文章编号:0258-7106 (2012) 03-0535-10

# 成矿规律研究在大厂矿田矽卡岩型锌铜矿床中的应用实例*

## ——以黑水沟—大树脚、羊角尖矽卡岩型锌铜矿床为例

黄伟洪,范森葵,陈春文,闭忠敏
(广西二一五地质队有限公司,广西 柳州 545006)

**摘 要** 大厂锡多金属矿田是世界上最大的锡多金属矿之一,通过数十年的勘查已取得了丰硕的成果,总结出诸多对找矿行之有效的成矿规律:成矿分带、构造控矿、矿床的层控和时控等规律,指导着大厂矿田的找矿工作,并已取得了丰硕的成果。基于黑水沟—大树脚和羊角尖 2 个矿区的成矿地质条件,运用大厂矿田矽卡岩型锌铜矿成矿规律,作者对主要赋矿地层特征和层内破碎带等容矿构造以及控矿构造和岩体控矿作用进行研究,分析了与成矿有关的围岩蚀变和物化探异常特征,有针对性地实施钻探工程验证。目前,在两区探获大、中型锌铜矿床各一个。

**关键词** 地质学;成矿规律;构造控矿;矽卡岩型锌铜矿;大厂矿田
**中图分类号**:P618.42;P618.43 **文献标志码**:A

# Application of metallogenic regularity to study of skarn zinc-copper deposits in Dachang orefield: A case study of Heishuigou-Dashujiao and Yangjiaojian skarn zinc-copper deposits

HUANG WeiHong, FAN SenKui, CHEN ChunWen and BI ZhongMin
(Guangxi No. 215 Geological Party, Liuzhou 545006, Guangxi, China)

**Abstracts**

The Dacheng tin polymetalic orefield is one of the largest tin polymetallic orefields in the world. Plentiful achievements have been obtained and a lot of useful ore formation regularities have been summarized after dozens of years' exploration. Metallogenic zone, structural ore-control action, stratabound and time-bound role of ore deposits have been guiding the exploration work in the Dacheng orefield. In recent years, the authors applied these ore formation theories to the exploration of skarn type zinc-copper deposits and obtained good results. Based on studying the ore formation conditions in Heishuigou and Yangjiaojian deposits, the authors investigated the characteristics and shatter zones of the host strata and other ore-bearing structures, probed into the favorable structural and ore-control factors, analyzed the wall rock alteration and geophysical-geochemical anomaly characteristics related to the mineralization, deployed testing drill holes in suitable positions and, as a result, found one large-sized and one medium-sized zinc-copper deposit.

**Key words:** geology, metallogenic regularity, structural ore-control role, skarn type zinc-copper deposit, Dacheng orefield

* 本文得到国土资源部危机矿山找矿专项项目"广西南丹县铜坑锡矿接替资源勘查(编号:200545022)"的资助
第一作者简介 黄伟洪,男,1960 年生,工学学士,地质矿产高级工程师,主要从事矿产勘查工作。Email:hhwwhh8@163.com
收稿日期 2010-12-29;改回日期 2012-03-14。秦思婷编辑。

http://www.kcdz.ac.cn

大厂锡多金属矿田是世界上最大的锡多金属矿之一，根据不完全统计，矿田内已探明锡 147 万吨、锌 680 万吨、铅 176 万吨、锑 138 万吨、铜 37 万吨。矿田内矿床类型主要有 2 类：锡石硫化物矿床和矽卡岩型锌铜矿床。前者含铜一般低于 0.3%；后者含锡常低于 0.5%。很多学者都对大厂矿田内锡石硫化物矿床的成因进行了研究（陈毓川等，1993；蔡明海等，2004；王登红等，2004；韩发等，1997；秦德先等，2002），广西二一五地质队有限公司开展了数十年的包括成矿规律在内的大量科研工作，对大厂锡多金属矿田的找矿工作和地质研究起了极大的推动作用。2005 年以来，探得黑水沟—大树脚矿区新增锌铜资源量 5 100 万吨，锡锌铅锑铜等有色金属量 230 多万吨（其中，锌 213 万吨、锡 2 万吨、铅 7 万吨、锑 2 万吨、铜 8 万吨），还有一定数量的银、铟等稀散贵金属，矿床规模近于超大型；羊角尖矿区探获（333）矿石资源量1 020万吨，锌铜银金属量 30 多万吨（其中，锌 36 万吨、铜 1 万吨、银 260 吨），锌矿床达到中型矿床规模。大厂矿田经过 50 多年的勘查，发现的多为浅部及中深部矿床（范森葵等，2009）。目前，地质找矿工作基本是在 600～1 000 m的深度寻找隐伏矿体。本文在总结大厂矿田成矿规律的基础上，列举了在黑水沟—大树脚矿区和羊角尖矿区应用成矿规律指导寻找隐伏矿体的实例，这将促进大厂矿田乃至丹池成矿带区域的锡多金属找矿，对勘查深度推进到 600～1 000 m深度提供一定的帮助。

## 1 大厂矿田地质特征

大厂矿田位于江南古陆桂北台隆南西侧，桂西北海西期—印支期被动陆缘裂谷盆地北部断裂凹陷盆地中的丹池褶断带中段（陈毓川等，1993）。矿田内出露地层主要为泥盆系下统至三叠系上统碎屑岩、碳酸盐岩和硅质岩，泥盆系是最主要的赋矿地层。矿田内以北西向的丹池复式大背斜及丹池大断裂（F1）为主体，次级的大厂背斜和大厂逆冲断裂（F2）、铜坑断裂、灰乐断裂等组成紧密线状复式褶断带，控制矿田内的矿床呈带状分布（图 1）。矿区内侵入岩浆岩以龙箱盖隐伏黑云母花岗岩为主，次有花岗斑岩和闪长玢岩，岩脉呈陡立岩墙状近南北向侵入。岩石学、岩石地球化学及同位素地球化学研究证明，龙箱盖黑云母花岗岩成岩物质来自深部基底岩系的熔融，并有少量地幔物质混入（陈毓川等，1993）。蔡明海等（2006）认为，微量元素特征比值显示区内花岗岩为地壳熔融的产物；大厂矿田锡多金属成矿作用主要受燕山晚期伸展剪切构造控制，成矿时代 93～94 Ma，成岩作用的岩浆活动时限为 91～93 Ma。

## 2 大厂矿田成矿规律

### 2.1 矿床成矿分带

大厂矿田锡石-硫化物多金属成矿亚系列是华南地区与燕山期中、浅成花岗岩有关矿床成矿系列的一个组成部分。矿床围绕矿田内构造-岩浆活动中心（龙箱盖花岗岩体）呈现正向区域矿床分带，即高温矿化近中心，低温矿化在边部，叠加有逆向分带，晚期的低温矿化叠加在早期高温矿化之上（陈毓川等，1993）。矿田内矿床成因复杂，成矿期热事件对应于燕山晚期岩浆作用（蔡明海等，2004）。成矿作用由早阶段至晚阶段呈连续的变化过程，成矿温度由高到低（蔡明海等，2005）。成矿期划分为岩浆侵位期（前成矿期）、矽卡岩锌铜硫化物成矿期、锡石-硫化物成矿期、锑钨成矿期以及外围汞成矿期共 5 期（叶绪孙等，1996）。理想化的矿化分带离岩体由近至远为：矽卡岩锌-铜矿化带→锡石-硫化物多金属矿化带→硫化物多金属矿化带→汞矿化带（陈毓川等，1993）。元素组合分带规律：深部（与花岗岩体接触带）以锌-铜-砷组合为特征；中部为锡-锌-铅-锑-银组合；上部为铅-锌-锑-汞-银组合（叶绪孙等，1996）。

### 2.2 矿床时空分布规律

矿体产于上古生界下部的泥盆系，主要矿床分布于中泥盆统和上泥盆统中、下部，具有明显的“时控”和“层控”特征，与岩性关系密切，在碳酸盐岩、硅质岩和泥灰岩中矿化明显富集。

矿床在平面上呈较明显的等距性分布，围绕龙箱盖的花岗岩体具一定的环带分布规律。前人总结出花岗岩顶部形态为“内凹处相对富铜，突起处富锡”。矽卡岩锌铜矿一般距岩体 0～200 m，矽卡岩型锌矿距岩体 200～600 m，锡石硫化物型矿床距岩体 600～2 000 m（范森葵等，2008）。

垂向上表现为浅部以铅锑银矿化为主，中浅部锡多金属矿化强，中深部锡锌矿化明显，深部锌铜矿化富集。矿体形态由浅至深规律变化：地表为大脉状；浅部为细脉带和不规则脉状；中深部为网脉型层状和似层状，穿插脉状；深部为层状、似层状，

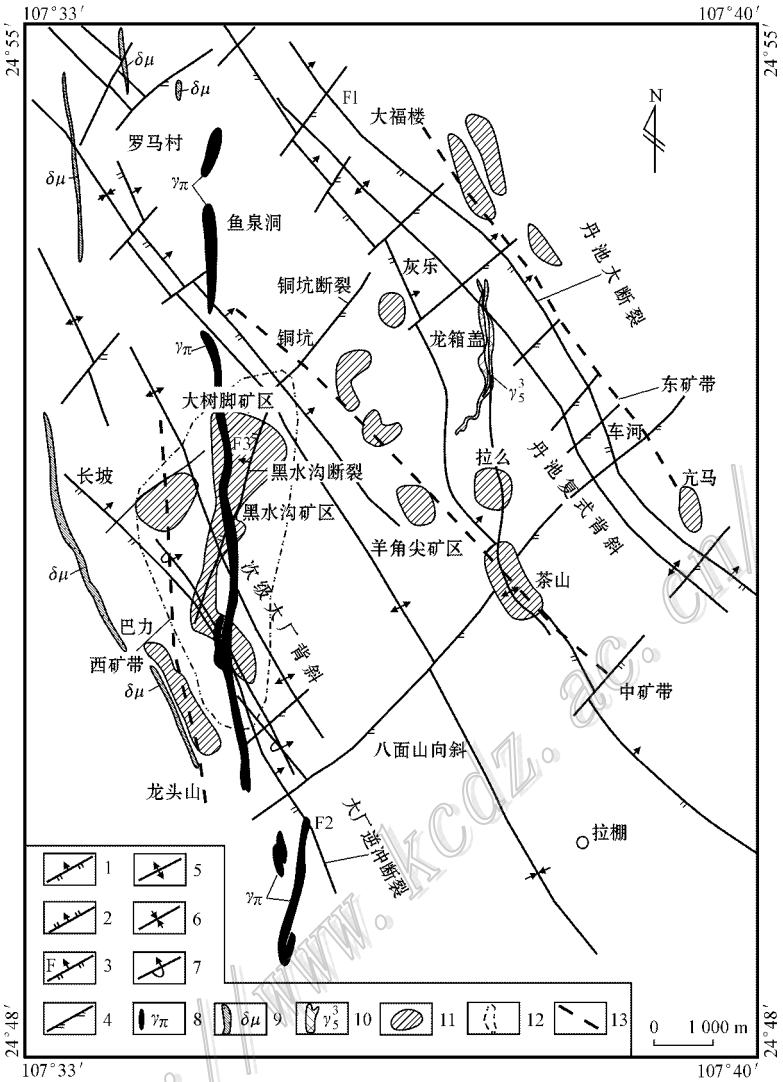


**图 1　大厂矿田构造略图**

1—逆断层；2—正断层；3—主要断裂；4—北东向断裂；5—背斜轴；6—向斜轴；7—倒转褶皱轴；8—花岗斑岩；9—闪长玢岩；10—黑云母花岗岩；11—矿体投影；12—构造交汇区；13—矿带

Fig. 1　Geological structural map of the Dacheng tin polymetallic orefield

1—Reverse fault；2—Normal fault；3—Main fault；4—NE-trending fault；5—Anticlinal axis；6—Synclinal axis；7—Overturned fold axis；8—Granite porphyry；9—Dioritic porphyrite；10—Biotite granite；11—Projection of ore body；12—Structural intersection area；13—Ore belt

穿插脉状。

## 2.3　构造控矿

丹池复式背斜及丹池大断裂(F1)为主构造，大厂断裂(F2)、铜坑断裂、黑水沟断裂(F3)及大厂背斜为次级构造，北西向褶断带被北东向断裂大致等距切割，锡多金属矿床产在褶断带与断裂交汇处，控制矿床具等距排列的规律。矿床定位于大厂背斜等次级背斜核部或东翼，有更次级的背斜或挠曲构造叠加，对成矿极为有利。矿体常产于大断层的两侧，由主构造派生的成矿期或成矿前期的次级断裂、裂隙破碎带、层间剥离带等形成良好的容矿空间，控制矿体的形态和产状。浅部构造以张扭性、扭性裂隙控矿构造为主，形成大脉状、细脉状和不规则脉状矿体；中深部转化为压扭性构造为主，产生一系列层间滑动构造，形成层间网脉型层状矿体和似层状矿体。裂隙脉状矿体的下部或附近常为似层状矿体的重要产地。

近花岗岩岩体的矽卡岩型(含锡)锌铜矿化主要受岩浆岩顶板构造和外接触带岩性、断裂和褶皱等地质条件的控制，矿体群围绕岩体呈环状分布。似

http://www.kcdz.ac.cn

层状锌铜矿体多位于凹陷部位近接触带产状较缓处。重熔再生的花岗岩对成矿最为有利，接触带有利的成矿部位主要在侵入体凸出部位（推测该处岩浆分异气液集中）和凹入部位；岩体超覆于围岩之上、接触带与围岩非整合面交汇地段（范永香等，2003）。脉状锌铜矿体也围绕岩体顶部呈环状排列，离岩体隆起部位越近的矿脉越密集，距离越远，矿脉变长、变稀，受制于断裂产状的变化，在与似层状矿体交汇处形成富矿包。

矿田内罗马村-龙头山一带花岗斑岩、闪长玢岩脉呈陡立岩墙状，近南北向侵入或充填构造，脉岩充填的断裂构造推测曾是矿液的运移通道，脉岩本身也为成矿物质提供来源，脉岩与成矿关系密切，两个特大型矿床——长坡锡多金属矿床和巴力-龙头山锡多金属矿床都产于岩脉的旁边（范森葵等，2010），具特大型矿床产于岩脉旁侧的规律。

### 2.4 矿体与围岩蚀变组合共生规律

矿体外围常分布有蚀变带，矿化与蚀变关系密切，与锡石-硫化物型矿床有关的围岩蚀变多是碳酸盐化、白云岩化、黄铁矿化、磁黄铁矿化和硅化等，矽卡岩型（含锡）锌铜矿体具有明显的与绿色矽卡岩矿物组合共生的规律：锌铜矿体多出现在绿色含水矽卡岩矿物相对集中处，即以透辉石、透闪石、阳起石、绿泥石、绿帘石等柱状、片状矿物为主的矽卡岩矿物组合，其中，透辉石、绿泥石等为深绿色。

### 2.5 物化探异常规律

综观大厂矿田的矿床，多分布在正负相伴的磁异常 0 值线附近，并靠近负异常，规模较大的低缓异常对成矿更为有利。

虽然受到后期地质作用的叠加和改造，岩石仍呈现一定的岩石地球化学异常分带现象：以龙箱盖花岗岩为中心的相对高浓度区，外围为低浓度区，已知矿区具有中等浓度值。铋、钨、锡、铜、砷基本上为近程地球化学晕，其中锡、铜稍远；汞、铅是远程地球化学晕；锌、镉可能是通带晕（叶绪孙等，1996）。

## 3 找矿实例

### 3.1 黑水沟—大树脚矿区

#### 3.1.1 成矿地质条件

黑水沟—大树脚矿区位于大厂锡多金属矿田西矿带与中矿带的交汇区域，西邻长坡大型锡多金属矿床，南西向接巴力-龙头山大型锡多金属矿床，北东近拉么-龙箱盖大型矽卡岩锌铜矿床（图 1）。

地层　区内地层是大厂矿田的赋矿地层，主要为中泥盆统纳标组、罗富组和上泥盆统榴江组、五指山组等，有利成矿的岩性有泥灰岩、灰岩和硅质岩。其中，纳标组、罗富组近深部花岗岩，罗富组具备赋矿地层的有利条件：①含钙质、硫质高，并且含碳质，有利于矿液交代成矿和亲硫的锌、铜元素富集；②页岩和泥灰岩互层产出，在构造应力作用下，容易产生层间滑动，形成层间剥离和层间破碎带，利于矿液充填交代；③成矿元素平均含量值远高于大厂矿田罗富组地层的平均含量值（表 1）。

构造　黑水沟—大树脚矿区空间上位于龙箱盖隐伏花岗岩岩株的西南侧，岩体的外环带。大厂背斜位于大厂逆冲断裂的北东侧，呈近似平行的复式倒转背斜，西翼较陡，倾角大于 70°，局部直立，甚至倒转；东翼较平缓，倾角小于 40°。背斜轴向为 330°，向北部转为 300°，向北西向倾伏。在倾末端的中、上泥盆统不同岩性接触层位，岩层间普遍发育强烈的层间错动，错动带中常含有大量的沥青质，这些构造对后期的改造成矿和矿体的形态、产状均有一定的控制作用。大厂背斜东翼在区内叠加形成了近东西向的鼻状隆起褶曲，并发育大量成矿期或成矿前期的裂隙破碎带、层间虚脱和剥离带等有利的容矿构造。断裂构造主要有大厂断裂和黑水沟断裂。其中，大厂断裂纵贯大厂背斜轴部，长约 8 km，为逆冲断层，走向北西，倾向北东，北段（巴力以北）倾角较缓，为 15～30°，并呈上陡下缓的特点，断距 150～250 m，延深大于 800 m；中段（巴力-龙头山）浅部主要以断裂破碎带的形式出现，破碎带宽达数十米，深部表现为一组断裂带；南段（龙头山以南）倾角变陡，为 40～45°。黑水沟断裂属正断层，长4 000 m，走向 37°，倾向北西，倾角较陡，为 60～70°，该断裂横切矿区，西南端与大厂断裂交汇。此外，在罗富组泥灰岩、页岩互层的接触面，受构造应力作用，极易产生层间滑动，形成层间剥离和层间破碎带，利于矿液充填交代而形成似层状矿体。矿区内呈陡立岩墙状近南北向侵入的脉岩与成矿关系密切，推测其曾是矿液的运移通道（范森葵等，2010）。根据附近的铜坑矿 ZKA18 钻孔揭露，在浅部花岗斑岩的脉岩中发现锌铜矿化，并被花岗斑岩包围，据此推断该锌铜矿化是矿液通过花岗斑岩脉岩流经运移通道的痕迹。综上分析，成矿与构造关系密切，如根据钻孔揭露，发现较多的小规模锌铜矿体常产于赋矿地层中泥盆统罗

表 1　黑水沟—大树脚矿区赋矿层位成矿元素光谱半定量分析结果单位

Table 1　Spectral semi-quantitative analyses of the ore-bearing horizon in the Heishuigou-Dashujiao ore district

| 位置 | 岩性 | 样数/个 | $w(B)/10^{-6}$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Sn | Zn | Pb | Sb | Cu | Ag |
| 黑水沟—大树脚矿区(罗富组) | 泥灰岩、泥页岩 | 659 | 87 | 594 | 52 | 37 | 232 | 2 |
| 大厂矿田(罗富组) | (泥)灰岩、页岩 | 25 | 7 | 212 | 14 | <5 | 46 | <0.5 |

分析单位：桂林矿产地质研究院测试中心。

富组的裂隙破碎带中，据 ZK23C 钻孔揭露的锌铜矿体主要产于中泥盆统罗富组中的顺层裂隙破碎带中，矿体厚度达 6.5 m。

岩浆岩、蚀变、矿化特征　本区距深部隐伏黑云母花岗岩岩体较远，暂未揭露黑云母花岗岩。钻孔中发现浅部和中深部都有矽卡岩化，说明深部存在矽卡岩化蚀变带，深部的隐伏黑云母花岗岩岩体侵位为成矿提供了充分的热源。据研究❶，矿区深部有隐伏黑云母花岗岩岩体侵位，侵位标高约为 −200～0 m。该区位于隐伏花岗岩向南西侧伏隆起的脊部，在钻孔中标高 12～64 m 处可见厚 0.3～1.3 m 的细粒黑云母花岗岩枝。花岗斑岩呈岩脉产出，长 8 km，贯穿矿区西侧，走向近于南北，倾向东，倾角 80～85°，具斑状结构。矿床类型主要为深部的似层状矽卡岩型锌铜矿床，其次是浅部似层状含银闪锌矿-方铅矿矿体。

浅部的围岩蚀变主要有碳酸盐化、大理岩化、弱硅化和黄铁矿化。深部罗富组地层中可见矽卡岩化、硅化、角岩化和磁黄铁矿化。矽卡岩化是本区主要的围岩蚀变，具有分期、分带的特点，早期为干矽卡岩，晚期为湿矽卡岩和矽卡岩脉，自矿体围岩往上，矽卡岩化由强变弱。

物、化探异常　在黑水沟—大树脚矿区及其南侧，有一个规模较大的低缓负异常，长约 1 400 m，宽 430～750 m，呈北西向展布(图 2)据地面高精度磁测成果，在黑水沟—大树脚矿区浅深度和中深度区域均有宽缓的正负相伴的高精度磁异常出现，呈东西向展布，与磁异常套合性好。地表原生晕测量成果也显示，本区主要为 Zn、Cu 元素综合异常(图 2)，异常主要沿黑水沟断裂分布，异常值较低，表明黑水沟断裂为导矿构造，成矿元素异常较弱，说明该区矿体埋藏较深。本区土壤热释汞异常较发育，尤其在矿区北部，异常最强，范围最大。在矿体和断裂构造上盘有较明显的异常反映，异常区域具备有利的成矿地质条件。

3.1.2　成矿规律应用

根据矿田的成矿系列和成矿分带规律，本区离岩脉和隐伏岩体的距离较近，确定了在深部寻找与矽卡岩锌铜矿相关的矿床。近岩体的地层主要有罗富组和纳标组，分析该地层的埋深、位置及含硫质、钙质高，并且含碳质，认为其是有利于矿液交代成矿和亲硫的锌、铜元素富集的岩性层。笔者通过对主要赋矿地层及对应构造成果的综合研究得出，本区处于北西向丹池复式背斜的次级大厂背斜、大厂断裂(F2)与北东向黑水沟断裂(F3)、铜坑断裂等构造交汇处(图 1)。大厂褶断带和黑水沟断裂是有利于矿床成矿的控矿构造，并且发现该区存在次级褶皱叠加，推测黑水沟断裂可能是含矿流体的运移通道。罗富组泥灰岩、页岩互层的不同岩性接触面之间形成的层间剥离和层间破碎带构造，利于矿液充填交代而形成似层状矿体。在研究过程中，笔者特别关注了绿色含水矽卡岩矿物的产出地段，由此确定找矿靶区是在黑水沟断裂带的两侧、相应的次级背斜叠加和绿色含水矽卡岩矿物的产出地段。目标矿床类型决定了通过层状、似层状矽卡岩蚀变带找矿是一个重要途径。区内规模较大的低缓磁异常与中深部宽缓的正负相伴的高精度磁异常套合性好，沿黑水沟断裂分布的低缓 Zn、Cu、Pb、Ag、As 元素综合异常，指示矿区深部具有较好的找矿前景。针对大厂矿田成矿期，金属矿液充填交代活动强烈，成矿期或成矿前期的岩层裂隙破碎带和层间滑脱、剥离带成为有利容矿构造的特点，在工程验证预测靶区的顺序上，对先施工的钻孔进行岩层裂隙破碎带和层间滑脱、剥离带及矿体厚度等项目进行容矿构造量化分析，为后续施工的钻孔提供理论依据。例如，对先行施工的钻孔ZK26A、ZK25A经量化分析，得出容

❶ 桂林冶金地质学院隐伏矿床预测研究所. 1988. 广西南丹大厂矿田地球物理模式与找矿预测研究.

http://www.kcdz.ac.cn

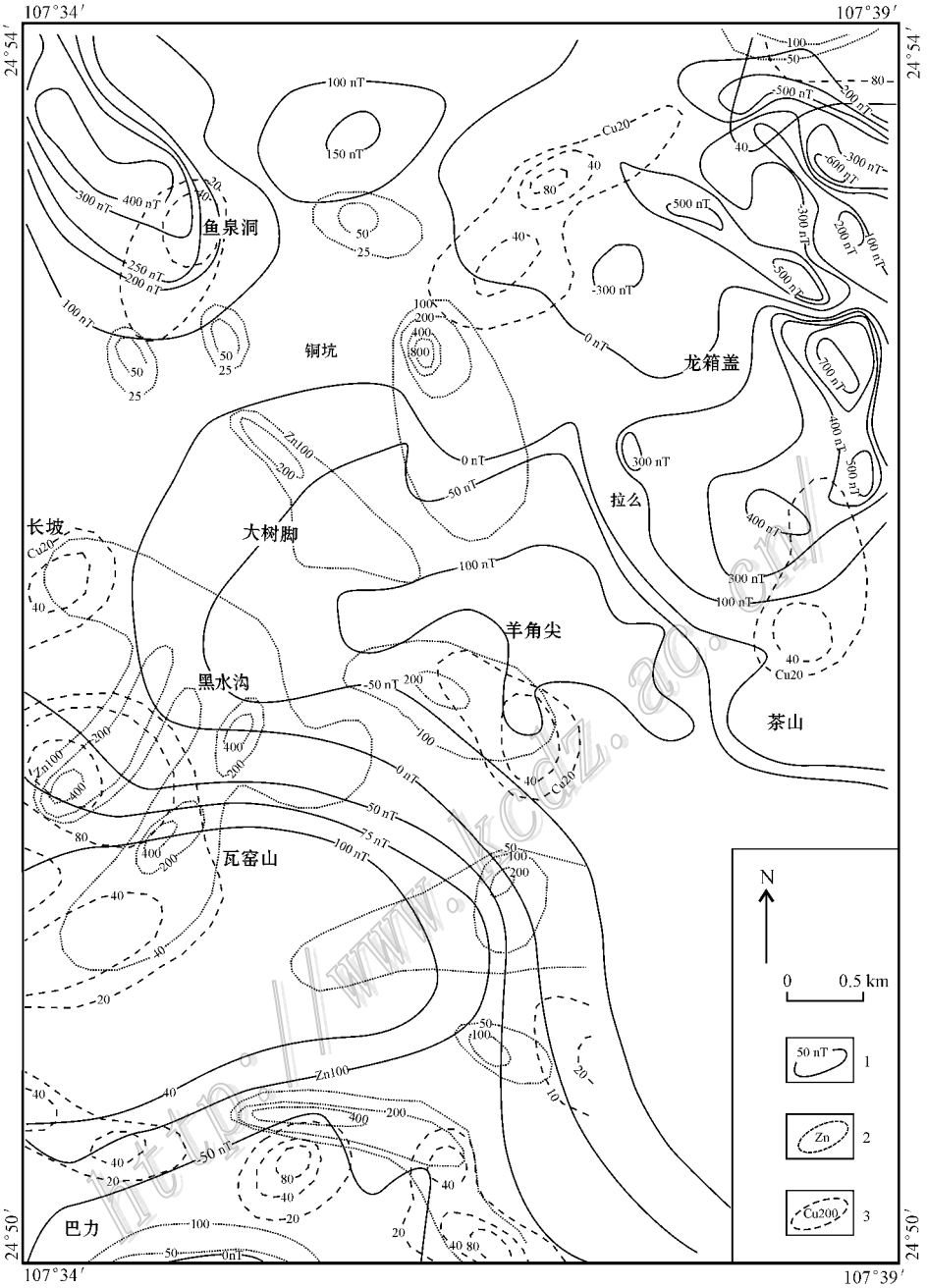


**图 2 大厂矿田物化探图**

**1—磁异常曲线；2—锌元素原生晕异常曲线；3—铜元素原生晕异常曲线**

Fig. 2 Geophysical and geochemical map of the Dachang orefield

1—Magnetic anomaly curve；2—Zinc primary geochemical anomaly；3—Copper primary geochemical anomaly

矿构造的有关参数(表 2)，利用该数据与相关地段横向对比得出数据(表 3)，可得结论：黑水沟—大树脚矿区岩层裂隙破碎带厚度孔深比参数为 1.68%～2.53%，层间滑脱、剥离带厚度孔深比参数 1.16%～1.97%，相关参数均高于本地区的其他地段，有利于大型似层状矿体的成矿，也为后续设计施工的钻孔取得较好的见矿效果奠定了基础。经后续施工钻孔验证，各钻孔矽卡岩锌铜矿的见矿厚度分别为：钻孔 ZK05B 中为 28.4 m；钻孔 ZK27B 中为 16 m；钻孔 ZK20B 中为 19.20 m；钻孔 ZK23B 中为 14.65 m，均取得了较好的找矿效果。

在钻孔编录及采样工作中，对岩层裂隙破碎带

表 2　黑水沟—大树脚矿区钻孔裂隙破碎带、剥离带岩层厚度等参数表

Table 2　Layer thickness parameters of fissure shatter zone and stripping zone in drill holes of the Heishuigou-Dashujiao ore district

| 钻孔编号 | 裂隙破碎带厚度/m(孔深比/%) | 层间滑脱、剥离带厚度/m(孔深比/%) | 矿体厚度/m(孔深比/%) | 孔深/m |
|---|---|---|---|---|
| ZK26A | 15.96(1.68) | 18.7(1.97) | 31.15(3.27) | 951.8 |
| ZK25A | 19.1(2.53) | 8.8(1.16) | 43(5.69) | 755.75 |

表 3　各地段裂隙破碎带厚度孔深比，层间滑脱、剥离带厚度孔深比参数对比表

Table 3　Parameter comparison of thickness and hole depth ratio of the fissure shatter zone to thickness and hole depth ratio of the interlayer decollement-stripping zone in various sectors

| | 裂隙破碎带厚度孔深比/% | 层间滑脱、剥离带厚度孔深比/% |
|---|---|---|
| 黑水沟—大树脚 | 1.68～2.53 | 1.16～1.97 |
| 鱼泉洞 | 1.43～1.65 | 1.12～1.20 |
| 平村 | 1.37～1.62 | 1.15～1.32 |

注：裂隙破碎带厚度孔深比＝(裂隙破碎带厚度/孔深)/%

层间滑脱、剥离带厚度孔深比＝(层间滑脱、剥离带厚度/孔深)/%

矿体厚度孔深比＝(矿体厚度/孔深)/%

等构造进行了综合研究，并取得了一定的找矿效果。如在编录钻孔 ZK25A 时，发现孔深 320.2～325.4 m 处，有一段厚约 5.2 m 的五指山组扁豆状灰岩层间挤压破碎带，上盘轴角不清，下盘轴角 65°，主要为灰岩角砾结构，角砾棱角分明，胶结物为泥质物和少量方解石，破碎带中部分裂隙充填少量磁黄铁矿、黄铁矿和极少量的斑点状铁闪锌矿。表面看这只是普通的含角砾构造的层间挤压破碎带，由于区内地层中普遍出现少量磁黄铁矿、黄铁矿和极少量的斑点状铁闪锌矿，一般不会形成工业矿体，但笔者认为：① 在大厂矿田，一般情况下，成矿后期的破碎带胶结物多为大量方解石充填物，根据该破碎带胶结物为泥质物和少量方解石，推测其为成矿期或成矿前期的破碎带，金属矿液可能交代充填到该破碎带的容矿构造中；② 该层位相对较浅，成矿分带处于离岩体较远的铅锌银矿化带，在成矿期金属矿液充填交代活动强烈，可能有含铅锌银的矿液交代充填到裂隙破碎带中，但粒度小，肉眼难以辨认。据此笔者进行了有针对性的采样，研究发现矿体厚度约 4.00 m，品位(质量分数，下同)分别为锌 1.60%、铅 1.23%、银 $211.99\times10^{-6}$，可增加资源量(333)矿石量 75 859 吨，金属量锌1 214 吨、铅 933 吨、银 16 吨。

## 3.2　羊角尖矿区

### 3.2.1　成矿地质条件

羊角尖矿区北靠拉么-龙箱盖中型锌铜矿床，东临茶山大型锑矿床，西近长坡大型锡多金属矿床、黑水沟—大树脚矿区特大型锌铜多金属矿床等(图 3)。

地层　该区与黑水沟—大树脚矿区相邻，地层基本相同，岩性略有变化，在罗富组等地层中页岩、泥岩相对较多，泥灰岩减少，灰岩更少。

构造　该区位于丹池背斜西翼，即丹池背斜和大厂背斜之间的八面山向斜东翼(图 3)，局部有北西向或北东向挠曲及小型叠瓦状褶皱发育。断裂主要是北西向的丹池大断裂(F1)、龙箱盖断层(F4)(图 4a)，都属逆冲断层。前者是成矿前断裂，对矿带的发育与形成起着控制作用，后者可能是岩体侵入时或成矿期曾经活动过。

岩浆岩、蚀变、矿化特征　地表未见黑云母花岗岩岩体出露，根据部分钻孔和重力反演得出的岩体顶板等高线图推测，该区位于龙箱盖花岗岩深部隐伏岩体的凹陷或外凸区域(图 3)，深部罗富组泥灰岩等相对脆性的岩层产生层间滑动、破碎以及褶曲等构造。隐伏岩体埋深 400～600 m，侵位标高 −100～50 m。

围岩蚀变在深部矽卡岩化更强，组合更复杂。由于深部罗富组地层比较接近隐伏花岗岩体，而含钙高的灰岩、泥灰岩等减少，总体来说矽卡岩化范围不大，矿化类型在浅部主要为辉锑矿-硫化物型矿化，深部与黑水沟—大树脚矿区基本相似。

物、化探异常　矿区北部出现 1 组磁异常，由数个不规则异常组成，呈带状分布，走向北西。2 个地表原生综合异常，一个分布于北东向的拉养冲断裂附近，长约1 000 m，宽约 250 m，北东向，带状分布，以 Zn、Sb、Ag、Sn、Pb、As 等元素异常为主；另一异常分布于拉养冲断裂南侧，异常呈北西向展布，长约 1 000 m，宽约 500 m，以 Zn、Cu 、Sb、Ag、Sn、Pb 等元素异常为主。物、化探异常表明，深部矿化信息反映比较强烈。

### 3.2.2　成矿规律应用

羊角尖矿区尚未揭露和发现中泥盆统纳标组生物礁灰岩，并且其矿体离主岩体更近。羊角尖矿区浅部上泥盆统同车江组泥灰岩中出现锑矿化，个别地段可达到边界品位，在山沟等位置较低地段出露的五指山组扁豆状、条带状灰岩和榴江组硅质岩夹杂的灰岩中，有弱至中等的石榴子石、透辉石等矽

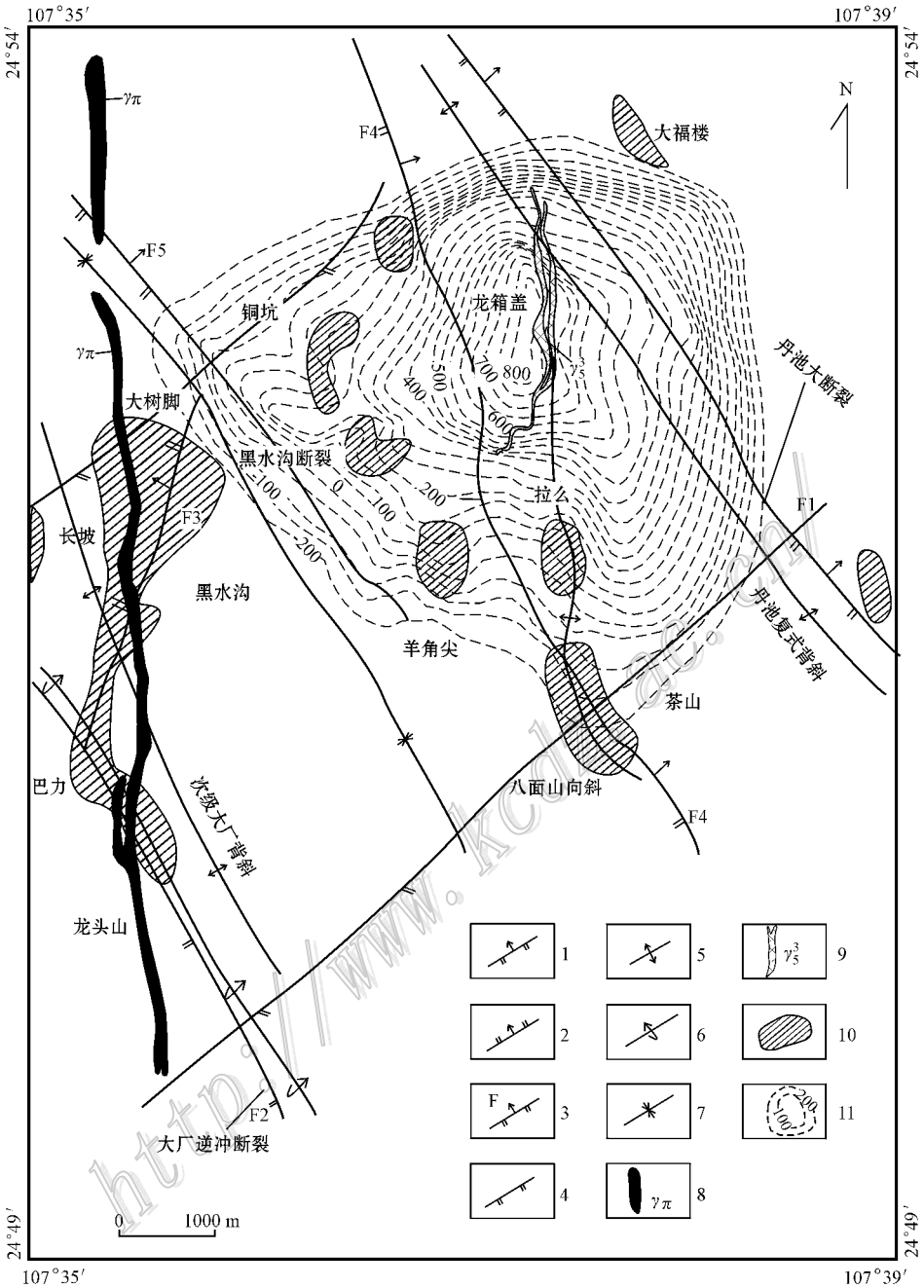


**图 3 羊角尖矿区构造略图**

1—逆断层；2—正断层；3—主要断裂；4—北东向断裂；5—背斜轴；6—倒转褶皱轴；7—向斜轴；8—花岗斑岩；9—黑云母花岗岩；10—矿体投影；11—黑云母花岗岩顶板等高线

Fig. 3 Sketch structural map of the Yangjiaojian orefield

1—Reverse fault；2—Normal fault；3—Mmain fault；4—NE-trending fault；5—Anticlinal axis；6—Overturned fold axis；7—Synclinal axis；8—Granite porphyry；9—Biotitic granite；10—Projection of ore body；11—Biotite granite roof contour

卡岩化，显示向深部围岩蚀变增强，说明存在找矽卡岩型锌铜矿的条件。该区处于丹池大背斜西翼与大厂褶断带之间，北部有龙箱盖岩体隆起。丹池大断裂是重要的控矿构造，从东侧通过，具有控岩和控矿作用，环绕岩体产生的一系列环带状褶曲和压扭性断裂及半环形的岩层挠曲等构造，主要赋矿地层变形强烈，次级褶曲和裂隙破碎带、层间虚脱、剥离带等容矿构造发育。根据矽卡岩型矿床的成矿规

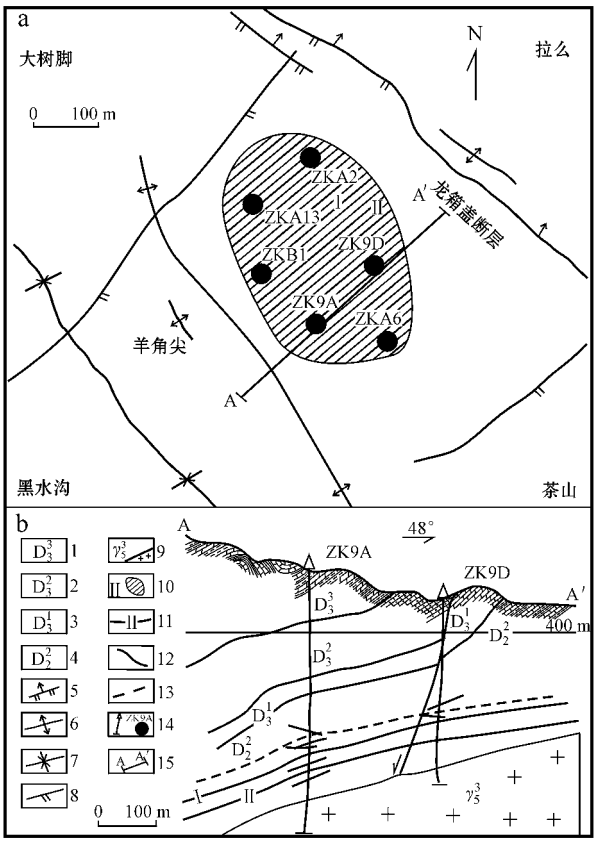


图 4　羊角尖锌铜矿区 A 号勘探线地质剖面图

1—泥盆系上统同车江组泥灰岩、页岩；2—泥盆系上统五指山组扁豆状、条带状灰岩；3—泥盆系上统榴江组硅质岩；4—泥盆系中统罗富组泥灰岩、泥岩；5—逆断层；6—背斜轴；7—向斜轴；8—北东向断裂；9—燕山晚期黑云母花岗岩；10—矿体投影；11—似层状矿体；12—裂隙脉状矿体；13—矽卡岩化蚀变带；14—钻孔；15—勘探线

Fig. 4　Geological section along exploration line A in the Yangjiaojian zinc-copper mining area

1—Marlstone, shale of Upper Devonian Tongchejiang Formation; 2—Phacoidal, stripped limestone of Upper Devonian Wuzhishan Formation; 3—Siliceous rock of Upper Devonian Liujiang Formation; 4—Marlstone, mudstone of Middle Devonian Luofu Formation; 5—Reverse fault; 6—Anticlinal axis; 7—Synclinal axis; 8—NE-trending fault; 9—Late Yanshanian biotite granite; 10—Projection of ore body; 11—Stratiform ore body; 12—Fissure veinlet ore body; 13—Skarnization zone; 14—Drill hole; 15—Exploration line

律，在龙箱盖岩体顶部的不同部位，形成隆起、凹陷、岩体分枝和派生岩脉带，花岗岩顶部形态构造也对成矿有一定的控制作用，表现为锌铜矿化多分布于接触带上或附近，岩体顶板形态复杂处，矿化也呈现多层现象，羊角尖矿区正好处于龙箱盖岩体顶部形态呈北东方向的内凹处(图 3)，由于岩体与围岩接触面较宽，蚀变充分而强烈，因此矿化特别富厚，这一成矿规律，在本区可以得到充分运用。从深部围岩蚀变增强的趋势以及矽卡岩型锌铜矿主要对应绿色含水矽卡岩蚀变矿物组合的特征，可以确定区内矽卡岩型锌铜矿具有较好的找矿潜力，其北东向靠拉么-龙箱盖大型矽卡岩型锌铜矿床，一般锌铜矿化体空间位置距黑云母花岗岩体较近，距岩体顶部在 100～200 m 范围内。前人在区内施工了少量钻孔，仅发现少量锌铜矿化，但发现本区矽卡岩蚀变带发育且较厚，具有透辉石-钙铁榴石矽卡岩矿物组合，在绿色含水矽卡岩矿物集中处，出现后期硫化物小脉穿插叠加时，矿化明显增强，在矽卡岩蚀变带下约 20～60 m 范围内，常有似层状锌铜矿等产出。

在进行工程验证时，考虑的重点之一是黑云母花岗岩顶板形态的变化规律。根据重力资料反演成果和外围钻孔资料，尽可能详细地绘制了黑云母花岗岩顶板等高线图，并依据新钻孔的地质数据及时更新黑云母花岗岩顶板等高线图，综合研究岩体顶板等高线的变化规律及地球物理、地球化学异常特征后，在花岗岩岩体顶板形态变化明显处设计钻孔，钻孔深入到花岗岩 30～50 m 范围(钻孔穿过小型黑云母花岗岩的岩脉、岩枝，确保到达黑云母花岗岩顶板)。考虑的另一个重点因素为罗富组地层、岩性以及矽卡岩蚀变带。外围已获得大量有关罗富组地层分布的空间信息，显示矽卡岩蚀变带较发育，并据此绘制了大量的矽卡岩蚀变带变化曲线图，综合研究矽卡岩蚀变带的变化规律并用于指导找矿。羊角尖矿区地质剖面图的矽卡岩蚀变带变化趋势曲线见图 4b，在钻孔柱状图中都量化绘制矽卡岩蚀变带，针对矽卡岩的厚度、类型、结构，构造和成分等进行了详细的描述，并侧重考虑在绿色含水矽卡岩蚀变带发育的区域设计钻孔。随着对羊角尖矿区矽卡岩成矿、控矿规律研究的深入，已获得较好的找矿成果，实施的钻孔见矿率达 90％以上，探获(333)矿石资源量 1 020 万吨，金属量分别为锌 36 万吨、铜 1 万吨、银 260 吨，资源量达到中型锌矿床规模。

## 4　结　论

(1) 在黑水沟—大树脚矿区，丹池褶断带及次级大厂褶断带、黑水沟断裂是重要的控矿构造，矿体常产于大断层的两侧及背斜的核部，成矿与构造关系密切；矽卡岩型锌铜矿产于泥盆系中的碳酸盐岩或含钙质高的泥质岩中；绿色含水矽卡岩是矽卡岩型锌铜矿的重要找矿标志。

(2) 在羊角尖矿区,矽卡岩型矿床常产于黑云母花岗岩顶板形态变化明显处,黑云母花岗岩顶板对成矿控制作用明显;地层岩性的控矿规律与黑水沟—大树脚矿区相同;矽卡岩蚀变带与锌铜矿床关系密切。有针对性地实施钻探工程验证,通过实践取得较好的找矿成果。

(3) 在黑水沟—大树脚矿区,探获新增以锌铜为主资源储量超过大型矿床规模;在羊角尖矿区,探获(333)资源量达到中型锌矿床规模。

志 谢 审稿专家提出了许多宝贵的修改意见,在此深表谢意!

## 参考文献/References

蔡明海,毛景文,梁 婷,吴付新. 2004. 广西大厂锡多金属矿床氦、氩同位素特征及其地质意义[J]. 矿床地质,23(2):225-231.

蔡明海,毛景文,梁 婷,黄惠兰. 2005. 大厂锡多金属矿田铜坑-长坡矿床流体包裹体研究[J]. 矿床地质,24(3):228-240.

蔡明海,何龙清,刘国庆,吴德成,黄惠明. 2006. 广西大厂锡矿田侵入岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄及其意义[J]. 地质论评,52(3):409-414.

陈毓川,黄民智,徐 钰,胡云中,唐绍华,李荫清,孟令库. 1993. 大厂锡矿地质[M]. 北京:地质出版社. 69-341.

范森葵,伍永田,王明艳. 2008. 广西大厂矿田矿床分布规律与找矿方向[J]. 矿产与地质,22(6):520-524.

范森葵,王明艳,成永生,黎修旦,吴德成. 2009. 大厂矿田黑水沟-铜坑区深部多方法找矿与成矿预测[J]. 金属矿山,400(10):117-121.

范森葵,黎修旦,成永生,陈承珍,黄伟洪. 2010. 广西大厂矿区脉岩的地球化学征及其构造和成矿意义[J]. 地质与勘探,46(9):828-835.

范永香,阳正熙. 2003. 成矿规律与成矿预测[M]. 徐州:中国矿业大学出版社. 39-52.

韩 发,赵汝松,沈建忠,Hutchinson R W,蒋少涌,陈洪德. 1997. 大厂锡多金属矿床地质及成因[M]. 北京:地质出版社. 65-157.

秦德先,洪 托,田毓龙,陈健文. 2002. 广西大厂锡矿 92 号矿体矿床地质与技术经济[M]. 北京:地质出版社. 31-132.

王登红,陈毓川,陈 文,桑海清,李华芹,路远发,陈开礼,林枝茂. 2004. 广西南丹大厂超大型锡多金属矿床的成矿时代[J]. 地质学报,78(1):132-138.

叶绪孙,严云秀,何海洲. 1996. 广西大厂超大型锡矿床成矿条件[M]. 北京:冶金工业出版社. 122-130.

http://www.kcdz.ac.cn