辽宁丹东四道沟金矿床构造控矿规律及其机制分析

王可勇[1], 万 多[1], 刘正宏[1], 孙丰月[1], 边红业[2], 张晓东[3], 黄俊鹏[3]
1. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061
2. 武警黄金第一总队, 哈尔滨 150086
3. 辽宁丹东四道沟金矿, 辽宁 丹东 118000

摘要: 辽宁丹东四道沟金矿床为一主体产于古元古代辽河群变质砂岩地层之中、成因上与燕山期中酸性岩浆活动有关的中温热液金矿床。区内工业矿体的空间产出受NE向F_3断裂及其上盘竖井背斜构造的联合控制, 并表现出如下规律: 工业矿体主要沿竖井背斜内发育的层间破碎带产出, 因而空间上呈"带"状分布特点; 主要矿带自东而西在空间上呈现出"帚"状展布样式; 矿带内主要工业矿体多分布于竖井背斜转折端以西部位, 且呈现出SE向倾伏的产出规律, 倾伏角一般为30°~35°。综合研究认为, 四道沟矿区工业矿体的规律性产出与成矿期NE向断裂的右行斜冲活动方式有直接关系。

关键词: 四道沟金矿床; 构造控矿规律; 矿体定位机制; 辽宁丹东; 金矿
中图分类号: P618.51 文献标志码: A 文章编号: 1671-5888(2011)04-1048-07

Analysis of Structural Ore-Controlling Rules and Mechanism of the Sidaogou Gold Deposit in Dandong City, Liaoning Province

WANG Ke-yong[1], WAN Duo[1], LIU Zheng-hong[1],
SUN Feng-yue[1], BIAN Hong-ye[2], ZHANG Xiao-dong[3], HUANG Jun-peng[3]
1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China*
2. *No. 1 Brigade, Division of Gold, People's Armed Police Force, Harbin 150086, China*
3. *Sidaogou Gold Deposit in Dandong City, Liaoning Province, Dandong 118000, Liaoning, China*

Abstract: Located in Dandong City, Liaoning Province, Sidaogou gold deposit is of medium-temperature hydrothermal type, mainly occurs in the meta-sandstone strata of Liaohe Group of Early Proterozoic era, and is genetically related to the intermediate-felsic magmatic activities of the Yanshan episode. The spatial distribution of ore-bodies was jointly controlled by the NE strike F_3 fault and the Shujing anticline developed in the hanging wall of F_3. The structural ore-controlling regularities are as follows: 1) The ore-bodies occur mainly in the interbedded brecciation zones developed in the Shujing anticline and spatially display in belts; 2) The major ore-bodies display in a broom-shaped way from east to west; and 3) The ore-bodies in each ore belt mainly distribute at the western side of the hinge zone of Shujing anticline and clearly flank dip toward SE with the flank dipping angle between 30° to 35°. Based on this comprehensive study, we propose that the regular spatial occurrences of the ore-bodies in the mining district are closely related to the dextrorotation-oblique thrust motion of the NE faults. All these structural ore-controlling rules have both great theoretical and practical significances to the subsequent

收稿日期: 2010-10-05
基金项目: 国家自然科学基金项目(40572117); 辽宁丹东三鑫矿业有限公司地质科研项目
作者简介: 王可勇(1965—), 男, 河北乐亭人, 教授, 博士生导师, 主要从事矿床学及流体包裹体地球化学等方面的教学与研究工作, E-mail: wangky@jlu.edu.cn。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

exploration work in the mining district.

Key words: Sidaogou gold deposit; structural ore-controlling rules; mechanism of spatial location of ore-body; Dandong County in Liaoning Province; gold deposit

0　前言

四道沟金矿床是一个拥有近 40 年生产历史的老矿山, 它地处丹东市郊, 与辽东地区规模最大的五龙金矿床相距仅 15 km。由于连续多年持续稳定的生产以及进一步找矿勘查工作的相对滞后, 矿山探明资源量几近枯竭, 其可持续发展形势面临严重困难。加强矿区地质研究工作, 深入总结矿区成矿规律, 进而指导矿区深部及外围进一步找矿勘查工作已成当务之急。近年来, 笔者先后 3 次赴矿区开展野外地质研究工作, 充分认识到构造对矿区工业矿体产出及空间展布起着重要控制作用。因此, 认真分析和总结矿区构造控矿规律, 对指导该区进一步找矿探矿工作有着重要的实际意义。

1　矿区地质特征

四道沟金矿床大地构造位置处于华北地台辽东台背斜之营口—宽甸古隆起的南部, 鸭绿江深大断裂带西侧[1-2] (图 1)。区内出露地层主要为前震旦系辽河群变质岩系, 其上覆有少量震旦系钓鱼台组及中生代侏罗系火山碎屑岩; 区内断裂及褶皱构造发育, 不同时期侵入体分布较为广泛, 为热液金成矿作用提供了较为有利的地质条件。

1.1　矿区地层

矿区出露地层较为简单, 由老至新依次有辽河群、震旦系、侏罗系及第四系等不同时代地层单元 (图 1)。其中, 辽河群盖县组变质岩在全区分布最为广泛, 其岩性下部以黑云母片岩、绢云母片岩等为主, 中部主要为厚层及薄层状变质砂岩, 上部则以黑云母片岩、二云母片岩、石墨绢云母片岩、绢云母石英片岩等为主[1,3]; 辽河群大石桥、高家峪及里尔峪等其它组地层主要分布于矿区外围地区; 另外, 矿区东部亦出露有少量震旦系及侏罗系地层, 震旦系地层主要为钓鱼台组, 其岩性包括含砾片岩、石英岩及变质砂岩等, 它们在矿区内常构成一些孤零、陡峭的山峰和高地, 以角度不整合或断层接触形式覆盖于盖县组地层之上; 侏罗系地层主要有小东沟及大堡组, 岩性以黄绿-灰色凝灰质粉砂岩、页岩等为主, 底部含厚薄不一的底砾岩段。空间上, 震旦系与侏罗系地层分布范围近于一致。

1.2　矿区构造

矿区位于区域性鸭绿江深大断裂带西侧约 2 km 处, 受其控制和影响, 矿区范围内构造变形作用亦较为强烈, 主要构造形迹为褶皱及断裂构造[4-6] (图 1)。矿区主要褶皱构造为竖井倾伏背斜, 该背斜主体位于 F_3 断裂构造带南侧, 其核部主要为盖县组下部黑云母片岩、绢云母片岩等, 向两侧依次发育盖县组中部变质砂岩及上部二云母片岩、石墨绢云母片岩、绢云母石英片岩等地层。该褶皱平面总体形态较为宽缓, 北端仰起, 南端向 SE 倾伏; 褶皱两翼变形程度不对称, 表现为西翼相对较为紧闭, 而东翼相对较为开阔, 西翼地层产状多倾向 SW, 一般为 210°~ 220°, 转折端大体在矿区竖井东侧及向南一线, 该处地层一般倾向为 170°~ 190°, 而东翼地层倾向一般为 140°~ 150°, 并且越向东部地层产状逐渐趋于平稳。该褶皱轴面产状总体倾向 NE, 倾角中等。

矿区断裂构造十分发育, 主要包括切层断裂及层间破碎带 2 种形式: 切层断裂以 NE 走向为主, 规模较大的有 F_1—F_4 等 4 条, 它们均倾向 SE, 倾角 45°~ 55°, 次为 NW—NNW 向断裂, 其它方向断裂发育相对较少, 且规模一般较小; 层间破碎带构造多发育于 F_1—F_4 等较大规模断裂构造所夹持的岩片内, 是矿区主要类型的容矿构造。

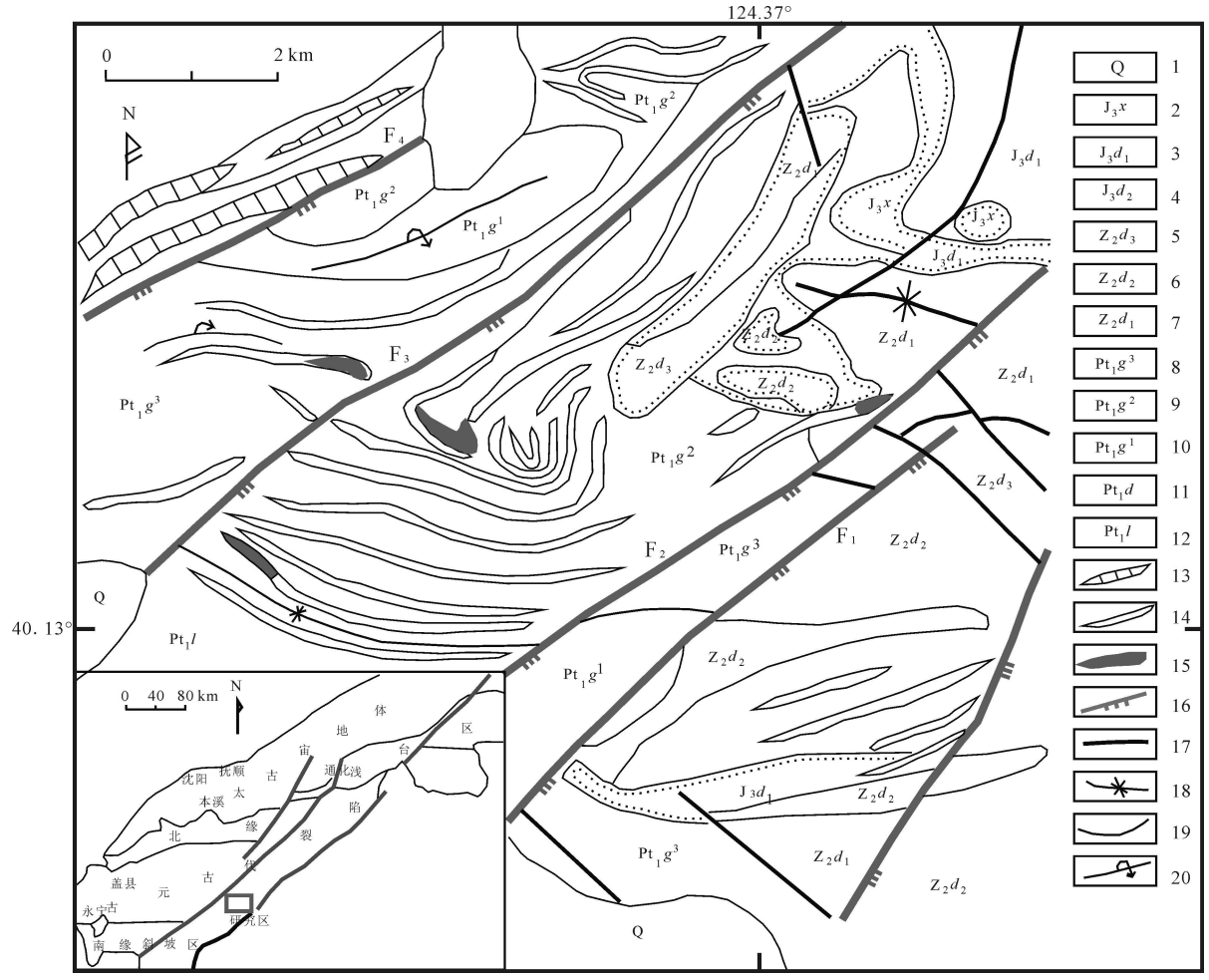
1.3　矿区岩浆岩

矿区范围内基本无大的岩浆岩体出露, 仅见一些燕山晚期花岗斑岩、闪长玢岩及基性的闪斜煌斑岩脉发育, 它们多沿矿区内不同方向的断裂构造产出。在矿区西侧, 大面积分布着印支期黑云母花岗片麻岩岩基及燕山期三股流花岗闪长岩岩株, 前者构成了五龙金矿床的主要容矿围岩, 后者则为五龙及四道沟金矿形成提供了重要的物源及热动力条件[4,7-9]。

2　金矿化特征

区内金矿化主要发育于矿区中部辽河群盖县组变质地层之中, 受 NE 向切层断裂与竖井倾伏背斜构造的联合控制。矿区金矿化类型可划分为 3 种:

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net



1. 第四系冲积层; 2. 小东沟组砾岩段; 3. 大堡组板岩段; 4. 大堡组千枚岩段; 5. 钓鱼台组变质长石石英岩段; 6. 钓鱼台组石英岩段; 7. 钓鱼台组含砾岩组片岩段; 8. 盖县组上部变质砂岩段; 9. 盖县组中部片岩段; 10. 盖县组下部变质砂岩段; 11. 大石桥组上部大理岩段; 12. 里尔峪组变质岩类; 13. 脉岩; 14. 含金破碎蚀变带; 15. 金矿体; 16. 压扭性断层; 17. 岩段界线; 18. 背斜轴; 19. 不整合界线; 20. 倒转背斜轴。

图1 辽宁四道沟金矿床矿区地质图(据文献[1]修编)

Fig. 1 Geologic map of Sidaogou gold deposit in Liaoning Province

①微细脉浸染构造片岩型。该类型金矿化主要受片岩层内强劈理化构造破碎带控制,表现为断裂带内石墨化片岩在含矿热液作用下,发生以硅化、绢云母化、碳酸盐化及黄铁矿化等为主的蚀变及矿化作用。矿石外观一般深灰—灰黑色,内发育浸染状及细脉状黄铁矿,黄铁矿细脉一般宽1 mm到几毫米,长几厘米到十几厘米,这些黄铁矿细脉或沿岩石构造片理面发育,或与岩石构造片理面斜交。该类型矿化其矿化强度极不均匀,一般金品位为1 g/t左右或更低,而局部地段金品位可达10余g/t以上;矿化的强弱主要取决于黄铁矿化发育程度,一般黄铁矿细脉发育较密集部位,金品位往往较高。伴随金成矿作用,围岩发生硅化、绢云母化、碳酸盐化等类型热液蚀变作用。②含金硅化蚀变(砂)岩型。其为矿区最主要的金矿化类型。该类型金矿化空间上主要分布于NE向F_2与F_3断裂带之间,其产出受F_3断裂上盘盖县组中部砂岩层内发育的层间破碎带构造控制。矿石外观一般呈灰—灰白色,强硅化,有时几乎成为硅质岩或绢英岩,致使其原岩结构、构造及矿物成分无法识别。除硅化外,矿石亦叠加发育黄铁矿化、绢云母化及碳酸岩化等热液蚀变作用,其中黄铁矿主要呈浸染状及细脉浸染状方式产出。该类矿

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化产出围岩以盖县组变质砂岩、黑云母片麻岩、变粒岩等为主, 有时也见少量大理岩。③石英-黄铁矿脉型。其为矿区金品位最高的金矿化类型, 但该类型金矿体规模一般较小, 多位于含金蚀变岩型矿体的中心部位。该类矿石一般呈灰色, 多以含浸染状或细脉浸染状黄铁矿的石英脉为主, 有时可见较纯的黄铁矿块(脉), 其金品位为一般为几十 g/t, 甚至可达 100 余 g/t 以上。

在矿区现有开拓井田范围内共圈定出工业矿体 26 个, 它们空间上主要分布在竖井倾伏背斜轴部附近 400 m 范围内盖县组变质砂岩层间剥离破碎带中, 矿化类型以含金硅化蚀变(砂)岩型及石英-黄铁矿脉型为主。单个矿体形态以扁豆状及透镜体状为主, 长一般 50~ 130 m, 宽 2~ 13 m, 延深一般 50~ 240 m。矿石主要金属矿物为黄铁矿, 次为磁黄铁矿、黄铜矿等, 方铅矿、闪锌矿及毒砂等矿物偶见; 脉石矿物以石英为主, 次为绢云母、方解石、长石等。常见矿石结构为半自形-它形粒状结构、碎裂结构及交代结构等; 矿石构造为星散浸染状、细脉浸染状、角砾状构造等。矿石中金等有用矿物主要以裂隙金、少量包裹体金形式赋存于黄铁矿及石英等载金矿物之中。

矿区热液金成矿作用可划分为 4 个阶段, 分别为: Ⅰ) 贫硫化物-乳白色石英脉形成阶段, 发生于主成矿阶段之前, 形成沿片理化构造破碎带充填的乳白色透镜体状石英脉, 硫化物发育极少, 仅偶见少量晶形较好的立方体黄铁矿, 该类石英脉基本不含矿; Ⅱ) 黄铁矿-石英阶段, 为矿区金的主要富集成矿阶段, 并伴随有围岩较强的硅化、绢云母化等类型蚀变作用; Ⅲ) 石英-多金属硫化物阶段, 该阶段矿化不甚发育, 仅局部可见, 主要形成石英、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等热液矿物组合; Ⅳ) (黄铜矿)-石英-方解石阶段, 形成以方解石为主, 局部见有石英、偶见黄铜矿、黄铁矿等组合的细脉, 多叠加发育于以Ⅱ阶段矿化为主的矿体之上及其邻近围岩之中。

在上述 4 个热液成矿阶段之中, Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ阶段矿化发育较为普遍, Ⅱ阶段是金成矿作用的主要阶段。伴随热液成矿作用进行, 近矿围岩也发育程度不同的各类蚀变作用, 主要包括硅化、绢云母化、碳酸盐化及黄铁矿化等。

3　构造控矿规律

已有研究表明, 四道沟金矿床的形成与地层岩性、构造及燕山期岩浆活动均有密切关系, 其成因属燕山期中温岩浆热液矿床类型[7-13]。在其主要控矿因素之中, 构造对金矿化的类型、主要工业矿体的空间定位及其展布形式等均起着至关重要的作用。本区构造控矿特征及其规律主要表现在下述几个方面。

3.1　NE 向主干断裂"导矿"与层间破碎带"容矿"

矿区的断裂构造从产状形式上可分为切层及顺层 2 类, 但从与成矿作用关系角度则可分为导矿构造与容矿构造。NE 向 F_1—F_4 等几条切层断裂走向长度及倾斜延深均较大, 且长期多次活动。在断裂带内普遍发育硅化、黄铁矿化及碳酸盐化等类型的热液蚀变作用, 显示大规模热液活动迹象, 取样分析带内强蚀变构造岩有一定的金品位(多小于 0.5 g/t), 但这些断裂带内到目前为止均未发现成型的工业矿体赋存; 因此, 它们在成矿过程中可能主要起着矿液运移通道作用。而区内已发现的工业矿体, 则主要产于盖县组地层层间破碎带构造中, 因此, 层间破碎带是矿区主要的容矿构造类型。2 类构造及其内矿化特征对比详见表 1。

3.2　层间破碎带构造控制着工业矿体的空间"带"状展布

四道沟矿区工业矿体数量较多, 但单一矿体规模总体相对较小。粗略地看, 似乎这些矿体产出无规律可言; 但实际上, 由于矿体产出受层间破碎带构造的控制, 这些矿体空间明显呈"带"状展布特点, 每一个矿带实际上均反映了一个大的层间破碎带构造, 其内含有数个不连续且大小不一的工业矿体(图 2)。总体来讲, 四道沟矿区已发现的工业矿体可划归为 1—4 号 4 个矿带: 1 号矿带以原编 8 号矿体为主体, 包括其东、西两侧外延部分的矿体; 2 号矿带以原编 78 号矿体为主体, 同时包括了其东、西两侧外延部分; 3 号矿带以原编 77 号矿体为主体, 亦包括其东、西侧外延部分的矿体; 4 号矿带位于原编 77 号矿体南侧, 空间上明显不属于原编的 77 号矿体, 这里将其重新编号为 4 号矿带。在上述 4 条矿带的南侧, 地表也圈出一些类似产状的矿化带, 只是由于探矿工程稀疏, 尚未找到重要的工业矿体。

3.3　矿带空间的"帚"状展布规律

矿区 1—4 号矿带自西而东均呈向南突出的弧形展布(图 2), 各矿带空间产状特征相近, 近平行产出。大体以竖井背斜轴部为界: 西段走向 NWW, 倾向 SW, 倾角中等; 中段(褶皱轴附近)走向近东西,

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表1 四道沟金矿床导矿构造与容矿构造特征对比

Table 1 Comparision of the features between the ore leading and ore hosting structure in Sidaogou gold deposit

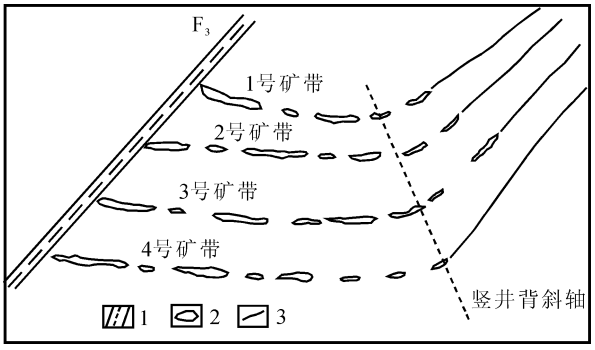
特征	导矿构造	容矿构造
产状	多表现为切层、规模相对较大的断裂,以NE走向为主	多表现为层间破碎带,以产于竖井背斜两翼盖县组变质砂岩地层层间最为重要
构造岩	强烈劈理化、片理化的变质砂岩、片岩等的岩石	碎裂岩碎粒岩化及角砾岩化变质砂岩、片岩等岩石
蚀变构造岩微量元素质量分数*	Au(0~1.7)×10⁻⁹; Ag(0.06~0.10)×10⁻⁶; Cu(0~7.0)×10⁻⁶; Pb(9.51~10)×10⁻⁶; Zn(11.0~18.0)×10⁻⁶	Au(10.73~30.0)×10⁻⁹; Ag(0.19~0.39)×10⁻⁶; Cu(32.25~70.0)×10⁻⁶; Pb(28.15~45.00)×10⁻⁶ Zn(44.25~78.0)×10⁻⁶
矿化类型	浸染—细脉浸染构造片岩型	蚀变砂岩型为主
矿石特征	灰黑色蚀变构造片岩为主,主要金属硫化物为黄铁矿;矿石呈自形—半自形粒状结构,浸染状、细脉浸染状、片理化构造等	灰白色强硅化蚀变砂岩为主,主要金属硫化物为黄铁矿,次为黄铜矿、偶见方铅矿、闪锌矿等;矿石呈半自形—它形粒状结构,浸染状、角砾状及块状等构造

* 据矿区地质勘探报告数据整理。

倾向南,倾角中等;东段走向NE,倾向SE,倾角中等。因此,矿带的展布特点与竖井背斜形态及其内发育的层间破碎带空间形态相吻合。从4个矿带总体发育特点来看,以竖井背斜轴部为中心,向西侧各矿带相互之间呈"发散"状产出,类似"扫帚"的"帚"端;而向东各矿带相互之间则趋于收敛集中,类似于"扫帚"的"柄"端。因此,从总体上看,竖井背斜轴部西侧矿化明显好于东侧。

3.4 矿带内工业矿体的侧伏展布规律

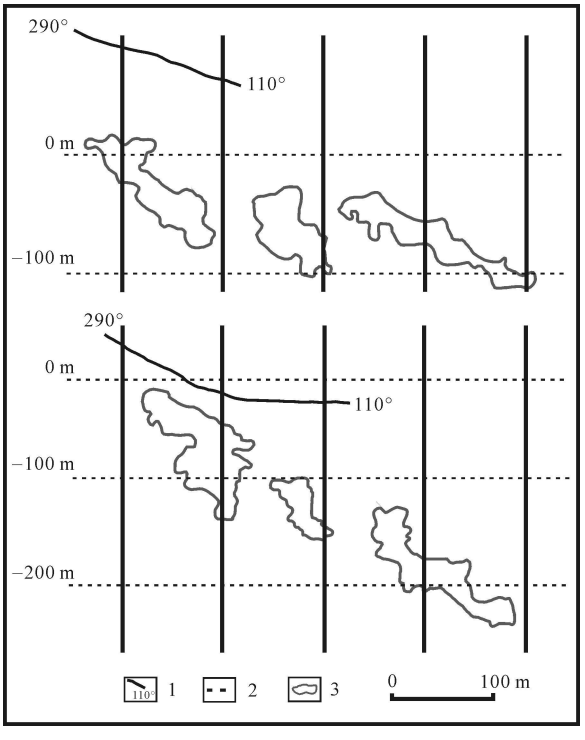
矿区每一个矿带均由若干个不连续的工业矿体构成,通过编制各矿带工业矿体垂直纵投影图,可以发现工业矿体均主要呈向东倾伏的规律,倾伏角一般为30°~35°(图3)。



1. 北东向导矿断裂; 2. 工业矿体; 3. 层间破碎带构造。

图2 四道沟金矿床矿带空间展布示意图

Fig. 2 The sketch map of the distribution of ore belts in Sidaogou gold deposit



1. 地形线; 2. 探矿及生产坑道; 3. 工业矿体边界。

图3 四道沟金矿床工业矿体空间展布规律

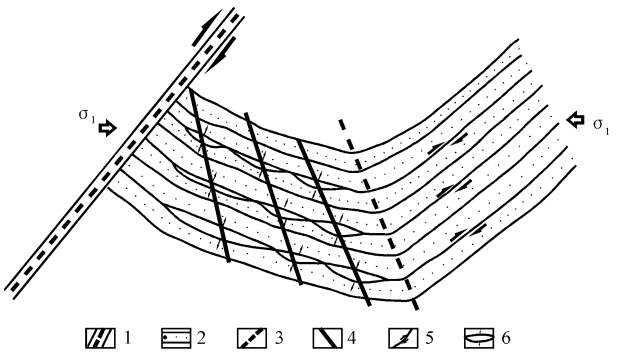
Fig. 3 The regularity of distribution of ore bodies in Sidaogou gold deposit

4 构造控矿机制分析及其找矿预测意义

四道沟矿区工业矿体的空间产出及展布与该区构造发育特点有直接关系:本区NE向切层断裂属导矿构造,层间破碎带则为具体的容矿构造。深部来源的流体沿NE向断裂汇聚并沿其向浅部运移,

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

然后进入到层间破碎带构造中, 通过充填与交代作用方式而成矿。矿体的空间定位受层间破碎带内局部有利容矿构造空间的制约, 而有利局部容矿空间的形成发育与主成矿期 NE 向断裂运动方式及竖井倾伏背斜的空间产状密切相关。研究表明, 主成矿期 NE 向导矿断裂主要以右行斜冲运动方式为主, 竖井倾伏背斜恰位于 F_3 断裂上盘, 在这样的运动方式下, 竖井倾伏背斜所在 F_3 上盘向南、向上运动(图 4)。由于竖井倾伏背斜西翼较为紧闭, 而东翼开阔平缓, 轴面倾向 NE, 故东翼相对处于挤压环境, 仅顺层形成一些较薄的挤压片理化带构造, 控制了微细脉浸染构造片岩型矿化, 一般构不成工业矿体; 而背斜西翼则处于相对引张环境, 可形成一些相对较大的层间破碎构造空间, 利于热液的集中与交代作用, 故主要矿体多发育于竖井背斜转折端的西侧部位。因此, 同一条层间破碎带自西而东其容矿性能逐渐变差。另外, 竖井背斜褶皱地层层面产状的局部凹凸起伏变化是造成控矿层间破碎带内工业矿体扁豆状、透镜体状等不连续产出的原因, 由于竖井背斜轴向 SE 倾伏, 轴面 NE 倾向, 这就必然造成层间破碎带内有利容矿空间向 SE 倾伏的特点; 因此, 矿带内主要工业矿体呈现出 SE 倾伏的产出规律。



1. 导矿断裂构造; 2. 盖县组变质砂岩地层; 3. 竖井背斜轴; 4. 容矿空间展布方向; 5. 层间剪切运动方向 6. 层间局部引张空间。

图 4　容矿构造形成机理示意图

Fig. 4　The sketch map of the mechanism of formation of ore bearing structural spaces

构造控矿规律的研究对该区进一步找矿探矿工作具有重要的实际指导意义: ①竖井背斜构造内发育的层间破碎带构造是进一步找矿探矿工作的构造前提; ②竖井背斜转折端西侧成矿前景好于东侧, 因此应加强矿区 4 号矿带以南、竖井背斜西翼地段的探矿工作; ③矿体产出的"带"状及不连续性特征表明, 首先寻找和确定可能的矿带(矿化蚀变带), 进而在矿带(矿化蚀变带)内沿走向寻找可能的工业矿体是该区进一步找矿工作应遵循的重要原则。

5　结论

1) 四道沟金矿床产于辽河群盖县组变质地层中, 其形成受地层岩性、燕山期岩浆活动及构造等因素控制。区内金矿化划分为微细脉浸染构造片岩型、含金硅化蚀变(砂)岩型及石英-黄铁矿脉型 3 种主要类型, 工业矿化以前两种类型为主。

2) 矿区工业矿体空间产出受 NE 向断裂及竖井背斜构造的联合控制, 其中, NE 向断裂为导矿构造, 而竖井背斜内发育的层间破碎带为主要容矿构造类型。

3) 受主成矿期 NE 向导矿断裂右行斜冲活动方式影响, 竖井背斜东翼处于相对挤压环境, 而西翼处于相对引张环境, 从而主要工业矿体多分布于竖井背斜转折端西侧, 且表现出"带"状、"帚"状及 SE 向倾伏等空间展布规律。

4) 根据矿区构造控矿规律, 提出 4 号带以南、竖井背斜转折端以西有较好的找矿潜力。

野外工作得到了四道沟金矿孙伟总经理及技术室同行的大力支持与帮助, 梁万通教授、冯坚、曾翔鹏、侯尚杰及赵华雷等参加了阶段性野外调研工作, 在此一并表示感谢!

参考文献(**References**):

[1] 吴兴华, 关广岳, 金成洙. 四道沟金矿床地质地球化学研究[J]. 地质与勘探, 1990, 26(10): 1-6.
WU Xing-hua, GUAN Guang-yue, JIN Cheng-zhu. Geological and geochemical studies on Sidaogou gold deposit[J]. Geology and Prospecting, 1990, 26(10): 1-6.

[2] 吕贻峰, 李江风, 李龙, 等. 辽宁丹东五龙金矿床矿化类型及其构造控制机理[J]. 现代地质, 1994, 8(3): 309-316.
LÜ Yi-feng, LI Jiang-feng, LI Long, et al. Mineralization type of gold and its control mechanism of stracture in Wulong gold deposit, Dandong, Liaoning Province[J]. Geoscience, 1994, 8(3): 309-316.

[3] 刘志敏. 丹东四道沟金矿构造控矿特征、成矿机理及找矿方向[J]. 有色矿冶, 2005, 21(5): 1-3.
LIU Zhi-min. Structrual ore-controlling character metallogenic mechanism and ore hunting orentation of Sidaogou gold deposit in Dandong[J]. Non-ferrous

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Mining and Metallurgy, 2005, 21(5): 1-3.

[4] 吕贻峰, 秦松纤. 辽南地区构造演化与构造控矿[J]. 辽宁地质, 1998, 15(3): 161-168.
LÜ Yi-feng, QIN Song-xian. Tectonic evolution and structural ore-controlling in south Liaoning Province [J]. Liaoning Geology, 1998, 15(3): 161-168.

[5] 肖诚信, 许民权, 杜祖权. 辽宁四道沟金矿床的脉动构造[J]. 辽宁地质, 1992, 9(4): 303-312.
XIAO Cheng-xin, XU Min-quan, DU Zu-quan. The pulsation structure in Sidaogou gold deposit, Liaoning Province[J]. Liaoning Geology, 1992, 9(4): 303-312.

[6] 黄俊鹏, 曲广涛. 四道沟金矿褶皱构造叠加对金矿的控制作用[J]. 黄金学报, 1999, 1(2): 90-93.
HUANG Jun-peng, QU Guang-tao. Dominating role of stacking structure in Sidaogou gold deposit[J]. Gold Journal, 1999, 1(2): 90-93.

[7] 吕贻峰, 李江风, 张鸣. 强力侵位花岗岩体与金矿的关系: 以丹东三股流岩体为例[J]. 辽宁地质, 1993, 10(2): 120-128.
LÜ Yi-feng, LI Jiang-feng, ZHANG Ming. The structural character of syntectonic granite body with forceful emplacement and its relationship with the gold deposit: the example of Sanguliu granite body, Dandong [J]. Liaoning Geology, 1993, 10(2): 120-128.

[8] 鲍玉学, 孙立民, 黄俊鹏. 浅析四道沟金矿矿床成因及找矿方向[J]. 辽宁地质, 1999, 16(3): 211-217.
BAO Yu-xue, SUN Li-min, HUANG Jun-peng. Genesis of Sidaogou gold deposit and ore-prospecting direction[J]. Liaoning Geology, 1999, 16(3): 211-217.

[9] 杨帅师, 王可勇, 郝通顺, 等. 辽宁丹东四道沟金矿床流体包裹体特征及矿床成因[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2010, 40(4): 773-781.
YANG Shuai-shi, WANG Ke-yong, HAO Tong-shun, et al. Characteristics of fluid inclusions and genesis of Sidaogou gold deposit in Dandong area, Liaoning Province[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2010, 40(4): 773-781.

[10] 魏俊浩, 刘丛强, 唐红峰. 辽东五龙地区燕山期侵入岩类同源岩浆演化微量元素、同位素证据与金矿成矿[J]. 地质论评, 2003, 49(3): 265-270.
WEI Jun-hao, LIU Cong-qiang, TANG Hong-feng. Metallogeny of gold deposits and evidence of isotopes and trace elements for the comagmatic evolution of the Yanshanian intrusive rocks in the Wulong area, eastern Liaoning [J]. Geological Review, 2003, 49(3): 265-270.

[11] 肖国洪, 秦延华. 四道沟金矿床地质特征及找矿方向[J]. 黄金, 2002, 23(3): 5-8.
XIAO Guo-hong, QIN Yan-hua. Geological characteristics and ore-hunting guideline of Sidaogou Au-deposit[J]. Gold, 2002, 23(3): 5-8.

[12] 倪培, 范建国, 田京辉, 等. 辽南丹东地区中生代金成矿的FIP证据[J]. 岩石学报, 2000, 16(4): 506-512.
NI Pei, FAN Jian-guo, TIAN Jing-hui, et al. Mesozoic tectonic-hydrothermal activity driven gold metallogenesis in Dandong area, south Liaoning: evidence from FIP[J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(4): 506-512.

[13] 彭艳东. 五龙金矿成因研究[J]. 贵金属地质, 1994, 3(1): 21-31.
PENG Yan-dong. Study on genesis of Wulong gold deposit in Liaoning Province[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1994, 3(1): 21-31.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net