

第14届中美油气工业论坛

中国石油致密油勘探开发和实践



中国石油勘探开发研究院

2014年9月

► 什么是致密油



致密油 (tight oil) 起源于20世纪40年代的AAPG杂志中，用于描述含油的致密砂岩与致密气“tight gas”几乎同时出现，作为一个专门术语，代表一种非常规油气资源。

关于致密油的定义，目前还没有一个统一的标准，在中国，致密油是指夹在或紧邻优质生油层系的致密碎屑岩或碳酸盐岩储层中，未经过大规模长距离运移而形成的石油聚集，一般无自然产能，需通过大规模压裂才能形成工业产能。致密层的物性界限确定为地面空气渗透率小于1mD、地下覆压渗透率小于0.1mD左右。（据贾承造、邹才能、杜金虎等）



目 录

- ④ 中国石油致密油发展现状
- ④ 致密油勘探与开发关键配套技术
- ④ 初步结论与认识

中国致密油发展现状



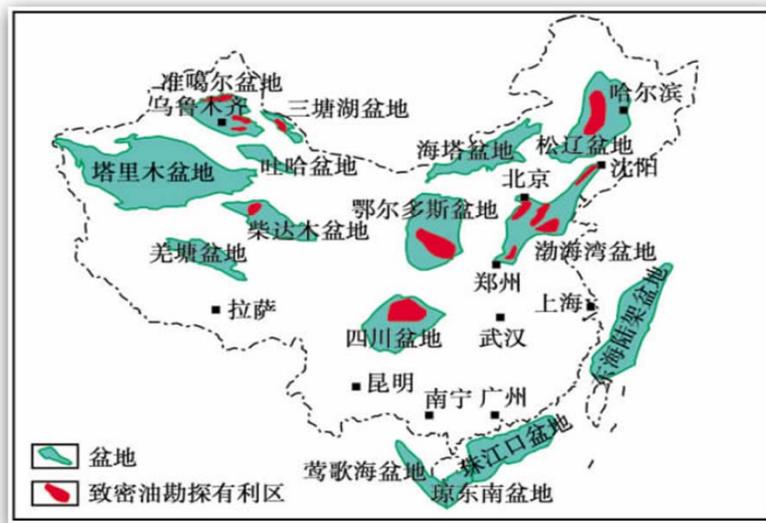
中国致密油勘探开发起步相对较晚，但初步的勘探实践与研究证明：中国致密油具有良好的资源前景。近3年的稳步推进，初步形成了中国陆相致密油成藏理论认识，创新完善了4项配套关键技术，在鄂尔多斯、准噶尔和松辽等盆地发现了一批有利远景区，致密油勘探开发取得了重要进展。

■ 落实了3个10亿吨级油区

- 鄂尔多斯长7
- 吉木萨尔凹陷
- 松辽盆地扶余油层

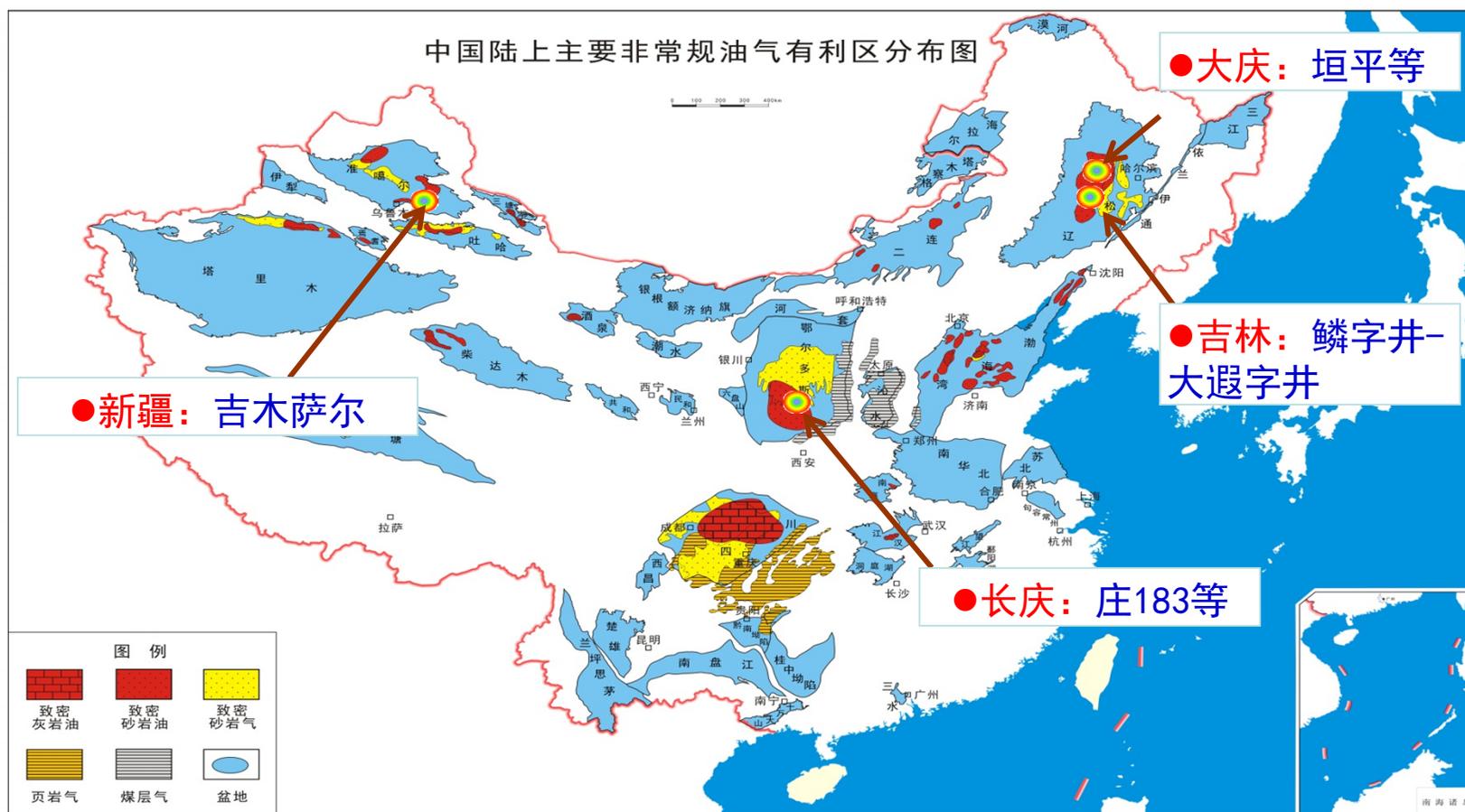
■ 展现了6个亿吨级潜力区

- 柴达木盆地扎哈泉
- 三塘湖条湖组
- 冀中坳陷泥灰岩-砾岩



中国主要致密油盆地分布图

中国石油致密油发展现状



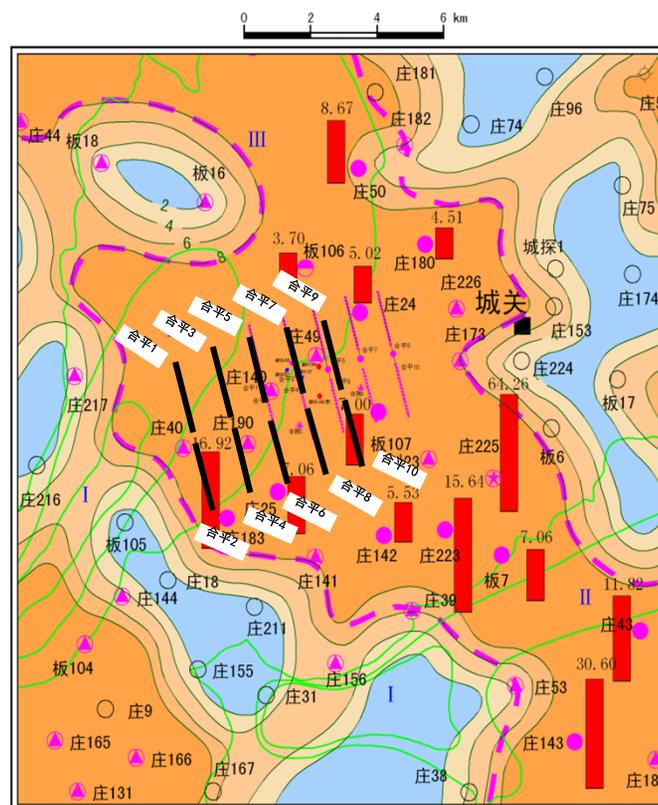
■ 目前已开辟8个致密油开发试验区，开发试验区建产100万吨以上

中国致密油发展现状



以鄂尔多斯庄183致密油为例，水平井扩大试验取得重要进展

- 截至2014年5月，已经完钻水平井10口，监测井2口
- 水平段长度：1500米
- 水平井平均油层钻遇率：91.4%
- 完试井：6口（合平1.2.3等）
- 平均试油产量：117.75方/天
- 最高试油产量：125.40方/天



庄183水平井试验区延长组长71勘探成果图



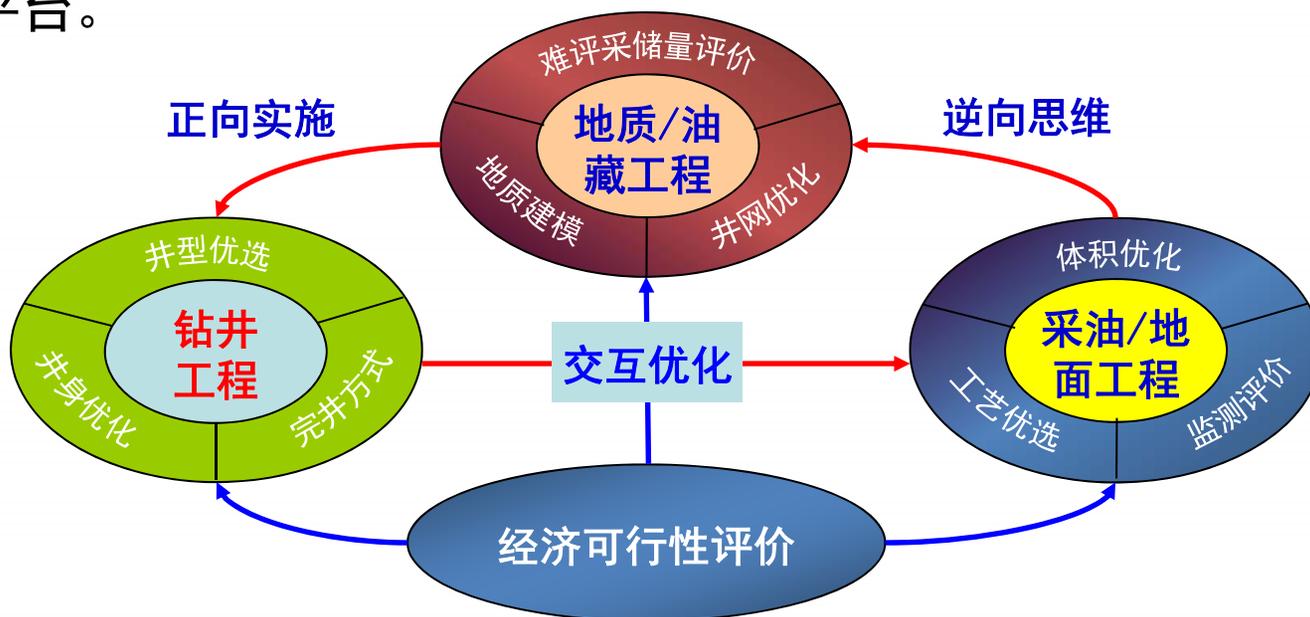
目 录

- ④ 中国石油致密油发展现状
- ④ 致密油勘探与开发关键配套技术
- ④ 初步结论与认识



1. 建立了致密油勘探、开发与工程技术一体化结合的工作流程

- 转变传统观念，勘探向后延伸，开发提前介入，践行“一体化”理念，遵循“逆向思维、正向实施”原则，建立一个满足工程技术需求交互式信息共享并能根据工程实施后评价反演修正地质模型的数据平台。

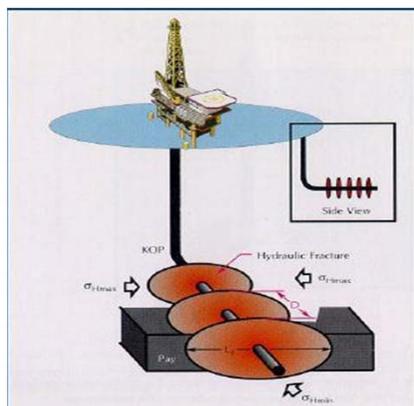


致密油勘探开发工程一体化战略

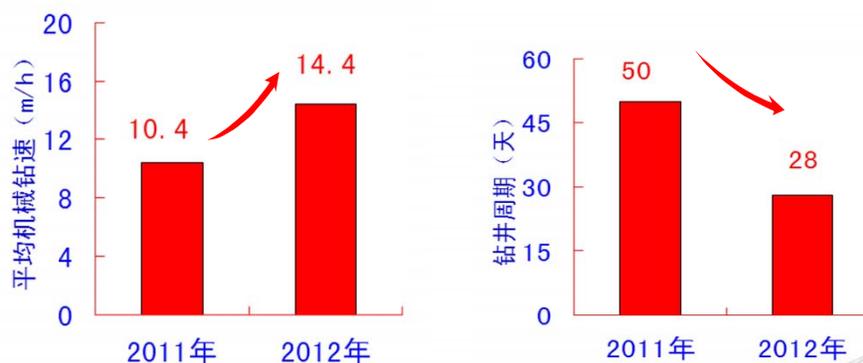


2. 进行井身结构、钻井轨迹、水平井长度优化，缩短钻井周期，提高井筒质量

- 强化钻头选型、油基钻井液、优化钻井为主的优快钻井技术，钻井周期从45天缩短到25天
- 规模应用旋转导向钻井、随钻测量为主的轨迹控制技术
- 水平段由800m增加到1500m，优化水平段长度和钻完井方式



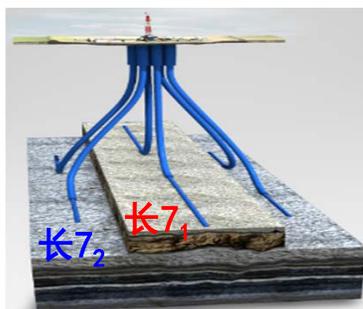
长庆油田水平井钻井提速年度对比





3. 采用平台式“工厂化”作业模式，大幅度降低开发成本

- 创新开发模式，整体降低开发成本：通过平台式“工厂化”作业模式、简化地面建设、改进管理等多个环节降低开发成本，实现规模开发
 - 三维钻井技术：丛式布井
 - 水源综合利用：产出的水90%重复利用，设备共用
 - 减少地面占用面积：1个平台6口水平井，相当于24口直井井场
 - 降低成本：单井成本降低63万美元



大井丛布井



批钻表层



高效压裂工艺



集中供水

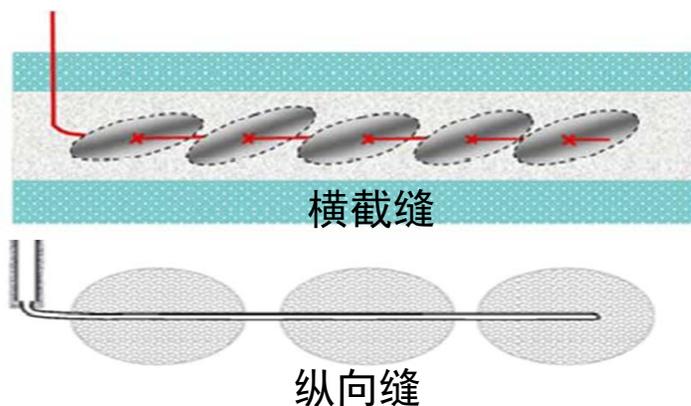


流水线作业

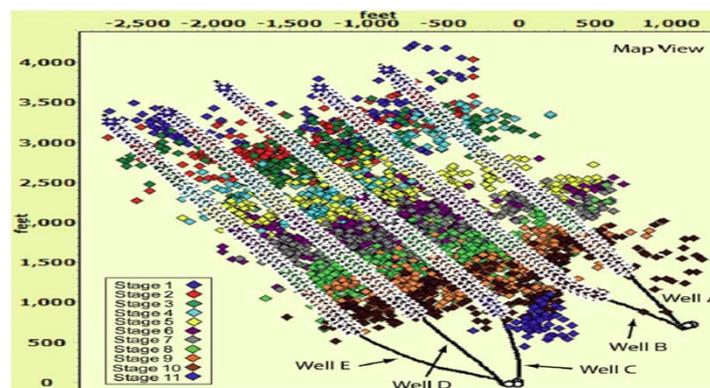


4. 采用水平井体积压裂技术，确保了大幅度提高单井产量的目的

- “十一五”以来，中国石油公司在水平井分段压裂领域的技术攻关大幅度提高了单井产量，解决了低渗、特低渗储层规模动用问题
- “十二五”以来的持续攻关奠定了体积改造的技术基础，为提高改造程度、有效动用致密油储层提供了关键技术手段



细分段开发、提高动用程度，
动用下限降至0.3mD



2011年体积压裂
提高改造体积，启动非常规资源开发



(1) 研制出适于致密油压裂的滑溜水压裂液体系

- 研发的EM滑溜水压裂液体系摩阻低、伤害小、易回收再利用，目前已累计应用1000余段次，用量近50万方。成本可以降低一半以上。

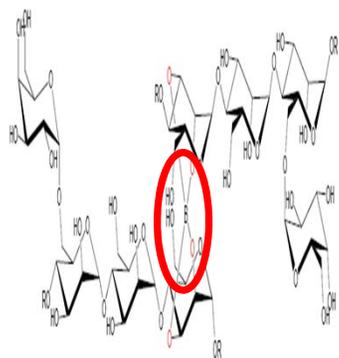
中石油滑溜水压裂液体系与其它体系指标对比表

项目	国内以往滑溜水	研发的滑溜水体系
岩心伤害率	37.52%	15%
减阻性能	38%	62%
返排能力	0.62mN/m	0.42mN/m
综合成本	480元/方	210元/方

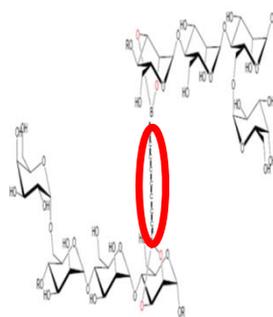
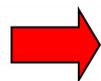


(2) 成功研制超低浓度压裂液体系，实现低成本改造

- 研制了FAL-120新型交联剂，使0.15%羟丙基瓜尔胶（HPG）交联，
- 突破 0.18%的技术下限
- 在这种技术指导下，在长庆、大庆等油田得到全面推广应用，推广应
- 用近10000井次，节约压裂费用¥6亿元。



常规体系交联剂



交联下限由0.15%降至0.1%



弱交联冻胶





(3) 开展新型材料研发，建立支撑剂质量控制系统，提高材料质量

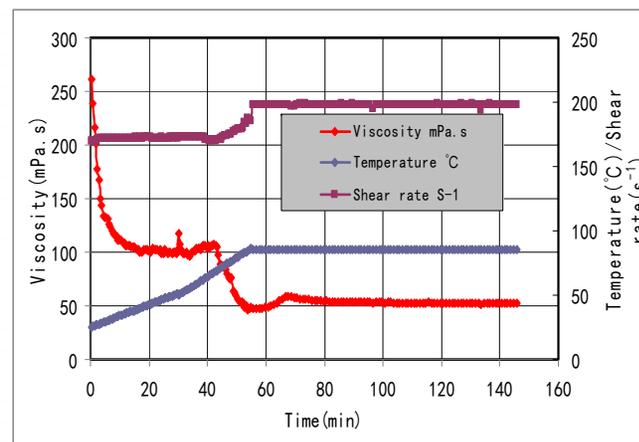
- 针对微米喉道、残渣伤害大的问题研发了新型纤维素压裂液体系
- 开展了可降解纤维暂堵转向材料的研制工作，为转向压裂提供支持
- 开展了中国支撑剂陶粒、石英砂等质量评估，实行支撑剂网络管理，产能约350万吨，确保了产品质量，满足了国内的需求



实验室破胶液



细长型纤维

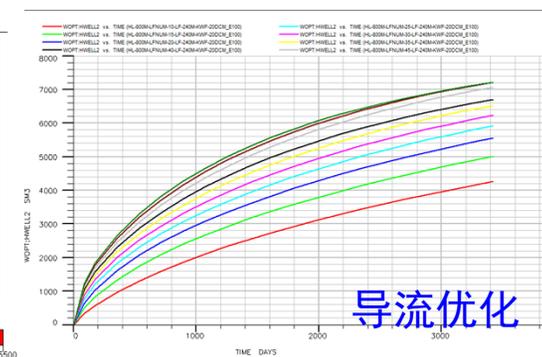
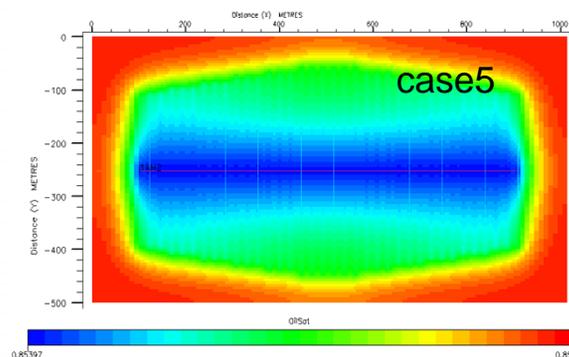
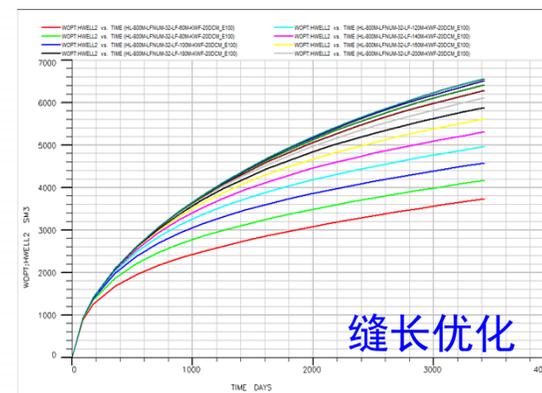
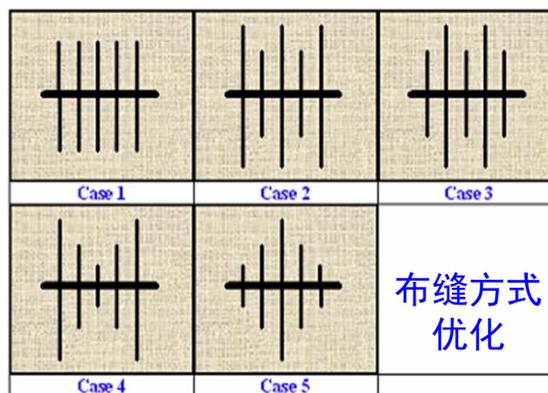


纤维携砂液的粘温曲线



(4) 初步建立致密油体积改造设计流程、设计方法，用于指导现场

- 开展了大尺度岩石的裂缝物模、裂缝数值模拟等工作，优化裂缝系统





(4) 初步建立致密油体积改造设计流程、设计方法，用于指导现场

- 以致密油气藏多层、多段改造为目标，发展了8套直井分层、水平井分段工艺技术及配套工具。2013年年水平井改造514口3871段，自主研发的井下工具占90%。

双封单卡分段压裂工具

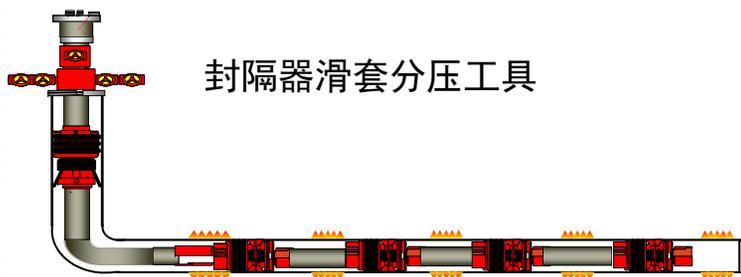


1. 安全接头 2. 扶正器 3. 水力锚 4. 压差式封隔器 5. 导压喷砂器 6. 扶正丝堵

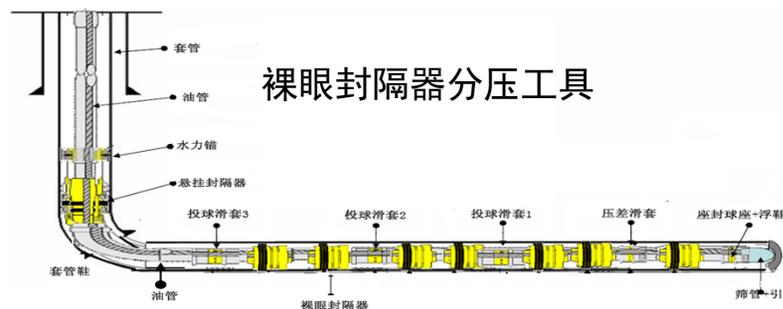
水力喷砂分段压裂工具



封隔器滑套分压工具



裸眼封隔器分压工具



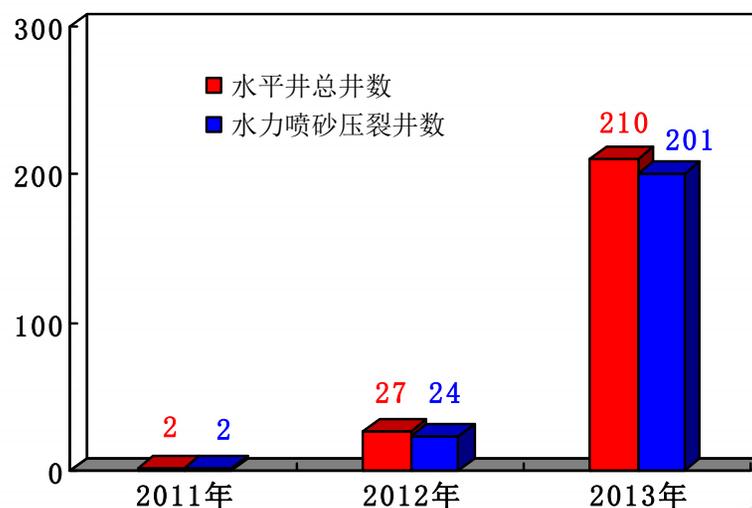
中国致密油勘探与开发关键技术



- 以水力喷射为例，目前在长庆实现规模应用，单井最高压裂24段，可通过拖动管柱实现无限级改造
 - 实现了一趟管柱压裂的目标，一趟管柱最高压裂12段
 - 目前已在致密油水平井累计应用227口井2200余段

水力喷砂单趟管柱作业能力对比

	常规压裂		体积压裂
施工排量：	6m ³ /min	↗	10m ³ /min
压裂段数：	1段2簇	↗	12段24簇
累计砂量：	120方	↗	800方
累计液量：	1200方	↗	6400方

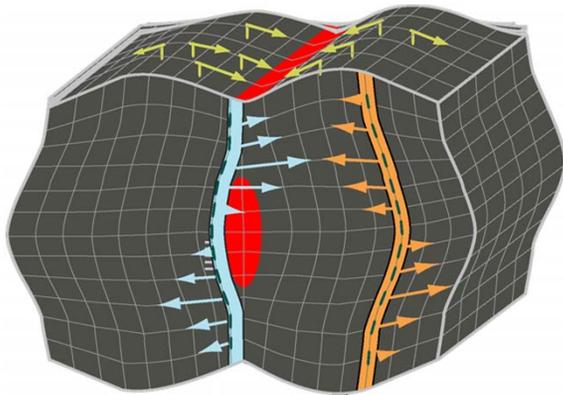


致密油水平井水力喷砂压裂工艺应用情况

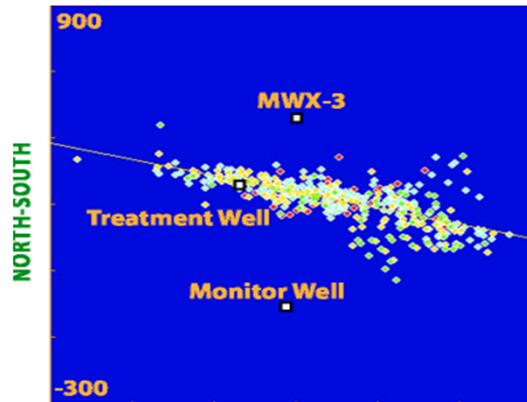


(5) 开展了测斜仪和微地震监测评估技术研究，深化了对裂缝的认识

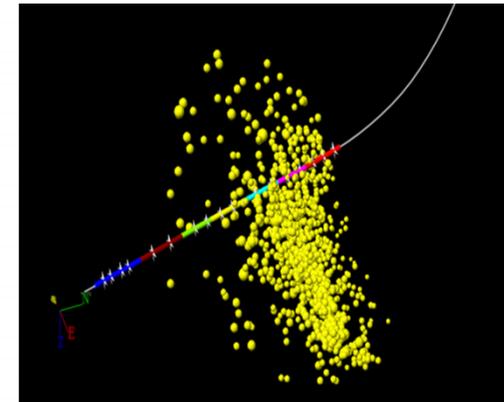
- 引进了先进的测斜仪和微地震监测设备，并完善了裂缝的解释方法，对裂缝特征及压后效果分析提供重要指导。
- 已应用了14个油气田，千余层段的微地震监测。



水力裂缝测斜仪



井下微地震



微地震事件定位



(6) 提高设备工作能力，有利保证了压裂改造的高效完成

截止2013年底，中石油共有压裂泵车492台，总功率91.07万水马力，国产泵车占总量的49.4%。具有2500型和3000型压裂泵车的生产能力。

■ 主体设备

- 压裂泵车
- 混砂车
- 仪表（指挥）车
- 管汇车

■ 配套设备

- 连续混配设备
- 连续输砂设备
- 连续油管车
- 液氮泵车

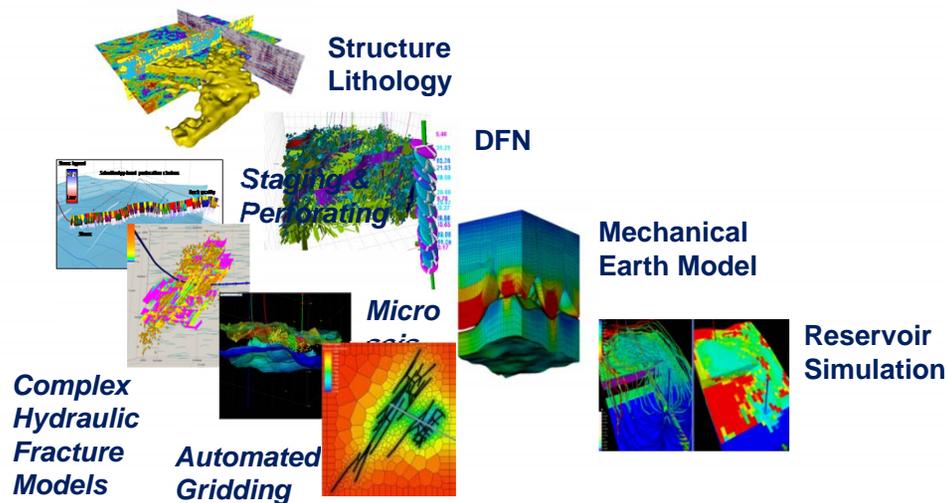


➤ 中国石油致密油勘探与开发关键技术



5. 加强与国际石油公司的合作与交流，借鉴国外成熟技术和经验，保障致密油的快速发展

- 与斯伦贝谢、等公司开展技术合作，召开多次研讨会，吸收和推广先进技术
- 与SHELL和HESS公司进行区块合作交流





目 录

- ④ 中国石油致密油发展现状
- ④ 致密油勘探与开发关键配套技术
- ④ 初步结论与认识

► 初步结论与认识



- 中国致密油具有良好的资源前景，经过近3年勘探开发实践，已初步形成了3个超亿吨级规模储量区、获得6项新发现和新苗头。
- 与北美海相致密油相比，中国陆相致密油由于自身的复杂性和特殊性，需因地制宜的探索适合中国致密油储层特点的地质评价与储层改造技术研究。

区块	巴肯油田	昌吉油田	鄂尔多斯长7	吐哈油田二叠系
沉积环境	海相沉积	陆相沉积	陆相沉积	陆相沉积
含油层	Bakken组	芦苇沟组	延长组	条湖组
深度 (m)	2591-3200	2300-4000	1000-2800	2000-3000
孔隙度 (%)	10-15	11	9.2	10.9-16.2
渗透率 (mD)	0.005-0.1	0.03-0.07	0.17-0.24	0.01-0.1
地层原油粘度 (mPa. s)	0.15-0.45	11.7-21.5	1.5	58-83

▶ 初步结论与认识



- 工程技术的进步，特别是水平井钻井和体积压裂技术的规模应用，大幅度降低了成本，提高了单井产量，是中国石油致密油勘探开发的重要手段之一
- 无论是北美的Bakken还是中国的鄂尔多斯等致密油油田，都存在产量递减快、稳产难度大的技术难题。需加强勘探与开发、地质与工程、科研与生产3个一体化的基础研究。同时开展致密油国际合作交流，提高致密油勘探与开发的技术水平。



谢谢!