

文章编号: 1000- 6524 (2004) 04- 0351- 10

云南墨江金厂金矿床含铬层状硅酸盐 矿物成分标型特征

江永宏, 李胜荣

(中国地质大学 地球科学与资源学院 岩石圈构造与深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 含铬绢云母类矿物在云南墨江金厂金矿床中广泛出现于黄铁铬绢英岩、黄铁硅质岩、黄铁铬云母岩和石英脉中。含铬绿泥石类矿物主要出现在石英脉、硅质岩、黄铁铬绢英岩中。蒙脱石出现于蚀变围岩中, 而高岭石出现于富石英脉中。本文通过对 72 个上述矿物电子探针数据的分析, 确定了与其成因产状对应的含铬绢云母、含铬伊利石、含铬绿泥石、含铬蒙脱石、高岭石矿物的系列成分标型。研究表明, 具最高铬含量的上述矿物样品均位于近金厂岩体穿脉的最北端。在铬铝云母 SiO_2 - Cr_2O_3 关系图上可以看出, 不同成矿背景的铬铝绢云母, 其 Cr/Si 离子数有分区特点, 而本矿床的铬铝云母成分标型反映其富硅富铬的特点, 与金厂超基性岩体的变质热液有关。

关键词: 云南; 墨江; 金厂金矿床; 含铬层状硅酸盐矿物; 成分标型

中图分类号: P578.94

文献标识码: A

The compositional types of chromium-bearing layered silicate minerals from the Jinchang gold deposit in Mojiang County, Yunnan Province

JIANG Yong_hong and LI Sheng_rong

(Key Laboratory of Lithospheric Tectonics, Ministry of Education, School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Chromium-bearing sericite and chlorite occur in the Jinchang gold deposit of Mojiang County, Yunnan Province. Sericite is distributed extensively in pyritic chrome-phyllitic rocks, pyritic siliceous rocks, pyritic chrome-mica and quartz veins, whereas chlorite is spread in quartz veins, siliceous rocks and pyritic chrome-phyllitic rocks. Montmorillonite occurs in etched surrounding rocks, while kaolinite in gold-rich quartz veins. Based on 72 electron microprobe analytical data of the above minerals, the authors set up a series of compositional types related to the rock types. Studies show that all of the above layered chromium-high silicate minerals occur at the northernmost ends of different parts within Jinchang rock body. The SiO_2 - Cr_2O_3 diagram of the chromium-aluminum mica reveals that different plot areas reflect specific genetic type features of source rocks. It is thus considered that the high-content spots of Si and Cr in chromium sericite series typical of the Jinchang gold deposit are basically attributed to the post-metamorphism hydrothermal fluid of the ultrabasic rock body.

Key words: Yunnan; Mojiang; Jinchang gold deposit; chromium-bearing layered silicate; compositional type

收稿日期: 2003-12-31; 修订日期: 2004-04-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40073012); 国家重点基础研究发展规划资助项目(G1998040800); 国土资源大调查资助项目(199910200264, 20001020223023, 200313000068_02)。

作者简介: 江永宏(1973-), 男, 博士生, 矿物学岩石学矿床学专业。

云南省墨江县金厂金矿是一个位于哀牢山腹地的大型原生金矿床,含铬层状硅酸盐为本矿区较为常见的矿物,空间上具有不均匀分布的特点。高铬含量的含铬绢云母、含铬伊利石、含铬绿泥石、含铬蒙脱石主要见于矿体围岩中,而在脉型矿石中有低铬含量的上述矿物以及微量高岭石出现;时间上,具有不同期次的特点。作为该金矿床贯通矿物,对其标型特征进行研究具有明显的成因意义和找矿意义。

1 矿床地质概况

云南墨江金厂金矿床位于哀牢山构造变质带九甲-安定脆韧性剪切带旁侧,是一个成因上与加里东晚期具蛇绿岩性质的超基性岩体有关的低温浅成热液大型金矿床。矿体沿金厂蛇绿岩体西接触带的断裂构造带断续分布。该断裂构造带整体长 3.2 km,宽 0.4 km。从北向南有四十八两山、老金牛、烂山、滴水坎及猫鼻梁等 5 个富集矿段,金矿体主要产于志留纪金厂组砂板岩中,少数产于蛇绿岩及三叠纪砂岩中。金矿化以石英脉型和含金石英脉与含金硅质岩混合型为主要类型。含金石英脉特别是富金石英脉与一般的石英脉不同,常具有条带状-裙边带状构造,并常带有斑斓色彩。含金硅质岩分为面状、浸染状和顺层状,面状硅质岩实质上是蛇绿岩全硅化的产物,其中石英与蛇纹石呈均匀分布,有时可见蛇绿岩的残余网状结构或蛇绿岩被微粒石英交代的绢石假象。浸染状和顺层状的含金硅质岩,主要分布于金厂蛇绿岩体与金厂组粉砂岩、板岩中,为金厂组粉砂岩、板岩的硅化产物。含金石英脉中的矿石矿物为自然金、银金矿,脉石矿物有蛇纹石、多水高岭石、钠长石、滑石,而硅质岩中的矿石矿物主要为自然金,金属硫化物主要有辉锑矿、辉砷镍矿、黄铁矿,脉石矿物有石英、含铬绢云母、蛇纹石。砷硫化镍矿体在远离蛇绿岩体的一端常伴随有弱的金矿化,自然金常与晚世代的黄铁矿、辉锑矿、闪锌矿共生。哀牢山构造带自加里东晚期直至喜山期均有不同程度的构造岩浆活动,该金矿的成矿时代跨越海西早期至喜山期,具有多期成矿的特点。含镍金黄铁矿硅质岩的 Sm-Nd 年龄为 358 Ma, Rb-Sr 年龄为 354 Ma(方维萱等, 2001);含铬绢云母的 K-Ar 年龄为 180 Ma(全国同位素地质年龄汇编小组, 1986);穿插镍矿体的 Au 矿化石英脉的顺磁共振年龄为 46.7

Ma(毕献武等, 1996)。

2 热液演化阶段与层状硅酸盐矿物的成因产状

该矿床的热液演化在空间上体现为由超基性岩体渐入围岩金厂组砂板岩的面型蚀变分带以及不同期次的石英脉线型叠加,据此可进行热液演化的阶段划分。绢云母、伊利石、绿泥石、蒙脱石、高岭石为矿区较为常见的层状硅酸盐矿物,特别是在金厂岩体接触带及断裂旁侧含铬绢云母类和水化绢云母类(含铬伊利石类)异常丰富,形成颇具特色的矿化蚀变,因过去在研究工作中未区分水化现象与无水化现象,故长期以来统称为“水云母化”。应当指出的是,伊利石原泛指泥质沉积物中属于云母类的粘土矿物,而非矿物种名称(Grim *et al.*, 1937)。Strunz(1970)、鲁安怀等(1994)也指出,具有粘土颗粒大小的水白云母现已改称为伊利石,常见 1Md 多型,少见 2M 多型。由于含铬绢云母类与含铬伊利石类矿物在野外实际工作中较难区分,故本文将其统称为含铬绢云母系列。绿泥石化在本区较弱,但它伴随着热液碱度增强和酸度减弱而出现,标志着金的溶解、迁移、富集,因此为典型的矿化蚀变。蒙脱石出现于蚀变围岩中,而高岭石出现于富金石英脉中。

2.1 以蛇纹石化、滑石化、碳酸盐化(包括菱镁矿化、铁白云石化)、硅化为特征的镁质超基性岩体蚀变阶段

金厂蛇绿岩体中的辉石、橄榄石依次发生蛇纹石化、菱镁矿化、滑石化和石棉化。此后发生硅化,释放大量的 SiO₂,在金厂蛇绿岩体与金厂组接触带附近一定范围内形成硅质岩, Au、As、Sb、Ti、Cr、Co、Ni 等重要成矿元素以络合物形式活化迁移。蛇纹石、菱镁矿、铁白云石、铬尖晶石、白钛石、自然金及铂族元素矿物为其特征组合。

2.2 超基性岩外接触带的交代蚀变阶段

(1) 硅化、黄铁矿化亚阶段

超基性岩体外接触带是含金硅质岩型金矿化的主要成矿空间,其交代蚀变作用与以镍矿化为主要特征的内、外接触带有较大差异。根据笔者对含铬绢云母系列成分标型的研究(江永宏等, 2001),发生硅化的 Si 质除部分来源于超基性岩体外,绝大部分应来源于金厂组硅质板岩。热流体搬运 Au、Cr、Mg、Fe、S 等物质在有利的空间沉淀形成较弱的金矿化,它是蛇纹石化岩体形成全硅质外壳的延续。

(2) 黄铁矿铬绢英岩化亚阶段

本亚阶段以形成翠绿色含铬绢云母为特色。黄铁矿绢英岩是金矿化石英脉的蚀变围岩, 按照黄铁矿与含铬绢云母类的相对含量, 将其进一步划分为以下类型: 含铬绢云母的黄铁硅质岩、含铬绢云母黄铁硅质岩、含黄铁矿铬绢云母硅质岩、黄铁矿绢英岩、含黄铁矿铬绢云母岩和铬绢云母岩(江永宏等, 2003)。进一步研究表明, 在不同类型的近矿蚀变围岩中, 不同 Cr、Mg 含量和 Si/Al^{IV} 比的含铬绢云母类、含铬伊利石类以及微量的含铬蒙脱石均有出现, 其中以富硅含铬绢云母和含铬伊利石两个矿物种具优势, 而仅在少数样品中, 含铬绢云母和含铬伊利石可以共生组合出现。在硅质岩、黄铁硅质岩中有高 Cr 含量的含铬绿泥石类矿物出现。

2.3 石英脉充填阶段

(1) 早期石英脉阶段: 矿区内以“脉板”或绿色浸染状石英脉为其特征。

(2) 主成矿期石英脉阶段: 又可称为硫化物-石英脉阶段, 银金矿、自然金等含金矿物主要出现在本

阶段石英脉中。石英脉以乳白色和淡黄色条带状-裙边带状构造为特征。以低 Cr、Mg 的含铬绢云母、含铬伊利石和中等 Cr 含量的含铬绿泥石以及低铬含量的高岭石为其特征矿物组合。

(3) 晚期乳白色石英脉阶段: 以全晶质石英晶簇为特色, 共生矿物有自然银, 少量银金矿。以无铬的绢云母、伊利石为其特征矿物组合。

3 含铬层状硅酸盐矿物成分标型

结合矿床的矿体特征和矿化蚀变类型, 笔者对猫鼻梁+ 1 753 m 中段进行 20 m × 10 m 网度采样(图 1), 配合少量外围样品进行电子探针分析, 测试者为中国地质大学(北京)电子探针室陈卉泉、李树岩, 仪器为 JCSA_733, 电压 15 kV, 电流 1 × 10⁻⁸ A, 电子束斑大小 1 μm。样品共 72 件, 其中绢云母 20 件, 伊利石 28 件, 富 Mg、Cr 的粘土矿物混合物 9 件, 绿泥石 13 件, 蒙脱石与高岭石各 1 件。

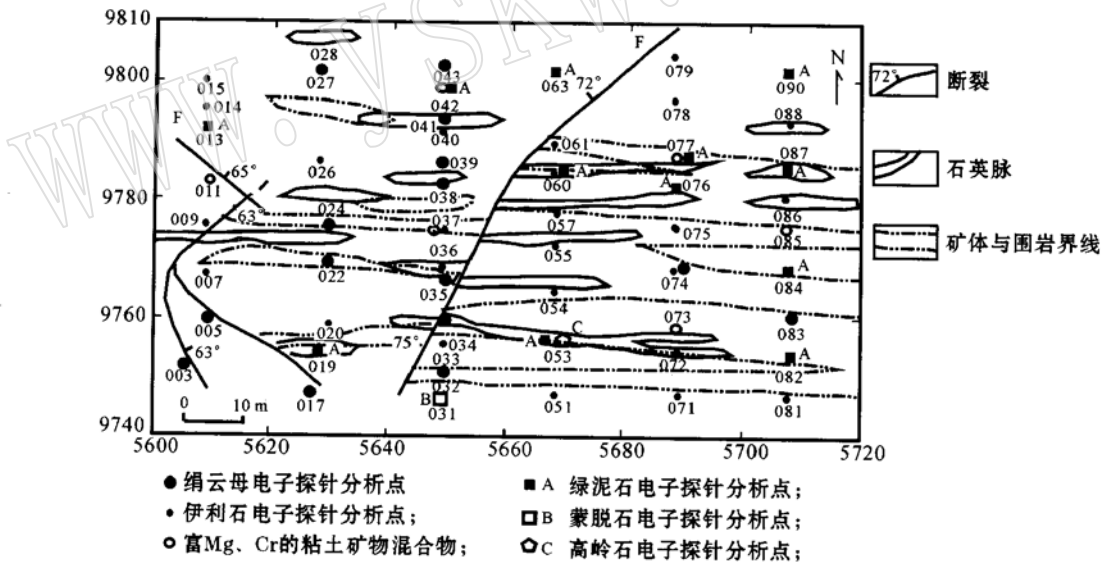


图 1 金厂金矿猫鼻梁矿段+ 1 753 m 中段电子探针分析样位及石英脉分布图

Fig. 1 Distribution of electron microprobe analytical spots and quartz veins at + 1 753 m level of Maobiliang area in the Jinchang gold deposit

3.1 含铬绢云母类矿物

根据不同成因产状和 Cr 离子数含量区间, 将依据于 Si/Al^{IV} 与 Cr 离子数进行分类的绢云母类 5 个矿物种 10 个数据列于表 1, 含铬绢云母类矿物的电子探针分析数据见表 2。从表中(刘文龙等, 1999; 江永宏等, 2001)可见:

(1) 石英脉中的绢云母为无铬绢云母、低铬绢云母, 无铬绢云母的 K⁺ 为 0. 677, 而低铬绢云母的 Cr 离子数为 0. 003~ 0. 015, K⁺ 为 0. 437~ 0. 566, 钾离子数低于无铬绢云母;

(2) 黄铁矿绢英岩中的绢云母 Cr 离子数为 0. 115~ 0. 473, Mg 离子数为 0. 178~ 0. 596, Si/Al^{IV}

表1 墨江金厂金矿床铬绢云母类、铬伊利石类分类及产状
Table 1 Classification and modes of occurrence of chromium-bearing sericite and illite in the Jinchang gold deposit, Mojiang County

| Si/Al ^{IV} | Cr 离子数 | 序号 | 样号 | 矿物种 | w(Cr ₂ O ₃)/%, Cr | w(MgO)/%, Mg | Si/Al ^{IV} | Si | K ⁺ | H ₃ O ⁺ | 产状 | 岩石标本中矿物含量/% |
|---------------------|--------|----------|--------------|-------------|--|--------------|---------------------|-------|----------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| <7 | <0.5 | 16 | 028 | 绢云母 | 0.00, 0.000 | 1.09, 0.111 | 6.236 | 3.447 | 0.677 | 0.000 | 石英脉 | Q>90 |
| | | 19 | 034 | 含铬绢云母 | 0.05, 0.003 | 2.98, 0.285 | 4.166 | 3.226 | 0.469 | 0.000 | 石英脉 | Q>90 |
| | | 17 | 032 | 含铬绢云母 | 5.43, 0.277 | 6.20, 0.596 | 6.093 | 3.436 | 0.326 | 0.000 | 黄铁铬绢英岩 | Py: 40, Q: 40, Fu: 15, Chr: 5 |
| | | 53 | 111-1 | 含铬绢云母 | 6.17, 0.347 | 3.05, 0.298 | 6.853 | 3.491 | 0.446 | 0.000 | 含黄铁铬绢云母岩 | Py: 5, Fu: 80, 蛇纹岩角砾: 15 |
| | | 30 | 043 | 富铬铝的绢云母 | 12.05, 0.646 | 3.73, 0.377 | 6.900 | 3.494 | 0.542 | 0.000 | 含黄铁铬绢云母硅质岩 | Py: 10, Q: 60, Fu: 20, Chr: 5 |
| | | 38 | 067 | 富硅含铬绢云母 | 0.28, 0.005 | 2.09, 0.208 | 7.070 | 3.500 | 0.694 | 0.000 | 硅质岩 | Py: 5, Q: 80, Mp: 2, 其他: 3 |
| | | 10 | 017 | 富硅含铬绢云母 | 2.24, 0.115 | 4.01, 0.388 | 8.430 | 3.576 | 0.460 | 0.000 | 黄铁铬绢云母岩 | Py: 15, Q: 40, Mp: 45 |
| | | 24 | 038 | 富硅含铬绢云母 | 6.67, 0.351 | 4.80, 0.476 | 10.393 | 3.649 | 0.522 | 0.000 | 黄铁铬绢英岩 | Py: 30, Q: 50, Mp: 17, Ch: 13 |
| | | 1 | 003 | 富硅含铬绢云母 | 9.52, 0.497 | 3.47, 0.341 | 8.778 | 3.591 | 0.310 | 0.000 | 含黄铁铬绢云母岩 | Py: 10, Q: 75, 蛇纹岩角砾: 15 |
| | | 15 | 027 | 富硅铬铝的绢云母 | 11.23, 0.606 | 3.49, 0.354 | 11.644 | 3.684 | 0.476 | 0.000 | 含铬绢云母黄铁硅质岩 | Py: 10, Q: 84, Mp: 5, Chr: 1 |
| >7 | >0.5 | 21 | 036 | 伊利石 | 0.00, 0.000 | 0.88, 0.080 | 2.924 | 2.981 | 0.319 | 0.671 | 石英脉 | Q>90 |
| | | 55 | 116-1 | 含铬伊利石 | 2.52, 0.130 | 11.41, 1.106 | 3.392 | 3.068 | 0.268 | 0.234 | 黄铁铬绢英岩 | Py: 30, Q: 30, Fu: 40 |
| | | 32 | 053Q-1 | 含铬伊利石 | 2.79, 0.142 | 0.39, 0.038 | 3.714 | 3.152 | 0.443 | 0.429 | 石英脉 | Q>90 |
| | | 57 | 116-3 | 含铬伊利石 | 3.64, 0.185 | 5.47, 0.524 | 5.159 | 3.351 | 0.386 | 0.482 | 黄铁铬绢英岩 | Py: 30, Q: 30, Fu: 40 |
| | | 22 | 037-1 | 含铬伊利石 | 8.87, 0.454 | 3.83, 0.369 | 5.419 | 3.377 | 0.441 | 0.558 | 黄铁硅质岩 | Py: 35, Q: 63, Fu: 2 |
| | | 14 | 026 | 含铬伊利石 | 9.34, 0.484 | 3.21, 0.313 | 4.228 | 3.235 | 0.603 | 0.325 | 含铬绢云母黄铁硅质岩 | Py: 25, Q: 70, Fu: 5 |
| | | 31 | 051 | 富铬铝的伊利石 | 9.69, 0.501 | 3.21, 0.313 | 6.403 | 3.460 | 0.477 | 0.488 | 含铬绢云母黄铁硅质岩 | Py: 15, Q: 80, Fu: 5 |
| | | 48 | 079 | 富铬铝的伊利石 | 11.92, 0.638 | 2.78, 0.281 | 6.961 | 3.498 | 0.621 | 0.036 | 黄铁铬绢英岩 | Py: 20, Q: 50, Fu: 30 |
| | | 54 | 111-2 | 富硅含铬伊利石 | 3.97, 0.201 | 3.62, 0.345 | 10.499 | 3.652 | 0.353 | 0.023 | 黄铁铬绢云母岩 | Py: 5, Mp: 80, 蛇纹岩角砾: 15 |
| | | 47 | 078 | 富硅含铬伊利石 | 8.07, 0.401 | 3.53, 0.331 | 10.053 | 3.638 | 0.364 | 0.636 | 含铬绢云母黄铁硅质岩 | Py: 15, Q: 80, Mp: 5 |
| 8 | 014 | 富硅铬铝的伊利石 | 11.52, 0.600 | 3.65, 0.358 | 8.197 | 3.565 | 0.405 | 0.411 | 黄铁铬绢英岩 | Py: 45, Q: 35, Mo: 20 | | |

Py—黄铁矿; Q—石英; Fu—含铬绢云母; Chr—铬尖晶石; Mp—富硅含铬伊利石; Mo—富硅铬铝的伊利石; Ch—铬铁矿。

为 6.093~ 10.393, K^+ 为 0.326~ 0.567, 具有富 Si、Mg、Cr 的特征, 可划分为含铬绢云母、富硅含铬绢云母;

(3) 硅质岩中的绢云母富 Si, Cr 离子数为 0.005; 黄铁硅质岩中的绢云母 Cr 离子数为 0.308~ 0.399, Mg 离子数为 0.178~ 0.596, 而 Si/Al^{IV} 为 8.969~ 14.555, 富硅含铬; 含铬绢云母黄铁硅质岩中的绢云母为富硅含铬绢云母和富硅铬铝的绢云母, Cr 离子数为 0.141~ 0.606, Mg 离子数为 0.322~ 0.354, Si/Al^{IV} 为 9.180~ 15.770, 也具有高 Cr、Mg、Si 的特征。上述硅质岩类型的绢云母 K^+ 为 0.295~ 0.694, 而 Si 含量范围为 3.500~ 3.762, 为富硅类型;

(4) 含黄铁铬绢云母岩中绢云母为含铬绢云母和富硅含铬绢云母, Cr 离子数为 0.347~ 0.497, Mg 离子数为 0.298~ 0.341, Si/Al^{IV} 为 6.853~ 8.778, K^+ 为 0.310~ 0.446, Si 含量为 3.491~ 3.591, 硅铝比与黄铁硅质岩和含铬绢云母黄铁硅质岩中绢云母的硅铝比无叠合;

(5) 就 K 含量而言, 石英脉和硅质岩中绢云母

的 K 含量偏高, 而含黄铁铬绢云母岩中绢云母的 K 含量偏低, 这可能是由于含黄铁铬绢云母岩位于断层附近, 断裂活动导致 K^+ 的流失所致。

(6) 富铬铝的绢云母中 Cr^{3+} 最高(样号 043), 为 0.646, 其样位在最靠近金厂岩体的本中段 III 穿的最北端, 具有空间指示作用(图 1), 说明铬可能从变质的岩体迁出。而富硅铬铝的绢云母中 Cr^{3+} 最高值为 0.606(样号为 027), 出现于同样靠近金厂岩体的本中段 II 穿的最北端第 2 个样位, 但其硅铝比为铬含量相似的富铬铝的绢云母(043 号样品)中硅铝比的近两倍。结合矿物含量数据(表 1), 可能说明含铬绢云母化越弱, 硅化越强, 或者可以认为含铬绢云母化与硅化这种蚀变程度上的反消长体现了它们在蚀变过程中地球化学行为的差异。

3.2 含铬伊利石类矿物

根据不同成因产状和 Cr 离子数区间, 将依据于 Si/Al^{IV} 与 Cr 离子数进行分类的伊利石类 5 个矿物种共 11 个数据列于表 1, 含铬伊利石类矿物的电子探针成分分析数据见表 2。从表中可见(刘文龙等, 1999; 江永宏等, 2001):

表 2 含铬绢云母类矿物(包括绢云母)、含铬伊利石类矿物(包括伊利石)的电子探针分析数据

$w_B/\%$

Table 2 Electron microprobe analyses of chromium bearing sericite and chromium bearing illite

| 样号 | 028 | 034~ 111_1 | 043 | 067~ 027 | 036 | 116_1~ 026 | 051~ 079 | 111_2~ 014 |
|--------------------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|--------------|--------------|
| Na ₂ O | 0.00 | 0.03~ 0.30 | 0.44 | 0.12~ 0.33 | 0.08 | 0.00~ 0.96 | 0.02~ 0.00 | 0.00~ 0.02 |
| K ₂ O | 7.81 | 5.73~ 3.96 | 6.28 | 8.14~ 3.69 | 4.09 | 3.23~ 7.22 | 5.72~ 7.19 | 4.33~ 4.83 |
| CaO | 0.03 | 0.00~ 0.08 | 0.00 | 0.00~ 0.13 | 0.01 | 0.00~ 0.13 | 0.10~ 0.08 | 0.00~ 0.00 |
| MgO | 1.09 | 2.98~ 6.20 | 3.73 | 2.09~ 4.80 | 0.88 | 11.41~ 0.39 | 3.21~ 2.78 | 3.53~ 3.65 |
| Al ₂ O ₃ | 36.10 | 36.49~ 25.65 | 20.89 | 29.51~ 20.34 | 37.62 | 18.71~ 34.25 | 21.18~ 19.66 | 16.50~ 25.14 |
| SiO ₂ | 50.68 | 50.28~ 53.33 | 51.57 | 52.35~ 55.08 | 48.65 | 47.17~ 52.18 | 52.94~ 51.66 | 54.14~ 57.92 |
| TiO ₂ | 0.22 | 0.02~ 0.17 | 0.23 | 0.36~ 0.00 | 0.00 | 0.07~ 0.15 | 0.15~ 0.14 | 0.04~ 0.22 |
| FeO | 0.14 | 0.13~ 0.44 | 0.93 | 2.17~ 0.36 | 0.20 | 0.08~ 2.85 | 1.02~ 0.81 | 0.24~ 0.69 |
| Cr ₂ O ₃ | 0.00 | 0.06~ 6.71 | 12.05 | 0.09~ 11.23 | 0.00 | 2.52~ 9.34 | 9.69~ 11.92 | 3.97~ 11.52 |
| MnO | 0.00 | 0.03~ 0.00* | 0.00* | 0.10~ 0.09* | 0.10 | 0.00~ 0.22 | 9.52 | 0.00~ 0.00 |
| NiO | 0.24 | 0.00~ 0.04 | 0.03 | 0.03~ 0.29 | 0.00 | 0.00~ 0.28 | 0.00~ 0.00 | 0.00~ 0.06 |
| P ₂ O ₅ | 0.06 | 0.00~ 0.75 | 0.00 | 0.97~ 0.00 | 0.00 | 0.00~ 0.72 | 0.02~ 0.29 | 0.08~ 0.79 |
| CoO | 0.02 | - | 0.00 | 0.00~ 0.40 | - | 0.00~ 0.14 | 0.19~ 0.00 | 0.00~ 0.03 |
| V ₂ O ₃ | - | - | 0.24* | - | - | - | - | - |
| BaO | - | - | 0.00 | - | - | - | - | - |
| Ce ₂ O ₃ | - | - | 0.00 | - | - | - | - | - |
| La ₂ O ₃ | - | - | 0.00 | - | - | - | - | - |
| Nd ₂ O ₃ | - | - | 0.20 | - | - | - | - | - |
| CuO | 0.01 | - | - | 0.03 | - | 0.00~ 0.22 | 0.00~ 0.41 | 0.00~ 0.00 |
| Ag ₂ O | 0.04 | - | - | 0.00 | - | 0.00~ 0.15 | 0.00~ 0.04 | 0.00~ 0.24 |
| Au | 2.16 | - | - | 0.18~ 1.03 | - | 0.00~ 1.38 | 0.00 | 0.00~ 0.03 |
| Pt | 0.20 | - | - | 0.38 | - | 0.00~ 0.20 | 0.00~ 0.53 | 0.00~ 0.78 |
| 总量 | 98.81 | 95.97~ 95.54 | 96.61 | 96.52~ 97.33 | 91.65 | 91.76~ 94.85 | 94.29~ 95.49 | 91.78~ 95.26 |

表内“-”为未测试项或未列项, 带“*” MnO 原测项为 MnO₂, V₂O₃ 原测项为 V₂O₅。

(1) 晚期乳白色石英脉(样号 036) 中的伊利石为无铬伊利石, Mg 离子数为 0.080, Si/Al^{IV} 为 2.924, K 离子数为 0.319, Si 离子数为 2.981, H₃O⁺ 为 0.671, 标志着该期成矿热液对围岩中 Cr、Mg 的活化、迁移与富集能力很弱。H₃O⁺ 含量较高, 说明晚期石英脉的贫 K 流体环境对云母类矿物化学成分具制约作用。富金石英脉(样号为 053Q_1) 的含铬伊利石中 Cr 离子数为 0.142, Mg 离子数为 0.038, K⁺ 为 0.443, Si 离子数为 3.152, H₃O⁺ 为 0.429, 该期成矿热液的活性较弱, 低 Cr 和 Mg;

(2) 黄铁铬绢英岩中的伊利石 Cr 离子数为 0.130~ 0.600, Mg 离子数为 0.106~ 0.736, Si/Al^{IV} 为 3.392~ 8.197, K⁺ 为 0.268~ 0.621, Si 离子数为 3.068~ 3.565, H₃O⁺ 为 0.036~ 0.482, 与石英脉中伊利石不同, 富 Cr 和 Mg, 相对低硅, 富硅伊利石种类出现率仅为 25%;

(3) 含铬绢云母黄铁硅质岩中伊利石铬离子数为 0.260~ 0.540, Mg 离子数为 0.292~ 0.388, K⁺ 为 0.311~ 0.677, Si 离子数为 2.861~ 3.638, H₃O⁺ 为 0.008~ 0.681, Si/Al^{IV} 为 4.410~ 7.984。同为围岩蚀变的产物, 含铬绢云母黄铁硅质岩中的伊利石上述各成分(Cr、Mg、K、Si、H₃O⁺、Si/Al^{IV}) 特征与黄

铁铬绢英岩中的伊利石均很一致, 有相似区间, 以富 Cr、Mg 为特色, 并且数量占含铬伊利石类矿物总数的 60.71%;

(4) 黄铁铬绢云母岩中的伊利石为富硅含铬伊利石, 其铬离子数为 0.201, Mg 离子数为 0.345, Si/Al^{IV} 为 10.499, K 离子数为 0.353, Si 离子数为 3.652, H₃O⁺ 为 0.023。与黄铁铬绢云母岩中绢云母的元素特征含量类同;

(5) 富铬铝的伊利石中铬离子含量最高为 0.638(样号为 079), 其样位在该中段 V 穿的最北端(图 1), 也具有空间上的指示作用, 说明 Cr³⁺ 与 Mg²⁺ 均与岩体的变质有成因联系, 来自变质热液的搬运。富硅铬铝的伊利石中铬离子数最高为 0.600(样号为 014), 出现于本中段 I 穿的最北段第 2 个样位, 同样靠近金厂岩体。

3.3 含铬绿泥石类矿物

绿泥石主要分布于黄铁铬绢英岩、硅质岩和石英脉中(表 3、4、5), 而石英脉中的绿泥石出现最多, 反映绿泥石主要出现于矿体内及其他成矿有利位置(图 1), 为金矿化的指示性标志, 其中:

(1) 石英脉中的绿泥石富镁低铬, Cr 离子数为 0.002~ 0.189;

表 3 含铬绿泥石族矿物电子探针分析结果

w_B/%

Table 3 Electron microprobe analyses of chromium-bearing chlorite

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 样号 | 013 | 019 | 042 | 053Q3 | 060-1 | 063 | 076 | 077 | 082-1 | 082-2 | 084 | 087 | 090 |
| 产状 | A | B | C | B | B | A | B | A | B | B | B | B | A |
| SiO ₂ | 36.05 | 33.03 | 31.34 | 33.86 | 33.89 | 37.02 | 38.93 | 32.99 | 34.82 | 35.42 | 41.53 | 32.46 | 28.00 |
| TiO ₂ | 0.07 | 0.07 | 0.12 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.02 | 0.09 | 0.07 | 0.02 | 0.10 |
| Al ₂ O ₃ | 18.17 | 22.41 | 18.11 | 20.47 | 20.25 | 11.44 | 29.69 | 20.62 | 28.64 | 29.45 | 32.80 | 23.16 | 16.34 |
| Cr ₂ O ₃ | 7.18 | 0.25 | 8.41 | 4.46 | 0.16 | 2.73 | 0.11 | 1.65 | 0.28 | 0.14 | 0.08 | 0.08 | 8.92 |
| FeO | 3.06 | 2.42 | 2.30 | 3.13 | 4.77 | 3.13 | 1.11 | 3.25 | 2.28 | 2.16 | 1.04 | 3.49 | 3.07 |
| MnO | 0.16 | 0.24 | 0.08* | 0.23 | 0.00 | 0.05 | 0.15 | 0.20 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.07 |
| MgO | 21.70 | 29.64 | 21.36 | 22.11 | 25.89 | 24.09 | 16.72 | 26.29 | 22.38 | 21.38 | 9.67 | 24.70 | 22.39 |
| CaO | 0.11 | 0.14 | 0.06 | 0.05 | 0.12 | 0.18 | 0.00 | 0.02 | 0.04 | 0.10 | 0.11 | 0.15 | 0.14 |
| CoO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.02 | 0.13 | 0.07 | 0.06 | 0.00 | 0.10 |
| NiO | 0.51 | 0.31 | 0.27 | 0.41 | 0.16 | 0.41 | 0.21 | 0.63 | 0.32 | 0.02 | 0.34 | 0.58 | 0.50 |
| K ₂ O | 0.29 | 0.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.16 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.05 | 0.00 | 0.05 |
| Na ₂ O | 0.00 | 0.00 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| P ₂ O ₅ | 0.10 | 0.19 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | 0.06 | 0.14 | 0.19 | 0.70 | 0.54 | 0.64 | 0.37 | 0.15 |
| V ₂ O ₅ | - | - | 0.05 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cu | - | 0.00 | - | 0.05 | 0.00 | 0.00 | 0.16 | 0.11 | 0.00 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Ag | - | 0.00 | - | 0.00 | 0.18 | 0.35 | 0.14 | 0.07 | 0.00 | 0.08 | 0.07 | 0.00 | 0.14 |
| Au | - | 0.00 | - | 0.68 | 0.00 | 1.09 | 0.00 | 2.49 | 0.00 | 0.16 | 0.04 | 0.02 | 1.13 |
| Pt | - | 0.35 | - | 0.27 | 0.00 | 0.11 | 0.94 | 2.10 | 0.00 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 1.27 |
| 总量 | 87.41 | 89.05 | 83.99 | 85.78 | 86.10 | 80.73 | 88.50 | 90.67 | 89.76 | 90.09 | 86.57 | 85.08 | 82.37 |

A—硅质岩, B—石英脉, C—黄铁铬绢英岩; 带*者 MnO 电子探针结果为 MnO₂; “-”为未测试项。

表 4 含铬绿泥石族矿物晶体化学式计算结果
Table 4 Crystal formula of chromium-bearing chlorite

| 序号 | 样号 | 晶体化学式 | Cr/(Cr+ Al ^{VI}) |
|----|-------|---|----------------------------|
| 1 | 013 | (K _{0.035} Ca _{0.011}) _{0.046} (Mg _{3.055} Fe _{0.242} Ni _{0.039} Mn _{0.013}) _{3.349} (Al _{1.428} Cr _{0.536} Ti _{0.005}) _{1.969} [(Si _{3.405} Al _{0.595}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{7.930} O _{0.070}] _{8.000} | 0.273 |
| 2 | 019 | (Mg _{4.199} Fe _{0.192} Ni _{0.024} Mn _{0.019} Ca _{0.014}) _{4.434} (Al _{1.649} Cr _{0.019} Ti _{0.005}) _{1.673} [(Si _{3.140} Al _{0.860}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{6.940} O _{1.060}] _{8.000} | 0.011 |
| 3 | 042 | (K _{0.178} Na _{0.069} Ca _{0.006}) _{0.253} (Mg _{2.959} Fe _{0.179} Ni _{0.020} Mn _{0.006}) _{3.164} (Al _{0.896} Cr _{0.618} Ti _{0.008} V _{0.003}) _{1.525} [(Si _{2.913} Al _{1.087}) _{4.000} O ₁₀](OH) ₈ | 0.408 |
| 4 | 053Q3 | Ca _{0.005} (Mg _{3.075} Fe _{0.244} Ni _{0.031} Mn _{0.013} Cu _{0.004}) _{3.368} (Al _{1.411} Cr _{0.329} Ti _{0.004}) _{1.744} [(Si _{3.160} Al _{0.840}) _{4.000} O ₁₀](OH) ₈ | 0.189 |
| 5 | 060_1 | Ca _{0.012} (Mg _{3.600} Fe _{0.372} Ni _{0.012}) _{3.984} (Al _{1.388} Cr _{0.012}) _{1.400} [(Si _{3.162} Al _{0.838}) _{4.000} O ₁₀](OH) ₈ | 0.008 |
| 6 | 063 | (Ca _{0.017} K _{0.006}) _{0.023} (Mg _{3.217} Fe _{0.235} Ni _{0.030} Mn _{0.004} Co _{0.001}) _{3.478} (Al _{0.525} Cr _{0.193}) _{0.718} [(Si _{3.317} Al _{0.683}) _{4.000} O ₁₀](OH) ₈ | 0.269 |
| 7 | 076 | K _{0.019} (Mg _{2.298} Fe _{0.086} Ni _{0.016} Mn _{0.012} Cu _{0.011}) _{2.423} (Al _{2.815} Cr _{0.008} Ti _{0.003}) _{2.826} [(Si _{3.690} Al _{0.310}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{7.070} O _{0.930}] _{8.000} | 0.003 |
| 8 | 077 | Ca _{0.002} (Mg _{3.957} Fe _{0.274} Ni _{0.051} Mn _{0.017} Cu _{0.008} Co _{0.002}) _{4.310} (Al _{1.785} Cr _{0.132} Ti _{0.003}) _{1.910} [(Si _{3.332} Al _{0.668}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{6.283} O _{1.717}] _{8.000} | 0.069 |
| 9 | 082_1 | Ca _{0.004} (Mg _{3.151} Fe _{0.180} Ni _{0.024} Mn _{0.013} Co _{0.010}) _{3.378} (Al _{2.476} Cr _{0.021} Ti _{0.001}) _{2.498} [(Si _{3.289} Al _{0.711}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{6.450} O _{1.550}] _{8.000} | 0.008 |
| 10 | 082_2 | (K _{0.012} Ca _{0.010}) _{0.022} (Mg _{3.012} Fe _{0.171} Cu _{0.027} Co _{0.005} Ni _{0.002}) _{3.217} (Al _{2.628} Cr _{0.011} Ti _{0.006}) _{2.645} [(Si _{3.348} Al _{0.652}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{6.246} O _{1.754}] _{8.000} | 0.004 |
| 11 | 084 | (Ca _{0.011} K _{0.006}) _{0.017} (Mg _{1.286} Fe _{0.078} Ni _{0.024} Co _{0.004}) _{1.392} (Al _{3.153} Cr _{0.006} Ti _{0.005}) _{3.164} [(Si _{3.705} Al _{0.295}) _{4.000} O ₁₀][(OH) _{7.989} O _{0.011}] _{8.000} | 0.002 |
| 12 | 087 | Ca _{0.015} (Mg _{3.378} Fe _{0.268} Ni _{0.043} Mn _{0.006}) _{3.695} (Al _{1.483} Cr _{0.006} Ti _{0.001}) _{1.490} [(Si _{2.979} Al _{1.021}) _{4.000} O ₁₀](OH) ₈ | 0.004 |
| 13 | 090 | (Ca _{0.014} K _{0.006}) _{0.020} (Mg _{3.144} Fe _{0.242} Ni _{0.038} Co _{0.008} Mn _{0.006}) _{3.438} (Cr _{0.665} Al _{0.452} Ti _{0.007}) _{1.124} [(Si _{2.638} Al _{1.362}) _{4.000} O ₁₀](OH) ₈ | 0.595 |

注: 据晶体化学计算, OH 有时被 O 替代。

表 5 含铬绿泥石族矿物晶体化学式中原子特征参数值与其地质产状

Table 5 Geological mode of occurrence and atomic characteristic parameters of the crystal formula of chromium-bearing chlorite

| 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 产状 | A | B | C | B | B | A | B | A | B | B | B | B | A |
| Cr/(Cr+ Al ^{VI}) | 0.273 | 0.011 | 0.408 | 0.189 | 0.008 | 0.269 | 0.003 | 0.069 | 0.008 | 0.004 | 0.002 | 0.004 | 0.595 |
| Si/Al ^{IV} | 5.727 | 3.649 | 3.681 | 3.763 | 3.773 | 4.860 | 8.743 | 4.985 | 4.627 | 5.136 | 12.573 | 2.918 | 1.937 |
| Al ^{VI} /FM | 0.433 | 0.376 | 0.286 | 0.425 | 0.349 | 0.152 | 1.181 | 0.422 | 0.744 | 0.826 | 2.313 | 0.407 | 0.134 |
| FM | 3.297 | 4.391 | 3.138 | 3.320 | 3.972 | 3.452 | 2.383 | 4.231 | 3.331 | 3.183 | 1.363 | 3.646 | 3.386 |

A—硅质岩, B—石英脉, C—黄铁铬绢英岩, FM = Fe²⁺ + Mg²⁺; Al^{VI}/FM 为六次配位八面体中的 Al³⁺/(Fe²⁺ + Mg²⁺); Si/Al^{IV} 为硅氧四面体中的硅铝比; Cr/(Cr+ Al^{VI}) 为三价离子的铬铝比。

(2) 硅质岩中的绿泥石具有富镁的特点, 铬离子数偏高, 为 0.069~ 0.595;

(3) 黄铁铬绢英岩中的绿泥石富镁富铬, Cr 离子数为 0.408;

(4) 含铬绿泥石的 Cr 离子数最高值为 0.595 (样号为 090), 出现于 VI 穿的最北端 (见图 1), 最接近金厂岩体, 也说明绿泥石化中的铬与金厂岩体的变质有关; 另一高值为 0.408 (样位为 042), 出现于 III 穿的接近岩体的第 2 个样位。样位为 063 的含铬绿泥石, 位于 IV 穿的最北端, 也有较高的 Cr 离子数

(0.269)。从表 5 可以看出, 从黄铁铬绢英岩、硅质岩到石英脉, 不同成矿阶段的热液从富 Cr、贫铬向无铬转化, 与铬绢云母相似。

3.4 蒙脱石与高岭石

蒙脱石样品 031 和高岭石样品 053Q 的分析结果 (w_B/%) 分别为 Na₂O 0.26 MgO 14.43 Al₂O₃ 15.47 SiO₂ 48.00 K₂O 0.05 CaO 0.00 TiO₂ 0.12 FeO 1.38 Cr₂O₃ 2.31 MnO₂ 0.00 NiO 0.36 P₂O₅ 0.00 合计 82.37 和 Na₂O 0.00 MgO 0.10 Al₂O₃ 39.88 SiO₂ 48.52 K₂O 0.05 CaO 0.00 TiO₂ 0.00

FeO 0.63 Cr₂O₃ 0.22 MnO₂ 0.00 NiO 0.05 P₂O₅ 0.05 Cu 0.01 Au 0.00 Pt 0.00 合计 89.60, 相应的晶体化学式分别为 (Na_{0.019} K_{0.002})_{0.021} (H₂O)₄ (Al_{0.388} Cr_{0.070} Ti_{0.007})_{0.465} (Mg_{1.653} Fe_{0.089} Ni_{0.002})_{1.744} [(Si_{3.688} Al_{0.312})_{4.000} O₁₀] (OH)₂ 和 K_{0.005} (Fe_{0.047} Mg_{0.013} Co_{0.006} Ni_{0.004})_{0.070} (Al_{4.161} Cr_{0.015})_{4.176} [Si₄O₁₀] (OH)_{6.139} O_{1.861})_{8.000}。分析结果表明 Cr 元素在本矿区不仅具特征性还具有普遍性,能在不同成因类型的岩石中赋存,与金的演化有关。

4 讨论

(1) 前人研究认为,金厂金矿体中的绢云母类含 Al₂O₃、K₂O 较高, Cr₂O₃、MgO、FeO 较低,在成分上与超基性岩无直接的继承关系,而镍矿体和铬矿体中的绢云母类含 Cr₂O₃、MgO、FeO 较高,直接继承了超基性岩的物质成分(刘星, 1997)。笔者研究发现,48 个样品中有 46 个含铬, Cr₂O₃ 含量为 0.02% ~ 12.05%, 平均 6.73%; Cr 离子数 0.003 ~ 0.646, 平均 0.353, 可谓以高铬为特色。国内外研究表明,云母矿物中八面体配位的 Cr³⁺ 和 Al³⁺ 可以类质同像的方式相互替代(鲁安怀等, 1995)。作为铬绢云母系列的无水化(不含 H₂O 或 H₃O⁺) 与水化类型(含 H₂O 和 H₃O⁺ 或只含 H₂O 或 H₃O⁺), 不同元素组成(包括 Cr、Mg 以及 Si/Al^{IV}) 的绢云母与伊利石可进行铬铝云母系列的划分(刘文龙等, 1999; 江永宏等, 2001)。

(2) 从图 1 可以看出,断裂右边的绢云母类矿物以含铬伊利石为主,出现率为 86.21%, 而绢云母仅占 13.79%; 断裂左侧,含铬绢云母出现较多,绢云母类中铬伊利石出现率为 34.62%, 而绢云母占 46.15%。可能说明断裂活动是伊利石化(水云母化)空间分布的影响因子。

(3) 从化学成分来看,低铬含量的含铬绢云母类和含铬伊利石类均出现于主成矿期的石英脉中,而无铬的绢云母类的出现标志着晚期乳白色石英脉阶段。可以依据 Cr³⁺ 的含量从矿化围岩到金矿体中的截然变化,推断在围岩蚀变的过程中, Cr³⁺ 主要从超基性岩体向围岩高值搬运,而到矿脉充填阶段,在低温低压(95~140 °C, 490 × 10⁵ ~ 705 × 10⁵ Pa)(刘文龙等, 1999)背景下 Cr³⁺ 以零搬运或低值搬运为

主。从面型蚀变到脉型充填这一转变本身反映的是一次构造场由韧性向脆性的截然转变,可能与成矿深度变浅(2.3 → 1.6 km) 导致的应力释放有关。Cr 来自蛇纹岩化高 Cr、Ni 含量的金厂岩体。

(4) 含铬绢云母类主要出现在各类黄铁铬绢英岩化围岩中,占 75%,含铬伊利石类主要出现在含铬绢云母黄铁硅质岩中,占 60.71%,而含铬绿泥石类主要出现在石英脉中,占 61.54%。

(5) 从上述成分标型特征分析可以看出,富铬铝的绢云母、富硅铬铝的绢云母、富铬铝的伊利石、富硅铬铝的伊利石、含铬绿泥石的 Cr 离子数出现最高值的样分别位于靠近金厂岩体的 III 穿、II 穿、V 穿、I 穿、VI 穿的最北端,为明显的空间指示标志。

(6) 如果用绢云母类矿物的 SiO₂ 含量与 Cr₂O₃ 含量为参数作图(图 2),可见产于基性-超基性岩中的奥托昆普铜镍矿床的云母 Cr 含量较高,受其岩浆熔离分异成因类型的影响,甚至出现 Cr³⁺ > 1 的铝铬云母(Treloar Peter, 1987a, 1987b); 赫姆洛金矿(Harris, 1989; Pan Yuanming *et al.*, 1991) 与树木角金矿(Whitmore, 1946) 产于变质中基性火山岩中,它们在图中的投点区域与墨江金矿有重合,反映了其变质热液成因类型与墨江金矿类似,但由于蛇纹岩化金厂超基性岩体的高铬、高硅地球化学背景值的控制,墨江金矿的富铬铝的云母系列较为富硅高铬, SiO₂ 含量虽然变化较大,但绝大多数都大于 50%, 并出现富硅系列(占总数的 41.7%), Cr 离子数最高值为 0.646, 另外其 Mg、Ni、Pt、Au 含量也偏高,说明金的矿化与富铬铝的绢云母的形成均与超基性岩体有直接关系;胶东金矿、罗斯金矿均与矿源层为古老地层有关,因为受长期改造过程的影响,出现的为低铬类型;墨江金矿的富铬铝的云母系列还与 SiO₂ 高背景的石英脉型母脉金矿相似,富硅系列占很大比例,而奥托昆普矿床和赫姆洛金矿中 SiO₂ 含量均小于 48%。

5 结论

(1) 含铬绢云母类、含铬伊利石类、含铬绿泥石类均为本区重要矿化蚀变类型,主要出现于各类黄铁铬绢英岩化围岩、含铬绢云母黄铁硅质岩和石英脉中,分别占 75%、60.71%、61.54%。在硅质岩和富金石英脉中有含铬蒙脱石和高岭石。

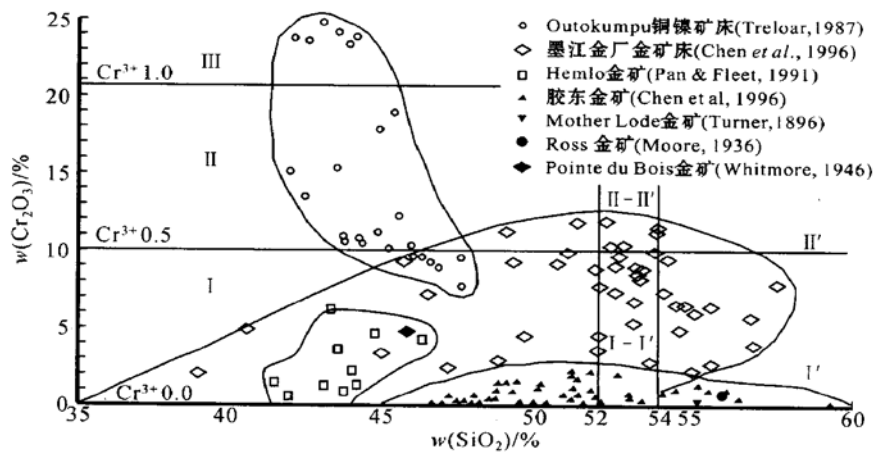


图 2 富铬铝的云母 SiO₂- Cr₂O₃ 关系图(据陈光远, 1997) ①

Fig. 2 SiO₂- Cr₂O₃ diagram of chromium_aluminum mica minerals (after Chen Guang_yuan, 1997)

I、II、III 为富铬铝的云母系列, I'、II'、III' 为富硅铬铝的云母系列, I - I'、II - II' 区为过渡区
 I, II and III are chromium_aluminum mica series, I', II' and III' are Si-rich chromium_aluminum mica series,
 I - I' and II - II' are transitional area

(2) 猫鼻梁+ 1 753 m 中段主断裂下盘的绢云母类矿物以含铬伊利石为主, 占 86. 21%, 绢云母仅占 13. 79%; 断裂上盘含铬绢云母较多, 绢云母类中含铬伊利石占 34. 62%, 绢云母占 46. 15%, 说明断裂活动是伊利石化(水云母化) 空间分布的影响因子。

(3) 富铬铝的绢云母、富硅铬铝的绢云母、富铬铝的伊利石、富硅铬铝的伊利石、含铬绿泥石的 Cr 离子数出现最高值的样位分别位于靠近金厂岩体的 II 穿、II 穿、V 穿、I 穿、VI 穿的最北端, 为明显的空间指示标志, 说明 Cr 来自蛇纹岩化的高 Cr、Ni 含量的金厂岩体。

(4) 含铬绢云母系列和含铬绿泥石普遍含 Cr、Mg, 且富 Si, OH 有时被 O 替代, 说明其物质来源与金厂蛇绿岩体富 Cr 的溶液有直接关系。

(5) 与国内外著名热液型金矿床与铜镍矿床相比, 直接产出于基性超基性岩中的奥托昆普矿床富铬低硅; 产出于中基性岩(包括其变质岩) 中的赫姆洛金矿、树木角金矿则低铬低硅; 产出于富硅环境, 并与基性超基性岩具间接关系的胶东金矿、罗斯金矿含铬量较低, 可出现富硅系列; 本矿床中的含铬绢云母系列的成分标型特征充分反映了其与超基性岩体有关, 富 Cr、Mg、Si, 此外, 其富硅生成环境还应与围岩为砂板岩及石英岩有关。

致 谢 笔者特别感谢陈光远教授及孙岱生教

授、邵伟教授在前期项目组织、样品制备和论文成稿过程中的辛勤劳动和谆谆教诲! 同时, 在本文的研究过程中, 曾得到武警黄金部队黄金研究所陈锦荣高级工程师和云南黄金局、墨江金矿同志以及中国地质大学(北京) 电子探针室李树岩、陈卉泉高级工程师的帮助, 在此表示衷心的感谢!

References

Bi Xianwu, Hu Ruizhong and He Mingyou. 1996. The ESR age analysis and its geological meaning of the ailaoshan gold mineralization zone [J]. Chinese Science Bulletin, 41(14): 1 301~ 1 303(in Chinese).
 Chen Guangyuan, Sun Daisheng, Shao Wei, et al. 1996. Two typomorphic minerals of gold deposits, Jiaodong[A]. Sobolev & Chao. Theoretical and Problems of Geology[C]. Moscow State University Press, 159~ 175.
 Fang Weixuan, Hu Ruizhong, Xie Guiqing, et al. 2001. The petrological and mineralizational age of the (pyritic) silicalites in the Ni_Au ore deposit of Mojiang[J]. Chinese Science Bulletin, 46(10): 857~ 860 (in Chinese).
 Grim R E, Bray R H, Bradley W F. 1937. The mica in argillaceous sediments[J]. American Mineralogist, 22: 813~ 829.
 Harris D C. 1989. The mineralogy and geochemistry of the Hemlo gold deposit, Geological Survey of Canada[J]. Economical Geological Report, 38.
 Jiang Yonghong, Chen Guangyuan, Sun Daisheng, et al. 2001. Classification of chrome-sericite minerals Series from Jinchang gold deposit, Yunnan Province and its geological significance[J]. Geology Geochemistry, 29(1): 7~ 13 (in Chinese).

① 陈光远. 1997. 第二届全国矿物学学术会议(青岛) 口头报告.

- Jiang Yonghong, Li Shengrong and Wang Jizhong. 2003. The typomorphism of pyrite of Jinchang gold deposit in Mojiang County, Yunnan Province[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 23(2): 22~ 26 (in Chinese).
- Liu Wenlong, Chen Jinrong, Chen Guangyuan, *et al.* 1999. Geology of Jinchang ultrabasic rock's gold deposit in Mojiang County of Yunnan Province[M]. Beijing: Seismological Publishing House (in Chinese).
- Liu Xing. 1997. Green_mica mineralogy and its minerogenic significance of Ailao Mountain[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 16(Suppl.): 96~ 99 (in Chinese).
- Lu Anhuai and Chen Guangyuan. 1995. Genetic Mineralogy of Silico_Alumino Mica Minerals[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Lu Anhuai and Chen Guangyuan. 1994. Typomorphic characteristics of chemical composition of chromo_alumino_mica from gold deposits of Jiaojia type[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 13(4): 353~ 361 (in Chinese with English abstract).
- Pan Yuanming and Fleet M E. 1991. Barian feldspar and barian_chromian muscovite from the Hemlo area, Ontario[J]. *Canadian Mineralogists*, 29.
- Strunz H. 1970. *Mineralogische Tabellen*, 5th ed[M].
- Treloar Peter J. 1987a. Chromian muscovites and epidotes from Outokumpu, Finland[J]. *Mineralogical Magazine*, 51.
- Treloar Peter J. 1987b. The Cr_minerals of Outkumpu: their chemistry and significance[J]. *Journal of Petrology*, 28(5): 867~ 886.
- Whitmore D R E and Bery L G. 1946. Chrome micas[J]. *American Mineralogist*, 31.

附中文参考文献

- 毕献武, 胡瑞忠, 何明友. 1996. 哀牢山金矿带 ESR 年龄测定及其地质意义[J]. *科学通报*, 41(14): 1301~ 1303.
- 方维萱, 胡瑞忠, 谢桂青, 等. 2001. 墨江镍金矿床(黄铁矿)硅质岩的成岩成矿时代[J]. *科学通报*, 46(10): 857~ 860.
- 江永宏, 陈光远, 孙岱生, 等. 2001. 云南省墨江金厂金矿床铬绢云母系列分类与地质意义[J]. *地质地球化学*, 29(1): 7~ 13.
- 江永宏, 李胜荣, 王吉中. 2003. 云南墨江金厂金矿床黄铁矿标型特征研究. *矿物岩石*, 23(2): 22~ 26.
- 鲁安怀, 陈光远. 1994. 焦家式金矿中铬铝云母化学成分的标志型[J]. *岩石矿物学杂志*, 13(4): 353~ 361.
- 鲁安怀, 陈光远. 1995. 铬铝云母成因矿物学[M]. 北京: 地质出版社.
- 刘文龙, 陈锦荣, 陈光远, 等. 1999. 云南省墨江金厂超基性岩金矿地质[M]. 北京: 地震出版社.
- 刘星, 1997. 哀牢山地区绿色云母及其对不同矿化类型的指示意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 16(增刊): 96~ 99.

• 新书介绍 •

《白云鄂博矿床年龄和地球化学》

张宗清 等著 2003 北京: 地质出版社 350 千字 256 页 定价: 45 元

白云鄂博矿床位于内蒙古自治区包头市, 是一富含铈、铁、稀土等多种有用组分的大型-超大型矿床, 稀土储量居世界已发现矿床首位, 其形成年龄和成因受到中、外地质学家广泛关注。但是, 由于其成矿作用复杂, 矿床形成年龄和成因至今仍是争论激烈的问题。作者在前人大量工作的基础上, 加强野外地质工作, 采用多种同位素年代学方法和同位素地球化学方法, 并配合元素地球化学方法, 对白云鄂博矿床铈稀土铁矿石、白云岩、铁矿上覆板岩、地层岩石、矿区花岗岩和辉长岩及侵入地层的碳酸岩脉进行了比较系统的工作。该书汇集了在上述方面所获得的研究成果。该书共分十章, 在介绍最新研究成果的基础上, 讨论了矿床的形成年龄、成矿物质源区特征、矿床形成过程和形成环境, 并认为矿床可能源于地幔深部地幔柱碱性-碳酸岩岩浆, 经分异结晶、热液交代作用, 形成于中、新元古代大陆边缘裂谷海盆环境, 矿床属碱性-碳酸岩浆喷溢热液交代型矿床。

该书内容丰富, 数据充分翔实, 综合分析全面, 可供地质、地球化学领域科研工作者、地质类院校有关专业师生参考。有需要此书者, 请直接与地质出版社联系, 电话: 010- 82324508。