

赣东北地区岩浆岩同位素年代学 研究及地质演化

陆慧娟, 华仁民, 毛光周, 龙光明

壳幔演化与成矿作用国家重点实验室, 南京大学地球科学系, 210093

内容提要:本文收集并整理赣东北及邻区岩浆岩年龄数据 200 多个, 在综合、分析大量地质资料与前人成果的基础上, 尝试较全面地总结本区中元古代以来的岩浆活动、构造演化过程及其动力学背景。研究表明, 本区古元古代及更早时期的岩浆活动确切记录很少, 反映出赣东北地区可能没有古老的陆壳。中—新元古代丰富多彩的岩浆活动, 记录了江南造山带在扬子板块东南缘的发生和形成过程。本区古生代的构造—岩浆活动总体来说不强烈, 主要发育在一些海西—印支期的断裂拗陷带, 并且伴随与海底火山活动—热水沉积相关的成矿作用。中生代尤其燕山期是赣东北地区岩浆活动较强烈的一个时期, 以德兴铜厂—富家坞花岗岩闪长斑岩和银山潜火山岩为代表的花岗质岩浆活动形成了规模巨大的铜金多金属矿床, 是中国东部中生代成矿大爆发的典型代表; 本区在白垩纪处于拉张伸展的构造环境, 发育双峰式岩浆岩建造。新生代构造—岩浆活动不强, 仅在一些张裂带有少量岩浆活动。本文还结合近期工作, 对一些争议性问题提出了自己的认识。

关键词:同位素年龄; 岩浆活动; 构造演化; 赣东北

赣东北地区在大地构造上属于扬子板块东南缘的江南造山带, 并且处在扬子板块与华南褶皱带这两个一级大地构造单元的接壤部位。赣东北地区也是我国重要的铜金矿集区, 著名的德兴斑岩铜矿、银山多金属矿以及金山金矿等超大型矿床在这里集中产出, 更吸引了国内外地质工作者的目光。自上世纪 80 年代以来, 对赣东北及其邻近地区的构造演化、岩浆活动、成矿作用的研究始终没有停息, 而且不断深入。由于赣东北地区总体上在中—新元古代完成了地体拼贴, 并长期以隆起为主导, 而本区大规模的成矿作用主要发生在燕山期, 因此, 前人对本区的研究相对集中于中—新元古代和燕山期, 而对其他时期的研究较少, 在某些地质问题上也存在着不少争议。

岩浆活动是地质作用最强烈和直观地反映之一, 因而是研究大地构造演化及其动力学背景的重要内容。前人对赣东北地区的岩浆活动也做了大量工作, 主要是对具体岩体的研究, 但迄今为止尚缺乏对整个地区自元古宙以来岩浆活动全貌及其对大地构造演化示踪的全面研究。本文试图通过归纳、总结赣东北及邻区与岩浆活动有关的大量地质资料及

测试数据, 理顺赣东北地区自晋宁运动以来的历次岩浆活动及其与大地构造演化的关系。

对赣东北及邻区岩浆岩的年龄数据进行了收集和整理, 共获得年龄数据 200 多个(表 1, 表 2)。由于测年方法及特点不同, 导致所测年龄数据的精确度有差异, 本文在讨论时注重尽量依据质量较高的数据。总体上看, 本区前寒武纪(中、新元古代)及中生代的岩浆活动较为强烈, 晚古生代也有一定规模的岩浆活动, 而早古生代及新生代则相对宁静。在不同的构造背景下, 不同时期的岩浆活动在区内形成了不同类型的岩浆岩。

1 前寒武纪(中、新元古代) 的岩浆活动

本文共收集获得赣东北及邻区前寒武纪岩浆活动及相关岩石的年龄数据 81 个, 列于表 1。

本区早前寒武纪(古元古代及更早时期)的岩浆活动确切记录很少, 仅在某些年龄测试时获得若干零星信息。如邓国辉等(2003b)在对婺源—乐平一带的珍珠山群浅变质火山岩进行锆石 U-Pb 法年龄测定时, 获得残留锆石的表面年龄为 2497 ± 19 Ma。

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 40373025)的成果。

收稿日期: 2006-06-10; 改回日期: 2006-11-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 陆慧娟, 女, 1966 年生。南京大学地球科学系博士研究生。主要从事岩石学和矿床学研究。Email: huarenmin@nju.edu.cn, luhuijuan@nju.org.cn。

马长信(1991)曾获得障公山群佛子坑组中火山岩的 Sm-Nd 等时线年龄为 $1939 \pm 162 \text{Ma}$, 但许多作者认为该年龄偏老(杨明桂, 1994; 李献华, 1996; 张海洋等, 2000), 不能采用。因此, 本文对这类年龄及其所反映的早前寒武纪岩浆活动不作讨论。笔者认为, 古元古代及之前岩浆活动记录的缺乏, 可能反映了赣东北地区最早是在洋壳背景下发展起来的, 因此没有早前寒武纪的古老陆壳作为基底。

从距今约 1600 Ma 的中元古代起, 本区岩浆活动的记录开始增多。中元古代早期(1600 Ma ~ 1300 Ma)岩浆活动的年龄记录大部分来自对珍珠山群浅变质火山岩的测试结果, 年龄跨度主要从 1379 Ma 到 1308 Ma(邓国辉等, 2003b)。珍珠山群是江西省地质调查院近年来新建立的地层单位, 地质时代与中元古代蓟县纪相当, 岩石性质以深水浊积岩、碳酸盐岩及变质火山岩系组合为主, 邓国辉等

表 1 赣东北及邻区元古宙岩浆岩同位素年龄汇总表

Table 1 Statistics of isotopic age dating for Proterozoic igneous rocks in Northeastern Jiangxi and vicinity areas

地区	岩性	定年方法	年龄(Ma)	资料来源
横峰县港边杂岩体	中酸性岩	全岩 Rb-Sr	584	樊光明等, 1998
横峰县港边杂岩体	侵入杂岩	Sm-Nd	584 ± 77	廖群安等, 1998
广丰县下溪乡桃源组	流纹岩	全岩 Rb-Sr	737	管太阳等, 1993
婺源县石耳山齐溪田	碱长花岗岩	锆石 U-Pb	765 ± 49	唐红峰等, 1997
婺源县石耳山齐溪田	花岗斑岩	锆石 U-Pb	768 ± 28	江西省地质调查院 ^①
德兴金家	闪长岩	锆石 U-Pb	784 ± 27	邓国辉, 1998
广丰县桃源组	玄武岩	锆石 U-Pb	790 ± 9	管太阳等, 1993
弋阳县樟树墩	糜棱岩中青铝闪石	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	799	胡世玲等, 1992
弋阳县樟树墩	变质矿物	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	800 ± 9	周新民等, 1992
婺源县古楼	花岗岩	锆石 U-Pb	814 ± 29	江西省地质调查院 ^①
婺源县石耳山	流纹质凝灰岩	锆石 U-Pb	816	江西省地质调查院 ^①
广丰县下溪乡桃源组	玄武岩	锆石 U-Pb	821	管太阳等, 1993
婺源县石耳山	二长花岗岩	锆石 U-Pb	825 ± 3	唐红峰等, 1997
赣东北登山群	火山岩	锆石 U-Pb	817	赵风清等, 1997
赣东北桃源组	双峰式火山岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	818 ± 12	Wang et al., 2003
武宁县九岭	花岗岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	819 ± 9	Li et al., 2003
皖南(许村、歙县、休宁)	花岗闪长岩	LA-ICPMS 锆石 U-Pb	821 ± 7	吴荣新等, 2005a, b
婺源县石耳山琵琶坟	黑云母二长花岗岩	锆石 U-Pb	825 ± 3	江西省地质调查院 ^①
婺源县障公山	绿片岩相碎屑岩	Sm-Nd	829 ± 28	马长信, 1991
德兴登山群叶家组	中基性熔岩	Sm-Nd	829 ± 36	徐备, 1990
德兴泗洲庙	基性岩	LA-ICPMS 锆石 U-Pb	838 ± 5	陆慧娟等, 2006
横峰县港边杂岩体	钙碱性-钾玄质火山岩	全岩 Rb-Sr	847 ± 131	李昌年, 2002
福建浦城县杉坊	片麻状钾长花岗岩	锆石 Pb-Pb	865	江西省地质调查院 ^①
弋阳县樟树墩	蓝闪石片岩中蓝闪石	K-Ar	866 ± 14	舒良树等, 1993
庐山筲箕注-汉阳峰组	流纹岩	锆石 U-Pb	878 ± 51	谢国刚等, 1997
安徽休宁柳洲单元	花岗闪长岩	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	887 ± 10	江西省地质调查院 ^①
安徽许村柳洲单元	花岗闪长岩	K-Ar	899	江西省地质调查院 ^①
德兴西湾	斜长花岗岩	角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	901 ± 20	徐备等, 1992
广丰县桃源村	玄武岩	锆石 U-Pb	906 ± 22	管太阳等, 1993
赣东北上墅群	变玄武岩	Rb-Sr	916	邢凤鸣等, 1992
庐山筲箕注-汉阳峰组	细碧岩	锆石 U-Pb	917 ± 36	谢国刚等, 1997
东乡-龙游混杂岩带	云母片岩	Rb-Sr	924	杨明桂, 1994
德兴西湾	斜长花岗岩	光质谱 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	928 ± 19	胡世玲等, 1998
安徽休宁竹村	黑云母花岗闪长岩	锆石 U-Th-Pb	928	江西省地质调查院 ^①
德兴西湾	蛇绿岩套	Sm-Nd	929 ± 26	徐备等, 1989
弋阳樟树墩(牛角垄)	超基性侵入岩	Sm-Nd	930 ± 34	徐备等, 1989
德兴-弋阳蛇绿岩	辉绿岩、辉长岩	Sm-Nd	930 ± 34	徐备等, 1989
皖南蛇绿岩套	超镁铁岩	Sm-Nd	935 ± 10	Chen et al., 1991
安徽休宁竹村	黑云母花岗闪长岩	Rb-Sr	963 ± 62	周新民等, 1988
德兴西湾构造混杂岩	斜长岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	968 ± 23	李献华等, 1994
浙西北双溪坞群	细碧角斑岩	Sm-Nd	978 ± 44	章邦桐等, 1990

续表 1

	地区	岩性	定年方法	年龄(Ma)	资料来源
中 元 古 代	上饶田里岩组	糜棱岩	白云母 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	1019	樊光明等,1998
	弋阳樟树墩	超基性岩	Sm-Nd	1024	李献华等,1994
	皖南歙县蛇绿岩套	伏川超镁铁岩	Sm-Nd	1024±30	周新民等,1989
	弋阳樟树墩蛇绿岩	超镁铁岩	Sm-Nd	1034±24	Chen et al., 1991
	皖南蛇绿岩套	超镁铁岩	Sm-Nd	1035±61	周新民等,1989
	东乡—龙游混杂岩带	石英角斑岩	锆石 U-Pb	1091	江西省地质调查院 ^①
	上饶桃源	上墅组火山岩	Sm-Nd	1100±168	樊光明等,1998
	广丰桃源组	钾玄岩	Sm-Nd	1100±169	廖群安等,1999
	广丰田里岩组	糜棱岩	白云母 ⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	1108±17	胡世玲等,1993
	张村岩群韩源组	变火山岩	Sm-Nd	1113±35	江西省地质调查院 ^①
	德兴漆工群	细碧角斑岩	Sm-Nd	1113±58	马长信等,1992
	德兴铜厂群	中—基性火山岩	Sm-Nd	1113±54	马长信等,1992
	弋阳县周潭岩组	斜长角闪岩	Sm-Nd	1113	江西省地质调查院 ^①
	婺源赋春珍珠山群	变石英角斑岩	锆石 U-Pb	1113±118	邓国辉等,2003b
	乐平塔前—婺源赋春	基性—酸性熔岩	锆石 U-Pb	1118	赵凤清等,1995
	德兴茅桥、西湾	石英闪长岩	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	1133	徐备等,1989
	德兴张村岩群韩源组	变石英角斑岩	锆石 U-Pb	1134±10	章邦桐等,1990
	弋阳县樟树墩	蛇绿岩套	Sm-Nd	1154±43	周国庆等,1991
	东乡—龙游混杂岩带	细碧岩	Rb-Sr	1159	周国庆等,1991
	弋阳梅树湾周潭岩组	斜长角闪岩	Sm-Nd	1159±69	余达淦等,1999
	德兴西湾	蛇绿岩套	Sm-Nd	1160±39	周国庆等,1991
	东乡—龙游混杂岩带	石英角斑岩	锆石 U-Pb	1162	余达淦等,2000
	弋阳周潭岩组	斜长角闪岩	锆石 U-Pb	1190±19	刘平辉等,2000
	弋阳铁砂街群	流纹岩	锆石 U-Pb	1196±6	程海等,1991
	萍乡—广丰构造带南	斜长角闪岩	Sm-Nd	1197±26	邓国辉,1997
	北武夷地区周潭岩组	斜长角闪岩	Sm-Nd	1199±26	邓国辉,1997
	东乡—龙游混杂岩带	石英角斑岩	锆石 U-Pb	1201	邓国辉,1997
	广丰田里岩组	糜棱岩	Ar ⁴⁰ -Ar ³⁹	1205	胡世玲等,1993
	婺源—乐平	珍珠山群	锆石 U-Pb	1308±9	邓国辉等,2003b
	婺源—乐平	珍珠山群	锆石 U-Pb	1334±10	邓国辉等,2003b
	婺源—乐平	珍珠山群	锆石 U-Pb	1379±65	邓国辉等,2003b
德安彭山	细碧岩	Rb-Sr	1515±241	杨明桂,1988	
北武夷构造	滑石蛇纹岩	Sm-Nd 杨明桂,1988	1567	江西省地质调查院 ^①	
古 元 古 代	德安彭山	超基性变质熔岩	Rb-Sr 杨明桂,1988	1667±247	杨明桂,1988
	东乡—龙游混杂岩带	云母石英片岩	锆石 U-Pb	1691	杨明桂,1994
	婺源—乐平	珍珠山群	锆石 U-Pb	1827±76	邓国辉等,2003b
	婺源障公山群	细碧石英角斑岩	Sm-Nd	1939±162	马长信,1991
	北武夷构造梅树坑	黑云母钠长变粒岩	Pb-Pb	2093	江西省地质调查院 ^①
	北武夷构造	大金山组混杂岩	Sm-Nd	2116	袁忠信等,1991
婺源—乐平	珍珠山群	锆石 U-Pb	2497±19	邓国辉等,2003b	

(2003a)认为珍珠山群的构造环境为岛弧或与岛弧相关的活动边缘盆地,表明扬子板块东南边缘在中元古代蓟县纪由被动陆缘转变为主动陆缘。

赣东北及邻区前寒武纪岩浆活动的大量年龄数据主要始于 1200 Ma,即珍珠山群地层形成之后。根据岩石的性质和年龄等特征,笔者把 1200 Ma 以来的前寒武纪岩浆活动大体上划分为两期。

第一期的岩浆活动为中元古代末的 1160 ~ 1000Ma,本期早阶段的代表性岩体有德兴—弋阳蛇绿岩套(1154±43 Ma、1160±39 Ma,周国庆等,

1991),东乡—龙游混杂岩带细碧岩—石英角斑岩(1159 Ma,周国庆等,1991;1162 Ma,余达淦等,2000),张村岩群韩源组变石英角斑岩(1134±10 Ma,章邦桐等,1990;1113±118 Ma,江西省地质调查院^①),周潭岩组斜长角闪岩(1190±19 Ma,刘平辉等,2000;1159±69 Ma,余达淦等,1999;1113Ma,江西省地质调查院^①)等等。以上岩体的年龄都在 1100Ma 以上(表 1),它们记载了古洋壳发育的信息;周新民等认为这反映了大约在 11 亿年前,扬子板块与华夏板块之间为大洋所隔(1988,

表2 赣东北中生代岩浆岩同位素年龄汇总表

Table 2 Statistics of isotopic age dating for Mesozoic igneous rocks in Northeast Jiangxi and vicinity areas

	地区	岩性	定年方法	年龄(Ma)	资料来源
白 垩 纪	江西余江县	橄榄玄武岩	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	92	李坤英等,1989
	江西玉山县	橄榄玄武粗安岩	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	98	李坤英等,1989
	江西广丰县	玄武岩	K-Ar	99~104	余达淦等,2001
	铅山县石溪周家店组	橄榄玄武岩	$^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$	102±3	李坤英等,1989
	广丰盆地	花岗斑岩	Rb-Sr	111±3	李坤英等,1989
	广丰铅山七里亭	粗面英安岩	透长石 K-Ar	119	李坤英等,1989
	浮梁县鹅湖	二长花岗岩	Rb-Sr	120	江西省地质调查院 ^①
	弋阳化山岗	钾长花岗斑岩	Rb-Sr	123~135	江西省地质调查院 ^①
	浮梁县鹅湖	二长花岗岩	K-Ar	124	江西省地质调查院 ^①
	波阳县莲花山	白云母花岗岩	白云母 Rb-Sr	125	江西省地质调查院 ^①
	铅山盆地	粗面英安岩	Rb-Sr	125±12	李坤英等,1989
	铅山石溪组	粗面英安岩	透长石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	128	张利民,1990
	浮梁县鹅湖	二长花岗岩	Rb-Sr	129	江西省地质调查院 ^①
	弋阳池坞里单元	二长花岗斑岩	K-Ar	130	江西省地质调查院 ^①
	波阳县莲花山	黑云母花岗岩	黑云母 K-Ar	131	江西省地质调查院 ^①
	浮梁县鹅湖	二长花岗岩	Rb-Sr	132	江西省地质调查院 ^①
	休宁县北山石岭头	闪长玢岩	K-Ar	133	江西省地质调查院 ^①
	波阳县莲花山	黑云母花岗岩	黑云母 Rb-Sr	134	江西省地质调查院 ^①
	上饶望仙下宅坞	二长花岗岩	K-Ar	127~140	江西省地质调查院 ^①
	德兴银山	流纹英安斑岩	K-Ar	130	叶庆同,1987
上饶杨桥	二长花岗岩	K-Ar	107~140	江西省地质调查院 ^①	
铅山轿源序列	二云钾长花岗岩	K-Ar	142	江西省地质调查院 ^①	
上饶县亭圳	流纹岩中透长石	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	142	张利民,1991	
德兴银山	流纹、英安斑岩	Rb-Sr	142±2	沈渭洲等,1991	
德兴银山	英安质火山岩	K-Ar	142~143	张祖海等,1996	
侏 罗 纪	广丰铁山岩体	二长花岗岩	U-Pb	147	江西省地质调查院 ^①
	德兴银山	流纹英安质火山岩	K-Ar	145~148	张祖海等,1996
	上饶县亭圳	流纹英安岩	透长石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	149	张利民,1991
	婺源鄣公山	二长花岗岩	Rb-Sr	151	江西省地质调查院 ^①
	德兴富家坞	富家坞岩体	Rb-Sr	157	江西省地质调查院 ^①
	万年岗山岩体	中粒白云母花岗岩	K-Ar	160	江西省地质调查院 ^①
	铅山轿源单元	中性岩体	K-Ar	160	江西省地质调查院 ^①
	德兴朱砂红	朱砂红岩体	Rb-Sr	161	江西省地质调查院 ^①
	万年裴梅大港桥	白云母二长花岗岩	K-Ar	161	江西省地质调查院 ^①
	鄱阳县莲花山复式岩基	闪长玢岩	K-Ar	165	江西省地质调查院 ^①
	德兴富家坞	富家坞岩体	Rb-Sr	166	江西省地质调查院 ^①
	德兴金山金矿	脉岩	Rb-Sr	167	伍勤生 ^②
	德兴银山	流纹英安斑岩	锆石 U-Pb	167	林德松 ^③
	德兴铜厂	花岗闪长斑岩	K-Ar	168	江西省地质调查院 ^①
	万年裴梅大港桥	白云母二长花岗岩	二长花岗岩	169	江西省地质调查院 ^①
	德兴铜厂	花岗闪长斑岩	黑云母 K-Ar	163~170	江西省地质调查院 ^①
	德兴斑岩铜矿	辉钼矿	辉钼矿 Re-Os	170	Lu et al., 2005
	德兴铜厂、富家坞	花岗闪长斑岩	SHRIMP 锆石 U-Pb	171±3	王强等,2004
	德兴铜厂	花岗闪长斑岩	全岩 Rb-Sr	172~179	江西省地质调查院 ^①
	万年岗山岩体	中粒白云母花岗岩	K-Ar	180	江西省地质调查院 ^①
贵溪县陈坊乡刁桥岩体	黑云母花岗岩	K-Ar	183	江西省地质调查院 ^①	
德兴铜厂	花岗闪长斑岩	全岩 Rb-Sr	184	华仁民等,2000	
弋阳县旭光乡孟娘桥序列	花岗岩	K-Ar	190	江西省地质调查院 ^①	
德兴铜厂	花岗闪长斑岩	K-Ar	193	江西省地质调查院 ^①	
三 叠 纪	万年南岩	黑云母二长花岗岩	K-Ar	207	江西省地质调查院 ^①
	贵溪文坊乡南源岩体	中性岩体	K-Ar	211	江西省地质调查院 ^①
	贵溪彭湾乡白庙	中性岩体	K-Ar	214~231	江西省地质调查院 ^①
	贵溪塘湾	黑云母花岗闪长岩	K-Ar	237	江西省地质调查院 ^①
	弋阳樟树墩—德兴西湾	辉长岩	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$	233~266	赵崇贺等,1997

1989, 1992), 是赣东北—皖南—浙北一带的洋壳发育阶段。笔者等认为该洋壳应属于华南多岛洋的一部分。本期的晚阶段开始, 扬子板块南缘演化为活动大陆边缘, 发生洋壳俯冲, 形成了江南古岛弧, 其标志为发育于 1035~1024Ma 的弧前和弧后(如皖南伏川)的蛇绿岩套(周新民等, 1989)。

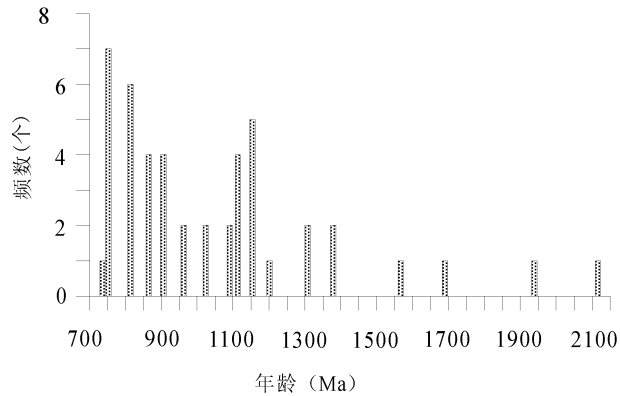


图 1 赣东北前寒武纪岩浆岩年龄分布频率图

Fig. 1 Histogram of age distribution for Precambrian igneous rocks in Northeast Jiangxi and vicinity areas

第二期岩浆活动集中在新元古代初期的 1000~750Ma, 这一期间是赣东北地区洋壳俯冲、九岭地体和怀玉地体沿赣东北深大断裂拼贴(舒良树等, 1987, 1995; 徐备等, 1992)的时期, 本期的早阶段(约 1000~850Ma)是洋壳俯冲—消减, 在岛弧带形成含洋壳物质的混杂堆积, 如著名的赣东北弧间构造—蛇绿混杂岩, 代表性岩石有茅桥、西湾、樟树墩蛇绿岩剖面上的基性—超基性侵入岩、斜长岩、闪长岩等, 其中德兴西湾构造混杂岩中变质的斜长岩中锆石 SHRIMP 年龄为 968 ± 23 Ma(李献华等, 1994), 皖南蛇绿岩矿物 Sm-Nd 等时线年龄为 935 ± 10 Ma(Chen et al., 1991), 樟树墩辉长岩的全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 930 ± 34 Ma(徐备等, 1989)等。此时与岛弧发育相关的火山岩浆活动也丰富, 如广丰县下溪乡翁家岭玄武岩、浙西北双溪坞群中的火山岩, 以及赣北庐山的岛弧火山岩(谢国刚等, 1997)等, 这些岩体的年龄详见表 1, 它们记载了洋壳俯冲、板块汇聚的信息, 有力地说明了此时扬子板块南缘正处于板块汇聚阶段(Li Z X et al., 1995, 2002)。866±14 Ma 的高压蓝片岩(舒良树等, 1993)可能代表了这一俯冲—挤压—拼贴进入了高峰。

第二期的晚阶段岩浆活动集中在 850~750Ma 期间, 这一阶段的特征是挤压与拉张共存。一方面, 赣东北及邻近地区发育大量活动陆缘造山带挤压环

境下的岩浆活动产物, 如钙碱性火山—侵入岩类, 代表性岩石有赣东北德兴和皖南歙县的登山群叶家组英安岩, 它们的等时线年龄为 829 ± 36 Ma(徐备, 1990), 以及上饶县叶家村变流纹岩, 浙西石耳山大麦坞—樟村流纹质凝灰岩、碱长花岗岩、花岗斑岩等。笔者等最近用 LA-ICP-MS 法获得了德兴泗洲镇附近基性岩体的锆石 U-Pb 年龄为 839 ± 5 Ma, 其地球化学特征显示岛弧属性(陆慧娟等, 2006)。而皖南(许村、歙县、休宁)的含堇青石花岗闪长岩属于典型的同碰撞花岗岩类, 它们的年龄为 821 ± 7 Ma(吴荣新等, 2005a, 2005b)。此外, 年龄在 800Ma 左右的蓝闪石片岩等(舒良树等, 1993; 周新民等, 1992; 胡世玲等, 1992)反映挤压环境的变质岩仍然发育。位于皖浙赣交界处的石耳山花岗岩(765~825Ma)属于后碰撞花岗岩, 标志着扬子板块南缘的造山运动趋于结束。另一方面, 本区又有弧后拉张环境下的岩浆活动发育, 典型代表如赣东北桃源组双峰式火山岩, 其锆石 SHRIMP 年龄为 818 ± 12 Ma(Wang et al., 2003)。

上述中—新元古代丰富多彩的岩浆活动, 记录了江南造山带(北段)的发生和形成过程, 这一发生于扬子板块东南缘的造山—陆壳增生运动在赣东北地区称为落可崇运动, 对应于华南的晋宁、雪峰等造山运动。落可崇运动后, 整个赣东北地区结束了洋壳的发育史, 进入以隆升为主的相对较稳定的板内(陆内)地质构造发展时期。750Ma 以后, 赣东北地区的岩浆活动便明显减弱。

2 古生代

总体来说, 赣东北地区的古生代构造运动和岩浆活动是不强烈的。本文共收集了 26 个古生代的年龄数据, 其中有一个锆石 U-Pb 年龄、7 个 Ar/Ar 年龄, 其余均为 K-Ar 年龄, 因此它们的可信度比较低。

上世纪 90 年代中期, 一些研究者先后报道了在赣东北地区中—新元古代地层和蛇绿混杂岩带中发现古生代的化石和火山岩(薛重生等, 1996; 赵崇贺等, 1995, 1996, 1997; 何科昭等, 1996; 樊光明, 1997; 樊光明等, 1998; 廖群安等, 1998), 从而对该地区的地层时代、构造格架、地质演化等提出了一系列新的认识和推论, 其中最主要的就是认为赣东北存在古生代的洋壳, 同时也强调了加里东运动在该区域的意义。在相关的岩浆活动及其产物的年龄界定上, 赵崇贺等(1997)用 Ar/Ar 快中子活化法获得了樟

树墩和叶家村的基性火山岩年龄为 435~487Ma, 樟树墩和西湾的辉长岩年龄为 233~266Ma。但是地质学界对他们发现的蛇绿混杂岩的古生代年龄及其地质意义一直未予以认可, 而且许多专家对赣东北蛇绿混杂岩中的古生代放射虫硅质岩也提出了否定意见(王玉净等, 2006)。

发生于早古生代末的加里东运动是华南一次非常重要的构造运动, 它使华南多岛小洋盆收缩、封闭, 华南成为统一的陆块。华南加里东期的岩浆活动, 尤其是花岗岩类, 主要分布在武夷—云开褶皱带, 在赣东北地区(尤其是九岭地体)则很少发育, 表明该地区仍处于较稳定的构造环境。目前看来, 赣东北地区加里东旋回的代表性岩体似乎只有横峰县北侧的港边岩浆杂岩体, 但是对该岩体的性质及其时代归属尚无定论: 李昌年(2002)根据其中钙碱性—钾玄质火山岩围岩的 Rb-Sr 等时线年龄 847Ma 认为它属于新元古代; 廖群安等(1998)测得其 Sm-Nd 等时线年龄为 584Ma, 并认为其属典型的岛弧火山岩组合(据国际地质科学联合会 2004 的地质年代方案, 该年龄应属新元古代震旦纪); 唐春花等(2004)对该杂岩体中偏酸性端元的角闪石英正长岩进行锆石 U-Pb 年龄测定(宜昌地矿所同位素地球化学开放研究实验室测定), 获得 445±4Ma 的年龄, 表明其形成于加里东期, 并认为其可能侵入于碰撞后的地壳减薄拉张阶段。因此对该岩浆杂岩体确切的时代及其地质背景尚待进一步研究。

晚古生代在华南的一些地区如下扬子—钱塘江、粤东—闽西南、湘桂粤北等出现了海西—印支期的断裂拗陷带(徐克勤等, 1978); 在赣东北的信江和萍乡—乐平地区也发育类似的海西—印支断裂拗陷带, 如塔前—赋春、东乡—乐华、陈坊—永平等(张祖海等, 1996)。

华南许多海西—印支断裂拗陷带中赋存着沉积(或火山沉积)—后期热液叠加成因的铁铜铅锌等硫化物矿床(徐克勤等, 1978), 在赣东北地区, 这类矿床以永平铜矿和东乡铜(钨)矿床为代表; 此外, 位于乐(平)—德(兴)成矿带西端的乐华铅锌锰矿也与海西期海相火山活动有密切联系(顾连兴, 1987; 张祖海等, 1995)。乐华铅锌锰矿床位于海西期福泉山—花亭三级断陷盆地西北边缘, 空间上, 海西期火山活动形成的火山碎屑岩和含火山碎屑沉积岩及硅质岩与矿体呈互层产出; 时间上, 成岩与成矿同时。该区锰矿石的稀土元素配分曲线显示了铈的亏损和铈的富集, 其 $Ce/Ce^* = 0.75$, $Eu/Eu^* = 1.52$ (顾连兴,

1987)。铈的亏损说明矿质沉积时对海水中 REE 的吸附作用, 而铈的富集则说明与火山作用有关(Cullers et al., 1984)。这些证据说明乐华矿区成矿物质来自海底热泉。海底热液在深部环流过程中, 一方面吸附海水中的 REE, 另一方面可对围岩中斜长石等富铈矿物进行蚀变和淋滤, 从而导致以上的地球化学特征。

李晓峰等(2002)曾测得德兴金山金矿与蚀变糜棱岩型及含金石英脉两类金矿化伴生的绢云母的 K-Ar 年龄分别为 318~300±3 Ma 和 270 Ma, 从而提出金山金矿的成矿作用与海西—印支期的构造—热事件有关的新认识。在本次研究过程中, 笔者发现金山金矿发育与成矿关系密切的硅质岩, 呈层状、似层状或透镜状夹在糜棱岩中, 颜色多为灰白色, 细粒致密结构, 块状构造(龙光明^②), 可能表明金山金矿的成矿作用与海西—印支期的海底热水沉积作用有关。

3 中生代

中生代是赣东北地区岩浆活动较强烈的一个时期, 其中以燕山期岩浆活动尤为强烈。与华南其他地区一样, 本区的中生代构造—岩浆作用始于印支运动。印支运动是我国地质构造发展史上具有重要意义的一次运动, 它的性质是陆内造山作用(任纪舜等, 1999), 它不仅使华南内部发生了以碰撞—挤压—推覆—隆升为主的印支造山运动, 而且也推动了华北板块和华南板块在印支期完成碰撞拼合并形成中国大陆(Lan et al., 2000)。印支运动也使江南造山带陆块内部的局部断裂拗陷及相应的海相或海陆交互的沉积作用全面结束。

赣东北地区印支期的岩浆活动并不强烈, 根据江西省地质调查院^③的资料, 本区印支期的代表性岩体有万年南岩黑云母二长花岗岩(207Ma)、贵溪的塘湾黑云母花岗闪长岩(237Ma)等, 测年方法为 K-Ar 法。如前所述, 赵崇贺等(1997)曾测得樟树墩—西湾的辉长岩年龄为 233~266Ma, 但是地质学界对其可靠性及地质意义的认识存在着较大争议。

燕山期是中国东部一个极重要的地质发展时期, 也是构造—岩浆—成矿作用的高峰期。在赣东北地区, 燕山期火山岩系主要集中分布于乐(华)—德(兴)盆地、东乡盆地、贵溪盆地、铅山—广丰盆地等火山岩盆地内, 除了较大面积的火山碎屑岩外, 盆地边缘还发育潜火山相和浅成侵入岩, 岩性以中酸

性为主,时代则以中一晚侏罗世至早白垩世为主。

华仁民等(1984)曾研究过德兴地区燕山期两个成因系列的花岗岩类,即以铜厂—富家坞花岗闪长斑岩岩株为代表的同熔型(I型)花岗岩类和以大茅山花岗岩为代表的改造型(S型)花岗岩类。众所周知,铜厂—富家坞花岗闪长斑岩岩株是超大型德兴斑岩铜矿的成矿母岩,而银山的英安斑岩岩脉则是同名超大型铜金多金属矿床的成矿母岩;二者都是中国东部中生代成矿大爆发的产物。铜厂—富家坞斑岩铜矿、银山多金属矿与金山金矿构成了著名的赣东北金铜矿集区。

德兴铜厂—富家坞花岗闪长斑岩和银山潜火山岩的年龄数据较多,花岗闪长斑岩的年龄跨度为193~157 Ma,但主要在185~170 Ma之间,属燕山早期;银山潜火山岩侵位稍晚,年龄主要在167~140 Ma之间。王强等(2004)对德兴铜厂—富家坞花岗闪长斑岩进行了SHRIMP锆石年代学研究,测得其年龄为 171 ± 3 Ma,而陆建军等(Lu et al., 2005)测定的德兴斑岩铜矿的辉钼矿 Re-Os 年龄为170Ma,这两个年龄较为可信,又相当一致,充分说明了花岗闪长斑岩侵位与铜(钼)成矿作用的同时性。此外,据江西省地质调查院^①的资料,这一时期的岩浆活动产物还不少(表2),侏罗纪的岩体有万年岗山白云母花岗岩,富家坞铜厂序列石英斑岩、花岗斑岩、闪长斑岩、闪长岩,万年裴梅大港桥白云母二长花岗岩,莲花山复式岩基闪长玢岩,障公山曹村单元二长花岗岩,上饶县国苧圳流纹英安岩;白垩纪岩体则有上饶县国苧圳流纹岩,江西铅山钽源序列二云钾长花岗岩,上饶望仙下宅坞单元二长花岗岩,波阳县莲花山黑云母花岗岩、白云母花岗岩,北山石岭头闪长玢岩,浮梁县鹅湖二长花岗岩,弋阳池坞里单元二长花岗斑岩,铅山盆地粗面英安岩,弋阳化山岗钾长花岗斑岩,铅山七里亭粗面英安岩,德兴西山岩体黑云角闪花岗闪长岩,德兴蒋源岩体黑云角闪花岗闪长岩,广丰盆地周家店花岗斑岩,上饶灵山火烧庙角闪黑云母正长碱长花岗岩,怀玉山扬家萍黑云钾长花岗岩,怀玉山太阳坑钾长花岗岩,玉山、余江周家店组橄榄玄武岩,怀玉山里松洋黑云二长花岗岩,乐平—歙县超基性岩,铜钹山花岗质侵入杂岩等等。

对于赣东北地区中生代尤其是燕山早期大规模岩浆活动及成矿作用的动力学背景,目前的认识尚不统一。胡受奚等(1992)认为,银山多金属成矿作用是沿赣东北深大断裂发生A型俯冲作用所致。

江西银山铜铅锌金银矿床编写组(1996)认为,银山多金属矿床形成于燕山早期的陆内断陷—火山岩盆地环境。对于德兴斑岩铜矿及相关的岩浆活动,大部分研究者认为是形成于古太平洋板块俯冲所导致的大陆边缘挤压环境(朱训等,1983;芮宗瑶等,1984)或与之相关的陆内A型俯冲;这与全球大部分斑岩铜矿产在俯冲有关的大陆边缘相一致。但王强等(2004)则认为它们形成于一个伸展的动力学背景,李晓峰等(2006)也认为,华南地区在180~170Ma左右时处于局部伸展环境,此时的岩浆事件和成矿事件是局部伸展环境的产物。华仁民等(2005)把赣东北地区和湘东南地区与燕山早期以钙碱性为主的中酸性岩浆活动有关的铜金铅锌成矿作用称为华南地区中生代3次大规模成矿作用中的第一次,是在岩石圈“局部伸展—拉张裂解”的地球动力学环境下发生的。

自早白垩世晚期,研究区整体上处于拉伸状态,进入了裂谷发育阶段,形成白垩纪的裂陷盆地沉积,并伴有多期的玄武岩和拉斑玄武岩浆喷发(樊光明等,1998)。此外,本区早白垩世晚期周家店组红层中出现了花岗斑岩脉岩群与玄武岩夹层,其同位素年龄分别为105~110 Ma、98~101Ma(表2),二者形成于同一伸展盆地活动期,构成双峰式岩浆岩建造,表明本区在早白垩世也处于拉张伸展的构造环境,为陆内造山环境向陆内拉张环境过渡的一个过渡性构造环境(吴利仁,1984;周珣若等,1994;王勇等,1997;余达淦等,1999)。赣东北早白垩世火山—侵入杂岩正是在这样一个过渡性构造环境中形成的。

综上所述,本区燕山期存在170~180Ma及98~110Ma这二个岩浆活动高峰时期,说明赣东北地区在该时期经历了构造应力上挤压与拉张的交替,发生了大规模的壳幔之间物质交换等过程。

4 新生代

由于本区离东南沿海较远,因此新生代(喜马拉雅期)构造—岩浆活动不强,目前区内发现的新生代岩浆岩很少,仅在一些局部张裂带有少量岩浆活动,如铅山县黄家湾单元二长花岗岩,铜钹山花岗质侵入杂岩,它们的K-Ar同位素年龄分别为64~78Ma和64Ma(江西省地质调查院^①)。余达淦等(2005)测得穿插在广丰白垩纪红盆中的碱性基性岩的年龄为41Ma。此外,楼法生等(2001)曾报道过在德兴龙头山乡北部白垩系红盆中发现超基性岩,岩性主

要为玻基辉橄岩,但未确定其年龄,故暂定为“中—新生代”。

5 结论

本文通过对赣东北地区中—新元古代以来岩浆活动年龄数据的收集整理,结合对它们的岩石性质的分析归纳,获得了以下初步结论:

(1) 赣东北地区自新元古代碰撞造山以来,尽管整体上以地壳长时期隆升为主导,但仍然经历了(板内)挤压与拉张的交替和壳—幔物质交换过程,形成了丰富多彩的岩浆活动产物。

(2) 赣东北地区岩浆活动具有多旋回、多期的特点。从岩浆岩年龄分布频率图(图2,据国际地科联2004年地层划分方案)可见,晚前寒武纪和中生代(尤其是白垩纪)的岩浆活动最强烈。值得注意的是,赣东北地区在海西期也有相当的构造—岩浆活动显示,尤其是断裂拗陷带内的海底火山活动及相关的(喷流)热水沉积,而永平、东乡、乐华、金山等处的成矿作用也在不同程度上与此有关。

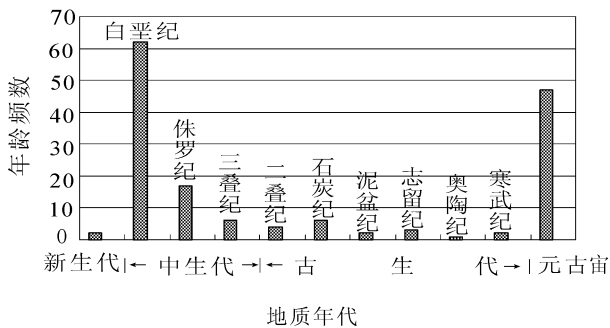


图2 赣东北及邻近地区岩浆岩年龄分布频率图

Fig. 2 Histogram of age distribution for igneous rocks in Northeast Jiangxi and vicinity areas

(3) 赣东北深大断裂带是该地区地质构造的最主要单元和控制因素之一,在地壳演化、岩浆活动及成矿作用等方面都具有重要意义。作为板块古俯冲带和地体边界,它既是一条蛇绿混杂构造岩带,也是一条长期、反复活动的超壳深断裂(华仁民,1988;华仁民等,2000),因此,赣东北地区不同时期的许多岩浆活动都受它控制,包括前寒武纪的大量基性—超基性岩,中生代的中酸性岩浆活动(及相关的大规模金铜成矿作用),以及可能的新生代超基性岩等。

致谢: 本文野外调研期间得到江西有色地勘局韦星林、有色四队郭仕兴、江西省地质调查院楼法生、刘邦秀、德兴铜矿戴有芳、金山金矿张开平、花桥

金矿周新发及其他许多地质单位领导、同行的大力支持和帮助;论文写作中得到王德滋院士和周新民教授、舒良树教授等的指导和帮助。在此向他们一并致以谢意。

注释

- ① 江西省地质调查院. 2002. 中华人民共和国区域地质调查报告.
- ② 龙光明. 2005. 江西金山金矿成矿流体地球化学研究. 南京大学地球科学系学士学位论文.
- ③ 伍勤生. 1989. 金山金矿年龄测定及矿床成因探讨. 见: 第四届全国同位素会议论文摘要集. 第37页.
- ④ 林德松. 1989. 江西银山多金属矿床蚀变矿化分布、成因模式及找矿研究报告.

参考文献 / References

- 程海, 胡世玲, 唐朝辉. 1991. 赣东北铁砂街变质混杂岩块的同位素年代. 中国区域地质, (2): 151~154.
- 邓国辉. 1997. 东乡瑶圩—余江马荃地区斜长角闪岩特征及地质意义. 江西地质科技, (1): 20~24.
- 邓国辉, 肖志坚. 1998. 浅折江西宜黄地区中深变质岩系与浅变质岩系的关系. 中国区域地质, 17(4): 418~422.
- 邓国辉, 楼法生, 黄传冠. 2003a. 赣东北珍珠山群的建立及意义. 地质通报, 22(1): 32~42.
- 邓国辉, 谢国刚, 姚建新, 凌联海. 2003b. 赣东北珍珠山群同位素年代学研究. 地质论评, 49(4): 374~378.
- 樊光明. 1997. 皖浙赣区段的加里东构造旋回的确定及其意义. 地学前缘, 4(4): 222.
- 樊光明, 薛重生, 张克信, 李昌年. 1998. 赣东北地区构造演化的新认识. 江西地质, 12(4): 243~250.
- 顾连兴. 1987. 江西乐华层状锰矿与脉状铅—锌矿的成因联系. 地质论评, 33(3): 267~273.
- 管太阳, 余达途. 1993. 江西广丰地区晚元古代早期地层剖面特征及其地质意义. 华东地质学院院报, 16(1): 385~394.
- 何科昭, 赵崇贺, 邵道乾. 1996. 赣东北蛇绿混杂岩带中多处发现含晚古生代放射虫硅质岩. 现代地质, 10(3): 303~307.
- 胡世玲, 邹海波, 周新民. 1992. 江南元古宙碰撞造山带的两个⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄值. 科学通报, 37(3): 286.
- 胡世玲, 郝杰. 1993. 江西广丰田里片岩⁴⁰Ar-³⁹Ar同位素年龄及有关问题的讨论. 见: 李继亮. 主编. 东南大陆岩石圈结构与地质演化. 北京: 冶金工业出版社, 145~148.
- 胡世玲, 郝杰. 1998. 江西德兴西湾钠长花岗岩的激光质谱⁴⁰Ar-³⁹Ar等时年龄. 中国区域地质, 17(1): 66~68.
- 胡受奚, 陈武, 华仁民. 1992. 气—热液矿床的侧向分带及其成因机制. 矿床地质, 11(4): 291~300.
- 华仁民, 董忠泉. 1984. 德兴地区二个系列花岗岩类的特征对比及成因探讨. 见: 徐克勤, 涂光炽. 主编. 花岗岩地质与成矿关系. 南京: 江苏科技出版社, 226~240.
- 华仁民. 1988. 赣东北深大断裂带形成机制的讨论. 南京大学学报(地球科学版), (1): 62~69.
- 华仁民, 李晓峰, 陆建军, 陈培荣, 邱德同, 王果. 2000. 德兴大型铜金矿集区的构造环境与成矿流体研究. 地球科学进展, 15(4): 525~533.
- 华仁民, 陈培荣, 张文兰, 陆建军. 2005. 论华南地区中生代3次大规模成矿作用. 矿床地质, 24(2): 99~107
- 江西银山铜铅锌金银矿床编写组. 1996. 江西银山铜铅锌金银矿床. 北京: 地质出版社, 380.

- 李昌年. 2002. 赣东北晚元古代港边岩浆混合杂岩体的区域地质调查及岩石学研究. 华东地质与矿产, 3: 9~18.
- 李坤英, 沈加林. 1989. 中国浙闽赣地区中生代陆相火山岩同位素年代学. 地层学杂志, 13(1): 1~13.
- 李献华, 周国庆, 赵建新. 1994. 赣东北蛇绿岩的离子探针锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 地球化学, (2): 117~123.
- 李献华. 1996. 模式年龄和等时线年龄的适用性与局限性. 地质科学, 31(1): 97~104.
- 李晓峰, 华仁民, 杨凤根, 高剑峰. 2002. 金山金矿 K-Ar 年龄及其对赣东北构造演化的指示意义. 岩石矿物学杂志, 21(1): 49~54.
- 李晓峰, 陈文, 毛景文, 王春增, 谢桂青, 冯佐海. 2006. 江西银山多金属矿床蚀变绢云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄及其地质意义. 矿床地质, 25(1): 17~26.
- 廖群安, 薛重生. 1998. 赣东北早古生代火山侵入杂岩的发现及地质意义. 地质科技情报, 17(4): 15~18.
- 廖群安, 薛重生. 1999. 赣东北地区晚元古代钾玄岩岩石学特征及成因. 地质科技情报, 18(2): 5~9.
- 刘平辉, 管太阳. 2000. 江西弋阳地区斜长角闪岩与浙江陈蔡群斜长角闪岩地球化学特征及成因的对比. 江西地质, 14(3): 162~166.
- 楼法生, 黄志忠, 吴新华, 罗小洪, 吴明仁, 谢清辉. 2001. 赣东北中—新生代超基性岩与金刚石找矿前景分析. 高校地质学报, 7(1): 87~91.
- 陆慧娟, 华仁民, 毛光周, 龙光明. 2006. 江西德兴泗洲辉绿岩体锆石 LA-ICP-MS 定年及其地质意义. 地质学报, 80(7): 1017~1025.
- 马长信. 1991. 赣东北障公山群的 Sm-Nd 同位素研究及其地质意义. 科学通报, (19): 1518~1519.
- 马长信, 刘荣贵, 吕桂德. 1992. 赣东北前震旦纪地质. 北京: 地质出版社.
- 任纪舜, 牛宝贵, 刘志刚. 1999. 软碰撞、叠覆造山和多旋回缝合作用. 地学前缘, 6(3): 85~93.
- 芮宗瑶, 黄崇朝, 齐国明, 徐珏, 张洪涛. 1984. 中国斑岩铜(钼)矿床. 北京: 地质出版社. 1~350.
- 沈渭洲, 陈敏荣, 刘昌实, 杜杨松. 1991. 江西银山多金属矿床的稳定同位素研究. 南京大学学报(地球科学), 2: 186~1193.
- 舒良树, 李雅维. 1987. 试论江西北部的地体构造. 江西地质, 1(1): 31~37.
- 舒良树, 周国庆, 施央申. 1993. 江南造山带东段高压变质蓝片岩及其地质时代研究. 科学通报, 38(20): 1879~1882.
- 舒良树, 孙岩. 1995. 江南中段花岗岩天然变形与显微构造模拟实验研究. 中国科学(B辑), 25(11): 1226~1232.
- 唐红峰, 周新民, 支利庚. 1997. 皖南许村晚元古代复合岩墙群的发现及其意义. 科学通报, 42(1): 64~66.
- 唐春花, 楼法生, 黄志忠, 吴新华, 宋志瑞. 2004. 赣东北岩浆混合杂岩体的锆石 U-Pb 年龄. 资源调查与环境, 25(3): 174~177.
- 王勇, 余达淦, 巫建华. 1997. 赣东北中生代玄武岩微量元素地球化学特征. 华东地质学院学报, 20(4): 328~335.
- 王强, 赵振华, 简平, 许继峰, 包志伟, 马金龙. 2004. 德兴花岗闪长斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学和 Nd-Sr 同位素地球化学. 岩石学报, 20(2): 315~324.
- 王玉净, 杨群, 尹磊明. 2006. 赣东北蛇绿混杂岩带和变质岩系中“放射虫硅质岩”的再研究. 高校地质学报, 12(1): 98~105.
- 吴利仁. 1984. 华东及邻区中生代火山岩. 北京: 科学出版社.
- 吴荣新, 郑永飞, 吴元保. 2005a. 皖南新元古代花岗岩闪长岩体锆石 U-Pb 定年以及元素和氧同位素地球化学研究. 岩石学报, 21(3): 587~606.
- 吴荣新, 郑永飞, 吴元保. 2005b. 皖南石耳山新元古代花岗岩锆石 U-Pb 定年以及元素和氧同位素地球化学. 高校地质学报, 11(3): 364~382.
- 谢国刚, 李均辉, 李武显, 唐红峰, 李惠民, 周新民. 1997. 庐山前震旦纪岩石中锆石 U-Pb 法定年及其地质意义. 地质科学, 32(1): 110~115.
- 邢凤鸣, 徐祥, 陈江峰, 周泰禧. 1992. 江南古陆东南缘晚元古代大陆增生史. 地质学报, 66(1): 59~72.
- 徐备, 乔广生. 1989. 赣东北晚元古代蛇绿混杂岩套的 Sm-Nd 同位素年龄及原始构造环境. 南京大学学报, 3: 108~113.
- 徐备. 1990. 论赣东北—皖南晚元古代沟弧盆体系. 地质学报, 1: 33~41.
- 徐备, 郭令智, 施央申. 1992. 皖浙赣地区元古代地体和多期碰撞造山带. 北京: 地质出版社, 53~58.
- 徐克勤, 朱金初. 1978. 我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)—热液叠加类铁铜矿床成因的探讨. 福建地质, 4: 1~68.
- 薛重生, 张克信, 曾忠平. 1996. 赣东北蛇绿混杂岩和张村群—登山群变质岩中发现微古化石. 地质科技情报, 15(1): 30.
- 杨明桂. 1988. 华南中晚元古代地层划分·沉积建造的特征及其构造演化的探讨. 江西地质, 2(2): 112~121.
- 杨明桂. 1994. 华南地区区域地质特征. 见: 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社, 369~397.
- 叶庆同. 1987. 赣东北铅锌矿床成矿系列和成矿机理. 北京: 北京科学技术出版社, 1~124.
- 余达淦, 艾桂根, 黄国夫. 1999. 江西周潭群同位素年龄特征及其地质意义. 地球学报, 20(2): 195~200.
- 余达淦, 管太阳, 黄国夫. 2000. 华南(东)铅山—广丰晚中生代岩浆岩来源及与铀矿化的关系. 地质论评, 45(增刊): 768~778.
- 余达淦, 叶发旺, 王勇. 2001. 江西广丰早白垩世中晚期盆地火山—侵入杂岩活动序列确认及地质意义. 大地构造与成矿学, 25(3): 271~276.
- 余达淦, 王勇, 张国庆. 2005. 广丰新生代基性岩多世代辉石矿物学特征及意义. 东华理工学院学报, 28(4): 301~305.
- 袁忠信, 吴良士, 张宗清, 叶笑江. 1991. 闽北麻源群 Sm-Nd, Rb-Sr 同位素年龄研究. 岩石矿物学杂志, 10(2): 128~132.
- 张海祥, 孙大中, 朱炳泉. 2000. 赣东北元古代变质沉积岩的铅钨同位素特征. 中国区域地质, 19(1): 66~71.
- 张利民. 1990. 江西中生代火山岩系地层划分及时代刍议. 华东地质学院学报, 13(2): 9~14.
- 张利民. 1991. 中国东南部中生代火山岩型铀矿床的赋存层位初探. 铀矿地质, 7(3): 152~156.
- 张祖海, 汤新红, 郝林, 朱天和. 1995. 江西海底火山喷流—热水沉积铜矿床成矿模式. 江西地质, 9(2): 83~92.
- 张祖海, 吴延之, 黄定堂, 樊键强. 1996. 赣东北隐伏矿床大比例尺成矿预测. 北京: 地质出版社.
- 章邦桐, 凌洪飞, 沈渭洲, 刘继顺, 杨杰东, 陶仙聪. 1990. 浙江绍兴西裘双溪坞群细碧—角斑岩的等时线年龄. 南京大学学报(地球科学), 2: 9~14.
- 赵风清, 金文山, 王祖伟. 1995. 华夏地块前加里东变质基底特征及深部地壳性质. 地球学报, 36(3): 235~245.
- 赵风清, 金文山, 甘晓春, 孙大中. 1997. 赣东北—浙西北登山群和松木坞群中火山岩的地球化学. 前寒武纪研究进展, 20(2): 52~57.
- 赵崇贺, 何科昭, 莫宣学. 1995. 赣东北深断裂带蛇绿混杂岩中含晚古生代放射虫硅质岩的发现及其意义. 科学通报, 40(23): 2161~2163.
- 赵崇贺, 何科昭, 周正国. 1996. 关于华南大地构造问题的再认识. 现代地质, 10(4): 512~517.
- 赵崇贺, 何科昭, 郜道乾. 1997. 赣东北地区重要火成岩的⁴⁰Ar-³⁹Ar 年龄. 地球科学, 22(3): 257~260.

- 周珣若,任进. 1994. 长江中下游中生代花岗岩. 北京:地质出版社.
- 周国庆,赵建新. 1991. 华南扬子克拉通东南缘赣东北蛇绿岩的 Sm-Nd 同位素研究. 科学通报, (2):129~132.
- 周新民,王德滋. 1988. 安徽南部低⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始比的过铝花岗岩闪长岩及其成因. 岩石学报, 4(3):37~45.
- 周新民,邹海波,杨亚东,王银喜. 1989. 安徽歙县伏川蛇绿岩套的 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义. 科学通报, (16):1243~1245.
- 周新民,朱云鹤. 1992. 江绍断裂带的岩浆混合作用及其两侧的前寒武纪地质. 中国科学(B辑), (3):296~303.
- 朱训,黄崇轲,芮宗瑶,周耀华,朱贤甲,胡宗声,梅占魁. 1983. 德兴斑岩铜矿. 北京:地质出版社.
- Chen J F, Foland K A, Xing F M, Xu X, Zhou T X. 1991. Magmatism along the southeast margin of the Yangtze and Cathaysia blocks of China. *Geology*, 19: 815~818.
- Cullers R L and Graf J L. 1984. Rare earth elements in igneous rocks of the continental crust: intermediate and silica rocks—ore petrogenesis. In: Henderson P. ed. *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 275~316.
- Lan C Y, Chung S L, Shen J S, et al. 2000. Geochemical and Sr-Nd isotope characteristics of granitic rocks from northern Vietnam. *Journal of Asian Earth Sciences*, 18(3): 267~280.
- Li Z X, Zhang L, Powell C M. 1995. South China in Rodinia: part of the missing link between Australia—East Antarctica and Laurentia? *Geology*, 23: 407~410.
- Li Z X, Li X H, Zhou H W, Kinny P D. 2002. Grenvillian continental collision in south China. New SHRIMP U-Pb zircon results and implications for the configuration of Rodinia. *Geology*, 30:163~166.
- Li X H, Li Z X, Ge W C, Li W X, Liu Y, Wingate M T D. 2003. Neoproterozoic granitoids in South China: crustal melting above a mantle plume at ca. 825 Ma? *Precamb. Res.*, 122:45~83.
- Lu J J, Hua R M and Yao C L. 2005. Re-Os age for molybdenite from the Dexing porphyry Cu—Au deposit of Jiangxi Province, China. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 69 (Supp. A): 882.
- Wang J, Li Z X, Duan T Z, Zhang S H, Bao C M, Li Z X, Gao Y H, Mou C L. 2003. Stratigraphic and sedimentological records of the Neoproterozoic rift basins in southern China. In: Li Z X, Wang J, Li X H, et al. eds. *From Sibao Orogenesis to Nanhua Rifting: Late Precambrian Tectonic History of Eastern South China — An Overview and Field Guide*. Beijing: Geological Publishing House, 26~39.

Isotope Geochronological Study of Igneous Rocks in Northeastern Jiangxi Province and Its Implication to Geologic Evolution

LU Huijuan, HUA Renmin, MAO Guangzhou, LONG Guangming

State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093

Abstract

This paper collected more than 200 isotopic age data of igneous rocks in Northeast Jiangxi Province and vicinity areas, made synthetic analyses from many geologic data of previous studies, and summarized in detail the process of magmatisms, tectonic evolution and geodynamic background of this area from middle Proterozoic to Cenozoic. No precise datum related to magmatism of Early Proterozoic or earlier ages is found, which might reveal the lack of old continent crust in this area. The abundance of various types of igneous rocks with Meso- to Neoproterozoic ages provided important evidence for the forming and developing of Jiangnan Orogeny Belt in the southeastern margin of Yangtze Plate. The tectonic—magmatic activity in Paleozoic Era was generally not intensive, and only developed in several Hercynian—Indosinian fault depression zones, where marine volcanism and related hydrothermal activities took place and caused some Sedex type mineralizations. The Mesozoic Era, especially the Yanshanian period, was the most intensive stage of magmatic activities in Northeast Jiangxi Province. It was also an important time for the formation of large-scale Cu—Au and poly-metallic deposits in this area, such as the super-large Tongchang—Fujiawu porphyry copper deposit related with early Yanshanian granodiorite porphyry, and the Yinshan polymetallic deposit related with sub-volcanic rocks. They are representative samples of Mesozoic metallogenic explosion in East China. In Cretaceous, the Northeast Jiangxi area was in an extensional tectonic environment, resulted in the development of some bimodal igneous rock suites. Up to Cenozoic, the tectonic—magmatic activities became weaker, only a few igneous rocks existed in some extensional zones. Some ideas concerning to several controversial questions are also put forward in this paper based on our recent study.

Key words: isotopic age; magmatic activity; tectonic evolution; Northeast Jiangxi Province

