

塔里木盆地古董山火山岩地球化学特征 及可能的时代

潘家伟¹ 李海兵¹ 孙知明² 司家亮¹ 裴军令² 张丽军³

(1. 大陆构造与动力学国家重点实验室, 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 3. 河北工程技术高等专科学校水利系, 河北 沧州 061001)

摘要:前人原将塔里木盆地中部古董山地区划为二叠纪的地层中夹有 4 层火山岩, 但对该处火山岩至今没有详细的地球化学和同位素年代学研究。笔者经过详细的野外考察和室内的实验测试, 揭示了古董山火山岩的野外特征、地球化学特征和 K-Ar 定年及锆石 SHRIMP U-Pb 定年数据, 并对古董山火山岩可能的时代和形成时的构造环境进行了讨论。认为在塔里木盆地古董山地区白垩纪发生过多次岩浆活动事件, 锆石 SHRIMP U-Pb 定年记录的最新岩浆活动是在晚白垩世, 而且可能还有更新的岩浆活动, 古董山火山岩的时代可能要重新考虑, 或许应为白垩纪。地球化学特征显示古董山火山岩显著富集 TiO₂, 并且 FeO+Fe₂O₃、P₂O₅ 含量较高, Al₂O₃、MgO、CaO 含量较低, 主量、微量元素特征均反映出古董山火山岩为典型的板内玄武岩, 形成于板内拉张环境。

关键词:塔里木盆地; 古董山; 火山岩; 地球化学; 年龄

中图分类号: P588.14; P597^{+.3} **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)04-0829-09

塔里木盆地位于中国西北部, 面积约 56 万 km², 是经历了古生代、中生代和新生代长期发展演化而发育起来的大型复合含油气盆地^[1-3], 具有丰富的油气资源和良好的勘探远景。盆地中心大部分被浩瀚的塔克拉玛干沙漠覆盖, 极少有露头出现, 而在沙漠中部, 麻扎塔格构造带(图 1)呈长条状近东西向延伸近 300 km, 是塔里木盆地中部地层出露最好的一片地区。沿整个麻扎塔格构造带出露有连续性极好的新生代地层, 在中段地区还零星出露有石炭系、二叠系和侏罗系(图 1), 沙漠中的这片地质绿洲为地质学家研究塔里木盆地的构造演化历史和油气生储运条件提供了良好的材料。本文的研究地点古董山位于麻扎塔格构造带中段(图 1), 在古董山东

南端的北侧出露有小块地层, 原被划为二叠纪^{①②③}(本文认为可能为白垩纪)(图 2), 沉积地层下部夹有数层气孔状火山岩。由于地处沙漠深处, 交通不便, 至今未见有关该火山岩的研究报道, 仅在部分区调报告中有所提及^{①②③}。根据火山岩夹于二叠纪地层中的产状关系将火山岩的时代定为二叠纪, 缺乏确切的年代学证据。而该处的二叠系本身也没发现化石, 其时代是根据岩性、地层层位与邻区类似的岩层对比而定的^④。在 2007 年的野外考察中, 笔者采到了该处的火山岩样品, 并对这些样品进行了分析测试。本文将根据野外考察资料和测试结果对古董山火山岩的野外特征和地球化学特征进行报道, 并对火山岩的时代及火山岩形成的构造环境进行讨论。

收稿日期: 2011-04-29; 改回日期: 2011-05-22

基金项目: 中石化项目“塔里木盆地及周缘的动态演化与油气资源前景”(YPH08110)和中国地质调查局地质大调查项目(1212010918036、1212011121267)资助。

作者简介: 潘家伟, 男, 1983 年生, 博士生, 构造地质学专业; E-mail: jiawei_pan@yahoo.com.cn。

①杨天泰. 玛扎尔塔克普查报告(比例尺 1:200000). 新疆石油管理局 112 队, 1958.

②王景斌等. 新疆和田幅 J-44 1:100 万地质图说明书. 石油部新疆石油管理局, 1964.

③李有先等. 新疆维吾尔自治区和田地区 1:50 万地质图、矿产图及说明书. 新疆地矿局第 10 地质大队, 1989.

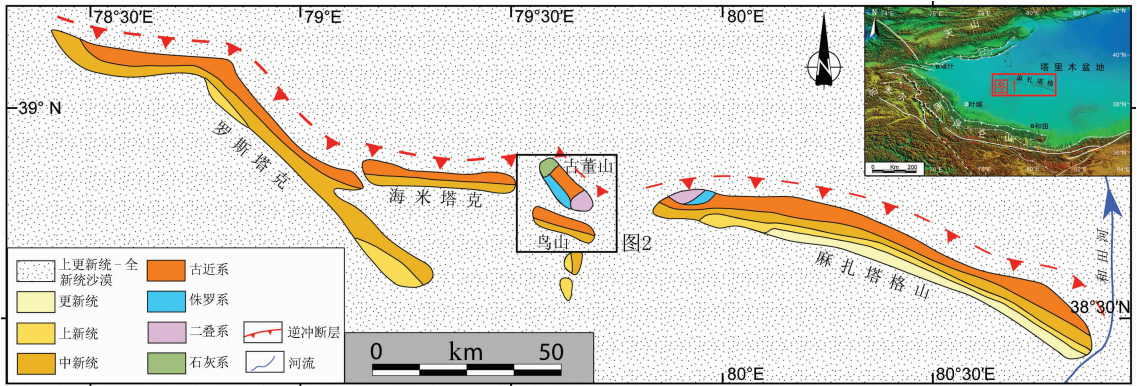


图1 麻扎塔格构造带地质简图

(据青藏高原及邻区 1:150 万地质图^[4]改绘)

Fig.1 Simplified geological map of Mazartagh area, Tarim Basin
(modified after Geological map of Tibet Plateau and adjacent areas^[4])

1 地质背景及采样剖面

研究区位于塔里木盆地中南部,麻扎塔格构造带中段。前人通常所说的麻扎塔格构造带指的是一条基底卷入型的断裂构造带,主要由近于平行的麻扎塔格南断裂和麻扎塔格北断裂构成^[5,6]。最近的研究表明麻扎塔格构造带是一条逆冲褶皱带^[7],它总体呈北西西—南东东方向展布,由几段不连续的隆起构成,自西向东包括海米塔克、罗斯塔克、鸟山、古董山和麻扎塔格山(图1)。在构造位置上,麻扎塔格构造带南侧为麦盖提斜坡,北侧属于巴楚隆起,是两构造单元的分界线。古董山位于麻扎塔格构造带的中段,其南侧的鸟山及西侧的海米塔克主要由新生代地层构成(图1),古董山主要由侏罗纪及古近纪沉积物组成(图2),在山体西北角出露有石炭纪灰岩,东南端北侧的小片露头原被划为二叠纪阿恰群(P_{aq})^[8](本文认为可能为白垩系),呈断块状出露,为陆相的杂色砂岩、泥岩交互沉积,夹基性喷发岩。本文研究的古董山火山岩就夹在该处地层中,下面对该处的火山岩剖面(图3)进行描述。

所测赋存火山岩的剖面(图3)长约200 m,总体倾向南西,由4层火山岩与4套沉积岩层互层构成。最下部的沉积岩层①为紫红色、灰白色砂岩,厚约20 m;往上火山岩层①底部为深棕色,顶部呈灰绿色,火山岩具杏仁构造,可见较多斜长石斑晶,该层火山岩厚约40 m,产状为 $132^{\circ}(\text{SW}) \angle 50^{\circ} \sim 59^{\circ}$;沉积岩层②为紫红色砂岩夹灰白色泥灰岩薄层,顶部

可见约1 m厚的浅色烘烤边,该层沉积岩总厚度约25 m,产状 $114^{\circ}(\text{SW}) \angle 54^{\circ}$;火山岩层②底部可见黄绿色冷凝边,火山岩呈深棕色、灰绿色,含燧石条带玛瑙,厚约30 m;沉积岩层③为紫红色砂岩夹薄层灰白色泥灰岩,厚约15 m,顶部有烘烤边;火山岩层③底部有易碎的黄绿色冷凝边,火山岩含气孔、杏仁,厚度约15 m;沉积岩层④为紫红色砂岩,厚约5 m,顶部可见约0.5 m厚的灰白色烘烤边;火山岩层④厚约40 m,岩石为黑色、灰绿色,具气孔、杏仁构造,底部可见冷凝边,该层产状较陡,为 $120^{\circ}(\text{SW}) \angle 80^{\circ}$;再往上为一套坡积灰岩碎屑沉积。在4层火山岩中均采集了样品,具体采样位置在剖面中已标出(图3-b)。

2 测试分析方法

在上述4层火山岩中每层分别挑选了1~2件样品进行全岩地球化学分析和K-Ar年代测试。

全岩地球化学主量、微量元素分析在中国地质科学院国家地质实验测试中心完成。主量元素通过XRF(X荧光光谱仪3080E)方法测试,分析精度为5%。微量元素和稀土元素通过等离子质谱仪(ICP-MS-Excell和X-series)分析,含量大于 10×10^{-6} 的元素测试精度为5%,小于 10×10^{-6} 的元素测试精度为10%。分析结果见表1。

K-Ar年龄测试在北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室完成,采用全岩测试。样品测试前经过以下步骤处理:(1)切去表面氧化层;(2)手工粉

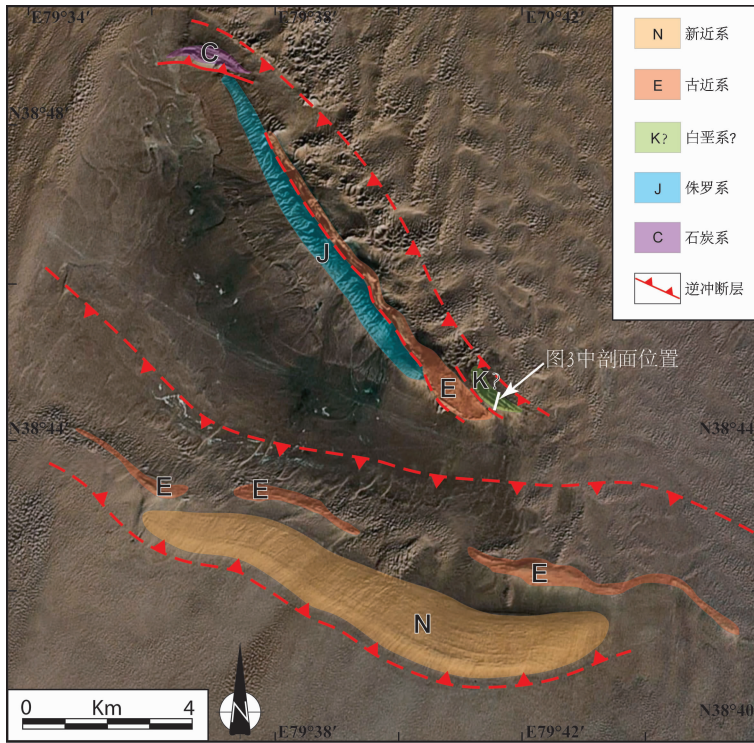


图 2 古董山卫星影像及其地质解译

Fig.2 Satellite image of Gudongshan and its geological interpretation

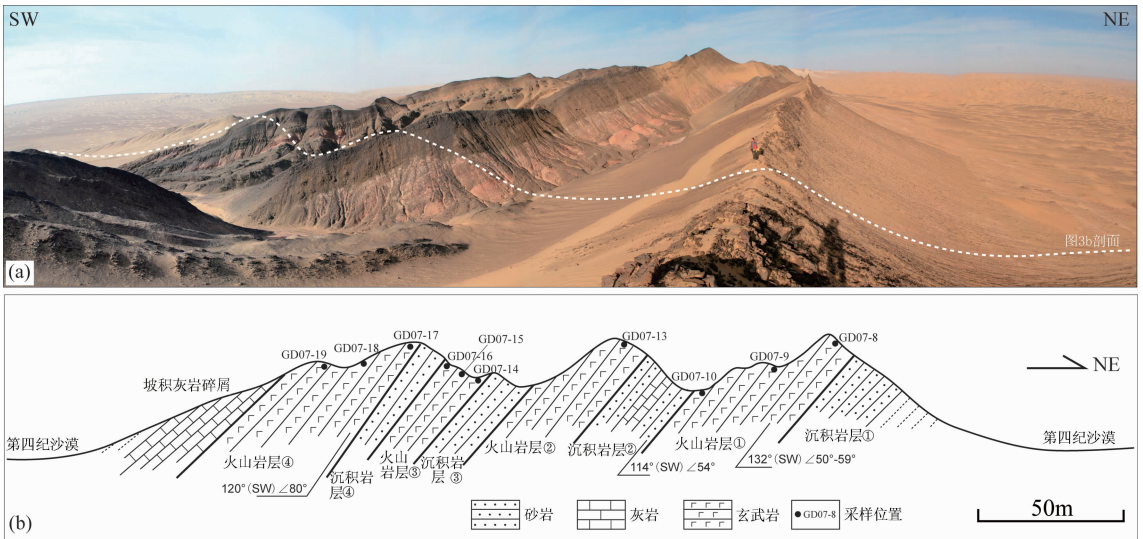


图 3 古董山火山岩剖面野外照片(a)及剖面图(b)

Fig.3 Field photo (a) and geological section (b) of Gudongshan volcanic rocks

碎至 60~80 目; (3)5%~10%稀硝酸浸泡 2 h; (4)6%氢氟酸浸泡 5 min; (5)清水冲洗 5 次,并浸泡过夜,以除去可能残存的酸; (6) 用去离子水冲洗 3~5 次,并用超声波清洗 5 min; (7)在烘箱中烘干,烘烤温

度<100℃; (8)放于干燥皿中备用。钾含量测量采用锂内标钠缓冲火焰光度计法(仪器型号 6400), 氩含量测量采用 RGA10 质谱计, 稀释法静态测量。

锆石 SHRIMP U - Pb 年龄测试在北京离子探

表 1 古董山火山岩主量元素 (%) 和微量元素 (10^{-6}) 分析结果

Table 1 Major (%) and trace (10^{-6}) elements analytical results of Gudongshan volcanic rocks

样品编号	GD07-8	GD07-13	GD07-14	GD07-19
SiO ₂	47.50	45.83	45.78	46.01
TiO ₂	3.92	3.90	4.17	4.07
Al ₂ O ₃	13.19	12.91	12.96	13.79
Fe ₂ O ₃	6.33	5.93	5.86	6.26
FeO	9.57	11.41	10.60	9.29
MnO	0.24	0.27	0.25	0.21
MgO	4.70	4.27	4.58	5.23
CaO	7.63	7.55	7.36	7.73
Na ₂ O	3.22	3.11	3.26	3.22
K ₂ O	1.63	1.85	1.73	1.32
P ₂ O ₅	1.01	1.76	1.48	1.20
H ₂ O ⁺	0.90	1.16	1.18	1.56
CO ₂	0.32	0.12	0.14	0.20
LOI	0.12	0.01	0.14	0.72
Total	100.28	100.08	99.49	100.81
V	291	181	216	219
Cr	35.9	23.7	37.9	52.4
Ni	29.5	22.2	29.8	58.2
Rb	35.7	38.5	28.6	25.6
Sr	366	324	334	370
Zr	293	413	418	327
Nb	27.4	38.3	37.9	31.1
Ba	690	778	782	702
Hf	6.75	9.26	8.78	7.35
Ta	1.76	2.41	2.37	1.98
Pb	9.17	11.0	34.4	9.22
Th	5.45	6.96	5.89	5.16
U	1.16	1.43	1.38	1.09
La	46.1	64.0	56.5	46.9
Ce	93.2	131	115	97.0
Pr	11.9	17.2	15.0	12.4
Nd	50.4	74.3	64.1	53.1
Sm	11.0	16.0	13.8	11.4
Eu	3.40	4.27	3.99	3.39
Gd	10.8	15.3	13.5	11.2
Tb	1.64	2.33	2.02	1.70
Dy	10.1	14.0	12.0	10.6
Ho	1.86	2.64	2.24	1.99
Er	5.09	6.99	5.95	5.30
Tm	0.70	0.96	0.85	0.72
Yb	4.27	5.74	5.11	4.51
Lu	0.64	0.89	0.78	0.67
Y	51.3	68.8	61.7	53.7
SREE	251.10	355.62	310.84	260.88
LREE	216.00	306.77	268.39	224.19
HREE	35.10	48.85	42.45	36.69
LREE/HREE	6.15	6.28	6.32	6.11
La _N /Yb _N	7.74	8.00	7.93	7.46
δEu	0.94	0.82	0.88	0.91

针中心的 SHRIMP II 型离子探针仪器上完成,分析流程见 Compston et al.(1992)^[9]和宋彪等(2002)^[10],应用锆石标样 91500(1062.4 Ma)标定样品的 U、Th、Pb 含量,进行年龄校正,普通铅根据实测的 ²⁰⁴Pb 进行校正。

3 岩相学特征

火山岩样品大多为深棕色-灰黑色,细粒-隐晶质结构,块状构造,部分样品可见气孔、杏仁构造,岩石主要由斜长石、辉石、橄榄石、磁铁矿等矿物组成。在显微镜下(图 4)可见斜长石以斑晶和基质两种形式出现,基质斜长石成分以拉长石为主。斜长石微晶体表面干净,未被蚀变,呈半自形到自形长条状,粒径较小,相互杂乱排列构成格架。辉石呈细小粒状,半自形到他形,粒径 0.05 mm×0.15 mm~0.2 mm×0.3 mm。橄榄石半自形到他形,粒径 0.1 mm 左右,干涉色级别高,粒度小。辉石和橄榄石、磁铁矿及其他矿物充填在斜长石条晶的格架中构成间粒或填间结构,或以较大的颗粒部分包裹斜长石构成岛状辉绿结构和次辉绿结构。

4 地球化学特征

4.1 主量元素

从表 1 中可以看到,4 个样品的 SiO₂ 含量为 45.78%~47.50%,属于基性火山岩。古董山火山岩主量元素的一个显著特征是 TiO₂、FeO+Fe₂O₃、P₂O₅ 含量较高,TiO₂ 达 3.90%~4.17%,FeO+Fe₂O₃>15%,P₂O₅>1%,Al₂O₃ 含量低,为 12.91%~13.79%,MgO、CaO 含量也偏低,K₂O 含量 1.32%~1.85%,Na₂O 含量 3.11%~3.26%,(K₂O+Na₂O) 为 4.54%~4.99%。在 TAS 图解中(图 5-a),古董山火山岩基本上落入碱性岩浆系列中的玄武岩区域,其中 GD07-13 和 GD07-14 这两个样品位于粗面玄武岩和玄武岩的界线附近。4 个样品的 K₂O/Na₂O 值较低,为 0.41~0.59,在 K₂O-Na₂O 图解(图 5-b)中,样品 GD07-13 位于钾质区,GD07-19 位于钠质区,另外 2 个样品落于钾质与钠质界线附近。

4.2 微量元素

球粒陨石标准化稀土元素分布型式图(图 6-a)显示,古董山火山岩富集轻稀土元素。各样品的稀土元素分配模式呈近平行的右倾负斜率曲线,δEu 值 0.82~0.94,负异常不明显。4 件样品的 ΣREE 为

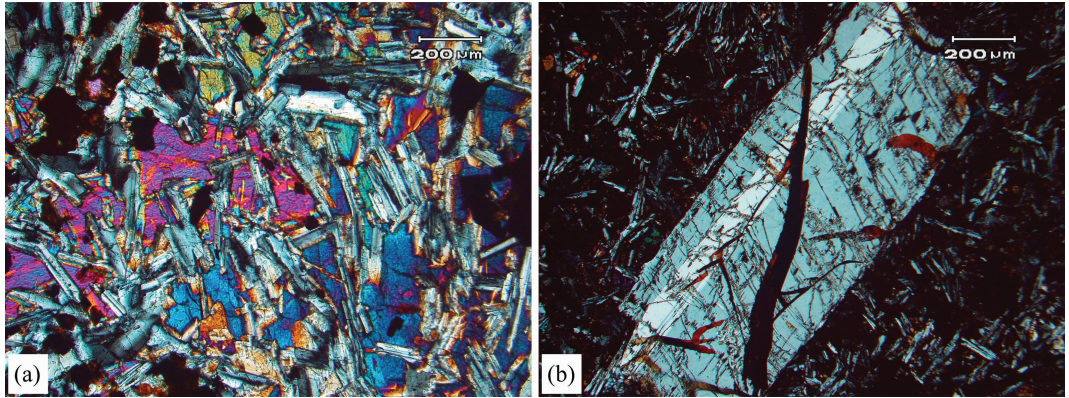


图 4 古董山火山岩显微照片

(a) — 玄武岩间粒结构; (b) — 斜长石斑晶

Fig.4 Microphotos of Gudongshan volcanic rocks

(a) — Intergranular texture; (b) — Porphyritic crystal of plagioclase

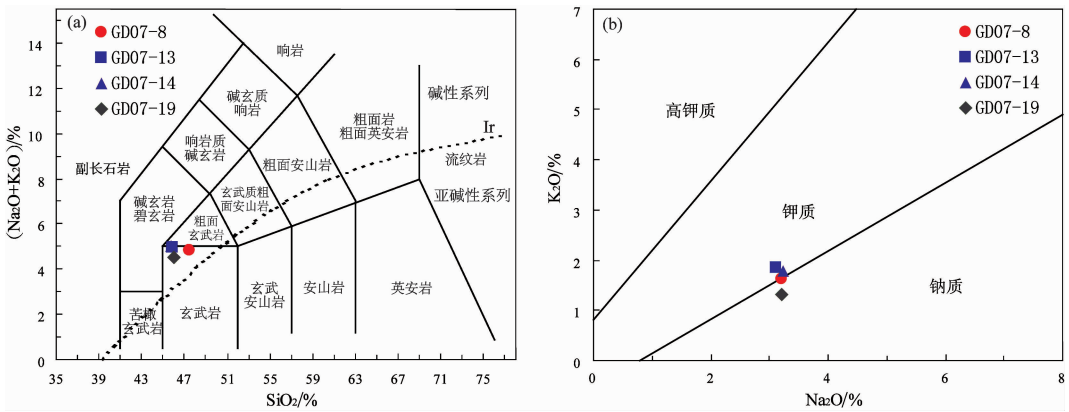


图 5 古董山火山岩 TAS 分类图解 (据文献[11]; Ir 界线据文献[12]) (a) 及 K₂O—Na₂O 图解 (b)

Fig.5 TAS diagram (after reference [11]; Ir boundary after reference [12]) (a) and K₂O—Na₂O diagram (b) of Gudongshan volcanic rocks

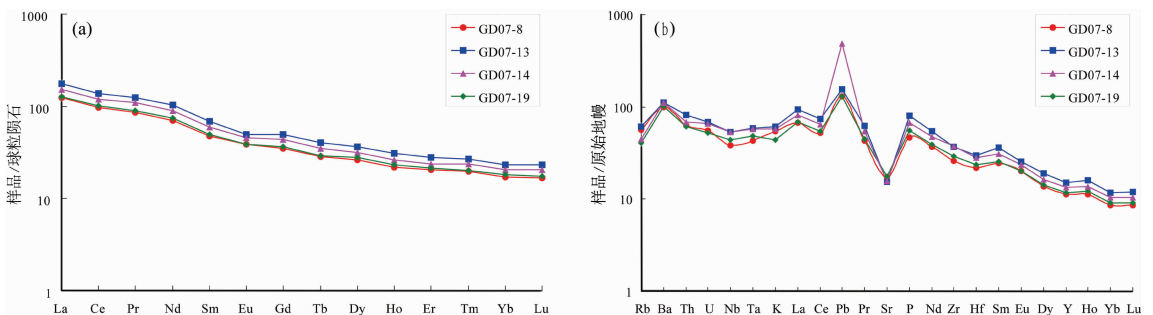


图 6 古董山火山岩稀土元素球粒陨石标准化分布型式图 (a) 及微量元素原始地幔标准化蛛网图 (b)

标准化球粒陨石数据根据 Taylor and McLennan (1985)^[13]; 原始地幔数据根据 Sun and McDougall (1989)^[14]

Fig.6 Chondrite-normalized REE patterns (a) and primitive mantle normalized multi-element diagrams (b) (chondrite after Taylor and McLennan (1985)^[13]; primitive mantle after Sun and McDougall (1989)^[14])

$251.10 \times 10^{-6} \sim 355.62 \times 10^{-6}$, 平均值为 294.61×10^{-6} 。LREE 总量 $216 \times 10^{-6} \sim 306.77 \times 10^{-6}$, HREE 总量 $35.1 \times 10^{-6} \sim 48.85 \times 10^{-6}$, LREE/HREE 比值范围 6.11~6.32。反映轻稀土富集程度的 LaN/YbN 比值为 7.46~8。微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 6-b)显示明显的 Sr 负异常和 Pb 正异常。Sr 的负异常一般与斜长石的结晶分异作用有关, 然而稀土元素配分曲线(图 6-a)不存在明显的 Eu 负异常, 说明 Sr 的负异常可能不是斜长石的分离结晶作用引起的, 而可能是后期的蚀变作用造成。

5 讨论

5.1 古董山火山岩的时代

本文开头已经指出, 前人对古董山火山岩缺乏研究, 其时代是根据火山岩夹于前人所划的二叠纪地层中而定为二叠纪, 缺乏确切的年代学证据。那么古董山火山岩是否属于二叠纪? 若非二叠纪, 又属于哪个地质时代?

为了查明古董山火山岩的形成时代, 笔者对取自不同层位火山岩的 5 个样品进行了全岩 K-Ar 年龄测定, 测年结果见表 2。测得的年龄较为分散, GD07-17 号样品年龄最老, 为 (291.50 ± 3.91) Ma (二叠纪), GD07-10 号样品年龄最新, 为 (137.68 ± 2.40) Ma (白垩纪), 其他 3 个样品的年龄分别为 (277.35 ± 3.83) Ma (GD07-9)、 (246.73 ± 4.20) Ma (GD07-13)、 (206.51 ± 3.02) Ma (GD07-18)。测年结果与预期的差别很大, 不仅各个样品之间年龄差别很大, 而且在野外原本感觉分层性极好的剖面上年龄随机分布, 不成序列, 毫无规律。

从所获得的 K-Ar 年龄来看(表 2), 二叠纪的

年龄是存在的 (GD07-17: 291.50 ± 3.91 Ma; GD07-9: 277.35 ± 3.83 Ma), 同时也存在三叠纪的年龄 (GD07-13: 246.73 ± 4.20 Ma; GD07-18: 206.51 ± 3.02 Ma), 最年轻的年龄为白垩纪 (GD07-10: 137.68 ± 2.40 Ma)。上述年龄的分布明显与笔者在野外观察到的地质现象不符, 这可能是 K-Ar 测年方法本身的问题所致。那么究竟是老的年龄较为可信还是新的年龄可信度高, 又或是获得的 K-Ar 年龄都不可靠呢?

为解决 K-Ar 年龄可信度不高的问题, 笔者还对 GD07-14 号样品进行了锆石 SHIRMP U-Pb 年龄测定, 在其中的 3 颗锆石上也获得了 7 个白垩纪年龄(表 3、图 7), 最年轻的年龄是 (80.1 ± 4.3) Ma, 为晚白垩世。由于白垩纪年龄点太少, 并且年龄也较为分散, 因此无法计算出准确的谐和年龄, 但从锆石形态上看, 获得白垩纪年龄的 3 颗锆石均有明显的振荡环带, 为典型的岩浆锆石(图 7)。这样来看的话, 研究区不仅存在白垩纪的岩浆活动事件, 而且最新的岩浆活动事件应该在 80 Ma 左右, 可能还有更年轻的岩浆活动。

综上所述, 笔者认为在塔里木盆地古董山地区可能在白垩纪发生过多次岩浆活动事件, 已发现的最新的岩浆活动记录是在晚白垩世, 而且可能还有更新的岩浆活动。古董山火山岩的时代可能要重新考虑, 或许应为白垩纪。

5.2 古董山火山岩形成的构造背景

岩石的化学成分是反映构造环境的一个重要标志, 笔者利用古董山火山岩的地球化学数据投图, 对火山岩的构造环境判进行了判别。从判别图(图 8)中可以看出, 无论是在 Ti/100-Zr-Y $\times 3$ 判别图还

表 2 古董山火山岩 K-Ar 测年结果
Table 2 K-Ar age dating results of Gudongshan volcanic rocks

样号	样品重/g	K/%	Radiogenic ^{40}Ar		^{38}Ar /(10^{-11} mol)	$^{40}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$	$^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar}$	$^{40}\text{Ar}^*/^{40}\text{K}$	年龄/Ma
			mol/g	%					
GD07-9	0.0402	1.31	6.81×10^{-10}	71.33	2.08×10^{-11}	1.841976	0.001821	0.017419	277.35 ± 3.83
GD07-10	0.0596	0.75	1.86×10^{-10}	44.64	2.08×10^{-11}	1.193182	0.002277	0.008312	137.68 ± 2.40
GD07-13	0.0493	1.20	5.50×10^{-10}	71.54	2.08×10^{-11}	1.819745	0.001786	0.015361	246.73 ± 4.20
GD07-17	0.0498	1.42	7.79×10^{-10}	88.70	2.08×10^{-11}	2.100087	0.000820	0.018381	291.50 ± 3.91
GD07-18	0.0497	1.89	7.17×10^{-10}	79.14	2.08×10^{-11}	2.163146	0.001556	0.012712	206.51 ± 3.02

注: 计算所用参数: 衰变常数 $\lambda = 5.543 \times 10^{-10}$ /年, $^{40}\text{K}/\Sigma\text{K} = 1.167 \times 10^{-4}$; 数据处理软件为龚俊峰和季建清所编写 K-Ar Data Processing 1.0。

表 3 古董山火山岩 GD07-14 号样品的白垩纪锆石 SHRIMP U - Pb 年龄结果

Table 3 Cretaceous zircon SHRIMP U - Pb data of GD07-14 sample from Gudongshan volcanic rocks

分析点	²⁰⁶ Pbc 1%	U/10 ⁻⁶	Th/10 ⁻⁶	²³² Th / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* /10 ⁻⁶	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄/Ma	²⁰⁷ Pb* / ²⁰⁶ Pb*	±%	²⁰⁷ Pb* / ²³⁵ U	±%	²⁰⁶ Pb* / ²³⁸ U	±%	
GD07-14-1.1	0.20	5429	283	0.05	103	140.9	±6.3	0.04867	1.5	0.1483	4.8	0.0221	4.6
GD07-14-1.2	0.23	1217	866	0.74	18.5	112.9	±5.4	0.0505	3.7	0.1230	6.1	0.01766	4.9
GD07-14-1.3	0.17	5806	84	0.01	100.0	128.2	±5.8	0.04796	1.9	0.1329	5.0	0.02009	4.6
GD07-14-5.1	2.15	708	137	0.20	7.78	80.3	±4.3	0.0436	17	0.075	18	0.01253	5.4
GD07-14-5.3	1.27	523	141	0.28	5.82	81.9	±4.1	0.0549	8.8	0.0969	10	0.01279	5.1
GD07-14-16.1	0.74	1248	188	0.16	14.4	85.3	±4.1	0.0506	4.1	0.0930	6.3	0.01332	4.9
GD07-14-15.1	2.94	150	54	0.37	2.87	138.0	±6.9	0.089	16	0.264	16	0.0216	5.1

注:误差为 1σ, Pbc 和 Pb* 分别代表普通铅和放射性成因铅,普通铅用实测的 ²⁰⁴Pb 校正。

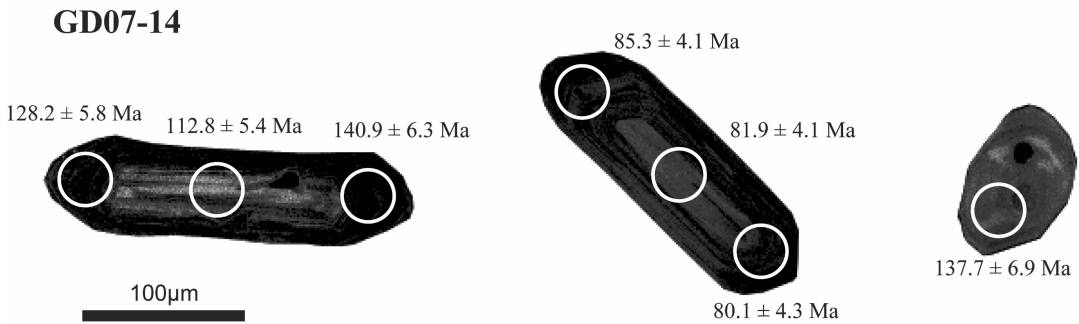


图 7 古董山火山岩 GD07-14 号样品的白垩纪锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

Fig.7 Cretaceous zircon SHRIMP U-Pb ages of GD07-14 sample from Gudongshan volcanic rocks

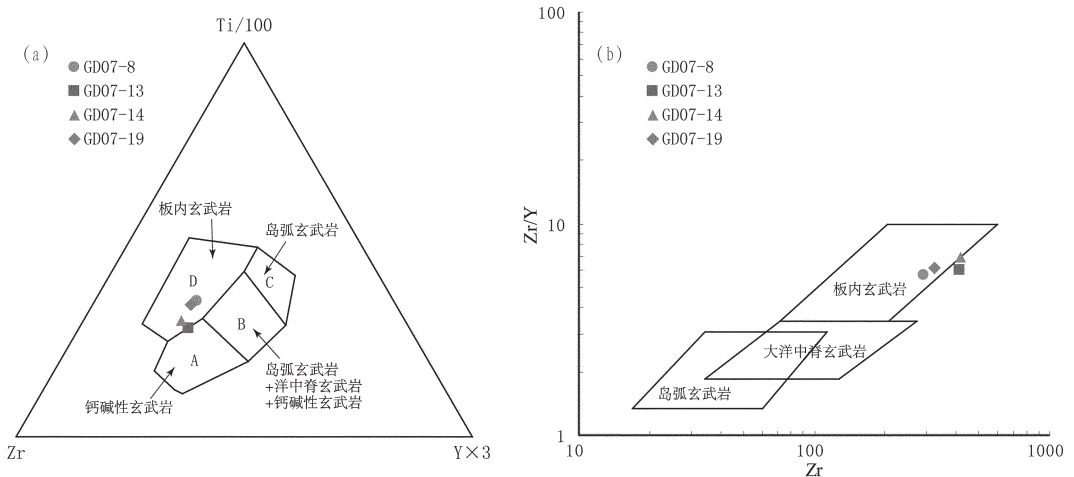


图 8 古董山火山岩构造环境判别图

(a)-Ti/100-Zr-Yx3 判别图(底图据文献[17]);(b) - Zr/Y-Zr 判别图(底图据文献[18])

Fig.8 Discrimination diagram of tectonic settings for Gudongshan volcanic rocks
(a)-Ti/100-Zr-Yx3 diagram (after reference[17]);(b)- Zr/Y-Zr diagram (after reference [18])

是 $Zr/Y-Zr$ 判别图中,古董山火山岩都落入了板内玄武岩区域。从岩石的地球化学特征来看,古董山火山岩明显地缺乏板块汇聚边缘玄武岩特有的 Ta、Nb、Ti 显著贫化和 Zr、Hf、P 适度贫化。古董山玄武岩的轻稀土元素配分曲线与重稀土元素配分曲线具有相同的斜率(图 6-a),而不是像板块汇聚边缘玄武岩那样,轻稀土元素曲线普遍向右陡倾,而重稀土元素配分曲线相对平坦^[15]。微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 6-b)也可以看出,古董山火山岩具有较大的隆起,显示出板内玄武岩的特征^[16]。所有的地球化学特征均指示古董山玄武岩形成于板内拉张环境,这说明该时期的岩浆活动属于塔里木盆地内部的地质活动。对塔里木盆地构造演化历史的研究^[2]也表明,在古生代末,塔里木板块已与北方大陆拼合在一起,成为欧亚大陆南缘的一部分,在经历了早二叠世晚期—三叠纪长期挤压构造环境后,在侏罗纪—古近纪进入应力松弛的断陷盆地构造发展阶段。这一时期伸展构造环境的形成主要与喀喇昆仑地区残余特提斯海的俯冲活动、大陆板块内部的均衡调整及一度活动的岩石圈冷却等有关。

6 结 论

(1)塔里木盆地古董山地区从二叠纪到白垩纪发生过多次岩浆活动事件,已发现的最新的岩浆活动记录是在晚白垩世,而且可能还有更新的岩浆活动。古董山火山岩的时代可能要重新考虑,或许应为白垩纪。

(2)火山岩主量、微量元素特征均反映出古董山火山岩为典型的板内玄武岩,形成于板内拉张环境。

致谢:K-Ar 测试得到北京大学季建清老师和周晶博士的帮助,锆石 SHRIMP U-Pb 年龄测试和分析得到了中国地质科学院地质研究所王彦斌研究员的协助,地球化学数据处理分析过程中得到于胜尧、董昕、李源、高利娥的指点,在此表示感谢。

参考文献(References):

- [1] 康玉柱,康志宏.塔里木盆地构造演化与油气[J].地球学报,1994,3(4):180-191.
Kang Yuzhu, Kang Zhihong. Tectonic evolution and oil and gas of Tarim Basin [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1994, 3 (4):180-191(in Chinese with English abstract).
- [2] 贾承造.中国塔里木盆地构造特征与油气[M].北京:石油工业出版社,1997:1-438.

- Jia Chengzao. The Tectonic Characteristics and Petroleum in Tarim Basin, China [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1997:1-438 (in Chinese).
- [3] 金之钧,王清晨.中国典型叠合盆地与油气成藏研究新进展—以塔里木盆地为例[J].中国科学(D辑),2004,34(增刊I):1-12.
Jin Zhijun, Wang Qingchen. New advancement in research of China's typical superimposed basins and reservoiring:take Tarim Basin as an example [J]. Science in China (Series D), 2004, 34 (suppl.):1-12(in Chinese).
- [4] 潘桂堂,丁俊,姚冬生,等.1:1500000 青藏高原及邻区地质图[M].成都:成都地图出版社,2004.
Pan Guitang, Ding Jun, Yao Dongsheng, et al. 1:1500000 Geological map of Tibet Plateau and Adjacent Areas [M]. Chengdu: Chengdu Cartographic Publishing House, 2004(in Chinese).
- [5] 杨威,王清华,王媛,等.塔里木盆地玛扎塔格构造带石炭系层序地层和储集层特征[J].新疆石油地质,1999,20(3):235-238.
Yang Wei, Wang Qinghua, Wang Yuan, et al. Sequence stratigraphy and reservoir characteristics of Carboniferous in Mazartag structural belt, Tarim Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3):235-238 (in Chinese with English abstract).
- [6] 杨海军,李曰俊,冯晓军,等.塔里木盆地玛扎塔格构造带断裂构造分析[J].地质科学,2007,42(3):506-517.
Yang Haijun, Li Yuejun, Feng Xiaojun, et al. Analysis on thrustings of the Mazhatage structural belt in the Tarim Basin [J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(3):506-517 (in Chinese with English abstract).
- [7] 潘家伟,李海兵,孙知明,等.塔里木盆地中南部麻扎塔格逆—褶皱带变形特征及其意义[J].地质科学,2010,45(4):1038-1056.
Pan Jiawei, Li Haibing, Sun Zhiming, et al. Deformation features of the Mazartagh fold-thrust belt, south central Tarim Basin and its tectonic significances [J]. Chinese Journal of Geology, 2010, 45(4): 1038-1056 (in Chinese with English abstract).
- [8] 新疆区域地层编写组.西北地区区域地层表新疆维吾尔自治区分册[M].北京:地质出版社,1981:1-488.
Xinjiang Regional Stratigraphy Editor Group. Regional Stratigraphy of Northwestern China of Fascicule of Xinjiang Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1981:1-488 (in Chinese).
- [9] Compston W, Williams L S, Kirschvink J L, et al. Zircon U-Pb ages for the Early Cambrian time-scale [J]. Journal of Geological Society London, 1992:149:171-184
- [10] 宋彪,张玉海,万渝生,等.锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J].地质论评,2002,48(增刊):26-20.
Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. Mount making and procedure of the SHRIMP dating [J]. Geological Review, 2002, 48(Supp.):26-30(in Chinese with English abstract).
- [11] Le Maitre R W, Bateman P, Dudek A, et al. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms [M]. Oxford:Blackwell, 1989.
- [12] Irvine T N, Baragar WRA. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks [J]. Canadian Journal of Earth

- Sciences, 1971, 8: 523–548.
- [13] Taylor S R, McLennan S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution [M]. Oxford:Blackwell, 1985, 50–240.
- [14] Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes [J]. Geological Society Special Publication, 1989, 42:313–345.
- [15] Lin P N, Stern R J, Bloomer S H. Shoshonitic volcanism in the Mariana arc 2, large ion lithophile and rare earth element abundances evidence for the source of incompatible element enrichments in intraoceanic arcs [J]. Journal of Geophysical Research, 1989, 94:4497–4515.
- [16] 王仁民, 贺高品, 陈珍珍, 等. 变质岩原岩图解判别法[M]. 北京: 地质出版社, 1987:54–58.
Wang Renmin, He Gaopin, Chen Zhenzhen, et al. Primary Rock Diagrammatic Distinction Methods of Metamorphic Rocks [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987:54–58(in Chinese).
- [17] Pearce J A, Cann J R. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses [J]. Earth Planet. Sci. Lett., 1973, 19:290–300.
- [18] Pearce J A, Norry M J. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks [J]. Contrib. Mineral. Petrol., 1979, 69:33–47.

Geochemistry and possible age of Gudongshan volcanic rocks, Tarim Basin

PAN Jia-wei¹, LI Hai-bing¹, SUN Zhi-ming², SI Jia-liang¹, PEI Jun-ling², ZHANG Li-jun³

(1. State Key Laboratory for Continental Tectonics and Dynamics, Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100008, China; 3. Department of Water Conservancy, Hebei Engineering and Technical College, Cangzhou 061001, Hebei, China)

Abstract: There are 4 volcanic rock interlayers in the Permian strata of Gudongshan area, southern central Tarim Basin, but there exists no geochemical data and isotopic age constraint on the Gudongshan volcanic rock at present. Based on detailed field mapping and experiments, this paper reports field characteristics, geochemical characteristics, K–Ar dating results and zircon SHRIMP U – Pb dating results of Gudongshan volcanic rocks in the study area and also discusses the possible age and tectonic setting of Gudongshan volcanic rock. The preliminary results obtained by the authors indicate that igneous activities occurred repeatedly in Cretaceous. The youngest igneous activity age recorded by zircon SHRIMP U – Pb dating is Late Cretaceous (80.1 ± 4.3 Ma). The authors hold that the age of Gudongshan volcanic rock should be reconsidered, and is probably Cretaceous. Geochemical data show that Gudongshan volcanic rocks are rich in TiO_2 , $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ and P_2O_5 , and poor in Al_2O_3 , MgO and CaO . Both main elements and trace elements indicate that Gudongshan volcanic rocks are intraplate basalts (WPB) formed in an extensional intraplate setting.

Key words: Tarim Basin; Gudongshan; volcanic rock; geochemistry; dating

About the first author: PAN Jia-wei, male, born in 1983, doctor candidate, majors in structural geology; E-mail: jiawei_pan@yahoo.com.cn.