

# 东宁金厂矿区及外围构造体系厘定 及其控岩控矿作用

肖力<sup>1</sup>, 赵玉锁<sup>1</sup>, 孔媛媛<sup>1</sup>, 王艳忠<sup>2</sup>, 张景海<sup>2</sup>, 程军<sup>2</sup>,

冯志国<sup>2</sup>, 黄芳根<sup>2</sup>

(1 中国人民武装警察部队黄金地质研究所, 河北 廊坊 065000; 2 中国人民武装警察部队黄金第一支队, 黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要** 东宁特大型金矿产于岩浆岩中, 主要的矿化类型有隐爆角砾岩型、构造蚀变岩型; 控容矿构造有隐爆角砾岩筒、断裂和环状、放射状断裂。矿区及外围断裂构造主要有产NE、近SN、NW和近EW向; 各方向断裂构造性质复杂, 区内断裂构造特征及性质的形成与西部近北东向绥阳深大断裂密切相关, 而绥阳深大断裂力学性质演化与大地构造环境中区域应力场的变化有关, 构造体系生成发展顺序为①东西向构造带; ②北东向构造带; ③北西向构造带; ④北东向构造带; ⑤北东向构造带。 $\sigma_1$ 方向变化为 $0^\circ \rightarrow 45^\circ \rightarrow 130^\circ-140^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow 130^\circ$ 。各方向断开控制相应的岩浆岩侵入, 而角砾岩筒主要受东西向断裂与北西向断裂交汇部位控制, II号脉群及18号脉受同一环型构造系统控制。

**关键词** 地质学; 构造体系; 构造控岩控矿; 金厂金矿

东宁金厂矿床是20世纪90年代在黑龙江东部延边-东宁成矿带发现的特大型金矿床, 至目前, 已探获金资源量82 t。综合地质、地球化学、地球物理等信息分析, 金厂金矿床找矿潜力还很大, 有望达到超大型金矿床的规模。对于金矿床地质特征、成矿地球化学特征、矿床成因方面前人作了大量的工作, 取得了一定的成果认识(慕涛等, 2000; 金宝玉等, 2002; 朱成伟等, 2003; 陈锦荣等, 2002; 王永, 2006), 但对于金矿成因类型及矿床成矿机制争论较大, 主要有火山-次火山岩型、斑岩型。这些争论的焦点主要集中于成矿与岩浆岩关系上, 而岩浆岩产出和演化是受构造控制, 因此本文试从矿区及外围构造体系的建立来分析构造对岩浆岩和矿脉(体)的控制, 来探讨矿床成矿潜力和找矿预测等问题。

## 1 成矿地质背景

金厂金矿区位于黑龙江省东部兴凯湖地块, 在区域上位于中亚-蒙古构造域与滨西太平洋构造域的交接复合区段(张炯飞等, 2000; 林强等, 1998; 方如恒, 1994; 王东方等, 1992)。构造-岩浆活动强烈, 形成一系列隆起带和凹陷带, 金厂金矿床正好处于太平岭隆起与老黑山断陷的交接部位。

区内地层出露很少, 主要为新元古界黄松群变质岩系, 零星出露中-上侏罗统屯田营组( $J_{2-3t}$ )火山岩系。

断裂构造发育, NE向的绥阳深大断裂作为太平岭隆起与老黑山断陷分界线并控制着断裂构造展布, 区内断裂按走向分为NE-NNE、NW、近SN和近EW向4组。其中以NE和NW向断裂的规模较大。

第一作者简介 肖力, 男, 1971年生, 高级工程师, 主要从事金矿地质研究工作。

侵入岩分布广泛,以中酸性侵入体为主,呈岩基、岩株或岩脉产出。形成时代主要为元古宙晚期、印支期及燕山期,其中印支期花-燕山期岩浆岩是矿脉体主要的赋矿岩系。

## 2 矿体地质特征

金厂矿区发现矿化体 26 条,提交(333)+(334)资源量 82 t,矿脉(体)按矿化特征、容矿构造特征可分为 3 种类型矿化:角砾岩筒型、裂隙充填脉型、构造蚀变岩型;其中隐爆角砾岩型资源量 21 t,占总资源量 34%,环状-放射状裂隙充填型 II 号脉群、III、XII 号脉群资源量 29 t,占总资源量 41%。环状裂隙充填脉型 18 号脉群资源量 22 t,占总资源量 31%;其他为构造蚀变岩型。

隐爆角砾岩型矿体:是矿区最重要的金矿化类型,具有全筒矿化、规模大、品位高、储量集中的特点。目前已控制的规模较大的矿体有穷棒子沟 J-1 号、高丽沟 J-0 号、J-10 号、八号洞 J-1 号、邢家沟 J-14 号、J-19 号、J-17 号及大孢子沟 J-13 号等。这些角砾岩筒沿大孢子沟-八号洞一带呈近东西向展布。同时又受北西向断裂控制,在北西向呈串珠产出。

裂隙充填型矿体 在金厂矿区分布比较广泛,主要集中在半截沟一带,以含 Au 黄铁矿脉充填为主,也有少量的含 Au 石英脉,脉体厚度一般较小,但品位高,延长比较稳定。主要受 II 号、18 号环状构造群和 III 号、XII 号放射状构造群控制。从矿化富集来看,矿化主要位于构造破碎蚀变带中。破碎带产出位置有位于岩性、岩相界面附近现象;主要矿化有黄铁矿化、少量方铅矿化、闪锌矿化;主要蚀变为高岭土化、硅化、绢云母化。

破碎蚀变岩型矿体 赋存于构造破碎蚀变带中,呈透镜或串珠状分布,矿化不均匀,Au 品位变化大,矿脉受东西向断裂控制。

## 3 构造体系厘定

### 3.1 构造特征及性质

#### 3.1.1 区域构造特征及性质

金厂矿区区域上位于张广才岭-太平岭边缘隆起带中太平岭隆起与老黑山断陷接合部位,北东向的绥阳深大断裂及北东-北北东向的褶皱奠定了本区构造的基本格局。

褶皱:本区的褶皱发育有太平岭复背斜,其轴向为北东向,贯穿整个区域,长达上百公里。由于受 SN 向和 NW 向断裂影响,而将其分成 3 段。南西段的轴部地层为上元古界黄松群杨木组,北东段的轴部地层为黄松群阎王殿组,系南西段抬起,北东倾没的复背斜。其中发育有一系列的次级褶皱。

断裂:本区断裂构造比较发育,北东向的绥阳深大断裂控制着断裂构造格架,按走向可把断裂分为 4 组:①NE-NNE 向压扭性-压性断裂;②NW 向张扭性-张性断裂,③近 SN 向压性-压扭性断裂;④近 EW 向张性-张扭性断裂。

NE-NNE 向断裂:该组断裂在全区最为发育,规模也比较大,断裂性质以扭性-压扭性为主,也有少数呈压性。主要的断裂有三道河子断裂、会川断裂、双椴子-黄松断裂、新兴屯-莲河林场断裂、奇新屯-柳毛河下屯断裂、共和-伊林断裂、东兴林场-共和林场断裂、杨木二段-十七公里断裂、三十六公里-大杨树断裂、冠河沟-柳毛河河南断裂及敦密断裂等。

NE 向深大断裂-绥阳断裂带是区内古老的构造活动带和重要的控岩构造,具有形成时间早、长期多期活动的特点,控制了区域内地层和印支期-燕山期侵入体的分布,构成本区 III 级构造单元——太平岭隆起与老黑山断陷之分界线,该断裂带由数条平行的压性或压扭性走向断裂构成。

NW 向断裂:该组断裂在全区也比较发育,但规模比较小,断裂性质以扭性-张扭性为主。主要的断裂有猴石沟断裂、砍椽沟断裂等。

近 SN 向断裂：该组断裂在全区也比较发育，断裂性质以压性为主，也有少数呈压扭性。主要的断裂有绥西-黑瞎子沟断裂、太平沟-石灰窑断裂、南山-黄金河断裂、太平岭-半砬窝洼断裂、通沟岭-索利营沟断裂、鸡房子-桦木岭断裂及 512 高地-八号洞子断裂等。

近 EW 向断裂：该组断裂规模较小，多呈张性特征，有时也错断上述断裂，显示张扭性特征。

### 3.1.2 矿区构造特征及性质

矿区内的构造主要是断裂构造、环状、放射状构造，断裂构造主要有 NE 向断裂、NW 向断裂、近 SN 向断裂、近 EW 向断裂；环状构造主要为控制 2 号脉群和 18 号脉的环状构造；放射状构造为环形构造边部及内部放射状构造（图 1）。

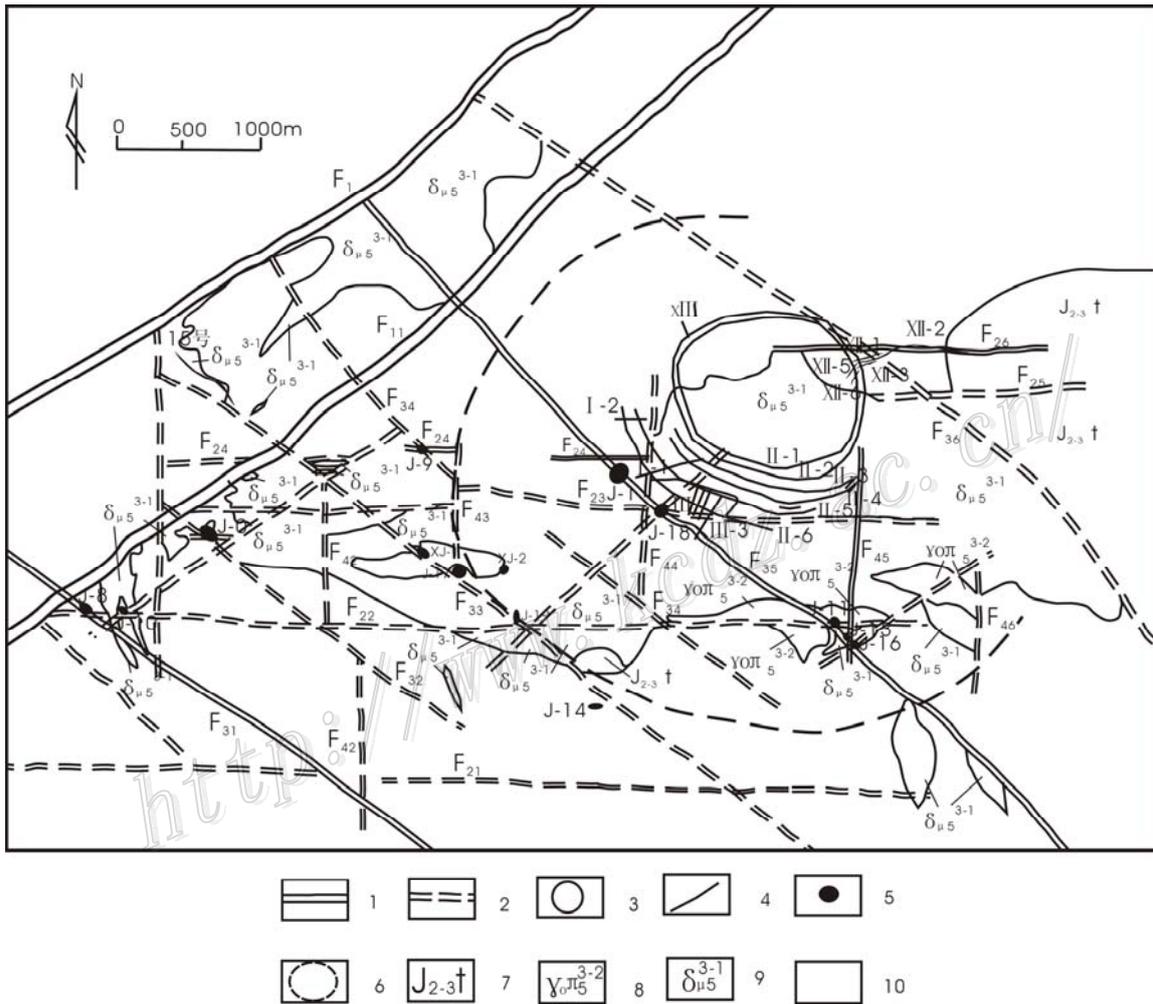


图 1 金厂矿区地质-构造纲要图（据中国人民武装警察部队黄金第一支队，2007 修编）

1—实测断裂；2—遥感、地球物理推测断裂；3—环状矿体；4—放射状矿体；5—角砾岩筒矿体；6—环型构造；7—侏罗纪火山岩；8—燕山晚期花岗斑岩；9—燕山晚期闪长玢岩；10—印支晚期-燕山早期花岗岩

NE 向断裂：分布于矿区北西部，是 NE 向绥阳深大断裂中部部分，在矿区主要集中在八号洞-高丽沟口-黑瞎子沟一带。在遥感图像上，影像清楚，为一系列沿 NE 向展布的亮线，延伸较远；断裂面光滑平直，多数陡倾。

在 J-1 号中见到 NE 向黄铁矿细脉切穿角砾岩体中的角砾；以上特征说明 NE 向这组断裂性质有剪应力作用的压性-压扭性走向断层性质。

近 SN 向断裂：矿区内自西向东近等间距分布 4 条 SN 向断裂：高丽沟 SN 向断裂、黑瞎子沟 SN 向断裂、邢家沟 SN 向断裂和穷棒子沟 SN 向断裂，略呈舒缓波状，断层三角面清楚，沟谷平直，两侧岩石破

坏较强，并且在断层中常发育有挤压片理，有压性断裂性质。

近 EW 向断裂：在遥感图像上影像明显，在矿区中、南部 6 条线性构造，由西往东断续延伸。在高丽沟、树松石砬子、邢家沟见到 EW 向的断裂，断层面锯齿狼牙，参差不齐，断层内充填有不规则张性角砾和次圆状压性角砾；显示断裂为张性断裂性质、同时有压性性质。

NW 向断裂：矿区内北西向断裂发育，是主要的控矿断裂。a. 在遥感影像，表现为北西向线性构造发。

b. 地形地貌上，表现为北西向线性负地形，负地形北东侧地形陡峭，岩石破碎；南西侧地形相对较平缓。

c. 地质上，大孢子沟 J-13 筒采坑中中断裂产于闪长玢岩中，宽约 3 m，走向 NW，倾向 NE，倾角较陡；断裂中充填细粒花岗斑岩脉(图 2)；同时有细粒花岗斑岩脉沿闪长岩原生、次生节理贯入现象。断裂上盘闪长玢岩发育挤压透镜体，断裂中中细粒花岗岩受拉张影响，形成张性构造角砾，表明断裂有张扭性特征；八号硐 1 号筒南西侧接触面为北西向断裂，及南东方向北西断裂中张性角砾发育；表明北西向断裂具张性、扭性性质。

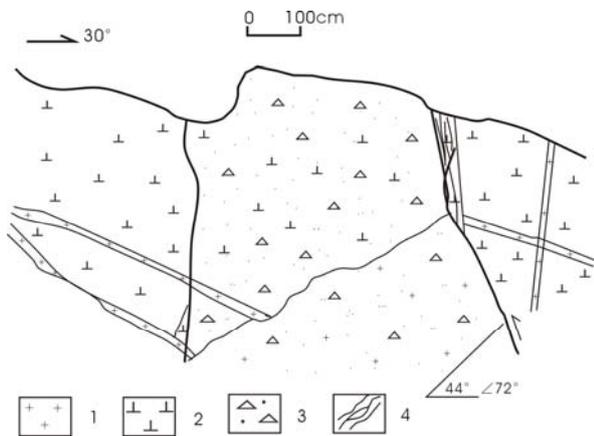


图 2 近 NW 向断裂构造素描图

1—细粒花岗岩；2—闪长岩；3—断裂；4—挤压片理

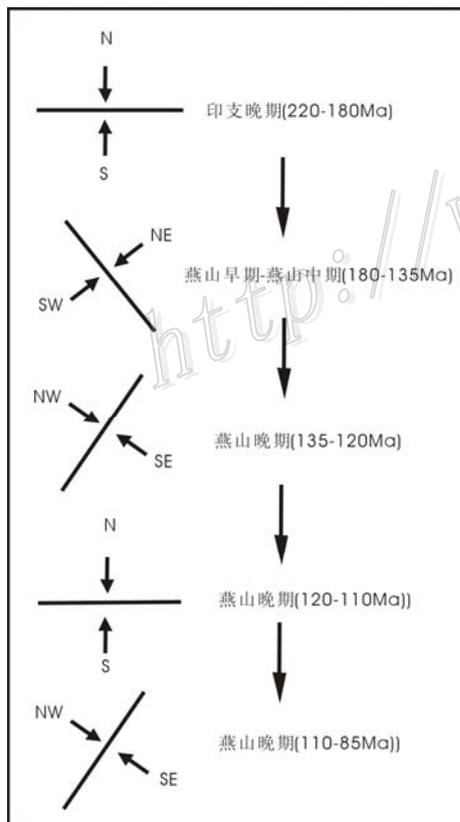


图 3 金厂矿区区域应力场转换变化 (Maruyama S. 1986; 邱殿明, 2005 资料总结)

环形构造构造：通过对 1 : 5 万遥感图像解译，在金厂矿区中部半截沟一带分布有一系列封闭的环形影像，其中最大的一个面积约有 20 km<sup>2</sup>，被半截沟一分为二，在大环的边部和中心分布约十余个规模相对较小的小环，规模一般为直径在 1 km 左右或稍大。其产出严格受 NW 向断裂控制，分布于 2 条贯穿矿区，平行产出的 NW 向断裂之间，在半截沟一带比较集中，呈“套环式”或“链环式”；另外在高丽沟口和八号硐一带，有一个未封闭的半圆形环形影像，在石门子也存在一个长轴近 SN 向的椭圆状环形影像。

矿区内环型构造最主要的为控制 2 号脉群和 18 号脉的环型构造，在半截沟矿段受环形断裂构造控制的脉型矿体包括半截沟 I 号、II 号、II-1 号、II-2 号、II-3 号、II-4 号、V 号、V-1 号、VI 号、VII 号、VIII 号、XI-1、XI-2 和 X-1、X-2、X-3、X-4、X-5、18-1、18-2、18-3、18-4、18-6 等矿(化)体；这些矿脉的共同特点是规模很小，脉幅通常在 10~20 cm，最窄处不足 5 cm，最宽的有 80 cm，断续出露，形成一系列相互平行产出的最大直径约 1.5 km 的环状构造。

矿(化)脉连续、脉间有间断。控制脉的断层面平直，略具舒缓波状，断层内充填有构造透镜体，指示断裂性质为以压性逆冲为主，略带右行走滑，同时有指示断层运动方向为上盘向下，下盘向上的正断层性质。

放射状构造：均围绕环形脉群中心呈放射状分布。脉产状较陡，矿脉赋存于放射状构造破碎带中，属裂隙充填型矿脉。脉厚约十几厘米至 1 mm，脉连续，控制脉的断

层面平直，断裂面参差不齐，具张性性质，同时，断层内充填有构造透镜体，指示断裂具扭性性质。

### 3.2 区域构造应力场转换变化

金厂矿区处于我国东北部，华北板块、西伯利亚板块、太平洋板结合部位，晚印支期以来构造演化受华北板块、西伯利亚板块、太平洋板的影响，区域应力均发生了转换变化 (Maruyama S. 1986; 邱殿明, 2005); 由印支晚期-燕山晚期具体变化如下 (图 3): 晚印支期 180~220 Ma, 受西伯利亚构造域影响, 区域应力场主要为南北挤压; 燕山早中期 180~145 Ma, 受 Farallon 板块和 Izanagi-Kula 板块影响, 区域应力场为北东-南西东西挤压; 燕山中晚期 145~135 Ma, Izanagi-Kula 板块影响, 区域应力场表现为北西-南东挤压; 燕山晚期 135~119 Ma, Izanagi-Kula 板块影响, 区域应力场表现近北西-南东挤压; 燕山晚期 119~100 Ma, Izanagi-Kula 板块影响, 区域应力场表现为南北挤压; 燕山晚期 109~85 Ma, Izanagi-Kula 板块影响, 区域应力场表现为南东-北西挤压; 85 Ma 后区域主要受太平洋板块影响, 与成矿关系不大。

### 3.3 构造体系厘定

根据前述区域断裂、褶皱特征与性质，矿区内断裂构造特征及性质，不同方向上断裂发生的复杂力学性质转变如下：

NE 向断裂：力学性质变化经历了左行走滑→张性→压性→左行走滑→压性。

近 SN 向断裂：力学性质变化经历了左行走滑→张性→左行走滑。

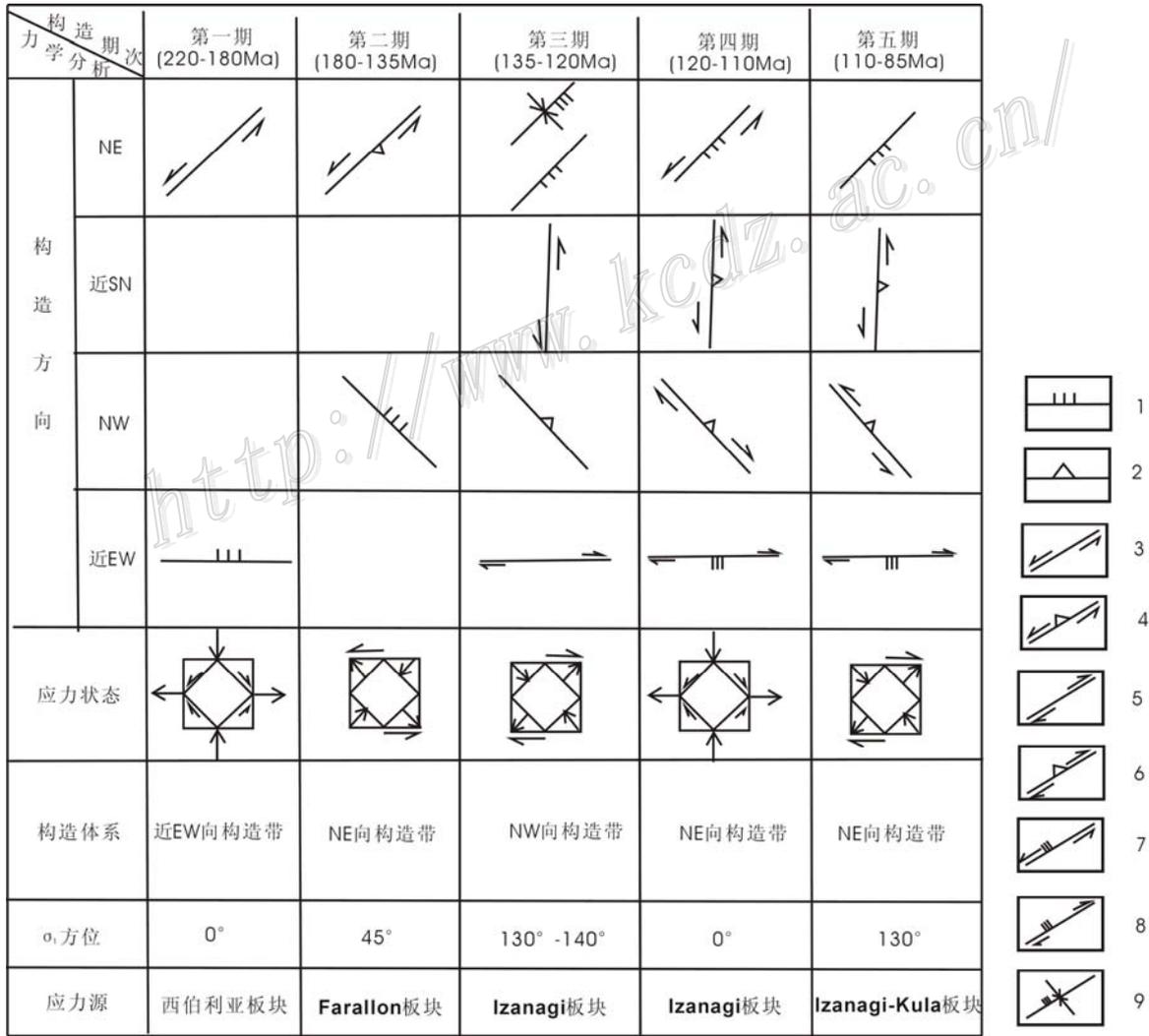


图4 金厂矿区及外围构造体系划分及 $\sigma_1$ 方向

1—压性断裂；2—张性断裂；3—左行走滑断裂；4—左行张性断裂；5—右行走滑断裂；6—右行张性断裂；7—左行压性断裂；8—右行压性断裂；9—压性褶皱

NW向断裂：力学性质变化经历了压性→张性→右行走滑→左行走滑。

近EW向断裂：力学性质经历了压性→右行走滑→压性→右行走滑。结合区域应力场转换变化，建立金厂矿区构造体系（图4），构造体系生成发展顺序为①东西向构造带；②北西向构造带；③北东向构造带；④近东西向构造带；⑤北东向构造带。 $\sigma_1$ 方向变化为 $0^\circ \rightarrow 45^\circ \rightarrow 130^\circ-140^\circ \rightarrow 0^\circ \rightarrow 130^\circ$ 。

岩浆穹隆构造系统力学性质演变是与燕山晚期花岗斑岩（？）由南西往北东方向的侵入活动有关，岩浆侵入时在穹隆所影响范围内上覆岩层中产生呈放射状分布的挤压主应力，挤压主应力是由深部往浅部向外，形成环型正断裂和具左行走滑或右行走滑的张性放射状断裂；岩浆侵入晚期，岩浆结晶冷凝或岩浆上部热液运移至其他区域后，形成虚脱空间，上覆岩层产生往内的张性主压力，形成挤压正断裂；而对放射状断裂影响不大，但造成放射状断裂形成与前期方向相反的力学性质。

#### 4 构造控岩控矿模式

金厂矿区岩浆岩发育，岩性从中基性到酸性均有，通过岩浆岩同位素年龄测定结合岩浆岩野外相互侵入前后序次，厘定矿区及外围岩浆活动主要有印支晚期-燕山早期和燕山晚期两期，与吉黑东部两期岩浆活动时期对应相当吻合；矿区各矿体同位素测年主要集中于燕山晚期 130Ma-110Ma；表明成矿作用主要与燕山晚期岩浆侵入活动有关；结合构造体系变化，总结金厂矿区构造控矿模式如下（图5、6）。

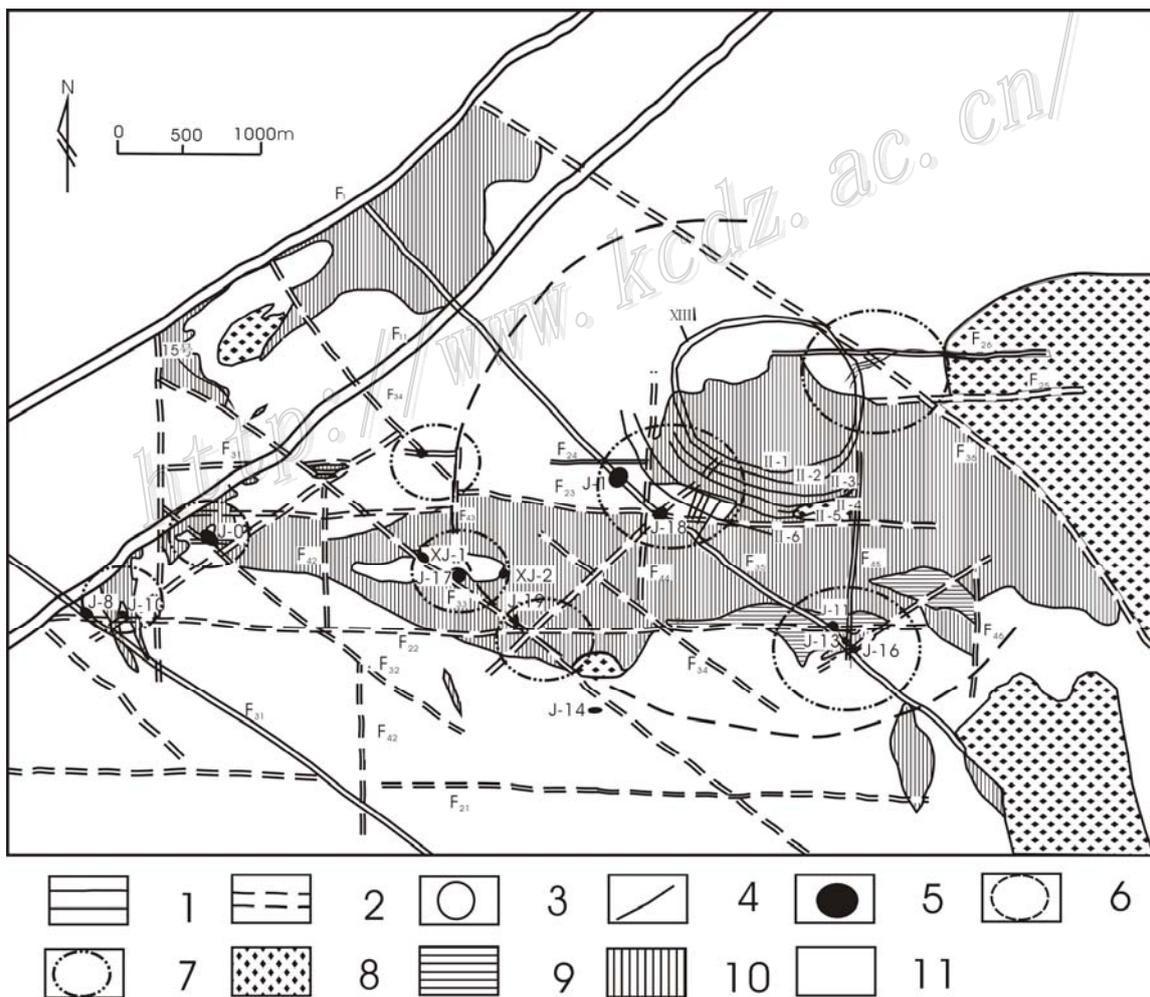


图5 金厂矿区构造控矿平面模式图（据中国人民武装警察部队黄金第一支队，2007修编）

1—实测断裂；2—遥感、地球物理推测断裂；3—环状矿体；4—放射状矿体；5—角砾岩筒矿体；6—环型构造；7—成矿集中区；8—侏罗纪火山岩；9—燕山晚期花岗斑岩；10—燕山晚期闪长玢岩；11—印支晚期-燕山早期花岗岩

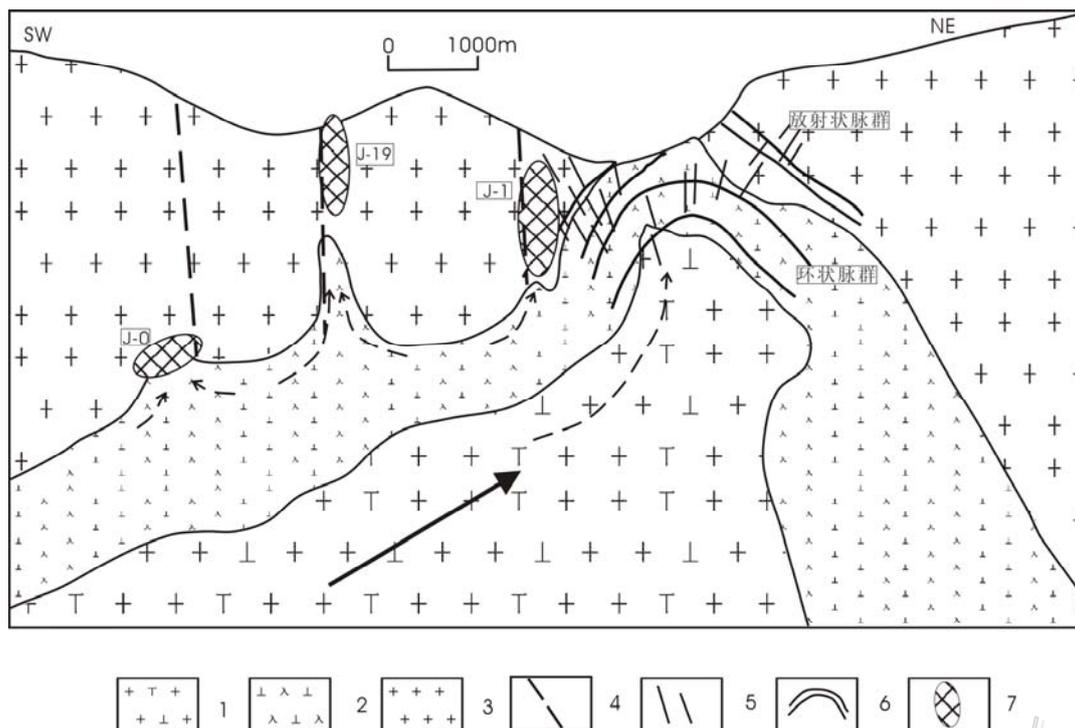


图6 金厂矿区构造控矿剖面模式图

1—花岗岩；2—闪长玢岩；3—印支晚期-燕山早期花岗岩；4—断裂；5—放射状脉；6—环状脉；7—角砾岩筒矿体

本区大地构造演化至燕山晚期 135~119 Ma, Izanagi 板块影响, 区域应力场表现近北西-南东挤压; 矿区内构造受绥阳深大断裂影响, 在其东盘发育北西向张性断裂, 闪长玢岩沿断裂侵入, 闪长玢岩侵入分异出的含矿热液集中于岩浆顶部, 受上覆岩层的巨大压力影响, 此时上覆岩层处于挤压压应状态; 热液在岩浆顶部运移, 至两组构造(北西、东西向)交汇部位, 上覆压力相对减小, 内压远大于外压, 热液在上覆岩层中隐爆形成角砾岩筒型矿体(侵入岩筒型); 或是因岩浆冷凝, 岩体边部发育原生裂隙, 而上覆岩层因下部应力释放而在岩浆岩接触带附近塌陷形成塌陷角砾岩筒型矿体。

矿区内角砾岩筒主要受北西向断裂控制, 其中 J-1 筒、J-8、J-9 筒、J-11 筒、J-13 筒、J-14 筒、J-19 筒、和 J-16 筒产于闪长玢岩上覆印支晚期-燕山早期岩浆岩类岩石中, 离闪长玢岩接触带较远; J-17、J-0 筒产于闪长玢岩与上覆印支晚期-燕山早期岩浆岩类岩石接触带中。

燕山晚期 119~100 Ma, Izanagi 板块影响, 区域应力场发生变化, 表现为南北挤压; 矿区内主要表现为绥阳断裂东盘的北东向次级左行断裂, 花岗岩(?)由南西往北东方向的侵入活动有关, 岩浆侵入时在穹隆所影响范围内上覆岩层中(斑岩岩浆岩上接触带一定范围内)产生呈放射状分布的挤压主应力, 挤压主应力是由深部往浅部向外, 形成环型挤压正断裂和具左行走滑或右行走滑的张性放射状断裂, 含矿的热液充填张性空间形成裂隙充填脉型环状、放射状断裂张性空间形成矿脉; 岩浆侵入晚期, 岩浆结晶冷凝或岩浆上部热液运移至其他区域后, 形成虚脱空间, 上覆岩层产生往内的张性主压力, 形成张性逆断裂, 断裂中张性空间较大, 含矿热液充填于张性空间中成矿, 并叠加了前期放射状裂隙中充填的矿脉, 而形成富矿; 此时对放射状断裂影响不大, 但造成放射状断裂形成与前期方向相反的力学性质。岩浆穹隆形成过程中西北部岩层处于穹隆的铅直上部, 与其他部位相比, 是应力作用更集中地区, 环状、放射状断裂更发育, 断裂规模更大, 因此成矿作用更强。在岩浆穹隆所影响范围内的前期形成角砾岩筒型矿体受环状、放射状断裂叠加, 使角砾岩筒型矿体更富集。

燕山晚期 100~85 Ma, 北西-南东挤压, 对应区内成矿期后闪长玢岩的侵入(97.5 Ma)。

## 5 结论与讨论

(1) 金厂矿区主要矿化类型有:角砾岩型和岩浆穹隆型,角砾岩型又可分为侵入角砾岩筒型和塌陷角砾岩筒型;岩浆穹隆型可分为环状构造蚀变岩型和放射状裂隙充填脉型;矿区找矿潜力还很大;

(2) 断裂交汇部位控制了角砾岩筒型矿体,目前已探明的角砾岩筒型矿体而言,顶盖存在,表明岩筒剥蚀不大,有可能找到新的角砾岩筒。

(3) II号脉群和18号脉群同属同一环型构造系统控制,环型构造深部和东部有一定找矿前景,特别是北部粗粒花岗岩与闪长岩界面附近有可能再找到新的厚大低品位矿体,往南西部还存在新的属同一构造系统控制的环状矿脉体。

(4) 目前矿主要矿集中于闪长玢岩北部带,而化探异常及物探异常在闪长玢岩南、北带均有分布,重视南带找矿工作。

### 参考文献

- 陈锦荣,李汉光,金宝义,武玉海,王艳忠,喻万强.2002.黑龙江金厂J21号金矿体地质特征及深部预测[J].黄金地质,8(4):8-12.
- 方如恒.1994.华北陆块北缘及邻区有色金属成矿构造环境与演化[A].见:芮宗瑶,施林道,方如恒,主编.华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[M].北京:地质出版社.5-24.
- 金宝义,陈锦荣,褚金海,王艳忠.2002.黑龙江金厂金矿区火山构造及其控矿特征[J].黄金地质,8(1):26-32.
- 林强,葛文春.1998.中国东北地区中生代火山岩的大地构造意义[J].地质科学,53(2):129-138.
- 慕涛,刘桂阁,项魁辰,王亮义.2000.黑龙江金厂金矿地质地球化学特征及矿床成因[J].黄金地质,6(3):57-64.
- 邱殿明.2005.黑龙江省东部岩石圈演化特征(博士学位论文)[D].吉林大学.导师:张兴洲.64-69
- 王永.2006.黑龙江金厂金矿岩浆穹隆内矿体流体地球化学特征及矿床成因探讨(硕士学位论文)[D].中国地质大学(北京).导师:张德会.47-56.
- 王东方,陈从云,杨森,刘效良,张炯飞,杨学增,刘椿,刘海山.1992.中朝陆台北缘大陆构造地质[M].北京:地震出版社.5-125.
- 张炯飞,权恒,武广,祝洪臣.2000.东北地区中生代火山岩形成的构造环境[J].贵金属地质,9(1):33-37.
- 朱成伟,陈锦荣,李体刚,崔彬,金宝义,王克强.2003.黑龙江金厂金矿床地质特征及成因探讨[J].矿床地质,22(1):56-63.
- Matuym S. Seno T. 1986. Orogeny and relative plate motions:Example of the Japanese Islands[J]. Tectonophysics, 127:305-329.