

粤西广宁地区硅质岩的成因及其找矿意义*

汪雄武^{①②} 黄圭成^② 袁正新^②

(^①成都理工大学, 成都 610059; ^②宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

摘 要 产于广宁地区浅变质砂页岩中的大量硅质岩, 以往一直被认为属海相沉积或海底热水沉积, 并作为震旦系顶部的标志层和该区 Au, Ag 成矿作用的矿源层。研究表明, 硅质岩是受 NE 向古水—赤坑断裂控制, 呈不同方向切层或顺层产出的硅化带; 围岩中的微古植物化石属寒武纪和震旦纪, 硅质岩的 K—Ar 年龄为 288 Ma, 其形成与海西期强烈岩浆活动有关, 物质来源可能为花岗岩和围岩; 硅化带经历了韧性剪切变形, 成为石英超糜岩, 其形成过程并未矿化, 也不具有作为矿源层应有的矿质含量, 但它是寻找燕山晚期 Au 矿的构造标志。

关键词 硅质岩 成因 海西期 找矿意义 粤西广宁

1 研究现状

粤西广宁古水—赤坑一带的硅质岩比较发育, 是广东境内研究最多且最为详细的硅质岩。早在 50 年代末期进行 1:20 万怀集幅区调时, 就发现该地区的砂页岩中夹有多层硅质岩, 并认为它们是海相沉积的硅质层, 当时把这套含硅质岩的地层划为寒武系第五亚群(ϵ^e)。1977 年, 广东区调队在编制 1:50 万广东地质图时, 通过与相邻省(区)的震旦系进行对比, 将广东震旦系自下而上分为 a, b, c, d 四组, 把该区原划为 ϵ^e 顶部的硅质岩划归为震旦系顶部的 d 组(Z^d), 并以它作为震旦系与寒武系的分层标志, 同时把余下的 ϵ^e 及其东南部的寒武系四亚群(e^d)合并, 改划为震旦系 c 组(Z^c)。

张志兰等(1992)对广宁古水 Z^d 组硅质岩和上覆的寒武系底部炭质板岩作了全岩 Pb—Pb 等时线年龄测定, 其结果分别为 $(612 \pm 3)\text{Ma}$ 和 556Ma ^[1]。90 年代中期这套含硅质岩的地层(大体相当于怀集幅的 ϵ^e 群)又被划为上震旦统上部老虎塘组, 仍以该组“顶部的硅质岩”作为震旦系与寒武系的分界标志, 并以螺岗—坑口剖面为次层型剖面^[2,3]。周永章等(1994, 1996)对广宁古水和粤西其他地区的硅质岩进行了研究, 认为古水硅质岩(上述的 Z^d 组)是典型的海底热水沉积, 其 Au 和 Ag 的含量分别为 8.7×10^{-9} 和 400×10^{-9} , 为克拉克值的 2 倍和 6 倍^[4,5]。硅质岩是该区金矿成矿的重要矿源层或含矿地层。

2000 年 10 月 24 日收稿。

* 原地质矿产部“九五”重点攻关项目“广宁—罗定—阳春地区金银铜铅锌成矿地质条件及找矿靶区研究”(97—02—007)资助。

万方数据

该区分布有硅质岩的地段,发现有金银化探异常,一些地段的硅质岩及其上下的砂页岩或硅质岩之间的砂页岩中,发现了一些石英脉型金矿床(点),因此一般认为,这些化探异常的分布和金矿床(点)的形成均与硅质岩有关,显然,研究这些硅质岩的成因对该区地层的划分和金矿床勘查都有十分重要的意义。

2 地质特征及成因

2.1 空间分布及岩性特征

研究区的震旦系和寒武系浅变质砂页岩构成一系列 NE 向褶皱,区域构造线方向比较稳定,地层走向一般为 NE45°~55°,硅质岩多产于震旦系上部和寒武系下部。

在空间上,硅质岩分布于广宁古水镇南部的古琴、西北部的佛洞、连石和北部的小峡,坑口镇南部的竹凹至横坑、东南部的冷坑口、小洞至马洞和新山寨一带,北市镇西部的横岗至扶落口,赤坑镇东南的乌石岗、蒲竹良、东北部的下笠、黄梅田及旧寨一带。这些地段的硅质岩,一般由 1~3 条组成,最多可达 4~5 条,它们平行排列或尖灭侧现,各条之间的水平间距 30 m 至 100 多 m,其规模小者长 100~500 m,宽 5~30 m,大者长 1~3 km,宽 20~80 m。每一条硅质岩带又由一些平行的、不规则的及透镜状的次级硅质岩带组成,这些硅质岩断续出露,连续性很差,沿走向间距一般为 2~7 km,整体走向北东,并组成一个断续延伸达 36 km 的硅质岩带。肉眼观察,硅质岩呈十分致密坚硬的块状,具灰白、黄白、灰黄、灰黑、翠绿等色,常可见纹层状和条纹状构造。

2.2 构造控制

硅质岩严格受构造控制,控岩构造可以分为 NE 向、NW 向和近 EW 向(以下简称 EW 向)3 组,其中 NE 组(NE45°~55°)与区域主干构造方向一致,是最重要的控岩构造,多数硅质岩产于这组构造中。NE 组构造的特点为层间破碎带,是多期构造活动的产物,早期表现为压性或压剪性的层间挤压破碎带,后来转变为剪性或张剪性的破碎带,由一系列剪切破裂、张剪性破裂和张剪性破碎角砾带组成,其长 0.1~3 km,宽 10~100 m,这些断续延伸的破碎带,组成了一条 NE 向大断裂,即古水-赤坑断裂带(图 1)。EW 向组属剪切断裂或以剪切为主的张剪性断裂,是 NE 组断裂早期压剪性活动所产生的次级配套断裂,后期仍有多次活动,该组断裂见于莲塘、小峡、新山寨等地,每

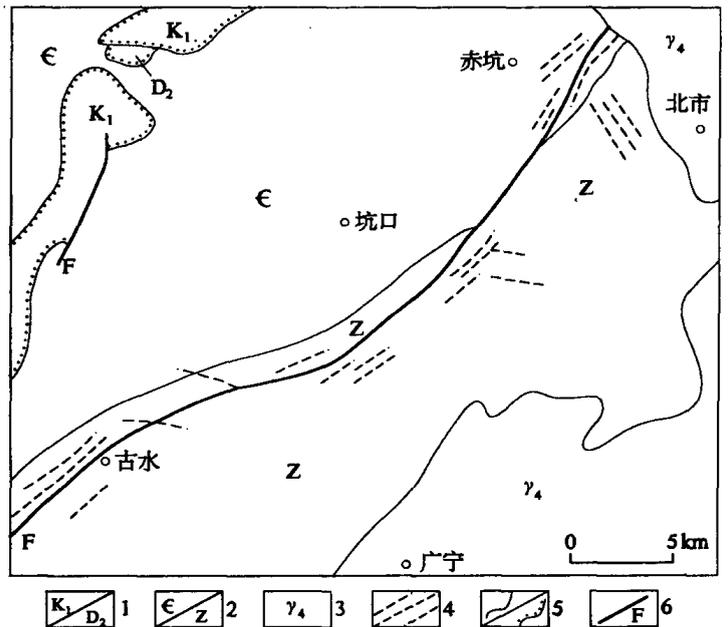


图 1 不同走向硅化带总体沿古水-赤坑断裂分布
 Fig. 1 Distribution of various strikes silicification belts roughly along Gushui-Chikeng fracture
 1. 下白垩统、中泥盆统 2. 寒武系、震旦系
 3. 海西期花岗岩 4. 硅化带 5. 地质界线、不整合界线 6. 断裂带

条长 0.3~2 km, 宽一般 20~50 m, 由一系列剪切破裂或剪切破碎带组成。NW 组仅见于北市横岗至扶落口一带, 该区是一个弧顶向北东突出的弧形构造, 弧顶的地层走向为 NW 向, 产生了一系列顺层和切层的张剪切性断裂, 组成了一个 NW 向断裂带。

沿 NE 向、EW 向和 NW 向 3 组断裂, 均有大规模的热液活动, 广泛形成了以硅化为主的硅化带或绢云母化硅化带(以下均简称硅化带)。因此前人所认为的硅质岩, 实际上是热液沿不同方向断裂带所形成的硅化蚀变带。由于 EW 向断裂是 NE 向断裂的派生构造, 所以 NE 向和 EW 向硅化带常在同一地区出现, 如古水佛洞至连石一带为 NE 向硅化带, 而莲塘则为 EW 向硅化带。在地貌上它们形成了不同方向的两组山脉。

产于 NE 向和 NW 向构造中的硅化带, 因受顺层或切层的张剪性层间破碎带的控制, 在宏观上, 其产状有的地段与围岩相近, 再加上硅化带形成之后, 它们与围岩一起发生了韧性剪切变形, 使硅化带和围岩的剪切面理产状完全一致, 同时在硅化带中还形成了一些剪切纹层状或条纹状构造, 在野外很容易把它们当作层理, 误认为硅化带与围岩产状完全一致, 进而把硅化带作为浅变质砂页岩中沉积的层状硅质岩夹层。

产于 EW 向组的硅化带则明显切割围岩, 在露头上或更大的范围内, 都可见硅化带与地层产状完全不同。例如新山寨一带, 地层走向 NE, 而硅化带切割围岩呈 EW 向延伸, 长约 2 km。它形成以后产生了强烈剪切揉褶, 在纵剖面上形成一系列向形和背形状褶曲。因变质砂页岩容易风化, 硅化带之上的砂页岩, 多已剥蚀殆尽, 残留无几, 难以风化的硅化带褶曲, 则形成陡峭的山脊, 呈悬浮状蜿蜒起伏地分布于山顶或山脊, 如同一条腾飞于山顶的巨龙, 形成了雄伟壮观的地貌景观(图 2)。

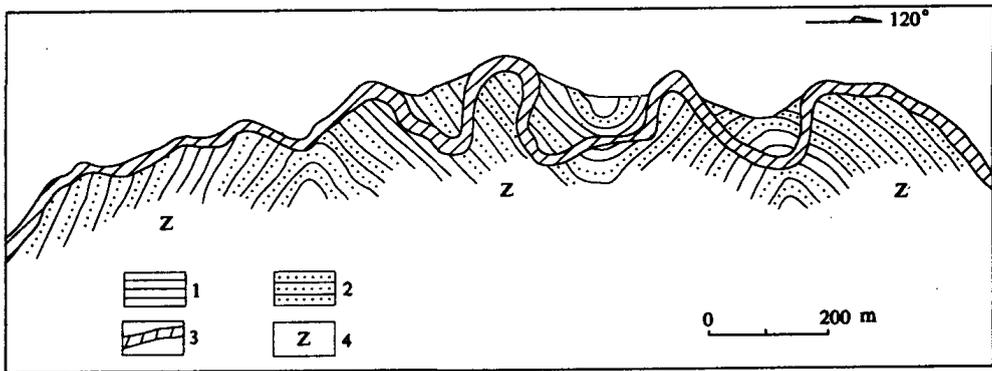


图 2 坑口镇新山寨硅化带纵剖面素描图

Fig. 2 Sketch of vertical section of Xinshanzhai silicification belt, Kengkou

- 1. 页岩 2. 变质砂岩 3. 硅化带 4. 震旦系

2.3 热液硅化作用的特点

硅化带的形成, 经历了 3~5 期的热液活动, 其中第一期是最广泛的一次热液硅化作用, 以热液交代作用、充填交代作用和充填作用三种方式形成了上述各组硅化带的主体。交代作用是热液沿张性、剪性、张剪性破裂面和破碎带交代围岩, 其中常可见未被完全交代的围岩残余成为角砾状构造; 热液充填交代作用以充填为主, 交代为次, 石英呈脉状、不规则状充填于围岩中, 其围岩也因程度不一的交代作用而硅化; 热液充填作用形成各种不规则的石英脉体, 或胶结围岩角砾。这三种作用可发生于同一条硅化带内, 在同一露头上常可见到其中的一至两种

硅化作用。该期热液作用,除了硅化作用之外,有的地段还有一定强度的绢云母化。以上各种硅化现象,在河流冲沟、山顶、山脊和采石场的露头中十分清楚(图3)。第二期热液活动十分微弱,在第一期的硅化石英中,形成少量微细石英脉或微细网状石英脉,其宽度为0.06~0.4 mm,第三期热液活动又形成了一些微细脉状石英脉和少量微细重晶石脉,它们明显穿切第二期微细石英脉。第四期热液作用较强,产生大量宽0.3~5 cm的梳状石英脉及少量重晶石脉或小的团块状重晶石,第五期细脉状硅化,绿泥石化、绢云母化和黄铁矿化,穿切前期的各种硅化脉体。第二至第五期硅化蚀变作用,并不发生在所有的地段,有的地段只能见到其中的两期或三期。以上情况充分说明,该区的硅质岩是多期热液作用所形成的硅化带,其中第一、二、三期硅化都已糜棱岩化,它们构成了硅化带的主体,第四、五两期硅化没有糜棱岩化,显然,第四、五两期硅化发生在糜棱岩化之后,换言之,每一期硅化作用都伴随着构造变动,其中第三、四期硅化作用之间,有一次强烈的韧性剪切变形。

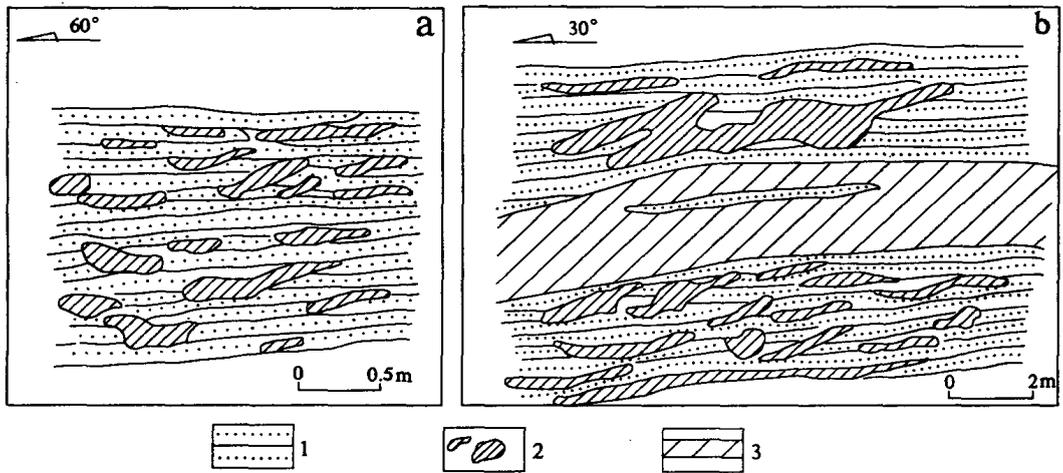


图3 硅化带露头面素描

Fig. 3 Sketch of the exposure plane of silicification belt

a. 古水连石村村北山顶 b. 赤坑黄梅田河沟

- 1. 弱至中等硅化细砂岩、粉砂岩残余
- 2. 韧性剪切变形的不规则状硅化条带
- 3. 韧性变形的薄层状硅化条带

2.4 硅化带形成之后的韧性剪切作用

硅化带主体形成之后,NE、NW、EW向各组硅化带都发生了强烈的韧性剪切揉褶,如新山寨的硅化带就是典型的例子(图2),露头上可见到石英脉发生剪切揉褶,明显拉长、缩颈和透镜体化(图3)。镜下观察表明,所有硅化带都已糜棱岩化而成为石英超糜岩,不见碎斑,全由糜棱岩基质组成,根据其矿物成份可以分为石英超糜岩和绢云母石英超糜岩两种,前者为石英组成的单矿物石英超糜岩,后者由绢云母、石英组成,绢云母含量一般10%~25%,多分散于石英中,局部形成绢云母条纹、条带。两种糜棱岩中的石英都为极细的糜棱基质,其粒径可分为两种,大者0.022~0.048 mm,小者0.009~0.0024 mm,其边界既不是平直的多边形,也不是缝合线状,而是呈不规则的港湾状,并且只有轻微的波状消光,这些现象说明超糜岩经历了一定的静态恢复。超糜岩中常可见纹层状和条纹状构造,它们有的是由两种不同粒径的石英糜棱岩基质组成,有的是由绢云母石英条带和石英条带互相重叠而成,这种由韧性剪切作用形

成的纹层和条纹状构造,容易被误认为层理。

2.5 硅化带围岩的时代

硅化带分布于古水—赤坑断裂带中,沿走向穿切不同岩性和时代的地层,因此不同地段的硅化带,其围岩是不同的,分布于古水—北市一带的硅化带,围岩多为中厚层砂岩夹页岩,前人和我们在变质页岩中多处发现了震旦纪微古植物化石^[2,3,6],其围岩时代可以肯定为震旦纪。而赤坑镇下笠一带的硅化带,则产于由细砂岩粉砂岩层、页岩组成的复理石建造中,本次研究在靠近硅化带上、下盘灰黑色千枚状页岩中发现了丰富的微古植物化石,经宜昌所钟国芳鉴定计 37 种 17 属(包括未定种),主要组合是:*Leiopsophosphaera minor* Schep., *L. pusilla* (Sin) Zhong, *L. apertu* Schep., *Trachysphaeridium minor* Liu et Sin, *T. planum* Sin, *T. incrasaum* Sin, *Dophosphaeridium* cf. *rugosum* Zhong, *L. incefertum* Ouyang, Yin et Li, *Zonosphaeridium minutum* Sin, *Aspeoatopsophosphaera umishanensis* Sin et Liu, *Stictosphaeridium sibiricum* Tim, *Monotretosphaeridium asperum* Sin et Liu, *Pseudofavasosphaera rotumda* Zhong, *Reticulum simplex* Zhong, *R.* cf. *Yichangense* Zhong, *R. polycernum* Zhong, *Leiofusa crassa* Sin et Liu, *L.* cf. *digitata* Sin, *Micrhyridium* sp. 1-2, *Trangumorphia trispinesa* (Eis) Deunff, *Tuandratimopha* sp. 1-2, *Turuchanica* sp. 1-2, *Macroptycha uniplicata* Tim., *M. biplicata* Tim., *Lignim* sp. 1-2, *polyedryxium* sp.。以上微古植物组合,见于三峡地区水井沱组、石碑组及四川、云南、海南、广东等地的寒武系中,因此可以肯定这一带硅质岩的围岩为寒武纪,由此可见,粤西广宁地区硅化带的围岩包括了震旦纪和寒武纪地层。

既然该区硅质岩为产于寒武系和震旦系断裂带中的硅化带,而非海底热水沉积,原来根据硅质岩划分的上震旦统老虎塘组,必须重新划分。老虎塘组不应包括硅质岩,而应以老虎塘组顶部的中厚层砂岩作为二者的界线。老虎塘组是以厚层块状砂岩、中厚层石英砂岩、杂砂岩为主,夹粉砂质页岩和页岩的一套岩石组合,该组之上的下寒武统牛角河组则由细砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩和页岩构成的复理石建造。

2.6 硅化带形成时代及成因

该区硅化带最新围岩为寒武系,其形成时代应在寒武纪以后,为了进一步查明硅化带形成的时代,本次研究采集了竹凹绢云母化硅化带样品,其 K_2O 含量为 0.292%,全岩 K-Ar 年龄为 288 Ma,初步证明其韧性剪切的时间为早二叠世,该时代大致可代表硅化作用的时代,硅化作用的持续时间及每一期硅化的时代仍需进一步研究。

此次研究对古水镇连石、小峡和坑口镇的罗塘硅化带,进行了稀土元素分析,其分析结果见表 1。表中该区硅化带的稀土元素含量都很低,且含量变化较大 $\Sigma REE (0.33 \sim 137.75) \times 10^{-6}$, LREE $(6.09 \sim 78.39) \times 10^{-6}$, HREE $(3.24 \sim 59.37) \times 10^{-6}$, LREE/HREE 1.12 ~ 1.32。其球粒陨石标准化分布模式图(图 4)可分为两组曲线,一组为倾角中等的右倾斜曲线,具弱的 Ce 负异常,另一组为较平缓的右倾斜曲线且具弱负 Eu 异常,两组曲线均不同时具有明显的 Eu 正异常和 Ce 负异常,因此,硅质岩并非海底热水沉积成因。不同的硅化带和同一硅化带的不同地段,REE 含量、REE 配分型式有较大差异,如 Gs50 与 Gs53 之间,这表明不同期次、不同地段的硅化作用有不同的物质来源,Gs42、Gs50 的 REE 配分型式与海西期混合岩(如河台矿区混合岩)及深熔花岗岩体(如广宁岩体)的 REE 配分型式^[7]极为相似,而 Gs36 和 Gs53 的 REE 配分型式则与泗轮混合岩 REE 配分型式^[7]相似,这意味着,它们的物质来源为海西期混合岩与深熔花岗岩,Gs53 负 Ce 异常可能表明硅质岩部分物质来源于海相沉积岩。

表1 硅质岩稀土元素分析结果

Table 1 REE analysis results of siliceous rocks

 $w_B/10^{-6}$

样号	地点	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Gs36	古水莲石	4.03	6.78	0.83	3.24	1.07	0.30	0.79	0.12	0.64	0.16	0.37	0.048	0.28	0.04
Gs42	坑口罗塘	10.3	18.8	2.35	8.87	2.44	0.71	2.86	0.57	3.84	0.88	2.27	0.36	2.13	0.33
Gs50	古水小峡	15.7	36.6	4.64	15.9	4.48	1.06	5.97	1.08	7.34	1.48	4.22	0.65	3.92	0.61
Gs53	古水小峡	1.42	2.10	0.28	1.67	0.46	0.16	0.42	0.068	0.43	0.087	0.24	0.034	0.19	0.028

海西期构造运动是粤西桂东南地区一次重要的构造运动,有大量的各种各样的表现形式,最为显著的表现形式是大量海西期混合岩、深熔花岗岩及韧性剪切带的形成^[6]。在硅化带的东南部与东部,分布有云楼岗、黄连山、五和、广宁、江屯等岩体构成的海西期花岗岩-混合岩带(图1),硅化带距它们的接触带仅0.3~7 km,这表明硅化带的形成与这一海西期花岗岩-混合岩有密切的成生关系。而硅化带整体沿古水-赤坑断裂的分布表明,伴随着花岗岩浆活动和混合岩化,古水-赤坑断裂也发生周期性活动,这正好为热液的脉动、运移、定位提供了动力和空间。因此,在粤西广宁地区海西期花岗岩浆作用及混合岩化所产生的区域地温场中,随着构造的周期性活动,沿海西期花岗岩-混合岩带接触带等构造薄弱带下渗的地下水提取花岗岩、混合岩及地层中的硅质并升温,形成富硅质的热液,并沿古水-赤坑断裂上升定位,构成一个反复多次的地下水循环体系,从而形成了整体沿古水-赤坑断裂分布、走向有所不同的硅化带。

3 找矿意义

许多硅质岩分布地段发现了金的化探异常和石英脉型或破碎带蚀变岩型小型金矿床(点)。一般认为硅质岩是金矿的矿源层或含矿层。为了查明硅化带的含矿性,评价其成矿远景和找矿意义,本次研究对古水镇的佛洞、连石、小峡及坑口镇罗塘口等地的硅化带主体(第一至第三期硅化作用形成的硅化岩)和第四期至第五期形成的硅化蚀变岩及这些地区的寒武系、震旦系含炭页岩和千枚岩系统采集了捡块样品,分析了 Au、Ag、Cu、Pb 和 Zn 含量(表2)。分

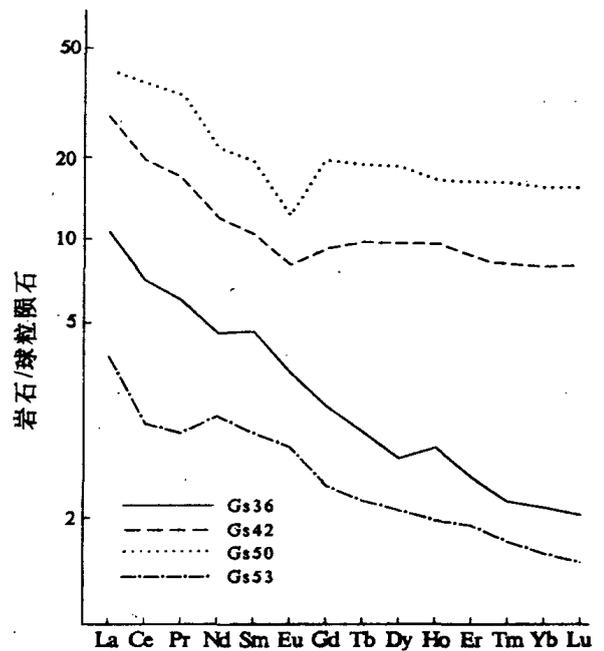


图4 硅质岩球粒陨石标准化 REE 配分型式

Fig. 4 Chondrite normalized REE patterns of siliceous rocks

析结果表明,本区寒武系与震旦系中的 Au、Ag 和 Zn 含量,高于硅化带的含量。硅化带主体 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 含量最低,第四至五期的硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化地段, Au、Ag、Zn 含量明显增高,但仍低于围岩,仅 Cu、Pb 高于围岩,单从含量上看,寒武系与震旦系应是本区的主要矿源层,这与前人的认识^[7]一致,而硅化带形成过程中并不形成 Au 矿,其较低 Au 含量也使其不具备作为 Au 矿源层的条件。

表 2 硅化带及寒武系、震旦系炭质页岩、千枚岩 Au、Ag、Cu、Zn 分析结果

Table 2 Au, Ag, Cu, Pb, Zn contents of silicification belt and carbonaceous shale and phyllite in the host strata

岩石名称	样品数/个	Au/10 ⁻⁹	Ag/10 ⁻⁶	Cu/10 ⁻⁶	Pb/10 ⁻⁶	Zn/10 ⁻⁶
硅化带主体	11	1.07	0.30	13	7.45	9.45
硅化蚀变岩	5	29.9	0.69	78	87.80	47.20
炭质页岩、千枚岩	16	31.5	4.69	39.56	36.58	91.62

本区除海西广泛的硅化事件外,燕山晚期是另一重要的热液活动期,也是本区最为重要的 Au、Ag 成矿期^[7]。硅化带沿古水-赤坑断裂带形成之后,成为该区震旦系与寒武系砂页岩中的强干层,而硅化带之间的砂页岩、硅化带上、下盘之间的砂页岩以及硅化带与中厚层砂岩之间的砂页岩都是强度相对较弱地层,是断裂带中的构造薄弱带。燕山晚期的构造运动,使该断裂带又发生强烈活动,在这些砂页岩中形成了许多顺层或切层的破碎带,有的地段硅化带本身也再次发生强烈破碎,成为有利于燕山晚期成矿热液活动的空间,该区北市至赤坑一带的燕山晚期石英脉型和破碎蚀变岩型金矿,就产于这类构造中。本次研究对赤坑和北市海西期硅化带与围岩接触带中的石英脉型金矿进行了 ESR 测年,结果分别为 80 Ma 和 56 Ma,明显不同于海西期硅化带的时代。由此可见,该区的硅化带实际上是找寻金银矿床的一种构造标志。

参 考 文 献

- [1] 张志兰、袁海华、凌井生等. 广东古水乐昌峡群同位素地质年代学的初步研究. 广东地质, 1992, 7(1)
- [2] 南颐、周国强、赵汝旋等. 广东省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996
- [3] 周国强. 广东前寒武纪岩石地层划分. 广东地质, 1995, 10(1)
- [4] 周永章、涂光炽、Chown E H 等. 粤西古水震旦系顶部层状硅质岩的热液成因属性. 沉积学报, 1994, (3)
- [5] 周永章、刘友梅、张海华. 粤西震旦纪硅岩建造的热液成因及古热水活动事件. 广东地质, 1996, 11(2)
- [6] 袁正新. 粤西及其邻区的区域构造对金(银)成矿作用的控制. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995
- [7] 王鹤年、张景荣、陆建军等. 粤西金矿矿床地球化学. 南京: 南京大学出版社, 1991

ORIGIN AND EXPLORATION SIGNIFICANCE OF SILICEOUS ROCKS FROM GUANGNING COUNTY, WESTERN GUANGDONG

Wang Xiongwu^{①②} Huang Guicheng^② Yun Zhengxin^②

(^①*Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;*

^②*Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, Yichang 443003*)

Abstract

The siliceous rocks distributed in the light-metamorphosed sandstone and shale in Guangning county, western Guangdong, used to be considered as marine facies or submarine geothermal deposit and as the top stratigraphic guide of the Sinian system as well as one of Au-Ag source beds of this area. Systematical study shows that all the siliceous rocks should not be submarine hydrothermal or marine facies deposit, but silicification belts roughly controlled by the NE-striking Gushui-Chikeng fault. The siliceous rock has a K-Ar age of 288 Ma, while Cambrian and Sinian micropaleontologic fossils have been found from its host strata, which might suggest that the siliceous rock was formed at the Hercynian period and was associated with strong granitic magmatism of that period, and the source of silicon might be granites and host strata. The silicification belt endured ductile-shear deformation and became quartz supermylonite with no gold mineralization during the silicification, but it is a good structural guide for exploring gold deposits.

Key words siliceous rock origin Hercynian period exploration significance Guangning western Guangdong