

表 1 含石榴石二云母花岗岩中锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of garnet-bearing two-mica granites

测点 编号	含量($\times 10^{-6}$)				同位素比值						年龄 (Ma)					
	Pb	Th	U	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1δ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1δ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1δ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1δ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1δ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1δ
D1008-6-01	13.50	63.83	206.83	0.31	0.052 1	0.002	0.273 6	0.011	0.038 0	0.000	300.1	95.4	245.6	8.8	240.6	2.7
D1008-6-02	78.68	454.04	670.74	0.68	0.051 4	0.001	0.271 0	0.007	0.038 1	0.000	261.2	59.2	243.5	5.9	241.2	2.1
D1008-6-03	41.74	249.80	396.94	0.63	0.051 9	0.001	0.273 0	0.008	0.038 1	0.000	283.4	66.7	245.1	6.6	240.9	2.2
D1008-6-04	76.19	347.39	1079.65	0.32	0.051 9	0.001	0.274 0	0.007	0.038 3	0.000	279.7	62.0	245.9	5.8	242.0	2.4
D1008-6-05	95.33	649.85	639.42	1.02	0.049 9	0.001	0.262 3	0.007	0.038 1	0.000	190.8	61.1	236.5	5.7	241.1	2.6
D1008-6-06	84.58	137.04	1114.43	0.12	0.058 0	0.001	0.567 9	0.011	0.070 6	0.000	527.8	32.4	456.6	7.7	439.9	4.9
D1008-6-07	52.49	321.96	307.56	1.05	0.062 6	0.002	0.320 9	0.010	0.037 4	0.000	696.0	74.8	282.6	8.0	236.5	2.7
D1008-6-08	109.68	690.43	880.66	0.78	0.050 9	0.001	0.267 6	0.006	0.038 0	0.000	235.3	55.5	240.8	5.2	240.7	2.3
D1008-6-9	51.35	296.14	437.69	0.68	0.057 2	0.001	0.303 6	0.008	0.038 5	0.000	498.2	70.4	269.2	7.0	243.7	2.2
D1008-6-10	48.09	78.92	79.93	0.99	0.070 8	0.002	1.452 1	0.044	0.149 0	0.001	953.7	63.7	910.7	18.2	895.5	8.6
D1008-6-11	92.85	509.53	938.78	0.54	0.057 0	0.001	0.311 3	0.007	0.039 5	0.000	500.0	55.6	275.2	5.9	249.9	2.3
D1008-6-12	107.58	475.20	1779.37	0.27	0.053 9	0.001	0.282 1	0.006	0.037 9	0.000	364.9	47.2	252.3	5.4	240.0	3.2
D1008-6-13	17.35	29.23	247.78	0.12	0.058 7	0.001	0.518 7	0.014	0.063 9	0.000	566.7	59.2	424.3	9.7	399.4	4.3
D1008-6-14	113.10	588.77	1288.39	0.46	0.051 8	0.001	0.273 5	0.005	0.038 2	0.000	279.7	48.1	245.5	4.7	241.6	2.4
D1008-6-15	140.18	690.06	1528.05	0.45	0.056 5	0.001	0.298 2	0.006	0.038 2	0.000	472.3	41.7	265.0	5.0	241.9	2.7
D1008-6-16	38.90	224.26	297.35	0.75	0.055 8	0.002	0.301 3	0.011	0.039 0	0.000	455.6	79.6	267.4	8.7	246.9	2.4

表 2 加鲁河含石榴石二云母花岗岩全岩主量元素(wt.%)、微量元素(ppm)成分

Table 2 Whole rock major and trace element contents of the Jialuhe garnet-bearing two-mica granites

样品	16JL08-1	16JL08-2	16JL08-3	17JL01-1	17JL02-1	17JL02-2
主量元素 (%)						
SiO ₂	75.49	74.88	75.24	74.75	75.08	75.00
Al ₂ O ₃	13.58	13.46	13.54	13.58	13.8	13.69
TiO ₂	0.07	0.05	0.07	0.07	0.06	0.06
Fe ₂ O ₃ ^T	1.10	1.31	1.47	1.42	1.36	1.39
MnO	0.06	0.07	0.04	0.06	0.07	0.07
MgO	0.16	0.19	0.21	0.17	0.17	0.17
K ₂ O	4.29	4.26	4.21	4.30	4.29	4.33
Na ₂ O	3.35	3.22	3.26	3.32	3.33	3.36
CaO	1.22	1.16	1.31	1.34	1.33	1.21
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
SO ₃	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SrO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
BaO	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09
Cr ₂ O ₃	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
烧失量	0.71	0.6	0.59	0.65	0.75	0.63
总计	100.14	99.32	100.07	99.79	100.37	100.05
A/NK	1.34	1.36	1.36	1.34	1.36	1.34
A/CNK	1.10	1.12	1.10	1.08	1.10	1.10
FeO ^T /MgO	6.19	6.20	6.30	7.52	7.20	7.36
DI	92.10	92.01	91.49	91.60	91.47	92.04
微量元素($\times 10^{-6}$)						
Sc	1.89	2.08	2.12	2.33	2.06	2.20
V	2.17	2.02	2.55	3.08	2.84	2.29
Cr	0.38	1.32	7.20	8.43	5.13	8.87
Co	0.55	0.59	0.99	0.67	0.60	0.61
Ni	2.47	0.54	1.24	0.89	0.80	1.24
Sn	1.92	2.88	2.37	3.00	3.22	3.33
Rb	171.62	196.49	187.97	212.00	207.00	220.00
Sr	125.01	139.80	152.00	156.00	141.00	145.00
Zr	59.25	62.05	68.03	71.90	58.70	67.70
Ba	652.03	698.74	770.70	800.00	708.00	723.00
Cs	2.01	10.97	5.11	5.91	5.76	6.16
Hf	2.44	2.51	2.66	2.97	2.45	2.80
Ta	1.24	1.11	1.24	1.17	1.20	1.32
Nb	10.67	9.21	10.22	11.40	11.50	11.80
Ga	13.68	14.60	14.20	15.30	15.00	15.40
Y	13.77	17.10	15.33	21.50	19.80	20.10

Be	1.96	3.44	2.07	2.09	2.65	2.40
Pb	32.69	30.81	35.17	37.00	35.50	36.40
Th	12.63	15.43	18.00	17.00	14.80	15.10
U	2.16	2.51	2.42	2.15	1.99	2.13
La	13.72	23.28	29.59	28.80	23.70	24.70
Ce	25.19	40.64	50.00	52.10	42.80	43.10
Pr	2.76	4.08	4.83	5.20	4.28	4.36
Nd	9.54	13.59	15.76	17.10	13.90	14.10
Sm	1.89	2.56	2.61	3.47	2.85	2.83
Eu	0.40	0.45	0.49	0.55	0.47	0.50
Gd	1.77	2.36	2.24	2.89	2.38	2.52
Tb	0.34	0.42	0.39	0.52	0.45	0.46
Dy	2.07	2.51	2.22	3.14	2.83	2.84
Ho	0.43	0.51	0.46	0.64	0.59	0.60
Er	1.42	1.64	1.45	1.92	1.78	1.84
Tm	0.22	0.26	0.23	0.29	0.29	0.30
Yb	1.54	1.81	1.67	2.06	1.95	1.98
Lu	0.26	0.28	0.27	0.32	0.29	0.29
Zr+Nb+Ce+Y	108.88	129.00	143.57	156.88	132.78	142.66
10 000Ga/Al	1.90	2.05	1.98	2.14	2.06	2.12
Rb/Sr	1.37	1.41	1.24	1.36	1.47	1.51
Rb/Ba	0.26	0.28	0.24	0.26	0.29	0.30
Nb/Ta	8.60	8.33	8.22	9.67	9.55	8.89
∑REE	61.55	94.38	112.22	119.05	98.61	100.38
LREE/HREE	6.34	8.76	11.28	9.30	8.51	8.29
δEu	0.65	0.55	0.60	0.51	0.53	0.56
(La/Sm) _N	4.69	5.88	7.31	5.36	5.39	5.64
(Gd/Yb) _N	0.95	1.08	1.11	1.16	1.01	1.05

注: $\delta\text{Eu}=2*[\text{Eu}]_{\text{N}}/([\text{Sm}]_{\text{N}}+[\text{Gd}]_{\text{N}})$; $\text{DI}=(\text{标准矿物 Q+Af+Ab+Ne+Kp+Lc})$

表 3 含石榴石二云母花岗岩中锆石原位 Lu-Hf 同位素分析结果

Table 3 Zircon situ Lu-Hf isotopic compositions of garnet-bearing two-mica granites

测试点	Age(Ma)	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$	1σ	$\epsilon_{\text{Hf}}(0)$	1σ	$\epsilon_{\text{Hf}}(t)$	1σ	T_{DM1}	T_{DM2}	$f_{\text{Lu/Hf}}$
D1008-6-01	242	0.282 548	0.000 010	0.001 300	0.000 063	0.029 909	0.001 456	-7.94	0.61	-7.41	0.78	1 005	1 296	-0.96
D1008-6-02	242	0.282 561	0.000 009	0.001 344	0.000 033	0.031 940	0.000 851	-7.45	0.61	-7.25	0.70	986	1 269	-0.96
D1008-6-03	242	0.282 448	0.000 010	0.001 677	0.000 030	0.037 289	0.000 680	-11.45	0.63	-6.32	0.64	1 157	1 494	-0.95
D1008-6-04	242	0.282 547	0.000 009	0.001 272	0.000 032	0.029 326	0.000 843	-7.97	0.61	-2.78	0.63	1 005	1 298	-0.96
D1008-6-05	242	0.282 481	0.000 009	0.001 872	0.000 045	0.045 088	0.001 153	-10.31	0.61	-5.21	0.63	1 117	1 432	-0.94
D1008-6-06	242	0.282 499	0.000 010	0.001 725	0.000 022	0.040 779	0.000 559	-9.65	0.61	-4.53	0.63	1 086	1 394	-0.95
D1008-6-07	242	0.282 525	0.000 009	0.002 170	0.000 043	0.049 044	0.001 149	-8.75	0.61	-3.70	0.63	1 062	1 348	-0.93
D1008-6-8	242	0.282 463	0.000 009	0.001 665	0.000 099	0.040 629	0.002 467	-10.94	0.61	-5.81	0.63	1 136	1 465	-0.95
D1008-6-9	242	0.282 490	0.000 014	0.002 127	0.000 035	0.049 898	0.000 867	-9.98	0.71	-4.92	0.73	1 111	1 416	-0.94
D1008-6-10	242	0.282 396	0.000 009	0.001 906	0.000 021	0.050 290	0.000 601	-13.28	0.61	-8.19	0.62	1 238	1 597	-0.94
D1008-6-11	242	0.282 444	0.000 009	0.001 735	0.000 041	0.040 996	0.001 003	-11.58	0.60	-6.46	0.62	1 164	1 501	-0.95
D1008-6-12	242	0.282 492	0.000 010	0.001 973	0.000 041	0.047 125	0.001 003	-9.89	0.62	-4.81	0.64	1 103	1 410	-0.94

注： $\epsilon_{\text{Hf}}(t)=10\ 000\times\{[(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}-(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}\times(e^{\lambda t}-1)]/[(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR},0}-(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}\times(e^{\lambda t}-1)]-1\}$ ； $T_{\text{DM}}=1/\lambda\times\ln\{1+[(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{DM}}]/[(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}-(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{DM}}]\}$ ； $T_{\text{DM}}^{\text{C}}=T_{\text{DM}}-(T_{\text{DM}}-t)\times[(f_{\text{cc}}-f_{\text{s}})/(f_{\text{cc}}-f_{\text{DM}})]$ ； $f_{\text{Lu/Hf}}=(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}/(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}-1$ ，其中： $\lambda=1.867\times 10^{-11}/\text{a}$ (Söderlund et al., 2004)； $(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}$ 和 $(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{S}}$ 为样品测量值； $(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}=0.033\ 200$ ， $(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR},0}=0.282\ 772$ (Blichert-Toft et al., 1998)； $(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{DM}}=0.038\ 400$ ， $(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{DM}}=0.283\ 250$ (Griffin et al., 2000, 2004)； $(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{平均地壳}}=0.015$ ； $f_{\text{cc}}=[(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{平均地壳}}/(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}]-1$ ； $f_{\text{s}}=f_{\text{Lu/Hf}}$ ； $f_{\text{DM}}=[(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{DM}}/(^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf})_{\text{CHUR}}]-1$ ； t 为锆石结晶年龄