

doi: 10.12029/gc20200105

谭富荣, 杨创, 尘福艳, 杜芳鹏, 刘志武, 许将, 李居云, 陈应涛, 罗婷婷, 雒铮, 范玉海. 2020. 羌塘盆地巴青地区上三叠统巴贡组沉积相及其对油气等资源的控制[J]. 中国地质, 47(1): 57-71.

Tan Furong, Yang Chuang, Chen Fuyan, Du Fangpeng, Liu Zhiwu, Xu Jiang, Li Juyun, Chen Yingtao, Luo Tingting, Luo Zheng, Fan Yuhai. 2020. Sedimentary facies and its control over petroleum and other resources of Upper Triassic Bagong Formation in Baqing area, southeastern Qiangtang Basin[J]. Geology in China, 47(1): 57-71(in Chinese with English abstract).

## 羌塘盆地巴青地区上三叠统巴贡组沉积相及其对 油气等资源的控制

谭富荣<sup>1</sup>, 杨创<sup>1</sup>, 尘福艳<sup>1</sup>, 杜芳鹏<sup>2</sup>, 刘志武<sup>3</sup>, 许将<sup>1</sup>,  
李居云<sup>1</sup>, 陈应涛<sup>2</sup>, 罗婷婷<sup>4</sup>, 雒铮<sup>1</sup>, 范玉海<sup>1</sup>

(1. 中国煤炭地质总局 煤航地质勘查院, 陕西 西安 710199; 2. 西安科技大学 地质与环境学院, 陕西 西安 710054;  
3. 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054; 4. 陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西 西安 710075)

**摘要:**羌塘盆地是青藏高原上最大的中生代海相沉积盆地, 富含烃源岩和蒸发岩, 也是中国油气勘探重要的场所之一。巴青地区上三叠统巴贡组沉积相研究不仅能为特提斯洋的演化提供佐证, 而且为羌塘盆地油气和钾盐资源勘探提供理论依据和实践指导。本文对巴青地区上三叠统巴贡组的古生物、沉积构造、岩石组合分析, 结果表明: 研究区主要发育障壁岛沉积体系下的潟湖相、潮坪相、三角洲相沉积相以及 10 种亚相。晚三叠世巴贡期, 研究区是一个由北(巴青—索县)向南(班—怒缝合带)变深的伸展背景下的陆缘海沉积环境。

**关键词:** 油气资源; 上三叠统; 巴贡组; 沉积相; 沉积演化; 油气地质调查工程; 羌塘盆地; 西藏  
**中图分类号:** P618.13; TE122   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1000-3657(2020)01-0057-15

## Sedimentary facies and its control over petroleum and other resources of the Upper Triassic Bagong Formation in Baqing area, southeastern Qiangtang Basin

TAN Furong<sup>1</sup>, YANG Chuang<sup>1</sup>, CHEN Fuyan<sup>1</sup>, DU Fangpeng<sup>2</sup>, LIU Zhiwu<sup>3</sup>, XU Jiang<sup>1</sup>,  
LI Juyun<sup>1</sup>, CHEN Yingtao<sup>2</sup>, LUO Tingting<sup>4</sup>, LUO Zheng<sup>1</sup>, FAN Yuhai<sup>1</sup>

(1. Geological Prospecting Research Institute of ARSC, China National Administration of Coal Geology, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. College of Geology and Environment, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3. College of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054 Shaanxi, China; 4. Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum(Group) Co., Ltd., Xi'an 710075, Shaanxi, China)

**Abstract:** The Qiangtang Basin is the largest Mesozoic marine sedimentary basin on the Tibetan Plateau. It is rich in source rocks

收稿日期: 2018-12-20; 改回日期: 2019-10-31

基金项目: 国家自然科学基金(41702144)、青海省地质调查局科研项目(2017042007ky007)、陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2019JQ-991, 2019JM-126)和陕西省重点研发计划(2018ZDXM-GY-030)联合资助。

作者简介: 谭富荣, 男, 1984 年生, 硕士, 高级工程师, 主要从事沉积盆地分析、能源地质研究; E-mail: tanfurong1308@163.com。

通讯作者: 刘志武, 男, 1973 年生, 博士, 副教授, 从事沉积学与油气地质教学与科研工作; E-mail: zyzwliu@chd.edu.cn。

and evaporites, and has become one of the most important places for petroleum exploration in China. The study of sedimentary facies of the Upper Triassic Bagong Formation in Tumen–Baqing area can not only provide evidence for the evolution of the Tethyan Ocean but also provide theoretical basis and practical guidance for the exploration of hydrocarbon and potassium resources in the Qiangtang Basin. An analysis of petrological characteristics, paleontology and sedimentary structures shows that the lagoon facies, tidal flat facies, delta facies and ten kinds of sub-facies are mainly developed in the study area. During the Bagong period of the Late Triassic, the study area was in a continental margin sea sedimentary environment under the extensional background from the north (Baqing–Suoxian) to the south (Ban–Nu suture zone).

**Key words:** oil and gas resources; Upper Triassic; Bagong Formation; Sedimentary facies; sedimentary evolution; oil and gas geological survey engineering; Qiangtang basin; Tibet

**About the first author:** TAN Furong, male; born in 1984, senior engineer, majors in mineral prospecting and exploration, engages in basin analysis and energy geology research. E-mail: tanfurong1308@163.com.

**About the corresponding author:** LIU Zhiwu, male, born in 1973, doctor, associate professor, engages in teaching and research on sedimentology and oil and gas geology; E-mail: zyzwliu@chd.edu.cn.

**Fund support:** Supported by National Natural Science Foundation of China (No. 41702144), Scientific Research Project of Qinghai Geological Survey Bureau (No. 2017042007ky007) Basic Research Project for Natural Science in Shaanxi province (2019JQ-991, 2019JM-126) and Key Research Projects in Shaanxi Province (2018ZDXM-GY-030).

## 1 引 言

羌塘盆地是特提斯构造域的重要组成部分,是发育在羌塘地块之上的中生代多旋回叠合盆地(郑孟林等, 2004), 其与班公湖—怒江缝合带、金沙江—玉树缝合带之间构造—沉积耦合关系成为特提斯构造域一个研究热点问题(潘桂棠等, 2004)。与其具有相似构造背景的西亚特提斯带盆地群是目前世界上油气最富集的地区, 所以位于东亚特提斯带的羌塘盆地的油气前景值得期待。近年来, 随着油气勘探程度的提高, 研究区发现大规模沥青(南征兵等, 2008)、油苗(朱同兴等, 2007; 陈文彬等, 2008; 付修根等, 2008)、古油藏(王成善等, 2004; 伍新和等, 2005; 刘建清等, 2010; 季长军等, 2016)、泥火山(解超明等, 2009; 杨韩涛等, 2009)等油气显示, 表明研究区存在较好的油气资源潜力(王成善等, 1996; 秦建中等, 2006; 廖忠礼等, 2012; 陈文彬等, 2017)。同时, 在羌塘盆地不同程度发现了岩泉(牛新生等, 2013, 2014)以及蒸发岩类沉积矿床(李亚林等, 2008; 吴滔等, 2010; 牛新生等, 2013), 进一步表明羌塘盆地具备较好的成钾地质条件(郑绵平等, 2006, 2010, 2012)。在其西, 具有相同构造背景、干旱条件和成盐条件且同属于特提斯构造域的中亚卡拉库姆盆地发现巨型钾盐矿床(钱自强等, 1994), 这为羌塘盆地钾盐勘探提供了可借鉴的成功经验。

关于盆地结构(Lu, et al., 2013; 吴珍汉等, 2014)、构造变形(王家生等, 1996; 刘池洋等, 2001, 2005; 李勇等, 2002; 郭祖军等, 2008; 王进军等, 2010)、盆地构造属性与后期改造(李勇等, 2001; 郑孟林等, 2004; 高春文等, 2006; 刘池洋等, 2016)、地层特征(汤朝阳等, 2008)、古地理(朱同兴等, 2010)、油气地质条件(秦建中等, 2006; 丁文龙等, 2011; 曾胜强等, 2013; 欧阳慧子等, 2017; 吴珍汉等, 2019; 田康志等, 2019)、战略选区(纪占胜等, 2018)等方面已取得的一系列重要研究成果。然而, 三叠纪是古特提斯洋闭合与中特提斯洋开启的关键转换期, 也是羌塘盆地从冈瓦纳大陆北缘裂解、向欧亚大陆增生以及其盆地性质发生转化的重要时期(许志琴等, 2013)。在该时期, 羌塘地块与松潘—甘孜地块发生拼贴碰撞, 并在侏罗纪特提斯洋逐渐关闭(许志琴等, 2013), 从而形成了三叠纪和侏罗纪—早白垩世初海相沉积期及其间晚三叠世晚期构造环境转换期三大演化阶段(刘池洋等, 2016)。那么, 晚三叠世晚期, 随着拉竹龙—西金乌兰洋的闭合和羌塘地块与可可西里地块的进一步汇聚, 其控制下羌塘盆地的沉积对特提斯洋的关闭究竟有什么样的响应? 对其构造属性的响应又如何? 这一系列问题并无明确的答案。通过对盆地沉积序列和沉积相精细分析, 从沉积学角度反映盆地晚三叠世演化与特提斯洋的演化等关键问题还有待于进一步深入。本文以羌塘盆地南部巴青地区的上三叠统巴

贡组为窗口,在对其沉积构造、生物化石、沉积组合进行详细分析的基础上,明确上三叠统巴贡组的沉积相,探讨晚三叠世晚期研究区沉积模式,不仅可以为特提斯洋的演化提供佐证,而且可以为明确烃源岩的空间分布提供直接证据。同时,研究区上三叠统巴贡组沉积环境研究还可以为钾盐分布提供直接依据。

## 2 区域地质概况

羌塘盆地南以班公湖—怒江缝合带为界与岗底斯地块相邻,其北以金沙江—玉树缝合带与松潘—甘孜地块相邻,其构造演化受古特提斯、中特提斯和新特提斯不同构造阶段的构造动力学体制制约,历经了洋陆转换、盆山转换、陆内调整及高原隆升等阶段的地质构造作用(王进军等,2010),形成了现今构造格局及地质地貌景观。根据盆地基底和地表构造可将盆地划分为北羌塘拗陷、中央隆起带、南羌塘拗陷3个构造单元(李亚林等,2008)。

巴贡组由西藏地质大队1966—1967年在西藏贡觉县测制夺盖拉剖面(97°54'E,31°08'N)时所创,称为巴贡群。四川第三区测队将巴贡群改为巴贡组,指整合于波里拉组石灰岩之上的一套含煤碎屑岩化石,下部以动物化石为主,上部植物化石占优。动物化石中双壳类较多,以 *Halobia superbescens* 和 *Cardium* 为主, *Pergamidia* 和 *Neomegalodon* 次之,含有少量菊石。植物化石以 *Dictyophyllum-Clathropteris* 为主,属晚三叠世诺利—瑞替期的沉积产物(表1),相当于结扎群上部灰黑色碎屑岩组。在北羌塘地区巴贡组与那底岗日组呈整合或者平行不整合(王剑和付修根,2018;李学仁和王剑,2018),在南部巴青顶部与下侏罗统曲色组整合接触。区域上,岩性为灰—深灰色、长石石英砂岩夹粉砂岩、页岩、泥岩及煤层。

本次所研究的区域位于南羌塘拗陷东部巴青地区(图1),区内广泛发育上三叠统,自下而上可划分为:缓坡碳酸盐岩—滨岸—缓坡碳酸盐岩—三角洲—障壁海岸沉积体系(图2)。研究区上三叠统巴贡组剖面露头清晰,顶底界线明显,该组岩性组合为:灰色、深灰色粗中粒石英砂岩与泥质粉砂岩互层夹紫红色长石砂岩,与下伏波里拉组整合接触,与上覆新近系牛堡组呈角度不整合接触。

表1 巴青及邻区上三叠统岩石地层划分对比  
Table 1 Lithostratigraphic division and correlation of the Upper Triassic strata in Baqing area

系	统	阶	年代/Ma	北羌塘东部	南羌塘东部
侏罗系	下侏罗统	巴通阶	168	雀莫错组	曲色组
		巴柔阶	170		
		赫塘-阿林阶	201	那底岗日组	巴贡组
瑞替阶	205 208				
三叠系	上三叠统	诺利阶	220	波里拉组	
		卡尼阶	227	甲丕拉组	
				东达村组	
				康南组	
	中三叠统	拉丁阶	237	硬水河组	
		安尼阶	242	康鲁组	
	下三叠统	奥列尼可阶	247		
		印度阶	251		
二叠系		252	鲁谷组		

## 3 巴贡组岩相特征及沉积相类型

### 3.1 岩相特征和类型

#### 3.1.1 岩相特征

岩性粗细和层理类型的不同代表了不同沉积水动力条件的强弱变化,同时也反映了介质能量强弱变化。通过对研究区诸多剖面露头岩性、粒度、层内沉积构造和层面构造等特征进行分析总结,研究区主要发育以下岩相类型:

波状层理砂岩相(Sc):发育于巴贡组下部,由灰白色—浅灰色磨圆、分选较好的细砂岩组成,单层纹层0.3~1 cm,纹层呈对称的波状(图3a),总体方向平行于层面,其主要是沉积介质的波浪振荡造成的,反映了形成于水介质稍浅的环境。

中层干涉波痕细砂岩相(Sci):发育于巴贡组中部,由灰白色—浅灰色磨圆、分选较好的细砂岩组成,发育成两组或两组以上的复合形态,表现为两组波痕呈一定角度相互交叉,波痕在层面上呈新月状、马蹄状、圆状(图3c)。

沟模、槽模细砂岩粉砂岩相:发育于巴贡组中下部,由灰白色—浅灰色磨圆、分选较好的粉砂岩、细砂岩组成,发育大量的槽模(图3m)。

对称波痕砂岩相(Ssr):发育于巴贡组中下部,由灰色—深灰色磨圆、分选好的细砂岩、粉砂岩构成,



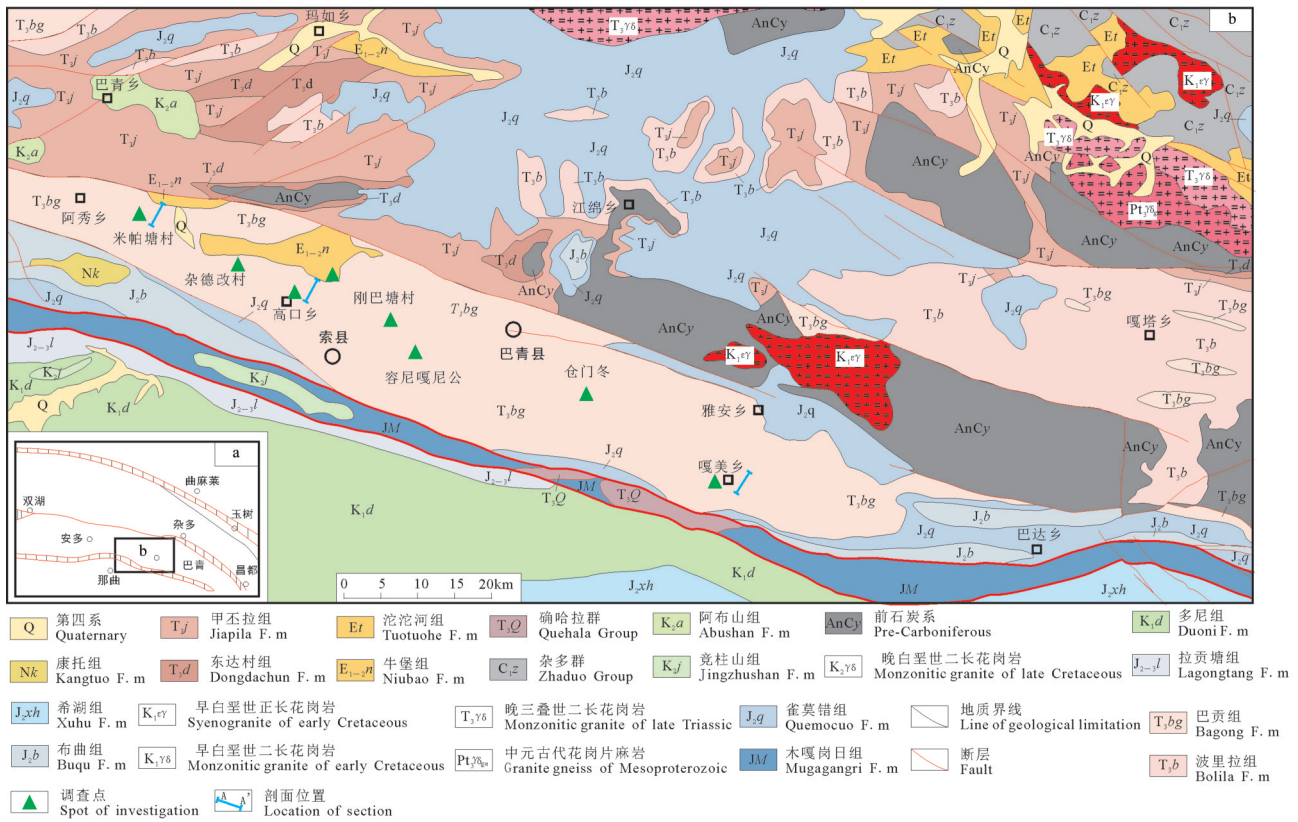


图1 巴青地区区域地质图  
Fig.1 Reg Bional geological map of Baqing area

发育对称波痕,波痕波峰尖锐,波谷圆滑,形态对称,不对称指数接近1,平面上呈线状、链状(图3d)。

块状层理中细砂岩相(Sm):主要发育于巴贡组中下部,由无纹理细砂岩、粉砂岩组成(图3e),内部物质均匀,组分和结构没有分异,表明其可能为悬浮物质快速沉积而成,多形成于三角洲相。

软沉积变形泥岩相(Msd):发育于巴贡组中上部,强烈变形层夹持于上下未变形层之间,为层内变形,且变形层液化痕迹明显。多数呈现单个或多个球状、椭球状小砂体“陷落”在粉砂质泥岩、泥岩中。“陷落体”呈有枕状构造、球状构造、链状层,液化卷曲变形,规模变化较大,大者1.5 m左右,小则15~30 cm(图3f、g、h)。

紫红色块状层理泥裂泥岩相(Mdm):发育于巴贡组上部,由紫红色块状泥岩构成,泥裂发育,平面上多呈不规则多边形,多边形直径10~15 cm,泥裂开口2~3 cm,裂开深度4~6 cm,剖面上表现呈“V”型(图3i)。

平行层理中细砂岩相(Sh):主要发育于巴贡组

下部,由灰白色—浅灰色磨圆、分选较好的中细砂岩组成,发育具裂线理的平行层理(图3j),属于后滨亚相沉积。

炭质泥岩相(Mc):主要发育于巴贡组中上部,呈深灰色—灰黑色,泥岩中含炭质碎屑,发育大型植物茎干(图3k),水平层理,属于温暖潮湿气候下三角洲平原泥沼沉积。

楔状交错层理细砂岩相(Sw):主要发育于巴贡组中下部,由深灰色磨圆、分选较好的细砂岩组成,表现出层系之间的界面为平面,但不相互平行,层系厚度变化呈楔状(图3l),纹层的倾向和倾角变化不稳定,属于三角洲的产物。

厚层块状层理砾岩相(Gm):发育于巴贡组上部,呈紫红色,砾岩砾石为石英,由次圆状—圆状、分选好、平均砾径为5 cm以上,砾石呈孔隙—接触式胶结(图3n),胶结物多为铁质胶结,单层厚度通常在0.5~3.0 m。

水平层理粉砂岩相(Fh):粉砂岩中发育水平层理,属于低能环境下三角洲平原陆上天然堤沉积。



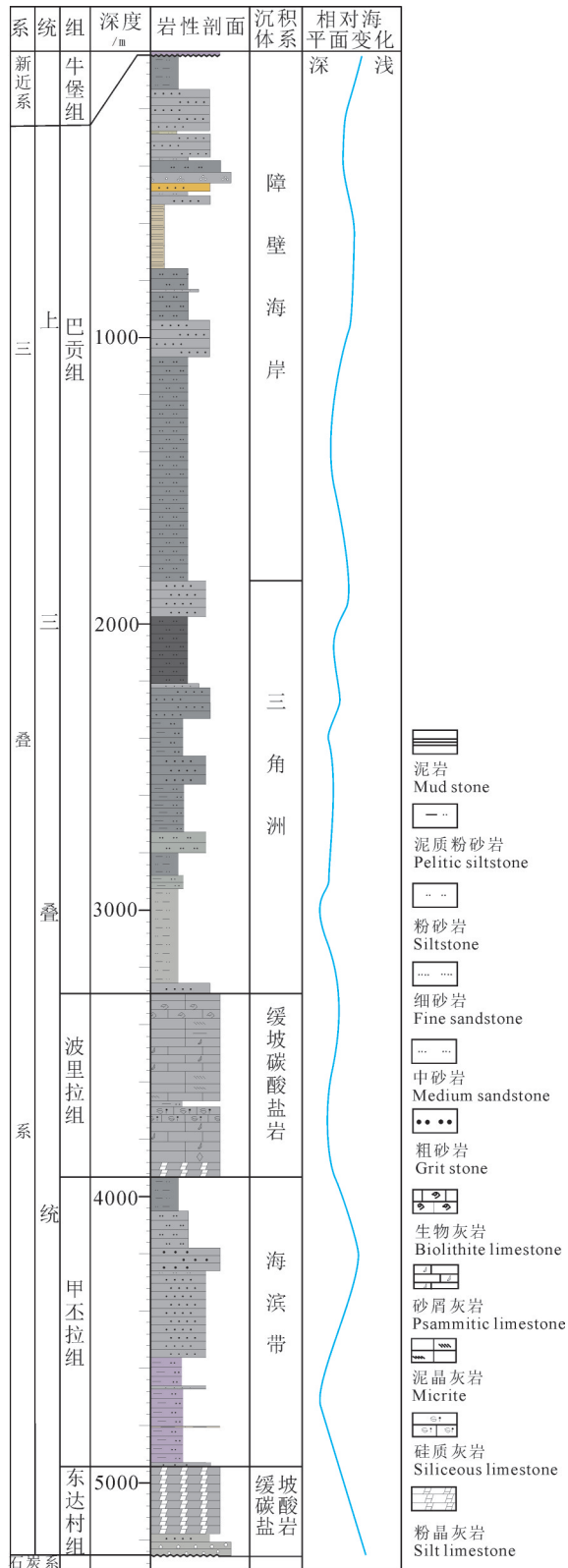


图2 巴青上三叠统沉积体系

Fig.2 Sedimentary system of the Upper Triassic strata from Baqing area

块状层理泥岩相(Mm):主要发育于巴贡组中部,岩性多为深灰色、灰黑色泥岩,为低能静水条件下的产物,属于三角洲平原泛滥平原沉积。

块状紫红色泥岩相(Mma):分布于巴贡组上部,泥岩发育水平层理、泥裂,为潟湖相沉积。

厚层灰白色纹层状膏岩相(Gy):分布于巴贡组上部,为灰白色—纯白色厚层石膏,见纹层,厚3~5 cm,纹层间多为极薄泥岩(0.05~0.1 cm)充填,石膏层厚约2.45 m(图3o)。

厚层石膏泥砾砾岩相(Ggy):发育于巴贡组上部,位于石膏层之上,砾为紫红色泥岩,泥砾多呈薄片状、棱状、不规则状,分选极差,砾径0.3~2 cm,泥砾长轴方向多与岩层层面平行,胶结物为石膏,单层厚约2 m(图3p)。多为未固结泥在风暴作用下被打碎,发生碎屑流流入蒸发岩盐湖盆。

生物扰动块状层理砂岩相(San):发育于巴贡组中上部,多以灰色、深灰色石英细砂岩,分选好、磨圆度高,层面发育波痕,垂直层面发育生物虫孔、洞穴,后被泥砾充填。

冲刷构造:发育于巴贡组下部和上部,表现为灰黑色泥岩被上覆石英砂岩截切,冲刷面明显(图3b)。

### 3.1.2 岩相组合类型

根据露头岩石类型及垂向叠置组合关系的分析结果,巴青上三叠统巴贡组主要发育7种岩石组合类型(图4)。

(1)组合类型1:剖面上主要发育泥岩、粉砂岩、细砂岩,砂泥比约1:1(图4a)。底部发育深灰色透镜状层理泥岩,形成于泥坪环境,向上依次发育混合坪环境下波状层理砂岩和砂坪环境下波状层理细砂岩相(Sc),顶部发育潟湖环境中的暗色水平层理泥岩,组合具有向上变粗、又变细的结构特点。该类型主要发育于米帕塘村剖面的上部和岗帕塘村剖面。

(2)组合类型2:底部发育槽状交错层理砾岩,为潮道底部的滞留沉积,向上依次发育槽状交错层理砂岩和板状交错层理砂岩,为潮道亚相中的主体,顶部发育潟湖环境中的暗色水平层理泥岩,总体表现为向上变细的结构特点(图4b)。该类型主要发育于米帕塘村剖面的中部。

(3)组合类型3:主要为薄层暗色水平层理泥岩

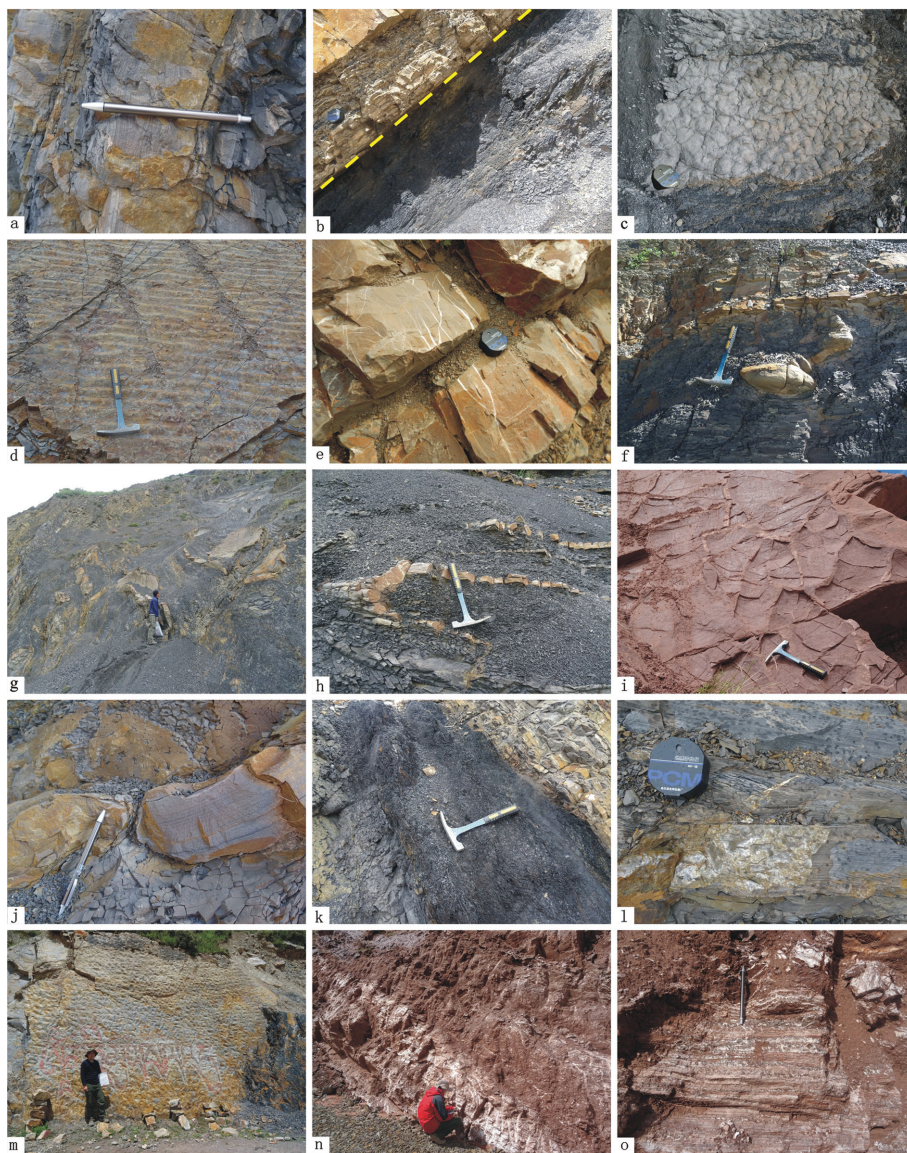


图3 巴青上三叠统巴贡组沉积构造

a—米帕塘村巴贡组下部波状层理砂岩相(Sc); b—米帕塘村巴贡组上部冲刷构造; c—米帕塘村巴贡组中部干涉波痕细砂岩相(Sci); d—高口乡巴贡组下部对称波痕砂岩相(Ssr); e—高口乡巴贡组下部块状层理细砂岩相(Sm); f—高口乡软沉积变形泥岩相(Msd), 椭球状小砂体“陷落”在粉砂质泥岩、泥岩中; g—高口乡巴贡组中部软沉积变形泥岩相(Msd), 液化卷曲变形; h—高口乡巴贡组中部软沉积变形泥岩相(Msd), “陷落体”呈有枕状构造; i—米帕塘村巴贡组上部紫红色块状层理泥裂泥岩相(Mdm); j—米帕塘村巴贡组下部平行层理细砂岩相(Sh); k—嘎美乡巴贡组中上部炭质泥岩相(Mc); l—巴贡组中下部楔状交错层理细砂岩相(Sw); m—嘎美乡巴贡组中部印模; n—米帕塘村巴贡组上部厚层块状层理砾岩相(Gm); o—米帕塘村巴贡组上部厚层灰白色纹层状膏岩相(Gy)

Fig.3 Sedimentary structure of the Upper Triassic Bagong Formation in Baqing area

a—Wavy bedding sandstone facies of Lower Bagong Formation in Mipatang section; b—Scour structure in the upper part of Bagong Formation in Mipatang section; c—Interference wave mark fine sandstone facies in the middle of Bagong Formation in Mipatang section; d—Symmetrical corrugated sandstone facies in the Lower of Bagong Formation in Gaokou section; e—Block bedding fine sandstone facies in the Lower Bagong Formation in Gaokou section; f—Soft sedimentary deformed mudstone facies in Gaokou section, elliptical small sand bodies "falling" in silty mudstone and mudstone; g—Soft sedimentary deformed mudstone facies in Gaokou section, Liquefied crimp deformation; h—Soft sedimentary deformed mudstone facies in Gaokou section, the "collapse body" being a pillow-like structure; i—Fuchsia block-like fractured mudstone facies in the upper part of Bagong Formation in Mipatang section; j—Lower parallel stratigraphic fine sandstone facies of the Bagong Formation in Mipatang section; k—Carbonaceous mudstone facies in the middle and upper part of Bagong Formation in Gamei section; l—Fine sandstone facies of cuneiform interlaced bedding in the middle and lower part of Bagong Formation in Gamei section; m—Moulage in the middle Bagong Formation of Gamei section; n—Thick layer block layer gravel facies in the Upper part of Bagong Formation in Mipatang section; o—Thick grayish layered plaster lithofacies in the Upper part of Bagong Formation in Mipatang section



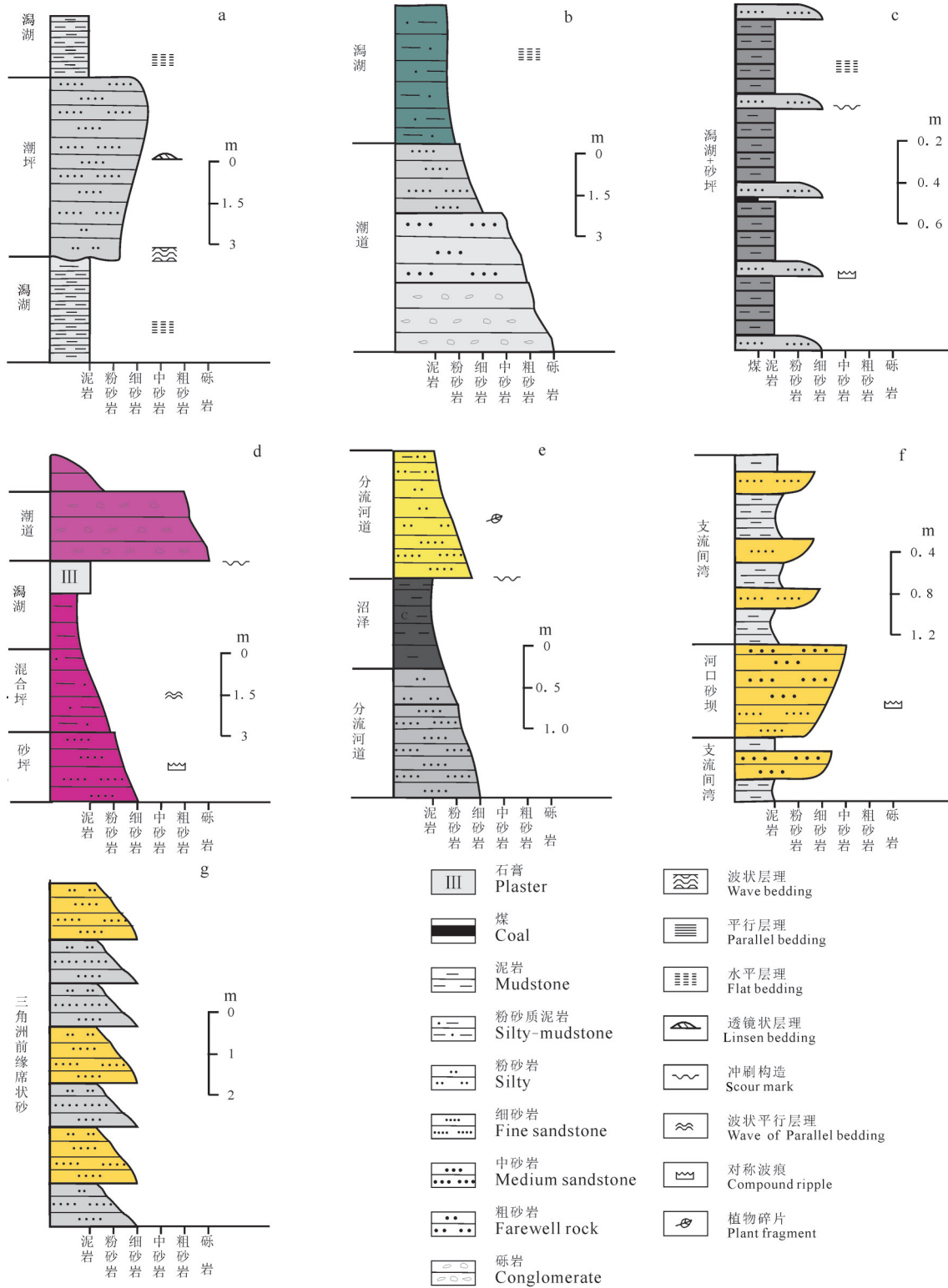


图4 巴青地区上三叠统巴贡组典型沉积序列

Fig.4 Typical sedimentary sequences of the Upper Triassic Bagong Formation from Baqing area



夹薄—中层细砂岩,砂泥比在1:4~1:5,砂岩多发育对称波痕、冲刷构造、波状交错层理、脉状层理,泥岩多发育水平层理、双壳及植物化石,泥岩偶夹炭质泥岩和煤线,砂岩为砂坪亚相的产物,泥岩、炭质泥岩和煤线为淡水潟湖相的产物(图4c),砂泥互层的叠置关系表明相对海平面的动荡变化。该类型主要分布于米帕塘村剖面的上部。

(4)组合类型4:剖面上主要发育紫红色为主,底部发育薄—中层紫红色对称波痕发育的细砂岩,为砂坪亚相的产物;中部为粉砂质泥岩,可见波状层理、脉状层理,呈现出混合坪的沉积特征,向上递变为紫红色泥岩,泥岩可见干裂、水平层理和虫孔,夹有厚层白色石膏,其多为潟湖相产物(图4d);顶部发育的厚层石膏泥砾砾岩代表着未固结潮坪在潮汐作用下被破坏后,再次固结形成。剖面上具有向上变细,再到粗的特征,相对海平面总体呈现下降的趋势。

(5)组合类型5:剖面上部发育黄绿色细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩,可见冲刷构造,粉砂岩中见波状层理砂岩相(Sc)、植物碎片化石,中部发育薄至中层泥岩、炭质泥岩,下部为薄至中层细砂岩、粉砂岩,为三角洲平原亚相典型特征,剖面从上到下依次对应了陆上天然堤、沼泽、分流河道3种沉积微相(图4e)。

(6)组合类型6:剖面上部为灰白色薄层泥岩与黄绿色中层状细砂岩,泥岩水平层理发育,砂岩可见对称波痕,构成了支流间湾微相;中部为中—厚层粉砂岩,向上递变为细砂岩,发育对称波痕,为河口沙坝沉积微相;下部沉积特征与上部沉积特征相同,总体构成了上下细,中间粗的沉积特征(图4f),为研究区三角洲前缘亚相的主体。

(7)组合类型7:剖面主体为薄—中层灰白色与黄绿色细砂岩、粉砂岩互层,未见生物化石,偶见板状交错层理,为三角洲前缘席状砂沉积微相(图4g)。

### 3.2 沉积相类型

巴青地区上三叠统巴贡组为障壁岛海滩沉积体系下的产物,其沉积相类型主要包括三角洲沉积体系和障壁岛沉积体系。

#### 3.2.1 三角洲相

三角洲是河流在入湖(海)以后,在河口地区形

成的扇形或舌形的沉积体。研究区三角洲相在高口乡和嘎美乡广泛分布,根据剖面沉积相特征分析,进一步将研究区三角洲相划分为三角洲平原亚相、三角洲前缘亚相和前三三角洲亚相,其中三角洲平原亚相和三角洲前缘亚相构成了区内主要的沉积体系,前三三角洲相对不太发育。

(1)三角洲平原亚相:为河流大量分叉至海平面之间的广泛区域,根据剖面沉积相分析表明研究区主要发育沉积微相为分流河道、陆上天然堤、沼泽,在剖面上多形成图4e的岩性组合。

分流河道微相:岩性组合以灰色、深灰色中厚层中细粒岩屑石英砂岩、岩屑砂岩、粉砂岩为主,砂岩中发育正粒序层理、平行层理、板状交错层理、冲刷面等,局部见有冲刷泥砾,可见大量植物碎片、瓣腮,其沉积特征见图4e。

沼泽微相:剖面上和剖面上广泛分布,多与分流河道微相紧密分布。主要岩性以灰黑色、深灰色薄—中层泥岩、炭质泥岩发育为典型特征,夹有薄煤线,水平层理较为发育、可见大量植物茎干化石、植物碎片,偶见黄铁矿结核(图5j)。

陆上天然堤微相:发育在分流河道两侧,其多与分流河道相伴出现。主要岩性为浅灰色—深灰色、黄绿色薄—中层细砂岩、粉砂岩,细砂岩波状层理发育,见植物碎片化石(图5j)。

(2)三角洲前缘亚相:为海平面与波基面之间的河水与海水剧烈交锋带,与三角洲平原亚相分布范围和层位均十分一致,该亚相占巴贡组出露部分的主体,支流间湾、三角洲前缘席状砂、远砂坝微相占优势,见图5j、图6高口乡和嘎美乡沉积相剖面。

支流间湾微相:中层—中薄层深灰色、灰黑色粉砂岩、泥岩,夹有细砂岩,透镜状层理(图5f)、波状平行层理、波状非平行层理发育,可见植物碎片(图5c)。

远砂坝微相:中层深灰色粉砂岩夹有细砂岩,砂岩相互叠置。岩性呈下细上粗的变化趋势,可见小型槽状交错层理、浪成波痕,虫孔、生物扰动发育。

三角洲前缘席状砂微相:以薄层细砂岩发育为特征,交错层发育,未见生物化石(图5e)。

(3)前三三角洲亚相:为河流入海后浪基面以下深度范围内形成的产物,分布于高口乡、嘎美乡剖面下部,主要为薄—中灰黑色泥岩、粉砂质泥岩为主,夹薄层灰色、灰黑色泥质粉砂岩、细砂岩,发育水平层理、



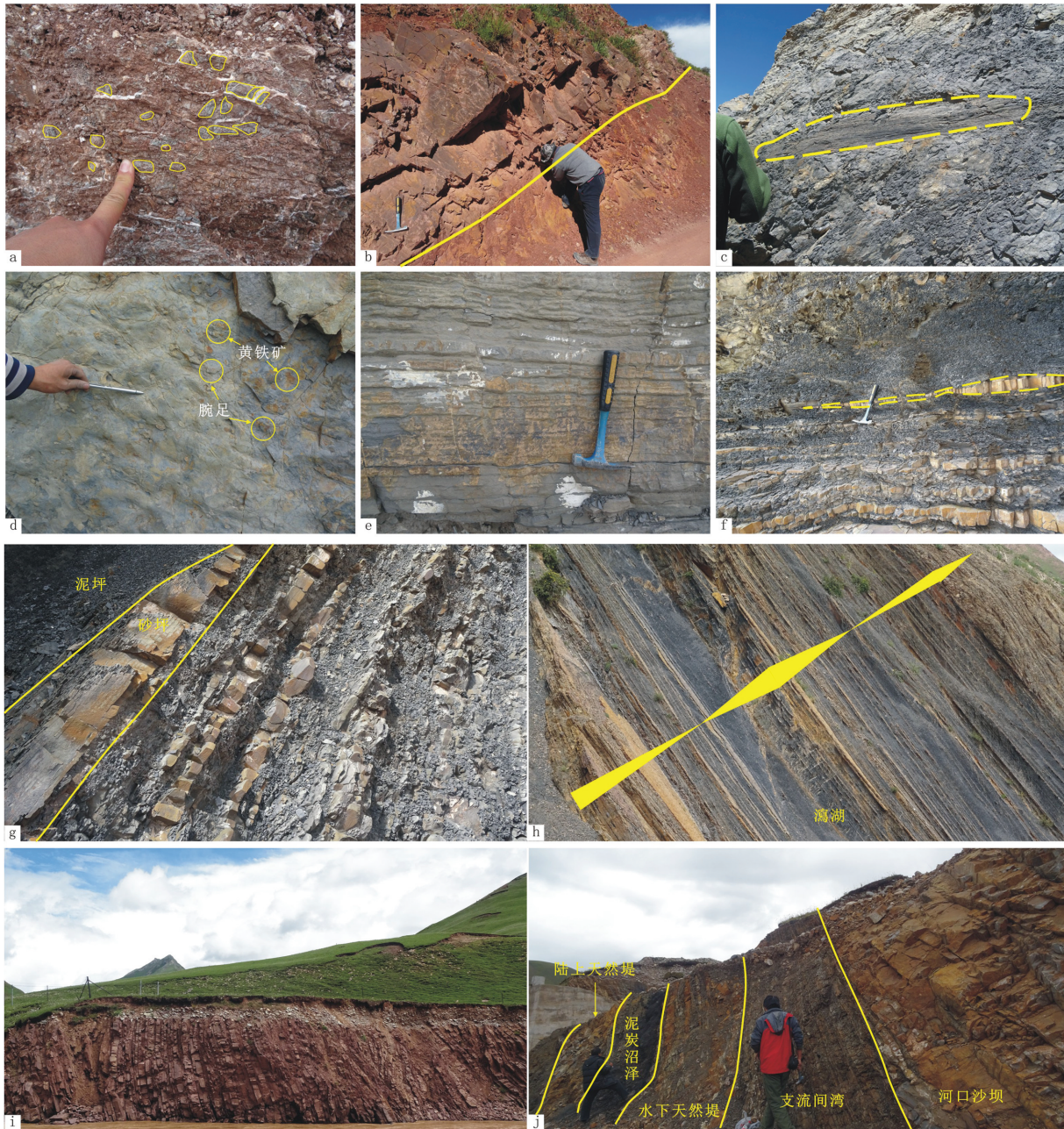


图5 巴青上三叠统巴贡组典型沉积特征

a—米帕塘村巴贡组上部泥砾石膏层;b—米帕塘村巴贡组上部发育的冲刷面;c—高口乡巴贡组中部发育的树干化石;  
d—米帕塘村巴贡组下部粉砂质泥岩中发育的黄铁矿和腕足类;e—高口乡巴贡组下部薄层细砂岩;f—高口乡巴贡组下段上部砂岩透镜体;  
g—米帕塘村上部砂泥岩薄互层;h—米帕塘村巴贡组下部泥岩发育的水平层理;i—米帕塘村巴贡组上部紫红色薄—中层细砂岩;  
j—砂岩、粉砂岩、泥岩和炭质泥岩组合

Fig 5 Typical sedimentary characteristics of the Upper Triassic Bagong Formation in Baqing area

a—Mudstone gravel in gypsum layer in the upper part of Bagong Formation of Mipatang section; b—The scouring surface of the upper of Bagong Formation in the Mipatang section; c—Fossils of large plant fragments in the middle of Bagong Formation in Gaokou section; d—Pyrite and brachiopods in the lower silty mudstone of the Bagong Formation in Mipatang section; e—Thin layer fine sandstone in the Lower part of Bagong Formation, Gaokou section; f—Sandstone lens in the upper part of lower segment of Bagong Formation, Gaokou section; g—Fine sandstone and mudstone thin interbedded in upper part of Bagong Formation, Mipatang section; h—Horizontal bedding in mudstone in the Lower part of Bagong Formation, Mipatang section; i—Purplish red thin—medium fine sandstone in the upper part of Bagong Formation, Mipatang section; j—Fine sandstone, siltstone, mudstone and carbonaceous mudstone combination in the middle of Bagong Formation, Gaokou section



块状层理,可见瓣鳃类、生物扰动块状层理。

### 3.2.2 障壁海岸相

研究区上三叠统巴贡组障壁海岸相进一步可划分为潟湖亚相、潮坪亚相、障壁岛亚相。

(1) 潟湖亚相:为炎热干旱的气候条件下,潟湖缺乏大量的淡水入注,水体的蒸发量大大超过注入量,使潟湖水面低于海洋水面,海水不断向潟湖流动,并进一步蒸发、浓缩、咸化的产物。研究区潟湖相分为淡水潟湖和咸水潟湖两种。淡水潟湖主要分布于米帕塘村剖面中下部,发育深灰色、灰黑色泥岩、粉砂质泥岩,水平层理发育(图5h),偶见生物潜穴,粉砂岩、粉砂质泥岩沿层理面分布有大量的菱铁质结核及黄铁矿结核(图5d),直径一般在1~2 cm,最大可达3 cm以上,可见瓣鳃类,其顶部有时发育煤层。咸水潟湖主要分布于米帕塘村中下部,岩石类型多以红色沉积组合为典型,主要发育粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩,夹有石膏层,泥砾石膏层(图3n,图3o,图5a)。水平层理发育,不发育斜层理,可见到泥裂,其沉积组合具有多样性,具体见图4a、4b、4c。

(2) 潮坪亚相:为平均低潮面与平均高潮面之间的部分,主要分布于米帕塘村和高口乡之间,将研究区的潮坪相进一步划分为潮道、泥坪、混合坪和砂坪4种沉积微相。

潮道微相:为涨潮和退潮的通道,水动力条件较强,发育双向交错层理、板状交错层理和平行层理,分布于米帕塘村剖面上部,岩性以灰白色中粗砂岩为主,其中可见植物印模化石和茎干化石;发育在潟湖相之上,并冲刷下伏地层,可见冲刷潟湖相泥岩后卷携形成的泥砾,局部可见呈透镜状分布的砂岩层;砂体在剖面上呈顶平底凸的透镜状,可见若干个向上变细的潮道砂体垂向叠置,其间可发育有泥质夹层,见图5b、5i。

泥坪微相:主要发育呈薄互层的浅灰色泥岩与黄灰色粉砂质泥岩,发育水平层理、潮汐韵律层理、干裂、虫孔,泥岩单层厚度在2~4 cm,反映了沉积期水体深度与水动力条件频繁变化。局部可见生物钻孔和同生钙质结核,泥坪中植被发育形成泥炭堆积,最终形成广泛稳定分布的炭质泥岩,其多与砂坪相伴生(图5g)。

混合坪微相:混合坪相主要表现为细砂岩与粉

砂质泥岩呈不等厚互层状,砂岩单层厚度在5~7 cm,泥岩单层厚度在4~9 cm,可见水平层理。整体发育有潮汐韵律层理、脉状层理、波状层理。

砂坪微相:砂坪相主要发育细砂岩夹薄层的粉砂岩,砂岩单层厚度在2~6 cm,粉砂岩单层厚度在2~3 cm,发育低角度的楔状层理、脉状层理、冲刷面、对称波痕。

(3) 障壁岛亚相:岩性以中细粒石英砂岩为主,成分成熟度和结构成熟度均较高,发育低角度的楔状层理和板状交错层理,常表现为向上变粗的沉积序列,底部为深灰色泥岩,向上逐渐由砂岩占优势的砂泥互层过渡为较为纯净的石英砂岩。障壁岛亚相常与岛后砂坪伴生,在剖面上表现为障壁岛砂岩顶部常发育有灰色泥岩。

## 4 沉积演化与控矿讨论

晚三叠世巴贡期,由于羌塘地块向欧亚大陆南缘的拼贴,研究区缓慢抬升,相对海平面逐渐下降,海水自北向南退却(郑孟林,2004),巴青地区发生大规模海退,上三叠统在剖面上由障壁岛-潟湖相构成。晚三叠世巴贡早期(图6),三角洲相构成了研究区东部高口乡-嘎美乡巴贡组的下部,向西过渡为障壁岛沉积体系下的三角洲-障壁岛-潮坪-三角洲,构成了该地区巴贡组的下部(图7)。晚三叠世巴贡晚期,研究区依然保持着三角洲-障壁岛-潮坪-潟湖相沉积体系,障壁岛向东迁移,潟湖和潮坪相在高口乡也较为发育(图7),三角洲相在研究区逐渐向东迁移。巴贡组底部向上变细的旋回表明晚三叠世早期在该区经历了短暂的海侵,上部的障壁岛-潟湖相主要由潟湖和障壁砂坝构成,剖面上表现为向上变粗的沉积旋回,为相对海平面下降阶段的产物。在改则县扎西错布地区,上三叠统为深灰色粉砂岩与灰色中层状细粒岩屑砂岩互层,形成韵律清楚的复理石建造沉积,发育鲍马序列和底冲刷构造,具深海盆地浊积扇沉积特征。在尼玛县东那勒一带,发育深灰色绢云板岩与钙质粉砂岩互层,夹黑色炭硅质板岩,为深海盆地低能沉积环境。在东巧-安多地区,上三叠统确哈拉群为变岩屑细粒杂砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩互层产出,局部夹蚀变橄榄玄武岩、枕状玄武岩和薄层硅质岩,厚333~2388 m,伴生的硅质岩中产中晚三叠世放射





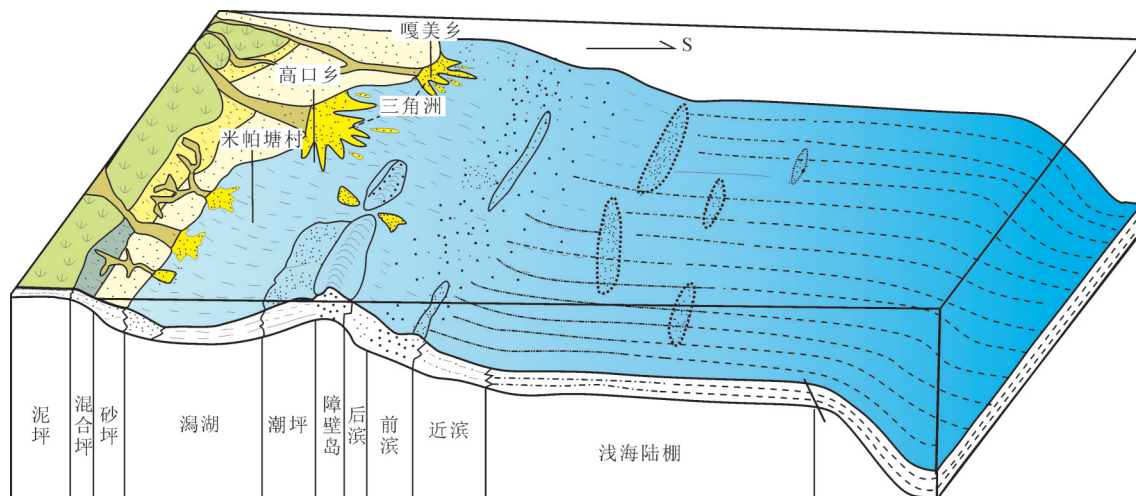


图7 巴青地区晚三叠世巴贡期沉积相模式

Fig.7 Sedimentary model of the late Triassic Bagong period from Baqing area

虫化石,属大洋盆地洋底软泥沉积。上述证据表明:晚三叠世巴贡期,研究区是一个由北(巴青—索县)向南(班—怒缝合带)变深的伸展背景下的产物。

沉积条件控制着油气生储盖和钾盐发育条件。研究区上三叠统巴贡组中部发育的三角洲平原相,广泛发育炭质泥岩、煤层,具备较好的生烃能力,局部资料显示其有机质丰度已经达到了中等—好的烃源岩,有机质类型为Ⅱ—Ⅲ型干酪根(宋春彦等,2018),且处于成熟—过成熟阶段,成为研究区较好的烃源岩;研究区上三叠统巴贡组中下部发育的三角洲前缘席状砂和砂坪,具有分选好、磨圆度高等特征,成为研究区油气的储存空间;上部发育的潮坪相泥岩、膏岩具备孔隙度和渗透率较低,成为较好的区域性盖层。研究区上三叠统巴贡组剖面上呈现出“上盖—中生—下储”的生储盖组合方式,为油气资源聚集、成藏提供了物质基础和必要条件。晚三叠世,羌塘盆地处于副热带高压区(任海东等,2015),气候干旱、炎热,研究区发育的石膏层表明晚三叠世处于蒸发环境,为形成钾盐提供了有利的气候条件;同时,特提斯洋东支的打开,海水中携带大量的 $K^+$ 、 $Na^+$ ,为钾盐的形成提供了物质来源(Warren,2010)。在沉积型蒸发岩成矿阶段中,依次呈现析出钙→钠→镁→钾的成矿序列,研究区发育的石膏进一步证实矿物析出处于第一阶段。晚三叠世海平面相对下降,在米帕塘村南一带形成障壁岛,将海水隔开形成安静的潟湖,由于残留的巨量海水保留下来,封闭环境的古盐湖卤水经强烈蒸发浓缩、甚至完全干化,导致蒸发岩巨量沉积,最后在米帕

塘以北的地区上三叠统巴贡组中上部可能形成钾盐矿床。

## 5 结论

(1)巴青上三叠统巴贡组主要发育潟湖相、潮坪相、三角洲相。

(2)晚三叠世巴贡期,研究区是一个由北(巴青—索县)向南(班—怒缝合带)变深的伸展背景下的产物。

(3)巴青以北地区上三叠统巴贡组可能具备较好的油气和钾盐勘探前景。

**致谢:**在论文写作过程中得到中国矿业大学地球科学与资源学院郭英海教授的重要启发和建议,使得论文顺利完成;论文审稿过程中3位匿名专家提出建设性的修改意见,对提升论文质量起到了重要作用,在此一并表示诚挚的谢意。

## References

- Chen Wenbin, Fu Xiugen, Tan Fuwen, Zeng Shengqiang, Feng Xinglei. 2017. Organic geochemistry of Carboniferous–Permian sources rocks in Qiangtang basin, Tibet[J]. *Geology in China*, 44 (3): 499–510(in Chinese with English abstract).
- Chen Wenbin, Liao Zhongli, Liu Jianqing, Fu Xiugen, Xiong Xingguo, He Yongzhong. 2008. Geochemical characteristics of dolomite oil seepage in Zaring area, Qiangtang basin of Tibet[J]. *Xingjiang Petroleum Geology*, 29(2):214–218(in Chinese with English abstract).
- Ding Wenlong, Li Chao, Su Aiguo, He Zhonghua. 2011. Study on the comprehensive geochemical cross section of Mesozoic marine

- source rocks and prediction of favorable hydrocarbon generation area in Qiangtang basin, Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 27(3): 878–896(in Chinese with English abstract).
- Fu Xiugen, Liao Zhongli, Wang Jian, Chen Wenbin. 2008. Geochemistry and significance of oil seepages in the Zaring area of the southern Qiangtang depression, Northern Tibet [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 26(4):697–704(in Chinese with English abstract).
- Guo Zujun, Li Yongtie, Nan Zhengbing, Ye Hefei. 2008. Relationship between deformation structure and petroleum accumulation and preservation, Qiangtang Basin, Tibet[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 35(5):563–568(in Chinese with English abstract).
- Ji Changjun, Yi Haisheng, Xia Guoqing, Xie Tuo, Yin Qing, Li Qilai, Jin Feng. 2016. Characteristics and exploration significance of oil reservoir in Qiangtang basin[J]. *Geological Science and Technology Information*, 35(1):74–79. (in Chinese with English abstract).
- Li Xueren, Wang Jian. 2018 New evidence for the Late Triassic syn-rifting in the eastern North Qiangtang depression:Redefinition of the stratigraphic age of volcanic rocks and conglomerates from the Jiapila Formation[J]. *Earth Science Frontiers*, 25(4):50–64(in Chinese with English abstract).
- Li Yalin, Wang Chengshan, Huang Jijun. 2008. Deformation characteristics and finalizing age of the folds in the Qiangtang basin and their relations to oil and gas accumulation[J]. *Oil & Gas Geology*, 29(3):283–289(in Chinese with English abstract).
- Li Yalin, Wang Chengshan, Li Yongtie. 2008. Characteristics of the jurassic saline deposits and its significance to hydrocarbon accumulation in Qiangtang basin of tibet area[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 29(2):173–178(in Chinese with English abstract).
- Li Yong, Wang Chengshan, Yi Haisheng. 2002. Tectonic sequence and fill models of late Triassic northern Qiangtang foreland basin in xizang, china[J]. *Chinese Journal of Geology*, 37(1):27–37(in Chinese with English abstract).
- Li Yong, Wang Chengshan, Yi Haisheng. 2002. Filled sequence and evolution of the Mesozoic Qiang tang composite foreland basin in the Qinghai–Tibet plateau[J].*Journ of Stratigraphy*, 26(1):62–67(in Chinese with English abstract).
- Liao Zhongli. 2012. Study on Key Blocks of Qiangtang Basin, Strategic Selection of Oil and Gas Resources in Qinghai–Xizang Plateau [M]. Beijing:Geological Publishing House(in Chinese).
- Liu Chenglin, Zhao Yanjun, Fang Xiaomin, Lu Fenglin, Wang Licheng, Yan Maodu, Zhang Hua, Ding Ting. 2015. Plate tectonics control on the distribution and formation of the marine Potash deposits[J]. *Acta Geologica Sinica*, 89(11):1893–1907(in Chinese with English abstract).
- Liu Chiyang, Yang Xingke, Ren Zhan Li, Zheng Menglin, Lai Shaocong. 2005. Genesis of subsidence– accumulation centre in Quemocuo area of Qiangtang basin: caving– in subsidence with thermal attenuation[J]. *Oil & Gas Geology*, 26(2):147–154(in Chinese with English abstract).
- Liu Chiyang, Yang Xingke, Ren Zhanli, Lai Shao, Cong Chen Gang, Zhao Hongge, Wei Yongpei, Zheng Menglin. 2001. Tectonic pattern and evolution in Chasang area of Qiangtang basin, northern Tibet[J]. *Science in China (Series D)*,48(s1):14–19(in Chinese).
- Liu Chiyang, Zheng Menglin, Yang Xingke, He Bianzhu, Ren Zhili, Guo Pei. 2016. Evolution and late modification of Mesozoic marine Qiangtang Basin and its hydrocarbon occurrence[J]. *Acta Geologica Sinica*, 90(11):3259–3291(in Chinese with English abstract).
- Liu Jianqing, Yang Ping, Chen Wenbin, Chen Wenxi, Fu Xiugen. 2010. The characteristics of Longeni–Angdaercuo paleo–oil dolomite in southern part of the central uplift zone of Qiangtang basin and its forming mechanism[J]. *Earth Science Frontiers*, 17(1):311–321(in Chinese with English abstract).
- Lu Zhanwu, Gao Rui, Li Yongtie, Xue Aimin, Li Qiusheng, WangHaiyan, Kuang Chaoyang, Xiong Xiaosong.2013. The upper crustal structure of the Qiangtang basin revealed by seismic reflection data[J]. *Tectonophysics*, 606:171–177.
- Nan Zhengbing, Li Yong tie, 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).
- Niu Sheng, Chen Wenxi, Liu Xifang. 2013. Geochemical characteristics on salt springs and potash perspective in Dogai Coring area of Qiangtang basin[J]. *Geoscience*, 27(3):621–628 (in Chinese with English abstract).
- Niu Sheng, Chen Wenxi, Liu Xifang. 2014. Hydrochemical characteristic and origin for salt springs water in Dogai Coring area of North Qiangtang basin, Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica*, 88(6): 1003–1010 (in Chinese with English abstract).
- Ouyang Huizi, Yang Wenguang, Xie Long, Tao Gang, Li Chao, He Bi, Li Chao. 2017. Geochemical characteristics and oil–gas potential analysis of source rock of Upper Permian Rejuechaka Formation in Laxiongcuo area, Qiangtang basin[J]. *Geology in China*, 44(1): 61–74(in Chinese with English abstract).
- Pan Guitang, Zhu Dicheng, Wang Liquan, Liao Zhongli, Geng Quanru, Jiang Xinsheng.2004. Bangong Lake—Nu River suture zone the northern boundary of Gondwanaland: Evidence from geology and geophysics[J]. *Earth Science Frontiers*, 11(4):371–382 (in Chinese with English abstract).
- Qiao Ziqiang. 1994. Potassium Salt Deposit [M]. Beijing:Geological Publishing House (in Chinese).
- Qin Jianzhong.2006. Study on the petroleum resource potential in the Qiangtang basin,Qinghai–tibet plateau[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 28(6):566–573(in Chinese with English abstract).
- Ren Haidong, Yan Maodu, Chen Yi, Zhang Dawen, Li Bing Shuai.2015.The mesozoic evolution history of the Qiangtang Block and its potential in Potash Formation[J]. *Acta Geologica Sinica*,89 (11):2005–2018(in Chinese with English abstract).
- Song Chunyan, Wang Jian, Fu Xiugen, Chen Wenbin, Xie Shangke, He Li.2018.Geochemical characteristics and the significance of the



- upper Triassic hydrocarbon source rocks of the Bagong formation in the eastern Qiangtang basin[J]. Journal of Northeast Petroleum University, 42(5):104-114(in Chinese with English abstract).
- Tang Chaoyang, Yao Hua Zhou, section of its hair, Zhao Xiaoming. 2008. Sedimentary characteristic of the Late Triassic strata in the Central Qiangtang Basin[J]. Geological Review, 54(1):16-25(in Chinese with English abstract).
- Tian Kangzhi, Ji Changjun, Yi Haisheng, Tan Mei, Jin Feng, Fan Lishun. 2019. Origin of grained dolomite from the Buqu Formation of Zaring area in southern Qiangtang depression[J]. Geology in China, 46(2): 398-406(in Chinese with English abstract).
- Wang Chengshan, Yi Haisheng, Liu Chiyang, Li Yalin, Zou Yanrong, Wu Xinhe, Deng Bin, Yang Xingke. 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 Chengshan, Zhang Shaonan. 1996. Preliminary analysis of petroliferous basins and oil-gas prospects in Qinghai-xizang(tibet) plateau[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 21(2):120-129(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 Jin, Li Yalin, Tao Xiaofeng, Zhang Ruijun. 2010. Geologic tectonic conditions and hydrocarbon preservation in the Tuonamu area, Qiangtang basin, Tibet [J]. Geotectonica et Metallogenia, 34(1):78-83(in Chinese with English abstract).
- Warren J K . 2010. Evaporites through time: Tectonic, climatic and eustatic controls in marine and nonmarine deposits[J]. Earth Science Reviews, 98(3/4):217-268.
- Wu Xinhe, Wang Chengshan, Yi Haisheng, Zou Yanrong, Li Yalin. 2005. Fossil reservoir of hydrocarbon rock in Qiangtang basin of Tibet and exploration perspective of oil and gas[J]. Acta Petrologica Sinica, 26(1):13-17(in Chinese with English abstract).
- Wu Yi, Xiong Xingguo, Yi Chengxing, Bai Peirong, He Yongzhong, Liu Zhencai. 2010. Gypsolyte sedimentary environment of Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Shenglihe area in Northern Qiangtang basin[J]. Xingjiang Petroleum Geology, 31(4): 376-378. (in Chinese with English abstract).
- Wu Zenhan, Ji Changjun, Zhao Zhang, Yang Yizhuo. 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, Gao Rui, Lu Zhanwu, Ye Peisheng, Lu, Yin Jieyun. 2014. Structures of the Qiangtang Basin and its significance to oil-gas exploration[J]. Acta Geologica Sinica, 88(6):1130-1144(in Chinese with English abstract).
- Xie Chaoming, Li Cai, Li Linqing, Wu Yanwang, Hu Peiyuan. 2009. First discovery of mud volcanoes in central Qiangtang, northern Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 28(9):1319-1324(in Chinese with English abstract).
- Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Wenchang, Li Huaxi, Cai Zhihui, Yan Zhen, Ma Changqian. 2013. Paleo-Tethys system and accretionary orogen in the Tibet Plateau[J]. Acta Petrologica Sinica, 29(6): 1847-1860(in Chinese with English abstract).
- Yang Hantao, Li Cai, Li Linqing. 2009. Evidence of tectonic activities happened since the Middle Pleistocene in central Qiangtang, northern Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 28(9):1325-1329(in Chinese with English abstract).
- Zeng Shengqiang, Wang Jian, Fu Xiugen, Feng Xinglei, Sun Wei. 2013. Hydrocarbon generation potential and sedimentary environment for the source rocks along the Changshe Mountain oil shale section in North Qiangtang Basin[J]. Geology in China, 40(6):1861-1871(in Chinese with English abstract).
- Zheng menglin, Liu Chiyang, Wang Dingyi. 2004. Formation and evolution of Triassic Qiangtang basin in Qinghai-Tibet Plateau[J]. Xingjiang Petroleum Geology, 25(1):13-16 (in Chinese with English abstract).
- Zheng mianping, Qi Wen, Zhang Yongsheng. 2006. Present situation of potash resources and direction of potash search in China[J]. Geological Bulletin of China, 25(11): 1239-1246(in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping, Yuan Heran, Zhang Yongsheng, Liu Xifang, Chen Wenxi, Li Jinluo. 2010. Regional distribution and prospects of Potash in China[J]. Acta Geologica Sinica, 84(11):1523-1553(in Chinese with English abstract).
- Zheng Mianping, Zhang Zhen, Zhang Yongsheng, Liu Xifang, Yin Hongwei. 2012. Potash exploration characteristics in China: New understanding and research progress[J]. Acta Geoscientia Sinica, 33(3):280-294(in Chinese with English abstract).
- Zhu Tongxing, Feng Xintao, Li Zongliang, Zhang Huihua, Zhang Qiyue, Lin Shiliang. 2007. Discovery of the liquefied dense oil section in the Jiang'aidarina, Shuanghu area, northern Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 26(1):114-116(in Chinese with English abstract).
- Zhu Tongxing, Feng Xintao, Wang Xiaofei, Zhou Mingkui. 2010. Late Triassic tectono-palaeogeography of the Qiangtang area on the Qinghai-Xizang Plateau[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 30(4):1-10(in Chinese with English abstract).

## 参考文献

- 曾胜强, 王剑, 付修根, 冯兴雷, 孙伟. 2013. 北羌塘盆地长蛇山油页岩剖面烃源岩生烃潜力及沉积环境[J]. 中国地质, 40(6):1861-1871.
- 陈文彬, 付修根, 谭富文, 曾胜强, 冯兴雷. 2017. 羌塘盆地石炭—二叠系烃源岩地球化学特征讨论[J]. 中国地质, 44(3): 499-510.
- 陈文彬, 廖忠礼, 刘建清, 付修根, 熊兴国, 贺永忠. 2008. 西藏羌塘盆地扎仁地区白云岩油苗地球化学特征[J]. 新疆石油地质, 29(2): 214-218.
- 丁文龙, 李超, 苏爱国, 何忠华. 2011. 西藏羌塘盆地中生界海相烃源

- 岩综合地球化学剖面研究及有利生烃区预测[J]. 岩石学报, 27(3):878-896.
- 付修根, 廖忠礼, 王剑, 陈文彬. 2008. 藏北南羌塘盆地扎仁地区油苗地球化学特征及意义[J]. 沉积学报, 26(4):697-704.
- 郭祖军, 李永铁, 南征兵, 叶和飞. 2008. 羌塘盆地变形构造与油气聚集保存关系[J]. 石油勘探与开发, 35(5):563-568.
- 纪占胜, 武桂春, 姚建新, 孙倩, 石秋圆, 何继富, 李浩, 刘振宇, 郭安臣, 侯召硕, 李东泽. 2018. 青藏高原油气勘探战略选区和战术突破目标的建议[J]. 地球学报, 39(4):387-400.
- 季长军, 伊海生, 夏国清, 谢拓, 尹青, 李启来, 金峰. 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.
- 解超明, 李才, 李林庆, 吴彦旺, 胡培远. 2009. 藏北羌塘中部首次发现泥火山[J]. 地质通报, 28(9):1319-1324.
- 李学仁, 王剑. 2018. 北羌塘东部晚三叠世同裂谷作用新证据:来自甲丕拉组火山岩和砾岩时代的重新厘定[J]. 地学前缘, 25(4):50-64.
- 李亚林, 王成善, 黄继钧. 2008. 羌塘盆地褶皱变形特征、定型时间及其与油气的关系[J]. 石油与天然气地质, 29(3):283-289.
- 李亚林, 王成善, 李永铁. 2008. 西藏羌塘盆地侏罗系膏盐岩与油气成藏[J]. 石油学报, 29(2):173-178.
- 李勇, 王成善, 伊海生. 2002. 西藏晚三叠世北羌塘前陆盆地构造层序及充填样式[J]. 地质科学, 37(1):27-37.
- 李勇, 王成善, 伊海生. 2002. 中生代羌塘前陆盆地充填序列及演化过程[J]. 地层学杂志, 26(1):62-67.
- 廖忠礼. 2012. 青藏高原油气资源战略选区羌塘盆地重点区块研究[M]. 北京:地质出版社.
- 刘成林, 赵艳军, 方小敏, 吕凤琳, 王立成, 颜茂都, 张华, 丁婷. 2015. 板块构造对海相钾盐矿床分布与成矿模式的控制[J]. 地质学报, 89(11):1893-1907.
- 刘池洋, 杨兴科, 任战利, 赖绍, 聪陈刚, 赵红格, 魏永佩, 郑孟林. 2001. 藏北羌塘盆地查桑地区构造格局与演化[J]. 中国科学(D辑), 48(s1):14-19.
- 刘池洋, 杨兴科, 任战利, 郑孟林, 赖绍聪. 2005. 羌塘盆地雀莫错沉降-堆积中心成因:热力衰竭塌陷沉降[J]. 石油与天然气地质, 26(2):147-154.
- 刘池洋, 郑孟林, 杨兴科, 何碧竹, 任战利, 郭佩. 2016. 羌塘中生代海相盆地演化与后期改造及油气赋存[J]. 地质学报, 90(11):3259-3291.
- 刘建清, 杨平, 陈文彬, 陈文西, 付修根. 2010. 羌塘盆地中央隆起带南侧隆额尼-昂达尔错布曲组古油藏白云岩特征及成因机制[J]. 地学前缘, 17(1):311-321.
- 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.
- 牛新生, 陈文西, 刘喜方. 2013. 羌塘盆地多格错仁地区盐泉地球化学特征及成钾预测[J]. 现代地质, 27(3):621-628.
- 牛新生, 刘喜方, 陈文西. 2014. 西藏北羌塘盆地多格错仁地区盐泉水化学特征及其物质来源[J]. 地质学报, 88(6):1003-1010.
- 欧阳慧子, 杨文光, 解龙, 陶刚, 李超, 何碧, 李超. 2017. 羌塘盆地拉雄错地区上二叠统热觉茶卡组烃源岩地球化学特征及油气潜力分析[J]. 中国地质, 44(1): 61-74.
- 潘桂棠, 朱弟成, 王立全, 廖忠礼, 耿全如, 江新胜. 2004. 班公湖-怒江缝合带作为冈瓦纳大陆北界的地质地球物理证据[J]. 地学前缘, 11(4):371-382.
- 钱自强. 1994. 钾盐矿床[M]. 地质出版社.
- 秦建中. 2006. 青藏高原羌塘盆地油气资源潜力分析[J]. 石油实验地质, 28(6):566-573.
- 任海东, 颜茂都, 陈毅, 张大文, 栗兵师. 2015. 羌塘地块中生代时期的漂移演化及其成钾条件[J]. 地质学报, 89(11): 2005-2018.
- 宋春彦, 王剑, 付修根, 陈文彬, 谢尚克, 何利. 2018. 羌塘盆地东部上三叠统巴贡组烃源岩特征及意义[J]. 东北石油大学学报, 42(5): 104-114.
- 汤朝阳, 姚华舟, 段其发, 赵小明. 2008. 羌塘盆地中部晚三叠世地层特征[J]. 地质论评, 54(1):16-25.
- 田康志, 季长军, 伊海生, 谭梅, 金峰, 范立顺. 2019. 南羌塘拗陷扎仁地区中侏罗统布曲组晶粒白云岩成因分析[J]. 中国地质, 46(2): 398-406.
- 王成善, 伊海生, 刘池洋, 李亚林, 邹艳荣, 伍新和, 邓斌, 杨兴科. 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.
- 王成善, 张哨楠. 1996. 青藏高原含油气盆地分析及油气资源预测[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 21(2):120-129.
- 王剑, 付修根. 2018. 论羌塘盆地沉积演化[J]. 中国地质, 45(2): 237-259.
- 王进军, 李亚林, 陶晓风, 张瑞军. 2010. 西藏羌塘盆地托纳木区块地质构造条件与油气保存关系探讨[J]. 大地构造与成矿学, 34(1): 78-83.
- 吴滔, 熊兴国, 易成兴, 白培荣, 贺永忠, 刘贞才. 2010. 北羌塘拗陷胜利河组膏岩沉积环境[J]. 新疆石油地质, 31(4):376-378.
- 吴珍汉, 高锐, 卢占武, 叶培盛, 陆露, 殷毅云. 2014. 羌塘盆地结构构造与油气勘探方向[J]. 地质学报, 88(6):1130-1144.
- 吴珍汉, 季长军, 赵珍, 杨易卓. 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.
- 伍新和, 王成善, 伊海生, 邹艳荣, 李亚林. 2005. 西藏羌塘盆地烃源岩古油藏带及其油气勘探远景[J]. 石油学报, 26(1):13-17.
- 许志琴, 杨经绥, 李文昌, 李化启, 蔡志慧, 闫臻, 马昌前. 2013. 青藏高原中的古特提斯体制与增生造山作用[J]. 岩石学报, 29(6): 1847-1860.
- 杨韩涛, 李才, 李林庆. 2009. 藏北羌塘中部中更新世以来构造活动的证据[J]. 地质通报, 28(9):1325-1329.
- 郑孟林, 刘池洋, 王定一. 2004. 西藏羌塘三叠纪盆地的形成与演化[J]. 新疆石油地质, 25(1):13-16.
- 郑绵平, 齐文, 张永生. 2006. 中国钾盐地质资源现状与找钾方向初步分析[J]. 地质通报, 25(11):1239-1246.
- 郑绵平, 袁鹤然, 张永生, 刘喜方, 陈文西, 李金锁. 2010. 中国钾盐区域分布与找钾远景[J]. 地质学报, 84(11):1523-1553.
- 郑绵平, 张震, 张永生, 刘喜方, 尹宏伟. 2012. 我国钾盐找矿规律新认识和进展[J]. 地球学报, 33(3):280-294.
- 朱同兴, 冯心涛, 李宗亮, 张惠华, 张启跃, 林仕良. 2007. 西藏双湖地区江爱达日那发现液态油苗[J]. 地质通报, 26(1):114-116.
- 朱同兴, 冯心涛, 王晓飞, 周铭魁. 2010. 青藏高原羌塘地区晚三叠世构造-古地理研究[J]. 沉积与特提斯地质, 30(4):1-10.