

中国石油石化行业唯一科普期刊

石油知识

1

2015
总第170期
双月刊

PETROLEUM KNOWLEDGE

中国科学技术协会主管 中国石油学会主办



油价为啥 会下跌？

一地梦立方

揭开地震沉积学的神秘外衣

2014年世界炼油工业述评

ISSN 1003-4609



9 771003 460009

01

解放思想，勇于探索，
发展石油勘探开发
新理论，新技术。

康世恩
一九八五
元月七日

1985年1月，康世恩同志为刚刚创刊的《石油知识》题词：“解放思想，勇于探索，发展石油勘探开发新理论、新技术”，表达了对《石油知识》杂志的热情支持。斗转星移，30年光阴流逝，在创刊30周年到来之即，本刊将此题词重新刊发，以此激励从事石油石化科技传播工作者们与本刊携手同行，再创佳绩。

《石油知识》编辑部

A traditional Chinese ink wash painting of a plum blossom branch with red flowers and two red lanterns hanging from it. The background is a light beige color with a faint, repeating pattern of the Chinese character '福' (Fú, meaning 'blessing' or 'good fortune').

一地梦立方

不记得什么人将岁月比作多米诺骨牌，日历一张张撕下来，一张张骨牌就弯下身去。而伴随着岁月流失的，是人的成长或衰老、是事业的成功或失败、是梦想的闪烁或熄灭……

但作为一个中国石油人，我不愿意称它为骨牌，宁愿叫它小小的“梦立方”。当我们站在2015年的庭院里，回首2014年的时候，看到的就是365个梦立方。其实，每个人心中都有自己的365个梦立方，都曾按照梦想的形状，用心去摆放它、搭建它，然后期待着它们弯下腰时在日记里发出的优美音乐。

令人欣慰的是，有很多石油人在《石油知识》杂志这块平台上，搭建着他们的梦立方。他们是不离不弃的读者，是执着于科普创作的作者，是指导我们办刊和前行的院士专家，当然，还有辛勤工作为人做嫁衣的编辑。

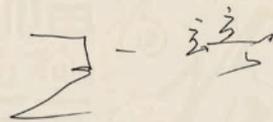
每一个辞旧迎新的时刻都令我们难忘，但站在2015年的门槛上，却别有一番喜悦在心头：1985年1月，中国石油石化行业唯一科普期刊《石油知识》杂志试刊发行，在中国石油石化期刊大家庭中，一个独具特色的成员诞生了。

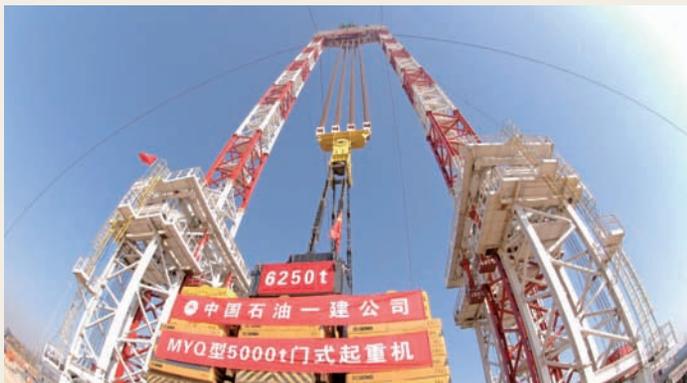
《石油知识》杂志迎来了她的30岁生日。人到三十而立，多是成熟丰硕的年华；一本杂志30年的历史，又该是怎么样的厚重与丰盈？越过多米诺骨牌一样的岁月，一本本《石油知识》杂志又向我们走来，我们又看到了在图书馆、生产车间、大中院校和科研院所，她伴随着读者朋友们度过了多少难忘的时光，伴随几多科普作家传播着知识与梦想……

30年，从小16开本到大16开本，从季刊到双月刊，从辽河迁到北京，从创刊号到总第169期……一代一代的石油科技专家、编辑、作家和读者，一同在这块园地上进行圆梦之旅。在他们手中诞生的，不仅仅是一期期杂志，而是在记录中国石油科技发展的历程，是推动科技传播的那一份坚持与美好。

2014年过去了，岁月无情，我们无法再去捡拾那些散落的梦立方，更无法重走那些留有遗憾的里程。但2015年来临了，岁月有意，我们可以在新的起点上搭建心中的梦。

这个梦是石油梦，是中国梦，也是你、我、他的人生梦。在这圆梦之旅，无论阴晴，无论冷暖，《石油知识》杂志一直会陪伴着中国石油人前行。但愿明年此时此刻，我们每个人回首过去的时候，看到的不会是一地梦想的碎片，而是一地梦立方，都能闪烁出夺目的光华。

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely the author's name.



2014年12月29日，古都洛阳伊滨新区，由中国石油天然气第一建设公司研发制造的世界单门吊装能力最大的MYQ型5000吨门式起重机，在125米高度成功吊起1.25倍额定载荷的6250吨重物。5次起吊不同吨位的载荷，并实现重物横向和纵向滑移的试验结果，达到了国家有关技术规范和安全技术标准的要求，MYQ型5000吨门式起重机从目前来说是世界上独一无二的，使一建公司具有了向世界吊装领域市场进军的砝码。

目录 | CONTENTS

卷首语 PREFACE 1

- 1 一地梦立方 王一端

关注 INTEREST 4

- 4 油价为啥会下跌? 崔玉波
6 油价连跌意味着什么 高峰
7 国际油价发展与交易常识 伊然
9 主导油价的重要砝码——欧佩克 王才良

专访 INTERVIEW 10

- 10 汇集浓厚科普情 谱写中国石油梦
——访中国石油学会石油地质专业委员会科普学组组长王大锐博士 三利

勘探开发 PROSPECT DEVELOP 12

- 12 揭开地震沉积学的神秘外衣 激扬
14 影响深水油气项目主机系统选择的多种因素 徐昉
16 封存利用，再创价值
——二氧化碳在石油开采中的应用 陆鸣

炼化世界 REFINING WORLD 18

- 18 2014年世界炼油工业述评 钱伯章
21 小型天然气制油（GTL）项目潜力大 饶兴鹤

工程建设 ENGINEERING CONSTRUCTION 22

- 22 擎起大国重器
——中国石油一建MYQ型5000吨门式起重机试验纪实 彭武胜 宋亚伟 王继光

24 高效拓市场 管紧钱袋子 走好转型路

——工程建设公司2014年保增长保效益综述 廖秋雯 许玲琴

26 小接点蕴藏大技艺路

——CPECC攻克新兴管材焊接技术难题历程回顾

陈艳 缪博艺 李星 魏伟

石化与生活 PETROCHEMICAL AND LIFE 28

- 28 割舍不下的“塑料”生活 瑞建

信息与资讯 INFORMATION 30

- 30 第七届中日韩炼油技术研讨会在日本召开 邹刚

技术装备 TECHNICAL EQUIPMENT 32

- 32 如何正确安装压力表 王洪松 杨洋
34 细聊设备的磨损 李强

石油史页 HISTORY OF THE INDUSTRY 36

- 36 三位石油大咖和油轮的故事 谈谈
39 中国第一滴人造合成石油出炉记 史文荣

石油人物 INDUSTRY FIGURES 40

- 40 找油冒险家——多汉尼 王才良 周珊

工程技术 ENGINEERING TECHNOLOGY 44

- 44 压裂特色技术 打造国内外高端市场效益“增长极”
——中国石油长城钻探压裂酸化技术研究所完成全年生产指标扫描 兰润梅 孔凡芹

石油知识

PETROLEUM KNOWLEDGE

主 管 中国科学技术协会
 主 办 中国石油学会
 出 版 《石油知识》杂志社
 编 辑 《石油知识》编辑部
 顾 问 邱中建 胡文瑞 闵恩泽 田在艺 苏义脑
 赵文智 高德利 李立诚 徐承恩 陈俊武

编辑指导委员会

主 任 周抚生
 副 主 任 蒋庆哲 王增林 孙兆林 刘喜林 龙 军
 李利民 张卫国 孙福街 刘乃震 张永刚
 委 员 (以姓氏笔划为序)
 于英太 王一端 王增林 王宏涛 王大锐
 卢毓周 卢怀宝 石宝珩 冯耀荣 孙兆林
 孙毓霜 孙 智 龙 军 申 炼 刘 伟
 刘乃震 刘喜林 刘 岩 齐树斌 江怀友
 李相方 李利民 李俊军 邢 公 吕建中
 邱少林 严金泉 吴长江 陈韶生 陈军强
 陈 祥 邵文斌 张秣南 张 镇 张卫国
 张绍东 周海民 赵杉林 赵 彤 洪定一
 胡 敏 宫 柯 姜昌亮 姚 军 徐凤银
 徐洪德 高瑞民 高德利 常学军 谭传荣
 廖前进

名誉主编 孙毓霜
 总 编 辑 方朝亮
 社 长 齐树斌
 主 编 洪定一
 执行主编 王一端
 编辑部主任 崔玉波 (010-62069407)
 编 辑 江怀友 孙庆华 吴建卿
 特约记者 王大锐
 广告发行 董 檬 邓春光 (010-62069406)
 曹晓庆 (010-62069405)

编 务 陈 颖 吴纯忠
 社 址 北京西城区六铺炕街6号
 编辑部地址 北京西城区六铺炕二区甲11号
 邮 编 100011
 传 真 010-62069405
 电 子 邮 箱 cnpcsyzs@163.com
 设计制作 文心漱玉(北京)国际文化发展有限公司
 印 刷 北京中石油彩色印刷有限责任公司

中国标准连续出版物号 ISSN1003-4609
 CN11-4725/TE

国内发行 本刊发行部
 国外发行 中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)
 国外代号 BM-4027
 广告经营许可证 京西工商广字第0469号
 定 价 15.00元

声明: 本刊所有署名文章均不代表编辑部意见, 作者文责自负。本刊对所发图文拥有版权, 未经同意不得转载、复制。本刊已入编万方数据、维普资讯、中国知网, 作者著作费与本刊稿酬一次性给付。所有来稿均择优在中国石油外部网站发表, 凡向本刊投稿者, 均视作同意刊登。

测井园地 WELL LOGGING 46

46 见证LEAD软件成长

——中油测井公司自主处理解释软件成长纪实 雷 蕾 张 娟

论文之窗 DISSERTATION 48

48 七中区砾岩油藏聚表二元驱调剖技术研究

陈富兴 聂振荣

50 新疆油田七东区砾岩油藏聚合物驱见聚特征与影响因素研究

邹 玮等

53 水力喷射压裂技术在深层水平井的应用 董立伟等

55 电磁溢流阀在一体化带压作业机改造中的应用 强会彬等

57 浅层疏松砂岩普通稠油油藏聚表剂调驱开采特征

唐 颖等

石油地理 PETROLEUM GEOGRAPHICAL 60

60 秘鲁首都——利马 周 磊

油海书香 BOOK RECOMMENDATION 62

62 我的《石油知识》情结 钱伯章

封二: 康世恩同志题词

封三: 中国石油长城钻探员工摄影比赛获奖作品选登

封底: 中缅油气管道澜沧江跨越

编者按：2014年下半年，国际油价直跌而下，2015年1月已经跌破50美元。油价在中东、俄罗斯和北美等国家和地区的经济震荡中产生了不同的反应。号称工业血液的油价为什么会下跌？下跌的油价对我国经济有哪些影响？本期关注与您一同聚焦国际油价。

油价为啥会下跌？

■ 崔玉波

在刚刚过去的2014年，国际油价雪崩一泻而下，2014年年底较6月高位油价已近腰斩！跌破了60美元。整个世界就在石油价格连续下跌的情景剧中迎来了新年。2015年，油价是否能够企稳回升仍然是雾里看花，难见庐山真面目。

油价有过山车一样忽上忽下的惊险时刻，也有扶摇直上持续走高的蔚然大观，而像2014年下半年如脱缰野马般地连续下滑却还并不多见。油价为啥会下跌？各路专家学者齐上阵，分析来分析去，油价是升是降不外乎有以下几种原因。

降不降先分析市场

石油价格是为取得石油资源的经济、社会效用所花费的经济代价，主要包括原油价格和成品油价格。不管是被比作黑金还是称之为工业血液，也不管附加了多少政治、社会和人为因素，石油首先是作为一种商品而存在。不管是什么商品，只有在市场上进行交换才会体现商品的价值。因此，石油价值的大小、价格的升降，也必须在市场中来确定、由市场行情来体现，而构成市场的最大的单元就是供需双方。

石油价格的下跌与市场的需求有着直接的关系。从需求方面看，2014年世界经济增长整体放缓，石油需求下降，这是让供方油价下降的原因之一。有专家指出，现在的欧元区已经成为世界经济的“大包袱”，日本经济在通缩泥潭里难以自拔，而中国石油需求放缓的原因主要是与中国当前的经济战略有关。中国经济自2014年7月就放弃了保底式的强刺激手段，对国际大宗商品市场造成了一定程度的冲击。也有专家认为，中国目前的能源战略是要用清洁能源带动经济发展，在天然气使用量增加的同时，石

油的需求就会相对压缩。从长期来看，全球经济未来对能源的依赖度将逐步降低。国际能源署在2014年12月上旬发布的全球能源展望报告中预计，未来全球能源需求增速将明显放缓，从过去20年里每年2%，下降到2025年之后每年1%。

而在石油供应方面，中东产油区内，伊拉克和利比亚形势虽然动荡不休，但两国石油出口未受大影响；伊朗核问题谈判出现转机，石油出口也开始发力；页岩气革命让美国油气产量大幅增加，市场虽然饱和但却无意放缓其页岩油产量。而包括沙特在内的多个OPEC成员国也无意限制产量，均表示与价格相比，他们更注重在全球石油市场上的占有率，即便要承受较低的价格，也不愿意减产。2014年12月15日，摩根士丹利就表示，全球石油需求并未大幅减少，石油市场当前的跌势主要受美国页岩油革命推动产量增加等供给方面的因素造成。

买方与卖方，一个是购买力开始下降，无法调整提振；一个是供给量持续增加，油价下滑已经在所难免。那么油价大跌，究竟是供应太多还是需求太少惹的祸？2014年12月15日香



漫画制作：赵人

港经济日报报道说，国际货币基金组织(IMF)认为有8成原因是供过于求，全球经济增长放缓仅占两成。

涨不涨别忽视美元

市场很重要，但商品在交易中，少不了货币这个中介物。目前，世界绝大部分石油出口国的石油交易是以美元计价的。美元已经成为最重要的国际储备和结算货币。在石油交易过程中，石油采购国必须从外汇储备中拿出一部分美元支付给石油输出国，而石油输出国拥有的美元以回流方式变成拥有强大的经济实力和发达资本市场的美国的银行存款以及股票、国债等证券资产，从而支撑着美国的经济的发展。

美国前国务卿基辛格说过：谁掌握了石油谁就掌握了所有国家，谁掌握货币谁就掌握了全世界。石油价格涨跌另外一个不可忽视的因素就是汇率制度。汇率变动不仅影响一些国家的财政收入，还对各种商品的国际交易价格产生重大影响。美元作为世界货币一家独大，它的汇率变动产生的影响极为广泛，霸权地位十分明显，对油价产生的影响也较其它货币来得快且显著。

目前，美国经济已成为世界经济的一大亮点，按照IMF的预测，2014、2015两年美国经济增速将达到2.2%和3.1%。经济持续上行，美元开始走强，成为了真正的硬通货。截至2014年12月12日，美元指数已经连续上涨11周，创下17年来最长连涨纪录。美元走强对美国的经济将产生很大的影响，其中的愿景之一就是原材料价格更加便宜。作为一种较为特殊的商品，石油也同样不可避免地产生降价动力。

当美元贬值时，意味着美元的内涵价值降低了，单位美元的购买力下降了，要保持原来石油价值的不变，

石油就有了涨价的动力。反之，如果美元持续走强，油价就会不同程度地下跌。要知道，美元不值钱的时候130美元一桶是可以的；如果它升值了，再130美元一桶，全世界美元持有者和它的发行者是不大乐意的。

稳不稳最终看较量

市场如战场，谁能主导价格谁就能赢得主动，从而在国际上赢得博弈优势。这一点在极具战略意义的国际石油市场上，战国时代的特征体现得十分明显。

当前国际石油市场中的“大供应商”中，影响力最大的是以沙特等国为代表的石油输出国组织（欧佩克）。这个成立迄今50多年的石油生产者联盟因为能够在市场上统一行动，因此对价格的影响力相当可观。1972年，叙利亚和埃及发动了针对以色列的“赎罪日战争”时，欧佩克第一次通过石油禁运和减少石油产量来打击支持以色列的美国等西方国家，致使原油价格由原来每桶35美元蹿涨至1974年底的每桶12美元。2008年金融危机爆发后，当年底油价已跌至40美元，欧佩克也曾减产“救市”，终使油价开始走高。但2014年下半年这次持续半年的油价暴跌，欧佩克仍然咬紧牙关，放出口风不降价实在让人大跌眼镜。

世界石油市场上另外一个大玩家是供应能力和消费能力都遥遥领先的美国。美国是世界上已探明石油探明储量最多的国家之一。美国“页岩油革命”改写了全球能源市场，水力压裂法等开采新技术的采用，令美能源生产进入了一个前所未有的新时期。2014年6月底，美国政府近40年来首次批准出口美国原油。这一消息搅动了原油市场，油价开始从夏季高点回

落。很多分析专家认为，美国石油供应商正凭借成熟的新技术刻意压低油价，攻城略地，试图争夺更加有力的油价话语权。

另外，国际油市中还有不少单打独斗的供应方，如：加拿大、挪威、英国、印度尼西亚以及一些非洲国家，当然，更少不了以能源为经济支柱的俄罗斯。此外，那些世界顶尖级的跨国公司在油价定价权中的影响力也不容小觑，熟悉石油价格大战历史的人都会知道，跨国石油巨头对油价的直接操纵力是惊人的，特别是在欧佩克成立前，他们玩弄价格如在股掌之中，轻车熟路得很。

这几方供应大鳄在角逐中都不愿意降低产量，企图以低油价压垮竞争对手。很多专家认为，美国的页岩油革命大幅增加了石油供应，有可能彻底改变石油市场的供需平衡，将削弱欧佩克的油市定价能力的主导权，同时打击以能源出口为经济支柱、在乌克兰问题上和欧美较劲的俄罗斯。而欧佩克成员国保持产量不变，坚持打价格战，也是力求保住甚至是争夺更大的市场份额，其主要针对的目标是美国的页岩油生产和伊朗的石油出口。

如今的国际石油市场，各种可能影响价格的因素泥沙俱下，但不管是欧美利用油价进一步制裁俄罗斯，还是沙特利用低油价打击美国页岩油和伊朗石油出口，关于油价的博弈已经越来越呈现“多极化”特征，仅仅将此形容为全球两大产油国——沙特和美国的一对一的单挑，或者是欧美联手对俄罗斯的三国演义，都是片面的。但无论哪一方，似乎都没有能力独自在国际油市中翻云覆雨。国际油市定价权争夺进入了战国时代，谁是最大赢家目前尚难断定。



受国际原油价格“跌跌不休”的影响，国内成品油市场再度迎来下调价格“窗口”。受全球原油市场需求减少及北美页岩气增加石油供给的影响，国际油价未来一段时间内仍将维持低位。我国应该抓住这一战略机遇，增加石油战略储备，以较低的价格补充原油储备缺口，保障我国能源安全。

油价连续下跌

自2014年6月份以来，在全球经济复苏放缓以及国际原油市场需求持续疲软的背景下，国际原油价格持续大幅下跌。石油输出国组织（OPEC）维持日产原油3000万桶不减产的决定更是加速了国际油价下跌的势头。英国布伦特原油期货价格随即跌破75美元/桶，创下2010年8月以来的新低，累计跌幅已达33.5%。

在国际油价不断下挫的影响下，国内汽柴油批发价格也不断刷新年内新低。从2014年6月23日开始，国内成品油价格已经历“十二连跌”，汽油零售价累计下调幅度达到了2385元/吨，柴油累计下调幅度为2215元/吨，国内市场上的93号汽油和0号柴油已经全面回到“5元时代”。

对中国经济总体有利

作为能源进口和消费大国，国际油价的下跌对中国经济总体有利。尤其是给下游油品消费相关领域带来直接益处，有利于降低企业运营成本，增加企业利润。对普通民众而言，油价降低可以减少出行成本，扩大其他领域消费，对经济增长起到正向推动作用。

油价下跌对中国显然是好事。除了满足刚性进口需求，节省巨额外汇支出外，中国作为能源市场大买家还可以提高在政治斡旋中的发言权。国际油价下跌会带动大宗商品下跌，将降低我国各行业的生产成本。

此外，国际油价的走低，也有利于推进能源资源性产品价格改革。油气改革通常都是通过我们的体制机制、管理运营等多方面去实现。在低油价背景下，油气领域几个规模较大企业的日子并不好过，所以深化改革的动力是有的。

油价过低也有不利的一面，会导致我国能源结构调整的目标受到影响。原油价格的持续走低将导致新能源发展动力不足，不利于我国能源结构调整，节能减排、环境污染等问题也不好解决。

应加快石油战略储备

国际油价的下跌也为我国增加石油战略储备提供了契机。海关公布的最新数据显示，2014年前10个月，我国原油总进口量比去年同期增加了92%，达到2.526亿吨，平均日进口609万桶原油。

尽管我国原油进口呈现大幅增长趋势，但是还远不能满足战略储备的需求。目前加强原油战略储备是取决于储备库容量的，而储备库的建设需要有一定的周期，只要有库存就可以低价储备。

我国日前首次正式公布国家石油储备数据。包括舟山、镇海、大连和黄岛等4个国家石油储备基地的一期工程已经完成，总库容为1640万立方米，储备原油1243万吨，相当于大约9100万桶，约为目前两周的进口量。但是，这与国际能源署建议的90天石油战略储备还有很大差距。

国际原油市场的定价机制相对透明，我国公布了储量数据后，可以将我国的原油需求快速反映到国际市场上。虽然目前我国原油储量较小，无法像美国能源信息署的库存数据那样对国际油价发挥那么大的作用，但是到2020年整个储备完成后，我国的话语权也将进一步提升。

对于国际油价未来的走势，大幅下跌的可能性已经很小了，即使再下跌也是短暂的。考虑到石油生产的边际成本和财政成本，油价的持续走低会使生产成本高的产油国失去生产动力，对石油依赖度较高的产油国的经济运转也会出现问題，最终都会导致石油减产使供求关系发生逆转。供求关系决定价格，供应保障不了的时候，价格自然也不会下降了。

OIL

国际油价 发展与交易常识

■ 伊然

2014年下半年，国际油价出人预料地跌跌不休。很多人都说看不懂、弄不懂。不过，如果大家了解一些油价的基本知识，也许对油价升涨会有些许的帮助。

国际油价发展的六个阶段

第二次世界大战以来，石油价格从每桶约1美元上升到最高接近147美元，最近又回归到50多美元。有专家从供求关系和油价变化角度对此进行了深入分析，将第二次世界大战以后国际油价运动轨迹，划分为六个阶段：

第一个阶段，从1945年到1960年，国际石油工业恢复发展，中东石油出口地位确立。第二次世界大战结束后，美国对石油的需求大幅度增加，美国成为石油净进口国。波斯湾取代美国墨西哥湾成为世界石油的出口中心，世界原油定价体系改为以沙特阿拉伯轻油价格为基准。这一阶段，原油价格低且波动不大，总体呈现缓慢增长势头。1945年，美国国内石油进口价约为1.22美元/桶，到1948年迅速增长到2.60美元/桶，之后大体保持平稳，到1960年达到2.88美元/桶。同期，1945年阿拉伯轻油标价为

1.05美元/桶，1960年为1.90美元/桶，其间的高点为1958～1959年的2.08美元/桶。1946年世界石油产量为3.7亿吨，1960年上升到10.5亿吨。

第二个阶段，从1960年到1972年，石油输出国组织初创，产油国团结维护油价。长期以来，俗称“七姊妹”的西方国际大石油公司低价攫取石油资源和垄断利润。1960年，沙特阿拉伯、委内瑞拉、科威特等国成立石油输出国组织（OPEC，欧佩克）。当时，OPEC 5个创始国的石油出口量占世界总出口量的81.4%。该组织在成立初期，迫使西方石油公司把标价恢复到了1960年前的水平。在这期间国际油价平均每桶约1.80美元，仅为煤炭价格的一半左右。

第三个阶段，从1973年到1981年，产油国夺回石油主权，“石油危机”引发油价暴涨。1971年8月至1973年6月，为弥补因美元贬值给产油国造成的损失，欧佩克与西方各石油公司谈判，先后达成两个日内瓦协议，夺回了油价决定权。1973年以后，发生的三次“石油危机”引发油价暴涨。第一次石油危机，使基准石油价格由开始的每桶3.011美元迅速上升到1973年底的每桶11.651美元，

价格提升了3～4倍。而第二次石油危机，又一次引发并加重了世界性的经济危机。油价在1979年开始暴涨，从每桶13美元猛增至1980年底的41美元。1990年8月初伊拉克攻占科威特之后遭受国际经济制裁，引发第三次石油危机。在这次石油危机中，仅三个月的时间，石油从每桶14美元上涨到40美元。

第四个阶段，从1982年到1990年，供大于求引发油价暴跌，欧佩克与非欧佩克建立协调机制。1982年以后，世界石油市场出现供大于求的局面。1988年4月，欧佩克成员国与非欧佩克成员国初步形成协调机制，国际油价基本上实现了市场定价，布伦特原油在每桶143～20美元之间上下浮动。

第五个阶段，1991年至2002年，世界经济低迷，欧佩克重新主导石油市场。这个时期，世界经历了东南亚金融危机和“9·11”事件后的经济衰退，国际原油价格大幅下跌。为防止油价进一步下跌，欧佩克国家达成了从2002年1月1日进一步减产每天150万桶的一致意见，在这一时期欧佩克的产量政策对国际石油市场发挥了主导作用。1991～1998年布伦特油价为每桶12.72～20.67美元，1999～2002年油



价基本保持在每桶18~28美元的合理区间。

第六个阶段，2003年至今，供求关系脆弱，市场进入“亚临界”状态。2003年以来，全球石油需求增长加快，世界石油市场供求关系处于脆弱“平衡”或面临失衡的“亚临界”状态。尽管2005年、2006年石油价格偶尔出现回落，但更多居于每桶50美元以上的高位。2006~2008年，美元走势和游资炒作等原因，国际油价一路上升到每桶150美元。

油价的计算方法

油价忽上忽下，那么油价是怎么算出来的呢？

随着世界原油市场的发展和演变，许多原油长期贸易合同均采用公式计算法，即选用一种或几种参照原油的价格为基础，再加上“升贴水”，才是原油的最终结算价格。其中，参照价格并不是某种原油某个具体时间的具体成交价，而是成效前后一段时间的现货价格、期货价格或某报价机构的报价相联系而计算出来的价格。有些原油由于没有报价等原因，则要挂靠其他原油的报价。石油定价参照的油种叫基准油，不同贸易区所选基准油不同，因而也就形成了不同的“基准油价”。长期以来，国际市场原油交易形成了三种“基准油价”：

纽约市场油价，即纽约市场原油交易所WTI轻质低硫原油期货价格，

又被称为“西得克萨斯中间基轻油”或“西得克萨斯轻质油”其价格是北美地区原油的基准价格，也是全球原油定价的基准价之一。

布伦特原油价格，即伦敦洲际交易所下一个月交货的北海布伦特原油期货价格。布伦特原油也是一种轻质低硫原油，但品质低于WTI原油。非洲、中东、和欧洲地区所产原油，在向西方国家供应时，通常采用布伦特原油期货价格作为基准价格。布伦特原油期货及现货市场所构成的布伦特原油定价体系，最多时竟涵盖了世界原油交易量的80%，即使在纽约原油价格日益重要的今天，全球仍有约65%的原油交易量，是以北海布伦特原油为基准油价。

迪拜原油价格，迪拜原油是一种重质高硫原油，产自阿联酋迪拜。海湾国家所产原油向亚洲出口时，通常采用迪拜原油价格作为基准价格。

另外，印尼的米纳斯原油价格也很重要。亚洲中质低硫原油多数以印尼的米纳斯原油为基准价，其中包括中国、印度和越南等国供应的原油。中国新的成品油定价机制，主要依据布伦特、迪拜和米纳斯（Minas）三地原油价格再综合国内炼油行业平均成本、行业平均利润后，确定国内成品油零售价。

石油是怎样进行交易的

目前，主要的石油交易方式有两种，即期货交易和现货交易。

现货交易是指买卖双方出自对实物商品的需求与销售实物商品的目的，根据商定的支付方式与交货方式，采取即时或在较短的时间内进行

实物商品交割的一种交易方式。石油现货贸易是随着石油工业的出现而产生的，至今已有100多年的历史。目前，从地区上来划分，世界上主要有以下5个较大的石油现货市场：西北欧市场、地中海市场、加勒比海市场、新加坡市场和美国市场。

石油期货是指由交易所统一制定的、在未来某一特定时间、地点交割一定数量和品质的石油的标准化合约，是期货交易的一个品种。期货价格通常由买卖双方通过公开竞价，对未来特定月份的“石油标准合约”达成的成交价格。期货交易通常并不涉及实物所有权的转让，而只是期货合约所有权的转让。

另外，长期合同贸易和准现货贸易也是不可忽视的形式。长期合同贸易是世界原油市场的主要贸易方式，买卖双方很长的一段时间内以一个固定的价格交易。第一次石油危机（1973年）后，油价起伏较大，买卖双方都不愿签订固定价格的长期合同，买方更愿意到现货市场寻求货源，长期合同贸易量开始下降。目前，长期供应合同仍然在大宗原油交易时采用，但大多数情况下只是一个协议框架，供应量与价格等主要问题都要由买卖双方定期商定。

期货交易是最重要的贸易方式，在交易量和价格指示方面都具有主导性的地位。自原油期货诞生以后，其在套期保值和价格发现上的作用大受市场欢迎，呈现出交易量不断放大、交割比重不断减少的特点，目前已经成为最主要的原油贸易方式和定价方式。

石油期货市场的现状

石油期货市场是在石油现货市场

的基础上发展起来的。1978年11月，美国纽约商品交易所推出2号取暖油、6号重质燃料油合约，把交割地点选在纽约港，一举成功，开创了石油期货的先河。目前世界上主要运作石油期货的交易所包括以下几个：

(1) 纽约商品交易所。成立于1827年，是世界上经营石油产品期货的最大交易所。1978年首次成功上市了具有历史意义的第一份能源期货合约——取暖油期货合约。1983年该交

易所推出了世界上第一个原油期货合约。此后，它成为世界能源期货权交易的最主要的场所。

(2) 伦敦洲际交易所。其前身是1980年成立的伦敦国际石油交易所。由于伦敦是欧洲石油交易中心之一，且伦敦的期货交易历史悠久、地理位置优越等原因，使得伦敦国际石油交易所迅速成长为世界第二大能源交易所。2001年伦敦国际石油交易所被美国洲际交易所收购，成为美国洲

际交易所的合资子公司。

(3) 新加坡交易所。其前身是成立于1978年的新加坡黄金交易所。作为世界主要石油运动和炼制中心，新加坡交易所在亚洲地区和世界重要能源交易中也有着不可忽视的地位。

(4) 东京工业品交易所。日本的石油期货起步较晚，至1999年才推出第一份石油期货合约，但后来发展较快。

主导油价的重要砝码——欧佩克



图为安哥拉纪念欧佩克成立50周年发行的小型张

欧佩克，石油输出国组织（Organization of Petroleum Exporting Countries，简称OPEC），成立于1960年8月。是世界主要石油生产/出口国家对国际石油垄断资本任意操纵国际石油价格，维护本国石油权益的联合组织。

1959年2月，“石油七姐妹”

开第一届阿拉伯石油大会。会议期间，中东主要产油国和列席的委内瑞拉代表达成共识，要求跨国石油公司变动油价必须事先同产油国磋商；向各自政府建议成立石油出口国组织，协调石油政策。

1960年8月，应伊拉克政府邀请，沙特阿拉伯、委内瑞拉、伊朗、科威特和伊拉克五国石油部

不顾产油国家的利益，单方面降低原油标价，使各产油国蒙受巨大损失。同年4月，阿拉伯产油国在开罗召

长于9月10日在巴格达开会，宣布成立石油输出国组织（OPEC）。其宗旨是“协调和统一各成员国的石油政策和确定最有效的手段，单独地、集体地维护成员国的利益”。

因油价而诞生的欧佩克的原油产量约占世界石油市场份额的三分之一，每当国际油价有风吹草动之时，欧佩克便会发挥作用。最近的一次是2008年金融危机，油价从每桶接近150美元跌至40美元左右，欧佩克召开特别会议实施减少配额计划，促使油价回升。2014年下半年国际油价下跌，市场希望欧佩克减产提升油价。但该组织在去年11月27日宣布不减产，仍将石油日产量保持在3000万桶水平，此后油价下跌趋势愈演愈烈。

（王才良）

汇集浓厚科普情 谱写中国石油梦

——访中国石油学会石油地质专业委员会科普学组组长王大锐博士

■ 三利



王大锐博士，中石油研究院《石油勘探与开发》编辑部主任，中国石油学会石油地质专业委员会科普学组组长。近年来，先后撰写并发表科普文章200余篇，并有《黑色金子》《探索地下石油奥秘》等多部专著出版。作为一位石油人，王大锐博士长期致力于石油石化科技知识的普及与传播，汇集浓厚科普情，谱写中国石油梦，取得了很大的成绩。前不久，就如何开展石油石化科普工作王大锐博士接受了本刊记者的专访。

三利：作为一名在石油石化科普

工作中取得了很多经验和成绩的科普作家，今天很希望和您聊聊关于石油石化科学普及方面的知识，并介绍给大家，以便于互相学习。

王大锐：好啊。我不是什么科普作家，我只是一个科普爱好者，一个喜欢传播石油石化科技知识的爱好者而已。不过我喜欢和大家交流，把自己的知识介绍给大家。

三利：那就请您就先谈一谈您是如何理解科学普及工作的，并准确把握它的内涵的。

王大锐：科普工作即“科学普及”的推广工作，是将目前人类所掌握和获得的科学知识 with 技能进行

传播的过程。科学普及本身是一个科学大众化、民主化的过程。如果民众对科学方法、科学定律和科学语言一无所知或者是知之甚少，怎么能够在完全依赖高科学和高技术的社会里成为有见识的决策人呢？如果科学只属于少数人，那么大多数人如何去认定那少数人所担负的责任呢？

传统的“科普”概念，立意较低，带有浓厚的“扫盲”色彩。这只是知识的普及，还谈不上科学的普及。科学的普及应该渗透进对科学精神的普及和传播。

从科学社会学的角度看，科学普及是一种广泛的社会现象，必然有其自身的“增长点”。科学普及的生长点就在自然与人、科学与社会的交叉点上。就是说，自然科学与人类社会的相互作用生成了科学普及，同时又作为科学普及的“土壤”哺育着它的生长。科技进步和社会发展为科学普及不断提供新的生长点，使科普工作具有鲜活的生命力和浓厚的社会性、时代性。形象地说，科学普及是以时代为背景，以社会为舞台，以人为主角，以科技为内容，面向广大公众的一台“现代文明戏”。

从本质上说，科学普及是一种

社会教育，有别于学校教育和职业教育，具有社会性、群众性和持续性的特点。这也表明，科普工作必须运用社会化、群众化和经常化的科普方式，充分利用现代社会的多种流通渠道和信息传播媒体，不失时机、广泛地渗透到各种社会活动中。

现代科学技术尤其是我们石油工业是一个极其庞大而复杂的立体结构体系，具有丰富的内涵和多种社会职能。在科普工作中，既要注重科技知识的外在功利，又不可忽视其内在的科学思想、科学方法和科学精神。

三利：党的十八大明确提出“科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑，必须摆在国家发展全局的核心位置。”强调要坚持走中国特色自主创新道路、实施创新驱动发展战略。您能不能在这个大背景下，谈一下科普工作的重要性与目的？

王大锐：我国人均接受正规教育年限低于世界平均水平，公民也缺少接受终身教育的机会。科普长效机制尚未形成；科普设施、队伍、经费等资源不足；大众传媒科技传播力度不够、质量不高。公民科学素质建设的公共服务未能有效满足社会需求，公民提升自身科学素质的主动性尚未充分调动。根据有关调查，我国公民科学素质整体水平与发达国家相比差距较大。公民科学素质的城乡差距十分明显，大多数公民对基本科学知识了解程度较低，一些不科学的观念和行为习惯普遍存在。公民科学素质水平偏低，已成为制约我国经济发展和社会进步的瓶颈之一。

全民科学素质建设是坚持走中

国特色的自主创新道路，建设创新型国家的一项基础性社会工程，是政府引导实施、全民广泛参与的社会行动。国家大力开展这项活动，旨在全面推动我国公民科学素质建设，通过发展科学技术教育、传播与普及，尽快使全民科学素质在整体上有大幅度的提高，实现到本世纪中叶我国成年公民具备基本科学素质的长远目标。这当然也是当前科普工作的主要目的。

三利：您觉得石油石化科普工作有什么独特的地方呢？

王大锐：随着社会进步和经济发展，石油天然气和人们的生活越来越密切。人们的衣、食、住、行也离不开石油天然气。如果人们对石油天然气有了更深入的了解，比如，知道它是一次性稀缺能源，人们就会更加合理地利用石油资源与产品，关注和支持石油工业的发展；青少年了解了石油，就会热爱石油，立志为我国的石油工业发展而努力。因此，石油科普是一项非常重要的工作。

中国是一个产油大国，同时又是一个油气消费大国。石油天然气已经与国家的经济发展和人民生活息息相关，社会各界、各行各业、各个层面，对我国石油天然气工业的发展越来越关注。石油天然气工业，不仅对国民经济、现代国防有重要意义，世界局势和国家安全也与石油紧密相关。因此，普及石油知识，既是社会的需要，也是时代的要求。

和全国其他领域的科普工作一样，石油科普工作这几年也有长足的进步与发展。石油科普图书、杂志、报刊、影视作品等，在普及石油知识方面做了大量工作，取得了很好的效果。

三利：如何开展石油知识的科普工作？

王大锐：我个人认为，开展科普工作要坚持两个面向。

一是面向社会。我国要全面实现小康社会，走向现代化，离不开石油工业的发展。可以说，“天上飞的，地上跑的，水上行的”都离不开石油。社会上也有很多人希望更多地了解石油与天然气知识。多年来，一提起中国石油工业，不少人就想到电视、电影里的钻井井架、采油树，石油人的艰苦奋斗，但对石油人的科学精神、科学态度以及有关石油的科学技术知识却了解甚少。一些社会问题，比如，汽油、柴油的涨价原因与决策等，也需要科普知识。面向社会的石油科普不仅是普及各种石油的理论和知识，也是普及科学思想、科学方法。

二是面向青少年。青少年是社会的未来，他们对奥妙的石油天然气，有自己的遐想。青少年对身边的石油天然气有无限的兴趣，同时有许多问题需要给他们回答。向青少年普及石油知识，用他们的语言和思维方式，循序渐进地把他们引进石油王国，让他们遨游在石油的知识海洋中，激发他们的兴趣。让他们走近石油，了解石油，热爱石油，将来为祖国的石油做贡献，这对我国石油工业的发展非常重要。

三利：您写了很多的科普文章，也编辑过一些科普书籍。您个人认为如何提高石油石化类科普图书的知识普及实效呢？

王大锐：一本好的科普读物应当是科学性、知识性、通俗性、趣味性的统一。科学性、知识性就是指向读者普及准确的科学知识，是基础；但是要让读者（下转第13页）

seismic sedimentology



揭开地震沉积学的 神秘外衣

■ 激扬

石油天然气的勘探开发是技术密集型领域，随着勘探开发难度的提高，催生了大批新技术，尤其是边缘学科的发展与应用，融合了地震科学与沉积学的“地震沉积学”就是其中之一。一提起地震沉积学，很多人感觉十分神秘，其实不然。下面，我们不妨揭开她的神秘外衣，简单了解一下。

什么是地震沉积学

简单地讲，地震沉积学是应用地震信息研究沉积岩及其形成过程的学科，是继地震地层学、层序地层学之后的又一门新的边缘交叉学科。其研究内容、方法和技术与地震地层学、层序地层学和沉积学等其他学科都有所不同，地震沉积学最大的理论突破在于对地震同相轴穿时性的重新认识。但它是沉积学的发展而不是替代，地震沉积学研究要以地质研究为基础，在沉积学规律的指导下进行。90°相位转换、地层切片和分频解释是地震沉积学中的三项关键技术。相位转换使地震相位具有了地层意义，可以用于高频层序地层的地震解释；地层切片是沿两个等时界面间等比例

内插出的一系列层面进行切片来研究沉积体系和沉积相平面展布的技术。基于不同频率地震资料反映地质信息不同，采用分频解释的方法，使得地震解释结果的地质意义更加明确。

为了更好的发挥地震沉积学的优势，系统的沉积地质研究和精细的单井/剖面沉积相解释是前提，充分发挥测井曲线（尤其是声波与自然伽马曲线）的桥梁作用，井-震联合（well-seism combination）的层位划分与解释互动是关键，钻井地质信息的校验是保障，以井为骨架，靠地震展开的细分层序平面沉积相图为最终成果。

地震沉积学：千呼万唤始出来

地震沉积学讨论的是运用地震资料研究沉积岩及其形成过程的研究思路与方法，它包括地震岩石学和地震地貌学两个组成部分。地震岩石学主要依据地震属性与岩石特征之间的关系，进行储层岩性预测等研究；地震地貌学则主要依据年代地层框架模型，进行参考等时界面的拉平，从而研究区域的古地貌特征。地震沉积学研究强调地震同相轴并不一定是等时的，由于它以90°相位转换、地层切

片和分频解释为主要研究手段，结合其他地球物理技术进行等时地层格架下的沉积微相研究。

随着地球物理技术的发展及其在石油地质研究中的广泛应用，出现了一种新的分支学科——地震沉积学，地震沉积学在国内外的地震地质综合研究中得到了广泛的应用，也取得了较好的应用效果。目前，地震沉积学的应用多是从几个关键技术的应用角度出发，比如，通过90°相位转换技术来解决地层岩性估计问题、通过地层切片技术来解决地层的等时性分析问题、采用分频解释的方法使得地震解释结果的地质意义更加明确，因此常常将这三种技术称为地震沉积学的关键技术。

利用地震资料进行沉积研究和岩性识别在地震沉积学出现之前就已经得到了广泛的使用。早在1981年，Brown等就提出了基于三维地震水平切片进行沉积相解释的理论。中国访美学者曾洪流等1996年在《根据三维地震资料进行相成图》一文中指出，沿着或平行于追踪地震同相轴所得的层位进行沿层切片，更具有实际的地质意义和地球物理意义。1998年，它提出了“地震沉积学”这个概念。2000年Schlager指出，地震沉积学将作为沉积学的一个新兴的分支学科而发展。2001年，Posamentier提出了地震地貌学的概念。2001年，曾洪流教授连续发表了几篇关于地震沉积学的文章，从此，越来越多的人开始认识地震沉积学。2004年，曾洪流教授等提出了地震沉积学的详细定义，指出地震沉积学是用地震资料研究沉积岩及其作用的一门学科，在当前条件下体现为地震岩石学和地震地貌学的综合。2005年2月，地震沉积学国际会议在休斯敦召开，标志着这门新学科

的发展进入了一个新的阶段。2011年6月,曾洪流教授发表文章对地震沉积学进行了回顾和展望,并指出了陆相沉积盆地地震沉积学的发展方向。

适用于中国陆相断陷盆地

地震沉积学关键技术

针对陆相断陷盆地地震沉积学研究的特点,首先进行了陆相断陷盆地地震沉积学关键技术的开发,形成了相应的专利技术和自主软件产品。

到目前为止,S变换技术在地震勘探中得到了广泛的应用,但主要是用于地震信号的谱分解方面,中国的石油科技人员主要使用的有VVA软件、SpecMAN软件等,这种谱分解方法与分频技术还是有一定区别的,可以说,目前能够用于对地震信号进行分频处理的方法软件还相对缺乏。S变换分频技术相对于傅立叶变换分频技术来说,在对非平稳的信号进行分频处理时,就显得十分的灵活。

在我国陆相地层的油气勘探中,还采用了岩性估计技术。岩性估计技术通过对地震子波的精确估计,结合贝叶斯参数估计理论来进一步消除子波的影响,可以较好地识别薄层以及岩性,由于该方法充分考虑了地震数据中的相位信息,因此估计结果更加

准确可靠。该技术对于任意相位子波的地震资料都适用,因此可以作为 90° 相位转换的替代技术。与地震正演记录相比, 90° 相位转换结果并没有发生很大的改变,它只是将地震波形延迟了 90° ,因此对于0.1秒处的楔形体、0.5秒左右的浊积岩以及层序的边界无法有效的识别;与之相反,岩性估计方法对于楔形体、浊积岩以及层序的识别有比较好的效果。

非线性地层切片可以进行更为精细的等时分析。非线性地层切片技术是对传统的地层切片技术的一种扩展,传统的地层切片技术只是考虑了沉积速率随等时参考面的变化,比时间切片和沿层切片更加合理而且更接近于等时沉积界面,而非线性地层切片技术不仅考虑了沉积速率随等时参考面的变化,而且还考虑了等时参考面终止位置变化对地层切片的影响,因此能够更好地实现等时切片的拾取。

目前已有软件能够实现二维的非线性地层切片技术,但是由于地球物理技术水平的局限性,还无法有效的实现三维上的非线性地层切片技术,从而也使得这种方法从目前的角度来说更多的具有理论上意义。国外已有专家学者尝试如何进一步改善地层切

片方法,但是还未能在实际过程中进行有效的应用。

我国地震沉积学科研人员将陆相断陷盆地地震沉积学关键技术应用于典型的陆相沉积东营三角洲的地震沉积学研究中,他们首先应用地震Wheeler转换技术、高分辨率时频分析技术辅助建立精细的等时地层格架;其次通过S变换分频技术提高地震资料的分辨率,最大程度上保持地震同相轴的等时性;然后应用岩性估计技术对东营三角洲地层的岩性进行估计,进而得到地层岩性体;最后对地层岩性体进行非线性地层切片分析,并辅助以地震属性分析技术,最终实现了东营三角洲的更为精细的地震沉积学分析。

地震沉积学视为与地震地层学平行的学科,主要研究用地震资料预测沉积体系中沉积岩分布和沉积作用,目前,地震沉积学在国内外的地震地质综合研究中已经得到了广泛的应用,并取得了较好的应用效果。针对我国油气区由陆相沉积层往往具有横向上相变快、纵向上相带窄的特点,使得地震沉积学关键技术的直接套用会出现很多问题,因此需要发展适用于陆相沉积盆地的地震沉积学理论和方法。

(上接第11页)喜欢看、看得明白,就必须写得通俗易懂、引人入胜,这就是通俗性。为此,我们要在读者定位、内容定位、语言定位上下功夫。

科普读物是针对性比较强的图书,读者对象不同,其内容选取、语言表述就大不相同。面向社会高中以上文化程度人群的石油科普书籍和面向中小学文化程度的青少年

的读物,在取材与写法上有很大的不同,因此,首先要读者定位,然后站在读者的角度,换位思考,才能达到预期的效果。

在内容的定位和选取上,既要考虑石油天然气基本知识出发,又要考虑读者关心和感兴趣的问题。找出两者的结合点,写出的东西才能受到读者欢迎。

在读者、内容确定之后,怎样

用科普的语言文字表述出来是一个很重要的问题,也是一部作品成败的关键。科普作者既需要有坚实的专业理论知识,也需要有非常扎实的文字功底,能用读者看得懂、喜欢看的文字语言把要普及的石油知识表述出来。通俗化、故事化、趣味化的手法,以及恰当的比喻、活泼的语言、生动的插图等都尽量加以应用。

影响深水油气项目主机系统选择的多种因素

■ 徐昉

在深水区域的油气项目中，一般其初始投资的大约1/3都与主机系统有关。在项目期限内，主机在提供经济效益最大化的解决方案、减小固有油藏和开采的不确定性、捕获近邻开发区域内有助于实现增产措施的灵活性等方面都起着重要作用，是整个开发系统的关键所在。

从较高层次而言，深水主机的开发已发展到四个主要的选项，张力腿平台（TLP）、系泊半潜式平台、深水浮筒平台概念（传统的构架式单柱浮式平台）和浮式生产储油卸油船（FPSO），每种选项在形状和结构方面都有不同程度的灵活性。

这些系统的主要区别就是用于井控和安全保障的主要构成部分，即采油树是位于主机之上（干式采油树）还是位于主机下面或是距主机有一段距离的海底上（湿式采油树）。它们之间的第二个重要区别就是：主机是否实现对全部或部分井的直接垂直通道（DVA），主机是否带有完备的修井或干涉钻机，以便进行各种钻井作业。

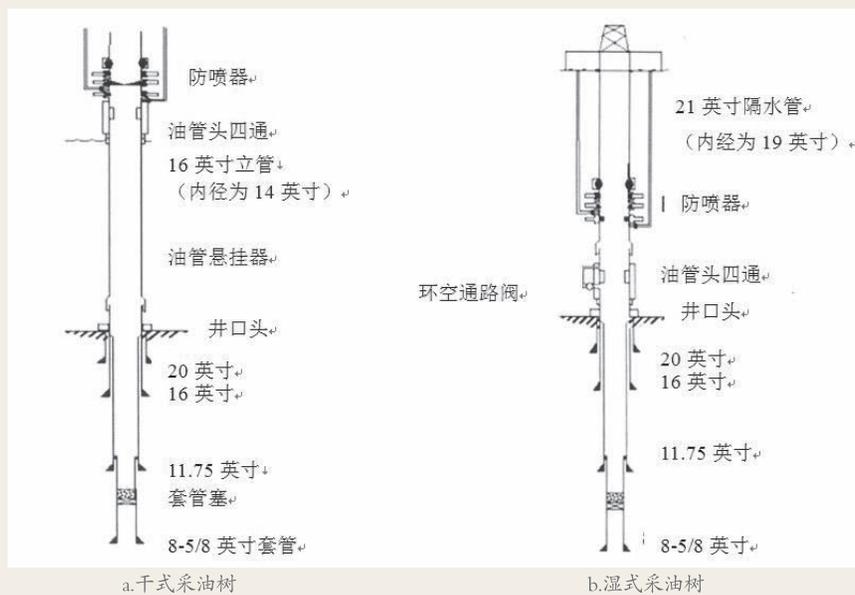
干式采油树主机系统的布局是这样的：目标油藏的每一口井都通过单个的出油立管从海底的井口直接连接到主机上，采油树也直接位于主机之

上。这种做法的优点是能够对每口井进行监控，如果钻井装置是建造在主机之上的，还可以直接对每口井进行干涉作业。主机需要对每根立管和钻机提供支持（这就增加了有效载荷和操作的复杂性），因此就需要运动优化型的壳体；但对于水深和开发灵活性而言，这两个因素有一定的局限性。

湿式采油树主机系统则是采油树位于海底，直接连接到井口头上，出油立管一般成组连接到主机。这种结构使得油藏管理作业（如单独的井眼测试）更为困难，不同的油藏流体类型和性质还会造

成与液流有关的更为复杂的问题。有些湿式采油树主机结构通过安装在主机上的钻井装置保留了到正好位于主机下方的某些湿式采油树的直接垂直通道。一般来说，湿式采油树主机结构都能通过简化的立管接口提供更大的船体和油田扩展能力，但是是以更高的钻井和修井成本换取的，因为它需要有单独的深水钻井装置。湿式采油树主机系统还有降低需要主机支持的有效载荷的优点。

浮式生产储油卸油船系统属于湿式采油树主机系统，而张力腿



干式和湿式采油树主机系统的常见区别

平台、半潜式平台和深水浮筒平台可以根据不同的情况，配置成干式或湿式采油树主机系统。到目前为止，张力腿平台主要是作为干式采油树系统配置的，而且这种系统可以包括各种不同类型的钻机以便于钻井或对井眼进行直接干涉，这类概念常常被设计成可容纳一项或多项水下回接配置。

干式采油树和湿式采油树主机各有优点和局限性，在深水油气田开发项目中，选择干式还是湿式采油树主机系统，需要在对整个开发系统进行全面评估的基础之上，综合考虑油气田开发和油藏寿命管理等方面的因素。

主机系统的选择过程一般都有反复性，除了要考虑安全性、生产速度、最终可开采容量、成本以及具体操作等方面的因素外（如停产时间、对关键设备进行干涉等），还要对很多油气藏开发方法和工程系统构成的不同组合进行评估。主要包括以下几个方面：

- 油气藏的物理性质，包括位置、深度、流体性质以及压力和温度；
- 对油气藏和其它开发方面的不确定因素进行评估的质量；
- 最优的开采机制；
- 最佳的井眼位置和井眼结构复杂性；
- 主机系统的处理要求；
- 油气藏全寿命管理要求；
- 石油储藏要求。

选择干式或湿式采油树主机系统的基本切入点和将要采用的与油藏的位置、物理性质相关的开采框架有关，同时也与油藏全寿命管理的方法有关。选择干式或湿式采油树主机系统时应该考虑的主要因素如下：

(1) 油藏区域形态。能通过位于中心位置的定向井进行有效开采的、较大的单个油藏或垂直叠加的油藏较适合选用干式采油树主机系统，而无法从中心位置的主机系统到达关键油藏开采区域的、形态既大又不规则的油藏、需要丛式开采才能将多个分散的油田连接到一个开发/主机生产设施的，则适合选用湿式采油树主机系统。湿式采油树主机系统还特别适用于难于开采的或非常不规则的海底油藏，因为这类油藏通常都不易从某个中心位置进行定向钻井开采。

(2) 油藏性质。油藏的压力、温度和流体性质等也需要加以考虑。如果油藏的压力和温度超出了当今成熟技术的许可极限，那么，选择湿式还是干式采油树系统就会变得更为关键。如果未来需要高温作业的话，就应选择湿式采油树，以促进流体冷却。

(3) 油气输出基础设施。还要考虑到项目区域通到油气输出基础设施的可行性，这在墨西哥湾以及其它边境区域（如法属圭亚那）或以单个公司占主要地位的区域（比如巴西）一般都没有问题，但对于海上储存以及单一品种产品的输出管道而言却有很大的挑战且成本较高。在大多数这类情况下，主要以浮式生产储油卸油船的方式为主，这样通过一艘船便可以集成储存和卸载并将石油销售到国际市场，因此宜选用湿式采油树方案。

(4) 井的数量、复杂性和干涉要求。一直以来，井的数量和成本都是选择湿式或干式采油树系统时的一个关键因素。另外，由于应用高成本深水钻机对深水水下井进行干涉的成本日益提高，对井进行干

涉的要求也起着重要的作用。以前那种如果井的数量较多且对井干涉频繁就应选择干式采油树系统的概念已经越来越淡化了。

(5) 井眼结构的复杂性。一直以来人们都认为，从一个钻井中心钻大量的井时应该选择干式采油树系统。致密油藏、区域划分或是需要提高井间距很小的地区，如果想提高采收率，就需要从一个钻井中心钻大量的井，宜选用干式采油树系统。相反，如果油藏连接很好，每口井都有很大的排放面积、空间布局很好的油藏或是丛式开发区块，则需要钻的井数就会较少，倾向于选择湿式采油树系统。

(6) 井眼干涉作业的复杂性。井干涉的复杂性是需要考虑的另一个关键因素，而与井眼数量和井眼干涉要求有关的决定都需要建立在这样两个因素之上，即井的前期成本以及未来干涉作业的成本和与油藏性能以及与需要钻的井眼数量有关的不确定性。这两个因素是基于项目的经济性来进行评估的。

总之，为深水或超深水油气项目确定一种开发概念极具挑战性。就深水油气开发项目而言，正确选择主机系统是保证项目最终成功的一个重要步骤。每个油气藏都会有不同的挑战性，各油田开发方案是各具特色，所以，最科学和最可靠的做法应该是在为深水油气项目选择主机系统概念的过程中对湿式和干式采油树主机系统进行全面和客观的评估，包括成本、风险以及灵活程度等，以便能够保证最终所选定的方案适合于具体的油藏特征，从而实现合理可观的采收率。

（资料来源：美国《JPT》2014年5月刊、Offshore网站）

封存利用，再创价值

——二氧化碳在石油开采中的应用

■ 陆鸣

2

二氧化碳（CO₂）是大气中的主要温室气体，现在通常被认为是导致全球气候变暖、洪水、严重的热带风暴、沙漠化和热带地区扩大等生态问题的重要因素之一。

大气中的二氧化碳主要是由燃烧煤和化石燃料产生的，这让石油化工的生产运营不得不面临严峻的生态环保考验。

封存二氧化碳

目前降低二氧化碳的方法包括能源的合理使用，使用煤和石化燃料的替代品，通过热带雨林或农场等陆地封存，以及海洋处置、矿物封存、地质封存等。其中，减少二氧化碳排放最有效的方式是节能，其次是使用新能源，如天然气、风能、太阳能和核能等，减少化石能源的使用，此外还应发展二氧化碳收集、封存及再利用等技术。

二氧化碳地质封存是将二氧化碳注入地下并长期封存于1000~3000米深的地层中，用地层的孔隙空间储存

二氧化碳，还可分为咸水层封存、枯竭油田和气田封存。全球都可能存在适合二氧化碳封存的沉积盆地，包括沿海地区。

二氧化碳从封存的地点泄漏到大气中，有可能引发显著的气候变化。因此要求封存用的地层之上必须有透水层作为盖层，以封存注入的二氧化碳，防止泄漏。但二氧化碳同样不可以泄漏到地层深处，否则也会给人类、生态系统和地下水造成灾害。此外，对地质封存二氧化碳效果进行的测试发现，注入地层深处的二氧化碳对贮藏带的矿物质有一定影响。

利用二氧化碳

对全球变暖而言，二氧化碳是场灾难；但对石油开采而言，二氧化碳或许就是一个利器。

在油田开采最初，一部分石油在巨大的压力下，可以自己喷射出来，但是慢慢的，有些岩层孔隙中的石油就失去了自喷能力。后来科学家们相

继发明了注水驱油、化学驱油、蒸汽驱油等采油技术。而在这其中，利用二氧化碳开采石油，不仅能把孔隙中的石油开采出来，同时还能把二氧化碳埋存在地下，可以说是一举两得。

这归结于二氧化碳的化学特性。二氧化碳是一种在油和水中溶解度都很高的气体，当它大量溶解于原油中时，可以使原油体积膨胀、黏度下降（黏度降低30%~80%），还可以降低油水间的界面张力、改变原油密度，有助于在储层形成较有利的原油流动条件，有利于原油中轻质馏分的汽化和抽取。

纯度在90%以上的二氧化碳即可用于提高采油率。在石油采钻业中，通常的做法是用钻机将二氧化碳注入地层，二氧化碳在地层内溶于石油。一般可提高原油采收率7%~15%，延长油井生产寿命15~20年。所用二氧化碳可从工业设施如发电厂、化肥厂、水泥厂、化工厂、炼油厂、天然气加工厂等排放物中回收，既可实现温室气体的减排，又可

达到增产油气的目的。

与其他驱油技术相比,二氧化碳驱油具有适用范围大、驱油成本低、采收率提高显著等优点。据国际能源机构评估,全世界适合二氧化碳驱油开发的资源约为3000~6000亿桶。

目前,世界上大部分油田仍采用注水开发,面临着需要进一步提高采收率和水资源缺乏的问题。近年来,国内外大力开展的二氧化碳驱油提高采收率(EOR)技术的研发和应用,不仅能满足油田开发的需求,还可以解决二氧化碳的封存问题,保护大气环境。

挑剔的二氧化碳

开采和封存石油时,用的二氧化碳并不是气体,而是一种介于气体和液体之间的状态,这样可以封存尽可能多的二氧化碳。但因为有的油田因条件所限,可能会使用二氧化碳和水交替注入的方式采油。

二氧化碳驱提高石油采收率方法适用于油田开发晚期,通过CO₂-EOR技术(混相驱),原油采收率比注水方法约提高30%~40%;对于重质油藏,非混相驱技术一次开采采收率可达原始地质储量的20%以上。根据油田地质和沉积类型的不同以及认识程度的差异,其增产幅度可以提高到25%~100%。我国低渗透和稠油资源非常丰富,在这些油藏中利用二氧化碳提高采收率的潜力巨大

由于经济和技术原因,不是所有的储层都适合于CO₂-EOR混相驱

油,具体油田进行二氧化碳驱提高石油采收率需要与当地条件进行紧密结合。

二氧化碳驱提高石油采收率实施的储层地质条件为:储层的深度范围在1000~3000米范围内;致密和高渗透率储层;原油黏度为低或中等级别;储层为砂岩或碳酸盐岩。目前,较成功的CO₂-EOR技术是在距地面800米或更深的地方,地热梯度为25~35℃/km,压力梯度为10.5MPa/km,分离的二氧化碳将处于超临界状态,它的深度变化范围为440~740kg/m³。

前景广阔的CCUS

近年来,我国在CCS(Carbon Capture and Storage,碳捕获与封存)的研究上做了很多的工作,包括“973计划”、“863计划”在内的国家重大课题都对CCS的研究进行了立项,并取得了重大进展。一些企业还在实践上进行了尝试。2008年7月16日中国首个燃煤电厂二氧化碳捕集示范工程——华能北京热电厂二氧化碳捕集示范工程正式建成投产,并成功捕集出纯度为99.99%的二氧化碳。

CCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage,碳捕获、利用与封存)技术是CCS技术新的发展趋势,即把生产过程中排放的二氧化碳进行提纯,继而投入到新的生产过程中,可以循环再利用,而不是简单地封存。与CCS相比,CCUS将二氧化碳资源化,能产生经济效益,更具有

现实操作性。

二氧化碳的资源化利用技术有合成高纯一氧化碳、烟丝膨化、超临界二氧化碳萃取、食品保鲜和储存、焊接保护气、灭火器、合成可降解塑料、培养海藻、油田驱油等。其中合成可降解塑料和油田驱油技术产业化应用前景广阔。胜利油田电厂已启动CCUS的示范项目。

胜利油田胜利发电厂是燃煤电厂,每年排放二氧化碳415万吨。从1998年底开始,胜利油田便展开二氧化碳捕集研究。2010年,“胜利燃煤电厂烟气二氧化碳捕集纯化工程”正式开工建设。2012年,大规模燃煤电厂烟气二氧化碳捕集、驱油及封存技术开发及应用示范项目启动。在实际应用中,二氧化碳被注入地下后,约有50%~60%被永久封存于地下,剩余的40%~50%则随着油田伴生气返回地面,通过原油伴生气二氧化碳捕集纯化,可将伴生气中的二氧化碳回收,就地回注驱油,进一步降低了二氧化碳驱油成本。而电厂烟气捕集所得的二氧化碳在注入地下后,可有效实现碳封存。

沉积盆地是可以封存二氧化碳的地质构造,国内适宜进行石油勘探的沉积盆地总面积约为550×10⁴平方公里。东部火力发电厂较为集中,油气田为数甚多,是国内实施二氧化碳地质封存的有利条件。可以预测,随着技术的发展和应用范围的扩大,二氧化碳将成为中国改善油田开发效果、提高原油采收率的重要资源。

2014年12月,美国《油气杂志》发布最新的炼油厂调查报告。报告指出,2014年全球炼油产能低于2013年,这是自2012年达到历史新高以来全球产能的连续第二年的下降。

《油气杂志》的调查数据显示,2014年全球炼油总产能稍低于8800万桶/天,炼油厂数减少七座,能力减少7万桶/天,主要集中在西欧和北美。

2014年世界炼油工业述评

■ 钱伯章

亚太: 炼油持续增长

亚太地区2014年期间炼油能力有上升,尽管仍然存在经济低迷以及石油产品需求下降的问题。但综合运营数据表明,中国和日本的下游过程、新的开工和工厂停工仍然有限,这些地区的炼油厂仍保持平稳开启和关闭的格局。而且,在未来的几年里一些新的项目将投运,这一地区的炼油能力将适度增加。

▲ 印度

2014年1月,信诚工业有限公司(RIL)与法国公司阿尔斯通T&D印度分部签约合同,为在印度古吉拉特邦的124万桶/天贾姆纳格尔炼油和石化联合体的持续扩张提供电力变压器包。

2014年7月,印度政府正式批准印度斯坦石油公司(HPCL)在拉贾斯坦巴尔梅尔区建立其提出的炼油和石化联合体。该炼油和石化联合体由HPCL和其他股权合作伙伴的合资企业HPCL拉贾斯坦邦炼油有限公司(HRRL)来实施,将使用当地生产和其他地方的原油,使之成为印度拉贾斯坦邦设计加工土著原油的第一个炼油厂和第一个石化厂。印度石油和天然气部估计该巴尔梅尔项目投资为68.5亿美元,建设时间为4年。

2014年8月,巴拉特石油公司(BPCL)对印度东北部阿萨姆邦戈拉加特区300万吨/年Numaligarh炼油厂的扩建项目进行了可行性研究。

11月,印度石油天然气股份有限公司的子公司印度芒格洛尔炼油和石化有限公司(MRPL)完成在芒格洛尔的19.4万桶/天炼油厂三期扩建和改造。

▲ 中国

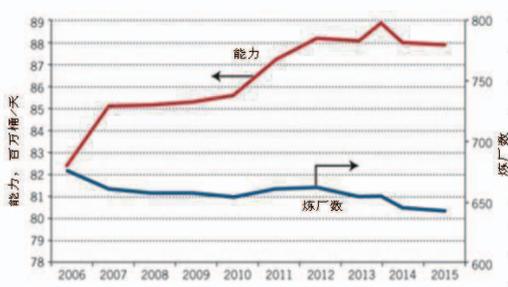
2014年4月,广东石化公司、中国石油天然气股份有限公司在广东省揭阳其2000万吨/年重质原油加工装置中延迟焦化过程使用的先进阀门技术合同交付给美卓公司。该联合体包含29套加工装置以及一个30万吨原油码头和3万~5万吨的产品终端,将成为中国加工能力最大的炼油厂。

11月,中国石油天然气集团公司和俄罗斯石油公司批准可行性研究,计划建设天津炼油厂。到2015年2月优化天津项目的炼油板块,拟议的炼油厂将拥有1600万吨/年原油加工和140万吨/年对二甲苯生产能力。

▲ 日本

日本经济、贸易和产业省(METI)2010年的条例要求日本炼油商提高他们强制性的裂化/原油蒸馏能力的比例,削减该国的炼油能力,但进一步的削减可能在2018年。根据日本经济产业省的统计,该国的重油裂化/原油蒸馏比例已从2010年4月11%上升至13.1%。

日本经济产业省正计划实施条例的第二阶段,将进一步寻求到2017年3月底使日本的炼油业务集成新的炼油厂目标,这可能为炼油厂与其他炼油厂和石化厂合并或整合提供动力。



经营的炼油厂和全球产能的趋势

在2014年的调查中,只有一座新炼油厂在2014年投产。它就是印度石油股份有限公司(IOC)在印度东北部海岸帕拉迪布(Paradip)其拖延已久的30万桶/天全转化型炼油厂,该厂2014年8月投入调试,12月投入开工准备,将于2015年3月下旬或4月初正式投产,配置处理重质和高含硫原油,生产欧5标准的燃料。

调查中另有三个炼油厂于2014年之前投产,但未在调查中反映。这三家分别是中国海洋石油有限公司在广东惠州的24万桶/天炼油厂、中国石油天然气有限公司在广西钦州的20万桶/天炼油厂和中国石油天然气集团公司-Sonatrach公司合资在阿尔及利亚南部地区阿德拉尔拥有的1.2万桶/天炼油厂。

这四座炼油厂将为全球原油蒸馏能力增加超过75万桶/天,弥补了该调查的炼油厂的减少,调查显示总减少超过60万桶/天。

▲ 巴基斯坦

2014年8月，巴基斯坦国家炼油有限公司(NRL)将合同交付中国化学工程股份有限公司(CNCEC)，对卡拉奇东南约9英里Korangi工业区炼油联合装置进行改造和扩建，包括高硫柴油脱硫和异构化装置等。计划于2015年12月底投产。卡拉奇联合装置的改造由两个润滑油炼油厂和一个燃料炼油厂组成，原油加工能力为290万吨/年。

▲ 越南

8月，宜山炼油石化有限责任公司通过由福斯特惠勒公司为引领的承包商，为其清化省20万桶/天的炼油厂和石化联合装置渣油FCC(RFCC)设计和供应一氧化碳焚烧炉，该投资为90亿美元的宜山炼油正在建设中，将处理科威特原油，并在2018年开始运营。该炼油厂是越南国家石油公司持股25.1%、出光兴产株式会社持股35.1%、科威特石油欧洲公司持股35.1%和三井化学株式会社持股47%的合资公司。

2014年1月，罗顿石油有限公司(VRP)将其在越南新建炼油厂的90万吨/年聚丙烯项目服务合同交付英力士公司。该项目拥有800万吨/年能力，将VRP混合油和阿拉伯轻质原油转化为可满足越南和国际规范和标准的产品，原计划2018年投产。

在该地区其他地方，BP澳大利亚公司在4月份宣布关闭其在布里斯班的9.685万桶/天布尔沃岛炼油厂，该工厂预计在2015年中期关闭。

▲ 其他国家或地区

2014年2月，壳牌澳大利亚公司宣布以29亿美元向荷兰维托尔集团出售在澳大利亚维多利亚的118万桶/天吉朗炼油厂，及在各地的870个零售网络。

同月，PT Kreasindo资源印度尼西亚公司(KRI)和伊朗的Nakhle Barani Pardis有限公司(NBP)签约协议，在印度尼西亚规划建设新的炼油厂。设计加工重质原油。KRI将拥有该炼油厂70%的股份，NBP则持股30%，并作为炼油厂的重质原油供应商。预计该项目将需要30亿美元投资，初始能力为15万桶/天。

2月，新加坡炼油公司(SRC)将其在新加坡29万桶/天裕廊炼油厂扩建工程交付给了JGC公司。该项目将在2017年上半年投产。

在韩国，S-OIL公司于3月将韩国蔚山669万桶/天温山炼油厂渣油改质项目合同交付给福斯特惠勒公司。

5月，阿曼炼油厂和石油工业公司(Orpic)与21个国际、国内金融机构组成的财团签订了28亿美元的贷款协议，以帮助该公司实施的项目，包括苏哈尔炼油厂改造工程(SRIP)，65%将债务融资。SRIP包括现有的1164万桶/天苏哈尔炼油厂的重大技术改进。除了改造RFCC外，SRIP将涉及整合该炼油厂5套新装置，包括加氢裂化和焦化，使原油加工总能力达到198万桶/天。5月，印尼PT Pertamina公司选择Axens公司为该公司在南苏门答腊Palembang的Plaju炼油厂实施现代化和产能扩张进行可行性研究。

马来西亚国家石油公司(Petronas)于8月表示，签署了在马来西亚东南部柔佛州Pengerang的炼油和石化一体化开发(RAPID)项目11项重大合同，其中五个合同有RAPID炼油厂和蒸汽裂解装置。马来西亚国家石油公司表示，目前估计RAPID项目将耗资160亿美元，而该项目的相关装置将涉及约110亿美元追加投资。RAPID炼油厂将于2019年年初投产。

11月，马来西亚国家石油公司(Petronas)收购马来西亚炼油有限公司(MRC)的全部所有权。MRC经营Petronas在马来西亚马六甲州Sungai Udang的20万桶/天炼油厂联合体中两个炼油系列之一。

10月，菲律宾Petron公司投产了一些主要装置，在利迈其18万桶/天巴丹炼油厂形成20亿美元炼油厂总体规划2(RMP-2)的组成部分。RMP-2包括19套新装置，将于2015年初开始全面商业化运营。

中南美：炼油重点是改造

2014年11月，巴西国家石油管理局(ANP)授权巴西石油公司(Petrobras)在伯南布哥州的州首府Recife附近的Suape港其阿布雷乌埃利马炼油厂(Rnest)实施一些装置改造。巴西国家石油公司在Rnest已投产了11.5万桶/天的第一阶段，其中包括常压蒸馏、碱处理和石脑油加氢处理装置。一旦在Rnest的11.5万桶/天第二阶段计划于2015年进入运行，该炼油厂将拥有能力可处理23万桶/天16° API原油，主要生产低硫柴油以及石脑油、石油焦、LPG和重质焦化瓦斯油。

PDVSA在委内瑞拉东部19万桶/天拉克鲁斯港炼油厂的扩建和现代化改造已开始。PDVSA将48亿美元改造合同交付给现代建设公司牵头的财团，也包括惠生工程服务公司。

在其他地方，赫斯公司和委内瑞拉国家石油公司的合资企业霍芬萨(Hovensa)有限责任公司计划重启其在美属维尔京群岛圣克罗伊岛的50万桶/天炼油厂。重新配置的圣克罗伊炼油厂将拥有30万桶/天的初始原油加工能力。

北美：炼油仍计划扩增

尽管经济增长放缓继续减少全球石油需求，但一些炼油商仍计划扩增能力。

在北美，稳步上升的页岩原油产量刺激了各种计划新增能力，美国炼油商竞相增加原油加工的灵活性。

2013年底，BP 公司在其印第安纳州41.3万桶/天怀廷炼油厂现代化改造中投运了所有新的和重新配置的装置。该项目包括10.2万桶/天焦化装置、重新配置的25万桶/天的原油蒸馏装置、新的10.5万桶/天瓦斯油加氢处理装置以及相关装置。此次改造使怀廷炼油厂可加工重质、高硫原油占原料构成超过80%。该项目之前，低质量的原油只占炼油厂进料的20%左右。

截至2014年11月，北达科他州达科他大草原炼油公司计划中的2万桶/天柴油型炼油厂建设仍在进行中。卡鲁梅特(Calumet)特种产品伙伴公司是项目50-50的合资伙伴，预计在2015年第一季度投产。

Husky能源公司在俄亥俄州其16.15万桶/天利马炼油厂3亿美元的改造工程，将提高该厂处理来自加拿大西部重质原油的能力。该原油灵活性项目将使炼厂重质原油加工能力到2017年开始增加高达4万桶/天。

在加拿大，西北雷德沃特伙伴关系(North West Redwater Partnership, NWR)公司继续与雅各布工程集团公司签约合同，实施在埃德蒙顿东北Sturgeon郡新建沥青炼油厂的其他工作。一旦完成，耗资85亿美元项目的第一阶段将拥有加工能力5万桶/天，并捕获炼油厂120万吨/年二氧化碳。另外两个阶段各为5万桶/天的能力也已规划。随着所有三个阶段的投运，该Sturgeon炼油厂将在能力为15万桶/天下运行，生产柴油、稀释剂和其他沥青产品，面向加拿大和全球市场。加拿大自然改质公司的合资企业NWR公司已表示，计划在2017年9月使第1阶段进行商业化运作。

中东：炼油稍有扩能

在中东，伊拉克在2014年2月开工建设在卡尔巴拉省南部的炼油厂，计划14万桶/天的卡尔巴拉炼油厂，其中将包含超过20套加工装置，生产相当于欧洲生产的液化石油气、汽油、柴油、燃料油、航煤和沥青。该项目是伊拉克兴建4家炼油厂、以增加75万桶/天炼油能力较长期计划的一部分。附加计划中的项目包括一座30万桶/天纳西里耶炼油厂以及在米桑和基尔库克的另外两个炼油厂，加工能力分别为15万桶/天。

阿布扎比炼油公司(Takreer)与美卓公司签约合同，为在阿联酋阿布扎比市以西在建中的35万桶/天鲁韦斯炼油联合体炭黑和延迟焦化装置提供阀门技术。将在2015年12月完工，该炼油厂将加工原油3万桶/天、生产炭黑4万吨/年。Takreer公司已报道鲁韦斯炼油厂10亿美元的扩能，这将增加原油能力41.7万桶/天，将使该炼油厂能力超过80万桶/天。

欧洲：旨在优化操作

在2013年引领全球产能收缩之后，欧洲炼油商2014年期间仍然感受到压力，新项目旨在优化操作。

法国道达尔公司在比利时安特卫普的33.8万桶/天炼油和石化项目，美国通用电气公司(GE)将为炼油厂尾气(ROG)扩能提供多种压缩机，这是道达尔公司耗资13亿美元扩大和增强该联合体处理能力整体投资的一部分。道达尔公司之前已将一项合同交付给意大利迈尔Tecnimont公司的子公司，为该项目的ROG提供EPC服务。

2014年7月，埃克森美孚公司宣布将在其32万桶/天安特卫普炼油厂设置延迟焦化装置，以使重质、含硫较高的渣油转化为运输燃料产品，如船用瓦斯油和柴油燃料。随着最近完成的130MW热电联产装置及柴油加氢装置，该项增加将使安特卫普联合体的总投资超过20亿美元。在10月，埃克森美孚交付福斯特惠勒的子公司一项EPC合同，改造安特卫普炼油厂的渣油装置。埃克森美孚还计划增加该炼油厂的超低硫柴油生产。

非洲：拥有项目建设

在非洲，安哥拉国有Sonangol公司继续建设其在本格拉省洛比托的Sonaref炼油厂。该炼油厂预计耗资80亿美元，将生产无铅汽油、柴油、喷气燃料、煤油、液化石油气和少量的硫，按计划于2015年年底或2016年年初投产，将最终达到20万桶/天能力。

尼日利亚Dangote集团与印度工程师有限公司(EIL)签署在尼日利亚新建炼油厂和聚丙烯装置的PMC和EPCM协议。EIL将为在尼日利亚拉各斯附近莱基(Lekki)自由贸易区实现40万桶/天的炼油厂和60万吨/年聚丙烯装置提供项目PMC和EPCM服务。该炼油项目将包括原油蒸馏装置、单系列RFCC、柴油加氢精制、烷基化、聚丙烯装置，以及公用工程和辅助设施等。

小型天然气制油（GTL）项目潜力大

■ 饶兴鹤

小型天然气制油（GTL）项目正引起业界越来越大的兴趣。BP公司前总裁托尼·海沃德和伦敦切尔西足球俱乐部的亿万富翁老板罗曼·阿布拉莫维奇，都看好小型的GTL工厂的盈利前景。原因有二：一是北美页岩开发热潮使天然气市场供应充足，相对于原油价格更便宜；二是在许多国家，石油钻井的副产品——弛放气不再允许白白地燃烧掉。

伯恩斯坦分析师在去年11月发表的报告就指出，GTL将产生320亿桶等效液体燃料，或者约一年的全球石油需求。

小型商业化项目已经起步

海沃德对小型GTL工艺技术的商业化很有信心，2014年2月宣布投资Compact GTL项目，参与其计划在巴西上马的油田弛放气GTL项目，认为工厂一旦运行投资回报可观，市场观念将随之改变。

7月29日，Compact GTL和投资方同意将斥资5000万美元在哈萨克斯坦建设世界第一个商业化的小型GTL工厂，预计2017年底投产。同日，Velocys与美国的废物管理公司和NRG能源公司共同宣布，将在美国俄克拉何马州建设一个小型GTL工厂，预计2年内进行商业运营。

俄罗斯石油业巨富——阿布拉莫维奇也已经参股Velocys公司，Velocys是一家正在致力于使用页岩气生产燃料的小型微通道反应器GTL技术开发的公司。

Velocys和Compact GTL两家公司总部都设在英国，而且都在建设产能15000桶/日的GTL工厂，规模仅为壳牌在卡塔尔的世界最大GTL项目的十分之一。即使是小型的装置，天然气制油仍然不便宜，这类工厂平均每桶产能耗资约10万美元。不过两家公司都表示，他们可以使企业盈利。

原料管道投入基本为零

阿布拉莫维奇的发言人约翰·曼表示：“过去几年，我们在绿色能源领域进行了一些投资，最终确定小型GTL具有良好的商业前景，而且对环境会产生积极的影响。”

虽然壳牌公司投资190亿美元的卡塔尔GTL项目投产证明了大规模工程商业运行的可行性，但仍面临来自小型装置经济性的挑战。桑福德-伯恩斯坦公司分析师奥斯瓦尔德·克林特称，仅油田伴生气的市场价值可能高达3750亿美元。彭博新能源财经分析师Meredith Annex表示，许多地方小型GTL项目的伴生气原料成本基本为零，甚至是负值，因为以前通常是白

白烧掉。因而，与那些天然气按市场计价的大型GTL项目比较起来，小型GTL项目更具成本竞争力。

除了利用火炬气可以赚钱外，GTL项目还可以免去建设管道的费用，把远离市场的天然气制成燃料，最后进入市场。

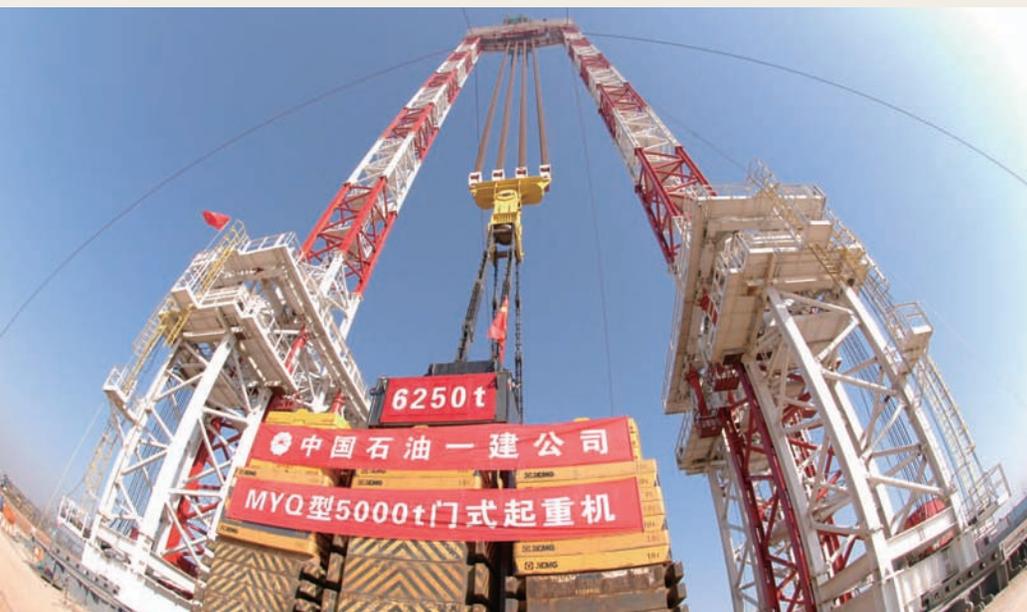
技术开发竞赛开跑

Velocys公司的首席执行官Roy Lipski表示，Velocys正在使用美国太平洋西北国家实验室开发的太空探索技术——微通道技术，用来将合成气转化成燃料，使放火炬的油井弛放气得以利用。法国道达尔在内的一些石油公司也支持Velocys公司的研究。

巴西国家石油公司Petrobras正在拉美地区海域大量开发油气资源，在为其生产海上油田开发的GTL反应器上，Compact GTL和Velocys正在开展竞争。面对竞争，Compact GTL首席运营官伊恩·巴克斯特表示：“这是一个巨大的全球市场机会，我们欢迎竞争。”

除了巴西国油公司对Compact GTL反应器感兴趣外，还有其他一些石油公司，主要是俄罗斯和一些前苏联加盟共和国的新项目。

（摘译自HP201408）



世界最大MYQ型门式起重机在洛阳伊滨新区完成型式试验

擎起大国重器

——中国石油一建MYQ型5000吨门式起重机试验纪实

■ 彭武胜 宋亚伟 王继光

2014年12月29日，古都洛阳伊滨新区，由中国石油天然气第一建设公司（以下简称一建公司）研发制造的世界单门吊装能力最大的MYQ型5000吨门式起重机，在125米高度成功吊起1.25倍额定载荷的6250吨重物。

“5次起吊不同吨位的载荷，并实现重物横向和纵向滑移的试验结果，达到了国家有关技术规范和安全技术标准的要求，MYQ型5000吨门式起重机从目前来说是世界上独一无二的，使一建公司具有了装备制造向世界吊装领域市场进军的砝码。”对门式起重机型式试验进行全程检验的河南省特种设备安全检测研究院总工程师刘爱国说。

前瞻化战略 装备升级增实力

一建公司是新中国成立最早的

炼油工程专业建设企业。自1954年成立以来，这个公司对工程建设中所遇到的大型设备吊装进行不懈探索，在上个世纪先后发明研制出“双臂抱子”、“四臂抱子”、“飞跃天车”、具有自提升功能的500吨级起重桅杆等吊装设备，擎起了全国当时单系列处理能力的最大的洛阳炼油厂606吨再生器、亚洲当时最大的大庆油田化工总厂ARGG装置558吨沉降器等重型设备。进入新世纪，一建公司



起重机基础浇筑 师喜军摄

购进1350吨等大型起重机近百台，吊装总能力达到1.2万吨，先后在大连石化、独山子石化、中海油惠州千万吨炼油基地、广西石化成功起吊1000吨级以上的反应器。凭着雄厚的吊装实力和吊装业绩，一建公司蝉联“中国吊装施工企业10强”称号。

在石化工业追求低成本的推动下，国内炼油和石化装置快速向大型化和规模化发展，中石油、中石化、中海油及中化集团等大型石油化工企业相继在全国各地建设多个千万吨级炼化项目，由于各大型炼化项目规模的不断增大，装置中的大型设备的重量及规格也随之增大，对工程建设单位的吊装能力要求也越来越高。在领跑国内吊装行业发展的进程中，一建公司的脚步始终没有停歇。如何对吊装设备进行“升级”？一是购买国外大吨位的履带吊车；二是研制更大吨位、更先进的门式起重机。本着经济实用的原则，一建公司决策层毫不犹豫地选择了后者。

为打造世界一流的门式起重机，一建公司集合成立60年的吊装经验和专家智慧提出设计意图，并提出在吊装功能上要满足未来10年国内吊装更新的需求，获得中国石油天然气集团公司工程建设分公司科技立项。在科技研发进程中，一建公司多方调研寻找优秀合作伙伴，2012年2月与世界知名起重机研发公司英国多门朗公司携手，共同开发世界单门能力最大的MYQ型5000吨门式起重机。

这种起重机最大的优势在于最大吊装重量5000吨，最大提升速度每小时30米，能够实现2000吨级百米高塔一日吊装完成，最大提升高度160米，最大吊装跨距35米。系统设计有一套横向和纵向滑移装置，可使起重机在带负荷情况下进行横向和纵向移动，

这一性能在某些条件下优于同吨位的履带式吊车。

模块化设计 集合创新应用广

MYQ型5000吨门式起重机采用模块化的设计，整个系统主要由自安装系统、塔架系统、横梁系统、吊具系统、提升系统、行走系统、缆风绳系统、中央控制系统等八部分组成，可根据现场设备吊装重量、作业场地等灵活预组装，具有常规门式起重机不可比拟的优越性。

针对每一个系统的设计，一建公司的设计团队敢为人先，勇于打破国内现有门式起重机构造的弊端，从有利于拆装方便、有利于操作安全、有利于功能拓展的角度大胆创新。大到各个系统的结构形式，小到一个零部件的尺寸，都经过集思广益、反复论证，形成方案后以技术协议的方式对多门朗公司提出具体的要求。

常规的门式起重机一般都是定型产品、固定工况，其中的关键参数如最大提升高度、最宽有效跨距等都已固定。在现场使用中，只能根据起重机的吊装参数，选择能进行吊装的设备，而不能根据被吊设备去选择门式起重机。一建公司通过对八大系统的标准化设计，使MYQ型5000吨门式起重机能够组合出门式和单柱两种配置，并根据实际作业环境衍生出16种工况，且在低于91米时进行无缆风绳设计，降低了对场地的需求，有效解决了传统门式起重机工况单一、适应性差、利用率低的难题。可广泛应用于煤化工、炼化、冶金、电力等行业的超大型设备的整体吊装以及桥梁、机场、港口等大型建筑物项目内的大型结构吊装。

在保证大的承载力的前提下，一建公司依照结构重量尽量轻、尽量合理的思路来设计：塔节可拆卸成单

根杆件，方便集装箱化运输；自安装系统不依靠吊车即可对每节塔节进行立式安装和拆除；采用穿销式液压千斤顶，实现塔基纵向滑移和塔顶横向滑移，与其它类型滑移设备相比，安全性有很大提高；设计了缆风绳悬挂机构，能够使起重机在缆风绳位置不变条件下，行走0.29-0.74倍塔高的距离。一建公司推出的这些创新共形成国家知识产权局授予的10项实用新型专利，这些专利凝练成目前国内应用范围最广、构造最先进、最具竞争力的门式起重机。

智能化控制 安全可靠求精准

除了模块化设计，一建公司还将网络技术和计算机信息技术充分应用到制造中，使MYQ型5000吨门式起重机的安全性能、吊装精准度又发生质的飞跃。

以往履带吊车都由技术人员和操作人员现场配合进行吊装作业，在处理一些特殊情况时，大多依赖人为经验判断。如今的5000吨门式起重机采用了世界上最先进的DL-P40吊装控制软件。吊装过程中，只需一名操作员控制电脑，就能实现门式起重机整车运行和重物的精确定位。使用无线控制，确保数据传输的有效性、安全性。

门式起重机机身共安装了30余个摄像探头，实现“360度无死角”安全监控，利用视频传输把起重机每个系统的工作画面发到DL-P40控制系统，达到安全监控和适时调整的目的。两个塔架顶部安装了“GPS”移动站，每0.5秒钟对塔架进行刷新测量，如果偏差值超出设定范围，就会发出警报。4部“倾角传感器”分别安装在4个千斤顶上。一旦千斤顶上的钢绞线角度发生偏差、受力不均匀，传感器会第一时间发出信号，软

件就会对系统锁死，无法继续工作，直至操作员重新将起重机部件调整复位后才能继续完成吊装。

合作方英国多门朗技术有限公司技术总监迈克在型式试验现场说：

“MYQ型5000吨门式起重机是目前世界上最大的，也是最先进的门式液压起重机。我相信，它可以使一建公司成为起重行业在石化容器安装方面的国际领先承包商。”



采用倒装技术，擎起世界最大的门式起重系统 彭武胜摄



从2800吨至6250吨，5次载荷试验均一次成功 梁海军摄



架设六个方向的缆风绳系统，确保门式起重机电稳定运行 梁海军摄

高效拓市场 管紧钱袋子 走好转型路

——工程建设公司2014年保增长保效益综述

廖秋雯 许玲琴



切磋 高瑞卿摄

回顾2014，工程建设公司生产经营画上了完满句号：截止2014年12月底，公司实现收入200.18亿元，不仅超额完成年初经营指标，也超额完成“开源节流降本增效”活动的目标利润增加值。这一集团公司工程建设业务的排头兵，将2014“双保”这一仗打得漂亮。

但成绩来之不易，2014年年初以来，面对集团公司内部投资收缩和外部经济需求下行的严峻形势，工程建设公司在低迷之势中逆流而上，外拓市场、内控成本，主动走好转型升级路，为“十二五”的圆满收关打牢了基础。

高效开发市场 拓宽经营发展空间

只要做有心人，市场就从不缺乏机会。2014年，工程建设公司优化市场布局，巧借结构调控开拓市场，亮出一张张亮丽的成绩单——在做好原有海外五大区域性市场和国内八大炼化基地市场格局的同时，积极向更广领域拓展：公司中标了BP在伊拉克鲁迈拉第一个EPC模式国际公开招标的大型电站项目，联合WorleyParsons获得的加拿大麦

肯河一期EPC项目正在稳步推进，合同额32.9亿美元的阿布扎比原油管线项目成功划上了句号……

工程建设公司总经理侯浩杰说：“‘一个确保，两个退出，向高效进军’是我们始终坚持的市场开发战略，在全力保障集团公司重点工程的同时，我们还要果断进行市场结构的持续调整。”

为完善市场战略布局，推进市场高端化，工程建设公司制定了国外与国内60：40的业务比例和高端业务、外部业务市场份额不低于30%的目标，基本形成海外五大区域性市场和国内以八大炼化基地为主的市场格局，国际业务收入占总量的60%以上，利润占比80%以上。

在国际“舞台”，工程建设公司向世界展示了“中国力量”，更加突出中东市场“半壁江山”的地位：阿布扎比东南和萨希尔三期油田项目前期服务稳步推进，两伊市场全力拿下鲁迈拉绿色油田、哈法亚三期项目。中亚市场规模也在进一步扩大，土库曼天然气增供项目、里海周边油田等项目成为增效点。同时，委内瑞拉、厄瓜多尔、秘鲁等美洲、亚太高端市场也取得新突破，

南北苏丹、乍得等非洲市场的“二次创业”重新焕发光彩。

在国内市场，以大中型炼厂为基地，积极向系统外和新兴市场发展。克拉玛依、大连长兴岛千万吨级炼厂改扩建项目前期技术支持有效推进，国内大型炼化工程EPC总承包取得新业绩。

实施低成本战略

实现质量效益型发展

在经济新常态下，中国石油企业将面临更多挑战：国际竞争环境日益严峻，国内区域资源矛盾日益突出，石油开采成本逐渐上升……。因此实施低成本战略已成为各石油企业可持续发展的必然选择，企业不仅需要开拓市场“会赚钱”的本领，还需要“会花钱”以及“会理钱”的才能。

“会花钱”首先就是知道钱花在哪里。2014年，工程建设公司从战略层面加大了优化投资的力度，严格控制固定资产投资规模，将其压缩20%以上。并重点保障主营业务发展、市场开发、安全环保隐患治理、节能减排、科技和信息研发等投资，压缩一般性改造和后勤配套，投资收益有所提高。

“会花钱”就是用最少的投入办

最多的事。工程建设公司在采购管理方面找到了降低经营成本的潜力，通过推行集中采购、战略采购，大幅降低了采购成本；通过加强物资全过程管控，有效减低物资库存。

“会花钱”的同时，也要“会理钱”。

工程建设公司通过税务管理有效规避税务风险，加强新开发市场的纳税筹划工作和物资设备出口退税各环节的管理，有效保障了企业利益。同时加强资金计划管理，防范财务安全风险，尤其是根据国际市场主要货币汇率和利率变化趋势及海外资金需求计划，通过应收账款保理、远期结汇、货币互换等方式有效规避了资金损失，取得了可观的资金运作效益。

公司选择适当时机，审慎运作应收账款保理业务，创造了结算领域的资金效益。公司寻找机会和银行开展应收账款保理和贴现业务，达到提前收款和优惠结汇的目的，最终在人民币升值和外币贬值的通道中稳健获取资金效益。近几年效益显著。

创新理财思路，深化与华为公司的货币互换运作，提高资金保值增值能力是公司的又一做法。海外资金的全面集中、海外业务需要使用大量当地币和

当地币持续大幅贬值的大背景，使公司必须考虑如何使公司海外业务获得的收入保值增值。公司作为集团公司与华为公司战略合作协议的第一家落实者，通过公司、公司海外子分公司与华为签署华为设备销售和出口协议，以及签订资金代付协议等，实现货币互换，并获得可观的资金效益。公司分别在乌兹别克斯坦、苏丹、南苏丹和伊朗与华为公司进行了良好的货币互换合作。与此同时，公司加强资金集中管理、汇率和利率风险管理，强化财务风险控制，降低财务成本，初步建立《应收账款贴现业务资金管理基础模型》、《同币种贷款业务资金管理基础模型》、《远期结汇业务资金管理基础模型》。采取低利率贷款，加强资金集中管理，选择合适的结汇时机，既确保了公司生产经营所需的流动资金，也增加了资金利息收入，降低了汇兑损失。

从年终统计数据来看，工程合同变更索赔成为了工程建设公司今年的创新新亮点。通过加大已完工工程项目的变更索赔力度确保公司既得经营利益的实现。

可控费用控制在提高企业实际经济效益方面的作用也不容小觑，工程建设公司继续推进“三控制一规范”，严格控制劳务费和人工成本的过快增长，并强化对管理费用和五项费用的控制。2014年管理费用支出比上年同期下降11.6%，五项费用支出比上年同期下降28.3%。

转变发展方式

推动主营业务升级

经济运行进入新常态，以前依赖内部投资拉动、单纯做大规模的时代已经终结。随着集团公司投资规模“点刹”，工程建设企业也面临转型升级的考验。



中亚油气之魂乌兹别克子公司 王志摄

对工程建设企业来说，新时期的唱好“转型戏”不仅要继续念好“提速、提质、提效、提素”八字，还需要全方位提升企业的“综合素质”。

设计是工程建设业务龙头，是竞争力的重要组成部分。工程设计公司苦练“设计功”，以集团公司重大科技专项研究为契机，设计总承包的大连LNG工程，荣获国家优质工程金质奖，在巩固炼油核心装置传统优势同时弥补PX等设计短板，加大系统外市场开发力度。在海外，工程建设公司积极与Petrofac成立合资公司，初步建成一支以中外籍专家为骨干、专业配套的设计队伍，补齐海外上游设计短板。目前，公司已按照国际标准完成了一批海外油气田地面工程项目的设计任务，具备了海外油气田井口、集

输、长输和压气站等工程的自主设计能力。

制造业务向高附加值迈进。伊拉克、乍得、加拿大、土库曼斯坦的橇装项目，模块化设计橇装化制造能力不断提升，加氢反应器填补了集团公司空白，承揽大港石化项目，实现了系统内首次市场化应用，高压螺纹锁紧环换热器也在加快成果转化步伐，重型非标设备新优势逐渐形成，其成套技术开发获集团公司科技进步三等奖，设计制造的世界最大单门吊装系统MYQ型5000吨门式起重机试验成功。

扩大技术服务行业优势地位。占领地基处理和桩基高端市场，积极开发岩土EPC、PMC市场，并拓展岩土设计、项目管理和咨询业务，向行业一流水平不断努力。同时扩大安评环评、

HAZOP分析优势，积极承担集团公司大部分炼油、化工、油气储运工程任务，全周期服务能力大力提升。

公司近三年来，大力推进技术创新，共获得149项专利授权，67项技术6秘密，12项国家及部级科技进步奖和52项技术被列为集团公司“技术利器”。

增强国际化管理水平。工程建设公司施工业务管理作业型转变步伐进一步加快，通过施工现场管理服务、积极参与国际一流工程公司总承包项目，提升了施工总承包能力和施工分包管控能力。

总结过去是为了更好地展望未来，工程建设公司将凭借2014年积累的丰富经验，更加自信地迈向2015，继续交出提质增效的完美答卷。

小接点蕴藏大技艺

——CPECC攻克新兴管材焊接技术难题历程回顾

■ 陈艳 缪博艺 李星 魏伟

随着全球开发高含硫、高腐蚀性复杂气体介质天然气能源步伐的加快，以抗硫碳钢管为基管、以N08825镍基合金为内覆层，集合基层的耐腐蚀性能与基管的机械性能于一体的N08825双金属复合管材作为新兴耐腐蚀材料正逐步推广。经过一年多的努力，中国石油工程建设公司（CPECC）技术研发项目组全面掌握了该新兴材料的焊接施工核心技术，开创了国内技术研发之先河。

放眼未来

整合资源优势为研发助力

土库曼300亿立方米/年商品气建设项目是中国最大的海外天然气产能合作项目，将与同期规划的中亚天然气管道南线（D线）连接。2018年建成后，每年向我国供应天然气250亿立方米。CPECC承担该项目中两座产能150亿立方米/年天然气处理厂和自备电站工程的EPC总承包建设。

土库曼斯坦加尔金内什气田属于

高产量、高温、高压、高含硫、高二氧化碳、高矿化度的“六高”酸性天然气田，气体介质的腐蚀性非常高，N08825双金属复合管材将首次大规模应用于该气田项目内部的集输系统、处理厂各主体装置、静设备、非标设备管道等。如果N08825双金属复合管材的施工运用和技术实施不到位，安全运行性能也将大打折扣，成为项目的重大风险。

虽已在海外广泛采用，但N08825复合管材技术尚属保密，也没有在

340余公里工程大规模应用的先例。而国内在N08825复合管材方面还处于工程化应用初始阶段，也没有成熟的焊接工艺及施工经验可供借鉴。

在这样艰难的情况下，CPECC着眼于未来，勇于迎接天然气领域的新挑战，在2012年就成立了以土库曼斯坦分公司为牵头单位的专项技术研发项目组。为解决关键技术难题、确保国家能源保障的战略项目安全有序建设，2013年5月研发项目组联合一、七建设公司和中国石油工程技术研究院等单位，对N08825复合管材焊接性能分析、焊接材料选择、焊接方法设计、焊接接头性能测试方法及质量控制方法等方面开展技术攻关。

CPECC项目技术研发组充分利用内部一、七建设公司自有基地，建立起了焊接及检测实践操作和培训基地，还特别选派裴先峰等全国技术能手、全国一流焊工参与N08825复合管材焊接研究和实验。

对于首次参与这种新材料的焊接攻关，裴先峰激动地说：“这对我来说也是学习锻炼的一个过程，

我很想把这次研究攻关的技术亲自带到土库曼一线，亲眼见证并传授给大家。”

攻坚克难

三大创新突破焊接技术难题

在一年多的大量实验和研究过程中，项目技术研发组的专家针对N08825复合管材实施方案和技术试验成果以视频方式多次进行专项讨论评审。焊接实验中，多名焊接专家按照四种焊接方法、三种检测工艺反复探索，即时结合试验结果，不断对实施及执行方案更新完善。

在焊接工艺上，项目研究人员针对国内常规氩气置换焊接存在的不足和缺陷，采用钨极氩弧焊焊接。焊接过程中应用“鸭舌型”坡口焊接组对法，选用低热输入、无摆幅、多道次的焊接工艺，有效避免了N08825复合管焊接过程中铁元素稀释率过高以及焊接接口出现热裂纹和氧化等问题。同时，该焊接工艺也使采用传统焊接方式焊接的复合管一次合格率由不到70%提高到100%。

在焊接质量控制方面，研究

人员反复试验，大胆创新，采用了X射线残余应力测试分析与超声冲击调整应力相结合的综合技术，调整消除了焊接接头局部高应力集中区，形成高效、稳定、易控的残余应力测试与调整技术，解决了N08825复合管因焊接接头易产生较大残余应力问题，保证了管材整体应力的安全性能。

针对加尔金内什气田的腐蚀环境特点和防腐技术要求，研究人员还通过科学取样，对N08825复合管材及其焊缝的点蚀、晶间腐蚀等进行一系列耐腐蚀性能测试及分析，建立了科学的耐腐蚀性能评价方法。

科研攻关

搬开项目第一个“拦路虎”

近日，公司土库曼斯坦分公司技术研发项目组传来喜讯，在N08825复合管焊接工艺技术、残余应力测试与调整、管道耐腐蚀性能测试与评价分析等施工技术领域取得了突破，试验成功，得到专家认可，将有效解决焊接施工对管材耐腐蚀性能和稳定性的影响，为确保项目N08825复合管材安全平稳生产运行奠定基础。

“N08825复合材料的焊接技术是300亿立方米/年商品气建设项目实施的四大难题之一，它的成功研究，为项目执行搬开了第一个‘拦路虎’。”该项目经理姚海盛胸有成竹地说，“同时，也是CPECC整体实力的再次体现”。

新兴管材施工技术的推广应用，将为公司在天然气处理工程建设领域赢得更大的市场空间。目前，研发组正在申报对N08825复合材料焊接工艺和质量控制的技术专利。这项技术有望在国内外高含硫、高腐蚀性天然气开发中大量应用。



超声波消除应力试验

割舍不下的“塑料”生活

■ 瑞健

1869年，有人把硝化纤维、樟脑和乙醇的混合物在高压下共热，然后在常压下硬化成型制出了廉价台球，不仅赢得了制造台球替代材料的丰厚奖金，也将塑料制品带进了人们的生活。

这种由纤维素制得的材料就是“赛璐珞”，最早的人工塑料，有轻便、可塑性强、有弹性、绝缘性、耐腐蚀等特点。随后，全世界的化学家们都对这一事物非常感兴趣，相继对塑料的功能和品种进行了改性和升级。直到今天，五光十色的塑料制品在生产及人们的生活中比比皆是，想要脱离塑料、过上无塑料制品的生活，已非易事。

被塑料包围的日常生活

提起塑料，人们首先想到的可能是塑料玩具以及盆、桶、碗、筷之类的日用品，或者干脆就是用来存放东西的方便袋。其实，这些只能算

是低级的塑料制品，从儿童玩具到家用电器，从精密仪器到服装箱包，再到汽车摩托车等交通工具，我们的生活已被牢牢地拴在用塑料制品串起的长链上。除了这些有形的物品，还有很多我们眼睛看不到的塑料用处，比如，蔬菜温室用的棚膜，除蚜虫、除草、有色等多种功能的地膜，都能给农作物快速健康生长创造条件，让人们在一年四季都可以享受到新鲜的蔬菜；有耐高温、自润滑等特殊功能氟塑料和有机硅、特种塑料等，甚至可用于航空航天等特殊领域。

塑料的“家庭”成员

这些形形色色的塑料制品，源于不同的塑料品种和功能。而塑料的原材料是合成树脂，大多都是由石油加工得到的，经过不同的工艺、聚合反应和加工成型，成为塑料大家庭中的一员。日常生活中主要用到的塑料品

种主要有以下几种。

PE是聚乙烯树脂，是聚乙烯塑料的原材料。PE树脂是结构最简单的高分子有机化合物，化学性质稳定，通常制作食品袋、保鲜膜及各种容器，也可用于工业做高频的电绝缘材料，用于雷达和电视。它耐酸、碱及盐类水溶液的侵蚀，但却不能用强碱性洗涤剂擦拭或浸泡。

PVC是聚氯乙烯树脂，是聚氯乙烯塑料的原材料，虽与聚乙烯仅有一字之差，用途却大不相同。由于在制造过程中增加了增塑剂、抗老化剂等辅助材料，牢固而耐腐蚀，可以用来制作型材、管材、薄膜、包装材料等。不过由于原料含有氯和增塑剂成份，PVC制品不宜用来存放食品和药品。

PP是聚丙烯树脂，是聚丙烯塑料的原材料。它是一种半结晶的热塑性树脂，无毒无味，在100℃的沸水中浸泡不变形、不损伤，常见的酸、碱、

有机溶剂等与它也几乎不发生化学反应，是制作餐具的优秀材料。PP是较常见的高分子材料之一，在工业界有广泛的应用，澳大利亚钱币就是用PP薄膜制作的。

PA是聚丙烯树脂，是尼龙原材料的简称，实际上是聚酰胺树脂，容易结晶，无毒，坚韧、牢固、耐磨，可以制成梳子、牙刷头、衣钩、扇骨、网袋绳、水果外包装袋等。在尼龙中添加玻璃纤维、增韧剂等后，其拉伸、弯曲强度会有大幅提高，可用于齿轮、轴承、泵叶、汽车工业零件、渔具等。但PA最怕长期与酸、碱接触。

PS聚苯乙烯树脂，是聚苯乙烯塑料的原材料，无色透明，类似玻璃，容易着色，人们喜欢用它来制作灯罩、牙刷柄、玩具、电器零部件等。它耐酸碱腐蚀，但却很容易溶于氯仿、二氯乙烯、香蕉水等有机溶剂。

ABS是由丙烯腈、丁二烯、苯乙烯为基础聚合而成的树脂，不仅色彩醒目、坚固耐热，外表面还可以镀铬、镍等金属薄膜，可以制作琴键、按钮、电视机等一些家电的外壳等。

PET是对苯二甲酸类聚酯树脂，主要包括聚对苯二甲酸乙二酯PET和聚对苯二甲酸丁二酯PBT。PET具有很好的光学性能和耐候性、耐磨耗摩擦性和尺寸稳定性及电绝缘性。用PET做成的瓶子强度大、透明性好、无毒、防渗透、质量轻、生产效率高因而受到了广泛的应用，如矿泉水瓶、碳酸饮料瓶、化妆品瓶等。可循环使用，但耐热性差，超过70℃时易变形。玻璃纤维增强PET适用于电子电气和汽车行业，用于各种线圈骨架、变压器、录音机零部件和外壳、灯罩、继电器、硒整流器等。

随着塑料加工技术的进步，塑料的种类越来越多、产品越来越细化。

如果只看塑料原料颗粒，很难想像出日后它们会以什么形式出现在人们的生活当中。

环保是塑料发展的“硬伤”

作为现代社会经济发展的基础材料之一，塑料是农业、工业、能源和交通运输等经济领域不可缺少的重要材料，已经渗透到经济和生活的各个领域，我们的工作、生活跟学习甚至社会的发展日益离不开塑料。

在给人们生活带来诸多便利的同时，塑料这种用途广泛的合成高分子材料也给人们的生活带来了无尽的烦恼：街头巷尾随处可见被丢弃的塑料袋、农用地膜，既浪费还造成了环境污染。塑料包装物及一次性使用的塑料制品，已成为人们生活垃圾的主要组成部分之一。而且由于有些废弃塑料在自然条件下不会降解，长期以来会积聚过多而酿成可怕的白色污染，简单的焚烧又会释放出有害气体、污染生态环境。尽管它已经经历了上百年的发展历程，种类和技术已经日新月异，但环保始终是塑料发展中难于跨越的一个环节，美国马萨诸塞州或将颁布塑料瓶禁令。前几年，面对日益严重的塑料袋白色污染，国内就已经颁布了塑料袋的限用禁令。

但是，经历了旧石器、新石器、陶器、青铜器、铁器时代的人类历史，因为塑料出现而加快了文明程度提高的速度。今天，我们可以讨厌由塑料而引起的污染，但想要过上脱离塑料制品的生活，已经很不现实。因为塑料已深入人们的生活，从洗脸刷牙类似的小事一直到出行、办公的用品等，都已经深深烙上塑料的标记。据ASD公司最新的研究报告称，2013年全球医药包装市场中可生物降解塑料包装比例超过65%，2013-2019年可

生物降解塑料包装市场需求将以两位数的年均增长率继续增长，食品和饮料包装将是最主要的应用领域。

回收再利用和可生物降解 将双管齐下

为解决塑料废弃物对环境的影响，人们主要采取的是回收利用和降解等防与治相结合的策略，开发有利于环境的降解塑料，在塑料中加入一些促进降解功能的助剂，或合成本身具有降解性能的塑料。比如，根据农作物生长期的长短，选择使用不同降解天数的膜，等农作物收完之后，塑料膜就自动降解了。

同时，塑料回收再利用的措施一直在稳步推进。近年来欧洲市场对PET的需求力度不断加大，可再生性将直接影响其未来发展前景。据比利时非盈利性贸易团体Petcore Europe发表的一份声明，2013年欧洲废弃PET瓶回收量为650亿个(164万吨)，较去年同期增长7%，PET是当前欧洲回收量最大的废弃塑料。

德国PET废瓶回收成为“中国毛衣”的故事也值得大家深思，德国市场上每年流动800多万个PET瓶子。垃圾回收公司将些瓶子回收后压成团或粉碎成片，然后以相对高的价格出售给有着巨大塑料需求的中国纺织企业。在中国工厂里，这些PET原料被按色分类，切成碎片融化，之后加工成纺织品返回德国销售。这里体现的价值创造是巨大的：一件合成粗呢毛衣价格在50至100欧元之间，而所用材料只相当于32欧分。

其他类型的塑料也可以向PET学习，随着各项回收制度完善、建立和回收技术的发展，相信塑料也会以更加环保、便于回收等姿态出现，最大限度地扬长避短，真正地服务于人们的生活。

第七届中国日韩炼油技术研讨会 在日本召开

本刊讯 由中国石油学会（CPS）、日本石油能源技术中心（JPEC）和韩国石油管理院（Kpetro）联合主办的“第七届中国日韩炼油技术研讨会”于2014年10月28-30日在日本东京召开。以副理事长、中国工程院院士曹湘洪为团长、副理事长周抚生为副团长的中国石油学会代表团共11人赴日本参会。日本石油能源中心专务理事中野贤行和韩国石油管理院经营理事徐东久等领导出席了会议，来自中、日、韩三方近70名代表参加了会议。

周抚生在致辞中指出，中、日、韩三国之间石油加工与石油化工的交流合作日益频繁和密切，三方在资源、信息、市场、贸易、科技等方面已经建立了广泛的合作基础和联系渠道，并且取得了一定成效，这对于中、日、韩三国在亚洲以及世界石油加工与石油化工领域的地位和竞争力的提升产生了极大的推动作用。中国石油学会始终致力于积极推动石油、天然气和石油化工科学技术的发展，愿与日、韩两国的专家、学者们一起，通过广泛交流与深入研讨，共同面对和研究当前世界炼化工业的新问题、新挑战，不断提升三国的石油加工与石油化工工业的综合竞争力，为实现行业的低碳、绿色、可持续与健康发展，共同应对治理大气污染严峻挑战，做出不懈努力。

曹湘洪院士在会上作了“国V汽油标准主要技术指标的研究与

决策”主旨报告。会议围绕“改善油品质量，应对治理大气污染的挑战”这一主题共交流技术报告19篇，其中：中方7篇、日方7篇、韩方5篇。中方主要介绍了我国清洁汽油的生产及市场情况、中国石油主要炼油及清洁生产技术进展、清洁汽油生产技术RSDS、S-Zorb、M-DOS的研发及工业应用情况、炼厂恶臭气体处理以及离子液烷基化技术；日方主要介绍了日本能源和环保政策、污染物排放对环境影响的研究与措施、以及燃料电池汽车发展计划等内容；韩方主要介绍了韩国石油工业政策、汽车对空气质量的影响、润滑油对发动机性能和经济性的影响等内容。（邹刚）

书香宝石花 点亮青春梦 中国石油青年读书知识竞赛 总决赛落幕

本刊讯 2014年12月12日，中国石油天然气集团公司团工委举行的“书香宝石花，点亮青春梦”中国石油青年读书知识竞赛总决赛。这次竞赛石油科技知识部分的试题大部分来自于《石油知识》杂志编辑的《中国石油员工基本知识读本·石油》。经过激烈角逐，西南油气田代表队获得一等奖，大庆油田、天津销售代表队获得二等奖，大庆炼化、兰州石化、华东化工销售代表队获得三等奖。

总决赛共分6个环节、以擂台赛形式进行，试题内容涵盖《中国石油员工基本知识读本》政治经

济、法律、科技、石油等10个方面知识，多方面考验选手的真才实学。共有六支队伍参加了总决赛，每队3名选手，选手们胸有成竹的应答、灵活机智的应变、默契和谐的配合，展示了新时期石油青年朝气蓬勃、才华横溢的风采。

集团公司副总经理、党组成员喻宝才，中宣部、新闻出版总署、共青团中央、国务院国资委有关部门领导，集团公司500余名干部员工在现场，感受青年员工的青春与智慧。（崔玉波）

大庆油田： 2014年献油4000万吨

截至2014年12月31日，大庆油田全年生产原油4000万吨、天然气34.8亿立方米。继原油5000万吨以上连续27年高产稳产后，大庆油田已连续12年实现原油4000万吨以上持续稳产。

面对原油稳产中的困难与压力，在2014年大庆油田牢固树立“资源为王”理念，以精细开发保稳产、以管理提升增效益，圆满完成了油气生产任务，投资成本得到有效控制，各项工作平稳有序推进。

科技创新有力支撑大庆油田稳产。2014年，大庆油田致密油开发试验成果喜人，规模增储进一步展现，致密油、火山岩、致密气、塔东古城天然气领域地质认识不断深化。油田井震结合开发地震技术、水驱精细挖潜技术、层系并网优化调整等技术的创新发展，有力推动了长垣水驱的精



细开发；直井缝网压裂、水平井大规模体积压裂、CO₂驱等技术的创新发展，不断加快了外围难采储量的有效动用；聚驱注入参数优化设计技术、交替注入方式的创新发展，进一步实现了聚驱方案的个性化设计；三元驱油体系、驱油机理以及井筒、地面工艺技术的新突破，为扩大推广应用规模创造了有利条件。此外，物探、钻井、测录井评价、增产改造等勘探技术持续创新配套，核心能力进一步增强，促进了勘探整体效益和效率提升。开发指标稳定向好，保持了老油田精细高效开发的高水平。（摘自大庆晚报）

大港油田： 加强深部调驱提高采收率

通过科技人员的攻关，大港油田公司形成深部调驱提高采收率关键技术。截至2014年12月15日，运用此技术，官979断块累计增油46万吨，现场试验效果显著。

2010年以来，大港油田深部调驱提高采收率关键技术，初步形成6大主要配套技术和4项重要技术创新成果，通过在中国石油股份公司重大试验项目“小集油田官979断块和官938断块二次开发深部调驱试验”现场进行应用，取得显著效果。

2011年8月开始，经过为期两年多的注入，大港油田官979断块自然递减率、含水上升率等重要开发指标均有明显改善，相应区

块原油日产量由48吨升至84吨，并成功保持区块产量连续3年不递减。（摘自中国石油网）

吉林油田： 以试点改革为突破成功逆袭

2014年，吉林油田结合集团公司配套扩权改革政策，抓好管理运营模式、收入分配制度、人事劳动制度和市场化社会化改革“四项改革”，并初见成效。

管控模式突出“效率、可控”，放权不放任，优化运行，推进生产经营一体化，向管理要效率要效益。收入分配制度改革突出“效益导向”和“一厂一策”，加大工效挂钩力度，引导各单位多创效益。人事劳动制度改革立足提质增效，实现干部能上能下、优胜劣汰，推进科研人员职务职级“双序列”管理，使科研队伍更加充满活力。在市场化社会化改革中，探索委托式经营，全面推行所有单位之间内部结算，建立内部物资供应市场机制，对未上市的18个单位实行外闯市场利润独享政策，重组整合优势盈利业务，探索物业服务费用包干等，协调推动公共服务和公用设施社会化。

2014年，吉林油田在年初原油配产缺口2.4万吨、下半年油价低迷的情况下，成功逆袭：全年维护性作业费、外委劳务费等8大项主要费用同比均呈明显下降趋势，自营区预计比计划超产原油3万吨，整体利润指标好于预期。

（摘自中国石油网）

胜利油田： 2014年产油2787万吨

2014年，胜利油田紧紧围绕提质增效升级，准确判断形势，着力推动改革创新、转型发展、从严管理，在安全环保压力增大、生产运行制约因素增多等一系列困难挑战下，胜利油田上下攻坚克难，圆满完成了原油生产任务，全年生产原油2787万吨，同比增加108万吨，并连续18年保持储采平衡。

勘探系统按照“精细勘探东部稳定基础，创新突破西部加快发展”的总体目标，突出油气发现和商业发现，强化基础研究和运行管理，东部老区发现胜利第81个油气田——三合村油田，西部新区在敦煌盆地、车排子西翼和哈山东等4个地区获得油气新发现。

开发系统立足增加经济可采储量，突出做好“强化海上、加大低渗、深化水驱、提升三采、优化稠油、加快西部”等工作，注重超前运行、优化部署，稳产基础和开发质量得到持续提升。稀油自然递减率控制在11%以内，连续7年呈下降态势。

生产运行系统主动强化工作，结合开发部署，重点加强海陆工作量、开发单位间、新老区、钻井区域和井位匹配5个方面的优化调整，提高钻机和新井运行效率。（摘自中国石油网）

如何正确安装压力表

■ 王洪松 杨洋

俄罗斯油气生产领域职业技能培训教程中,关于压力表更换的操作步骤为:将校验合格的压力表在螺纹上按逆时针方向缠上密封带,手扶压力表找正,把压力表安装在转接头上,旋上几扣后再用17 mm固定扳手和活动扳手上好压力表。但参照现行的国家和行业技术标准,发现这种安装方式不符合规范:压力表螺纹为非密封管螺纹,其密封形式应采用端面密封,并且生料带也仅适用于密封管螺纹,在低压情况下可能外渗油污或者盐渍;而在高压情况下也存在安全隐患。

螺纹

1841年,英国惠特沃斯提出了世界上第一份螺纹标准(英制,BS),也称为惠氏螺纹,奠定了螺纹标准的技术体系。英制螺纹标准在世界范围内均得到认可,是现行螺纹标准的祖先。1905年,英国发明了螺纹量规,成为世界上第一个全面掌握螺纹加工和检测技术的国家。

美国的国家螺纹(美制,N)标准是在惠氏螺纹基础上发展起来的,二次世界大战后转化为二战盟国共同使用的统一螺纹(UN),美制螺纹是世界上第一个得到国际组织认可的国际标准。

公制螺纹(米制,M)源于美制螺纹,它首先在欧洲得到广泛使用,

并纳入ISO标准,当公制单位被确定为国际法定计量单位后,又进一步提升了米制螺纹在国际贸易中的地位。

压力表及附属部件的安装属于管螺纹系列,目前现场使用的管螺纹主要包括:GB/T 7306.2-2000《55°密封管螺纹第一部分:圆锥内螺纹与圆锥外螺纹》,属于英制螺纹,用R表示;GB/T 12716-2011《60°密封管螺纹》,属于美制螺纹,用NPT表示;GB/T 1414-2003《普通螺纹管路系列》,属于公制螺纹,用M表示。

部件

(1) 压力表。现场使用的压力表包括一般压力表和抗震压力表两种,技术要求分别执行GB/T 1226-2010《一般压力表》和JB/T 6804-2006《抗震压力表》,除了用户对仪表接头螺纹有特殊要求可与生产商协商解决外,其螺纹形式默认为公制外管螺纹(如常用的M20×1.5、M14×1.5),此种螺纹外形为圆柱体,螺纹本身不具有密封功能。

(2) 切断阀。压力表切断阀种类繁多,其加工制作标准主要依据JB/T 7747-2010《针形截止阀》、GB/T 12237-2007《石油石化及相关工业用的钢制球阀》和JB/T 8473-1996《仪表阀组》,除了订货合同另有要求可

按合同执行外,以上三项标准技术要求内提出的螺纹可以是英制也可以是美制内管螺纹(如常用的NPT1/2、R1/2),此两种螺纹外形均为1:16圆锥体,螺纹本身具有密封功能。多数厂商均提示,如用户对螺纹没有特别要求,一般默认发货为NPT螺纹。

(3) 转接头。由于压力表和切断阀螺纹形式不同,压力表转接头应运而生。目前关于转接头的通用标准仅在住房和城乡建设部颁布的01R405-2001《压力表安装图》中有所体现。转接头有两种:一种是两端均为内螺纹;另一种是一端为内螺纹,一端为焊接。油气生产现场所使用的转接头,和压力表相连一端为内螺纹,和切断阀相连一端为外螺纹。螺纹形式和外观尺寸也有多种,压力表转接头主要执行企业自主标准,或者根据现场实际情况进行批量加工。现场最常用的转接头为M20×1.5(内)转NPT1/2(外)。

(4) 密封。QB/T 4008-2010《螺纹密封用聚四氟乙烯未烧带(生料带)》中规定了生料带主要应用于密封管螺纹,如切断阀两端的管螺纹(NPT)连接。压力表和转接头之间为非密封公制管螺纹,其密封形式应为端面密封,一般低压情况下采用平面密封,其间填充石墨、聚四氟乙烯或者紫铜垫片;高压情况下采用锥面密封,其

密封由光滑的金属锥面本身实现。

误区

(1) 认为螺纹只有公制螺纹和英制螺纹两种, 将美制螺纹和英制螺纹的概念混为一谈。实际上GB/T 7306.2-2000《55°密封管螺纹第一部分: 圆锥内螺纹与圆锥外螺纹》中螺纹规格(牙/in.)包括28、19、14、11牙, 而GB/T 12716-2011《60°密封管螺纹》中螺纹规格(牙/in.)包括27、18、14、11.5、8牙, 当两者仅在14牙时, 如果管径一致能够勉强破坏性安装(牙型角不同, 螺纹会出现挤压变形), 由原来的面密封变成线密封, 降低了密封能力, 这是日常操作中经常出现的情况(压力表安装绝大多数属于14牙系列)。

(2) GB/T 1414-2003《普通螺纹管路系列》中螺纹规格标注方式为公称直径×螺距, 螺距(mm)包括1、1.25、1.5、2、3、4 mm, 通过数据折算, 所有规格都无法与英制螺纹和美制螺纹配对使用, 直接将公制螺纹破坏性安装在英制螺纹或美制螺纹上的情况并不少见。

(3) 管螺纹系列中每种管径只对应一种螺距(或者牙/in.), 所以粗牙、细牙和超细牙的说法只出现在紧固连接螺纹系列中, 管螺纹无此概念。

(4) 经常出现沿用作废标准的情况, 如将R螺纹标注为ZG, 将NPT螺纹标注为Z。这样很容易造成混淆, 不利于工作的开展和技术的传承。

(5) 现场技术人员经常使用JB/T 7981-2010《螺纹样板》检测螺纹的牙型, 实际上螺纹样板只具备测量螺纹螺距的功能, 无法分辨牙型角究竟是55°还是60°, 检测螺纹牙型应使用螺纹量规。量规包括塞规和环规, 塞规检测内螺纹, 环规检测外螺纹。

(6) 生料带是带锥度的密封管螺

纹的辅助材料, 安装压力表操作时经常将其缠绕在压力表本体的公制非密封管螺纹上, 却忽视了压力表本体接头端面的密封。这也是石油系统在压力表安装方面存在的最主要的问题。

(7) 当介质温度超过60℃时, 就地安装压力表应选用冷凝管(或其它形式的散热装置)。冷凝管既不具备缓冲功能, 也不具备减振功能, 在压力波动较大的工艺管线或者机泵进出口安装冷凝管的做法是不科学的。

设计

目前压力表设计安装主要参照HG/T 21581-2010《自控安装图册》, 图册中介绍了承插焊连接、对焊连接、法兰连接和螺纹连接共40种设计安装方式。各设计单位均在图册基础上进行了改进, 归纳起来有两种: 一种是切断阀螺纹选用和压力表保持一致, 均为公制非密封管螺纹, 中间不需加压力表转接头; 另一种是切断阀选用NPT或者R密封管螺纹, 压力表选用公制非密封管螺纹, 中间通过压力表转接头进行转换。第一种安装模式存在两个弊端: 一是此类切断阀现场使用较少, 需要在订货合同中提出特殊要求, 报料和更换存在一定困难; 二是切断阀与下接管连接一侧也需要加装密封垫片, 对接管壁厚有一定要求, 端面需要进行特殊处理来实现密封功能, 此种模式现场应用较少, 而第二种安装模式则成为现场普遍采取的设计方案。另外, 如果用户在购买压力表时对压力表螺纹提出特殊要求, 与切断阀保持一致且均为NPT螺纹, 也可免装转接头。

经验

(1) 在工业生产中, 不仅要依靠实际经验, 还要加强国家、行业、地方和企业相关标准的学习, 并及时

关注标准的替代、合并和升级。另外, 国内螺纹标准体系引用混乱及相关技术标准的缺失也是造成认识误区的重要因素。

(2) JB/T 308-2004《阀门型号编制方法》标准中, 阀门型号包括阀门类型、驱动方式、连接形式、结构形式、密封材料、公称压力和阀体材料, 连接形式中螺纹只能反映出内与外, 无法反映螺纹执行的标准, 虽然厂商提示默认发货为NPT螺纹, 但现场仍会出现R螺纹切断阀,

影响现场安

装使

用, 建

议物资报料时必须将

螺纹形式备注清楚。

(3) 压力表转接头加工或购买时, 应详细标注内外螺纹形式。

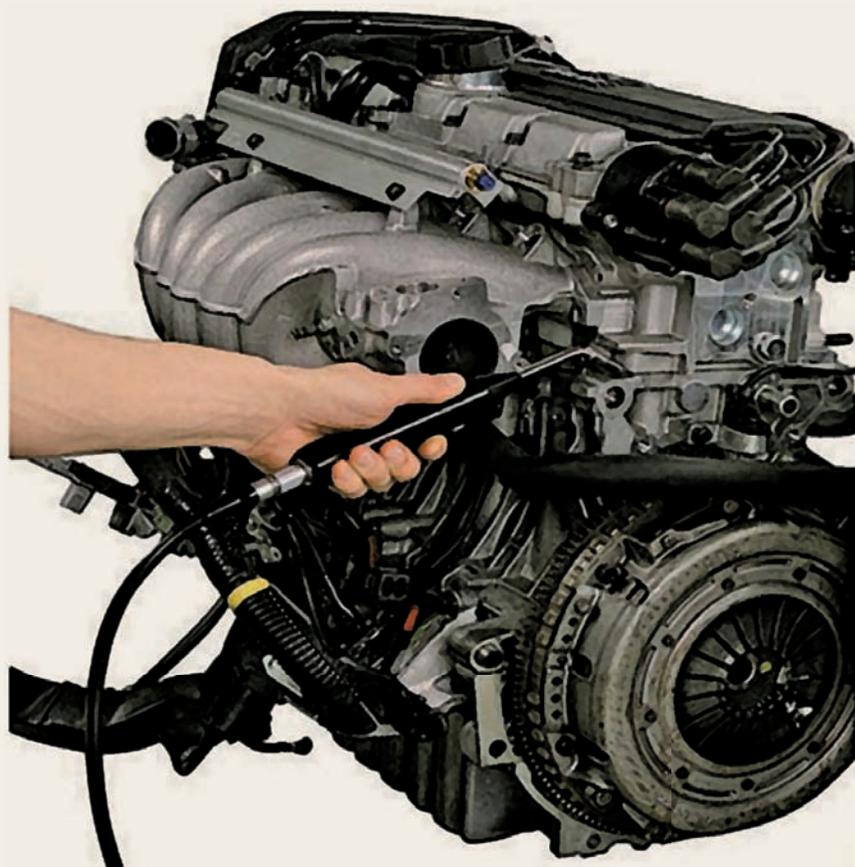
(4) 油气生产现场应严格按照密封方式进行压力表安装, 非密封公制管螺纹搭配生料带的安装方式不能继续采用, 务必按照标准要求更换为垫片密封。

(5) 高压情况下压力表的安装, 建议采用带泄压功能的切断阀, 有效降低更换压力表操作中存在的风险。

(6) 油气生产领域职业技能培训系列教程中关于压力表安装操作的具体内容应及时进行修订, 避免对现场运行和维护人员造成误导。

(7) 压力表转接头可加工为活接头形式, 作用是调整压力表表盘朝向, 方便操作人员观察, 但实际上由于加工精度和安装问题, 容易引起渗漏, 且仅仅为了调整朝向, 作用不大, 现场应用较少。进口的美标压力表本体接头几乎全部为NPT螺纹, 不需要使用压力表转接头和密封垫片, 既方便统一安装, 又减少了泄露点的数量, 值得借鉴。

The abrasion of the equip



细聊设备的磨损

■ 李强

摩擦并不是一个陌生的字眼：在古代，人类就懂得钻木取火，这是因为两者的摩擦能产生热量；而用玻璃棒和丝绸之间不停的摩擦，能产生静电，这是对摩擦起电现象的最好解释；还有，汽车轮胎上凹凸不平的花纹，如果磨平了就要及时更换，为的是增大轮胎与地面的摩擦。这些都是我们生活中耳熟能详的摩擦现象。在日常的生产和生活中人们时刻都离不开摩擦，摩擦现象也是物理学中最古老、最有趣的问题之一，并形成一门专业的学科——摩擦学，近年来，关于摩擦学方面的专著屡见不鲜。

在摩擦学上，关于摩擦是这样表述的：当两个接触表面作相对运动或有相对运动趋势时，将会有阻止其产生相对运动的现象。这个阻止其相对运动的力就叫作摩擦力（或阻力），而两个成对的接触面就叫做摩擦副。通过力的相互作用，摩擦副交换运动，也彼此制约着对方的运动。这在运转的动设备中是经常见到的。

事实上，动设备中发生相对运动的部位一般都是经过加工的，具有光滑的表面，可是，无论加工的精度有多高，机件表面都不可能绝对的平滑，在放大镜、显微镜下都可以看见表面有高有低、凹凸不平。当两个物体相互挤压时，接触的表面上只有少数凸出点的相互接触，这是大量分子相互接触时的宏观表现。如果接触面承受载荷而又紧密接触，两个表面上的突起部分和陷下部分就会像犬齿一样交错地嵌合在一起，当两个接触表面做相对运动时，表面上的突起就会互相碰撞，阻碍表面间的相对运动。

从而产生摩擦、摩擦力。一般来说，接触面越大、相互运动的速度越快，摩擦力就越大，如行驶中的汽车，轻踩刹车时车体运行相对平稳，人在车内不会有太大的感觉，但在急刹车时，车内的人不仅会前倾，制动的声音也很大、很刺耳，甚至还会发生跑偏、轮胎烧焦的现象。

在工业生产中，摩擦随处可见，也不可避免。如果合理地加以引导、规划，如热交换、轴传动、输送带、新装配的机器的配合件等，就能充分利用摩擦现象、发挥其工业价值。但是，摩擦在多数情况下是对生产不利的。

摩擦是一种现象，而磨损则是一种很现实的结果。磨损主要是指摩擦体接触表面的材料在相对运动中由于机械作用，间或伴有化学作用而产生的不断损耗的现象。它是摩擦学研究的重要内容，也是机械零件失效的主要原因之一。有工业统计数据表明，在失效的机械零件中，大约有80%是由于各种形式的磨损造成的，一些高速运转的易损件，如轴承、滑轮等，不得不经常更换。又比如，1998年，德国从汉堡开往慕尼黑的著名城际高速列车脱轨，造成101人死亡、84人重伤，经济损失约2亿马克。调查表明，事故缘于轮毂由于摩擦而引起的疲劳裂纹。可见，一些不太起眼的磨损，也会酿成惨痛的事。

摩擦也是工业生产中降低设备无为能耗的关键。在设备运转时，各个运动的摩擦副既消耗能量又降低机械效率，还会影响到机械零件的强度和寿命、机械精度及可

靠性。有数据统计显示，全世界工业部门使用的能源中，约有1/3~2/3最终以各种形式损耗在摩擦上。可见，控制摩擦、减少磨损，不仅可以大大节约能量、节省材料，还可以延长机器使用寿命，获得明显的经济效益。所以，在工业设备中有些摩擦是要尽量避免的。

影响摩擦、磨损的因素有很多，例如相互作用表面的相对运动方式（滑动、滚动、往复运动、冲击等）、载荷与速度的大小，表面材料的种类、组织，机械性能和物理化学性能等，各种表面处理工艺，表面几何性质（粗糙度、加工纹理、加工方法等），环境条件（温度、湿度、真空度、辐射强度和介质性质等）和工况条件（连续或间歇工作）等。这些因素的相互影响对于磨损将产生或正或负的效果，从而使磨损过程更为复杂。按照表面破坏机理特征，磨损可以分为磨料磨损、粘着磨损、表面疲劳磨损、腐蚀磨损和微动磨损等。前三种是磨损的基本类型，后两种只在某些特定条件下才会发生。

影响磨损的这些因素也并非都是可控的。一般来说，减小设备磨损的方法主要有以下几个方面：

首先是设备的设计。如果在设计环节就能很好地处理好摩擦、磨损和润滑中的各种问题，经济效益将是巨大的。特别是现在的生产设备都在向着高速、高精度、大批量和生产过程高度自动化、连续化的方向发展，必须要考虑摩擦、磨损和润滑关系，否则就不可能设计出符合要求的好产品。这包括配对材料的选择（材料的温升、组分、结构、金相组织和物

理、化学性质等）、机械结构和尺寸设计等。

其次是设备的润滑。常用的润滑介质有润滑油和润滑脂，它们的共同特点是：分子能够牢固地吸附在金属表面形成一层薄薄的油膜（又称边界油膜），一般只有0.1~0.4 μm 厚，但在一定条件下能够承受一定的负荷而不破裂。在外力作用下，油膜与摩擦表面结合得很牢固，可以将两个摩擦表面完全分开，从而将机件间的机械摩擦转化为油膜内部分子之间的摩擦，进而减少机件的摩擦和磨损，达到保护设备的目的。

然后是新材料、新技术的应用。以汽车为例，其发动机和传动装置的机械摩擦损耗占发动机总能耗的12%。如果使用低挥发性、具有良好氧化安定性、抗氧化性的低黏度润滑油可以节约燃料0.6%~5.5%。近年来发展的纳米热喷涂工艺、纳米和亚微米活化材料修复技术等，都可以降低摩擦系数，大大延长零部件的使用寿命。美国阿贡实验室研究出有超滑性能和高耐磨性的表面膜，摩擦系数仅为0.001~0.003，是常规表面的1/10；其磨损率仅为10~10 mm^3/Nm ，几乎实现零摩擦和零磨损。

最后是设备的日常维护和保养。就是操作工人每班都必须进行的保养，主要内容是班前、班后检查，使设备保持清洁，检查零部件的状况，润滑情况，紧固螺丝是否松动，如有问题要及时反映给保全班值班人员处理。对设备重要维护部位按照说明书要求进行必要的保养和润滑，对工程机械传动位置要求定期实施注油，补充润滑脂。



20世纪初俄罗斯摄影家谢尔盖·米哈伊罗维奇·普罗库金·戈尔斯基拍摄的诺贝尔兄弟石油公司的油驳船

三位石油大咖和油轮的故事

■ 谈谈

在很久很久以前，人类的祖先就学会了用陶罐装运植物油和酒等液体物品，再装上船运到远方。随着冶铁、木材加工制造等行业的发展，陶罐逐渐变成了木桶和铁桶，那些大大小小的运输船更加方便和安全了。运用船舶运送液体货物，让人类社会的交流和通商更加便捷。

油轮是主要用来运输原油、成品油的船舶。现在大多数的油轮看起来甲板非常平，基本上除驾驶舱外几乎没有其它耸立在甲板上的东西，只在中部有一个小吊车，用于将码头上的管道吊到油轮上来与油轮上的管道系统接到一起。不过，这样的油轮却经过了137年的历史才发展而来。

在油轮的发展过程中，倾注

了很多专家、技工的智慧和汗水，其中有三个人值得在这里大书特书一番。一个是德雷克上校，一个是路德维格·诺贝尔，还有一个人就是大名鼎鼎的壳牌公司的总裁马库斯·塞缪尔。

使用驳船的德雷克上校



德雷克和他的钻井

据专家考证，世界上第一艘专门运输油料的油轮是1877年挪威建造

的lindesnaes号。不过在这之前，德雷克打出现代石油工业的第一口油井后，就开始用驳船运送石油，为专业油轮的出现奠定了基础。

1859年8月27日，美国宾夕法尼亚的泰特斯维尔诞生了美国第一个油田，这个打井人就是德雷克。德雷克当过列车员，炒过股票，但半生不得志。后来，他在银行家乔治·毕赛尔鼓励下，运用钻盐井技术开采出美国第一口油井。德雷克钻成的第一口油井被视为现代石油工业的发端。

随着德雷克钻探技术的推广，不到半年，就有20多口油井出油了。但这么多油往哪里放？用什么方法运输出去呢？德雷克最先想到的盛油工具是装啤酒的木桶。没有多久，又改用

鲸鱼油油桶当储油罐，将他的石油运到美国各地。

德雷克井出油后两年，即1861年，美国第一次进行跨洋运输。这是一只叫“伊丽莎白·瓦茨”号的双桅帆船，它把5桶(约0.86吨)石油从美国东海岸的费城运到英国伦敦。这种桶装运输的方法也传播到了世界各地，1872年，比利时2748吨的“瓦德兰”号船投入运行。这是世界上第一条用蒸汽机为动力的运油船。

德雷克上校将桶装的石油放进驳船进行运输，这还不是专业的油轮，但却为专业的油轮的出现提供了条件。

改装散装油轮的诺贝尔

诺贝尔兄弟石油公司是十月革命前俄国最大的石油公司。经营这家公司的企业家是瑞典炸药大王艾尔弗雷德·诺贝尔的两个兄弟——路德维格和罗伯特。诺贝尔家族不仅给世界带来了诺贝尔奖，也为油轮的成型做出了贡献。



阿塞拜疆纪念邮票(左:路德维格·诺贝尔,中左:艾尔弗雷德·诺贝尔,右:罗伯特·诺贝尔)

1873年，在俄国做军火生意的老二路德维格接到了为俄国政府生产45万支步枪的订单，他请哥哥罗伯特到高加索地区去采购做枪用的胡桃木。罗伯特来到了高加索，没有找到足够的胡桃木，却看到了巴库轰轰烈烈的找油热潮。是继续找胡桃木，还是去找油？他疑惑起来。

具有商业头脑的罗伯特最终决定抓住这一大好商机，果断地用买胡桃木的25000卢布资金购买了一座位于

布莱克汤的炼油厂。然后，他说服了两个弟弟路德维格和阿尔弗雷德，一起到阿塞拜疆去发展石油业。

诺贝尔兄弟在巴库买了土地，从美国雇来钻井队，购买了当时先进的蒸汽机驱动的冲击钻机，打出了一批油井。他们打出了很多油。不过，他们遇到了德雷克同样的问题，石油出来了，怎么运出去呢？

16世纪时，巴库这里的采油已经有了一定的规模。当地人把原油装在皮囊里，用毛驴运到中东去卖钱。但路德维格不能这样做，他得想一种更为高效的运输方法。他先是修建了从巴拉哈尼到巴库的俄国第一条输油管道，解决了陆路石油的运输问题。

那么水上运输怎么办呢？石油运送到其它地方总是要经过海洋和河流的呀。如果使用各种桶装石油放在驳船上运输的成本太高了，我得想个办法解决这个问题。最终，在路德维格的主持下，诺贝尔公司设计出一种散装石油运输船。这种船不再将石油装入桶中再搬入船中，而是直接放入船舱里，节省了船舶的空间，增加了运输量。他又找来专业的造船师，解决了石油的相对密度低，船在水面上遇风浪容易颠簸的问题，让船稳稳地航行在海洋上。最巧妙的是，这条船就用石油做燃料，而不是煤，这大大地降低了航运成本。

1878年，诺贝尔公司在瑞典定制的第一条散装油轮“索洛阿斯特号”在巴库组装完成，在里海投入了运行，开创了散装石油大规模水上运输的新纪元。路德维格·诺贝尔他们首创的散装油轮由此诞生。这是现代油轮的原型。石油散装，可以节省大量的制造木桶的费用，也增加了船只的运输量。现在管道输油很发达，但也替代不了水上运输工具——油轮。因

为油轮的运输成本最低。

石油工业最为发达的美国，直到1886年7月13日，才由标准石油托拉斯订购了第一艘散装油轮“格鲁考夫号”(Glückauf)这艘散装油轮可装载约2700吨石油。它是路德维格·诺贝尔散装油轮的继任者之一。“格鲁考夫”号建成前的那一年，美国运往欧洲的石油有99%用桶装。“好运”号的出现，运往欧洲的石油很快就有99%转为散装。

正当诺贝尔公司的事业奠定了基础，开始蒸蒸日上的时候，1888年路德维格在法国度假时突然因心脏病发作不幸去世，享年57岁。有人说：“除了高效炸药之外，便利的油轮，是世界应该感激诺贝尔家庭的一项影响最大的贡献。”

运用散装油轮竞争胜利的塞缪尔

油轮真正发扬光大并在竞争中成为武器的是英国壳牌运输贸易公司的老板马库斯·塞缪尔。他是犹太人，当过伦敦市长，与大家熟悉的洛克菲勒是同时期的石油巨头。

1891，塞缪尔与罗斯柴尔德家族签订了为期9年的包销合同，独家经营里海和黑海地区的煤油。这时，洛克菲勒的标准石油公司控制着世界石油市场，用价格战来对付一切对手。面对与洛克菲勒这个最强劲的对手，要想打赢这场价格战，他必须采取一切措施降低运输成本。

有一天，他在巴库看见了诺贝尔公司的散装油轮，非常高兴。“如果也像标准石油公司用桶装或灌装的方式贩运，肯定不能与之竞争。但是如果我们采用油轮，采取批卖的方式，那么成本就大大降低，就一定能与标准石油竞争了。”

当时，通过油轮运输的风险实在太大，因为油轮可能会受到印度洋的



马库斯·塞缪尔

炎热条件及季风的影响而发生意外。塞缪尔决定孤注一掷，他拜访造船专家，研究能耐热的油轮。

他所预定的油轮体现了技术上的重大进步。为了进一步降低成本，油轮要能够用蒸汽洗干净，返程时装上东方出产的货物，包括食品，这要求船一定不能被油的气味污染。油轮还必须满足苏伊士运河公司的安全要求。由于害怕爆炸，安全成为一大课题。塞缪尔的油轮还设计了一系列新的安全措施，比如，能够适应不同温度下煤油膨胀和收缩的储油舱。

1892年7月22日，第一艘油轮建成，油轮载重5010吨，塞缪尔将它取名为“骨螺号”。随后下水的油轮都以贝壳的名命名，以纪念他的父亲——贝壳商人老塞缪尔。“骨螺号”在黑海之滨的巴统港装满了巴库煤油，通过苏伊士运河，驶往新加坡，上面悬挂塞缪尔的壳牌标志。

1893年年底，他已有十几艘这样的油轮下水。这些轮船都以海洋贝壳类生物命名，如：螺、蛤等。到1902年，经过苏伊士运河运送的油轮，90%属于塞缪尔和他的集团。新航道的开辟，新油轮的起航，使得壳牌的运输成本大幅降低，壳牌在第一次与标准石油的交锋中取得胜利。

1893年，塞缪尔得了重病。医生误诊为癌症，最多还能活6个月。在死亡的威胁面前，他建立了一个新

的组织——油轮辛迪加，成员共享利润，共担风险。这个油轮辛迪加很快发展壮大起来。1897年，他把他的业务中同石油有关的油轮、码头、储库、销售点、油田等组合成为一家新公司——壳牌运输贸易公司。他当董事长。

1900年秋天，出现了供过于求，塞缪尔的油罐里储满了油。马库斯仍然投入大笔资金，不断建造新的远洋油轮。真是成也油轮败也油轮，壳牌运输贸易公司在标准石油公司的压力下，开始走向衰落。1907年，壳牌运输贸易公司被并入皇家荷兰/壳牌公司集团。

此后的马库斯·塞缪尔也风光过一段时间，他当了一任伦敦市长，荣幸地成了比尔斯特勋爵。

不断更新换代的油轮

目前，石油运输主要有五种方式：油轮、管道、铁路、公路、航空运输。相比之下，油轮的优点主要是线路投资少、运载量大、运输成本低，仍然是最主要的运输方式之一。

油轮的制造技术随着科学技术的进步和石油工业的发展需要，向专业化和大型化发展。1928年，德国不来梅建造的载重23060吨的“斯蒂尔曼”号，成为当时世界上最大的油轮。第二次世界大战期间，美国建造了1000多条油轮来向盟国供应油料。

1979年由希腊船东出资、在日本建造了世界最大的超大油轮“海上巨人”号，载重量高达56万吨，船长458米，是迄今世界上最大、最长的超巨型原油船。该油轮未完成就转手香港船东董浩云，1981年下水，后被转卖到挪威、新加坡等几家油轮公司，2009年被转卖至以香港为基地的某公司名下。2010年被拆卸解体后，

船锚被置于香港新海事博物馆前，作为一个永久纪念碑。

第一艘中国超大油轮为“新埔洋”，2010年1月23日在广州交付使用。载重30.8万吨，满载排水量35万吨，甲板长333米。能够24小时机舱无人值班与自动导航。配备有淡水造水机，每天可通过海水淡化产生30吨生活用水。

目前，海上油轮主要有巴拿马型油轮（Panamax tanker）、阿芙拉型油轮（Aframax tanker）、苏伊士型油轮（Suezmax tanker）、巨型油轮和超大型油轮（VLCC和ULCC）、穿梭油船（Shuttletanker）和浮式生产储油船（FPSO）。

20世纪90年代之前建造的VLCC基本全部为单壳油轮，而单壳油轮频频引发原油泄漏事故。20世纪90年代初，双壳VLCC登上历史舞台。相比于单壳油船，双壳结构的油船更为安全。

双壳油轮货油舱的底部和边部有连续的双层壳体，可以用来承载压载水，压载空间能够在整个装货空间延续。双层壳体结构，可以防止或减少由于搁浅、水灾、碰撞等导致底部或边壳破损造成的油污染。

有专家称，油船船型未来的发展是绿色油轮。尽管目前国际上对绿色船舶没有明确的定义，但从油轮的设计、建造、营运、拆解整个生命周期内，通过应用绿色技术最大程度上实现低能耗、低排放、低污染、高能效及安全健康的功能目标。

绿色油轮的“绿色”因素尤为重要。船舶建造应采用新材料，减少材料品种及规格，提高材料利用率；建造工艺要满足节能环保要求，使用环保新型船舶涂料，减少有害物质对人和环境的负面影响，并能提高船舶运营效率、降低运营成本等。

中国第一滴人造合成石油出炉记

■ 史文荣

锦州石化公司是新中国第一滴人造合成石油的诞生地，曾为我国石油工业的发展作出过巨大贡献。作为一名老石油工人，我有幸参加了第一滴人造合成石油生产的全过程，回首往事，历历在目，感慨万千。

锦州石化公司前身为“锦州合成燃料株式会社锦州工厂”，是日本侵占东北后于1938年5月建设的。1945年日本战败投降后，“锦州合成燃料株式会社锦州工厂”由国民党派员接收，更名为“锦州合成燃料厂”。1948年10月5日锦州解放后，“锦州合成燃料厂”由冀察热工矿管理局接收，更名为“东北工业部化学管理局锦州合成厂”（简称“锦州合成厂”）。1950年4月，中央人民政府燃料工业部同意“锦州合成厂”恢复生产。

1950年7月13日，我被招工到锦州合成厂，分配到煤气场燃料煤气发生炉岗位。当时煤气场主要生产设备是原料煤气炉96座、燃料煤气发生炉10座。工人们为恢复生产干劲十足，满身油泥在那里修复机械设备、清理煤气管线、除尘器和洗涤塔，尽管又脏又累，可是大家很有干劲，二百多斤重的一桶焦油泥两个人往上抬，有时把大扁担都压折了。清理沉淀池是燃料煤气发生炉修复后具备生产条件的最后一项工作，煤气场为此开展了劳

动竞赛，18个人分成3个作业组，你追我赶，提前完成了沉淀池清理，为投产创造了有利条件。

1950年9月10日，燃料煤气发生炉7号焦炉点火开工。上午9时，厂长和技术人员来到现场，由厂长点着火把投入7号炉内，这是全厂开起的首套装置，之后焦炉1号、3号、5号陆续点火生产。由于工人技术不熟练，在探火操作中经常有人被探火孔喷出的煤气熏倒。我们班组在实践中摸索出看风向、立插快拨、换口气探火的操作方法，从没有出现过煤气熏人的现象。技术人员总结了我们班“一看、三快探火操作方法”，并推广到其他两个班，解决了探火操作煤气熏人的问题。当时生产工操作是三班倒，每周一轮换。上零点班时，工人晚上六七点就到厂，找一个草袋子往墙角一铺就睡了。生产过程全部是手工操作，人工加焦，人工探火。

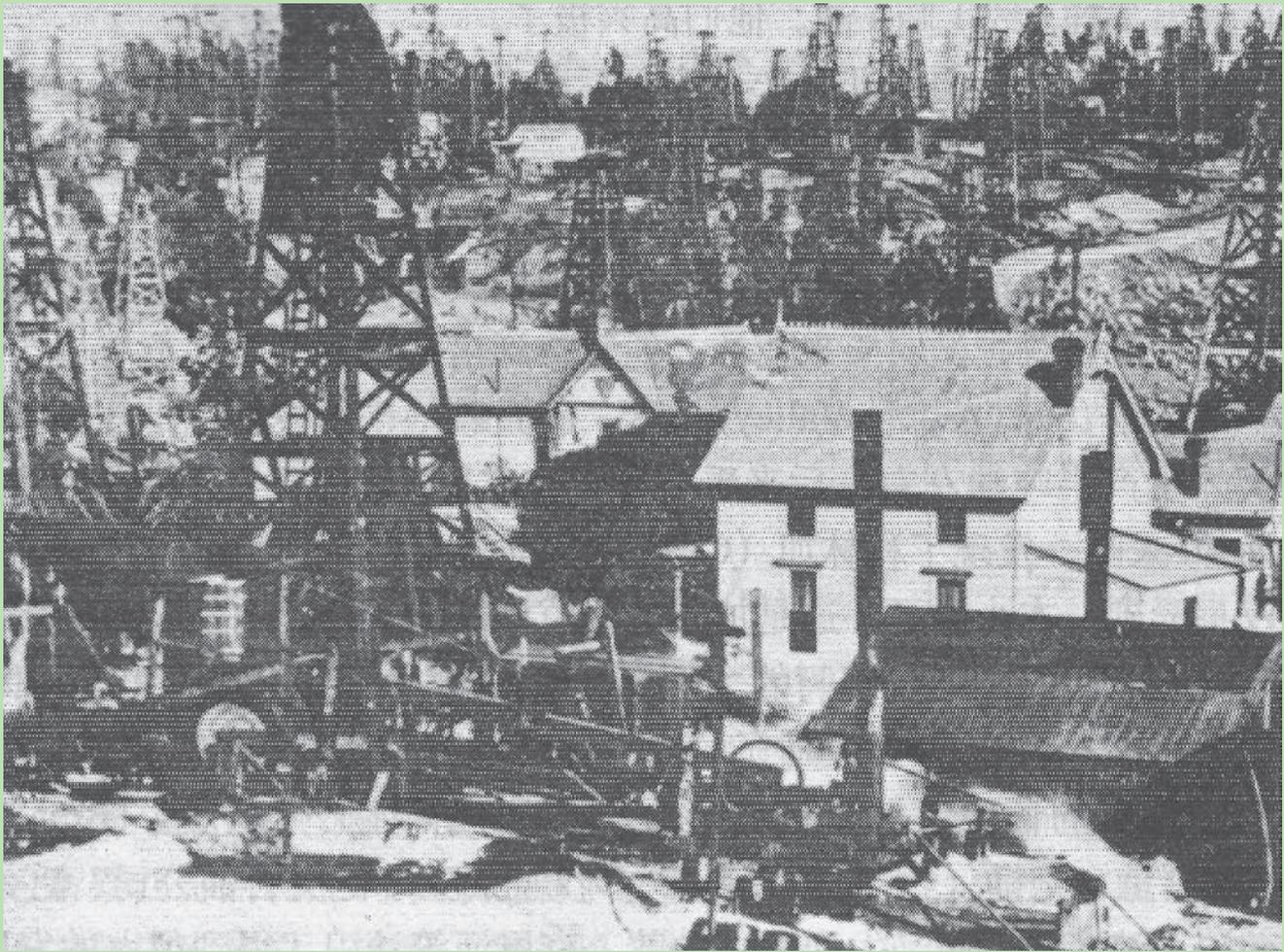
1950年10月6日，原料煤气炉北侧24组48座炉点火。点火烘炉仪式非常隆重，准备工作就绪后，厂长甄树森陪同东北化工局局长张定一、锦州市委书记林肖侠等领导同志参加了点火仪式。甄树森首先点起第一支火把，接着其他领导都点起火把，陆续点燃全部48座炉子。

原料煤气炉升温是生产原料煤气

的最大难关。1943年，日本人在组织烘炉升温时发生了大爆炸，烧毁了整个炉体硅砖。当时世界上只有这一个迪地尔炉修复生产，没有任何经验可以借鉴。烘炉升温遇到的第一个问题是经常熄火，影响了炉温上升。经过技术人员反复试验，采取在RS四五层加装挡风板的办法，解决了经常熄火这一关键问题。第二个问题是炉温不能沿着曲线升温，技术人员和工人们一起进行多次试验，最后采用煤气进量调节炉温的办法解决了曲线升温问题。经过100天的艰苦奋斗、顽强拼搏，及攻克了多道难关，1951年1月15日，终于完成了原料煤气炉北侧24组48座炉子烘炉升温。

1952年2月10日，是全厂职工大喜大庆的日子。这一天，原料煤气炉生产的原料煤气顺利送到了合成场，经过脱硫、合成炉、吸着，煤炼油装置生产出新中国成立后的第一滴人造合成石油，全厂一片沸腾。

日本侵略者在锦州合成厂曾先后两次点火烘炉均以失败告终，在战败投降时还叫嚣：“锦州工厂只能长草，做不出燃料来。”事实证明，在中国共产党的领导下，中国石油工人有志气、有能力修复新中国第一座煤炼合成石油工厂，大长了中国人民的志气。



1893年多汉尼找到石油后的西洛杉矶

找油冒险家 ——多汉尼

■ 王才良 周珊

爱德华·劳伦斯·多汉尼 (Edward L. Doheny) 是美国早期的石油勘探家之一，也是墨西哥石油工业的开创者。

多汉尼其人

多汉尼从威斯康星州的中学毕业，就去北达科他州的黑山地区找黄金，一无所获。此后，他到堪萨斯州的阿齐森当了一段测量员，在俄克拉何马州贩过马，在印第安战争中当过兵，在新墨西哥州做过小学教员。最后，同查尔斯·坎菲尔德 (C. A. Canfield) 合伙，在美国的新墨西哥州和亚利桑那州搞了许多年找矿工作，寻找金矿、银矿。有

一次，他不慎跌进矿井里，摔断了两条腿。养伤期间，他读了许多书，尤其是法律方面的书，长了许多知识。

一次偶然的事情，把他带进了寻找石油的冒险事业。

1892年，多汉尼来到加利福尼亚的洛杉矶，身上只有1500美元。他在街上看见一辆运冰块的马车拉着一块块的沥青。赶车人告诉他，这些沥青是从附近的布列亚沥青湖挖来的，运到制冰厂去当燃料，还告诉他沥青湖的位置。多汉尼好奇地走到西湖公园找到了沥青湖，进行了认真的观察。虽然已经挖了几百年，沥青湖湖面仍然是那么高。据说，洛杉矶的所有屋顶都用这里的沥青做的防漏层。用他找矿的知识判断，一定有一条主矿脉不断给这个沥青湖补充沥青。他认定有一条石油主矿脉就在这里附近。于是就发电报让他的合伙人查尔斯·坎菲尔德赶到洛杉矶来。两人志同道合，同意把找金矿的事先放一放，先在洛杉矶找石油，因为当时美国许多地方都在热衷于找油。

加州出油

他们的财力不足以把整个沥青湖地区都租下来，只能买下湖边的一个角。这两个人只听说过，却从未亲眼见过打油井。他们沿用找矿的挖井办法，雇人在沥青湖附近多汉尼认为是主矿脉的地方用手工挖坑。坑宽约12米、长约18米，挖到深约50米的时候，挖开了一个岩层，涌出了稠稠的原油，一天可以舀出7桶(约1吨)油。他们高兴极了。

消息一传开去，人们蜂拥而来，抢着买地或租地，树起井架打

井。一桶油的售价是两美元。多汉尼他们有了钱，就买了一台冲击钻机，陆续又钻了几口井，产量都不高。

坎菲尔德认为找油不如找金子、银子。于是放弃找石油转而去找金银，干了一段时间，一无所获，又回头来找油。他转移到洛杉矶西北120英里(约193公里)的圣华金谷(San Joaquin Valley)地区。在丘陵地带钻成第一批几口浅井，每口井一天才生产半吨油左右。后来看准了“主矿脉”，打了一口较深的井，每天可以产油40多吨，还发现了科林加(Coalinga)油田。

多汉尼弄到一本小册子，这是加州的一位地质家固特伊尔(W. A. Goodyear)走遍加州，调查了各处，1887年写的一份报告，对加州各地的油苗作出了具体描述。多汉尼迷上了这本册子。按这本册子的指引，在洛杉矶东南约32公里的布列亚岭，靠近德国人开发的葡萄酒之乡阿纳海姆，发现了布列亚·奥林达(Brea Olinda)油田，可采储量3亿桶(约4000万吨)。多汉尼成立了泛美石油公司(PanAmerican)，泛美石油公司后来又发现了富勒敦、克恩河等油田，得到很大的发展。

加州缺乏煤炭资源，原油成了糖厂和其他小工厂的燃料，很受欢迎。不少城镇开始用沥青做道路路面。为了解决原油的更大出路问题，多汉尼说服圣菲铁路公司改用原油做燃料。在一间机车修理车间里搞试验。一名工人手里拿着照明灯去检测储油罐的液位，引起了爆炸，车间和机车全炸坏了。圣菲铁路烧油的问题差一点“泡汤”。幸而后来斯图尔特发明了燃烧器，解

决了机车烧油的问题。于是双方签订了合同，按每桶油1美元买下他们生产的全部原油，合同金额达100万美元。

到1900年，加利福尼亚的石油产量增加了10倍。1903年，多汉尼和坎菲尔德使加州成为美国产油最多的州。

墨西哥创业

同圣菲铁路公司的合作为多汉尼在国外的发展奠定了基础。圣菲铁路公司的一位官员A. A. 鲁宾逊当上了墨西哥中央铁路公司的总裁。他告诉多汉尼，他那条从圣路易斯皮托西到坦皮科的铁路，烧的是从美国亚拉巴马进口的煤。皮亚斯政府要求建设一条从坦皮科延伸的支线，在此地发展新型工业。传闻已有人在铁路线附近搞勘探找油。鲁宾逊建议这位有创业精神的企业家到墨西哥去看看。

多汉尼对此很有兴趣。在坎菲尔德和一位来自加州铁路的麦克吉尼斯陪同下，1900年5月作了一次旅行。他们坐着鲁宾逊的铁路专车，有厨师和服务员，一面欣赏着沿线的风光，一面观察。车在坦皮科以西56千米处停下，在当地向导的引领下走进了丛林，看到一些油苗。在一个地方发现了正在继续往上冒油的沥青池，居民们把这种沥青叫做Chapapotes，在沥青池周围建了篱笆，以免牲口掉进去。这个地方西班牙人称之为塞罗德拉佩斯(cerro da la Pez)，就是“沥青山”。

多汉尼他们研究了墨西哥地图，更受鼓舞。从南部危地马拉边界向北一直到墨、美边界的里约格

兰德河，几乎所有的城镇或山的西班牙文名称都同沥青有关系。

于是他们返回美国。44岁的多汉尼娶了一位25岁的姑娘做自己的第二任夫人，并在加利福尼亚找了一些投资人和铁路员工集资，成立起墨西哥石油公司。

1900年8月，多汉尼和坎菲尔德重返墨西哥。他们宣布，任何居民只要带他们找到一个沥青池，就付给5比索。借助于地图和向导，他们找遍了凡能找到的石油露头。15年前，墨西哥的统治者迪亚斯不采用西班牙把地下资源视为政府资产的原则，现在矿产权属于地面土地的所有者。因此，多汉尼的石油公司聘请了墨西哥城英语最棒的马丁内斯律师作为法律代表，处理有关事务，收购有前景的土地。总共买了182万公顷土地。

马丁内斯又把多汉尼介绍给墨西哥政府有关部门的官员，称多汉尼正在墨西哥建设一个新兴产业，从而获得10年内免税进口探采设备的优惠。1901年2月，墨西哥石油公司着手开发墨西哥第一个油田埃巴诺(Ebano)。墨西哥中央铁路公司建了一条专用支线。来自洛杉矶的赫伯特当埃巴诺油田项目的总监，组织了3000名当地民工清理丛林，筑路，造临时房子，还建了一座小炼油厂。多汉尼从匹兹堡采购来器材设备。

从美国雇来的钻井队于1901年5月开始钻第一口井，两个星期后的一天晚上，在井深约160米处打出了石油。夜班工人来报告，石油从井底往上涌，把钻具往上顶，无法继续钻进。第一口浅井一天只出油7桶(约1吨)。多汉尼和坎菲尔德非

常高兴他们胜利了。第一批的三口浅井，一天只产油1~6吨油。油很稠，含煤油等轻质馏分很少，适合于做燃料和沥青。

三年里他们钻了许多口浅井，没有一口能自喷，生产了12.5万桶(约1.7万吨)重质原油。

多汉尼在墨西哥城聘来一名地质师奥道尼斯。此人曾经向政府写过一份关于墨西哥石油资源的乐观报告，受到一些人的反对，而被迫离开地质研究所。奥道尼斯欣赏多汉尼的创业精神，告诉他在埃瓦诺地区靠近火山岩的坦皮科油苗处可以打井，并且帮助公司定了一口深井井位Pezl号井。1904年4月3日这口井出油了，日产达1500桶(约75000吨/年)。

有了油要找买主。1901年美国得克萨斯州南部发现了高产大油田“纺锤顶”油田，原油价格大幅度下降，把墨西哥的劣质原油销到美国去已不可能。铁路机车烧油是一个大户，但是墨西哥中央铁路公司拒绝买多汉尼的原油。石油市场操纵在标准石油公司控制的皮尔斯手中。多汉尼请皮尔斯去考察现场，提供原油样品给皮尔斯的炼油厂炼制，试图说服皮尔斯投资。但皮尔斯要听标准石油公司的，只能从标准石油公司进口原油和油品。

多汉尼于是决定，用这种原油当道路沥青，开拓铺路市场。他们在墨西哥城成立了铺路公司，让圣菲铁路公司董事长(也是墨西哥石油公司的一名大股东)的儿子哈罗德·沃克当经理。可是，那些受皮尔斯津贴的市政官员阻止了第一批铺路合同。在律师马丁内斯的活动下，正好新市长

上任，签订了9项合同。利润不大，而且市政府只先付一半费用，其余一半要十年后支付。多汉尼忍痛接受了这一条件。结果，其他一些城市都让他们去铺路。这一批城市成了世界上路面最好的城市。

从来到墨西哥以后的四年里，他们花了300万美元资金，终于争取到墨西哥中央铁路公司用他们产的墨西哥重质原油当燃料，签订了供油合同，每天6000桶(约819吨)。

原油销路打开了，多汉尼决定扩大资本，求得进一步发展。下一个勘探目标定在哪儿呢？

大丰收

此时，推动了墨西哥地峡横贯大铁道建设的英国人威特门·皮尔逊(Weetmen Pearson)对石油发生了兴趣，1908年，他组建的墨西哥鹰石油公司在坦皮科(Tampico)以南的Dos Bocas探井出油，并且着火了，形成了一个几公顷的“火山口”，大火烧了40天，可见下面的石油有多丰富！

正好，多汉尼在这个“火山口”的几千米以外买下了一片土地。于是就在这里钻井。非常幸运，这口井很快打出了油，头十天里，每天出油15000桶(约2000多吨)之多。事先建的储罐满了，只好关井，等待管线建成再投产，把油输到坦皮科。

扩大生产需要资本。他们邀请在美国的两位石油界朋友特利斯和本尼登来参观现场。他俩看了以后同意买进墨西哥石油公司50万美元股份，而且本尼登很精明，同纽约的标准石油公司谈好了合同，以每

桶52美分的价格买他每天1.2万桶(约60万吨/年)墨西哥原油。

不久,多汉尼的第二口井又获得成功,在未加控制的情况下,一天喷出原油7万多桶(大约1万吨,这是一口万吨井!)。这口井9天喷出的原油比他9年里卖掉的油还多!等到井口得到控制,这口井已经生产出9000万桶(约1250万吨)原油!

多汉尼再去找标准石油公司买他的原油。这一回,标准石油公司只肯给每桶39美分的价钱。但是也只有标准石油公司能接受如此大量的原油。

墨西哥石油公司也在美国打开了沥青市场。原先美国铺路用沥青的市场上全是特立尼达和加利福尼亚的产品。早在1902年,多汉尼给旧金山的一家铺路承包商送去一批埃巴诺原油样品。这家公司经过化验,非常称道这种原油,因为沥青含量高达98%,而且调和性好,强度高。认为它的性能优越于任何炼油厂出的沥青。

由于墨西哥海岸带上一连发现多个油田,而且高产,这一带被称为“黄金带”。20年代初,墨西哥成了仅次于美国的世界第二大产油国。

1923年,多汉尼在委内瑞拉的马拉开波湖畔获得了一大片(约有120万公顷)租借地,从英国人投资的英国赤道石油公司(British Equatofil Oil Co.)手里买下了拉果石油公司(Lago Petroleum Co.)的控制权。

他把美国、墨西哥和委内瑞拉的石油资产合并为泛美石油与运输公司(PanAmerican Petroleum and transpoa Company),成为当时世界上产油最多的石油公司之一。

卷入丑闻

正是在1923年这一年,多汉尼卷入了美国历史上有名的“茶壶山丑闻”。事情的经过是这样的:

1911年,美国政府决定使海军舰艇从烧煤改为烧油。为了保障海军的石油供应,于1912年决定设立几块认定有石油的地方作为海军石油储备地,以备“在一些不可预见的紧急情况下提供石油”。对此,美国的政界、舆论界进行了长时间的争论:应不应该建立海军石油储备地?应不应该让私有石油公司开发它们?

1921年,哈定入主白宫。这位新总统说,石油储备地应该开发。但是海军不懂得怎样开发石油,因此他把石油储备地从海军部划给内政部管辖。内政部长福尔是他的亲信。1922年底,没有经过公开招标,福尔把“茶壶山”储备地租赁给哈里·辛克莱的辛克莱石油公司,把加利福尼亚的“麋鹿山”储备地租赁给爱德华·多汉尼的泛美石油公司。这两家都不属于公众印象不好的

标准石油大家族,而是实力比较大的独立石油公司。此时的泛美石油公司已经在加州找到并开发了好几个油田,而且小心翼翼地拉拢民主、共和两党的政客们,以便“左右逢源”。

1922年4月,内务部同这两家正式签订了合同。有人很快看出了“猫腻”。参议员拉福莱马上着手调查。舆论开始追究。

1923年,迫于舆论的压力,福尔辞去了内政部长职务。不久,哈定总统突然病逝。一时间,全国上下议论纷纷。各种报刊连篇累牍地报道相关的“消息”。于是,参议院正式进行调查。

1924年1月24日,多汉尼在听证会上承认,他给过福尔部长10万美元,这是给“老朋友”的一笔“贷款”。

“茶壶山丑闻”沸沸扬扬闹了好几年。直到1931年,福尔被判入狱。虽然多汉尼被判无罪,但被这场官司搞得心灰意冷。1925年,他把泛美石油公司卖给了印第安纳标准石油公司,退休养老去了。



压裂特色技术 打造国内外 高端市场效益“增长极”

——中国石油长城钻探压裂酸化技术研究所完成全年生产指标扫描

■ 兰润梅 孔凡芹

距离年底不足30天的最后决战阶段，压裂酸化技术研究所如果再完成经营利润218.2万元就可完美“收官”。该所奋力向最终目标冲刺，围绕质量和效益与时间展开了一场精彩的博弈，为打造长城钻探压裂公司科技创新的新“引擎”提供了强大的技术支撑。

核心技术“引擎”迈向国外市场，技术保障撑起“规模效益”

“效益规模”向“规模效益”转变是企业持续发展的必由之路。压裂所在稳固伊朗和哈萨克斯坦酸化市场的同时，九月积极开辟伊朗南方和中部油田的酸压市场，为效益规模开辟另一个重要的“增长极”。该所凭借长城钻探公司在海外市场规模与核心技术在国内处于领先地位的优势，努力克服各种困难，在稳固常规技术市场规模的基础上，充分利用技术优势及高端人才资源，挤进高端市场。

科研人员面临时间紧、任务重、工作程序繁琐等挑战，通过调研、分析、论证、总结和完善，闯过毫无经验借鉴的关卡，攻克核心技术难关，

编写了哈萨克斯坦国与加拿大《斋桑盆地Sarybulak区块Main区块二叠系稠油油藏开发压裂方案》和《加拿大海泰克区块页岩油压裂方案》，得到甲方专家一致认可，在理论研究和科技进步上取得了突破，而且为科学指导哈萨克斯坦国二叠系稠油压裂储层改造可持续发展具有重大意义，同时填补了长城压裂在国外该领域稠油开发技术的空白。该项工作作为压裂公司在加拿大和哈萨克斯坦项目中标提供了技术支撑，更为该公司规模效益打开另一条新渠道。

撬动开源“门槛”挤进高端市场，拓展领域力挺“效益规模”

该所在年初就精心谋划制定发展战略，各项工作步步冲在前面，以“赢在起点上”姿态，在规模效益开源上大作文章，四条打通公司效益“增长极”路径十分宝贵。

路径一：探索压裂核心技术

非常规能源开发在中国大地如雨后春笋般成长，尤其页岩气的开发更为引人注目。压裂所正是在中国页岩气开发能源的革命性背景的深刻影

响下，集聚科研力量，啃下了页岩气水平井压裂改造这根“硬骨头”。该所肩负四川威远页岩气区块两个井区（威202、威204）产能4亿立方米目标储层改造重任。只有研发出适用于四川威远页岩气地质特点，且对储层改造具有针对性的压裂核心技术，才是开辟页岩气新兴市场、扩大规模效益的关键所在。投入项目以来，该所针对威远储层埋藏深、施工压力大、水平应力差异较大不利于网状裂缝、储层评价程度低及缺少区块压裂对比预见性差等不利因素，采用倒逼式科研模式，科研人员通过持续攻关，探索出了一条可行性、实用性及针对性强的技术研究路线。同时，加快滑溜水压裂液的研制节奏，对该体系抗盐性能、减阻剂效果进行评价。形成一套拥有自主权滑溜水压裂液、连续混配撬配套技术和页岩气平台工厂化压裂配套技术及返排液回收处理等关键技术。随着威远2个区块钻井进度的加快，2015年年初即可在现场进行应用试验，为压裂公司在新领域实现效益规模打通了一条新途径。

路径二：促进技术成果转化

技术成果转化是该公司提高规模效益最直接、最有效的手段。压裂所自今年年初到年底在大港油田风险合作项目的板南深层低孔、超低渗油藏成功实施5口缝网压裂。5口井压裂后均自喷，首口板深16-42井自喷天数达到240天，累增油2018.7m³；累增气167.8 × 10⁴m³，截止11月27日，五口井累增油8035.8m³，累增气1024.2 × 10⁴m³，实现压裂产值1050万元，按20%计算，实现利润210万元。五口井缝网压裂压后产量“灿若夏花”赢得甲方一致肯定与赞誉。实践证明，缝网压裂技术增产效果是常规工艺的5倍，是适合低渗透油气藏难

采储量低成本高效开发的有效工艺改造手段。

在跑赢“效益规模”向“规模效益”转变的接力赛过程中,该所形成了直井压裂缝网压裂改造技术、大斜度复杂井和水平井缝网压裂改造技术等一系列低渗透、超低渗透储层改造“利器”,成功地解决了常规压裂形成裂缝网络系统控制泄油面积难以实现预期造缝、达到长期稳产的课题。

路径三:让科技成果变成“真金白银”

如何让科技成果兑现“真金白银”是压裂公司高质高效发展永恒的主题,更是该公司千方百计寻求“开源”市场的有力见证。正如副经理刘福建所说:“在苏里格区块和长庆油田面临着同样的现实问题,就是在滚动勘探步伐放缓、产能建设趋于稳定、自然打井少之又少、靠新井压裂争夺效益点释放“红利”微乎其微的情况下,凭借该公司“酸化酸压”特色技术盘活了长庆油田及苏里格地区低渗透难动储量,在马家沟碳酸岩等新领域为长城工程技术服务产业链的发展提供了新的技术支撑。

2014年9月5日,首口马家沟储层改造苏10-1井典范成功事例,不仅为古生界奥陶系马家沟组填补了压裂储层改造技术空白。这项技术已经达到国内领先水平,为该气田致密特低孔特低渗气藏的高效开发提供了新途径和强大技术支撑。截止到目前,压裂所已成功实施酸压53口井84层,实现产值2520万元,利润378万元,累增气26688.1万方,实现了苏里格气田马家沟组储层有效动用,创造了新的产业链规模与质量、速度与效益新格局的效益源增长点。

路径四:研制新型乳化压裂液
针对海拉尔储层改造经常出现压

裂前置液造缝顺利但加砂时出现砂堵的早期砂堵现象,该所科研人员潜心研究出新型乳化压裂液体系配方,形成了从乳化压裂液配液到现场施工的一整套工艺流程,成功解决这一难题,为今后同种或类似储层的压裂施工提供了有效的解决办法和思路。研制出新型乳化压裂液“养生妙方”,使海拉尔碱性凝灰质储层“胃口”大开,一举攻克了海拉尔油田产能的“瓶颈”,打开了大庆海拉尔外部市场的效益源通道。乳化压裂液还具有“热稳定性高、低残渣、低伤害、低滤失、返排快”的优势,延缓海拉尔接替能源油藏开采周期,延长油气井寿命。

2014年9月15日,成功实施海拉尔贝14区块8井/22层新型乳化液压裂施工,该压裂液体系现场检测压裂液平均黏度51mPa·s, pH值9.5,缓交时间43s,挑挂性能良好。8井次的压裂均成功达到设计要求,一次性施工成功率100%。研制的乳化压裂液共为公司创造产值633.3万。

实抓压裂“三控”模式争效益 源,化“提质提效”生规模效益

“布控”靠科学,工序零延误

高效高质是完美收官的关键。该所积极调整资源和战略部署,做到最大化释放生产力。确定了“早准备、布控准、落实快”的生产节奏,根据市场分布,结合季节、区域特点灵活调配井下工具及现场配液准备,提高设备利用率,最大限度地发挥生产能力。围绕施工重点及生产目标,领导靠前指挥,狠抓过程控制,严格执行国标企标压裂规范为标准,严格落实井控规定和HSE标准,优化压裂设计方案,细化施工泵注程序,应用及推广集成压裂成熟技术,实现生产组织、配液、工具、技术等压裂施工环

节环环相扣无裂缝衔接,确保安全、优质、高效施工。

“掌控”出标准,质量创效益

质量是持续发展的生命线,更是完美收官的保障。该所严格按照“四不放过”原则进行质量管控,将工作想在前、防在前、严在前、做在前;通过“优化施工设计方案、优化液体配方、加大工具检验维修力度,加强现场技术服务及效果跟踪评价”一系列全过程标准化质量控制,保障了压裂施工的顺利完成;对现场的每道工序、每一个入井工具、每一个压裂参数、每口井加砂量、每口井入井液、每个细节都制定独立的单项标准,做到凡事有管理、有规定、有制度、有标准、有责任;确保井下工具无损伤、密封性好,各级喷砂滑套适用每段支撑剂用量硬质合金对应尺寸的钢球,同时,配液入井保质保量,压裂各种参数达到施工需求,不仅实现管理掌控全覆盖、无漏洞,保障施工质量。

“精控”有章法,实效显效益

该所在储层改造研究工作中,围绕目标做研究、围绕创新做方案、围绕重点搞攻关,大大提升了压裂方案的质量和水平。为了解决苏里格低渗透储层改造难点、提高流体导流能力,科研人员从历年近百余口施工直井、水平井筛选出16个可控要素进行科学论证,制定针对性强、措施有效的方案,通过优化“支撑剂、段塞、施工排量、前置液比例及砂比”,缓解了近井裂缝扭曲,降低了滤失作用和压裂施工的风险,杜绝了砂堵现象。灵活掌控携砂前变排量与段塞前变排量技术,大大提高了导流能力,满足压裂施工的需求,实现了控缝高、降滤失、加大造缝能力和提高施工成功率四个目的。目前该所共完成176井/491层,成功率100%,措施率99%。



见证LEAD软件成长

——中油测井公司自主处理解释软件开发纪实

■ 雷蕾 张娟

又是一年迎新时，中油测井公司技术中心软件开发所的同志们依旧携手奋斗在科研工作一线。在前进的路上，回首走过的时光，他们参与并见证了自主处理测井资料解释软件（简称LEAD，Log Evaluation Application Desktop）的诞生与成长。

自主知识产权当自强

被誉为地质家的“眼睛”的测井技术，是油气田勘探开发的主体工程技术之一。长期以来，国际测井市场多被国外公司垄断，基本引领了国际测井主流技术发展。直到本世纪初，国内的主流测井解释评

价软件全部依靠引进，关键技术依赖国外，国际市场竞争力受到严重制约。

如何才能打破这种僵局？中油测井公司坚定了一个信念——“师夷长技以自强”。2000年，集团公司测井资料处理与解释软件集成项目上马，基本上“白手起家”的项目组成员缜密计划精细构思。2003年春节刚过，当大多数人们还沉浸在浓浓的节日气氛中时，来自全国各地测井技术人员迅速汇聚西安，拉开了成套装备研发大会战的序幕，测井软件的开发也正式进入攻关阶段。在租住的民房内，条件简

陋，十几台电脑挤放在客厅里，书籍、资料、图纸摊放在卧室内，从早上八点一直工作到晚上12点，困了躺下休息，醒来再接着干，没日没夜，没有节假日的概念。那时，大家都憋着一股劲儿，一定要用具有自主知识产权的测井资料处理解释软件，武装自己的测井队伍。

只有付出最辛劳的汗水，才会得到最甜美的回报。2004年，具有自主知识产权的LEAD1.0软件研发成功并推向市场。2006年8月，中国石油集团测井有限公司具有自主知识产权的新一代测井资料处理软件“测井综合应用平台LEAD2.0”在华

北油田正式对外发布，标志着中国石油集团公司自主知识产权配套测井综合评价系统的形成。

积跬步以至千里

市场应用是测井软件的开发目标，更是检测软件的有效手段。作为EILog技术的重要组成部分，LEAD软件始终坚持“边研发、边推广、边改进”的方针，把每一次的现场应用经验都作为下一步改进完善的基础。

自LEAD2.0软件推广应用以来，项目组深入现场提供技术服务，一步一个脚印，把推广工作扎扎实实做到实处。在服务客户的同时，项目组还逐一收集产品的适用性问题及客户需求，并系统认真的整理和分析研究，从客户的角度出发不断为开发综合性更强的版本软件积蓄力量。

在多次深入现场之后，项目组深深地认识到，产品的质量贯穿于研发的全过程。但软件技术是以思维为主导的，很容易受到自身和外界因素的影响，其质量管理难度更大。因此，项目组从制度、措施、监督等几个方面入手，采用内部定期交流机制，参照国家标准和行业标准，制定了公司软件编程规范、处理解释规范年、图件规范等。在技术服务过程中，严格遵守用户满意度原则，将服务质量置于用户的监管之下，确保软件产品质量稳定。

2010年，新一代测井资料采集、处理、解释软件系统统一软件LEAD3.0诞生并推广应用，在测井公司的各个测井小队受到了广泛好评。经过现场磨砺而成的LEAD3.0，不仅功能配套化、解释量化、数据网络化、工作协同化表现优异，其综合化的功能及过硬的质量也打开了国际市场的大门，在俄罗斯、

加拿大、乌兹别克、孟加拉等多个国家和国内十多个油田累计安装达560套。截至2014年底，处理超过8万口井次，累计识别油气层约60万层/230万米，探井和开发井解释符合率提高约5个百分点。

开拓创新，数据资源排头兵

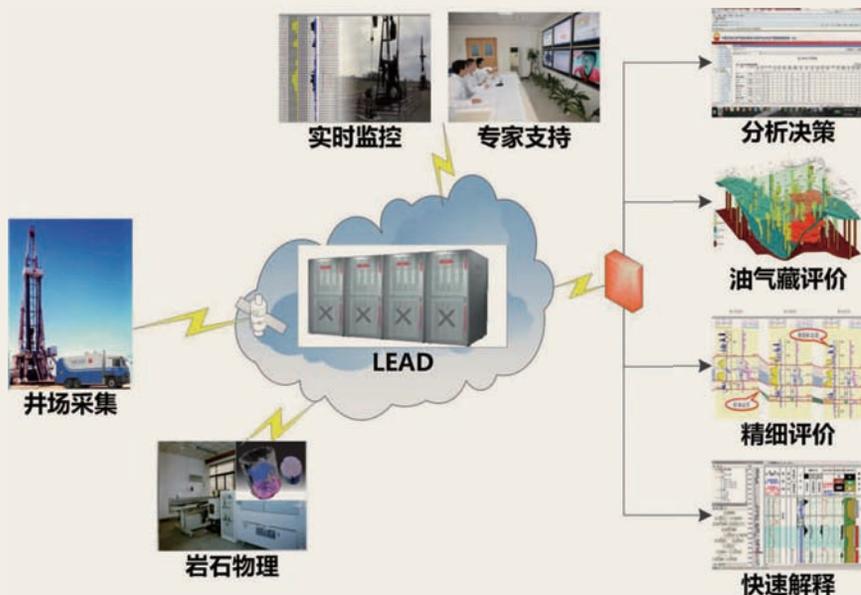
技术创新是项目研发的不竭源泉，没有创新，就没有生命力和竞争力。随着测井、解释评价业务的不断扩展，海量数据的高效管理、有效应用以及协同工作成为制约现场工作效率的一大阻碍。2013年，基于产能预测、测井测控思路，公司提出数据资源发展目标，依托测井数据库系统，建立采集、传输、处理、解释一体化流程，实现区域背景下的测井综合评价与油气产能预测。软件开发所成立数据资源项目组，积极探索基于数据库的测处理解释评价新模式，逐步建立并践行“以测井数据库为基础，以成套装备资料精细分析为内核，以数据生产线为主线，以数据资源为目标”新思路。

经过一年多的努力，数据库系

统的建设初有成效。2014年12月1日，中国石油测井资料库正式上线，具备测井、钻井、录井、试油、岩心、分析化验、油藏等数据的存储与应用能力，已录入超过5万口井、10万井次数据。基于数据库的阵列声波处理功能得到大幅提升，提供从井眼向外不同径向探测深度的分析手段，探测深度由几米延伸到近30米，实现由井周到井旁的跨越，在压裂预测与评价、井旁构造识别形成了创新，在长庆、华北、吐哈和塔里木等油田缝洞型储层见到良好效果。

地质对象日益复杂，勘探开发一体化节奏不断加快，使得测井解释难度不断加大，数据资源LEAD4.0将为如何管理测井全业务流程数据，实现数据多学科综合应用，提升解释评价水平提供有力保障。

逆水行舟，不进则退。躺在历史功劳簿上自我陶醉，绝不是测井人的风格，更不是LEAD软件的风格。在每一个新的历史起点上，我们都面临着新的课题、新的挑战。我们扬弃自我，超越自我，是为了更好的扬帆远航！



七中区砾岩油藏聚表二元驱调剖技术研究

陈寓兴¹ 聂振荣²

(1.中石油机关服务中心北京华油科隆开发公司 北京 100724; 2.中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院 克拉玛依 834000)

摘要: 克拉玛依油田七中区克下组油藏二元驱开发过程中出现含水高、剂窜严重等问题。通过深入分析储集层动态变化特征, 提出以“体膨颗粒+强凝胶”调剖体系来封堵窜流通道、“中弱凝胶”调整渗透率级差、加大顶替段塞的调剖方案, 既防止了化学剂窜流, 又保证了二元驱开发效果。

关键词: 砾岩油藏; 二元驱; 储集层变化; 调剖

克拉玛依油田七中区克下组砾岩油藏1959年3月投入开发, 2007年10月在油藏东部通过井网调整, 形成150m井距18注26采五点法井网的二元驱试验区, 面积121平方公里, 地质储量1208万吨。2010年6月水驱末综合含水95.0%, 采出程度42.9%。之后进入二元驱开发, 部分井出现含水高、产剂浓度高、地层压力高的“三高”现象, 开发形势未能到达预期效果。

角隅或呈分散、零乱状堆积于孔隙中间(图1b)。运移结果是主流喉道和与其连通的孔隙半径增大, 连通性进一步改善, 注入水容易沿高渗透通道突进。

1 储集层及动态变化特征

1.1 储集层特征

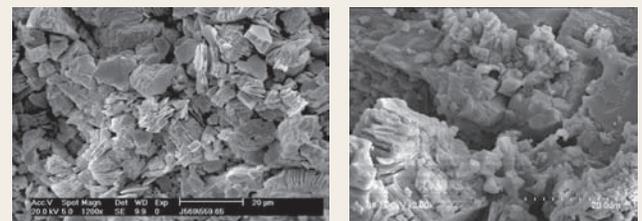
克拉玛依油田七中区克下组储集层平均孔隙度16.7%, 平均渗透率69mD, 属于中孔中渗的砾岩储集层。该油藏属于典型的冲积扇沉积, 储集层岩性复杂, 主要为小砾岩、含砾砂岩、砂砾岩、含砾不等粒砂岩和砂质砾岩; 岩石碎屑为颗粒支撑, 呈线接触和点一线接触; 颗粒分选为中等一差, 以棱角状一次棱角状为主; 填隙物中杂基主要成分有自生粘土矿物、碳酸盐矿物和黄铁矿等。

1.2 水驱后储集层孔隙结构变化特征

储集层在注水开发过程中, 发生了较大的变化, 动态上反映比较明显, 其主要原因在于储集层中与流体(原油、地层水)性质不同的注入水长期对储集层浸泡、冲刷, 对储集层进行改造, 使储集层的微观属性发生物理、化学作用, 致使储集层参数发生变化。另一方面是各种渗流差异导致的流体向某一局部区域流动, 这种流动长期进行就导致在局部产生优势渗流, 以致演化为大孔道。

七中区克下组砾岩储层为典型复模态结构, 储层填隙物除粘土矿物以外, 还包括细粉砂级及粉砂级碎屑颗粒, 主要分散充填粒间, 降低孔隙度, 增大喉道迂曲度; 长期水驱后, 填隙物中的颗粒发生运移, 粘土、粉砂等微粒均被冲洗干净, 孔隙空间增大, 含量明显降低, 孔喉变粗, 孔喉连通性得到改善。

七中区克下组储集层粘土矿物以高岭石占优, 以蠕虫状、书页状集合体充填于粒间(图1a), 是微粒运移主要颗粒源。长期水驱高岭石微结构遭受破坏后呈分散状分布于孔隙



(a) 原状 (b) 水驱后

图1 原状及水驱后高岭石晶形

1.3 水流优势通道的变化特征

七中区克下组油藏经过长期的注水开发后, 储集层的发生了一定的变化, 加剧了储集层孔隙结构的非均质程度, 致使储集层形成高渗带及特高渗带, 即优势通道[3]。随着二元体系的注入, 由于注入流体的粘度增大, 渗流阻力加大, 优势通道在平面和剖面上发生了很大的变化。

通过七中区克下组水驱和二元驱不同开发的井间示踪剂监测分析, 二者示踪剂产出曲线的形态、见剂时间及见剂的浓度发生了变化(图2)。水驱阶段示踪剂监测曲线以宽对称峰为主, 推进速度慢, 示踪剂产出峰值浓度、采出率低, 优势通道所占比例相对较高, 而二元驱阶段以窄尖峰为主, 推进速度快, 示踪剂产出峰值浓度、采出率高, 优势通道所占比例相对较低(表1)。由此说明二元体系注入储集层后, 约占储集层孔隙体积5%的优势通道, 造成窜流, 导致见化学剂早、产剂浓度高。

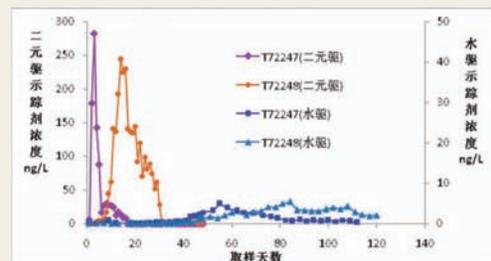


图2 水驱和二元驱阶段示踪剂监测曲线

注示踪剂时期	监测井	示踪剂产出峰值			示踪剂采出率 (%)	等效渗透率 (mD)	优势通道体积 (m ³)	优势通道占比 (%)
		天数 (d)	浓度 (ng/mL)	速度 (m/d)				
水驱	T72247	55	4.9	3.1	0.073	700.0	1128.0	9.9
	T72248	84	5.4	2.3	0.018	180.0	2020.6	16.0
二元驱	T72247	3	282.4	57.3	0.440	687.9	124.7	1.1
	T72248	14	243.6	13.5	1.040	1389.3	667.9	5.3

表1 七中区井间示踪剂监测分析特征参数表

2 砾岩油藏二元驱调剖体系的性能要求

2.1 体膨颗粒转向剂封堵优势通道

七中区克下组油藏经过长期的注水开发形成了大量的水流优势通道，注入聚表二元体系后，抑制了中高渗透通道的渗流速度，加剧了特高渗层的窜流速度。从动态、现场监测分析，特高渗储集层所占比例小，渗流速度快，导致化学剂无效循环。因此，必须选择高强度的体系进行封堵。

体膨颗粒转向剂是有机单体聚合并同时交联生成的吸水性凝胶树脂颗粒，经干燥粉碎成最终产品。体膨颗粒能够吸水体积快速膨胀，膨胀后的颗粒具有一定的强度和弹性，在外力的作用下可以发生可逆形变。体膨颗粒形变(或破碎)进入地层优势通道后，对高渗层流动通道的孔喉形成物理堵塞，迫使后续水流转向扩大水驱波及体积。通过填砂管试验，不同渗透率的人造岩心，用1000mg/L的聚合物溶液携带常规体膨颗粒以2mL/min速度注入岩心，连续对注入压力进行监测。实验表明体膨颗粒对于高渗透率的岩心有较好的封堵能力(图3)。

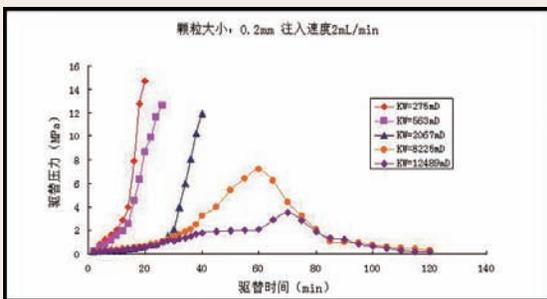


图3 体膨颗粒封堵性试验

2.2 二次成胶增加沿程阻力

七中区克下组属于二类砾岩储集层，为中大孔中细喉孔隙结构，颗粒分选差，以孔隙~压嵌型胶结为主，接触方式为点-线接触。七中区克下组恒速压汞实验分析(图5)孔隙半径主要分布在80~200μm之间，而喉道半径主要分布在0.5~5μm之间，平均孔喉半径比200左右。这种砾岩储集层导致体膨颗粒转向剂在通过细小喉道后颗粒破碎，对储集层深部失去封堵能力。因此需要在单一颗粒剂中加入强凝胶，在储集层深部二次成胶，形成颗粒凝胶整体，提高封堵强度，避免后续流体突破。

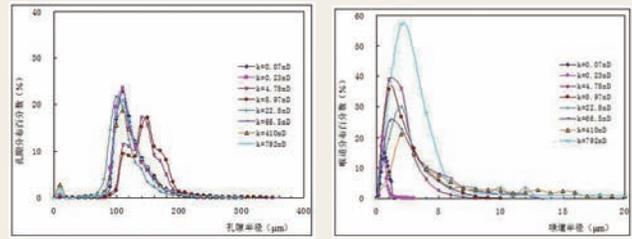


图4 七中区克下组恒速压汞实验分析孔喉半径分布曲线

单一体膨颗粒和凝胶携带体膨颗粒耐冲刷性实验结果表明，初期两者的注入压力相当，随着时间的推移，凝胶携带体膨颗粒的耐压高于单一体膨颗粒，说明凝胶体膨颗粒更加适合封堵储集层深部的大孔道。

3 砾岩油藏二元驱调剖设计

根据砾岩油藏水驱开发后储集层的变化特征及二元驱开发的特性，提出“垫堵调封顶”的设计思路，采取复合多段塞体系，即前置段塞—颗粒+强凝胶—中弱凝胶—强凝胶—顶替段塞(表2)。

序号	段塞设计	调剖剂类型	性能要求	目的作用
1	前置段塞	聚合物溶液	黏度: >100mPa·s	排驱注入二元体系和地层水, 保护后续段塞不被稀释, 为后续段塞封堵创造良好的环境。
2	调堵段塞	颗粒+强凝胶	粒度: 0.4 μm~10mm 黏度: >2.0×10 ⁴ mPa·s	封堵窜流通道。聚合物携带可以进入地层深部, 二次成胶形成有效封堵。
3	调驱段塞	中弱凝胶	黏度: 0.8~1.5×10 ⁴ mPa·s	调整渗透率级差, 抑制注入体系突进速度, 改变渗流路径, 提高波及体积。
4	封口段塞	强凝胶	黏度: >2.0×10 ⁴ mPa·s	采用高强度、快速成胶的凝胶封堵近井地带, 保证注入段塞不反吐。
5	顶替段塞	聚合物溶液	黏度: 40~60mPa·s	将调剖剂顶替到地层深部, 既避开了近地带10m范围主要压降区域, 保障二元体系的注入能力, 又增加了调剖剂有效作用半径。

表2 七中区克下组油藏二元驱调剖设计一览表

4 应用效果

七中区克下组油藏于2011年8月开始二元驱试验，注入0.2PV后，试验区日产液343m³、产油36.2t，产聚浓度782mg/L，产表浓度244.9mg/L。取得一定效果，但存在产剂浓度高、存剂率低的问题。

2012年11月试验区针对剂窜比较突出的7个井组开展调剖，单井平均注入量5900m³，其中：前置段塞500m³，调堵段塞1100m³，调驱段塞3200m³，封口段塞600m³，顶替段塞500m³。

调剖后，平均注入压力由调前的13.0MPa上升到14.7MPa，升幅13.1%。有一定的控水效果，综合含水下降2%，但增油效果不明显。产聚浓度大幅度下降，调剖井组的产聚浓度由调剖前的664mg/L下降(下转第63页)

新疆油田七东₁区砾岩油藏聚合物驱见聚特征与影响因素研究

邹 玮¹ 陈玉琨¹ 楼仁贵¹ 张 强¹ 郭晓璐²

(1.新疆油田分公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000; 2.中海石油财务有限责任公司 北京 100010)

摘 要: 针对新疆油田七东₁区聚合物驱试验区油井见效时间、浓度以及含水增油等见聚特征差异明显,且聚驱见效前后剖面动用情况变化显著的问题。为进一步研究其影响因素,分别从储层物性、非均质性、聚驱控制程度等方面分析,结果表明:储层物性对见聚时间影响较大,北部渗透率高、物性好,聚合物优先进入,导致北部见聚时间较早;储层非均质性影响聚合物的产出,非均质性强,油水井层数动用差,聚合物波及效率差,产聚浓度高;聚驱控制程度较高的北部井和中心井,开发效果好。

关键词: 砾岩油藏; 聚合物驱; 见聚特征

聚合物驱是利用驱油剂的黏弹性特征扩大波及体积、提高洗油效率,从而大幅度提高采收率的一种有效开发技术。目前国内室内研究和矿场试验多应用在砂岩油藏,以新疆油田为代表首先开展砾岩油藏聚合物驱攻关试验并取得成功,但对聚合物驱见聚特征与影响因素还未做深入研究。

克拉玛依油田七东₁区克下组属典型的砾岩油藏,具有复模态孔隙结构特征,储层严重非均质,聚驱试验区注聚后呈现明显区域划分,不同相带、渗透率级别下生产差异明显。对比试验区不同区域油井的见聚见效时间、见聚浓度、含水率变化和增油情况,以及见效前后油藏剖面的动用变化情况,从储层物性、平面非均质性以及聚驱控制程度等因素着手,深入分析见聚见效特征的影响因素,为砾岩油藏聚合驱动态跟踪调整提供指导。

1 试验区概况

聚合物驱试验区位于克拉玛依油田七东₁区克下组油藏中南部,构造为一倾向东南的单斜,内部断层不发育。岩性以砾岩为主,夹有砂岩、泥岩。储层主要特点是岩性粗、分选差,为山麓洪积扇沉积,属新疆油田砾岩 I 类储层。自下而上分为 S7 和 S6 两个砂层组, S7 和 S6 又分成 S74、S73、S72、S71、S63、S62、S61 等 7 个砂层, S72、S73、S74 砂层为聚合物驱工业化试验目的层,目的层 S72+3+4 层沉积厚度 31.5 ~ 46m,均有自北向东南、西南增厚的特点。

试验区有效厚度 148m,原始地质储量 1.94×10^6 t,目的层平均渗透率 817mD,渗透率分带性明显。试验区采用五点法面积井网,注入井 9 口,采油井 16 口。截止 2014 年 6 月,试验区累积

产油 1.43×10^6 t,阶段采出程度 7.4%,聚驱开发效果较好。

2 试验区油井见聚见效特征

试验区自 2006 年 9 月开始注聚合物,注聚 5 个月后油井陆续见效。16 口采油井中,2 口井同时见聚见效,3 口井先见聚再见效,11 口井先见效再见聚。先见效再见聚井数所占比例大,且都分布在试验区油藏中南部。

(1) 见效见聚时间。南部 8 口采油井平均见聚时间为 22 个月,最长的在注聚后 39 个月见聚。北部平均见聚时间 17 个月,最早见聚为 11 个月。北部井平均见聚时间早于南部。

(2) 产聚浓度(图 1)。经过一段时间注聚后,北部区域产聚浓度高,而南部产聚浓度低。总体看北部区域产聚正常,南部区域产聚偏低,且南部部分边角井产聚浓度较低,呈聚驱前沿尚未突破的态势。

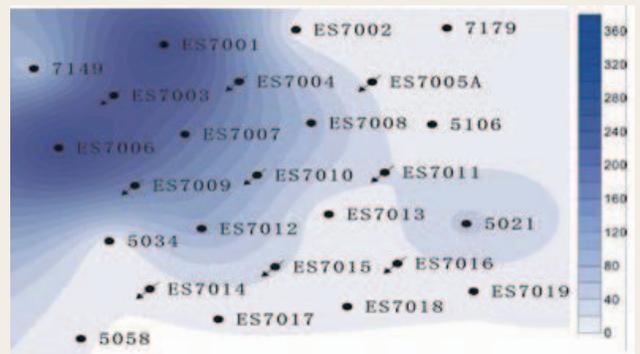


图1 试验区产聚浓度分布图

(3) 增油情况(图 2)。北部油井较晚见效,注聚前的年产量较低(0.23×10^4 t)。聚驱见效后,2009 年年产量增至

1.43 × 10⁴t, 增油量最大; 中心井见效较早, 见效后的年增油比北部井少; 而南部年产量最大增幅为0.3 × 10⁴t, 增油量较小, 且聚驱后期年产量较注聚前有所降低。

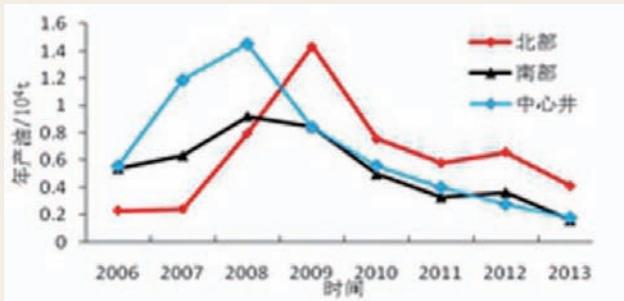


图2 聚驱试验区南北分区年增油情况

(4)含水率变化(图3)。聚驱见效后, 试验区内16口油井含水率下降趋势凸显。中心井含水率下降幅度最大, 从93.0%下降至84.3%; 北部油井含水率下降幅度由注聚前的98.0%最低降至90.0%; 南部油井注聚前含水率低于中部和北部油井, 注聚初期含水率下降4%, 后期含水率高于中心井。

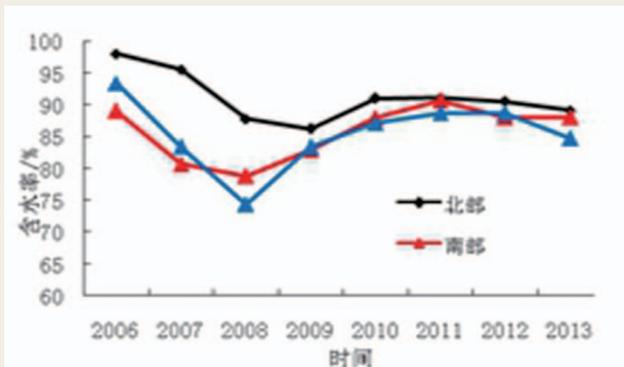


图3 聚驱试验区南北分区含水情况

(5)剖面动用(图4、图5)。聚驱阶段, 油井动用程度由46%上升到81%, 动用程度得到提高; 水井动用程度总体上变化不大。说明聚合物驱油有效改善了储层的非均质性, 提高了油藏的剖面动用程度。

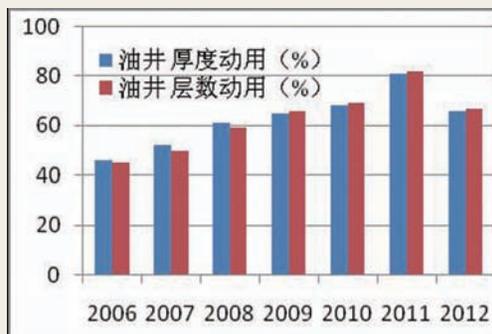


图4 试验区油井剖面动用情况

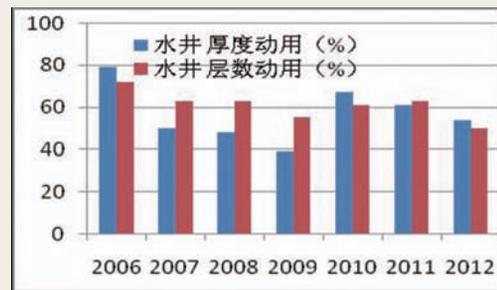


图5 试验区水井剖面动用情况

3 见聚影响因素分析

3.1 储层物性对油井见聚的影响

试验区北部井平均渗透率1472mD(表1), 北部井渗透率是中部井的1.9倍, 是南部井的1.7倍; 试验区北部沉积物颗粒粒径大, 细小填隙物含量低, 形成的孔喉半径比南部大, 北部井对应的平均孔喉半径6.8 μm, 比南部平均孔喉半径大1.6倍, 比中部平均孔喉半径大1.24倍, 北部物性较好。

表1 试验区渗透率与孔喉半径统计表

北部		中部		南部	
平均渗透率 (mD)	平均孔喉半径 (μm)	平均渗透率 (mD)	平均孔喉半径 (μm)	平均渗透率 (mD)	平均孔喉半径 (μm)
1798	7.5	1194	7.3	540	4.7
1490	7.3	642	5.0	525	4.7
1472	6.8	781	5.2	459	4.2

从表1中可看出, 渗透率分布具有明显的分带性, 北部渗透率高, 南部低, 聚合物注入地层后首先进入压力高的高渗透层, 随着吸附捕集作用的增加, 高渗透层渗流阻力增加, 主要吸液层开始从高渗透层转向中低渗透层, 所以北部见聚时间早于南部和中心井, 先见聚再见效井和同时见聚见效井多分布在北部。

3.2 储层非均质性对油井见聚的影响

试验区北部井渗透率级差为5.459, 渗透率突进系数为2.237(表2), 非均质程度高于中心井和南部(图6), 聚合物在渗透率大的方向和部位快速推进, 在低渗方向和部位推进较慢, 造成聚驱前缘严重非均质分布, 影响聚合物波及效率, 导致北部产聚浓度高, 含水率较高。

表2 不同区域储层非均质性对比

	北部	中部	南部
渗透率级差	5.459	4.179	2.538
渗透率突进系数	2.237	1.629	1.593
非均质程度	极强	强	弱

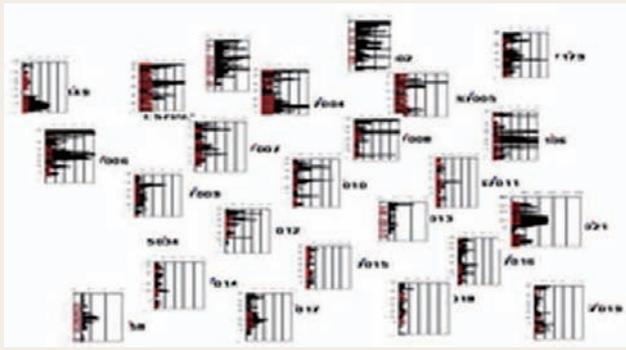


图6 试验区渗透率纵向分布图

对于单井而言，先见聚再见效井和同时见聚见效井都位于储层非均质性较强的北部，例如北部7149井储层非均质性强(渗透率级差6462，突进系数305)，层间差异大，易水窜，见聚早，且其对应注聚井ES7003井吸水剖面单一，层数动用差，井组发生水淹，导致7149井见聚早，且产聚浓度上升快(见聚高峰期1638mg/L)，含水波动大，后期通过调剖措施，剖面调整均匀(图7)，波及体积增大，没有发生明显“指进”现象。

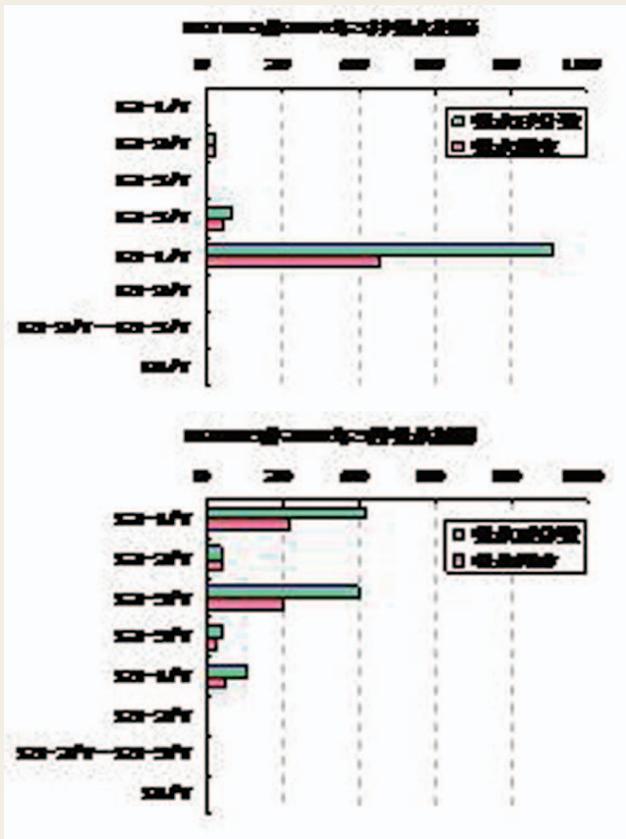


图7 ES7003井不同时期吸水剖面

3.3 聚驱控制程度对油井见聚的影响

聚驱控制程度体现了油层平面的连通方向、油层渗透率以及聚合物能进入的孔隙空间对聚驱效果和见聚程度的综合影响，以中心井与全区聚驱控制程度对比其聚驱效果，试

验区内中心井、北部和南部的聚驱控制程度(射孔段中渗透率 > 50mD下)分别为79%、82%和70%，北部井的聚驱控制程度高于中心井和南部井。

从聚驱见效前后增油量和含水率变化情况看，北部采油井2006年产油量为 0.23×10^4 t，注聚见效后2009年产油最大增至 1.43×10^4 t，增幅较大；中心井的含水率下降幅度大于南部和北部井，可以看出聚驱控制程度较高的北部井，聚合物进入孔隙可驱替程度高，则油井聚驱增油效果越好。而且由于中心井4向受效，注采关系完善，聚合物段塞在地层内多向推进，导致中心井聚驱含水率下降幅度较大。

4 结论与认识

(1) 试验区聚驱见效特征明显：先见效再见聚井所占比例高，多分布在试验区油藏中南部；物性较好的北部区域产聚浓度较高，但开发效果比南部好，增油降水效果优于南部；聚驱见效后，油水井的剖面动用情况变好，聚合物波及体积增大。

(2) 储层物性及非均质性、聚驱控制程度对见聚影响大：北部渗透率高、物性好，聚合物优先进入，所以对见聚时间影响较大，导致北部见聚时间较早；储层非均质性的强弱影响聚合物的产出，非均质性强，油水井层数动用差，聚合物波及效率差，产聚浓度高；聚驱控制程度较高的北部井和中心井，开发效果好。

参考文献

- [1] 冯慧洁, 聂小斌, 徐国勇等. 砾岩油藏聚合物驱微观机理研究[J]. 油田化学, 2013, 33(3): 232-237.
- [2] 高明, 王强, 顾鸿君等. 新疆砾岩油藏七东1区聚合物研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(22): 5597-5600.
- [3] 程宏杰, 顾鸿君, 楼仁贵等. 克拉玛依油田七区砾岩油藏聚合物驱方案设计[J]. 石油地质, 2009, 30(5): 609-612.
- [4] 胡东, 江厚顺, 杨宁等. 孤东油田中二南区Ng3-5单元聚合物驱油见效见聚规律研究[J]. 江汉石油学报, 2003, 5(增): 86-87.
- [5] 佟占祥, 徐国勇, 聂小斌等. 砾岩油藏聚合物驱提高采收率试验研究-以克拉玛依油田七东1区克下组油藏为例[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(6): 146-148.
- [6] 宋子齐, 王宏, 尹军锋等. 克拉玛依油田七中、东区克拉玛依组油藏构造特征研究[J]. 中国西部石油地质, 2006, 2(4): 396-399.
- [7] 宋子齐, 孙颖, 常蕾等. 克拉玛依油田非均质砾岩油藏特征及其剩余油分布[J]. 断块油气田, 2009, 16(6): 54-58.

水力喷射压裂技术在深层水平井的应用

董立伟¹ 马勇² 白梅³

(1.中国石油辽河油田公司兴隆台采油厂 辽宁盘锦 124011; 2.海西州冷湖油田管理处 青海海西 816300;

3.青海油田企业文化处 甘肃敦煌 736202)

摘要: 潜山油藏具有渗透率低、储层埋藏深、岩性致密等特点,对压裂工具、压裂液、支撑剂、压裂工艺等都提出了较高的要求,水平井压裂改造难度较大。通过在水平井试验水力喷射压裂技术,可进行定点喷射压裂、准确造缝,实现了一次管柱可进行多段压裂。目前已实施3口井,取得较好的增产效果,为深层水平井的改造提供了经验和借鉴。

关键词: 兴古潜山; 压裂; 水平井; 水力喷射

1 油藏概况

1.1 地质概况

兴古潜山构造位于辽河盆地西部凹陷南部兴隆台—马圈子潜山构造带东北部,与盘山洼陷、陈家洼陷、冷家断阶带、马圈子构造四周相接,构造面积28.4km²。该区钻井揭露的地层自下而上依次为:太古界、中生界、下第三系(沙三段、沙一+二段、东营组)、上第三系(馆陶组、明化镇组)、第四系(平原组)。

1.2 地质特征

1.2.1 储层特征

兴隆台太古界潜山由变质岩及侵入岩2大类岩石组成。岩性分布整体以片麻岩为主占59.6%,其次混合花岗岩和花岗斑岩,分别占8.4%和9.9%,闪长玢岩占9.0%,其它非储集岩合计占13.1%。

储集空间类型以构造裂缝为主,次为破碎粒间孔和溶孔。孔隙度最大13.3%,最小0.6%,平均5.1%;渗透率最大值953mD,最小值0.53mD,其中1mD以下占70%。

1.2.2 流体性质

兴古潜山原油性质好,属稀油。高压物性分析地层原油密度0.6442g/cm³,黏度0.384mPa·s。原油样品统计地面原油密度0.8133~0.8423g/cm³,平均0.8252g/cm³,黏度3.04~5.3mPa·s,平均黏度3.77mPa·s,凝固点18~31℃,含蜡7.6%~24.8%,胶质+沥青质1.76%~7.38%;天然气相对密度0.5835~0.7621,平均0.6755,甲烷含量74.68%~95.59%,平均83.6%,属溶解气。

1.2.3 压力和温度系统

根据实测地层压力和地层温度数据分析,兴古潜山油藏具有统一的压力系统和温度系统,平均压力系数为1.13,地层中部平均温度126℃。

2 存在的问题与困难

2.1 井口施工泵压高

深井压裂井口施工泵压高的原因主要有两个方面:

①井底破裂压力高。井底破裂压力主要受地应力及岩性的控制,绝大多数井底破裂压力随地层深度的加深而增加。

②压裂管路沿程摩阻高。对于选定的压裂液及配方系列和管柱结构,压裂管路沿程摩阻与井段的深度成正比增加,超深井压裂施工的管路摩阻一般是普通井的2~3倍。

2.2 施工参数受限

由于压裂液在泵注过程中摩阻受施工排量的影响较大,施工排量很难提高。但施工排量不提高,必然影响水力压裂裂缝高度(排量每增加1m³/min,裂缝高度增加1~2m)。即便压开裂缝,因为排量低,难以提高砂液比加大施工规模,也很难形成高导流能力的宽缝,且很容易造成砂堵,导致施工失败。

2.3 对压裂材料性能要求高

兴古潜山压裂井段深、地层温度高、地层闭合压力大,要求压裂液应具有良好的耐高温、耐剪切、摩阻低等性能;支撑剂具有高强度、高导流能力。

3 水力喷射压裂工艺技术

水力喷射压裂是集射孔、压裂、隔离一体化的新型增产改造技术,适用于低渗透油藏直井、水平井的增产改造,是低渗透油藏压裂增产的一种有效方法。其工艺技术基于伯努利方程,是结合水力射孔和水力压裂的新型增产工艺,由水力喷砂射孔、水力压裂(通过普通油管或钻杆或连续油管)以及环空挤压3个过程共同完成。安装在施工管柱上的水力喷射工具,在水击作用在地层形成一个(或多个)喷射孔道,在近井地带产生微裂缝,裂缝产生后环空增加一定压力使产生的微裂缝得以延伸,实现水力喷射压裂(图1)。



图1 水力喷射压裂原理示意图

3.1 技术优点

- (1)一次管柱可进行多段压裂，施工周期短，有利于降低储层伤害；
- (2)不需要机械封隔，能够自动隔离，可用于裸眼、套管完井；
- (3)可进行定点喷射压裂，准确造缝；
- (4)喷射压裂可以有效降低地层破裂压力，保证高破裂压力地层的压开和压裂施工。

3.2 压裂液支撑剂的改进

3.2.1 压裂液优选

结合水力喷射压裂工艺特点，考虑到水力喷射过程中的压裂液高剪切历史，尤其是在喷嘴处，压裂液流速 $\geq 180\text{m/s}$ ，由于目前水力喷射采用的是水基胍胶压裂液体系，稠化剂胍胶是一种由天然植物胶改性而成的高分子聚合物，由其配制而成的压裂液体系是一种假塑性流体，具有剪切稀释性的特点，在高剪切中其黏度损失有一部分是不可逆的。考虑到交联剂官能团的特性，选用有机硼交联剂，其主要优点是：有机硼交联剂分子与胍胶分子其交联强度较弱，在经历高剪切或高温下，能够先于胍胶分子本身断链，而在恢复低剪切或低温条件后，又能够重新实现交联。

3.2.2 支撑剂优选

为了评价喷射作用对支撑剂性能影响大小，在 180m/s 喷射速度条件下，选用常用支撑剂对其喷射前后的导流能力进行评价(表1)。

表1 喷砂与支撑剂导流能力关系表

支撑剂类型	类别	导流能力($\mu\text{m}^3 \cdot \text{cm}$)				
		20MPa	30MPa	40MPa	50MPa	60MPa
石英砂	喷砂前	80	42	21	-	-
	喷砂后	68	37	18	-	-
低密度陶粒	喷砂前	181	147	113	70	48
	喷砂后	176	142	108	68	47

分布，每个孔直径为6mm。在保证强度的情况下，选用0.425~0.85mm的支撑剂。

3.3 水力喷射压裂技术现场应用

2010年4月引进水力喷射压裂技术，在兴古7-H4兴古、7-H303井和兴古7-H253井，开展筛管和裸眼两种完井方式下的超深水平井分段、多点压裂工艺试验，取得成功。

兴古7-H253井是部署在兴古9块的一口鱼骨水平井，于2010年5月份投产自喷16h后停喷，之后一直处于间开状态。该井位于兴古7潜山二段中部，层位Ar，井深5200.0m，水平段长1242.09m，钻遇油层939.03m。裸眼段3957.91~5200.00m，Z1段4430.00~728.08m，Z2段4578.00~4882.00m，Z3段4727.00~5027.50m。高压物性分析地层原油密度为 0.6442g/cm^3 ，黏度 $0.384\text{mPa} \cdot \text{s}$ ，折算地层压力为42.8MPa。

兴古7-H253井岩性特殊，井况相对比较复杂：1个主井眼加3个分支井眼，通井难度大，环空液体滤失增加，压裂起裂点选择受限；水平段长，温度 140°C ，地层压力42.8MPa，对压裂工具、压裂液、支撑剂、压裂工艺等都提出了较高的要求。通过精心论证选取4070、5120两个点进行压裂(表2)。射孔采用胍胶基液携100目粉砂进行水力喷砂射孔。压裂采用油管注入交联液携支撑剂、油套环空注入胍胶基液。

表2 兴古7-H253水平井分段压裂层段参数表

压裂段	层位	井段(m)	导流能力($\text{md} \cdot \text{m}$)	裂缝半长度/缝宽(mm)	加入砂量	施工砂比	破裂压力(MPa)
1-1	Ar	3957.91-5200.00 (起裂点5120.0)	133.5	104.3/3.50	26	23.4	64
1-2	Ar	3957.91-5200.00 (起裂点4070.0)	144.0	107.0/3.54	26	23.4	73

2012年2月19日至2月25日压裂施工，压前通井至人工井底5200m，确保裸眼段无坍塌。压裂中严格按照要求完成了设计加砂量。压后于3月8日自喷生产，(5mm油嘴)日产油19.5t，日产气 2541m^3 ，目前日产油13.8t，日产气 1526m^3 ；累计增油847t。该井压裂的成功，为鱼骨水平井油层改造提供经验和技术支持。

4 经济效益评价

为了改善兴古潜山低渗透油田的开发效果，不断改进压裂技术及配套技术，积极探索潜山低渗(下转第58页)

电磁溢流阀在一体化带压作业机改造中的应用

强会彬 王大彪 周 健

(中国石油吉林油田公司扶余综合服务公司 吉林松原 138000)

摘 要: 一体化带压作业机是吉林油田自主研发的主力带压作业设备, 电磁溢流阀在系统中发挥着重要作用。本文介绍电磁溢流阀的工作原理, 并就其在一体化带压作业机遇到的问题进行分析和说明。

关键词: 带压作业; 电磁溢流阀; 多路阀

中国石油集团公司将带压作业技术定位为“稳定和提单井日产量‘牛鼻子’工程”, 已多次召开带压作业工作部署会, 要求努力使带压作业技术与欠平衡钻井、水平井技术成为同等重要的手段。

针对油田现有带压作业设备的安全性、工作效率落后的情况, 通过对一体化带压作业机上电磁溢流阀的改造, 来提升带压作业设备的施工效率。

1 先导式溢流阀和直动式溢流阀的区别

溢流阀是使系统中多余流体通过该阀溢出, 从而维持其进口压力近于恒定的压力控制阀。其作用主要有两个: 一是溢流稳压; 二是安全保护。按其结构及工作原理, 溢流阀可分为直动式溢流阀和先导式溢流阀。

直动式溢流阀有积小、结构简单、噪音小等特点, 在小流量系统中应用广泛。而先导式溢流阀的开启比通常都比直动式的大, 调压精度和灵敏度优于直动式, 广泛应用于高压、大流量、高调压精度的场合。

在一体化带压作业机的控制系统中, 溢流阀的作用主要是维持系统压力恒定、保护过载, 改善执行元件的运动平稳性。结合油田生产的实际情况, 在本次改造中选择先导式溢流阀。同时还因为先导式溢流阀能实现对系统的远程调压或卸荷。

2 电磁溢流阀的工作原理

此次改造是在原有系统的溢流阀上增加了一组电磁溢流阀, 由先导式溢流阀和1个2位2通电磁换向阀。

电磁阀的一端与先导式溢流阀的某一部位相连, 而这一部位又与先导阀油路相连, 压力即主阀上腔调压

力, 由先导阀决定。它连接了电磁阀后, 如果再通过电磁阀与油箱相连, 则形成系统卸荷。当系统不需要卸荷时, 电磁阀将通油箱口关闭, 由溢流阀的先导阀控制主阀上腔压力。

溢流阀上装有一只电接点压力表, 可以直接读出蓄能器的即时压力。表盘上有三个指针, 当压力指针达到红色上限指针时电接点压力表突然通电, 电磁溢流阀开始卸荷、快速缓解系统压力; 当系统压力低于最低下限电接点压力表就会处于关闭状态, 系统充压, 保证系统的工作压力。

3 实际应用情况

电磁溢流阀可在设备上方便地应用: 可以车上的24V直流电做为电源; 新增加的元器件不改变原车结构, 司钻的操作习惯也不会发生改变。

电磁溢流阀应用于一体化带压作业机的高速举升改造, 可以明显提高作业速度和工作效率, 符合井控要求, 并取得较好的经济效益。

4 电磁溢流阀常见故障及解决办法

4.1 系统压力波动

压力波动的原因有: ①调节压力的螺钉由于震动而使螺母松动; ②液压油不清洁, 有微小灰尘存在, 使主阀芯滑动不灵活, 有时还会将阀卡住; ③主阀芯滑动不畅造成阻尼孔时堵时通; ④主阀芯圆锥面与阀座的锥面接触不良; ⑤主阀芯的阻尼孔太大; ⑥先导阀调正弹簧弯曲, 致使阀芯与锥阀座接触不好, 磨损不均。

解决方法: ①定时清理油箱、管路, 并对阀类元件拆

卸清洗, 更换清洁的液压油; ②进入油箱、管路系统的液压油要过滤, 如已有过滤器, 则应增加二次过滤元件或更换二次元件的过滤精度; ③修配或更换不合格的零件; ④适当缩小阻尼孔径。

4.2 系统压力完全加不上去

压力完全加不上去的原因有: ①主阀芯阻尼孔被堵塞; ②装配质量差, 主阀芯在开启位置时卡住; ③主阀芯复位弹簧折断或弯曲, 主阀芯不能复位; ④先导阀故障, 如锥阀或钢球未装等; ⑤远控口电磁阀未通电(常开型)或滑阀卡死; ⑥液压泵故障; ⑦进出油口装反。

解决方法: ①拆开主阀清洗阻尼孔并重新装配; ②过滤或更换油液; ③拧紧阀盖紧固螺钉更换折断的弹簧; ④更换破损件或补装零件, 使先导阀恢复正常工作; ⑤检查电源线路, 检修或更换失效零件; ⑥液压泵故障时可拆卸清洗叶片泵、纠正装错方向; ⑦检查进出油口, 将其调正过来。

4.3 系统压力升不高

主要原因有: ①主阀芯锥面或阀座锥面磨损或不圆; ②锥面有脏物附着; ③锥面与阀座不同心; ④阀芯与阀座配合不严密; ⑤主阀压盖处有泄漏, 如密封垫损坏等; ⑥先导阀调正弹簧弯曲或太短、太软。

解决方法: ①更换或修配溢流阀体或主阀芯及阀座; ②清洗溢流阀或更换不合格元件; ③调正主阀阀芯, 更换破损密封垫等; ④更换不合格件或检修先导阀。

4.4 压力突然升高

主要原因有: ①主阀芯零件工作不灵敏, 在关闭状态时突然被卡死; ②液压元件精度低、装配质量差、油液过脏等; ③先导阀阀芯与阀座结合面粘住脱不开, 系统不能正常卸荷等。

解决方法: 清洗主阀阀体, 修配更换失效零件。

4.5 压力突然下降的原因

主要原因有: ①主阀芯阻尼孔突然被堵; ②主阀盖处密封垫突然破损; ③主阀芯在开启状态突然卡死; ④先导阀芯突然破裂; ⑤调正弹簧折断; ⑥远控口电磁阀电磁铁突然断电; ⑦远控口管接头突然脱口或管子突然破裂。

解决方法: ①清洗液压阀类元件, 若是阀类元件被堵则应过滤油液; ②更换破损元件检修失效零件, ③检查并消除电气故障。

4.6 在二级调压回路及卸荷回路压力下降时产生振动和噪声

主要原因: 在某个压力值急剧下降时, 在管路及执行元件中将会产生震动; 这种振动将随着加压一侧的容量增大而增大。

解决方法: 可以在溢流阀的远程控制口处接入固定节流阀, 使压力下降时间(即变化时间)不小于0.1s。

5 结论

电磁溢流阀应用于一体化带压作业机的高速举升改造, 可以明显提高作业速度和工作效率, 符合井控要求, 并取得较好的经济效益。同时, 该技术不仅可以改善工作环境和提高工作效率, 同时该项目实施后可以实现带压作业的系统效率评价。

参考文献

- [1] 陈蔚茜, 穆延旭. 国外不压井作业机[J]. 石油机械, 2005, 33(1): 63-65.
- [2] 柴辛, 李云鹏, 刘锁建. 国内带压作业技术及应用状况[J]. 石油矿场机械, 2005, 34(5): 30-33.

(上接第56页) 油田高效经济开采模式。截止2012年4月30日, 实施水平井水力喷射压裂3井次, 累计增油9540t, 累计增气 $4.6865 \times 10^6 \text{m}^3$ (折合原油3734t)。投入资金2750万元, 创经济效益2358万元。

5 结论

通过研究与现场试验证明, 水力喷射压裂技术适用于深层巨厚潜山低效水平井的储层改造, 可明显提高油井产能。另外, 兴古潜山水平井压裂改造技术还需加快国产化研制, 降低施工费用, 为推广应用水力喷射改造技术提供

条件。

参考文献

- [1] 万仁溥主编. 采油工程手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
- [2] 张士诚, 张劲. 压裂开发理论与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
- [3] 王德胜. 现代油藏压裂酸化开采新技术实用手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006.
- [4] 覃峰. 石油工程16项采油技术与操作标准适用手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008.

浅层疏松砂岩普通稠油油藏 聚表剂调驱开采特征

唐颖¹ 冯有奎² 倪方天¹

(1. 中信石油技术开发(北京)有限公司 北京 100004; 2. 中国地质大学 北京 100083)

摘要: 针对K油田浅层疏松砂岩、高渗透大孔道、普通稠油油藏和高矿化度地层水的特点,在油田中区G层开展了聚表剂调驱先导试验,探索在高含水后期层内控水的调整方法。注入聚表剂后注聚井注入压力由自吸上升到2.53MPa,阻力系数和残余阻力系数较高,有效期长。试验井区北部油井生产动态呈现多次见效特征,有注剂阶段调剖和后续水驱扩大波及体积两个作用的增油效果。

关键词: TBF; 聚表剂; 提高采收率; 调驱

经过30多年的开发,由于长期注过蒸汽、热水和冷水,K油田中区采出程度低,约16.95%;年采油速度只有0.47%;综合含水率高,已达96%;层间差异大,层内矛盾突出。原始沉积多旋回和韵律特征,造成了地层内部渗透性存在较大差异,注入水容易形成指进和突进现象,而纵向的强非均质性又使得水驱在纵向的波及系数很低。中区G层地质条件非常复杂,蒸汽驱对油层的破坏很大,2010年曾注过化学示踪剂,油井两小时就见到注入药剂,分析认为优势通道窜流速度达到2039m/d,必须设法封堵。为此,需要选择能够既“堵”又“驱”的化学剂。聚合物、表面活性剂是三次采油提高采收率的常用化学剂[1],结合两者的主要功能可实现这一目的。但由于K油田原油黏度高、地层水和注入水矿化度高,有边水侵入和高渗透水窜大孔道等特点,普通聚合物、表面活性剂难以达到预期效果。为此,试验选择了专门针对K油田特点的TBF聚表剂调驱技术。

1 现场试验概况

1.1 试验区简介

试验区位于K油田中部PTV-3区,试验目的层为G层,面积约0.319km²,试验井组地质储量1.19 × 10⁶t,油藏埋深300 ~ 450m,原始地层压力3 ~ 4MPa,原始地层温度25 ~ 30℃。原始饱和压力2.0 ~ 3.0MPa,原油密度0.94g/cm³,地层原油黏度340 ~ 400mPa·s,储层孔隙度30%,渗透率200 ~ 800mD。地层水密度1.04 ~ 1.05g/

cm³,矿化度大于4.0 × 10⁴mg/L。据1451、1452井2009年底测得的产液剖面显示,1451井有两个高渗透条带,1452井有3个高渗透条带,每个条带厚度1 ~ 2m不等,全井有效厚度动用程度29.1% ~ 38.4%。1451井高渗透条带厚度4m,占全井19%,高渗透条带出液量占全井产液量的84.3%。

1.2 TBF聚表剂技术指标和调驱机理

TBF调驱型聚表剂技术指标见表1。该剂的分子能吸附在岩石表面改变润湿性,增加水流阻力,起到长效封堵作用,进一步扩大波及体积,对大孔道有封堵作用。另外,通过它的超分子结构包裹、增溶分散原油,提高洗油效率和原油流动性,可提高驱油效率。

表1 TBF技术指标

序号	项目	指标	
1	外观	白色或微黄色颗粒	
2	固含量(%)	≥88	
3	粘度(mPa·s)	≥40	
4	水不溶物(%)	≤0.2	
5	溶解速度(h)	≤0.2	
6	残留单体(%)	≤0.05	
7	增溶乳化能力	1000ppm, 4:1	全乳化
		50ppm, 1:1	全乳化
8	粒度(%)	≥1.18mm	≤5.0
		≤0.25mm	≤5.0

调驱剂室内评价结果：在较宽的浓度范围内(5~2000mg/L)，溶液的界面张力保持较低的数值(0.4~0.5mN/m)；与K油田高矿化度地层水配伍性好，可直接用油田现场污水配制驱替液；针对K油田油样具有高效增溶乳化性能和很好的降黏效果，在常规浓度1000~2000mg/L，液油比1:1的条件下，降黏率可达95%以上；采出液在不加任何破乳剂的条件下可暴气破乳；岩心实验表明，TBF调驱型聚表剂驱岩心实验阻力系数RF为7.8，残余阻力系数RRF为17.8；可比水驱提高采收率20%，含水率下降20%；后续水驱阶段驱油效果较好，调驱作用有效期长。

1.3 注入方案

采用四注九采井网(图1)，注入井四口：4366、4367、1642、1643，采油井一线井9口：1451、1452、1453、1545、1546、1547、1803、1804、1805。其中，1546井为井组中心井。试验前平均单井日产1t，含水98.5%，试验井区采出程度28.3%。

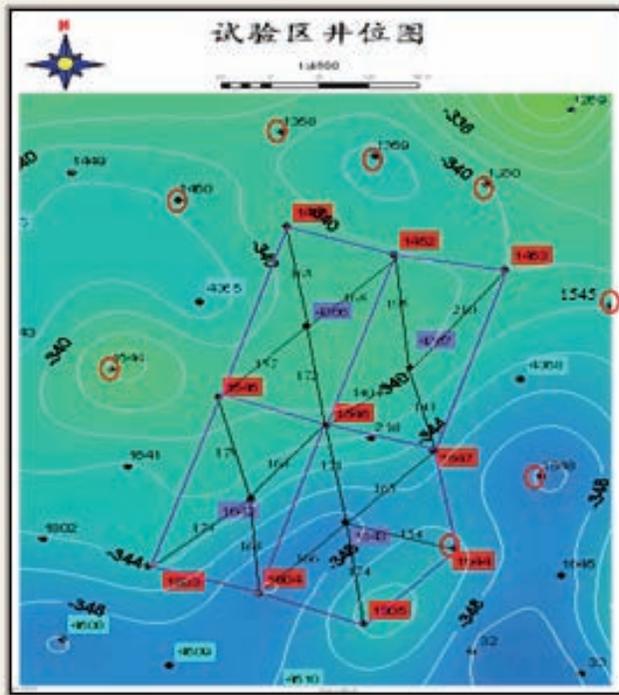


图1 试验区注采井网

二线井8口：1544、1450、1358、1359、1360、1454、1548、1644。

注入剂为K油田专用调驱型聚表剂TBF，注入水质为油田回注污水，注入浓度为1500mg/L，母液配置浓度为6000~8000mg/L，注入剂用量167t，注水井日注入量140m³，油井平均日产液113m³。

1.4 实施情况

试验分为两个阶段进行。

(1)化学药剂注入阶段。2009年12月16日试验正式注入化学剂段塞，2010年9月23日结束，总计注入TBF干粉167t，注入TBF溶液98×10⁴m³，注入有效油藏孔隙体积约0.06PV，平均注入浓度1700mg/L，段塞体积用量102PV·mg/L，井口注入黏度6.4mPa·s。

(2)后续水驱阶段。2010年9月24日以后试验区恢复注水。截止2014年2月底，累计注入化学剂和后续水驱段塞体积4.33×10⁵m³，占试验井组油层孔隙体积的27%。

2 降水增油效果

截止2014年2月底，试验井组有6口油井见到增油降水效果，井组累计增油9486t(井口数据)，平均单井增油1581t，平均每吨化学剂增油57t。井组北部1451、1452、1454井(二线井)有效期已达40个月，见效高峰期产液含水率降低15.1%~19.6%(图2)。采油井生产动态呈现多次见效特征，有注剂阶段调剂和后续水驱扩大波及体积两个作用的增油效果。

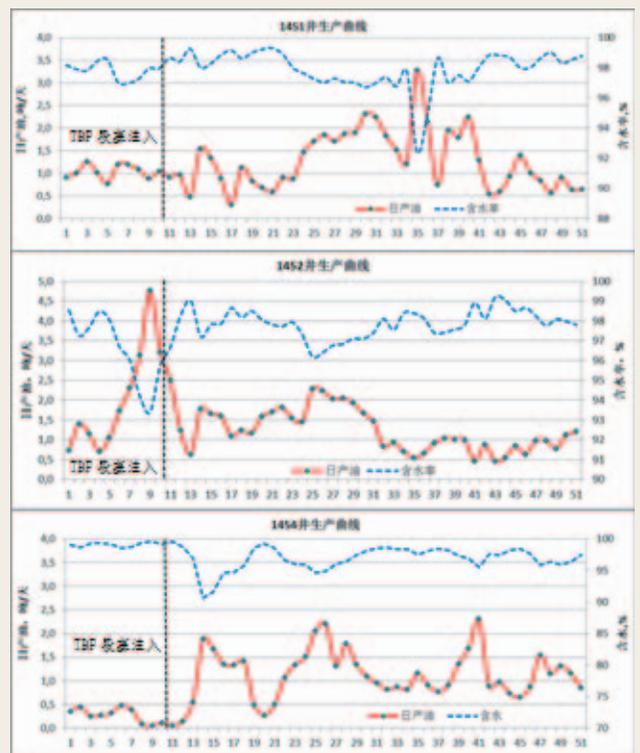


图2 见效井生产曲线

3 试验区开采特征

3.1 注入压力上升

试验前除4366井注入压力为0.24MPa外，其余3口注入井注入压力均为0，甚至倒吸。注入TBF溶液半个月后，4367、1643和1642三口井注入压力陆续上升，平均注入压力

从试验前的0上升到1.72MPa;后续水驱阶段注水压力继续上升到2.03~3.04MPa后基本保持稳定(表2),有效期已达4年,表明TBF具有长效堵调作用。

表2 试验过程注入压力对比表

井号	注剂前压力 (MPa)	注剂时压力 (MPa)	后续水驱压力 (MPa)
4366	0.24	1.00	2.60
4367	0	1.03	2.47
1642	0	0.93	2.08
1643	0	1.34	2.61

3.2 霍尔曲线斜率变化特征

根据试验井组北部两口注水井霍尔曲线计算的阻力系数为30,残余阻力系数为10.9。试验结果表明,注入井的残余阻力系数>阻力系数,也就是说与注剂期间相比,后续水驱阶段地层渗流阻力仍在增加,这表明对大孔道的调堵是有效的,而且调堵作用期长,对改善G层层内矛盾和平面矛盾具有重要作用。

3.3 后续水驱阶段驱替效果明显

驱替特征曲线是试验井组或单井开发形势的直观显示。从试验井组北部1451井和试验井组北部6口井的驱替特征曲线(图3)可以看到,注剂后直线段明显向产油量坐标轴倾斜,后续水驱阶段继续向产油量坐标轴倾斜,说明注剂期间已见到效果,后续水驱阶段效果持续甚至加大。试验井组二线井中,1454井效果较明显,后续水驱阶段效果较好。这表明,注入化学药剂具有长效封堵作用,不仅可以调堵高渗流通道,还可以增大驱油效率。

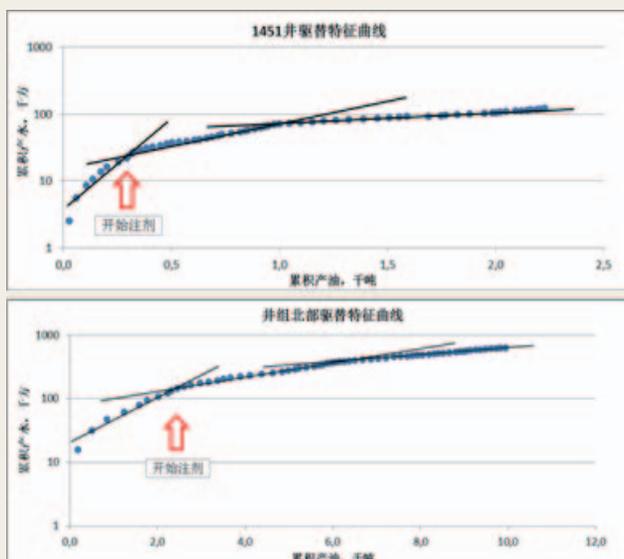


图3 驱替特征曲线

根据对四注九采试验井组水驱特征曲线的分析,利用童章院士命名的甲型水驱特征曲线对井组可采储量进行了预测[5],计算含水率达到99.5%时井组可采储量,结果显示,应用该调驱型聚表剂比普通水驱时井组可采储量增大2.13%。

3.4 油井产出液分析结果

在试验注入阶段和后续水驱阶段对油井产出液成分进行了分析检测,在部分油井中检测到TBF,浓度最高24mg/L,最低1mg/L,均未发现大量TBF药剂串流,表明TBF聚表剂在地下高渗大孔道具有较强的吸附作用、封堵效果好,试验后续水驱阶段甚至截止到目前,注入井注入压力保持相对稳定,从目前的注入压力和生产效果可以看到,注入TBF聚表剂对大孔道具有较强的封堵作用。

3.5 试验区边底水的影响

试验井组北部油井构造位置较高,受南部水体侵入影响相对较小,油井增油效果较好。北部油井4口,见效率100%,平均单井增油2072t;中部油井3口,见效率67%,平均单井增油600t;南部油井3口,尚未见效。分析认为,试验区南部油井效果相对较差,主要原因是南部受油层边底水和边外注入水强势内侵作用明显,不利于试验进行。

4 结论

在TBF聚表剂调驱试验中,注水井和采油井的动态反应表明:(1)TBF聚表剂对治理油田“三高”(高孔、高含水和高矿化度)有效;(2)聚表剂对浅层疏松砂岩稠油油藏条件和现有注采井网条件有一定的适应性;(3)TBF调驱型聚表剂降低地层导流能力效果明显,作用期长;(4)为了增加效果、降低风险,生产工区宜选择不受边底水影响的区域。

参考文献

- [1] 杨承志等.化学驱提高采收率[M].北京:石油工业出版社,2007,58-59.
- [2] 胡博仲,刘恒,李林.聚合物驱采油工程[M].北京:石油工业出版社,2004,22-23.
- [3] 张爱美.孤东油田七区西南二元复合驱油先导试验效果及动态特点[J].油气地质与采收率,2007,9:67-68.
- [4] 徐君,高文君,彭玮等.两种驱替特征曲线特性对比[J].新疆:新疆石油地质,2007(02):194-196.
- [5] 陈元千等.现代油藏工程[M].北京:石油工业出版社,2001,148-159.



修士跳海表演

南美有很多产油国，其中，秘鲁属于投资环境比较稳定的产油国家之一。秘鲁有悠久的产油历史，早在1863年，就成功地钻成了第一口商业油井。秘鲁《经营报》2009年6月9日报道，秘鲁国家石油公司称，估计秘鲁总的石油储量约60.15亿桶，其中49.07亿桶为可能储量，4.47亿桶为可开采储量，可开采储量中尚有1.03亿桶未开发。

中国石油天然气集团公司1993年进军秘鲁石油市场，迈出中国石油走向国际市场、开始国际化经营的第一步。1993年10月，中国石油获得了秘鲁北部塔拉拉油田七区的作业权，并于1994年1月接管了油田，1995年10月又接管了塔拉拉六区。2003年7月，中国石油购买了阿根廷私人石油公司在秘鲁亚马孙热带雨林所操作的1AB和8区块45%的股份。至此，中国石油在秘鲁拥有了4个油气田开发区。

在中国的石油资本扩大了在秘鲁的石油资产规模后，石油工程建设市场将迎来新的机遇。为开拓秘鲁的石油工程建设市场，我受中国石油工程建设公司委派，有机会来到了神秘的印加文明古国秘鲁。

首都利马，是秘鲁全国最大经济、文化中心。市内建筑壮丽，多广场、教堂，还有40余座博物馆；有建于1551年、南美最古老的圣马科斯大学，可以说是人文景观荟萃的城市。利马是因里马克河而得名的，里马克为神的名称。据说以前在这里有一尊大神像，当人们朝拜时，藏在神像里面的僧人就大声说话，人们以为神像在同他们谈话，于是人们使用神的名称来命名这个地方，意为“会讲话的神”。

利马位于东太平洋岸边，据说终年不下雨，却湿气很重，而且，每年大概有半年的时间里没有阳光，不幸被我赶上了。在利马的9天

里，只见到有限的几个小时太阳，每日的天空都是阴沉沉的，人有一种快发霉的感觉。

尽管阳光很少，但利马海边的景色还是不错的，从住的宾馆步行十分钟就可以到达，非常适合徒步走。在海边，可以看见浩瀚的太平洋波涛滚滚，海水呈现出清澈的淡绿色。利马的海边没有沙滩，都是石头子儿，似乎不是游泳的好地方，但有人在冲浪；海岸很高，大概数十米左右，站在海岸上，可以看得很远，如果你的目光穿透力很强，就能看见太平洋西岸的祖国。海岸上有人玩滑翔伞，御风飞行，十分惬意。沿着海岸线有很多免费的公园，比如，纪念终身研究纳斯卡地画的德国学者玛利亚的公园，有用植物拼成的地画图案；有网球场、山地自行车和滑板公园，青少年的最爱；有以爱情为主题的爱情公园，巨大的接吻雕像，仿西班牙高第

公园风格的彩色马赛克围墙，围墙上都是诸如“你是我的身体”之类的爱情絮语。

利马的海边还有一个修士跳海的传说，类似罗密欧与朱丽叶的故事。说的是19世纪，或者更早的时候，一个秘鲁西班牙总督的女儿和家里保姆的儿子，因为从小一起长大，青梅竹马地相爱了，但由于门不当户不对，受到双方家庭的激烈反对，于是，男的去修道院当了修士，女的被总督父亲送上了回西班牙的轮船。某一天，修士站在海岸上，思念他的女友，当太阳即将落入大洋的时候，洋面一片金光灿烂，修士仿佛看见女友在向他招手，就跳入了大洋；同时，女方在回国的轮船上也仿佛看到同样的情景，也跳入了大洋。现在，修士当年跳海的地方，有人专门装扮成修士进行跳海表演，给点小费就行。当然，既然是传说，就会有不同的版本。另外一个版本是，修士跳海的地方原来是个修道院，一个年轻的修士和一个当地的美丽姑娘相爱了，但因为种种原因，二人无法结合，就双双跳海殉

情。从爱情公园到修士跳海的悬崖，沿着利马的海边，你可以在很短的时间内历经人生的悲欢离合。现在，每当情人节的时候，利马的很多恋人们都会到海边手拉手进行跳海表演，以示生死与共。

除了海边，利马还有老城区、教堂和修道院、博物馆等可以看看。老城区中心是武器广场，广场四周有利马大教堂、总统府、市政厅等；附近还有个圣弗兰西斯科修道院，里面存放了上万具骸骨；有些私人博物馆，藏品很丰富，可以了解印加帝国的历史，秘鲁国家博物馆里还有光辉道路的展览，可以了解那段并不遥远的秘共游击战历史。城中还有若干个金字塔遗址，有些已经坍塌。此外，还有纪念南美伟大的解放者圣马丁的广场。

工程建设公司在秘鲁还没有开展业务，本次属于前期调研，因此，在利马有限的几天里，不停地奔波于利马的大街小巷，联系石油公司、律师事务所等，了解当地的石油市场、税务及法律环境等情况。利马的街道比较干净整洁，看起来，秘鲁人也

生性温和，大街上看不见当地人吵架或争执，对中国人也比较友好。利马和世界上大多数首都一样，也堵车，还好，不算很严重。秘鲁人饮食口味偏重，大概是靠海，不缺盐。中餐馆也有，有意思的是，所有中餐馆都有“CHIFA”的标识，吃饭！简单明了，和“CHINA”只有一个字母的区别，难道这就是中国人给秘鲁人的最初印象？吃饭！也没错，人是铁，饭是钢，一顿不吃饿的慌嘛。秘鲁的烤天竺鼠是当地的特色，据说很好吃，但一想到国内是当宠物来养的，很萌的样子，也就没有食欲了。在利马，土著印第安人并不多见。印加市场里，倒是有很多土著特色的制品，如用羊驼，国内叫做草泥马的毛编织的围巾、帽子、衣服等，以及印加人的图腾。

短期的调研很快结束，跟着中国石油投资脚步，工程建设公司的业务也一直向外发展。这次来到秘鲁，也是希望能够在秘鲁站稳脚跟，为国家创造更多的经济效益，保障国家的石油战略。

(上接第51页)至168mg/L。典型井T72237井产聚浓度由1600mg/L下降到880mg/L，降幅为45%，产表浓度由645mg/L下降到380mg/L，降幅为41%，含水由98%下降到93%，下降了5%，油量1.0t/d增加到1.5t/d，控水封窜增油效果非常明显。

参考文献

- [1] 白雷, 扎克坚, 孟亚玲等. 克拉玛依油田七区八道湾组油藏水流优势通道研究[J]. 新疆石油天然气, 2014, 10(1): 88-91.
- [2] 许长福, 刘红现, 钱根宝, 覃建华. 克拉玛依砾岩储集层微观水驱油机理[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(6): 725-731.
- [3] 汪玉琴, 陈方鸿, 顾鸿君等. 利用示踪剂研究井间水流优势通道[J]. 新疆石油地质, 2011, 32(5): 512-514.
- [4] 伍小玉, 罗明高, 聂振荣, 周零飞. 恒速压汞技术在储层孔隙结构特征研究中的应用[J]. 天然气勘探与开发, 2012, 35(3): 28-31.
- [5] 王鑫, 王清发, 卢军. 体膨颗粒深部调剖技术及其在大庆油田的应用[J]. 油田化学, 2004, 21(2): 150-153.
- [6] 王晓丽. 新型复合凝胶调剖体系的评价研究[J]. 当代化工, 2014, 43(9): 708-714.
- [7] 王硕亮, 李焱, 霍俊洲. 注采井间压力梯度计算与顶替段塞段塞长度优化[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(4): 101-103.
- [8] 陈科, 徐豪飞, 陈建林等. 百口泉油田砾岩油藏深部调驱技术研究[J]. 钻采工艺, 2013, 36(1): 36-38.
- [9] 冯其红, 张安刚, 姜汉桥. 多层油藏调剖效果动态预测方法研究[J]. 西南石油大学学报, 2011, 33(4): 130-134.

回忆起与《石油知识》的相交、相知，还得追溯到我在中石化高桥分公司就职的日子。那是《石油知识》创刊三年后的1988年，这份印刷别致、内容丰富的《石油知识》杂志开始按期寄给我。这是杂志社对我的信任与尊重。从此，我就爱上了这份国内唯一的跨行业、跨区域的石油石化科普期刊。对我而言，她成为了我在知识的海洋里遨游时遇到的“绿舟”。

1995年底，我正式退休后，《石油知识》杂志仍然按期免费赠送给我，她成了我一份特殊的“精神食粮”。

2001年，我创建了“金秋石化科技传播工作室”，《石油知识》杂志则成了给我启迪与动力“良师益友”。此后的岁月里，我和《石油知识》、和那些传播石油石化知识的编辑、作者们携手同行，演绎着我的人生——尤其是退休后的人生一个个故事、一段段佳话。

我是受过三次重大工伤的残疾人。每一次伤后的痊愈期内，我都会回溯起与《石油知识》同进步、共成长的每一年、每个月，想起在杂志社的帮助下写出的一篇又一篇科普文字，我都会心潮起伏，倍受激励，浑身充满了力量，说《石油知识》激励着我扬起第二次、第三次人生的风帆并不为过。

在多少个不眠之夜，我常常扪心自问：《石油知识》给了我知识、给了我营养、给了我荣誉，也给了我丰富、积极的人生，那么我怎样来回报呢？我的回答是：用自己不断更新的知识勤奋写作，及时传播国内外最新科技进展，回报《石油知识》的厚爱。作为一个普通的作者，让《石油知识》内容更丰富、促进办刊水平的

我的《石油知识》情结

■ 钱伯章



提高，是我义不容辞的责任。

这些年来，我与《石油知识》和她的编辑们建立了亲密的、长期的友谊。我为杂志积极供稿，提供信息，为我拓宽了视野，学到了很多知识。我在《石油知识》杂志发表的第一篇作品，是1988年2月撰写并发表的《炼油和石化生产中的专家系统》。在截至她已出刊30年的庆典日子里，我粗略地统计了一下，我以我的真名和多个笔名，已为《石油知识》各个栏目投送了大小稿件近千篇，发表了近200余篇稿件，这些稿件涉及石油石化行业的各个领域，为《石油知识》的添姿增色尽了绵薄之力。另外，我还参与编写了《中国石油员工基本知识读本·石油》。这本科普书籍于2012年4月由石油工业出版社出版，在读者中引起了强烈反响。

这些年来，我还与《石油知识》编辑部的多位领导和编辑成为了朋友，他们给予我的启发和帮助让我至今难忘。我为《石油知识》杂志给了

我传播知识、演绎老年多彩人生的舞台而感到幸福。现在，我珍藏了我在《石油知识》上发表的每篇文章，每每翻阅，都有一股自豪感油然而起。它激励我继续奋发向上。我作为南通市名人，这些文章已进入南通市名人档案收藏库。

《石油知识》传播的石油石化科技知识内容跨行业、跨区域、跨专业，为我和众多读者迫切所需。她是我们知识追求者的知音、桥梁、纽带和园地。传播先进的科技知识，为读者服务、为企业服务、为社会服务是《石油知识》的宗旨，也是我的人生追求！我与《石油知识》携手同行，我的人生因《石油知识》而受益匪浅，我的晚年生活因《石油知识》而丰富多彩。

现在，我虽已退休多年，并步入77岁的老年人生，但我追求知识的欲望仍然不减，创作激情仍然犹在，这其中离不开《石油知识》对我的哺育和激励。这也是我与《石油知识》的深厚情结。30年即将过去，未来的日子更远更长。有《石油知识》这块园地，我自当伏枥挥拙笔，多奉献新作。



《石油知识》

全国理事会

理事长

中国石油天然气集团公司原副总经理、中国石油学会理事长 曾玉康

常务副理事长

中国石油天然气集团公司大庆油田有限责任公司

中国石油勘探开发研究院院长

中国石油化工股份有限公司副总地质师

中国海洋石油总公司科技发展部

赵文智

马永生

孙福街

中国石油天然气集团公司信息管理部总经理

中国石油天然气集团公司科技管理部副主任、中国石油学会秘书长

陕西延长石油集团副总经理

刘希俭

方朝亮

王香增

副理事长

中国石化润滑油分公司总经理

中国石化胜利油田管理局局长、胜利油田有限公司总经理

中国石油大庆石油管理局副总工程师

中国石油吉林油田公司总经理

中国石油辽河油田公司总经理

中国石油辽阳石化公司总经理

中国石油长庆钻探工程公司总经理

中国石油大港油田公司副总经理

中国石油新疆油田公司总经理

中国石油塔里木油田公司总经理

中国石油长庆油田公司副总经理

中国石油冀东油田公司总经理

宋云昌

孙焕泉

卢怀宝

张德有

张志东

朱景利

王忠仁

吴永平

陈新发

谢文彦

李安琪

齐振林

中国石化河南油田公司总经理

中国石油集团测井有限公司总经理

中国石油吐哈油田公司总经理

中国石油吉林石化公司总经理

中国石油青海油田公司总经理

中石油煤层气有限责任公司总经理

中国石油克拉玛依石化公司

中国石油大庆石化公司总经理

中国石化中原油田公司总经理

中国石油华北油田公司总经理

中国石油独山子石化公司总经理

中国石油管道公司总经理

李联五

李剑浩

徐可强

孙树祯

宗贻平

接铭训

王德义

孔凡群

黄刚

陈俊豪

丁建林



中国石油玉门油田公司总经理	刘圣志	中国石化西北油田公司总经理	刘中云
中国石油西南油气田公司总经理	马新华	中国石油集团石油管工程技术研究院院长	张冠军
中国石油工程建设公司党委书记	李利民	中石化洛阳石油化工有限公司总经理	王国良
中国石油重庆销售公司总经理	朱明玉	中国石油东方地球物理勘探有限公司总经理	苟量
中国石油抚顺石化公司总经理	李天书	中国石油川庆钻探工程公司总经理	胥永杰
中国石油大连石化公司总经理	段良伟	中国石油装备制造分公司总经理	张晗亮

常务理事

中国石油黑龙江销售公司总经理	朱喜龙	中国石油辽河石化公司总经理	李京辉
中国石油山东销售公司党委书记	上官建新	中国石油西北销售公司总经理	李占宁
中国石油管道建设项目部总经理	吴宏	中国石油润滑油公司总经理	王凌
中国石化石油勘探开发研究院院长	金之钧	中国石油辽河油田公司曙光采油厂厂长	张波
中国石油勘探开发研究院副院长、廊坊分院院长	刘玉章	陕西延长石油集团研究院院长	高瑞民
中国石化石家庄炼化分公司副总经理	刘晓欣	中国石油新疆销售公司副总经理	朱圣珍
中国石油内蒙古销售公司总经理	刘合合	中国石油江苏销售公司总经理	王力军

理事

中国石化集团青岛石油化工有限公司总经理	王英彬	三峡燃气集团董事长	谭传荣
陕西裕郎科技投资有限公司董事长	魏建辉	北京仁创日升石油开采技术有限公司	任龙强
大连百奥泰科技有限公司董事长	梅晓丹	北京安泰恒业科技有限公司董事长	陈剑峰

高级顾问

中国石油天然气股份有限公司监事会办公室原主任 王一端

秘书长

中国石油学会石油知识杂志社社长 齐树斌

中国石油长城钻探员工摄影比赛获奖作品选登



井场诗画
(艺术类一等奖)
崔宏



荷风塔韵
(艺术类三等奖)
王延华



展望
(三等奖)
韩维东



中緬油氣管道瀾滄江跨越 王保群