

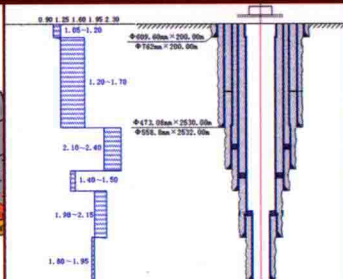
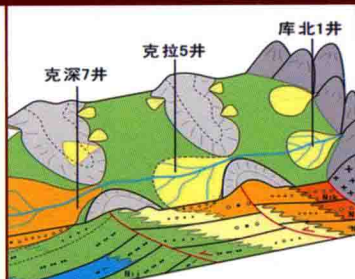
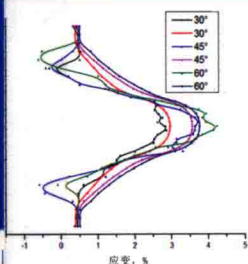


TALIMU YOUTIAN CHAOSHEN YOUQI KANTAN KAIFA LILUN YU JISHU CONGSHU

前陆冲断带 超深复杂地层钻井技术

QIANLU CHONGDUANDAI CHAOSHEN FUZA DICENG ZUANJING JISHU

胥志雄 龙平 梁红军 等著



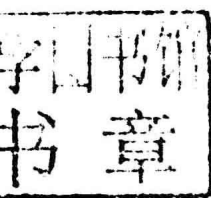
非外借

石油工業出版社

塔里木油田超深油气勘探开发理论与技术丛书(卷三)

前陆冲断带 超深复杂地层钻井技术

胥志雄 龙 平 梁红军 等著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书从塔里木盆地库车前陆冲断带工程地质特征及钻井难点入手,阐述了钻井攻关历程,总结了“十二五”期间塔里木油田在前陆冲断带超深复杂地层井身结构优化设计、复杂地层钻井工艺技术、抗高温高密度钻井液及固井技术、高压气井井控装备及井控工艺技术、超深井钻机配套技术等方面研究与应用取得的技术成果。

本书可供石油行业从事钻井工作方面的技术人员、管理人员以及石油院校相关专业师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

前陆冲断带超深复杂地层钻井技术/胥志雄等著.
—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 978-7-5183-1752-3

I. ①前… II. ①胥… III. ①复杂地层-油气钻井-
深井钻井 IV. ①TE245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 064929 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:18.5

字数:430 千字

定价:165.00 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

《前陆冲断带超深复杂地层钻井技术》

编 写 组

组 长：胥志雄

副 组 长：龙 平 梁红军 滕学清

编 写 人 员：(以姓氏笔画为序)

丁 辉	王延民	王春生	王胜军
王裕海	王 攀	尹 达	叶 艳
冯少波	冯伟雄	朱金智	刘 锐
刘德海	苏建文	李卫东	李 宁
李早元	李晓春	李 皋	李 磊
张 辉	陆运虎	陈志涛	周 波
周 健	袁中涛	贾应林	贾国玉
徐国何	章景城	程荣超	

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

塔里木盆地前陆冲断带超深复杂地层钻井技术攻关始于“八五”期间的东秋 5 井,经过“九五”、“十五”、“十一五”的持续攻关,库车山地 6000 米深度钻井技术基本成熟,利用攻关形成的配套技术,迪那气田开发实现了钻井周期控制在 180 天以内的目标,但是 7000 米深度的探井钻探难度极大,探索深层的西秋 2 井、克拉 4 井经历多次加深钻至 6400 米左右,受当时的井身结构、钻井装备、技术等条件制约,已接近目的层但均工程完钻。

“十二五”期间,塔里木油田依托国家科技重大专项“塔里木盆地库车前陆冲断带油气开发示范工程”“大型油气田及煤层气开发”,中国石油天然气股份有限公司重大科技专项“塔里木油田勘探开发关键技术研究”等项目,针对巨厚砾石层、复合盐膏层、超 7000 米埋深、超 150℃ 高温、超 120MPa 高压等世界级钻井难题开展了技术攻关,形成了以塔标系列井身结构优化设计及配套技术、高陡构造垂直钻井技术、“高温、高地应力、高含盐”地层钻完井液技术、高温高密度水泥浆固井及配套技术、超深井钻井装备配套技术为主的前陆冲断带复杂地层 7000 米超深井钻井技术系列。技术成果的应用,不仅大幅提高了库车山地复杂地层超深井的钻井速度,如克深、大北区块超 7000 米探井平均钻井周期与“十一五”相比降低 49.45%,6000~7000 米开发井平均钻井周期与“十一五”相比降低 42.41%,而且实现了 7000 米超深井钻井常态化,最大钻井深度达到了 8038 米,具备钻探 8000 米超深井能力,极大的推动了塔里木盆地山地超深层领域勘探开发的大发展。

本书注重理论与实践相结合,书中阐述的工艺技术均来自现场应用结果,来自于经验教训的总结,具有鲜明的观点和技术特色,力求贴近现场实用,不仅在塔里木盆地山地区域,而且对于国内类似区域具有很好的参考价值。

由于本书涉及的专业较多,加之笔者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳求同仁及读者批评指正。

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 区域地质背景	(1)
第二节 工程地质特征及钻井难点	(3)
第三节 前陆冲断带钻井攻关历程	(14)
第二章 超深复杂地层井身结构优化设计技术	(21)
第一节 工程地质预测技术	(21)
第二节 多压力体系超深井井身结构设计方法	(27)
第三节 塔标系列井身结构优化设计	(37)
第四节 国产高性能套管设计	(40)
第三章 超深复杂地层钻井工艺技术	(49)
第一节 盐上地层钻井技术	(49)
第二节 深层复合盐膏层钻井技术	(87)
第三节 超深盐下目的层钻井技术	(140)
第四章 抗高温高密度钻井液技术	(157)
第一节 抗高温高密度水基钻井液技术	(157)
第二节 抗高温高密度油基钻井液技术	(163)
第三节 超微高密度油基钻井液技术探索	(171)
第五章 抗高温高密度水泥浆固井技术	(175)
第一节 高密度水泥浆大温差长封固段固井技术	(175)
第二节 超高温超高密度水泥浆固井技术	(182)
第三节 高密度油基钻井液前置液技术	(191)
第四节 高密度水泥浆与隔离液、钻井液的相容性评价	(195)
第六章 高压气井井控装备及井控工艺技术	(203)
第一节 地层流体侵入和压力控制基础理论	(203)
第二节 高压气井井控装备配套技术	(207)
第三节 高压气井压井工艺技术	(214)
第四节 井控安全风险评价技术	(229)
第七章 超深井钻机配套技术	(243)
第一节 超深井钻机配置技术	(243)
第二节 塔里木油田山地区域钻机配套标准	(247)

第八章 超深复杂井钻井技术成果及应用前景 (273)

 第一节 超深复杂井钻井技术成果 (273)

 第二节 超深复杂井钻井技术发展方向 (276)

 第三节 超深复杂井钻井技术应用前景 (281)

参考文献 (282)

第一章 概述

第一节 区域地质背景

一、区域地理环境

1. 地理位置

塔里木盆地前陆区的勘探开发主要集中在库车坳陷,而库车坳陷位于塔里木盆地北部,北与南天山断裂褶皱带以逆冲断层相接,南为塔北隆起为界,东起阳霞凹陷(巴音郭楞蒙古自治州轮台县),西至乌什凹陷(阿克苏地区乌什县),是一个以中、新生代沉积为主的叠加型前陆盆地。总体呈东西向展布,东窄西宽,东浅西深,东西长约 500km,南北宽 30 ~ 100km,勘探面积约 28000km²(图 1-1)。

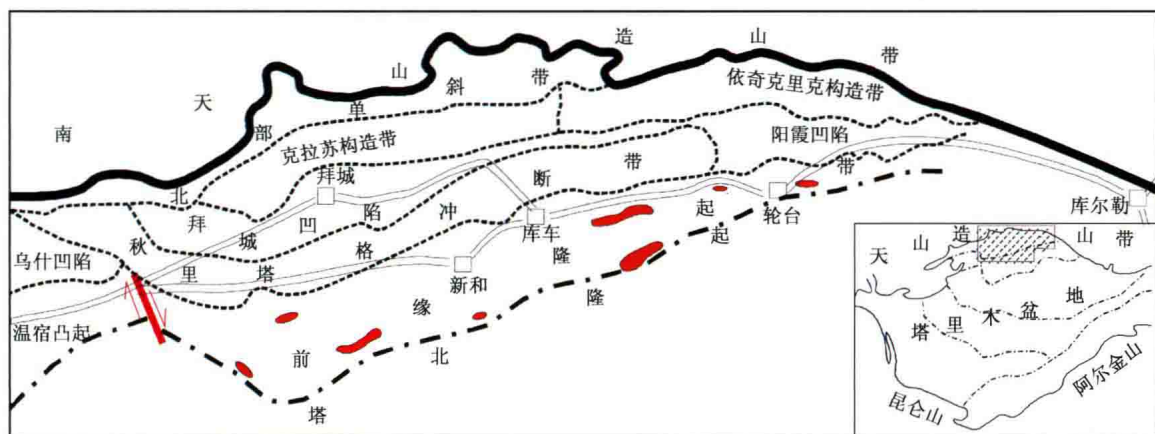


图 1-1 库车坳陷地理位置图

2. 区域自然概况

库车坳陷地表主要为山地,次为戈壁,海拔在 1300 ~ 2100m 之间。整个探区属温带大陆性半干旱气候,气候干燥,降雨量少,年平均降水量 187.4mm,年蒸发量 1331.2mm;日照长,冬季寒冷,夏季干热,气温最低 -24℃,最高 39℃,年平均气温 8℃;风力一般 4 ~ 5 级,最大 10 ~ 12 级;区域植被稀少,生态环境脆弱。春秋季多风,沙尘暴影响较严重,7—8 月份可能有间歇性洪水。

探区交通较为便利,移动信号基本覆盖。

二、区域地质概况

1. 构造概况

库车坳陷自北向南分为四个构造单元,即克一依冲断带、乌什—拜城—阳霞凹陷、秋里塔格冲断带、前缘隆起带。作为库车坳陷天然气主产区的克拉苏冲断带位于库车坳陷中部,是南天山南麓第一排冲断构造,由北部单斜带、克拉苏构造带两个次级构造单元组成。

克拉苏构造带南北向以克拉苏断裂为界可进一步划分为克拉区带和克深区带,克深区带东西向可分为5段:阿瓦特段、博孜段、大北段、克深段、克拉3段。克拉苏构造带构造演化始于燕山晚期,定型于喜马拉雅晚期,库车组沉积中、晚期构造活动最强烈,形成了克拉苏构造带现今的构造格局。

2. 地层概况

库车坳陷是一个以古生代石炭系石灰岩或二叠系火成岩为基底,以中、新生代沉积为主的叠加型前陆盆地,其中新生代地层发育齐全,自三叠系到第四系共划分为19个组,总厚度近10000m。陆相三叠系和中下侏罗统是主要烃源岩。厚度3000m的三叠、侏罗系具体划分出两类五套烃源岩,其中,上三叠统黄山街组和中侏罗统恰克马克组是两套湖相烃源岩;上三叠统塔里奇克组、下侏罗统阳霞组、中侏罗统克孜勒努尔组是三套湖沼相煤系烃源岩,湖相烃源岩母质优于湖沼相煤系烃源岩。

3. 圈闭概况

库车坳陷发育多套储盖组合,从下而上可分为:(1)中下侏罗统阳霞组煤系地层及泥岩与阿合组及阳霞组内部发育的砂岩形成良好的储盖组合;(2)下白垩统舒善河组—上侏罗统恰克马克组大套泥岩与中侏罗统克孜勒努尔组上部发育的砂岩形成一套储盖组合;(3)古近系膏盐层与白垩系巴什基奇克组砂岩形成的一套优质储盖组合。

1998年,克拉2井在古近系砂质白云岩3499.87~3534.66m井段中途测试,用 $\phi 6.35\text{mm}$ 油嘴求产,获日产天然气 $27.7 \times 10^4 \text{m}^3$,成为克拉2气田的发现井,该气田的发现,为西气东输工程的建设奠定了坚实的资源基础。

1999年大北1井在白垩系砂岩获得工业气流,发现了千亿立方米级的大气藏,初步揭示了克拉苏构造带具有整带富集天然气的前景。

2007年,塔里木油田分公司认为超深层是库车坳陷天然气大发展最重要的领域,优选了克深2圈闭作为风险勘探目标。2008年6月,克深2井完钻,完钻井深6780m,钻揭底砂岩—白垩系巴什基奇克组砂岩段厚度215.5m。2008年8月,对白垩系巴什基奇克组6573~6697m井段完井测试,酸化后8mm油嘴求产,油压45.543MPa,折日产气 $46.64 \times 10^4 \text{m}^3$ 。克深2井的发现,是克拉苏构造带超深层天然气勘探的战略性突破,是继克拉2气田后克拉苏构造带最为重要的发现。克深2井发现后,克深区带的研究也得到进一步深化,明确了克拉苏构造带南北分五带、东西分四段的构造格局,克深段为圈闭最发育、资源量最大的有利区带。

近年来,通过不断深化地质认识,将克深段划分为由北向南相互叠置的八排构造,已在第二、三、四、五排构造上发现了克拉2、克深6、克深2、克深8、克深9等气藏,其中克拉苏构造带千亿方气藏7个。截至目前,克拉苏构造带深层共发现14个气藏,克深区带万亿立方米天然气储量规模基本靠实。

第二节 工程地质特征及钻井难点

一、盐上地质特征及钻井难点

(1)地层倾角大,采用常规防斜措施难以解决防斜与加大钻压的矛盾。

库车山地盐上地层属于典型高陡构造,浅层倾角普遍高,单井地层倾角大于 30°的井段长达 3000m 以上,部分已钻井的最大地层倾角统计如图 1-2 所示。

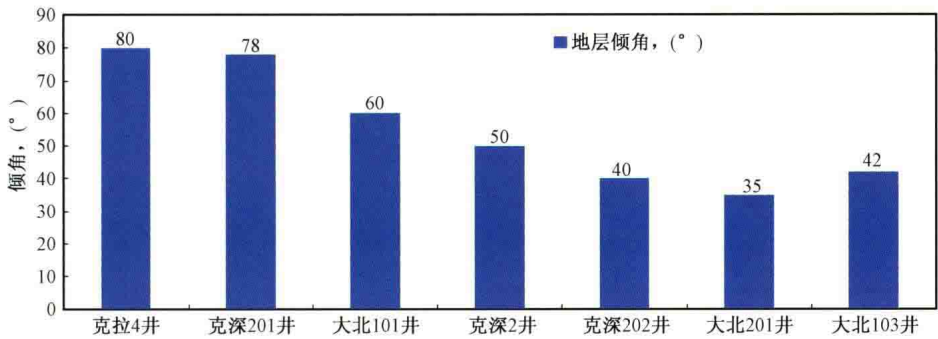


图 1-2 库车山地部分井最大地层倾角统计图

通过与南美洲安第斯山前、北海、巴西等地区地层倾角对标可见(图 1-3),库车山地与安第斯山地为全球最陡地层,地层倾角达到 80°。巴西盐下地层倾角也达到了 80°,但不是构造运动形成的,而是盐刺穿形成的。

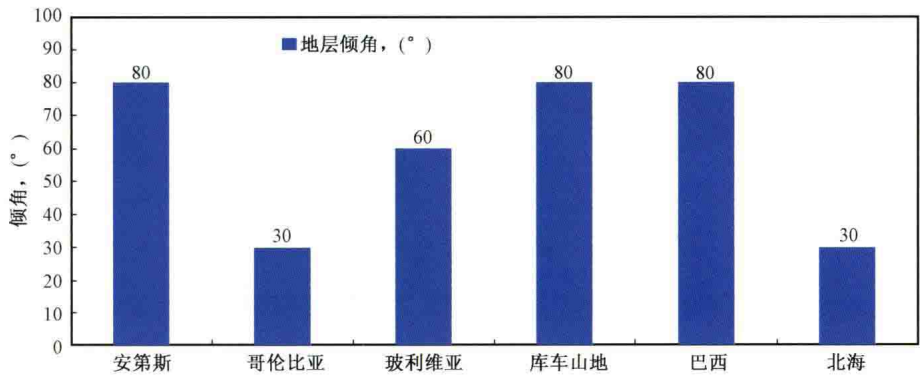


图 1-3 全球主要高陡构造地层的倾角对比图

高陡构造区域钻井,常规防斜措施难以见到成效,普遍采用垂直钻井技术(如大北 3 井 444.5mm 井眼采用常规钟摆组合,进尺 2951m,钻井时间 157.5d;大北 302 井 444.5mm 井眼,采用垂直钻井技术,进尺 2153m,钻井时间 52 天)。库车山地钻井主要采用斯伦贝谢公司的 PowerV 垂直钻井技术;南美洲安第斯山地钻井,以阿根廷为例,采用 Straight-Hole Drilling Device(简称 SDD)垂直钻井技术;巴西深水盐下钻井前期采用螺杆+MWD 防斜,后期采用旋转

导向(RSS)技术;北海钻井以大位移井为主,采用的主要是贝克休斯的 AutoTrack 旋转导向钻井技术。全球主要高陡构造地层防斜打快技术见表 1-1。

表 1-1 全球主要高陡构造地层防斜打快技术统计表

地区名称	最大地层倾角,(°)	形成原因	防斜打快技术
库车山地	80	构造运动	PowerV 垂直钻井技术
安第斯山地	80	构造运动	SDD 垂直钻井技术
哥伦比亚	30	构造运动	
玻利维亚	60	构造运动	
巴西桑托斯构造	80	盐刺穿	RSS 旋转导向钻井技术
北海南部	30	盐刺穿	AutoTrack 旋转导向钻井技术

(2) 砾石层厚度大,可钻性差,机械钻速低,钻井周期长。

库车山地砾石层主要集中在克拉苏构造带的博孜、大北、吐北及克拉苏背斜南北翼,具有东薄西厚、南薄北厚的特点,东西长约 150km,南北宽约 40km,如图 1-4 所示。

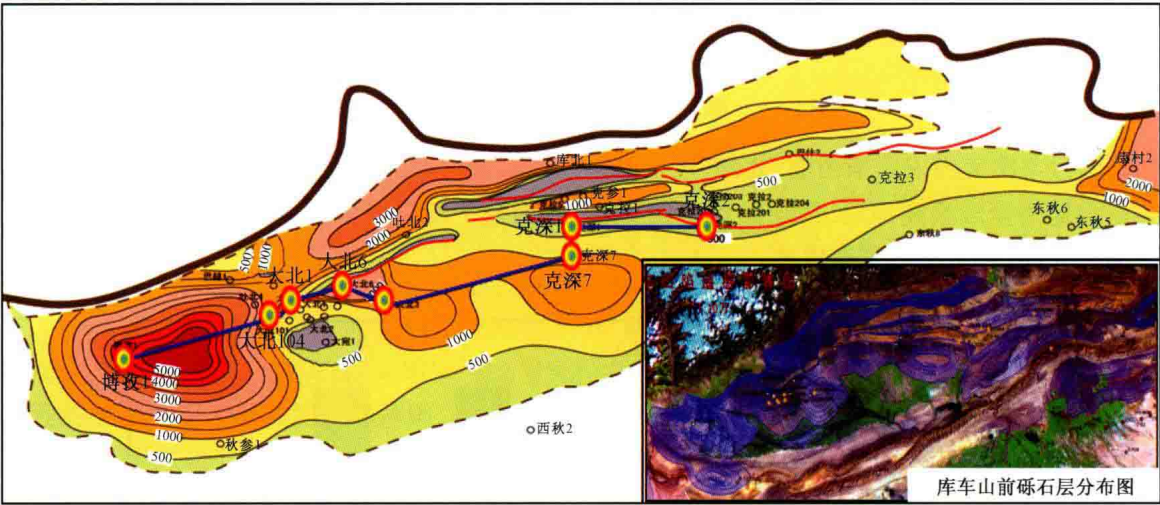


图 1-4 库车坳陷中部砾石层分布图

库车山地与世界各地区砾石层对比见表 1-2,其中库车山地砾石层厚度最大、分布井段最广。

表 1-2 库车山地与世界各地区砾石层对比表

地区名称	砾石层分布井段,m	最大厚度,m
库车山地	0 ~ 6650	5830
四川九龙山	3000 ~ 3200	200
北海中部		550
俄克拉何马州 Anadarko	2100 ~ 2700	600

世界各地区砾石层给钻井带来的挑战是类似的,都表现为钻头寿命短、进尺短、机械钻速低,是所在地区制约钻井提速的主要难点。

从表 1-3 可以看出,砾石层段钻井速度远低于砂泥岩段钻井速度。

表 1-3 博孜 1 构造砾石层与克深区块砂泥岩地层钻井对比表

井号	井眼尺寸 mm	井段 m	进尺 m	主要 岩性	平均钻速 m/h	钻头用量 只	钻井时间 d	备注
博孜 1	444.5 + 406	125 ~ 2476	2351	砾岩	1.18	29	107	常规钻井
博孜 102	333.3	3502 ~ 6451	2949	砾岩、砂泥岩	1.02	26	178	空气钻井 + 常规钻井
克深 206	444.5	200 ~ 1802	1602	砂泥岩	10.25	3	16	VDT、ZBE 垂直钻井
KeS2 - 2 - 3	333.3	1802 ~ 5389	3587	砂泥岩	5.53	7	47	PowerV 垂直钻井

从表 1-4 可以看出,大北—克深地区砾石及含砾集中段平均单段长 1361.67m,平均钻井时间 89 天,平均机械钻速 0.99m/h,平均行程钻速仅 0.73m/h,平均单只钻头进尺 84.23m。

表 1-4 大北—克深地区部分井砾岩及含砾集中段钻井指标统计表

井号	井段 m		进尺 m	钻井时间 d	平均机械 钻速 m/h	平均行程钻速 m/h	钻头数量 只	平均单只 钻头进尺 m/h
大北 1	0	2070	2070	41	2.01	1.52	20	103.5
	2250	2450	200	8	1.99	1.63	1	200
	2900	5000	2100	294	0.45	0.37	51	41.18
大北 102	4200	4450	250	15	1.27	0.99	2	125
大北 103	0	300	300	12	4.02	3.36	1	300
	4600	4920	320	31	0.81	0.63	6	53.33
大北 104	0	3370	3370	126	1.64	1.26	34	99.12
	3800	4360	560	43	0.84	0.6	7	80
大北 2	3800	4200	400	20.01	0.69	0.66	1	400
大北 201	3700	4200	500	33	1.22	0.82	6	83.33
大北 202	0	3500	3500	92	2.22	1.75	22	159.09
	4650	5020	370	27	0.91	0.68	3	123.33
大北 3	0	1600	1600	67	1.34	1.14	25	64
	2700	3900	1200	95	0.8	0.57	24	50
	5100	5500	400	19	1.43	1.13	3	133.33
大北 301	0	1330	1330	53	1.31	1.08	11	120.91
	4680	5320	640	25	1.71	1.16	3	213.33
大北 6	0	6000	6000	546	0.79	0.54	87	68.97
克深 1	2600	4100	1500	111	0.99	0.61	18	83.33
克深 2	3800	4220	420	32	0.91	0.68	3	140



续表

井号	井段 m		进尺 m	钻井时间 d	平均机械 钻速 m/h	平均行程钻速 m/h	钻头数量 只	平均单只 钻头进尺 m/h
克深 201	3500	4150	650	38	1.07	0.74	7	92.86
克深 202	4100	4700	600	44	1.03	0.74	4	150
克深 7	0	900	900	22	2.44	2.05	6	150
	3500	7000	3500	342	0.67	0.48	43	81.4
平均单段指标			1361.67	89	0.99	0.73	16.17	84.23

(3) 砾岩、砂岩、泥岩互层发育,影响钻井速度。

库车山地砾石层主要集中在博孜、大北、吐北及克拉苏背斜南北翼,而其他区域砾石、砂岩、泥岩互层发育,其中含砾段对钻井速度影响较大。从表 1-5 可以看出,克深 8 区块含砾段仅占全井进尺的 9.46%,但钻井时间占全井的 16.51%。因此,砾石、砂岩、泥岩互层的发育程度直接影响全井的钻井速度,是必须要解决的关键问题之一。

表 1-5 克深 8 区块含砾段对全井钻井的影响统计对比表

井号	全井数据		含砾段数据		含砾段进尺占 全井进尺比例 %	含砾段钻井时间占 全井时间比例 %
	完钻井深 m	钻井时间 d	含砾段厚度 m	钻井时间 d		
克深 8	6922	306	682	44.3	9.9	14.5
克深 801	7360	275	635	50	8.6	18.2
克深 802	7362	216	686	50.5	9.3	23.4
克深 8003	6931	215	658	37.8	9.5	17.6
克深 8004	7026	193	693	40.8	9.9	21.1
克深 805	7116	306	631	29.3	8.9	9.6
克深 806	7018	169	606.5	43.2	8.6	25.6
克深 807	7135	203	689	35.4	9.7	17.4
KeS8-1	6949	162	685	22.9	9.9	14.1
KeS8-2	7045	212	739	18.5	10.5	8.7
平均	7086.4	225.7	670.45	37.27	9.46	16.51

二、盐层地质特征及钻井难点

(1) 盐层厚度大、温度高、压力高,钻井难度大。

库车山地盐层普遍发育(图 1-5),埋深 484 ~ 7945m,属盐岩、膏岩和“软泥岩”等组成的

复合盐岩层。古新统一始新统库姆格列木群在库车山地广泛分布,沉积厚度为 400 ~ 1000m,局部地区厚度超过 3000m。库姆格列木群总体是干旱炎热的古气候,红层和巨厚盐膏层发育。山前露头剖面发育几套薄层碳酸盐岩表明库车当时海侵表现为间歇性,与广海连通不畅,总体为半闭塞海湾—潟湖的蒸发边缘海沉积环境。当时古地理格局为“东北部高,西部低”,东、北部发育直接入海的扇三角洲。东部不发育蒸发岩系,说明该区有经常性淡水注入盆地。始新统一渐新统苏维依组岩性主要为褐色泥岩、粉砂质泥岩、夹膏质泥岩及细砂岩,厚度在 200 ~ 400m 之间(图 1-6)。

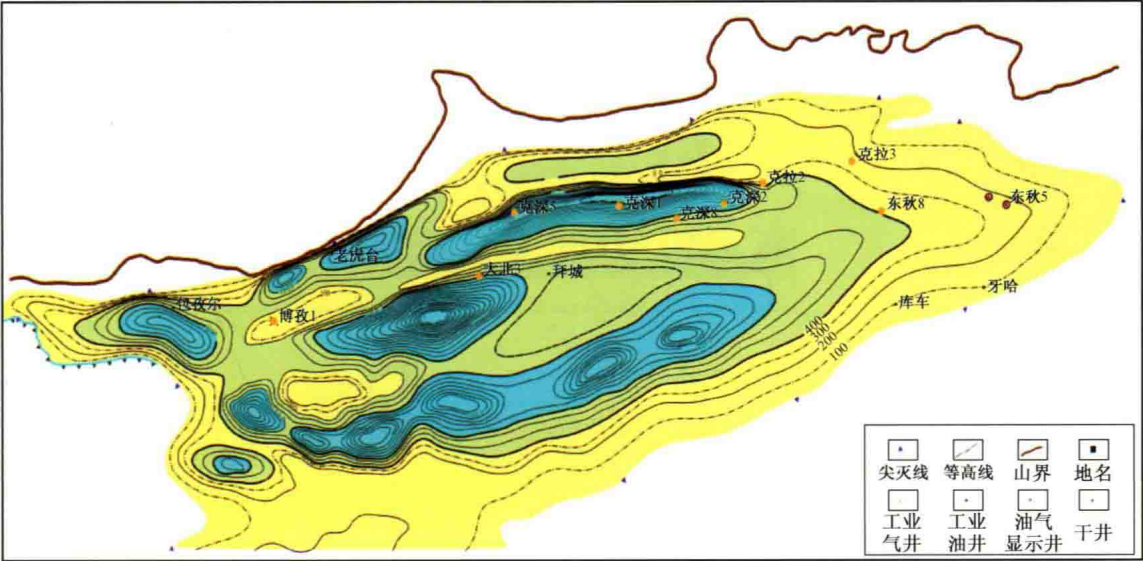


图 1-5 古近系膏盐岩分布图

库车山地盐层发育复杂,从图 1-7 可以看出,同一构造盐层埋深差异较大,导致地质卡层的难度极大。

库车山地与世界主要地区盐层的对比见表 1-6。其中库车山地盐层分布的井段最广,从 484m 到 7945m 都有盐层;墨西哥湾海上油田的盐层最厚,达到 5487m;北海的盐层最薄,仅为 600m;库车山地、北海、墨西哥陆上盐层都是复合盐层,墨西哥湾海上、巴西海上油田的盐层都是均匀的一套盐层;库车山地复合盐层内有高压盐水层,盐水最高压力系数 2.60。墨西哥南部陆上油田的盐间也有高压盐水,最高压力系数 2.27。巴西盐层地层压力为常压,北海情况不明,墨西哥湾盐层最高压力系数 1.80。

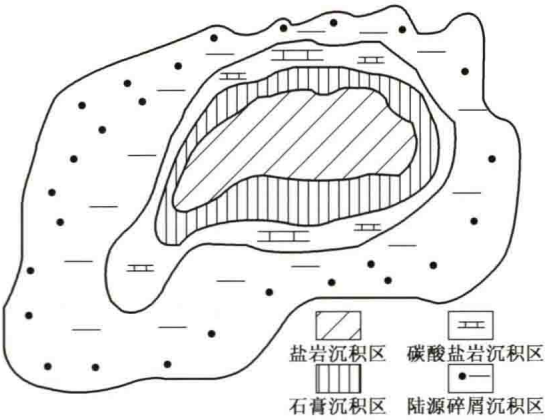


图 1-6 蒸发湖泊沉积模式平面图