文章编号:1008-0244(2003)03-0070-06

云南个旧锡矿床成因研究综述

张　欢[1,2],高振敏[1],马德云[1],陶　琰[1]

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室,贵州　贵阳 550002;
2. 中国科学院研究生院,北京　100039)

摘　要: 从成矿地质背景、矿床地质特征及地质发展史出发,依据矿石光片鉴定及鲕状黄铁矿电子探针分析,综合分析前人提出的岩浆热液成矿和热水沉积成矿的证据,认为个旧锡多金属矿床既存在热水沉积成矿作用,又有岩浆热液成矿作用,为热水沉积 - 岩浆热液叠生矿床。

关键词: 鲕状黄铁矿;岩浆热液;热水沉积;个旧锡多金属矿;成矿作用

中图分类号: P618.44　　**文献标识码**:A

个旧锡矿作为一个超大型多金属矿床,由于其规模庞大且具有颇为曲折的发现历史及长时期的开发,所以对它不断进行系统的观察、测试、剖析,可从中不断得到启迪,使其成矿理论更加完善。近年在高松矿田锡矿勘察取得了重要进展,这一方面显示了老矿区找矿的巨大潜力,另一方面也表明在老矿田(区)内、边、深找矿必须有新思维、新认识,必须以新的地质理论、新的成矿模式为指导。该矿床成因最初一直被广泛认可为"岩浆热液"成矿[1~8],随着对层控锡矿床的认识和发展,一些专家学者对这些观点提出质疑[9,10],周建平发现海底喷流沉积证据,提出"热水沉积"成因观点[11~13],但至今在该矿床成因问题上仍存在很大分歧。

笔者在总结分析前人资料基础上,依据矿石光片鉴定及鲕状黄铁矿电子探针分析结果,对个旧锡矿成因进行了探讨。

1　成矿地质背景

1.1　地层

矿区出露地层及容矿层为三叠系中统个旧组,由碳酸盐类和少许碎屑岩组成,为潮坪泻湖 - 萨布哈环境下沉积的含膏盐、富藻碳酸盐岩层。个旧组锡平均含量为 5.36×10^{-6}[14],是世界碳酸盐岩的 5 倍。个旧组地层按其岩性组合可以分为三个岩性组合段。

卡房段(T_2g_1):厚 500～575 m。灰岩与白云质灰岩或含泥质灰岩互层,层理发育,富藻并有玄武岩、辉绿岩分布。卡房段为矿区主要赋矿层位,该段赋存矿体占矿区探明的矿体的 82.5%,锡储量占 90%,铜储量占 96%,铅储量占 44%[14],为个旧矿区的主要控矿层。卡房段又分为六个岩性层,即 $T_2g_1^1$,$T_2g_1^2$,$T_2g_1^3$,$T_2g_1^4$,$T_2g_1^5$,$T_2g_1^6$,锡矿特别集中在 $T_2g_1^5$ 和 $T_2g_1^6$(图 1),其中 $T_2g_1^6$ 为矿区内最佳容矿层,厚 15～100 m,其岩性为灰色中厚层微晶 - 砂屑灰质白云岩与微晶灰岩互层,灰质白云岩中见藻粘结凝块、藻团、层纹石。

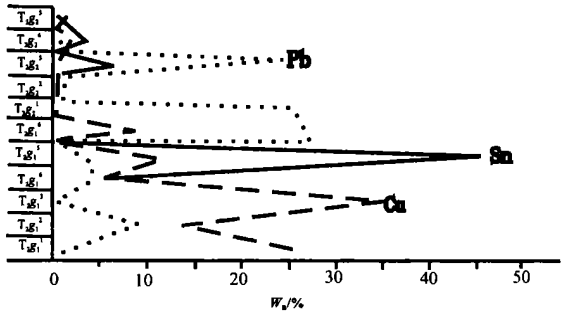


图 1　个旧组含矿层锡铜铅储量分布频率

Fig. 1. The reserve distribution frequency of tin, copper and lead in the ore-bearing layers of the Gejiu Formation.

马拉格段(T_2g_2):厚 21～342 m,以白云岩为主夹灰岩组合,互层带较 T_2g_1 差,为矿区第二容矿层,锡储量占矿区的 5%,铜占 1%,铅占 47%[14]。层间矿远不及 T_2g_1 发育。

白泥洞段(T_2g_3):厚 28～155 m,以灰岩为主夹白云岩组合,岩性单一,层间矿不发育。

1.2　构造

矿区内 NE - NNE 褶皱断裂是主要容矿控矿构造。SN 向的个旧断裂纵贯个旧全区,将矿区分为东区和西区两部分,东区是主要锡铜多金属成

收稿日期:2002-08-16;修回日期:2003-01-21
基金项目:云南省省院省校合作项目(2000YK-04)
第一作者简介:张欢(1976—),女,博士研究生,矿床学。

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

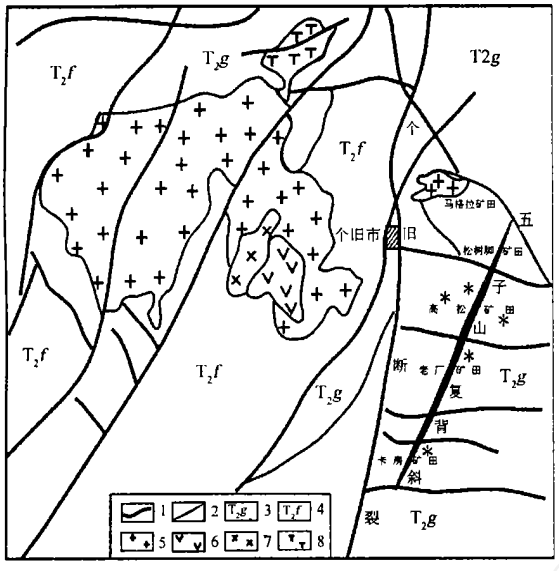


图 2　个旧锡矿地质简图(据西南有色地勘局三 0 八队)

Fig. 2. Geological sketch map of the Gejiu tin mine and sample localities.

1. 断裂;2. 背斜轴;3. 中三叠系个旧组;4. 中三叠系法郎组;5. 花岗岩;6. 二长岩;7. 辉长岩;8. 碱性岩; *. 取样地段

矿区。五子山复背斜是矿区一级大型褶皱构造,延长达 30 km,宽大于 15 km,横跨五指山复背斜之上的近 EW 向断裂构造的东西两端因受近 SN 向断裂的控制,造成了"梯子格"式,这些"梯子格"与五子山复背斜控制着个旧东区的五大矿田,即马拉格、松树脚、高松、老厂、卡房矿田(图 2)。

1.3　岩浆岩

矿区内岩浆岩出露面积小,普遍呈隐伏状态产出,其类型有燕山期花岗岩和印支期碱性玄武岩,其中花岗岩可侵位到中三叠统上部,为壳源重熔黑云母花岗岩,铝过饱和,富硅富碱(钾大于钠),含锡 (10～29) $\times 10^{-6}$,平均含锡 17.5 $\times 10^{-6}$[14]。大岩基上突起的小岩株造成上有背斜(穹隆),下有花岗岩株突起,是区内最有利的成矿构造岩浆组合。碱性玄武岩主要赋存于个旧组卡房段底部($T_2g_1^1$)地层中,由 1～2 或多层构成,厚数米到百余米,含锡 (9～51) $\times 10^{-6}$,富集倍数为 4.7～34[14],偶尔可见锡石。个旧最佳成矿地段老厂、卡房、松树脚等矿田恰巧位于个旧重熔花岗岩与 T_2g_1 的火山岩层发育地段重叠处。

综上所述,矿区绝大部分锡多金属矿体都产于个旧组,且锡矿主要分布于个旧组 $T_2g_1^6$ 段,具有明显的地层控矿特征,同时也暗示了个旧锡多金属矿的形成可能与个旧组含膏盐、富藻碳酸盐层有关。上述岩体、地层含锡较高表明花岗岩体可带来矿源且在侵位过程中,可同化、萃取围岩中的矿质,在花岗岩与火山岩重叠处则萃取火山岩中的锡,个旧组地层与火山岩也分别起到矿源层的作用。矿区内,地层、构造、岩浆岩恰到好处的配置为个旧超大型锡矿提供了优越的控矿地质条件。

2　矿床地质特征

个旧原生锡多金属矿主要矿床类型分为:层间硫化物锡多金属矿床和花岗岩接触带矽卡岩型锡多金属矿及脉状矿。(图 3)

2.1　层间硫化物锡多金属矿

矿体形态呈层状、似层状、透镜状、条带状分布于个旧组层位中。部分矿体已为氧化矿,则称为层间氧化矿。此类矿体不但与岩浆作用有关,而且隐含着许多非岩浆热液信息。如芦塘坝断裂上盘 $T_2g_1^6$ 地层中,矿体沿地层产出,产状与地层一致且具多层性,一般 3～5 层,多达 8～9 层,矿体一般规模较大,长达数十米至数百米,最长可达千米,宽一般 100～200 m。老厂矿田该类矿体,如 5 号矿体,产于硅质大理岩与隐晶质大理岩互层中,表现出良好的条带状构造,是一个大而富锡的锡、铜矿体,矿体长 300 m,厚 1～5 m,最厚达 20 m。矿石中普遍发育指示同生沉积的构造[13]——微层理、条带状、层纹状构造。对于层间氧化矿,彭张翔[10]曾论述了其沉积成因:海底火山喷发及热泉(喷气)活动产生的矿物,包括锡石及胶状赤铁矿,它们在沉积过程中,由于不断地受到海浪的冲刷和淘洗,比重小的矿物被冲走,剩下比重大的锡石则成层富集,随后被上覆碳酸盐沉积物覆盖,使得矿层得以保存。

2.2　矽卡岩型硫化物矿床

该类矿床主要产于花岗岩与白云岩接触带上,锡石及金属硫化物形成浸染状、网脉状和致密块状矿石,而矿体形态则多呈陡倾斜的脉状、柱状,缓倾斜的透镜状、似层状或不规则囊状,此外还在花岗岩超覆下盘产生"凹兜"状矿体。矿体形状受花岗岩与围岩接触面形态控制,与花岗岩作用极为密切。

2.3　热液脉状矿

矿区脉状矿床有石英脉黑钨矿床、电气石细脉带矿床,此类矿床其矿脉的产出直接受构造裂隙控制。

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

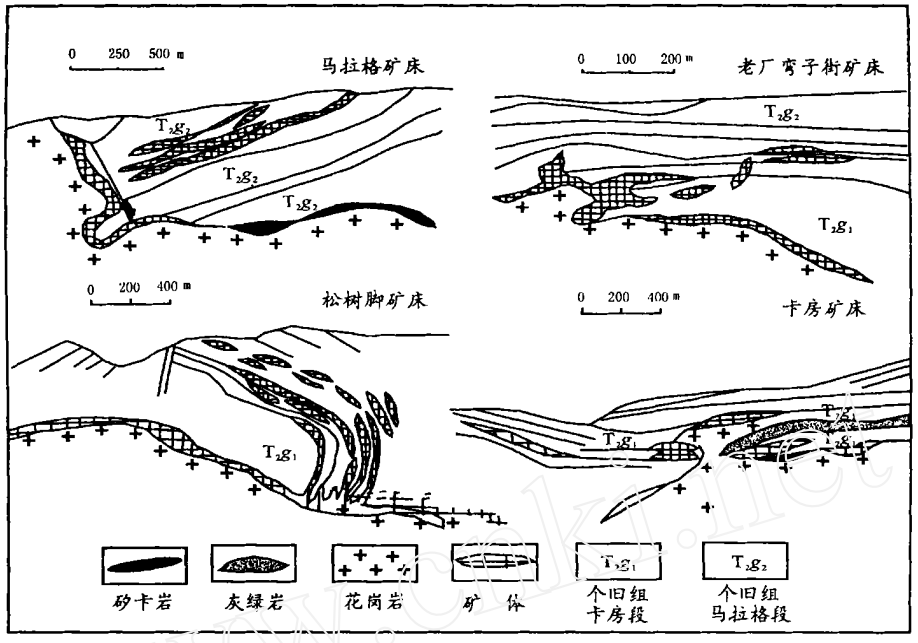


图 3 个旧矿区主要矿床地质剖面图(据文献[11])

Fig. 3. The geological section of the main ore deposits of the Gejiu mining district.

表 1 滇东南地质发展简史

Table 1. The geological history of Southeast Yunnan

旋回	时代		岩相古地理	岩浆活动
华力西旋回	石炭纪		海水自南侵入,全区除康滇、越北、哀牢山及屏边几个古隆起外,均处于广阔的浅海之中,接受沉积。	建水一带,在早石炭世后期及中石炭世,海底有中基性火山岩喷发。
	二叠纪	早	全区仍为振荡不定的滨海 - 浅海沉积。	局部地区有基 - 中酸性火山岩喷发。
		晚	全区除个旧、屏边地区外,均伸出海面,个旧一带处于滨海、浅海区,地壳振荡激烈,海水时进时退,接受沉积。	在矿区西北之核桃园发生海相喷溢。
印支旋回	三叠纪	早	康滇古陆急剧上升,形成西高东低的局势,个旧、开远一带迅速下降,并以个旧为中心,出现一个南宽北窄的似三角形海盆。	印支旋回火山岩主要有三期: 中三叠世安尼期:呈北东向出露或隐伏于松树脚矿田的麒麟山—老厂—卡房—田心坝子一带,主产于个旧组 T_2g_1 底部地层中。 拉丁尼克早期:主要分布于水塘寨—保和—木花果一带的法郎组下部。 拉丁尼克晚期:主要分布在贾沙向斜轴部的林河村—尼得、得胜冲一带,活动中心在他白以南。
		中	海水继续加深,个旧海盆形成局部的沉降凹陷,海水流通不畅,处于咸化状态。	
		晚	全区上升,以砂泥质碎屑物为主的海退相建造。	
燕山旋回	侏罗 - 白垩		海退,全区普遍隆起。	燕山中晚期发生强烈的酸性岩浆活动。

3 滇东南地质发展简史

由表 1 可知,华力西旋回的火山活动,为个旧锡多金属成矿奠定了前期地质作用基础,印支旋回频繁的海底火山岩喷发所造成的热力地球化学场有利于各种热液的形成,从而活化带动介质中的矿质成矿,且印支旋回三期火山岩与世界基性岩的丰度值(维氏值)比较,成矿元素之含量一般高于维氏值,锡含量为 $(9\sim51)\times10^{-6}$,富集倍数为 4.7～34[14],以安尼期含量较高,可见中三叠世喷发的火

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

山岩可能与个旧超大型锡矿床的形成密切相关。

4　矿床成因初探

4.1 热水沉积成矿依据

4.1.1 矿体产状　矿体产状是成矿作用最直观的反映。个旧层间热液型锡多金属矿床,其中大部分矿体呈层状、似层状产出与地层同步褶曲(图 1),尤其是芦塘坝断裂上盘 $T_2g_1^6$ 地层中的多层矿体,最多可达 8～9 层,这种与地层产状一致的矿体在某种程度上反映出热水沉积成矿的特点。

4.1.2　矿石中鲕状黄铁矿、胶状黄铁矿及鲕状黄铁矿中锡石包体的存在　通过矿相显微镜观察,个旧锡矿层间块状硫化物矿石的部分样品可见到典型的鲕状黄铁矿(照片 1)、胶状黄铁矿(照片 2)。鲕状黄铁矿成因,为富硫化物的热液喷出海底之后在排气口或热泉口附近发生的一种胶体硫化物的沉淀作用,具有化学作用和沉积成因的双重特点,胶体状态的硫化物,在通道口附近遭受热液喷流作用引起的水介质搅动,而成悬浮状态,这种周而复始的搅动,便形成具有一圈圈同心纹包壳的胶黄铁矿鲕粒,其中的一些非硫化物的组分则是当时悬浮在海水中的硅质、碳酸盐或硅酸盐组分,当鲕状黄铁矿达到一定大小,其重量超过水搅动的能量,黄铁矿便沉淀下来[11]。对照片 1 中的鲕状黄铁矿进行电子探针分析(表 2),Cu 含量最高可达 1.68 %,Sn 含量最高可达 0.07 %,照片 2 中的鲕粒电子探针分析,Sn 含量最高可达 0.22 %,这些数据表明当时喷流环境中 Cu、Sn 成矿背景值较高。通过背散射图象扫描分析,发现鲕状黄铁矿中存在锡石包体(照片 3、4),大小(2μm～5μm),因用于做背散射图像扫描分析的鲕状黄铁矿的颗粒形态较好,故排除花岗岩热液使之重结晶作用新形成锡石的可能,包体锡石应为海底喷流时的产物。这些都充分说明了从海底喷流出硫化物矿物时即携带大量成矿元素,锡和其它金属元素有可能与胶状黄铁矿、鲕状黄铁矿一样,呈胶体吸附状态从热泉口或喷气孔喷出海底,并被迅速冷却沉淀下来,鲕粒黄铁矿中锡石包体的存在暗示着在海底发生喷流的时候,形成了锡的独立矿物。

4.1.3　沉积层理和条带状锡石硫化物矿石　层状矿体中硫化物呈条带状、浸染状顺层分布,与硅质岩、少量粘土类硅酸盐矿物、泥岩、泥质碳酸盐岩构成纹层或条带,局部可见低角度交错层理,有的微层理和显微交错层理是厘米级的[11,13]。

表 2　C13-11-3 矿体中鲕粒黄铁矿电子探针数据(%)

Table 2. The electron probe data of oölitic pyrite from the C13-11-3 orebody

元素	内核	圈层 1	圈层 2	圈层 3	外围黄铁矿	外围黄铁矿
Cu	0.83	1.69	1.68	0.61	0.00	0.00
Zn	0.27	3.32	11.26	0.00	0.01	0.01
In	0.12	0.00	0.01	0.00	0.03	0.05
Sn	0.02	0.07	0.02	0.02	0.00	0.00
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	51.79	50.63	49.57	49.40	50.47	51.47
Fe	47.28	43.33	37.57	50.11	46.78	49.78

注:由中科院地球化学研究所电子探针实验室王明再分析。

4.1.4　生物结构　当人们在发现热水沉积矿床的同时,还发现了不依靠光合作用由热水系统供应食物和能量的自养生物群落,包括细菌、藻席、蠕虫、双壳类、鱼类等[15]。丝状管形虫是自养生物群落的一种细菌,在海底热泉和喷气孔附近非常丰富,是这种环境中食物链的基础[16],周怀阳[18]于个旧矿区一些条带状矿石中发现了藻类化石,周建平[12]对其进行了研究,将这种丝状体在扫描电镜下放大1 000倍,甚至更大时,发现里面的充填物主要是硫化物和硅质,其单体和群体形态与那些在现代海底热泉和喷气口附近发现的丝状体极其相似,并将其确定为丝状管形虫。

热水沉积证据的发现,表明了个旧矿区曾发生了热水沉积作用,而鲕状硫化物中锡石包体的发现表明热水沉积带来了锡质。

4.2　岩浆热液成矿主要依据

20 世纪是有关花岗岩与锡矿研究的全盛时期,花岗岩曾一度被视为锡多金属矿床的唯一物质来源。花岗岩被认为是个旧组锡多金属矿床的成矿母岩[1,3,5],前人[14]从岩石学方面、岩石化学方面、微量元素、稀土元素乃至熔化实验等诸方面都印证了个旧花岗岩系列在整个演化过程中成矿跨度大,较为突出的是在演化过程中成矿起点早,即在岩浆处于较基性阶段就有好的成矿背景。花岗岩中的黑云母常为含锡矿物的载体,黑云母解离后释放出锡,而后又被成矿流体萃取沉淀成矿为锡的一种成矿方式。花岗岩与锡矿床紧密相依,每一个矿田中有一个或两个以上的小花岗岩岩株控制矿段,并以花岗岩为中心,由内向外形成矽卡岩白钨

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

矿床 —锡、铜矿床 —锡、铅矿床 —银、锡、铅、锌矿床,成矿温度由450 ℃—350 ℃—300 ℃—200 ℃,这表明成矿温度受花岗岩体控制。

以上可见个旧燕山晚期壳源重熔花岗岩体为个旧超大型锡矿的形成提供了矿源和热源,是无庸置疑的。

5 结论

综上所述,我们认为个旧锡矿是长期以来多种地质作用的综合产物,具有多来源、多期次成矿特点,经历了海底火山喷流热水沉积,和燕山晚期岩浆热液的叠加改造作用。对于层状矿体热水沉积作用可能起到了更大作用。个旧锡矿床应属热水沉积 - 岩浆热液叠生矿床。

中三叠世安尼期,个旧海盆东、南、西三面分别被越北古隆起、哀牢山古隆起、川滇古隆起包围,只有北东面与古大洋相通,形成一个半封闭陆表海半局限海湾,由于南盘江大断裂等的影响,个旧处于急剧张裂拗陷的中心,沉积补偿很强烈。同时由于受南北向小江深大断裂影响,使海盆出现西升东降的局面,相应地使盆地内碳酸盐沉积物的厚度产生东区增厚、西区较薄的现象。同时在沉积 T_2g_1 地层时,中三叠世安尼期的火山开始喷发,呈北东向出露或隐伏于松树脚矿田的麒麟山 —老厂 —卡房 —田心坝子一带,形成富含 Cu、Sn 等成矿元素的矿源层之一 ——碱性玄武岩。由于三叠世火山活动强度大,火山喷发间歇期的地热场规模大,从而水溶液对流循环的规模和强度大,在每次火山活动末期,地热系统驱动水溶液对流循环,萃取火山 —沉积岩系中的成矿物质,与火山热液一起构成了成矿溶液沿同生断裂上升、喷流到海底,随后沿同生断裂又多次发生海底热泉(喷气活动)带出的成矿物质沉积在沉积层内,形成多种元素组合不同的矿源层。燕山中晚期强烈的构造运动,使个旧花岗岩侵位到个旧组地层内,具有高温的岩浆热液使成矿物质活化、转移、叠加在各矿层中,同时,于构造有利部位先后形成多种矿物组合不同的矿体(脉状矿、矽卡岩型矿体)。从整体上看,个旧锡多金属矿床为多成因、多期次叠加的层控矿床。

参 考 文 献

[1]汪志芬. 关于个旧锡矿成矿作用的几个问题讨论[J]. 地质学报,1993,57(2):154～163.

[2]黄廷燃. 个旧原生锡矿典型矿床概论[J]. 云南地质,1984,3(1):36～46.

[3]张志信,肖景霞. 我国锡矿的成矿地质特征及成矿远景区划浅析[J]. 云南地质,1984,3(1):1～10.

[4]李家和. 个旧花岗岩特征及成因研究[J]. 云南地质,1985,4(4):327～352.

[5]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):17～32.

[6]伍勤生,刘清莲. 个旧含锡花岗岩浆杂岩体的成因演化及成矿作用[J]. 有色总公司矿产地质研究院学报,1985,4:22～31.

[7]姚金炎,吴明超. 个旧花岗岩成因和成矿作用[J]. 有色总公司矿产地质研究院学报,1985,3:1～5.

[8]於崇文等. 云南个旧锡多金属成矿区内生成矿作用的动力学体系[M]. 北京:中国地质大学出版社,1988.

[9]金祖德. 个旧层间赤铁矿型锡矿热液成因之否定[J]. 地质与勘探,1991,27(1):19～20.

[10]彭张翔. 个旧锡矿成矿模式商榷[J]. 云南地质,1992,11(4):362～368.

[11]周建平,徐克勤,华仁民. 滇东南锡多金属矿床成因商榷[J]. 云南地质,1997,16(4):309～344.

[12]周建平,徐克勤,华仁民. 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.

[13]周建平,徐克勤,华仁民. 个旧等锡矿中沉积组构的发现与矿床成因新探[J]. 自然科学进展,1999,9(5):419～422.

[14]庄永秋等. 云南个旧锡铜多金属矿床[M]. 北京:地震出版社,1996.

[15]冶金工业部西南冶金地质勘探公司. 个旧锡矿地质[M]. 北京:冶金工业出版社,1981. 26～29.

[16]P A 罗娜,G 克林克哈默. 中大西洋洋脊的黑烟囱:块状硫化物和火山口生物群[J]. 国外矿床地质,1989,2:74～82.

[17]Juniper S K, Fouquet Y. Filamentous iron-silica deposiets from modern and ancient hydrothermal sites[J]. *Can Mineral*. 1988, 26:859～869.

[18]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成矿地质条件[D]. 南京:南京大学,1988.

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

THE GENESIS OF THE GEJIU TIN DEPOSIT ——A REVIEW

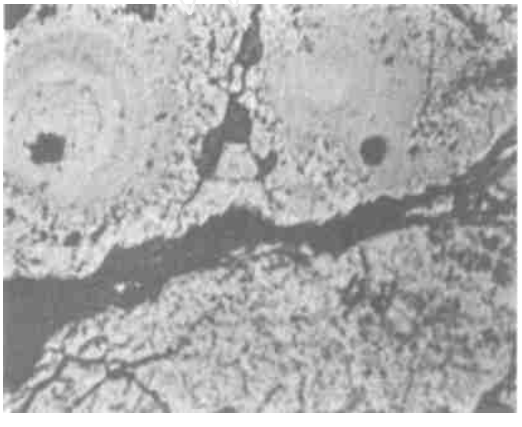
ZHANG Huan[1,2], GAO Zhen-ming[1], MA De-yun[1], TAO Yan[1]
(1. The Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002;
2. The Post Graduate Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract

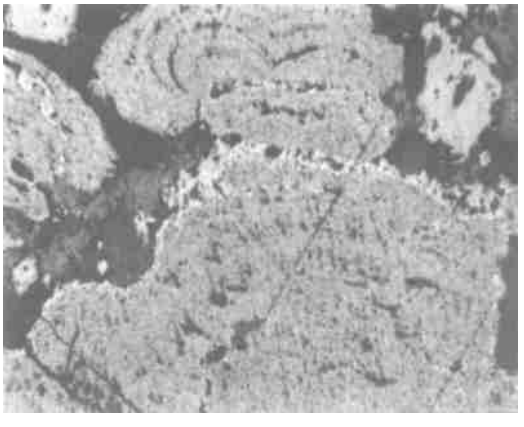
This paper is based on the geological background, the main type of tin deposit and the geological history of southeastern Yunnan. Furthermore, according to the analysis of the genesis of magmatic hydrothermal deposits and hydrothermal deposits, it is thought that the Gejiu tin deposit is the result of both hydrothermal sedimentary mineralization and magmatic hydrothermal mineralization, i.e., a hydrothermal sedimentary-magmatic hydrothermal mineralization superposed ore deposit.

Key words: magmatic hydrothermal solution; hydrothermal deposition; Gejiu tin polymetallic ore deposit; mineralization

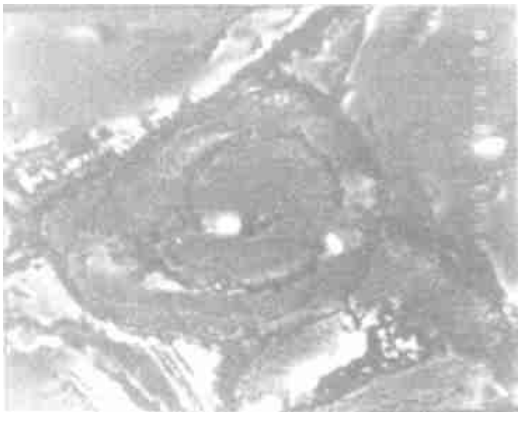
显　微　照　片



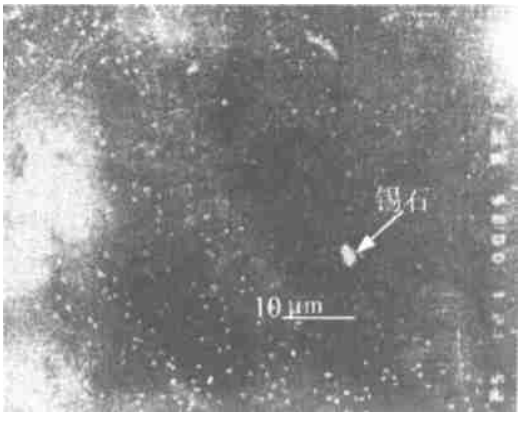
照片 1 鲕状黄铁矿
取样地点:老厂 3-11 矿体



照片 3
鲕状黄铁矿背散射电子成分像



取样地点:松矿 10-14# 矿体



照片 4(对应照片 3)
锡 x 射线面分布图,亮点颗粒为锡石

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