钦州湾–杭州湾构造结合带(南段)地质演化和找矿方向

周永章,曾长育,李红中,安燕飞,梁　锦,吕文超,杨志军,何俊国,沈文杰
ZHOU Yong-zhang, ZENG Chang-yu, LI Hong-zhong, AN Yan-fei, LIANG Jin, LÜ Wen-chao, YANG Zhi-jun, HE Jun-guo, SHEN Wen-jie

广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室/中山大学地球科学系/中山大学地球环境与地球资源研究中心,广东 广州 510275
Guangdong Provincial Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resource Exploration/Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University/Center for Earth Environment and Resources, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China

摘要: 钦州湾–杭州湾结合带是位于扬子与华夏两大古陆块中间的巨型构造结合带。根据内部结构不均一性和演化历史的差异,钦–杭结合带可划分为 3 段:北(东)段、中段和南(西)段,分界线大致为北纬 24°和北纬 27°。中段与南岭带大体一致;北段指南岭以北地区,即绍兴–江山–萍乡一带;南段位于南岭以南区域,大致与云开–十万大山带相当。钦–杭结合带南段是华南大陆壳再造和矿产资源寻找的重要研究课题。它的地质演化与钦–杭结合带具有整体一致性,特别是具有一致的开–合历史。震旦系底部的粤西云浮大降坪块状硫化物矿床是海底喷流沉积的产物, 它与信宜和陆川新元古代蛇绿岩等是南段洋壳存在的重要证据。在进一步的矿床勘查中,要重视斑岩型铜(钼)矿床的寻找。中酸性斑岩体来自于元古宙岛弧底部玄武质岩石(下地壳)在中生代时期的部分熔融,本质上该类矿床带有岛弧俯冲环境的基因。

关键词:钦–杭结合带;华夏地块;华南大陆壳再造;洋壳部分熔融;岛弧玄武质岩石;斑岩型铜矿
中图分类号:P542^{+}.4; P612　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1671–2552(2012)02/03–0486–06

Zhou Y Z, Zeng C Y, Li H Z, An Y F, liang J, Lü W C, Yang Z J, He J G, Shen W J. Geological evolution and ore-prospecting targets in southern segment of Qinzhou Bay–Hangzhou Bay juncture orogenic belt, southern China. ***Geological Bulletin of China*****,2012,31(2/3):486–491**

Abstract: The Qinzhou Bay (Q)–Hangzhou Bay (H) juncture orogenic belt is a giant suture separating Yangzi block from Cathaysian block in South China. It can be divided into three segments, i.e., the northern, the middle and the southern on the basis of the geological variation, separated roughly by the 24° and 27° north latitude. The middle segment is in accordance with the traditional Nanling belt, the northern segment is roughly coincident with the Shaoxing – Jiangshan – Pingxiang zone, and the southern segment is consistent with Yunkai – Shiwandashan Mountainous zone. The southern segment of the Q – H joint orogenic belt is one of the most important topics in studying reworking of the continental crust and mineral prospecting in South China. It is coincident with the whole juncture orogenic belt in geological evolution. The Neoproterozoic massive sulfide deposits occurring at Dajiangping and ophiolite at Xinyi and Luchuan of Yunkai area are direct evidence for existence of an old ocean. More attention should be paid to porphyry copper deposits in future mineral resource prospecting in the study area. These ore deposits are hosted in granitic porphyry which originated from partial melting of the island–arc basaltic rocks associated with subduction of the Proterozoic oceanic plate.

Key words: Qinzhou Bay (Q)– Hangzhou Bay (H) juncture orogenic belt; Cathaysian block; reworking of continental crust of South China; oceanic crust partial melting; island–arc basaltic rocks; porphyry copper deposit

收稿日期:2011–12–19;**修订日期**:2012–01–16
资助项目:中国地质调查局项目《钦杭成矿带广东庞西垌地区矿产资源远景调查》(编号:资[2010]矿评 01–15–33)
作者简介:周永章(1963–),男,教授,博士生导师,从事矿床地质与地球化学研究。E–mail:zhouyz@mail.sysu.edu.cn

1　钦(州湾)–杭(州湾)结合带是重要的研究课题

钦–杭结合带是位于扬子与华夏两大古陆块中间的巨型构造结合带。该带从西南端广西钦州湾,经湘东和赣中,延伸到东北端浙江杭州湾地区,全长近2000km,宽 100~150km,总体呈反 S 状弧形展布。最近中国地质调查局把它列为重要的成矿带, 并部署了相应的矿产勘查工作。

扬子地块和华夏地块是南中国最重要的 2 个块体,已取得了许多有意义的研究成果[1–8]。关于扬子地块与华夏地块之间的结合带, 前人存在诸多不同的认识, 甚至争论。传统认识主要有 3 种观点: 一种认为结合带是地台的活化区或褶皱区[2];另一种认为它是元古宙岛弧褶皱系[5];第三种认为它是碰撞造山作用形成的构造混杂岩或加里东褶皱造山带[9–10]。

1987 年,水涛[11]针对江–绍断裂带提出"两陆夹一槽"的模式,认为绍兴–江山断裂是由"华夏古陆"和北侧的 "江南古陆" 发生碰撞而留下的缝合线遗迹。1997 年,杨明桂等[12]进一步提出"钦–杭结合带"的观点, 认为钦–杭结合带位于扬子与华夏两大古陆块碰撞拼贴形成的巨型板块结合带内。目前已经确认江山–绍兴断裂带是一大型韧性剪切带, 也是扬子与华夏地块碰撞拼贴的界线; 在扬子和华夏地块之间存在古洋壳,在皖南歙县、祁门县和赣东北樟树墩地区发现蛇绿岩, 在赣东北蛇绿岩内发现埃达克型花岗岩[13–17]。

但至今对钦–杭结合带南段的研究还十分薄弱。复杂的地质情况是诸多争议长期存在的原因之一。笔者认为, 无论从华南大陆壳再造的纯理论研究,还是从矿产资源的寻找来看,钦–杭结合带南段都是当前需引起地质学家重视的研究课题。

近年来,笔者承担了《钦–杭成矿带(南段)庞西垌矿产远景区的地质矿产调查》项目。本文介绍在工作过程中所进行的若干思考和取得的若干认识,与同行们共同讨论。

2　钦–杭构造结合带可分为北、中、南 3 段

前人根据钦–杭结合带内部结构的不均一性提出两分观点:南岭以北为北段,南岭至云开地区为南段①。但笔者认为,三分方案能更客观地反映钦–杭结合带内部结构的不均一性特征。

三分方案即钦–杭结合带可分为北(东)、中、南(西)3 段(图 1)。其中,中段与南岭带大体一致,主要分布在北纬 24~27°之间; 北段指南岭以北地区, 即绍兴—江山—萍乡一带, 与前人的划分一致;南段位于南岭以南区域,大致与云开–十万大山带相当。钦–杭结合带内部结构的不均一性是客观存在的,具体表现在沉积历史、构造特征、岩浆活动等方面。3 段划分方案在优势矿种的区域分布上有很好的体现。

总体上,北段的优势矿种为铜、铁和贵金属。代表性矿床包括江西德兴铜矿、冷水坑斑岩型铅锌银矿、银山金铜铅锌矿、金山金矿[18–19]和浙江平水铜矿、漓渚钼铁矿、桃红铜矿、白鹤店铜矿等[20–21]。

中段为南岭成矿带, 是世界著名的花岗岩省和重要的钨锡多金属矿原产地。代表性矿床有东坡、水口山、锡田、西华山、大吉山、铜山岭、黄沙坪、柿竹园等一大批与岩浆活动有关的矿床[22–26]。

南段的优势矿种有金、银、多金属等,主要矿产分布在云开、大瑶山和十万大山地区。代表性矿床包括河台金矿[27]、庞西垌银矿[28]、大明山金银矿[29]、云安高枨铅锌银矿床、长坑大型银金矿[30]等。新近发现若干较为特征的斑岩型铜钼矿床等①。

3　南段的地质演化与钦–杭结合带具有整体一致性

根据对北段的研究, 有些学者认为钦–杭结合带的地质演化整体上经历了多次开裂和晋宁期、加里东期、印支期碰撞拼贴造山作用[31]①。

与中段、北段相比,前人对南段的地质演化存在不一致的认识。争论的焦点主要是:①南段是否存在真正的洋壳;②南段与中、北段是否具有一致的演化历史;③南段的开–合机制和轨迹如何。

3.1　洋壳存在的证据

钦–杭结合带南段主要包括云开大山变质地块和十万大山盆地。该段存在洋壳的最直接证据是广东云浮大降坪块状硫化物矿床的存在。该矿床成矿层位是震旦系底部地层, 矿石是海底喷流沉积的产物[32]。

此外, 在对粤西河台金矿田和庞西垌银金矿床的研究中,人们发现它们的矿源层是震旦系地层,包含有特征的古海洋热水成因沉积物, 热水沉积作用

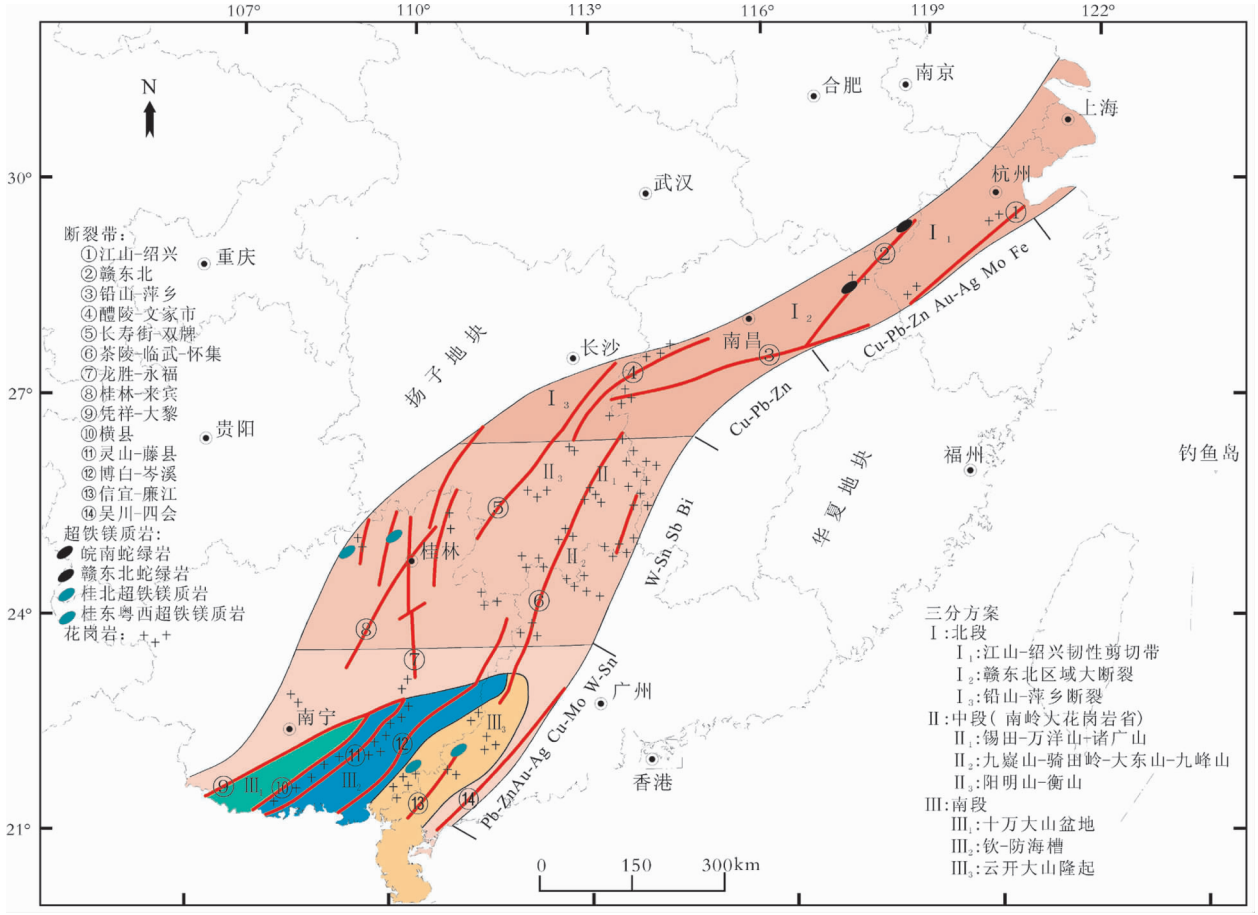


图 1 钦州湾–杭州湾构造结合带的范围及其三分方案

Fig. 1 Limits of Qinzhou Bay (Q)– Hangzhou Bay (H) juncture orogenic belt and scheme for dividing it into three parts

参与了金在矿源层形成阶段的初步富集[27-28]。

最近几年的研究显示，钦–杭南段至少在新元古代曾存在“多岛洋盆”[33]。在云开地区的腹地信宜和陆川，人们发现存在中元古代蛇绿岩[34]，云开地块北缘构造带中的变质基性火山岩为洋中脊型(MORB)和岛弧型(IAT)2 类玄武岩。在十万大山盆地，中酸性火山岩、基性岩也表现出岛弧、洋脊、洋岛过渡玄武岩与大陆火山岩叠加的特点，具有印支期扬子与华夏地块碰撞构造叠置的特点。云开隆起的核部片麻–条带–眼球状岩石为中元古代岛弧花岗质岩石[35]。

3.2 地质演化基本格局

进一步的研究[35-39]显示，晋宁期、加里东期和印支期 3 次碰撞造山作用是钦–杭结合带南段地质演化的重大地质事件。中元古代或更早时期，该区是一古洋盆或多岛弧盆地。云开隆起的核部片麻–条带–眼球状岩石即为中元古代岛弧花岗质岩石，是中元古代扬子板块和华夏板块碰撞作用的产物[35]。

加里东期造山运动使云开群和寒武系广泛遭受区域变质作用和混合岩化作用，形成云开群变质岩系，构成该区的变质基底。晚古生代该地区则相对平静，沉积了巨厚的深海—半深海复理石建造。至印支阶段，扬子与华夏地块于十万大山地区完成碰撞拼贴，从而由海相环境转变为陆相环境，正式进入板内造山阶段[40]。

通过南段和北段开–合历史的比较可见，两段具有十分相似的地质演化特征，突出表现：①两地具有一致的开–合历史，都经历了晋宁期、加里东期和印支期碰撞造山过程；②海西期两地都相对平静，且都处于海相沉积环境；③印支期南段和北段都经受了强烈的造山作用。自印支运动后，钦–杭带与整个华南地区一起，构造转换处于太平洋构造域体系，受

太平洋俯冲板块的影响，发育了一系列 NE—NNE 向断裂。简而言之,南方大地构造的基本格局是“两陆夹一槽”模式。

4　斑岩型矿床具有很大的找矿潜力

笔者在钦杭成矿带南段庞西垌成矿远景区检查地球化学异常时,特别注意到斑岩型铜(钼)矿床的潜力和价值。斑岩型矿床具有全岩成矿的特点,规模大,易开采,其经济意义显而易见。进而,笔者提出了要在工区,乃至整个钦杭成矿带南段,重视寻找斑岩型铜(钼)矿床的认识。

4.1　斑岩铜矿的发现史

斑岩铜矿首先在钦杭成矿带的北段发现，以德兴斑岩铜矿最为典型。该矿床处于赣东北深断裂带上盘(北西侧),基底由中元古代浅变质岩系组成,区域岩浆岩主要为燕山期 I 型花岗岩。成矿岩体主体为燕山早期第二阶段的花岗闪长斑岩，成矿斑岩呈小岩株状产出,岩浆分异程度高。铜矿体赋存于成矿斑岩体内和外接触带中，以外带为主①。LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学研究结果指示②,德兴花岗闪长岩形成于中侏罗世(171~174Ma),对应区域上岩石圈减薄的大地构造背景。

近几年来，在云开隆起封开地区发现了圆珠顶大型斑岩型铜钼矿。根据广东省地勘局 719 地质大队完成的勘探评价报告,钻孔见矿率达 90%以上。矿体主要分布在斑岩体外接触带的砂岩地层中，工业矿体分布在岩体外接触带 0~400m 的范围内，平面上呈环形围绕着岩体分布，矿床类型为细脉浸染型铜钼矿床。铜、钼矿体渐变过渡。

本研究在庞西垌工区初步确证了南和铜(钼)矿床。该矿床产于钦-杭成矿带南段古城-沙铲断裂带内的燕山期斑岩体与古老混合岩、地层的内外接触带中。岩体岩性主要为黑云母花岗斑岩。区域上还出露有石英斑岩、煌斑岩。矿体主要以细网脉型层状为主。

4.2　斑岩铜矿的成矿模式

全球最大的斑岩铜矿主要分布在汇聚板块边缘。目前被广泛接受的斑岩铜矿成矿模型是岛弧俯冲环境斑岩矿床模型，典型代表是南美洲西海岸的斑岩铜矿带。根据板块构造学说,斑岩铜矿的形成与大洋板块直接向大陆板块之下俯冲有关。在俯冲过程中，部分熔融大洋板块形成含相当数量金属元素的钙碱性系列岩浆[41-43]。这些中酸性岩浆沿断裂上升到仰冲板块边缘，形成斑岩体和斑岩铜矿。斑岩矿床形成的另一重要的大地构造环境是陆-陆碰撞造山环境[44]。在汇聚板块边缘斑岩铜矿模式中，大洋俯冲板块的部分熔融是十分重要的过程。它属于地幔熔融,释放出含铜较高的熔体,成为铜的主要来源。

从燕山期成矿看，钦杭成矿带南段斑岩铜矿应该属于“非俯冲”斑岩型铜矿,不可能是板块俯冲/碰撞环境形成的。

但最近对元古宙岛弧火成岩的认识,为解释“非俯冲”斑岩型铜矿提供了重要的视角:在中元古代时期,钦-杭结合带是一古洋盆或多岛弧盆地。目前观察到的片麻-条带-眼球状岩石即为中元古代岛弧花岗质岩石，是中元古代扬子板块和华夏板块碰撞作用的产物。“非俯冲”斑岩型铜矿的形成与中元古代岛弧在中生代重融有关，因而本质上仍带有岛弧俯冲环境的基因。

上述推想得到系列地球化学数据的支持。研究显示，德兴花岗闪长斑岩具有与新元古代岛弧火成岩(双溪坞群角斑岩及侵入其中的花岗质侵入岩)极为类似的微量元素特征,较高的全岩 $\varepsilon_{Nd}(t)$值(−0.28~0.25),正的锆石 $\varepsilon_{Hf}(t)$值(2~7),对应的两阶段亏损地幔 Nd 模式年龄和 Hf 模式年龄分别为 940~980Ma 和 800~1100Ma(平均 920Ma)②。在 Nd 及Hf 同位素演化图上，德兴花岗闪长斑岩与双溪坞群岩石、侵入其中的花岗质侵入岩所代表的新元古代岛弧岩石演化至中侏罗世相吻合。花岗闪长斑岩锆石 $\delta^{18}O$ 值非常均一(4.7‰~5.9‰),指示岩浆源区岩石为幔源火成岩，没有经历过浅表地质过程(风化、高温热液蚀变等)。笔者推测,德兴花岗闪长斑岩可能来自于该岛弧底部玄武质岩石(下地壳)的部分熔融,由洋-陆俯冲形成的岛弧下地壳岩石于新元古代早期开始，经历了 6 亿多年的地质过程,一直保存在壳幔边界上。直到中侏罗世岩石圈减薄的大地构造背景下，上涌的软流圈地幔带来大量的热量,加热这些岩石,使之发生重熔，形成的含矿岩浆沿着赣东北深断裂带上升并侵入、演化生成斑岩铜矿[11,45]。

鉴于钦-杭结合带整体具有一致的开-合历史,上述推测同样适用于钦-杭结合带南段的斑岩型矿床，因而对南段斑岩型矿床的理论研究和找矿具有

指导意义。

5 结 论

(1)钦-杭结合带可分为北(东)、中、南(西)3段。三分方案更客观地反映了钦-杭结合带内部结构的不均一性特征。3段划分方案在优势矿种的区域分布上有较好的体现。

(2)钦-杭结合带南段在元古宙时期存在洋壳,震旦系底部的广东云浮大降坪块状硫化物矿床是直接证据。钦-杭结合带南段与北段具有一致的演化历史,特别是一致的开-合机制,在地质演化历史中经历了多次开裂和晋宁期、加里东期、印支期碰撞拼贴造山作用。

(3)钦-杭结合带南段斑岩型矿床具有很大的找矿潜力。形成于中生代的"非俯冲"斑岩型铜矿带有岛弧俯冲环境的基因。中生代中酸性斑岩体来自于中元古代岛弧底部玄武质岩石的部分熔融。

致谢:研究过程中,曾与中国地质调查局张生辉、蔺志永,武汉地质调查中心徐德明、龙文国,中国地质科学院矿产资源研究所陈懋弘先生共同讨论,很受启发,特此致谢。

参考文献

[1]黄汲清.中国主要地质构造单位[M].北京: 地质出版社,1954.

[2]陈国达.中国地台"活化区"的实例并着重讨论"华夏古陆"的问题[J]. 地质学报,1956,36(3): 240-267.

[3]陈国达. 中国东南地洼区的深部构造及其演化[J].大地构造与成矿学,1991,15(1):1-6.

[4]马杏垣. 中国东部前寒武纪大地构造基本轮廓[J].科学通报,1960,(16): 485-490.

[5]郭令智,卢华复,施央申,等.江南中、新元古代岛弧的运动学和动力学[J].高校地质学报,1996, 2(1): 1-13.

[6]卢华复. 关于华夏古陆[J].高校地质学报,2006,12(4): 414-417.

[7]沈渭洲. 华夏地块基底变质岩同位素年龄数据评述[J].高校地质学报,2006,12(4): 475-482.

[8]于津海,Reilly Y S O,王丽娟. 华夏地块古老物质的发现和前寒武纪地壳的形成[J]. 科学通报, 2007, 52(1): 11-18.

[9]许靖华,孙枢,李继亮.是华南造山带而不是华南地台[J].中国科学(B 辑),1987,(10): 1108-1115.

[10]黄汲清,任纪舜,姜春发,等. 中国大地构造基本轮廓[J].地质学报,1977,(2): 117-134.

[11]水涛. 中国东南大陆基底构造格局[J].中国科学(B 辑),1987,(4): 415-422.

[12]杨明桂,梅勇文. 钦-杭古板块结合带与成矿带的主要特征[J].华南地质与矿产,1997,(3): 52-58.

[13]周新民,邹海波,杨杰东. 安徽歙县伏川蛇绿岩套的 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义[J]. 科学通报,1989,(16): 1243-1245.

[14]周国庆,赵建新.华南扬子克拉通东南缘赣东北蛇绿岩的 Sm-Nd 同位素研究[J].科学通报,1991,(2): 128-132.

[15]赵建新,李献华,周国庆,等.皖南和赣东北蛇绿岩成因及其构造意义:元素和 Sm-Nd 同位素制约[J]. 地球化学,1995,24(4):311-323.

[16]吴浩若.赣东北蛇绿岩带相关地质问题的构造古地理分析[J].古地理学报,2003,5(3): 328-342.

[17]李武显,李献华.赣东北蛇绿岩中的埃达克型花岗岩——地球化学和 Nd 同位素证据[J].高校地质学报,2004,10(2): 199-208.

[18]毛景文,张建东,郭春丽.斑岩铜矿-浅成低温热液银铅锌-远接触带热液金矿矿床模型:一个新的矿床模型——以德兴地区为例[J]. 地球科学与环境学报,2010,32(1): 1-14.

[19]孟祥金,侯增谦,董光裕,等. 江西冷水坑斑岩型铅锌银矿床地质特征、热液蚀变与成矿时限[J].地质学报,2009,83(12): 1951-1966.

[20]丁昕,蒋少涌,倪培,等. 江西武山和永平铜矿含矿花岗质岩体锆石 SIMS U-Pb 年代学[J]. 高校地质学报,2005,(3): 383-389.

[21]范效仁,夏国强,谢纪荣,等.漓渚铁矿东矿成矿地质特征及控矿因素分析[J].矿产与地质,2009, 23(6): 538-541.

[22]涂光炽,赵振华.燕山期成矿作用的多样性[J].地质评论,1983,29(1): 57-65.

[23]陈毓川,裴荣富,张宏良. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色、稀有金属矿床地质[J].地球学报, 1990,20(1):79-85.

[24]华仁民,陈培荣,张文兰,等. 南岭与中生代花岗岩类有关的成矿作用及其大地构造背景[J]. 高校地质学报,2005,11(3): 291-304.

[25]胡瑞忠,毕献武,彭建堂,等.华南地区中生代以来岩石圈伸展及其与铀成矿关系研究的若干问题[J]. 矿床地质,2007,26(2):139-152.

[26]陈骏,陆建军,陈卫锋,等.南岭地区钨锡铌钽花岗岩及其成矿作用[J].高校地质学报,2008,14(4):459-473.

[27]Zhou Y Z. Geology and Geochemistry of the Hetai Gold Field, Southern China, Guangzhou [M]. South China University of Technology Press, 1993:310.

[28]王祖伟,周永章.粤桂云开地区庞西垌-金山银金矿床地球化学特征与资源潜力[M].北京:地质出版社, 2003:95.

[29]崔彬,翟裕生,蒙义峰,等. 广西大瑶山—西大明山金银成矿系统研究[J]. 地球科学,2004, 25(4): 352-355.

[30]付建明,徐德明,陈希清,等. 钦-杭成矿带(南西段)特征与成矿规律[J]. 矿物学报, 2009,(增刊 1): 423.

[31]胡开明. 江绍断裂带的构造演化初探[J].浙江地质,2001,17(2):1-11.

[32]周永章,刘建明,陈多福.华南古海洋热水沉积作用研究概述及若干认识[J].矿物岩石地球化学通报, 2000,19(2):114-118.

[33]覃小锋,潘元明,夏斌,等. 云开地块北缘构造带中变质基性火山岩的地球化学特征及其大地构造意义[J]. 地球化学,2007,36(3): 311-322.

[34]彭松柏,金振民,付建明,等. 粤西新元古代蛇绿岩的发现及其地质意义[J]. 科学技术与工程,2004, 4(12): 1006-1012.

[35]彭松柏,张业明,战明国,等. 云开元古宙眼球状花岗岩 Sm-Nd 和 Rb-Sr 同位素体系定年及其动力学意义[J].岩石学报,2000,16(1):99-105.

[36]王祖伟,周永章,张海华,等. 云开基底演化与成矿作用[J].前寒武纪研究进展,1998,21(1):45-53.

[37]许效松,尹福光,万方.广西钦防海槽迁移与沉积-构造转换面[J].沉积与特提斯地质,2001,21(4): 1-10.

[38]周永章,张恩,陈炳辉,等. 华南云开变质地体基底与成矿[J].矿床地质,2002,(增刊):323-325.

[39]邓希光,陈志刚,李献华,等. 桂东南地区大容山-十万大山花岗岩带 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年[J]. 地质论评,2004, 50(4): 426-432.

[40]丘元禧,彭少梅,周永章.云开变质地块的地质特征与演化[M].广州: 中山大学学报编辑部,1996.

[41]Gutscher M A, Maury R, Eissen J P. Can slab melting be caused by flat subduction?[J]. Geology, 2000, 28: 535-538.

[42]Proffett J M. Geology of the Bajo de la Alumbrera Porphyry Copper-Gold Deposit, Argentina[J].Economic Geology,2003,98: 1535-1574.

[43]Cooke D R, Hollings P, Walshe J L. Giant porphyry deposits: Characteristics, distribution, and tectonic controls[J]. Economic Geology , 2005, 100: 801-818.

[44]Hou Z Q, Cook N J. Metallogenesis of the Tibetan collisional orogen:A review and introduction to the special issue[J]. Ore Geology Review,2009,36:2-24.

[45]周新民. 对华南花岗岩研究的若干思考[J].高校地质学报,2003,9(4): 556-565.

① 中国地质调查局资源评价部,武汉地质调查中心,南京地质调查中心.钦杭成矿带重要矿产勘查部署方案.2010.

② 刘玄,等.江西德兴斑岩铜矿的形成:新元古代残留岛弧下地壳重熔.西安:岩石学与地球动力学研讨会论文摘要,2011.

《地质通报》第 31 卷第 4 期要目预告

新疆准噶尔盆地侏罗系—白垩系生物地层和同位素年龄研究的新进展 …… 王思恩等
新疆准噶尔盆地侏罗系齐古组凝灰岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄 …… 王思恩等
青藏高原羌塘地区果干加年山—绒玛乡一带石炭纪—二叠纪
古生物研究新进展 …… 耿全如等
青藏高原北羌塘盆地中部发现晚巴通期—早卡洛夫期菊石 …… 曾胜强等
西藏仲巴地区早古生代鹦鹉螺化石的发现及其地质意义 …… 罗　凯等
走滑断裂型地震诱发滑坡在断裂两盘的空间分布差异 …… 许　冲等
深部岩浆流动形成的岩石的特征及其与糜棱岩、片麻岩的比较
——以华北北缘古生代晚期大光顶岩体为例 …… 周丽云等
新疆塔什库尔干地区"帕米尔式"铁矿床的发现及其地质意义 …… 燕长海等
黔北—渝南地区中二叠世早期梁山组的岩相古地理特征和铝土矿成矿效应 …… 张启明等
河南嵩县庙岭金矿地质特征与钾长石 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 定年 …… 翟　雷等
四川盆地东北部元坝地区中三叠统雷口坡组四段古岩溶特征
及其油气地质意义 …… 马治鸾等
煤层气储层评价方法的选择 …… 孔　锐等
pH 对长江下游沉积物中重金属元素 Cd、Pb 释放行为的影响 …… 王亚平等
水稻土中重金属元素 Cd、Pb 的竞争吸附
——以长株潭地区水稻土为例 …… 王　岚等
对电感耦合等离子体质谱法测定的地下水中 B 元素不确定度的评定 …… 王亚平等
对电感耦合等离子体质谱法测定的地下水中 Ag 元素不确定度的评定 …… 王亚平等
对氨基安替吡啉三氯甲烷萃取分光光度法测定的地下水中
挥发酚不确定度的评定 …… 代阿芳等
对电感耦合等离子体质谱法测定的地下水中 Tl 元素不确定度的评定 …… 袁　建等
对氨基二甲基苯胺比色法测定的地下水中硫化物不确定度的评定 …… 许春雪等