



塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书

(卷十)

TALIMU YOUTIAN CHAOSHEN YOUQI KANTAN KAIFA LILUN YU JISHU CONGSHU

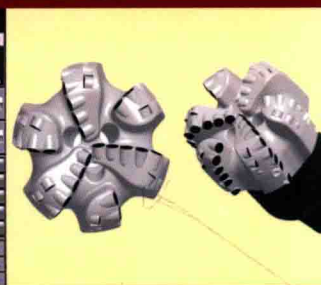
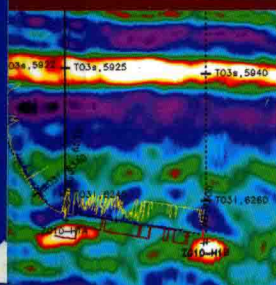
超深缝洞型碳酸盐岩 钻井技术

CHAOSHEN FENGONGXING TANSUANYANYAN ZUANJING JISHU

滕学清 白登相 宋周成 等著



井外借

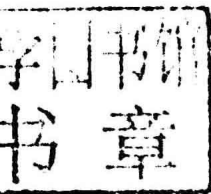


石油工业出版社

塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书(卷十)

超深缝洞型碳酸盐岩钻井技术

滕学清 白登相 宋周成 等著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书对“十二五”期塔里木油田针对超深缝洞型碳酸盐岩油气藏高效勘探开发钻井的瓶颈技术问题,从井身结构优化、提速技术集成与应用、钻井液技术、固井技术、超深水平井钻井技术、井控技术等方面进行了研究与现场试验,对取得的碳酸盐岩油气藏钻完井及配套技术进行了详细阐述与总结,为国内其他油田钻完井技术发展提供了重要参考。

本书可供钻井、开发方面的专业技术人员查阅,也适合石油院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

超深缝洞型碳酸盐岩钻井技术/滕学清等著. —北京:石油工业出版社,2017. 7

(塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5183 - 1705 - 9

I. ① 超… II. ① 滕… III. ① 碳酸盐岩 - 油气钻井
IV. ① TE242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 309885 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523710 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

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:10. 75

字数:260 千字

定价:98.00 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

《塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书》

编 委 会

主 任：王招明

副 主 任：田 军 江同文

编 委：（以姓氏笔画为序）

王振彪 王清华 龙 平 杨向同

杨海军 肖又军 肖承文 汪如军

宋周成 张福祥 胥志雄 梁向豪

廖 涛 滕学清

《超深缝洞型碳酸盐岩钻井技术》

编 写 组

组 长：滕学清

副 组 长：白登相 宋周成 李 宁 杨成新

编 写 人 员：（以姓氏笔画为序）

马 琰	王天博	王泽华	艾正青
刘忠飞	刘 勇	杨 沛	李家学
何银坤	张 权	张 果	张重愿
张 震	陈 龙	陈 毅	周小君
周 波	赵 力	查 磊	段永贤
娄尔标	聂采军	唐 斌	盛 勇
程荣超	黎 强		

序

位于中国西北部的塔里木盆地是一个超深、复杂的叠合盆地,发育了多套烃源岩及优质储盖组合,具备形成大型油气田得天独厚的石油地质条件,但地下情况复杂,需要勘探开发工作锲而不舍,攻坚克难,不断战胜挫折,不断解放思想,才能逐步取得重大的胜利。因此,塔里木盆地既像一个带刺的玫瑰,又似光辉熠熠的聚宝盆镶嵌在祖国的西部边陲。

在盆地北部库车地区 3500~4000 米的中浅层,经历多次勘探失败与突破,克拉 2 大气田的发现创造了塔里木油气勘探开发的辉煌,促成了西气东输工程,惠及沿途 10 省(自治区、直辖市)亿万人民,推动了我国 21 世纪天然气工业的快速发展。

塔里木盆地是西气东输的源头,是“新疆大庆”建设的主战场,是稳疆固边的前沿阵地,塔里木盆地的油气勘探开发是我国发展西部战略的主体工程,塔里木盆地的油气勘探开发备受中国乃至世界瞩目。

塔里木盆地的最大特点是油气层埋藏超深,库车、塔北及塔中主力油气层埋深一般大于 6000 米,目前发现的油气藏,最深的气藏是克深 9 气藏,已探明天然气地质储量 548 亿立方米,气藏埋深 7600 米。克深 902 井完钻深度 8038 米,在 7813~7870 米储层,6 毫米油嘴日产天然气 45 万立方米。最深的油藏是富源 1 井,储层为缝洞型碳酸盐岩,井深 7712 米,日产轻质油 86 吨,天然气 2.89 万立方米。

“十二五”期间,塔里木油田最大进展是超深领域油气勘探开发的进展。这期间塔里木油田坚持库车、塔北、塔中三大阵地战,解放思想,创新思路,集中了全国的深井钻机,2015 年油田超过 7000 米的深井钻机达到 132 台,投入工作量大,大于 6000 米的超深井逐年增多,2014—2015 年大于 6000 米的超深井达到 92%(2014 年、2015 年大于 6000 米的探井分别完钻 53 口、39 口),在超深碎屑岩、碳酸盐岩两大领域实现重大突破:6000 米以深发现探明了比克拉 2 大三倍的克深万亿立方米大气田;发现开发了哈拉哈塘奥陶系碳酸盐岩大油田,已经控制含油面积大于 4000 平方千米;发现了塔中奥陶系碳酸盐岩大型凝析气田(探明天然气地质储量近 4000 亿立方米,凝析油储量 2 亿吨);并在寒武系盐下、东部奥陶系碳酸盐岩实现了战略突破。这些成果的取得,夯实了西气东输的战略资源,为塔里木油田的发展奠定了坚实的基础。

近十年来,通过国家重大科技攻关示范工程的实施,特别是 2010 年中国石油天然气集团公司实施塔里木重大科技专项以来,实现了超深碎屑岩、碳酸盐岩两大领域油气地质理论的创新,形成了超深领域的油气勘探开发技术系列,同时该领域已经成为我国乃至全球油气勘探开发的重要接替领域。在这个承前启后的时间节点上,塔里木油田的科研工作者系统总结了超

深领域的理论与技术成果,形成了这套《塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书》,这对进一步指导塔里木油田超深领域的油气勘探开发和前陆盆地、海相克拉通、复合盆地的油气勘探开发都有重要的意义。

作为曾经参与塔里木石油会战的老石油人,我为塔里木油田取得的成绩感到由衷的骄傲和欣慰,也为塔里木油田走向新的成就而深信不疑。

《塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书》全面系统总结了近十年来,特别是“十二五”期间取得的勘探开发成果、超深领域石油地质理论技术的创新成果和勘探开发实践认识。丛书共 15 卷,涵盖了库车前陆盆地超深油气地质理论与勘探实践、前陆冲断带超深复杂构造山地地震勘探技术、前陆冲断带超深复杂地层钻井技术、前陆冲断带超深裂缝性砂岩气藏测井评价技术、前陆冲断带超深高温高压砂岩气藏完井与储层改造技术、超深高温高压裂缝性砂岩气藏开发机理与应用、牙哈凝析气田循环注气开发实践及开发规律、超深缝洞型海相碳酸盐岩油气地质理论与勘探实践、超深海相碳酸盐岩地震勘探与缝洞雕刻技术、超深缝洞型碳酸盐岩钻井技术、超深缝洞型碳酸盐岩油气藏测井评价技术、超深缝洞型碳酸盐岩油气藏完井与储层改造技术、超深缝洞型海相碳酸盐岩油气藏开发技术、超深滨海相砂岩油藏开发实践与提高采收率技术、超深复杂油气藏录井技术等。这些成果的取得是 27 年来塔里木石油工作者在荒凉沙漠上辛勤奉献的智慧结晶,是近十年来塔里木油田勘探开发成果的集中体现,是塔里木石油人打造“百年塔里木”和“十三五”时期建设 3000 万吨大油气田目标的技术保障和有效的智力支撑。

读完全书,掩卷沉思。深深地感到这套丛书是科研与生产紧密结合的成果,既是塔里木油田近期勘探开发成果的总结,又是超深碎屑岩、碳酸盐岩两大领域石油地质理论与技术的总结,也是塔里木油田多年来勘探开发实践的总结。书中有克深万亿立方米大气田、哈拉哈塘大油田、塔中大型凝析气田的勘探开发成果;有新理论、新技术、新方法;有战例、有经验、有启示。当前,塔里木盆地的油气勘探开发正如火如荼,超深领域的油气勘探开发理论与技术创新日新月异,我期待塔里木油田在新阶段的勘探开发、理论技术创新中取得更加重要的成果,也希望这套丛书既能够成为从事塔里木盆地勘探开发科研、生产、管理工作者的工具书,也能够作为广大从事油气勘探开发科研、生产、管理人员的参考材料,还能被选为石油、地质大中专院校学生的参考书,为各条战线上的石油人提供有益的信息。

邱中建

2016年12月.

前 言

塔里木盆地寒武—奥陶系碳酸盐岩油气资源量占塔里木盆地油气资源总量的 38%,碳酸盐岩油气勘探已成为塔里木油田勘探的主战场。目前重点攻关目标为塔中、轮古、哈拉哈塘、英买四大区块,其中轮古和塔中区块主要为凝析油气藏,哈拉哈塘和英买区块为油藏。

塔里木盆地碳酸盐岩储层埋藏深(5000~8000 米),温度高(130~160℃)。二叠系火成岩致密、性脆、高硬度,研磨性极强,层间和层内裂缝—微裂缝发育,承压能力低,极易井漏和井壁失稳。三叠系到志留系可钻性差,砂岩地层研磨性强,机械钻速慢且钻头损耗快。奥陶系储层非均质性强,类型复杂(既有溶洞型,又有缝洞型,更多的是裂缝—孔洞型),安全压力窗口窄,部分区域高含 H_2S ,安全钻进困难。

油田针对碳酸盐岩油气藏高效勘探开发中的瓶颈技术问题,以中国石油天然气股份有限公司科技重大专项 2010E—2109“碳酸盐岩安全、快速、高效钻完井技术”为依托,以塔中、哈拉哈塘、轮古、英买等四个区块为主要研究对象,以安全钻完井、提速提效和提高单井产量为目的,从井身结构优化、提速技术集成与应用、钻井液技术、固井技术、超深水平井钻井技术、井控技术等方面进行了针对性研究与现场试验,形成塔标Ⅲ井身结构优化设计技术,长裸眼段钻井提速技术集成方案,超深高温碳酸盐岩钻井液及配套技术、大温差低密度长封固段固井技术、超深高温水平井钻井技术、防硫控压超深井井控技术等适合碳酸盐岩的钻井配套技术,解决了困扰碳酸盐岩勘探开发的相关问题。

“十二五”期间塔里木油田完成碳酸盐岩钻井共五百多口,平均井深达 6500 米,平均完钻周期 105 天,平均机械钻速 7.1 米/小时。相比于“十一五”,机械钻速提高 30% 以上,钻井周期缩短 20% 以上。碳酸盐岩钻完井配套技术推动了超深碳酸盐岩钻井技术的发展,为塔里木油田安全、优快开发及“百年塔里木”建设提供了强有力的工程技术保障,对我国其他油田深部油气藏的勘探开发极具推广和借鉴意义。形成的技术成果在“十三五”将具有广阔的应用前景,并进一步指导和支撑台盆区油气勘探评价和开发建产,不仅对推动中国石油的深井钻井技术水平,而且对提升中国石油海外市场的竞争能力亦具有积极的意义。

塔里木油田在碳酸盐岩开发中形成的六大核心钻井技术成果,有效地支撑了“十二五”期间塔中、塔北泛哈拉哈塘、轮古、英买等区块碳酸盐岩的勘探发现,提高了机械钻速,缩短了钻井周期,实现了高效、经济的开发。但近年国内国际形势变化,成本控制和经济效益比重越来越重要,勘探区域逐渐向更深、更复杂的领域转移,钻井过程中出现一些新的问题,需要在今后的工作中继续加强攻关。

本书由中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司统一组织编写。第一章由滕学清、李宁、杨成新等执笔；第二章由刘勇、黎强、何银坤、娄尔标、张果等执笔；第三章由周小君、杨沛、张权、陈龙等执笔；第四章由李家学、周波、张震、马琰、张重愿、盛勇等执笔；第五章由刘忠飞、艾正青、聂采军、程荣超等执笔；第六章由李宁、周小君、王天博、赵力、查磊等执笔；第七章由刘勇、周小君、段永贤、唐斌、陈毅等执笔；第八章由李宁、杨成新、李家学、王泽华等执笔。全书由滕学清、白登相、宋周成负责统稿工作，由塔里木油田油气工程研究院李宁负责初审工作、滕学清负责终审工作。

本书编写过程中得到中国石油集团钻井工程技术研究院、中国石油集团公司渤海钻探公司和川庆钻探公司、中国石油大学(北京)、西南石油大学等多家单位的支持与帮助，杨勋尧等专家对书稿提出了具体修改意见。值此书正式出版之际，谨向他们表示衷心的感谢！

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 碳酸盐岩地质概况	(1)
第二节 工程地质特征及钻井难点分析	(9)
第三节 碳酸盐岩钻井发展历程	(12)
第二章 复杂超深井井身结构优化技术	(18)
第一节 地层三压力预测及必封点分析	(18)
第二节 井身结构优化设计	(25)
第三节 塔标Ⅲ井身结构应用效果分析	(33)
第三章 超深井钻井提速技术	(34)
第一节 中深部地层岩石可钻性分析	(35)
第二节 钻头和提速工具的优选	(38)
第三节 钻井提速技术集成方案	(51)
第四节 直井精确中靶技术	(52)
第五节 应用效果	(57)
第四章 钻井液与储层保护技术	(60)
第一节 聚合物—聚磺钻井液技术	(60)
第二节 全阳离子钻井液技术	(62)
第三节 碳酸盐岩超深井堵漏技术	(69)
第四节 碳酸盐岩储层保护技术	(77)
第五节 钻井液防 H ₂ S 技术	(84)
第五章 碳酸盐油气藏固井技术	(93)
第一节 大温差低密度水泥浆技术	(94)
第二节 配套固井工艺	(111)
第三节 现场应用情况	(115)
第六章 超深水平井钻井技术	(117)
第一节 超深水平井钻井难点分析	(118)
第二节 超深水平井优化设计	(119)
第三节 超深水平井特色钻井技术	(123)

第四节 超深水平井钻井技术应用效果 (135)

第七章 井控技术 (138)

第一节 井控作业难点及风险 (138)

第二节 裂缝性储层渗流机理研究 (140)

第三节 常规控压井控装备 (143)

第四节 井控技术 (147)

第八章 总体应用效果及发展方向 (155)

参考文献 (162)

第一章 绪 论

第一节 碳酸盐岩地质概况

塔里木盆地碳酸盐岩勘探始于1986年库南1井,1988年轮南1井在奥陶系首次测试获得了工业油气流,从而拉开了塔里木盆地碳酸盐岩油气勘探的序幕。此后经过三十年的勘探开发实践,发现了中国超深缝洞型海相碳酸盐岩特大型油气田群,建成了英买力油田、轮古油田、哈拉哈塘油田(包括哈拉哈塘、新垦、热普、金跃、跃满等区块)、塔中油田等油气田,形成了300万吨级大型油田,已成为塔里木油田原油快速上产增储的重点区域。

一、勘探概况

塔里木盆地是大型叠合复合盆地,克拉通区碳酸盐岩台地形成演化过程发育了大型潜山、内幕不整合、台缘礁滩体、深层白云岩等碳酸盐岩构造,蕴藏着极为丰富的气藏、凝析气藏、挥发性油藏、油藏、稠油油藏,是国家能源战略安全的重要保障。在“七五”攻关之前,受地理环境恶劣和勘探技术落后的严重制约,塔里木盆地海相碳酸盐岩勘探基本处于停滞状态,钻井技术应用仅限于常规浅井。进入20世纪80年代后期,通过中美合作沙漠地震攻关,塔里木盆地碳酸盐岩勘探开始进入新时期,根据塔里木碳酸盐岩勘探技术发展特点,可以大致分为3个阶段。

1. 大构造勘探阶段(1986—1995年)

塔里木盆地碳酸盐岩勘探始于1986年的库南1井,1988年轮南1井在奥陶系首次测试获得了工业油气流,大型潜山背斜油气藏轮廓初显,从而拉开了塔里木盆地碳酸盐岩油气勘探的序幕,至1996年,部署的英买1、英买2、塔中1等井在奥陶系获得了高产,继而发现了轮南、英买、塔中1号等潜山构造,为塔里木盆地碳酸盐岩油气勘探奠定了资源基础。

2. 潜山岩溶勘探阶段(1996—2002年)

针对前期发现的轮南、英买、塔中潜山构造油气藏呈“鸡窝状”、“云朵状”的特点,精细挖掘地震信息,打破传统理论束缚,首次建立了高分辨率三维地震的串珠状强反射识别溶洞技术,同时,开展超深水平井钻井、大斜度井钻井和欠平衡钻井,大型酸化改造等技术,整体探明了和田河气田,新增天然气探明储量 $620 \times 10^8 \text{ m}^3$;发现了轮南潜山亿吨级油气规模,提交预测储量 $10025 \times 10^4 \text{ t}$;塔中I号断裂构造带西段的塔中45、中段的塔中44、塔中26井获得高产,初步揭示了塔中I号断裂构造带普遍含油地质规律。

3. 层间岩溶与礁滩体勘探阶段(2002—2015年)

针对碳酸盐岩井产量递减快,无法实现规模效益开发的难题,创新了缝洞系统雕刻量化、油气藏精细描述、井位优选等技术,配套采用超长水平井设计与精细注水等技术提高单井产量和采收率。在此期间,实现了轮南潜山背斜整体探明与开发,轮南奥陶系潜山背斜累计探明石



油 $1.2 \times 10^8 \text{t}$, 天然气 $671 \times 10^8 \text{m}^3$; 发现了塔北隆起中部的哈拉哈塘油田, 探明石油地质储量 $2 \times 10^8 \text{t}$, 并建成百万吨级大油田; 发现探明了塔中 I 号坡折带良里塔格组台缘礁滩体亿吨级凝析气田、鹰山组内幕不整合岩溶体亿吨级凝析气田, 探明油气储量超 $5.09 \times 10^8 \text{t}$, 初步建成 200 万吨级油气田。

半个世纪的勘探开发实践, 发现了中国超深古老缝洞型海相碳酸盐岩特大型油气田群, 建成了 300 万吨级大型油田。“十二五”期间, 塔里木碳酸盐岩勘探开发主要致力于奥陶系储层, 集中在塔中和泛哈拉哈塘地区, 其中塔中地区前期是中部、东部区块, 在 2012 年以后是塔中西部; 泛哈拉哈塘地区前期主要在哈拉哈塘区块, 之后从北向南逐步向新垦、热普、金跃、跃满、富源等区块推进。

此外, 塔里木碳酸盐岩勘探正向深部的寒武系、震旦系延伸, 目前还处于勘探初期, 已完钻了中深 1、中深 5 等井, 正在实施玉龙 6、楚探 1、新和 1 井等预探井, 勘探开发的配套技术还需进一步完善, 因此本卷中不再探讨。

二、主要目标区域

塔里木油田已探明碳酸盐岩油气藏从区域上可以大致分为塔中和塔北两大区块, 如图 1-1 所示。塔中地区位于塔里木盆地中部的沙漠腹地, 构造上属于塔中隆起, 面积约为 $2.45 \times 10^4 \text{km}^2$, 是塔里木盆地中央隆起的一部分。该隆起北临满加尔凹陷, 西为阿瓦提凹陷, 南为塘古巴斯凹陷(图 1-2), 是一个加里东期定型的古隆起(张水昌等, 2011)。地震、钻井资料研究结果表明, 该地区断裂构造比较发育, 自北往南有塔中 I 号断裂带、塔中 10 号断裂带和塔中 II 号断裂带等。塔中区块碳酸盐岩储层包括塔中 1 号气田、塔中 6 号凝析气田、塔中 26 油田等。

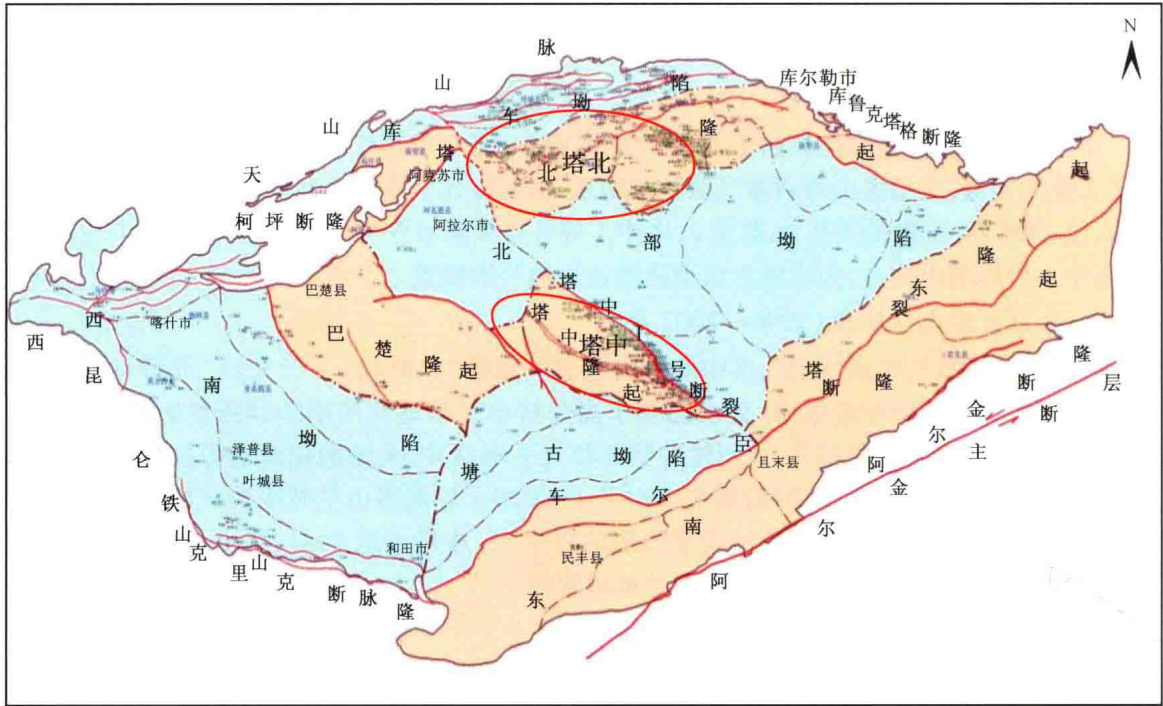


图 1-1 碳酸盐岩勘探开发区域分布图

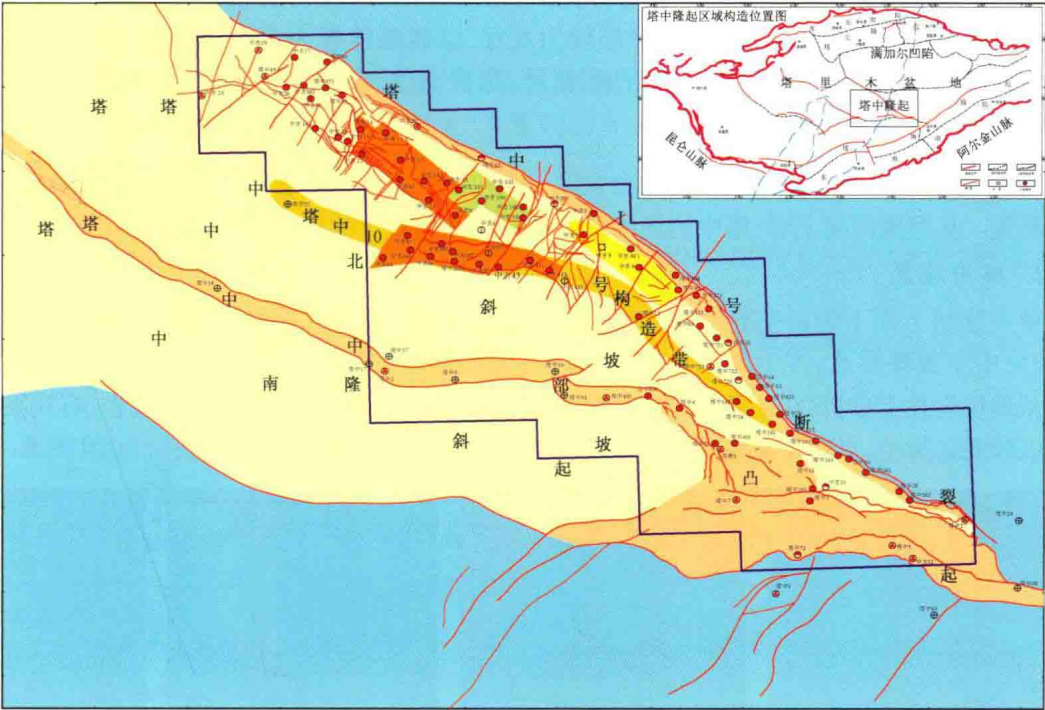


图 1-2 塔中隆起构造地理位置

塔北地区位于塔里木盆地北部(图 1-3),构造上属于塔里木盆地塔北隆起,总体近东西走向,略呈北东向展布,东西长约 480km,南北宽 70~100km,由东向西倾没。塔北隆起是海、陆相油气长期运聚的有利指向区,该区储集类型和油气藏类型丰富,目前已发现 11 套含油气组合,14 个大中型油气田,是塔里木盆地探明储量和石油产量最多的一级构造单元(倪新锋

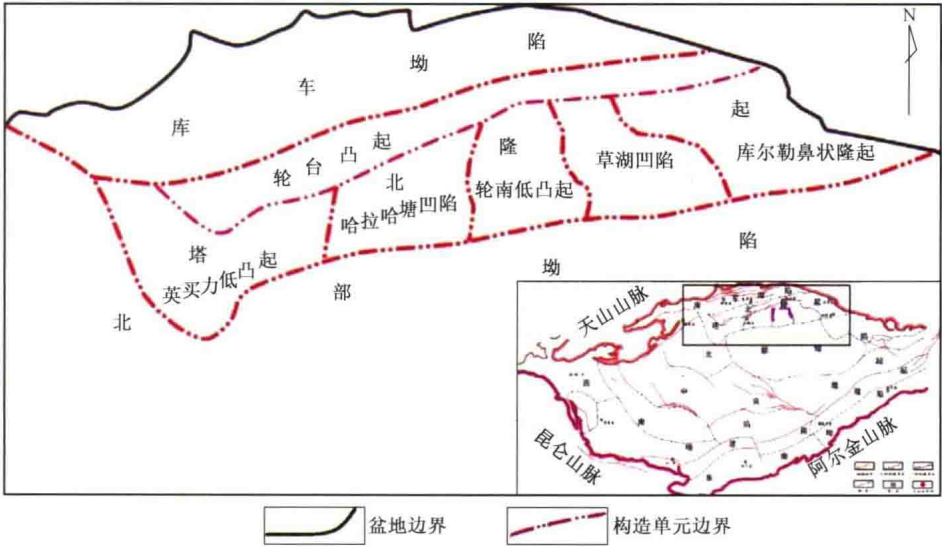


图 1-3 塔北区域构造位置示意图

等,2011)。塔北地区除了东河塘区块为海相碎屑岩储层之外,轮南、英买及哈拉哈塘、新垦、热普、跃满等地区的奥陶系碳酸盐岩储层较为发育,以碳酸盐岩为主力储层形成了英买油田、轮古油田和哈拉哈塘油田(包括哈拉哈塘、新垦、热普、金跃、跃满等区块)。

三、地层分层及岩性特征

塔中、塔北地区同属于塔里木盆地台盆区,在纵向上的地层层序大致相同,部分小区块地层存在缺失。从埋藏深度上看,塔中的奥陶系碳酸盐岩储层比泛哈拉哈塘地区浅1200~2500m。

1. 塔中地区

塔中区块上而下为新生界,中生界白垩系、三叠系,古生界二叠系、石炭系、志留系和奥陶系,缺失中生界侏罗系、古生界泥盆系、古生界中奥陶统。

从地层岩性上分析,在二叠系以上地层主要以砂泥岩为主,二叠系存在火成岩,石炭系—志留系以砂泥岩为主,奥陶系桑塔木组是大段泥岩,良里塔格组和鹰山组以石灰岩为主(图1-4)。

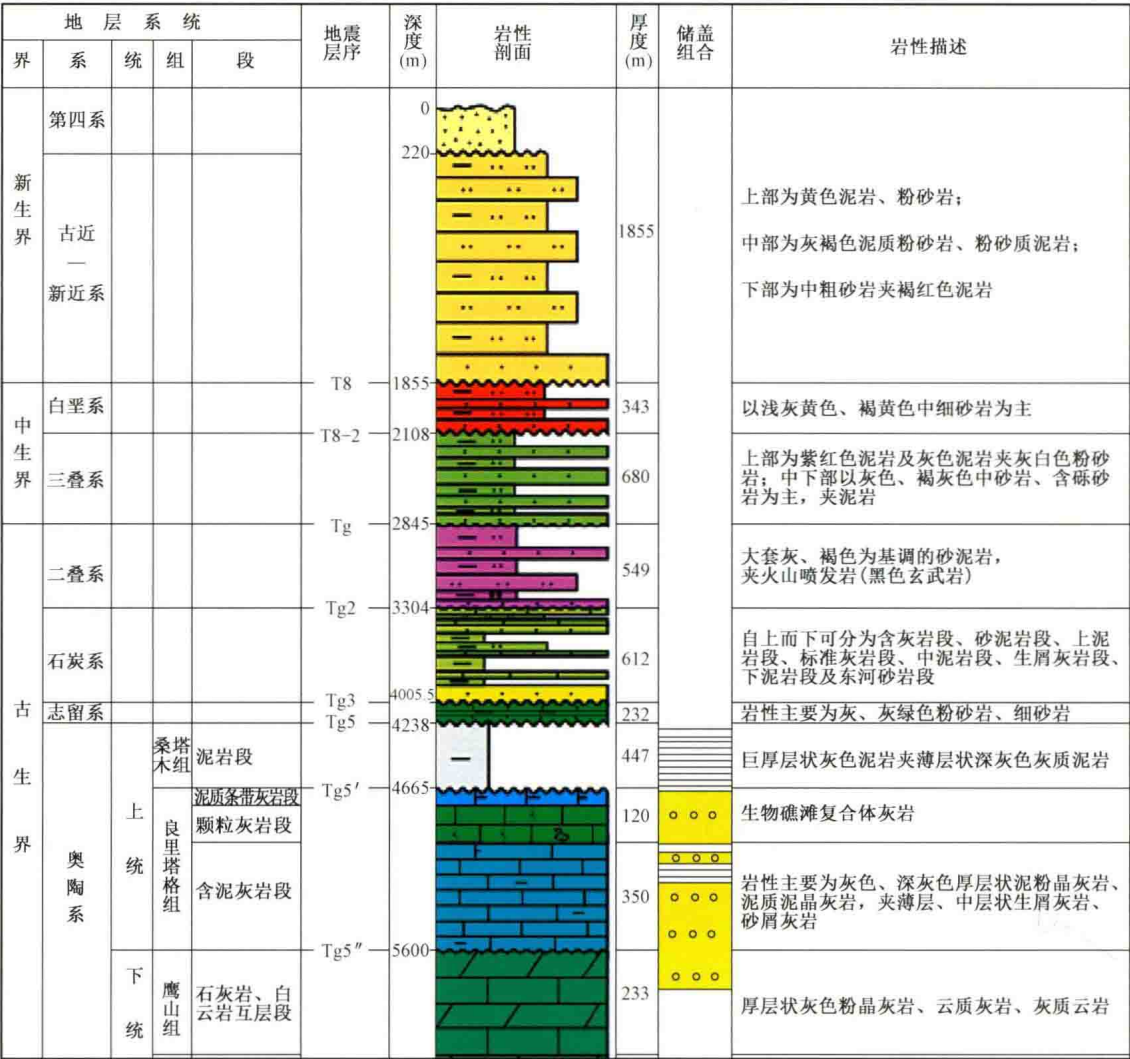


图1-4 塔中地区地层分层数据

如图 1-5 所示,在横向上,塔中地区储层埋深从东向西逐渐加深,在 4700 ~ 6200m。主要层位具有以下特点:

- (1)二叠系以上的地层横向上分布较为稳定,总体厚度在 2200 ~ 2500m。
- (2)二叠系地层整体厚度在 500m 以上,从东到西有加厚的趋势,但幅度不大,在中古 8 井区最厚约 770m。
- (3)石炭系地层分布稳定,厚度范围在 550 ~ 610m。
- (4)志留系地层自东向西逐渐增厚,塔中 62 井仅为 230m,而到了中古 15 井,厚度增加到 598m。
- (5)桑塔木组在中部较厚,东西两端减薄,塔中 82 井桑塔木组厚达 918m,而塔中 62 井桑塔木组仅厚 447m,中古 15 井桑塔木组仅厚 559m。

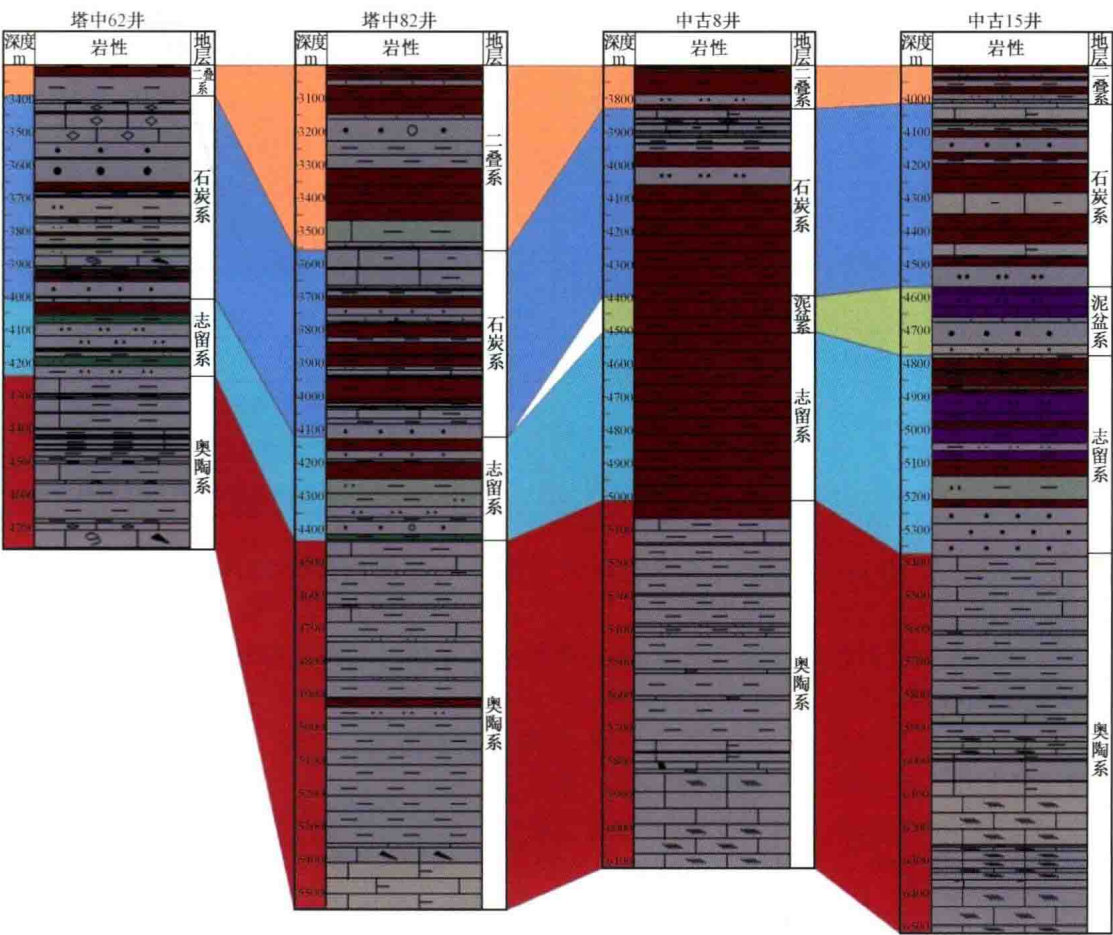


图 1-5 塔中地区地层横向对比示意图(从东至西)

2. 泛哈拉哈塘地区

哈拉哈塘区块从上至下发育新生界第四系、新近系、古近系,中生界白垩系、侏罗系、三叠系,古生界二叠系、石炭系、泥盆系、志留系、奥陶系,地层纵向上的岩性上分布与塔中地区基本一致(表 1-1)。



表 1-1 哈拉哈塘地层分层表

地层					地层代号 接触关系	厚度 (m)	岩性特征
界	系	统	组(群)	段			
新生界	第四系				Q		黏土、散沙、沙质黏土,未成岩
	新近系		库车组		N_2k	2507	砂质泥岩,膏质泥岩,粉砂岩, 细砂岩,泥岩,砂砾岩
			康村组		$N_{1-2}k$	356	
			吉迪克组		N_1j	306	
	古近系		库姆格列木群		$E_{1-2}km$	191	
中生界	白垩系	下统			K	1060	细砂岩,粉砂岩,砂砾岩,泥岩
	侏罗系	下统			J	63	粉砂岩,泥岩,煤层
	三叠系				T	487	泥岩,粉砂岩,砂砾岩,细砂岩
古生界	二叠系	下统			P	503	凝灰岩、玄武岩、泥岩、粉、细砂岩
	石炭系				C	143	砂岩、泥岩、砂砾岩、泥晶灰岩
	泥盆系	上统			D	299	大套细砂岩为主
	志留系	下统			S	525	粉—细砂岩、细砂岩、泥岩
	奥陶系	上统	桑塔木组	碎屑岩段	O_3s	212	灰质泥岩与含泥灰岩互层
			良里塔格组	良 1 段	O_3l^1	27	泥晶灰岩、砂屑灰岩、藻粘结岩
				良 2 段	O_3l^2	37	瘤状灰岩
				良 3 段	O_3l^3	64	砂砾屑灰岩
			吐木休克组	泥灰岩段	O_3t	22	褐灰、褐色泥晶灰岩、含泥灰岩互层
		中统	一间房组	鲕粒灰岩段	O_2y	102	砂砾屑灰岩、瓶筐障积岩、鲕粒灰岩
		中下统	鹰山组	鹰 1 段	$O_{1-2}y^1$		泥晶灰岩、砂屑灰岩、砂砾屑灰岩

如图 1-6,在横向上,泛哈拉哈塘地区储层埋深从北向南逐渐加深,埋深深度 6600 ~ 7600m。在层位厚度方面存在以下特点:

(1)新近系地层自北向南逐渐减薄,如北部的哈 8 井新近系地层厚达 3882m,而南部的富源 1 井新近系仅厚 2380m,二者相差达 1500m。

(2)二叠系地层埋深从北向南逐渐变浅,但厚度逐渐增加。北部二叠系埋深在 5800m 左右,厚度约 240m,而南部二叠系埋深约 4400,厚达 500m。

(3)志留系地层从北至南厚度增加,北部的哈 8 井志留系厚度约 230m,到了南端的富源 1 井,厚度达 1150m。

(4)桑塔木组地层自北向南逐渐增厚,哈 8 井桑塔木组缺失,新垦 4 井桑塔木组仅厚 40m,而金跃 7 井厚度 512m、富源 1 井达 829m。

3. 特殊岩性

区域特殊岩性是二叠系火成岩和桑塔木组灰质泥岩。

(1)二叠系火成岩:根据塔中、哈拉哈塘的实钻资料,在二叠系将钻遇火成岩,可钻性差,易发生井壁失稳、井漏复杂。塔中地区的二叠系火成岩顶界埋深在 2800 ~ 3400m,厚度在 550 ~ 770m,从东至西逐渐增厚;泛哈拉哈塘地区的二叠系顶界埋深在 4400 ~ 5800m,厚度在