

# 淮南地区下二叠统火山岩-沉积岩互层叠置发育模式

孙莹

(中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院,山东 东营 257015)

**摘要:**通过野外露头观测与样品采集,对淮南地区下二叠统火山岩-沉积岩互层叠置发育特征和发育模式开展火山岩相学、样品测试和室内综合分析等研究。结果表明:研究区火山岩以基性火山岩(玄武岩)和酸性火山岩(英安斑岩或流纹岩)伴生出现为主要特征,具有双峰式火山岩的岩石组合特征。沉积岩以砾岩、砂砾岩为主,砾石成分主要为火山岩和火山碎屑岩,成分成熟度和结构成熟度均较低。火山岩-沉积岩互层叠置地层序列以玄武岩、英安斑岩与火山角砾岩或砂泥岩互层产出为特征,划分为火山爆发相、次火山岩相、火山喷溢相、冲积扇扇根亚相、冲积扇扇中亚相和冲积扇扇缘亚相6种岩相类型以及中性旋回、中-酸性旋回、沉积旋回和基性火山-沉积旋回4个旋回。在大陆裂谷的背景下,软流圈地幔上涌形成的玄武质岩浆与其底侵下地壳物质发生熔融形成的酸性岩浆混合,形成流纹岩或流纹斑岩、玄武岩,与火山活动间歇期形成的沉积岩互层叠置。

**关键词:**下二叠统 火山岩-沉积岩 互层叠置 发育模式 淮南地区

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

## Developmental patterns of interbedded volcanic and sedimentary rocks in the Lower Permian of Zhunnan area

SUN Ying

(Exploration and Development Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC,  
Dongying City, Shandong Province, 257015, China)

**Abstract:** Based on outcrop observation and sample collection in the field, the study of developmental patterns and characteristics of interbedded volcanic and sedimentary rocks in the Lower Permian of Zhunnan area was carried out through volcanic petrographic analysis, sample test and indoor comprehensive analysis. The result shows that the volcanic rocks in this area are mainly composed of basic volcanic rocks (basalt) and its associated acidic volcano rocks (dacite porphyry or rhyolite), which would be present as bimodal volcanic rock combination characteristics. Conglomerates and glutenite are mainly developed in the sedimentary rocks. The main components of the gravel are volcanic rocks and pyroclastic rocks, and their composition maturity and structural maturity are relatively low. The sequence of interbedded volcanic and sedimentary rock strata is characterized by alternation of basalt, dacite porphyry and volcanic breccia or sand and mudstone. Six types of lithofacies can be divided as volcanic eruption facies, subvolcanic facies, volcanic effusive facies, alluvial fan fan-root subfacies, alluvial fan fan-middle subfacies and alluvial fan margin subfacies. Four cycles can be divided as neutral cycle, neutral-acid cycle, sedimentary cycle and basic volcanic sedimentary cycle. Under the structural background of continental rift, the basaltic magma formed by the upwelling asthenosphere mantle is melted with the undercut crustal material to become mixed acidic magma, and thus the rhyolite, rhyolite porphyry and basalt were formed, interbedded with the sedimentary rocks formed during the intermittence period after the volcanic activity.

**Key words:** Lower Permian; volcanic-sedimentary rocks; interbed; developmental pattern; Zhunnan area

淮南地区广泛出露下二叠统,部分层段岩性以火山岩与沉积岩互层叠置为主,是研究二叠纪淮噶

收稿日期:2018-04-12。

作者简介:孙莹(1985—),女,内蒙古莫旗人,工程师,从事石油地质勘探综合研究。联系电话:(0546)8512610, E-mail: 372260027@qq.com。

基金项目:中国石化科技攻关项目“淮噶尔盆地大中型油气田分布规律与目标评价”(P17001-7)。

尔盆地属性及演化过程的有利区域。尽管前人在不同出露地区开展了详细研究<sup>[1]</sup>,取得了大量成果,但由于早二叠世淮南地区构造、沉积环境复杂,后期又经历了多期构造运动,导致对火山岩与沉积岩互层叠置地层的发育特征及形成机制的认识尚不清晰。笔者通过对淮南地区下二叠统露头火山岩与沉积岩发育特征开展详细的野外地质考察和室内综合研究,确定火山岩与沉积岩互层叠置地层的发育环境,建立火山岩-沉积岩互层叠置地层发育模式,以期为该时期盆地形成和演化以及下二叠统成烃、成藏及勘探决策提供依据。

## 1 区域地质概况

研究区主要位于伊林黑比尔根山脉北侧,石河子市以南的山前带。本次研究的重点区域位于石河子市西部沙湾县以南地区,涉及到金沟河、蒙古泉子和大白杨沟地区等。该区下二叠统主要发育阿尔巴萨依组( $P_1a$ )a段和b段,其中a段厚度为446~700 m,b段厚度为1 102~2 593 m。下伏地层为中石炭统前峡组( $C_2qx$ ),二者呈假整合或不整合接触。阿尔巴萨依组a段和b段均以火山岩与沉积岩互层叠置为特征,其中火山岩主体为火山碎屑岩,含少量的熔岩。

## 2 岩性特征

### 2.1 火山岩

#### 2.1.1 岩相学特征

研究区火山岩岩石类型多样,包括玄武岩、流纹岩、英安斑岩、凝灰岩和火山角砾岩等,以基性火山岩(玄武岩)和酸性火山岩(英安斑岩或流纹岩)的伴生出现为主要特征,具有双峰式火山岩的岩石组合特征<sup>[2]</sup>。火山岩主要出露在淮南地区西段金沟河北部和大白杨沟地区一带,野外地质调查结果表明玄武岩厚度约为500 m,流纹岩厚度约为217 m,英安斑岩多以岩脉形式发育,侵入到石炭系岩层中,部分露头中可见少量的围岩捕虏体,呈不规则状。基性火山岩样品多呈灰-灰白色,斑状结构,基质以微晶斜长石为主,具有间粒结构或间粒-间隐结构,块状构造,可见杏仁和气孔构造。斑晶主要由单斜辉石和斜长石矿物组成。酸性火山岩以紫红色-灰红色为主,斑状结构发育,可见变余斑状结构,斑晶以石英、长石为主,基质以隐晶质微晶和斜

长石微晶为主。岩石样品经历了一定程度的蚀变,可见绿泥石化和绢云母化等。

#### 2.1.2 地球化学特征

研究区玄武岩样品中 $SiO_2$ 含量为48.02%~54.08%, $Al_2O_3$ 含量为16.34%~18.08%, $FeO$ 含量为7.76%~8.78%, $MgO$ 含量为5.51%~8.15%,镁指数为55%~64%,主量元素的变化特征指示其在形成过程可能经历了一定程度的铁镁矿物分离结晶(例如橄榄石和辉石等)。 $TiO_2$ 含量为1.06%~1.25%,明显不同于低Ti特征的岛弧钙碱性玄武岩<sup>[3]</sup>和洋岛拉斑玄武岩<sup>[4]</sup>。 $Na_2O$ 含量为3.22%~4.46%,明显大于 $K_2O$ 含量(0.29%~1.59%)。火山岩以亚碱性玄武岩为主。赵乐强等通过稀土元素特征和球粒陨石标准化分析后认为,研究区玄武岩来源于富集地幔的玄武岩或受到陆壳混染的玄武质岩石<sup>[5]</sup>。

英安斑岩样品的 $SiO_2$ 含量为69.00%~73.52%, $MgO$ 含量为13.16%~14.84%,镁指数为33%~53%, $FeO$ 含量为1.83%~2.98%, $TiO_2$ 含量为0.15%~0.45%, $Na_2O$ 含量为2.35%~6.06%, $Na_2O/K_2O$ 值为1.53%~2.94%。 $Al_2O_3$ 含量为13.16%~14.84%,铝饱和指数( $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ )为1.06~1.13,表现出弱过铝质特征<sup>[6]</sup>。赵乐强等通过稀土元素特征和球粒陨石标准化分析后认为,研究区英安斑岩应来源于典型岛弧火山岩或陆壳物质部分熔融成因的火山岩<sup>[5]</sup>。

全岩Sr-Nd同位素研究共测定玄武岩样品和英安斑岩样品各5块。结果显示,玄武岩样品的 $I_{sr}$ 为0.704, $\epsilon Nd(t)$ 为+7.5~+8.4;英安斑岩样品的 $I_{sr}$ 为0.705, $\epsilon Nd(t)$ 为+6.5~+11。这些特征指示玄武岩和英安斑岩样品可能来源于相对亏损的地幔源区。

### 2.2 沉积岩

淮南地区下二叠统中一上部发育大量的砾岩、砂岩和泥岩等沉积岩。金沟河地区砾岩中砾石的粒径变化较大,一般为0.1~10 cm,部分可达60 cm。绝大多数砾石分选较差,磨圆度差,多呈不规则状和棱角状,应为近源堆积的产物。砾石成分以火山岩和火山碎屑岩为主,与下二叠统阿尔巴萨依组a段( $P_1a^*$ )紫红色英安斑岩、灰绿色含砾晶屑凝灰岩和晶屑凝灰岩类似,说明其物源主要来自这些双峰式火山熔岩和火山角砾岩。部分地区砂岩交错层理发育,并且与砾岩互层交替产出,说明古沉积环境可能为高能量。

与金沟河地区砂砾岩层相比,大白杨沟地区出露的砂砾岩层中包括细砂岩、中一粗砂岩和含砾砂岩。其中砂岩的厚度较大,发育交错层理和水平层

理。砾岩中砾石的粒径相对较小,为0.3~2.2 cm,分选和磨圆程度比金沟河地区好,说明其经历了一定距离的搬运和磨蚀。砾石成分同样以火山岩和火山碎屑岩为主,并且这些成分也可与双峰式火山熔岩和火山碎屑岩类比。

### 3 地层序列

金沟河温泉、水渠以及大白杨沟这3个地区的火山岩-沉积岩互层叠置发育特征显著。金沟河温泉地区主要出露下二叠统阿尔巴萨依组a段( $P_1a^a$ ),以含砾晶屑凝灰岩、安山质晶屑凝灰岩和英安斑岩互层产出为特征(图1),火山岩相类型包括火山爆发相和次火山岩相<sup>[7]</sup>。作为火山爆发相代表的含砾晶屑凝灰岩多为灰绿色,角砾多为不规则状,成分以安山质岩石为主,粒径多为0.5~5 cm,部分可达到火山集块的粒级标准(25 cm)。火山角砾分选和磨圆度差,层理不发育,岩屑和晶屑所占比例多于玻璃质和火山灰,类似于原地堆积的特点,靠近火山口的位置。次火山岩相则主要为酸性岩浆在地壳浅部发生侵位的产物,部分岩浆沿着裂隙侵入到灰绿色含砾晶屑凝灰岩层中。金沟河北侧水渠地区主要出露下二叠统阿尔巴萨依组b段( $P_1a^b$ ),以灰-灰白色玄武岩和紫红色薄层泥岩互层叠置为特征(图2),火山岩相类型为火山喷溢相。玄武岩出露

厚度较大,约为26~153 m;泥岩层厚度仅为1.1~1.3 m,均为紫红色,并且具有相对一致的产状(均为 $13^\circ \sim 30^\circ$ 左右),共发现至少有4条薄层紫红色泥岩层(部分夹少量的细砂岩)平行分布在灰色玄武岩中。根据这些特征判断,该区至少经历了5次玄武质火山喷溢,每次喷溢的间歇均伴随泥质碎屑沉积<sup>[8]</sup>,但沉积水深较浅。大白杨沟地区主要出露下二叠统阿尔巴萨依组b段,以玄武岩和中-厚层砂岩互层叠置发育为特征(图3)。玄武岩层的厚度为2~4 m,砂岩层厚度多为2~6 m。与水渠地区相比,此处玄武岩层厚度较薄,表明该区可能距离火山口较远。野外地质考察共发现至少4组互层叠置的火山岩和砂岩层,说明至少经历了4次火山喷溢,且每次喷溢的间歇期均伴随砂质碎屑沉积。

根据野外地质调查结果,并结合区域上已有的

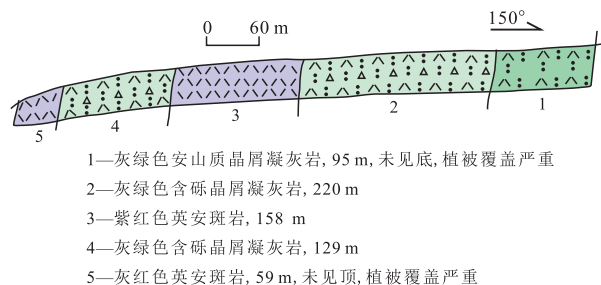


图1 金沟河温泉地区下二叠统阿尔巴萨依组a段出露点实测剖面

Fig.1 Measured outcrop profile of Lower Permian  $P_1a^a$  Group in the hot spring scenic spot, Jingou River area

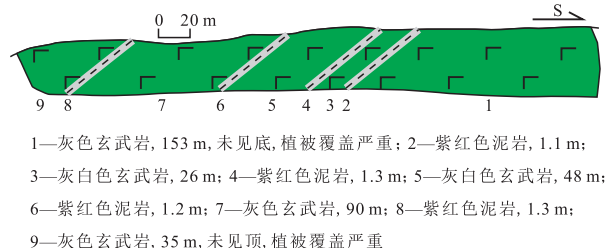
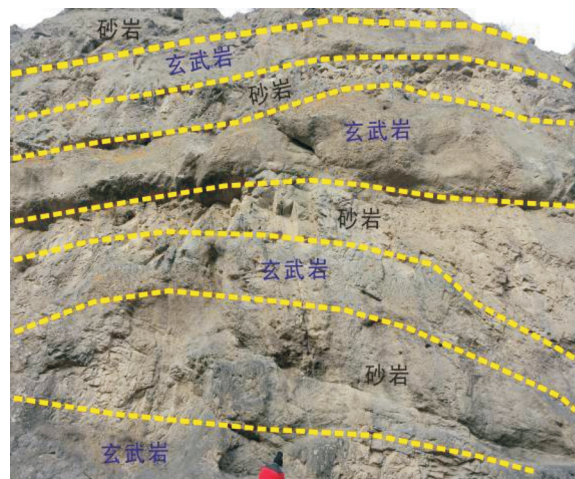
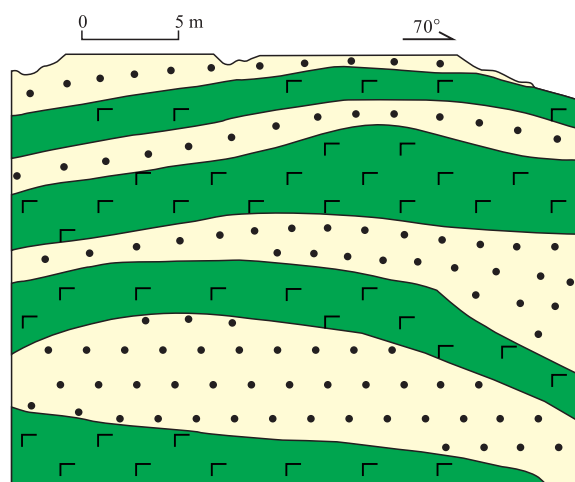


图2 金沟河北侧水渠地区下二叠统阿尔巴萨依组b段出露点实测剖面

Fig.2 Measured outcrop profile of Lower Permian  $P_1a^b$  Group in the water channel, north side of Jingou River area



a—野外露头



b—实测剖面

图3 大白杨沟地区下二叠统阿尔巴萨依组b段出露点实测剖面

Fig.3 Measured outcrop profile of Lower Permian  $P_1a^b$  Group in Dabaiyangou area

研究资料<sup>[9]</sup>,基本厘定了淮南地区西段火山岩-沉积岩互层叠置地层发育序列,且对其具体的岩相序列和旋回进行划分(图4)。共划定了火山爆发相、次火山岩相、火山喷溢相、冲积扇扇根亚相、冲积扇扇中亚相和冲积扇扇缘亚相6种不同的岩相类型<sup>[10]</sup>以及中性旋回、中-酸性旋回、沉积旋回和基性火山-沉积旋回4个旋回<sup>[11]</sup>。

地层	岩性剖面	岩石组合	岩相序列	厚度/m	旋回	资料来源
P <sub>1a</sub>	未见顶	玄武岩与中厚层砂岩互层	火山喷溢相+冲积扇扇缘亚相	250~300	基性火山-沉积旋回	大白杨沟剖面
		玄武岩与薄层紫红色泥岩互层	火山喷溢相	350~400		金沟河水渠剖面
		砂砾岩互层,砂岩厚度大,平行层理发育	冲积扇扇中亚相	400~500	沉积旋回	金沟河温泉北和蒙古泉子剖面
		砂砾岩互层,交错层理发育	冲积扇扇中亚相	500~550		
	混杂砾岩层,分选极差,无组构	冲积扇扇根亚相	200~300			
C <sub>2,qx</sub>		灰绿色含砾晶屑凝灰岩、英安斑岩	火山爆发相+次火山岩相	500~600	中-酸性旋回	金沟河温泉剖面
		灰绿色安山质晶屑凝灰岩	火山爆发相	250~350	中性旋回	

图4 淮南地区西段典型的火山岩-沉积岩互层叠置地层序列

Fig.4 Typical sequence of interbedded volcanic and sedimentary rock strata in the western section of Zhunnan area

### 4 发育模式

淮南地区下二叠统下部双峰式火山岩至少从早二叠世早期(距今298 Ma)开始已经处于大陆裂谷扩张环境中<sup>[12]</sup>。在此阶段,大陆岩石圈地幔发生伸展减薄,软流圈地幔上涌过程中发生减压熔融产生玄武质岩浆。玄武质岩浆在对下地壳持续底侵过程中造成区域热流值的升高,导致新生的下地壳物质和古老陆壳物质部分熔融形成相关熔体,接着这些熔体在源区发生明显的岩浆混合形成英安质或流纹质岩浆,然后通过火山喷发或浅层侵入等方式形成流纹岩或流纹斑岩。另外,玄武质岩浆沿着裂隙上升过程中发生一定程度的陆壳混染作用<sup>[13]</sup>,喷出地表后快速冷凝结晶形成玄武岩。

从区域分布上来看,淮南地区从南往北依次出露火山岩相、火山沉积岩相和正常沉积岩相<sup>[14]</sup>。其中,火山岩相为火山沉积岩相提供物源,使得火山岩超覆在正常沉积地层之上。从火山岩相区到正常沉积岩相区,沉积碎屑物质的粒度总体上由粗变细。理论上,火山岩相区为丘状突起的地形,其地势高于周边地区,而火山岩区破碎的火山岩屑堆积物,易于风化和剥蚀,能为周边地区沉积提供物源。以火山岩丘状凸起区为物源,形成的环火山岩区展布的沉积体系多呈扇形展布<sup>[15]</sup>。

基于上述研究,提出淮南地区下二叠统火山岩与沉积岩互层叠置的发育模式:①在大陆裂谷的背景下,软流圈地幔上涌形成玄武质岩浆。这些岩浆一方面沿着地壳的裂隙上升,另一方面底侵下地壳使得新生地壳物质和古老陆壳组分发生熔融形成酸性岩浆(例如英安质或流纹质岩浆)。②酸性岩浆一方面沿着裂隙上升最终喷出地表形成紫红色流纹岩或英安岩,另一方面在地壳浅部发生侵位形成紫红色英安斑岩,部分侵入到石炭纪含砾晶屑凝灰岩和凝灰质角砾岩层中(图5a)。③酸性火山熔岩和火山角砾岩由于受到强烈的风化和剥蚀作用而形成大量的碎屑物质,这些碎屑产物被山区河流带走,当水流流出山口时,地形坡度变缓,水流向四方散开,流速骤减,在平面上形成锥形或扇状堆积体,即冲积扇-火山裙扇(图5b)。④晚期玄武质岩浆沿着裂隙向外发生喷溢,火山活动的间歇期伴随有泥质和砂质碎屑发生沉积,因此该阶段形成的玄

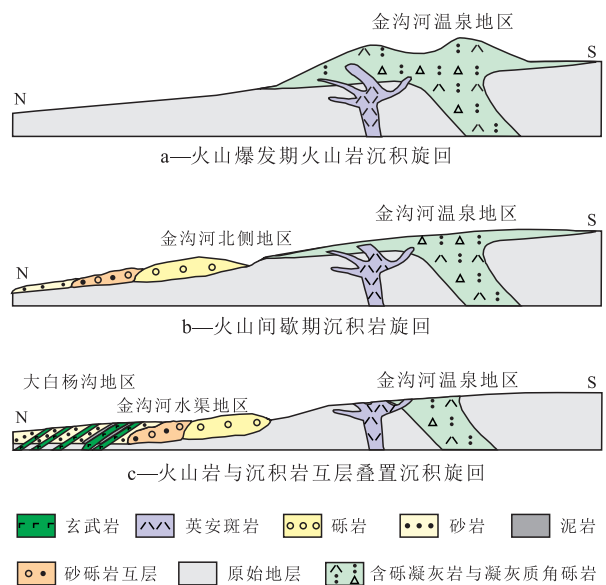


图5 淮南地区下二叠统火山岩与沉积岩互层叠置的发育模式

Fig.5 Developmental patterns of interbedded volcanic and sedimentary rock in the Lower Permian of Zhunnan area

武岩多与紫红色泥岩或中-粗粒砂岩互层发育<sup>[16-20]</sup> (图5c)。

## 5 结论

淮南地区下二叠统火山岩-沉积岩互层叠置地层序列以灰色玄武岩、灰红-紫红色英安斑岩与火山角砾岩层或砂泥岩层互层产出为特征,发育火山爆发相、次火山岩相、火山喷溢相、冲积扇扇根亚相、冲积扇扇中亚相和冲积扇扇缘亚相6种不同的岩相类型以及中性旋回、中-酸性旋回、沉积旋回和基性火山-沉积旋回4个旋回。在大陆裂谷的背景下,软流圈地幔上涌形成玄武质岩浆,岩浆底侵下地壳使新生地壳物质和古老地壳组分发生熔融形成酸性岩浆,最终形成紫红色流纹岩或英安岩、紫红色英安斑岩,部分侵入到石炭纪含砾晶屑凝灰岩和凝灰质角砾岩层。另外,富集的岩石圈地幔组分也会发生减压熔融形成酸性岩浆,这些岩浆通过火山爆发作用和在水体中发生沉积最终形成粗面质凝灰岩。火山活动的间歇期伴随有泥质和砂质碎屑发生沉积,因此形成了下二叠统火山岩-沉积岩互层叠置地層。

### 参考文献:

- [1] 李建忠,吴晓智,齐雪峰,等.新疆北部地区上古生界火山岩分布及其构造环境[J].岩石学报,2010,26(1):195-206.  
LI Jianzhong, WU Xiaozhi, QI Xuefeng, et al. Distribution and tectonic setting of Upper Paleozoic volcanic rock in northern Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(1): 195-206.
- [2] 钱青,王焰.不同构造环境中双峰式火山岩的地球化学特征[J].地质地球化学,1999,27(4):29-32.  
QIAN Qing, WANG Yan. Geochemical characteristics of bimodal volcanic suites from different tectonic settings [J]. Geology-Geochemistry, 1999, 27(4): 29-32.
- [3] PEARCE Julian. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries [M]//Thorpe R S. Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks. John Wiley and Sons, 1982: 525-548.
- [4] WILSON M. Igneous petrogenesis [M]. London: Unwin Hyman, 1989: 245-285.
- [5] 赵乐强,秦峰,贾凡建,等.准噶尔盆地南缘晚古生代双峰式火山岩成因机制及其地球动力学背景[J].岩石矿物学杂志,2017,36(2):148-162.  
ZHAO Leqiang, QIN Feng, JIA Fanjian, et al. Petrogenesis of Late Paleozoic bimodal volcanic rocks on the southern margin of the Junggar Basin and its geodynamic significance [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2017, 36(2): 148-162.
- [6] 刘建强,陈立辉,钟源,等.小兴安岭逊克地区第四纪高镁安山岩的岩石学、K-Ar年代学及火山地质特征[J].岩石学报,2017,33(1):31-40.  
LIU Jianqiang, CHEN Lihui, ZHONG Yuan, et al. Petrological, K-Ar chronological and volcanic geological characteristics of Quaternary Xunke high-Mg# andesites from the Lesser Khingan Range [J]. Acta Petrologica Sinica, 2017, 33(1): 31-40.
- [7] 耳闯,王英民,颜耀敏,等.构造活动盆地层序地层特征与主控因素——以准噶尔盆地克一百地区二叠系为例[J].沉积学报,2009,27(6):1101-1108.  
ER Chuang, WANG Yingmin, YAN Yaomin, et al. Sequence stratigraphy characteristics and main controlling factors of the tectonic active basin: As an example from Permian of the Kebai Area in the northwestern Junggar Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(6): 1101-1108.
- [8] 舒良树,朱文斌,王博,等.新疆博格达南缘后碰撞期陆内裂谷和地下水滑塌构造[J].岩石学报,2005,21(1):25-36.  
SHU Liangshu, ZHU Wenbin, WANG Bo, et al. The post-collision intracontinental rifting and olistostrome on the southern slope of Bogda Mountains, Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21(1): 25-36.
- [9] 刘辰生.塔里木盆地阿克库勒地区三叠系层序地层学与沉积相研究[D].长沙:中南大学,2006.  
LIU Chensheng. Study of sequence stratigraphy and sedimentary facies of Triassic in Akekule area of Tarim basin [D]. Changsha: Central South University, 2006.
- [10] 孙耀庭,李辉,孙超,等.济阳坳陷桂西地区中生界火成岩岩相序列[J].矿物岩石地球化学通报,2015,34(1):120-127.  
SUN Yaoting, LI Hui, SUN Chao, et al. Petrographic sequence of the Mesozoic igneous rock in the Zhuangxi area, Jiyang depression [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2015, 34(1): 120-127.
- [11] 谭宜春.徐深气田火山岩岩性岩相序列[J].天然气工业,2009,29(8):12-14.  
TAN Xianchun. Lithologic and lithofacies sequences of volcanic rocks in Xushen gas field [J]. Natural Gas Industry, 2009, 29(8): 12-14.
- [12] 李锦铁.新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变[J].地质论评,2004,50(3):304-322.  
LI Jinyi. Late Neoproterozoic and Paleozoic tectonic framework and evolution of Eastern Xinjiang, NW China [J]. Geological Review, 2004, 50(3): 304-322.
- [13] 高斌,穆立华,付兴深,等.南堡1号构造火成岩与断裂发育模式研究[J].中国矿业大学学报,2016,45(5):1003-1009.  
GAO Bin, MU Lihua, FU Xingshen, et al. Evolution pattern of igneous rock and fault in NP1 structure [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2016, 45(5): 1003-1009.
- [14] 舒萍,丁日新,曲延明,等.徐深气田火山岩储层岩性岩相模式[J].天然气工业,2007,27(8):23-27.  
SHU Ping, DING Rixin, QU Yanming, et al. Lithologic and lithofacies patterns of volcanic reservoirs in Xushen gas field [J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(8): 23-27.
- [15] 沙绍礼,敖德恩.大理-剑川地区新生代火山岩岩石学特征及火山喷发期研究[J].云南地质,2001,20(4):361-368.