文章编号: 1009 - 9700(2007)06 - 0019 - 04

广东银岩—东田矿田锡—金成矿系列的研究

周纯明
(深圳东湖公园管理处, 广东 深圳 518021)

摘 要:银岩—东田是粤西地区锡矿与金矿的集中产区. 本文对该区锡矿和金矿产出的地质位置及其与构造、岩体的时、空关系进行了系统的研究. 发现锡、金是岩浆分异演化和多期多阶段成岩成矿的产物,是温度、压力及其物化条件改变状况下的结果. 较早产出锡和钨钼铋组合. 较晚为金银矿组合,它们构成一个成矿系列.

关键词:矿田; 成矿系列; 粤西
中图分类号: P611; P618.44; P618.51 **文献标识码**: B

On study of tin and gold metallogenetic series of Yinyan-Dongtian ore deposits

ZHOU Chun-ming
(Shenzhen Dong Lake Park Office, Shenzhen 518021, Guangdong)

Abstract: Yinyan-Dongtian ore-field is a concentration area of tin and gold deposits in western part of Guangdong province. It's geologic position and the time-space relation between position and structure, rock body were systematically studied. Tin and gold are the products of magmatic differentiation and polyperiod-polystage lithogenesis and metallogenesis. Sn, W, Mo, Bi association are the early products, whereas the Au, Ag are the late products, which constitute a metallogenetic series.

Key words: ore field, metallogenice series, western part of Guangdong

1 成矿地质背景

矿田位于云开隆起的腹部,东面为吴川-四会断裂带,西面为信宜-廉江断裂带. 矿田出露震旦系云开群 b组的眼球状黑云母混合花岗岩、条带状混合花岗岩、白云母长石石英片岩和变粒岩. 片岩居于矿田的中央,形成一个北西—南东向长约 30 km,宽数 km的"船形"体,四周被混合岩包围. 本区为单斜构造,地层中岩石片理因受挤压而形成紧闭和密集的小褶皱、虚脱,剧变地段常是控矿的部位. 断裂构造发育,主要有北西向和北东向两组. 北西向断裂成带出现,且发育断裂破碎带、糜棱岩带,多属压扭性质,与北东向断裂切割处,常是控岩控矿的位置. 燕山晚期银岩重熔岩浆的侵入、定位、冷凝产生岩体内部、接触带和近岩体的围岩的冷缩裂隙构造、冷凝虚脱构造都是重要的控矿构造,并对矿床的形成起直接的制约作用.

2 锡矿、金矿产出特征

银岩花岗斑岩是本矿田锡、金的成矿母岩,在成矿构造的配合下,控制所形成的矿床在矿物组合、时空上作有规律的带状分布,即岩体内部形成斑岩锡矿床,外接触带为放射状锡石硫化物矿脉,再外围有多个方向产出的金(银)矿脉(图 1).

2.1 锡矿的产出特征

矿田内的锡矿有两种矿床类型:斑岩型锡矿和脉型锡矿.

2.1.1 斑岩型锡矿

产于银岩花岗斑岩筒内部,主矿体四周延伸深,中间浅,呈倒杯状分布于标高 900～1100 m之间,在此范围内几乎全岩矿化,岩筒中间锡品位高,边部品位较低.

2.1.2 在主矿体下部

即标高 750～900 m之间,产有钨锡钼综合矿体,在外接触带的围岩中大量发育钼矿比. 金属矿

收稿日期: 2006-09-25; **修订日期**: 2007-04-28
作者简介:周纯明(1954-),男,1976年毕业于中山大学地质学专业,工程师.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

物以锡石为主,黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿、黄铜矿、闪锌矿等次之. 锡石呈褐色、浅褐色,以两种形式存在矿石中: 1) 浸染状或团块状产于强烈的面型蚀变岩中,粒度 0.05～0.15 mm; 2) 呈细脉状产于石英黄玉细脉、云英岩细脉和斜绿泥石细脉中,粒度 0.01～0.08 mm.

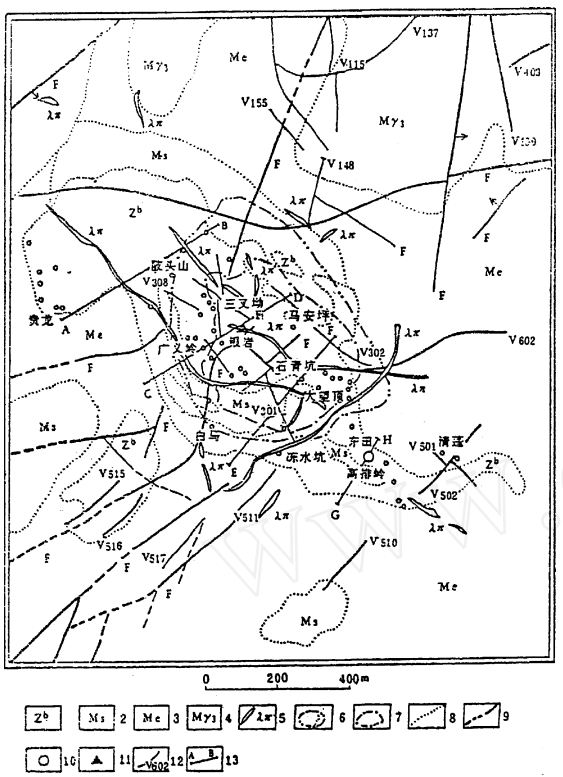

图 1 银岩—东田矿田地质略

1 - 震旦系区域变质岩; 2 - 条带状混合岩; 3 - 眼球状混合岩; 4 - 混合花岗岩; 5 - 石英斑岩脉; 6 - 绿泥石化界线; 7 - 硅化带界线; 8 - 地质界线; 9 - 实测及推测断层; 10 - 金矿床 (点); 11 - 斑岩锡矿; 12 - 锡矿脉; 13 - 地质剖面线

2.1.3 脉状锡石硫化物矿

产于岩筒顶及其外围,沿各组裂隙呈放射状分布,如坳仔—烂窝一带. 脉型锡矿按其矿物组合、形态特征、离斑岩体近远可分三种类型: 锡石云英岩脉; 锡石硫化物脉; 锡石石英脉.

2.2 金矿产出特征

本矿田金矿床 (点) 在空间分布上均未越出银岩斑岩体所在的片岩带,形成以心、轴、面组合的金矿化分布规律,即以银岩花岗斑岩为中心,通过中心的北西向剪切破碎带位矿化轴,矿化轴上及其附近的高排岭、东田、白马、大望顶、三叉坳、白鸡坳六片矿化密集区,构成金矿的分布格局. 区内金矿有 3 个主要矿床类型.

2.2.1 沿层矿化片岩型金矿

本类型金矿形成于区域变质的片岩中,金矿化顺层产出,一般没有明显的边界线,据分析结果圈定的矿体呈似层状、透镜状、雁行状,多个矿体形成断续分布的金矿带. 组成矿物简单,主要为自然金和石英及少量黄铁矿、辉银矿、方铅矿、闪锌矿. 矿带总的倾向为 NW220°,倾角 30～50°. 金矿化比较均匀,常有局部富集地段,矿床规模较大,以东田金矿为代表.

2.2.2 石英脉型金矿

含金石英脉产于震旦系变质岩中,有顺层矿脉、斜截层矿脉. 以单脉或脉组产出,规模大小不一,单脉长数十米至数百米. 主要组成矿物有自然金、石英及少量铜铅锌硫化物. 金矿化极不均匀,局部富集成金矿包. 这种类型的金矿数量多、分布广,但规模小,如青石坑等.

2.2.3 硅化断裂带—石英脉复合型金矿

含金热液沿各种地层岩石的构造断裂带强烈蚀变和矿化. 在裂隙较宽部位沉淀含金的石英脉体或团块,或由细脉构成网脉状蚀变带、蚀变破裂岩、蚀变角砾岩带. 多数矿点金矿化极不均匀,不同矿区矿体产状不同,有北东、北西走向和东西走向,如白马、三叉坳金矿.

3 成矿作用

3.1 锡、金来源于银岩花岗斑岩体

银岩体为花岗岩类复式岩体,隐伏产出,经历了二个阶段三次侵入. 岩体富硅、富碱、富挥发分、富含烯土和高分异指数 ($D1$大于 92)为特征. 锆石 U - Pb法一致曲线年龄的下交点为 78.1Ma是该矿田产出锡、金的近似成矿年龄. 成矿物质来自银岩岩体,证据如下:

1) 岩石地球化特征

a)银岩矿区系统的岩石地球化学测量,表明异常元素有 Su、W、Mo、Li、Be、Nb、K、Na、Ni、Ba、Sr、Cu、Pb、Zn、Ag、HG、F等. 其中 Su异常强大,为 30～1428 mg/kg,高出地区背景值 3.8～183倍,异常面积大于银岩岩体面积 25倍以上. 挥发分 F达 2 000～22 000 mg/kg,是矿区背景值的 3.6～40倍. 各种异常元素为具体水平和垂直分带,这与锡矿、金(银)矿空间分布一致. b)对横过全区震旦系变质岩的 160 km地质剖面系统的岩石微金分析,结果表

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

明各种岩石的含金量在 1～3 μg/kg之间,相当地壳的平均值. 金的高丰度值只出现在构造破碎带上,说明本区没有"矿源层",构造破碎带的金高丰值不是从地层岩石转移而来,却具有岩浆气水热液的地球化学特征.

2) 同位素特征

矿田内主要锡矿、金矿及有关侵入体的同位素组成特征表明,它们之间存在成因联系和成矿物质的岩浆来源.

a) 铅同位素特征. 从表 1的数据可以看出:银岩斑岩型锡矿石、脉型锡矿石中的黄铁矿与银岩斑岩中钾长石的铅同位素组成基本一致,除地表硫化物脉中黄铁矿的数值变化稍大 (可能受围岩的影响)外,变化范围窄,成矿物质主要来自花岗斑岩. 东田金矿石的数据与银岩岩体和锡矿石的数据也基本一致,表明它们的物质来源的同源性,均为同源同期岩浆演化的产物. 东田金矿样品铅同位素 $^{206}Pb/^{204}Pb$变化为 0.82%; $^{207}Pb/^{204}Pb$变化为 0.29%; $^{208}Pb/^{204}Pb$变化为 0.11%,铅同位素组成非常一致. ^{206}Pb、^{207}Pb、^{208}Pb的相对百分含量投影在座标图中,均在正常铅范围内,黄铁矿中无异常铅混入,本区锡矿、金矿和岩体铅均属同源正常铅.

表 1　银岩—东田矿田主要银矿、锡矿和有关岩体的铅同位素组成

矿区	样品号	样品种类	锡同位素组成 $^{206}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$	资料来源
信宜东田金矿	花岗质岩 - 1	全岩	19.039	15.722	38.593	参考文献[2]61页
	花岗质岩 - 2	全岩	16.228	15.717	51.17	
	ZK_{42}^{112} 金矿石	黄铁矿	18.028	15.735	38.572	
	ZK^{42209} 金矿石	黄铁矿	18.177	15.689	38.573	
信宜银岩锡矿	Y - 302 花岗斑岩	钾长石	18.698	15.620	39.020	参考文献[1]45页
	YCD4N - 47 斑岩锡矿石	黄铁矿	18.560	15.590	38.738	
	Y - 56穿过斑岩和角岩的含锡硫化物脉	黄铁矿	18.601	15.643	38.784	
	Y - DB 地表硫化物脉	黄铁矿	17.877	15.489	39.085	
信宜金鸡坳矿	花岗斑岩脉	全岩	13.860	15.682	39.123	本文

东田金矿的花岗质岩 (混合花岗岩)全岩铅同位素组成 $^{208}Pb/^{204}Pb$分别为 38.593和 51.178,变化为 24.59%,变化很大. ^{206}Pb、^{207}Pb、^{208}Pb的相对百分含量投影在图中均落在异常铅范围,属特殊的 J铅,表明有异常铅的混入. 铅的源区特征,将东田金矿、银岩锡矿的 u值投影分别落在克拉通化地壳范围和上地壳铅平均演化曲线上,说明它们的成矿物质来源于地壳的重熔岩浆. 而东田的花岗质岩石 u值则投在非克拉通化地壳铅范围,表明以壳源为主.

b)氢氧同位素特征. 从银岩锡矿石和东田金矿石中挑选石英单体做氧同位素分析和包裹体的氢同位素分析 (表 2)可看出以下特点:

银岩锡矿 $\delta^{18}O$值在 10.3% ～11.5‰,差值 1.2‰,平均值 10.9‰,东田金矿 $\delta^{18}O$值在 11.1‰～12.3‰,差值为 1.2‰,平均值 11.73‰ 锡矿和金矿的 $\delta^{18}O$分布范围窄,相当于地壳再造花岗岩范围 (10‰～13‰, Shiel和 Taylor, 1969). 两者的平均值为 11.3‰,表明成矿物质均来自矿田中花岗斑岩岩浆系统.

银岩锡矿、东田金矿的成矿热液 $\delta^{18}O_{H2O}$值变化范围为 +3.1‰～+5.2‰,均比"正岩浆水"($\delta^{18}O_{H2O}$ +6.9‰+9.0‰)低,反映在岩浆热液演化与形成过程中有外来地下水加入,其数值越低即混入的地下水越多.

银岩锡矿石包裹体中氢同位素相对稳定,δD_{H2O}为 -47‰,落在泰勒"正常岩浆水"(δD_{H2O} = -40‰～-80‰)之内. 东田金矿石 δD_{H2O}值为 -78%～-86‰,数值偏低,其值在大气水与"正岩浆水"之间 (图 2). 说明他们的成矿热液均来源于重熔岩浆水并有部分大气水渗入.

3)硫同位素特征. 银盐锡石和东田金矿矿石中黄铁矿的硫同位素分析结果,前者 $\delta^{34}S$为 -2.30‰～+2.11‰,后者 $\delta^{34}S$为 -1.3‰～-3.7‰,两矿的变化范围都较窄 (图 3),明显呈塔式效应,均属岩浆热液型硫.

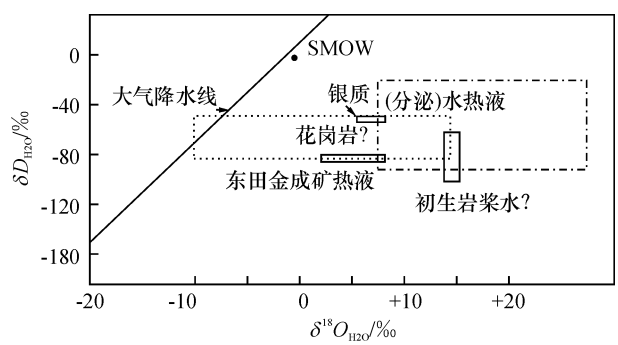

图 2　银岩、东田矿成矿热液 δD_{H2O}、$\delta^{18}O_{H2O}$ (‰)投影

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

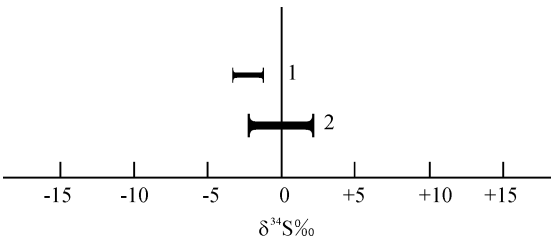

图 3 东田金矿石和银岩锡矿石硫同位素的 $\delta^{34}S$‰

1 - 东田金矿石黄铁矿中的 $\delta^{34}S$‰; 2 - 银岩锡矿石黄铁矿中的 $\delta^{34}S$‰

3) 稀土元素组成特征

表 3是银岩花岗斑岩、银岩锡矿和东田金矿的稀土元素分析结果. 花岗斑岩与斑岩锡矿的线性相关系数 R = 0.99,花岗斑岩与东田金矿的相关系数 R = 0.72,说明锡矿与花岗斑岩的关系更为密切. 东田金矿的稀土总量较少,轻稀土大于重稀土, Eu亏损也较少,显然是由于花岗斑岩体高度分异演化的结果. 在演化过程与岩体上部形成锡矿,同时也富集了稀土元素,而金矿的成矿热液分出稍晚,迁移离开岩体较远,外来地下水加入较多,致使热液成矿轻稀土多于重稀土.

表 2 银岩锡矿、东田金矿氢氧同位素组成

矿区	样 号	矿石类型	测定矿物	$\delta^{18}O_{H2O}$ /‰ 石英 (SMOW)	$\delta^{18}O_{H20}$ /‰(T/℃)	δD_{H20} /‰ (SMOW)	资料来源
信宜	CD4N - 47	斑岩锡矿石	石英	+10.3	+4.1(320℃)		参考文献
银岩	PD1 - 12	围岩中含锡石英脉	石英	+11.5	+3.1(260℃)	- 47	[1]47页
锡矿	y - Sn	斑岩锡矿石	锡石	+5.0	+3.3(300℃)		
信宜	ZK_{42}^{230}	硅化云母片岩矿石	石英	11.8	4.7 - 3.8	- 87	
东田	ZK_{42}^{112}	矿化云母石英矿石	石英	11.1	4.0 - 4.5	- 78	参考文献
金矿	ZK_{42}^{209}	含硫化物石英细脉矿石	石英	12.3	5.2 - 3.2 (300℃) (150℃)	- 80	[2]61页

3.2 成矿物理化学条件

3.2.1 成矿温度

银岩锡矿不同类型的矿石中石英、黄玉包裹体均一温度分布范围较广,经历了从高温到中温的过程. 早期云英岩化矿石成矿温度为 420～260 ℃;硅化黄玉化矿石为 400～240 ℃;锡石石英脉有两期,早期 450～380 ℃,晚期 260～200 ℃. 外围的金矿石均一温度有两个峰值,早期 300～270 ℃;晚期为 200～180 ℃. 上述资料说明花岗斑岩体自下而上矿石形成的温度逐渐降低,锡矿形成的延续时间长,而金矿形成阶段不多,持续时间较短,也说明矿田内锡—金成矿的连续性和阶段性.

3.2.2 成矿压力

根据 Roedder1980年提出利用 NaCl - H_2O溶液体系中,不同密度的 NaCl等线温度与压力的关系在已知温度和密度的情况下,可求得成矿溶液的压力,而由均一温度和盐度可求的密度. 经计算和图解,银岩锡矿的成矿压力为 400～600 $\times10^5$ Pa,东田金矿为 200～300 $\times10^5$ Pa,反映斑岩锡矿形成深度大,成矿环境相对封闭,而金矿形成深度较浅且成矿环境相对开放.

3.2.3 成矿溶液的酸碱度和氧逸度

由包裹体的液相成分直接进行 pH值测定 (表 3),银岩锡矿主要成矿阶段成矿溶液 pH = 4.40～3.75, f_{O_2} = 10^{-30}～10^{-40}. 东田金矿成矿溶液 pH = 6.23～6.46, f_{O_2} = 10^{-38}～10^{-48}. 东田金矿成矿溶液 pH = 6.23～6.46, f_{O_2} = 10^{-38}～10^{-48}. 考虑水在 150～300 ℃条件下,中点值 pH = 5.6～5.8,反映由锡矿至金矿成矿溶液经历了由弱酸性至弱碱性的变化,且氧逸度都较低.

3.2.4 成矿溶液的盐度和成分

1)成矿溶液的盐度是根据三相包裹体中子矿物 NaCL的熔化温度计算所得. 银岩锡矿主要成矿阶段成矿溶液的盐度高达 34.1%～44.2%. 东田金矿为 5%～10%,属低盐度成矿溶液,这与地下水的渗入有关.

2)银岩锡矿中包裹体成分以 K、Na、Ca、Fe、F、Cl、S、CO_2、H_2O为主,反映矿液富碱、富铁、富挥发分的特点. 东田等金矿以 K、Na、Ca、S、CO、H_2O为主, K、Na、Ca比银岩锡矿低几至几十倍, F、Cl低 1～2个数量级,反映含锡热液碱交代和形成络合物的能力强. 而无矿石英脉中石英包裹体中 K、Na、Ca、CO_2、CO及总盐度都很低.

上述资料说明银岩—东田矿田锡矿、金矿是燕山晚期重熔岩浆热液形成的,成矿物质来自岩浆的分异演化.

(下转第 39页)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

待时间及温降,增强立辊轧机刚度.

8)采用 HAWC、HAGC、工作辊弯辊、热凸度控制、控轧控冷、卷轧工艺、层流冷却、张力控制、IEGT三电平变频矢量控制、踏步控制、动态矫直 HAGC等技术最大限度地提高产品质量、产量和收得率.

9)控制系统采用 IEGT三电平变频矢量控制保证电网稳定,在没有无功补偿系统情况下避免对上游电网造成冲击,减少占地面积和投资.

10)采用快速换辊装置,减少换辊时间,提高轧机作业率.

11)原料至成品的流程最短,即从冶炼原料至轧制成品流程不到 2 000 m,可获得高的钢水收得率和高的资金回收速率.

12) HAGC油缸采用下装式,保证轧制线标高根据板形或轧制程序自动无级调整,可以获得较高的板形及厚度控制精度.

13)采用热分切剪,在一期没有飞剪及可用厂房长度最多只有 620 m的情况下使大规格坯料及薄规格产品的生产成为可能. 同时使激光划线与磁力对中装置的操作易于实现,减少圆盘剪的跑偏与切边不均,提高成材率,缓解冷定剪的剪切压力,提高整条生产线的产能.

14)选用高效剪切线. 激光划线、磁力对中、双边圆盘剪切、滚切定尺,测量辊编码器记数测长与激光测长同时使用,提高定尺精度和剪切质量.

5　结论

韶钢热轧宽板厂轧机区设备于 2005年 2月 28日正式过钢投产, 2005年 6月一期设备全线贯通, 2005年 10月实现月达产目标,各项性能指标到达或超过设计指标. 该项目是一项投资省、见效快、自动化水平较高、产品质量好、生产指标先进的现代化宽中厚板 (卷)厂改造项目. 高效节能高压水除鳞系统、传动机构下装式的立辊轧机、HAGC油缸下装式的四辊轧机、热凸度控制、控轧控冷、动态矫直 HAGC、冷床前的热分段剪、IEGT三电平变频矢量控制和踏步控制等技术在国内外均具有先进水平.

(上接第 22页)

表 3　银岩—东田石英、锡石包裹成分及 pH值分析结果

样号	矿石类型	矿物	液相成分 / mg·kg^{-1}									气相成分 /ml10^{-7}g^{-1}			
			K	Na	Ca	Mg	Fe	HCO^{-3}	F	Cl	SO^{2-4}	p值	CH_4	CO_2	CO	H_2O
Y-Sn	斑岩锡矿石	锡石	31.1	19.8	70.2	0.8			29.0	57.1	67.2	4.40	0.57	15.44		112.72
YCD_4N_{-47}	斑岩锡矿石	石英	6.20	31.8	82.2	0.6	29.4		21.2	71.4	31.4	4.10	1.62	9.86		89.61
YPD_{1-12}	角岩中含锡石英脉	石英	14.5	15.8	47.5	4.2	2.0		27.1	28.6	38.6	3.75	1.61	9.81		80.81
K_2	锡石硫化物石英脉	石英	1.25	1.97	0.18	0.41	6.2		3.0	3.0		6.50	2.94	8.2	1.10	1357
K_1	无矿石英脉	石英	0.42	1.56	0.39	0.04			0.30	3.5		6.60	1.43	8.70	0.88	1000
$2K_{42-112}$	金矿石	石英	5.02	2.31	11.26	1.92			0.22	0.45	27.42	6.23		5.36	78.30	60.39
$2K_{42-209}$	金矿石	石英	1.61	1.02	7.62	1.01		2.09	1.02	0.43	18.72		6.35	4.37	7.40	62.23
$2K_{42-230}$	金矿石	石英	3.10	2.06	8.85	0.20		1.01	0.52	0.54	14.03	6.46	0.93	0.52	23.88	77.38

由于成矿作用的多次进行,每次成矿活动析出的含矿流体的温度、压力、酸碱度、浓度及成分均有不同. 成矿元素析出时间的先后和自身的地球化学性质的不同,在构造活动的配合下,锡、金等矿元素便选择在适合自己成矿的地质构造环境中,通过交代充填的方式沉淀下来. 锡钨钼铋组合形成于岩筒内部和接触带,锡石硫化物以脉形成于外接触带,而金银则迁移较远离岩体形成中低温浅成矿床.

文章编写过程幸获中山大学地质学系姚德贤教授的帮助,在此表示衷心感谢.

参考文献

[1] 余受鋆、陈志中. 粤系南锡矿成矿规律 [M]. 广州:中山大学出版社, 1990.

[2] 邓　　、冯国荣、杜金龄,等. 粤系南金矿成矿规律 [M]. 广州:中山大学出版社, 1991.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net