

壳上部,正如花岗质岩浆大量就位于上部地壳而很少喷出地表一样。据此,本文认为,本区在上地幔顶部可能存在一个由各种超镁铁岩、亏损的橄榄岩类底辟体和尖晶石二辉橄榄岩组成的复杂成分带。

华北地台中生代闪长质岩石中已多处发现含贫铝辉石的地幔橄榄岩包体,但至今未发现富含铝辉石的地幔橄榄岩包体,说明这些闪长质岩浆的分凝深度不超过50km。

秦岭、祁连细碧岩-石英角斑岩建造成因 新观点——壳幔双层混合模型*

何瑞芳

(西安地质学院, 西安 710054)

关键词 石英角斑岩浆系列、热动力状态、壳幔双层混合体系、地幔岩石圈成矿作用

1. 岩石地球化学特征 经研究,秦岭、祁连细碧岩-石英角斑岩建造存在C和A(或A₁、A₂)类地球化学趋势,这些趋势代表不同的岩浆演化系列。北秦岭早古生代二郎坪群和丹凤群细碧岩-石英角斑岩建造具有A+C类基性火山岩+C类角斑岩、石英角斑岩共生组合,A类属拉斑玄武岩浆系列。扬子地台北缘中、晚元古宙细碧岩-石英角斑岩建造具有A₁±A₂类基性火山岩+C类角斑岩、石英角斑岩组合,其中A₁类属拉斑玄武岩浆系列,A₂类属碱性玄武岩浆系列。祁连早古生代细碧岩-石英角斑岩建造具有±A₁±A₂±C类基性火山岩+C类角斑岩、石英角斑岩组合,A₁、A₂类属拉斑玄武岩浆系列及碱性玄武岩浆系列。

秦岭、祁连细碧岩-石英角斑岩建造的共同特点为:(1)呈近东西向的线形带状分布,并含陆源碎屑岩、碳酸盐岩和硅质岩。(2)常具双峰式火山岩特征,以基性火山岩和石英角斑岩为主,仅含少量角斑岩(SiO₂主要为63~69%)。(3)基性火山岩包括A₁、A₂和C类等具不同矿物、岩石、地球化学特征的细碧岩和玄武岩、碱性玄武岩,Na₂O含量一般低于石英角斑岩。石英角斑岩SiO₂为69~79%,Na₂O高,K₂O、Al₂O₃、CaO低,La/Sm变化大而Gd/Yb基本不变,HREE较高,具明显负钕异常。不同时代、地段、区域的石英角斑岩,地球化学特征具有惊人的一致性。基性火山岩与石英角斑岩的地球化学特征指示两者的源岩不同。(4)C类包括石英角斑岩、角斑岩和部分基性火山岩,在SiO₂为70%时,Al₂O₃为12.6~14.3%。以前的研究均把C类归入钙碱性系列。详细的地球化学研究表明,C类与现代岛弧、大陆边缘的钙碱性玄武岩-安山岩-流纹岩系列有本质的区别。俯冲带火山岩是向富钾钠端元演化的,缺乏负钕异常。C类的特征与低Al₂O₃奥长花岗岩浆系列具有相似性,形成于拉张构造环境——海盆,笔者称C类为石英角斑岩浆系列。

* 国家自然科学基金和地矿部秦巴科研基金资助项目。

2. 壳幔双层混合模型 基于以上的研究, 可以确认: (1) 基性火山岩与石英角斑岩具不同的源岩, 其间不存在分离结晶的演化关系。(2) 石英角斑岩浆是由下地壳斜长角闪岩熔融形成的低Al与Ca、高Na、负 δEu 的岩浆, 难融残余为富Al与Ca、正 δEu 的基性斜长石。(3) A类基性火山岩属拉斑玄武岩浆系列和碱性玄武岩浆系列, 为正常的幔源镁铁质岩浆。(4) A类镁铁质岩浆与C类石英角斑岩浆发生过不同程度的混合作用, 混合产物为细碧质岩浆和角斑岩浆。细碧岩之所以富钠, 主要起因于富钠的石英角斑岩浆对幔源镁铁质岩浆的选择性混合作用。(5) 混合作用发生在下地壳与上地幔之间的壳幔过渡带。

高级壳幔热动力状态是导致壳幔混合作用的根本原因。壳幔热动力状态包括地幔羽带来的能量和地壳阻挡层的类型(厚度与成分)。能量流在地幔中聚集、迁移并通过地壳而释放, 引起的物质运动有火山活动、沉积作用、变质作用、花岗岩的形成、成矿和构造作用。

由此可建立细碧岩-石英角斑岩建造的多阶段成因模式——壳幔双层混合模型。

第一阶段: 为早期幔源镁铁质岩浆在下地壳板底垫托并经变质作用而形成普通角闪石-斜长石±石英的角闪岩。

第二阶段: 地幔羽上穹, 地壳拉张减薄, 形成具过渡性地壳(12~35km)的海盆环境。高热的软流圈物质侧向挤注入下地壳与壳下岩石圈地幔之间, 形成了由上地幔高能层与下地壳受热基底构成的双层混合体系。在双层混合体系内, 壳幔物质运动及其相互作用异常剧烈, 涉及幔层与壳层的分别熔融作用、幔层物质进入壳层与壳层物质回返地幔而引起的混染-混杂作用、壳源与幔源岩浆之间的源岩混合作用、壳幔物质混杂后的同熔作用、流体交代作用等过程, 这种双层混合-对流体系的相互作用的强弱程度, 视地幔羽带来的热能高低和地壳阻隔层的特注而定。下地壳角闪岩熔融形成C类石英角斑岩浆, 残渣为斜长石。幔源镁铁质岩浆与石英角斑岩浆之间的混合作用, 形成细碧岩浆与角斑岩浆。在细碧岩-石英角斑岩建造中整合产出的富钠的英云闪长岩、奥长花岗岩体, 常被归入M型花岗岩, 其实应属C类石英角斑岩浆系列的侵入岩相。不同的壳幔双层混合体系, 能量状态和相应的壳幔混合作用强度不完全一样。当基性火山岩为A1类拉斑玄武岩±A2类碱性玄武岩时, 能量和壳幔混合作用程度较低, 如扬子地台北缘的细碧岩-石英角斑岩建造; 当基性火山岩为A类拉斑玄武岩+C类玄武岩时, 能量及壳幔混合作用程度中等, 如北秦岭; 若基性火山岩均为C类细碧岩, 则能量和壳幔混合作用程度高, 如祁连白银厂。

第三阶段: 火山岩喷至海底, 并在高级壳幔热动力体系中, 发生由高热流引起的拉张变质作用和称为“细碧岩化”的海水循环、热液蚀变作用, 形成独特的矿物组合。

第四阶段: 由于壳幔双层混合体系的形成与发展, 下地壳与地幔岩石圈拆离, 地幔岩石圈因重力不稳定性而下弯, 导致A型俯冲, 使海盆环境封闭并发生陆内造山运动。地壳与地幔之间的滑脱构造, 带动深部地壳的韧性推覆剪切带和浅部的大规模逆冲断层体系。细碧岩-石英角斑岩建造在A型俯冲中可发生蓝闪绿片岩相高压变质作用, 如扬子地台北缘和祁连山。

3. 成矿作用模式 高级壳幔热动力体系中的能量和壳幔混合作用强度的差异性, 决定了细碧岩-石英角斑岩建造各共生组合的成矿作用类型与规模大小。基性火山岩均为C类细碧岩时, 发育赋存于石英角斑岩中的大型黄铁矿型铜矿床; 基性火山岩为A类拉斑玄武岩+C类时, 发育中等一弱的黄铁矿型铜、锌矿化; 缺失碱性玄武岩与C类基性火山岩时, 可有铜、铅、金矿化; 发育碱性玄武岩时, 矿化微弱。

块状硫化物矿床成矿元素的富集作用可推定为四个期次。第一期为下地壳斜长角闪岩的玄武岩原岩所含的成矿元素,相对于地幔源岩的富集;第二期为斜长角闪岩部分熔融,形成石英角斑岩浆时的富集;第三期为石英角斑岩浆与幔源镁铁质岩浆发生混合作用时,产生的选择性成矿元素交换或富集;第四期为火山岩在海底发生海水、热液蚀变-变质作用时发生的成矿作用以及后期改造作用。

含金建造新类型——姚安石英镜铁矿脉型金矿

曹志敏

万运明*

(成都地质学院, 成都 610059) (云南省地矿局一大队, 云南寻甸 655200)

关键词 姚安、含金建造、石英镜铁矿脉型金矿

姚安金矿位于云南姚安县老街乡。大地构造隶属扬子准地台西缘,滇中台拗东侧。矿床赋存在中生代红层与喜马拉雅期火山机构外接触带,具有成矿时代新、矿石品位富、镜铁矿载金、矿床类型特殊等特点。

矿区主要出露有侏罗系妥甸组、白垩系和第三系沙沟组地层。第三系顶、底部发育一套火山杂岩,为本次工作发现。妥甸组紫红色中~厚层状钙质泥岩、粉砂质泥岩含盐溶孔洞,是重要的矿化层位。研究证实,所谓“姚安斑岩体”为一火山机构组成部分(火山颈相),与碱性~钙碱性($\delta=5.23$)火山熔岩、集块岩、碎屑岩及环状岩墙(煌斑岩群)、放射状裂隙带一起构成破火山口。其黑云母石英斑岩Rb-Sr年龄为48.90 Ma。

围岩蚀变有面状钠长石化,表现为泥质、粉砂质岩石中的自生钠长石普遍发育;而绢云母化、硅化、碳酸盐化呈带状,沿含矿裂隙分布;碱性岩脉发生青磐岩化。钠长石化与Au的富集关系密切,且受红层含盐晶溶洞影响。

控矿构造为一组张裂隙,充填含Au石英-镜铁矿脉或蚀变煌斑岩脉。矿体产状陡 60° 以上,长度几十至几百米,厚0.5~2.8 m,延深在250 m以上,矿脉群局部集中平行展布。

矿石以角砾状构造为主,次为条带状(石英-镜铁矿-黄铁矿-方解石条带),浸染状矿石较少见。热液矿物为自然金、镜铁矿、黄铁矿、石英、方解石和白云石,还有黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、角银矿、螺状硫银矿、辉银矿,重晶石以及微量Cu、Pb、Bi、Ag的硫酸盐类矿物(帅德权等,1990)。自然金呈粒状和片状赋存于黄铁矿裂隙与镜铁矿晶片间,为显微金或次显微金。

矿石硫同位素组成以富集重硫为特征,仅个别样品显示轻硫的富集。硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $-3.4\sim+9.1\%$,平均 $+3.37\%$ (15件),极差达 $+12.5\%$,标准差3.22。采用矿物共生组合与物理化学平衡分析法确定其热液系统总硫源于火成岩。硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 为 $+10.41\sim14.53\%$,

*参加本项目研究工作的有郑明华、张斌、刘福辉、王崇云、帅德权、谢振达、张宝柱、刘建明、沈秋伟等。