DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2007.03.005

第16卷第3期 地 质 与 资 源 Vol. 16 No. 3
2007年9月 GEOLOGY AND RESOURCES Sep. 2007

文章编号:1671-1947(2007)03-0167-06 中图分类号:P618.41 文献标识码:A

辽宁"红透山式"铜矿构造变形特点及其控矿作用属性

沙德铭[1],赵东芳[1],张 森[1],曲金洪[2],杨铁军[3],崔大勇[2],权 恒[1],田昌烈[1]

(1.沈阳地质矿产研究所,辽宁 沈阳 110033; 2.抚顺市红透山铜矿,辽宁 抚顺 113321;
3.辽宁有色地勘院抚顺分院,辽宁 抚顺 113015)

摘 要:辽宁抚顺"红透山式"铜矿产在浑北太古宙绿岩带内,宏观上受控于太古宙红透山岩组绿岩建造.红透山铜矿所处的浑北太古宙绿岩区,活动历史漫长,演化过程复杂,经受太古宙3幕韧性变形过程,形成多样式变形形迹组合.鞍山期韧性变形阶段的多期褶皱及其相伴形成的韧性断层对红透山式铜矿具有控、容矿作用.红透山式铜矿受构造的叠加、改造和控制特征明显,其构造控矿属性可以作为重要的找矿标志.

关键词:"红透山式"铜矿;构造变形;控矿作用;辽宁

1 红透山铜矿地质概况

红透山铜矿位于辽宁省抚顺市清原县,发现于上世纪50年代末,是我国著名的铜矿床.该矿床产于浑北太古宙绿岩带内,成矿条件有利[1,2].

浑北绿岩的主体组成为太古宙红透山岩组,为一套中基性-中酸性火山岩+沉积岩的绿岩建造,可进一步划分为下部的斜长角闪岩段和上部的黑云变粒岩段.其中红透山式铜矿集中产在上部岩段的"薄层互层带"(黑云斜长片麻岩和角闪斜长片麻岩互层)内,宏观上具有明显的"层控性"特点.

就矿体产状、形态及与含矿围岩关系,红透山铜矿可以划分出如下几种类型.

层状矿体:矿体受岩层控制,与地层产状一致,形态简单.矿石具浸染状、条带状、条纹状构造,成层性好,与围岩同步卷入后续的构造变形中,但与围岩协调一致,如红透山、树基沟的层状、层纹状矿体,以及华家沟、跳石背铜矿床的矿体等.

似层状矿体:矿体(矿化体)受一定层位控制,但显现明显的构造控制和热液成矿特点,矿体形态复杂,呈桶状、透镜状或脉群状等,局部地段甚至出现短距离切层、穿层、跨层现象.但矿体总体仍保持成层产出特征.这种矿体矿石常具似层状、块状构造,是红透山式铜矿的主要工业矿体.

脉状矿体:宏观上矿体(矿化体)受一定层位即薄层互层带控制,但矿体受层内韧性断裂控制明显,呈脉状、细脉状、网脉状等复杂形态,沿构造充填交代.故其产状受构造控制,既可顺层产出,亦表现为明显的切层、穿层、跨层现象.

矿床学研究的重点内容之一是矿床的成因问题[3-5].关于红透山铜矿床的成因,各家观点不一,主要形成两大派:其一,强调矿床的层控性,认为成矿作用主要在火山(喷气)沉积过程中完成,矿床成因类型属受变质的太古宙块状硫化物矿床❶❷;其二,强调矿床的热液矿化特点,认为矿床是典型热液矿床,但成因有分歧,有持岩浆热液观点,有持混合热液成矿的观点❸等.笔者研究后认为,红透山铜矿成矿作用具有"多阶段复成因"特点,应属太古宙"火山(喷气)沉积—变质热液叠加型"矿床.

2 构造变形和演化特征

红透山铜矿所处的浑北太古宙绿岩区,活动历史漫长,演化过程复杂,但按与成矿作用相关性可以大致划分为鞍山期韧性变形阶段和后鞍山期脆性变形阶段.其中后一阶段属于成矿后过程,本文不予讨论.

鞍山变形旋回是由发生在中压型、温度500~700℃的区域变质环境下的塑性变形构成的,鞍山期变形以

收稿日期:2006-09-18;修回日期:2006-11-16.张哲编辑.

❶辽宁冶金地质勘探局101队、研究所."红透山式铜锌矿床控矿因素及找矿方向研究".1981.

❷刘连登,等."浑北太古宙绿岩带金矿类型及找矿远景评价".1989.

❸辽宁冶金101队,抚顺红透山铜矿,东北工学院."红透山式矿化老变质岩系回曲构造".1977.

塑性为主,奠定了绿岩带内的主要构造轮廓和主要构造方向.结合前人及作者的研究结果,划分为 3 幕.

第一幕:形成于较高温压条件下,系岩石在塑性条件下发生变形的构造形迹组合,变形最为强烈.主要表现形式为透入型片麻理(S_1)、石香肠构造和矿物生长线理(L_1)、紧闭褶皱(F_1)及早期分异的石英脉体,构成了本区最为完整的构造组合.强烈而广泛的构造置换,即透入性片理、片麻理(S_1)对沉积层理(S_0)、顺层片理(S_0')的置换,是本幕变形的突出特点.

伴随第一幕变形常形成韧性剪切带,多数情况下平行 F_1 褶皱轴面发生,与强烈的构造置换作用有关,一般规模较小,通常没有明显的断裂面和构造岩,往往被长英质、伟晶质脉体充填,受后续热事件改造弱.

第一幕褶皱变形是以原始(沉积)层理(AS_0)、顺层片理(AS_0')(可能形成于成岩过程)为变形面,形成紧闭同斜式、紧贴式褶皱.目前可以直接观察到的主要为一些规模较小者,成群出现,形态不规则,具强烈的塑性流动变形特点.相伴出现轴面片理、矿物生长线理、布丁构造和伴生韧性断层(剪切带)等构造形迹和组合.

第二幕:是区内重要和影响深刻的变形期,决定了本区构造形迹的格局和分布.

表现最为突出的构造形迹之一是一系列规模较大的紧闭同斜或斜卧褶皱(F_2),此期变形以沉积层理(S_0)和片理、片麻理(S_1)为变形面,发育轴面片理(S_2).红透山倒转向斜构造呈近东西向贯穿红透山铜矿区(图 1),是矿床的主控矿构造,在"薄层互层带"内最为发育.在褶皱核部,则往往形成规模较大的核部加厚现象,形成组合复杂的"舌状褶皱群"(图 2),伴有差异性流动产生的层间韧性断层,同时,由于强烈挤压作用,往往沿褶皱轴面方向发生错移现象,形成切层韧性断层.

此期变形重要构造形迹之一是伴随褶皱变形发生的层内、层间韧性构造.往往发育于褶皱构造的两翼,更主要是分布在褶皱转折端部位,特别是发生顶厚作用的核部构造虚脱部位.这些韧性断层往往是不同力学性质岩性层之间差异性运移作用的结果,其产状往往与地层一致或微切层.同时,在应力作用下,在褶皱转折部位沿轴面方向,往往形成轴面片理,并发生相对滑动,形成平行轴面但大角度切层的韧性变形带.这些线性构造不同于脆性断裂,不具有截然的断裂面,而是以强烈韧性变形面、带或带群形式出现,与围岩呈渐变过渡关系,往往表现为程度不同的糜棱岩化现象.这些线性构造规模大小不一,大多数为长英质伟晶岩充填愈合,同时也往往是后续含矿热液的有利就位空间,是本区铜锌金矿的重要容矿构造.红透山矿区已经确认的主要韧性断层有 1、3 和 30 号,

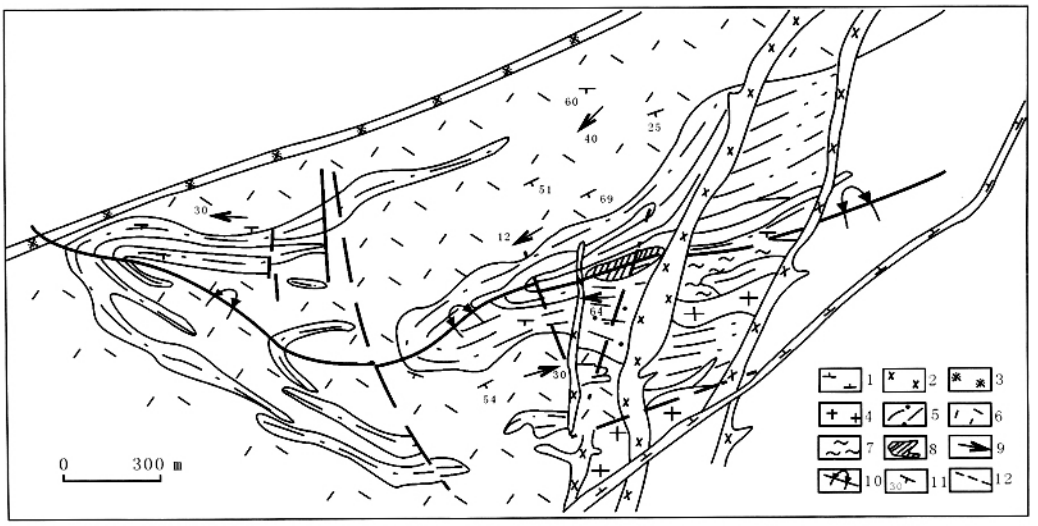

图 1 红透山矿区构造纲要图

(据杨振升,1986,改编)

Fig. 1 Structural outline map of Hongtoushan ore field

(modified from YANG Zhen-sheng, 1986)

1—闪长玢岩(diorite porphyrite);2 辉绿岩—(diabase);3—橄榄岩类(peridotite);4—花岗片麻岩(granite-gneiss);5—黑云斜长片麻岩(biotite plagiogneiss);6—角闪斜长片麻岩(amphibole plagiogneiss);7—石榴阳起黑云片麻岩(garnet-actinolite biotite gneiss);8—铜矿体(ore body);9—线理产状(occurrence of lineation);10—倒转向斜(overturned fold);11—片麻理产状(occurrence of gneissosity);12—断裂构造(fault)

分别控制了矿区 1、3 和 30 号铜矿体(图 1) . 此期韧性断层是红透山矿区重要的控矿构造,控制了铜矿体特别是脉状铜矿体的规模和产状.

实际上, 红透山矿区韧性断层具有普遍意义,比较发育, 只是规模和控矿意义不同. 韧性断层是红透山矿区脉状矿体的主控构造,是在同一应力场作用下的结果, 存在交切和连接关系. 如在 193 中段,30 号断层与 1 号断层是相连的.

第三幕:主要表现为以轴面走向近南北的、叠加在 F_2 之上的较大规模开阔褶皱(F_3) 为主要表现形式的一次较弱变形,此期褶皱呈开阔形式,两翼夹角一般大于 100 °,褶皱枢纽主体走向近南北,倾伏角一般 10～20 °(图 1) . 同时,折劈理构造发育,韧性剪切构造继续发展是本次变形的重要特点.

3　构造控矿属性

前已述及,红透山地区经历了复杂而漫长的构造演化过程,构造类型复杂,既有多幕次韧性变形及形迹组合, 又有多期次脆性变形的叠加改造和破坏. 其中鞍山期韧性变形阶段的多期褶皱及其相伴形成的韧性断层对红透山式铜矿具有控、容矿作用,吕梁期及其后脆性变形阶段的多期次断裂构造, 对矿床、矿体起破坏、改造作用.

3.1　褶皱构造控矿

3.1.1　宏观控矿特征

红透山式铜矿受褶皱构造控制特征明显,以红透山铜矿最具特征(图 2) .

宏观上, 红透山铜矿主体上产于上部岩系——“ 薄层互层带 ”内,沿带展布. 而 薄层互层带 ”作为红透山岩组的组成部分,卷入鞍山期的多幕褶皱变形过程中. 因此以红透山倒转向斜构造为代表的区域褶皱构造,通过控制 薄层互层带 ”而间接控制了铜矿体.

这种控制作用体现在几个方面:其一,控制了矿体的总体形态. 应该说, 红透山铜矿矿体形态是复杂的,有层状、似层状矿体,也有脉状、网脉状、浸染状矿体, 同时这些不同类型矿体的组合形式更是纷繁复杂. 但从整体看, 矿体的分布空间被卷入区域褶皱变形当中的 薄层互层带 ”控制,围限在红透山倒转向斜转折端及其附近的核部及两翼(图 2) . 其二,控制了矿体的产出特点. 红透山倒转向斜是在相对塑性条件

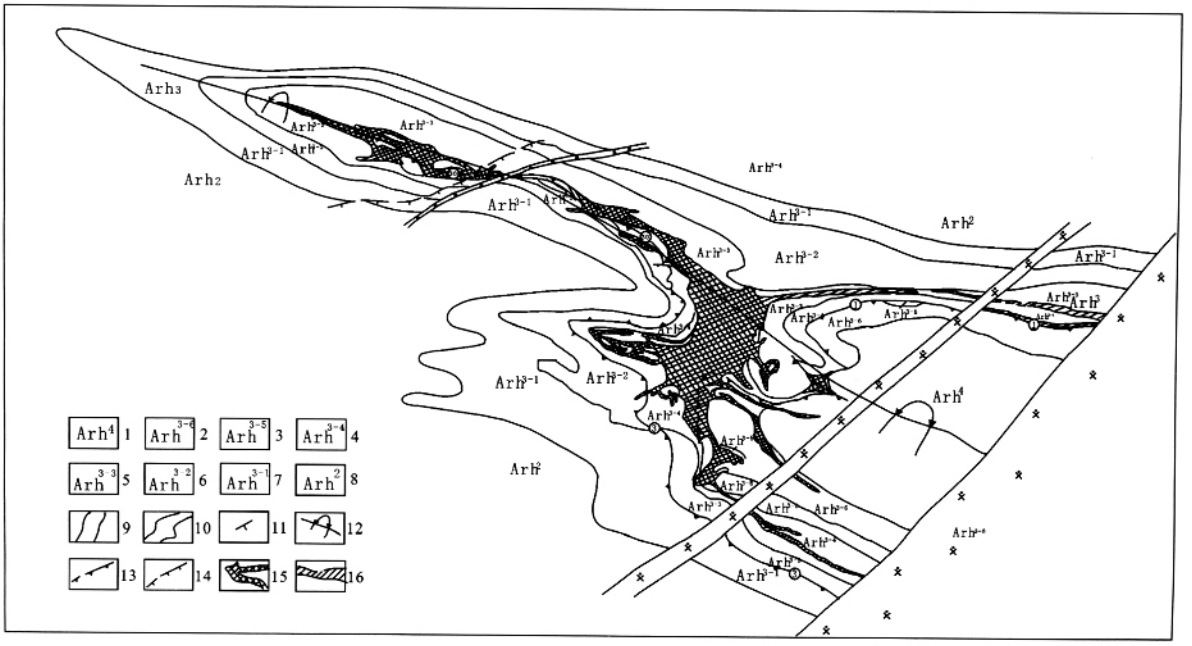

图 2　红透山矿区褶皱转折端变形特征

Fig. 2　Deformation of fold hinge in Hongtoushan ore field

1—上角闪片麻岩层(upper rock formation of hornblende-gneiss);2~7—薄层互层带(flag interbedding zone);2—注入黑云片麻岩薄层(filled-in biotite-gneiss);3—角闪片麻岩薄层(hornblende-gneiss bed);4—夕线黑云片麻岩薄层(sillimanite biotite-gneiss bed);5—注入黑云片麻岩薄层(filled-in biotite-gneiss bed);6—角闪片麻岩薄层(hornblende-gneiss bed);7—注入黑云片麻岩薄层(filed-in biotite-gneiss bed);8—下角闪片麻岩岩层(underlie rock formation of hornblende-gneiss);9—辉绿岩(diabase);10—地质界线(geological border);11—片麻理产状(occurrence of gneissosity);12—倒转向斜(overturned fold);13—韧性断层及编号(ductile shearing and number);14—断裂(fault);15—致密状矿体(dense ore body);16—浸染状矿体(disseminated ore body)

下发生变形的结果,在强烈应力作用下,发生强烈的核部加厚和翼部剪切滑移,控制了矿体的产出特征——核部矿体厚大且延展稳定(前人称为"矿柱"),两翼矿体薄小而断断续续.其三,控制了矿体的延展方向.红透山铜矿主矿体为"矿柱",受倒转褶皱转折端控制:"矿柱"总体产出与褶皱转折端包络面产状基本一致.开采资料显示,红透山倒转向斜枢纽产状是上陡下缓,地表以下至-400 m左右标高枢纽倾角80°左右,-400 m标高以下枢纽倾角小于30°,几近水平.主矿体(矿柱)亦如是变化.

3.1.2 露头与标本尺度

红透山矿区范围内,露头和标本尺度上,矿体以褶皱形式存在的现象是比较普遍的(图3).

矿体具有褶皱形态,与围岩片麻岩同步"褶曲",但同时又具有局部穿层的特点.可能的解释是:其一,矿床具有沉积变质特点,矿体在海底喷气过程中形成,后续卷入褶皱变形,即所谓"物理态重就位",后期叠加热液活动而出现穿层现象;其二,矿床为热液成因,含矿热液沿有利部位(褶皱转折端、翼部片理带等)交代充填,形成具有"褶皱形状",状似"顺层",又改造、穿切围岩的特点,即所谓"化学重就位"特点.不管观点如何,褶皱构造控矿的作用和特点是一致的.

3.2 韧性断裂控矿

如前所述,韧性断层是红透山铜矿区比较常见的一种构造表现形式,是伴随区域变形作用而形成的线性构造,与褶皱构造一样,是岩石在塑性状态下产生形变的一种表现,而且与褶皱变形存在着内在联系和空间分布规律,是本区重要控矿构造类型之一.通常控制了红透山矿床脉状矿体的产出,而在不同方向韧性断裂的叠加、交汇部位,矿体形态复杂,规模较大.

红透山地区韧性断层是伴随鞍山期区域变形而发生的,是在应力作用下,力学性质差异岩性层之间变形差异所引起,故宏观上具有"层"的概念.即顺层发育在一个大的岩层内(如"薄层互层带"),但实际上其产出状态是比较复杂的:沿层现象比较普遍,同时小角度切层也具有普遍意义,甚至出现高角度穿层现象.另外,韧性断层的分支、复合现象也比较发育,因此常常出现"夹层"现象.矿体与围岩关系复杂多变,主要出现如下几种情况(图4).

3.2.1 顺层

矿体产状与围岩片麻理产状一致,"顺层产出".矿体伴随片麻理变化而变化,并随围岩褶皱而弯曲(图4A段).这些现象在显微域、手标本和露头规模中都可以见到.

矿体的顺层特点,在红透山矿区是具有普遍性的现象,常见于主矿体的局部地段,特别是分支矿体和脉状矿体,但不是绝对的.某些矿化现象在露头、手标本尺度观察,矿体是顺层的,甚至某些细小的矿体沿片麻理分布,形成所谓"条带",以致具有褶皱的形态,感觉就是成分层,"与围岩同步卷入褶皱".微观观察则发现,矿化沿片麻理交代或贯入,穿切和切割片麻理的现象是普遍的.

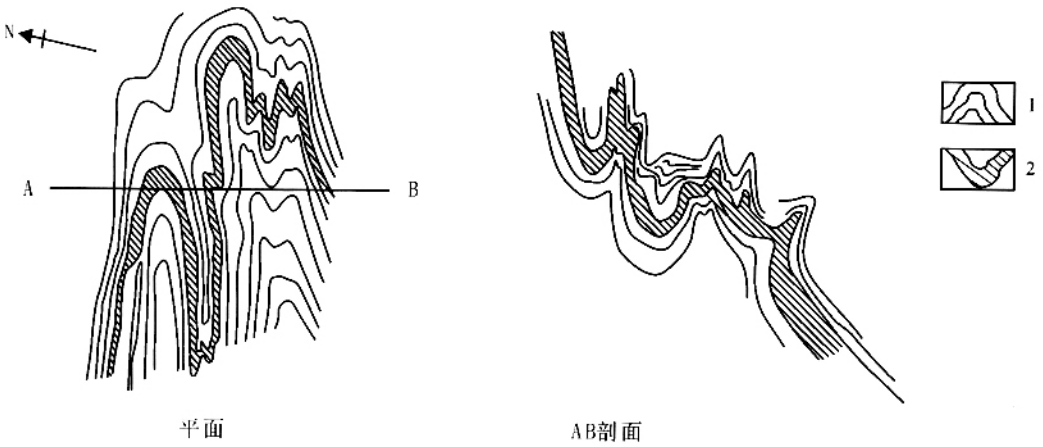

图3 红透山铜矿南岔4中段矿体形态特征

(据红透山铜矿资料改编)

Fig. 3 Shapes of ore-bodies in the 4th level at Nancha, Hongtoushan

(modified from Hongtoushang Mining Company)

1—黑云斜长片麻岩层(biotite plagiogneiss);2—铜锌矿体(copper-zinc ore body)

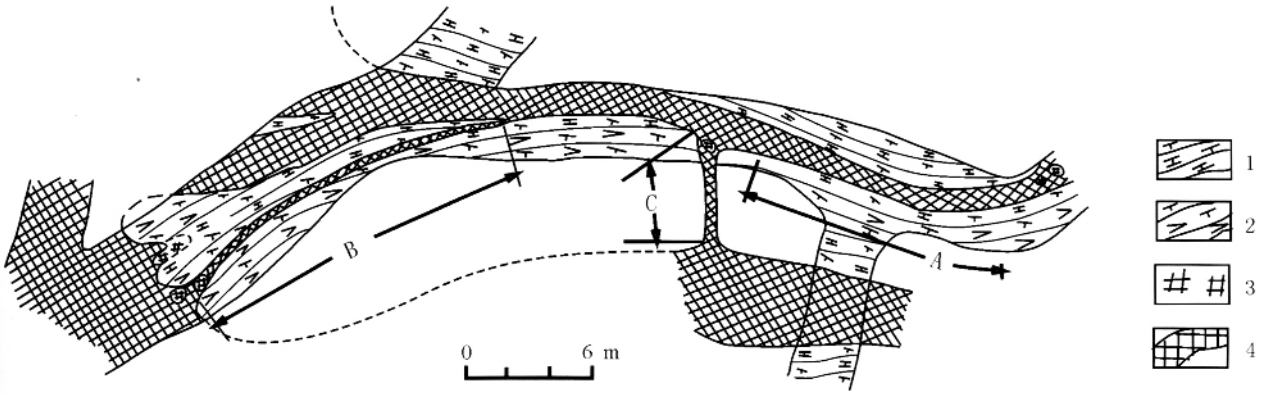

图 4　红透山铜矿矿体与围岩接触关系(红坑口 -47 m 中段)

Fig. 4　Contact patterns between ore-bodies and wall rocks in Hongtoushan deposit

1—黑云斜长片麻岩(biotite plagiogneiss);2—角闪斜长片麻岩(amphibole plagiogneiss);3—长英质伟晶岩(felsic pegmatite);4—矿体(ore body)

3.2.2　切层

矿体以小角度斜切围岩片麻理或层理,即矿体与围岩呈斜交关系(图 4B).矿体切层的这种接触关系,是红透山式铜矿脉状矿体与围岩的主要接触形式,反映韧性断层的产出特点.切层矿体一般与上、下盘围岩中的一盘呈顺层关系,与另一盘围岩呈斜切关系.成斜切关系围岩的产状,在靠近矿体时逐渐弯曲,趋于与矿体平行或小角度相交,反映出韧性变形过程相对滑移的变形特点.而且相交地段往往为长英质伟晶岩的热液构造活动强烈部位,接触关系往往比较难以观察,所以常常根据顺层一盘的接触关系,来判断矿体与围岩的关系.

矿体切层关系现象一般发生在较大脉状矿体,一些主脉的分支矿体也往往具有这种关系.

3.2.3　穿层

穿层矿体一般指高角度穿切围岩的矿体、矿化体,一般出现在主矿体旁侧,是沿韧性断层分支或其他类型构造充填交代的结果.矿体规模不等,一般较小(图 4C).

3.2.4　夹层

实际上是矿体对围岩的一种包容关系(图 5),即矿体围岩呈不同规模,形态上以透镜状等为主的包裹体形式存在于矿体内,这个现象在红透山矿区具有普遍意义.围岩包裹体外围具有发育完好的片麻状构造,且具有由矿及岩的强度变化的以硅化为主的蚀变作用的改造,直至形成矿化体.这种现象是热液矿化的典型组构特点,是同沉积矿床理论难以解释的现象.

4　结论和意义

综上所述,红透山铜矿区经历了太古宙 3 幕韧性变形的改造,形成了类型复杂、组合不同的变形形迹组合.构造变形对"红透山式"铜矿具有明显的控制作用,即所谓的"构控性"属性.研究其"构控性"具有理论和实际指导找矿意义.

红透山式铜矿的"构控性"特点,证实了其成矿的"既老又新"的成矿作用特点:层状"块状硫化物"矿体的存在并卷入褶皱构造变形过程,代表了其"海底喷气沉积-成岩"阶段成矿的特点和过程,属于其成矿的沉积-成岩阶段成矿属性;似层状、脉状矿体的广泛存在,是后续变形和热液叠加改造的结果,尤其是含矿热液的沿层间韧性断裂构造充填、交代,造成了矿体宏观上围限在红透山岩组薄层互层带内,具有"层控性"特点,而在露头尺度和规模上"穿层"、"切层"、"夹层"等现象广泛发育,即其"热液成矿"、"热液叠加成矿"属性.在综合了其他方面研究成果基础上,笔者提出红透山式铜矿的"海底喷气沉积-变质热液型"成因观点.

红透山式铜矿"构控性"特点的研究意义,更重要的是其对找矿的实际指导意义,可以作为红透山式铜矿找矿的重要指向标志.其一,区域性"线性"褶皱的转折端部位,这种褶皱以第二幕褶皱变形的紧闭倒转构造最为重要;其二,伴随褶皱构造发生的层内、层间韧性剪切构造和褶皱转折端的虚脱部位,尤其是发育于红透山岩组上部层位"薄层互层带"的同类构造,是找矿有利部位.

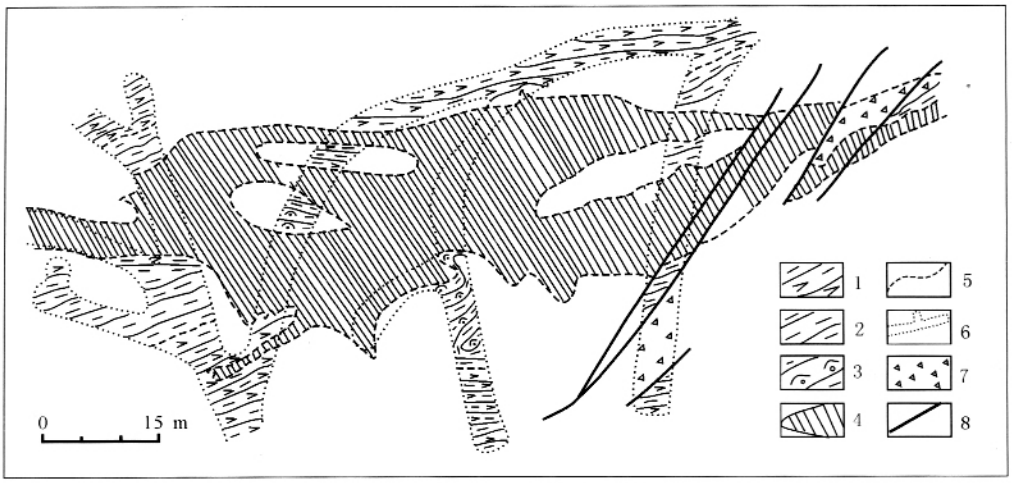

图 5 红透山铜矿矿体包裹围岩现象

(据红透山铜矿资料改编)

Fig. 5 Wall rocks enclosed in ore-bodies in Hongtoushan

(modified from Hongtoushan Mining Company)

1—角闪斜长片麻岩(amphibole plagiogneiss);2—黑云斜长片麻岩(biotite plagiogneiss);3—夕线黑云变粒岩(sillimanite-biotite granulite);4—铜矿体(copper ore-body);5—地质界线(geological border);6—坑道(gallery line);7—构造角砾岩(tectonic breccia);8—断裂(fault)

参考文献:

[1] 郭永志,李上森,译. 太古代绿岩带及其矿产[M]. 北京:地质出版社,1980.

[2] 张秋生,等. 辽东半岛早期地壳与矿床[M]. 北京:地质出版社,1986.

[3] 袁见齐,朱上庆,翟裕生,编. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1984.

[4] 秦克章,汪东坡,王之田,等. 中国东部铜矿床类型、成矿环境、成矿集中区与成矿系统[J]. 矿床地质,1999,18(4):359—371.

[5] 李朝阳,等. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景[M]. 北京:地质出版社,2000.

STRUCTURAL DEFORMATION AND ITS ORE-CONTROL OF THE "HONGTOUSHAN TYPE" OF COPPER DEPOSITS IN LIAONING PROVINCE, CHINA

SHA De-ming[1], ZHAO Dong-fang[1], ZHANG Sen[1], QU Jin-hong[2], YANG Tie-jun[3], CUI Da-yong[2]
QUAN Heng[1], TIAN Chang-lie[1]

(1. Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China; 2. Hongtoushan Copper Mine, Fushun 113321, Liaoning Province, China; 3. Fushun Branch, Liaoning Institute of Nonferrous Geological Exploration, Fushun 113015, Liaoning Province, China)

Abstract: The "Hongtoushan type" of copper deposits in Fushun, Liaoning Province, occurred in Hunbei Archean greenstone belt, is macroscopically controlled by the Hongtoushan greenstone formation. The Hunbei Archean greenstone belt is characterized by long period of movement and complex evolution, with three episodes of ductile deformation and varied assemblages of deformation. The multistage folds and accompanying ductile shear faults, which formed in Anshan ductile deformation phase, are significant control and hosts for the "Hongtoushan type" of copper deposits. The structural control to the copper deposits is so obvious that it can be regarded as an important ore guide for such type of deposits.

Key words: "Hongtoushan type" of Cu deposit; structural deformation; ore-control; Liaoning Province

作者简介:沙德铭(1962—),男,研究员,博士,1986 年毕业于长春地质学院地质系,主要从事矿产地质研究工作,通信地址:沈阳市北陵大街 25 号,邮政编码 110033,E-mail//sysdeming@cgs.gov.cn