

文章编号: 1007-3701(2012)04-340-10

湖南攸县新市玄武岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年 及其地球化学特征

马铁球¹, 闫全人², 陈辉明², 向忠金², 周柯军¹, 李彬¹

(1. 湖南省地质调查院, 长沙 410116; 2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘要: 新市玄武岩呈狭长带状分布, 出露宽 50~200 m, 延伸 25 km 以上, 厚 35.8 m, 由两个不完整喷发旋回的玄武质熔岩组成, 顶底由气孔—杏仁状玄武岩组成, 中部为致密状玄武岩; 夹于下白垩统神皇山组中; 经 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年, 成岩年龄为 132.7 ± 1.2 Ma (MSWD=0.058), 为早白垩世产物。通过岩石学、岩石地球化学等综合研究, 岩石类型主要为亚碱性的玄武安山岩和玄武粗安岩; SiO_2 含量 $< 53.88\%$, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 较低, 属高钾钙碱性—钙碱性拉斑玄武岩系列; ΣREE 较高, 均大于 281.79×10^6 , δEu 值较大, 均大于 1.05; f_{Sr} 平均 0.7069, T_{DMII} 平均 0.74 Ga, $\epsilon_{\text{Nd(T)}}$ 平均 +2.2, 表明其物质来源于原始地幔, 形成于陆内拉张环境。

关键词: 玄武岩; 锆石 LA-ICP-MS 定年; 地球化学特征; 湖南新市

中图分类号: P595, P597

文献标识码: A

湖南攸县新市玄武岩分布于湘东醴(陵)–攸(县)盆地北西侧(图 1), 出露宽 50~200 m, 延伸 25 km 以上。由于露头及风化等原因, 前人工作程度低, 仅在 1:20 万区调中圈出其范围, 比照区域地层特征, 将其置于上、下白垩统之间, 并缺乏岩体成岩时代及岩石地球化学等诸多资料。

笔者在《扬子东南缘中生代盆地充填序列与构造事件研究》专题和《湖南 1:25 万株洲市幅 (G49 C 001004) 区调修测》工作中, 发现碎石矿采场中玄武岩良好露头, 采石揭露出玄武岩分布及顶底界线。经详细研究, 基本查明了玄武岩分布、喷发时序、岩石组合、岩石地球化学、同位素地球化学、岩体形成的构造背景等特征。本文对新市玄武岩中锆石利用 LA-ICP-MS 方法进行 U-Pb 年龄测定, 分析其年龄谱特征, 探讨该区晚中生代盆地的火山活动及构造体制转变事件, 为研究湖南乃至扬子东

南缘晚中生代以来的构造演化提供素材。

1 地质及岩石特征

位于攸县新市张家陂处的玄武岩露头良好, 顶底齐全(图 2a、b)。通过剖面测制可知, 玄武岩厚 35.8 m, 由两个不完整喷发旋回的玄武质熔岩组成。岩体呈狭长带状分布, 未见明显的火山口特征, 应为裂隙式喷发。岩石中见有较多的水晶及玛瑙矿。

第一个喷发旋回。下部喷发相: 喷发时间较短, 厚 2.3 m; 岩性为深褐色气孔杏仁状熔岩, 风化淋滤后杏仁体以沸石、绿泥石、蛋白石充填为主, 少量石英, 呈黄绿色胶泥状, 最大者 7 cm, 一般为 0.5 cm 左右; 气孔最大 $\leq (10 \text{ mm} \times 4 \text{ mm})$; 气孔、杏仁体呈压扁拉长状, 具有很强的定向性排列特征, 其长轴平行于熔岩与灰白色砂岩的接触面。上部溢流相: 岩性为深灰绿色、致密块状玄武岩, 可见长石斑晶, 厚约 30 m。

第二个喷发旋回, 缺少溢流相。喷发相: 厚 3.5 m; 岩性为杂色厚—中层状极富沸石、绿泥石、

收稿日期: 2012-9-18; 修回日期: 2012-10-15.

基金项目: 中国地质调查局钦杭成矿带地质矿产调查 (J45C003002) 项目。

作者简介: 马铁球 (1956—), 男, 高级工程师, 长期从事区域地质调查工作, E-mail: maticqiu18@sina.com.

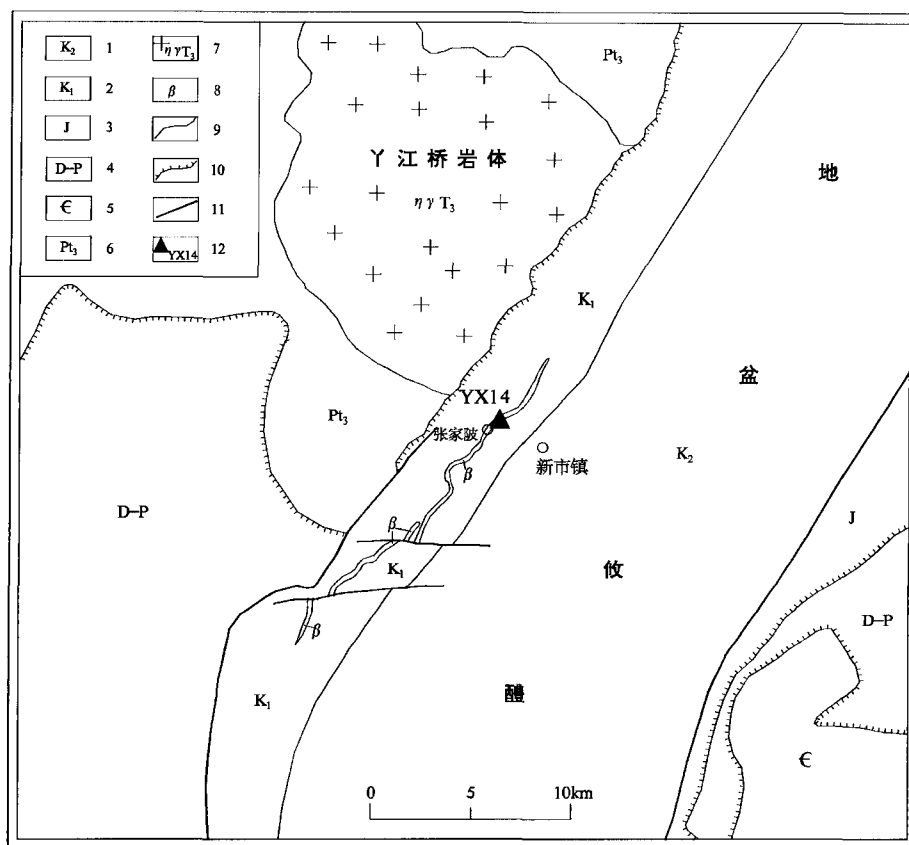


图1 新市玄武岩分布略图

Fig. 1 The distribution of basalt in Xinshi, Youxian county, Hunan province

1-上白垩统;2-下白垩统;3-侏罗系;4-泥盆-二叠系;5-寒武系;6-新元古界;7-晚三叠世花岗岩;8-玄武岩;9-地质界线;10-不整合地质界线;11-断裂;12-年龄样位置及其编号

蛋白石杏仁体的玄武岩(图 2c);杏仁体大小不一,最大者长度大于 20 cm,气孔较大,呈狭长状,长轴平行熔岩与红色砂岩的接触界面。

岩体流动构造较清楚,熔岩流在流动过程中使其下早期喷发形成的气孔、杏仁状玄武岩破碎,在其底部与砂岩接触处,有厚约 20 cm 熔岩层强烈碎裂(图 2d),一般应是熔岩底部(边部)快速冷凝边,在熔岩持续流动作用下因边缘流动产生的破碎。

岩体接触关系清楚,与下伏砂岩呈侵入接触,砂岩具较强的热力变质,形成宽约 20 cm 的烘烤边,砂岩颜色呈灰白色(图 2e),砂岩顶层面与熔岩接触面略呈起伏不平,局部可见向下尖凹细小的侵蚀槽,应为熔岩流动过程中对下伏弱固结的砂岩侵蚀造成。

岩体顶部与紫红色砂岩呈平行不整合接触,有 20 cm 厚的古风化壳,熔岩中发育有似层状、透镜状红色砂岩体,应为熔岩在未完全固结的软体环境下

沉积形成。砂岩中底部有 1.3 m 厚的富含火山物质的砾岩、砂砾岩(图 2f)。这些砾屑成分大小混杂,分选差,说明物源区为火山岩(熔岩区),未经长距离搬运,也说明水动力条件相对较弱。未见明显的其它沉积构造,沉积环境应为湖相。

显微镜下观察,玄武岩可见斜长石(3%)、橄榄石(2%)、斜方辉石(1 粒)斑晶。斜长石斑晶为自形晶,高岭土化较明显,钠氏双晶等时隐时现,粒度大小为 1 ~ 2 mm。橄榄石斑晶为自形晶,被蛇纹石及铁质交代呈假像轮廓,粒度大小为 0.4 ~ 1.3 mm。斜方辉石斑晶为自形,粒度大小在 1 mm 左右。基质主要由斜长石(58%)、单斜辉石(35%)、石英(微)等组成,斜长石板条状微晶杂乱分布,在其构成的多角形空隙内充填有数粒细小辉石、磁铁矿、石英。其中斜长石被高岭石交代。含有 1% 左右的杏仁体,形态不规则,充填物为绿泥石、蛋白石,大小在 0.3 ~ 0.8 mm 之间。副矿物主要有磁铁矿。

部位中进行了 33 个点的锆石 U-Pb 年龄测试,有效点为 25 个,测试结果见表 1;锆石的谐和图和年龄频谱图见图 4。25 个测点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值变化于 132 ~ 709 Ma 之间,但 MSWD 值较大,说明有些数据为离群值。其中 10 个点年龄较接近(YX14-03、YX14-06、YX14-08、YX14-14、YX14-17、YX14-18、YX14-21、YX14-22、YX14-28、YX14-33),其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄给出的加权平均年龄为 132.7 ± 1.2 Ma (2σ , MSWD=0.058),应为玄武岩的成岩年龄。

从测试结果来看(表 1),除上述 10 个点表面

年龄在 132 Ma ~ 133 Ma 之间外,还有集中分布于 693 ~ 709 Ma、349 ~ 454 Ma、214 ~ 294 Ma、141 ~ 158 Ma 等四个区间内的表面年龄值。从图 3 中明显可以看出,代表上述四个区间表面年龄测点的锆石颜色较深,呈黄褐色或玫瑰色,滚圆或次棱角状(YX14-26、YX14-32、YX14-09、YX14-25、YX14-27、YX14-13、YX14-30、YX14-10、YX14-11、YX14-12、YX14-19),或位于核部的包裹体部位(YX14-24、YX14-16、YX14-04、YX14-23),在 CL 图上,锆石的发光性较弱,韵律环带较窄或不明显,与主体结晶期锆石明显不是同期形成的产物,具继承性锆石

表 1 锆石 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析结果
Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Th-Pb analysis data

测点号	含量 ($\times 10^{-6}$)			比值										年龄 (Ma)							
	Pb	Th	U	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1σ	$\frac{^{238}\text{U}}{^{232}\text{Th}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	1σ	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	1σ	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}$	1σ
YX1403	9.2	277.5	379.4	0.04868	0.00116	0.13916	0.00345	0.02073	0.00028	0.00688	0.00009	1.37	0.01	132	34	132	3	132	2	139	2
YX1404	11.6	191	252.8	0.05125	0.00117	0.27879	0.00665	0.03944	0.00054	0.01244	0.00016	1.32	0.01	252	31	250	5	249	3	250	3
YX1406	6.3	230.7	250	0.04856	0.00132	0.13949	0.00387	0.02083	0.00029	0.00663	0.00009	1.08	0.01	127	39	133	3	133	2	134	2
YX1408	15.3	436.7	643.0	0.05379	0.00106	0.15432	0.00322	0.0208	0.00028	0.00652	0.00008	1.47	0.01	362	24	146	3	133	2	131	2
YX1409	96	764.5	1206.4	0.05692	0.00077	0.57314	0.00892	0.07301	0.00095	0.0164	0.00017	1.58	0.02	488	15	460	6	454	6	329	3
YX1410	6.6	149.7	236.9	0.04991	0.00142	0.17027	0.00495	0.02474	0.00034	0.00794	0.00012	1.58	0.02	191	42	160	4	158	2	160	2
YX1411	4.4	182.1	155.2	0.04874	0.00182	0.14859	0.0056	0.02211	0.00032	0.00695	0.0001	0.85	0.01	135	61	141	5	141	2	140	2
YX1412	47.8	337.4	1808.1	0.04974	0.00144	0.16947	0.00437	0.02471	0.00033	0.00781	0.00011	5.36	0.05	183	69	159	4	157	2	157	2
YX1413	53.7	1161.2	1122.5	0.05127	0.00073	0.27874	0.00447	0.03942	0.00052	0.01125	0.00011	0.97	0.01	253	17	250	4	249	3	226	2
YX1414	6.1	251.3	234.1	0.04872	0.00158	0.13957	0.00461	0.02077	0.00029	0.00677	0.00009	0.93	0.01	134	51	133	4	133	2	136	2
YX1416	44.9	26.9	785.0	0.05474	0.00112	0.4417	0.00707	0.05852	0.00075	0.01827	0.00024	29.23	0.29	402	47	371	5	367	5	366	5
YX1417	5.8	200.9	235.2	0.04862	0.00153	0.13893	0.00445	0.02072	0.00029	0.00673	0.00009	1.17	0.01	130	49	132	4	132	2	136	2
YX1418	5.4	215.8	212.2	0.04863	0.00194	0.13893	0.00559	0.02071	0.0003	0.00655	0.0001	0.98	0.01	130	67	132	5	132	2	132	2
YX1419	14.5	216.5	385.3	0.05038	0.00103	0.23493	0.00508	0.03381	0.00045	0.01106	0.00014	1.78	0.02	213	27	214	4	214	3	222	3
YX1421	3.3	124.8	131.1	0.04869	0.00177	0.1398	0.00511	0.02082	0.0003	0.00678	0.00011	1.05	0.01	133	59	133	5	133	2	137	2
YX1422	2.9	101.8	115.8	0.04851	0.00213	0.13932	0.00612	0.02082	0.00031	0.00663	0.00013	1.14	0.01	124	73	132	5	133	2	134	3
YX1423	9.4	90.2	225	0.05572	0.00129	0.30334	0.00729	0.03947	0.00054	0.01111	0.00018	2.49	0.02	441	30	269	6	250	3	223	4
YX1424	77.8	69	674.1	0.06862	0.00091	1.09961	0.01677	0.11619	0.00151	0.0239	0.00034	9.78	0.1	887	14	753	8	709	9	477	7
YX1425	34	383.6	438.6	0.05813	0.00327	0.44562	0.02415	0.0556	0.00083	0.01723	0.00021	1.14	0.01	535	126	374	17	349	5	345	4
YX1426	23.4	147.6	179.4	0.06282	0.00107	0.99712	0.01836	0.11509	0.00152	0.02707	0.00032	1.22	0.01	702	19	702	9	702	9	540	6
YX1427	42.9	415	579.1	0.05702	0.00085	0.49559	0.00824	0.06302	0.00083	0.02181	0.00023	1.4	0.01	492	17	409	6	394	5	436	5
YX1428	4.3	147.9	175.4	0.04862	0.00192	0.13951	0.00553	0.0208	0.0003	0.00658	0.00011	1.19	0.01	130	66	133	5	133	2	133	2
YX1430	11.4	104.7	222.7	0.05317	0.00117	0.34233	0.00786	0.04668	0.00063	0.01626	0.00023	2.13	0.02	336	29	299	6	294	4	326	5
YX1432	22.8	63.7	192.1	0.06246	0.00101	0.97738	0.01728	0.11345	0.00149	0.03091	0.00041	3.02	0.03	690	18	692	9	693	9	615	8
YX1433	5.7	214.4	224.9	0.04867	0.00137	0.13975	0.00401	0.02082	0.00029	0.00675	0.00009	1.05	0.01	132	42	133	4	133	2	136	2

表2 新市玄武岩主量元素、微量元素和稀土元素分析结果

Table 2 Major elements, trace elements and REE analysis data

样号		Z11-1	YX-12	YX-13	Z16-2	YX-14	Z19	YX-4	YX-5	Z11-2	YX-6	YX-7	YX-8	YX-9	YX-10	YX-11
岩性		角砾状玄武岩			气孔状玄武岩		气孔杏仁状玄武岩			块状玄武岩						
主 量 元 素 (%)	SiO ₂	52.23	51.3	52.02	54.06	52.11	53.88	53.08	52.92	53.86	53.15	53.66	52.87	53.16	53.87	51.41
	TiO ₂	1.61	1.65	1.55	1.55	1.54	1.53	1.53	1.49	1.56	1.5	1.47	1.57	1.49	1.52	1.62
	Al ₂ O ₃	17.77	17.07	16.66	15.68	16.7	17.05	17.01	16.4	15.78	16.09	16.34	16.23	16.47	16	17.12
	Fe ₂ O ₃	9.13	7.5	7.6	4.88	7.5	8.52	7.79	5.63	4.29	5.72	4.55	5.54	5.97	5.69	7.2
	FeO	0.71	2.61	2.34	4.89	2.27	1.21	2.09	3.91	5.5	3.88	4.63	4.01	3.51	3.88	2.53
	MnO	0.09	0.14	0.12	0.15	0.13	0.11	0.14	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13
	MgO	7.65	6.26	6.64	6.54	6.68	5.1	5.55	6.56	6.63	6.59	6.43	6.6	6.37	6.14	6.57
	CaO	5.89	8.71	8.31	7.46	8.33	5.91	6.66	7.7	5.42	7.92	7.75	7.99	7.53	7.52	8.81
	Na ₂ O	3.62	3.04	3	3.56	3.02	4.49	4.04	3.5	5.39	3.31	3.36	3.34	3.57	3.48	3
	K ₂ O	0.99	1.35	1.41	1.03	1.37	1.87	1.79	1.45	1.21	1.39	1.38	1.41	1.49	1.47	1.25
	P ₂ O ₅	0.31	0.37	0.35	0.21	0.35	0.32	0.32	0.31	0.22	0.31	0.3	0.31	0.31	0.31	0.36
稀 土 元 素 ($\times 10^{-6}$)	La	22.7	26.2	22.3	14.6	26.1	24.9	24.4	23.4	12.9	24.5	23.3	25.0	25.1	22.3	26.6
	Ce	46.9	54.5	47.1	28.8	54.0	49.2	50.9	49.0	29.2	51.7	48.0	51.6	52.1	46.3	55.6
	Pr	5.48	6.12	5.22	3.90	6.07	5.54	5.81	5.44	3.58	5.93	5.55	5.93	6.02	5.27	6.25
	Nd	21.4	23.9	20.1	16.4	23.1	21.7	22.8	21.4	15.1	21.8	21.3	22.6	23.0	20.5	24.1
	Sm	4.50	4.89	4.27	4.30	4.81	4.86	5.03	4.52	3.86	4.69	4.57	5.00	5.00	4.28	5.12
	Eu	1.52	1.64	1.42	1.46	1.58	1.52	1.64	1.55	1.36	1.60	1.51	1.65	1.67	1.47	1.68
	Gd	4.58	5.05	4.60	4.92	4.78	4.77	5.25	4.73	4.07	4.95	4.63	5.16	5.11	4.63	5.10
	Tb	0.72	0.72	0.66	0.77	0.74	0.74	0.75	0.70	0.61	0.75	0.70	0.75	0.77	0.67	0.78
	Dy	4.18	4.09	3.78	4.38	4.25	4.14	4.40	4.17	3.72	4.18	4.01	4.27	4.34	3.82	4.32
	Ho	0.81	0.81	0.75	0.84	0.77	0.79	0.82	0.75	0.69	0.76	0.76	0.80	0.87	0.73	0.84
	Er	2.29	2.32	2.10	2.51	2.21	2.25	2.36	2.31	1.89	2.34	2.15	2.33	2.29	2.07	2.34
	Tm	0.27	0.29	0.25	0.29	0.28	0.31	0.31	0.28	0.24	0.28	0.27	0.28	0.29	0.26	0.30
	Yb	1.81	1.86	1.69	1.79	1.83	1.83	1.94	1.74	1.52	1.83	1.79	1.89	1.81	1.67	1.93
	Lu	0.27	0.27	0.26	0.25	0.26	0.27	0.27	0.26	0.21	0.26	0.26	0.28	0.26	0.24	0.27
	Y	21.7	22.5	21.2	26.7	22.6	23.0	22.3	21.7	19.4	23.2	21.4	22.6	22.5	21.2	22.7
	ΣREE	281.79	293.79	294.79	283.79	295.79	284.79	285.79	286.79	282.79	287.79	288.79	289.79	290.79	291.79	292.79
	ΣCe/ΣY	2.8	3.09	2.85	1.63	3.07	2.83	2.88	2.87	2.04	2.86	2.9	2.91	2.95	2.84	3.09
	(La/Yb) _N	7.45	5.04	4.84	8.08	7.47	7.99	7.95	7.72	7.85	8.23	7.93	8.18	8.36	7.84	8.47
	δEu	1.12	1.1	1.08	1.07	1.1	1.05	1.07	1.12	1.15	1.11	1.09	1.09	1.1	1.11	1.09
微 量 元 素 ($\times 10^{-6}$)	Sc	22.2	22	20	19	23.2	23.6	23	22.5	22.2	23.9	22	24	23	22	23.3
	V	143	150	135	151	153	179	178	159	150	167	150	151	172	161	176
	Cr	207	155	125	169	140	162	175	158	179	210	188	175	181	136	142
	Ni	111	103	97.6	146	108	105	126	125	138	128	122	126	126	114	107
	Cu	11.7	55.6	32.2	23.6	29.5	19.5	14.8	13	29.5	21.3	18.4	17.2	14.3	43.2	57.2
	Zn	127	100	93.9	102	97.2	96.9	105	94.4	104	102	98.9	104	102	98.9	99.8
	Sr	334	458	437	293	470	363	371	350	591	398	356	380	379	364	458
	Co	36.6	38.2	35.8	37.2	39.5	34.5	40.4	41.2	39.5	43.3	39.8	39.6	40.2	37	40.3
	Rb	22.6	44.4	41.7	24.6	40	39.9	47.1	37.6	27.7	41.2	36.7	39	41	38	49.7
	Zr	206	203	154	116	168	160	184	162	113	218	177	178	185	145	175
	Nb	20.6	23.4	21.3	11.3	22.1	20.3	20.9	20.5	11.8	22	20.7	21.3	21.4	20.1	23.5
	Ta	1.24	1.39	1.27	0.7	1.31	1.21	1.25	1.2	0.74	1.31	1.2	1.31	1.29	1.19	1.36
	Pb	6	5.1	3.93	2.48	4.18	13	6.82	3.98	2.53	3.89	3.74	3.93	4.16	4	4.57
	Th	3.33	3.23	2.93	1.87	3.26	3.2	3.57	3.11	1.93	3.21	3.06	3.35	3.34	2.99	3.23
	U	0.61	0.75	0.57	0.61	0.64	1.98	1.18	0.73	0.53	0.68	0.6	0.73	0.8	0.73	1.26
	Ga	20.8	20	19.9	18.6	20.1	21.3	21.9	20.4	19.5	21.9	20.2	20.9	20.7	19.1	20.1
	Hf	4.64	4.7	4.34	3.28	4.66	4.43	4.7	4.38	3.37	4.55	4.48	4.64	4.77	4.18	4.76

分析单位: 中国地质科学院地质研究所实验室,2011.

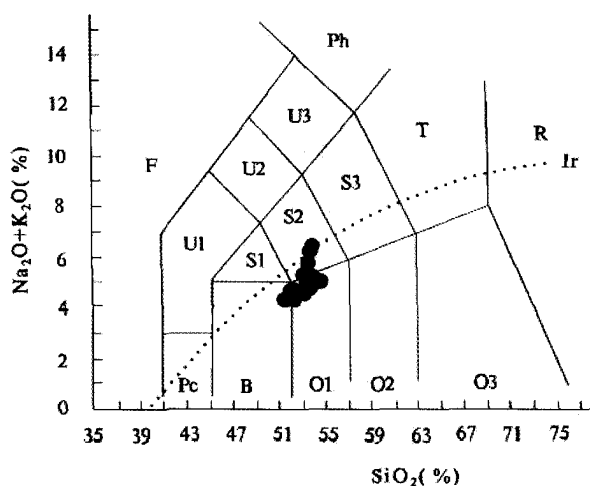
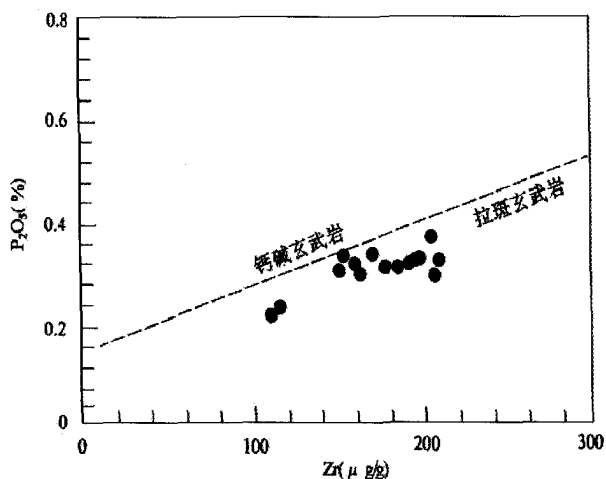
图5 新市玄武岩TAS图解^[22]

Fig. 5 TAS diagram for Xinshi basalt

B-玄武岩;O1-玄武安山岩;S2-玄武质粗面安山岩;其它代号略;

Ir:碱性(上部)与亚碱性(下部)分界线

图6 新市玄武岩 P_2O_5 -Zr图解^[23]Fig. 6 P_2O_5 vs. Zr plot for Xinshi basalt

大,变化于 1.05 ~ 1.15 之间,稀土配分曲线表现为较陡的右倾型(图 7)。

不相容元素比值:La/Ce 为 0.441 ~ 0.506, Sm/Nd 为 0.205 ~ 0.262, Ce/Nd 为 1.756 ~ 2.9, Zr/Nb 为 7.214 ~ 10.265, 与原始地幔相比有较明显的差异^[24]。轻稀土元素的富集反映了源区发生了富集作用,而性质相似的高场强元素含量变化不明显。高场强元素与不相容元素比值上,新市玄武岩 Nb/Ta 为

15.95 ~ 17.28, 与原始地幔值 17.5 ± 2.0 相似;Zr/Hf 比值为 33.53 ~ 47.91, 略高于原始地幔值 36.27, 但远高于大陆壳值 11, 表明本区岩石受地壳污染的可能性很小^[25]。在以原始地幔为标准的图解中(图 8), 相对富集 Zr、Hf、Ta、Sr、Th、U、Rb 而贫 K 和稀土元素等,其特征与湘南地区中生代玄武岩相似^[26]。

玄武岩的 Sr、Nd 同位素组成列于表 3 中。其特征表现为: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值较小,平均 0.70692,变化

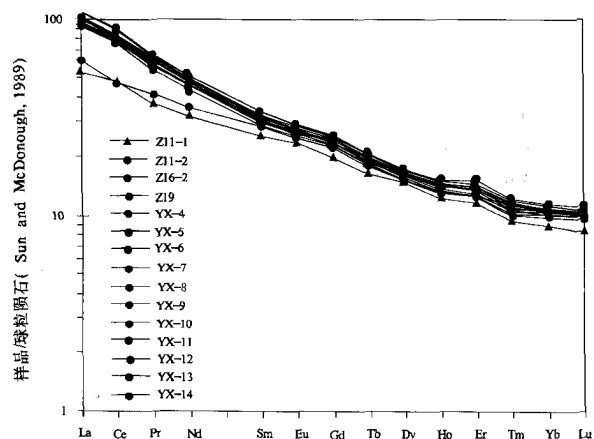


图7 稀土元素配分型式图

Fig. 7 Chondrite-normalized REE pattern of Xinshi basalt

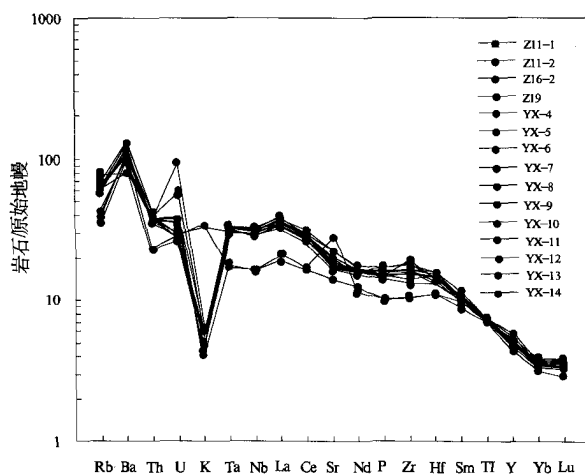


图8 微量元素原始地幔标准化蛛网图

Fig. 8 Primitive mantle-normalized trace element spider diagram for Xinshi basalt

表3 新市玄武岩Sm-Nd同位素组成

Table 3 Sr-Nd isotope composition of Xinshi basalt.

序号	样号	年龄	Rb (×10 ⁻⁶)	Sr (×10 ⁻⁶)	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	± 2 σ	ε Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr (T)
1	Z11-1	LA132.7	18.64	270.4	0.1994	0.706788	15	27.14	0.70641
2	Z11-2	LA132.7	11.11	337.6	0.0952	0.709376	13	66.66	0.70920
3	Z16-2	LA132.7	12.93	210	0.1781	0.706097	10	17.90	0.70576
4	Z19	LA132.7	31.86	265.7	0.3469	0.706978	15	25.89	0.70632

序号	Sm (×10 ⁻⁶)	Nd (×10 ⁻⁶)	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	± 2 σ	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd (T)	ε Nd (T)	T _{DM} (Ga)	T _{DMII} (Ga)
1	4.364	20.408	0.1294	0.512662	7	0.512550	1.6	0.88	0.79
2	3.022	12.213	0.1497	0.512725	8	0.512595	2.5	1.01	0.72
3	3.941	15.585	0.1530	0.512782	5	0.512649	3.6	0.92	0.64
4	4.353	20.723	0.1271	0.512642	10	0.512532	1.3	0.89	0.82

于 0.70576 ~ 0.70920 之间; ε Sr(T) 值平均 34.3975, 变化在 17.90 ~ 66.66 之间。ε Nd(T) 平均 2.25; T_{DMII} 平均 0.743 Ga, 反映时代较新。在 ε Nd(t)-t/Ma 图解中(图 9), 投点位于 CHUR 线之上, 说明其物质来源于下地幔。

4 玄武岩形成的构造环境

湖南省境内岩浆活动至白垩纪时已接近尾声, 仅有少量的 CPG 花岗岩、拉斑玄武岩及辉绿岩、煌斑岩等分布, 主要出露在湘东南及湘东北地区。研究表明早在 140 ~ 130 Ma 华南及湘东北地区就已完成了由陆内碰撞挤压向陆内伸展的转变^[27], 构造背景是紧随侏罗纪挤压造山运动之后的构造松弛和拉张减薄的环境^[28]。

新市玄武岩具有低钾、高钛, LILE 富集并不强

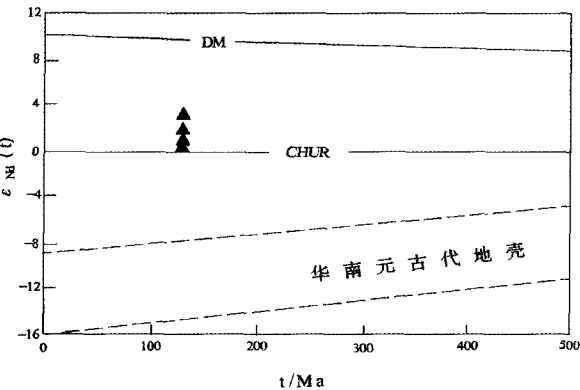


图9 新市玄武岩 ε Nd(t)-t/Ma图解

Fig. 9 ε Nd(t) vs. t/Ma plot for Xinshi basalt

烈。微量元素蛛网图与板内玄武岩的配分模式相似(图 8)。在 w(Th)/w(Hf) - w(Ta)/w(Hf)图解中(图 10), 分布在陆内裂谷及陆缘裂谷拉斑玄武岩区, 反映醴(陵) - 攸(县)盆地形成于变薄的大陆岩石圈上的陆内拉张环境。在此陆内拉张构造条件下, 先前被俯冲带流体 / 熔体交代的地幔混入陆壳物质, 经部分熔融导致了醴(陵) - 攸(县)盆地玄武岩的形成。

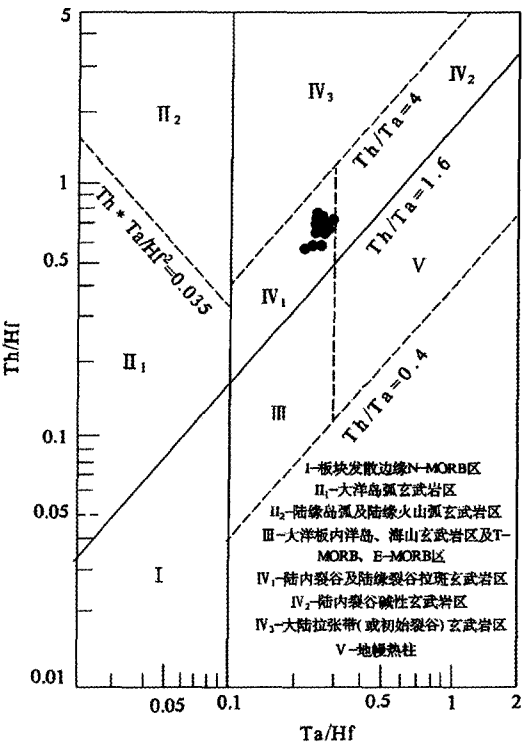


图10 新市玄武岩Th/Hf-Ta/Hf图解

Fig. 1 Th/Hf vs. Ta/Hf plot for Xinshi basalt

5 结论

(1)新市玄武岩由两个不完整喷发旋回的玄武质熔岩组成,其顶底由气孔-杏仁状玄武岩组成,中部为致密状玄武岩;具裂隙式溢流喷发特征;夹于下白垩统神皇山组中。

(2)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 结果表明,新市玄武岩成岩年龄为 132.7 ± 1.2 Ma,为早白垩世产物。

(3)新市玄武岩主要为亚碱性拉斑玄武岩系列,以富硅、低钾、高钛,稀土元素总量较高,富集轻稀土,无负锆异常;Rb、Sr、LILE 弱富集,K、HREE 强烈亏损;具有较低的 Isr 值,较高的 $\varepsilon Nd(T)$, T_{DMII} 年龄较小;其物质来源于原始地幔,为地幔岩石部分熔融的原生岩浆,形成于陆内拉张(裂谷初期)环境。

参考文献:

- [1] Nasdala L, Hofmeister W, Norberg N, et al. Zircon M257: A homogeneous natural reference material for the ion microprobe U-Pb analysis of zircon [J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2008, 32: 247 - 265.
- [2] Liu Y S, Gao S, Hu Z C, et al. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths [J]. *Journal of Petrology*, 2009, 51(1-2): 537 - 571.
- [3] Ludwig, K R. User's manual for Isoplot 3.0: Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2003, 4: 1 - 70.
- [4] 侯可军, 李延河, 田有荣. LA-MC-ICP-MS 锆石微区原位 U-Pb 定年技术[J]. *矿床地质*, 2009, 28(4): 481 - 192.
- [5] Sláma J, Kosler J, Condon D J, et al. Plesovice zircon: A new natural reference material for U-Pb and Hf isotopic microanalysis [J]. *Chemical Geology*, 2008, 249: 1 - 35.
- [6] Corfu F, Hancher J M, Hoskin P W O et al. Atlas of zircon textures [J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 2003, 53: 469 - 500.
- [7] Wu Y B, Zheng Y F. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49: 1554 - 1569.
- [8] 周金城, 王孝磊, 邱检生. 江南造山带是否格林威尔期造山带? ——关于华南前寒武纪地质的几个问题[J]. *高校地质学报*, 2008, 14(1): 64 - 72.
- [9] 王孝磊, 周金城, 邱检生, 等. 湖南中-新元古代火山-侵入岩地球化学及成因意义[J]. *岩石学报*, 2003, 19(1): 49 - 60.
- [10] 周金城, 王孝磊, 邱检生, 等. 桂北中-新元古代镁铁质-超镁铁质岩的岩石地球化学[J]. *岩石学报*, 2003, 19(1): 9 - 18.
- [11] 王剑, 李献华, Duan T Z, 等. 沧水铺火山岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及“南华系”底界新证据[J]. *科学通报*, 2003, 48(16): 1726 - 1731.
- [12] 马铁球, 陈立新, 柏道远, 等. 湘东北新元古代花岗岩体锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地球化学特征 [J]. *中国地质*, 2008, 35(1): 65 - 73.
- [13] 刘耀荣, 贾宝华. 湘东板杉铺岩体构造样式与侵位机制[J]. *中国区域地质*, 2000, 19(2): 159 - 165.
- [14] 许德如, 陈广浩, 夏斌, 等. 湘东地区板杉铺加里东期埃达克质花岗闪长岩的成因及地质意义 [J]. *高校地质学报*, 2006, 12(4): 507 - 521.
- [15] 柏道远, 陈建成, 马铁球, 等. 王仙岭岩体地质地球化学特征及其对湘东南印支晚期构造环境的制约[J]. *地球化学*, 2006, 35(2): 113 - 125.
- [16] 马铁球, 陈俊, 郭乐群, 等. 湘东北临湘地区钾质煌斑岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 定年及其地球化学特征 [J]. *中国地质*, 2010, 37(1): 56 - 63.
- [17] 贾大成, 胡瑞忠, 卢焱, 等. 湘东北蕉溪岭富钠煌斑岩地球化学特征[J]. *岩石学报*, 2002, 18(4): 459 - 467.
- [18] 彭头平, 席先武, 王岳军, 等. 湘东北早中生代花岗闪长岩地球化学特征及其构造意义 [J]. *大地构造与成矿学*, 2004, 28(3): 287 - 296.
- [19] 王岳军, 范蔚茗, 郭锋, 等. 湘东南中生代花岗闪长质小岩体的岩石地球化学特征[J]. *岩石学报*, 2001, 17(1): 169 - 175.
- [20] 贾大成, 胡瑞忠. 湘东北燕山晚期花岗岩构造环境判别 [J]. *岩石学报*, 2002, 30(2): 10 - 14.
- [21] 贾大成, 胡瑞忠, 谢桂青, 等. 湘东北中生代基性岩脉微量元素地球化学特征及岩石成因 [J]. *地质地球化学*, 2002, 30(3): 33 - 37.
- [22] Le Bas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, et al. A Chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram [J]. *Journal of Petrology*, 1986, 27: 745 - 750.
- [23] Floyd P A, Winchester J A. Magma type and tectonic setting discrimination using immobile elements [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1975, 27: 211 - 218.
- [24] Sun S S and McDonough W F. Chemical and isotope systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [C]. // Saunders A D and Norry M J (eds). *Magmatism in the Ocean Basin*. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42: 313 - 345.
- [25] Weaver B L. The origin of ocean island basalt end-member composition: trace element and isotopic constraints [J]. *Earth and Planet Science Letters*, 1991, 104: 381 - 397.
- [26] 赵振华, 包志伟, 张伯友. 湘南中生代玄武岩类地球化学

- 特征[J].中国科学(D辑),1998,28(增刊):7-14.
- [27] 贾大成,胡瑞忠,卢焱,等.湘东北钠质煌斑岩地幔源区特征及成岩构造环境.中国科学(D辑),2003,33(4):344-352.
- [28] 马铁球,李纲,柏道远,等.湘北华容地区小墨山花岗岩体 SHRIMP U-Pb 年龄及地球化学特征[J].资源调查与环境,2010,31(1):1-11.

The Zircon LA-ICP-MS U-Pb Ages and Geochemistry Features of Basalt at Xinshi, Youxian, Hunan Province

MA Tie-Qiu¹, YAN Quan-Ren², CHEN Hui-Ming², XIANG Zhong-Jin², ZHOU Ke-Jun¹, LI bin¹

(1. Hunan Institute of Geological Survey, Changsha 410116, Hunan, China; 2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China)

Abstract: Xinshi basalt was long and narrow banded outcrop width 50 ~ 200 m, extending more than 25 km long and a thickness of 35.8 m, composed of basaltic lava from two incomplete eruption cycles, top and bottom are stomata - almond-shaped basalts, central is the dense basalt, and occurred in the Lower Cretaceous Huangshenmiao Formation. LA-ICP-MS U-Pb dating of zircons from Xinshi basalt are yielded age of 132.7 ± 1.2 Ma (MSWD=0.058) which means it erupted in Early Cretaceous. Comprehensive study of petrology, geochemistry, Xinshi basalt are composing of subalkaline basaltic andesite and basaltic trachyandesite; SiO₂ content of less than 53.88%, lower Na₂O + K₂O indicate it is belongs to high-K calc-alkaline to calc-alkaline tholeiite series; Σ REE, are greater than 281.79, δ Eu value is usually larger than 1.05; the average I_{Sr} is 0.7069, the average $T_{DM II}$ is 0.74 Ga, the average $\varepsilon Nd (T)$ is +2.2. All the geochemical evidence indicate that the basaltic magma is derived from the primitive mantle in the intracontinental extensional environment.

Key words: basalt; zircon LA-ICP-MS U-Pb dating; geochemical features; Xinshi, Hunan province