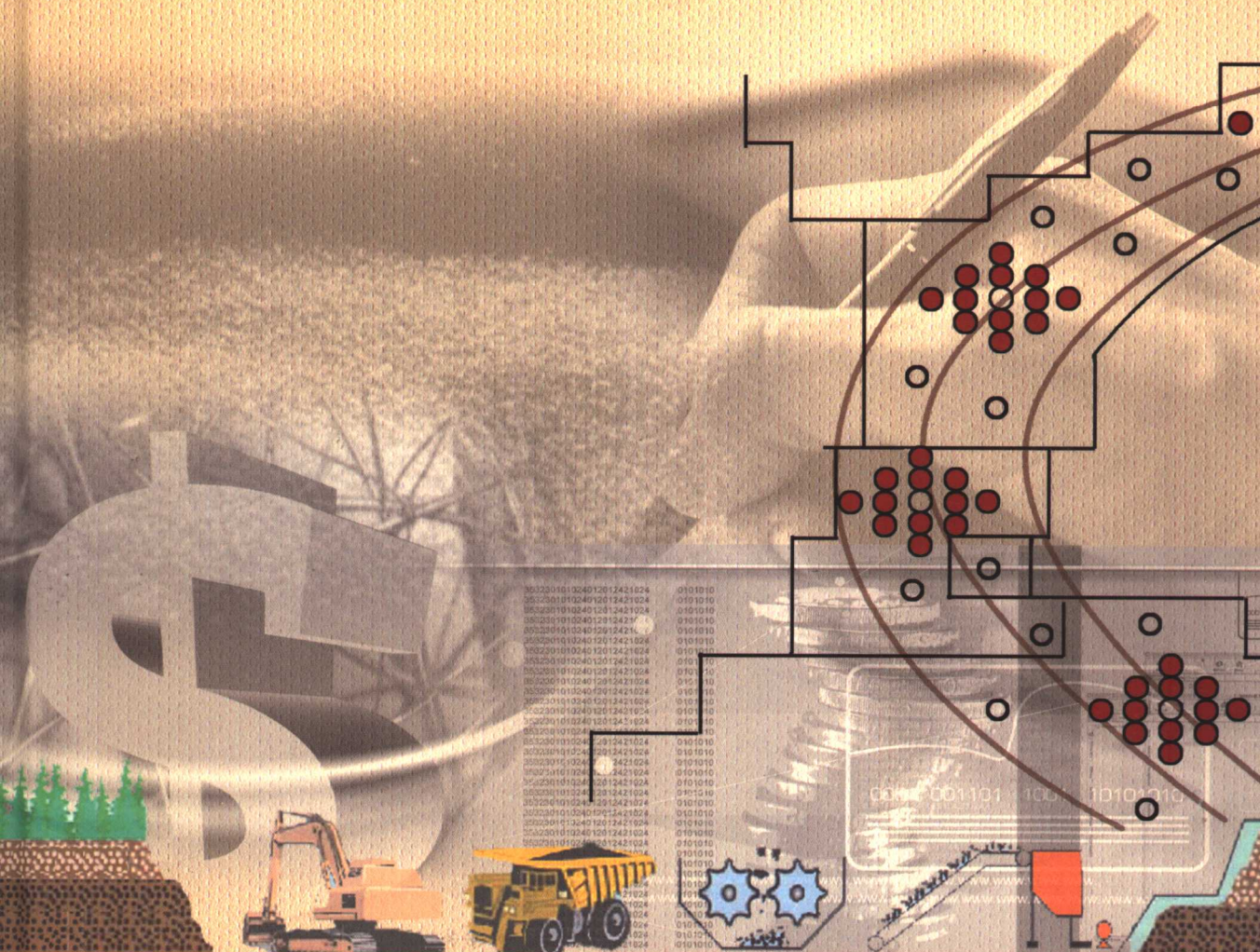


油砂资源状况与储量 评估方法

OIL SANDS RESOURCES AND EVALUATION METHODS OF RESERVES

■ 贾承造 等编著



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

油砂资源状况与储量评估方法

贾承造 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书全面总结了国际油砂工业发展现状及中国的油砂资源分布状况,并系统介绍了油砂储量的评估方法,具有很强的实践性和指导性。

本书可供从事油砂资源勘探、开发、储量评估的科技人员、管理人员及投资者参考。

图书在版编目(CIP)数据

油砂资源状况与储量评估方法 / 贾承造等编著.

北京:石油工业出版社,2007.5

ISBN 978-7-5021-6020-3

I. 油…

II. 贾…

III. ①油砂体—矿业经济—概况—世界

②油砂体—矿产资源—分布—中国

③油砂体—矿产资源—资产评估—中国

IV. F426.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 045714 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 10.5

字数: 264 千字 印数: 1—2000 册

定价: 60.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《油砂资源状况与储量评估方法》
编委会

主 任	贾承造					
副 主 任	刘希俭	雷 群				
编 委	李景明	李 剑	王红岩	穆福元	刘人和	
	郑德温	拜文华	魏 伟	邓 攀	郑得文	
	厉学思	周 文	赵 陵			
参 加 人	严启团	闫 刚	葛稚新	方朝合	赵 群	
	葛守国	徐小林	邓虎成			
技术顾问	高瑞祺	吕鸣岗	邓隆武	潘兴国	陈元千	

前 言

随着全球经济的快速发展,尤其是发展中国家工业化程度的不断提高,对能源的需求量也在迅速增大,常规油气资源呈现了供不应求的局面,直接导致油价持续走高,极大地刺激了油公司对非常规油气资源储量勘探开发的热情。

油砂矿作为非常规油气资源的一种,其分布广泛,资源丰富。在目前的开采技术条件下,已知世界油砂技术可采资源量约为 1035.1 亿立方米,占世界石油可采资源量的 32%,约为常规石油剩余可采资源量的 68%。世界油砂资源丰富的国家主要有加拿大、俄罗斯、委内瑞拉、尼日利亚、美国等。目前世界上油砂商业产量主要在加拿大阿尔伯达盆地的阿萨巴斯卡 (Athabasca),2005 年产量为 4 亿桶。

我国油砂资源比较丰富,初步调查油砂地质资源量为 59.7 亿吨(据国家新一轮油气资源评价结果),主要分布于准噶尔、塔里木、柴达木、四川、鄂尔多斯、松辽等盆地,具有点多、面广、层多、含油率中等、油质较好等特点,其中以西北、东北油砂矿的品质较好,南方油砂氧化程度高。

我国油砂工业起步较晚,尚处于普查与初步研究阶段,但是由于近年我国对石油资源的需求量越来越大,现有石油资源已经不能满足国内发展的需要,国家和一些大的石油公司已经认识到油砂资源的重要性。

20 世纪 90 年代以来,我国在油砂勘探和开发方面取得一定进展。代表性的研究成果有:2004 年中国石油通过立项调查,对中国油砂资源的形成规律和分布状况进行了系统研究,提出了初步见解,公布了资源调查结果;中国石油勘探开发研究院廊坊分院开展了油砂分离室内实验,研制了油砂水洗及干馏分离装置,并分别在新疆的乌尔禾和红山嘴地区进行了现场油砂干馏分离试验和油砂水洗分离试验,取得了良好的效果。

本书由中国石油天然气股份有限公司副总裁贾承造院士组织制定编写提纲,由储量评估与管理部门进行了深入、系统地研究,由中国石油勘探开发研究院廊坊分院项目组具体负责编写。

全书共分为六章,第一章概述,由郑德温、葛稚新编写;第二章世界油砂资源状况,由刘人和、方朝合、徐小林编写;第三章中国油砂资源与分布,由魏伟、拜文华、刘人和、严启团、赵群、周文、赵陵编写;第四章油砂资源储量评估方法,由邓攀、郑得文、葛守国、厉学思编写;第五章油砂资源储量经济评价,由穆福元编写;第六章油砂资源储量评估实例,由拜文华、穆福元、闫刚、刘人和、魏伟、方朝合编写。该书由李景明、李剑、王红岩、邓虎成、吕立勇和穆福元进行统稿,由编委会副主任刘希俭、雷群对全书进行了统校,编委会主任贾承造对全书进行了审阅,最后由编委会审查定稿。

本书主要参考了由中国石油原科技与信息管理部主持、廊坊分院承担的“油砂勘探开发技术与储量评估方法”对外合作项目有关资料,以及美国天然气研究协会、美国地质调查局和得克萨斯经济地质局的出版物,美国石油地质协会、石油工程师协会相关文献。

此外，该书还吸收了近年来我国油砂勘探积累的宝贵资料和丰富的经验，同时还参考了近期我国油砂勘探与开发试验的相关成果以及相关油田和研究院所的资料，并引用了相关技术人员发表的论文和报告。在该书的编写过程中，还得到了我国油气勘探开发战线高瑞祺、吕鸣岗、潘兴国、邓隆武、陈元千等老领导、老专家的支持和指导，在此对以上单位和个人的大力支持和帮助深表感谢。

由于编者经验不足，错误之处在所难免，恳请专家不吝赐教、指正。

《油砂资源状况与储量评估方法》编委会

2006年12月

目 录

第1章 概述	1
1.1 油砂定义	1
1.2 油砂性质	2
1.2.1 油砂组成、结构	2
1.2.2 油砂中的有机质	3
1.2.3 油砂中的矿物质	5
1.3 油砂矿的形成与分布	6
1.4 油砂矿的勘探与开发历程	9
1.4.1 加拿大油砂矿勘探与开发历程	9
1.4.2 中国油砂矿勘探与开发历程	11
1.5 油砂矿开采技术	13
1.5.1 露天开采	13
1.5.2 就地开采	17
1.5.3 巷道开采	21
1.6 油砂开采发展趋势	23
第2章 世界油砂资源状况	26
2.1 加拿大	27
2.1.1 概述	27
2.1.2 油砂地质特征	28
2.1.3 油砂资源及开采状况	33
2.2 俄罗斯	36
2.2.1 概述	36
2.2.2 油砂形成的地质背景	37
2.2.3 油砂分布状况	38
2.2.4 油砂实例——东西伯利亚盆地	40
2.3 美国	42
2.3.1 概述	42
2.3.2 油砂矿分布状况	44
2.3.3 加利福尼亚州油砂实例——Ventura 盆地油砂	45
2.4 委内瑞拉	48
2.4.1 概述	48
2.4.2 勘探开发简况	48
2.4.3 油砂地质特征	49
2.4.4 资源潜力	52

第3章 中国油砂资源与分布	54
3.1 中国油砂分布特征	55
3.1.1 油砂形成的地质条件	55
3.1.2 油砂资源的分布特征	56
3.2 西部地区油砂分布特征与资源状况	57
3.2.1 准噶尔盆地	57
3.2.2 塔里木盆地	61
3.2.3 柴达木盆地	65
3.2.4 吐哈盆地	68
3.2.5 酒西盆地	69
3.3 中部地区油砂分布特征与资源状况	69
3.3.1 鄂尔多斯盆地	70
3.3.2 四川盆地	73
3.4 东部地区油砂分布特征与资源状况	75
3.4.1 松辽盆地	76
3.4.2 二连盆地	77
3.5 南方地区油砂分布特征与资源状况	80
3.5.1 黔南坳陷	81
3.5.2 百色盆地	81
3.5.3 茂名盆地	82
3.5.4 景谷盆地	82
3.6 青藏地区油砂分布特征与资源状况	83
3.6.1 羌塘盆地	83
3.6.2 伦坡拉盆地	84
第4章 油砂资源储量评估方法	86
4.1 油砂资源储量分级分类	87
4.1.1 油砂资源储量分级分类依据	87
4.1.2 油砂资源储量分类	89
4.2 油砂资源储量评估方法	91
4.2.1 油砂资源储量评估的静态法	91
4.2.2 油砂资源储量评估的动态法	93
4.2.3 储量计算参数的选取及确定	95
4.2.4 油砂资源储量综合评价	108
4.3 油砂资源储量计算基础资料准备及图表编制	110
4.3.1 油砂野外取样要求	111
4.3.2 油砂资源储量计算图件的编制	112
4.3.3 油砂资源储量评估图件制作要求	115
4.3.4 油砂资源储量计算表格的制定	117
第5章 油砂资源储量经济评价	119

5.1	经济评价的要求与等级的划分标准	119
5.1.1	油砂资源储量经济评价的意义	119
5.1.2	油砂资源储量经济评价的任务	119
5.1.3	油砂资源储量经济评价的要求	120
5.1.4	油砂资源储量等级的划分标准	120
5.2	开发方案	120
5.3	投资估算	121
5.3.1	勘探投资	121
5.3.2	开发投资	122
5.4	开采成本与运行费用	123
5.4.1	操作费	123
5.4.2	折旧费	124
5.4.3	期间费用	124
5.5	销售收入及税金	125
5.5.1	销售收入	125
5.5.2	税金及附加	125
5.6	油砂资源储量经济评价指标	126
5.6.1	财务评价指标	126
5.6.2	国民经济评价与社会评价	128
5.7	风险分析与敏感性评价	129
5.7.1	风险分析	129
5.7.2	敏感性评价	131
5.8	加拿大油砂开采成本与经济效益	131
5.8.1	油砂开采成本	131
5.8.2	经济效益	133
第6章	油砂资源储量评估实例	137
6.1	油砂矿地质特征	137
6.1.1	区域地质简况	137
6.1.2	构造特征	138
6.1.3	油砂特征	139
6.1.4	油砂成藏规律及控制因素	142
6.2	油砂油储量计算	142
6.2.1	计算方法	142
6.2.2	储量计算单元	142
6.2.3	计算参数的确定	143
6.2.4	储量计算结果	145
6.2.5	储量分级及可靠性分析	146
6.3	经济评价	147
6.3.1	方案设计	147

6.3.2	经济评价的基本参数	147
6.3.3	投资估算	148
6.3.4	成本估算	149
6.3.5	油砂油产量和销售收入	151
6.3.6	财务评价	151
6.3.7	经济敏感性分析	153
参考文献		155

第1章 概述

1.1 油砂定义

油砂又称沥青砂,是一种含有天然沥青的砂岩或其他岩石。通常是由砂、沥青、矿物质、粘土和水组成的混合物。不同地区油砂矿的组成不同,一般沥青含量为3%~20%,砂和粘土占80%~85%,水占3%~6%。油砂油比一般原油的粘度高,由于流动性差,需经稀释后,才能通过输油管线输送。

油砂沥青是指从油砂矿中开采出的或直接从油砂中初次提炼出的尚未加工处理的石油。

国际上通常将粘度极高的原油称为天然沥青(Natural bitumen)或沥青砂油(Tar sand oil),也就是通常所说的油砂油。油砂经开采、提取分离,进行改质,可以得到合成原油(Synthetic crude oil)。

不同的国家对油砂资源有不同的分类标准。加拿大及美国等西方国家把油藏条件下粘度大于10000mPa·s的石油称之为油砂油或天然沥青。当无粘度参数值可参照时,把相对密度大于1.00作为划分油砂油的指标。重质油(Heavy Oil)则是指相对密度变化在0.934(20° API)~1.00(10° API)之间的石油。

原苏联对稠油和天然沥青的定义和研究自成体系,粘度为50~2000mPa·s、相对密度为0.935~0.965、油含量大于65%的原油称之为高粘油,高于上述界限值的均称之为沥青(软沥青、地沥青、硫沥青等)。

由于世界各国和各组织对重油及沥青砂定义差别较大,因此,1982年2月在委内瑞拉召开的第二届国际重油及沥青砂学术会议上提出了统一的定义和分类标准,达成了共识(表1.1)。

表1.1 联合国培训研究署(UNITAR)推荐的重质原油及沥青分类标准

分 类	第一指标	第二指标	
	粘度* (mPa·s)	密度 (15.6℃)	重度 (15.6℃) (° API)
重油	100 ~ 10000	0.934 ~ 1.00	20 ~ 10
沥青	> 10000	> 1.00	< 10

* 油层条件下的粘度。

参考国际稠油和天然沥青的分类标准,以及我国现行的稠油分类标准,对国内油砂油的界定如下:在油层温度条件下,粘度大于10000 mPa·s的称之为油砂油,或者相对密度大于0.95的原油称之为油砂油(表1.2)。

表 1.2 中国油砂油分类标准

名称 \ 油砂分类	主要指标	辅助指标
	粘度 (mPa·s)	密度 (20℃)
油砂油	>10000	> 0.95

1.2 油砂性质

1.2.1 油砂组成、结构

油砂主要由砂、沥青、矿物质、粘土和水等五部分组成。油砂通常约含有 80% ~ 85% 的无机质 (砂、矿物、粘土等)、3% ~ 6% 的水、3% ~ 20% 的沥青。通常油砂沥青是烃类和非烃类有机物质, 是粘稠的半固体, 约含 80% 的碳元素, 此外还含有氢元素及少量的氮、硫、氧以及微量金属, 如钒、镍、铁、钠等 (王剑秋, 1994)。中国新疆克拉玛依、内蒙古二连、加拿大阿萨巴斯卡 (Athabasca) 等地的油砂所含的沥青、水、无机矿物质的组成见表 1.3。

表 1.3 中国、加拿大油砂矿组成

重量 百分 含量 油砂组分	中国新疆		中国内蒙古		加拿大阿萨巴斯卡		
地区	小石 油沟	克拉扎 背斜	吉尔嘎郎 图泥岩	吉尔嘎郎 图砂岩	高品位	中品位	低品位
油砂沥青 (%)	9.0	12.1	9.0	9.9	14.8	12.3	6.8
水 (%)	0.7	1.7	1.7	1.6	3.4	4.2	7.4
矿物质 (%)	90.3	86.2	89.3	88.5	81.8	83.5	85.8
小计	100	100	100	100	100	100	100

沥青不能在油藏条件下自由流动, 但大部分溶于有机溶剂, 生产过程中需要经过稀释才能通过输油管道输送, 由于流动性差, 所以不能采用开采常规油的方法获取油砂沥青。

1982 年, Koichi 提出了加拿大阿萨巴斯卡油砂结构模型, 见图 1.1 所示。该砂粒主要是圆形或略带尖角的石英, 每一个砂粒被水薄膜润湿, 沥青层包围在水薄膜外层及充填空间, 填满空间的还有原生水及少量空气或甲烷。

Bowman (1967)、Donaldson (1981)、Koichi (1982)、Sobalt (1985)、Anderson (1986) 等研究人员对阿萨巴斯卡油砂的显微结构进行了大量研究, 结果表明, 对于高品位的油砂, 存在于砂粒表面水膜中的水约为 2% ~ 3% (重量), 水的厚度约为 0.01 μm , 水膜由带负电荷的沥青和砂子相互排斥, 稳定的存在于砂粒表面。对于低品位的油砂, 由于细粒被水饱和, 其含水量随细粒增加而直线上升。

加拿大阿萨巴斯卡油砂的粒径分布见表 1.4, 分布曲线见图 1.2。可以看出, 阿萨巴斯卡油砂的粒径在 147 ~ 417 μm 之间的约占 87%, 呈正态分布特征。

表 1.4 阿萨巴斯卡油砂粒径分布

粒径 (μm)	相对含量 (%)
< 105	6.94
105 ~ 147	2.55
147 ~ 208	26.17
208 ~ 295	48.64
295 ~ 417	12.58
417 ~ 595	1.91
>595	1.21

美国犹他州油砂外表非常干燥,利用粉末接触角和电子显微镜分析方法未观察到油砂中的水膜及分散在沥青中的水,因而认为在油砂中沥青组分直接与油砂固体相接触。图 1.3 为犹他州油砂结构示意图。

中国不同地区油砂性质也不一样。利用粉末接触角和显微镜测量法对中国部分地区油砂的润湿性进行研究表明:新疆红山嘴和小石油沟油砂都为亲水性;克拉扎背斜油砂对水相和油相亲和性都不强,属于中等润湿性;内蒙古吉尔嘎郎图泥岩和砂岩油砂为亲水性;内蒙古图牧吉油砂为亲水性。

进一步应用双电层理论,利用 Zeta 电位测定及分离压计算发现,红山嘴

15m 以深及小石油沟油砂的固体颗粒与沥青之间存在一层约 $0.015\mu\text{m}$ 厚的水膜,进一步

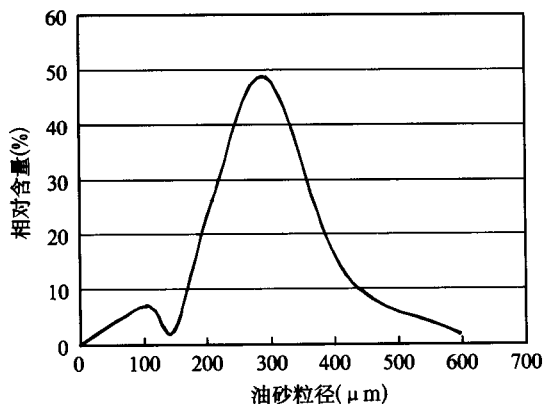


图 1.2 阿萨巴斯卡油砂的粒径分布

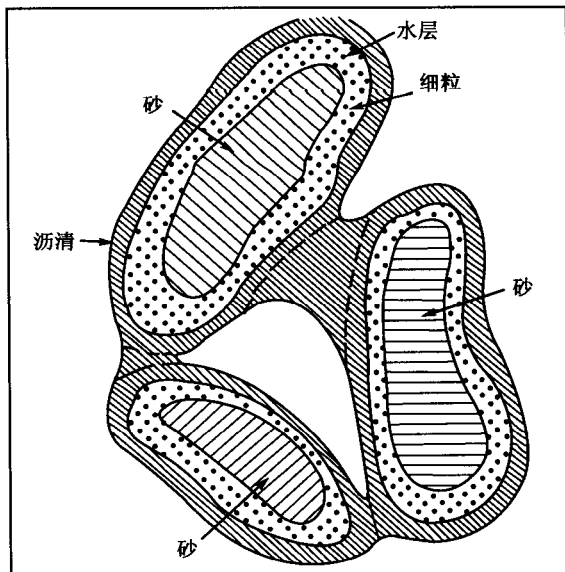


图 1.1 加拿大阿萨巴斯卡油砂结构示意图

证明了红山嘴及小石油沟油砂表面呈现亲水特性;克拉扎背斜油砂的亲水性大颗粒也具有类似厚度的水膜,而其亲油性细颗粒及粘土部分则直接与沥青相连,其间无水膜;内蒙古吉尔嘎郎图泥岩和砂岩油砂则是砂体与沥青直接相连,无水膜,从而提出了新疆及内蒙古不同地区油砂的结构模型,见图 1.4 (Guo 等,1997)。水膜的存在有利于沥青从砂粒中抽提分离。

1.2.2 油砂中的有机质

油砂中的有机质,即为沥青,可溶于有

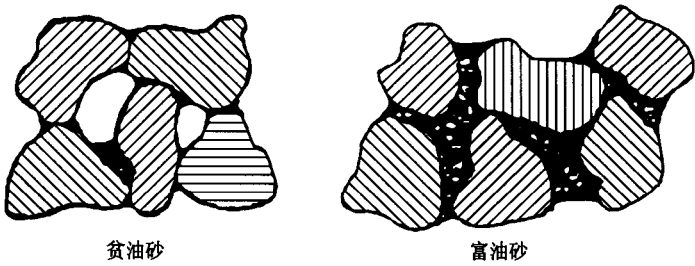


图 1.3 犹他州油砂结构示意图

机溶剂。虽然其元素组成与天然石油及稠油相仿，但其分子量更大，组成也更复杂，约含有数千种化合物，根据目前的分析水平，尚不能完全分成单个化合物予以鉴定。加拿大、美国、委内瑞拉、中国等国油砂沥青的性质见表 1.5。

表 1.5 加拿大、委内瑞拉等国油砂矿藏性质

性质		加拿大				委内瑞拉		美国	中国	
		阿萨巴斯卡	皮斯河	冷 湖	Wabasca Gread Rapids	Moric hal	Pilon	不同矿藏	新疆克 拉玛依	内蒙古 二连
密度 (g/cm ³)		1.00 ~ 1.014	1.007 ~ 1.014	0.986 ~ 1.014	0.979 ~ 1.014	1.061	1.011	0.96 ~ 1.12		
运动粘度 (Pa·s)	15℃	5 × 10 ³	200	100	8 × 10 ³			10 × 10 ³ ~ 200 × 10 ³		
元素分析 (%) (重量百分数)	C	83.1	82.2	83.7	83.0			84.5	86.05	80.80
	H	10.6	10.1	10.5	10.3			11.3	11.21	9.80
	S	4.8	5.6	4.7	5.5	2.1	3.7	0.86	0.45	4.23
	N	0.4	0.1	0.2	0.4	0.53		1.14	< 0.3	< 0.3
	O	1.1	2.1	0.9	0.8			2.20	1.99	4.91
	C/H	7.8	8.2	7.9	8.1			7.5	7.69	8.22
	分子量	570 ~ 620	520	490	600				950	1700
烃类组成 (%) (重量百分数)	饱和烃	22		33					41.98	13.94
	芳香烃	21		29					14.71	7.77
	胶质	39		23					37.9	54.39
	沥青质	18	19.8	15	18.6	10.8	8.6		6.2	23.9
金属 w _{金属} (μg/g)	钒	250		240	210	250	390	7		
	镍	100		70	75	65	106	96		

应用核磁共振、红外光谱、分子量测定及元素分析等，研究并测算了中国新疆和内蒙古共四种油砂沥青的结构参数，发现四种沥青都有 1/3 或超过 1/3 的碳原子在芳香烃中：新疆小石油沟沥青芳香烃属于二联苯，总环数为四个，芳香环与环烷环各两个；克拉扎背斜沥青属于蒾位缩合组成，芳香环占三个，环烷环为二个；内蒙古吉尔嘎朗图砂岩和泥岩油砂沥青属于迫位缩合结构，泥岩沥青总环为九个，其中芳香环占六个，而砂岩沥

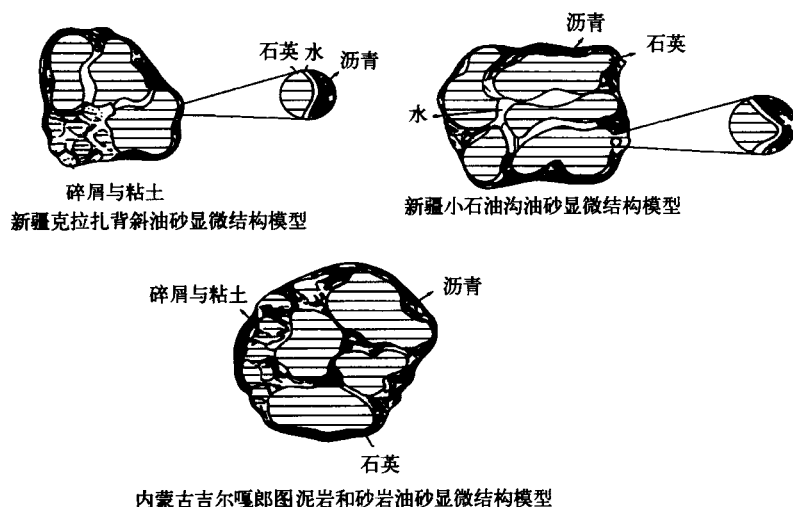


图 1.4 新疆和内蒙古部分地区油砂结构模型

青总环为十一个，芳环占八个。饱和烃部分结构参数表明，沥青中烷基碳链大部分与环烷烃直接相连，很少与芳香烃相连，在四种沥青中克拉扎背斜沥青的脂肪碳链最长，吉尔嘎朗图砂岩沥青的脂肪链最短。

加拿大油砂沥青一般包括多种烃，其属性在油藏之间或同一油藏内部都不相同。这类沥青中，大多数烃比戊烷重，近半数是很重的分子，沸点超过 977 °F。轻的部分环烷烃多，重的部分沥青质含量高。沥青质分子量很大，包括非烃物质，如氮、硫、氧和金属，特别是镍和钒。

油砂沥青除了直链、支链、饱和及不饱和烃，还有氧、氮、硫等杂原子化合物及微量元素。

1.2.3 油砂中的矿物质

油砂颗粒较大的可达 1000 μm ，小的可小于 2 μm 。小于 44 μm 的大部分是砂屑和粘土。加拿大阿萨巴斯卡油砂矿物中，99% 是石英和粘土，1% 是钙铁化合物。加拿大和中国的油砂矿物组成分别见表 1.6、表 1.7、表 1.8（王剑秋，1994）。

表 1.6 加拿大阿萨巴斯卡油砂矿物组成

矿 物	含量 (%) (重量百分数)
SiO_2	98.4
Al_2O_3	0.8
Fe_2O_3	0.1
CaO	0.2
MgO	0.2
TiO_2	0.1
ZrO_2	痕迹

表 1.7 中国内蒙古等地油砂的矿物组成

组成			内蒙古二连 (%) (重量百分数)	新疆克拉玛依 (%) (重量百分数)
碎屑颗粒	石英		22.5	26.1 ~ 27
	长石		45 ~ 49.5	17.4 ~ 22.5
	岩屑		18 ~ 22.5	38.3 ~ 44.1
	云母		< 1	0.87 ~ 0.90
	合计		90.0	87 ~ 90
胶结物	非粘土矿物		2.7	3 ~ 3.5
	粘土矿物	蒙皂石	6.0	0.45 ~ 0.63
		伊利石	0.4	0.65 ~ 0.91
		高岭土	0.5	2.6 ~ 3.6
		绿泥石	0.3	1.3 ~ 1.8
		小计	7.3	5 ~ 7
	合计		10.0	10 ~ 13

表 1.8 内蒙古图牧吉油砂中沥青、水、矿物质的重量百分含量

样品名称	沥青 (%)	水 (%)	矿物质 (%)
内蒙古油砂 1	12.5	0.55	86.95
内蒙古油砂 2	13.6	0.65	85.75
新疆油砂	12.1	1.7	86.2

对于阿萨巴斯卡油砂,矿物是以石英为主,而重矿物中,主要是金红石(TiO_2),在抽提沥青的同时,可以回收金红石。因此在开发油砂资源时,也发展了钛工业。

1.3 油砂矿的形成与分布

大量研究表明,重油、油砂矿与重油、常规原油有共生或过渡的关系。如我国东部大部分断陷都具有良好的生油中心,沿生油中心内缘分布的圈闭多形成常规油田,具原生性质。而原油向外缘的运移过程中,发生明显的生物降解、水洗和游离氧的氧化,迅速稠变向重油演化,在盆地边缘形成重油带和油砂矿。

石油地质工作者一致认为,石油进入储层之后要发生运移、稠变。整个稠变过程实质上是一个由深层向浅层,由与地表水不连通的系统到与地表水连通系统周期性运移的过程。这一过程表现为运移、聚集、再运移、再聚集……石油随之变得愈来愈重、愈稠,甚至最终成为固体沥青。因此,地质家们将石油经初次运移进入储层以及之后的各个阶段,使其变稠、变重的各种作用统称为稠变作用。而每一阶段的稠变作用既有其独特性又有其共性,油砂矿和一般油藏一样可分为两个阶段——运移阶段和油藏形成阶段。无论在哪个阶段,导致油砂矿形成的稠变作用的主要因素包括生物降解、轻烃挥发、水洗、游离氢氧化等冷变质作用,这些作用造成了油质中极性杂原子重组分——胶质、沥青质的富集。

在加拿大阿尔伯达盆地存在一系列的稠油与油砂矿藏,白垩系作为主要重油层系,

向西以不整合的方式覆于泥盆系石灰岩、石炭系和二叠系之上。在古近一新近纪（甚至第四纪），盆地东北部被强烈抬起，巨大的白垩系砂岩体被剥蚀，在阿萨巴斯卡油田油藏的埋藏深度是 0 ~ 300m，在其他油田则是 75m 到几百米。

在俄罗斯东西伯利亚的列那一阿拿巴盆地，重油藏存在于 Aolinesikeye 凸起之上，主力含油气层系为二叠系碎屑岩，它不整合地上覆于寒武系碳酸盐岩之上，继白垩纪反转之后，盆地遭强烈剥蚀，二叠系广泛出露，其残余厚度约为 30 ~ 300m，古油藏的抬升导致了烃类的生物降解和氧化，形成了累计面积达 1000km² 的重油和天然沥青分布区。

东委内瑞拉盆地奥里诺科油砂带分布于玛图林拗陷的边缘，在白垩纪一新近纪，由于加勒比海岸褶皱山系的抬升，盆地由北向南被依次抬升，渐新世不整合地覆于白垩系之上，主力含油层系为渐新统和中新统。在晚中新世和上新世，加勒比海岸褶皱山系进一步抬升，盆地南缘的奥里诺科重油带被抬升至近地表，形成延伸长达 20 ~ 100km 的重油带。

在中国准噶尔盆地西北缘，沉积巨厚的石炭—二叠系生油岩，为该区提供了充足的油气，三叠纪末期印支运动使西北缘逆掩断裂带活动剧烈，形成了二叠—三叠系早期油气藏。燕山运动的进一步活动造成多套不整合，使印支期形成的油藏遭受破坏，油气富集于推覆体上盘高断块及上覆地层中。通过喜马拉雅期构造运动的调整，在西北缘形成了八道湾组、齐古组和吐谷鲁组油藏以及大面积分布的地表油砂和天然沥青。

总的看来，全球油砂矿的特征及形成条件与重油油藏呈现出许多共性：

(1) 中、新生代构造运动是重油藏、油砂矿形成的主要控制因素，特别是新生代的构造运动把先前聚集的油气带到近地表，导致各种程度的生物降解和氧化。一般来说新生代构造运动起决定性作用，因为它在很大程度上决定了盆地最终的几何形状并控制了重油和油砂矿藏的分布。

(2) 油气自油源区开始进行大规模的运移和聚集常发生在抬升期间，油气从生油区向斜坡上倾方向运移，形成大面积的地层超覆油气藏。另一种是由于基底抬升而发育起来的以浅层披覆背斜圈闭为主的油藏、重油油藏与油砂矿主要沿盆地斜坡（被覆盖或部分遭受剥蚀）的外缘和发育在盆地持续抬升基底之上的浅表披覆构造分布，规模通常很大。

(3) 重油油藏是原油通过生物降解作用和游离氧氧化而形成的，油砂矿一般形成于近地表的浅部（通常在 2000m 以内）或地表。

(4) 约 90% 的油砂矿分布在白垩系和古近一新近系油气藏中。

由此可见，在任何沉积盆地，重油油藏、油砂矿的形成、分布与规模主要取决于以下两方面：

(1) 相当规模的常规油形成与聚集。

盆地在其地质历史的演化过程中，具有相当规模的常规油气聚集是形成稠油、油砂资源的前提。依据物质平衡原理进行的统计，常规油必须损失自身 10% ~ 90% 的数量，才能成为重油或沥青。其中成熟常规油需损失 50% ~ 90%，低熟常规油因原始相对密度、粘度值高，损失量要小，一般为 10% ~ 50%。

(2) 后期构造运动。

后期构造运动的发生恰恰为石油进入连通系统提供了动力。即只有在油气生成、聚集之后发生的构造运动，才能为原始聚集的常规油进入连通系统创造条件。如产生开启