

江西金山金矿床深部原生晕特征与成矿预测

刘志远^{1,2} 金成洙¹ 梁俊红¹ 张开平³ 余荣炳³ 邱修梁³

(1. 东北大学 资源与土木工程学院 辽宁 沈阳 110004 2. 辽宁有色丹东地质勘查院 辽宁 丹东 118008 3. 江西金山金矿 江西 德兴 334213)

摘要:对江西金山金矿床深部扩建工程的0、-80、-105 m三个中段 Au 等元素原生晕的空间分布特征及组合特征进行研究,表明,矿床原生晕组合复杂,各指示元素原生晕吻合性好,As 与 Au 关系密切,是金矿化的最佳指示元素;As、Hg、Sb 前缘晕指示元素与 Bi、Mo 等尾晕指示元素相互叠加,且平均异常强度较高,预测矿体应向深部延伸出现第二个富集带,具有很大的工业远景,到-105m中段 Au 矿化减弱,Cu 矿化增强,燕山早期岩浆热液的叠加改造作用明显,在深部可能出现 Cu、Au 叠加矿床。

关键词:原生晕;多元统计分析;成矿预测;金山金矿床

中图分类号:P632 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2004)06-0477-05

江西金山金矿床位于太平洋西部成矿带外带,江南古陆东段的赣东北德兴 Cu、Pb、Zn、Au、Ag 等多金属矿聚集区内。德兴斑岩铜矿位于金矿区北侧,其大规模的 Cu、Mo、Au 矿化与燕山早期第二阶段花岗闪长斑岩的侵入活动有关;银山 Cu、Pb、Zn、Au、Ag 多金属矿床位于金矿区西侧,其形成与燕山早期晚阶段火山、次火山热液活动关系密切,金矿区南部大茅山花岗岩岩基接触带有钨锡、铜钼矿点零星分布。金山金矿床为我国剪切带型金矿床的典型范例,通过对剪切成矿、控矿理论的研究^[1-4]认为:矿床是随着剪切带的演化而金逐渐富集且连续经历几个演化阶段的最终产物。本次对近期矿体深部扩建

工程进行系统的原生晕取样分析,并对分析结果进行整理研究,旨在探索金山金矿床深部地质特征,发掘多种矿化信息,以便指导矿山生产。

1 矿床地质特征

金山金矿床位于赣东北深大断裂带应变中心上盘,金山韧性剪切变形带中(图1)^[5]。金山韧性剪切带倾向 NW~NE,倾角 5°~35°,呈舒缓波状延伸。矿区地层主要是中元古界双桥山群浅变质岩系,岩性为板岩、千枚岩、变质晶屑凝灰岩及变质杂砂岩夹多层变余安山玄武岩。区域上从中元古代到中生代的每个构造旋回都有岩浆活动,以晋宁期和

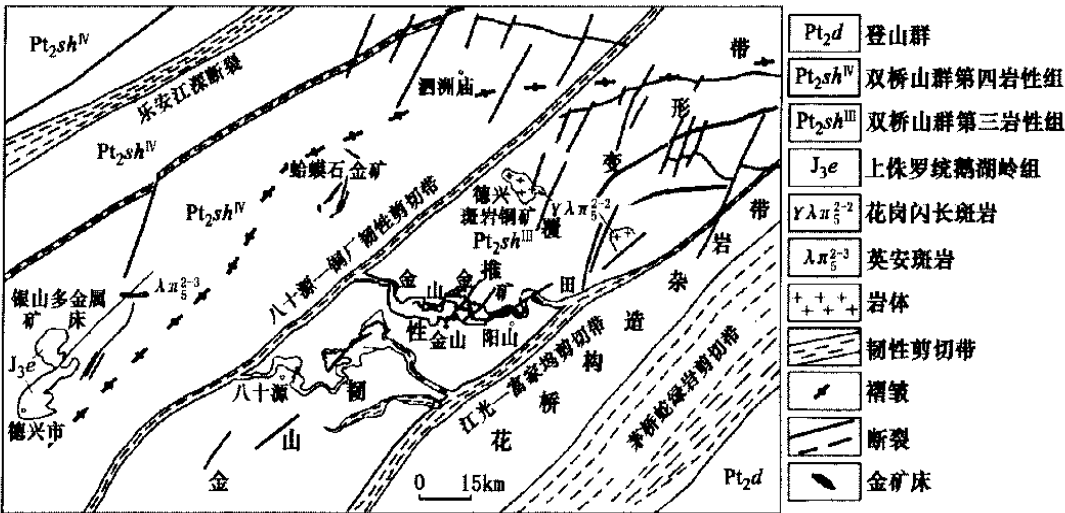


图1 江西金山金矿区域地质简况

燕山期最为强烈,但矿区内岩浆岩没有出露。

金矿体产于金山韧性剪切带应变中心的糜棱岩—超糜棱岩带中,下界为含碳千糜岩带,以韧性剪切带的主剪切滑动面分隔,上界依次为糜棱岩带、糜棱岩化岩带,是构造、蚀变、金矿化三位一体的地质作用的产物。金矿化类型有蚀变糜棱岩型、含金石英脉型,前者是矿床的主体,矿体平行剪切带呈似层状产出,与围岩界限不清,厚度变化较大,金品位较为稳定,平均 $3 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ 。石英脉型矿体主要产在蚀变糜棱岩型矿体上部或穿插其中,规模小,且不稳定。

围岩蚀变类型主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化等。从蚀变带中心向两侧按照矿物共生组合及金矿化强弱依次划分为:石英-黄铁矿-铁白云石化带、石英-绢云母-白云石化带、绢云母-绿泥石化带。

矿床成矿演化划分为3个成矿期:区域变质成矿期、动力变质成矿期和叠加改造期。动力变质成矿期为金的主成矿期,分为硫化物-铁镁碳酸盐阶段、硫化物-自然金-石英阶段和石英-碳酸盐阶段。矿床原生晕的特点及分布主要决定于后两个成矿期^[6]。

矿石矿物组合较为简单,金属矿物主要是黄铁矿,其次是毒砂、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿等;非金属

矿物主要为石英,其次为绢云母、钠长石、铁白云石、绿泥石等。金矿物主要为自然金,呈裂隙金、粒间金存在。主要载金矿物为黄铁矿,其次为毒砂、石英及黄铜矿等。

2 原生晕的空间分布特征

对金山金矿床深部0 m、-80 m、-105 m三个中段的应变中心带,即糜棱岩、超糜棱岩带,系统采集了原生晕样品56件,测试单位为原地质矿产部沈阳综合岩矿测试中心,测试仪器为原子吸收分光光度计。分析精度达到要求,数据可靠。以浓集克拉克值和衬值大于1为标准,矿床元素组合为Au、As、Cu、Ag、Pb、Zn、Co、Ni、Cr、Sb、Bi、Hg、W。对样品原始数据应用逐步剔除法计算各元素的背景值,以背景值加上2倍均方差作为异常下限,异常下限的2、4倍作为中、内带异常下限(图2附表)。原生晕的元素组合复杂,指示元素原生晕多具明显的浓度分带和组合分带。各元素原生晕内部结构具有以下特征(图2)。

Au原生晕异常分带齐全,衬值较大,清晰度明显,但连续性差、均匀性差。东侧(Y=39 569 600附近)与西侧(Y=39 568 600附近)原生晕的中内带异常均未封闭,显示2个浓集中心发育的趋势,规模较大。东侧异常高值 28.5×10^{-6} ,西侧异常高值

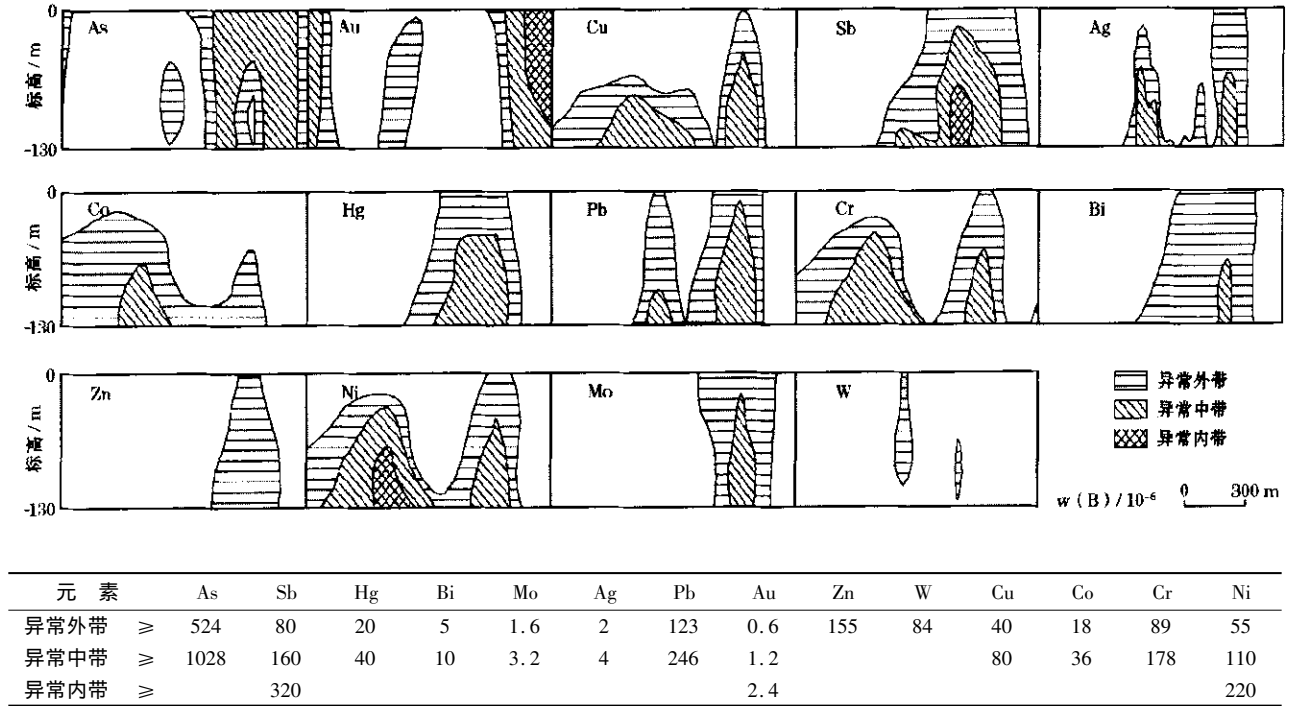


图2 金山金矿床 Au 及相关元素原生晕异常垂直纵投影

万方数据

1.91×10^{-6} 2 个高异常值间不连续 ,表现出金矿化作用的不均匀性、不连续性的特点。在 $Y = 39\ 568\ 900$ 附近 ,虽然异常值不高 ,但异常为半封闭 ,显示矿化向下延伸的趋势。

As 原生晕异常的背景值和衬值极高 ,平均异常强度高 ,连续性及均匀性差 ,规模较大。东部形成浓集趋势 ,最高值 $18\ 950 \times 10^{-6}$,在中部形成小规模的外带异常 ,向西也有浓集趋势。As 异常区位于 Au 异常区的上盘 ,与 Au 异常区空间套合关系良好 ,这是深部 Au 矿化作用的指示。

Cu、Co、Ni、Cr 的原生晕异常特征相似 ,空间套合关系极好 ,规模大 ,表现为异常连续性较好、均匀性较差、清晰度较明显。Cu 异常最高值为 99.0×10^{-6} 、Co 异常最高值为 50.3×10^{-6} 、Ni 异常最高值为 290×10^{-6} 、Cr 异常最高值为 426×10^{-6} 。均在 $Y = 39\ 568\ 900$ 和 $Y = 39\ 569\ 500$ 附近形成有向下延伸趋势的半封闭中内带异常。

As、Sb、Bi、Hg、Mo、Zn 的原生晕异常特征相似 ,空间套合关系良好 ,规模较大。其中 Sb、Bi、Hg 有极高的背景值和衬值 ,异常最高值分别为 528×10^{-6} 、 12.3×10^{-6} 、 65.4×10^{-6} 。As、Hg、Sb 前缘晕指示元素分带较齐全 ,主要表现为中内带异常。Bi、Mo、Zn 尾晕指示元素均匀性较好 ,表现为中外带异常。在 $Y = 39\ 569\ 200 \sim 39\ 569\ 500$ 附近形成前缘晕与尾晕指示元素的组合异常。

Ag、Pb 原生晕异常特征相似 ,空间套合关系良好。表现为连续性和均匀性较差的中外带异常。异常高值分别为 10.1×10^{-6} 、 $1\ 125 \times 10^{-6}$ 。

W 原生晕异常的背景值和衬值都很高 ,连续性和均匀性较差 ,为外带异常 ,规模小。异常高值为 137×10^{-6} 。

3 原生晕的组合特征

3.1 金与其它元素的共生组合

为了进一步了解 Au 与其它微量元素之间的亲疏关系 ,明确其矿化元素组合 ,对所测元素进行了相关分析 ,计算了各元素之间的相关系数。Au 仅与 As 存在较明显的正相关关系 ,相关系数 0.207 ,As 应为金矿化的良好指示元素。Au 与 Ag 为弱负相关 ,相关系数 -0.039 ,反映金的成色很高。Au 与 Co、Ni、Cr 呈较明显的负相关关系 ,相关系数分别为 -0.137、-0.195、-0.167 ,原生晕数据显示其含量越低 ,金矿化越好。Au 与其它元素的相关性不明显 ,是由于 Au 主要赋存于石英、黄铁矿中或其间 ,

而非 Cu、Pb、Zn 等的硫化物中 ,因而造成 Au 与其它金属硫化物关系不密切 ,进而导致 Au 与它们的负相关。Ag 与 Pb 的相关系数达 0.923 ,这种稳定的共生关系与其原生晕等值线特征极为相符。Cu 与 Co、Ni、Cr 元素具有较明显的正相关关系 ,相关系数分别为 0.755、0.743、0.743 ,Cu 与 Sb、Pb、Hg、Bi、Zn 等元素相关性亦较明显。

3.2 成矿成晕因子组合

以深部糜棱岩、超糜棱岩带各微量元素为对象 ,对地质作用与元素组合的关系进行 R 型因子分析。根据因子分析正交旋转因子载荷矩阵(表 1) ,元素可归纳为 5 个因子组合。

表 1 R 型因子分析正交旋转因子载荷矩阵					
变量	F1	F2	F3	F4	F5
Au	-0.011	-0.028	0.058	-0.085	0.764
Ag	-0.005	0.009	0.499	-0.014	0.036
W	-0.060	-0.047	0.094	0.456	0.009
Mo	0.032	0.013	-0.034	0.529	-0.066
As	0.037	0.093	-0.194	0.286	0.449
Sb	-0.012	0.294	0.015	-0.025	0.044
Bi	-0.038	0.277	0.059	-0.087	-0.062
Hg	-0.023	0.285	0.011	0.000	-0.065
Cu	0.207	0.132	-0.055	-0.055	0.085
Pb	0.003	-0.014	0.497	0.017	-0.029
Zn	0.130	0.234	-0.220	0.251	0.162
Co	0.282	-0.031	-0.029	0.003	0.006
Cr	0.263	-0.042	0.050	0.024	-0.045
Ni	0.264	-0.008	0.011	0.012	-0.015
方差/%	27.82	24.31	10.70	10.31	8.33

(1)F1 :Cu、Co、Ni、Cr——铜矿化因子。Cu 出现在第一因子组合中 ,应考虑铜矿化的存在。德兴斑岩铜矿位于其北侧 ,两者时空、构造、同位素等关系密切^[7]。据伍勤生资料 ,金山金矿床伊利石铷锶同位素年龄为 167.9 Ma ,碳、硫等同位素分布均表明晚期岩浆热液有改造作用。对于 Co、Ni 等亲铁元素的存在 ,显示本组元素来自地壳深部特征。深部所测石英包裹体平均均一温度 210℃ ,浅部平均均一温度 163℃ ,可能由于深部成矿温度高于浅部 ,为成矿热液淋滤围岩——富含火山物质的双桥山群浅变质岩系的结果。这些与毗邻的铜厂斑岩铜矿相似 ,说明在金山金矿床深部 ,燕山早期的岩浆热液的叠加改造作用表现明显 ,在矿床深部很可能出现 Cu、Au 复合矿体。

(2)F2 Sb、Bi、Hg、Zn——矿化上部与下部叠加因子。这个因子组合应从元素自身性质考虑 ,Sb、Hg 的地球化学性质活泼 ,具有一定的挥发性 ,为矿体

的前缘晕指示元素,而 Bi、Zn 为矿体的尾晕指示元素,这些指示元素的平均异常强度很大。这种叠加晕的出现,预示深部应有良好的矿体。

(3) F3 :Ag、Pb——银铅矿化因子。这 2 个元素在深部的含量明显高于浅部,虽然其组合的成矿意义不大,但却反映了成矿成晕的多期性特点,代表一次热液活动。

(4) F4 :W、Mo、As、Zn——钨钼矿化因子。这个组合代表又一次独立地形成多元素的热液活动。前已述及,矿区南部大茅山花岗岩岩基接触带有钨锡、铜钼矿点零星分布,对其与金山金矿床的热液改造关系尚需进一步论证^[4]。

(5) F5 :Au、As——金矿化因子。这两个元素的相关性很好,虽然出现在最后的因子组合中,但其方差贡献也较大。这说明在此部位的金矿化已经较弱,其原生晕异常垂直纵投影图亦显示金矿化的不连续、不均匀,仅在局部富集成矿,与矿山深部的金品位分析报告结果相符。

R 型聚类提供的组合分带同样反映出矿床不同成矿阶段的内在规律,但是对于成矿、成晕的多期性特征不如因子分析结果清晰。在 Hierarchial R 型聚类分析谱系中(图 3),根据变量在谱系中聚集的自然趋势显示,Cu、Co、Ni、Cr 为一类,Sb、Bi、Hg、Zn 为一类,As、Au 为一类,Ag、Pb、Mo 为一类,W 独自为一类。以上 2 种统计分析方法显示的结果较为一致,说明所选方法较为可靠,反映的结合规律具有代表性。

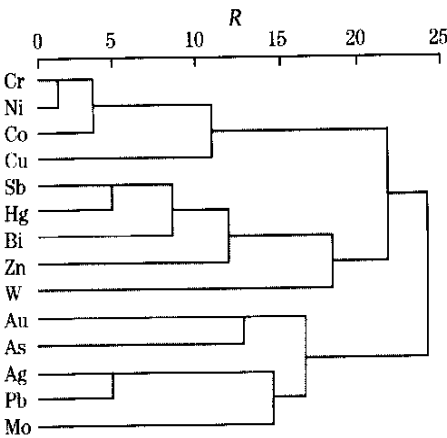


图 3 Hierarchial R 型聚类分析谱系

4 深部成矿预测

由于分带序列的计算受到探矿工程条件的限制,因此根据前人关于我国主要金矿成矿的有关元素在成矿过程中的地球化学研究^[7]并结合矿区成

矿、成晕特点,由图 2 中各个指示元素浓度中心在空

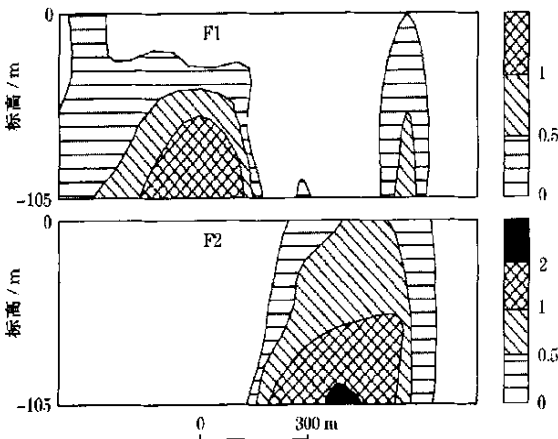


图 4 F1、F2 因子得分

间上的相对位置,根据地球化学原生晕深部成矿预测准则^[9,10]认为:到 -105 m 中段,出现 Bi、Mo、Zn 等中外带异常及 Au 的中外带异常,为矿体尾晕元素组合,说明到此部位金矿化已逐渐减弱,这与矿山生产实际相符,同时在上部矿体中下部又出现较强的 As、Hg、Sb 中内带异常,为下部矿体的前缘晕元素组合,这种叠加晕的出现,预示矿体向下延伸很大,深部会出现第二个富集带。这在一般原生金矿床中为一普遍规律,与胶东小秦岭地区典型金矿脉研究结论一致。根据元素含量及因子得分值的强弱对比,可定性推断矿体深度^[11,12]。在利用因子载荷计算出来的因子得分(图 4)中发现,F2 因子得分值的高值位于 -105 m 中段附近并向下延伸,距上部 Au 的浓集中心较远,预测距此不远处应有金矿体出现。现在矿山正在开拓 -130 m 中段,积极进行工程验证。

金矿体原生叠加晕是多阶段脉动叠加的结果,包括时间上多阶段成矿的脉动性、继承性和在空间上的叠加性。在图 2 的 Y=39 568 900 附近,Au 外带异常和 Cu 中外带异常叠加,并且深部矿体向北部德兴斑岩铜矿方向侧伏。图 4 中 F1 因子得分值不高,但高值向下延伸的趋势强,综合分析认为 Au 与 Cu 在此较深部位可能形成复合矿体,但尚需进一步的理论研究及工程验证。

5 结论

科学的成矿预测是在正确的成矿分析基础上的合理推断。通过 Au 及其它指示元素的原生晕地球化学空间地质特征、组合特征及因子分析等多元统计分析方法的综合研究,对金山金矿的深部成矿规

律和成矿预测有如下几点认识。

(1)矿床原生晕组合复杂,各指示元素原生晕吻合性好。Au 与 As 为正相关关系,As 可做为金矿床的地球化学信息标志。

(2)虽然本次进行工作的中段金矿化较弱,但 As、Hg、Sb 等前缘晕指示元素与 Bi、Mo 等尾晕指示元素相叠加,形成叠加晕,推断 -105 m 中段以下有很好的成矿远景,为深部找矿提供重要依据。

(3)金山金矿床的金矿化作用主要与韧性剪切带作用有关,但燕山期岩浆热液活动对该矿床有后期叠加改造作用,深部可能形成 Cu、Au 复合矿体。

(4)金山金矿床地处深大断裂构造位置、经历多期强烈的地质构造作用和剪切作用,在此基础上研究了 Au 和其它指示元素的变化规律等诸多因素,可以认为金山金矿床为一多成因、多阶段、多物质来源的多因复成矿床,而且深部有很大的工业远景,为大型、超大型金矿床。

参考文献：

[1] Bonnemaison M, Maroux E. Auriferous mineralization in some shear-zones :A three-stage model of metallogenesis[J]. Mineral. Deposita. 1990 ,25(2) 96 - 104.

[2] Cameron E M. Derivation of gold by oxidative metamorphism of a deep ductile shear zone :Part 1. Conceptual model[J]. Journal of

Geochemical Exploration. 1989 ,31 :135 - 137.

[3] Regenauer-lieb K , Yuen D A. Modeling shear zones in geological and planetary sciences :solid-and fluid-thermal-mechanical approaches[J]. Earth - Science Reviews. 2003 ,63(3 ,4) :295 - 349.

[4] 朱恺军,范宏瑞. 金山金矿的地质特征和形成条件[J]. 南京大学学报 ,1991 ,2 :177 - 185.

[5] 李晓峰,华仁民,杨凤根,等. 金山金矿钾氩年龄及其对赣东北构造演化的掉示意义[J]. 岩石矿物学 ,2002 ,21(1) :49 - 54.

[6] 曾键年,林卫兵,范永香. 江西金山金矿床成矿地球化学特征[J]. 地质地球化学 ,2002 ,20(4) 26 - 33.

[7] 肖勇. 金山金矿田脆—韧性剪切带与成矿模式[J]. 矿产与地质 ,2001 ,15(增刊) :424 - 430.

[8] 李惠,张文华,常凤池,等. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型[M]. 北京 :冶金工业出版社 ,1998.

[9] Li Hui,Wang zhinong ,Li Fuguo. Ideal models of superimposed primary halos in hydrothermal gold deposits[J]. Journal of Geochemical Exploration. 1995 ,55(1 ~ 3) 329 - 336.

[10] Liu Chongmin ,Xu Waisheng. Primary geochemical anomalies in the Caijiaying Pb-Zn-Ag deposits ,Hebei ,China[J]. Journal of Geochemical Exploration. 1995 ,55(1 ~ 3) 25 - 32.

[11] Kumru M N ,Bakac M. R-mode factor analysis applied to the distribution of elements in soils from Aydin basin ,Turkey[J]. Journal of Geochemical Exploration. 2003 ,77(2 ,3) 81 - 91.

[12] Reimann Clemens ,Filzmoser Peter ,Garrett Robert G. Factor analysis applied to regional geochemical data :problems and possibilities[J]. Applied Geochemistry. 2002 ,17(3) :185 - 206.

CHARACTERISTICS OF DEEP PRIMARY ANOMALIES AND ORE PROGNOSIS IN THE JINSHAN GOLD DEPOSIT ,JIANGXI PROVINCE

LIU Zhi-yuan^{1 2} ,JIN Cheng-zhu¹ ,LIANG Jun-hong¹ ,ZHANG Kai-ping³ ,YU Rong-bing³ ,QIU Xiu-liang³
(1. School of Sesources and Civil Engineering ,Northeast University ,Shenyang 110004 ,China 2. Dandong Institute of Geological Exploration ,CNNG ,Dandong 118008 ,China 3. Jinshan Gold Mine ,Dexing 334213 ,China)

Abstract Having studied the distribution and association characteristics of primary halos at three levels(0 m , -80 m and -105 m) of the Jinshan gold deposit in Jiangxi ,the authors have reached some conclusions. The element associations of primary halos are complex ,and the primary halos of different indicator elements coincide well with each other. As is closely related to Au. The anomalies of the front elements Hg ,Sb and the rear elements Bi ,Mo form superimposed halos and their average anomaly intensities are high. All this suggests that there may exist another enrichment zone in the depth. The Au mineralization becomes weaker at the -105 m level ,while things are just the opposite for Cu. This implies that the magmatic hydrothermal activities obviously accumulated ore - forming materials in Early Yanshannian ,and were likely to form compound deposits of Cu and Au at the depth.

Key words primary halo ,multivariant statistical analysis ,ore prognosis ,Jinshan gold deposit

作者简介 :刘志远(1972 -)男 ,1994 年毕业于桂林工学院,现为东北大学博士研究生,专业方向为矿产普查与勘探。

万方数据