

文章编号:1671-5888(2003)04-0419-05

马来西亚沙撈越 Punda 走滑构造及其动力学成因

赵财胜, 孙丰月, 李碧乐, 姚凤良

(吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130061)

摘要:沙撈越 Punda 走滑构造为一典型的右旋走滑构造形式,是最近东西向 F 断裂(PDZ)发育特征的负花状构造或耶全斋构造,并构成走滑伸展双重构造。Luconia 陆块与巽他克拉通的碰撞及卢梭断裂的走滑是 Punda 走滑构造形成的动力学成因。同时,利用 Riedel 单剪模式和走滑次级构造逐级配套模式可以合理地解释 Punda 走滑断裂的构造形式。

关键词:Punda 走滑构造;负花状构造;走滑伸展双重构造;Riedel 单剪模式;动力学成因;沙撈越;马来西亚

中图分类号:P542.3 文献标识码:A

沙撈越 Punda 及周边地区位于欧亚板块、印度洋—澳大利亚板块、太平洋板块相互拼接、相互作用的三角地带,自古生代以来经历了复杂的构造地球动力学演化。该区构造岩浆活动强烈,且形成了独具特色的构造样式,近东西向走滑断裂中的花状构造即为其一。笔者在沙撈越西部的区域地质调查过程中,首次在 Punda 走滑构造中发现了近东西向 F 走滑断裂派生的花状构造^[1],且这种构造与矿产的形成有着密切的关系。本文就其构造特征及其动力学成因进行浅析。

1 区域构造格架

1.1 大地构造背景

Punda 走滑构造地处马来西亚沙撈越境内,地理上位于加里曼丹岛(旧称婆罗洲)的西北部,其基底为巽他(Sundaland)克拉通。晚新生代以来,印度洋—澳大利亚板块和太平洋板块分别向北和北西漂移,并与欧亚板块不断俯冲挤压碰撞。因此,整个加里曼丹岛处于三大板块斜向汇聚作用带内(图 1)^[2]。

1.2 沙撈越区域构造

该区域地质从南西到北东可分为 3 个主要构



图 1 加里曼丹岛大地构造背景^[2]

Fig. 1 Location map and tectonic framework of Kalimantan^[2]

造带,即古晋带、诗巫—拉让带和米里带(图 2)^[4]。

古晋带是巽他克拉通的东北边缘,被认为是早白垩世拼贴于印支期固化的巽他克拉通上的俯冲增生楔,带内发育晚白垩世—中新世侵入体。其中,在

收稿日期:2002-10-25

基金项目:吉林大学地球科学学院与加拿大 TMC 公司国际合作项目资助(3B610014015)

作者简介:赵财胜(1976-),男,内蒙古凉城县人,博士研究生,主要从事热液矿床成矿理论与预测研究。

E-mail:zhaocsh@sina.com

通讯联系人:孙丰月(1963-),男,山东淄博人,教授,博士生导师,主要从事热液矿床成矿理论与预测研究。

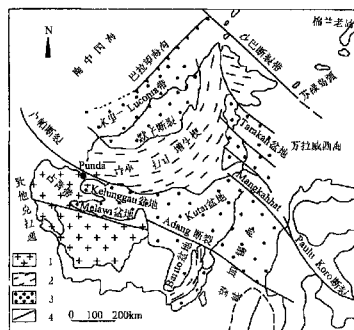


图2 加里曼丹构造区域略图(据文献[3]改编)

Fig. 2 Regional structure map of Kalimantan

1 巽他克拉通, 2. 褶皱带, 3 第三纪盆地, 4 断裂带

晚第三纪渐新世—中新世的钙碱性岩浆带中发育大量的晚第三纪浅成低温热液矿床。

诗巫—拉让带由强烈褶皱、弱变质的晚白垩世—渐新世拉让组复理石沉积物组成。Hutchison^[4]认为, 这些复理石建造是由晚渐新世 Luconia 大陆块和巽他克拉通北缘相聚合而被刮进增生堆积体的浊积岩。

米里带是 Luconia 大陆块的一部分, Luconia 大陆块位于巴拉望海沟西北部, 巴拉望海沟是中新世俯冲带的痕迹, 而该带东南部的俯冲痕迹是默辛线。该带主要由强烈褶皱的晚白垩纪—始新世河流三角洲沉积物组成。

古晋带的东侧为著名的卢帕断裂带, 出露有侏罗纪—白垩纪蛇绿岩, 为诗巫—拉让带与古晋带之间的缝合线, 闭合于早渐新世^[5]。在沙撈越境内, 卢帕断裂带起始于斯里阿曼省, 经卢巴安都向东南延伸至沙撈越与印尼加里曼丹省的边界, 长约 38 km。断裂带走向 NW—SE, 倾向 SW, 倾角变化较大, 变化范围约在 25°~80°之间。实际上, 卢帕断裂为红河断裂经越东断裂、万纳断裂在沙撈越的延伸段内^[1]。不过, 目前关于这方面的实际资料较少。断裂带内发育一系列雁列式断裂构造和褶皱构造, 混杂堆积和呈线形分布的蛇绿岩及其它的铁镁质岩石。该断裂为压扭性右旋走滑断裂, 是北东大洋地壳向南巽他克拉通斜向俯冲的直接结果。Chung Sook Keong^[6]认为, 卢帕断裂带是沙撈越地质的枢纽带, 卢帕断裂的演化和发展对区域成岩成矿和构

造分布具有直接的影响和控制作用。

2 Punda 走滑构造特征

Punda 走滑构造位于古晋带东北部, 卢帕走滑断裂带南西。根据 Paterson Grant, Watson LTD (PGW) 1992 年在西部沙撈越航空磁法和放射性法 (U、Th、K) 物探报告^[7]可知, 在西部沙撈越, 除卢帕走滑断裂之外, 一条近东西向的走滑断裂为该区域又一条重要的区域性断裂, 其断裂形迹在 Punda 地区表现为 F 断裂。Punda 走滑构造主要由上述 F 断裂和 F 断裂两侧相伴生的一系列北西向 (F₁、F₂、F₃)、北东向 (F₄、F₅) 次级断裂构造组成 (图 3)^①。

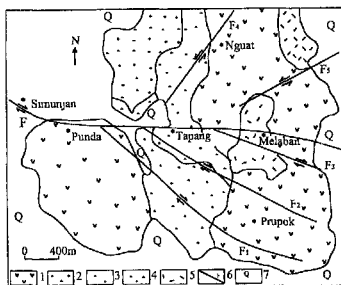


图3 Punda 地区地质简图^①

Fig. 3 Geological map of Punda area^①

1 安山质—英安质火山岩, 2 北岗闪长斑岩, 3 石英闪长斑岩, 4 斜长闪长岩, 5 凝灰岩, 6 断层, 7 第四纪沉积物

2.1 F 走滑断层

F 走滑断层西端起于 Simunjan 一带, 向东经 Punda, Tapang, Melaban 延至斯里阿曼的卢帕河。总体走向近东西, 局部出现弯曲偏向北西和南东。在 Punda 地区出露最好, 破碎带宽约 50~500 m, 断裂主断裂面倾向变化较大, 大区域上以倾向南—南西为主, 倾角陡立, 多在 75°以上。F 断裂最初为巽他克拉通结晶时的基底断层, 后期由于 Luconia 陆块与巽他克拉通的碰撞引起的活化作用, 使之发生了右旋走滑运动, 为张扭性右旋走滑断裂构造。F 断裂可深切地壳深部, 广泛出露的脉岩为其证据。断裂带内断层角砾岩或水平擦痕发育, 并常见牵引

① Annual Report for General Prospecting Work Completed in GPL Areas, Sri Aman District, Mabong Mining SDN BHD (内部资料), 2006。

构造及重晶石化、方解石化和硅化现象。

2.2 次级走滑断层

在 Punda 地区, F 断裂两侧相伴生的次级北西向和北东向构造分别为 F_1 、 F_2 、 F_3 和 F_4 、 F_5 , 呈羽状雁列式分布。北西向次级断裂均分布于 F 断裂的南侧, 并与其以较小锐角相交, 亦为右旋走滑断裂构造。往南东方向延伸, 北西向断裂有逐渐收敛的趋势。总体走向北西—北北西, 倾向北东, 倾角较陡, 多为 $60^\circ \sim 80^\circ$ 之间; 北东向次级断裂均分布于 F 断裂的北东侧, 发育于 F 断裂附近, 为左旋走滑断裂构造, 但是否与 F 断裂相交极不明显。总体走向北北东—北东, 倾向南东, 倾角多大于 70° , 多数近于直立。次级断裂破碎带宽 $10 \sim 250$ m 不等, 局部发育断层泥, 多见水平擦痕, 亦见硅化、方解石化和重晶石化等蚀变现象。

2.3 花状构造

花状构造是走滑断裂系统中的特征性构造之一。由于它在剖面上是一条自下而上呈花状散开的走滑断裂, 故而称为花状构造。鉴别花状构造主要依据构造的平面和剖面的结构以及区域应力场等特征。如果在剖面上背冲式断层向下汇总为一条陡立的断层, 平面上又显示走滑断层的特点, 则为花状构造, 否则不能称为花状构造。根据花状构造的结构和力学性质, 可分为正花状构造和负花状构造两种类型^[8]。

负花状构造或郁金香构造为 Punda 走滑构造的特征构造。在 Punda 钻孔剖面图, 近于直立的主走滑断裂 F 及其次级羽状雁列式走滑断裂 F_1 、 F_2 、 F_3 构成一典型的负花状构造(图 4)。断裂向上散开分叉, 形成由正断层组成的似地堑式构造, 断面呈波状, 下陡上缓, 凹面向上。断裂带内角砾岩十分发育, 局部仅见碎裂岩化现象。角砾岩为棱角状、次棱角状, 磨圆度极差。角砾岩成分单一, 主要由火山凝灰岩组成。角砾之间的胶结物主要为热液矿物, 如石英、方解石和其他蚀变矿物(如绿泥石、高岭石)和金属矿物(如黄铜矿、黄铁矿)。如果剔除两边的胶结物, 两边的角砾可以完整无缝地对接。地表的构造岩以脆性变形为主, 向下逐渐过渡为脆—韧性变形。安山质玄武岩和镁铁质闪长岩充填其间。

2.4 走滑双重构造

在走滑断层的转弯、错断或阶跃(stepover)和非连续 Riedel 破裂等部位发生汇聚走滑和离散走滑, 形成一组次级的同向叠瓦状走滑断裂, 两侧被主

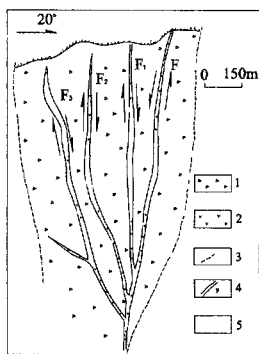


图 4 Punda 地区钻孔剖面图及负花状构造

Fig. 4 Geological prospecting cross-section map and tulip flower structure, Punda area

1 角砾岩, 2 凝灰岩和熔结凝灰岩, 3. 角砾岩带边界, 4. 断层和安山质玄武岩脉; 5. 第四纪沉积物

断层所围限形成走滑双重构造。根据结构和力学性质的不同, 走滑双重构造可分为收缩双重构造和伸展双重构造^[9]。

事实上, 花状构造和走滑双重构造是由走滑断裂作用形成的同一种构造样式在不同观察方向上的不同表现形式。在平面上, 由近东西向的主走滑 F 断裂和其次级北西向 F_1 、 F_2 、 F_3 断裂构成走滑双重构造(图 5)。 F_1 、 F_2 、 F_3 走滑断裂呈同向叠瓦状被主走滑断裂 F 所围限。F 断裂为张扭性右旋走滑断裂, 而且剖面上的花状构造表现负花状特征, 因此, 该走滑双重构造应为伸展双重构造。

3 动力学成因

始新世—早渐新世, 由于印度洋—澳大利亚板块对欧亚板块的俯冲以及亚洲边缘的裂谷作用产生了南中国海, 致使 Luconia 陆块向南东方向漂移, 南中国海洋壳消亡于巽他克拉通北缘, 消亡带为南东走向的拉让海沟^[10]。与之有关的岩浆岩沿加里曼丹大陆边缘分布, 从 Sintang(加里曼丹中西部)起, 通过 Kelian 直至 Tarakan 盆地。中新世, 应是 Luconia 陆块与巽他克拉通北缘碰撞对接的时期, 其中早渐新世拉让海沟内的沉积物遭受了强烈的褶

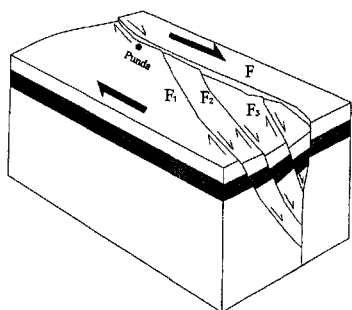


图5 Punda地区走滑双重构造示意图

Fig. 5 Sketch map of extensional duplexes in Punda strike-slip faults

皱。叠瓦状的蛇纹岩表明,卢帕断裂是与碰撞作用有关的缝合线^[13]。

Luconia 陆块与巽他克拉通的碰撞引起卢帕断裂的右旋走滑。同时,卢帕断裂的右旋走滑活化了巽他克拉通近东西向的基底断层 F,使 F 断层发生右旋张扭性走滑。在 F 断裂的伸展弯曲部位产生力的分解,形成一系列羽状雁列式分布的次级走滑构造(F₁、F₂、F₃、F₄和 F₅)。而北西向的次级构造与主走滑断裂 F 形成一个典型的伸展双重构造,负花状构造发育良好。

同时,可以利用 Riedel 单剪模式^[12]和次级构造

的逐级配套模式^[14]合理地解释 Punda 走滑断层的构造形式(图 6)。通常走滑构造运动可以导致 Riedel 剪切(R 型剪切断裂)、共轭 Riedel 剪切(R'型剪切断裂)、P 剪切、张性断裂(T)和主位移带(Principal Displacement Zone, PDZ)的形成。卢帕走滑断裂为西部沙撈越最大的一级走滑断裂,为压扭性右旋走滑断裂。同时也是 F 断裂的主走滑断裂;近东西向的 F 断裂是二级走滑断裂,是卢帕断裂的 Riedel 剪切断裂(R 断裂),与卢帕断裂表现为同旋向,为张扭性右旋走滑断裂。同时 F 断裂也是三级走滑断裂 F₁、F₂、F₃、F₄、F₅的主走滑断裂;根据三级走滑断裂受力和旋向的不同,它们分别属于 F 断裂的 R 断裂和 X 断裂。F₁、F₂、F₃属 F 断裂的 R 断裂,F₄、F₅属于 X 断裂。

4 结束语

从已收集到的资料表明,花状构造出现的地方,往往有矿化的产生或矿床的形成。Punda 走滑构造发育典型的负花状构造,并形成伸展双重构造。Punda 走滑构造是 Punda 铜金矿床重要的控岩控矿构造,且控制角砾岩筒的展布。根据花状构造向下延伸逐渐收敛的特点,该角砾岩筒为漏斗状或倒锥子状,发育的矿化有黄铜矿化、黄铁矿化、磁黄铁矿化和毒砂等。根据其构造控矿规律可知,含矿气水热液从地壳深部沿 F 断裂上升,并从围岩中淋滤、萃取部分成矿物质,在一系列雁列式次级构造有利的部位聚集成矿。走滑构造形成的伸展双重构造

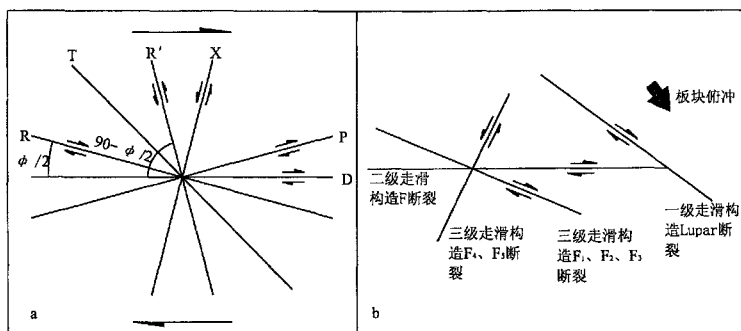


图6 Punda 走滑构造的动力学成因

Fig. 6 Dynamic process of Punda strike-slip faults

a. Riedel 单剪模式的逐级走滑配套模式^[12], b. 板块俯冲及走滑伸展双重构造的形成

既是 Punda 地区铜金矿的导矿构造,又是重要的控矿构造。因此,研究该地区的走滑构造不仅具有重要的理论意义,而且对 Punda 铜金矿找矿勘探又具有重要的实践意义。

本文初稿承蒙刘正宏教授仔细审阅和悉心指导。在野外地质调查过程中得到了加拿大 TMC 公司全体同仁的大力支持与帮助。在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 赵财胜.西南太平洋区域地质、成矿作用及 Punda 金铜矿床特征研究[D].长春:吉林大学,2002.
Zhao Caisheng. Study on regional geology and mineralization of southwest Pacific area and mineralized characteristics of Au—Cu ore deposit in Punda area, Sarawak, Malaysia [D]. Changchun: Jilin University, 2002.
- [2] Nichols G, Hall R. History of the Celebes sea basin based on its stratigraphic and sedimentological record [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1999, 17: 47 - 59.
- [3] Hutchison C S. Tectonic evolution of Sundaland, a Phanerozoic synthesis [J]. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 1973, 6: 61 - 86.
- [4] Hutchison C S. The 'Rajang accretionary prism' and 'the Lupar line' problem of Borneo [J]. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 1986, 20: 201 - 220.
- [5] Haile N S, Lam S K, Banda R M. Relationship of gabbro and pillow lavas in the Lupar Formation, West Sarawak; implications for the interpretation of the Lubok Antu Mlange and the Lupar Line [J]. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia*, 1994, 36: 1 - 9.
- [6] Chung S K. Geology of the Kuching area west Sarawak, Malaysia [M]. Kuala Lumpur: Malaysia Ministry of Primary Industries, 1993. 92 - 104.
- [7] Paterson Grant, Watson LTD (PGW). Interpretation of airborne magnetic and radiometric surveys west Sarawak, Malaysia [R]. Kuala Lumpur: Geological Survey of Malaysia, Sarawak United Nations Project, 1988. 8 - 16.
- [8] Dahlstrom C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains [J]. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 1970, 18: 332 - 406.
- [9] Woodcock N H, Fischer M. Strike-slip duplexes [J]. *Journal of Structural Geology*, 1986, 8(7): 725 - 735.
- [10] Honza E, John J, Banda R M. An imbrication model for the Rajang accretionary complex in Sarawak, Borneo [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2000, 18: 751 - 759.
- [11] Atmadja R S, Noeradi D, Priadi B. Cenozoic magmatism in Kalimantan and its related geodynamic evolution [J]. *Journal of Asian Earth Science*, 1999, 17: 25 - 45.
- [12] Davis G H, Stephen J R. Structural geology of rocks and regions. Second Edition [M]. New York: John Wiley Sons Inc, 1996. 456 - 512.
- [13] Price N J, Cosgrove J W. Analysis of geological structures [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 321 - 328.

PUNDA STRIKE-SLIP FAULTS IN SARAWAK MALAYSIA AND ITS DYNAMIC PROCESS

ZHAO Cai-sheng, SUN Feng-yue, LI Bi-le, YAO Feng-liang
(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130626, China)

Abstract: A typical strike-slip extensional duplexes with a characteristic tulip flower structure are developed along the east-west oriented F fault (PDZ) in Punda dextral strike-slip faults. According to the characteristics of master fault and its secondary strike-slip faults of the Punda strike-slip faults, we know the collision between Luconia continent and Sundaland and strike-slip of Lupar valley are predominant dynamic process in the formation of the Punda strike-slip faults. And Riedel shear model and distributional model of its secondary strike-slip faults can explain reasonably the distribution and characteristics of the Punda strike-slip faults.

Key words: Punda strike-slip faults; tulip flower structure; strike-slip extensional duplexes, Riedel shear model; dynamic process; Sarawak; Malaysia