

周洁, 葛伟亚, 姜耀辉. 江南造山带东段桃岭岩体的地球化学特征及其成因[J]. 中国地质, 2014, 41(3): 838-850.

Zhou Jie, Ge Weiya, Jiang Yaohui. Geochemical features and origin of Taoling pluton, eastern Jiangnan orogen[J]. Geology in China, 2014, 41(3): 838-850(in Chinese with English abstract).

江南造山带东段桃岭岩体的地球化学特征及其成因

周洁¹ 葛伟亚¹ 姜耀辉²

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏南京 210016;

2. 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 地球科学与工程学院, 江苏南京 210093)

摘要:位于江南造山带东段赣东北地区的桃岭岩体地球化学特征总体表现为高钾钙碱性系列, 弱过铝质-强过铝质, 高Mg#值。桃岭岩体富集轻稀土和大离子亲石元素, 亏损高场强元素, 具弱的Eu负异常($\delta\text{Eu}=0.62\sim 0.81$) (样品TL-1除外 $\delta\text{Eu}=0.47$)。锆石LA-ICPMS U-Pb定年获得桃岭岩体的成岩年龄为早白垩世(140 ± 1) Ma。岩体初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 $0.7131\sim 0.7141$, $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为 $-7.43\sim -6.71$ 。结合前人研究, 笔者认为早白垩世(约140 Ma)交代的地幔发生部分熔融, 幔源岩浆底侵, 使地壳深处(至少40 km)的变质沉积岩发生部分熔融, 并且与少量的幔源岩浆发生了岩浆混合作用, 形成了桃岭岩体。

关键词:桃岭岩体; 地球化学; 岩石成因; 江南造山带东段

中图分类号: P588.1; P595 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2014)03-0838-13

江南造山带大地构造上处于扬子地块和华夏地块之间、扬子地块东南缘, 主要由一套浅变质、强变形的中-新元古代巨厚沉积-火山岩系及时代相当的侵入体(新元古代花岗岩和少量镁铁质岩)所构成的地质构造单元, 呈弧形跨越了桂北、黔东、湘西、赣北、皖南和浙北的广大区域, 约1500 km长、200 km宽, 制约着中国南方显生宙以来地质构造的演化^[1]。其东段发育广泛的燕山晚期岩浆活动和成矿作用^[2-14]。位于江南造山带东段的桃岭岩体的岩石学和地球化学方面的研究成果还很少。本文对其进行详细的地球化学特征研究、LA-ICPMS原位锆石U-Th-Pb同位素年龄和Nd-Sr同位素地球化学研究, 限定其形成时代, 并探讨其成因, 为江南造山带东段晚中生代构造演化及其成矿提供重要的基础地质资料。

1 地质背景及岩石特征

桃岭岩体位于江南造山带东部赣东北地区(图1-a)。对于江南造山带的构造属性, 不同的学者持不同的观点, 黄汲清(1945)^[15]将其命名为“江南古陆”。其后, 又认为江南古陆在前震旦纪褶皱的基础上, 又叠加了加里东的褶皱造山, 因此将其易名为“江南地背斜”^[16]。后又因其介于扬子和华夏地块之间并呈线状隆起而得名“江南地轴”^[17]。此外, 还有“江南地背斜”^[18, 19]、“湘赣浙缝合带”^[20]等名称。板块构造理论引入国内后, 郭令智等确认该区域为一套元古宙“沟-弧-盆”体系, 并称之为“江南古岛弧”^[21, 22], 从而引发了对华南大地构造性质和演化历史认识的根本性变化。许靖华等(1988)^[23]认为是扬子和华夏地块在印支期发生碰撞作用形成的造山

收稿日期: 2013-12-20; 改回日期: 2014-04-18

基金项目: 国家自然科学基金青年基金项目(41002017)资助。

作者简介: 周洁, 女, 1979年生, 助理研究员, 岩石学、矿物学、矿床学专业; E-mail: zhoujie0517@sina.com。

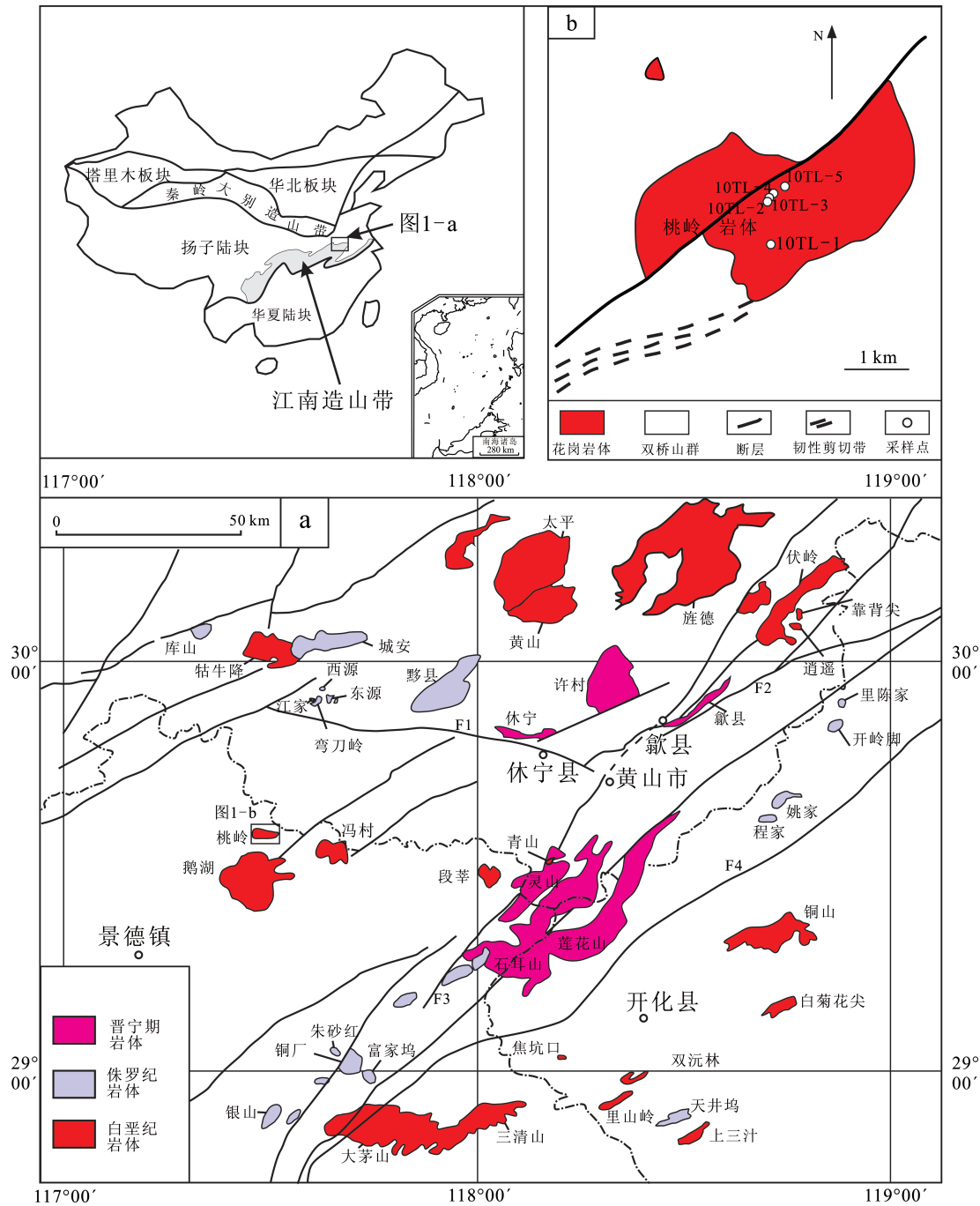


图1 桃岭岩体地质简图(据1:250000景德镇幅、上饶幅地质图^①)

Fig.1 Simplified geological map of Taoling pluton (modified after 1:250000 Geological Map of Jingdezhen Sheet)

带。Greentree et al. (2006)^[24]将扬子与华夏地块之间的新元古代造山带称为“四堡造山带”。然而,对于扬子地块与华夏地块之间聚合、碰撞造山的时间仍存在争议^[25-28]。

桃岭岩体,总面积8.86 km²,岩体与中元古界双

桥山群地层呈侵入接触(图1-b)。内接触带常见细粒边,外接触带围岩弱硅化、角岩化,接触热变质不均一,接触热变质带宽一般在250~1000 m。岩体中暗色包体发育,多呈圆状。岩性为中粗粒含斑黑云母二长花岗岩、中细粒含斑黑云母二长花岗岩和花

①江西省地质调查院. H50C00303(景德镇市幅)、H50C004002(南昌市幅)、H50C004003(上饶市幅)1:25万区域地质调查. 2002.

岗闪长岩组成。花岗闪长岩:灰白色,矿物成分:石英(约25%)、斜长石(约60%)、条纹长石(约8%)、黑云母(约5%)。石英他形粒状,表面干净;斜长石半自形板柱状,聚片双晶发育,部分颗粒具有环带构造(图2-a),多在颗粒内部或环带内部发生十分明显的绢云母化以及碳酸盐化作用;黑云母单偏光下褐色-红褐色,具深褐色-浅褐色的多色性,沿黑云母解理发生微弱绿泥石化、白云母化(图2-c~f);黑云母颗粒内部可见有较多的细小石英以及斜长石的包裹体出现(图2-b~d)。条纹长石表面发生微弱的高岭土化,半自形板状,主要为细脉状条纹。中细粒含斑黑云母二长花岗岩:中细粒似斑状花岗结构,块状构造;斑晶为长石、石英、黑云母,含量3%~4%。长石斑晶半自形板状,大小6~10 mm;石英斑晶他形粒状,大小6~8 mm;黑云母斑晶片状,大小3 mm;基质矿物中石英(约30%)为他形粒状,见石英亚颗粒;斜长石(约35%)半自形-他形,聚片双晶发育,An:25~35;钾长石(约25%)为条纹长石,见交代残晶;黑云母(约5%)片状,包有磷灰石;少量白云母(图2-g~h)。中粗粒含斑黑云母二长花岗岩,颜色灰白色,中粗粒似斑状花岗结构,块状构造;斑晶为长石、石英,含量1%~3%;长石斑晶晶形完整,板状,大小12~24 mm,含黑云母包体;石英斑晶他形粒状,大小8~9 mm;基质矿物中石英为他形粒状,具多边形条纹,波状消光;斜长石自形-半自形,具聚片双晶、复合双晶,具明显环带结构(部分环带复杂)、净化边结构,偶见次变边结构,裂纹发育,An:25~30;钾长石为条纹长石,以分解条纹为主,部分正长石,具格子双晶,卡氏双晶少见,钾长石与斜长石接触处产生蠕石英;黑云母他形,包裹磷灰石;少量白云母。

2 样品及分析测试方法

岩石样品破碎及岩石薄片、电子探针片磨制在河北省廊坊市诚信地质服务有限公司进行。从野外采集的新鲜花岗岩样品先进行岩石薄片鉴定,挑选出蚀变程度最低及最具有代表性的样品进行全岩地球化学分析。主量元素在南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室(部分样品在南京地质矿产研究所测试)利用 Thermo Scientific ARL 9900型X射线荧光光谱仪分析测试;测试电流

电压通常为75 mA,40 kV,每个元素扫描时间20 s。微量元素在南京大学地球科学系内生金属矿床成矿研究国家重点实验室采用高分辨率等离子质谱 ICP-MS 仪器(德国 Element2)测定,检测限优于 0.5×10^{-9} ,相对标准偏差优于5%,分析方法流程见高剑峰等(2003)^[29]。全岩 Sr-Nd 同位素在南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室在德国 Finnigan 公司制造的 Triton TI TIMS 上测定,选用的标准矿物分别为 NIST SRM 987、Nd-JNdi-1,同位素比值的精度优于0.005%,树脂分离和质谱测定方法同濮巍等(2004,2005)^[30,31]。

用于定年的花岗岩样品在河北廊坊市诚信地质服务有限公司经传统重液以及磁法分选出锆石。在双目镜下将挑选出的晶形较好的锆石排列在双面胶上,之后用抛光的针筒圈住排列好的锆石,后注入环氧树脂溶胶,然后将锆石靶放在60°C的恒温箱中。在经历约24 h恒温烘干后,先用3000目砂纸对锆石靶进行初步抛光,之后用5000目的砂纸进一步抛光,最后在南京大学磨片室进行精细抛光,直到锆石最大晶面全部暴露出来为止,用于阴极发光(CL)内部结构照相,及随后选择无裂痕、无包体的位置进行 LA-ICP-MS U-Pb 分析。锆石 CL 照相及 U-Pb 定年在西北大学大陆动力学国家重点实验室采用激光剥蚀-等离子体质谱系统(LA-ICP-MS)完成。激光剥蚀系统为德国 MicroLas 公司生产的 GeoLas200M,其激光发生器为 Lambda Physik 公司生产的 ComPex102 准分子激光器(193nm ArF Excimer),等离子体质谱为 Perkin Elmer/SCIEX 公司带有动态反应池的四极杆 ICP-MS Elan6100DRC^[32],束斑为30 μm,以 He 作为剥蚀物质的载气。选用的标样有 NIST610、91500、GJ-1、MON-1。样品同位素比值计算采用 Glitter (ver.4.0) 软件,年龄及谐和图绘制由软件 Isoplot 2.06 处理得到。

3 测试结果

3.1 锆石 U-Pb 定年

对较新鲜的桃岭岩体中花岗闪长岩样品(TL-4)进行锆石 U-Pb 定年,获得15个锆石 U-Th-Pb 同位素数据(表1)。桃岭岩体被测锆石多呈无色,柱状,透明-半透明,晶体自形性良好,颗粒较大,长150~

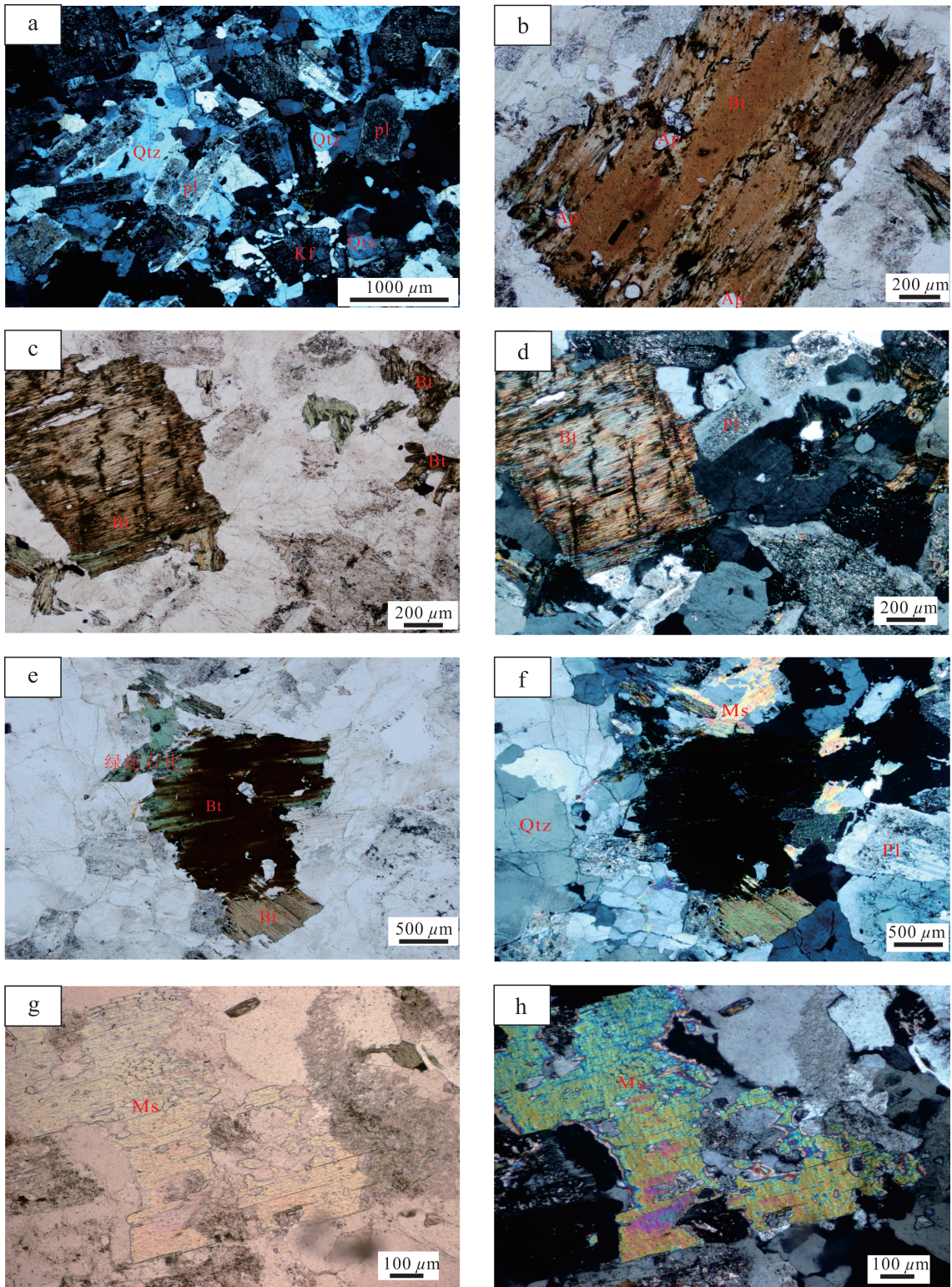


图2 桃岭岩体岩石学特征

Qtz-石英; Bt-黑云母; Pl-斜长石; Ap-磷灰石; Ms-白云母

Fig.2 Petrological features of Taoling pluton

Qtz-Quartz; Bt-Biotite; Pl-Plagioclase; Ap-Apatite; Ms-Muscovite

表 1 桃岭岩体(TL-4)锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of Taoling pluton (TL-4), northeast Jiangxi Province

点号	Th/ 10^{-6}	U/ 10^{-6}	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
				比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄/Ma	1σ
1	219	380	0.58	0.0564	0.0014	0.1699	0.0040	0.02186	0.00015	139	1
2	406	1474	0.28	0.0495	0.0007	0.1492	0.0018	0.02184	0.00011	139	1
3	100	142	0.70	0.0706	0.0021	0.2159	0.0059	0.02217	0.00020	141	1
4	332	245	1.35	0.0680	0.0009	1.2820	0.0126	0.13671	0.00075	826	4
5	484	1304	0.37	0.0494	0.0007	0.1495	0.0017	0.02194	0.00012	140	1
6	381	1060	0.36	0.0479	0.0010	0.1470	0.0027	0.02226	0.00014	142	1
7	250	806	0.31	0.0540	0.0014	0.1623	0.0039	0.02180	0.00016	139	1
8	91	233	0.39	0.0997	0.0012	2.3736	0.0192	0.1726	0.00093	1026	5
9	295	896	0.33	0.0484	0.0009	0.1472	0.0024	0.02205	0.00012	141	1
10	421	1273	0.33	0.0498	0.0010	0.1508	0.0026	0.02196	0.00014	140	1
11	555	1920	0.29	0.0503	0.0008	0.1509	0.0021	0.02177	0.00012	139	1
12	90	235	0.38	0.0480	0.0026	0.1445	0.0074	0.02181	0.00028	139	2
13	263	1282	0.21	0.0521	0.0009	0.1575	0.0023	0.02193	0.00013	140	1
14	325	1246	0.26	0.0587	0.0008	0.2118	0.0023	0.02615	0.00014	166	1
15	210	830	0.25	0.0499	0.0018	0.1498	0.0053	0.02178	0.00019	139	1

300 μm 。从阴极发光 CL 图(图 3)可以看出, 锆石中裂纹不发育, 发育清晰的岩浆振荡环带, 与之相应的锆石测试点 Th/U 比值介于 0.21 ~ 1.35, 比变质锆石的 Th/U 值 (<0.1) 高, 为典型的岩浆成因锆石^[33]。少数锆石晶体的内部还见有继承锆石的残留。

在 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ - $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 谐和图上 (图 4), 多数样

品投影在谐和线上。15 个分析点中有 12 个分析点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄变化于 139~142 Ma, 这 12 个点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄加权平均值为 (140.0 \pm 1.0) Ma (MSWD=1.15), 此年龄代表锆石结晶年龄, 即该花岗岩闪长岩属于早白垩世岩浆活动的产物。另外还有 (166 \pm 1) Ma、(826 \pm 4) Ma 的锆石, 其中 (826 \pm

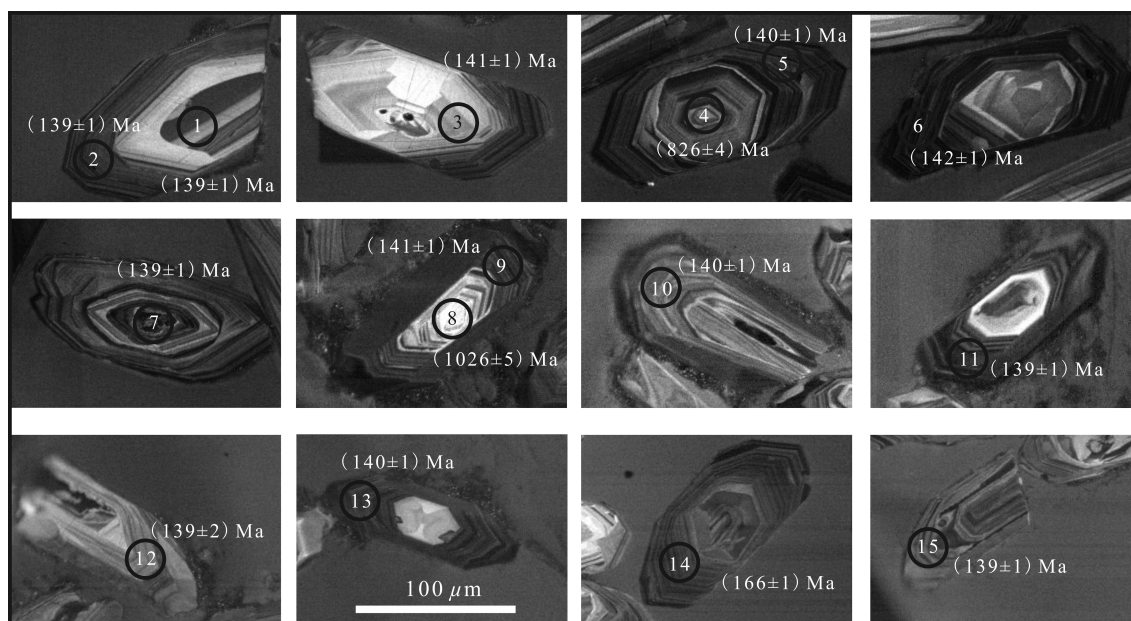


图 3 桃岭岩体(样品 TL-4)锆石 CL 图及 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值
Fig.3 Zircon CL image and $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age of Taoling pluton

10) Ma 年龄代表该地区曾经受到新元古代岩浆活动的影响^[1,34-36];还发现 (1235±6) Ma (²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 年龄)的继承锆石,说明研究区存在元古宙的基底物质。

3.2 全岩地球化学特征

桃岭岩体的岩石化学成分(表2~3)显示:其 SiO₂ 含量为 69.47%~73.30%;(K₂O+Na₂O) 含量为 6.77%~8.34%,K₂O/Na₂O 比值变化于 1.15~1.74。在花岗岩类 TAS 分类图解中落在花岗岩及花岗闪长岩区域内(图5-a)。在 SiO₂-K₂O 图解上,落在高钾钙碱性系列区域内(图5-b)。桃岭岩体富铝,Al₂O₃ 含量 15.06%~15.41%,铝过饱和指数 A/

CNK[molAl₂O₃/(CaO+Na₂O+K₂O)] 介于 1.04~1.57,变化较大,显示弱过铝-强过铝质(图6)特征。通过 CIPW 标准矿物计算出的分异指数 DI(q+or+ab+ne+lc+kp),桃岭岩体为 79.66~91.56。桃岭岩体 Mg[#] (MgO/(MgO+TFe₂O₃)×100(分子比))为 36.94~42.51(平均值为 39.07)。

桃岭岩体微量元素较为分散,含量变化范围较大;在微量元素蛛网图(7-a),Rb、Th、La 相对富集,

表2 桃岭岩体主量元素分析结果(%)

Table 2 Major element content of Taoling pluton

样品	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5
SiO ₂	72.86	69.22	68.96	69.1	71.29
TiO ₂	0.18	0.47	0.54	0.52	0.27
Al ₂ O ₃	15.19	15.41	15.41	15.1	15.06
TFe ₂ O ₃	1.33	2.86	3.01	2.93	1.67
MnO	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
MgO	0.43	0.85	0.89	0.88	0.56
CaO	0.17	2.05	1.57	2.6	1.01
Na ₂ O	2.65	2.86	2.59	3.4	3.65
K ₂ O	4.61	4.18	4.18	3.91	4.69
P ₂ O ₅	0.14	0.19	0.19	0.2	0.2
LOI	1.84	1.23	2.05	1.22	1.35
SUM	99.43	99.42	99.48	99.65	99.62
ACNK	1.57	1.19	1.32	1.04	1.16
DI	91.56	81.46	81.95	79.66	88.73
Mg [#]	39.04	37.06	36.94	39.78	42.51

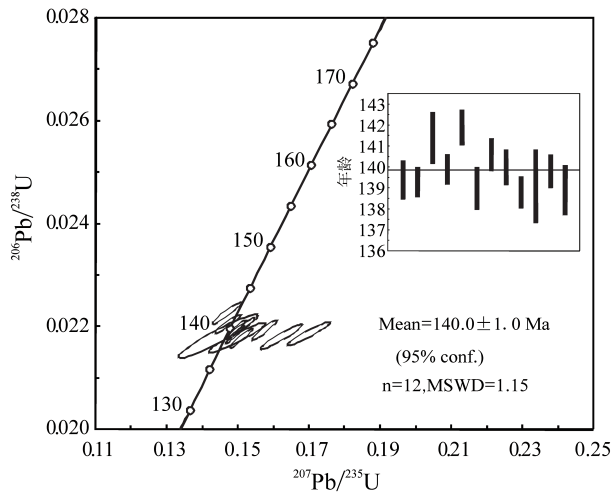


图4 桃岭岩体锆石 U-Pb 年龄谐和图

Fig.4 Zircon U-Pb concordia of Taoling pluton

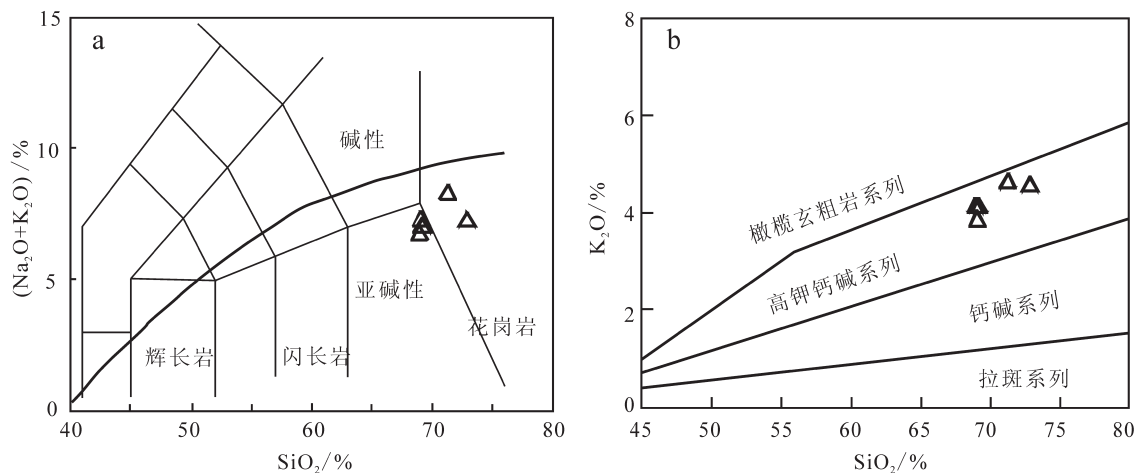


图5 桃岭岩体岩石类型及系列划分图

Fig.5 Classification and serial diagrams of Taoling pluton

表3 桃岭岩体微量元素(10^{-6})分析结果

Table 3 Trace element content of Taoling pluton

样品	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5	样品	TL-1	TL-2	TL-3	TL-4	TL-5
Nb	14.1	13.0	12.4	14.9	10.8	La	15.6	30.7	42.5	34.3	16.9
Mo	n.d	n.d	n.d	0.27	1.23	Ce	24.6	61.8	70.6	64.8	30.5
Sn	9.00	5.00	5.00	3.99	8.44	Pr	3.97	7.27	9.77	8.09	4.04
Ba	130	474	455	589	270	Nd	14.3	26.8	36.0	32.1	15.4
Sc	3.00	4.00	4.00	6.10	2.50	Sm	3.56	5.86	7.79	6.14	3.36
Ti	1079	2817	3237	3117	1618	Eu	0.53	1.21	1.58	1.46	0.61
V	18.0	58.0	63.0	63.1	24.8	Gd	3.16	4.57	6.50	4.58	2.51
Cr	3	4	5	14.8	37.0	Tb	0.50	0.62	0.90	0.68	0.39
Co	1.00	6.00	6.00	18.5	4.12	Dy	2.66	2.99	4.32	2.95	1.79
Ni	n.d	1	2	22.2	45.0	Ho	0.46	0.48	0.70	0.45	0.28
Cu	9	31	3	6.38	22.5	Er	1.30	1.23	1.76	1.14	0.70
Ga	25.3	22.0	22.1	18.5	20.6	Tm	0.20	0.17	0.25	0.14	0.10
Rb	413	243	233	205	327	Yb	1.25	1.04	1.45	0.98	0.69
Sr	42.8	229	199	297	92.7	Nb/Ta	3.92	7.65	8.27	7.97	6.47
Y	14.4	14.2	21.1	12.9	8.17	Zr/Hf	28.7	32.1	33.5	37.7	32.8
Zr	66.0	141	154	203	132	K/Rb	92.7	143	149	158	119
Pb	38.0	40.0	32.0	35.3	47.2	Sr/Y	2.97	16.13	9.41	23.02	11.35
Th	7.92	13.4	14.2	13.9	9.71	Σ REE	72.6	144.9	184.3	158.0	77.4
U	7.49	6.22	4.24	2.66	3.04	(La/Yb) _N	8.43	20.0	19.8	23.7	16.6
Hf	2.30	4.40	4.60	5.39	4.03	(La/Sm) _N	2.76	3.30	3.43	3.52	3.17
Ta	3.60	1.70	1.50	1.87	1.67	(Gd/Yb) _N	2.05	3.56	3.63	3.79	2.95
W	17.0	4.00	6.00	2.86	3.79	δ Eu	0.47	0.69	0.66	0.81	0.62
Lu	0.17	0.14	0.20	0.14	0.10	T_{Zr} / $^{\circ}$ C	747	785	803	802	779

注:n.d表明低于检测限; T_{Zr} ($^{\circ}$ C)计算公式见 Wanston et al., 2005^[58]。

高场强元素 Nb、Ta、Ti 相对亏损, Sr 弱亏损(DY11-1 样品有明显亏损)。桃岭岩体 Σ REE 变化于 $72.6 \times 10^{-6} \sim 184.3 \times 10^{-6}$, 样品表现出明显的 Eu 负异常

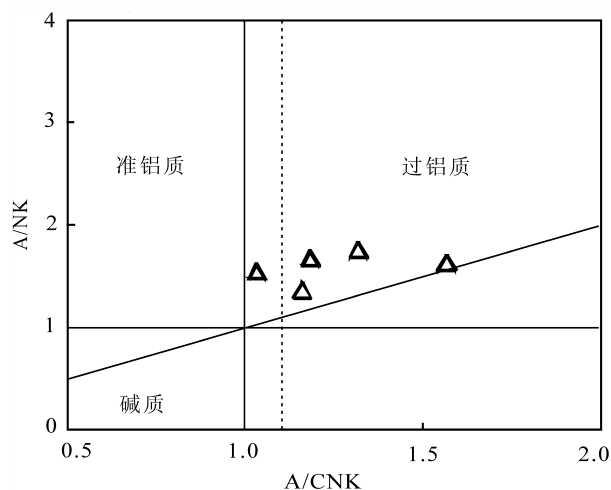


图6 桃岭岩体 A/NK vs. A/CNK 图

Fig.6 A/NK versus A/CNK diagram of Taoling pluton

(δ Eu=0.47~0.81) (图7-b), (La/Yb)_N=8.43~23.7; (La/Sm)_N=2.76~3.52; (Gd/Yb)_N=2.05~3.79。

3.4 Sr-Nd 同位素特征

桃岭岩体全岩 Sr-Nd 同位素结果如表4所示。桃岭岩体 (10TL-4, 10TL-5) 的 ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_i 值为 0.7141~0.7131; $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值分别为 -7.43~-6.71。单阶段模式年龄、两阶段模式年龄分别为 $T_{\text{DM}} = 1.50 \sim 1.70 \text{ Ga}$, $T_{\text{DM2}} = 1.48 \sim 1.54 \text{ Ga}$ 。

4 讨论

4.1 岩石成因

桃岭岩体高 Mg (MgO: 0.43%~0.89%, Mg[#]: 36.94~42.51), 在 SiO₂-Mg# 图解中 (图8) 中落入埃达克岩区。轻稀土相对富集, 重稀土相对亏损, 较高的 (La/Yb)_N: 19.8~23.7, (Gd/Yb)_N: 3.56~3.79, 低的 Y 和 Yb 含量, 指示源区可能有石榴石残留。但是其 Sr 含量 ($199 \times 10^{-6} \sim 297 \times 10^{-6}$) 较典型埃达克岩

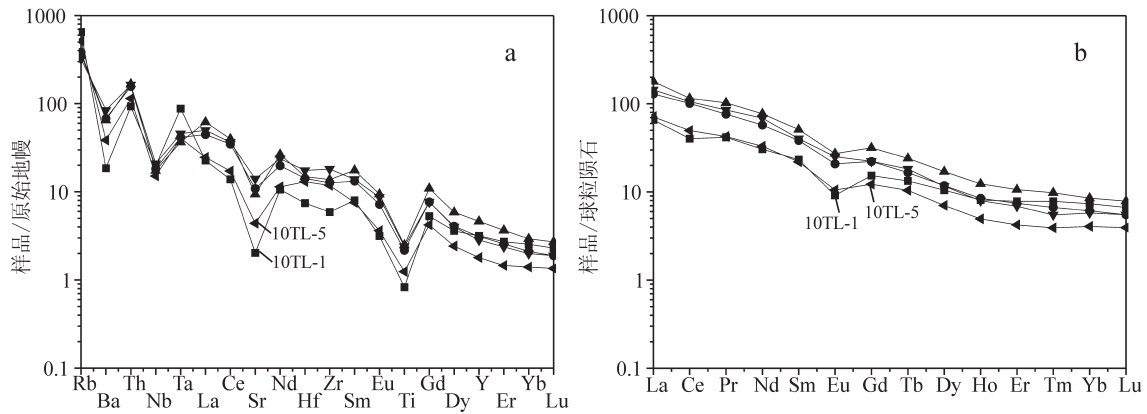


图7 桃岭岩体原始地幔标准化微量元素蛛网图(a)及稀土元素球粒陨石标准化配分图(b)
(标准化数据引自[37])

Fig.7 Primitive mantle-normalized trace element spider diagram (a) and chondrite-normalized REE patterns (b) of Taoling pluton (normalization data after[37])

表4 桃岭岩体 Sr-Nd 同位素组成

Table 4 Sr-Nd isotopic compositions of Taoling pluton

样号	年龄/Ma	Rb/ 10^{-6}	Sr/ 10^{-6}	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(\pm 2\sigma)$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	
10TL-4	140	205	297	1.9990	0.718063±4	0.7141	
10TL-5	140	327	92.7	10.2316	0.733441±3	0.7131	
样号	Sm/ 10^{-6}	Nd/ 10^{-6}	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(\pm 2\sigma)$	T_{DM}/Ma	T_{DM2}/Ma	$\epsilon_{\text{Nd}}(t)$
10TL-4	6.14	32.1	0.1156	0.512183±9	1503	1536	-7.43
10TL-5	3.36	15.4	0.1319	0.512235±8	1705	1478	-6.71

低(其中有1个样品其Sr含量为 42.8×10^{-6} ,较典型的埃达克岩低很多,查看样品及野外记录采样点露头风化较严重)。在 $\text{Yb}_N - (\text{La}/\text{Yb})_N$ 图解(图9)中落入埃达克岩区域,但 $\text{Sr}/\text{Y} - \text{Y}$ 图解(图略)中,部分点落在中国东部埃达克岩区域内。近年来对中国

东部燕山期岩体的研究发现,其多数地球化学特征与埃达克岩十分相似^[39-45],被称为“埃达克质岩”(adakite-like rock or adakitic rock)或“C型”adakite^[41,46]。岩体弱的Eu亏损($\delta\text{Eu}=0.66\sim 0.81$),指

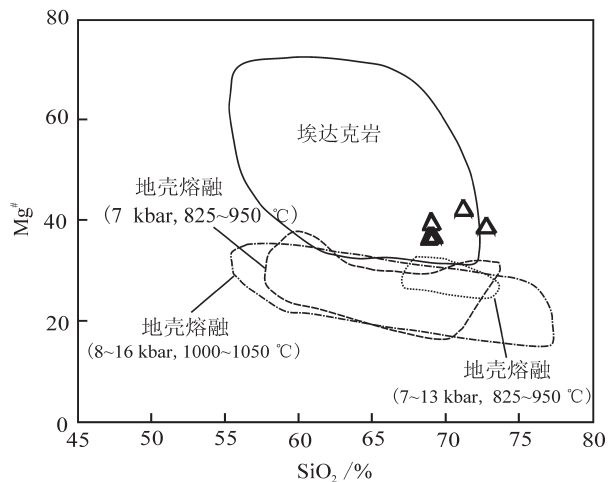


图8 桃岭岩体 $\text{SiO}_2 - \text{Mg}^\#$ 图

Fig.8 SiO_2 versus $\text{Mg}^\#$ diagrams of Taoling pluton

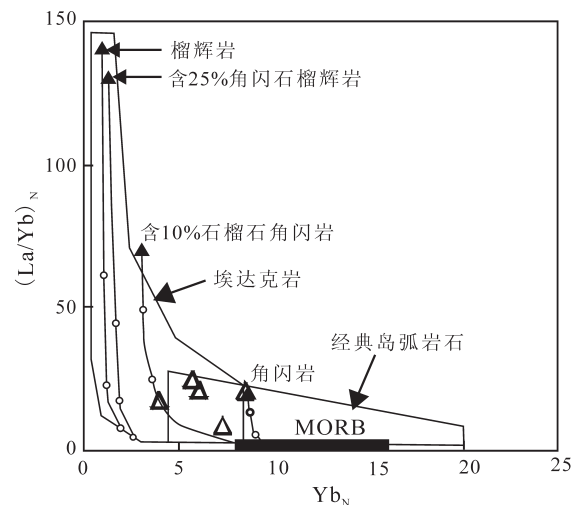


图9 桃岭岩体 $\text{Yb}_N - (\text{La}/\text{Yb})_N$ 图

Fig.9 Yb_N versus $(\text{La}/\text{Yb})_N$ diagram of Taoling pluton

示有斜长石的分离结晶或者源区存在Eu亏损。在哈克图解上(图略), SiO_2 与 CaO 、 Al_2O_3 、 Na_2O 呈负相关关系, 指示有斜长石分离结晶作用。但是在 $\text{Sr}-\delta\text{Eu}$ 图解上(图略)没有很明显的线性关系, 说明斜长石的分离结晶作用不能完全解释Eu的亏损和低的Sr的含量, 指示源区也存在斜长石残留。实验研究揭示在变质沉积岩脱水熔融, 压力 $\geq 12.5 \times 10^5$ kPa时石榴子石可作为残留相, 斜长石可以在 15×10^5 kPa压力范围内稳定。桃岭岩体源区同时有石榴子石和斜长石作为残留相指示桃岭岩体源区深度较典型的埃达克岩深度浅, 大约在40~50 km ($12.5 \times 10^5 \sim 15 \times 10^5$ kPa)。桃岭岩体的地球化学特征也与下地壳的熔融产生的埃达克质岩浆相似(图10)。

桃岭岩体 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 值为0.7131~0.7141; $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值为-7.43~-6.71, 单阶段模式年龄以及两阶段模式年龄为 $T_{\text{DM}} = 1.50 \sim 1.70$ Ga, $T_{\text{DM}2} = 1.48 \sim 1.54$ Ga。 ϵ_{Nd}

$(t) - (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 图解(图略)落入赣北鹅湖岩体范围内。Jiang et al. (2011)^[48] 研究认为早白垩世鹅湖岩体是由加厚的变质沉积岩熔融形成的, 指示了桃岭岩体的源区特征。

桃岭岩体A/CNK值范围为: 1.04~1.57, 显示弱过铝-强过铝质。Barbin (1996)^[49] 对过铝质花岗岩进一步分为2类: 一类为含白云母花岗质岩(muscovite-bearing granitoids, MPG), 另一类为富黑云母, 含堇青石花岗质岩(cordierite-bearing granitoids, CPG); 前者较后者有较高的水饱和度和较低的岩浆温度, 为地壳“湿”深熔作用的产物, 后者是在岩浆底侵条件下地壳“干”深熔作用的产物。利用Waston et al., (2005)^[38] 锆石饱和温度计公式, 计算得到桃岭岩体较高的形成温度747~803 °C (平均为783 °C) (表2中 T_z (°C)), 较高的 $\text{Mg}^\#$ 值 ($\text{Mg}^\#$: 36.94~42.51), 野外发现的分布于桃岭岩体内

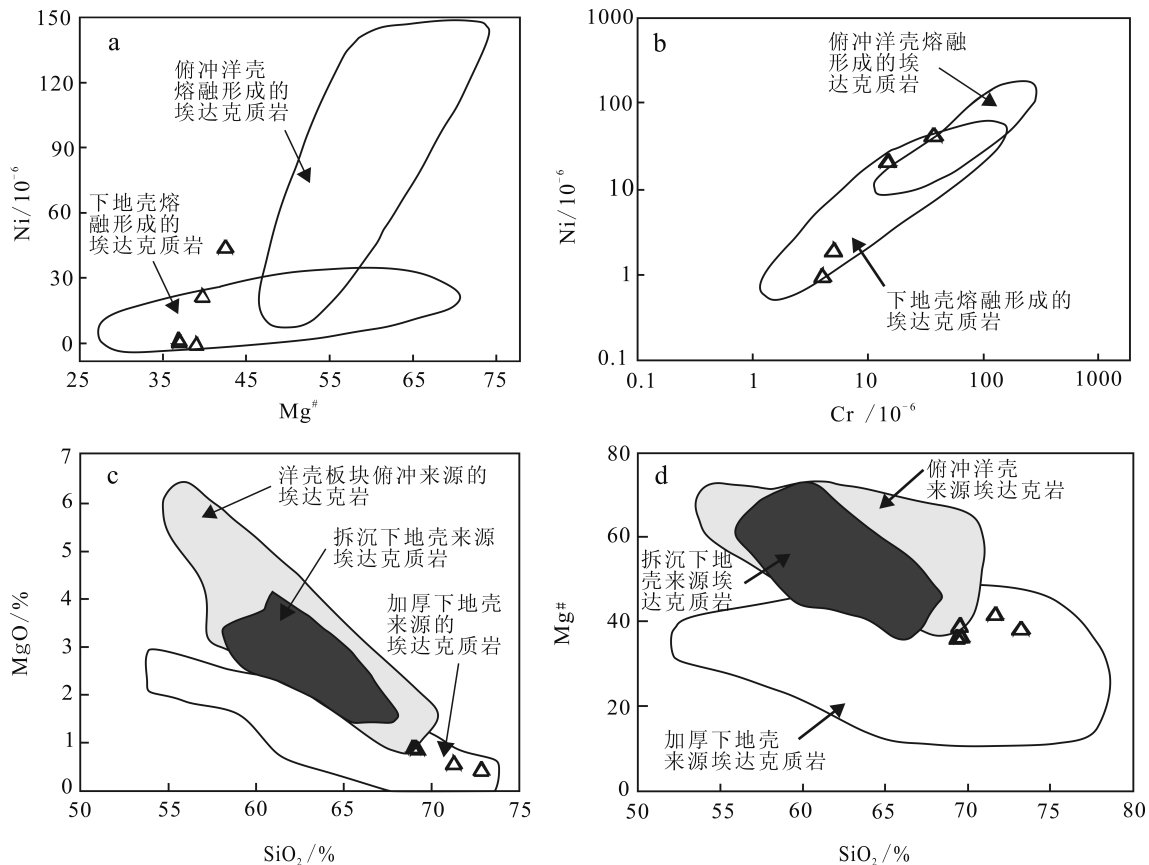


图10 桃岭岩体 $\text{Mg}^\#$ -Ni图(a), Cr-Ni图(b), SiO_2 -MgO图(c)和 SiO_2 - $\text{Mg}^\#$ 图(d) (据 Wang et al.^[47])

Fig.10 $\text{Mg}^\#$ versus Ni (a), Cr versus Ni (b), SiO_2 versus MgO (c) and SiO_2 versus $\text{Mg}^\#$ (d) diagrams of Taoling pluton (after Wang et al.^[47])

的暗色包体,都说明桃岭岩体与幔源岩浆底侵有关。Wang et al. (2012)^[47]提出新元古代扬子陆块与华夏陆块俯冲拼贴过程中形成了流体交代的岩石圈地幔,且一直留存到中生代,并在太平洋板块的俯冲的影响下发生部分熔融和底侵。底侵的幔源岩浆使加厚的下地壳发生部分熔融。少量的幔源岩浆与壳源部分熔融的岩浆发生岩浆混合作用。桃岭岩体是在岩浆底侵条件下地壳“干”深熔作用的产物。

早白垩世(大约140 Ma),古太平洋板块向欧亚大陆的俯冲使交代的岩石圈地幔发生部分熔融,幔源岩浆底侵,导致加厚变质沉积岩发生部分熔融,并可能与少量的幔源岩浆发生岩浆混合作用,形成了桃岭岩体。

5 结 论

LA-ICP-MS U-Pb定年结果表明,桃岭岩体形成于早白垩世(140.0±1.0) Ma;其岩石地球化学特征表现出埃达克质岩的亲缘性。先前(新元古代)交代的岩石圈地幔在早白垩世古太平洋俯冲的背景下,发生部分熔融,幔源岩浆并底侵到壳幔过渡带附近,导致加厚变质沉积岩发生部分熔融,并且与少量幔源岩浆发生混合作用,形成了桃岭岩体。

参考文献(References):

- [1] 薛怀民, 马芳, 宋永勤, 等. 江南造山带东段新元古代花岗岩组合的年代学和地球化学: 对扬子与华夏地块拼合时间与过程的约束[J]. 岩石学报, 2010, 26(11): 3215-3244.
Xue Huaimin, Ma Fang, Song Yongqin, et al. Geochronology and geochemistry of the Neoproterozoic granitoid association from eastern segment of the Jiangnan orogen, China: Constraints on the timing and process of amalgamation between the Yangtze and Cathaysia blocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(11): 3215-3244(in Chinese with English abstract).
- [2] 张虹, 戴圣潜, 管运财, 等. 皖南绩溪伏岭岩体岩石地球化学特征[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 411-416.
Zhang Hong, Dai Shengqian, Guan Yuncai, et al. Petrology and geochemistry of the Fuling mass in Jixi, Southern Anhui[J]. Geology in China, 2005, 32(3): 411-416(in Chinese with English abstract).
- [3] 田邦生, 袁步云. 赣西北香炉山钨矿床地质特征与找矿标志[J]. 高校地质学报, 2008, 14(1): 114-119.
Tian Bangsheng, Yuan Buyun. Geological characteristics and prospecting criteria of Xianglushan tungsten deposit, Northwestern Jiangxi Province[J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(1): 114-119 (in Chinese with English abstract).
- [4] 秦燕, 王登红, 吴礼彬, 等. 安徽东源钨矿含矿斑岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2010, 84(4): 479-484.
Qin Yan, Wang Denghong, Wu Libin, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the mineralized porphyry in the Dongyuan W deposit in Anhui Province and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(4): 479-484(in Chinese with English abstract).
- [5] 王德恩, 周翔, 余心起, 等. 皖南祁门地区东源钨矿矿区花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素特征[J]. 地质通报, 2011, 30(10): 1514-1529.
Wang De'en, Zhou Xiang, Yu Xinqi, et al. SHRIMP zircon U-Pb dating and characteristics of Hf isotopes of the granodiorite porphyries in the Dongyuan W-Mo ore district, Qimen area, southern Anhui[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(10): 1514-1529(in Chinese with English abstract).
- [6] 周翔, 余心起, 王德恩, 等. 皖南东源含 W、Mo 花岗闪长斑岩及成矿年代学研究[J]. 现代地质, 2011, 25(2): 201-210.
Zhou Xiang, Yu Xinqi, Wang De'en, et al. Characteristics and geochronology of the W, Mo-bearing granodiorite porphyry in Dongyuan, Southern Anhui[J]. Geoscience, 2011, 25(2): 201-210 (in Chinese with English abstract).
- [7] 杜玉雕, 余心起, 刘家军, 等. 皖南东源钨钼矿成矿流体特征和成矿物质来源[J]. 中国地质, 2011, 38(5): 1334-1346.
Du Yudiao, Yu Xinqi, Liu Jiajun, et al. Characteristics of ore-forming fluids and sources of ore-forming materials in the Dongyuan W-Mo deposit, Southern Anhui Province[J]. Geology in China, 2011, 38(5): 1334-1346(in Chinese with English abstract).
- [8] 黄兰椿, 蒋少涌. 江西大湖塘钨矿床似斑状白云母花岗岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学及成因研究[J]. 岩石学报, 2012, 28(12): 3887-3900.
Huang Lanchun, Jiang Shaoyong. Zircon U-Pb geochronology, geochemistry and petrogenesis of the porphyry-like muscovite granite in the Dahutang tungsten deposit, Jiangxi Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(12): 3887-3900(in Chinese with English abstract).
- [9] 陈国华, 万浩章, 舒良树, 等. 江西景德镇朱溪铜钨多金属矿床地质特征与控矿条件分析[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 3901-3914.
Chen Guohua, Wan Haozhang, Shu Liangshu, et al. An analysis on ore-controlling conditions and geological features of the Cu-W polymetallic ore deposit in the Zhuxi area of Jingdezhen, Jiangxi Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2): 3901-3914(in Chinese with English abstract).
- [10] Mao Z H, Cheng Y B, Liu J J, et al. Geology and molybdenite Re-Os age of the Dahutang granite-related veinlet-disseminated tungsten ore field in Jiangxi Province, China[J]. Ore Geology Reviews, 2013, 53: 422-433.
- [11] 陈雪霏, 汪应庚, 孙卫东, 等. 皖南宁国竹溪岭地区花岗岩锆石

- U-Pb年代学及地球化学及其成因研究[J]. 地质学报, 2013, 87(11): 1662-1678.
- Chen Xufei, Wang Yinggeng, Sun Weidong, et al. Zircon U-Pb chronology, geochemistry and genesis of the Zhuxiling granite in Ningguo, Southern Anhui[J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 87(11): 1662-1678(in Chinese with English abstract).
- [12] 黄兰椿, 蒋少涌. 江西大湖塘富钨花岗岩年代学、地球化学特征及成因研究[J]. 岩石学报, 2013, 29(12): 4323-4335.
- Huang Lanchun, Jiang Shaoyong. Geochronology, geochemistry and petrogenesis of the tungsten-bearing porphyritic granite in the Dahutang tungsten deposit, Jiangxi Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 29(12): 4323-4335(in Chinese with English abstract).
- [13] 杜玉雕, 刘家军, 余心起, 等. 安徽逍遥钨多金属矿床成矿物质来源与成矿: 碳、硫和铅同位素证据[J]. 中国地质, 2013, 40(2): 566-579.
- Du Yudiao, Liu Jiajun, Yu Xinqi, et al. The sources of metallogenic materials and mineralization of the Xiaoyao W-polymetallic deposit in Anhui Province: Evidence from carbon, sulfur and lead isotopes[J]. Geology in China, 2013, 40(2): 566-579(in Chinese with English abstract).
- [14] 周洁, 姜耀辉, 曾勇, 等. 江南造山带东段旌德岩体锆石 LA-ICP MS 年龄和 Nd-Sr-Hf 同位素地球化学[J]. 中国地质, 2013, 40(5): 1379-1391.
- Zhou Jie, Jiang Yaohui, Zeng Yong, et al. Zircon U-Pb age and Sr, Nd, Hf isotope geochemistry of Jingde pluton in eastern Jiangnan orogen, South China[J]. Geology in China, 2013, 40(5): 1379-1391(in Chinese with English abstract).
- [15] 黄汲清. 中国主要地质构造单元[M]. 中央地质调查所地质专版, 1945.
- Huang Jiqing. Major Tectonic Units in China[M]. Geology Special Edition of Central Geologic Survey. 1945(in Chinese).
- [16] 黄汲清. 中国东部大地构造分区及其特点的新认识[J]. 地质学报, 1959, 39(2): 115-134.
- Huang Jiqing. New researches on geotectonic subdivisions of eastern China and their characteristics[J]. Acta Geologica Sinica, 1959, 39(2): 115-134(in Chinese).
- [17] 黄汲清. 中国地质构造基本特征的初步总结[J]. 地质学报, 1960, 40(1): 1-32.
- Huang Jiqing. Preliminary conclusions of basic feature of geological structure in China[J]. Acta Geologica Sinica, 1960, 40(1): 1-32(in Chinese).
- [18] 周新民, 王德滋. 皖南低⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比的过铝花岗岩长岩及其成因[J]. 岩石学报, 1988, 4(3): 37-45.
- Zhou Xinmin, Wang Dezi. The peraluminous granodiorites with low initial ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratio and their genesis in Southern Anhui Province, Eastern China[J]. Acta Petrologica Sinica, 1988, 4(3): 37-45(in Chinese with English abstract).
- [19] 兰玉琦, 叶瑛. 江南地背斜东南缘晚元古宙岛弧型火山岩及其成矿远景[J]. 地质找矿论丛, 1991, 6(2): 1-10.
- Lan Yuqi, Ye Ying. An island arc volcanic belt of late Proterozoic along the Southeastern margin of Jiangnan geanticline and its metallogenetic prospect[J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1991, 6(2): 1-10(in Chinese with English abstract).
- [20] 水涛, 孙枢, 李继亮. 绍兴-江山古陆对接带[J]. 科学通报, 1986(6): 444-448.
- Shui Tao, Sun Shu, Li Jiliang. Shaoxing-Jiangshan suture zone of oldland[J]. Science Bulletin, 1986(6): 444-448(in Chinese).
- [21] 郭令智, 施央申, 马瑞士. 论古海沟岛弧系的研究方法及其意义[J]. 福建地质, 1977, (4): 1-24.
- Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi. The implication and research method of ancient trench island-arc system[J]. Geology of Fujian, 1977, (4): 1-24(in Chinese).
- [22] 郭令智, 施央申, 马瑞士等. 中国东南部地体构造的研究[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1984, 20(4): 732-737.
- Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi, et al. Tectonostigraphic terranes of southeast China[J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 1984, 20(4): 732-737(in Chinese with English abstract).
- [23] Hsü K J, Sun Su, Li Jiliang, et al. Mesozoic overthrust tectonics in South China[J]. Geology, 16: 421-428.
- [24] Greentree M R, Li Z X, Li X H, et al. Late Mesoproterozoic to earliest Neoproterozoic basin record of the Sibao orogenesis in western South China and relationship to the assembly of Rodinia[J]. Precambrian Res., 2006, 151: 79-100.
- [25] Wu R X, Zheng Y F, Wu Y B, et al. Reworking of juvenile crust: Element and isotope evidence from Neoproterozoic granodiorite in South China[J]. Precambrian Research, 146: 179-212.
- [26] 周金城, 王孝磊, 邱检生. 江南造山带是否格林威尔期造山带? —关于华南前寒武纪地质的几个问题[J]. 高校地质学报, 2008, 14(1): 64-72.
- Zhou Jincheng, Wang Xiaolei, Qiu Jiansheng. Is the Jiangnan orogenic belt a Grenvillian orogenic belt: Some problems about the Precambrian Geology of South China[J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(1): 64-72(in Chinese with English abstract).
- [27] 陈冠宝, 李红生, 徐树桐, 等. 皖南上溪群中放射虫化石和古蛋类化石的发现及其古地理意义[J]. 古地理学报, 2007, 9(6): 589-596.
- Chen Guanbao, Li Hongsheng, Xu Shutong, et al. Radiolarian and archaeooides fossils from the Shangxi Group in southern Anhui Province and their palaeogeographic significance[J]. Journal of Palaeogeography, 2007, 9(6): 589-596(in Chinese with English abstract).
- [28] 朱光, 刘国生. 皖南江南陆内造山带的基本特征与中生代造山过程[J]. 大地构造与成矿学, 2000, 24(2): 103-111.
- Zhu Guang, Liu Guosheng. Basic characteristics and Mesozoic

- orogenic process of the Jiangnan intracontinental orogenic belt in Southern Anhui[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2000, 24(2): 103–111(in Chinese with English abstract).
- [29] 高剑峰, 陆建军, 赖鸣远, 等. 岩石样品中微量元素的高分辨率等离子质谱分析[J]. *南京大学学报*, 2003, 39(6): 844–850.
Gao Jianfeng, Lu Jianjun, Lai mingyuan, et al. Analysis of trace elements in rock samples using HR-ICPMS[J]. *Journal of Nanjing University*, 2003, 39(6): 844–850(in Chinese with English abstract).
- [30] 濮巍, 赵葵东, 凌洪飞, 等. 新一代高精度高灵敏度的表面热电离质谱仪(Triton TI)的Nd同位素测定[J]. *地球学报*, 2004, 25(2): 271–274.
Pu Wei, Zhao Kuidong, Ling Hongfei, et al. High precision Nd isotope measurement by Triton TI mass spectrometry[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2004, 25(2): 271–274(in Chinese with English abstract).
- [31] 濮巍, 高剑峰, 赵葵东, 等. 利用DCTA和HIBA快速有效分离Rb–Sr、Sm–Nd的方法[J]. *南京大学学报*, 2005, 41(4): 445–450.
Pu Wei, Gao Jianfeng, Zhao Kuidong, et al. Separation method of Rb–Sr, Sm–Nd using DCTA and HIBA[J]. *Journal of Nanjing University*, 2005, 41(4): 445–450(in Chinese with English abstract).
- [32] 柳小明, 高山, 袁洪林, 等. 193nm LA-ICP-MS对国际地质标准参考物质中42种主量和微量元素的分析[J]. *岩石学报*, 2002, 18(3): 408–418.
Liu Xiaoming, Gao shan, Yuan Honglin, et al. Analysis of 42 major and trace elements in glass standard reference materials by 193 μm LA-ICP-MS[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18(3): 408–418(in Chinese with English abstract).
- [33] Wu Y B, Zheng Y F. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U–Pb age[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(15): 1554–1569.
- [34] 李献华, 李正祥, 葛文春, 等. 华南新元古代花岗岩的锆石U–Pb年龄及其构造意义[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2001, 20(4): 271–273.
Li Xianhua, Li Zhengxiang, Ge Wenchun, et al. U–Pb zircon ages of the Neoproterozoic granitoids in South China and their tectonic implications[J]. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2001, 20(4): 271–273(in Chinese with English abstract).
- [35] 吴荣新, 郑永飞, 吴元保. 皖南石耳山新元古代花岗岩锆石U–Pb定年以及元素和同位素地球化学研究[J]. *高校地质学报*, 2005, 11(3): 364–382.
Wu Rongxin, Zheng Yongfei, Wu Yuanbao. Zircon U–Pb age, element and oxygen isotope geochemistry of Neoproterozoic granites at Shiershan in South Anhui Province[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2005, 11(3): 364–382(in Chinese with English abstract).
- [36] 吴荣新, 郑永飞, 吴元保. 皖南新元古代花岗闪长岩体锆石U–Pb定年以及元素和同位素地球化学研究[J]. *岩石学报*, 2005, 21(3): 587–606.
Wu Rongxin, Zheng Yongfei, Wu Yuanbao. Zircon U–Pb age, element and oxygen isotope geochemistry of Neoproterozoic granodiorites in South Anhui[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21(3): 587–606(in Chinese with English abstract).
- [37] Sun S S and McDonough W F. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implication for mantle composition and process[C]//Saunders A D, Norry M J (ed.). *Magmatism in the Ocean Basin*. Geological Society Special Publication. 1989, 313–345.
- [38] Waston E B, Harrison T M. Zircon thermometer reveals minimum melting conditions on earliest Earth[J]. *Science*, 2005, 308: 841–844.
- [39] 王强, 许继峰, 赵振华. 一种新的火成岩: 埃达克岩(adakite)的研究综述[J]. *地球科学进展*, 2001, 16(2): 201–208.
Wang Qiang, Xu Jifeng, Zhao Zhenhua. The summary and comment on research on a new kind of igneous rock—adakite[J]. *Advance in Earth Science*, 2001, 16(2): 201–208(in Chinese with English abstract).
- [40] 王强, 赵振华, 许继峰, 等. 扬子地块东部燕山期埃达克质岩与成矿[J]. *中国科学(D辑)*, 2002, (增刊): 127–136.
Wang Qiang, Zhao Zhenhua, Xu Jifeng, et al. Petrogenesis and metallogenesis of the Yanshanian adakite-like rocks in the Eastern Yangtze Block[J]. *Science in China (Series D)*, 2002, 46 (Supp.): 127–136(in Chinese with English abstract).
- [41] 张旗, 钱青, 王二七, 等. 燕山中晚期的中国东部高原: 埃达克岩的启示[J]. *地质科学*, 2001, 36(2): 248–255.
Zhang Qi, Qian Qing, Wang Erqi, et al. An east China plateau in mid-late Yanshanian period: Implication from adakites[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 2001, 36(2): 248–255(in Chinese with English abstract).
- [42] 张旗, 王焰, 钱青, 等. 中国东部中生代埃达克岩的特征及其构造-成矿意义[J]. *岩石学报*, 2001, 17(2): 236–244.
Zhang Qi, Wang Yan, Qian Qing, et al. The characteristics and tectonic-metallogenic significances of the adakites in Yanshan period from eastern China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2001, 17(2): 236–244(in Chinese with English abstract).
- [43] 张旗, 王元龙, 王焰. 燕山期中国东部高原下地壳组成初探: 埃达克质岩Sr、Nd同位素制约[J]. *岩石学报*, 2001, 17(4): 236–244.
Zhang Qi, Wang Yuanlong, Wang Yan. Preliminary study on the components of the lower crust in east China Plateau during Yanshanian period: Constraints on Sr and Nd isotopic compositions of adakite-like rocks[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2001, 17(2): 236–244(in Chinese with English abstract).
- [44] 许继峰, 王强, 徐义刚, 等. 宁镇地区中生代安基山中酸性侵入岩的地球化学: 亏损重稀土和钇的岩浆产生的限制[J]. *岩石学报*, 2001, 17(4): 576–584.

- Xu Jifeng, Wang Qiang, Xu Yigang, et al. Geochemistry of Anjishan intermediate–acid intrusive rocks in Ningzhen area: Constraint to origin of the magma with HREE and Y depletion[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2001, 17(4): 576–584(in Chinese with English abstract).
- [45] 肖龙, Robert P R, 许继峰. 深部过程对埃达克质岩石成分的制约[J]. *岩石学报*, 2004, 20(2): 219–228.
Xiao Long, Robert P R, Xu Jifeng. The role of deep processes controls on variation of compositions of adakitic rocks[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2004, 20(2): 219–228(in Chinese with English abstract).
- [46] 张旗. 埃达克岩研究的回顾和前瞻[J]. *中国地质*, 2008, 35(1): 32–39.
Zhang Qi. Adakite research: retrospect and prospect[J]. *Geology in China*, 2008, 35(1): 32–39(in Chinese with English abstract).
- [47] Wang X L, Shu X J, Xu X S, et al. Petrogenesis of the Early Cretaceous adakite–like porphyries and associated basaltic andesites in the eastern Jiangnan orogen, southern China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 61: 243–256.
- [48] Jiang Y H, Zhao P, Zhou Q, et al. Petrogenesis and tectonic implications of Early Cretaceous S– and A–type granites in the northwest of the Gan–Hang rift, SE China[J]. *Lithos*, 2011, 121: 55–73.
- [49] Barbarin B. Genesis of the two main types of peraluminous granitoids[J]. *Geology*, 1996, 24: 295–298.

Geochemical features and origin of Taoling pluton, eastern Jiangnan orogen

ZHOU Jie¹, GE Wei–ya¹, JIANG Yao–hui²

(1. *Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China*; 2. *State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu, China*)

Abstract: Taoling pluton is located in northeast Jiangxi Province in the eastern part of Jiangnan orogen. The pluton is characterized by high potassium calc alkaline series, weakly peraluminous – strongly peraluminous nature, and high Mg[#]. Taoling pluton is enriched in LREE and LREE, and depleted in HFSE, with weak negative Eu anomalies ($\delta\text{Eu}=0.62\text{--}0.81$) (except for sample TL–1, whose δEu is 0.47). Zircon LA–ICPMS U–Pb dating shows that the pluton intruded at 140 ± 1 Ma. The initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios and $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ of the pluton are (0.7131–0.7141) and (–7.43 – –6.71), respectively. Combined with previous studies, the authors hold that the mafic magmas ascended from the metasomatized mantle and heated the lower crust, triggering partial melting of metasedimentary basement in the depth (> 40 km) to form Taoling pluton, with the addition of relatively small amounts of mantle–derived materials.

Key words: Taoling pluton; geochemistry; petrogenesis; eastern part of Jiangnan orogen

About the first author: ZHOU Jie, female, born in 1979, assistant researcher, majors in petrology, mineralogy and economic geology. E–mail: Zhoujie0517@sina.com.