

马宝岐 任沛建 杨占彪 王树宽 编著

煤焦油制燃料油品

*Preparation of
Fuel Oil from Coal Tar*



化学工业出版社

马宝岐 任沛建 杨占彪 王树宽 编著

煤焦油制燃料油品

*Preparation of
Fuel Oil from Coal Tar*



化学工业出版社

本书共 13 章,介绍了煤及煤焦油资源、煤焦油的特征、预处理、加氢基本原理、加氢技术研究、加氢工艺过程、催化裂化、热加工、制燃料油方法、焦油超临界轻质化、电解加氢改质、焦油混配改质和制氢原理、工艺过程以及焦油加氢制燃料油的反应装置等。

本书可供从事煤化工和煤焦油加工专业科研、生产和设计的技术人员及相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

煤焦油制燃料油品/马宝岐等编著. —北京:化学工业出版社, 2010.11
ISBN 978-7-122-09537-4

I. 煤… II. 马… III. 煤焦油-精细加工-燃料油 IV. TQ522.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 186116 号

责任编辑:靳星瑞 王 丽
责任校对:郑 捷

文字编辑:王 琪 孙凤英
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
787mm×1092mm 1/16 印张 35 字数 850 千字 2011 年 1 月北京第 1 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:198.00 元
京化广临字 2010—49 号

版权所有 违者必究

序

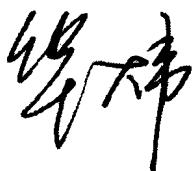
我国是一个富煤、少油、缺气的国家，煤炭作为主要能源结构在很长时间内不会改变。2009 年我国的一次能源消费量已经超过 30 亿吨标准煤，其中煤炭占 68.7%，石油占 18%，天然气占 3.4%，非化石类能源，即可再生能源消费比重仅为 9.9%。未来二十年内，中国对煤的依赖程度很难降到 50% 以下，不解决煤的清洁利用问题，中国就没法实现低碳。因此，大力发展煤炭清洁利用技术和循环经济型煤炭能源化工体系，积极推广和研究煤炭转化补充石油化工产品和替代能源，对能源可持续发展战略具有重要意义。

将煤炭作为单一用途来利用，存在煤炭利用效率低、资源浪费、生产成本低以及环保控制困难等问题。以煤炭为原料，通过把多种煤炭转化技术集成在一起，实施煤炭分级利用，获得多种高附加值的化工产品，追求资源综合利用、总体效益的最大化和污染物排放的最小化。作为煤炭低碳化利用的方式之一，煤热解耦合煤焦油加氢精制是煤炭分级利用技术的趋势之一。这是我们基于长期工作实践的思考。实现煤高碳资源低碳利用的产业升级，有没有技术储备，这本身就是一个挑战。陕西煤业化工集团坚持走自主研发和合作开发相结合的技术创新之路，拥有了“煤焦油加氢多产柴油”、“煤焦油电场净化技术”等一系列煤化工自主知识产权，和 MTO、DMTO-II 以及煤固体热载体快速热解等共有技术，为陕煤集团的可持续发展和产业结构提升奠定了基础。

人才强则企业强，人才是企业的第一资源，在目前形势下，只有加强人才队伍建设，才可以使企业在竞争中占有主动地位。

本书的编者都是陕西煤业化工集团一线的管理者和科技人员，他们在大量的日常工作之余，收集了国内外研究煤焦油制燃料油品的最新技术成果，并在此基础上进行了大量的研究与创新，对推动我国煤热解技术及煤焦油制燃料油品技术的创新发展有着重要意义。我对他们表示祝贺，同时我也期待着陕西煤业化工集团能涌现出一大批创新型科技人才。

是为序。



2010年六月

陕西煤业化工集团有限责任公司董事长、党委书记

前 言

我国石油、天然气资源不够丰富，但煤炭资源较为充足，因此在能源消费结构中，煤炭资源约占 70%，能源是国民经济可持续发展的重要物质基础，能源问题不仅关系到经济安全和国家安全，对生态环境也有重要的影响。随着我国经济的快速发展，由于国内油气资源不足，供需矛盾日益突出。因此，我国对以煤为原料替代石油生产燃料油项目投入了极大的关注。陕西煤业化工集团神木富油能源科技有限公司采用“粉煤-半焦-焦油-燃油”多联产方案，建设 12×10^4 t/a 中低温煤焦油综合利用工程，在建设过程中，我们经历了从小试、中试、设计到安装、试车的全过程。与此同时，我们查阅了大量的国内外相关技术文献和专利。在此基础上，我们编写了本书，以期为推动我国煤焦油制燃料油事业尽一点力。全书共分 13 章，第 1 章概括介绍了我国煤及煤焦油资源、煤焦油制燃料油简史和生产方法。第 2~6 章主要对煤焦油的特征、预处理方法、加氢基本原理、加氢技术研究和加氢工艺过程及加氢反应器作了较全面的阐述，也是本书的侧重点。第 7、8 章主要对煤焦油的催化裂化、热加工原理和相关技术作了论述。第 9 章在对煤焦油制燃料油简易方法介绍的基础上，重点对煤焦油及其煤沥青乳化和调合制燃料油的方法作了介绍。第 10、12 章对煤焦油超临界及电解加氢改质制燃料油的新方法作了叙述。第 13 章对煤焦油加氢的氢气来源及生产方法作了概述。此外，本书对煤焦油制燃料油的有关基本知识作了介绍。

本书第 1~12 章由马宝岐、任沛建、杨占彪、王树宽编写，第 13 章由逯俊庆、董芳儒和刘娜编写。全书由马宝岐、杨占彪负责统编、修改、内容补充和定稿。

本书在编写过程中得到了神木富油能源科技有限公司刘建国、赵俊发、方新军、王鑫峰的帮助和支持，并提出了一些宝贵的意见，对本书的修改极为有益。西北大学李冬博士协助查阅了大量的外文文献，逯俊庆、董芳儒、刘娜对本书的制图、校对、打印等付出了辛勤劳动。在此，向上述同志致以衷心的感谢。

由于编者经验不足，编写时间仓促，书中难免存在缺点和不妥之处，敬请各位读者在阅读时提出批评和指正。

编 者
2010 年 9 月

目 录

1 绪论	1
1.1 我国的煤及焦油资源	1
1.1.1 煤和煤焦油发展现状	1
1.1.2 煤焦油制燃料油资源	2
1.2 焦油生产燃料油简史	4
1.2.1 20 世纪 20~50 年代的初期发展期	4
1.2.2 20 世纪 60~80 年代的深入研究期	5
1.2.3 从 20 世纪 90 年代至今的新发展期	6
1.3 焦油制燃料油的方法	7
1.3.1 焦油制燃料油的主要方法	7
1.3.2 煤-半焦-油多联产方案	7
1.3.3 内热式直立炉多联产系统的特点	8
1.3.4 焦油加氢生产汽油、柴油技术方案	9
参考文献	10
2 煤焦油的特征	12
2.1 来源及种类	12
2.2 高温煤焦油	13
2.2.1 高温煤焦油的性质	13
2.2.2 高温煤焦油的组成	14
2.3 中温煤焦油	21
2.3.1 烟煤中温煤焦油的特征	21
2.3.2 褐煤中温煤焦油的特征	29
2.4 中低温煤焦油	33
2.4.1 褐煤气化中低温煤焦油	33
2.4.2 烟煤气化中低温煤焦油	35
2.5 低温煤焦油	42
2.5.1 低温煤焦油的性质	42
2.5.2 烟煤低温焦油的组成	43
2.5.3 褐煤低温焦油的组成	51
2.6 焦油物化体系的研究	55
2.6.1 典型的分散体系	55
2.6.2 共沸混合物	56
2.6.3 共熔体与固体溶液	59
2.6.4 氢气在焦油中平衡溶解度的研究	60
2.6.5 低温煤焦油流动性改善的研究	61

参考文献	65
3 煤焦油的预处理	68
3.1 杂质的来源及特性	68
3.1.1 煤焦油沥青的族组成	68
3.1.2 煤焦油渣和 TI、QI 的含量	69
3.1.3 煤沥青和 QI 的特性	70
3.2 沉降分离	71
3.3 离心分离	74
3.3.1 原理和特点	74
3.3.2 卧螺离心机在焦油净化中的应用	75
3.3.3 选用卧螺离心机应注意的问题	76
3.3.4 离心法净化焦油的研究	78
3.4 电场净化	80
3.4.1 焦油电场净化原理	80
3.4.2 焦油电场净化技术	82
3.4.3 焦油电脱盐脱水装置	83
3.5 化学分离	84
3.6 溶剂萃取	85
3.6.1 液-液萃取原理	85
3.6.2 焦油的酒精萃取分离	86
3.6.3 焦油的溶剂萃取分离	87
3.6.4 焦油萃取净化方法研究	88
3.7 旋流分离	89
3.7.1 基本原理和特点	89
3.7.2 焦油的旋流净化技术	90
3.8 过滤分离	91
3.8.1 焦油过滤分离的研究	91
3.8.2 自动反冲洗过滤器	92
3.9 其他净化方法	95
3.9.1 共沸蒸馏脱水	95
3.9.2 混合-分离-蒸馏脱氯	96
3.9.3 微波脱水	96
3.9.4 超声波脱水	98
参考文献	98
4 焦油加氢基本原理	101
4.1 焦油的加氢性能	101
4.1.1 加氢原料与产品的比较	101
4.1.2 焦油与渣油的比较	103

4.1.3	焦油加氢的特性	103
4.2	焦油加氢化学反应	105
4.2.1	非烃类的加氢反应	105
4.2.2	烃类的加氢反应	111
4.3	焦油加氢催化剂概述	113
4.3.1	催化剂组成	114
4.3.2	催化剂性质	118
4.3.3	对催化剂的要求	123
4.3.4	催化剂的级配	125
4.3.5	催化剂的硫化、失活和再生	129
4.4	焦油加氢工艺参数	131
4.4.1	反应温度	132
4.4.2	反应压力	135
4.4.3	空间速度	137
4.4.4	氢油体积比（气油体积比）	138
4.5	焦油加氢催化剂的研究	139
4.6	焦油加氢动力学研究	146
4.6.1	焦油加氢反应机理	146
4.6.2	焦油加氢反应动力学	155
4.7	焦油加氢脱氮及结焦的研究	167
	参考文献	170
5	焦油加氢技术研究	173
5.1	焦油常压加氢	173
5.1.1	原材料	173
5.1.2	试验装置流程	173
5.1.3	试验条件及产品分析方法	173
5.1.4	试验结果	174
5.1.5	工艺条件	175
5.1.6	结论	177
5.2	焦油中压加氢	177
5.2.1	试验方案	178
5.2.2	煤焦油各馏分的加氢试验	178
5.2.3	产品特性和组成分析	183
5.3	褐煤焦油加氢	184
5.3.1	原材料	184
5.3.2	试验工艺过程	185
5.3.3	工艺条件试验	186
5.3.4	四种催化剂的评选试验	187
5.3.5	第二次加氢试验	189

5.4 低温焦油加氢	190
5.4.1 第一段预反应器	190
5.4.2 第二段反应器	194
5.4.3 一、二段反应器串联	197
5.5 焦油高压加氢	200
5.5.1 天祝煤热解焦油加氢	200
5.5.2 鲁奇炉加压气化焦油加氢	204
5.6 高温焦油加氢	212
5.6.1 高温焦油轻馏分加氢	212
5.6.2 全馏分高温焦油加氢	214
5.6.3 高温焦油加氢的反应性	218
5.7 焦油轻馏分加氢	220
5.7.1 低温焦油轻馏分加氢	220
5.7.2 中低温焦油轻馏分加氢	222
5.7.3 焦油中间馏分(110~390℃)加氢	224
5.8 焦油脱酚加氢	228
5.8.1 焦油<240℃馏分脱酚后与>240℃馏分混合加氢	228
5.8.2 焦油轻中馏分脱酚加氢	231
5.9 重质煤焦油加氢	234
5.9.1 焦油加氢精制——加氢裂化工艺	235
5.9.2 煤焦油联合加氢裂化	240
5.10 焦油加氢裂解	243
5.11 焦油悬浮床加氢	249
5.11.1 原材料和试验方法	249
5.11.2 试验结果	250
5.12 多环芳烃加氢	252
参考文献	255
6 焦油加氢工艺过程	259
6.1 德国早期焦油加氢技术	259
6.1.1 三段加氢工艺的特点	260
6.1.2 焦油液相加氢工艺流程	262
6.1.3 预饱和加氢工艺流程	264
6.1.4 汽化加氢工艺流程	265
6.2 匈牙利焦油中压加氢技术	266
6.3 美国 COED 法焦油加氢技术	268
6.3.1 煤焦油的性质	268
6.3.2 工艺过程和条件	269
6.3.3 加氢催化剂的再生	270
6.4 前苏联、波兰和英国焦油加氢技术	271

6.4.1	前苏联焦油加氢技术	271
6.4.2	波兰焦油加氢技术	272
6.4.3	英国焦油加氢技术	273
6.5	中国的焦油加氢技术	274
6.5.1	抚顺石油三厂焦油加氢技术	274
6.5.2	云南驻昆解放军化肥厂焦油加氢技术	282
6.5.3	哈尔滨气化厂焦油加氢技术	283
6.5.4	神木锦界天元化工有限公司焦油加氢技术	286
6.6	焦油加氢专利技术	287
6.6.1	我国煤焦油加氢专利技术	287
6.6.2	我国焦油加氢专利内容摘要	302
6.6.3	国外焦油加氢专利内容摘要	311
6.7	焦油加氢反应器	313
6.7.1	固定床反应的类型	313
6.7.2	固定床滴流反应器的流体流动特征	314
6.7.3	筒体及内构件	316
6.8	反应产物油分馏	322
6.8.1	先稳定后分馏工艺方案	322
6.8.2	先分馏后稳定工艺方案	322
	参考文献	323
7	焦油催化裂化	327
7.1	催化裂化的化学反应	327
7.1.1	烷烃、环烷烃和芳烃的裂化反应	327
7.1.2	胶质和沥青的裂化反应	329
7.2	中国焦油催化裂化的早期研究	331
7.2.1	北京石油学院的研究	331
7.2.2	原石油工业部石油科学研究院的研究	335
7.3	焦油催化裂化制柴油的方法	337
7.3.1	间歇法	337
7.3.2	连续法	340
7.4	焦油轻馏分催化裂化制柴油的方法	341
7.4.1	原材料、装置和工艺参数	341
7.4.2	焦油轻馏分的预处理和分离	342
7.4.3	具体实施例	342
7.5	焦油催化裂化-加氢技术	343
7.6	催化裂化催化剂	344
7.6.1	裂化催化剂的种类、组成和结构	344
7.6.2	工业用分子筛裂化催化剂的种类	347
7.7	焦油催化裂化的发展	349

7.7.1	焦油热解采用的催化剂	349
7.7.2	影响焦油裂解的因素	350
7.7.3	焦油裂解的动力学	352
	参考文献	353
8	焦油的热加工	355
8.1	煤焦油的热反应	355
8.2	焦油热裂化	359
8.2.1	早期的焦油热裂化技术	359
8.2.2	焦油缓和热裂化制燃料油	360
8.3	焦油延迟焦化的研究	363
8.4	中、低温煤焦油延迟焦化工艺	366
8.5	焦油延迟焦化加氢组合工艺	368
8.5.1	方法 1	368
8.5.2	方法 2	370
	参考文献	371
9	焦油制燃料油的方法	373
9.1	我国早期焦油制燃料油的方法	373
9.1.1	离心分离法	373
9.1.2	溶剂稀释沉淀法	374
9.1.3	单釜蒸馏法	375
9.1.4	常减压蒸馏法	378
9.1.5	回流焦化法	380
9.1.6	全馏分酒精抽提法	383
9.2	焦油制燃料油的专利技术	385
9.2.1	合成环保柴油	385
9.2.2	生产船用燃料油的方法	386
9.2.3	用化学转换方法生产柴油的方法	388
9.2.4	高清洁复合柴油	388
9.2.5	我国焦油制燃油专利内容摘要	388
9.3	煤焦油乳化制燃料油	394
9.3.1	煤焦油的乳化原理	394
9.3.2	锅炉燃烧试验	397
9.3.3	煤焦油乳化制燃料油的研究和应用	398
9.4	煤焦油调合制燃料油	400
9.4.1	调合燃料油性质的变化规律	401
9.4.2	酸渣油调合制燃料油	404
9.4.3	燃料油的生产及储存	406
9.5	煤焦油沥青浆体燃料	407

9.5.1 煤沥青的性质、组成和种类	408
9.5.2 煤沥青乳化燃料	409
9.5.3 煤沥青水浆燃料	414
9.6 焦油制燃料油方法的研究	419
9.6.1 组合柴油生产方法	419
9.6.2 焦油渣改制燃料油	420
9.6.3 焦油-水-煤浆体燃料	422
9.6.4 甲醇-低温煤焦油微乳燃料油	423
9.6.5 煤焦馏分油制备燃料油的研究	428
参考文献	429

10 焦油在超临界流体中的轻质化	432
10.1 超临界水的特性及重质烃的改质	432
10.1.1 超临界水的特性	432
10.1.2 重质烃在 SCW 中的改质	434
10.2 焦油在 SCW 中的改质	437
10.2.1 高温煤焦油的性质	438
10.2.2 温度对气体收率的影响	438
10.2.3 温度对液体产物分布的影响	439
10.2.4 温度对焦油结焦率的影响	441
10.2.5 反应停留时间对产物分布的影响	442
10.3 焦油在 SCW 中的反应特性	443
10.3.1 煤焦油的性质	443
10.3.2 三种煤焦油在 SCW 中反应的比较	444
10.3.3 轻油组分的反应性	445
10.3.4 沥青质组分的反应性	445
10.3.5 残焦组分的反应性	447
10.3.6 煤焦油组分在 SCW 中的反应路径	447
10.4 煤沥青在 SCW 中的轻质化	448
10.4.1 煤沥青的性质	448
10.4.2 压力对产物组成的影响	448
10.4.3 温度对产物组成的影响	449
10.4.4 停留时间对产物组成的影响	450
10.4.5 单组分沥青质在 SCW 中的转化	451
10.5 焦油的超临界溶剂加氢技术	451
10.5.1 高温煤焦油的性质	452
10.5.2 生产方法	452
10.5.3 反应工艺条件和产物收率	453
10.6 焦油在超临界二甲苯中加氢裂解反应动力学	454
10.6.1 实验材料和流程	454

10.6.2	加氢裂化反应模型的建立	455
10.6.3	宏观动力学反应常数的求解	456
10.6.4	煤焦油在超临界二甲苯中的宏观动力学模型	458
参考文献		459
11	焦油电解加氢改质	460
11.1	焦油组分的电解加氢	460
11.2	焦油电解加氢的研究	463
11.2.1	电解对焦油组分性质的作用	463
11.2.2	焦油电解加氢的性能	465
参考文献		468
12	焦油混配改质技术	469
12.1	焦油与稠油悬浮床加氢共炼技术	469
12.1.1	悬浮床加氢的特点	469
12.1.2	高温焦油与稠油混配悬浮床加氢的研究	471
12.1.3	焦油与稠油悬浮床加氢工艺研究	475
12.2	低温焦油与废塑料混配油化技术	478
12.2.1	低温煤焦油与废旧聚乙烯混配油化工艺研究	478
12.2.2	低温焦油与废旧塑料共裂解制油的研究	480
参考文献		480
13	制氢方法及工艺	482
13.1	制氢方法的选择	482
13.2	天然气制氢	483
13.2.1	天然气蒸汽转化法制氢	483
13.2.2	天然气部分氧化法制氢	487
13.2.3	甲烷自热催化重整	490
13.2.4	天然气催化裂解制氢	492
13.3	煤气化制氢	496
13.3.1	煤气化工艺和技术	496
13.3.2	煤气化制氢技术的发展	497
13.3.3	煤气化与天然气两种制氢路线的比较	500
13.3.4	煤气化制氢技术方案	500
13.4	焦炉煤气制氢	509
13.4.1	煤高温干馏焦炉煤气制氢	510
13.4.2	内热式直立炉焦炉煤气制氢	511
13.4.3	煤低温热解煤气制氢	511
13.5	甲醇制氢	512
13.5.1	甲醇水蒸气重整制氢	513

13.5.2 甲醇部分氧化制氢	517
13.5.3 甲醇裂解制氢	519
13.6 变压吸附提纯氢气技术	522
13.6.1 氢气提纯工艺的选择	522
13.6.2 变压吸附提纯氢气工艺	524
参考文献	530
附录	536
附录 1 中华人民共和国国家标准——煤焦油	536
附录 2 中国冶金行业煤焦油标准	536
附录 3 陕西省地方标准——中温煤焦油	537
附录 4 液化气标准	537
附录 5 车用汽油	537
附录 6 轻柴油标准	540
附录 7 车用柴油标准	541
附录 8 中国燃料油的规格指标	542
附录 9 军舰用燃料油理化性能指标	543
附录 10 船用馏分燃料油	543
附录 11 船用残渣燃料油的要求	544
附录 12 中华人民共和国国家标准——粗酚	545
附录 13 国家黑色冶金行业标准——粗酚	545
附录 14 乙烯装置专用石脑油标准	545

1

绪 论

能源是国民经济可持续发展的重要物质基础，能源问题不仅关系到经济安全和国家安全，对生态环境也有重要的影响。当前世界能源的消费结构仍以石油能源消耗为主，其中石油消费占 30%~32%，天然气消费占 17%~19%，煤炭消费占 27%~28%，其余为原子能、水能、太阳能、风能消费等。根据化石能源的蕴藏量及开采情况，预计到 21 世纪中叶，石油消费在能源消费结构中逐步减少，天然气消费比重将大幅度上升，煤炭消费比重基本持平。总的能源形式将从石油为主逐步转化为以天然气为主，进而发展为以煤为主。

我国石油、天然气资源不丰富，但煤炭资源较为充足，因此在能源消费结构中，煤炭资源始终占较大比重（70%左右）^[1]。

近些年来，随着我国经济的迅速发展，由于国内油气资源不足，供需矛盾日益突出，因此对煤制油等能源化工项目投入了极大的关注。国家从能源安全供应出发，支持国内企业在科学论证的基础上，有计划地进行以煤为原料的能源化工项目建设，以替代部分石油，减少进口。在已建成或正在建设的项目中，主要都集中在煤制油（直接或间接液化）、煤制甲醇、二甲醚、烯烃和煤制天然气等方面，这些项目的建设和投产有力地推动了我国石油替代能源战略的实施，并在一定程度上满足了经济社会发展的需要。

在发展煤化工过程中，采用煤的多联产技术实现煤炭资源的分级利用，不仅可有效地提升煤炭资源的价值，同时可使其利用效率和效益最大化，并做到煤炭利用过程对环境最友好。因此，煤化工的多联产技术是一项符合我国国情的煤炭综合利用技术，对我国经济的可持续发展有着特殊的重要意义。

目前，煤化工的多联产方案主要有：煤-电-气多联产工艺、煤-气-化工产品多联产工艺、煤-焦-油多联产工艺和煤-焦-化工产品多联产工艺等^[2,3]。在煤多联产生产过程中，将产生的副产物煤焦油用于生产汽油、柴油和燃料油，对替代我国部分石油资源具有重要意义。

1.1 我国的煤及焦油资源

1.1.1 煤和煤焦油发展现状

我国是属于石油资源短缺，天然气资源不足，煤炭资源则相对丰富的国家，中国煤炭资源可开采储量为 $2040 \times 10^8 \text{ t}$ （其中 75% 为烟煤，12% 为无烟煤，13% 为褐煤），位居世界第

二位。2009 年中国的煤炭产量为 $29.6 \times 10^8 \text{t}$ ，位居世界第一位，按其储采比计可开采 80 年左右，但人均占有量仅为世界人均占有量的 60% 左右^[4,5]。我国国民经济快速发展，迫切需解决石油和天然气的缺口问题。我国是世界上最大的煤炭生产和消费大国，煤炭产量和消费量在一次能源中占的比重一直保持在 70% 以上。在未来 50 年内，中国能源的 70% 还要来自煤炭。

表 1-1 2004~2008 年国内原煤、焦炭和煤焦油产量

单位： $\times 10^4 \text{t}$

年份	原煤 产量	焦炭 产量	机焦 产量	应回收煤 焦油量	大中型企业实际 回收煤焦油量	其他企业实际 回收煤焦油量	合计回收 煤焦油量	未回收煤 焦油量	热回收等烧 掉煤焦油量
2004	195600	20618	15700	700	400	130	530	170	140
2005	220500	25411	22200	800	490	170	660	200	75
2006	237300	29768	26270	1020	540	220	760	260	80
2007	252600	33553	30537	1230	670	190	860	370	72
2008	279300	32359	29122	1150	664	156	820	330	60

煤焦油是煤炼焦和煤气化生产过程中的主要副产物。由表 1-1 可知，2004~2008 年，中国煤焦油产量由 $530 \times 10^4 \text{t}$ 提高到 $820 \times 10^4 \text{t}$ ，平均年增长 13.68%，2008 年中国煤焦油产量比 2007 年减少 4.7%，主要受世界金融危机影响，自 10 月份之后焦化企业纷纷限产甚至停产，煤焦油的产量也随之减少。

由表 1-1 和表 1-2 可知^[6~8]，2008 年我国在炼焦过程中，煤焦油的回收率仅为 71.3%，有 $330 \times 10^4 \text{t}$ 未被回收，煤焦油加工量仅占回收量的 62%，仍有 $297 \times 10^4 \text{t}$ 的煤焦油作为直接燃料被烧掉，这不仅浪费了资源，同时也给环境造成了严重污染。

表 1-2 2004~2008 年国内煤焦油加工情况

单位： $\times 10^4 \text{t}$

年份	大中型企业加工量	其他企业加工量	合计加工量	出口量	作为原料、燃料量	合计
2004	308	50	358	12	160	530
2005	313	55	368	23.5	264.5	656
2006	377.8	60	437.8	21.4	300	760
2007	447	73	520	20.5	319.5	860
2008	440	70	510	13	297	820

2009 年我国焦炭产量为 $35300 \times 10^4 \text{t}$ ^[9]，焦油产量约为 $1100 \times 10^4 \text{t}$ 。随着我国炼焦产业技术水平的不断提高，国家对环境保护政策的严格执行，将会促使煤焦油的回收率不断提高，加之减少煤焦油的直接燃料量，预计每年可有 $600 \times 10^4 \text{t}$ 能用于煤焦油作为加氢原料生产汽油、柴油。

1.1.2 煤焦油制燃料油资源

2008 年 12 月 9 日国家工业和信息化部公告修订的《焦化行业准入条件（2008 修订）》，首次将半焦（兰炭）焦炉和生产列入其中，从而为我国洁净煤的开发利用及生产中温和低温煤焦油提供了政策依据^[10]。

1.1.2.1 烟煤和褐煤资源^[11]

低变质烟煤主要包括长焰煤、不黏煤、弱黏煤，已查明资源储量为 $3330.09 \times 10^8 \text{t}$ ，占全国煤炭资源总量的 32.61%，占非炼焦煤的 45.01%。

据全国第三次煤炭资源预测结果表明,垂深 2000m 以浅的低变质烟煤预测资源量为 $24215.10 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭预测资源量的 53.2%。

低变质烟煤主要分布在我国西北地区(赋存储量 $13128.71 \times 10^8 \text{t}$, 占全国低变质烟煤预测资源量的 54.2%)和华北地区(赋存储量 $10427.66 \times 10^8 \text{t}$, 占全国低变质烟煤预测资源量的 43.0%), 在这两个地区, 低变质烟煤合计占全国该类煤的 97.2%, 再其次是东北地区(赋存储量 $658.73 \times 10^8 \text{t}$, 占全国的 2.69%), 其余分布在华南地区及云南和西藏。从各省(自治区)的赋存储量来看, 最多的是陕西省, 占全国的 34.9%; 第二是内蒙古, 占全国的 27.9%; 第三是新疆, 占全国的 20.3%。

我国褐煤已查明资源储量为 $1334.69 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭资源总量的 13.07%, 占非炼焦煤的 18.05%。

据全国第三次煤炭资源预测结果表明,垂深 2000m 以浅的褐煤预测资源量为 $1903.06 \times 10^8 \text{t}$, 占全国煤炭预测资源量的 4.18%。

我国褐煤资源主要分布于内蒙古、东北三省和云南等省(区), 我国褐煤资源分布见表 1-3。

表 1-3 我国褐煤资源分布

省(区)别	占全国褐煤 储量/%	占本省(区)煤炭 储量/%	省(区)别	占全国褐煤 储量/%	占本省(区)煤炭 储量/%
内蒙古	77.1	47.4	山东	1.3	4.3
云南	12.6	65.7	吉林	0.9	8.0
黑龙江	2.6	8.5	广西	0.8	35.8
辽宁	1.5	16.5	其他省(区)	2.7	

目前,我国烟煤产量为 $20 \times 10^8 \text{t}$, 占原煤产量的 72%, 褐煤产量为 $8373 \times 10^4 \text{t}$, 占原煤产量的 3%。

1.1.2.2 用褐煤和烟煤生产半焦和焦油^[12~14]

目前,我国以烟煤和褐煤为原料生产半焦和焦油的技术成熟, 主要是内热式直立炉和煤固体热载体热解技术, 所得产品半焦是生产铁合金、电石的原料, 也是炼铁的高炉喷吹料。半焦是一种优良的清洁原料, 不仅可以造气生产化肥和甲醇, 同时也可作为工业和民用清洁燃料, 可用于发电和城镇居民的日常用煤, 并正逐步在中小城市推广应用。2006 年全国半焦总生产能力为 $2500 \times 10^4 \text{t/a}$, 产量为 $1260 \times 10^4 \text{t}$, 2007 年总生产能力已达 $3500 \times 10^4 \text{t/a}$, 产量为 $2205 \times 10^4 \text{t}$, 据预测, 2010 年国内半焦市场需求量将超过 $5000 \times 10^4 \text{t}$ (见表 1-4), 2015 年将突破 $8000 \times 10^4 \text{t}$ 。

表 1-4 2010 年国内半焦市场预测

行业	用途	半焦市场预测/($\times 10^4 \text{t/a}$)	行业	用途	半焦市场预测/($\times 10^4 \text{t/a}$)
铁合金	还原剂	1000	民用	洁净燃料	200
电石	还原剂	750	电厂	掺烧燃料	50
冶金	高炉喷吹	2000	碳质吸附剂	活性炭	20
化肥	造气	1000	合计		5020

在生产半焦的同时, 副产焦油的量为半焦产量的 10% (内热式直立炉法)。由此可见, 焦油产量将会与半焦产量同步增长。