

# 都龙锡锌多金属矿床控矿因素及成因的再认识

张世奎<sup>1)</sup>, 苏航<sup>1, 2)</sup>, 陶志华<sup>1)</sup>

1) 云南华联矿产勘探有限责任公司, 云南曲靖 655000;

2) 云南省有色地质局三一七队, 云南曲靖 655000

**摘要:** 都龙锡锌多金属矿床是我国第三大锡石硫化物矿床, 开展外围及深部找矿对矿山的可持续发展具有重要意义。在总结前人勘探和研究成果的基础上, 结合最近开展的金石坡矿段探矿工程获得的新证据, 对其控矿因素进行了梳理, 提出了“花岗岩-构造-地层”多因素复合控矿的认识, 即燕山晚期花岗岩浆作用是主要成矿物质和成矿能量驱动的提供者, 是矿床形成的关键; 构造和地层为成矿物质的运移、沉淀和富集, 提供了有利的通道、空间和物理-化学环境。在此基础上, 认为其主体为岩浆热液成因, 并指出了外围及深部的找矿方向。

**关键词:** 控矿因素; 矿床成因; 都龙锡锌多金属矿床; 滇东南

中图分类号: P611; P612 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2013.s1.17

## A Further Discussion on Ore-controlling Factors and Genesis of the Dulong Sn-Zn Polymetallic Deposit in Southeast Yunnan

ZHANG Shi-kui<sup>1)</sup>, SU Hang<sup>1, 2)</sup>, TAO Zhi-hua<sup>1)</sup>

1) *Yunan Hualian mineral Resource Exploration Lt. Co., Qujing, Yunnan 655000;*

2) *No. 317 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau, Qujing, Yunnan 655000*

**Abstract:** The Dulong Sn-Zn polymetallic deposit is one of the largest cassiterite sulfide deposits in China. Geological exploration around the Dulong ore district is very important for the continual development of the mining company. Based on the previous exploration and research achievements, this paper discussed ore-controlling factors. It is suggested that this deposit is controlled jointly by Yanshannian granites, the detachment fault system and the Tianpeng Formation. The Yanshanian Laojunshan granites, which seemed to be the most important factor, provided major ore-forming materials and energy; the detachment fault system was favorable for the movement and precipitation of the ore-forming fluid; the Tianpeng Formation offered the profitable physical and chemical conditions for the concentration of ore-forming materials. On such a basis, the authors hold that this deposit should mainly be of magmatic hydrothermal genesis. The ore-prospecting orientations in the area are also pointed out in this paper.

**Key words:** ore-controlling factors; genesis; Dulong Sn-Zn polymetallic deposit; southeast Yunnan

都龙锡锌多金属矿床位于云南省马关县境内, 是继个旧和大厂之后我国第三大锡石硫化物矿床。该矿床地处扬子地块、华夏地块与印支地块等构造单元交汇地带, 华南褶皱系西南缘的滇东南褶皱带,

属南岭中生代花岗岩钨锡成矿省的西段。矿床位于老君山花岗岩体西南侧外接触带, 由铜街、曼家寨、辣子寨、五口洞、南当厂等矿段组成, 长约 8 km, 宽约 2.1 km, 构成南北方向展布的锡锌多金属矿带(图

本文由云南华联锌铟股份有限公司科研项目(编号: KY20120910)资助。

收稿日期: 2013-04-24; 改回日期: 2013-05-07。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 张世奎, 男, 1971年生。工程师。从事地质矿产勘查工作。电话: 0874-6198186。E-mail: 1957990855@qq.com。

1)。因其规模大、成矿元素丰富、地质现象复杂而受到地质矿业界的广泛关注, 但其成因尚存在较大争议(范承钧, 1988; 宋焕斌, 1989; 周建平, 1997, 1998; 刘玉平, 1998; 刘玉平等, 2000)。

在总结前人勘探和研究成果的基础上, 结合我们新近开展的金石坡矿段找矿勘探, 对该矿床控矿因素进行了比较系统的梳理, 显示其受花岗岩、构造和地层等多种因素控制, 揭示花岗岩侵入接触带附近大理岩与片岩交互过渡带的层间剥离空间是最有利的赋矿部位, 认为是燕山晚期老君山花岗岩是关键的控制因素, 该矿床属于多因素复合控矿的岩浆热液矿床, 指出铜-曼主矿段深部和外围水洞厂-天堂坡一带具有较好的找矿前景。

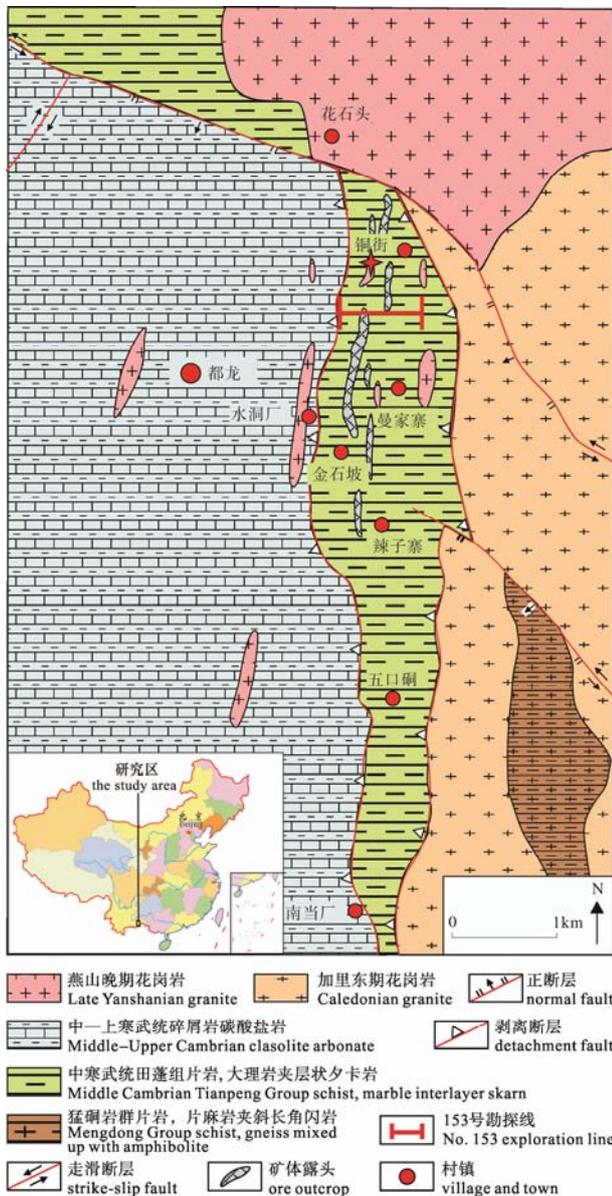


图 1 都龙锡锌多金属矿床地质简图

Fig. 1 Simplified geological map of the Dulong Sn-Zn polymetallic deposit

### 1 区域地质背景及矿床地质概况

滇东南老君山地区是我国重要的锡钨锌多金属矿集区之一(缪应理等, 2013), 产出了以都龙(锡锌多金属)、南秧田(钨钼)、新寨(锌锡)等大型-超大型矿床为代表的一系列矿床。区域主要出露一套中浅至中深变质的寒武系地层, 主变质期为印支期。该区以文山—麻栗坡和马关—都龙两条长期活动的区域性大断裂为界, 构成以燕山期老君山复式花岗岩体为核心的穹窿构造。该花岗岩体具有较高的锡、锌、铜、钨等成矿元素背景, 与成矿关系密切, 区内矿产主要分布在其周边, 岩体内部赋存有以花石头为代表的一批中小规模的云英岩型石英脉型钨锡矿床。区域岩浆岩以燕山(中)晚期老君山复式花岗岩体。

都龙锡锌多金属矿床位于老君山穹窿构造的南西翼。经过多年的勘探, 该矿床已探获锡金属量约 40 万吨, 锌金属量约 400 万吨, 钨金属量 6000 余吨。含矿围岩为中寒武统田蓬组( $\epsilon_2t$ ), 地层走向为近南北向, 向西倾斜、向南西侧伏, 倾角  $25^\circ\sim 45^\circ$ 。矿体主要产于中寒武统田蓬组地层第二段( $\epsilon_2t^2$ ), 岩性为片岩、大理岩夹砂卡岩。矿体主要呈似层状、透镜状顺层产出, 并可见分支复合现象。矿区构造形态总体上为一南北向单斜构造, 厚大矿体主要分布于南东—北西向断裂  $F_0$  及南北向断裂  $F_1$  之间。老君山花岗岩的主体出露于矿区北东侧, 在矿区内尚出露不少花岗斑岩脉。新近开展的金石坡矿段找矿勘探, 不少钻孔均揭露到走向南北、向南倾伏的隐伏花岗岩。

### 2 矿床控矿因素

前人从诸多角度对该矿床控矿因素进行了探讨(宋焕斌, 1989; 薛步高, 1993; 付国辉, 1992; 晏建国, 1992; 张春红等, 2008; 张道红等, 2013), 不同程度地深化了矿床成因认识, 促进了找矿勘探工作。在总结前人勘探和研究成果基础上, 结合我们近期在金石坡矿段勘探过程中的新发现, 认为该矿床主要受花岗岩、构造和地层控制, 现分述如下:

#### 2.1 花岗岩的控矿作用

燕山晚期老君山花岗岩体, 岩体周边及内部矿床(点)星罗棋布, 都龙锡锌多金属矿床即紧邻产出于其主体的南西侧。区域重力异常资料显示(黄元有等, 2011), 老君山负异常与燕山晚期老君山花岗岩体扣合(图 2A)。根据中-粗粒含斑黑云母-二云母花岗岩的地表露头 and 铜街、曼家寨、曼西、金石坡等矿段钻孔揭露数据, 可见老君山花岗岩向南西倾伏

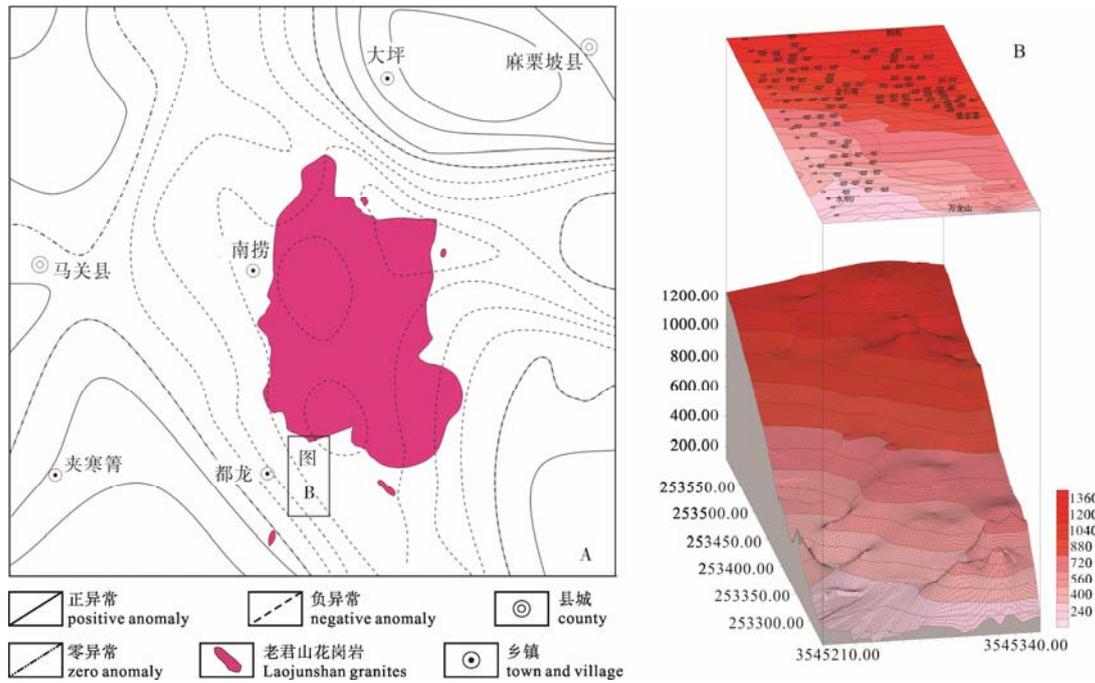


图 2 老君山地区重力异常与隐伏花岗岩顶板等深线对比图

Fig. 2 Comparison diagram of depth contour between gravity anomaly and roof of concealed granite in Laojunshan area

A-老君山地区重力异常图(底图据黄元有等, 2011); B-隐伏花岗岩顶板等深线图(根据地表露头 and 钻孔揭露数据编绘)

A-gravity anomaly of Laojunshan area (after HUANG et al., 2011);

B- depth contour of concealed granite roof (based on data from outcrops and drill holes)

的隐伏部分, 在铜街—曼家寨一线形成 N—S 向脊状隆起(图 2B)。都龙矿区已探获的主要矿体、特别是厚大矿体基本分布于该隆起之上。最近开展的金石坡矿段勘探结果显示, 成矿金属元素呈现出较明显的分带性: 距离隐伏岩体顶部 0~100 m 范围内, 常出现透镜状、囊状“干夕卡岩”(以石榴石、透辉石、绿帘石等矿物为主)和钨锡铜钼等工业矿体; 100~400 m 是似层状、透镜状“湿夕卡岩”(以绿泥石、阳起石、透闪石等矿物为主)和富厚锌锡多金属矿体和的主要赋存空间; 大于 400 m, 矿化现象显著减弱, 只形成规模较小的铅锌矿体(图 3)。金石坡矿段钻探亦揭露到不少花岗斑岩脉, 在其旁侧往往出现多金属矿化。其中, 铜矿化较好, 常形成高品位的块状矿石; 钨、锡、钼矿化分布较广, 但矿体连续性较差、品位变化较大。

研究表明, 老君山花岗岩化学成分属铝过饱和系列, 富 Si、K, 贫 Ca、Mg, Na/K 比值偏低, Al/(Na+K+Ca/2)比值偏高, 富含矿化剂 B、F、CO<sub>2</sub> 等挥发组分, 且 Sn、Zn、W、Cu 等成矿元素含量亦较高。该花岗岩岩石 REE 球粒陨石标准化配分模式为具 Eu 负异常的右倾曲线(云南省地质矿产局, 1990)。其中, 第二期岩体的( $\gamma_5^{3b}$ )<sub>I<sub>Sr</sub></sub>=0.732(云南省地质矿产局, 1990)。该岩体成岩温度约为 800 , 成岩

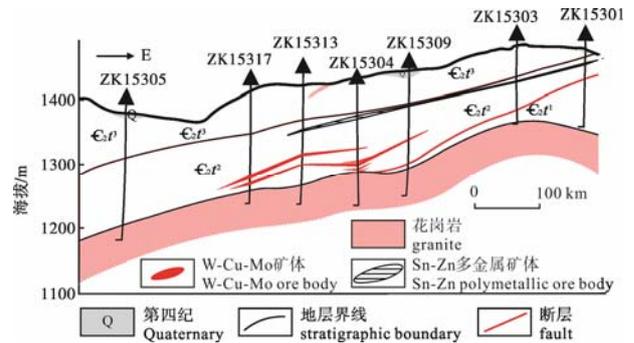


图 3 金石坡矿段 153#勘探线剖面图

Fig. 3 Geological section along No. 153 exploration line of the Jinshipo ore block

压力约为 500 bar(宋焕斌, 1988)。这些特征, 显示了该花岗岩属于地壳重熔型(S 型)花岗岩。在重熔岩浆形成过程中, 源区岩石中的成矿物质被萃取而富集, 形成富锡钨等成矿金属的花岗质熔体。岩浆演化过程中成矿物质富集特征主要表现为三个方面: (1)花岗岩中的硅、碱质从早阶段至晚阶段具有增长趋势, 碱、硅质交代作用明显, 锡、钨等成矿元素和氟、硼等挥发性组分在残余岩浆中进一步聚集并具有正相关关系; (2)黑云母作为锡等成矿物质的主要载体, 在岩浆演化过程中蚀变为白云母, 不断析出成矿物质。从黑云母花岗岩到白云母花岗岩, 锡等成矿物质含量随白云母含量呈现同步增加的趋势; (3)花岗

岩侵位以其热能驱动岩浆热液向地表运移,与上覆地层的流体(大气水)形成对流循环,同时萃取其中的成矿物质而演化为成矿流体,交代有利岩性形成夕卡岩化等蚀变及相关矿化。

都龙矿区隐伏花岗岩(老君山花岗岩第二期)和花岗斑岩(老君山花岗岩第三期)的锆石 SHRIMP 法 U-Pb 年龄分别为  $92.9 \pm 1.9$  Ma 和  $86.9 \pm 1.4$  Ma, 曼家寨矿段锡石 U-Pb 定年结果  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  表面年龄加权平均值为  $79.8 \pm 3.2$  Ma,  $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  等时线年龄为  $82.0 \pm 9.6$  Ma, 表明锡、铜等金属的大规模成矿事件主要集中在岩浆-热液活动的中—晚阶段,即约 77~82 Ma, 持续时间约 5 Ma, 尾随岩浆作用发生, 相对于整个岩浆-热液活动过程表现出短暂性和突发性的特点。长时间的岩浆-热液活动, 可能是成矿元素超常富集的关键因素之一(刘玉平等, 2007)。

此外, 在老君山花岗岩侵位过程中, 上覆岩石中的先存构造发生活化, 以及岩浆冷凝收缩产生的虚脱空间和张性裂隙, 往往成为成矿流体运移、沉淀的有利场所。因此, 老君山花岗岩作为成矿物质和能量的主要来源, 是该矿床形成的关键因素。

## 2.2 构造的控矿作用

马关—都龙( $F_0$ )、铜街—南当厂( $F_1$ )和花石头—茅坪( $F_2$ )等三条南北向断裂, 是都龙矿区的骨架构造。研究表明,  $F_0$  和  $F_1$  分别为老君山变质核杂岩的上剥离断层和基底剥离断层,  $F_2$  为与  $F_1$  大致平行的脆性正断层, 三者共同构成剥离断层系, 长约 8 km 的矿化带即受这三条断裂控制而呈南北向展布, 矿床产出于马关-都龙大断裂( $F_0$ )由北西向过渡到近南北向的转折部位之上盘(张世涛等, 1998; 云南地调局, 1999)。处于剥离断层系中的岩石, 常形成层间滑脱构造(层间小断裂和层间破碎带), 主要发育于大理岩与云母石英片岩间, 亦见于云母石英片岩岩层中。其在剖面上呈多层叠置, 受次级褶皱构造影响, 滑脱面多呈不规则曲面, 与地层产状基本一致。燕山晚期老君山花岗岩的侵入, 上覆地层中先存的剥离断层系再次活化形成张剪性空间。上述断裂和层间滑脱构造, 是成矿热液运移的有利通道和充填交代的极佳场所。因此, 受其控制的夕卡岩和矿体多呈现出大致顺层的似层状、透镜状、马鞍状等(图 4B), 沿走向和倾向上分支复合、尖灭再现(图 4A), 垂向上叠瓦状排列的特征。都龙矿区的大型锡锌多金属矿体(如 13 号、29 号等), 多赋存于  $F_0$  及  $F_1$  两平行断层之间的层间剥离空间内。 $F_1$  与  $F_2$  之间碎裂状大理岩, 有碳酸盐型银铅锌矿体分布。

剥离断层及次级的层间滑脱构造, 不但影响矿体的形态, 还可影响矿石的组构。成矿流体沿断层充填, 不但可以形成块状、斑点状、浸染状等矿石, 甚至可以形成纹层状矿石(图 4C, D)。

矿区内近东西向断裂也比较发育, 一般倾角较陡, 错断南北向纵断层, 水平错距 10 余 m 至 20 余 m, 东西向构造与南北向构造交汇的地方往往矿体都较丰厚, 说明东西向的构造对成矿有富集叠加的作用。北西向断层, 数量较少、规模较小, 对部分矿体造成一定程度的破坏, 可能与喜山期红河深大断裂带的大规模走滑引起马关—都龙断裂活化有关。

## 2.3 地层的控矿作用

田蓬组地层具有较高的锡、锌、钨等成矿元素丰度值, 高出背景值数倍至百余倍。其中, 沉积变质岩高于花岗岩, 浅变质岩类高于深变质岩类, 碎屑岩高于碳酸盐岩类。我们注意到, 都龙锡锌多金属矿床的成矿元素组合, 其空间分布受层位控制。锡钨矿化位于田蓬组下段, 距隐伏花岗岩体约 100 m 范围内; 锡锌多金属矿化位于田蓬组中段, 铅锌(银)矿化位于中寒武统上段。矿体多呈似层状、透镜状产出, 与地层产状大体一致, 层控特征较明显。从整个老君山成矿区来看, 田蓬组以泥质岩为主, 夹碳酸盐岩透镜体, 有些地段缺失碳酸盐岩而出现钙质泥岩。以都龙和新寨为代表的规模较大的锡锌多金属矿床, 均产出于碳酸盐岩夹层较多的地带。有利于锡锌多金属矿体产出的岩性组合, 为碳酸盐岩与泥质岩垂向上呈互层产出, 横向上呈指状交错部位。这些部位, 沿着岩性界面容易发育层间断裂及破碎带, 碳酸盐岩化学性质较活泼, 泥质岩作为隔水层起到较好的屏蔽作用, 从而为成矿流体的运移、交代和矿质沉淀提供了有利的物理-化学环境。

老君山地区的田蓬组特别是其中-下部, 常常夹有沉积成因的炭-硫质层(黄铁矿层或炭质层)。在都辣子寨矿段到曼家寨矿段南部一带发现的鲕状黄铁矿(周建平等, 1997, 1998; 刘玉平, 1998; 廖震, 2008), 多分布于垂向上距离隐伏花岗岩较远的厚大矿体内。廖震(2008)对同一样品中, 保存较好(重结晶弱)的鲕状黄铁矿和重结晶黄铁矿进行了电子探针波谱定量分析, 结果显示: 鲕状黄铁矿的 Zn 含量除一个分析点为 0.02% 外, 其余 6 个测点均大于 0.1%, 最大值达 1.5%, 7 个测点的平均值为 0.41%; 而重结晶黄铁矿的 Zn 含量除一个分析点为 0.28% 外, 其余 8 个测点基本为 0。其 X 射线面分析显示, 鲕状黄铁矿中 Zn 主要以浸染状分布的显微粒状包体

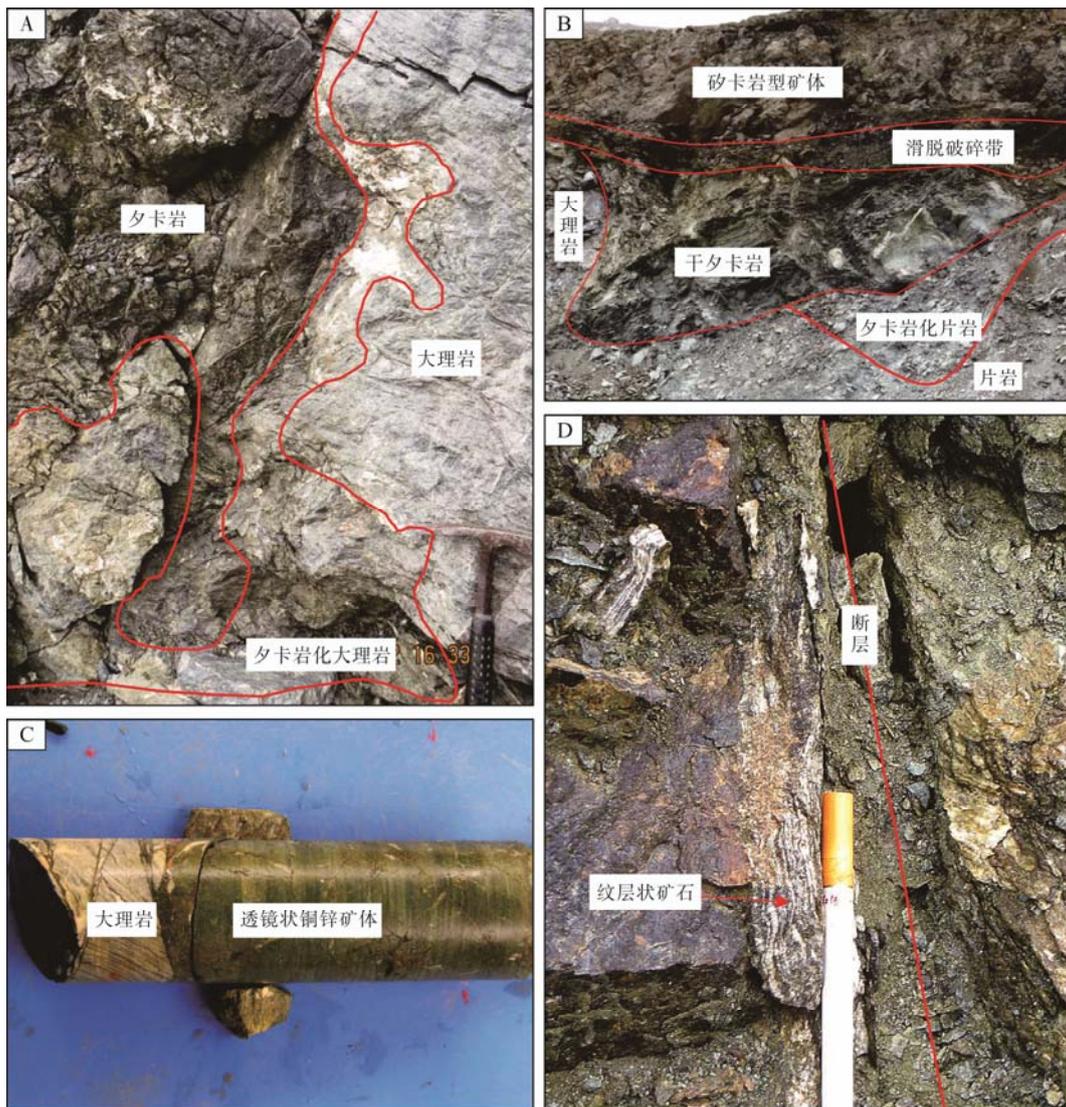


图 4 矿体与矿石照片

Fig. 4 Photograph of ore bodies and ores

A-夕卡岩与大理岩的过渡关系; B-夕卡岩型矿体与围岩的复杂关系; C-透镜状铜锌矿体, 产于云母石英片岩与泥质条带大理岩之间的层间破碎带中, 可见大理岩角砾; D-沿高角度切层的小断层充填纹层状锡锌矿石

A-Transitional relationship of skarn and marble; B-complex relationships of skarn ore bodies and host rocks; C-lenticular Cu-Zn ore body in interlayer fracture zone between mica-quartz schist and muddy bedded marble, with marble rubble observed; D-lamellar Sn-Zn ore body filling in an high angle fault

形式存在, 推测该包体微粒可能为闪锌矿。但该矿床发生矿化的锡、铅等元素, 在鲕状黄铁矿中均未检出。因此, 炭-硫质层除可作为还原性的地球化学障和硫的来源之一, 有利于后期变质热液和岩浆热液中成矿金属的沉淀, 还可能提供了部分成矿金属(周建平等, 1997, 1998; 廖震, 2008)。

印支期, 老君山地区经历了较强的区域动力变质作用。在区域变质过程中, 沉积岩及所含矿物中各种形式的水和其他挥发组分, 受温、压影响而发生活化迁移, 形成变质热液, 从围岩中淋滤汲取成矿组分, 向温度和压力较低的地段转移, 从中-高级

变质带(角闪石相带、混合岩相带)迁移至低级变质带(绿片岩相带)。都龙锡锌多金属矿床的主要矿体, 即赋存于绿片岩相变质的田蓬组中-下部。

综上所述, 我们认为田蓬组地层表现出的锡、锌、钨等成矿元素高背景, 是经历了沉积成岩、变形-变质和岩浆热液叠加等多种地质作用的综合结果。

### 3 讨论及结论

上述研究表明, 都龙锡锌多金属矿床具有多因素复合控矿的特点, 主要的因素为燕山期花岗岩、

构造和田蓬组地层。老君山花岗岩作为成矿物质和能量的主要来源,是该矿床形成的关键因素。剥离断层系及次级的滑脱构造,是成矿流体运移的通道和矿体就位的主要空间。田蓬组碳酸盐岩与泥质岩交互带,为矿质的沉淀富集提供了极佳的物理-化学环境。总体上,特别是基于成矿作用的能量驱动和主要的物质来源,该矿床应属于岩浆热液成因。

金石坡矿段钻探显示,田蓬组下部与隐伏花岗岩脊及花岗斑岩脉接触带附近,常形成一定规模的钨锡铜钼矿体。铜街—曼家寨主矿段,揭露到隐伏花岗岩的钻孔为数不多,在其深部找寻隐伏花岗岩接触带附近的这类矿体值得重视。此外,田蓬组地层和隐伏花岗岩均继续向西延伸,水洞厂—天堂坡一带,花岗斑岩成串珠状出露地表,也是比较有利的找矿靶区。

综上所述,我们初步得出以下认识: 都龙锡锌多金属矿床具有“岩体-构造-地层”多因素复合控矿的特征,隐伏花岗岩之上层间滑脱构造发育的田蓬组复杂岩性带是有利的成矿空间; 燕山期花岗岩是成矿的关键因素,该矿床总体上应属于岩浆热液成因; 都龙矿区铜街-曼家寨主矿段深部及外围水洞厂—天堂坡一带具有较好的找矿远景。

## 参考文献:

- 范承钧. 1988. 云南锡矿带之划分及其区域成矿地质特点[J]. 云南地质, 7(1): 1-12.
- 付国辉. 1992. 云南都龙锡多金属矿床地质特征及成矿规律[J]. 西南矿产地质, (2): 29-37.
- 黄元有, 冉灿, 吕许朋. 2011. 云南元阳—马关地区布格重力异常及其找矿意义[J]. 云南地质, 30(3): 336-339.
- 廖震. 2008. 滇东南都龙锡锌多金属矿床矿物学及年代学[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所.
- 刘玉平, 李朝阳, 刘家军. 2000. 都龙矿床含矿层状夕卡岩成因的地质地球化学证据[J]. 矿物学报, 20(4): 378-384.
- 刘玉平, 李正祥, 李惠民, 郭利果, 徐伟, 叶霖, 李朝阳, 皮道会. 2007. 都龙锡锌矿床锡石和锆石 U-Pb 年代学: 滇东南白垩纪大规模花岗岩成岩-成矿事件[J]. 岩石学报, 23(5): 967-976.
- 刘玉平. 1998. 一个受后期改造和热液叠加的块状硫化物矿床—都龙超大型锡锌多金属矿床[J]. 矿物岩石地球化学通报, 17(1): 22-24.
- 缪应理, 陈智明, 涂长寿, 朱加景. 2013. 滇东南老君山南捞铜钨矿床地质特征及成因探讨[J]. 地球学报, 34(s1): 65-70.
- 宋焕斌. 1989. 云南东南部都龙锡石-硫化物型矿床的成矿特征[J]. 矿床地质, 8(4): 29-38.

- 薛步高. 1993. 试论都龙锡多金属矿床成矿特征—与宋焕斌商榷[J]. 西南矿产地质, 7(2): 28-35.
- 晏建国. 1992. 云南都龙锡多金属矿床及厚大矿体控矿地质特征[J]. 西南矿产地质, 6(3): 26-31.
- 云南地矿局区调队. 1999. 1:5 万地质图说明书(都龙幅)[R]. 玉溪: 云南地矿局区调队.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.
- 张春红, 黎应书, 王金良, 林知法. 2008. 云南马关都龙锡锌多金属矿床成矿控制条件[J]. 有色金属, 60(4): 140-143.
- 张道红, 张学书, 杨艳, 严健, 杨平. 2013. 扬子地台西缘富碱斑岩的岩石地球化学特征及找矿前景[J]. 地球学报, 34(s1): 168-176.
- 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(4): 390-397.
- 周建平, 徐克勤, 华仁民. 1997. 滇东南锡多金属矿床成因商榷[J]. 云南地质, 16(4): 309-349.
- 周建平, 徐克勤, 华仁民. 1998. 滇东南喷流沉积硫化物块状硫化物特征与矿床成因[J]. 矿物学报, 18(2): 158-168.

## References:

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1990. Regional Geology of Yunnan Province, China[M]. Beijing: Geology Publishing House(in Chinese).
- FAN Cheng-jun. 1988. The division and their regional metallogenic characteristics of Yunnan tin ore deposit[J]. Yunnan Geology, 7(1): 1-12(in Chinese with English abstract).
- HUANG Yuan-you, RAN Can, LÜ Xu-peng. 2011. The Bouguer gravity anomaly and prospecting significance in Yuan-yang-Maguan area, Yunnan[J]. Geology of Yunnan, 30(3): 336-339(in Chinese with English abstract).
- LIAO Zhen. 2008. Mineralogy and Geochronology of the Dulong Sn-Zn polymetallic deposit, SE Yunnan Province, China[D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences(in Chinese with English abstract).
- LIU Yu-ping, LI Chao-yang, LIU Jia-jun. 2000. Characteristics and genesis of stratiform skarn from Dulong tin-zinc polymetallic deposit, Yunnan[J]. Acta Mineralogica Sinica, 20(4): 378-384(in Chinese with English abstract).
- LIU Yu-ping, LI Zheng-xiang, LI Hui-min, GUO Li-guo, XU Wei, YE Lin, LI Chao-yang, PI Dao-hui. 2007. U-Pb geochronology and zircon from the Dulong Sn-Zn deposit: Evidence for Cretaceous large-scale granitic magmatism events in south-eastern Yunnan province, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(5): 967-976(in Chinese with English abstract).
- LIU Yu-ping. 1998. Geochemistry of Dulong superlarge

- tin-zinc-polymetallic deposit, Yunnan[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 17(1): 22-24(in Chinese with English abstract).
- MIAO Ying-li, CHEN Zhi-ming, TU Chang-shou, ZHU Jia-jing. 2013. Geological Characteristics and Genesis of the Nanlao Cu-W Deposit in Laojunshan Area, Southeastern Yunnan Province[J]. Acta Geoscientica Sinica, 34(s1): 65-70(in Chinese with English abstract).
- Regional Geology Survey Team, Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1999. Instruction of Regional Geology and Mineral Resources Map ( 1:50,000 Scale, Dulong Area ) [R]. Yuxi: Regional Geology Survey Team, Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province(in Chinese).
- SONG Huan-bin.1998. Ore-forming characteristics of the Dulong cassiterite-sulfide type ore deposit in southeastern Yunnan[J]. Mineral Deposits, 8(4): 29-38(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Chun-hong, LI Ying-shu, WANG Jin-liang, LIN Zhi-fa. 2008. Ore-body controlling factors of Dulong tin-zinc polymetallic ore deposit at Maguan of Yunnan in China[J]. Non-ferrous Metals, 60(4): 140-143(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Dao-hong, ZHANG Xue-shu, YANG Yan, YAN Jian, YANG Ping. 2013. Petrogeochemical Characteristics and Ore-hunting Prospect of Alkali-rich Porphyries on the Western Margin of the Yangtze Platform[J]. Acta Geoscientica Sinica, 34(s1): 168-176(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Shi-tao, FENG Ming-gang, LÜ Wei. 1998. Analysis of the Nanwenhe Metamorphic Core Complex in SE Yunnan[J]. Regional Geology of China, 17(4): 309-397(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Jian-ping, XU Ke-qin, HUA Ren-min. 1997. A discussion on genesis of the tin polymetallic sulfide deposits of southeastern Yunnan[J]. Yunnan Geology, 16(4): 309-349(in Chinese with English abstract).
- ZHOU Jian-ping, XU Ke-qin, HUA Ren-min.1998. Characteristics and genesis of exhalative sedimentary massive sulfides in southeastern Yunnan province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 18(2): 158-169(in Chinese with English abstract).