

华南元古宙地壳演变过程 研究中的几点进展

姜月华^① 谢舜克

(南京地质矿产研究所, 南京 210016)

摘要 根据近两年对华南元古宙地壳演变过程的研究, 提出了华南基底构造格架的划分方案; 同时发现了华南陆下存在相对稳定高速高阻冷的古地幔柱的残留部分——“残烃柱”, 指出华南古大洋基底蛇绿岩层序中存在斜长花岗岩等酸性组分; 探讨了陆下地幔新矿物相; 初步建立了华南及西太平洋壳—幔分层柱体模型; 讨论了华南部分地区下地壳及上地幔的岩石流变学特征。对元古宙 Cu、Au 等成矿作用也作了初步的总结并提出了有希望的成矿远景区。

关键词 元古宙 地壳演变 研究进展 中国华南

华南及其沿海地处欧亚板块与西太平洋的洋—陆过渡带, 是大陆生长记录最完整的构造区之一, 也是大陆扩张、海陆转换记录保存最佳的场所, 因而, 它是大陆地质研究极其重要的实验室, 理所当然成为当今国际、国内地质学界最关心的热点。所以, 立足于华南的研究工作, 并把这一研究工作纳入创立全球统一地质理论的框架具有很重要的意义。

“华南元古宙地壳演变过程及其对成矿的影响”是“九五”地矿部设立的重大基础项目(编号 9501109)之一, 研究目标主要是探讨华南元古宙大陆的形成、性质、地壳生长和大陆增生特征、建立大陆地壳层型柱体; 阐明华南地区元古宙上、下两套绿岩的成因和形成机制; 并通过华南古大陆边缘裂解带的地幔柱式垂直作用和燕山期扩张边缘陆下壳—幔交换“板壳垫托”大陆生长过程及热—流体研究, 阐明其对华南元古宙 Cu、Au、Pb—Zn 矿等形成和改造的影响。该项目由南京地质矿产研究所负责、中国地质大学、天津地质矿产研究所和浙江、安徽、湖南等省地质所、区调所部分人员参与所组成。经过近二年的工作, 取得的主要进展如下:

1 华南基底构造格架

华南基底由扬子块和武夷块两部分组成, 其间大致以绍兴—江山—吉安—赣州—韶关—四会—吴川—湛江等一线为界。扬子块基底主要由川、鄂地区以康定群、崆岭群灰色片麻岩、混合奥长花岗片麻岩、斜长角闪岩、白岗岩—奥长花岗岩为代表、江南—雪峰地区以四堡

^① 收稿日期: 1998-04-20

第一作者简介: 姜月华, 男, 34 岁, 硕士, 副研究员。主要从事沉积学和前寒武纪地质学研究, 已发表论、著有《华南下古生界缺氧事件与黑色页岩及有关矿产》等 30 余篇。

群、冷家溪群、梵净山群、双桥山群等的“科马提绿岩”为代表和浙西、赣东北—湘东—桂东以云开群、鹰阳关群、丹州群、板溪群、历口群等的“花岗绿岩”为代表的各部分基底所组成。反映了扬子块基底由西北向东南具逐渐生长的特征。武夷块是加里东期来自冈瓦纳大陆的洋岛片,它与扬子块是从 450Ma 起直到 300Ma 才碰撞、拼贴成华南大陆的。武夷块由不同时代和岩性的岩片拼贴组合而成,由西北向东南沿海依次为以天井坪群、八都群为代表的角闪岩相带、以迪口群为代表的黑云变粒岩相带、以娄子坝群、桃溪群为代表的角闪斜长变粒岩带和以岩雅群为代表的红柱石—矽线石带,其时代由西北向东南逐渐变新,同样显示出大陆向东南生长的特征。因此,扬子块和武夷块基底的年代、生长层的成因、岩石性质、地球化学组成及地壳结构等完全不同。

2 华南陆下发现古地幔柱的残留部分——“残烃柱”(Residual hydrocarbon column)

经我们与美国加州大学合作而获得的最新 S 波三维速度平面层析层像显示,在华南中部东经 110°,北纬 26—31°,350km 与 400km 深度出现一柱状低速异常区(扰动值为 -0.6%)。无疑它反映了该区陆下残存有古老结构的古地幔柱信息。研究认为,不能简单地已获得的所有地球物理信息仅仅看作是反映现今状态。事实上,地球在演化过程中,并非将已存在的结构全部摧毁后再重新组建,而是一次灾变过程改造部分或大部分结构,因此,有新生也有“残留”,形成新老并存的状态。当前太阳系行星研究中已肯定地球在 4.5—6.0 Ga 的演化过程中没有经历过彻底“毁灭”再重新组建的过程,它是在不断演化历程中逐渐地由热向相对较冷、由不稳定向相对稳定成熟的地球系统演进。岩石层和生物圈的演进也证实了这一点。

无独有偶,在 S 波波速平面结构图中,可以发现在 250km 和 300km 深度出现高速异常,高速异常区中也有一柱状低速异常带(速度扰动值 -0.6%)存在。在 220km 深度处 V_p 值为 8—8.13km/s,该速度相当于软流层速度,它与 250km 深度以上的低速异常区没有联系,与其下 350km、400km 深度的 S 波波速平面结构图出现的柱状低速异常也不连续,位置不能下延,而是更向东南迁移,表明这一低速异常热柱体是又一地质历史时期的地幔柱“残烃柱”结构,反映了 1.0Ga 期间地幔柱具向南迁移的趋势^[1]。

3 华南古大洋基底蛇绿岩中存在斜长花岗岩等酸性组分

在华南新元古代蛇绿岩中发现有低锆斜长花岗岩及石英闪长岩、流纹岩等作为组成大洋基底成员的组分存在。按照板块构造传统的看法,大洋壳主要为玄武岩,其变质岩则以变基性岩为主,因为在洋壳形成时基性火山活动起主导作用。但上述斜长花岗岩等均产于大洋层序中。地质产状与蛇绿岩一致,同位素年龄 850—950Ma,同位素组成也与蛇绿岩原始火成岩层序相似,如皖南歙县、休宁岩体、浙东绍兴平水岩体、诸暨横山、湖南平江岩体、桂北四堡岩体等。不过,对古大洋基底序列中出现的酸性组分尚需做一系列野外地质调查,以了解它们与蛇绿岩在产状、产出构造部位、岩石性质及矿物组合、分异特征等方面的相互关系,特别是同位素地球化学组成、物理性质特征等研究更待深入。希望能从上述有关信息中建立岩石成因和精确的侵位机制,以便确认这些酸性岩石是洋脊构造环境的产物或是洋中脊玄武

岩组合中的成员,从而建立华南壳幔结构中自己独特的洋壳基底岩石组合模式。

4 初步探讨了华南陆下深部地幔新矿物相(钙钛矿和镁方铁矿等)

通过对湖南、贵州等地爆破岩筒碱性熔岩捕虏体岩的研究,从中已初步分选出华南陆下深地幔条件下形成的新矿物相——如 CaSiO_3 —钙钛矿、镁方铁矿和刚玉,并对其进行了探讨,认为由橄榄石、斜方辉石、石榴石相转变所出现的富镁尖晶石、钙钛矿、镁方铁矿可能出现于 400km 以下的过渡带中,而由单斜辉石相变的富钙钙钛矿、刚玉可能出现于 670km 以下的下地幔。

由于钙钛矿等是地表较难发现的矿物,实验已证明它们多赋存于 670km 以下^{[2][3][4]},是下地幔主要的组成部分,占 78.5%。对这类矿物的深入探讨已成为近一年来国际上研究、实验的热点^{[5][6]}。此外,国外最新研究成果表明,下地幔的钙钛矿可能含有大量氢,说明下地幔是氢的一种重要来源。据推测,现代大洋和大气中的水是通过火山活动释放出矿物中微量氢生成的,但是,地球内部的氢是否参与这些作用过程以及下地幔到底含有多少数量氢尚不清楚。这些问题均属现今探讨地球深部所出现的新的命题,因为它们直接影响水圈和岩石圈的演化和人们的生活环境。

华南地区虽有上述矿物发现,但由于选矿困难,选出极少,有待进一步的鉴别和分析,尤其需要多学科大量高水平的测试,如元素性状分析、同位素分析、高温、高压熔融实验、相转变晶体结构分析、H 的存在性状研究等,以使研究进一步深化。

5 初步建立华南及西太平洋壳—幔分层柱体模型

就现阶段的研究表明,华南地质记录了自太古代至新生代的由原始地幔→饱和地幔→亏损地幔的各种物质组分。如既有来自核—幔边界的低速带物质“ CaSiO_3 —钙钛矿”、下地幔的科马提岩(670km 以下)、过渡带或中圈(mesosphere)^[3]的榴辉岩(400—670km),也有来自浅部地幔(perisphere)的橄榄岩(80—400km)、壳幔边界的碱性熔岩(30—80km)以及原始玄武岩中捕虏体等。通过由各种深部岩石提供的定性、定量信息,可以认为核—幔边界是地球内部最引人注目的不连续面,其上发生的弹性参数、成分和粘度、温度、压力的变化,是导致地幔和地核动力学性状完全不同的主要原因。因而,了解地球内部这一重要界面和其之上 D" 区以及它们之间的相互关系、相互影响,对于解决某些有关地球物质演化和迁移的核心问题至关重要。西太平洋及中国东部陆下存在着延伸到 D" 区巨大范围的异常低速带,可能为下地幔钙钛矿和镁方铁矿的熔融带。

鉴于已取得的成果,可以建立 D" 区至壳幔边界各层不同物质组成、温、压条件、地球化学性质、地震波速跃迁变异的华南及西太平洋壳幔分层柱体。如以初步获得的来自华南不同圈区、不同深度岩石的氧同位素组成结果为例,可以发现,下地幔岩浆杂岩混染程度低、变化小, $\delta^{18}\text{O}$ 值在 +1.46‰~+6.6‰; 上地幔蛇绿岩类岩石混染程度高、变化大, $\delta^{18}\text{O}$ 值在 +5.7‰~+16.36‰;“扬子克拉通”深源爆破岩筒碱性熔岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 +6.76‰~+8.1‰; 具独特构造环境的榴辉岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 -5.67‰~+2.30‰,不同构造环境的榴辉岩可达 -10‰; 下、中地壳“麻粒岩”、石墨片岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 +12.8‰~+13.62‰; 硅质—碧玉岩(为华南蛇绿岩上序列的海底火山热水沉积)的 $\delta^{18}\text{O}$ 值在 +8.78‰~+21.4‰。它们明显反映了由深源向浅层氧同位素组成有逐渐增大的趋势。这些不同层圈岩石的氧同位素组成提供

了华南壳幔结构分层定性、定量的信息,从而为进一步建立不同构造区岩石圈地幔柱体和地壳柱体奠定了基础。

6 岩石流变学研究

岩石流变学研究对象主要是下地壳岩石以及地幔岩。目前已采集了湖南道县、宁远、广西平南、广东高州等地的深源包体样品,下一步将对广东麒麟(深源包体)和康滇地区(灰色片麻岩)等地采集相关岩样。不过,根据已经采到的样品初步研究来看,已获得了较好的下地壳岩石(辉长岩包体)中的辉石、斜长石的组构图形,同时发现了辉长岩包体具较明显的层状构造。辉长岩包体的年代学($\text{Sm}-\text{Nd}$ 、 $\text{Rb}-\text{Sr}$ 、 $\text{U}-\text{Pb}$)、同位素地球化学、探针分析以及波速各向异性、温压实验等正在研究和分析之中。至于上地幔二辉橄榄岩包体,其矿物的化学成分经探针分析,结果显示橄榄石为镁橄榄石、斜方辉石为顽火辉石、单斜辉石为铬透辉石、尖晶石为铬尖晶石。二辉橄榄岩包体经氧化缀饰法、费氏台岩组分析等,发现橄榄石具有清晰的高温滑移现象(滑移方向主要为 $\{010\}$ 和 $\{100\}$)(为高温低压变速率下常见的滑移类型)以及扭折带构造。橄榄石的组构图形显示结晶轴a轴、b轴呈小圆形极密的复杂图形,表明橄榄石a轴、b轴有绕c轴转动的趋势,这与橄榄石的扭折带滑移系测定结果一致。在上述分析的基础上,对区域内上地幔的古差异流动应力通过用亚晶粒大小进行了估算,结果为211bar。同时,经初步研究发现,广西平南玄武岩中地幔包体(橄榄岩)的平衡温压条件为: $P=14.9-22.2\text{ kbar}$, $T=938-1136^\circ$, 平衡深度(h)49—73km,而与湘南地区 $P=18.2-22.8\text{ kbar}$ 、 $T=980-1110^\circ$ 、 $h=60-75\text{ km}$ (吴有林,1995)有一定差别。显然,在探讨华南大陆深部构造性质及其大陆动力学过程中,通过对地表出露的深层岩石及岩石中橄榄石、辉石以及尖晶石、石榴石等的变形组构、位错、流变学参数(流动差异应力、温度、压力、深度、流动速率、有效粘度)及电性、波速各向异性等特征研究,对探讨地幔流变和岩石圈减薄而产生的大陆拉张、地幔结构分层等具有很重要的意义^{[7][8]}。

7 成矿作用研究

成矿作用研究紧紧围绕矿源层、元素活化迁移机理和成矿富集机制等成矿核心问题开展,主攻扬子块东南缘构造边界的地壳组成、地壳作用和演化及其对Au、Cu成矿作用的影响。通过使用多元、多媒体的方法,充分地整理前人资料并结合样品测试开展工作,目前已经收集了闽、浙、湘、粤等地前寒武纪地层、岩浆岩、各类火山岩的常量、微量和成矿元素(共68项)分析结果443件,收集了华南元古宙地层、花岗岩、Cu、Au矿床的Pb、Rb、Sm等同位素数据370件,并相继在河台金矿、金山金矿、德兴铜矿等地进行观察和采集了各类标本,同时已完成了部分单矿物挑选、光薄片磨制及铅同位素样品测试。此外,也初步整理了云开地块元古宙地壳、各期岩浆岩及Cu、Au矿床的铅同位素资料,对其地壳演化、金矿成矿作用的物质来源、富集机制等进行了探讨和总结^[9],如通过Pb同位素的研究,发现盖层Pb同位素组成表现为正常,但是深层基底(高州群)与浅层基底(云开群)Pb同位素却存在明显的差异,据此认为河台、新州等金矿床的矿源主要属浅层基底,少量为深层基底。另据已有的资料,也已初步对控制Au成矿作用要素有了一定的认识,认为——矿源:主要是华南元古宙基底的含Au建造;Au等成矿元素活化迁移机制:初始沉积富集作用、变质作用、韧性剪切动力变质作用、岩浆作用等多种地球化学作用的叠加、继承,矿床最后成型于中生代;Au的赋矿空

间:韧性剪切带、层间裂隙带等。另外,在研究华南新元古代蛇绿岩绿岩及其构造边界时,我们注意到古扬子块东南边界的新元古代蛇绿岩绿岩的 Cu、Au 背景值普遍较高,在武夷块与扬子块拼贴的边界构造带,有一系列金、铜矿床,而湖南段因受覆盖岩石性质不明等各种原因影响,至今尚未发现有较高价值的 Cu、Au 矿床。研究表明该区存在新元古代蛇绿岩绿岩,并与浙江、江西、广东绿岩型金、铜矿成矿地质背景、成矿条件等有着相似的特点,因而,是非常有希望的 Cu、Au 成矿远景区,可望找到大型矿床。

近期的工作也对武夷块前寒武纪地层通过整理已有的年代数据,并结合自己所采集的样品实测(时代测定用单颗粒锆石 U—Pb 法),对前寒武纪地层层序如“麻源群”、“八都群”、“天井坪组”、“娄子坝群”、“陈蔡群”等进行了重新划分,同时,对其中的部分岩层(基性、超基性岩、花岗岩等)时代、成因作出了新的解释。

总之,随着“华南元古宙地壳演变过程及其对成矿的影响”项目研究工作的深入,特别是新获得的测试成果(如 O、C、Hf、He、Sm、Rb、Pb 等同位素分析、化学分析、电子探针分析等),使之与已有的资料相融合,加以综合整理和分析,相信项目最终可为华南元古宙基础地质研究的水平提高到一个新的高度。

参加本次工作的人员还有秦正永研究员、马振东教授、金振民教授、孔华博士后以及汤家富高级工程师、包超民高级工程师、王任衡高级工程师、陈民苏高级工程师等,笔者对他们表示衷心的感谢!

3 参考文献

- 1 谢谕克,马荣生,张禹慎等. 华南大陆地壳生长过程与地幔柱过程. 北京:地质出版社,1996.
- 2 Anderson Don L. The depths of mantle reservoirs. In magmatic process: physicochemical principles, Geochemical Society Special Publication No. 1 (ed. B. O. Mysen), Geochemical Society, Pennsylvania, 1987; 3—12
- 3 Anderson Don L. Chemical boundaries in the mantle. In: R. Sabadini et al (eds.). Glacial isostasy, sea-level and mantle rheology; Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 1991; 379—401
- 4 Anderson Don L, Tanimoto T, Zhang Y S. Plate tectonics and hotspots: the third dimension. Science, 1992, 256: 1645—1651
- 5 Hofmann A W. Early evolution of continents. Science, 1997, 275(5299): 498—499
- 6 Holland K G., Ahrens T J. Melting of $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$ at core-mantle boundary of the Earth. Science, 1997, 275 (5326): 1623—1625
- 7 金振民,高山. 底侵作用及其壳—幔演化动力学意义. 地质科技情报, 1996, 15(2): 1—17
- 8 孔华,金振民,谢谕克. 大陆下地壳地震波速特征及其意义. 国外火山地质, 1997, (1): 47—52
- 9 Ma Zhendong, Shan Guangxiang. The background of regional lead isotopic compositions and its application in the Lower and Middle Reaches of the Yangtze River and neighbouring areas. ACTA Geological Sinica, 1997, 71(2): 158—170

THE NEW RESEARCHING RESULTS IN PROTEROZOIC CRUSTAL EVOLUTIONARY PROCESS OF SOUTH CHINA

Jiang Yuehua Xie Douke

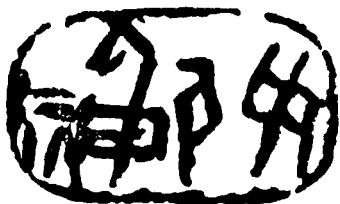
(IGMR, Nanjing 210016)

Abstract

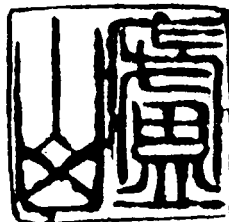
Based on recent two years' study of Proterozoic crustal evolutionary process of South China, the authors gave a classification of basal tectonic framework in South China and discovered "residual hydrocarbon column"—a cold residual mantle with relative stable high-velocity and high-resistivity existing under the South China continent. During the study on crust evolution, some researching results were made acidic components in ophiolite sequences of paleo-oceanic basement, such as plagiogranite and so on, occurred in South China. Some new mineral facies were also discussed in subcontinent mantle. The characteristics of rock rheology were studied in the lower crust and upper mantle. Stratified columnar model of crust-mantle was preliminarily established in South China and West Pacific Ocean. According to the above mentioned, the authors summarized the copper and gold mineralization of the Proterozoic and put forward some metallogenetic potential areas in South China.

Key words Proterozoic crust evolutionary process new results South China

• 篆刻作品 • 魏乃颐 作



神州



庐山