

文章编号: 1000- 6524 (2001) 03- 0360- 07

从 31 届地质大会看火成岩石学的研究动向

廖忠礼, 莫宣学, 喻学惠, 赵志丹, 苏尚国, 董国臣
(中国地质大学, 北京 100083)

摘 要: 主要根据第 31 届国际地质大会上关于花岗质岩浆作用与成矿, 花岗岩系统及元古宙岩石圈过程, 玄武岩, 碱性侵入体的成因与侵位, 碳酸岩、金伯利岩、钾镁煌斑岩及相关岩石, 造山带酸性与中性火山岩, 火山作用等方面的发言、论文及摘要, 结合其它资料, 对近些年来国际、国内火成岩石学领域的新进展和研究动向进行讨论。认为从 20 世纪末到 21 世纪初, 在地球动力学和全球变化的总框架下, 在人类对资源、环境、减灾重大需求的推动下, 火成岩石学在地球物质科学、岩石探针、大火成岩省事件与超级地幔柱、地幔动力学、岩浆过程的物理学及超高压实验等方面取得了明显的进展。

关键词: 火成岩石学; 地球物质科学; 花岗质岩浆作用; 玄武岩; 碱性岩; 岩石探针; 大火成岩省事件与超级地幔柱; 地幔动力学

中图分类号: P588.1 **文献标识码:** A

第 31 届国际地质大会于 2000 年 8 月 6~ 17 日在巴西里约热内卢的国际会议中心隆重召开。这次大会的主题是“地质学与可持续发展: 第 3 个千年的挑战”。围绕这一主题, 与会的科学家共同探讨了地球科学在世纪之交面临的重大问题、发展趋势及在可持续发展中的地位与作用。火成岩石学作为一门重要的基础性学科, 也面临着同样的挑战。

从 20 世纪末到 21 世纪初, 在地球动力学和全球变化的总框架下, 在人类对资源、环境、减灾重大需求的推动下, 火成岩石学取得了迅速的发展。本文主要根据这次大会上对火成岩石学的研讨, 结合其它资料, 在以下几个方面对近些年来国际、国内火成岩石学领域的研究动向进行讨论。

1 花岗质岩浆作用与成矿

由于岩浆作用与成矿问题同人类的可持续发展关系密切, 因而第 31 届国际地质大会将花岗质岩浆作用与成矿列为重要的论题来讨论, 具体内容包括岩浆结构研究、岩浆与成矿的关系、岩浆房的形成、花岗岩和演化、板内岩浆作用等, 提交的论文有 134 篇。这些论文包括前沿性的研究成果、研究动向及综合评述, 其中不乏有可能成为热点的新方向之作。本组讨论会由英国的 Stephens W E 主持, 代表性的观点如下: 俄罗斯莫斯科大学的 Sobolev R N 认为锡矿床形成与酸性岩浆演化过程有关, 矿床与多级花岗岩和酸性火山岩尤其与其最终相有关。俄罗斯科学院矿床岩石矿物地球化学研究所的 Efremova S V 认为, 酸性岩浆的结晶作用有两种条件: 稳定构造条件和不稳定构造条件。蒙古理工大学的 Gerel O 在论文“*Intraplate magmatism in South Mongolia*”中报道了蒙古南部广泛分布的晚古生代、中生代碱性侵入岩和双峰式火山组合,

收稿日期: 2001- 07- 15; 修订日期: 2001- 08- 06

作者简介: 廖忠礼 (1969-), 助理研究员, 博士, 主要从事岩石学、区域地质研究工作。

认为它们属于板内岩浆作用的产物,岩浆岩成分在时间上的系统变化可能与不同的地幔来源有关。法国 Jean Monnet 大学 Bowden P 的论文“Magma fluid degassing and crustal contamination in the genesis of mineralized African A-type granites”强调了岩浆-流体系统的去气作用与地壳混染在非洲矿化 A-型花岗岩成因中的作用。哈萨克斯坦哈萨克矿产研究所 Abdrahmanov K A 提交的论文“Petrogenesis and ore content of comendite-alkalic granitic formations”认为碱性花岗岩和钠闪碱流岩建造从地质学和地球动力学的角度可以划分为3种类型,其中第3种类型是褶皱区的钠闪碱流岩-碱性花岗岩,以浅色花岗岩和白岗岩为代表,可能发育在高碱性流体及成熟陆壳的条件下;最具矿床意义的组合是浅成碱性花岗岩,富含重稀土元素。

我国学者在会议上针对我国花岗岩与区域成矿关系的综合性研究,认为同熔型花岗岩属西太平洋成矿带的内带,有关矿产以上地幔中较富的 Fe、Cu 为主,其次为 Au、Ag、Pb、Zn、S 等,矿床类型主要有斑岩型、热液叠加型(部分为夕卡岩型)和中低温热液脉型,常受火山构造和中浅成侵入体接触带的控制。改造型花岗岩在西太平洋成矿带的外带,伴生矿产以地壳中丰度较大的亲花岗岩的元素 W、Sn、Nb、Ta、Be、U 等为主;成矿一般为小岩体,有强烈的蚀变交代作用;以接触交代型、大脉型和蚀变花岗岩型等热液矿床为主;蚀变和成矿元素在时间和空间上有明显的分带现象。

2 花岗岩系统及元古宙岩石圈过程

据提交的59篇学术论文摘要来看,该领域热点集中于地壳演化、A型岩浆作用及与2.44 Ga大陆裂谷的联系、洋壳成分变化、横推断层、地球化学和同位素、岩石成因、黑云母构造含义、岩浆作用和构造演化、花岗岩成因事件、金矿化、岩浆演化、Rapakivi花岗岩、板内岩浆系统等问题上,在讨论构造环境方面则以中国学者居多。代表性论文有:

中国地质矿产信息研究院肖庆辉等在论文“Evolution of the granites in Qinling orogenic belt”中认为,不同时期、成因和类型的花岗岩广泛出现在秦岭造山带,其形成与造山带的演化有关,是秦岭造山带构造演化的真实记录。每期花岗岩的活动和岩石类型指示造山带内构造演化的特殊状态和模式。作为秦岭岩石圈主要成分的秦岭花岗岩的形成和定位过程,是秦岭造山过程形成演化和动力过程的重要标志。每期花岗岩事件反映出该造山带板块演化明确的幕。底侵、拆沉和地壳增厚导致了花岗质岩浆的形成。这些结果显示花岗岩体的形成是该造山带板块长期演化的结果。火成岩活动的7个事件发生时间是:2500~2900 Ma;1600~2000 Ma;1000(800~1100) Ma;402~600 Ma;240~380 Ma;190~230 Ma;100~170 Ma。

俄罗斯 Sharkov E V 在论文“Within-plate magmatic systems in conditions of thick sialic crust: evidence for Proterozoic anorthosite-rapakivi granite complexes of Baltic and Ukrainian Shields”中提出,东欧克拉通西部表现为异常厚的陆壳(50~60 km),它是 Svecofennian 造山运动(1.9~1.8 Ga 以前)形成的,有大量1.8~1.5 Ga 的钙长石-奥长环斑花岗岩组合(ARGC)发育。根据地球化学和同位素数据,奥长环斑岩浆源自幔源钙长石岩的熔融,并被地壳物质所混染。其构造背景为在热点之上板内迅速增厚的大陆地壳。

芬兰赫尔辛基大学 Lukkari S 在论文“Magmatic evolution of the Kymi topaz-bearing granite stock: A melt inclusion study”中介绍了他们对熔融包体进行的高压加热实验。将花岗斑岩和花岗岩中的石英和黄玉晶体熔融包体各自置于0.3 GPa、700℃下24小时和0.1 GPa、900℃下96小时重新均一化。对花岗斑岩和边缘相花岗岩的熔融包体初步研究结果显示,花岗斑岩的石英斑晶是从富挥发分熔体中结晶的,而花岗岩熔体却较少挥发分(4.5%~9.0%),但富含氟(1.08%~1.72%,平均1.38%)、锡(550×10^{-6})和铷(大于 4700×10^{-6})。

3 玄武岩

31届地质大会与玄武岩相关的讨论分两个专题,一为原生玄武质岩浆(primary basalt magmas),二为高原玄武岩(plateau basalts)。前一专题提交学术论文摘要71篇,热点主要集中于大火成省岩浆活动、地幔柱、地幔岩浆-流体等;后一专题提交学术论文摘要14篇,内容涉及高原溢流玄武岩的特征、地幔过程、地

幔来源、大火成岩省等。两专题间内容有重叠,主要代表性论文如下:

中国地质科学院地质研究所王彦斌等的论文“Cenozoic mantle-plume magmatism of the Tuyon basin, the southern TianShan: evidence from geochemistry data of alkalic basalts”指出 Tuyon 玄武岩 Sr、Nd、Pb 同位素地球化学特征及主要元素、痕量元素和稀土元素地球化学数据说明这些玄武岩与夏威夷洋岛碱性玄武岩类似。在 Tuyon 盆地及其邻区,部分新生代碱性玄武岩岩浆作用可能与新生代地幔柱活动有关。印度加尔各答地质调查所 Acharyya S K 的论文“Early-mid eocene continental flood basalt from the Himalayan foreland basin and their tectonic significance”认为其底部沉积中铬尖晶石的存在表明早第三纪前陆盆地是在喜马拉雅推覆体定位后不久出现的,碰撞陆外槽普遍发育的正断层是高振荡岩石圈褶曲导致的。早、中始新世在褶皱的印度大陆岩石圈中一些深断裂的出现,可能是喜马拉雅前陆盆地大陆溢流玄武岩(CFB)型火山作用的响应。挪威奥斯陆大学地质系 Eldiölm O 等的论文“Large igneous provinces and plate tectonics”认为板块构造理论很难解释通常归因于地幔柱的大火成省岩浆活动。印度地质调查所 Misra K S 等在论文“Eruption of flood basalt sequences in Deccan volcanic province”中通过遥感数据解释和露头技术在德干火成岩省的填图工作,指出玄武岩的喷发序列有3种截然不同的模式。美国爱荷华州地质与大气系 Seifert K E 的论文“Contamination of Keweenaw flood basalts in the midcontinent rift, northcentral USA”认为陆内裂谷火成岩显示不同数量和类型的混染作用,微量元素富集类型的不同表明玄武质岩浆吸收了明尼苏达州北海滨火山岩群(NSVG)地壳熔融形成的不同成分的地壳物质。俄罗斯新西伯利亚 Ashchepkov I V 的论文“Xenoliths and basalts from the Sovgavan Plateau: regularities of mantle structure”通过对 Sovgavan 高原火山岩及其中二辉橄榄岩和辉橄岩地幔捕虏体的研究认为,地幔柱熔融可能开始于纵深垂直消减作用与地幔边缘熔融的强烈相互作用。

4 碱性侵入体的成因与侵位

据提交有关该领域的52篇学术论文摘要来看,该领域内容涉及碱性岩浆和有关的构造作用等。德国 Ramirez J A 等在论文“Eastern Mexican alkaline province(EMAP): implications of subduction and intraplate related Tertiary magmatism”中认为:东墨西哥碱性岩省的年龄范围是从白垩纪到第三纪,地球化学数据可以区别老的消减带和年轻的大陆板内单元。Balashov Y A 的论文“Geodynamic and petrologic evolution of mantle and crustal magmatism in each 100_MYR cycle of the earth”认为,以100 Ma为周期的地壳生长过程是典型的前寒武纪和显生宙的地球历史,从早元古代到 Riphean 同样的岩浆演化包括几个100 Ma周期。伊朗德黑兰大学 Esfandb F L 在论文“Rifting movements of lower Paleozoic in the most northern edge of Gondwanaland within Iranian geological framework”中认为,伊朗早古生代火山活动与冈瓦纳大陆东北部主体大陆边缘裂谷过程有关。俄罗斯 Evdokimov A N 在论文“Upper mantle beneath northern Eurasia: Evidence from xenoliths in post-Miocene alkaline basalts”认为,欧亚北部中新世以后的碱性玄武质岩浆作用与北冰洋的打开有关,橄辉岩捕虏体和寄主玄武岩的成分包含了许多关于大洋打开的深部信息。德国埃森大学 Schreiber 等在论文“Opposite development paths of natural silicate melts caused by magma mixing, interdiffusion and extraction”中提出了一种新的内渗透碱性系列萃取过程的碱富集模型。

5 碳酸岩、金伯利岩、钾镁煌斑岩及相关岩石

碳酸岩、金伯利岩、钾镁煌斑岩及相关岩石,因为具有特定的地质意义或找矿价值而备受重视。提交的有关该专题56篇论文,内容涉及碱性岩、金伯利岩岩浆及其成因、碳酸岩及其成因、上地幔成分、钻石资源、钻石砂矿成因、超碱性花岗岩的成因、特点及地质经济潜力等。

中国科学院地球物理研究所刘焰、钟大赉等在论文“Carbonatites in the eastern Himalayan syntaxis: A direct evidence for mantle magma upwelling during Neogene”中描述了喜马拉雅地区碳酸岩岩墙和伴生的镁铁质和超镁铁质岩墙,它们顺片麻理侵入于麻粒岩相片麻岩,并分成南、北两个带,金云母K-Ar法年龄分

析结果分别为 $3.6 \text{ Ma} \pm 0.1 \text{ Ma}$ 和 $5.5 \pm 0.2 \text{ Ma}$ 。认为它们来自幔源岩浆,形成的构造环境为会聚大陆边缘。乌克兰基辅地球化学矿物与矿产研究所 Tsybal S N 的论文“Composition of the upper mantle under the Ukrainian Shield”提出,在乌克兰地盾有太古宙和元古宙地块,金伯利岩仅仅在元古宙地块出现,镁铝榴石-二辉橄榄岩(为主)、镁铝榴石-纯橄岩和方辉橄榄岩则经常出现在乌克兰地盾所有地块的上地幔。南非 Schurmann L 等在论文“Processes in high_level carbonatite magma chambers: Evidence from Nooitgedacht, South Africa”中指出 Phoscorite 是侵入的,并且可能是高水平岩浆房结晶分馏的产物。混合白云石-方解石碳酸岩岩颈可能代表同样岩浆房顶部延迟成核作用的产物。比利时布鲁塞尔大学 Demaiffe D 等在论文“The Kovdor carbonatitic and alkaline complex (Kola Peninsula, Russia): Evidence for multi_source evolution”中提出俄罗斯科拉半岛 Kovdor 碳酸岩和碱性杂岩是多源演化的产物。

6 造山带酸性与中性火山岩

据提交的22篇学术论文摘要来看,该领域内容涉及火山岩地球化学特征和构造演化、Sb-Au矿床、中生代火山岩及壳幔作用、早侏罗世地壳生长、喷发序列和岩浆房分带现象、从岛弧安山岩混染到大规模地壳熔融、火山岩相、下地壳俯冲过程的示踪及地球化学解释、藏北高原钾玄岩(shoshonite)中的捕虏体及其地质意义、酸性熔岩的不混溶性、岩浆补给系统和壳幔积聚、岛弧岩浆作用、火山深成岩、岩石构造组合与地球动力过程、火山杂岩与多金属矿床、富硅质岛弧火山作用与下地壳熔融、Sr-Nd-Pb同位素地球化学和中生代火山侵入岩的来源等。代表性论文有:

德国波茨坦大学 Trumbull R B 等提交的论文“Evolution of the Andean central volcanic zone: from contamination of arc andesites to large_scale crustal melting”提出,安第斯中带火山岩化学和同位素资料显示,在中新世末(8~5Ma)弧安山岩的地壳混染作用急剧增强,一直到第四纪都保持一个很高的水平,与 Altiplano-Puna 火山杂岩的大部分熔结凝灰岩形成时间一致。这些巨大体积的长英质熔结凝灰岩是壳源主体。因此,岩浆作用包括了基底的再循环和最后的地壳生长。初步的热模拟表明,由地壳中的安山岩浆库提供的热应该有产生可观察尺度上的地壳熔融。上新世熔结凝灰岩岩浆的起源深度(20~30 km)的岩石学模型基本与目前火山弧下(22~24°S)的地球物理异常相一致。中地壳低P波速-S波的衰减,较小的重力和高的电导性都与部分熔融带相符。

日本 Iwate 大学 Tsuchiya N 等在论文“Early Cretaceous crustal growth by adakitic magmatism in the Kitakami Mountains, Japan”中认为沿会聚板块边缘的岛弧岩浆作用是形成陆壳的主要作用。与现代消减洋壳相比,太古宙洋壳的消减显得更热,达到了部分熔融产出埃达克质(adakitic)岩浆的条件。在日本东北和西南地区,分布有大量的白垩纪至老第三纪的长英质火成岩。在这些岩石中,Kitakami 山的早白垩世深成岩因埃达克质岩和钙碱性岩石的共存而更具魅力。埃达克质花岗岩产于 Hashikami、Tanohata 和 Miyako 三个带状深成侵入体的中部,其边缘部分被钙碱性花岗岩所包围。岩石化学数据表明,埃达克质花岗岩能够直接来源于以石榴子石、单斜辉石、石英、金红石和磷灰石作为残留惰性组分的消减板片的部分熔融,边缘相的钙碱性岩浆是由上升的埃达克质熔体与地幔楔橄榄岩两者反应而成的。

中国地质科学院地质研究所杨经绥等提交的论文“Hypoxenoliths in the shoshonite on the northern Tibet Plateau and their geological implications”指出,藏北可可西里地区出露有大量新生代火山岩,其中较老的熔岩以表面平坦而且厚的岩席流和风化壳形式出现,年轻火山仍保留有残余火山锥火山口。火山锥沿断层分布,规模通常很小(直径<100 m)。岩石类型以粗面岩和橄榄玄武岩为主,在这些岩石中发现了各种各样的捕虏体。在最近获得的地质和地球物理结果的基础上,他们提出了一个内部的俯冲模型来解释西藏高原的隆升机制。

南京地质矿产研究所陶奎元等在论文“Petrotectonic assemblages and geodynamic process of Mesozoic igneous rock provinces in the southeast China”认为,中国东南部露头尺度的中生代火成岩组成了环太平洋亚洲陆缘的一个重要部分。这些岩石可分为3个火成岩省:南岭地区的陆内碰撞火成岩省、中国东南部沿海一

带的伸展陆缘火成岩省、大别—郯庐地区下扬子北缘的碰撞—超覆伸展火成岩省。每个火成岩省都有其特殊的岩石—构造组合。这些组合和它们的 Sr、Nd、Pb 同位素一起记录了一个以底侵作用为主的深部壳—幔作用过程。

7 火山作用

涉及该主题的学术论文有 69 篇,内容涉及:寒武纪玄武质安山岩序列、玄武岩与裂谷的关系、火山活动的化学特征、火山喷发的成分变化、流纹岩凝灰岩的对比、阿尔卑斯岩浆活动的贡献、白垩纪裂谷型火山构造消减、远端火山碎屑层、弧前火山作用与边缘俯冲的关系、地幔与大陆裂解相关的证据、超级地幔柱事件、岛弧裂谷系统的结合带、火山作用和岩浆作用、与流纹熔岩有关的伸展作用、滞后弧火山岩及其地球动力学意义、碰撞过程的反映、岩浆成因与地壳结构和板块作用、次火山岩带的岩浆包体成因、海相潜火山杂岩、巨大火山岩来源、地幔柱活动与岩石成因的意义、微克拉通的地幔柱火山作用、第四纪演化与流纹岩火山作用的关系、冰川下的喷发作用、构造岩浆脉动与拉拉米后俯冲的历史、地幔柱上涌、板内火山作用、火山沉积系列、火山地震等。代表性的论文有:

中国地质大学(北京)莫宣学的论文“Lagged arc volcanic rocks and their geodynamic implications”提出了滞后弧火山岩的概念,指出其一方面形成于碰撞后陆内环境,另一方面明显地带与俯冲相关火山岩的地球化学信号,通常属钙碱性系列。滞后弧火山岩在中国西部许多造山带和世界其他地区都有分布,例如云南腾冲晚上新世—晚更新世火山群、南非 Kaapvaal 火山岩区等。滞后弧火山岩可作为古俯冲带存在的证据。

莫斯科大学的 Simonov D. A. 和 Demina L. I. 提交的论文“Late Cenozoic volcanism as a reflection of a collision process in central part of Alpine fold belt”认为,在阿尔卑斯褶皱带 Aegean—Caucasus 部分的碰撞阶段,分布有广泛的晚新生代陆内火山作用。这种碰撞型火山作用的化学特征不但反映了与该区普遍挤压有关的作用,而且也反映了该区的地球动力学背景,起源于碰撞带构造部件的相互作用,或者指示了一种独立的、同时发生的碰撞过程。在阿尔卑斯褶皱带的中部有限区域内,可以确定特殊的碰撞火山作用类型。另外,还可以识别出大陆裂谷火山作用与消减有关的火山作用岩石的地球化学特征。碰撞型火山岩有其自身的地球化学特征,不同于其它动力学背景下形成的火山岩,在原始的 Si—K—Mg—Si—K—Ti 判别图解上有其自己的区域,即它位于与消减作用有关的区域和与大陆裂谷有关的火山岩区域的中间部分。在 REE 和痕量元素配分模式上,与碰撞有关的火山岩表现为具有最大的 Ba、Th、La 值和最小的 Sr、Y 值。结合前面描述过的岩石化学性质,它们可以作为碰撞型火山作用的地球化学指标。

中国科学院地质与地球物理所翟明国在论文“The 1.8 Ga thermal event in the North China craton: a record of early upwelling mantle plumes”介绍了华北克拉通广泛记录的 1.8Ga 强烈的热事件,从变质作用、PTt 轨迹、混合岩化、部分熔融、铁镁质岩墙等 5 个方面进行论证,大量的同位素数据表明上述 5 个地质事实主要发生在 1.75~1.82 Ga。这一事件在华北克拉通是最重要、最典型的构造热事件,可能与早期地幔柱上涌有关,并最初与辉长岩岩浆底侵作用有关。区域变质作用、混合岩化和剪切构造反映了地壳的垂直生长。

Ghes M. D. 的论文“The middle Tien Shan as the part of the Late Paleozoic continental margin of the Paleotethis: geodynamics and magmatic zonation”认为,晚古生代中天山代表古特提斯洋北部分支的大陆边缘,岩浆和成矿带起源于此。在中泥盆世—早石炭世其地球动力学条件与被动大陆边缘大陆架条件一致。该被动大陆边缘在早石炭世晚期通过非岩浆消减作用的途径形成。

俄罗斯远东地质研究所 Moiseenko V. G. 等提交的论文“Plume volcanism of microcratons of Far East Asia: magmatism, fluid regime, and ore formation”认为,东亚大陆部分显示了复杂的地块结构,根部壳—幔岩浆作用来自地幔。这些在稳定流体(F, Cl, H₂, H₂O, CH₄, 等)活动状态下成矿岩浆系统的长期活化中心,主要形成 Sn, Sn₂W, Au, B 其他沉积物。次大陆岩石圈的热历史非常复杂并与构造岩浆活动期有关,深部流体

是金属的主要载体。

印度加尔各答地质调查所 Haldar D 的论文“Compositional changes in the eruptives of the Barren Island Volcano: the lone active volcano in the Indian Subcontinent”认为, 位于亚洲东南部 Andaman 海中的晚更新世到 1991 年 3 月喷发的 Barren 火山弧, 显示了 3 个不同性质的再生火山作用旋回。熔岩的化学特征与岛弧拉斑玄武岩一致。Sr 同位素丰度反映了地壳混染作用。Barren 岩浆可能来源于 E 型幔源的部分熔融。

8 近年来国内外火成岩石学主要研究方向

结合 31 届地质大会火成岩研究动向和研究进展, 提出火成岩石学研究应重视的若干研究方向如下:

(1) 地球物质科学(Earth's materials science)

近年来, 矿物学、岩石学、矿床学、地球化学等正在有机地融合为一门新的学科——地球物质科学。这一变革有着极其深刻的意义, 它将在解决有关地球动力学和人类面临的资源、环境、灾害等重大难题方面, 发挥前所未有的作用。

(2) 岩石探针(Lithoprobe)

岩浆是地球各层圈之间物质和能量交换的“使者”。火成岩、变质岩中的深源岩石包体被称作探(窥)测岩石圈深部的“探针”和“窗口”。岩石探针方法, 就是运用岩石物理化学、同位素及微量元素地球化学等理论和方法, 从火成岩、变质岩及其深源岩石包体中获取壳幔结构、物质组成、状态等各种深部信息, 反演壳幔深部过程。岩石探针与地球物理探测相结合, 已成为研究地球深部的有效手段。

(3) 大火成岩省事件与超级地幔柱(Large igneous province & super plume)

大火成岩省事件是指地史上发生的超常的板内(火山)岩浆事件, 其喷发速率可与洋中脊喷发速率相比, 覆盖面积可达数十万到数百万平方公里, 同时伴有地磁的“超时”现象, 对地球各层圈均有重大影响。被认为与来自核幔边界的超级地幔柱有成因联系。最有名的中白垩世的大火成岩省事件, 是地球各圈层相互作用的极好实例。

(4) 地幔动力学(Mantle dynamics)

地幔动力学可以理解为研究地幔物质及其运动的规律与驱动力的科学。火成岩石学应用于地幔动力学方向, 已经提上了日程, 意义重大(可参见《地球物质研究》、《美国大陆动力学计划》、《IGCP430: 地幔动力学与特提斯地区减灾》等)。

(5) 岩浆过程的物理学(Physics of magma process)

在岩浆岩石学的基础理论研究领域, 过去只重视岩浆岩化学方面的研究, 近年来, 重视了岩浆过程物理学的研究, 逐渐形成了岩浆动力学(特别是流变学)。

(6) 超高压实验(Ultra pressure experiments)

高温高压实验, 特别是超高压实验, 是岩浆岩石学理论必不可少的实验基础。当前的实验条件已超过了地心的温压条件。

9 结 语

人类在满怀信心和喜悦之情迈入 21 世纪的同时, 也面临“人口、资源及环境与可持续发展”问题的严峻挑战。美国国家研究委员会曾于 1993 年提出 21 世纪地球科学研究的四个目标: ①了解所有研究领域的各种作用过程; ②满足自然资源的需求; ③减轻地质灾害; ④调节和缩小全球变化的影响。作为地质学的一个重要分支, 火成岩石学总的发展趋势是: ①跳出单一的纯岩石学的研究范畴, 进行高层次跨学科的综合研究, 成为整个地球系统科学的重要组成部分; ②扩大服务对象, 与人类的需求紧密结合, 除了在资源方面发挥作用外, 还要在解决环境、减轻灾害等问题上有所作为; ③建立各种精确的数据库, 对岩浆作用在深部及地表过程中物理化学作用过程进行模拟, 探讨火成岩成岩成矿过程的控制条件和物质成分在二维或三维空间中的变化趋势; ④进一步向地球深部和大洋的研究发展。

限于笔者的水平,上述讨论难免挂一漏万,仅供参阅,以引起对火成岩石学发展动向的关注。

本文主要根据第31届国际地质大会中的近200篇火成岩岩石学方面的研究论文摘要总结而成,主要参考文献略。

Development Trend of Igneous Petrology Based on the 31st International Geological Congress

LIAO Zhong_li, MO Xuan_xue, YU Xue_hui, ZHAO Zhi_dan, SU Shang_guo, DONG Guo_chen
(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract: There were seven sessions related to igneous petrology in the 31st International Geological Congress, namely, granitic magmatism and mineralization, granite system and the process of the Proterozoic lithosphere, basalts, genesis and emplacement of alkaline intrusions, carbonatites, kimberlites, lamproites and related rocks, organic acidic and intermediate volcanic rocks, and volcanic processes. Recent progress and the trend of development in igneous petrology have been discussed in this paper based mainly on the 31st IGC as well as other data. It is concluded that igneous petrology has made great progress in such fields as earth's materials science, lithoprobe, large igneous provinces and mantle superplume, mantle dynamics, physics in magmatic processes, and ultrahigh-pressure experiments.

Key words: igneous petrology; earth's materials science; granitic magmatism; basalt; alkaline rocks; lithoprobe; large igneous provinces and mantle superplume; mantle dynamics