

与基性岩有关的层控钨锡：“S”型花岗岩钨锡矿的前身 ——以云南钨锡矿为例

曾普胜¹⁾, 李红^{2)*}

1)中国地质科学院国家地质实验测试中心, 北京 100037;

2)中国冶金地质总局矿产资源研究院, 北京 100025

摘要: 以云南几个典型钨锡矿带为例, 结合国内外前人成果, 研究对比了层控钨锡矿床与含钨锡的“S”型花岗岩之间的关系, 发现: 含钨锡的“S”花岗岩均产出于早期地层富集钨锡甚至形成独立的钨锡矿床的地区, 如元古界的云南西盟—缅甸完冷锡矿带, 寒武系都龙—白牛厂钨锡矿带, 石炭系腾冲—梁河锡钨矿带, 三叠系的个旧锡矿带, 新近系的薅坝地锡矿带等; 而在地层中没有明显钨锡富集的层位, 即使有地壳重熔形成“S”型花岗岩也不会有钨锡矿床产出, 如云南西北部的鲁甸花岗岩、加仁花岗岩等。根据对层控钨锡矿床的成矿年代、矿石结构构造、容矿围岩变质属性等方面的综合分析, 证明所谓的“‘S’型花岗岩与 W、Sn、Mo、Bi 成矿关系密切”的认识, 实际上是富集钨锡的早期层位在地壳加厚或受到构造热侵蚀时发生重熔, 并使钨锡按照矿质沉淀的温度序列重新分配与富集的结果。因此, “S”型花岗岩并不具有含 W、Sn、(Mo、Bi)的专属性, 而富集 W、Sn 的地层重熔才是形成 W、Sn 矿床的关键。从众多的实例来看, 层控钨锡矿常常与深源的(碱性)玄武岩关系密切, 而不一定与“S”型花岗岩关系密切。只要有早期的层控钨锡矿存在, 该矿层被任何一种火成岩穿切或吞噬, 矿质都可能被迁移至合适的位置重新沉淀而成矿。因此深入分析和对比含钨锡的层位及其形成背景条件, 是扩大钨锡矿资源量的关键; 而层控钨锡矿与“S”型花岗岩接触带(特别是外接触带)及其相关的构造裂隙, 很可能是矿质运移再分配并形成富钨锡矿的有利空间。层控钨锡矿卷入变质核杂岩, 含矿层位可以被抬升至较浅部位, 不仅利于开采, 而且在中心部位的隐伏花岗岩体也可以形成富矿, 是进一步找矿的方向。

关键词: 层控钨锡矿; 玄武岩; “S”型花岗岩; 地层重熔; 叠加改造; 再分配

中图分类号: P618.67; P611.6; P588.145 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2015.04.05

Stratabound Tungsten and Tin Related to Basic Rocks: the Precursor of the S-type Granite-related W-Sn deposits—Examples from the W/Sn deposits in Yunnan Province

ZENG Pu-sheng¹⁾, LI Hong^{2)*}

1) National Research Center for Geoanalysis, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

2) Institute of Mineral Resources Research, China Metallurgical Geology Bureau, Beijing 100025

Abstract: Taking several W-Sn ore belts in Yunnan as examples and referring to the research results from China and abroad, the authors investigated the relationship between the W-Sn bearing stratabound W-Sn deposits and the W-Sn bearing S-type granites. The results show that all the W-Sn bearing granites occur in areas where the earlier strata are enriched in tungsten and/or tin, such as the Proterozoic tin (-zinc) belt from Ximeng of Yunnan to Wanleng of Myanmar, the Cambrian tungsten-tin belt in Dulong-Bainiuchang of southeast Yunnan, the

本文由国土资源大调查项目(编号: 12120113002500)、国土资源部公益性行业科研专项(编号: 201211078)和国家自然科学基金项目(编号: 41072073)联合资助。

收稿日期: 2015-03-09; 改回日期: 2015-04-28。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 曾普胜, 男, 1964年生。博士, 研究员。长期从事矿床学、岩石学和地球化学研究。E-mail: zengpusheng@vip.sohu.com。

*通讯作者: 李红, 女, 1966年生。高级工程师。长期从事矿床学、资源勘查工作。E-mail: lihong@qq.com。

Carboniferous tin-tungsten belt in Tengchong-Lianghe of west Yunnan, the Triassic tin belt in Gejiu of southeast Yunnan; and the Neogene tin belt in Haobadi of west Yunnan. In contrast, the S-type granites (such as the granites in Ludian and Jiaren of southwest Yunnan), hosted in the strata without dominant enrichment of W and/or Sn, have no tungsten and/or tin. An analysis of dating results, structures and textures of the rocks and/or ores and the property of the metamorphism of the host rocks shows that the essence of “the S-type granites’ affinities with mineralization of W, Sn, Mo, Bi” resulted from the sequence of the remelting of the preexistent strata with enrichment of W, Sn, Mo and/or Bi and redistribution of the ore-forming materials including W and/or Sn in precipitation order of the metals controlled by temperatures, under the condition of crust thickening or thermal disturbance of deep magma. Therefore, the S-type granites do not necessarily constitute the prerequisite of bearing W, Sn, Mo, and Bi. Correspondingly, the strata enriched in W and /or Sn are the key to mineralization of W and Sn. Consequently, the through analysis of the W and Sn-bearing strata and the setting of the formation is the key to enlarging the resources of W and Sn. A number of case studies of W-Sn ore deposits show that the stratabound W/Sn ore deposits are closely related to the (alkalic) basalts in the depth rather than to the S-type granites. Once there exists the early W/Sn-bearing sequences that are cut or engulfed, the mineral substances can be transported to specific spaces to reprecipitate and form ore deposits. The contact zone, especially the outer contact zone, and the related structure fractures, are favorable spaces for formation of the W and Sn deposits as a result of migration and redistribution of the ore-forming material. When the stratabound W/Sn ore deposits are involved in a metamorphic core complex, the ore-bearing sequence can be uplifted to a shallow level convenient for exploitation, and there might also exist the ore shoot at the contact of the concealed granite in the center of the core complex.

Key words: stratabound tungsten and tin deposit; basalts; S-type granites; strata remelting; superimposition and reformation; redistribution

在教科书和经典的文献中，经常看到这样的论述：“S”型花岗岩与钨、锡、钼、铋等成矿作用关系密切，属高温岩浆热液成矿作用。然而，现今积累的越来越多的资料表明，在许多“S”型花岗岩中，很难发现钨锡矿(化)的踪影，例如西北的鲁甸花岗岩、加仁花岗岩等。其实，在碰撞造山带中，地壳碰撞加厚形成的“S”型花岗岩分布广泛，但含钨锡花岗岩只占少部分。有些钨锡矿床与花岗岩侵入体在时间和空间上没有成因联系，如云南马关地区的南秧田钨锡矿(冯佳睿，2011)；也可见层状钨锡矿床被后期热叠加改造，导致测年数据偏新，如蒙自白牛厂锡多金属矿(程彦博等，2010)、老君山地区的钨锡矿(冯佳睿，2011)等；当岩体与层控矿床距离更近，或岩浆活动较强时，则可能只保留最新一期的热事件记录，如腾冲地区的钨锡矿(董方浏等，2006)、广西大厂锡矿(王登红等，2004)和缅甸完冷锡矿—西盟锡矿(杨岳清等，2002；陈永清等，2009)。

郑大中等(2008)研究认为，含钨的羟基络合物及钨合金氢化物是钨的主要迁移形式，它们形成于地球深部高压、富氢、富CO的强还原环境。随着岩浆、热液、热气迁移至地壳浅部，由于压力、温度下降，氧逸度大增，H₂、CO逃逸、氧化，钨羟基络合物、钨合金氢化物分解、氧化形成钨矿物的沉淀富集并形成钨矿床。

锡钨矿床勘探和研究人员常常为这样的事情困扰：在有“S”型花岗岩和含钨锡层位出现的地区，

找矿勘探时究竟是先找岩体还是先找层位？因为，如果是岩体含钨锡并控制矿床的形成，毫无疑问，首先需要找到岩体才是找矿的关键，尤其是寻找岩体接触带及其关联的裂隙系统等赋矿空间。相反，如果是层控钨锡矿床，找矿时则应该重点注富含钨锡的有关层位，包括那些远离岩体的地段，尤其是含钨锡层位与侵入体接触部位。当不含钨锡的岩体穿切到含矿地层时，常常在岩体的外接触带将钨锡进一步富集成工业价值更大的矿体，因此还需要考虑赋矿层位中矿质被侵入体侵蚀-重组-运移到更高位置再沉淀的矿体(曾普胜等，2004, 2005)。因此，在矿床勘探和研究中，判断成矿主体(主要控制因素)是相关地层，还是侵入体，对于勘探方向的选择十分重要。白牛厂地区勘探经验证明，跨出岩体接触带那个“小圈子”，在相关层位(中寒武统田篷组(ϵ_2t))中去找矿，将取得数倍于接触带的资源量的突破(刘继顺等，2005；李晓波等，2005；张洪培等，2006)。

实际上，地球的各个历史时期中，均有层控的钨锡矿床产出。(钨)锡的初始富集往往是形成超大型矿床的基础条件之一(毛景文等，1991)。太古代有西格林兰的梅林表壳带(Malene supracrustal belt)(Appel, 1986)，非洲的津巴布韦的罗德西亚布拉瓦约组Bulawayan(约2900 Ma)，含W、Au、Sb、As及条带状铁矿石，钨矿化由白钨矿组成

(Cunningham et al., 1973); 元古代有华南元古代地层中钨的富集层(Gu et al., 1992), 罗德西亚的皮里维力组(Piriwiri)(约 1950 Ma)有含白钨矿和黑钨矿的钨矿层, 即中下元古界的硅酸盐层(Cunningham et al., 1973); 早古生代有挪威北部滨达尔地区(Bindal)的层状白钨矿(Skaarup, 1974), 波兰西南部西里西亚的寒武系斯塔拉卡梅尼察链(Stara Kamienica Chain)锡矿带(Speczik and Wiszniewska, 1984; Szalamacha, 1976; Lehmann and Schneider, 1981), 阿尔卑斯东部奥地利的菲波塔尔(Felbertal)有寒武—奥陶纪的白钨矿床(Höll, 1975; Höll et al., 1987; Raith and Stein, 2006); 晚古生代有广西大厂

锡矿(韩发等, 1997; Tanelli and Lattanzi., 1985)。中生代的有云南个旧玄武岩型层控锡矿等(黎应书等, 2006); 新生代的有云南昌宁薅坝地锡矿。

中国云南的层控钨锡矿床主要包括: 滇西南元古界的云南西盟—缅甸佤邦完冷的锡锌(银)矿带(杨岳清等, 2002); 滇东南寒武系田蓬组的马关都龙地区的锡锌(钢)矿田—蒙自白牛厂地区锡钨锌(银)矿田(冯佳睿, 2011); 滇西的石炭系腾冲—梁河锡钨矿带(董方浏等, 2006); 滇东南三叠系的个旧锡矿带(秦德先等, 2006a, b; 黎应书等, 2006; 谈树成等, 2006; 程彦博等, 2008a, b, 2009; 程彦博, 2012); 新近系的薅坝地锡矿带(李光勋, 1988)等(图 1)。

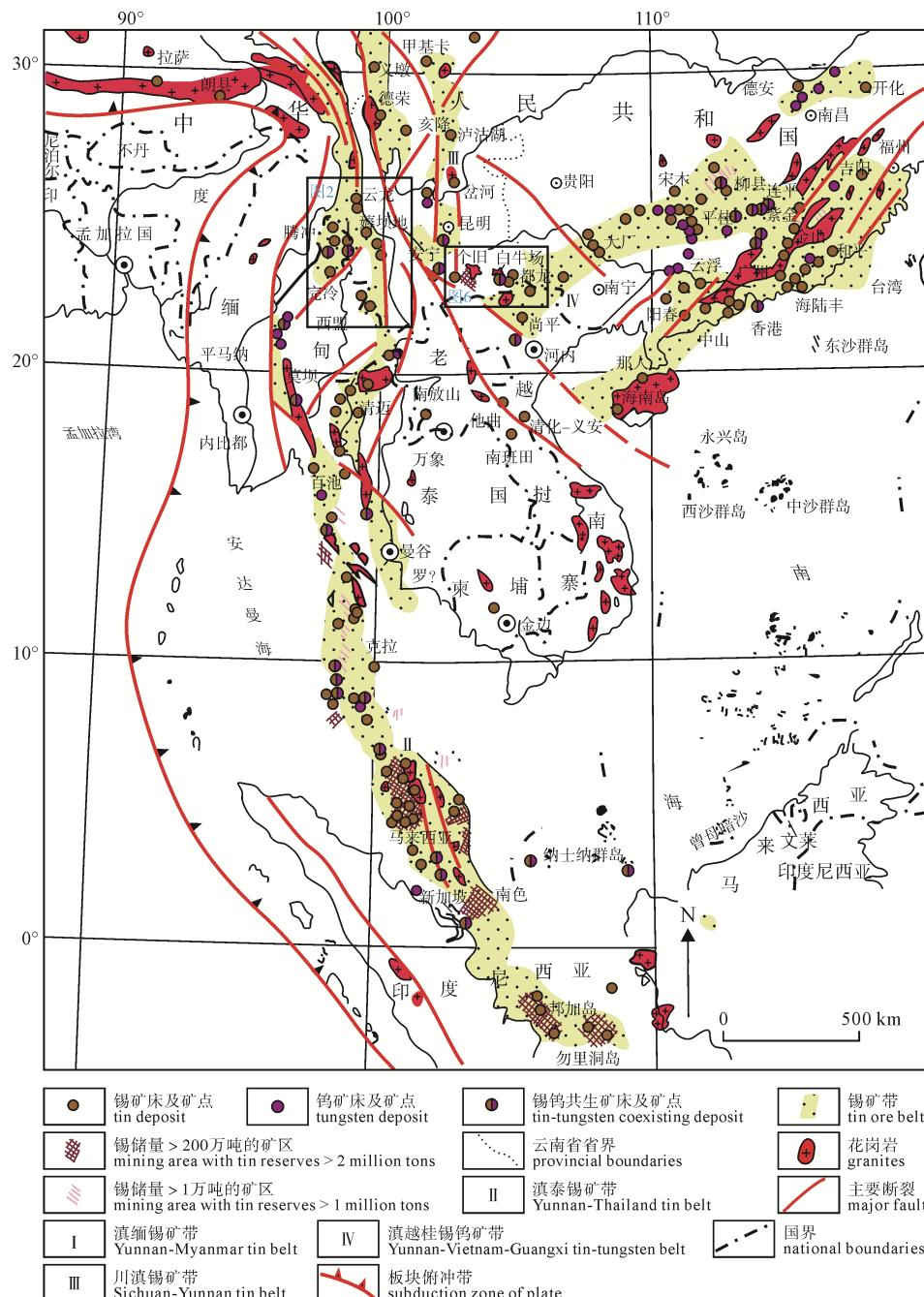


图 1 云南及邻区钨锡矿分布略图(据任治机等, 1981 改编)

Fig. 1 Distribution of tungsten and tin deposits in Yunnan and adjacent areas (after REN et al., 1981)

表 1 云南钨锡矿主要控矿层位基本特征
Table 1 Features of the main horizons for stratabound W, Sn ore deposits in Yunnan

滇西地区		滇东南地区	
层位	岩性特征	层位	岩性特征
元古界西盟群(Pt_1XM)	从下到上可分成: ①老街子组: 构成西盟隆起的核部, 主要为黑云母斜长变粒岩与云母石英片岩互层, 普遍混合岩化, 厚度大于614 m。②帕可组: 以云母斜长变粒岩(原岩为酸性火山岩)、云母片岩、云母石英片岩、含滑石-金云母大理岩为主, 局部为绿泥片岩(原岩为基性火山岩)。厚度大于220 m。主要的含矿层位, 矿体产于云母片岩与金云母大理岩层间主要矿石矿物为浅色锡石、黝锡矿、黄铜矿、毒砂、斜方辉铋铅矿、柱硫铋铜铅矿等。矿层中锡石含量可达10%~20%。锡石棕色, 色调的深浅与其化学成分有较大关系, 深色者 FeO 、 MnO 、 TiO_2 含量均高于浅色锡石。深棕色锡石中 $w(Nb_2O_5)$ 含量为4.5%, $w(Ta_2O_5)$ 为0.5%; 而浅棕色锡石 $w(Nb_2O_5)$ 1.2%, $w(Ta_2O_5)$ 1.1%; 脉石矿物有白云石、方解石、滑石、金云母等(杨岳清等, 2002)。③王雅组: 主体为绢云母片岩夹碳质绢云母片岩, 厚度大于100 m	中、下寒武统冲庄组(ϵ_1ch)或田蓬组(ϵ_2t)	冲庄组: 三段。(1)戈岭段主要为深灰色黑云斜长片麻岩、浅灰白色花岗片麻岩、条痕状花岗片麻岩、眼球状花岗片麻岩等。本层受老君山岩体影响, 具有强烈的混合岩化和花岗岩化作用; (2)南秧田段下部为角闪斜长变粒岩(原岩为中酸性岩)、透辉黑云角闪片麻岩、二云斜长片麻岩夹石英云母片岩及石英岩扁豆体, 上部主要为云母石英片岩、绿泥石云母片岩(原岩为玄武质火山碎屑岩)、黑云斜长片麻岩、电气石石英岩(原岩为喷气岩)等。该段为本区钨矿主要赋存层位; (3)太阳坪段主要为浅灰至灰绿色白云斜长片麻岩、灰色二云斜长片麻岩夹少量变粒岩、电气石石英岩等。整体构成完整的双峰式火山岩旋回。与区域上的田蓬组可能呈渐变关系。 田蓬组: 下段为黑色炭质板岩、炭质千枚岩夹条纹状含炭质大理岩, 地层厚度大于400 m; 上段千枚岩、大理岩夹硅质岩及绿帘透辉石(片)岩、绿泥千枚岩夹绿帘透辉石岩(原岩为水解的玄武岩)±铜-锡-锌、铅锌硫化物矿层, 地层厚度大于430 m(林全胜, 2013)。产三叶虫化石(刘桂春等, 2014)
石炭系大硐厂组(C_2dd)或勐洪群(Cmh)	下部为泥质板岩与砂质板岩互层, 中部有黑云含砾砂岩(原岩为基性火山岩, 水解后与不整合面的砾石成分混合, 经后期侵入体的热烘烤蚀变而成黑云含砾砂岩), 区域上同层有卧牛寺组火山岩。含硫化物炭质粘土岩层序, 硫化物为锡石、木锡石+黄铁矿或胶黄铁矿, 丝光坪一带最高含Sn 27.5%, 其他金属矿物还包括闪锌矿、磁黄铁矿等; 脉石矿物为蛋白石、重晶石、炭质等。上部为大理岩(原岩为白云岩、白云质灰岩)覆盖	泥盆系东岗岭组或称为大厂层(D_2d)	下部为块状结晶生物礁灰岩, 深灰色条带状结晶灰岩; 中部为灰黑色至黑色薄-中层状硅质岩夹硫化物层; 上部为黑至黑色含炭质、有机质泥灰岩夹薄层的钙质页岩。主要在广西大厂一带发育石英-电气石-硫化物层, 矿石矿物主要为锡石、黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿及少量方铅矿; 脉石矿物为电气石、石英、重晶石及少量云母。该层硫化物在云南发育较差, 并且相变为温度更低的含辉锑矿硅质岩, 产出于云南省广南县木利等地, 其他地段只见硅质岩薄层出
古新统珠山群(E_1Z)	由紫红色砂岩、粉砂岩、砾岩, 底部炭质页岩组成, 厚约120 m, 矿体产出该套地层的底部	三叠系个旧组(T_2g)	下部(卡房段)为灰岩和灰质白云岩互层, 具锡、铅、银矿化, 在富宁、开远、个旧等地, 其底部尚产有基性火山岩(玄武岩)层和铜、锡矿化; 中部(马拉格段)以白云岩为主, 夹不规则状灰岩, 见锡、铅、银、铜矿化; 上部(白泥洞段)以灰岩为主, 夹不规则状白云岩, 局部具锡、铅、铜、铁矿化(黎应书, 2003)

1 云南钨锡矿矿床简况

1.1 云南的钨、锡的丰度值及富集层位

云南钨锡矿主要分布于西部的腾冲—云龙—西盟一带(属于滇马泰钨锡矿带的一部分)以及东部的个旧—蒙自—马关一带(属于滇越桂钨锡矿带的一部分)(图1)(任治机等, 1981)。

云南钨锡矿主要分布于滇西地区, 以及滇东南的老君山—薄竹山一个旧一带。主要钨、锡富集层位(表1)如下。

滇西地区: 元古界西盟群(Pt_1XM); 石炭系大硐厂组(C_2dd)(也称勐洪群, Cmh); 以及古新统珠山群(E_1Z)。

滇东南地区: 中、下寒武统冲庄组(ϵ_1ch)或田蓬组(ϵ_2t); 泥盆系大厂组(D_2d); 以及三叠系个旧组(T_2g)。其中, 大厂组(也被称为“大厂层”)只在局部地段出现, 本次不做重点描述。

滇西锡矿属于东南亚巨型锡矿带的北延部分

(孙家骢, 1984; 陈晓翠, 2011), 滇西地区的Sn、W、Bi、Mo的背景含量分别为($\times 10^{-6}$): 5.0、2.9、0.4、0.9(吴上龙等, 1990), 分别是地壳丰度(以Taylor, 1964为基准)的2.55倍, 1.33倍, 2.35倍和0.6倍, 表明滇西地壳富Sn、W、Bi而贫Mo。滇西分布有元古代、石炭纪、古近纪三个时期的层控钨锡矿。滇东南地区属于华夏大陆的西端, 其Sn、W背景含量分别为 7.87×10^{-6} 和 5.87×10^{-6} (迟清华等, 2012), 分别是地壳丰度(Taylor, 1964)的3.94倍和3.84倍, 尤其是, 滇东南文山—都龙地区的中寒武统的Sn高达 110×10^{-6} (云南有色317地质队, 1984), 可见, 滇东南地壳更富Sn、W。滇东南至少分布着寒武纪田蓬组、三叠纪个旧组两个时期的层控钨锡矿, 泥盆纪大厂锡矿同层只在广西丹池盆地存在。

1.2 滇西钨锡矿

滇西钨锡矿由东支和西支组成(图1, 2), 东支

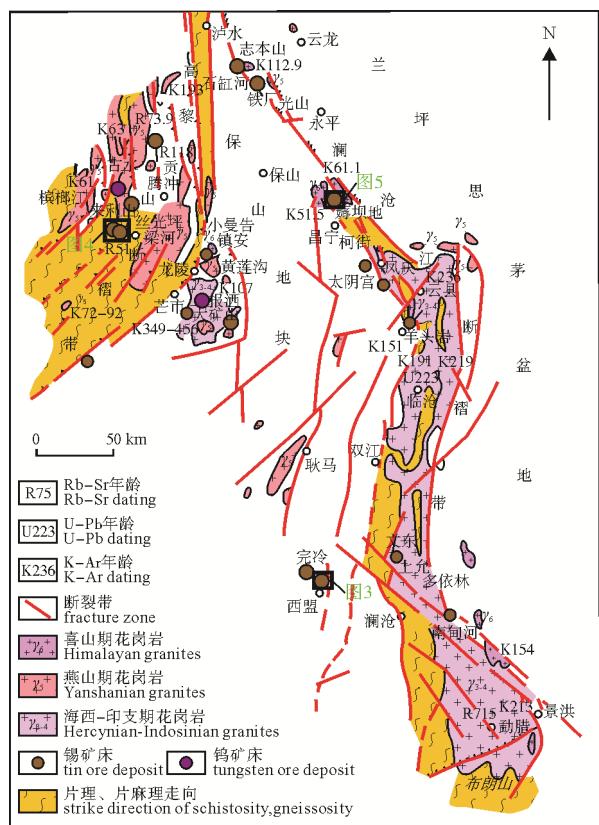


图 2 滇西锡钨矿床分布简图(据戴福盛, 1991 改编)
 Fig. 2 Sketch showing distribution of tin and tungsten ore deposits in west Yunnan
 (modified after DAI et al., 1991)

从云龙县的志本山—铁厂一带，经昌宁县薅坝地—凤庆县太阴宫，南延至澜沧县的文东、南甸河一带；西支省内主要分布于腾冲—梁河一带和芒市一带。西盟锡钨矿带可能属于西支被南汀河断裂剪切并向东北方向推移的部分。

主要的含钨锡层位包括：①元古界，以昌宁—孟连带为界分为东、西两支，西支的下元古界西盟群的怕可组(Pt_3p)(丁秀芳等, 2011)，部分可见于下伏地层老街子组(Pt_3l)，产出著名的西盟锡矿，延入缅甸有完冷锡矿等；东支的元古界公养河群，产出的锡矿床有云龙县铁厂锡矿、漕涧锡矿等。②石炭系大硐厂组(C_2dd)，相当于同层位的卧牛寺组(C_2w)玄武岩层位，主要分布于腾冲—梁河钨锡带，是梁河县丝光坪层控锡矿床的容矿层位，并且其中出现了低温热液的标志性矿物——木锡石，其成矿温度为 90~140℃ 之间，与广西九毛锡矿的低温木锡石(税哲夫等, 1988, 1990)相似，是腾冲—梁河地区锡矿的主要矿源层之一。大硐厂组和其上覆层位的丁家寨组、卧牛寺组玄武岩，在时代上争议较大，有人认为属于早二叠世(王伟等, 2004)，也有人主张应与晚二叠世的峨眉山玄武岩相当(264 Ma 左右)(黄

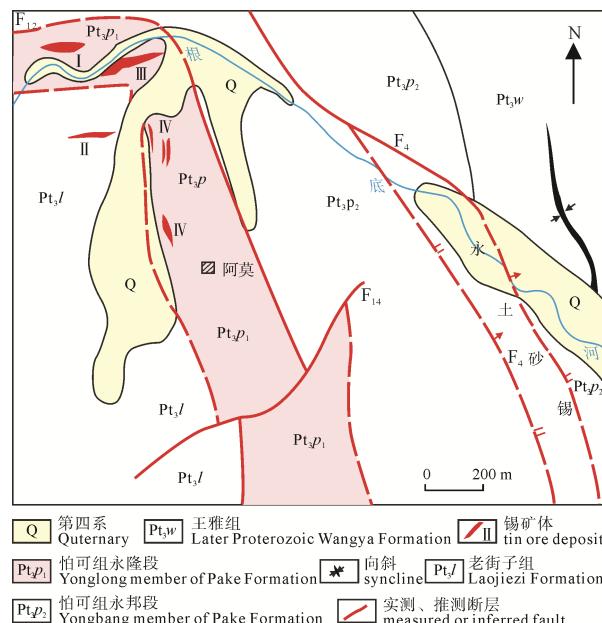


图 3 云南西盟锡矿田阿莫矿段地质图
(据丁秀芳等, 2011 改编)
Fig. 3 Geological map of the Amo ore block in the Ximeng tin orefield, Yunnan(modified after DING et al., 2011)

勇等, 2012; 肖龙等, 2003)。③保山地区昌宁县薅坝地一带的始新世珠山群底部($E_2\zeta h$)(薅坝地锡矿)的层控锡矿则是古近纪的陆相湖泊中沉淀的锡矿床, 其中也有木锡石产出(李光勋, 1988), 代表了较低温的成矿端元。

1.2.1 前寒武纪基底地层以老街子组内的西盟锡矿阿莫矿段为例

西盟锡矿: 矿床顺层产于元古界西盟群怕可组永龙段(Pt_3p^1)含电气石钠长二云母片岩中, 少数可延伸到下伏的老街子组(Pt_3l)灰白色钠长浅粒岩, 石英钠长片岩、变粒岩(浅粒岩)中(图3)。沿根底河冲下, 在永土一带可形成砂锡矿。向西北方向延入缅甸, 与完冷锡矿相连。区域上找锡矿的前景可观。主矿体I号、Ⅲ号矿体为西盟锡矿最主要矿体, 在矿区北部、根底河南侧, 主要矿脉赋存于怕可组永龙段下亚段中部的钠长二云片岩中。矿体走向 $75^\circ\sim85^\circ$, 倾向北西, 倾角地表浅部 $50^\circ\sim70^\circ$, 深部变缓(多小于 50°)。走向最长 $>240\text{ m}$, 最大延深280 m。矿体呈脉状、透镜状产出。

含锡矿物为锡石，粒状、鳞片、叶片粒状变晶、交代残余结构；块状、浸染状、细脉或网脉状、晶洞或晶簇状、星点状构造。其他金属矿物以磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂为主，少量黄锡矿、白钨矿、黑钨矿、辉铋矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、褐铁矿、菱铁矿、奥葱石等；脉石矿物以石英、电气石、长石、白云母为主，次有黄玉、金红石、萤石、白云

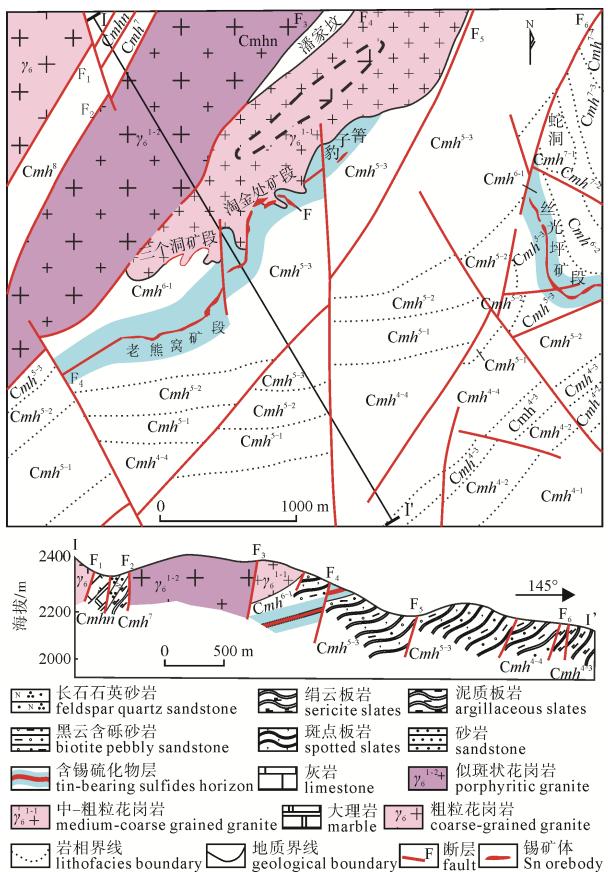


图 4 云南梁河县丝光坪—来利山锡矿区地质简图
(据刘粤湘和徐成彦, 1987 改编)

Fig. 4 Simplified geological map of Siguangping-Lailishan area, Lianghe County, Yunnan (modified after LIU and XU, 1987)

Cmh-石炭系勐洪群(*Cmhn*-大理岩、灰岩; *Cmh*⁷⁻⁴-含砾长石粉砂质板岩; *Cmh*⁷⁻³-角岩化含砾长石石英砂岩; *Cmh*⁷⁻²-砂质绢云板岩; *Cmh*⁷⁻¹-角岩化含砾长石石英砂岩; *Cmh*⁶⁻²-角岩化二云石英砂岩; *Cmh*⁶⁻¹-砂质绢云板岩、粉砂质炭质板岩; *Cmh*⁵⁻³-黑云含砾砂岩、斑点板岩互层(赋矿层位); *Cmh*⁵⁻²-泥质粉砂岩、斑点状粉砂质板岩; *Cmh*⁵⁻¹-泥质粉砂岩; *Cmh*⁴⁻⁴-泥质板岩夹砂岩; *Cmh*⁴⁻³-绢云板岩; *Cmh*⁴⁻²-粉砂岩、砂岩、砂质板岩; *Cmh*⁴⁻¹-泥质粉砂岩) *Cmh*-Carboniferous Menghong Group (including *Cmhn*-marble, limestone; *Cmh*⁷⁻⁴-gravel feldspar silty slate; *Cmh*⁷⁻³- hornfels gravel feldspar quartz sandstone; *Cmh*⁷⁻²- sandy sericite slate; *Cmh*⁷⁻¹-hornfels gravel feldspar quartz sandstone; *Cmh*⁶⁻²-hornfels and muscovite- biotite quartz sandstone; *Cmh*⁶⁻¹-sandy sericite slate, silty carbonaceous slate; *Cmh*⁵⁻³-biotite pebbly sandstone, spotted slate interbedded layer(host horizon); *Cmh*⁵⁻²-argillaceous siltstone, mottled silty slate; *Cmh*⁵⁻¹-argillaceous siltstone; *Cmh*⁴⁻⁴-argillaceous slate intercalated with sandstone; *Cmh*⁴⁻³-sericite slate; *Cmh*⁴⁻²-siltstone, sandstone, sandy slate; *Cmh*⁴⁻¹-argillaceous siltstone)

母、黑云母等，少量钙铁榴石、透辉石、绿帘石、绿泥石、钠长石等。

1.2.2 晚古生代石炭纪勐洪群：以丝光坪—来利山锡矿为例

据云南省地勘局四队勘探资料,该区锡矿体赋存于石炭系勐洪群(*Cmh*),丝光坪矿区称为丝光坪组(*Cs*),区域上相当于大硐厂组(*C₂dd*)。丝光坪层状锡矿床与来利山锡矿分别占据背斜的两翼,中部则

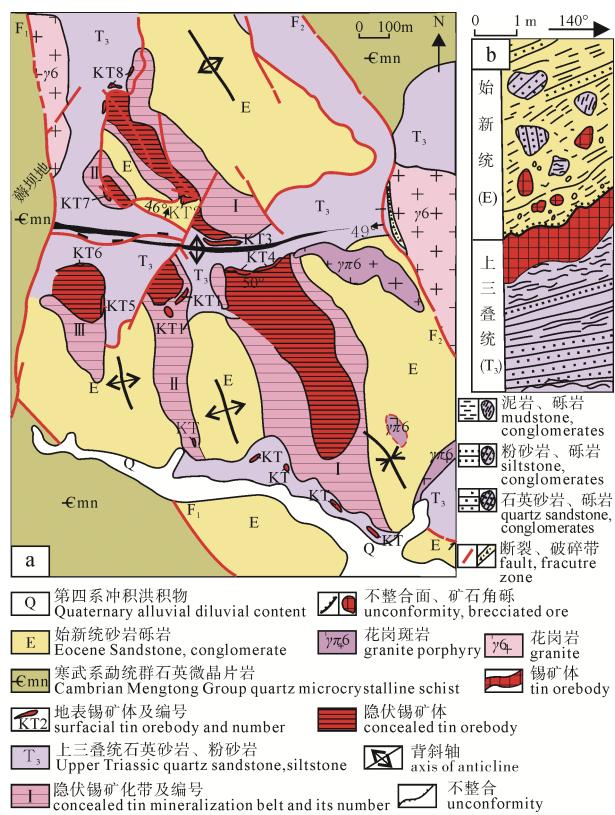


图 5 云南省昌宁县薅坝地锡矿田地质简图(a)及
柱状图(b)(据李光勋, 1988 改编)

Fig. 5 Simplified geological map (a) and stratigraphic column (b) of the Haobadi tin orefield in Changning County, Yunnan Province (modified after LI et al., 1988)

因构造抬升而被剥蚀(图 4)。丝光坪矿区的含锡石硫化物的层位与西部来利山锡矿区的老熊窝矿段、沟金处矿段相当,赋矿层位为石炭系勐洪群 5 段 3 层(Cmh^{5-3}),丝光坪矿区为一套含锡石硫化物和炭质的热水沉积岩(含锡石、胶黄铁矿、闪锌矿等硫化物的绿泥石硅质岩);西部来利山矿区为含砾砂的绿泥石岩(经后期花岗岩体侵入烘烤变质为黑云含砾砂岩)(图 4 剖面)。西部来利山地区被晚期岩体(γ_6^1)侵入破坏,并将锡重新分配在断裂裂隙中,形成老熊窝矿段、淘金处等矿段;而东翼则无岩体侵入,矿体顺层产出,木锡石等低温成矿作用的产物保留明显。矿层呈似层状、脉状产出。来利山整个矿带断续延长 2 km 以上,宽 20~50 m,局部有层间滑动,因此常被描述为“层间破碎带”(李宗玉,1991;王洪等,2010)。丝光坪矿区已发现 5 个矿体,其中 V4 为矿区主矿体,为黄铁矿锡矿石,呈北西—南东延伸,长 600 m,斜深 100~400 m。

据野外观察, 矿体主要有微细粒胶黄铁矿、微细粒锡石、蛋白石、重晶石、炭质等组成, 矿体与顶底板整合产出, 沿倾向延深控制达 500 m 处未见尖灭, 这表明该矿层为典型的同生沉积的 SEDEX

型含锡石硫化物矿层; 西部来利山有变质脱水形成黑云母的基性组分, 变质前为含绿泥石的热水沉积岩(exhalites), 因此可归属为“VMS”型块状硫化物矿床。

丝光坪矿体最小厚度 0.4 m, 最大厚度 30.93 m, 平均 4.13 m。锡品位最低 0.166%, 最高 27.51%, 平均 1.044%, 锡品位和厚度成正相关(李宗玉, 1991; 王洪等, 2010)。原生的层控矿床的结构多为细粒-微细粒结构和胶状结构、角砾状结构等; 矿石构造多呈纹层状、条带状、块状等构造特征。但矿层被新生代花岗岩改造, 可形成粗晶的锡石硫化物, 部分保留层控矿床的特征, 如来利山锡矿床。

矿物组分较简单, 金属矿物主要为锡石、木锡石、黄铁矿、磁黄铁矿。次为黄铜矿、磁铁矿、方铅矿、镜铁矿等。非金属矿物主要为石英、蛋白石、长石、方解石、白云母、绢云母。次有重晶石、绿泥石、自然硫等, 炭质普遍。矿石类型可分为锡石-黄铁矿矿石、锡石-磁黄铁矿矿石、锡石-蛋白石矿石。硫同位素 $^{34}\text{S}\%$ 值为 5.12~5.89, 平均 5.49(李宗玉, 1991), 显示与深源岩浆活动关系密切, 同层位有卧牛寺组玄武岩。锡石-黄铁矿矿石及锡石-磁黄铁矿矿石的均一温度为 310~460°C; 锡石-蛋白石矿石的均一温度为 143~217°C(王洪等, 2010), 是本矿床重要成矿阶段。

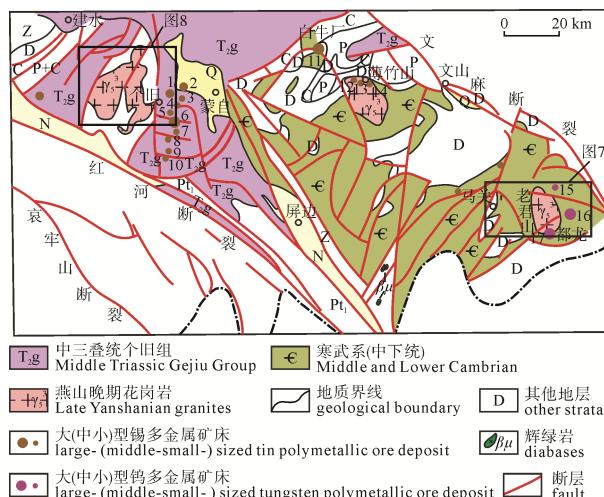


图 6 滇东南锡钨矿带及其主要赋矿层位
(据周建平等, 1998)

Fig. 6 Tin-tungsten ore belts and main host horizons in southeastern Yunnan (modified after ZHOU et al., 1998)

大(中)型矿床: 1-马拉革; 2-古山; 3-松树脚; 4-芦坝塘;
5-高峰山; 6-老厂; 7-双竹; 8-新山; 9-龙树脚; 10-田心;
11-白牛厂; 12-咪尾; 13-白羊; 14-阿尾; 15-新寨; 16-南秧田;
17-都龙
Large-(middle-small-) sized ore deposits: 1-Malage; 2-Gushan;
3-Songshujiao; 4-Lubatang; 5-Gaofengshan; 6-Laochang;
7-Shuangzhu; 8-Xinshan; 9-Longshujiao; 10-Tianxin;
11-Bainiuchang; 12-Miwei; 13-Baiyang; 14-Awei; 15-Xinzhai;
16-Nanyangtian; 17-Dulong

1.2.3 新生界古新统层位: 以滇西薅田地锡矿田为例

据云南地矿局三队勘探资料, 该矿田的容矿地层为古新统珠山群, 由紫红色砂岩、粉砂岩、砾岩, 底部炭质页岩组成, 厚约 120 m, 矿体产出于该套地层的底部(图 5)(李光勋, 1988), 多数矿体被砂砾岩覆盖, 靠近湖盆中心部位形成更厚的富矿体, 仅局部被后期抬升剥蚀而出露地表(图 5a); 沉积矿层在陆相湖盆沉积演化过程中会被再次搬运沉积, 与其他基岩碎块形成复成分角砾岩(图 5b)。下部是上三叠统灰至灰黑色砂砾岩、石英杂砂岩、粉砂岩、页岩及灰岩夹层或透镜体之碎屑岩系, 厚约 400 m。基底地层为寒武系勐统群绢云石英微晶片岩。薅田地断裂(F_1)和水草洼断裂(F_2)是新生代控制沉积盆地的边界断裂, 陆相湖泊中沉积的锡石硫化物矿床与汽油有密切关系。从控矿意义上讲, F_1 、 F_2 均为控制热水沉积的同生断裂, 它们的次级断裂中产有锡石电气石石英脉。沿断裂有喜马拉雅期花岗

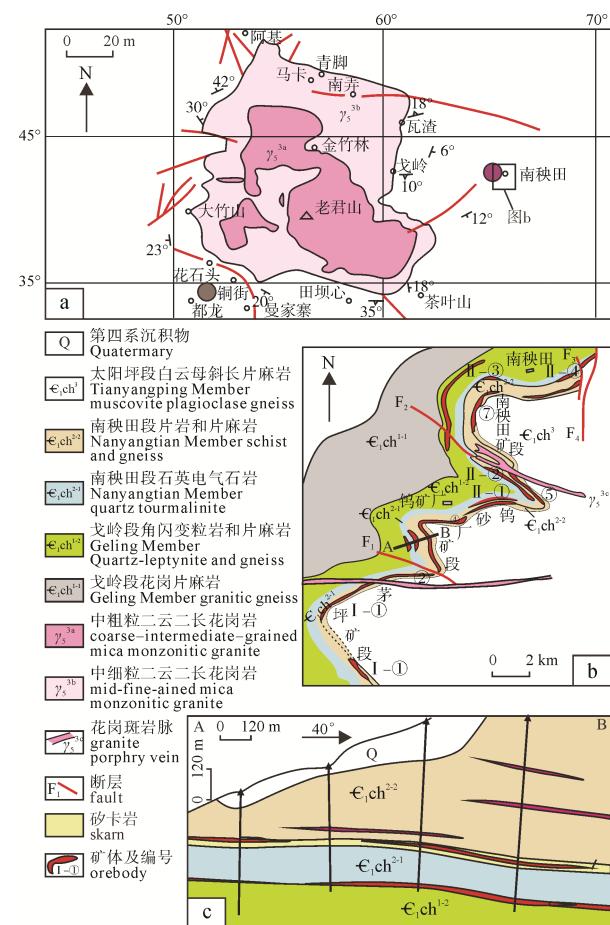


图 7 老君山地区岩体与钨锡矿体关系图(a), 南秧田钨矿地质平面图(b)及剖面图(c)(据云南有色 317 地质队, 1984; 张世涛等, 1998; 冯佳睿, 2011 综合)

Fig. 7 Relationship between the Laojunshan intrusion and the tungsten-tin ore deposits (a), geological map (b) and cross section of the Nanyangtian tungsten orefield (c) (compiled after No. 317 Party, Yunnan Nonferrous Geological Brigade, 1984; ZHANG et al., 1998; FENG, 2011)

岩或花岗斑岩侵入, 云南地质科研采用 K-Ar 法测年为 62.37~64.7 Ma(李光勋, 1988), 与北部的兰坪金顶铅锌矿同期, 这些侵入体是陆相湖盆中热水沉积的重要通道。

层状、似层状锡矿体呈北西向展布的三个矿带, 即 I 、 II 和 III(图 5a), 长度分别为 1800 m、1100 m 和 400 m, 水平投影宽度 100~500 m, 厚度范围 1.6~7.5 m(一般厚 2~4 m)。层状矿体中可见到 2~4 个沉积旋回。矿体由石英-电气石-硫化物脉组成, 地表氧化为石英-褐铁矿脉。矿层与地层产状一致。矿石矿物主要为锡石、黄铁矿、磁黄铁矿、赤铁矿, 及少量方铅矿; 脉石矿物为电气石、石英、重晶石及少量云母。矿石组构为微细粒结构, 块状、纹层状构造。

1.3 滇东南钨锡矿

滇东南钨锡矿带属于中国东部华夏钨锡矿带的西端, 有三个主要含矿层位(图 6), 即中寒武统田篷组(C_2t)(老君山地区相当于冲庄组(C_1ch))、上泥盆统大厂组(D_3d)和三叠系个旧组(T_2g)。大厂组在云南发育不具规模, 本文主要论述中寒武统田篷组、三叠系个旧组。

1.3.1 中寒武统田篷组(C_2t)或冲庄组(C_1ch): 以南秧田钨矿田为例

中寒武统田篷组是滇东南最重要的钨锡矿控制层位, 在文山一带称为田篷组(C_2t), 在马关都龙一带称为冲庄组(C_1ch), 区域上可以对比(张世涛等, 1998), 均为中寒武统田篷组。以老君山岩体、薄竹山岩体为中心的底辟核杂岩使该套层序抬升至浅部, 局部出露地表, 构成中国重要的钨锡矿产地。前人(周建平等, 1998, 1999; 王学焜, 1994)发现一些著名的大型-超大型锡多金属矿床, 如都龙锡矿、白牛厂大型银锡多金属矿床中发现了大量海底喷流沉积结构构造, 包括瓣状结构和岩体接触带发现海底黑烟囱常见的丝状管形虫等证据(Juniper, 1988)。表明这些矿区的一些主要硫化物矿体形成于海底沉积作用而不是花岗质岩浆侵入作用。这些矿床的产出层位就是田篷组。

南秧田层控钨矿位于马关老君山岩体的东侧, 与岩体南侧的都龙钨锡锌(钢)矿田、岩体北侧的新寨锡矿田等构成层控钨锡矿集中区(图 7a, b)。南秧田矿田出露地层为下寒武统冲庄组变质岩系(相当于田篷组(C_2t)), 按照岩性组合可分为 3 个岩性段, 其层序自上而下依次为(云南有色 317 地质队, 1984; 冯佳睿, 2011)(图 7b, c):

太阳坪段(C_1ch^3): 为浅灰、灰白色白云二长片麻岩、二云斜长片麻岩夹黑云斜长片麻岩、白云斜长片麻岩。总厚度大于 1000 m。

南秧田段(C_1ch^2): 由下而上依次为碎屑岩(变质为云母片岩)、含白钨矿电气石硅质岩(变质为含白钨矿电气石石英岩), 白云岩等, 局部地段夹变粒岩和锡石石英电气石脉。是主要的赋矿层位。厚度 150~60 m。层控特征十分明显。

戈岭段(C_1ch^1): 下部花岗片麻岩为主, 厚度大于 200 m, 上部斜长片麻岩为主, 厚度约 100 m。

后期的花岗斑岩脉与成矿无关, 岩脉穿切矿层, 接触带也未见明显矿化。

需要指出的是, 南秧田段的白云岩+石英+水等组分, 经变质作用, 尤其是后期热液叠加改造作用, 自变质形成“层状矽卡岩”(曾普胜等, 2005)。其中含有的辉钼矿的 Re/Os 年龄为 $(209.1 \pm 3.3) \sim (214.1 \pm 3.1)$ Ma(冯佳睿, 2011), 与层控矿床形成后区域上最强烈的热事件一个旧组(T_2g)的玄武岩(谈树成, 2001; 谈树成等, 2006; 黎应书等, 2007; 秦德先等, 2008)相当, 这预示着寒武纪时期的热水沉积岩系经晚三叠世玄武岩喷发的热事件叠加变质形成变质的层控矿床。对于南秧田矿田而言, 无论成矿还是区域变质作用, 均与侵入时期为 85.9~87.2 Ma(冯佳睿, 2011)的老君山侵入体无关。

类似的含钨锡矿层位还有蒙自白牛厂银锡多金属矿(周建平等, 1998)和新寨锡矿(王学焜, 1994)等, 矿体均为顺层产出为主的层控矿床, 但成矿主元素在区域上有所变化, 呈现南钨(锡、锌钢), 北锡(银、铅锌)的格局。

1.3.2 三叠系个旧组(T_2g): 以个旧锡多金属矿田为例

个旧锡矿田与老君山矿集区、薄竹山矿集区等同属于华夏钨锡矿带西段, 个旧矿田为最西端的部分(图 6, 8)。个旧矿区主要出露三叠系中统个旧组(T_2g)灰岩、白云质灰岩、白云岩、灰质白云岩, 部分地段灰岩白云岩互层, 底部夹碱性玄武岩, 为主要的赋矿地层; 飞仙关组(T_2f)砂质页岩、长石石英砂岩、钙质泥岩。老卡花岗岩体出露与矿区西北部, 向东南隐伏于矿区地表以下 20~100 m, 沿五子山复背斜核部侵入中三叠统个旧组中下部碳酸盐岩中(庄永秋等, 1996)。

个旧地区锡矿被南北向个旧断裂(小江岩石圈断裂南延部分)分为东、西两个矿区。个旧锡多金属矿床主要产于东矿区, 矿区面积上百平方千米, 有马拉格、松树脚、高松、老厂、卡房、牛屎坡等六个矿段(图 8a)。除了牛屎坡氧化矿外, 其余各矿段均为燕山晚期的花岗岩叠加于三叠纪的层控矿床之上。在个旧矿区, 三叠纪玄武岩中锡的含量可以达到 70.0×10^{-6} , 而燕山晚期花岗岩锡的含量只有

17.3×10^{-6} (黎应书等, 2005)。层控矿床的锡多金属矿与玄武岩密切相伴产出, 与顶底板围岩整合(图 8b)。因此, 个旧地区的锡多金属矿的 Sn 主要受控于三叠纪个旧组基性岩浆活动(喷出部分为玄武岩, 通道相的辉绿岩或辉长岩(徐启东等, 2009))有关的热水沉积岩系及层控矿床。

相关研究(黎应书等, 2006)指出, 老厂和卡房矿段的层状铜锡矿体分布在 $T_{2g_1}^{1-5}$ 玄武岩上、下盘薄中厚层状含泥质条带大理岩分界面或其层内, 呈层状、似层状、透镜状, 一层或多层平行岩层层理延伸, 产状与围岩一致。规模较小的矿体呈板状、扁豆状, 常呈多层次(最多 9 层)沿层产出。矿体厚度或品位一般不受后期侵位的花岗岩接触带距离的影响。

矿石中常见金属矿物有锡石、毒砂、磁黄铁矿、

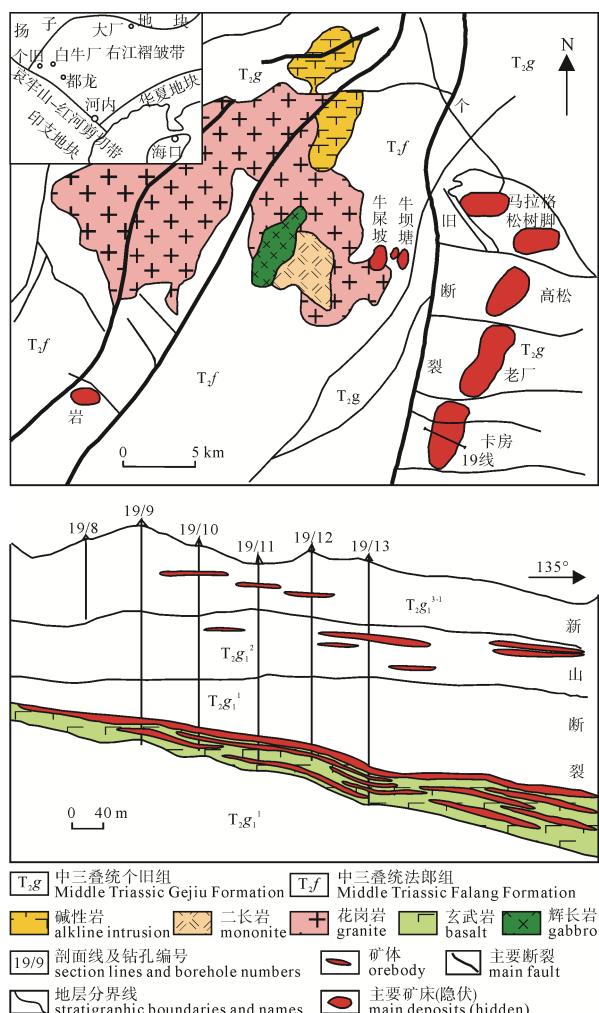


图 8 个旧锡多金属矿田主要矿床地质简图(a)(据杨宗喜等, 2008 改编)及卡房矿田 1-9#矿体 19 线地质剖面图(b)(据黎应书等, 2007 改编)

Fig. 8 Distribution of main deposits in the Gejiu tin-polymetallic orefield (modified after YANG et al., 2008) and geological section along No. 19 exploration line of orebodies No. 1-9 in the Kafang orefield (modified after LI et al., 2007)

黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、铁闪锌矿、菱铁矿等; 脉石矿物有方解石、阳起石、透闪石、金云母、萤石、石英等。远离岩体时多为微细粒结构, 经花岗岩叠加后颗粒变大, 晶形变好。

1.4 “S”型花岗岩侵入事件及其与钨锡矿的关系

滇西地区: 西盟锡矿—完冷锡矿一带, 均没有显著的含锡侵入体出露, 附近有喜马拉雅期(45~47 Ma)花岗岩体(陈永清等, 2009), 但这些花岗岩含锡钨均很低, 岩体及接触带都未见明显的锡钨矿化, 表明这一期花岗岩与锡钨成矿关系不大。前寒武纪的含锡钨的基底地层晚期的基性岩浆作用可形成含锡钨的层控矿床(如腾冲—梁河丝光坪一带), 含锡石硫化物的石炭系层控矿床被喜马拉雅期花岗岩侵入改造后, 可使锡石硫化物迁移到高位, 形成粗晶的锡石、黄铁矿等, 未被岩体蚕食部分仍可保留层控特征, 如丝光坪锡矿西北侧的来利山锡矿。滇西东部寒武系勐统群的含锡地层, 经喜马拉雅期岩体(62.37~64.7 Ma)(李光勋, 1988)活动穿切, 可将地层中的锡等组分带到地表, 在陆相湖泊中形成层“薅坝地式”的层控热水沉积锡矿床, 大部分被后期堆积物覆盖, 仅有部分剥蚀出露地表(图 5a)。

滇东南: 有东南向西北依次分布着三个显著的花岗岩侵入体: 老君山花岗岩、薄竹山花岗岩、个旧老厂花岗岩。它们的岩性相近, 均为中细粒黑云母花岗岩。形成年龄相近。

老君山岩体的年龄为 (87.2 ± 0.6) Ma, (86.8 ± 0.4) Ma, (85.9 ± 0.4) Ma(冯佳睿, 2011);

薄竹山花岗岩体的年龄为 (86.51 ± 0.52) Ma ~ (87.83 ± 0.39) Ma(程彦博等, 2010);

个旧花岗岩体的年龄: 龙岔河似斑状花岗岩主要形成于 $(82.0 \pm 0.3) \sim (83.2 \pm 1.4)$ Ma, 马拉格—松树脚似斑状花岗岩形成于 (82.8 ± 1.7) Ma, 老厂似斑状花岗岩形成于 (83.3 ± 1.6) Ma, 白沙冲等粒花岗岩形成于 (77.4 ± 2.5) Ma(程彦博等, 2009)。

滇东南三个岩体周围的层控钨锡矿床的时代特征如下。

①个旧矿田的层控矿床主要赋存于东矿区的中三叠统个旧组玄武岩有关的层位中, 早于个旧岩体。

②老君山岩体东侧的南秧田层控钨锡矿床, 经晚期热事件叠加后, 层状矿体中的辉钼矿年龄纪录的是最强的热事件年龄(为 (209.1 ± 3.3) Ma, (213.0 ± 4.3) Ma, (214.1 ± 3.1) Ma)(冯佳睿, 2011), 既不是赋矿地层中寒武统田篷组(C_2t , 大致 520~510 Ma), 也不是邻近的老君山花岗岩的年龄($85.9 \sim 87.2$ Ma)(冯佳睿, 2011)。老君山岩体东北部的新寨锡矿床位于

滇东南褶皱带的文山—马关隆起,为近年发现的一大型锡矿,矿体产于中寒武统田蓬组中,以顺层厚大矿体产出为特征。记录的与成矿有关的黑云母、白云母的K-Ar年龄值为 $(197.76\pm3.15)\sim217.00$ Ma(王学焜, 1994; 西南勘探公司地质研究所, 1984),与南秧田矿体年龄相当。从区域上看,该年龄与滇东南分布广泛而强烈的晚三叠世的玄武岩基本相当,这从另一个侧面反映出,老君山侵入体对南秧田、新寨等地的田蓬组中的层控钨锡矿影响很小,未提供热源,也就更谈不上提供物质来源。层控矿床的改造年龄与区域上中三叠世的碱性玄武岩(在个旧矿田出露较多)相当,个旧矿区个旧组玄武岩之上的硫化物中的锡钨也是来自于深部的前寒武纪含锡钨地层(如田蓬组 ϵ_{2t})。

③薄竹山岩体的围岩田蓬组中的层控钨锡矿体,如蒙自白牛厂锡多金属矿等,记录的年龄也是约210 Ma。表明个旧岩体、薄竹山岩体、老君山岩体与其周围的层控钨锡矿的成矿没有关系。约87 Ma左右的岩浆作用的叠加改造,除了诱发热变质使喷流沉积的热水沉积岩系发生组分再分配或重结晶,形成所谓的“矽卡岩”(实际上是一系列的热水沉积岩的热变质产物)外,矿体的结构构造及矿体产状变化都不大。但在个旧地区,由于岩体侵入层位较高,侵入到三叠系中上统地层中,蚕食了晚三叠世时期形成的层控的钨锡矿(周建平等, 1998, 1999; 谈树成, 2001; 秦德先等, 2006a, b; 黎应书等, 2006, 2007; 谈树成等, 2006),并在接触带及其相关的裂隙系统中重新分配,可以形成结晶更粗,品位更富的“接触带型”矿体。经花岗岩叠加改造后,金属元素按照温度降低的顺序产生了金属分带序列: Sn-W-Mo-Bi, Sn-Cu, Sn-Pb-Zn(毛景文等, 2008)。实质上,在个旧地区,晚期花岗岩起到了对玄武岩型层状锡矿床的“分选富集”作用。

总体看,无论是滇西还是滇东南地区,花岗岩中所含的锡钨,均是其深部基底地层中所含的层控矿床中的锡钨被重新配置的产物,前身仍然是与基性岩密切相伴的层控矿床中的锡钨。如果基底地层中没有锡钨富集,其重熔的“S”型花岗岩中也没有锡钨矿形成,如鲁甸花岗岩和白马雪山花岗岩。

2 层控钨锡矿的地质意义与勘探启示

2.1 地质意义

层控钨锡矿不仅颠覆了以往教科书中关于“钨、锡、钼、铋、铌钽矿床与S型花岗岩关系密切”的论述,使人们重新去认真和审视钨锡矿产出的环境和地质意义,提醒人们重新去考虑广西九毛

锡矿区产出的古元古界四堡群中的木锡石矿床等是形成于高温环境吗?无论古元古界、滇东南寒武系、广西大厂泥盆系、个旧地区的三叠系等,钨锡总是与玄武岩组合密切伴生,而不需要“S型”花岗岩作为必要条件。钨锡矿床表现出普遍的“亲玄武岩”的地质事实,是值得进一步关注的问题。与钨锡矿有关的最基础的层控矿床,总是产出于地球演化较早时期的太古代—古元古代(如云南西南部的古元古代老街子组、中国东部武夷山地区的古元古代建瓯群等;国外如津巴布韦—罗德西亚的太古代钨矿床(Cunningham et al., 1973)、南非墨奇逊岭古元古代矿床(Murchison Range, South) (Viljoen et al., 1975); 澳大利亚杰维斯岭(Jervois Range)、芒特·艾萨、布罗肯·希尔等的早元古代矿床(Plimer, 1980);瑞典中部的克斯约贝里(Yxsjöberg)元古代白钨矿床;美国科罗拉多和怀俄明州的元古代矿床(Tweto, 1960); 非洲西南部—纳米比亚的奥卡汉贾(Okahandja)附近的元古代钨矿床(Cunningham et al., 1973); 阿根廷圣路易斯和科尔多瓦(Cordoba)地区的晚元古代钨矿床(de Brodtkorb and Brodtkorb, 1977); 以及欧洲的早元古代钨矿床(例如东阿尔卑斯, Höll, 1977; 法国南部, Beziat and Tollen, 1976等等),是否暗示了元古代存在一种含钨锡玄武岩浆作用的特殊地质演化历史和阶段——即地壳形成后发生的高温亲石元素的分异作用?元古界地质体中的富钨锡特性似乎可以作为基底岩石的指纹,也就是说可以用其含钨锡高低来区分的基底地层的来源:(1)含钨锡高者可能源于南方大陆体系(冈瓦纳陆群),如滇西钨锡带的Sn的丰度为 5.0×10^{-6} , W为 2.9×10^{-6} (吴上龙等, 1990),分别是地壳丰度(以Taylor, 1964为基准)的2.55倍和1.33倍;滇东南的都龙—文山地区中寒武统Sn丰度高达 110×10^{-6} (云南省有色地质局317队, 1984)。钨锡高背景为锡矿的形成准备了丰富的物质条件,形成重要的钨锡矿胚层(proto),或者本身就可构成很好的钨锡矿体,如完冷锡矿、西盟锡矿、南秧田钨矿等;(2)含钨锡低者可能源于北方大陆体系(劳亚大陆群),含钨锡偏低,即使有“S”型花岗岩形成的造山带,也没有规模较大的钨锡矿产出,如乌拉尔造山带、兴蒙造山带等产出的“S”型花岗岩,鲜有钨锡矿报道。因此,基底地层的钨锡含量高低可以作为陆壳演化的一个衡量指标:南方大陆群基底高W、Sn,而北方大陆群的基底W、Sn低。

深水相泥质岩层序的钙硅酸盐和硅质岩层位中,如果含有相对富集的F、Pb-Zn、Mo、Be,则是热水沉积的层控白钨矿的良好的指示剂(Plimer,

1980)。没有指示剂, 那些极细小($<100\text{ }\mu\text{m}$)的层控白钨矿靠肉眼很难识别, 勘查中可能会被漏掉。

值得注意的是, 由于基性火山岩经历深度变质而成为角闪岩(特别是那些前寒武纪基底), 常常被误认为是层状辉绿岩或辉长岩, 但产状和原岩恢复的研究可以帮助解决这个问题, 基性岩层为之上通常是最好的层控钨、锡矿含矿层位。

2.2 勘探启示

层控钨锡对勘查具有战略上的影响, 对于像云南昌宁县薅坝地锡矿的古近系始新统、个旧锡矿三叠系个旧组等这样的浅部层位, 顺层布置锡矿勘查, 并与构造控制相结合, 是成矿带尺度的钨锡矿找矿要考虑的, 尤其与遥感解译结合, 是有效而快捷的找矿勘查突破手段。对于寒武系田蓬组、古元古界老街子组等那样的古老层位, 随着近年来勘探手段的进步, 尤其是深钻的进步, 也逐步得到重视, 在深部危机矿山找矿中意义重大。需要指出的是, 在有花岗岩与元古界、寒武系等褶皱基底地层相伴产出时, 大多数代表着造山挤压后强烈伸展的背景下的变质核杂岩, 几乎每个花岗岩出露的地区都是断裂交汇的熔融中心, 形成花岗岩时本身处于较深的位置, 后期逐步伸展剥离后, 盖层逐渐被侵蚀后, 才使得熔融的地层和熔融产物(花岗岩)显露出来, 有相当一部分依然是隐伏的。因此, 在一定程度上讲, 变质核杂岩是地质作用过程将深部矿体抬升到浅表的一种表现, 也为人们提供了更加便于开采的天然地段。然而, 那些隐伏的“杂岩体”依然是勘探地质学家们应该关注的要点之一。

3 结论

(1) 层控钨锡矿出现于特定的层位中, 包括: 滇西地区的元古界老街子组(Pt_1l)、公羊河群($Pt_{2-3}G$), 石炭系勐洪群(Cmh)(或大铜厂组(C_2dd)), 始新统珠山群(E_2zh); 滇东南下寒武统冲庄组(ϵ_1ch)或中寒武统田蓬组(ϵ_2t)、中三叠统个旧组(T_2g)等。

(2) 层控钨锡矿最常见的赋矿岩石组合是玄武岩, 而不是 S 型花岗岩。

(3) 经花岗岩叠加后, 在富钨锡层位及其上方, 经加温再分配后, 可形成受成矿温度控制的有高温钨-锡、中温铜-铅-锌、低温砷-锑-铋-汞的组合特征。

(4) 变质核杂岩使含钨锡层位和 S 型花岗岩抬升, 使锡钨矿易于发现和开采; 隐伏花岗岩及其周围的钨锡-多金属矿依然十分重要。

致谢: 本文是通过近十年来多次野外观察和讨论得到的认识。感谢云南地勘局四队蒋成兴高工等在腾冲-梁河地区丝光坪、来利山等矿区野外工作给

予的帮助和支持。

参考文献:

- 陈晓翠. 2011. 滇西梁河来利山锡矿床地质及其有关的花岗岩地球化学特征[J]. 矿物学报, S1: 565-566.
- 陈永清, 黄静宁, ZHAI Xiao-ming, 卢映祥, 程志中, 李建荣. 2009. 中缅毗邻区金腊 Pb-Zn-Ag 多金属矿田花岗岩锆石 U-Pb 定年与地球化学特征[J]. 地学前缘, 16(1): 344-362.
- 程彦博, 毛景文, 陈懋弘, 杨宗喜, 冯佳睿, 赵海杰. 2008a. 云南个旧锡矿田碱性岩和煌斑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质, 35(6): 1082-1093.
- 程彦博, 毛景文, 陈小林, 李伟. 2010. 滇东南薄竹山花岗岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 40(4): 869-878.
- 程彦博, 毛景文, 谢桂青, 陈懋弘, 杨宗喜, 赵海杰, 李向前. 2009. 与云南个旧超大型锡矿床有关的花岗岩锆石 U-Pb 定年及意义[J]. 矿床地质, 28(3): 297-312.
- 程彦博, 毛景文, 谢桂青, 陈懋弘, 赵财胜, 杨宗喜, 赵海杰, 李向前. 2008b. 云南个旧老厂-卡房花岗岩体成因初探: 锆石 U-Pb 年代学和岩石地球化学约束[J]. 地质学报, 82(11): 1478-1493.
- 程彦博. 2012. 个旧超大型锡多金属矿区成岩成矿时空演化及一些关键问题探讨[D]. 北京: 中国地质大学(北京): 1-350.
- 迟清华, 王学求, 徐善法, 周建, 刘汉粮, 刘东盛, 张必敏, 王玮. 2012. 华南陆块钨和锡的地球化学时空分布[J]. 地学前缘, 19(3): 70-83.
- 戴福盛. 1991. 滇西地区壳源重熔花岗岩岩石类型、系列及与成矿的关系[J]. 云南地质, 10(4): 443-453.
- 丁秀芳, 陈云坤, 徐茂华, 辛荣, 李明星. 2011. 云南西盟锡矿阿莫矿段控矿条件[J]. 云南地质, 30(1): 46-49.
- 董方浏, 侯增谦, 高永丰, 曾普胜, 蒋成兴, 杜安道. 2005. 滇西腾冲大铜厂铜-铅-锌矿床的辉钼矿 Re-Os 同位素定年[J]. 矿床地质, 24(6): 663-668.
- 董方浏, 侯增谦, 高永丰, 曾普胜, 蒋成兴. 2006. 滇西腾冲新生代花岗岩: 成因类型与构造意义[J]. 岩石学报, 22(4): 927-937.
- 冯佳睿. 2011. 云南麻栗坡南秧田钨矿床成矿流体特征与成矿作用[D]. 北京: 中国地质科学院: 1-133.
- 韩发, 赵汝松, 沈建中, 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.
- 黄勇, 郝家栩, 邓贵标, 白龙, 黄喆. 2012. 滇西施甸地区二叠纪卧牛寺组大陆溢流玄武岩的发现[J]. 地质通报, Z1: 314-320.
- 黎应书, 秦德先, 程细音, 郭宁宁, 罗曦, 谢阳, 邹滔. 2009. 个旧锡矿区印支期喷流热水沉积成矿的证据[J]. 有色金属, 61(3): 120-125.
- 黎应书, 秦德先, 党玉涛, 洪托, 燕永锋. 2007. 云南个旧东区印支期玄武岩的时空分布[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 34(1): 23-28.
- 黎应书, 秦德先, 党玉涛, 薛传东, 谈树成, 洪托. 2006. 云南个旧锡矿的玄武岩成矿[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 36(3): 326-335.
- 黎应书, 秦德先, 党玉涛, 杨建宇. 2005. 锡矿床与基性岩超基性岩的关系探讨[J]. 中国工程科学, S1: 269-274.
- 李光勋. 1988. 滇西薅坝地锡矿的矿田构造分析[J]. 矿床地质,

- 7(4): 65-72.
- 李晓波, 刘继顺, 张洪培, 马光. 2005. 云南省蒙自县白牛厂银多金属矿床控矿因素分析[J]. 地质找矿论丛, 20(2): 111-114.
- 李宗玉. 1991. 丝光坪锡矿地质特征及矿床成因初探[J]. 地质与勘探, 27(11): 23-27.
- 林全胜. 2013. 云南西畴红石岩喷流沉积型铅锌铜矿地质特征及找矿意义[J]. 福建地质, 32(3): 185-192.
- 刘桂春, 胡世学, 罗惠麟, 曾文涛, 陈光艳. 2014. 滇东南寒武系始海百合化石的发现[J]. 古生物学报, 53(2): 233-238.
- 刘继顺, 张洪培, 方维萱, 郭军, 章霞林. 2005. 云南蒙自白牛厂银多金属矿床若干地质问题探讨[J]. 中国工程科学, 7(S1): 238-244, 251.
- 刘粤湘, 徐成彦. 1987. 来利山锡矿区构造应力场数学模拟[J]. 云南地质, 6(2): 145-156.
- 毛景文, LEHMANN B, SCHNEIDER H J. 1991. 锡在地球中初始富集与锡矿床成矿关系[J]. 河北地质学院学报, 14(1): 46-60.
- 毛景文, 程彦博, 郭春丽, 杨宗喜, 冯佳睿. 2008. 云南个旧锡矿田: 矿床模型及若干问题讨论[J]. 地质学报, 82(11): 1455-1467.
- 秦德先, 黎应书, 范柱国, 陈爱兵, 谈树成, 洪托, 李连举, 林小平. 2006b. 个旧锡矿地球化学及成矿作用演化[J]. 中国工程科学, 8(1): 30-39.
- 秦德先, 黎应书, 谈树成, 陈爱兵, 薛传东, 范柱国, 党玉涛, 童祥, 武俊德, 李玉新, 王海云. 2006a. 云南个旧锡矿的成矿时代[J]. 地质科学, 41(1): 122-132.
- 秦德先. 2008. 近年在我国三个特大型锡矿床中相继发现的火山(成矿)作用及其科学意义[J]. 昆明理工大学学报(理工版), 33(1): 123-124.
- 任治机, 蔡德坤. 1981. 云南锡矿地质特征与成矿规律[J]. 地质与勘探, 11: 13-24.
- 税哲夫, 朱立军, 李明琴, 廖莉平. 1988. 滇桂东西向构造-成矿带九毛锡矿床成矿作用研究[J]. 云南地质, 16(02): 160-173.
- 税哲夫, 朱立军. 1990. 广西九毛锡矿床锡石研究及成因意义[J]. 矿物学报, 10(02): 152-156.
- 孙家骢. 1984. 从构造体系控岩控矿的观点探讨滇西锡矿带的成矿远景及找矿方向[J]. 云南地质, 12(01): 11-18.
- 谈树成, 秦德先, 赵筱青, 李俊, 夏既胜, 蒋顺德, 崔银亮, 张学书. 2006. 个旧锡矿印支中晚期海底基性火山-沉积 Sn-Cu-Zn(Au)矿床成矿雏议[J]. 地质与勘探, 40(1): 43-50.
- 谈树成. 2004. 个旧锡-多金属矿床成矿系列研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 1-378.
- 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(01): 132-138, 146.
- 王洪, 何智, 周蓉蓉. 2010. 云南梁河丝光坪锡矿成因及控矿因素[J]. 云南地质, 29(2): 149-151.
- 王伟, 董致中, 王成源. 2004. 滇西保山地区丁家寨组、卧牛寺组牙形刺的时代[J]. 微体古生物学报, 21(03): 273-282.
- 王学焜. 1994. 麻栗坡新寨锡矿床地质地球化学特征[J]. 云南地质, 13(1): 1-16.
- 吴上龙, 丁矢勇. 1990. 滇西锡矿带地球化学异常特征及分布规律[J]. 物探与化探, 14(01): 47-54.
- 西南勘探公司地质研究所. 1984. 滇东南老君山层控锡矿找矿岩石学、矿物学研究[C]//云南省矿物岩石地球化学专辑. 昆明: 西南勘探公司地质研究所.
- 肖龙, 徐义刚, 梅厚钧, 于荣萍. 2003. 云南保山卧牛寺组玄武岩成因: 地幔柱活动的产物?[J]. 岩石矿物学杂志, 22(1): 20-28.
- 徐启东, 夏庆霖, 成秋明. 2009. 云南个旧矿集区区域构造-岩浆演化与锡铜多金属成矿系统[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 34(2): 307-313.
- 杨岳清, 王文瑛. 2002. 缅甸完冷锡矿: 一种值得重视的沉积变型锡矿床[J]. 矿床地质, 21(S1): 511-514.
- 杨宗喜, 毛景文, 陈懋弘, 童祥, 武俊德, 程彦博, 赵海杰. 2008. 云南个旧卡房矽卡岩型铜(锡)矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 24(8): 1937-1944.
- 云南有色 317 地质队. 1984. 云南省麻栗坡县南秧田钨矿深部评价报告[R]. 曲靖: 云南有色 317 地质队.
- 曾普胜, 裴荣富, 侯增谦, 蒙义峰, 杨竹森, 田世洪, 徐文艺, 王训诚. 2005. 安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床: 一个叠加改造型大型铜矿[J]. 地质学报, 79(1): 106-113.
- 曾普胜, 裴荣富, 蒙义峰, 侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 谢玉玲, 徐九华, 梅燕雄. 2004. 安徽铜陵矿集区矿床叠加改造过程中的排金效应[J]. 矿床地质, 23(2): 216-224.
- 张洪培, 刘继顺, 张宪润, 章霞林. 2006. 云南蒙自白牛厂银多金属矿区深部找矿的新发现[J]. 矿产与地质, 20(Z1): 361-365.
- 张世涛, 冯明刚, 吕伟. 1998. 滇东南南温河变质核杂岩解析[J]. 中国区域地质, 17(04): 55-62.
- 郑大中, 郑若锋. 2008. 钨的迁移形式成矿机理新探[J]. 四川地质学报, 28(04): 342-347.
- 周建平, 徐克勤, 华仁民, 赵懿英, 朱金初. 1998. 滇东南喷流沉积块状硫化物特征与矿床成因[J]. 矿物学报, 18(02): 158-168.
- 周建平, 徐克勤, 华仁民, 赵懿英, 朱金初. 1999. 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, 9(05): 37-40.
- 庄永秋, 王任重, 杨树培. 1996. 云南个旧锡铜多金属矿床[M]. 北京: 地震出版社.

References:

- APPEL P W U. 1986. Strata bound scheelite in the Archean Malene supracrustal belt, West Greenland[J]. Mineralium Deposita, 21: 207-215.
- BEZIAT P, TOLLON F. 1976. La scheelite dans le Midi de la France: le problem des concentrations en tungstene dans les strates[J]. Mem h ser Soc geol Fr, 7: 49-56.
- BRODTKORB MK DE, BRODTKORB A. 1977. Stratabound scheelite deposits in the Precambrian basement of St. Luis (Argentina). In: Klemm DD, Schneider HJ (eds). Time- and strata-bound ore deposits[C]. New York: Springer, Berlin Heidelberg: 141-149.
- CHENG Yan-bo, MAO Jing-wen, CHEN Xiao-lin, LI Wei. 2010. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of the Bozhushan Granite in Southeastern Yunnan Province and its Significance[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 40(4): 869-878(in Chinese with English abstract).
- CHEN Xiao-cui. 2011. Geology of tin deposit in Li-

- anghe-Lailishan area, western Yunnan and the geochemical characteristics of the related granites[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, S1: 565-566(in Chinese with English abstract).
- CHEN Yong-qing, HUANG Jing-ning, ZHAI Xiao-ming, LU Ying-xiang, LI Jian-rong. 2009. Zircon U-Pb age and geochemistry of granitoids within Jinla Pb-Zn-Ag polymetallic ore field across China and Myanmar[J]. *Earth Science Frontiers*, 16(1): 344-362(in Chinese with English abstract).
- CHENG Yan-bo, MAO Jing-wen, CHEN Xiao-lin, LI Wei. 2010. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of the Bozhushan Granite in Southeastern Yunnan Province and Its Significance[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 40(4): 869-878(in Chinese with English abstract).
- CHENG Yan-bo, MAO Jing-wen, XIE Gui-qing, CHEN Mao-hong, ZHAO Cai-sheng, YANG Zong-xi, ZHAO Hai-jie, LI Xiang-qian. 2008b. Petrogenesis of the Laochang-Kafang Granite in the Gejiu Area, Yunnan Province: Constraints from Geochemistry and Zircon U-Pb Dating[J]. *Acta Geologica Sinica*, 82(11): 1478-1493(in Chinese with English abstract).
- CHENG Yan-bo, MAO Jing-wen, CHEN Mao-hong, YANG Zong-xi, FENG Jia-rui, ZHAO Hai-jie. 2008a. LA-ICP-MS zircon dating of the alkaline rocks and lamprophyres in Gejiu area and its implications[J]. *Geology in China*, 35(6): 1082-1093(in Chinese with English abstract).
- CHENG Yan-bo, MAO Jing-wen, XIE Gui-qing, CHEN Mao-hong, YANG Zong-xi. 2009. Zircon U-Pb dating of granites in Gejiu superlarge tin polymetallic orefield and its significance[J]. *Mineral Deposits*, 28(3): 297-312(in Chinese with English abstract).
- CHENG Yan-bo. 2012. Spatial-temporal evolution of the magmatism and mineralization in the Gejiu supergiant Sn polymetallic district and insights into several key problems[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing): 1-350(in Chinese with English abstract).
- CHI Qing-hua, WANG Xue-qiu, XU Shan-fa, ZHOU Jian, LIU Han-liang, LIU Dong-sheng, ZHANG Bi-min, WANG Wei. 2012. Temporal and spatial distribution of tungsten and tin in South China Continent[J]. *Earth Science Frontiers*, 19(3): 70-83(in Chinese with English abstract).
- CUNNINGHAM W B, HÖLL R, TAUPITZ K C. 1973. Two new tungsten bearing horizons in the older precambrium of Rhodesia[J]. *Mineralium Deposita*, 8: 200-203.
- DAI Fu-sheng. 1991. Rock type and series of crust-derived anatetic granite and its relation to mineralization, western Yunnan[J]. *Yunnan Geology*, 10(4): 443-453(in Chinese with English abstract).
- DING Xiu-fang, CHEN Yun-kun, XU Mao-hua, XIN Rong, LI Ming-xing. 2011. The ore control condition of Amo ore block in Ximeng Sn deposit, Yunnan[J]. *Yunnan Geology*, 30(1): 46-49(in Chinese with English abstract).
- DOENG Fang-liu, HOU Zeng-qian, GAO Yong-feng, ZENG Pu-sheng, JIANG Cheng-xing. 2006. Cenozoic granitoid in Tengchong, western Yunnan: Genesis type and implication for tectonics[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(4): 927-937(in Chinese with English abstract).
- DONG Fang-liu, HOU Zeng-qian, GAO Yong-feng, ZENG Pu-sheng, JIANG Cheng-xing, DU An-dao. 2005. Re-Os isotopic dating of molybdenite from Datongchang copper-lead-zinc deposit in Tengchong area, western Yunnan[J]. *Mineral Deposits*, 24(6): 663-668(in Chinese with English abstract).
- FENG Jia-rui. 2011. The ore-forming fluid and metallogenesis of Nanyangtian tungsten deposit in Malipo, Yunnan Province, China[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences: 1-133(in Chinese with English abstract).
- Geological Institute of Southwest Exploration Company. 1984. Prospecting petrology and mineralogy of Laojunshan strata-bound tin deposit, southeastern Yunnan[C]. *Mineral-lithogeochanical album of Yunnan Province*. Kunming: Geological Institute of Southwest Exploration Company Yunnan(in Chinese).
- GU Lian-xing, YANG Hao, ZHENG Su-juan, LIAO Jing-juan. 1992. Tungsten enrichment in the South China-type massive sulphide deposits[J]. *Chinese Journal of Geochemistry*, 11(4): 344-351.
- HAN Fa, ZHAO Ru-song, SHEN Jian-zhong, HUTCHINSON R W, JIANG Shao-yong, CHEN Hong-de. 1997. *Geology and genesis of Dachang tin-polymetallic deposit*[M]. Beijing: Geology Publishing House(in Chinese).
- HÖLL R. 1975. Die Scheelit-Lagerstätte Felbertal und der Vergleich mit anderen Scheelitvorkommen in den Ostalpen: Abh Bayr Akad Wissensch, math-naturwiss[C]. Kl 157 A, München: 1-114.
- HÖLL R. 1977. Early Palaeozoic ore deposits of the Sb-W-Hg formation in the Eastern Alps and their genetic interpretations. In: Klemm DD, Schneider HJ (eds). *Time- and strata-bound ore deposits*[C]. New York: Springer, Berlin Heidelberg: 169-198.
- HÖLL R, IVANOVA G, GRINENKO V. 1987. Sulfur isotope studies of the felbertal scheelite deposit, eastern Alps[J]. *Mineralium Deposita*, 22: 301-308.
- HUANG Yong, HAO Jia-xu, DENG Gui-biao, BAI Long, HUANG Zhe. 2012. The discovery of terrestrial extrusive basalt of Permian Woniusi Formation in Shidian area, western Yunnan Province[J]. *Geological Bulletin of China*, Z1: 314-320(in Chinese with English abstract).
- JUNIPER S K, FOUQUET Y. 1988. Filamentous iron-silica deposits from modern and ancient hydrothermal sites[J]. *Canadian Mineralogists*, 26: 859-869.
- LEHMANN B, SCHNEIDER H J. 1981. Strata-Bound Tin Deposits, In: Wolf, K. H. (ed.) *Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits*[C]. Elsevier, Amsterdam: 743-771.
- LI Guang-xun. 1988. Structural analysis of the Haobadi tin ore-field in western Yunnan[J]. *Mineral Deposits*, 7(4): 65-72(in Chinese with English abstract).
- LI Xiao-bo, LIU Ji-shun, ZHANG Hong-pei, MA Guang. 2005. The analysis to ore-controlling factors of bainichang Ag poly-metal deposit of Mengzi county in Yunnan Province[J]. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*,

- 20(2): 111-114(in Chinese with English abstract).
- LI Ying-shu, QIN De-xian, CHENG Xi-yin, GUO Ning-ning, LUO Xi, XIE Yang, ZOU Tao. 2009. Evidences of exhalative hydrothermal sedimentary mineralization of indo-chinese epoch of Gejiu tin-polymetallic deposits[J]. Nonferrous Metals, 61(3): 120-125(in Chinese with English abstract).
- LI Ying-shu, QIN De-xian, DANG Yu-tao, HONG Duo, YAN Yong-feng. 2007. The distribution of the Indo-Chinese basalts in time and space in the eastern Gejiu, Yunnan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology: Sci & Technol Ed, 34(1): 23-28(in Chinese with English abstract).
- LI Ying-shu, QIN De-xian, DANG Yu-tao, XUE Chuan-dong, TAN Shu-cheng, HONG Duo. 2006. Mineralizations in basalts of the Gejiu tin deposit in Yunnan Province[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 36(3): 326-335(in Chinese with English abstract).
- LI Ying-shu, QIN De-xian, DANG Yu-tao, YANG Jian-yu. 2005. Research on Relation Between Tin Ore Deposit and (Ultra) Ferromagnesian Rock[J]. Engineering Science, S1: 269-274(in Chinese with English abstract).
- LI Zong-yu. 1991. Primary study on geological characteristics and genesis of Siguangping Sn deposit[J]. Geology and Prospecting, 27(11): 23-27(in Chinese).
- LIN Quan-sheng. 2013. Geologic characteristics and ore-hunting significance of Hongshiyian jets sedimentary type lead-zinc-copper Deposit in Xichou county, Yunnan Province[J]. Geology of Fujian, 32(3): 185-192(in Chinese with English abstract).
- LIU Gui-chun, HU Shi-xue, LUO Hui-lin, ZENG Wen-tao, CHEN Guang-yan. 2014. The discovery of Middle Cambrian eocrinoids from the southeast Yunnan, China[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 53(2): 233-238(in Chinese with English abstract).
- LIU Ji-shun, ZHANG Hong-pei, FANG Wei-xuan, GUO Jun, ZHANG Xia-lin. 2005. Problems pertaining to Bainiuchang silver, polymetallic deposit in Mengzi country, Yunan, China[J]. Engineering Science, 7(S1): 238-244, 251(in Chinese with English abstract).
- LIU Yue-xiang, XU Cheng-yan. 1987. Mathematical simulation of tectonic stress field in Lailishan tin deposit[J]. Yunnan Geology, 6(2): 145-156(in Chinese with English abstract).
- MAO Jing-wen, CHENG Yan-bo, GUO Chun-li, YANG Zong-xi, FENG Jia-rui. 2008. Gejiu polymetallic tin ore-field: deposit model and discussion for several points concerned[J]. Acta Geologica Sinica, 82(11): 1455-1467(in Chinese with English abstract).
- MAO Jing-wen, LEHMANN B, SCHNEIDER H J. 1991. Preliminary enrichment of tin in the Earth and its relationship to metallogenesis of tin deposits[J]. Journal of Hebei College of Geology, 14(1): 46-60(in Chinese with English abstract).
- PLIMER I R. 1980. Exhalative Sn and W deposits associated with mafic volcanism as precursors to Sn and W deposits associated with granites[J]. Mineralium Deposita, 15: 275-289.
- QIN De-xian, LI Ying-shu, FAN Zhu-guo, CHEN Ai-bing, TAN Shu-cheng, HONG Duo, LI lian-ju, LIN Xiao-ping. 2006. The geochemistry and mineralization evolution of Gejiu tin ore deposits[J]. Engineering Science, 8(1): 30-39(in Chinese with English abstract).
- QIN De-xian, LI Ying-shu, TAN Shu-cheng, CHEN Ai-bing, XUE Chuan-dong, FAN Zhu-guo, DANG Yu-tao, TONG Xiang, WU Jun-de, LI Yu-xin, WANG Hai-yun. 2006a. Metallogenic ages of Gejiu tin ore deposit in Yunnan Province[J]. Chinese Journal of Geology, 41(1): 122-132(in Chinese with English abstract).
- QIN De-xian. 2008. The volcanism(mineralization) and its scientific significance related to three superlarge tin deposits, found in recent years in China[J]. Journal of Kunming University of Science and Technology(Natural Science Edition), 33(1): 123-124(in Chinese with English abstract).
- RAITH J G, STEIN H J. 2006. Variscan ore formation and metamorphism at the Felbertal scheelite deposit (Austria): constraining tungsten mineralisation from Re-Os dating of molybdenite[J]. Contributions to Mineralogy and Petrology, 152: 505-521.
- REN Zhi-ji, CAI De-kun. 1981. Geological characteristics and metallogenic regularity of tin deposits in Yunnan Province[J]. Geology and Prospecting, 11: 13-24(in Chinese).
- SHUI Zhe-fu, ZHU Li-jun, LI Ming-qin, LIAO Li-ping. 1988. The metallization on the Jiumao tin deposit in Yunnan-Guangxi E-W striking tectono-metallogenic zone[J]. Yunnan Geology, 16(02): 160-173(in Chinese with English abstract).
- SHUI Zhe-fu, ZHU Li-jun. 1990. A study of wood-tin in the Jiumao tin deposit guangxi and its genetic significance[J]. Acta Mineralogica Sinica, 10(2): 152-156(in Chinese with English abstract).
- SKAARUP P. 1974. Strata-bound scheelite mineralisation in skarns and gneisses from the Bindal area, Northern Norway[J]. Mineralium Deposita, 9: 299-308.
- SPECZIK S, WISZNIEWSKA J. 1984. Some comments about stratiform tin deposits in the Stara Kamienica Chain (south-western Poland)[J]. Mineralium Deposita, 19: 171-175.
- SUN Jia-cong. 1984. An approach on metallogenic perspective and ore seeking direction in tin metallogenic zone of west Yunnan from a view point of control of petrogenesis and metallogenesis by structural systems[J]. Yunnan Geology, 12(01): 11-18(in Chinese).
- SZALAMACHA M. 1976. On the origin of cassiterite mineralization in the metamorphic schists of the Karkonosze- Gory Izerskie (rots.) block, The Sudetes. The current metallogenic problems of Central Europe[J]. Geol. Institute, Warszawa: 343-349.
- TAN Shu-cheng, QIN De-xian, ZHAO Xiao-qing, LI Jun, XIA Ji-sheng, JIANG Shun-de, CUI Yin-liang, ZHANG Xue-shu. 2006. Submarine basic volcano-sedimentary Sn-Cu-Zn(Au) deposit metallogenic series of the middle-later Indo-Chinese epoch in Gejiu tin deposit[J]. Geology and Prospecting, 42(1): 43-50(in Chinese with English abstract).
- TAN Shu-cheng. 2004. Research on the metallogenic series of

- Gejiu tin-polymetallic deposit[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology: 1-378(in Chinese with English abstract).
- TANELLI G, LATTANZI P. 1985. The cassiterite-polymetallic sulfide deposits of Dachang (Guangxi, People's Republic of China)[J]. Mineralium Deposita, 20: 102-106.
- TAYLOR S R. 1964. Abundance of chemical elements in continental crust: A new table[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 28(8): 1273-1285.
- TWETO O. 1960. Seheelite in the Precambrian gneisses of Colorado[J]. Econ Geol., 55: 1406-1428.
- VILJOEN M J, VUUREN C V, PEARTON TN, MINNITT R, MUFF R, CILLIERS P. 1975. The regional geological setting of mineralization in the Murchison Range with particular reference to antimony. Mineralization in metamorphic terrains[C]//Verwoerd WJ (ed). Geol. Soc. South Africa Spec, (4): 55-76.
- WANG Deng-hong, CHEN Yu-chuan, CHEN Wen, SANG Hai-qing, LI Hua-qin, LU Yuan-fa, CHEN Kai-li, LIN Zhi-mao. 2004. Dating the Dachang giant tin-polymetallic deposit in Nandan, Guangxi[J]. Acta Geologica Sinica, 78(01): 132-138, 146(in Chinese with English abstract).
- WANG Hong, HE Zhi, ZHOU Rong-rong. 2010. The genesis and factor of ore control of Siguangping Sn deposit in Lianghe, Yunnan[J]. Yunnan Geology, 29(2): 149-151(in Chinese with English abstract).
- WANG Wei, DONG Zhi-zhong, WANG Cheng-yuan. 2010. The conodont ages of the Dingjiazhai and Woniusi formations in the Baoshan area, western Yunnan[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 21(03): 273-282(in Chinese with English abstract).
- WANG Xue-kun. 1994. Geological-geochemical characteristics of Xinzhai tin deposit in Malipo[J]. Yunnan Geology, 13(1): 1-16(in Chinese with English abstract).
- WU Shang-long, DING Shi-yong. 1990. Characteristics and distribution of geochemical anomalies in western Yunnan tin ore belt[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 14(01): 47-54(in Chinese with English abstract).
- XIAO Long, XU Yi-gang, MEI Hou-jun, YU Rong-ping. 2003. Petrogenesis of the basalts of Woniusi formation at Baoshan area, Yunnan: Is it of mantle plume origin?[J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 22(1): 20-28(in Chinese with English abstract).
- XU Qi-dong, XIA Qing-lin, CHENG Qiu-ming. 2009. Tectono-magmatic evolution related to metallogenetic system in Gejiu ore-concentration area, southeast Yunnan of China[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 34(2): 307-313(in Chinese with English abstract).
- YANG Yue-qing, WANG Wen-ying. 2002. Wanleng tin deposit of Bruma: A considerable sedimentary-metamorphic deposit[J]. Mineral Deposits, 21(S1): 511-514(in Chinese).
- YANG Zong-xi, MAO Jing-wen, CHEN Mao-hong, TONG Xiang, WU Jun-de, CHENG Yan-bo, ZHAO Hai-jie. 2008. Re-Os dating of molybdenite from the Kafang skarn copper (tin) deposit in the Gejiu tin polymetallic ore district and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(8): 1937-1944(in Chinese with English abstract).
- Yunnan Nonferrous Geological Brigade 317. 1984. Evaluation Report for the deep Nanyangtian tungsten in Malipo, Yunnan Province[R]. Qujing: Yunnan Nonferrous Geological Brigade 317(in Chinese).
- ZENG Pu-sheng, PEI Rong-fu, HOU Zeng-qian, MENG Yi-feng, YANG Zhu-sen, TIAN Shi-hong, XU Wen-yi, WANG Xuncheng. 2005. The Dongguashan deposit in the Tongling Mineralization Cluster Area, Anhui: A large-sized superimposition-type copper deposit[J]. Acta Geologica Sinica, 79(1): 106-113(in Chinese with English abstract).
- ZENG Pu-sheng, PEI Rong-fu, MENG Yi-feng, HOU Zeng-qian, YANG Zhu-sen, XU Wen-yi, XIE Yu-ling, XU Jiu-hua, MEI Yan-xiong. 2005. Gold_repelling effect in copper-gold deposits of Tongling mineralization cluster area (MCA) in process of superimposition_reformation[J]. Mineral Deposits, 23(2): 216-224(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Hong-pei, LIU Ji-shun, ZHANG Xian-run, ZHANG Xia-lin. 2006. New dinding of ore-prospecting in the deep of bainiuchang siver-polymetall ic deposit, Mengzi, Yunnan[J]. Mineral Resources and Geology, 20(Z1): 361-365 (in Chinese with English abstract).
- ZHANG Shi-tao, FENG Ming-gang, LI Wei. 1998. Analysis of the Nanwenhe metamorphic core complex in Southeastern Yunnan[J]. Regional Geology of China, 17(04): 55-62(in Chinese with English abstract).
- ZHENG Da-zhong, ZHENG Ruo-feng. 2008. An Approach to Migration Forms and Ore-forming Mechanism for Tungsten[J]. Acta Geologica Sichuan, 28(04): 342-347(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Jian-ping, XU Ke-qin, HUA Ren-min, ZHAO Yi-ying, ZHU Jin-chu. 1998. Characteristics and genesis of exhalative sedimentary massive sulfides in southeastern Yunnan Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 18(02): 158-168(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Jian-ping, XU Ke-qin HUA Ren-min, ZHAO Yi-ying, ZHU Jin-chu. 1999. Discovery of the sedimentary fabric in the Gejiu tin deposit and so on and new understanding for metallocogenesis of the ore deposits[J]. Progress in natural science, 9(5): 37-40(in Chinese).
- ZHUANG Yong-qiu, WANG Ren-zhong, YANG Shu-pei. 1996. Gejiu tin-copper-polymetallic ore deposit in Yunnan[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese with English abstract).