



HUNAN KUANGWU
YANSHI DIQIU
HUA XUE

2000^年

地 球
球 南
化 矿
学 物
论 岩
丛 石

戴塔根 主编
中南大学出版社

uncong

目次

地球化学

水-岩反应实验与漠滨金矿成矿物理化学条件	戴塔根	谷 俐	胡云锋	邓才华	谢文兵(1)
新疆喇嘛苏铜矿区酸性岩体的地球化学特征及成因	赖健清	毛政利(4)			
老厂地区玄武岩的岩石学及地球化学	朱余德	龙云生(7)			
新疆喇嘛苏矿区 I 号剖面库西木契克群下亚群元素地球化学特征	邵拥军	彭省临	杨 牧	赖健清(10)	
对西秦岭热水沉积岩及其有关多金属矿床成因的几点认识	吴延之	范效仁(14)			
寻找隐伏大型雄黄矿运用地球化学方法时几个问题的探讨	郭际华(16)				

矿床地质与成矿预测

西秦岭层控铅锌矿与金矿成因联系及找矿方向分析	吴延之	范效仁(20)			
青海阿尼玛卿山地区地层、构造、矿产特征	彭恩生	朱余德	叶柏龙(22)		
伊朗 QOM Veshnoveh 铜矿地质特征	孙振家	彭恩生(28)			
浏阳七宝山铜多金属矿床成矿物理化学条件研究	胡祥昭	寻友义(33)			
湖南川口钨矿三角潭矿床成因新探	宋宏邦	黄满湘(36)			
苏尼特左旗 TM 图像蚀变信息提取及成矿预测	高光明	陈松岭	吴德文(40)		
滇西澜沧江中北段漕涧河断裂成矿带成矿远景分析	胡 斌	戴塔根	谢力华	王润福(44)	
东马西砂捞越地区主要金矿化类型及控矿因素	杨 牧	彭省临(51)			
模糊优选原理及白银矿田小外围矿床定位预测	王国富	刘石年	孙振家(56)		
新化金矿 I 号脉与 III 号脉的成矿历史研究	王步清	汪劲草	唐诗佳	彭恩生(60)	
板溪锑矿的控矿构造与成矿预测	曾新平	高光明	唐诗佳(64)		
湖南江永铅锌银矿岩溶成矿构造特征	汤静如	汪劲草	王 雨	彭恩生(68)	
浅成低温热液金矿研究进展	王 核	彭省临	赖健清(72)		
江西永平铜矿床以喷流成矿为主体的成因特征	赵常胜	李培铮	陶 红(76)		
河南省造山带的演化及其控矿作用	杨群周	彭省临(80)			
金川龙首矿富铜矿体地质特征及成因分析	孙志鹏	黄满湘(84)			
华北地台北缘(内蒙段)金铜矿遥感找矿信息区优选	高光明	陈松岭	吴德文(88)		
铜陵凤凰山矿区隐伏矿床预测研究的主要策略及初步成效 ...	刘亮明	彭省临	张宪润(91)		
湖南郴州桥口铅锌矿矿化富集规律及探边扫盲效果	李义忠	黄满湘(94)			

伊春-延寿加里东期构造演化与找矿	王大平 舒广龙 马 健(98)
河南省金矿层控性及其机制的探讨	杨群周 彭省临(104)
小秦岭(陕西段)金矿类型及其分带特性	姜 峰(107)
湘西南地区金矿成矿构造特征	杨代文(110)

岩矿及宝玉石

活性白土制备工艺的探讨	张术根 巩来元 申少华 谢志勇(113)
新疆西天山神泉地区大哈拉军山组火山岩特征及形成环境	 谢力华 戴塔根 胡 斌 王润福(117)
宝石款式设计的研究探讨	刘晓文 吴云周(122)
盆地陆源碎屑岩与源区构造背景关系综合研究	闫 义 李自安(124)
加速回收和利用黄金矿山尾矿的措施探讨	李 卫(128)

其 它

新型农用矿产资源的开发研究	童潜明(131)
空间数据库模型设计	戴塔根 邱冬生 姚 锐 王润福(135)
基于 MapInfo 的应用开发	朱自强 许和炎 鲍光淑 王润福(139)
巴黎的 GPS 智能交通系统	邓才华 谷 俐(143)
湖南元古宙银珠坝组和宝林冲组的对比研究	潘传楚(146)
黄骅盆地中生代火山岩岩相及 K-Ar 同位素地质年代特征	 谷 俐 戴塔根 范蔚茗 邓才华 谢文兵(150)
TRAK 1300 型高精度三轴裂变径迹分析系统	李小明(153)
关于常德市矿业经济发展战略的思考	姚爱翔(155)
松辽盆地汪家屯气田原始含气饱和度研究	张思富 李自安 闫 义(157)
松辽盆地安庆-北安地区白垩系下统层序地层分析	金 明 王 敢 滕润球(161)
浅淡平原地区高速公路取土地地的勘察设计与合理施工方法	尹学军(166)
东川推覆体	汪劲草 汤静如 彭恩生 孙振家(169)
综合物探方法在评价刘家冲居住小区工程地质条件中的应用	史建国 王国胜(173)
蛇纹岩化过程中成分和体积的变化	朱余德 龙云生(177)
“江南古陆”中段湖南地区构造作用应力场特征浅析	朱自强 何继善 匡文龙(181)
湖南地区中生代以来主要构造演化的有限元数值模拟	 何继善 朱自强 匡文龙 王润福(185)
小秦岭西段驾鹿金矿田矿床地质、流体包裹体特征、成矿物理化学条件及演化	 高珍权 刘继顺 施培春(191)
广西某坝基岩灌浆浆材试验研究	殷晓红 彭环云(196)
岳阳石化总厂刘家冲安居工程小区工程地质条件分析	史建国 王国胜 胡先红(198)
关于裘布依井流公式的讨论	殷晓红(202)

水-岩反应实验与漠滨金矿 成矿物理化学条件

戴塔根 谷 俐 胡云锋 邓才华 谢文兵

(中南大学资源环境与建筑工程学院,长沙,410083)

[摘要] 以漠滨金矿围岩地球化学特征和矿物流体包裹体组成为基础,模拟特定体系水-岩相互作用实验。研究结果表明:漠滨金矿的成矿元素 Au 主要源于赋矿围岩—板溪群五强溪组一套浅变质碎屑砂岩、砂质板岩和凝灰质板岩。氯在中低温热液体系中能与 Au 形成稳定络合物的形式进行运移,因此,氯在本区 Au 成矿过程中起着相当重要的作用。成矿热液流体中 Au 主要以金硫、金氯络合物形式在溶液中迁移,SS、Cl⁻ 对金的活化、迁移及沉淀起主导作用。溶液中硫氯离子浓度、溶液酸碱度及反应温度是金活化、迁移及沉淀的决定性因素。

[关键词] 水-岩反应;物理化学条件;金矿;漠滨

有关流体包裹体溶液和金的络合物研究表明,硫和氯是中-低温成矿热液中最主要的矿化剂^[1]。湘西南则为我国典型的低温矿床集中区之一^[2],有人曾根据湘西南乃至整个雪峰地区成矿元素的矿化与其赋矿围岩密切相关的地质事实,进行了含硫、氯水热体系的 Au、Sb、W、As、Hg 等元素的淋滤实验研究^[3-5],但迄今为止有关结合具体低温石英脉型单金矿床的成矿地质地球化学特征实际的特定体系的水-岩实验研究,国内很少正式报道。

本次研究基于湘西南典型单金矿床代表——漠滨金矿的矿区地质背景^[6]、成矿地质地球化学特征^[7]、含金岩石特点和围岩蚀变与成矿关系^[8]。通过水-岩模拟实验对 Au 的成矿物理化学条件进行全面而又系统的研究,这对揭示我国典型低温热液金矿的成矿过程提供实验方面的佐证有重要的实际地质意义。

1 实验过程

在 100~300 ℃ 的温度和 10~25 MPa 的压力下,模拟配制的酸偏中性的以大气降水为主的热液(以 pH=6.8 的 0.25 mol/L (NH₄)₂S + 1 mol/L NaCl 水溶液为主)分别与凝灰质板岩(0.33×10⁻⁶)、条带状砂质板岩(0.28×10⁻⁶)、天然未蚀变砂质板岩(37.4×10⁻⁹)和黄铁矿化砂质板岩(0.46×10⁻⁶)在 GS 型磁力搅拌高压釜中经历了 24~360 h 的相互作用,反应后的部分残干样在显微镜下观察蚀变情况;液、固样品中 Au 由等离子光谱分析。为便于对比,不断改变实验的物理化学参数,包括岩石类型、反应溶液组成、溶液浓度、pH 值、温度、压力及反应时间在内的多组实验。

[基金项目] 国家教育部博士点基金资助项目(9705301);湖南省自然科学基金资助项目(97JJ205)

2 结果与讨论

实验后的固体残样通常颜色变浅,密度下降,硬度降低,通常失重 1.88~4.45 g(原样为 20 g)。在显微镜下可以看到固体残样有轻微蚀变。由于反应直接在反应釜胴体中进行,样品在反应后取出的过程中可能发生质量的微弱亏损,而且反应混合物在过滤时,从岩石中活化出来的金有可能因其络合物稳定性遭破坏而沉淀析出被吸附在滤纸上或沉淀在固体残样中,因此,从岩石中有效活化出来的 Au 应比通过反应溶液中所检测出的金含量值略高。我们将固体残样中 Au 的测定值与原岩 Au 含量的差值(绝对值)作为 Au 的活化量,反应水样中 Au 的测定值看作 Au 的迁移量。

从凝灰质板岩中活化出 Au $0.007 \times 10^{-6} \sim 0.281 \times 10^{-6}$,占原岩 Au 含量的 2.46%~84.79%;从条带状砂质板岩中活化出 Au 达 0.147×10^{-6} ,占原岩 Au 含量的 52.32%;从天然未蚀变的砂质板岩中活化出 Au 0.007×10^{-6} ,为原岩 Au 含量的 25.44%;从黄铁矿化砂质板岩中活化出 Au 0.138×10^{-6} ,占原岩 Au 含量的 29.90%。可见,偏低温热液从赋矿围岩中活化萃取出 Au 的量是比较多的。

岩石岩性、反应溶液组成、浓度、pH 值、反应温度、压力及持续时间等物理化学条件对金的活化、迁移能力的影响为:

(1) 在温度 t 为 100~300℃、压力 p 为 $10 \times 10^6 \sim 25 \times 10^6$ Pa 条件下,以硫化铵和氯化钠为主的近中性热液,从凝灰质板岩、条带状砂质板岩、天然砂质板岩和黄铁矿化砂质板岩等含 Au 围岩中活化萃取出 Au $0.007 \times 10^{-6} \sim 0.281 \times 10^{-6}$,平均 0.156×10^{-6} ;活化率 2.46%~84.97%,平均 48.57%。Au 在水溶液中的迁移量(能力) $0.60 \sim 26.95 \mu\text{g/L}$,平均 $14.03 \mu\text{g/L}$;Au 在反应溶液中的总量 $0.120 \sim 5.392 \text{ g/t}$,平均 2.81×10^{-6} ;Au 的迁移率 50.70%~96.13%,平均 87.72%。湘西南金矿区方圆数百平方公里,板溪群五强溪组一、二段板岩在本区的地层延伸总厚度约 200 m。包括主要金矿床(点)在内的最小区域长 86 km,宽 69 km,板岩密度按 3.0 g/cm^3 计算,可以活化出 Au 185.1 t,是十分多的。如果仅计算漠滨矿区(长 7.5 km,宽 6 km)最小范围,能从板岩中活化出 Au 4.21 t。显然,凝灰质板岩、条带状砂质板岩是金成矿的主要矿源层。

(2) 以 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 和 NaCl 为主的近中性溶液在 100~300℃和 $10 \times 10^6 \sim \times 10^6$ Pa 条件下,从凝灰质板岩、条带状砂质板岩中活化出的 Au 主要呈一价或三价 Au 离子,与 $(\text{HS})_2^-$, S^{2-} , Cl^- 等配位体结合成 AuCl_2^- , AuCl_4^- , $\text{Au}(\text{HS})_2^-$ 和 $\text{Au}(\text{HS})_4^-$ 等络合物形式迁移;其次与 HCO_3^- , F^- , (OH^-) 等配位体结合形成 $\text{Au}(\text{HCO}_3)_2^-$, $\text{AuCl}_3(\text{OH})^-$, $\text{AuCl}_2(\text{OH})_2^-$, $\text{AuCl}(\text{OH})_3^-$, $\text{Au}(\text{OH})_4^-$ 和 $\text{Au}(\text{OH})_2^-$ 等络合物形式在近中性溶液里搬运。其中, HCO_3^- 浓度虽最大,但活化、迁移 Au 的能力很差。

(3) 在其他物理化学参数一致的条件下, $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 和 NaCl 溶液从凝灰质板岩中活化出 Au 的量最大(占原岩金含量的 69.88%),其次是黄铁矿化砂质板岩(占原岩 Au 含量的 29.90%)和条带状砂质板岩(占原岩金含量的 52.32%),最少的为天然砂质板岩(占原岩金含量的 25.44%)。虽然黄铁矿化砂质板岩含金量最大(0.46 g/t),但其活化率并不是最大,因此,其绝对活化量不是最多。对于凝灰质板岩来说,无论其 Au 的绝对活化量、活化率,还是迁

移量(能力)均居首位,可见,凝灰质板岩的 Au 最易被成矿热液活化、迁移。

(4) 在确定其他物理化学参数的条件下, $\text{pH}=6.8$ 的 $0.25 \text{ mol/L } (\text{NH}_4)_2\text{S} + 1 \text{ mol/L NaCl}$ 水溶液为能从板岩中萃取 Au,并能以金硫、金氯络合物形式在溶液里稳定迁移的最佳介质。 $0.25 \text{ mol/L } (\text{NH}_4)_2\text{S} + 1 \text{ mol/L NaCl}$ 水溶液对 Au 的迁移能力随 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 和 NaCl 反应溶液浓度增大而增强。

(5) 其他物理化学条件不变,板岩中 Au 的活化量、活化率和溶液中 Au 呈硫、氯络合物形式迁移的能力均随温度($100\sim 300^\circ\text{C}$)升高而增大;随压力($10\times 10^6\sim 25\times 10^6 \text{ Pa}$)增大, Au 活化量、活化率呈线性增加,而 Au 的相对迁移能力总体上呈逐渐降低的趋势。

(6) 热液流体中的 Cl^- 的行为并不是前人所认为的只在温度高于 300°C 的条件下,与 Au 形成的络阴离子团才能在热液体系中稳定运移。中低温环境($t=200^\circ\text{C}$, $p=20 \text{ MPa}$)中,凝灰质板岩中 Au 的活化率、迁移量(能力)可达 39.45% 和 $10.83 \mu\text{g/L}$,迁移率为 83.18% ,在整个反应系列中仅次于 $0.25 \text{ mol/L } (\text{NH}_4)_2\text{S} + 1 \text{ mol/L NaCl}$ 溶液对 Au 的活化、迁移能力。其合理解释是岩石组成的复杂性以及其中的有利于金氯络合物稳定存在的成分大量进入热液。可见,氯在本区 Au 成矿过程中起着相当重要的作用。

(7) 浅部温度、压力均趋于降低,因此,构造断层带和构造裂隙中的 Au 矿化应该为浅部富集,往深部逐渐贫化,且下部以金氯络合物分解沉淀为主,上部以金硫络合物沉淀、析出占优势。

3 结 论

漠滨金矿的成矿元素 Au 主要源于赋矿围岩——板溪群五强溪组一套浅变质碎屑砂岩、砂质板岩和凝灰质板岩。氯在中低温热液体系中能与 Au 形成稳定络合物的形式进行运移,因此,氯在本区 Au 成过程中起着相当重要的作用。成矿热液流体中 Au 主要以金硫、金氯络合物形式在溶液中迁移,阴离子 S^{2-} 和 Cl^- 对金的活化、迁移及沉淀起主导作用。溶液中硫氯离子浓度、溶液酸碱度及反应温度是金活化、迁移及沉淀的决定性因素。

[参考文献]

- [1] 刘玉山,张桂兰,田 军. 绿岩中金淋滤作用的实验研究. 地质学报,1992,66(4):362~369.
- [2] 彭建堂,戴塔根等. 湘西南金矿成矿流体地球化学研究. 矿床地质,1999,18(1):54~60.
- [3] 牛贺才,马东升. 在低温开放体系水/岩反应过程中金、锑、钨的实验地球化学研究. 科学通报,1991,(24):1879~1881.
- [4] 何 江,马东升. 中低温含硫、氯水溶液对地层中金、锑、汞、砷的淋滤实验研究. 地质论评,1996,42(1):76~85.
- [5] 卢新卫,谢庆林,马东升,等. 中低温开放含硫水热体系中水岩淋滤实验研究. 矿床地质,1998,17(2):185~190.
- [6] 周德忠等. 湖南漠滨石英脉型金矿成因探讨. 矿床地质,1989,8(1):51~63.
- [7] 鲍振襄,万溶江,鲍钰敏. 湖南漠滨金矿成矿地质地球化学特征. 黄金地质,1998,4(3):54~60.
- [8] 陈朝慧,周培康. 湖南漠滨金矿围岩蚀变与金矿化特征研究. 贵州工业大学学报,1997,26(1):12~17.

新疆喇嘛苏铜矿区酸性岩体的地球化学特征及成因

赖健清 毛政利

(中南大学资源环境与建筑工程学院, 长沙, 410083)

【摘要】 通过对新疆喇嘛苏铜矿区酸性岩体的地球化学特征的分析研究,认为本区酸性岩体是由原地壳中的花岗质岩石及部分其它沉积岩经平衡部分熔融形成花岗质岩浆,并侵位到近地表而形成的;在其形成过程中,板块边缘俯冲带的消减作用为其提供热源。

【关键词】 酸性岩体;地球化学特征;平衡部分熔融;消减作用

喇嘛苏铜矿位于新疆温泉县赛里木湖西北,是西天山造山带中重要的铜多金属矿化集中区。矿区侵入岩体除了大量出现的中基性脉岩以外,主要是海西中期的浅成酸性岩体,其主要岩石类型为斜长花岗斑岩和花岗闪长斑岩,但二者之间未见明显的界限。酸性斑岩体中 Cu, Pb, Zn, Ag 丰度普遍较高,其中 Cu 为克拉克值的 4.3 倍,有明显的富集;矿化主要富集在酸性斑岩体的内外接触带以及斑岩体中。因此,可以认为,酸性斑岩体既是含矿岩体,又是成矿母岩,同时又为成矿过程提供热源。由此可见,本区酸性岩体在矿床成矿过程中的作用十分重大,对酸性岩体的研究有助于加深对矿床的认识,为进一步探测资源提供依据。

1 稀土元素特征

根据岩体样品的稀土元素分析结果并用球粒陨石标准化后,其稀土元素配分曲线如图 1 所示。从图 1 可以看出,本区酸性岩体的稀土元素特征非常接近, $\Sigma\text{REE} = (64.88 \sim 151.74)$

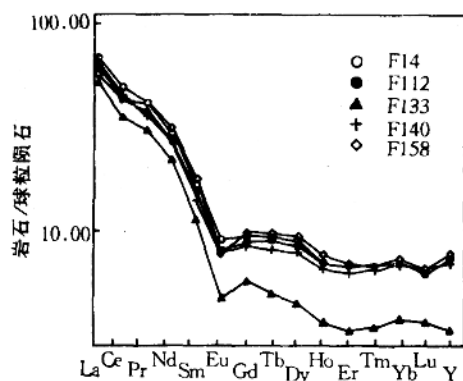


图1 稀土配分曲线

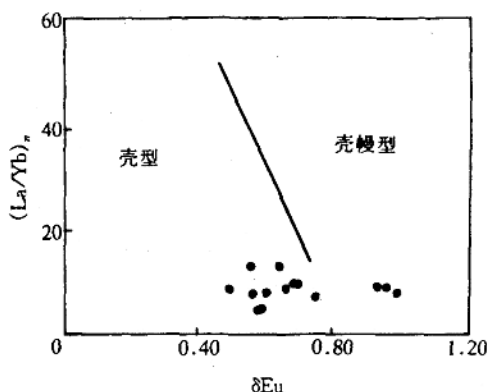


图2 $(\text{La}/\text{Yb})_n \sim \delta\text{Eu}$ 变异图

$\times 10^{-6}$, 低于世界花岗岩的平均含量(292×10^{-6})。曲线向右倾斜, 并较圆滑, 轻稀土明显富集, $\Sigma Ce/\Sigma Y = 2.02 \sim 5.07$, $Sm/Nd = 0.178 \sim 0.219 (< 0.333)$, $(La/Yb)_n = 3.85 \sim 12.10$, 远大于 1, $(La/Sm)_n = 1.9 \sim 4.0$, 铕异常轻微至中等, $\delta Eu = 0.5 \sim 1.0$, 有轻微的铈异常($\delta Ce = 0.83 \sim 0.99$)。在 $(La/Yb)_n - \delta Eu$ 变异图上(见图 2), 大部分样品落在壳型花岗岩区, 只有少量落在壳幔型花岗岩区, 说明本区酸性岩体的岩浆主要来源于地壳, 属地壳重熔型花岗岩。根据 $La/Sm - La$ 的相关图(见图 3), 样品点具一定程度的线性相关, 但在图的上方样品点有向右散开的趋势, 说明岩浆的形成以平衡部分熔融为主, 伴随有一定的结晶分异作用。

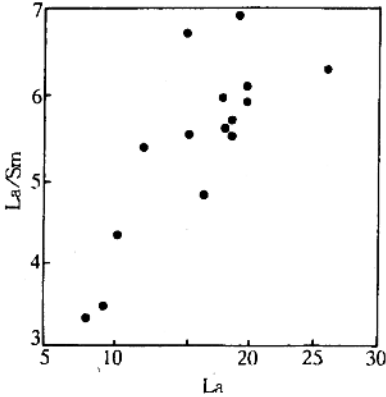


图 3 $La/Sm - La$ 的相关图

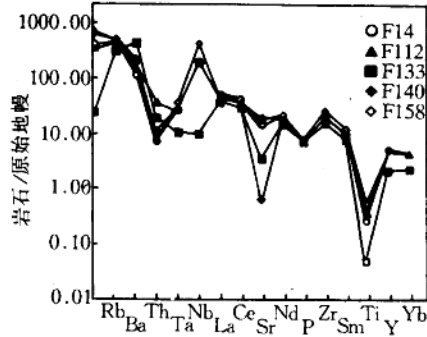


图 4 微量元素比值蛛网图

2 微量元素特征

岩体中 Ni, Ti, Cr, V 等过渡元素的平均含量分别为 7.429×10^{-6} , 527.9×10^{-6} , 8.357×10^{-6} , 35.64×10^{-6} , 都低于花岗岩的克拉克值(Ni, Ti, Cr, V 的克拉克值分别为 8×10^{-6} , 2300×10^{-6} , 25×10^{-6} , 40×10^{-6} , 维诺格拉多夫, 1962), 具壳源花岗岩特征。岩体的微量元素分析数据用原始地幔直接标准化按汤氏图顺序所做的比值蛛网图如图 4 所示。可见, 岩体中元素 Ba 明显富集, 而 Th 则明显亏损, 其它元素 K, Sr, Zr

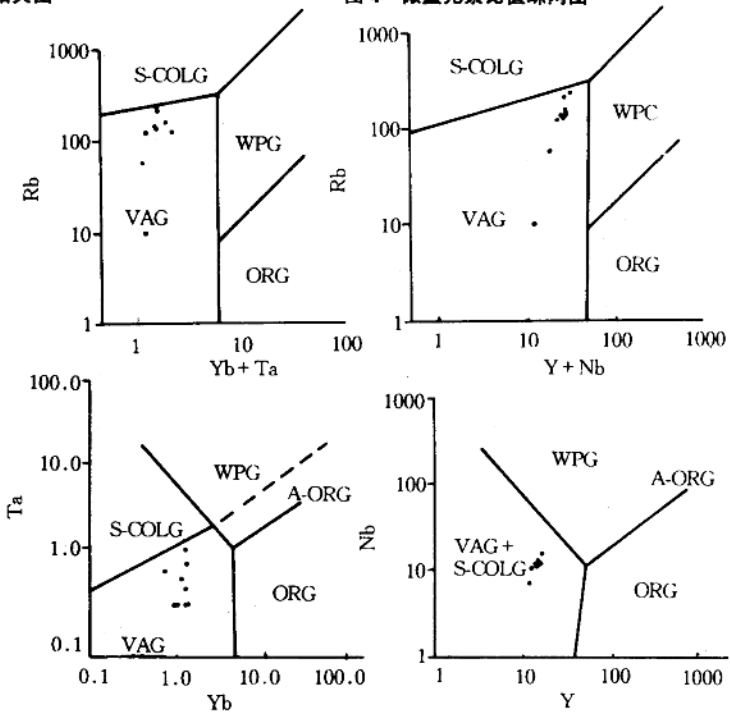


图 5 花岗岩的非活动性元素构造环境判别图

VAG—火山弧花岗岩; WPG—板内花岗岩; S—SOLG—同碰撞花岗岩; ORG—洋中脊花岗岩; A—ORG—异常洋中脊花岗岩

富集, Nb 亏损, 说明岩体具 I 型花岗岩的典型特征。其 Rb_N/Yb_N 值为 9~115, 属强不相容元素富集型。异常值 Th^* 除个别样品以外, 绝大部分为 0.3~0.8, 属钍亏损型, K^* 值为 4.27~14.56, Nb^* 值大多数小于 1, Sr^* 值大多数也小于 1, 而 Zr^* 值则全部大于 1, 为 1.93~3.14。这些特点说明: 本区花岗岩的岩浆来源于地壳中的花岗质岩石以及其它的地壳岩石, 岩浆的形成与消减作用有关。并可以推测, 岩石形成时的熔融程度比较低。从花岗岩的非活动性元素构造环境判别图(图 5)也可以看到, 几乎所有的样品点均落在火山弧花岗岩的范围内, 进一步说明了本区花岗岩的形成与消减作用有关。

3 结 论

本区花岗岩是由原来形成的花岗质岩石以及部分其它地壳岩石主要经平衡部分熔融作用形成花岗质岩浆并侵位到地表附近而形成的, 而形成花岗质岩浆的平衡部分熔融作用主要是由板块边缘俯冲带的消减作用提供热源。其形成过程大致可以描述为:

(1) 海西期以前, 本区曾有一段时期的活动。在这个时期, 地壳深部形成了花岗岩或其它花岗质岩石。

(2) 大约在海西期, 由于板块的俯冲缝合, 在俯冲带深部产生了大量的热, 使本区热流值升高, 从而引起了原地壳中的花岗岩或花岗质岩石的重熔形成花岗质岩浆, 并上侵到近地表而形成本区的酸性岩体。

其形成过程可用图 6 表示。

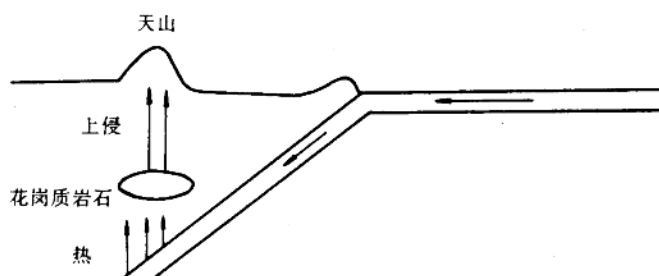


图 6 酸性岩体的形成模式图

[参考文献]

- [1] 王中刚, 于学元, 赵振华, 等. 稀土元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1989.
- [2] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992.
- [3] 姜常义, 穆艳梅, 白开寅, 等. 南天山花岗岩类的年代学, 岩石学, 地球化学及其构造环境. 岩石学报, 1999, 15(2).

老厂地区玄武岩的岩石学及地球化学

朱余德 龙云生

(中南大学资源环境与建筑工程学院,长沙,410083)

[摘要] 老厂地区玄武岩由碱性橄榄玄武岩、拉斑玄武岩及粗面玄武岩组成。本文通过对玄武岩的矿物成分、化学成分、稀土元素等岩石学与地球化学进行详细论述,指出本区玄武岩为拉斑玄武岩与碱性橄榄玄武岩的共生,其大地构造环境为大陆裂谷环境。

[关键词] 玄武岩;岩石学;地球化学;老厂

1 地质概况

本区玄武岩位于昌宁—孟连火山岩带,区内火山岩岩性由熔岩和火山碎屑岩组成,火山碎屑岩由凝灰岩、火山角砾岩及火山集块岩组成。其中,凝灰岩占绝大部分。而熔岩主要为玄武岩类,其次为玻基橄辉岩、安山岩及粗面岩。

2 玄武岩类的岩石学特征

玄武岩是本区最发育的火山岩,其最大特点是所含斜长石成分变化较大,新鲜斜长石不多见,大多数斜长石蚀变为绢云母、黝帘石等,暗色矿物主要为含钛普通辉石及少量橄榄石。

根据矿物成分、结构构造、岩石的化学成分及计算的标准矿物成分,本区玄武岩可进一步分为以下几类。

2.1 拉斑玄武岩

为本区分布最广的玄武岩,主要分布在云山山寨及矿本部驻地。岩石多为青灰—灰绿色、灰黑色,风化后呈黄褐色,斑状结构,基质为拉斑玄武结构,块状或气孔杏仁构造,斑晶主要为斜长石、含钛普通辉石及少量橄榄石。斜长石斑晶多为半自形—自形板状, A_n 为 53 左右,聚片双晶发育,晶体表面常蚀变为绢云母,局部可见钠黝帘石化。辉石斑晶为含钛普通辉石,同时还有少量紫苏辉石,常呈短柱状。橄榄石斑晶呈自形粒状,裂理发育,普遍遭受蛇纹石化,其含量比斜长石和辉石少。基质由斜长石微晶、普通辉石及磁铁矿组成,斜长石微晶的成分变化较大,呈半自形细长条状,且杂乱无序分布。辉石除粒度较小外,其它特征与斑晶相同。磁铁矿多呈浸染状,它与普通辉石一起充填在斜长石微晶构成的孔隙中。

2.2 碱性橄榄玄武岩

其主要分布于本区内云山山寨以北及 1800 中段。岩石呈灰绿色、暗绿色,斑状结构,气孔杏仁构造,斜长石斑晶多呈半自形—自形板状,具聚片双晶, A_n 为 55~65,斜长石次生变化非常普遍,主要为不同程度的绢云母化,个别可见钠黝帘石化。橄榄石斑晶呈自形粒状,已蚀变

成蛇纹石,仅保留橄榄石假象。辉石斑晶为普通辉石,多以呈柱状或花瓣状聚合斑晶形式出现。基质由长石、辉石及磁铁矿组成,斜长石成分变化较大。基质中的斜长石和辉石都发生强烈蚀变,主要为碳酸盐化、绿帘石化、黄铁矿化等。岩石可见较多气孔,其中充填物主要为方解石,其次为石英,气孔多为椭圆形,大小为 $3 \times 6 \text{ mm}^3$ 。

2.3 粗面质玄武岩

在地表较少出现,主要以集块及角砾出露,主要分布在 309 队驻地至雄东沟一带。岩石多为灰-灰黑色,斑状结构,基质为似粗面结构,矿物成分主要由普通辉石及斜长石组成。斜长石微晶牌号低, A_n 在 19~28 之间,属更长石范畴,基质中更长石常环绕微晶斜长石及普通辉石呈定向排列。

3 玄武岩岩石化学与地球化学特征

3.1 岩石化学

从表 1 可以看出:

(1) 本区玄武岩的 SiO_2 质量分数为 46%~52%, 平均为 49.44%, TiO_2 的含量显著高于其它任何一类玄武岩,这与本区富 Ti 的特征一致。 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的质量分数平均为 4.12%, 低于中国玄武岩的平均值。

表 1 老厂地区玄武岩的化学成分

序号	岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O
1	拉斑玄武岩	51.63	4.31	15.52	6.58	8.39	0.22	4.32	7.38	1.27	0.48
2	杏仁玄武岩	48.31	3.47	15.16	3.37	9.85	0.11	11.49	6.36	0.48	1.40
3	拉斑玄武岩	52.06	1.21	16.48	2.83	7.99	0.17	5.96	9.91	0.87	2.53
4	拉斑玄武岩	51.15	1.90	20.91	17.85	1.34	0.25	4.36	0.45	1.27	0.06
5	碱性橄榄玄武岩	45.14	2.88	15.53	8.14	4.85	0.15	7.94	9.39	3.43	2.55
6	碱性橄榄玄武岩	49.68	1.86	13.41	2.40	5.39	0.11	7.74	13.68	3.83	1.85
7	碱性橄榄玄武岩	51.47	3.09	17.49	5.92	5.35	0.26	4.55	4.82	4.92	2.12
8	粗面玄武岩	46.11	5.35	17.05	8.63	6.14	0.17	4.59	6.04	4.62	1.28

注:数据由西南勘察公司地质研究所化学分析室测定,但已经校正。

(2) 将本区玄武岩投影于久野(1966)提出的 $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 对 SiO_2 变异图上,有 3 个样品落在拉斑玄武岩系列区间内,4 个样品落在碱性系列区间内,只有 1 个样品落在高铝玄武岩系列内。

将本区玄武岩投影于 Macdonald 等(1964)建立的硅-碱图上,有 4 个样品落在拉斑玄武岩系列区间内,另 4 个样品落在碱性玄武岩系列区间内。

综上所述,本区玄武岩为拉斑玄武岩与碱性玄武岩共生。

3.2 稀土元素特征

本区玄武岩的稀土元素总量介于 227~422 g/t, 平均为 356 g/t, 表明本区为轻稀土富集型。 δEu 为 1.08~1.49, 属铕正异常, 说明本区玄武岩的结晶分异不显著。稀土元素配分模式与大陆裂谷的碱性玄武岩相似。

4 玄武岩形成的大地构造环境

根据玄武岩的岩石学、岩石化学、稀土元素的特征,可以从以下几个方面判断本区玄武岩形成的大地构造环境:

- (1) 本区玄武岩的主要化学成分与大陆裂谷环境下的玄武岩较为接近。
- (2) 本区玄武岩在 Pearce J A(1976)提出的 F_1-F_2 图中的投影全部落于板内玄武岩区;而在 $3K_2O-2TiO_2-MgO$ 与大地构造环境图上的投影全部落在大陆裂谷玄武岩区。
- (3) 本区玄武岩的稀土元素配分曲线属于轻稀土富集型,与大陆裂谷中的碱性玄武岩的稀土元素配分模式相似。

综上所述,本区玄武岩属大陆裂谷型玄武岩,是澜沧裂谷岩浆作用的产物。

[参考文献]

- [1] 胡祥昭,陈惜华,匡立新. 昌宁—孟连火山岩带玄武岩的岩石学及地球化学. 中南矿冶学院学报,1994,25(5):560~564.
- [2] 武汉地质学院岩石教研室. 岩浆岩岩石学. 北京:地质出版社,1980. 89~130.
- [3] 邱家骧,林景仟. 岩石化学. 北京:地质出版社,1991. 86~136.

新疆喇嘛苏矿区 I 号剖面库西木契克群 下亚群元素地球化学特征

邵拥军 彭省临 杨 牧 赖健清
(中南大学地质所,长沙,410083)

[摘 要] 主要介绍了喇嘛苏矿区地表 I 号剖面的元素含量特征及其在不同岩石中的分配特征,揭示了库西姆契克群下亚群具有良好的矿源层特征。此外,并在此基础上进行了相关性分析和聚类分析。结果表明,主成矿元素 Cu、Zn 具有一定的正相关,且与深部基性岩浆有密切关系;Pb 具有明显的独立性,可能来源于浅部。

[关键词] I 号剖面;元素地球化学特征;库西姆契克群;相关性分析;聚类分析

新疆喇嘛苏矿区地表 I 号剖面全长 2700 余 m,岩性主要为中元古界库西姆契克群下亚群的不纯灰岩,1997 年我们对其进行了地质地球化学剖面实测。这里,着重介绍其元素地球化学特征。

1 成矿元素特征

表 1 列出了 78 个样品 11 种成矿元素的平均值及方差。与地壳克拉克值相比,可得出如下结论:

表 1 I 号剖面元素含量特征表

元素	$w/10^{-6}$									
	Cu	Pb	Zn	Mn	Co	Ni	Sr	Ti	Ba	Cr
均值	24.8	210.9	47.51	467.0	17.53	19.36	598.4	2392.8	272.2	54.71
方差	19.1	83.74	51.07	281.0	5.78	18.85	251.5	1607.7	316.1	31.71
全球灰岩丰度(涂和费)	4	9	20	1100	0.1	20	610	400	10	11

(1) 除 Mn、Ni、Sr 元素外,其它元素均值均高于全球灰岩丰度值。其中,Cu 元素为丰度值的 6.2 倍,Pb 元素为 22.3 倍,Zn 元素为 23.8 倍。需要指出的是,Pb 元素均值很高,显示了浅部富集的特点。

(2) 各元素的方差均较大,说明含量变化较大,分布很不均匀。其中,Cu 元素的方差为 19.17,Pb 元素为 83.74,Zn 元素为 51.17,显示了热液型矿化特征。

2 成矿元素在各类岩石中的分配

本剖面各类岩石中成矿元素的平均含量见表 2。从表 2 可看出：

表 2 I 号剖面各类岩石中元素平均含量表

w/10⁻⁶

岩类	Cu	Pb	Zn	Mn	Co	Ni	Sr	Ti	Ba	Cr	V	样品数
泥质灰岩	21.70	220.20	42.50	470.40	17.50	19.70	583.90	2180.30	251.60	54.30	70.80	10
泥炭质灰岩	19.47	219.53	32.41	334.41	17.88	16.88	712.12	1804.77	191.65	51.24	66.41	17
结晶灰岩	14.43	232.30	33.65	346.09	16.04	14.52	681.04	1606.57	207.00	49.09	62.96	23
大理岩	27.00	224.75	41.50	450.50	17.75	20.75	570.50	2365.25	144.25	46.25	76.75	4
硅质岩	45.00	230.40	54.20	696.70	20.90	18.00	376.80	3932.2	284.30	54.50	98.30	10
砂卡岩	38.67	185.00	136.33	627.33	15.67	19.00	599.67	3484.83	733.17	54.67	84.17	6
花岗斑岩	32.25	100.25	36.00	450.00	7.75	7.75	481.50	2003.75	468.50	19.75	47.75	4
辉绿玢岩	29.50	95.00	90.75	930.50	29.50	72.50	370.50	5056.50	251.00	148.25	140.50	4
全球灰岩丰度值(涂和费)	4	9	20	1100	0.1	20	610	400	10	11	20	

(1) 就灰岩而言,Cu 和 Zn 元素含量在泥质灰岩中最高,Pb 元素含量在结晶灰岩中最高,但都相差不大,揭示了主成矿元素在这 3 种灰岩中分布较均匀。

(2) 就 Cu 元素而言,将其含量按从高到低的顺序排序如下:硅质岩-砂卡岩-斑岩-辉绿玢岩-大理岩-泥质灰岩-泥炭质灰岩-结晶灰岩;Cu 在硅质岩中最富集,在砂卡岩及斑岩体中也有一定的富集。但总体而言,Cu 元素含量相差不大,从 14.43×10^{-6} 到 45×10^{-6} ,后期改造富集作用明显,但不是很强烈。

(3) 就 Pb 元素而言,其由高到低的排序为:结晶灰岩-硅质岩-大理岩-泥质灰岩-泥炭质灰岩-砂卡岩-斑岩-辉绿玢岩;岩体对 Pb 元素富集作用不明显,含量在排序中最低,而灰岩中 Pb 元素含量普遍很高,与大理岩、硅质岩相近,高于砂卡岩。

(4) 就 Zn 元素而言,按由高到低的原则排序如下:砂卡岩-辉绿玢岩-硅质岩-泥质灰岩-大理岩-斑岩-结晶灰岩-泥炭质灰岩;砂卡岩中 Zn 元素有较大的富集,后期改造富集作用明显,平均含量达 136.33×10^{-6} ,其余各类岩石中均处于 $(30\sim 60)\times 10^{-6}$ 之间。

(5) 其余元素在各类岩石中含量均相关不大,但 Co,Mn,Ni,Ti,Cr,V 在辉绿玢岩中显示了较大的富集,含量一般高于其它类岩石几倍到几十倍,显示了这些深部元素亲基性的一般特征。

3 相关性分析

各元素相关系数(R)矩阵见表 3。从相关系数矩阵分析可得出如下结论：

(1) Cu 元素在相关系数绝对值大于 0.38,水平上与 Zn,Mn,Ti,V 存在着正相关,而与 Sr 存在着显著的负相关, $R=-0.54$;与其余元素相关性不大。

(2) Pb 元素仅与 Sr 元素有一定的正相关, $R=0.30$,与 Ti,Ba,V 存在着一定的负相关,R

分别为-0.43,-0.32,-0.27,与其余元素相关性不大。

表 3 喇嘛苏地堑 I 号剖面各元素相关系数矩阵表

	Cu	Pb	Zn	Mn	Co	Ni	Sr	Ti	Ba	Cr	V
Cu		0.06	0.40	0.49	0.20	0.15	-0.54	0.50	0.14	0.10	0.38
Pb			-0.17	-0.10	0.04	-0.15	0.30	-0.43	-0.32	-0.15	-0.27
Zn				0.33	0.15	0.22	-0.33	0.38	0.13	0.18	0.30
Mn					0.49	0.33	-0.59	0.56	0.08	0.39	0.57
Co						0.51	-0.22	0.51	-0.16	0.60	0.71
Ni							-0.19	0.34	-0.07	0.90	0.48
Sr								-0.64	-0.10	-0.17	-0.49
Ti									0.43	0.43	0.90
Ba										0.00	0.22
Cr											0.59
V											

(3) Zn 元素在相关系数绝对值大于 0.3 水平上,与 Cu,Mn,Ti,V 存在正相关,与 Sr 呈负相关, $R = -0.33$,与其余元素相关性不大。

(4) 相关性最大的有 2 组元素,分别为 Cr-Ni 和 V-Ti, $R = 0.90$ 。

4 成矿元素组合特征

为了研究成矿元素的组合特征,将 78 个样品、11 种元素作了 R 型聚类分析。由分类谱系图(图 1)可以看出,在相关系数绝对值大于 0.3 的水平上,可以分为 4 组,分别为 Cu-Zn,Co-Ti-V-Ni-Cr,Pb-Ba,Mn-Sr;相关系数绝对值大于 0.5 水平上,分为 3 组,分别为 Co-V-Ti,Cr-Ni,Mn-Sr;相关系数绝对值大于 0.9 的水平上,仅有 V-Ti,Cr-Ni 2 组。从中可以看出主成矿元素 Cu,Zn 密切正相关,与 Pb 几乎没有什么相关性,但在 0.24 水平上与 Co-Ti-V-Cr-Ni 聚合为一类,反映了 Cu,Zn 成矿可能与深源岩浆活动有一定的关系;而 Pb 元素与其它元素相关性皆不明显,仅与 Ba 呈负相关聚合,表明其活动具有一定的独立性。

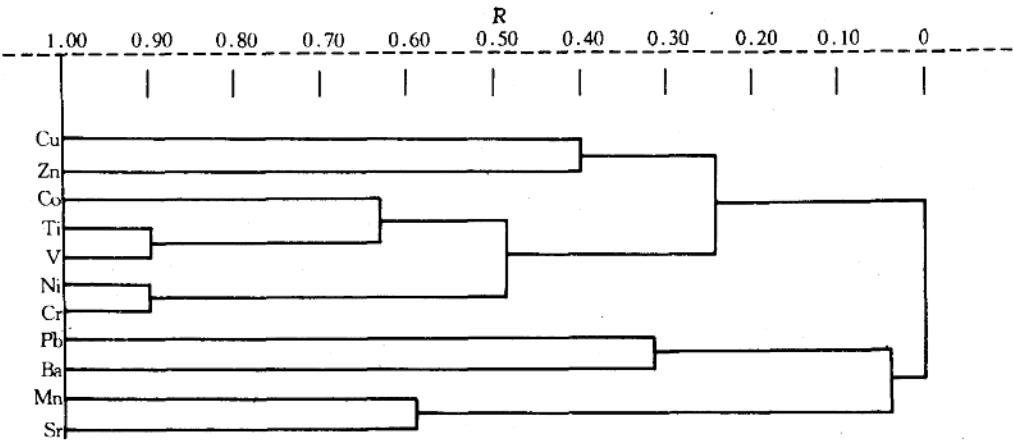


图 1 喇嘛苏 I 号剖面 11 种元素分类谱系图

5 结 论

从以上分析可看出,库西木契克群下亚群富含主成矿元素,各元素丰度值(除 Mn 外)均较高,方差亦很大,显示了良好的矿源层特征;通过对各类岩石中的对比可知,岩体对主成矿元素 Cu,Zn 的富集作用明显强于 Pb;各元素间相关性不太好,仅 V-Ti,Cr-Ni 表现了较好的相关性;主成矿元素 Cu,Zn 显示了一定的正相关,且与 Co-Ti-V-Cr-Ni 具有一定的正相关,从而为“Cu,Zn 来源于深部基性岩浆、成矿与深源火山喷流作用有关”提供了又一佐证;而 Pb 元素与其它元素相关性皆不明显,仅与 Ba 呈负相关聚合,表明其不同于 Cu,Zn,可能来源于浅部,具有一定的独立性。

[参考文献]

- [1] 邵拥军,彭省临. 新疆喇嘛苏铜多金属矿床地质地球化学特征. 中南工业大学学报,1997,28(增 1).
- [2] 彭省临,邵拥军. 新疆温泉县喇嘛苏多因复成铜矿床成因研究. 湖南矿物岩石地球化学论丛,1998.
- [3] 赖健清,等. 新疆温泉县喇嘛苏矿区库西姆契克群特征及含矿性. 湖南矿物岩石地球化学论丛,1998.

对西秦岭热水沉积岩及其有关 多金属矿床成因的几点认识

吴延之 范效仁

(中南大学资源环境与建筑工程学院,长沙,410083)

[摘 要] 作者对西秦岭热水沉积岩及其有关多金属矿床的成因提出了几点看法和意见。

[关键词] 沉积岩;金属矿床;西秦岭

西秦岭西成盆地属于秦岭碰撞带南侧的大陆边缘盆地,北界为下古生代丹凤群变质火山岩,南界为礼县-白云-山阳大断裂,东与凤太盆地相连。盆地内北西向断裂发育,其中以修石崖断裂为界分为南北两区。

南区:泥盆系为一套钙质细碎屑岩和碳酸盐岩建造。

北区:泥盆系为一套长英质碎屑岩钙质碎屑岩类及碳酸盐岩建造。

其垂直方向的岩性变化可简化为表1所示的形式。

表1 西秦岭泥盆系地层岩相简表

地层	厚度/m	岩 性	生 物 化 石	亚 相	相
星红铺组 (洞山组下部及西汉水组上部)	140	绿泥千枚岩 绢云绿泥千枚岩		陆源碎屑亚相 灰色砂质板岩 粉砂细砂岩薄	浅海 海岸 盆地 沉积 相
~~~~~	500	铁白云石千枚岩 钙质千枚岩夹薄层灰岩		层灰岩属潮坪 三角洲亚相	台地相
古道岭组 (西汉水组下部)	385	礁灰岩顶部硅质岩含矿建造	珊瑚、层孔虫、腕足类、棘皮	厚层生物屑灰岩亚相	地相 台内 相 台地 生物礁
	175	泥晶生物灰岩	珊瑚为主层孔虫和腕足类少量	石灰岩亚相	相 浅海
王家楞组 (安家岔组)	>800	砂质页岩、粉砂岩、细砂岩			相 浅海

无论在纵向或横向上本区沉积特点都有明显变化,基本上可分两类:

(1) 正常沉积岩:包括砂岩、泥岩、石灰岩、白云岩。

(2) 热水沉积岩:包括层纹状硅质岩、似碧玉层纹钠长岩、铁白云质板岩、钠长角砾岩、钠长板岩等。

① 钠长石岩:含铅锌钠长石岩为硫化物层的直接底板,与地层整合产出,厚0.1~8.5 m,