

吉林集安活龙金矿床 的构造解析和找矿方向^①

屈奋雄 张宝华 张鹏程 刘如琦

(冶金工业部天津地质研究院)

赵起 张晓东 姜贵君 张景武 王德文 宋峰 金明南

(集安市活龙金矿)

提 要 活龙金矿受韧性剪切带控制。矿区剪切活动明显分为三个阶段,韧性阶段产生面性发育的糜棱岩、糜棱面理,对矿区金的活化、聚集起了一定作用;韧脆性阶段产生缓倾斜网状发育的“鳞片状构造带”,为矿液聚集、沉淀的主要场所;脆性阶段产生三组脆性断层,切割破坏矿体。

关键词 金矿 韧性剪切带 鳞片状构造带 构造控矿

1 前 言

活龙金矿位于吉林省集安市境内,鸭绿江西北岸(图 1)。构造上位于华北地台北段东部。矿区出露地层为下元古界集安群变质岩^[1],矿体赋存于变质岩中韧脆性构造带内。与我国和世界其它地区许多金矿的地质情况类似^[2],活龙金矿床的生成与赋存也主要与剪切带有关,在诸多地质因素中构造是控矿的主要因素。本文拟对活龙金矿区的构造变形特征、变形序列以及构造变形对金矿的控制规律进行讨论,进而确定活龙金矿区的一些探矿方向、探矿地段。

2 活龙金矿区构造变形特征

2.1 岩石变形特征

矿区出露岩石主体为由元古宙集安群变粒岩、片麻岩类岩石变形而来的一系列糜棱岩,也有一些花岗质和闪长质岩脉。根据糜棱岩带的相互切割关系,矿区糜棱岩可明显分为早、晚两

^① 收稿日期:1994. 6. 1 修改:1994. 7. 11

个系列。

2.1.1 早期糜棱岩系列

此类岩石为活龙金矿床的主要围岩,在传统地质报告中^[1],这些岩石被划分为元古庙集安群变粒岩、片麻类岩石,相应的岩石类别有黑云斜长变粒岩、黑云二长变粒岩、石榴石黑云斜长变粒岩、浅粒岩、黑云斜长片麻岩和石榴石黑云斜长片麻岩等。岩石中普遍发育的面理被认为是区域变质的片麻理。通过野外及镜下的详细观察发现,这些区域变质岩石经历了不同程度的糜棱岩化,主体均为不同变形程度的糜棱岩类岩石,包括初糜棱岩和糜棱岩。

2.1.1.1 初糜棱岩 该类岩石外观呈块状,具弱的糜棱面理,颜色灰绿,原岩主要为黑云斜长变粒岩和含榴黑云斜长变粒岩。主要矿物组成为斜长石(45%~60%)、石英(20%~30%)和黑云母(10%~15%)等。在糜棱岩化过程中,该类岩石受力较轻,黑云母、斜长石显示出弱定向,长英质矿物细条常被拉伸呈长透镜状,以黑云母等片状矿物为主的强变形带绕其分布,宏观显示出弱的面理。区域变质时的特征变质矿物——石榴石(含量2%~10%)现呈次圆状或椭圆状,直径1~5mm,两边略显压力影。

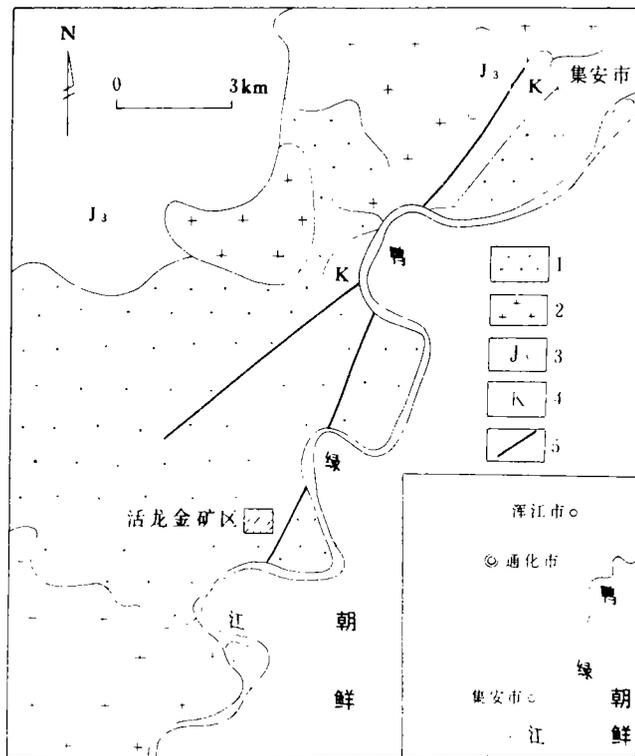
2.1.1.2 糜棱岩 变形前的原始岩石类别仍为黑云斜长变粒岩,但变形强度明显增大,岩石宏观、微观均显示出较强的糜棱面理。黑云母、斜长石及石榴石明显拉长定向,长英质矿物集合体及石榴石变晶常呈眼球状构造(图2a)、残斑构造及压力影构造,黑云母呈片状、带状集合体绕眼球和残斑分布,显示出透入性的面性构造。该类岩石在以前地质报告中多被划分为片麻岩类岩石。

初糜棱岩、糜棱岩在矿区及外围广泛分布,预示着该区存着一个较大的韧性剪切带。

2.1.2 晚期糜棱岩系列

在叠加的片理化构造带中,早期糜棱岩系列又被改造,形成“片理状”构造的糜棱岩、超糜棱岩。

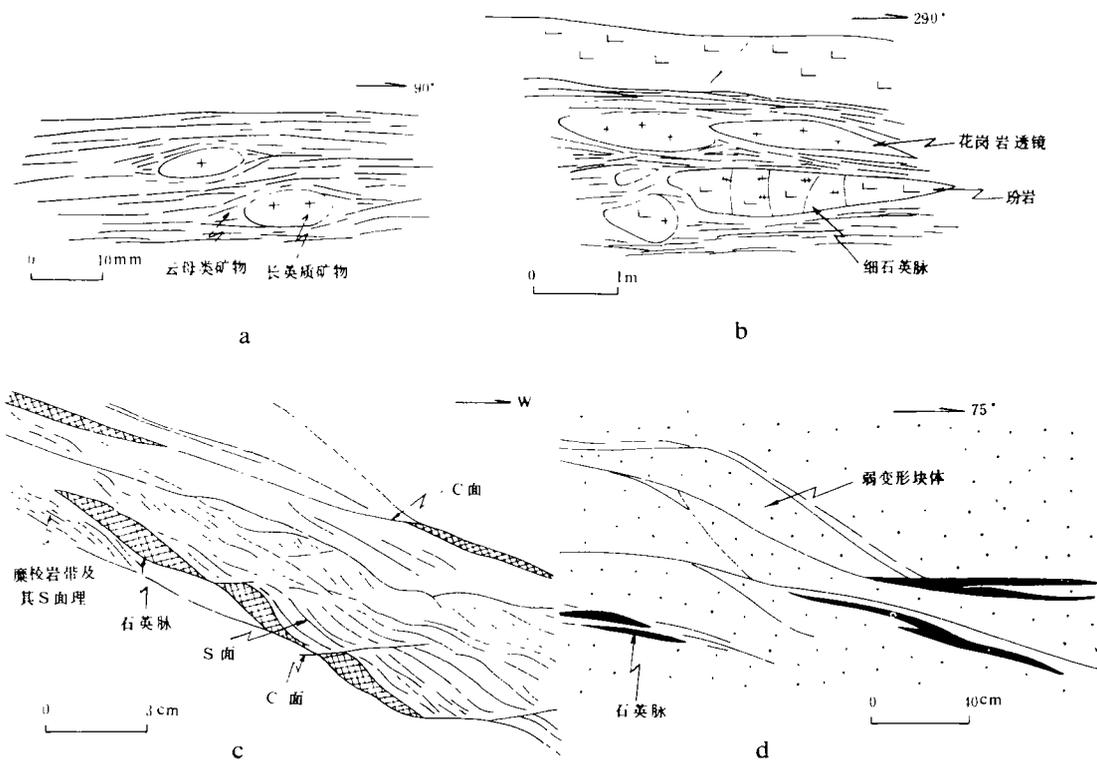
2.1.2.1 糜棱岩 带状分布,矿物组成与早期糜棱岩系列类似,但粒度变细,细粒化及退变



1. 集安群 2. 燕山期花岗岩 3. 侏罗系果松组 4. 白垩系 5. 断层

图1 活龙金矿区域地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of Huolong gold mine



a. 糜棱岩中眼球状构造及绕流现象 b. 鳞片状构造带内闪长玢岩透镜化(玢岩边部及内部有矿化石英脉) c. 7-4 构造带内 S-C 结构, 示自西向东的剪切运动 d. 7-4 含矿构造带结构, 示网格状矿化

图 2 典型构造素描

Fig. 2 Typical structure graphs

质现象明显, 出现许多绿泥石、黑云母等退变质矿物。石榴石眼球明显拉长, 压力影构造常见, 多被石英细粒充填。

2.1.2.2 **超糜棱岩** 该类岩石呈窄的带状分布, 多呈片状、千枚状。矿物颗粒极细, 肉眼甚至镜下难以分辨, 外观呈深灰绿色甚至黑色, 是应力局部集中高应变的产物。该类岩石以前被划分为片岩类岩石。

与早期糜棱岩系列相比, 晚期糜棱岩显然形成于温压条件较低、应变速率较高的韧脆性变形环境中。

2.1.3 **花岗质脉体**

该类岩石在矿区分布较广, 有二长花岗岩脉、花岗伟晶岩脉等, 过去曾认为是混合花岗岩。野外追索确定它们主要呈脉状, 平行或穿插糜棱面理分布, 在后期或递进变形中常被拉断呈藕节状、透镜状。主要组成矿物为钾长石、石英、斜长石等, 含有少量的白云母。晶体粗大, 多呈花岗结构或花岗伟晶结构。该类岩石形成于成矿之前, 在成矿构造带中常被变形为漂浮的透镜状

块体, 并见矿化及蚀变。

2.1.4 闪长玢岩脉

闪长玢岩脉在矿区常见, 依产状及蚀变特征分为成矿前闪长玢岩和成矿后闪长玢岩。成矿前岩脉呈灰白色, 常被蚀变, 许多已作为矿体开采(图 2b)。具斑状结构, 斑晶主要为斜长石和少量角闪石, 基质为细粒隐晶质结构。成矿后岩脉切割构造带及矿体, 蚀变弱, 多呈致密块状, 灰绿色, 也具斑状结构, 斑晶为中长石、角闪石, 基质呈细粒结构, 由斜长石、角闪石、黑云母、石英等组成。

2.2 构造变形序列

详细的构造解析证明, 矿区位于一较大型韧性剪切带中, 经历了多期构造变形。从发育的岩石中至少可鉴别出三个变形阶段(不包括元古宙区域变质变形): 第一阶段为面性发育的韧性变形, 第二阶段为网状构造发育的韧脆性变形, 第三阶段为线性构造发育的脆性变形。

2.2.1 第一阶段变形

第一阶段变形为韧性变形, 面性发育, 使矿区附近的元古宙区域变质岩石普遍发生糜棱岩化(图 3a), 形成一套糜棱岩+糜棱面理+a 线理的构造岩石组合。

2.2.1.1 糜棱岩 2.2.1.1 中描述的早期初糜棱岩、糜棱岩即属该期变形的产物。

2.2.1.2 糜棱面理 S_1 : 在初糜棱岩、糜棱岩中透入性发育, 由拉长定向的矿物及初糜棱岩中云母类矿物绕长英质长透镜体和石榴石眼球构成, 代表变形过程中的压性结构面。该面理在矿区附近呈近东西走向, 向南中等倾斜, 统计极密产状为 $350^\circ \angle 45^\circ$ (图 4a)

2.2.1.3 a₁ 线理 发育于糜棱面理 X-Y 面上, 表现为斜长石、云母的定向及石榴石眼球的拉长。主体方位呈近东西向近水平, 统计极密产状为 $72^\circ \angle 15^\circ$, 代表第一阶段剪切运动方向。

2.2.2 第二阶段变形

第二阶段变形为韧脆性, 变形局限于较窄的带中, 呈网状发育, 形成独特的鳞片状构造带

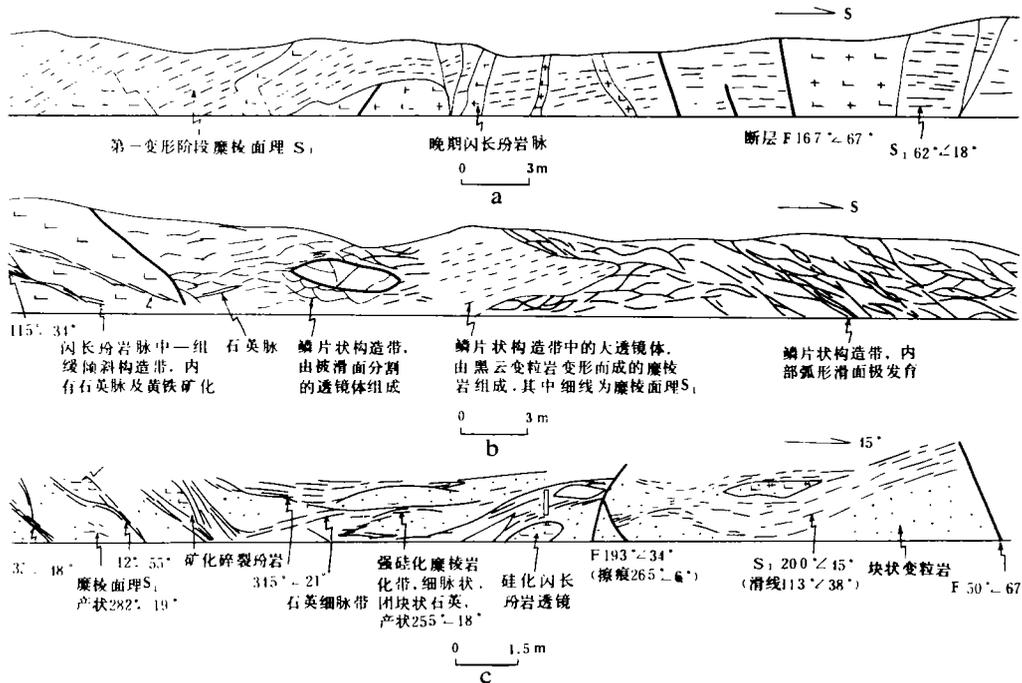
2.2.2.1 鳞片状构造带的结构 鳞片状构造带由第二变形阶段产生的糜棱岩带(网状发育)和由糜棱岩带所分割的构造透镜体叠合组成(图 3b,c)。其中透镜体为第一变形阶段产生的初糜棱岩、糜棱岩, 大小不等, 数米至数十米, 相当于第二变形阶段形成的弱变形残块(图 2d; 图 3b,c)。透镜体的外围为第二阶段变形的应力集中部位, 变形改造了早期初糜棱岩、糜棱岩, 形成新的强变形糜棱岩、超糜棱岩。这些糜棱岩、超糜棱岩形成窄的带, 呈弧形绕透镜体分布, 切割透镜体内早期糜棱面理, 并具有明显的分枝复合现象。这种糜棱岩带与透镜体的特殊排列形成反映出韧脆性变形的特征, 并可形象地称之为“鳞片状构造带”^{[3][4]}。

2.2.2.2 鳞片状构造带的展布 矿区附近鳞片状构造带产状变化较大, 大致可划分两组。

(1) 近水平组: 总体产状平缓(图 4c), 为近水平的鳞片状构造带, 倾角 $< 10^\circ$ (如 17-1 矿体、7-4 矿体, 图 4e),

(2) 缓倾斜组: 走向近东西, 向北缓倾, 统计极密 $360^\circ \angle 32^\circ$ (图 4f)。这两组构造带分枝复合, 将矿区岩石切割为制图规模的块体(图 5)。它们切割第一变形阶段糜棱面理 S_1 , 组合构成一组缓倾斜的强变形剪切滑动带(几何学上相当于宏 C 面, 参见图 6)。

由于该期鳞片状构造带叠加于第一变形阶段糜棱岩之上, 常继承第一阶段糜棱面理 S_1 发育, 产状变陡, 形成走向近东西, 向北中等倾斜, 倾角中等($40^\circ \sim 60^\circ$)的鳞片状构造带(图 5 中



a. 第一变形阶段产生的糜棱岩带及糜棱面理 S_1 , 叠加以第三变形阶段断层及岩脉, 矿区南公路边。b. 第二变形阶段形成的缓倾斜鳞片状构造带, 其透镜体由第一变形阶段糜棱岩组成, 矿区南公路边。c. 矿化带, 由缓倾斜鳞片状构造带构成, 其中透镜体有三类: ①第一变形阶段糜棱岩; ②闪长玢岩脉; ③花岗质脉体, 矿化多发生在透镜体边部的糜棱岩带中或透镜体内的裂隙中。

图 3 活龙矿区典型区段构造剖面图

Fig. 3 Structural profiles of typical areas in Huolong gold mine

部; 图 4g, h)。

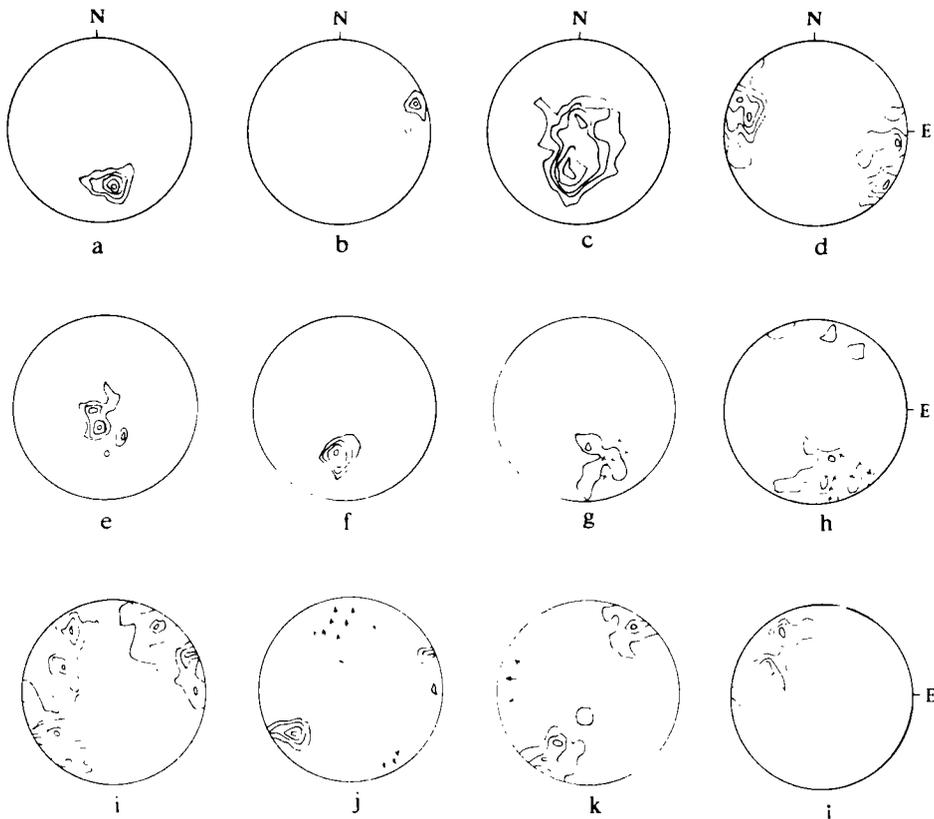
2.2.2.3 鳞片状构造带的动向 鳞片状构造带内有许多微构造, 它们可以指示第二阶段变形的动向。

(1) S—C 构造: 常见于透镜体边部的糜棱岩带中, 形态特征如图 2c, 其中 C 面代表剪切滑动面, S 面为压性结构面。S—C 交切关系和方位稳定, 一致反映顺 C 面上盘由西向东的水平剪切滑动格式。

(2) 滑动线理 a_2 : 常见于糜棱岩带的 C 面上, 表现为滑动面上的一组擦痕, 不同于断层擦痕的特征是其发育具有透入性即在密集的 C 面上均有发育。其方位的统计结果也较稳定(图 4d), 极密方位为 $108^\circ \angle 3^\circ$, 与 S—C 结构反映结果一致, 代表第二阶段变形的动向。

2.2.3 第三阶段变形

第三阶段变形表现为脆性, 在矿区范围形成了许多断层, 切割破坏了矿体。根据其方位及



a. 矿区第一变形阶段糜棱面方位统计图 S_1 (51 个), 极密型, 极密方位为 $350^\circ \angle 45^\circ$, 大致代表第一变形阶段糜棱面理的总体方位 b. 矿区第一变形阶段拉伸线理 a_1 方位统计图 (38 个), 极密型, 极密方位 $72^\circ \angle 15^\circ$ 代表 a_1 主体方位 c. 矿区第二变形阶段鳞片状构造带 C 面方位统计图, 示鳞片状构造带总体产状平缓, 环带轴 $271^\circ \angle 1^\circ$ 可大致反映构造带内透镜体长轴的延长方 d. 矿区鳞片状构造带上第二阶段变形滑动线理 a_2 , 总体近东西向延伸, 极密产状为 $108^\circ \angle 3^\circ$, 代表第二变形阶段运动方向 e. 矿区 7-4 矿体构造带 (C 面) 统计图, 总体产状平缓—近水平, 极密产状为 $5^\circ \angle 11^\circ$ f. 矿区 7-9 矿体构造带统计图, 向北缓—中等倾斜, 极密产状为 $360^\circ \angle 32^\circ$ g. 南山 240 中段构造带统计图 (等值线), 其总体方位与第一变形阶段 S_1 面 (点 \times 位置) 一致 h. 东山 230 中段构造带统计图 (等值线), 其总体方位与第一变形阶段 S_1 面 (点 \times 位置) 一致 i. 活龙金矿全区断层 π 组构造图 j. 活龙金矿北北西向断层统计图, 箭头示擦痕方位 k. 活龙金矿北西西向组断层统计图, 箭头示擦痕方位 l. 活龙金矿北东向组断层统计图, 多为正断层

图 4 活龙金矿构造要素组构图

Fig. 4 Equal-area projections of structural elements in Huolong gold mine

动向, 大致可分为三组 (图 4i)。

2.2.3.1 北北西向组 以切割矿体的主断层为主, 走向北北西, 倾向南东, 倾角 $60^\circ \sim 90^\circ$, 属右行平移断层, 擦痕主体近水平或向北北西缓倾 (图 4j)。

2.2.3.2 北西西向组 多为小断层, 走向北西西, 倾向南西—北东, 倾角较陡 $60^\circ \sim 90^\circ$ 。该组断层切割糜棱面理及矿体, 断距不大, 运动方式以右行平移为主 (图 4k)。

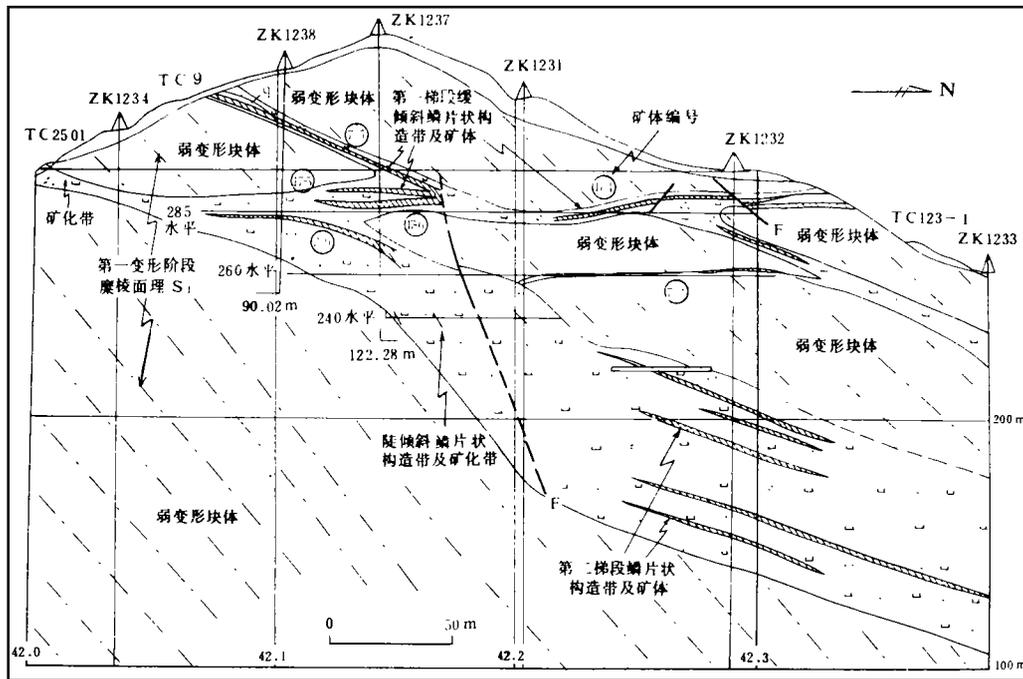


图 5 活龙金矿 123 线剖面简图

Fig. 5 Structural profile of No. 123 line in Huolong gold mine

2.2.3.3 北东向组 亦为小断层,切割矿体及糜棱面理,走向北东,倾向多为南东,倾角中等,40°~70°,多表现为正断层(图 41)。

3 构造与金矿的关系

3.1 矿化带、矿体、富矿段的构造位置

3.1.1 矿化带的构造位置

矿区矿化带追踪鳞片状构造带发育,鳞片状构造带的分布控制了矿化带的分布。在矿区范围内矿化带绕大的未变形块体分布,呈网格状(图 5,6)

3.1.2 工业矿体的构造位置

对比已知工业矿体与构造带的关系发现工业矿体主要位于以下两个部位:

(1)缓倾斜鳞片状构造带中:包括近水平组和缓倾斜组,如 17—1,7—4 矿体。而陡倾斜的带多数只构成矿化带而未形成工业矿体,如南山 240 中段 7—9 矿体(图 5 中部)、东山 230 中段 9 号矿化带、北山 250 中段 2 号矿化带等。

(2)透镜体端部:相当于两构造带的交汇部位,如已知的 7—1、17—5、17—6 和 7—9 矿体

(参见图 5)

3.1.3 矿体形、数、质的研究及富矿段的分布规律

充分应用已知矿体采矿、测量、化验数据,做采场矿体底板等高线、矿体等厚线及矿体等品位线图,用来恢复实际矿体形、数、质的分布变化情况,进而确定富矿段的分布规律。

通过矿区已开采的几个采场(7—9 矿体、7—4 矿体、17—1 矿体)的底板等高线、等厚线、等品位线图的初步分析,可大致看出如下规律:

(1)同一矿体中矿体厚度和品位变化较大,其高值部分多呈分散环状。厚度高值区与品位高值区对应关系复杂,但二者仍有相当部分重叠,即矿体厚度大时,其品位也常为高值,为采区富矿地段。

(2)厚度和品位高值区呈间断状或串珠分布,总体呈近东西向($280^{\circ}\sim 100^{\circ}$)延伸。

3.2 构造对金矿的控制规律

3.2.1 控矿构造

矿区位于一较大韧性剪切带中。该剪切带形成于第一变形阶段,总体呈近东西向,为一狭长的高变形带,形成于一定的温压条件及较高的应变速率条件下,伴随有绿片岩相变质作用。韧性剪切带的这种动态的变形环境可以改变岩石中某些元素的赋存状态,使岩石中矿物成份发生转变,化学元素发生迁移(包括金及其它成矿元素)^{[3][5]}。尽管许多金矿与韧性剪切带的脆性和脆性变形有关,在很多情况下剪切带的韧性变形却为金的活化,聚集提供了条件^[3]。

3.2.2 容矿构造

(1)第二阶段变形产生的两组鳞片状构造带是容矿的主体构造,由于其产状平缓,封闭条件好,矿化热液易于聚积,为主要矿体的构造位置。该阶段变形与金矿化作用近乎同期。

(2)该阶段变形产生的鳞片状构造带具分枝复合的特点,它控制矿体也呈分枝复合(图 5),在已知矿体附近可能会有些小的分枝矿体漏探。

(3)第一阶段变形影响第二变形阶段构造的发育,在许多地方见到第二阶段糜棱岩带顺早期糜棱面理 S_1 发育,形成陡倾的鳞片状构造带,而这种陡倾的构造带封闭条件不好,不利于含金热液聚积,常造成一些矿化^{[3][5][6]}。

(4)富矿段呈近东西向延伸受控于第二变形阶段产生的容矿构造,其中 S_1 与 C 面交线呈近东西向、鳞片状带内透镜体呈近东西向延长、第二变形阶段滑动线理 a_2 也呈近东西向,它们是控制矿体呈近东西向断续分布的主要原因。

3.2.3 错矿构造

第三阶段变形形成于成矿之后,产生断层切割破坏矿体,根据 2.2.3 中断层性质、动向可

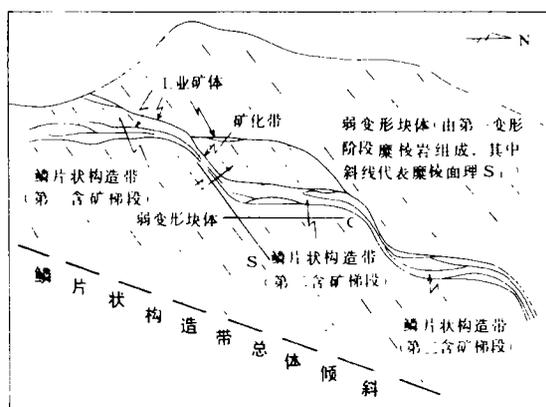


图 6 活龙金矿构造控矿模式图

Fig. 6 Ore-forming pattern of Huolong gold mine

判别断层另一侧矿体位置所在。

4 活龙金矿区进一步探矿方向

对活龙金矿区构造控金规律的分析,初步指出以下地区为最有望探矿地段:

(1) 矿区范围内鳞片状构造带应为重点找矿探矿对象

鳞片状构造带是矿体储存空间,是活龙金矿区重要找矿标志及探矿靶区。对矿区已知鳞片带的延伸及外围新发现的鳞片状构造带应给予足够重视,进行必要的工程及采样控制。特别是缓倾斜的鳞片状构造带、陡缓倾斜构造带交汇部位或由陡变缓部位应给予重视,因为它们是鳞片状构造带中最有利成矿部位,已知工业矿体大多位于其中。

(2) 初步研究结果显示活龙矿本区(南山)有三个矿体富集标高,上为 300m(或者 285m)左右,中为 200m 左右,下为 100m 左右,应为今后中长期探矿靶区(参见图 6)

矿区鳞片状构造带受宏 S—C 结构控制,陡缓两组构造带将矿区岩石切成相互叠置的巨型块体(参见图 5),工业矿体多赋存于块体间的构造带中,这种结构控制了活龙金矿工业矿体呈梯段性富集,现在开采的工业矿体为 285m 左右标高的富集区,为 260m 标高显示的较大未变形块体上盘缓倾斜的构造带位置所在,预计在 100m 和 200m 以下,未变形块体下盘还会有两个富集标高。

(3) 采区已知富矿段的東西延伸部位

已知矿体内部形、数、质的研究揭示富矿段并不连续,常受构造控制呈近东西向(总体 100° — 280° 方向)断续分布。这一规律揭示在已知矿体或富矿段尖灭之后,其东西向延伸方向还有可能出现另一矿体或富矿段。已开采的 7—4、7—9、17—1 矿体东西延伸方向均应进行探矿,如 7—9 矿体东西向拉穿、7—4 矿体向西拉穿、121 线附近 300m 左右标高探 7—9 矿体、260 中段 127 附近探 7—9 等等。

(4) 已知鳞片状构造带由陡变缓部位

与成矿关系密切的第二阶段变形产生的缓倾斜鳞片状构造带叠加于第一变形阶段陡倾斜糜棱岩带之上,常迁就后者发育,造成波状起伏、陡缓变化的构造形式。缓倾斜的鳞片状构造带具有较好的封闭条件,有利于含金硫化物聚集沉淀,往往形成工业矿体,陡倾斜的鳞片状构造带封闭条件不好,往往为矿液通道,形成矿化,品位较低。本区 240m 标高、东山、北山现开中段均为陡倾部位(参见图 5 中部;图 6),其上下延伸变缓部位应为探矿地段。

5 结 论

(1) 活龙金矿区为一韧性剪切带的一部分,该剪切带经历了韧性、韧脆性和脆性三个变形阶段。韧性阶段变形产生区域性的大韧性剪切带,韧脆性阶段变形产生平缓的鳞片状构造带,脆性阶段变形产生一些断层及岩脉。

(2)金的生成、赋存与韧性剪切带密切相关,工业矿体主要赋存于韧脆性变形阶段产生的鳞片状带内,受鳞片状构造带的结构及产状控制。

(3)活龙金矿已知矿体的东西延伸及 300m、200m 和 100m 标高区为最有利的找矿地段,鳞片状构造带是找矿的重要标志。

以上认识为冶金工业部天津地质研究院与吉林省黄金局、集安市活龙金矿合作研究的初步认识,为集体研究成果。

参考文献

- 1 吉林省地质矿产局第五地质调查所. 吉林省集安县活龙金矿区金矿详细普查地质报告. 1987
- 2 博纳梅宗. “含金石英脉”是含金剪切带的一种特殊情况. 见:含金剪切带型金矿床(吴美德、芮仲清编译),地质矿产部情报研究所出版,1989,42~51
- 3 屈奋雄,张宝华,刘如琦. 韧性剪切带变形特征及控金机制——以丹东四道沟金矿为例. 辽宁地质,1992,(4),313~321
- 4 Liu Ruqi, Zhang Baohua, Qu Fenxiong, et al. Large-scale ductile shear zones of the southern Liaodong peninsula, China and their tectonic implications, Progress in geology of China (1989—1992), ——paper to 29th IGC, 19~22, Geological Publishing House
- 5 刘如琦,王宇明,崔文智,张宝华,屈奋雄. 丹东韧性剪切带的变形特征及其与金矿化的关系. 现代地质学研究文集(上),南京大学出版社,1992
- 6 屈奋雄. 辽东半岛中生代韧性剪切带特征及其地质意义. 辽宁地质,1992,(1),35

THE CONTROLLING EFFECTS OF STRUCTURAL DEFORMATION ON HUOLONG GOLD DEPOSIT, JIAN CITY, JILIN PROVINCE, CHINA

Qu Fenxiang; Zhang Baohua; Zhang Pengcheng; Liu Ruqi

(Tianjin Geological Academy, 42 Youyi Road, Tianjin, China)

Zhao Qi; Zhang Xiaodong; Jiang Guijun; Zhang Jingwu;

Wang Dewen; Song Feng; Jin Mingnan

(Huolong gold mine, Jian City, Jilin province)

Abstract

Huolong gold mine, being a small gold mine in Southern Jilin province is located in northeastern part of North China Platform. Rocks in the mine area are mainly mylonites, which are derived from the metamorphic equivalent of Proterozoic rocks and suggests the existence of ductile shear zones. At least three episode of deformations have been recognized through regional structure analysis. The first episode of deformation is ductile and produces pervasive mylonitic foliation in the Proterozoic gneisses with E—W trend and moderate south vergence. It may have some effects on the gold accumulation and affects the development of subsequent deformation and ore—forming activity. The second episode of deformation is ductile—brittle and generates horizontal to gently dipping “scaly structure zones”, which cut across the first episode mylonitic foliation S₁ and are the main host structures of ore bodies. The third episode of deformation is brittle and led to the formation of faults which can be subdivided into three group, e. g. NNW, NWW and NE, and offset ore—bodies in different ways.

According to the structure deformation and their controlling effects on gold deposit, we have defined the ore—forming pattern of Huolong gold mine and several prospecting areas.