第 21 卷 第 1 期 桂 林 工 学 院 学 报 Vol.21 No.1
2001 年 1 月 JOURNAL OF GUILIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY Jan. 2001

文章编号：1006－544X(2001)01－0013－07

桂西南的两类大型断裂构造与金矿成矿
——以凭祥地区为例

梁金城[1]，陈懋弘[2]，冯佐海[1]

（1. 桂林工学院，广西桂林 541004；2. 广西第一地质队，广西桂林 541100）

摘 要：桂西南发育两类大型断裂构造：（1）逆冲推覆构造为前展式、叠瓦状构造，走向 25°～40°，倾向 SE，倾角 20°～30°，逆冲方向 310°±，分带明显；$e=-33.3\%$，$\varepsilon_\gamma=66.7\%$，$s>5\ 600$ m，为印支—燕山早期冲断－推覆成因。（2）东门断裂为一长寿深断裂，走向 45°～80°，总体南倾，倾角 50°～80°，海西期为拉张控相，印支期以后为右旋走滑，先后形成糜棱岩—碎裂岩，有限应变测量结果：$k=1.5$，$\gamma=3\sim4$，$X:Z=10:1\sim20:1$，古差异应力 $\Delta\sigma$ 达 100～120 MPa。金矿主要与东门深断裂有关，主断裂导矿，北侧 NNE—NE 向次级断裂容矿，原生金矿化常见于 T_1 熔岩质蚀变碎裂岩中，表生氧化作用有利于次生富集。逆冲推覆构造中金（w（Au））的变化规律是：锋带 1.0×10^{-9}，中带 1.94×10^{-9}，根带 2.18×10^{-9}，从锋带向根带递增，今后要适当注意根带附近的找矿工作。

关键词：逆冲推覆构造；走滑断层；金矿；凭祥地区；广西

中图分类号：P542.3；P618.510.2 **文献标识码**：A①

桂西南在地理位置上大致相当于凭祥地区一带，在大地构造上位于华南板块的南端，狭持于云开地体与越北地体之间，受特提斯构造域与濒太平洋构造域的复合影响。区内出露的地层从泥盆系至第四系，其中以三叠系最为发育。海西—印支期以碳酸盐建造为主，印支期还出现一套基性—中酸性火山岩建造和少量中酸性侵入岩，燕山期则以陆相红色碎屑岩建造为主。

1995 年以来，在原 1∶20 万区调的基础上开展了新的 1∶5 万区域地质调查工作，在凭祥—上石一带，发现了一个大型的逆冲推覆构造[1]，而 1∶20 万的区域化探及其随后的找矿工作，在凭祥－东门断裂沿线发现了一系列的金矿化、金矿点以及金矿床，为广西揭示出一个新的金矿成矿远景区。但是，这一新的金矿远景区带的成矿，是受控于凭祥逆冲推覆构造抑或受控于凭祥－东门走滑深断裂？便成为桂西南地区金矿找矿部署的关键问题，而解决这一问题的基础就是要首先研究清楚这两类大型断裂构造的形成机制、构造演化以及与金的运移、富集，特别是与金矿成矿构造之间的关系。

1 凭祥逆冲推覆构造

1.1 凭祥逆冲推覆构造的宏观特征

凭祥逆冲推覆构造西起凭祥，东至上石街，宽约 12 km，长在 30 km 以上，总体走向 25°～40°，自西而东由 NNE—NE—NEE，呈向 NW 凸出的弧形，断面倾向 SE，倾角从 20°～80°不等，在中带或断坪上较缓（20°～30°），在根带、锋带或断坡上较陡（45°～80°），在剖面上呈犁状的叠瓦扇排列，相邻断层之间间距 1～2 km（图 1）。

凭祥逆冲推覆构造的配套构造十分典型，在

① 收稿日期：2000－11－17
基金项目：广西自然科学基金资助项目（编号：9717001）
作者简介：梁金城（1940－），男，广东新兴人，教授，博士生导师，构造地质学专业。

龙塘一带，可以看到栖霞组、茅口组灰岩呈弧峰状出现于合山组的砂泥岩、铁铝岩之上形成飞来峰；而在龙坑则见合山组泥岩在低洼处被茅口组灰岩套叠圈闭成为构造窗；构造混杂堆积可见于那逢铁路沿线，不同时代、不同岩性、大小悬殊的岩块、角砾平行断裂带混杂堆积在一起。在逆冲断面上，指示上盘逆冲的各种配套小构造十分典型，由于逆冲岩席上的地层产状与断层倾向相同而断层倾角大于地层倾角，故造成地层重复和老地层叠置在新地层之上的断层效应（图 2）。

凭祥逆冲推覆构造具有明显的分带性，从南东向北西，可分出后缘带、根带、中带、锋带和外缘带，各带的断面组合特征、褶皱形态、劈（节）理类型与强度、断层岩类型及其定向性、变形性状及其强度等均有一定的差异（表 1）。

1．2 凭祥逆冲推覆构造的构造解析

凭祥逆冲推覆构造内部发育有各种指向意义的小构造，通过运动学分析后发现，其逆冲方向均指示 310° ±，平衡剖面复原及计算的结果是：缩短量（率）$e = -33.33\%$，相对长度比 $\varepsilon_\gamma = 66.7\%$，推覆距离 $s > 5\,625$ m，与累积位移 – 距离图解（图 3）得出的结果相符。

利用断层岩中方解石 e 双晶进行古差异应力（$\Delta\sigma$）计算的结果是：根带为 128.3 MPa，中带为 109.6 MPa，锋带为 119.8 MPa，这一变化趋势与宏观、微观变形强度及应变强度变化规律一致。对三叠系灰岩中蜓化石进行三维有限应变测量和计算机处理后，付林指数（k）值的变化规律是：根带 $k = 0.55 \sim 0.77$，中带 $k = 0.93 \sim 1.05$，锋带 $k = 0.49 \sim 0.68$，说明锋带和根带以压扁型应变为主，中带则属单剪型应变。应变强度（γ）值的变化规律是：根带 $\gamma = 3.52 \sim 4.07$，中带 $\gamma = 2.04 \sim 2.22$，锋带 $\gamma = 2.72 \sim 2.95$（图 4），从上述的构造数据及图 3、图 4 所显示的变化规律，说明滑移速率从前陆向后陆递增，滑移速率大于扩展速率，从而揭示出凭祥逆冲推覆构造的扩展方式为前展式，其形成模式为冲断 – 推覆模式。

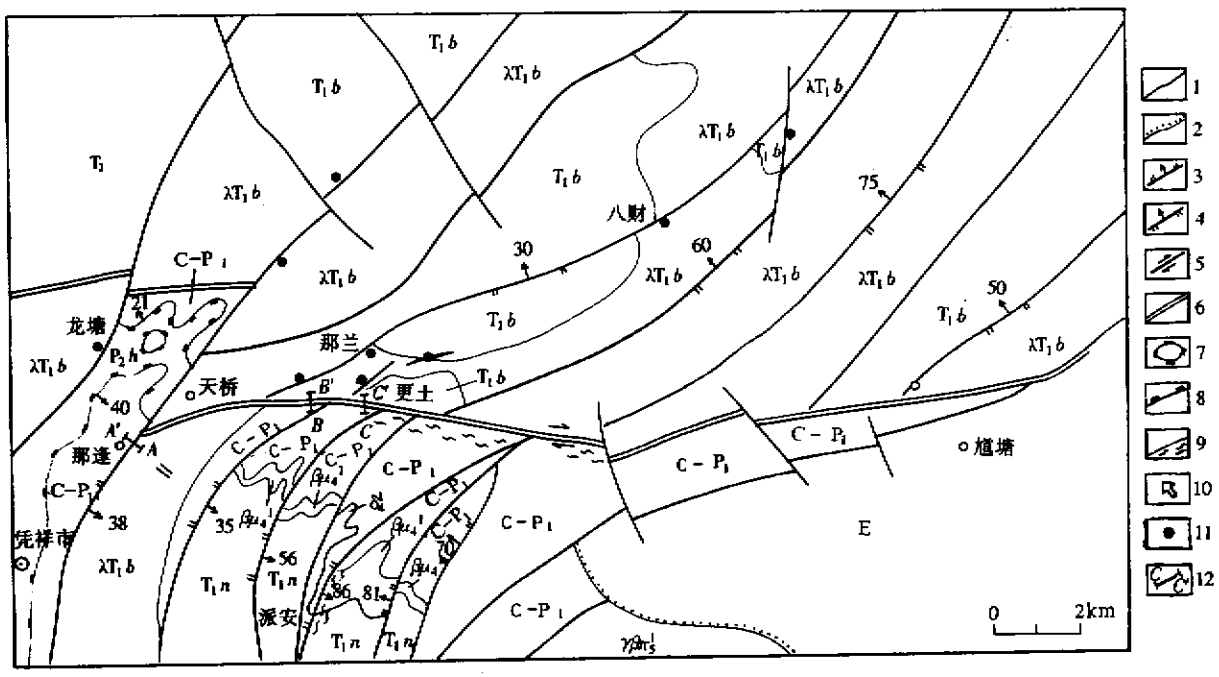


图 1 凭祥地区地质及金矿略图

Fig. 1 Geology and gold ore outline map in Pingxiang region

1—地质界线；2—角度不整合界线；3—正断层；4—逆断层；5—平移断层；6—区域性深大断裂；7—飞来峰；8—推覆构造前锋；9—糜棱岩带；10—推覆方向；11—金矿点；12—剖面位置。图中：E—第三系；T_2—中三叠统；T_1b—下三叠统北泗组；λT_1b—下三叠统北泗组流纹岩；T_1n—下三叠统南洪组；C – P_1—石碳系 – 下二叠统；$\beta\mu_4^1$—海西期辉绿岩；$\gamma\beta\pi_5^1$—印支期黑云母花斑岩

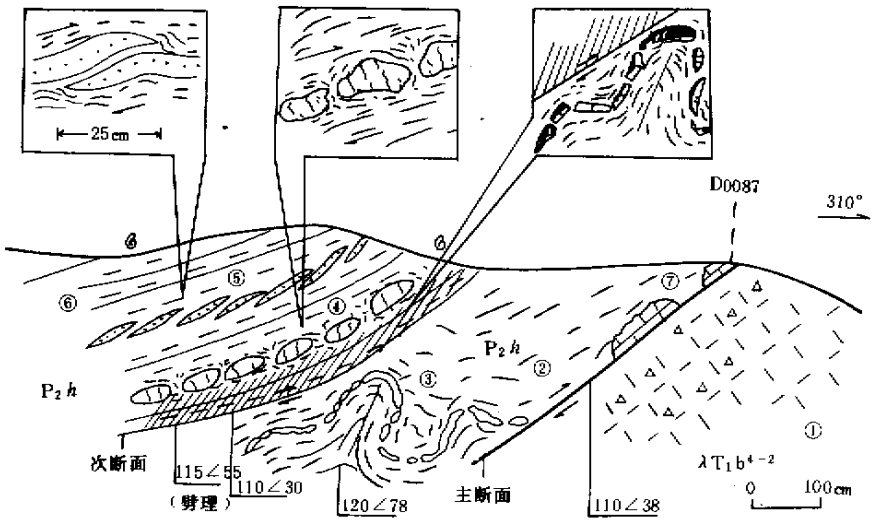


图 2　那逢逆冲断层构造剖面图

Fig. 2　The structural profile of Nafeng thrust fault

图中：①—碎裂岩化流纹岩；②—合山组含煤泥岩；③—薄片状灰岩；④—薄层灰岩形成的石香肠；⑤—薄层砂岩形成的楔状重叠；⑥—薄层泥岩；⑦—灰岩透镜体

表 1　凭祥逆冲推覆构造分带特征简表

Table 1　The outline of the Pingxiang thrust – nappe tectonics zoning

分带	外缘带	锋带	中带	根带	后缘带
地点	龙塘以西	天桥—龙塘一带	高止—天桥一带	派安一带	派安以东
断层特征	发育中—高角度逆断层，少数正断层	断层倾角再度变陡，倾角 45°～55°	逆冲断层倾角 < 30°，组成叠瓦状	高角度逆断层，倾角 55°～85°	地堑式等正断层
次级褶皱	发育开阔褶皱	两翼紧闭，轴面陡立的小褶皱发育，轴面倾向南东	两翼产状较缓的宽缓褶皱以及箱状褶皱	两翼紧闭，轴面陡立的褶皱	不发育
劈（节）理特征	间隔劈理、节理	褶劈理，局部板劈理	褶劈理，间隔劈理	板劈理	张节理
断层岩类型	角砾岩	碎裂岩，局部有糜棱岩化灰岩	碎裂岩、角砾岩	钙质糜棱岩、碎裂岩	不发育
构造定向性	无定向性	较明显	显示定向性	明显定向性	不明显
变形性状	脆性	脆－韧性，脆性	脆性，脆－韧性	韧性，脆－韧性	脆性
应力状态	挤压变弱	挤压	单剪为主	挤压为主	拉伸为主

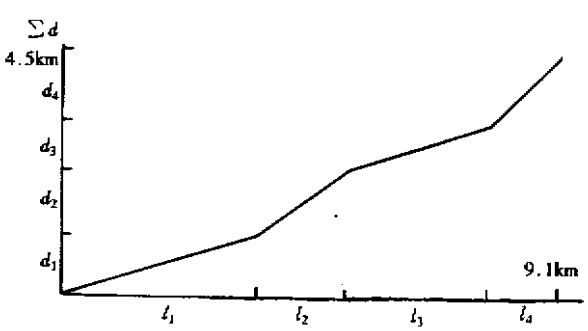


图 3　累积位移－距离图解

Fig. 3　Accumulated displacement – distance

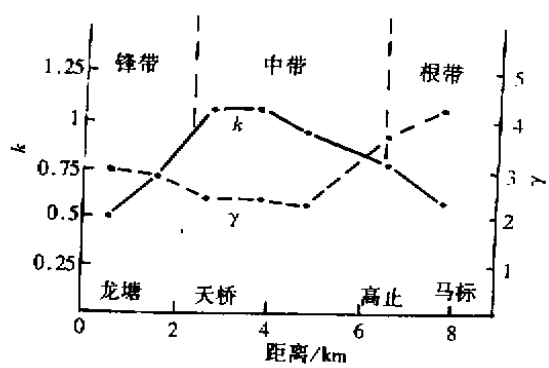


图 4　应变强度（γ）及付林指数（k）变化趋势图

Fig. 4　The variation trend chart of strain intensity and Fullin index

2 凭祥 – 东门断裂

2.1 凭祥 – 东门断裂的宏观特征

凭祥 – 东门断裂是区域性凭祥 – 大黎断裂带的西段，西起凭祥，经夏石、馗塘、东门，往东则接大黎断裂。在区域重力布格分布图上为一条 NEE 向、北高南低的重力梯度带，在航磁图上出现串珠状异常，其两侧有 20nT 的磁场台阶，在断裂带附近除了有中基性、中酸性火山岩广泛分布外，在宁明、凭祥一带的主断裂带上，有基性、超基性侵入岩出露，说明凭祥 – 东门断裂为一条深断裂[2]。

凭祥 – 东门断裂走向 45°～80°，断面总体倾向南，倾角较陡，约 50°～80°，局部北倾，断裂带宽达 500 m 以上，往往可见数条平行断裂构成，在地貌上为一线槽状的负地形（图版Ⅲ – 照片 1），而在断裂带的旁侧，发育有一系列 NNE—NE 向的次级断裂。在垂直断裂带走向的横剖面上，可以看到性质不同的两种变形结构：在南侧为韧性剪切带，可以由 1 条或多条糜棱岩带所组成；在北侧为脆性断裂带，由 1 条或多条碎裂岩带或角砾岩带组成（图 5），而且脆性断层可以穿切糜棱岩带，反映出两者的先后，迁移及叠加关系。

2.2 凭祥 – 东门断裂的构造解析

凭祥 – 东门断裂是一条长寿断裂，其东延的大黎断裂，活动可能始于加里东期，因为在平南罗平一带，加里东期花岗斑岩呈平行断裂带分布，而西段的凭祥 – 东门断裂的活动证据主要见于海西期，表现为邕宁至扶绥一带下泥盆统上部至中石炭统在断裂带内为硅质岩，两侧为台地相碳酸盐岩；下二叠统茅口阶和上二叠统，断裂带内为燧石灰岩，北部为碳酸盐岩，主断裂旁侧出现礁灰岩。此外，在二叠纪沿断裂带出现中基性火山活动，这些都说明在海西旋回东门断裂以拉张裂陷性质为主。

下三叠统，在断裂带北侧为台地相碳酸盐岩、在南侧为盆地相的泥晶灰岩夹重力流及浊流沉积，在断裂两侧的这种差异性控相，可能与三叠纪以来北部西大明山的隆升作用有关。在早三叠世，在断裂两侧还广泛分布有中酸性火山岩，个别地段还出现基性 – 超基性侵入岩，说明此时断裂的活动是十分强烈的。燕山早期，断裂仍有较强的继承性活动，燕山晚期以后，断裂的活动性明显减弱，这可从燕山晚期未见明显岩浆活动产物以及断裂带被长条形的早第三纪盆地沉积覆盖得到证明，但是其东延部分，仍可看到喜山期有残余活动的一些证据。

印支旋回以来，凭祥 – 东门断裂主要表现为右旋走滑，早期以韧性变形为特征，形成一套典型的钙质糜棱岩（图版Ⅲ – 照片 2）；晚期则以脆性变形为主，形成各种碎裂岩（图版Ⅲ – 照片 3）、角砾岩以至断层泥，从断层带中常见的各种“S”型或“Z”型雁列脉、方解石脉中广泛发育的 e 双晶及其扭折，说明断裂作用经历过脆—韧性变形。

断裂带中各种运动学标志十分丰富，从糜棱岩中的 $S-C$ 面理组构、不对称残斑系（图版Ⅲ – 照片 2）、书斜构造，方解石 e 双晶及其扭折（图版Ⅲ – 照片 4），到断裂旁侧配套的倾竖褶皱、劈理、擦抹晶体等，通过运动学分析后均指示为右旋走滑断裂。

印支旋回以来，凭祥 – 东门断裂的右旋走滑，与凭祥逆冲推覆构造的自 SE 向 NW 逆冲应当是同一应力场的产物，因为自三叠纪后，太平洋板块

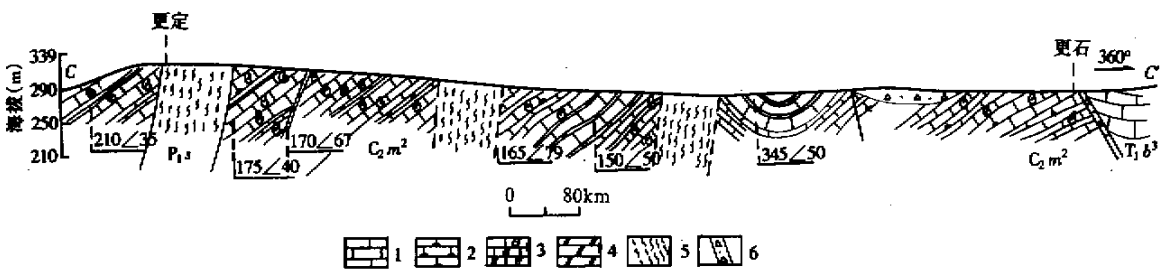


图 5 凭祥 – 东门断裂（更石）构造剖面图（$C-C'$）

Fig. 5 The structural profile of Pingxiang – Dongmen fault

1—灰岩；2—燧石结核灰岩；3—含生物碎屑灰岩；4—硅质岩；5—糜棱岩带；6—碎裂岩带

向 NW 方向俯冲到欧亚板块之下的过程中，在上部地壳必然会相应产生一系列断面倾向 SE 的逆冲断层，而同时，早先存在的 NEE 向东门断裂必然会再次被激活，形成右旋走滑，而且当前展式的凭祥逆冲推覆构造发展到凭祥 – 东门断裂带上，凭祥 – 东门断裂便被卷入到逆冲推覆构造体系中，成为逆冲推覆构造的侧沿断裂。此时东门断裂的右旋走滑对逆冲推覆作用引起的应力 – 应变起到了消减作用，凭祥逆冲推覆构造主要被限制在凭祥 – 东门断裂以南区域，也与此有一定关系。

利用方解石 e 双晶对凭祥 – 东门断裂进行了古差异应力计算，$\Delta\sigma$ = 100 ~ 120 MPa，与凭祥逆冲推覆构造计算的结果相近，说明引起这期 e 双晶的右旋走滑与逆冲推覆作用可能是同一应力场的结果。

对东门断裂带上变形蜓化石进行了有限应变测量，付林指数（k）= 1.51，应变强度（γ）= 3 ~ 4，罗德系数（ν）= – 0.2 ~ – 0.3，其应变类型属于平面型与收缩型的过渡类型，说明断裂在走滑过程中有一定的拉伸作用存在。

3　桂西南地区的金矿成矿

3．1　桂西南地区金矿的基本特征

近年来，在 1∶20 万凭祥幅区域化探扫面、1∶5 万区域地质测量及相关的找矿工作中[3]，在凭祥地区相继发现了龙塘金矿等近 10 处金矿床和金矿点（图 1），这些金矿具有以下几个主要特征：

（1）在空间上分布在凭祥 – 东门断裂带附近，特别是在其北侧次级的 NNE – NE 向断裂带上。

（2）断裂的一盘或两盘基本上都有下三叠统北泗组的中酸性火山熔岩分布。

（3）含金断裂带走向延长几百 m ~ 2 km，产状较陡，原生金矿化基本上以微细浸染状或微细脉状形式赋存于中酸性熔岩质的蚀变碎裂岩中。原生矿石一般呈绿色，主要蚀变有硅化、绢云母化、黄铁矿化，故有人称之为破碎带蚀变岩型金矿，也有人称之为微粒型金矿[4]。

（4）在含金破碎带中，单个矿体长达数百 m，宽 10 ~ 40 m，探明延深近 200 m，平均品位 w（Au）（2 ~ 3）× 10^{-6}，个别高达（20 ~ 40）× 10^{-6}，目前工业开采利用的主要是氧化矿。氧化矿石为褐色 – 黄褐色，主要矿物为石英或硅质团块，其次为长石、绢云母、高岭石、褐铁矿，极少量的钛铁矿、白钛石、榍石等。矿石保留有 2 种变余结构：一是火山熔岩的残留结构；二是断层岩的碎裂结构。有些研究者则强调这种矿与表生富集作用或红土化作用的密切关系，对红土化作用较强的矿床称之为红土型金矿[5]。

3．2　金矿与构造的关系

通过对东门断裂及其分支断裂含金性的评价性研究，笔者认为凭祥地区金矿的成生与富集，与凭祥 – 东门断裂带的形成与演化密切相关，主要依据如下：

（1）现已发现的金矿床、金矿点基本上都分布在凭祥 – 东门断裂沿线，特别是北侧的 NNE—NE 向次级断裂中。根据 1∶20 万区域化探资料[6]，凭祥 – 东门断裂带是一个元素梯度带，在断裂带上，Au，As，Sb，Hg，Mo 等呈凸峰型，离开断裂带则变为平缓型（图 6），说明凭祥 – 东门断裂对 Au 的上升、运移起到了重要的通道作用。而 NW 向断裂，不但对金的富集没有明显的正相关

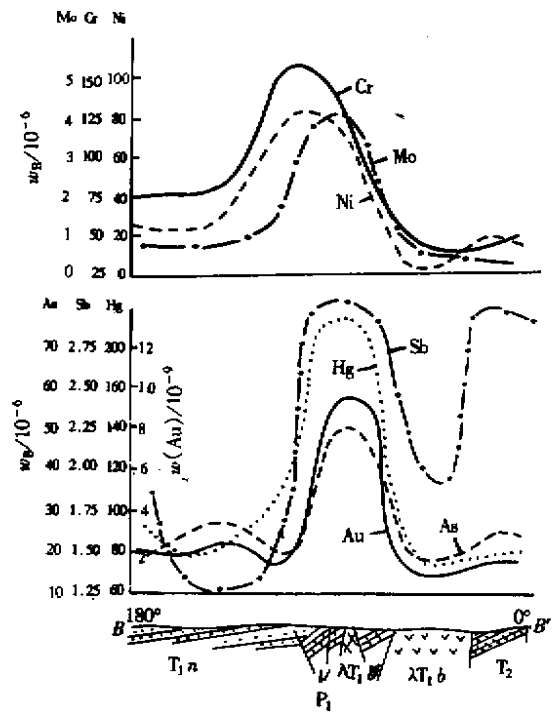


图 6　凭祥 – 东门断裂地球化学剖面图（B – B'）（据文献［6］修编）

Fig．6　The geochemical profile of Pingxiang – Dongmen fault

关系，更多的情况是错断与破坏了含金矿化带与矿体。

(2) 凭祥 – 东门断裂带的次级 NNE – NE 向断裂带，是金矿的主要容矿构造，原生矿体是断裂带内一种矿化的断层岩（含矿蚀变碎裂岩或含矿蚀变角砾岩），而目前开采利用的氧化矿，实际上是原生矿化沿断裂或构造不整合面经过表生的次生氧化富集作用（或部分红土化作用）而形成的富矿体。

(3) 凭祥 – 东门断裂带的早期拉张及随之的走滑，使断裂切过硅铝层，深达硅镁层，诱发了深部中基性—中酸性岩浆的上侵及深部含矿气液的上升，为金矿成矿提供了物质基础。断裂带的多次强烈走滑剪切作用，大大提高了断裂变形区内岩石、矿物中成矿元素的活性与迁移能力，为金的再次迁移与富集提供了能量条件，当含矿溶液从高压的主断裂带进入到旁侧的分支断裂后，这种扩容、降压的构造环境以及高渗透性的脆性断层岩，对金的沉淀起到了促进作用，而相反，主断裂南侧高固结度的糜棱岩带，对成矿溶液的流通与沉淀则远不如北侧的张扭性碎裂岩带有利。

(4) 在凭祥逆冲推覆构造的根带（派安断裂）、中带（蓼苗断裂）和锋带（那逢断裂）共采集了 49 个样品进行分析，锋带金的含量 w（Au）为 1.0×10^{-9}，中带为 1.94×10^{-9}，根带为 2.18×10^{-9}，且中带的后部又高于中带的前部，显示出金的含量从锋带向根带递增的规律。

(5) 根据区域地层资料估算，凭祥逆冲推覆构造基底滑脱面的深度约 1.8 ~ 2 km，属于浅层次的表皮构造，对深部岩浆与成矿物质的向上运移总体上并不是很有利的。但是，由于根带断裂中出现糜棱岩，表明根带断层已切入较深层次，此外，由于凭祥逆冲推覆构造属前展式构造，而前展式构造是从根带不断向锋带扩展的，亦即说明根带会叠加多次较强的变形，加之采样化验结果也证实：含金偏高的一些样品（$(4\sim9.5)\times10^{-9}$）也出现在根带附近，说明凭祥逆冲推覆构造仍有一定的成金条件，今后要注意这一构造部位的找矿工作。

本成果是在 1∶5 万区域地质调查基础上进行的专题性研究成果。广西第一地质队的领导和地质人员自始至终给予了大力支持，博士生隋志龙、邓继新，硕士生彭淑兰参加了部分工作，广西地矿局陈开礼总工程师，广西地质勘察院及凭祥地区有关金矿的领导与技术人员提供了各种方便，在此一并致谢。

参考文献：

[1] 梁金城，彭淑兰，陈懋弘，等. 广西凭祥逆冲推覆构造的发现及意义 [J]. 桂林工学院学报，1996，16 (4)：329 ~ 337.

[2] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志 [M]. 北京：地质出版社，1985. 698 ~ 699.

[3] 黄启勋，韦永敏. 凭祥金矿的地质特征与找矿标志 [J]. 广西地质，1998，11 (2)：21 ~ 24.

[4] 张振贤. 桂南断裂构造和微粒型金矿的关系 [J]. 广西地质，1998，11 (4)：37 ~ 43.

[5] 陈大经. 广西红土型金矿成矿条件、找矿预测和综合评价研究 [R]. 桂林：桂林矿产地质研究院，1999. 22 ~ 24.

[6] 广西南宁水文地质工程地质勘察院. 1：20 万凭祥幅地球化学图说明书 [R]. 南宁：广西南宁水文地质工程地质勘察院. 1995. 53 ~ 56.

Two kinds of large – scale fault structures and gold ore mineralization

—An example from Pingxiang region

LIANG Jin-cheng[1]，CHEN Mao-hong[2]，FENG Zuo-hai[1]

(1. *Guillin Institute of Technology*，*Guilin* 541004，*China*；2. *Guangxi No*. 1 *Geological Team*，*Guilin* 541100，*China*)

Abstract：There are two kinds of large – scale fault structures in the southwestern Guangxi，one is the onward outspreaded imbricate Pingxiang thrust – nappe tectonics，with strike between 25° ~ 40°，dip to SE，dip angle between 20° ~ 30°，thrust direction towards 310 ± . It has an obvious zoning system with $e=-33.3\%$. $\varepsilon_\gamma=66.7\%$，$S>5$

600 m，and it was formed as a result of the fault – thrust movement of the Indo – Chinese – Yanshan epoch. The other is Pingxiang – Dongmen fault. It stikes at 45° ~ 80°and dips generally southward with dip angles between 50° ~ 80°，it was a tension fault during the Hercynian epoch，and was transformed into a dextral strike – slip one during the Indo – Chinese – Yanshan epoch with a mixed product of mylonite – cataclasite. The results of the finite strain measurements show that $k = 1.5$，$\gamma = 3 \sim 4$，$X:Z = 10:1 \sim 20:1$，paleostress $\Delta\sigma$ is between 100 ~ 120 MPa. Gold ore is related to the stike – slip faults，with main faults directing the ore – forming flow while the secondary NE faults control the ore bodies. Gold ore mineralization is usually existed in the altered lava cataclasite，and T_1 medium – acidic volcanic lava is an important layer to look for gold ore deposits. Supergene oxidation helps secondary ore enrichment. The gold enrichment variation in the thrust – nappe tectonics is as follows：front zone 1.0×10^{-9}，middle zone 1.94×10^{-9}，root zone 2.18×10^{-9}，the value increases from the front zone to the root zone，and this will have to be paid attention to in our geological exploration around the root zones.

Key words：thrust – nappe tectonics；strike – slip fault；gold ore deposit；Pingxiang region；Guangxi