



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

陈荣, 邢光福, 杨祝良, 周宇章, 余明刚, 李龙明
国土资源部南京地质矿产研究所, 南京, 210016

内容提要: 浙江中生代晚期火山岩极为发育, 而有无中生代早期火山岩, 则向无定论。本文在确认浙东南松阳毛弄煤矿一带煤系沉积下部火山岩属中生界毛弄组的基础上, 测得其 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 $180 \pm 4\text{Ma}$, 首次证明浙江存在早—中侏罗世火山岩, 同时表明浙东南尚没有确切的中侏罗世晚期至晚侏罗世火山岩活动记录, 而且也缺失晚侏罗世和大部分中侏罗世地层。

关键词: SHRIMP 测年; 火山岩; 毛弄组; 早侏罗世; 浙东南

浙江地处中国东部滨西太平洋大陆边缘, 晚中生代火山活动强烈, 形成巨厚的火山沉积地层。这套火山—沉积产物依据野外产状可以划分为上、下两个火山岩系, 其中下火山岩系(在浙西称建德群, 浙东为磨石山群)出露更为广泛, 且在绝大多数地区不整合覆于前中生代基底地层之上, 只在少数地区与早中生代地层直接接触(翁世劫, 1987; 王中杰等, 1989; 浙江省地质矿产局, 1989, 1996; 谢家莹等, 1996)。近年来的研究, 趋向于将晚中生代火山产物的主体层位——即下火山岩系, 由原先的上侏罗统提升至下白垩统(俞云文等, 1999; 陶奎元等, 2000; 汪庆华, 2001; 邢光福等, 2004; 顾知微, 2005)。新近在浙东南及浙西中生代火山岩区的区域地质调查^{①②}, 将下火山岩系(浙东磨石山群, 浙西建德群)均划为下白垩统。表明浙江可能缺失上侏罗统(及部分下白垩统)地层(陈丕基, 2000)。另一方面, 至今未见有早、中侏罗世火山岩同位素年龄报道。这就提出新的问题: 浙江究竟有没有侏罗纪火山岩?

最近, 笔者等对浙江唯一可能含早、中侏罗世火山岩的地层——毛弄组开展了调查, 确认松阳县毛弄煤矿附近发育的一套火山岩属于毛弄组, 并对该火山岩开展了同位素测年工作, 以确定其形成时代。

1 地质背景及样品信息

毛弄组出露零星, 主要见于松阳毛弄、小槎, 其

次见于云和杨家山、陈源头, 以及丽水朱村、青田陈村坪等处, 面积约 46km^2 。为一套含火山碎屑岩的陆相含煤沉积地层。以松阳毛弄煤矿区剖面较具代表性(图 1)。该剖面可分为下、中、上三段: 下段为火山碎屑岩夹砂岩和煤层, 其中火山岩累计厚度约 400m (未见底), 接近本剖面总厚度的一半; 中段以砂砾岩、砂岩为主, 夹炭质页岩、凝灰岩, 并夹三层煤, 见有植物化石; 上段以黄色含砾粗砂岩、砂砾岩及灰色纸状页岩为主, 夹煤 3 层, 含双壳类及植物化石^③。毛弄组底部出露不明, 多与下白垩统呈断层接触, 其上被下白垩统磨石山群覆盖, 故有意见认为毛弄组会否是上侏罗统(现已划为下白垩统)的大套夹层^④, 或者认为其中的火山岩不属于毛弄组, 而是断层带入的白垩系火山岩(翁世劫, 1987)。本次调查进一步证实, 在毛弄组命名剖面上(图 1)火山岩与上部煤系地层之间未见有断层接触, 且火山岩中尚夹有砂岩及煤层。故火山岩是毛弄组的一部分, 当属无疑。依据化石资料, 毛弄组的时代曾被定为晚侏罗世^⑤、早—中侏罗世^⑥。浙江省区域地层表编写组(1979)将其定为中侏罗世, 此后被沿用至今(浙江省地质矿产局, 1989, 1996; 中国地层表编写组, 2000; 等)。

本次研究样品采自松阳县毛弄煤矿简易沙石公路旁(经度 $119^{\circ}37'50.5''$, 纬度 $28^{\circ}21'52.61''$), 露头上岩石风化明显, 呈浅灰绿色, 结构略显疏松, 但火

注: 本文为中国地质调查局基础地质综合研究项目(编号 1212010510705)的成果。

收稿日期: 2005-11-10; 改回日期: 2006-10-27; 责任编辑: 刘淑春、章雨旭。

作者简介: 陈荣, 男, 1970 年生, 博士, 副研究员, 岩石学专业。Email: njcrong@cgs.gov.cn。

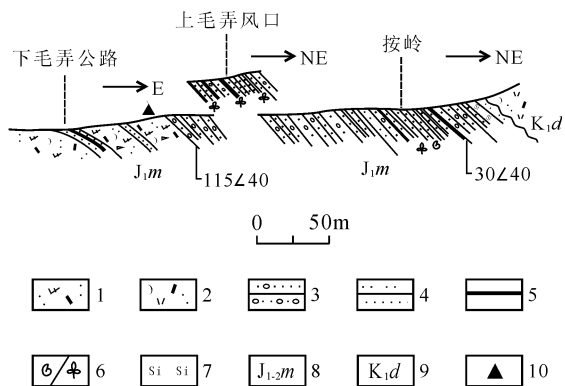


图1 松阳县毛弄煤矿毛弄组剖面(据1:20万丽水幅区域地质调查报告^①,略有修改)

Fig. 1 Profile of the Maonong Formation in Maonong Coal Mine area of Songyang county, Zhejiang Province (after 1:200000-Scale Regional Geological Survey of the Lishui Sheet^①, with slight modification)

- 1—英安质晶屑凝灰岩; 2—流纹质晶屑凝灰岩; 3—砂砾岩、含砾砂岩; 4—砂岩、粉砂岩; 5—煤层; 6—动、植物化石; 7—硅化; 8—下侏罗统毛弄组; 9—下白垩统大爽组; 10—采样点
1—dacitic crystal tuff; 2—rhyolitic crystal tuff; 3—sandy conglomerate and sandstone with conglomerate; 4—sandstone and siltstone; 5—coal bed; 6—fossil of animal or plant; 7—silicification; 8—Lower Jurassic Maonong Formation; 9—Lower Cretaceous Dashuang Formation; 10—sampling position

成结构清楚,为晶屑凝灰结构,岩性为英安质晶屑凝灰岩。晶屑主要由黑云母(5%)、石英(10%)和斜长石(5%)等组成,粒度一般1~3mm,个别斜长石、石英晶屑可达4~5mm。胶结物为火山灰。采样点火山岩厚度约20m,相当于毛弄组下段上部层位(图1)。

该火山岩的主要氧化物含量(两个样平均,南京地质矿产研究所分析测试室湿法分析)为:SiO₂ 60.02%, TiO₂ 0.46%, Al₂O₃ 15.92%, Fe₂O₃ 1.50%, FeO 1.80%, MgO 1.63%, CaO 5.39%, Na₂O 1.97%, K₂O 3.94%, P₂O₅ 0.15。TA(全碱含量)=5.92%, A/CNK=0.92%, n(K)/n(Na)=1.32,属相对富钾、低钠的准铝质钙碱性岩石。但与浙东南晚中生代英安质岩石(谢家莹等,1996)略有不同,后者一般具有更高的全碱含量,属于高钾钙碱性系列。遗憾的是该火山岩风化较强(烧失量达7.21%),不利于与中国东南部其余地区出露的早中侏罗世火山岩进行地球化学特征对比研究。

2 分析方法及结果

用一般人工重砂方法分选锆石(本次5kg样选

出锆石1000粒以上),经双目镜下挑纯,取约100粒锆石与一片RSES参考样SL13及数粒标准锆石TEM置于环氧树脂中,然后磨至约一半,使锆石内部暴露,进行背散射电子相研究及SHRIMP U-Pb同位素分析。

锆石的背散射电子相研究在北京大学地质学系电子探针实验室完成,SHRIMP U-Pb同位素分析在北京离子探针中心SHRIMP II上完成。详细的分析原理及实验流程参考Williams等(1987)、Compston等(1992)和简平等(2003)的文献。应用RSES标准锆石TEM(417Ma)进行元素间的分馏校正,用参考样SL13(572Ma, U含量为 238×10^{-6})标定样品的U、Th、Pb含量。数据处理采用Ludwig SQUID1.0及ISPLIT程序。应用实测²⁰⁴Pb和Cumming和Richard(1975)的模式铅成分校正普通铅。采用²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄,单个数据误差为1σ,所采用的加权平均年龄误差为2σ,具有95%的可信度。

毛弄火山岩中的锆石多数为浅黄色,呈自形短柱状或双锥状,粒度较粗,一般长轴在200~300μm之间,长宽比1.5~3.0。背散射电子图像显示锆石多具有清晰的韵律环带结构(图2),未见明显的包裹体及晶核,指示其岩浆成因。

SHRIMP U-Pb分析数据列于表1,各个数据点对应的锆石形态及分析区域见图2。所分析的12个数据²⁰⁶Pb/²³⁸U年龄相当一致,为175~187Ma,数据点成群分布在一致曲线之上(图3),加权平均值为 $180 \pm 4\text{Ma}$ (chi square=0.2694)。同时注意到分析数据中U、Th、Pb含量变化范围较小,Th/U比值变化于0.32~0.47(表1),进一步表明锆石的岩浆成因和分析数据的可靠。故 $180 \pm 4\text{Ma}$ 应代表毛弄组火山岩的成岩年龄。

3 讨论及结论

如前文所述,浙东南毛弄组长期被置于中侏罗统,不整合于其上的磨石山群火山岩则被置于上侏罗统(浙江省地质矿产局,1989,1996;中国地层典编写组,2000;等)。近年来的研究表明磨石山群(及浙西的建德群)应划归下白垩统(俞云文等,1999;陶奎元等,2000;汪庆华,2001;邢光福等,2004;顾知微,2005)。本次测得毛弄组火山岩年龄为 $180 \pm 4\text{Ma}$,属早侏罗世晚期,首次表明浙江存在早侏罗世火山岩,同时也表明浙江省内目前没有可以确认的中、晚侏罗世火山活动记录,也缺失上侏罗统和大部分中侏罗统地层。反映早白垩世大规模火

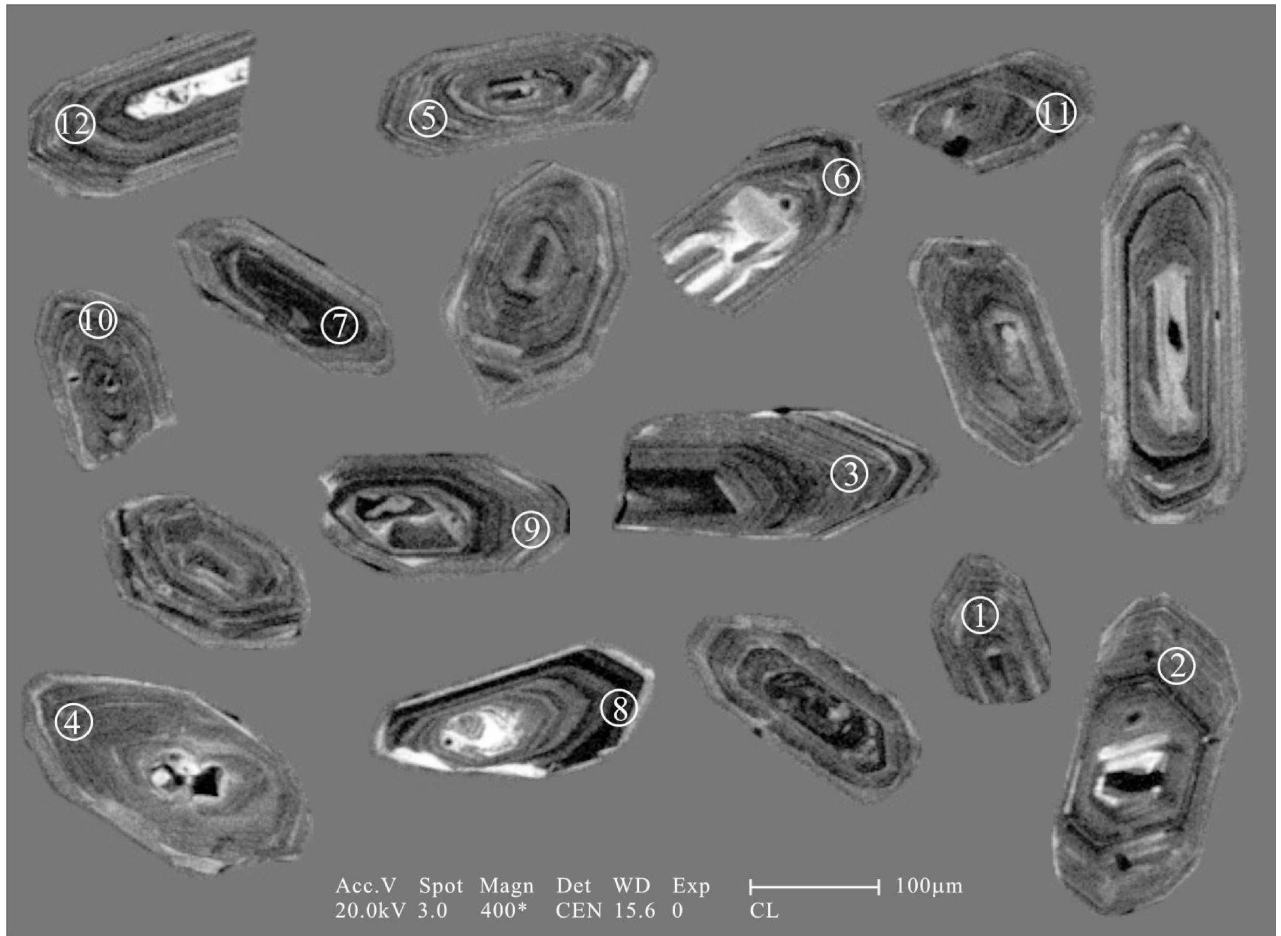


图 2 松阳毛弄煤矿区毛弄组火山岩锆石背散射电子图像及 SHRIMP U-Pb 分析点位图
 Fig. 2 Backscattering photos and U-Pb age analytic spots of the zircons from volcanic rock of the Maonong Formation in the Maonong coal field, Songyang

表 1 松阳毛弄煤矿区毛弄组火山岩锆石 SHRIMP 分析结果
 Table 1 SHRIMP data of zircons from volcanic rock of the Maonong Formation in the Maonong coal field, Songyang

序号	U (µg/g)	Th (µg/g)	Th U	²⁰⁶ Pb _c (%)	Pb* (µg/g)	$\frac{n(^{238}\text{U})}{n(^{206}\text{Pb})} \pm \sigma$	$\frac{n(^{235}\text{U})}{n(^{207}\text{Pb})} \pm \sigma$	$\frac{n(^{207}\text{Pb})}{n(^{206}\text{Pb})} \pm \sigma$	$\frac{n(^{238}\text{U})}{n(^{206}\text{Pb})}$ 年龄 (Ma)	$\frac{n(^{235}\text{U})}{n(^{207}\text{Pb})}$ 年龄 (Ma)
N1-1	858	277	0.32	0.01	24	34.72 ± 1.57	5.32 ± 0.65	0.0475 ± 0.005	183 ± 8	175 ± 20
MN1-2	1157	544	0.47	-	34	34.97 ± 1.71	5.68 ± 0.48	0.0448 ± 0.003	182 ± 8	165 ± 13
MN1-3	1085	433	0.4	-	30	35.97 ± 1.29	5.43 ± 0.32	0.048 ± 0.002	177 ± 6	171 ± 10
MN1-4	969	337	0.35	0.02	27	35.71 ± 1.15	5.75 ± 0.30	0.045 ± 0.002	178 ± 5	163 ± 8
MN1-5	1238	559	0.45	-	35	35.59 ± 1.39	5.21 ± 0.27	0.0496 ± 0.002	179 ± 7	178 ± 8
MN1-6	1249	522	0.42	-	36	35.46 ± 1.01	5.21 ± 0.19	0.0493 ± 0.001	179 ± 5	178 ± 6
MN1-7	1219	456	0.37	0.01	34	35.97 ± 1.29	5.18 ± 0.27	0.0503 ± 0.002	177 ± 6	179 ± 9
MN1-8	956	385	0.4	-	28	34.01 ± 1.16	5.15 ± 0.32	0.0477 ± 0.002	187 ± 6	180 ± 11
MN1-9	1132	452	0.4	-	33	34.48 ± 1.31	4.76 ± 0.25	0.0526 ± 0.002	184 ± 7	194 ± 9
MN1-10	1274	560	0.44	-	36	35.59 ± 1.27	5.46 ± 0.30	0.0474 ± 0.002	179 ± 6	171 ± 9
MN1-11	1078	415	0.38	-	30	35.46 ± 1.01	5.62 ± 0.28	0.0457 ± 0.002	180 ± 5	166 ± 7
MN1-12	1028	434	0.42	-	28	36.23 ± 1.58	5.75 ± 0.36	0.0458 ± 0.002	175 ± 8	163 ± 10

注: ① ²⁰⁶Pb_c(%) 指普通铅中的²⁰⁶Pb占全铅²⁰⁶Pb的百分数; ② 应用实测²⁰⁴Pb和 Cumming 和 Richard (1975)的模式铅成分校正普通铅; ③ 表中所有误差为 1σ; ④ 加权平均年龄的误差为 2σ。

山活动之前,区域上发生过强烈的地壳抬升剥蚀事件,造成白垩系不整合于中侏罗世以前地层,或前中生界基底之上。可能正是因为这次(挤压)隆升剥蚀事件,使得我们很难在浙江见到早中生代火山岩。

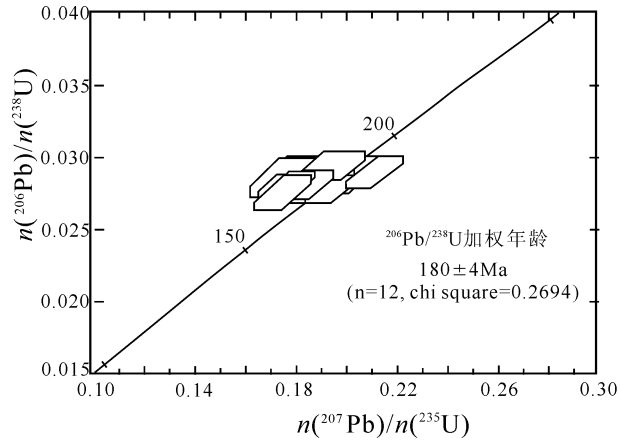


图3 松阳毛弄煤矿区毛弄组火山岩
锆石 U-Pb 一致曲线图

Fig. 3 U-Pb Concordia diagram of zircons from
volcanic rock of the Maonong Formation
in the Maonong coal field, Songyang

值得注意的是,目前在华南地区所发现的早-中侏罗世(180~170Ma)火山岩,主要见于南岭中东段的湘南、赣南、闽西南及粤东北一带,以板内拉斑玄武岩和流纹质火山岩构成双峰式组合为特征(赵振华等, 1998; 陈培荣等, 1999; 周金城和陈荣, 2001; 邢光福等, 2002; Li et al., 2003),其余地区尚未见报道。基于这一分布和岩石组合特征(伴生的同时代侵入岩亦呈双峰式,且酸性端元中出现正长岩或A型花岗岩),研究者普遍认为该时期南岭中东段处于“拉张”环境。但对于“拉张”的动力学背景则有不同认识。如:认为属于大陆边缘裂谷,与俯冲无关(Li et al., 2003);或属造山后的伸展作用,受东西向特提斯构造域控制(Xing et al., 2004);或是燕山早期(180Ma)开始的古太平洋板块向大陆北西方向的俯冲作用,导致了印支期近东西向断裂复活拉张(谢昕等, 2005)。这就不得不涉及到如何认识古太平洋板块早期俯冲作用在中国东南大陆的岩石学反映,或岩石学记录问题。由于之前对燕山早期火山岩的分布不太清楚,尤其是在相对更靠近俯冲带的浙闽沿海未发现可靠的早-中侏罗世火山岩,导致对可能于燕山早期已开始的俯冲作用认识相当模糊。新近,李进堂等(2000)测得福建闽清文格山地区原划下侏罗统长林组安山岩的Rb-

Sr 等时线年龄为 $180 \pm 2.5\text{Ma}$,不整合其上的南园组流纹质火山岩 U-Pb 年龄为 134Ma,表明闽东大面积分布的早白垩世火山岩之下,尚有早侏罗世火山岩地层。本次浙东南毛弄组早侏罗世(180Ma)钙碱性火山岩的发现和确认,进一步证明东南沿海地区亦有早侏罗世火山岩分布,这为了解燕山早期东南大陆火山作用及其与古太平洋板块俯冲的关系,提供了新的线索。事实上,年龄在 180Ma 左右的火山岩,在朝鲜半岛也有出露(岩性以酸性火山碎屑岩为主),被认为是古太平洋板块早期俯冲的产物(Raehee Han et al., 2006)。因此,有理由认为毛弄组火山岩可能正是板块早期俯冲作用的岩石学记录。

致谢:野外工作中得到浙江省地质调查研究院俞云文高级工程师的指导和帮助,南京地质矿产研究所张传林博士、北京离子探针中心宋彪博士在锆石 SHRIMP 测年方面给予了大力帮助,在此向他们表示诚挚的感谢。

注 释

- ① 中国地质调查局南京地质矿产研究所. 2004. 浙江省嵊县幅 1: 250000 区域地质调查成果报告.
- ② 浙江省地质调查研究院. 2005. 浙江省金华幅 1: 250000 区域地质调查成果报告.
- ③ 浙江省重工业局第五地质大队区测连. 1971. 丽水幅 1: 20 万区域地质调查报告.
- ④ 浙江省区域测量大队. 1966. 浙江省金华幅 1: 20 万区域地质调查报告.

参 考 文 献 / References

- 陈培荣, 孔兴功, 倪琦生, 等. 1999. 赣南燕山早期双峰式火山岩的厘定和意义. 地质论评, 45(增刊): 734~741
- 陈丕基. 2000. 中国陆相侏罗、白垩系划分对比评述. 地层学杂志, 24(2): 114~119
- 顾知微. 2005. 论闽浙运动. 地层学杂志, 29(1): 1~6
- 简平, 刘墩一, 孙晓猛. 2003. 滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRIMP 测年: 古特提斯洋壳演化的同位素年代学制约. 地质学报, 77(2): 217~228
- 李进堂, 马金清, 温又梦, 陈火炮. 2000. 福建省闽清县池园地区早、中侏罗世地层新发现. 福建地质, 19(4): 181~187
- 陶奎元, 邢光福, 杨祝良, 等. 2000. 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. 地质论评, 46(1): 14~21
- 汪庆华. 2001. 试论浙江建德群和磨石山群时代. 火山地质与矿产, 22(3): 163~169
- 王一先, 赵振华, 包志伟, 等. 1997. 浙江花岗岩类地球化学与地壳演化 - I. 显生宙花岗岩类. 地球化学, 26(5): 1~15
- 王中杰, 谢家莹, 尹家衡, 等. 1989. 浙闽赣中生代火山岩区火山旋回, 火山构造, 岩石系列及演化(研究报告). 南京地质矿产研究所所刊, 6(增刊): 1~220
- 翁世劼, 孔庆寿, 黄海. 1987. 浙闽赣粤中生代晚期火山地质. 北

- 京:地质出版社, 10
- 谢家莹, 陶奎元, 尹家衡, 等. 1996. 中国东南大陆中生代火山地质及火山—侵入杂岩. 北京:地质出版社
- 谢昕, 徐夕生, 邹海波, 等. 2005. 中国东南部晚中生代大规模岩浆作用序幕: J₂ 早期玄武岩. 中国科学(D 辑), 35(7): 587 ~ 605
- 邢光福, 杨祝良, 毛建仁, 等. 2002. 东南大陆边缘早侏罗世火成岩特征及其构造意义. 地质通报, 21(7): 384 ~ 391
- 邢光福, 陈荣, 杨祝良, 等. 2004. 浙闽赣中生代火山岩研究问题浅议——兼与郑承意等商榷. 福建地质, 23(4): 233 ~ 239
- 俞云文, 徐步台. 1999. 浙江中生代晚期火山—沉积岩系层序和时代. 地层学杂志, 23(2): 136 ~ 145
- 赵振华, 包志伟, 张伯友. 1998. 湘南中生代玄武岩类地球化学特征. 中国科学(D 辑), 28(增刊): 7 ~ 14
- 浙江省地质矿产局. 1989. 浙江省区域地质志. 北京:地质出版社, 131 ~ 188, 344 ~ 387
- 浙江省地质矿产局. 1996. 浙江省岩石地层. 武汉:中国地质大学出版社, 169 ~ 174
- 浙江省区域地层表编写组. 1979. 华东地区区域地层表——浙江省分册. 北京:地质出版社, 1 ~ 161
- 中国地层典编写组. 2000. 中国地层典(侏罗纪). 北京:地质出版社, 26 ~ 129
- 周金城, 陈荣. 2001. 闽东南晚中生代壳幔作用地球化学. 地球化学, 30(6): 547 ~ 558
- Compston W, Williams I S, Kirschvink J L, et al. 1992. Zircon U-Pb ages of early Cambrian time scale. J. Geol. Soc., 149: 171 ~ 184
- Cumming G L and Richards J R. 1975. Ore lead isotope ratios in a continuously changing earth. Earth Planet. Sci. Letters, 28: 155 ~ 171
- Han Raehee, Ree Jin-Han, Cho Deung-Lyong, et al. 2006. SHRIMP U-Pb zircon ages of pyroclastic rocks in the Bansong Group, Taebaek-san Basin, South Korea and their implication for the Mesozoic tectonics. Gondwana Research, 9: 106 ~ 117
- Li X H, Chen Z G, Liu D Y and Li W X. 2003. Jurassic gabbro—granite—syenites from Southern Jiangxi Province, SE China: Age, origin, and tectonic significance. International Geology Review, 45: 1 ~ 24
- Williams I S and Claesson S. 1987. Isotope evidence for Precambrian province and Caledonian metamorphism of high grade paragneiss from the Seve Nappes, Scandinavian Canidonides, II. Ion microprobe zircon U-Th-Pb. Contrib. Mineral. Petrol., 97: 205 ~ 217
- Xing Guangfu, Yang Zhuliang, Chen Rong, et al. 2004. Three stages of Mesozoic bimodal igneous rocks and their tectonic implications on the continental margin of southeastern Chian. Acta Geologica Sinica (English edition), 78(1): 27 ~ 39

Early Jurassic Zircon SHRIMP U-Pb Age of the Dacitic Volcanic Rocks in the Southeastern Zhejiang Province Determined Firstly and Its Geological Significances

CHEN Rong, XING Guangfu, YANG Zhuliang, ZHOU Yuzhang, YU Minggang, LI Longming
Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Ministry of Land and Resources, Nanjing, 210016

Abstract

Late Mesozoic volcanic rocks are vastly developed in Zhejiang Province, southeastern China. But the early Mesozoic ones, however, are rarely or never reported and have no predicative opinion on whether they exist. Our recent investigation confirms the volcanic rocks occur under the coal bearing strata in the Maonong Coal Mine area of Songyang county, southeastern Zhejiang Province, belong to the Maonong Formation, which was generally regard as Middle Jurassic. And zircons from the volcanic rock yielding a SHRIMP U-Pb age of 180 ± 4 Ma. Attest the existence of early Mesozoic volcanic rocks in Zhejiang Province. And suggest that there be no confessed Middle—Late Jurassic volcanic rocks as well as Upper Jurassic and most Middle Jurassic strata.

Key words: SHRIMP zircon age; volcanic rock; the Maonong Formation; Early Jurassic; southeastern Zhejiang

