## 粤北新洲推覆构造

# 外来系统中的石英脉及其与金矿化的关系。

彭少梅

何绍勋

(中国科学院地球化学研究所,贵阳) (中南工业大学地质系,长沙)

提 要 粤北新洲褶皱式逆冲推覆构造形成于印支一燕山期。震旦系浅变质地层组成的外来系统 中,广泛发育加里东期和同推覆期石英脉。加里东期石英脉顺外来系统中第一期面理(S。//S₁)分 布,呈串珠状或透镜状,同推覆期变形强烈,含微量的金属硫化物,金含量很低,形成于加里东期区 域变质热液,表明加里东期区域变质作用并未使金得到富集。同推覆期石英脉顺外来系统中 II ~ Ⅳ 级推覆断层带分布,多呈脉状,同推覆期变形较为微弱,含大量的金属硫化物,并普遍发生了强烈的 金矿化,形成富硫化物石英脉型金矿床,成矿物质来自外来系统震旦系变质地层,并由同推覆期动 力分异热液所携带。

关键词 專北 推覆构造 石英脉 金矿化

粤北新洲褶皱式逆冲推覆构造外来系统和推覆断裂系统中,发育三种类型的金矿床:石英碳酸盐糜棱岩型金矿床<sup>[1]</sup>、碎裂钠长石岩型金矿床<sup>[2]</sup>和富硫化物石英脉型金矿床<sup>[3]</sup>,后者与外来系统中广泛分布的石英脉有着密切的成因联系。

1 地质背景

粤北清远市和英德县交界处的新洲地区,区域上处于吴川一四会断裂带北东端,佛岗一丰 良东西向构造带西段和粤北山字型前弧西翼的交汇部位。据作者等人的研究<sup>[4]</sup>,该区的震旦 系地层沿近水平的 I 级推覆断层带(F<sub>1</sub>)从南西向北东逆冲推覆到上古生界碳酸盐岩和碎屑岩 之上(图 1),推覆距离大于 25km,推覆运动时期为印支一燕山期。在新洲地区,整个外来系统 被六条犁式 I 级推覆断层带(F<sup>1</sup> ~F<sup>6</sup>)分割成七个大小不等的推覆片体(BK<sub>1</sub> ~BK<sub>7</sub>)。各个推覆 片体内,发育一系列轴面倾向南西的平卧和斜歪褶皱,其倒转翼均发展成 I 级推覆断层带。由 于变形分解作用,IV 级推覆断层带在强硬岩性段(如石英岩)内多为脆性断层带,带内糜棱岩

① 本文得到广东省黄金领导小组地勘办公室专项科技项目资助(编号:金研-06)



图例说明:1. 中生界 2. 上古生界 3. 寒武系 4. 震旦系 5. 燕山期花 岗岩 6. 推覆片体编号 7. Ⅰ级推覆断层带 8. Ⅱ级推覆断层带编 号 9. 构造窗 10. 实测断层 11. 推测断层 12. 地质界线 13. 加里东 期面理(S。//S1)产状

## 图 1 粤北新洲推覆构造略图

Fig. 1 ture, Northern Guangdong 不发育,主要形成碎裂岩;而在软弱岩性段 (如片岩、二云母石英岩)内,IV 级推覆断 层带多为韧性剪切带,带内发育糜棱岩系 列的岩石[4]。

在印支期至燕山期,由前展型扩展方 式发育起来的新洲逆冲推覆断裂系统由 1~Ⅳ级推覆断层带组成(图 2)。Ⅰ级推 覆断层带(F<sub>1</sub>)是上覆外来系统覆旦系地层 与下伏原地系统上古生界地层之间的长期 发展的断层带,总体产状水平,厚 2~15m, 断层带的剖面一般表现为:上部为厚 0.5 ~0.6m 的钠化云母石英糜棱岩,中部为厚 1.2~9.7m 的钠化黄铁矿化石英碳酸盐糜 棱岩,下部为厚 0.4~4.3m 的黄铁矿化碳 酸盐糜棱岩。Ⅱ级推覆断层带(F<sub>I</sub>)发育于 推覆构造的外来系统之中,区内共有6条, Skematic geological map of the Xinzhou nappe struc- 间隔 0.8~6.0km, 总体走向 SE-SEE, 倾 向 SW-SWW,断层带上部倾角约 30°,下



图例说明:1. 震旦系上统: 下组 2. 震旦系上统:中组 3.震旦系上统;上组 4. 1级 逆冲推覆断层带 5. Ⅱ级逆 冲推覆断层带及编号 6. Ⅲ 级逆冲推覆断层带 7.Ⅳ级 逆冲推覆断层带 8. 后推覆 期逆断层 9. 高角度推覆剪 切带 10. 推覆片体及编号 11. 糜棱岩及碎裂岩带 12. 逆冲断层 13. 金矿体及编号 14. 二云母石英片岩 15. 碳 酸盐糜棱岩 16. 泥盆纪一石 炭纪

## 图 2 粤北新洲褶皱式逆冲推覆构造 1 级至 1 级逆冲推覆断层带控矿综合剖面图

Fig. 2 The sketch section showing the I  $\sim$  IV grade thrust fault zones of Xinzhou fold – thrust nappe structure controling different types of gold deposit in Northern Guangdong province

部倾角变缓,约10°,向下与Ⅰ级推覆断层带连通。Ⅱ级推覆断层带及高角度推覆断层带(图2

中之 Fi、Fi)厚 10~18m,剖面一般表现为:带两侧均为 1.5~4.0m 的钠化黄铁矿化云母石英 糜棱岩,中间为 7.0~15.0m 厚的黄铁矿化碎裂钠长石岩和碳酸盐岩<sup>[2]</sup>,局部具糜棱岩化,其 中钠长石岩为同推覆期钠交代产物, II ~ IV级推覆断层带(E<sub>I</sub>~F<sub>N</sub>)发育于由相邻 I 级推覆断 层带所夹的推覆片体之中,产状较复杂,倾角较陡,约 25°~40°,断层带厚 1.7~8.0m,剖面一 般表现为:上部和下部为厚 0.7~2.0m 的黄铁矿化云母石英糜棱岩或石英碎裂岩,中部为厚 0.5~4m 的碎裂毒砂黄铁矿脉、含硫化物石英脉和石英团块等。I ~ IV级推覆断层带中的断层 岩虽然较复杂,但有一明显的规律性:同一断层带中,早期断层岩(分布于断层带两侧)为韧性, 晚期断层岩(分布于断层带中部)为韧一脆性至脆性。另外,推覆断层带从 I 级至 IV级,从推覆 体后缘至前缘,形成时期依次渐新。根据区域资料<sup>[5]</sup>,推测新洲推覆构造的形成与吴川一四会 断裂带在印支期至燕山期的左旋平移剪切运动有关。









新洲逆冲推覆断裂系统 I ~ Ⅳ 级推覆断层带断层岩均发生了不同程度的金矿化,其中 I 级推覆断层带的石英碳酸盐糜棱岩区段形成石英碳酸盐糜棱岩型金矿床,成矿时期为印支晚 期<sup>[1]</sup>; I 级推覆断层带的碎裂钠长石岩区段形成一种新类型金矿床——碎裂钠长石岩型金矿 床<sup>[2]</sup>,成矿时期为燕山早期; II ~ Ⅳ 级推覆断层带中的硫化物石英脉区段形成石英脉型金矿 床<sup>[3]</sup>,成矿时期为燕山中晚期。

组成外来系统的震旦系地层,为加里东期低绿片岩相区域变质岩,主要岩性以二云母片岩 为主,中部及上部夹有二云母石英岩和变质杂砂岩,总厚度大于 4125m<sup>[6]</sup>,其原岩为一套 Au、 As、Bi、W 组合型含金类复理石建造<sup>[7]</sup>。加里东期的构造一热事件,流动面理(S<sub>1</sub>)置换了沉积层 理(S<sub>0</sub>),地层内普遍发育轴面平行层理面(S<sub>0</sub>//S<sub>1</sub>)的小型顺层掩卧褶皱(即褶叠层<sup>[8]</sup>)(照片 1a、 1b)。在推覆时期内,以 S<sub>0</sub>//S<sub>1</sub> 为变形面构成平卧褶皱;在线性的强变形域(即 I ~ Ⅳ 级及更低 级次的推覆断层带和剪切带),新生的糜棱面理及折劈理(S<sub>2</sub>)又置换了 S<sub>0</sub>//S<sub>1</sub>。

新洲地区的岩浆岩主要为燕山期重熔型中粗粒黑云母花岗岩,区域上属佛岗一丰良岩浆

带的西缘部分①。花岗岩与推覆体呈侵入接触(图 1),与该区金矿化的关系不甚明显②。

2 石英脉的产状和变形特征

在新洲推覆构造外来系统中,可明显区分出加里东期石英脉和同推覆期(印支一燕山期) 石英脉,两者在产状和变形特征上均有明显差别。

加里东期石英脉呈透镜状、串珠状或细脉状,顺加里东期区域新生面理(So//S1)分布。石 英透镜体(照片 2a)宽约 1.5~20cm,长约 5~40cm,长轴平行 So//S1。石英细脉(照片 1a、1b、照 片 2b)宽约 0.5~6cm,有时与围岩一起构成加里东期顺层掩卧褶皱(照片 2b)。在同推覆期弱 变形域(如同推覆期褶皱核部或被同推覆期微劈理域所围绕的透镜状微劈石域)中,加里东期 石英脉变形非常微弱(表 1),有限应变椭球体接近等轴球体;石英脉基本上由块状石英和无变 形的他形石英颗粒(粒径 0.01~0.8cm)组成,说明逆冲推覆运动发生之前加里东期石英脉基 本上没有变形。但在同推覆期强变形域(同推覆期劈理域或褶皱两翼)中,加里东期脉石英与其 围岩震旦系片岩和石英岩一起作为一个整体经历了同幅度的同推覆期韧性和韧一脆性变形 (照片 2C),脉石英光轴优选方位格式(图 3a)为点极密型,以柱面滑移为主,反映同推覆期伴随 有重结晶作用的塑性流动<sup>[9]</sup>。其结果是形成脉状石英碎裂岩或脉状石英糜棱岩。

表 1 横水冲推覆片体(BK<sub>3</sub>)中加里东期脉石英三维有限应变分析结果(Rf/Φ法)

Table 1 Three dimensional strain analysis results (Rf/ $\phi$  method) of the Caledonian vein quartz in the Hengshuichong nappe sheet (BK<sub>3</sub>)

编号		产状		主半轴长度比						
	构造 位置			第一面		第二面		第三面	]	
			计算下值	F0.05(1,n-2)	计算下值	Fo. 05(1,n-2)	计算F值	Fo. 05(1,n-2)	X,Y,Z	
HGB8	BK3	微劈石域	78.04	4- 10	166. 56	4.10	11. 42	4. 11	1. 01;0. 99;0. 97	
HGB13	BK3	徹劈石域	8.74	4.06	66. 35	4. 01	103. 33	4. 11	1.04;1.00;0.98	

同推覆期石英脉均呈脉状,或平行或切过加里东期石英脉(图 4),严格沿新洲推覆断裂系 统之 II ~ IV 级推覆断层带发育,宽几厘米至几十厘米,长几米至几十米(照片 2d)。同推覆期脉 石英可分为两个世代,早世代脉石英遭受了一定程度的推覆晚期脆性剪切变形(照片 2e),形 成石英碎裂岩(粒径 0.03~0.5cm),石英光性优选方位为柱面、底面混合型滑移变形的不对称

② 彭少梅,广东省清远一英德地区新洲逆冲推覆构造及其与金矿化的关系,中南工业大学博士学位论文,1991

① 广东省地矿局 706 地质队,一比五万,石潭幅(G-49-142-D)、沙河墟幅(F-49-10-B)区域地质调查报告书, 1990



说明:a.透镜状,新连一带 b.细脉状(白色者),沙河口一带 c. 正交偏光,新连 d. 近水平白色者为同推覆期石英脉,所赋存 的断层带为 Frv(IV 级推覆断层带);向左约 30°倾斜的面理为 So//S1,前者切过后者 e. 同推覆期早世代石英脉,正交偏光 f. 同推覆期晚世代石英脉,正交偏光

照片2 新洲推覆构造外来系统中的加里东期石英脉(a.b.c)和同推覆期石英脉(d、e、f)

Pho. 2 The Caledonian (a,b,c) and synthrusting (d,e,f)quartz veins in the nappe of the Xinzhou nappe structure

交叉环带(图 3b)<sup>[9]</sup>。晚世代脉石英呈块状,变形非常微弱(照片 2f),其光性优选方位不甚明显(图 3c)。

加里东期脉石英无色透明,或略呈浅乳白色;同推覆期脉石英绝大部分烟灰色,但两者的 折光率(油浸法测量)均近似,N。方向为 1.54~1.545,Ne 方向为 1.552~1.555,类似于普通 石英。



说明:a. 加里东期,等值线间距 1-3-5-7% b. 同推覆期早世代,等值线间距 1-3-5-7-9-11-13% c. 同推覆期晚 世代,等值线间距 1-3-5% 150 个石英光轴,等面积下半球投影,XZ 面

## 图 3 外来系统中脉石英的岩石组构格式

Fig. 3 Petrofabric patterns of the vein quartz in the nappe

## 3 石英脉的地球化学特征

为了准确地确定加里东期石英脉的地球化学特征,加里东期石英脉样品的采集,尽量远离同推 覆期石英脉并尽可能选择在同推覆期弱变形域。 从表 2 来看,加里东期石英脉中 Ag、Cu、Pb、Zn、 Co、Ni、Hg 均低于或接近地壳平均含量(维氏、 1962),Au、As、W、Bi 高于地壳平均含量,但石英 脉的平均金含量(17.54ppb)接近外来系统震旦系 含金与不含金地层中加里东期重结晶石英单矿物 的金含量(4.0~25.0ppb)<sup>[10]</sup>。同时,除 Bi、Sb 外, 所有元素含量的几何平均值与算术平均值之比 Xg/Xa 均大于 0.5~0.6,表明这些元素在加里东



图例说明:1. 二云母片岩 2. 同推覆期石英脉 3. 加里东 期石英脉 4. **平级推覆断**层带

#### 图 4 外来系统中石英脉的发育特征

Fig. 4 The growth feature of the quartz veins in the nappe

期石英脉中分布较为均匀。而且石英脉中 Au 与其它成矿元素的关系均不密切(图 5a),元素组 合关系零乱(表 3),地质信息模糊,说明加里东期的区域变形变质作用并未使金发生明显富 集。

同推覆期石英脉中 Cu、Zn、Co、Ni 属贫化型,Ag、Pb 接近地壳平均含量,Au、As、W、Bi、Hg 则高度富集。Au 的平均含量为 1621. 39ppb,为加里东期石英脉的 85 倍,且 Au、As、Bi 的 Xg/Xa 极小(<0.1),变异系数 Cv 极大(>1200),说明 Au、As、Bi 等元素在同推覆期石英脉中分布极 不均匀,且高度富集。同时,Au 与其它成矿元素组成较高相关水平的元素组合(图 5b),元素组 合所反映的地质意义较为清晰(表 3)。这些都表明逆冲推覆时期的韧性和韧一脆性动力分异 作用使金得到大规模的富集。

T	able 2	Characte	ristic va	lues of i	microele	ments in	the Cal	edonian	quartz v	veins (Q	(1) and the	e synth	rusting o	$mes(Q_2)$
位置	特征值	Au (ppb)	Ag (ppb)	Cu	Рь	Zn	As	w	Sb	Bi	Co	Ni	Hg (ppb)	样数
	x.	17.54	63. 89	20. 62	6.14	20. 49	90. 53	15.74	24. 32	0.64	7.49	10.69	35. 28	
Qı	X <sub>g</sub> /X <sub>s</sub>	0.58	0.76	0.71	0.51	0. 77	0.60	0.68	0.17	0.30	0.68	0.86	0.71	54
	Cv(%)	259.25	122. 78	119.76	1 <b>24. 1</b> 7	80.08	339. 65	78.08	261.13	326. 40	150. 18	61.52	66. 21	l .
	X.	1621. 39	80	14.63	24.92	22. 92	1036.5	14.09	95.05	6.21	6.04	14.36	180	
Q2	X <sub>g</sub> /X <sub>a</sub>	0.02	0.62	0.77	0.31	0.56	0.07	0.75	0.27	0.09	0.76	0.63	0. 22	40
	C <sub>v</sub> (%)	1294. 4	136.61	79.61	140.63	127.18	1203. 7	77.99	128.86	1 <b>2</b> 75. 7	82.60	163.62	345. 36	
维氏	,1962	4.3	70	47	16	83	1.7	1. 3	0.5	0.009	18	58	83	

表 2 加里东期石英脉(Q1)和同推覆期石英脉(Q2)的微量元素特征值(ppm)

 $(\mathbf{0}_2)$ 

注:Xa、Xa和 Cv 分别为算术平均值、几何平均值和变异系数(测试单位:广东省地矿局 706 地质队化验室)



a—加里东期 b--同推覆期 图 5 外来系统石英脉微量元素 R 型聚类分析谱系图

- Fig. 5 The R-cluster analysis of microelements in the quartz veins in the nappe
- 石英脉与金矿化的关系 4

加里东期石英脉由石英(>90%)及白云母(<10%)组成,含极少量的黄铁矿等硫化物。除 邻近 Ⅲ ~ Ⅳ 级推覆断层带并被同推覆期石英细脉穿插的部分外,加里东期石英脉基本上不发 生金矿化。

同推覆期石英脉由石英(70~90%)、黄铁矿及毒砂等金属硫化物(4~27%)、白(绢)云母 及方解石(<10%)组成,与片岩及糜棱岩的矿化碎裂岩一起共同组成 Ⅱ ~ Ⅳ 级逆冲推覆断层

带,厚 0.5~4米,断层带顶底板为黄铁矿化、绢(白)云母化震旦系石英二云母糜棱岩和石英糜 棱岩。II~IV级推覆断层带的金矿化一般发生在紧邻 II级推覆断层带下盘的区段,带内矿化较 均匀,品位中等,常具尖灭侧现现象。已完成勘探评价的新洲石英脉型金矿 I~IV号矿带及其 它一些石英脉型金矿化带(点)即赋存在这些由同推覆期石英脉组成的推覆断层带中,成矿时 期为燕山中晚期(即脆性推覆期)<sup>①[3]</sup>。

表 3 加里东期和同推覆期石英脉(Qi和 Qz)微量元素 R 型因子分析结果

Table 3 R-type analysis of microelements in the Caledonian quartz veins  $(Q_1)$  and the synthrusting ones  $(Q_2)$ 

位置	项目	$F_1$	F <sub>2</sub>	F3	F4	Fs	样数
	累计方差贡献	0.152	0.301	0. 416	0. 528	0. 672	
Qı	元素组合	Cu、Zn、Co Ni、Y、Nb、Be	Hg As Sb Hg	(-) (-) (-) Cu `Pb `Mo (-) (-) Hg `Sn	Au、Bi	Pb,Hg,La Y,Be	54.
	累计方差贡献	0.194	0. 347	0. 584	0.707	0. 790	
Q2	元素组合	Ag,Au, Sb,Hg,Be	Cu, Zn, <sup>(-)</sup> W Co, Ni	(-) (-) (-) (-) Pb Zn As Hg (-) (-) (-) (-) Sn La Y Be	(-) (-) Mo`W` <sup>Sn</sup> Y,Nb	Bi、Co	40

注:在因子载荷绝对值大于 0.30 水平上提取元素组合;(-)表示该元素因子载荷为负值

表 4 新洲金矿主要矿石矿物中金银含量

Table 4 Au and Ag contents of the main ore minerals in the Xinzhou gold Deposit

项目	黄铁矿	毒砂	自然金	自然铋	黑铋金矿	铅铋金矿
Au(%)	0. 31	0.97	96. 88	0.13	63. 39	4. 09
Ag(%)	0. 02	0.06	1.92	0.01	1.02	0.11
Au/(Au+Ag)	0. 939	0. 942	0. 981	0. 929	0. 984	0. 974

电子探针分析单位:中科院地质所

新洲石英脉型金矿床的金矿体均沿 □ ~ Ⅳ 级推覆断层带中的同推覆期富硫化物石英脉区 段呈似层状或透镜状产出,矿石矿物主要为石英、黄铁矿、毒砂、自然金、黑铋金矿和铅铋金矿 (表 4)。组成矿体的同推覆期石英可进一步分两个世代,早世代石英烟灰色,粒径约 0.1~ 0.4cm,与早世代的毒砂、黄铁矿一起遭受了同推覆晚期的脆性变形,发生一定程度的破碎,呈 碎裂结构;他形粒状、片状和树枝状的自然金即在碎裂的黄铁矿、毒砂和石英的裂隙中产出或 被晚世代黄铁矿包裹。晚世代石英呈灰白色,块状,含金少。同推覆期石英脉的金矿化按时间 先后顺序可划分为四个阶段:(1)石英(卓世代)—绢云母阶段;(2)自然金一硫化物阶段;(3)自 然金一多金属硫化物阶段;(4)石英(晚世代)—硫化物—碳酸盐阶段,其中金矿化主要发生在 (2)、(3)阶段。

① 宋伯名、李水林,《广东省英德一清远县新洲金矿床勘探地质设计书》,广东省地矿局七〇六地质队,1985

#### 表 5 新洲推覆体加里东期和同推覆期脉石英流体包裹体的成分(ppm)

Table 5 Composition data (ppm) of the fluid inclusion in quartz of the caledonian

样号	矿物	形成时期	Li+	Na+	<b>K</b> +	Ca2+	Mg2+	F~	ci-	нсо3-	H <sub>2</sub> O	CO2	PH	<u>Na+</u> K+	$\frac{Ca^{2+}}{Mg^{2+}}$	<u>F-</u> <u>C1-</u>	$\frac{CO_2}{H_2O}$
GD71T1	石英	加里东期	4.12	42.0	6.67	15.0	0.18	1.40	41.27	0.00	986	17.18	9.02	6.30	83. 33	0.03	0.02
GD79T1	石英	同推覆期	0.38	3.46	1.04	2. 22	0.39	0. 89	2.56	0.00	953	201.67	6.76	3. 40	5. 69	0.35	0. 21
GD89T1	石英	同推覆期	0.17	1. 20	0.53	1.00	0.09	0.96	1.25	0.00	478	143.29	6.43	2.26	11.11	0.77	0.30

#### and the synthrusting quartz veins in the Xinzhou nappe

测试单位:中南工业大学地质系包体室

## 表 6 加里东期和同推覆期脉石英流体包裹体捕获时之温度、压力和盐度

## Table 6 Temperature, pressure and salinity of the fluid inclusion trapped

样号 矿物		形成时期	捕获时的静水压力(MPa)				捕获时的温度	<b>夏</b> (で)	捕获时的盐度(wt%)			
	19 120		平均	最佳压力	压力范围	平均	最佳温度	温度范围	平均	最佳盐度	盐度范围	
GD71T1	石英	加里东期	8.3	6.4~11.3	3. 4~16. 1	255	241~286	197~322	41.09	37.30~47.80	34. 0~55. 20	
GD79T1	石英	同推覆期	37.4	34. 3~38. 4	33. 2~50. 3	334 315	316~339	311~395	8.26	6.70~9.40	6. 40~10. 25	
GD89T1	石英	同推覆期	26.0	22. 5~26. 9	21. 0~33. 6	194	166~209	156~263	7.29	6.70~7.95	5. 45~8. 90	

in the Caledonian and synthrusting vein quartz

## 测试单位:中南工业大学地质系包体室

加里东期石英包裹体(表 5 之 GD71T<sub>1</sub>)为含 NaCl 子晶的多相包裹体(10%),富 CO<sub>2</sub> 包裹体(50%)和富 H<sub>2</sub>O 包裹体(40%);热液的盐度较高,Na<sup>+</sup> $\gg$ K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup> $\gg$ Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup> $\gg$ F<sup>-</sup>,偏碱性,表明加里东期热液中 Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>起着主要作用,金可能主要呈氯的络合物形式搬运。包裹体捕获时的压力为 6.4~11.3MPa,温度 241~286℃,盐度 37.30~47.80wt%(表 6)。

## 表 7 新洲推覆体加里东期和同推覆期石英脉中硫化物的硫及铅同位素组成

Table 7 Sulfur and lead isotope composition of

the Caledonian quartz veins and synthrusting ones in the Xinzhou nappe

样号	파 라 마 배	T)* #/m	δ <sup>34</sup> S(‰)		源区特征			
	形成叫州	19 120		<sup>206</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb/ <sup>204</sup> Pb	μ.	ω
T <sub>26</sub>		黄铁矿	13.26	19.041±0.06	15.965±0.02	<b>39.</b> 949±0. 08	9.73	42. 83
T <sub>32</sub>	加里尔别	黄铁矿	13. 40	19.056±0.01	15.972±0.01	39.884±0.04	9.75	42.54
T <sub>28</sub>	E-31-1492: 1985 1413	毒砂	12.19	18.662±0.1	$16.169 \pm 0.5$	40.217±0.4	10.13	48.04
T <sub>43</sub>	问推復别	黄铁矿	13.08	$18.920 \pm 0.03$	15.841±0.03	$39.520 \pm 0.05$	9.51	40. 54

测试单位:地矿部宜昌地质矿产研究所

同推覆期脉石英流体(表 5、表 6)富含 H<sub>2</sub>O、Cl 等挥发组分,富含 Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>等造岩元 素,富含 Au、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Mo、Bi 等成矿元素,PH 值在 6.43~6.76,Logfo<sub>2</sub> 在-3.85~-3.76,Logfco<sub>2</sub> 在 0.74~1.38、Logf<sub>H2</sub> 在 0.15~0.53。同推覆期早世代脉石英(表 5、表 6 之 GD79T<sub>1</sub>)主要含无气泡富 H<sub>2</sub>O 包裹体(直径 3~5μm,气液比为 0~10%),Cl<sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、H<sub>2</sub>O 含量及 捕获时之温度、压力(表 6)均较高。晚世代脉石英(GD89T<sub>1</sub>)主要含 H<sub>2</sub>O—CO<sub>2</sub> 混合型包裹体和 富 CO<sub>2</sub> 包裹体,CO<sub>2</sub>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>含量及捕获时之温度、压力均较低,表明成矿元素在同推覆期 热液中可能主要呈 M<sup>+</sup>(AuCl<sub>2</sub>)<sup>-</sup>、M<sup>+</sup>(AuCl<sub>4</sub>)<sup>-</sup>形式迁移,晚期则主要以 M<sup>+</sup>(AuS<sub>2</sub>)<sup>-</sup>形式迁移 而 CO<sub>2</sub> 在成矿元素迁移过程中也起了重要作用。



说明:1. 加里东期 2. 同推覆期 UC-上地壳铅平均演化曲线 D-Doe 阶段演化曲线 CR-"V"值线性增加演化曲线 SK-两阶段演化曲线 IA-岛弧铅演化曲线

## 图 6 外来系统石英脉中硫化物铅同位素组成图解

Fig. 6 <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb VS. <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb and <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb VS. <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb plots for the quartz veins in the nappe

5 石英脉的成因机制

加里东期石英脉,是外来系统加里东期区域变质热液沿加里东期面理(So//Si)充填析出 的产物,证据如下:(1)外来系统的原岩为震旦系富石英型浅海类复理石建造,在加里东期低绿 片岩相区域构造-热事件中,必然形成大量富含 SiO2 的区域变质热液。(2)加里东期石英脉均 产在外来系统震旦系变质地层之中,局部石英脉渐变为其围岩二云母石英岩,且前者明显地继

表 8 新洲推覆体脉石英的稳定同位素组成(‰)

 样号	形成时期	矿物	矿物温度(C)	م <sup>18</sup> O <sub>石英</sub>	δ <sup>18</sup> O <sub>H2</sub> o <sup>®</sup>	δD <sub>H2</sub> 0
T26	<b>市用</b> 本#B	石英	300	11.96	4.76	-55.4
T <sub>32</sub>	加里尔朔	石英	250	14.80	5.74	56. 5
T <sub>28</sub>		石英	280	19.42	10.46	-51.4
T43	復期	石英	160	16.78	2. 60	51. 4

Table 8 Stable isotope composition  $(\%_0)$  of the vein quartz in the Xinzhou nappe

测试单位:宜昌地质矿产研究所;①据 1000Lnδ 石英一水=3.05×10<sup>6</sup>T<sup>-2</sup>−2.09(Mattews,1979)计算(部分数据据涂绍 雄等,1990)

承了后者的成矿物质组分(均为富 Au-As-Bi-W 型)<sup>[7]</sup>,表明加里东期石英脉的物质组分来 44 源于围岩。(3)石英脉中黄铁矿之 δ<sup>34</sup>S 值极为稳定(表 7),为 13.26~13.40‰,重硫成分高于陨 硫成分甚多,表明黄铁矿主要形成于低氧逸度条件下,并来源于沉积物质<sup>[11]</sup>。黄铁矿的铅同位 素组成见表 7,样点落在上地壳铅平均演化曲线之上(图 6)<sup>[12]</sup>,表明铅来源于上地壳。(4)加里 东期脉石英包裹体氢氧同位素组成见表 8,样点落在泰勒给定的变质水范围<sup>[13]</sup>内或其附近(图



说明:● 加里东期石英脉;▲ 同推覆期石英脉 图 7 外来系统石英脉中包裹体的氢氧 同位素图解

Fig. 7 Hydrogen and oxygen isotope of fluids in inclusions for the quartz veins in the nappe 7)

同推覆期含金富硫化物石英脉,是外来系统同推覆 期形成的动力分异热液在推覆运动的晚期,由于温度、压 力的下降,向 □ ~ Ⅳ级推覆断层带的脆性区段(破碎带) 迁移、分解、沉淀而形成的,其证据有如下几点:(1)印支 一燕山期的逆冲推覆运动期间,变质作用极为微弱,不可 能形成变质热液。(2)整个外来系统震旦系地层,同推覆 期开放体系下的压溶作用造成的岩石体积损耗达 19.7%(表9)<sup>①</sup>。在开放体系下,外来系统如此巨大的体 耗的直接表现是大量压溶溶液(动力分异热液,富含 SiO<sub>2</sub>)的产生和排出。这些压溶一迁出的溶液,在逆冲推 覆期机械能、化学能转变的热能作用下,逐渐提高温度, 从而增强外来系统中成矿元素的活动性,促使含金动力 分异热液的形成<sup>[14]</sup>。(3)同推覆期石英脉严格沿 □ ~ Ⅳ 级推覆断层带分布,早世代脉石英又经历了推覆晚期的

脆性剪切。同时,石英脉及其中的金矿体均高度富集 Au、As、Bi、W 等成矿元素(表 2、表 4),该 成矿元素组合 Au-As-Bi-W 与外来系统震旦系地层中高含量元素组合 Au-As-Bi-W<sup>[7]</sup> 完全一致,说明成矿物质来自外来系统震旦系地层。(4)同推覆期石英脉中早世代毒砂和黄铁 矿,其 δ<sup>34</sup>S 变化范围较窄(表 7),分别为 12. 19~13. 08‰,与国内其它变质岩区金矿相比,本区 矿石硫同位素 δ<sup>34</sup>S 偏高,重硫成分大大高于陨硫成分,表明早世代硫化物形成于低氧逸度条件 下,并来源于沉积物质。(5)早世代的毒砂和黄铁矿的铅同位素组成见表 7,样点落在上地壳铅 演化曲线之上<sup>[12]</sup>,而且,同推覆期一个石英脉样点与加里东期样点同在一条铅演化线上(图 6 上的虚线),说明两者的铅基本上是同源的,均来自上地壳。(6)同推覆期脉石英之 δ<sup>18</sup>O<sub>H,0</sub> 在 2. 60~10. 46‰之间,δD<sub>H,0</sub>均为-51. 4‰(表 8)。在 δD<sub>H,0</sub>-δ<sup>18</sup>O<sub>H,0</sub>图上<sup>[13]</sup>(图 7),早世代脉石英的 样点(T<sub>28</sub>)落在泰勒给定的变质水范围内,可以认为是构造动力变质一动力分异热液。晚世代 石英(T<sub>48</sub>)则向大气降水线靠近,表明有大气降水的参与。

本文的研究工作,得到广东省地矿局伍广宇副总工程师以及广东省黄金领导小组地质勘 探办公室覃慕陶总工程师的热情支持和帮助,在此深表谢意。

① 彭少梅,广东省清远一英德地区新洲逆冲推覆构造及其与金矿化的关系,中南工业大学博士学位论文,1991

## 表 9 外来系统各推覆片体同推覆期岩石的体积损耗(Rf/Φ法)

Table 9 Synthrusting Volume loss of rocks (RflΦ method) in the different nappe sheets of the nappe structure

推覆片体编号	ВК1	BK <sub>2</sub>	BK <sub>3</sub>	BK4	BK₅	BK <sub>6</sub>	BK7
岩石体耗(%)	27. 7	27.6	22. 0	20.9	18.6	11.0	9.8
平均体耗(%)				19.7			

## 参考文献

- 1 彭少梅,段嘉瑞,何绍勋,伍广宇,张奋生、陈思祥,粤北金矿勘探的新进展,地质与勘探,1990,(4):22
- 2 彭少梅. 粤北新洲地区推覆断裂系统中的碎裂钠长石岩型金矿床. 地质找矿论丛, 1991, (4): 40~51.
- 3 彭少梅. 新洲金矿床的地质特征及其成因. 矿产与地质, 1991, (5): 375~381
- 4 彭少海,伍广宇,段嘉瑞,张奋生,何绍勋,陈思祥.粤北新洲褶皱式逆冲推覆构造探讨.广东地质,1990,5(4):79~91
- 5 陈挺光. 吴川一四会断裂带地质特征及成矿关系. 南岭地质矿产文集,地质出版社,1985,1
- 6 张奋生,伍广宇,彭少梅.粤北新洲地区乐昌峡群的层序和特征.广东地质,1991,6(3):47~60
- 7 彭少梅,何绍勛,段嘉瑞.粤北新洲地区震旦系地层中金等微量元素的分布特征.中南矿冶学院学报,1991,(6):1~9
- 8 傅昭仁,单文琅.浅变质岩区褶叠层构造与地层划分.中国区域地质,1990,(3):262~268
- 9 李江凤.变形石英结晶学优选方位极密类型研究及其地质意义.地质科技情报,1988,(2):33~38
- 10 彭少梅,伍广宁,张奋生,肖光铭.粤北新洲地区震旦系地层含金性评价的地球化学准则.地质找矿论丛,1991,6 (3):25~39
- 11 涂绍雄、高艳君、广东新洲金矿流体包裹体和稳定同位素研究.地质论评,1990,(3);200~209
- 12 Doe B R and Stacoy J S. The application of Lead isotopes to the Problems of ore genesis and ore prospect evolution; A Review. Econ. Geol., 1974, 69;757~776
- 13 Taylor H P. The application of oxygen and hydrogen isotope Studies to problem of hydrothermal alteration and ore deposition. Econ Geol, 1974, 69:843~883
- 14 官同伦.含金石英脉的新成因类型一动力热液型.西安地质学院学报,1985,(1):1~8

# THE QUARTZ VEINS AND THEIR RELATIONSHIP WITH GOLD MINERALIZATION IN THE XINZHOU NAPPE STRUCTURE, NORTHERN GUANGDONG

Peng Shaomei

(Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang 550002, China)

He Shaoxun

(Department of Geology, Central South University of Technology, Changsha 410083, China)

#### Abstract

The Xinzhou fold—thrust nappe structure was formed during Indosinian orogeny and Yanshanian Period, and is located in the north part of Guangdong province. There are widespread development of the Caledonian and the synthrusting quartz veins in the nappe, which is composed of Sinian strata and Cambrian Strata having been metamorphosed to low greenschist facies. The Caledonian quartz veins is distributed around the first—stage foliation  $(S_0 //S_1)$  and undergone very strong synthrusting deformation. These Veins contain little amount of metallic sulfides and Au resulted from the activity of the Caledonian regional metamorphosed hydrothermal solutions. The synthrusting quartz veins are controlled by the II and IV thrust fault zones in the nappe and undergone relatively weak synthrusting deformation. These veins contain large amount of metallic sulfides and cause intense Au mineralization, which form the quartz—vein (enrichment of pyrite and arsenopyrite) typed gold deposit. The Ore—forming substances of the gold deposit come mainly from the metamorphosed Sinian strata in the nappe and were brought by the dynamical segregation hydrothermal solutions formed during the thrusting.