云南墨江金厂金矿床地质特征与矿床成因探讨

张 德　高德政　赵 娜　(西南科技大学)

摘　要：云南墨江金矿是一个大型金矿床,本文在野外实地调查、取样的基础上,运用数理统计方法计算出金矿体品位和厚度的变化系数,研究了金矿体的空间分布规律;应用 XRD 分析、扫描电镜等方法,发现了 Au 与 Pt、Pb 共生,并呈互为消长关系,探讨了金的主要物质来源;最后总结了金矿床的成矿作用和矿化富集规律。

关键词：金矿;地质特征;矿床成因;物质来源

云南墨江金厂金矿床是哀牢山金矿带中的重要金矿之一,自发现以来,就引起了地质学者的极大关注。为了进一步认识和讨论墨江金矿床的地质特征和矿床成因,本文详细研究了金矿体的空间分布规律、金的主要物质来源、金矿床的成矿作用和矿化富集规律,为墨江金矿深部找矿预测提供理论依据。

1 矿区地质概况

云南墨江金厂金矿位于"三江褶皱系 - 哀牢山褶皱带"中段,产于九甲－安定脆韧性剪切带东侧、金厂蛇绿岩体西侧志留系地层中。矿区出露的地层有:上三叠统一碗水组(T_3);上泥盆统金厂岩组(D_{3jy});第四系的残坡积层。

金厂矿区内最大的构造为区域主干构造——九甲 - 安定深大断裂,其经过矿区的一段在矿区称"金厂大断裂",但以被侵入的超基性岩体——"金厂岩体"侵位占据。矿区内构造变动较强烈,地层已发生倒转,岩层较破碎,褶皱、断层较发育。区内断裂按其规模大小可分为三级。一级断裂为金厂大断裂,总体呈 NNW 走向,倾向 NEE,倾角 45° ～80° ,沿走向具有波状弯曲特征,在平面上呈反 S 形展布,为多期活动的压扭性断裂。断裂带宽数百至 2000 余米,带内除有超基性岩体侵位之外,尚

$\hat{X}_2^T=(0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$,$dT=\hat{X}_1^T-\hat{X}_2^T=\hat{X}_1^T$

两期观测的单位权中误差为:

$\hat{\sigma}_1=\pm 2.22mm$,$\hat{\sigma}_2=0mm$

两期联合单位权中误差为:$\hat{\sigma}=\pm 1.57mm$

两期观测的协因数阵为:

$$Q_{\hat{X}_1}=Q_{\hat{X}_2}=\begin{pmatrix} 22.87 & 16.39 & 13.72 & -17.34 & -13.69 & -11.14 & -22.97 & 12.33 \\ 16.39 & 11.56 & 9.92 & -12.98 & -9.73 & -8.41 & -16.27 & 8.35 \\ 13.72 & 9.92 & 8.88 & -10.47 & -8.51 & -6.68 & -14.17 & 7.49 \\ -17.34 & -12.98 & -10.47 & 13.41 & 10.50 & 8.24 & 17.60 & -10.05 \\ -13.69 & -9.73 & -8.51 & 10.50 & 8.43 & 6.73 & 13.68 & -7.16 \\ -11.14 & -8.41 & -6.68 & 8.24 & 6.73 & 5.38 & 11.38 & -6.61 \\ -22.97 & -16.27 & -14.17 & 17.60 & 13.68 & 11.38 & 23.37 & -12.35 \\ 12.33 & 8.35 & 7.49 & -10.05 & -7.16 & -6.61 & -12.35 & 6.84 \end{pmatrix}$$

3.4 建立 T 检验

按照公式 (9) 建立 T 检验并计算各点的 t_i 值,则 $t_1=4.16$,$t_2=2.17$,$t_3=14.01$,$t_4=5.80$,$t_5=3.67$,$t_6=2.42$,$t_7=2.32$,$t_8=3.16$。

选定置信水平 $\alpha=0.05$,以自由度 f=2 (多余观测数),查 t 分布表,可得 $t_\alpha=t_{0.05}=4.303$。因 $t_3>t_{0.05}$,$t_4>t_{0.05}$,则原控制点清风岭与其他控制点精度不一致,应从起算数据中剔除。

4 结论

(1)将 GPS 控制网的起算点组成起算点检核网,将 GPS 基线向量数据和原坐标反算边长数据自由网平差,对平差后的两期观测坐标差 d 作 T 检验,判断起算点检核网内原有坐标精度异常可点是可行的。

(2)该方法采用的观测数据应来源于 GPS 无约束平差处理数据,其无约束平差精度必须满足规范要求,保证起算点检核的可靠性。●

【参考文献】

[1]白迪谋编著《工程建筑物变形观测和变形分析》西南交通大学出版社.2002 年 10 月.
[2]黄维彬著《近代平差理论及其应用》解放军出版社.1992 年 7 月.
[3]於宗俦、鲁林成主编《测量平差基础》测绘出版社.1984 年 6 月.
[4]李青岳主编《工程测量学》测绘出版社.1984 年 6 月.
[5]中华人民共和国国家标准《地下铁道、轻轨交通工程测量规范》(GB 50308-1999) 中国计划出版社.2000 年 5 月.
[6]中华人民共和国国家标准《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314-2001) 中国标准出版社.2001 年 5 月.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

有不同期的酸性、基性岩脉的充填，为控岩构造。二级断裂分布于超基性岩体与中、下志留统地层之间的断裂接触带，为控制矿床、矿脉群的导矿构造。三级断裂为配矿或容矿构造。自北至南分布有四十八两山、老金牛、烂山、平坡和猫鼻梁子五个三级断裂群（图 1）。它们分别由一系列平行展布或雁行状断裂组成。其走向主要为 EW 向、NNW 向、NNE 向三组。三级断裂控制矿脉与矿体分布，是赋存矿体的主要断裂构造。

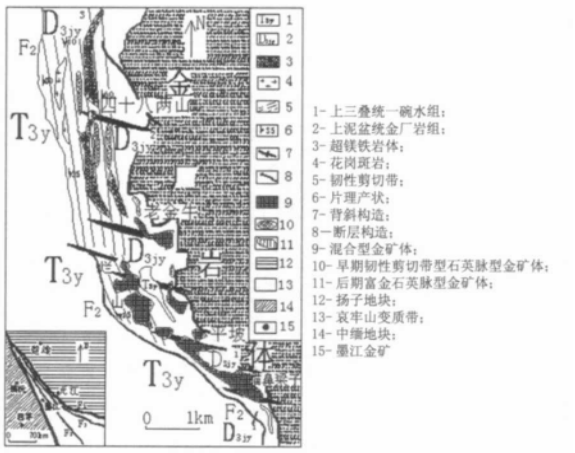


图 1 墨江金厂金矿床地质构造简图

（据中国人民解放军〇〇五三三部队资料修编）

2 金矿体的空间分布规律

含金石英脉矿体，一般远离金厂岩体的一端品位较富，近岩体一端的品位较贫（图 2）。远离岩体的一端脉体厚度一般较厚，近岩体一端厚度变薄或分枝、尖灭（图 3）。含金石英脉的品位变化系数统计（表 1）表明：含金

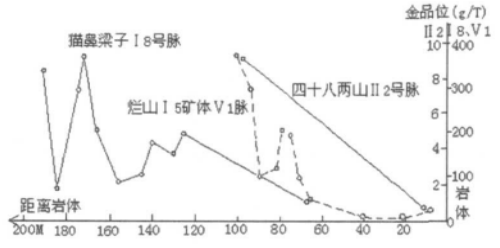


图 2 金品位与含金石英脉体－岩体间距关系图

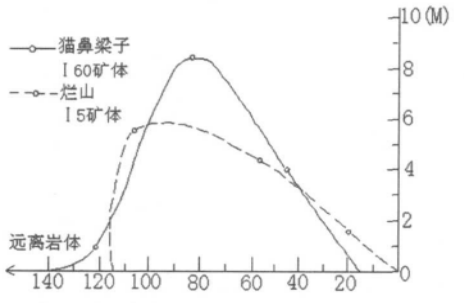


图 3 金矿体厚度与脉体－岩体间距关系图

表 1 矿区主要含金石英脉品位变化系数

地段	矿体围岩	矿体号	统计样数	均方差（S）	平均值（X）	变化系数（%）	变化程度
四十八两山	砂、板岩互层	Ⅱ2	8	5.49	6.94	79	不均匀
烂山	石英岩	Ⅰ5（Ⅴ1）	22	159.90	133.52	120	很不均匀
烂山	石英岩	Ⅰ5（Ⅴ2）	18	174.69	124.89	140	很不均匀
猫鼻梁子	石英岩	Ⅰ8	20	25.00	21.46	116	很不均匀
猫鼻梁子	石英岩	Ⅰ60	16	61.83	72.11	86	不均匀

石英脉中金含量变化属不均匀至很不均匀程度，变化系数为 0.8～1.5，与实际取样情况相符，即两壁取样或同一样沟两次取样，含金量均有明显的差异。

3 矿床成因

3.1 金矿床的主要物质来源

金厂金矿床是一个多元、多期、多阶段成矿，演化复杂的改造加叠生金矿。对于金厂金矿床金的物质来源问题，一直是争议的焦点。目前对金的来源认识主要有来自地层围岩和来自超基性岩体两种观点。笔者认为上述两种认识都有一定的依据，但有主次之分。猫鼻梁子超基性岩平均含金 0.048g/T，相当于超基性岩在地壳中平均含金量（0.006g/T）的 8 倍，相当于地壳金丰度（3.5ppb）的近 14 倍，并且在岩体边缘全硅化超基性岩中赋存金矿化。据此可以认为，金的富集是受超基性岩及其蚀变体的控制。超基性岩是猫鼻梁子金矿床金质的主要物质来源，而地层围岩是金的次要物质来源。

为了金矿床的成矿元素与超基性岩的成因联系，本文应用 XRD 分析、扫描电镜等方法，对该金矿样品中各元素含量的关系做了详细分析，获得了如下结果。

笔者金厂金矿床样品进行 XRD 分析结果（图 4）表明，贵金属矿物中除自然金与银金矿之外，尚有自然铂、铱金矿、钯金矿、铱铂矿等，多数铂族矿物与金、银矿物及铁的硫化物共生。自然铂常呈蠕虫状、不规则状及肾

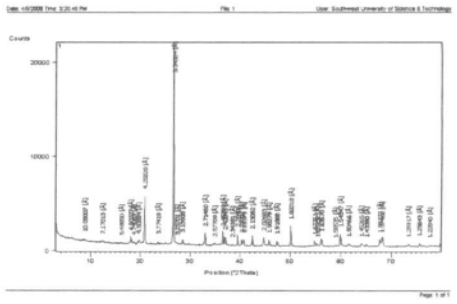


图 4 XRD 分析结果

（测试者为西南科技大学分析测试中心 XRD 实验室）

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

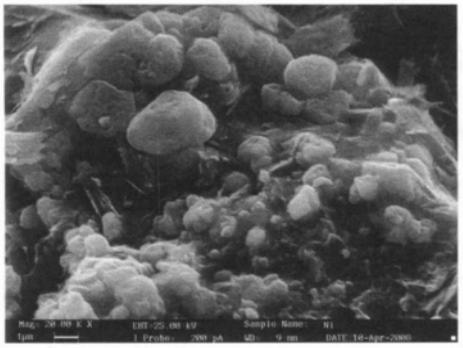


图 5 扫描电镜分析结果

（测试者为西南科技大学环境与资源学院扫描电镜实验室）

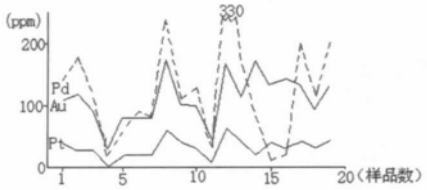


图 6 矿石中 Au、Pt、Pd 含量变化曲线图[7]

状等嵌布于黄铁矿等矿物中（图 5）。李元（1992 年）将矿石中 Au、Pt、Pd 的测试数据作了回归分析的电算处理（图 6），结果显示金与铂、钯的含量呈互为消长关系。Pt、Pd 是同超基性岩关系极为密切的元素，矿石中金与铂、钯共生，说明了金质主要来源于超基性岩体。

3.2 金矿床的成矿作用

墨江金厂金矿经历了长期、复杂的改造、演化，其成矿期分为四期：

3.2.1 沉积容矿期

即金厂组地层沉积形成期，区域加里东地槽期沉积形成时，伴随有火山喷发活动，富含金矿质的火山凝灰硅质、碳质形成了矿床的容矿岩石，金矿质呈细粒分散状态分布，矿区当时处于还原沉积环境，海水硫酸盐浓集使岩石中形成相当数量的黄铁矿。含金矿质的火山凝灰硅质可能为迁移沉积型的，矿区内尚未发现火山喷发的直接证据。该期为金厂金矿床形成的储存矿质阶段。

3.2.2 变质热液成矿期

金矿床的储矿质层形成后，金处于分散状态，又经历了华力西期区域浅变质作用。在区域变质热液活动作用过程中，硅质岩中部分 SiO_2 以侧分泌方式析出，充填或交代于层间裂隙和部分张性裂隙中，形成矿床中最早期的含金石英脉雏形，同时容矿地层中的分散金矿质也因热液活动而引起迁移、再分配，尤其是含炭质（石墨）石英的脉体，更易引起金矿质聚集，但这种聚集的富集程度尚低，形成的还是一些贫金石英脉体。脉体的形成大致奠定了该金矿床的格局。区域变质热液活动，同时还引起硫的迁移、再分配活动，主要是储矿层自身的变质改造为主导成矿作用，属金矿床贫金石英脉成矿阶段。这种成矿作用范围严格受层位（含金地层）控制。区域变质热液成矿作用是金矿床的主要成矿地质作用。

3.2.3 岩浆热液改造富集期

华力西期：该期内区域发生了超基性岩侵入的地质事件。岩体侵入矿区及其自身变质引起的一系列热液活动（接触岩浆热液、岩浆期后热液、超基性岩自变质热液），使岩体近旁的围岩中的贫金石英脉和含金石英岩，受到了相应的再改造，并发生滑石化、蛇纹石化等蚀变，部分脉体和矿体中，增多了有吸附金矿质能力的成分（滑石、蛇纹石等），使金矿质再次发生进一步的聚集、富集。热液富含氯、硫组分，且从岩体中溶解携带了部分金矿质，促成贫金脉体和矿体的迭加富集。石英脉、岩中的硅质发生大规模重结晶（硅化）作用，脉体的带状构造更加复杂化，外来石英细脉穿插也出现于此时，裙边带状构造的富金石英脉体多形成于此阶段，这是贫金矿的早期改造富集阶段。

燕山中、晚期：区域发生的再生岩浆热液活动（酸性岩侵入）使猫鼻梁子金矿床再次受到改造。矿区内中-低温热液成矿作用的结果，生成了规模相当的砷硫化镍矿床。由于成矿热液富含多种矿质和具有络合金离子的组分（Cl^-、S^-、SO^{-2}），远源运移过程中，沿途溶解携带了许多矿质，如从岩体中溶解了大量的 Ni，从远源溶解了部分的金等。金厂矿区的硅质岩，也是砷硫化镍矿的容矿空间，所以形成了金、镍迭生矿床，矿区中原来形成的金矿体、矿化带外，大量生成含镍砷硫化物和硫化物，硫锑铜银矿——含银黝铜矿系列矿物的生成，致部分自然金进一步随之聚集。高岭石化蚀变，使脉体吸附自然金的成分有所增加，矿床的金矿质和外来的金矿质，再次发生迁移、再分配，优先选择交代的是富含蛇纹石、高岭石等成分的石英脉体，部分富金石英脉即形成于此改造富集阶段。

3.2.4 表生期

矿区随喜山期的强烈造山运动，地层褶皱，矿体、矿脉随地层发生倒转、断裂，并遭受构造挤压。随着地势抬升，部分矿体遭受剥蚀，暴露地表，浅部矿体在地下水和空气的作用下发生氧化淋滤作用，矿床在表生期的成矿作用表现为淋失和次生富集两种。矿床中的黄铁矿因表生地质作用氧化生成大量褐铁矿胶体，成为活跃的附包裹的金粒呈机械转移方式，并未发生化学反应。部分金矿体露头淋失贫化，露头坡向之下的部位则发生次生富集形成淋滤式的金矿体，但在矿区并不普遍。这是金矿床的氧化淋滤次生富集阶段。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3.3 金矿床成矿控制因素及矿化富集规律

⑴金矿床成矿富集受区域构造和区域变质作用控制，矿床赋存于九甲－安定深大断裂旁侧的哀牢山浅变质岩系中。

⑵金矿床成矿富集受容矿岩层所在空间位置的控制，矿床赋存于含金丰度值高的上泥盆统金厂岩组地层层位中（图 7）。

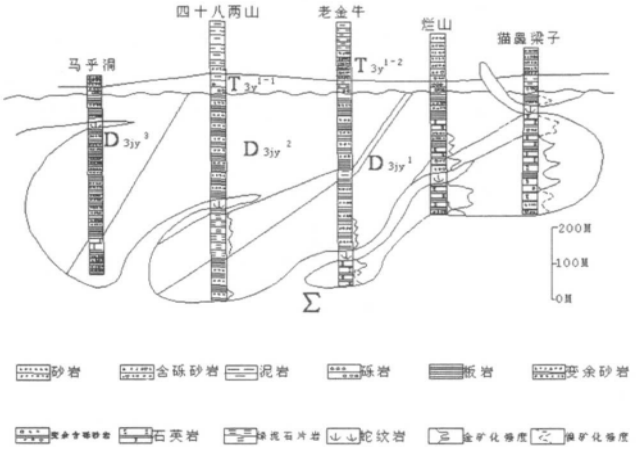


图 7 金厂矿区地层、矿化强度对比柱状图

⑶金矿床成矿富集受岩石性质控制，矿床赋存于变余砂岩（硅质岩）、板岩和石英岩互层的（并夹有火山熔岩夹层含有火山凝灰质）硅质建造 - 烂山段中。

⑷金矿床成矿富集受多期热液活动的改造、迭加作用的控制，矿床赋存于热液活动强烈的蚀变带中（矿区内即金厂岩体与烂山段地层的接触带及附近）。

⑸金矿床成矿富集受红层底板形态控制，在红层底板凹凸不平地段上部金矿体较密集，在规整地段上部金矿化较弱（图 8）。

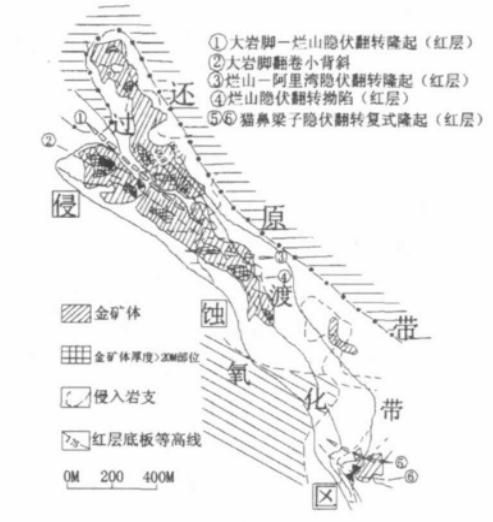


图 8 金厂矿区金矿成矿规律图

⑹含金石英脉受早期层间断裂和裂隙以及张扭性断裂分布的控制，含金石英脉赋存于早期断裂带中。

⑺金矿床成矿富集受区域再生浆活动的控制，矿床赋存于再生岩浆热液的强烈活动地带中，但可以是远源的。

4 结论

云南墨江金厂金矿床具有多类型、多成因、成矿物质多来源和成矿多期次等特点，经过研究，我们可以得出如下结论：

⑴金矿体的品位和厚度与岩体 - 脉体间距有关，含金石英脉中金含量变化属不均匀至很不均匀程度。

⑵矿石中 Au 与 Pt、Pb 共生，并呈互为消长关系，Pt、Pd 是同超基性岩关系极为密切的元素，金质主要来源于超基性岩体。

⑶金厂金矿床是一个多元、多期、多阶段成矿，演化复杂的改造加叠生金矿。

⑷金矿床成矿主要受构造和地层条件按控制。●

【参考文献】

[1]中国人民解放军○○五三三部队。云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告 [R]，1982 。

[2]陈锦荣，崔学武，武玉海，金宝义。云南墨江金厂金矿床成岩成矿年龄研究[J]。黄金地质，2002，8（1）：1-5。

[3]蔡新平，徐兴旺，张宝林，秦大军，梁光河，王 杰．滇西墨江金厂金矿床时空四维结构模型 [J]．矿床地质，1999，（1）：55-62。

[4]李光明，刘铁兵，邹为雷，曾庆栋，张连昌。墨江金矿矿体分布规律、控矿因素及深部找矿方向探讨[J]。地质与勘探，2001，21（1）：55-59。

[5]俞广钧，谢如勇。墨江金厂金矿床的地质特征及其成因[J]。昆明工学院学报，1985，（4）：1-13。

[6]应汉龙，蔡新平，刘秉光。云南墨江金矿床成矿作用探讨[J]。地质地球化学，2000，28（1）：1-9。

[7] 李元。墨江金矿床的成矿物质来源探讨 [J]。云南地质，1992，11（2）：130-143。

[8]张海涛，杨家瑞，薛道政。超基性岩蚀变热液型金矿床——云南金厂矿床成因探讨[J]。云南地质，1984，3（4）：311-325。

[9] 应汉龙。云南墨江镍金矿床富金石英脉的快中子活化年龄[J]。地质科学，2002，37（1）：107-109。

[10]谢桂青，胡瑞忠，方维萱，漆亮。云南墨江金矿床硅质岩沉积环境的地球化学探讨[J]。地球化学，2001，（5）：491-497。

[11]谢桂青，胡瑞忠，方维萱，漆亮。云南墨江金矿床硅质岩的地质地球化学特征及其意义[J]。矿物学报，2001，（1）：95-101。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net