

北淮阳东段徐家湾岩体地质和地球化学特征及 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄

陈芳, 杜建国, 万秋, 邱军强, 汤金来
(安徽省地质调查院, 安徽合肥 230001)

摘要: 徐家湾二长花岗岩体位于北淮阳构造带内桐柏—桐城与郟城—庐江两大断裂的交汇处, 岩体呈岩株状侵入新元古界老变质岩层中。本文利用原子吸收光谱和 ICP-MS 法测定了岩体主量和微量元素的含量, 表明岩体具 SiO₂ 和 Al₂O₃ 较高、富碱、过铝质、Mg[#] 小等特征。大离子亲石元素 (LILE) Rb、Ba 富集, Sr 亏损; 高场强元素 (HFSE) Y、Th、Nb、Hf、U 富集, Ta、P、Ti 亏损; 岩体整体亏损 HFSE, 富集 LILE; La_N/Yb_N 与 LREEs/HREEs 值均较大, 具较弱的 δCe 负异常, 显示该岩体为过铝质 A 型花岗岩。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年获得徐家湾二长花岗岩岩侵位年龄在 128.0 ± 0.9 ~ 129.6 ± 1.4 Ma 之间, 是早白垩世岩浆活动的产物。研究认为徐家湾二长花岗岩体形成于造山后的伸展环境, 形成岩体的岩浆源于岩石圈地幔, 并受到地壳物质的混染。

关键词: 北淮阳构造带; 二长花岗岩; 地球化学; LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年; 早白垩世

中图分类号: O657.63; P597.3 **文献标识码:** A

北淮阳地区位于大别造山带北部, 其总体为一断裂围限的褶皱带, 构造位置非常重要, 习惯称之为北淮阳褶皱带^[1-2]。北淮阳褶皱带跨皖豫两省, 东起郟庐断裂, 西至南阳盆地, 绵延 500 km, 桐柏—桐城断裂和明港—六安断裂构成南北边界, 宽约 50 km, 商城—麻城断裂将大别造山带分为东、西两段 (图 1a)。北淮阳褶皱带已成为我国东部具有巨大找矿潜力的构造成矿带, 近年在大别山地区相继发现了千鹅冲、汤家坪、大银尖、母山、肖畈、沙坪沟等矿床^[3-8]。北淮阳地区燕山期广泛而强烈的岩浆活动带来丰富的含矿热液, 为内生金属矿产的形成提供了物质来源和热动力, 成为本区内内生金属矿产成矿的必备条件之一^[9]。该地区沿金寨、霍山、舒城一线呈 NWW—SEE 方向出露大量的花岗岩、正长岩体, 该岩带与大别造山带的构造线方向一致, 并明显受到深大断裂的控制^[10]。

但迄今为止, 大别山地区一些重要岩体的相关科学研究还比较薄弱, 以往主要是采用 Rb-Sr、Sm-Nd 同位素体系进行测试, 缺乏精确的同位素年龄资料, 在很大程度上制约了该区成岩成矿规律的认识及找矿工作的进展。本文采用原子吸收光谱法和

电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 技术对徐家湾岩体的主量元素、微量元素包括稀土元素进行了测定, 并采用锆石激光剥蚀电感耦合等离子体质谱 (LA-ICP-MS) U-Pb 定年技术^[11]对岩体中单颗粒锆石进行²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄测试, 研究该岩体的岩石地球化学特征及同位素年代学, 并进一步探讨岩石成矿和产出的构造背景, 这对于今后开展北淮阳地区燕山期岩浆岩的分布、岩浆活动规律及其与成矿的内在联系方面的研究有着重要的指导意义。

1 地质概况

区内地层主要为新元古界佛子岭岩群、下古生界梅山群、中生界陆相山间盆地和火山盆地堆积。佛子岭群主要为一套中深变质岩系, 岩石组合为长石石英岩、板岩、石英片岩、千枚岩、含石英白云质大理岩。梅山群主要为一套含煤浅变质岩系, 岩石组合为砂质页岩和粉砂岩, 是浅海相或滨海相向陆相过渡的含煤建造。侏罗纪—早白垩世的火山—沉积建造以凝灰岩、火山碎屑岩为主。

区域内岩浆岩较发育, 其形成时代为元古代、古生代和中生代, 与成矿关系密切的岩浆岩主要为燕

山期。北淮阳东段侵入岩出露面积远大于喷出岩。

区内构造复杂多样、断层褶皱发育,主要构造有北部的金寨—舒城断裂、南部的桐柏—桐城断裂以及东部的庐江断裂带。

徐家湾岩体分布于舒城县河棚镇,出露面积约20 km²,呈岩株状产出。岩体侵入新元古界小溪河岩组(Pt₃x)、郑家冲片麻岩(Pt₃zj)、陶家湾片麻岩(Pt₃tj)和古塘岗片麻岩(Pt₃gt)中(图1)。

2 样品采集及分析测试

各样品具体采样位置如图1所示。其中TW13为地表样,采于岩体北部,为浅灰色斑状细粒黑云二长花岗岩。主要矿物成分为钾长石、斜长石、石英、黑云母,次要矿物为锆石、榍石、磷灰石和磁铁矿。样品TW15为地表样,采于岩体中部,为浅灰色斑状细粒黑云二长花岗岩。主要矿物成分为钾长石、斜长石、石英、黑云母、角闪石,次要矿物为锆石、榍石、磷灰石和磁铁矿。

2.1 主量元素、稀土元素和微量元素分析

元素分析在安徽省地质实验研究所(国土资源

部合肥矿产资源检测中心)完成。主量元素采用原子吸收光谱法、容量法测定;除SiO₂采用碱熔法测定外,其他氧化物采用酸熔法测定,分析精度优于2%;稀土元素、微量元素采用X Series II电感耦合等离子体质谱联用仪(ICP-MS,美国Thermo公司)测定,分析精度优于1%~3%。

2.2 测年样品锆石单矿物分选

原块状岩石样品破碎到自然粒度,经摇床、淘洗、电磁分选及重液分选等步骤后分离出锆石单矿物,在双目镜下挑纯。然后将锆石单矿物样品在北京锆年领航科技有限公司制靶、照相,双目镜下选择透明、无裂隙且有代表性的锆石颗粒,将待测的锆石颗粒制成环氧树脂样品座,磨至锆石颗粒中心部位后抛光,抛光的样品进行阴极发光显微结构观察和照相。

2.3 锆石U-Pb年龄测定

在中国科学技术大学激光剥蚀电感耦合等离子体质谱实验室(LA-ICP-MS)完成。采用193 nm波长GeoLaspro激光系统用于锆石样品的剥蚀进样,高纯氦气作为载气。激光剥蚀时氦气流速为

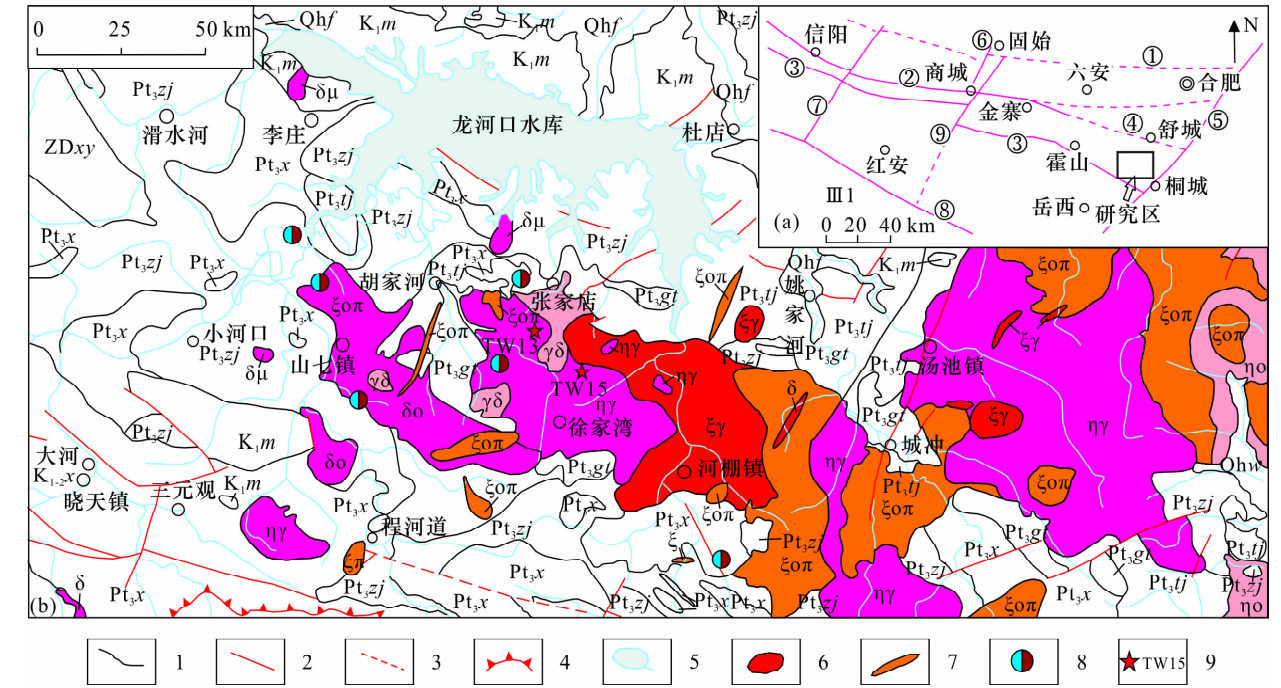


图1 北淮阳地区区域构造位置图(a)及徐家湾地区地质简图(b)

Fig. 1 Regional structural position map of the north Huaiyang area (a) and the geological map of the Xujiawan area (b)

1—地层界线;2—实测断层;3—推测断层;4—推覆型剪切带;5—水系;6—岩体;7—脉岩;8—矿产地及编号;9—采样点位置及编号。

断裂:①固始—合肥断裂,②信阳—防虎山断裂,③桐柏—桐城断裂,④金寨—舒城断裂,⑤郟城—庐江断裂,⑥商城—麻城断裂,⑦罗山—大悟断裂,⑧随县—淅水断裂,⑨银沙—泗河断裂。Qh_f—全新统丰乐镇组,K₁₋₂x—中一下白垩统晓天组,K_{1m}—下白垩统毛坦厂组,ZDxy—泥盆—震旦统祥云寨岩组,Pt₃x—新元古界小溪河岩组,Pt₃zj—新元古界郑家冲片麻岩,Pt₃tj—新元古界陶家湾片麻岩,Pt₃gt—新元古界古塘岗片麻岩,ξ—正长岩,ξγ—正长花岗岩,ξοπ—石英正长斑岩,ξπ—正长斑岩,δο—石英闪长岩,δμ—闪长玢岩,γδ—花岗岩岩,ηγ—二长花岗岩,ηο—石英二长岩。

0.9 L/min,频率为 10 Hz,激光束能量为 10 J/cm²,剥蚀直径为 3~44 μm。Agilent 7700 型 ICP-MS 用于对样品气溶胶中 U、Pb 信号进行分析(射频功率为 1350 W,雾化气流速 0.65 L/min)。实验流程参考文献[12],标准锆石 91500 用来校正质量歧视和元素分馏,每 4 个样品锆石测试一次标准锆石。U/Pb 比值结果采用 LaDating@Zrn 软件进行处理。普通 Pb 采用 ComPb corr#3~18^[13] 软件进行校正。锆石的 U、Pb 含量用实测的 91500 含量进行校正,并以 Si 的浓度作为内标,依次在靶上选择合适的锆石颗粒进行 U-Pb 年龄测定。

3 岩石地球化学特征和 U-Pb 定年结果

3.1 岩石地球化学特征

采样点位 TW13、TW15 样品的主量元素分析列于表 1。SiO₂ 含量在 68.39%~69.81% 之间,平均值 69.15%;Al₂O₃ 含量 14.43%~15.32%,平均值 14.93%;CaO 含量 1.49%~1.94%,平均值 1.80%;Na₂O 含量 3.78%~4.00%,平均值 3.81%;K₂O 含量 4.58%~4.84%,平均值 4.70%;K₂O+Na₂O 含量 8.36%~8.85%;K₂O/Na₂O=1.19~1.27,平均值 1.24;里特曼指数 σ=2.66~3.02,平均值 2.77。在花岗岩 TAS 分类图^[14]上,徐家湾二长花岗岩 TW13 全部落在石英二长岩内,靠近于花岗岩、花岗闪长岩三者分界线处(图略),TW14 落在石英二长岩与花岗岩分界线处;在 K₂O-SiO₂ 图解中^[15] 样品落在高钾钙碱性系列内,靠近于钾玄岩系列的分界线处(图略);铝饱和指数(A/NCK 值)在 0.99~1.05 之间,平均值 1.02;A/NK=1.28~1.35,平均值 1.31,指示为过铝质岩石(图

略);在 K₂O-Na₂O 图解中样品全部落在 A 型花岗岩内(图略);岩石的镁分数值(Mg[#])为 45~50,平均值 49。

TW13 和 TW15 样品的稀土和微量元素测试结果也列于表 1 中。徐家湾二长花岗岩的 Σ REEs=262.28×10⁻⁶~334.89×10⁻⁶,平均值 330.75×10⁻⁶;轻重稀土元素分馏明显,La_N/Yb_N 平均值为 25.12。δEu=0.55~0.65,平均值 0.60,具明显的 Eu 谷;LREEs/HREEs=13.38~15.86,平均值 14.83,HREEs 相对于 LREEs 强烈亏损(表 1、图 2)。稀土元素的球粒陨石标准化曲线为向右倾斜明显、铕谷明显,样品具有较弱的 δCe 负异常,δCe=0.91~1.03。稀土元素配分曲线见图 2 所示,曲线总体右倾,轻稀土分馏较明显,重稀土较平坦,属轻稀土富集型。

从 TW13 和 TW15 样品的微量元素分析结果(表 1)及其球粒陨石标准化蛛网图(图 2)可以发现,大离子亲石元素(LILE)Rb、Ba 富集,Sr 亏损;高场强元素(HFSE)Y、Th、Nb、Hf、U 富集,而 Ta、P、Ti 主要呈现低谷负异常,明显亏损。曲线整体右倾,岩体整体亏损 HFSE,富集 LILE。

3.2 岩体 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学

徐家湾二长花岗岩中锆石除极少数具有浑圆的外形外,绝大多数结晶较好,呈典型的长柱状晶形,具有典型的岩浆震荡环带,指示其主体为岩浆结晶的产物^[17]。锆石中的 Th/U 值可以指示锆石的成因。岩浆锆石的 Th/U 值一般大于 0.1,而变质老锆石的 Th/U 值一般小于 0.1^[18]。TW13、TW15 锆石的 Th/U=0.78~2.34,两个样品均属典型的岩浆成因锆石,且锆石群形态单一,多数为喷发期岩浆活动一次结晶而形成的,能代表侵入岩的形成年龄。

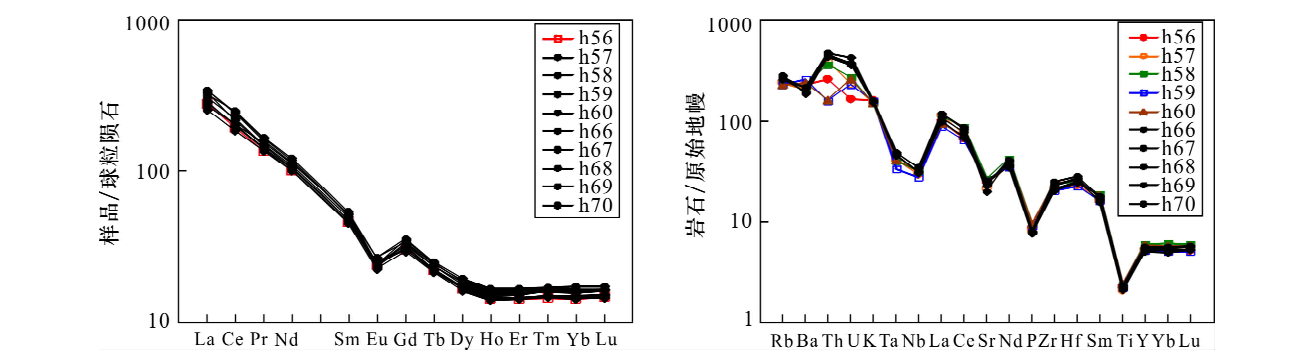


图 2 徐家湾二长花岗岩稀土元素球粒陨石标准化及微量元素原始地幔标准化图解(球粒陨石和原始地幔标准化数据据 Sun 等^[16])

Fig. 2 Rare earth elements chondrite-normalized distribution pattern and primitive mantle-normalized trace elements concentrations of Xujiawan monzogranite (primitive mantle and chondrite data from Reference [16])

表 1 徐家湾二长花岗岩全岩主量(%)和微量(×10⁻⁶)数据
Table 1 Chemical compositions (%), REE and trace element (×10⁻⁶) compositions of the Xujiawan monzogranite

主微量元素	采样点位 TW13					采样点位 TW15				
	h56	h57	h58	h59	h60	h66	h67	h68	h69	h70
SiO ₂	68.91	69.23	68.90	68.39	68.39	69.28	69.47	69.65	69.81	69.50
TiO ₂	0.48	0.44	0.51	0.48	0.51	0.46	0.46	0.47	0.49	0.46
Al ₂ O ₃	15.30	14.84	14.78	15.32	15.01	14.94	15.00	14.43	14.79	14.85
Fe ₂ O ₃	2.09	1.84	1.79	0.78	1.82	1.37	1.54	1.27	1.49	1.54
FeO	0.80	0.98	1.18	1.91	1.21	1.38	1.15	1.47	1.30	1.18
MnO	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06
MgO	0.98	0.96	1.02	1.04	1.11	1.04	1.00	1.01	1.05	1.05
CaO	1.49	1.71	1.82	1.87	1.93	1.93	1.72	1.75	1.86	1.94
Na ₂ O	4.00	3.87	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78	3.78
K ₂ O	4.84	4.59	4.58	4.74	4.59	4.76	4.80	4.70	4.67	4.77
P ₂ O ₅	0.19	0.17	0.20	0.20	0.21	0.17	0.16	0.17	0.17	0.17
H ₂ O ⁺	0.22	0.22	0.62	0.66	0.62	0.44	0.60	0.50	0.44	0.66
LOI	0.65	0.63	0.73	0.89	0.88	0.69	0.69	0.74	0.63	0.73
Total	100.02	99.55	99.98	100.11	100.11	100.30	100.41	100.00	100.54	100.69
Mg [#]	0.50	0.49	0.48	0.45	0.50	0.49	0.50	0.47	0.49	0.50
DI	86.09	85.37	84.56	83.45	83.68	84.33	85.32	85.27	84.71	84.62
SI	7.77	7.88	8.29	8.51	8.86	8.48	8.20	8.24	8.53	8.52
A/NCK	1.05	1.02	1.02	1.04	1.02	1.00	1.03	0.99	1.01	1.00
A/NK	1.29	1.31	1.32	1.35	1.34	1.31	1.31	1.28	1.31	1.30
La	67.02	78.90	76.54	60.49	64.17	67.61	69.23	81.43	81.27	73.58
Ce	119.88	133.54	153.87	115.22	126.76	126.13	123.16	152.81	149.11	137.67
Pr	13.01	14.03	15.89	12.94	14.66	13.60	13.38	15.71	15.24	14.38
Nd	47.59	49.93	57.24	47.28	53.15	48.80	47.15	55.46	54.15	51.67
Sm	7.09	7.34	8.30	7.11	8.05	7.35	6.95	7.99	7.92	7.65
Eu	1.39	1.43	1.55	1.46	1.55	1.36	1.31	1.39	1.38	1.37
Gd	6.25	6.54	7.34	6.24	6.96	6.42	6.08	7.16	6.90	6.68
Tb	0.84	0.85	0.95	0.82	0.92	0.84	0.81	0.93	0.89	0.89
Dy	4.25	4.39	5.01	4.27	4.86	4.32	4.13	4.79	4.68	4.57
Ho	0.82	0.84	0.95	0.82	0.93	0.84	0.80	0.90	0.89	0.87
Er	2.37	2.43	2.80	2.41	2.72	2.42	2.36	2.70	2.62	2.53
Tm	0.37	0.39	0.44	0.38	0.43	0.39	0.38	0.42	0.41	0.41
Yb	2.46	2.54	2.96	2.49	2.82	2.56	2.44	2.77	2.67	2.68
Lu	0.38	0.39	0.44	0.37	0.42	0.39	0.39	0.42	0.41	0.42
Y	23.41	24.03	26.86	23.27	26.17	23.73	22.85	25.57	25.52	25.04
ΣREEs	273.72	303.53	334.29	262.28	288.40	283.02	278.57	334.89	328.54	305.36
LREEs	255.99	285.17	313.40	244.49	268.34	264.85	261.19	314.80	309.06	286.32
HREEs	17.74	18.36	20.89	17.79	20.06	18.18	17.38	20.09	19.48	19.04
LREEs/HREEs	14.43	15.53	15.00	13.75	13.38	14.57	15.03	15.67	15.86	15.04
La _N /Yb _N	19.57	22.31	18.54	17.42	16.31	18.94	20.37	21.07	21.81	19.68
δEu	0.63	0.62	0.60	0.65	0.62	0.59	0.60	0.55	0.56	0.57
δCe	0.93	0.91	1.03	0.96	0.97	0.96	0.93	0.98	0.97	0.97
Rb	155.95	151.21	156.61	146.94	147.98	169.69	175.19	179.84	164.48	179.74
Ba	1604.42	1452.62	1542.51	1839.10	1669.08	1500.75	1482.74	1308.65	1371.58	1326.25
Th	22.36	33.51	31.21	13.50	13.75	40.64	37.46	37.32	40.16	39.07
U	3.44	4.99	5.77	4.88	5.43	8.97	7.66	7.75	7.60	7.92
Ta	1.67	1.71	1.65	1.37	1.69	1.91	1.87	1.87	2.00	1.99
Nb	20.89	20.85	22.54	19.52	22.87	22.38	22.02	22.21	24.48	24.50
Sr	522.93	440.96	564.15	537.87	501.39	531.56	501.39	481.61	415.79	495.28
Zr	228.16	228.80	260.80	225.60	265.04	234.16	254.88	227.92	281.20	254.80
Hf	7.22	7.15	7.85	6.98	7.97	7.65	8.13	7.48	8.76	8.42

注：A/CNK = Al₂O₃/(CaO + Na₂O + K₂O)；A/NK = Al₂O₃/(Na₂O + K₂O)；Mg[#] = MgO/(MgO + FeO + Fe₂O₃)。

TW13 和 TW15 样品分别测试 28 颗、38 颗锆石,测年的测点位置主要选择在锆石边部环带,并尽量选择在没有包裹体的部位,测试中除去异常锆石年龄(TW13 为 4 个,TW15 为 6 个),有效的测试数据分别为 24 个、32 个,达不到参与等时线年龄计算要求的测点不列在表 2 中,谐和图由于篇幅所限省略。获得 TW13 的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄分布在 $123 \pm 2.0 \sim 136 \pm 3 \text{ Ma}$ 之间,加权平均年龄为 $129.6 \pm 1.4 \text{ Ma}$ ($n = 24$), $\text{MSWD} = 2.8$; TW15 二长花岗岩的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 表面年龄分布在 $123 \pm 2.0 \sim 134 \pm 3 \text{ Ma}$ 之间,加权平均年龄为 $128.0 \pm 0.9 \text{ Ma}$ ($n = 32$), $\text{MSWD} = 1.6$ 。

4 岩石成因及构造背景讨论

4.1 岩石类型

在主量元素特征上,样品符合 A 型花岗岩高钾、富碱、过铝等特征,在 $\text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$ 图解中所有样品均落在 A 型花岗岩内(图略)。

在稀土元素特征上,稀土元素在 A 型花岗岩中强烈富集,本次样品 ΣREEs 平均值为 330.75×10^{-6} ,高于 A 型花岗岩的平均值 219.03×10^{-6} ,远高于 I 型花岗岩的平均值 114.71×10^{-6} 和 S 型花岗岩的平均值 173.14×10^{-6} ^[19],轻重稀土有较为明显的分馏, Eu 负异常,稀土元素配分曲线呈典型的右倾 V 字形^[20]。

在微量元素特征上,岩石的 $(\text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y})$ 总量在 $383.62 \times 10^{-6} \sim 480.31 \times 10^{-6}$ 之间,符合 A 型花岗岩 $(\text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}) > 350 \times 10^{-6}$ 的特征,在 $(\text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}) - \text{A}/\text{NCK}$ 图解上^[21],所有样品均落在 A 型区内,基本上全部位于过铝质范围内(图略);同时大离子亲石元素 Rb 富集,过渡元素 Cr 和 Ni 等表现出亏损的特征。

4.2 岩体的形成年代

花岗岩样品 TW13 参与有效年龄计算的 24 颗锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值比较集中($123 \sim 136 \text{ Ma}$),跨度为 13 Ma,误差 2 ~ 3 Ma,由此得到 TW13 的成岩年龄为 $(129.6 \pm 1.4) \text{ Ma}$;样品 TW15 参与有效年龄计算的 32 颗锆石的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄值比较集中($123 \sim 134 \text{ Ma}$),跨度为 11 Ma,误差 0.7 ~ 2 Ma,由此得到徐家湾岩体成岩年龄为 $128.0 \pm 0.9 \text{ Ma}$ 。周泰禧等^[22]对晓天盆地毛坦厂组黑云母粗安岩中黑云母进行测试获得 $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$ 年龄为 124.1 Ma;杨祝良等^[23]对毛坦厂组粗面岩的锆石进行测试获得 U-Pb 年龄为 131.3 Ma,对舒城毛坦厂组辉石粗安岩的全岩进行测试获得 Rb-Sr 等时年龄为 128.0

Ma。因此,区内火山岩的主体应形成于早白垩世。表明该侵入体与区内喷出岩形成时代一致,是早白垩世岩浆活动的产物。

高质量锆石 U-Pb 同位素年龄结果表明徐家湾花岗岩的形成年龄主要集中在 128 ~ 129 Ma 之间,与长江中下游地区 A 型花岗岩的形成时代 $125 \pm 2 \text{ Ma}$ ^[24-27] 及皖南地区 A 型花岗岩的形成时代 128 ~ 132 Ma^[28-33] 一致。

从岩体的含矿性判别 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}) - \text{SiO}_2$ 图解(图略)可以看到徐家湾岩体两个样品的所有点均落在含矿岩体内,同时岩体内部及岩体与老地层新元古界小溪河岩组的接触带上周边分布有一系列的 Pb、Zn、Au 多金属矿床(点),如图 1 所示;区域上,徐家湾岩体区域构造环境也是十分有利的,位于桐柏-桐城与郧庐两大断裂的交汇部位,要注意加强岩体周边化探和重砂异常与已知矿产地关系的研究。

4.3 岩石成因

一些机制已经用来解释 A 型花岗岩的成因。比如,伴随或未受地壳混染的玄武质岩浆的结晶分异模式^[34-37],或深部地壳物质熔融成因^[21,38-39]。通过 AFM 对 CFM 图解^[40]判断(图略),徐家湾岩体源区以玄武岩为主。

由于源于岩石圈地幔(CLM)或受其混染后的岩浆 La/Ta 值则迅速增加,一般在 25 以上,但 La/Sm 值变化不大,但如果是混染了地壳物质,则 La/Sm 值迅速增高,一般在 5 以上^[41]。徐家湾二长花岗岩的 La/Ta = 36.93 ~ 46.42,平均值 40.85,远大于 25,同时 La/Sm = 8.00 ~ 10.75,平均值 9.5,均大于 5。根据岩石的 La/Ta、La/Sm 值可以判断,形成徐家湾二长花岗岩的岩浆源于岩石圈地幔,并受到地壳物质的混染。

4.4 构造背景判别

早白垩世北大别大规模的岩浆活动和北大别穹隆的形成指示了强烈的造山后伸展活动^[42-43]。文献[44]认为大别造山带北缘东段的金寨-霍山-舒城一带广泛分布的花岗岩的形成与扬子板块和华北板块的碰撞俯冲及其后续的伸展引张作用密切相关,是典型的后碰撞花岗岩。在 Pearce 等^[45]构造判别图解不在 WPG 区域内,而是位于 VAG、syn-COLG 与 WPG 的分界线上,靠近 VAG 区域(图 3)。从徐家湾岩体的一些地球化学指数看,岩石 Rb 和 U 明显富集, Ti 强烈亏损, Sr 负异常明显,具有后碰撞花岗岩的特点^[46]。

表 2 徐家湾二长花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 分析结果
Table 2 LA-ICP-MS zircon U-Pb dating results of Xujiawan monzogranite

分析点	Th ($\times 10^{-6}$)	U ($\times 10^{-6}$)	Th/U	同位素比值								U-Pb 同位素年龄 (Ma)															
				$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		1σ		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		1σ		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		1σ		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		1σ		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		1σ		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		1σ	
TW13-1	254.73	212.68	1.20	0.05068	0.00252			0.13545	0.00844			0.01994	0.00029			226	106			129	8			127	2		
TW13-2	242.58	219.72	1.10	0.09406	0.00572			0.25730	0.01964			0.02014	0.00036			1509	106			232	16			129	2		
TW13-3	377.69	232.10	1.63	0.06012	0.00315			0.16765	0.01107			0.02068	0.00032			608	105			157	10			132	2		
TW13-5	352.79	345.10	1.02	0.07102	0.00300			0.19906	0.01071			0.02037	0.00027			958	85			184	9			130	2		
TW13-6	278.38	235.81	1.18	0.09814	0.00428			0.27780	0.01554			0.02033	0.00029			1589	80			249	12			130	2		
TW13-8	383.94	366.22	1.05	0.04832	0.00221			0.13166	0.00751			0.01983	0.00026			115	99			126	7			127	2		
TW13-9	387.59	298.68	1.30	0.05374	0.00223			0.15151	0.00809			0.02091	0.00029			360	88			143	7			133	2		
TW13-10	374.05	297.85	1.26	0.05357	0.00243			0.14821	0.00846			0.02024	0.00027			353	97			140	7			129	2		
TW13-11	237.45	216.71	1.10	0.05874	0.00377			0.16699	0.01315			0.02113	0.00035			558	132			157	11			135	2		
TW13-12	465.71	361.73	1.29	0.05115	0.00262			0.13586	0.00892			0.01964	0.00033			248	127			129	8			125	2		
TW13-13	421.13	377.90	1.11	0.04639	0.00198			0.12424	0.00666			0.01934	0.00024			18	97			119	6			123	2		
TW13-15	376.79	388.55	0.97	0.04707	0.00183			0.13155	0.00659			0.02006	0.00026			53	76			125	6			128	2		
TW13-16	234.80	229.64	1.02	0.04710	0.00249			0.13602	0.00890			0.02122	0.00030			54	103			129	8			135	2		
TW13-17	354.26	255.58	1.39	0.06026	0.00259			0.16119	0.00892			0.02010	0.00029			613	87			152	8			128	2		
TW13-18	380.09	294.50	1.29	0.05304	0.00227			0.14200	0.00782			0.01941	0.00027			331	91			135	7			124	2		
TW13-19	415.00	433.25	0.96	0.04946	0.00211			0.13867	0.00805			0.02054	0.00037			170	92			132	7			131	2		
TW13-20	212.82	159.96	1.33	0.04291	0.00256			0.12228	0.00893			0.02139	0.00032			-128	126			117	8			136	2		
TW13-21	261.62	237.07	1.10	0.07079	0.00380			0.20722	0.01382			0.02043	0.00031			951	112			191	12			130	2		
TW13-22	379.95	315.50	1.20	0.05912	0.00285			0.16768	0.01005			0.02073	0.00028			572	107			157	9			132	2		
TW13-23	322.62	268.86	1.20	0.04620	0.00244			0.13155	0.00853			0.02002	0.00027			8	101			125	8			128	2		
TW13-24	257.50	231.09	1.11	0.04861	0.00259			0.13017	0.00866			0.01995	0.00030			129	110			124	8			127	2		
TW13-25	214.70	206.13	1.04	0.07574	0.00678			0.20706	0.02226			0.02033	0.00042			1088	168			191	19			130	3		
TW13-26	260.19	216.91	1.20	0.05623	0.00321			0.15526	0.01081			0.02022	0.00029			461	126			147	10			129	2		
TW13-27	259.70	257.10	1.01	0.05307	0.00266			0.14763	0.00927			0.02070	0.00030			332	113			140	8			132	2		
TW15-1	230.34	232.66	0.99	0.05131	0.00304			0.13601	0.00998			0.01991	0.00032			255	132			129	9			127	2		
TW15-2	490.31	304.56	1.61	0.06175	0.00297			0.17327	0.01036			0.01998	0.00027			665	101			162	9			127	2		
TW15-4	320.82	200.06	1.60	0.04583	0.00489			0.12089	0.01526			0.01964	0.00043			-11	200			116	14			125	3		
TW15-5	187.05	161.41	1.16	0.06710	0.00532			0.18972	0.01869			0.02104	0.00046			841	166			176	16			134	3		
TW15-6	287.84	236.29	1.22	0.07091	0.00743			0.19275	0.02376			0.01954	0.00041			955	220			179	20			125	3		
TW15-7	585.28	249.81	2.34	0.06950	0.00364			0.19812	0.01296			0.02090	0.00031			914	106			184	11			133	2		
TW15-8	185.81	237.63	0.78	0.06593	0.00366			0.17352	0.01203			0.02006	0.00032			804	115			162	10			128	2		
TW15-9	257.01	255.81	1.00	0.05091	0.0028			0.14190	0.00951			0.02046	0.00028			237	122			135	8			131	2		
TW15-11	291.85	254.45	1.15	0.06608	0.00453			0.18073	0.01464			0.02005	0.00028			809	143			169	13			128	2		
TW15-12	356.89	294.66	1.21	0.05376	0.00293			0.14500	0.00967			0.01919	0.00027			361	120			137	9			123	2		
TW15-13	423.37	366.81	1.15	0.05262	0.00257			0.14025	0.00844			0.01937	0.00025			312	108			133	8			124	2		
TW15-14	249.03	219.13	1.14	0.09308	0.00517			0.25809	0.01884			0.02052	0.00041			1490	104			233	15			131	3		
TW15-15	361.94	272.70	1.33	0.04851	0.00281			0.12792	0.00894			0.01986	0.00027			124	124			122	8			127	2		
TW15-16	320.60	266.28	1.20	0.04920	0.00306			0.13301	0.00991			0.01974	0.00028			157	135			127	9			126	2		
TW15-17	308.61	255.64	1.21	0.05373	0.00284			0.15262	0.00984			0.02074	0.00028			360	116			144	9			132	2		
TW15-18	220.80	202.19	1.09	0.06699	0.00368			0.18418	0.0125			0.01993	0.00029			838	113			172	11			127	2		
TW15-19	228.61	204.68	1.12	0.04721	0.00323			0.12842	0.01048			0.01995	0.00030			60	143			123	9			127	2		
TW15-20	275.97	266.77	1.03	0.04972	0.00271			0.13890	0.00926			0.02015	0.00028			182	120			132	8			129	2		
TW15-21	304.01	255.06	1.19	0.04465	0.00317			0.12326	0.01031			0.02041	0.00030			-37	139			118	9			130	2		
TW15-23	340.46	234.82	1.45	0.09257	0.00591			0.25569	0.01997			0.02001	0.00033			1479	120			231	16			128	2		
TW15-25	243.26	203.15	1.20	0.05453	0.00371			0.14805	0.01220			0.02016	0.00033			393	150			140	11			129	2		
TW15-27	154.81	165.70	0.93	0.05711	0.00394			0.15774	0.01310			0.02024	0.00033			496	151			149	11			129	2		
TW15-28	285.16	221.70	1.29	0.06209	0.00355			0.16854	0.01185			0.02008	0.00030			677	121			158	10			128	2		
TW15-29	125.60	132.05	0.95	0.04958	0.00389			0.14565	0.01357			0.02038	0.00034			175	171			138	12			130	2		
TW15-30	285.79	223.78	1.28	0.05386	0.00298			0.14342	0.00974			0.02001	0.00029			365	122			136	9			128	2		
TW15-32	258.32	228.16	1.13	0.06404	0.00469			0.18696	0.01625			0.02068	0.00032			743	155			174	14			132	2		
TW15-33	418.98	376.16	1.11	0.05722	0.00388			0.15508	0.01281			0.01928	0.00033			500	148			146	11			123	2		
TW15-34	198.71	208.76	0.95	0.05991	0.00387			0.16553	0.01298			0.02042	0.00032			600	139			156	11			130	2		
TW15-35	334.33	270.31	1.24	0.05600	0.00378			0.15774	0.01293			0.01974	0.00032			452	148			149	11			126	2		
TW15-36	530.61	346.10	1.53	0.04740	0.00264			0.13081	0.00884			0.01987	0.00027			69	115			125	8			127	2		
TW15-37	306.33	247.06	1.24	0.05203	0.00282			0.14585	0.00977			0.02019	0.000														

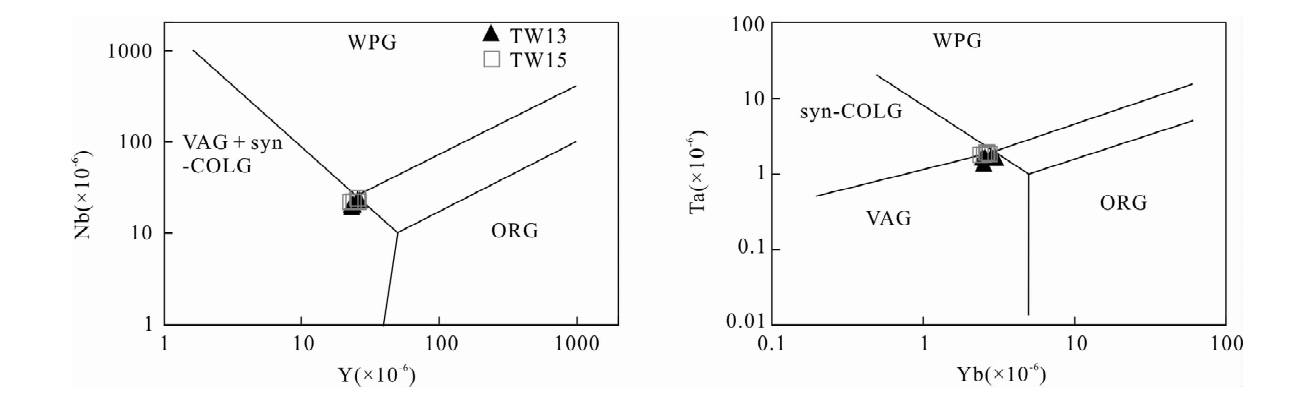


图 3 徐家湾二长花岗岩的构造背景判别图解(据 Pearce 等^[45])

Fig. 3 Diagrams of tectonic environment for Xujiawan monzogranite by trace elements (after Reference [45])

WPG—板内花岗岩;ORG—洋中脊花岗岩;VAG—岛弧花岗岩;syn - COLG—同碰撞花岗岩。

因而,徐家湾岩体可能是在中国大陆形成之后,太平洋板块俯冲减速或应力松弛条件下形成的。已经由先期的陆内挤压、陆壳加厚状态转换为造山带山根拆沉、崩塌,处于伸展的板内构造环境,在研究区也形成了早白垩世火山-沉积盆地不整合于晚侏罗世地层之上。许长海等(2001)^[47]根据北淮阳侵入岩锆石(U-Th)/He 热年代学研究,提出大别山中生代时期强烈的伸展和岩石剥露发生在 105 ~ 130 Ma 期间,认为这一过程引起了大别基底的广泛熔融、北淮阳地区白垩纪岩浆活动等。早白垩世,随着高钾质的岩石尤其是钾玄岩系列花岗岩的侵位,本区实现了从挤压缩短到整体伸展的构造转换^[48]。徐家湾二长花岗岩的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄在 128.0 ± 0.9 ~ 129.6 ± 1.4 Ma 之间,从区域地质背景分析来看,徐家湾岩体形成于造山后伸展环境。

5 结论

徐家湾二长花岗岩具高钾、富碱、过铝质特征;HREEs 相对于 LREEs 强烈亏损,铈谷较深,轻稀土分馏较明显,重稀土较平坦;大离子亲石元素 Rb、Ba 明显富集,Sr 亏损;高场强元素 Y、Th、Nb、Hf、U 富集,Ta、P、Ti 亏损,岩体整体亏损 HFSE,富集 LILE。

通过 LA - ICPMS 锆石 U - Pb 定年,获得徐家湾二长花岗岩的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄在 128.0 ± 0.9 ~ 129.6 ± 1.4 Ma 之间,是早白垩世岩浆活动的产物,岩体的含矿性判别图解显示所有点均落在含矿岩体内,岩体成矿地质条件有利,应加强岩体周边化探和重砂异常与已知矿产地关系的研究。徐家湾岩体可能是在中国大陆形成之后,太平洋板块俯冲减速或应力松弛条件下形成的。岩浆来源于岩石圈地幔的 A 型花岗岩,形成于造山后的伸展环境。

6 参考文献

[1] 徐树桐,江来利,刘贻灿,等. 大别山区(安徽部分)的构造格局和演化过程[J]. 地质学报,1992,66(1): 1 - 14.

Xu S T, Jiang L L, Liu Y C, et al. Tectonic Framework and Evolution of the Dabie Mountains in Anhui, Eastern China[J]. Acta Geologica Sinica,1992,66(1): 1 - 14.

[2] 周泰禧,陈江峰,张巽,等. 北淮阳花岗岩-正长岩带地球化学特征及其大地构造意义[J]. 地质论评,1995,41(2):144 - 151.

Zhou T X, Chen J F, Zhang X, et al. Geochemistry of the North Huaiyang Granite-Syenite Zone and Its Tectonic Implication[J]. Geological Review,1995,41(2):144 - 151.

[3] Xu X C, Lou J W, Xie Q Q, et al. Gochronology and Tectonic Setting of Pb-Zn-Mo Deposits and Related Igneous Rocks in the Yinshan Region, Jinzhai, Anhui Province, China[J]. Ore Geology Reviews,2011,43:132 - 141.

[4] Chen Y J, Wang Y. Fluid Inclusion Study of the Tangjiaping Mo Deposit, Dabie Shan, Henan Province: Implications for the Nature of the Porphyry Systems of Post-collisional Tectonic Settings [J]. International Geology Review,2011,53(5 - 6):635 - 655.

[5] Yang Y F, Chen Y J, Li N, et al. Fluid Inclusion and Isotope Geochemistry of the Qian'echong Giant Porphyry Mo Deposit, Dabie Shan, China: A Case of NaCl-poor, CO₂-rich Fluid Systems [J]. Journal of Geochemical Exploration,2013,124:1 - 13.

[6] 李毅,李诺,杨永飞,等. 大别山北麓钼矿床地质特征和地球动力学背景[J]. 岩石学报,2013,29(1):95 - 106.

Li Y, Li N, Yang Y F, et al. Geological Features and Geodynamic Settings of the Mo Deposits in the Northern Segment of the Dabie Mountains [J]. Acta Petrologica Sinica,2013,29(1):95 - 106.

- [7] 陈红瑾,陈衍景,张静,等.安徽省金寨县沙坪沟钼矿含矿岩体锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素特征及其地质意义[J]. 岩石学报,2013,29(1):131-145.
Chen H J, Chen Y J, Zhang J, et al. Zircon U-Pb Ages and Hf Isotope Characteristics of the Ore-bearing Intrusion from the Shapinggou Molybdenum Deposit, Jinzhai County, Anhui Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(1): 131-145.
- [8] 杨泽强,唐相伟.北大别山肖畈岩体地球化学特征和锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素定年[J]. 地质学报,2015,89(4):692-700.
Yang Z Q, Tang X W. Geochemical Characteristics and Zircon LA-ICP-MS U-Pb Isotopic Dating of the Xiaofan Rock Bodies in North Dabieshan [J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(4): 692-700.
- [9] 彭智.北淮阳东段基础地质评述[J]. 安徽地质,2004,14(3):172-176.
Peng Z. A Review on Fundamental Geology in the Eastern Segment of Northern Huaiyang Belt [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(1): 95-176.
- [10] 邱检生,王德滋,刘洪,等.大别造山带北缘后碰撞富钾火山岩:地球化学与岩石成因[J]. 岩石学报,2002,18(3):319-330.
Qiu J S, Wang D Z, Liu H, et al. Post-collisional Potash-rich Volcanic Rocks in the North Margin of Dabie Orogenic Belt Geochemistry and Petrogenesis [J]. Acta Petrologica Sinica, 2002, 18(3): 319-330.
- [11] Zeng L S, Gao L E, Dong C Y, et al. High-pressure Melting of Metapelite and the Formation of Ca-rich Granitic Melts in the Namche Barwa Massif, Southern Tibet [J]. Gondwana Research, 2012, 21: 138-151.
- [12] Yuan H L, Gao S, Liu X M, et al. Accurate U-Pb Age and Trace Element Determinations of Zircon by Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2004, 28: 353-370.
- [13] Anderson T. Correction of Common Lead in U-Pb Analyses That Do not Report ^{204}Pb [J]. Chemical Geology, 2002, 29: 59-79.
- [14] Middlemost E A K. Naming Materials in the Magma/Igneous Rock System [J]. Earth-Science, Review, 1994, 37: 215-224.
- [15] Ewart A. The Mineralogy and Petrology of Tertiary-Recent Orogenic Volcanic Rocks with Special Reference to the Andesitic-basaltic Compositional Range [M]. Thorpe R S. Andesites; Wiley, 1982: 25-87.
- [16] Sun S S, Mc Donough W F. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Process [M]//Sauders A D, Norry M J. Magmatism in the Ocean Basins. London Geological Society, 1989: 313-345.
- [17] 吴元保,郑永飞.锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报,2004,49(16):1589-1604.
Wu Y B, Zheng Y F. Genesis of Zircon and Its Constraints on Interpretation of U-Pb Age [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(16): 1589-1604.
- [18] Belousova E A, Griffin W L, O'Reilly S Y, et al. Igneous Zircon: Trace Element Composition as an Indicator of Source Rock Type [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 2002, 143: 602-622.
- [19] 吴锁平,王梅英,戚开静. A 型花岗岩研究现状及其评述[J]. 岩石矿物学杂志,2007,26(1):57-66.
Wu S P, Wang M Y, Qi K J. Present Situation of Researches on A-type Granites: A Review [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2007, 26(1): 57-66.
- [20] 苏玉平,唐红峰. A 型花岗岩的微量元素地球化学[J]. 矿物岩石地球化学通报,2005,24(3):245-250.
Su Y P, Tang H F. Trace Element Geochemistry of A-type Granites [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2005, 24(3): 245-250.
- [21] Whalen J B. A-type Granites: Geochemical Characteristics, Discrimination and Petrogenesis [J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 1987, 95: 407-419.
- [22] 周泰禧,陈江峰,李学明,等.安徽霍舒正长岩带侵入体的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法同位素地质年龄[J]. 安徽地质,1992,2(1):4-11.
Zhou T X, Chen J F, Li X M. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Isotopic Dating of Intrusions From Huoshan-Shucheng Syenite Zone, Anhui province [J]. Geology of Anhui, 1992, 2(1): 4-11.
- [23] 杨祝良,沈加林,沈渭洲,等.北淮阳中生代火山-侵入岩同位素年代学研究[J]. 地质论评,1999,45(增刊):674-680.
Yang Z L, Shen J L, Shen W Z, et al. Isotopic Chronology of Mesozoic Volcanic-intrusive Rocks in Beihuaiyang [J]. Geological Review, 1999, 45(Supplement): 674-680.
- [24] Wong J, Sun M, Xing G F, et al. Geochemical and Zircon U-Pb and Hf isotopic Study of the Baijuehuajian Metaluminous A-type Granite: Extension at 125~100Ma and Its Tectonic Significance for South China [J]. Lithos, 2009, 112(3-4): 289-305.
- [25] Li H, Zhang H, Ling M X, et al. Geochemical and Zircon U-Pb Study of the Huangmeijian A-type Granite: Implications for Geological Evolution of the Lower

- Yangtze River belt [J]. *International Geology Review*, 2011, 53(5-6): 499-525.
- [26] 范裕,周涛发,袁峰,等. 安徽庐江—枞阳地区 A 型花岗岩的 LA-ICP-MS 定年及其地质意义[J]. *岩石学报*, 2008, 24(8): 1715-1724.
Fan Y, Zhou T F, Yuan F, et al. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Ages of the A-type Granites in the Lu-Zong (Lujiang-Zongyang) Area and Their Geological Significances[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(8): 1715-1724
- [27] 胡正华,王先广,李永明,等. 长江中下游九瑞矿集区宝山铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. *中国地质*, 2015, 42(2): 585-596.
Hu Z H, Wang X G, Li Y M, et al. Re-Os Age of Molybdenite from the Baoshan Copper Polymetallic Deposit in the Jiurui Ore Concentration Age along the Middle-Lower Yangtze River Region and Its Geological Significance [J]. *Geology in China*, 2015, 42(2): 585-596.
- [28] 王登红,陈郑辉,陈毓川,等. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据[J]. *地质学报*, 2010, 84(7): 1030-1040.
Wang D H, Chen Z H, Chen Y C, et al. New Data of the Rock-forming and Ore-forming Chronology for China's Important Mineral Resources Area [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2010, 84(7): 1030-1040.
- [29] 薛怀民,汪应庚,马芳,等. 皖南太平-黄山复合岩体的 SHRIMP 年代学:由钙碱性向碱性转变对扬子克拉通东南部中生代岩石圈减薄时间的约束[J]. *中国科学(D 辑)*, 2009, 39(7): 979-993.
Xue H M, Wang Y G, Ma F, et al. Zircon U-Pb SHRIMP Ages of the Taiping (Calc-alkaline)-Huangshan (Alkaline) Composite Intrusive: Constraints on Mesozoic Lithospheric Thinning of the Southeastern Yangtze Craton, China [J]. *Science in China (Series D)*, 2009, 39(7): 979-993.
- [30] Song G X, Qin K Z, Li G M, et al. Zircon SMS U-Pb and Molybdenite Re-Os Ages of Baizhangyan W-Mo Deposit Middle-Lower Yangtze Valley. Constraints on Tectonic Setting of Magmatism and Mineralization [J]. *International Geology Review*, 2012, 69: 853-868.
- [31] 陈芳,杜建国,许卫. 安徽青阳百丈岩钨钼矿床成矿背景与成矿模式[J]. *地质论评*, 2013, 59(3): 437-445.
Chen F, Du J G, Xu W. Ore-forming Setting and Metallogenetic Model of the Baizhangyan Tungsten-Molybdenum Deposit in Qingyang, Anhui Province [J]. *Geological Review*, 2013, 59(3): 437-445.
- [32] 陈芳,王登红,杜建国,等. 安徽绩溪伏岭花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄的精确测定及其地质意义[J]. *岩矿测试*, 2013, 32(6): 970-977.
Chen F, Wang D H, Du J G, et al. New Dating of the Fuling Granite Body with LA-ICP-MS Zircon U-Pb in Jixi, Anhui Province and Their Geological Significance [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 2013, 32(6): 970-977.
- [33] 陈芳,王登红,杜建国,等. 安徽宁国刘村二长花岗岩地球化学特征、LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. *地质学报*, 2014, 88(54): 869-882.
Chen F, Wang D H, Du J G, et al. Geochemical Characteristics and LA-ICP-MS Zircon U-Pb Geochronology of the Liucun Monzogranite in Ningguo, Anhui Province and Their Geological Significance [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 88(54): 869-882.
- [34] Loiselle M C, Wones D R. Characteristics of Anorogenic Granites [J]. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 1979, 11: 468.
- [35] Turner S P, Foden J D, Morrison R S. Derivation of Some A-type Magmas by Fractionation of Basaltic Magma: An Example from the Padthaway Ridge, South Australia [J]. *Lithos*, 1992, 28(2): 151-179.
- [36] Smith D R, Noblett J, Wobus R A, et al. Petrology and Geochemistry of Late-stage Intrusions of the A-type, Mid-proterozoic Pikes Peak Batholith (Central Colorado, USA): Implications for Petrogenetic Models [J]. *Precambrian Research*, 1999, 98(3-4): 271-305.
- [37] Anderson I C, Frost C D, Frost B R. Petrogenesis of the Red Mountain Pluton, Laramie Anorthosite Complex, Wyoming: Implications for the Origin of A-type Granite [J]. *Precambrian Research*, 2003, 124(2-4): 243-267.
- [38] Collins W J, Beams S D, White A J R, et al. Nature and Origin of A-type Granites with Particular Reference to Southeastern Australia [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1982, 80(2): 189-200.
- [39] Clemens J D, Holloway J R, White A J R. Origin of an A-type Granite: Experimental Constraints [J]. *American Mineralogist*, 1986, 71: 317-324.
- [40] Altherr R, Holl A, Hegner E. High-potassium, Calcalkaline I-type Plutonism in the European Variscides: Northern Vosges (France) and Northern Schwarzwald (Germany) [J]. *Lithos*, 2000, 50(1-3): 51-73.
- [41] Lassiter J C, Depaolo D J. Plumes/Lithosphere Interaction in the Generation of Continental and Oceanic Flood Basalts: Chemical and Isotope Constraint [M]//Mahoney J. Large Igneous Provinces: Continental, Oceanic, and Planetary Flood Volcanism. *American Geophysical Union*, 1997: 335-355.
- [42] Ratschbacher L, Hacker B R, Webb L E, et al. Exhumation of the Ultrahigh-pressure Continental Crust in East

- Central China: Cretaceous and Cenozoic Unroofing and the Tan-Lu fault [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2000, 105 (10): 13303 – 13338.
- [43] Wong J, Sun M, Xing G F, et al. Geochemical and Zircon U-Pb and Hf Isotopic Study of the Baijuehuajian Metaluminous A-type Granite: Extension at 125 ~ 100 Ma and Its Tectonic Significance for South China [J]. *Lithos*, 2009, 112 (3 – 4): 289 – 305.
- [44] Qiu J S, Hua R M. The Spatial and Temporal Distribution of Mesozoic Volcanic Rocks in East China [M] // Wang D, Ren Q. *The Mesozoic Volcanic-Intrusive Complexes and Their Metallogenic Relations in East China*. Beijing: Science Press, 1996: 6 – 14.
- [45] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks [J]. *Journal of Petrology*, 1984, 25 (4): 956 – 983.
- [46] Pearce J A. Source and Settings of Granitic Rocks [J]. *Episodes*, 1996, 19: 120 – 125.
- [47] 许长海, 周祖翼, 马昌前. 大别造山带 140 – 85 Ma 热隆伸展作用——年代学约束 [J]. *中国科学 (D 辑)*, 2001, 31 (11): 925 – 937.
- Xu C H, Zhou Z Y, Ma C Q. Hot Embayment Extension of Dabie Orogen in 140 ~ 85 Ma—Chronology Constraints [J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 31 (11): 925 – 937.
- [48] 马昌前, 杨坤光, 明厚利, 等. 大别山中生代地壳从挤压转向伸展的时间: 花岗岩的证据 [J]. *中国科学 (D 辑)*, 2003, 33 (9): 817 – 827.
- Ma C Q, Yang K G, Ming H L, et al. Transition Time of Mesozoic Crust from Compression to Extension, Dabie Mountain: The Evidence from Granite [J]. *Science in China (Series D)*, 2003, 33 (9): 817 – 827.

Geochemical Characteristics and LA-ICP-MS Zircon U-Pb Geochronology Study of Xujiawan Monzogranite in the East Part of North Huaiyang and Their Geological Significance

CHEN Fang, DU Jian-guo, WAN Qiu, QIU Jun-qiang, TANG Jin-lai

(Geological Survey of Anhui Province, Hefei 230001, China)

Abstract: Xujiawan monzogranite locates in the favorable position of the junction of Tongbai-Tongcheng fault and Tancheng-Lujiang fault in North Huaiyang tectonic belt. The rock body intruded into the Neoproterozoic old metamorphic rocks in rock shape. The paper has tested the content of major element and trace element of the rock body using atomic absorption method and ICP-MS method. The analysis results indicate that the rock body has the features of higher contents of SiO_2 and Al_2O_3 , alkali rich, peraluminous, and low $\text{Mg}^\#$. It enriches large ion lithophile elements such as Rb and Ba, but depletes Sr. It enriches high field strength elements such as Y, Th, Nb, Hf, U, but depletes Ta, P, Ti. Totally, it depletes HFSE, but enriches LILE. The ratio of La_N/Yb_N and LREE/HREE are all larger. It has obviously Eu valley, but weaker negative anomaly of δCe . Major and trace elements show it is the peraluminous A-type granite. The emplacement age of Xujiawan monzogranite were dated to be 128.0 ± 0.9 Ma to 129.6 ± 1.4 Ma by LA-ICP-MS Zircon U-Pb dating, which indicates it belongs to the magma activity products in the early Cretaceous. Xujiawan monzogranite formed at the post-collisional extension setting. The magma formed the rock body came from the mantle and contaminated by continent crust.

Key words: North Huaiyang tectonic belt; monzogranite; geochemistry; LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating; early Cretaceous