



教育部高职高专规划教材

——煤化工系列教材

洁净煤技术

JIEJINGMEI

JISHU

第二版

郝临山 彭建喜 主编

曾凡桂 主审



化学工业出版社

教育部高职高专规划教材
煤化工系列教材

洁 净 煤 技 术

第二版

郝临山 彭建喜 主编
曾凡桂 主审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书结合中国能源化工基地发展循环型经济的实际,较系统地介绍了煤炭加工利用与环境问题;煤炭加工转化主要新技术、新工艺;煤炭洁净燃烧新技术与工艺;煤炭清洁开采新技术、新方法;煤炭共伴生资源综合利用技术;适当介绍了洁净煤技术领域的发展趋势。书中引入了典型的洁净煤技术工程示例,反映了当前洁净煤技术的最新成果。

本书是煤化工类专业的系列教材之一,内容选取突出实用性。可供高职高专煤炭深加工与利用、选煤技术、煤质分析、洁净煤技术等煤化工相关专业和应用性本科有关专业使用,可作培训教材及从事洁净煤技术的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

洁净煤技术/郝临山,彭建喜主编.2版.—北京:
化学工业出版社,2010.7
教育部高职高专规划教材 煤化工系列教材
ISBN 978-7-122-08798-0

I. 洁… II. ①郝… ②彭… III. 煤-燃烧-净化-
技术-高等学校:技术学院-教材 IV. ①TK227.1②TQ53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 106606 号

责任编辑:张双进
责任校对:陶燕华

装帧设计:王晓宇

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 装:三河市延风印装厂
787mm×1092mm 1/16 印张 15 $\frac{1}{4}$ 字数 370 千字 2010 年 8 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:27.00 元

版权所有 违者必究

高职高专煤化工专业规划教材 编审委员会

主任委员 郝临山

副主任委员 薛金辉 薛利平 朱银惠 池永庆

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

白保平	陈启文	池永庆	崔晓立	段秀琴
付长亮	谷丽琴	郭玉梅	郝临山	何建平
李刚	李聪敏	李建锁	李云兰	李赞忠
刘军	穆念孔	彭建喜	冉隆文	田海玲
王翠萍	王家蓉	王荣青	王胜春	王晓琴
王中慧	乌云	谢全安	许祥静	薛金辉
薛利平	薛士科	薛新科	闫建新	于晓荣
曾凡桂	张爱民	张现林	张星明	张子锋
赵发宝	赵晓霞	赵雪卿	周长丽	朱银惠

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来，在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下，各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看，具有高职高专教育特色的教材极其匮乏，不少院校尚在借用本科或中专教材，教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此，1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》（以下简称《基本要求》）和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》（以下简称《培养规格》），通过推荐、招标及遴选，组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师，成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍，并在有关出版社的积极配合下，推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种，用5年左右时间完成。这500种教材中，专门课（专业基础课、专业理论与专业能力课）教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求，在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上，充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位，调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础，突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下，专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间，在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上，充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验，解决新形势下高职高专教育教材的有无问题；然后再用2~3年的时间，在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上，通过研究、改革和建设，推出一大批教育部高职高专规划教材，从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材，并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作，不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

第二版前言

《中国国民经济和社会发展第“十一五”计划纲要》指出：“坚持节约优先、立足国内、煤为基础、多元发展，优化生产和消费结构，构筑稳定、经济、清洁、安全的能源供应体系。加强煤炭清洁生产和利用，鼓励发展煤炭洗选及低热值煤、煤矸石发电等综合利用，开发推广高效洁净燃烧、烟气脱硫等技术。发展煤化工，开发煤基液体燃料，有序推进煤炭液化示范工程建设，促进煤炭深度加工转化”。《煤炭工业“十一五”规划》提出：“大力发展煤炭洗选加工，提高煤炭利用和运输效率。发展煤化工，开发煤基液体燃料，推进煤炭气化、液化示范工程建设，弥补油气供应不足，提高国家能源安全保障程度。开展煤层气、矿井水、煤矸石、煤泥以及与煤共伴生资源的综合开发与利用，大力发展循环经济。推行清洁生产，减少对环境和生态的影响”。《煤化工产业中长期发展规划》（讨论稿）显示：我国将在煤制甲醇和二甲醚及煤制油、煤制烯烃等煤化工行业快速发展，为高油价环境下的替代能源和化工原料提供新的选择，保障国家能源安全 and 经济发展。

我国正处在工业化快速发展阶段，对能源的需求不断增加。我国富煤贫油，煤炭产量和消费量位居世界第一，以煤为主的能源状况在未来相当长时间内不会改变。因此，应该大力发展洁净煤技术，提高煤炭资源的合理开发、洁净、高效利用，减少因煤炭开发利用造成的污染。

本书结合我国发展循环经济型能源化工的实际，介绍了煤炭开发利用与环境问题，系统阐述了煤炭清洁生产、加工转化的主要技术方法，反映了洁净煤技术领域的新技术、新工艺，以求促进我国洁净煤技术的发展和大规模推广应用。内容包括煤炭加工技术、煤炭转化技术、洁净燃烧技术、煤的非燃料利用技术、与煤共伴生资源的综合利用与清洁开采等新技术。本次再版增加了煤制甲醇等转化技术的内容。按照高职高专和应用型本科教育的职业针对性和技术实用性特点，引入了典型的煤炭洁净利用和加工转化的工程示例，以求培养学生的创新精神、创业能力和环保意识。

本书由郝临山、彭建喜主编，太原理工大学曾凡桂教授主审，张子锋副主编。编写人员及分工是：山西大同大学郝临山（绪论、第一章、第五章、第十四章、第十五章、第十六章），山西大同大学彭建喜（第四章、第七章、第八章、第九章、第十章、第十二章），山西煤炭职业技术学院郭玉梅（第二章、第三章），吕梁高等专科学校张子锋、田海玲（第六章、第十一章、第十三章）。

由于洁净煤技术发展日新月异，涉及的专业面宽、跨度大，限于作者的学识水平和能力，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评、指正。

编者

2010年4月

第一版前言

中国国民经济和社会发展“十五”计划纲要指出：“加大洁净煤技术研究开发力度，通过示范广泛应用”。煤炭工业“十五”规划提出：“发展和推广洁净煤技术是保证我国能源安全和可持续发展的战略选择。在大力推广成熟技术的基础上，积极开发与引进先进技术，加快推动洁净煤技术产业化。改造和建设选煤厂；发展配煤一条龙服务体系；完善水煤浆制备和应用技术；大力发展煤层气产业；推进煤炭液化和气化技术的开发应用。实施综合经营战略，促进矿区可持续发展。”

当前，中国正处在工业化快速发展阶段，中国制造业的兴起，对能源的需求不断增加。中国富煤贫油，煤炭产量位居世界第一，以煤为主的能源状况在未来相当长时间内不会改变。煤炭开发利用造成的环境污染日趋严重，尤其是产煤大省更显突出；另外，随着煤炭超强开采，优质煤炭资源逐渐减少。因此，大力发展洁净煤技术，提高煤炭资源的合理开发、洁净、高效利用，减少因燃煤造成的污染，受到社会各界越来越多的关注。

本书根据洁净煤技术的发展现状和推广应用实际，按照高职高专和应用性本科教育的职业针对性和技术实用性特点编写，内容包括煤炭加工技术、煤炭转化技术、洁净燃烧技术、煤的非燃料利用技术、与煤共伴生资源的综合利用与清洁开采等新技术，并引入了典型的煤炭洁净利用和加工转化的工程示例，以培养学生的创新精神、创业能力和环保意识。

本书由郝临山教授主编，太原理工大学曾凡桂教授主审，彭建喜、张子锋任副主编。编写人员及分工是：山西工业职业技术学院郝临山（绪论、第一章、第五章、第十四章、第十五章、第十六章），山西工业职业技术学院彭建喜（第四章、第六章、第八章、第九章、第十章、第十二章、第十三章），山西省煤炭职业技术学院郭玉梅（第二章、第三章），吕梁高等专科学校张子锋、田海玲（第七章、第十一章）。

由于洁净煤技术涉及的专业面宽、跨度大，发展日新月异，限于作者的学识水平和能力，书中不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2004年10月

目 录

绪论	1
一、中国洁净煤技术的发展现状及方向	1
二、发展洁净煤技术是中国能源结构调整的战略重点	2
三、中国发展洁净煤技术的作用	2
思考题	3
第一章 中国能源构成与环境问题	4
第一节 能源分类与构成	4
一、能源分类	4
二、能源构成	5
三、中国煤炭资源概况	7
第二节 煤炭开发与利用中的环境问题	9
一、煤炭开发加工利用与环境污染	9
二、煤燃烧利用与大气污染	10
思考题	11
第二章 煤炭洗选技术	12
第一节 煤炭洗选的意义	12
第二节 煤炭洗选分类	13
第三节 煤炭的可选性	14
一、可选性曲线	14
二、煤的可选性评定方法与标准	15
第四节 煤炭洗选工艺	16
一、跳汰选煤	16
二、重介质选煤	22
三、浮游选煤	29
四、其他选煤方法	32
思考题	33
第三章 煤的配合加工利用技术	34
第一节 配煤意义	34
第二节 配煤原理	35
一、提出约束条件	35
二、确定目标函数	36
三、建立数学模型	36
四、优化配方求解	37

第三节 动力配煤的质量标准与工艺流程	38
一、动力配煤的质量标准	38
二、动力配煤工艺流程	38
思考题	40
第四章 型煤生产技术	41
第一节 型煤的分类	41
第二节 型煤原料的选择	42
第三节 民用型煤	43
一、煤球	43
二、普通蜂窝煤	43
三、上点火蜂窝煤	44
四、特种民用型煤	47
五、民用型煤的质量指标	47
第四节 工业型煤	48
一、工业锅炉型煤	48
二、工业燃气用气化型煤	49
三、合成氨用气化型煤	49
四、型焦及配型煤炼焦	51
五、其他特殊用途型煤	53
思考题	53
第五章 水煤浆制备技术	54
第一节 水煤浆产品及分类	54
一、高浓度水煤浆 CWM	54
二、中浓度水煤浆 CWS	54
三、精细水煤浆	54
四、煤泥浆 CWS	54
第二节 水煤浆的主要特征及制浆用煤的选择	55
一、水煤浆的成浆性	55
二、水煤浆的燃烧性	58
三、水煤浆的稳定性	59
四、制浆用煤的选择	60
五、难制浆煤种成浆性的提高途径	60
第三节 典型水煤浆制浆工艺	61
一、制浆工艺的主要环节及功能	61
二、干法制浆工艺	62
三、干、湿法联合制浆工艺	63
四、高浓度磨矿制浆工艺	63
五、中浓度磨矿制浆工艺	64
六、高、中浓度磨矿级配制浆工艺	65

七、浮选精煤或煤泥制浆	66
八、浮选精煤、水洗精煤联合制浆	67
九、超净煤精细高热值水煤浆	67
十、褐煤水煤浆	68
第四节 水煤浆添加剂	69
一、水煤浆分散剂	69
二、水煤浆稳定剂	72
三、其他辅助添加剂	73
工程示例：大同汇海水煤浆厂生产工艺	74
思考题	76
第六章 煤的热解与气化技术	77
第一节 煤热解分类和过程	77
一、煤的热解分类	77
二、煤的热解过程	77
第二节 煤炭热解技术与工艺	78
一、干馏方法	78
二、加氢热解法	83
工程示例：内蒙古多段回转炉（MRF）低温热解褐煤示范工艺	86
第三节 煤炭气化技术	86
一、煤气化技术主要工艺	86
二、煤气化技术的主要应用领域	87
第四节 煤炭地下气化技术	87
一、煤炭地下气化基本原理	88
二、煤炭地下气化方法及工艺	88
工程示例：唐山刘庄煤矿地下气化工程	89
思考题	91
第七章 煤气化联合循环发电与多联产技术	92
第一节 煤气化联合循环发电技术	92
一、IGCC 的主要特点	92
二、IGCC 工艺流程	93
三、我国 IGCC 发展现状	96
第二节 煤气化多联产技术	96
一、以煤部分气化为基础的多联产技术	96
二、以煤完全气化为基础的多联产技术	97
思考题	98
第八章 煤炭液化转化技术	99
第一节 煤炭液化制油机理	99
一、煤的化学结构与石油化学结构的区别	99
二、煤加氢液化的反应机理	100

第二节 煤直接加氢液化制油	102
一、原料煤的选择	102
二、加氢液化溶剂的选择	103
三、加氢液化催化剂的选择	103
第三节 煤炭直接液化制油工艺	105
一、氢-煤法	105
二、I·G 法	106
三、溶剂萃取法	106
四、Borrop 煤加氢液化工艺	107
五、合成油法	107
六、煤两段催化剂液化——CTSL 工艺	108
七、煤炭溶剂萃取加氢液化	109
八、煤油共炼技术	111
九、煤超临界萃取	112
第四节 国内煤炭直接液化制油发展现状	113
第五节 煤炭间接液化制油	113
一、煤炭间接液化的一般加工过程	114
二、F-T 合成的基本原理	117
三、F-T 合成催化剂	117
第六节 F-T 合成过程的工艺参数	119
一、原料气组成	119
二、反应温度	119
三、反应压力	119
四、空间速度	120
第七节 F-T 合成工艺	120
一、气相固定床合成工艺	120
二、气流床 Synthol 合成工艺	121
三、三相浆态床 F-T 合成——Kolbel 工艺	122
四、流化床 F-T 合成工艺	123
工程示例：中国科学院山西煤炭化学研究所两段法合成（MFT）工艺	124
思考题	125
第九章 煤的洁净燃烧技术	126
第一节 粉煤燃烧	126
一、粉煤的燃烧过程	126
二、粉煤燃烧器	128
第二节 先进粉煤燃烧器	130
一、SGR 型低 NO_x 燃烧器	130
二、PM 型低 NO_x 燃烧器	130
三、双调风型低 NO_x 燃烧器	130

四、旋流式粉煤预燃室燃烧器和火焰稳定船式直流型燃烧器	130
五、液态排渣炉的 SM 型低 NO_x 燃烧器	132
六、逆向复式射流预燃室燃烧器	133
七、TRW 燃烧器	133
八、浓淡燃烧	134
第三节 煤的流化床和循环流化床燃烧	134
一、鼓泡流化床燃烧	134
二、循环流化床燃烧	137
第四节 劣质煤和煤矸石洁净燃烧	139
一、劣质煤的鼓泡流化床燃烧	139
二、劣质煤的循环流化床燃烧	140
三、煤泥流化床燃烧技术的发展	140
四、低热值煤电站的发展	140
工程示例	141
一、兖州煤业集团煤泥流化床发电工程	141
二、开滦矿务局煤矸石循环流化床燃烧工程	142
思考题	143
第十章 烟道气净化技术	144
第一节 烟气除尘技术	144
一、旋风除尘器	144
二、湿式除尘器	144
三、袋式除尘器	145
四、电除尘器	145
第二节 烟气脱硫技术	145
一、烟气脱硫方法的分类与原理	145
二、D. B. A 湿式石灰石/石膏法烟气脱硫技术	146
三、喷雾干燥法	148
四、循环流化床干法烟气脱硫技术	149
五、磷铵肥法烟气脱硫技术	150
六、海水脱硫技术	150
七、电子束法脱硫技术	151
八、活性炭吸附干法脱硫技术	152
第三节 烟气脱硝技术	152
一、选择性催化还原法 (SCR) 烟气脱硝技术	152
二、选择性非催化还原法 (SNCR) 烟气脱硝技术	153
三、烟气联合脱硫、脱硝技术	153
思考题	156
第十一章 燃料电池	157
第一节 燃料电池的基本原理及特点	157

一、燃料电池的基本原理	157
二、燃料电池的特点	158
第二节 燃料电池的分类	159
第三节 磷酸型燃料电池 (PAFC)	159
一、基本原理	159
二、工作条件	160
三、PAFC 构造	160
四、PAFC 的特点	161
第四节 质子交换膜燃料电池 (PEMFC)	161
第五节 固体氧化物燃料电池 (SOFC)	162
一、基本原理	162
二、SOFC 的特点	163
第六节 熔融碳酸盐燃料电池 (MCFC)	163
一、基本原理	163
二、MCFC 的特点	164
第七节 碱性燃料电池 (AFC)	164
一、基本原理	164
二、AFC 的特点	164
第八节 中国燃料电池发展现状及今后发展方向	164
一、中国燃料电池发展现状	164
二、中国燃料电池发展方向	165
思考题	166
第十二章 煤制活性炭技术	167
第一节 活性炭的分类	167
第二节 煤质活性炭的结构	168
一、活性炭的孔隙	168
二、活性炭的化学组成	169
第三节 原料煤的选择	169
一、煤种	169
二、煤的显微组分	170
三、煤中的杂原子——O、N、S	170
四、煤中矿物质	170
第四节 煤质活性炭生产的基本原理	171
一、炭化原理	171
二、影响炭化的主要因素	171
三、活化原理	172
四、气体活化指标	172
第五节 煤质活性炭的生产工艺	172
一、无定形炭 (破碎炭) 生产工艺	172

二、颗粒活性炭生产工艺	173
三、对原料或成品的一些处理工艺	174
第六节 煤质活性炭的生产设备	174
一、雷蒙磨	175
二、混捏设备	175
三、炭化炉	175
四、活化炉	175
五、后处理	178
第七节 煤质活性炭的应用	178
工程示例：大同惠宝活性炭厂生产工艺	179
一、生产工艺	179
二、产品规格及性能指标	179
思考题	181
第十三章 煤制其他碳素材料	182
第一节 碳素材料的分类和特性	182
第二节 炭和石墨电极	183
一、炭电极	183
二、石墨电极	183
第三节 碳素糊类制品	184
一、电极糊	184
二、底部糊	185
三、粗缝糊和细缝糊	185
第四节 炭质耐火材料	186
一、铝电解槽用炭块	186
二、高炉炭块	187
三、电炉炭块	187
第五节 炭黑	187
一、炭黑的分类	188
二、生产炭黑的原料	188
三、炭黑的生产工艺	189
第六节 碳纤维	189
思考题	190
第十四章 煤层气资源开发利用技术	191
一、煤层气的生成与赋存	191
二、煤层气的开采	192
三、煤层气的利用	193
思考题	195
第十五章 煤中共伴生资源的综合利用技术	196
第一节 煤矸石及其综合利用	196

一、煤矸石的物理化学性质·····	196
二、煤矸石在建材中的利用·····	197
三、高岭岩煤矸石的综合利用·····	199
四、煤系其他伴生矿产资源的利用·····	203
第二节 粉煤灰综合利用·····	206
一、粉煤灰主要成分及性质·····	206
二、粉煤灰提取化工原料·····	207
三、粉煤灰的建材利用·····	208
四、粉煤灰的农业利用·····	213
工程示例·····	214
一、煤矸石生产烧结砖·····	214
二、煤矸石做水泥配料·····	215
三、利用炉渣生产空心砌块·····	216
四、利用粉煤灰做水泥混合材料·····	217
思考题·····	218
第十六章 煤炭清洁开采技术·····	219
第一节 煤炭清洁开采概念·····	219
一、概念·····	219
二、煤炭开采活动对环境造成的污染及破坏·····	219
第二节 煤炭清洁开采技术的途径与措施·····	220
一、减少煤炭开采时的排矸量·····	220
二、减少矿井废气和粉尘排放措施·····	221
三、矿井水资源化利用·····	222
四、减轻地表沉陷的开采技术·····	224
五、塌陷矿坑回填复垦·····	225
思考题·····	225
参考文献·····	226

绪 论

能源是推动经济社会发展的重要物质基础。纵观人类社会史，从钻木取火、燃薪柴，到燃用煤炭、燃用石油和寻找替代能源，经历了三次大的能源利用技术变革。能源技术的变革，推动了能源结构的演变和人类社会的进步，提高了人类的生活质量。18 世纪末，蒸汽机的发明和使用，煤炭成为蒸汽机的动力能源，受到全世界的重视，推动了煤炭工业的发展，世界进入煤炭时代；20 世纪以后，石油的开发逐步代替煤炭，推动了石油化工和内燃机、柴油机的发展，带来能源利用的新时代——石油时代；20 世纪的中后期，世界多次发生石油危机，使得石油所维持的以石油为主体的世界能源发生了变化。人们对石油趋于枯竭的担忧和燃烧煤炭引起的人类生存环境不断恶化，促使全世界又开始寻找洁净、高效的新能源和可再生能源，即面临摆脱化石燃料的第三次能源变革的开端。

1972 年 6 月，联合国在瑞典召开第一次“人类与环境”会议，通过著名的《人类环境宣言》，提出“人类只有一个地球”和“既要满足当代人的需要，又要对后人满足其需要的能力不构成危害的发展”的可持续发展理念。

煤炭、石油、天然气均称为化石能源。世界化石能源的地域分布极不均匀，开采条件千差万别。鉴于开采技术条件和环境保护，2002 年 1 月 30 日，日本太平洋炭矿公司关闭了国内最后一座煤矿；法国也于 2004 年 4 月 23 日关闭了最后一座煤矿，停止采煤业。近 20 年，为了抑制因燃煤造成的煤烟型环境污染，世界天然气生产和消费快速增长，在北美、欧洲等发达国家，已替代了相当部分的煤炭，并采用天然气进行联合循环发电。国际石油之争及日益加剧的环境污染促使各国对世界能源安全问题的考虑，由担忧能源枯竭和对中东石油过多依赖更多地转向对能源洁净性、经济性和安全性的忧虑。解决化石能源的高效洁净利用已成为世界各国面临的共同挑战。

洁净煤（Clean Coal）一词是 20 世纪 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）和威廉姆·戴维斯（William Davis）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。煤炭是中国的主要化石能源，也是许多重要化工品的主要原料。中国富煤贫油少气，丰富的煤炭资源与洁净煤技术的结合，成为石油、天然气和可再生能源的竞争对手。因此，中国更需要以本国能源资源为基础，大力推广应用煤炭清洁利用技术，是中国目前和未来相当一段时期内能源战略和能源技术的发展重点。

一、中国洁净煤技术的发展现状及方向

按照国务院批准的《中国洁净煤技术九五计划和 2010 年发展纲要》，中国洁净煤技术包括煤炭加工、煤炭高效洁净燃烧、煤炭转化和污染排放控制与废弃物处理四大领域。煤炭加工（选煤、配煤、型煤、水煤浆）是实现提供优质煤炭或加工产品，大范围提高效率和减少污染的途径；煤炭高效洁净燃烧及先进发电技术（循环流化床发电技术、联合循环发电技术）是提高煤炭燃烧效率和减少污染并提供电力的有效途径；煤炭转化（煤炭气化、液化、多联产、燃料电池）是将煤炭转化为洁净的、使用方便的气体、液体或其他化工产品的过

程；污染控制与废物资源化利用（烟气净化、粉煤灰和煤矸石综合利用、矿井水利用、煤层气开发利用等）是洁净煤的终端技术，是实现国家环保目标以及变废为宝的重要途径。

二、发展洁净煤技术是中国能源结构调整的战略重点

当前中国能源领域面临能源安全，国际竞争和能源环境三大问题的严峻挑战，进行能源结构的调整势在必行。中国富煤贫油，以煤为主的能源结构带来不断严重的环境污染，已成为中国许多地区经济发展和社会进步的严重障碍，影响到社会经济的可持续发展，尽管相当长时期内难以改变中国一次能源以煤为主的格局，但通过转化使终端能源结构实现高效洁净利用是大有可为的。为确保未来大气污染排放量不超标，必须强化节能和大力发展以煤炭高效洁净利用为宗旨的洁净煤技术。根据中国资源条件及现阶段能源科技水平，采用洁净煤技术实施煤炭开采与利用全过程减灰、脱硫和改善终端能源消费结构，保护生态环境、发展洁净能源、建立现代能源系统，是实现中国社会与经济可持续发展的现实选择。

煤炭是中国的基础能源，洁净煤技术是实现煤炭可靠、廉价和洁净利用的重要技术。在中国能源资源、经济水平等决定以煤为主的能源消费结构在未来 20~30 年内不会发生根本性改变的情况下，大力发展洁净煤技术，实行全过程污染控制，是保证社会经济快速发展，大气环境得到有效改善，能源效率得到有效提高，保证国家能源安全和实现环保目标的唯一选择。

三、中国发展洁净煤技术的作用

1. 有利于提高煤炭利用效率，减少粉尘和 SO_2 污染

采用煤炭加工技术，可有效减少原料煤的含灰和含硫量，实现燃烧前脱硫降灰。如采用先进选煤技术可降低原煤灰分 50%~80%，脱除黄铁矿硫 60%~85%，可大量减少煤炭无效运输；电厂和工业锅炉燃用洗选煤，可提高热效率 3%~8%；用户燃用固硫型煤，不仅可减少 30%~40% 的 SO_2 排放，减少 70%~90% 的烟尘，还可节煤 15%~27%；采用先进的煤炭燃烧技术，可有效提高燃烧效率，实现燃烧中脱硫，超临界机组效率可达 42% 以上，先进的工业锅炉技术，可提高锅炉热效率 20%；用循环流化床燃烧劣质煤，效率可达 95% 以上，炉内脱硫率可达 85% 以上；采用煤炭气化和液化等转化技术，可将煤炭转化为清洁的气体 and 液化燃料；采用烟气净化技术可实现燃烧后脱硫，脱硫率达 90% 以上；采用矿区生态环境技术，可有效减少煤炭开采带来的矸石和水、气等污染，有效改善矿区环境，实现资源洁净、高效综合利用。

2. 有利于保障能源安全

中国能源资源条件和现有经济条件还不足以支撑大规模用油、气作为一次能源。发展洁净煤技术，在充分利用中国丰富的煤炭资源的前提下，解决环境污染问题，还可将煤炭转化为清洁的油、气，在相当程度上可以缓和中国石油、天然气供应的不足，保障能源安全。煤炭价格及各项煤炭利用技术的运行成本大大低于石油和天然气，有利于中国清洁能源技术的发展及长远的能源安全。

3. 有利于调整产业结构

技术及装备水平相对落后、生产规模小、大量低水平用煤，是中国工业部门严重环境污染的主要原因。改变传统用煤方式，用洁净煤技术替代现有用煤技术，提高产品质量，提高能效、减少污染，是技术发展的必然趋势。

煤炭行业调整产业结构，可通过大力发展先进的煤炭加工技术和加大煤炭就地转化，增加企业经济效益；主要用煤行业，如电力、冶金、建材、化工、机械等，通过广泛采用先进