

黑龙江宝兴沟金矿床构造叠加晕特征及深部预测

陈 卓¹, 李向文¹, 李师白¹, 宋贵斌¹, 公维国², 宋昊南¹

(1. 武警黄金第三支队, 黑龙江哈尔滨 150086; 2. 武警黄金第一总队, 黑龙江哈尔滨 150086)

[摘要] 宝兴沟矿区位于黑龙江省塔河县, 2002 年由 1:10 万水系沉积物测量异常圈定, 2007 年通过 1:1 万和 1:2 万土壤测量进一步圈定了异常范围, 并利用槽探工程进行揭露, 首次发现了 Au 矿体, 矿体主要为蚀变砂岩、蚀变闪长岩、蚀变闪长玢岩等, 少量为含金石英脉, 以中-低温蚀变为主。本文在充分收集矿区已有资料的基础上, 结合矿区最新的钻孔采样数据, 对矿床地球化学特征进行了研究; 分析了矿床构造叠加晕分布特征, 矿床前缘晕特征指示元素为 Sb、As, 近矿晕特征指示元素为 Pb、Ag、Au、Zn、Cu, 尾晕特征指示元素为 W、Mo、Bi, 初步确定了宝兴沟金矿床串珠状矿体、不同深部矿体组合的构造叠加晕模式; 并依据已知矿体及矿床构造叠加晕, 对深部有利成矿部位进行了预测, 指出 I-1-1 号矿体向下应有很大的延伸或 I-1-3 号矿体深部应有盲矿存在, I-2-1 号矿体深部可能有盲矿体存在。

[关键词] 构造叠加晕 深部预测 宝兴沟金矿床 黑龙江

[中图分类号] P632+.2 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2018)03-0535-09

Chen Zhuo, Li Xiang-wen, Li Shi-bai, Song Gui-bin, Gong Wei-guo, Song Hao-nan. Characteristics of superimposed structural haloes and deep-seated ore prediction in the Baoxinggou gold deposit of Heilongjiang Province [J]. Geology and Exploration, 2018, 54(3): 0535-0543.

0 引言

宝兴沟金矿床地处黑龙江省塔河县境内, 大地构造上位于蒙古-鄂霍茨克造山带东南缘, 额尔古纳板块(图 1)腰站坳陷与十八站隆起的过渡部位(图 2), 是黑龙江 Au(Cu-Mo) 成矿带重要组成部分(张纯歌等, 2012), 也是该区发现的唯一达到中型规模的金矿床。前人对宝兴沟金矿床成因、时代及控矿因素做过较多的研究, 中生代上黑龙江地区进入了滨太平洋构造域时期, 岩石圈发生了伸展运动, 形成以断裂-岩体-地层为一体的成矿系统, 为矿床形成创造了有利条件(白云龙等, 2015), 其成矿集中于 125Ma 左右(程晓飞等, 2011), 矿体严格受断裂构造控制, 燕山晚期的闪长岩、闪长玢岩, 特别是闪长玢岩含 Au 较高, 为金成矿提供部分矿质来源(周传芳等, 2012), 其水系沉积物异常以侵入体为中心分布, 与侵入体关系密切, 且矿区地层 Au 平均含量明显高于中国东部和地壳克拉克值, 离散度较大, 表明发生过活化迁移和重新分配(赵炳新

等, 2010), 成矿为地层、构造和岩体共同作用的结果。本文在充分收集矿床资料的基础上, 结合最新的钻孔采样数据, 对宝兴沟金矿床构造叠加晕模式进行分析, 进行深部矿体预测, 以期进一步为区内寻找同类型矿床提供依据。

1 矿床地质特征

1.1 矿区地质

矿区出露地层有中侏罗统二十二站组(J_2er)和漠河组(J_2m)。二十二站组主要岩性为粗中粒岩屑长石砂岩、中粒长石石英砂岩、中粒长石岩屑砂岩、含砾长石岩屑粗粒砂岩、含粉砂质粘土岩等, 二十二站组 Au、As、Sb、Ag 等相对富集, 且变异系数相对较大。漠河组出露于矿区西北部, 与二十二站组呈整合接触, 主要岩性为黑灰色砾岩、粗砂岩、长石岩屑砂岩、泥质粉砂岩及煤层(图 2)。

区域上断裂构造主要有 NE 向的依西肯-二十站断裂、绥安站-十五里桥断裂和 NE、NW 向次级断裂(周传芳等, 2012), 根据遥感地质解译, 矿区内

[收稿日期] 2017-03-30; [改回日期] 2018-02-01; [责任编辑] 吴磊。

[基金项目] 中国地质调查局项目(编号 12120115041801)资助。

[第一作者] 陈卓(1989 年-), 男, 2014 年毕业于中国地质大学(北京), 获硕士学位, 工程师, 长期从事区矿调工作。E-mail: chenz121@163.com。

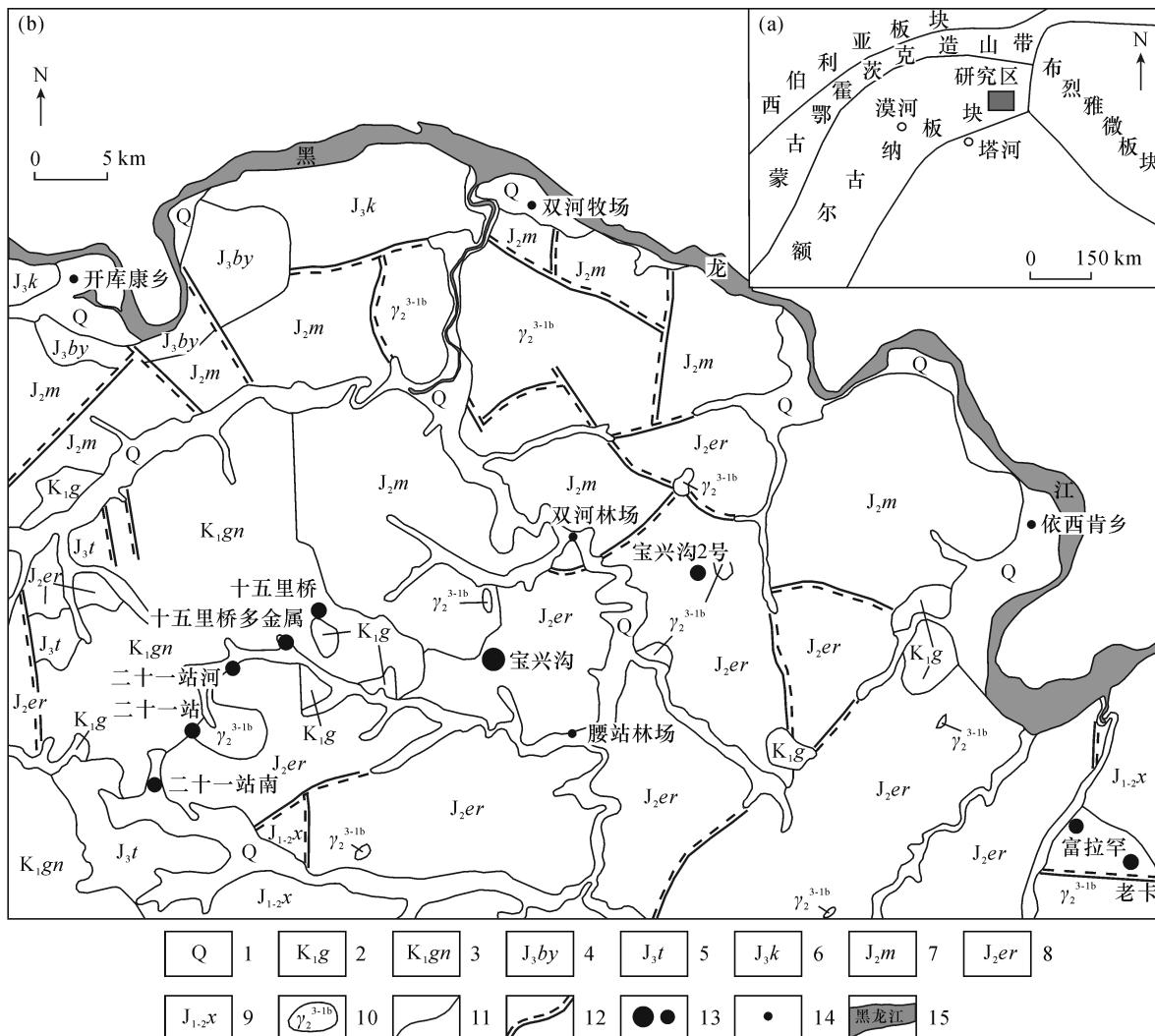


图 1 宝兴沟金矿床大地构造位置(a)(据谢鸣谦,2000 修改)及区域地质图(b)

Fig. 1 Tectonic setting (a) (modified from Xie, 2000) and regional geological map (b) of the Baoxinggou gold deposit

1 - 第四系;2 - 甘河组;3 - 光华组;4 - 白音高老组;5 - 塔木兰沟组;6 - 开库康组;7 - 漠河组;8 - 二十二站组;9 - 绣峰组;10 - 晋宁期花岗岩;11 - 地质界线;12 - 断层;13 - 矿床(点);14 - 居民点;15 - 河流

1 - Quaternary;2 - Ganhe Formation;3 - Guanghua Formation;4 - Baiyingaolao Formation;5 - Tamulangou Formation;6 - Kaikukang Formation;7 - Mohe Formation;8 - Ershierzhan Formation;9 - Xiufeng Formation;10 - granite of Jining period;11 - geologic boundary;12 - fault;13 - deposit or mineral occurrence;14 - residential area;15 - river

发育 NE、NNW、NWW、EW 和 NS 向断裂,NE 向断裂广布全区,控制了 NE 向岩脉及矿体的展布,是主要的控矿构造,受 NW 向断裂影响,断续分布;NNW 向断裂,广布全区,但连续性最差;NWW 向断裂连续性好,长度大,明显切割 NE、NS 向断裂;EW 向断裂连续性好,长度大,剪切特征明显,具有近似等间距分布特点;NS 向断裂广布全区,以中东部最为明显,连续性也最好。经综合分析,断裂生成顺序为: NS 向→NE、NNW 向→NWW 向→EW 向断裂。

矿区岩浆岩呈岩株、岩脉状分布于北部、中部和西南部,岩性主要为(石英)闪长岩、花岗细晶岩、闪长玢岩、花岗闪长岩、二长岩、正长斑岩等,矿区内侵

入岩体至少分为两期侵入,早期花岗细晶岩侵位时间为 156Ma,晚期(石英)闪长岩、闪长玢岩、二长岩的侵位时间为 118~125Ma,(石英)闪长岩脉、闪长玢岩脉与金矿成矿关系密切。

1.2 矿化特征

矿体主要受 NE 向断裂控制,总体走向为 5°~50°,倾向 SE,倾角为 20°~44°,呈似层状、脉状,有分支复合现象,地表呈舒缓波状。在 1:10 万水系异常内,矿区异常也具有 NE 向展布的特征,主要元素组合为 Au、Ag、As、Sb、Zn(李庆录等,2011)。I-1 号矿化带产状 130°∠25°~40°,平均厚度为 7.51m,ZK0701 控制最大厚度为 22.88m,单样最

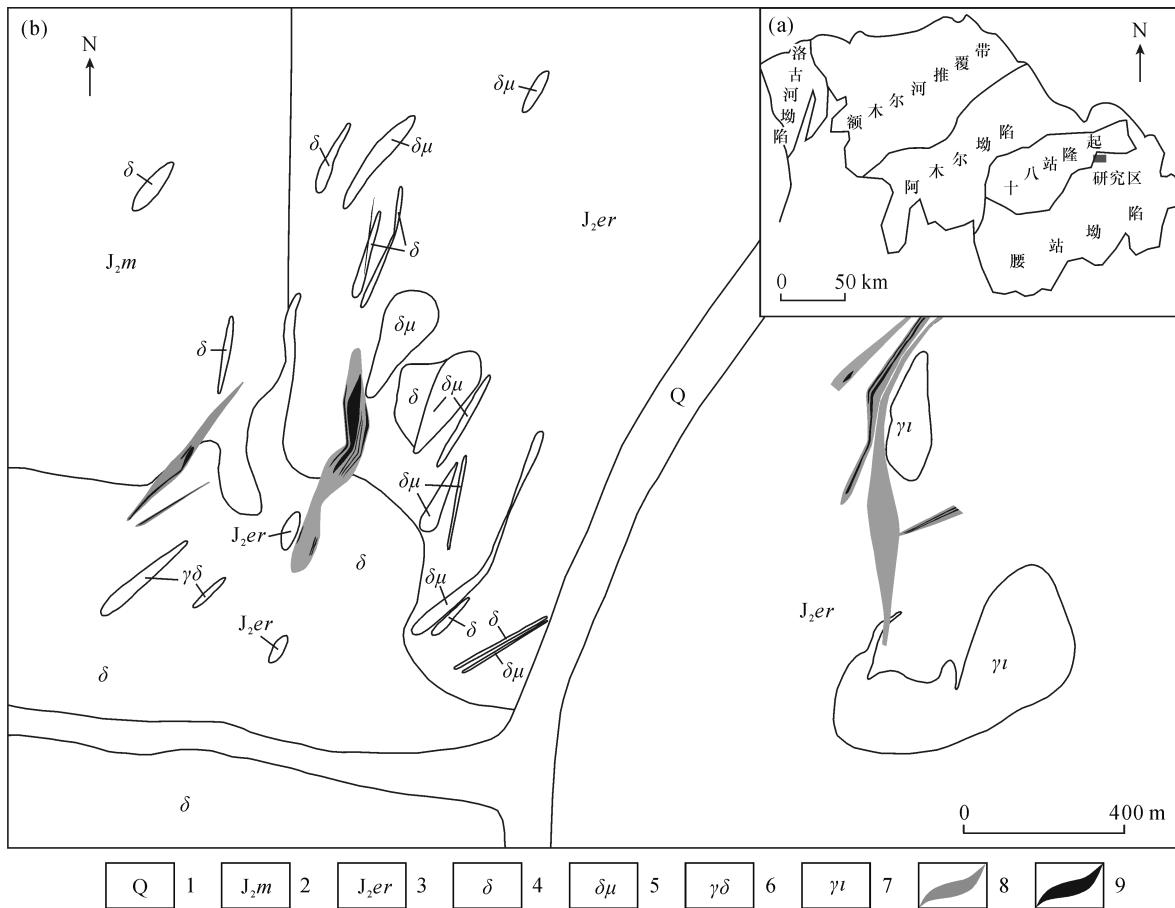


图2 宝兴沟金矿大地构造位置及矿区地质图

Fig. 2 Tectonic location (a) and geological characteristics (b) of the Baoxinggou gold deposit

1 - 第四系;2 - 漠河组;3 - 二十二站组;4 - 闪长岩;5 - 闪长玢岩;6 - 花岗闪长岩;7 - 花岗细晶岩;8 - 矿化带;9 - 矿体

1 - Quaternary;2 - Mohe Formation;3 - Ershierzhan Formation;4 - diorite;5 - diorite porphyrite;6 - granodiorite;7 - granite aplite;8 - mineralized zone;9 - ore - body

高品位 5.98×10^{-6} ; I-2号矿化带产状 $100^\circ \angle 25^\circ \sim 40^\circ$, 平均厚度为 11.87m, 控制最大厚度为 40.99m, 单样最高品位 4.64×10^{-6} ^①。矿石主要为蚀变砂岩、蚀变闪长岩、蚀变闪长玢及构造蚀变岩, 少量为含金石英脉。

矿区围岩蚀变以中-低温蚀变为主, 主要有硅化、碳酸盐化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、方铅矿化等, 其中烟灰色硅化、细粒浸染状和细脉状黄铁矿化及方铅矿化与金矿化关系较密切。

矿床主要成矿阶段分为四个, 第一为浸染状黄铁矿-石英阶段, 主要形成白色石英和黄铁矿; 第二为黄铁矿±毒砂-石英阶段, 主要形成黄铁矿、烟灰色和白色石英, 偶见毒砂; 第三为多金属硫化物-石英阶段, 主要形成黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿和烟灰色石英; 第四为黄铁矿-碳酸盐阶段, 主要形成白色石英和方解石, 少量黄铁矿。

2 矿床地球化学特征

本次研究共采集样品 454 件, 采自围岩和矿化带, 其中围岩 388 件, 矿化带 66 件, 分别采自钻孔 ZK0709、ZK0006、ZK0007, 采用多点采样方法, 采样长度为 2 ~ 14.68m, 分析元素为 Au、Ag、As、Sb、Bi、Cu、Zn、Pb、Co、Ni、Mo、Sn、W, 测试单位为武警黄金第三支队化验室, 测试时间为 2015 年 11 月。

2.1 围岩微量元素含量特征

通过对 ZK0006、ZK0007、ZK0709 三个钻孔中样品岩性及分析结果进行统计, 矿区围岩岩石类型主要有砂岩、二长岩、粉砂岩、含砾砂岩、闪长(玢)岩、正长斑岩。围岩平均浓集克拉克值大于 1 的元素从大到小依次为 As(17.36)、Sb(5.55)、Au(4.92)、Bi(4.08)、W(2.66)、Pb(2.10)、Ag(1.76)、Mo(1.23)、Zn(1.09), 各类围岩中浓集克拉克值普遍

大于 1 的元素为 Au(4.05~23.35)、As(7.41~21.64)、Sb(2.01~9.56)、Bi(1.58~5.61)、W(1.80~21.36)。围岩中元素变异系数普遍大于 0.5, 表明元素离散程度高, 对成矿作用大(蒙勇等, 2016)(表 1), Au 为亲硫元素, 这种地球化学属性使 Au 主要在热液中富集(朱江

建等, 2014), 在切穿矿体的岩石地球化学剖面中, 近矿体两侧围岩中 Au 含量存在低值区, 其低值区内 Au 含量(约 1×10^{-9} ~ 10×10^{-9})(刘江等, 2017)同样低于本次钻孔中围岩 Au 含量的平均值(19.7×10^{-9}), 表明 Au 发生了从围岩向热液的迁移。

表 1 围岩元素浓集克拉克值及变异系数

Table 1 Concentration Clarke values and variation coefficients of elements in host rocks

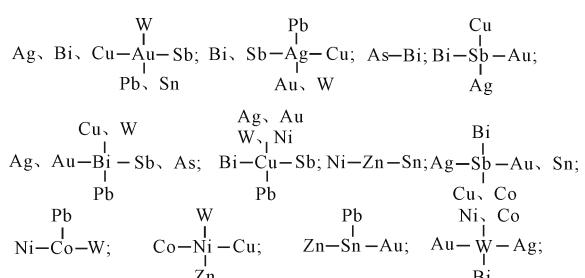
数据类型	岩石类型(样品数)	Au	Ag	As	Sb	Bi	Cu	Zn
浓集克拉克值	全部围岩(388)	4.92	1.76	17.36	5.55	4.08	0.63	1.09
	砂岩(215)	4.05	1.53	19.70	6.29	3.15	0.50	0.93
	二长岩(7)	9.97	2.10	7.41	2.57	3.30	0.84	2.28
	粉砂岩(2)	5.68	1.07	21.64	3.08	3.02	0.61	0.94
	含砾砂岩(7)	23.35	4.98	12.70	9.56	3.62	0.95	0.61
	闪长(玢)岩(151)	4.37	1.74	14.64	4.47	5.61	0.80	1.32
	正长斑岩(6)	6.98	0.90	18.52	2.01	1.58	0.27	0.49
变异系数	全部围岩(388)	2.13	1.32	1.11	0.83	4.94	0.91	0.68
数据类型	岩石类型(样品数)	Pb	Co	Ni	Mo	Sn	W	
浓集克拉克值	全部围岩(388)	2.10	0.66	0.43	1.23	0.99	2.66	
	砂岩(215)	1.82	0.56	0.40	0.72	1.00	2.02	
	二长岩(7)	1.63	0.81	0.47	1.14	0.97	1.80	
	粉砂岩(2)	0.96	0.66	0.50	0.47	0.93	21.36	
	含砾砂岩(7)	3.35	0.32	0.28	3.00	0.97	2.82	
	闪长(玢)岩(151)	1.75	0.85	0.49	1.85	0.98	3.36	
	正长斑岩(6)	2.74	0.08	0.16	2.07	1.24	2.85	
变异系数	全部围岩(388)	2.91	0.63	0.33	2.97	0.34	1.98	

注: 测试单位: 武警黄金第三支队化验室; 测试时间: 2015 年 11 月。

2.2 矿化带微量元素含量特征

将矿区围岩微量元素含量的算术平均值作为矿区背景值, 矿化带中各元素衬度值大于 1 的元素依次为 Pb > Ag > Au > Bi > W > Sb > Cu > As > Zn > Mo > Sn, 衬度值大于 2 的元素依次为 Pb > Ag > Au > Bi > W > Sb, 衬度值小于 1 的元素为 Co、Ni(表 2)。通过对矿化带各样品元素含量进行 R 型聚类分析, 以 0.4 为最低相关系数, 各元素相关性为:

各元素与 Au 关系密切程度依次为 Ag(0.70)、W(0.58)、Sb(0.57)、Pb(0.53)、Bi(0.52)、Cu(0.51)、Sn(0.43)、Zn(0.29)、Mo(0.28)、Ni(0.23)、Co(0.15)、As(0.08)(表 3), 其中 Ag、W、Sb、Pb、Bi、Cu 与 Au 的相关性以及其衬度值都较好, 以衬度值大于 538



2 为依据(喻光明等, 2009), 结合与 Au 的相关性, 矿化带的元素组合为 Pb - Ag - Au - Bi - W - Sb - Cu。Ag、Sb、Pb、Bi、Cu 组合反映了多期次的热液叠加(林森等, 2016)。

表2 矿化带各元素特征表
Table 2 Characteristics of elements in mineralized zones

元素	Au	Ag	As	Sb	Bi	Cu	Zn
算术平均值(66)	151.45	1.28	44.71	3.06	4.61	68.94	100.41
标准差	76.03	1.60	38.47	2.33	9.75	87.27	116.47
衬度值	7.69	10.42	1.43	2.75	6.64	1.99	1.32
背景值	19.70	0.12	31.24	1.11	0.69	34.62	76.01
元素	Pb	Co	Ni	Mo	Sn	W	
算术平均值(66)	291.31	13.91	32.18	2.38	2.06	11.31	
标准差	606.28	7.49	10.59	3.24	0.67	7.99	
衬度值	11.11	0.84	1.00	1.29	1.04	2.84	
背景值	26.22	16.52	32.33	1.84	1.99	3.99	

注:单位: $\omega_B/10^{-6}$; $\omega(Au)/10^{-9}$; 测试单位:武警黄金第三支队化验室; 测试时间:2015年11月。

表3 矿化带各元素相关系数
Table 3 Correlation coefficients of elements in mineralized zones

元素	Au	Ag	As	Sb	Bi	Cu	Zn	Pb	Co	Ni	Mo	Sn	W
Au	1.00	0.70	0.08	0.57	0.52	0.51	0.29	0.53	0.15	0.23	0.28	0.43	0.58
Ag		1.00	0.20	0.55	0.88	0.73	0.32	0.79	0.27	0.32	0.24	0.39	0.48
As			1.00	0.28	0.43	0.21	0.18	0.16	0.34	0.31	0.18	0.03	0.38
Sb				1.00	0.75	0.64	0.15	0.37	0.23	0.28	0.31	0.20	0.38
Bi					1.00	0.87	0.21	0.58	0.24	0.30	0.19	0.20	0.42
Cu						1.00	0.29	0.52	0.37	0.41	0.28	0.27	0.51
Zn							1.00	0.30	0.36	0.40	0.19	0.52	0.28
Pb								1.00	0.42	0.39	0.37	0.49	0.33
Co									1.00	0.96	0.24	0.35	0.41
Ni										1.00	0.20	0.38	0.50
Mo											1.00	0.32	0.19
Sn												1.00	0.28
W													1.00

注:聚类方法;最近邻元素法;测试单位:武警黄金第三支队化验室;测试时间:2015年11月。

3 矿化带构造叠加晕特征

由于元素地球化学性质的差异,在正常矿体原生晕中,各指示元素晕在轴向上按前缘晕-近矿晕-尾矿晕顺序排列(刘洪等,2013),构造叠加晕是在原生晕基础上,研究不同阶段矿体轴向分带及识别不同阶段矿体(晕)在空间上的叠加结构,进行深部矿体预测的方法(原冬成等,2011),由于控矿构造活动的脉动性,构造叠加晕在时间上具有多阶段性,在空间上具有不同的叠加形式(李惠等,2003)。宝兴沟金矿床矿体具有多阶段叠加的特点,主成矿阶段为黄铁矿±毒砂-石英、多金属硫化物-石英阶段,构造叠加晕是以这两阶段为主;浸染状黄铁矿-石英、黄铁矿-碳酸盐阶段所带来的Au及伴生元素

均较少。在空间上,矿床具有多条矿体平行或交错产出的特征,众多矿体及其蚀变(碎裂)的围岩组成厚度达10~50m的矿化蚀变带,一条或多条相近的矿化蚀变带可形成总体的构造叠加晕。

3.1 构造叠加晕分布特征

Au、Ag、Bi、Mo、Pb以其背景值的2、4、8倍区分为外、中、内带,Ni、Sn、Sb、W、Zn、Cu、As、Co以其背景值的1.5、3、6倍区分为外、中、内带。通过元素构造叠加晕分布图(图3),可见Au叠加晕内带集中于矿体中部,-100m至-400m标高范围内,呈点状,由矿体中部向两侧含量逐渐降低,中带和外带呈面状,连续性较好,外带向深部延伸大;Ag叠加晕特征与Au相似,内带集中于-100m至-500m标高范围内,呈点状,在深部亦可见,中带和外带呈面状,向

深部延伸大,但在 300m 标高处产生间断,连续性较 Au 差;Pb 叠加晕内带集中于矿体中部, -100m 至 -500m 标高范围内,在深部亦可见内带异常,指示有第三成矿阶段的叠加(李惠等,2013),各带范围相对于 Au、Ag 小;Bi 叠加晕范围较大,内带集中于矿体中部及尾部, -400m 标高至 -800m 标高范围内,外、中、内带轮廓相似,向深部延伸强;W 叠加晕内、中带范围小,内带集中于矿体中部, -450m 标高至 -500m 标高范围内,部分中带分布于矿体尾部或下部,外带向深部延伸大;Sb 叠加晕内、中带范围极小,均呈点状,内带仅在 -530m 标高处可见,中带主要分布于矿

体中部及下部,外带呈面状,向深部延伸较差;As 叠加晕未见内带,中、外带范围较大,集中于矿化带中部及下部, -300m 标高处和 -500m 标高以下,向深部延伸较好;Cu 叠加晕内、中带范围极小,呈点状,集中于矿体中部,仅在 -460m 标高处可见,外带分布于矿体中部和尾部,连续性一般,在深部有延伸;Zn 叠加晕范围极小,集中于矿体中部,内带仅在 0m 和 -700m 标高处可见,内、中、外带均呈点状;Mo 叠加晕内、中带范围小,集中于矿体尾部,在 -340m 标高可见,呈点状,外带沿矿化带向下有延伸;Sn、Co、Ni 叠加晕不明显,仅见外带,均呈点状,分布于矿体尾部。

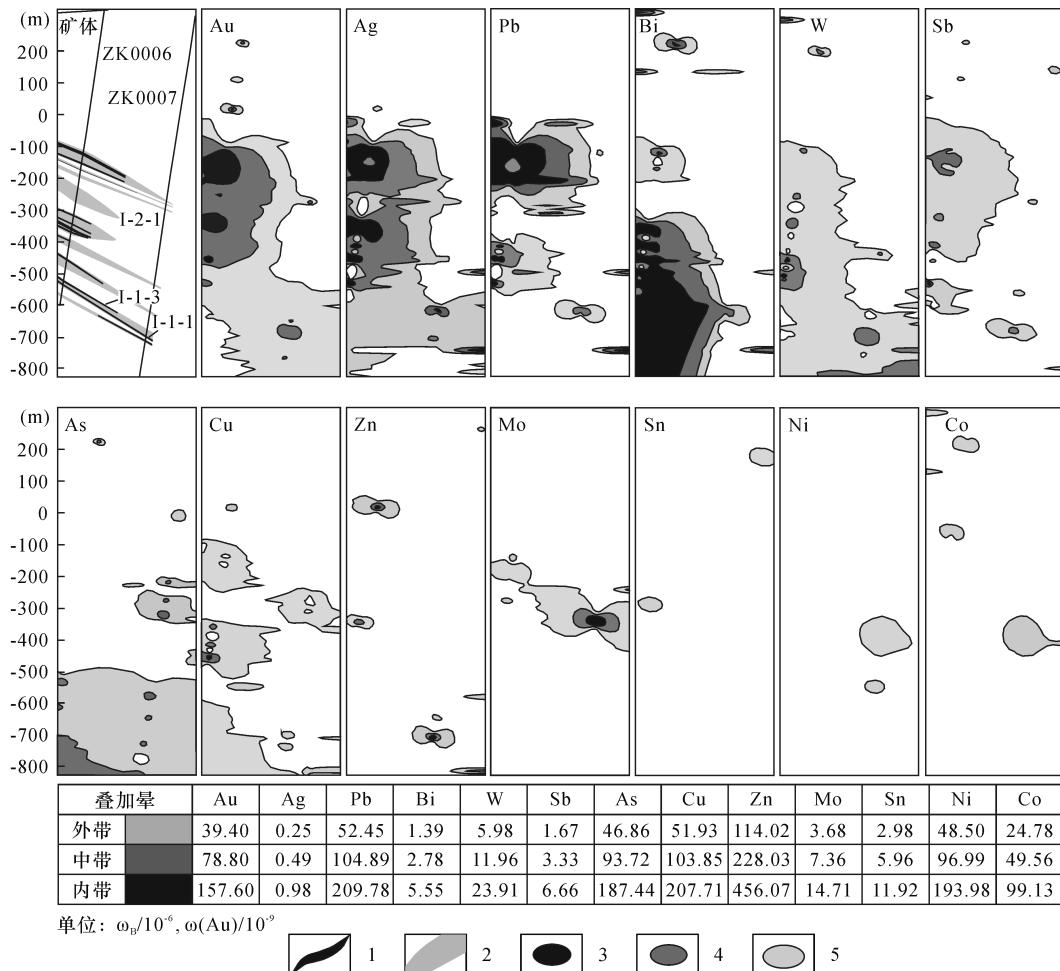


图 3 各元素构造叠加晕分布图

Fig. 3 Superimposed structural halo zoning of 13 elements

1 - 矿体 ; 2 - 矿化带 ; 3 - 内带 ; 4 - 中带 ; 5 - 外带

1 - ore - body ; 2 - mineralized zone ; 3 - inner zone ; 4 - middle zone ; 5 - outer zone

3.2 构造叠加晕模式

宝兴沟金矿床严格受构造控制,具有多期多阶段叠加成矿成晕的特点,据矿化带各元素衬度值和构造叠加晕分布特征,结合前人研究成果(李惠等,2010),矿床指示元素为 Pb - Ag - Au - Bi - W -

Sb - Cu - As - Zn - Mo,其中前缘晕特征指示元素为 Sb、As,近矿特征指示元素 Pb、Ag、Au、Zn、Cu,尾晕特征指示元素 W、Mo、Bi。由于宝兴沟金矿床同一断裂构造中串珠状矿体的存在,多条矿体具有平行或交错产出的特征,多条矿体及其蚀变(碎裂)的围岩组

成厚度达10~50m的矿化蚀变带,多条矿化带具有分支复合现象,导致各矿体除具有各自的近矿晕、前缘晕、尾晕外,各矿体构造叠加晕相互叠加。构造叠加晕模式为在同一断裂内,串珠状矿体之间前缘、尾晕

相互叠加,形成前缘晕、尾晕共存的现象(图4a);不同断裂或分支断裂之间,上下相互近于平行或交错产出的矿体前缘—近矿—尾晕相互叠加,其构造叠加晕具有在垂直断裂面方向上延伸的特征(图4b)。

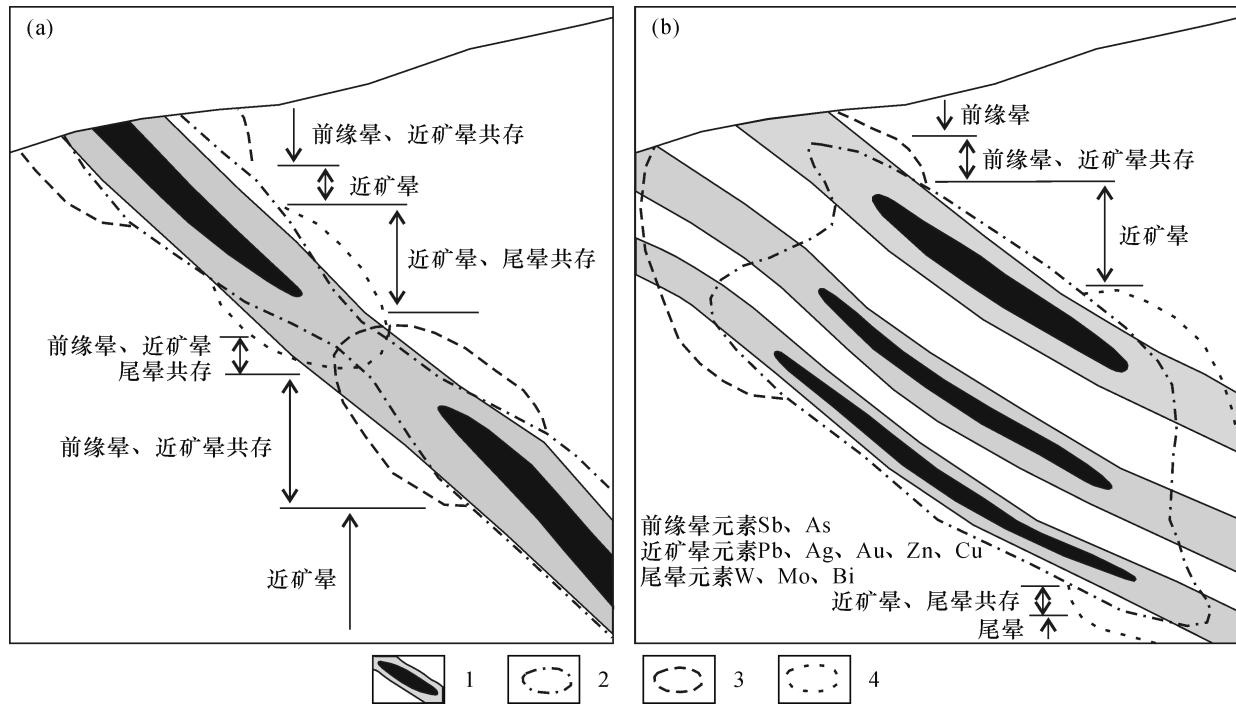


图4 宝兴沟金矿床构造叠加晕示意图

Fig. 4 Schematic diagrams of superimposed structural haloes in the Baoxinggou golddeposit

1—矿化带及矿体;2—近矿晕;3—前缘晕;4—尾晕;a—同一构造带内串珠状矿体原生晕相互叠加;b—上下相邻的不同断裂内矿体原生晕相互叠加

1—mineralized zone and ore—body;2—near—ore halo;3—front halo;4—tail halo;a—bead—like ore—body in the same structural zone;b—superposition of haloes in neighboring faults in upper and lower

4 深部预测

构造叠加晕方法是在原生晕分带理论的基础上发展的预测矿体延伸和盲矿的新方法(唐俊智等,2007),通过构造叠加晕进行盲矿预测的标志主要有(李惠等,2004a;李惠等,2010;王一大等,2015):①Au是最直接的指示元素,Ag是重要的伴生元素,当有Au弱异常时,前缘晕指示元素Sb、As有强异常,尾晕指示元素W、Mo有弱异常,则指示深部有盲矿存在,若同时存在Pb、Zn、Cu异常,则反映有多个成矿阶段叠加,深部盲矿较富;若尾晕指示元素异常强,而前缘晕指示元素异常弱,则指示深部无矿。②当前缘晕指示元素Sb、As出现在分带序列的下部,则表示矿体深部有盲矿或富集带,若前缘晕指示元素Sb、As出现在矿体中部而矿体还未尖灭,则表示矿体向下还有很大的延伸。③前缘晕指示元素

Sb、As异常强度从矿体前缘、中部、尾部分别由强到弱再到强,或异常一直很强,则表示深部有盲矿或矿体延伸较大。

当前缘晕指示元素在下部,出现“反常”或“反向分带”,表示矿体尾部有深部盲矿体前缘晕的叠加(李惠等,2004b),通过对矿体剖面及各元素构造叠加晕分布进行分析,可见宝兴沟金矿床前缘晕元素Sb、As在-600m至-700m标高均有中带富集,近矿晕元素Au在此处为中带富集,Zn为内带富集,前缘晕、近矿晕元素富集带处于I-1-1号矿体中部和I-1-3号矿体的尾部,由于前缘晕离开矿体头部可达200~300m(李惠等,2006,2013),则I-1-1号矿体很可能向下还有很大的延伸或I-1-3号矿体下部300m范围内很可能有盲矿存在;As在300m标高处有一中带异常,处于I-2-1号矿体所在矿化带的尾部,表明这一矿化带深部范围内可能

有盲矿体的存在。

5 结论

宝兴沟金矿床矿体严格受断裂控制,矿化带形态及联系复杂。①矿化带衬度值大于1的元素为Pb、Ag、Au、Bi、W、Sb、Cu、As、Zn、Mo、Sn,衬度值大于2的元素为Pb、Ag、Au、Bi、W、Sb。②各元素与Au的关系密切程度依次为Ag、W、Sb、Pb、Bi、Cu、Sn、Zn、Mo、Ni、Co、As。③矿床前缘晕特征元素为Sb、As,近矿晕元素Pb、Ag、Au、Zn、Cu,尾晕元素为W、Mo、Bi。④同一断裂内,串珠状矿体前缘晕、尾晕相互叠加,上下相互平行或交错产出的不同断裂内的矿体之间,前缘-近矿-尾晕相互叠加增强。⑤I-1-1号矿体应向下还有很大的延伸,或I-1-3号矿体深部应有盲矿体存在;I-2-1号矿体所在矿化带的深部可能有盲矿体的存在。

[注释]

① 武警黄金第三支队. 2014. 黑龙江省塔河县宝兴沟矿区岩金矿普查报告[R].

[References]

- Bai Yun-long, Niu Ze-lin, Zhang Chun-hui, Li Qing-lu, Gong Wei-guo, Fan Hong-zhi. 2015. Research on ore genesis of Ershiyizhan and Baoxinggou gold deposits in Heilongjiang [J]. Gansu Metallurgy, 35(3):62-65 (in Chinese with English abstract)
- Cheng Xiao-fei, Gong Wei-guo, Chen Man, Zhao Chun-rong, Bian-Hong-ye. 2011. Genesis of Baoxinggou gold deposit in Tahe county, Heilongjiang Province [J]. Modern Mining, (10):37-39 (in Chinese)
- Li Hui, Cen Kuang, Shen Yong-li, Wu Yue-bin, Zhang Guo-yi, Zhang Lian-fa, Yu Bin. 2006. New geochemical methods and best technique combination for prediction of blind ore body in the deep and surrounding of crisis mines [J]. Geology and Prospecting, 42(4):62-66 (in Chinese with English abstract)
- Li Hui, Gao Hong-xing, Li Si-tian, Li Shao-bo. 2004a. The model of structural imposed halos for deep blind orebody prediction in Puziwan gold deposit, Shanxi [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 19(1):34-38 (in Chinese with English abstract)
- Li Hui, Zhang Guo-yi, Yu Bin, Li De-liang. 2010. Structural superimposed halos method for prospecting blind ore-body in the deep of ore-districts [J]. Earth Science Frontiers, 17(1):287-293 (in Chinese with English abstract)
- Li Hui, Zhang Guo-yi, Wang Zhi-nong. 2003. The method of structural superimposed halos has obtained the obvious results for blind ore prediction in deep exploration of goldfields [C]//2003 China Iron Steel Annual Meeting Proceedings, 2003 China Iron Steel Annual Meeting, Beijing. Beijing:169-172 (in Chinese)
- Li Hui, Zhang Guo-yi, Wang Zhi-nong, Zhang Wen-hua, Chen Sheng-jun, Gao Yan-long, He Yong-li, Zhao Zong-qin, Wang Zhi-
- yuan. 2004b. The structural imposed halo model of quartz-type gold deposits in the Xiaoqinling area [J]. Geology and Prospecting, 40(4):51-54 (in Chinese with English abstract)
- Li Hui, Yu Bin, Li De-liang, Zhang Guo-yi, Ma Jiu-ju, Zhang Qiang, Sun Feng-zhou, Li Shang, Wei Jiang, Zhao Jia-xiang, Wang Jun, Zhai Pei. 2013. Prediction of blind ore bodies using structural superimposed halo and research methods [J]. Geology and Exploration, 49(1):154-161 (in Chinese with English abstract)
- Li Qing-lu, Zhao Chun-rong, Bai Yun-long, Zhang Chun-hui. 2011. The research of geochemical characteristics in Baoxinggou gold deposit of Heilongjiang Province [J]. Gansu Metallurgy, 33(3):66-69 (in Chinese with English abstract)
- Lin Sen, Zhang Zi-sen, Zhi Chao. 2016. Analysis of structural superimposed halos and ore prospecting prediction of the Xiaoliugou wolfram-molybdenum polymetallic ore field in Gansu Province [J]. Geology and Exploration, 52(5):874-884 (in Chinese with English abstract)
- Liu Hong, Lü Xin-biao, Li Chun-cheng, Liu Ge, Shang Shi-chao, Wang Lin, Zhang Wei, Mao Rong-wei. 2013. Metallogenetic conditions and ore-searching prospect at depth of the Jincheng gold ore deposit in Luoshan county, Henan Province [J]. Geology and Exploration, 49(4):0265-0273 (in Chinese with English abstract)
- Liu Jiang, Song Qing-yuan, Xu Jia-wen, Chen Zhuo, Wang Xian-zhong, Tang Peng-fei, Jiang Ping. 2017. Geochemical characteristics and ore-controlling factors of Baoxinggou gold deposit in Heilongjiang Province [J]. Gold, 38(11):17-21 (in Chinese with English abstract)
- Meng Yong, Chen Yun-hua, Tang Chao-yong, Xu Jun-wen, Zhang Qiang-lu. 2016. Study on geochemistry characteristics of ore-forming elements in the Xiaokengqiao gold mine of northeaster Hunan Provence [J]. Geology and Exploration, 52(6):1048-1056 (in Chinese with English abstract)
- Tang Jun-zhi, Wang Xue-qian, Wang Zhi-ping, Li Hui, Li De-liang, Yu Bin. 2007. The structural superimposed halos study and deep prediction of Jinniu mountain gold deposit Muping-Shandong [J]. Gold Science and Technology, 15(4):3-8 (in Chinese with English abstract)
- Wang Yi-da, Ma Jiu-ju, Li Hui, Yu Bin, Wang Jun, Li Shang, Zhang Qiang, Ruan Yi-xiao. 2015. Structural imposed halo model and effect of the deep blind ore prediction in Sandawanzi gold deposit, Heilongjiang Province [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 30(4):623-629 (in Chinese with English abstract)
- Xie Ming-qian. 2000. Collage plate structures and its driving mechanism-geotectonic evolution of northeast China and adjacent region [M]. Beijing: Science Press:66-70 (in Chinese)
- Yu Guang-ming, Liu Hong-bo, Guo Jun-hua, Wu Chun-jun. 2009. Ideal structural superimposed halomodel of deep blind gold orebodies prediction in Gansu Yangshan [J]. Gold, 30(10):8-12 (in Chinese with English abstract)
- Yuan Dong-cheng, Li Hui. 2011. Study of structural stack halo of Xinli gold ore deposit and prediction of ore formation [J]. Mining Engineering, 9(2):8-11 (in Chinese with English abstract)

- Zhang Chun - ge, Li Qing - lu, Song Gui - bin, Zhang Chun - hui. 2012. Characteristics of the 21 site - Baoxinggou (Cu) - Au deposit and its hydrothermal ore - forming system of Heilongjiang [J]. Global Geology, 3(1): 505 - 514 (in Chinese with English abstract)
- Zhao Bing - xin, Xu Lun - xian, Gong Wei - guo, Yu Ming, Ma Zhi - zhong. 2010. Analysis of geochemical anomaly characteristics and ore - controlling factors for Baoxinggou gold deposit in Heilongjiang Province [J]. Gold Science and Technology, 18(2): 6 - 10 (in Chinese with English abstract)
- Zhou Chuan - fang, Gong Wei - guo, Song Bing - jian, Dai Shu - guang, Yang Qiang, Yu Cheng - wei. 2012. Geology and metallogenesis of the Baoxinggou gold deposit [J]. Geology and Resources, 21(3): 271 - 284 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Jiang - jian, Lin Ge, Gong Gui - lun, Zeng Qiao - song. 2014. Application of the structural superimposed halos method in the Hetai gold deposit [J]. Geology and Exploration, 50(6): 1109 - 1117 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 白云龙,牛泽林,张春辉,李庆录,公维国,范洪志. 2015. 黑龙江二十一站 - 宝兴沟金矿成矿规律研究[J]. 甘肃冶金,35(3):62 - 65
- 程晓飞,公维国,陈 满,赵春荣,边红业. 2011. 黑龙江省塔河县宝兴沟金矿床成因探讨[J]. 现代矿业, (10):37 - 39
- 李 惠,岑 况,沈镛立,吴锐斌,张国义,张连发,禹 斌. 2006. 危机矿山深部及其外围盲矿预测的化探新方法及其最佳组合[J]. 地质与勘探,42(4):62 - 66
- 李 惠,高洪兴,李思田,李绍波. 2004a. 山西省堡子湾金矿床盲矿预测的构造叠加晕模型[J]. 地质找矿论丛,19(1):34 - 38
- 李 惠,张国义,禹 斌,李德亮. 2010. 构造叠加晕找盲矿法及其在矿山深部找矿效果[J]. 地学前缘,17(1):287 - 293
- 李 惠,张国义,王支农. 2003. 构造叠加晕在金矿区深部盲矿预测中取得了显著效果[C]//2003 中国钢铁年会论文集,2003 中国钢铁年会,北京. 北京:2003:169 - 172
- 李 惠,张国义,王支农,张文华,陈军胜,高延龙,贺永利,赵宗勤,王志远. 2004b. 小秦岭石英脉型金矿床的构造叠加晕模式[J]. 地质与勘探,40(4):51 - 54
- 李 惠,禹 斌,李德亮,张国义,马久菊,张 强,孙凤舟,李 上,魏 江,赵佳祥,王 俊,翟 培. 2013. 构造叠加晕找盲矿法及研究方法[J]. 地质与勘探,49(1):154 - 161
- 李庆录,赵春荣,白云龙,张春辉. 2011. 黑龙江宝兴沟金矿床地球化学特征研究[J]. 甘肃冶金,33(3):66 - 69
- 林 森,张自森,智 超. 2016. 甘肃小柳沟钨钼多金属矿田构造叠加晕浅析及找矿预测[J]. 地质与勘探,52(5):874 - 884
- 刘 洪,吕新彪,李春诚,刘 阁,尚世超,王 林,张 伟,毛荣威. 2013. 河南罗山金城金矿床成矿条件与深部找矿前景分析[J]. 地质与勘探,49(2):265 - 273
- 刘 江,宋庆元,许家文,陈 卓,王献忠,汤鹏飞,姜 平. 2017. 黑龙江宝兴沟金矿床地球化学特征及控矿因素[J]. 黄金,38(11): 17 - 21
- 蒙 勇,陈云华,唐朝永,徐军伟,张强录. 2016. 湘东北小坑桥金矿成矿元素地球化学特征研究[J]. 地质与勘探,52(6):1048 - 1056
- 唐俊智,王学乾,王志平,李 惠,李德亮,禹 斌. 2007. 山东牟平金牛山金矿床的构造叠加晕研究及深部预测[J]. 黄金科学技术, 15(4):3 - 8
- 王一大,马久菊,李 惠,禹 斌,王 俊,李 上,张 强,阮怡箫. 2015. 黑龙江三道湾子金矿深部盲矿预测的构造叠加晕研究[J]. 地质找矿论丛,30(4):623 - 629
- 谢鸣谦. 2000. 拼贴板块构造及其驱动机理 - 中国东北及邻区的大地构造演化[M]. 北京:科学出版社:66 - 70
- 喻光明,刘洪波,郭俊华,吴春俊. 2009. 甘肃阳山金矿床深部盲矿定位预测的构造叠加晕理想模型[J]. 黄金,30(10):8 - 12
- 原冬成,李 惠. 2011. 新立金矿床构造叠加晕研究及成矿预测[J]. 矿业工程,9(2):8 - 11
- 张纯歌,李庆录,宋贵斌,张春辉. 2012. 黑龙江二十一站 - 宝兴沟(铜)金矿床特征及其热液成矿系统[J]. 世界地质,3(1):505 - 514
- 赵炳新,徐伦先,公维国,余 明,马治忠. 2010. 黑龙江宝兴沟金矿床化探异常特征及控矿因素分析[J]. 黄金科学技术,18(2): 6 - 10
- 周传芳,公维国,宋丙剑,戴曙光,杨 强,于成伟,鹿传磊. 2012. 黑龙江省宝兴沟金矿成矿地质条件及成因探讨[J]. 地质与资源,21(3):271 - 284
- 朱江建,林 舸,龚贵伦,曾乔松. 2014. 构造叠加晕在广东河台金矿的应用[J]. 地质与勘探,50(6):1109 - 1117

Characteristics of Superimposed Structural Haloes and Deep - Seated Ore Prediction in the Baoxinggou Gold Deposit of Heilongjiang Province

CHEN Zhuo¹, LI Xiang - wen¹, LI Shi - bai¹, SONG Gui - bin¹, GONG Wei - guo², SONG Hao - nan¹

(1. No. 3 Gold Geological Party of PAP, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. No. 1 Gold General Party of PAP, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: Baoxinggou gold deposit is located in Tahe county Heilongjiang Province, and was originally delineated through 1:100000 stream sediment survey in 2002, the first ore - body was discovered by 1:10000 and 1:20000 soil survey and the subsequent trenching in 2007. The ore - bodies are mainly made up by altered sandstones, altered diorites and altered dioritic porphyrites, secondly by quartz veins, the alteration of rocks took place at middle - low temperatures. This work collected geological and latest drilling sampling data of the Baoxinggou gold deposit to study its geochemical characteristics and analyze superimposed structural haloes. The results show that front haloes are indicated by elements Sb and As, near - ore haloes by Pb, Ag, Au, Zn, and Cu, and tail haloes by W, Mo, and Bi, respectively. A model was established to characterize these superimposed haloes, by which this work predicted deep - seated orebodies in the deposit. It suggested that the I - 1 - 1 orebody may have a greater downward extension or there may exist blind ore - bodies below the I - 1 - 3 and I - 2 - 1 orebodies, respectively.

Key words: superimposed structural halo, deep - seated ore prediction, Baoxinggou gold deposit, Heilongjiang Province