

黑河地区北宽河组地层含矿性地球化学评价

——以黑河大新屯金锑矿区为例

刘宝山¹,李成禄²

(1. 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院, 哈尔滨 150036; 2. 黑龙江省地质调查研究总院, 哈尔滨 150036)

摘要:通过对黑龙江省黑河大新屯金锑矿区新元古代北宽河组二云母片岩、砂质板岩、大理岩岩石样品化学元素光谱分析,发现该地层三类岩石 Au、As、Sb、Hg 含量是上部陆壳丰度数十倍至上千倍,富集系数普遍偏高,在地层中呈偏峰和多峰分布,几何平均与算术平均比值小于 0.65,变异系数(Cv)、叠加强度系数(D)大于 1.5,相关系数十分接近,为 0.87~0.97。综合参数表明该地层遭受后期地质作用强烈改造,存在后期矿化叠加的可能性。Au、As、Sb、Hg 参数近协调一致,表明这些元素在区域矿化上有共生的性质。Au、As、Sb、Hg 参数特征表明北宽河组可为金、锑等成矿提供丰富的成矿物质来源,故认为北宽河组为金、锑等矿的矿源层。

关键词:黑河;大新屯;北宽河组;地层含矿性

中图分类号: P595

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2016)04-0273-06

多宝山-黑河 NE 向金成矿带是黑龙江省重要的成矿带,已探明有三道湾子、上马场、争光等大型金矿床,以及罕达气、五道沟、宽河、洪叶家等中小金矿床。这些矿床产出都与古生代、中生代地层及岩浆岩有关^[1-3]。近几年在该成矿带新元古代北宽河组(Pt₂b)地层内又相继发现了大新屯金-锑矿床、孟德河金矿床等,表明新元古代北宽河组地层是区域上重要的含金矿层位。就目前资料来看,对北宽河组地层的含矿性缺少研究。笔者在主持大新屯金矿普查工作期间,针对大新屯金锑矿区北宽河组地层岩石采集了大量原岩光谱样品,在对原岩光谱样品进行详细统计的前提下,对地层岩石含金性进行了研究总结,为在该区正在开展的金矿普查工作提供参考,期望在找矿成果方面取得更大突破。

1 区域地质背景

矿区位于落马湖微地块的东端,黑龙江西岸。南北向黑龙江深大断裂从矿区东侧通过,该断裂派生的北西-北东次级断裂为主要的控矿断裂。区域出露的地层有新元古代北宽河组一套砂泥质夹火山岩沉积建造,经区域变质形成的一套绿片岩相岩石,以砂质板岩、大理岩、云母片岩组合为主,原岩为砂岩、粉砂岩、泥岩及中酸性火山熔岩等,多被后期地

层、侵入岩体覆盖及吞噬,呈残留岩片产出,地层倾角 20~60° 间变化,以低角度产状为主,局部发育小型褶皱。远离矿区外围有少量中-上泥盆统根里河组变粉砂岩、泥质板岩及凝灰砂岩等,该地层是区域上洪叶家金矿及八直沟铜矿的主要矿源层;此外还分布有少量下白垩统龙江组安山岩、安山质凝灰岩。侵入活动在矿区外围广泛发育,主要为晚三叠世二长花岗岩及中侏罗世花岗闪长岩。

2 矿区地质

矿区出露的新元古代北宽河组地层,岩石类型组合以二云母片岩、砂质板岩为主,夹厚层状大理岩(图 1),发育小型褶皱、片理等构造。二云母片岩、大理岩、砂质板岩局部硅化、绢云母化、黄铁矿化、辉锑矿化蚀变强烈,碳酸盐化在大理岩内最为发育。地层金丰度值较高,为金、锑矿体产出围岩。

矿区内侵入岩为石英脉及闪长岩脉,石英脉产于矿体下盘,闪长岩脉发育于矿体上盘,脉体平行矿体呈北西-南东走向,倾向产状较缓,多与北宽河组地层片理倾向近一致。

北西向控矿断裂走向 320° 左右,倾向南西,倾角 45~65°,空间展布显示张扭性特点。

矿区主金矿体 I₁ 产于(北宽河组)二云母片岩层

收稿日期:2016-06-30

资助项目:中央地质勘查基金项目“黑龙江省黑河市大新屯金多金属矿普查(2009230009)”

作者简介:刘宝山(1970-),男,高级工程师,1991年毕业于郑州地质学校地质调查与找矿专业,主要从事矿产调查工作,E-mail:liubaoshan1111@163.com。

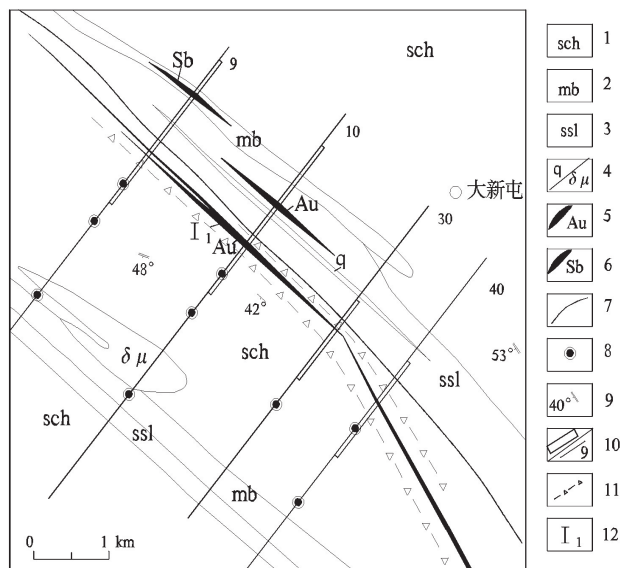


图1 大新屯金锑矿区地质简图

Fig.1 Geological sketch map of the Daxintun ore

- 1. 二云母片岩; 2. 大理岩; 3. 砂质板岩; 4. 石英脉/闪长岩脉;
- 5. 金矿体; 6. 辉锑矿体; 7. 地质界线; 8. 见矿钻孔;
- 9. 产状; 10. 探槽/勘探线; 11. 破碎带; 12. 矿体编号

间破碎带中, 平行片理NW-SE产出, 倾向230~250°, 倾角35~55°, 长度900 m, 走向一侧未封闭, 膨缩异常剧烈, 宽大者9.5 m, 窄者仅0.3 m, 向下倾斜延伸至320 m中段仍未封闭。矿体出现分叉或复合、尖灭再现等现象。矿体局部伴生锑品位高达10.48%, 综合评价潜力巨大。矿石类型为破碎蚀变岩型, 其矿石矿物有黄铁矿、辉锑矿、毒砂、辰砂、雄黄及少量闪锌矿、黄铜矿; 脉石矿物有石英、长石、黑云母、白云母、方解石及高岭土。

另外, 在砂质板岩发现规模较小的透镜状金矿体, 而大理岩有透镜状辉锑矿体产出, 锑矿体品位高达28.6%, 但伴生金品位较低, 达不到有益组分。

矿体与闪长岩脉空间紧密相伴, 表明它们具有成因上的密切联系, 它们可能为同一构造系统^[4]。

2 样品采集测试

2.1 样品采集

在矿区北宽河组地层内采集原岩光谱样品417件, 其中二云母片岩221件, 砂质板岩179件, 大理岩17件。样品采自探槽底部基岩及钻孔岩芯, 样品采用连续拣块法, 一般样长5 m, 不跨越地质界线, 样品重量≥500 g。为避免强矿化蚀变对样品初始值的影响, 使采集样品具有代表性, 样品采集部位远离矿体顶底板或强矿化蚀变带。另外, 考虑样品分布的均

匀性, 依据探槽、钻孔100~200 m间距, 距矿体顶底板或强矿化带30~50 m采样, 矿体上盘样品数量略低于下盘。

2.2 样品测试

样品由黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院化验室测试, 测试采用原子荧光法和原子吸收光谱法, 分析了Au、Ag、As、Sb、Hg等11种元素。岩石主要成矿元素含量变化范围见表1。矿区开展的面积性土壤测量显示北宽河组地层Au、Sb、As、Hg等低温元素异常紧密套合, 重合度较高, 并具有共生性^[5], 所以, 做为寻找金矿重要指示的As、Sb、Hg前缘元素也列入表中讨论。对于测试样品中出现的特高值进行了剔除。

表1 矿区北宽河组地层各类岩石主要成矿元素含量变化表 (W(Au)/10⁻⁹, 其它W/10⁻⁶)

Tab.1 Main ore forming elements in all kinds of rocks in the Beikuanhe formation

岩石	样品数	Au	As	Sb	Hg
二云母片岩	221	0.5 ~ 152.2	19.60 ~ 5 771.00	0.98 ~ 4 301.00	0.025 ~ 160.980
砂质板岩	179	0.5 ~ 111.5	25.66 ~ 3 131.70	0.99 ~ 416.01	0.031 ~ 190.325
大理岩	17	0.5 ~ 137.6	22.76 ~ 1 151.60	2.20 ~ 255.04	0.024 ~ 242.354

注: 剔除As > 3 000 × 10⁻⁶样品4件, Sb > 3 000 × 10⁻⁶样品2件

3 地球化学特征

3.1 地层中Au、As、Sb、Hg平均含量及富集系数

地层中成矿元素含量的高低是决定地层能否提供成矿物质来源的重要因素。一般来说, 地层中高背景的元素对成矿是有利的^[6]。表1三类岩石Au、As、Sb、Hg含量普遍偏高, 且出现多个特高值, 高值含量一般是区域矿化的重要物源^[7]。矿区北宽河组地层岩石Au、As、Sb、Hg平均含量及富集系数(K)见表2。地层中某一元素的“富集系数”为地层中该元素的丰度与地壳中该元素的丰度比值, 而岩石元素地层丰度是用岩石地层中成矿元素含量频率分布的中位数表示, 该方法是建立在地球化学和统计学理论基础上的, 因而是可靠的和可行的^[8]。富集系数(K)可以判断地层中元素的相对富集与贫化程度: K≥1.5说明元素在地层中浓集程度强烈, 成矿前景较大; 1.0≤K<1.5说明元富集程度不明显, 成矿潜力一般; K<1.0说明元素是区域贫化元素。从表2看出, 地层中的二云母片岩、砂质板岩、大理岩Au、As、Sb、Hg

表2 矿区北宽河组地层各类岩石 Au、As、Sb、Hg
平均含量及主要参数

Tab.2 Au、As、Sb、Hg average content and main
parameters of the rocks in the Beikuanhe formation

岩性	样品数	参数	Au	As	Sb	Hg
二云母片岩	221	丰度	5.8	224.0	8.75	0.375
		Xa	11.65	352.93	34.53	3.29
		K1	1450	102	15	4
		Xg	5.93	234.15	10.40	0.41
		Xg/Xa	0.51	0.66	0.30	0.12
		CV	1.79	1.08	2.70	5.12
		D1	2.01	1.58	3.95	8.78
砂质板岩	179	丰度	4.0	332.8	17.89	0.635
		Xa	7.93	428.22	48.07	3.49
		K2	1000	151	30	7
		Xg	4.33	289.43	19.10	0.68
		Xg/Xa	0.55	0.67	0.40	0.13
		CV	1.62	0.82	1.63	4.28
		D2	1.98	1.29	2.69	5.54
大理岩	17	丰度	2.6	216.9	12.95	3.536
		Xa	5.62	291.66	50.52	46.68
		K3	650	98	21	40
		Xg	2.66	178.14	17.89	4.27
		Xg/Xa	0.47	0.61	0.35	0.09
		CV	1.62	1.12	1.57	1.66
		D3	2.16	1.34	3.90	13.22
地壳丰度 ^①			0.004	2.2	0.6	0.089

注: W(Au)/10⁻⁹, 其它 W / 10⁻⁶; ^①据黎彤, 1967; 剔除 As > 3 000 × 10⁻⁶ 样品 4 件, Sb > 3 000 × 10⁻⁶ 样品 2 件。地层丰度=MEDIAN(A1/An); K=地层丰度/地壳丰度; 算术平均值(Xa)=AVERAGE(A1/An); 几何平均值(Xg)=GEOMEAN(A1/An); 变异系数(CV)=STDEV(A1/An); 叠加强度系数(D)=Xa/地层丰度

平均含量远远大于地壳丰度, 是其丰度的几十倍至上千倍, 它们的富集系数倍数 Au 为 650 ~ 1 450, As 为 98 ~ 151, Sb 为 15 ~ 30, Hg 为 4 ~ 40。这组数据表明, 矿区北宽河组地层 Au、As、Sb、Hg 呈高度离散状态分布在内, 且局部强烈富集, 具备了成矿物质基础。

北宽河组地层岩石各元素含量及富集系数波动起伏较大, 表明后期多期变质作用对原岩地层的强烈改造叠加, 导致金、锑等元素局部富集。在变质地层中金、锑含量的变化, 与后期变质作用中金、锑的带入带出及原岩经历后期变质作用强度等因素有关^⑨。大新屯金锑矿体产于北宽河组地层, 总体顺地层走向产出, 具层控特点, 表明北宽河组地层是金、锑矿体形成的主要物源层之一。

3.2 地层中 Au、As、Sb、Hg 含量平均参数

反映地层中 Au、As、Sb、Hg 总体含量平均水平的算术平均值 Xa 和反映总体集中含量水平的几何平均值 Xg 之比(Xg/Xa)是评价地层金、锑等矿化的有效指

标, 较小的 Xg/Xa 是地层有利金、锑、锑矿化的标志^⑩。从表 2 看出, 二云母片岩、砂质板岩、大理岩中 Au、As、Sb、Hg 的 Xg/Xa 比值较小且十分接近, Au 为 0.47 ~ 0.55, As 为 0.61 ~ 0.67, Sb 为 0.30 ~ 0.40, Hg 为 0.09 ~ 0.13, 说明后期地质作用对北宽河组地层影响较大, 影响程度近一致, 表明后期曾发生成矿流体蚀变矿化改造作用, 致使这些元素在北宽河组地层局部显著富集。流体可能来源于地层内发育的闪长岩脉及周边花岗质侵入体上侵定位, 在多期次热液作用条件下, Au、Sb 元素不断富集, 为大新屯金锑矿体的形成提供了充足条件, 揭示北宽河组地层与成矿关系十分密切。

3.3 成矿元素在地层中的变化性

表 1 结果表明, 矿区北宽河组地层 Au、As、Sb、Hg 出现多个特高值, 部分样品的数据严重离群, 与其它大部分样品的数据相差悬殊, 通常后期地质作用及矿化作用的叠加, 元素含量将发生明显的变化, 出现特高或特低元素含量, 这些特异数据往往与成矿作用有关^⑪。变异系数(CV)是反映元素变化性的重要指标, 可用于说明元素后期叠加作用的不均匀程度。变异系数值越大, 元素含量的变化也就越大, 说明后期叠加作用越不均匀, 对成矿越有利。Cv ≥ 1.5 说明元素具有极强的变异, 成矿潜力大; 0.5 ≤ Cv < 1.5 说明元素具有一定的变异以及一定的成矿潜力。从表 2 看出, 二云母片岩、砂质板岩、大理岩的 Au、Sb、Hg 变异系数大于 1.5, 仅 As 略小于 1.5, 介于 0.82 ~ 1.12 之间。表 2 数据表明北宽河组地层三类岩石中 Au、As、Sb、Hg 离散程度较大, Au、As、Sb、Hg 分布不均一, 岩石局部的矿化程度相对较高, 易于形成矿体。Au、As、Sb、Hg 较大的变异系数, 表明后期构造活动及岩浆作用对北宽河组地层中元素进行了改造迁移, 在有利的成矿空间富集, 为大新屯金锑矿体的形成奠定了基础条件。

3.4 成矿元素的后期叠加强度

成矿元素经过强烈的后期矿化高度叠加后, 成矿可能性会大大增加^⑫。叠加系数是反映矿化叠加强度的重要参数。“叠加强度系数(D)”为地层中该元素含量平均值与该元素丰度的比值。这一系数反映了元素遭受后期作用叠加的强度, 也能反映作为成矿介质的地层接受矿化与进一步富集成矿的可能性与程度^⑬, 因此它可以用来指示各种成矿元素可能的赋矿层位。叠加系数 D ≥ 1.5, 说明元素具极强的后

期叠加作用,成矿可能性较大;而D介于1.0~1.5之间时,表明元素具强叠加和一定的成矿能力。由表2可看出矿区北宽组的二云母片岩Au、As、Sb、Hg叠加系数D为1.58~8.78,砂质板岩Au、Sb、Hg叠加系数D为1.98~5.54,As为1.29,大理岩Au、Sb、Hg叠加系数D为2.16~13.22,As为1.34。由此表明北宽河组岩石成矿元素都经历了后期的显著叠加作用,成矿元素经过强烈的后期叠加后,成矿可能性会大大增加。反之,如果后期叠加不强烈,即使成矿元素丰度较高也难以成矿。在区域变质作用下,北宽河组地层Au、Sb等元素局部发生初始富集,后期发生的多期次构造活动造成研究区北西向断裂形成,不同期次中酸性岩浆侵入产生的热液沿裂隙贯入,先后叠加在围岩地层之上,产生蚀变矿化作用,热液携带Au、Sb迁移富集,最终形成了大新屯金、锑矿床。

3.5 元素含量频率分布型式

一个地层组内,同一岩类中化学元素的原始含量服从正态分布,然而受后期成矿作用或其它地球化学作用叠加后,元素含量的频率分布常常偏离正态,元素呈双峰或多峰分布。

为系统研究矿区地层中金、锑等含量变化及波动情况,通过对数直方图方法对地层中金、锑等的分布类型进行了研究。图2给出了矿区北宽河组二云

母片岩(sch)、砂质板岩(sl)、大理岩(mb)的Au、As、Sb、Hg元素分布类型,它们呈明显的双峰或多峰偏态分布,表明该地层存在后期地质作用的强烈叠加,使元素在地层中的含量有所增加,导致元素含量的分布偏离正态,进一步说明岩石受构造、矿化蚀变作用的影响使Sb、Au等迁出较多,而又在一定部位局部富集。

北宽河地层Au、As、Sb、Hg元素双峰或多峰偏态分布形式,显示为有利金、锑矿化产出的地层。这同利用金锑丰度、平均值、变异常系数及叠加系数等准则的判定结论一致。

3.6 Au、As、Sb、Hg间的关系

为查明地层中成矿元素的共生组合特征,利用R型聚类分析方法,根据元素的相关系数,确定地层中成矿元素及其相关元素的共生组合情况。由图3可以看出,岩石中的二云母片岩、砂质板岩、大理岩Au、Ag、As、Sb、Hg之间存在显著的正相关,二云母片岩相关系数0.99,砂质板岩相关系数0.97,大理岩相关系数0.87。Au、Ag、As、Sb、Hg在同一群组中相似性十分接近,可能反映的是一种低温的地质作用和相同的矿化地球化学过程,所以在大新屯矿区As、Sb、Hg元素是寻找金矿体的重要指示元素。大新屯金锑矿床中有Au必有Sb,而有Sb不一定有Au,当Sb含

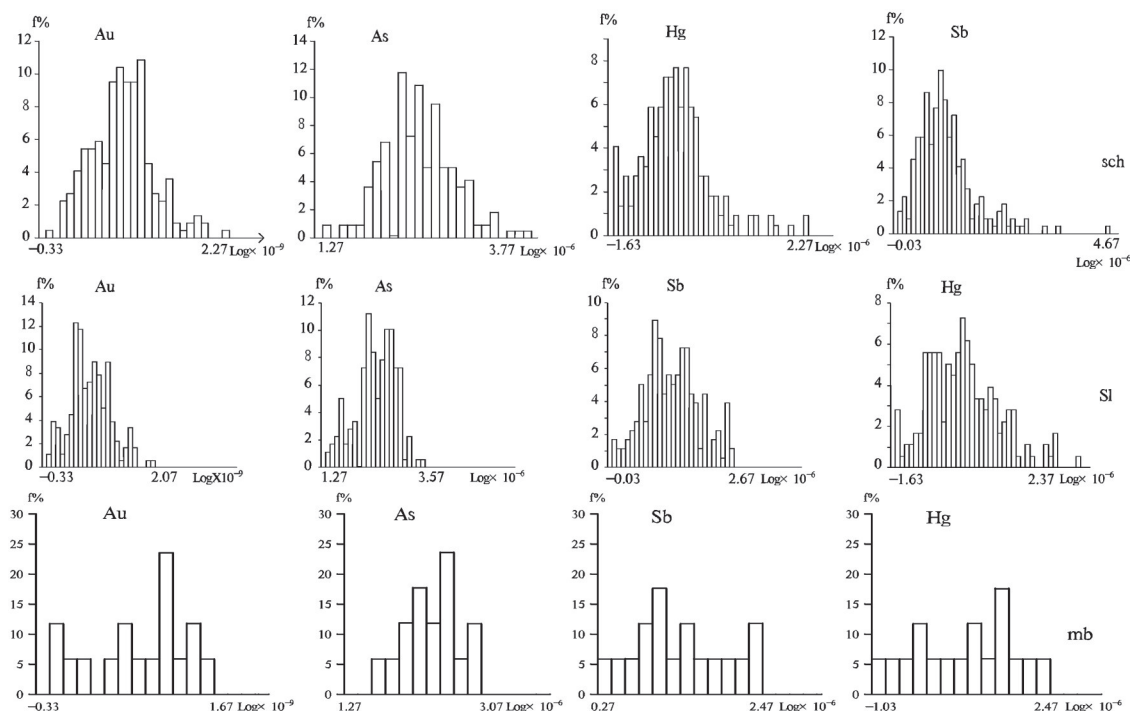


图2 矿区北宽河组二云母片岩(sch)、砂质板岩(sl)、大理岩(mb)Au、Ag、As、Sb含量直方图

Fig.2 Au、Ag、As、Sb histogram content of the two-mica schist, sandy slate and marble in the Beikuanhe formation

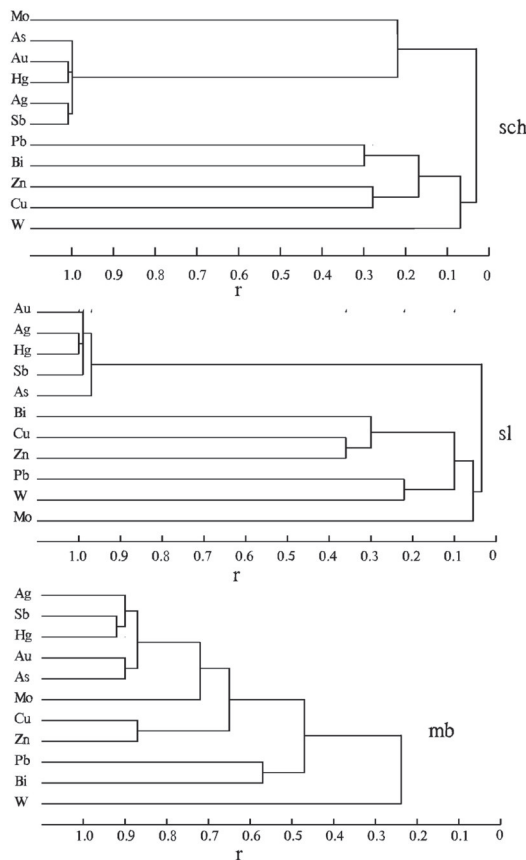


图3 北宽河组二云母片岩(sch)、砂质板岩(sl)、大理岩(mb)化学元素R型聚类谱系图

Fig.3 Chemical elements R cluster dendrogram of the two-mica schist, sandy slate and marble in the Beikuanhe formation

量大于10%,Au含量基本不够品位,但二者都有相对的高As含量出现。Au、As、Sb之间的相关性反映了矿化的特性,区内金锑矿床中Au、As、Sb大致同步富集或Sb略晚,故在空间分布上As、Sb、Au密切共生。在大新屯矿区利用As、Sb、Hg相关元素进行地球化学找矿时,应充分研究它们与金元素的内在联系,这样在找矿成果方面才能取得更大突破。

3.7 金、砷、锑、汞的赋存状态

北宽河组地层已经历了多期不同程度的变质作用,Au、As、Sb、Hg含量已不能代表其在变质前的比例含量,所以对其进行变质前后量化研究难度较大。从野外岩石标本及岩矿光薄片鉴定结果看,二云母片岩、砂质板岩黄铁矿化较为普遍,局部发育浸染状、团块状辉锑矿、雄黄、雌黄及辰砂,而大理岩局部发育黄铁矿,研究区发现的辉锑矿主矿体产于强硅化大理岩内。这些矿化表明北宽河组为一套富硫化物岩石组合类型。作为金属离子的Au⁺、Au³⁺进入

黄铁矿、辰砂、毒砂、雄黄、雌黄中富集,反映金生成于不同矿物的组合形式。另外,在二云母片岩、砂质板岩岩石破碎的地方炭质泥化发育,且该破碎带也是金矿体主要产出部位。从元素组合看,Au、As、Sb、Hg同亲硫元素在同一组合,这说明其中的Au、As、Sb、Hg等可能主要同硫化物有关,部分同碳质有关,地层中的有机炭对金等成矿元素的富集起了重要作用,Au又以易活化吸附的另一种形式存在于岩石中。这说明,地层中的金主要以硫化物相和有机相等易活动形式存在,有利于金的活化迁移。

北宽河组地层赋矿部位发育黄铁矿、辰砂、毒砂等硫化物,且含有少量有机炭,对大新屯金锑矿的形成起了举足轻重的作用。

4 结论

综合上述特征表明,矿区北宽河组地层Au、As、Sb、Hg参数变化近协调一致,对成矿十分有利。Au、As、Sb、Hg在区域矿化上有共生的性质,地层以富含Au、As、Sb、Hg为特征,Au、As、Sb、Hg的高度离散及双(多)峰分布特征,都可作为金锑成矿的地球化学标志。

北宽河组地层是大新屯金锑矿体主要赋矿层位,是主要的物源之一,在多期次岩浆侵入活动下,有利Au、Sb在地层中富集成矿。

地层中As、Sb、Hg对寻找热液型金矿床具有普遍性地球化学意义,研究和评价北宽组地层成矿元素分布特征,探讨与金锑矿化间的相关联系,总结地层含矿性,为区域地质找矿提供重大信息。

致谢: 项目工作主要参加人员丁健、王洪杰、张明、马永强、罗建等,工作中得到本单位王洪波总工程师及地矿局于援帮总工程师的大力指导,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 韩振新,郝正平,候敏.黑龙江省主要成矿带矿床成矿系列[M].哈尔滨:工程大学出版社,1996,1-89.
- [2] 邓轲,李诺,杨永飞,等.黑龙江省黑河市争光金矿流体包裹体研究及矿床成因[J].岩石学报,2013,29(1):231-240.
- [3] 腾宪锋,王建民,王翠平,等.黑龙江省黑河市三道湾子岩金矿地质特征[J].地质与资源,2005,14(4):261-265.
- [4] 刘宝山.黑龙江省黑河大新屯金矿区地质特征及成因机理初探[J].黄金,2013,34(11):16-19.
- [5] 赵立国,刘宝山.大新屯金矿成矿远景分析[J].现代矿业,

- 2014, (537):65-67.
- [6] 汪东坡. 金丰度与金矿化的潜在关系[J]. 桂林冶金地质学院院报, 1989, 9(3):327-333.
- [7] 易慧, 陈云华. 湘东(北)冷家溪群含金性地球化学评价[J]. 矿产与地质, 2006, 20(4):472-474.
- [8] 张松林, 袁旭音, 吴礼道. 浙江湖州-长兴地区地层含矿性的地球化学评价[J]. 火山地质与矿产, 1995, 16(3):31-43.
- [9] 何谷先. 变质围岩含矿性与金矿成矿的关系[J]. 湖南冶金, 1996, (1):32-35.
- [10] 黎彤. 地壳元素丰度的若干统计特征[J]. 地质与勘探, 1992, 28(10):1-7.
- [11] 汪东坡. 地层含金银性评价的地球化学准则-以扬子地台北缘中段中上元古界为例[J]. 矿物岩石, 1991, 11(3):72-79.
- [12] 喻军敏, 吴忠如, 吕新彪, 等. 内蒙古奇安绰罗地区地层含矿性研究[J]. 地质学刊, 2016, 40(1):70-75.
- [13] 蒙晓莲. 粤东地区地层含矿性探讨[J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, 3(3):151-157.

Geochemical evaluation for ore potentiality of the Beikuanhe formation in Heihe area: a case study of the Daxintun gold deposit in Heihe

LIU Bao-shan¹, LI Cheng-lu²

(1. Qiqihar Branch, Research Institute of Regional Geological Survey of Heilongjiang, Haerbin 150036, China;

2. Research Institute of Regional Geological Survey of Heilongjiang, Haerbin 150036, China)

Abstract: Spectroscopic analysis about the two-mica schist, sandy slate and marble of the Beikuanhe formation shows that the element content of Au、As、Sb、Hg is ten to thousands times more than average abundances of elements in the upper crust of global continent, and the enrichment coefficient is generally higher. Au、As、Sb、Hg in the strata is in deflection peak or multi-peaks, geometric mean and arithmetic average ratio are both less than 0.65, the coefficient of variation (Cv), intensity of the superposition coefficients (D) are more than 1.5, the correlation coefficient ranged from 0.87 to 0.97. These data show that the strata were altered by a series of geological processes and then addition of epigenetic mineralization. The date of Au、As、Sb、Hg is similar with the symbiosis characteristics. Beikuanhe formation is source bed of the Au and other mineralization elements.

Key words: Heihe; Daxintun; Beikuanhe formation; source bed