

表 1 研究区岩浆岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年数据  
Table 1 LA-ICP-MS magmatite zircon U-Pb dating results in the study area

测点号	Th/U	同位素比值						$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\sigma$	Age(Ma)	$\sigma$	Age(Ma)	$\sigma$	Age(Ma)	$\sigma$
12D71-1	0.56	0.049 12	0.006 13	0.162 12	0.019 93	0.023 97	0.000 68	154	220	153	17	153	4
12D71-2	0.49	0.049 22	0.004 81	0.165 32	0.015 88	0.024 40	0.000 63	158	167	155	14	155	4
12D71-3	0.85	0.048 94	0.002 47	0.160 75	0.007 91	0.023 86	0.000 51	145	75	151	7	152	3
12D71-4	0.59	0.049 10	0.008 85	0.157 93	0.028 21	0.023 36	0.000 71	153	303	149	25	149	4
12D71-5	0.58	0.049 21	0.005 18	0.159 90	0.016 57	0.023 60	0.000 61	158	184	151	15	150	4
12D71-6	1.09	0.049 29	0.001 83	0.165 82	0.005 97	0.024 43	0.000 49	162	48	156	5	156	3
12D71-7	0.57	0.049 07	0.007 38	0.160 21	0.023 78	0.023 71	0.000 74	151	257	151	21	151	5
12D71-8	0.56	0.048 78	0.004 55	0.160 10	0.014 67	0.023 83	0.000 61	137	157	151	13	152	4
12D71-9	0.81	0.049 17	0.005 18	0.159 77	0.016 58	0.023 59	0.000 61	156	184	151	15	150	4
12D71-10	0.32	0.048 99	0.003 35	0.151 39	0.010 14	0.022 44	0.000 51	147	109	143	9	143	3
12D71-11	0.45	0.049 17	0.005 39	0.160 73	0.017 28	0.023 73	0.000 67	156	188	151	15	151	4
12D71-12	0.54	0.049 53	0.011 48	0.163 22	0.037 50	0.023 92	0.000 88	173	365	154	33	152	6
12D71-13	0.55	0.050 15	0.007 34	0.160 84	0.023 13	0.023 27	0.000 79	202	257	151	20	148	5
12D71-14	0.46	0.049 06	0.003 23	0.162 21	0.010 47	0.023 99	0.000 54	151	105	153	9	153	3
12D71-15	1.07	0.050 19	0.002 52	0.163 52	0.008 02	0.023 64	0.000 51	204	74	154	7	151	3
12D71-16	0.12	0.055 93	0.003 02	0.550 59	0.029 01	0.071 42	0.001 62	450	77	445	19	445	10
12D71-17	0.76	0.049 14	0.004 52	0.163 83	0.014 77	0.024 18	0.000 65	155	152	154	13	154	4
12D71-18	0.63	0.049 10	0.006 24	0.160 76	0.020 20	0.023 75	0.000 64	153	229	151	18	151	4
12D71-19	0.94	0.046 43	0.005 43	0.146 31	0.016 73	0.022 85	0.000 56	20	232	139	15	146	4
12D71-20	0.57	0.049 25	0.009 68	0.162 82	0.031 63	0.023 98	0.000 86	160	308	153	28	153	5
12D72-01	1.67	0.049 69	0.004 55	0.164 38	0.014 53	0.023 97	0.000 46	181	163	155	13	153	3
12D72-02	1.66	0.048 52	0.004 07	0.158 79	0.012 85	0.023 71	0.000 38	125	151	150	11	151	2
12D72-03	2.11	0.050 13	0.008 54	0.165 17	0.027 54	0.023 87	0.000 82	201	285	155	24	152	5
12D72-04	1.67	0.050 82	0.002 57	0.165 80	0.007 66	0.023 64	0.000 32	233	82	156	7	151	2
12D72-05	1.17	0.049 76	0.004 45	0.162 42	0.014 00	0.023 65	0.000 45	184	159	153	12	151	3
12D72-06	1.72	0.049 25	0.004 00	0.163 94	0.012 78	0.024 12	0.000 42	160	143	154	11	154	3
12D72-07	3.15	0.050 44	0.002 00	0.165 72	0.005 75	0.023 81	0.000 28	215	58	156	5	152	2
12D72-08	1.41	0.049 51	0.006 35	0.165 71	0.020 71	0.024 26	0.000 64	172	228	156	18	155	4
12D72-09	1.42	0.050 12	0.005 27	0.164 50	0.016 76	0.023 79	0.000 53	201	188	155	15	152	3
12D72-10	1.9	0.048 67	0.003 30	0.159 18	0.010 27	0.023 71	0.000 35	132	118	150	9	151	2
12D72-11	4.26	0.047 47	0.002 32	0.157 22	0.007 02	0.024 02	0.000 31	73	75	148	6	153	2
12D72-12	2.34	0.056 64	0.002 01	0.544 31	0.016 43	0.069 70	0.000 80	478	46	441	11	434	5
12D72-13	1.46	0.053 08	0.003 29	0.172 88	0.010 10	0.023 63	0.000 33	332	108	162	9	151	2
12D72-14	2.29	0.060 65	0.006 18	0.197 51	0.019 45	0.023 63	0.000 54	627	175	183	16	151	3
12D72-15	1.17	0.049 33	0.003 86	0.160 67	0.012 08	0.023 63	0.000 39	164	139	151	11	151	2
12D72-16	3.62	0.045 48	0.002 35	0.151 70	0.007 23	0.024 20	0.000 32	-30	76	143	6	154	2
12D72-17	1.67	0.047 48	0.003 32	0.155 98	0.010 41	0.023 84	0.000 37	73	118	147	9	152	2
12D72-18	1.92	0.052 61	0.003 26	0.171 83	0.010 02	0.023 70	0.000 35	312	106	161	9	151	2
12D72-19	1.94	0.050 20	0.002 68	0.167 22	0.008 29	0.024 18	0.000 31	204	91	157	7	154	2
12D72-20	1.82	0.051 43	0.004 14	0.170 81	0.013 19	0.024 11	0.000 44	260	142	160	11	154	3
13D13-01	0.68	0.060 89	0.004 58	0.160 88	0.014 66	0.023 94	0.000 59	635	115	186	12	153	4
13D13-02	0.74	0.049 04	0.003 81	0.162 25	0.012 31	0.023 99	0.000 56	150	127	153	11	153	4
13D13-03	0.6	0.049 16	0.003 33	0.163 52	0.010 80	0.024 12	0.000 52	155	110	154	9	154	3
13D13-04	0.51	0.049 11	0.002 97	0.161 26	0.009 51	0.023 81	0.000 49	153	96	152	8	152	3
13D13-05	0.65	0.049 28	0.003 45	0.162 41	0.011 11	0.023 90	0.000 51	161	115	153	10	152	3
13D13-06	0.49	0.048 92	0.003 38	0.159 37	0.010 73	0.023 63	0.000 52	144	111	150	9	151	3
13D13-07	0.31	0.049 15	0.002 06	0.161 09	0.006 49	0.023 77	0.000 46	155	58	152	6	151	3
13D13-08	0.63	0.049 11	0.003 90	0.167 61	0.013 01	0.024 76	0.000 58	153	131	157	11	158	4
13D13-09	0.39	0.049 15	0.003 28	0.168 41	0.010 97	0.024 85	0.000 53	155	108	158	10	158	3
13D13-10	0.66	0.048 98	0.003 32	0.164 23	0.010 84	0.024 32	0.000 53	147	108	154	9	155	3
13D13-11	0.64	0.049 02	0.002 78	0.163 43	0.008 99	0.024 18	0.000 49	149	88	154	8	154	3
13D13-12	0.69	0.049 09	0.002 96	0.165 63	0.009 72	0.024 47	0.000 50	152	96	156	8	156	3
13D13-13	0.61	0.048 73	0.005 18	0.164 00	0.017 06	0.024 41	0.000 66	135	182	154	15	155	4
13D13-14	0.46	0.049 12	0.002 48	0.163 72	0.008 00	0.024 17	0.000 48	154	77	154	7	154	3
13D13-15	0.6	0.049 22	0.003 67	0.163 54	0.011 92	0.024 10	0.000 53	158	123	154	10	154	3
13D13-16	0.71	0.049 11	0.002 64	0.162 81	0.008 50	0.024 04	0.000 48	153	83	153	7	153	3
13D13-17	0.67	0.049 79	0.003 50	0.163 81	0.011 22	0.023 86	0.000 53	185	114	154	10	152	3
13D13-18	0.66	0.049 17	0.003 65	0.170 12	0.012 33	0.025 09	0.000 56	156	122	160	11	160	4
13D13-19	0.55	0.048 70	0.008 14	0.168 58	0.027 68	0.025 11	0.000 91	133	270	158	24	160	6
13D13-20	0.71	0.049 09	0.004 36	0.165 25	0.014 34	0.024 41	0.000 61	152	148	155	12	155	4

表 2 砂子岭岩体主量元素(wt%)和微量、稀土元素( $\times 10^{-6}$ )分析数据

Table 2 Major element, trace element and rare earth element concentrations of Shaziling rock mass

样号	13D13	12D71	12D73	D116-1	HD86	12D72	D117-1	D118-1	HD38	均值	世界花岗岩均值*	
岩性	中细粒斑状二长花岗岩					含斑中细粒花岗岩闪长岩					A 型	变化范围
SiO <sub>2</sub>	71.49	69.02	69.98	73.78	72.11	66.35	69.06	68.52	67.53	69.76	73.81	60.4~79.8
TiO <sub>2</sub>	0.366	0.592	0.52	0.11	0.33	0.883	0.64	0.78	0.75	0.55	0.26	0.04~1.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.52	13.11	13.23	12.96	12.82	13.36	13.16	13.22	13.33	13.19	12.40	7.3~17.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.472	0.804	0.312	0	0.54	0.416	0.22	0.41	0.41	0.40	1.24	0.14~8.70
FeO	2.86	4.91	4.44	2.3	3.72	6.94	5.26	5.28	5.9	4.62	1.58	0.33~6.10
FeO*	3.285	5.634	4.721	2.3	4.206	7.314	5.458	5.649	6.269	4.98		
MnO	0.049	0.08	0.065	0.03	0.06	0.109	0.09	0.09	0.09	0.07	0.06	0.01~0.24
MgO	0.356	0.548	0.596	0.15	0.44	1.17	0.94	1.04	1.04	0.70	0.20	<0.01~0.26
CaO	1.95	2.1	2.04	0.88	1.32	2.89	2.34	2.45	2.65	2.07	0.75	0.08~3.70
Na <sub>2</sub> O	2.64	2.92	2.82	2.48	2.56	2.81	2.67	2.6	2.56	2.67	4.07	2.8~6.1
K <sub>2</sub> O	5.19	5.06	5.14	6.58	4.89	3.85	4.06	4.2	4.28	4.81	4.65	2.4~6.5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.134	0.154	0.151	0.04	0.12	0.269	0.25	0.25	0.25	0.18	0.04	<0.01~0.46
LOI	0.458	<0.001	0.084	0.20	1.00	<0.001	0.36	0.32	1.20	0.40		
Total	99.44	99.22	99.35	99.51	99.91	99.01	99.05	99.16	99.99	99.40	99.06	
A/CNK	1.00	0.93	0.95	1.01	1.08	0.95	1.01	1.00	0.98	0.99	0.95	
Ba	1120	614	652	869.6	457	696	736.1	768.8	937	761.17	352	2~1 530
Rb	217	224	204	283.1	338	159	186	183.8	207	222.43	169	40~475
Sr	123	98.2	110	81.32	65	147	127.3	130.2	131	112.56	48	0.5~250.0
Y	39.1	40.8	39.5	40.62	60	41.1	51.12	48.3	40.99	44.61	75	9~190
Zr	380	248	206	101.6	199	243	303.2	255.7	281	246.39	528	82~3 530
Nb	25.6	20.8	16.4	7.493	35.8	23.9	19.91	21.54	34.1	22.84	37	11~348
Th	27.8	21.5	27.2	23.61	29.3	37.5	22.49	25.78	22.6	26.42	23	<1~87
Ga	21.8	26.5	28.6	16.77	25.7	41.1	18.49	18.86	21.8	24.40	24.6	14.0~49.5
Hf	11.40	7.67	6.46	3.607	6.6	7.6	8.606	7.208	8.7	7.54		
Ta	1.94	1.94	1.64	0.858	3.7	2.23	1.683	2.013	3	2.11		
U	4.26	5.03	5.88	3.80	6.5	3.82	5.01	8.35	5	5.29	5	<1~23
Rb/Sr	1.764	2.281	1.855	3.481	5.200	1.082	1.461	1.412	1.580	2.24	7.33	
Zr/Hf	33.333	32.334	31.889	28.167	30.152	31.974	35.231	35.474	32.299	32.32		
Sm/Nd	0.185	0.235	0.195	0.193	0.215	0.170	0.208	0.197	0.196	0.20		
10 000Ga/Al	3.05	3.82	4.09	2.45	3.79	5.82	2.66	2.70	3.09	3.50	3.75	
Zr+Nb+Ce+Y	630.70	376.60	386.90	256.81	399.10	528.00	486.13	445.24	468.09	441.95	777	
La	87.1	31.1	66.4	52.62	51.40	117	53.17	57.87	56.53	63.69	73.37	31.0~115.8
Ce	186	67	125	107.1	104.3	220	111.9	119.7	112	128.11	137*	18~560*
Pr	19.1	9.58	15.6	11.75	13.87	26.3	12.94	13.79	13.49	15.16	16.37	6.08~24.80
Nd	72.8	37.4	54.9	42.02	48.99	91.3	48.7	51.74	49.75	55.29	65.55	20.31~99.99
Sm	13.5	8.8	10.7	8.121	10.55	15.5	10.12	10.2	9.76	10.81	15.63	3.96~24.39
Eu	2.38	1.89	2.01	1.307	0.98	2.58	1.81	1.891	1.99	1.87	1.13	0.13~1.58
Gd	10.9	8.06	9.79	7.583	10.02	14.2	9.613	9.324	8.84	9.81	14.24	3.91~27.02
Tb	1.62	1.46	1.57	1.246	1.88	1.93	1.516	1.478	1.43	1.57	2.67	0.64~4.32
Dy	8.8	8.38	8.63	6.968	11.41	9.38	8.622	8.29	8.21	8.74	15.18	3.79~25.33
Ho	1.66	1.68	1.62	1.366	2.09	1.71	1.709	1.636	1.49	1.66	3.60	0.90~5.44
Er	4.29	4.47	4.39	3.736	6.18	4.71	4.608	4.321	4.36	4.56	9.90	2.80~13.10
Tm	0.62	0.81	0.71	0.535	0.93	0.76	0.68	0.636	0.64	0.70	1.56	0.47~1.86
Yb	3.88	5.36	4.48	3.238	5.61	4.69	4.288	3.954	3.85	4.37	10.03	3.28~10.80
Lu	0.52	0.76	0.61	0.473	0.77	0.66	0.668	0.594	0.55	0.62	1.31	0.48~1.57
LREE	380.88	155.77	274.61	222.918	230.09	472.68	238.64	255.191	243.52	274.92	308.67	115.61~410.5
HREE	32.29	30.98	31.8	25.145	38.89	38.04	31.704	30.233	29.37	32.05	58.48	16.27~89.43
(La/Yb) <sub>n</sub>	16.102	4.162	10.631	11.657	6.572	17.894	8.894	10.498	10.532	10.770	6.890	3.97~7.72
$\delta$ Eu	0.195	0.224	0.196	0.166	0.095	0.174	0.183	0.194	0.214	0.18	0.22	0.06~0.46
REE	413.17	186.75	306.41	248.063	268.98	510.72	270.344	285.424	272.89	306.97	310.47	131.88~499.93

\*引 Whalen *et al.*, 1987; 统计 148 组数据. 稀土资料转引自刘昌实等, 2003; 统计 35 组数据.