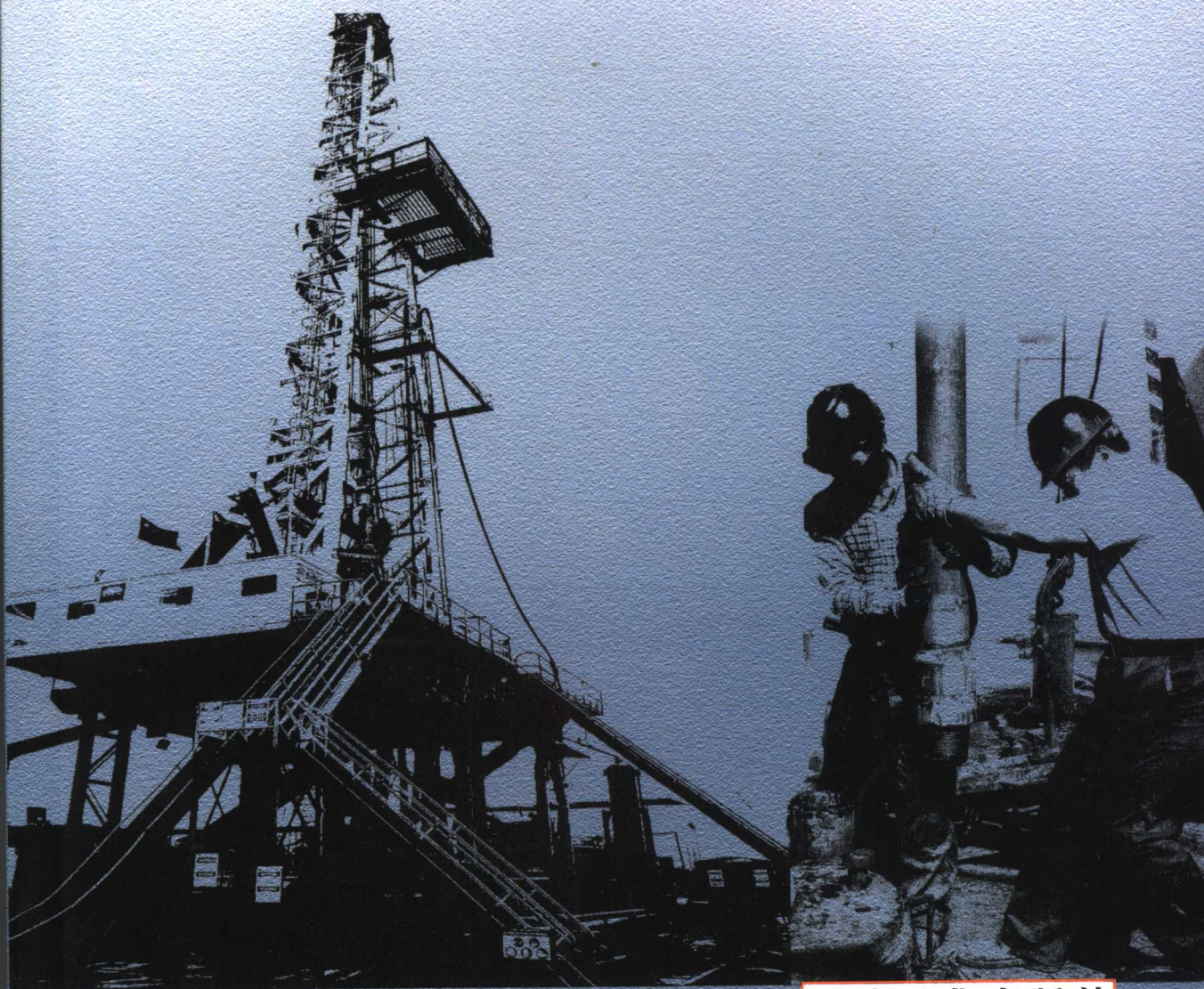


《第五届石油钻井院所长会议论文集》编委会 编



第五届石油钻井院所长会议 论文集



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

第五届石油钻井院所长会议 论文集

《第五届石油钻井院所长会议论文集》编委会 编

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

第五届石油钻井院所长会议论文集/《第五届石油钻井院所长会议论文集》编委会编. —北京: 石油工业出版社, 2006.4

ISBN 7-5021-5505-8

I. 第…

II. 第…

III. 油气钻井-学术会议-文集

IV. TE 2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 037271 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂

2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 36.25

字数: 928 千字

书号: ISBN 7-5021-5505-8 / TE·4204

定价: 128.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

《第五届石油钻井院所长会议论文集》

编 委 会

主 编：赵金洲

副主编：韩来聚 李作会 赵金海

成 员（按姓氏笔画排序）：

孙 宁 于文平 杨 龙 刘汝山 姜 伟 林 建

师 捷 周广陈 罗平亚 王敏生 孙 静 李作会

胡世杰 顾心悻 舒尚文 刘声蓉 徐鸣雨 赵金洲

赵金海 韩来聚 柳贡慧 陈艳霞

序 言

多年来，中石油、中石化、中海油三大集团公司以及石油高等院校钻井界的专家、学者始终保持着一个合作交流优良传统，每年一次的石油工程学会技术交流会为钻井工作者增进了解，交流、学习提供了便利的平台，吸引了越来越多的钻井界专家、学者的积极参与。大家都投入了足够的热情和精力，认真撰写论文，发表见解，阐明观点。

《第五届石油钻井院所长会议论文集》共收集论文 80 余篇，许多论文都从不同角度或侧面介绍和论述了石油钻井专业前沿技缩的发展和解决瓶颈难题的新方法，具有十分重要的学习和借鉴价值；反映了石油钻井及相关专业的技术成果，代表了当前石油钻井及相关专业的技术水平，对增进我国石油钻井技术的交流、推动石油钻井技术进步，有重要意义。但由于会议时间有限，不可能所有的论文都在大会上报告，将论文汇编成册，便于大家学习和交流。

本次汇总的论文的又一个共同的特点是，所研究的理论及技术都是与实际紧密结合的应用型技术，与钻井生产一线的实践息息相关，对解决钻井生产难题、促进钻井技术发展具有积极作用。有些论文不仅实用价值高，而且具有较高的理论水平，实属难能可贵。

当然，由于各油田所处地理位置不同，钻井的地层也各有差异，所以，论文中的例证也不可避免地有一些局限性，仅供大家参考。

衷心祝愿我们的钻井技术交流更加广泛，论文水平不断提高，进步越来越快。

中国石油学会石油工程学会钻井工作部主任 孙宁

2005 年 9 月

目 录

钻 井 工 艺

钻井新技术的应用及重大现场试验项目综述	孙 宁	(1)
胜利油田深井钻井技术	赵金洲 赵金海	(13)
旋转导向钻井技术现状及研究进展	韩来聚 刘新华	孙铭新 (23)
胜利油田地质导向钻井技术研究进展	赵金海 赵金洲 韩来聚 杨锦舟	闫振来 (29)
塔里木油田钻杆疲劳刺漏原因与深井钻柱设计	王新虎 杨 龙 周 杰	谢巨良 (40)
青西油田空气钻井井眼稳定问题的探讨	项德贵 葛云华 赖晓晴	孙梦慈 (46)
胜利油田钻井技术现状及发展方向		张桂林 (51)
克拉玛依油田八区调整井高效安全钻井技术	宋振清 张洪生	石晓兵 (61)
欠平衡水平井工艺开发裂缝性储层在塔河的应用	张运明 聂明虎 莫跃龙	徐国祥 (68)
大港油田鱼骨型分支水平井设计技术研究	徐学军 张 恒 岳发辉	于成水 (72)
套管钻井完钻后剩余强度和剩余寿命预测研究	宋生印 杨 龙 林 凯	(77)
调整井复杂地层压力预测新技术	肖国益 刘东峰 张 伟	张 茗 (86)
多分支井技术在辽河油田的应用	易发新 余 雷 喻 晨	吴兴国 (93)
大庆油田表层套管钻井实践与认识	刘玉民 金志富 张洪君	王洪亮 (101)
焉耆盆地山前推覆带钻井事故预防探讨	刘友义 何振奎 张桂强	况雨春 (105)
地层漏失压力识别与预测技术		王光磊 (111)
东营南坡盐膏层深井井身结构优化设计探讨	边培明 刘晓艳	唐志军 (116)
胜利油田钻井工程设计技术及应用	邵长明	周延军 (121)
大位移井减阻工具合理安放位置理论分析	郑传奎 高德利	覃成锦 (127)
疏松及破碎地层取心新技术		许俊良 (137)
胜利油田地质导向钻井工艺技术研究进展	闫振来 赵金海 刘 勇 黄根炉	王延江 (142)
滩海浅层大位移水平井钻井工艺技术		胡 文 (147)
全过程欠平衡钻井用井下套管阀的研究及室内实验	李宗清 宋林松	王岩鹏 (151)
煤层气井裸眼洞穴技术	王益山 周俊然 蒋海清	姜文祥 (156)
防斜快钻技术在川东北高陡构造钻井中的应用	张新旭	魏学成 (160)
胜利滩海油田表层井眼套管钻井技术研究与实践		牛洪波 (165)
气体钻井技术在七北 101 井的研究与应用	魏 武 许期聪 邓 虎	徐忠祥 (170)
TAML 六级多分支井系统的应用		陈燕霞 (176)
大庆油田充气欠平衡钻井研究与实践	赵德云 何 恕 陆凤德	肖志兴 (180)
水力脉冲钻井提高机械钻速机理探讨	王智锋 李作会	杨永印 (187)
水力喷射深穿透射孔技术研究及应用	李 勇 陈振杰	张继峰 (191)

松辽盆地北部深层天然气勘探钻井完井保护技术

.....	宋瑞宏	杨淑静	李欢欢	李增乐	(203)
套管钻井技术与试验	张嵇南	王 辉	王 力		(210)
地质导向钻井工艺研究综述	闫振来	赵金海	耿应春		(216)
丛式井优快钻井技术在金家油田开发中的应用	曹向峰	付守芹			(223)

装备工具与仪器

钻井中双级流量分配的理论研究	彭 烨	沈忠厚	侯庆勇	王福修	(228)
随钻扩眼工具及技术				马清明	(236)
新型气动钻杆卡瓦在钻井生产中的应用	储明来	丁建林	王忆川		(242)
基于随钻自然伽马、电阻率的地质导向系统及应用				杨锦舟	(245)
JC-30DB 型交流变频电机直驱单轴绞车设计	董怀荣	王 平	张慧峰	孙东昌	(251)
基于统计学习理论的钻具失效研究	毕雪亮	王长江	闫 铁		(259)
膨胀管定位多分支井技术	徐长安	陈 健	任荣权	张燕萍	(264)
剖析交流变频钻机的技术难点及其发展方向	李 军	张继伟	于继成	佟旭明	(270)
旋转 PDC 钻头流场数值模拟计算研究			黄红梅	翟应虎	(276)
简易套管钻井技术及专用配套工具研究	冯 来	王 辉	王 力		(282)
超高压 PDC 钻头超高压喷嘴布置探讨			徐依吉	冯云春	(287)
电子司钻的安全监控系统			林凡夫	王爱国	(293)
机械式无线随钻测斜技术研究及应用	蔡文军	韩来聚	王 平	祝远征	(298)

完井液与油气层保护

不渗透钻井液技术研究	于永新	樊松林	代礼杨	黄达全	(304)		
高钙盐钻井液体系在西部油田的研究与应用				张 辉	(310)		
混凝/微电解二元组合技术处理油气田钻井污水	何焕杰	詹适新	王永红	王爱华	(318)		
大庆深层裂缝性储气层钻井液损害评价及保护技术研究	宋广顺	潘永强	刘雪芹	杨 宇	(324)		
河坝 1 井钻井液技术	何兴华	顾发钊	许荣海	王宝田	(331)		
胜利油田无固相抗高温钻井液体系的研究与应用	李公让	武学芹	薛玉志	刘宝峰	李海斌	张敬辉	(338)
钻井液用纳米乳液 SLNR 的研究应用	郭保雨	王宝田	江智君	袁 丽		(344)	
新型钻井液在胜利油田的应用			薛玉志	唐代绪		(350)	
可循环泡沫钻井完井液的研究及应用				蔺志鹏		(357)	

固井与完井

纤维水泥抗压强度模型的建立	王瑞和	步玉环	穆海朋		(367)
调整并固井胶结质量评价装置的研制与应用	陈 刚	陈晓楼	高大勇		(372)
固定二界面封固系统研究		顾 军	高德利		(377)
DSJ 水溶性油井水泥降失水剂的研制与应用	肖海东	和传健	李世梅	徐 明	(382)

对提高易漏长封固段固井质量的认识	李天群 (388)
大港油田侧钻井固井增韧防漏水泥浆技术研究及应用	宫英杰 樊松林 赵俊峰 孙亚珍 (397)
提高多压力层系井固井质量的认识与实践	李天群 (401)
河南油田特浅稠油井完井技术	肖武锋 尚会昌 张君亚 吴义发 (412)
超高密度水泥浆固井技术	柳 健 许树谦 张艳红 苏洪生 王 云 (417)
实体膨胀管技术研究的新进展	何育荣 唐 明 (427)
鄂北气田近平衡压力固井技术研究与应用	魏周胜 周 兵 李 波 (434)
实体膨胀管技术新进展	陈燕霞 杨 利 (443)
胜利油田完井技术进展	何育荣 肖 珂 (448)

钻井信息

虚拟油层的三维模拟	崔 杰 赵金海 饶 蕾 (459)
钻井信息管理系统的开发与应用	李振选 易靖宇 谢 军 田茂法 王洪焱 刘 于 (464)
胜利油田数字化钻井技术进展	孙正义 黎若鹏 杨传书 (469)
无线随钻测井仪地面数据实时处理及远程传输系统的设计	李洪强 丁景丽 杨锦舟 (475)
三维可视化技术进展	崔 杰 黎若鹏 饶 蕾 杨传书 (480)

管理与发展

微小井眼连续油管钻井技术及其前景展望	李根生 沈忠厚 苏新亮 (487)
实施 HSE 管理优化提升石油钻井安全管理水平	胡隆起 刘德杰 张万剑 (494)
钻井监理制的建立、实施与发展	王彦辉 卢新兵 肖德成 李新平 (497)
浅谈石油石化行业的 HSE 管理	田利英 (501)

现场与经验

径向井技术在 W5 井的应用	马开良 张宗林 丰全会 杨永印 (505)
准噶尔盆地石南油田钻井应用技术	张茂林 张长安 徐先国 (510)
大港油田开窗侧钻设计技术	张 恒 王育新 常 青 曲庆利 (517)
深层超稠油热采水平井实钻复杂问题分析与对策	杜 锋 (521)
扶余油田浅层水平井钻井研究与实践	董国昌 何 军 张嵇南 李小兵 (526)
中原油田套管开窗侧钻水平井技术	吴华强 (533)
水平井安全钻井技术在辽河油田冷 41 超稠油区块的应用	张 微 乔忠明 李松滨 余钦飞 (537)
哈萨克斯坦浅层稠油侧钻短半径水平井钻井完井技术	王 新 陈若铭 (542)
直井钻机钻浅层稠油水平井钻井完井技术	王 新 宋朝晖 林 晶 (549)
垦 628 井随钻扩眼试验	王智锋 (559)
孤平 1 井超千米水平段钻井技术和钻井液施工	姚良秀 付守芹 (563)

钻井工艺

钻井新技术的应用及重大现场试验项目综述

孙宁

中国石油学会石油工程学会钻井工作部主任

1 钻井新技术的应用

钻井占勘探开发投资的60%以上,钻井水平的高低对于油气田开发效益具有十分重大的影响。回顾勘探开发的发展历史,其中钻井技术的进步、先进适用技术的推广应用发挥了重要作用,喷射钻井、定向井、丛式井等一系列配套技术的应用,提高了钻井速度,改变了开发方式,极大地促进了勘探开发效益的提高。近年来,水平井钻井、欠平衡钻井、侧钻井等成熟技术得到了规模性应用,垂直钻井、气体钻井、套管钻井、分支井钻井等新技术试验和攻关也见到了很好的效果,推进了中石油钻井技术的进步。

近年来,中石油针对重大工程的技术瓶颈,加大了对关键技术自主创新的支持力度;同时开展了重大现场试验并加强了钻井基础研究工作以及钻井新技术的应用,钻井技术在很多方面都取得了长足进步。水平井、欠平衡钻井得到了进一步推广应用;开展了气体钻井、套管钻井、分支井钻井、波纹管堵漏、垂直钻井等新技术的尝试和应用,完成了一批高难度的复杂深井钻探,钻井技术的进步在提高中石油勘探开发整体效益上发挥了重要作用。

1.1 水平井技术的应用

水平井技术得到了规模化应用,在中石油13个油田均已得到了推广应用。2000~2004年共完成水平井339口(见图1)。仅2004年中石油就完成水平井168口,取得了历史性的突破。其中塔里木、辽河、冀东油田在水平井应用上更是取得了长足进步,见到了规模效益。

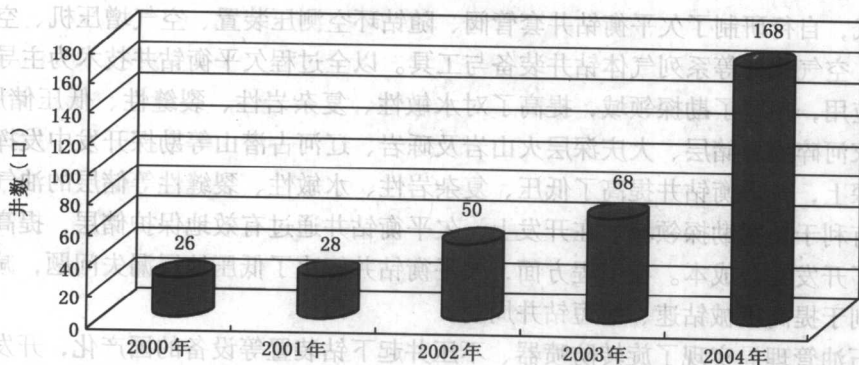


图1 中石油2000~2004年水平井完成情况

水平井技术推广应用的突出特点是加强了油藏精细描述,应用了随钻地质评价技术及地质导向等新技术,提高了对油藏地质不确定性的认识。通过随钻测量方位电阻率、方位伽马、方位密度以及方位、井斜,准确判断钻头位置,并根据地质条件变化及时对井眼轨迹进行调整,使水平井段始终沿着油层最佳位置钻进,大大提高了水平井的油层钻遇率,保障了水平井的地质效果,水平井产量均达到直井产量的3倍以上。同时随着水平井的规模化应用,钻井成本也显著降低。塔里木油田自塔中4油田采用水平井开发以来,截止到2004年底共完成各类水平井177口,占油田总井数的25%,而水平井产量已经占油田总产量的49%,水平井平均产量是直井的3~4倍。

冀东油田是近两年中石油的主要上产油田,为提高单井产量、降低地面投资,针对地面、地下条件,冀东油田提出了“稀井高产”的开发目标,进一步加强了水平井的应用(见图2)。通过应用LWD导向技术,水平井段油层钻遇率达到了98.3%,水平井产量是邻近定向井的2~5倍。截止到2004年底,合计投产水平井63口,利用水平井已累计建成 30×10^4 t以上产能,日产油量1130t,占全油田产量的1/3,而水平井数只占投产井数的1/8,通过水平井的应用,还有效控制了底水锥进。

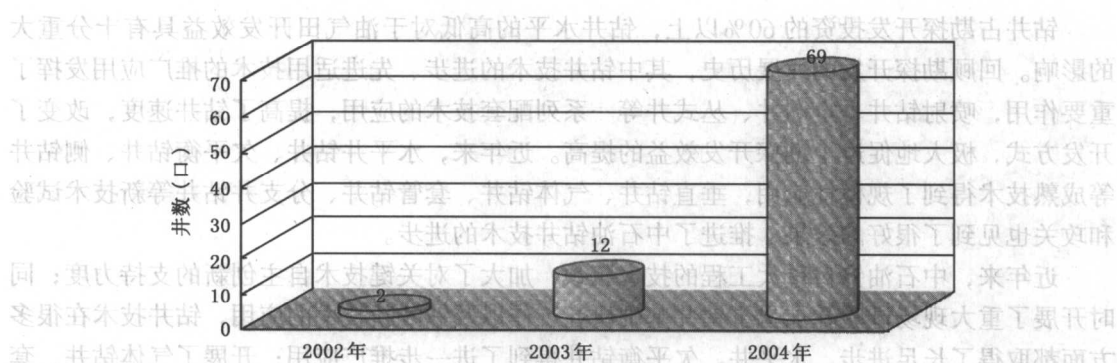


图2 冀东油田近年来水平井应用情况

1.2 欠平衡钻井技术的应用

欠平衡钻井技术的应用有效地保护了储层,提高了勘探开发的效果。为此我们把此项技术列为集团公司“十五”期间的重点技术开发项目。自攻关以来中石油累计实施欠平衡钻井137口(图3),使得欠平衡钻井技术得到了进一步完善和提高,攻关期间开展了天然气、柴油机尾气、微泡沫作为循环介质的欠平衡钻井技术的研究与现场试验,发展完善了欠平衡钻井完井方式,自行研制了欠平衡钻井套管阀、随钻环空测压装置、空气增压机、空气锤、旋转防喷器、空气螺杆等系列气体钻井装备与工具。以全过程欠平衡钻井技术为主导的井筒技术的配套应用,拓宽了勘探领域,提高了对水敏性、复杂岩性、裂缝性、低压储层的认识,在四川须家河碎屑岩储层、大庆深层火山岩及砾岩、辽河古潜山等勘探开发中发挥了重要作用。在勘探上,欠平衡钻井提高了低压、复杂岩性、水敏性、裂缝性等储层的油气发现和保护水平,有利于拓宽勘探领域。在开发上,欠平衡钻井通过有效地保护储层,提高了单井产量,降低了开发综合成本。在工程方面,欠平衡钻井解决了低压地层漏失问题,减少了压差卡钻,有利于提高机械钻速、缩短钻井周期。

四川石油管理局实现了旋转防喷器、不压井起下钻装置等设备的国产化,开发了高压测井井口、欠平衡取心筒等,2002年首先在邛西3井成功实施欠平衡钻井、欠平衡取心、不

表 1 Power V 垂直钻井系统 2002 年以来应用情况

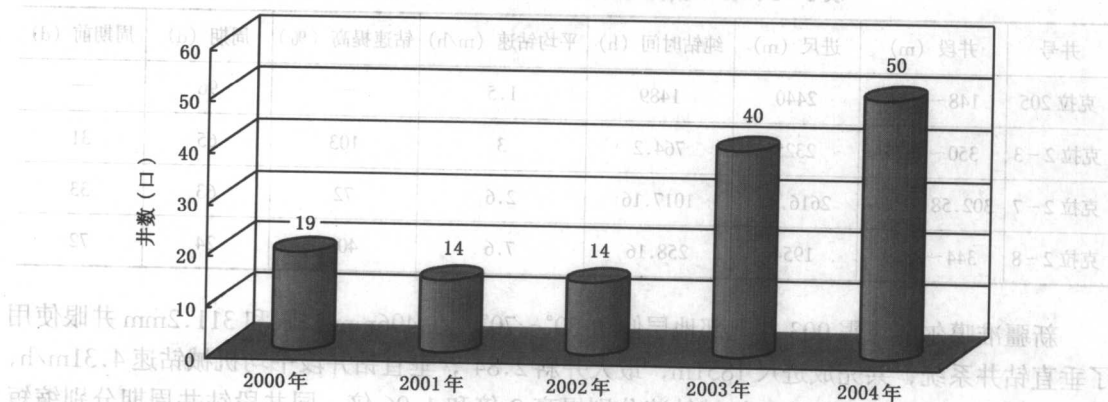


图 3 近年来中石油欠平衡钻井应用情况

压井起下钻、不压井测井、不压井下油管作业，实现了全过程的欠平衡钻井，取得了邛西构造须家河碎屑岩储层勘探的重大发现，拓展了勘探领域，并通过不断地应用、完善，形成了配套的全过程欠平衡钻井完井技术，技术的不断完善又进一步推进了欠平衡钻井的规模化应用。

1.3 垂直钻井技术的应用

垂直钻井技术在山前高陡构造防斜打快上应用效果显著。针对塔里木山前、新疆霍尔果斯等突出的山前高陡构造防斜打快问题，传统的钟摆钻具组合是在牺牲钻速的基础上实现防斜的，影响了钻井速度的提高。2004 年引进斯伦贝谢公司 Power V 垂直钻井系统（图 4），在塔里木克拉 2 地区、新疆霍 003 井等井的应用，有效地防止了井斜，提高了钻速，降低了周期，提高了井眼质量，展示了垂直钻井技术在解决高陡构造防斜打快问题上的广泛适用性。



图 4 Power V 结构图

近年来，塔里木油田在山前构造已钻井 62 口，上部（3500m 以上）大井眼高陡构造地层平均机械钻速只有 2.27m/h，平均周期 100 余天，是制约勘探进程的第一大技术难题。克拉 2 地区高陡地层约 3500m，地层倾角一般在 $15^{\circ} \sim 80^{\circ}$ ，防斜与打快矛盾突出。通过引进 Power V 垂直钻井系统，取得了明显的效果（见表 1），其中克拉 2-8 井采用 Power V 共完成进尺 1985m，最大井斜只有 2.5° ，平均机械钻速达 7.6m/h。与克拉 205 井相比，机械钻速提高 405%，钻井周期提前了 72d。

表 1 Power V 钻井与邻井克拉 205 井钻井效果对比表

井号	井段 (m)	进尺 (m)	纯钻时间 (h)	平均钻速 (m/h)	钻速提高 (%)	周期 (d)	周期前 (d)
克拉 205	148~2596	2440	1489	1.5	—	96	—
克拉 2-3	350~2675	2325	764.2	3	103	65	31
克拉 2-7	302.58~2919	2616.42	1017.16	2.6	72	63	33
克拉 2-8	344~2329	1954	258.16	7.6	405	24	72

新疆准噶尔南缘霍 003 井上部地层倾角 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，在 406mm 井眼和 311.2mm 井眼使用了垂直钻井系统，共完成进尺 1851m，最大井斜 2.84° ，垂直钻井段平均机械钻速 4.31m/h，与霍 001 井、霍 002 井相比，机械钻速分别提高 2 倍和 1.96 倍，同井段钻井周期分别缩短 33d 和 36d。

1.4 气体钻井技术试验

针对复杂地层、漏失性地层防漏和研磨性地层的提速，开展了气体钻井试验。

正坝 1 井是西南油气田一口预探井，设计井深 2400m。该井钻至井深 30m 发生井漏，多次发生阻卡，共堵漏 6 次。其中水泥堵漏 5 次，耗用水泥 75t，漏失钻井液 591m^3 、清水 2000m^3 以上，堵漏共耗时 28d。后采用空气钻井成功地钻穿了恶性漏失井段，进尺 379.54m，纯钻时间 24.33h，平均机械钻速 15.68m/h，至井深 518m 成功固井。该井为川渝地区解决漏失层钻进等复杂工程问题探索了一条有益的途径（见表 2）。

表 2 四川油田应用空气钻井解决漏失层钻进问题情况一览表

井号	施工日期	井眼尺寸 (mm)	井段 (m)	空气排量 (m^3/min)	机械钻速 (m/h)	相同构造、井段钻速 (m/h)	与钻井液钻井相比钻速提高倍数
正坝 1	2003.1	311.2	138.46~518	110~150	15.9	2.27	7
核桃 1	2003.4	444.5	18.25~76.80	85	2.4	1.13	2.12
矿 2	2003.5	311.2	1535.27~1901	90	3.21	1.76	1.82
大天 9	2003.6	311.2	29.88~331.23	86	6.14	1.96	3.48

为解决玉门油田窟窿山构造上部逆掩推覆体地层和下部泥云岩地层钻速慢、钻井周期长等问题，先后在玉门的隆 9 井、隆 15 井、青 2-33 井、青 2-17 井、隆 14 井等 5 口井开展了空气钻井提速试验，取得了积极的效果。玉门隆 9 井逆掩推覆体地层倾角 $40^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，该井历经 298d 钻进 2970m，平均机械钻速 0.65m/h。试验井段 2970~3307.5m，气体钻井段平均机械钻速 2.61m/h，是上部志留系地层常规钻井液钻井平均机械钻速 0.54m/h 的 4.8 倍（见图 5），为研磨性地层提高机械钻速进行了积极的探索。

2004 年采用空气钻井技术和装备，在玉门隆 14 井进行了空气钻井实验，取得了初步的效果，空气钻井段平均机械钻速提高了 5 倍以上。

长庆油田针对苏里格气田的开发问题，开展了小井眼气体钻井试验，气体钻井段平均机械钻速是常规钻井液钻井的 3 倍左右（见表 3），探索了低渗低丰度油气田低成本钻井技术。

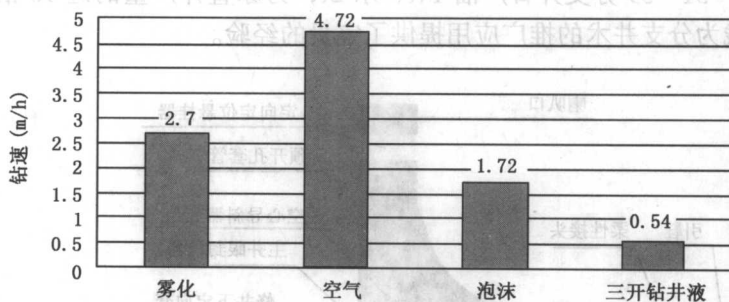


图 5 玉门隆 9 井空气钻井钻速提高对比图

表 3 长庆油田气体钻井效果一览表

井号	井深	气体类别	进尺 (m)	机械钻速 (m/h)	与钻井液钻井相比 速度提高倍数
苏 39-14-1	3460	天然气	783	20.87	2~3
苏 39-14-4	3472	天然气	1091	11.64	3~4
苏 33-8	3460	空气	731	8.59	2.3~2.9
苏 38-19	3411	空气	1126	9.67	2.5~3.3

1.5 套管钻井技术的应用

套管钻井技术应用取得了显著效果。2003 年, 大港滩海赵东合作项目部在一个平台上连续 22 口井采用威德福公司套管钻井技术进行表层钻进 (深度 300m 左右), 开钻到固井完成时间最短达到 8h 左右, 有效缩短了钻井周期, 节省了钻井船占用; 同时还避免了因地层松软垮塌正常下套管时找不到井底的问题。大港油田、冀东油田引进威德福公司套管钻井技术在庄海 5 井、庄海 8 井、老堡 1 等井应用也有效地缩短了钻井船占用时间。

吉林油田应用勘探开发研究院自主研发了的套管钻井技术, 包括套管驱动头、超短圆螺纹对顶承扭接箍、专用承扭保护器、钻头连接器、抗粘扣型螺纹密封胶等 5 项专利技术, 先后成功地完成了套 B+3-4 井、扶北 2-3 井和扶北 2-1 井等井的作业, 见到了明显效果, 其中扶北 2-3 井建井周期与常规井对比缩短了 26h。该技术规模应用以后钻井成本有望降低 10% 以上。

1.6 分支井技术试验

分支井技术现场试验效果显著。多分支井技术是继定向井、侧钻井、水平井技术之后发展起来的在一个井眼里钻出若干个支井的钻井新技术, 由于进一步提高了油藏暴露面积, 有利于提高单井产量, 降低吨油成本。勘探开发研究院和辽河油田工程院均开展了多分支井技术的研究工作, 近几年先后在辽河、冀东、大港、中海油完成了 8 口多分支井, 其中 5 口达到了国际四级水平。

位于辽河油田沈阳采油厂静 17 块, 设计井身结构见图 6。该井是在原静 17-31-59CP 井进行侧钻的二分支水平井, 开发目的层为沙三、四段, 油层埋深 2100~2230m, 储层物性较差, 属中孔—低渗、中孔—特低渗储层。第一分支水平段长 201.9m, 油层穿遇率达 100%, 采用 $\phi 125\text{mm}$ 金属纤维筛管悬挂完井; 第二分支水平段长 212.3m, 油层穿遇率达 80%, 裸眼完成 (设计采用 $\phi 102\text{mm}$ 激光割缝筛管悬挂完井, 由于定位问题最终裸眼完

成)。目前静 17-31-59 分支井日产油 14t、水 2t，为原直井产量的近 10 倍。静 17-31-59 分支井的实践为分支井术的推广应用提供了宝贵的经验。

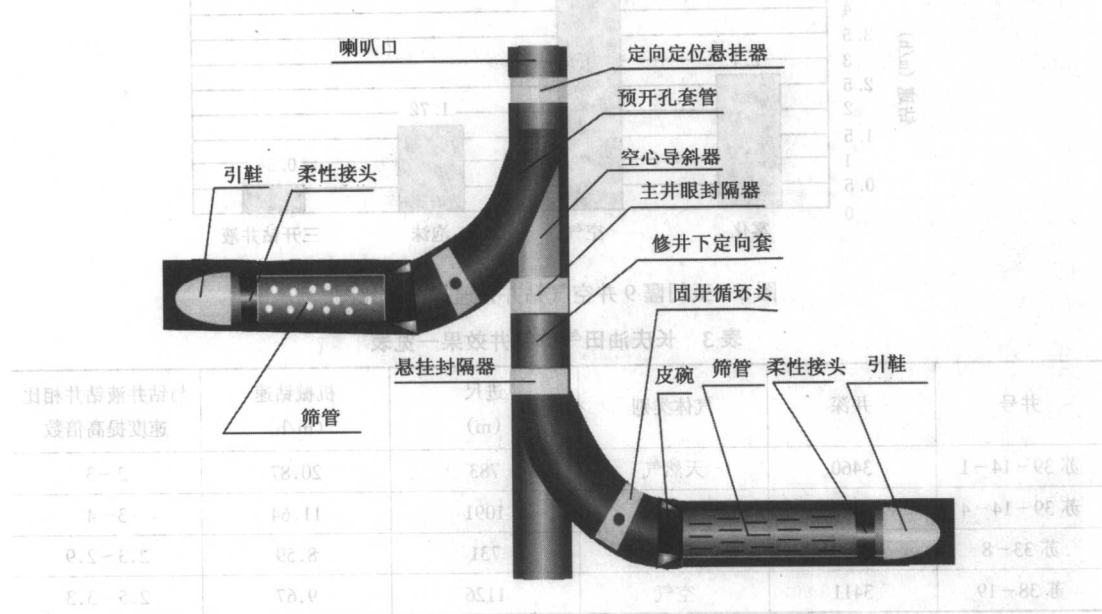


图 6 辽河静 31-59 双分支水平井完井管柱示意图

锦 612-12-新 22 分支井，目的层位为大凌河油层 II 油组，第一分支为老井眼，完钻井深 1432m（老井产量 6t/d）；第二分支为侧钻分支水平井眼，从井深 1123.82m 侧钻至井深 1544m，井斜 90.5°，水平段长 140m，采用割缝筛管上固下挂方式完井。该井完井油管下到窗口位置实现合采，目前用 7mm 油嘴测试产量为 30~40t/d，是邻近直井产量的 5~6 倍。

2004 年冀东油田完成的高 29-支平 1 为两分支水平井试验，初产达到了 120t/d。大港油田完成的一口三分支水平井，目前日产油 24t，是邻近直井产量的 4 倍。

2 重大现场试验项目

中石油重大现场试验项目是近年来的一项重大科技攻关举措（见图 7），其目的是通过现场试验，重点解决制约中石油油气主业发展的重大工程技术难点和生产瓶颈，配合中石油重点技术工程项目进行最新成果的配套集成和推广应用。2005 年共安排钻井重大现场试验项目 7 项。

根据中石油总部的统一部署，2005 年现场试验项目全部采取招投标方式择优选择项目承担单位。目前，所有招投标项目均已完成项目合同签订，并先后顺利进入项目实施阶段。在川渝和吐哈地区，现场试验突破思想禁锢，大胆采用革命性措施，自主研发相关的装备工具，利用欠平衡及气体钻井技术，在川渝油气田磨溪、七里北、九龙山三个地区以及吐哈油田红塔区块分别提高钻速 5 倍（磨溪）、13 倍（七里北）、15 倍（九龙山，见图 8）和 8 倍（吐哈），并在吐哈油田低产区块喜获 50m³ 高产油流及 8×10⁴m³ 天然气（邻井日产天然气仅 (2~3)×10⁴m³）。在七北 101 井成功进行了国产空气锤试验，连续进尺 1381m，平均机械钻速 16.95m/h。该井气体钻井总进尺 2709m（国内最长），所进行的氮气钻井是国内首次采用氮气钻进，总进尺 835m，仅用一只国产牙轮钻头就钻穿须家河组地层 353m，同比机械

钻速提高 13 倍以上,节省钻头 10 只左右。在磨溪、七里北、九龙山三个地区提速现场试验中,磨溪地区钻速提高 13 倍以上,节省钻头 10 只左右。在七里北地区,钻速提高 13 倍以上,节省钻头 10 只左右。在九龙山地区,钻速提高 13 倍以上,节省钻头 10 只左右。

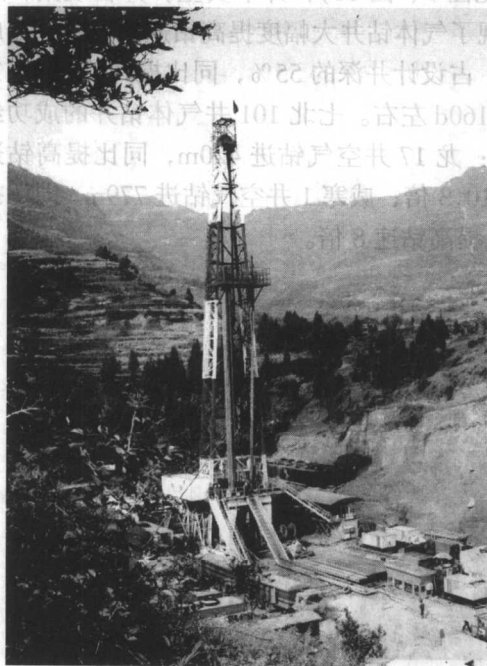


图 7 现场试验项目是近年来的一项重大科技攻关举措



图 8 龙 17 井气体钻井现场试验

川渝地区的气体钻井试验不但一举扭转了该地区钻速长期徘徊在 2m/h 左右的被动局面(2004 年四川石油管理局平均钻速 2.3m/h),而且形成一套适合该地区不同地层、不同情况下的雾化、泡沫、充气、空气、氮气、天然气等不同介质的气体钻井配套技术,成功地解决了钻遇地层出水、浅层天然气、漏失、垮塌、井斜等技术难题,受到集团公司领导的高度评价,称之为“磨溪速度”、“七里北奇迹”。

由于气体钻井技术在发现和保护储层、提高单井产量、提高钻速、稳定井壁、防止复杂情况、降低成本、防斜打快、保护环境等方面的显著效应,四川局和吐哈油田又分别在近期部署了 20 余口气体钻井井位,以期获得更大效益和突破。

2.1 四川钻井提速现场试验

根据中石油统一部署,科技发展部在 2005 年年初组织四川石油管理局和西南油气分公司进行川渝地区磨溪、七里北、九龙山三个地区提速现场试验。

2.1.1 磨溪钻井提速现场试验

由于广泛采用欠平衡技术并加长了低固相、无固相钻井液的应用井段以及动力钻具加 PDC 钻头的广泛应用,使钻井速度得到了明显的提高,钻速由 2.06m/h 提高到 5.33m/h ,同比增长 2.59 倍。钻井周期由原来的 170d 降低到 53d。形成了“一靠管理、二靠科技、三靠安全、四靠团结”的“磨溪经验”和“磨溪速度”。

2.1.2 七里北 101 井气体钻井现场试验

四川须家河以上砂泥岩地层厚度达 4000m 以上,岩石可钻性极差。如七里北 1 井在井深 2800~4290m 井段,平均机械钻速仅为 0.83m/h 。十几年来,几经努力,该地区钻速仍

长期徘徊在 2m/h 左右。针对这一瓶颈，项目组在七北 101 井三个不同井段采用空气泡沫、空气、氮气等不同气体钻井方式进行现场试验（见图 9、图 10），井下安全，井径规则，起下钻顺利，未发生井漏等井下复杂情况。充分体现了气体钻井大幅度提高钻速的优势，完成了研究项目的考核指标，气体钻井总进尺 2709m，占设计井深的 55%，同比提高钻速 3~15 倍，钻井周期由 451d（邻井七里北 1 井）减少到 160d 左右。七北 101 井气体钻井的成功经验在随后进行的 4 口气体钻井中也同样得到验证：龙 17 井空气钻进 420m，同比提高钻速 15 倍；东升 1 井空气钻进 2576m，同比提高钻速 10.3 倍；威寒 1 井空气钻进 779m，同比提高钻速 5 倍；罗家 9-X1 井空气钻进 170m，同比提高钻速 8 倍。

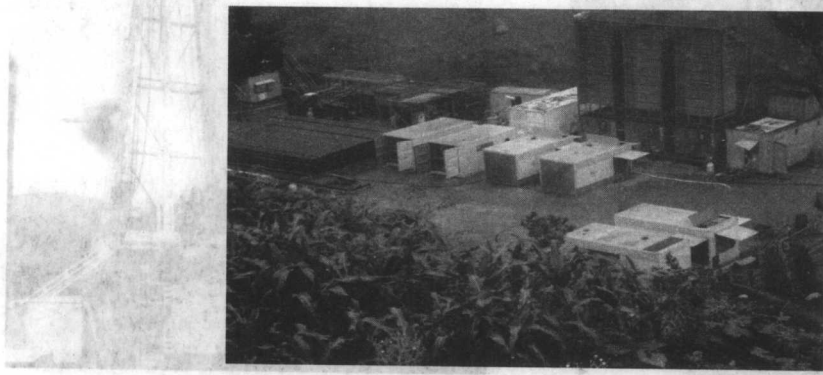


图 9 七北 101 井氮气钻井作业现场

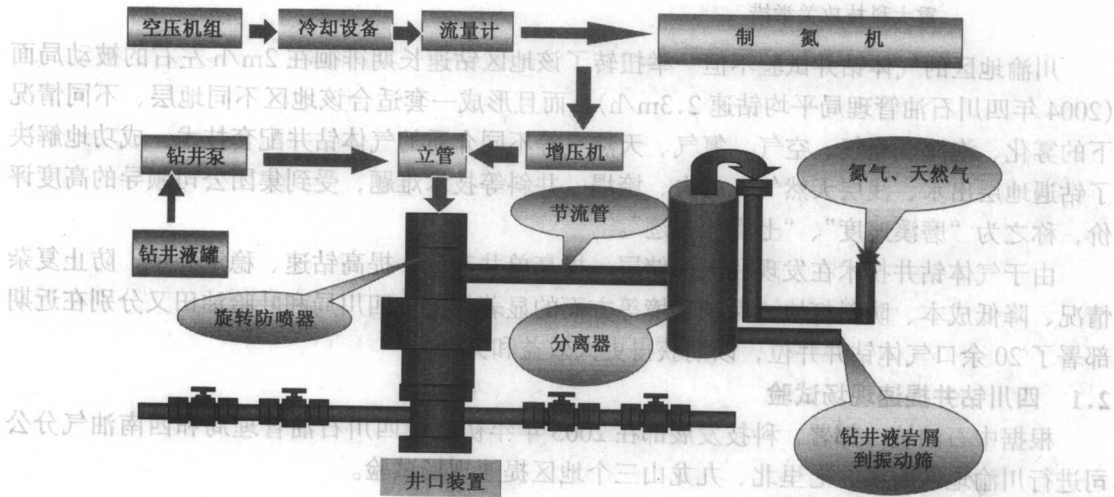


图 10 七北 101 井氮气钻井现场试验作业流程图

2.1.1.3 龙 17 井空气钻井现场试验

针对龙 17 井井眼尺寸大、井漏等井下复杂的特点和难点，在 1691~2111m 井段选择纯空气钻进，进尺 420m，平均机械钻速 36.6m/h，其中空气锤钻速达到 37.6m/h，牙轮钻头机械钻速达到 31.8m/h，同比钻速提高 15 倍。全井未发生井漏等复杂情况。

2.1.1.4 东升 1 井空气钻井现场试验

针对东升 1 井井眼尺寸大、裸眼段长、可钻性差、易发生断钻具事故等井下复杂事故的

特点和难点,在 700~3276m 井段采用纯空气钻进,使用 3 只牙轮钻头,一只旧空气锤钻进尺 2576m,平均机械钻速 12.3 m/h,同比提高钻速 10.3 倍,节省作业时间 197d(见表 4)。

表 4 东升 1 井与七里北 1 井进度对比表

井段 (m)	东升 1 井循环介质	钻井时间 (d)		时间差 (d)
		东升 1 井	七里北 1 井	
0~700	钻井液	25	26	1
700~1750	空气	6	69	63
1750~3276	空气	15	149	134
700~3276	空气	21	218	197
0~3276	空气	46	244	198

2.1.5 威寒 1 井气体钻井现场试验

针对威远地区易发生井漏和钻速低等技术难点,在该井 521~1300 m 井段采用纯空气钻井试验,总进尺 779 m,钻速 29.87 m/h,同比提高 5 倍,而且有效解决了井漏等井下复杂问题。

2.1.6 罗家 9-X1 井空气钻井现场试验

针对罗家地区井漏和钻速低等技术难点,在该井 204~374 m 井段采用纯空气钻井进尺 170 m,钻速 14.53 m/h,同比提高钻速 8 倍。

2.1.7 初步形成一套完整的气体钻井配套技术

七北 101 井等 5 口气体钻井现场试验的成功,初步形成一整套适合该地区不同地层、不同情况的雾化、泡沫、充气、空气、氮气、天然气等不同介质的气体钻井配套技术。

1) 在川渝地区须家河以上岩石可钻性极差的砂泥岩地层,当地层无水、无天然气时,可以采用纯空气钻井或配套应用空气锤、空气螺杆技术。石油勘探开发研究院研制的首台空气锤见图 11。

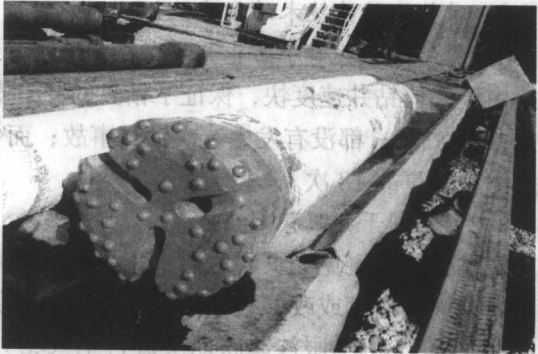


图 11 石油勘探开发研究院研制的国内首台空气锤

2) 当地层可能钻遇天然气或储层时,可以采用氮气、天然气钻井或配套应用空气锤、空气螺杆技术;或采用泡沫钻井技术以及低固相、无固相钻井技术(采用空气钻井时,如果钻遇天然气,则井下可能发生燃爆,所以空气钻井必须要有氮气钻井设备作为保障,如遇浅层气立即转入氮气钻井)。

3) 当地层出水或出水较大时,可采用泡沫钻井或充气钻井技术。

4) 当地层倾角较大,需要轻压吊打时,可采用空气钻井配套空气锤技术。

上述技术的集成配套应用,成功地解决了钻遇地层出水、浅层天然气、漏失、垮塌、井斜等技术难题。

七北 101 井在不同井段采用不同钻井工艺的钻速统计表见表 5。