

带的地台构造层内的压扭性断裂分布区找金汞矿，在地台期构造与地洼期构造的复合区找金多金属矿。

参考文献

- 1980年 郭生银等：黔东南地区金及铅锌矿成矿地质条件的初步研究
- 1981年 陈国达：从地壳演化规律看多因复成矿床
- 1983年 朱奉三：金的地球化学、成矿作用和成因类型划分讨论

云龙铁厂风化壳型锡矿床地质特征及工业利用可能性探讨

黄志德 谢德荣 张宗武

（西南有色地质勘探公司三一〇队）

摘 要

铁厂风化壳锡矿床属表生成因，为原地形成的残积矿床。浅部含锡混合岩、混合花岗岩、矿化脉体经风化作用形成风化壳，锡石从风化岩石内解离出来，通过物理运移富集。锡石的汇聚过程，有表生残留富集，更为普遍的是锡石通过风化围岩颗粒间隙、裂隙、溶蚀通道从表层运移到淀积层。所形成的矿体产状与原矿脉产状部分或完全不同。矿体靠近地表呈面型展布，构成铁厂式壳锡矿床。其控矿条件、分布规律、赋矿围岩、矿化蚀变等都与原生脉矿有别。原生矿带、微—细锡石脉带的风化凹地与壳锡富集层复合处形成壳锡矿体的富厚块段。经初步经济评价，认为风化壳锡矿可以利用。

前 言

铁厂锡矿为大型锡矿床，有内生锡矿和外生锡矿两大类。内生锡矿以锡石石英电气石脉迭加锡石硫化物脉为主；外生锡矿以风化壳锡矿（壳锡）为主，还有少量坡积砂锡矿。

原生锡矿易采易选，品位特富。1984年云龙锡矿建成日处理200吨选厂，年产大锡600吨以上，取得了极好的经济效益。为扩大矿床规模，探索滇西风化壳锡矿的形成条件和找矿前景，我队对绿阴塘——青木林矿段的风化壳锡矿进行了评价，壳锡规模已具中

型。目前部分壳锡已被民采利用，并获得较好的经济效益。本文主要讨论风化壳锡矿床地质特征、成矿机理和工业利用的可能性。

一、矿区地质概述

铁厂锡矿位于滇缅歹字型构造东支西侧，澜沧江褶皱带崇山变质段内，崇山断裂与温泉断裂夹持部位。

(一) 矿区地层

区内主要出露崇山群，分上下两段，下段为深变质岩，以眼球状、条带状混合片麻岩、花岗质混合片麻岩为主，夹变粒岩、片岩、变质砂岩、凝灰岩，厚度大于500米；上段为一套浅变质岩，由碎屑岩—碳酸盐岩夹火山岩组成，细分八层（ $Ch_2^1 - Ch_2^8$ ）。其中 Ch_2^3 主要为长英质板岩，部分地段产生混合岩和混合花岗岩化，是锡矿的主要赋矿围岩。 Ch_2^7 为砂钙质板岩夹绢英微晶片岩和大理岩透镜体，与大理岩接触的板岩具锡矿化，往往形成层间角岩型锡矿床。

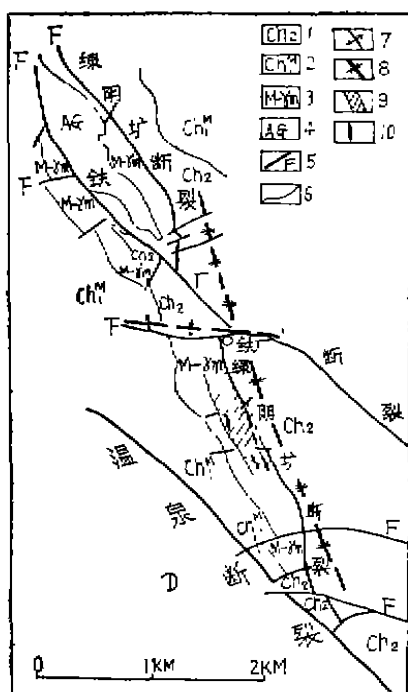


图1、云龙铁厂锡矿区地质略图

1、崇山群上段板岩夹大理岩、火山岩，2、崇山群下段混合片麻岩，3、花岗质混合岩——混合花岗岩，4、眼球状片麻岩，5、断层，6、地层界线，7、背斜构造，8、向斜构造，9、风化壳锡矿体，10、脉锡矿体。

(二) 混合花岗岩

区内的浅色碎裂混合花岗岩（ γm ）实为条带状黑云母花岗质混合岩的构造蚀变岩。

随着热液蚀变,黑云母变为白云母,並有钠长石化、电气石化、硅化、锡矿化和硫化物化等。浅色碎裂混合花岗岩的两侧常伴有条痕状长英质混合岩(M_2),然后逐渐过渡到条带状黑云母花岗质混合岩(M_1)。这些混合岩和混合花岗岩的浅部常形成30—50米深的风化壳,是壳锡矿体主要围岩。

(三) 矿区构造

区内主构造线为北北西向,属崇山复背斜西翼的次级构造。褶皱构造有绿阴塘向斜,铁厂河背斜、李子坪向斜等,多被断裂破坏(图1)。主要断裂有北西向、北北西向和北东东向三组。北西向的温泉断裂属导矿断裂,控制了矿床和矿带的分布。北北西向的绿阴塘断裂属控岩控矿断裂,其西侧为花岗质混合岩和混合花岗岩,东侧出露浅变质岩。在混合花岗岩中由绿阴塘断裂派生的近南北向断裂破碎带是区内脉矿的主要容矿构造。由于断裂多次复活,在锡石—电气石—石英脉的基础上,往往迭加锡石硫化物,形成富厚矿体;绿阴塘断裂下盘的牵引褶曲,是该区脉锡特富部位。北东东向断裂组具多期活动特征。成矿前或成矿时由于产生糜稜岩化,对矿液起到隔挡作用,形成22号矿体的富厚块段。断裂的后期复活切断了矿体。

二、风化壳锡矿床地质特征

绿阴塘断裂以西,花岗质——长英质混合岩和混合花岗岩的浅部形成30—50米厚的风化壳,赋存着风化壳锡矿。

区内壳锡实质上是在表生作用下原地形成的残积砂矿。地表和浅部的矿化岩石、原生锡矿体经风化形成风化壳。在风化壳内易溶和轻矿物被带走,甚至稳定的硅酸盐矿物和石英可脱硅,致使含在其中的锡石部分或全部解离而残留、顺坡运移,或沿裂隙和溶蚀通道作短距离的垂向运移,在凹地、溶蚀通道和裂隙尽头富集形成风化壳锡矿。就赋存空间来说壳锡矿体可出露地表,亦可在全风化黄土层下部的风化壳范围内,就产状而言,壳锡矿体的产状可完全不同于原生锡矿体的产状,大致平行地表而呈面型分布。以没有大量矿物的搬运、沉积区别于冲积、坡积砂矿;以风化壳内岩石分解成大量新矿物,部分或完全改变原有结构,形成半疏松—疏松土状,並伴有锡石的释放和位移富集而区别于原生脉矿。

(一) 壳锡矿体产出特征

1、矿体形态产状:壳锡矿化体(锡品位 $\geq 0.01\%$)位于风化壳中上部。用 100×50 米网度的浅钻进行系统控制(图2)。在40—70线长900米地段施工的40个浅孔中,有38个存在矿化体,厚4—51米,平均厚度25.90米,平均含Sn0.064%。

按照上级批复的工业指标:锡边界品位0.03%,最低工业品位0.06%,可采厚度1米,夹石剔除厚度4米圈定矿体,其连续性好。矿体在平面上为不规则面型分布,长轴方向为北北西向,大致依附地表平缓产出,与陡倾的原生脉锡矿体呈大角度相交(图3)。矿体部分出露地表或离地表几米到十几米,在纵剖面上壳锡矿体随地形的峰、谷

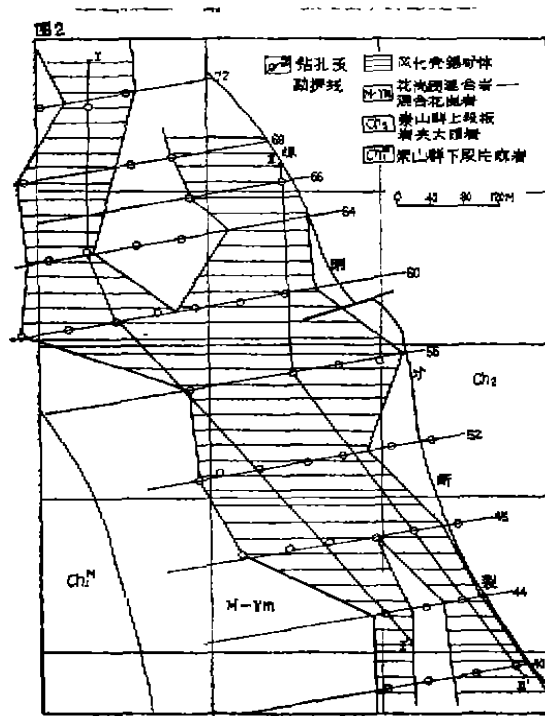


图 2、铁厂风化壳
锡矿矿体平面图

同步起伏。

2、赋矿围岩：原生矿体主要赋存在浅色碎裂混合花岗岩（ γm_3 ）中，且与脉体或石英电气石化和硫化物化密切相关，而壳锡矿体的围岩可为各种不同母岩的风化壳。不含锡矿脉且分布较广的 M_1 、 M_2 、 γm_1 、 γm_2 四种岩石当其处在风化壳中上部时都可能含矿。这四种母岩风化壳及黄土中穿矿厚度占壳锡总厚51%，而在矿脉和 γm_3 （脉矿围岩）中只占39%。所以很多工程揭露有壳锡矿体的部位并无任何与锡矿有关的脉体和蚀变，说明原地不存在原生锡矿。

（二）矿体规模

工程控制范围内，圈定并计算储量的壳锡矿体仅一个，从40线到76线，矿体南北长981.5米，东西宽67—330米，平均宽度172米，矿体厚度1.5~49.46米，平均11.70米。计算矿石量329.3万吨，锡金属量×××吨，平均品位0.146%。66线以北的绿阴塘断裂西侧仍存在壳锡矿体，尚无工程控制，区内壳锡可达中型规模。

（三）矿石物质组分

1、化学成分：矿石光谱分析结果，Al 5%、As 0.03%、B 0.1%、Bi 0.005%、Co 0.002%、Cr 0.01%、Cu 0.005%、Pb 0.003%、Sn 0.08%、Zn 0.01%、V 0.006%、Ca < 0.1%、Mg 0.3%、Na 0.60%。选矿试料多元素分析结果，Sn 0.103%、As 0.057%、S 0.04%、Cu 0.079%、Bi 0.006%、TFe 2.40%、Nb 0.002%、Ta 0.0005%。主要有用组分为锡，有害杂质含量甚微。

2、矿物组分：有用矿物为锡石，脉石矿物有石英、长石、粘土、绢云母和少量电气石。微量矿物为白钨矿、钛铁矿、金红石、锐钛石、白钛矿、磁铁矿、黄铁矿（褐铁矿）、毒砂、锆石等含量不足1%。矿石矿物组分简单。

（四）锡的赋存状态及锡石粒度

经物相分析，锡石是唯一的含锡矿物，锡石的解离度高，在-3mm的矿石粒级内，锡石已大部分（78.5%）解离成单体或4/5连生体。锡石有深色、浅灰色和浅紫灰色三种，半透明，主要为它形粒状，少量呈短柱单锥或双锥。锡石粒度较粗，经测定：>1mm占29.5%，1—0.45mm占34.6%，0.45—0.2mm占13.2%，0.2—0.074mm占16.8%，<0.074mm占5.9%。

三、风化壳锡矿成矿机理

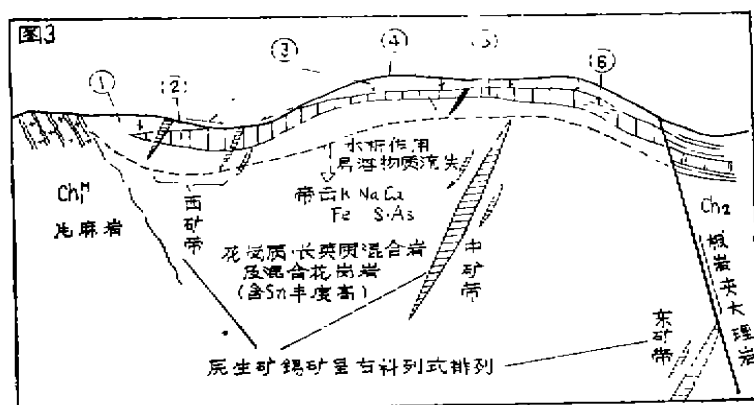
据48—68线的31个评价浅孔资料统计，离地表4—24米段含锡最高，是地表含锡量的2.73倍。锡石的运移富集可能经历了两过程。

1、风化壳的形成和锡石解离：岩石风化过程中，活动组分被淋溶迁出，原地逐渐残积起活动能力小的组分，构成风化壳。风化壳内虽保存着原岩的构造标志，但已具松散结构，且最上部（0—4米）普遍发育成黄壤（相当红壤阶段，不过黄壤比红壤在更潮湿条件下形成）。随着风化壳的形成过程，锡石从原岩中被解离出来。首先是硫化物脉中的锡石的解离。硫化物脉的主要硫化物黄铁矿、毒砂均易于氧化与水反应而生成硫酸和其它氧化物。其次是硅酸盐矿物中锡石的解离。风化壳母岩的主要组成矿物为钾微长石、斜长石、石英、二云母等。这些硅酸盐矿物的风化主要由于有两方面的作用，一为含 H_2SO_4 水溶液的作用，使硅酸盐分解，随溶液带走大量碱金属和碱土金属，如钾长石和钙长石与硫酸作用带出K和Ca。另一为硅酸盐的水解作用，带出易溶阳离子并发生去硅作用。这两种作用的结果促成了硅酸盐矿物中锡石的解离。最后为石英脉中锡石的解离。区内原生锡矿以石英脉型为主，上述硫化物的氧化产生的硫酸溶液与硅酸盐围岩作用被中和，并由于碱金属离子的加入而变为碱性，这种碱性溶液与石英作用使 SiO_2 呈游离状态被带出，促使石英脉中锡石的解离。

经过上述三种解离作用，围岩中的锡石几乎达到完全解离的程度，部分锡石可能产生机械破碎而粒度变细。

2、锡石的运移和富集：许多学者在研究矿物机械晕的形成时指出，固体颗粒能在风化壳疏松层内相互位移，还有学者认为，矿物质和有机质胶粒及其它细微土粒可通过物理作用从淋溶层运移到淀积层。解离的锡石又如何从淋溶层运移到淀积层呢？风化围岩在水合阶段，由于 (OH^-) 和 H_2O 的加入，体积膨胀；到氧化阶段大量易溶物质被带出，体积收缩，产生裂隙、溶洞甚至溶蚀通道。另外，当粘土质从淋溶层运移到淀积层时，使淀积层硬结，干燥时发生裂隙。解离锡石在天水和重力的作用下，经溶蚀通道和风化裂隙由表层转移到具干裂的淀积层。随着风化壳的不断发育而逐渐形成风化壳锡矿体。

图3、铁厂矿区风化壳锡矿成矿概念模式图



①淋溶层，锡石被解离带出；②风化壳锡矿体；③锡石运移方向；④风化壳；⑤淀积层，解离的锡石重矿物沿溶蚀通道、风化裂隙运移富集；⑥细网脉。

壳锡矿体的形态实质上反映出淀积层的形态（淀积层的空间位置可能与潜水面有关，矿区雨季潜水面平均深度16米），它部分或完全改变了脉矿的原有产状，服从于新的产出规律，即淀积层富集锡石。其上的淋溶层由于锡石的下移而贫化，淀积层以下，由于风化裂隙，溶蚀通道不发育，锡石含量逐渐接近原生岩石。

据壳锡成矿条件和产生规律，初步拟建铁厂型风化壳锡矿床成矿概念模式（图3）

四、矿石可选性能及工业利用的可能性

（一）壳锡矿石的选矿性能

据西南有色地质勘探公司地研所选矿试验报告，铁厂壳锡试样原矿含Sn0.092%，矿石碎至-3mm，通过跳汰选可去除82.65%的尾矿，尾矿含Sn0.02%，锡损失率为17.89%，获得产率17.35%的粗精矿，含Sn0.43%。粗精矿经磨矿后上摇床精选，便可获得合格精矿，含锡品位48.93%，全样回收率75.57%。精矿有害元素分析结果：As0.11%、Cu0.08%、Bi0.193%、TFe4.70%，属I类四级锡精矿。

上述选矿试验虽然是按原生矿流程处理，但-3mm粒级的跳汰和摇床精选资料仍可利用。这个选矿试验没有作原矿石+3mm粒级分析。我们在原3号矿体采场离地表12—15米的风化壳锡矿体内采样补作粒度分析，结果需破碎的+3mm的矿石粒级仅占全样40%。

选矿流程可归纳为：把占原矿40%的+3mm粒级的矿石破碎成-3mm，全样经跳汰（或改成溜槽）选，淘汰82.65%的尾矿，获得产率为17.35%的粗精矿，再将粗精矿磨至-1mm上摇床精选，最终磨矿精度0.2mm，就可获得上述指标。矿石粗碎和磨矿处理量小，可选性能好。

（二）矿床工业利用的可能性

目前云龙锡矿选矿能力为日处理200吨，若改为采选风化壳锡矿，按壳锡需破碎40%的矿石量计算，建日采500吨的露采矿山，才能满足选厂需要。采选的成本参数均采用扩大指标下限的两倍，留有余地（具体的指标及经济效益计算略）。拟建500吨/日采场，利用现有选厂，只需花费少量露天矿基建投资（330万元）就能获得年纯利201.7万元，投资收益率61%，总利润3706万元，净现值1163万元。开采风化壳锡矿可行，且经济效益较高，接近一本一利，可延长矿山年限20年。壳锡地质评价效果也较好，其地质和探矿工程费用仅为原生脉矿的三分之一。

五、结语

铁厂锡矿虽以原生脉矿为主，但风化壳锡矿确实存在，其产出特征与原生脉矿迥然不同。壳锡属外生成因，受风化壳控制，矿体离地表0—40米，大致依附地表平缓产出，呈面型分布。矿体赋存围岩可为风化壳内疏松—半疏松的任何母岩。

区内壳锡与东南亚的残余柯里特（Kulit）型相似，应属残积矿类型。其形成过程可归纳为：浅部含锡混合岩和混合花岗岩经风化作用形成风化壳。锡石在风化过程中从围岩解离出来，通过松散的风化残积物间隙、溶蚀通道、风化裂隙作短距离的垂向运移，由淋溶层到达淀积层富集。通过初步经济评价，区内壳锡当前可以利用。

参考资料（略）

东川矿区前寒武系昆阳群因民组 下伏地层层位的探讨

陈 天 佑

（西南有色地质勘探公司三一四队）

摘 要

“康滇地轴”云南段前寒武系昆阳群因民组下伏层与因民组的接触关系及层位归属，经我公司地研所及我队综合组的共同研究，取得了长足的进展。将因民组下伏的一套地层确定为海相基性火山熔岩——黑色炭质板岩、白云岩夹