

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2021.03.002

引用格式:余明刚,洪文涛,钱迈平,等. 浙东象山石浦生物礁灰岩时代厘定及其层位归属[J]. 华东地质, 2021, 42(3): 260-268.

# 浙东象山石浦生物礁灰岩时代厘定及其层位归属

余明刚, 洪文涛, 钱迈平, 段政, 姜杨, 陈荣

(中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏 南京 210016)

**摘要:** 浙东象山石浦附近出露1套火山-沉积岩系,前人称为石浦组,分为上、下两段:下段为泥岩、砂岩与叠层石-虫管生物礁灰岩互层;上段以双峰式火山岩组合为特征。长期以来,关于石浦组层位归属和生物礁石灰岩的时代存在争议。文章对在象山石浦组上段流纹岩和下段沉积岩中新发现的玄武岩夹层进行了LA-ICP-MS锆石U-Pb定年,测得它们的年龄分别为 $(117.8 \pm 2.2)$  Ma和 $(116.1 \pm 1.0)$  Ma,表明象山地区石浦组形成于早白垩世晚期,经区域地层对比研究,确定石浦组与馆头组层位相当,属于同期异相地层。

**关键词:** LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年;生物礁灰岩;象山石浦;浙东

**中图分类号:** P588.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-1871(2021)03-260-09

东南沿海中生代火山活动强烈,形成大面积分布的钙碱性火山岩,其中酸性-中酸性火山岩占总面积的90%以上,基性-中性岩类极少,它们沿海岸带呈带状连续分布,组成长约2 000 km、宽300~500 km的巨型火山岩带<sup>[1]</sup>。其中在浙东象山、三门及新昌一带零星出露一套罕见的叠层石-虫管生物礁灰岩,被称为“石浦灰岩”、“石浦群”或“石浦组”,本文用石浦组表述这套火山沉积地层<sup>[2-4]</sup>。关于石浦组的时代与成因争议颇多,主要有:①新元古代构造“天窗”出露的变质杂岩<sup>[5]</sup>;②古生代地层<sup>[6-7]</sup>;③早白垩世海陆过渡相沉积地层,相当于馆头组和朝川组<sup>[4,8-9]</sup>;④古新世—始新世地层<sup>[2]</sup>。近年来,对石浦灰岩时代和成因研究取得了新进展,认为石浦灰岩形成于深入陆地的峡湾潮坪环境<sup>[10]</sup>和海侵沉积碳酸盐岩环境<sup>[11]</sup>;石浦灰岩下部砂砾岩碎屑锆石年龄为120~112 Ma<sup>[12]</sup>,凝灰质砂岩碎屑锆石年龄为114 Ma,确定了该地层的下限年龄<sup>[11]</sup>,但这些年龄研究对象集中于碎屑岩,缺少对其层位形成时代的准确限定。本文对石浦组上段流纹岩和下段沉积岩中玄武岩夹层进行LA-ICP-MS

锆石U-Pb定年,对石浦组时代及层位进行准确厘定并与区域地层进行对比,这对探讨华南中生代构造演化、岩相古地理及环境变迁具有重要意义。

## 1 地质背景

浙东是中国东南沿海晚中生代火山岩浆活动最强烈的地区之一,火山岩可划分为上火山岩系和下火山岩系,其中下火山岩系呈面式展布,出露面积>40 000 km<sup>2</sup>,称为磨石山群,自下而上进一步划分为大爽组、高坞组、西山头组、茶湾组和九里坪组。上火山岩系零星出露于数十个火山盆地(包括永康群、天台群、泰顺组、小雄组等)中。永康群自下而上划分为馆头组、朝川组(小平田组)和方岩组,主要分布于永康、新昌、诸暨、武义、水口、丁家畈和宁波等盆地。天台、金华等盆地中上火山岩系称为天台群,包括塘上组、两头塘组和赤城山组<sup>[13]</sup>。上火山岩系最晚期地层为浙东滨海地区临海、三门东部小雄盆地小雄组<sup>[14-15]</sup>。

在浙江象山县石浦镇附近出露一套火山-沉积

\* 收稿日期:2021-01-25 修订日期:2021-04-08 责任编辑:谭桂丽

**基金项目:** 中国地质调查局“全国陆域及海区地质图件更新与共享(编号:DD20190373)”和“中国大地构造演化和国际亚洲大地构造图编制(编号:DD20190361)”项目联合资助。

**第一作者简介:** 余明刚,1978年生,高级工程师,主要从事华南火山岩和区域大地构造研究。Email:402610622@qq.com。

**通信作者简介:** 洪文涛,1986年生,助理研究员,主要从事区域大地构造及岩石学研究。Email:274283688@qq.com。

岩系,主要由火山角砾岩、熔岩、砂岩、砂砾岩、泥岩、硅质岩夹薄层及透镜状灰岩组成,称为石浦组<sup>[10]</sup>,其分为上、下两段:下段主要为海陆交互相的碎屑沉积岩与叠层石-虫管生物礁灰岩互层,夹薄层

玄武岩;上段主要为流纹质火山碎屑岩。沉积岩系走向总体呈近 EW 向,倾角由南向北逐渐变缓。由于其三面为断层和石英斑岩侵入接触,东面延伸入东海,呈“天窗式”构造<sup>[2]</sup>(图 1)。

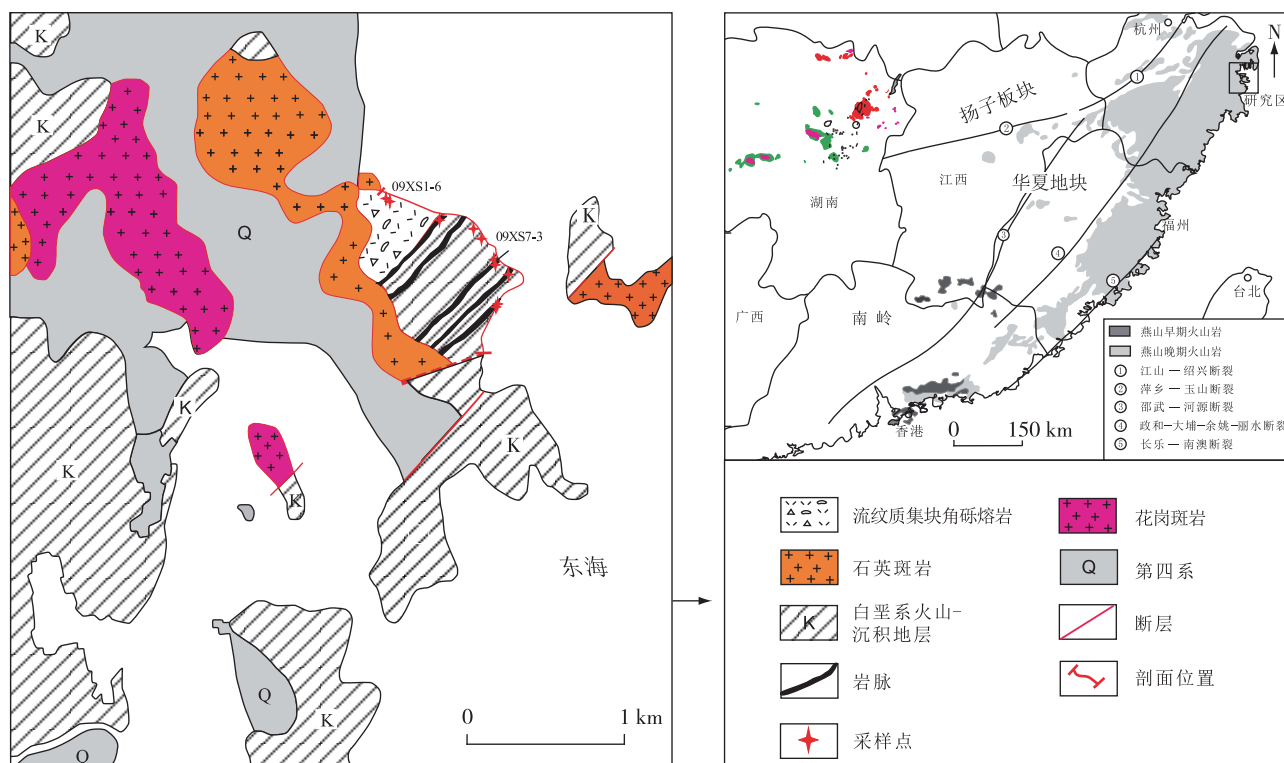


图 1 浙东石浦地区中生代火山岩分布图

Fig. 1 Distribution of Mesozoic volcanic rocks in Shipu area, Xiangshan County, eastern Zhejiang

本次研究选择石浦镇平岩村—沙塘湾石浦组剖面(图 2),分为上、下两段:下段为正常沉积碎屑岩与灰岩(1~6 层),与下伏西山头组呈不整合接触,包括角岩化长石砂岩和灰黑色薄层状硅质泥岩、生物礁灰岩。在生物礁灰岩层之下的砂泥岩层中,普遍发育 1~2 层较新鲜的薄层气孔状玄武岩流,厚度 <

10 cm,局部可见玄武岩渣饼。上段为火山岩(7 层),上部为灰黄色含集块角砾流纹岩,集块和角砾为气孔状玄武岩,一般大小 2~30 cm,大者可达 100 cm,定向排列,气孔状构造;玄武岩岩块形态既有塑性又有刚性(棱角状),部分较大的岩块被寄主岩穿插分割,部分玄武岩块压扁拉长等塑性变形特征,偶见烘烤边

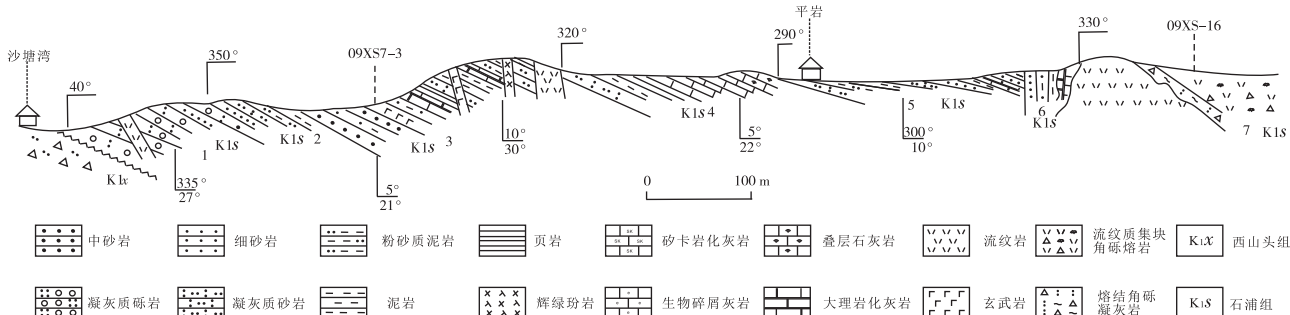


图 2 象山石浦平岩村—沙塘湾村石浦组剖面(据文献<sup>[10]</sup>修改)

Fig. 2 Geological section of the Shipu Formation in Pingyan-Shatangwan, Shipu area, Xiangshan County

和冷凝边(图 3(a))。以上特征表明,玄武岩和流纹岩几乎同时喷发;下部为灰色流纹质弱熔结角砾凝灰岩,二者为喷发不整合接触(图 2)。

## 2 岩石学特征

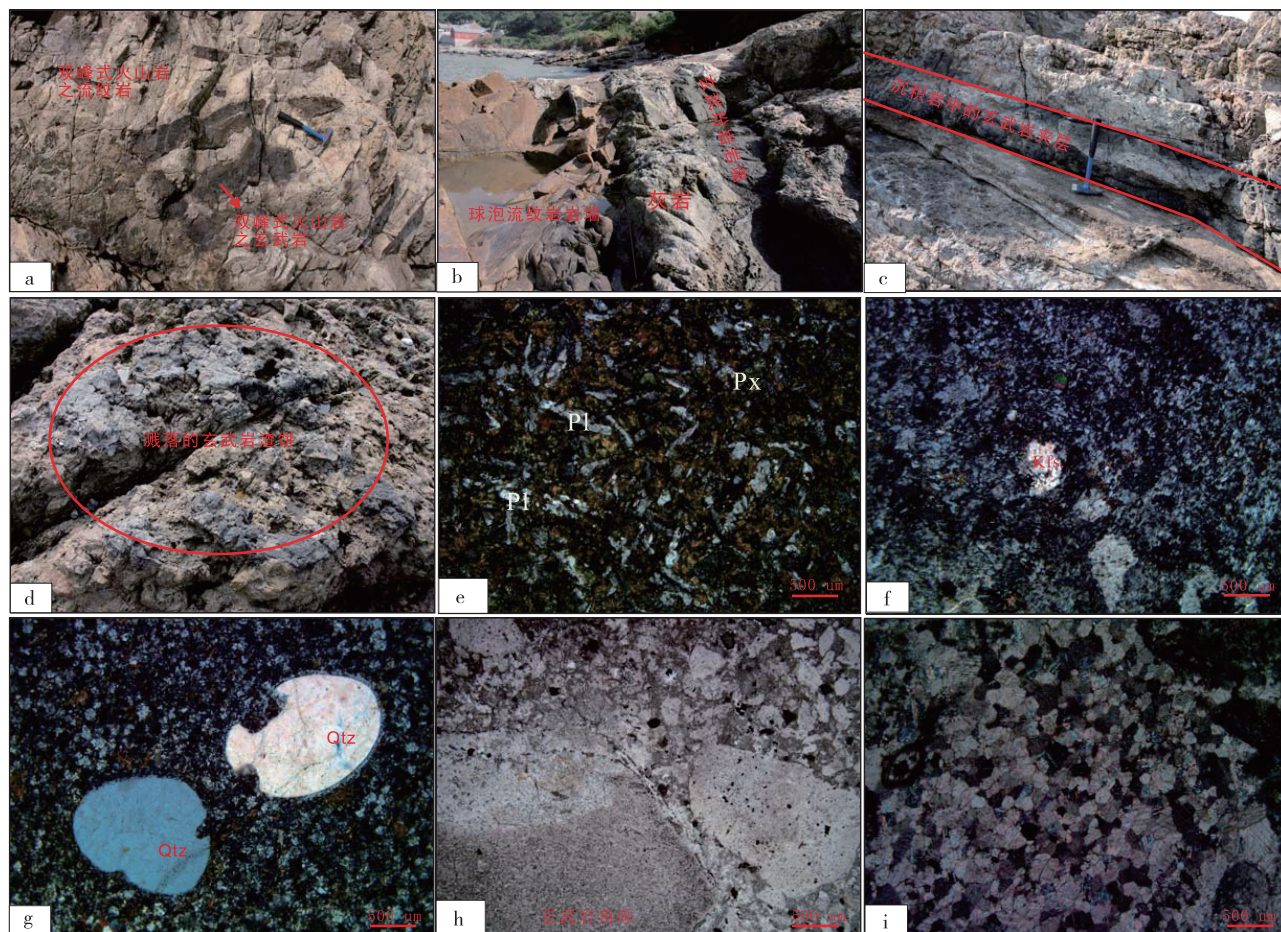
(1)玄武岩。杏仁状构造,粒玄结构,主要由板条状半自形斜长石(50%~55%)和粒状普通辉石(30%)及少量半自形斜方辉石等组成,辉石普遍发生绿泥石化,杏仁体主要为硅质、绿帘石和沸石(图 3(e))。

(2)流纹岩。流纹构造,斑状结构,斑晶较少(<5%),以石英和钾长石为主,石英熔蚀现象明显,钾长石较自形,表面泥化。基质为霏细结构、隐晶质结构,不同的脱玻化构成明暗相间的条带,局

部发生弱绿帘石化(图 3(f))。

(3)流纹岩斑岩。少斑、疏斑结构,斑晶为条纹长石,出现较宽的反应边,由长英质集合体构成;基质主要呈嵌晶包含结构,出现较多石英晶体;球粒较常见,由放射状长英质集合体构成,呈十字消光;另有极少量细小黑云母(图 3(g))。

(4)沉积岩中玄武质角砾岩夹层。火山角砾结构,由大量玄武岩岩屑和角砾、斜长石晶屑及胶结物组成,胶结物普遍强烈碳酸盐化。玄武岩岩屑和角砾呈棱角状,不同程度碳酸盐化和硅化,部分仍较新鲜,多数由大量定向排列的针柱状斜长石微晶及玻璃质组成,部分为结晶较粗的斜长石与辉石及玻璃质等构成间隐结构。斜长石晶屑粒径小于玄



Px.辉石;Kfs,钾长石;Pl.斜长石;Qtz.石英

(a).双峰式火山岩;(b).侵入沉积岩中的双峰式岩墙;(c).沉积岩中玄武岩夹层;(d).沉积岩之上残留的玄武岩饼;(e).双峰式火山岩之玄武岩(正交偏光 20 $\times$ );(f).双峰式火山岩之流纹岩(正交偏光);(g).球泡流纹岩(岩墙)(正交偏光);(h).沉积岩之上玄武质火山角砾岩(正交偏光);(i).砂岩(正交偏光)

图 3 岩石露头照片及岩相学显微照片

Fig. 3 Field photographs and photomicrographs of representative rocks



武岩岩屑和角砾,发生碳酸盐化和硅化(图 3(h))。

(5) 硅化泥质粉砂质。局部显纹层状构造,含较多粉砂级石英晶屑,泥质含量低,普遍发生绢云母化,局部硅化较强烈,有次生石英和石英细脉(图 3(i))。

### 3 分析方法

本研究用于 U-Pb 定年的锆石挑选自重约 1 kg 的新鲜岩石样品,样品的粉碎及锆石的挑选均在河北省区域地质矿产调查研究所完成。每个样品在

NiKon 双目显微镜下挑选出锆石 100 多颗,样品靶直径为 1.4 cm。在开始锆石 U-Pb 分析前,对制靶后的锆石样品进行显微镜下观察和透、反射光照相,进行阴极发光(CL)分析,确定锆石颗粒内部结构,然后进行锆石 U-Pb 定年和 Hf 同位素分析,锆石颗粒的背散射电子图像如图 4 所示。锆石制靶、CL 分析、锆石 U-Pb 定年均南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室进行。CL 分析在 JEOL JXA-8100 电子探针仪上进行,工作条件为加速电压 15 kV,束电流  $2 \times 10^{-8}$  A。



(a) .09XS1-6; (b) .09XS7-3

图 4 象山石浦组火山岩锆石 CL 图像

Fig. 4 CL images of zircons from volcanic rocks in Shipu Formation, Xiangshan County

LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年采用的仪器型号为 Agilent 7500 a, 激光剥蚀系统为 New Wave UP213 激光器( $\lambda = 213$  nm)。工作参数为:等离子气体 Ar 为 1.6 L/min, 辅助气体 Ar 为 1 L/min, 剥蚀物质载气 He 为 0.9~1.2 L/min, 激光脉冲频率 5 Hz, 激光束斑直径为 40  $\mu$ m, 剥蚀时间 90 s, 背景测量时间 40 s, 脉冲能量为 10~20 J/cm<sup>2</sup>, 用外标锆石 GEMOC/GJ-1, 其 U-Pb 年龄为 601 Ma, 对仪器和激光熔样导致的质量偏倚和 U-Pb 份异进行校

正, 普通铅按照方法<sup>[16]</sup>进行校正, 校正后的数值应用 Isoplot/Ex Version 3.23<sup>[17]</sup>完成锆石 U-Pb 年龄谱和图绘制及<sup>206</sup>Pb/<sup>238</sup>U 年龄加权平均值计算。详细的分析方法和流程见文献<sup>[18-19]</sup>。

### 4 锆石定年结果

本次对象山石浦组上段流纹岩和下段沉积岩中的玄武质角砾岩进行 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年, 定年结果见表 1。

表1 象山石浦组火山岩 LA-CP-MS 锆石 U-Pb 定年结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb isotopic dating results of volcanic rocks in the Shipu Formation, Xiangshan County

测点编号	Th/ 10 <sup>-6</sup>	U/ 10 <sup>-6</sup>	Th/U	U-Pb 同位素比值				年龄/Ma			
				<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> U±1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U±1σ	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U±1σ	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th±1σ	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	<sup>208</sup> Pb/ <sup>232</sup> Th
双峰式火山岩之流纹岩(09XS1-6)											
09XS1-6-1	63	46	1.36	0.048 43±0.002 68	0.124 56±0.006 77	0.018 62±0.000 35	0.004 73±0.000 20	120±88	119±6	119±2	95±4
09XS1-6-2	176	116	1.52	0.052 38±0.001 69	0.126 27±0.004 03	0.017 45±0.000 27	0.004 33±0.000 15	302±45	121±4	112±2	87±3
09XS1-6-3	960	420	2.29	0.048 88±0.001 53	0.115 67±0.003 59	0.017 13±0.000 26	0.004 57±0.000 26	142±45	111±3	109±2	92±5
09XS1-6-4	601	266	2.26	0.056 29±0.004 20	0.141 31±0.010 10	0.018 21±0.000 49	0.005 10±0.000 67	464±111	134±9	116±3	103±13
09XS1-6-5	269	183	1.47	0.051 17±0.003 41	0.122 71±0.007 93	0.017 37±0.000 41	0.004 82±0.000 47	248±105	118±7	111±3	97±9
09XS1-6-6	279	172	1.63	0.049 59±0.003 15	0.123 77±0.007 65	0.018 02±0.000 43	0.001 72±0.000 09	176±98	118±7	115±3	35±2
09XS1-6-7	395	241	1.64	0.048 19±0.001 63	0.118 83±0.004 00	0.017 87±0.000 28	0.004 92±0.000 28	109±50	114±4	114±2	99±6
09XS1-6-8	194	92	2.10	0.050 64±0.004 46	0.121 82±0.010 40	0.017 45±0.000 49	0.004 29±0.000 39	224±142	117±9	112±3	87±8
09XS1-6-9	240	109	2.20	0.048 61±0.002 79	0.118 58±0.006 64	0.017 68±0.000 36	0.004 94±0.000 38	129±90	114±6	113±2	100±8
09XS1-6-10	190	148	1.28	0.049 52±0.002 71	0.126 51±0.006 78	0.018 52±0.000 38	0.005 33±0.000 47	173±86	121±6	118±2	107±9
09XS1-6-11	95	80	1.20	0.051 85±0.002 83	0.133 88±0.007 14	0.018 74±0.000 39	0.002 97±0.000 14	279±84	128±6	120±2	60±3
09XS1-6-12	110	100	1.10	0.049 81±0.003 34	0.122 89±0.007 99	0.017 92±0.000 44	0.002 15±0.000 12	186±104	118±7	114±3	43±2
09XS1-6-13	197	191	1.03	0.048 77±0.001 55	0.130 60±0.004 19	0.019 44±0.000 33	0.002 66±0.000 08	137±44	125±4	124±2	54±2
09XS1-6-14	233	115	2.03	0.055 28±0.004 16	0.149 58±0.010 78	0.019 63±0.000 52	0.005 83±0.000 42	424±114	142±10	125±3	117±8
09XS1-6-15	219	155	1.41	0.048 89±0.002 95	0.128 98±0.007 54	0.019 21±0.000 45	0.001 27±0.000 06	143±90	123±7	123±3	26±1
09XS1-6-16	1128	447	2.52	0.048 77±0.001 03	0.130 15±0.002 96	0.019 36±0.000 30	0.002 23±0.000 04	137±27	124±3	124±2	45±0.8
09XS1-6-17	387	235	1.64	0.051 31±0.001 55	0.133 41±0.004 10	0.018 88±0.000 32	0.002 09±0.000 05	255±40	127±4	121±2	42±1
09XS1-6-18	223	124	1.79	0.049 75±0.002 50	0.129 08±0.006 37	0.018 82±0.000 37	0.003 98±0.000 17	183±78	123±6	120±2	80±3
09XS1-6-19	398	248	1.61	0.048 30±0.002 00	0.126 77±0.005 19	0.019 06±0.000 38	0.001 17±0.000 04	114±59	121±5	122±2	24±0.8
09XS1-6-20	348	198	1.76	0.048 72±0.001 18	0.126 61±0.003 18	0.018 86±0.000 29	0.002 91±0.000 06	134±32	121±3	120±2	59±1
沉积岩中玄武岩夹层(09XS7-3)											
09XS7-3-1	147	131	1.12	0.048 48±0.001 97	0.120 24±0.004 79	0.017 99±0.000 3	0.005 11±0.000 32	123±62	115±4	115±2	103±6
09XS7-3-2	804	331	2.43	0.063 41±0.001 57	0.157 42±0.003 94	0.018 01±0.000 27	0.003 97±0.000 17	722±29	148±3	115±2	80±3
09XS7-3-3	98	87	1.12	0.053 52±0.003 30	0.138 16±0.008 30	0.018 72±0.000 4	0.003 56±0.000 21	351±97	131±7	120±3	72±4
09XS7-3-4	380	305	1.25	0.050 25±0.001 42	0.123 82±0.003 51	0.017 88±0.000 27	0.004 36±0.000 22	207±38	119±3	114±2	88±4
09XS7-3-5	431	241	1.79	0.048 7±0.001 62	0.124 23±0.004 13	0.018 5±0.000 30	0.003 8±0.000 18	133±48	119±4	118±2	77±4
09XS7-3-6	77	72	1.07	0.048 76±0.004 21	0.118 97±0.010 06	0.017 7±0.000 43	0.003 54±0.000 24	136±144	114±9	113±3	71±5
09XS7-3-7	239	245	0.98	0.054 44±0.001 80	0.134 24±0.004 38	0.017 89±0.000 29	0.005 1±0.000 36	389±44	128±4	114±2	103±7
09XS7-3-8	395	262	1.51	0.051 93±0.001 46	0.129 19±0.003 65	0.018 05±0.000 27	0.004 22±0.000 24	282±38	123±3	115±2	85±5
09XS7-3-9	426	287	1.49	0.052 57±0.001 58	0.130 64±0.003 93	0.018 02±0.000 28	0.003 54±0.000 19	310±41	125±4	115±2	71±4
09XS7-3-10	574	328	1.75	0.052 19±0.001 98	0.132 95±0.004 96	0.018 48±0.000 32	0.004 74±0.000 42	294±54	127±4	118±2	96±8
09XS7-3-11	416	181	2.30	0.062 69±0.003 98	0.153 57±0.009 32	0.017 79±0.000 42	0.005 81±0.000 83	698±89	145±8	114±3	117±17
09XS7-3-12	297	219	1.36	0.049 43±0.001 23	0.128 57±0.003 26	0.018 87±0.000 28	0.004 26±0.000 15	168±33	123±3	121±2	86±3
09XS7-3-13	146	109	1.34	0.052 76±0.003 12	0.133 70±0.007 63	0.018 38±0.000 42	0.002 89±0.000 18	318±88	127±7	117±3	58±4
09XS7-3-14	141	122	1.16	0.061 13±0.004 59	0.151 41±0.010 82	0.017 97±0.000 49	0.006 57±0.000 78	644±107	143±10	115±3	132±16
09XS7-3-15	225	177	1.27	0.050 33±0.001 38	0.123 88±0.003 41	0.017 85±0.000 27	0.004 58±0.000 19	210±37	119±3	114±2	92±4
09XS7-3-16	337	202	1.67	0.048 36±0.001 29	0.120 82±0.003 24	0.018 12±0.000 26	0.005 10±0.000 23	117±37	116±3	116±2	103±5
09XS7-3-17	117	102	1.14	0.055 84±0.005 70	0.133 94±0.013 04	0.017 41±0.000 62	0.002 97±0.000 44	446±154	128±12	111±4	60±9
09XS7-3-18	99	71	1.39	0.048 91±0.002 49	0.124 28±0.006 16	0.018 43±0.000 34	0.005 36±0.000 37	144±80	119±6	118±2	108±7
09XS7-3-19	112	117	0.96	0.048 61±0.001 68	0.122 59±0.004 18	0.018 29±0.000 29	0.005 31±0.000 30	129±51	117±4	117±2	107±6
09XS7-3-20	77	99	0.78	0.048 20±0.004 91	0.122 72±0.012 07	0.018 47±0.000 60	0.004 47±0.000 78	109±158	118±11	118±4	90±16

(1)流纹岩。样品 09XS1-6 中的锆石均自形,呈长柱状,长  $120\sim 250\ \mu\text{m}$ 。锆石阴极发光图像(图 4)显示锆石有清晰的振荡环带结构,Th/U 值为  $1.10\sim 2.52$ ,均为典型的岩浆锆石。锆石 20 个测点集中落在谐和曲线上, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $(117.8\pm 2.2)\ \text{Ma}$ (MSWD=4.6),代表了石浦组上段火山岩年龄(图 5)。

(2)沉积岩中玄武岩夹层。样品 09XS7-3 中锆石均自形,呈长柱状,长  $60\sim 100\ \mu\text{m}$ (图 4)。Th/U 值为  $0.76\sim 2.43$ ,均为典型的岩浆锆石。本次研究共对

20 个锆石颗粒进行了分析,所有测点都位于谐和线或附近,它们的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄为  $(116.1\pm 1.0)\ \text{Ma}$ (MSWD=0.99),代表了玄武岩的形成年龄和石浦组下段生物礁灰岩的年龄(图 5)。

以上年龄数据显示,下段火山岩年龄较上段年轻,有年龄倒置现象,不能说明上、下段年龄存在明显差别或地层倒转,因现有 LA-ICP-MS 分析检测限为  $1\%\sim 2\%$ ,以上年龄差别在误差范围之内,表明石浦组上、下段火山岩极短时间内近同时喷发,其形成于早白垩世晚期。

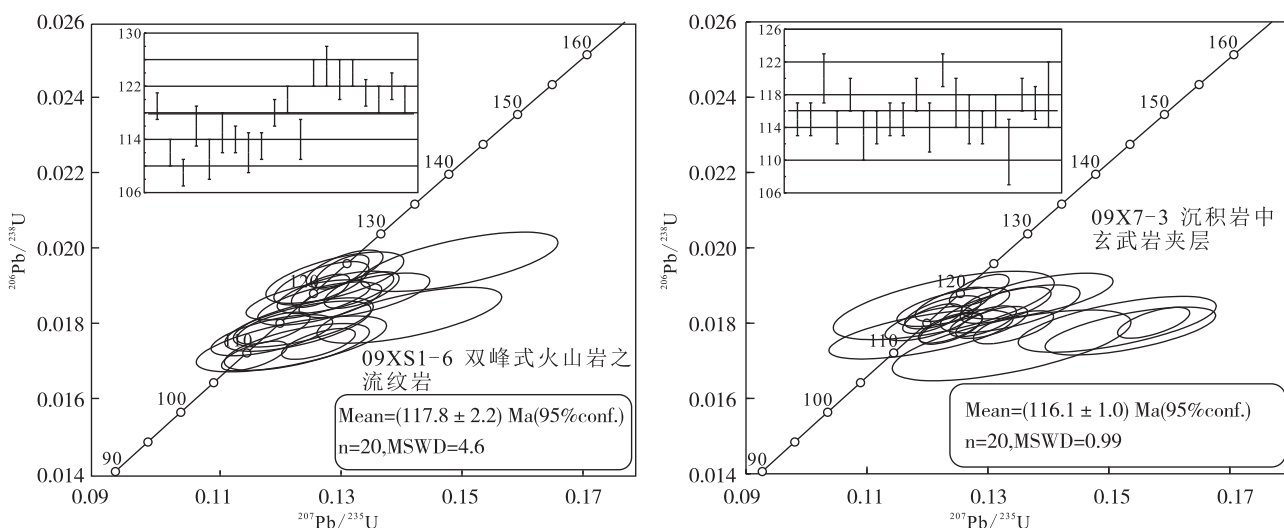


图5 象山石浦组火山岩锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig. 5 Zircon U-Pb concordia diagrams of volcanic rocks in the Shipu Formation, Xiangshan County

## 5 石浦组归属及区域地层对比

浙东晚中生代火山活动可分为早、晚两期 4 个旋回。早期下火山岩系火山活动时代主要为早白垩世早期,火山地层为磨石山群,包括第Ⅰ和第Ⅱ火山活动旋回;第Ⅰ旋回包括大爽组和高坞组,形成时代为  $140\sim 128\ \text{Ma}$ 。大爽组主要为一套以火山碎屑岩为主,夹中-酸性熔岩和火山碎屑沉积岩,与下伏中侏罗统及以下地层呈不整合接触;高坞组主要为一套厚层块状中酸性熔结凝灰岩,整合覆盖于大爽组之上<sup>[1,20-25]</sup>;第Ⅱ旋回包括西山头组、茶湾组和九里坪组,形成时代为  $128\sim 120\ \text{Ma}$ 。西山头组为一套中酸性火山岩(少量玄武岩)夹火山碎屑沉积岩组合,茶湾组主要为一套火山碎屑沉积岩及少量火山岩,九里坪组主要为一套流纹岩<sup>[25-31]</sup>。本文获得的石浦组火山岩年龄( $117.8\sim 116\ \text{Ma}$ )明显晚

于磨石山群年龄,其双峰式火山岩及沉积岩组合特征与磨石山群明显不符,石浦组年龄在时代上与上火山岩系相近。

晚期上火山岩系火山活动时代主要为早白垩世晚期—晚白垩世,包括第Ⅲ和第Ⅳ火山活动旋回,与下火山岩系呈区域不整合接触。第Ⅲ旋回为永康群、泰顺组,形成时代为  $120\sim 100\ \text{Ma}$ ,其中永康群分为馆头组、朝川组(小平田组)和方岩组。石浦组与馆头组、朝川组(小平田组)及泰顺组( $120\sim 100\ \text{Ma}$ )年龄一致。但泰顺组仅分布于浙闽交界地区,为一套深湖相沉积岩夹火山碎屑岩组合,整合于朝川组之上;小平田组以酸性、中酸性火山岩为主;方岩组为巨厚的砾岩层;第Ⅳ旋回小雄组岩性组合为碱长流纹岩、流纹质熔结凝灰岩,为浙江白垩纪最晚期火山活动产物,形成时代为  $94\sim 88\ \text{Ma}$ ,它们与石浦组均相差较大<sup>[14-15,20-25,31-40]</sup>。

近年来,在浙江永康、东阳盆地白垩纪馆头组(113 Ma)和朝川组(110 Ma)均发现湖相碳酸盐岩<sup>[10,41]</sup>,馆头组中多为杂色沉积,多处见碳质泥岩、页岩及泥灰岩。新昌盆地馆头组以双峰式火山岩

和杂色沉积岩组合为特征,形成环境为湖相、还原环境。朝川组总体上为一套紫红色红层间夹薄层火山岩,形成于河流相氧化环境,与象山石浦组双峰式火山岩及杂色沉积岩组合为特征不符(图6)。

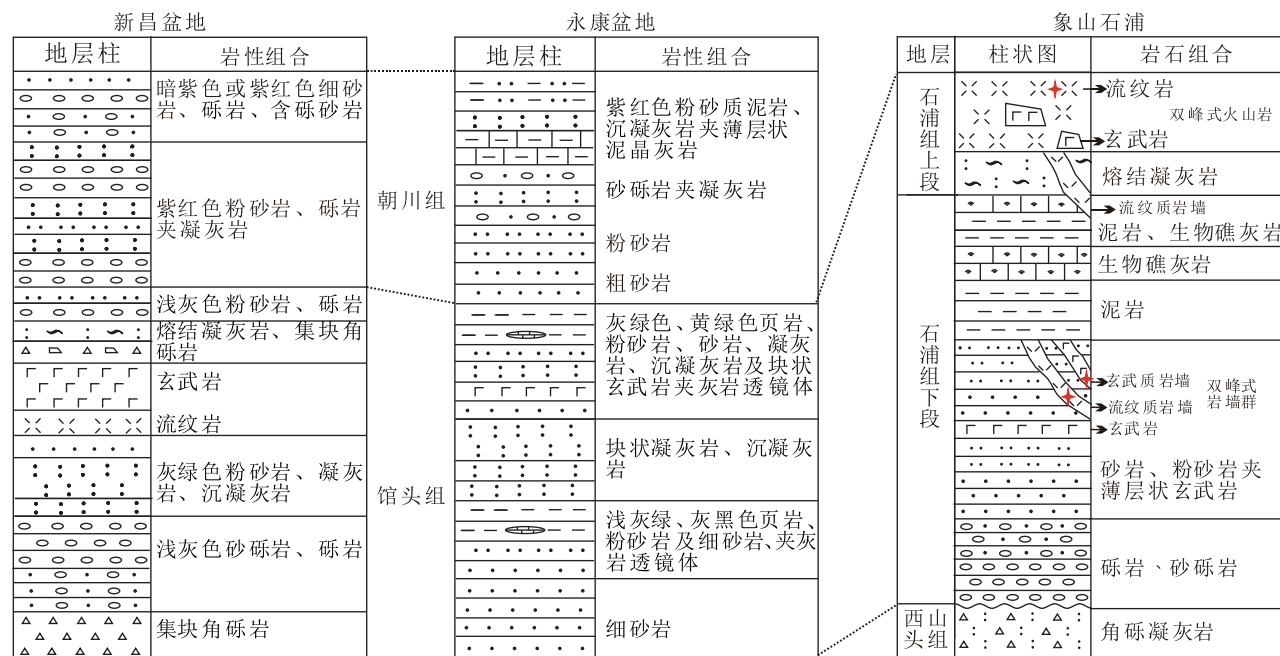


图6 浙东晚中生代火山活动柱状图

Fig. 6 Column of Late Mesozoic volcanic activities in the eastern Zhejiang Province

象山石浦组双峰式火山岩以杂色沉积岩组合为特征,形成环境为陆地峡湾潮坪环境,沉积物以陆源碎屑为主,夹少量潮汐携带来的海相生物碎屑,与馆头组岩性组合及形成环境类似,为同期异相地层<sup>[10]</sup>。鉴于象山石浦及邻区新昌苏秦、三门里金、宁海湾村和临海小岭等地区也出现叠层石-虫管生物礁灰岩等独特特征,区别于东南沿海中生代火山岩其他火山-沉积地层,建议这套叠层石-虫管生物礁灰岩地层称为石浦组,与同期馆头组等相区别。

## 6 结论

(1)浙东象山石浦组为双峰式玄武岩-流纹岩与杂色含生物碎屑沉积岩组合,划分为上、下两段:下段为正常沉积碎屑岩与含叠层石灰岩,夹薄层玄武岩,主要岩石类型为砂砾岩、砂岩、硅质岩及灰黑色薄层状泥岩及叠层石-虫管生物礁灰岩和玄武岩;上段为含玄武岩集块角砾流纹质熔岩、流纹质弱熔结角砾凝灰岩。

(2)石浦组下段灰岩中玄武岩夹层和上段流纹质集块角砾熔岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分别为 $(117.8 \pm 2.2)$  Ma 和 $(116.1 \pm 1.0)$  Ma,表明石浦组形成于早白垩世晚期。

(3)根据时代、岩石组合及沉积环境等综合对比结果,确定象山盆地石浦组与永康盆地、新昌盆地馆头组层位相当,为同期异相地层,鉴于石浦组含叠层石灰岩的独特特征,区别于东南沿海中生代火山岩其他火山-沉积地层。

## 参考文献

- [1] 陶奎元,高天钧,陆志刚,等. 东南沿海火山岩基底构造及火山-侵入作用与成矿关系[M]. 北京:地质出版社,1998:1-371.
- [2] 傅肃雷. 浙江象山石浦附近石灰岩的时代[J]. 地层学杂志, 1984,8(2):140-143.
- [3] 徐北煤,郑曙平. 浙江象山“石浦灰岩”的时代和沉积相特征[J]. 地质论评, 1989,35(3):221-230.
- [4] 徐北煤. 浙江省象山县石浦群的时代[J]. 石油实验地质,1992,14(1):64-67.

- [5] 谢寡克,商玉强,张宗清,等. 东南沿海基底杂岩的同位素年代学研究[J]. 中国地质科学院南京地质矿产研究所所刊, 1989, 10(3): 24-34.
- [6] 浙江省区域地层表编写组. 华东地区区域地层表: 浙江省分册[M]. 北京: 地质出版社, 1976: 1-160.
- [7] 张秀峰. 浙江奉化、象山、三门、临海、宁海等县矿产踏勘报告书[R]. 杭州: 浙江地质资料馆, 1957.
- [8] 中国地质科学院地质矿产研究所构造组. 象山石浦及福鼎沿海一带的地质新知[R]. 北京: 中国地质科学院地质矿产研究所, 1976.
- [9] 陈其夷, 叶小丹. 论浙江象山“石浦灰岩”的时代和大相沉积环境[J]. 浙江地质, 1990, 6(2): 1-14.
- [10] 钱迈平, 张宗言, 余明刚, 等. 浙东石浦群叠层石-虫管生物礁灰岩地层的年龄与沉积相[J]. 地层学杂志, 2015, 39(2): 169-187.
- [11] 王学寅, 胡文瑄, 胡广, 等. 浙江石浦下白垩统灰岩微相分析与锆石 U-Pb 年代学研究[J]. 地质论评, 2012, 58(4): 614-626.
- [12] 徐立明, 金春爽, 姜在兴, 等. 浙江东部沿海早白垩世海侵地层确定及其意义[J]. 福建地质, 2014, 35(2): 92-100.
- [13] 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: 1-387.
- [14] 翁祖山, 俞方明. 浙东沿海上白垩统小雄组的建立[J]. 火山地质与矿产, 1999, 20(3): 197-204.
- [15] 邢光福, 陈荣, 杨祝良, 等. 东南沿海晚白垩世火山岩浆活动特征及其构造背景[J]. 地质通报, 2009, 25(1): 77-91.
- [16] ANDERSEN T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$  [J]. Chemical Geology, 2002, 192: 59-79.
- [17] LUDING K R. ISOPLOT 2.49: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley: Berkeley Geochronology Centre, 2001: 1-58.
- [18] XU X S, O'REILLY S Y, GRIFFIN W L, et al. The crust of Cathaysia: Age, assembly and reworking of two terranes [J]. Precambrian Research, 2007, 158: 51-78.
- [19] JACKSON S E, PEARSON N J, GRIFFIN W L, et al. The application of laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry to in situ U-Pb zircon geochronology[J]. Chemical Geology, 2004, 211: 47-69.
- [20] 谢家莹, 陶奎元, 尹家衡, 等. 中国东南大陆中生代火山地质及火山侵入杂岩[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 1-277.
- [21] 陆志刚, 陶奎元, 谢家莹, 等. 中国东南大陆火山地质及矿产[M]. 北京: 地质出版社, 1997: 1-431.
- [22] 南京地质矿产研究所. 1:250 000 嵊县幅区域地质调查成果报告[R]. 南京: 南京地质矿产研究所, 2004: 1-333.
- [23] 王加恩, 刘远栋, 汪建国, 等. 浙江丽水地区磨石山群火山岩时代归属[J]. 华东地质, 2016, 37(3): 157-165.
- [24] LIU L, XU X S, ZOU H B. Episodic eruptions of the Late Mesozoic volcanic sequences in southeastern Zhejiang, SE China: Petrogenesis and implications for the geodynamics of paleo-Pacific subduction [J]. Lithos, 2012: 1-15.
- [25] 段政, 邢光福, 余明刚, 等. 浙闽边界区晚中生代火山作用时序与过程分析[J]. 地质论评, 2013, 11(1): 15-23.
- [26] 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.
- [27] 杨祝良, 沈渭洲, 陶奎元, 等. 浙闽沿海早白垩世玄武岩锆、钼、铅同位素特征——古老富集型地幔的证据[J]. 地质科学, 1999(1): 62-71.
- [28] 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): 14-65.
- [29] 杨列坤, 王非, 沈加林, 等. 火山碎屑岩激光 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  定年研究: 以浙东磨石山群为例[J]. 科学通报, 2009, 54(3): 366-372.
- [30] 王非, 杨列坤, 王磊, 等. 中国东南晚中生代火山沉积地层界线时代—— $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代学及磁性地层研究[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40(11): 1552-1570.
- [31] 崔玉荣, 谢智, 陈江峰, 等. 浙东晚中生代玄武岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其地质意义[J]. 高校地质学报, 2010, 16(2): 198-212.
- [32] 陈荣, 周金城. 浙东早白垩世复合岩流和岩墙中蕴含的壳幔作用信息[J]. 地质论评, 1999, 45(增刊): 785-795.
- [33] 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): 136-145.
- [34] 俞云文, 徐步台, 陈江峰, 等. 浙东南中生代晚期火山岩 Nd 同位素组成及其地质学意义[J]. 高校地质学报, 2001, 7(1): 62-69.
- [35] 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.
- [36] 余明刚, 邢光福, 沈加林, 等. 雁荡山世界地质公园火山岩年代学研究[J]. 地质学报, 2006, 80(11): 1683-1690.
- [37] 余明刚, 邢光福, 沈加林, 等. 雁荡山世界地质公园火山作用研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27(1): 101-112.
- [38] 邢光福, 卢清地, 陈荣, 等. 华南晚中生代构造体制转折结束时限研究——兼与华北燕山地区对比[J]. 地质学



- 报, 2008, 82(4): 451-463.
- [39] 曹明轩, 褚平利, 段政, 等. 华南中生代火山活动时空演化及其问题探讨[J]. 地质论评, 2020, 66(4): 795-812.
- [40] 高丽, 洪文涛, 杨祝良, 等. 浙东小雄破火山晚白垩世火山-侵入杂岩成因及岩浆演化[J]. 华东地质, 2019, 40(3): 161-169.
- [41] 曾剑威, 陈荣, 褚平利, 等. 浙江永康盆地朝川组泥灰岩段沉积特征及其古气候意义[J]. 资源调查与环境, 2014, 35(1): 39-45.

## Geochronological definition on Shipu biohermal limestone and its regional stratigraphic attribution in Xiangshan, eastern Zhejiang Province

YU Minggang, HONG Wentao, QIAN Maiping, DUAN Zheng, JIANG Yang, CHEN Rong  
(Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China)

**Abstract:** There is a set of volcanic-sedimentary rock series in Shipu area, Xiangshan County, eastern Zhejiang Province, which was previously named as Shipu Formation, including upper and lower members. The lower member is interbedded with mudstone, sandstone and stromatolite-wormtube biohermal limestone, while the upper member is characterized by bimodal volcanic rock. For a long time, there have been disputes about the stratification attribution of Shipu Formation and the age of the bioreef limestone. LA-ICP-MS zircon U-Pb ages of the basaltic interlayers newly discovered in rhyolite and sedimentary rocks of the Shipu Formation are obtained, which are  $(117.8 \pm 2.2)$  Ma and  $(116.1 \pm 1.0)$  Ma respectively, showing that Shipu Formation formed in late early Cretaceous. According to the regional stratigraphic correlation study, the stratigraphy of Shipu Formation and Guantou Formation is similar, both belongs to the contemporaneous heterogeneous sequence strata.

**Key words:** LA-ICP-MS zircon U-Pb dating; biohermal limestone; Shipu area, Xiangshan County; eastern Zhejiang Province

• 成果快讯 •

## 自然资源部流域生态地质过程重点实验室获批

自然资源部公布了建部以来首次新建重点实验室建设名单,中国地质调查局主管的“自然资源部流域生态地质过程重点实验室”获批准,实验室建设填补了在流域生态地质领域部重点实验室的空白。

实验室依托中国地质调查局南京地质调查中心,与江西省师范大学联合共建,旨在聚焦流域生态地质过程与资源环境重大问题,研究流域从源到汇的物理(水、沙、气候等)、化学(碳、氮等)通量传输与循环机理及其有关的流域生态环境退化规律,攻关监测、风险评估与修复等关键技术,编制相关标准规范,打造一流国际学术交流平台,更好地支撑服务自然资源部“两统一”职责。

(中国地质调查局南京地质调查中心 周权平 供稿)