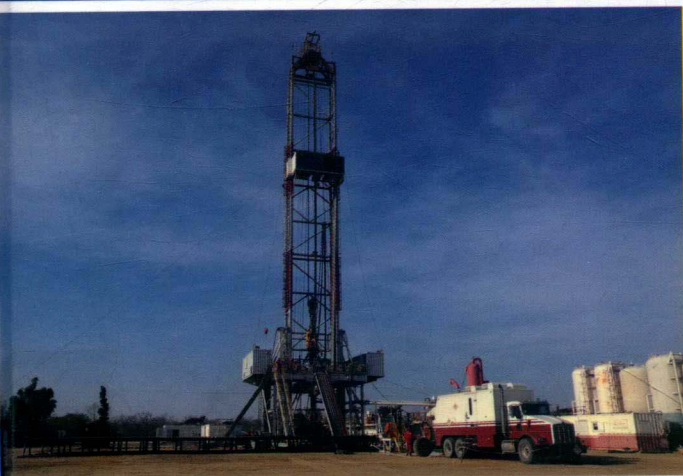


Drilling, Testing and  
Workover Techniques in Bongor Basin, Chad

# 乍得邦戈尔盆地 钻完井及试修技术

罗淮东 文光耀 石李保 曲兆峰 主编



钻井工程



科学出版社

# 乍得邦戈尔盆地钻完井及试修技术

Drilling, Testing and Workover Techniques in Bongor Basin, Chad

罗淮东 文光耀 石李保 曲兆峰 主编

科学出版社

北京

---

## 内 容 简 介

本书详细、系统地总结了非洲乍得项目开展 10 年来取得的邦戈尔盆地钻完井与试修作业成果、经验及认识。全书以理论知识为基础,以技术应用实践为目标,主要分为绪论、钻井篇和试修篇。钻井篇主要内容包括井身结构、钻井液技术、固井技术、钻头及提速技术、花岗岩潜山安全钻井技术、工厂化钻井技术等;试修篇主要内容包括试油作业、油井检泵作业、注水作业、酸化作业、封堵封隔作业等。

本书可供乍得项目及非洲其他区域项目的油气钻井工程技术人员与管理人员使用,也可供相关专业技术人员、科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

乍得邦戈尔盆地钻完井及试修技术=Drilling, Testing and Workover Techniques in Bongor Basin, Chad/罗淮东等主编. —北京:科学出版社,2017  
ISBN 978-7-03-056391-0

I. ①乍… II. ①罗… III. ①盆地—油气钻井—完井—乍得  
IV. ①TE257

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 012413 号

责任编辑:吴凡洁 冯晓利/责任校对:桂伟利

责任印制:张克忠/封面设计:铭轩堂

**科学出版社出版**

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

**北京印匠彩色印刷有限公司印刷**

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年12月第一版 开本:787×1092 1/16

2017年12月第一次印刷 印张:19 3/4

字数:446 000

**定价:298.00 元**

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 编 委 会

主 任：陈曙东

副主任：文光耀 段德祥 周作坤 刘新云

委 员(按姓氏笔画排序)：

王仁冲 王金国 王景春 石李保 卢学赢  
任立忠 曲兆峰 刘烈强 罗淮东 黎小刚

## 编 写 小 组

主 编：罗淮东 文光耀 石李保 曲兆峰

副主编：段德祥 张小宁 景 宁 孙云鹏

主要编写人员(按姓氏笔画排序)：

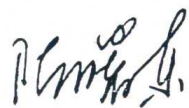
王文广 王东平 王治中 王东烁 王希雄  
方 慧 石李保 曲兆峰 孙云鹏 张小宁  
张绍辉 张艳娜 苏锦广 罗淮东 贺振国  
秦海滨 郭 俊 黄宏军 景 宁 温军彦  
黎小刚 滕新兴 魏 俊

## 序

非洲一直是中国石油发展海外油气战略的重点地区之一。乍得项目位于非洲中西部的邦戈尔盆地，由于非洲板块与欧亚板块的碰撞，形成的近南北向挤压应力使近东西走向的盆地发生了强烈反转，令该盆地具有显著的被动裂谷特点。盆地内沉积了巨厚的陆源湖相碎屑岩地层与潜山带地层，开发目的层主要包括白垩系砂岩储层及寒武系的花岗岩潜山储层，但白垩系地层倾角大、井壁稳定性差，花岗岩潜山地层可钻性差、溢漏问题突出，给钻井、试油带来诸多挑战。

自 2007 年中国石油全面接管乍得项目以来，经过 10 年的发展，在素有非洲死亡之心的乍得邦戈尔盆地，完成 380 余口实钻井，从勘探初期到建成年产 300 万 t、规划产能  $800 \times 10^4 \text{t}$  的中大型油田，倾注了中国石油众多专家及技术工作人员的大量心血。

《乍得邦戈尔盆地钻完井及试修技术》一书是乍得项目全体参战人员在完成油田产能建设的同时形成的又一项重要成果，是目前乍得邦戈尔盆地钻完井与试修工艺应用实践较为详细和系统的论著。全书包括绪论、钻井篇、试修篇共 15 章，全面总结了项目运行过程中，针对存在的钻井和试修技术难点研究形成的，以丛式井工厂化钻井、井身结构优化、钻头及工具优选、泥页岩井壁稳定、欠平衡与控压钻井、储层保护、钻井废弃物处理、注水、酸化、长裸眼段分层测试等为代表的油田高效开发钻井和试修技术理论成果，为践行“创新、绿色、共享、协调、开放”新发展观，加快科技成果转化成为生产力，促进中国石油乍得项目优质、高效、稳健发展，不断做出新的贡献。



2017 年 12 月 20 日

## 前言

非洲一直是中国石油天然气股份有限公司(以下简称中石油)(CNPC)发展海外油气战略的重点地区之一,近年已在乍得发现 Ronier 等八个油田,合计原油 2P 地质储量(最佳估算量) $4.8 \times 10^8 \text{t}$ (3477.4MMstb), 2P 可采储量  $1.3 \times 10^8 \text{t}$ (976.7MMstb)。“十三五”期间有望进一步建成年产原油  $600 \times 10^4 \text{t}$  油田规模,将使乍得成为中石油在非洲除苏丹外又一重要原油生产区,这对中石油进一步扩大在非洲的油气业务与海外份额油产量、保障我国能源安全具有重大的战略意义。

中油国际乍得项目位于非洲西部,气候条件恶劣,当地工业基础薄弱。具有代表性的邦戈尔(Bongor)盆地有上、下两套构造层,下构造层为白垩系,上构造层为古近系,主体结构类型是南断北超的箕状断陷,经历了反复的构造变化,构造面貌复杂。主要开发白垩系砂岩及寒武系的花岗岩潜山储层,钻完井主要难点为井斜难控制、井壁易失稳、可钻性差、溢漏问题。

本书较为详细地总结了中油国际乍得项目产能建设过程中形成的钻井、试油、修井配套技术及应用实践,由中油国际(乍得)有限责任公司(CNPCIC)作业部和中石油勘探开发研究院工程技术研究所共同组织编写,全书分为钻井篇与试修篇,共十五章内容:绪论主要介绍项目史、社会状况、基础石油工业现状、地理位置、地理环境、地层特点和储层特征等,由石李保、张小宁等编写;第一章主要介绍乍得项目钻井概况,包括自开发以来的钻井技术发展、相关指标和主要钻井难点等,由罗淮东、石李保、张小宁等编写;第二章介绍乍得项目地层压力与地层岩性特征、井身结构优化设计及应用,由张绍辉、滕新兴、方慧等编写;第三章介绍乍得项目钻井液设计难点、井壁稳定技术、潜山钻井液技术和储层保护技术,由张艳娜、黄宏军、罗淮东等编写;第四章主要介绍各层级套管的固井工艺,由王希雄、王治中等编写;第五章主要介绍可钻性研究、钻头优选与应用和基岩钻井提速技术,由张小宁、石李保等编写;第六章主要介绍花岗岩储层特征、欠平衡钻井技术和控压钻井技术,由石李保、罗淮东、张小宁等编写;第七章主要介绍丛式井可行性分析、丛式井整体方案设计、丛式井钻井装备和丛式井快速钻井技术,由王治中、贺振国等编写;第八章主要介绍试修作业概况,自勘探、开发以来的试修技术发展、相关指标和试修作业难点等,由王文广、文光耀等编写;第九章主要介绍完井及试油作业,包含射孔工艺、常规试油工艺、地层测试技术和试油作业程序,由孙

云鹏、温军严、王东平等编写；第十章主要介绍油井检泵作业，常规作业工序、螺杆泵井作业和电潜泵井作业，由文光耀、孙云鹏、王东烁等编写；第十一章主要介绍注水井作业、注水工艺原理、注水管柱和试注与转注，由文光耀、孙云鹏、王东烁等编写；第十二章主要介绍酸化工艺，包含酸化机理、酸液及添加剂、酸化工艺及设计、酸化施工，由曲兆峰、文光耀等编写；第十三章主要介绍封堵作业、挤水泥封层、打水泥塞、打桥塞、钻塞，由孙云鹏、王东烁等编写；第十四章主要介绍典型试修作业井案例，由孙云鹏、孙锦光、王东烁、秦海滨等编写。

本书的编写与出版得到了中石油、中油国际(乍得)有限责任公司作业部和中石油勘探开发研究院、长城钻探工程公司乍得项目部等单位领导和专家的大力支持与关注，在此一并表示感谢！

本书收集多方资料，汇集多个学科，构思与编写耗时 12 个月，组织四次审稿修改，意在真实记录乍得项目开始以来所取得的成绩与突破，铭记现场作业人员为项目的顺利实施所付出的辛勤汗水，向乍得项目开展十周年致敬、献礼！

由于乍得项目区块地层构造复杂，涉及的钻井与试修应用技术领域广、数据资料庞大复杂，加之编者水平有限，本书难免存在缺陷，敬请广大读者批评指正！

作 者

2017 年 12 月

# 目录

序	
前言	
绪论	1
第一节 项目概况	1
第二节 地质概况	4

## 第一篇 钻 井 篇

第一章 钻井概况	11
第一节 中石油接管前 EnCana 钻井指标	11
第二节 中石油接管后钻井指标	13
第三节 钻井难点	15
第二章 井身结构	22
第一节 井身结构技术发展概况	22
第二节 乍得 Bongor 盆地地层岩性及地层压力特征	23
第三节 井身结构优化设计及应用	28
第三章 钻井液技术	35
第一节 钻井液技术发展概况	35
第二节 钻井液设计难点	41
第三节 井壁稳定钻井液技术	43
第四节 潜山钻井液技术	53
第五节 储层保护技术	57
第四章 固井技术	61
第一节 固井难点	61
第二节 固井技术措施	62
第五章 钻头及提速技术	69
第一节 钻头技术发展概况	69
第二节 砂泥岩地层提速技术	76



第三节 基岩提速技术 .....	85
<b>第六章 花岗岩潜山安全钻井技术 .....</b>	<b>96</b>
第一节 花岗岩储层特征 .....	96
第二节 花岗岩潜山储层常规钻井技术概况 .....	101
第三节 欠平衡钻井技术 .....	103
第四节 控压钻井技术 .....	112
<b>第七章 丛式井工厂化钻井技术与实践 .....</b>	<b>126</b>
第一节 丛式井工厂化钻井可行性论证 .....	126
第二节 钻机改造及装备配套 .....	129
第三节 乍得丛式井工厂化钻井平台优化设计 .....	135
第四节 丛式井工厂化钻井现场实施 .....	143
第五节 钻井废弃物处理技术 .....	147

## 第二篇 试 修 篇

<b>第八章 试修作业概况 .....</b>	<b>179</b>
第一节 概述 .....	179
第二节 试修相关技术应用 .....	180
<b>第九章 完井及试油 .....</b>	<b>183</b>
第一节 完井方法 .....	183
第二节 射孔工艺 .....	185
第三节 试油工艺 .....	192
<b>第十章 油井检泵作业 .....</b>	<b>204</b>
第一节 螺杆泵井作业 .....	204
第二节 电潜泵井作业 .....	212
<b>第十一章 注水井作业 .....</b>	<b>224</b>
第一节 注水工艺原理 .....	224
第二节 注水管柱 .....	225
第三节 试注与转注 .....	228
<b>第十二章 酸化工艺技术 .....</b>	<b>234</b>
第一节 储层伤害原因及酸化机理 .....	234
第二节 酸液及添加剂 .....	238
第三节 酸化工艺 .....	244
第四节 酸化施工 .....	246
第五节 酸化施工井的效果分析 .....	250
<b>第十三章 封堵作业 .....</b>	<b>253</b>

第一节	水泥承留器挤水泥封堵工艺	253
第二节	可钻式桥塞封隔工艺	257
第三节	可捞式桥塞封隔工艺	260
第四节	注水泥塞封隔技术	262
第五节	裸眼桥塞封隔技术	264
<b>第十四章</b>	<b>典型试修井作业案例</b>	<b>269</b>
第一节	试油、射孔作业案例	269
第二节	修井作业案例	287
<b>参考文献</b>		<b>300</b>

# 绪 论

## 第一节 项目概况

乍得项目分位于非洲中部乍得共和国境内。乍得共和国是位于非洲中部的内陆国家，国土面积  $128.4 \times 10^4 \text{km}^2$ 。周边国家包括利比亚、苏丹、中非、喀麦隆、尼日利亚及尼日尔(图 0-1-1)，气候分三个带( $14 \sim 44^\circ\text{C}$ )，北部为热带沙漠，中部为热带草原(降雨小于 500mm)，南部的热带大草原，植被丰富，雨季为 6~10 月份，人口约 900 万，共有大小部族 256 个，居民中 52% 信奉伊斯兰教，法语和阿拉伯语同为官方语言。

1999 年，以 Trinity Gas Corporation 为首的财团取得了包括 EEPCI 财团在乍得退出的区块以及 Erdis 盆地的勘探权，即为乍得 H 石油勘探区块的主体。

随后 Trinity Gas Corporation 公司股权几经变动，Cliveden 石油有限公司(以下简称 Cliveden)最终掌控了乍得 H 石油勘探区块的全部股份。1999 年 2 月，Cliveden 与乍得共和国政府签署了乍得 H 区块石油勘探作业项目。

2002 年 1 月，由于资金和技术等问题，Cliveden 将在 H 区块 50% 的权益和作业权转售给加拿大 EnCana 公司，EnCana 公司在百慕大注册成立了 EnCana(乍得)公司，负责 H 区块的作业。

2003 年 12 月，Cliveden 将公司股份的一半转售给 Betgold 和中信(香港)能源公司(CITIC)，标志着中石油正式进入乍得 H 勘探作业区块，为非作业者。

2006 年 3 月，Betgold 购买 Cliveden 公司 50% 的股份，使得中方拥有的 H 区块权益相应增至 37.5%。

2006 年 6 月，Betgold 再次购买中信(香港)能源公司持有的 Cliveden 公司 25% 的股份，使中方间接持有乍得 H 区块权益增至 50%(非作业者)，与作业者 EnCana(乍得)公

司拥有相同的权益。

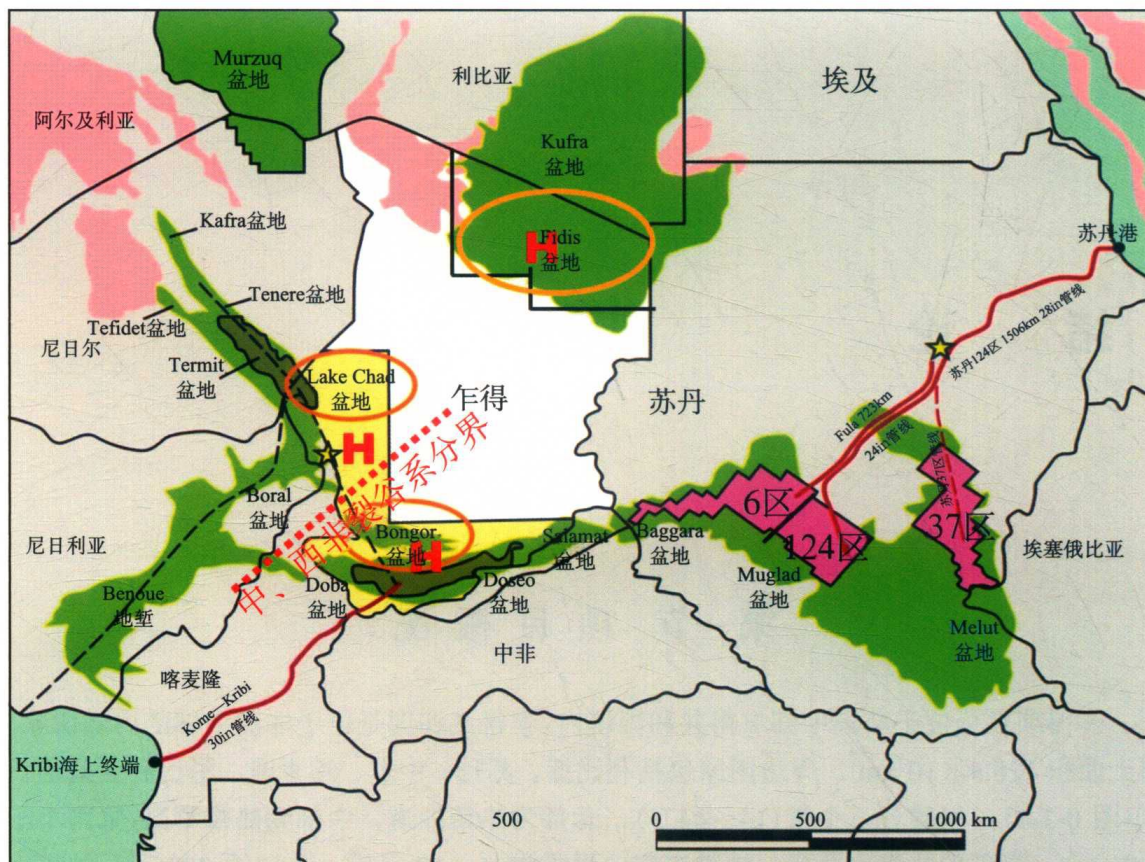


图 0-1-1 乍得项目 H 区块位置图

2006 年 12 月，中石油与 EnCana 公司签订了购买协议，收购 EnCana(乍得)公司的全部股份，2007 年 1 月完成项目交割，中石油最终成为乍得 H 区块的全资股东，并正式接管了区块的作业权，开始加快 H 区块勘探开发的步伐。此后，Betgold 和 EnCnana(乍得)公司分别改名为 CNPCIC BVI 和 CNPCIC Bermuda。

中石油自 2007 年接管 H 区块后，经过七年多的勘探，先后在乍得 Bongor 盆地获得 Ronier、Mimosa、Prosopis、Great Baobab、Raphia、Daniela、Lanea 七个油田的开发许可。开发期均为 25 年，可申请延期 25 年。

2014 年 10 月以后，乍得 H 区块勘探开发项目分成 H 区块开发项目和新 H 区块勘探开发项目两个项目。H 区块开发项目即原 H 区块在 Bongor 盆地获得开发许可的部分；新 H 区块勘探开发项目即原 H 区块剔除上述已获开发许可的油田面积(828.68km<sup>2</sup>)之后的剩余区域所构成，分布在六个沉积盆地的全部或部分，包括西部的 Lake Chad 盆地和 Madiago 盆地，中部的 Bongor 盆地及南部的 W.Doba 盆地、Doseo 盆地和 Salamat 盆地，面积 68034.32km<sup>2</sup>(图 0-1-2)。

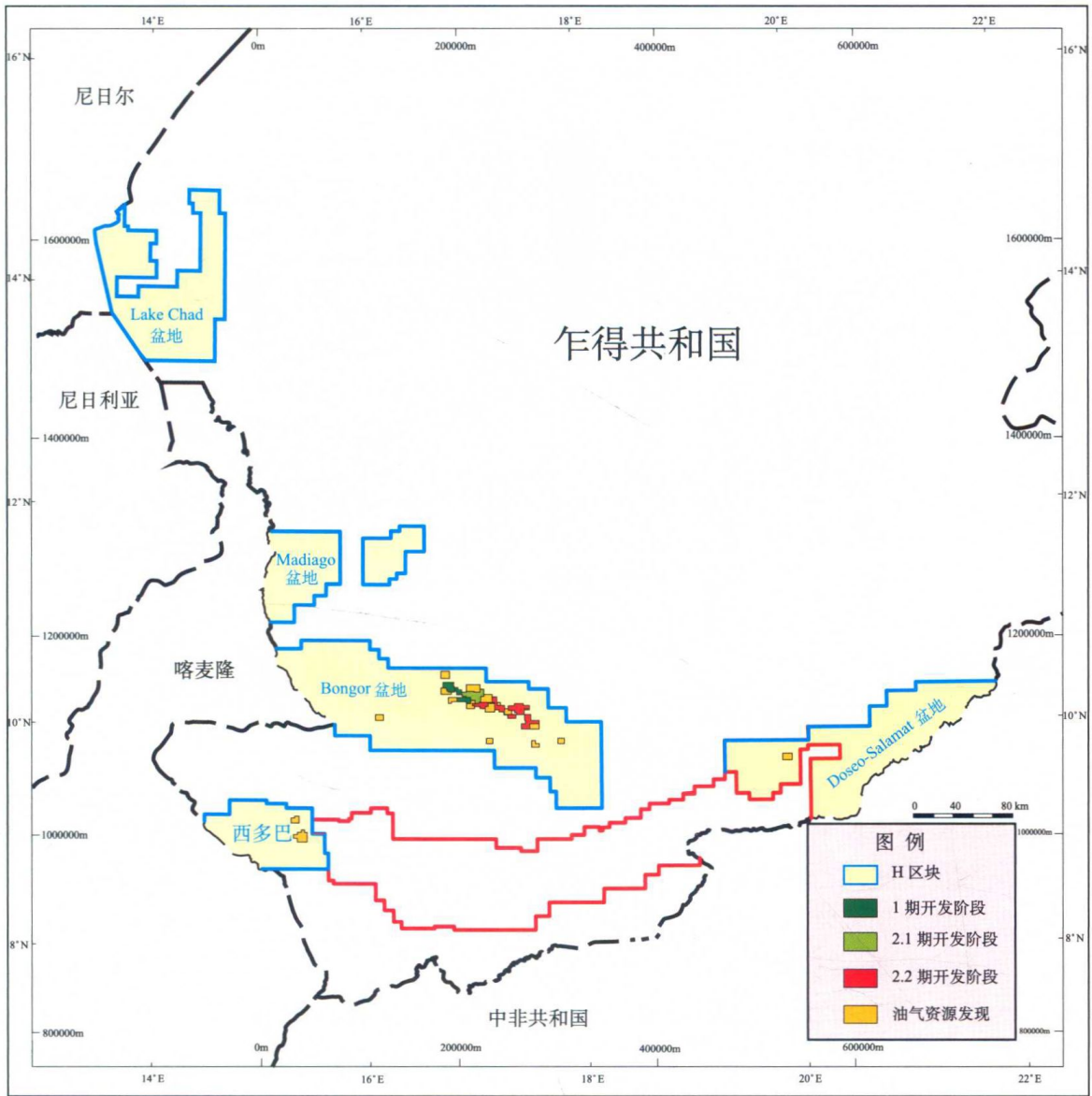


图 0-1-2 乍得新 H 区块平面分布图

非洲一直是中石油发展海外油气战略的重点地区之一，近年来，H 区块开发项目，已经发现了 Ronier、Mimosa、Prosopis、Great Baobab、Phoenix、Raphia、Daniela、Lanea 等多个油田；新 H 区块已完成探井数量为 70 口，评价井 16 口，共采集二维地震 31787km，三维地震约 6445.2km<sup>2</sup>。乍得项目合计发现原油 2P 地质储量  $4.8 \times 10^8 \text{t}$  (3477.4MMstb)，2P 可采储量  $1.3 \times 10^8 \text{t}$  (976.7MMstb)。经初步研究，“十三五”期间有望建成年产原油  $600 \times 10^4 \text{t}$  油田规模，将使乍得成为中石油在非洲除苏丹之外一个重要的原油生产区，对中石油进一步扩大在非洲的油气业务，扩大海外份额油产量，保障我国能源安全具有重大的战略意义。

## 第二节 地质概况

### 一、油田地质特征

乍得 H 区块位于中非裂谷系东段,沿中非剪切带及其两侧发育多个中—新生代裂谷盆地,被统称为中非裂谷系,包括南北苏丹的 Muglad 盆地、Melut 盆地和乍得 Bongor 等盆地。Bongor 盆地位于西非裂谷系和中非裂谷系交汇部位。沿着这个裂谷系分布着一系列冈瓦纳大陆解体的过程中形成的盆地群。侏罗纪末冈瓦纳大陆解体,南大西洋和印度洋开始张开,其中南大西洋的张开以“三叉裂谷”的形式进行,“三叉裂谷”中的两支最终拉开形成洋壳,剩下的一支深入非洲大陆,形成拗拉谷,产生了中、西非裂谷系的雏形。

中非和西非裂谷系盆地都属于陆内裂谷盆地,二者最大的区别是西非裂谷系的大部分盆地在晚白垩世和始新世有海相沉积地层,而中非裂谷系盆地白垩纪和古近纪基本不发育海相地层,它是由中—新生代陆相地层组成的、在中非剪切带右旋走滑诱导背景之上发育起来的裂谷盆地。

### 二、构造特征

Bongor 盆地基本构造单元以箕状断陷为主,盆地断陷早期快速充填粗碎屑,沉积局限于盆地九个凹陷的中心,有多个沉积中心。Mango 凹陷沉积较深、规模最大,沿盆地南部边界断层呈近东西向展布,其他沉积中心很小,面积近数十至数百平方千米。盆地早白垩世断陷作用强烈,下白垩统最大厚度超过 6000m,沉积了巨厚的湖相泥岩。下白垩统可划分为 P 组、M 组、K 组、R 组和 B 组,上白垩统由于构造反转被剥蚀殆尽。上覆 200~500m 厚的古近系—第四系,发育三个区域性不整合面。

Doba-Doseo-Salamat 盆地在早白垩世为古隆起所分隔,推测至晚白垩世中晚期三者水体才相互连通。下白垩统沉积了巨厚的湖相、河流相及冲积扇碎屑岩沉积。晚白垩世 Doba-Doseo-Salamat 盆地进入断拗期,盆地水体逐渐连通,沉积范围较早白垩世明显增大,发育 2000~3000m 厚的陆源碎屑岩。白垩世末期的区域构造抬升作用,在 Doba 盆地要弱于 Doseo 和 Salamat 盆地,古近系 Doba-Doseo-Salamat 拗陷的伸展作用再次加强,Gongo 隆起消失,盆地由 Doba、Doseo、Salamat 三个拗陷变成 Doba 和 Doseo-Salamat 两个拗陷。与早、晚白垩世相比,古近纪早期盆地南部的沉积范围进一步增大、厚度减小。

Lake Chad 盆地早白垩世晚期形成快速充填断陷沉积,发育湖相、河流相碎屑岩,盆地发育东、西两个沉积中心,被南部低凸起分隔,其中北部沉积中心具有面积大、沉降幅度大的特点,占据了整个盆地面积的三分之二。目前尚无井钻遇该套地层。早白垩世未发生构造反转,形成上、下白垩统间不整合面。晚白垩世 Lake Chad 盆地进入伸展拗陷期,由于大西洋海水侵入,形成了巨厚的浅海相—滨海相砂、页岩为主的拗陷沉积,

是盆地最主要的沉积地层，白垩世末期的区域构造抬升作用在 Lake Chad 盆地较弱，仅缺失 Maestrichtian 阶部分地层。古近系在 Lake Chad 盆地非常发育。盆地再次进入伸展拗陷期，但其沉降速度略小于晚白垩世，沉积了 500~1600m 厚的河-湖相地层，盆地总体上南浅北深，地层向南逐渐减薄。

Bongor 盆地可以划分出三个一级构造单元：陡坡带、凹陷带和斜坡带(图 0-2-1)。

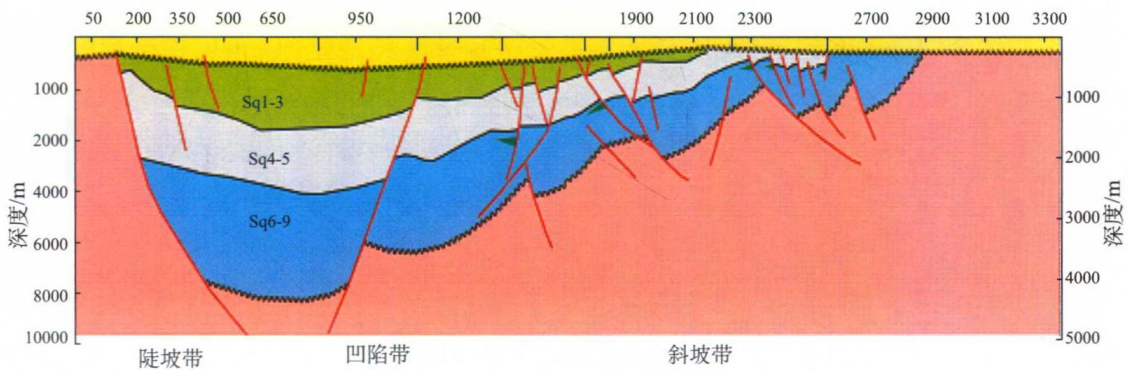


图 0-2-1 Bongor 盆地构造单元划分剖面

### 1) 陡坡带

陡坡带主要位于盆地南部，依傍南部控盆大断层 F1，产状陡，断距从西向东横向变化较大，反映了断裂活动强度的差异性。由于局部北断南超的结构变化，在盆地东部和中部形成次一级陡坡带，分别受二级断层 F3 和 F4 控制。理论上讲，在陡坡带大断层根部，沉积异常体较发育，但在该区，这种地质现象却不多见，局部可以看到水下扇，但规模小，这可能表明陡坡带缺乏形成快速沉积的物源条件。

### 2) 凹陷带

位于南部陡坡带和北部斜坡带之间，是盆地沉降和沉积中心，因而也是地层厚度最大的单元，白垩系沉积厚度为 6000~8000m。凹陷带由东次凹和西次凹两个次级凹陷组成，其中东次凹规模要大得多，位于盆地东部，面积为 3500km<sup>2</sup>，沉积地层最大厚度约 8000m，是盆地东部的主要供油凹陷。西次凹位于盆地最西端，工区内所见面积和规模远不及东次凹，区内面积约 700km<sup>2</sup>，沉积厚度最大可达 5000m。这两个次凹是在基底古构造背景上发育、并被后期构造部分分隔而形成的，其形成时间和区内主要构造形成期次相当。因此，东、西次凹虽有一定程度的连通性，从油气运移的角度看，西次凹应该是盆地西部尤其是西北坡的主要油源供给区。

南部凸起带位于盆地西南部，是由断层 F5 和 F6 夹持的一个大型地垒构造，呈北西西向狭长带状展布，东西延伸数十千米。凸起上缺失白垩系，基底地层直接与古近系地层呈不整合接触，向东倾伏被白垩系地层所覆盖。南部凸起带分隔了南次凹与盆地主体，使得南次凹成为一个相对独立的凹陷。南次凹不属于盆地的主凹带，受南部凸起带分隔，呈狭长条状分布，面积约 1400km<sup>2</sup>，长宽比约 1:10，是一个相对独立的次级凹陷。

### 3) 斜坡带

主斜坡带位于盆地北部，属古构造斜坡部位，沉积厚度呈减薄趋势，晚白垩世末该部位又因构造抬升，遭受剥蚀，使地层厚度减薄。另外由于盆地局部北断南超，在盆地南部也存在次级斜坡带。北部斜坡带断层发育，构造样式复杂，因而也是圈闭发育的主要构造部位。

二级构造单元大多分布在盆地北斜坡带上，它们是 Ronier 构造带、Mimosa 构造带、Prosopis 构造带、Baobab 构造带、Raphia 构造带、Phoenix 构造带、Danela 构造带和 Lanea 构造带等。

由于 Bongor 盆地不单纯是一个拉张盆地，盆地的形成也受到扭应力的作用，因此，使前述构造带多呈北西西向斜列展布，与盆地轴向平行或小角度相交，仅西部调节构造带呈北西向延伸，可能由东、西次凹构造转换过程中形成。在这九个构造带中，大部分构造带分布在盆地斜坡带，即位于油气运移的长期指向区，在这些构造带上，断层和圈闭十分发育，因此从构造的角度看，盆地的油气聚集条件优越。

Bongor 盆地普遍发育正断层，有正断层 100 余条，断层总体走向主要有三个，以北西向为主；其次是北西西向(图 0-2-2)；也有北东向断层，但不发育。其中北西向断层展布方向与盆地轴向基本一致。

不同级别正断层构成 Bongor 盆地断裂系统。根据断层规模及其所起的作用，可将 Bongor 盆地内的断层分为三个级别(图 0-2-2)：

(1) 一级断层或边界断层(F1、F2)。控制盆地或构造单元边界的大断层，对沉积有强烈的控制作用，有些断层同时控制了构造带的形成与展布。

(2) 二级断层(F3~F7)。控制盆地的次级凹陷、凸起和构造带展布的大断层，有些断层在某一时期对沉积也有一定的控制作用。

(3) 三级断层。控制局部构造或圈闭的形态、完整性和复杂程度。

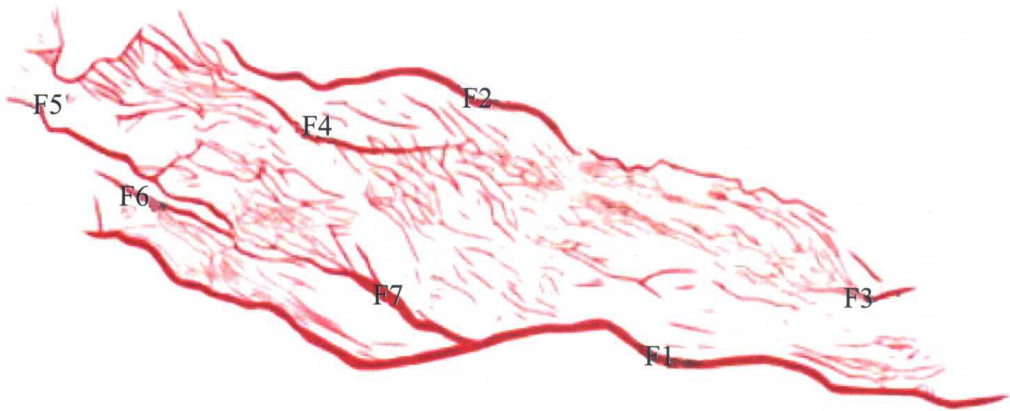


图 0-2-2 Bongor 盆地断裂分布图

F1、F2 两条一级断裂(图 0-2-2)，分布在盆地南北两侧，其中，F1 断层是盆地南缘的主要控制断层，盆内延伸 290km，北倾。从深到浅断层具有明显继承性，受这条断裂



活动的影响,盆地南断北超,沿该断层形成了盆地主要沉降带,因此沉积厚度大,平行F1断层形成近东西向主要生油凹陷;F2与F1近平行,控制了盆地的北缘。

如果说一级断裂F1和F2控制盆地的范围和总体走向,而F3、F4、F5、F6和F7这几条断层则控制着盆地结构的局部变化。

F3、F4断层是分别位于盆地西北和东北部的二级断裂,是盆地局部北断南超的控凹断层(图0-2-2),F3为南倾正断层,断距由东向西逐渐变小并向盆内倾没,盆内延伸距离约50km;由于它的存在,造成盆地东部北断南超,使得沉积和沉降中心局部向北移。F4南倾,向东西两侧断距变小,盆内延伸距离约100km。由于它的存在,造成盆地西部北断南超,使得沉积和沉降中心局部向北移迁移。

F5和F6是分布在盆地西南部的二级断层(图0-2-2),倾向相背,构成一条与盆地轴向平行展布的地垒构造,即南部凸起带,分隔南次凹和盆地主体。其中F5呈北西向延伸约86km,向东断距变小并与F7相连。F5向西断距加大,控制西次凹的形成和展布。F6则与F1控制了南次凹的形成和展布。

F7是分布在盆地中部的二级断层(图0-2-2),呈北西向延伸约80km,向东延伸断距加大,与F1断层合并,共同控制东次凹的形成和展布。

不同层系断裂系统有差别。由于基底老断层、新生断层及继承性断层并存,新老断层相互利用和叠加,形成了盆地复杂的断裂系统。

盆地斜坡带是断层发育的主要构造部位。在盆地三个一级构造单元陡坡带、凹陷带和斜坡带中,斜坡带是二级、三级断层最发育构造部位,因而也是与断层相关圈闭形成较多的部位。

### 三、储层特征

下白垩统烃源岩主要发育于Bongor盆地、Doba盆地和Doseo盆地。Doba盆地的烃源岩主要发育于下白垩统的Mimosa组,局部泥岩有机质丰度高,最高可达5.11%,可溶有机质也较高,最高可达2645ppm<sup>①</sup>。据镜质体反射率和孢粉颜色指数及最大古地温资料,推测该盆地生油岩成熟深度较深,Belanga 1井和Beboni 1井为3000m,Kassi 1井为2400m。Doseo盆地勘探程度低,地球化学分析资料有限。Kedeni 1井泥岩岩屑有机碳测定结果表明该井下白垩统(2000~3100m)发育好的烃源岩,总有机碳(TOC)含量大多大于2%,通常高达3%~5%,最高可达9.27%;但可溶有机质(氯仿沥青“A”)含量很低,特别是烃含量低,表明原始有机质类型较差,生烃潜力有限。古地温资料分析表明,该井古地温梯度较高,但实测的镜质体反射率值偏低,与古地温、孢粉色变指数的变化不一致,推测该井有机质成熟深度应在2700m左右。Bongor盆地是强烈反转的裂谷盆地。勘探表明,该盆地湖相泥质烃源岩非常发育,在下白垩统裂谷阶段全盆地发育三段好-极好烃源岩,上段以I型(生油)干酪根为主,中、下段以I型和II<sub>1</sub>型(生油和

① ppm表示百万分之一。