

南天山南缘下二叠统小提坎立克组英安岩的 地球化学和同位素地质年代学特征

罗金海, 车自成, 周宁超, 杨巍, 宋红霞, 侯笑晋, 韩奎

大陆动力学国家重点实验室(西北大学), 西北大学地质学系, 西安, 710069

内容提要:南天山南缘发育一条东西向延伸近 300 km 的下二叠统小提坎立克组基性、中性和酸性火山岩带。拜城县铁热克温泉西侧下二叠统小提坎立克组的英安岩具有钙碱性(里特曼指数 $\delta=1.37\sim1.69$)和准铝—过铝质特征($A/CNK=0.89\sim1.36$)。轻稀土富集($La/Yb=10.45\sim12.77$), 具有中等铕负异常($\delta Eu=0.57\sim0.62$); 微量元素富集 Th、Hf、Zr、Tb、Gd、Rb、U, 亏损 P、Ti、Nb、Ta、Sr、Ba。 $\epsilon_{Nd}(288\text{ Ma})=-6.85$, $\epsilon_{Sr}(288\text{ Ma})=117.78$, 模式年龄(T_{DM})为 1.47 Ga。LA-ICP MS 锆石 U-Pb 定年获得了 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄 $288.4\pm3.0\text{ Ma}$ ($MSWD=2.7$)。结合区域地质资料表明, 该英安岩很可能源自天山造山带中一下地壳的部分熔融, 形成于早二叠世南天山造山带碰撞后伸展背景。

关键词:南天山南缘; 早二叠世; 小提坎立克组; 英安岩; 地球化学; 同位素地质年代学

在西南天山哈尔克山南缘老虎台—铁热克温泉—宿相厄肯—黑英山一线出露的下二叠统小提坎立克组主要由火山岩夹碎屑岩组成, 其下部为一套中性火山碎屑岩、熔岩和基性熔岩, 上部为酸性—基性熔岩夹碎屑岩, 在拜城县宿相厄肯剖面最大厚度超过 1542 m。1:20 万却响幅和黑英山幅地质图^①中根据该组地层不整合覆盖于上石炭统康克林组之上、其上被上二叠统比尤勒包谷孜群不整合覆盖的地层接触关系将其划归下二叠统。1:25 万喀赞其幅地质图^②按照二叠系三分方案对小提坎立克组的层位进行了重新划分, 根据小提坎立克组其下覆盖于康克林组[(C_2-P_1) k]-之上、其上被库尔干组(P_2k)不整合覆盖的地层接触关系将小提坎立克组划归中二叠统。小提坎立克组火山岩系有可能提供西南天山造山带二叠纪的地球动力学信息, 为西南天山南缘碰撞造山作用提供岩石学证据, 但是目前地学界对小提坎立克组火山岩的研究还相对比较薄弱。罗金海等(2008)认为温宿县北部红山大坂出露的小提坎立克组流纹岩和英安岩属于过铝质高钾钙碱性火山岩系, 具有壳源特征, 并且测得火山岩中锆石的形成年龄为 $289.4\pm5.5\text{ Ma}$ (LA-ICP-MS U-Pb 法), 该年龄即使按照二叠系三分方案也属于下二叠统。

李建兵等(2009)对拜城县老虎台和喀赞其等地小提坎立克组英安岩、流纹岩、酸性晶屑岩屑火山角砾岩等进行了地球化学和同位素地质年代学研究, 认为该火山岩形成于板内伸展环境, 与早二叠世高钾钙碱性的巴雷公花岗岩属同源岩浆的产物。朱志新等(2009)认为小提坎立克组火山岩具有双峰式的特点, 形成于南天山后碰撞阶段。虽然目前已对小提坎立克组火山岩进行过上述研究, 但该组在南天山山前东西向延伸长度超过 200 km, 且发育基性、中性和酸性火山岩, 不同地段和不同类型的火山岩是否具有相似的地球化学特征? 其岩浆源区有何特点? 小提坎立克组究竟属于下二叠统还是中二叠统? 目前对这些问题的研究还相当薄弱。此外, 目前关于小提坎立克组火山岩的成因研究还没有得到 Sr、Nd 和 Pb 等同位素地球化学的支持。为此, 本文选择拜城县铁热克温泉西北部的英安岩进行地球化学、同位素地质年代学和同位素地球化学研究, 研究小提坎立克组英安岩反映的区域构造背景, 探讨其在南天山碰撞造山过程中的构造意义。

1 小提坎立克组英安岩的岩石学特征

本文研究的样品采自拜城县铁热克温泉西北部

注: 本文为国家自然科学基金项目(项目批准号:40972141)资助的成果。

收稿日期:2011-09-06; 改回日期:2011-12-23; 责任编辑:黄敏。

作者简介:罗金海,男,1967年生。教授,主要从事区域构造研究。通讯地址:710069,陕西省西安市太白北路229号,西北大学地质学系;
Email:luojh@nwwu.edu.cn。

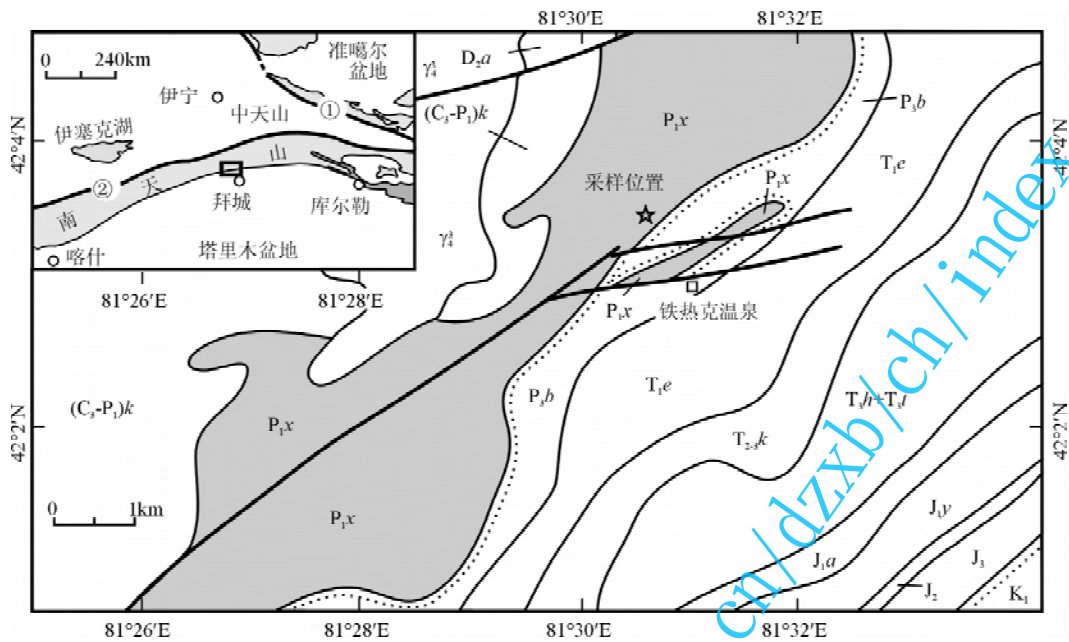


图 1 南天山南缘地质图及采样位图

Fig. 1 Geological map with sample location in the southern margin of South Tianshan

①—中天山北缘断裂(北天山缝合带);②—南天山缝合带(中天山南缘断裂);D_{2a}—中泥盆统阿拉塔格组;(C₃-P₁)k—上石炭—下二叠统康克林组;P_{1x}—下二叠统小提坎立克组;P_{3b}—上二叠统比尤勒包谷孜组;T_{1e}—下三叠统俄霍布拉克组;T_{2-3k}—中—上三叠统克拉玛依组;T_{3h}—上三叠统黄山街组;T_{3t}—上三叠统塔里奇克组;J_{1a}—下侏罗统阿合组;J_{1l}—下侏罗统阳霞组;γ₃—二叠纪花岗岩[研究区地质图 1:20 万却响幅地质图(K-44-XVI)修改]

①—Northern margin fault of the Middle Tianshan orogenic belt (North Tianshan suture); ②—South Tianshan suture (southern margin fault of the Middle Tianshan orogenic belt); D_{2a}—Alatage Formation of Middle Devonian; (C₃-P₁)k—Kangkelin Formation of Upper Carboniferous-Lower Permian; P_{1x}—Xiaotikanlike Formation of Lower Permian; P_{3b}—Biyoulebaoguzi Formation of Upper Permian; T_{1e}—Ehuobulake Formation of Lower Triassic; T_{2-3k}—Kelamayi Formation of Middle-Upper Triassic; T_{3h}—Huangshanjie Formation of Upper Triassic; T_{3t}—Taliqi Formation of Upper Triassic; J_{1a}—Ahe Formation of Lower Jurassic; J_{1l}—Yangxia Formation of Lower Jurassic; γ₃—Permian granite [modified from 1:20 geological map of Quexiang(K-44-XVI)]

(图 1), 采样点坐标 42°3.065'N、81°30.825'E。英安岩之上被紫红色砾岩、含砾砂岩以角度不整合覆盖, 不整合界面清晰。1:20 万却响幅地质图将这套紫红色砾岩、含砾砂岩标定为下一中三叠统俄霍布拉克组(T_{1-2e}), 但是 1:50 万《中国新疆塔里木盆地及其周边地质图》^①则将这套紫红色砾岩、含砾砂岩标定为上二叠统比尤勒包谷孜组(P_{3b})。

英安岩呈浅灰绿色, 变余斑状结构, 块状构造。岩石中变余斑晶占 8%, 基质占 92%。变余斑晶由斜长石(5%)和石英(3%)组成, 斜长石粒径 0.5 mm×1 mm 左右, 普遍破碎且碳酸盐化比较强烈, 个别边缘部分被溶蚀。石英 0.5~1 mm, 在手标本上就能清晰可见, 镜下观察破碎比较明显, 多数斑晶已破碎成碎粒状, 具溶蚀边缘。基质主要由斜长石和暗色矿物蚀变而成的方解石、绿泥石和少量钛铁矿、次生玉髓组成, 分布于斜长石和石英之间。

2 样品分析方法

本文的所有分析工作都是在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成的。其中, 全岩的主量元素分析在日本理学 RIX2100 XRF 仪上测定, 元素分析误差小于 5%。微量和稀土元素分析在美国 Perkin Elmer 公司 Elan 6100DRC 型电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS)上进行, 分析精度误差一般小于 5%。

锆石的阴极发光(CL)图像是通过加载于扫描电镜上的英国 Gatan 公司的 Mono CL3+型阴极荧光探头获得的。锆石的 U-Pb 同位素组成利用四极杆 ICP-MS Elan6100DRC 进行测定。激光剥蚀系统为德国 MicroLas 公司生产的 GeoLas200M, 分析采用激光束斑直径为 30 μm, 激光脉冲为 10Hz, 能量为 32~36mJ。

全岩 Sr、Nd 和 Pb 同位素测试在多接收电感耦

Fig. 2 TAS diagram for dacites Xiaotikanlike Formation of Lower Permian near Tierieke hot spring, Baicheng (data have been rectified by *LOI*, after Le Maitre et al. ,1986)

表 1 拜城县铁热克温泉下二叠统小提坎立克组英安岩主量元素(%)和微量元素($\times 10^{-6}$)分析结果

Table 1 Major-element (%) and trace-element ($\times 10^{-6}$) compositions of dacites of Xiaotikanlike Formation of Lower Permian near Tiereke hot spring, Baicheng County

样号	10BC24	10BC25	10BC26	10BC27	10BC28	10BC29	10BC30	10BC31	10BC32	10BC33
SiO ₂	69.82	68.03	68.38	66.72	67.32	66.54	64.41	67.29	68.26	67.45
TiO ₂	0.51	0.47	0.48	0.47	0.50	0.48	0.92	0.50	0.47	0.47
Al ₂ O ₃	14.86	13.83	14.29	13.78	13.85	13.56	13.58	13.86	13.79	13.34
Fe ₂ O _{3T}	4.29	3.92	2.78	5.54	4.61	5.46	6.14	5.13	4.09	4.76
MnO	0.03	0.10	0.08	0.11	0.10	0.11	0.14	0.11	0.09	0.11
MgO	0.53	0.46	0.41	0.57	0.54	0.50	0.54	0.53	0.45	0.51
CaO	0.82	3.14	2.79	2.93	3.04	3.29	3.84	2.94	2.68	3.21
Na ₂ O	3.79	3.41	3.84	3.69	3.56	3.65	3.72	3.59	3.57	3.72
K ₂ O	2.95	2.60	2.70	2.02	2.37	2.33	1.99	2.29	2.62	2.07
P ₂ O ₅	0.15	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.25	0.15	0.14	0.14
烧失量	2.26	4.19	3.66	4.01	4.04	4.23	4.64	3.94	3.67	4.15
总量	100.01	100.28	99.55	99.98	100.08	100.30	100.17	100.35	99.83	99.93
A/CNK	1.36	0.98	1.00	1.01	0.99	0.93	0.89	1.01	1.01	0.94
δ	1.69	1.44	1.69	1.37	1.45	1.52	1.52	1.42	1.52	1.37
Li	20.7	20.7	14.1	25.5	25.0	25.6	27.4	22.6	19.5	24.8
Be	3.17	2.80	3.20	2.38	2.87	2.77	2.71	2.59	2.64	2.36
Sc	7.43	6.35	6.84	6.70	7.05	6.76	8.76	6.78	6.73	6.41
V	8.18	7.62	8.03	9.46	8.16	8.81	41.6	10.8	10.9	9.35
Cr	4.56	4.08	2.74	3.30	5.04	3.78	9.59	4.73	6.63	4.20
Co	43.9	47.2	48.6	41.7	42.6	36.2	43.2	41.6	44.8	50.2
Ni	3.16	2.72	1.77	3.99	3.86	2.82	6.45	3.74	5.08	2.90
Cu	6.18	4.58	5.15	5.36	5.11	5.86	8.98	5.40	5.49	4.74
Zn	124	145	90.4	153	115	129	154	130	107	110
Ga	26.6	25.1	25.2	25.4	25.6	25.8	25.9	25.6	25.4	24.8
Ge	1.71	1.55	1.51	1.72	1.65	1.66	1.72	1.61	1.55	1.53
Rb	106	95.6	103	79.1	85.9	86.2	74.3	86.6	92.7	79.0
Sr	96.3	193	170	176	180	188	199	176	170	192
Y	53.9	45.7	51.5	51.4	49.5	53.5	56.0	51.4	48.8	50.0
Zr	547	457	542	474	525	494	460	526	452	481
Nb	49.4	44.4	47.1	44.7	46.3	44.6	45.3	44.3	46.1	42.7
Cs	6.46	4.57	5.16	4.09	3.36	3.28	3.81	5.32	3.06	2.58
Ba	596	507	356	371	633	1210	904	341	543	1736
La	85.1	75.8	76.8	79.3	76.2	77.4	81.7	77.4	76.5	74.8
Ce	167	149	153	157	151	155	162	155	154	149
Pr	19.2	17.0	17.4	18.1	17.3	17.9	18.6	17.7	17.8	17.2
Nd	74.9	65.2	67.4	69.9	66.9	69.2	72.2	68.5	67.8	66.3
Sm	13.8	11.9	12.4	12.7	12.3	12.8	13.3	12.6	12.5	12.2
Eu	2.67	2.33	2.35	2.36	2.41	2.44	2.46	2.32	2.27	2.39
Gd	12.6	10.9	11.5	11.6	11.2	12.0	12.4	11.7	11.4	11.1
Tb	1.82	1.57	1.69	1.67	1.63	1.76	1.82	1.70	1.64	1.60
Dy	10.3	8.95	9.75	9.70	9.33	10.3	10.5	9.77	9.41	9.32
Ho	1.99	1.71	1.88	1.89	1.80	2.01	2.06	1.89	1.79	1.78
Er	5.51	4.71	5.30	5.31	5.02	5.71	5.89	5.40	5.03	5.04
Tm	0.82	0.69	0.78	0.79	0.73	0.85	0.86	0.81	0.73	0.74
Yb	5.08	4.26	4.86	4.96	4.55	5.31	5.36	5.05	4.47	4.54
Lu	0.78	0.64	0.75	0.75	0.69	0.82	0.81	0.78	0.68	0.69
Hf	12.9	11.1	12.8	11.4	12.4	11.7	11.1	12.5	10.9	11.4
Ta	2.88	2.61	2.80	2.62	2.68	2.60	2.70	2.62	2.69	2.47
Pb	29.6	35.8	36.0	20.2	13.1	17.1	31.7	22.3	19.2	10.1
Th	16.9	15.7	16.7	16.4	15.7	15.6	16.7	16.3	16.5	15.0
U	2.81	2.39	2.82	2.89	2.66	2.49	3.94	3.00	2.00	2.42
ΣREE	455.56	400.27	417.04	427.76	410.18	427.36	445.91	421.51	415.13	406.50
δEu	0.61	0.61	0.59	0.58	0.61	0.59	0.57	0.57	0.57	0.62

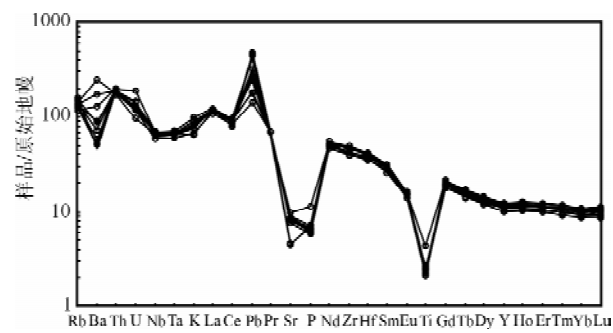


图 5 拜城县铁热克温泉下二叠统小提坎立克组英安岩微量元素原始地幔标准化蛛网图 (原始地幔数据值据 Sun et al. ,1989)

Fig. 5 Primitive-mantle normalized spider diagram for dacites of Xiaotikanlike Formation near of Lower Permian Tierahe hot spring, Baicheng (primitive-mantle data from Sun et al. ,1989)

本文的英安岩亏损 Ti、富集 Zr,从地壳与地幔一般性的物质组成特点推测,该英安岩很可能源自地壳物质。地壳一般亏损 Nb、Ta,蛛网图上的 Nb-Ta 槽也说明岩石与陆壳密切相关。英安岩的 Th/U 比值为 4.24~8.25(平均 6.05),与下地壳的 Th/U 比值(≈ 6 , Rudnick et al. ,2003)相近;Nb/Ta 比值为 16.77~17.38(平均 17.04),接近中地壳的 Nb/Ta 比值(≈ 16.5 , Rudnick et al. ,2003);La/Ta 比值为 27.44~30.28(平均 29.28),接近地壳的 La/Ta 比值(≈ 29 , Rudnick et al. ,2003)。在 Rb-Y+ Nb 图解上,该英安岩落入板内花岗岩与后碰撞花岗岩重叠

区域(图 6),反映碰撞后伸展构造环境。此外,岩石中没有明显的挤压构造变形,暗示后碰撞作用的伸展环境特征。上述地球化学特征表明,铁热克温泉英安岩应该形成于南天山碰撞后伸展背景中一下地壳物质的部分熔融作用。

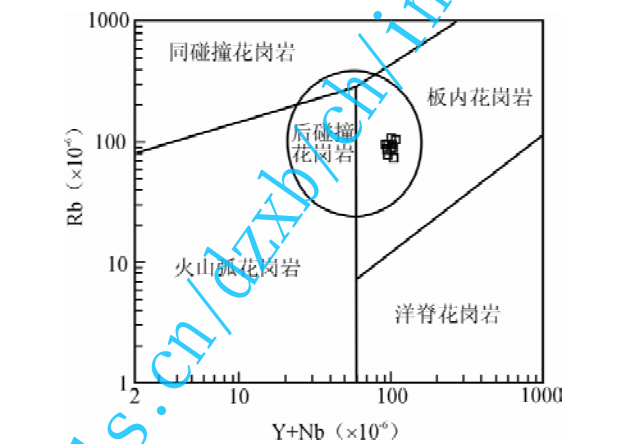


图 6 拜城县铁热克温泉下二叠统小提坎立克组英安岩构造环境判别图解(底图据 Pearce,1996)

Fig. 6 Tectonic setting discrimination diagrams for dacites of Xiaotikanlike Formation of Lower Permian near Tierahe hot spring, Baicheng (after Pearce,1996)

4 锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年

铁热克温泉小提坎立克组英安岩中锆石的 CL 图像如图 7 所示。锆石的颗粒较小,短柱状,有比较明显的韵律环带。锆石的 Th/U 比值较高(0.35~

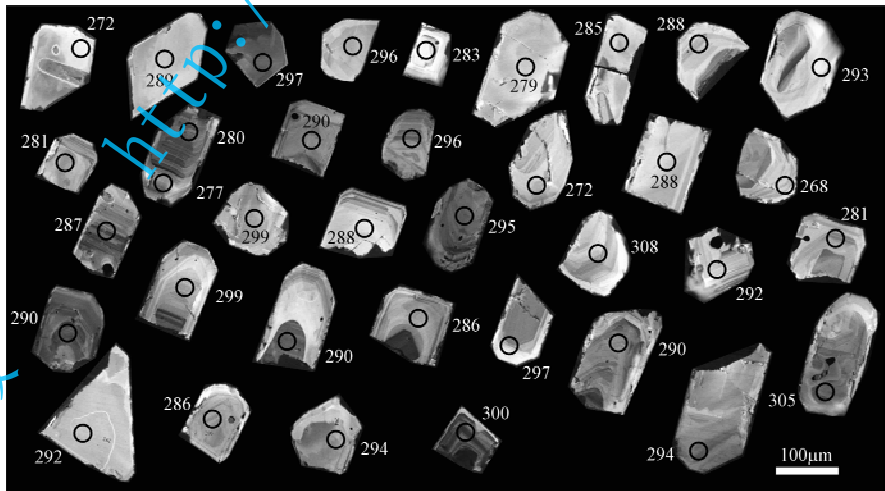


图 7 拜城县铁热克温泉小提坎立克组英安岩中锆石的阴极发光(CL)图像; 图中圆圈表示测点位置,数字表示相应测点测得的年龄值(Ma)

Fig. 7 CL images of zircons from the dacites of Xiaotikanlike Formation of Lower Permian near Tierahe hot spring, Baicheng; circles represent location of the measuring points, numbers represent ages (Ma)

0.92),普遍大于变质成因锆石的 Th/U 比值(0.002~0.320,Rubatto,2002),显示岩浆成因锆石的特点。对 35 颗锆石进行的 36 个测点获得的年龄数据均落在谐和线上(表 2,图 8),²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 288.4±3 Ma(MSWD=2.7),该年龄应该代表英安岩的形成时间(早二叠世)。

表 2 拜城县铁热克温泉小提坎立克组英安岩中锆石的 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析结果
Table 2 LA-ICP-MS U-Th-Pb isotopic data of zircons from dacite of Xiaotikanlike Formation near Tierenke hot spring, Baicheng

测点	Pb* (×10 ⁻⁶)	²³² Th (×10 ⁻⁶)	²³⁸ U (×10 ⁻⁶)	Th/U	同位素比值						年龄(Ma)					
					²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	
					比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ
1	9.77	109.5	178.58	0.61	0.05194	0.00222	0.30938	0.01048	0.04316	0.00073	283	95	274	8	272	4
2	5.61	61.75	96.09	0.64	0.05204	0.00309	0.32936	0.01741	0.04586	0.00086	287	130	289	13	289	5
3	30.04	268.84	513.21	0.52	0.05236	0.0019	0.34098	0.00866	0.04718	0.00076	301	80	298	7	297	5
4	2.56	23.5	43.63	0.54	0.05274	0.00448	0.34288	0.02738	0.04711	0.00104	318	182	299	21	297	6
5	6.42	60.5	115.44	0.52	0.05254	0.00279	0.32647	0.015	0.04503	0.00082	309	117	287	11	284	5
6	7.81	86.0	139.05	0.62	0.05157	0.00251	0.31563	0.01286	0.04435	0.00078	266	108	279	10	280	5
7	3.90	38.36	69.16	0.55	0.05344	0.0031	0.33407	0.01715	0.0453	0.00084	348	125	293	13	286	5
8	7.09	73.0	119.85	0.61	0.05324	0.003	0.33629	0.01659	0.04578	0.00086	339	122	294	13	287	5
9	4.33	35.42	76.86	0.46	0.05266	0.00384	0.3386	0.02276	0.04661	0.00100	314	157	296	17	294	6
12	5.66	54.94	101.88	0.54	0.0512	0.00307	0.31578	0.01686	0.0447	0.00085	250	132	279	13	282	5
15	14.29	150.89	259.08	0.58	0.05245	0.00219	0.31854	0.01035	0.04408	0.00075	305	92	281	8	278	5
16	8.98	83.7	164.3	0.51	0.05258	0.00242	0.32204	0.01214	0.04441	0.00078	311	102	284	9	280	5
17	7.30	71.5	126.87	0.56	0.05234	0.0032	0.33286	0.01815	0.04608	0.0009	300	133	292	14	290	6
19	9.20	83.75	149.13	0.56	0.05299	0.00281	0.34417	0.01574	0.0471	0.00088	328	116	300	12	297	5
21	4.35	45.5	81.93	0.56	0.05128	0.00303	0.30554	0.01608	0.04321	0.00081	353	131	271	13	273	5
22	5.68	78.99	93.88	0.84	0.05247	0.00292	0.33069	0.01614	0.04571	0.00084	306	122	290	12	288	5
23	4.10	40.47	78.2	0.52	0.05198	0.00371	0.30516	0.02007	0.04258	0.00086	285	155	270	16	269	5
24	18.97	125.26	353.38	0.35	0.05198	0.00209	0.32684	0.00996	0.0456	0.00077	285	89	287	8	287	5
26	3.84	46.25	62.72	0.74	0.05294	0.00403	0.34654	0.02449	0.04748	0.00101	326	164	302	18	299	6
28	4.29	45.02	75.69	0.59	0.05169	0.00315	0.32645	0.01779	0.04581	0.00086	272	134	287	14	289	5
29	4.76	48.56	80.69	0.60	0.05277	0.00374	0.3409	0.02221	0.04687	0.00098	319	153	298	17	295	6
31	4.15	38.57	68.25	0.57	0.05234	0.00381	0.3532	0.02374	0.04896	0.00104	300	158	307	18	308	6
32	3.20	33.79	54.49	0.62	0.05202	0.00386	0.3329	0.02291	0.04643	0.00094	286	161	292	17	293	6
33	5.32	51.35	97.07	0.53	0.05238	0.00293	0.32207	0.01578	0.04461	0.00083	302	123	284	12	281	5
34	12.66	116.54	223.63	0.52	0.05268	0.00214	0.33489	0.01042	0.04612	0.00078	315	90	293	8	291	5
35	4.84	56.55	84.78	0.67	0.04915	0.01205	0.32238	0.07756	0.04757	0.00237	156	491	284	60	300	15
36	14.28	101.35	262.80	0.39	0.05277	0.00211	0.33502	0.01013	0.04607	0.00078	319	88	293	8	290	5
38	2.78	30.49	48.63	0.63	0.05212	0.00393	0.3264	0.02285	0.04545	0.00093	291	163	287	17	287	6
39	6.85	70.81	116.74	0.61	0.05245	0.00262	0.34129	0.01446	0.04722	0.00085	305	110	298	11	297	5
41	7.10	84.16	142.83	0.59	0.05277	0.00257	0.33551	0.01365	0.04614	0.00083	319	107	294	10	291	5
43	4.37	40.09	74.22	0.54	0.05299	0.0037	0.35374	0.02262	0.04845	0.001	328	150	308	17	305	6
44	4.39	43.74	75.85	0.58	0.05265	0.00324	0.33859	0.0187	0.04668	0.0009	314	134	296	14	294	6
45	4.84	72.15	78.34	0.92	0.05244	0.00325	0.33473	0.01864	0.04633	0.00089	304	135	293	14	292	6
46	5.09	51.85	91.13	0.57	0.05200	0.00318	0.32543	0.01780	0.04543	0.00088	285	134	286	14	286	5
47	3.87	48.06	65.08	0.74	0.05232	0.00357	0.33701	0.02106	0.04675	0.00094	300	148	295	16	295	6
48	17.64	135.67	308.35	0.44	0.05384	0.00217	0.35279	0.01086	0.04769	0.00082	364	88	308	8	300	5

注:表中 Pb* 表示放射成因 Pb。

5 讨论

铁热克温泉英安岩的 Nb、Sr 和 Pb 同位素分析结果见表 3 和表 4。

铁热克温泉英安岩的¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd=0.512150±0.000004,高于¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd_{CHUR(0)}(=0.511836)值,

$\epsilon_{\text{Nd}}(t) = -6.34$, $T_{\text{DM}} = 1.47 \text{ Ga}$ 。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.717504±0.000010, 高于⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_{CHUR(0)} 值 (= 0.7045), $\epsilon_{\text{Sr}}(t) = 177.78$ 。²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb = 2.150368±0.000027, ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb = 0.871687±0.000010, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.582144±0.000510。英安岩的 $\epsilon_{\text{Nd}}(t) < 0$ 且 $\epsilon_{\text{Sr}}(t) > 0$, 表明其源于地壳物质; $\epsilon_{\text{Nd}}(t) > -10$, 进一步说明该英安岩源于年轻的地壳物质。

表 3 拜城县铁热克温泉下二叠统小提坎立克组英安岩 Sr-Nd 同位素分析及相关数据

样品	Sr($\times 10^{-6}$)	Nd($\times 10^{-6}$)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	2 σ	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	2 σ	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$	$\epsilon_{\text{Sr}}(t)$	$T_{\text{DM}}(\text{Ga})$	$T_{\text{Zr}}(\text{Ga})$
10BC25	193	65.2	0.717504	0.000010	0.512150	0.000004	-6.347557	177.779219	1.47	1.38

表 4 拜城县铁热克温泉下二叠统小提坎立克组英安岩 Pb 同位素分析及相关数据

样品	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 σ	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	2 σ	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	2 σ	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	2 σ
10BC25	2.150368	0.000027	0.871687	0.000010	17.871197	0.000616	15.582144	0.000310	38.440112	0.001306

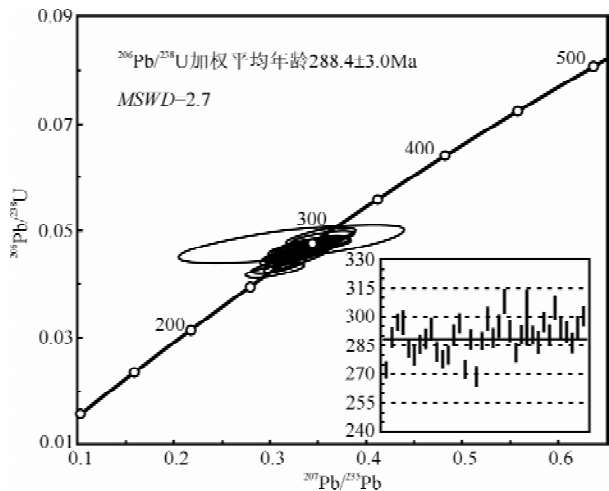


图 8 拜城县铁热克温泉下二叠统小提坎立克组英安岩中锆石的 LA-ICP-MS U-Pb 年龄谐和图
Fig. 8 LA-ICP-MS U-Pb zircon concordia diagram from the dacites of Xiaotikanlike Formation of Lower Permian near Tiereke hot spring, Baicheng

在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图解中,铁热克温泉英安岩投影在造山带的 Pb 同位素演化曲线上(图 9)。

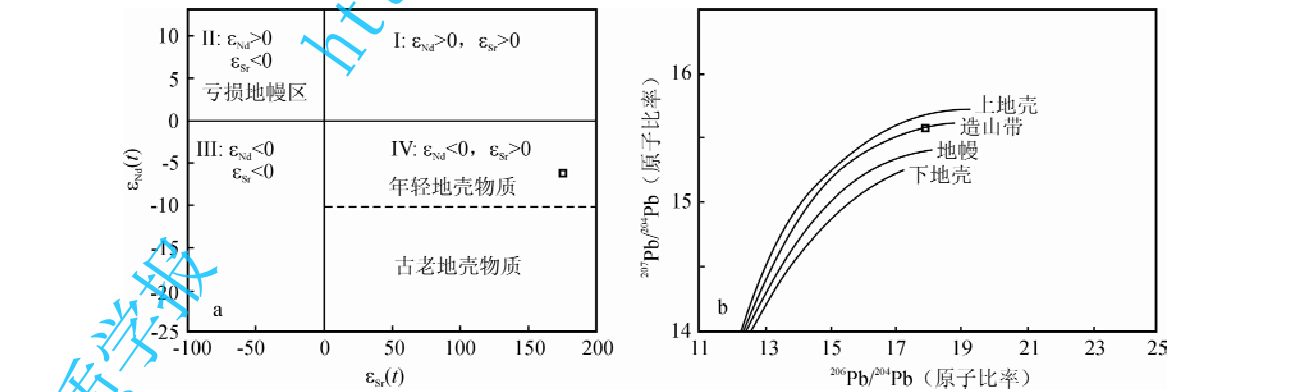


图 9 (a)— $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ - $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ 图解(底图据韩吟文等,2003);(b)—Zartman 铅构造模式中地幔、上地壳、下地壳和造山带的 Pb 同位素演化曲线(底图据 Doe et al.,1979)
Fig. 9 (a)— $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ - $\epsilon_{\text{Sr}}(t)$ diagrams(after Han Yinwen et al.,2003);(b)—Pb isotopic evolutionary curves of mantle, upper crust and lower crust according to Zartman Pb model (after Doe et al.,1979)

2007),这些花岗岩均反映南天山当时已处于碰撞后伸展环境。因此,铁热克温泉英安岩很可能经历了这样的形成过程:南天山造山带的岩石圈在 288.4 Ma 时在碰撞后伸展作用下崩塌,中一下地壳部分熔融,在部分斜长石残留在源区的情况下,部分熔融形成的岩浆向上侵位并到达地表,最终形成铁热克温泉英安岩。

6 结论

(1)拜城县铁热克温泉小提坎立克组英安岩的形成时间为 288.4 ± 3 Ma,属于下二叠统。

(2)铁热克英安岩形成于南天山碰撞后伸展构造背景。

(3)铁热克温泉英安岩具有壳源成因,很可能源自天山造山带陆壳物质的部分熔融。

注 释

- ①新疆地质局区域地质调查大队五分队. 1981. 汗腾格里幅、却响幅(K-44-XV、XVI)区域地质调查报告.
- ②新疆维吾尔自治区地质调查院. 2005. 喀赞其幅(K44C002004)区域地质调查成果报告.
- ③塔里木石油勘探开发指挥部地质研究大队,85-101 项目办公室. 新疆地质矿产局第三地质大队. 1994. 中国新疆塔里木盆地及周边地质图(1:50 万).

参 考 文 献

- 韩吟文,马振东. 2003. 地球化学. 北京:地质出版社,230.
- 胡霁琴,王中刚,涂光炽. 1997. 新疆北部地质演化及成岩成矿规律. 北京:科学出版社,246.
- 李建兵,魏永峰,杜红星,孙涛. 2009. 西南天山下二叠统小提坎立克组火山岩地球化学特征. 新疆地质,27(4):315~319.
- 刘楚雄,许保良,邹天人,路凤香,童英,蔡剑辉. 2004. 塔里木北缘及邻区海西期碱性岩岩石化学特征及其大地构造意义. 新疆地质,22(1):43~49.
- 罗金海,车自成,曹远志,张敬艺. 2008. 南天山南缘早二叠世酸性火山岩的地球化学、同位素年代学及其构造意义. 岩石学报,24(1):2281~2288.
- 罗金海,张敬艺,王超,车自成,刘良. 2010. 塔里木盆地西北缘早二叠世后碰撞花岗岩岩浆活动及其构造意义. 地质科学,45(1):66~79.
- 王超,刘良,罗金海,车自成,滕志宏,曹宣铎,张静艺. 2007. 西南天山

晚古生代后碰撞岩浆作用:以阔克萨彦岭地区巴雷公花岗岩为例. 岩石学报,23(8):1830~1840.

- 杨富全,王立本,叶锦华,傅旭杰,李惠民. 2001. 新疆霍什布拉克地区花岗岩锆石 U-Pb 年龄. 中国区域地质,20(3):267~273.
- 朱志新,李锦轶,董莲慧,张晓帆,王克卓,王华星,赵同阳. 2009. 新疆南天山构造格架及构造演化. 地质通报,28(12):1863~1870.
- Boynton W W. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. In: Henderson P (eds). Rare Earth Element Geochemistry: Developments in Geochemistry 2. Amsterdam: Elsevier, 63~114.
- Doe B R, Zartman R G. 1979. Plumbotectonics. In: Barnes H L (eds). Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. New York: Wiley, 22~70.
- Konopelko D, Biske G, Seifmann R, Eklund O, Belyatsky B. 2007. Hercynian post-collisional A-type granites of the Kokshaal Range, Southern Tien Shan, Kyrgyzstan. Lithos, 97: 140~160.
- Le Maitre R W, Bateman P, Dudek A, Keller J, Lameyre M J, Le Bas M J, Sabine P A, Schmid R, Scorensen H, Streckeisen A, Wooley A R, Zanettin B. 1986. A classification of igneous rocks and glossary of terms - recommendations of the IUGS sub commission on the systematic of igneous rocks. London: Blackwell Scientific Publications, 28.
- Pearce J A. 1996. Sources and settings of granitic rocks. Episodes, 19: 120~125.
- Richwood P C. 1989. Boundary lines within petrologic diagrams which use oxides of major and minor elements. Lithos, 22: 247~263.
- Rubatto D. 2002. Zircon trace element geochemistry: Partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism. Chemical Geology, 184: 123~138.
- Rudnick R L, Gao S. 2003. Composition of the continental crust. In: Rudnick R L (eds). The Crust. Treaties on Geochemistry, 3. Oxford: Elsevier Pergamon, 1~64.
- Solomovich L I. 2007. Postcollisional magmatism in the South Tien Shan Variscan orogenic belt, Kyrgyzstan: Evidence for high-temperature and high-pressure collision. Journal of Asian Earth Sciences, 30:142~153.
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotope systematics of ocean basalt: Implications for mantle composition and processes. In: Saunders A D, Norry MJ (eds). Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication, 42: 313~345.

Geochemistry and Isotopic Geochronology of Dacites from the Lower Permian Xiaotikanlike Formation in the Southern Margin of South Tianshan, and Its Tectonic Significances

LUO Jinhai, CHE Zicheng, ZHOU Ningchao, YANG Wei, SONG Hongxia, HOU Xiaojin, HAN Kui

State Key Laboratory of Continental Dynamics(Northwest University),

Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069

Abstract

Along the southern margin of South Tianshan occurs a 300-km-long EW-trending volcanic rock belt consisting of mafic, intermediate and acidic rocks of the lower Permian Xiaotikanlike Formation. Dacites outcropping near the Tierke hot spring are characterized by calc-alkaline ($\delta = 1.37 \sim 1.69$) and metaluminous-peraluminous ($A/CNK = 0.89 \sim 1.36$), enrichment in LREE ($La/Yb = 10.45 \sim 12.77$) and elements such as Th, Hf, Zr, Tb, Gd, Rb, U, and depletion in elements such as P, Ti, Nb, Ta, Sr and Ba. They have a medium negative Eu anomaly ($\delta Eu = 0.57 \sim 0.62$), with $\epsilon_{Nd}(288\text{ Ma}) = -6.77$, $\epsilon_{Sr}(288\text{ Ma}) = 117.78$, $TDM = 1.47\text{ Ga}$. U-Pb LA-ICP-MS dating on zircon yields a weighted $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of $288.4 \pm 3.0\text{ Ma}$ ($MSWD = 2.7$). Combined with regional geological data, the dacites are likely the result of partial melting of mid-lower crust in the Tianshan orogenic belt, and formed in an post-collisional extension settings in early Permian.

Key words: southern margin of South Tianshan; Early Permian; Xiaotikanlike Formation; dacite; geochemistry; isotopic geochronology

<http://www.geojournals.cn/gzj/ch/index.aspx>

地质学报