陕西省略阳县铧厂沟金矿北矿带地球化学原生晕特征及其地质意义

刘冲昊[1] 刘家军[1] 王建平[1] 杨隆勃[1] 王维钰[2] 王立新[2] 于康伟[2] 王凌童[2]

(1.中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室,北京 100083;2.陕西略阳铧厂沟金矿,陕西 略阳 724312)

提要:陕西省铧厂沟金矿主要赋存于海底基性火山喷流细碧岩中。在野外地质工作的基础上,进行了数学地质分析和原生晕分带序列计算。结果表明,Sb、Hg、As、Cu 为前缘晕元素组合,Au、Ag、Bi、Pb、Zn 为近矿晕元素组合,Co、Ni、W、Mo、Mn、Cd 为尾晕元素组合;北矿带原生晕轴向分带序列从上至下为:Hg-Bi-Mo-Au-Ag-As-Cu-Pb-Co-W-Mn-Sb-Ni-Zn-Cd。结合微量元素衬值空间变化规律,建立了北矿带的原生晕叠加理想模型:在 950 m 中段到 830 m 中段之间自上而下发育 A、B、C 三个小矿体;A 矿体尾部和 B 矿体头部叠加在一起,而 B、C 两个矿体间隔的距离较大;830 m 中段已经到达矿体尾部,矿体向深部延伸较小。

关 键 词:数学地质分析;原生晕;理想模型;铧厂沟金矿;陕西

中图分类号:P618.51;P632+.2 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2012)05-1397-09

地处陕西、四川、甘肃三省交界处的铧厂沟金矿,是一个主要赋存于海底基性火山喷流细碧岩中的金矿床,其矿石类型较少见,具有独特的地质特征。目前为止,尚未有学者对铧厂沟金矿元素地球化学原生晕特征进行过系统研究。在地质工作的基础上,对铧厂沟金矿床样品进行了微量元素测试,通过数学分析方法,系统研究了元素地球化学原生晕特征;提出了北矿带原生晕叠加的理想模型,并对深部成矿远景进行了预测。

1 铧厂沟金矿床地质概况

铧厂沟金矿位于陕西省略阳县郭镇(图 1),矿区范围为东经 105°46′03″~105°47′57″,北纬 33°18′26″~ 33°18′46″。该矿床位于勉(县)—略(阳)—宁(强)三角地带的西北侧,北距康(县)—略(阳)—勉(县)深大断裂带约 4 km[1]。矿区跨及两个二级构造单元,其南部属摩天岭加里东褶皱带,北部属南秦岭海西褶皱带。

矿区南部出露的中新元古界碧口群和北部出露的中下泥盆统三河口群以断层为界(图 1)。碧口群以酸性凝灰岩为主夹基性火山岩透镜体。三河口群出露 2 个岩段:第一岩段分 3 个岩层,DSh^{1a} 为粉砂质绢云千枚岩夹石英砂岩,DSh^{1b} 为中-厚层结晶灰岩、泥质灰岩,DSh^{1c} 为细碧岩、凝灰质绢云千枚岩;第二岩段有两个岩层出露,DSh^{2a} 为钙质千枚岩、粉砂质绢云千枚岩,DSh^{2b} 为薄-中厚层结晶灰岩。金矿体主要赋存在三河口群第一岩性段(DSh^{1})的细碧岩、绢云千枚岩和厚层结晶灰岩以及第二岩性段第二岩性层(DSh^{2b})的厚层灰岩内。

目前在铧厂沟金矿共发现 4 个矿带,分别为:主矿带、北矿带、南矿带、南南矿带。本文主要研究北矿带的地球化学原生晕特征。

收稿日期:2012-06-08;**改回日期**:2012-07-18

基金项目:国家自然科学重点基金项目(41030423)、中国地质调查局地质调查工作项目(1212011220924)、中国黄金集团公司及其他项目(武黄研[任务书]编号:WHY(05)-03)共同资助。

作者简介:刘冲昊,男,1989 年生,硕士生,主要从事金属矿床地球化学研究;E-mail:hawking.2@163.com。

通讯作者:刘家军,男,1963 年生,教授,博士生导师,主要从事矿床学研究与教学工作;E-mail:liujiajun@cugb.edu.cn。

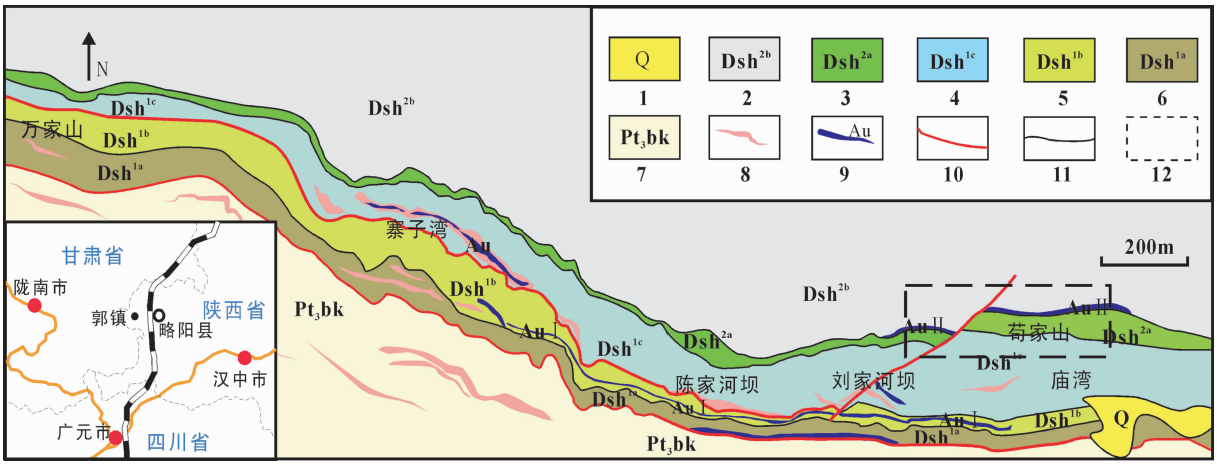

图 1 铧厂沟金矿地质简图❶

1—第四系覆盖物;2—泥盆统三河口群第二岩段第二岩性层;3—三河口群第二岩段第一岩性层;4—泥盆统三河口群第一岩段第三岩性层;5—泥盆统三河口群第一岩段第二岩性层;6—泥盆统三河口群第一岩段第一岩性层;7—元古界碧口群;8—细碧岩;9—金矿体;10—断层;11—地质界线; 12—研究区

Fig.1 Simplified geological map of the Huachanggou gold deposit

1−Quaternary surface cover; 2− 2nd lithologic layer of upper member of Devonian Sanhekou Group; 3−2st lithologic layer of upper member of Devonian Sanhekou Group; 4− 3rd lithologic layer of lower member of Devonian Sanhekou Group; 5− 1st lithologic layer of lower member of Devonian Sanhekou Group; 6−1st lithologic layer of lower member of Devonian Sanhekou Group; 7−Proterozoic Bikou Group; 8−Spillite; 9−Gold ore body; 10−Fault; 11−Geological boundary; 12−Study area

北矿带(AuⅡ)分布于刘家河坝北部至荀家山一带(图 2),产于三河口群 DSh^{2b} 底部的厚层结晶灰岩中,属构造蚀变岩型。北矿带围岩主要为钙质糜棱岩、斑点状千枚岩和硅化、碎裂灰岩,矿岩界线清晰,呈断层接触。矿化带总长度约 1800 m,最大控矿斜深 505 m。近东西走向,向北倾斜,倾角 60°~80°。矿体呈脉状、薄板状产出;在走向和倾向上延伸稳定,品位较高,一般在 4.0~24.50 g/t,最高品位达 54.67 g/t。

2 样品采集及测试

铧厂沟金矿北矿带研究区包括 950 m、910 m、870 m、830 m 四个中段。在室内观察整理的基础上,选送了 218 件样品进行 Au、Ag、As、Bi、Cd、Co、Cu、Hg、Mn、Mo、Ni、Pb、Sb、W、Zn 共 15 种微量元素的含量测试;测试工作由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所完成。其中 Au 采用无火焰原子吸收光谱法(AAN)测定,Ag 采用发射光谱法(ES)测定,As 采用氢化物−原子荧光光谱法 (HG−AFS)测定,Hg 采用冷蒸气−原子荧光光谱法 (CV−AFS)

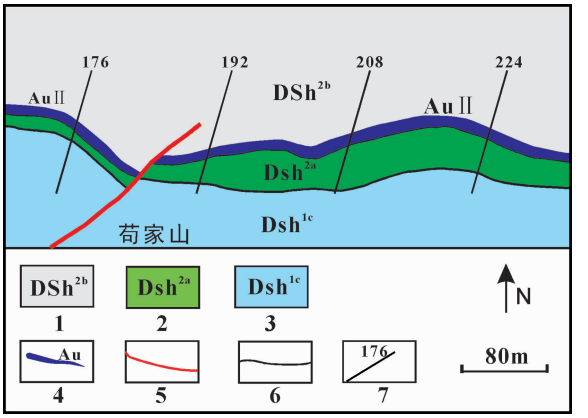

图 2 铧厂沟金矿北矿带地质简图❶

1—泥盆统三河口群第二岩段第二岩性层;2—泥盆统三河口群第二岩段第一岩性层;3—泥盆统三河口群第一岩段第三岩性层;4—金矿体;5—断层;6—地质界线;7—勘探线

Fig.2 Simplified geological map of the north ore zone of the Huachanggou gold deposit

1− 2nd lithologic layer of upper member of Devonian Sanhekou Group; 2− 1st lithologic layer of upper member of Sanhekou Group; 3− 1st lithologic layer of lower member of Sanhekou Group; 4−Gold ore body;5−Fault;6−Geological boundary; 7− Exploration line

❶根据陕西省地质矿产勘查开发局汉中地质大队 2007 年绘制的《陕西省略阳县铧厂沟金矿区地形地质图》绘制,有修改.

测定,V 采用等离子体光谱法(ICP-OES)测定,其余元素均采用等离子体质谱法(ICP-MS)测定;各元素的检出限分别为:Au-0.2 ng/g,Ag-20 ng/g,As-200 ng/g,Bi -50 g/g,Cd -20 g/g,Co -1 μg/g,Cu -1 μg/g,Hg-2 ng/g,Mn-10 μg/g,Mo-200 ng/g,Ni-2 μg/g,Pb -2 μg/g,Sb -50 ng/g,W -0.2 μg/g,Zn -2 μg/g。中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所提交的报告显示样品分析样品分析合格率为 95.5%,样品分析质量优秀,数据可靠。

3　数学地质分析

3.1　相关性分析

由于北矿带各中段开采情况不同, 主要对 950 m 中段 176-214 勘探线,910 m 中段 176-214 勘探线,870 m 中段 184-208 勘探线以及 830 m 中段 188-204 勘探线进行了样品采集工作。对测试数据进行相关性分析, 得到 15 种元素的相关性系数;这里选取置信度 p=5%;根据相关系数临界值表[2]得到临界相关系数 α 为 0.18。从表 1 中可以看出北矿带中,Ag、As、Bi、Co、Cu、Pb 等元素与 Au 呈强正相关;其中,Ag 与 Au 的相关系数达到 0.91, 且 Ag 与 As、Bi、Co、Cu、Pb 呈强正相关,与 Au 元素一致,说明在北矿带中,Ag 是 Au 的主要伴生元素。

3.2　R 型聚类分析

采用 SPSS 数据统计分析软件得到比较直观的树形谱系图(图 3)。结果显示:以相似度 0.6 为界,可以将 Bi、Co、Au、Ag、As、Cu、Pb、Sb 和 Hg 分为一个大的群体;又以 0.8 为界,可以进一步将 Bi、Co、Au、Ag、As 和 Cu 分为一个群体。在相似度 0.9 左右,Au、Ag 和 As 关系紧密,其中 Au 为主要成矿元素,可以构成有工业意义的矿体。Ag 和 As 为主要的伴生元素,Bi、Co 和 Cu 为次要的伴生元素,对金的找矿有一定的指示意义; 其中 Ag 最高含量为 3.20 g/t,未能达到工业品位。

3.3　因子分析

R 型因子分析是着重于研究化探数据中变量之间的关系,每一个因子所包含的主要元素,不仅仅表示它们的一种组合关系, 而且反映该地区地球化学信息与成矿的关系[3-4]。使用 SPSS 软件进行因子分析;提取前 5 个主因子,并进行了极大方差正交旋转(表 2)。

由表 2 可以看出,前六个因子反映出 15 个元素变量的 83.66%的地球化学信息,可以认为包含了原始变量绝大部分的信息。因子 F1 的主要载荷因子组成为 Au、Ag、As、Bi、Pb、Hg、Cu 等元素;为金的矿化因子,同时也代表了多金属硫化物阶段;表明金的矿

表 1 北矿带元素相关系数(表 1 中应给出样品统计数)

Table 1 Correlation coefficients of metal elements of the north ore zone

	Au	Ag	As	Bi	Cd	Co	Cu	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	W	Zn
Au	1.00														
Ag	0.91	1.00													
As	0.78	0.83	1.00									N=218			
Bi	0.78	0.78	0.78	1.00								$\alpha_{0.05}$=0.18			
Cd	0.52	0.37	0.33	0.45	1.00										
Co	0.72	0.74	0.72	0.91	0.38	1.00									
Cu	0.77	0.81	0.60	0.71	0.36	0.77	1.00								
Hg	0.61	0.56	0.54	0.64	0.44	0.55	0.43	1.00							
Mn	0.33	0.26	0.34	0.43	0.36	0.38	0.23	0.22	1.00						
Mo	-0.13	-0.11	-0.14	-0.19	0.23	-0.19	-0.12	0.03	-0.29	1.00					
Ni	0.03	0.09	0.13	0.22	-0.17	0.40	0.23	0.10	-0.31	-0.06	1.00				
Pb	0.74	0.77	0.66	0.73	0.41	0.70	0.63	0.47	0.58	-0.18	-0.02	1.00			
Sb	0.52	0.54	0.42	0.60	0.28	0.72	0.67	0.42	0.23	-0.05	0.25	0.51	1.00		
W	0.24	0.24	0.39	0.45	0.07	0.52	0.31	0.17	0.26	-0.18	0.45	0.22	0.22	1.00	
Zn	0.39	0.35	0.40	0.50	0.57	0.59	0.44	0.39	0.05	0.12	0.53	0.27	0.34	0.48	1.00

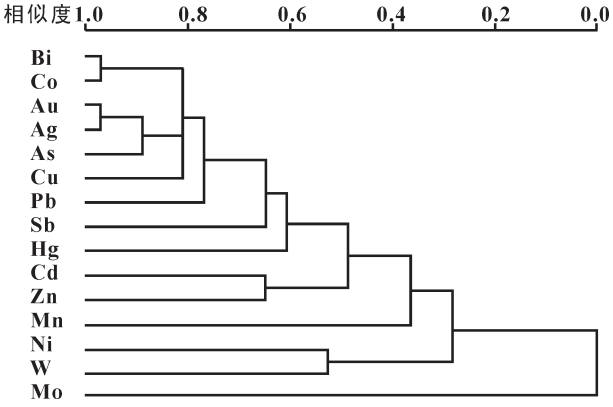

图 3 R 型聚类分析谱系图

Fig.3 R type cluster hierarchical diagram of the indication elements in rock samples

化与硫化物矿化有密切关系，同时反映出这些元素的共生组合关系。F2 的主要载荷因子为 Ni、W、Zn，F3 的主要载荷因子为 Co、Cu、Sb，F5 的主要载荷因子为 Cd、Mo；代表了岩浆作用有关的成矿作用[5]。根据因子分析得到了北矿带的 Au 元素因子模型：

$$Au=0.91F1+0.22F3+0.15F4+0.09F5+0.05F2。$$

说明北矿带金矿化与成晕主要受 F1 因子的影响。

4 原生晕轴向分带序列

矿床原生地球化学晕的分带性，可以反映出成矿成晕元素在成矿过程中的空间积聚规律；建立金矿床原生晕分带序列，不仅可大致确定矿床的地球化学轴向分带规律，而且对找矿勘探、深部预测和矿床剥蚀程度的判断具有重要意义[6]。本文采用前苏联学者 C.B.格里戈良提出的分带指数法，把大量元素金属量加和起来，可以减小原始资料的偶然误差[7]。

4.1 北矿带矿体原生晕轴向分带序列

按照取平均—标准化—求分带指数—求变化分带指数—分带序列的顺序进行系统分析，最后得到北矿带的原生晕分带序列自上到下为：Hg-Bi-Mo-Au-Ag-As-Cu-Pb-Co-W-Mn-Sb-Ni-Zn-Cd(表 3)。

中国金矿床原生晕综合轴向(垂直)分带序列，从上到下为：B-As-Hg-F-Sb-Ba（前缘晕）→Pb-Ag-Au-Zn-Cu（近矿晕）→W-Bi-Mo-Mn-Ni-Cd-Co-V-Ti(尾晕)[6]。根据铧厂沟金矿北矿带的实际情况，综合相关性分析、R 型聚类分析、因子分析等数学分析和轴向分带序列计算结果，提出 Sb、Hg、As、Cu 为前缘晕元素组合，Au、Ag、Bi、Pb、Zn 为近矿晕元素组合，Co、Ni、W、Mo、Mn、Cd 为尾晕元素组合。可以看出，北矿带在 950 m 中段出现前缘晕、近矿晕和尾晕元素；910 m 中段主要为近矿晕元素；在 870 m 中段主要为尾晕元素；在 830 m 中段为近矿晕元素和尾晕元素。此计算结果仅能反应出北矿带的整体分带情况，为了更详细了解矿体原生晕的分带特征，下面将对不同勘探线原生晕轴向分带分别进行研究。

表 2 北矿带矿体极大方差旋转正交因子解

Table 2 Varimax rotation orthogonal factors of elements in rock samples from the north ore zone

元素	因子				
	1	2	3	4	5
Au	0.91	0.05	0.22	0.15	0.09
Ag	0.93	0.04	0.26	0.03	-0.01
As	0.87	0.24	0.02	0.13	-0.05
Bi	0.77	0.35	0.31	0.26	0.03
Cd	0.37	0.08	0.08	0.43	0.73
Co	0.65	0.48	0.50	0.19	-0.01
Cu	0.67	0.17	0.57	0.03	0.01
Hg	0.69	0.13	0.07	0.06	0.29
Mn	0.21	0.03	0.10	0.92	-0.09
Mo	-0.13	-0.13	-0.01	-0.28	0.78
Ni	0.02	0.76	0.25	-0.47	-0.10
Pb	0.70	0.02	0.33	0.43	-0.04
Sb	0.35	0.14	0.86	0.08	0.07
W	0.17	0.83	0.00	0.23	-0.15
Zn	0.30	0.72	0.15	0.01	0.49
贡献百分比/%	35.33	15.20	11.65	11.42	10.05

表 3 北矿带轴向分带序列

Table 3 Primary halo axial zoning sequences in the north ore zone of the Huachanggou gold deposit

中段	分带序列
950 m	Hg-Bi-Mo
910 m	Au-Ag-As-Cu-Pb
870 m	Co-W-Mn-Sb-Ni
830 m	Zn-Cd

4.2 北矿带各勘探线剖面原生晕轴向分带序列

根据样品采集测试情况，选择了北矿带中部数据资料较充足的 188-204 勘探线进行原生晕轴向分带序列的研究。运用同样的方法,计算得到各勘探线的原生晕轴向分带序列,结果见表 4。

北矿带研究区有四个中段，从上至下 188 勘探线的分带趋势为：近矿晕→尾晕→(前缘晕+尾晕+近矿晕)→前缘晕;190 勘探线的分带趋势为:尾晕→(近矿晕+尾晕)→前缘晕→近矿晕;192 勘探线的分带趋势为:(前缘晕+尾晕)→(前缘晕+近矿晕)→(近矿晕+尾晕)→(前缘晕+近矿晕+尾晕);194 勘探线的分带趋势为：近矿晕→(前缘晕+尾晕)→近矿晕→尾晕;196 勘探线的分带趋势为：尾晕→近矿晕→前缘晕→尾晕;198 勘探线的分带趋势为：近矿晕→(前缘晕+近矿晕+尾晕)→尾晕→(前缘晕+尾晕);200 勘探线的分带趋势为：尾晕→(前缘晕+近矿晕)→尾晕→(前缘晕+近矿晕+尾晕);202 勘探线的分带趋势为:(前缘晕+近矿晕+尾晕)→近矿晕→近矿晕→尾晕;204 勘探线的分带趋势为:尾晕→(前缘晕+近矿晕+尾晕)→(前缘晕+近矿晕)→尾晕。

可以看出，北矿带主要勘探线的原生晕轴向分带序列具有以下特点:(1) 在 950 m 中段多出现尾晕或者尾晕与前缘晕叠加;说明 950 m 中段以上也存在矿体,其原生晕与研究区矿体发生了叠加。(2) 910 m 和 870 m 中段多出现前缘晕与尾晕的叠加,推测研究区可能为多个矿体,其原生晕发生叠加;也可能为矿体减薄，使前缘晕和尾晕得到相对加强。(3)830 m 中段多出现尾晕,推测已达到矿体尾部。

综合分析认为,在本矿体之上也存在矿体,且上部矿体的原生晕与本矿体有不同程度的叠加;在矿体中部出现了前缘晕和尾晕的叠加,矿体可能由多个小矿体组成;工作区已到达矿体尾部;矿体向深部的延伸以及深部是否存在新的矿体,仍需进一步讨论。

5 微量元素空间变化规律

北矿带内围岩主要为钙质糜棱岩、斑点状千枚岩和硅化、碎裂灰岩;不同岩石微量元素含量的原始背景差别较大，同时同一区域不同元素的背景值也有较大差别，给异常解释及评价工作带来许多的不便。为了进一步为矿体原生晕叠加模型提供依据,本文采用衬值来进行分析；首先确定元素地球化学背景值,然后将多元素衬值累加,来分析微量元素的空间变化规律。利用元素衬值累加数据进行多元统计分析,能客观反映研究区元素的空间分布特征[8-9]。

使用 SPSS 软件对北矿带的样品数据进行离群点的迭代处理,这里采用平均值加减三倍离差,直至无离群点数值可剔除为止，即样品数据符合正态分布;进行平均值计算即得到背景值,结果见表 5。

这里仍选择 188-204 勘探线进行微量元素空间变化规律的研究。将各元素的原始含量数据除以其背景值,变为无纲量,得到其衬值数据。衬值的大小代表了样品元素含量异常程度大小；各元素的衬值数量级相同,可以进行累加计算。将各样品元素按照前缘晕、近矿晕和尾晕元素分为 3 组,将不同组内的各元素衬值进行累加并求平均值，得到前缘晕衬值、近矿晕衬值和尾晕衬值(Au 元素衬值不计入累加,单独标出以指示矿体);绘制北矿带 4 个中段的衬值晕分带图(图 4);中段图中的纵坐标为距离(单位:m),以 950 m 中段沿脉投影位置为基准,向北为

表 4 北矿带勘探线原生晕轴向分带序列

Table 4 Primary halo axial zoning sequences in prospecting lines of the north ore zone

勘探线	轴向分带序列（从上到下）
188	Ag, Ni-W-Zn-Co, Cd-Mo-Bi-Sb, Mn-As-Au-Pb-Hg-Cu
190	Mo, Zn-Sb-Bi-W-Ni, Cu-Hg-Co, Mn-Ag-Cd-As-Au-Pb
192	Hg-Cd-Zn-Mo, Ag-W-As-Cu, Ni-Au-Co, Mn-Sb-Bi-Pb
194	Cu-Zn-Pb, Co-Hg-Ni-As, Sb-Au-Ag-Bi, Mn-Cd-Mo-W
196	Bi-Mo-Co, As-Ag-W-Pb-Au, Cu-Ni-Sb, Mn-Cd-Zn-Hg
198	Bi-Au, As-Zn-W, Mn-Cd-Pb-Ni-Co, Mo-Cu-Hg-Ag-Sb
200	W-Pb-Co, Ag-Cu-As-Bi, Mo-Ni-Sb, Hg-Au-Cd-Mn-Zn
202	Bi-Mo-Cu-Hg-Co-Cd, As-Pb-Mn-Sb, Au-Ag, Zn-W-Ni
204	W, Cd-Pb-Hg-Mn, As-Au-Ag-Cu, Bi-Zn-Mo-Co-Ni-Sb

表 5 北矿带微量元素背景值（μg/g）

Table 5 Background values of the elements of the north ore zone（μg/g）

元素	Au	Ag	Sb	Pb	As	Hg	Zn	Cu	W	Bi	Mo	Mn	Ni	Cd	Co
背景值	0.04	0.04	0.61	12.6	23.27	0.01	51.48	8.77	2.8	0.33	0.22	821.56	14.25	0.04	11.89

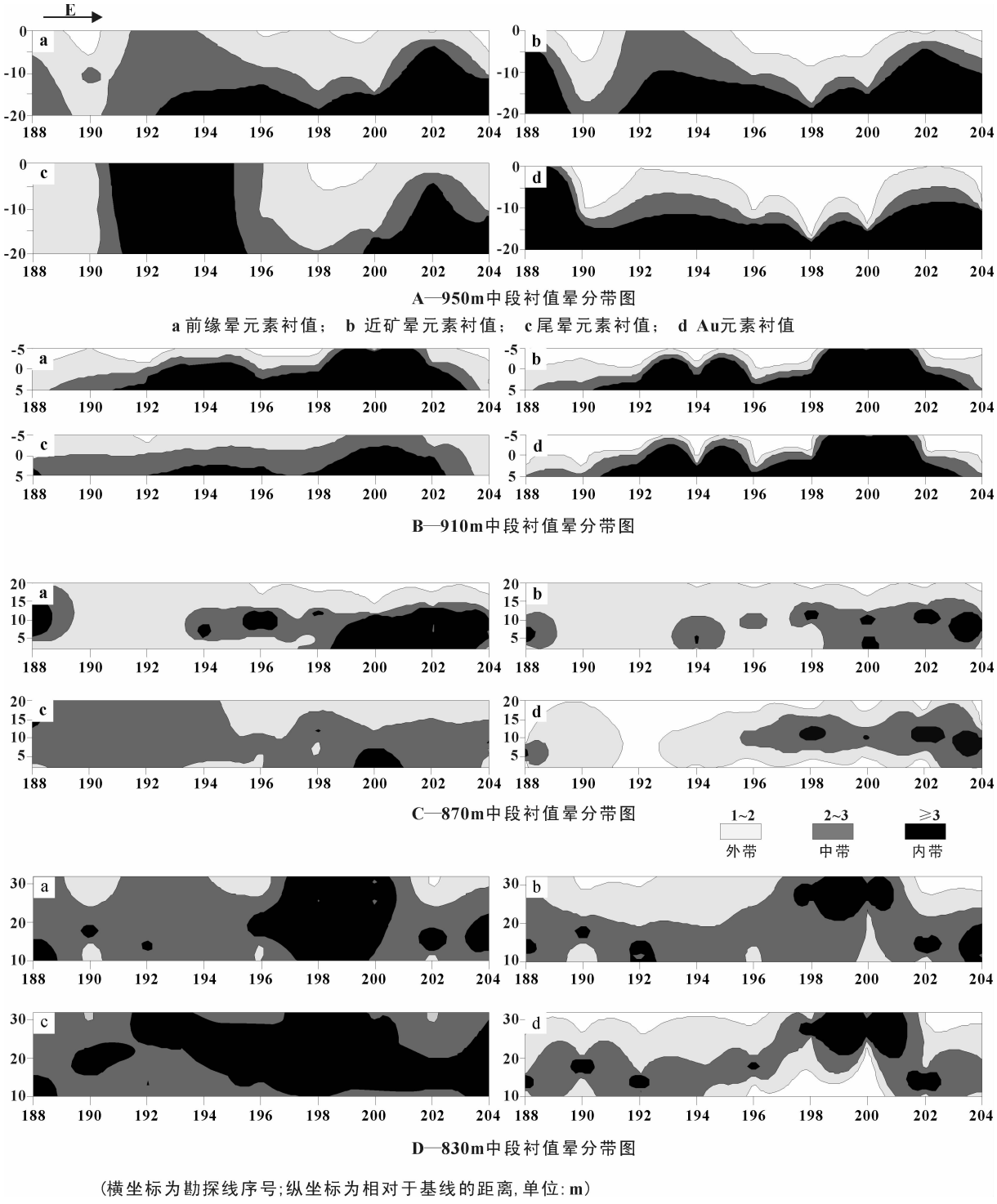

图 4 铧厂沟北矿带衬值晕分带图

Fig.4 Threshold halo zoning of the north ore zone in the Huachanggou gold deposit

正,向南为负;北矿带工作区中均为偶数勘探线,自西向东递增。

从图 4 可以看出,前缘晕、近矿晕以及尾晕元素衬值晕中带和内带总体变化趋势相似,在 950 m 和 910 m 中段均有大范围分布；而在 870 m 中段范围急剧缩小;至 830 m 中段,中带重新大范围分布,内带范围也有所增大。各中段 Au 的衬值晕分布特征与近矿晕元素吻合得很好，故说明选取的近矿晕元

素对 Au 矿体有较好的指示作用。

在 950 m 中段,前缘晕、近矿晕和尾晕元素衬值晕内带均出现大范围分布;推测 950 m 中段以上也存在矿体，其尾晕与本矿体前缘晕发生叠加。在 910 m 中段，前缘晕元素与尾晕元素衬值晕分带很相似,且均出现大范围内带;推测矿体可能由若干个小矿体组成，在此中段上部小矿体的尾晕与下部小矿体的尾晕相叠加；但是近矿晕衬值晕出现大范围的内带,根据其等值线形态推测,两个小矿体并没有分离,而是交叠在一起。在 870 m 中段,各类元素的衬值晕内带范围均很小；在 198 勘探线以西，前缘晕、近矿晕元素衬值晕基本仅出现外带而尾晕元素衬值晕分布大范围中带;在 198 勘探线以东,出现大范围前缘晕元素衬值晕内带，而近矿晕和尾晕元素衬值晕内带呈零星分布。推测矿体在 870 m 中段减薄至尖灭，分为上下两个小矿体；在 198 勘探线以西,出现较强的上矿体的尾晕;在 198 勘探线以东西出现强的下矿体的前缘晕。在 830 m 中段,各衬值晕的中带及内带范围较 870 m 中段均有扩大;与前缘晕相比,尾晕元素衬值晕内带分布范围很大,推测已到达矿体尾部。

综合分析认为,950 m 中段以上存在有矿体;在 950 m 到 830 m 四个中段之间，出现上中下三个矿体，上部矿体和中部矿体在 910 m 中段叠加在一起；中部矿体和下部矿体在 870 m 中段附近分离；下部矿体在 830 m 中段已到达尾部。

6　矿体原生叠加晕模型

综合铧厂沟金矿北矿带的数学地质分析、原生晕分带序列计算以及微量元素空间分布规律的研究,得出了北矿带主要勘探线原生晕特征(图 5),并建立了其原生晕叠加的理想模型(图 6)。

从图 5 中可以看出，北矿带原生晕特征比较复杂。950 m 中段情况相对简单,发育较强的前缘晕,部分勘探线出现前缘晕与尾晕共存。910 m 中段情况比较复杂;从近矿晕的特征来看,矿体的分布可以解释为两种情况:(1)矿体厚度发生了变化,在部分区域增厚;(2)该中段发育着两个小矿体,矿体在部分勘探线内发生叠加相连。通过考察已获得的数据,出现较强的前缘晕和尾晕的叠加；故判断为第二种情况,即该中段发育上下两个小矿体叠加,上矿体的尾晕与下矿体的前缘晕发生叠加。870 m 中段,各原

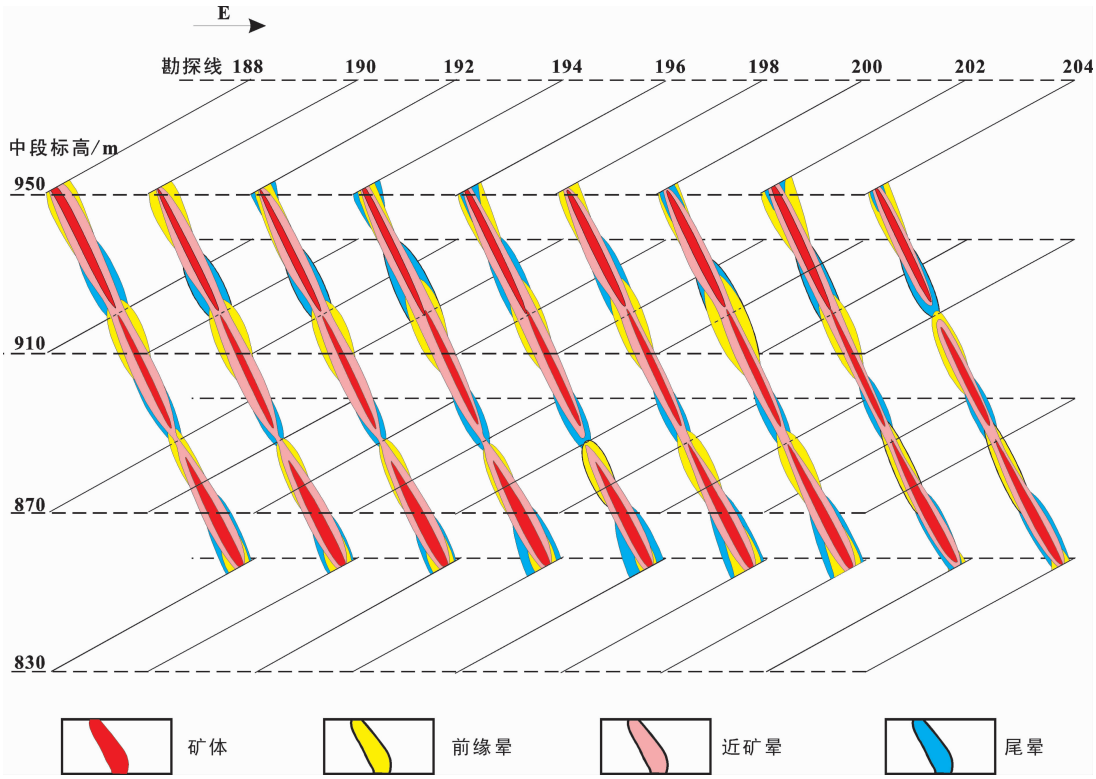

图 5　北矿带原生晕特征

Fig.5　Characteristics of the primary dispersion halos of the north ore zone

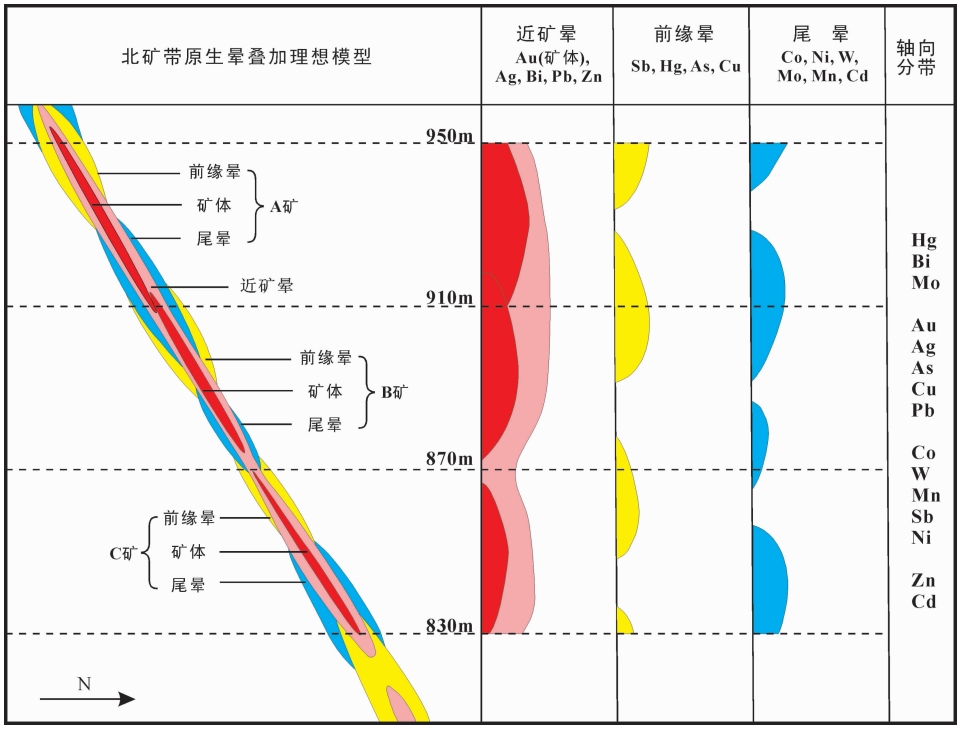

图 6 北矿带原生晕叠加理想模型

Fig.6 Ideal zoning model of the primary superimposed halos of the north ore zone

生晕强度均较弱,近矿晕几近尖灭,同时发育弱的尾晕与前缘晕的叠加;说明 870 m 中段附近发育两个小的矿体,且两矿体间隔的距离较大。830 m 中段情况较简单,发育较强的尾晕和弱的近矿晕,说明已到达矿体的尾部;部分勘探线叠加弱的前缘晕。

综合上述分析,建立如下北矿带原生晕叠加理想模型(图 6):在研究区内自上而下发育 A、B、C 三个小矿体;在原生晕轴向序列中,950 m 中段以强的前缘晕和尾晕叠加为特征;910 m 中段 A 和 B 两矿体叠加在一起,伴随强的前缘晕和尾晕的叠加;870 m 中段 B、C 两个矿体间隔的距离较大,各原生晕均较弱;830 m 中段发育强的尾晕,同时叠加有弱的近矿晕,矿体已经到达尾部,深部可能存在新的矿体。

7 结 论

在野外地质工作的基础上,通过对北矿带样品数据进行数学地质分析和原生晕分带序列计算以及微量元素衬值晕空间分布特征的讨论,建立了原生晕叠加的理想模型。得到以下结论:

(1)铧厂沟金矿北矿带中,Sb、Hg、As、Cu 为前缘晕元素组合,Au、Ag、Bi、Pb、Zn 为近矿晕元素组合,Co、Ni、W、Mo、Mn、Cd 为尾晕元素组合;轴向原生晕分带序列为:上 Hg-Bi-Mo-Au-Ag-As-Cu-Pb-Co-W-Mn-Sb-Ni-Zn-Cd 下。

(2)在 950 m 中段到 830 m 中段之间自上而下发育 A、B、C 三个小矿体;A 矿体尾部和 B 矿体头部叠加在一起,而 B、C 两个矿体间隔的距离较大;830 m 中段已经到达矿体尾部,矿体向深部延伸较小。

参考文献(References):

[1] 魏刚锋, 姜修道, 刘永华, 等. 铧厂沟金矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 矿床地质, 2000, 19(2):138-146.
Wei Gangfeng, Jiang Xiudao, Liu Yonghua, et al. Geological characteristics and ore-controlling factors of the Huachanggou gold deposit[J]. Mineral Deposits, 2000, 19(2):138-146(in Chinese with English abstract).

[2] 何希杰, 劳学苏. 回归分析中临界相关系数的求值方法 [J]. 河北工程技术高等专科学校学报, 1993, (2):12-19.
He Xijie, Lao Xuesu. The method for regression analysis critical of related coefficient [J]. Journal of Hebei Engineering and Technical College, 1993, (2):12-19(in Chinese).

[3] 董庆吉,陈建平,唐宇. R 型因子分析在矿床成矿预测中的应用——以山东黄埠岭金矿为例[J]. 地质与勘探, 2008, 44(4):64-68.
Dong Qingji, Chen Jianping, Tang Yu. Application of R type

factor analyses in mineralization prognosis: by an example of Huangbuling gold deposit, Shandong Province [J]. Geology and Prospecting, 2008, 44(4):64-68(in Chinese with English abstract).

[4] 刘晓玲, 陈建平. R 型因子分析在青海省治多杂多地区成矿预测中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2010, 32(3):332-336.
Liu Xiaoling, Chen Jianping. A case study of R-factor analysis for metallogenic prognosis applied to Zhiduo-Zaduo area of Qinghai Province [J]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2010, 32 (3):332-336 (in Chinese with English abstract).

[5] 辛洪波, 邓军, 王建国, 等. 山东焦家金矿床新Ⅲ号脉原生晕研究及成矿远景评价[J]. 黄金, 2005, 26(5):13-16.
Xin Hongbo, Deng Jun, Wang Jianguo, et al. The primary halo research and the metallogenetic perspective analysis on the new Ⅲ vein of Jiaojia gold deposit in Shandong Province[J]. Gold, 2005, 26 (5):13-16(in Chinese with English abstract).

[6] 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.
Li Hui, Zhang Wenhua, Liu Baolin, et al. The study on axial zonality sequence of primary halo and some criteria for the application of this sequence for major types of gold deposits in China[J]. Geology and Prospecting, 1999, 35(1):32-35(in Chinese with English abstract).

[7] 黄薰德, 吴郁彦. 地球化学找矿[M]. 北京:地质出版社, 1986:1-180.
Huang Xunde, Wu Yuyan. Geochemical Prospecting [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986:1-180(in Chinese).

[8] 陈化奇. 多元素衬值累加晕在化探异常评价中的应用 [J]. 甘肃地质, 2008, 17(4):90-93.
Chen Huaqi. Application of multi-element contrast accumulative halo in evaluating geochemical anomalies [J]. Gansu Geology, 2008, 17(4):90-93(in Chinese with English abstract).

[9] 邵跃. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京:地质出版社, 1997:15-19.
Shao Yue. Rock Measurements (Primary halo method) in the Hydrothermal deposits prospecting [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1997:1-62(in Chinese).

Primary halo characteristics of the north ore zone in the Huachanggou gold deposit, Lueyang County, Shaanxi Province

LIU Chong-hao[1], LIU Jia-jun[1], WANG Jian-ping[1], YANG Long-bo[1], WANG Wei-yu[2], WANG Li-xin[2], YU Kang-wei[2], WANG Ling-tong[2]

(1. *State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*;
2. *Huachanggou Gold Mine of Lueyang County, Lueyang* 724312, *Shaanxi, China*)

Abstract: The Huachanggou gold deposit of Shaanxi Province occurs in the submarine basic volcanic effusive spillite. Based on field geological work in the Huachanggou gold deposit, this paper analyzes trace elements of the samples in the north ore zone by such means as geo-mathematic analysis and calculation of the primary halo zoning. The result shows that the front halo elements are Sb, As, Cu, Hg, the near-ore halo elements are Au, Ag, Bi, Pb, W, and the rear halo elements are Ni, Co, Mn, Mo, Zn, Cd. The primary halo axial zoning sequence from the top to the deep part of the north ore zone is Hg-Bi-Mo-Au-Ag-As-Cu-Pb-Co-W-Mn-Sb-Ni-Zn-Cd. According to the characteristics of threshold halo zoning, the ideal zoning model of the primary superimposed halos is built. Three ore bodies (A, B and C) appear in the area form the 950m level down to the 830m level. The tail of ore body A is stacked on the top of ore body B, while ore body C is far away from ore body B. The tail of the ore body C appears at the 830m level, and the its downward extension is not large.

Key words: geo-mathematic analysis; primary halo; ideal zoning models; Huachanggou gold deposit; Shaanxi

---

About the first author: LIU Chong-hao, male, born in 1989, master, engages in the study of ore deposit geochemistry; E-mail: hawking.2@163.com.