

青海同仁德合龙洼铜金矿床成矿预测

康亚龙^{1,2}, 刘继顺¹, 曹勇华¹

(1. 中南大学地球科学与信息物理学院, 长沙 410083;

2. 西部矿业股份有限公司, 西宁 810001)

摘要: 通过分析德合龙洼铜金矿床区域地质、矿床地质特征, 利用钻孔岩心样品分析微量元素分布规律, 运用1:5 000原生晕确定多元素组合异常规律, 对矿区进行成矿预测。研究表明, 钻孔ZK01-1的前晕元素、中晕元素和尾晕元素均指示出该孔-210 m处的强矿化区段, 说明其微量元素的分布对成矿作用具有较好的指示意义; 从原生晕地球化学特征可知, 在矿体的东北部、西北部极有可能存在隐伏矿体, 在矿区的东北角和西南部也有可能存在隐伏矿体; 因子分析中成矿元素在主因子 F_3 和 F_1 均有较高的因子载荷, 说明本区的成矿作用是多阶段多成因的。通过综合研究确定3个找矿预测靶区, 为矿山进一步开展找矿工作提供了重要依据。

关键词: 德合龙洼铜金矿床; 主因子; 成矿预测; 青海省

中图分类号: P612; P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

德合龙洼铜金矿床位于青海黄南州同仁县东部, 在青藏高原的北东端; 大地构造位置位于松潘—甘孜构造带、同德—泽库早印支造山亚带, 南与青藏高原接壤, 北与祁连构造带相邻。该研究区又位于秦、祁、昆成矿带的交汇部位, 属于西秦岭成矿带。前人对秦、祁、昆成矿带进行过系统的研究^[1-12]。近年来, 对德合龙洼铜金矿的研究取得了许多重要的成果^[3-4, 7-8]。傅晓明等^[4]曾对德合龙洼铜金矿床流体进行气液相成分、均一测温研究, 提出了成矿流体特征。本文通过分析矿区区域地质、矿床地质特征, 对矿区进行成矿预测, 为矿区找矿工作提供参考。

1 成矿地质背景

矿区地层主要为二叠系、三叠系。其中, 二叠系下统大关山群的碳酸盐岩、碎屑岩, 岩性为长石石英

砂岩、泥质板岩夹砂岩、硅化大理岩和石英砂岩; 三叠系下统隆务河群的碎屑岩, 岩性为粉砂岩与角岩化板岩、硅质板岩夹长石和石英砂岩(图1)。矿区位于岗察背斜南翼, 断裂构造极为发育, 以NW向与NE向断裂组为主。矿区岩浆岩以侵入岩为主, 侵入岩为印支期造山带I型系列花岗岩类, 岩性由西向东为花岗闪长岩、闪长岩, 组成岗察岩体的主体。

2 矿床地质特征

2.1 矿带特征

德合龙洼铜金矿床矿体可分为南矿带、北矿带(图2)。

南矿带赋存于三叠系下统隆务河群碎屑岩中, 受控矿构造 FP_1 控制, 长约4.5 km, 宽300~500 m。其北部主要为脆韧性断裂, 黄铁矿化、黄铜矿化发育; 南部则以脆性断裂为主, 次级断裂多平行展布, 断裂带宽1~2 m, 带内多见碎裂岩, 沿断裂破碎带可见辉长岩、闪长玢岩等, 辉长岩的角砾裂隙中存在脉状、网脉状的黄铁矿、黄铜矿、毒砂及少量辉钼矿。

收稿日期: 2012-10-08; 责任编辑: 赵庆

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(编号: 07JJ6071)“青海省德合龙洼矿区地质综合研究及找矿预测”资助。

作者简介: 康亚龙(1967-), 男, 博士研究生, 矿产普查与勘探专业。E-mail: kangyalong2009@126.com

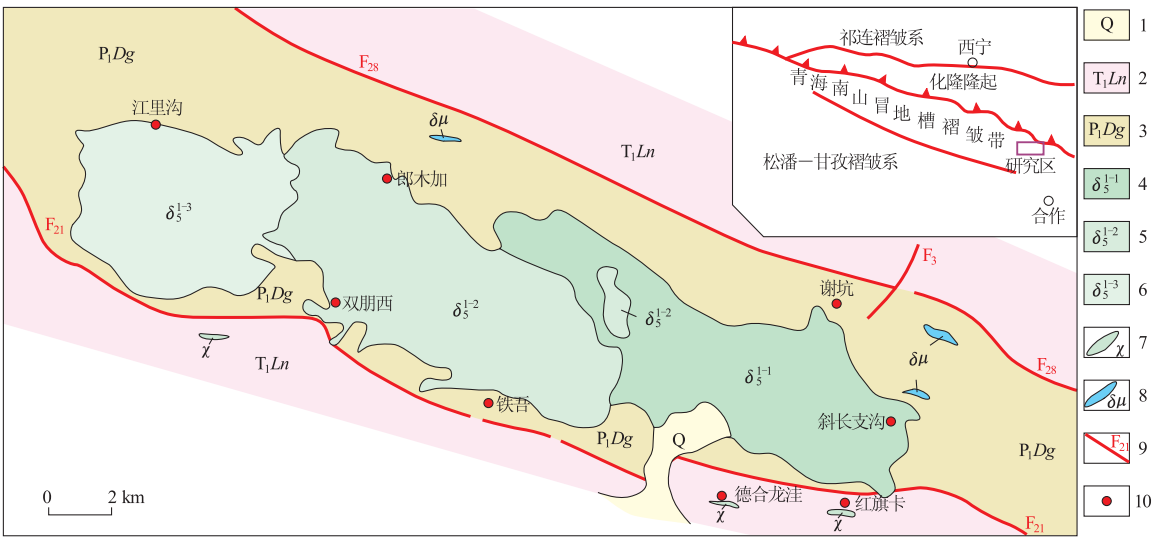


图 1 德合龙洼铜金矿床地质简图(据张涛,2007)

Fig. 1 Geological sketch of Dehelongwa copper-gold deposit

1. 第四系;2. 下三叠统;3. 下二叠统;4. 闪长岩类;5. 花岗闪长岩类;6. 斑状花岗闪长岩类;7. 煌斑岩;
8. 闪长岩脉;9. 断裂破碎带;10. 铜金矿

北矿带赋存于花岗闪长岩与二叠系下统大关山群外接触带的夕卡岩中。由外向内分别为石榴石夕

卡岩、透辉石夕卡岩。北矿带长约 7 km,宽 80~200

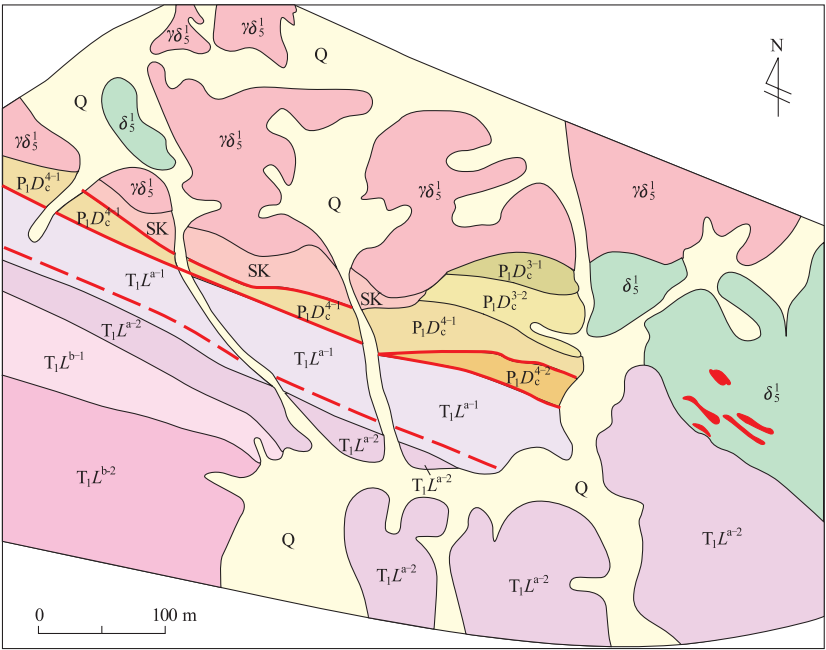


图 2 德合龙洼铜金矿矿区地质简图

Fig. 2 Geological sketch of Dehelongwa copper-gold deposit area

1. 第四系;2. 三叠系下统隆务河群第二岩性段第二层;3. 三叠系下统隆务河群第二岩性段第一层;
4. 三叠系下统隆务河群第一岩性段第二层;5. 三叠系下统隆务河群第一岩性段第一层;6. 二叠系
下统大关山群上岩组第四岩性段第二层;7. 二叠系下统大关山群上岩组第四岩性段第一层;8. 二
叠系下统大关山群上岩组第三岩性段第二层;9. 二叠系下统大关山群上岩组第三岩性段第一层;
10. 花岗闪长岩;11. 闪长岩;12. 夕卡岩;13. 矿体;14. 实测及推测断层

m,NE 向、NW 向断裂带与矿化关系密切。NE 向断裂是张性断裂,为长 40~100 m、宽 2~5 m 的碎裂岩带,走向 115°,倾角 78°;NW 向属张性断裂,断裂带内有平行展布的张性裂隙,裂隙长 20~80 m,宽 2~10 cm,石英碳酸盐岩脉充填于裂隙中。矿体产于 NE 向和 NW 向断裂交汇部位。

2.2 矿体特征

德合龙洼铜金矿共有 9 个矿体,主要分布于 16—39 勘探线之间,赋存于 FP₁ 破碎蚀变带中,倾向上平行脉状产出,走向上呈尖灭再现。主要矿体为 CuAu₁,CuAu₂,出露标高 3 432~3 539 m。

(1)CuAu₁ 矿体:赋存于脉岩与围岩的接触带中,地表由 2 个探槽工程控制,深部由 4 个钻孔工程控制。矿体水平厚 1.18

m,长约280 m,总体走向215°,倾角63°。金平均品位 3.70×10^{-6} ,铜平均品位1.58%。初步估算333资源量,金为0.95 t,铜为 0.41×10^4 t。

(2)CuAu₂矿体:赋存于脉岩与围岩的接触带中,地表由4个探槽工程控制,深部由3个钻孔工程控制。矿体水平厚1.99 m,长约590 m,总体走向215°,倾角65°。金平均品位 5.15×10^{-6} ,铜平均品位1.66%。初步估算334远景资源量,金为0.95 t,铜为 0.41×10^4 t。

3 钻孔 ZK01-1 原生晕特征

从图3(纵坐标以地表为0 m)可见钻孔ZK01-1各微量元素在垂直方向上的线分布特征。

(1)成矿元素Cu和Au的分布特征基本相似,但Cu的分布曲线相对较复杂,除了在约-90 m、-210 m、-490 m有较明显峰值外,还有一些小的峰值出现,而Au则无这种情况,说明在成矿作用过程中Cu的活动性大于Au。

(2)前晕元素Mn的分布相对较杂乱,没有较为稳定的分布规律,这与Mn元素本身易被活化迁移有关。Mn元素在垂向上约-130 m、-210 m、-400 m、-480 m、-630 m等处有几个明显的峰值,与成矿元素Cu,Au的分布曲线相比较,上部的峰值具有一定的指示意义,Mn的这种分布特征说明本区的成矿作用是多期次多阶段的,Mn被多次活化迁移,Mn在钻孔底部出现峰值,也可能预示下部有矿体产出。As的分布较为简单稳定,在-90 m、-210 m、-480 m处的峰值也较明显,这些峰值与Mn的峰值基本吻合,在-480 m处峰值相对较小,以下无较为明显的峰值出现,推测Mn在-630 m处的峰值也只是元素活化迁移的结果。

(3)中晕元素Co,Bi,Ag,Sn的分布特征与成矿元素Cu,Au基本相似。中晕元素Zn和Pb按照元素化学活动性,它们应比成矿元素活跃,但在本次元素分带性分析中比较靠后,也应是本区多期次多阶段成矿作用的结果。总体来讲都较为复杂,特别是Pb分布峰值不很明显,Ni和Hg的分布情况类似。

(4)尾晕元素中,Sb,W,Mo的分布曲线有几个峰值,基本位于中晕元素峰值的下方,但在-400 m以下没有出现明显的峰值;Ti,V,Cr,Ba,Sr等元素没有明显的峰值,无可循规律。

总之,ZK01-1的前晕元素、中晕元素和尾晕元

素均指示出该孔-210 m处的强矿化区段,说明其微量元素的分布对成矿作用具有较好的指示意义。多个元素的分布显得较为杂乱,在其他区域也没有明显的异常区,说明本区成矿作用的复杂性,也指示了该孔深部及其附近地段没有较强的成矿作用,发育隐伏矿体的可能性小。

4 原生晕地球化学特征

采集德合龙洼铜金矿床样品1228件(1:5000),分析测试了Cu,Pb,Zn,Au,Ag,Sb,As,Bi,Hg,W,Fe₂O₃,Mo,Sn,Ba,Co,Cr,Ni,Sr,Mn,Ti等20个元素。根据各元素与成矿元素Cu,Au的相关关系(表1)、各元素之间的地球化学性质以及它们与地质背景的关系,本区多元素异常组合划分为:①成矿元素异常组合:Cu-Au;②指示元素异常组合:直接指示元素异常组合As-Sb-Sn-Bi;间接指示元素异常组合Pb-Zn-Co;③成矿环境元素异常组合:Ni-Ti-Co,Mo-Sn。

德合龙洼矿区成矿元素有Cu,Au两种,分别作了Au,Cu和Au-Cu的元素(组合)异常图(图4)。图4中各图的共同特点是异常的展布方向与区域构造线一致,即与赋矿的破碎带方向一致,可能说明本区矿体的产出与破碎带的关系相当密切。同时,图4也清楚地反映了研究区内比较明显的4个异常带,且4个异常带位置的重合性较好。其中,中部的异常带异常分布明显,范围较大,其分布范围与已揭露的矿体产出位置十分吻合,在该异常带的西北部有一个明显的高异常区,这个位置目前还没有矿体揭露;在该异常带的东北部存在异常强度更大的异常带,尽管这个异常带的连续性和分布范围不如中部异常带,但是它的异常强度比中部异常带高,如果考虑到该异常带西北部多为第四系覆盖,在其稍深的部位该异常带可能是连续的。另外2个异常带位于研究区的东北角和西南角,强度和范围相对较弱。

成矿元素和成矿元素组合指示着成矿规律,从原生晕地球化学特征可知,在矿体的东北部、西北部极有可能存在隐伏矿体,在矿区的东北角和西南部也有可能存在隐伏矿体。

5 因子分析与多元素组合分布特征

将该区化探样品进行因子分析,得到正交因子载荷(表2)。从表2可见,前4个主因子累计贡献

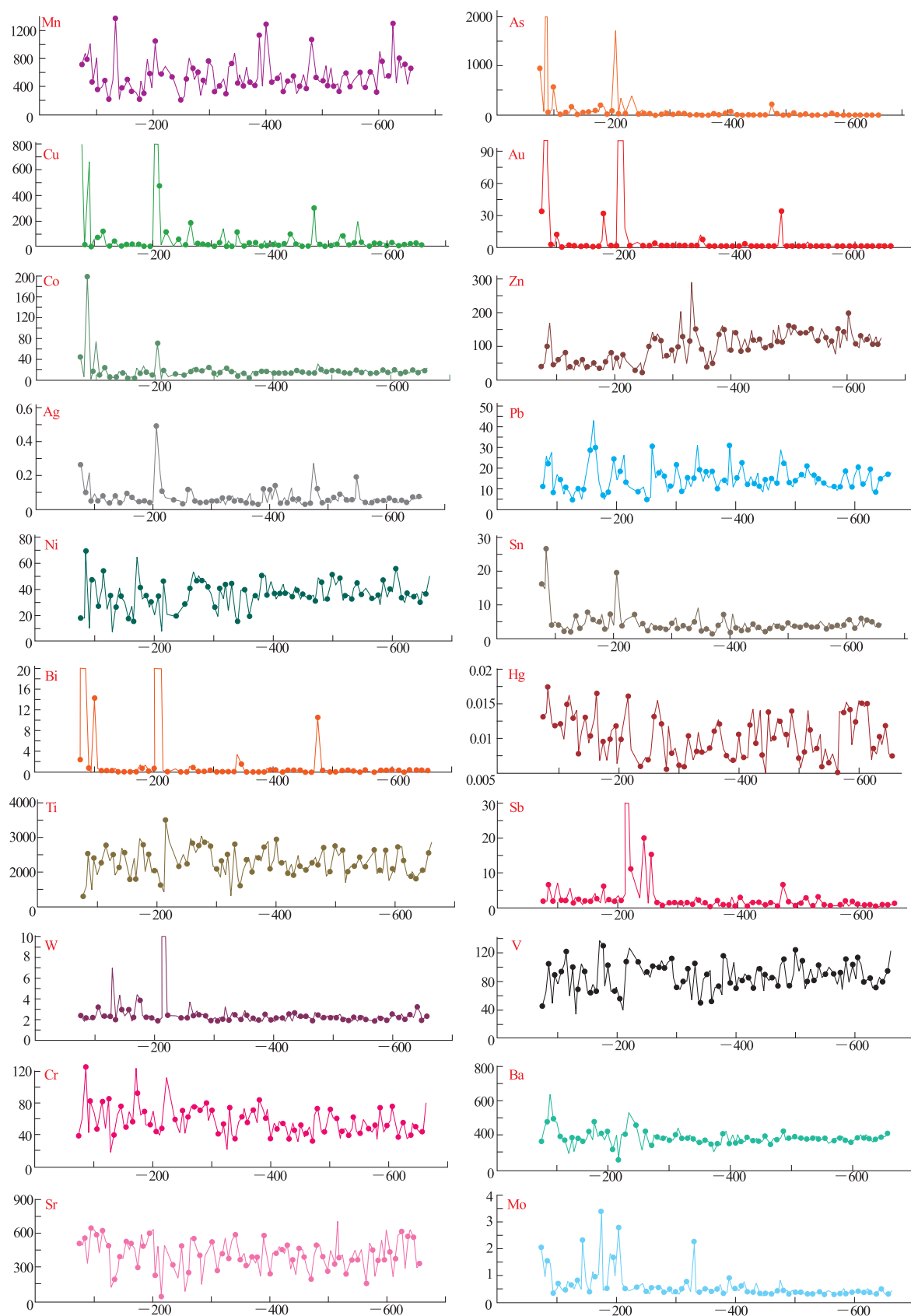


图 3 ZK01-1 各微量元素质量分数分布曲线

Fig. 3 Distribution curve of each trace element from drill hole ZK01-1

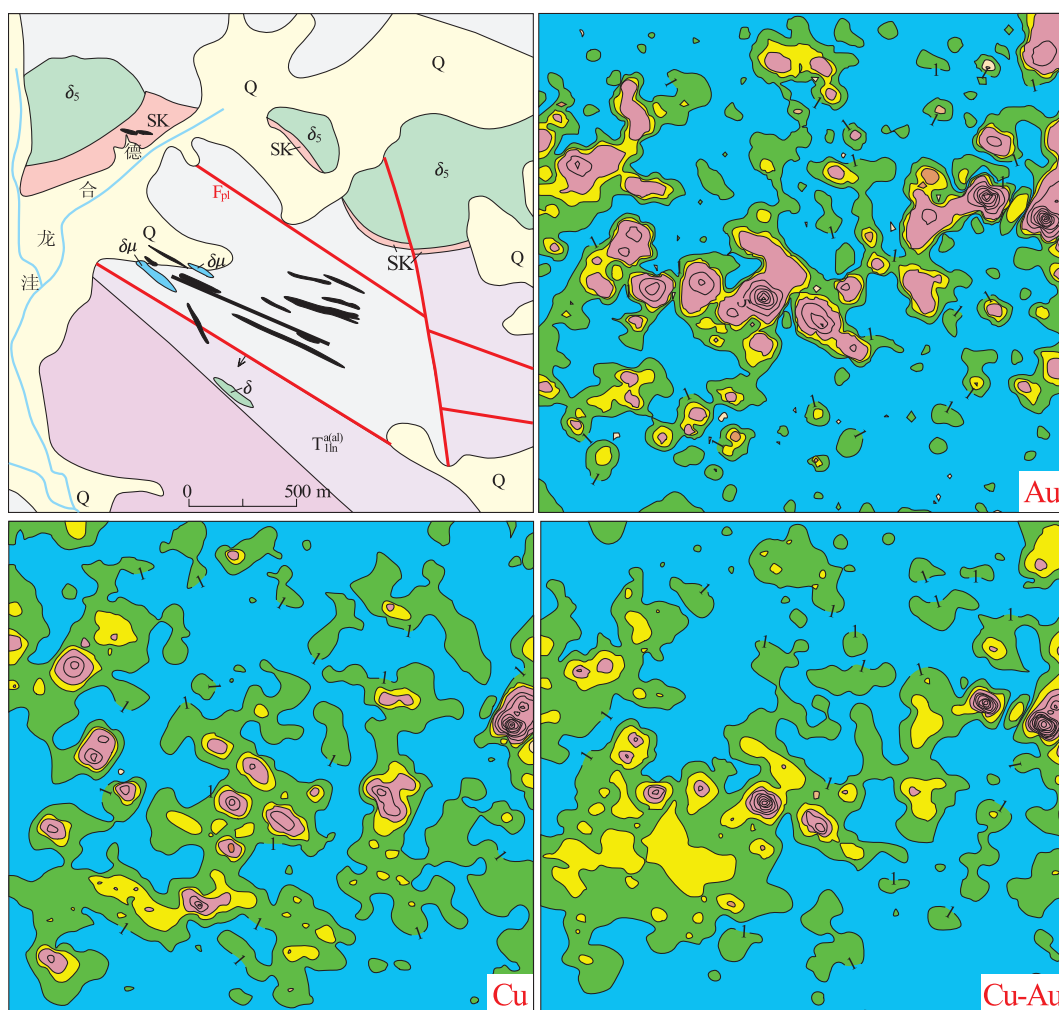


图 4 德合龙洼铜金矿床多元素组合异常图

Fig. 4 Multi-element combination anomaly map of Dehelongwa copper-gold deposit

表 1 德合龙洼铜金矿床元素统计参数

Table 1 Parameters for element statistics in Dehelongwa copper-gold deposit

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo	Sn	Ba	Co	Cr	Ni	Sr	Fe ₂ O ₃	Mn	Ti
Au	1.00																			
Ag	0.16	1.00																		
Cu	0.65	0.32	1.00																	
Pb	0.21	0.25	0.36	1.00																
Zn	0.12	0.16	0.27	0.90	1.00															
As	0.61	0.10	0.40	0.14	0.08	1.00														
Sb	0.59	0.17	0.70	0.33	0.14	0.32	1.00													
Bi	0.36	0.36	0.48	0.90	0.77	0.24	0.31	1.00												
Hg	0.13	0.06	0.18	0.29	0.33	0.11	0.05	0.34	1.00											
W	0.13	0.00	0.19	-0.01	0.00	0.15	-0.02	0.11	0.09	1.00										
Mo	0.14	0.03	0.18	0.04	0.05	0.15	0.05	0.11	0.00	0.10	1.00									
Sn	0.34	0.49	0.52	0.89	0.71	0.21	0.54	0.86	0.21	-0.01	0.07	1.00								
Ba	-0.12	-0.01	-0.05	-0.01	-0.03	-0.12	-0.01	-0.04	-0.01	0.08	-0.14	0.05	1.00							
Co	0.31	0.02	0.26	-0.01	0.00	0.27	0.01	0.10	0.05	0.07	0.22	-0.02	-0.34	1.00						
Cr	0.06	0.01	0.09	0.00	0.00	0.17	0.01	-0.04	0.01	-0.04	0.12	-0.01	-0.19	0.66	1.00					
Ni	0.18	0.08	0.24	0.08	0.05	0.19	0.09	0.08	-0.06	-0.03	0.17	0.09	-0.20	0.72	0.74	1.00				
Sr	0.11	-0.01	0.11	-0.01	0.01	0.15	-0.01	-0.01	-0.05	-0.14	0.07	-0.01	-0.51	0.23	0.08	0.12	1.00			
Fe ₂ O ₃	0.06	0.02	0.09	-0.02	-0.03	0.20	0.02	0.00	0.08	0.01	0.07	0.01	-0.01	0.62	0.62	0.54	0.09	1.00		
Mn	-0.01	0.01	-0.02	-0.01	-0.02	0.09	0.01	-0.02	0.06	0.03	-0.06	-0.03	-0.03	0.25	0.16	0.16	-0.07	0.50	1.00	
Ti	-0.10	-0.02	-0.13	-0.02	-0.03	-0.08	-0.03	-0.05	-0.01	0.11	0.03	-0.03	0.43	-0.03	0.11	0.09	-0.44	0.17	-0.04	1.00

注:样品数1 228个。

表 2 德合龙洼铜金矿床微量元素正交因子载荷

Table 2 Ortho factor loading of trace elements in Dehelongwa copper-gold deposit

	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆
Au	0.102	0.09	0.849	-0.118	0.145	-0.065
Ag	0.363	0.028	0.291	0.066	-0.271	0.011
Cu	0.304	0.113	0.807	-0.051	0.055	-0.1
Pb	0.963	-0.002	0.121	-0.002	0.014	-0.009
Zn	0.915	0.008	-0.041	-0.047	0.111	-0.025
As	0.022	0.188	0.638	-0.147	0.291	0.035
Sb	0.211	-0.043	0.811	0.07	-0.204	0.042
Bi	0.894	0.013	0.263	-0.023	0.142	-0.057
Hg	0.388	-0.021	0	-0.047	0.536	0.224
W	-0.058	-0.022	0.169	0.192	0.714	-0.152
Mo	0.036	0.255	0.096	-0.065	0.255	-0.606
Sn	0.87	-0.013	0.381	0.063	-0.14	-0.014
Ba	-0.006	-0.212	-0.002	0.787	-0.018	0.129
Co	-0.025	0.846	0.163	-0.226	0.142	-0.029
Cr	-0.006	0.874	-0.003	-0.008	-0.074	-0.029
Ni	0.063	0.866	0.121	-0.033	-0.128	-0.111
Sr	-0.022	0.113	0.059	-0.791	-0.093	-0.075
Fe ₂ O ₃	-0.019	0.792	0.048	0.083	0.089	0.374
Mn	-0.028	0.324	0.019	0.001	0.176	0.748
Ti	-0.018	0.196	-0.104	0.783	0.037	-0.152
特征值	3.762	3.183	2.847	2.014	1.229	1.221
累计贡献	18.811	34.728	48.961	59.03	65.178	71.285

值将近 60%，基本能说明本区的地球化学迁移特征。

主因子 F₁ 主要为 Pb-Zn-Bi-Ag-Sn 组合,属中低温元素组合,反映了本区的硫化物生成过程,元素的组合特点可能暗示了本区硫化物的形成与岩浆活动关系密切,本组合相当于指示元素组合。另外,成矿元素 Cu 和 Au 以及 Hg,Sb 等元素在该因子上的载荷也比较高,说明本区 Cu-Au 矿化与该组合元素关系密切,同时也反映该区矿化的复杂性。主因子 F₂ 是 Co-Cr-Ni-Fe₂O₃ 组合,该组组合和前述的地球化学异常结构分析中的第一组成矿环境元素组合基本类似,都是过渡族亲铁元素,反映了本区的亲铁环境,也说明了本区成矿作用与岩浆活动的关系,同时也可能指示成矿与夕卡岩化的关系。主因子 F₃ 为 Au-Cu-As-Sb 组合,该因子主要反映本区的成矿作用。此外,Ag,Bi,Sn 等元素在该因子上的载荷较高,成矿元素 Cu,Au 在 F₁ 等因子上也有较高的载荷,反映了本区矿床的形成比较复杂。主因子 F₄ 上载荷较高的元素是 Ba 和 Ti,该组合基本与尾晕元素相似,也反映了本区的亲铁环境。

按正交因子得分绘制前 4 个因子等值线图(图 5)。F₁ 主要是中低温元素组合,元素活动性较强,其对 Cu-Au 矿化具有一定的指示意义,它的等值线

分布特征基本与指示元素相同,即在现有矿体出露的地段高值不明显,但它的高值区可能指示下部矿体的存在;F₂ 是一组过渡族亲铁元素,其分布特征也与元素组合特征分析中的第一组成矿环境指示元素分布特征基本相同,高值区呈带状分布,且与破碎带的位置及方向吻合,进一步说明了本区的岩浆活动与破碎带有关;F₃ 代表本区的成矿作用过程,现有矿体出露部位均有高值反映,同时也具有带状分布的特征,本因子的分布特征对本区的成矿预测具有较大的指示意义;F₄ 相当于部分尾晕元素组合,其分布特征较为复杂,整体呈现东高西低的特点,这种情况也可能是由于区内总体地势是东高西低,东部地表剥蚀严重,上部矿体已被剥蚀掉,尾晕元素可能是被剥蚀矿体的反映。

6 成矿预测

(1)钻孔 ZK01-1 的前晕元素、中晕元素和尾晕元素均指示出该孔-210 m 处的强矿化区段,说明其微量元素的对成矿作用具有较好的指示意义。

(2)从原生晕地球化学特征可知,在矿体的东北部、西北部极有可能存在隐伏矿体,在矿区的东北角和西南部也有可能存在隐伏矿体。

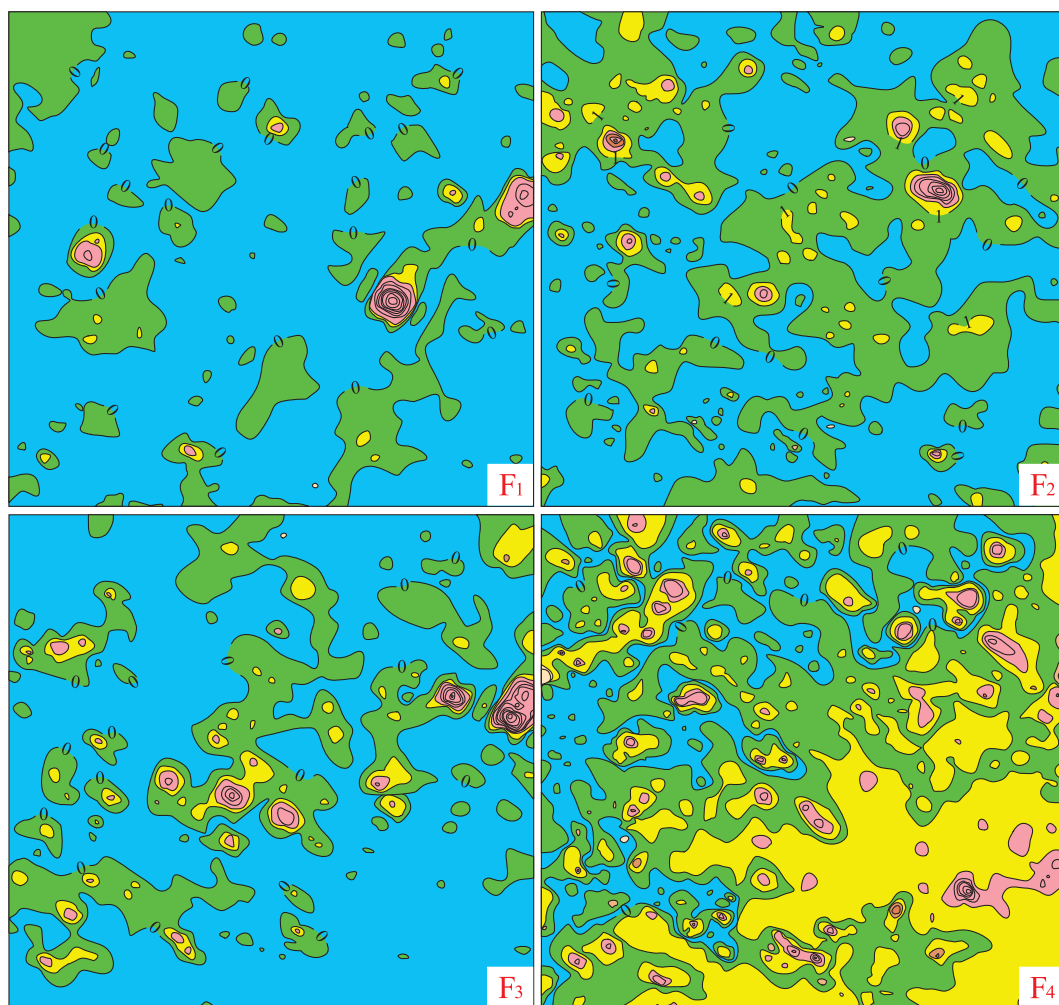


图5 德合龙洼铜金矿床正交主因子得分等值线图

Fig. 5 Score contour of the main factors Dehelongwa copper-gold deposit

(3)因子分析中成矿元素在主因子 F_3 和 F_1 均有较高的因子载荷,说明本区的成矿作用是多阶段多成因的。

(4)研究区内应发育有3条较大型的NW向平行排列的构造破碎带,岩浆也是沿这些破碎带侵入的,成矿元素、成矿指示元素、前晕和中晕元素、以及反映成矿作用的主因子在这3条破碎带上均有较强的异常分布,说明这些地段是成矿比较有利的部位,目前揭露的矿体均产于3条带的中间带内,异常的分布特征基本指示了矿体的产出部位,由此,现有揭露矿体的西北以及其余两带应有隐伏矿体的存在,是本区找矿潜力较大的部位(图6)。

I号预测区:位于中间破碎带的西北部,该区域的成矿元素、成矿指示元素和代表成矿作用的主因子 F_3 均有较强的异常分布,中晕元素也有一定强度

的异常存在,可能是现有揭露矿体向西北部的延伸,是本区找矿潜力较大的区域。

II号预测区:位于现有揭露矿体的东北部,为本区东北部构造破碎带范围,该区域的成矿元素、成矿指示元素、原生晕各带元素和代表成矿作用的主因子 F_3 均有较强的异常分布,其异常强度在本区是最大的,这种情况可能说明该区域最有利于矿体的形成,同时也可能存在上部矿体被剥蚀的情况,其下部有隐伏矿体存在的可能性较大。

III号预测区:位于现有揭露矿体的西南部,为本区西南部构造破碎带范围,该区域的成矿元素、成矿指示元素和代表成矿作用的主因子 F_3 也有较强的异常分布,前晕和中晕元素异常表现不很明显,由此说明该区也有可能存在隐伏矿体。

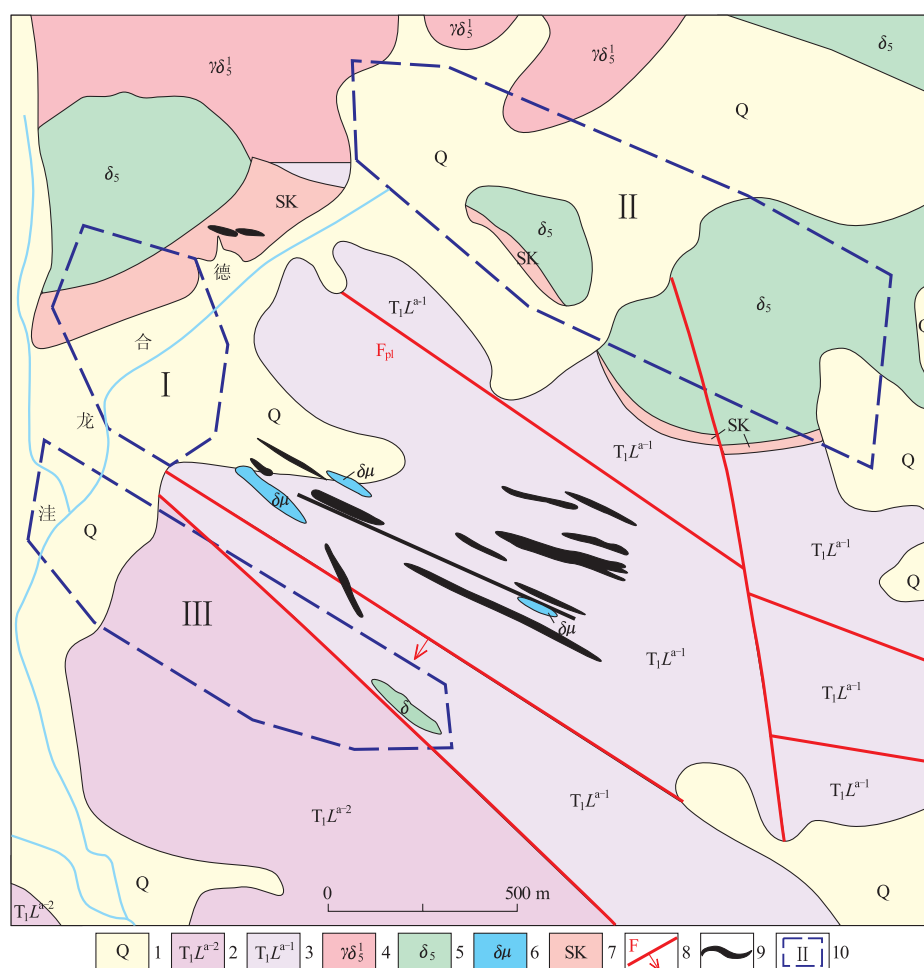


图 6 德合龙洼铜金矿床找矿预测图

Fig. 6 Map showing ore prediction results of Dehelongwa copper-gold deposit

1. 第四系; 2. 下三叠统隆务河群第一岩性段第二层; 3. 隆务河群第一岩性段第一层;
4. 花岗闪长岩; 5. 闪长岩; 6. 闪长玢岩; 7. 夕卡岩; 8. 断裂; 9. 矿体; 10. 预测区及编号

参考文献:

- [1] 范立勇, 王岳军, 李晓勇. 青海西秦岭地区晚中生代基性火山岩地球化学特征及构造意义[J]. 矿物岩石, 2007, 27(3): 63-72.
- [2] 傅晓明, 戴塔根, 息朝庄, 等. 青海双朋西金铜矿床的成矿流体特征及流体来源[J]. 地球科学进展, 2009, 24(5): 531-537.
- [3] 傅晓明, 息朝庄. 青海德合龙洼金铜矿床地质地球化学特征[J]. 地质找矿论丛, 2010, 25(2): 124-140.
- [4] 傅晓明, 戴塔根. 青海德合龙洼铜金矿床成矿流体特征[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2011, 42(4): 1066-1071.
- [5] 寇晓虎, 朱云海, 张克信, 等. 青海省同仁地区上二叠统石关组上部火山岩的新发现及其地球化学特征和构造环境意义[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2007, 32(1): 45-58.
- [6] 息朝庄. 青海同仁双朋西矿区地质地球化学特征及成矿预测研究[D]. 长沙: 中南大学, 2009: 1-122.
- [7] 息朝庄, 戴塔根, 王明艳. 青海双朋西金矿区原生晕特征及其指示意义[J]. 金属矿山, 2009, 393(3): 84-86.
- [8] 肖晓, 汤井田, 息朝庄, 等. 青海德合龙洼铜金矿区次生晕特征及其指示意义[J]. 金属矿山, 2009, 392(2): 105-117.
- [9] 殷鸿福, 张克信. 中央造山带的演化及其特点[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1998, 23(5): 437-441.
- [10] 张克信, 朱云海, 殷鸿福, 等. 大地构造相在东昆仑造山带地质填图中的应用[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2004, 29(6): 661-666.
- [11] 张涛. 青海双朋西一斜长支沟地区金矿成矿地质条件及成矿规律[J]. 西北地质, 2007, 40(3): 62-67.
- [12] 朱云海, 张克信, 陈能松, 等. 东昆仑造山带不同蛇绿岩带的厘定及其构造意义[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1999, 24(2): 134-138.

Metallogenic prognosis of the Dehelongwa copper-gold deposit, Tongren, Qinghai Province

KANG Yalong^{1,2}, LIU Jishun¹, CAO Yonghua¹

(1. School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Western Mining Company, Xining 810001, China)

Abstract: Based on the regional geology, deposit geology of the Dehelongwa copper-gold deposit, trace element distribution pattern of the drill core samples and multi-element combination anomaly pattern of primary halo survey at scale 1 : 5000, metallogenic prognosis is made for the deposit area. At drill hole ZK01-1 the head halo elements, the middle halo and tail elements all point to the strong mineralization at -210 m indicating good sense of prognosis of the distribution of trace elements. According to geochemical characteristics of the primary halo blind ore bodies may occur in the northeast and northwest of the ore body and northeast and northwest corners of the property. the main factor F_3 and f_1 of ore-forming elements have a higher factor loading indicating that mineralization in this area is in multi-stages and multiple genesis. Through comprehensive study three targets are predicted for further prospecting.

Key Words: Dehelongwa copper-gold deposit; main factor; metallogenic prognosis; Qinghai province