



煤炭液化技术

主 编 舒歌平

副主编 史士东 李克健

煤炭工业出版社



煤炭液化技术

主 编 舒歌平
副主编 史士东 李克健

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP)数据 (

煤炭液化技术/舒歌平主编. —北京:煤炭工业出版社, 2003

ISBN 7-5020-2335-6

I. 煤… II. 舒… III. 煤液化-技术
IV. TQ529

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 063071 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址: www.cciph.com.cn
煤炭工业出版社印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 22³/₄ 插页 1
字数 537 千字 印数 1—1,500
2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷
社内编号 5106 定价 58.00 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

本书是一本介绍煤炭液化技术和工艺的专著。本书首先从我国能源资源及供需的形势和今后的发展趋势出发,阐明了煤炭液化的战略意义;从煤炭的形成及其化学结构以及煤炭与石油在结构上的区别出发,论述了煤炭直接液化和间接液化的基本原理、化学反应、催化剂、工艺条件、典型工艺过程和重点工程问题;因煤炭液化需要合成气或氢气,所以本书也介绍了煤气化制合成气及氢气的工艺技术。

本书可供从事煤炭液化的工程技术人员、研究开发人员、管理干部和有关高等院校师生阅读参考。

编辑委员会

主 任 张玉卓

副主任 王金华 杜铭华

委 员 史士东 李文华 李克健 金嘉璐 徐振刚 舒歌平

主 编 舒歌平

副主编 史士东 李克健

编 写 史士东 李文华 李克健 金嘉璐 徐振刚 舒歌平

初 审 陈 鹏

审 定 史士东

序

能源是中国实现现代化进程中的重要物质基础，一直受到各级政府和全社会的关注。今后 20 年，国内生产总值将以年均 7.2% 的速度增长，对能源的需求量十分巨大，而且要求不断优化终端能源结构，大幅度提高电力、液体燃料、气体燃料等使用方便、清洁、高效能源的比例。

我国煤炭资源丰富，石油和天然气相对短缺，以新能源、可再生能源为主的后续能源的开发和利用，还需要一段相当长的技术准备和过渡期。因此，在未来相当长的一段时期，煤炭仍将是我国的主要能源，而且是优化能源结构的主要基础能源。

为满足国民经济发展对石油的需求，近年来石油进口量迅速增加，预计到 2020 年石油缺口将占到消费总量的 50% 左右。石油进口量的持续增长，使国内石油供应直接受到国际形势变化所引起的市场和价格急剧变动的影响，由此引起的能源安全问题应受到充分的重视。

从能源发展现状和对未来供需平衡的预测分析出发，应采取多元化的途径解决国内石油供需矛盾。在积极利用国外能源资源和国际市场供应的同时，发展科技含量高、经济效益好、环境友好的煤炭转化技术，将煤炭加工转化成为液体燃料、气体燃料等清洁、高效的二次能源，在一定程度上可较大规模地补充和缓解石油短缺，是立足国内资源优势，保障能源持续、可靠供应的一条重要途径。

煤炭液化是以煤为原料制取汽油、柴油、航空煤油和其他化学品的技术，一般可分为直接液化和间接液化两大类。直接液化技术自 20 世纪 20 年代研究开发以来，于 40 年代形成大规模工业化生产，第二次世界大战后随着中东石油的大量开发而停止；70 年代世界石油危机后，工业先进国家纷纷投入资金、人力，致力于新工艺的开发，并相继完成每天百吨级工业试验。间接液化技术于 20 世纪 50 年代在南非进行工业生产，至今已发展成为年产 700 多万吨发动机燃油和化学品的大规模工厂。

近年来，随着石油供需矛盾的突出和大量进口，国内对煤炭液化的技术研发和产业化发展给予关注，将建设煤炭液化示范工厂列为“十五”和今后发展的战略项目，神华集团以引进部分技术和国内配套的方式正在建设煤炭液化工业示范厂，相关的科研机构也加大力度，并针对中国煤种、煤质特点

开发具有自主知识产权的新工艺。

我国的煤炭资源大部分分布在中西部，煤炭液化技术的产业化发展不但可以形成对国内石油短缺的大规模补充，而且能够成为实施西部大开发战略的重点新型工业产业，同时对传统煤炭工业的结构调整、产业提升、走新型工业化道路有重要推动作用。

现代煤炭液化技术集煤加工、煤化工、石油化工等多种工业技术为一体，是煤转化的高技术。国内对煤炭液化技术的研究和开发已有 20 多年，为目前和今后的发展打下了一定的基础，但是无论直接液化还是间接液化，至今都还没有具备为工业建设提供成套工艺技术的能力，部分关键设备也需要从国外引进。为了适应产业化发展的需求，国内正在加快开发自主知识产权工艺和关键设备研制，并结合中国煤特点进行大量必要的理论基础和技术基础研究。

《煤炭液化技术》一书系统地介绍了煤的生成、结构组成、煤炭直接液化、间接液化的基本理论和技术基础，国外多种工艺的流程、特点以及工业性试验和工程化发展情况，其内容丰富，资料详实。我相信在我国煤炭液化技术和产业化发展正处于重要的示范时期，该书的编写和出版将为从事煤炭液化技术的研究人员、工程技术和管理人员、院校师生以及关心该技术发展的广大科技人员提供大量技术信息和参考资料，对推动该领域技术发展具有积极的作用。

中国工程院院士
中国煤炭工业协会会长

范维唐

2003 年 6 月

前 言

煤炭液化作为洁净煤技术的重要组成部分正在我国实现产业化。本书为了适应技术开发和产业化的需要，全面介绍了我国石油供需的形势和今后的发展趋势，阐明了煤炭液化的战略意义；从煤炭的形成及其化学结构以及煤炭与石油在结构上的区别出发，论述了煤炭直接液化和间接液化的基本原理、化学反应、催化剂、工艺过程和重点工程问题；因煤炭液化需要合成气或氢气，所以本书也介绍了煤气化制合成气及氢气的工艺技术。

本书力求涵盖煤炭直接液化和间接液化技术的全部内容。全书共分六章，第一章中国能源与煤炭液化，第二章煤炭与石油的基本性质及分类，第三章煤炭直接液化技术基础，第四章煤直接液化工艺，第五章煤炭间接液化技术和工艺，第六章煤制合成气和氢气。

本书主编舒歌平，副主编史士东、李克健。还有杜铭华、李文华、金嘉璐、徐振刚等人参加编著，杜铭华编写第一章，李文华编写第二章，史士东、李克健编写第三章，舒歌平、史士东编写第四章，金嘉璐编写第五章，徐振刚编写第六章。

本书编写过程中得到了煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院陈鹏教授和吴春来教授的指导，在此深表谢意。本书的出版得到了煤炭科学研究总院的资助，还得到了原国家煤炭工业局企事业改革司谢玉清同志的大力支持，特致谢意。

鉴于煤炭液化技术涉及的专业面广，作者的水平和能力有限，书中肯定存在不当之处，恳请读者批评指正。

目 录

序
前言

第一章 中国能源与煤炭液化	1
第一节 中国化石能源资源	1
第二节 中国化石能源生产及消费状况	12
第三节 中国能源展望	19
第四节 中国能源面临的挑战	23
第五节 中国煤炭液化的意义	23
第二章 煤与石油的基本性质及分类	31
第一节 煤的生成	31
第二节 煤炭的分类	38
第三节 煤的组成与结构特征	49
第四节 煤的结构模型	63
第五节 石油的基本性质	70
第三章 煤炭直接液化技术基础	85
第一节 概 述	85
第二节 煤炭直接液化的基本原理和基本概念	89
第三节 煤炭直接液化反应机理	91
第四节 煤质与煤的液化特性	94
第五节 煤直接液化催化剂	102
第六节 煤炭直接液化的溶剂	105
第七节 煤炭直接液化反应动力学	107
第八节 煤液化工艺条件对液化反应的影响	108
第九节 煤炭直接液化反应器	112
第十节 煤直接液化装置其他关键设备	118
第四章 煤直接液化工艺	125
第一节 基本工艺过程	125

第二节	典型煤直接液化工艺·····	126
第三节	改进后的煤直接液化工艺·····	147
第四节	其他煤直接液化工艺·····	153
第五节	煤油共处理·····	163
第六节	煤液化粗油提质加工工艺·····	167
第七节	煤液化残渣的性质及利用·····	179
第五章 煤炭间接液化技术·····		186
第一节	概 述·····	186
第二节	F-T 合成的化学反应热力学及产物分布 ·····	189
第三节	F-T 合成催化剂 ·····	199
第四节	F-T 合成的反应机理和反应动力学 ·····	212
第五节	F-T 合成反应器 ·····	218
第六节	工艺参数对合成反应的影响·····	223
第七节	F-T 合成工艺 ·····	224
第六章 煤制合成气和氢气·····		259
第一节	煤炭气化技术·····	259
第二节	煤气除尘技术·····	303
第三节	煤气脱硫技术·····	310
第四节	CO 变换技术 ·····	320
第五节	CO ₂ 脱除技术 ·····	331
第六节	氢气提纯技术·····	344
主要参考文献·····		352

第一章 中国能源与煤炭液化

第一节 中国化石能源资源

一、煤炭资源

1992~1997年，国家计委和煤炭工业部立项，中国煤田地质总局具体组织、开展了第三次全国煤田预测工作，对全国煤炭资源进行了全面的预测和评价。由国土资源部等单位起草、提出，国家质量技术监督局于1999年6月8日发布、同年12月1日起实施“固体矿产资源/储量分类标准（GB/T 17766—1999）”已开始执行。在该标准中，依据地质勘探的可靠程度将矿产资源（储量）分为探明、控制、推断、预测4类，同时依据经济性将“查明矿产资源”分为经济的、边际经济的、次边际经济的、内蕴经济的4大类，见表1-1。

表1-1 固体矿产资源/储量分类表

	查明矿产资源			潜在矿产资源
	探明的	控制的	推断的	预测的
经济的	可采储量 (111)			
	基础储量 (111b)			
	预可采储量 (121)			
	基础储量 (121b)			
边际经济的	基础储量 (2M11)			
	基础储量 (2M21)	基础储量 (2M22)		
次边际经济的	资源量 (2S11)			
	资源量 (2S21)	资源量 (2S22)		
内蕴经济的	资源量 (331)	资源量 (332)	资源量 (333)	资源量 (334)?

注：表中编码，第一位数表示：1=经济的，2M=边际经济的，2S=次边际经济的，3=内蕴经济的；第二位数表示：1=可行性研究，2=预可行性研究，3=概略研究；第三位数表示：1=探明的，2=控制的，3=推断的，4=预测的，b=未扣除设计、采矿损失的可采储量，?=经济意义未定的。

本书结合上述资料及“固体矿产资源/储量分类标准（GB/T 17766—1999）”对中国煤炭资源作分析说明，有关名词说明如下：

(1) 煤炭资源总量。指赋存于地下的具有现实的或潜在的经济价值的煤炭资源，又可根据地质工作的深度划分为已发现煤炭储量/资源和预测资源两部分。

(2) 已发现煤炭储量/资源量。指按规范的方法和程序进行了找煤、普查或勘探工作，

对煤炭的类别、煤质均有一定了解并计算得到的资源数量，相当于以往的“探明储量”，也相当于1992年“固体矿产地质勘探总则（GB 13908）”中的“A+B+C+D”级的煤炭总储量。已发现煤炭储量/资源量又可划分为已查证煤炭储量/资源量和找煤资源量两部分。

（3）已查证煤炭储量/资源量。指经过规范方法普查或勘探工作之后计算的资源量。相当于以往“探明储量”中的“普查储量”、“详查储量”和“精查储量”之和，可进一步划分为精/详查储量和普查资源量两部分。

（4）精/详查储量。相当于“精查储量”和“详查储量”，是工业性、开发性地质工作成果，是工程设计和建设的依据。按照开发的经济性和综合条件将精/详查储量分为能利用储量和暂不利用储量。

（5）能利用储量。经过对储量的开发利用内外部条件进行综合评价，确认可以在当前或已经规划在近期进行开发利用，作为新建矿井设计和建设的储量。

（6）可采储量。经过技术经济论证和计算，符合当前技术经济条件，可作为煤矿生产计划、开采后企业可获得效益的那一部分储量。

（7）预测资源量。根据零星资料和地质理论推断或根据已知地区的类比、外推进行估算的资源量。

（8）找煤资源量。地质工作程度极低，个别情况下工作程度可能稍高，仅作为对资源预测结果的验证，通过“找煤”以确定有无进行普查的可能，是一种过渡性、中间性工作，其结果尚不能达到对资源前景做出初步评价的程度，但在资源评价时将其包括在内。

（9）普查资源量。相当于“普查储量”，反映煤炭资源潜力和前景，是国家宏观经济决策、综合国力评估、制订远景规划的依据，或用于矿业权益的转让。

根据资料对截至1999年末有关储量/资源数据的归类统计结果，表1-2、表1-3、表1-4分别为全国煤炭资源总量（分区）统计表、已发现煤炭储量/资源量统计表、已查证煤炭储量/资源量统计表。

表1-2 全国煤炭资源总量统计表（垂深2000m）

分 区	东 北	华 北	华 南	西 北	滇 藏	合 计
资源总量/亿 t	3933.06	28118.57	3783.54	19786.00	76.32	55697.49
比 例/%	7.06	50.49	6.79	35.52	0.14	100

表1-3 全国已发现煤炭储量/资源量（探明储量）统计表

分 区	东 北	华 北	华 南	西 北	滇 藏	合 计
储量/亿 t	1311.69	6656.16	978.40	1223.57	6.63	10176.45
比 例/%	12.89	65.41	9.61	12.02	0.07	100

对表1-2、表1-3和表1-4说明如下：

（1）全国垂深2000m以浅的煤炭资源总量为55697.49亿t，其中以华北赋煤区为最高，占资源总量的50%以上；西北区次之，约占36%；东北、华南分别约为7%。垂深1000~2000m的预测资源量为27080.56亿t，占48.6%；全国已发现资源及1000m以浅的预测煤炭资源合计为28617亿t。

（2）全国已发现储量/资源量为10176.45亿t，其中主要集中在华北，占总量的65%，

表 1-4 全国已查证煤炭储量/资源量统计表

区划	储 量/亿 t			普查资源量	合 计	
	生产、在建占用	尚 未 占 用	合 计		资源量/亿 t	比例/%
华北	774.05	1563.83	2337.88	1173.43	3511.31	51.87
华东	269.63	137.58	407.21	122.17	529.38	7.82
中南	117.59	76.72	194.31	61.65	255.96	3.78
东北	157.59	47.37	204.96	31.63	236.59	3.49
西南	125.79	322.49	448.28	128.42	576.70	8.52
华南	12.70	14.71	27.41	1.00	28.41	0.42
西北	458.69	354.97	813.66	817.84	1631.50	24.10
总计	1916.04	2517.67	4433.71	2336.14	6769.85	100.00

东北、西北分别约各占 12%，西南约 10%。

(3) 截至 1992 年末，已发现煤炭储量/资源量中，已查证储量/资源量为 6769.85 亿 t，占已发现储量/资源量的 66.5%；其中精/详查储量 4433.71 亿 t，占 65.5%；普查资源量为 2336.14 亿 t，占 34.5%。已查证储量/资源量的 52% 在华北，24% 在西北，华东、西南各占约 8%，其余分布在中南、东北、华南。

(4) 全国精/详查储量中，生产和在建矿井已占用的有 1916.04 亿 t，占精/详查储量的 43.2%；尚未被占用的为 25417.67 亿 t，占 56.8%。

(5) 全国已发现煤炭资源按聚煤期统计依次为：侏罗纪 39.80%、石炭、二叠纪（北方）38.04%、白垩纪 11.91%、二叠纪（南方）7.54%、第三纪 2.27%、三叠纪 0.44%。

(6) 中国煤炭资源分布相对集中，北方地区已发现资源占全国的 90.29%（包括东北及内蒙东部），形成山西、陕西、宁夏、河南、内蒙古中南部和新疆等富煤地区；南方地区已发现资源的 90.6% 集中在四川、贵州、云南 3 省富煤区；已发现资源的 84% 分布在大兴安岭—太行山—雪峰山一线以西，而东部经济较发达地区仅占 11%。

表 1-5 为截至 1999 年底全国煤炭已发现储量/资源量分煤种数量及比例。

表 1-5 已发现煤炭储量/资源量（累计探明储量）分煤种数量及比例（1999 年底，亿 t）

煤 种	精 查		详 查		普 查		合 计
	储 量	%	储 量	%	资 源 量	%	
褐 煤	255.53	19.31	152.58	11.53	915.42	69.16	1323.54
长焰煤	217.12	14.34	270.53	17.87	1026.64	67.79	1514.29
不粘煤	229.53	14.13	351.41	21.63	1043.79	64.24	1624.74
弱粘煤	122.52	65.22	14.66	7.81	50.67	26.97	187.85
贫 煤	151.12	24.46	221.42	35.84	245.29	39.70	617.83
无烟煤	391.44	32.74	197.11	16.49	606.95	50.77	1195.50
天然焦	2.91	17.90	0.92	5.65	12.44	76.45	16.27
未分类	42.32	4.34	65.46	6.72	867.01	88.94	974.79
炼焦煤	1188.16	41.71	542.27	19.04	1118.06	39.25	2848.49
合 计	2600.65	25.24	1816.36	17.63	5886.27	57.13	10303.28

中国煤炭资源种类齐全，包括从褐煤到无烟煤各个煤种。在已发现资源中，炼焦煤占 27.65%，动力煤约占 72.54%；动力煤中褐煤占 17.75%，低变质烟煤占 44.63%；褐煤、长焰煤、不粘煤、弱粘煤、气煤等低变质煤占已发现资源量的 58.13%。

由表 1-5 可见，我国动力煤中低变质煤种（褐煤、长焰煤、弱粘煤）的普查量占储量/资源量的比例均在 64% 以上，精查比例均小于 20%，需加大勘探力度；炼焦煤的精、详查比例较高，合计占 60%，说明长期以来我国偏重炼焦煤的勘探开发。在总量中，精查储量比例为 25.24%，详查储量占 17.63%，普查资源量占 57.13%。

表 1-6、表 1-7 是中国煤炭资源中、商品煤中全硫的分布情况。全国煤炭保有储量的平均硫分为 1.1%，硫分小于 1% 的低硫、特低硫煤占 63.5%，主要有华北、东北、西北的侏罗纪煤系和华北、华东的早二叠世煤系；含硫大于 2% 的占 16.4%，其中大于 3% 的高硫煤约占 8.5%，主要有南方各煤田以及山东、山西、陕西和内蒙古西部的太原组，该部分煤虽然数量不多，但分布较广，接近经济较发达地区，开采年代早，对环境的影响较大。

表 1-6 中国煤炭资源中全硫的分布情况

煤 种	各煤种所占比例/%						
	平均硫分 /%	特低硫分 (<0.5%)	低硫煤 (0.5%~1.0%)	低中硫煤 (1.0%~1.5%)	中硫煤 (1.5%~2.0%)	中高硫煤 (2.0%~3.0%)	高或特高硫 (>3.0%)
全 国	1.01	48.6	14.85	9.30	5.91	7.86	8.54
动力煤	1.15	39.35	16.46	16.68	9.49	7.65	7.05
炼焦煤	1.03	55.16	13.71	4.18	3.29	8.05	9.62
华 北	1.03	42.99	14.40	16.94	10.74	8.88	3.57
东 北	0.47	51.66	14.04	19.68	1.92	2.05	0.00
华 东	1.08	46.67	31.14	3.70	3.20	4.72	9.21
中 南	1.17	65.20	12.42	7.66	2.34	5.50	6.71
西 南	2.43	13.22	10.71	7.52	2.68	17.40	43.61
西 北	1.07	66.23	6.20	2.50	4.01	9.31	9.98

表 1-7 中国商品煤中全硫的分布情况

煤 种	各煤种所占比例/%						
	平均硫分 /%	特低硫分 (<0.5%)	低硫煤 (0.5%~1.0%)	低中硫煤 (1.0%~1.5%)	中硫煤 (1.5%~2.0%)	中高硫煤 (2.0%~3.0%)	高或特高硫 (>3.0%)
全 国	1.08	43.48	18.55	12.80	6.70	6.98	5.82
动力煤	1.00	42.13	21.97	15.04	10.30	3.00	4.44
炼焦煤	1.10	45.10	16.63	10.71	3.90	9.69	7.44
华 北	0.92	39.14	23.66	19.30	9.85	3.25	1.80
东 北	0.54	50.68	16.61	3.29	2.15	3.87	0.95
华 东	1.12	45.79	20.12	13.37	5.34	5.34	9.89
中 南	1.18	61.99	11.08	10.07	4.83	7.58	4.44
西 南	2.13	23.87	10.14	6.77	5.33	14.58	38.66
西 北	1.42	30.21	12.66	14.22	9.21	25.13	5.75

中国煤炭的灰分普遍较高，一般在 15%~25%，灰分小于 10% 的特低灰煤约占全国保有储量的 15%~20%，主要分布在华北大同、鄂尔多斯等侏罗纪煤田。目前，全国保有储量中，动力煤的平均灰分为 16.8%，其中华北 17.4%、东北 20.7%、华东 16.7%、中南 18.1%、西南 21.4%、西北 12.6%。

综上所述，中国煤炭资源丰富，分布较广，资源潜力大；煤种齐全，特别是低变质、中低变质的煤种占有较大比例，这对发展煤炭液化、特别是直接液化是非常重要的资源保障。

二、石油资源

根据全国第二次油气资源评价对全国 150 多个盆地或地区的油气资源评价结果，1994 年公布的中国石油资源总量为 940 亿 t。其中陆上资源量 694 亿 t，占总资源量 73.8%；海域资源 246 亿 t，占总资源量 26.2%。陆上资源主要分布在东部和西部，分别占陆上资源量的 53.0% 和 37.3%；海域资源主要在南海和东海，分别占海域资源总量 26.2% 和 54.6%。全国石油资源分布见表 1-8。

表 1-8 石油资源分布表

地 区	东 部	中 部	西 部	南 方	陆上合计	海 域	合 计
评价盆地数/个	60	4	22	43	129	10	139
资源量/亿 t	368.0	36.4	259.0	30.9	694.3	246.0	940.3
占总资源量/%	39.1	3.9	27.5	3.3	73.8	26.2	100

陆上石油资源质量以常规油为主，占陆上资源总量的 65.3%，主要分布在东部、西部，其中东部占 52.3%，西部占 41.2%，东、西部常规油占陆上总常规油的 93.5%。由于中国含油气盆地主要是陆相沉积，经历了较多的构造运动，储层物性以中低渗透率为主，并有较多稠油资源；中部资源以低渗透油为主，占到该区域资源的 79.5%；东部、西部分别为 16.2% 和 11.6%；陆上重油有 113.5 亿 t，占陆上资源总量的 16.4%；海域常规石油资源占 59.4%，低渗透资源、重油资源分别有 7.3%、33.3%；利用现有技术手段难以勘探开发的陆上、海域非常规石油资源量占全国石油资源总量的 36.2%。全国石油资源质量分布见表 1-9。

表 1-9 全国石油资源质量分布

油 气 区	石油资源量	常 规 资 源		低渗透资源		重 油 资 源	
	亿 t	资源量/亿 t	%	资源量/亿 t	%	资源量/亿 t	%
东 部	368.0	237.4	64.5	59.6	16.2	71.0	19.3
中 部	36.4	7.5	20.5	28.9	79.5	—	—
西 部	259.0	186.9	72.0	29.6	11.6	42.5	16.4
南 方	30.9	21.9	70.9	9.0	29.1	—	—
陆 上	694.3	453.7	65.3	127.1	18.3	113.5	16.4
海 域	246.0	146.2	59.4	17.9	7.3	81.9	33.3
合 计	940.3	599.9	63.8	145.0	15.4	195.4	20.8

全国陆上石油资源中 75.8% 埋藏深度小于 3500m, 其中小于 2000m 的占陆上资源总量的 20%, 4500m 以深的占 12.7%, 见表 1-10 所列。

表 1-10 全国陆上石油埋藏深度分布

陆上资源量 /亿 t	<2000m		2000~3500m		3500~4500m		>4500m	
	亿 t	%	亿 t	%	亿 t	%	亿 t	%
694.3	139.3	20.0	387.3	55.8	79.7	11.5	88.0	12.7

我国石油资源分布的地理环境也比较复杂, 有约 35.8% 的资源分布在黄土塬、高原、沙漠、山地、沼泽、滩海等地区, 海域资源占 26.2%。地理、地形复杂的地区多是边远的经济欠发达地区, 远离消费市场, 品质较好、勘探难度小的油田大多已被发现, 未发现的多分布在西北地区的复杂地形条件下, 勘探难度增加。

石油资源序列有探明储量、控制储量、预测储量、圈闭资源量、推测资源量构成, 见表 1-11。目前全国陆上主要盆地的油气资源探明程度较低, 在不同区域的探明程度相差较大, 东部地区探明程度最高, 达到 40.6%, 占陆上探明储量的 83.5%; 中部、西部地区探明程度均较低, 分别为 18.4% 和 10.4%。石油控制储量偏低, 仅占陆上主要资源量的 2.75%, 且主要集中于东部, 占陆上控制储量的 80.3%。石油预测储量仍以东部为最多, 占陆上预测量的 70%, 其次为西北占 18.2%、中部占 10.8%。石油圈闭资源量以东部、西部为主, 分别占陆上圈闭资源量的 50.6% 和 39.1%, 东、西部圈闭资源量占陆上主要盆地资源量的 9.9%。陆上石油推测资源量有 319.06 亿 t, 占陆上总资源的 54%, 主要分布在东部和西部地区, 其中塔里木盆地 93.97 亿 t, 渤海湾盆地 82.28 亿 t, 松辽和准噶尔分别约 45.7 亿 t、41.1 亿 t。

表 1-11 全国主要盆地石油资源序列表

分 区	主要盆地资源量/亿 t	探明储量		控制储量 /亿 t	预测储量 /亿 t	圈闭资源量 /亿 t	推测资源量 /亿 t	剩余资源量	
		亿 t	探明程度/%					亿 t	%
东 部	343.59	139.33	40.55	13.07	16.45	32.9	141.84	204.26	59.45
中 部	30.45	5.61	18.39	0.26	2.53	7.93	14.12	24.84	81.58
西 部	208.16	21.74	10.44	2.92	4.26	25.69	153.55	186.42	89.56
南 方	9.96	0.20	0.04	0.03	0.15	0.04	9.55	9.76	97.99
陆上合计	592.16	166.88	28.18	16.28	23.39	66.56	319.06	425.28	71.82
海 域	198.83	7.42	3.73	1.9	0.52	25.72	163.27	191.27	96.26
全国总计	790.99	174.30	22.03	18.18	23.91	92.28	482.33	616.55	77.95

中国石油资源系列不够合理, 有的盆地预测储量和控制储量的比例不协调, 使勘探工作处于紧张、被动局面。

国内预测的石油资源是地质资源, 国际上公布的为可采资源, 为了与国际资源数据比较, 近年来国内专家也尝试将地质资源换算为可采资源。国外预测我国石油可采资源量在 97~119 亿 t 之间, 国内预测量在 110~158 亿 t 之间, 高于国外预测值。