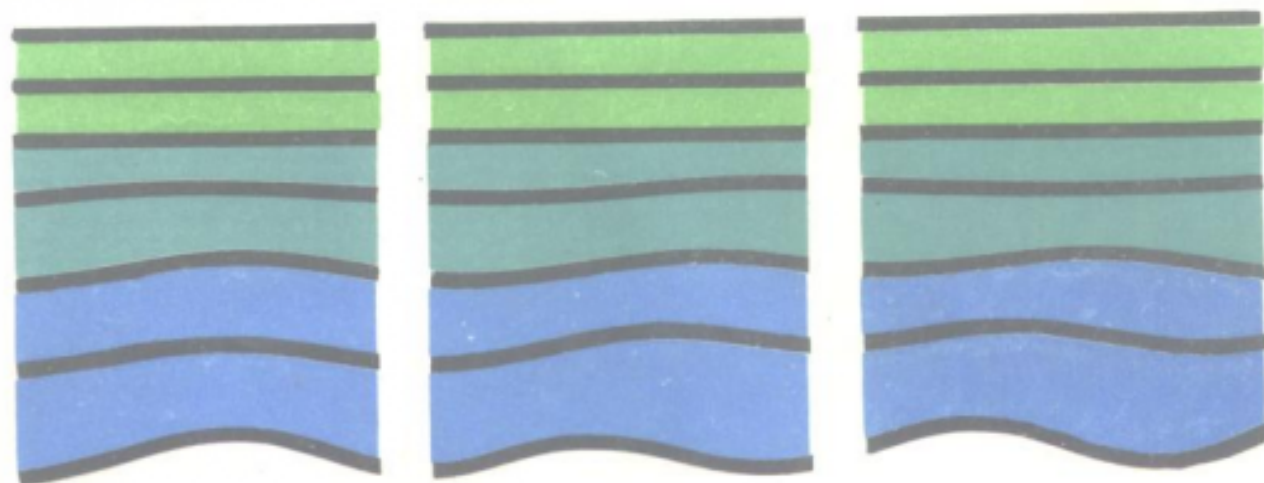


Roger M. Butler

[加] 罗杰 M·巴特勒

重油和沥青的热力开采工艺
重油和沥青的热力开采工艺
重油和沥青的热力开采工艺



石油

北京)

1,44

石油工业出版社

登录号	085445
分类号	TE626
种次号	002

重油和沥青的热力开采工艺

[加] 罗杰 M. 巴特勒

王秉璋 许建华 李 静 等译

刘东新 程绍进 审校



200347847



00776615

石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书介绍了重油和沥青的热力开采方法,其内容广泛丰富,且理论与实际并茂。在论述理论计算方法中,引用了矿场试验数据,弥补了理论介绍的单一性。另外本书论述了最新超稠油和边底水开采方法的研究成果,如蒸汽辅助重力驱替和水平井开采方法等。这对我国稠油开采工艺的研究具有非常有益的借鉴作用。

本书的序言、第一~三章由戚玉瑛、王秉璋翻译;第四、五章由李静、许建华翻译;第六章由赵燕、刘昕翻译;第七章由李静、赵树民翻译;附录由李鹏飞翻译。

本书适合从事热采工作的技术人员以及高等学校有关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

DP52/30

重油和沥青的热力开采工艺/巴特勒(Butler, R. M.)著;
王秉璋等译。—北京:石油工业出版社,1994.9

书名原文:Thermal Recovery of Oil and Bitumen

ISBN 7-5021-1285-5

I. 重...

II. ①巴...②王...

III. ①重油—热力采油②沥青—热力采油

N. TE357.44

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里2区1号楼)

北京市朝阳区科普印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开 20印张 499千字 印1-1500

1994年9月北京第1版 1994年9月北京第1次印刷

定价:20.00元

序 言

本书介绍的是用热力方法开采重油和沥青。本书作者自 1982 年以来一直讲授这门功课,每年在卡尔加里大学给全日制研究生、以及从事石油工业的工程师们讲授十三周的研究生课程。本书就是在此期间根据备课记录整理而成的。

第一章是主题介绍。加拿大的重油矿床、特别是沥青矿床是个巨大的资源,这将在经济上起着非常重要的作用。从这些资源中获得的产量已经成为加拿大原油需求量中极其重要的一部分。其它国家同加拿大一样也有着巨大的重油、沥青矿床。单是加拿大艾伯塔省或委内瑞拉的重油蕴藏量就大约等于中东地区常规石油的蕴藏量。本书旨在讨论与用油层加热法开采重油有关的技术要素和技术问题。

虽然本书在逻辑推导方面讨论了这一领域的理论问题和许多实践问题,但它并不是这一主题的百科全书。它描述了该主题的主要观点,其目的是给读者提供可用以取得更大进步的工具。本书在某些章节中概括了非常切实的见解,而在其它章节中描述了原始观点和方法;有些观点在作者及其同事们以前发表的论文中出现过,有些是首次出现。

第二章论及油层体积内和附近热传导区内的热传递。给出了诸多方程式,其中许多是推导出来的,这些方程式能分析和预测来自加热油层边界的热损失。本章中的数字示例,与其它章中的数字示例一样,给读者提供了实际认识和应用理论素材的方法。数字示例分散在书中,有时使用示例结果对概念进行进一步推导,增加了本书的趣味性并且对从事实际工作的工程师很有帮助的。采用的近似法是切实可行的并是基本的方法,但在学术上还不完善。作者以前从事实际工作,现在已经把实际工作的经验上升到了理论的高度。

从第二章中得出的结论之一是,简单的热传导太慢,在大多数情况下,对于从小井眼给大油层体积加热而言,是不相适应的。第三章讨论的是通过注蒸汽或注热水这样的热流体实现对流加热。这使热量能较快地进入大油层体积。亦采用了与使用说明性数字示例有关的有效近似法。读者将从本章得出一个结论:需要大量的热量才能给油层体积加热到蒸汽温度,为了补偿油层边界的热损失,这种热量常常要扩大好几倍。第三章中的素材给读者提供了估算这些热量以及掌握注蒸汽采油工艺中热量分布的工具。

第四章进一步讨论蒸汽驱以及现场蒸汽驱的结果并扩展以前推导的理论观点。例如,讨论横向注汽期间蒸汽使油超负的趋势以及蒸汽蒸馏对采收率的影响。

第五章论及注入流体驱油机理。一个主要因素是,驱替液的粘度通常大大低于油的粘度。这会导致界面的不稳定性以及驱替液的指进,用水作驱替液时更是如此。蒸汽的情形会有所不同。侵入低温油时,蒸汽发生凝结,产生水凝物而不是出现蒸汽指进。蒸汽由于密度低,有浮在邻近原油之上并使原油超覆的趋势。用实际标定的数字示例讨论的一个题目是,用巴克利-莱弗里特逼近法,通过注蒸汽驱替蒸汽饱和区内的原油。这个机理特别奏效,尽管蒸汽粘度与原油粘度截然不同。其道理是,这种情况下的蒸汽流量,以体积为基准,远远高于油的流量。单位体积蒸汽的热量远远低于单位体积热水的热量,所以加热一个体积的油层需要较大体积的蒸汽。虽然蒸汽的动力粘度低于水的

动力粘度,但是这些较大体积的蒸汽也能更有效地驱替加热带中的油。

第六章描述周期蒸汽吞吐工艺。该工艺是于 1959 年偶然发现的,它对于加利福尼亚早期热采的发展起到了主要的推动作用,而且多数井现在已经转为蒸汽驱。蒸汽吞吐目前仍然是开采艾伯塔沥青的主要工艺,但由于蒸汽驱具有比它更高的采收率,所以可能取代蒸汽吞吐。

第七章描述蒸汽重力泄油工艺,论及位于油层基底附近的水平生产井的蒸汽驱。从距地层较高的井筒注入蒸汽。形成蒸汽饱和带并顺生产井筒上升。这些蒸汽室的形成即可是垂直的也可能是侧向的。每个蒸汽室边界附近的原油被加热,靠重力流入生产井筒。该工艺已经在现场先导试验区进行了试验,特别是用麦克莫雷(McMurray)附近阿萨巴斯卡沥青砂处的 AOSTRA 地下试验设备进行了试验。先导试验的动态说明蒸汽驱很有前景。AOSTRA 最近进行的研究结果表明,即使在开采阿萨巴斯卡极稠油方面,该工艺在经济上也应与蒸汽吞吐相竞争。

本书的最后几章是附录,包括有助于分析热采方案的数据及相互关系。

罗杰 M. 巴特勒
于艾伯塔,卡尔加里

目 录

序言

第一章 热力采油介绍	(1)
第一节 世界上的燃料资源	(1)
第二节 油砂资源	(2)
第三节 委内瑞拉的重油	(3)
第四节 加拿大的重油及沥青	(4)
第五节 艾伯塔油砂矿床的体积	(6)
第六节 重油与常规石油资源对比	(8)
第七节 美国的重油及沥青矿床	(8)
第八节 重油与沥青沉积物的特性	(9)
第九节 计量单位	(13)
第十节 可编程计算器及微机的应用	(14)
第十一节 向垂直井筒的径向流	(15)
第十二节 经济开发问题	(17)
第十三节 沥青的集输	(17)
参考文献	(19)
第二章 固体内的热传导	(22)
第一节 导热性	(22)
第二节 傅里叶方程	(23)
第三节 流入半无限固体的热流	(24)
第四节 热扩散带的热传递	(29)
第五节 向裂缝恒速注热	(30)
第六节 到达极限然后停止的扩散室热传导	(31)
第七节 推进前缘前的热传导	(35)
第八节 推进前缘前的不稳定热传递	(38)
第九节 前缘速度变化的影响	(41)
第十节 前缘推进速度与时间平方根成反比的情况	(42)
参考文献	(43)
第三章 油层内的对流加热	(45)
第一节 引言	(45)
第二节 无导热损失情况下的简单对流热传递	(45)
第三节 Lauwerier 方程	(48)
第四节 恒速蒸汽驱的热效率	(54)

第五节	恒速注汽的热效率:MARX 和 LANGENHEIM 理论	(58)
第六节	估算油气比的简单公式	(64)
第七节	超过凝结前缘的对流热传递	(66)
第八节	大于 Mandl 和 Volek 临界时间的蒸汽带规模	(67)
第九节	非垂直前缘的影响	(69)
第十节	向细孔道或裂缝中注蒸汽	(70)
	参考文献	(73)
第四章	蒸汽驱油	(74)
第一节	注蒸汽工艺的定性讨论	(74)
第二节	特殊油层进行蒸汽驱的适应性	(76)
第三节	蒸汽的性质	(83)
第四节	蒸汽驱中的温度分布	(85)
第五节	指进	(87)
第六节	重力超覆	(88)
第七节	蒸汽驱机理	(89)
第八节	Myhill 和 Stegemeier 的蒸汽驱方法	(91)
第九节	蒸汽驱和蒸汽吞吐的比较	(99)
第十节	多油层油藏蒸汽驱	(100)
第十一节	琼斯的蒸汽驱模型	(101)
第十二节	注入能力	(104)
第十三节	蒸汽带形状:Van Lookeren 的方程式	(112)
第十四节	Farouq Ali 的统一方法	(115)
第十五节	Gomaa 的预测原油采收率的相关法	(116)
第十六节	Vogel 的简化蒸汽驱的热量计算	(121)
第十七节	快速处理	(124)
第十八节	蒸汽驱的其它机理	(125)
第十九节	成熟蒸汽驱向热水驱的转换	(129)
第二十节	蒸汽驱的定性评述	(131)
	参考文献	(131)
第五章	重油的驱替	(134)
第一节	引言	(134)
第二节	影响驱替的因素	(134)
第三节	驱替的概念	(134)
第四节	驱替的理论方法	(136)
第五节	注入界面的稳定性——Muskat 模型	(136)
第六节	两相流的达西定律	(145)
第七节	分相流动方程	(147)
第八节	Buckley—Leverett 驱替理论	(151)
第九节	C. W. Nutt 毛管束模型	(166)
第十节	用 Buckley—Leverett 理论分析蒸汽驱	(170)

第十一节	对相对渗透率曲线形状的影响·····	(177)
第十二节	蒸汽驱的压力降·····	(178)
第十三节	蒸汽超覆·····	(180)
第十四节	蒸汽干度的影响·····	(181)
第十五节	垂向热损失的影响·····	(185)
第十六节	蒸汽粘度增加的影响·····	(185)
第十七节	驱替的一般结论·····	(186)
参考文献	·····	(187)
第六章	周期注蒸汽增产法·····	(188)
第一节	引言·····	(188)
第二节	周期注蒸汽增产法采油机理·····	(190)
第三节	油藏冷却期间产量递减的简化分析·····	(194)
参考文献	·····	(211)
第七章	蒸汽辅助重力泄油·····	(214)
第一节	引言·····	(214)
第二节	概念·····	(214)
第三节	与常规蒸汽驱的关系·····	(214)
第四节	重力泄油理论·····	(215)
第五节	指数 m ——一个扩展的定义·····	(222)
第六节	早期按比例缩小的直观模型·····	(222)
第七节	量纲的相似性·····	(223)
第八节	按比例缩小的原始加压模型·····	(226)
第九节	现场条件下计算的重力泄油日产量·····	(227)
第十节	TANDRAIN——早期 SAGD 理论的发展·····	(228)
第十一节	上升的蒸汽聚集室·····	(233)
第十二节	指状上升理论·····	(237)
第十三节	蒸汽温度、油藏温度和原油性质对泄油速度的影响·····	(238)
第十四节	注蒸汽井·····	(245)
第十五节	取消稳态热分布的假设·····	(250)
第十六节	用室内按比例缩小的高压和低压油藏模型计算的蒸汽辅助重力泄油结果·····	(257)
第十七节	停止注蒸汽后的原油生产·····	(262)
第十八节	带底水的重油采收率·····	(264)
第十九节	油藏非均质性的影响·····	(265)
第二十节	油藏内形成水包油乳化液·····	(271)
第二十一节	井筒阻力·····	(274)
第二十二节	结论·····	(274)
参考文献	·····	(275)
附录 1	符号·····	(277)
附录 2	油层物质的密度·····	(282)
参考文献	·····	(285)

附录 3 油层物质的导热率	(286)
参考文献	(291)
附录 4 热容与热函	(292)
参考文献	(295)
附录 5 粘度	(296)
参考文献	(304)
附录 6 燃烧热	(305)
参考文献	(307)
附录 7 空气压缩对燃料的要求	(308)
附录 8 绝热过程	(309)
参考文献	(310)
附录 9 蒸汽的热力特性	(311)
参考文献	(312)

第一章 热力采油介绍

经济有效地开采加拿大、委内瑞拉及其它地区油层中的重油和沥青是一个复杂的技术问题和一项艰苦的工作。在本章的后面部分可以看出,重油特别是沥青的现有储量与常规原油的现有储量一样大,还可能大得多。问题有两个方面:一是从油层中开采这些原油,二是把它们加工成可利用的石油产品。重油和沥青中不可蒸馏的残积物含量大于常规石油中的含量。残积物的较大一部分是沥青烯,使原油变得特别稠。因有粘度高给重油和沥青的开采带来困难。

决定这些原油粘度的相同要素还大大地影响把这些原油加工成常规石油产品。沥青残余物含量高的原油特别适用于生产沥青,但大大降低用作多数其它用途的适用性。蒸馏裂解过程物质的反应包括残余物分裂蒸馏工艺,如焦化和/或加氢裂化。蒸馏物中硫和氮的含量高,需要进一步加氢处理。获得的中间馏分油中的芳香族含量使其降低用作柴油和航空燃料的价值。改进这些特性需要进一步加氢处理。

重油和沥青是生产常规石油产品的基本原材料,它们的开采和利用涉及广泛的技术;对于推广和改进这项技术有很大的动力。本书致力于两个方面中第一方面即开采阶段的研究。虽然看上去这个阶段在两个阶段中是比较简单的,但是它却给研究和发明提供了大量有趣的侧面和机会。

第一节 世界上的燃料资源

表 1.1 对比了世界上原油、天然气、页岩油、重油和沥青砂的估算储量,用 exajoule 表示($1\text{EJ}=10^{18}\text{J}\cong 169\times 10^6\text{bbl}$ 原油或 $0.95\times 10^{12}\text{SCF}$ 天然气)。表中的栏目没有可比性,因为前两行是可采储量,而接下来的两行表示现有地下资源储量。可是,很明显,油砂和页岩油资源是巨大的。

表 1.2 使用证实的可采储量和总(可采)资源储量为基准对比加拿大不同类型的能源资源。为了对比还示出了 1982 年的产量。

表 1.1 世界上的燃料资源

(单位 EJ)

	确定的储量	现有地下储量
石油 ^①	3970	
天然气 ^①	3189	100,000
页岩油 ^②		22,000~36,000
重油和油砂 ^③		(在加拿大上述资源为 16000)

① R. J. Enright(1982)

② F. L. Hartley, J. M. Hopkins 和 H. C. Huffman(1980)

③ J. Janisch(1979)

表的上下部分对比说明,在加拿大找到常规石油的机会是相当有限的。从另一方面来说,发现天然气的可能性似乎大一些。

目前合成油的储量比常规石油的大得多,潜在储量更大。这是因为潜在储量包括就地开采的石油和露天开采的石油。

表 1.2 加拿大的能源资源

(单位 EJ, 每年 EJ)

资源	1982 年产量	非边缘地区	边缘地区		总储量
			北极	浅海	
			证实储量		
常规石油	2.4	29	1	7	37
沥青砂中的合成油	0.3	150	0	0	150
天然气	3.0	82			82
煤	1.0	430	0	0	430
铀(CANDU eff.)	4.8	131	8		139
水电(30 年)①	<u>2.7</u>	<u>89</u>			<u>89</u>
合计	14.2	911	9	7	927
总资源储量					
常规石油	2.4	60	89	68	217
沥青砂中的合成油	0.3	1,170			1,170
天然气	3.0	147	252	76	475
煤	1.0	16,000	270		16,270
铀	4.8	?			?
水电	<u>2.7</u>	<u>201</u>	<u>50</u>		<u>251</u>
合计	14.2	17,578	661	144	18,383

① 水电是一种再生资源,一般来说,储量是无限的。为了对比,本表示出的量表示 30 年生产的能量。

目前看来,煤炭的潜在资源是巨大的,比油砂的资源大得多。数据表明,按照现在的消耗速度计算,加拿大充足的煤炭资源相当于 1000 多年目前的能源产量——假定煤可以转换成所需要的形式。

第二节 油 砂 资 源

表 1.3 列出了已知主要油砂矿床内现有地下原油的估算体积。这些数字不大精确——委内瑞拉和艾伯塔 Carbonate Triangle 的数字特别如此。但是,很明显,重油资源主要被加拿大和委内瑞拉所分摊。

表 1.3 主要重油和油砂矿床

	地下体积 (10 ⁶ bbl)	地质年代
委内瑞拉		
奥里诺科重油带	700~3000	第三系和下白垩系砂岩
加拿大		
阿萨巴斯卡	869	下白垩系砂岩
冷湖	270	下白垩系砂岩
Wabasca	119	下白垩系砂岩
皮斯河	92	下白垩系砂岩
Lloydminster	32	下白垩系砂岩
Carbonate Triangle	1350	古生界碳酸盐
小计	2732	

	地下体积 (10^6 bbl)	地质年代
前苏联		
麦列凯斯	123	二叠系砂岩
Siligir	13	寒武系碳酸盐
奥列尼奥克	8	二叠系砂岩
小计	144	
美国		
Tar Triangle	16	二叠系砂岩
Circle Cliffs	1	二叠系砂岩
Sunnyside	4	始新统砂岩
P. R. Springs	4	始新统砂岩
Hill Creek	1	始新统砂岩
Asphalt Ridge	1	始新统砂岩
各种重油	110	第三系、中生界
小计	137	
四国总计	3713~6013	

加拿大没有大量的“常规”原油(至少没发现容易开采的常规原油),但确有大量的油砂和大量的常规重油。加拿大的原油约占世界上所发现石油的六分之一,其中大约 95% 是沥青。这种沥青的开采和利用给工程师们和科学家们提出了一个复杂的难题。

第三节 委内瑞拉的重油

委内瑞拉的重油油田及其延伸区位于横跨南美洲北端的一个地带,见图 1.1。

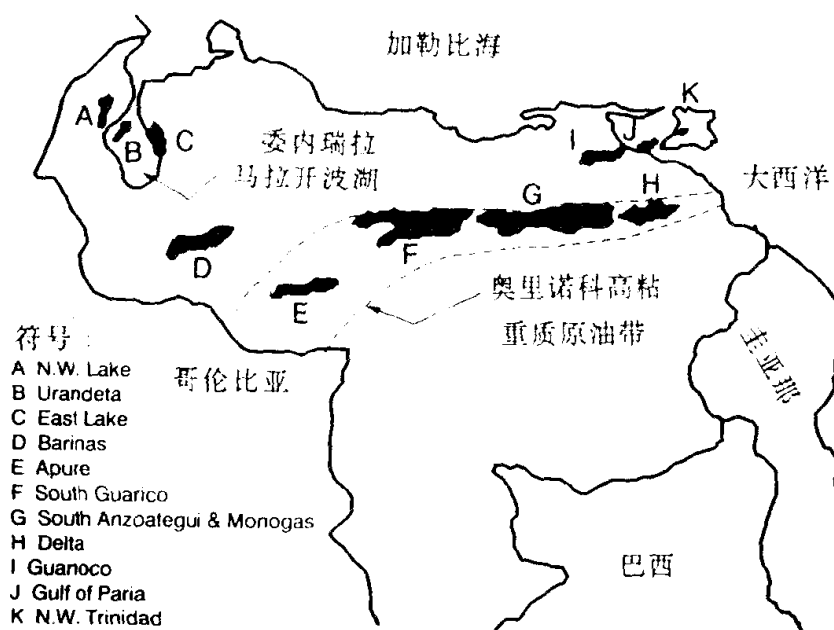


图 1.1 委内瑞拉和特立尼达的重油及沥青

该地带的东端位于特立尼达(K),沥青是这里多年来的产品。西邻帕里亚湾(J)和 Guanoco(I)。

南部和西部是奥里诺科重油带(E、F、G 和 H)，它包含以前表中示出的重油体积。虽然制定了重要的开采计划，但到目前为止还没有进行开采。D 区是 Barinas 次盆地。

马拉开波湖(A、B 和 C)周围的油藏得到了高度开发。壳牌公司就是在这里进行了首次蒸汽驱试验并发现了蒸汽吞吐方法。博利瓦尔海岸的开采在第六章中讨论。

第四节 加拿大的重油及沥青

虽然艾伯塔油砂矿床的物源是推测出来的，但是下文似乎是合理的描述。

图 1.2 示出被认为是处于白垩纪的艾伯塔(一亿二千万年前)。当时艾伯塔是热带气候，有多条巨河，水从东部的加拿大地盾和西部的山脉流入，进入今日的中艾伯塔，然后从北部入海。在白垩纪，当陆地下沉时，海洋向南入侵。

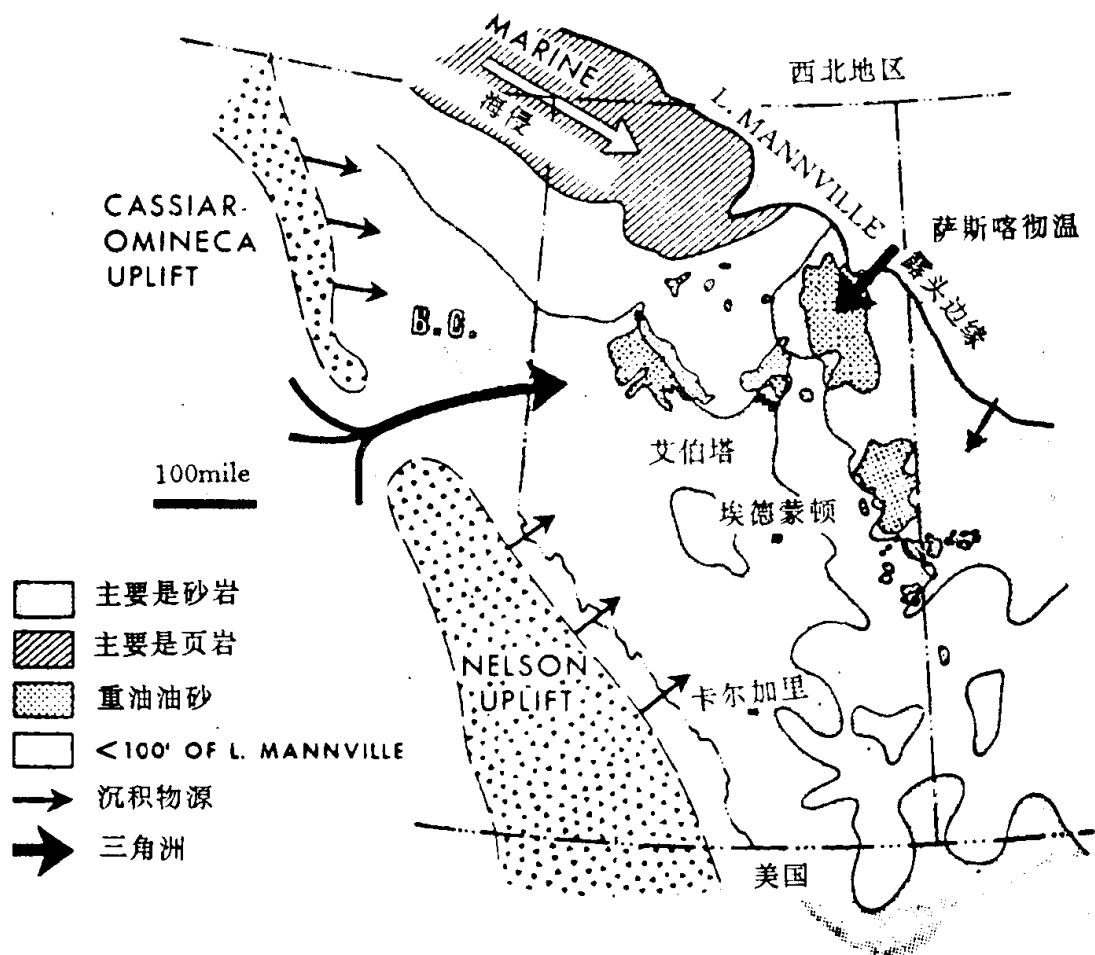


图 1.2 加拿大西部 Lower Mannville 沉积物的沉积

一个大三角洲形成了阿萨巴斯卡的 McMurray 砂岩，同样形成了其它的砂岩沉积物。最后海洋继续侵入，Upper Mannville 纪结束时，沉积了部分海相 Grand Rapids 砂岩。不同油砂成分的沉积环境对砂岩的特性产生了强烈的影响。相对平静的海水中的沉积物比水流动使细物质悬浮的河道中的沉积物细得多。海滩砂比河道砂细。海水深度随时间的变化形成了大多数具有分层结构的沉积物。

Mannville 时代以整个地区下沉为结束。北部的海洋与南部的海洋相连接，上白垩系沉积物和页岩沉积下来。主要油砂矿床的位置如图 1.3 所示。

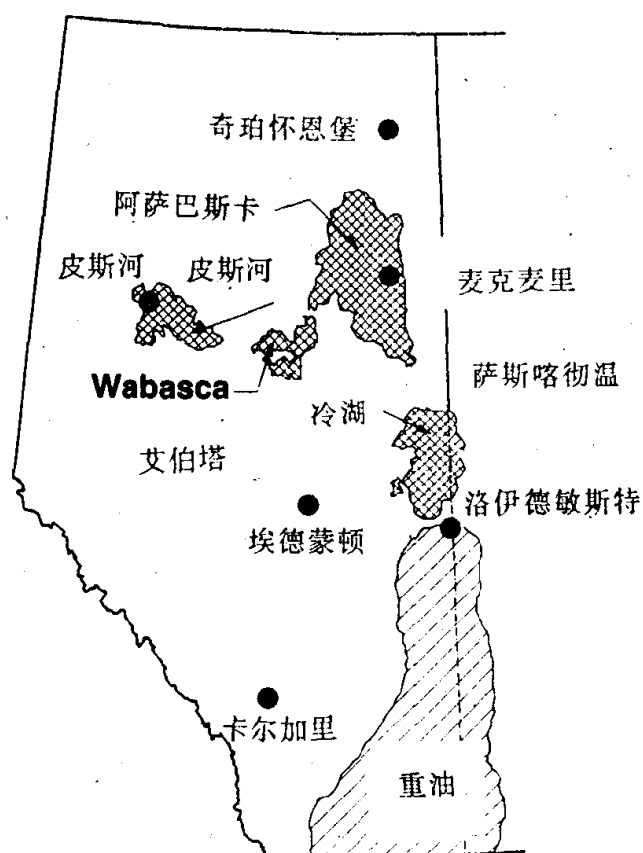


图 1.3 加拿大西部的重油及沥青

前几段描述粗砂岩矿床是如何从来自山脉和高地的河流携带的沉积物中形成的。那么,油是怎样沉积在这些沉积物中的以及油为什么这么粘就更使人费解了。

有些人主张,高粘重质原油不以高温高压为条件,因此,这些原油是不成熟的。可是,这种观点似乎更有道理:原油原先是一种常规原油,后来运移到目前的位置,被消耗原油脂族链的细菌利用溶解在渗过矿床地面水中的氧所氧化。

石油可能起源于更深的地方——可能起源于 Mannville 砂岩之下的古生界石灰岩生油层。一般认为,钒和硫的含量高说明生油层是碳酸盐而不是页岩(Breger,1977)。其他人(Demaison,1977)认为,物源位于 240mil. 以外的下倾下白垩系页岩。

人们认为,热成熟原油在白垩纪晚期向上运移,直到圈闭在页岩顶下面的白垩系砂岩中为止。这个观点的论据是在油层内每个渗透带中都可找到石油。这种石油与渗过地面和浅矿床的含氧水接触时,发生了生物降解作用。由重力驱动的地下水流是人所共知的。

为了维护这个观点,Jardine(1974)指出,艾伯塔白垩系石油的密度与地层水矿化度有一定的关系。矿化度高的地方,石油的密度低。在阿萨巴斯卡,水的矿化度低(表明原来的海水已被高度稀释),石油的密度相当高。如一系列色谱分析结果显示的那样,与这一效应相似的是石油的组分。最重的石油具有最少的链烷烃,反之亦然。这与生物降解作用优先袭击链烷物质的观点相一致。

Hu Jianyi(1986)描述了中国东北松辽盆地一系列非常有趣的油藏。摘自他论文中的图 1.4 示出了一系列含递增比重原油的油藏,如色谱分析所示,烃分子中脂族支链越来越少。他认为,油通过一系列圈闭向上运移,当遇到含氧运移地面水时,降解作用越来越大。

加拿大沥青砂矿床对比

图 1.5 是 Jardine 的加拿大沥青砂矿床对比图。对加拿大下白垩系重油矿床中使用的油层构造名称进行对比。例如,冷湖的 D 区,阿萨巴斯卡和 Wabasca 的 McMurray 砂岩,皮斯河的 Gething 和 Bullhead 砂岩都是同一时期沉积的。但是,其中只有阿萨巴斯卡和皮斯河砂岩含较大的含油饱和度;其余的砂岩被水饱和。

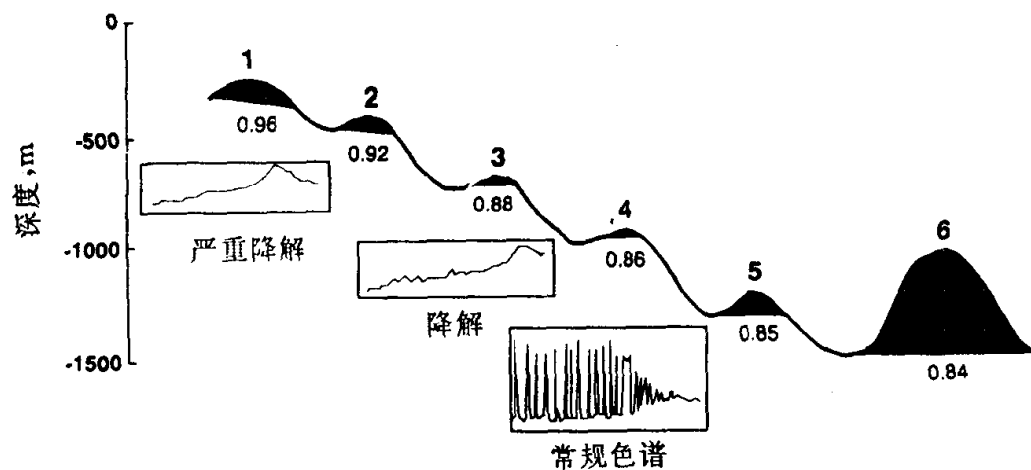


图 1.4 中国松辽盆地西斜坡重油的起源

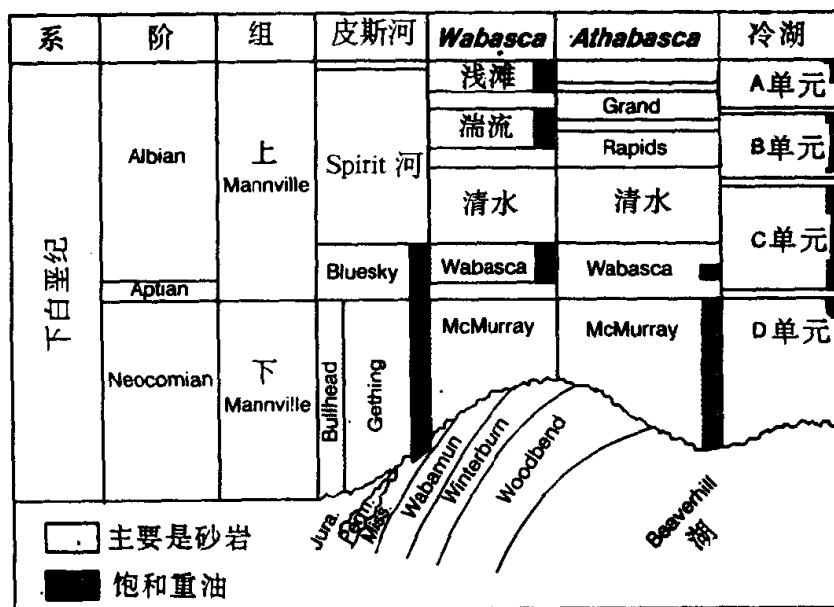


图 1.5 加拿大西部下白垩系重油及沥青矿床的对比

第五节 艾伯塔油砂矿床的体积

表 1.4 (Strom 和 Dunbar, 1979) 示出图 1.5 所示的主要油砂矿床中沥青的地下估算储量; 图 1.6 是这些矿床中的石油体积 (Allen, 1979) 与沙特阿拉伯常规石油体积的对比图。

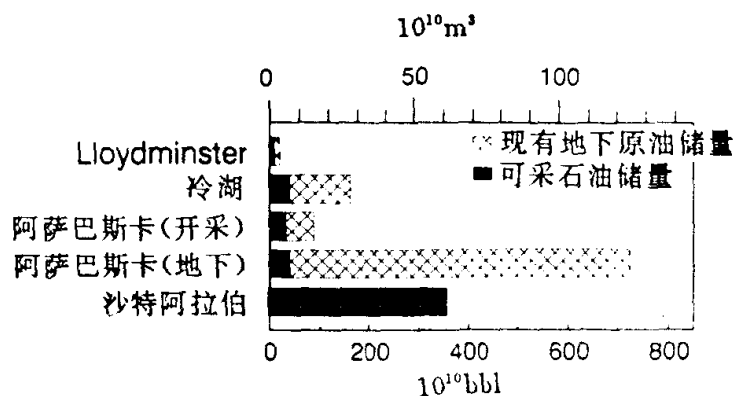


图 1.6 加拿大沥青及重油与沙特阿拉伯常规石油储量之对比

表 1.4 艾伯特塔地下沥青储量(加拿大节能局 1979 年 6 月)

	Athabasca		Peace River		Grand Rapids ^①	Cold Lake Clearwater	McMurray	Wabasca Grand Rapids ^②	前白垩纪 (碳酸盐) ^①
	Wabiskaw-McMurray 露天开采	未开采	Bluesky	Bullhead					
面积(10 ³ ha)	308	3,600	770		1,100	330	300	580	未确定
原始沥青地质储量 (10 ⁹ m ³)	19.2	95.2	10.2		17.3	5.7	2.2	6.0	未确定的有经济价值的矿床可能很小,当地沥青碳酸盐厚度可能很大
深度范围(m)	0~75	75~760	460~760		300~520	400~500	425~600	150~460	
平均厚度(m)	32	19	15		18	12	7	20	
平均沥青饱和度 (沥青砂的体积重量百分数)	0.091	0.060	0.051		0.065	0.076	0.055	0.062	沥青含量太低,难以保证许多地区的条件
近似密度(kg/m ³)	1020	1010	990		980	980	1000	1000	1015

①所有区的综合值。

第六节 重油与常规石油资源对比

根据 A. Janisch(1979)一篇论文绘制的图 1.7 对比了重油加沥青砂的估计量和常规石油的估计量。单位用 10^{12} bbl 表示。委内瑞拉和加拿大每个国家的矿床储量就相当于全部常规原油已知矿床的总储量。

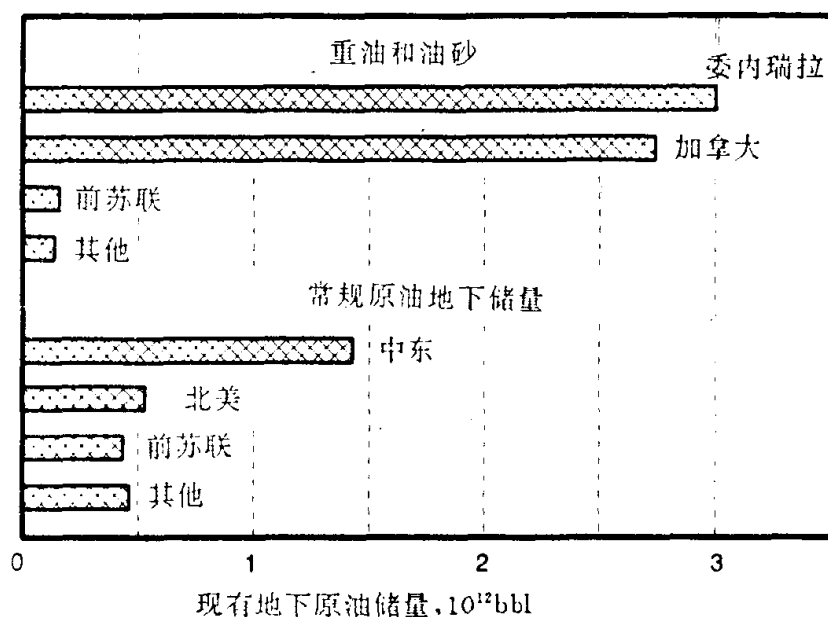


图 1.7 重油和沥青砂的量与常规原油现有地下储量的对比(数量级估计)

图 1.7 示出的量为估计量,不太精确。但相信,数量级是很精确的。还应当注意,这是描绘的原油现有地下储量,不是可采石油储量。如果没有热力采油工艺,则开采不出重油和沥青砂沥青来;即使采用这些工艺,开采大部分潜在资源也是不经济的。对于改进开采重油和沥青的方法而言,存在着极其复杂的难题。

第七节 美国的重油及沥青矿床

虽然重质石油的储量比委内瑞拉和加拿大矿床的储量小得多,但在美国其储量是很大的。已经将其分为两类:

1. 重油:重于 25°API 但在地层条件下靠自然流动能充分进行开采的石油。
2. 沥青砂:含沥青、石蜡的砂岩,或在地层条件下没有工业油流的稠油砂。

表 1.5 表示使用这些定义估算的美国矿床的体积。现有地下重油总体积约为 107×10^9 bbl。大约一半在加利福尼亚,其余大部分在得克萨斯。

美国的大部分沥青砂在犹他州;地下总体积约为 $24 \sim 30 \times 10^9$ bbl。