



地质力学学报
Journal of Geomechanics
ISSN 1006-6616, CN 11-3672/P
中文核心期刊
中国科技核心期刊
CSCD 来源期刊（核心库）

《地质力学学报》预出版论文

论文题目：青藏高原腹地长距离推覆及构造样式

作者：吴珍汉，季长军

DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2026083

投稿时间：2026-06-30

录用时间：2026-10-05

预出版时间：2026-10-10

预出版版权说明

预出版，是指在网络出版或纸质版印刷出版之前，文章的电子版本在网上提前公开，是正式出版的预备版本。预出版的文章是通过严格的“三审制”审查后，本刊确定录用的文章，其内容的著作权等受《著作权法》等法律法规保护。预出版的文章将在之后的印刷版上刊发，印刷版的文章可能与预出版的文章略有不同，预出版文章经录用后便以电子版本形式在网站发出，没有经过排版和编校，会存在部分文字及编排格式与正式出版有出入，但文章主体内容是完全一致的。

学者研究或引述预出版文章，应当以印刷纸质版内容为准；但如果牵涉首创权等时间问题，则应当以适当方式注明文章的预出版日期。

引用格式: 吴珍汉, 赵珍, 季长军, 等, 2026. 青藏高原腹地长距离推覆及构造样式[J]. 地质力学学报, 32(5): 1–9. DOI: [10.12090/j.issn.1006-6616.2026083](https://doi.org/10.12090/j.issn.1006-6616.2026083)

Citation: WU Z H, Zhao Z, JI C J, et al., 2026. Long Displacement of Thrust and Tectonic Pattern in Central Tibetan Plateau[J]. Journal of Geomechanics, 32(5): 1–9. DOI: [10.12090/j.issn.1006-6616.2026083](https://doi.org/10.12090/j.issn.1006-6616.2026083)

青藏高原腹地长距离推覆及构造样式

吴珍汉¹, 赵 珍¹, 季长军¹, 吴 艳², 刘志伟¹, 李英烈¹, 陈 云¹

WU Zhenhan¹, Zhao Zhen¹, JI Changjun¹, WU Yan², LIU Zhiwei¹, LI Yinglie¹, CHEN Yun¹

1. 中国地质科学院, 北京 100037;
2. 陕西煤田地质集团, 陕西 西安 710021
1. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
2. Shaanxi Coal Geology Group, Xi'an 710021, China

Long Displacement of Thrust and Tectonic Pattern in Central Tibetan Plateau

Abstract: Field geological mapping as well as 2-D seismic profiling reveal that southward thrust of long displacement existed in Late Cretaceous and Paleogene respectively in Shuanghu region, central Tibetan Plateau. Late Cretaceous southward thrust formed huge nappe of the Bilogco-Andarco Paleo-petroliferous System (BAPS) overlying Upper Cretaceous the Abushan Fm. with root in the Dirangbico-South Yaqu Thrust (DST). The minimal displacement of BAPS-DST is 116 km, corresponding to crustal shortening more than 54% in Late Cretaceous. The Paleogene southward thrust occurred in north of DST formed Dawoco-Tuco Thrust (DTT) in Northern Qiangtang Depression. The minimal displacement of DTT is 38 km, corresponding to crustal shortening more than 53%. Both DST-BAPS and DTT are thin-skin thrust, and thick gypsum layers in the Middle-Lower Jurassic Formations play favorable role of detachment for long displacement thrust. Foreland basins and Molasse formations of Abushan and Kangtuo Fms. formed along thrust frontiers of BAPS-DST and DTT in Late Cretaceous and Paleogene, respectively. Long displacement thrust in Shuanghu area is key for accumulation and preservation of oil and gas in central Qiangtang Basin.

Keywords: thin-skin thrust; displacement; Paleogene; Late Cretaceous; central Qiangtang Basin

摘 要: 通过野外详细观测, 结合二维地震综合解释, 表明青藏高原腹地双湖地区晚白垩世和古近纪分别发育自北向南长距离逆冲推覆构造运动。晚白垩世形成比洛错-昂达尔错古油藏推覆体(BAPS), 根部为蒂让碧错-雅曲南逆冲断裂(DST), 构成DST-BAPS推覆构造, 最小推覆距离为116 km, 对应地壳缩短量 $\geq 54\%$; 古近纪形成达沃错-吐错逆冲推覆构造(DTT), 最小推覆距离为38 km, 对应地壳缩短量 $\geq 53\%$ 。DST-BAPS和DTT均为薄皮推覆构造, 中下侏罗统厚层石膏对长距离推覆构造运动起到良好的滑脱作用。晚白垩世和古近纪逆冲推覆前锋分别发育前陆盆地及阿布山组、康托组磨拉石建造。双湖地区逆冲推覆构造对羌塘盆地中部油气成藏及保存条件具有重要控制作用。

基金项目: 国家科技重大专项(2025ZD1004600, 2024ZD1001005); 中国地质调查局地质调查项目(DD2026022104, DD20230315); 陕西省煤田地质集团项目(SMDZ-2022ZD-8, SMDZ-2021-1); 国家自然科学基金项目(U24A20597); 西藏自治区科技计划项目(XZ202403ZY0040)

This research is financially supported by National Science and Technology Major Project (No. 2025ZD1004600, No. 2024ZD1001005); Geological Survey Project of China Geological Survey (No. DD2026022104, No. DD20230315); Project of Shaanxi Coal Geology Group (No. SMDZ-2022ZD-8, No. SMDZ-2021-1); National Natural Science Foundation of China (No. U24A20597); Science and Technology Plan Project of Xizang Autonomous Region (No. XZ202403ZY0040)

第一作者及通信作者: 吴珍汉(1965—), 男, 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。Email: zhenhanwu@cags.ac.cn

收稿日期: 2026-06-30; 修回日期: 2026-10-04; 录用日期: 2026-10-05; 网络出版日期: 2026-10-10; 责任编辑: 范二平

Received: 2026-06-30; Revised: 2026-10-04; Accepted: 2026-10-05; Available Online: 2026-10-10; Handling Editor: FAN Erping

关键词: 薄皮推覆构造; 推覆距离; 古近纪; 晚白垩世; 羌塘盆地中部

中图分类号: P542 文献标识码: A 文章编号: 1006-6616(2026)05-0001-09

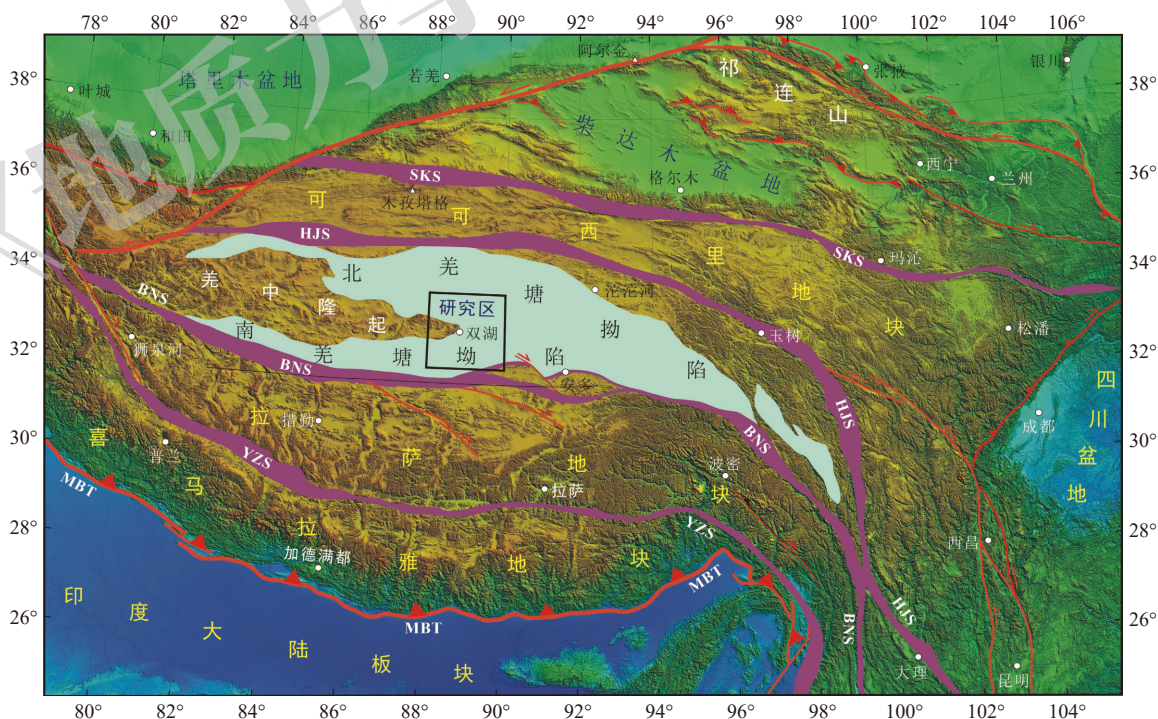
DOI: 10.12090/j.issn.1006-6616.2026083

青藏高原经历了多期特提斯古大洋板块俯冲, 形成了复杂的地质演化历史和多期构造变形(Dewey et al., 1988; 潘桂棠和丁俊, 2004; 潘裕生和方爱民, 2010; 伊海生, 2025), 不同时期的造山作用产生不同规模的逆冲推覆构造(Dewey et al., 1988; 李亚林等, 2006; 吴珍汉等, 2016, 2019; 何登发等, 2023)。青藏高原腹地羌塘盆地的逆冲推覆构造运动, 普遍被认为是受印度-欧亚大陆碰撞及随后印度大陆板块向北俯冲所驱动(DeCelles et al., 2002; Rowley and Currie, 2006; Li et al., 2012), 传导到南羌塘盆地及班公湖-怒江缝合带, 在 50~20 Ma 期间造成了~120 km 的缩短量(Van Hinsbergen et al., 2011)。在羌塘盆地北缘, 向北逆冲的唐古拉山逆冲推覆构造主要受松潘-甘孜地体在 50~45 Ma 期间向南俯冲控制, 并产生了~185 km 的缩短量(Li et al., 2012)。我们通过西藏双湖地区长期野外观测, 结合二维地震综合解释, 发现羌塘地块不仅古近纪发育逆冲推覆构造,

晚白垩世还发生长距离逆冲推覆构造运动, 古近纪强烈挤压导致晚白垩世推覆体及底板拆离断层发生褶皱变形。这些发现对深化认识青藏高原腹地地壳缩短增厚过程及羌塘盆地中部重点区块油气勘探方向, 具有重要意义。

1 区域地质构造背景

羌塘盆地发育于羌塘地块, 为晚三叠世-侏罗纪海相含油气盆地, 总体呈近东西-北西西向展布, 由南羌塘坳陷、羌中隆起和北羌塘坳陷组成(图 1)。羌塘地块南侧以班公-怒江缝合带(BNS)为界, 北侧以可可西里-金沙江缝合带(HJS)为界, 中部发育龙木措-双湖缝合带。羌中隆起大量出露的古生代蛇绿岩套及不同类型增生杂岩, 良好记录了古特提斯洋及龙木措-双湖缝合带的形成演化过程(李才等, 2007; 王根厚等, 2009), 超高压变质岩及



SKS—南昆仑缝合带; HJS—可可西里-金沙江缝合带; BNS—班公-怒江缝合带; YZS—雅鲁藏布江缝合带; MBT—主边界断裂

图 1 青藏高原构造单元及双湖地区位置图

Fig. 1 Tectonic units of the Tibetan Plateau and location of the Shuanghu area

SKS, South Kunlun Suture; HJS, Hohxil-Jinsha suture; BNS, Bangoin-Nujiang Suture; YZS, Yaluzangbu Suture; MBT, Main Boundary Thrust.

花岗岩的同位素年龄指示南、北羌塘陆块拼合及碰撞造山发生于三叠纪中—晚期(李才等, 2006; 翟庆国等, 2009; 王根厚等, 2023)。羌塘盆地在南北羌塘陆块拼合之后开始发育, 晚三叠世—侏罗纪沉积了厚达数千米的海相地层, 形成了多期海相烃源岩及多套生—储—盖组合, 部分地区发生过大规模油气成藏过程(赵政璋等, 2001; 王成善等, 2004; 王剑等, 2009; 季长军等, 2013; Ji et al., 2018; 沈安江等, 2023, 2026; 洪旭斌等, 2024; 任战利等, 2025)。

羌塘盆地自早白垩世开始结束海相沉积历史, 进入隆升剥蚀或河湖相沉积环境。晚白垩世新特提斯大洋板块沿雅鲁藏布江缝合带快速向北俯冲, 在欧亚大陆南缘发生逆冲推覆构造运动、褶皱变形和中酸性岩浆活动(吴珍汉等, 2016); 新生代早期印度—欧亚大陆板块碰撞造山, 导致青藏高原发生挤压缩短、地壳增厚和构造隆升(Yin and Harrison, 2000; Wang et al., 2008; Gao et al., 2013), 在羌塘盆地形成大量逆冲推覆构造及不同规模的褶皱变形(吴珍汉等, 2019)。晚期逆冲推覆及构造变形对羌塘盆地油气成藏与保存条件产生了非常显著的影响(赵政璋等, 2001; 王剑等, 2009; 吴珍汉等, 2020, 2025; 任战利等, 2025)。

2 主要逆冲断裂

野外观测和构造填图表明, 羌塘盆地中部双湖地区发育达沃错—吐错逆冲断裂(DTT)、蒂让碧错—雅曲南逆冲断裂(DST)、比洛错—昂达尔错古油藏推覆体(BAPS)、多玛—其香错逆冲断裂(DQT)(图2)。根据逆冲前锋磨拉石建造及红层时代, 确定 DTT 和 DQT 为古近纪逆冲断裂, BAPS 与 DST 为晚白垩世逆冲断裂(吴珍汉等, 2016)。

达沃错—吐错逆冲断裂(DTT)发育于北羌塘坳陷南部, 为确旦错—龙尾错—阿木错逆冲推覆构造东段(吴珍汉等, 2019), 主体呈北西—北西西走向, 西至那底岗日北侧, 东至吐错南部, 吐错附近 DTT 呈近东西走向; 沿 DTT 侏罗系自北向南逆冲推覆于古新统一始新统康托组($E_{1-2}k$)红层之上, 南侧发育古近纪前陆盆地(图2)。在达沃错东西两侧, 逆冲前锋发育规模不等的上侏罗统索瓦组灰岩飞来峰, 散布于 $E_{1-2}k$ 红色砾岩之上。在雀尔茶卡西北侧, 中侏罗统夏里组泥灰岩自北向南逆冲于古新统一始新统 $E_{1-2}k$ 红层之上(图3); 逆冲前锋发育 $E_{1-2}k$ 磨

拉石建造, 由大小不等的泥灰岩和灰岩角砾及紫红色泥岩与砂岩胶结物组成(图3)。

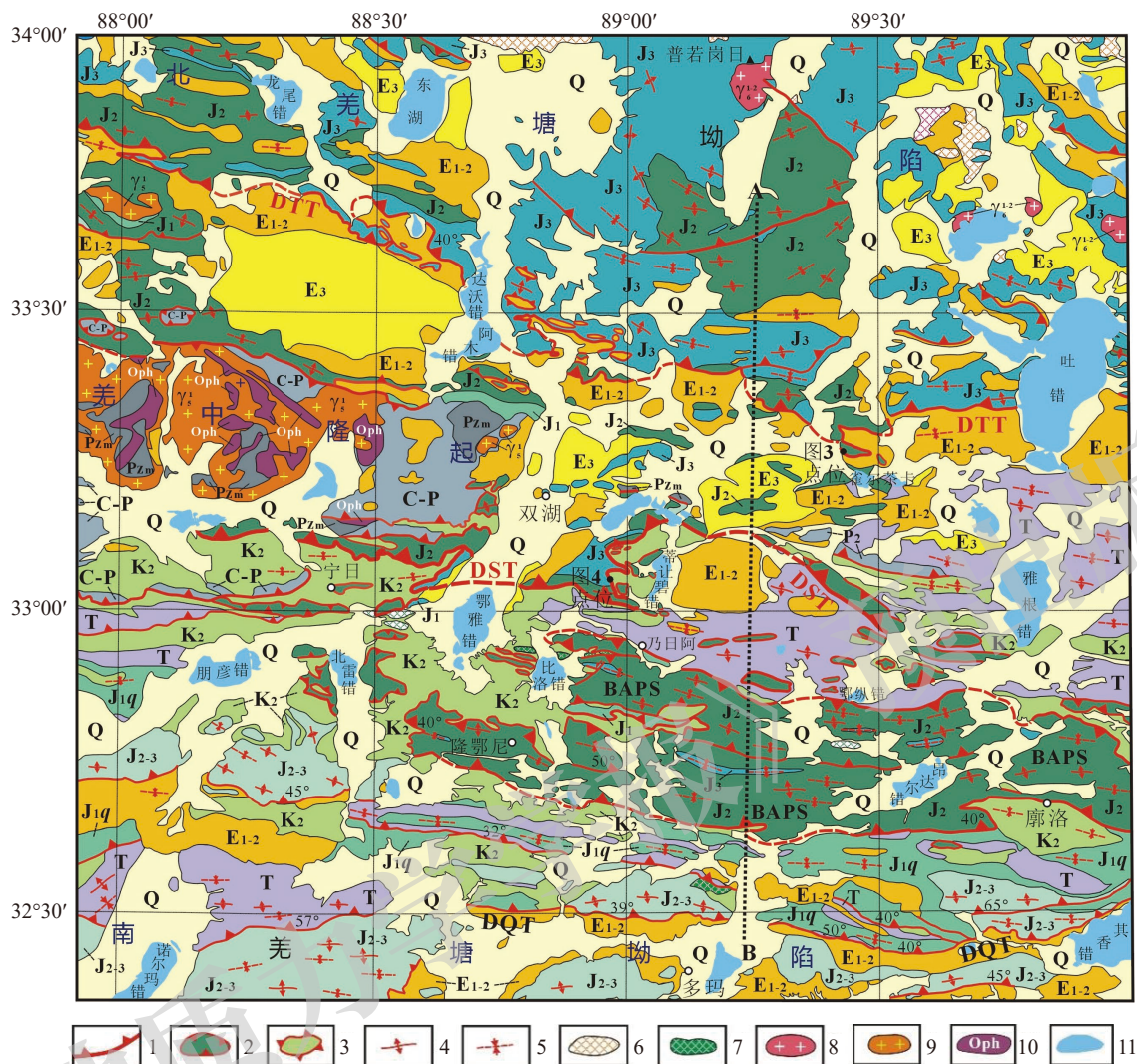
多玛—其香错逆冲断裂(DQT)发育于南羌塘坳陷中南部, 东起其香错北侧, 经多玛、协德北部, 向西延伸至诺尔玛错北侧, 总体呈近东西—北东东走向(图2)。在其香错北侧, 中下侏罗统泥页岩和灰岩自北向南逆冲推覆于古近系康托组红层($E_{1-2}k$)之上, 部分沟谷下侏罗统泥页岩剥蚀殆尽, 显露下伏 $E_{1-2}k$ 红层形成构造窗。在多玛北侧和协德北部, 中上侏罗统灰岩及泥灰岩自北向南逆冲推覆, 逆冲前锋发育 $E_{1-2}k$ 磨拉石建造及古新统一始新统前陆盆地(吴珍汉等, 2019)。在诺尔玛错北侧, 上三叠统自北向南逆冲于中上侏罗统之上, 断层倾角达 $50^{\circ}\sim 57^{\circ}$ (图2)。

蒂让碧错—雅曲南逆冲断裂(DST)发育于羌中隆起南部, 西起宁日, 经蒂让碧错, 东至雅根错南侧, 总体呈近东西走向(图2); 沿 DST 中上侏罗统索瓦组灰岩、夏里组砂泥岩与泥灰岩、布曲组碳酸盐岩自北向南逆冲推覆, 下伏上白垩统阿布山组红层(K_2a)。在宁日地区, 中侏罗统布曲组灰岩逆冲岩席向南推覆于 K_2a 红色砾岩之上, 形成大小不等的飞来峰; 在蒂让碧错西侧, 中上侏罗统岩石地层组成的逆冲岩席及飞来峰推覆于 K_2a 磨拉石建造之上(图4a、4b), 部分地区夏里组石膏层片理化带构成 DST 底板滑脱构造(图4a、4c); 在鄂纵错地区, DST 前锋发育中侏罗统布曲组灰岩飞来峰, 下伏上三叠统碎屑岩及上白垩统红层(图2)。

比洛错—昂达尔错古油藏推覆体(BAPS)发育于南羌塘坳陷北部, 东西长约 160 km、南北宽 25~30 km(图2); 主要由中侏罗统布曲组、夏里组及上侏罗统索瓦组碳酸盐岩、泥岩、砂岩组成, 局部出露下侏罗统曲色组黑色页岩; 布曲组含油白云岩出露地表, 形成白云岩油砂带。BAPS 侏罗系地层变形强烈, 内部发育近东西向逆冲断层, 断层上盘地层产状陡立; 底部滑脱断层下伏上白垩统阿布山组(K_2a)砾岩, 灰岩角砾大小混杂, 紫红色砂岩胶结, 表现为典型的磨拉石建造。BAPS 下伏 K_2a 红层夹中酸性火山岩, 火山岩夹层锆石 U-Pb 年龄为 83~76 Ma, 对应磷灰石裂变径迹峰值年龄 90~70 Ma, 表明 BAPS 逆冲推覆时代为晚白垩世(吴珍汉等, 2016, 2019)。

3 薄皮推覆构造

地表详细观测结合二维地震综合解释, 良好揭



1—逆冲断层; 2—飞来峰; 3—构造窗; 4—背斜; 5—向斜; 6—古近纪火山岩; 7—晚白垩世火山岩; 8—古近纪花岗岩; 9—晚三叠世花岗岩; 10—古生代蛇绿岩套; 11—现今湖泊; AB—二维地震解释剖面; BAPS—比洛错—昂达尔错古油藏推覆体; DST—蒂让碧错—雅曲南逆冲断裂; DTT—达沃错—吐错逆冲断裂; DQT—多玛—其香错逆冲断裂; Q—第四系; E₃—渐新统(喷呐湖组); E₁₋₂—古新统一始新统(康托组); K₂—上白垩统(阿布山组)。北羌塘坳陷侏罗系: J₃—上侏罗统(索瓦组 J_{3s} 与白龙冰河组 J_{3b}); J₂—中侏罗统(夏里组 J_{2x} 与布曲组 J_{2b}); J₁—下侏罗统(雀莫错组); 南羌塘坳陷侏罗系: J₂₋₃—中上侏罗统; J_{1q}—曲色组; T—三叠系; P₂—上二叠统; C-P—石炭系—二叠系; Pzm—古生界变质岩; γ₅¹—三叠纪花岗岩; γ₆¹⁻²—古近纪花岗岩

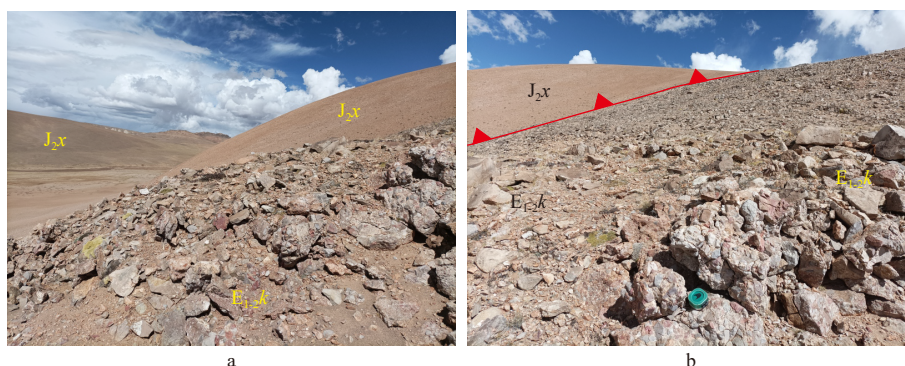
图2 青藏高原腹地双湖地区逆冲推覆构造纲要图

Fig. 2 Tectonic map of the Shuanghu area in central Tibetan Plateau

1, thrust fault; 2, nappe; 3, tectonic window; 4, anticline; 5, syncline; 6, Paleogene volcanic rock; 7, Late Cretaceous volcanic rock; 8, Paleogene granite; 9, Late Triassic granite; 10, Paleozoic ophiolite; 11, present lake; A-B, cross-section inferred from seismic reflection profile. BAPS, Bilogco-Andarco Paleo-petroliferous System; DST, Dirangbico-South Yaqu Thrust; DTT, Dawoco-Tuco Thrust; DQT, Duoma-Qixiangco Thrust; Q, Quaternary; E₃, Oligocene (Suonahu Fm.); E₁₋₂, Paleocene-Eocene (Kangtuo Fm.); K₂, Upper Cretaceous (Abushan Fm.). Jurassic strata of North Qiangtang Depression: J₃, Upper Jurassic (Suowa Fm. J_{3s} and Bailongbinghe Fm. J_{3b}); J₂, Middle Jurassic (Xiali Fm. J_{2x} and Buqu Fm. J_{2b}); J₁, Lower Jurassic (Quemoco Fm.). Jurassic strata of South Qiangtang Depression: J₂₋₃, Upper-Middle Jurassic; J_{1q}, Lower Jurassic Quse Formation. T, Triassic; P₂, Upper Permian; C-P, Permian-Carboniferous; Pzm, Paleozoic metamorphic rocks. γ₅¹, Triassic granite; γ₆², Paleogene granite.

示了青藏高原腹地的深部结构、主要逆冲断层深部产状(图5),为厘定晚白垩世和古近纪薄皮推覆构造提供了重要依据。羌塘盆地北部古近纪达沃错—

吐错逆冲断裂(DTT)由3条逆冲断层组成,下伏古新统一始新统康托组红层(E_{1-2k}),E_{1-2k}产状平缓,变形较弱,缓向北倾斜;上盘侏罗系产状较陡,变形强



J_{2x}—中侏罗统夏里组; E_{1-2k}—古新统一始新统康托组

a—达沃错—吐错逆冲前陆红层沉积(镜向北东); b—中侏罗统夏里组推覆体下伏古近系康托组磨拉石建造(镜头向北)

图 3 雀尔茶卡北侧古近纪推覆构造照片(观测点位置见图 2)

Fig. 3 Photos of Paleogene thrust in north of the Qiaochaka Lake

a, foreland redbeds in southern margin of DTT (view northeastward); b, Paleogene molasse of Kangtuo Fm. beneath the nappe of Middle Jurassic Xiali Fm. (view northward). J_{2x}, Middle Jurassic Xiali Fm.; E_{1-2k}, Paleocene-Eocene Kangtuo Fm. Location taking the photos is marked in Fig. 2.



Gyp—石膏; K_{2a}—上白垩统阿布山组; J_{2x}—中侏罗统夏里组

a—中侏罗统夏里组飞来峰(镜头向南); b—推覆体下伏上白垩统阿布山组磨拉石建造(镜向南西); c—夏里组推覆体底部石膏片岩(镜头向西)

图 4 蒂让碧错西南侧晚白垩世逆冲推覆构造照片(观测点位置见图 2)

Fig. 4 Photos of Late Cretaceous thrust in southwest of the Dirangbico Lake

a, nappe of the Middle Jurassic Xiali Fm. (view southward); b, Upper Cretaceous molasse of the Abushan Fm. beneath the nappe (view southwestward); c, Gypsum schist of the lower nappe of Xiali Fm. (view westward). Gyp, Gypsum; K_{2a}, Upper Cretaceous Abushan Fm.; J_{2x}, Middle Jurassic Xiali Fm. Location taking the photos is marked in Fig. 2.

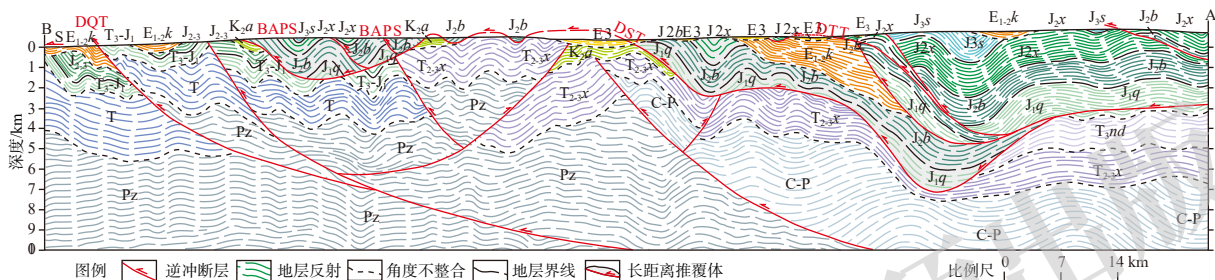
烈。前锋逆冲断层向下会聚于近水平底板断层,为深部滑脱构造;沿前锋陡倾断层发育规模不等的背

斜构造,向北滑脱构造上盘侏罗系发育规模较大的向斜构造(图 5)。羌塘盆地南部古近纪多玛-其香

错逆冲断裂(DQT)深部延伸深度超过 10 km, 缓向北倾斜, 穿切古生界、三叠系和侏罗系不同构造层, 上盘发育反向逆冲断层(图 5)。

北羌塘坳陷南部晚白垩世蒂让碧错—雅曲南逆冲断裂(DST)深部为波状起伏的滑脱构造, 上盘为侏罗系逆冲岩席, 构造变形强烈; 下伏中上三叠统肖茶卡组泥页岩夹砂岩, 褶皱变形较强; 受古近

纪强烈构造挤压作用, 底板断层暨滑脱构造发生褶皱变形, 形成向形构造(图 5)。DST 前锋发育规模不等的飞来峰, 主要为中侏罗统布曲组含油碳酸盐岩, 以裂缝灰岩及白云岩为主, 下伏上白垩统阿布山组红层及上三叠统碎屑岩。DST 向南与 BAPS 古油藏推覆体断续相连, 成为羌塘盆地中部长距离推覆构造(图 5)。



BAPS—比洛错-昂达尔错古油藏推覆体; DST—蒂让碧错—雅曲南晚白垩世逆冲推覆构造; DTT—达沃错-吐错古近纪逆冲推覆构造; DQT—多玛-其香错逆冲断裂

E₃—渐新统; E_{1-2k}—古新统一始新统康托组; K_{2a}—上白垩统阿布山组; J_{3s}—上侏罗统索瓦组; J_{2x}—中侏罗统夏里组; J_{2b}—中侏罗统布曲组; J_{1q}—下侏罗统雀莫错组; T_{3nd}—上三叠统那底岗日组; T_{2-3x}—中上三叠统肖茶卡组; C-P—石炭系—二叠系; Pz—古生界; 其它地质代号及剖面 A-B 位置如图 2。二维地震原始资料来自成都地质调查中心, 我们完成了数据精细处理解释及剖面编制。

图 5 双湖东侧地震测线 AB 地质构造剖面图

Fig. 5 Cross-section A-B along seismic profile in east of Shuanghu

BAPS, Biloco-Andarco terrane bearing paleo-oil reservoir; DST, Dirangbico-South Yaqu Thrust; DTT, Dawoco-Tuco Thrust; DQT, Duoma-Qixiangco Thrust; E3, Oligocene; E1-2k, Paleocene-Eocene Kangtuo Fm.; K2a, Upper Cretaceous Abushan Fm. J3s, Upper Jurassic Suowa Fm.; J2x, Middle Jurassic Xiali Fm.; J2b, Middle Jurassic Buqu Fm.; J1q, Lower Jurassic Quse Formation; C-P, Permian-Carboniferous; Pz, Paleozoic; Location of profile A-B and meaning of the other symbols are marked in Fig. 2. Seismic reflection data of the related profiles came from Chengdu Center, China Geological Survey; and we finished A-B cross-section after re-processing of seismic data and detail field studies along the profiles.

达沃错-吐错逆冲断裂(DTT)与蒂让碧错—雅曲南逆冲断裂(DST)向深部延伸均为缓向北倾斜的滑脱构造, 深部断层穿切中下侏罗统(图 5), 属于比较典型的薄皮推覆构造, 下伏北羌塘坳陷原地系统那底岗日组火山岩及中上三叠统含厚层泥页岩的碎屑岩。

4 推覆距离和构造样式

通过地表观测结合深部结构地震剖面解释, 可以有效确定古近纪 DTT 逆冲推覆构造和晚白垩世 DST-BAPS 推覆构造自北向南的最小推覆距离。结果表明, 古近纪达沃错-吐错逆冲推覆构造(DTT)最小推覆距离为 38 km, 对应古近纪地壳缩短量 $\geq 53\%$; 晚白垩世蒂让碧错—雅曲南逆冲推覆构造(DST)-BAPS 古油藏推覆体最小推覆距离为 116 km,

对应晚白垩世地壳缩短量 $\geq 54\%$ 。

青藏高原腹地双湖地区晚白垩世 DST-BAPS 推覆构造与古近纪 DTT 逆冲推覆构造均为薄皮构造, 2 套推覆构造向北延伸至深部形成深层滑脱构造, 深层滑脱发育于北羌塘坳陷中部雀莫错组中下段(图 5)。下侏罗统雀莫错组厚层膏岩与中侏罗统夏里组膏岩层(图 4)有利于 DST-BAPS 与 DTT 底板滑脱及长距离推覆构造运动, 深层滑脱对表层构造样式有重要控制作用(何登发等, 2023)。结合区域构造动力学分析, 推断晚白垩世 DST-BAPS 长距离推覆构造运动与新特提斯古大洋板块沿雅鲁藏布江缝合带俯冲存在动力学成因联系, 古近纪印度—欧亚大陆碰撞造山导致 DTT 逆冲推覆构造运动。古近纪近南北向强烈构造挤压作用还导致晚白垩世 DST 底板滑脱断层及上盘侏罗系逆冲岩席、BAPS 古油藏推覆体发生褶皱变形(图 5)。

5 结论

(1)青藏高原腹地双湖地区晚白垩世和古近纪分别发育薄皮推覆构造,晚白垩世形成 DST-BAPS 推覆构造,古近纪形成 DTT 逆冲推覆构造,地表出露比洛错-昂达尔错古油藏推覆体(BAPS)、蒂让碧错-雅曲南逆冲断裂(DST)、达沃错-吐错逆冲断裂(DTT),南侧古近纪还发育多玛-其香错逆冲断裂(DQT)。

(2)羌塘盆地中部晚白垩世 DST-BAPS 推覆构造最小推覆距离为 116 km,古近纪 DTT 最小推覆距离为 38 km,对应地壳缩短量分别 $\geq 54\%$ 。北羌塘坳陷中侏罗统夏里组膏岩层和下侏罗统雀莫错组中下段厚层石膏的滑脱作用有利于长距离推覆构造运动,晚白垩世和古近纪逆冲推覆前锋分别发育阿布山组(K_2a)与康托组(E_{1-2k})磨拉石建造及前陆盆地。

(3)青藏高原腹地逆冲推覆构造对羌塘盆地油气成藏与保存条件具有重要影响。双湖地区晚白垩世 DST-BAPS 推覆构造运动导致北羌塘坳陷布曲组古油藏自北向南长距离推覆,破坏了侏罗纪晚期形成的古油藏,在羌中隆起形成中侏罗统含油碳酸盐岩飞来峰,在南羌塘坳陷北部形成 BAPS 古油藏推覆体;古近纪达沃错-吐错逆冲推覆(DTT)及伴生褶皱导致侏罗系海相地层发生构造增厚,有利于中下侏罗统烃源岩二次生烃,在有利构造部位可能形成新的油气藏。这些认识对羌塘盆地油气勘探部署具有指导作用。

尽管羌塘盆地逆冲推覆构造研究不断取得新进展和新认识,但依据现有地震资料及相关约束尚难以恢复平衡剖面,对 DST-BAPS 与 DTT 构造样式及推覆距离还有待于更加详细的野外观测、分辨率更高的二维地震及深井钻探等资料验证。晚白垩世 DST-BAPS 逆冲推覆构造,部分断层下伏磨拉石建造可能为古新统一始新统康托组;DST-BAPS 活动时代是否延续至古近纪早期,还需要对前陆盆地及磨拉石建造开展更多的沉积学和年代学研究。对青藏高原腹地双湖地区长距离薄皮推覆构造运动的驱动机理,亟待深部探测、数值模拟及深化研究。

作者贡献声明:吴珍汉负责全文构思、撰写和修

改;赵珍参与构造解析、图件编制及文稿修改;季长军参与野外地质调查、地震剖面解释与文稿撰写;吴艳参与资料整理与数据分析;刘志伟参与野外工作与图件编绘;李英烈参与野外观测与数据整理;陈云参与文献整理和文稿校对。所有作者均阅读并同意稿件的提交和发表。

Author's Contributions: WU Zhenhan was responsible for full-text conception, writing and revision; ZHAO Zhen took part in structural analysis, figure compilation and manuscript revision; JI Changjun participated in field geological survey, seismic profile interpretation and manuscript writing; WU Yan engaged in data sorting and data analysis; LIU Zhiwei took part in fieldwork and figure drafting; LI Yinglie participated in field observation and data arrangement; CHEN Yun was involved in literature sorting and manuscript proofreading. All authors have read and approved the submission and publication of this manuscript.

利益冲突声明: 本文所有作者声明本研究无任何利益冲突。

Conflict of Interests: All authors declare no conflict of interests.

References

- DECELLES P G, ROBINSON D M, ZANDT G, 2002. Implications of shortening in the Himalayan fold-thrust belt for uplift of the Tibetan Plateau[J]. *Tectonics*, 21(6): 1062.
- DEWEY J F, SHACKLETON R M, CHANG C F, et al., 1988. The tectonic evolution of the Tibetan Plateau[J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 327(1594): 379-413.
- GAO R, CHEN C, LU Z W, et al., 2013. New constraints on crustal structure and Moho topography in central Tibet revealed by SinoProbe deep seismic reflection profiling[J]. *Tectonophysics*, 606: 160-170.
- HE D F, WANG C S, GUAN S W, et al., 2023. Stratified detachment deformation: new concept for studies on the tectonics of Qiangtang Basin[J]. *Chinese Journal of Geology*, 58(1): 1-17. (in Chinese with English abstract)
- HONG K B, XIE Y, SONG C Y, et al., 2024. Charging period and accumulation process of Upper Jurassic Sowa Formation in Tonamu Area, Qiangtang Basin[J]. *Acta Geologica Sichuan*, 44(2): 233-240. (in Chinese with English abstract)
- JI C J, YI H S, CHEN Z Y, et al., 2013. Crude oil types of the Well Qiang D-2 in Qiangtang Basin, Tibet and its exploration significance[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 34(6): 1070-1076. (in Chinese with English abstract)
- JI C J, XIA G Q, WU Z H, et al., 2018. Study of crude oil-source rocks cor-

- relation in the paleo-oil reservoirs of the southern Qiangtang depression, China[J]. *Oil Shale*, 35(3): 195-213.
- LI C, ZHAI Q G, CHEN W, et al., 2006. Ar-Ar chronometry of the eclogite from central Qiangtang area, Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(12): 2843-2849. (in Chinese with English abstract)
- LI C, ZHAI Q G, DONG Y S, et al., 2007. Lungmu Co-Shanghu plate suture in the Qinghai-Tibet Plateau and records of the evolution of the Paleo-Tethys Ocean in the Qiangtang area, Tibet, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 26(1): 13-21. (in Chinese with English abstract)
- LI Y L, WANG C S, YI H S, et al., 2006. Cenozoic Thrust system and uplift of the Tanggula Mountain, Northern Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica*, 80(8): 1118-1130, 1234. (in Chinese with English abstract)
- LI Y L, WANG C S, ZHAO X X, et al., 2012. Cenozoic thrust system, Basin evolution, and uplift of the Tanggula Range in the Tuotuohe region, central Tibet[J]. *Gondwana Research*, 22(2): 482-492.
- PAN G T, DING J, 2004. Geological map of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau and adjacent areas (1:1500000)[M]. Chengdu: Chengdu Cartographic Publishing House. (in Chinese)
- PAN Y S, FANG A M, 2010. Formation and evolution of the Tethys in the Tibetan Plateau[J]. *Chinese Journal of Geology*, 45(1): 92-101. (in Chinese with English abstract)
- REN Z L, YANG P, QI K, et al., 2025. Research status and progress of tectonic-thermal evolution history in Qiangtang Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 32(5): 12-27. (in Chinese with English abstract)
- ROWLEY D B, CURRIE B S, 2006. Palaeo-altimetry of the late Eocene to Miocene Lunpola basin, central Tibet[J]. *Nature*, 439(7077): 677-681.
- SHEN A J, FU X D, ZHANG J Y, 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)
- SHEN A J, FU X D, XIONG S Y, et al., 2026. Assessment of petroleum geology and exploration potential of the marine Mesozoic strata in the Qiangtang Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 47(1): 44-63. (in Chinese with English abstract)
- VAN HINSBERGEN D J J, STEINBERGER B, DOUBROVINE P V, et al., 2011. Acceleration and deceleration of India-Asia convergence since the Cretaceous: roles of mantle plumes and continental collision[J]. *Journal of Geophysical Research*, 116(B6): B06101.
- WANG C S, ZHAO X X, LIU Z F, et al., 2008. Constraints on the early uplift history of the Tibetan Plateau[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(13): 4987-4992.
- WANG G H, HAN F L, YANG Y J, et al., 2009. Discovery and geologic significance of Late Paleozoic accretionary complexes in central Qiangtang, northern Xizang, China[J]. *Geological Bulletin of China*, 28(9): 1181-1187. (in Chinese with English abstract)
- WANG G H, LI D, LIANG X, 2023. Structure, composition and evolution of the Indosinian South Qiangtang accretionary complex[J]. *Earth Science Frontiers*, 30(3): 242-261. (in Chinese with English abstract)
- WANG J, DING J, WANG C S, et al., 2009. Investigation and Evaluation of oil and gas resources strategic selection in the Tibetan Plateau[M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-424. (in Chinese)
- WU Z H, LIU Z W, ZHAO Z, et al., 2016. Thrust and uplift of the Lung'erni-Angdarco Paleol reservoirs in the Qiangtang basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 90(4): 615-627. (in Chinese with English abstract)
- WU Z H, ZHAO Z, JI C J, et al., 2019. Atlas of nappe structure and its effect to petroliferous sequence in central Qiangtang Block, Northern Tibet[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press: 1-115. (in Chinese)
- WU Z H, JI C J, ZHAO Z, et al., 2020. Buried depth evolution and hydrocarbon generation history of the Jurassic System in central Qiangtang basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 94(10): 2823-2833. (in Chinese with English abstract)
- WU Z H, JI C J, WANG T, et al., 2025. Control of the Qingshuihu thrust to hydrocarbon accumulation in central Qiangtang basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 99(5): 1467-1477. (in Chinese with English abstract)
- YI H S, 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): 623-636. (in Chinese with English abstract)
- YIN A, HARRISON T M, 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 211-280.
- ZHAI Q G, LI C, WANG J, et al., 2009. Petrology, mineralogy and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology for Rongma blueschist from central Qiangtang, northern Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 25(9): 2281-2288. (in Chinese with English abstract)
- ZHAO Z Z, LI Y T, YE H F, et al., 2001. Petroleum geology of Qiangtang Basin in the Tibetan Plateau[M]. Beijing: Science Press: 1-398. (in Chinese)

附中文参考文献

- 何登发, 王成善, 管树巍, 等, 2023. 分层滑脱: 羌塘盆地构造研究的新概念[J]. *地质科学*, 58(1): 1-17.
- 洪旭斌, 谢渊, 宋春彦, 等, 2024. 羌塘盆地托纳木地区上侏罗统索瓦组油气充注期次及成藏过程[J]. *四川地质学报*, 44(2): 233-240.
- 季长军, 伊海生, 陈志勇, 等, 2013. 西藏羌塘盆地羌D2井原油类型及其勘探意义[J]. *石油学报*, 34(6): 1070-1076.
- 李才, 翟庆国, 陈文, 等, 2006. 青藏高原羌塘中部榴辉岩 Ar-Ar 定年[J]. *岩石学报*, 22(12): 2843-2849.
- 李才, 翟庆国, 董永胜, 等, 2007. 青藏高原龙木错-双湖板块缝合带与羌塘古特提斯洋演化记录[J]. *地质通报*, 26(1): 13-21.
- 李亚林, 王成善, 伊海生, 等, 2006. 西藏北部新生代大型逆冲推覆构造与唐古拉山的隆起[J]. *地质学报*, 80(8): 1118-1130, 1234.
- 潘桂棠, 丁俊, 2004. 青藏高原及邻区地质图(1:1500000)[M]. 成都: 成都地图出版社.
- 潘裕生, 方爱民, 2010. 中国青藏高原特提斯的形成与演化[J]. *地质科学*, 45(1): 92-101.
- 任战利, 杨鹏, 祁凯, 等, 2025. 羌塘盆地构造: 热演化史研究现状及进展[J]. *地学前缘*, 32(5): 12-27.
- 沈安江, 付小东, 张建勇, 等, 2023. 羌塘盆地上三叠统一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.
- 沈安江, 付小东, 熊绍云, 等, 2026. 羌塘盆地海相中生界石油地质

- 条件与勘探潜力评价[J]. *石油与天然气地质*, 47(1): 44-63.
- 王根厚, 韩芳林, 杨运军, 等, 2009. 藏北羌塘中部晚古生代增生杂岩的发现及其地质意义[J]. *地质通报*, 28(9): 1181-1187.
- 王根厚, 李典, 梁晓, 2023. 南羌塘印支期增生造山带组成、结构及演化[J]. *地学前缘*, 30(3): 242-261.
- 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: 1-424.
- 吴珍汉, 刘志伟, 赵珍, 等, 2016. 羌塘盆地隆鄂尼: 昂达尔错古油藏逆冲推覆构造隆升[J]. *地质学报*, 90(4): 615-627.
- 吴珍汉, 赵珍, 季长军, 等, 2019. 西藏羌塘逆冲推覆构造及油气资源效应图集[M]. 武汉: 中国地质大学出版社: 1-115.
- 吴珍汉, 季长军, 赵珍, 等, 2020. 羌塘盆地中部侏罗系埋藏史和生烃史[J]. *地质学报*, 94(10): 2823-2833.
- 吴珍汉, 季长军, 王涛, 等, 2025. 羌塘中部清水湖逆冲推覆构造对油气成藏的控制作用[J]. *地质学报*, 99(5): 1467-1477.
- 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): 623-636.
- 翟庆国, 李才, 王军, 等, 2009. 藏北羌塘中部绒玛地区蓝片岩岩石学、矿物学和 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学[J]. *岩石学报*, 25(9): 2281-2288.
- 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等, 2001. 青藏高原羌塘盆地石油地质[M]. 北京: 科学出版社: 1-398.

获奖者简历:

吴珍汉, 中国地质科学院二级研究员, 世界地质图委员会 (CGMW) 副主席, 中国国际地球科学计划全国委员会秘书长, 西藏自治区发展咨询委员会委员。2025年荣获第十九次李四光地质科学奖科研奖。长期从事青藏高原形成演化、构造地质及应用研究, 主持完成西藏当雄幅 1:25 万区域地质调查、青藏铁路沿线活动断层勘测与地应力测量及工程应用、青藏高原深部探测在矿产资源评价中的应用研究; 创新提出羌塘盆地逆冲推覆构造成藏理论, 发现富油裂缝型碳酸盐岩储层和厚达数百米的盐岩盖层, 实现清水湖地区能源资源勘查重大突破。第一作者出版专著 10 部, 核心期刊发表论文 82 篇; 获国家科技进步特等奖 1 项 (R29)、省部级一等奖 1 项 (R7)、省部级二等奖 4 项 (2R1、1R3、1R8), 享受国务院政府特殊津贴。

