

# 洁净煤技术基础

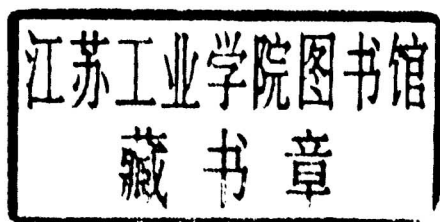
陈文敏 李文华 徐振刚 主编  
吴春来 成玉琪 白浚仁 审定

煤炭工业出版社

# 洁净煤技术基础

陈文敏 李文华 徐振刚 主编

吴春来 成玉琪 白浚仁 审定



煤炭工业出版社

### 图书在版编目 (CIP) 数据

洁净煤技术基础/陈文敏, 李文华主编, —北京: 煤炭工业出版社, 1996

ISBN 7-5020-1311-3

I. 洁… II. ①陈…②李… III. 煤化工-技术-基本知识 IV. TQ53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 15074 号

### 洁 净 煤 技 术 基 础

陈文敏 李文华 徐振刚 主编

吴春来 成玉琪 白浚仁 审定

责任编辑: 袁 筠

煤炭工业出版社 出版

(北京朝阳区霞光里 8 号 100016)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 850 × 1168 mm<sup>1/32</sup> 印张 15

字数 392 千字 印数 1,411—2,410

1997 年 3 月第 1 版 1999 年 9 月第 2 次印刷

书号 4079 定价 48.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

## 内 容 提 要

本书由从事洁净煤技术研究的各方面专家、教授根据几十年的实践经验编写而成，内容包括我国煤炭资源、煤质及生产概况，洁净生产和洁净利用等领域，并涉及到煤的洗选、型煤、动力配煤、水煤浆、脱硫、燃烧、转化、煤气化联合循环发电、燃料电池、煤层气和煤的非燃料利用以及粉煤灰和煤矸石的综合利用等各个学科。本书是洁净煤技术方面的基础性读物。内容深入浅出，既有国内外洁净煤技术的最新发展动向，又有一定的基础理论，是了解国内外洁净煤技术发展的有益读本。

本书可供与洁净煤有关的生产、利用、研究、设计、教学和环保等方面的厂矿企业、科研单位、高等院校、管理机构的工程技术人员，科研、教学人员和管理人员参考使用。

## 编审人员名单

名誉主编	詹 隆	戴和武	成玉琪	
主 编	陈文敏	李文华	徐振刚	
副主编	李家铸	陈怀珍	吴宽鸿	
编 者	(按姓氏笔划为序)			
	于 伟	石文波	王润清	仝锡爱
	刘玉华	刘淑芸	成玉琪	孙剑明
	李 崇	李 瑞	李文华	李家铸
	吴立新	吴春来	吴宽鸿	陈文敏
	陈怀珍	陈亚飞	杨金和	姚 丹
	姜 宁	姜 英	徐振刚	梁大明
	崔兰秀	童有德	詹 隆	
审 定	吴春来	成玉琪	白浚仁	

## 序

洁净煤技术的发展开辟了一个煤炭的新纪元。煤炭作为燃料使用时，应尽可能采用洁净煤技术，以减少对大气的污染。

我国发展洁净煤技术的任务最为艰巨，这是由煤炭在我国能源中的地位所决定的。我国是世界上煤炭生产和消费第一大国，1995年煤炭产量达12.92亿吨，到本世纪末还将增长到14亿吨以上。在我国一次能源生产和消费中以煤炭为主的格局长期不会改变。数以亿吨的煤炭不采用先进的洁净煤技术开发和利用，对环境污染和人民健康的影响将非常严重。为实现能源、环境与发展的和谐统一，政府已把发展洁净煤技术作为重大的战略措施，列入21世纪议程。

发展洁净煤技术是当务之急。众所周知，我国酸雨主要是由燃煤排放的二氧化硫等致酸污染物所引起的。最近发表的第一次全国酸性酸雨研究表明，我国酸雨区已覆盖960万平方公里国土面积的40%，并呈发展趋势。近8年扩大了约100万平方公里，降水酸性度迅速提高，部分地区降水酸度pH小于4。由此可见，我国酸雨地区已从长江以南大部分城市和乡村向西向北大幅度移动，越过了长江和黄河。有些酸雨严重地区，由于大气污染和酸雨的长期侵袭，已发现明显的经济生态损失。仅从酸雨污染一个侧面来看，要实现政府提出“到2000年，力争使环境污染和生态破坏加剧趋势得到基本控制，部分城市和环境的质量有所改善”的任务是何等紧迫和重大。

我国洁净煤技术领域包括高效、洁净地开发和利用煤炭的全过程，包括煤炭开发中的环境污染控制技术，煤炭的洗选与加工技术，煤炭燃烧及燃烧后净化技术，煤炭转化技术等。显

然，我国洁净煤技术所包括的内涵要比其他更加广泛丰富。洁净煤技术是一项庞大、复杂的系统工程，涉及国民经济各个部门和千家万户，需要汇集各行各业的优势和智慧，需要得到全民的支持和参与，为使更多的人投入到发展洁净煤技术的行列中来，本书特邀请有关方面的专家就洁净煤技术的各个领域的现状和发展趋势做简明论述和介绍，希望有助于加深对具有中国特色的洁净煤技术的认识，更快、更好地推进我国洁净煤技术的发展，从而掀开我国煤炭开发和利用的新篇章。

戴和武

1996年3月

# 目 录

绪论 洁净煤技术的由来与发展 .....	1
第一章 中国煤炭资源与煤质特征 .....	9
第一节 中国煤炭资源与生产概况 .....	9
第二节 中国煤炭分类 .....	12
第三节 中国煤质特征 .....	20
第四节 中国煤的储量分级 .....	27
第五节 中国煤炭质量分级标准 .....	34
第六节 各种工业用煤质量指标 .....	41
第七节 矿区供工业用煤质量标准 .....	49
第二章 煤炭洗选、脱硫与动力配煤 .....	55
第一节 煤炭洗选现状 .....	55
第二节 煤炭洗选工艺 .....	58
第三节 空气重介流化床干法选煤 .....	65
第四节 有机硫脱除技术的研究 .....	69
第五节 动力配煤 .....	87
第三章 型煤 .....	107
第一节 型煤种类 .....	107
第二节 型煤粘结剂 .....	108
第三节 民用型煤 .....	110
第四节 工业型煤 .....	111
第五节 上点火蜂窝煤的消烟技术 .....	116
第四章 水煤浆技术 .....	120
第一节 水煤浆技术的产生及发展 .....	120
第二节 煤的成浆特性及制备技术 .....	123
第三节 水煤浆添加剂 .....	141
第四节 水煤浆管道输送 .....	145
第五节 水煤浆的燃烧技术 .....	147
第六节 水煤浆技术发展前景 .....	153



<b>第五章 煤的流化床和循环流化床燃烧</b> .....	157
第一节 流化床燃烧的基本原理 .....	157
第二节 流化床和循环流化床燃烧的特点 .....	166
第三节 流化床和循环流化床燃烧技术的发展与展望 .....	174
<b>第六章 粉煤燃烧器</b> .....	179
第一节 常用粉煤燃烧器 .....	179
第二节 先进粉煤燃烧器 .....	184
<b>第七章 低质煤和煤矸石洁净燃烧</b> .....	194
第一节 低质煤资源及其环境污染 .....	194
第二节 适合于低质煤的流化床燃烧技术 .....	197
第三节 燃烧低质煤典型流化床锅炉 .....	202
第四节 低质煤电厂经济性综合评价 .....	214
<b>第八章 煤气化联合循环发电技术</b> .....	218
第一节 IGCC 的工艺流程 .....	218
第二节 IGCC 的效率及其影响因素 .....	218
第三节 IGCC 系统中的关键技术 .....	222
第四节 IGCC 用煤气化技术 .....	223
第五节 IGCC 技术的优缺点 .....	226
第六节 IGCC 技术的发展现状 .....	228
第七节 IGCC 技术的发展前景 .....	231
第八节 煤气化湿空气透平循环发电 (IGHAT) 技术 .....	233
<b>第九章 煤的气化技术</b> .....	235
第一节 煤气化的基本原理 .....	235
第二节 气化用煤的特性 .....	237
第三节 煤气化工艺分类 .....	238
第四节 典型煤气化工艺 .....	241
第五节 煤气化技术的应用 .....	281
<b>第十章 煤的液化技术</b> .....	286
第一节 煤的直接液化 .....	286
第二节 煤的间接液化 .....	302
<b>第十一章 燃料电池与磁流体发电技术</b> .....	307
第一节 燃料电池 .....	307

第二节	磁流体发电 .....	315
<b>第十二章</b>	<b>烟道气净化技术 .....</b>	<b>322</b>
第一节	烟气污染与净化 .....	322
第二节	烟气除尘技术 .....	326
第三节	烟气脱硫技术 .....	328
第四节	烟气脱硝技术 .....	346
第五节	烟气联合脱硫、脱硝技术 .....	348
<b>第十三章</b>	<b>新的能源——煤层气 .....</b>	<b>355</b>
第一节	概述 .....	355
第二节	我国煤层气资源 .....	360
第三节	我国煤层气开发利用前景 .....	364
<b>第十四章</b>	<b>粉煤灰及煤矸石的利用 .....</b>	<b>369</b>
第一节	粉煤灰的利用 .....	369
第二节	煤矸石生产复合微生物肥料 .....	379
<b>第十五章</b>	<b>煤的洁净生产 .....</b>	<b>385</b>
第一节	矿区开发总体规划 .....	386
第二节	矿井开拓与巷道布置 .....	387
第三节	采煤方法和生产工艺 .....	388
第四节	回采工艺与操作技术 .....	391
第五节	分掘分运、煤矸分离 .....	395
第六节	保护性开采 .....	398
第七节	露天洁净开采 .....	400
第八节	加强生产监督 .....	400
第九节	矿井水的处理及利用 .....	401
<b>第十六章</b>	<b>煤的非燃料利用 .....</b>	<b>412</b>
第一节	煤及矸石制取橡胶填料 .....	412
第二节	煤制活性炭技术 .....	423
第三节	煤制其它炭素材料 .....	450
参考文献	.....	465

## 绪论 洁净煤技术的由来与发展

环境和资源是人类生存和发展的基本条件。能源作为基本资源对社会、经济的发展和人民生活水平的提高具有极其重要的作用，是人们每日每时不可缺少的。自产业革命以来，在世界范围内，作为矿物燃料的煤炭逐渐取代人力、畜力和生物质能等可再生能源，成为主要能源。到本世纪中叶，由于石油、天然气是更洁净、更高效、更方便的能源，并具有经济上的竞争性，又逐渐取代煤炭成为世界范围内的主要能源。对当今世界而言，矿物燃料提供世界91%的一次商品能源，其中煤炭占28%，石油超过40%。在亚澳地区能源消费结构中，矿物燃料占93.5%，其中煤炭占48.3%，石油占37.3%，天然气占7.9%。

煤炭在能源结构中的重要地位是由资源条件决定的，在世界范围内，煤炭资源相对于其它化石能源要丰富得多。这种能源结构在中国表现得尤为突出。中国一次商品能源以煤为主，1995年中国一次商品能源产量为12.87亿吨标准煤，其中煤炭占75.5%、原油占16.7%、天然气占1.8%、水电占6%。而一次能源消费量为12.9亿吨标准煤，其中煤炭占75%、原油占17.3%、天然气占1.8%、水电占5.9%。煤炭提供了75%的工业燃料、76%的发电能源、80%的民用商品能源和60%的化工原料。从较长远角度考查，在一次能源探明储量中煤炭占90%以上。可见，在相当长的时期内，煤炭在中国一次能源结构中仍将占据不可替代的重要地位。

毋庸讳言，传统的煤炭开发和利用技术以及不加限制的消耗矿物能源确实极大地污染了人类赖以生存的环境，诱发温室效应、酸雨，引起疾病、农业减产甚至带来更加严重的经济、

社会问题。中国煤矿井工开采占 96%，而且矿点分散在全国三分之二的县。开采造成的地表塌陷，截至 1990 年已达 30 万公顷；煤矸石积存已达 30 亿吨，占地 1.2 万公顷；每年外排矿井水 22 亿吨，污染和流失了大量的地下水；煤炭开采过程中涌出的煤层气（ $\text{CH}_4$ ）是一种很强的温室效应气体，每年煤矿向大气排放的煤层气约 60 亿立方米。中国煤炭 84% 直接用于燃烧，目前居主导地位的、相对落后的燃烧方式对大气造成了严重的污染。全国  $\text{SO}_2$ 、烟尘和  $\text{CO}_2$  的 80% 以上为燃煤产生。列举这样一些令人不安的数字，是要提醒我们对煤炭开发利用过程中的严重污染绝不能掉以轻心，否则，不仅会危及当代还将祸及子孙。

人类社会的发展模式正面临着根本性的转变，靠牺牲资源和环境、通过高消耗和先污染后治理来追求经济数量增长的传统发展模式，已导致当今世界面临着各式各样的环境威胁，使人类在逐渐滑向环境灾难的境地。因此，应以可持续发展模式代替传统的发展模式，将人口、资源、环境与发展协调起来，从而做到既满足当代人的需要，又不损害子孙后代满足其自身需要的能力。

未来能源应以可再生能源为基础，诸如生物能、太阳能、水能、风能、地热能、海洋能及开发中的可控核聚变能等新能源。但以化石能为主的能源格局相当时期内不会改变。据某些国外能源专家预测，在世界范围内煤炭还有可能再次成为主要一次能源。因此，发展以提高煤炭利用效率和减少污染为宗旨的洁净煤技术是通往未来能源的过渡时期内切实有效的现实选择。

洁净煤（Clean Coal）一词是 80 年代初期美国和加拿大关于解决两国边境酸雨问题谈判的特使德鲁·刘易斯（Drew Lewis，美国）和威廉姆·戴维斯（William Davis，加拿大）提出的。洁净煤技术（Clean Coal Technology，简称 CCT）的含义是：旨在减少污染和提高效率的煤炭加工、燃烧、转化和污

染控制等新技术的总称。当前已成为世界各国解决环境问题主导技术之一，也是高技术国际竞争的一个重要领域。

1986年3月美国率先推出“洁净煤技术示范计划，CCTP”，到1994年9月已进行五轮竞争性项目征集。共优选出45个商业性示范项目，总投资71.4亿美元。项目涉及4个主要应用领域，即先进发电系统，环境控制设备，煤炭加工清洁燃料装置，工业应用示范（涉及钢铁、水泥、工业锅炉等），到1994年底已有13项完成。美国的洁净煤技术工程已收到了明显效果，尽管90年代美国的用煤量比70年代增加了60%，但SO<sub>2</sub>的排放量比73年降低了25%，其中燃煤电厂SO<sub>2</sub>的排放量比1977年降低了12%。

欧共体推出的未来能源计划和日本推出的“新阳光计划”都把发展洁净煤技术作为主要的内容。

中国煤炭消费量大，入选比重低（1995年为22%），能源利用效率低，单位能耗产生的污染大等因素，决定了开发和应用洁净煤技术的紧迫性；中国煤炭开采以井工为主（占96%），矿点分散（约三分之二的县有煤矿），矿区环境对整体环境的影响不容忽视；中国煤炭消费呈多元化格局（发电约占32%，冶金占8%，其它工业超过40%，民用约20%）；中国是一个发展中的国家，国力有限。因此，中国发展洁净煤技术必须突出以下三个特点：

（1）发展是前提，应注重经济与环境协调发展，重点放在社会效益、环境效益与经济效益明显的实用而可靠的先进技术。

（2）发展洁净煤技术应覆盖煤炭开发与利用的全过程。

（3）针对多终端用户，重点是电厂、工业窑炉和民用三个领域；并应把矿区环境污染治理放在重要的位置。

中国洁净煤技术是指在煤炭开发和利用中旨在减少污染和提高效率的加工、燃烧、转化和污染控制等新技术的总称。其核心是提高效率和减少污染，从而使煤炭成为洁净、高效、可

靠的能源。中国洁净煤技术是以煤炭洗选为源头、以煤炭气化为先导、以煤炭高效、洁净燃烧与发电为核心、以煤炭转化和污染控制为重要内容的技术体系。其基本框架为：煤炭加工（选煤、型煤、水煤浆等）；煤炭燃烧（流化床锅炉、高效低污染粉煤燃烧、燃煤联合循环发电等）；煤炭转化（气化、液化、燃料电池等）；污染排放控制与废弃物管理（烟气净化、粉煤灰综合利用、煤矿区污染控制：包括煤矸石、煤层气、矿井水与煤泥水的治理等）。

煤炭加工是指在原煤投入使用之前，以物理方法为主对其进行加工，这是合理用煤的前提和减少燃煤污染的最经济的途径。主要包括煤炭洗选、型煤、水煤浆制备。常规的物理选煤可除去煤中的 60% 的灰分和约 50% 的黄铁矿硫。煤炭经洗选可大大提高燃烧效率，大大减少污染物排放，入选 1 亿吨原煤一般可减少燃煤排放的  $\text{SO}_2$ ，100~150 万吨，成本仅为洗涤烟气脱硫的十分之一。型煤是具有发展中国家特点的洁净煤技术，与烧散煤相比，可节煤 20%~30%，减少黑烟排放 80%~90%，颗粒物减少 70%~90%， $\text{SO}_2$  减少 40%~60%；水煤浆是新型的煤代油燃料，优质煤制成水煤浆其灰分小于 8%，硫分小于 1%，燃烧效率高，烟尘、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  等排放都低于燃油和散煤。一般 1.8~2.1 吨水煤浆可代替 1 吨重油。

煤炭高效、洁净燃烧与发电技术是洁净煤技术的核心。从煤炭中获取能量主要靠燃烧，目前以循环流化床锅炉（CFBC）的适应煤种广，燃烧效率高，且易于实施床内脱硫，与常规粉煤锅炉比  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  可减少 50% 以上，较采用粉煤锅炉加净化装置可节约投资 10%~15%。CFBC（包括常压 AFBC、增压 PFBC）是近年来国际上竞相发展的洁净燃烧技术；发展高效低污染粉煤燃烧（先进的燃烧器）应以稳燃、高效、低污染和防结渣作为开发燃煤技术与燃烧器的目标；燃煤联合循环发电包括煤气化联合循环发电（IGCC）和增压流化床联合循环发电（PFBC-CC 等）是新一代高效、洁净燃煤发电技术。目前

IGCC 电厂供电效率可达 42%~45%，下世纪初可望达到 50%~52%，脱硫率可达 99%，NO<sub>x</sub> 排放只有常规电厂的 15%~30%、耗水只是常规电厂的 1/3 到 1/2。

煤炭转化是指以化学方法为主将煤炭转化为洁净的燃料或化工产品，包括煤炭气化、煤炭液化和燃料电池。煤炭转化以气化为先导，以碳—化工为重点，走燃料化工和煤深加工的技术路线。作为化工原料，煤化工在芳烃生产方面有石油化工和天然气化工所不具备的优势。煤炭气化包括完全气化、温和气化（低温热解）和地下气化是实现煤炭洁净利用的先导技术和主要途径。多年来针对不同用户开发了多种气化工艺。从发展趋势看应优选煤种适应广、技术先进的流化床和气流床气化技术；煤炭液化是将煤在适宜的反应条件下转化为洁净的液体燃料和化工原料。工艺上分为直接（加氢）液化和间接（先气化）液化和由直接液化派生的煤油（废塑料等）共炼工艺。发展替代液体燃料是一项带战略意义的任务；燃料电池是直接资料的化学能转化为电能的技术，目前国际上已经开发出数种不同类型的燃料电池，主要用于航天器的动力，使用的主要燃料为氢气和甲烷气。近年来，美国等西方国家正积极开发使用天然气的商业化电站（2MW 级）。同时能燃用煤制气的燃料电池技术也正在开发中，美国和日本已经分别进行了 20kW 和 25kW 此种电池的试运转。我国在燃料电池研究也做了一些工作，但尚处于起步阶段。

污染排放控制与废弃物处理：从我国的实际出发，“九五”国家环保规划把工业污染防治作为环保工作的重点。工业污染防治要逐步从生产末端治理转到源头和生产全过程的控制，把分散治理与集中控制结合起来，把浓度控制与总量控制结合起来，并把燃煤所造成的污染放在突出位置。因此，对煤炭开发利用中产生的污染和废弃物进行控制和处理是实现国家环保目标使煤炭成为高效、洁净、可靠能源的重要环节。

烟气净化是清除煤炭燃烧产生的烟气中的有害物质（灰

尘、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ )。在我国燃煤锅炉排放的烟尘、二氧化硫、氮氧化物是空气污染的主要原因。我国是燃煤大国，发电用煤的平均含硫量为 1.15%，由于排放标准要求低，加上治理资金缺乏，治理手段比较落后，致使燃煤引起的环境污染相当严重，与发达国家的差距较大。从各个环节脱除煤中的硫是洁净煤技术的重要内容。而  $\text{SO}_2$  的排放控制是目前煤炭利用过程中要解决的主要问题之一。

废弃物处理主要包括对煤炭开采和利用过程中所产生的矸石、煤层甲烷、煤泥、矿井水及燃煤电站所产生的粉煤灰等进行处理。这些污染物的大量排放既污染环境，又造成了资源的浪费。国外对煤矸石的处理有比较健全的法规和管理办法，基本实现了无害化处理。主要用途是回填采空、作为建筑工程填料、筑路造地、回收有用成份及作燃料、建筑材料和改良土壤等用。我国矿区煤矸石每年的排放量约为 1.5~2 亿吨，主要利用途径是发电、生产水泥和烧砖，但利用总量较少。煤层甲烷（又称煤层瓦斯或煤层气）是与煤共生，开采煤炭时从煤体内析出。它是一种优质能源，但同时又是煤炭开采的一种主要灾害，其大量排空对全球环境变化（温室效应）有较大影响。目前世界上主要产煤国对煤层甲烷的资源化开发利用程度较高，主要方法是地面钻井开采。美国 1993 年煤层气的产气井有 5000 余口，产气量达到 207 亿立方米。我国煤层气的开发利用程度还很低，主要是采取井巷抽放，但气体利用价值低，地面开采尚处于探索研究阶段，正在开展示范工程并与国外进行合作勘探。粉煤灰是燃煤电站排出的固体废弃物，欧美发达国家的大型电厂已将烟气净化。灰渣干排、干灰调湿等纳入电厂规划，达到既清洁发电又使粉煤灰资源化，粉煤灰被大量应用于筑路、生产水泥和优质混凝土、制砖及其它建材，并将粉煤灰大量用于建筑高速公路。1992 年我国的粉煤灰积存量已达近 6 亿吨，每年新增的排放量约 1 亿吨，只有少数电厂能做到灰渣排放与利用平衡。但近来由于大型电厂均采用电除尘设



备，并在有条件的地方采用干出灰、灰渣分排、粗细分排、干灰调湿等设计方案，为粉煤灰的综合利用创造了条件。我国煤矿大量矿井水外排与矿区严重缺水局面并存，如我国有约 70% 的矿区缺水甚至严重缺水，随着煤矿城市社会、经济的迅速发展，煤炭生产基地的战略西移，水资源的供需矛盾将日趋紧张。许多矿井水含有大量悬浮物及少量有害元素。因此，最大限度地处理和净化矿井水，使之资源化，对减少矿区环境污染、缓解干旱缺水地区用水紧张情况起到积极作用。目前，主要的矿井水处理方法有混凝沉淀法、电渗析法、反渗透法和中和法。混凝沉淀法主要用于处理含悬浮物矿井水；电渗析法和反渗透法用于处理高矿化度矿井水；中和法是处理酸性矿井水最常用的一种方法。

煤炭是最丰富的化石燃料资源，占常规化石燃料储量 90% 以上。目前煤炭占世界一次能源消费近 28%，煤电占世界总发电量 44%；发展中国家一次能源消费目前占世界总消费的 30%，在未来 30 年将显著增长。专家预测 2010 年石油、天然气的价格将是煤炭的 8 倍以上。安全、可靠、清洁、廉价的能源是世界经济发展的基础，洁净煤技术将起到重要作用。据美国预测，到 2010 年全世界洁净煤技术市场总产值可能达到 2700 亿美元左右。面对巨大的全球市场，美国、日本、欧洲各国均已开始积极向第三世界国家推广洁净煤技术。

煤炭一向被称为“肮脏”能源，它是造成大气污染，酸雨，固、液态废弃物和影响全球气候变化的重要因素。发展洁净煤技术将是使煤炭成为高效、洁净、安全、可靠的能源，从而使人们认识到煤炭不是未来不得已而使用的燃料，而是可以而且应该使用的燃料。

本书的宗旨是向读者介绍洁净煤技术的基础知识。全书共十六章：第一章介绍中国煤炭资源与煤质特征；第二章至第十四章主要介绍中国洁净煤技术基本框架涉及的基础知识；第十五章介绍煤的洁净生产，第十六章介绍煤的非燃料利用，目的