

云南易门地区凤山铜矿床矿体空间定位规律和成矿预测

王雷¹, 韩润生¹, 胡一多¹, 黄建国¹, 欧阳继辉², 杨勇¹

WANG Lei¹, HAN Run-sheng¹, HU Yi-Duo¹,

HUANG Jian-guo¹, OUYANG Ji-hui², YANG Yong¹

1. 昆明理工大学国土资源工程学院/有色金属矿产地质调查中心西南地质调查所, 云南 昆明 650093;

2. 云南玉溪矿业公司狮凤山铜矿, 云南 易门 651101

1. Faculty of Land and Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology/South-West Institute of Geological Survey, Geological Survey Center for Nonferrous Metals Resources, Kunming 650093, Yunnan, China;

2. Yunnan Yuxi Mining Corporation Shi Fengshan Copper Deposit, Yimen 651101, Yunnan, China

摘要:易门凤山铜矿床是昆阳裂谷铜矿带易门式铜矿床的典型代表。矿床明显受刺穿体和构造的控制,矿体赋存于绿汁江组凤山段白云岩中。刺穿构造是指老构造岩片刺穿于新地层中的构造形迹。研究刺穿体、矿体和构造二者的构造之间的关系具有重要的理论价值和找矿意义。构造控制了刺穿体的分布,成矿物质主要来源于刺穿体,而构造和刺穿体是主要的导矿构造,共同控制了矿体的分布。通过研究凤山多个矿体和控制矿体的刺穿体、构造的特点,发现刺穿体和控制刺穿体的构造具有向W—SW倾、刺穿体向S—SW侧伏的特点,受二者的控制,矿体具向S—SW侧伏的特点,这一特征为刺穿体的形成机制研究和深部找矿预测提供了重要依据。

关键词:易门凤山铜矿;刺穿构造;控矿构造;矿体空间分布规律

中图分类号:P618.41; P612 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2011)04-0605-07

Wang L, Han R S, Hu Y D, Huang J G, Ouyang J H, Yang Y. Ore bodies spatial orientation distribution and ore-forming prognosis in Fengshan copper deposit, Yimen area, Yunnan, China. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(4): 605–611

Abstract: Yimen Fengshan copper deposit is a typical example of Yimen-type copper deposit which is located in the copper mineralized zone of Kunyang rift valley, Yunnan Province, China. The deposit is evidently controlled by diapir and structure, and ore bodies are located in cataclastic dolomite of Lüzhijiang Formation Fengshan member. Diapir structure is a special structural feature with the old tectonic massif pierced in the new formation. Research about the relationship of diapir, ore body and structure of controlling them has important theoretical value and prospecting significance. Structures control the distribution of diapir which provides the mineralization. Structure and diapir are the main ore-controlling which control the distribution of ore bodies. By researching Fengshan ore bodies, diapir of controlling ore bodies and construction features, we discovered that diapir and construction have the tendency of W—SW, and diapir has the feature of S—SW side of V. By controlling of the two features, ore bodies with the S—SW side of the V characteristics, the characteristics provide an important basis for the formation mechanism of diapir and the deep ore-finding prognosis.

Key words: Yimen Fengshan copper deposit; diapiric structure; ore-controlling structure; spatial distribution of ore body

收稿日期:2010-11-05; 修订日期:2011-02-16

资助项目:国家科技支撑计划项目《东川—易门铜矿深部及外围勘查技术研究》(编号:2006BAB01B09)和国土资源部危机矿山专项《西南地区层控型多金属矿床成矿规律总结研究》(编号:20089943)、《云南省易门县三家厂铜矿床深部接替资源勘查》(编号:200653098)

作者简介:王雷(1983—),男,在读博士,矿产普查与勘探专业。E-mail:cumtwl1983@yahoo.com.cn

通讯作者:韩润生(1964—),男,研究员,博士生导师,从事构造地球化学和隐伏矿预测研究。E-mail:hurs661@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

易门凤山铜矿床是昆阳裂谷铜矿带易门式铜矿床的典型代表,属喷流沉积-与刺穿构造有关的强改造-深源叠加型矿床^[1]。“刺穿构造”这一概念自首次提出^[2]后,不同单位和专家学者对其进行了大量的研究探索^[3-9],均认为该类构造与铜成矿作用之间存在着密切的联系。矿区出露的地层为绿汁江组凤山段(Pt_2/z^1)和凤山段(Pt_2/z^2),属一套含钠长石硅质碳酸盐岩、含钠长石硅质炭泥质岩和正常沉积的碳酸盐建造^[10]。矿床明显受构造的控制,矿体主要赋存于刺穿体旁侧绿汁江组凤山段白云岩中,白云岩蚀变明显,主要为硅化、黄铁矿化,蚀变带多沿刺穿体周围呈半环状分布。本文在总结前人资料的基础上,发现凤山地区刺穿体、矿体和控制刺穿体、矿体的主要断裂在空间上存在着密切的联系,因此查明这三者之间的联系和形成原因对找矿预测具有重要的理论价值和找矿意义。

1 刺穿体的分布规律

刺穿构造是2条或多条断裂夹持的老构造岩片刺穿于新地层中的构造形迹,是昆阳裂谷内分布较普遍的一种特殊构造。区域上单个刺穿体多呈SN向、NNE向,在昆阳裂谷中呈NS向、S形带状展布,大小变化很大(数十平方厘米至数十平方千米),刺穿体平面上大多呈扁豆状、楔状,部分呈似圆形、脉状和不规则状。易门地区刺穿体60%呈SN向展布,30%呈NE—NNE向展布,少量为NW向展布^①。分布于易门凤山铜矿的刺穿构造主要产于轴向近SN的凤山倒转背斜中,整体上呈近SN向,为晋宁期狮山段受轴部强烈挤压刺穿入凤山段白云岩中形成的,背斜向东倒转,刺穿体在凤山地区多被后期NW、EW向断裂改造(图1、图2),矿体与改造后的刺穿体关系密切,多分布在SN向刺穿体后期破坏

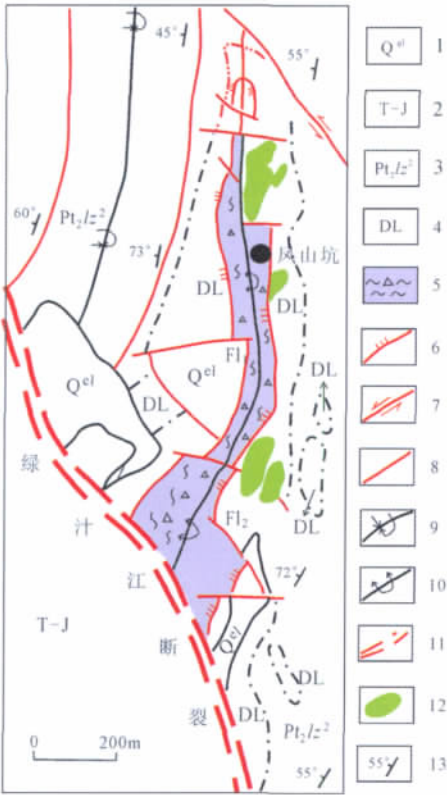


图1 云南省易门县凤山铜矿床地质略图
Fig. 1 Geological sketch map of Fengshan copper deposit, Yimen, Yunnan

1—第四系山麓角砾岩;2—三叠系-侏罗系;3—绿汁江组凤山段白云岩;4—硅化蚀变白云岩;5—刺穿体;6—压扭性断层;7—扭性断层;8—性质不明断裂;9—倒转向斜;10—倒转背斜;

11—一级构造;12—矿体;13—地层产状; F_1 、 F_2 —走向压性断裂

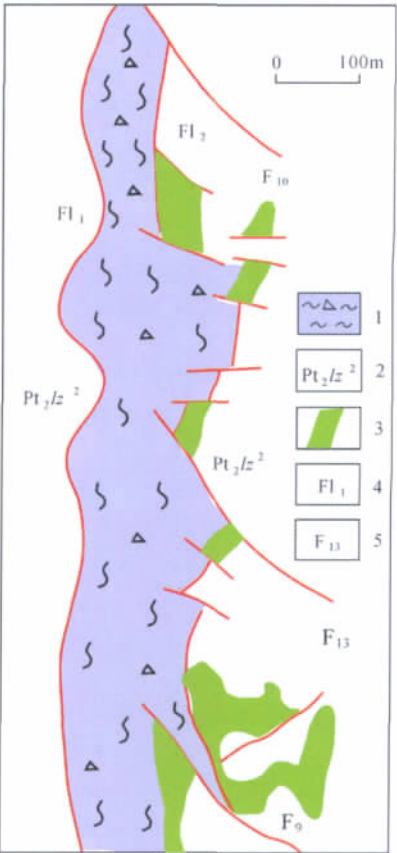


图2 凤山铜矿床三中段刺穿体与铜矿富集的关系
Fig. 2 The relation of enrichment of copper ore to the diapiir structure in Fengshan 3-rd level

1—刺穿体;2—凤山段白云岩;3—铜矿体;
4—走向压性断裂;5—横向张性断裂

强烈的部位。

通过统计凤山铜矿控制 13[#]、21[#]、29[#]、59[#] 四个矿体的刺穿体的产状特征,发现凤山型铜矿床控制矿体的刺穿体在空间上有一定的规律(表 1),刺穿体总体走向近 SN 向,倾向 W,倾角陡,向 S 侧伏;受改造明显的刺穿体呈柱状、不规则状,深部向 SW 倾斜。

沿长,延深较大者可达 300~600m。矿体空间分布规律明显(表 1),矿体总体走向 SN—NE 向,倾向 W—NW,倾角陡(60~80°),矿体向 W—SW 侧伏,侧伏角 70~85°。

2 矿体的分布规律

21[#] 矿体位于凤山中部,赋存在刺穿体旁侧碎裂硅化蚀变白云岩中,由多个小矿体组成,单个矿体近 NNE 向。矿体受南部 NW 向断裂所限,矿体群有 NW 向成群分布的特点,该矿体分布在刺穿体北侧,刺穿体南部边界受 NW、NE 两条断裂的控制。

凤山铜矿矿体形态复杂多变,主要呈脉状、巢状、囊状、柱状、掌状和网脉状,矿体长度一般几十米至 100m 不等,宽几十米,垂向延深一般远大于水平

59[#] 矿体位于凤山中南部,从矿区 13 中段(1009m)发现,深部进一步富集^[11],现已开采至 17(808m 水平)中段,已探明延深大于 300m,分布在其

表 1 云南易门凤山铜矿刺穿体、矿体形态和控矿构造的特征

Table 1 Characteristics of diapir, ore bodys and the ore-controlling structure in Fengshan copper deposit, Yimen, Yunnan

类 别	编 号	刺穿体、矿体形态及产状特征	总体特征
刺穿体	控制 13 [#] 矿体刺穿体	刺穿体受 SN 向 F ₁₂ 、NW 向 F ₁₀ 断裂控制,刺穿体总体近 SN 向,向西倾,受 NW 向断裂改造明显	总体走向近 SN 向,倾向 W,倾角陡,向 S 侧伏;受改造明显的刺穿体呈柱状,深部向 SW 倾斜
	控制 21 [#] 矿体刺穿体 ^①	刺穿体南北延伸大于 700m,东西边界分别受 F ₁₂ 、F ₁₁ 限制,北端被 F ₁₀ 所限,走向近 SN,倾向 W,倾角 75~85°,略向 S 侧伏	
	控制 29 [#] 矿体刺穿体 ^②	南北延伸 300m,北段走向 NNW,南段走向 NNE,倾向 W,倾角 70~85°,向 S 侧伏	
	控制 59 [#] 矿体刺穿体	刺穿体为柱状,东西长 150 m,南北宽 80 m,平面上呈倒三角形,F ₁₀ 控制了 SW 边界,北侧受 EW 向 F ₃₉ 所限制,东侧受 NE 向断裂控制,刺穿体深部向 SW 倾斜	
矿体	13 [#] 矿体 ^[4]	范围南北长 80~100m,东西宽 10~60 m,延深达 360 m,矿体走向 SN—NE,倾向 W—NW,向 SW 侧伏,侧伏角 80~85°	矿体总体走向 SN—NE 向,倾向 W—NW,矿体向 W—SW 侧伏,侧伏角(70~85°)
	21 [#] 矿体 ^①	矿体分布在刺穿体北侧,单个矿体走向 NNE 向,倾向 NW,矿体具有 NW 向成群分布的特点,向 S—SW 侧伏,侧伏角 83°	
	29 [#] 矿体 ^②	矿体走向近 SN 向,倾向 W,向 S 侧伏,部分矿体走向 NE 向,倾向 NW	
	59 [#] 矿体 ^[11]	矿体分布在刺穿体北侧,单个矿体走向 NE15°,倾向 NW,倾角较陡(60~80°),沿层间小断裂分布,矿体具有单个 NE 向富集的特点,沿 NW 向成群成带分布,整体向 SW 侧伏,侧伏角约 80°	
控制矿体与刺穿体的构造特征	13 [#] 矿体 ^②	SN 向 F ₁₂ 、NW 向 F ₁₀ 断裂控制了该矿体群的分布	控制矿体和刺穿体的构造主要为 SN 向断裂、NW 向断裂,容矿构造主要为 SN—NNE 向断裂
	21 [#] 矿体 ^②	NW、NE 向断裂控制了刺穿体的边界,两者共同控制了矿体的南界,矿体主要赋存在 NE 向断裂中,具 NW 向成群出现的特点	
	29 [#] 矿体 ^②	F ₂₆ 、F ₂₈ 两条 SN 向断裂控制了刺穿体的分布,容矿构造主要为 SN 向,NE 向次之	
	59 [#] 矿体	NW 向 F ₁₀ 断裂控制了该矿体南部刺穿体的边界,矿体分布在 F ₁₀ 和刺穿体北侧 NNE 向断裂中,矿体沿 NW 向成群分布	

南部刺穿体和 F_{10} 断裂的北侧,严格受其控制。单个矿体走向 $NE15^\circ$,倾向 NW,倾角较陡,矿化主要沿层间小断裂分布,由 13→17 中段 59# 矿体变富增大,已被工程验证。59# 矿体具有 NE 向富集,NW 向呈带状分布,向 SW 方向侧伏的特点。矿体分布在刺穿体北侧 NE 向断裂中,刺穿体旁侧矿化富集明显,平面上似手掌状。

3 构造、刺穿体控矿规律

3.1 不同方向断裂力学性质鉴定

在易门凤山铜矿区,伴随着刺穿构造,形成了复杂的断裂构造。这些断裂直接控制着矿体的空间分布,矿区主要发育 EW 向、SN 向、NW 向、NE 向断裂。通过对不同方向断裂结构面力学性质的鉴定^[12],划分构造期次,讨论构造控矿规律^[13],构造期次划分结果与前人对易门矿区的的结果^[8]一致:①早期 EW 向构造带(前晋宁期)—早期 SN 向构造带(晋宁期)—NE 向构造带(澄江期)→②晚期 EW 向构造带(印支期)—晚期 SN 向构造带(燕山期)→③更晚期 EW 向构造带(喜马拉雅期)。本次重点研究构造与刺穿体的关系。

(1)SN 向断裂组:区域上最为发育,经多期构造改造作用,该构造控制了凤山地区刺穿体的总体分布, F_1 、 F_2 (图 1、图 2)控制了凤山地区刺穿体的整体展布边界,刺穿体南北沿长达 1300m,东西宽 50~300m,断层走向近 SN—NNE 向,倾向 W—NW,经历了复杂的力学性质转变过程:压性—左行扭(张)性(NNW 向)和左行扭压性(NNE 向)—压扭性。

(2)EW 向断裂组:区域上较发育,较老的 EW 向断裂规模较大,将西矿带分割成多个等间距的地块;形成较晚的 EW 向断裂结构面简单,多为张性断裂(图 3-C 中 F_{39})。

(3)NW 向断裂组:该组断裂凤山地区较发育,发育程度仅次于 SN 向断裂,多改造早期形成的 SN 向断裂和 SN 向展布的刺穿体,并与改造后的刺穿体共同控制了凤山矿床矿体的分布,是凤山铜矿主要的控矿和导矿构造。该组断裂具有多期活动的特点:左行扭压性—张性—右行压扭性—左行扭压性。

F_{10} 断裂控制了 59# 矿体南部刺穿体的形态和 59# 矿体的展布, F_{10} 下盘凤山段白云岩较破碎,有 100 余米宽的硅化蚀变带,矿化主要赋存于硅化碎裂白云岩中。16 中段可见 2 处 F_{10} 野外现象,图 4 中

F_{10} 断裂带内见 30cm 厚的断层泥、碎粒岩、碎斑岩,有炭质析出,断裂面和断裂带的特征显示断裂较晚一期为压扭性,上下盘均为凤山段白云岩,上盘岩石蚀变不明显,下盘为 59# 矿体分布区,有近 100m 宽的蚀变带,发育浸染状、脉状黄铜矿、斑铜矿体。图 5 中 F_{10} 断裂上盘白云岩蚀变不明显,仅见少量星点状黄铜矿化,下盘为刺穿体, F_{10} 上裂面光滑,下裂面呈波状,裂带宽近 2m,后期受挤压作用分带特征明显(图 5)。由结构面的特征可判断出该断裂早期为张性(晋宁—澄江期),后期经历了扭压性(印支期),由矿化主要集中在刺穿体下盘判断成矿作用主要为晋宁期。可见 F_{10} 为矿区主要的导矿构造, F_{10} 断裂及其控制的刺穿体下盘硅化蚀变白云岩为矿体的主要赋存空间。

(4)NE 向断裂组:西矿带较发育的一组断裂,是矿区内的主要容矿构造,规模较小,多与 NW 向断裂交叉或切错构成多字形构造,主要经历了右行扭压性—压性—左行压扭性—右行扭压性的转变。由于经受多期构造活动的影响,早期构造形迹被改造、破坏,野外较难鉴别,澄江期—印支期压性—左行压扭性断裂构造形迹保存尚好。该组断裂以层间压扭性断裂为主,另有 F_1 、 F_2 (图 1)派生的断裂、节理和 NW 向断裂的次级断裂或 NW 向断裂的配套断裂。

16 中段 FKR-41 点(图 6)发育 2 条断裂,NE 向 F_1 切断 NW 向 F_2 。2 条断裂旁侧围岩为碎裂硅化白云岩,裂隙较发育,矿化强,多为网脉状、脉状,局部为块状黄铜矿、斑铜矿体。 F_1 为压性—压扭性断裂,裂面为微波状,裂带宽 30~50cm,裂带内为碎裂岩,该组断裂是矿区内的主要容矿构造。 F_2 裂面呈舒缓波状,裂带宽 50~80cm,其中为刺透镜体化碎裂白云岩,裂带中见褐铁矿化和孔雀石化。结构面特征显示早期呈张性,后期为压性,形成透镜体化带。

(5)构造演化特征:矿床主成矿期为晋宁—澄江期,晋宁期区域上受 EW 向挤压,形成凤山 SN 向褶皱,狮山段受挤压刺穿于凤山段白云岩中,并形成早期 SN 向断裂, F_1 、 F_2 控制了凤山矿区刺穿体的分布,伴随东西向挤压作用,形成了 NW 向的左行扭压性、EW 向的张性断裂。由于构造作用,狮山段中的成矿物质发生活化迁移,伴随热液作用成矿物质在有利成矿构造中初步富集。晋宁晚期—澄江期,伴随应力的持续作用和转变,早期形成的 NW、EW 向

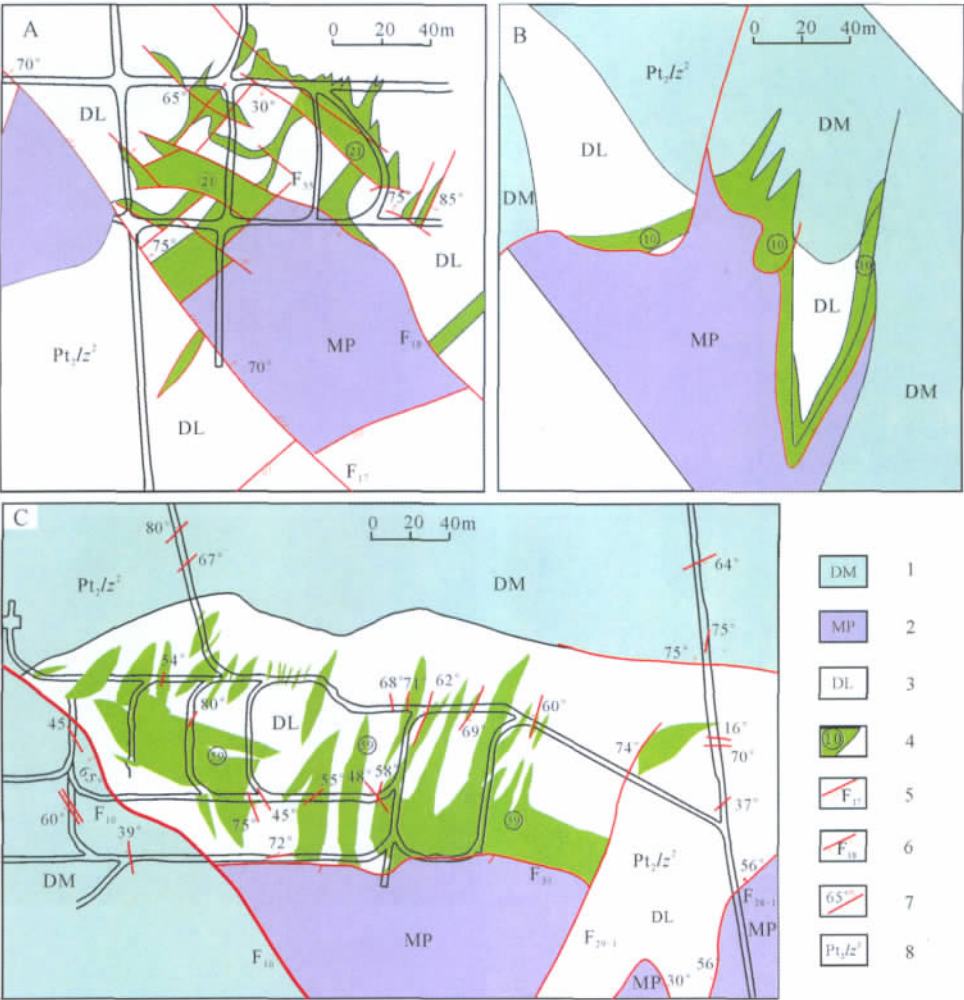


图 3 凤山铜矿床刺穿构造控矿型式

Fig. 3 Ore-controlling types of diapiir structure in the Fengshan copper deposit

A—21° 矿体棋盘格式构造控矿型式; B—10° 矿体锯齿状构造控矿型式;

C—59° 矿体掌状构造控矿型式; 1—青灰色白云岩; 2—刺穿体; 3—硅化白云岩;

4—矿体及编号; 5—压扭性断层; 6—张性断层; 7—性质不明断层及产状; 8—绿汁江组凤山段白云岩

断裂对刺穿体和 SN 向断裂进一步改造。该期 NW 向断裂为张性, 受其控制刺穿体成为有利的导矿构造, 成矿物质在强烈的压力驱动下向上运移, NW 向断裂及其控制的刺穿体中有利于压力释放。由于刺穿体上部受绿汁江组凤山段白云岩所限, 更有利于含矿热液在 NW 向断裂及其控制的刺穿体中释放压力, 压力释放后在其下盘的碎裂白云岩中沉淀, NNE—NE 向压性—左行压扭性断裂成为主要的容矿构造。同时, 晋宁—澄江期由于区域岩浆侵入作用, 局部发生隐爆岩浆(59# 矿体南部刺穿体)作用, 进一步促使成矿元素活化迁移形成凤山铜矿。

3.2 刺穿体和矿体的分布规律

易门凤山铜矿受刺穿构造控制明显, 刺穿体平面分布特征和各矿体刺穿体空间分布特征不仅是矿体定位规律研究的重点, 而且为成矿预测提供了重要依据。研究认为, 刺穿体的形成分 2 个主要阶段。晋宁期 EW 向强烈的挤压作用使狮山段刺穿于凤山段白云岩中, 形成了整体近 SN 向分布的刺穿构造, 对凤山型铜矿的初步富集起了重要作用; 晋宁晚期—澄江期由于应力持续作用, 刺穿构造部分被改造为 NNE 向, 也有部分受 NW 向断裂、EW 向断裂改造形成了柱状、不规则状等复杂形态, 为成矿物质

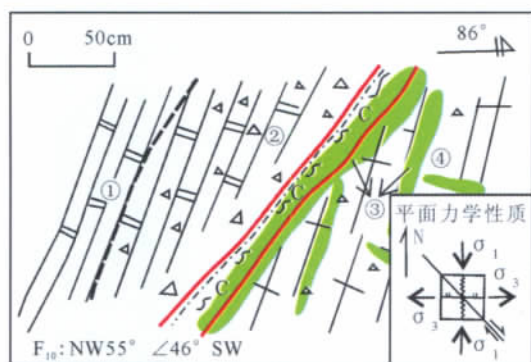


图4 凤山铜矿床 840m 水平 1720 探矿坑道 F_{10} 断裂剖面素描

Fig. 4 840m level 1720 roadway F_{10} fault section of Fengshan copper deposit

①青灰色白云岩;②碎裂白云岩破碎带;③脉状黄铜矿、斑铜矿体;④灰白色硅化碎裂白云岩,铜矿化明显

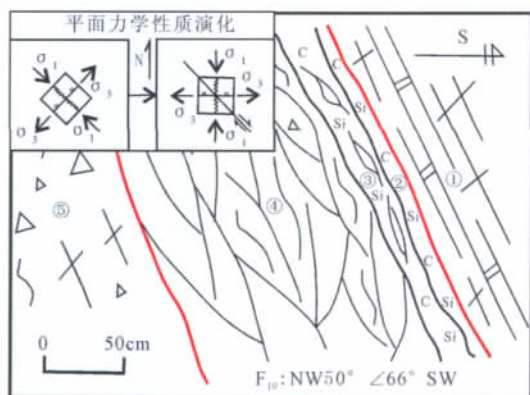


图5 凤山铜矿床 FK-91 点 F_{10} 断裂剖面素描

Fig. 5 FK-91 point F_{10} fault section of Fengshan copper deposit

①深灰色碎裂白云岩;②炭化片理化带;③食香肠片理化带;④透镜体化带,带内为刺穿角砾岩;
⑤刺穿角砾岩。其中①为断裂上盘岩石;②~④为断裂带内岩石;⑤为刺穿体

进一步富集提供了有利条件,该期为凤山铜矿的主要成矿阶段。因为刺穿体是在特定的成矿地质背景和大地构造环境中形成的,所以刺穿体的分布具有特定的规律,其分布规律也决定了矿体的空间分布规律。

(1)刺穿体总体受 SN—NNE 向断裂的控制,呈 SN—NNE 方向展布,局部受 NW 向断裂改造,矿体多分布在受 NW 向断裂改造后的刺穿体旁侧的碎裂硅化白云岩中,因此受 NW 向断裂改造过的刺穿体旁侧为矿体的主要分布区。

(2)受 NW 向断裂改造的刺穿体多控制矿体的分布。刺穿体的倾斜方向与矿体的侧伏向一致。矿体多分布在刺穿体北侧下盘碎裂白云岩中,刺穿体下盘的白云岩多有 100~200m 宽的蚀变带,是凤山型矿床的有利赋存空间。

易门凤山铜矿 10[#]、21[#]、59[#] 矿体受南部刺穿体

的控制。这种刺穿体是受多期改造作用而形成的,为各组断裂交叉的位置,形成了不同控矿构造型式,如多字型、入字型、棋盘格式等,对其进一步研究发现矿体分布具如下规律。

(1)NW 向断裂控制了控制矿体分布的刺穿体的分布:如 NW 向断裂(F_{10})控制了凤山 59[#] 矿体南部刺穿体的展布, F_{10} 断裂产状为 NW50~60°∠45~60°SW,受其控制的刺穿体也向 SW 方向倾斜。

(2)NW 向断裂控制了矿体的展布:NW 向断裂限制了矿体的南界,矿体均分布在 NW 向断裂和受其控制的刺穿体北侧下盘碎裂白云岩中;矿体多成群出现,具有单个矿体走向 NNE 向、沿 NW 向成群分布的特点(图3-C)。

(3)NNE—NE 向压扭性断裂为矿床的主要容矿构造,在 NE、NW 向断裂相交部位多形成多字

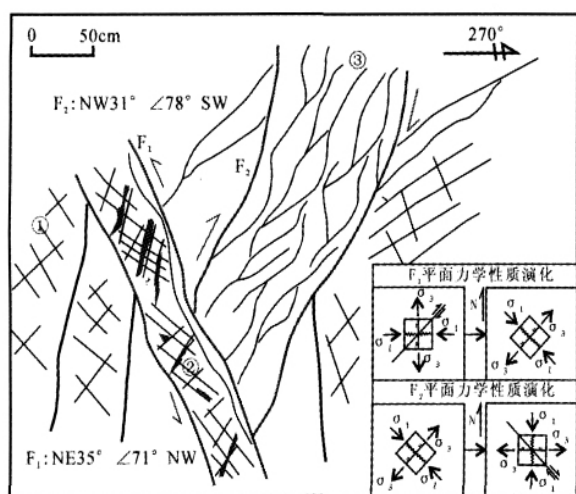


图 6 凤山铜矿 FKR-41 点断裂剖面素描图

Fig. 6 FKR-41 point fault section of Fengshan copper deposit

①硅化碎裂白云岩;② F_1 内碎裂白云岩,沿裂隙发育斑铜矿
黄铜矿脉;③ F_2 断裂带透镜体化明显

型、入字型、棋盘格式等构造控矿型式。

4 矿体定位规律和成矿预测

4.1 矿体空间定位规律

通过对凤山铜矿刺穿体、矿体和控制二者的构造进行统计研究,刺穿体及构造共同作用形成了有利的成矿地段,矿体主要赋存于受 NW、EW 向断裂改造明显的刺穿体下盘凤山段白云岩中,该特征为凤山铜矿深部找矿预测提供了重要的找矿方向。

4.2 成矿预测

(1)易门凤山地区刺穿体受后期改造明显的部位,其深部和外围是有利的成矿地段。

(2)可根据刺穿体、矿体和控制刺穿体、矿体的构造三者之间的展布关系进行找矿预测。控制刺穿体的构造的产状、刺穿体的产状和空间分布规律决定了矿体的产状和空间分布规律,可根据刺穿体的产状、控制刺穿体的构造的产状预测矿体的产状和空间分布规律。

5 结 论

(1)易门凤山铜矿刺穿体是特定的成矿地质背景和特定的大地构造环境下形成的,因此具有特定的空间分布规律。该区刺穿体总体呈 SN 向展布,后期受 NW、EW 向改造明显,矿体多赋存于改造后刺

穿体旁侧的蚀变白云岩中。

(2)矿区刺穿体的形成主要经历了 2 期。晋宁期形成了总体呈 SN 向展布的刺穿构造,对凤山型铜矿的初步富集起了重要作用;晋宁晚期—澄江期刺穿体受进一步的改造作用,伴随区域岩浆侵入和隐爆岩浆作用,成矿物质进一步活化迁移,形成了凤山铜矿床。

(3)矿区主要构造控制了刺穿体和矿体的分布,三者空间上存在密切的联系。主要构造的倾斜方向控制了刺穿体的侧伏方向,二者共同控制了矿体的侧伏向,该规律具有重要的理论价值和找矿意义。

致谢:在野外工作和撰文过程中得到昆明理工大学王学焜教授、易门三家厂铜矿矿山工作人员的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献

- [1] 韩润生,孙家骢,李俊,等.易门铜矿“镜面对称”成矿及意义[J].地质力学学报,1999,5(2):77-82.
- [2] 吴懋德,李希勤.云南昆阳群的两种底辟构造[J].地质学报,1981,(2):105-117.
- [3] 潘杏南,赵济湘,张选阳,等.康滇构造与裂谷作用[M].重庆:重庆出版社,1987:35-134.
- [4] 杨应选,仇定茂,阚梅英,等.西昌—滇中前寒武系层控铜矿[M].重庆:重庆出版社,1988:316-321.
- [5] 冉崇英,陈好寿.康滇裂谷旋回与铜矿层楼结构及其地球化学演化[J].中国科学,1994,24(3):325-330.
- [6] 孙克祥.易门凤山铜矿床成矿地质特征[J].云南地质,1996,15(2):164-179.
- [7] 蒋家中,李天福,陈贤胜.滇中元古宙昆阳裂谷系铜矿成矿系列[J].云南地质,1996,(2):205-207.
- [8] 韩润生,刘丛强,孙克祥,等.易门式铜矿床多成因成矿[J].大地构造与成矿学,2000,24(2):146-154.
- [9] 李志伟,钟维敷,田敏.滇中昆阳群刺穿构造形成机制研究[J].云南地质,2002,21(3):230-249.
- [10] 马德云,韩润生,刘伟.易门凤山铜矿床断裂构造地球化学特征[J].昆明理工大学学报,1999,24(1):157-161.
- [11] 王雷,韩润生,黄建国,等.云南易门凤山铜矿 59# 矿体分布区断裂构造地球化学特征及成矿预测[J].大地构造与成矿学,2010,34(2):234-239.
- [12] 李四光.地质力学之基础与方法.地质力学方法[M].北京:科学出版社,1976:131-194.
- [13] 吕古贤,邓军,郭涛,等.玲珑—焦家式金矿构造变形岩相形迹大比例尺填图与构造成因研究[J].地球学报,1998,19(2):177-186.
- ① 孙家骢,韩润生,李俊,等.易门矿区老矿山深部及外围找矿研究.(昆明理工大学内部资料),1998:44-45.
- ② 昆明理工大学原层控矿床研究室.易门矿床构造角砾岩及其控矿特征与成矿预测(科研报告),1988.