

浙江丽水地区磨石山群火山岩时代归属^{*}

王加恩,刘远栋,汪建国,王 振,陶 丽

(浙江省地质调查院,杭州 311203)

摘要:为查明浙江丽水地区中生代磨石山群火山岩的时代,在区域地质调查、火山机构划分的基础上,选择该群代表性火山岩进行锆石年龄测定。结果表明,大爽组底部流纹质晶屑熔结凝灰岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 154.9 ± 5.5 Ma, LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 加权平均年龄为 152.0 ± 7.0 Ma, 属晚侏罗世基默里奇阶;高坞组流纹质晶屑熔结凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 131.6 ± 2.7 Ma, 两个火山机构的西山头组流纹质晶屑凝灰岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 加权平均年龄分别为 128.6 ± 1.7 Ma 和 139.5 ± 2.5 Ma。认为浙南磨石山群火山岩时代:大爽组为晚侏罗世,高坞组、西山头组、茶湾组和九里坪组为早白垩世。

关键词:浙南;中生代;火山岩;磨石山群;时代归属

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2016)03-157-09

浙江地区晚中生代火山活动强烈,形成巨厚的火山沉积地层,分为上、下两个火山岩系,其中下火山岩系分别称为建德群(浙西)和磨石山群(浙东)。磨石山群由中酸性、酸性火山碎屑岩夹沉积岩组成。“祝村组”层型剖面从火山机构、岩性岩相、接触关系、成岩年龄、岩石地球化学等方面看,分别相当于西山头组—茶湾组,而非九里坪组之上的层位^[1]。因此,磨石山群由大爽组、高坞组、西山头组、茶湾组、九里坪组等五个组级地层构成,记录了晚中生代浙东南最强烈的火山活动。但关于磨石山群地层的时代,目前存在不同认识,磨石山群为晚侏罗世—早白垩世早期,即其顶部为早白垩世,其余为晚侏罗世^[2-5];自磨石山群大爽组起至上火山岩系天台群和衢江群,均为白垩纪^[6-12],浙江可能缺失上侏罗统及部分下白垩统地层^[13]。

浙南丽水地区是磨石山群火山岩发育地区之一。本文在对该区进行区域地质调查、火山机构、火山活动旋回划分的基础上,厘定该区火山岩地层,并对岩石地层中的火山岩层位进行锆石 U-Pb 同位素年龄测定,限定该区磨石山群火山岩的成岩时间。

1 地质概况

研究区位于武夷山成矿带东北部,从北东向的丽水—余姚大断裂带中间斜贯而过,火山机构多为复活破火山(图1)。早期火山活动为毛弄组火山岩夹层,火山活动主体为磨石山群,分为两个火山活动旋回:第一旋回为大爽组和高坞组;第二旋回由西山头组、茶湾组和九里坪组组成^[14],岩性以酸性火山碎屑岩为主。

2 测试方法及结果

在浙南丽水地区采集磨石山群火山岩同位素年龄样 10 件,其中大爽组 2 件、高坞组 1 件、西山头组 4 件,九里坪组 3 件。样品破碎后手工淘洗分离重砂,经磁选和电磁选后,在双目镜下挑出锆石。SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄测试在北京离子探针中心完成,实验流程参照文献^[15-16]。测试用 RSES 标准锆石 TEM (417Ma)进行元素间的分馏校正,数据处理采用 Squid 1.01 和 Isoplot 程序^[17-18]。用实测的²⁰⁴Pb 进行普通 Pb 校正,普通 Pb 组成采用相应年龄的地壳平均 Pb 同位素组成。同位素比值为

* 收稿日期:2015-10-26 改回日期:2016-03-07 责任编辑:谭桂丽

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“浙江省 1:50000 双溪等四幅区调项目”、“浙江省 1:50000 杜泽等五幅区调项目”(项目编号:1212010011601、12120113065000)、“浙江省 1:250000 衢州幅区调修测项目”(项目编号:1212011220549)资助。

第一作者简介:王加恩,1971 年生,男,高级工程师,长期从事区域地质调查工作。

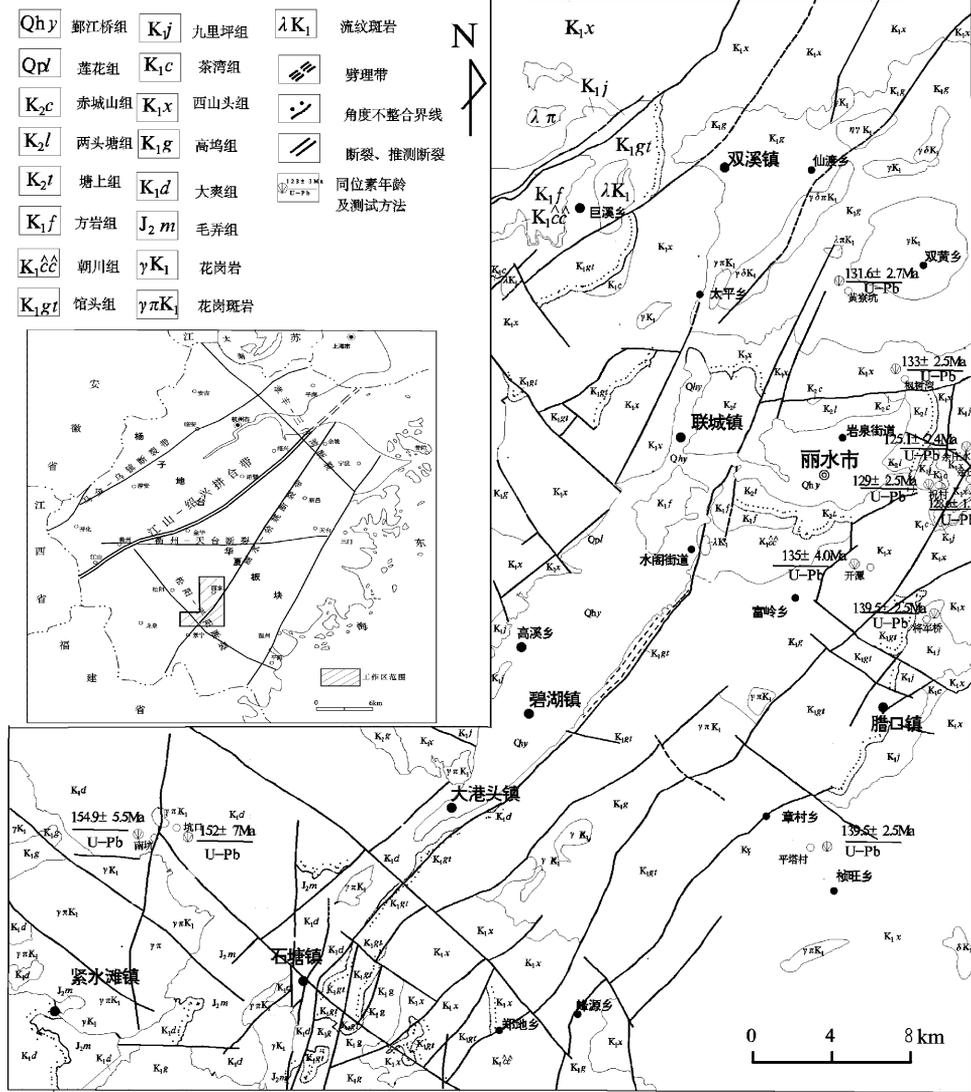


图1 浙江丽水地区地质简图(引自 1:50000 双溪测区区调报告)
 Fig.1 Generalized geologic map of the Lishui area , Zhejiang Province

1σ 相对误差,年龄加权平均值为 95% 置信度误差。
 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄测定在南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室完成。ICP-MS 型号为 Agilent 7500 型四级杆质谱仪,激光剥蚀系统为 New Wave 公司 UP-213 固体激光剥蚀系统,剥蚀孔径为 30 μm,采用 He 为载气。质量分馏校正采用锆石标样 GJ-1。分析数据通过分析软件 GLITTER 计算获得同位素比值、年龄和误差,按照 Andersen^[19] 的方法进行普通铅校正,通过 ISOPLOT 软件(版本 3.23)完成加权平均年龄计算和 U-Pb 谐和图。同位素比值误差用 1σ 表示,加权平均年龄的置信度误差为 95%。

2.1 大爽组火山岩年龄测定

大爽组发育在牛头山穹状火山中,用于 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄测定的样品为云和县石塘

镇南坑村北 300m 机耕路边的流纹质含晶屑玻屑凝灰岩(T6-TW);用于 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年的样品为云和县石塘镇坑口村东 200m 公路边的流纹质晶屑熔结凝灰岩(D3888)。锆石阴极发光 CL 图像表明(图 2、图 4),两件样品中的锆石大部分具明显振荡环带,Th/U>0.4,大部分为岩浆成因锆石。

对大爽组流纹质含晶屑玻屑凝灰岩(T6-TW)中的 14 颗锆石进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄测定。11、15 点年龄值>1000Ma 采用²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄,其余测点年龄值<1000Ma 采用²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄。14 个点的测试数据(表 1)显示两个年龄集中区:测点 T6-TW-11.1 和 T6-TW-15.1 年龄值分别为 2435±37 Ma 和 1675±17 Ma。剔除 U、Th、²⁰⁶Pb* 含量偏高的测点(T6-TW-1.1、T6-TW-8.1、T6-TW-10.1、

T6-TW-12.1、T6-TW-13.1 和 T6-TW-14.1), 剩余 7 个点组成年龄谐和图(图 3), 获得 U-Pb 谐和和年龄为 154.9 ± 5.5 Ma, 为牛头山穹状火山大爽组的成岩年龄。

大爽组流纹质含晶屑熔屑凝灰岩(D3888) LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年结果见表 2。18 颗锆石的 21 个测点的测试结果表明, 4、17 点锆石具较低的 Th/U 比值(0.102~0.223), 等轴无明显振荡环带, 具有变质锆石特征, 其核部 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄分别为

1875.6 ± 56.34 Ma 和 2013 ± 16 Ma; 4 点锆石边部年龄为 229.2 ± 3.15 Ma, 其 1.8~2.0 Ga 说明该锆石是捕获锆石, 指示该区存在古元古代基底, 229.2 ± 3.15 Ma 反映该区晚三叠世早期受热事件影响, 在锆石边部产生变质增生, 晚三叠世早期热事件在浙南较普遍。其余 16 颗锆石具振荡环带, 属岩浆成因。除 3 个测点(D3888-09-1、D3888-10-1、D3888-14-1)因高 U 异常而 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄偏低外, 其余 13 个测点具有一致的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄, 加权平均年龄为

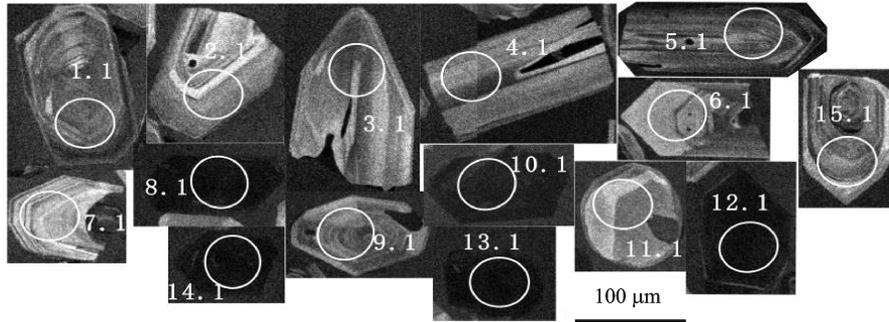


图 2 大爽组火山岩(T6-TW)的锆石阴极发光 CL 图像

Fig. 2 CL images of zircons from the Dashuang Formation volcanic rock (T6-TW)

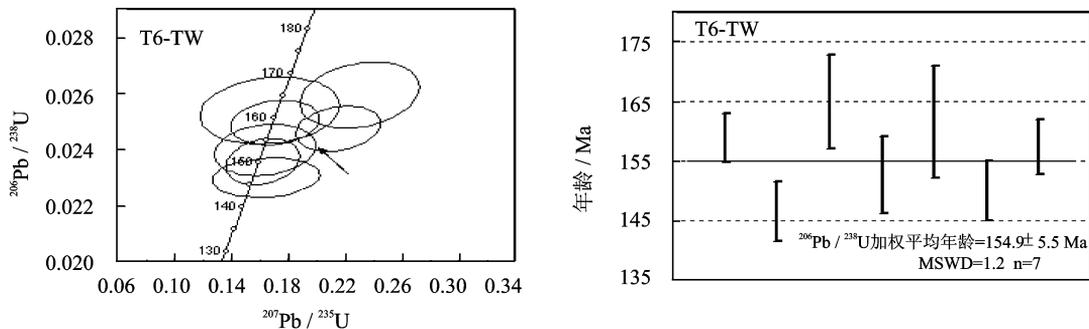


图 3 大爽组火山岩(T6-TW)锆石 U-Pb 年龄谐和图和加权平均年龄

Fig. 3 Zircon U-Pb concordia diagram and weighted average map of the Dashuang Formation volcanic rock (T6-TW)

表 1 大爽组火山岩(T6-TW)SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 1 Analyzed results of SHRIMP zircon U-Pb ages of the Dashuang Formation volcanic rock (T6-TW)

测点	U	Th	Th/U	$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb} \times 10^6$	$^{207}\text{Pb} \times 10^6 / ^{206}\text{Pb} \times 10^6$	$^{207}\text{Pb} \times 10^6 / ^{235}\text{U} \times 10^6$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		
	10^{-6}	10^{-6}	U	比值	±%	比值	±%	比值	±%	年龄/Ma	误差/Ma	年龄/Ma	误差/Ma
T6-TW-1.1	397	469	1.22	47.06	2.1	0.0551	4.8	0.1615	5.2	88	±390	135.5	±3.7
T6-TW-2.1	180	145	0.83	40.08	2.1	0.0497	12	0.171	12	-96	±580	158.9	±4.1
T6-TW-3.1	201	402	2.07	43.50	2.0	0.0520	15	0.165	15	264	±410	146.5	±5.0
T6-TW-4.1	66	111	1.74	38.6	3.0	0.0645	12	0.231	12			165.0	±7.9
T6-TW-5.1	102	161	1.63	41.7	2.5	0.0495	14	0.164	14	-420	±1600	152.7	±6.4
T6-TW-6.1	60	119	2.03	39.4	3.1	0.0478	19	0.167	19	626	±550	161.6	±9.3
T6-TW-7.1	133	172	1.33	42.45	2.3	0.0500	10	0.163	10	226	±390	150.1	±5.0
T6-TW-8.1	4955	3920	0.82	53.79	1.4	0.0578	1.2	0.1483	1.8	69	±54	118.7	±1.9
T6-TW-9.1	194	245	1.31	40.44	2.2	0.0631	8.8	0.215	9.1	18	±760	157.5	±4.6
T6-TW-10.1	4480	3474	0.80	55.25	1.3	0.0565	1.3	0.1411	1.9	124	±44	115.6	±1.8
T6-TW-11.1	64	30	0.48	2.008	2.2	0.1649	1.6	11.32	2.7	2,435	±37	2,605	±49
T6-TW-12.1	3716	2293	0.64	56.74	1.4	0.0528	2.0	0.1282	2.4	-5	±78	112.6	±1.7
T6-TW-13.1	4546	2701	0.61	56.14	1.4	0.05359	1.3	0.1316	1.9	59	±52	13.8	±1.8
T6-TW-14.1	4363	2615	0.62	54.38	1.4	0.05187	1.4	0.1315	1.9	115	±35	117.5	±1.8
T6-TW-15.1	231	47	0.21	4.915	1.6	0.1060	1.7	2.975	2.3	1,675	±41	1,194	±18

152.0±7.0 Ma(图 5),为该样品的成岩年龄。
不同地点和不同测试方法获得的大爽组火山岩

年龄接近(154.9±5.5 Ma 和 152.0±6 Ma),表明
该年龄值具有可靠性。

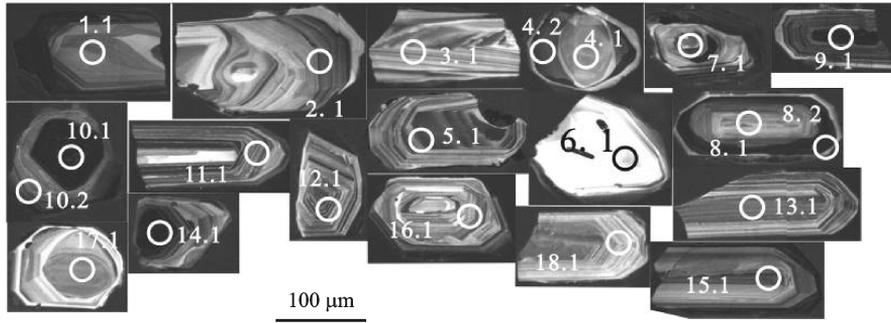


图 4 大爽组火山岩(D3888)的锆石阴极发光 CL 图像

Fig.4 CL images of zircons from the Dashuang Formation volcanic rock (D3888)

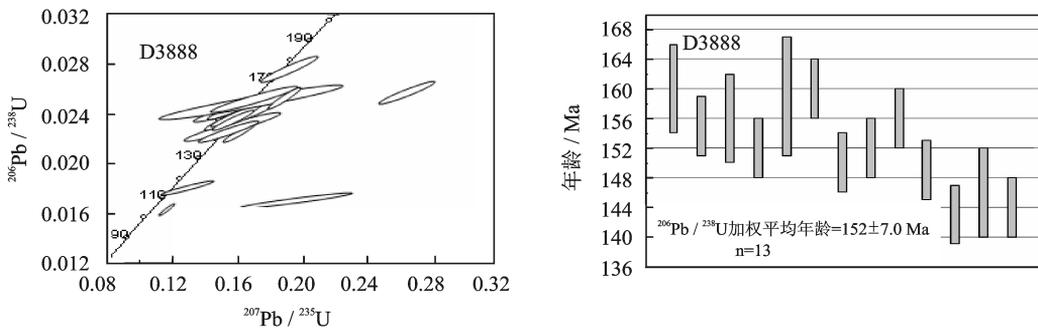


图 5 大爽组火山岩(D3888)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄谐和图和加权平均年龄图

Fig.5 LA-ICP-MS zircon U-Pb concordia diagram and weighted average age map of the Dashuang Formation volcanic rock (D3888)

表 2 大爽组火山岩(D3888)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table.2 Analyzed results of LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of the Dashuang Formation volcanic rock (D3888)

测点	²³² Th	²³⁸ U	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶		测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	年龄/Ma	1σ	年龄/Ma	1σ
D3888-01-1	37.00	86.36	0.428	0.0494	0.0032	0.1715	0.0110	0.0252	0.0004	160.3	2.76	142.6	12.99
D3888-02-1	53.71	133.17	0.403	0.0475	0.0021	0.1599	0.0072	0.0244	0.0004	155.4	2.34	132	11.51
D3888-03-1	68.55	89.32	0.767	0.0479	0.0034	0.1613	0.0114	0.0244	0.0005	155.6	2.82	96.3	7.62
D3888-04-1	21.71	195.50	0.111	0.1196	0.0021	5.2091	0.0972	0.3160	0.0042	1770.3	20.65	2467.4	312.35
D3888-04-2	40.12	392.50	0.102	0.0516	0.0011	0.2572	0.0056	0.0362	0.0005	229.2	3.15	156.7	12.51
D3888-05-1	141.26	230.19	0.614	0.0489	0.0020	0.1606	0.0065	0.0238	0.0004	151.7	2.38	165.5	28.97
D3888-06-1	18.14	34.66	0.523	0.0494	0.0069	0.1696	0.0234	0.0249	0.0006	158.6	3.55	189.9	27.78
D3888-07-1	110.04	246.85	0.446	0.0751	0.0020	0.2659	0.0070	0.0257	0.0004	163.5	2.43	132.4	10.59
D3888-08-1	114.19	184.46	0.619	0.0509	0.0019	0.1932	0.0072	0.0275	0.0004	175	2.7	125.9	14.1
D3888-08-2	77.11	1173.85	0.066	0.0549	0.0012	0.1907	0.0041	0.0252	0.0004	160.5	2.23	171.6	17.04
D3888-09-1	1460.46	5684.71	0.257	0.0526	0.0008	0.1175	0.0019	0.0162	0.0002	103.7	1.31	94.9	8.26
D3888-10-1	522.86	2649.88	0.197	0.0575	0.0010	0.1434	0.0025	0.0181	0.0002	115.6	1.48	138.6	12.34
D3888-10-2	69.92	254.86	0.274	0.0478	0.0018	0.1546	0.0057	0.0235	0.0004	149.6	2.22	123.7	12.03
D3888-11-1	93.71	197.27	0.475	0.0509	0.0022	0.1675	0.0073	0.0239	0.0004	152.2	2.41	124	12.17
D3888-12-1	88.78	200.20	0.443	0.0495	0.0017	0.1666	0.0057	0.0244	0.0004	155.6	2.25	129.7	12.83
D3888-13-1	139.53	224.80	0.621	0.0491	0.0017	0.1587	0.0054	0.0234	0.0003	149.3	2.16	122.2	12.38
D3888-14-1	1683.78	6365.86	0.265	0.1082	0.0017	0.2607	0.0045	0.0175	0.0002	111.7	1.44	188.4	19.41
D3888-15-1	193.00	433.84	0.445	0.0525	0.0013	0.1623	0.0041	0.0224	0.0003	143.1	1.96	116.7	12.62
D3888-16-1	55.65	103.77	0.536	0.0499	0.0039	0.1576	0.0122	0.0229	0.0005	146.1	2.95	118.3	14.35
D3888-17-1	29.11	130.37	0.223	0.1239	0.0022	5.3319	0.0985	0.3122	0.0041	1751.6	20.34	1787.7	198.59
D3888-18-1	74.26	129.28	0.574	0.0501	0.0025	0.1557	0.0076	0.0226	0.0004	143.7	2.24	106.3	13.06

2.2 高坞组火山岩年龄测定

高坞组火山岩测年样品采于莲都区双黄乡黄寮坑村边,黄畈穹状火山的中心部位,岩性为流纹质晶屑熔结凝灰岩(T11-TW),锆石阴极发光 CL 图像(图 6)显示大部分锆石为长柱状,具有岩浆结晶环带结构。对 11 颗锆石进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年(表 3),除 2 个测点(T11-TW-4.1 和 T11-TW-11.1)因高 U 而²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄偏低,其余 9 个测点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄为 114.5±2.0 Ma~136.8±3.2 Ma,加权平均年龄为 131.6±2.7 Ma(图 7),为该穹状火山高坞组成岩年龄。

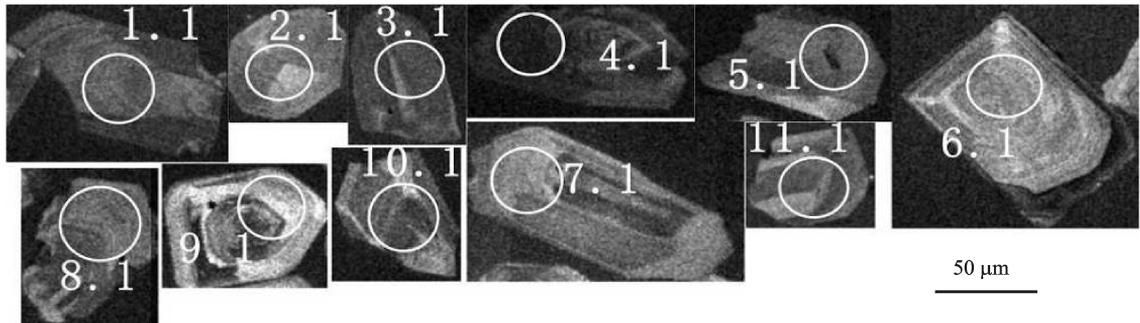


图 6 高坞组火山岩(T11-TW)的锆石阴极发光 CL 图像

Fig. 6 CL images of zircons from the Gaowu Formation volcanic rock (T11-TW)

表 3 高坞组火山岩(T11-TW)SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 3 Analyzed results of SHRIMP zircon U-Pb ages of the Gaowu Formation volcanic rock (T11-TW)

测点	U		Th/U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶		比值	±%	比值	±%	比值	±%	比值	±%	年龄/Ma	误差/Ma
T11-TW-1.1	211	221	1.08	50.2	3.1	0.026	76	0.071	76	0.01991	3.1	127.1	±3.9
T11-TW-2.1	208	274	1.36	51.1	3.2	0.033	61	0.088	61	0.01956	3.2	124.9	±3.9
T11-TW-3.1	261	431	1.71	51.9	2.3	0.045	23	0.120	23	0.01928	2.3	123.1	±2.8
T11-TW-4.1	594	534	0.93	55.8	1.8	0.0422	16	0.104	17	0.01792	1.8	114.5	±2.0
T11-TW-5.1	230	205	0.92	48.2	2.3	0.0552	13	0.158	13	0.02075	2.3	132.4	±3.0
T11-TW-6.1	128	128	1.03	47.8	2.5	0.060	18	0.172	18	0.02093	2.5	133.5	±3.4
T11-TW-7.1	129	160	1.28	47.9	2.6	0.048	23	0.139	23	0.02088	2.6	133.2	±3.4
T11-TW-8.1	146	166	1.17	46.6	2.4	0.0635	10	0.188	10	0.02145	2.4	136.8	±3.2
T11-TW-9.1	118	178	1.56	49.8	3.2	0.036	46	0.099	46	0.02007	3.2	128.1	±4.1
T11-TW-10.1	155	283	1.88	49.9	2.4	0.0289	18	0.080	18	0.02004	2.4	127.9	±3.0
T11-TW-11.1	394	325	0.85	55.5	1.8	0.0467	8.4	0.116	8.6	0.01801	1.8	115.1	±2.1

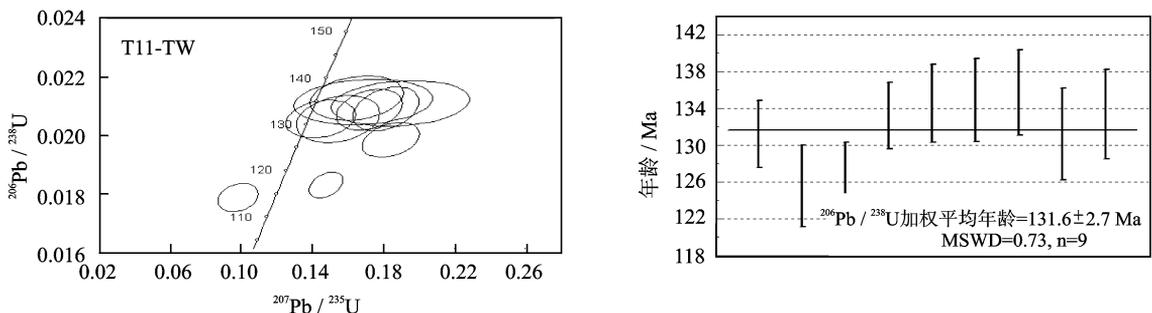


图 7 高坞组火山岩(T11-TW)的锆石 U-Pb 年龄谐和图和加权平均年龄图

Fig. 7 Zircon U-Pb concordia diagram and weighted average age map of the Gaowu Formation volcanic rock (T11-TW)

2.3 西山头组火山岩年龄测定

西山头组火山岩测年样品采于莲都区岩泉街道枫树湾村附件国道边,岩性为流纹质晶屑凝灰岩(T9-TW)。对样品 12 颗锆石进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年(表 4),除测点 T9-TW-5.1 锆石为等轴状外,其余锆石均为长柱状,长轴为 100~200 μm,具结晶环带结构,为岩浆成因锆石(图 8)。12 个测点采用²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄(表 4),除测点 T9-TW-5.1 锆石表面年龄为 1999±45 Ma 外,其他 11 个测点年龄范围为 126.7±3.7 Ma~139.1±4.3 Ma,加权平均年龄为 133.0±2.5 Ma(图 9),为黄畈穹状火山西山头组成岩年龄。

表 4 西山头组火山岩(T9-TW)SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 4 Analyzed results of SHRIMP zircon U-Pb ages of the Xishantou Formation volcanic rock (T9-TW)

测点	U	Th	Th/U	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb*/ ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U		年龄/Ma	误差/Ma
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶		比值	±%	比值	±%	比值	±%	比值	±%		
T9-TW-1.1	131	127	1.00	45.8	3.1	0.053	38	0.160	38	0.02182	3.1	139.1	±4.3
T9-TW-2.1	256	209	0.84	50.4	3.0	0.030	50	0.081	50	0.01985	3.0	126.7	±3.7
T9-TW-3.1	139	135	1.00	46.7	2.5	0.056	22	0.167	22	0.02143	2.5	136.7	±3.4
T9-TW-4.1	189	174	0.95	48.1	3.1	0.030	63	0.086	63	0.02081	3.1	132.7	±4.0
T9-TW-5.1	49	64	1.36	2.751	2.6	0.1077	6.4	5.40	7.0	0.3635	2.6	1,999	±45
T9-TW-6.1	125	143	1.18	47.9	2.5	0.0555	16	0.160	17	0.02088	2.5	133.2	±3.4
T9-TW-7.1	105	97	0.95	46.3	3.3	0.088	20	0.262	20	0.02158	3.3	137.6	±4.4
T9-TW-8.1	181	145	0.83	48.6	3.7	0.038	66	0.108	66	0.02057	3.7	131.3	±4.8
T9-TW-9.1	160	190	1.23	48.6	2.5	0.072	16	0.206	16	0.02059	2.5	131.4	±3.3
T9-TW-10.1	133	192	1.49	48.6	3.5	0.053	47	0.150	47	0.02057	3.5	131.3	±4.6
T9-TW-11.1	171	175	1.06	49.9	2.9	0.052	35	0.143	35	0.02003	2.9	127.8	±3.6
T9-TW-12.1	127	133	1.08	49.0	3.2	0.054	32	0.151	33	0.02043	3.2	130.4	±4.1

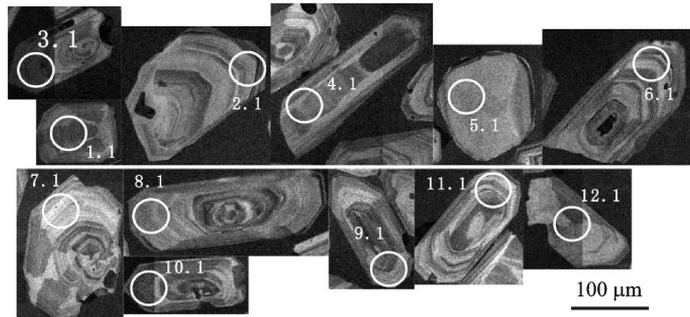


图 8 西山头组火山岩(T9-TW)的锆石阴极发光 CL 图像

Fig.8 CL images of zircons from the Xishantou Formation volcanic rock (T9-TW)

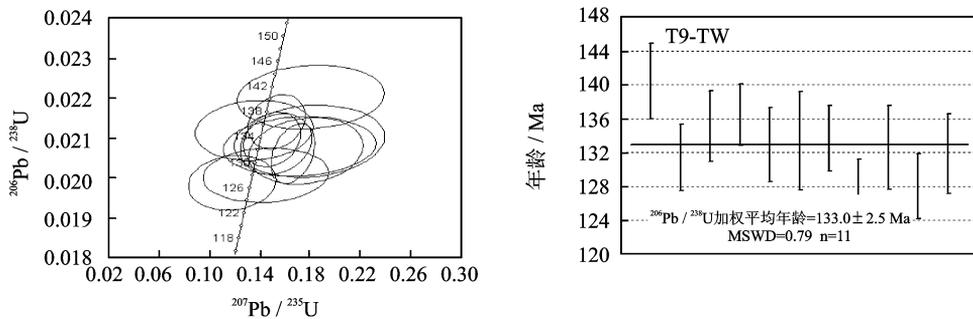


图 9 浙江丽水地区西山头组火山岩(T9-TW)锆石 U-Pb 年龄谐和图和加权平均年龄图

Fig.9 Zircon U-Pb concordia diagram and weighted average age map of the Xishantou Formation volcanic rock (T9-TW)

在八面湖破火山中采集西山头组样品进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年,样品采于青田县章村乡下平塔村路边,岩性为流纹质晶屑熔结凝灰岩(3887),锆石阴极发光 CL 图像(图 10)表明锆石呈长柱状,长轴 100~300 μm,具明显振荡环带,为岩浆成因锆石。剔除年龄偏差大的 4 个测点(3887-8-1、3887-10-1、3887-11-1、3887-12-1),其余 8 个测点的加权平均年龄为 139.5±2.5 Ma(表 5,图 11),为八面湖

破火山机构西山头组成岩年龄。

3 磨石山群时限讨论

燕山早期,浙江省内构造运动不强烈,是火山活动相对宁静的时期,在江一绍断裂带北西侧主要表现为岩浆侵入^[20]。建德群劳村组底部的火山岩夹层成岩年龄为 135.1±1.6 Ma(尚未发表),表明浙西北大规模火山活动起始于早白垩世。在江一绍断

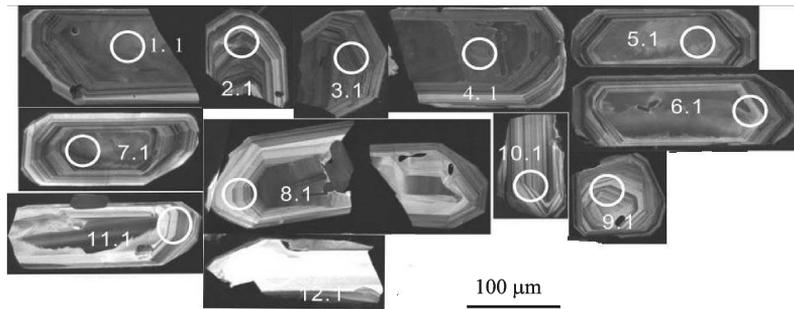


图 10 八面湖破火山西山头组火山岩(3887)的锆石阴极发光 CL 图像

Fig.10 CL images of zircons from the Xishantou Formation volcanic rock (3887)

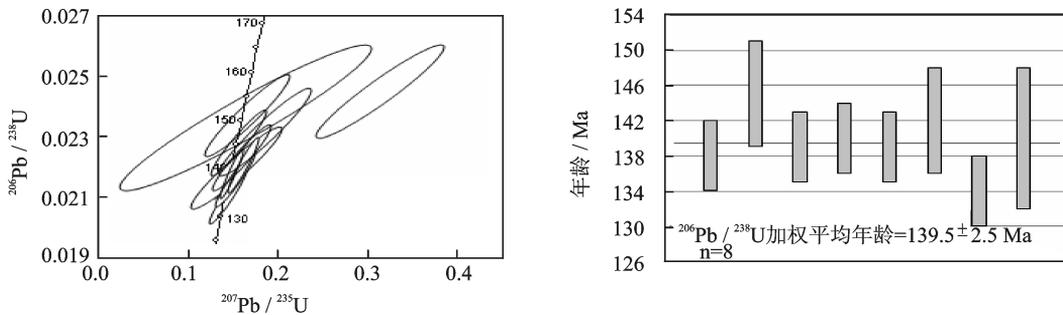


图 11 八面湖破火山西山头组火山岩(3887)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄谐和图和加权平均年龄图

Fig.11 LA-ICP-MS zircon U-Pb concordia diagram and weighted average age map of the Xishantou Formation volcanic rock (3887)

表 5 八面湖破火山西山头组火山岩(3887)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 5 Analyzed results of LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of the Xishantou Formation volcanic rock (3887) of Bamianhu caldera

测点	²³² Th	²³⁸ U	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁸ Pb/ ²³² Th	
	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶		测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	测值	1σ	年龄/Ma	1σ	年龄/Ma	1σ	年龄/Ma	1σ
3887-1-1	115.49	133.29	0.866	0.0514	0.0031	0.1529	0.0092	0.0216	0.0004	0.0073	0.0011	144.5	8.06	137.6	2.42	147.8	21.63
3887-2-1	56.30	81.11	0.694	0.0500	0.0041	0.1570	0.0127	0.0228	0.0005	0.0079	0.0011	148.1	11.18	145.1	2.81	158	21.16
3887-3-1	218.25	299.77	0.728	0.0497	0.0018	0.1491	0.0053	0.0218	0.0003	0.0057	0.0006	141.1	4.72	138.7	2.13	115.6	12.81
3887-4-1	111.11	188.96	0.588	0.0534	0.0024	0.1621	0.0071	0.0220	0.0004	0.0059	0.0007	152.5	6.21	140.5	2.3	119.6	14.1
3887-5-1	79.54	121.24	0.656	0.0498	0.0028	0.1496	0.0082	0.0218	0.0004	0.0061	0.0007	141.6	7.28	138.9	2.28	122	13.47
3887-6-1	50.01	78.72	0.635	0.0521	0.0044	0.1599	0.0133	0.0223	0.0005	0.0060	0.0008	150.6	11.65	142	2.86	120.4	15.56
3887-7-1	74.95	143.84	0.521	0.0498	0.0029	0.1443	0.0083	0.0210	0.0004	0.0058	0.0009	136.9	7.39	134.1	2.37	116.1	18.22
3887-8-1	31.03	46.57	0.666	0.0582	0.0067	0.1855	0.0210	0.0231	0.0006	0.0028	0.0003	172.8	18	147.4	3.71	56.5	5.64
3887-9-1	28.53	47.42	0.602	0.0510	0.0070	0.1542	0.0208	0.0219	0.0006	0.0066	0.0011	145.6	18.33	139.9	3.51	132.1	22.63
3887-10-1	41.72	53.14	0.785	0.0509	0.0059	0.1663	0.0191	0.0237	0.0006	0.0061	0.0010	156.2	16.67	150.9	3.52	122.1	19.35
3887-11-1	18.07	30.94	0.584	0.0931	0.0089	0.3141	0.0292	0.0245	0.0006	0.0079	0.0012	277.3	22.55	155.8	3.96	159.9	24.65
3887-12-1	15.49	15.62	0.992	0.0504	0.0178	0.1639	0.0576	0.0236	0.0010	0.0067	0.0012	154.1	50.21	150.4	6.23	134.9	24.63

裂带南东侧,侏罗纪以来一直存在微弱的火山喷发活动,火山岩多呈夹层产于陆相碎屑岩中,如毛弄组建组剖面中火山岩累计厚约 400 m,接近剖面总厚度的一半,火山岩年龄为 180±4 Ma,属早侏罗世晚期^[21]。但浙东南多数地区,毛弄组岩性为湖相沉积的中粗粒砂岩、细砂岩夹砂砾岩、岩屑砂岩,夹少量中酸性火山碎屑岩。

在丽水牛头山一带,大面积火山岩分布在穹状火山外围,岩性分为三段:一段岩性为流纹质晶屑熔

结凝灰岩、流纹质晶屑熔屑岩夹凝灰质砂岩、英安质晶屑熔结凝灰岩;二段岩性为凝灰质砂岩、粉砂岩、泥岩夹中酸性火山碎屑岩;三段岩性为流纹质晶屑熔屑岩、流纹质含角砾晶屑熔屑岩与凝灰质砂岩、砂砾岩互层。该套火山岩岩性与上覆晶屑熔结凝灰岩(高坞组)接触关系清晰,从火山岩相看,以中心式喷发的火山碎屑流相、喷发-沉积相为主,为火山间喷发活动的产物,具有火山活动持续时间长、堆积厚度大等特

点,其火山活动具有“喷发—沉积—喷发—沉积—喷发”的特点,从早期至晚期喷发强度总体呈“弱—强—弱—强—弱”的变化,岩性组合与毛弄组区别明显。浙东南中生代大规模火山活动形成的火山岩归为磨石山群。从火山机构、地层产状、岩性组合、岩相特征、喷发强度等看,该区火山岩应归为磨石山群大爽组,而本次获得的年龄(154.9 ± 5.5 Ma)说明大爽组火山岩形成于晚侏罗世。

由于古太平洋板块俯冲角度随时间发生变化^[22-24],东南沿海火山岩浆活动由西南向东北方向迁移。浙江地区也具有该种特征,即火山活动由浙西南向浙北、浙东发展,岩石地球化学特征反应了由挤压向伸展拉张转变的构造背景^[25-27]。区域上磨石山群底界年龄也由西南向东北变新,如本次测得的浙南云和县大爽组岩石年龄为 154.9 ± 5.5 Ma 和 152 ± 7 Ma;而在浙中东阳地区大爽组年龄为 132 ± 6 Ma~ 135 ± 3 Ma,浙东永嘉枫林、霞山一带大爽组年龄分别为 $133 \sim 129$ Ma 和 132 ± 8 Ma,大规模火山起始活动均比浙南晚近 20 Ma。

浙江大爽组地层时代为 $154.9 \sim 129$ Ma,高坞组地层时代为 132 ± 6 Ma~ 121.4 ± 1.6 Ma。福建省闽清文格山地区长林组(与大爽组相当)安山岩 Rb-Sr 等时线年龄为 180 ± 2.5 Ma^[28],而与高坞组层位相当的南园组火山岩同位素年龄多数集中于 $140 \sim 160.3$ Ma^[29-30],比浙江早近 25 Ma,即福建中生代大规模的火山活动早于浙江。

磨石山群的顶界九里坪组地层时代也表现为浙南早于浙北和浙东。浙西南青田、莲都九里坪组年龄为 $135 \sim 125$ Ma;而位于浙北镇海、天台地区九里坪组的年龄分别为 117 ± 3 Ma 和 121.7 ± 3 Ma,浙东平阳、永嘉地区九里坪组的年龄分别为 115 Ma 和 117 ± 3 Ma,即浙南与浙北、浙东大规模火山活动结束的时差为 $4 \sim 20$ Ma。

全国地层委员会 2012 年发布的中国地层年表,将 145.0 ± 0.8 Ma 作为白垩系与侏罗系的分界,本区大爽组地层时代为 154.9 ± 5.5 Ma~ 152 ± 7 Ma,归属于上侏罗统基默里奇阶,据此大爽组应归属为晚侏罗世,即浙江磨石山群火山活动始于晚侏罗世。磨石山群的顶界参考永嘉大箬岩九里坪组年龄,应不小于 115 Ma,随后进入一个火山—岩浆活动低谷期,这个年龄界线较符合浙江地质事实。

4 结论

(1)浙江丽水地区大爽组火山岩年龄为 154.9 ± 5.5 Ma~ 152 ± 7 Ma,属于上侏罗统基默里奇阶,推

断磨石山群火山活动应开始于晚侏罗世;高坞组—九里坪组火山岩年龄为 $139.5 \sim 115$ Ma,属早白垩世。

(2)区域对比研究表明,中生代火山活动在浙江具有从南西向北东迁移的特征。浙西南火山喷发活动始于早侏罗世晚期毛弄组,增强于晚侏罗世大爽组,活动高峰期为早白垩世。

参考文献

- [1] 俞云文,胡开明.论浙东南磨石山群祝村组的解体[J].火山地质与矿产,2001,22(3):170-176.
- [2] 浙江省地质矿产局.浙江省区域地质志[M].北京:地质出版社,1989:131-188.
- [3] 浙江省地质矿产局.浙江省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996:136-150.
- [4] 马武平.论浙江中生代晚期地层划分[J].地层学杂志,1994,10(2):91-101.
- [5] 包超民,王孔忠.浙江中生代火山—沉积地层和构造运动[J].中国区域地质,1999,18(2):90-93.
- [6] 邢光福,陈荣,杨祝良,等.闽浙赣中生代火山岩研究问题浅议——兼与郑承意等商榷[J].福建地质,2004,23(4):233-239.
- [7] 陶奎元,邢光福,杨祝良,等.浙江中生代火山岩时代厘定和问题讨论——兼评 Lapierre 等关于浙江中生代火山活动时代的论述[J].地质论评,2000,46(1):14-21.
- [8] 丁保良,李耀西,汪迎平,等.浙江白垩系的深化研究与新进展[J].火山地质与矿产,1999,20(4):241-286.
- [9] 俞云文,徐步台.浙江中生代晚期火山—沉积岩系层序和时代[J].地层学杂志,1999,23(2):58-67.
- [10] 汪庆华.试论浙江建德群和磨石山群时代[J].火山地质与矿产,2001,22(3):163-169.
- [11] 蒋维三.试论浙江白垩系的顶、底界[J].浙江地质,1995,11(1):15-23.
- [12] 顾知微.论闽浙运动[J].地层学杂志,2005,29(1):1-6.
- [13] 陈丕基.中国陆相侏罗—白垩系划分对比述评[J].地层学杂志,2000,24(2):114-119.
- [14] 王中杰,杨琴芳,阮宏宏,等.浙闽赣中生代火山地质若干基本问题[J].中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊,1987,8(3):1-14.
- [15] Mckibben M A, Shanks W C I, Ridley W I. Applications of microanalytical techniques to understanding mineralizing processes[J].Society of Economic Geologists,1998,(7):1-35.
- [16] 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

- (S1): 26-30.
- [17] Ludwi K R. SQUID 1.02: a user's manual [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2001: 1-19.
- [18] Ludwi K R. User's manual for Isoplot 3.00, a geochronological toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Center Special Publication No.4, 2004: 70-74.
- [19] Andersen T. Correction of common Lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. Chemical Geology, 2002, 192(1/2): 59-79.
- [20] 汪建国,汪隆武,陈小友,等. 浙西开岭脚和里陈家花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 中国地质, 2010, 37(6): 1559-1565.
- [21] 陈荣,邢光福,杨祝良,等. 浙东南英安质火山岩早侏罗世锆石 SHRIMP 年龄的首获及其地质意义[J]. 地质论评, 2007, 53(1): 31-35.
- [22] 陶奎元,谢家莹,阮宏宏,等. 中国东南沿海中生代火山作用基本特征[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1988, 9(4): 12-28.
- [23] 王孔忠,宋朝晖,俞云文. 浙江雁荡山地区晚中生代火山—沉积岩系地层归属讨论[J]. 浙江地质, 2001, 17(1): 6-18.
- [24] 李坤英,沈加林,王小平. 中国浙闽赣地区中生代陆相火山岩同位素年代学[J]. 地层学杂志, 1989, 13(1): 1-13.
- [25] 薛怀民,陶奎元,沈加林. 中国东南沿海中生代酸性火山岩的锶和钨同位素特征与岩浆成因[J]. 地质学报, 1996, 70(1): 35-47.
- [26] 沈渭洲,凌洪飞,王德滋,等. 浙江省中生代火成岩的 Nd-Sr 同位素研究[J]. 地质科学, 1999, 34(2): 98-107.
- [27] 顾明光. 浙东南岩头地区磨石山群火山岩岩石地球化学研究[J]. 华南地质与矿产, 2003, (4): 24-30.
- [28] 谢昕,徐夕生,邢光福,等. 浙东早白垩世火山岩组合的地球化学及其成因研究[J]. 岩石学报, 2003, 19(3): 385-398.
- [29] 黄家龙,卢清地,张正义,等. 福建仙游园庄地区南园组新层型剖面的建立及时代的重新厘定 [J]. 地质通报, 2008, 27(6): 785-792.
- [30] 李进堂,马金清,温友梦,等. 福建省闽清县池园地区早、中侏罗世地层新发现[J]. 福建地质, 2000, 19(4): 181-187.

Age assignment of the Moshishan Group volcanic rocks in the Lishui area, Zhejiang Province

WANG Jia-en, LIU Yuan-dong, WANG Jian-guo, WANG Zhen, TAO Li
(Zhejiang Institute of Geological Survey, Hangzhou 311203, China)

Abstract: On the basis of regional geological survey and volcanic structure divisions, this study carried out U-Pb dating for zircons from some typical volcanic rocks of Moshishan Group to precisely determine the stratigraphic age of the Mesozoic Moshishan Group volcanic rocks in the Lishui area, Zhejiang Province. The result shows that the SHRIMP zircon U-Pb age and LA-ICP-MS zircon U-Pb weighted average age of rhyolitic crystal welded tuffs on the bottom of Dashuang Formation are $154.9 \pm 5.5\text{Ma}$ and $152.0 \pm 7.0\text{Ma}$, respectively, indicating that the Dashuang Formation belongs to the Kimmeridgian Stage of late Jurassic. SHRIMP zircon U-Pb dating yields an age of $131.6 \pm 2.7\text{Ma}$ for rhyolitic crystal welded tuffs of the Gaowu Formation and two weighted ages of $128.6 \pm 1.7\text{Ma}$ and $139.5 \pm 2.5\text{Ma}$ for the rhyolitic crystal welded tuffs of the Xishantou Formation from two volcanic apparatus. It can be inferred based on the study above that the Dashuang Formation should belong to Late Jurassic while Gaowu, Xishantou, Chawan and Jiuliping Formations to Early Cretaceous.

Key words: southern Zhejiang Province; Mesozoic; volcanic rocks; Moshishan Group; age assignment