

# 桂北九逢锡矿床地质特征及成因讨论

胡煦阗, 吴金铭

桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

收稿日期: 2022年9月5日; 录用日期: 2022年10月21日; 发布日期: 2022年10月28日

## 摘要

本文对前人的桂北九逢地区锡矿床成矿因素研究情况做出总结讨论。结果显示, 桂北九逢锡矿地区所属的摩天岭-元宝山一带加里东期基性岩浆活动为最终成矿提供了一定的物质来源。综合分析认为, 广西省北部锡多金属矿床及新元古代锡石结晶过程经历了加里东时期的剪切破碎和铜、铅、锌等金属元素的热液转化, 为认识该区地质和成矿提供了新的思路。

## 关键词

矿床成因, 锡多金属矿床, 矿物结构

# Discussion on Geological Characteristics and Genesis of Jiufeng Tin Deposit in North Guangxi

Xuhan Hu, Jinming Wu

School of Earth Science, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: Sep. 5<sup>th</sup>, 2022; accepted: Oct. 21<sup>st</sup>, 2022; published: Oct. 28<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

This paper summarizes and discusses the previous studies on the metallogenic factors of Tin deposits in the Jiufeng area of North Guangxi. The results show that the basic Caledonian magmatism in the Motianling-Yuanbaoshan area of the Jiufeng Tin ore area in northern Guangxi provides a certain material source for the final mineralization. According to the comprehensive analysis, the Tin polymetallic ore deposit and the crystallization process of the Neoproterozoic cassiterite in northern Guangxi Province experienced the shear fracturing and hydrothermal transformation of copper, lead, zinc and other metal elements in the Caledonian period, which provides a new idea for understanding the geology and mineralization of this area.

## Keywords

### Ore Genesis, Tin Polymetallic Ore Deposit, Mineral Structure

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

桂北九万大山地区位于江南造山带的西南缘, 是桂北加里东期构造变形的重要组成部分。该区地质构造演变复杂, 构造运动频繁, 是华南大陆扬子地台南缘的一个重要的锡多金属成矿区[1]。区内广泛发育大型 NNE 向韧性剪切带[2] [3], 锡矿常产于韧性剪切带中。前人对分布于桂北九万大山地区元宝山一带的锡多金属成矿区做过大量的研究, 该成矿区成矿时代古老(四堡期), 其围岩多为镁铁质 - 超镁铁质岩, 普遍发育电气石[4] [5]。

对于该区锡矿的成因一直以来众说纷纭, 主要有以下几种成因观点: ①程先耀等(1984)从矿石的产状、四堡群变质沉积岩及镁铁质 - 超镁铁质岩的岩石地球化学特征入手, 认为该区基性岩是影响锡矿成矿的关键; ②冯群耀等(1989)认为该区锡矿属于层控型锡矿床[6]; ③林进姜等(1986), 毛精神文(1988)认为黑云母花岗岩与该区锡矿床的成因有紧密联系[7] [8] [9]; ④朱立军和张杰(1994)认为该区锡矿成矿不是一次性成矿过程, 是在受到四堡群变质沉积岩、镁铁质 - 超镁铁质岩和花岗岩的共同作用下, 经过多期、多阶段、多成因的成矿结果[10]。

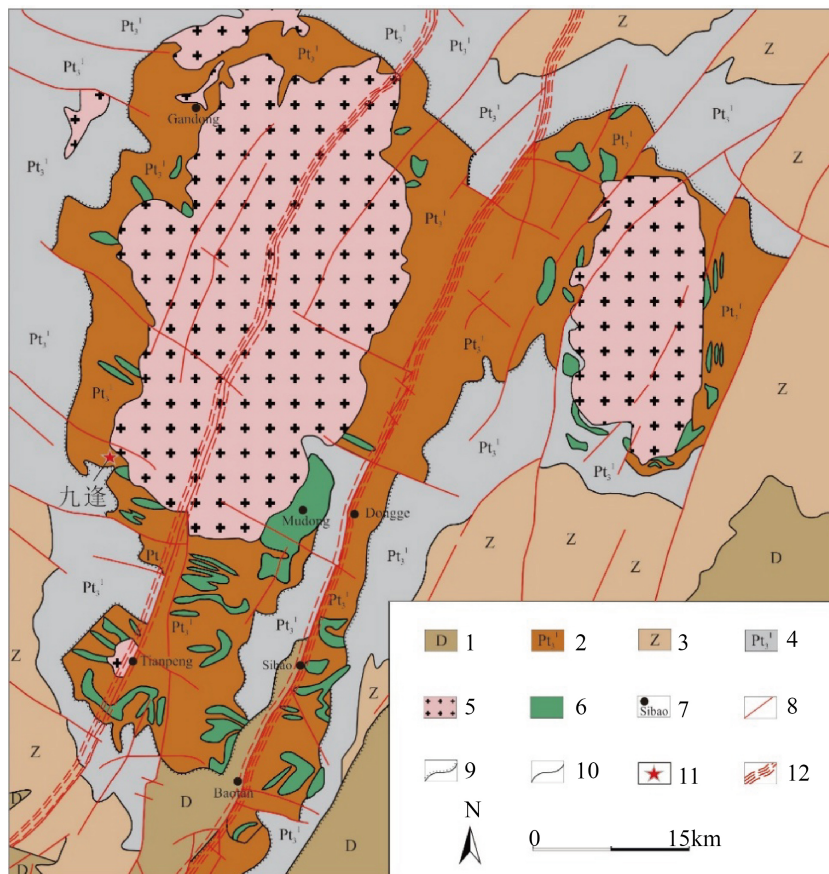
## 2. 区域地质背景

九逢锡多金属矿位于扬子板块与华夏板块碰撞带形成的江南造山带西端, 三防岩体西侧的外接触带附近, 见图 1。区域上主要出露的地层由老至新有新元古界地层, 主要有青白口系四堡群、丹洲群和南华系地层。岩性主要为浅蚀变的深海 - 浅海相泥质、砂质岩夹基性火山岩、火山碎屑岩。桂北地区构造发育。断层主要有 NNE 和部分 NW 向两组, NNE 向主要为深大断裂, 多具有右旋逆冲性质, 部分具有拉张性质。桂北还有典型的剪切构造存在, 主体 NNE 向与断层叠加。区域上岩浆发育强烈, 主要有酸性和基性、超基性两类。酸性侵入岩主要有三防和元宝山连个岩体, 以及围绕他们出露的大量小岩珠和岩枝, 岩性以花岗岩和花岗岩闪长岩为主。同时, 围绕两个岩体还有大量基性岩和超基性岩珠、岩墙和岩枝出露, 岩性主要为橄榄岩、辉绿岩、辉长岩和辉橄岩等。大量岩浆锆石的定年数据表明, 这些侵入岩主要形成于新元古代[11]。桂北现发现数百个锡多金属矿, 他们主要围绕着三防岩体、元宝山岩体和其他小岩珠分布。大量锡石 U-Pb 定年显示, 其年龄集中在 820~840 Ma [11]。

## 3. 矿区地质

矿区地层主要有中元古界四堡期文通组、鱼西组中元古界丹洲期及白竹组。文通组主要为灰绿色至深灰色变质砂岩夹基性火山岩和浅变质片岩、千枚岩等, 厚度大于 2500 m; 鱼西组主要为浅变质千枚岩、板岩、变质砂岩夹岩屑砂岩等, 厚度大于 1400 m; 矿区白竹组(Pt3b)出露面积少, 在中东部呈窄长条状分布, 岩性为浅变质片岩、千枚岩和大理岩等, 与四堡群呈角度不整合接触, 总厚约 700 m。

矿区内出露基性岩和超基性岩, 矿区东南 6 km 处出露酸性岩体。新元古代橄榄岩为矿体附近最大岩



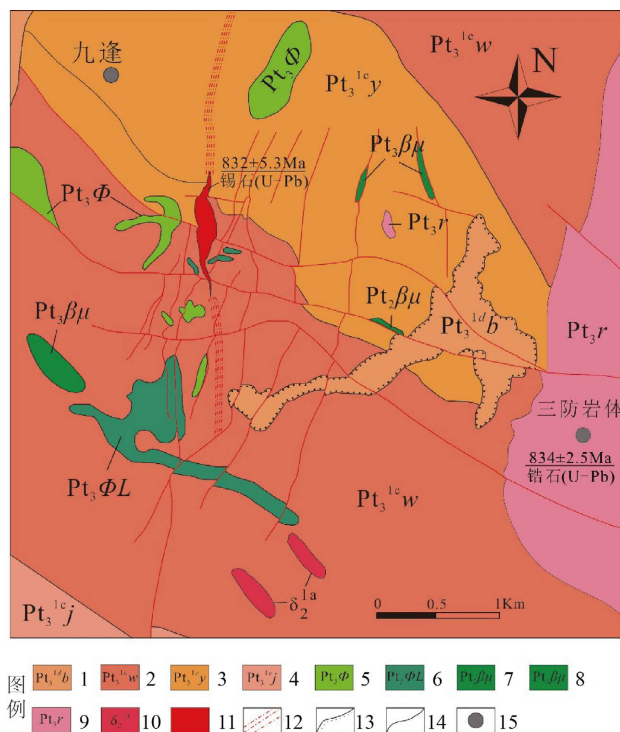
1. 泥盆系基岩; 2. 四堡期地层; 3. 震旦系地层; 4. 四堡期地层; 5. 三防花岗岩体; 6. 晋宁早期中性基性岩; 7. 地标地名; 8. 断层; 9. 不整合接触; 10. 整合接触; 11. 九逢研究区; 12. 韧性剪切带

**Figure 1.** Geological background map of Jiufeng area, Northern Guangxi  
**图 1.** 桂北九逢区域地质背景图

珠, 主要由次生矿物蛇纹石、透闪石、绿泥石及少量滑石和伊丁石组成, 蛇纹石多呈自形、半自形橄榄石粒状假晶出现, 粒径 0.2~2.5 mm, 透闪石、绿泥石交代辉石, 并交代蛇纹石。变质辉绿岩主要以岩枝和岩脉形式出露, 主要由钠长石、透闪石 - 阳起石、斜黝帘石和少量的绿泥石、黑云母和绢云母等组成, 透闪石交代辉石和角闪石。东南部黑云母花岗岩出为三防岩体一部分, 主要由钾长石、斜长石、石英和黑云母等组成, 具糜棱岩化。

矿区断层和剪切变形发育, 断层主要有近 SN 向、NE 向、NW 向和 EW 向四组, 其中, 近 SN 向断层是主要赋矿断层(见图 2)。按照断层的穿插关系判别, SN 向断层最先形成, 向北转向 NE, NW 向断层错断矿体, EW 向断层最晚。矿区普遍发育 NNE 向剪切变形, 李赛赛研究表明, 九逢矿区的韧性剪切带为左旋逆冲结构, 韧性剪切变形温度主要在 400~650℃ 之间。

矿区发现九条矿体, 主要受近 SN 向断层控制, 与剪切变形带走向基本一致。锡矿矿体长 300~1415 米, 伸展深度 200 余米, 厚度 3~29.48 米, 品位范围 0.16~0.27。矿体有带状、脉状、透镜状等。矿石主要产于断层中石英脉内、断层附近的云英岩内和距离断层较远的蚀变岩内。其中, 前两者为主要工业类型, 蚀变岩中锡石主要为微小细粒度(<20 μm)锡石。矿区内蚀变作用较强, 主要以云英岩化为主, 角岩化、硅化、电气石化、黄铁矿化绢云母化、绿泥石化次之。



**Figure 2.** Geological map of Jiufeng Tin ore area (according to Bai Yuming, 2019)  
**图 2.** 九逢锡矿区地质图(据白玉明, 2019)

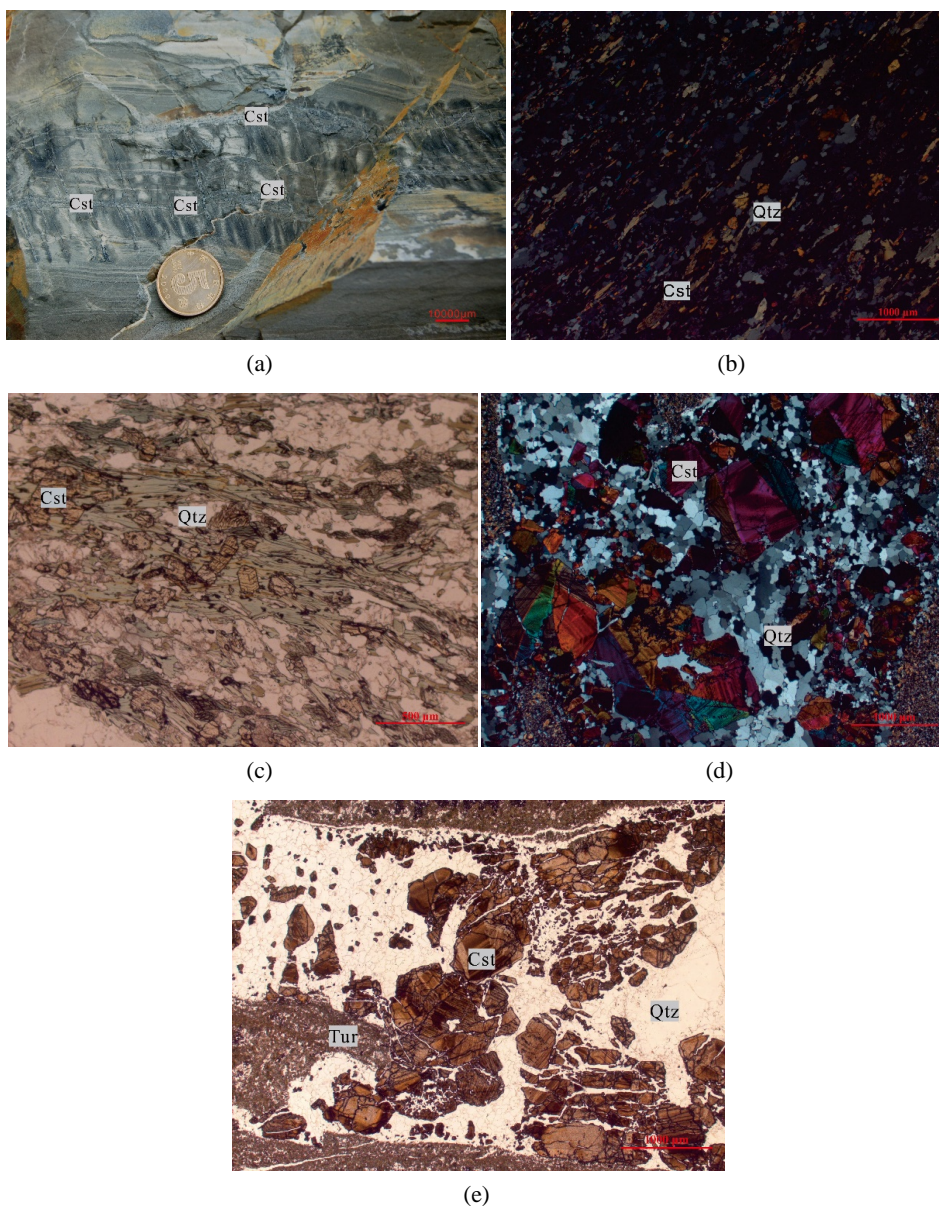
## 4. 矿石矿物学特征

### 4.1. 锡石的存在形式

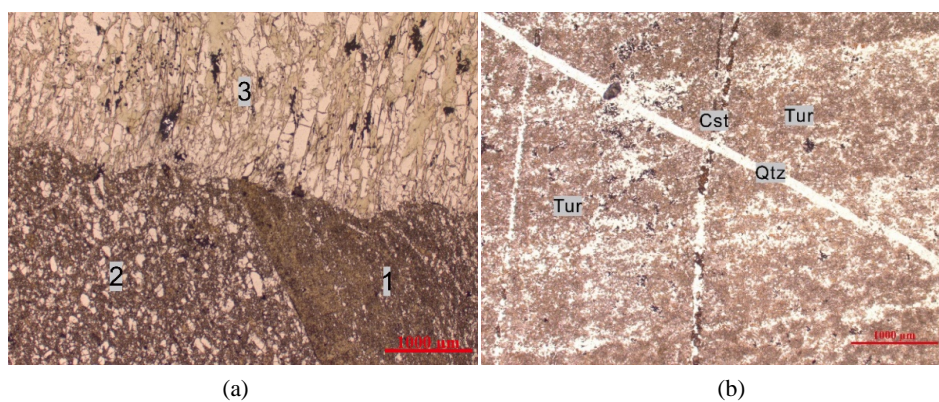
矿床中锡石主要有三种存在形式, 一种以较大颗粒存在于石英脉中, 部分见原结晶环带, 可以达到 500~2000  $\mu\text{m}$ , 这是工业矿体的主要类型图 3(a)~图 3(c)。第二种以中细粒锡石存在于云英岩带和石英脉中图 3(d)~图 3(e), 一般颗粒在 50~500  $\mu\text{m}$  之间, 也可以作为工业矿体。此类锡石在石英脉中与第一类锡石伴生, 部分随着微细石英脉运移到围岩地层中。在云英岩化带中, 此类锡石往往和绿泥石、石英、云母类矿物定向排列, 为热液带入; 第三种锡石为微细粒锡石, 一般粒度小于 50  $\mu\text{m}$ , 目前无工业价值, 主要赋存在绿泥石化带和云英岩带中矿物裂隙和孔隙之中, 与次生石英伴生。

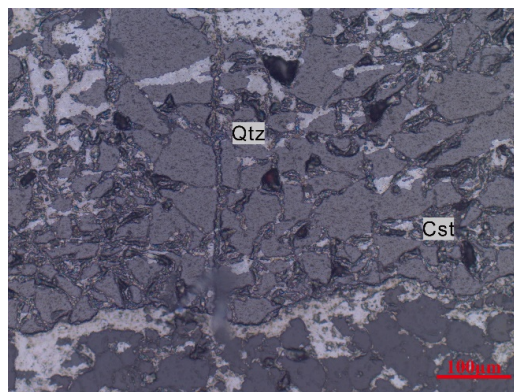
### 4.2. 锡石碎裂特征

锡石矿物的莫氏硬度在 6~7 之间, 不易破碎, 然而在九逢矿床中锡石却具有显著的碎裂结构。锡石矿物大小混杂, 呈棱角状和次棱角状。锡石碎裂后, 大部分中细粒矿物发生的迁移, 不可见原晶体形态, 但部分较大颗粒矿物保留了原矿物的基本形态(图 4(a)~图 4(c))。锡石矿物内部裂隙至少有两组方向, 不同于矿物受热蚀变时产生的“T”和“Y”裂隙(图 4(c)), 显示剪切节理特征, 其中一组平行于热液脉体延伸方向或矿物定向排列方向。因此, 锡石的破碎为构造应力作用产生的碎裂。锡石的碎裂现象在桂北地区九毛、南刀坳、英平和一洞等锡矿中普遍存在, 可见锡石破碎与区域构造事件有关。



**Figure 3.** Specimen (a) and microscopic features (b)~(e) of Tin ore from Jiufeng area  
**图 3.** 九逢锡矿标本(a)以及镜下特征(b)~(e)





(c)

**Figure 4.** Characteristic map of hydrothermal filling metasomatism under cassiterite microscope  
**图 4.** 锡石显微镜下热液充填交代特征图

### 4.3. 锡石交代特征

尽管石英脉中锡石比较破碎, 然而交代锡石的石英却无类似锡石的碎裂现象(图 4)。锡石中的裂隙也未延伸穿入石英矿物, 在部分锡石的边部可见溶蚀的现象(图 4(c)), 在挑选出的锡石矿物中有大量溶孔融洞, 显示锡石受到后期强烈的热作用发生了蚀变。由此可见, 锡石矿物结晶之后, 受到热液作用, 锡石颗粒发生了蚀变, 部分随着热液发生了迁移, 并伴随热液运移方向形成了定向排列, 锡石的空间就位与后期热液活动有关。

## 5. 矿床地球化学

赋矿的文通组变质砂岩, 本次取三件样品获得 60 颗碎屑锆石, 大部分具有环带结构。其 U-Pb 年代主要集中在 811~2544 Ma 之间,  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  比值在 0.281280~0.282588 之间, 对应的  $\varepsilon\text{Hf}(t)$  值为 -27.73~13.46。表明文通组砂岩的物源复杂多样, 包括古老地壳岩石以及新生幔源岩石。

采集文通组变质砂岩、绿泥石矿化带和云英岩矿石进行分析对比, 地层中 Sn 含量较低, 仅为  $4 \times 10^{-6}$ , 绿泥石矿化中平均达到  $172.98 \times 10^{-6}$ , 云英岩型矿石中品味均为 0.35%, 达到工业品位要求。从表 1 中可见, Cu、Pb 和 Zn 金属元素在地层和绿泥石化带中并无明显差异, 但在云英岩型矿石中则明显产生了富集。因此, Cu、Pb 和 Zn 金属元素的富集与 Sn 元素富集是两种不同的方式。

**Table 1.** Table of main metal elements of strata and ore in Jiufeng area ( $10^{-6}$ )

**表 1.** 九逢地区地层和矿石中主要金属元素含量表( $10^{-6}$ )

名称	个数	Sn	Cu	Pb	Zn	W	Co	Ni
云英岩型矿石	14	3546.52	987.29	284.91	241.04	76.28	36.75	31.51
绿泥石矿化带	10	172.98	23.21	14.05	38.74	84.69	20.64	21.50
文通组地层	8	4.00	20.88	15.52	72.63	78.37	15.49	29.82

## 6. 矿床成因

### 6.1. 锡石结晶

内生锡矿的成因与酸性岩浆有密切关系[12]。九逢锡矿锡石 U-Pb 测年为  $834.5 \pm 5.3 \text{ Ma}$  [13], 这与区域上九毛、平英、一洞锡矿成矿年龄一致[11], 也与三防花岗岩成岩年龄一致[14]。大量的研究表明, 桂

北九逢地区锡多金属矿床矿床中锡石结晶均在新元古 830 Ma 左右,其成矿物质来源于附近的酸性岩浆[1]。

锡石结晶之后,矿区辉绿岩侵入,与围岩地层侵入接触。采集辉绿岩锆石进行 U-Pb 测试显示最年轻的三粒锆石年龄为 822~824 Ma,代表了超基性岩浆侵入时间;6 粒锆石年龄为 880~883 Ma,为一次岩浆事件;其他 9 粒锆石年龄在 971~2716 Ma 之间,为捕获锆石。锡石结晶和超基性岩浆的活动,造成矿区地层受到热蚀变,普遍发生绿泥石和绿帘石化。

## 6.2. 剪切变形

九逢矿区所属摩天岭韧性剪切带变形时代为加里东晚期[15],走向 NNE15°~34°,面理倾向 200°~330°;倾角 10°~74°,长度超过 65 km,宽度 10~16 km,在横向上变形强度呈现明显强弱分带现象,切割四堡群、丹洲群、南华系等地层,并破坏三防和平英等岩体。断距 300~1000 m,水平错动可达 6000 m。九逢锡矿床所赋存于四堡群地层中的北东向韧性剪切带应与三防韧性剪切带同期形成[11]。

## 6.3. 桂北四堡韧性剪切带形成时代的确定

对剪切带变形岩石中新动力变质矿物伊利石的“Ar-3'Ar、Rb-Sr”同位素年代学研究,获得了桂北四堡韧性剪切带韧性构造变形时间为 393.2~419.4 Ma。

推测出锡石的破碎可能与该期的剪切作用有关,强烈的剪切作用导致锡石破碎,为后续热液充填提供了空间,同时,剪切作用导致锡石碎裂呈细小颗粒,甚至微细颗粒,为热液携带提供了条件。

### 6.3.1. 热液充填交代特征

矿区发生多次热液事件,在变质砂岩中(图 4(a)),可以划分出三期蚀变。第一期蚀变受多期蚀变叠加,矿物已经绿泥石和帘石化,石英颗粒细小;第二期蚀变石英矿物碎裂,并重结晶,具不明显的定向排列;第三期石英结晶颗粒较大,有碎裂现象,具有显著的定向排列。

热液充填碎裂的锡石颗粒之间,有流动痕迹,新生石英它形充填裂隙,热液作用造成了锡石矿物溶蚀,表明形成了不规则的孔洞,早期的石英重结晶,被新生石英胶结(图 4(b))。热液可以携带细小的锡石运移到更远的裂隙和孔隙中,被后期的热液活动错断(图 4(c))。

### 6.3.2. 石英脉流体包裹体

为研究流体特征,我们采集含锡石的石英脉 4 件石英脉进行流体包裹体测试。其中,1 件样品均一温度达到 325℃,其它样品温度在 114.9~248.8℃之间,峰值主要集中在 140~180℃之间。325℃可能属于锡石结晶时残留的包裹体,代表了锡石结晶的温度,其它均一温度为热液交代充填锡石冷凝的温度。胶结锡石的热液温度较低,而锡石结晶时的温度较高,他们属于不同的流体。

## 6.4. 矿床成因讨论

新元古时期,NE 向横切四堡群区域背斜,控制了锡矿体的产状,同期也形成了 NNE-SSW 向断裂,为矿体的形成提供了空间(Li *et al.*, 2020)。加里东期,区域上剪切作用造成,造成锡石破碎。

伴随剪切作用,新的热液充填交代碎裂的锡石,在较大的裂隙内锡石被热液充填交代,封闭时石英脉中。一些细粒的锡石被热液带到微小的裂隙和云英岩化带中,充填在云英岩带、剪切片理和微小裂隙中。而更微细粒的锡石则被带到更远的绿帘石化带中,充填在矿物孔隙、剪切片理和更微小的裂隙中,从而形成地表宽厚的矿化带。矿体延伸既受 SN 向断层的控制,又有沿剪切延伸方向展布的特征。

## 7. 结论

九逢矿区矿体主要赋存于四堡群文通组,少数分布于四堡群鱼西组中,呈 SN 向展布。精确的成矿

时代为  $834.5 \pm 5.3 \text{ Ma}$ , 其成矿时代与四堡期扬子和华夏陆块的碰撞有关。结合前人研究, 本文认为新元古时期锡石的结晶是矿床形成的开始, 加里东期剪切和热液作用对矿体空间位置和赋存状态发生了改造, 在加里东期发生韧性剪切变形, 早期形成的锡石经历构造活动改造后, 在多期热液活动的带动下, 锡石以更加细粒的形态沿左行逆冲的剪切带构造裂隙富集成矿。此后的海西印支期构造热液活动对矿体产生了不同程度破坏, 但九逢矿区深部仍具有良好的找矿潜力。区域上, 摩天岭-元宝山一带锡矿床成因均具有部分相似特点, 为总结区域成矿原因提供思路。

## 参考文献

- [1] 唐朝霞, 陆刚, 刘华应, 黄建成, 蒋剑翔, 戴宗, 卢岸. 桂北大型九逢式中低温锡矿床成矿模式[J]. 技术与市场, 2011, 18(8): 154-155+157.
- [2] 张桂林. 扬子陆块南缘(桂北地区)前泥盆纪构造演化的运动学和动力学研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2004.
- [3] 张雪峰. 桂北四堡韧性剪切带研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质大学(北京), 2015.
- [4] Mao, J. (1995) Tourmalinite from Northern Guangxi, China. *Mineralium Deposita*, **30**, 235-245. <https://doi.org/10.1007/BF00196359>
- [5] 张世涛. 桂北宝坛新元古代花岗岩与脉型锡矿床的成矿关系及成因研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京大学, 2015.
- [6] 冯群耀, 李耀中, 梁宝璧. 广西一个古老的层控锡矿[J]. 地质与勘探, 1989(1): 18-22.
- [7] 林进姜, 马富君, 杨开泰, 王日强, 毛景文, 唐绍华. 宝坛锡矿床地球化学及稳定同位素地质研究[J]. 广西地质, 1986(2): 23-31.
- [8] 林进姜, 杨开泰, 马富君, 王日强, 毛景文, 唐绍华. 桂北平英花岗岩与锡矿成矿关系的初步研究[J]. 广西地质, 1986(1): 1-14.
- [9] 毛景文. 桂北九万大山-元宝山地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 1988.
- [10] 朱立军, 张杰. 桂北地区锡多金属矿床中锡石的成因矿物学研究[J]. 矿物学报, 1994(1): 32-39.
- [11] 白玉明. 桂北九万大山地区韧性剪切带与锡矿成矿关系——以九逢锡矿为例[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 桂林理工大学, 2019.
- [12] 黄长帅, 张波, 吴小雷, 冯国玉, 廖航, 卢见昆, 吴继炜. 广西九毛锡多金属矿成矿规律及找矿前景分析[J]. 矿产与地质, 2015, 29(4): 495-498.
- [13] Li, S.-S., Feng, Z.-H., Qin, Y., *et al.* (2020) The Relationship between Ductile Shear Zone and Mineralization in the Jiufeng Sn Deposit, Northern Guangxi, South China: Evidence from Structural Analysis and Cassiterite U-Pb Dating. *Ore Geology Reviews*, **124**, Article ID: 103655. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103655>
- [14] 梁国宝, 黄少棠. 桂北三防地区韧性变形带研究[J]. 广西地质, 1997(4): 4-7.
- [15] 刘诗云. 桂北摩天岭韧性剪切带构造特征及流变参数估算[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 桂林理工大学, 2017.