

# 塔里木盆地巴楚一间房地区二叠系 侵入岩特征及其对储层的影响

徐康<sup>1,2</sup>, 于炳松<sup>1,2\*</sup>

(1.中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室,北京 100083;

2.中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083)

**摘要:**为了深入探讨深部岩浆活动对碳酸盐岩储层的影响,对塔里木盆地巴楚一间房地区的二叠系侵入岩及奥陶系碳酸盐岩围岩进行了详细的岩相学和地球化学研究。结果表明,研究区侵入岩主要为辉长岩和辉绿岩,为深成侵入岩, $w(\text{SiO}_2)$ 为39.91%~44.62%, $w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 为3.04%~3.95%, $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O})$ 为2.32~2.8,属钠质碱性系列,形成于板内构造环境;微量元素分配模式以Ba富集Sr亏损为特征;稀土总量为 $106.72\times 10^{-6}$ ~ $158.15\times 10^{-6}$ ,LREE/HREE为5.44~5.89, $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ 值为5.124~5.442, $\delta\text{Eu}$ 为1.091~1.237,稀土配分模式属轻稀土富集型。野外观测与室内分析结果表明:粘土矿物的生成,使得紧邻侵入岩的碳酸盐岩储集物性较差;在侵入岩附近一定距离,由于流体的溶蚀能力增强,碳酸盐岩储集物性较好。

**关键词:**侵入岩 碳酸盐岩 围岩 储层 巴楚一间房地区 塔里木盆地

**中图分类号:** TE112.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-9603(2013)05-0048-04

塔里木盆地是中国最大的内陆含油气盆地,古生代岩浆岩在盆地边缘及内部钻井和露头上均有出露。古生代岩浆岩主要发育于震旦纪—寒武纪和二叠纪<sup>[1-3]</sup>。塔里木盆地早二叠世岩浆活动形成的岩浆岩分布广泛,塔北、塔中、巴楚、满加尔、阿瓦提等地区的探井均有揭示。塔里木盆地岩浆岩分布明显受断裂控制,主要为沿深大断裂侵入或喷发的裂隙式岩浆岩。基性岩浆喷出后向四周扩散,以岩被形状大面积覆盖于地表,也存在中心式喷发的岩浆岩。

巴楚一间房地区所处的巴楚断隆位于塔里木盆地中央隆起带上<sup>[4-5]</sup>。研究区二叠纪火山活动强烈,区内分布大量的侵入岩。广泛发育的岩浆岩携带地壳深部热液流体上涌,对致密的碳酸盐岩储层进行改造,使碳酸盐岩孔洞系统发育,为油气聚集提供了良好的储集空间<sup>[6]</sup>。深成侵入岩与碳酸盐岩围岩直接接触,所携带的热液流体等易对碳酸盐岩储层物性进行改造<sup>[7]</sup>。因此,探讨侵入岩的特征及

其对储层的影响对指导勘探具有重要意义。笔者通过野外露头测量、室内镜下观察、化学实验测试等较为系统地研究了巴楚一间房地区二叠系侵入岩及碳酸盐岩围岩的岩相学和地球化学特征,分析了侵入岩形成的岩浆来源和演化环境,并以野外剖面为例探讨了侵入岩对碳酸盐岩储层的影响。

## 1 样品采集与测试

研究所用样品采集自巴楚一间房地区良里塔格山东南部野外剖面,进行测试的侵入岩样品共5块,编号分别为BY8-1-7, BY8-3-11, BY8-3-12, BY8-3-14和BY8-3-18;进行测试的碳酸盐岩围岩样品共8块,编号分别为BY8-1-1, BY8-1-7T, BY8-1-16, BY8-2-11, BY8-3-3, BY8-3-8, BY8-3-11T和BY8-3-18T。

侵入岩样品的主量、微量和稀土元素化学分析在核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成,

收稿日期: 2013-07-19。

作者简介:徐康,男,在读博士研究生,从事含油气盆地沉积和油气储层地质方面的研究。联系电话:15210842633, E-mail: xukang-star@foxmail.com。

\*通讯作者:于炳松,男,教授,博士生导师,从事含油气盆地沉积学和储层地质学的科研和教学工作。联系电话:(010)82321519, E-mail: yubs@cugb.edu.cn。

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目“中国西部叠合盆地深部油气复合成藏机制与富集规律”(2011CB201100-03),国家重点基础研究发展计划“973”项目“塔里木盆地古隆起迁移对碳酸盐岩储层发育的控制”(2006CB202302),国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发”(2011ZX05009-002),国家科技重大专项“塔里木盆地海相碳酸盐岩层系构造岩相古地理研究”(2011ZX05005-004-HZ06)。

其中主量元素根据 GB/T 14506.28—93<sup>[8]</sup> 由飞利浦 PW2404 X 射线荧光光谱仪测定;微量元素和稀土元素采用 DZ/T0223—2001 电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 测定。碳酸盐岩围岩的粘土矿物总量和常见非粘土矿物定量分析在中国石油勘探开发研究院石油地质实验研究中心完成,由 D/max-2500 TTR 采用 X 射线衍射定量分析。

## 2 侵入岩和围岩岩相学特征

侵入岩在露头上为灰绿色—灰黑色,据偏光显微镜鉴定,此侵入岩属于基性侵入岩,主要分为具辉长辉绿结构的辉长岩和具典型辉绿结构的辉绿岩。

辉长岩样品新鲜面为灰黑色,全晶质中粒等粒结构。暗色矿物含量多,色率大。偏光显微镜下可见其典型的辉长辉绿结构(图1)。其主要矿物为基性斜长石、辉石,次要矿物为黑云母,副矿物为橄榄石、磁铁矿。基性斜长石约为  $0.8\text{ mm}\times 0.3\text{ mm}$ ,卡钠复合双晶常见,含量约为 50%。辉石主要为单斜辉石和斜方辉石,单斜辉石约为  $0.4\text{ mm}\times 0.3\text{ mm}$ ,含量约为 20%;斜方辉石单偏光镜下略显浅肉色,约为  $0.6\text{ mm}\times 0.2\text{ mm}$ ,含量约为 20%。黑云母含量约为 4%。橄榄石含量约为 3%。磁铁矿为不透明矿物,含量约为 3%。

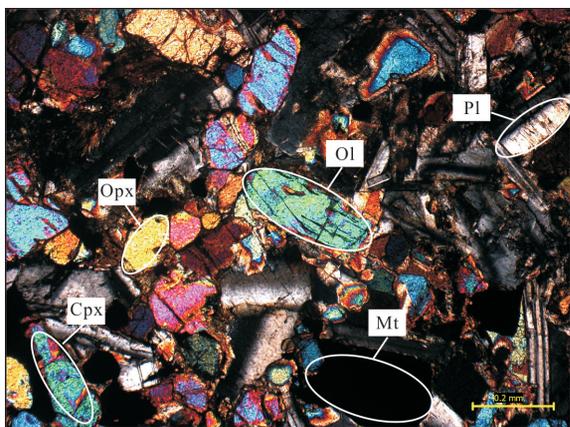


图1 巴楚一间房地区二叠系辉长岩侵入体显微结构

辉绿岩样品新鲜面为绿黑色,全晶质中粒等粒结构。暗色矿物含量多,色率较辉长岩稍小。偏光显微镜下可见其典型的辉绿结构(图2),即斜长石和辉石颗粒大小相近,自形晶斜长石之间形成近三角形空隙,其中充填单个的辉石颗粒。其主要矿物为基性斜长石、辉石,次要矿物为黑云母,副矿物为磁铁矿。基性斜长石约为  $0.8\text{ mm}\times 0.25\text{ mm}$ ,可见卡钠复合双晶以及聚片双晶,含量约为 50%。辉石主

要为单斜辉石和斜方辉石,单斜辉石约为  $0.2\text{ mm}\times 0.3\text{ mm}$ ,含量约为 8%;斜方辉石约为  $0.5\text{ mm}\times 0.4\text{ mm}$ ,个别可达  $1.0\text{ mm}\times 0.5\text{ mm}$ ,含量约为 25%,部分绿泥石化。黑云母呈半自形片状,一组极完全解理,含量约为 10%。

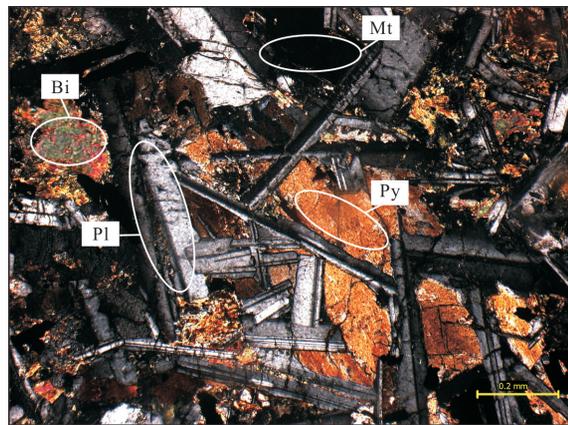


图2 巴楚一间房地区二叠系辉绿岩侵入体显微结构

碳酸盐岩围岩在露头上呈灰白色至浅灰绿色,主要岩性为白云质灰岩及灰质白云岩,新鲜面为灰白色,块状构造;镜下观察其中方解石的粒度大多为  $0.03\sim 0.15\text{ mm}$ ,最大可达  $0.6\text{ mm}\times 0.35\text{ mm}$ ,可见闪突起,含有聚片双晶,菱形解理,单偏光镜下无色透明,正交偏光镜下最高干涉色为高级白。方解石含量约为 75%。白云石粒度小,约为  $0.02\sim 0.03\text{ mm}$ ,单偏光镜下无色透明,正交偏光镜下最高干涉色为高级白,含量为 25%。

## 3 侵入岩和围岩地球化学特征

测试结果表明,巴楚一间房地区二叠系侵入岩的  $w(\text{SiO}_2)$  为 39.91%~44.62%,  $w(\text{TiO}_2)$  为 2.72%~3.23%,  $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$  为 11.55%~15.09%,  $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  为 16.15%~22.5%,  $w(\text{MnO})$  为 0.18%~0.27%,  $w(\text{MgO})$  为 7.47%~11.52%,  $w(\text{CaO})$  为 2.72%~3.23%,  $w(\text{P}_2\text{O}_5)$  为 0.5%~0.73%,  $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$  为 3.04%~3.95%,  $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O})$  为 2.32~2.8。其中,  $\text{Na}_2\text{O}$  的含量高于  $\text{K}_2\text{O}$ ,依据  $w(\text{K}_2\text{O})-w(\text{Na}_2\text{O})$  岩石分类图解(图3)可知,此侵入岩属钠质碱性系列。

由巴楚一间房地区二叠系侵入岩微量元素原始地幔标准化分析结果可知,  $\text{Nb}^*$  为 0.8~0.899,  $\text{Ti}^*$  为 0.915~1.64,  $\text{Sr}^*$  为 0.532~0.746,  $\text{Nb}$  呈现相对亏损,  $\text{Sr}$  呈现较明显亏损,分配模式特征为  $\text{Ba}$  富集  $\text{Sr}$  亏损(图4),原因可能是遭受了较强的同化混染或交代作用。

巴楚一间房地区二叠系侵入岩样品的稀土总

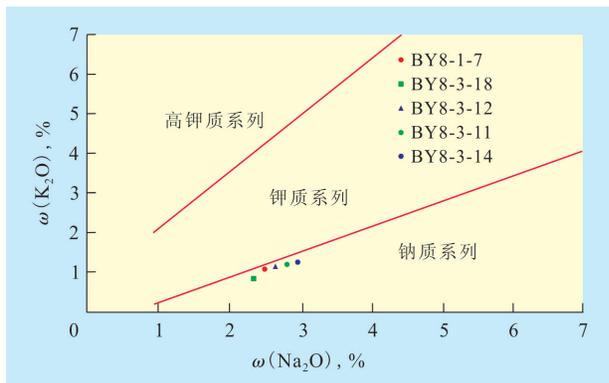


图3 巴楚一间房地区二叠系侵入岩 $w(K_2O)$ — $w(Na_2O)$ 岩石分类图解

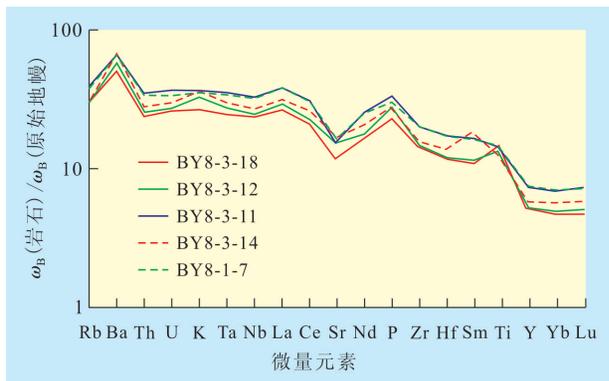


图4 巴楚一间房地区二叠系侵入岩微量元素原始地幔标准化蛛网图

量为  $106.72 \times 10^{-6} \sim 158.15 \times 10^{-6}$ ,  $La_N/Yb_N$  值为 5.124 ~ 5.442,  $Ce_N/Yb_N$  值为 4.102 ~ 4.332, LREE/HREE 为 5.44 ~ 5.89, 说明轻、重稀土发生了分异, 为轻稀土富集型, 稀土配分曲线表现为右倾的模式(图5)。  $La_N/Sm_N$  值为 2.223 ~ 2.484,  $Gd_N/Lu_N$  值为 1.523 ~ 1.637, 说明轻稀土和重稀土各自内部也有一定的分馏;  $\delta Eu$  为 1.091 ~ 1.237,  $Eu$  呈现正异常;  $\delta Ce$  为 1.388 ~ 1.425,  $Ce$  也呈现正异常。

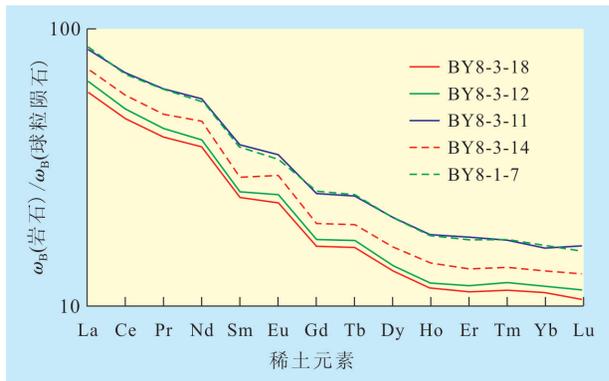


图5 巴楚一间房地区二叠系侵入岩稀土元素球粒陨石标准化分布模式

碳酸盐岩围岩的石英含量为 0.3% ~ 0.5%, 方解石含量为 97.6% ~ 99%, 粘土矿物含量为 0.5% ~

1.2%。根据野外实地观察发现, 粘土矿物分布与侵入岩位置有关, 靠近侵入岩的碳酸盐岩粘土矿物含量较高, 远离侵入岩的碳酸盐岩的粘土矿物含量较低(图6), BY8-1-7T 和 BY8-3-18T 样品的粘土矿物含量均较高。

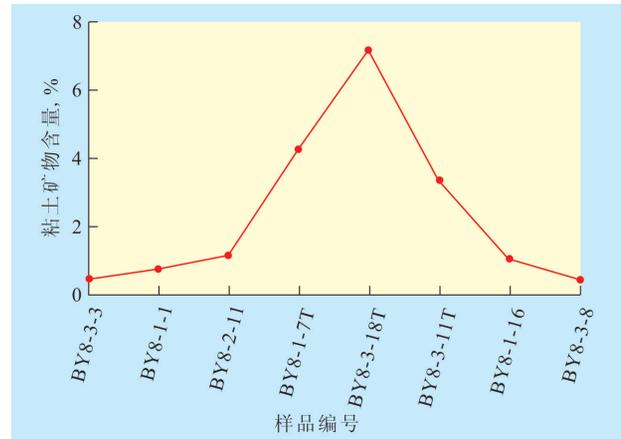


图6 碳酸盐岩围岩中粘土矿物含量分布

板块构造位置及其活动与岩浆形成有较强的相关性, 岩石的微量元素特征可以提供有关侵入岩形成来源、演化及侵位构造环境的相关信息<sup>[9-12]</sup>。由侵入岩样品微量元素特征及其蛛网图可以看出, 该侵入岩表现为强不相容元素富集, Ba 富集而 Cr 亏损,  $Rb_N/Yb_N$  值 (5.324 ~ 6.437) 大于 1, 在  $w(Zr)/w(Y)$ — $w(Zr)$  图解<sup>[13]</sup> 和  $w(Zr)/w(Y)$ — $w(Ti)/w(Y)$  图解<sup>[14]</sup> 中 5 个样品都落在板内玄武岩区域, 表明该侵入岩形成于板内构造环境。

巴楚一间房地区二叠系侵入岩轻稀土富集, 稀土配分曲线呈现右倾模式,  $Eu$  正异常, 这些特征表明侵入岩形成于较稳定陆内构造环境。Th 活动性较强, Ta 和 Hf 活动性极弱, 岩浆分离结晶过程很难影响  $w(Ta)/w(Hf)$  和  $w(Th)/w(Hf)$ , 因此该比值可以较为准确地反映岩浆岩的侵位构造环境和源区性质, 5 个样品均落在陆内裂谷碱性玄武岩区域(图7)。

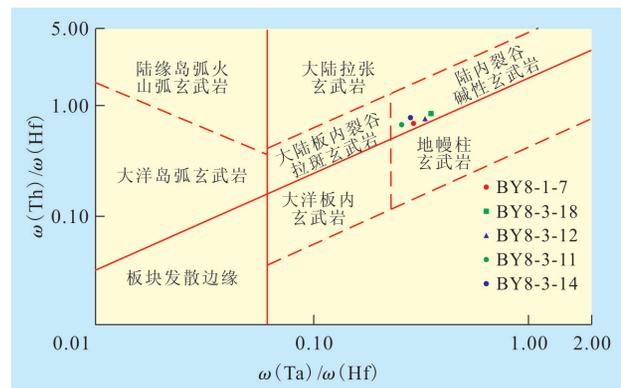


图7 巴楚一间房地区二叠系侵入岩  $w(Th)/w(Hf)$ — $w(Ta)/w(Hf)$  图解

## 4 侵入岩对碳酸盐岩储层的影响

Hutcheon 等研究表明,多数碳酸盐岩样品随着温度升高,高岭石和白云石会发生反应产生蒙脱石,生成物的多少主要取决于高岭石的含量<sup>[15-17]</sup>。这一过程可对碳酸盐岩的孔隙大小和分布产生重要影响,粘土矿物的生成容易填充原有孔隙,造成孔隙度和渗透率的降低。在进行野外露头观察和室内分析时发现:紧邻侵入岩的碳酸盐岩储集物性并不好,原因是紧邻侵入岩导致碳酸盐岩围岩温度升高,碳酸盐岩生成粘土矿物含量较高,使孔隙度降低,流体难以流通,致使其对围岩的作用较小,表现为其碳同位素值与侵入岩的碳同位素值差别较大。在侵入岩附近8~10 m以外,由于孔隙度较高,流体有足够的空间对围岩形成较强烈的溶蚀作用,所以此处围岩的碳同位素值与侵入岩的碳同位素值较为接近,溶蚀缝洞发育,孔渗条件明显变好。

## 5 结论

巴楚一间房地区二叠系侵入岩主要由辉长岩和辉绿岩组成。主要矿物为斜长石和辉石,次要矿物为黑云母,副矿物为橄榄石和磁铁矿,属深成侵入岩。地球化学分析结果表明,侵入岩的 $w(\text{SiO}_2)$ 为39.91%~44.62%, $w(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 为3.04%~3.95%, $w(\text{Na}_2\text{O})/w(\text{K}_2\text{O})$ 为2.32~2.8,属钠质碱性系列。

巴楚一间房地区二叠系侵入岩的微量元素分配模式特征为Ba富集而Sr亏损,表现为强不相容元素富集。稀土总量为 $106.72 \times 10^{-6}$ ~ $158.15 \times 10^{-6}$ ,LREE/HREE为5.44~5.89,稀土配分模式属轻稀土富集型,表现为右倾的模式, $\text{La}_N/\text{Yb}_N$ 值为5.124~5.442, $\delta\text{Eu}$ 为1.091~1.237, Eu呈现正异常,表明该侵入岩形成于板内构造环境。

野外观测与室内分析结果表明,由于高温导致粘土矿物的生成,使得紧邻侵入岩的碳酸盐岩孔隙度较低,储集物性较差;在侵入岩附近8~10 m外,由于岩浆流体侵入活动对碳酸盐岩围岩形成溶蚀作用,使得碳酸盐岩围岩孔隙度增加,可形成有利的储层。

## 参考文献:

- [1] 罗小龙, 汤良杰, 谢大庆, 等. 塔里木盆地雅克拉断凸构造样式与油气成藏[J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(3): 38-41, 52.
- [2] 杨树锋, 厉子龙, 陈汉林, 等. 塔里木盆地二叠纪石英正长斑岩岩墙的发现及其构造意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1405-1412.
- [3] 黄玉平, 姜正龙, 李景瑞, 等. 塔里木盆地新构造运动时期构造应力方向[J]. 油气地质与采收率, 2013, 20(3): 5-9, 17.
- [4] 孙龙德, 周新源, 王国林. 塔里木盆地石油地质研究新进展和油气勘探主攻方向[J]. 地质科学, 2005, 40(2): 167-178.
- [5] 肖安成, 杨树锋, 李曰俊, 等. 塔里木盆地巴楚隆起断裂系统主要形成时代的新认识[J]. 地质科学, 2005, 40(2): 291-302.
- [6] 杨宁, 吕修祥, 郑多明. 塔里木盆地火成岩对碳酸盐岩储层的改造作用[J]. 西安石油大学学报: 自然科学版, 2005, 20(4): 1-4.
- [7] 聂保锋, 于炳松, 朱金富. 巴楚地区碳酸盐岩中深成侵入岩特征及其对储层发育的影响[J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 90-99.
- [8] 李国会, 颜茂弘, 梁国立. GB/T 14506.28—93 硅酸盐岩石化学分析方法 X射线荧光光谱法测定主、次元素量[S]. 北京: 国家技术监督局, 1993.
- [9] 祝贺, 刘家铎, 田景春, 等. 塔北—塔中地区三叠系层序地层格架及生储盖组合特征[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(3): 14-19.
- [10] Middlemost E A K. The basalt clan [J]. Earth-Science Reviews, 1975, 11(4): 337-364.
- [11] 周动力, 汪勇, 张秀波. 火成岩有利储层与油气成藏分析[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(5): 6-10.
- [12] Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies [M]//Henderson P. Rare earth element geochemistry. Developments in Geochemistry 2. Amsterdam: Elsevier, 1984: 63-114.
- [13] Yang S F, Chen H L, Ji D W, et al. Geological process of early to middle Permian magmatism in Tarim basin and its geodynamic significance [J]. Geological Journal of China Universities, 2005, 11(4): 504-511.
- [14] Li C N. The features of trace elements in igneous petrology [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1992.
- [15] Hutcheon I, Oldershaw A. The effect of hydrothermal reactions on the petrophysical properties of carbonate rocks [J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1985, 33(3): 359-377.
- [16] 倪新锋, 王招明, 杨海军, 等. 塔北地区奥陶系碳酸盐岩储层岩溶作用[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(5): 11-16.
- [17] Sun F Y, Shi Z L. On the mantle-derived C-H-O fluid system and its significance to some geologic processes within continental plate [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(2): 167-174.