

新疆梧南金矿元素组合特征及地质意义

晁会霞¹, 杨兴科¹, 姚卫华³, 孙继东¹, 梁广林²

(1 长安大学地球科学与资源学院, 陕西西安 710054; 2 新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局
第一地质大队, 新疆昌吉 831100; 3 长庆油田勘探开发研究院 陕西西安 710021)

摘要: 以新疆梧南金矿区地质背景和矿床原生晕研究为基础, 以4号勘探线为代表区段, 采集4个钻孔的193件地球化学样品进行金、银、砷、锑、汞、铜、铅、锌、铋、钼10项元素的测试分析和资料整理、统计制图等, 对元素组合及相关关系进行统计分析。结果表明: 金与尾部元素呈正相关, 与前缘元素呈负相关。首次建立了该矿床的原生晕分带, 从前缘到尾部为: 金—铋—铜—钼—汞—锑—银—砷—铅—锌, 从而确定了该矿床的地球化学原生晕叠加模型: 上部矿体的尾晕与下部矿体的前缘晕叠加到一起, 形成尖灭再现或尖灭侧现的原生晕叠加形态。

关键词: 沉积-构造热液改造型; 地球化学; 统计分析; 原生晕分带; 梧南金矿; 新疆

中图分类号: P618.51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)04-0346-05

Elemental Association Characteristics and Their Geological Significance in Wunan Gold Deposit, Xinjiang

CHAO Hui-xia¹, YANG Xing-ke¹, YAO Wei-hua³, SUN Ji-dong¹, LIANG Guang-lin²

(1. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2 No.1 Geological Brigade of Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Changji 831100, Xinjiang, China; 3 Institute of Exploration and Development, Changqing Oilfield Company, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

Abstract According to the geological background of the mining area and the primary haloes of Wunan gold deposit, the authors tested Au, Ag, As, Sb, Hg, Cu, Pb, Zn, Bi and Mo of 193 geochemical samples from 4 boreholes of the 4th exploration line and statistically analyzed the element association and correlation. The results show that Au is positively correlated with rear elements and negatively correlated with front elements. The primary halo zoning of the deposit was built in detail for the first time, from the front to the rear: Au-Bi-Cu-Mo-Hg-Sb-Ag-As-Pb-Zn, and then the superposition model of the geochemistry of the deposit was set up. The trailing halo of upside and the front halo of underside are superimposed. As a result, the stacked primary halo shape of reappearance and side appearance is formed.

Key words: sedimentation-tectonic hydrothermal solution reformation type; geochemistry; statistical analysis; primary haloes zoning; Wunan gold deposit; Xinjiang

0 引言

梧南金矿区位于新疆南天山东部, 是近年来发现的一个具有较大潜力的矿产资源区。在矿区外围, 前人已发现石英滩金矿、红石金矿、梧桐沟铁矿、尖山铁矿等矿产。梧南金矿床受层位控制明

显, 又受构造等控矿条件控制, 是近年来新疆南天山发现的一种沉积-构造热液改造型金矿床, 对该矿床矿体深部元素组合及相关关系的研究对探讨隐伏矿预测问题至关重要, 需要进行深入研究和评价。因此, 选取该矿区有代表性的4号勘探线, 采集4个钻孔的岩心样品, 进行10项元素分析, 评价

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 国家科技攻关项目(85-902-05; 96-915-05-04); 新疆维吾尔自治区地质勘查项目(2002)

作者简介: 晁会霞(1979-), 女, 河南南阳人, 工学博士研究生, 从事盆地分析与数据处理。E-mail: chaohuixia@163.com

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

元素组合含量及相关性,建立原生晕分带模式,指导未来找矿和开发研究^[1-3]。

1 矿区地质简况

梧南金矿床是新疆地矿局第一地质大队在梧桐沟一带开展金异常检查时发现的,这是本区首次发现碳酸盐岩型金矿床。该矿床位于塔里木陆块北缘活动带,属南天山晚古生代陆缘构造单元^[4-5]。

该矿床赋存于下石炭统甘草湖组第2岩性段第2层底部的白云岩和砂屑白云岩中,受层位控制明显。矿区构造发育,断裂、褶皱及伊尔托古什布拉克韧性剪切带使矿区含金岩层的金元素活化浸出、热液交代、迁移富集,并在有利部位沉淀成矿。矿区热液活动发育,主要是酸性斑岩脉^[6]。脉岩产状基本与地层一致,其顶部常与第2层底部的矿化蚀变带直接接触。并且酸性斑岩中金元素质量分数背景值较高,平均为 7.84×10^{-9} ,为地壳中酸性侵入岩丰度值的1.96倍,可见该岩脉与金成矿有一定关系^[7]。矿床金矿物粒度细小,以微细粒金为主,呈浸染状分布。矿石矿物组合、成矿温度、压力及成矿深度均反映出矿床具低温浅成特征^[8]。依据现有成矿物理化学条件有关资料和地质条件综合分析,并通过该金矿床与国内外卡林型金矿床地质特征对比,探讨了该金矿床成因类型,将其划归为以不纯碳酸盐岩容矿的沉积-构造热液改造型金矿床^[9]。

2 样品采集与分析测试

梧南金矿床的岩石地球化学采样主要集中在地表探槽和浅井及4号勘探线的钻孔中(图1)。4号勘探线是有代表性的勘探线,在地表有近50 m长的探槽控制,横向控制2个金矿体;深部有4个钻孔控制,见矿情况较好,对原生晕的控制比较全面。

2.1 样品采集

对梧南金矿床4号勘探线的4个钻孔(401、403、405、407)进行了系统的岩心采样,共采集地球化学样品193件。

沿钻孔岩心长向连续打块组成样品,样品间距在矿化段或矿体内按1~3 m组样,在围岩内按5 m组样。单件样品质量300 g左右。

2.2 样品分析

所采样品依次分别编号、包装并送长安大学应用化学与分析测试中心测试。选择指示元素为金、银、砷、锑、汞、铜、铅、锌、铋、钼10个。样品分

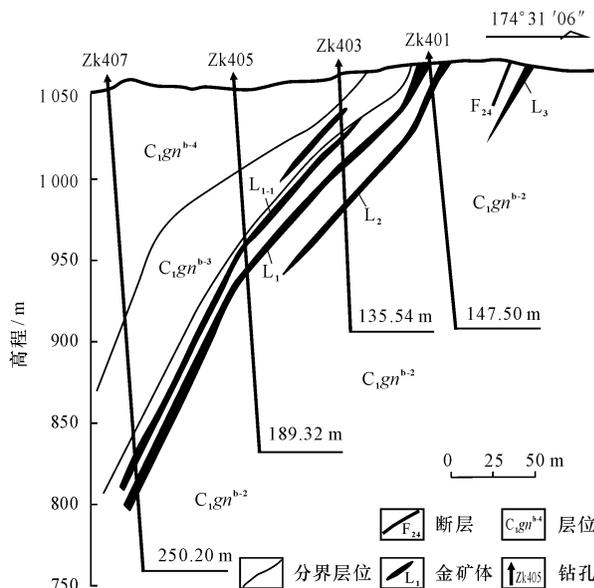


图1 梧南金矿区4号勘探线剖面 and 采样位置^[3]

Fig. 1 Generalized Section of the 4th Exploration Line and Sample Location

析方法中,铜、铅、锌采用原子吸收分析,银和钼为光谱分析,砷、锑、汞、铋采用了原子荧光分析,金采用了化学光谱分析,同时有相当多的高金含量样品采用了容量法定量分析,保证了分析的精确度和准确度。

3 样品数据分析

根据野外所测4个钻孔数据资料,首先对金元素进行统计分析,制作含量频率直方图,进而对10个指示元素应用SPSS软件进行相关性统计和聚类以及主要成分分析^[10],探讨各元素间的相互关系,并结合实际地质条件对该矿床原生晕分带性加以分析、讨论。

3.1 金元素统计分析

从图2可看出,各钻孔金元素含量呈多重母体分布,表明金含量呈几何级数变化,这是成矿作用多期次叠加的地球化学特征显示,也反映了金组分在找矿成晕中高度分异的特点^[11]。

3.2 元素相关性分析

表1列出了梧南金矿床4号勘探线原生晕指示元素相关系数,从中可以看出,金与铋、银相关系数较大,分别为0.498、0.286,这种关系说明金与铋稳定共生。铜、锑相关系数为0.655,铅与砷、锌相关系数较大,分别为0.402、0.341,均为正相关。金与汞、砷呈负相关,说明二者之间具有消长关系。

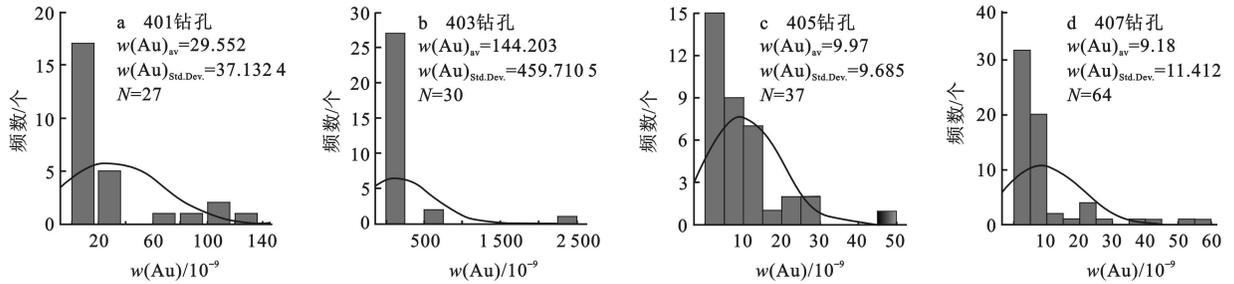


图 2 梧南金矿区 4 号勘探线各钻孔金元素含量频率直方图

Fig. 2 Frequency Histogram of Au of Each Drill Core in the 4th Exploration Line in Wunan Area

表 1 梧南金矿区 4 号勘探线原生晕指示元素相关系数矩阵

Tab. 1 Correlation Coefficient Matrix of Primary Halo Indicator Elements in the 4th Exploration Line of Wunan Area

元素	Ag	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Au
Ag	1.000	-0.022	0.157	-0.085	-0.044	0.052	0.091	0.296	0.147	0.286
Mo	-0.022	1.000	0.076	0.095	0.036	0.051	0.001	-0.056	0.048	-0.076
Cu	0.157	0.076	1.000	-0.009	-0.022	0.176	0.655	0.367	-0.081	0.152
Pb	-0.085	0.095	-0.009	1.000	0.341	0.402	-0.092	-0.190	0.104	-0.175
Zn	-0.044	0.036	-0.022	0.341	1.000	0.112	0.004	-0.058	0.043	-0.046
As	0.052	0.051	0.176	0.402	0.112	1.000	0.134	0.004	0.035	-0.058
Sb	0.091	0.001	0.655	-0.092	0.004	0.134	1.000	0.237	-0.075	0.060
Bi	0.296	-0.056	0.367	-0.190	-0.058	0.004	0.237	1.000	-0.182	0.498
Hg	0.147	0.048	-0.081	0.104	0.043	0.035	-0.075	-0.182	1.000	-0.199
Au	0.286	-0.076	0.152	-0.175	-0.046	-0.058	0.060	0.498	-0.199	1.000

总的来说, 金与尾部元素呈正相关, 与前缘元素呈负相关, 这预示着金矿体受剥蚀已接近尾部, 即在现代剥蚀面上, 金的高含量伴随着前缘组分的低含量和尾部元素的高含量。

3.3 主成分分析

表 2 是应用 SPSS 统计软件对 4 号勘探线指示

元素进行主成分分析计算的结果, 表中右半部是正交旋转矩阵结果, 左半部是用方差极大法对因子载荷矩阵旋转后的结果, 原有 10 个元素转变为 4 个因子变量。

在正交旋转矩阵中, 第 1 主因子(F_1)为铜、铋、

金、锑, 第 2 主因子(F_2)为砷、铜, 第 3 主因子(F_3)

表 2 梧南金矿区 4 号勘探线钻孔指示元素主成分分析矩阵

Tab. 2 Principle Component Matrix of Indicator Elements in the 4th Exploration Line of Wunan Area

元素	因子载荷矩阵				正交旋转矩阵			
	F_1	F_2	F_3	F_4	F_1	F_2	F_3	F_4
Ag	0.450	0.006	0.571	0.446	0.076	0.587	-0.016	0.614
Mo	-0.080	0.255	-0.130	0.222	0.190	-0.238	0.091	0.191
Cu	0.687	0.466	-0.328	0.112	0.881	0.176	0.047	0.008
Pb	-0.358	0.685	0.283	-0.209	-0.057	-0.185	0.824	0.061
Zn	-0.191	0.466	0.316	-0.339	-0.104	0.029	0.670	-0.085
As	0.011	0.698	0.166	-0.077	0.273	-0.020	0.657	0.115
Sb	0.605	0.420	-0.470	0.126	0.880	0.035	-0.035	-0.041
Bi	0.769	-0.056	0.250	-0.137	0.313	0.754	-0.064	-0.066
Hg	-0.275	0.162	0.254	0.774	-0.087	-0.238	0.023	0.837
Au	0.621	-0.229	0.452	-0.252	0.000	0.832	-0.046	-0.106

为金、银、铋, 第 4 主因子(F₄)为汞、银、钼。各个因子组合与聚类分析中的统计结果一致。方差极大法对因子载荷矩阵旋转后, F₁ 为铜、铋、铊, F₂ 为金、铋、银, F₃ 为铅、铋、砷, F₄ 为汞、银、钼。

正交旋转矩阵与方差极大法对因子载荷矩阵旋转后, 二者所提供的主成分组合基本一致。F₁ 代表了主成矿组合及尾部元素组合, 该组合的方差贡献在诸因子组合中最大, 达到 22.6%; F₂ 组合以前缘元素组为主, 方差贡献达到 17.1%; F₃ 为多元素铅、铋组合, 方差贡献为 12.1%; F₄ 则比较杂乱, 前缘及尾部元素共存, 方差贡献达到 11.2%。

3.4 聚类分析

如图 3 所示, 利用聚类分析^[12], 通过 R 型聚类, 将原生晕指示元素分为两组: 铜、铋、铊、金、银聚为一类, 铅、砷、铋、汞聚为一类。聚类分析的结果可以对主成分分析结果给予补充。

4 深部地球化学分带特征

原生晕元素分带性研究通常是在已知或半已知矿区^[13], 对勘探剖面上的钻孔进行岩心采样, 研究原生晕剖面上的元素分带性, 即研究原生晕中异常元素的前后和(或)其上下关系。笔者在此采用 C B 格里戈良的分带指数法, 来确定原生晕中各元素的分带序列(表 3)^[14]。

- (1) 计算指示元素原生晕线金属量。
- (2) 对所有断面的指示元素线金属量进行标准化。
- (3) 计算轴向分带指数, 分带指数最大值显示出指示元素原生晕的分带序列。
- (4) 变异性指数的梯度差来确定指示元素的具体分带序列位置。

考虑地表断面所确定的原生晕轴向分带序列从前缘到尾部为: 金—铋—铜—钼—汞—铋—银—砷—铅—铋。这个序列最明显的特点是: 金元素处于前缘, 较典型的尾部元素铋、铜也处于前缘, 而砷、铅、铋处于尾部, 尾部除砷为典型前缘元素外, 铅、铋一般较典型之中部元素, 汞、铋处于序列中部和中下部。总之原生晕轴向分带序列的逆向特点已表现出来^[15-16]。金元素处于序列前缘, 明显与 4 号勘探线地表金的富金矿体有关, 地化样品在地表最高, 金质量分数达 88.99×10^{-6} 。除因地表可能的次生富集外, 地表出露之金矿体可能受剥蚀较深, 已达矿体之下部。

原生晕叠加模型(图 4)下部为矿体与前缘晕和

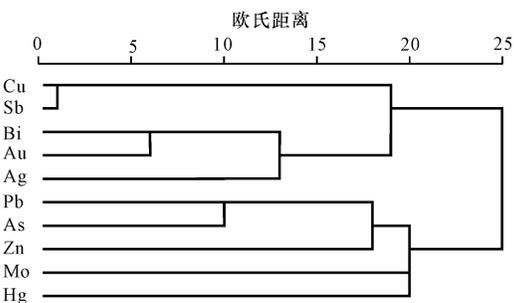


图 3 梧南金矿区 4 号勘探线指示元素 R 型聚类谱系

Fig. 3 “R” Cluster Pedigree Diagram of Indicator

Elements in the 4th Exploration Line in Wunan Area

表 3 梧南金矿区 4 号勘探线指示元素原生晕基本数据

Tab. 3 Data of Primary Haloes Indicator Elements in the 4th Exploration Line in Wunan Area

元素	Au		Ag		As		Sb		Hg		Cu		Pb		Zn		Bi		Mo	
	x	L	x	L	x	L	x	L	x	L	x	L	x	L	x	L	x	L	x	L
地表	585.9	40	0.177	17	20.22	19	2.95	39	16.9	11	129.8	33	69.2	21	36.3	7	3.78	40	2.66	18
Zk401	78.12	38	0.248	27	14.1	28	1.82	33	13.5	23	67.3	28	51	25	62.9	5	1.69	38	1.92	27
Zk403	50.62	85	0.403	41	10.93	59	2.25	70	14.9	77	33.9	44	44.2	27	135.3	11	1.22	48	2.23	25
Zk405	116.5	61	0.437	65	13.25	80	2.28	80	13.4	48	64.4	31	51.8	12	120.1	14	1.51	48	1.4	61
Zk407	33.7	19	0.371	35	16.27	82	1.6	69	16.4	68	50.1	26	70.2	45	122	20	0.74	22	1.59	44

注: x 为几何平均值, L 为原生晕宽度(m); 金、汞质量分数/ 10^{-9} , 其他元素/ 10^{-6} ; 2003 年由长安大学应用化学与分析测试中心测试

尾晕的空间叠加关系示意图, 上部为该区曲线图, 纵坐标为取对数计算得出的各相关元素间质量分数比。由图 4 分带评价规律图知, 在 4 号勘探线上由南至北, 前缘元素线金属量由 Zk401→Zk403 孔逐渐升高, 而尾部元素则逐渐降低, 而由 Zk403→Zk405 孔, 前缘元素线金属量又逐渐降低, 尾部元

素则相反, 至 Zk407 孔又出现了前缘元素升高、尾部元素降低的趋势。表明 Zk403 孔见到的金矿体为矿体上部, Zk405 孔则见到矿体下部或接近原生晕尾部, Zk407 孔又见到矿体上部或原生晕之前缘, 因而这是一个典型的叠加晕模式(图 4)。图 4 显示地表金矿体已剥蚀到下部, 地表原生晕显示尾晕特

征,上部矿体的尾晕与下部矿体的前缘晕叠加到一起,形成尖灭再现或尖灭侧现的原生晕叠加形态。

图 4 首次反映出梧南金矿区深部存在盲矿体的信息,对此笔者进行了隐伏矿体预测和深部成矿预测的野外验证。目前评价和勘探工作仍在进行中,在地表和 40 m 深度的中段平硐初步评价已经证实了预测研究结果。矿体呈雁行状斜列展布,基本上呈尖灭再现或尖灭侧现形态。

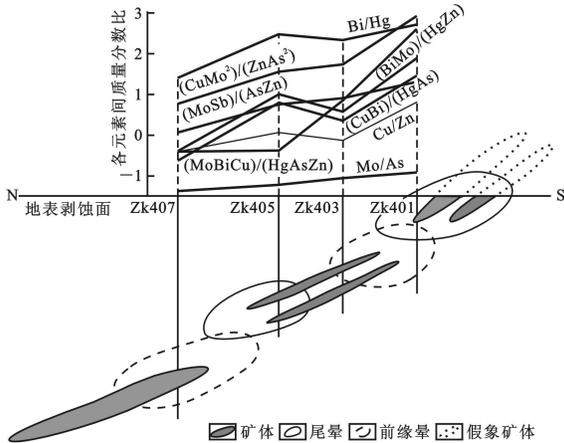


图 4 梧南金矿区 4 号勘探线分带评价规律曲线图及原生晕叠加模式

Fig. 4 Zoning Evaluation Curve and Overlap Model of Primary Haloes of the 4th Exploration Line in Wunan Area

5 结语

(1) 梧南金矿元素之间的组合关系为金与尾部元素呈正相关,与前缘元素呈负相关,表明金矿体受剥蚀已接近尾部,即在现代剥蚀面上,金的高含量伴随着前缘组分的低含量和尾部元素的高含量。

(2) 梧南金矿原生晕轴向分带呈现出较典型的逆向分带,考虑地表断面在内,由前缘→尾部为金—铋—铜—钼—汞—锑—银—砷—铅—锌,它是上部金矿体受强烈剥蚀出现下部或尾部特征和深部有盲矿原生晕前缘叠加的必然结果。

(3) 梧南金矿矿体缓倾斜的产状特征,深部无产状变陡的趋势,上部矿体的尾晕与下部矿体的前

缘晕叠加到一起,形成尖灭再现或尖灭侧现的原生晕叠加形态。

野外工作得到新疆地矿局第一地质大队王磊教授级高级工程师以及邱斌、王世新高级工程师等帮助,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 韦龙明, 吴烈善, 李 惠. 若干类型金矿找矿方法评述与综合找矿模型[J]. 桂林工学院学报, 2003, 23(1): 5-9.
- [2] 武子玉, 王洪波, 徐东海, 等. 黑龙江黑河三道湾子金矿床地质地球化学研究[J]. 地质论评, 2005, 51(3): 264-267.
- [3] 梁广林, 陈 刚, 李曾民, 等. 新疆维吾尔自治区鄯善县喜迎、梧南金矿普查报告[R]. 乌鲁木齐: 新疆地矿局, 2000.
- [4] 马汉峰, 张子敏, 蔡根庆, 等. 南天山东段金矿化分带特点及远景预测[J]. 铀矿地质, 2002, 18(5): 282-286.
- [5] 梁广林, 王世新, 陈 杰, 等. 新疆喜迎金矿床地质特征及成因类型探讨[J]. 新疆地质, 2004, 22(2): 178-182.
- [6] 李文明, 任秉琛, 杨兴科, 等. 东天山中酸性侵入岩浆作用及其地球动力学意义[J]. 西北地质, 2002, 35(4): 41-64.
- [7] 王 虹, 刘 拓, 王庆明, 等. 新疆天山—北山成矿带区域地球化学特征[J]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(2): 141-144.
- [8] 刘英俊, 马东生. 金的地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [9] 晁会霞, 杨兴科, 姚卫华, 等. 新疆鄯善县梧南金矿床成矿条件分析及成因初探[J]. 地球科学与环境学报, 2008, 30(1): 12-19.
- [10] 吴锡生. 化探数据处理方法[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [11] Boyle R W. 金的地球化学及金矿床[M]. 马万钧, 周玉泉, 译. 北京: 地质出版社, 1984.
- [12] 余建英, 何旭宏. 数据统计分析与 SPSS 应用[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [13] 王 军, 陈振楼, 许世远. 胶东矿集区金成矿的地质异常控制[J]. 地球学报, 2004, 25(6): 601-606.
- [14] 邵 跃. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [15] 李 惠, 王支农, 上官义宁, 等. 金矿床(体)深部盲矿预测的构造叠加晕前、尾晕共存准则[J]. 地质找矿论丛, 2002, 17(3): 195-197.
- [16] 李 惠, 张文华, 刘宝林, 等. 中国主要类型金矿床的原生晕轴向分带序列研究及其应用准则[J]. 地质与勘探, 1999, 35(1): 32-35.