

东天山某金矿点原生晕分析及找矿预测

李玉坤, 李广, 杨彩龙, 王辰皓

(新疆维吾尔自治区地矿局第一地质大队, 新疆 昌吉 831100)

摘要: 文章基于对东天山某金矿点的元素背景分析和R型聚类分析发现, 区内的金元素是区域背景值的52.33倍, 变异系数为1.03, 呈强富集、极不均匀分布, 这表明区内金元素离散程度高, 迁移、富集成矿的能力强; 根据原生晕分带特征及分带模式, 对12勘探线剖面深部矿体进行了预测靶区圈定。

关键词: 金矿(点); 原生晕分析; 找矿预测; 东天山; 新疆

中图分类号: P618.51; P632.2 **文献标识码:** A

0 引言

康古尔塔格金矿带是新疆东天山20世纪80年代以来发现的一个重要岩金矿带, 位于塔里木和准噶尔两大板块的碰撞活动地带, 东西长约200 km, 已发现有金矿床(点)20余处。前人对康古尔塔格金矿带内典型的康古尔金矿^[1-7]、石英滩金矿^[8-9]、红石金矿^[10-11]开展过详细的成矿作用、成因机制、流体来源及原生晕特征等方面的研究工作。

东天山某金矿点是东天山康古尔塔格金成矿带中新发现的一处金矿点。本文基于对东天山某金矿点地表及深部岩石的系统采样, 分析其地球化学特征, 对东天山某金矿点进行原生晕分析^[12], 研究元素的组合特征, 建立矿床原生晕的分带模式^[13-15], 进而预测深部隐伏金矿体。

1 成矿地质背景

金矿点地处吐-哈地块南缘的雅满苏陆相火山盆地内, 位于雅满苏断裂与阿其克库都克断裂之间, 其南紧邻阿其克库都克大断裂(图1a); 雅满苏断裂以北为康古尔构造带, 阿其克库都克断裂以南为中

天山多期复合岩浆弧。东天山某金矿点区所处成矿区划属康古尔塔格金成矿带西段。

区内出露地层有: 下石炭统雅满苏组, 上石炭统土古土布拉克组, 下二叠统阿其克库都克组、阿尔巴萨依组。雅满苏组为一套陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造和中酸性火山岩建造, 土古土布拉克组为中基性火山岩-碳酸盐岩组合; 阿其克库都克组为一套陆源碎屑岩, 阿尔巴萨依组为一套火山岩及火山碎屑岩。

区内构造-岩浆活动十分强烈。岩浆岩以华力西期和印支期侵入岩最为发育, 有石英滩岩体、红云滩岩体、百灵山岩体等, 构成一个多期次侵入的复合岩体。区内构造变动异常强烈, 断裂十分发育, 构造形式以近EW向断裂及韧性剪切带为特征, 以康古尔巨型韧性剪切带最显著。

区内成矿地质条件优越, 周边区域内广泛分布有金、银、铜、锌、铁等矿床(图1a), 在矿点北部及东部主要有康古尔、马头滩、红石、石英滩、哈尔拉等多处金矿床, 南东部位有百灵山、红云滩铁矿床和彩霞山铅锌矿等矿床。

2 矿区地质概况

2.1 地层

收稿日期: 2018-08-03; 改回日期: 2019-07-12; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国地质调查局项目“新疆鄯善县沙尔德兰-花梁子地区矿产地质调查”(编号: 12120113044400)资助。

作者简介: 李玉坤(1986—), 男, 工程师, 2009年毕业于成都理工大学地质学专业, 从事矿产勘查方面工作。通信地址: 新疆昌吉市北京南路地质村综合办公楼三楼, 新疆地矿局第一地质大队; 邮政编码: 831100; E-mail: 56554894@qq.com

研究区内出露地层主要为下石炭统雅满苏组、下二叠统阿尔巴萨依组(图1b)。

下石炭统雅满苏组(C_1y)主要为一套碎屑沉积岩及碳酸盐岩建造,岩性为岩屑砂岩和砂屑灰岩。下二叠统阿尔巴萨依组(P_1aer)为一套火山岩及火山碎屑岩建造,岩性主要为流纹岩、英安岩、凝灰岩、角砾凝灰岩、角砾硅质岩等。

2.2 岩浆岩

研究区内主要的侵入岩为正长花岗斑岩。

岩体的 $w(FeO^*)/w(MgO)$ 值为 $7.10 \sim 35.99$; 铝饱和度指数 $A/CNK = 0.96 \sim 1.08$ 、 $A/NK = 1.00 \sim 1.11$, 属准铝质到弱过铝质; 岩体的锆石 U-Pb 谐和年龄为 $278 Ma \pm 2 Ma$ 。岩体的以上特征表明, 其属形成于二叠纪后碰撞伸展阶段的 A 型花岗岩。

2.3 蚀变带及矿化体特征

研究区金矿点由 2 条矿化蚀变带(I 号蚀变带、II 号蚀变带)组成。

I 号矿化蚀变带呈 NE—SW 向展布。蚀变带长约 2 km 左右, 宽 60~180 m, 蚀变岩性以角砾凝灰岩、火山角砾岩为主, 矿化蚀变为硅化、褐铁矿化、碳酸盐化、黄钾铁矾化。地表矿化体长约 800 m, 宽约 2~10 m, 走向 30° , 金平均品位 $w(Au) = 0.6 \times 10^{-6}$ 。

II 号矿化蚀变带位于 I 号矿化蚀变带东侧, 呈近 NE—SW 向产出, 出露长度约 1 km, 宽度在 100~200 m 之间, 走向 30° 。蚀变岩性以火山角砾岩、角砾硅质岩为主。矿化蚀变主要为硅化、褐铁矿化、碳酸盐化、黄钾铁矾化等, 局部地段可见零星孔雀石化。圈定 4 个矿化体, 矿化体厚 4.95~7.50 m, 金最高品位 $w(Au) = 0.42 \times 10^{-6}$, 平均 0.25×10^{-6} 。

2.4 矿石特征

东天山某金矿点矿石中金属矿物主要为褐铁矿、黄钾铁矾、微量自然金及孔雀石, 脉石矿物有石英、流纹质火山角砾、方解石及细小火山灰等。矿石结构为微细粒结构, 构造为块状、角砾状构造。矿石自然类型主要为含金细石英脉型。

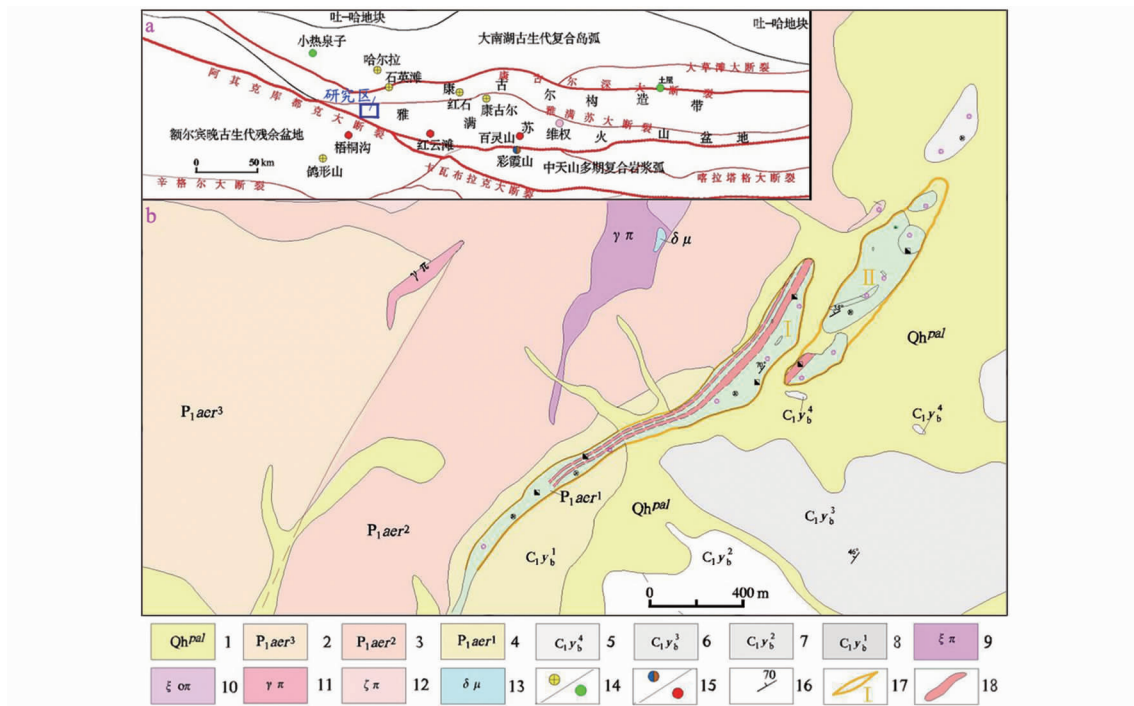


图1 东天山某金矿点构造位置图(a)及地质略图(b)

Fig. 1 Tectonic location map (a) and geological map (b) of a gold occurrence in east Tianshan area

1. 第四系; 2. 下二叠统第三层: 凝灰岩、晶屑凝灰岩; 3. 下二叠统第二层: 流纹岩;
4. 下二叠统第一层: 流纹岩、火山角砾岩、凝灰岩; 5. 下石炭统第四层: 岩屑砂岩、灰岩;
6. 下石炭统第三层: 岩屑砂岩; 7. 下石炭统第二层: 岩屑砂岩、灰岩; 8. 下石炭统第一层: 岩屑砂岩;
9. 正长斑岩; 10. 石英正长斑岩; 11. 花岗斑岩; 12. 英安斑岩;
13. 闪长玢岩; 14. 金矿床/铜矿床; 15. 铅锌矿床/铁矿床; 16. 产状及位置;
17. 蚀变带及编号; 18. 矿(化)体

3 矿区地球化学特征

3.1 样品采集与分析

本次原生晕分析采集岩石地球化学样品 544 件,样品分别采自地表矿化蚀变带和 ZK1201、ZK1202 钻孔。选择 Au、Ag、Cu、As、Sb、Bi、Pb、Zn、W(Hg)、Mo 共 10 个指示元素测试分析,分析方法:As、Sb、Bi,采用原子荧光光谱法(AFS)检测;Cu、Zn,采用 ICP-OES 法检测;W、Mo,采用示波极谱法(POL)检测;Ag、Pb,采用光谱深孔电极法(AES)检测;Au,采用石墨炉法检测。样品分析由新疆地矿局第一地质大队化验室完成,分析报出率均在 95% 以上,分析灵敏度和分辨率符合要求。

3.2 元素背景分布特征

根据本次地表所采岩石地球化学样品分析成果数据,利用 GeoIPAS 软件对 10 种元素原始数据进行统计分析,将原始数据转换成对数值,逐步剔除大

于或小于三倍标准离差的异常数据,终求得区内元素背景值(C_0)和变化系数(C_V)。各元素相关地球化学特征参数如表 1 所述。

根据表 1 中元素背景值和浓集系数统计结果,可以得出如下结论:

1)矿区各元素相对于东天山背景值而言,Au、As、Sb 显示出强富集分布,Pb、Bi、W、Mo 相对富集分布,Zn、Ag 显呈略低背景分布,Cu 相对较贫乏、显呈远低背景分布。

2)矿区各元素相对于 1:5 万区域背景值而言,与东天山背景值区特征基本一致。

3)Au、As、Sb 元素变异系数均大于 1.0,呈极不均匀分布,呈很不均匀分布,表明这些元素离散程度高,具有迁移、富集成矿的可能;Mo、Ag 变异系数均介于 1.0 和 0.5 之间,呈不均匀分布;Pb、Cu、W、Zn 变异系数均小于 0.5,呈均匀分布。

综上,东天山某金矿点 Au、As、Sb 元素呈强富集分布,变异系数较大,其具有相对有利的成矿地球化学条件。

表 1 东天山某金矿点地表元素背景特征参数统计

Table 1 Statistics of background characteristic parameter of surface elements at a Au occurrence in east Tianshan area

元素	东天山背景值	区域背景值(1:5 万化探)	矿区背景值(C_0)	矿区变异系数(C_V)	q_1	q_2
Cu	18	16.11	10.5	0.28	0.65	0.58
Pb	12.1	12.02	20	0.37	1.66	1.65
Zn	45.17	55.98	44	0.29	0.79	0.97
Au	1.04	0.86	45	1.03	52.33	43.27
Ag	53.88	40.18	50	0.88	1.24	0.93
As	6.44	5.22	490	1.29	93.87	76.09
Sb	0.41	0.46	110	1.32	239.13	268.29
Bi	0.18	0.16	0.5	0.47	3.13	2.78
W	0.89	1	3.3	0.46	3.30	3.71
Mo	1.79	0.87	5.5	0.50	6.32	3.07

注:量单位 $w(\text{Au,Ag})/10^{-9}$, $w(\text{其它元素})/10^{-6}$;浓集系数 $q_1 = \text{矿区背景值}/5 \text{ 万区域背景值}$, $q_2 = \text{矿区背景值}/\text{东天山背景值}$ 。

表 2 东天山某金矿点元素 R 型聚类分析统计结果

Table 2 Statistics of R-type clustering analysis of elements

元素	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	As	Sb	Bi	W (Hg)	Mo
Au	1	0.15	-0.06	-0.17	-0.17	0.41	0.62	0.03	0.04	0.43
Ag	0.65	1	-0.06	-0.09	-0.17	0.05	0.25	-0.14	0.00	0.10
Pb	-0.26	-0.18	1	0.29	0.24	0.03	0.00	0.10	0.10	0.05
Cu	0.32	0.23	-0.19	1	0.58	-0.13	-0.12	0.05	0.09	-0.08
Zn	0.27	0.19	0.09	0.36	1	-0.15	-0.23	0.13	0.08	-0.11
As	0.45	0.26	0.01	0.09	0.43	1	0.34	0.08	0.10	0.44
Sb	0.25	-0.02	0.00	0.11	0.04	0.33	1	0.04	0.00	0.44
Bi	-0.34	-0.33	0.34	-0.27	-0.11	-0.10	-0.01	1	0.14	0.12
W(Hg)	0.25	0.11	-0.05	0.14	0.13	0.50	0.56	0.15	1	0.02
Mo	0.20	0.19	0.11	0.23	0.02	0.17	0.39	-0.17	0.28	1

注:上三角为地表采样元素分析数据相关矩阵,下三角为钻孔采样元素分析数据相关矩阵。

3.3 R 型聚类分析

元素在自然界中的组合,是元素在某种地质环境中是否具有相似活动性的一种表现。在本次工作中,对矿区地表采集样品、钻孔样品分别进行了 R 型聚类分析。

(1) 地表元素特征

表 2 上三角区为东天山某金矿点地表采样分析数据 R 型聚类分析元素关系统计结果,图 2a 为东天山某金矿点地表采样分析数据 R 型聚类分析谱系图。依据谱系图 2a,大致可以将 10 种元素分为 3 个多元素组合、1 个单元素组合:

Au、As、Sb、Mo 元素组合:该组包括低温与高温热液元素,主要表现为与断裂构造有关的元素组合,也反映了热液作用的强烈程度。

Cu、Pb、Zn 元素组合:该元素组合主要属亲铁族元素组合,元素组合中出现中-高温元素 Pb、Zn,说明与热液关系较为密切。

Sn、Bi 元素组合:该组主要为高温-气化热液阶段元素组合,反映出可能形成与中酸性岩体有关的高温热液矿产。

Ag 单元素组合:与其它元素相关性较差,具有特殊的地球化学特点。

(2) 钻孔元素特征

表 2 下三角区为东天山某金矿点钻孔采样分析数据 R 型聚类分析元素关系统计结果,图 2b 为东

天山某金矿点钻孔采样分析数据 R 型聚类分析谱系图。依据谱系图 2b,大致可以将本区 10 种元素分为 2 个多元素组合:

Au、As、Ag、Cu、Zn 元素组合:该组为低-中温热液元素,主要表现为与断裂构造有关的元素组合,反映了热液作用的强烈程度。

Sb、Hg、Mo、Pb、Bi 元素组合:该组主要为中-高温气化热液阶段元素组合,反映出可能形成与中酸性岩体有关的高温热液矿产。

4 原生晕分析及找矿预测

4.1 原生晕分带模式

(1) 原生晕分带序列计算

热液矿床原生晕的一个重要特征就是具有分带现象。根据原生晕的分带性,可以评价原生晕的含矿性,确定矿体的剥蚀深度,对矿床的远景及矿体位置做出预测。

本次利用 GeoIPAS 软件计算出 ZK1201、ZK1202 钻孔原生晕分带序列(表 3)。按照各元素变化梯度的大小和水平的高低自上而下输出元素的分带序列。确定分带序列的方法如下:

①在同一行里即同一水平(或标高)只出现一个元素的最大分带指数时,不用考虑变化梯度的大小,按标高自上而下排列分带序列。

②在同一水平(或标高)出现两个或两个以上的最大分带指数时,可由变化梯度的大小顺序和标高自上而下排列分带序列。

(2) 原生晕分带特征

由表 3 可知,ZK1201、ZK1202 钻孔原生晕轴向分带序列分别为:Bi(尾晕)→Cu(近矿晕)→Au→As→Sb→Hg(前缘晕)→Mo→Ag→Pb→Zn(近矿晕);Mo→Bi(尾晕)→Pb(近矿晕)→Hg→As→Au→Sb(前缘晕)→Ag→Zn→Cu(近矿晕)。

通过分析可知,Bi、Mo 作为尾晕出现在序列上部,但其强度较弱,说明地表蚀变带具有一定剥蚀,但剥蚀程度较浅;近矿晕元素 Cu、Pb 与 Ag、Pb、Zn 位于缘晕元素 Au、As、Sb、Hg 两侧对称分布,在轴向上组成一个由内向外的典型原生晕分带模式(图 3)。

4.2 原生晕分析

(1) 前缘晕(As、Sb、Hg)

在平面上前缘晕 As、Sb 元素异常分布与地表蚀变带相对应,并且异常强度大。在剖面上 As、Sb、

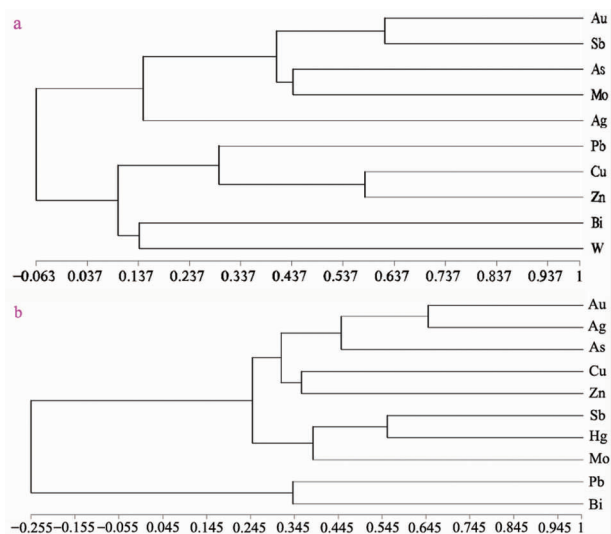


图 2 东天山某金矿点元素分析数据 R 型聚类分析谱系图

Fig. 2 The hierarchical diagram of R type cluster analysis of the occurrence

a. 地表采样元素分析数据 R 型聚类分析谱系图;

b. 钻孔采样元素分析数据 R 型聚类分析谱系图

表 3 原生晕轴向分带序列计算结果

Table 3 The calculation of primary dispersion halo axial zoning sequence

钻孔	元素	Au	Ag	Pb	Cu	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Mo
ZK1201	最大的分带指数所在水平	2	3	4	1	5	2	2	1	3	3
	变化梯度	69.80	-0.36	-2.55	6.09	-19.36	12.32	3.54	8.41	1.63	1.57
	分带序列	Bi(尾晕)→Cu(近矿晕)→Au→As→Sb→Hg(前缘晕)→Mo→Ag→Pb→Zn(近矿晕)									
ZK1202	最大的分带指数所在水平	7	8	5	9	9	7	8	3	6	1
	变化梯度	-206.03	-41.48	8.71	-38.36	-17.35	-89.44	-14.63	24.12	-54.47	25.4
	分带序列	Mo→Bi(尾晕)→Pb(近矿晕)→Hg→As→Au→Sb(前缘晕)→Ag→Zn→Cu(近矿晕)									

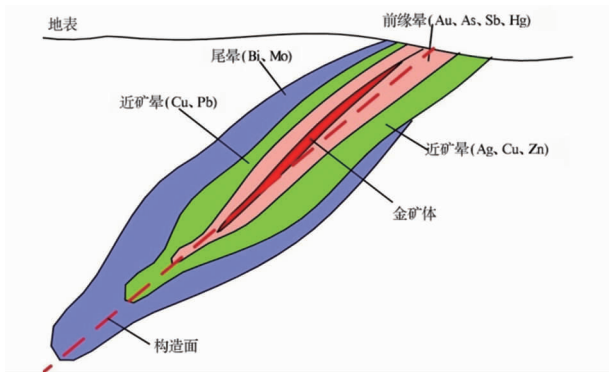


图 3 东天山某金矿点原生晕分带模式

Fig. 3 The primary dispersion halo zoning model the occurrence

Hg 异常强度表现为下部异常明显高于上部异常,异常宽度下部异常明显宽于上部异常。ZK1201 孔 As 含量最大值为 $w(As)=677\times10^{-6}$, Sb 最大值为 $w(Sb)=63\times10^{-6}$, Hg 最大值为 $w(Hg)=0.79\times10^{-6}$; ZK1202 孔 As 最大值为 $w(As)=2\,693\times10^{-6}$, Sb 最大值为 $w(Sb)=3\,023\times10^{-6}$, Hg 最大值为 $w(Hg)=6.9\times10^{-6}$ 。

(2)近矿晕(Ag、Zn、Cu)

在平面上,近矿晕 Au、Ag 元素异常分布与地表蚀变带相对应,并且异常强度大。在剖面上,Au、Ag 异常强度表现为下部异常(ZK1202)明显高于上部(ZK1201)异常;异常宽度表现为下部异常(ZK1202)明显宽于上部(ZK1201)异常。

(3)尾晕(Mo、Bi)

在平面上和剖面上尾晕 Mo、Bi 元素含量较低。通过对钻孔元素含量曲线图(图 4)综合分析可知,前缘晕 As、Sb、Hg 地表和剖面中强度高,自上向下逐步增强;近矿晕 Au、Ag 地表和剖面中强度高,自上向下也逐步增强,而 Cu、Pb、Zn 变化不明显;尾晕 Mo、Bi 元素无异常。

4.3 找矿预测

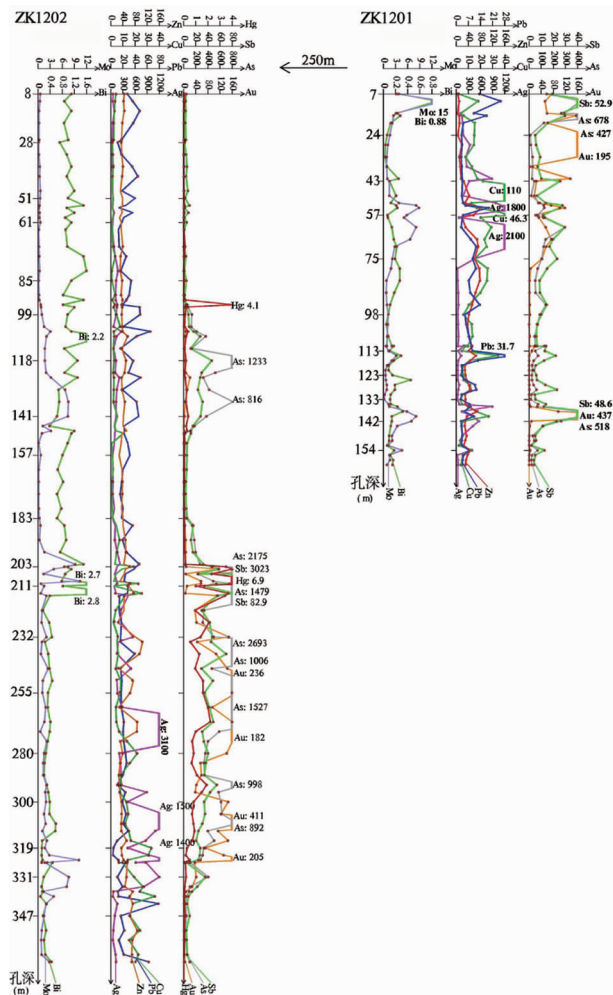


图 4 东天山某金矿点 ZK1201、ZK1202 钻孔元素含量曲线图

Fig. 4 The curve of element contents of samples from in ZK1201 and ZK1202

本次找矿预测以东天山某金矿点 12 勘探线施工成果为基础,结合原生晕分带模式及矿区地质特征、地球化学特征、蚀变带特征和原生晕横、纵向变化,预测 12 勘探线深部存在矿体可能性大,并且矿体埋藏具有一定的深度,预测矿体靶区范围如图 5

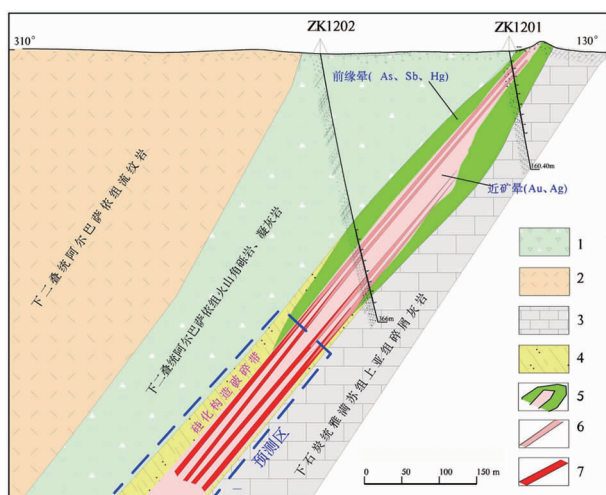


图5 东天山某金矿点原生晕的分带模式及预测图

Fig. 5 The primary dispersion halo zoning model and prediction diagram

1. 下二叠统阿尔巴萨依组火山角砾岩、凝灰岩;
2. 下二叠统阿尔巴萨依组流纹岩;
3. 下石炭统雅满苏组上亚组碎屑灰岩; 4. 硅化构造破碎带;
5. 近矿晕、前缘晕; 6. 金矿化 ($w(\text{Au}) > 0.2 \times 10^{-6}$);
7. 预测金矿体

所示(蓝色虚线区域)。

5 结语

(1)东天山某金矿点地球化学特征显示,金元素富集系数为 52.33,呈强富集分布;金元素变异系数为 1.03,呈很不均匀分布,表明元素离散程度高,具有迁移、富集成矿的可能。因此,区内金元素具有相对有利成矿的地球化学条件。

(2)东天山某金矿点元素的 R 型聚类分析结果表明,各元素组合与热液成矿作用有关,与矿点处于断裂北侧、岩浆活动强烈相一致,说明区内成矿地质

条件优越。

(3)通过东天山某金矿点原生晕分析,确定了原生晕分带序列,初步建立了原生晕分带模式,并在 12 勘探线剖面上进行深部找矿预测,圈定了预测靶区。

参考文献:

- [1] 姬金生,薛春纪,曾章仁,等. 新疆东天山康古尔塔格金矿带研究[J]. 地质论评, 1997, 43(1): 69-77.
- [2] 马天林,孙立倩,徐兴旺. 新疆东天山康古尔金矿控矿构造特征[J]. 地质力学学报, 1998, 4(2): 45-52.
- [3] 王义天,毛景文,陈文,等. 新疆东天山康古尔塔格金矿带成矿作用的构造制约[J]. 岩石学报, 2006, 22(1): 236-244.
- [4] 张连昌,姬金生,曾章仁. 东天山康古尔金矿床成矿流体地球化学特征及其来源[J]. 地球化学, 1999, 28(1): 18-25.
- [5] 张连昌,姬金生,李华芹,等. 东天山康古尔塔格金矿带两类成矿流体地球化学特征及其流体来源[J]. 岩石学报, 2000, 16(4): 535-541.
- [6] 张琰昌,姬金生,曾章仁,等. 东天山康古尔金矿成矿物源的同位素地球化学特征[J]. 现代地质, 1998, 12(3): 380-387.
- [7] 王志良,毛景文,吴淦国,等. 东天山康古尔金矿成矿晚阶段地幔流体参与成矿作用的碳氢氧同位素证据[J]. 地质学报, 2004, 78(2): 195-202.
- [8] 李强,孙继东,杨兴科,等. 新疆石英滩金矿床原生晕特征与隐伏矿预测[J]. 地质与勘探, 2005, 41(4): 66-72.
- [9] 马立成,杨兴科,王磊,等. 东天山石英滩金矿田控矿构造与原生晕深部预测[J]. 地质与勘探, 2006, 42(2): 24-28.
- [10] 曹洁,程建新,邱斌,等. 新疆红石金矿区韧性剪切变形特征与金成矿关系探讨[J]. 新疆地质, 2006, 24(2): 141-145.
- [11] 王义天,张文治,王磊,等. 新疆东天山红石金矿床成矿流体和物质来源示踪[J]. 岩石学报, 2007, 23(8): 1998-2006.
- [12] 王世新,杨毅恒. 新疆东天山红石金矿床原生晕特征与矿体叠加模型[J]. 世界地质, 2010, 29(3): 383-391.
- [13] 李惠,张国义,禹斌. 金矿区深部盲矿预测的构造叠加模型及其找矿效果[M]. 北京:地质出版社, 2006: 21-35.
- [14] 禹斌,李惠,李德亮. 成矿区带构造叠加研究及成矿预测[M]. 北京:地质出版社, 2011: 15-40.
- [15] 李惠,禹斌,李德亮. 构造叠加找矿方法及找矿效果[M]. 北京:地质出版社, 2011: 12-91.

The primary dispersion halos analysis and prospecting prediction of a gold occurrence, eastern Tianshan

LI Yukun, LI Guang, YANG Cailong, WANG Chenhao

(NO. 1 Geology survey party of Xinjiang Bureau of Geology, Mineral Resources and Development, Changji, 831100, Xinjiang, China)

Abstract: There is an Au occurrence in east Tianshan area. Background and R-type clustering analysis show that Au abundance at the occurrence is 52.33 times of the background value and the variation coefficient is 1.03. Au is strongly enriched and extremely unevenly distributed, i. e. highly dispersed and actively migrated so as to concentrated to be ore favorably. Based on the primary halo zoning pattern targets are predicted and located to depth of the exploration line 12.

Key Words: gold occurrence; primary dispersion halos analysis; prospecting prediction; eastern Tianshan; Xinjiang