期2006-01-15）的叙述；同时提及罗加指数ISO 335已于2004年10月被投票废除。

第5章增补了最新的国际煤分类标准ISO 11760 Classification of Coals（公布日期2005-02-15），并做了较为详细的介绍。

第6章增加了煤燃烧后排放物中飞灰的特征及迁移以及矿物质中的重金属在不同粒径飞灰上的担载情况。

第7章章目修改成“气化工艺与煤质”，跳出原来“气化工艺及对煤质的要求”的框框，增补对现代气化工艺特点的介绍及对煤质的要求，报道了一些煤种在各种类型气化炉上的小试结果；同时在影响煤成浆性煤质因素方面也增多了篇幅。此外，增添了“煤炭地下气化”一节。

第8章除增补焦炭热性质预测部分外，还增添了“烟煤黏结现象的化学解释”和“炼焦技术的未来和当前面临的问题”两节。

第9章章目修改成“液化工艺与煤质”，这样内容范围就不仅限于液化工艺对煤质的要求，除增添“煤炼油和煤提油”小节外，在液化和煤化工、化学制品方面也增加了篇幅，特别对煤液化衍生物的芳烃特性和作为高聚物的原料做了较详细的阐述，在“岩相组成和性质”一节中也做了一些增补。

第10章增添了“概述”一节，列举了煤热解转化工艺的主要排放物危害和与燃烧排放物的比较，以及增补“致癌作用与实例”小节；对煤转化工艺中排放二氧化碳的封存和利用专门增添一节进行讨论。

“再版前言”写到这里，可以告一段落。至于再版后能否让读者得到更多的收获和启迪，能否像本书第一版那样受人欢迎，实在无从知晓。但愿书的新版能在大搞煤炭转化的热潮中对读者有所裨益。

作 者

2007 年 1 月，北京

第一版前言

本书主要取材于作者的科研成果及其所引文献。作者的科研内容涉及中国煤炭性质及分类、煤岩相分离及其应用、炼焦用煤评价方法、成型焦化、煤加氢、煤中孔结构及其吸附性能、动力煤合理利用和洗选、无烟煤粉煤的利用、由煤制取化学品、沥青中间相应应用、煤中硫和有机硫的鉴定与分布及其对环境的影响，以及褐煤炼焦工程。作者研究试验的煤种范围广泛，涵盖我国所有成煤时代的各煤田和矿区，积累了丰富的煤质资料，为读者提供了中国煤炭资源特征及利用的大量信息。本书内容共分五部分，书后附有煤质结果作为附录。

第一部分：写作背景。通过对煤化学进展的回顾，介绍煤化学和煤化工在 20 世纪中的成就，集中在煤分类及煤的热解、燃烧、气化、液化等领域，并指出煤炭研究随着政治形势的变化而兴衰。当今，迫于环境的压力，国际上对煤炭研究与投入又进入低谷。而我国是一个煤炭大国，在相当长的一段时期内，以煤为主要能源和原料的情形将不会改变。面对国际煤炭不景气的形势，我国煤化学科技工作者肩负着更重大的创新责任。我国煤炭利用中存在的低效和污染严重等问题，作者认为，除技术和装备水平等原因外，也由于煤炭供需双方缺乏对煤性质与分类的深入了解，这说明了煤性质和分类在煤利用过程及环境保护中的重要意义。这些就是本书的写作背景和意图。

第二部分：介绍中国煤炭资源及其性质与煤岩特征，以便读者从多方位来认识煤炭。谈及煤的储量和分级；从地质的角度介绍煤岩特性，并与国际上的煤岩性质和组成做比较；介绍煤的组成性质和检测；通过对煤中的有机质、无机物和孔结构的分析，描述了煤的化学性质、物理性质及工艺特性；以及近代测试技术在煤组成、

性质与结构方面的最新成果及其应用。

第三部分：煤炭分类体系。介绍了制定中国煤炭分类完整体系的方法和过程，通过分类指标的选择及分类方法学研究，完成了煤的技术分类，使先前的经验分类提升到科学分类；随着国内市场经济的发展，为满足煤炭利用和贸易的需要，制定了煤的编码系统，以提供煤质的重要信息；鉴于近期我国将加入世贸组织及煤炭国际贸易量的增大，在评价煤炭储量、类别和煤质方面都有与国际接轨的迫切要求，制定了中国煤层煤分类，构成中国煤分类的完整体系。此外，还扼要介绍了主要产煤国的煤分类，以及新的国际煤分类的起草过程。

第四部分：煤性质与分类对煤转化工艺过程的影响。阐述了煤分类对焦化、燃烧、气化及液化的指导作用。煤性质及分类的研究是为煤利用工程服务的，针对不同种类煤的特性，分析了煤对各种转化利用的适应性。以焦化工程为例，依据煤分类的主要分类指标：煤阶和黏结指数所构成的炼焦用煤评价方法，用来指导炼焦配煤、预测焦炭质量和选择经济配煤比，使配煤技术产生了重大变革。这一方法已在国内多数焦化厂得到广泛应用，并取得很大经济效益，也扩大了炼焦用煤资源。由此阐明煤性质与分类对煤转化的工程意义。

第五部分：煤炭和环境问题。阐述煤及煤炭利用过程中的有害物质及其防治，中国煤中有害微量元素的分布、迁移；煤利用过程中的致癌化合物的形成、结构及致癌活性；以及中国煤中硫的分布、燃煤后生成二氧化硫的危害和减排措施。这些对煤的洁净利用和环境保护都有重要意义。

附录部分将煤分类研究过程中所采集煤样的测试结果，汇集整理贡献给读者。这些煤样采集自全国各地，几乎涵盖了不同成煤时代和地层，包括不同煤阶的近千个煤样，如此丰富的煤质数据与素材，犹如给读者一把打开中国煤炭资源数据宝库的钥匙。

本书是一本从煤炭性质入手，以煤炭分类为主线，阐述煤炭利用过程中如何选择和开发洁净、有效利用途径的专著，希望能为读

者在中国煤炭资源、性质及分类到有效和洁净利用工程之间架起一座桥梁。它的出版将填补这方面的空白。但是希望与现实之间总有一段距离，这本书能否达到作者的期望和效果，只能有待读者去评价。因而在写作过程中，时时感受到自我挑战的压力。如果它能对从事煤炭事业的科技工作者、教育界的同行、环境保护工作者、管理和外贸人员，哪怕有一点帮助和贡献，作者也将感到莫大欣慰。本书出版过程中得到了国家科学技术学术著作出版基金委员会的资助，作者在此表示衷心的感谢。

作 者

2001 年 5 月

目 录

1 绪论	1
1.1 20 世纪煤化学进展回顾	2
1.1.1 20 世纪煤利用研究的重大贡献	3
1.1.2 20 世纪煤利用研究的兴衰	4
1.2 煤炭在社会发展过程中的地位和作用	6
1.2.1 煤炭在一次能源中的地位	6
1.2.2 能源效率和洁净煤技术	11
1.2.3 煤化工的发展机遇	18
1.2.4 煤基多联产	22
2 中国煤炭资源的特点、分级及 13 个大型煤炭基地	27
2.1 煤的生成：成煤作用及煤的系列	27
2.2 中国煤炭资源分类和分级	30
2.2.1 煤炭资源储量的分类	30
2.2.2 煤炭资源储量的分级	32
2.2.3 “固体矿产资源/储量分类”国家标准 (GB/T 17766—1999)	34
2.3 中国煤炭资源储量和特点	36
2.3.1 储量	36
2.3.2 资源分布特征	37
2.4 13 个大型煤炭基地	42
2.4.1 神东基地	42
2.4.2 晋北基地	51
2.4.3 晋东基地	53
2.4.4 蒙东 (东北) 基地	55
2.4.5 云贵基地	59
2.4.6 河南基地	60
2.4.7 鲁西 (兖州) 基地	63
2.4.8 晋中基地	64

2.4.9	两淮基地	66
2.4.10	黄陇（华亭）基地	68
2.4.11	冀中基地	69
2.4.12	宁东基地	71
2.4.13	陕北基地	72
3	煤的岩相组成与特性及其分类	75
3.1	煤显微组分及其分类	75
3.1.1	煤岩宏观组成	75
3.1.2	煤岩显微组分	76
3.1.3	显微煤岩类型	82
3.1.4	显微组分的成因	82
3.2	镜质组平均反射率	84
3.2.1	镜质组反射率：表征煤阶的分类指标	84
3.2.2	最大反射率、随机反射率和最小反射率	86
3.3	反射率分布图	87
3.3.1	用反射率分布图来判别混煤	88
3.3.2	评价煤岩分离组分的纯度	89
3.3.3	反射率分布图的特征划分	90
3.4	中国煤岩相组成特点	92
3.4.1	中国煤岩组成的分布特征	92
3.4.2	不同成煤时代煤显微组分的性质差异	96
3.4.3	还原程度及其应用	98
3.4.4	显微组分性质	101
3.4.5	近代分析技术测试显微组分性质	101
3.5	煤岩参数对加工工艺的影响及“煤岩相化学”	116
3.5.1	煤岩参数对加工工艺过程的影响	116
3.5.2	煤岩学在煤化学中的应用及“煤岩相化学”	116
4	煤炭的组成、性质及检测	119
4.1	煤的化学组成与性质	119
4.1.1	煤质分析中的基准与符号	119
4.1.2	元素分析：碳和氢	124
4.1.3	元素分析：氧和氮	128
4.1.4	元素分析：硫	130

4.1.5	水分	132
4.1.6	灰分	136
4.1.7	挥发分和固定碳	139
4.1.8	发热量	144
4.2	煤中矿物质与有害元素	151
4.2.1	矿物质来源与赋存形态	151
4.2.2	煤中矿物质测定与灰分	154
4.2.3	矿物质的分析方法	155
4.2.4	煤灰的化学组成	156
4.2.5	煤中微量元素与有害元素	158
4.2.6	煤中伴生元素：锗、镓、铀、钒及其他	160
4.3	煤的孔结构	162
4.3.1	煤中孔的分类与形态	162
4.3.2	煤中孔的孔径及其分布	165
4.3.3	煤多孔性的应用	170
4.4	煤的物理性质与工艺性质	174
4.4.1	密度、视密度和散密度	174
4.4.2	煤的抗碎强度和显微硬度	180
4.4.3	煤的成型性	184
4.4.4	煤的可选性	188
4.4.5	煤的可磨性	191
4.4.6	煤的磨损性	196
4.4.7	煤的燃点与氧化自燃	199
4.4.8	煤受热后的塑性	201
4.4.9	黏结性	210
4.4.10	结焦性	219
4.4.11	煤灰熔融性和灰黏度	223
4.4.12	煤灰玷污性	230
4.4.13	煤对二氧化碳的化学反应性	231
4.4.14	煤的热稳定性	233
4.4.15	煤的结渣性	235
4.4.16	煤液透光率	237
5	煤炭分类	239

5.1	分类研究的历史沿革	239
5.2	中国煤炭分类的完整体系	244
5.3	中国煤炭分类	245
5.3.1	烟煤分类	246
5.3.2	无烟煤分类	259
5.3.3	褐煤分类	259
5.3.4	分类效果与特点	260
5.3.5	各类煤的性质	262
5.4	中国煤炭编码系统	265
5.4.1	编码参数和方法	267
5.4.2	编码系统的积极作用及与国外编码系统的比较	271
5.5	中国煤层煤分类	272
5.5.1	煤阶	273
5.5.2	组成	279
5.5.3	品位	281
5.5.4	煤层煤分类的称谓与命名表述	281
5.6	中国煤分类体系的工程意义	282
5.6.1	炼焦用煤评价方法	283
5.6.2	煤炭利用指南	286
5.7	国际煤炭分类	289
5.7.1	国际硬煤分类	289
5.7.2	国际褐煤分类	291
5.7.3	国际中、高煤阶煤编码系统	292
5.8	主要产煤国家的煤炭分类	295
5.8.1	美国煤炭分类	295
5.8.2	澳大利亚煤炭分类与编码系统	296
5.8.3	前苏联煤炭分类	298
5.8.4	英国煤炭分类	300
5.8.5	波兰煤炭分类	302
5.8.6	德国煤炭分类	303
5.8.7	法国、荷兰和意大利煤炭分类	304
5.9	最新国际煤分类标准 (ISO 11760 : 2005)	305
5.9.1	煤阶	307

5.9.2	组成	311
5.9.3	灰分产率	311
5.9.4	称谓与命名表述	312
5.9.5	分析误差	313
6	煤分类学在燃烧工程中的应用	314
6.1	煤燃烧的基本原理	315
6.1.1	煤的燃烧过程	315
6.1.2	煤燃烧的动力工况	316
6.1.3	煤的燃烧机理	318
6.1.4	煤的燃烧方式与环境保护	318
6.1.5	煤质特征对燃烧工况的关系	320
6.2	煤阶的影响	322
6.3	化学组成和性质	324
6.3.1	发热量	324
6.3.2	挥发分	328
6.3.3	灰分与矿物质	334
6.3.4	水分	345
6.3.5	硫	346
6.3.6	氮	350
6.3.7	氯与氟	355
6.4	物理机械性能	357
6.4.1	黏结性和膨胀性	357
6.4.2	可磨性	358
6.5	煤岩相组成及其性质	360
6.6	评定燃烧特性的有潜力的分析技术	363
6.6.1	差示热重分析	363
6.6.2	热解质谱	365
6.6.3	滴管炉试验及其他	366
7	气化工艺与煤质	368
7.1	概述	368
7.2	气化工艺分类	370
7.3	气化工艺特点与煤质	372
7.3.1	移动床气化	372

7.3.2	流化床气化	384
7.3.3	气流床气化	393
7.3.4	熔融床气化	407
7.4	影响煤成浆性的煤质因素	409
7.4.1	煤的成浆性及其分类	409
7.4.2	煤阶	410
7.4.3	矿物质(灰分)	412
7.4.4	粒度分布和粒度级配	414
7.4.5	添加剂与煤质及其他	419
7.5	煤炭地下气化	421
7.5.1	国内外地下气化发展状况	422
7.5.2	问题与对策	426
8	煤分类学在焦化工程中的应用	428
8.1	煤阶的影响	430
8.2	化学组成和性质	436
8.2.1	碳和氢及其原子比	436
8.2.2	氧	437
8.2.3	硫	440
8.2.4	氯和磷	440
8.2.5	挥发分	441
8.2.6	水分	442
8.2.7	无机组分	442
8.3	物理性质与工艺性质	445
8.3.1	吉泽勒最大流动度	447
8.3.2	胶质层最大厚度	452
8.3.3	黏结指数	454
8.3.4	坩埚膨胀序数	455
8.3.5	奥阿膨胀度	457
8.4	煤岩相组成和性质	460
8.4.1	活性组分与惰性组分	461
8.4.2	显微组分受热后的变化特征	462
8.4.3	活性组分与惰性组分的最佳比例	464
8.4.4	焦炭的显微结构	465

8.5	评定煤结焦性能的有潜力的分析技术	467
8.5.1	核磁共振 NMR	467
8.5.2	傅立叶红外光谱 FTIR	470
8.6	烟煤黏结现象的化学解释	471
8.7	炼焦技术的未来和当前面临的问题	473
9	液化工艺与煤质	477
9.1	概述	477
9.1.1	煤的直接液化	477
9.1.2	煤的间接液化	486
9.1.3	煤炼油和煤提油	492
9.2	煤液化与化学制品	502
9.2.1	煤间接液化与煤化工	502
9.2.2	煤直接液化与煤化工	505
9.3	直接液化工艺对煤质的要求	510
9.3.1	煤阶的影响	511
9.3.2	煤的化学组成和性质: 碳和氢	518
9.3.3	氧和氮	519
9.3.4	硫	521
9.3.5	挥发分	521
9.3.6	水分	522
9.3.7	无机组分	522
9.4	岩相组成和性质	524
9.5	具有潜力的分析技术	527
9.5.1	差示扫描热量计	527
9.5.2	热解质谱	528
9.5.3	核磁共振	530
9.5.4	傅立叶红外光谱	531
9.5.5	热重分析	534
10	煤和煤利用过程中的有害物质及其防治	536
10.1	概述	536
10.2	煤中有害元素的分布、迁移及防治	540
10.2.1	煤中微量元素及其分布	540
10.2.2	煤中有害元素的迁移与富集	566