

粤东地区多金属找矿模型与找矿方向

郑建平

(广东省地质调查院, 广东 广州 510080)

摘要 根据粤东地区成矿地质背景和以往找矿实践, 总结出5个成矿模式: ① 上仓式铅锌矿; ② 玉水式铜多金属矿; ③ 嵩溪式银锑矿; ④ 西岭式锡多金属矿; ⑤ 钟丘洋式铜铅锌矿。通过对各种找矿标志的提取和优化, 总结出与成矿模式对应的5种典型矿床找矿模型, 并归纳为“火山岩型”和“层控型”2大类。提出以“层控型”和“火山岩型”铜多金属矿为目标矿床类型, 在与深大断裂有关的晚古生代拗陷区和中生代火山盆地开展新一轮找矿工作。

关键词 地质学; 区域找矿模型; 找矿远景区; 粤东地区

Polymetallic prospecting model and prospecting direction in eastern Guangdong

ZHENG JianPing

(Guangdong Geological Survey, Guangzhou 510080, Guangdong, China)

Abstract

According to mineralization geology background of Eastern Guangdong and the exploration in the past, the study summarized five mineralization patterns: ① shangcang type lead-zinc deposit; ② yushui type copper polymetallic deposit; ③ songxi type silver and antimony deposit; ④ xiling type tin-polymetallic deposit; ⑤ zhongqiuyang type copper-Lead-Zinc deposit. We summarizes five kind of typical ore deposit prospecting model which corresponding to the metallogenetic model, and classify into volcanic type and stratabound type by the way of extracting and optimizeing prospecting indicator. With the goal of "stratabound type" and "volcanic type" copper deposit types as the target polymetallic deposits, it puts forward a new exploration in the late Paleozoic depressions and Mesozoic volcanic basin which is linked with the deep fracture.

Key word: geology, region prospecting model, ore prospective area, eastern Guangdong

本文提及的粤东地区系指北东向河源深断裂带南东侧的广东东部地区。该区处于华南褶皱带南部, 是东南沿海(环太平洋西带)陆缘成矿带与南岭有色金属成矿带交汇部位, 北东端与武夷山铜多金属成矿带及东南沿海火山岩成矿带相接。在这样一个大背景下, 造就了本区成为具有隆起复式褶皱、深大断裂变质、构造岩浆岩带、火山盆地等多种活动形式、多组不同方向构造相互干扰、改造、叠加的成矿作用要素的集合, 成为广东省内重要成矿带之一。按成矿地质背景又将该地区分为2个III级成矿区带: 一是夹持于北东向河源和莲花山2个深大断裂带之间、以梅县—惠阳拗陷为主体的北东向铅锌铜银成矿区带(I); 二是莲花山深大断裂带南东侧、以北东向中生代断陷区为主的东南沿海锡银铜铅锌成矿区带(II)(图1)。

1 区域成矿地质条件

1.1 主要赋矿层位

该区赋矿层位主要为: ① 上泥盆统帽子峰组碎屑岩与天子岭组碳酸盐岩的过渡层位, 是沉积改造型铅锌锡矿的重要赋矿层位, 已发现有龙门上仓、马星等铅锌矿床; ② 下石炭统顶部碎屑岩与中上石炭统底部碳酸盐岩之间的不整合界面, 是本区重要的铜、铅锌赋矿层位, 如梅县玉水铜多金属矿床; ③ 下二叠统白云岩、白云质灰岩是沉积型菱锌矿主要赋矿层位, 已发现产于该层位的梅县麻坑锌矿床; ④ 上侏罗统高基坪群火山沉积建造, 是铜、铅锌矿找矿层位之一, 如紫金七树铜多金属矿带、惠来钟丘洋铜多金属矿床、梅县嵩溪银铋矿床、丰顺尖笔崇铅锌矿床等。

前 3 个重要赋矿层位主要分布于 I 成矿区内, 第 4 个赋矿层位在 I、II 成矿区内皆有分布 (图 1)。

1.2 控岩控矿构造

以北东向深、大断裂带 (河源深断裂带、紫金-博罗大断裂、莲花山深断裂) 为主干, 兼有近东西向 (佛冈-丰良深断裂、高要-惠来深断裂) 和北西向 (饶平-大埔大断裂、河婆-惠来大断裂) 深、大断裂带, 构成粤东地区主要构造格架。既是本区古生代、中生代控盆构造, 又是重要的构造岩浆活动带。自中生代以来, 沿这些断裂带发生中酸性岩浆侵位, 裂隙式或多中心间歇性火山喷发, 构成完整的构造岩浆侵入-喷发旋回及同源岩浆演化系列。其空间演化规律具有由北西向南东逐渐变新的趋势。

北东向深断裂带、东西向深断裂带、以及形成较晚的北西向断裂共同控制了晚古生代拗陷区、中生代火山岩盆地的展布。如龙门拗陷主要受控于北东向河源深断裂和东西向佛冈-丰良断裂; 梅县拗陷则主要受控于北东向莲花山深断裂带和北西向饶平-大埔大断裂带; 葵潭火山盆地则位于东西向高要-惠来深断裂带与北东向汕头-惠来深断裂带和北西向河婆-惠来大断裂带交汇处。这一系列拗陷和盆地是铜、铅锌、钨锡等金属矿产地的集中分布区。

北东向深大断裂带及其次级断裂构造控制了铜铅锌钨锡等金属矿床的分布。如莲花山断裂带中密集发育的北东向断裂, 是铜、铅锌、钨锡矿床的集中分布区。

根据粤东地区找矿实践总结出具有代表性的几个主个容矿构造: ① 产于北东向区域性断裂旁侧、第一次海侵旋回底部构造-沉积不整合界面, 是铜、铅锌矿床的重要容矿构造。② 花岗岩体外接触带钙质岩层层间断裂破碎带, 是铅锌矿床主要的容矿构造。③ 中生代火山盆地内与火山机构相关的断裂破碎带或盆缘断裂, 是铅锌、银铋矿床主要的容矿构造。④ 区域性断裂旁侧次一级断裂与褶皱复合部位, 是锡多金属矿主要容矿部位。本区具代表性的多金属矿床均产于区域性断裂带旁侧或盆地边缘的北西向界面断层、断裂破碎带中。如玉水铜矿、嵩溪银铋矿、钟丘洋铜矿等。

1.3 与成矿关系密切的岩浆岩

侵入岩 从加里东期至喜马拉雅期均有岩浆活动, 燕山期是岩浆活动鼎盛期, 具多期多阶段性, 以及活动强度由北西向南东逐渐增强的特点。燕山期侵入岩由同熔型和重熔型 2 个系列构成, 同熔型侵入岩主要沿北东向莲花山深断裂带分布, 重熔型侵入岩则主要分布于北东向河源深断裂上、受深大断裂控制的晚古生代拗陷周边及中生代盆地内。其中铜铅锌、铁铜矿床与呈小岩体或产于岩基边部呈岩株产出的燕山二、三期同熔型花岗岩、二长花岗岩关系密切; 热液充填交代破碎带——石英脉银金、锡铅锌、钨铜矿常与燕山三、四期同熔型或重熔型花岗岩类有关; 斑岩型铜钼、铜铅锌矿与燕山四期花岗斑岩、花岗闪长斑岩、石英闪长斑岩等有关 (汪雄武等, 2001)。

火山岩 以燕山期火山活动最为强烈, 在粤东地区形成 84 个火山喷发 (沉积) 盆地 (广东省地质矿

产局, 1982), 大部分形成于晚侏罗世, 部分形成于白垩纪。在多组区域性断裂交汇处的火山盆地及其边缘, 形成火山-次火山岩锡多金属硫化物建造, 其中晚侏罗世及早白垩世火山岩与铜铅锌等多金属矿化关系最为密切, 常形成裂隙充填型锡铅锌、银铅锌及斑岩型铜钼矿床。如嵩溪银锑矿床容矿岩石为中下侏罗砂页岩、凝灰岩、安山岩中, 成矿作用与晚侏罗世火山岩有关; 钟丘洋铜矿容矿岩石为上侏罗高基坪群流纹质晶屑凝灰岩、次英安斑岩, 成矿作用与早白垩世火山岩有关。

1.4 地球物理、地球化学特征

1.4.1 区域地球物理特征

(1) 重力场特征: 该地区的西北部属于广东省区域重力异常分区中的梅县-紫金舒缓重力低值区, 西南为广州重力高, 东南一线属东南沿海布格重力正异常分布区, 重力场的变化较大。低值区处于 2 条梯级带之间, 以平缓重力低为特征, 异常相对没有粤北、粤西突出, 极值多在 $-20 \times 10^{-5} \sim -45 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间, 异常中部等值线呈“S”型。低值区内分布着 2 条北东向重力低值带(兴宁-紫金-海丰和大埔-丰顺)和东西向的龙川重力高、北东向的蕉岭-梅县重力高。重力低多与花岗岩体或三叠—下侏罗统沉积建造有关, 重力高则主要是上古生代早期沉积较厚的海相灰岩、石英砂岩所致。

东南沿海重力高值区异常最大变化范围在 $-8 \times 10^{-5} \sim -32 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 之间, 水平梯度最大为 $0.37 \times 10^{-5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} / \text{km}$ 。这一梯度带为上地幔斜坡带的反映, 其内分布着极值在 $0.9 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ 的局部异常, 可能是密度较大的同熔型花岗岩或基性-超基性侵入岩的反映。

(2) 磁场特征: 粤东地区属于广州-梅县宽缓磁场区, 以区域正磁场为背景, 强度 $30 \sim 50 \text{ nT}$ 。东西或近东西、北东东等方向次级异常带发育, 长 $20 \sim 70 \text{ km}$, 宽 $5 \sim 45 \text{ km}$, 异常强度 $70 \sim 250 \text{ nT}$, 负异常为 $-20 \sim -200 \text{ nT}$ 。根据磁场特征、岩石磁性特征以及磁场区内地质条件, 认为正磁场可能与具弱磁性的花岗岩及震旦系变质混合岩有关, 而次级异常带则与磁性稍强的出露或隐伏的中酸性花岗岩、闪长岩和二长花岗岩关系密切。

1.4.2 区域地球化学特征

1:20 万区域化探资料在粤东地区共显示出 Cu、Pb、Zn、Ag、Sn、W、Au 等元素综合异常 162 处(乙类异常 159 处, 丙类异常 3 处), 分属 6 个地球化学找矿远景区。其中最有利找矿远景的 A 类远景区 2 处, 有较好找矿远景的 B 类远景区 4 处。主要异常具有规模大(成矿元素异常面积一般几十到上百平方公里), 强度高、元素组合及套合程度好的特点, 并多沿晚古生代盆地、中生代火山-次火山岩盆地边缘及深大断裂分布。其中 Cu、Pb、Zn、Ag 异常分布特征如下:

粤东地区是全省 Cu 异常强度和分布最好的地区。在梅县-惠阳拗陷区, Cu 异常主要分布于北东向的河源断裂带、紫金断裂带和梅县拗陷区。在沿海地区在南西段, Cu 异常主要分布于北东东-北东向的莲花山断裂带, 而北东段则展布于北西向饶平-大埔断裂带和澄海-潮州-梅县铜鼓嶂一带。Cu 异常又明显受基性岩浆岩的影响, 如兴宁和大埔辉绿岩脉出露区分布着较多 Cu 异常。

Pb、Zn 异常也主要分布于河源断裂带和紫金断裂带, 在北东向与东西向和北西向断裂带交汇处, Pb、Zn 异常强度明显增强, 并多沿古生代龙门拗陷和曾公嶂中生代火山盆地分布。区内已知铅锌矿床均有明显异常反映, 部分近地表或半隐伏矿出现 Ag、Cd 元素异常, 因此, 区内的铅锌及其元素组合异常是重要找矿信息。

Ag 异常沿北东向的河源断裂带、紫金断裂带和梅县拗陷分布, 特别是上古生界和上侏罗统出露区尤为明显。在该地区已发现火山岩型银矿(如梅县嵩溪银锑矿), 矿体产于上侏罗统火山岩, 地表有 Sb 低缓异常和 Ag 高背景异常分布, 此类隐伏矿是粤东地区银的重要矿床类型。

2 成矿模式与找矿模型

2.1 粤东地区区域成矿模式

根据粤东地区成矿地质背景和以往的找矿实践，总结出 5 个多金属成矿模式：

(1) 上仓式铅锌矿

沿着燕山期花岗岩外接触带上、上泥盆统天子岭组、帽子峰组地层当中的含碳酸盐岩、碎屑岩复杂层位并有顺断裂构造迭加部位，形成的一系列的接触交代型、热液型、断裂构造充填交代型磁铁矿、铅锌锡矿床。典型矿床有龙门上仓铅锌矿。

(2) 玉水式铜多金属矿

产在中晚石炭世海侵旋回底部，即中上石炭统壶天群与下石炭统忠信组砂、页岩或以前地层不整合界面或界面断层上，与上覆地层产状基本一致，自下而上由热液蚀变充填交代脉状矿体、海相火山沉积似层状矿体、微裂隙充填矿体 3 部分组成。厚、富的矿体和特征性矿石（角砾状构造矿石、塑性流动角砾状构造矿石等）都集中分布在近界面断裂处，并伴生有碧玉岩、赤铁矿等海相火山沉积硅铁建造。属海底火山喷流、热液沉积块状硫化物型铜铅锌（银），并经后期改造的层控矿床。铷锶等时线年龄为 (265.66 ± 1.57) Ma（何耀基，1998），成矿时代为石炭纪晚期。

(3) 嵩溪式银锑矿

位于海西印支期拗陷区内、中生代火山岩盆地的北缘，容矿岩石为下侏罗统金鸡组细粒砂岩，粉砂岩互层，局部夹黑色页岩、凝灰岩和生物灰岩，底部见一层厚 15 ~ 30 m 玄武岩等组成的北西背斜南东倾伏端，以背斜轴部北东、东西组断裂带为容矿构造。氢氧同位素、铅同位素及硫同位素资料表明，成矿热液多来源，成矿作用具多期多阶段性。矿石 K-Ar 同位素年龄为 (159.2 ± 4.7) Ma（肖惠良等，1997）。属于与早侏罗世火山岩沉积有关、晚侏罗世后期热液改造的大型银锑矿床。

(4) 西岭式锡多金属矿

位于区域性北东、北西和东西向深大断裂联合控制的中生代龙潭火山盆地东缘，锡铅锌矿床产于下侏罗统金鸡组动、热浅变质岩的系列北西向层间破碎带中，属典型的锡石硫化物型矿床。

(5) 钟丘洋式铜铅锌矿

分布于中生代火山岩盆边缘，矿床产于上侏罗统高基坪组火山凝灰岩中的潜火山岩相（次英安斑岩体）顶部界面上及内外接触带，铜矿受次火山岩体和火山凝灰岩界面附近北西向节理、裂隙带控制，属细脉浸染状次火山岩型铜铅锌矿床（图 1）。

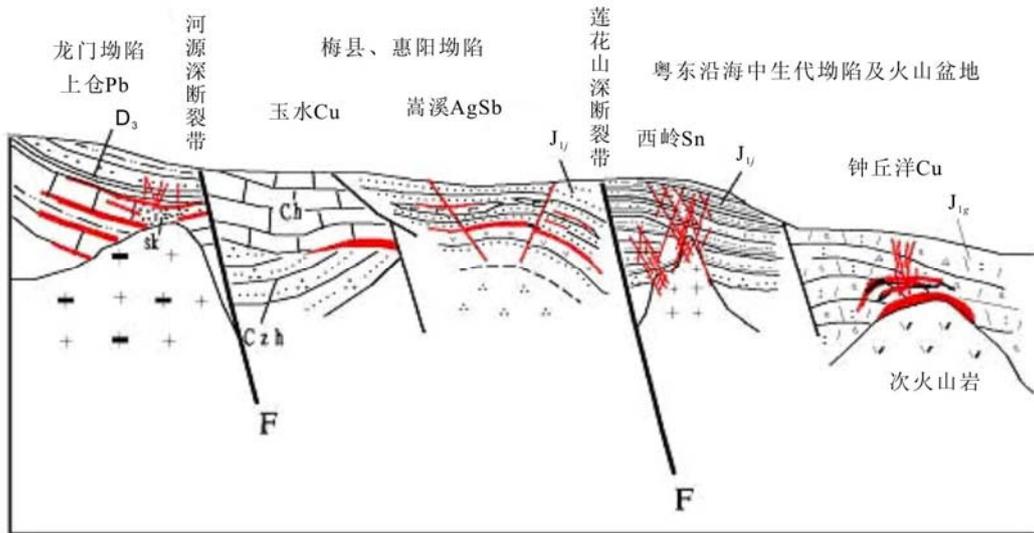


图 1 粤东成矿模式示意图

2.2 粤东地区区域找矿模型

通过对各种找矿标志的提取和优化,提出粤东地区5种典型矿床找矿模型,可归纳为“火山岩型”和“层控型”2大类(表1)。

3 找矿方向

3.1 找矿思路

按照由表及里、由浅到深、循序渐进的原则,粤东地区在过去的地质找矿工作中,以地表矿体或矿化露头为标志,就矿找矿,找到了一批大、中型规模的多金属矿床。20世纪80年代中后期,根据物化探异常进行深部验证,找到了为数不多的几个隐伏多金属矿床,如梅县玉水中型铜多金属矿床、惠来钟丘洋中型铜矿床等。当前我省乃至我国东部地区地质找矿形势充分表明,找矿勘查工作基本上已经进入寻找中深部隐伏矿的阶段。因此,在找矿思路和工作方法手段方面要适应新形势的需要,必须得到根本上的转变。

根据粤东地区成矿地质背景、矿床(点)分布特征、物化探异常及其分布特征分析,具较大资源潜力主要是铜、铅锌矿,其次是银矿和锡多金属矿。应继续沿深大断裂两侧晚古生代拗陷、中生代火山盆地及其周边,以寻找“玉水式”界面矿和“嵩溪式”、“钟丘洋式”火山-次火山岩银、铜铅锌和锡多金属矿为主要目标,开展新一轮找矿工作。

3.2 矿床类型与找矿远景区

基于本区特定的区域地质背景,晚古生代拗陷区和中生代火山盆地这2个构造单元仍是最主要的找矿区带。就拗陷区而言,粤东地区主要有梅县拗陷、龙门拗陷和惠阳拗陷3个古生代拗陷区,以寻找“玉水式”和“上仓式”沉积-改造型铅锌铜矿为主要找矿方向仍有较大潜力。另外,在众多的火山盆地中,以产于深大断裂旁侧、多组深大断裂交汇处的火山喷发盆地具较好成矿条件,以寻找与火山活动有关、与火山机构空间关系密切的火山-次火山岩型铜铅锌矿、锡多金属矿及斑岩型铜矿等矿床的前景较大。本文将找矿潜力较大的矿床类型归纳并简称为“层控型”和“火山岩型”,同时提出相应的找矿远景区。

3.2.1 “层控型”

区内“玉水式”和“上仓式”沉积-改造型多金属矿床均属此类型。因产于不同时代岩层、或不同岩性界面(包括不整合面、界面断层、层间断层等)上,统称为“层控型”。但是,不能简单地认为所有这种界面都能形成矿床。过去,根据“玉水式”铜多金属矿床产于中上石炭海侵旋回的底部这一事实,在碳酸盐岩地层下钻,投入了大量工作量,结果是一无所获。因此,在具有类似界面的地区,对区域控岩、控矿构造的研究就显得至关重要了。良好的围岩条件是前提,后期的构造和岩浆热液活动是关键。选择在晚古生代拗陷与区域性深大断裂交接部位有望找到“层控型”多金属矿床。处于梅县拗陷南缘与北东向莲花山深断裂及北西向径心背斜结合部位的梅南地区,区域构造对成矿极为有利,铜、铅锌矿点成群分布,是铜多金属良好的找矿远景区;龙门拗陷东部公庄地区,东侧紧靠河源深断裂带,具本区最强大的CuPbZnAg异常,南北长近20 km,东西宽6~10 km,异常区除东部有利山铜铅锌矿、上达利铅锌矿,北部有网顶山锡矿点外,其他地段为空白区,找矿空间和潜力巨大。

表 1 粤东地区找矿模型一览表

矿床类型及模型	容矿地层(围岩)成矿部位	成矿期	控矿构造	与成矿有关岩浆岩	地球物理、化学特征	主要矿化特征	围岩蚀变	成矿元素(矿物)组合
火山岩型								
嵩溪式	下侏罗统砂页岩夹泥灰岩、中侏罗统砂页岩夹凝灰岩、凝灰质砂岩、安山岩	燕山期	北西向、东西向断裂控矿	凝灰岩、安山岩、石英斑岩	Sb、Ag (Pb、Zn、Cu) 组合	矿脉成组成带沿北西向和东西向断裂填充交代, 上部为含锑硅化破碎带, 下部过渡为含锑银石英脉	硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化	Sb-Ag; Sb-Ag (PbZnCu)
钟丘洋式	隐伏潜火山岩体(次英安斑岩)的顶部与高基坪群火山岩(流纹质晶屑凝灰岩)的接触界面或附近	燕山期	隐伏潜火山岩体顶部附近北西向断裂及其上盘裂隙密集带	次英安斑岩	低缓的 Cu、Sn、Pb、Zn 异常	铜矿体呈细脉浸染状及浸染状产于隐伏潜火山岩体与高基坪群火山岩的接触界面或附近	硅化、绢云母化	Cu-Pb-Zn
西岭式	花岗斑岩与下侏罗金鸡组碎屑岩的内接触带	燕山期	北西向断裂局部偏西转折部位, 花岗斑岩内接触带原生节理裂隙, 外接触带构造蚀变带	花岗斑岩、花岗细晶岩、石英闪长玢岩、石英斑岩及安山岩	磁异常及 SnAuAg 异常	锡矿体赋存于含锡石的电气石石英薄脉、细脉及其脉侧矿化蚀变围岩内, 铅锌矿体主要产于下侏罗金鸡组碎屑岩构造蚀变带中	以绢云母化、硅化为主, 次为绿泥石化和碳酸盐化	Sn-Pb-Zn
层控型								
玉水式	中上石炭统天群碳酸盐与下石炭统忠信组砂页岩夹凝灰质砂岩或以前地层的整合界面上	海西期	梅县坳陷之次级局限盆地北西向界面断裂控矿, 北东(东西)向古断裂导矿	沉凝灰岩-铁碧玉岩-凝灰质砂岩-玄武岩	隐伏的低阻高极化率, Cu、Pb、Zn、Ag、W、Sn 异常组合	铜铅锌银硫化物块状矿体, 呈似层状透镜状中上石炭统天群碳酸盐与下石炭统忠信组砂页岩夹凝灰质砂岩的不整合界面上	矿体下部硅化、电气石化较强, 矿体上部蚀变甚弱或无热液蚀变现象	Cu-Pb-Zn-Ag; 或 Pb-Zn(Cu)-Ag
上仓式	上泥盆统帽子峰组顶部碳酸盐夹碎屑岩, Pb、Zn 背景值较高。	燕山期	花岗岩体与地层接触带外带中, 灰岩与细砂岩、粉砂岩、页岩接触界面的北西向层间剥离、层间破碎带。	燕山三期中粒斑状黑云母花岗岩。	以 Pb、Zn 异常为主, 套合一定的 Cu、Ag、As 异常	矿化带分布于上泥盆统帽子峰组第三岩性段地层中, 矿体呈似层状、顺层产出。	硅化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化、绢云母化。	Pb、Zn、Cu、Ag

3.2.2 “火山岩型”

本区典型矿床有“嵩溪式”银多金属矿、“钟丘洋式”铜多金属矿和“西岭式”锡多金属矿床，产于中生代火山喷发盆地，与中酸性次火山岩关系密切。有研究中国东部火山成矿作用的学者认为（耿文辉等，2004），次火山岩的发育程度对成矿有直接影响。次火山岩活动期次、种类多，岩浆演化程度高，成矿作用表现为多期次、多种矿化叠加，易形成大中型矿床。在成矿专性方面，酸性次火山岩常与锡银铅锌矿床有关，中酸性-中性次火山岩与铜金、铜多金属矿床关系密切。本区具备这些条件的区段较多，如莲花山喷发带上的铜鼓嶂、明山嶂、香炉山、莲花山、丰良等火山喷发盆地，以及潮安喷发带上的麒麟尾、龙潭、西岭、观音山、宝楼山等火山喷发盆地，喷发序次和岩性具早期为酸性、晚期为中酸性的规律。在这些火山盆地中已发现一批铜多金属、锡多金属和铅锌矿床，如产于石流潭火山盆地北东缘钟丘洋铜多金属矿、西岭火山盆地的西岭锡多金属矿、丰良火山盆地的尖笔崇铅锌矿等，矿体的空间分布与火山机有着直接或间接的联系。此外，在上述火山盆地中还分布有一批铜、铅锌、锡矿点，由于当时工作程度和认识程度的局限性，未能深入进行工作，因此可以说，在粤东地区开展“火山岩型”铜、锡多金属找矿潜力较大。

4 结 语

粤东地区的成矿条件较好，是广东省多金属矿床（点）、化探异常的密集区。近年来，随着国家一系列鼓励矿产资源勘查政策的出台，矿产资源勘查投入多元化势头强劲。国土资源部近日发布了《关于促进深部找矿工作指导意见》，其总体战略目标是，“发现一批具有宏观影响的深部矿床，显著增加已有矿山接续资源储量，明显延长矿山服务年限”。就广东而言，选择省内紧缺的重要矿种，在重要成矿区带和主要大中型矿山周边地区，开展中深部矿和隐伏矿找矿试点项目。充分利用前人勘查资料和现有矿山开采系统，进行对比、分析、研究，总结地质、物探、化探、遥感综合找矿信息，建立具有本区特色的深部成矿和找矿理论，建立深部找矿方法与技术体系，提升矿产预测的理论和方法技术水平。要扎实做好前期基础地质工作，在开展隐伏矿床找矿方面勇于探索实践，有望在粤东地区中深部隐伏矿找矿方面取得突破。

参 考 文 献

- 耿文辉, 等. 2004. 中国东部地区火山岩型铜银多金属矿床找矿评价标志. 地质与勘探, 40(3):1-4.
- 广东省地质矿产局. 1982. 广东省区域地质志.
- 何耀基, 梅县玉. 1998. 水铜铅锌(银)矿床成矿机制及找矿标志. 广东地质, 13(2).
- 汪雄武, 等. 2001. 花岗岩成矿的地球化学判别标志. 华南地质与矿产, 4:36-44.
- 肖惠良, 等. 1997. 广东嵩溪银铋矿床的地质地球化学特征. 火山地质与矿产, 18(4).