

中国花岗岩概述

洪大卫,王涛,童英

中国地质科学院地质研究所,北京,100037

内容提要:中国的花岗岩类岩石分布广泛,出露面积达 $86 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占全国陆地面积的9%。花岗岩的活动时代漫长,从太古宙直到新生代呈多幕式展现。其中以中生代花岗岩的出露面积最大,古生代的次之。从太古宙至晚古生代的花岗岩在昆仑—秦岭一线以北的中国北部最为广布,中生代的花岗岩在大兴安岭—太行山—武陵山一线以东的中国东部和西南三江(金沙江、澜沧江、怒江)地区最为发育,新生代花岗岩仅分布于西藏、滇西地区。本文概略地介绍了中国不同时代花岗岩的时空分布状况,并讨论了中国花岗岩的主要特点。

关键词:中国;花岗岩;同位素年代学

花岗岩类岩石是大陆上分布最广泛的岩石之一,是构成大陆地壳的重要组成部分。它们的出现蕴含了地壳形成和演化的丰富信息,透过花岗岩的研究为人们打开了通向地壳深部的一扇窗口。它们还与多种金属矿产有密切的成因联系。因此,长期以来花岗岩类一直是地质科学的主要研究对象之一。

我国的花岗岩类岩石分布广泛,出露面积达 $86 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占全国陆地面积的9%。花岗岩的活动时代漫长,从太古宙直到新生代呈多幕式展现。其中以中生代花岗岩的出露面积最大,占总面积的40%,古生代的次之,为37%,新生代的占12%,前寒武纪的占11%(张德全等,2002)。从太古宙至晚古生代的花岗岩在昆仑—秦岭一线以北的中国北部最为广布,中生代的花岗岩在大兴安岭—太行山—武陵山一线以东的中国东部和西南三江(金沙江、澜沧江、怒江)地区最为发育,新生代花岗岩仅分布于西藏、滇西地区。这种花岗岩时空分布的宏观特点,从一个侧面反映了中国境内地壳开合、洋陆消长的大趋势。

1 中国不同时代的花岗岩

1.1 太古宙(>2500Ma)花岗岩

主要发育在华北地台的北部,其中始太古代(>3600Ma)—中太古代(3200~2800Ma)花岗岩仅出现在辽宁鞍山地区和冀东迁安地区,新太古代(2800~2500Ma)花岗岩还发育于豫西、小秦岭、阿尔金

山、塔里木盆地东南缘和黑龙江佳木斯地区,但以鞍山、迁安及鲁西地区最为典型。

SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学研究证实,鞍山地区的太古宙花岗岩有若干个世代:白家坟花岗岩 $3804 \pm 5 \text{ Ma}$,东山花岗岩 $3812 \pm 4 \text{ Ma}$,陈台沟花岗岩 $3306 \pm 8 \text{ Ma}$,立山花岗岩 $3142 \pm 7 \text{ Ma}$,东、西鞍山花岗岩 $3001 \pm 4 \text{ Ma}$ 和 $2994 \pm 8 \text{ Ma}$,铁架山花岗岩 $2962 \pm 4 \text{ Ma}$,齐大山花岗岩 $2473 \pm 13 \text{ Ma}$ 。始太古代的白家坟奥长花岗岩经受过强烈的剪切作用,已被改造成花岗质糜棱岩,出露面积仅 0.035 km^2 。始太古代的东山花岗岩以一个巨大的包裹体的形式出露在 3142 Ma 的立山奥长花岗岩之中,主要由条带状花岗片麻岩组成。其他较年轻的岩石都是严格意义上的花岗岩,虽然已片理化,却不曾转变为条带状片麻岩(伍家善等,1998)。

无独有偶的是,冀东迁安地区黄柏峪 3500 Ma 的表壳岩中含有大量年龄为 $3700 \sim 3800 \text{ Ma}$ 的碎屑锆石(Jahn et al., 1983, 1987; Liu et al., 1992),这些锆石同花岗岩中锆石的内部结构十分类似。据此推测,这些碎屑锆石来自 $3700 \sim 3800 \text{ Ma}$ 的花岗岩。如果这一推测成立,始太古代白家坟和东山花岗岩的出现就不是孤立的,在华北地台北部同一时代的花岗岩还可能曾广泛分布,并且大约在 3500 Ma 前就已出露地表,经过较强的风化作用,才形成了以冀东曹庄群为代表的中国最古老的沉积表壳岩系。

迁安地区中太古代羊崖山席状花岗岩锆石 U-Pb 一致线年龄 $2960 \pm 1 \text{ Ma}$,羊崖山、曹庄、水厂一带

的新太古代花岗岩锆石 U-Pb 一致线年龄 2728~2526Ma, 脑峪门东南花岗闪长岩锆石 U-Pb 一致线年龄 2454Ma, 二长岩锆石 U-Pb 一致线年龄 2495±1Ma (Liu et al., 1990; 耿元生, 1998)。

鲁西地区新太古代花岗质岩石出露广泛, 构成北西向分布的巨型花岗岩带, 包括 TTG 花岗岩、二长花岗岩和钾质花岗岩。TTG 花岗质岩石的 Rb-Sr 年龄为 2585~2347Ma, 二长花岗岩的同位素年龄一般都小于 2500Ma, 四海山钾质花岗岩的 Rb-Sr 年龄为 2331.36Ma (伍家善等, 1998)。

1.2 元古宙 (2500~542Ma) 花岗岩

分布较太古宙花岗岩更为广泛。古元古代 (2500~1800Ma) 花岗岩主要出露在华北地台北缘承德—丰宁—白云鄂博一带。特别是在河北崇礼—丰宁—隆化一带发育一条规模宏大的花岗岩带, 单颗粒锆石 U-Pb 年龄 1820~2361Ma (王惠初等, 2005)。在华北地台中部吕梁—五台—太行地区 (单颗粒锆石 U-Pb 年龄 2031~2176Ma)、中条山 (单颗粒锆石 U-Pb 年龄 2195~2375Ma)、胶辽地区 (SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 1853~2170Ma, 路孝平等, 2005)、嵩山和鲁西也有古元古代花岗岩分布。此外, 在北秦岭、柴达木盆地北缘、塔里木盆地西南缘、川西米仓山—龙门山—攀西地区也有少量出露。

中元古代 (1800~1000Ma) 花岗岩活动相对比较微弱, 主要发育在华北地台、南北缘和浙西南龙泉地区。在华北地台北缘燕辽三叉裂堑系和辽吉拗拉谷中发育了一条富碱、高钾的正长岩带, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 1856~1715Ma (任康绪等, 2006)。北京密云沙厂的更长环斑花岗岩 (rapakivi) 是一个由岩浆多次脉动形成的侵入杂岩体。第一次侵入的角闪黑云环斑花岗岩发育典型的 rapakivi 结构, 即钾长石卵球斑晶被白色斜长石外环所环绕, 锆石 U-Pb 年龄 1715.8Ma。第二次侵入的斑状黑云母花岗岩是岩体的主体, 锆石 U-Pb 一致性曲线上交点年龄 1690.5±2.4Ma。第三次侵入的中细粒黑云母花岗岩、二云母花岗岩锆石 U-Pb 一致性曲线上交点年龄 1683.8±2.2Ma, 说明沙厂岩体定位的时代在 1700Ma 左右 (郁建华等, 1996), 与分布在承德的大庙斜长岩 (U-Pb 年龄 1715±6~1693±7Ma, 赵太平等, 2004) 构成双峰式岩浆系列, 与主要分布在北半球其他各地的更长环斑花岗岩的形成时代基本一致, 代表着一种典型的非造山花岗岩。类似的更长环斑花岗岩还见于辽宁宽甸和河北赤城 (U-Pb 年龄 1702±104~1696.7±1.8Ma, 郁建华等,

1996), 构成一条东西向的中元古代更长环斑花岗岩带。

近年来发现的青海鹰峰更长环斑花岗岩出露在柴达木盆地北缘构造带中, 与辉长岩脉共生, 构成双峰式组合, 锆石 U-Pb 谐和曲线上交点年龄 1796Ma, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 1792±26Ma (肖庆辉等, 2003)。

河南东秦岭的龙王撞碱性花岗岩, TIMS 锆石 U-Pb 年龄 1637±33Ma, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 1611±19~1625±16Ma (陆松年等, 2003), 可能是目前中国已知的最古老的碱性花岗岩。

浙西南龙泉地区的淡竹、泉坑、下际、田庄、里庄、花桥等花岗岩出露面积均不超过 1km², 岩石普遍具片麻状构造, 并含围岩八都群变质岩包体, 单颗粒锆石 U-Pb 年龄 1755~1875Ma (甘晓春等, 1995), 代表了华南目前已知的最老一期花岗岩浆活动。

中元古代末期在华北地台北缘从内蒙古狼山地区、武川、商都经河北康保至辽宁阜新一带发育了一条近东西向的花岗岩带, 总长逾 800 多千米, 以变质黑云母花岗岩和变质二长花岗岩为主, 普遍发育片麻状构造, 锆石 U-Pb 年龄 1283~1011Ma (张臣等, 2006)。

新元古代 (1000~542Ma) 花岗岩主要分布于扬子和塔里木地台的边缘及其周边地区。扬子地台的新元古代花岗岩, 除湖北黄陵花岗岩之外, 都断续分布于扬子地台周边的内侧, 形成一条环形花岗岩带。它们主要形成于两个时代: ①花岗岩侵入中元古代变质基底, 被新元古界板溪群及相应地层和南华系—震旦系不整合覆盖, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄集中在 830~820Ma, 包括云南峨山、川西贡才、格宗、广西本洞、三防、元宝山、黔东南摩天岭、赣西北九岭、皖南许村、休宁、歙县、陕西汉南和湖北黄陵等岩体; ②花岗岩侵入板溪群及相应地层, 部分岩体被震旦系灯影组—陡山沱组系台地相沉积覆盖, SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄在 780~745Ma, 包括川西大相岭花岗岩、康定花岗质杂岩、米易—渡口花岗质杂岩、皖、浙、赣交界的石耳山花岗岩等岩体 (李献华等, 2001)。这些岩体的形成时代虽然相近, 各个岩体的岩性与岩石类型却有较大的差异。湖北黄陵岩体主要为奥长花岗岩和少量英云闪长岩、花岗闪长岩、属典型的 I 型花岗岩。赣东北九岭岩体和皖南许村、休宁、歙县岩体均为含堇青石的黑云母花岗岩, 广西北部的三防、元宝山岩体均为含白云母的淡

色花岗岩,都属典型的S型花岗岩。而桂北本洞岩体为黑云母花岗闪长岩,为I—S过渡类型花岗岩。扬子地台北缘秦岭造山带的新元古代花岗岩亦可分为两期,早期包括北秦岭官山、寨根、德河、牛角山、西涝峪、黄土坳等岩体,SHRIMP和TIMS锆石U-Pb年龄 $955\sim 843\text{Ma}$;晚期包括中秦岭的吐雾山、老君殿、南秦岭的望江山等岩体,SHRIMP锆石U-Pb年龄 $711\sim 785\text{Ma}$ (陆松年等,2003)。在大别—苏鲁造山带也发现有同一时期的花岗岩,胶东五莲变质黑云母正长花岗岩LA-ICPM锆石U-Pb年龄 $738\sim 758\text{Ma}$ (薛怀民等,2006)。

塔里木地台及其邻区新元古代花岗岩均已强烈变形,并呈带状展布。塔里木盆地西南缘库地南花岗岩锆石U-Pb年龄 $815\pm 57\text{Ma}$,不一致曲线上交点年龄 $803\pm 23\text{Ma}$ (张传林等,2003)。柴达木盆地北缘沙柳河—鱼卡河一带及柴达木盆地南缘香日德至苦海地区都出露长数百千米断续相连的NW向新元古代片麻状花岗岩带,SHRIMP和TIMS锆石U-Pb年龄介于 $1020\sim 840\text{Ma}$ 之间(陆松年等,2003;陈能松等,2006)。

1.3 古生代(542~359Ma)花岗岩

主要分布在昆仑山—秦岭一线以北的地区,早古生代花岗岩在华南也较发育。在新疆北部,早古生代花岗岩主要分布在阿尔泰地区,根据SHRIMP锆石U-Pb年龄,花岗岩浆活动出现在 $462\sim 400\text{Ma}$,峰期在 $415\sim 400\text{Ma}$,岩石组合为片麻状二长花岗岩、白云母二长花岗岩和斜长花岗岩,属同造山花岗岩。晚古生代花岗岩主要出现在阿尔泰山南缘、东、西准噶尔和天山地区。根据SHRIMP锆石U-Pb年龄,花岗岩浆活动可以分成2个阶段:① $380\sim 360\text{Ma}$,岩石组合为闪长岩—石英闪长岩—英云闪长岩—花岗闪长岩—花岗岩,岩石多具片麻状构造,属同碰撞花岗岩;② $305\sim 275\text{Ma}$,岩石组合为花岗闪长岩—二长花岗岩—碱性花岗岩,属后造山花岗岩(Wang et al., 2006)。

在内蒙古中部,早古生代花岗岩主要分布在西拉木伦河至苏尼特左旗一带。根据SHRIMP和TIMS锆石U-Pb年龄,花岗岩浆活动可以分成两个阶段:① $479\sim 459\text{Ma}$,I型花岗岩,同洋壳俯冲有关;② $437\sim 423\text{Ma}$,S型花岗岩,同微板块碰撞有关。晚古生代花岗岩在内蒙古中部广泛出露。沿着西伯利亚板块和华北板块之间的索伦山—贺根山碰撞缝合带发育S型花岗岩和I型花岗岩成对同碰撞花岗岩带,锆石U-Pb年龄 $375\sim 363\text{Ma}$ (石玉若

等,2004)。在西伯利亚板块南缘的苏尼特左旗北部地区沿中蒙边界一带发育后造山性质的A型碱性花岗岩带,Rb-Sr年龄 $286\sim 284\text{Ma}$,往西延入蒙古境内,蒙古南戈壁汗博格多碱性花岗岩Rb-Sr年龄 $277\pm 11\text{Ma}$,往东延至小兴安岭的嫩江—黑河地区,U-Pb年龄 $290\sim 260\text{Ma}$ (洪大卫等,1994;孙德有等,2000)。在华北板块北缘的镶黄旗一带,同一时代则发育后造山性质的S型花岗岩,TIMS锆石U-Pb年龄 $275\sim 262\text{Ma}$ 。该类花岗岩浆活动在该区并一直延续到三叠纪,SHRIMP锆石U-Pb年龄 $226\sim 206\text{Ma}$ 。

此外,在吉林、黑龙江、祁连山、昆仑山和柴达木盆地周边地区也有古生代花岗岩发育。

华南的早古生代花岗岩主要分布在粤、湘、赣交界的诸广山、湘西的白马山和赣闽交界的武夷山地区。按形成时间和岩石特点可以分为两期:早期,以原地一半原地花岗岩(混合岩化花岗岩)为主,主要出露于武夷山—云开大山等大型隆起带及其两侧,呈NNE向至NE向展布,多被中泥盆统沉积覆盖,如江西慈竹、乐安、付坊、湖南张坊、福建徐墩、竹洲等,同位素年龄 $548\sim 450\text{Ma}$ 。近年获得云开大山眼球状花岗质杂岩SHRIMP锆石U-Pb年龄 $467\sim 413\text{Ma}$ (彭松柏等^⑨);晚期:主要为侵入花岗岩,规模较大,主要出露于江南古陆和政和—大浦断裂之间的广大地区,多被中、上泥盆统沉积所覆盖,如湖南白马山、彭公庙、万洋山、桂东、广西苗儿山、越城岭、大宁、江西汤湖、上堡、福建宁化、广东太堡、和平、龙塘等,同位素年龄 $418\sim 375\text{Ma}$,近年来获得赣南三标花岗岩TIMS锆石U-Pb年龄 $392\sim 386\text{Ma}$ (孙涛等^⑩)。

1.4 中生代(251~65Ma)花岗岩

主要分布在中国东部和西南三江地区。沿着华北地台的北缘从内蒙古阴山至辽东风城发育一条二叠纪—三叠纪碱性正长岩带($250\sim 208\text{Ma}$),它们是晚古生代构造岩浆旋回结束的标志(阎国翰等,2000)。华北地台南缘秦岭—大别山北麓的碱性正长岩带($226\sim 208\text{Ma}$)则是三叠纪时华北板块与扬子板块碰撞拼合的标志(邱家骧,1993)。华北地区大规模的花岗岩浆活动出现在侏罗纪—白垩纪,主要分布在太行山以东的广大地区,大多数属于I型花岗岩组合。早侏罗世二长岩—花岗岩组合($199\sim 180\text{Ma}$)同南大岭组玄武岩—玄武安山岩的喷发大致同期,属前造山—始造山阶段产物;中侏罗世辉长岩—闪长岩—石英二长岩—花岗岩组合($175\sim$

160Ma)同髻髻山组安山岩—安粗岩—橄粗安岩大致同时,属同造山侵入体,晚侏罗世末—白垩纪初辉长岩—闪长岩—石英二长岩—花岗岩组合(148~136Ma)同张家口组流纹岩—安山岩—粗面岩大致同时,火山岩中出现高压粗面岩类和较大量的流纹岩,侵入岩中出现高压正长岩类,代表了造山运动的峰期;早白垩世早期辉长岩—闪长岩—二长岩—碱性花岗岩—花岗岩组合(133~127Ma)同义县组中基性火山岩、局部夹中酸性—酸性、碱性火山岩大致同期,侵入岩中出现过碱性石英正长岩、晶洞碱长花岗岩,代表了晚造山阶段;早白垩世晚期碱性花岗岩—花岗岩组合(120~114Ma)同南口双峰式岩墙群(120~114Ma)、变质核杂岩(119~114Ma)同期,代表了大规模的伸展作用,属于后造山阶段(邓晋福等^①)。

从三叠纪到白垩纪初(141~142Ma),华北地区火成岩的展布和构造变形的走向均为NEE向,到早白垩世(138~136Ma)火成岩展布与构造变形走向突然变为NE向,说明华北地区构造体制的转折发生在142~136Ma之间。在133~124Ma,火成岩展布与构造变形走向又突然变为NW向。到早白垩世末期(120~114Ma),火成岩常呈似等轴状,变形走向似不固定。

华南的中生代花岗岩从内陆到沿海有时代逐渐变新的趋势。三叠纪花岗岩主要发育于桂东南的大容山—十万大山、海南岛琼中一带及西部的雪峰隆起带和东部的武夷隆起带。大容山—十万大山花岗岩为典型的堇青石—紫苏辉石—石榴子石花岗岩,呈NE向展布,SHRIMP锆石U-Pb年龄236~230Ma(邓希光等,2004),属同碰撞的S型花岗岩,与同期的酸性—中酸性火山岩密切共生。琼中地区同碰撞的S型二云母花岗岩—二长花岗岩SHRIMP锆石U-Pb年龄275~250Ma,后碰撞A型二长花岗岩—正长花岗岩SHRIMP锆石U-Pb年龄243~239Ma(谢才富等^①)。中—晚侏罗世花岗岩(180~151Ma)主要分布在南岭北部都庞岭—九嶷山—骑田岭—诸广山—古田一带和花山—姑婆山—大东山—贵东—武平一带,在南岭南部有零星出露,明显呈EW向展布,属陆内挤压碰撞S型花岗岩,同期火山岩分布零星;晚侏罗世—早白垩世花岗岩(151~140Ma)主要分布在南岭南部连阳—佛岗—白石岗—河田—大浦一带,亦明显成EW向展布,属陆内挤压碰撞S型花岗岩,同期的中酸性火山岩发育;早白垩世花岗岩(140~123Ma)主要分布在

福建、广东、浙江沿海地区,与海岸线平行、总体上呈NE向展布,主要为I型花岗岩,同期的火山活动达到鼎盛时期。晚白垩世辉长岩—闪长岩—二长花岗岩—碱性花岗岩组合(123~75Ma),构成I—A型花岗岩组合,主要分布在浙闽沿海地区,形成于大规模拉张的环境,同期的高钾钙碱性中—酸性火山岩亦仅局限于浙闽沿海地区。总之,从花岗岩的展布可见,大致从早白垩世(140Ma±)开始,南岭地区发生了由EW向向NE向的构造转换,构造环境亦大体上从挤压转向拉张。

在西南三江地区三叠纪是最重要的花岗岩浆活动期。在甘孜—理塘结合带西侧发育措交玛(K-Ar年龄216Ma,Rb-Sr年龄206Ma)和冬措(Rb-Sr年龄208Ma,U-Pb年龄200Ma)两大岩基,由二长花岗岩、花岗闪长岩组成,呈NNW—SSE向展布,与义敦岛弧带中酸性火山岩伴生(吕伯西等,1993)。沿澜沧江结合带则形成大规模的同碰撞S型花岗岩,呈SN向展布,如藏东东达山花岗岩(Rb-Sr年龄219Ma;吕伯西等,1993)、滇西临沧二长花岗岩(SHRIMP锆石U-Pb年龄229~230Ma,彭头平等,2006)、花岗闪长岩、维西—绿春花岗闪长岩、二长花岗岩(U-Pb和K-Ar年龄212~220Ma)。位于澜沧江和怒江结合带之间的保山地块东部边缘还发育了木厂碱性花岗岩(Rb-Sr年龄190Ma,U-Pb年龄217~235Ma)、沿金沙江两侧在江达—德钦一带出现江达肯座辉石正长岩(Rb-Sr年龄211Ma)、巴塘贝拉正长岩(Ar-Ar年龄218Ma),说明在印支运动末期有后造山性质的碱性岩浆侵入活动,指示了三江地区印支运动的结束(吕伯西等,1993)。中侏罗世藏东郭清S型二长花岗岩(K-Ar年龄171Ma)发育于丁青—怒江结合带,沿该带向西还有安多、聂荣花岗岩,向南有滇西潞西蚌渺花岗闪长岩(K-Ar年龄164Ma,吕伯西等,1993)。白垩纪花岗岩发育于怒江结合带和雅鲁藏布江—那加山结合带之间的藏东察隅—滇西腾冲一带(128~72Ma,刘朝基等,1996)和义敦古岛孤带中的措莫隆、格聂一带(Ar-Ar年龄84~15Ma,吕伯西等,1993)。察隅—腾冲花岗岩带呈弧形展布,自北向南、自东向西时代逐渐变新。沿金沙江—红河走滑断裂系还发育了勐平碱性花岗岩(Rb-Sr年龄100.7Ma)、白云山霞石正长岩(Rb-Sr年龄94Ma)等碱性侵入岩,成SN向展布,总长达1800km,往南延入越南北部番西番带(同位素年龄80Ma,吕伯西等,1993)。

此外,在昆仑—秦岭—大别造山带也有中生代

花岗岩发育,尤其是在豫西小秦岭地区还发育成群成带的浅成花岗斑岩小岩体,它们是一些超大型金属矿床的成矿岩体。

1.5 新生代(<65Ma)花岗岩

主要分布在西藏和云南西部。西藏的花岗岩成明显的EW向带状展布,主要分布在班公湖—怒江缝合带和雅鲁藏布江缝合带之间的冈底斯岩带和雅鲁藏布江缝合带以南的喜马拉雅岩带。冈底斯岩带延长近2000km,并伴有同时代大规模的中酸性火山岩,向东绕过雅鲁藏布江大拐弯处至藏东察隅转成近SN向,然后向南延入滇西腾冲地区,构成前述的察隅—腾冲岩带,进一步向南进入缅甸北部。冈底斯岩带向西与印度、巴基斯坦的拉达克、科希斯坦相连。该带的岩石类型复杂,包括辉长岩、闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、石英二长岩、正长花岗岩及二云母花岗岩等,但以闪长岩和花岗闪长岩为主。一般岩体规模巨大,多为复式岩基,岩体时代从170~40Ma以后(中侏罗世—始新世),但以60~40Ma(古新世—始新世)为高峰期,且从北往南有年龄逐渐变新的趋势。在一个复式岩基内早期岩石多属I型花岗岩,晚期转变为S型花岗岩。近年来在该带内还发现了一些印支期花岗岩,SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 217Ma(王立全等,2004)、Rb-Sr 年龄 195~227Ma(郑来林等,2004),可能记录了古冈底斯岛弧造山作用的重要信息。察隅—腾冲岩带的新生代花岗岩(65~30Ma,刘朝基等,1996)以石英二长岩、二长花岗岩为主,无同时代的火山岩伴生,普遍具有定向叶理构造,与高黎贡山群变质岩系围岩多呈和谐过渡的接触关系。沿金沙江—红河走滑断裂系还发育了玉龙(K-Ar、Rb-Sr 年龄 39~63Ma)、多霞松多(Rb-Sr、U-Pb 年龄 4~52Ma)、马拉松多(K-Ar 年龄 36~64Ma)等花岗斑岩和马牧普(Rb-Sr 年龄 37Ma)、老君山、铜厂(Rb-Sr 年龄 34~36Ma)正长斑岩等偏碱性侵入体,由北向南成群成带分布,比该带前述的白垩纪碱性岩浆活动规模更大、分布更广,活动更强烈(吕伯西等,1993)。

喜马拉雅岩带的花岗岩断续延长约700km,无同时代的火山岩伴生。主要岩石类型为二云母花岗岩和电气石花岗岩,均为典型的S型花岗岩,岩体时代集中在34~4.2Ma(渐新世—中新世),由北往南逐渐变新,在最南部的高喜马拉雅带,电气石花岗岩的年龄集中在20~4.2Ma(上新世—中新世),近年来在该带的片麻状花岗岩中获得SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 461~553Ma(郑来林等,2004;刘文灿等,

2004),透露了泛非期岩浆活动的信息,为冈瓦纳大陆提供了新证据。

2 中国花岗岩的主要特点

(1)大致以贺兰山—龙门山一线为界,中国东、西部花岗岩的空间展布具有明显差异。中国西部的花岗岩多沿刚性地块之间的结合带出露,呈明显的带状分布,多受板块俯冲、碰撞作用的控制;而中国东部大面积出露中生代花岗岩以面状分布为主,多发育于板内构造体制下,伸展构造起了重要作用。

(2)如上所述,中国花岗岩浆活动的时代漫长,从太古宙3800Ma直到新生代4Ma呈多幕式出现,每个花岗岩带都由多时代的花岗岩组成,具有多旋回演化的特点。例如横亘在我国北方的天山—内蒙古—大兴安岭花岗岩带,从元古宙起开始活动,经过早古生代到晚古生代达到高潮,至白垩纪尚有微弱活动。而位于我国南方的南岭花岗岩带,从元古宙起开始活动,历经早古生代、三叠纪,到侏罗纪达到高潮,至白垩纪在广东、福建一带仍有强烈活动。这种多旋回演化的特点甚至在一个大型的岩基内也可以反映出来,例如南岭花岗岩带中位于赣、湘、粤三省交界处的万洋山—诸广山花岗岩基,就从早古生代断续活动到白垩纪,它们实际上是一种群居的岩基。因此,花岗岩浆多旋回活动所形成的多时代复式岩体就是中国花岗岩的一个重要特点。

(3)根据程裕淇主编(1994)的《中国区域地质概论》对面积大于100km²的670个花岗岩体,3843件样品面积加权统计(424页,表7-4),中国花岗岩类岩石的成分从太古宙到新生代由偏基性向偏酸性、偏碱性的方向演化,SiO₂、K₂O含量有增高的趋势,Al₂O₃、CaO、MgO、FeO、Fe₂O₃含量有降低的趋势,同地壳由硅镁质逐渐向硅铝质转化和地壳成熟度不断提高的趋势一致。

(4)不同的造山带常常有不同性质的花岗岩类岩石组合。例如喜马拉雅带为白云母花岗岩—电气石花岗岩组合,冈底斯带为花岗闪长岩—花岗岩组合,华北地台的中生代花岗岩为闪长岩—石英闪长岩—石英二长岩—花岗闪长岩—花岗岩组合,而南岭中生代花岗岩为二长花岗岩—正长花岗岩—二云母花岗岩—花岗闪长岩组合,等等。正因为不同造山带有不同的花岗岩类岩石组合,从而决定了它们的岩石化学、地球化学性质也有显著差异(史长义等,2007)。即使同一种花岗岩类岩石类型,在不同造山带之间地球化学性质也有不同,例如天山—内

蒙古—大兴安岭造山带的碱性花岗岩 ϵ_{Nd} 均为正值, 而中国东南部的碱性花岗岩, ϵ_{Nd} 均为负值。之所以出现这种情况, 可能是因为花岗岩岩石组合受源岩的控制, 而源岩的性质又同不同的地质构造环境有密切的关系。正是在这个意义上可以说, 不同的造山带有不同的花岗岩。

(5) 另一方面, 由于同一地区在不同的时期有不同的构造环境, 常常造成不同成因类型花岗岩的重叠、交错和转化的现象。例如滇西三江花岗岩带东侧的临沧花岗岩是一个南北向延伸的巨大岩基, 形成过程十分复杂。晚二叠世—早三叠世时古特提斯洋壳沿澜沧江俯冲带向西俯冲, 陆壳板块仰冲形成临沧花岗岩基的雏形, 它是当时整个火山—深成岩岛弧的组成部分。晚三叠世时由于板块俯冲带东移并发生了东侧洋壳前缘陆块与岛弧的碰撞, 导致早期形成的岛弧花岗岩带被碰撞作用所改造而形成现时所见到的临沧花岗岩。因此后者具有 I 型和 S 型花岗岩的双重特征。主体是在碰撞环境下由陆壳重熔而成的 S 型花岗岩(陈吉琛, 1989)。又如中国东南沿海地区, 白垩纪时由于太平洋板块的俯冲, 形成浙、闽沿海一带的 I 型花岗岩。尔后由于挤压之后的松弛, 从挤压转化为拉张环境, 形成浙、闽沿海一带的 A 型碱性花岗岩, 两种花岗岩在空间上紧密共生在一起。类似地, 在黑龙江西部黑河地区, 早二叠世的 I 型花岗岩和 A 型花岗岩在空间上紧密叠置在一起(孙德有等, 2000)。

(6) 由于各时代板块构造的多次俯冲、碰撞和拼合, 使大陆板块不断横向增生和垂向增厚, 花岗岩类的形成时代亦相应地向增生方向渐次变新。例如滇西西侧的腾冲—梁河地区存在三条呈南北向分布并平行排列的花岗岩带, 它们的形成时代从东向西依次为早白垩世(132~99Ma), 晚白垩世(85~70Ma) 和古新世—始新世(65~40Ma), 正好与缅甸北部新特提斯洋向东的俯冲作用依次向西迁移的时限一致。因此该地区的花岗岩带从东向西渐次变新, 并由 I 型花岗岩转化为 S 型花岗岩(吕伯西等, 1993)。

(7) 如上所述, 中国有不少花岗岩的形成是同板块的俯冲、碰撞作用有关, 但是也有相当一部分花岗岩是形成于板块俯冲、碰撞之后的板内环境。例如天山—内蒙古—大兴安岭造山带随着西伯利亚板块同中朝—塔里木板块在晚泥盆—早石炭世的碰撞拼合而结束了造山运动的历史, 却在后造山条件下从新疆北部经蒙古到内蒙古中部和黑龙江黑河地区形成一条巨大的晚石炭世—早二叠世碱性花岗岩带。

板内岩浆活动极其发育, 或许是中国花岗岩的又一大特色。

(8) 不同时代的花岗岩都可以同金属矿产有密切的成因联系, 但是成矿作用主要集中在中生代, 而且不同的花岗岩带各具特色。例如南岭花岗岩带的钨、锡、铍、铌、钽、铀、稀土; 秦岭花岗岩带的钼、金; 长江中下游花岗岩带的铁、铜; 阿尔泰山花岗岩带的锂、铍、铌、钽; 华北花岗岩的铁、铅、锌; 三江花岗岩带的锡、多金属等。

3 结束语

近百年来, 特别是近五十年来经过几代学人持续不懈的努力, 中国花岗岩时空分布的基本框架已经建立, 为中国大地构造和区域成矿规律的研究奠定了坚实的基础。近年来高精度同位素测年技术的迅速发展, 更为检验和完善这一框架提供了有力的支撑和保证。与此同时, 业已积累的有关花岗岩地质产状、变形特点、岩石类型、岩石组合、地球化学性质和同位素成分特点的丰富资料, 极大地拓宽了人们的视野, 得以从壳幔相互作用和大陆动力学的角度研究地壳生长和演化, 探讨花岗岩浆活动同构造演化的关系。但是由于我国幅员辽阔, 花岗岩分布广泛, 不同地区间研究程度极不平衡。特别是某些边远地区, 自然条件恶劣, 人迹罕至, 更是一片尚待开垦的处女地。我们虽然已经取得了长足的进步, 但是新的问题又层出不穷, 要走的路仍很长, 路就在我们脚下。中国的花岗岩研究, 无论在深度上还是广度上, 都将迈上一个更高的平台, 任重而道远, 让我们继续努力吧!

致谢: 本文初稿原是笔者 1999 年应邀至台湾成功大学讲学时的一演讲稿。2006 年遵照任纪舜院士的嘱托, 根据新近资料对旧稿修改、补充后在为编制亚洲地质图而召开的一次国际会议上作过介绍和交流, 现在又应陈安泽研究员之约对旧稿全面修改成现在的样子。谨对上述单位和个人一并表示诚挚的感谢。

注 释

- ① 彭松柏, 金振民, 付建明, 等. 2004. 云开造山带条带—眼球状(环斑)花岗岩杂岩成因、时代及构造意义. 2004 年全国岩石学与地球动力学研讨会论文摘要. 181.
- ② 孙涛, 刘昌实, 丁兴. 2004. 江西三标岩体成因及其地质意义. 2004 年全国岩石学与地球动力学研讨会论文摘要. 233~234.
- ③ 邓晋福, 苏尚国, 赵国春, 等. 2004. 燕山造山带花岗岩与大陆地壳改造和生长(未刊).

④ 谢才富,朱金初,丁式江,等. 2004. 海南岛晚二叠世一中三叠世镁铁质—超镁铁质侵入岩;后碰撞阶段岩石圈减薄的证据. 2004年全国岩石学地球动力学研讨会论文摘要. 289~290.

参 考 文 献 / References

陈吉琛. 1989. 滇西花岗岩类形成的构造环境及岩石特征. 云南地质, 8(3~4):205~212.

陈能松,李晓彦,王新宇,等. 2006. 柴达木地块南缘昆北单元新元古代花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄. 地质通报, 25(11):1311~1314.

程裕淇. 1994. 中国区域地质概论. 北京:地质出版社, 517.

邓希光,陈志刚,李献华,等. 2004. 桂东南地区大容山—十万大山花岗岩带 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年. 地质论评, 50(4):426~432.

甘晓春,李惠民,孙大中,等. 1995. 浙西南早元古代花岗质岩石的年代. 岩石矿物学杂志, 14(1):1~8.

耿元生. 1998. 冀东迁安地区太古宙花岗质深成岩浆事件及其演化. 见:程裕淇. 主编. 华北地台早前寒武地质研究论文集. 北京:地质出版社, 105~122.

洪大卫,黄怀曾,肖宜君,等. 1994. 内蒙古中部二叠纪碱性花岗岩及其地球动力学意义. 地质学报, 68(3):219~230.

李献华,李正祥,葛文春,等. 2001. 华南新元古代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其构造意义. 矿物岩石地球化学通报, 20(4):271~273.

刘朝基,刁志忠,张正贵. 1996. 川西藏东特提斯地质. 成都:西南交通大学出版社, 148.

刘文灿,万晓樵,梁定益,等. 2004. 江孜县幅,亚东县幅地质调查新成果及主要进展. 地质通报, 23(5~6):444~450.

陆松年,李怀坤,陈志宏. 2003. 塔里木与扬子新元古代热—构造事件特征、序列和时代——扬子与塔里木连接(YZ—TAR)假设. 地学前缘, 10(4):321~326.

陆松年,李怀坤,李惠民,等. 2003. 华北克拉通南缘龙王撞碱性花岗岩 U-Pb 年龄及其地质意义. 地质通报, 22(12):762~768.

路孝平,吴福元,郭敬辉,等. 2005. 通化地区古元古代晚期花岗岩浆作用与地壳演化. 岩石学报, 21(3):721~736.

吕伯西,王增,张能德,等. 1993. 三江地区花岗岩类及其成矿专属性. 北京:地质出版社, 328.

彭头平,王岳军,范蔚茗,等. 2006. 澜沧江南段早中生代酸性火成岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及构造意义. 中国科学(D辑), 36(2):123~132.

邱家骧. 1993. 秦巴碱性岩. 北京:地质出版社, 1~183.

任康绪,阎国翰,蔡剑辉,等. 2006. 华北克拉通北部地区古—中元古代富碱侵入岩年代学及意义. 岩石学报, 22(2):377~386.

石玉若,刘敦一,张旗,等. 2004. 内蒙古苏左旗地区冈长—花岗岩类 SHRIMP 年代学. 地质学报, 78(6):789~799.

史长义,鄢明才,迟清华. 2007. 中国不同构造单元花岗岩类元素丰度及特征. 地质学报, 81(1):47~59.

孙德有,吴福元,李惠民,等. 2000. 小兴安岭西北部造山后 A 型花岗岩的时代及与索伦山—贺根山—扎赉特碰撞拼合带东延的关

系. 科学通报, 45(20):2217~2222.

王惠初,陆松年,赵凤清,等. 2005. 华北克拉通古元古代地质记录及其构造意义. 地质调查与研究, 28(3):129~143.

王立全,朱弟成,潘桂棠. 2004. 青藏高原 1:25 万区域地质调查主要成果和进展综述(南区). 地质通报, 23(5~6):413~419.

伍家善,耿元生,沈其韩,等. 1998. 中朝古大陆太古宙地质特征及构造演化. 北京:地质出版社, 212.

伍家善,刘敦一,耿元生,等. 1998. 鞍山太古宙花岗岩杂岩. 见:程裕淇. 主编. 华北地台早前寒武地质研究论文集. 北京:地质出版社, 60~81.

肖庆辉,卢欣祥,王菲,等. 2003. 柴达木北缘鹰峰环斑花岗岩的时代及地质意义. 中国科学(D辑), 33(12):1193~1200.

薛怀民,刘福来,孟繁聪. 2006. 苏鲁造山带五莲新元古代花岗岩类成因的 Sr—Nd 同位素证据. 地球科学, 31(4):497~504.

阎国翰,牟保磊,许保良,等. 2000. 燕辽—阴山三叠纪碱性侵入岩年代学和 Sr、Nd、Pb 同位素特征及意义. 中国科学(D辑), 30(4):383~387.

郁建华,付会芹,张凤兰,等. 1996. 华北地台北部非造山环斑花岗岩及有关岩石. 北京:中国科学技术出版社, 182.

张臣,刘树文,何国琦,等. 2006. 华北板块北缘中段中元古代晚期花岗岩类特征及其构造意义. 北京大学学报(自然科学版), 42(4):451~456.

张传林,杨淳,沈加林,等. 2003. 西昆仑北缘新元古代片麻状花岗岩锆石 SHRIMP 年龄及其意义. 地质论评, 49(3):239~244.

张德全,孙桂英,徐洪林. 2002. 中国侵入岩图 1:12000000. 马丽芳主编:中国地质图集, 北京:地质出版社, 21~24.

赵太平,陈福坤,翟明国,等. 2004. 河北大庙斜长岩杂岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 岩石学报, 20(3):685~690.

郑来林,廖光宇,耿全如,等. 2004. 墨脱县幅地质调查新成果及主要进展. 地质通报, 23(5~6):458~462.

Jahn B M, Zhang Z Q. 1984. Archean granulite gneisses from eastern Hebei Province, China. Contrib. Miner. Petrol., 85, 224~243.

Jahn B M, Auvray B, Cornichet J, et al. 1987. 3.5 Ga old amphibolites from eastern Hebei province, China: Field occurrence, petrology, Sm-Nd isochron age and REE geochemistry. Precambrian Res., 34, 311~346.

Liu D Y, Nutman A P, Compston W, et al. 1992. Remnants of \geq 3800Ma Crest in the Chinese part of the Sino-Korean craton. Geology, 20, 339~342.

Liu D Y, Shen Q H, Zhang Z Q, et al. 1990. Archean crustal evolution in China: U-Pb geochronology of the Qianxi complex. Precambrian, Res., 48, 223~244.

Wang Tao, Hong Dawei, Jahn Borming, et al. 2006. Timing, Petrogenesis, and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai mountains, northwest China: implications for the tectonic evolution of an accretionary orogen. Jour Geol., 114, 735~751.

An Outline about Granitoids in China

HONG Dawei, WANG Tao, TONG Ying

Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037

Abstract

The granitoids of China are widely distributed with the total area of outcrop amounting to more than 860000km², which make up about 9% of continental area of China territory.

The geological ages of the granitoids in China extend from the Archean to the Cenozoic. Among them, the area of outcrop of the Mesozoic granitoids is the largest, and the next is the Paleozoic ones.

As a general distribution pattern, the granitoids from the Archean to the Late-Paleozoic occurred mainly in the area north to a line along the Kunlun mountains—Qinling mountains, the Neoproterozoic ones predominantly in South China, the Mesozoic granitoids distributed mainly in eastern China and western Yunnan Province, and the Cenozoic ones mainly in Tibet and western Yunnan Province, southwestern China.

This paper will give you an introduction about the temporal and spatial distribution of granitoids from the Archean to the Cenozoic and main characteristics of the granitoids in China.

Key words: China, Granite, Isotopic chronology

