太行山中段石湖金矿控矿构造分析

陈 超[1],牛树银[1],孔繁辉[1],王自力[1],孙爱群[1],王宝德[1],
王文学[2],姜晓平[2],赵永利[2],高银仓[2],刘华宾[3],仇建平[3]
(1. 石家庄经济学院 资源学院,石家庄 050031;
2. 石家庄综合地质大队,石家庄 050081; 3. 石湖金矿,石家庄 050506)

摘 要: 以幔枝构造成矿理论为指导,根据石湖金矿的地质特征、成矿物质来源、矿石品位变化、成矿控矿构造分析,指出石湖金矿区深部及外围均具较大找矿潜力。

关键词: 幔枝构造;石湖金矿;成矿作用;控矿构造;找矿潜力;河北省
doi: 10.3969/j.issn.1001-1412.2009.02.006
中图分类号: P613;P618.51 **文献标识码**: A **文章编号**: 1001-1412(2009)02-0123-08

0 引言

近年来,冀西太行山中段(特别是石湖地区)金银矿地质找矿工作进展很快,石湖金矿深部采矿也具有明显的正变,金的品位明显变富,矿脉的宽度也有所加厚,引起地质学家的广泛重视。对其成矿作用、控矿构造、深部找矿潜力众说纷纭[1-4]。

笔者通过对区域构造分析、控矿构造解析、成矿物质来源研究、找矿潜力探讨等,认为成矿物质主要来自深源,不同级别的断裂构造是主导控矿因素,石湖金矿属受断裂控制的硅化断裂蚀变岩型金矿,深部和外围仍有很大的找矿潜力。

1 金矿床地质特征

该区位于太行山隆起中段阜平幔枝构造的轴部,燕山期麻棚岩体东侧。

1.1 区域地质特征

区内出露地层主要为中太古代阜平群变质岩系,可分为上、下两个亚群,下亚群主要岩石类型为各种片麻岩,其次为二辉麻粒岩、斜长角闪岩和大理岩,夹有少量变粒岩和磁铁石英岩。原岩为基性火山岩,夹碎屑岩、镁质碳酸盐; 上亚群为浅粒岩、大理岩和斜长角闪岩。原岩主要为陆源碎屑岩夹镁质碳酸盐岩。变质程度为高角闪岩相。

岩浆活动以燕山期侵入岩为主,区内较大的侵入岩体为麻棚岩株,平面呈鞋底状,长轴为 NE 向,长 13.0 km,宽 5.0 km,面积约 65.0 km^2。岩体形态上呈近同心环状,由外至内分别为:细粒辉石角闪闪长岩、(石英闪长)石英二长闪长岩、石英二长岩、二长花岗岩、斑状二长花岗岩。河北省地质矿产勘查开发局石家庄综合地质大队将其分别命名为大东沟、北庄、前斗岭、观音堂、后斗岭等 5 个脉动单元,构成麻棚岩浆演化序列。不同单元之间为脉动式侵入关系,总体演化趋势上,从外到内侵位时代由早到晚(151～119 Ma,牛树银等,1994),岩性由中基性到中酸性,岩石的颜色深灰→灰色→浅灰→灰白→褐红色,岩石的结构由细粒结构→中细粒结构→中粗粒结构→花岗结构→似斑状结构过渡。辉石、角

收稿日期: 2008-05-25
基金项目: 河北省自然科学基金项目(D2007000751)、中国地质调查局项目(1212010631106)和河北省国土资源厅资源勘查项目(2006122)资助。

作者简介: 陈超(1981-),男,湖南衡阳人,助教,硕士研究生,矿产普查与勘探专业。通信地址:河北省石家庄市槐安东路 136 号 石家庄经济学院资源学院;邮政编码:050031;E-mail: niusy@sjzue.edu.cn
通讯作者: 牛树银(1952-),男,教授,主要从事构造地质学与构造成矿的教学与科研工作。E-mail:niusy@sjzue.edu.cn

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

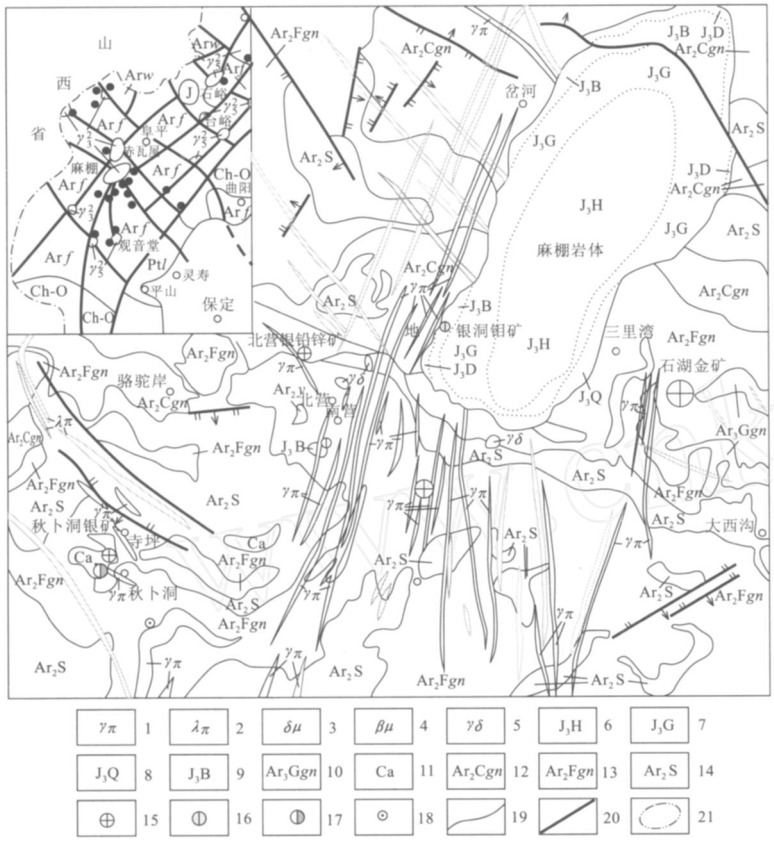


图 1 石湖地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of the Shihu area

1. 花岗斑岩 2. 石英斑岩 3. 闪长玢岩 4. 辉绿岩 5. 花岗闪长岩 6. 麻棚序列后斗岭单元斑状二长花岗岩 7. 观音堂单元二长花岗岩 8. 前斗岭单元中细粒石英二长岩 9. 北庄单元中细粒石英(二长)闪长岩 10. 岗南片麻岩:含磁铁矿斜长钾长浅粒岩 11. 车见沟基性岩墙:斜长角闪岩 12. 蔡树庄片麻岩:条带状黑云二长片麻岩 13. 坊里片麻岩:条带状、肠状(角闪)黑云斜长片麻岩 14. 宋家口岩组:白云石大理岩、钾长(二长)浅粒岩、黑云钾长(二长)片麻岩、含夕线石石英球粒浅粒岩 15. 金矿 16. 钼矿 17. 铅锌矿 18. 铁矿 19. 地质界线 20. 正、逆断层、性质不明断层 21. 脉动侵入界线

闪石等暗色矿物逐渐减少,石英、钾长石等浅色矿物逐渐增多,反映出岩体从中基性向酸性的同源岩浆演化序列(图 1)。

此外,在麻棚岩体的外围发育有大量燕山晚期的脉岩。从展布特征上看,在岩体的北西侧主要为 NW 向和 NE 向岩脉,在岩体的南侧,则主要为近 SN 向岩脉。岩脉主要为石英斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英二长斑岩、闪长玢岩、辉绿岩等。

1.2 矿床地质特征

石湖金矿位于麻棚岩体的东侧,是太行山中段重要的金矿资源基地,属岩体外围硅化断裂蚀变岩型矿床。矿区内已经发现 50 余条含矿断裂蚀变岩带,现开采的 101 和 116 两条矿脉勘探黄金储量为 22.28 t ,在矿山开采过程中还有较大的正变,加之深部探矿黄金储量增至 30.0 余 t ,展示了很好的找矿前景。

矿区赋矿围岩主要为太古代阜平群团泊口组、南营组片麻岩系,就总体而言,其下部主要为斜长角闪岩和黑云斜长片麻岩,中部为钾长浅粒岩夹含夕线石石英球粒集合体的钾长浅粒岩,上部为斜长角闪岩、大理岩等。区内区域变质作用及混合岩化作用强烈。区内岩体为燕山期麻棚岩体,此外,尚有较多近 SN 向展布的燕山晚期脉岩。

矿区地质构造复杂,晚太古代以变质岩的强烈褶皱及韧性剪切变形为主,石湖背斜轴向 NWW 向,延长 30 km ,并成为构造薄弱面,往往被后期构造利用和改造。燕山期以断裂构造活动为主,断裂具有多次活动特点,且具有压剪 → 张剪 → 压剪的变化规律,它们往往构成主要的控矿构造。在石湖矿区,特别是 NNE 向、NE 向断裂带中充填有燕山晚期脉岩,结构面多呈舒缓波状,陡倾斜(60°～90°),延深稳定,是该区主要控矿构造。

前燕山期韧性剪切变形带以平卧褶皱倒转翼和各岩组岩性界面附近的韧性变形为主,它们对金矿的初步富集乃至金矿的形成具重要的先导作用。

(1)矿体形态特征与规模。石湖金矿田目前已发现的 50 余条矿化断裂蚀变带中,已有工程控制和已经开采的为 101 ,102 ,115 ,116 等矿脉,矿脉主要受近 SN 向和 NW 向断裂控制,矿体走向大多也为近 SN 向和 NW 向,走向多为 340°～20°,倾向 NW 或 NE ,倾角 65°～90°。矿体长度一般几百米至上千米,最长 3 200 m ,目前开采最大延深可达 420 m(表 1)。矿体平均厚度 0.452～2.04 m ,$w(Au) = 3.52 \times 10^{-6}$ ～27.9×10^{-6}。矿体呈脉状、薄板状、透镜状,具分支复合、尖灭再现的特点。

(2)矿石矿物组合特征。矿石矿物以黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、银金矿、磁黄铁矿及褐铁矿等为主。金主要以银金矿或自然金嵌布于金属硫化物及石英中,粒度多在 0.022～0.3 mm 之间,嵌布方式有粒间金、裂隙金和少量包裹金,金成色一般为 660～807。脉石矿物主要为石英、绿泥石、斜长石、绢云母、

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

方解石、钾长石等,形态多为粒状或不规则状。

依据矿物共生组合,矿石矿化类型可分为 3 种类型:石英脉型、断裂蚀变岩型和石英脉 - 断裂蚀变岩型。金矿化主要与含金多金属硫化物硅化岩和含金多金属硫化物石英脉有关,硫化物呈浸染状、细脉状分布,矿化富集地段碎裂构造明显,硫化物呈块状、条带状及网脉状分布。矿物组合及结构越复杂,角砾状构造矿石越发育,矿化亦越好,矿石品位越高。

表 1　石湖金矿部分矿脉产出特征

Table 1　Characteristic occurrences of different Au ore vein in Shihu gold mine

矿脉	产状		规模		
	走向	倾向,倾角	延长/ m	脉宽/ m	延深/ m
101	340°～360°	NEE,65°～90°	> 2000	0.5～20	> 400
102	0°～20°	W,75°±	1400	0.5～4	尚在勘探
116	300°	NE,75°	1000	0.5～3	> 400

(3)围岩蚀变及矿化。与成矿关系密切的围岩蚀变有硅化、绢云母化、黄铁绢英岩化和绿泥石化。它们在空间上形成明显分带:从矿脉向围岩依次为硅化带、绢英岩化带、碳酸盐化带、绿泥石化带,但分带不对称,有的分带也不完全。围岩蚀变的规模、产状及其分带无一例外地受控于断裂。矿化强度与硅化、黄铁绢英岩化关系最密切,蚀变带的宽度、强度与金矿化强度成正比。

(4)矿化阶段。根据不同矿脉之间的穿插关系、复合脉分析、矿物组合分析、包体测温等资料分析研究,将本矿区矿化作用分为 4 个矿化阶段:①高 - 中温乳白色石英形成阶段:石英主要呈乳白色,较为纯净;黄铁矿大多为自形立方体晶形,多成星点状散布于乳白色石英之中;此阶段没有明显的其他金属硫化物生成;②中温黄铁矿化灰白色石英脉阶段:以灰白色石英为主,多受裂隙控制,可见其切割乳白色石英;黄铁矿则以半自形 - 他形为主,结晶颗粒一般小于高 - 中温阶段黄铁矿,且细粒较多,多沿裂隙展布;此阶段有少量金矿物沉淀;③中 - 低温石英 - 多金属硫化物烟灰色石英成矿阶段:是金的主要成矿阶段;矿物成分最复杂,石英为烟灰色、暗白色石英为主,也有部分早期石英发生碎裂又被胶结;在杂色石英中先晶出大量以黄铁矿、闪锌矿为主的金属硫化物,接着方铅矿及大量的金、银系列矿物形成,并有少量银硫酸盐矿物生成;这种矿物结晶顺序除得到了包体测温的佐证,还有矿物结晶先后顺序的接触关系,特别是在构造裂隙中矿物的对壁生长关系非常清楚,首先是石英沿裂隙边缘向中间呈梳状对壁生长,其次是黄铁矿、少量黄铜矿生长,甚至两者交替结晶,然后是闪锌矿、方铅矿依次结晶,裂隙也往往被封闭;金银矿物多以微细粒赋存于硫化物之中;④低温碳酸盐阶段:亦为瓷白色石英 - 方解石阶段,主要表现为形成宽窄不等的石英细脉和碳酸盐脉,此时硫化物很少,金矿化也已经很微弱。

(5)矿物包裹体及成矿温度。矿区石英包裹体多呈不规则状,6～10 μm,以气液包体为主,少量液态包体,液态包体中以 Ca^{2+},Na^{+},K^{+},HCO_3^-,SO_4^{2-} 为主,气相成分以 H_2O,CO,CO_2 为主。通过对石湖金矿床及外围金矿点的矿物包裹体的温度测试,成矿温度范围为 210～310 ℃,平均为 271 ℃,说明主要成矿期温度为中温。

1.3　成矿物质来源探讨

成矿物质来源是矿床地质研究的前沿课题,很多地质学家从不同角度进行了深入探索[5-9],以往的研究有两种主要认识:一是萃取观点,认为成矿物质主要来自含矿围岩,花费大量精力去寻找矿源层,结果效果不太明显。二是深部流体成矿观点,这种观点又分为幔源成矿和核幔源成矿两种认识,前者认为成矿物质主要随深部流体而来,源于地幔,在地壳断裂构造中成矿;后者则以地幔热柱认识为主,认为成矿物质主要来自于核幔界面的"D"层,以气态的形式通过地幔热柱多级演化向上迁移,在地壳构造扩容带中成矿[1,10]。

成矿元素本身的特性对其赋存状态和迁移形式具有非常重要的意义。例如,Fe,Ni 等元素不仅比重较大,而且熔点和沸点亦高,所以成为地核的主要元素;Cu,Pb,Zn,Au,Ag 等元素尽管比重较大,但其熔点和沸点较低[11],容易进入迁移状态;以 Au 为例,依据 Au 的非专属性、Au 的特性及新构造出的 Au 的原子结构模型,推测 95 %以上的 Au 都集中在地核之中,Au 以紫色气体状态混合于 Fe,Ni 之间,在强烈的外核对流及核幔差异旋转过程中,大量的金蒸气聚集在核幔界面附近。一旦由于天文因素激发或地内因素扰动,地核物质便可穿越核幔界面,并

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

以地幔热柱的形式向地表喷溢,金蒸气亦必然作为地幔热柱的组成成分呈反重力作用一起向上运移。当金蒸气到达地幔软流圈时,一部分金蒸气变成液态,形成气 - 液混合相,与地幔中的甲烷类物质(CH_4)一起,随地幔热柱多级演化继续向上运移。

这种气 - 液混合相 Au 在遇到幔源深断裂,与岩浆一起上涌时,部分气 - 液混合相 Au 与岩浆一起进行分异作用。在分异过程中,液态 Au 在地表淡水作用下,可直接变成固态 Au;而在地表咸水(海水)作用下,往往以络合物的形式迁移,直到当有淡水或细菌(生物)等因素作用时,则才开始聚集成固态 Au。所以,Au 的运移状态可概括为:

Au 的主要来源:地核;

Au 的存在状态:紫色气体 →气 - 液混合相 →含矿(Au)流体 →固态 Au;

Au 的迁移形式:地幔热柱 →地幔亚热柱 →幔枝构造 →构造扩容带;

Au 的运移途径:地核"D"层 →下地幔 →上地幔 →岩石圈 →地壳;

Au 的成矿过程:构造变形 →岩浆活动 →蚀变作用 →成矿作用;

当然,Au 的最终成矿作用也明显受活化剂(水、溶于水中的卤盐、硫、硫化物、二氧化碳等)、活化环境(温度、压力、pH 值、Eh 值、杂质离子)等(能量场)的控制。

Ag,Pb,Zn,Cu 也有类似的特征。

2 构造控矿特征

地质理论研究的进展,必然要对找矿实践产生引导作用。很显然,如果金等成矿物质以深源为主,以围岩萃取为辅,那么,能否成矿,抑或能否形成大型矿床,甚至大、中型矿床连片分布的先决及必要条件应是:有充分的深部矿质供给、有很好的上升迁移通道、又具有利的成矿储矿空间,只要上述条件具备,其成矿远景、找矿潜力就会非常巨大。

石湖地区金银矿的形成与燕山期岩浆活动密切相关,岩浆岩的侵入不仅打通了深部成矿物质的迁移通道,而且形成了一系列构造裂隙,为岩浆期后的含矿流体活动提供了储集场所。本区金矿化与燕山期麻棚岩体关系十分密切,依岩体全岩 Rb-Sr 等时线年龄,岩体的侵入时代确定为(135 ±8.8)~(116 ±2.6) Ma[12]。在岩体外围形成了一系列构造裂隙。构造裂隙往往被晚期岩脉充填,岩脉与围岩间的岩性强度差异形成构造薄弱地带,加之晚期构造活动出现的构造扩容作用,为深部流体的贯入与沉淀成矿提供了条件。

这种认识也得到了 S,Pb,H,O 等同位素测试数据的支持[12]。

石湖金矿总体属岩浆期后热液石英脉 - 断裂构造蚀变岩型矿床。矿体明显受断裂甚至裂隙构造控制。

2.1 矿区构造地质特征

该区褶皱、断裂构造均较为发育。

褶皱构造可划分为 5 期:第 1 期褶皱构造以流变(柔流)褶皱为主,一般规模较小,多为露头尺度,以强烈的流变褶皱和韧性剪切带为特征,反映出早期变形较高的温度压力条件(图 2);第 2 期褶皱为区域性大型平卧褶皱,轴部出露中太古代阜平群下亚群团泊口组一段钾长浅粒岩、黑云斜长片麻岩,外围相继出露团泊口组二段钾长浅粒岩夹黑云斜长片麻岩;第 3 期褶皱为共轴叠加褶皱,它以第 2 期褶皱面为参考面,形成了栗树台 - 水泉向形、土岭东沟背形、龙门向形、熊沟背形等一系列褶皱构造(图 3);第 4 期褶皱的主压应力有了较大的转变,为近 EW 向的挤压力,使第三期褶皱的轴面呈左右摆动的蛇状弯曲;第 5 期褶皱表现为区域性垂向隆起,是阜平幔枝构造上隆的表现形式。轴部强烈上升,而外围大幅度向外拆离滑脱,逐渐形成了幔枝构造的雏形。

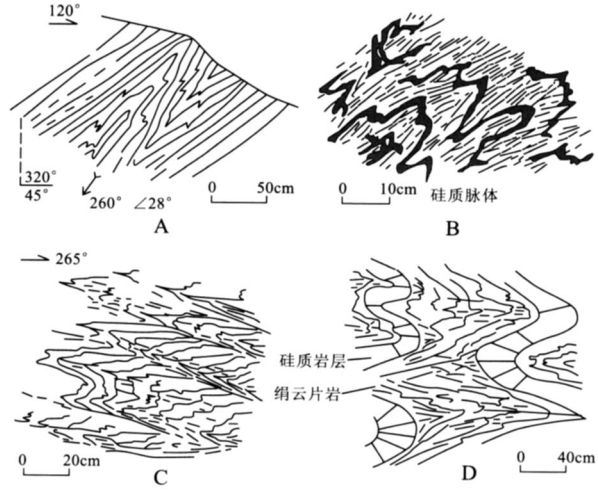


图 2 第一期固态流变褶皱素描图

Fig. 2 Sketch of the first stage solid rheomorphic fold

A. 片内流变褶皱构造(石湖沟掌)

B. 塑性流变肠状褶皱(石湖矿部南)

C. 剪切褶皱(土岭东沟) D. 不协调褶皱(矿区外围)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

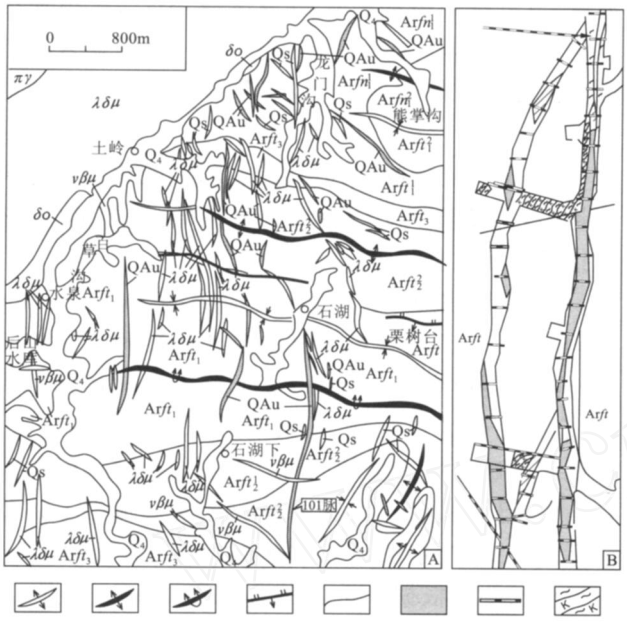


图 3　石湖矿区地质构造简图(A)
与 101 脉 440 中段矿体投影(B)

Fig. 3　Sketch map of geologicalstructures (A) and projective on level 440m of 101vein(B) in the Shihu gold deposit

Q_4. 第四系 J - K. 侏罗 - 白垩系 $\in$ - O. 寒武 - 奥陶系 Qn. 青白口系 Jx. 蓟县系 Ch. 长城系 Pt_1. 甘陶河群 Arw. 五台群 $Arfn_2^2$. 黑云斜长片麻岩 $Arfn_2^1$. 黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩 $Arft_3$. 黑云斜长片麻岩,顶部为大理岩黑云斜长片麻岩 $Arft_2^2$. 黑云斜长片麻岩夹斜长角闪岩 $Arft_2$. 黑云斜长片麻岩夹钾长浅粒岩 $Arft_1$. 黑云斜长片麻岩 $\pi\gamma$. 斑状花岗岩 $\gamma\beta$. 花岗闪长岩 δ. 石英闪长岩 $\lambda\delta\mu$. 石英闪长玢岩 $\lambda\delta\mu$. 辉长辉绿岩 Qs. 石英脉蚀变破碎带 QAu. 含金石英脉

1. 向斜 2. 背斜 3. 倒转背斜 4. 逆冲推覆断层 5. 地质界线 6. 矿体 7. 刻槽取样 8. 矿体围岩

断裂构造以燕山期断裂构造为特征,它利用、改造了原有构造,以 NE 向、NW 向、及近 SN 向断裂为主,同时,它们又是重要的导矿和储矿构造(图 1)。

2.2　构造控矿的阶段性

矿床成矿作用复杂,成因具有多期次、多阶段特点,但主要可分为两个成矿阶段:首先是太古代的古地幔热柱活动把 Au 等成矿元素从深部带上来,形成了以基性火山岩为特征的阜平群下亚群,在阜平运动发生强烈的变形变质作用,广泛发育一系列流变褶皱和韧性剪切带,稍晚形成了具区域规模的石湖倒转褶皱,并在倒转翼发育韧性剪切带,使成矿元素产生初步富集。

进入中生代,由于阜平幔枝构造的强烈隆升,以及麻棚岩体的多期次侵入,形成了一系列裂隙构造,以及岩体外围被燕山期脉岩充填的构造薄弱带,为深部含矿流体提供了上升通道和储集空间,也活化萃取了早期韧性剪切带中部分成矿物质,在新的有利空间富集形成石英脉 - 断裂蚀变岩型金矿。

2.3　构造控矿分析

由于石湖金矿区矿脉的空间展布严格受断裂构造的影响和控制,因此,详细解剖矿田构造,搞清矿脉的空间展布,就可以较准确地总结成矿规律,进而较准确地开展成矿预测。

石湖地区具备了很好的成矿地质条件:

(1)石湖地区位于阜平幔枝构造的核部,处于太行山构造岩浆带内,区域性 NNE 向断裂与 NW 向断裂的交叉复合部位往往控制着燕山期岩浆岩的产出(如本区麻棚岩体,区外的赤瓦屋岩体、司各庄岩体、王安镇岩体等)。强烈的构造运动以及岩浆活动不仅沟通了深部矿源,而且形成了相当发育的断裂构造体系,成为良好的控矿构造(图 1)。

(2)由于麻棚岩体的强力侵入,在岩体的外围形成了一系列放射状构造裂隙,特别是在岩体西侧、南侧和东侧,裂隙相当发育。这些裂隙多被岩浆活动后期的中基性 - 中酸性脉岩所充填,而脉岩与围岩之间存在的岩性差及其之间的裂隙往往成为成矿流体的迁移通道和储集场所。特别是在构造活动中被构造改造、破碎的脉岩更是良好的成矿储矿构造(图 4)。

(3)明显的化探异常中心。在麻棚地区,凡是断裂较为发育的部位,特别是硅化、硫化物发育的地区

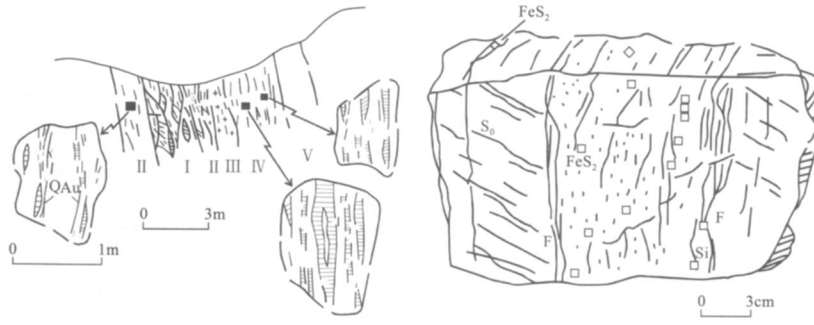


图 4　石湖金矿 101 号脉矿体剖面及矿石矿化特征

Fig. 4　Section of ore body 101 and characteristic of mineralization in Shihu gold mine

Ⅰ. 主矿体　Ⅱ. 硅化角砾岩带　Ⅲ. 黄铁矿化闪长玢岩带　Ⅳ. 绢英岩化带　Ⅴ. 绿泥石化原岩带

Si. 硅化石英脉 FeS_2. 黄铁矿化 S_0. 原生面理 Q. 石英脉.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

均有很明显的地球化学异常,在石湖、西石门、北营西沟、丑泥口、杨家庄、秋卜洞等区均有明显的地球化学异常,有的还是 Au,Ag,Pb,Zn,Cu,As,Hg 等元素的组合异常,异常多与构造裂隙带和硅化、硫化物发育的范围具有一致性,是矿化异常的表现。

3 成矿作用与找矿预测

从金的成矿作用分析,如果没有深部成矿物质来源而仅靠含矿围岩萃取,一般多形成矿化富集区,也可形成一些小规模的金矿或矿化点。如果形成大型矿山,甚至大、中型矿山连片分布,则必须有深大断裂沟通深部矿源,才能形成大的成矿集中区。

3.1 成矿作用特征

(1)在脆韧性或韧脆性剪切带和断裂构造体系中,断层角砾发育地段,特别是断层角砾有黄铁矿等多金属硫化物胶结时,一般指示矿化变富,甚至会有特高品位块段的出现(图 4)。

(2)含矿断裂带内产状变化部位,不同方向、不同级别断裂的交汇处,断裂带与早期韧性剪切带交汇处,往往是金矿富集地段。在剖面上张剪性断裂产状由缓变陡的部位,压剪性断裂产状由陡变缓处往往也是金矿富集部位。

(3)矿区浅部矿脉围岩蚀变不太强烈,但是,往深部蚀变有变宽的趋势,尤其硅化、绢英岩化、黄铁矿化,一般指示工业矿体向下有变富趋势。

(4)金矿物的成色能够说明其赋矿部位和成矿温度,成色越高表明成矿时温度越高[12],矿体所处部位越深。本矿区金的成色中上等,说明现采矿部位应该处于矿体中偏上部,其深部尚有较大的找矿潜力。

(5)金属硫化物矿物组合越复杂,硫化物矿物类型越多,特别黄铁矿的自形程度越低,颗粒越细,往往指示矿石含金较高。

(6)由元素的共生组合规律表明,As,Sb,Ag,Cu,Pb,Zn 等元素含量与金的矿化程度和规模成正比,也即矿脉中含 As,Sb,Ag,Cu,Pb,Zn 矿物增多时,金的品位也会变富,如黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉银矿等硫化物含量增高时,金的品位相应增高。

(7)已开采矿脉纵深的品位变化。根据上述找矿标志和成矿规律分析,对矿区 101 号矿脉深部进行找矿预测。根据 101 号脉各中段的品位数据,从 600～180 m 中段,共 11 个中段。多数样品品位在 2.5×10^{-6}～40×10^{-6} 之间,最高可达到 87.6×10^{-6},中段平均品位最高可达 11.99×10^{-6}(220 m 中段)(表 2,图 5A)。但是,就总体变化趋势来看,由浅部向深部有明显变富的趋势。

需要说明的是 180 m 中段现在为初期开采,所取样品数量有限,故在图中平均品位值暂时位于趋势线下方,而从已经开采的矿石品位来看,其品位大多比以上中段都高,预测其平均品位可能要高于 220 m 中段。此外,从各中段品位数据中还能看出,每个中段品位 > 10×10^{-6} 的高品位数值也有从浅部到深部逐渐变高的趋势(表 3,图 5B)。

表 2 石湖金矿 101 号矿脉各中段平均金品位表

Table 2 Grade of gold on different level of 101 ore body in Shihu gold mine

中段深度/m	600	560	520	480	440	400	350	300	260	220	180
平均 $w(Au)/10^{-6}$	7.16	4.81	10.74	5.18	5.42	7.34	9.37	6.55	9.65	11.99	6.92

表 3 石湖金矿 101 号矿脉各中段高品位样品分布

Table 3 High grade distribution on different level for 101 ore body in Shihu gold mine

中段深度/m	600	560	520	480	440	400	350	300	260	220	180
$w(Au)/10^{-6}$	19.77	17.62	17.10	14.57	14.19	19.62	24.55	28.23	24.56	26.23	21.88

从平面上看,金品位从矿脉中心向两侧围岩逐渐降低,且越远离矿脉品位越低,而围岩地层的金丰度值较低,说明成矿过程与后期深源热液有很大关系。富品位往往位于矿脉的分支复合部位和脉中产状突然变化的地方,跟围岩的蚀变、矿脉厚度等因素也有一定关系。

3.2 找矿方向

很显然,麻棚地区金的成矿作用明显受着构造裂隙的控制,而这种构造裂隙多成组出现,仅麻棚岩体东侧的石湖金矿区就已经发现 50 余条硅化石英

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

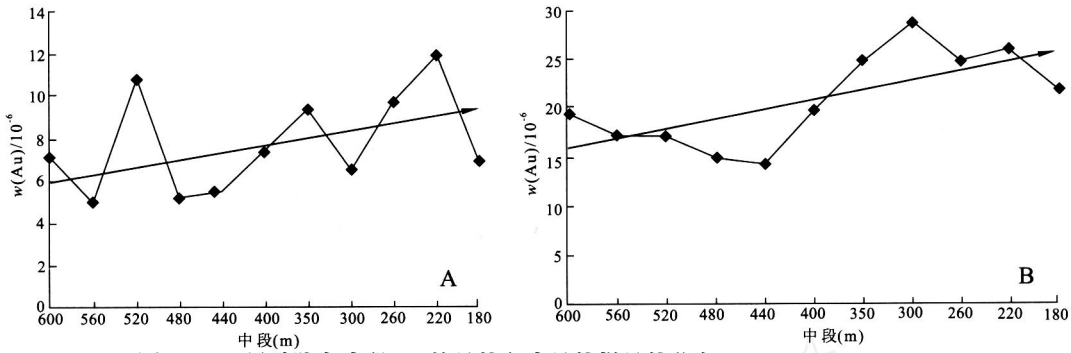


图 5　101 号矿脉各中段 Au 的品位和高品位样品位分布

Fig. 5　Grade and high grade distribution on different level for 101 ore body

- 断裂蚀变岩型矿化带,石湖矿区的 101,116 号矿脉勘探提交黄金储量 22.28 t,加上储量正变及深部增储,两条矿脉的金储量已达 30.0 t。从成矿预测来看,101,116 号矿脉现开采深度应为矿体中部,深部仍有较大的找矿潜力。此外,同组的其他矿脉具有相同的演化特征和构造性质,在控矿特征上亦应有一定的可比性。因此,石湖金矿区的深部和外围找矿潜力仍然很大,应重点对矿田构造进行解剖,以指导深部和外围找矿。

麻棚岩体的南侧和北西侧外围,特别是脉岩密集区应该注意找寻相同或相近类型的金、银矿产,具现已掌握情况看,麻棚岩体北西侧相对剥蚀较浅,应该注意在北营西沟、丑泥口、杨家庄、秋卜洞构造发育、区域地球化学组合异常明显的地段找寻银金矿,特别应注意深部的地质找矿。

4　结论

阜平幔枝构造区成矿作用研究以及麻棚地区的矿田构造解剖表明,该区具有很大的找矿前景。

(1) 阜平幔枝构造的形成以及麻棚岩体的多期次侵入,沟通了深部成矿物质来源,使麻棚地区成为太行山区重要的成矿集中区。

(2) 中太古代地幔热柱活动带来部分成矿物质,并随中太古代的多期次构造活动,在早期韧脆性、脆韧性剪切带中有所富集。中生代,在阜平幔枝构造活动期伴随着大规模的岩浆活动,沟通了深部含矿流体通道,是金矿的主要成矿期。

(3) 麻棚岩体外围形成的一系列燕山晚期 NNE 向、SN 向、NW 向裂隙被燕山晚期中基性 - 中酸性脉岩所充填,并成为很好的导矿构造和储矿构造。

(4) 被脉岩充填的断裂裂隙和被改造过的断裂蚀变带多为良好的储矿构造,特别是这种裂隙具有明显的硅化蚀变和硫化物充填,并具有明显的化探异常时,是很好的地质找矿指示标志。

(5) 根据麻棚地区的矿田构造解析以及地球化学异常分析,麻棚外围的剥蚀程度尚浅,麻棚东部剥蚀相对较深,也只是金矿化的浅部晕,因此,应注意深部地质找矿。

参考文献:

[1] 牛树银,孙爱群,邵振国,等. 地幔热柱多级演化及其成矿作用[M]. 北京:地震出版社,2001:41-175.

[2] 韩进朝. 石湖金矿 116 号脉找矿前景分析[J]. 黄金,2002,23(1):9-11.

[3] 张亚雄,陈松岭,彭省临,等. 河北灵寿县土岭—石湖金矿田控矿构造研究[J]. 大地构造与成矿学,1996,20(1):72-80.

[4] 刘荣访. 河北省灵寿县石湖金矿的构造地球化学特征[J]. 北京地质,2001,13(4):13-19.

[5] 翟裕生,邓军,李晓波. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社,1999:146-203.

[6] 陈毓川,毛景文,骆耀南,等. 四川大水沟碲(金)矿床地质和地球化学[M]. 北京:原子能出版社,1996:1-146.

[7] 邓晋福,莫宣学,赵海玲,等. 中国东部岩石圈根/去根作用与大陆"活化"[J]. 现代地质,1995,8(3):349-356.

[8] 毛景文,王志良. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨[J]. 矿床地质,2000,19(4):289-296.

[9] Niu Shuyin, Hou Quanlin, Hou Zengqian, *et al*. Cascaded evolution of mantle plumes and metallogensis of core-and mantle-derived elements[J]. ACTA GEOLGICA SINICA, 2003,77(4):522-536.

[10] Maruyama S. Plume tectonics[J]. Jour. Geol. Soc. Japan, 1994,100(1):24-49.

[11] 霍明远. 金的结构模型与地质找矿[C]. 见:涂光炽,霍明远. 金的经济地质学. 北京:科学出版社,1991:1-361.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[12] 牛树银,李红阳,孙爱群,等. 幔枝构造理论与找矿实践[M]. 北京:地震出版社,2002:1-243.

ANALYSIS ON ORE-CONTROLLING STUCTURES OF SHIHU GOLD DEPOSIT IN THE MIDDLE PART OF THE TAIHANG MOUNTAIN

CHEN Chao[1], NIU Shu-yin[1], KONG Fan-hui[1], WANG Zi-li[1], SUN Ai-qun[1], WANG Bao-de[1], WANG Wen-xue[2], JIANG Xiao-ping[2], ZHAO Yong-li[2], GAO yin-cang[2], LIU Hua-bin[3], QIU Jian-ping[3]

(1. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, *China;*

2. *Comprehensive Geological Team of Shijiazhuang, Shijiazhuang* 050081, *China;*

3. *Shihu Gold Mines, Shijiazhuang* 050506, *China)*

Abstract: Under guidance of mantle branch structure geological characteristics, ore material sources, variation of gold grade and ore-controlling structures are analyzed in the paper. The analytical results show potential for ore exploration to depth and in surroundings of Shihu gold mine.

Key Words: mantle branch structure; Shihu gold mine; metallogenesis; ore-controlling structure; ore potential; Hebei province

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net