

羌塘盆地石油地质条件和油气资源潜力

——“羌塘盆地油气勘探研究新进展”专辑特邀主编寄语

吴珍汉

中国地质科学院, 北京 100037

摘 要: 羌塘盆地处于中东—东南亚油气带的中间部位, 是我国陆域面积最大的侏罗纪海相含油气盆地。但羌塘盆地目前勘探程度整体偏低。本专辑针对羌塘盆地油气资源多个方面集中发表了 15 篇相关研究论文, 主要涵盖了五个方向的研究成果: (1)羌塘盆地三叠纪岩浆活动分布、精准定年和对烃源岩生烃影响; (2)羌塘盆地长蛇山地区夏里组细粒沉积岩和双湖地区毕洛错黑色页岩沉积特征; (3)羌塘盆地上侏罗统索瓦组, 中侏罗统夏里组和布曲组, 上二叠统和古近系牛堡组烃源岩特征; (4)羌塘盆地典型地区侏罗系储层特征及油层分布; (5)羌塘盆地中生界储层油气显示和成藏。专辑收录论文系统反映了羌塘盆地目前最新的研究进展, 本文对这些研究成果进行了简要总结, 希望有助于读者了解羌塘盆地最新研究进展。

关键词: 羌塘盆地; 岩浆活动; 烃源岩; 油气显示

中图分类号: P618.13 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2025.042221

Petroleum Geological Conditions and Potential of the Qiangtang Basin: Guest Editor's Preface to the “New Progress in Petroleum Exploration Research in the Qiangtang Basin”

WU Zhenhan

Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract: The Qiangtang Basin is located in the middle part of the Middle East–Southeast Asia oil and gas belt, and it is the largest Jurassic marine oil-bearing basin in China's land territory. However, the current exploration degree of the Qiangtang Basin is relatively low. To ensure national energy security and guarantee, this special issue focuses on 15 research papers related to various aspects of the oil and gas resources in the Qiangtang Basin. The main results encompass five directions: (1) The distribution of Triassic magmatic activities in the Qiangtang Basin, precise dating, and their influence on the source rocks for hydrocarbons; (2) characteristics of Xiali Formation fine-grained sedimentary rocks in the Changsheshan area and Bilong Co black shale in the Shuanghu area; (3) source rocks for hydrocarbons in the Upper Jurassic Suowa Formation, Middle Jurassic Xiali Formation and Buqu Formation, Upper Permian and Paleogene Niubao Formation in the Qiangtang Basin; (4) distribution of hydrocarbon reservoirs in the Jurassic strata of the Qiangtang Basin; (5) hydrocarbon display and reservoir formation of hydrocarbon reservoirs in the Mesozoic strata of the Qiangtang Basin. The findings reflect the latest research progress in the Qiangtang Basin. This article briefly summarizes these results and hopes to help readers understand the research progress in the Qiangtang Basin.

Key words: Qiangtang Basin; magmatic activity; source rock; oil and gas display

羌塘盆地处于中东—东南亚油气带的中间部位, 是我国陆域面积最大的侏罗纪海相含油气盆地。羌塘盆地沉积连续的中生代海相地层, 发育多套优质烃

源岩及有利生-储-盖组合(吴珍汉等, 2019; 伊海生等, 2022; 沈安江等, 2023)。南羌塘盆地大规模产出古油藏带以及北羌塘盆地钻遇的液态原油, 证实了羌塘

收稿日期: 2025-04-20; 改回日期: 2025-04-22; 网络首发日期: 2025-04-24。责任编辑: 马铭株。

作者简介: 吴珍汉, 男, 1965 年生。博士, 研究员。构造地质与矿产地质专业, 长期从事青藏高原区域地质调查、羌塘盆地油气地质调查、构造地质及应用研究。E-mail: zhenhanwu@cags.ac.cn。

盆地存在油气生成、运移与成藏的过程,显示了巨大的油气资源潜力(王成善等, 2004; 吴珍汉等, 2022)。

油气资源作为国家重要的战略资源,与国家经济社会发展密切相关。近年来,伴随着油气工业技术的发展,油气勘探工作逐步向深地、深水以及高原地区拓展(周道卿等, 2024; 常毓文等, 2025)。羌塘盆地作为我国油气资源未来潜在接续基地,具有重要的研究意义。

本专辑针对羌塘盆地油气资源多个方面集中发表了 15 篇相关研究论文,主要涵盖了五个方向的研究成果:(1)羌塘盆地三叠纪岩浆活动分布、精准定年和对烃源岩生烃影响;(2)羌塘盆地长蛇山地区夏里组细粒沉积岩和双湖地区毕洛错黑色页岩沉积特征;(3)羌塘盆地上侏罗统索瓦组,中侏罗统夏里组和布曲组,上二叠统和古近系牛堡组烃源岩特征;(4)羌塘盆地侏罗系储层特征和油层分布;(5)羌塘盆地中生界油气显示和成藏特征。以下将对这五方面成果做简要综述。

1 羌塘盆地岩浆活动

岩浆活动对油气形成、运移和存储具有复杂多样的作用,一方面岩浆活动所携带的高热流可通过提高古地温加速烃源岩的演化,从而促进油气的形成与运移,并且,岩浆岩本身还可能成为很好的油气储层;另一方面岩浆活动也可能破坏古油藏,导致油气逸散,对油气的存储造成不利影响(冯乔等, 1997; 郭占谦, 2002; 金之钧等, 2002; 王剑等, 2009; 张旗等, 2016)。

羌塘盆地经历了多条缝合带、岛弧群及变质带的构造地质热事件。三叠纪是羌塘地区重要的构造-变质-岩浆活动峰期和古地理格局转折期。该时期区域构造演化与龙木错—双湖古大洋俯冲-拼合演化关系密切(Zhai et al., 2011; Zhang et al., 2016; 王剑等, 2018)。羌塘盆地在三叠纪时期经历了多期次岩浆活动。为进一步明确羌塘盆地岩浆活动的影响,本部分共收录 2 篇岩浆活动及其对油气影响的文章。

1.1 南羌塘索日卡地区三叠纪玄武岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质构造意义

三叠纪是羌塘地块构造转折的关键时期。为深入理解三叠纪南、北羌塘微地块拼合造山及洋陆演化,本文对南羌塘地区中央造山带南侧索日卡玄武岩开展了 LA-ICP-MS 锆石原位 U-Pb 同位素测年和岩石地球化学研究。索日卡玄武岩的锆石 U-Pb 加权平均年龄为 (245.1 ± 2.5) Ma ($n=4$, MSWD=0.26) 和 (250.7 ± 2.9) Ma ($n=3$, MSWD=0.06), 形成于三叠纪。

岩石 SiO_2 含量为 45.2%~52.9%, K_2O 含量为 2.42%~3.60%, MgO 含量为 3.16%~6.22%, 属于钾玄岩系列和钙碱性玄武岩系列。岩石具有高 Ti/V 比值(28~31)和 Zr/Y 比值(>7.53), Eu 异常不明显, 亏损 Nb、Ta 和低 Nb/La 比值(<1)特征。索日卡玄武岩具有大陆玄武岩特征,可能形成于板内环境,代表了龙木错—双湖洋盆闭合后的幔源岩浆活动。玄武岩的捕获锆石保留了大量前寒武纪年龄信息,获得 2 512 Ma、1 816 Ma、1 277~1 019 Ma、800 Ma、558 Ma、420 Ma 和 340 Ma 等多期岩浆-热事件年龄,揭示南羌塘地块存在前寒武纪陆壳的重要信息(陈云等, 2025)。

1.2 羌塘盆地岩浆岩分布特征——来自高精度航空重磁的认识

羌塘盆地岩浆活动强烈,地表出露多处已知岩浆岩体。羌塘盆地实测高精度航空重磁数据,利用位场转换处理等方法实现隐伏岩体范围圈定,结合区域地质及野外物性测量分析,总结典型岩体对应的航空重磁异常特征,通过物性特征与地球物理场之间的联系,开展(隐伏)岩浆岩填图,形成基性-超基性岩体、中酸性岩体及火山岩分布图。盆地内火山岩具有正负伴生、高频变化的航磁特征,航空重力局部重力高、低均有表现;花岗闪长岩及闪长岩类在航磁 ΔT 剖面图上常表现为较大幅度变化升高异常,平面形态多呈椭圆状、浑圆状、等轴状等,在布格重力垂向一次导数中表现为负异常;高磁高重异常为基性-超基性岩体。研究区岩浆岩十分发育,种类繁多,火山岩、中酸性侵入岩和基性-超基性岩是引起区域升高正磁场和局部重磁异常的主要因素。北羌塘拗陷主要发育新生界火山岩与中—新生代中酸性侵入岩;中央隆起带双湖以西岩浆活动频繁,发育晚三叠世至侏罗世侵入岩、二叠纪火山岩-侵入岩杂岩体;南羌塘拗陷岩浆岩体相对不发育,主要集中在缝合带附近。北羌塘拗陷中西部、南羌塘拗陷昂达尔错附近受岩浆活动破坏影响小,推断为油气有利区(魏岩岩等, 2025)。

2 羌塘盆地沉积特征

羌塘盆地位于青藏高原腹部,是我国陆上面积最大且勘探程度最低的中生代大型海相含油气盆地(Fu et al., 2016; 吴珍汉等, 2019)。北羌塘拗陷中生界特别是中侏罗统夏里组、中侏罗统布曲组、中下侏罗统雀莫错组发育多套海相烃源岩,形成了有利的生储盖组合(季长军等, 2016; 吴珍汉等, 2022)。开展该时期的沉积环境分析、地层等时格架建立,对研究烃源岩及储层的展布尤为

重要。层序地层学研究旋回样式、成因上有联系的年代地层格架,以侵蚀面或者与其可以对比的整合面为界,进一步研究层序内部地层、岩相分布模式,是普遍认为的地层精细划分与对比的权威工具,广泛应用于盆地演化分析和油气有利区带预测(林畅松等, 2000; Catuneanu et al., 2009; 王同等, 2015; 张润合等, 2015; 郭旭升, 2017)。本部分共收录 3 篇羌塘盆地侏罗系沉积相发育、分布相关的研究文章。

2.1 北羌塘拗陷长蛇山地区夏里组细粒沉积岩形成环境及其对有机质富集的控制作用

羌塘盆地是我国中生代海相含油气沉积盆地,主力烃源岩尚未落实。本文通过对北羌塘拗陷长蛇山地区夏里组细粒沉积岩开展元素地球化学研究,结果表明,北羌塘拗陷长蛇山夏里组烃源岩沉积时期气候干旱炎热,具有较强的化学风化作用;沉积水体较浅、盐度较高,贫氧-缺氧的沉积环境,具有适中的沉积速率和陆源输入。北羌塘拗陷长蛇山地区邻近中央隆起西部物源剥蚀区,含有较多的陆源输入,同时海底火山活动频发,陆源输入和海底热液携带的大量营养物质磷、铁等进入海洋,引起海洋上部较高的初级生产力,是有机质富集的主控因素。北羌塘拗陷长蛇山地区较高的古生产力是有机质富集的主控因素,缺氧的沉积环境和适中的陆源输入是有机质富集的重要条件(陈程等, 2025)。

2.2 西藏羌塘盆地双湖地区毕洛错黑色页岩稀土元素特征及地质意义

南羌塘盆地双湖地区的毕洛错黑色页岩是南羌塘最具代表性的优质烃源岩,在羌塘盆地的油气勘探中受到广泛关注。本文选取毕洛错剖面底部有机质初始沉积的层位进行稀土元素地球化学分析,结果表明:毕洛错剖面样品稀土元素总量(ΣREE)平均值为 $61.97 \mu\text{g/g}$,明显低于大陆上地壳和北美页岩;轻、重稀土元素比值($\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$)平均值为 8.44, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 平均值为 1.27,具有轻稀土较为富集、重稀土相对亏损的特征; δCe 值为 $0.77\sim 0.95$,平均值为 0.85,显示较弱的 Ce 负异常, δEu 值为 $0.90\sim 1.11$,平均值为 1.00,几乎无 Eu 异常。稀土元素配分模式和 $\text{La}/\text{Th}-\text{La}/\text{Yb}$ 、 $\text{Co}/\text{Th}-\text{La}/\text{Sc}$ 、 $\text{La}/\text{Yb}-\Sigma\text{REE}$ 以及 $\text{La}/\text{Th}-\text{Hf}$ 图解显示源岩主要为沉积岩和长英质火山岩; ΣREE 、 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 、Al、Ti 以及 CIA 特征显示随着有机质开始富集,风化作用增强,陆源输入增加; δEu 、 δCe 、 Ce_{anom} 的参数特征以及 $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$ 、 MoXS/UXS 特征显示剖面整体为贫氧环境; $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 、 Nd/La 及 $\Sigma\text{REE}/\text{P}_2\text{O}_5$ 参数特征显示稳定且较高的沉积速率;沉积环境指标与 TOC 的相关性指示风化作用增强导致的陆源输入增加是

有机质富集的核心因素,推测在早中侏罗世温暖湿润的气候背景下,地表径流带来的营养盐促进了藻类繁盛,提供有机质来源,同时较高的沉积速率和贫氧的水体环境有利于有机质的埋藏与保存,造成有机质富集(孙玉琪等, 2025)。

2.3 北羌塘胜利河地区 Qs1 井层序地层及沉积微相分析

北羌塘拗陷早中侏罗世发育了多套优质海相烃源岩,是一段关键的沉积演化时期。本文对北羌塘拗陷胜利河地区的 Qs1 井开展了层序地层及体系域划分,并在各层序内建立沉积相序列,进一步利用岩心及岩石薄片开展沉积亚相及微相研究。将 Qs1 井中下侏罗统雀莫错组(J_{1-2q})划分为 1 个三级层序 SQq(未见底),将中侏罗统布曲组(J_{2b})划分为 2 个三级层序 SQb1、SQb2(未见顶)。将 SQq 与 SQb1 之间的层序界面命名为 SBb1, SQb1 与 SQb2 之间的层序界面命名为 SBb2。在 SQq 中,以最大海泛面(mfsq)为界,识别出基准面上升半旋回(TSTq)和基准面下降半旋回(HSTq)。在 SQb1 中,以最大海泛面(mfsb1)为界,识别出基准面上升半旋回(TSTb1)和基准面下降半旋回(HSTb1)。在 SQb2 中只识别出基准面上升半旋回(TSTb2),基准面下降半旋回全部被剥蚀。在 Qs1 井中下侏罗统识别出了混积潮坪相、无障壁滨岸相、碳酸盐岩台地相 3 种沉积相,各沉积相进一步细分为 6 种沉积亚相、32 种沉积微相(王茜等, 2025)。

3 羌塘盆地烃源岩条件

羌塘盆地位于西藏地区北部,是我国陆上油气勘探程度最低、面积最大(约 $220\,000 \text{ km}^2$)的海相含油气盆地。大地构造位置上,羌塘盆地位于蕴藏丰富油气资源的特提斯-喜马拉雅构造域(王剑等, 2020)。研究表明,许多大型油气田分布于特提斯南北两大陆块(欧亚大陆和冈瓦纳大陆)的两条前陆盆地带内,古生代期间,羌塘盆地处于纬度 $10^\circ\sim 30^\circ$ 之间,正好与全球最利于成油的位置一致(谭富文等, 2002),被认为是该区油气资源潜力最大和最有可能取得勘探突破的首选盆地,其油气地质调查与勘探备受关注。

羌塘盆地沉积厚度巨大,发育多套烃源岩(王剑等, 2004; 李亚林等, 2005)。前人认为,95%以上的油气显示都集中在中生界和新生界烃源岩层,盆地内的上侏罗统索瓦组,中侏罗统夏里组和布曲组,上二叠统和古近系牛堡组是主要的烃源层,具有良好的生烃能力(伍新和等, 2008; 刘天夫等, 2024)。本部分共收录 4 篇羌塘盆地烃源岩分布及评价的研究文章。

3.1 伦北盆地古近系牛堡组页岩地球化学特征及地质意义

藏北高原的伦北盆地构造演化及油气资源潜力的认识薄弱,尚未系统开展油气勘探。为进一步明确伦北盆地是否适合油气勘探,本文通过对古近系牛堡组的野外露头样品,开展了一系列的地球化学研究。通过总有机碳含量分析、岩石热解分析和气相色谱分析,表明牛堡组的页岩为一套优质的生油岩。其有机质类型以II型和II型、III型混合为主,处于还原性的湖相沉积环境。沉积时期水体盐度的差异导致了烃源岩有机质丰度的非均质性。牛堡组的页岩整体处于成熟阶段,具备大规模生油的能力。通过油源对比认为牛堡组的油砂来源于同层位页岩的贡献。火山凝灰岩形成过程中引发的异常热事件,导致页岩和油砂具有较高丰度的多环芳烃。基于热成熟度参数和多环芳烃比值可将本次分析的油砂样品划分为2大类,即I类未受凝灰岩形成过程引发异常的影响,II类明显受到凝灰岩形成过程引发异常的影响,综合分析认为火山作用引发的热异常进一步促进了烃源岩的快速生烃(陈冲等, 2025)。

3.2 羌塘盆地东部上二叠统海陆交互相烃源岩特征及勘探前景

长期以来,对羌塘盆地烃源岩研究多集中在中生代地层,但近年来在羌塘盆地上二叠统发现了大量油气显示,表明上二叠统具有良好的油气勘探潜力。为进一步查明羌塘盆地上二叠统的烃源岩条件,本文选取了羌塘盆地东部上二叠统那益雄组6条野外剖面 and 1口钻井的暗色泥岩样品为研究对象,通过有机地球化学方法对其进行分析。结果表明:上二叠统那益雄组有机质丰度较高,绝大多数达到烃源岩标准,并含有数量可观的优质烃源岩($\text{TOC}>2\%$);有机质类型以II₂、III型为主,含少量II₁型,母质呈现混合来源的特征,水生浮游生物和藻类贡献更大,伴有一定量的高等植物输入,多形成于还原-弱氧化环境,部分形成于缺氧的超盐度环境;有机质热演化程度均达到成熟阶段,且以高成熟-过成熟为主,多生凝析油、湿气。综合认为上二叠统那益雄组具有良好的生烃能力,而且上覆地层拉卜查日组颗粒灰岩储层品质良好,两者可以构成有利的含油气系统,并具有良好的油气勘探潜力(孙伟等, 2025)。

3.3 北羌塘盆地不同地区中—下侏罗统油页岩地球化学特征对比及意义

目前在北羌塘盆地西长梁、长蛇山及胜利河地区发现了大套中—下侏罗统油页岩,这些油页岩

的地球化学特征差异及控制因素还尚未明确。本研究对西长梁、长蛇山及胜利河地区油页岩样品采用总有机碳、抽提分离和气相色谱-质谱联用等技术分析油页岩有机质丰度、类型、成熟度及饱和烃、芳烃类化合物地球化学特征。研究表明:三个地区的油页岩中姥植比、伽马蜡烷指数、芴系列化合物、烷基二苯并噻吩、烷基二苯并呋喃系列化合物分布特征具有一定差异,指示胜利河地区油页岩沉积环境的还原性最强盐度最高、西长梁油页岩次之、长蛇山油页岩沉积环境还原性相对最弱、盐度最低;根据三环萜烷、规则甾烷分布特征及甾藿比,指示了胜利河地区油页岩有机质来源以低等水生生物为主,西长梁地区油页岩有机质来源以低等水生生物输入为主,并有混源特征,长蛇山地区油页岩有机质来源以混源为主;利用甾烷、烷基萜、烷基菲系列化合物等成熟度参数综合研究发现西长梁地区油页岩达到低成熟阶段,胜利河及长蛇山地区油页岩均已达到成熟-高成熟阶段。综合分析认为,胜利河地区油页岩生油潜力最大,是未来勘探的主要目标(杨易卓等, 2025)。

3.4 羌塘盆地普若岗日地区索瓦组烃源岩特征

羌塘盆地油气勘探程度整体较低。为了进一步明确侏罗纪索瓦组烃源岩潜力,本次研究针对普若岗日剖面露头开展总有机碳、抽提、色谱-质谱、镜质体反射率 R_o 测定和同位素等分析测试,明确普若岗日地区索瓦组烃源岩特征及形成环境。研究区索瓦组烃源岩总有机碳含量介于0.22%~2.16%之间,均值为0.65%。其沉积环境为还原性海相,母质来源为高等植物和藻类双重贡献。干酪根同位素显示有机质类型为III型。受古近纪火山活动影响,烃源岩成熟度较高,处于过成熟阶段, R_o 介于1.85%~3.51%之间。综合分析表明,以侵入岩(曾经的热源)为中心,至普若岗日剖面的辐射范围内的索瓦组烃源岩以生气为主。在远离侵入岩的区域,索瓦组烃源岩可生成少量的原油(于珺等, 2025)。

4 羌塘盆地油气分布

最近30年来科研院所和地矿部门、石油部门开展区域地质调查和石油地质勘探,在羌塘盆地侏罗系发现了白云岩古油藏和油页岩层位,参考中国油气勘探的成果经验,提出应该以优质烃源岩圈定生烃凹陷,碳酸盐岩台地区白云岩化的礁滩相是油气藏的勘探目标思路(卢双舫等, 2012; 马瑞罡等, 2020; 何治亮等, 2020; 伊海生等, 2022; 吴东旭等, 2022; 乔占峰等, 2022)。本部分共收录3篇羌塘盆地油气分布的研究文章。

4.1 侏罗纪全球古海洋演变历程及其对西藏羌塘盆地油气勘探的启示

羌塘盆地是我国西藏特提斯域内重要的油气勘探目标,目前在这一地区侏罗系地层发现以油页岩为标志的优质烃源岩和碳酸盐岩台地相白云岩储油层。本文根据全球侏罗纪古海洋和古气候研究的最新进展,试图从全球海平面波动、古海洋温度变化以及碳同位素正负向偏移的角度,解析侏罗纪时期有机质富集的机制和碳酸盐岩台地沉积模式,目的是为羌塘盆地生烃凹陷的预测和圈定有利勘探区块提供参考。研究结果表明:羌塘盆地毕洛错油页岩和西长梁油页岩记录的有机质碳同位素负向和正向异常漂移可以进行全球对比,早侏罗世和晚侏罗世应该是古海洋有机质富集的主要时期,也是寻找区域分布的优质烃源岩的层位。中侏罗统统布曲组和上侏罗统索瓦组发育的两套碳酸盐岩沉积地层,分别出现在全球海平面变化的低水位期和高水位期,对应海表温度指示的凉室气候期和暖室气候期,应该分别采用冷水和暖水碳酸盐岩沉积模式进行储层分布相带进行预测(伊海生, 2025)。

4.2 羌塘盆地中侏罗统布曲组岩相古地理特征及其油气地质意义

羌塘盆地中侏罗统布曲组是重要的油气储层。受限于基础地质资料,前人对羌塘地区侏罗系布曲组岩相古地理展布存在争议,缺少对岩相古地理演化的精细刻画。为探讨侏罗系布曲组地层特征以及各时期岩相古地理演化特征,通过对羌塘地区周缘野外地质剖面考察、钻井岩心观察以及各项沉积标志的识别,在地层格架内,对侏罗系布曲组岩相古地理展布及其演化特征进行研究。结果表明,在中侏罗世,羌塘盆地继承了早侏罗世以来裂解拉张的演化历史,受洋盆拉张的影响,羌塘盆地主要发育被动大陆边缘盆地,其上主要发育局限台地和开阔台地相古地理单元,相带沿北—南向展布,水体自北向南逐渐变深,形成局限台地-开阔台地-陆棚的沉积格局。在布曲组一段中,北羌塘坳陷发育局限台地内蒸发环境下的白云岩,属于优质储层,是未来主要勘探目的层(侯乾等, 2025)。

4.3 羌塘盆地中—下侏罗统雀莫错组沉积特征及油气地质意义

通过对羌塘盆地中—下侏罗统雀莫错组岩石特征、沉积相及古地理分析,认为北羌塘坳陷雀莫错组为陆缘近海湖泊相沉积,可进一步划分为湖泊三角洲、滨湖、湖坪、咸水湖等亚相。雀莫错组沉积期咸水-半咸水湖沉积环境形成的碎屑岩-碳酸盐岩

-蒸发岩等岩性组合,有利于烃源岩的形成;膏盐岩与白云岩共生的沉积环境及石膏向硬石膏转化形成的有机酸结晶水能有效改善盐下碳酸盐岩的储集物性;硬石膏的塑性和致密性可以有效保护盐下油气资源免受羌塘盆地新构造运动的破坏。羌塘盆地雀莫错组的咸水湖岩性组合区域是油气勘探的有利地带,其中白滩湖—雀莫错裂陷槽是发育该类型油气藏的有利地区(占王忠等, 2025)。

5 羌塘盆地油气显示

羌塘盆地三叠系和侏罗系已经发现了 250 多处的油气显示,液态油苗见于安多 114 道班、索日卡、西长梁、胜利河等地区,沥青则分布于毕洛错、查昂巴、马牙山等盆地边缘带和中央隆起带(南征兵等, 2008; 彭清华等, 2020; 王剑等, 2020; 吴珍汉等, 2022; 刘天夫等, 2024), 以上丰富的油气显示充分证明了羌塘盆地具有较大的油气勘探潜力。本部分共收录 3 篇羌塘盆地油气显示相关的研究文章。

5.1 北羌塘坳陷清水湖地区侏罗系油藏特征与形成时代

北羌塘坳陷南部清水湖地区侏罗纪海相沉积期形成了优质烃源岩、不同类型储层和优质盖层,侏罗系烃源岩自早白垩世以来长期处于未成熟-低成熟状态,新生代早期逆冲推覆及构造改造导致侏罗系生排烃和油气成藏。野外观测、二维地震及钻探揭示,清水湖地区中下侏罗统夏里组中段、布曲组中上段、雀莫错组中下段各发育 1 套含油裂缝型碳酸盐岩储层,雀莫错组上段发育 1 套含油裂缝砂岩储层,夏里组下段发育 1 套油页岩;油层厚度累计超过 100 m,储层可动油主要聚集于古近纪构造裂缝。中侏罗统布曲组主力油层厚度 50~70 m,富含轻质原油,伴生天然气。清水湖地区含油裂缝储层、主力油层及油页岩大面积分布于中下侏罗统不同层位(吴珍汉等, 2025)。

5.2 北羌塘坳陷夏里组油砂地球化学特征及油源探讨

针对北羌塘坳陷研究区的勘探程度较低、油气性质复杂及油源不明等问题,本次研究对北羌塘坳陷南部西长梁地区、胜利河地区及方湖地区夏里组油砂进行了分析,采用了空间分布、族组成、气相色谱及色谱-质谱等多种分析方法,以明确油气成因与来源。结果表明,夏里组油砂的分布呈东西走向,其生物降解程度依次为:西长梁地区>胜利河地区>方湖地区。同时,夏里组油砂油均已达到成熟阶段,主要源自偏还原的海相沉积环境,生油母质则主要来自低等水生生物与陆地高等植物的双重贡

献,其中方湖地区的陆生植物贡献尤为突出。通过对比分析北羌塘拗陷内夏里组、布曲组、索瓦组及巴贡组四套烃源岩与夏里组油砂的有机地球化学特征,推断出西长梁和胜利河地区的夏里组油砂主要源自夏里组烃源岩,而方湖地区的夏里组油砂则主要源自巴贡组烃源岩(黎东玉等, 2025)。

5.3 羌塘盆地中侏罗统布曲组包裹体特征及油气成藏期次研究

羌塘盆地不同构造位置的布曲组(J_{2b})碳酸盐岩储层油气成藏期次尚不明确。本文以南羌塘毕洛错地区和北羌塘胜利河地区的布曲组储层为研究对象,开展了流体包裹体岩相学、显微测温及测盐等工作,结合埋藏史,确定油气充注过程及成藏期次。结果表明,毕洛错地区在埋藏期经历了3期烃类充注,第I期在晚侏罗世—早白垩世,为大量油充注期;第II期在晚白垩世,为油气充注期;第III期充注发生在古近纪早期,为大量天然气充注。胜利河地区在埋藏期也经历了3期烃类充注,第I期发生在早白垩世,为大量油及少量天然气充注;第II期发生在晚古新世—早始新世,以油气充注为主;第III期充注在晚始新世,为大量天然气充注。南、北羌塘布曲组均发育部分均一温度较高的包裹体,可能与逆冲推覆构造和岩浆热液活动有关,在新生代发育第二次成藏。整体而言,南羌塘油气成藏期普遍早于北羌塘(张莉莉等, 2025)。

6 结论

羌塘盆地位于西藏地区北部,是我国陆上油气勘探程度最低、面积最大(约220 000 km²)的海相含油气盆地,油气勘探潜力巨大。本专辑集中发表了15篇相关研究论文,反映了羌塘盆地目前最新的研究进展。本文对这些研究成果进行了简要总结,希望有助于读者了解羌塘盆地最新研究进展。

参考文献:

常毓文, 王小林, 2025. 中国深地深水油气勘探开发持续创造新纪录“七年行动计划”成效显著[J]. 国际石油经济, 33(1): 43-45.

陈程, 吴珍汉, 王利, 等, 2025. 北羌塘拗陷长蛇山地区夏里组细粒沉积岩形成环境及其对有机质富集的控制作用[J]. 地球学报, 46(3): 533-543.

陈冲, 申怀明, 陈云, 等, 2025. 伦北盆地古近系牛堡组页岩地球化学特征及地质意义[J]. 地球学报, 46(3): 577-586.

陈云, 陈冲, 季长军, 等, 2025. 南羌塘索日卡地区三叠纪玄武岩锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其地质构造意义[J]. 地球学报, 46(3): 506-518.

冯乔, 汤锡元, 1997. 岩浆活动对油气藏形成条件的影响[J]. 地质科技情报, 16(4): 59-65.

郭旭升, 2017. 上扬子地区五峰组-龙马溪组页岩层序地层及演化模式[J]. 地球科学, 42(7): 1069-1082.

郭占谦, 2002. 火山活动与石油、天然气的生成[J]. 新疆石油地质, 23(1): 5-10.

何治亮, 马永生, 张军涛, 等, 2020. 中国的白云岩与白云岩储层: 分布、成因与控制因素[J]. 石油与天然气地质, 41(1): 1-14.

侯乾, 占王忠, 牟传龙, 等, 2025. 羌塘盆地中侏罗统布曲组岩相古地理特征及其油气地质意义[J]. 地球学报, 46(3): 638-649.

季长军, 伊海生, 夏国清, 等, 2016. 羌塘盆地油藏带特征及勘探意义[J]. 地质科技情报, 35(1): 74-79.

金之钧, 张刘平, 杨雷, 等, 2002. 沉积盆地深部流体的地球化学特征及油气成藏效应初探[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 27(6): 659-665.

黎东玉, 唐友军, 孙鹏, 等, 2025. 北羌塘拗陷夏里组油砂地球化学特征及油源探讨[J]. 地球学报, 46(3): 671-682.

李亚林, 王成善, 伍新和, 等, 2005. 藏北托纳木地区发现上侏罗统海相油页岩[J]. 地质通报, 24(8): 783-784.

林畅松, 张燕梅, 刘景彦, 等, 2000. 高精度层序地层学和储层预测[J]. 地学前缘, 7(3): 111-117.

刘天夫, 季长军, 2024. 羌塘盆地胜利河地区布曲组油气地球化学特征与油源对比[J]. 地球学报, 45(3): 365-374.

卢双舫, 马延伶, 曹瑞成, 等, 2012. 优质烃源岩评价标准及其应用: 以海拉尔盆地乌尔逊凹陷为例[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 37(3): 535-544.

马瑞罡, 刘传联, 2020. 海相烃源岩发育的古海洋模式及对南海北部的指示意义[J]. 海洋地质前沿, 36(8): 11-18.

南征兵, 李永铁, 郭祖军, 2008. 羌塘盆地油气显示及油源对比[J]. 石油实验地质, 30(5): 503-507.

彭清华, 杜佰伟, 谢尚克, 等, 2020. 羌塘盆地马牙山沥青脉地球化学特征及其指示意义[J]. 地质论评, 66(5): 1275-1283.

乔占峰, 张哨楠, 沈安江, 等, 2022. 塔里木和四川盆地白云岩规模优质储层形成与发育控制因素[J]. 石油与天然气地质, 43(1): 92-104.

沈安江, 付小东, 张建勇, 等, 2023. 羌塘盆地上三叠统—下侏罗统海相页岩油特征及发现意义[J]. 石油勘探与开发, 50(5): 962-974.

孙伟, 任柳洁, 占王忠, 等, 2025. 羌塘盆地东部上二叠统海陆交互相烃源岩特征及勘探前景[J]. 地球学报, 46(3): 587-601.

孙玉琪, 伊帆, 伊海生, 等, 2025. 西藏羌塘盆地双湖地区毕洛错黑色页岩稀土元素特征及地质意义[J]. 地球学报, 46(3): 544-560.

谭富文, 王剑, 王小龙, 等, 2002. 西藏羌塘盆地——中国油气资源战略选区的首选目标[J]. 沉积与特提斯地质, 22(1): 16-21.

王成善, 伊海生, 刘池洋, 等, 2004. 西藏羌塘盆地古油藏发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 25(2): 139-143.

王剑, 丁俊, 王成善, 等, 2009. 青藏高原油气资源战略选区调查与评价[M]. 北京: 地质出版社.

王剑, 付修根, 2018. 论羌塘盆地沉积演化[J]. 中国地质, 45(2):

237-259.

- 王剑, 付修根, 沈利军, 等, 2020. 论羌塘盆地油气勘探前景[J]. 地质论评, 66(5): 1091-1113.
- 王剑, 谭富文, 王小龙, 等, 2004. 藏北羌塘盆地早侏罗世中侏罗世早期沉积构造特征[J]. 沉积学报, 22(2): 198-205.
- 王茜, 赵珍, 张莉莉, 等, 2025. 北羌塘胜利河地区 Qs1 井层序地层及沉积微相分析[J]. 地球学报, 46(3): 561-576.
- 王同, 杨克明, 熊亮, 等, 2015. 川南地区五峰组—龙马溪组页岩层序地层及其对储层的控制[J]. 石油学报, 36(8): 915-925.
- 魏岩岩, 曹宝宝, 周道卿, 等, 2025. 羌塘盆地岩浆岩分布特征——来自高精度航空重磁的认识[J]. 地球学报, 46(3): 519-532.
- 吴东旭, 李昌, 周进高, 等, 2022. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组白云岩储层特征及成因机制[J]. 高校地质学报, 28(4): 606-616.
- 吴珍汉, 季长军, 赵珍, 等, 2019. 羌塘盆地半岛湖—东湖地区主力烃源岩及油气资源潜力[J]. 地质学报, 93(7): 1738-1753.
- 吴珍汉, 王涛, 季长军, 等, 2025. 北羌塘坳陷清水湖地区侏罗系油藏特征与形成时代[J]. 地球学报, 46(3): 663-670.
- 吴珍汉, 姚建明, 季长军, 等, 2022. 羌塘北部胜利河地区液态原油及生烃史分析[J]. 地质学报, 96(11): 3698-3704.
- 伍新和, 张丽, 王成善, 等, 2008. 西藏羌塘盆地中生界海相烃源岩特征[J]. 石油与天然气地质, 29(3): 348-354.
- 杨易卓, 黄志龙, 冯伟平, 等, 2025. 北羌塘盆地不同地区中—下侏罗统油页岩地球化学特征对比及意义[J]. 地球学报, 46(3): 602-614.
- 伊海生, 2025. 侏罗纪全球古海洋演变历程及其对西藏羌塘盆地油气勘探的启示[J]. 地球学报, 46(3): 624-637.
- 伊海生, 夏国清, 2022. 羌塘盆地优质烃源岩和白云岩储油层的层位与分布[J]. 沉积与特提斯地质, 42(3): 455-464.
- 于珺, 胡春桥, 张洪美, 等, 2025. 羌塘盆地普若岗日地区索瓦组烃源岩特征[J]. 地球学报, 46(3): 616-623.
- 占王忠, 范志伟, 谭富文, 2025. 羌塘盆地中—下侏罗统雀莫错组沉积特征及油气地质意义[J]. 地球学报, 46(3): 650-662.
- 张莉莉, 赵珍, 杨易卓, 等, 2025. 羌塘盆地中侏罗统布曲组包裹体特征及油气成藏期次研究[J]. 地球学报, 46(3): 683-694.
- 张旗, 金维浚, 王金荣, 等, 2016. 岩浆热场对油气成藏的影响[J]. 地球物理学进展, 31(4): 1525-1541.
- 张润合, 斯春松, 陈明, 等, 2015. 西藏羌塘盆地北部拗陷侏罗系层序地层划分对比及地质意义[J]. 沉积与特提斯地质, 35(2): 1-7.
- 周道卿, 熊盛青, 王保弟, 等, 2024. 羌塘盆地航空物探调查三十年回顾与展望[J]. 物探与化探, 48(2): 287-295.

References:

- CATUNEANU O, ABREU V, BHATTACHARYA J P, et al., 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy[J]. Earth-Science Reviews, 92(1-2): 1-33.
- CHANG Yuwen, WANG Xiaolin, 2025. China's deepwater oil and

gas exploration and development continues to set new records, demonstrating the effectiveness of the "Seven-Year Action Plan"[J]. International Petroleum Economics, 33(1): 43-45(in Chinese with English abstract).

- CHEN Cheng, WU Zhenhan, WANG Li, et al., The Formation Environment of Fine-grained Sedimentary Rocks and Its Controlling Effect on Organic Matter Enrichment in the Xiali Formation in Changsheshan Area, Northern Qiangtang Depression[J]. Acta Geoscientica Sinica, 46(3): 533-543(in Chinese with English abstract).
- CHEN Chong, SHEN Huaiming, CHEN Yun, et al., 2025. Geochemical Characteristics and Significance of Paleogene Niubao Formation Shales in the Lunbei Basin[J]. Acta Geoscientica Sinica, 46(3): 577-586(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yun, CHEN Chong, JI Changjun et al., 2025. Zircon U-Pb ages, geochemistry, and tectonic significances of the Triassic Suorika basalts in the southern Qiangtang Terrane[J]. Acta Geoscientica Sinica, 46(3): 506-518(in Chinese with English abstract).
- FENG Qiao, TANG Xiyuan, 1997. Magma Activity's Influence on conditions Forming Oil and Gas Pools[J]. Geological Science and Technology Information, 16(4): 59-65.
- FU Xiugen, WANG Jian, TAN Fuwen, et al., 2016. New insights about petroleum geology and exploration of Qiangtang Basin, northern Tibet, China: A model for low-degree exploration[J]. Marine and Petroleum Geology, 77: 323-340.
- GUO Xusheng, 2017. Sequence stratigraphy and evolution model of the Wufeng-Longmaxi shale in the Upper Yangtze area[J]. Earth Science, 42(7): 1069-1082(in Chinese with English abstract).
- GUO Zhanqian, 2002. On volcanic activity and generation of hydrocarbons[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 23(1): 5-10(in Chinese with English abstract).
- HE Zhiliang, MA Yongsheng, ZHANG Juntao, et al., 2020. Distribution, genetic mechanism and control factors of dolomite and dolomite reservoirs in China[J]. Oil & Gas Geology, 41(1): 1-14(in Chinese with English abstract).
- HOU Qian, ZHAN Wangzhong, MOU Chuanlong, et al., 2025. Lithofacies Paleogeographic Characteristics of Middle Jurassic Buqu Formation in the Qiangtang Basin of Xizang and Its Oil-gas Geological Significance[J]. Acta Geoscientica Sinica, 46(3): 638-649(in Chinese with English abstract).
- JI Changjun, YI Haisheng, XIA Guoqing, et al., 2016. Characteristics and exploration significance of oil reservoir in Qiangtang Basin[J]. Geological Science and Technology Information, 35(1): 74-79.
- JIN Zhijun, ZHANG Liuping, YANG Lei, et al., 2002. Primary study of geochemical features of deep fluids and their effectiveness on oil/gas reservoir formation in sedimental basins[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 27(6): 659-665(in Chinese with English abstract).
- LI Dongyu, TANG Youjun, SUN Peng, et al., 2025. Geochemical

- Characteristics and Oil Source Discussion of Xiali Formation Oil Sand Extracts in the Northern Qiangtang Depression[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 671-682(in Chinese with English abstract).
- LI Yalin, WANG Chengshan, WU Xinhe, et al., 2005. Discovery of Upper Jurassic marine oil shale in the Tuonamu area, northern Tibet, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 24(8): 783-784(in Chinese with English abstract).
- LIN Changsong, ZHANG Yanmei, LIU Jingyan, et al., 2000. High resolution sequence stratigraphy and reservoir prediction[J]. *Earth Science Frontiers*, 7(3): 111-117(in Chinese with English abstract).
- LIU Tianfu, JI Changjun, 2024. Petroleum Geochemical Characteristics and Oil Source Correlation of Buqu Formation in Shenglihe Area, Qiangtang Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 45(3): 365-374(in Chinese with English abstract).
- LU Shuangfang, MA Yanling, CAO Ruicheng, et al., 2012. Evaluation Criteria of High-Quality Source Rocks and Its Applications: Taking the Wuerxun Sag in Hailaer Basin as an Example[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 37(3): 535-544(in Chinese with English abstract).
- MA Ruigang, LIU Chuanlian, 2020. Paleooceanographic patterns of marine hydrocarbon source rocks and its indicating significance to the northern South China Sea[J]. *Marine Geology Frontiers*, 36(8): 11-18(in Chinese with English abstract).
- NAN Zhengbing, LI Yongtie, GUO Zujun, 2008. Hydrocarbon show and correlation between oil and source rock in the Qiangtang Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 30(5): 503-507(in Chinese with English abstract).
- PENG Qinghua, DU Baiwei, XIE Shangke, et al., 2020. Geochemical characteristics of bitumen in Mayashan area in Qiangtang Basin and its indicative significance[J]. *Geological Review*, 66(5): 1275-1283(in Chinese with English abstract).
- QIAO Zhanfeng, ZHANG Shaonan, SHEN Anjiang, et al., 2022. Controls on formation and development of large-sized high-quality dolomite reservoirs in the Tarim and Sichuan Basins[J]. *Oil & Gas Geology*, 43(1): 92-104(in Chinese with English abstract).
- SHEN Anjiang, FU Xiaodong, ZHANG Jianyong, et al., 2023. Characteristics and discovery significance of the Upper Triassic-Lower Jurassic marine shale oil in Qiangtang Basin, NW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 50(5): 962-974(in Chinese with English abstract).
- SUN Wei, REN Liujie, ZHAN Wangzhong, et al., 2025. Characteristics and Exploration Prospects of the Upper Permian Marine Land Interacting Source Rocks in the Eastern Qiangtang Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 587-601(in Chinese with English abstract).
- SUN Yuqi, YI Fan, YI Haisheng, et al., 2025. REE Characteristics and Geological Implications of the Bilong Co Black Shale in the Shuanghu Area, Qiangtang Basin, Southern Tibet[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 544-560(in Chinese with English abstract).
- abstract).
- TAN Fuwen, WANG Jian, WANG Xiaolong, et al., 2002. The Qiangtang Basin in Xizang as the target area for the oil and gas resources in China[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 22(1): 16-21(in Chinese with English abstract).
- WANG Chengshan, YI Haisheng, LIU Chiyang, et al., 2004. Discovery of paleo-oil-reservoir in Qiangtang basin in Tibet and its geological significance[J]. *Oil & Gas Geology*, 25(2): 139-143(in Chinese with English abstract).
- WANG Jian, DING Jun, WANG Chengshan, et al., 2009. Survey and Evaluation on Tibet Oil and Gas Resources[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese with English abstract).
- WANG Jian, FU Xiugen, 2018. Sedimentary evolution of the Qiangtang Basin[J]. *Geology in China*, 45(2): 237-259(in Chinese with English abstract).
- WANG Jian, FU Xiugen, SHEN Lijun, et al., 2020. Prospect of the potential of oil and gas resources in Qiangtang Basin, Xizang(Tibet)[J]. *Geological Review*, 66(5): 1091-1113(in Chinese with English abstract).
- WANG Jian, TAN Fuwen, WANG Xiaolong, et al., 2004. The Sedimentary and Tectonic Characteristics of Qiangtang Basin in the Early Jurassic in Northern Xizang(Tibet)[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 22(2): 198-205(in Chinese with English abstract).
- WANG Qian, ZHAO Zhen, ZHANG Lili, et al., 2025. Sequence Stratigraphy and Sedimentary Microfacies Analysis of Well Qs1 in Shenglihe area, North Qiangtang Depression[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 561-576(in Chinese with English abstract).
- WANG Tong, YANG Keming, XIONG Liang, et al., 2015. Shale sequence stratigraphy of Wufeng-Longmaxi Formation in southern Sichuan and their control on reservoirs[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 36(8): 915-925(in Chinese with English abstract).
- WEI Yanyan, CAO Baobao, ZHOU Daoqing, et al., 2025. Magnetic Rock Distribution in the Qiangtang Basin: Understanding from High-precision Airborne Gravity and Magnetic Survey[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 519-532(in Chinese with English abstract).
- WU Dongxu, LI Chang, ZHOU Jingao, et al., 2022. Characteristics and genesis mechanism of the dolomite reservoir in the Ordovician Majiagou formation in the Ordos basin[J]. *Geological Journal of China Universities*, 28(4): 606-616(in Chinese with English abstract).
- WU Xinhe, ZHANG Li, WANG Chengshan, et al., 2008. Characteristics of the Mesozoic marine source rocks in the Qiangtang Basin, Tibet[J]. *Oil & Gas Geology*, 29(3): 348-354(in Chinese with English abstract).
- WU Zhenhan, JI Changjun, ZHAO Zhen, et al., 2019. Main source rock and oil resource potential of the Bandaohu-Donghu area in the northern Qiangtang Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*,

- 93(7): 1738-1753(in Chinese with English abstract).
- WU Zhenhan, WANG Tao, JI Changjun, et al., 2025. Characteristics and Formation Time of Oil Reservoirs in Jurassic System of the Qingshuihu Area, Northern Qiangtang Depression[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 663-670(in Chinese with English abstract).
- WU Zhenhan, YAO Jianming, JI Changjun, et al., 2022. Crude oil and formation history of hydrocarbon in the Shenglihe area, northern Qiangtang basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 96(11): 3698-3704(in Chinese with English abstract).
- YANG Yizhuo, HUANG Zhilong, FENG Weiping, et al., 2025. Comparison and Significance of Geochemical Characteristics of Middle-Lower Jurassic Oil Shales in Different Regions of the North Qiangtang Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 602-614(in Chinese with English abstract).
- YI Haisheng, 2025. Historical Evolution of Jurassic Paleo-ocean as a Reference for Petroleum Exploration of the Qiangtang Basin in Tibetan Plateau[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 624-637(in Chinese with English abstract).
- YI Haisheng, XIA Guoqing, 2022. Stratigraphic position of high-quality source rocks and distribution of oil-bearing Dolomites in the Qiangtang Basin[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 42(3): 455-464(in Chinese with English abstract).
- YU Jun, HU Chunqiao, ZHANG Hongmei, et al., 2025. Source Rock Characteristics of Suowa Formation in Puruogangri Area, Qiangtang Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 616-623(in Chinese with English abstract).
- ZHAI Qingguo, JAHN B M, ZHANG Ruyuan, et al., 2011. Triassic subduction of the Paleo-Tethys in northern Tibet, China: evidence from the geochemical and isotopic characteristics of eclogites and blueschists of the Qiangtang Block[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42(6): 1356-1370.
- ZHAN Wangzhong, FAN Zhiwei, TAN Fuwen, 2025. Sedimentary Characteristics and Oil-gas Geological Significance of Lower to Middle Jurassic Quemocuo Formation in Qiangtang Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 650-662(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Lili, ZHAO Zhen, YANG Yizhuo, et al., 2025. Fluid Inclusion Characteristics and the Hydrocarbon Accumulation Stages of the Middle Jurassic Buqu Formation in the Qiangtang Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 46(3): 683-694(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Qi, JIN Weijun, WANG Jinrong, et al., 2016. Relationship between magma-thermal field and hydrocarbon accumulation[J]. *Progress in Geophysics*, 31(4): 1525-1541(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Runhe, SI Chunsong, CHEN Ming, et al., 2015. Sequence stratigraphic division, correlation and geological significance of the Jurassic strata in the northern Qiangtang depression, northern Xizang[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 35(2): 1-7(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Xiuzheng, DONG Yongsheng, WANG Qiang, et al., 2016. Carboniferous and Permian evolutionary records for the Paleo-Tethys Ocean constrained by newly discovered Xiangtaohu ophiolites from central Qiangtang, central Tibet[J]. *Tectonics*, 35(7): 1670-1686.
- ZHOU Daoqing, XIONG Shengqing, WANG Baodi, et al., 2024. A review of thirty years of airborne geophysical surveys in the Qiangtang Basin and future prospect[J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 48(2): 287-295(in Chinese with English abstract).

中国地质科学院研究员, 博士生导师
中国地质调查局羌塘油气地质调查首席科学家
《地球学报》副主编



二〇二五年四月二十日于北京