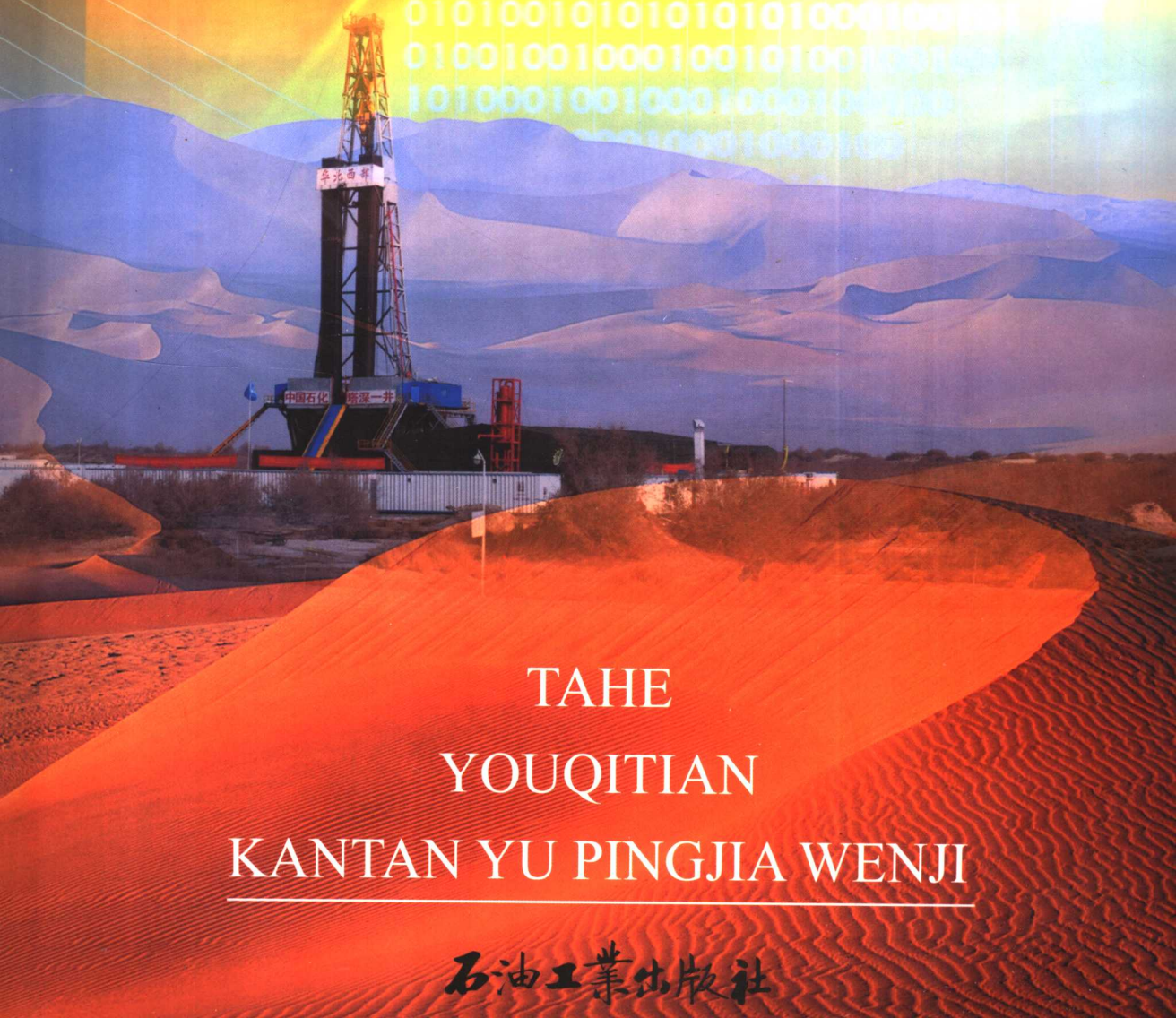


纪念中国石化西北分公司勘探开发研究院成立十周年 (1996—2006)

塔河油气田勘探与评价文集

主 编 翟晓先

副主编 漆立新 陈惠超 黄太柱 韩革华



TAHE
YOUQITIAN
KANTAN YU PINGJIA WENJI

石油工业出版社

纪念中国石化西北分公司勘探开发研究院成立十周年 (1996—2006)

塔河油气田勘探与评价文集

主 编 翟晓先

副主编 漆立新 陈惠超 黄太柱 韩革华

石油工业出版社

内 容 提 要

塔里木盆地塔河油田是我国目前发现的最大海相油田,以奥陶系碳酸盐岩缝洞型油藏为主,其勘探方法完全不同于我国其他陆上油田。本书主要从地质综合研究、物探技术、测井技术等方面对塔河油田的勘探特征进行了深入分析。

本书可供石油地质、物探科技工作者使用。

图书在版编目(CIP)数据

塔河油气田勘探与评价文集 / 翟晓先主编.

北京:石油工业出版社,2006.3

ISBN 7-5021-5444-2

I. 塔…

II. 翟…

III. 塔里木盆地-油气田-油气勘探-文集

IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 017219 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: 石油工业出版社印刷厂

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 27.75

字数: 704 千字 印数: 1—1100 册

定价: 110.00 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

序

塔里木盆地是我国陆上最大、也是最后进入大规模勘探的沉积盆地，蕴含着丰富的油气资源。近数十年来，地矿和石油等部门进行了一系列油气勘查工作。1984年9月原地质矿产部在位于塔北沙雅隆起上的沙参2井下奥陶统碳酸盐岩中喜获高产油气流，实现了我国海相油气首次重大突破。原地质矿产部和石油天然气总公司组织了举世瞩目的塔里木石油大会战，在极为恶劣的自然条件和十分复杂的地质条件下，依靠科技进步和艰苦奋斗，取得了丰硕的成果。特别是“九五”以来，发现了我国第一个古生界海相大油田——塔河油田，实现了我国古生代海相碳酸盐岩油气勘探真正意义上的重大突破，在勘探理论与勘探技术方面取得了对我国海相碳酸盐岩油气勘探具有重要借鉴意义的成果，奠定了海相碳酸盐岩油气勘探的理论基础。同时塔河油田的开发也获得广泛的社会与经济效益。近几年来，随着勘探工作的不断深入，塔河油田规模不断扩大，在一些新的领域又实现了突破，认识也在不断升华。总结这些勘探成果、经验，对塔里木盆地下一步油气勘探以及国内其他类似地区的油气勘探都具有极其重要的意义。

中国石油化工股份有限公司西北分公司勘探开发研究院成立于1996年4月，是一支由石油普查队伍逐步发展起来的拥有基础地质研究、油气勘探、开发和物探、测井研究技术力量的专业队伍，是一家业绩卓著，具备多学科、多功能的综合研究实体。成立十年来，我院坚持“科学技术是第一生产力”的指导思想，勇于实践，注重创新，为雅克拉、轮台、阿克库勒、达里亚等油气田的发现，特别是塔河奥陶系碳酸盐岩大型油气田的发现与评价作出了重大贡献，为实施中央提出的“西部大开发”的战略决策和中石化“稳定东部，加快西部，准备南方，开拓海外”的上游发展战略的实施作出重大贡献。

建院十年来，我院共获科技进步奖81项，其中获中国石化和省部级科技进步特等奖一项、一等奖8项、二等奖17项。在全国性专业刊物上发表论文380余篇。2001年通过了ISO9001质量管理体系认证，1997年获国家甲级工程咨询单位资格。1998年荣获“塔河油田发现一等功勋单位”称号。先后4次被评为集团公司先进科技集体，1996年至2003年间连续8年被授予“自治区文明单位”称号。

在我院建院十周年之际，为了总结过去，展望未来，迎接新的挑战，我院组织编写了本论文集，侧重反映了近年来在塔里木盆地油气勘探方面的研究成果。这些论文在理论上进行了有益的探索，在技术方法上力求创新，相信会对塔里木盆地的油气勘探开发事业发挥重要的促进作用。

“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索”。随着塔河油田勘探程度的进一步深入，在新层位、新领域不断取得突破，一个储量规模可能超过十亿吨的特大型油田前景已经展现在我们面前。虽然勘探难度在不断增大，但“困难与潜力同在，挑战与机遇共存”。我们相信，在各级领导和各兄弟单位的支持帮助下，解放思想、扎实工作，一定能够不断提高科技创新能力，为西北分公司“三个塔河”目标的实现，为中石化持续稳定发展做出应有的贡献。为塔里木盆地油气勘探事业谱写出更加光辉灿烂的新篇章！

编 者

二〇〇六年三月

Preface

Trim Basin is the biggest, and last entered the large-scale exploration sedimentary basin, it contains a wealth of oil and gas resources. Over the past few decades, Ministry of Geology and Mineral Resources and Petroleum Ministry of Industry carried on a series of oil and gas prospecting. September in 1984, Shacan No.2 Well, which is attached to the former Ministry of Geology and Mineral Resources, attained high capacity industrial standard level account in low Ordovician carbonate rock at Shaya uplift in the North area of Tarim Basin, achieving the first major breakthrough in marine oil and gas field. The former Ministry of Geology and Mineral Resources and China National Petroleum Corporation organized a spectacular Tarim Oil Assembly warfare. In extremely poor natural conditions and complex geological conditions, relying on scientific and technological progress and work hard, they achieved fruitful results. Especially since 9th Five-Year Plan, the founding of first Paleozoic marine oil field—Tahe oil field, achieved major breakthrough in exploration for Paleozoic marine carbonate reservoir in the real sense in our country. In exploration theory and exploration technology, it achieved important results for exploration marine carbonate reservoir, laid the theoretical basis of exploration for marine carbonate reservoir. At the same time, the developing Tahe oil field has also obtained extensive social and economic benefits. In recent years, with further of exploration work, Tahe oil field is expanding its scale, the breakthroughs has been made in some new areas, we are constantly improving awareness, so conclusion these exploration results and experience has important significance to the next step exploration and exploration in other similar area domestic.

The exploration and development institute of the Northwest Branch, SINOPEC was established in April 1996. It is in developed on the basis of oil searching and now is a professional team with foundation geological studies, oil and gas exploration, development and geophysics, logging technology. It is a team of outstanding performance and with multidisciplinary, multi-function integrated research entities. Set up 10 years ago, the institute always insist on “Science and technology are the primary productive forces” and is bold in making practice, focusing on innovation, making a important contribution to discovery Yakela, Luntai, Akkule, Dalia oilfield and so on, especially discovery and evaluation of Tahe Ordovician carbonate large oil and gas fields. At the same time, it make a important contribution to the implementation “Development the western region” by the Central Committee of our Party and to the implementation upstream

development strategies by SINOPEC— “Stability eastern, western development, preparing the South, and open up overseas” .

The institute set up for 10 years, it received 81 scientific and technological progress awards, which were SINOPEC and provincial-level scientific and technological progress grand prize 1, first-class award 8, second-class award 17. 380 papers were published in national professional journals. Certified for ISO9001 quality management system in 2001, Accessed for first-class engineering advisory unit in 1997. It was awarded by SINOPEC the honorable title of first-class meritorious unit in discovery Tahe Oilfield in 1998. It was awarded by SINOPEC the honorable title of advanced scientific and technology group four times. It was awarded by Xinjiang Uygur Autonomous the honorable title of the civilization unit in 1996 and 2003.

At the 10th anniversary of the establishment of the institute, in order to sum up the past, look into the future and meet the new challenges, we organized members prepared this papers, focusing on the research results on the oil and gas exploration in recent years. These papers are a useful exploration in theory, with the technical approach to innovation, will play an important promoting role for the oil and gas prospecting and development in Trim Basin.

“Despite the very distant way and but I still have to try to explore.” With the further of the degree prospecting in Trim Basin and breakthrough has been made constantly in the new horizons and in new areas, a large oilfield which its reserve may be more than one billion tons, has unfolded before our eyes. Although the exploration difficulty is constantly increasing, but we still believe that “With the difficulties and potential, with the challenges and opportunities” . With the support and help of the leaders at all levels and all fraternal units, with the emancipating the mind and working hard, we can continually enhance the scientific and technological innovation ability and realize the strategic development objective by Northwest Branch of “seeking for Tahe under Tahe, seeking for Tahe outside Tahe, increasing recovery ratio, and gaining one more Tahe” . We will make our due contributions and write a new chapter in more resplendent for the sustained, stable and development of SINOPEC and for the oil and gas exploration cause in Trim Basin!

Editor in March 2006

目 录

油 气 地 质

塔河油田勘探实践与面临的挑战·····	翟晓先	漆立新	(1)
塔河油田成藏条件与富集规律·····	黄太柱	云 露	蒋华山 (11)
塔里木盆地塔河大型复式油气藏形成条件·····	林忠民	石媛媛	(21)
再论塔东北地区奥陶系的划分和对比·····	熊剑飞	武 涛	杨素举 (28)
塔里木盆地北部寒武—奥陶系地层层序格架及沉积相主要特征 ·····	赵义勇	李正芬	孟晓丽 (39)
塔河油田加里东期构造演化特征·····	杨素举	云 露	(50)
塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素 ·····	云 露	叶德胜	艾克拜尔 (57)
塔河油田南部奥陶系碳酸盐岩储层发育特征·····	王 辉	艾克拜尔	孙 霏 (68)
塔河油田奥陶系碳酸盐岩油气藏流体分布特征与受控因素 ·····	丁 勇	陈冬梅	吕海涛 (76)
塔河油田奥陶系油气藏成藏与演化探讨·····	吕海涛	丁 勇	陈冬梅 (82)
塔河油田寒武系台缘大型建隆地质属性探讨与意义·····	云 露	丁 勇	郝广雷 (89)
塔河地区中生界碎屑岩勘探前景分析·····	蒋华山	羊春雷	(96)
塔河地区三叠系圈闭特征与评价·····	邱芳强	伍齐乔	李新民 (101)
塔河油田三叠系油气藏特征及成藏规律·····	丁 勇	邱芳强	石媛媛 (109)
塔河地区泥盆系东河砂岩成藏地质条件分析·····	樊怀阳	石媛媛	王梅玲 (116)
天山南地区成藏条件及分区勘探部署设想·····	马慧明	张鹏德	于慧玲 (121)
库车南缘地区天然气勘探潜力与主攻方向·····	王少立	田纹全	(131)
巴楚隆起西段同岗断裂封堵性评价研究·····	余腾孝	曹自成	(136)
塔里木盆地巴楚地区寒武—奥陶系碳酸盐岩储集体特征及勘探靶区预测·····	王小平		(147)
塔河油田奥陶系油藏硫化氢成因分析·····	马冬晨		(154)
塔河油田奥陶系牙形刺色变指数及其意义·····	武 涛	熊剑飞	(161)
论轮藻化石在塔北地层格架建立中的作用·····	陈 静		(165)
塔里木盆地于奇地区三叠纪孢粉组合·····	魏 玲		(168)
塔河油田3区石炭系砂岩储层酸敏性影响因素分析·····	马冬晨		(173)
影响气体渗透率检测值偏差原因的分析·····	宫继萍	李向堂	(179)
塔河油田南部加里东中期岩溶研究进展·····	吕海涛	刘存革	孟晓丽 叶德胜 (183)
塔河油田奥陶系碳酸盐岩油气藏储量研究进展及存在问题·····	岳建华	魏 斌	(189)
塔河油田海西晚期火山岩特征与圈闭研究初探·····	金仙梅	杨素举	邵小明 (197)
塔河油田硫化氢的分布特征及预测研究·····	刘 勇		(203)
塔河油田南部、西南部地区奥陶系碳酸盐岩中油气包裹体特征	李延丽	皇甫红英	(211)

荧光薄片分析技术在塔河油田碳酸盐岩中的应用·····	张凤玖	沈杉平 (216)
塔河油田储层岩石薄片微观特征镜下鉴定的初步研究·····	刘青芳	李延丽 (220)
T904 井巨晶方解石井段揭示的流体信息 ·····	皇甫红英 袁玉玲	阳国进 (225)

地球物理勘探

塔河油田三维地震采集技术·····	漆立新	鲁德新 (230)
塔河油田二维高分辨地震采集技术·····	韩革华	马学军 (238)
天山南缘山地地震采集技术·····	张永升 潘新志	王 玉 (244)
塔河油田三维地震资料联片处理技术·····	王建斌	杨 林 (252)
塔河油田碳酸盐岩缝洞型储层精细成像技术·····	马学军	李宗杰 (259)
塔河油田提高地震分辨率处理技术·····	胡鹏飞 杨子川	李 钢 (266)
基于正演模拟技术定量分析天山南缘速度建场精度·····	漆立新	顾汉明 (273)
库车坳陷南缘复杂地区成像技术·····	马少军	刘 群 (281)
塔河油田 VSP 技术及应用 ·····	马少军	张旭光 (286)
塔河油田碳酸盐岩地质模型及岩石物理研究·····	韩革华 李宗杰	张永升 (293)
塔河地区碳酸盐岩缝洞型储层地球物理识别模式·····	李宗杰 樊政军	杨 林 (308)
塔河油田深层寒武系建隆地震解释与预测技术·····	袁国芬	李宗杰 (316)
塔河油气田碳酸盐岩储层孔隙度解释模型·····		蒋进勇 (324)
三维可视化技术在碳酸盐岩储层预测中的应用·····	张旭光	窦慧媛 (331)
塔河油田南部缝洞储层的正演模拟及其地震波场特征·····	黄绪宝	顾汉明 (338)
地震子波零相位化处理及应用·····		刘 丽 (345)
塔河油田多块三维地震叠后联片拼接技术·····	蒋进勇	何友良 (350)
塔河油田海西期火山岩体地震反射特征及储层预测方法 ·····	李宗杰	刘 其 (356)
塔河油田石炭系声波曲线的环境校正及其应用·····		蒋进勇 (365)
塔河油田低幅度构造成图技术研究·····	石 玉 孙国峰	胡金祥 (372)
塔河油田三叠系非构造圈闭识别与评价技术研究·····	石 玉 李宗杰	范伟峰 (387)
模式识别油气检测技术在塔河油田三叠系的应用·····	杨 林 张永升	刘 其 (402)
高密度速度分析技术在亚肯北地区的应用·····	边 高 孙开峰	韩革华 (413)
库车坳陷南缘地震速度影响因素分析及成图方法研究·····	潘新志	张永升 (419)

CONTENTS

Exploration practice and challenges faced in Tahe oilfield	Zhai Xiaoxian Qi Lixin (1)
The formation condition and concentrate regularity of oil pool in Tahe oil field	Huang Taizhu Yun Lu Jiang Huashan (11)
The Tahe large multiple oil and gas accumulation formed condition in the Tarim Basin	Lin Zhongmin Shi Yuanyuan (21)
Research on the Ordovician stratigraphic division and correlation in the ortheast area of Tarim Basin	Xiong Jianfei Wu Tao Yang Suju (28)
Main characteristic of Stratum lithologic saquence and sedimentary facies for Cambro-Ordovician in northern Tarim basin	Zhao Yiyong Li Zhengfen Meng Xiaoli (39)
Caledonian structure evolution feature in Tahe oil field	Yang Suju Yu Lu (50)
Evolvment character and main control factor of Ordovician carbonate karst in Tahe oil field	Yun Lu Ye Deshen Aikebaier (57)
Evolvment character of Ordovician carbonate reservoir in southern Tahe oil field	Wang Hui Aikebaier Sun Ji (68)
The distributing character and control factors of the Ordovician crude oil in Tahe oilfield	Ding Yong Chen Dongmei Lu Haitao (76)
Discuss on formation and evolvment of Ordovician oil reservoir in Tahe oil field	Lu Haitao Ding Yong Chen Dongmei (82)
Geologic property and significance of Cambrian large-scale upheave in platform margin in Tahe oil field	Yun Lu Ding Yong Hao Guanglei (89)
Analysis on exploration prospects of Mesozoic clastic rocks in Tahe area	Jiang Huashan Yang Chunlei (96)
Trap feature and evaluation in Trassic in Tahe area	Qiu Fangqiang Wu Qiqiao Li Xinming (101)
Character and formation rule of Trissic oil reservoir in Tahe oil field	Ding Yong Qiou Fangqiang Shi Yuanyuan (109)
The Reservoir Condition Analysis of DongHe Sandstone in Tahe Area	Fan Huaiyang Shi Yuanyuan WangMeiling (116)
The hydrocarbon accumulation conditions and imagination of subareal explorational deployment of the southern Tianshan Area	Ma Huiming Zhang Pengde Yu Huiling (121)
Natural gas prospecting potential and main exploration directions of the south edge block of Kuche	Wang Shaoli Tian Wenquan (131)

Fault sealing evaluation and investigations of Tonggang in the west of Bachu uplift	Yu Tengxiao Cao Zicheng (136)
Prediction of exploring target and reservoir characteristics in Cambrian–Ordovician carbonate rock of bachu region in tarim basin	Wang Xiaoping (147)
Tahe oilfield Ordovician oil reservoir hydrogen sulfide origin analysis	Ma dongchen (154)
The CAI of Conodont and significance in Ordovician of Tahe oil field	Wu tao Xiong jianfei (161)
Discussion charophyta of function in north Tarim basin stratum rack establishment	Cheng Jin (165)
Triassic palynological assemblages in YuQi region of Tarim basin	Wei Ling (168)
Carboniferous sandstone reseavoir acids sensitivity influence factor analysis of the Tahe oilfield 3 areas	Ma Dongchen (173)
The reason analysis of the influence gas–penetrability assay result	Gong Jiping Li Xiangtang (179)
Research progression of middle Caledonian karst in the south of Tahe oil field	Lu Haitao Liu Cunge Men Xiaoli Ye Deshen (183)
Research advancement and problems on reserves in ordovician carbonates reservoirs of Tahe oil field	Yue Jianhua Wei Bin (189)
The character of late Hercynian lava and elementary study of lava trap	Jin Xianmei Yang Suju Shao Xiaomin (197)
The Tahe oilfield hydrogen sulfide distributed characteristic and the forecast studies	Liu Yong (203)
The characteristic of petroleum inclusions in Ordovician carbonate rock in the south and the southwest area of Tahe oil field	Li Yanli Huangfu Hongying (211)
Microfluorescence slice analysis technology apply to carbonatre reservoir bed in Tahe oilfield	Zhang Fengjiu Sheng Shanping (216)
The reservoir rock slice micro–character appraisalment study in Tahe oil field	Liu Qingfang Li Yanli (220)
Fluid information of huge calcite in T904	Huangfu Hongying Yuan Yuling Yang Guojing (225)
3D seismic acquisition techniques in Tahe oil field	Qi Lixin Lu Dexin (230)
High accuracy seismic collection technology of 2D in Tahe oilfield	Han Gehua Ma Xuejun (238)
The seismic acquisition technology in the south Tianshan Mountain area	Zhang Yongsheng Pan Xinzhi Wang Yi (244)
3D seismic data combination–block processing technology of Tahe oil field	

.....	Wan Jianbin Yang Lin (252)
Fine imaging technology fit to sew-pole type reservoir of carbonate reservoir in Tahe oilfield	Ma Xuejun Li Zongjie (259)
The processing of seismic data resolution improvement in Tahe oil field	Hu Pengfei Yang Zichuan Li Gang (266)
Quantitative analysis of the accuracy of the velocity field established in the southern edge of Tianshan based on forward modelling technique	Qi Lixin Gu Hanming (273)
Imaging technolog for complex area in the southern edge of kuche depress	Ma Shao jun Liu Qun (281)
VSP technology and application in Tahe oil field	Ma Shaojin Zhang Xuiguang (286)
Research on the geologic model and petrophysical properties of the carbonate in Tahe oilfield	Han Gehua Li Zongjie Zhang Yongsheng (293)
Carbonate reservoir distinguishing pattern in Tahe oil field	Li Zongjie Fan Zhengjun Yang Lin (308)
Seismic interpretations and prediction techniques applied in the studies on the Deep-buried Cambrian Buildups of Tahe oilfield	Yuan Guofen Li Zongjie (316)
The Porosity interpretation model for Carbonate reservoir in Tahe oilfield	Jiang Jinyong (324)
3D visualization technology apply in forecasting Carbonate reservoir bed	Zhang Xuguang Dou Huiyuan (331)
Forward modelling and characteristics of the seismic wave field of the fissure-cave-type reservoirs in the southern part of Tahe oilfield	Huang Xubao Gu Hanming (338)
Application of seismic wavelet zero-phase processing in Tahe oilfield	Liu Li (345)
The splice technology of seismic projects in Tahe field	Jiang Jinyong He Youliang (350)
The seismic reflecting characteristics and predicting methods of Hercynian volcanics reservoir in Tahe oilfield	Li Zongjie Liu Qi (356)
Application of environmental Corrections for sonic in Tahe oilfield	Jiang Jinyong (365)
Study on mapping technology for low amplitude structures in Tahe oilfield	Shi Yu Sun Guofeng Hu Jinxiang (372)
Study of identification and evaluation technologies for triassic non-structural traps in tahe oilfield	Shi Yu Li Zongjie Fan Weifeng (387)
The application of mode identify oil-gas detection technology in Triassic of Tahe oil field	Yang Lin Zhang Yongsheng Liu Qi (402)

The application of high-velocity analysis technique in north of Yaken
..... Bian Gao Shun Kaifeng Han Gehua (413)

Analysis on seismic velocity influence factors and research on mapping
method at the edge of southern Kuche depression
..... Pan Xinzhi Zhang Yongsheng (419)

塔河油田勘探实践与面临的挑战

翟晓先 漆立新

(中国石化西北分公司 乌鲁木齐 830011)

摘要 塔河油田位于塔里木盆地北部沙雅隆起阿克库勒凸起南部,是我国第一个古生界海相碳酸盐岩大油田。本文通过回顾塔河油田的勘探开发历程与实践,总结勘探经验、配套技术方法,在对油田沉积构造演化特征、油气成藏特征以及资源潜力论述基础上,展望“十一五”期间油田下步的勘探方向,分析今后工作面临的主要问题与挑战。

“九五”至今,西北分公司油气勘探取得了重大成果,发现并基本探明了我国第一大古生界海相油气田——塔河油田,实现了古生代海相碳酸盐岩油气勘探的重大突破,奠定了海相碳酸盐岩油气勘探的理论基础,对我国海相碳酸盐岩油气勘探有重要借鉴意义,同时塔河油田的开发也取得广泛的社会与经济效益。近年来随着勘探开发工作的不断深入,油田规模不断扩大,也拓展了一些新的勘探领域,同时面临的勘探开发难点也愈发显著。

一、油田基本特征

塔河油田主体位于塔里木盆地北部沙雅隆起中段南翼阿克库勒凸起,包括顺托果勒隆起的北部、哈拉哈塘凹陷东部及草湖凹陷西部(图1)。目前塔河油田是指在阿克库勒凸起背景上、中石化登记区块范围内具有相似成藏特征的油气藏的统称。

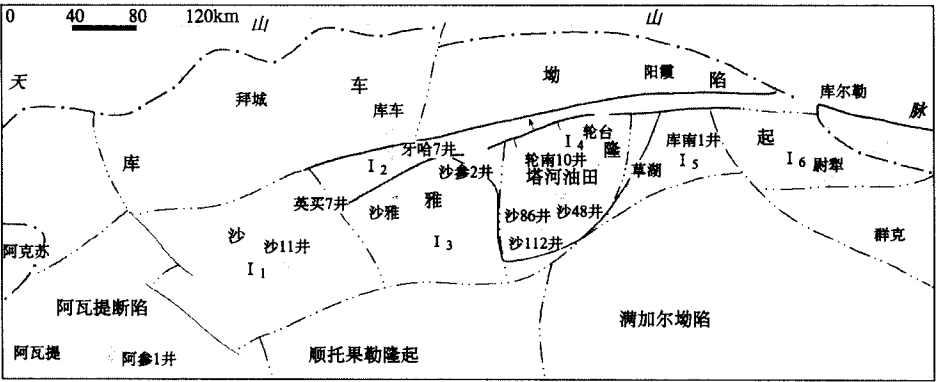


图1 塔河油田构造位置图

I₁—沙西凸起; I₂—雅克拉断凸; I₃—哈拉哈塘凹陷; I₄—阿克库勒凸起;
I₅—草湖凹陷; I₆—库尔勒鼻凸

Fig.1 Structural map showing the location of Tahe oilfield

塔河油田所处的阿克库勒凸起是在前震旦系变质岩基底上发育的以寒武—奥陶系为主体的长期发育的大型古凸起,该凸起于加里东中晚期形成凸起雏形。凸起上震旦系至泥盆系为海相沉积,其中寒武系—中下奥陶统主要为碳酸盐台地沉积,上奥陶统为混积陆棚沉积,志留系为海进陆棚—滨海沉积,泥盆系则为浅海及潮坪沉积。上泥盆统东河砂岩段以滨岸

沙坝、障壁沙坝沉积为主。海西早期受区域性挤压抬升形成向西南倾伏的北东向展布的大型鼻凸，凸起经历长期剧烈的风化剥蚀作用，大部分缺失志留—泥盆系、上奥陶统，中下奥陶统也受到不同程度的剥蚀，形成了大量的岩溶缝洞储集体；石炭系至二叠系为一套海陆交互相沉积。海西晚期运动使该区再次抬升、暴露，形成了一系列近东西向的褶皱和断裂，大部分地区仅保留下石炭统，缺失上石炭统及二叠系，局部地区下石炭统亦剥蚀殆尽；中生界为一套巨厚陆相沉积。印支期—燕山期该区构造运动相对较弱，缺失中上侏罗统；至喜马拉雅期，受库车前陆盆地急剧沉降的影响，阿克库勒凸起构造格局由整体南倾转变为向北下倾。

奥陶系碳酸盐岩油藏是塔河油田主要组成部分。为一个大型与“古风化壳有关”的“岩溶裂缝—孔洞型油藏”，是多个缝洞单元在空间上叠合的复合油藏。与国内其他大型油田相比，塔河油田奥陶系油藏具有与众不同的特殊性和非常规性：①碳酸盐岩基质基本不具有储渗能力；②储集体为多期次古构造—岩溶叠加改造产物，纵向及平面上多期相互叠置、改造，导致非均质性较强；③油藏流体性质变化较大，由东南到西北，凝析气—轻质油—正常油—重质油依次分布，原油密度轻的仅 $0.82\text{g}/\text{cm}^3$ ，重的可达 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 以上，与烃源岩长期生烃、多期成藏相关；④目的层埋深普遍大于 5500m ，为超深层油气藏。

油田主要产层为奥陶系碳酸盐岩岩溶缝、洞储层，其上叠加成带分布的志留—泥盆系、石炭系及三叠系低幅度背斜圈闭、岩性圈闭及复合型圈闭，由断裂、不整合沟通形成次生油藏。纵向上具有“复式”成藏组合特征（图 2）。

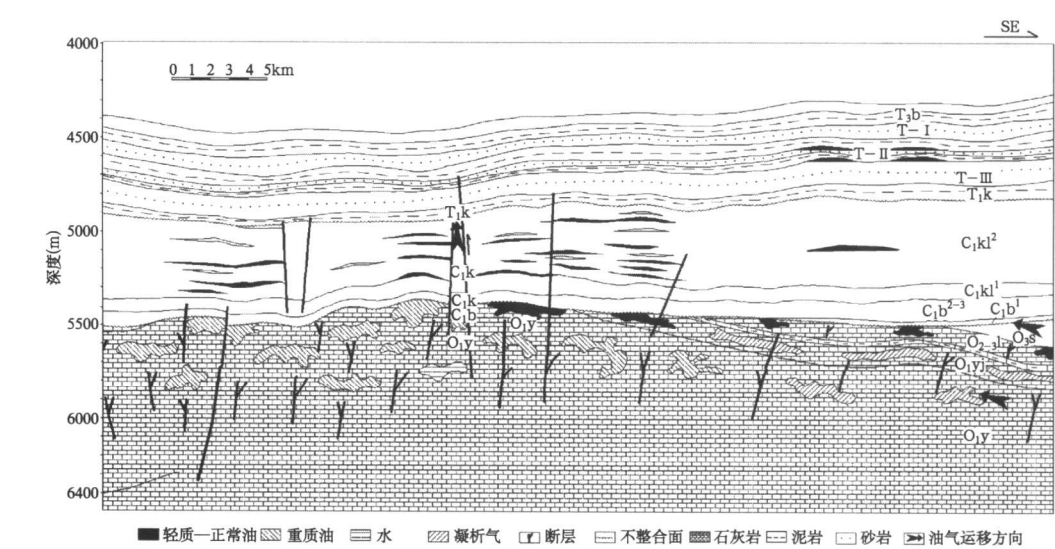


图 2 塔河油田油气成藏模式图

Fig.2 Schematic model showing the characteristics of oil and gas accumulation in Tahe oilfield

二、勘探开发成果

1. 油田勘探历程

塔河油田油气勘探始于 20 世纪 80 年代中后期，可分为四个阶段。
前期探索阶段（1986—1995 年）：1984 年雅克拉断凸上沙参 2 井在奥陶系获得突破后，

分公司油气勘探向整个沙雅隆起推进，部署在阿克库勒凸起上的一批探井于奥陶系发现油气层，但由于对奥陶系油藏特征认识不足，储层预测及储层改造技术不相适应，错过了发现、评价的机会，仅发现一批中—小型三叠系油气藏群。

油气重大突破阶段（1996—1997 年）：在长期的勘探实践中，认识到克拉通盆地古生界具有巨大的油气潜力，是培育大型油气田的目标区，1996 年针对奥陶系碳酸盐岩勘探领域部署的沙 46 井获高产稳产工业油气流，从而实现了塔河奥陶系大油田的发现。1997 年部署的沙 47、沙 48 井分别获得成功，其中沙 48 井成为油田王牌井。

主体探明阶段（1998—2001 年）：油田发现后部署了一批评价井均获油气成果，甩开部署的大批探井也获重大发现，证明了奥陶系油气分布不受潜山或残丘高点控制，而受碳酸盐岩孔、洞、缝发育程度控制。在勘探实践中，进一步明确了塔河地区奥陶系大型不整合—古岩溶型圈闭叠合连片含油、不均匀富集的油藏特征。新发现并探明塔河油田 3 区石炭系、奥陶系油气藏；塔河油田 4、6、7 区奥陶系油气藏，含油面积达 630.6km²，三级储量 3.24×10⁸t 油当量，其中探明储量 1.55×10⁸t，基本探明塔河大油田的主体部分。这一阶段是塔河油田储量快速增长的时期(图 3)，同时也带动了塔里木盆地原油产量的快速增长。

外围扩展及立体勘探阶段（2001 年至今）：2001—2005 年塔河油田加快步伐向外围甩开部署，使塔河油田平面上井控含油面积达到 2500km²，三级储量合计达到 15.2×10⁸t。并且在多层系、多领域获得突破与发现，进一步拓展了塔河油田纵横向油气勘探空间，表明塔河油田具有巨大的勘探潜力。根据塔河油田多层系、多领域立体含油的勘探局面，提出了立体勘探、整体评价塔河油田的勘探思路。

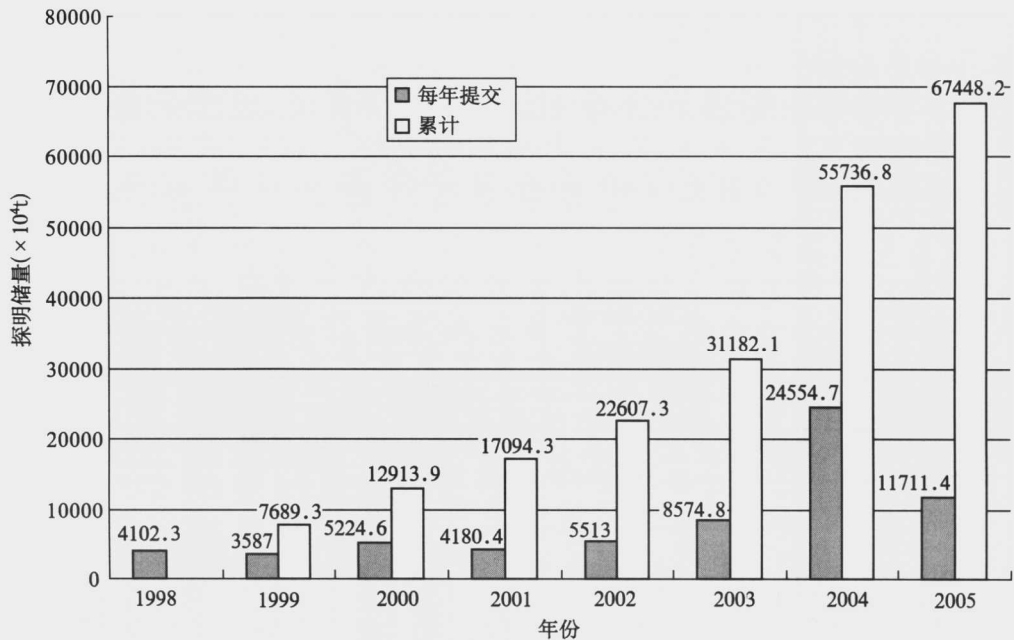


图 3 塔河油田历年探明储量增长情况

Fig.3 The history of the annually reserve increase of Tahe oilfield

“十五”期间探明油气地质储量 50717.51×10⁴t 油当量，实施勘探井 136 口，进尺 780186m，勘探投入 46.56 亿元人民币，成本为 9.18 元 /t，平均每口勘探井探明储量

372.92×10⁴t 油当量，每米进尺探明储量 650.07t；探明 1×10⁸t 油当量储量需探井约 27 口，需进尺约 15×10⁴m（表 1）。从以上指标可以看出，塔河探区在“十五”期间各项勘探指标、综合勘探效益指标均处于先进水平，具有较好的经济效益。

表 1 塔里木盆地塔河油田勘探效果分析表

Table 1 Effect analysis of the exploration of Tahe oilfield in Tarim Basin

年 度	探明油气地质储量 (×10 ⁴ t)	探井工作量		发现井 (口)	勘探井成功率 (%)	勘探投入 (亿元)	探明储量成本 (元/t)	勘 探 效 果			
		探井数 (口)	进尺 (×10 ⁴ m)					每口探井探明储量 (×10 ⁴ t/口)	每米进尺探明储量 (t/m)	探明亿吨储量需探井数 (口)	探明亿吨储量需进尺 (×10 ⁴ m)
“九五”合计	14378.9	51	27.5847	21		10.90	7.58	281.94	521.26	35.47	19.18
2001	3955	23	12.99882	5	63.64	6.50	16.43	171.96	304.26	58.15	32.87
2002	5536	23	11.07	8	65.22	6.25	11.29	240.70	500.09	41.55	20.00
2003	7791	23	13.9	3	60.00	9.96	12.78	338.74	560.50	29.52	17.84
2004	23532.9	33	18.9798	4	38.24	10.13	4.30	713.12	1239.89	14.02	8.07
2005	9902.61	34	21.07	3	44.44	13.72	13.86	291.25	469.99	34.33	21.28
“十五”合计	50717.51	136	78.0186	55	52.07	46.56	9.18	372.92	650.07	26.82	15.38

2. 油田开发现状

1997 年塔河油田突破以来，塔河油田投入开发或试采有 10 个油气田（藏），即 1、2、9 区三叠系油气藏与 2、3、4、6、7、8、10 区奥陶系油藏，西北分公司实现了产量的快速增长，塔河油田由 1997 年的 4.7×10⁴t 增加到 2005 年的 398×10⁴t（图 4）。针对碳酸盐岩

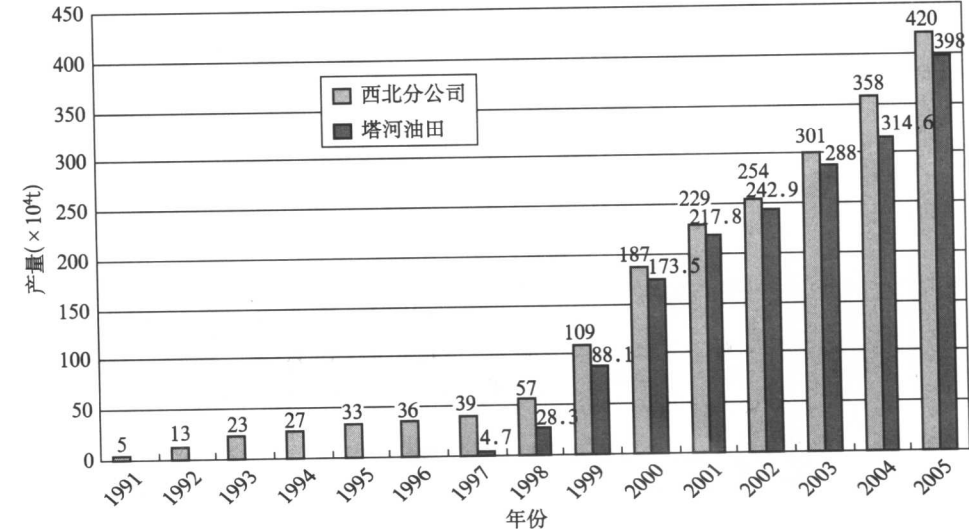


图 4 西北分公司历年年产量增长图

Fig.4 The history of the annually production increase of Northwest Branch Company

缝洞型油藏的特点,加强开发技术攻关,解决了非均质缝洞型油藏开发难题,动用储量和可采储量逐年持续快速增加,新区产能建设规模不断扩大,为塔河油田的发展增添了后劲,产量实现了稳步增长。

2003—2005年连续三年新建产能超过 $120 \times 10^4 \text{t}$,西北分公司已累计生产原油 $2091 \times 10^4 \text{t}$,其中塔河油田累计生产原油 $1756 \times 10^4 \text{t}$,奥陶系累计生产原油 $1258 \times 10^4 \text{t}$,目前平均日产油水平为 12000t ,开发井井数达到350余口,单井日产油水平为 37.1t 。

3. 理论与技术方法

在塔河油田长期的勘探实践、攻关研究与油气发现过程中,形成了“逼近主力烃源岩,以大型古隆起、古斜坡为勘探目标,靠近大型断裂、大型不整合面寻找大型油气田”的勘探思路,一举发现和探明了塔河油田,并逐步建立起有塔里木盆地特色的古生界碳酸盐岩海相油气勘探理论,同时,形成了一套适合于塔北碳酸盐岩岩溶缝洞型油藏勘探开发的方法技术系列。

1) 油气勘探开发理论

(1) 丰富和完善了碳酸盐岩成油理论。其核心内容为:①古岩溶储集体提供了有利储集空间;②古隆起及古斜坡控制油气运移、聚集与成藏;③非构造圈闭为主要的圈闭类型;④长期的低地温背景是长期生烃、多期成藏的重要条件;⑤成藏封闭系统的演化控制了成藏聚集特征。不仅对塔里木盆地油气勘探具有重要的指导意义,对我国广大的古生界海相碳酸盐岩沉积区的油气勘探也具有借鉴意义。

(2) 发展了复式油气藏成藏理论。多期构造运动、多期油气成藏决定复式油气藏是塔里木盆地的重要特征。塔河油田紧邻阿—满生油凹陷,是一个由奥陶系裂缝—溶蚀孔洞型储集体、志留系砂岩、泥盆系东河塘组砂岩、石炭系巴楚组底部砂泥岩互层段致密砂岩储层及石炭系卡拉沙依组、中二叠统火山岩、三叠系砂岩储层组成的多层系、多领域含油的典型复式油气藏。在复式油气藏成藏理论的指导下,西北分公司“十五”以来勘探工作突飞猛进,在多个新领域获得突破与发现,进一步拓展了塔河油田纵横向油气勘探空间,形成了多层系、多领域含油的立体勘探格局,表明塔河油田立体勘探具有巨大的潜力,提出了立体勘探、整体评价塔河油田的勘探思路。

(3) 初步创立了碳酸盐岩岩溶缝洞型油藏成藏理论。碳酸盐岩岩溶缝洞型油气藏是受构造—岩溶旋回作用形成的缝洞系统控制、由多个缝洞单元在空间上叠合形成的复合油气藏,具有独立的油气水系统和不规则的形态。单个油气藏(缝洞单元)在空间上以不同方式叠加,形成叠合连片含油、不均匀富集的特征。

碳酸盐岩岩溶缝洞型油气藏的主要特征是:

①储集体的基本单元为缝洞单元,基岩基本不具储、渗性能;单个缝洞单元即是一个相对独立的油气藏。储集体的分布受控于构造变形与古岩溶发育程度,平面上叠加、纵向上分层(岩溶—构造旋回控制)。

②油气藏的盖层可以是上覆分布稳定的泥岩,也可以是基本不具储、渗性能的基岩。

③油气藏内部缝洞单元的外部边界主要是不具储、渗性能的基岩,也可以是断裂。

④油气运移聚集成藏除了受大的构造形态控制外,还受岩溶缝洞储层发育特征的控制。油气藏整体上不具统一的底水。

塔河地区奥陶系碳酸盐岩岩溶缝洞型油气藏埋藏深度大,储层非均质性极强,油气藏特征、形成机理和控制因素复杂,对这种复杂油气藏的勘探是一个世界性的难题,需要全