

文章编号:1007-3701(2003)01-0065-06

# 过铝花岗岩的成因类型与构造环境研究综述

林广春,马昌前

(中国地质大学,湖北 武汉 430074)

**摘要:**概述了过铝花岗岩类的成因类型及形成的构造背景,特别介绍了过铝花岗岩岩浆的来源及其鉴别标志,指出过铝花岗岩岩浆按物质来源可分为壳源、幔源和壳幔混源三种类型,是地壳、地幔以及地壳物质与地幔物质相互混合和相互作用的结果,各种不同类型之间可能存在一种地壳源与地幔源之间的连续谱系,并简要介绍了CPG和MPG两种主要过铝花岗岩的成因机制。提出了过铝花岗岩形成环境的综合判别准则,指出过铝花岗岩不仅可以形成于碰撞造山过程中的挤压性构造环境,而且可以形成于与岩石圈伸展作用相关的张性构造环境。

**关键词:**过铝花岗岩;岩石成因;构造环境;地壳演化

中图分类号:P588.12

文献标识码:A

过铝花岗岩的概念是由Shand(1927)提出的,经后来众多的工作,“过铝花岗岩”已有基本明确的定义:即全岩的 $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ 分子比值大于1.0,并出现刚玉标准分子。过铝花岗岩类的地球化学特征是通过其矿物成分反映的,它们含有富铝黑云母及其他含铝矿物,如白云母、堇青石、石榴子石、矽线石和红柱石等铝硅酸盐类。因此,在矿物成分方面则包含了高铝的原始相。大多数过铝花岗岩色率较低(一般小于5%),可称为浅色花岗岩类,多为狭义花岗岩、花岗闪长岩和一些英闪岩。它们在世界上分布广泛,如在华南、东南亚、喜马拉雅山、澳大利亚拉克兰褶皱带和西欧海西褶皱带等地都有大量出露。我国过铝花岗岩以其规模巨大、类型多样而具特色。其中华南和喜马拉雅地区是闻名世界的过铝花岗岩研究基地,尤以华南地区研究程度最高。

过铝花岗岩的研究具有重大地质意义。通过对过铝花岗岩形成环境的研究,可以推断该地区当时的地球动力学背景,如碰撞造山、伸展滑脱等;将过铝花岗岩作为岩石探针,利用同位素示踪等技术,

可以探索源区中—下地壳组成和形成演化;过铝花岗岩常与稀有金属矿床有密切的成因联系,如新疆乌伦布拉克铜矿、赣南的火山型铀矿床都与其基底的过铝质花岗岩有关,江西九岭地区的白水洞岩体属燕山期淡色过铝质花岗岩,有铌钽矿分布等。

Chappell等<sup>[1]</sup>提出I型和S型花岗岩分类,Pitcher等<sup>[2]</sup>认为S型花岗岩的形成与大陆碰撞作用相联系,这些认识提高了对花岗岩的研究水平。但是,过铝花岗岩并非S型花岗岩的同义词,S型花岗岩全岩的 $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ 分子比值大于1.1。由于过铝花岗岩的成分、成因及熔融或结晶条件不同,导致它们具有不同的岩石和矿物组合,因此,过铝花岗岩的成因、分类和构造环境是当前研究的重要内容。

## 1 过铝花岗质岩石的成因类型

对过铝花岗岩的成因机制以前认为主要有四种<sup>[3]</sup>,即直接与过铝质源岩相联系;与围岩发生反应的结果;通过偏铝质岩浆分异派生;晚期岩浆或固相线以下岩石与热液流体之间相互作用的结果。近年来的研究表明,S型、I型和A型花岗岩中都有过铝类型<sup>[4,5]</sup>。不仅变沉积岩在低压下( $p < 1$  GPa)部分熔融可以产生过铝花岗岩浆,而且长英

收稿日期:2002-11-18

基金项目:中国地质调查局“中国花岗岩重大地质问题研究”项目(200113900018);高等学校博士点基金(20010491018)。

作者简介:林广春(1974—),男(汉族),在读硕士,岩石、矿物、矿床学专业。

质火成岩和变沉积岩发生高压 ( $p > 2 \text{ GPa}$ ) 熔融作用也可以衍生出过铝的 A 型花岗岩来<sup>[6]</sup>。过铝花岗岩的形成不仅仅是地壳物质再循环的结果,而且还可能幔源组分的参与。

从目前国外报道来看,尽管过铝花岗岩类型和成因很多,但最主要的、最常见的有两种类型,分别称为CPGs和MPGs<sup>[7,8]</sup>。(1)含堇青石过铝花岗岩类(CPGs),主要由英云闪长岩、花岗闪长岩和二长花岗岩组成,含有大量黑云母,且包体较多,包括暗残体和镁铁质包体。这种类型通常构成侵入深成岩体或岩盘,还可作为深熔杂岩体产出,分异演化程度不如MPGs,过铝性则随着分异作用的进行而大大减弱或略有增强,通常产在地壳减薄地区,是在有幔浆注入或发生底侵的地壳内较“干”的条件下发生岩浆熔融的产物。(2)含白云母过铝花岗岩类(MPGs),主要由淡色花岗岩即富含钾长石和钠斜长石的、含镁铁质矿物不到5%的长英质花岗岩类及二长花岗岩组成,包体相对缺乏,最特征的矿物为原生白云母,它是MPGs中的一种岩浆结晶的矿物相。这类岩石分异演化程度较高,过铝性随分异作用大大加强,并以快速或极快速度变化。它们产在地壳加厚的横切造山带的横推断层或逆掩型的韧性剪切带中,呈巨大的深成岩基或侵入体产出,是在加厚地壳受大的地壳剪切带或逆冲带影响而发生“湿”的深熔作用的产物。

笔者根据近年来对江西九岭岩体的野外工作,并结合皖南、桂北、新疆等地的资料,将过铝花岗岩岩浆按物质来源分为壳源、幔源和壳幔混源三种类型,是地壳、地幔以及地壳物质与地幔物质相互混合和相互作用的结果,上述CPGs属于壳源,而MPGs则为幔源或壳幔混源,各种不同类型之间不是截然分开的,可能存在一种地壳源与地幔源之间的连续谱系。

### 1.1 壳源或陆壳改造型

江南古陆东北端安徽南部沿祁门—歙县—三阳坑断裂带,分布有出露面积不等的11个花岗闪长岩侵入体。其中,休宁岩体、许村岩体和青岭山岩体均被震旦系休宁组沉积不整合覆盖,经研究确定为晋宁期,并为同位素年龄所证实。上述11个岩体分布在同一个断裂带上,除休宁岩体外,均具或强或弱的片麻状构造,侵入上溪群牛屋组,它们在岩性和化学成分上极相似。邢凤鸣等<sup>[9]</sup>对皖南晋宁早

期花岗闪长岩带的岩石学、岩石化学、微量元素、稀土元素进行了分析,根据岩体的微量元素、稀土元素特征,认为其是上溪群或牛屋组沉积岩在深变质条件下高度部分熔融的产物。其壳源或陆壳改造型的证据有:(1)在岩石化学上, $A/CNK > 1.10$ ;标准矿物刚玉含量大于1%;氧化系数 $< 0.38$ 。(2)同位素证据: $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值 $> 7.10$ , $\delta^{18}\text{O} > 10\text{‰}$ 。(3)黑云母的各项参数,符合壳源型或陆壳改造型花岗岩的特征,黑云母属铁质黑云母, $MF = 0.39 \sim 0.41$ (改造型为 $0.1 \sim 0.5$ <sup>[10]</sup>),Mg的Y位占位率 $Mg/Y = 0.29 \sim 0.31$ (改造型一般 $< 0.36$ <sup>[11]</sup>),八面体中的离子数为 $0.83 \sim 0.85$ (改造型 $< 1.80$ <sup>[12]</sup>),含铁系数 $f_{\text{Fe}}(\text{Fe}/\text{Fe} + \text{Mg}) = 0.59 \sim 0.61$ (改造型为 $0.50 \sim 0.99$ )。(4)从产出特征上看,岩带上的各个岩体,既没有同期的基性和中性侵入体伴生,更无对应的同源火山岩伴生,也显示出陆壳改造型的特点。此外,壳源或陆壳改造型的岩体中若含有继承锆石,利用SHRIMP技术可以测得比岩体侵位年龄老得多的继承锆石年龄,这是地壳物质再循环的标志<sup>[13]</sup>,也说明岩体源岩岩浆为壳源。源岩岩浆为壳源或陆壳改造型的过铝花岗岩体很多,如江西的九岭岩体、广西的大容山岩体<sup>[14]</sup>、大别岳西的主薄原和白马尖岩体<sup>[15]</sup>等。

### 1.2 幔源型

老地壳岩石一般具有较高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值和较低的负 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值,因此,由它熔融产生的花岗质岩石应具有高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比和低 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 的特点,若花岗质岩石具有低的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值和高的正 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值,则表明岩浆起源于亏损地幔,若 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值低于产生大洋中脊玄武岩的亏损地幔值,可以有两种不同的解释:一种是源自亏损地幔的岩浆受到老地壳物质的同化混染或二者发生混合,另一种是来自亏损程度较低的地幔。新疆东准噶尔地区发育过铝的晚古生代花岗岩,也布山岩体就是其中的一个。韩宝福等<sup>[16]</sup>对也布山岩体进行了研究,认为该岩体是准铝—过铝花岗岩体,形成时代为 $(268 \pm 4 \text{ Ma})$ ,Sr和Nd同位素特征表明岩浆起源于亏损地幔,但亏损地幔在部分熔融之前曾发生交代作用。在晚古生代后造山拉伸环境下,上地幔发生部分熔融,产生的基性岩浆发生强烈分异,斜长石和角闪石结晶分离,同时可能受到少量年轻地壳物质的混染,使 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值有所降低, $t_{\text{DM}}$ 值变大。此

外,桂北本洞英云闪长岩体的岩浆也是来源于地幔<sup>[17]</sup>。不过,即使过铝花岗质岩石具有幔源成分特点,也不能表明岩浆是直接由地幔岩石熔融的产物,更可能是地幔部分熔融产生的岩浆首先发生底侵作用进入地壳下部,在合适的热动力条件下它们进一步重熔才形成了过铝花岗质岩浆。

### 1.3 壳幔混源型

桂北地区位于扬子地块南缘,广泛发育的新元古代花岗岩体均侵入四堡群变质地层之中,可以划分为两类:(1)黑云母花岗闪长岩类,包括蒙洞口、岩口、龙和有寨滚等岩体。(2)黑云母花岗岩类,分布广泛,包括三防、元宝山、清明山、平英和田朋岩体。高精度的锆石 U—Pb 年龄表明,这些花岗岩形成于 820~825 Ma 的晋宁晚期<sup>[18]</sup>。桂北新元古代花岗岩的  $A/CNK > 1.1$  及普遍出现刚玉标准矿物分子等特征表明,黑云母花岗闪长岩和黑云母花岗岩类均属于过铝花岗岩。葛文春等<sup>[19]</sup>对桂北地区新元古代花岗岩类进行了研究,认为黑云母花岗岩类岩石中常见电气石膏状集合体包体,出现原生的岩浆白云母及晚期电气石等矿物,以及化学成分类似于法国中央地块的 Hermitage 深成侵入体,暗示该类岩石相当于含白云母的过铝花岗岩类 (MPG); 而黑云母花岗闪长岩类岩石中含大量黑云母,缺乏原生白云母和晚期电气石,化学成分类似于法国中央地块的 Margerite 侵入体,表明这类岩石与含堇青石的过铝花岗岩 (CPG) 相当,但不含堇青石。堇青石是富铝的特征矿物,不出现堇青石可能是岩浆中  $H_2O$  过饱和的缘故。黑云母花岗岩类具有低的  $\epsilon_{Nd}(t)$  值、高的  $\delta^{18}O$  值以及具有高的  $K_2O/Na_2O$  等特征表明,其源岩为上地壳成熟的硅铝质沉积岩。黑云母花岗闪长岩类缺乏镁铁质暗色包体或闪长质微粒包体和特征的残留矿物,结合该岩石较低的  $\delta^{18}O$  值、较高的  $\epsilon_{Nd}(t)$  值以及较高的相容元素 Cr, Ni, Co 含量 (高于该区镁铁质岩浆分异的闪长岩) 和含铬尖晶石等,表明它的成分与地幔物质有着某种内在的联系。如果泥质沉积岩和镁铁质岩石经部分熔融作用形成花岗闪长质岩浆,也不可能产生如此高的相容元素含量,且铬尖晶石的存在常常与超镁铁质岩石有关,由于四堡群中不存在大量的镁铁质—超镁铁质岩石,因此,黑云母花岗闪长岩的源岩不可能是四堡群或其类似物。桂北黑云母花岗闪长岩类黑云母的 MF [MF = Mg/

(Mg + Fe<sup>2+</sup> + Mn)] 为 0.46~0.60, 相当于 I 型花岗岩; 若以  $MF = 2Mg/(Mg + Fe^{2+} + Mn)$  计算, MF 变化于 0.91~1.30 之间, 与张玉泉等划分的壳幔型花岗岩相当, 暗示黑云母花岗闪长岩类中含有一定量的幔源物质成分。黑云母花岗闪长岩类的形成与地幔起源的镁铁质—超镁铁质岩浆和上地壳熔融产生的过铝花岗质岩浆之间的混合作用有关, 属壳幔混源型。混合作用有岩浆混合、岩浆分离结晶和源区混合三种方式, 其中岩浆混合作用的标志主要包括<sup>[20]</sup>: (1) 无论是岩浆混合还是岩浆混染, 都有铁镁质岩石包体出现, 在主岩中大量出现的钾长石巨晶和石英, 在铁镁质包体中也可出现; (2) 岩体或包体中可见具更长石环边的钾长石巨晶。(3) 微粒包体的结构和与长石的成分随寄主岩变化。(4) 多种元素的共母比值—比值图或元素—元素图均为直线变异关系。源岩为壳幔混源的过铝花岗岩体还有新疆乌伦布拉花岗质潜火山杂岩<sup>[21]</sup>、青海可可西里侵入岩<sup>[22]</sup>及大别九资河花岗岩体<sup>[23]</sup>等。

## 2 过铝花岗岩形成的构造背景

花岗岩产出的构造环境或其出露的构造位置在讨论其成因方面具有重要的意义。Maniar 等<sup>[24]</sup>按大地构造环境分出造山和非造山花岗岩两大类, 而造山花岗岩又分为岛弧、大陆弧、大陆碰撞和造山期后花岗岩四种类型; 非造山花岗岩可能与裂谷有关, 也可能与大陆造陆上升有关, 还包括大洋斜长花岗岩。长期以来, 过铝 S 型花岗岩的形成一直被认为是在陆—陆碰撞过程中导致加厚的地壳发生部分熔融作用的产物, 但是过铝花岗岩未必是压性构造体制的反映。它们不仅可以形成于碰撞造山过程中的挤压性构造环境, 如澳大利亚拉克兰褶皱带、喜马拉雅, 亦可以形成于与岩石圈伸展作用相关的张性构造环境, 如法国中央地块海西期的二云母淡色花岗岩, 其形成与基性岩浆底侵于下地壳作用有关; 又如德国 Erzgebirge 地区海西期碰撞晚期的过铝花岗岩 (325~318 Ma), 与同时代的煌斑岩 (325~320 Ma) 共生, 其形成与造山带垮塌导致的大规模岩石圈伸展作用有关等。

在国内, 皖南晋宁期过铝花岗岩、江西九岭过铝花岗质岩体均与碰撞造山的挤压性构造有关<sup>[25]</sup>;

而桂北地区新元古代黑云母花岗岩闪长岩类具有高K、Rb和Th含量,微弱的负Ba异常,Nb,Ta相对Th和Ce的负异常以及Hf,Zr,Sm,Y和Yb的含量接近于ORG的标准值等特征,类似于苏格兰西北部的Skaergaard杂岩,是板内环境下与减薄的大陆岩石圈相关的产物。桂北地区过铝花岗岩(三防、元宝山岩体)的形成年龄(825 Ma)在误差范围内与该区镁铁质—超镁铁质侵入体的定位年龄(828 Ma)完全一致,它们是同时代岩浆活动的产物,应形成于相同的构造背景。地球化学及其成因研究业已揭示,超镁铁质岩石和少量闪长质岩石是镁铁质岩浆堆积和分异结晶的结果。在成分上,这些花岗岩与镁铁质岩石的构成与双峰式岩浆活动的岩石组合相似,形成于类似裂谷的拉张环境。产生在张性构造环境的过铝花岗岩常伴生有断裂带、剥离断层以及煌斑岩等。

对于过铝花岗岩形成环境的判别,Pearce等提出了洋脊花岗岩(ORG)、火山弧花岗岩(VAG)、板内花岗岩(WPG)和碰撞花岗岩的微量元素判别图解,Harris等进一步利用Rb—Hf—Ta三元图解区分碰撞带中不同构造演化阶段的花岗岩,而Betchlor和Maniar等则根据主要造岩元素的组成特点去探讨构造环境的判别问题。然而,近年来的大量研究表明,简单地将岩石类型和成分特征与构造历史相联系,在不少情况下会得出与地质实际大相径庭的结论。应用化学—构造判别图解确定花岗岩形成的构造背景,在实际工作中也有很大的局限性。在讨论花岗岩类形成的构造背景时,笔者从花岗岩岩浆动力学过程与大陆动力学过程的关系出发,采用马昌前等<sup>[26]</sup>提出的综合判别花岗岩类形成环境的四条准则:(1)岩石组合,在构造环境判别中要综合考察,反映壳幔组分相对贡献的火成岩岩石类型和组合;反映地壳热动力状态的同时代变质岩的形成条件和岩石组合;反映沉积环境的沉积岩系。(2)岩浆起源与演化过程及有构造含义的代表性岩石的确定,在有多种岩石共生的情况下,若将所有岩石的成分或平均成分投入化学—构造判别图中,难以获得明确的构造信息。因此,应研究控制形成多种成分岩石的成因机制,进而从一套岩石中确定具有较充分的构造信息的岩石,通过与典型构造环境中的花岗岩类相类比而判别构造环境,例如对分异作用控制的岩石成分变异应选择母岩浆成

分,对残余体混合的情形应选择含残余体组分少的岩石。(3)区域花岗岩类地球化学与判别组分的选择,地壳在组成上存在着纵向和横向上的不均一性,然而,一个构造单元内花岗岩类的总体成分特征,反映了该区地壳组成特点。因此,只有选择研究区的区域花岗岩类中平均含量与世界花岗岩类或建立判别图时用到的“标准”地区花岗岩类平均成分相接近的元素,才具有用化学—构造判别图进行类比的前提条件,因而才能提供其形成环境的信息。(4)构造样式与侵位机制,通过不同构造层次内岩体构造样式和侵位机制的分析,确定岩浆活动与区域变形变质之间的时空及成因联系,阐明地壳热动力状态的变化过程及岩体侵位的构造背景。

关于过铝花岗岩的形成环境,除以往认为的陆—陆碰撞造山环境外,它们还广泛分布于与碰撞后的走滑、伸展断裂及地壳隆升有关的环境中,既有大陆碰撞型,也有造山后隆升、晚造山、后造山、非造山、活动大陆边缘等不同类型<sup>[27]</sup>。不仅碰撞过程中的地壳加厚、陆内俯冲可以为过铝花岗岩浆的产生提供热机制,而且过铝花岗岩的形成还可能联系到加厚地壳的伸展塌陷、岩石圈拆沉或大陆地壳的超深俯冲作用,乃至必须要有上地幔软流圈的加热作用。由于过铝质A型花岗岩的发现以及过铝花岗岩与富碱侵入岩组合的确定,认为岩浆底侵、板片断裂、岩石圈对流减薄等机制都可能为过铝花岗岩浆的形成提供热源和动力学条件。对过铝花岗岩成因与构造环境关系认识上的突破,使过铝花岗岩及其构造环境意义的研究成为近年来国际地质学界关注的焦点之一。

### 3 结语

自从Shand(1927)提出过铝花岗岩这一概念,特别是认识到过铝花岗岩常与稀有金属矿床有密切的成因联系之后,对其研究一直备受重视,并在20世纪70—80年代形成研究高潮。到目前为止,对过铝花岗岩的矿物学、岩石学、实验岩石学、地球化学、熔体包裹体、同位素地质学、成因分类、形成的构造环境以及与成矿关系等方面都进行了较深入的研究,并取得大量成果。但在以下方面仍有分歧:

(1)分类:由于过铝花岗岩类型很多,不同地质

学家的分类也不一样,特别是不同类型过铝花岗岩判别准则目前还没有一致意见。

(2)成因:过铝花岗岩成因复杂,其岩浆来源可以是地壳物质、地幔物质以及两者的混合作用等,进一步的探讨是不同的源岩在什么样的构造环境和深部过程中可以形成过铝花岗岩浆。

(3)形成环境:过铝花岗岩不仅可以形成于挤压性构造环境,亦可以形成于张性构造环境,在具体岩体的判别上不同的学者还有不同的认识。

王人镜、杨坤光两位老师指导了野外工作,在此表示感谢。

#### 参考文献:

- [1]Chappell B W, White A J R. Two contrasting granite types[J]. *Pacific Geology*, 1974, (8):173—174.
- [2]Pitcher W S. Granite type and tectonic environment in Mountain Building Processes[M]. ed. K Hsu. Academic Press, London, 1983, 19—40.
- [3]Clarke D B. The mineralogy of peraluminous granites: a review[J]. *Canadian Mineralogist*, 1981, (19):3—17.
- [4]Eby G N. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemicharacteristics and speculations on their petrogenesis[J]. *Lithos*, 1990, (26):115—134.
- [5]地矿部南岭花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [6]Patino Douce A E, McCarthy T C. Melting of crustal rocks during continental collisions and subduction[A]. In: Hacker B R, Liou J G (eds). *Where Continents Collide: Geodynamic and geochemistry of ultrahigh-pressure rocks* [M]. Kluwer Academic Publishers, 1998. 27—55.
- [7]Barbarin B. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments[J]. *Lithos*, 1999, 46:605—626.
- [8]Barbarin B. Genesis of the two main types of peraluminous granitoids[J]. *Geology*, 1996, 24:295—298.
- [9]荆凤鸣,徐祥,李应运,等. 皖南晋宁早期花岗闪长岩带的确定及其岩石学特征[J]. *岩石学报*, 1989, (4): 34—44.
- [10]洪大卫. 华南花岗岩的黑云母和矿物相及其与矿化系列的关系[J]. *地质学报*, 1982, 2:149—164.
- [11]刘昌实. 华南不同成因花岗岩黑云母类矿物化学成分对比[J]. *桂林冶金地质学院报*, 1984, 2:1—14.
- [12]徐克勤. 华南花岗岩成因与成矿[M]. 南京:江苏科技出版社, 1984.
- [13]甘晓春,赵凤清,金文山,等. 华南火成岩中捕获锆石的早元古代—太古宙 U—Pb 年龄信息[J]. *地球化学*, 1996, 25(2):112—120.
- [14]王庆权,王联魁. 广西大容山过铝花岗岩带形成的物理化学条件[J]. *地球化学*, 1989, (4):287—296.
- [15]金成伟,郑祥身. 大别岳西地区花岗岩类岩石学及其成因[J]. *岩石学报*, 1998, 114, 14(4):493—502.
- [16]韩宝福,王式光,孙元林,等. 正  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  值的准铝—过铝花岗岩:新疆也布山岩体[J]. *科学通报*, 1998, 43(12): 1323—1328.
- [17]高坪仙. 花岗岩类岩石形成的构造背景及成因类型综述[J]. *国外前寒武纪地质*, 1995, (3):48—62.
- [18]李献华. 广西北部新元古代花岗岩锆石 U—Pb 年代学及其构造意义[J]. *地球化学*, 1999, 28(1):1—9.
- [19]葛文春,李献华,李正祥等. 桂北新元古代两类过铝花岗岩的地球化学研究[J]. *地球化学*, 2001, 30(1):24—34.
- [20]马昌前,王人镜,邱家骧. 花岗质岩浆起源和多次岩浆混合的标志:包体——以北京周口店为例[J]. *地质论评*, 1992, 38(2):109—119.
- [21]喻亨祥,夏斌,刘家远,等. 新疆乌伦布拉克铜矿花岗质潜火山杂岩岩石地球化学特征[J]. *地球化学*, 2000, 29(3):246—252.
- [22]郑祥身,边千韬. 青海可可西里地区侵入岩的岩石化学特征及其成因意义研究[J]. *岩石学报*, 1997, 13, (1): 44—58.
- [23]王强,王人镜,邱家骧,等. 大别山核部九资河花岗岩体成因[J]. *地球化学*, 2000, 29(2):120—131.
- [24]Maniar P D, Piccoli P M. Tectonic discrimination of granitoids[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1989, 101:635—643.
- [25]徐夕生,周新民. 华南前寒武纪 S 型花岗岩类及其地质意义[J]. *南京大学学报*, 1992, 28(3):423—430.
- [26]马昌前,杨坤光,唐仲华,等. 花岗岩类岩浆动力学——理论方法及鄂东花岗岩类例析[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1992.
- [27]Pitcher W S. The nature and origin of granite. Blackie Acad. And prof. ed, London:1993. 321.

## Genesis of peraluminous granitoids and their tectonic settings

LIN Guang-chun, MA Chang-qian

*(China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)*

**Abstract:** The genesis of peraluminous granitoids and their tectonic setting are summarized, especially the genesis of peraluminous granite magma and their sign are discussed. It is concluded that peraluminous granite magma can be derived from crust, mantle or crust-mantle commixing source and there may exists continuous spectrum ranging from crust source to mantle source, resulted from interaction of crust and mantle. This paper also introduces the genesis of two main peraluminous granite (CPG and MPG), puts forward four rules to distinguish tectonic settings of peraluminous granite, and points out that peraluminous granitoids can come into being not only in compressional settings during collisional orogeny, but also in extensional backgrounds caused by the lithosphere extension.

**Key words:** peraluminous granite; petrogenesis; tectonic setting; crustal evolution