

·区调成果·

福建省侵入岩谱系单位

郑声俭, 马金清, 黄泉祯, 严炳铨

(福建地勘局区域地质调查队, 福建 三明 365001)

提要:福建省广泛发育的侵入岩,应用岩石谱系单位划分、归并的新理论、新方法,划分有 110 个单元,归并成 27 个超单元(序列),21 个独立岩石单元,初步建立起全省岩石谱系单位等级体制。M、I、S、A 型花岗岩均较发育,S 型花岗岩一般缺少大规模的火山喷发,I 型、A 型和 I 型与 S 型过渡型花岗岩,具有滞后或与火山活动同时、同源、规模相当、地域相应的规律。不同时期、不同岩石谱系单位,成矿类型及规模不同。

关键词:福建省;侵入岩;谱系单位

中图分类号:P588.1

文献标识码:A

文章编号:1000-3967(1999)03-0229-10

福建省地质构造发展自新太古代以来,经历了五台—吕梁、四堡—晋宁、加里东、华力西—印支、燕山、喜马拉雅各构造发展阶段,各构造期均有规模不等的岩浆侵入,尤以晚三叠世开始进入濒太平洋构造域^[1]后,岩浆活动甚为频繁、强烈。侵入岩出露总面积逾 42 300 km²,占全省陆地面积的 34.87%,规模属华南诸省前列。各种岩石类型齐全,包括超基性、基性、中性、中酸性、酸性、碱性等岩类,按岩石谱系单位划分、归并方法^[2],根据岩性、接触关系、同位素年龄及同源岩浆演化等规律,共划分为 110 个岩石单元,归并为 18 个超单元、9 个序列和 21 个独立单元,分属于早元古代、晚元古代、志留纪、二叠纪、中三叠世、早侏罗世、晚侏罗世、早白垩世、晚白垩世和第三纪 10 个不同时期(表 1)。主要岩石类型为钾长花岗岩及二长花岗岩,花岗岩类以结构演化为主,闪长岩类则以成分演化占主导地位。

无论是印支运动以来濒(环)太平洋断裂体系^[3]的活动,或是印支运动以前时期陆间裂陷槽的发生与闭合,各期岩浆侵入活动规模与同期构造运动强度往往相若,均属活动大陆边缘的一套钙碱性岩浆组合,早白垩世晚期尚有大规模的碱性岩浆侵入,形成十分独特的晶洞碱长—碱性花岗岩带。各时期侵入岩的带状分布特征显示岩浆侵入受构造带控制的因素较突出,由于构造带的形成往往经历长期多次的复杂过程,受其控制的复式岩体是多期多阶段活动历史不同的岩浆活动组合体。吕梁—晋宁和加里东期侵入体沿韧性剪切带呈底辟或一定构造部位呈热轻汽球膨胀侵位机制较突出;华力西—印支期侵入体热轻汽球膨胀、底辟和岩墙扩张复合侵位机制较明显;燕山期侵入体火山口塌陷、顶蚀、岩墙扩张等被动侵位机制较醒目,伴有底

收稿日期:1998-02-12; **修订日期:**1999-03-16

作者简介:郑声俭,男,1945年生,湖北地质学院地勘系毕业,高级工程师,从事区域地质综合研究工作,发表有《中华人民共和国厦门地质图(1:15万)》及《福建省侵入岩谱系单位划分研究》等专著。
(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

辟、热轻汽球膨胀等复合侵位机制。

表 1 福建省侵入岩岩石谱系单位划分简表

Table 1 Summary of the hierarchical units of intrusive rocks in Fujian province

构造期	时代	超单元 (代号)	独立单元 (代号)	岩石名称	上限	下限	同位素年代 (Ma)	
喜山期	第三纪		铺头(RP)	深灰色辉绿(玢)岩			56(K-Ar)	
			山后尖(RS)	灰黑色斑状辉长岩				
			际下西(RJ)	灰黑色斑状橄榄辉长岩				
燕山期 V 幕	晚白垩世		白门山(K ₂ Bm)	浅灰、灰紫色碱性长石斑岩	K ₂ S	K ₁ HS	91.8(Rb-Sr) 94.7(K-Ar)	
			弥勒山(K ₂ M)	浅肉红色石英正长(斑)岩		Jch		
			笔架山(K ₂ B)	浅肉红色碱长花岗斑岩		K ₁ HS		
			石碑前(K ₂ S)	浅肉红色花岗斑岩		Kc		
			城仔楼(K ₂ Cz)	浅灰、浅灰白色二长花岗斑岩		Kh		
			陈权(K ₂ C)	浅灰色石英二长斑岩		Je		
			湖村(K ₂ H)	灰色花岗闪长斑岩		K ₁ HS		
			井后(K ₂ J)	深灰色(石英)闪长(玢)岩		K ₁ HS		
燕山期 IV 幕	早白垩世		魁岐(K ₁ KQ)	浅肉红色细粒—中细粒—中粒—斑状细粒—微细粒晶洞碱性花岗岩		K ₁ HS	99(Rb-Sr)	
			洪山(K ₁ HS)	肉红色细—含斑中—少斑中粗—斑状细粒晶洞碱长花岗岩	K ₁ KQ	Kz	106(K-Ar)	
			玛坑(K ₁ MK)	肉红色含斑细—少斑中细—似斑中—斑状细—微细粒钾长花岗岩	K ₁ KQ	K ₁ YB	116(Rb-Sr)	
			邑坂(K ₁ YB)	浅肉红色含斑中细—少斑中细—似斑中细(中)—斑状细粒二长花岗岩	K ₁ MK	K ₁ ZT	120(Sm-Nd)	
			福岭(K ₁ FL)	浅肉红色似斑状细粒石英二长岩—似斑状细粒(石英)正长岩	K ₁ HS	J ₃ GZ		
			钟腾(K ₁ ZT)	暗灰色细粒石英闪长岩—浅灰色细粒石英闪长岩—浅灰色细粒石英二长闪长岩—浅肉红色(少斑)中细(中)粒花岗闪长岩	K ₁ LP	Je	131(K-Ar)	
			岱前(K ₁ DQ)	深灰色似斑状细粒—大斑似斑状中细粒辉长岩	K ₁ YB	Je	139(K-Ar)	
				长基(K ₁ C)	灰黑色斜辉橄榄岩		Je	
燕山期 II 幕	晚侏罗世		古竹(J ₃ GZ)	肉红色含斑细—含斑中细—少斑中—似斑中粗—斑状细—微细粒钾长花岗岩	K ₁ ZT	Jxd	155(Pb-Pb)	
			永兴(J ₃ YX)	灰白色含斑细(中细)—少斑中(中细)—似斑粗(中)—多斑粗粒二长花岗岩	J ₃ GZ	Jxd	159(Rb-Sr)	
			上都(J ₃ SD)	灰白色少斑中细(细)—似斑中—斑状细粒石英二长岩	J ₃ GZ	J ₁ YD	162(K-Ar)	
				双峰(J ₃ S)	浅灰色中细(中)粒花岗闪长岩	J ₃ GZ	Jx	
				虹垂(J ₃ HC)	深灰色细粒石英闪长岩—灰色含斑中细—多斑中粒石英二长闪长岩	J ₃ YX		

续表 1

燕山期 I 幕	早侏罗世	永定 (J ₁ YD)		肉红色细—含斑中细—少斑中—似斑中粗—斑状细—微细粒钾长花岗岩	J ₃ GZ	Jx	179(Rb-Sr)	
		峰市 (J ₁ FS)		浅灰色含斑中细—少斑中—似斑中—斑状细—微细粒黑云母二长花岗岩	J ₁ YD	J ₁ XJ	183(Rb-Sr)	
		新街 ^① (J ₁ XJ)		浅灰色中细—含斑中细粒花岗岩闪长岩	J ₁ y	Jl		
		太拔 ^① (J ₁ TB)		灰色细粒辉石闪长岩—浅灰色细粒辉石二长闪长岩	J ₁ YD		204(Rb-Sr)	
华力西	中三叠世	山阳 ^① (T ₂ SY)		浅肉红色少斑中细—似斑中粒—斑状细—微细粒白云母钾长花岗岩	J ₃ GZ	Dtz	220(Pb-Pb)	
		宣和 ^① (T ₂ XH)		浅肉红色似斑状中粒—中粗粒黑云母二长花岗岩	JL	CPJ	230(K-Ar)	
		吴东山 ^① (T ₂ WD)		深灰色少斑细粒石英闪长岩—少斑中粒石英二长闪长岩—似斑状中粗粒—多斑巨斑中粗粒花岗岩闪长岩	J ₃ YX		246(Rb-Sr)	
	二叠纪	蛟洋 (P ₁ JY)		浅肉红色似斑状中细—多斑大斑中粗粒钾长花岗岩			Dt	
		贡川 ^① (P ₁ GC)		灰白色片麻状少斑中细—似斑中粒黑云母二长花岗岩	Jy	Dtz		255(Rb-Sr)
			泮地(PB)	灰红色含斑细粒角闪正长岩				
		安村(PA)	灰、浅灰色中细粒石英二长岩			Pt		
		溪坪 ^① (P ₁ XP)	深灰色细粒石英二长闪长岩—灰色细(中细)粒花岗岩闪长岩	Tj	Pt		264(K-Ar)	
		石头坂 ^① (P ₁ ST)	灰黑色片麻状细粒角闪石岩—深灰色片麻状细粒闪长岩	PA	Pt		292(K-Ar)	
加里东期	志留纪		金寨(SJ)	灰白色细粒二云母钾长花岗岩		SXX	414(Rb-Sr)	
			岭兜 (SLD)	灰白色似斑状中细—中粒二云母钾长花岗岩	CPc	SXX	420(U-Pb)	
			西溪 (SXX)	浅灰中细—含斑中细—少斑中细(中)—似斑中(中粗)—斑状细—微细粒二长花岗岩	SLD	SG	422(U-Pb)	
			光坑(SG)	浅灰色片麻状含斑中细(中)粒花岗岩闪长岩	SXX	Pt _{1t}		
			蒲洋格 ^① (SPY)	灰色含斑中细粒石英二长闪长岩—浅灰色含斑中细粒石英二长岩		Pt _{2-3d}	425(U-Pb)	
			夏茂 (SXM)	灰色细粒—中细粒石英闪长岩	SJ	Pt _{2-3l}	428(U-Pb)	
四堡—晋宁期	晚元古代		茶地(Pt ₃ C)	浅肉红色片麻状似斑状黑云母钾长花岗岩	SXX			
			梅坝(Pt ₃ M)	浅灰色片麻状似斑状黑云母二长花岗岩	SJ	Pt _{2-3l}	796(Pb-Pb)	
			王母山(Pt ₃ W)	深灰绿、灰黑色方辉橄榄岩、辉石岩		Pt _{2-3l}		
吕梁期	早元古代		包处(Pt ₁ B)	墨绿色橄榄岩、辉石橄榄岩			1 567(Sm-Nd)	
			上坪 (Pt ₁ SP)	浅灰色片麻状石英闪长岩—灰白色片麻状英云闪长岩		Ar _{3t}	1 714(Rb-Sr)	

注:①序列;同位素年龄值引自各 1:5 万区调图幅报告

成因类型主要有 M 型、I 型、S 型、A 型 4 种基本类型,晚侏罗世酸性岩类表现出 I 型与 S

型之间过渡型特征。由于各时期岩浆侵入活动显示出活动大陆边缘的构造环境,志留纪、二叠纪和晚侏罗世 I 型花岗岩向 S 型花岗岩或过渡型花岗岩的转变,是上地幔和下地壳部分熔融的玄武质、安山质岩浆上升到地壳较浅部位与壳源物质混熔的岩浆经分异和分离结晶的熔融体在侵位过程中再度混熔了部分壳源物质的产物。早白垩世晚期 A 型花岗岩,属于上地幔与下地壳部分熔融的玄武质岩浆分异晚期产物。

省内是环太平洋中、新生代金属成矿带与南岭钨、锡、铋钼、铜、铅锌、稀土成矿带复合部位。主要有早元古代、晚元古代、志留纪、二叠纪、晚侏罗世、早白垩世、晚白垩世 7 个成矿期,一般与有关岩石谱系单位早次细一中粒岩石单元或晚次伟晶岩、相关斑岩等有关。成矿岩体及矿产类型与岩浆成因、所处区域地质构造部位及区域地球化学场背景等关系密切。

1 元古代岩石谱系单位

元古代岩浆侵入活动微弱,分别属早元古代末期吕梁运动及中元古代中期—晚元古代早期四堡—晋宁运动产物。

早元古代上坪超单元中一中酸性岩分布于闽西北隆起带西部闽赣交界处,属具底辟侵位特征的 I 型花岗岩。包处单元超基性岩分布于闽西北隆起带近东缘,可能属于沿陆缘断裂带分布的幔源熔浆分离体。分别测得颗粒锆石 Pb-Pb 法和全岩 Sm-Nd 法年龄,由于岩体普遍遭受重结晶作用或全岩蛇纹石化,可能偏新,应与浙西南侵入八都群的淡竹花岗闪长岩(1 837 Ma)等侵入体时代相当,与下元古界大金山组、桃溪组、南山组中的拉斑玄武岩、中基性火山岩(2 320[?] ~1 825^[4] Ma, Sm-Nd)和酸性火山岩(2 093[?] Ma, Pb-Pb)属同期或滞后的岩浆侵入活动产物。上坪超单元上坪深成岩体两单元岩石随成分演化,晚次严塘单元石英含量大幅度增高,普通角闪石消失,斜长石、黑云母含量与早次韩家单元相当。SiO₂、K₂O + Na₂O、K/(K + Na)比值及 A·R、LI、DI、FL 值向晚次单元增高。包处单元超基性岩全部蚀变为蛇纹石岩、滑石蛇纹石岩。岩石化学成分与黎形的中国纯橄榄岩相比较,Al₂O₃ 较高, MgO 偏低,其他成分相近,标准矿物橄榄石含量高,岩石中也见有橄榄石交代残余结构。北坊岩体发现有橄榄石和辉石残晶,伴生有 Cr、Ni、Co、Pt 等元素,具铬铁矿化;黄源岩体具镍矿化,属 M 型。但包处岩体 $\epsilon_{Nd}(0) < 0$,反映受壳源物质严重混染。

晚元古代王母山单元超基性岩和梅坝、茶地两单元酸性岩主要分布于政和—大埔断裂带西侧,沿海的福清上楼、龙海、集美等地片麻眼球状二长花岗岩可能属同期产物。王母山岩体侵入中元古界龙北溪组,被志留纪二云母钾长花岗岩侵入,与马面山群、万全群中发育的海相富钠火山岩可能均属四堡运动后晋宁早期古陆核裂解阶段同期异相岩浆活动产物,属 M 型花岗岩。梅坝二长花岗岩单元的裴中等岩体颗粒锆石 Pb-Pb 同位素年龄 796[?] ~906[?] Ma,与茶地钾长花岗岩单元相伴断续呈带状展布,所发育的透入性片麻状叶理与围岩糜棱面理产状基本一致,属于晋宁期陆间裂陷槽闭合阶段同构造期沿韧性剪切带呈底辟形式侵位的 S 型花岗岩,缺乏同期火山活动。王母山单元各深成岩体全部蚀变为蛇纹石岩、滑石岩,局部见橄榄石、辉石残余结构。岩石化学成分与黎形的中国纯橄榄岩、辉石岩平均值相比较,CaO 较高,

[?] 福建省区域地质调查队三分队,1:5 万拿口、富文、仁寿、埔上幅区调报告,1998;石陂、沂州幅区调报告,1993。

[?] 福建省闽北地质大队六分队,1:5 万渔梁、永兴幅区调报告,1993;水吉、东平、小湖幅区调报告,1995。

MaO、FeO 较低, Na₂O、K₂O 低, 其他成分相近。与包处单元不同的是, 富含标准矿物透辉石, 正长石、钙长石含量较高。梅坝、茶地两岩石单元, 从岩石学、岩石化学、地球化学、副矿物特征等均具有同期、同源岩浆演化特征。岩石均具片麻状、眼球状构造, 糜棱结构、变余似斑状结构、原生碎裂结构。属典型的 S 型花岗岩。从梅坝单元二长花岗岩向茶地单元钾长花岗岩演化, SiO₂、K₂O+Na₂O、K/(K+Na)、A·R、LI、DI、FL 值增高, 钾长石 Ab 分子向钾长花岗岩增高, K/Rb 比值降低, 锆石 ZrO₂/HfO₂ 比值也呈降低变化。

2 志留纪岩石谱系单位

志留纪末—泥盆纪初发生的加里东运动, 伴随强烈褶皱造山作用过程, 岩浆侵入规模较大, 占全省侵入岩总面积的 12.3%, 较明显形成浦城九牧—武平桂坑、建瓯大庙—永定西溪及沿海湄洲岛—东山岛西、中、东 3 个北东向岩带。西、中两岩带缺少同期火山岩, 各深成岩体热轻汽球膨胀侵位机制特征突出。东部岩带目前所划前泥盆系澳角群中发育的基性—酸性火山岩, 其中从斜长角闪岩等变质基性火山岩所获全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 463~509 Ma[?], 而光坑花岗闪长岩单元福清赤礁岩体颗粒锆石 Pb-Pb 同位素年龄为 421 Ma[?], 反映了岩浆侵入滞后于火山活动。划分、归并的夏茂超单元—蒲洋格序列—光坑独立单元—西溪超单元—岭兜超单元(含金寨单元)中—酸性钙碱性岩系, 其中夏茂超单元、蒲洋格序列、光坑单元中—中酸性岩属 I 型花岗岩, 西溪超单元、岭兜超单元(含金寨单元)酸性岩属 S 型花岗岩。各岩石谱系单位所获同位素年龄多集中于志留纪, 少数跨入奥陶纪和早泥盆世。在 R₁—R₂ 多阳离子图解中, 中—中酸性岩类多投在板块碰撞前区, 西溪超单元二长花岗岩投在同碰撞区, 岭兜超单元和金寨单元钾长花岗岩投在造山晚期区, 反映了构造环境的有序演化。晚期钾长花岗岩及外围发育的伟晶岩, 是省内铍钼、锡、铍、锂、钾长石、白云母等矿产主要成矿期。

岩石类型从早期夏茂超单元到晚期岭兜超单元, 由石英闪长岩—石英二长闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩演化, SiO₂、K₂O+Na₂O、K/(K+Na)、A·R、LI、DI、FL 值递增, Na₂O/K₂O 比值递减, 但在光坑单元与西溪超单元间存在一个较大的跳跃或波动, K/Rb 比值在递减以及 Rb/Sr 比值在递增中也存在这个现象, 可能显示出 I 型花岗岩向 S 型花岗岩的转变。结合两者从含闪长质及变质岩两种包体转变为闪长质包体消失而仅含变质岩包体, 从富含普通角闪石转变为较富含白云母和铁质黑云母, 少有独居石向富含独居石, 磁铁矿含量降低、钛铁矿和含钛矿物含量增高, 锆石标型从壳幔混合型向壳源型变化, 酸性岩类 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr > 0.706, 也反映出 I 型花岗岩向 S 型花岗岩的变化。但稀土模式具规律性演变, δEu 值和结晶锆石 ZrO₂/HfO₂ 比值呈连续性递减, 结晶锆石 UO₂/ThO₂ 比值和磁铁矿 TiO₂/TFe、MnO/FeO、Fe₂O₃/FeO 比值变化小, 反映了初始岩浆可能相同, 在其上升到地壳较浅部位时混熔了较多壳源物质, 从而造成岩石成因类型的变化, 这种情况在晚侏罗世岩浆演化过程中也有反映, 可能是活动陆缘岩浆演化的一种趋势性特征。在成分演化过程中, 伴随的结构演化以酸性岩类较突出, 其中西溪二长花岗岩超单元具主期—补充期—末期结构变化。主期岩石循中细粒—含斑中细粒—少斑中细(中)粒—似斑状中(中粗)粒有序演化。在结构演化过程中, 具有

? 福建省区域地质调查队, 福建省长乐—东山断裂带、平潭—南澳褶皱带性质及意义的研究, 1989。

? 福建省地质科学研究所吴克隆教授级高级工程师提供的资料, 1997。

钾长石含量递增,黑云母含量递减,岩石化学成分特征值 $A \cdot R$ 和 LI 值递增,结晶锆石 ZrO_2/HfO_2 比值递减的规律。

3 二叠纪岩石谱系单位

该期岩浆侵入活动与华力西运动有关。从闽西北、闽东和闽西南地区地壳演化的差别,以及闽西南地区发育于早石炭世林地组与早泥盆世桃子坑组、晚石炭世经畲组与早石炭世林地组、晚二叠世翠屏山组与早二叠世童子岩组间的假整合,反映了政和一大埔断裂带和南平—宁化断裂带控制下的断隆和拗陷,岩浆侵入活动主要集中于政和一大埔断裂带中,具有东北段偏中基性、西南段偏酸性的变化,且在与南平—宁化断裂带复合部位,岩浆侵入规模较大。中、中酸性岩类与省内铅锌、铜、金、铁等矿产具有直接或间接关系。

从石头坂序列基性到蛟洋超单元酸性侵入体,其中石头坂序列岩石化学特征表现出与晚石炭世—早二叠世经畲组双峰式火山岩基性端员具较密切的亲缘关系,可能属同源滞后的岩浆活动产物,酸性岩类缺乏同期火山岩,大部分侵入体最新下限为下二叠统童子岩组,同位素年龄大多数集中在二叠纪,部分跨入晚石炭世,其主要活动期应在二叠纪。通过地质特征、 R_1-R_2 多阳离子图解、 $A-C-F$ 岩浆成因类型分类图解、过渡族元素富集程度、副矿物组合、锆石标型特征、少数岩体的黑云母化学分析成果和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比值及汤氏图解反映的强不相容元素富集的特征等综合分析,石头坂序列至洋地单元基性、中基性、中酸性钙碱性岩和贡川序列、蛟洋单元酸性钙碱性岩,分别属于政和一大埔断裂带裂陷—拼接阶段交代型地幔熔浆上升至地壳较浅部位,与地壳物质混熔,经分异和分离结晶作用,形成具底辟和热轻汽球膨胀复合侵位机制的 I 型花岗岩以及具热轻汽球膨胀和岩墙扩张复合侵位机制的 S 型花岗岩。

岩石类型自早至晚由角闪岩—闪长岩—石英二长岩—角闪正长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩演化,岩石化学成分除蛟洋超单元由于富含钾长石斑晶,造成岩石化学成分中 SiO_2 偏低, LI 值相应偏低外,自基性到酸性岩 SiO_2 、 LI 、 DI 、 FL 值及 Rb/Sr 、 Sr/Ca 比值递增, K/Rb 比值和结晶锆石 ZrO_2/HfO_2 比值递减的规律明显, K_2O+Na_2O 和 $K/(K+Na)$ 及 $A \cdot R$ 值变化不大。基性、中性、中酸性与其他时期相同岩类相比较,具富碱高钾特征。 $F-A-M$ 和 $K-Na-Ca$ 三角图中,随成分演化主要表现出 CaO 、 MgO 的贫化, $F(Fe^{+2}+Fe^{+3})$ 值基本不变。 $LREE/HREE$ 和 δEu 值除贡川序列较低外,其他岩石谱系单位间变化较小,反映轻重稀土分馏不明显。 La_N/Yb_N 比值一般大于 10,说明熔融程度较低。

贡川序列和蛟洋超单元主期岩石单元循结构顺次演化,斑晶含量和粒径增多变粗,基质矿物粒度增大,石英、钾长石含量增高,斜长石、黑云母减少, SiO_2 、 K_2O+Na_2O 、 K_2O/Na_2O 、 $A \cdot R$ 、 LI 、 DI 、 FL 值和 Rb/Sr 比值增高, $K/(K+Na)$ 、 K/Rb 和 δEu 值降低等规律明显。蛟洋超单元蛟洋深成岩体结晶锆石 ZrO_2/HfO_2 比值也向晚次单元降低。

4 中三叠世岩石谱系单位

中三叠世岩浆侵入活动是中三叠世末印支运动挤压隆升过程中同构造期产物,总面积仅占全省侵入岩总面积的 4.3%,缺乏同期火山岩,各深成岩体规模较大,主要呈狭长的带状分布于浦城至武平桃溪一带,闽中德化桂洋等地也有小面积分布,明显受断裂构造带控制,多见侵入古生代地层,局部可见于早石炭世林地组间以狭窄的边缘混合岩带呈过渡关系,建阳陈

地、德化桂阳等岩体被早侏罗世梨山组不整合覆盖。同位素年龄反映岩浆活动可能延续到整个三叠纪。岩石自东北向西南具有自中性到酸性的变化。各深成岩体热轻汽球膨胀和岩墙扩张复合侵位机制特征较明显。

所划分的吴东山、宣和、山阳 3 个序列各深成岩体主要为壳源物质部分熔融的半原地 S 型花岗岩。吴东山、宣和、山阳 3 个代表性深成岩体所划分的岩石单元,自石英闪长岩—石英二长闪长岩—花岗闪长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩,构成一完整的成分演化序列,各岩石单元均具高硅富铝等特点, SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}/(\text{K} + \text{Na})$ 、 $\text{A} \cdot \text{R}$ 、 LI 、 DI 、 FL 值和 Rb/Sr 、 Sr/Ca 随成分演化具递增规律, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 和 δEu 值呈趋势性递减。结晶锆石 $\text{ZrO}_2/\text{HfO}_2$ 比值递减规律明显。吴东山深成岩体晚次两个花岗闪长岩单元与宣和、山阳两个深成岩体所发育的结构演化序列中,顺次均具有斑晶含量增多、增大,基质矿物粒度变粗的结构演化,但矿物百分含量变化趋势并不一致,如宣和深成岩体顺次石英含量增高,钾长石、斜长石、黑云母(白云母)含量减少,而山阳深成岩体石英、斜长石、白云母含量顺次增多,钾长石、黑云母含量减少。随矿物成分演化不同, SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{A} \cdot \text{R}$ 、 LI 、值趋增或趋低的变化不一,分异指数 DI 变化也出现差异,但 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 和 LREE/HREE 、 δEu 顺次降低, $\text{K}/(\text{K} + \text{Na})$ 、 FL 值和 Sr/Ca 比值顺次增高的规律一致。

5 早侏罗世岩石谱系单位

早侏罗世岩浆侵入活动是黄汲清先生所划分燕山运动 I 幕^[5]的产物,占全省侵入体总面积的 5.5%,分布与志留纪 3 个岩带基本吻合,但范围较局限,与断裂构造及其复合部位关系密切。侵入最新下限为早侏罗世下村组、梨山组,最老上限为晚侏罗世园盘组,全岩 $\text{Rb}-\text{Sr}$ 等时线年龄 204~173 Ma,早侏罗世藩坑组双峰式火山岩酸性端员流纹岩全岩 $\text{Rb}-\text{Sr}$ 等时线年龄 179 Ma,岩浆侵入与火山喷发基本同时,酸性岩浆侵入可能延续至中侏罗世。火山口塌陷或热轻汽球膨胀、岩墙扩张等复合侵位机制特征较突出。基性、中酸性岩及外围具铜、铅、锌矿化,钾长花岗岩外接触带具钨、锡矿化。属 I 型花岗岩。

自太拔序列基性岩向永定超单元酸性岩演化, SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}/(\text{K} + \text{Na})$ 、 $\text{A} \cdot \text{R}$ 、 LI 、 DI 、 FL 值递增, K/Rb 、 Sr/Ca 值波动递增, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 和 δEu 波动递减。结晶锆石 $\text{ZrO}_2/\text{HfO}_2$ 值具递减规律。新街序列至永定超单元中酸性、酸性岩类结构演化明显,其中峰市、永定两个超单元均具主期—补充期—末期结构变化,主期各岩石单元普遍具钾长石斑晶含量顺次增多,粒径顺次增大,基质矿物粒度顺次变粗的有序变化。造岩矿物均具波动变化,相应 SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{A} \cdot \text{R}$ 、 LI 值也呈波动变化,但 DI 、 FL 值呈递减特征,综合峰市超单元峰市深成岩体晚次单元黑云母包体增多,永定超单元永定深成岩体晚次单元富含闪长质包体,两深成岩体 Rb/Sr 值顺次递减现象,揭示了顺次脉动侵入体深源物质增多的可能。

6 晚侏罗世岩石谱系单位

晚侏罗世岩浆侵入活动与燕山运动 II 幕^[5]密切相关,分布广,规模大,占全省侵入体面积的 44.5%。所发育的中—酸性钙碱性岩基本以政和—大埔断裂带为过渡地带分为东西两个岩石亚区,西亚区以二长花岗岩、钾长花岗岩为主,较缺乏闪长岩、花岗闪长岩等中—中酸性岩,东亚区该期各类岩石主要分布在闽东南一带,中—中酸性岩类均较发育,两岩石亚区近东

侧均有典型的同构造期二长花岗岩呈带状展布。两亚区的酸性岩类 SiO_2 和 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 相近,但 $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O}$ 、碱度率东亚区较高,碱质成分中的钾质成分及 $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$ 比值具自东向西增大的递增变化。 $\text{R}_1 - \text{R}_2$ 多阳离子图解中,中—中酸性岩类多投在板块碰撞前区,酸性岩类中二长花岗岩投在同碰撞区,钾长花岗岩投在运动期后期,反映了该期构造运动的有序演化。侵入岩、火山岩两者从同位素年龄、锶初始比值及地域分布关系等各方面具有同时、同源、规模相当等特点。顶蚀、岩浆扩张、热轻汽球膨胀等复合侵位机制特征较明显。晚期古竹超单元钾长花岗岩早次细—中粒岩石单元及相关斑岩类在区域地质构造成矿有利部位,形成省内重要的钨、锡、铋钼等矿产资源。

岩石类型自早期虹垂超单元始,从石英闪长岩—石英二长闪长岩—石英二长岩—二长花岗岩—钾长花岗岩演化,成因类型从 I 型向过渡型转变。虹垂超单元、双峰单元和上都超单元中、中酸性岩属 I 型花岗岩。中、晚期永兴二长花岗岩超单元和古竹钾长花岗岩超单元的酸性岩类属 I 型与 S 型花岗岩过渡型岩石,二长花岗岩多偏向 I 型,钾长花岗岩多偏向 S 型,地域上东亚区多偏向于 I 型,西亚区多偏向 S 型。

从中性至酸性岩类,随成分演化, SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、A·R、DI、FL 值和 Rb / Sr 比值以及 K / Rb 比值、 δEu 和结晶锆石 $\text{ZrO}_2 / \text{HfO}_2$ 比值分别具有稳定递增或递减规律,磁铁矿的 $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO}$ 比值基本一致, $\text{TiO}_2 / \text{TFe}$ 比值和结晶锆石的 LREE / HREE、 δEu 值变化小;在锆石类型趋势图中,从 4a、4b、4c 和 5 区根部向白云母线上方右侧箭头方向逐渐演变。这些可能反映了该期不同成因的两种花岗岩,均属深部安山质岩浆上升到地壳较浅部位与壳源物质混熔形成的岩浆,经分异形成不同成分侵入体,酸性岩类在侵位过程中或多或少再度混熔了部分壳源物质,造成岩石化学成分等各方面的差别。各岩石谱系单位中,随成分演化一般伴随有明显的顺次结构有序演化。在结构演化较典型的古竹钾长花岗岩超单元古竹深成岩体,具有与前期结构演化序列不同的特点,该深成岩体主期除早次陈屋楼单元岩石蚀变较强外,其他 3 个岩石单元矿物成分及含量少有差别, SiO_2 、 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K} / (\text{K} + \text{Na})$ 、A·R、LI、DI、FL 值变化较小,但 Rb / Sr 比值递增, K / Rb 比值、 δEu 值趋低的规律性较明显。

7 白垩纪岩石谱系单位

白垩纪末期的构造运动省内历来沿用黄汲清先生的燕山运动 V 幕^[5]名称,白垩纪侵入岩称燕山晚期。根据万天丰教授等人的研究²,白垩纪至老第三纪时期构造应力场与侏罗纪时期明显不同,与燕山运动创名地燕山地区也有根本区别。省内早白垩世岩浆侵入活动及伴随的铜、钼、黄金、萤石等成矿作用也与晚侏罗世成矿类型有别,侵入体分布地域、成因及控岩构造条件也存在较大差异,本文仍采用燕山运动 V 幕名称,但从构造动力学角度与创名原义有所区别。省内西部赤石群与石帽山群之间的假整合以及浙江省上白垩统衢江群、天台群与下白垩统永康群间广泛的不整合关系,反映了燕山运动 V 幕之前的早白垩世晚期尚有一强烈的构造运动,即燕山运动 IV 幕^[5],省内岩浆活动由此可分为早白垩世和晚白垩世两个亚期。

(1) 早白垩世岩石谱系单位:该期各类侵入体总面积占全省侵入体面积的 26.96%,主要集中在中山—温州深断裂带^[3]东南地区,与“东南沿海莫霍面斜坡带”^[6]一致,深断裂带西北

² 万天丰, 诸明志, 陈明佑, 福建中生代构造应力场、活动断裂研究与热田远景评价, 1986.

地区深部构造称为“浦城—连城幔拗区”^[6]的闽西北、闽西南地区规模小。地域分布表现出从晚侏罗世以来岩浆活动向东南沿海迁移的特征。先期北东向压剪性、北西向张性断裂带分别转化为张剪性和压剪性,它们的扩深和拓展控制了该期的岩浆活动。福鼎太姥山—云霄乌山晶洞碱长—碱性花岗岩带,与该期北东向先期以压剪为主转化为张剪性陆缘超壳断裂构造有关。各深成岩体火山口陷陷、岩浆扩张及顶蚀等复合侵位机制特征较突出。火山活动与岩浆侵入同时、同源。中山—温州深断裂带展布区及其与北西向断裂带复合部位的钟腾—玛坑超单元中基性—酸性岩类、相关斑岩,形成省内钼(钨)、铜(钼)、金铜、铅锌和多金属、硫铁矿的成矿区(带)。

从超基性岩到碱性岩成分演化,长基单元和岱前超单元沿东南沿海北东向张剪性断裂构造带形成超基性—基性岩带,属M型花岗岩,微量元素比值判别流程^[5]反映与岛弧钙碱性玄武岩相当,稀土模式也与岛弧玄武岩相似。钟腾超单元—玛坑超单元中性至酸性岩类属I型花岗岩。洪山和魁岐超单元属A型花岗岩。从长基单元超基性岩至魁岐超单元晶洞碱性花岗岩,由M型—I型—A型演化,系沿断裂构造带及复合部位活动陆源上地幔和下地壳部分熔融的超镁铁质、镁铁质熔融体的熔离M型侵入体以及镁铁质熔融体上升至上地壳下部,混熔了部分壳源物质经分异作用形成的I型和A型花岗岩。长基单元超基性岩富Rb,岱前超单元基性岩富K,标型矿物除富含或含较多橄榄石外,尚富含紫苏辉石,钟腾超单元早次单元岩石中普遍含紫苏辉石,均反映混熔了较多下地壳物质成分。从钟腾超单元到魁岐超单元,自I型演变为A型花岗岩,SiO₂、A·R、LI、FL、DI值和Rb/Sr比值递增,K/Rb比值和 δE_u 值以及结晶锆石ZrO₂/HfO₂比值递减,磁铁矿TiO₂/TFe比值虽有波动,但变化不大。钾长石在演变过程中,Or分子降低,Ab分子升高,K/Rb比值递减的规律明显。SiO₂—DI图解中,线性特征突出。反映了同源岩浆经分异和分离结晶形成的成分顺次演化。伴随成分演化,发育于岱前辉长岩超单元和邑坂、玛坑、洪山、魁岐酸性—碱长(性)各超单元中的结构演化,斑晶含量、粒度及基质矿物粒度的有序演化是其基本特征,矿物成分和岩石化学成分及特征值较少出现趋势性规律,一般多具波动性,Rb/Sr、K/Rb比值也多呈波动变化。随结构演化, δE_u 值递减的规律在东北向岩带各岩石谱系单位中表现较明显,反映了结构演化顺次脉动侵入体分异程度增高的趋势。而北西向岩带中,如洪山超单元洪山深成岩体则出现 δE_u 和K/Rb比值趋高,Rb/Sr比值降低的现象,主期晚次单元出现少量闪长质包体,可能与北西向断裂带自张性转化为张剪性,切割深度增大,深源物质进入熔浆或熔浆混熔了较多基性物质有关。

(2) 晚白垩世和第三纪侵入岩:第三纪岩浆侵入活动,从铺头辉绿(玢)岩单元厦门乌石铺岩墙状侵入体所获全岩K-Ar同位素年龄为56.8 Ma,时代应归属老第三纪。晚白垩世至老第三纪构造应力场与早白垩世相同,故同属白垩纪以来相同构造应力场作用下不同亚期的岩浆活动产物。晚白垩世侵入岩多属(玢)斑岩类,呈岩瘤、岩墙状侵入体散布于全省各地,从井后单元到白门山单元,中性—中酸性—酸性—碱性岩类均较发育,酸性、碱性岩多成群、成带分布,明显受断裂构造控制,占全省侵入体面积的2.9%,多见侵入早白垩世洪山超单元及白垩纪石帽山群、赤石群,少数侵入体全岩K-Ar、Rb-Sr、U-Pb同位素年龄在68.5[?]~94.7[?] Ma

[?] 福建省闽东南地质大队,1:5万新县幅地质图及说明书,1991。

[?] 福建省闽北地质大队六分队,1:5万渔梁、永兴幅区域地质调查报告,1993。

之间。晚白垩世和第三纪侵入岩,由于研究程度低,缺乏系统资料,划分岩石谱系单位有较大困难,暂以岩石类型归并单元,按岩浆演化的一般规律放置顺序,其构造环境、成因及演化规律尚难归纳。晚白垩世中一酸性(玢)斑岩类及接触带与铜、铅、锌矿产有较密切直接或间接关系,有些呈全岩矿化,第三纪铺头单元 Au 丰度值较高,都值得今后深入研究。

福建省侵入体分布广、岩石类型多、成因及构造环境复杂。各时期岩浆热事件,均体现出不同时期地壳演化特点。志留纪及前志留纪,东南沿海与西部地区构造特点及地壳结构可能有别,具有侵入岩可以分区的可能性。志留纪后,由于与扬子准地台合并,二叠纪和中三叠世岩浆侵入活动基本局限于同一断裂构造带中,侏罗纪以来各期岩浆侵入活动虽然广泛,但岩浆源主要是上地幔和下地壳的部分熔融,同一时期相同岩类成因类型基本相同,是否可以分区建立岩石谱系单位等级体制,有待于进一步探讨。

参考文献:

- [1] 黄汲清,任纪舜,姜春发等.中国大地构造基本轮廓[J].地质学报,1977,51(2):117.
- [2] 高秉章,洪大卫,郑基俭等.花岗岩区 1:5 万区域地质填图方法指南[M].武汉:中国地质大学出版社,1991,68—73.
- [3] 任纪舜,秦德余,张正坤等.中国的深断裂[A].见:中国及邻区大地构造论文集[C].北京:地质出版社,1981,144.
- [4] 马金清等.福建永定地区下、中元古界变质岩基本特征及地质时代依据[J].福建地质,1993,12(4):277.
- [5] 尹赞勋,徐道一,浦庆余.中国地壳运动名称资料汇编[J].地质论评,1965,23(增刊):62.
- [6] 福建省地质矿产局.福建省区域地质志[M].北京:地质出版社,1985,532.

Hierarchy of intrusive rocks in Fujian province

ZHENG Sheng-jian, MA Jin-qing, HUANG Quan-zhen and YAN Bing-quan

(Regional Geological Survey Party, Fujian Bureau of Geology and Mineral Exploration
and Development, Sanming, Fujian 365001, China)

Abstract: By using the new theory and method of hierarchical division and clustering, the intrusive rocks in Fujian province are divided into 110 units and incorporated into 27 super-units (sequences) and 21 independent rock units and a hierarchy system of rock units of the whole province is preliminarily established. In the province, M-, I-, S- and A-type granites are all well developed; large-scale volcanic eruption is generally lacking in S-type granites; whereas I- and A-types and transitional type of I- and S-types have the features of originating after or simultaneously with volcanic activity and from the same source as volcanic rocks and being equivalent in size and areal extent to volcanic rocks. Different hierarchical units of the intrusive rocks formed in different periods have different mineralization types and scales.

Key words: Fujian province; intrusive rocks; hierarchical units