

文章编号: 1006-6616 (2003) 03-0232-09

阿尔金北缘索尔库里北山铜 银矿床控矿构造分析

陈柏林¹, 王小凤¹, 杨 风², 李学智², 陈正乐¹, 陈宣华¹

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081;

2. 新疆地质调查院第一地质调查所, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘 要: 索尔库里北山铜银矿床位于阿尔金北缘的索尔库里走廊北侧, 属于受推覆构造上盘次级断裂控制的热液型矿床。矿区出露蓟县系金雁山组厚层灰岩段、中层灰岩段和青白口系小泉达坂组薄层片岩段 3 个岩性段。薄层片岩段所构成的推覆构造原地系统中的紧闭褶皱及面理置换、厚层灰岩段和中层灰岩段构成的推覆构造外来系统中的中等—开阔型褶皱、推覆构造以及晚期陡倾角走滑断裂构成矿区基本构造格架。推覆构造自南向北推覆并被后期阿尔金走滑断裂穿切, 推覆构造面转折处上盘发育的次级断裂是主要的赋矿构造; 矿化带和矿体的形态、产状、分布和规模均严格受赋矿构造的控制。

关键词: 推覆构造; 控矿构造; 索尔库里北山铜银矿床; 阿尔金北缘

中图分类号: P618.41, P613

文献标识码: A

索尔库里北山铜银矿床位于阿尔金山北缘的索尔库里走廊北侧, NEE 向阿尔金断裂与近 EW 向逆冲断裂系的复合部位, 在构造上是一个非常有利的成矿部位^[1,2]。矿区外围地层有蓟县系斯米尔布拉克组、木孜萨依组和金雁山组、青白口系小泉达坂组、石炭系上统因格布拉克组、渐新统下干柴沟组、中新统上干柴沟组和第四系 (图 1)。其中金雁山组地层是索尔库里北山铜银矿床的赋矿层位。索尔库里走廊南侧出露海西期花岗岩 (γ_4), 走廊北侧边缘沿断裂带有基性岩脉发育^[1,2]。

阿尔金主断裂及其分支, 从索尔库里走廊通过 (图 1), 是晚中生代以来形成、至今仍活动的断裂^[3]。被彩虹沟、索尔库里走廊和新区沟所围限的索尔库里北山, 由蓟县系和青白口系变质岩构成的地块, 四周均为新生代沉积, 并呈断裂接触。在蓟县系金雁山组变质岩中发育近 EW 向的褶皱, 分别有 2 个背斜和 4 个向斜 (图 1)。

该矿床作为矿点, 最早是由 1/20 万区域地质矿产调查时发现的^[2], 但是直到本项目工作之前未做过深入勘查和专题研究工作。本文着重阐述矿区构造特征及其对矿化的控制作用。

收稿日期: 2003-04-21

基金项目: 地质调查项目 K1.1.2.3 和 20011000001-5 联合资助

作者简介: 陈柏林 (1962-), 男, 研究员, 主要从事区域构造、矿田构造和成矿预测研究。通讯地址: 100081, 北京市海淀区民族学院南路 11 号, 中国地质科学院地质力学研究所; 电话: 68486764; E-mail: cblh6299@263.net

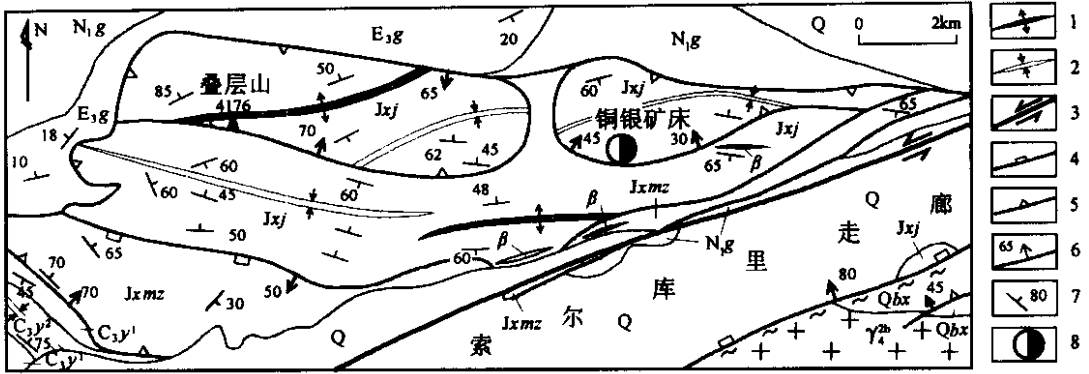


图 1 索尔库里北山铜银矿床及外围地质构造图

Fig.1 Regional structural map of the Xorkol Beishan Cu-Ag deposit and its vicinity

Q. 第四系； N_1g . 新近系中新统上干柴沟组； E_3g . 古近系渐新统下干柴沟组； C_3y . 上石炭统因格布拉克组； Qbx . 青白口系小泉达坂组； Jxj . 蓟县系金雁山组； $Jxzmz$. 蓟县系木孜萨依组； Jxs . 蓟县系斯米尔布拉克组； γ_4^h . 海西期花岗岩； β . 基性岩脉；1. 背斜；2. 向斜；3. 阿尔金走滑断裂；4. 正断层；5. 逆冲推覆断裂；6. 断层倾向及倾角；7. 岩层产状；8. 铜银矿床

1 矿区地层岩浆岩

根据本项目野外填图资料，矿区出露蓟县系和青白口系，地层可以比较清楚地分为 3 个岩性段，即厚层灰岩段、中层灰岩段和薄层片岩段。岩浆岩仅有晚期脉岩。

1.1 地层岩性段特征

(1) 厚层灰岩段：厚层灰岩呈灰—褐灰色，单层厚 0.5 ~ 1.0m；主要岩性为白云质灰岩、大理岩化灰岩，出露于铜银矿床北侧的 3636 高地山脊、南侧山前以及若干个飞来峰构造部位（图 2），在地貌上呈山脊、高峰和绝壁陡崖。总体倾角为中等—偏陡（一般 $50^\circ \sim 70^\circ$ ），并构成若干个中等—开阔背斜、向斜构造。在铜银矿床出露点的北侧山脊的南侧，可见厚层灰岩与中层灰岩呈整合接触关系。厚层灰岩与薄层片岩呈断层接触（图 2）。

(2) 中层灰岩段：呈褐色、褐红色和暗红色，单层厚 20 ~ 40cm，主要岩性为灰岩、硅质灰岩及鲕状灰岩。出露于铜银矿床产出点及以东的山脊南半坡（图 2），地貌上呈中等陡峭地形。近 EW 向延伸，倾向北为主，倾角中等偏陡，一般 $50^\circ \sim 65^\circ$ ，总体构成中等—开阔的褶皱构造。与厚层灰岩呈整合接触关系，与薄层片岩呈断层接触（图 2）。

中层灰岩是索尔库里北山铜银矿床的直接赋矿层位。

(3) 薄层片岩段：呈灰白色、浅灰色；单层厚 0.5 ~ 5.0cm；主要岩性为片岩、千枚岩、钙质粉砂岩、钙质板岩夹中薄层灰岩等。出露于铜银矿床产出点以南、以西一带及山脊北侧半坡（图 2），表现为相对不太陡峭的地貌特征。呈近 EW 向延伸，但仅限于 164015 线以西，构造变形强烈，形成各种紧闭褶皱，构造片理置换非常明显（图 3）；与厚层灰岩和中层灰岩均呈断层接触（图 2）。该薄层岩性段中未见铜矿化。

1.2 地层岩性段的层序关系

依据目前资料，厚层灰岩段与中层灰岩段为连续层位，厚层灰岩在上，中层灰岩在下；结合区域地层特征对比，厚层灰岩段和中层灰岩段应属于蓟县系金雁山组，而薄层片岩段岩

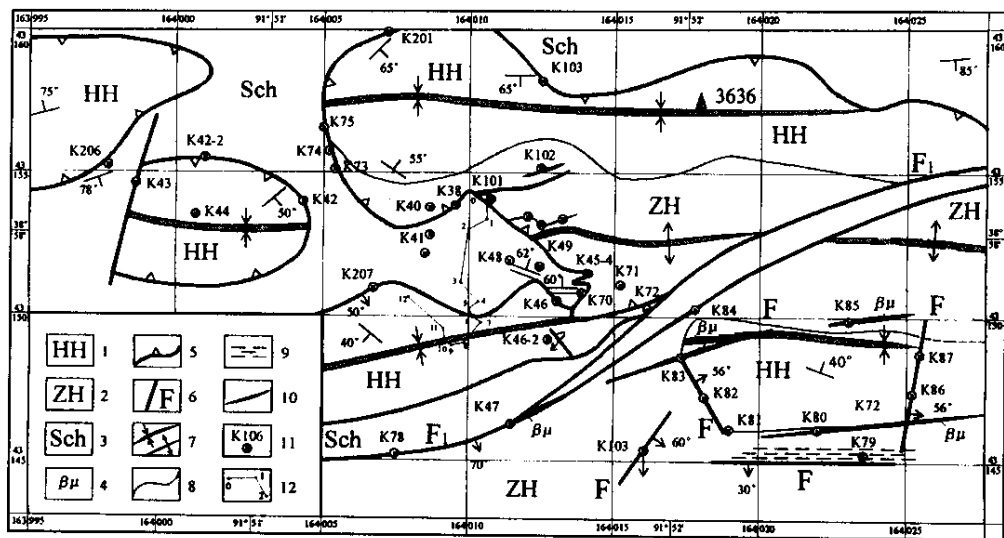


图 2 新疆若羌县索尔库里北山铜银矿床地质图

Fig.2 Geological sketch map of the Xorkol Beishan Cu-Ag deposit, Ruoqiang county, Xinjiang

1. 厚层灰岩; 2. 中层灰岩; 3. 薄层灰岩; 4. 辉绿岩脉; 5. 推覆断裂; 6. 陡倾断裂; 7. 向/背斜轴; 8. 地质界线; 9. 挤压片理带; 10. 铜银矿体; 11. 地质点号; 12. 剖面位置

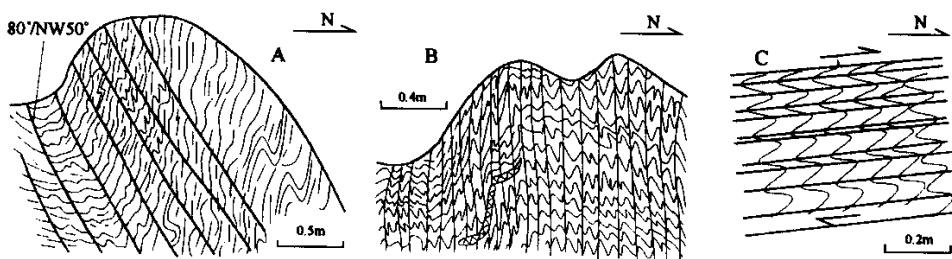


图 3 薄层片岩中的面理置换素描

Fig.3 Sketch showing the substitution by foliation in thin-bedded schist

石可能属于青白口系小泉达坂组, 层位比较新。

1.3 岩浆岩

矿区岩浆岩很不发育, 仅仅见及少量沿断裂贯入的辉绿岩脉。辉绿岩脉主要发育于铜银矿区的南侧山前(索尔库里走廊北缘)地带的一系列 NEE 向断裂之中(图 2)。

2 矿区构造特征

矿区构造由以下几部分构成: 薄层片岩层内变质变形构造、推覆构造、褶皱构造、晚期断裂构造。

2.1 薄层片岩中的变质岩构造

区内薄层片岩中的构造变形非常强烈, 主要表现形式是褶皱和面理置换, 其中面理产

状主要走向近 EW 向或 NWW 向，倾角大多数陡立（图 3A、B），少数比较平缓（图 3C），反映出面理置换之后又发生过褶皱变形。

2.2 推覆构造

推覆构造是索尔库里北山铜银矿区最醒目的构造（图 2），但它被晚期断裂（F1）穿切（图 2、图 4）。确定推覆构造的主要依据和特点如下：

（1）断层两侧分别由 2 套地层岩石系统组成，即由厚层灰岩夹中层灰岩组成的外来系统和由薄层片岩组成的原地系统两部分构成（图 2）；

（2）2 套地层岩石系统之间为断裂接触关系，该断层产状比较平缓，中低倾角，一般 $10^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，例如在 K45 点 ~ K70 点 ~ K72 点一带，断裂产状近于水平。

（3）断层穿切不同岩性层位。如在铜银矿床出露区的西侧和东南侧，断层面分别穿切厚层灰岩和中层灰岩及其岩性段界线，并且在铜银矿床出露区的东南侧的 K70 ~ K72 一带，中层灰岩出露宽度和厚度达到最大（图 2）。

（4）虽然在一些部位，断层面产状与厚层灰岩接近或平行，但是在许多部位两者也是斜交的，如 K73 ~ K75 一带，断层面产状 $340^{\circ}/NE30^{\circ}$ ，中层灰岩产状 $310^{\circ}/NE55^{\circ}$ ；在 K101 ~ K70 一带，断层面产状 $290^{\circ}/NE30^{\circ}$ ，中层灰岩及矿体产状 $65^{\circ}/NW35^{\circ}$ 。沿推覆构造面，3636 山脊向斜南翼的中层灰岩出露厚度和宽度变化明显，自 K75 点一带到 K41 点一带，中层灰岩出露宽度和厚度逐渐变大，K41 点 → K101 点基本不变，K101 点 → K70 点一带，中层灰岩出露宽度和厚度又逐渐变大，到 K70 点 ~ K72 点，中层灰岩出露厚度达到最大（图 2、图 4）。这种断层与岩层的顺层和穿层的交替出现反映的是推覆构造中典型断坪—断坡组合。

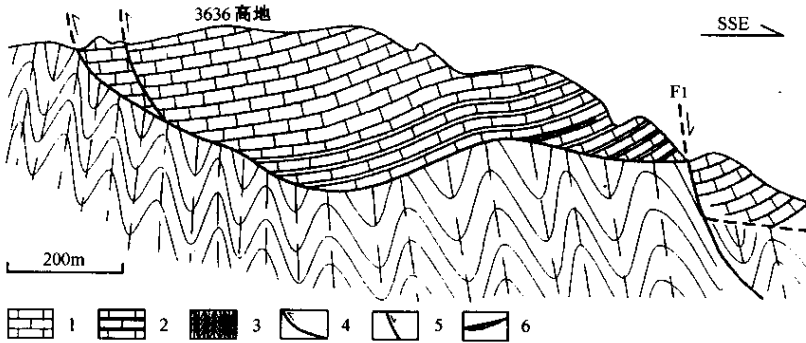


图 4 索尔库里北山铜银矿床构造地质剖面

Fig.4 Structural section of the Xorkol Beishan Cu-Ag deposit

1. 厚层灰岩；2. 中层灰岩；3. 薄层片岩；4. 逆冲推覆断层；5. 晚期断裂；6. 赋矿断裂及铜银矿化带

（5）推覆构造的运动学特点表现为自南向北的推覆。

2.3 褶皱构造

这里的褶皱构造不包括薄层片岩中的紧闭褶皱（上文），而主要指厚层灰岩中的褶皱，这些褶皱的最大特点是均发育于推覆构造面以上的推覆体地层之中，与推覆构造面之下薄层片岩中的褶皱构造是完全不协调的。矿区内发育多个向斜，其中比较大的有 2 个背斜：3636 山脊向斜和南缘向斜。

（1）3636 山脊向斜：沿铜银矿体北侧的 3636 高地山脊一带出露，呈 EW 向延伸，在两端均有被推覆构造面截切的特点（图 2、图 4）；在东端被推覆构造面和晚期断裂截切。该向斜的北翼仅有厚层灰岩，岩层产状走向近 EW 向，倾向南，倾角中等—偏陡，代表性产状有

90°/S65°;南翼由厚层灰岩和 中层灰岩构成,岩层产状走向近 EW 向,倾向北,倾角中等。在西端 K73 点~K201 点一带,该褶皱出现转折端趋势,在北侧产状 50°/SE65°、南侧产状 310°/NE55°。

(2)南缘向斜:沿铜银矿体南侧的山前一带出露,呈 EW 向延伸,东端被晚期 NE 向断裂截切,西端延出区外;两翼均为厚层灰岩,岩层产状总体走向近 EW,其东段走向表现为 NWW 向,且局部出现岩层倒转(露头规模小型倒转褶皱,数米至十几米)。

其他小型向斜不细述。

2.4 晚期断裂构造

晚期断裂构造发育于矿区南侧和东南侧,主干断裂(F1)沿走向呈波状起伏,西段走向 80°~85°,中东段 50°~70°,该断裂倾角较陡,一般为 60°~70°,是阿尔金走滑断裂系索尔库里走廊北缘断裂的组成部分,以左行扭性为主,但是沿该断裂有多条辉绿岩脉侵入,断裂带宽度 1~5m(图 2)。

除主干断裂(F1)外,矿区还发育多条次级和一些小型晚期断裂或滑动面,且有比较多的辉绿岩脉侵位(图 2),但是这些次级和一些小型晚期断裂或滑动面仅仅出露于主干断裂的中段南侧,可能与主干断裂在此发生拐弯有关系。

3 构造对铜银矿化的控制

3.1 控矿构造的厘定

控矿构造是指成矿流体或成矿热液流经及聚集的空间场所,包括导矿构造、运矿构造、配矿构造及储矿构造^[4]。

索尔库里北山铜银矿区构造由薄层片岩层内变质变形构造、推覆构造、褶皱构造、晚期断裂构造等部分构成,但是并不是所有构造都对区内铜银矿化有控制作用,它们对成矿作用的贡献是有明显区别的。

(1)从目前铜银矿化发育的地层岩石来看,其主要发育于中层灰岩中,地层对本区铜银矿化的控制作用比较明显;而厚层灰岩和薄层片岩中未发现铜银矿化。

(2)薄层片岩中的变质岩面理构造形成比较早,经褶皱过程中的面理置换,是成矿前构造,对铜银矿化没有控制作用。

(3)从推覆构造形成演化和区域构造岩浆成矿作用的时代来看,早期推覆构造可能发育于加里东期,是本区板块构造演化到后期聚合碰撞的产物^[3,5],而区域构造岩浆成矿作用主要发育于海西末期(和/或印支早期)^[1,2],所以,早期推覆构造对铜银矿化所起的控矿作用表现为在推覆构造面发生大拐弯处,其上盘中层灰岩中形成的层间和层内的次级断裂构造成为本区铜银矿体主要的赋矿构造(见下文):但是推覆构造的晚期活动发生于新生代晚始新世^[3,5],对已经形成的铜银矿化起到了破坏作用。

(4)褶皱构造由于主要发育于推覆构造面以上的推覆体地层之中,它是通过控制赋矿有利地层的分布而控制铜银矿化的,起到间接控矿作用。

(5)晚期断裂构造发育于成矿作用之后,而且分布于矿区南侧和东南侧,没有对铜银矿床及矿体起到直接的破坏作用。

所以,索尔库里北山铜银矿区内最主要的控矿构造是与推覆构造的形成演化有关的中层灰岩中的层间和层内构造。

3.2 赋矿构造的特点及其对铜银矿化的控制

3.2.1 中层灰岩的层间和层内构造的组成和一般特点

中层灰岩的层间和层内构造带主要发育于产出铜银矿(化)体的推覆断层拐弯处附近的上盘中层灰岩中(图 2、图 4、图 5),构造形式有小型褶皱、小型断层及层间破碎带。

(1) 小型褶皱:除了推覆构造上盘厚层灰岩、中层灰岩的开阔褶皱(向斜)和下盘薄层片岩中的紧闭褶皱和面理置换外,矿区范围内仅在推覆构造上盘发育的中层灰岩主要为单斜地层(图 2),但是在推覆构造面附近,特别是推覆构造面拐弯处的上盘中层灰岩中,往往发育比较多的小型褶皱构造,这些小型褶皱的规模一般在数米左右,并且可见铜银矿化在局部地段随地层呈褶皱状延伸(图 5)。

(2) 小型断层:在中层灰岩的层间和层内构造带中还非常发育小型断层,其规模一般是宽度 1 米左右或者更小(图 5),小断层以 NWW 走向为主,倾向 NE;按照活动特点,小断层可以分为两部分,一部分小断层形成比较早,成为本区的赋矿构造,而且在发生铜银矿化之后,这些小断层又发生过褶皱变形(见后文);另一部分小断层形成比较晚,往往具有切错铜银矿化体的现象,并且往往显示自北向南逆冲的特点(图 5)。

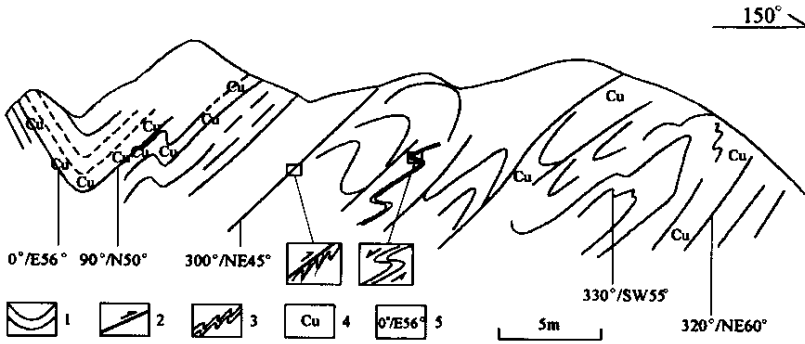


图 5 索尔库里北山铜银矿床矿化带附近的变形素描

Fig.5 Sketch showing the rock deformation near the mineralization zone of Xorkol Beishan Cu-Ag deposit

1. 灰岩、泥灰岩; 2. 断层; 3. 小型褶皱; 4. 铜矿化; 5. 产状

3.2.2 中层灰岩的层间和层内构造带与推覆构造的关系

(1) 从中层灰岩的层间和层内构造带发育的岩层来看,仅发育于推覆构造面上盘的中层灰岩中,而在同是上盘的厚层灰岩中未见发育,在下盘的薄层片岩中更无踪迹(图 4);

(2) 从相互穿切关系来看,只见推覆构造面穿切含矿的中层灰岩的层间和层内构造带,而未见中层灰岩的层间和层内构造带穿切推覆构造面(图 4);

(3) 从中层灰岩的层间和层内构造带发育的部位与推覆构造面产状的关系来看,其发育于推覆构造面发生拐弯的地方,即推覆构造面上断坪与断坡的过渡拐弯部位(图 4);

(4) 从中层灰岩的层间和层内构造带及其矿化的规模和强度变化来看,在靠近推覆构造面的部位,中层灰岩的层间和层内构造带的规模大,铜银矿化好,铜矿石品位高,而离开推覆构造面,规模和矿化都逐渐变小变弱,例如,在 K51 点附近,铜银矿化带最宽可达到十余米,铜银矿化很富,单样铜品位最高可达 23.41%,银 1385g/t,到 K45 点一带,铜银矿化带规模逐渐变小,在 K45-3 点矿化带宽小于 0.5m,矿化也比较弱(图 2)。

上述(1)(2)说明中层灰岩的层间和层内构造带活动时间比较早,早于推覆构造的晚期活动时代;(3)(4)说明其形成与推覆构造的关系密切,是推覆构造的次级派生构造,而且铜银矿化也与推覆构造面存在比较密切的关系。

3.2.3 中层灰岩的层间和层内构造带形成的力学机制

根据推覆构造的运动学推断,在推覆构造面连续顺层、穿层穿切地层并形成交替出现的断坪、断坡时,在坪坡拐弯点是一个构造应力集中点。沿推覆断层运动方向,在断坪向断坡拐弯时,推覆构造面凹向推覆盘,此时推覆盘的岩石为受挤压状态,可能形成褶皱构造,而对应部位的原地盘一侧为拉伸构造应力状态,形成张性、张扭性断层带,并且这些张性、张扭性断层带为断坪的前延长线方向,其继续发展是形成推覆构造中特有的马蹄形岩块;相反,在由断坡向断坪拐弯时,推覆构造面凸向推覆盘,此时推覆盘的岩石为受拉伸构造应力状态,形成张性、张扭性断层带,且这些张性、张扭性断层带为断坪的后延长线方向,而对应部位的原地盘一侧为挤压状态,主要形成褶皱构造(图6)。

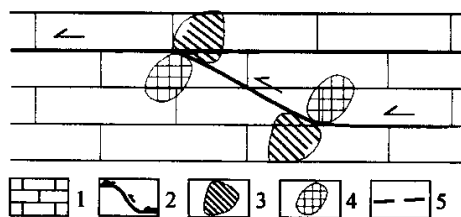


图6 推覆构造面转折处应力状态图解

Fig.6 Diagram of the stress state at the inflection points of the nappe plane

1. 灰岩; 2. 推覆构造面; 3. 张应力区; 4. 压应力区; 5. 可能发育的次级断层

根据这种力学分析,可以从另一方面证明推覆构造的运动方向是自南向北的运动形式。这也与本区区域构造应力场特征相吻合。

3.2.4 中层灰岩的层间和层内构造带对铜银矿化的控制作用

由于索尔库里北山铜银矿属于中低温热液型矿床,所以控矿构造对矿化的控制作用主要表现为构造及构造裂隙为成矿流体的运移和成矿物质的聚集提供适宜的空间场所。具体地表现为构造对矿化带和矿体的形态、产状、规模及分布的控制。

(1) 赋矿构造的形态决定矿化带和矿体的形态

索尔库里北山铜银矿床赋矿构造总体为层内构造和层间构造,但是在一些部位形成明显的穿层构造滑动面,受其控制的铜银矿化带及铜银矿体也表现为顺层和沿断层充填而形成穿层的不规则铜银矿体(图7)。

(2) 控矿构造的产状决定矿化带或矿体的产状

区内控矿构造带产状总体呈NW—SEE走向,倾向NNE为主,倾角普遍较陡(65°~85°居多),其控制的矿化带和矿体的总体产状也表现出走向NW走向,倾向NNE为主,倾角普遍较陡的产状特征。值得指出的是,由于赋矿构造受后期变形的影响,局部甚至发生褶皱,所以矿化带和矿体的局部产状变化比较大(图7),但是总体延伸是比较稳定的(图2、图4)。局部控矿的层间构造带发生褶皱的部位,铜矿化带也发生褶皱(图5)。

(3) 控矿构造的规模控制矿化带的规模和分布

区内控矿构造有3条,但是延伸比较短,断续延伸最长不超过350m,而且分布的范围

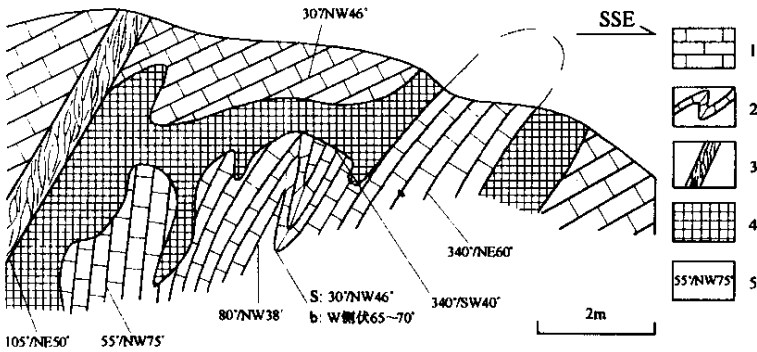


图 7 索尔库里北山铜银矿床铜银矿体采场素描图

Fig.7 Sketch showing orebodies in the Xorkol Beishan Cu-Ag deposit

1. 灰岩；2. 薄层灰岩组成的褶皱；3. 晚期压扭性断层；4. 铜银矿（化）体；5. 产状

非常局限，因此矿化带和矿体延伸也比较短，分布也很局限（图 2）。

4 结论

索尔库里北山铜银矿床是阿尔金北缘的索尔库里走廊北侧，属于受推覆构造上次级断裂构造控制的热液型矿床。矿区出露蓟县系金雁山组厚层灰岩段、中层灰岩段和青白口系小泉达坂组薄层片岩段 3 个岩性段。薄层片岩段所构成的原地系统中的紧闭褶皱及面理置换、厚层灰岩段和中层灰岩段构成的外来系统中的中等—开阔型褶皱、推覆构造，以及晚期陡倾角走滑断裂构成矿区基本构造格架，推覆构造具有自南向北推覆的运动学特征并被后期阿尔金走滑断裂穿切。推覆构造面转折处上盘发育的次级断裂是主要的赋矿构造；矿化带和铜银矿体的形态、产状、分布和规模均严格受赋矿构造的控制。

参 考 文 献

- [1] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 索尔库里幅 (J-46-Ⅷ) 区域地质矿产调查报告 [M]. 1981.
- [3] 崔军文, 唐泽民, 邓晋福, 等. 阿尔金断裂系 [M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- [4] 翟裕生. 矿田构造学 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984.
- [5] 尹安. 喜马拉雅—青藏高原造山带地质演化——显生宙亚洲大陆生长 [J]. 地球学报, 2001, 22 (3).

ANALYSIS OF ORE-CONTROLLING STRUCTURE OF THE XORKOL BEISHAN Cu-Ag DEPOSIT IN THE NORTHERN ALTUN MARGINAL AREA , NORTHWESTERN CHINA

CHEN Bai-lin¹ , WANG Xiao-feng¹ , YANG Feng² ,

LI Xue-zhi² , CHEN Zheng-le¹ , CHEN Xuan-hua¹

(1. *Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing 100081 , China ;*

2. *No. 1 Team of Xinjiang Geological Survey Research Institute , Urumqi 830011 , Xinjiang , China)*

Abstract : The Xorkol Beishan Cu-Ag deposit , located at the northern side of the Xorkol Corridor at the northern margin of the Altun (Altyn Tagh) Mountains , is a hydrothermal deposit controlled by second-order faults in the thrust block of nappe structure . There outcrop the thick-bedded limestone member and medium-bedded limestone member of the Jinyanshan Formation of the Jixianian System and the thin-bedded schist member of the Xiaoquandaban Formation of the Qingbaikouan System in the ore district . The closed folds and foliation substitution in the autochthonous block of nappe structure formed by the thin-bedded schist member , the intermediate , open folds in the allochthonous block formed by the thick-bedded limestone member and medium-bedded limestone member , nappe structure and late-stage steep-angle strike-slip fault make up the basic structural framework of the ore district . The nappe is overthrust from south to north and cut by the late-stage Altun strike-slip fault . The secondary faults developed in the thrust block at the inflection point of the nappe structural plane are the principal ore-hosting structure . The shape , attitude , distribution and size of the mineralization zone and orebodies are strictly controlled by ore-hosting structure .

Key words : nappe structure ; ore-controlling structure ; Xorkol Beishan Cu-Ag deposit ; northern Altun marginal area