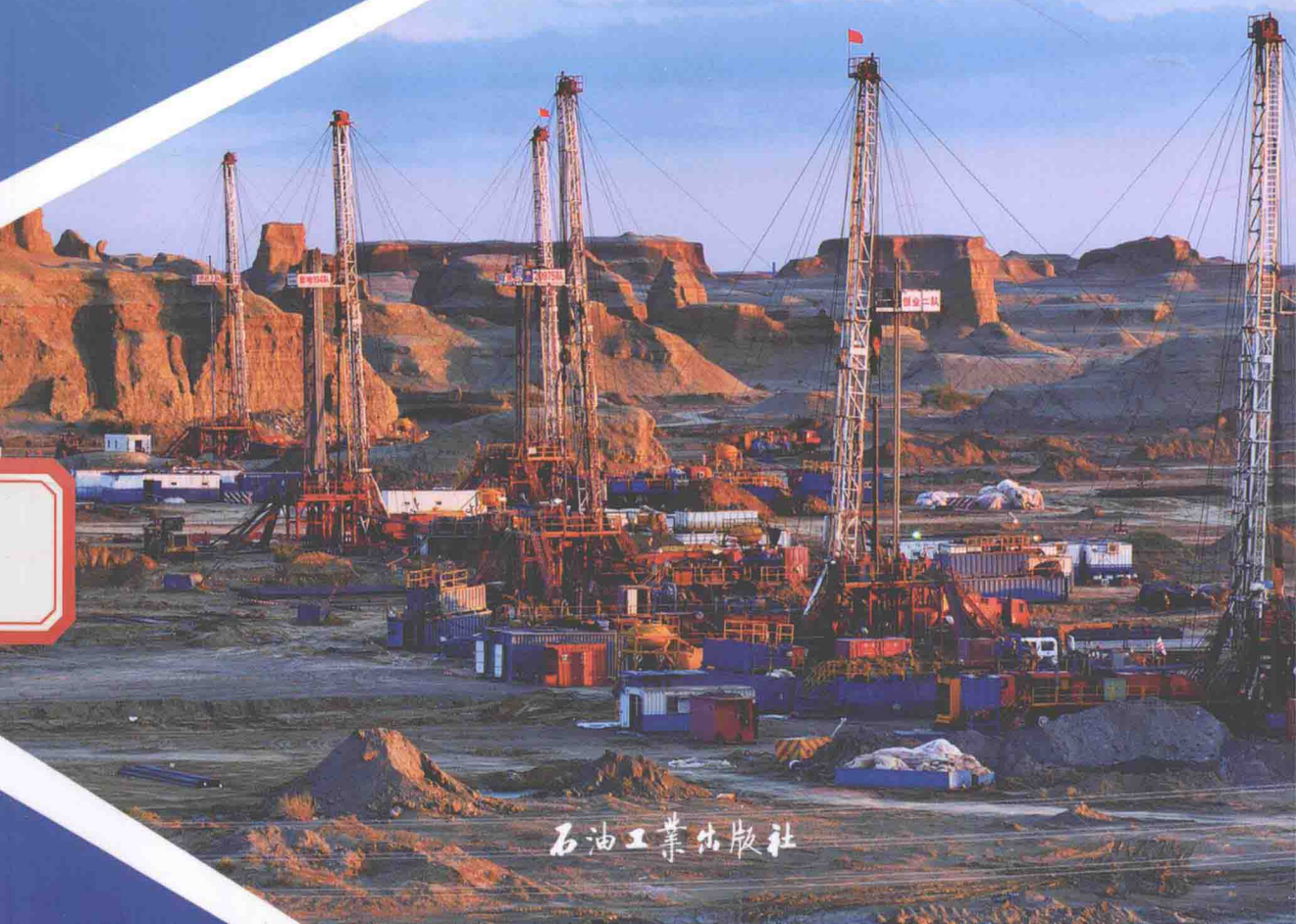


塔里木油田钻井液 技术手册

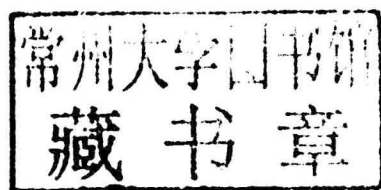
尹 达 李天太 胥志雄 主编



石油工业出版社

塔里木油田 钻井液技术手册

尹 达 李天太 胥志雄 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书针对塔里木油田钻井及钻井液的特殊性,收集、总结、分析了已形成的钻井液相关科研和现场应用技术成果,同时介绍了国内外复杂情况钻井液相关工艺。主要内容包括塔里木油田钻完井液技术发展历程、油田钻井液技术难点分析、钻井液测试技术、钻井液材料及处理剂、钻井液固相控制、储层保护和环境保护、井下复杂情况钻井液技术和常用钻井液体系及应用等。

本书为从事钻井液相关工作技术人员工具书,可供钻井技术人员和管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

塔里木油田钻井液技术手册 / 尹达, 李天太, 胥志雄主编.
北京: 石油工业出版社, 2016. 10

ISBN 978-7-5183-1531-4

I. 塔…

II. ①尹… ②李… ③胥…

III. 钻井液-手册

IV. TE254

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 245655 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.com

编辑部: (010) 64523583 图书营销中心: (010) 64523633

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2016 年 10 月第 1 版 2016 年 10 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 21.25

字数: 540 千字

定价: 110.00 元

(如出现印装质量问题, 我社图书营销中心负责调换)

版权所有, 翻印必究

《塔里木油田钻井液技术手册》

编 写 组

主 编：尹 达 李天太 胥志雄

编写人员：贾应林 贾国玉 李晓春 张 明 李 磊
 卢 虎 黄 超 窦亮彬 晏智航 刘 潇
 刘锋报 周 健 章景城 董 仁 王 攀
 李卫东 苏 亚 陈志涛 冯伟雄 张俊杰
 贾红军 赵伟明 徐国何 丁 辉 刘 锐
 蔡光林 张 军

前 言

塔里木油田深井超深井所钻遇地质环境复杂，特别是山前高陡构造、巨厚复合盐膏层、多压力系统地层、不稳定地层、小井眼超高温地层等复杂条件，钻井液技术面临着极大技术瓶颈亟待解决。

塔里木油田经过多年科研攻关、工作实践，积累了大量复杂深井、超深井钻井液相关经验，形成了一系列较为成熟的钻井液技术成果。但目前油田缺乏相应的技术手册对油田已有钻（完）井液系列进行分析总结以便指导现场作业。

本手册针对塔里木油田钻（完）井及钻（完）井液的特殊性，收集、总结、分析已形成的钻井液相关科研和现场技术成果，充分借鉴国内外复杂情况钻井液相关工艺，多次与油田现场工程师、专家交流咨询，并结合部分室内试验成果，编制形成手册。

本手册共分9章。第1章简述了塔里木油田钻井液技术发展历程、分析了塔里木油田钻井液技术难点（包括垮塌层、易漏层、盐膏层等），并有针对性地给出了钻井液体系要求及选择；第2章叙述了水基和油基各种钻井液性能测试的基本仪器、流程及评价方法等；第3章介绍了水基和油基钻井液所需的各种处理剂，并对油田常用的处理剂进行了归类总结；第4章详细介绍了油田常用钻井液体系的特点、应用范围、推荐配方、性能维护、配制、维护处理以及现场应用等，给出了油田常用钻井液体系之间转化流程、转化原则以及转化后注意事项等；第5章给出了钻井液设备配置规范，并重点介绍了固相控制方面设备原理、维护、配置要求等；第6章叙述了油田对储层保护和环境保护钻井液的要求及技术措施；第7章详细叙述了发生井下

复杂情况（如漏失、卡钻、溢流等）时对应的钻井液技术；第8章介绍了钻井液受到侵污时污染来源、钻井液性能变化及对应处理方法；第9章介绍了完井液体系的特点、应用范围、配制、处理维护以及现场应用等。另外，在手册的最后给出了三个附录，内容包括钻井液有关计算、钻井液流变学与水力学和油田钻机配套标准。

编者在手册编写的过程中努力做到：针对塔里木油田钻井液、完井液技术，确保内容具有适用性、准确性和实用性，适用于油田，特别是塔里木油田现场技术人员使用，对油田现场作业提供实际技术指导与参考；对已有塔里木油田钻井液技术进行总结凝练、技术沉淀，实现对塔里木油田成熟钻井液技术的有形化，形成技术规范与指导文件；考虑测试、材料、设备、工艺技术的普遍性，兼顾塔里木油田的特殊性。

本手册的编写出版得到了中国石油塔里木油田公司库车油气开发部、油气工程研究院、勘探事业部、天然气事业部、开发事业部、质量检测中心等部门广大从事钻井液工作的领导、专家和工程师的支持与指正，以及西安石油大学油气井工程系教授、专家的指导与校核。李天太教授的多名博士、硕士研究生参与了繁重的校对清样工作。此外，在本书编写过程中徐同台、鄢捷年、李健鹰、蒋官澄、张晓东、赵雄虎、叶艳等十几位国内钻井液领域专家对手册内容进行了审核。在此谨向他们表示感谢。

编 者

2016年9月

目 录

1 塔里木油田钻井液技术发展历程及钻井液技术难点	(1)
1.1 塔里木油田钻井液技术发展历程	(1)
1.1.1 引进吸收艰苦探索阶段 (1986—1992 年)	(1)
1.1.2 积极攻关快速发展阶段 (1993—1998 年)	(2)
1.1.3 持续优化完善成熟阶段 (1999—2007 年)	(3)
1.1.4 创新突破集成规范阶段 (2008—2014 年)	(4)
1.2 塔里木油田钻井液主要技术难点	(5)
1.2.1 易造浆地层	(9)
1.2.2 垮塌层	(10)
1.2.3 易漏层	(12)
1.2.4 盐膏层	(13)
1.2.5 水敏性地层	(14)
1.2.6 高压盐水层	(15)
1.2.7 长裸眼井段	(17)
1.2.8 目的层、致密油气层	(18)
2 钻井液测试	(20)
2.1 水基钻井液常规性能测试	(20)
2.1.1 密度	(20)
2.1.2 黏度和切力	(20)
2.1.3 滤失量	(22)
2.1.4 钻井液总固相含量和含水量、含油量测定	(25)
2.1.5 含砂量	(26)
2.1.6 亚甲基蓝容量	(26)
2.1.7 pH 值	(27)
2.1.8 碱度和石灰含量	(29)
2.1.9 氯离子含量	(31)
2.1.10 以钙离子计算总硬度	(32)
2.2 水基钻井液化学分析	(33)
2.2.1 实验准备	(33)
2.2.2 钙离子的测定	(36)
2.2.3 镁离子的测定	(36)
2.2.4 硫酸根离子的测定	(36)

2.2.5	硫化物含量	(37)
2.2.6	碳酸盐含量	(38)
2.2.7	钾离子含量	(40)
2.2.8	钾离子的测定	(42)
2.2.9	碳酸根离子的测定	(42)
2.2.10	钠离子的测定	(43)
2.3	油基钻井液常规性能测试	(44)
2.3.1	钻井液密度测定	(44)
2.3.2	黏度和切力测定	(45)
2.3.3	滤失量测定	(47)
2.3.4	用蒸馏法测定油、水和固相含量	(50)
2.3.5	油基钻井液化学分析	(52)
2.3.6	电稳定性测定	(54)
2.3.7	固相和矿化度计算	(56)
2.4	钻井液高温高压 (HTHP) 流变性测试	(61)
2.4.1	测量仪器	(61)
2.4.2	测量参数及原理	(61)
2.4.3	测试步骤	(62)
2.5	钻井液沉降稳定性测试	(62)
2.5.1	静态沉降测试法	(63)
2.5.2	黏度计沉降测试法	(63)
2.5.3	流动回路沉降测试法	(64)
2.5.4	倾斜角度动态沉降测试法	(65)
2.6	钻井液抑制性测试	(66)
2.6.1	泥页岩膨胀试验	(66)
2.6.2	泥页岩分散试验	(67)
2.6.3	泥页岩的阳离子交换容量—亚甲基蓝试验	(67)
2.6.4	泥页岩交换性钙镁测定	(68)
2.7	钻井液封堵性能及测试	(69)
2.7.1	PPT 封堵性试验方法	(69)
2.7.2	砂床封堵性试验方法	(70)
2.8	钻井液防漏堵漏评价方法	(71)
2.8.1	试验用仪器与设备	(71)
2.8.2	试验用化学试剂和材料	(71)
2.8.3	试验程序	(72)
2.8.4	其他堵漏试验装置	(73)
2.9	钻井液高温稳定性测试	(73)

3 钻井液原材料及处理剂	(76)
3.1 水基钻井液处理剂	(76)
3.1.1 配浆原材料	(76)
3.1.2 降滤失剂	(77)
3.1.3 封堵剂	(81)
3.1.4 页岩抑制剂	(83)
3.1.5 包被絮凝剂	(84)
3.1.6 增黏剂	(85)
3.1.7 降黏剂	(86)
3.1.8 润滑剂	(88)
3.1.9 解卡剂	(90)
3.1.10 防泥包剂	(91)
3.1.11 消泡剂	(92)
3.1.12 乳化剂	(93)
3.1.13 发泡剂	(93)
3.1.14 堵漏材料	(95)
3.1.15 加重材料	(96)
3.1.16 杀菌剂	(97)
3.1.17 缓蚀剂	(97)
3.1.18 特殊功能处理剂	(98)
3.2 油基钻井液处理剂	(99)
3.2.1 配浆原材料	(100)
3.2.2 基油	(100)
3.2.3 主乳化剂	(100)
3.2.4 辅乳化剂	(101)
3.2.5 降滤失剂	(101)
3.2.6 润湿剂	(102)
3.2.7 增黏剂	(102)
3.2.8 流型调节剂	(103)
3.2.9 活度调节剂	(103)
3.2.10 氧化钙	(103)
3.2.11 防塌封堵剂	(103)
3.2.12 堵漏材料	(104)
3.2.13 加重材料	(104)
4 常用钻井液体系及应用	(105)
4.1 KCl 轻泥浆钻井液体系	(105)
4.1.1 体系特点及应用范围	(105)
4.1.2 体系推荐配方及性能指标	(106)

4.1.3	现场配制与维护处理	(106)
4.1.4	应用实例	(108)
4.2	CP 水基钻井液体系	(108)
4.2.1	体系特点及应用范围	(109)
4.2.2	体系推荐配方及性能指标	(109)
4.2.3	现场配制与维护处理	(111)
4.2.4	应用实例	(112)
4.3	NDM 钻井液体系	(113)
4.3.1	聚合物钻井液体系特点及应用范围	(113)
4.3.2	低固相强“包被”不分散聚合物钻井液体系配方及性能指标	(114)
4.3.3	聚合物 KCl 磺化钻井液体系特点及应用范围	(115)
4.3.4	聚合物 KCl 磺化钻井液体系推荐配方及性能指标	(115)
4.3.5	现场配制与维护处理	(116)
4.4	DDM 水基钻井液体系	(119)
4.4.1	体系特点及应用范围	(119)
4.4.2	体系推荐配方及性能指标	(119)
4.4.3	现场配制与维护处理	(120)
4.4.4	应用实例	(122)
4.5	UDM-1 钻井液体系	(123)
4.5.1	体系特点及应用范围	(123)
4.5.2	体系推荐配方及性能指标	(124)
4.5.3	现场配制与维护处理	(125)
4.5.4	应用实例	(128)
4.6	UDM-2 钻井液体系	(130)
4.6.1	体系特点及应用范围	(130)
4.6.2	UDM-2 体系配制转化及性能指标	(131)
4.6.3	UDM-2 现场配制与维护处理	(132)
4.6.4	UDM-2 (安东) 体系推荐配方及性能指标	(134)
4.6.5	UDM-2 (安东) 现场配制与维护处理	(135)
4.6.6	应用实例	(137)
4.7	UDM-3 钻井液体系	(139)
4.7.1	体系特点及应用范围	(139)
4.7.2	体系推荐配方及性能指标	(141)
4.7.3	现场配制与维护处理	(141)
4.7.4	应用实例	(143)
4.8	常用钻井液体系之间转化	(144)
4.8.1	气体钻井转常规钻井液体系	(144)
4.8.2	聚合物钻井液转 (钾) 聚磺钻井液体系	(145)

4.8.3	聚磺（聚合物）转盐水钻井液体系	(146)
4.8.4	聚合物钻井液转有机盐钻井液体系	(146)
5	钻井液设备	(148)
5.1	设备配制规范	(148)
5.1.1	动力源	(148)
5.1.2	调配系统	(159)
5.1.3	净化（固控）系统要求	(162)
5.2	固相控制	(162)
5.2.1	振动筛	(162)
5.2.2	旋流器	(170)
5.2.3	离心机	(174)
5.2.4	除气器	(180)
5.3	气动加重系统	(183)
5.3.1	工作原理	(183)
5.3.2	工艺流程	(183)
6	储层保护和环境保护	(185)
6.1	储层保护	(185)
6.1.1	储层伤害主要原因和类型	(185)
6.1.2	储层伤害评价	(187)
6.1.3	保护储层的钻井液技术措施	(198)
6.2	环境保护	(199)
6.2.1	钻（完）井液废弃物对环境的影响	(199)
6.2.2	塔里木油田环境保护措施	(202)
7	井下复杂情况钻井液技术	(210)
7.1	防漏堵漏钻井液技术	(210)
7.1.1	主要漏失类型及分布	(210)
7.1.2	漏失特点及性质	(211)
7.1.3	漏失机理	(211)
7.1.4	井漏预防	(215)
7.1.5	堵漏技术	(216)
7.2	防卡解卡钻井液技术	(236)
7.2.1	卡钻分类分布	(236)
7.2.2	卡钻特征及预防	(237)
7.2.3	卡钻处理技术	(240)
7.3	钻进高压盐水层钻井液技术	(244)
7.3.1	类型及分布	(244)
7.3.2	危害及防范措施	(245)
7.3.3	高压盐水侵入处理	(246)

7.4	井喷与溢流预防与处理	(247)
7.4.1	溢流显示与发现	(247)
7.4.2	压井前准备	(249)
7.4.3	压井液配制及要求	(250)
7.4.4	压井方法	(250)
8	钻井液侵污处理	(256)
8.1	钙、镁污染及其处理方法	(256)
8.1.1	污染来源	(256)
8.1.2	钻井液性能变化	(256)
8.1.3	处理方法	(256)
8.2	水泥(浆)污染及其处理方法	(257)
8.2.1	污染来源	(257)
8.2.2	钻井液性能变化	(258)
8.2.3	处理方法	(258)
8.3	盐污染及其处理方法	(258)
8.3.1	污染来源	(258)
8.3.2	钻井液性能变化	(259)
8.3.3	处理方法	(259)
8.4	碳酸根离子和碳酸氢根离子污染及其处理方法	(259)
8.4.1	污染来源	(259)
8.4.2	钻井液性能变化	(259)
8.4.3	处理方法	(260)
8.5	硫化氢污染及其处理方法	(260)
8.5.1	污染来源	(260)
8.5.2	钻井液性能变化	(261)
8.5.3	处理方法	(261)
8.6	油气侵预防及其处理方法	(261)
8.6.1	油气侵的原因	(261)
8.6.2	油气侵现象	(262)
8.6.3	处理方法	(262)
8.7	劣质固相污染及其处理方法	(262)
8.7.1	污染来源	(262)
8.7.2	钻井液性能变化	(263)
8.7.3	处理方法	(263)
9	常用完井液体系及其应用	(264)
9.1	完井液性能要求及检测评价	(264)
9.1.1	完井液性能要求及其影响因素	(264)
9.1.2	完井液性能检测评价	(266)

9.2	UDM-T1 超微重晶石体系	(266)
9.2.1	体系特点及应用范围	(266)
9.2.2	体系推荐配方及性能指标	(267)
9.2.3	现场维护与处理工艺	(268)
9.2.4	应用实例	(268)
9.3	UDM-T2 抗高温高密度油基完井液体系	(269)
9.3.1	体系特点及应用范围	(269)
9.3.2	配方及性能指标	(270)
9.3.3	现场维护与处理工艺	(270)
9.3.4	应用实例	(270)
9.4	UDM-T3 抗高温高密度有机盐体系	(271)
9.4.1	体系特点及应用范围	(271)
9.4.2	配方及性能指标	(272)
9.4.3	现场维护与处理工艺	(273)
9.4.4	应用实例	(273)
附录 1	钻井液有关计算	(275)
附录 2	钻井液流变学与水力学	(302)
附录 3	塔里木油田钻机配套标准	(312)

1 塔里木油田钻井液技术发展历程及钻井液技术难点

1.1 塔里木油田钻井液技术发展历程

塔里木油田 20 多年钻井液技术的发展历程大致可以分为 4 个阶段：一是引进吸收艰苦探索阶段(1986—1992 年)；二是积极攻关快速发展阶段(1993—1998 年)；三是持续优化完善成熟阶段(1999—2007 年)；四是创新突破集成规范阶段(2008—2014 年)。

1.1.1 引进吸收艰苦探索阶段(1986—1992 年)

该阶段油田勘探开发钻井绝大部分集中在台盆区。主要技术难题有南喀 1 井古近系盐膏层与乡 1 井石炭系盐膏层地层、轮南地区上部地层严重阻卡和下部地层坍塌、油气层保护(轮南油田、东河塘油田和塔中 1 井)问题等。

1986 年，塔里木油田首次在南喀 1 井古近系钻遇复合盐层，厚度约 450m。该井在钻穿复合盐层过程中先后经历了 7 次卡钻事故、5 次侧钻的艰苦探索历程。1991 年，塔里木油田又在乡 1 井石炭系 5166m 钻遇盐膏层，开始采用饱和盐水钻井液体系，因同一裸眼井段发生井漏，钻井液密度不能平衡盐膏层缩径，井下阻卡严重，转为欠饱和盐水钻井液，采用双芯钻头，顺利钻穿盐膏层。1991—1992 年，又先后在轮南 46 井、轮南 45 井、吉南 1 井、哈 2 井和塔河 1 井等钻遇石炭系盐膏层，采用适当含盐量的欠饱和盐水聚合物磺化钻井液体系均比较顺利地钻过了盐膏层。通过南喀 1 井古近系复合盐层与乡 1 井等几口石炭系盐膏层的钻井实践，盐膏层钻井液技术在引进吸收 Magcpbar 钻井液公司饱和盐水钻井液技术的基础上，积极探索建立了部分材料国产化的 KCl 聚磺饱和盐水钻井液体系，初步形成了塔里木古近系盐膏层饱和盐水钻井液技术和石炭系盐膏层欠饱和盐水钻井液技术。

1989—1991 年，轮南地区勘探开发钻井中遇到了上部地层严重阻卡和下部地层坍塌的技术难题，上部地层阻卡严重时一周内接连发生多口井卡钻，下部地层井壁垮塌掉块引起井眼扩大，造成中测坐封困难，固井质量难以保证。到 1991 年，针对塔里木油田的深井长裸眼井段，通过大量现场实践分析总结，并结合室内研究，发展形成深井长裸眼优快钻井液技术。探索出在上部地层采用强包被不分散聚合物钻井液体系，下部地层采用 KCl 聚磺钻井液体系，成功地解决了塔里木盆地上部巨厚强胶性砂泥岩地层阻卡 and 下部含有少量伊/蒙混层的非膨胀硬脆性泥页岩地层坍塌的钻井难题，井下复杂大幅度减少。此后这套技术又相继在塔中地区、东河塘地区、哈得逊地区和英买力地区等台盆区全面推广应用，技术与经济效益显著。

1990 年，塔中 1 井、东河 1 井在完井试油发现储层伤害问题后，塔里木油田的油气层保护工作开始提上议事日程。1991 年，应用国外的屏蔽暂堵保护油气层技术，国内首次采用超细碳酸钙在轮南 2-1-2 井进行屏蔽暂堵保护油气层现场试验，取得了成功。随后针对

东河 1 井与塔中 1 井油气层伤害问题提出了在打开油气层过程中采用屏蔽暂堵技术、在完井过程中采用清洁盐水保护油气层的具体方法和建议，在轮南、东河塘等地区开发井现场进行了试验及应用，取得了明显的效果，初步形成了塔里木油田砂岩储层屏蔽暂堵保护油气层技术。

1.1.2 积极攻关快速发展阶段(1993—1998 年)

该阶段塔里木油田勘探开始向山前进军，油田开发向塔中地区延伸。钻井难题开始集中涌现，科技攻关紧跟勘探开发节奏，难题不断得到解决，技术呈现快速发展局面。

盐膏层钻井科技攻关从 1992 年开始，一直到“九五”末期。1993 年，塔里木油田先后在东秋 5 井和羊塔克 1 井古近系复合盐层中间钻遇“软泥岩”，在经历了东秋 5 井“软泥岩”导致的两次恶性卡钻和羊塔克 1 井钻过“软泥岩”每次起下钻严重阻卡之后，对塔里木盐膏层的复杂性、危害性有了深刻的认识。先后开展了“塔里木盐膏层蠕变规律与钻井液密度图版研究”“塔里木复杂地质条件下深井、超深井钻井液技术研究”以及“寒武系深层盐膏层钻井技术”研究，形成了塔里木盐膏层钻井液技术的理论基础，并提出了在寒武系盐膏层钻井液中应用硅酸盐的技术思路。1998 年，采用适当密度适当含盐量的多元醇—稀硅酸盐欠饱和盐水钻井液，在康 2 井进行现场试验，顺利钻穿了寒武系深层盐膏层，又用该钻井液体系钻完盐下近 300m 的目的层完钻。钻井液性能稳定，起下钻畅通无阻，为盐膏层钻井液技术的发展探明了方向。总之，这个阶段通过系列盐膏层钻井液技术研究和近 20 口井盐膏层的钻井实践，盐膏层钻井液技术取得了突破性进展。盐膏层钻井液材料由部分国产化逐步发展到全面国产化，钻井液体系由 KCl 聚磺复合(欠)饱和盐水钻井液体系发展到强抑制多元醇—稀硅酸盐(欠)饱和盐水钻井液体系，初步形成了比较成熟的盐膏层钻井液技术。

1994 年，塔中 4 油田采用丛式井、水平井开发，钻井液技术在轮南地区钻井难题攻关形成的技术体系上引入正电胶与混油技术，在直井段采用强包被不分散聚合物或正电胶钻井液体系；斜井段和水平段采用抑制性和携砂能力强的正电胶聚磺混油体系或油基钻井液体系，在塔中 4 油田成功地钻成了一批开发定向井与水平井。初步形成了塔里木油田的深井定向井和水平井钻井液技术。

1997 年，塔参 1 井在奥陶—寒武系超深井段白云岩地层钻井中，井壁发生严重坍塌，导致难以维持继续钻进的复杂局面。针对这一罕见的世界级难题，塔里木油田专门组织召开了塔参 1 井专家咨询会。经过专家指导，采取适当的钻井液密度和软化点适当、颗粒度较小的封堵材料加强对地层裂缝、微裂缝的封堵等技术措施，成功地解决了塔参 1 井超深井段破碎性白云岩地层垮塌问题。该井完钻井深 7200m，创造了当时国内陆上直井钻井最深纪录。同时初步建立了一套破碎性地层防塌钻井液评价方法，初步形成了塔里木油田破碎性地层防塌钻井液技术。

1997 年，塔里木油田在巴楚地区钻井中普遍遇到井漏问题，在“97 科技攻关年”中通过立项开展“巴楚地区井漏控制技术”科技攻关，掌握了巴楚地区的井漏失规律；弄清了钻井液性能、钻井工程参数对井漏的影响程度；研究出了针对不同漏速的随钻防漏与桥接堵漏配方，形成了巴楚地区目的层与非目的层防漏堵漏技术与现场操作规范，在巴楚地区的康 2 井和玛 4 井等堵漏 10 多次，均一次成功。形成了巴楚地区低密度井漏控制技术。

1998 年，塔里木油田在依南地区钻探中遇到了侏罗系不同厚度的大段煤层和薄煤层，由于煤层及所夹碳质泥岩的严重垮塌造成了井下复杂情况和事故。通过开展依南地区煤层坍塌

塌机理及防塌钻井液技术研究,现场采取合理钻井液密度以支撑井壁、选用合适软化点及粒度的阳离子乳化沥青胶体与多元醇、氯化钾配合抑制水化、加强封堵等技术措施,较好地解决了依南地区破碎性煤层坍塌钻井难题。形成了塔里木深井煤层等破碎性地层防塌钻井液技术。

1998年,为了降低钻井成本,塔里木油田在牙哈、轮南和塔中等地区开发井相继开展简化井身结构、实施优快钻井,采用轮南地区钻井难题攻关形成的深井钻井液技术,顺利地钻成了裸眼长达5000m左右的深井,并在台盆区全面推广应用,形成了深井长裸眼快速钻进钻井液技术。

1998年,塔里木油田开展了“无害化‘双保’钻井液技术”(“双保”指保护环境与保护油气层)研究,首次对塔里木油田所用钻井液、完井液添加剂及完井废弃物(包括废水、废钻井液)的环境可接受性进行了全面系统地分析与评价;研发出了在色度、化学毒性、生物毒性和生物降解性等方面都满足环境可接受要求的5大类18个牌号的钻井完井液处理剂;首次建立了适合台盆区的无害化“双保”钻井完井液体系配方;并提出了石油企业钻井工程环境控制技术标准,其中多项研究填补了该领域国内空白。初步形成了塔里木油田台盆区保护环境的钻井液技术。

1.1.3 持续优化完善成熟阶段(1999—2007年)

该阶段随着克拉2气田的开发与迪那气田的发现与评价,山前盐膏层与高压高产油气钻井呈现规模化。钻井液技术的发展主要是在“九五”期间技术攻关所取得的成果基础上,进行现场实践、优化完善指导现场作业。同时针对油田普遍存在的堵漏成功率低的问题和山前高压高产压力敏感型气层钻井表现出的突出井漏问题开展了技术攻关。

1999年,为了进一步完善盐膏层钻井液技术,通过“克拉苏地区高密度抗盐抗钙防漏堵漏钻井液技术研究”,对前期形成的欠饱和盐水聚合醇—稀硅酸盐钻井液在饱和盐水条件下的配方做了重点研究和优化,应用该研究成果,精心设计了高密度近饱和盐水—KCl聚磺多元醇稀硅酸盐体系,在克拉2气田评价井克拉203井和克拉204井的古近系复合盐层钻井中进行了现场试验,取得了空前成功。2000年以后,该项钻井液技术在克拉2气田开发井、迪那气田评价井与开发井中规模化推广应用,盐膏层钻井纯钻时效不断提高,从过去的不到40%提高到60%以上,钻井速度明显提高。至此形成了塔里木油田成熟的深井盐膏层钻井液技术,在国内一直处于领先水平,达到了国际先进水平。

1999年8月,无害化“双保”钻井液技术首次在开发井牙哈23-1-20井现场试验成功。钻井液经现场取样检测达到了环保标准要求。至2000年12月,又先后在解放137井等5口井继续试验,并取得成功,均满足了安全、高效、优快钻井的需要,保护了油气层,实现了环境可接受要求。2000年以后,随着国内环保钻井液技术的进步,油田又先后成功地开发应用了“天然高分子”环保钻井液及正电双保钻井液体系,在台盆区环境敏感地区中低密度钻井液条件下推广应用,较好地满足了优快钻井的需要,达到了保护环境与保护油气层的标准要求。形成了塔里木油田台盆区“双保”钻井液技术。

2000年,塔里木油田在编制克拉2气田开发方案时,专题开展了“克拉2气田储层保护研究”,提出了以防止气层水锁(水侵)伤害和高矿化度流体侵入气层引起盐结晶伤害为主的气层保护措施和建议,并对油田打开气层的欠饱和盐水多元醇—稀硅酸盐钻井完井液提出了具体的改进措施,此后这一技术在塔里木山前构造目的层得到广泛应用,成为塔里木山前构

造高压气层保护的常用钻井液技术。2001 年以后,开始在轮古等区块碳酸盐岩地层试验与应用欠平衡钻井技术,对碳酸盐岩储层起到了很好的保护作用。2006 年,在塔中 1 号坡折带碳酸盐岩储层开始试验应用 PRD 无固相(低固相)弱凝胶钻井完井液保护油气层技术,取得了较好效果。至此,塔里木油田基本形成了台盆区砂岩储层以蔽暂堵钻井液为主、碳酸盐岩储层以无固相钻井液为主、山前高压气层以聚合醇—稀硅酸盐钻井液为主、塔西南柯克亚凝析气田以油基钻井液为主的保护油气层钻井液技术格局。这些技术在大宛齐油田、哈德油田、轮古油田、克拉 2 气田、迪那气田、柯克亚凝析气田及塔中 1 号坡折带等油气田开发井中推广应用,有效地减少了储层伤害。

2000 年以后,塔里木油田大斜度井与水平井在台盆区大规模推广,钻井液在塔中定向井与水平井钻井液体系中引入强抑制、强封堵元素,聚合醇与乳化沥青等材料的应用使得体系的抑制性、润滑性和防塌能力大幅度提高,各项性能进一步优化,技术更加成熟,使水平井优质安全快速钻进进一步得到保障,形成了塔里木油田成熟的深井大斜度井和水平井钻井液技术。

2001 年,随着克拉 2 气田开发与迪那气田的评价,高密度钻井液技术在现场大面积使用,为了加强现场高密度钻井液技术管理,便于现场处理维护规范操作,保证良好的钻井液性能,确保山前构造复合盐层及高压油气层井下安全和降低成本,专门制定了塔里木油田高密度钻井液配制、处理、维护的钻机相关设施配套标准要求,为高密度钻井液技术在现场的规范操作和顺利实施奠定硬件基础。

从 2003 开始,先后开展了高密度与中低密度钻井液井漏控制技术研究,对现场使用的 19 种桥接堵漏材料的粒径分布、水溶酸溶性及其对钻井液性能的影响和桥堵效果做了系统研究与评价;提出了塔里木油田桥接堵漏材料的规范意见;筛选出 10 种材料作为塔里木油田常用桥接堵漏材料,并对其粒径等性能指标进行了规范;研究出了不同地层、不同漏速、不同密度条件下的桥接堵漏配方。现场应用后,山前构造高密度条件下的一次堵漏成功率提高到 80% 以上。2006 年,针对山前构造高压高产压力敏感型气层钻井严重井漏的世界级难题,开展了“提高地层承压能力的高密度钻井液防漏堵漏技术研究”,形成了山前构造目的层高密度钻井液井漏控制技术,包括随钻封缝即堵防漏技术、停钻堵漏与承压堵漏技术,2007 年在迪那气田开发井进行了现场试验,初步取得了成功。

2006 年,开展了“降低地层坍塌压力的优快钻井液技术研究”,通过研究地层岩石在钻井液浸泡前后强度的变化,证实了在强包被不分散聚合物钻井液体系中加入 KCl、聚合醇及乳化石蜡等材料能够有效地降低地层坍塌压力,可使钻井液密度在原来的基础上降低 $0.2 \sim 0.3 \text{ g/cm}^3$,从而实现低密度优快钻井。该项技术在羊塔克地区的 3 口开发井上试验应用,取得了明显的效果,使强包被不分散聚合物钻井液体系更加完善,形成了塔里木油田成熟的深井长裸眼优快钻井液技术。

1.1.4 创新突破集成规范阶段(2008—2014 年)

2008 年,塔里木油田经过系统总结,集成发布了《塔里木油田盐膏层钻井作业指导书》《塔里木油田高密度钻井液作业指导书》《塔里木油田井漏控制作业指导书》和《塔里木油田常用砂岩储层保护技术作业指导书》。

2009 年,形成了抗温(抗盐)磺化类降滤失剂、胶体(粉状)沥青类防塌剂为主的 UDM-1 钻井液体系,解决了大北 301 井和克深 1 井等的超深盐层难题;在台盆区发展了推广使用 KCl 聚合物轻钻井液技术,成功地降低了塔中二叠系、三叠系钻头泥包次数和提高了钻速;2010