

献给中国西部大开发
中国西部油气地质进展丛书

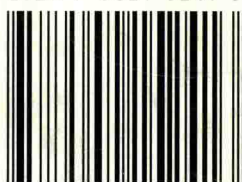
中国西部油气地质

WEST CHINA PETROLEUM GEOSCIENCES



2005 **1**

ISBN 7-5021-5241-5



9 787502 152413 >

中国石化西部新区勘探指挥部
中国石化石油勘探开发研究院西部分院 编辑
中国地质学会石油地质专业委员会
石油工业出版社 出版

编者的话

石油是国民经济的血液,油气是国家重要的战略资源。2005年6月16日至19日,中共中央政治局委员、国务院副总理曾培炎在新疆考察期间指出:“……今后5至10年,要坚定不移地贯彻‘稳定东部,发展西部’的油气发展方针,努力把新疆建设成全国最大的油气生产基地和西部重要的石油化工基地。”曾副总理提出:“……大力推进油气勘探科技创新。新疆地质条件复杂,勘探开发难度大。中石化、中石油两大公司要认真总结经验,积极探索,加大科研力度,力争在找油理论和勘探技术上取得新的突破。”为进一步加强我国西部油气勘探开发科技成果的交流,进一步加速西部科技成果在生产上的转化应用,进一步快速提供我国西部油气勘探开发科技信息,特编辑出版《中国西部油气地质》系列文集,初拟每年出版4期,由石油工业出版社正式出版。所刊论文,主要是各路生产、科研人员近年来在油气地质勘探开发生产、科研中的最新成果。本系列丛书要旨:面向西部勘探实践,展示各界优秀成果,瞄准油气学科前沿,搭建学术争鸣平台,为我国西部大开发作贡献。

图书在版编目(CIP)数据

中国西部油气地质,2005,第1期/李丕龙主编.

北京:石油工业出版社,2005.8

(中国西部油气地质进展丛书)

ISBN 7-5021-5241-5

I. 中…

II. 李…

III. ①石油天然气地质-研究-西北地区

②石油天然气地质-研究-西南地区

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114182 号

《中国西部油气地质》编委会

主 编：李丕龙

副主编：冯建辉 何治亮 翟晓先 赵殿栋

武恒志 宋国奇 高长林(常务)

编 委：(按姓氏笔画排序)

王 华	王生朗	王炳章	王离迟	冯建辉	刘文汇
刘传虎	李丕龙	宋国奇	牟泽辉	何治亮	陈 祥
陈文礼	陈惠超	张传林	张洪安	张柏桥	张昌明
张哨楠	吴金才	段昆荣	庞雄奇	郑和荣	武恒志
侯建国	赵殿栋	郝 芳	柳益群	查 明	郭 建
俞仁连	钱一雄	顾 忆	秦顺亭	阎相宾	黄太柱
康玉柱	翟晓先	蔡立国	漆立新	樊太亮	冀登武

《中国西部油气地质》编辑部

主 任：高长林

编 辑：陈昕华 叶留生

质进展丛书

中国西部油气地质

ZHONGGUO XIBU YOUQI DIZHI

2005 年 第 1 卷 第 1 期

目 录

【专家论坛】

强化科技进步 坚持理论创新 努力加快西部新区勘探步伐	李丕龙(001)
塔里木盆地油气勘探实践论谈	康玉柱(004)

【基础地质】

中国西部古中国洋的形成演化与古生代盆地	高长林 陈昕华 吉让寿 秦德余(009)
塔里木盆地的地质热历史	李慧莉 邱楠生 金之钧 何治亮(015)
塔中及围斜区志留系的划分对比	蔡习尧 郭书元 陈 跃 尤东华(019)
准噶尔盆地车排子地区排 2 井地层划分	洪太元 张福顺 由伟丰 朱宏发(022)

【油气地质】

准噶尔盆地腹部侏罗系岩性油气藏勘探实践与探讨	武恒志 孟闲龙 朱允辉 由伟丰(026)
准噶尔盆地周缘及天山中小盆地油气勘探启迪与展望	范小林 罗开平 周凌方(030)
鄂尔多斯盆地奥陶系古岩溶洞穴特征	李振宏(037)
喜马拉雅构造运动在准噶尔盆地油气富集中的作用	云金表 牟泽辉 钱奕忠(043)
乌鲁木齐—米泉断裂及其油气地质意义	孙自明(047)
从成岩演化探讨准噶尔盆地腹部区块优质储层的分布规律	孟闲龙(051)
准噶尔盆地车莫古隆起的形成演化及其对腹部油气成藏的影响	朱允辉 孟闲龙(055)
塔里木盆地寒武—奥陶系烃源岩在层序地层格架中的分布	于炳松 周立峰(058)
塔中志留系油藏成藏期分析——以塔中 S 井为例	陈强路 蒋顺金(062)
柴达木盆地三湖地区第四系生物气成因类型的研究	梁全胜 刘 震 党玉琪(066)
地应力与油气运移	谭成轩 张明利(070)
雅克拉断凸中部地层压力的状况和特点	郭仁炳(077)
塔河油田奥陶系原油高蜡成因	丁 勇(085)
塔河碳酸盐岩溶缝洞型油藏流动单元研究意义	谭承军(089)

【技术方法】

塔里木盆地中 4 超深井钻井技术	孙兆玉(093)
国内外深反射地震研究的进展及应用研究	王海燕 高 锐 卢占武 赵玉莲(097)
准中 1 区块三维资料六联片表层建模及静校正处理应用	何晓冬 夏忠谋(104)
塔里木盆地阿北—顺北区块东河砂岩预测方法研究	杨春峰 杨云飞 冯全东 方江雪(109)
层位标定方法的研究和应用	李海亮 张丽萍 万传治 石亚军 黄云锋(114)
下期要目预告	(117)
《中国西部油气地质》来稿须知	(118)
封面图片 准噶尔盆地南缘喀拉扎组城墙砾岩	何治亮 摄

WEST CHINA PETROLEUM GEOSCIENCES

Vol. 1, No. 1, 2005

CONTENTS

【Scientist Forum】

- Strengthening Advance of Science & Technology, Insisting on New Creation of Theory and Speeding up Petroleum Exploration in the New District, West China Li Pi-long(003)
- Petroleum Exploration Practice in the Tarim Basin Kang Yu-zhu(008)

【General Geology】

- Generation and Evolution of the Paleo-China Ocean and the Paleozoic Basins in the West China Gao Chang-lin, Chen Xin-hua, Ji Rang-shou, Qin De-yu(014)
- Geothermal History in the Tarim Basin Li Hui-li, Qiu Nan-sheng, Jin Zhi-jun, He Zhi-liang(018)
- Division and Comparison of Silurian Between the Central Tarim and the Peri-clinal Area Cai Xi-yao, Guo Shu-yuan, Chen Yue, You Dong-hua(021)
- Stratum Partition of Well Pai-2 in the Chepaizi Area, the Junggar Basin Hong Tai-yuan, Zhang Fu-shun, You Wei-feng, Zhu Hong-fa(025)

【Oil and Gas Geology】

- Exploration Practice and Discussion of Jurassic Lithologic Hydrocarbon Reservoir, the Hinterland of Junggar Basin Wu Heng-zhi, Meng Xian-long, Zhu Yun-hui, You Wei-feng(029)
- Some Inspiration and Prospect on Petroleum Exploration in Small and Middle Sized Basins Around the Junggar Basin and the Tianshan Mountains Fan Xiao-lin, Luo Kai-ping, Zhou Lin-fang(036)
- Characteristics of the Ordovician Karst Caves in the Ordos basin Li Zhen-hong, Wang Xin, Zheng Cong-bin(042)
- Influence of Himalayan Tectonic Movement on Petroleum Accumulation in the Junggar Basin Yun Jin-biao, Mou Ze-hui, Qian Yi-zhong(046)
- Characteristics of the Urumqi-Miquan Fault and its Hydrocarbon Significance Sun Zi-ming(050)
- Distribution Regularities of Good Reservoirs in the Central Area of Junggar Basin from the Aspect of Diagenetic Evolution Meng Xian-long(054)
- Formation and Evolution of the Chemo Ancient Uplift and its Influence on Reservoir Formation in the Central Area, the Junggar Basin Zhu Yun-hui, Meng Xian-long(057)
- Distribution of Hydrocarbon Source Rocks of Cambrian-Ordovician in Sequence Stratigraphic framework, the Tarim Basin Yu Bing-song, Zhou Li-feng(061)
- Reservoir Forming Stages in the Silurian of Central Tarim: A Case Study of the Tazhong Well-S Chen Qiang-lu, Jiang Shun-jin(065)
- Quaternary Biogenic Gas Cause Types in the Sanhu Region of the Eastern Qaidam Basin Liang Quan-sheng, Liu Zhen, Dang Yu-qi(069)
- Crustal stress and Petroleum Migration Tan Cheng-xuan, Zhang Ming-li(071)
- Characteristics of Stratigraphic Pressure in the Middle Yakela Fault Block Guo Ren-bing(084)
- Origin of High Paraffin Content of Orude Oil in the Ordovician of the Tahe Oilfield Ding Yong(088)
- Research on Flow Unit of Carbonate Rock Corrosion Fracture and Hole Accumulation in the Tahe Oilfield Tan Cheng-jun(092)

【Technology】

- Drilling Technique in the Zhong-4 Supper Deep Well in the Tarim Basin Sun Zhao-yu(096)
- Progress and Application of Deep Seismic Reflection Research Domestic and Overseas Wang Hai-yan, Lu Zhan-wu, Zhao Yu-lian(103)
- Application of 3-D 6-Sectors-Connected Surface Layer Modelling and Static Correction Process in the No.1 Block of Middle Junggar Basin He Xiao-dong, Xia Zhong-mou(108)
- Donghe Sandstone Prediction Methods in the Abei-Shunbei Exploration Region of the Tarim Basin Yang Chun-feng, Yang Yun-fei, Feng Quan-dong, Fang Jiang-xue(113)
- Research and Practice of Strata Calibration Method Li Hai-liang, Zhang Li-ping, Wan Chuan-zhi, Shi Ya-jun, Huang Yun-feng(117)

文章编号: 5021-5241(2005)01-0001-03

强化科技进步 坚持理论创新 努力加快西部新区勘探步伐

——在中国石化西部新区勘探指挥部 2005 年科技大会上的讲话

李丕龙

(中国石化西部新区勘探指挥部, 新疆 乌鲁木齐 830011)



中国石化成立西部新区勘探指挥部四年来, 依靠科技进步, 在油气勘探及科研工作中取得了很大成绩。近年来, 相继在准噶尔盆地和塔里木盆地多点突破, 发现了莫西庄油田、永进油田、征沙村侏罗—白垩系油藏、车排子第三系油藏和塔中 1 井区奥陶系油气藏等, 油气勘探进展比较顺利。特别是去年 6 月份以来, 经过

联合研究会战以及几次技术和理论创新专题讨论会, 完善了勘探思路, 优化了勘探部署, 进一步明确了新区的勘探方向。同时, 制定了西部新区科技攻关及理论创新计划。为实现“三步走”战略第一步“大突破”打下了坚实基础。

1 认清形势、理清思路、准确把握西部新区科技攻关方向

为了实现集团公司对西部勘探“尽快实现大突破, 形成储量接替场面”的要求, 在认真总结西部新区前三年勘探进展, 分析面临形势, 深入研究了西部加快发展问题。确立了今后一个时期中石化西部新区油气勘探工作思路, 即“1334”工作思路: 牢固确立一个目标, 实施“三步走”战略, 做到“三个依靠”, 强化“四项措施”。

纵观西部新区“多点突破”的勘探局面, 特别是准噶尔盆地西缘车排子地区排 2 井与塔里木盆地塔中 1H 井喜获高产油气流, 可以说, 在永 1 井区亿吨级大油田有了雏形; 在排 2 井区拿到 $5\,000 \times 10^4 \text{ t}$ 左右的规模储量也完全有可能。但距离实现“三步走”战略第一步, 即在 2006 年“实现大突破”仅剩一年的时间。因此, 可以说“形势喜人, 形势逼人, 时不我待”。

西部新区 70 个登记区块, 勘探面积近 $30 \times 10^4 \text{ km}^2$, 涉及到多旋回发育的台盆区碳酸盐岩领域、山前褶皱复杂带领域、深层—超深层隐蔽油气藏勘探领域。勘探领域新、广, 勘探难度大。这就要充分发挥科技是第一生产力的作用。几年来, 广大科技工作者依靠科技进步, 地质认识水平不断提高, 并取得了丰硕的成果。但还存在有许多地质、工程方面问题困扰着勘探。这就要求广大科技工作者进一步增强紧迫感、责任感, 振奋精神, 扎扎实实地进行艰苦的探索。

“认识决定思路, 思路决定部署, 部署决定成败”。什么决定思路? 地质认识! 能不能获得突破, 地质认识是关键。就中国石化西部新区 70 个登记区块来说, 准噶尔盆地勘探已逐渐明朗, 但塔里木盆地与外围诸盆地勘探方向仍然不明朗。2004 年勘探年会上指挥部提出的打好“三大战役”——准噶尔盆地阵地战、塔里木盆地攻坚战、外围盆地侦察战, 固然需要大量勘探工作量, 但上工作量的依据是深入细致的研究、可靠程度较高的地质认识。因此, 要求广大科技工作者还要不断努力的开展深入细致的研究工作, 通过实践—认识—再实践—再认识, 从而不断地提高认识水平。

科学技术是第一生产力。在当代社会, 科学技术

收稿日期: 2005-04-11

第一作者简介: 李丕龙(1963—), 男, 中国石油大学, 大学本科, 青岛海洋大学, 硕士; 中国科学院, 博士, 教授级高级工程师, 2002 年被授予“中国石化集团公司有突出贡献的科技专家”。历任胜利石油管理局勘探事业部副主任、管理局副总地质师、总地质师; 中国石化胜利油田有限公司董事、副总经理、总地质师。现任中国石化西部新区勘探指挥部常务副总指挥。

作为第一生产力,已成为经济发展和社会进步的最主要的因素和决定性力量。如果说,“创新”是科技发展的生命力所在,那么,“科技创新”则是生产力发展,进而经济发展、社会进步的生命力所在。我们必须抓住实现“三步走”战略及集团公司资源接替战略具有战略性、基础性、关键性作用的重大科技课题,依靠科技进步,发挥广大科技人员的聪明才智,加紧攻关,自主创新。坚持有所为、有所不为的方针,为最终实现西部新区油气勘探的大突破、大发展、大接替战略目标奠定坚实基础。

2 坚持理论创新,确保西部新区油气勘探大突破和理论创新的双丰收

理论创新是一项十分艰苦的工作,需要深入扎实的长期研究。理论创新,就是要把对客观世界的感性认识上升到理性认识,形成新的观点、新的概念和新的原理,关键要有新的思想内涵。进行理论创新,需要一种精神、两种勇气。一种精神:刻苦钻研、锲而不舍的精神;两种勇气:一是大胆探索、敢于提出新见解、新观点的勇气;二是敢于让自己提出的新见解、新观点接受实践检验的勇气。

石油勘探是一个多学科联合的系统工程。近代石油勘探实践证明,油气的发现与技术科技进步密不可分,其中理论创新发挥了不可替代的作用。无论是陆相生油理论、构造成藏理论,还是复式油气聚集理论、隐蔽油气藏成藏理论等,每次理论创新都不同程度地指导了我国的勘探实践,形成了一次次储量增长高峰。

中国石化西部探区地面与地下条件极其复杂,不仅是中国石化新时期的重大实践,也是中国石油勘探领域新时期的重大实践。新的实践就要有新的理论来指导。基于理论创新这样一项宏伟工程,必须坚持合作开放的理论创新模式,不仅要调动自主的创新力量,而且还要调动国内、外所有能调动的力量,充分发挥全国石油界的技术力量,把国内、外的勘探理论与中国石化西部实际紧密结合。

自主创新是企业生存的关键。因此,参加西部勘探的每一位科技人员必须始终思考,坚持不懈,为实现这个艰巨任务而努力拼搏。

西部新区油气勘探是一辆巨型战车,它必须要有理论创新和技术进步两个强有力的“车轮”来驱动。西部新区勘探面积广、资源量也大,但勘探对象极其复杂。如何在如此广大的地域选择突破口?如何在复杂的地质体中拿下大油田?如何降低勘探风险、实

现高效益?答案非常简单,就是必须实施“理论创新”和“技术进步”双轮驱动。

加强理论创新一定要坚持“五项”基本原则:

第一,坚持否定之否定原则。西部多点突破曾令人几度兴奋,多处难以扩展的事实也令人几度困惑。塔里木盆地油气勘探“六上五下”的事实说明,西部地质条件复杂。尽管前人有很多总结,但实践告诉我们,其理论认识仍然很肤浅,甚至是错误的。因此,必须正确审视过去的研究成果,敢于否定自我,超越前人。

第二,坚持实践-认识-再实践-再认识的原则。复杂地质条件告诉我们,西部理论创新绝不是一朝一夕的事。实践总结,逐渐提高,不断完善是我们认识事物的基本原则。在西部新区理论创新过程中,必须坚持先实践、再认识、再提高,形成新理论再指导实践,也就是要坚持实践-认识-再实践-再认识的认识路线。

第三,坚持理论联系实际的原则。成藏规律有其共性的一面,更要认识其特殊性的另一面。东部的地质理论、国外的地质理论对西部有指导作用,但西部的油气勘探具有很强的特殊性,要认真研究西部的特殊性和西部独特的地质规律,世界上没有“放之四海而皆准”的理论。也就是理论创新要与西部实际相结合。

第四,坚持“产学研”相结合的原则。西部是新体制,人员少,技术面宽。如何与国内外著名院校开展合作,扩大科技人员总量,发挥各自优势,形成创新群体非常重要。通过不同层面,不同观点的碰撞,总结出新的观点,形成新的适合西部并能指导西部新区油气勘探的创新理论,必须要走“产学研”相结合的路子。

第五,坚持远近结合,逐一推进的原则。地质问题有难有易,工作有轻重缓急,投入是有限的。因此,理论创新既要有长远计划,又要有近期目标,并逐一推进。只有正确的定位远近目标,才能有计划逐步推进理论创新。决不能眉毛胡子一把抓,一哄而上,不分轻重,必然一事无成。

为了切实做好逐一推进,西部新区理论创新应有阶段性目标任务和安排,即在今年第三季度召开准噶尔盆地隐蔽油气藏理论创新研讨会,2006年上半年召开西部新区山前带理论创新研讨会,2006年下半年召开台盆区碳酸盐岩理论创新研讨会。即通过每一位科技人员坚持不懈的努力,西部新区理论创新和技术进步要两年初见成效(2006年),争取在准噶尔腹部隐蔽油气藏、塔里木台盆区碳酸盐岩以及山前带等3个主要勘探领域初步形成新的地质理论与配套技术;再经过3年完善(2010年),力争实现中石化西部油气勘探大突破与理论创新的双丰收。

强化技术进步。技术进步既是西部新区油气勘探突破的强有力支撑,同时又是理论创新的重要保障。西部复杂的地表和地下地质条件,对工程工艺技术提出了很高的要求。新区勘探目标埋深普遍较大,并以复杂和隐蔽油气藏为主,给地震、钻井、试油等工程带来很大难度,许多环节的工程工艺和技术方法均是世界级难题,恰恰是这些世界级难题制约着西部新区的勘探进展。攻克关键技术,发展和完善配套的工程工艺技术迫在眉睫。在技术攻关中,要以关键技术攻关为核心,切实推动技术上台阶。在技术进步方面,还要坚持“攻关与配套相结合的原则”,还要坚持“抓重点、抓关键技术的原则”。通过核心技术的进步,带动西部整体技术的发展,确保钻井的顺利高效,确保地质任务的实现,确保油气勘探目标的顺利实现。

3 未雨绸缪,计划安排好未来几年的科技工作,全面推进西部新区油气勘探进程

科技工作的核心任务是服务于勘探生产。为了实现“三步走”的战略目标,在安排近几年的科研工作时,还应重点考虑以下几个方面:

第一,分层次抓好立项是近几年科研组织总的指导方针。一是要认真梳理,分清基础、重点与生产三类项目,明确近期攻关与远期储备两类,做到有的放矢,分层次逐步推进。生产急需的要加大投入(包括人力与物力)重点抓。对长线科研、基础科研也要给予适当的支持。

第二,加强“两头管理”。一要把好课题设计关。课题设计内容与方法的确定,是决定科研成功与适用性的关键。好的设计是科研成功的一半。把好课题设计关,包括对问题的把握、国内外调研、技术思路与技术手段先进性、可靠性等。一定要把有限的资金用到刀刃上。二要把好课题验收关。一定按照设计与合同标准进行课题验收,保证科研的质量。为了做好这一工作,必须加强中间检查和阶段验收,把科研与生产有机的结合起来。

第三,要加强国家与集团公司层次上的立项。没有高级别科研项目,是很难结出高质量的果实的。西部新区的地质问题多是中国乃至世界级的难题。通过几年的实践,在一些问题上已经有了一些资料,获得了一些认识,有望获得较大的成果,申报国家与集团公司层次上的项目时机逐渐成熟。今后要加强这项工作,争取得到更大层面上甚至国家的支持。

第四,抓好生产科研项目的组织管理和生产动态跟踪研究。短线的生产科研是直接服务于勘探部署的课题。选对题、选好题,关系到部署的成败,要真正做到指导勘探部署。在生产动态跟踪研究中,近期要密切关注正钻井的钻、测、录、试油情况,尤其是油气地质情况,不能松懈,不能漏掉一层油气层。否则,就会丧失发展的机会和机遇。

第五,强化科技人才队伍的培养和建设。人才是发展之本。人才培养和人才队伍建设,是西部新区油气勘探发展和理论创新的关键。没有高水平、高素质的科技人才,就不可能有高水平的创新理论出现,就不可能有高水平的决策、高水平的管理。新区勘探的复杂特点和艰苦环境,客观上为人才的脱颖而出创造了条件,为年轻科技人员和科技管理干部的成长提供了广阔的舞台。一定要加大科技人才培养和人才队伍建设力度:一是制定西部新区培养人才、留住人才、引进人才、用好人才的激励机制,鼓励大家到西部来创业、奉献,加紧培养年轻的科研人员,在勘探实践中造就一批德才兼备的新的学科技术带头人和高层次的技术专家,调整好西部新区合理的科技队伍结构;二是要针对西部探区特点,进一步加强科技人员的技术培训工作,不断更新知识,培养一批复合型人才。

回顾过去,西部新区科技工作成绩斐然;展望未来,更是充满挑战,任重道远。进一步增强开创中石化西部油气勘探事业的使命感、责任感和紧迫感,求真务实,与时俱进,勇于创新,强化科技进步,坚持理论创新,为实现中石化西部新区“大突破、大发展、大接替”,为实现西部勘探双丰收而努力奋斗!

Strengthening Advance of Science & Technology, Insisting on New Creation of Theory and Speeding up Petroleum Exploration in the New District, West China

Li Pi-long

(West Petroleum Exploration Headquarter, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

文章编号:5021-5241(2005)01-0004-05

塔里木盆地油气勘探实践论谈

康玉柱

(中国石化西部新区勘探指挥部,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要:塔里木盆地是我国最大的内陆盆地,经过 50 多年曲折的勘探历程,证明塔里木盆地油气资源十分丰富,勘探潜力巨大。笔者根据几十年的勘探实践,从地质理论是油气发现的先导,勇于开拓、敢冒风险是勘探家的风格,区域展开、重点突破,点面结合、看准靶区、贵在坚持、地质综合研究是评价选区的关键,处理好油气勘探中的几个关系,高新技术是发现油气田的重要手段及坚持党的领导是油气勘探工作的根本保证等方面,浅谈自己的体会。

关键词:塔里木盆地;油气田;油气勘探

中图分类号:TE132.1+3

文献标识码:A



塔里木盆地是我国最大的内陆盆地,面积 $56 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。经过 50 多年曲折的勘探历程,证明塔里木盆地油气资源十分丰富,其资源量(油气当量)为 $229 \times 10^8 \text{ t}$,其中石油 $115 \times 10^8 \text{ t}$ 、天然气 $114 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。1958 年发现依奇克里克油田,1977 年发现了柯克亚油田。特别是 1984

年 9 月,塔北雅克拉构造上的沙参 2 井钻遇高产工业油气流后,实现了古生界海相油气重大突破后,迎来了地矿、石油和科教部门到塔里木盆地进行油气勘探大会战的新局面。到目前为止,共发现油气田 30 个。其中,大型油气田 4 个(塔河、克拉 2、迪那 2、和田河),累计探明油气地质储量 $13.2 \times 10^8 \text{ t}$ 。其中,石油 $6.1 \times 10^8 \text{ t}$,天然气 $7\,076 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2003 年产油 $820 \times 10^4 \text{ t}$,产天然气 $12 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。因此,塔里木盆地成为我国第二大天然气区和油气储产量快速增长的地区之一。

下面谈谈自己在油气勘探实践中的几点体会。

1 地质理论是油气发现的先导

1.1 评价塔里木盆地

1970 年 5 月初,地质部石油地质综合研究大队

西北分队,按照著名地质学家李四光部长的指示,到塔里木盆地进行油气前景评价研究。在前人工作基础上,首次运用地质力学理论方法开展全盆地的石油地质研究工作,从天山山前到昆仑山前观察了多个代表性地质剖面、构造点及油气点,广泛收集了前人大量地质、物探资料,经过 7 个多月的室内外研究后,编写了“塔里木盆地含油气前景初步认识”的报告。

主要认识:①塔里木盆地是多构造体系控制的复合盆地,它具有统一的前震旦系结晶变质基底,广泛的古生界基础和巨厚的中新生界盖层。②形成了多套生储盖组合。③盆内隆起和坳陷均具长期活动性质,断裂发育。④圈闭类型多,是一个多油气藏类型的盆地。因此,塔里木盆地是我国很有远景的大型含油气区之一。

在勘探部署上提出:①扩大一块——库车坳陷:以依奇克里克油田为基地向外围扩大,纵向亦要向下扩展,发现新油气田。②突破一块——西南坳陷区:该区有 3 套生油岩(C—P、T—J、K₂—E)且处于帕米尔反 S 型转弯部位,有利于油气富集,局部构造十分发育,具多套成油组合,可能找到大油气田。③准备一块——东北坳陷区。古生界和中生界发育齐全,有大型隆起和坳陷,预测前景好。并建议地质部快上队伍;建议石油部应把勘探重点向西南坳陷转移。

1.2 战略转移到塔北

国家地质总局根据国家石油工业发展的战略需

收稿日期:2005-04-10

第一作者简介:康玉柱(1936—),男(满族),1960 年毕业于长春地质学院。曾任地矿部西北石油地质局副总工程师、高级咨询组组长,现任中石化西部新区勘探指挥部专家组副组长,教授级高级工程师。主要从事石油勘探部署和地质综合研究。

要,1977年8月决定组建塔里木筹备组,该组赴塔里木盆地调研,经过几个月的调研工作,于同年12月编写了“塔里木盆地石油地质普查初步设计方案”。认为塔里木油气资源丰富,是寻找“大庆式”油气田的盆地。指出塔西南前景最好,塔东坳陷区及中央隆起区也具较好的油气前景,建议快上。在部署上建议:着眼全盆,分区规划,突破喀什,准备东部,探索中央的部署方案。

1978年元月向总局领导汇报该方案后,决定组织队伍上塔里木。1978年5月国家地质总局下文成立“新疆石油普查勘探指挥部”(下称新指)。

新指首先在喀什—麦盖提地区进行侦察性勘查,经过一年多的地质、物探、钻井等勘探工作,发现该区勘探目的层埋藏深,当时钻机打不到,构造也十分复杂。因此,亟待优选新的勘探靶区。

1979年8月,根据地质力学构造体系控油理论,排除不同认识,首先提出向塔北沙雅隆起转移的意见。当时的考虑是:认为沙雅隆起在早古生代时,西与柯坪隆起,东与库鲁格塔格隆起同属一个EW向沉积带,从晚古生代开始柯坪及库鲁格塔格隆起抬升,而沙雅隆起仍然不均匀的沉降,并接受了晚古生代及中生代广泛沉积。所以,预测沙雅隆起不但有发育齐全的古生界,也应有中生代沉积,还指出该隆起要注意寻找古生界古潜山型油气田等。基于上述,认为沙雅隆起油气前景好,目的层埋藏也较浅,这些认识在1979年9月“新指”在阿克苏召开的勘探会上,我们作的“塔里木盆地石油地质特征及勘探方向”发言中有详细表述。随后,将向塔北沙雅隆起转移的意见又向总局领导作了汇报,并得到了上级的支持和同意。于1980年初,“新指”把勘探的重点转移到沙雅隆起。开始用3个地震队开展普查勘探。同时在塔河南跃进一个重力高上布了跃参1井。该井首次发现厚600 m左右的中生界,并见到了二叠系。在侏罗—三叠系中发现厚度320 m生油岩。因此,跃参1井被誉为“塔里木油气勘探的指路明灯”,打开了认识塔东北地区油气前景的大门,亦更加坚定了在本区勘探的信心和决心。

2 勇于开拓,敢冒风险是勘探家的风格

沙参2井的重大突破^[1-5]。根据地质、地震新资料 and 成果,1981年在“新指”勘探部署总体设计中提出,在雅克拉构造上打沙参2井(当时只有二维地震测线二条十字线),并决定快速加密雅克拉构造的地震测线,进一步落实圈闭。

1983年初,雅克拉构造共完成井字网4条地震

测线后,编制构造图,并确定了沙参2井井位。经过钻前准备,沙参2井于1983年8月12日由第一普查勘探大队6008井队施工开钻。

该井于1984年8月23日钻达5 363 m见到古风化面,并取得少量白云岩岩心,但未见油气显示。人们期待已久的古风化面含油的愿望破灭了,有些人灰心失望地要求停钻完井。在要不要加深的关键时刻,地质技术负责人顶着巨大风险和莫大的压力,果断地提出绝不能停钻,至少再打100 m!其理由:一是该井于3 800多米见到含油砂岩,这油肯定是从深部运移上来的,因此,深部可能有油气存在;二是见到了一点白云岩,还不能确定地质时代,原地质任务尚未完成;三是根据我国东部古潜山油气藏特点,油气不一定在古风化壳表面,而往往富集于古风化面之下一定深度的风化淋滤带内。这些意见得到技术骨干及上级领导的支持,决定加深。经过堵漏、下技术套管等施工后,于1984年9月22日凌晨只加深了28 m即井深5 391.18 m时,奇迹出现了,高压油气呼啸喷出,震天动地,日初产油1 000 m³,天然气200×10⁴ m³。

沙参2井的成功,实现了中国古生代海相油气田首次重大突破,开辟了古生代找油的新纪元,成为我国石油勘探史上继大庆、海上油气突破后的第三个重要里程碑。时任副总理万里听取汇报后说:“中国人自己搞出来的,很了不起,是一个大贡献”;国务委员康世恩听取汇报后说:“沙参2井高产油气流是一个大大的突破”;著名地质学家黄汲清教授题词:“喷油奥陶系,伴有天然气,康工主战场,开天又辟地”。亦是塔里木盆地油气勘探新的重大转折,从而拉开了塔里木油气大会战的序幕。

3 区域展开、重点突破、点面结合

3.1 连获突破

1984年10月中旬,地矿部领导和专家听取了西北石油地质局“关于沙参2井喜获高产油气流情况及下步勘探部署”的汇报:认为沙参2井实现了古生代海相油气的突破,具有重大的战略意义;其油源岩很可能是寒武—奥陶系,是二次生油的结果;沙雅隆起是一个油气富集带;建议地矿部调集队伍组织大会战。下步部署建议:扩大雅克拉、注意中浅层、东西展开、争取更大突破,寻找大油气田。

1985年初地矿部为迅速扩大沙参2井的重大成果,将塔北作为地矿部油气勘探重点之一,并组建了地矿部塔北油气勘查联合指挥部,由此,从华北、华

东、中南、西南、广东等5个地区局调集精干队伍达6 000人,到塔北进行空前规模的联合勘探大会战。与此同时,在雅克拉构造、二八台、轮台、阿克库木(轮南)、阿克库勒(桑塔木)、东河塘及沙西凸起上部部署了一批探井(沙3—沙18井)。这批井在1986—1989年于寒武系、奥陶系、石炭系、三叠系、侏罗系、白垩系及下第三系等均获高产油气流或油气显示,特别是布在阿克库勒构造上的沙18井于下石炭统获特高产油气流,日产油 $1\,400\text{ m}^3$,天然气 $420\times 10^4\text{ m}^3$,成为塔里木乃至全国罕见的高产井。到1990年先后发现了雅克拉、轮台、阿克库木、阿克库勒、阿克莫奇、达里亚、艾协克等7个油气田(藏)。证明了沙雅隆起是一个多层含油的油气聚集带^[4]。

3.2 导向性重大突破

到1989年下半年地矿部已在塔北沙雅隆起发现多个油气田(藏),证明了该隆起是一个油气富集带,为开辟新的油气勘探基地,部领导又提出寻找第二个沙雅隆起的指示。我们以从勘探实践中总结出来的古隆起、断裂带、不整合等控制油气分布的认识为指导,从1990年开始调集部分勘探队伍对巴楚隆起—麦盖提斜坡开展全面油气勘探工作,1991年又发现了一批构造圈闭。1992年9月13日在麦盖提斜坡的巴什托构造上设计的麦3井于井深4 300 m上石炭统试获高产油气流,日产油 16 m^3 ,天然气 $80\times 10^4\text{ m}^3$,实现麦盖提斜坡首次导向性重大突破。1995年9月17日在巴楚隆起的亚松迪构造上设计的第一口参数井巴参1井于井深2 360~3 639 m的石炭系试获高产油气流,日产油 61 m^3 ,天然气 $2\times 10^4\text{ m}^3$,实现了巴楚隆起首次导向性重大突破,发现了巴什托和亚松迪2个油气田。

3.3 找油不找气的教训

1992—1994年间西北石油局在勘探部署思路上出现两种观点,其一,油气并举;其二,找油不找气。其结果是在找油不找气的思想指导下,西北石油局丢掉了“牙哈油气田”(塔指1995年发现)^[3]。

4 看准靶区,贵在坚持

塔河大油气田位于塔北沙雅隆起阿克库勒凸起的西南斜坡上,从2000年起,每年以新增探明储量 $5\,000\times 10^4\text{ t}$ 以上的速度快速增长,到2004年底,控制含油面积超过 $1\,000\text{ km}^2$,累计探明储量为 $5.5\times 10^8\text{ t}$,三级储量达 $12\times 10^4\text{ t}$,成为中国第一个古生界大油田。原油年产量也以每年新增 $50\times 10^4\text{ t}$ 速度发展,

2004年产油 $358\times 10^4\text{ t}$,预测塔河大油田能获得探明储量达 $10\times 10^8\text{ t}$ 以上的特大型油田。

1984年9月沙雅隆起雅克拉构造的沙参2井于古生界奥陶系实现重大突破后,相继又发现多个古生代油气田(藏)。而且其油气源岩均为古生界寒武系和奥陶系。我们坚持以奥陶系古隆起、古风化面及断裂带控油理论为指导,寻找大油田。于1990年10月在阿克库勒凸起上的艾协克(塔河3区)构造上设计的沙23井于石炭系试获高产油气流,并在奥陶系见有良好油气显示,这是塔河油田的第一口发现井。1991年9月在桑塔木构造(塔河1区)上设计的沙29井又获高产油气流,这是塔河油田的第二口油井。但从1992年开始,有的同志对该区找古生界奥陶系油田产生怀疑和冷淡。但我们经科技攻关研究认为,在台盆区寻找大油气田,仍要坚持克拉通、坚持古隆起、坚持奥陶系。从而将本区作为找大油气田的重点探区,获得了探矿权,随即加大了勘探力度,部署了三维地震。1996年初根据三维地震成果又部署了沙46井、沙47井、沙48井等一批探井和评价井。这三口探井于1997年在奥陶系均获高产油气流,特别是沙48井日产油450~470 t,几年来,已累计产油近 $60\times 10^4\text{ t}$,创造了新疆乃至全国奥陶系稳产、高产新记录,成为“王牌井”。由此发现了塔河亿吨级大油田。

塔河亿吨级大油田的发现,进一步证明了塔里木盆地油气资源丰富,前景巨大;再次证明塔里木盆地不但有丰富的天然气,亦有丰富的石油,沙雅隆起虽然经过多期构造运动的破坏,但仍有形成大油田的地质条件,证明古隆起、古斜坡的奥陶系,具有形成大油田的条件,亦是油气勘探主要目的层之一。

5 地质综合研究是评价选区的关键

5.1 沙参2井油气源岩的判断

1984年9月沙参2井获高产油气流后,多家有关部门索取了油气样品进行分析研究,但结论众说不一,有的认为烃源岩是中生界;有的说是石炭—二叠系,我们根据无锡实验室的原油分析结果认为是“海相烃源岩”,以及塔北地区的演化历史、地层沉积发育情况,率先提出沙参2井油气源岩主要为寒武—奥陶系碳酸盐岩,是二次生油的结果。理由是:①沙雅隆起陆相侏罗—三叠系虽然有一定厚度的烃源岩,但成熟度较低;②本区石炭—二叠系沉积厚度较薄,烃源岩不发育,即使有一定生烃能力,成熟度也不高,与沙参2井油气成熟度不配套,所以,只能来源于寒武—奥陶系。在1984年12月3日地质矿产报头版头条“揭开塔

里木之谜的沙参2井”,文章中论述了这一观点。1989年美国斯坦福大学教授来华考察沙参2井时,取油样分析后认为,其烃源岩为寒武—奥陶系。对沙参2井油源岩的争议,一直持续到1992年才统一到寒武—奥陶系上来^[9]。

5.2 古隆起、古斜坡、断裂带、不整合控油

沙参2井奥陶系实现重大突破后,根据该井所处的构造部位,所钻遇的生、储、盖组合及油气藏类型,预测 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的沙雅隆起是一个前景可观的油气聚集带,从沙雅隆起成藏条件与卡塔克隆起(塔中隆起)及巴楚隆起成油地质条件基本相似,所以判断卡塔克隆起、巴楚隆起及麦盖提斜坡等也具备形成古生界古潜山油气田(藏)的地质条件,并指出卡塔克和巴楚隆起是寻找古生界油气田的有利地区之一^[1]。目前,已经证明这一预测是正确的。

5.3 新疆几个主要盆地评价和建议

根据地矿部领导指示精神,在以塔里木盆地为勘探重点的同时对新疆要有全面了解。自1981年起,西北石油局开始对全疆较有前景盆地进行调研评价,首先选择了柴窝堡、准噶尔、吐哈、三塘、伊宁等盆地,经过几个月的野外和室内研究,认为这几个盆地均发育有较好的上石炭统一二叠系和侏罗—三叠系烃源岩(特别准噶尔盆地东部上石炭统烃源岩较好,厚度较大),均具多套储盖组合,成藏条件较好。因此,在1982年地质部油气勘探部署会上我们提出,以塔里木盆地为重点兼顾准噶尔盆地南部和中东部地区(当时新疆石油管理局主要勘探区在西北缘地区)、吐哈盆地、柴窝堡凹陷,侦察三塘湖和伊宁盆地,当时,还形象比作“一个巨人面向东骑在天山上,一脚插入塔里木,一脚插入准噶尔,一手抓住吐哈”。但因当时投资限制,1983年初,仅对吐哈盆地及柴窝堡凹陷进行了盆地评价选区研究和区域地震剖面勘探工作。1989年在柴窝堡凹陷柴参1井于二叠系获工业油气流,实现该凹陷首次突破。后按上级要求,将勘探队伍集中到塔里木盆地而中断勘探。吐哈盆地只用一个地震队工作2年,发现盐北构造,打一口探井未得手,也回到塔里木盆地。但当时玉门油田于1984年将吐哈盆地作了重点勘区,开展全面勘探工作,至1989年1月台参1井于侏罗系实现新突破。目前已发现10多个油气田,2003年产油 $280 \times 10^4 \text{ t}$,天然气 $12 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

6 处理好油气勘探中的几个关系

(1)区域地质与油气地质的关系。这是相互联系

又有区别的两个方面,特别是对于一个新盆地(新区)或者勘探程度较低的地区,区域地质研究和认识十分重要,如区域地层及沉积相、构造演化、构造格局等。就是在勘探程度较高的地区,区域地质的研究也很重要,如区域地质构造、沉积相、有机地化、地热流研究等这些工作有助于提高对油气分布规律的认识,尤其是对复杂地质条件和地层—岩性油气藏的地区更是这样。

(2)普查与勘探的关系。经几十年的探索,这两个阶段的关系统称为“吃一,拿二,眼观三”。实践表明,没有普查,就不可能提供更多的可供选择的勘探重点,反过来,没有勘探重点的成功,也不能指导新的普查,凡是两者关系处理得好的,就能较快地获得油气成果,因此,在制订勘探规划、部署时,要把它们之间的比例和相互关系安排好。

(3)油与气的关系。这既有客观存在的问题,也有主观认识和指导思想问题。1991—1994年西北石油局个别领导有过主观失误,出现“重油轻气,找油不找气”的错误指导思想,结果丢掉牙哈油气田,这是个沉痛的教训。应该坚持从客观的地质实际出发,“有油找油,有气找气”,应该是油气并举,而且,从国内外油气工业发展趋势分析,则应把天然气的勘探放到更重要的位置上来。

7 高新技术是发现油气田的重要手段

(1)1989年8月,对沙雅隆起轮台构造沙3井,进行完井测试,先对前震旦系千枚岩顶部风化壳气异常进行测试,结果只产少量气。后上返对下白垩统有荧光显示的砂岩测试,结果出水。但其上部的下第三系5047~5058 m井段油气显示较好,因测井电阻率曲线油水电阻率显示不清,其决心难下。因此,再请测井站进行深入精细处理解释,结果油、水的电阻率差值为3倍以上。由此,下决心测试。但是要重新上试油设备,约需几十万元的投资。为搞清该井下第三系含油性及其评价轮台构造,经领导研究同意后组织施工。1989年8月17日于井深5041~5051 m试获油气流,日产油 130 m^3 ,天然气 $30.3 \times 10^4 \text{ m}^3$,实现了新构造的突破,发现了轮台油气田。

(2)1990年10月22日艾协克构造沙23井(塔河3区)于石炭系试获高产油气流(塔河油田第一口发现井),并于奥陶系见良好油气显示,当时进行了常规测试,未获成功。后于1997年经过对奥陶系油气显示井段酸化压裂后,获高产油气流,日产油 97 m^3 ,天然气 $2.1 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。充分说明技术进步的重要。

近几年来,塔河油田奥陶系含油层大多数钻井均

进行了酸化压裂,成功率达 85%~95%,酸压后产量成倍增加,一般日产油 150~250 m³。

(3)1991 年在桑塔木构造上(塔河 1 区)设计的沙 29 井于三叠系 4 508~4 511.5 m 录井发现良好油气显示(油斑、油浸、气异常),但测井资料反复处理解释认为是水层特征,电阻率为 3~4 Ω·m。要不要测试成了争议的交点,经充分研究决定测试:一是一个新构造、新层位需要验证其含油性;二是录井油气显示好,但电阻率很低,认为是水层,也要验证。因此,于 1991 年 9 月 3 日试获高产油气流,日产轻质油 40 m³,天然气 9.75 × 10⁴ m³,实现新构造的突破,成为塔河油气田第二口发现井(实践证明该油气层属低阻油层)。

(4)1992 年,在麦盖提斜坡巴什托构造上部署了麦 3 井和曲 3 井,两井距离不到 2 km,均布在石炭系构造顶部,两口井同时钻进,曲 3 井用较高密度的泥浆先钻过了上石炭统小海子灰岩段,未见油气显示。而麦 3 井用相对密度 1.20 的泥浆刚进入上石炭统小海子灰岩段即发现井涌,录井油气显示十分活跃,即于 1992 年 10 月 12 日进行中途测试,获高产油气流,日产气 80 × 10⁴ m³,油 16 m³,实现了麦盖提斜坡区首次突破。

8 坚持党的领导是油气勘查工作的根本保证

几十年的油气勘探工作始终得到了党和政府的重视、关怀和领导,党制定的正确方针政策,给油气勘探工作指明了方向。

党的十一届三中全会以来,党中央制定的一系列路线、方针、政策给油气勘查工作在新时期指明了方向,使之在政策开放中快速发展,能源建设是战略重点之一,油气勘探开发工作始终被置于重要位置上。中央领导一直对塔里木盆地油气勘查工作给予高度

重视,江泽民、李鹏、朱镕基、温家宝等国家领导人及地矿部、中国石化集团公司和地方政府的领导,深入塔里木进行视察和慰问,给油气勘查开发的广大职工以极大鼓舞。

每一年设计的实施,每项工作的进行,每一关键问题的解决,如果没有领导的关心、支持,决不会如此顺利进行的。如西北石油局从组建、战略转移塔北、沙参 2 井加深、区域展开到塔河油田的发现等油气勘探重大进展都离不开上级领导的支持,因此,坚持党的领导及领导支持,是油气勘探的根本保证。

总之,中国陆上找油看西北,西北看新疆,新疆看塔里木(1997 年),塔里木盆地油气资源十分丰富(资源量 229 × 10⁸ t),目前仅探明 13.2 × 10⁸ t,资源探明率只有 5.7%,勘探潜力巨大,现正处于大油田发现阶段和储产量快速增长时期,勘探领域广泛。前陆盆地勘探刚刚开始,前景广阔(逆掩带、断褶带、斜坡带);台盆区古生界大有可为(隆起、斜坡、不整合、断裂、盐下);地层岩性油藏勘探处于起步阶段;煤成藏勘探尚未开始,潜力可观。

我们深信:坚定信心,勇于创新,大胆开拓,科学部署,精心管理,一定会发现多个大油气田。

参考文献

[1] 康玉柱.沙参 2 井高产油气流的发现及今后找油方向[J].石油与天然气地质,1985,6(增刊):45 ~ 46

[2] 康玉柱,黄有元.塔里木盆地古生代海相油气田[M].武汉:中国地质大学出版社,1992

[3] 康玉柱,甘振维,康志宏,等.中国主要盆地油气分布规律及勘探经验[M].乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2004

[4] 左兴凯,康玉柱.西北石油局志[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1999

[5] 康玉柱,孟繁莹,康志宏,等.中国塔里木盆地塔河大油田[M].乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2004

Petroleum Exploration Practice in the Tarim Basin

Kang Yu-zhu

(West Petroleum Exploration Headquarter, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Being the largest continental basin in China, the Tarim basin has been proved rich in petroleum with great potential after about 50 years' exploration. In this paper, the aspects below are talked about: 1) geologic theory is the guide for petroleum discovery; 2) daring to explore and being not afraid of risk are the style of explorers; 3) Regionally expanded and focusing on important area are the keys for petroleum region evaluation; 4) several relations in petroleum exploration must be well dealt with; 5) high technology is important for petroleum discovery; 6) guide of CPC is the fundamental guarantee.

Key words: Tarim Basin; oil-gas field; petroleum exploration

文章编号: 5021-5241(2005)01-0009-06

中国西部古中国洋的形成演化与古生代盆地

高长林^{1,2}, 陈昕华^{1,2}, 吉让寿¹, 秦德余¹

(1. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 中国石化石油勘探开发研究院西部分院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: (1) 西昆仑造山带经东昆仑与秦岭—大别造山带相连; 祁连造山带东端在宝鸡、天水间与秦岭造山带相接, 西端经阿尔金与西昆仑造山带相连。构成中国及邻区南、北大陆群之间的缝合带, 代表一个消失的古洋盆, 称之为古中国洋。古中国洋洋盆自西向东扩张, 产生于晚元古代裂谷带, 在 400~350 Ma 期间关闭。(2) 古中国洋洋盆西宽东窄, 郯庐断裂以东迅速变窄, 至朝鲜似乎已不存在洋壳, 而以陆内裂谷与古太平洋相连。(3) 古中国洋由两条扩张洋盆组成, 其中西昆仑—东昆仑—秦岭—北淮阳为主洋盆, 北祁连—昌马是支洋盆, 两者之间为阿尔金、柴达木陆块。(4) 古中国洋的扩张—消亡, 形成了台内和陆缘不同的原型盆地。在离散阶段(Pt_3-O_2), 台内出现裂谷、拗拉槽盆地, 陆缘出现被动大陆边缘盆地、克拉通周边盆地; 在会聚阶段(O_3-D), 台内发育台内拗陷, 陆缘发育前陆盆地。

关键词: 古中国洋; 古生代; 盆地; 中国西部

中图分类号: P544+.4

文献标识码: A



大约从晚元古代—早古生代早期(1000~800 Ma), 在全球性拉张作用下, 泛大陆 E 发生裂解, 固结不久的原中国陆块迅速从东冈瓦纳分离出来, 在这个过程中, 原中国陆块自身亦离散成为被正在扩张的古中国洋分隔成华南陆块和华北陆块, 柴达木陆块和塔里木

陆块是漂浮在古中国洋中的小陆块^[1-5]。以中国诸陆块和古中国洋为中心的晚元古代—早古生代古板块体制可概括为被 3 个相互连通的洋盆分割的四大陆块(群), 从北向南分别是: 西伯利亚陆块(群)、古中亚洋、华北陆块群、古中国洋、华南陆块群、原特提斯洋、印度冈瓦纳。本文主要描述古中国洋的形成演化及其对盆地的控制(图 1)。

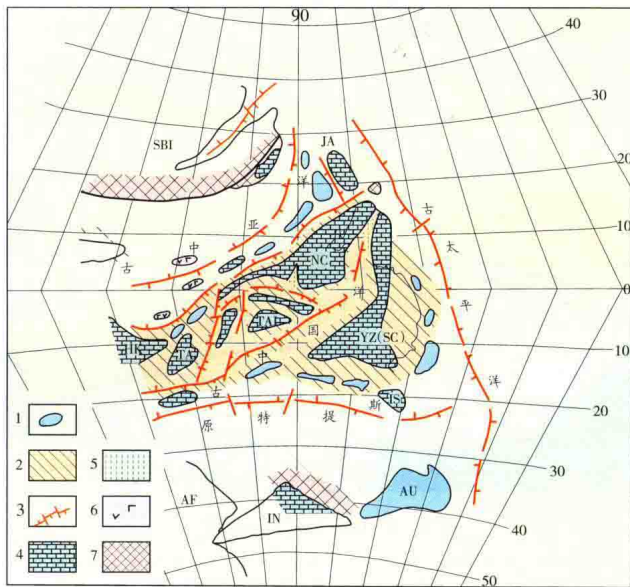


图 1 寒武纪古中国陆群构造—盆地略图

1—微陆块; 2—被动边缘; 3—洋盆扩张脊; 4—台地; 5—台拗; 6—拗拉槽裂谷; 7—洋岛; 8—寒武纪中晚期增生造山带和固结地块
SBI—西伯利亚陆块; JA—佳木斯—布列因微陆块; NC—华北陆块;
YZ(SC)—扬子(华南)陆地; TA—塔里木陆地块;
TAI—柴达木微陆块; HK—哈萨克陆块; IS—印支微陆块;
IN—印度陆块; AU—澳大利亚陆块; AF—非洲陆块

Fig.1 A schematic map showing the Cambrian continental tectonics and basins in China

收稿日期: 2005-04-10

基金项目: 中国石化科技开发项目“含油气盆地动态分析(P01025)”

第一作者简介: 高长林(1945-), 男, 南京大学地球化学专业, 大学本科, 中国地质大学地球化学专业硕士、博士。教授级高级工程师, 主要从事构造地球化学与盆地分析研究。

1 古中国洋

王作勋(1995)提出大别—秦岭造山带与天山—卡拉套—乌奴套造山带相连,构成中国及中亚南、北大陆群之间的缝合带,代表一个消失的古洋盆,其主体贯穿中国南北大陆之间,称之为古中国洋。其主要存在于晚元古代至早古生代,在 400~350 Ma 期间关闭^[6-8]。秦德余(1997)在接受古中国洋概念的同时,提出的修改意见为:①大别—秦岭造山带主要经东昆仑同西昆仑造山带相连;祁连造山带东端在宝鸡、天水间与秦岭造山带相接,西端经阿尔金既与西昆仑相连又与中亚洋相连。它们分别代表消减了的古中国洋主洋盆和支洋盆。②古中国洋产生于晚元古代裂谷带,古中国洋盆西宽东窄,呈向西开口的喇叭形,郿庐断裂以东迅速变窄,至朝鲜似乎已不存在洋壳而以陆内裂谷与古太平洋相连。③古中国洋由两条扩张洋盆组成,其中西昆文库地—东昆仑清水河—秦岭松树沟—北淮阳为主洋盆,北祁连清水沟—昌马是支洋盆,两者间为阿尔金、柴达木小型陆块。

众所周知,蛇绿岩是一类有特殊意义的岩石组合,是重建古海洋最直接的证据^[9-11]。在秦岭—祁连—昆仑造山区中,存在产于不同构造环境的多条蛇绿岩带,其中有北淮阳—东秦岭松树沟—东昆仑清水河—

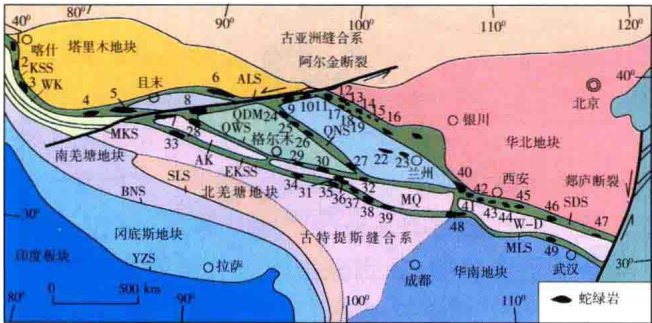


图 2 昆祁秦缝合系略图^[9]

Fig.2 A schematic map of Kun-Qi-Qin suture system

蛇绿岩:1—乌依塔格;2—柯岗;3—库地;4—苏巴什;5—阿帕;6—红柳沟;7—吐拉;8—茫崖;9—阿尔金主峰南;10—当金山口;11—大道尔吉;12—九个泉;13—大岔大坂;14—扁麻沟;15—清水沟;16—百经寺;17—玉石沟;18—川刺沟;19—小八宝;20—红沟;21—老虎山;22—拉脊山;23—雾宿山;24—赛什腾山;25—绿梁山;26—锡铁山;27—茶卡南山;28—鸭子泉;29—三岔口;30—乌妥;31—清水泉;32—扎那合惹;33—木孜塔格;34—黑刺沟;35—布青山;36—塔妥;37—下大武;38—玛积雪山;39—德尔尼;40—鸳鸯镇;41—岩湾;42—苏家河;43—四方台;44—松树沟;45—二郎坪;46—桐柏大河;47—饶钹寨;48—勉略;49—周家湾

缝合带:SLS—双湖—澜沧江;BNS—班公湖—怒江;YZS—雅鲁藏布江;KSS—库地—苏巴什;MKS—麻扎—康西瓦;ALS—阿尔金;QNS—北祁连;QNS—柴达木北缘;QWS—祁漫塔格—乌妥;EKSS—东昆仑南缘;SDS—商丹;MLS—勉略

微地块:WK—西昆仑中段;MSQ—中—南祁连;QDM—柴达木;AK—阿牙克库克;MQ—玛沁;W-D—秦中—大别

西昆文库地和北祁连清水河—玉石沟—昌马两条蛇绿岩带,为大洋蛇绿岩带^[12-14]。这两条蛇绿岩带为古中国洋形成演化的残留物(图 2)。

2 古中国洋的演化

古中国洋的演化可分为大陆裂谷、大洋扩张、俯冲消减和碰撞造山 4 个连续的构造阶段(表 1,图 3)。

表 1 古中国洋板块构造演化模式
Table1 Some evolutionary models of plate tectonics in paleo-China ocean

时代	阶段	华南北部陆缘	秦岭—昆仑洋段	华北南部陆缘	塔里木南部陆缘	柴达木南缘	柴达木北缘	祁连洋段	阿拉善南缘
泥盆纪	碰撞造山	碰撞前陆盆地	秦岭—昆仑造山系(东段指向南/西段双向)	碰撞前陆盆地	碰撞前陆盆地	碰撞前陆盆地	碰撞前陆盆地	祁连造山系(双向)	碰撞前陆盆地
志留纪	俯冲	被动边缘	洋盆消减(俯冲:东段向北,西段双向)	活动边缘(沟弧盆)	陆缘弧	活动边缘(沟弧盆)	活动边缘(沟弧盆)	(残余海盆)洋盆消减(双向俯冲)	活动边缘(沟弧盆)
奥陶纪	扩张		扩张洋盆		被动边缘	被动边缘	被动边缘	扩张洋盆	被动边缘
寒武纪									
晚元古代	裂谷		大陆裂谷						

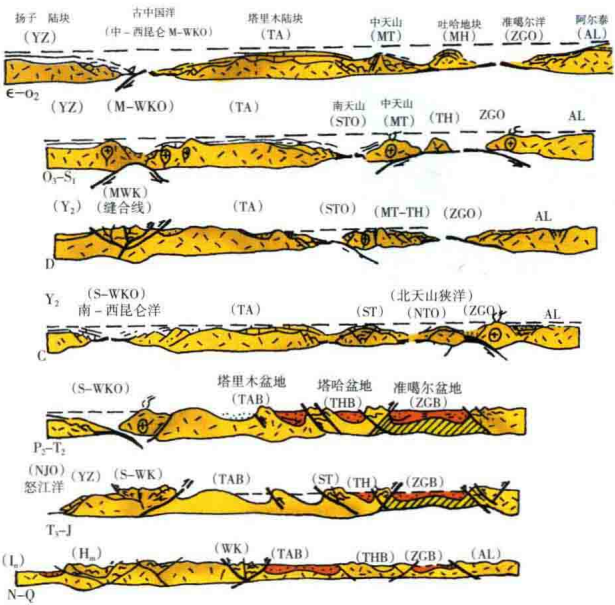


图 3 昆仑—塔里木—西伯利亚南缘构造演化略图

Fig.3 Tectonic evolution of Kunlun - Tarim - southern Siberia

2.1 Rodinia 超大陆伸展—大陆裂谷阶段(早—中震旦世)

Rodinia 超级大陆伸展—裂谷阶段形成于早—中震旦纪,约 780~600 Ma。西昆仑阿喀孜山口有一套绿片岩与叠层石灰岩互层的震旦系,绿片岩的原岩是形

成于大陆裂谷环境中的基性火山岩,这套地层是大陆裂解的典型标志。东昆仑有新元古代万宝沟群大陆裂谷型火山岩。北祁连山有大规模的新元古—寒武纪大陆裂谷火山岩。

2.2 洋盆扩张阶段(晚震旦世—早、中奥陶世)

古中国洋形成演化于晚震旦世—奥陶纪,约600~440 Ma。上一阶段所形成的众多裂谷,有些继续扩张,先后形成小洋盆。一些小洋盆继续扩张并相互沟通,最后形成一个含有众多微地块、洋中脊、洋岛、岛弧和弧后盆地的统一多岛洋^[9]。

昆仑—秦岭裂谷带在震旦纪晚期—早寒武世时已扩张成洋盆,发育了完整的洋脊型蛇绿岩套,华南陆块与华北—塔里木—柴达木陆块分离。此时,后三个陆块尚未分离,遍布于华北陆块南缘辽南、河淮、豫西、北秦岭、北祁连镜铁山、北山,柴达木陆块欧龙布鲁克、阿尔金山,塔里木陆块库鲁克塔格等地上震旦统一寒武统冰碛岩是充分的证据。祁连—阿尔金的裂谷期一直延续到中寒武世早期。甘肃郭米寺一带大面积出露的早寒武世晚期—中寒武世早期由富钠酸性火山岩和少量基性火山岩构成的双峰式火山岩,表明其为裂谷轴所在。中寒武世中晚期洋脊型—裂谷型蛇绿岩的出现,标志着北祁连已演化到了洋盆阶段。塔里木陆块和柴达木陆块与华北陆块分离成为3个独立陆块。北祁连洋和昆仑—秦岭洋一起组成古中国洋。中央造山带缝合系可分为西、中、东3段。

西段大致与西昆仑造山带相当,由库地—苏巴什、麻扎—康西瓦两条缝合带及西昆仑微地块组成

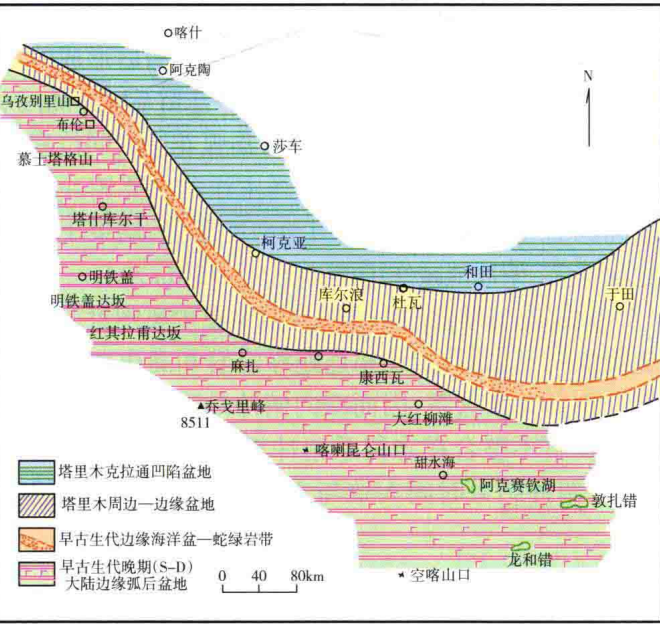


图4 塔里木盆地南部构造单元区划图^[15]
Fig.4 Classification of structural units in southern Tarim Basin

(图4)。两条缝合带呈 NWW 向延伸,向西延入北帕米尔,东与阿尔金、祁漫塔格—乌妥及东昆仑南缘缝合带相连。库地—苏巴什缝合带长逾1 000 km,宽几千米到十多千米,沿此缝合带断续出露蛇绿岩,主要有乌依塔格、柯岗、库地、苏巴什和阿帕蛇绿岩。刘伟新等对西昆仑造山带北带的乌依塔格和库地一带的铁镁质和超铁镁质岩进行了详细研究,认为库地—苏巴什出露的铁镁质和超铁镁质岩是发育于大洋的残存蛇绿岩,大洋开始出现于651 Ma^[15]。

古中央造山系中段大致与北祁连、东昆仑、阿尔金山造山带相当。中段的结构格架是,北祁连、阿尔金和柴达木北缘3条缝合带环绕着中—南祁连地块;阿尔金、柴达木北缘和祁漫塔格—乌妥三条缝合带围限柴达木地块;祁漫塔格—乌妥和东昆仑南缘两条缝合带夹持着阿牙克库木和玛沁微地块;北祁连和阿尔金缝合带又各自夹持着若干微地块(图5)。

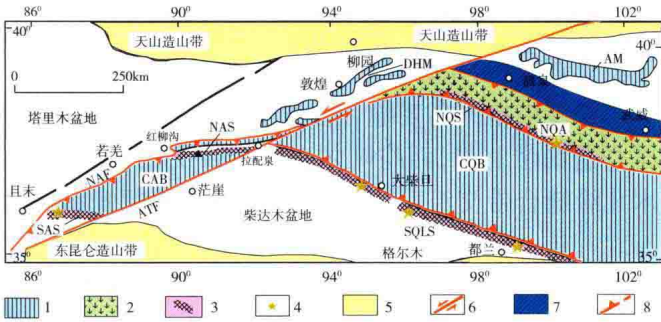


图5 阿尔金断裂两侧构造单元对比图^[16]
Fig.5 Correlation of structural units between the two sides of Altun Fault
1—前寒武变质基底;2—加里东火山岛弧带;3—俯冲杂岩带;
4—榴辉岩;5—相邻造山带;6—左行走滑断裂;
7—弧后盆地及被动大陆边缘;8—逆冲断裂
AM—阿拉善地块;DHM—敦煌地块;NQA—北祁连火山岛弧;
NQS—北祁连缝合带;CQB—祁连地块;SQLS—南祁连缝合带;
NAS—北阿尔金缝合带;CAB—阿尔金地块;SAS—南阿尔金缝合带;
NAT—北阿尔金逆冲断裂;ATF—阿尔金断裂

据崔军文等资料^[16],在阿尔金缝合带发育有两条早古生代蛇绿混杂岩带,分别是北阿尔金蛇绿混杂岩带和阿尔金南缘蛇绿混杂岩带,两者具相似的岩石矿物组合和地球化学特征。北部的红柳沟蛇绿混杂岩带和南部的阿帕—茫崖蛇绿混杂岩带之间夹持有米兰河—金雁山微地块。红柳沟蛇绿混杂岩带与北祁连蛇绿混杂岩带可以对比,蛇绿岩的Sm—Nd等时线年龄为508.3±41.4 Ma,玄武岩主要是MORB^[17]。阿帕—茫崖蛇绿混杂岩带西起于田县南,东至当金山口,包括阿帕、吐拉、茫崖、阿尔金山主峰南和当金山口蛇绿岩。基性火山岩的Sm—Nd全岩等时线年龄为481.3±53 Ma,形成于洋中脊环境^[17]。洋盆主要扩张

期为晚寒武—早奥陶世,中—晚奥陶世洋壳由南往北俯冲,志留纪结束洋盆演化历史。北阿尔金蛇绿混杂岩带为北祁连蛇绿混杂岩带的西延。

北祁连缝合带夹持于阿拉善地块和中—南祁连微地块之间,西连阿尔金缝合带,东接北秦岭—商丹缝合带^[9-12]。该带包括玉石沟—小八宝、扁麻沟—百经寺、大盆大坂和九个泉(塔墩沟)—老虎山蛇绿岩;在空间分布上,北祁连蛇绿岩可划分成:①托勒山蛇绿岩带;②走廊南山蛇绿岩带;③景泰老虎山蛇绿岩带(图2)。由洋中脊、洋岛、海沟、岛弧、弧后盆地、混杂堆积、蓝片岩、榴辉岩及微地块等岩石构造单元组成,蛇绿岩时代以晚寒武世—奥陶纪为主^[9]。

柴达木北缘缝合带夹持于中—南祁连地块和柴达木地块之间,NWW向延伸,东西两端分别与祁漫塔格—乌妥缝合带交汇,长约600 km,宽约20 km,其中超基性岩体多达300多个,基性岩体数十个(图2)。近年来发现下古生代超高压俯冲杂岩带(杨经绥等,1998,2000),地层(滩间山群)中含晚奥陶世珊瑚、腕足类化石,指示蛇绿岩带形成于早—中奥陶世。

祁漫塔格—乌妥缝合带位于柴达木地块南侧、东昆仑造山带北带,西与阿尔金缝合带交汇,东与柴达木北缘缝合带交汇后继续东延,至西秦岭鸳鸯镇一带与北祁连—商丹缝合带交汇。祁漫塔格杂岩带主体NNW向延伸,主要为一套浅变质的碎屑岩、火山岩及碳酸盐岩。火山岩由枕状玄武岩、块状玄武岩、玄武安山岩夹酸性火山岩及火山碎屑岩组成,近西端有超镁铁岩及硅质岩,地层上部碳酸盐岩含中晚奥陶世珊瑚和头足类化石。火山岩中,少数与洋脊玄武岩特点类似,大多数为钙碱性火山岩和岛弧拉斑玄武岩(曹永清等,1999)。乌妥蛇绿岩中部分基性岩(辉绿岩和玄武岩)具E-MORB性质,部分基性岩具岛弧与N-MORB过渡性质,块状熔岩主要为玄武粗安岩和粗安岩,属钙碱性系列,具岛弧火山岩性质(潘裕生等,1998)。辉绿岩的Rb—Sr等时线年龄为 426.5 ± 2.9 Ma,硅质岩的Rb—Sr等时线年龄为 438 ± 46 Ma^[18]。

阿尔金山主体是一个微陆块,沿NE走向的巴什库尔干断裂之南为海台相区,在海岸混合坪相砂泥岩与介壳滩相间互沉积的基础上发育台地碳酸盐岩,上部由丘状层孔虫形成障积型生物礁。断裂北侧堆积巨厚的陡岸盆底扇、斜坡扇相及水道粗碎屑岩,已知厚达366 m。在拉配泉以东有早奥陶世巨厚火山岩,反映出塔里木克拉通与阿金山微陆块之间的裂解关系,可能是祁连洋与昆仑洋的通道。

中、晚奥陶世东昆仑洋向北俯冲,阿尔金祁漫塔格以南为新生岛弧,且末西南孔其布拉克、满达里克

等地夹多层中酸性火山岩或火山碎屑岩。中奥陶世早期塔东南—阿尔金地区可能曾由裂陷边缘拗陷转化为弧后拉张盆地,继续深陷,海平面上升,淹没台地。陆棚—盆地相硅质灰岩、黑色笔石页岩相层序发育。巴什库尔干断裂以北,为海槽盆地相富有机质黑色页岩,夹钙质异地岩屑流相与滑塌堆积相。中奥陶世之后弧后盆地向弧后前陆盆地转化,发育多个进积海底扇,海水逐渐变浅。上奥陶统上部,出现大套扇三角洲粗碎屑岩,碎屑岩中,霏细岩等偏酸性,火山岩屑可达30%~50%,指示其物源区为东南火山岛弧。沉积特征标志着海槽关闭时前陆盆地发展的磨拉石建造。

2.3 俯冲消减阶段(中/晚奥陶世—志留纪)

中奥陶世晚期—晚奥陶世初,古中国洋进入以俯冲为主的阶段,此时洋盆虽然还在扩张,但其速度已抵不上俯冲速度,洋盆逐渐消减,秦岭地区^[12],洋盆扩张速度为0.9 cm/a,俯冲速度为4.2 cm/a,洋盆以3.3 cm/a速度消减。

古中国洋东段东秦岭地区,从陕西商县、丹凤、商南经河南西峡到信阳,东西延伸约1000 km,洋壳蛇绿岩带中发育低温高压变质带(3T型多硅白云母—C类榴辉岩—蓝闪石)(叶大年,1979),其北平行分布着以夕线石为特征矿物的高温低压变质带,组成双变质带。华北陆块南缘早期被动边缘转化为弧盆系活动大陆边缘。而华南陆块北缘仍保持被动边缘构造/建造特征,因此,古中国洋的东段俯冲极性是向北的,具明显沟、弧特征^[8]。阿尔金断裂以西的西昆仑段为双向俯冲。位于两者之间的东昆仑段具有与东段相似的性质,为向北单向俯冲及张性弧特征,弧后有明显的扩张洋盆(祁漫塔格弧后洋盆)形成。据稍滞后形成的岛弧火山岩的同位素年龄(丹凤群、奥陶—志留系) $447 \text{ Ma} \pm$,加以经验修正值 $30 \text{ Ma} \pm$,并参考岛弧花岗岩同位素年龄($425 \sim 382 \text{ Ma}$),推定古中国洋主洋盆主要俯冲起始时间约为477 Ma左右,相当于中奥陶世,结束于志留纪晚期^[12]。俯冲消减作用持续了50~75 Ma左右。

北祁连支洋盆的主要俯冲发生在中奥陶世末/晚奥陶世初到志留纪,北祁连蛇绿岩套和高压变质带两侧分别发育弧盆系,因而双向俯冲是明显的。从泥盆系磨拉石不整合在志留系俯冲增生碎屑复理石之上来,俯冲结束时间大致与主洋盆相同,为志留纪晚期^[19]。

2.4 碰撞造山阶段(志留纪末—泥盆纪)

古中国洋经历了中/晚奥陶世—志留纪俯冲,洋盆逐渐被消减殆尽,两侧陆块(或岛弧)逐渐接近,最