

个旧锡多金属矿区卡房玄武岩型铜矿容矿构造解析及地质意义

李宝龙¹, 王丹丹², 朱德全³, 于小鸽⁴, 范海滨⁵

1. 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037
2. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100029
3. 山东省第八地质矿产勘查院, 山东日照 276826
4. 山东科技大学资源与土木工程系, 山东泰安 271019
5. 山东省第四地质矿产勘查院, 山东潍坊 261021

摘要 云南个旧是全球最大的锡铜多金属矿区, 包括马拉格、松树脚、高松、老厂和卡房 5 大矿田。卡房铜矿主要的矿床类型有两类: 玄武岩与大理岩层间的似层状矿床和花岗岩与围岩接触带磁铁矿型矿床。关于该区的成矿作用存在多种认识, 除了传统上认为与燕山期花岗岩有关外, 还有海底喷流成矿和玄武岩成矿的新认识。本文选取矿区内玄武岩型铜矿为主要研究对象, 对区内花岗岩和玄武岩及大理岩中的控矿构造和容矿构造的构造产状进行测量和解析, 揭示容矿构造的发育规律。研究结果表明, 玄武岩型铜矿床明显受南北向、东西向和北东向构造控制。以往研究工作中所忽略的北西向构造在今后的勘探部署工作中应引起足够的重视, 优势容矿空间展布方位亦为上述几个方向。这一认识将为下一步接替资源的勘探指明方向, 亦为建立卡房矿田玄武岩型矿床成因模型提供矿田构造方面的重要依据。

关键词 容矿构造; 玄武岩型铜矿; 新山岩体; 老卡岩体; 个旧锡多金属矿区

中图分类号 P613

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.07.010

Ore-hosting Structures of Kafang Basalt Type Copper Deposit, Gejiu District of Tin Polymetallic Ore and Its Geological Implication

LI Baolong¹, WANG Dandan², ZHU Dequan³, YU Xiaoge⁴, FAN Haibin⁵

1. MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China
2. Oil and Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100029, China
3. The 8th Institute of Geology and Mineral Exploration of Shandong Province, Rizhao 276826, Shandong Province, China
4. Department of Resources and Civil Engineering, Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, Shandong Province, China
5. The 4th Institute of Geology and Mineral Exploration of Shandong Province, Weifang 261021, Shandong Province, China

Abstract Gejiu tin-copper polymetallic ore deposit located in Yunnan Province is one of the largest tin ore districts in the world, comprising of Malage, Songshujiao, Gaosong, Laochang, and Kafang ore fields. There are two kinds of ore-bodies in Kafang copper deposit. One is stratiform-like ore-body, and the other is contact skarn ore-body. This deposit has been known as the Yanshanian granite-related deposit for long time, however recently some researches argue that it is a syngenetic deposit formed by marine exhalation

收稿日期: 2012-11-12; 修回日期: 2012-12-15

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(40930419); 中国地质调查局地质调查项目(1212011120994)

作者简介: 李宝龙, 助理研究员, 研究方向为矿田构造和热年代学, 电子信箱: xinzhongguolong@163.com; 王丹丹(通信作者), 工程师, 研究方向为地质构造和油气资源评价, 电子信箱: ddwangcn@163.com

or it is a basalt-related. The Kafang and Laochang basalt type copper deposit is selected as the main study object. In order to reveal the ore-hosting structural development patterns and its geological implication, the measurement and statistical analysis on the ore-hosting or ore-controlling structures developed in granite, basalt, and marble are studied. It shows that the basalt type copper deposit mainly controlled by the N-S direction, E-W direction, and NE trending structures, and especially the NW trending structures should be given more attention than ever before. The ore-hosting structural space is also controlled by these structures. The results will provide an important evidence for the genetic type establishment of Kafang and Laochang basalt copper deposit, and give a guide to the next exploration of ore resources.

Keywords ore-hosting structure; basalt type copper deposit; Xinshan granite; Laochang-Kafang granite; Gejiu tin polymetallic district

0 引言

个旧是全球最大的锡铜多金属矿区,开采历史可以追溯到汉代,但大规模的地质勘查和开采始于1949年。矿区内已探明锡资源储量超过200万t,Sn、Cu、Pb、Zn、W、Bi、Mo、Ga、Cd、Nb、Ta、Be、Fe、Au、Ag等有色、稀有及贵金属矿产达20余种,资源总储量超过了1000万t^[1]。关于个旧锡铜多金属矿床的成因争议较多,主要存在以下几种观点:(1)个旧锡铜多金属矿床是与燕山期花岗岩有密切成因联系的岩浆期后热液矿床^[2-17];(2)典型的三叠纪同生沉积矿床^[18,19];(3)成因比较复杂的层控型锡多金属矿床^[20];(4)海底喷流沉积矿床^[21-26];(5)秦德先等^[27,28]将个旧锡矿的成矿作用分为印支期海底基性火山沉积成矿(成矿系列I)、印支期海底喷流沉积成矿(成矿系列II)和燕山期花岗岩叠加改造成矿(成矿系列III)3个系列。基于对成矿作用和过程认识的差异,提出了一些不同的矿床模型,影响和制约进一步找矿勘查的方向和工程部署。

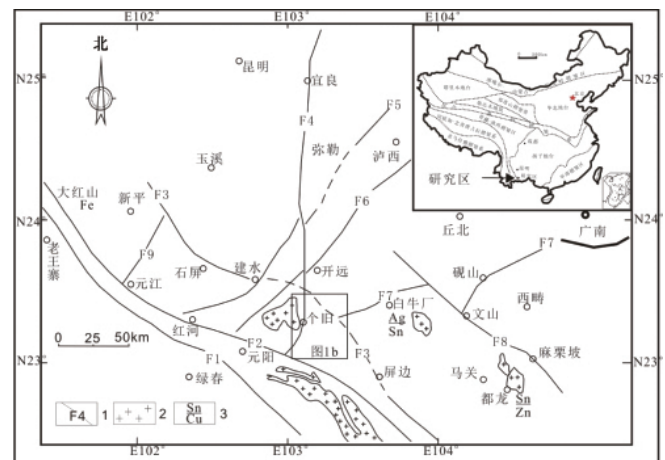
个旧锡铜多金属矿床成因存在不同认识,主要原因是在个旧东区(特别是卡房地区)新山花岗岩体接触带的矽卡岩中见有磁铁矿与石榴石组成的纹层状构造和透辉石岩,并由此认为矿床成因为海底喷流和热水沉积^[29,30]。这些证据是否是证明喷流沉积的充要条件,还存在着不同的认识^[31]。而卡房铜矿容矿构造发育规律的解析是揭示控矿构造发育和下一步接替资源勘探必须首要回答的问题。卡房矿田的矿化类型主要为矽卡岩型矿化和玄武岩型铜矿化,以开采铜、钨和锡为主。近年来的研究多侧重于地球化学和与花岗岩有关的成矿年代学,对卡房玄武岩型铜矿床的容矿构造及其成矿空间的优势方位等均缺少详实的研究工作,制约了卡房矿田内与玄武岩有关的铜矿的成因机制研究和下一步资源勘探方向及工程部署。优势容矿构造和控矿构造的解析是指导矿床勘探和揭示矿床成因的关键所在,是预测和提高可动用资源量的重点。

本文选取卡房和老厂的玄武岩型铜矿床为研究对象,对新山花岗岩体和老(厂)-卡(房)岩体内节理构造和外围岩体中的容矿构造进行测量统计,揭示容矿构造发育规律,探求它们对玄武岩型铜矿床赋存成矿的控矿作用。这一问题的解决将为矿区下一步玄武岩型铜矿床的资源勘查部署和找矿方向给予回答,为建立玄武岩型铜矿的成因提供重要的证据。

1 矿区地质概况

个旧锡铜多金属矿区地处太平洋构造域与特提斯构造域的交界部位,位于扬子板块与华夏地块过渡带的右江褶皱带西缘。右江褶皱带北以弥勒—师宗岩石圈断裂与扬子地块相接,西南以红河超岩石圈断裂与印支地块相连(图1(a))。由于该区经历了不同时代的复杂地质演化过程,区内褶皱和断裂构造较为发育,岩浆活动强烈,为成矿作用提供了优越的地质环境条件。

个旧锡铜多金属矿区被南北向个旧断裂(小江岩石圈断裂南延部分)分为东、西2个矿区。个旧锡铜多金属矿床主要产于个旧东区,西区已无大规模的开采活动,整个矿区面积达上百平方千米(图1(b)据参考文献[32]修改)。矿区内五子山复式背斜(东区)和贾沙复式向斜(西区),呈北东30°走向,横贯全区。北北东向的五子山复式背斜是东矿区的控矿构造



- 1—断裂及编号;2—燕山期花岗岩;3—金属矿床;
 F1—哀牢山深断裂;F2—红河断裂;F3—屏建石断裂;
 F4—小江断裂;F5—弥勒—师宗断裂;F6—南盘江断裂;
 F7—蒙自—砚山断裂;F8—文山—麻栗坡断裂;F9—绿汁江断裂
 (a) 滇东南区域地质简图

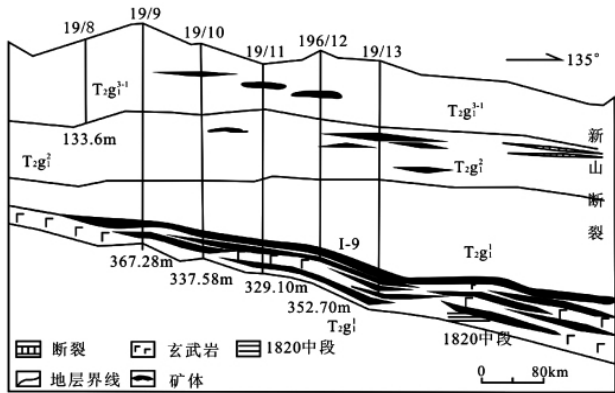
(a) Regional geological sketch of southeastern Yunnan

图1 个旧矿区地质构造简图

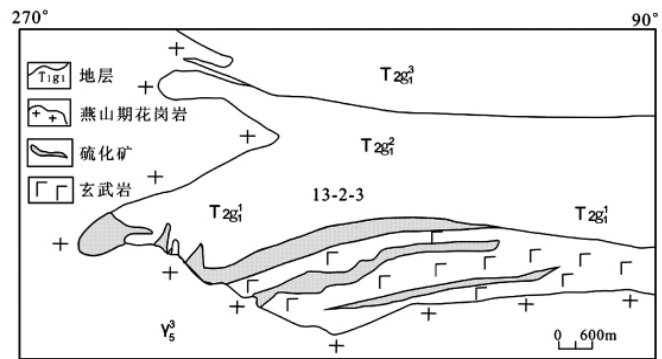
Fig. 1 Geologic sketch for the distribution of polymetallic tin deposits in Gejiu ore area

出现,一般 2~3 层,最多 5 层。矿体似层状、透镜状,长 300~650m,宽 100~300m,厚 0.5~5m。产状与围岩一致呈缓倾斜产出。(2) 产于变玄武岩中沿构造裂隙充填交代的陡倾脉状和缓倾透镜状矿体,矿体规模大小不一,长数十至数百米,延伸 30~60m,厚 3~10m。矿体含铜很富,平均含铜 5%~8%,最高达 30%。(3) 产于变玄武岩以下 5~30m 的大理岩中,呈似层状、透镜状缓倾斜矿体,矿体长 100~300m,宽约 100m,厚 1.70~10m,个别厚达 34m。目前,在变玄武岩之上的大理岩中,也发现富铜矿体,品位较低,规模较小。

接触带矽卡岩铜矿体主要赋存于花岗岩体或玄武岩与大理岩等碳酸盐岩接触带中(图 3(b),图 3 据参考文献[35]修改),呈似层状、透镜状、扁豆状、板状等产出,规模较小。接触带中矽卡岩发育,伴随铜矿化,但分布不均匀,具有局部富集的特点。矿石的主要构造有浸染状构造、网脉状构造、纹层状构造等,主要结构有他形粒状结构、自形晶结构及海绵陨铁结构等,矿化玄武岩普遍遭受阳起石化、金云母化、透闪石化、绿帘石化、绿泥石化等蚀变^[36]。变玄武岩中辉石部分发生碳酸盐化、绿帘石化,长石部分发生白云母化等。



(a) 卡房矿田 1-9# 矿体 19 线地质剖面图
(a) No.19 geological profile of 1-9# ore-body in Kafang ore-field



(b) 老厂矿田竹叶山坑 13-2-3# 矿体 124 线地质剖面
(b) No.124 geological profile of 13-2-3# ore-body in zhuyeshan pit of Laochang ore-field

图 3 研究区典型矿体地质剖面

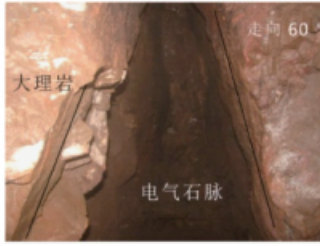
Fig. 3 Geological profile sketch for the typical ore-body in the study area

3 优势节理容矿构造解析

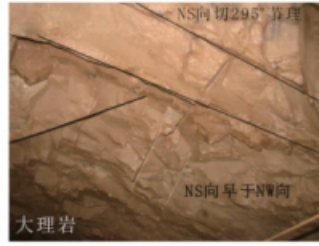
为揭示容矿空间的优势方位,选取卡房新山花岗岩体内部和岩体外接触带玄武岩及大理岩中发育的张节理(无矿化)和矿化(或含矿)张节理作为研究对象,以测区为单位进行测量(一个测区测量 40~60 个节理产状),绘制节理走向玫瑰花图,并对新山岩体和外围岩体中的节理和矿化节理的发育规模和特征进行分析对比,揭示玄武岩型铜矿化的最佳容矿空间展布特征。研究区矿井内节理截切关系和矿化节理发育特征以及岩体的接触关系等如图 4 所示(图 4(a)~(f)为老厂竹叶山坑,图 4(g)~(l)为卡房新山矿井内节理等特征)。

卡房矿田按照新山花岗岩体内、岩体外围岩体、玄武岩、大理岩以及接触带矽卡岩分别统计节理产状(图 4(g)~(l)和图 5)。其中,后两者的节理为矿化节理,节理性质主要为张节理,部分充填有石英脉或方解石细脉。从节理走向统计玫瑰花图(图 5)可知,卡房矿田的节理发育具有以下规律:(1) 新山花岗岩体的节理基本以剪张节理为主,少量的剪节理,不含矿或矿化极差。节理测量地点巷道内露头面积 30m²,巷道内可见剪节理长度 3~5m,密度(或频度)为 50~55 条/m,节理间距为 1.8~2cm。主要发育 4 组节理,按照展布方位由强至弱

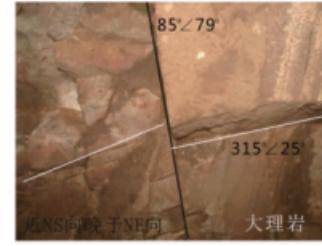
依次为北东东向(8.8%)、北北西向、北西西向和南北向(图 5(a))。上述各组节理的走向,与区域上的北东向五子山复背斜和南北向个旧断裂相一致或大角度斜交,明显受这两组一级控矿构造的影响,是在区域构造背景下局部应力场中形成的。(2) 新山花岗岩体的外围岩体中均发育张节理和剪节理,包括矿化节理和石英或方解石充填脉节理。总体节理以北北东(5.9%)、南北向、东西向和北东向为主(图 5(b))。其中,北北东和北东向为张节理,可见长度为 2~3m,密度为 45~50 条/m,节理宽度 0.1~0.2cm 不等,均为矿化节理占节理总数的 45%左右;南北、东西向节理为剪节理,可见长度为 1~2m,密度为 30~35 条/m。上述各组节理的发育在五子山复背斜的南东翼部,亦显示五子山复背斜和个旧断裂的共同控制作用。(3) 玄武岩中的矿化节理发育以北东 30°~42°(10.9%)占绝对优势,其次为北北东或近南北向(图 5(c))。该岩层中节理为张节理,巷道内可见节理长度为 1.5~3m,密度为 20~30 条/m,节理宽度为 0.2~0.5cm,充填有黄铜矿和磁黄铁矿脉。(4) 新山岩体外围的大理岩-矽卡岩中的矿化节理优势方位以北东 48°~54°(11.7%)为主,其次发育近南北向(图 5(d))。节理长度为 1~1.8m,密度为 20~30 条/m,宽度为 0.1~0.3cm,充填有黄铜矿脉。玄武岩和大理岩-矽卡岩中的矿化节理靠



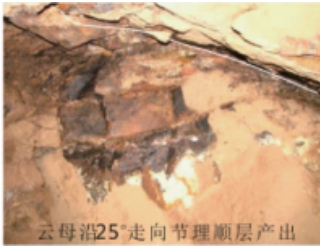
(a) 竹叶山大理岩中电气石脉
(a) Tourmaline veins in the marble



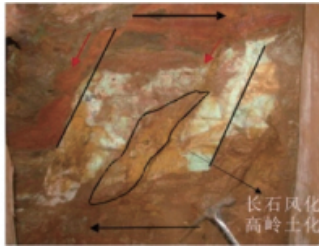
(b) 竹叶山大理岩中南北向节理切北西向节理
(b) N-S striking joint intersect NW striking joint in the marble



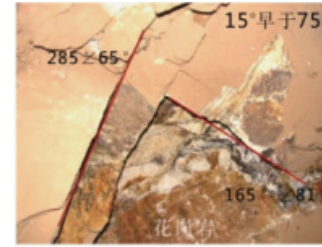
(c) 竹叶山大理岩中南北向节理切北东向节理
(c) N-S striking joint intersect NE striking joint



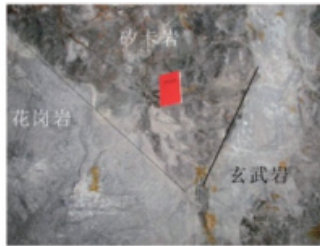
(d) 竹叶山白云母沿25°走向节理发育
(d) Muscovite in the 25° direction joint



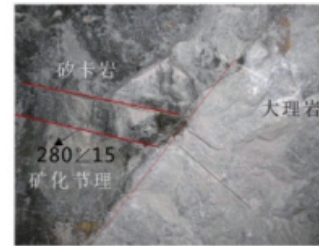
(e) 竹叶山局部挤压剪切下形成的长石风化高岭土
(e) Feldspar weathering to form kaolinite



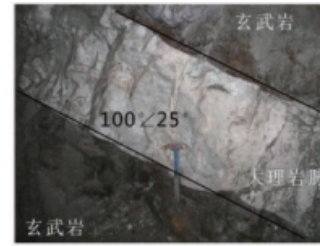
(f) 竹叶山花岗岩中15°向节理被75°向节理截切
(f) 15° direction joint intersect 75° striking joint in the granite



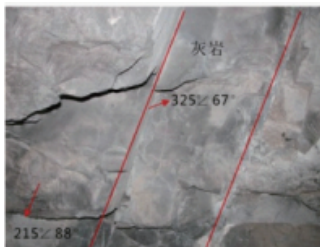
(g) 卡房花岗岩与玄武岩及砂卡岩的接触关系
(g) Contact relationship of the granite, skarn and basalt rocks



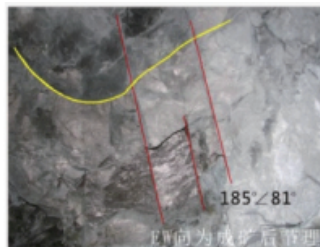
(h) 卡房砂卡岩中矿化节理
(h) Mineralized joint in the Skarn of Kafang



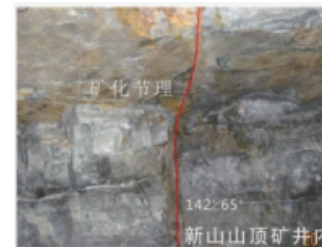
(i) 卡房玄武岩中大理岩脉
(i) Marble vein in the limestone of Kafang



(j) 卡房灰岩中节理产状
(j) Joint occurrence in the limestone of Kafang



(k) 卡房东西向的成矿后节理
(k) E-W direction joint after mineralization



(l) 卡房新山山顶大理岩中矿化节理
(l) Mineralized joint in the marble of Xinshan

图 4 研究区岩层中节理特征

Fig. 4 Features of the joints in the study area

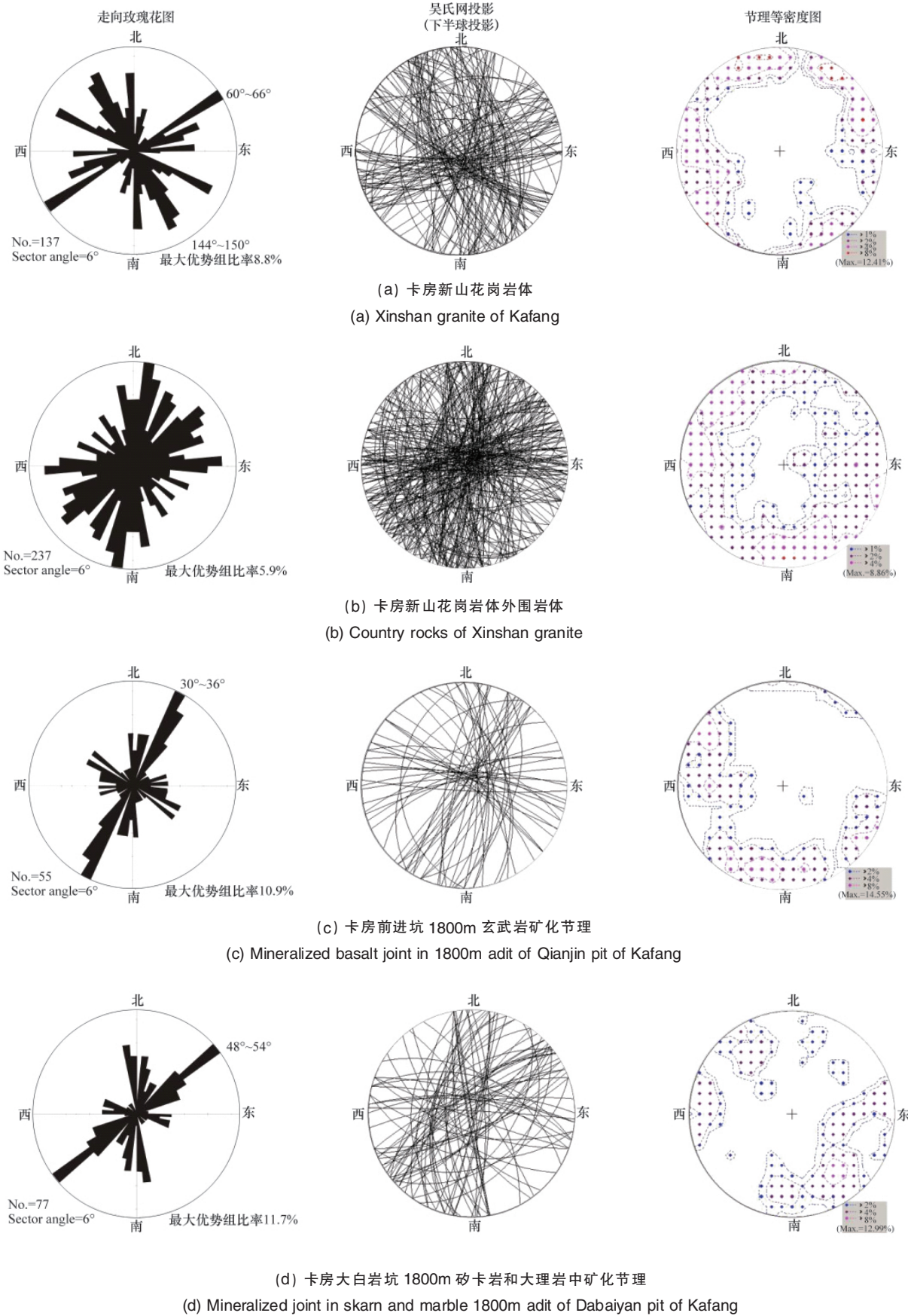
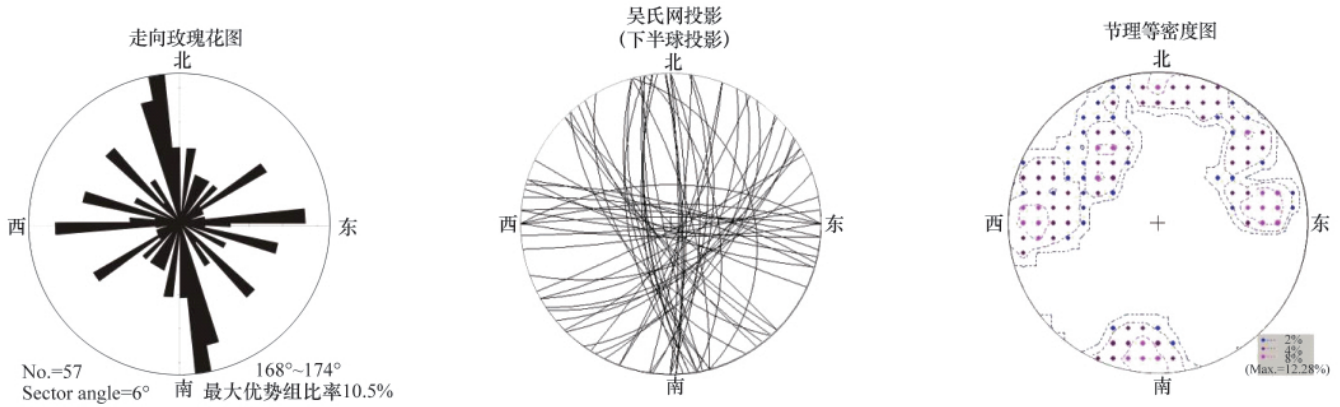


图 5 个旧锡多金属矿区卡房矿田节理构造投影
Fig. 5 Projection maps of joint strike in Kafang ore-field of Gejiu tin-copper polymetallic ore concentrating region

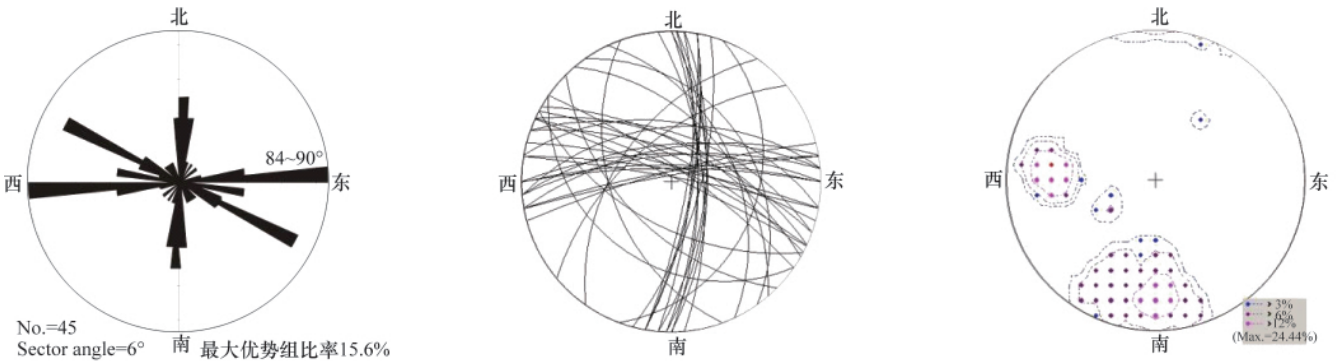
近五子山复式背斜的轴部,优势矿化节理延伸方位与复背斜走向一致,显示受复背斜的控制较明显。

老厂矿田竹叶山坑节理统计以 13-2-3# 矿体 1740m 处得老(厂)-卡(房)花岗岩体(图 3(b)、图 4(a)~(f))、矿体内和近 13-2-5# 矿体 1820m 处矽卡岩为主要观测对象(图 6)。竹叶山

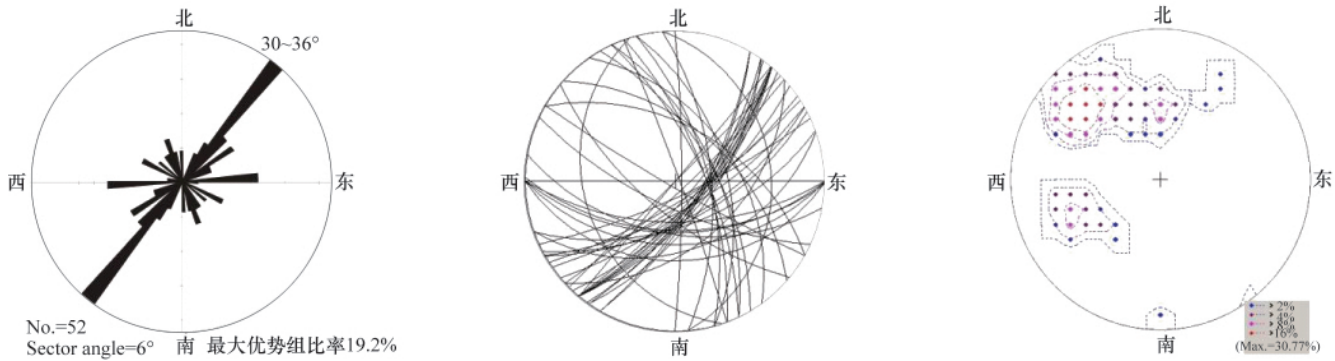
坑节理发育主要有以下特征:(1) 老卡花岗岩体中节理主要为剪张节理,优势方位为北北西向(10.5%),其次为东西向,北东向和北西向也有发育(图 6(a))。节理不含矿和充填脉,巷道内可见节理长度为 1~1.6m,密度为 24~30 条/m,节理宽度小于 0.2cm。(2) 矽卡岩中节理主要为矿化节理,主要充填



(a) 13-2-3# 矿体 1740m 处老厂-卡房花岗岩节理
(a) Joint of 1740m adit near 13-2-3# ore-body in Laoka granite



(b) 近 13-2-5# 矿体 1820m 处矽卡岩节理
(b) Joint in skarn of 1820m adit near 13-2-5# ore-body



(c) 花岗岩接触带 13-2-3# 矿体中节理
(c) Joint in 13-2-3# ore-body near the contact zone of granite

图 6 老厂竹叶山坑节理投影

Fig. 6 Projection maps of joint strike in Zhuyeshan pit of Laochang ore-field

黄铜矿和磁黄铁矿脉,部分充填有石英脉和方解石细脉,优势发育方位为东西 $84^{\circ}\sim 90^{\circ}$ (15.6%)、北西西向和近南北向(图6(b))。巷道内可见节理长度为2~2.4m,密度为30条/m,宽度为0.3~0.5cm,矿化节理占总节理数的85%。(3)观测老卡岩体接触带的矿体总体延伸方向与节理的走向基本一致,可见充填矿脉的节理延伸至矿体即消失,矿体周边可见有矿化节理脉与矿体相连接,节理基本上为成矿同期节理,优势展布方位为北东 $30^{\circ}\sim 36^{\circ}$ (19.2%),东西向节理截切北东向节理,说明东西向节理形成晚于北东向节理,且无矿化现象,故东西向节理为成矿后节理(图6(c)),北东向节理长度为8~12m,密度为10~15条/m,宽度为0.3~0.6cm。

4 讨论

个旧矿区卡房铜矿体在成因上与玄武岩有着极大的关系。研究揭示矿区铜多矿床成矿物质普遍来源于印支期玄武岩和燕山期花岗岩^[31,33,37-44],特别是安尼期玄武岩犹如一个巨大的矿源层,为成矿过程提供重要的成矿物质^[45]。在安尼期玄武岩中,主要成矿元素Cu、Sn、Au、Ag、Pb、Zn的含量都比较高,是这些元素在世界玄武岩中含量平均值的若干倍^[36,39,41]。卡房铜矿似层状矿体中硫化物的硫来源于三叠纪玄武岩,而花岗岩岩浆和玄武岩共同为卡房铜矿接触带矿体提供成矿所需的大部分硫^[7]。近年来,在滇黔边界亦发现有铜矿化与峨眉山玄武岩组有关^[49],可见铜矿体与玄武岩之间存在密切的关系。

研究区内卡房矿田新山花岗岩体和外围岩体中节理发育规律与矿区控矿构造断裂具有极好的可对比性和继承性。新山花岗岩体内节理明显受五子山复式背斜(轴部北东向)和个旧大断裂(南北向)的控制,花岗岩体围岩中的节理发育也显示受五子山复式背斜、个旧大断裂和老熊洞断裂(东西向)的共同影响,二者的差异很可能是岩石物理性质差异的体现。新山花岗岩体发育北西向节理可能是在花岗岩侵位后期与区域上红河深大断裂的活动有关。新山岩体外围玄武岩、矽卡岩+大理岩中的矿化节理发育具有很好的一致性,优势方位均为北东向。而花岗岩及其围岩中的北东向和南北向节理是连结花岗岩体和外围岩体矿化的有利通道,为矿体的形成提供成矿流体运移通道和热驱动力的来源,对成矿流体的运移和沉淀就位具有关键的作用。老厂竹叶山坑内老卡花岗岩体和围岩矽卡岩的节理发育亦有很好的可对比性。老卡岩体中节理优势方位明显受矽子庙断裂、个旧大断裂和黄泥洞断裂的影响,而围岩矽卡岩中节理显示矽子庙断裂和个旧断裂影响和五子山复背斜的西北翼牵引滑脱局部应力场效应制约。矽卡岩中节理优势方位显示东西向和北西西向为优势矿化方向,为成矿流体运移通道和热驱动力来源。13-2-3#矿体中节理北东向优势为成矿期或成矿期后节理,为黄泥洞断裂影响的结果,说明黄泥洞断裂在成矿期和成矿期后均有活动。

个旧锡铜多金属矿区的大地构造演化过程,存在明显的三大构造期:加里东期、海西—印支期、燕山—喜马拉雅期。其中,前两期以褶皱运动为特征,形成区域变质褶皱系;后者以断块运动为特色,伴随较为强烈的中酸性岩浆侵入活动和与之有关的锡多金属矿床叠加改造致富作用^[47]。依据对矿区不同构造层中不同构造系的观察、节理统计测量和分期配套研究,并结合以往的研究成果,燕山期构造也存在多期多阶段,进一步划分3期^[47]。(1)印支晚期—燕山早期,在区域性南北向压应力作用下,使已固结成岩的碳酸盐岩发生构造变形形成一系列近东西向的褶皱、穹隆和断裂以及与其配套的北东、北西向剪裂隙和南北向张裂隙,并伴随岩浆侵入。这一期为东西向构造系,基本上为成矿前构造。(2)燕山中晚期为成矿期构造,由于太平洋板块与欧亚板块的碰撞,个旧矿区由南北向挤压转为北西—南东向的挤压应力,形成叠加在东西向褶皱之上的北东向褶皱(如五子山复式背斜等)和断裂,北西向断裂形成以压为主兼扭性的破碎带,东西向断裂产生右行活动,北西向断裂形成张裂带,南北向断裂产生左行活动,并伴随剧烈的中酸性岩浆侵位。该期构造在研究区的表现为:花岗岩体中发育近南北、东西、北东和北西向节理;而在矽卡岩和大理岩含矿层中发育东西、北西西、北东和近南北向容矿节理;花岗岩体和外围岩中的北东和南北向节理,是连通花岗岩体与含矿层的热源、水源和矿源的有利通道。老厂竹叶山的北西西或北西向节理构造极有可能是在五子山复背斜形成之后的燕山中晚期北西—南东向挤压,北东—南西向拉伸应力场过程中,在背斜两翼形成的节理构造,是成矿期或近同期的张性节理,故均有矿脉充填。由于该时期区域构造应力场的转换,断裂力学性质发生变化,北东向褶皱叠加在先存的東西向褶皱之上形成隆起,控制岩体侵位和形态变化。(3)喜山早期,转为南北顺向剪切作用,断裂构造重新活化;喜山晚期,南北向顺剪转为东西向挤压。该期构造均为成矿后构造。

研究区节理走向玫瑰花图揭示矿区内矿体分布受东西向、南北向断裂和五子山复式背斜轴部的共同控制,亦显示区域构造在矿田内部的叠加改造现象,东西向构造和北东向构造是成矿流体运移通道和热驱动力的传播来源,北东向构造在成矿期后也存在一定的活动性,以往未发现的北西向构造亦是矿区内重要的容矿空间优势方位,应引起足够重视。

5 结论

本文通过对玄武岩型和接触带矽卡岩型铜矿体内部和外围岩体中的容矿和控矿构造发育进行测量统计分析,得到以下认识:

(1)研究区玄武岩型铜矿体明显受南北向、东西向断裂和五子山复式背斜轴部的控制。卡房矿田前进坑和大白岩坑内矿化节理和容矿断裂构造的优势方位均为北东走向,倾角

大于 60° , 老厂矿田竹叶山铜矿体的节理优势方位亦为北东走向。

(2) 研究区花岗岩体中节理的优势展布方位为近南北向、东西向、北西向和北东向, 显示受矿区南北向、东西向断裂和北东向五子山复背斜轴部的共同制约。花岗岩内北东向、南北向和东西向断裂构造连通岩浆岩体与围岩碳酸盐岩, 是成矿流体的运移通道和热驱动力的渠道。

(3) 研究区燕山中晚期构造应力场由南北向挤压转为北西—南东向的挤压应力, 形成叠加在东西褶皱之上的北东向褶皱(如五子山复式背斜等)和断裂, 北西向断裂形成以压为主兼扭性的破碎带, 东西向断裂产生右行活动, 北西向断裂形成张裂带, 南北向断裂产生左行活动, 并伴随剧烈的中酸性岩浆侵位。

(4) 以往未发现的北西向构造, 特别是北北西和北西西构造亦是容矿的优势方位, 其控矿作用应引起足够的重视。

参考文献 (References)

- [1] 庄永秋, 王任重, 杨树培, 等. 云南个旧锡铜多金属矿床[M]. 北京: 地震出版社, 1996.
Zhuang Yongqiu, Wang Renzhong, Yang Shupe, et al. Gejiu tin (Cu) polymetallic ore deposits in Yunnan [M]. Beijing: Seismological Press, 1996.
- [2] 邓玉书. 云南个旧锡矿和构造的关系[J]. 地质论评, 1951, 16(2): 57-66.
Deng Yushu. Geological Review, 1951, 16(2): 57-66.
- [3] 冯贤仁. 个旧含锡花岗岩付矿物类型、成因及其与矿化关系问题[J]. 云南地质, 1982, 1(2): 129-133.
Feng Xianren. Yunnan Geology, 1982, 1(2): 129-133.
- [4] 汪志芬. 关于个旧锡矿成矿作用的几个问题[J]. 地质学报, 1983, 57(2): 154-163.
Wang Zhifen. Acta Geologica Sinica, 1983, 57(2): 154-163.
- [5] 冶金工业部西南冶金地质勘探公司(308队). 个旧锡矿地质[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984: 50-79.
Ministry of Metallurgical Industry Southwest Metallurgical Geological Prospecting Company (308 Team). Geology of tin deposit in Gejiu area [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1984: 50-79.
- [6] 伍勤生, 刘青莲. 个旧含锡花岗岩浆杂岩体的成因演化及成矿[J]. 桂林工学院学报, 1986, 6(3): 229-238.
Wu Qinsheng, Liu Qinglian. Journal of Guilin University of Technology, 1986, 6(3): 229-238.
- [7] 伍勤生, 许俊珍, 杨志. 个旧含 Sn 花岗岩的 Sr 同位素特征及找矿标志的研究[J]. 地球化学, 1984(4): 293-302.
Wu Qinsheng, Xu Junzhen, Yang Zhi. Geochemica, 1984(4): 293-302.
- [8] 彭程电. 试论个旧锡矿成矿地质条件及矿床类型、模式[J]. 云南地质, 1985, 4(1): 154-163.
Peng Chengdian. Yunnan Geology, 1985, 4(1): 154-163.
- [9] 赵一鸣, 李大新. 云南个旧锡矿床花岗岩接触带的交代现象[J]. 中国地质科学院院报, 1987(2): 237-252.
Zhao Yiming, Li Daxin. Bulletin of the Chinese Academy of Geological

Sciences, 1987(2): 237-252.

- [10] 赵一鸣, 李大新, 蒋崇俊. 云南个旧锡矿床的氟硼质交代岩及某些罕见交代矿物的发现[J]. 地球学报, 1990, 11(1): 70-72.
Zhao Yiming, Li Daxin, Jiang Chongjun. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1990, 11(1): 70-72.
- [11] 王新光, 朱金初, 沈渭洲. 个旧锡矿田两个主要成矿花岗岩的对比研究及其地质和找矿意义[J]. 南京大学学报: 地球科学版, 1990(4): 66-75.
Wang Xinguang, Zhu Jinchu, Shen Weizhou. Journal of Nanjing University: Earth Science Edition, 1990(4): 66-75.
- [12] 王新光, 朱金初. 个旧花岗岩的成因、演化及其找矿意义[J]. 大地构造与成矿学, 1992, 16(4): 379-387.
Wang Xinguang, Zhu Jinchu. Geotectonica et Metallogenia, 1992, 16(4): 379-387.
- [13] 朱金初, 王新光, 殷成玉. 个旧锡矿区不同岩石中锡的富集特征及成矿模式[J]. 地质找矿论丛, 1991, 6(2): 11-16.
Zhu Jinchu, Wang Xinguang, Yin Chengyu. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1999, 6(2): 11-16.
- [14] 罗君烈. 滇东南锡、钨、铅锌、银矿床的成矿模式[J]. 云南地质, 1995, 14(4): 319-332.
Luo Junlie. Yunnan Geology, 1995, 14(4): 319-332.
- [15] 戴福盛. 个旧矿区壳源重熔岩浆岩系系列特征、演化及成岩成矿作用[J]. 云南地质, 1996, 15(4): 330-344.
Dai Fusheng. Geology of Yunnan, 1996, 15(4): 330-344.
- [16] Jiang Z W, Oliver N H S, Barr T D, et al. Numerical modeling of fault-controlled fluid flow in the genesis of tin deposits of the Malage ore field, Gejiu mining district, China [J]. Economic Geology, 2001, 92(2): 228-247.
- [17] 王永磊, 裴荣富, 李进文, 等. 个旧老厂矿田花岗岩地球化学特征及其形成构造环境背景[J]. 地质学报, 2007, 81(7): 979-985.
Wang Yonglei, Pei Rongfu, Li Jinwen, et al. Acta Geology Sinica, 2007, 81(7): 979-985.
- [18] 金祖德. 个旧土状赤铁矿型锡矿成因的商榷[J]. 地质与勘探, 1981, 17(1): 32-34.
Jin Zude. Geology and Exploration, 1981, 17(1): 32-34.
- [19] 金祖德. 个旧层间赤铁矿型锡矿热液成因之否[J]. 地质与勘探, 1991, 27(1): 19-20.
Jin Zude. Geology and Exploration, 1991, 27(1): 19-20.
- [20] 彭张翔. 个旧锡矿成矿模式商榷[J]. 云南地质, 1992, 11(4): 362-368.
Peng Zhangxiang. Yunnan Geology, 1992, 11(4): 362-368.
- [21] 周怀阳. 论个旧-大厂地区火山喷气沉积-花岗岩热液叠加改造型锡石硫化物矿床的地质特征及其成矿地质条件[D]. 南京: 南京大学, 1988.
Zhou Huaiyang. Metallogenic condition and geological character of the Gejiu-Dachang sedex-granite related cassiterite sulphide ore deposit [D]. Nanjing: Nanjing University, 1988.
- [22] 周建平, 徐克勤, 华仁民, 等. 滇东南锡多金属矿床成因商榷[J]. 云南地质, 1997, 16(4): 309-349.
Zhou Jianping, Xu Keqin, Hua Renmin, et al. Yunnan Geology, 1997, 16(4): 309-349.
- [23] 周建平, 徐克勤, 华仁民, 等. 滇东南喷流沉积块状硫化物特征与矿

- 床成因[J]. 矿物学报, 1998, 18(2): 158-168.
- Zhou Jianping, Xu Keqin, Hua Renmin, et al. *Acta Mineralogica Sinica*, 1998, 18(2): 158-168.
- [24] 周建平, 徐克勤, 华仁民, 等. 个旧等锡矿中沉积组结构的发现与矿床成因新探[J]. 自然科学进展, 1999, 9(5): 419-422.
- Zhou Jianping, Xu Keqin, Hua Renmin, et al. *Progress in Natural Science*, 1999, 9(5): 419-422.
- [25] 张欢, 高振敏, 马德云, 等. 云南个旧锡矿床成因研究综述[J]. 地质地球化学, 2003, 31(3): 70-75.
- Zhang Huan, Gao Zhenmin, Ma Deyun, et al. *Geology-Geochemistry*, 2003, 31(3): 70-75.
- [26] 张欢, 童祥, 武俊德, 等. 个旧锡矿-红海型热水沉积登陆的实例[J]. 矿物学报, 2007, 27(S1): 335-341.
- Zhang Huan, Tong Xiang, Wu Junde, et al. *Acta Mineralogica Sinica*, 2007, 27(S1): 335-341.
- [27] 秦德先, 黎应书, 范国柱, 等. 个旧锡矿地球化学及成矿作用演化[J]. 中国工程科学, 2006, 8(1): 30-39.
- Qin Dexian, Li Yingshu, Fan Guozhu, et al. *Engineering Science*, 2006, 8(1): 30-39.
- [28] 秦德先, 黎应书, 谈树成, 等. 云南个旧锡矿的成矿时代[J]. 地质科学, 2006, 41(1): 122-132.
- Qin Dexian, Li Yingshu, Tan Shucheng, et al. *Chinese Journal of Geology*, 2006, 41(1): 122-132.
- [29] 钱志宽, 罗泰义, 黄智龙, 等. 个旧新山层状透辉石岩——一种热水沉积岩[J]. 矿物学报, 2009(S1): 547-548.
- Qian Zhikuan, Luo Taiyi, Huang Zhilong, et al. *Acta Mineralogica Sinica*, 2009(S1): 547-548.
- [30] 钱志宽, 罗泰义, 黄智龙, 等. 云南个旧新山层状透辉石岩地质地球化学特征与成因探讨[J]. 矿物学报, 2011, 31(3): 338-352.
- Qian Zhikuan, Luo Taiyi, Huang Zhilong, et al. *Acta Mineralogica Sinica*, 2011, 31(3): 338-352.
- [31] 毛景文, 程彦博, 郭春丽, 等. 云南个旧锡矿田: 矿床模型及若干问题讨论[J]. 地质学报, 2008, 82(11): 1455-1467.
- Mao Jingwen, Cheng Yanbo, Guo Chunli, et al. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(11): 1455-1467.
- [32] 王力. 个旧锡铜多金属矿集区成矿系列、成矿演化及成矿预测研究[D]. 长沙: 中南大学, 2004.
- Wang Li. *Researches on metallogenic series, metallogenic evolution and metallogenic prognosis in the Gejiu Tin-Copper polymetallic ore-concentrating district*[D]. Changsha: Central South University, 2004.
- [33] 黎应书, 秦德先, 党玉涛, 等. 云南个旧锡矿的玄武岩成矿[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(3): 326-335.
- Li Yingshu, Qin Dexian, Dang Yutao, et al. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2006, 36(3): 326-335.
- [34] 杨宗喜, 毛景文, 陈懋弘, 等. 云南个旧卡房铜矿地质地球化学与矿床成因探讨[J]. 岩石学报, 2010, 26(3): 830-844.
- Yang Zongxi, Mao Jingwen, Chen Maohong, et al. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(3): 830-844.
- [35] 黎应书, 秦德先, 党玉涛. 云南个旧东区玄武岩岩石学特征[J]. 科技导报, 2006, 24(2): 70-72.
- Li Yingshu, Qin Dexian, Dang Yutao. *Science & Technology Review*, 2006, 24(2): 70-72.
- [36] 杨宗喜, 毛景文, 陈懋弘, 等. 云南个旧卡房砂卡岩型铜(锡)矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2008, 24(8): 1937-1944.
- Yang Zongxi, Mao Jingwen, Chen Maohong, et al. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(8): 1937-1944.
- [37] 杨宗喜, 毛景文, 陈懋弘, 等. 云南个旧老厂细脉带型锡矿白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2009, 28(3): 336-344.
- Yang Zongxi, Mao Jingwen, Chen Maohong, et al. *Mineral Deposits*, 2009, 28(3): 336-344.
- [38] Cheng Y B, Mao J W. Age and geochemistry of granites in Gejiu area, Yunnan Province, SW China: Constraints on their petrogenesis and tectonic setting[J]. *Lithos*, 2010, 120(3/4): 258-276.
- [39] 黎应书. 云南个旧玄武岩及其成矿作用研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2005: 1-186.
- Li Yingshu. *Research on basalt and its metallogenesis in Gejiu, Yunnan* [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2005: 1-186.
- [40] 黎应书, 秦德先, 洪托, 等. 个旧东区印支期玄武岩的控矿作用[J]. 有色金属: 矿山部分, 2007, 59(1): 26-29.
- Li Yingshu, Qin Dexian, Hong Tuo, et al. *Nonferrous Metals: Mining Section*, 2007, 59(1): 26-29.
- [41] 黎应书, 秦德先, 郭宁宁, 等. 个旧东区印支期玄武岩大地构造环境及其成矿意义[J]. 有色金属, 2009, 61(2): 104-109.
- Li Yingshu, Qin Dexian, Guo Ningning, et al. *Nonferrous Metals*, 2009, 61(2): 104-109.
- [42] 贾润幸. 云南个旧锡矿集中区地质地球化学研究[D]. 西安: 西北大学, 2005.
- Jia Runxing. *The geology and geochemistry study on the Gejiu concentrating area*[D]. Xi'an: Northwest University, 2005.
- [43] 莫国培. 个旧超大型锡多金属矿区花岗岩成因类型[J]. 矿产与地质, 2006, 24(4/5): 413-417.
- Mo Guopei. *Mineral Resources and Geology*, 2006, 24(4/5): 413-417.
- [44] 徐启东, 夏庆霖, 成秋明. 云南个旧矿集区区域构造-岩浆演化与锡铜多金属成矿系统[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2009, 34(2): 307-313.
- Xu Qidong, Xia Qinglin, Cheng Qiuming. *Earth Science: Journal of China University of Geosciences*, 2009, 34(2): 307-313.
- [45] 张焯敏. 个旧东区玄武岩型锡铜多金属矿床成矿特征与成矿预测[D]. 北京: 中国地质大学, 2007.
- Zhang Yimin. *The metallogenic features and ore-forming prediction of basalt type tin-copper polymetallic deposit in the east area of Gejiu*[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2007.
- [46] 张正伟, 程占东, 朱炳泉, 等. 峨眉山玄武岩组铜矿化与层位关系研究[J]. 地球学报, 2004, 25(5): 503-508.
- Zhang Zhengwei, Cheng Zhandong, Zhu Bingquan, et al. *Acta Geoscientia Sinica*, 2004, 25(5): 503-508.
- [47] 秦德先, 黎应书. 个旧锡铜多金属矿床地质研究[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- Qin Dexian, Li Yingshu. *Ore deposit geology study of Gejiu tin-copper polymetallic ore-concentrating district*[M]. Beijing: Science Press, 2008.

(责任编辑 刘志远)