

# Comparative Study on Geological Features of the Guanfang and Nanyangtian Tungsten Deposit in Southeastern Yunnan Province, China

Yongpeng Ouyang, Cheng Zhang, Ling He, Zheng Liu, Jing Wei, Luchuan Luo, Tao Xie

No. 912 Geological Surveying Team, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Yingtian Jiangxi

Email: yongpeng0524@163.com

Received: Mar. 13<sup>th</sup>, 2018; accepted: Mar. 28<sup>th</sup>, 2018; published: Apr. 4<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Southeastern Yunnan is an important ore-concentrated area for tungsten, tin, silver, copper, lead, zinc, manganese and other metals. There are many non-ferrous metal deposits surrounding the margin and periphery of two Yanshanian granites. The Guanfang and Nanyangtian tungsten deposit are the typical large tungsten deposits in this area, which respectively located in the contact zone on the southwest edge of Bozhushan granite and the metamorphic facies east 5 km of Laojunshan granite. On the basis of the previous research, this paper conducts a detailed comparative study on the metallogenic rock and geological features of the two deposits, showing the similar metallogenic host rock, the same geotectonic metallogenic background, the similar ore field structure, the similar ore bodies and ore characteristics. The differences between the two deposits are mainly in the aspects of ore-controlling structure, host surrounding rock, mineralization zone, wall rock alteration and so on. A brief discussion on the genesis of the two tungsten deposits demonstrates Guanfang tungsten deposit belongs to the contact account type scheelite deposit, while Nanyangtian tungsten deposit belongs to the composite deposit which has experienced a complex process of mineralization, namely Caledonian hydrothermal sedimentary-Indo regional metamorphic-yanshanian hydrothermal overprinting.

## Keywords

Guanfang Tungsten Deposit, Nanyangtian Tungsten Deposit, Skarn Scheelite Deposit, Geological Features, Southeastern Yunnan Province

---

# 滇东南官房钨矿床与南秧田钨矿床地质特征对比研究

欧阳永棚, 张 诚, 贺 玲, 刘 政, 魏 锦, 罗淦川, 谢 涛

江西省地质矿产勘查开发局九一二大队, 江西 鹰潭  
Email: yongpeng0524@163.com

收稿日期: 2018年3月13日; 录用日期: 2018年3月28日; 发布日期: 2018年4月4日

## 摘要

滇东南地区是我国一个重要的钨、锡、银、铜、铅、锌、锰等金属成矿密集区, 环绕两个燕山期花岗岩体边缘及外围分布有多处有色金属矿床, 其中官房钨矿床和南秧田钨矿床是该区较为典型的两个大型钨矿床, 分别位于薄竹山岩体西南缘接触带上和老君山岩体东侧约5 km的区域变质岩相带中。本文在前人研究的基础上, 通过两个矿床成矿岩体和矿床地质特征的详细对比研究, 表明这两个矿床具有相似的成矿母岩, 相同的大地构造成矿背景, 类似的矿田构造, 相似的矿体产出特征及矿石特征; 两个矿床的不同之处主要表现在控矿构造、赋矿围岩、矿化分带及围岩蚀变等几个方面。对这两个钨矿床成因进行简要探讨, 表明官房钨矿床属于接触交代型白钨矿床, 而南秧田钨矿床则属于多因复成矿床, 经历过加里东期热水沉积-印支期区域变质-燕山期热液叠加成矿这一复杂的过程。

## 关键词

官房钨矿床, 南秧田钨矿床, 矽卡岩型白钨矿床, 地质特征, 滇东南

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

滇东南地区长期以来都是我国重要的锡多金属矿产地之一, 区内分布有个旧锡铜多金属矿床、白牛厂银锡多金属矿床、都龙锡锌铜多金属矿床、新寨锡矿床等一系列超大型-大型锡多金属矿床, 同时该地区也是地质勘查和科学研究的重点区域。近些年来, 经过生产、科研和高校等诸多单位的共同努力, 该地区官房钨矿、麻栗坡县南秧田钨矿系统勘探也取得了重大突破, 新增  $WO_3$  储量近 60 余万吨, 钨矿也展现了巨大的资源潜力[1], 实现了在云南省寻找超大型-大型钨矿床的突破。

早期涉及到滇东南地区钨矿研究的文献则相对较少, 仅有曾志刚等[2] [3]对南秧田钨矿床中矽卡岩型白钨矿和石英脉型白钨矿稀土元素地球化学及成矿年代进行过研究, 获得了矿石全岩 Rb-Sr 年龄为  $214.25 \pm 15.60$  Ma。然而近年来随着本地区钨矿系统勘探取得重大突破, 该地区钨矿研究得到了很大的重视, 先后有相关文献发表于诸家刊物。其中张亚辉等[4] [5] [6] [7] [8]分别对薄竹山地区官房钨矿床控矿因素、围岩蚀变与矿化规律、化学元素迁移与钨矿化的关系及花岗岩地球化学特征等方面进行过系统研究; 相关学者对老君山地区南秧田钨矿床流体包裹体特征[9]、成矿年代学(石英硫化物期辉钼矿 Re-Os 年龄为  $209.1 \pm 3.3$  Ma~ $214.1 \pm 4.3$  Ma、与白钨矿共生的金云母坪年龄为  $118.14 \pm 0.69$  Ma) [10] [11]以及矽卡岩矿物特征[12]等有过相关报道。

文山官房白钨矿床位于薄竹山岩体西南缘接触带上, 而南秧田白钨矿床赋存于燕山期老君山花岗岩体东侧约 5 km 的区域变质岩相带中(图 1)。对官房钨矿床和南秧田钨矿床的研究已取得了一定的成果, 但对这两个钨矿床的对比研究却极少。在前人研究的基础上, 本文旨在通过官房钨矿床和南秧田钨矿床

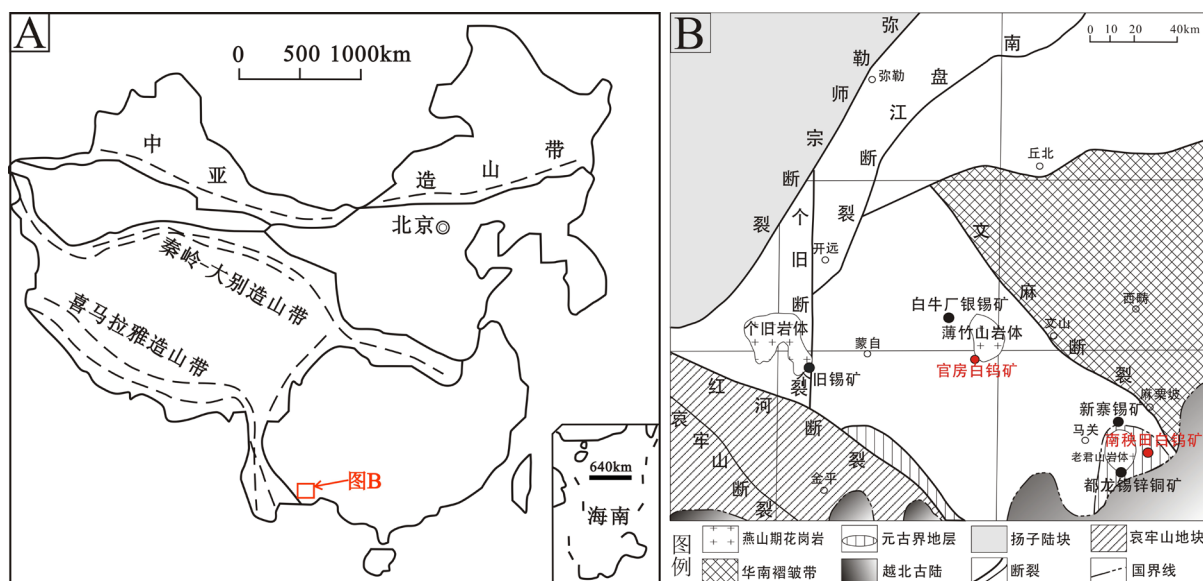


Figure 1. Tectonic setting map of southeast Yunnan (after ref. [14])

图 1. 滇东南大地构造位置图(据文献[14])

地质特征的对比研究, 来初步探讨这两个钨矿床的成因, 同时对总结滇东南地区钨矿成矿规律、提高地质认识和促进找矿突破等均具有积极作用。

## 2. 成矿地质背景

滇东南地区处于中国南部(图 1A), 大地构造位置处于扬子陆块、华南褶皱带、越北古陆及哀牢山地块等多个构造单元的交汇部位(图 1B), 隶属于华南西部的滇东南-桂西钨锡多金属成矿带[13] [14]。区域内地层发育较为齐全, 除早古生代奥陶系上统和志留系, 晚古生代二叠系中统及中生代的三叠系上统、侏罗系和白垩系地层缺失以外, 其余各个时代地层在本区均有不同程度的出露[15]。区内褶皱及断裂构造均有发育, 褶皱以薄竹山及老君山穹窿背斜构造为主, 围绕这两个穹窿构造周边发育有一系列次级构造; 而断裂主要以 NW 向为主, 控制着区内岩体及矿床的分布格局, 此外在薄竹山地区还有呈 NE、EW 向断裂; 老君山地区则有呈 NS、EW 向十字形展布的断裂格局。区域内岩浆活动频繁, 自新元古代至喜山期均有岩浆活动的发生[15], 其中尤以燕山期花岗岩质岩浆侵入为主, 在区内形成了薄竹山花岗岩体和老君山花岗岩体。本区矿产资源丰富, 环绕两个燕山期花岗岩体边缘及外围分布有多处钨、锡、银、铅、锌、铜、铋等以有色金属为主的矿床(点)及矿化点。

## 3. 官房钨矿床

文山官房白钨矿床位于薄竹山岩体西南缘接触带上, 由团山矿段和官房矿段组成, 矿体主要产于花岗岩与灰岩的接触部位, 属于大型接触交代型白钨矿床。矿区地层较为简单, 主要有寒武系中统大丫口组( $\epsilon_2d$ )和田蓬组( $\epsilon_2t$ )、下统冲庄组( $\epsilon_1ch$ )以及第四系(Q) (图 2), 其中田蓬组和大丫口组为主要含矿层位。田蓬组由粉砂岩、泥质砂岩以及大理岩组成, 大丫口组地层岩性则主要为灰岩、粉砂岩和大理岩, 冲庄组地层岩性为长石英砂岩、绢云板岩、粉砂质板岩、粉砂岩。矿区内出露岩体为薄竹山复式花岗岩体所作底单元和洋芋树单元, 与围岩呈侵入接触关系, 岩性主要为黑云母二长花岗岩。矿区内断裂构造较为发育, 以 NE、EW 两组断裂为主, EW ( $F_1$ )向断裂形成较早, 被后期 NE( $F_2, F_4, F_5, F_6$ )向断裂错断现象明显(图 2), 受岩体多次侵位及断裂构造长期活动的影响, 断层常呈破碎带产出。

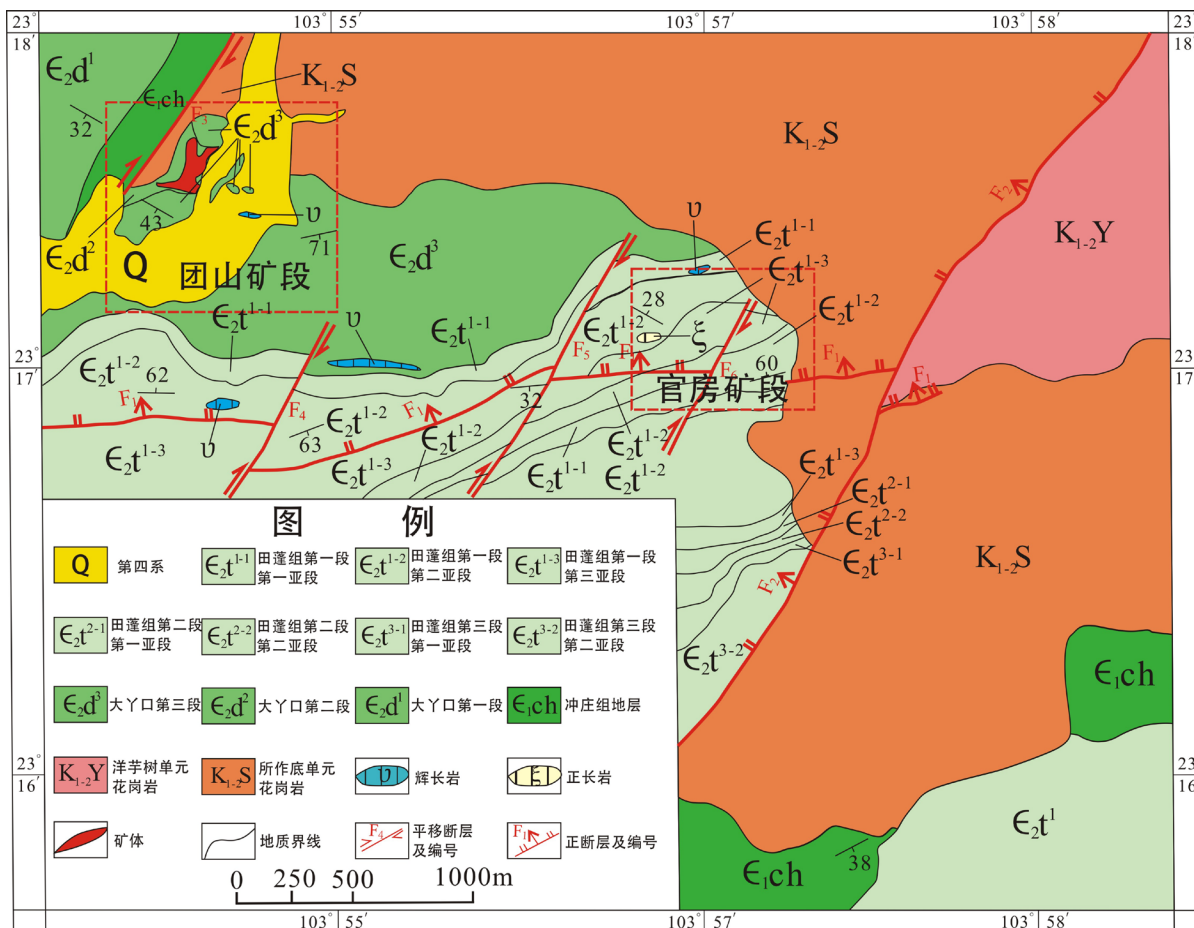


Figure 2. Geological sketch of the Guanfang tungsten deposit (after ref. [4])

图 2. 文山官房钨矿床地质简图(据文献[4])

矿体主要产于黑云母二长花岗岩与大丫口组灰岩接触带上(图 A1-A), 受接触带和围岩层间裂隙控制明显, 在接触带及其附近、层间裂隙发育较好的区域, 矿体厚大而简单; 远离接触带或层间裂隙不发育的地方, 矿体尖灭侧现、分支复合趋势较为普遍[4]。矿区目前共发现 12 个矿体, 其中 3 个主矿体呈近于平行排列, 其它次要矿体及小矿体大多数分布在离主矿体 20~100 m 的接触变质岩中(主要为大理岩、矽卡岩和角岩)。矿体形态主要呈似层状、不规则透镜状, 走向 NNE, 总体向 SE 方向侧伏, 倾角 30°~40° 左右, 矿体产状与岩层产状基本一致。矿体厚度 1.50~18.31 m, 平均厚 7.58 m, 矿体中钨的品位为 0.11%~1.27%, 品味变化系数为 91%。

#### 4. 南秧田钨矿床

南秧田白钨矿床赋存于燕山期老君山花岗岩体东侧的区域变质岩相带中, 目前已成为一大型白钨矿床。矿区内出露地层主要为下寒武统冲庄组变质岩系(图 3), 分为太阳坪岩性段( $\epsilon_{1ch}^3$ )、南秧田岩性段( $\epsilon_{1ch}^2$ )和戈岭岩性段( $\epsilon_{1ch}^1$ ), 其中太阳坪岩性段和南秧田岩性段主要为绿片岩相岩石, 岩性主要为片岩及变粒岩等; 戈岭岩性段主要为角闪岩相岩石, 岩性以斜长角闪片麻岩、角闪变粒岩、变粒岩为主。南秧田岩性段为主要含矿层, 由矽卡岩、片麻岩、变粒岩、片岩等岩类组成的互层带构成, 矿体即赋存于矽卡岩带。矿区褶皱构造主要为一缓倾斜的单斜构造, 主要有  $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 、 $F_4$  这四条断裂, 均形成于成矿后[7], 走向主要为 NW、NE, 倾向 NE、SE。矿区范围内仅有两条规模较小的燕山晚期花岗岩斑岩呈脉状产出(图 3)。

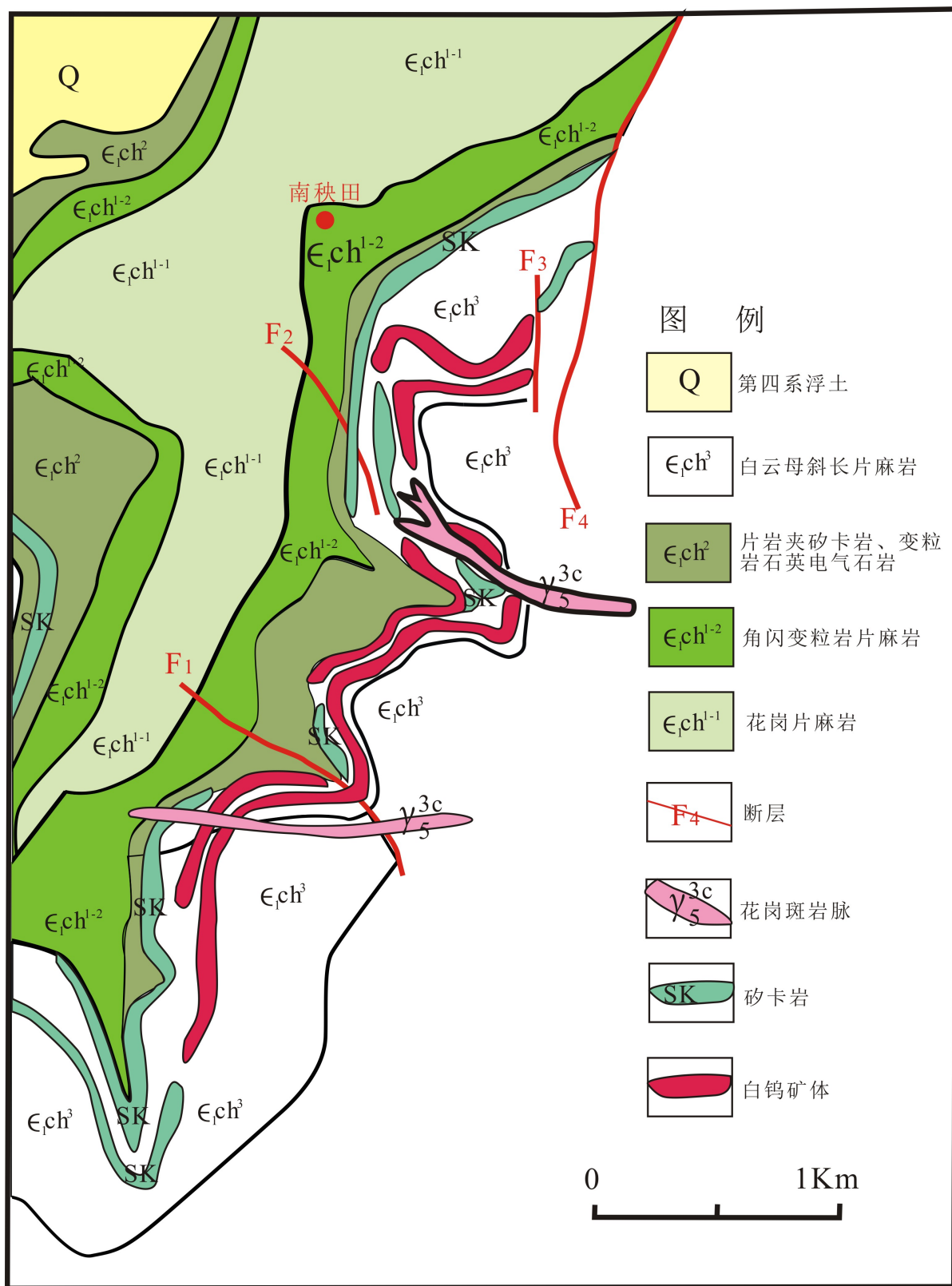


Figure 3. Geological sketch map of Nanyangtian tungsten deposit (modified after ref. [10])

图 3. 南秧田钨矿床地质略图(据文献[10]修改)

南秧田钨矿床矽卡岩带主要由I、II两层稳定的层状—似层状矽卡岩组成，其间距一般为25~40 m，层间岩性主要为石英电气石岩、片麻岩及片岩等，其中I层矽卡岩厚度一般在2~4 m之间，最厚可达18.75 m，II层矽卡岩厚度相对较小，为1~3 m，最厚处可达6.57 m，局部地段有尖灭。到目前为止，南秧田矿区一共发现了11个矿体。其中I层矽卡岩内赋存有6个，II层矽卡岩内分布有5个矿体。I层矽卡岩中I-1号矿体规模最大，近矿围岩主要为片岩、片麻岩及角闪变粒岩等，多数矿体内部及边部见有石榴石和绿帘石化矽卡岩残留体存在。II层矽卡岩以II-3号矿体为主，赋矿围岩岩性以片岩和白云母斜长片麻岩等为主[7]。矿体形态较为简单，主要呈层状、似层状产出，总体产状与围岩产状保持一致，矿体走向NNE-NE，倾向近东方向，倾角一般在5°~15°之间，矿体厚度较薄，大多数在1~4 m，最厚可达13 m，走向长度在200~950 m之间。

## 5. 成矿岩体特征对比

滇东南岩浆活动的一个明显特点就是不同时期侵入岩体汇集成区而点状散布。两个钨矿床的成矿母岩主要为薄竹山及老君山两个花岗岩体，其中薄竹山岩体出露面积约120 km<sup>2</sup>，为一复式花岗岩体，呈粗纺锤状沿北西向展布，第一期岩性为中粒似斑状黑云母二长花岗岩，第二期岩性为细粒二长花岗岩，侵位于下元古界寒武系及奥陶系地层；老君山岩体出露面积约为150 km<sup>2</sup>，也属于多阶段侵入的复式花岗岩体，岩性主要为中粗粒似斑状二长花岗岩(一期)、中细粒二长花岗岩(二期)、花岗斑岩(三期)，侵位于中、下寒武统区域变质岩、混合岩中。

### 5.1. 岩相学特征对比

薄竹山复式岩体：第一期中粒似斑状黑云母二长花岗岩呈灰黑-灰白色，似斑状不等粒花岗结构，块状构造。矿物成分主要为钾长石(35%)、斜长石(30%)、石英(25%)和黑云母(10%) (图4A)；钾长石呈他形

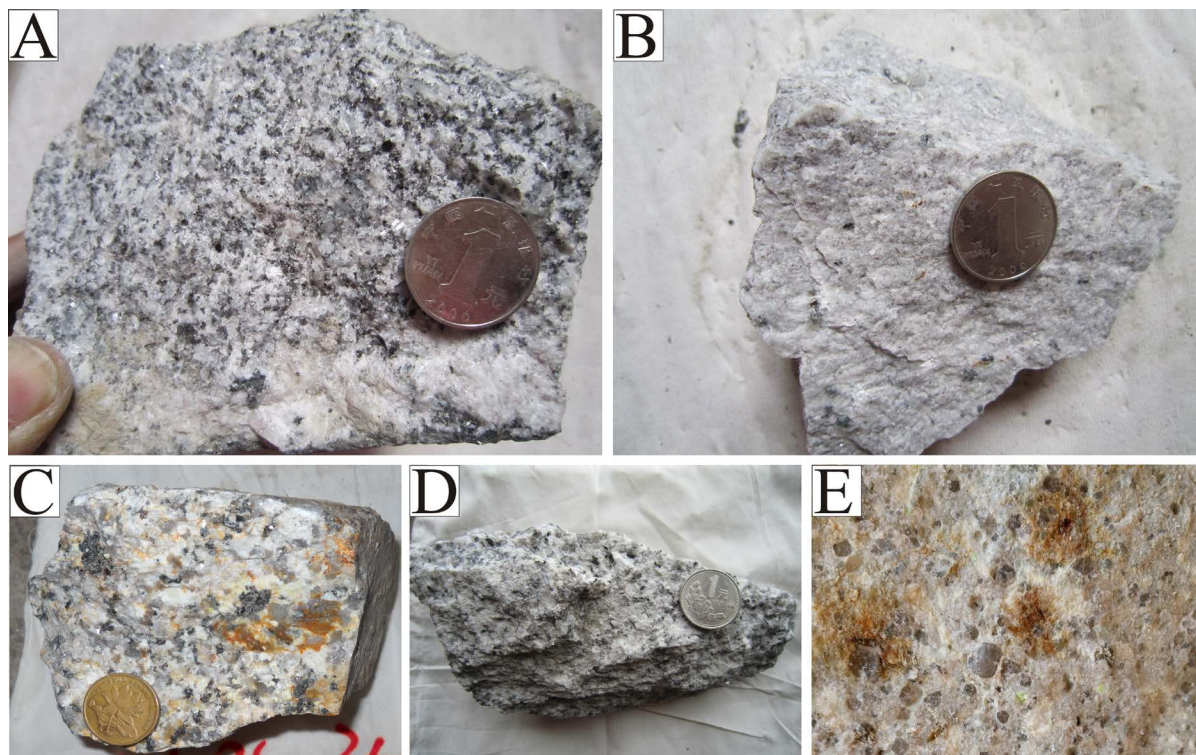


Figure 4. Typical photos of ore-forming granites

图4. 成矿岩体典型照片

粒状，粒径 0.6~2 mm；斜长石呈自形板状，粒径 0.5~1.5 mm；石英呈他形粒状，粒度 0.3~1.0 mm，具波状消光；黑云母呈自形板状。副矿物有锆石、榍石、磷灰石、电气石和堇青石等。第二期细粒二长花岗岩呈灰白色，细粒花岗结构，块状构造。矿物成分主要为钾长石(40%)、斜长石(35%)、石英(23%)和少量黑云母(2%) (图 4B)，副矿物有锆石、榍石和磷灰石等。

老君山复式岩体：第一期中粗粒似斑状二长花岗岩呈灰色、浅肉红色，似斑状结构，块状构造。主要由石英(28%~35%)、钾长石(25%~30%)、斜长石(25%~38%)、黑云母(2%~4%)和白云母(2%~4%)组成(图 4C)，粒径多数在 2~5 mm，局部板状钾长石可达 15 mm。副矿物主要为锆石、磷灰石、榍石和钛铁矿等。第二期中细粒二长花岗岩呈灰色，细粒花岗结构，块状构造。主要由石英(30%~35%)、钾长石(25%~30%)、斜长石(25%~36%)、黑云母(2%~4%)和白云母(2%~4%)组成(图 4D)，粒径多数小于 5 mm，部分小于 2 mm。副矿物主要为锆石、磷灰石和钛铁矿等。第三期花岗斑岩呈灰色，斑状结构，块状构造。斑晶主要由石英和少量钾长石、斜长石组成，含量 15%~25%；基质主要由石英、钾长石、斜长石等组成，含量 75%~85% (图 4E)。

### 5.2. 岩石学、地球化学及年代学特征对比

两个岩体的岩石学及地球化学特征如表 1 所示，其年代学数据表明这两个岩体均形成于燕山期；主量元素显示 SiO<sub>2</sub> 含量变化跨度较大，Mg、Fe、Ca 含量偏低，K、Na 含量高，碱质组分含量较高，表明其为高钾钙碱性系列；微量元素表现在富集 Rb、Ba、Th、U 等大离子亲石元素，亏损 Ba、Nb、Ta、Sr、Tb 等高场强元素，推断这两个花岗岩体的形成可能主要与板内环境有关[16]；稀土元素均表现为稀

**Table 1.** Petrology and geochemistry of the main granities in southeastern Yunnan province

**表 1.** 滇东南地区两个主要花岗岩体岩石学及地球化学特征简表

岩体	薄竹山花岗岩	老君山花岗岩
岩石类型	中粒似斑状黑云母二长花岗岩(一期) 细粒二长花岗岩(二期)	中粗粒似斑状二长花岗岩(一期) 中细粒二长花岗岩(二期) 花岗斑岩(三期)
主要矿物	石英、正长石、条纹长石、斜长石、黑云母	石英、钾长石、斜长石、黑云母、白云母
次要矿物	磁铁矿、电气石、锆石/磷灰石、榍石、钛铁矿	磷灰石、钛铁矿、磁铁矿、锆石、榍石、金红石、黝帘石、绿泥石
主量元素	SiO <sub>2</sub> 64.82%~76.89% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 10.75%~15.52% MgO 0.21%~2.46% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.38%~3.66% FeO 0.57%~2.66% CaO 0.96%~2.83% K <sub>2</sub> O 4.13%~5.46% Na <sub>2</sub> O 1.07%~3.54% TiO <sub>2</sub> 0.17%~0.29% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.05%~0.08% MnO 0.05%~0.11%	SiO <sub>2</sub> 64.5%~76.6% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 12.9%~17.9% MgO 0.14%~0.93% Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.29%~1.35% FeO 0.45%~3.23% CaO 0.19%~0.83% K <sub>2</sub> O 4.39%~5.88% Na <sub>2</sub> O 1.12%~3.5% TiO <sub>2</sub> 0.06%~0.62% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.19%~0.38% MnO 0.03%~0.12%
岩石地球化学	高钾钙碱性系列，A/CNK = 0.78~1.56	高钾钙碱性系列，A/CNK = 1.12~2.08
微量元素	富集 Rb、Ba、Th、U，亏损 Ba、Nb、Ta、Sr、Tb	富集 Rb、U、Th、Pb，亏损 Ba、Nb、Sr、Ti
稀土元素	稀土 $\sum\text{REE} = 96.43 \times 10^{-6} \sim 375.10 \times 10^{-6}$ ，轻稀土分馏明显、重稀土 $\sum\text{REE} = 29 \times 10^{-6} \sim 386 \times 10^{-6}$ ，轻稀土富集，轻重稀土分馏元素较弱，Ce 异常不明显，中等-强烈 Eu 负异常( $\delta\text{Eu} = 0.06 \sim 0.55$ ) 明显，Ce 异常不明显，中等 Eu 负异常( $\delta\text{Eu} = 0.21 \sim 0.54$ )	
同位素地球化学	初始 <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr 值 0.7129	初始 <sup>87</sup> Sr/ <sup>86</sup> Sr 值 0.732~0.75819
成因类型	陆壳重熔 S 型花岗岩	陆壳重熔 S 型花岗岩
数据来源	文献[22] [24] [25] [26]	文献[27] [28] [29]

土总量普遍偏高、较为明显的 Eu 负异常、不明显的 Ce 异常以及轻稀土富集的右倾型配分曲线，暗示岩石形成过程中可能发生较为强烈的斜长石结晶分离作用；两者的岩石学及地球化学特征表明它们来源于陆壳重熔。

大量研究工作表明，钨锡矿化大多数与这类富含 W、Sn、F、Li、B、萤石及电气石等高分异或陆壳改造型花岗岩有关[17] [18] [19] [20] [21]。笔者在官房矿区所采集到的薄竹山岩体所作底单元黑云母二长花岗岩中 W 含量是中国花岗岩 W 平均含量的 1.1~7.6 倍[22]，而老君山岩体 W 含量更是中国花岗岩 W 平均含量的 28.6~64 倍[23]，这表明花岗岩能够为成矿提供丰富的物质来源。此外，在官房钨矿区，笔者还发现在接触带附近的 4S-3 巷道尽头采空区，部分花岗岩中可见有呈星点状分布的白钨矿(图 A1-A)。

前人已报道过本区成岩年代学成果(见表 2)。但是限于测试精度。薄竹山岩体第一期中粒似斑状黑云母二长花岗岩早期通过全岩 Rb-Sr 法获得其成岩年龄为 97.43~115.4 Ma，最新通过 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法获得其成岩年龄为 86.51~87.83 Ma，第二期细粒二长花岗岩主要形成于 79 (+10, -18) Ma。老君山岩体第一期中粗粒二云二长花岗岩早期绢云母 K-Ar 法测得 106~118Ma，最新 LA-ICP-MS、SHRIMP 锆石 U-Pb 法分别测得  $96 \pm 2$  Ma、 $83.3 \pm 1.5$  Ma；第二期中细粒二云二长花岗岩早期绢云母 K-Ar 法测得 89~101 Ma，最新 SHRIMP 锆石 U-Pb 法测得  $92.9 \pm 1.9$  Ma；第三期花岗斑岩早期绢云母 K-Ar 法测得 75 Ma，最新 LA-ICP-MS、SHRIMP 锆石 U-Pb 法测得分别为  $86.9 \pm 3.7$  Ma、 $87.1 \pm 2.6$  Ma、 $86.9 \pm 1.4$  Ma。均属燕山期岩浆侵位产物。

**Table 2.** Chronological characteristics of the main granities in southeastern Yunnan province

**表 2.** 滇东南地区两个主要花岗岩体年代学特征简表

岩体	测试对象及方法	年龄值	数据来源	
薄竹山岩体	全岩 Rb-Sr 法	$115.4 \pm 0.23$ Ma	文献[24]	
		$104.05 \pm 0.32$ Ma		
		$103.22 \pm 0.58$ Ma		
	中粒似斑状黑云母二长花岗岩(一期)	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	$97.43 \pm 0.83$ Ma	文献[26]
			$86.51 \pm 0.52$ Ma	
	细粒二长花岗岩(二期)	锆石 U-Pb	$79(+10, -18)$ Ma	文献[24]
			$96 \pm 2$ Ma	
LA-ICP-MS 锆石 U-Pb		$87.54 \pm 0.65$ Ma	文献[26]	
老君山岩体	中粗粒二云二长花岗岩(一期)	$87.83 \pm 0.39$ Ma	文献[28]	
		SHRIMP 锆石 U-Pb		$83.3 \pm 1.5$ Ma
	中细粒二云二长花岗岩(二期)	绢云母 K-Ar	106~118 Ma	文献[30]
		SHRIMP 锆石 U-Pb	$92.9 \pm 1.9$ Ma	文献[27]
	花岗斑岩(三期)	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	$89 \sim 101$ Ma	文献[30]
		SHRIMP 锆石 U-Pb	$86.9 \pm 3.7$ Ma	文献[31]
	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb	$87.1 \pm 2.6$ Ma	文献[31]	
	SHRIMP 锆石 U-Pb	$86.9 \pm 1.4$ Ma	文献[27]	
	绢云母 K-Ar	75 Ma	文献[30]	



## 6. 官房钨矿床和南秧田钨矿床地质特征对比

将官房钨矿床和南秧田钨矿床地质特征进行对比(表 3)发现,两者具有相同的大地构造成矿背景,位于扬子陆块、华南褶皱带及三江造山带三大构造单元的交汇部位,隶属于华南西部的滇东南-桂西钨锡多金属成矿带;类似的矿田构造,均为一个大的穹窿背斜构造 + NW 向深大断裂构造;相似的矿体产出特征及矿石特征。不同之处主要表现在以下几个方面:

1) 主要控矿构造有差异。官房钨矿床控矿构造主要为侵入接触构造+背斜构造,其次为层间滑脱面及近 EW、NE 向断裂构造。从官房钨矿区团山背斜剖面图(图 5)可以看出,岩浆上升侵入到中寒武统大丫口组大理岩中时,由于受到岩浆上侵过程中向上冲击力的作用,形成强烈褶皱,同时大理岩向四周下滑,形成层间滑动面从而产生张性裂隙,随着岩浆一并带上的成矿物质则在背斜核部及层间裂隙带沉淀,形成白钨矿体。而南秧田钨矿床控矿构造主要为层间滑脱断层构造+背斜构造,其次为 NW 及 NS 向断裂构造。

2) 矿体产出部位和赋矿围岩不同。官房钨矿床矿体主要产于花岗岩与灰岩的接触部位,赋矿围岩为中寒武统大丫口组和田蓬组,据野外观察、室内岩相学及矿相学研究表明,矿区主要赋矿岩石为矽卡岩,其次为大理岩、黑云母二长花岗岩和角岩;而南秧田钨矿床赋矿围岩主要为下寒武统冲庄组南秧田岩性段区域变质岩中,矿体赋存于由片麻岩、变粒岩、片岩、电气石石英岩夹矽卡岩等岩类组成的互层带内(图 A4)。

3) 矿化分带及围岩蚀变不同。官房钨矿床在矿化和围岩蚀变两个方面均存在一定的分带性,矿化分带表现在:白钨矿主要富集在岩体与围岩内接触带,外带则有黄铁矿、黄铜矿等硫化物矿石呈细脉状及浸染状富集于断层及大理岩中,围岩蚀变分带性表现在:环绕花岗岩体由内向外依次为金云母-绿帘石化带→透辉石(可见零星白钨矿化)-透闪石化带(白钨矿化最强)→镁橄榄石化带(白钨矿化稍弱) [6]。而南秧田钨矿床矿化及围岩蚀变分带性均不明显。

**Table 3.** Comparison of geological characteristics between the Guanfang tungsten deposit and Nanyangtian tungsten deposit  
**表 3.** 官房钨矿床和南秧田钨矿床地质特征对比

矿床名称	官房钨矿床	南秧田钨矿床
大地构造位置	大地构造位置位于扬子陆块、华南褶皱带及三江造山带三大构造单元的交汇部位	
矿床产出位置	位于燕山期薄竹山岩体西南缘接触带上	位于燕山期老君山花岗岩体东侧约 5 km 处的区域变质岩相带中
赋矿围岩	时代、组名 中寒武统大丫口组( $\epsilon_{2d}$ )和田蓬组( $\epsilon_{2t}$ ) 岩性 田蓬组由粉砂岩、泥质砂岩以及大理岩组成,大丫口组地层岩性则主要为灰岩、粉砂岩和大理岩	下寒武统冲庄组( $\epsilon_{1ch}$ )变质岩系南秧田岩性段( $\epsilon_{1ch}^2$ ) 南秧田岩性段为主要含矿层,由矽卡岩、片麻岩、变粒岩、片岩、电气石石英岩等岩类组成的互层带构成
矿区裸露岩浆岩	薄竹山花岗岩体所作底和洋芋树单元 黑云二长花岗岩(岩基、岩脉)	老君山花岗岩体第三亚期花岗斑岩(岩脉)
控矿构造	矿田构造 薄竹山穹窿背斜构造、NW 向文麻深大断裂 矿床(体)构造 主要为花岗岩与碳酸盐岩接触带构造和团山褶皱构造,其次为层间滑脱构造及近 EW、NE 向断裂构造 颜色、产状 暗绿色,致密状,主要呈层状、似层状产出,次为不规则透镜状产出	老君山穹窿背斜构造、NW 向文麻深大断裂 层间滑脱构造、背斜构造、NW 及 NS 向断裂构造 浅灰绿色,致密状,多数呈层状、似层状产出,少数呈透镜状产出
含矿矽卡岩特征	产出部位 主要产于花岗岩与围岩接触带及碳酸盐岩层间裂隙中 造岩矿物 透辉石、透闪石、钙铝榴石(大量且颗粒大)、绿帘石、阳起石、透闪石、蛇纹石、金云母、石英等 粒度大小 0.02~3 mm 结构构造 粒状变晶结构;块状构造	主要产于片麻岩中,其次在片岩和变粒岩互层带中,产状与岩层产状基本一致 透辉石、透闪石、阳起石、斜黝帘石、绿帘石、石榴子石(少量且颗粒小)、云母、石英等 0.05~1 mm 粒状、柱状变晶结构;条纹-条带构造、块状构造

Continued

矿体产出特征	<p>目前共发现 12 个矿体，其中 3 个主矿体呈近于平行排列，其它次要矿体及小矿体大多数分布在离主矿体 20~100m 的接触变质岩中。矿体主要呈层状、不规则透镜状产出，远离接触带或层间裂隙不发育的地方，矿体尖灭侧现、分支复合趋势较为普遍。走向 NNE，总体向 SE 方向侧伏，倾角 30°~40°左右，矿体产状与岩层产状基本一致。矿体厚度 1.50~18.31m，平均厚 7.58 m</p>	<p>目前为止共发现 11 个矿体，均赋存于矽卡岩带中，矽卡岩带主要由 I、II 两层矽卡岩组成，其中 I 层矽卡岩内赋存有 6 个，II 层矽卡岩内分布有 5 个矿体。矿体形态较为简单，主要呈层状、似层状产出，总体产状与围岩产状保持一致，矿体走向 NNE-NE，倾向近东方向，倾角一般在 5°~15°之间，矿体厚度较薄，大多数在 1~4 m，最厚可达 13 m，走向长度在 200~950 m 之间。</p>
矿石类型	<p>矽卡岩白钨矿型、石英脉-萤石脉硫化物白钨矿型，其次还有少量呈星点状产于黑云母二长花岗岩中(图 A1)</p>	<p>主要为矽卡岩白钨矿型，其次还有含硫化物矽卡岩白钨矿型及电气石石英脉白钨矿型(图 A4)</p>
矿石构造	<p>浸染状构造、团块状构造、细脉状构造</p>	<p>浸染状构造、条带状构造、致密块状构造</p>
矿石结构	<p>自形-他形粒状结构、交代残余结构、细脉充填结构、包含结构、共结边结构、胶状结构和骸晶结构等；白钨矿及与之伴生的金属硫化物主要呈它形粒状晶体出现，也有少数呈半自形、自形粒状晶体产出(图 A3)</p>	<p>花岗变晶结构、半自形-他形粒状结构、交代残余结构、包含结构、共结边结构、细脉充填结构等；白钨矿主要呈浸染状、星点状及团块状分布于脉石矿物中(图 A5)</p>
矿石特征	<p>金属矿物组成 白钨矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、毒砂以及少量钛铁矿、菱铁矿、辉钼矿等</p> <p>非金属矿物组成 除石英、长石、黑云母等造岩矿物之外，还含有石榴石、透辉石、透闪石、绿泥石、绿帘石和方解石等热液蚀变矿物</p>	<p>白钨矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、毒砂、辉钼矿等</p> <p>石英、长石、黑云母等造岩矿物以及绿帘石、绿泥石、透辉石、阳起石、石榴石和方解石等热液蚀变矿物为主</p>
白钨矿化特征	<p>白钨矿主要表现为浸染状矿化和团块状矿化，偶见沿裂隙呈脉状矿化。原生矿石光、薄片，钨主要以白钨矿[Ca(WO<sub>4</sub>)]形式存在，体积分数在 1%~3%左右，主要呈自形-他形粒状分布，偶见呈脉状充填于碳酸盐矿物之间(图 A2)</p>	<p>广泛分布在各种类型的矽卡岩矿物及石英、长石等矿物的裂隙中一般呈浸染状、星点状、团块状产出，个别矿石中白钨矿沿层理方向聚集，形成层纹状富矿石。原生矿石光、薄片钨主要以白钨矿[Ca(WO<sub>4</sub>)]形式存在，体积分数约为 1%~5%，主要呈自形-他形粒状分布于脉石矿物中</p>
矿化分带性特点	<p>官房矿区各类矿化围绕花岗岩体呈带状分布，白钨矿主要富集在花岗岩与围岩接触带，外带则见黄铁矿、黄铜矿等硫化物呈细脉状及浸染状在断层及大理岩中矿化富集</p>	<p>矿化无明显分带现象</p>
围岩蚀变	<p>围岩蚀变强烈，分带性也较为明显，环绕花岗岩体由内向外依次为金云母-绿帘石化带→透辉石-透闪石化带→镁橄榄石化带</p>	<p>绿帘石化、绿泥石化、石榴石化、透辉石化、阳起石化、硅化和绢云母化等，无明显蚀变分带现象</p>
成矿年代	<p>官房钨矿床暂无测年数据</p>	<p>矿石全岩 Rb-Sr 法年龄 214.25 ± 15.60 Ma 石英硫化物期辉钼矿 Re-Os 年龄为 209.1 ± 3.3 Ma~214.1 ± 4.3 Ma 与白钨矿共生的金云母坪年龄为 118.14 ± 0.69 Ma</p>
成因推论	<p>接触交代型白钨矿床</p>	<p>热水沉积-区域变质-岩浆热液叠加成矿</p>
文献来源	<p>文献[4] [5] [6] [7] [8] [22] [23]</p>	<p>文献[2] [3] [9] [10] [11] [12]</p>

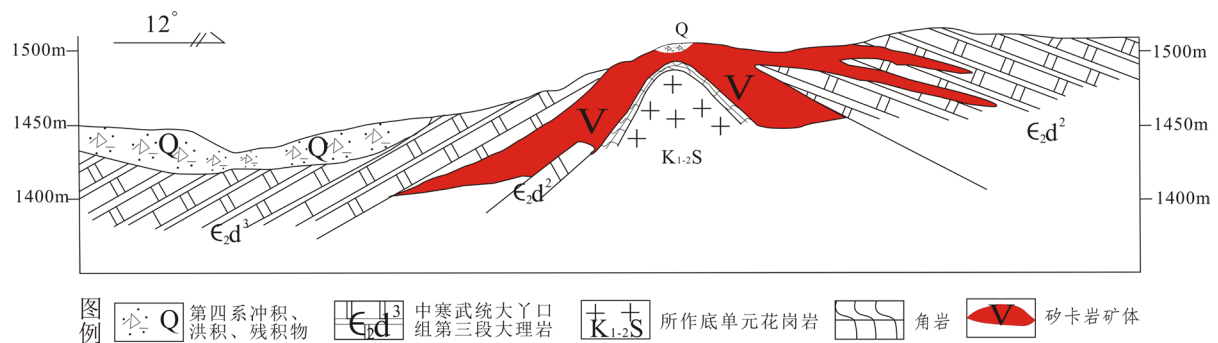


Figure 5. Sketch map of Tuanshan anticline section in Guanfang tungsten deposit (modified after ref. [32])  
图 5. 官房矿区团山背斜剖面素描图(据文献[32]修改)

## 7. 讨论

通过官房钨矿床和南秧田钨矿床地质特征的对比,发现这两者既存在相似性又存在一定的差异性,矿床地质特征上的差异性从本质上来说主要是由矿床成因上的差异所导致的。笔者试图从两个矿床的矽卡岩特征、成矿年代学分析及成矿作用过程等方面来初步探讨这两个矿床的成因。

### 7.1. 矽卡岩特征

矽卡岩是一类成因较为复杂的地质体,主要包括接触交代成因、变质成因、热水沉积成因和岩浆成因等矽卡岩[33]-[39]。

官房矿区,矽卡岩呈层状、似层状产出于花岗岩与碳酸盐岩的接触部位(详见图 A1, 图 A2, 图 A3),笔者通过研究矽卡岩型矿石和花岗岩的稀土元素特征发现,两者均表现出稀土总量高、较为明显的 Eu 负异常、不明显的 Ce 异常以及轻稀土富集的右倾型配分曲线[22],两者稀土元素配分曲线极为相似,说明成矿作用与岩浆活动之间有着密切的成因联系,在物质来源方面具有一致性。

南秧田矿区,矽卡岩呈层状、似层状、透镜状顺层产出于下寒武统冲庄组区域变质岩系(详见图 A4, 图 A5),该变质岩系的主变质时代为晚海西期-印支期[15]。矽卡岩矿物组成主要为阳起石、透辉石、透闪石、绿泥石和石英,石榴子石含量较少;结构构造具有明显沉积变质作用的特征,矿物定向排列且具变晶结构,矽卡岩保留了变余纹层状-条带状构造、变余层理构造等。曾志刚等[3]对南秧田矿区中层状矽卡岩的基本特征、岩石地球化学特征及稀土元素组成进行了系统研究,表明层状矽卡岩在岩层产状、产出部位、造岩矿物、结构构造、岩石化学及稀土元素地球化学等方面均与典型接触交代成因的矽卡岩均存在差异,并认为这种层状矽卡岩的形成可能与热水沉积和区域变质作用有关[2] [3]。

### 7.2. 成矿年代学分析

成矿年代学。官房钨矿床目前为止还没有学者对其成矿年龄进行过相关报道,但是笔者野外观察到接触带附近的 4S-4 巷道尽头采空区,部分花岗岩中可见有呈星点状分布的白钨矿,这说明白钨矿化作用的发生应该是在岩体侵位时或之后,其成矿年龄理论上应该不早于薄竹山岩体侵位时间。而南秧田钨矿床则获得过几组年龄数据,其中矿石全岩 Rb-Sr 法获得成矿年龄为  $214.25 \pm 15.6 \text{ Ma}$  [3],对与钨矿共生的辉钼矿进行 Re-Os 同位素定年获得模式年龄为  $209.1 \pm 3.3 \text{ Ma} \sim 214.1 \pm 4.3 \text{ Ma}$  [10],获得含矿金云透闪矽卡岩与白钨矿共生的金云母坪年龄为  $118.14 \pm 0.69 \text{ Ma}$  [11]。所获得的前两组年龄数据与区域变质作用年龄值(变质时间从  $204.39 \sim 312.3 \text{ Ma}$ ,其中  $\sim 210 \text{ Ma}$  达到变质作用高峰期)一致;而后一组数据则与老君山花岗岩体侵入年龄相一致,表明印支期变质作用和燕山期岩浆活动对南秧田钨矿床的形成均有一定的影响。

### 7.3. 成矿作用过程概述

加里东运动使得华南褶皱带拼合到扬子陆块南缘构成晚古生代开始的华南陆块,从而使得该区岩石圈组成和陆壳的金属元素活化迁移再循环[40],在寒武系地层中形成钨锡多金属初始的矿源层,构成地球化学异常区,为后期含矿花岗岩的就位及钨锡多金属矿床的形成提供丰富的物质基础。其中老君山地区下寒武统冲庄组地层各类岩性 W 元素含量是地壳元素丰度的  $23.33 \sim 83.33$  倍[41],而薄竹山地区中寒武统田蓬组地层各类岩性 W 含量是地壳元素丰度的  $0.83 \sim 4.83$  倍[42]。

印支运动,在老君山地区伴随着大规模的区域变质作用和混合岩化作用,使得下寒武统冲庄组地层中的成矿物质活化迁移,形成南秧田钨矿床。而薄竹山地区变质程度较低,此阶段并没有大规模钨成矿作用的发生。

白垩纪早期,滇东南地区进入碰撞后陆内构造演化阶段[40],发生大规模的中酸性岩浆间歇式侵入事件,形成薄竹山和老君山两个复式花岗岩体,伴随着岩浆侵入活动的发生,在薄竹山岩体与碳酸盐岩接触带附近形成官房钨矿床;而在老君山地区,受花岗质岩浆活动侵入的影响,南秧田地区进一步富集成矿。

## 8. 结论

通过对官房钨矿床和南秧田钨矿床成矿母岩和矿床地质特征进行详细对比,可以得出以下结论:

1) 官房钨矿床和南秧田钨矿床成矿母岩(分别为薄竹山岩体和老君山岩体)基本特征相似,均为多阶段侵入复式花岗岩体,属于高分异或陆壳改造型花岗岩,已被证实与钨锡多金属矿化有关。两者 W 含量均高于中国花岗岩 W 平均含量的几倍~几十倍,能够为成矿提供丰富的物质基础。

2) 官房和南秧田钨矿床具有相似的大地构造成矿背景、矿田构造、矿体产出特征及矿石特征。两者不同之处主要表现在控矿构造、赋矿围岩、矿化分带及围岩蚀变等方面。

3) 官房钨矿床稀土元素研究表明成矿作用与岩浆活动存在成因联系,两者在成矿物质方面具有同源性。南秧田钨矿床经历了加里东期热水沉积作用形成初始矿源层-印支期区域变质作用改造富集-燕山期岩浆热液叠加成矿作用。

## 参考文献

- [1] 欧阳永棚,夏庆霖. 滇东南地区与燕山期花岗岩有关的钨锡多金属矿化及找矿潜力[J]. 矿床地质, 2012, 31(S1): 331-332.
- [2] 曾志刚,李朝阳,刘玉平,等. 滇东南南秧田两种不同成因类型白钨矿的稀土元素地球化学特征[J]. 地质地球化学, 1998, 26(2): 34-38.
- [3] 曾志刚,李朝阳,刘玉平,等. 老君山成矿区变质成因夕卡岩的地质地球化学特征[J]. 矿物学报, 1999, 19(1): 48-55.
- [4] 张亚辉,张世涛. 官房钨矿控矿构造特征及其找矿意义[J]. 有色金属(矿山部分), 2011, 63(6): 22-26.
- [5] 张亚辉,张世涛,刘红卫. 滇东南薄竹山地区大型多金属矿床控矿因素对比研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2012, 37(6): 1-7.
- [6] 张亚辉,张世涛,冯明刚,等. 云南文山官房钨矿床团山矿段围岩蚀变与矿化规律研究[J]. 现代地质, 2011, 25(4): 740-749.
- [7] 张亚辉,张世涛. 云南文山官房钨矿床化学元素迁移与钨矿化的关系[J]. 矿物学报, 2011, 31(S1): 923-924.
- [8] 张亚辉,张世涛. 云南文山官房钨矿床花岗岩地球化学特征及其地质意义[J]. 地质与勘探, 2011, 47(6): 1002-1008.
- [9] 冯佳睿,周振华,程彦博. 云南南秧田钨矿床流体包裹体特征及其意义[J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29(1): 50-58.
- [10] 冯佳睿,毛景文,裴荣富,等. 滇东南老君山地区印支期成矿事件初探—以新寨锡矿床和南秧田钨矿床为例[J]. 矿床地质, 2011, 30(1): 57-73.
- [11] 谭洪旗,刘玉平,叶霖,等. 滇东南南秧田钨锡矿床金云母  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  定年及意义[J]. 矿物学报, 2011, 31(S1): 639-640.
- [12] 戴婕,张林奎,潘晓东,等. 滇东南南秧田白钨矿床矽卡岩矿物学特征及成因探讨[J]. 岩矿测试, 2011, 30(3): 269-275.
- [13] 杨世瑜. 滇东南锡矿带矿床类型及其组合特征[J]. 矿床地质, 1990, 9(1): 35-48.
- [14] 周建平,徐克勤,华仁民,等. 滇东南锡多金属矿床成因商榷[J]. 云南地质, 1997, 16(4): 309-349.
- [15] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [16] 王中刚,于学元,赵振华. 稀土元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [17] Taylor, R.G. (1979) *Geology of Tin Deposits*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 543-543.
- [18] Kwak, T.A.P. (1982) W-Sn Skarn Deposits and Related Metamorphic Skarns and Granitoids. *Economic Geology*, 77,

50-59.

- [19] Plimer, I.R.F. (1987) Fundamental Parameters for the Formation of Granite-Related Tin Deposits. *Economic Geology*, **71**, 23-40. <https://doi.org/10.1007/BF01820571>
- [20] Heinrich, C.A. (1990) The Chemistry of Hydrothermal Tin(-tungsten) Ore Deposits. *Economic Geology*, **85**, 457-481. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.85.3.457>
- [21] 张旗, 金惟俊, 王焰, 等. 花岗岩与金铜及钨锡成矿的关系[J]. 矿床地质, 2010, 29(5): 729-759.
- [22] 欧阳永棚, 夏庆霖, 桑浩, 等. 云南文山官房钨矿床地质特征及其稀土-微量元素地球化学[J]. 地质科技情报, 2013, 32(3): 152-158.
- [23] 陈扬玉. 马关-麻栗坡地区微量元素分布及成矿[J]. 物探与化探, 1986, 10(4): 301-304.
- [24] 张世涛, 陈国达. 滇东南薄竹山复式岩体的地质特征及其演化规律[J]. 云南地质, 1997, 16(3): 222-232.
- [25] 解洪晶, 张乾, 祝朝辉, 等. 滇东南薄竹山花岗岩岩石学及其稀土-微量元素地球化学[J]. 矿物学报, 2009, 29(4): 481-490.
- [26] 程彦博, 毛景文, 陈小林, 等. 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), 2010, 40(4): 869-878.
- [27] 刘玉平, 李正祥, 李惠民, 等. 都龙锡铋矿床锡石和锆石 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, 2007, 23(5): 967-976.
- [28] 冯佳睿, 毛景文, 裴荣富, 等. 云南瓦渣钨矿区老君山花岗岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年、地球化学特征及成因探讨[J]. 岩石学报, 2010, 26(3): 845-857.
- [29] 张斌辉, 丁俊, 任光明, 等. 云南马关老君山花岗岩的年代学、地球化学特征及地质意义[J]. 地质学报, 2012, 86(4): 587-601.
- [30] 云南省地质矿产勘查开发局. 1:5 万都龙幅 G48E007011 地质图说明书[R]. 1999.
- [31] 林知法. 云南马关都龙铋多金属超大型矿床构造控矿特征及矿床成因研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2010.
- [32] 张亚辉. 云南省文山官房砂卡岩型钨矿床控矿构造研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 昆明理工大学, 2011.
- [33] Sverjensky, D.A. (1984) Europium Redox Equilibria in Aqueous Solution. *Earth and Planetary Science Letters*, **67**, 70-78. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(84\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(84)90039-6)
- [34] Stanton, R.L. (1987) Constitutional Features and Some Exploration Implications of Three Zinc-Bearing Stratiform Skarns of Eastern Australia. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy Section B—Applied Earth Science*, **96**, 37-57.
- [35] 赵斌. 中国主要砂卡岩及砂卡岩型矿床[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 1-342.
- [36] 王训诚, 周育才. 安徽省安庆铜铁矿床地质特征及成因探讨[J]. 地质与勘探, 1995, 31(3): 16-23.
- [37] 中国科学院矿床地球化学开放研究实验室. 矿床地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [38] 陈多福, 陈光谦, 陈先沛, 等. 华南晚古生代礁硅岩套的组成和分类及地质涵义[J]. 地质学报, 1998, 72(2): 97-102.
- [39] 路远发, 陈开旭, 战明国. 羊拉地区含矿砂卡岩成因的地球化学证据[J]. 地球科学, 1999, 24(3): 298-303.
- [40] 徐启东, 夏庆霖, 成秋明, 等. 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, 2009, 34(2): 307-313.
- [41] 文兴裘, 晏建国. 云南老君山锡铋多金属矿床地质[M]. 北京: 中国有色金属总公司, 1997: 70.
- [42] 高子英. 蒙自白牛厂银多金属矿床的成因研究[J]. 云南地质, 1996, 15(1): 91-102.

附 录:

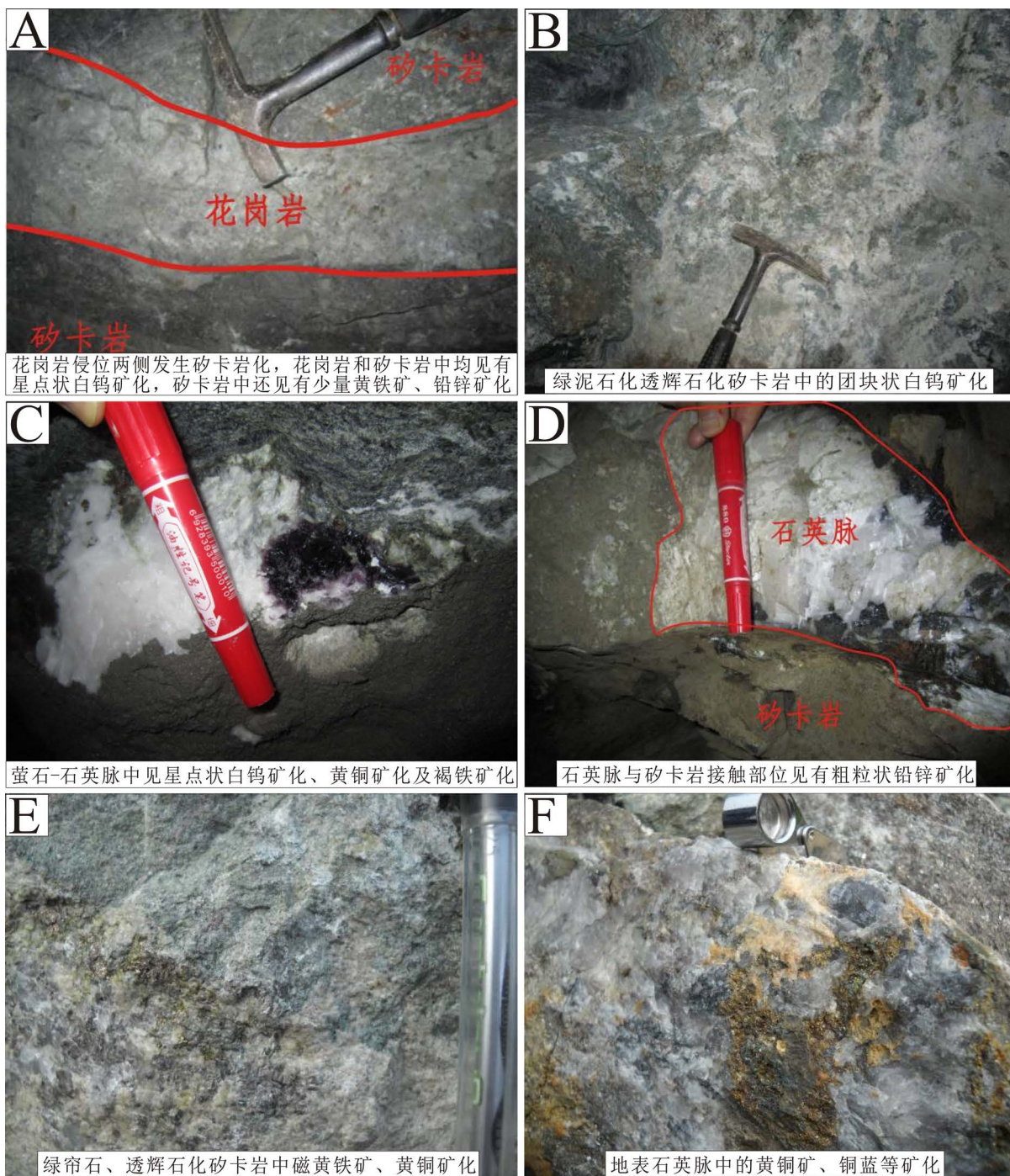
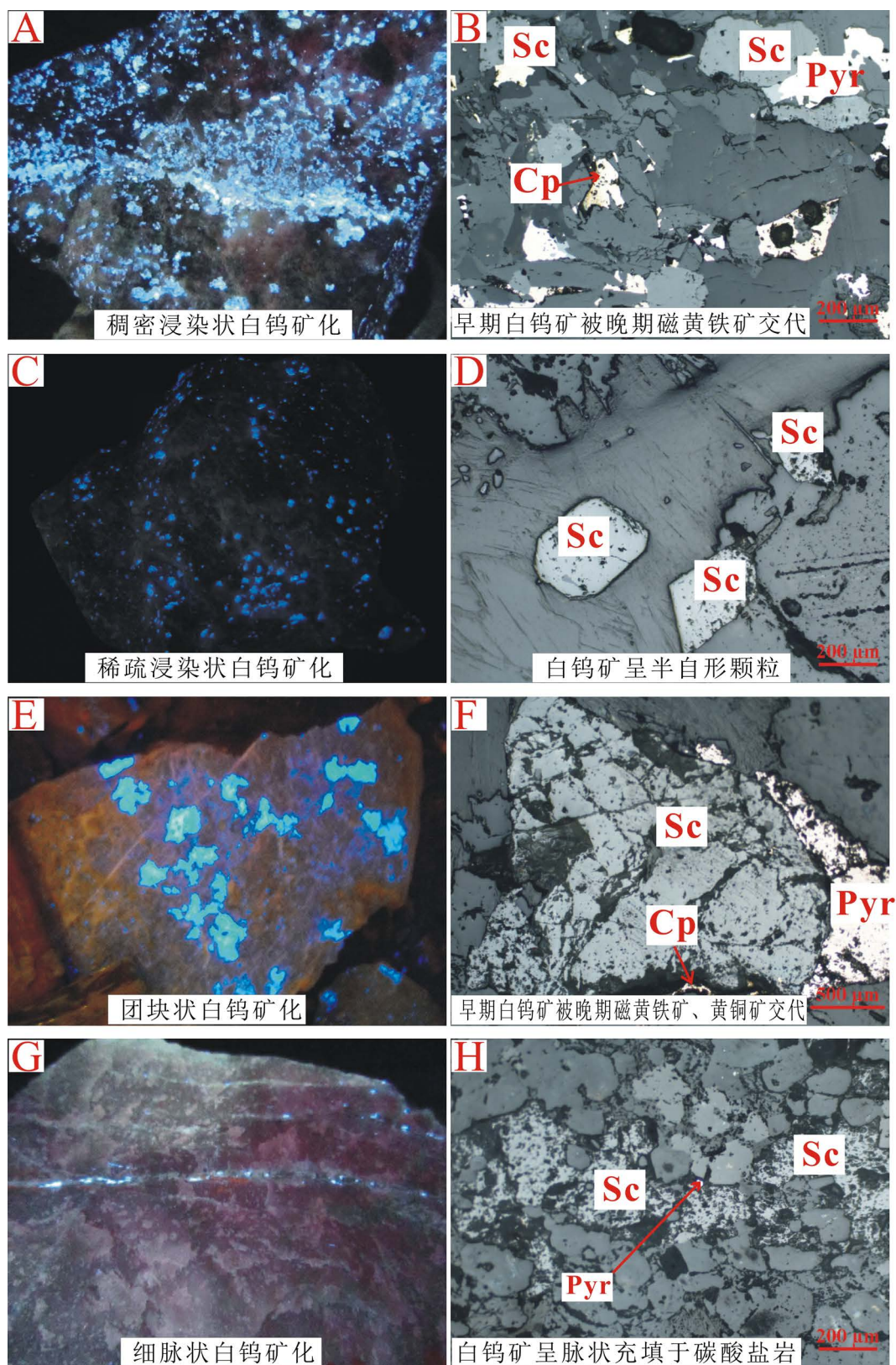
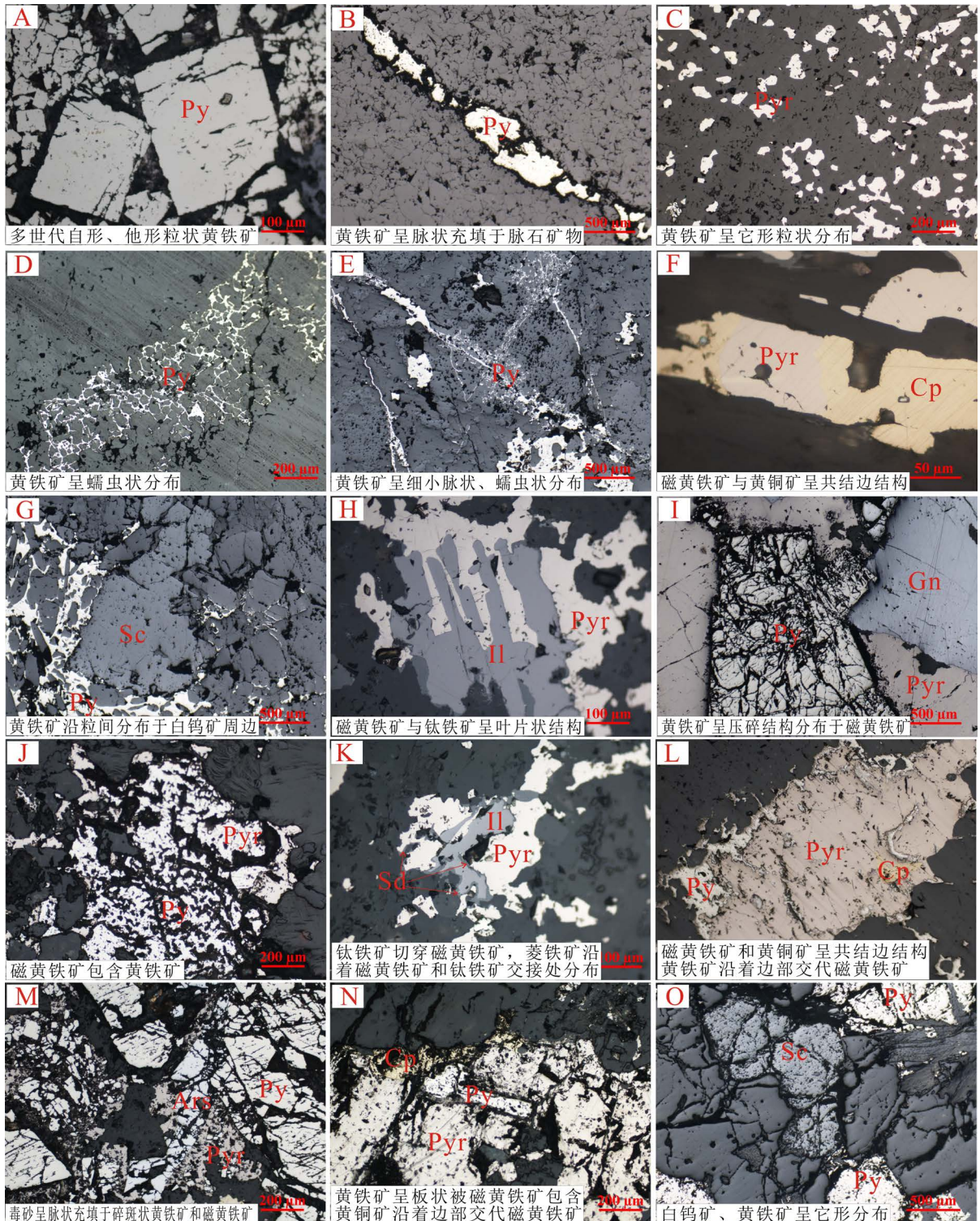


Figure A1. Field photos of skarn and mineralization in the Guanfang tungsten deposit

图 A1. 官房钨矿床砂卡岩化及矿化野外照片



**Figure A2.** Scheelite mineralization in ores of the Guanfang tungsten deposit; Sc-scheelite, Cp-chalcopyrite, Pyr-pyrrhotine  
**图 A2.** 官房钨矿床白钨矿化特征图; Sc-白钨矿, Cp-黄铜矿, Pyr-磁黄铁矿



**Figure A3.** Typical structures of the Guanfang tungsten deposit; Ars-arsenopyrite, Py-pyrite, Pyr-pyrrhotine, Gn-galenite, Cp-chalcopyrite, Sc-scheelite, Il-ilmenite, Sd-siderite

**图 A3.** 官房钨矿床典型结构图; Ars-毒砂, Py-黄铁矿, Pyr-磁黄铁矿, Gn-方铅矿, Cp-黄铜矿, Sc-白钨矿, Il-钛铁矿, Sd-菱铁矿



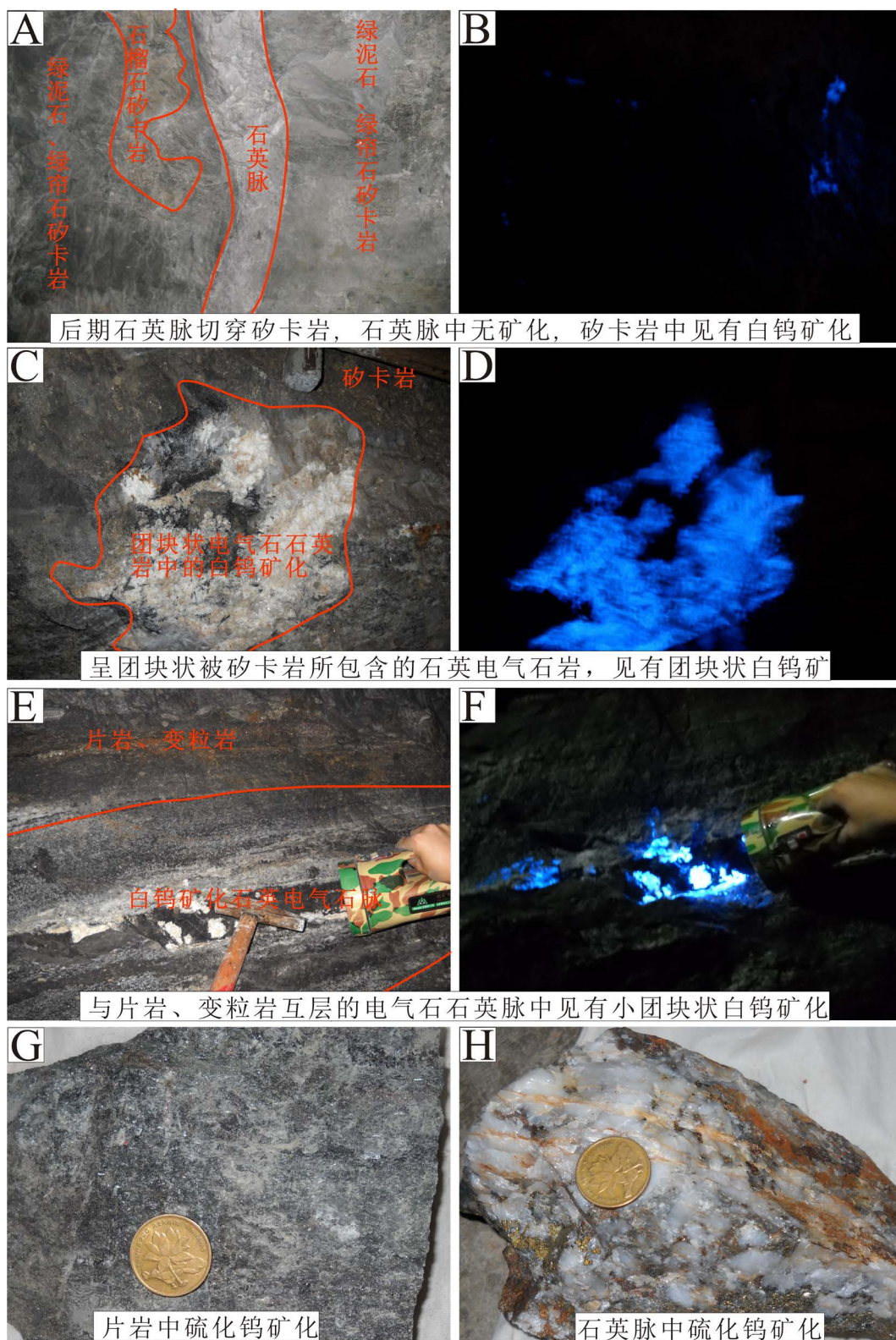
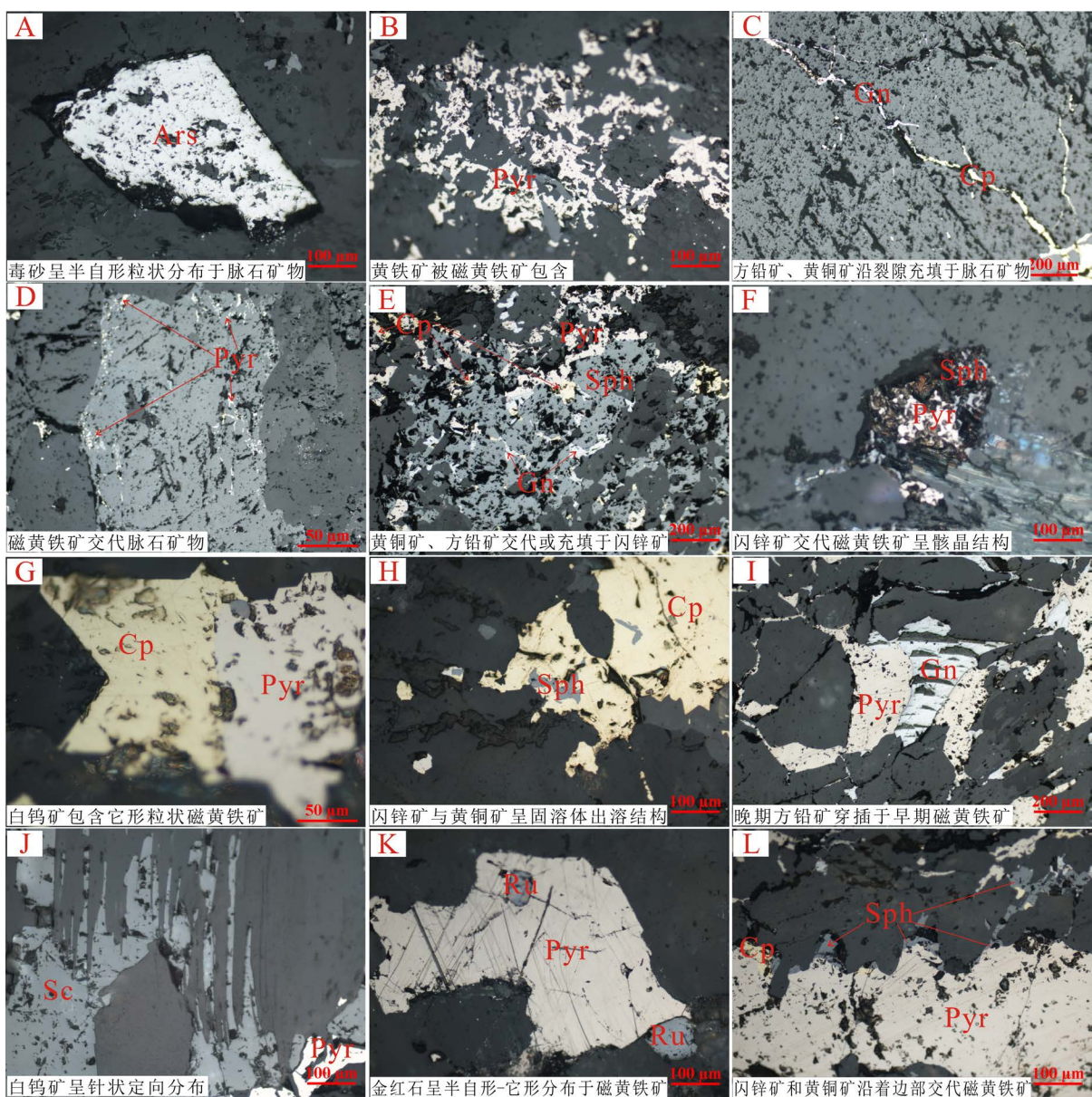


Figure A4. Field photos of typical ores in the Nanyangtian tungsten deposit

图 A4. 南秧田钨矿床典型矿石野外照片



**Figure A5.** Typical structures of the Nanyangtian tungsten deposit; Ars-arsenopyrite, Py-pyrite, Pyr-pyrrhotine, Gn-galenite, Cp-chalcopyrite, Sc-schelite, Sph-sphalerite, Ru-rutile

**图 A5.** 南秧田钨矿床典型结构图；Ars-毒砂，Py-黄铁矿，Pyr-磁黄铁矿，Gn-方铅矿，Cp-黄铜矿，Sc-白钨矿，Sph-闪锌矿，Ru-金红石

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[ag@hanspub.org](mailto:ag@hanspub.org)