

第四届国际重油及油砂 会议论文选译

(上册)

中国石油天然气总公司情报研究所
中国石油天然气总公司勘探开发研究院

正文设计：段利君
责任校对：关 平
封面设计：秋 风

第四届国际重油及油砂会议论文选译（上册）

开本 787×1092 毫米 1/16·印张 21⁷/₈。

字数：54万 印数：2500

1989年12月 北京第一次印刷

油情（单）89017 工本费：7.00元

编辑：中国石油天然气总公司情报研究所
中国石油化工总公司勘探开发研究院

出版：中国石油天然气总公司情报研究所

印刷：北 京 燕 华 营 印 刷 厂

发行：中国石油天然气总公司情报研究所
（北京和平里七区十六号楼）

写在前面

1988年8月7日到12日在联合国训练研究署 (UNITAR) 及计划发展署 (UNDP) 组织下、由加拿大艾伯塔省政府油砂技术研究局 (AO-STR)、加拿大石油公司、委内瑞拉石油总公司及美国能源部共同合作、在加拿大艾伯塔爱德蒙顿市召开了第四届国际重油及油砂技术会议。中、加、美、委、苏等37个国家的680名代表参加了会议, 其中25个国家的代表在会议上发表了240篇论文。在隆重的开幕式上, 中、加、美、委、苏五国的能源或石油工业界的领导人讲了话。中国石油天然气总公司副总经理李天相同志出席开幕式并讲了话。受中国石油天然气总公司委派、北京石油勘探开发研究院三名代表在会议上发表了五篇论文。

从会议论文、讲话及讨论情况看到几点重要情况:

1. 近几年在世界油价下降的挑战下、主要的重质油生产国美、加、委等国仍然坚持发展新技术、重油产量不断增加或稳定。

加拿大1988年采用打井热采的重油产量水平是638万米³/年, 露天开采合成油能力1450万米³/年, 合计重油产量约2100万米³/年。比1986年增加约200万米³/年。而常规原油产量7200万米³、已逐渐下降。预计1995年打井注蒸汽开采的重油及沥青产量将增加到1450万米³/年。美国的重油热采项目有所减少、由1986年的201项降到1988年的152项、产量由2719万米³/年降到了2643万米³/年。但注蒸汽产量仍占EOR产量3700万米³/年的71%。委内瑞拉重油热采产量仍保持在1300万米³/年的水平。苏联采用注蒸汽、注热水、火烧油层及坑道注热等热采产量约300万米³/年。

目前世界上 (不包括我国) 采用打井热采的产量总计约5500万吨/年、加上露天开采产量共约7000万吨/年。主要是注蒸汽开采。

在油价不利的影响下、仍坚持发展新技术、这是因为世界上重油及天然沥青的储量超过轻原油、生产潜力很大。前几届会议都有报告说, 世界上稠油地质储量超过轻油。此次会议上、UNITAR的M. D. Kingue讲, 据美国地质调查署及其他专家估计, 世界上常规原油的已证实的可采储量是1272亿米³, 而稠油及特稠油已证实的可采储量为795亿米³,

天然沥青可采储量约715亿米³。稠油、特稠油及沥青的可采储量约1510亿米³、超过了常规原油。

2. 稠油及天然沥青开采新技术发展动向主要有：

·地下粘度达到10—20厘泊的天然沥青油藏的开采技术主要是蒸汽吞吐方法、采收率达到近20%、加拿大已商业性推广应用，技术上是领先的。

·加拿大皮斯河天然沥青油田，粘度高达20万厘泊、利用厚油层底部薄水层（仅3米）作为传热通道的周期性蒸汽驱技术已经成功、已投产丛式定向井209口、产能58万吨/年、预计采收率可达50%。除此以外、粘度在10万厘泊以上的沥青油藏蒸汽驱尚未成功。

·采用丛式定向井及丛式斜直井、进行注蒸汽开采稠油及天然沥青的配套技术、包括钻井、耐热水泥完井、防砂、电测、注汽采油等已商业性应用。每个井场约20口井、经济效益较打直井好。仅加拿大ESSO公司在冷湖已打丛式井700口。

·采用由地面打水平井开采天然沥青油藏的新技术正在兴起。有5篇论文介绍了试验研究新成果。还有5篇文章介绍了加拿大地下水平井试验工程（UTF），实际上它是一个1：1的试验模型、由此更坚定了发展水平井开采沥青油藏的信心。

采用多层充填砂的水平通道方法，形成注采井间的汽驱加热通道，快速加热油层、是很有希望的开采沥青油藏的新方法。

·先循环注蒸汽后循环火烧开采沥青油藏的崭新工艺正在BP加拿大的狼湖1号油砂试验区试验。在注汽压力高于地层破裂压力下循环注汽，形成裂缝，多次循环注汽使采收率达到15—20%、然后循环火烧，利用已形成的裂缝系统，在低于破裂压力下注纯氧火烧，当火线到达第一口采油井时，关掉此井并转入注水，迫使火线转向第二口井。当火烧井周围各采油井都关掉后，再把各采油井同时打开采油。该方法的加热效率比循环注汽或蒸汽驱高得多，采收率预计可达40%。

·注蒸汽开采中提高扫油系数仍是广泛注意的关键问题，许多专家致力于蒸汽中加入各种化学剂、气体及溶剂以提高开发效果。

委内瑞拉在波利瓦尔油区蒸汽吞吐井试验了16口井蒸汽加泡沫剂，产量提高25%、垂向扫油系数提高0.3左右。蒸汽驱泡沫剂的研究试验正在加强。蒸汽中加入CO₂及碱正在室内试验。蒸汽驱过程中注入乳化液堵气窜的方法正在加拿大艾伯塔大学试验。委内瑞拉在蒸汽吞吐

前或后加入天然气段塞的方法、在某些条件下可以增产。

·深井注蒸汽的井筒隔热技术已有新发展，委内瑞拉波斯坎油田的2500米深井已试验2口井采用隔热管蒸汽吞吐获得成功。深井井底蒸汽发生器仍在试验阶段。

·稠油注蒸汽采油井人工举升技术有新发展。会上有5篇报告。委内瑞拉在稠油注蒸汽吞吐井采用天然气或蒸汽气举方法，使回采初期下泵之前抢先获得高峰产量很有效果。还有一篇文章介绍了蒸汽吞吐阶段自动控制抽油泵抽干系统，可省40%的能耗。加拿大ARC建立了可进行全比例的井下泵模拟试验装置、可进行稠油热采抽油井的沉砂、压力作用、温度影响、蒸汽闪蒸、气/汽锁、不同冲程冲数、泵结构等等基础研究，对改进抽稠油技术很有帮助。

·放射性蒸汽干度计及流量计已在现场试验，已有新产品问世。可以在蒸汽锅炉出口及注汽井口同时测出蒸汽流量、蒸汽干度、压力、温度等，并有数据记录及处理系统。

·不锈钢丝棉防砂技术已在加拿大ARC完成了室内试验，正在现场试验，对细粉砂有较好的防砂效果。

·重油输送技术的重大改进

会议上发表了委内瑞拉采用水包油及油包水乳化液以及水环流输送的新技术。这比采用加热、掺轻油输送方法的耗能少，成本低。已在74口井的区块试验了水包油乳化液输送技术，它是加入一种表面活性剂形成、粘度可降低3—4倍。在油水体积比为70：30时压力损失最小。这种乳化液可以直接作为动力燃料，比较便宜。为稠油就地消费开辟了新途径。

3. 稠油油藏工程研究方法不断发展，对先导试验工程更加重视，试验内容更为全面，油藏生产动态监测技术有新发展。

会议论文指出，多学科综合研究油藏描述方法是发展的必然趋势。地质师、地球物理工程师、地球化学工程师及石油工程师更紧密地在一起工作，互相了解各自的观点，采用系统工程方法解决问题。这将促进出现新方法，新理论及降低开发费用。

油藏地质研究，尤其对于非均质油层孔隙介质中的流体流动特征、井间连通性、沉积相变化、注蒸汽过程中岩石矿物水化学反应及微粒迁移等继续深入发展。

油藏工程方面的综合研究，正导致发现新的稠油开采方法。一个成

功的实例就是对沥青砂油藏先进行反向火烧建立井间连通后、接着进行蒸汽驱的研究成果。

数值模拟技术是油藏工程研究的主要手段。会议上共发表了6篇热采数值模拟论文。新型软件正在向多功能方向发展,考虑地应力的注汽过程中造成疏松砂岩形成裂缝的数值模拟软件、蒸汽驱加泡沫剂等化学添加剂以及水平井注蒸汽数值模拟软件已进入试用阶段。

热采数值模拟软件已成为优化开发设计方案及实施方案过程中跟踪模拟生产动态的必不可少的手段,而且正向微机化方向发展。采用专家系统优化稠油从勘探、钻井、采油、集输到加工处理的全过程的工艺设计及进行集中数据处理及管理已成为发展的必然趋势。事实上,如加拿大几个大石油公司已有从油田现场到公司总部的计算机网络系统,对开发动态数据集中处理。

委内瑞拉及加拿大对稠油油藏在热采过程中,尤其在蒸汽吞吐阶段,地层压实作用所产生的采油机理及其不可忽视的增产作用有了系统的研究。对于疏松砂岩在热采过程中的地应力变化已开展了相当有成效的研究。

稠油PVT及汽气液相平衡研究很活跃,有4篇论文介绍了研究方法,及加入CO₂、溶剂等后的相态变化。这直接关系到热采多组分数学模型的建立与应用,也是研究开采新方法的基础工作。

会议上多篇论文介绍了开采稠油及沥青砂油藏的各种热采先导试验。尤其是加拿大冷湖沥青砂油区及委内瑞拉奥里诺科重油区进行各种开发试验的经验很值得借鉴。加拿大埃索石油公司在冷湖油区、对原油粘度为10万厘泊的沥青油藏,经过12年各种各样的33项先导试验,得出井网形状、井距大小、打开油层井段、注汽周期、注汽速度、注汽量、完井方法、采油工艺等对蒸汽吞吐开采效果的影响,还试验了采用水平井蒸汽驱的开采效果。在积累经验的基础上,1988年商业开发区的产能已达347万米³/年。

委内瑞拉奥里诺科重油区,已控制地质储量215亿米³。原油粘度3500—20000厘泊。按系统工程,对开采方式、钻采工艺技术、油藏工程、沉积相、地球物理、原油输送、改质加工、能源供应、环境保护、土地规划及水电供应等都进行了全面研究及规划。在油区的不同区块进行了各种先导试验,其中重要的有10项。试验结果证明:两个先蒸汽吞吐后进行蒸汽驱的先导试验是成功的;先期裸眼砾石填充完井是最

好的防砂方法；蒸汽吞吐是很有效的开采方法；采用丛式定向井及丛式斜直井开采稠油是经济上技术上更有效的方法；蒸汽驱动态监测技术已取得成功的经验；确定了标准的采油配套系列，成为规划的基础。

蒸汽驱动态监测技术已有新发展，尤以加拿大及委内瑞拉上述两个大油区为最先进。这些方法包括：①采用密度、伽马、高分辨率井温测井，测试吸汽剖面；②井下蒸汽流量计，测吸汽剖面；③采用地面地层微度倾斜仪测蒸汽推进前缘及裂缝方位；④采用地震监测方法测蒸汽带前缘；⑤产出水地化分析，监测加热体积；⑥采用放射性及化学示踪剂监测注入热流体推进方向；⑦温度及压力观测井系统测试；⑧注汽井压力降落试井。测取油层参数及表皮系数；⑨地质力学监测；⑩数值模拟跟踪动态。

注蒸汽动态监测研究的内容较以前更加丰富，包括：①单井中温度剖面、吸汽剖面及油饱和度变化；②油层温度场变化及加热带前缘推进动态；③裂缝的产生及方位；④油层中流度变化；⑤地应力变化；⑥地层隆起或压实的变化；⑦注采井、水平井的井况；⑧产出液化学组分及物性变化；⑨产量动态。

4. 基础性科学研究是提出稠油开采新方法、提高开发效果、认识油藏的先导。

为不断发展开采稠油的新方法，各国都很重视基础研究工作。例如水平井注蒸汽开采沥青砂油藏的方法，就是以物理模拟为依据，提出主要靠重力驱动的概念，然后加以试验的。而且发现采用上下2口平行的水平井，上部注汽比下部注汽能获得更高的采收率的规律。这次会议上发表的论文中有相当大的比重是介绍各国基础研究的成果。

加拿大艾伯塔油砂技术研究局的大学研究、企业参加的基础研究计划有重大意义。主要内容有：注蒸汽热采条件下的多孔介质中的渗流机理、传热及传质研究；孔隙介质中高温流体与岩石的交互作用；石英砂在热采中的溶解问题；注蒸汽过程中地层压裂的数学模拟；火烧油层条件下的油砂表面及界面化学；热采过程中胶质及沥青的热变化；高灵敏度地层倾角仪测定长期的地面升降信号及其评价；电磁加热开采油砂的新方法；流度控制研究；蒸汽吞吐过程中产出气的研究；油砂地质力学及热力学特性研究；矿物纤维防砂可行性研究等等。

总之，这届国际性稠油技术会议内容广泛，反映了近几年稠油勘探、开发、输送、加工利用、管理等各方面的技术发展水平及动向。

我国目前的稠油油田开发已进入新的发展时期，过去八年集中试验研究并推广应用了蒸汽吞吐开采技术，以1982年为起点，逐年热采产量迅速增加，1988年已达到520万吨的水平，预计1989年达到650万吨左右。全国已开辟不同类型稠油油藏的9个蒸汽驱先导试验区，预计在最近两三年内逐步转入蒸汽驱试验，但严峻的挑战是，紧接着将有许多目前正在蒸汽吞吐开采的油藏、区块在最近三、四年内结束蒸汽吞吐转入蒸汽驱开采，而稠油蒸汽驱技术正在技术攻关阶段，有许多技术还不完善，不配套。例如，对非均质性严重的稠油油藏，薄层及多层交互油藏，有底边水的油藏，巨厚油藏等不同类型的油藏的油藏地质、油藏工程的精细研究，特稠油及天然沥青油藏的热采技术，蒸汽吞吐技术的改进，蒸汽驱动态监测技术，提高蒸汽驱体积扫油系数的调控技术，细粉砂防砂技术，丛式井开采稠油的配套技术，深度超过2000米的井筒隔热技术，油层孔隙介质中高温水化学及微粒迁移等基础研究；多功能热采数值模拟新软件，水驱后期水质及稠油油藏热采提高采收率方法等等，都需要加快研究及试验。

为了借鉴国外的先进技术经验，加快我国稠油油田的勘探、开发、输送及改质加工技术的发展，中国石油天然气总公司领导同志亲自选择了第四届国际稠油技术会议论文集中的58篇文章，由总公司情报所和研究院共同组织翻译出版，供大家参考。

这套论文选译共分上下两册。虽经编译者共同努力，尽快完成了编译工作，但由于目前还缺乏石油专业名词的统一标准，以及编译者的水平限制，可能有许多翻译不准确之处及错误，欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

地质与资源评价

- PAPER76 艾伯塔省的油砂开发.....潘国潮译 (1)
- PAPER151 二〇〇〇年及其以后的重油和沥青砂开采技术滕学顺译 (18)
- PAPER148 重油和天然沥青矿的化学特征及资源潜力张绍海译 (25)
- PAPER220 对艾伯塔省南Athabasca油砂作地质评价的定量方法胡征钦译 (32)

原油物性与岩心分析

- PAPER137 重油PVT分析技术及其应用童 铭译 (48)
- PAPER 70 x射线照相技术在沥青砂中的实际应用朱怀江译 (58)
- PAPER 9 x射线断层扫描技术(CT)在重油岩心驱替中的应用.....朱怀江译 (64)
- PAPER139 改进岩心测试有助于稠油油田开发许保民译 (78)

油藏工程

- PAPER 67 稠油油藏孔隙图象特征及其应用王建设译 (96)
- PAPER 60 PROVOST地区上MANNVILLE地层
B油藏的综合分析研究羊争鸣译 (105)
- PAPER236 在蒸汽吞吐开采中的井间连通刘文章译 (122)
- PAPER227 商业性开发冷湖沥青的技术发展刘文章译 (135)
- PAPER196 委内瑞拉在模拟伴随原油开采所产生的
压实作用与沉降作用方面的经验刘尚奇译 (149)
- PAPER 61 热采试井在油藏描述中的应用蒋 琪译 (160)
- PAPER180 在热力采油过程中应用压力资料确定
注入液前缘的方法刘文章译 (170)
- PAPER173 稠油油藏初步开发方案的优化选择刘文章译 (183)

开采工艺与油田工程项目

- PAPER192 向8200英尺深层注蒸汽的可行性滕学顺译 (198)
- PAPER100 应用化学剂降粘改善蒸汽吞吐动态阚莉君译 (206)
- PAPER 10 使用热水加碱或二氧化碳开采阿萨巴斯卡
油砂中的沥青李月秋译 (216)
- PAPER 55 蒸汽吞吐开采中使用化学添加剂改善重油在
油藏和地面的流动性赵国平译 (226)
- PAPER120 油砂层预加热研究刘尚奇译 (236)
- PAPER 24 采用新方法优化重质原油的热力开采刘文章译 (247)
- PAPER117 水平井热采新技术刘尚奇译 (270)
- PAPER 89 注蒸汽辅助重力驱动开采方法的理论及实验研究刘文章译 (287)
- PAPER125 AOSTRA地下试验设施—蒸汽辅助重力
泄油工艺的实施与分析蒋 琪译 (309)
- PAPER105 地下试验设施加热通道蒸汽驱先导试验的模拟研究.....梁人初译 (328)

30 秒说明

加拿大艾伯塔省的稠油及天然沥青地质储量很大, 约267亿米³, 是世界上少有的重油区。目前有两个产能超过1000万吨/年的露天采矿法的工程及七个蒸汽吞吐法开采的商业开发区, 还有一批各种热采方法的试验工程。本文介绍了采用露天开采及就地打井开采的两类热力采油方法的发展概况及前景, 对各种技术、经济及管理问题的解决也提供了经验, 也指出了今后技术发展的趋向, 值得我们参考。

艾伯塔省的油砂开发

Richard N. Houlihan, Ralph G. Evans
Energy Resources Conservation Board, Canada

潘国潮 译
胡乃人 校

摘 要

目前有两个大规模的工业性露天矿场在开采Athabasca的油砂矿藏。在Athabasca以南数百英里的Cold Lake矿藏上, 另有七个更具工业性打井开发工程项目开始采用循环注蒸汽方法开采沥青。往西同样距离处, 有一项采用新型蒸汽驱工艺开采Peace River油砂矿藏中的沥青的大型工程项目。

本文概述艾伯塔省地下巨大资源的特性和分布范围, 并着重阐述某些规模较大技术较先进的工程项目的技术发展情况。涉及技术演变及其未来发展前景时, 强调了工艺效果、可靠性及降低成本。此外, 还对各种技术的环境影响问题以及产品的市场销售和运输给予了高度重视。

本文对油砂开发作了广泛考虑, 并以从工业中收集到的资料为依据。它提出了能源保护委员会(ERCB)的前景, 同时说明了该委员会在制订油砂政策中的作用。

一、资源情况

艾伯塔省的油砂主要是在白垩纪的疏松砂层中, 分布于三个油砂区, 分别称为: Peace River、Athabasca和Cold Lake。另外还证实某些碳酸盐岩地层中存在天然沥青。目前已完成少量的试验工作。在上述油砂区中, 标明为单独的油砂沉积层总共有15个, 如图1所示。

有一块面积相当于Athabasca油砂沉积带7%的地区被划为露天开采区, 理由是, 其储集层的上覆盖层及顶部废弃物总厚度不足75米。油砂沉积层随着向西或向南方向延伸, 其上覆盖层的总厚度逐渐增加。到了Peace River和Cold Lake地区, 其上覆盖层厚度则高达

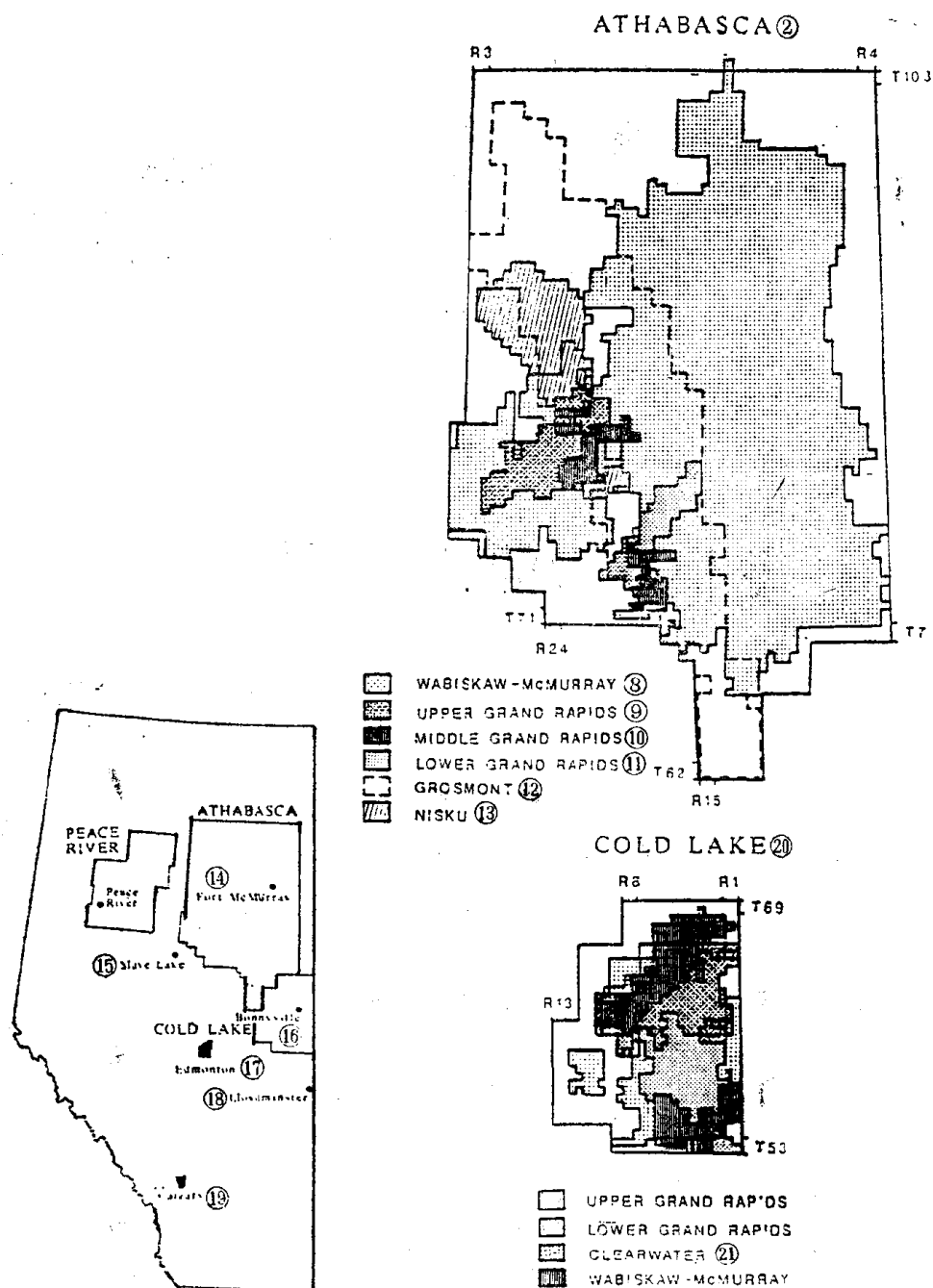


图1 艾伯塔省的油砂沉积层

①皮斯河油砂区；②阿萨巴斯卡油砂区；③布卢斯凯—格森；④上DEBOLT；⑤下DEBOLT；⑥舒达；⑦贝洛夷；⑧瓦比斯卡瓦—麦克默里；⑨上GRAND RAPIDS；⑩中GRAND RAPIDS；⑪下GRAND RAPIDS；⑫格罗斯蒙特；⑬尼斯库；⑭麦克默里堡；⑮斯塔夫湖；⑯博尼镇；⑰埃德蒙顿；⑱劳埃德大教堂；⑲卡尔加里；⑳冷湖油砂区；㉑克利尔沃特。

800米。

与层理性一样，油砂层的厚度变化很大。每一油砂区的平均沉积层厚度约在5~50米之间变化。天然沥青饱和度的变化范围为从估算的最低值3%（质量百分比）到少数几个地区的最大值14%。

在过去的一些技术文献中，有许多人对艾伯塔地区上述油砂的详细性质、产状及其变化

作过阐述,其中包括Outtrim和Evans^[1]、Prasad和Lillo^[2]以及Dunbar和Mink^[3]。其它各类机构,包括能源保护委员会^[4]甚至公布了更为详细的地质描述资料。尽管为确定天然沥青的范围及垂向分布的勘探工作计划一直在进行,但是近来根据已发表的地质描述所证实的唯一显著进展仍只限于局部地对横向变化和垂向地层认识的加深,这是由于钻加密井的结果。上述特性既不是唯一的,也并非出乎意料,而且对原始地质储量,计算的影响相对较小。然而,它们确实对后面将要讨论的采油机理和采收率计算影响很大。

表1 艾伯塔地区地下沥青资源^{〔5〕}

油 砂 区	地下沥青原		平均油层	饱 和 度	沥 青	含 水	
油砂沉积层	始地质储量	面 积	厚 度	重 量 百	孔 隙 体 积	孔 隙 度	饱 和 度
深度区间	10 ³ 米 ³	10 ³ 公顷	米	分 数	小 数	小 数	小 数
<u>Athabasca</u>							
Wabiskaw-McMurray							
0-20	6 880	86	38	0.098		0.29	0.26
20-40	7 780	103	37	0.096		0.29	0.27
40-80	6 960	98	36	0.090		0.28	0.31
80-120	2 330	26	46	0.097		0.27	0.27
80-750+	117 800	4 329	19	0.09		0.28	0.38
Upper Grand Rapids							
160-450+	4 140	334	9	0.062		0.30	0.49
Middle Grand Rapids							
150-450+	1 410	182	5	0.077		0.30	0.32
Lower Grand Rapids							
150-450+	1 220	173	6	0.051		0.30	0.55
Grosmont							
A	9 840	939	10		0.60	0.14	0.40
B	5 380	976	5		0.69	0.15	0.31
C	15 390	1 189	10		0.75	0.16	0.25
	19 890	1 063	16		0.67	0.20	0.33
Nisku							
200-800+	10 330	499	8		0.63	0.21	0.37
<u>Cold Lake</u>							
Upper Grand Rapids							
300-600	7 400	816	6	0.065		0.30	0.42
Lower Grand Rapids(LGR)							
Cold Lake Area	11 650	740	12	0.069		0.31	0.40
Lindbergh Area							

续表

油 砂 区	地下沥青原	平均油层	饱 和 度	沥 青			
油砂沉积层	始地质储量	面 积	厚 度	重 量	百 孔 隙 体 积	孔 隙 度	含 水 饱 和 度
深度区间	10 ⁶ 米 ³	10 ³ 公顷	米	分 数	小 数	小 数	小 数
-Sparky	74	10	3	0.106	0.72	0.31	0.28
-LCR 2	21	4	3	0.095	0.67	0.31	0.33
-LCR 3	40	4	5	0.085	0.86	0.31	0.23
-LGR 4	149	16	4	0.117		0.32	0.23
-Lloydminster	347	14	9	0.125	0.81	0.33	0.19
Clearwater							
300-600	11 330	561	12	0.078	0.56	0.30	0.44
Wabiskaw-McMurray							
Cold Lake Area	3 160	591	6	0.057		0.25	0.49
Lindbergh Area							
-Cummings 1	283	32	5	0.089		0.30	0.27
-Cummings 2	235	25	5	0.089		0.31	0.24
-McMurray	217	18	5	0.108	0.76	0.31	0.24
Peace River							
Bluesky-Gething	12 140	987	13	0.046	0.54	0.24	0.46
300-700							
Upper Debolt	1 830	100	13		0.61	0.19	0.39
500-800							
Lower Debolt	5 970	202	29		0.87	0.18	0.33
500-800							
Shunda	2 510	143	14		0.52	0.23	0.48
500-800							
Belloy	232	26	8		0.64	0.27	0.36
675-700							

由能源保护委员会计算的初始核实(可采)储量仅指三类。由于Athabasca矿藏露天开采区的一些采矿作业目前正在进行,那些地区以及该矿藏中用等效技术和经济条件可以经济地开采的其它地区都认为是核实储量区。另外,在埋藏更深的沉积层中,其工业性油砂工程项目已获批准,并已完成钻开发井的地区也属于核实储量区。然而,对于虽已获准开发的工业性油砂工程项目,但尚未钻井的地区,一律不计储量。第三类核实储量与已开始的即正在进行的试验方案有关。沉积层内的剩余储量都不计入核实储量。

显然,上述计算结果事实上是极其保守的。其原因是考虑到导致层内工程项目已有进展的现有技术和经济条件并不保证一定能推广到其它非开发区,并且,无论是露天采矿还是层内开采,也不能保证引起目前工程项目发展的技术和经济情况今后会作任何改进。

二、已开展的工程项目

目前正在执行的工业油砂露天开采的工程项目有两个: Suncor工程项目和 Syncrude 工

程项目，分别位于McMurray城堡以北约30和40公里处（见图2）。

- PROJECTS**
- ATHABASCA**
- 1. Syncrude Mildred Lake
 - 2. Suncor Mildred Lake
 - 3. AOSTRA McKay
 - 4. Canterra Kearn Lake
 - 5. B.P. Tar River
 - 6. Amoco Gregoire Lake
 - 7. Unocal McLean(2)
 - 8. Gulf Pelican(2)
 - 9. Amoco Brintnell
 - 10. Petro Can Hangingstone
 - 11. AEC Ipiatik Lake
- PEACE RIVER**
- 12. Shell Cadotte Lake
- COLD LAKE**
- 13. Suncor Burnt Lake
 - 14. Dome Primrose
 - 15. B.P. Wolf Lake(3)
 - 16. Esso Cold Lake(3)
 - 17. Canoxy Manitokan
 - 18. Husky Tucker Lake
 - 19. Mobil Wolf Lake(2)
 - 20. Bow Valley Marie Lake
 - 21. Excel Ardmore
 - 22. Koch Fort Kent
 - 23. Suncor Fort Kent
 - 24. Amoco Beaverdam(2)
 - 25. Murphy Lindbergh(2)
 - 26. Amoco Lindbergh
 - 27. Pan Canadian Lindbergh
 - 28. Westmin Lindbergh(3)
 - 29. Dome Lindbergh
- HEAVY OIL**
- 30. Canoxy Morgan
 - 31. Murphy Morgan
 - 32. Home Lloydminster
 - 33. Mobil Kitscoty
 - 34. Can N.W. Wildmere
 - 35. Dome Morgan
 - 36. Norcen Provost
 - 37. Can N.W. Atlee-Buffalo
 - 38. AEC Suffield
 - 39. PanCanadian Countess
 - 40. EOR Medicine Hat
- Commercial Projects

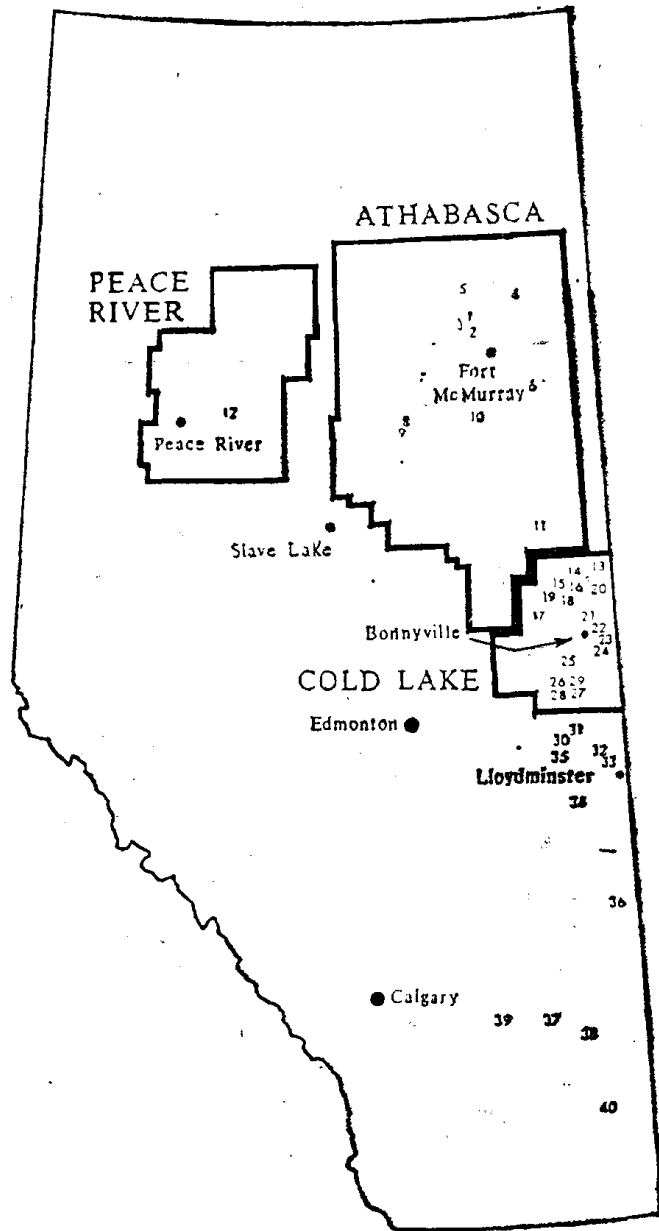


图2 艾伯塔油砂和重油区在执行的热采工程项目图——1988年7月

在Peace River油砂沉积区有一项工业性层内开采工程项目已获批准并正在实施。该工程项目属于加拿大壳牌公司。在Cold Lake沉积区，已获准开发的工业性工程项目有8个，但并未全部实施。在该沉积区北部，加拿大埃索公司的Cold Lake生产工程项目以及BP Wolf Lake工程项目正在实施。另有两个工程项目：Dome Primrose和Suncor Primrose工程项目也已获批准，但都未实施。在Cold Lake沉积区的南部，通常划为Lindbergh地区，已有一些工业性工程项目获得批准，分别属于Murphy石油公司、加拿大Amoco公司，加拿大Dome公司以及Pan Canadian石油公司。上述各项工程项目示于图2。

另外，图2所示的还有31项目前被列为正在执行的试验工作。一般来说，这些工作比起已批准的工业性工程项目来要小得多。所有的层内开采工程项目，不管是工业性的还是试验性的，全都使用热采方法以使沥青流动，为此目的，在大多数情况下，使用了注蒸汽开采。

另有一项由AOSTRA地下试验设施从事的试验工作或多或少是一项介于采掘和层内开采之间的项目。

表2和表3所列的是工业规模和较大规模的油砂开采试验工程项目的产率和产能。对于露天开采工程项目，所获产量改质成为合成原油。给出的产量数字是合成原油的。其它各项工程项目所获采出物没有进行改质，产量以沥青的立方米数表示。

表2 工业性采矿法开采的油砂工程项目

工程项目	开始日期	能力	产率 (米 ³ /日)		提取方法	改质措施	评 价
			实际	采掘设备			
Suncor	1967	9000	6860	斗轮挖掘机	热水	迟延焦化	改建后可达11500米 ³ /日(据能源保护委员会复审)
	1978	26000	21700	绳斗铲和斗轮回填设备	热水	流化床焦化和加氢裂化	1988年能源保护委员会批准扩大为39000米 ³ /日

表3 主要的打井开采油砂工程项目

工程项目	开始日期	能力	1987年 实际产量	开采方式	地层
<u>Peace River 地区</u>					
Shell-PRISP	1979		676		
-PREP I	1986	1600	0	脉冲注汽	Bluesky-Gething
-PREP II	不清楚	8000	0		
<u>Cold Lake 地区</u>					
Esso-Ethel	1964	100	未公开	循环注汽	Clearwater, Upper & Lower Grand Rapids
-May	1972	240	未公开	循环注汽	Clearwater
-Leming	1975	3000	未公开	循环注汽	Clearwater
-CLPP ¹ / ₆	1985	12000	9770	循环注汽	Clearwater
-CLPP ⁷ / ₁₀	1989	6000	0	循环注汽	Clearwater
BP-Wolf Lake I	1985	1100	1082	循环注汽	Clearwater
-Wolf Lake II	1986	2000	0	循环注汽	Clearwater
Dome-Lindbergh	1986	1900	887	循环注汽	Clearwater, Grand Rapids
Amoco-Lindbergh	1986	1280	775	循环注汽	Wabiskaw-McMurry
PanCanadian-Lindbergh	1986	500	213	循环注汽	Mannville
Murphy-Lindbergh	1986	400	162	循环注汽	Clearwater, Grand Rapids
-Phase 2	1989	1600	0	循环注汽	Wabiskaw-McMurry
Dome-Primrose	1988	4000	4	循环注汽	Lower Grand Rapids
Suncor-Primrose	不清楚	2000	0	循环注汽	Grand Rapids
Suncor-Fort Kent	1977	500	未公开	循环注汽	Clearwater Grand Rapids
					Wabiskaw-McMurry
					Clearwater
					Upper Grand Rapids

图3示出艾伯塔地区各工程项目1977年至1987年期间合成原油和沥青的总产量。

在最近一次有关艾伯塔省原油供给情况的评价中，能源保护委员会的预测结果是：常规原油供给量将降低，重油及油砂产量将增加。对增加天然沥青及合成原油供给量的上述预测都是基于一定的假设，即考虑了这样的趋势：原油价格逐步上升。国际政治形势相对稳定，继续拥有合格的工程师以及技术熟练的工人。作为上述预测根据之一的还有预计天然沥青在美国北部一带继续有市场。能源保护委员会的预测结果示于图4。

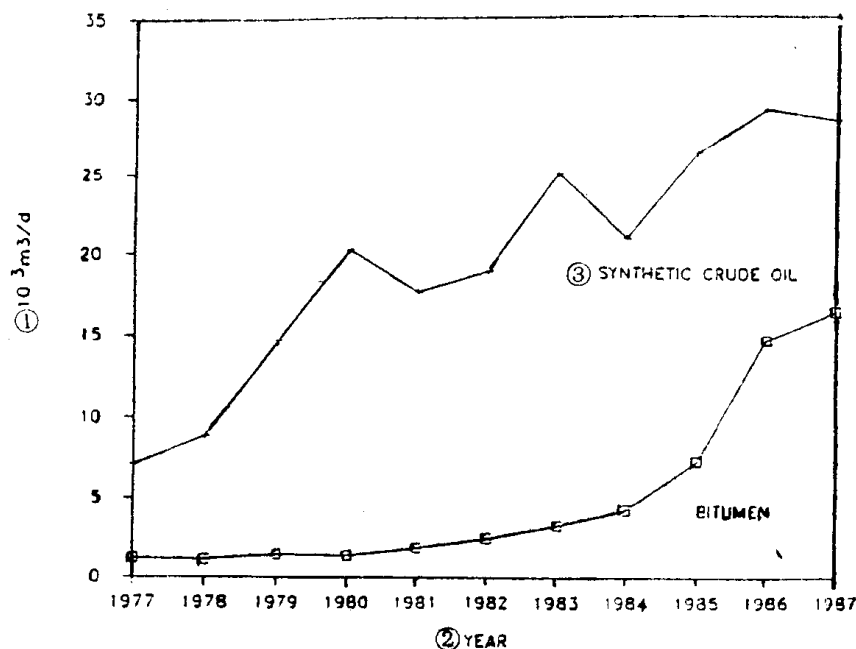


图3 艾伯塔省的沥青及合成原油产量
①10³米³/日；②年；③合成原油；④沥青。

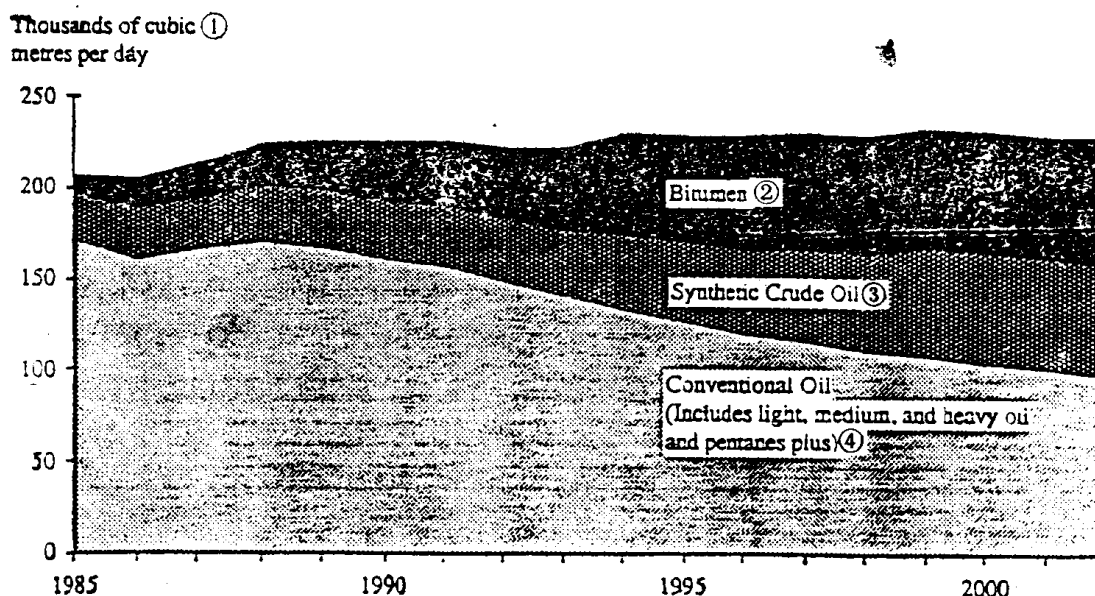


图4 艾伯塔省的原油供给量预测
①千米³/日；②沥青；③合成原油；④常规原油
(包括轻质油、中质油、重质油及戊烷以上烃类)。

三、开发许可证发放情况

在对各种工业计划作非正式调查的基础上，可对各油砂工程项目的未来开发提出许多建议。

Athabasca地区Wabiskaw McMurray油砂沉积层的露天开采部分—Syncrude 工程项目，已向能源保护委员会申请并获得批准，将其产能提高50%。该工程项目目前正等待建立一个可接受的财务统配，可能包括矿区使用费和其它形式的政府财政参与，以及从 Syncrude 拥有者那里获得一项财务承诺以继续这项工程项目。已为Syncrude工程项目定的这项计划要求上述事宜在1988年下半年落实，1989年开始建设，1993年从新设施中获得第一批新的产量。

Syncrude工程项目的扩建还包括在现有两套流化焦化装置的上游，与已安装的一套加氢裂化装置相平行的位置，安装两套新的加氢裂化装置。新的沥青提取装置将采用热悬浮液工艺，这是对原来热水提取工艺所作的演变和改进。此外，还要安装一套附加的回收硫的设备，同时对各热交换器和其它一些设施也作了较大的改进，以便大大改善该工程项目的能源使用效率。预计Syncrude工程项目能增加50%的合成原油产量，而排放入大气的硫量不增加，并可降低重金属的排放量。

Suncor已向能源保护委员会申请对其现有的Mildred Lake工程项目改建，使Suncor的设施的产量从8400米³/日提高到10000米³/日，并使其改质能力达到11300米³/日。改质能力的剩余部分可从Suncor增加的产量或者作为一项选择性方案，可以用从附近的独立提供者那里接受的天然沥青作补充。该改建项目目前正在按规章作审查。已与艾伯塔省能源部作好财务安排。

Suncor 公司还宣称：它正与艾伯塔省政府研究将其装置的合成原油生产能力提高到20000米³/日的可行性。由于Suncor的设施有了大规模的扩充，无疑需要设立一个单独采矿工程项目，以供给原料，同时这很可能涉及对该装置的设施作彻底的更换和扩充，对有关细节该公司至今尚未确定。

由与拥有Syncrude集团几乎相同的大石油公司组成的一个集团声称有兴趣开展一个与Syncrude工程项目分开的被称为OSLO（“另六块租地作业”的英文简称）的工程项目。OSLO集团提议的开发工程项目所在地位于Fort McMurray城北约70公里，或在Syncrude装置所在地东北约40公里处（见图2）。尽管关于该工程项目的性质仅透露出一些初步的细节，但估计其合成原油产量可望达到12000米³/日，改质阶段所采用的是热水或冷水提取和加氢裂化工艺。常规露天采矿设备，可能包括绳斗铲、斗轮挖掘机，以及载重卡车和铲土机等都将使用。开发费用，包括一定的运输及基础设施，约为40亿加元（1988年）。

美国的一家技术开发公司——Solv-Ex公司曾在1987年四季度声称：它打算开发一项产量为1440米³/日，包括采矿、提取和改质在内的工程项目。与其它露天开采工程明显不同的是：Solv-Ex公司的方法是采用溶剂抽提法将沥青从砂岩中分离，并得到较干和易于处理的矿渣。Solv-Ex公司预计：该工程项目的建设投资约为3亿元。目前，OSLO集团和Solv-Ex公司都在就税收条款与主管政府商谈，开工日期尚未确定。

在Peace River沉积区，加拿大壳牌石油公司关于其产量提高5倍的Peace River扩建工程项目（PREP II）于1988年2月得到了能源保护委员会的批准，即把产量从1600米³/日提高