

世界石油 科技综述

WORLD PETROLEUM
TECHNOLOGY REPORT

2003



中国石油集团经济技术研究中心

目 录

第一部分 总报告

2003年世界石油科技发展态势.....	1
----------------------	---

第二部分 专业技术进展

世界石油地质勘探理论技术新进展.....	25
2003年地震勘探技术新进展.....	42
2003年测井技术新进展.....	62
2003年世界钻井技术的新进展.....	79
2003年国外油田开发和采油工艺技术进展.....	112
2003年世界管道工程建设技术进展.....	127
2003年世界炼油工业及技术进展.....	153

第三部分 专题技术动态

国外油气勘探技术商业化过程的几个特点.....	189
地表化探技术的新突破.....	195
遥感和GIS新技术正在成为勘探与生产的标准工具.....	199
现代遥感技术成功应用实例.....	202
新一代过套管电阻率测井仪器及其应用.....	206
油藏监测技术.....	211
2003年欧洲油气勘探开采技术项目.....	215
美国能源部深井攻关钻井技术研发计划.....	218
高科技在采油工程中的应用现状及展望.....	222
基岩酸化技术发展现状.....	225
低渗透油田油层压裂技术.....	229
含硫化氢气田作业的人身安全与环境监测问题.....	234

第四部分 前沿技术信息动态汇编

国内外油气勘探技术信息.....	241
国内外油气开发技术信息.....	264
国内外管道技术信息.....	295
国内外炼油化工技术信息.....	322

2003 年世界石油科技发展态势

胡秋平

密切关注行业发展动向、深刻了解科技发展特点、及时调整企业发展战略、充分利用最新科技研发成果、积极把握各种发展机遇,对油公司的持续发展具有非常重要的意义。2003 年世界石油工业继续保持高速稳定发展,世界石油科技秉承上一年的发展态势,围绕降本增效、寻找替代储量、提高产能和采收率以及保护环境这四大科技目标,继续向纵深发展。概括起来主要表现在以下四个方面:

一、世界石油科技研发重点发生重大转变

世界石油工业正经历着结构调整的时代,面临着行业竞争日益加剧、能源需求不断增长、环保要求日益严格等种种挑战。随着世界大油公司的兼并和服务公司的整合,石油科技研发重点发生了明显变化。

1. 先进实用技术成为科技研发的重点

在当前的新形势下,石油科技研发最突出地的变化之一就是为进一步增强竞争实力,最大限度地提高经济效益,各公司更加注重先进实用技术的开发和应用。

他们将研发指导思想由学科导向转向问题导向,一改过去组织庞大的科研体系进行长期基础研究的做法,将研发重点主要集中在那些能够短期见效的/可解决实际问题以及具有重要技术竞争优势的项目上,更加强调研发成果的商业化应用。例如,英荷壳牌集团针对常规井身结构耗费钢材、水泥和泥浆量大、造成污染多、钻井深度不大、影响产量等问题,研究开发了膨胀管技术。膨胀管可以在井中膨胀,最终从井口到井底钻成单一尺寸的井眼。这一技术的不断发展,不仅可有效地降低钻井费用,减少对环境的影响,而且还可以使井打得更深,产量更多。为了使膨胀管技术尽快地商业化,壳牌与一家重要的服务公司成立了合资企业,使得这项技术很快投入生产实践。2003 年利用膨胀管技术在美国得克萨斯打了第一口井,现正准备在深水区钻一口这样的井。无疑这项先进实用技术的研发成功和迅速推广应用,将给企业带来巨大的经济效益。

随着科技研发重点从以往的基础性、学科性研究转向问题导向的实用性研究,科研人员将比以往任何时候更直接地面对具体的研究对象,并提出针对性的具体解决办法。

2. 环保技术产品的研发日益受到重视

随着全球环保意识的不断增强,要求能源开发利用与环境协调发展的呼声日益高涨,

给石油工业造成了前所未有的压力,迫使各公司研发环境安全技术和产品,以促进能源效率最大化和对环境的破坏最小化。环境对技术的挑战越来越明显地影响石油科技研发的发展方向,环保技术产品的研发又到越来越多的关注。

目前,与环保相关的创新项目和技改项目主要包括如下几个方面:

- ★ 减少温室气体排放的技术产品;
- ★ 对生态环境影响较小的新材料和新设备;
- ★ 提高钻采废物管理和废物转化的新技术;
- ★ 高效分离技术和清除技术;
- ★ 替代能源。

高效、环保地勘探、开发和利用油气资源已成为世界石油业的共同追求,研发机构越来越重视环境友好技术产品的开发和应用,并加大对环保项目的投资力度。美国石油学会 80% 的勘探和生产研发预算都用在了与环境有关的项目上。

壳牌公司一直在积极采取措施解决环境污染问题,降低温室气体的排放量,取得了显著成效,2002 年温室气体排放量比 1990 年降低了大约 10%。通过多年努力,壳牌公司还成功开发了天然气合成油技术,不仅能把天然气转化成超清洁燃料和其他产品,而且为远距离天然气藏的商业化提供了途径。利用该技术生产的柴油,与普通炼厂生产的柴油相比,氮硫氧化物的排放量减少了 50%,可以满足任何地方的环保要求。目前,这项技术正在马来西亚、泰国等地推广应用。

二、科技研发管理更加重视项目课题制和人才管理

在科技发展日新月异的今天,顺应研究与开发(R&D)全球化趋势,建立与国际接轨的 R&D 组织管理模式,对油公司和服务公司顺利实施科技创新战略具有十分重要的意义。世界石油科技的研发管理目前有两个值得关注的发展趋势:一是积极推广项目课题制;二是日益重视创新人才管理。

1. 实施项目课题制成为国际流行大趋势

一个高效的 R&D 组织管理模式对科技创新战略的顺利实施关系重大。项目课题制是当前世界上较为流行的一种行之有效的 R&D 组织管理模式。

这种组织管理模式以美国为代表,通过以科研人员为主体、以课题为基本单元、以课题组为基本活动单位、以市场方式为主配置科技资源、以法律手段规范各“行为主体”的责权利来进行科技 R&D 活动。由于项目课题制有效解决了 R&D 活动中人、财、物的结合问题,有利于更好地激发科研人员的积极性和创造性,有助于满足知识经济对 R&D 创新和效率的更高要求,因此,越来越多的研发机构开始推广实施 R&D 项目课题制。

（1）项目课题实施的基本思路

实施项目课题制的指导思想是适应市场经济规律和科技自身发展规律的要求，建立一个能够有效激发科研人员创造潜能、保障课题高效合理运行的机制，以大幅度提高 R&D 效率，最大程度地生产出高质量的创新成果和培养出高水平的创新人才。

实施项目课题制的基本思路可概括为：课题来源多元化；责权关系法律化；资源配置市场化；科研组织网络化；科研管理开放化。

（2）项目课题制强调“以人为本”和人、财、物的有机统一

实施项目课题制的基本原则包括“以人为本”原则、分类实施原则、继承与创新原则等，但是，其中最重要的是“以人为本”原则。项目课题制从内涵到实施都充分体现了“以人为本”的思想。它明确了科研人员在 R&D 中的主体地位，强调从资源配置、组织管理方式等各个方面都要围绕科研人员展开，要求科研院所科研管理制度、人事制度、财务制度等相关措施的出台都要从有利于激发科研人员的积极性和创造性出发。因此，能否体现“以人为本”思想是检验课题制实施成效的重要标准。

人、财、物统一是项目课题制的基本要素，其中人力资源配置是课题制的核心，财力资源配置是实施课题制的重点，物力资源的配置是课题制实施的基本保证，这三个方面缺一不可。

2. 创新人才管理倍受关注

技术创新正在成为油公司巩固和增强市场竞争优势的一种重要手段，而技术创新成功与否最终取决于人，取决于我们在吸引和激励创新人才、利用他们的知识和经验、发挥他们的创造性和才能等方面所做的努力。因此，对创新人才的管理也越来越成为油公司科技研发管理最受关注的一个方面。

（1）创新人才管理的内容和创新人才的特征

创新人才管理是一项十分重要且非常复杂的系统工作，其主要内容可概括为：

识才 → 选才 → 用才 → 育才 → 惜才 → 励才 → 留才 → 容才

要做好创新人才管理工作，首先必须清楚什么样的人为创新人才。通常创新人才具有以下主要特征：

- ★ 具有开拓精神，敢于冒险，喜欢挑战；
- ★ 充满自信，有恒心，有毅力；
- ★ 有敬业精神和责任感；
- ★ 有抱负，有魄力。

（2）有效发挥科研人员创新潜能的普遍措施

近期全球油公司的并购加速了科研人员的频繁流动，如何吸引和留住科研人员以及如何更好地激发科研人员的创新潜能是人力资源管理部门普遍面临的问题。如何解决此类问题，不同的国家、不同的科研性质、不同的企业和科研院所采取的措施有所不同。其中，目前较普遍也较奏效的措施主要包括以下几方面：

- ★ 创造良好的工作环境及和谐的工作氛围；
- ★ 采取适合于科研性质和任务状况的领导方式与组织管理形式；
- ★ 在考虑完成当前任务的同时，充分考虑科研人员的长远发展；
- ★ 积极鼓励创新精神，为实施创新构想提供有效平台；
- ★ 提供展现才智和挑战技术极限的机会；
- ★ 采取激励方式；
- ★ 尊重科研人员。

调查表明，采取激励方式是吸引人才、鼓励创新的重要手段之一。目前，通常使用的激励方式包括物质奖励、精神鼓励、休假、升迁、从事喜欢的工作等。

（3）创新能力的培育

创新能力需要精心培育，创新思维需要使之付诸实施并得以创造新价值的条件。

壳牌公司在培养科研人员创新能力、实施创新构想方面，取得了良好的效果。壳牌建立了一项名为“GameChanger”的内部风险投资基金，其主要目的是激发科研人员的创新潜能，鼓励新构想，培育新思维，并使之尽快付诸实施以转化成商业价值，拓宽业务领域。通过这一措施，鼓励科研人员向专题小组提出各种各样的想法，并可在一周之内得到答复。一个好的创新思路，可在一个月内发展成为一个羽翼丰满的项目。在项目提交技术专家与商务专家审核之前可得到资金，以使各种创意尽快趋于成熟。随后，按照快速而严格的程序，审查其技术可行性及商业价值。目前，壳牌公司的很多创新，包括应用前景很好的智能井和膨胀套管技术，都是来自“GameChanger”基金。

活跃的思维是创新的源泉。尊重科研人员个体，珍视他们的奇思异想，善待他们的错误和缺点，原谅失败。在创新过程中，重要的不是力求消除各种错误和缺点，而是想方设法从中学习。这样才能吸引并留住那些坚忍不拔、战胜困难的人才，才能不断有所创新。

三、世界石油科技取得重要进展

2003 年世界石油科技迅猛发展，取得了一系列重要进展，主要体现在：石油地质勘探理论研究不断走向深入并在勘探实践中发挥着越来越重要的指导作用，勘探新技术新方法推出的周期缩短，现有工艺技术方法的改进速度加快；开采技术水平不断提高，油藏特性

表征和油藏管理受到重视；管道工程建设技术发展迅速，管道检测、防腐、降阻等技术取得长足进步；炼油技术得到不断丰富和发展，新型低能耗分离和反应技术成为研发的热点。

1. 勘探新理论新技术推出周期缩短，现有工艺技术进步速度加快

(1) 地表化探技术取得新突破

W.L.Gore & Associates 公司近期推出一种新的地表化探方法，该方法与传统的主要直接测量土壤中甲烷和乙烷浓度以及微生物含量的地表化探方法不同，它是通过将获得专利的吸附剂模块置于地下 60cm 深处 17 天来测量乙烯和更重烃类的浓度。这种新的采样技术可以最大限度地降低近地表烃气变化的影响，扩大对有机化合物的灵敏范围，可以有效避免仅靠测量甲烷无法判断异常区是否具商业开采价值而可能导致的无效钻探，从而降低了勘探风险，提高了钻探成功率。

W.L.Gore & Associates 公司近几年利用改进的新型烃类采样技术，在埃及先后识别出了数个与地质信息和现有井数据一致的地化异常。这些异常被随后钻探的一口日产 800bbl 油的新井所证实。在罗马尼亚的两个远景区，根据被动烃类采样测量结果选择的 12 口井位均钻遇了气体，其中有 8 口井获得了商业气流。实践证明，与其它地表化探方法相比，这种烃类采样技术准确性更高，是一种值得关注的新型有效勘探工具。

(2) 层序地层学研究成果显著

近期层序地层学研究取得重大进展，概括起来主要体现在以下三个方面：

一是新理论不断涌现。提出运动学层序和体系域、地球半径变化与海平面旋回关系假设、气候变化是高频层序形成的主控因素、深海页岩层序识别和陆架边缘崩塌基准面及崩塌层序等新理论。这些新理论对恢复生长地层运动学历史、精确划分高频层序、了解深水页岩对海平面的响应以及识别陆架边缘崩塌地层组合等有重要意义。

二是研究手段日益更新。在传统的露头、岩心描述和测井、地震资料处理与解释的基础上，增加了古生物高分辨率层序地层研究、样品分析测试与有机地化研究、三维可视化、地震智能化分析、地质统计、数值模拟与模式识别等新技术。这些新技术对提高分析效率和地层划分精度很有帮助。

三是应用领域进一步扩大。在碳酸盐岩层序地层学、成岩作用与层序地层关系研究方面以及层序地层学在含油气系统研究、源岩与圈闭预测、储集层和油气藏精细描述以及油藏开发动态模拟等方面的应用均取得较大进展。这些进展解决了不少实际问题，进一步提高了层序地层学在油气勘探中的核心地位。

(3) 成藏动力学系统研究走向深入

成藏动力学系统研究虽起步不久，但进展顺利，成绩斐然。

在研究思路与方法方面,目前就成藏动力学系统形成背景、形成条件、形成演化和油气成藏作用及其分布规律等方面的研究已经有了比较成熟的思路与方法。

在地层压力研究方面,可以利用测井和地震资料预测异常地层压力,研究其三维空间变化,在钻井稀少地区已显现出很大优势。

在动力学机制研究方面,目前提出有 6 种动力源:深部动力、沉积过程中产生的自源动力、热力、地应力、水动力和浮力。其中后 4 种的水动力学机制研究进展迅速。

在类型划分方面,已提出 2 种方案:一种是根据源岩条件、封闭条件和流体压力状态划分;另一种根据流体动力系统的开放程度划分。这两种方案各有千秋,可依具体情况选择而用。这些进展对认识油气成藏模式和富集规律、预测勘探靶区、优选钻探井位有重要意义。

(4) 国际泥盆系亚阶研究进入新阶段

在第八届欧洲国际牙形刺会议期间,国际地层委员会泥盆系分会在强调建立国际泥盆系亚阶重要性的同时,对泥盆系亚阶进行了深入讨论,并首次提出了泥盆系各亚阶的定义和划分方案,标志着国际泥盆系亚阶研究进入了新阶段。

泥盆系各亚阶定义和划分方案的确立及推广应用,有助于充分了解泥盆系很多阶内存在的全球事件及其位置,从根本上解决了泥盆系年代地层单位比古生界其它各系年代地层单位少、泥盆系各阶时限普遍过长、进一步精确划分地层难的问题。可以预见,泥盆系亚阶将被广泛应用于生物古地理、生物分异度、盆地分析、谱系演化、地球化学旋回地层学和构造地质学等不同研究领域,进一步促进地层地质学的发展。

(5) 遥感地球化学在矿产勘探中发挥重要作用

遥感地球化学是新近发展起来的一门以物质电磁波理论为基础、借助遥感技术获取数据来研究化学元素在地表或其它行星表面的分布、含量及迁移的科学。目前,遥感地球化学除了能获取地球静态参数外,还可以测量地球动态参数。其应用领域已扩展到矿产勘探、环境地球化学、生物地球化学、行星研究以及全球变化等诸多领域,显示了其特有的快速、宏观、动态监测的技术优势,预示了其良好的发展潜力。

遥感地球化学在各相关技术学科不断完善中得到快速发展,并在矿产勘探、环境监测等领域发挥重要作用。如今遥感地球化学可以探测到具有诊断性光谱特征的、指示矿床和矿化带存在的蚀变粘土矿物、碳酸盐、氢氧化物等,由此可以绘制矿物成分分布图及丰度图,指导找矿;也可以根据烃类微渗漏理论,利用地下油气藏在地表形成的地化异常特征波谱响应,圈出勘探靶区,达到提高勘探效率和效益的目的,有可能成为石油勘探的有力工具。

(6) 资源评价工作的重要性日益显现

加拿大资源委员会于近期在卡尔加里组织召开了资源评价方法研讨会,与会代表在对资源评价方法的现状和未来的发展方向等议题进行广泛深入讨论的同时,着重强调了继续进行资源评价工作的重要性和必要性。

尽管各种形式的资源评价已经进行了很多年,但资源评价工作的重要性从来没有像现在这样明显而突出,并与日俱增。因为,未发现资源的位置和数量无论是对世界政治还是对全球经济都有着极其重要的影响。

目前世界很多国家越来越重视资源评价工作,有些国家像加拿大、美国、挪威等都成立了专门的组织或机构进行资源评价,定期举行资源评价研讨会,并就资源评价的方法、范围、条件等关键问题进行磋商。

(7) 新型热史技术引入石油领域

铀-钍-氦(U-TH-He)热史技术是一种能够节约勘探成本、降低钻井风险的新技术。该技术最初由学术界设计开发,目前澳大利亚联邦科学与工业研究机构(CSIRO)和澳大利亚热史重建专业公司——Geotrack国际公司正在将其推广应用于石油工业领域。

据专家介绍,由于U-TH-He热史技术采用的是高灵敏生油区岩石热史测定方法,能够防止制定不必要的钻井计划,因此可以降低勘探风险,为勘探公司节约数百万美元。

(8) 地震勘探技术进一步得到提升

全球油气勘探开发难度的增加向地震勘探技术提出了更高的要求,使其始终处于不断丰富和发展之中。地震采集技术的进步主要是围绕提高效率和分辨率两个目标,在采集装备及设计方法两方面进行发展,可控震源、超多道地震仪、检波器等仪器设备逐步完善;地震数据处理技术日趋完善,并针对大量数据的处理、管理和算法提出了一些新的思路与方法。由于这些进展使得一些复杂的目标检测成为可能。

井中地震近期取得了较大进展,主要体现在采集设备的更新、采集方式的增加、高分辨率成像技术的发展和应用领域的拓宽等方面。多种井下仪器的开发研制和不断完善大大提高了井间地震技术的实用性,井间地震测量的数据采集、处理、成像和解释技术日趋成熟,为最终成果的可靠性和效果提供了保证。由于井中地震具有井中激发、井中接收、精度和分辨率高等特点,决定了它在准确圈定河道砂体、精细研究储层裂隙等领域发挥着越来越重要的不可替代的作用。井间地震技术在油气开发领域也具有良好的应用前景。

时延地震目前已在北海等地区得到了大量的生产应用,工作量上升很快。在数据采集集中,等浮电缆定位精度进一步提高,海水对时延数据的影响得到了分析;在数据处理中,通过匹配滤波器、道反褶积、偏移后的零相位谱白化法、空间协克里金地质统计和照射分析等处理,提高了数据的重复性;在数据解释中,三维可视化得到了广泛应用,相干性、

预测性等属性技术以及智能分析技术引入数据分析与解释中。此外,多分量时延地震技术在 CO_2 驱和水驱油藏监测中也得到了应用,时延分析中的不确定性受到了重视,时延地震已经作为油藏动态监测的一种有效工具。

起初仅作为 3D 地震资料视图工具的 3D 可视化技术发展迅速,在行业各领域的应用进一步扩大,并不断改善着地震的综合解释环境。3D 可视化技术成为连接数据类型和技术领域之间的桥梁,为综合作业流程随时存取、视图和解释地质、地球物理、岩石物理、钻井轨迹和油藏工程等资料提供了有效手段。

3C-3D VSP 技术发展很快,目前已用于储层描述和油气田开发。3C-3D VSP 采集技术的进步主要表现在:3D VSP 采集方式向多样化发展;井中检波器向三分量、四分量发展,井中接收向多级系统发展;信号传输向大动态范围的数据传输和高速传输发展。目前 3C-3D VSP 广泛用于纵横速度估算/分析、井旁三维纵横波成像、VSP-AVOA 分析、裂缝方位预测、三维波阻抗反演、Q 值反演、各向异性分析及其他储层参数估算等,并将这些数据处理成果用于储层目标区精细解释,有利于提高储层描述的可靠性和精度,提高油气勘探和开发水平。

AVO 是一项利用振幅随偏移距变化特征分析和识别岩性及油气藏的地震勘探技术。AVO 的提出最初仅仅是为了提高烃检测能力,今天 AVO 的发展已经超出了这个范畴,它正在渗透到地震勘探的各个领域。在裂缝检测、压力预测、油藏动态检测、油气预测、储层非均质性描述方面得到广泛应用。AVO 技术已经成功地应用于得克萨斯海湾沿岸、北海、西非等一些油田中含气砂岩的油气勘探。

(9) 测井技术取得长足进步

2003 年测井技术的进步主要体现在斯伦贝谢、哈里伯顿和贝克阿特拉斯三大服务公司推出了一系列新的技术与服务。同时,电缆测井、随钻测井、地层测试及射孔等技术也得到了较快的发展。

斯伦贝谢公司推出了新的岩石物理评价系统、移动式 PVT 分析实验室及 MaxTRAC 生产服务牵引器等产品和服务。DicisionXpress 是该公司刚推出的岩石物理评价系统,此系统在测井作业完成后数分钟内即可给出高度综合的高质量岩石物理解释结果,有助于充分发挥测井数据在地质和石油工程中的应用价值。其优点是能更好和更快地做出测试、采样、下套管及完井决策,降低决策风险和作业成本,在硅质碎屑岩储层中可提供可靠的岩石物理评价结果及定量评价孔隙度和含水饱和度等。DicisionXpress 系统目前已开始在世界各地进行现场测试,在墨西哥湾和西非的深水探井中,此系统识别出了常规三组合测井分析认为是含水层的大量油气层。

新的移动式 PVT 分析实验室服务采用一种不使用水银的新型 PVT Express 系统,它可以在 8h 内提供可靠的流体性质分析结果,极大地缩短了 PVT 流体分析时间,使用的流体

不到 50ml, 作业者能够在测井和试井期间根据流体分析结果做出及时、正确的决策, 减少了常规流体分析的相关费用。

商用 MaxTRAC* 生产服务牵引器是新推出的、专门为在复杂的水平完井段采集数据而设计的。这种牵引器具有更大的灵活性, 可以在各种尺寸的井眼和井眼条件下工作, 其异常高的效率使得测井速度更快, 降低了地面电力需求。它向下牵引时的前视能力降低了下放仪器时遇到的风险, 节省了时间, 并可获得高质量的下测数据。在中东的现场测试中, MaxTRAC 生产服务牵引器用于水平井裸眼完井段, 节省了使用挠性管和氮气泵送的成本, 测量井段长度是以前的 2 倍。

贝克阿特拉斯公司推出的 FOCUS 系统, 是一种紧凑的高速裸眼井测井系统。该系统使用先进的井下探测器技术, 仪器长度更短, 重量更轻, 性能更可靠, 与常规测井系统相比, 在精度和准确性相同的情况下, 测速可提高 1 倍。FOCUS 系统最近在加拿大西部进行了成功的现场测试, 测试证实了裸眼井数据精度及仪器可靠性的改善, 测速及组装效率的提高减少了测井时间。

OnTrak 随钻测量(MWD)系统是该公司新一代 MWD 和地层评价随钻测量(FEMWD)技术。这种综合系统提供全套方向控制与地层评价服务, 以及压力和底部钻具组合的动态监测。组合式设计提高了可靠性, 减少了连接, 优化了传感器与钻头间距, 用关键的实时数据控制方向。OnTrak 系统还是最新一代 AutoTrak 旋转闭环系统的一部分, 支持高端地层评价服务。

另外, 该公司还与 GeoMark 研究中心联合推出 PVT^{MOD} 实时服务, 这项服务是根据井下电缆地层测试数据计算油气流体的 PVT 性质。PVT^{MOD} 服务将 GeoMark 的地球化学和储层流体数据库技术与贝克阿特拉斯公司的储层特征描述工具 (RCISM) 相结合, 完成实时储层流体特性分析, 供作业者估算储层的经济开采速度并制定生产设施计划。通过互联网可以将实时 PVT^{MOD} 分析结果从井场传送到用户办公室或任何其他地方。PVT^{MOD} 的另一个优点是, 能够评价因井眼条件或高的钻机成本无法采样的层段。目前能够在墨西哥湾得到这种服务, 预计在 1 年之内可以将其推广到世界各地。

哈里伯顿公司日前宣布, 向全球推出新型数据浏览器和压力测试器, 这是一种新的轻型网络测井资料观察工具, 可以灵活、安全、快速和容易地交换复杂的图形信息。它使用标准的微软浏览器和打印驱动程序, 利用 TIFF 和 CGM 图像格式与 PIP 标准创造了一个丰富的环境和功能, 易于观察、打印和注释测井曲线, 具有广泛的用途。

哈里伯顿公司还向全球推出其商用 GeoTapTM LWD 地层测试器。这种地层测试器可以在钻井期间获得关键的地层数据, 节省大量的时间, 降低了风险, 帮助作业者最大限度地开采油气储量。分布于世界各地的 10 个作业公司已对 GeoTap 地层压力测试器进行了广泛的现场和商用前测试, 在 29000ft 以上的各种岩性地层和井斜角达 104° 的井中成功地获取了数据。目前, 该测试器已经投入了商业应用。

(10) 钻井技术得到快速发展

钻井领域在不断推出新的技术产品的同时, 现有技术产品也得到了改进和发展。

为实现井眼更小、效率更高, 壳牌公司前不久推出了膨胀管技术。该技术发展较快, 无论在陆上还是在海上, 使用该技术不仅常常可以解决一些意想不到的钻井问题, 而且还可以缩小井场用地、节约泥浆和管材、提高钻井效率、减少环境污染, 从而达到降本增效的目的。膨胀管技术是钻井的关键技术之一。

随着膨胀管技术的发展, 单直径技术应运而生。单直径技术的推出将为进一步实现井眼更小、效率更高的钻井目标迈进了一大步。壳牌勘探生产公司利用单直径技术钻井, 在井内下了 9⁵/₈in 衬管, 完井时又在衬管内下了常规套管串, 中间的套管为生产套管。另外, 壳牌还计划近期在墨西哥湾海上钻第一口单直径井。

老井重入钻井技术发展较快。老井重入钻井是把常规定向井钻井技术用于老井侧钻, 其效益主要体现在以下三个方面: 可以利用老井不少于原井深一半的井段, 减少了钻井工作量; 可利用老井原有的地面采油设施, 无需新建; 可以减少因钻新井而增加的环境污染。此钻井技术可达到延长老油田稳产期、提高采收率的目的。

空气钻井是指在施工各种用途的井眼时, 采用压缩干空气作为钻进的循环介质的一种钻井工艺。空气钻井技术的应用范围有油气勘探、矿山采掘、地质勘查、水井与地热井及其他工程领域。与常规钻井相比, 空气钻井的优点主要体现在: 能够减少钻井时间和钻头耗量; 可以克服敏感性地层引起的井眼问题; 为使用冲击钻井工具提供可能, 能够有效防止井斜; 能够及时发现油气; 适用于严重缺水的地区, 如沙漠、高原等; 岩心不受污染, 能够正确评价地层情况等。

空气钻井包括空气钻井、天然气钻井和雾化钻井三种钻井方法。采用纯空气作为钻井和携带钻屑的介质。当钻遇油气层时, 侵入井筒的天然气与空气混合后, 在遇到火花的情况下会爆炸, 从而引发一系列事故。为克服这问题, 改用天然气作为循环介质, 这样可以降低空气钻井的风险。当钻遇水层时, 可用雾化泵以每小时 30 ~ 40bbl 的排量往钻井体系中注入凉水, 这样可以冷却井下钻具并且能够防止井下温度达到燃点温度。

连续管钻井是一种采用连续管完成钻井的新技术, 发展和应用始于 20 世纪 90 年代初, 近几年该技术有了很大的发展, 最新研制成功了连续管和钻杆两用钻机、复合材料制成连续管以及连续管位移增大工具等, 这些都为连续管钻机技术的发展和推广创造了条件。

连续管钻井按钻井的类型可分为定向重钻和直井钻井两类, 按工艺方式分为欠平衡钻井、近平衡钻井和过平衡钻井三种。其优点为: 井场占地小, 适合于地面条件受限制的地区或海上平台作业; 特别适用于小井眼钻井; 在老井重钻作业中, 因连续管管径小, 可进行过油管作业, 而无需取出老井中的现有生产设备, 实现边钻边采的目的; 可安全地进行欠平衡钻井作业, 最大的优势是可以确保井下始终处于欠平衡状态, 减少泥浆漏失, 防止

地层伤害的发生；与常规钻井或修井设备相比，可节约费用 25%（挪威北海 Ula 油田）至 40%（在普鲁德霍湾）；在钻机动迁费高的地区，连续管无钻机过油管重钻甚至比常规重钻节约 50%以上的成本。

2. 开发和采油工艺技术取得较大进展

（1）稠油和沥青开采技术受到关注

稠油和沥青资源的开采一直是人们关注的焦点之一。近年来在稠油和沥青开采技术研发方面取得重要进展。加拿大的蒸汽辅助重力泄油技术经过 10 年的大量先导试验之后，已开始推广应用，并显示出良好的应用潜力。

蒸汽辅助重力泄油技术的特点是在蒸汽中加入气以及用混相烃代替蒸汽。目前该项技术已在开采阿尔伯达区 Athabasca 沥青砂中无法用普通采矿法开采的数十亿桶沥青的过程中再次证明了它的使用价值。

委内瑞拉利用改进的水平井和多分支井技术已使奥里诺科稠油冷采获得了经济效益。在稠油冷采过程中，他们利用多相泵、多相流量计等技术，省去了井场上的油气分离设备。

地质和油藏工程模拟技术的不断改进和完善对稠油开采意义重大。这些模拟有助于确定泄油孔和开采所需的热量，使之在大大减少注汽量的同时仍能保持产油量。

（2）油藏特性表征和油藏管理技术日益得到重视

油藏特性表征和管理油藏技术的发展对于进一步了解油藏和精细的描述油藏非常重要。在油田开发和提高采收率过程中，更好的进行油藏特性表征、精细的描述油藏和管理油藏，对于制定合理的油田开发决策非常重要，这些工作直接关系着油田开发的成果和采收率。

目前全世界平均原油采收率仍然没有超过 34%，亦即目前地下还有大约三分之二的探明石油储量还没有被采出，而这部分石油储量就是我们提高采收率的目标。应该说，原油采收率每提高 1%，都将对世界石油工业做出巨大贡献。

剩余油的数量和分布对于提高采收率方法的确定至关重要。在这方面，国内外都做了大量的研究工作，对于剩余油的监测方法进行了很多探索，取得了不少成果。物探技术的发展，为油藏描述提供新的手段。利用物探方法监测油藏的剩余油分布已成为一种发展趋势，该方法可用来确定远离井眼地层中的剩余油分布。

挪威的 Oseberg 油田位于北海水域，是一个断层构造圈闭，为改善现有资料的空间分辨率，获得更详细的地震和地层解释结果，英国地震仪器服务公司使用固定和移动震源式 VSP 方法（垂直地震剖面），通过三分量 VSP 数据解释，搞清了 Alpha 构造的断层分布，展示了储层的均匀性。同时，通过地震解释还可以确定剩余油分布。为油田的进一步开发提供了可靠的依据。

挪威北海的 Valhall 油田发现于 1975 年, 原始原油地质储量为 26 亿 STB, 当时估算可采储量为 2.5 亿 STB, 1982 年投入开发, 目前已经累计采出 5 亿 STB, 采收率达到 40%。应该说远远超过了当时的预期, 获得了很好的开发效果。在该油田开发过程中, 成功地采用了支撑裂缝砾石充填完井技术、水平井开发技术、水平井酸化压裂技术和大位移井开发油田技术等, 使得该油田从 1982 年到 2002 年的 20 年间原油产量稳定增长。为了进一步提高油田的采收率, 该油田通过测井、四维地震等多种技术进行油藏描述。2003 年, 该油田开始注水, 并采用钻加密井等措施继续延长稳产期。通过 20 多年的开发实践, 各种新技术在该油田中得到了成功的应用, 使该油田的总可采储量达到初始可采储量的 4 倍以上。

(3) 人工举升采油技术发展迅速

人工举升采油方法正朝着自动化、智能化、节能和低成本等方向发展, 计算机监控技术将逐渐引入人工举升采油中, 采油自动化水平将逐年提高。同时, 针对不同的油田环境、不同类型的油藏和不同类型的油井将开发出与之相适应的人工举升采油系列设备。

人工举升是油气田开采中最重要的手段, 近期在五种人工举升工艺中取得了近 20 项重要的研究成果。

★ 游梁式抽油机仍然是应用最普遍的人工举升方式, 它由一套电机驱动的地面系统举升油管中的抽油杆, 以实现井下泵的循环往复工作。提高抽油机系统的新技术和新产品包括: 新型抽油杆接箍; 减少气锁的游动阀; 光杆磨损滑套密封及安全设备; 一种新颖的、使用连续油管的双作用泵; 快速便携式动力仪; 井下流体加热器; 一种独特的双级杆式泵。

★ 在柱塞举升中, 自由移动的柱塞下落通过油管或套管中的流体, 然后在高压机构或注入气作用下携带流体段塞返回到地面。三种柱塞技术革新包括: 单井柱塞举升控制器; 释放过载流体的固定阀; 全封装地面/井下柱塞举升系统。

★ 气举系统从油套环空注入高压气体, 通过气举阀进入油管, 降低油管内液体密度并将其举升至地面。在气举方面有两项设备及电子新技术, 缠绕可取式井下光纤温度剖面测试系统和一种独特的用于优化气举操作的、结合现场及办公操作的智能系统。

★ 螺杆泵系统是靠地面的驱动头转动抽油杆, 从而驱动井下的转子在弹性定子中工作。螺杆泵系统的改进包括: 用于中等载荷的新型驱动装置和应用范围更广的新型油管旋转载器。

★ 电潜泵是井下工作的多级离心泵, 其电能通过潜油电缆由地面电网传送。电潜泵方面的技术改进包括: 适合含游离气较高液体的多叶轮泵; 专门用于生产高粘流体的高粘性流体电潜泵; 有利于生产较轻流体的新式、高效的宽叶轮开口泵; 高可靠性的、实时对电潜泵和井下条件进行监控的带地面接口的井下传感器; 适合不同作业的挠性油管电潜泵以及为此研制出的新传感技术。

电潜泵的免修期对于电潜泵采油方法的应用非常重要, 随着电潜泵在各类油田中应用

范围的不断扩大,电潜泵的免修期也在不断延长。位于科威特-沙特阿拉伯的 DZ 油田,采用有杆泵和电潜泵进行人工举升采油,从 1998 年到 2001 年期间,251 口井采用电潜泵采油的经验表明,电潜泵的免修期从 1998 年的 157 天延长到 370 天。

随着技术的进步和应用经验的不断成熟,电潜泵的应用范围和应用规模会不断扩大,不断延长电潜泵的免修期、减少事故率、降低电潜泵的使用成本将会成为一种发展趋势。

(4) 电-声波激励 EOR 技术试验效果良好

提高采收率方法有多种,注水仍是目前提高石油采收率的首选方法,也是最经济的方法。迄今为止,世界上有 50% 以上的油田是靠注水开发的。注蒸汽是提高稠油采收率的主要方法。注气是常规老油田提高采收率的重要方法。三元复合驱仍然是高含水油田提高采收率的发展趋势,目前还处于研究和矿场试验阶段。采用多学科的综合和多个专家的协作对开采多年的油田进行优化研究,以便改进和调整油田的开发效果并降低开采成本已经成为一种发展趋势。

电-声波激励提高采收率方法又称 Eureka 提高采收率 (EEOR) 方法,是一种专门为陆上油田设计的提高采收率的新方法。该方法是通过交流电在井下产生振荡和阻抗热,以增加井眼周围原油的流度。在巴西 Bahia 地区 Cassarongongo 油田进行了现场试验,试验涉及一口中心井和四口周边井。对比施加电流和振荡刺激前后生产井的产量,结果显示产量增加了 35%。技术开发者 Petrobras 公司预计,应用这项技术原油采收率可提高 20%。在美国得克萨斯两口井的试验结果表明,原油含水由 95% 下降至 70%,原油产量增加 30%。目前,Eureka 公司正在致力于推广应用该技术,目前将其引入中国、马来西亚、印度尼西亚的谈判正在进行之中

(5) 毛细管管柱技术成功解决了气井井筒积液问题

毛细管管柱是指下入到油管或套管中的 $\frac{1}{4}$ in 或 $\frac{3}{8}$ in 不锈钢管,应用范围包括:泡排采气时帮助气井排液、添加防腐防垢剂、防止连续注水导致的盐块堆积及防蜡。毛细管管柱下入井中的操作与挠性油管类似,毛细管管柱通过油管进入套管,下入深度可以超过 2 万 ft,化学剂可通过毛细管的重力虹吸作用或用泵送入毛细管管柱中。

该技术用于泡排采气时的优点为:持续增产、稳产,缩短停工期,提高天然气计量精度和系统动态性能(消除井间干扰),减少微粒运移、周期载荷和相对渗透率等因素所造成的油藏伤害。从操作的角度看,毛细管管柱技术所需的人力较少,常规工作可最大限度地减少,而且稳定的运转能延长压缩机的使用寿命。

雪佛龙德士古公司应用毛细管管柱技术成功解决了气井井筒积液的问题。该公司已拥有毛细管管柱装置 100 多套。在南得克萨斯州最初应用该技术的 17 口井的数据显示,成功率为 74%。按目前的天然气价格和产量递增量(约 10 万 ft^3/d)计算,安装毛细管管柱所投入的成本可在 3 个月内收回。最近得克萨斯 Dyna Coil 有限公司进行了相应的软件开

发,使得安装毛细管管柱的风险降到最低,目前该公司已经实现了经济回报。

3. 管道工程建设技术得到进一步发展

2003 年管道工程建设技术发展较快,尤其在高压大口径复合补强输气管道、聚合物改性沥青瓷漆防腐和管道高速自动焊接等技术领域取得明显进展。

(1) 高压大口径复合补强输气管道技术

2003 年,加拿大阿尔伯达省西部输气管道主干线的扩建项目,在 24km 萨拉托加(Saratoga)管段上成功地铺设了 7 根总长 84m 的高压、大口径复合补强管道,以此作为示范工程。这段管道采用 X-70 级钢管,口径 1219mm,壁厚 11.7mm,其外缠绕异丙聚酯树脂玻璃纤维复合材料进行补强。目前,该段管道作为整个管道的组成部分,已投产运行,操作压力为 6.6MPa,未来将以 8.7MPa 的压力操作。

较常规钢管而言,X-100 超高强度钢管因壁薄、重量轻而具有成本优势。复合材料补强可以使大口径常规钢管达到建设高压管道所需的强度。异丙聚酯树脂内的玻璃纤维层具有 120,000psi ~ 140,000psi 的抗拉强度,使复合层的强度比钢管壁层大一倍,且可以起到防腐的作用。

复合补强钢管具有极强的耐裂缝延伸能力,试验证明复合补强钢管抑制裂缝延伸速度超过 300m/s。复合补强钢管设计的最低安全系数为两倍于最大允许操作压力(MAOP)。管道标准允许 2:1 MAOP 的最低安全系数。

复合补强钢管可以节省大量的材料成本。按同等管道输量,与 X-100 钢管相比,可降低 10% ~ 20% 的材料成本。

每根复合补强管的重量约为 4.5t,比相同压力等级的钢管轻 30% ~ 40%,从而大幅度降低了运输成本。由于重量轻,也省去了传统布管作业对重型设备的需要。

由于管壁薄,可节省 40% 的焊接作业时间,焊接面积减少 50%,从而降低施工成本。

复合补强钢管经久耐用且具有防止灾难性事故的能力,因此,具有避免无法抵御的灾难事故和造成财产损失的潜力。加拿大国家标准局通过试验得出的结论是,与常规钢管相比,复合补强钢管可节省 20% 的成本和 40% 的能耗。

(2) 聚合物改性沥青瓷漆防腐技术

20 世纪 90 年代后期,国外将一种特殊选择的沥青用高性能工程聚合物进行改性,开发出其性能可与 3 层 PE 相媲美的聚合物改性沥青瓷漆。这种涂料的防腐层结构为干膜厚度 4mm,外缠绕玻璃纤维和聚脂纤维编制层。其应用温度范围在 -20°C ~ 90°C 之间。

改性沥青瓷漆涂敷工艺与常规瓷漆涂敷工艺的主要区别在于,改性沥青瓷漆粘度大,不适合于喷涂;改性沥青瓷漆是采用特制的挤压器连续向管子上挤压涂料。改性沥青瓷漆的干膜厚度为 4mm。挤压涂敷改性沥青瓷漆并趁热和呈液体状时,马上缠绕外包裹层。这

种外包裹层为玻璃纤维和聚脂纤维编制层，设计专门用于提高其机械保护强度。

在南非恶劣的环境条件下对这种新型防腐层进行了极性试验，试验结果表明：

★ 聚合物改性沥青瓷漆涂层轻易不损坏，即便对受到损坏的涂层进行修复，也是既快又方便；

★ 关于阴极剥离和电流保护，聚合物改性沥青瓷漆涂层具有极高的阴极剥离临界值；

★ 使用了各种补口涂敷，证明与其配伍性好，补口容易。

目前，这种聚合物改性沥青瓷漆防腐已在 8 个管道建设项目中得到应用，敷涂管道总长 200 余 km。

（3）管道高速自动焊接技术

近几年来，管道焊接技术取得了许多新发展，从而使管道施工在不影响焊接完整性的前提下，焊接速度更快，质量更好，成本更低。

要提高焊接速度，就要在焊机上增加更多的焊炬和焊头。加拿大 RMS 公司与 Cranfield 大学、BP 勘探公司和 TransCanada 管道公司为 Cranfield 自动焊管系统（CAPS）联合开发了 MOW II 型焊管机。这种高速焊机采用了脉冲气体保护金属焊条电弧焊（GMAW-P 或 PGMAW）技术和 2 个并列焊炬结构。并列焊炬结构的主要优点是行进速度快，熔积率高。目前，这种焊机的焊接速度为 1.3m/min。

新型管道焊机在设备控制之间采用柔性接口，以控制区域网络（CAN）的工业网络为基础。另外，此焊机还采用激光成像跟踪技术。激光相机拍摄角内的激光束并从图像获得斜面图形。控制装置上的软件对图像进行解释并找出跟踪点。控制系统利用该跟踪点将焊炬移动到作业位置。

（4）超声波天然气处理技术

具有专利权的 Twister 超声波天然气处理技术，以超声波速度将天然气中的水和重烃冷凝分离，实现了天然气的单相输送，大大降低了投资费用和经营成本。目前该项技术的应用范围包括脱水、抽提 C5+ 和天然气凝析液（NGL）以及热值还原等。

新的超声波天然气处理技术运用与涡轮膨胀机相似的热力学原理。一台小型管式装置综合了气体膨胀、旋风气/液分离和气体再压缩几项功能，通过把压力转换成动能（即超声波速度）来达到降低天然气温度的目的。Twister 天然气处理器没有旋转部件，处理天然气时也不使用化学剂，具有结构轻便、工作性能可靠的优点，即使是在工作环境恶劣的海上，也能实现无人操作。设计能力为在 1450psi 压力下，处理天然气 3500 万 ft³/d。

天然气经过低温超声波分离器的时间仅为毫秒级，因而不会产生水化问题，而且在处理过程中不使用化学药剂及相关的再生系统。而且，新的处理设备中没有化学剂再生系统，不仅避免了对环境有害的苯类（BTX）的排放，在很大程度上节省了设备占用空间。先进的 Twister 超声波天然气处理技术提供了具有成本效益、安全和有利于环境的天然气处理