

南岭钨锡多金属矿床成矿系列 与构造岩浆侵位接触构造动力成矿专属

裴荣富 王永磊 王浩琳

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

摘要:南岭构造岩浆带属南华大花岗岩省的主体。它是受地球纬向和经向构造在陆内交切形成的陆壳根入地幔及滨西古太平洋洋壳消减的异曲同工效应构建的多源大规模构造岩浆岩带。多源构造岩浆的形成、岩浆侵入表壳的岩浆构造动力及其侵位于围岩形成的侵入接触构造体系与一定构造岩浆、一定成矿系列的成岩成矿属性密切相关。笔者为从构造岩浆成岩及岩浆侵位构造动力形成的侵位接触构造体系普适性模式,提出强动力形成的正-近接触带构造样式可形成香花岭矿床式-柿竹园矿床式-芙蓉矿床式-黄沙坪矿床式的湘南成矿亚系列;弱主动力形成的正-近接触带构造样式可形成大吉山矿床式-西华山矿床式的赣南成矿亚系列;中强主动力形成的近-远接触构造带倒卧背斜构造样式可形成拉么矿床式-大厂矿床式的桂西北成矿亚系列。最后还提出侵入接触构造体系形成的不同构造样式仅是有利控矿场地的准备,尚需进一步研究侵位岩体的热效应与金属元素淀积的化学动力作用方能更深化认识成矿的强度和有效性。

关键词:南岭构造岩浆带;岩浆侵位接触构造体系;成矿系列构造岩浆侵位动力专属
中图分类号:P611.1⁺¹ **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2009)03-0483-07

1 引言

20 世纪 90 年代以来,成矿学家提出构造岩浆成矿作用多与壳幔不协调(同步)运动引发软流圈和地幔上涌以及与岩石圈四维构造演化的最佳耦合密切相关。以笔者为首执行的国际地质对比计划 IGCP-354“岩石圈超巨量金属工业堆积”项目(裴荣富等, 1995—2000),在国际上召开的 5 年研讨会都以探讨“根入地幔”(Mantle rooted)构造与成矿为主题^[1]。“根入地幔”意为壳幔不协调(同步)的互动引发地幔隆升,地壳伴随超壳深断裂被拆沉而植入地幔,继而受热幔环流引发大规模构造岩浆事件,并在岩浆侵位的构造动力作用下,在地壳表壳(Supercrust)特定空间形成侵位接触构造体系不同构造样式,从而为超巨量金属工业堆积提供最佳成矿场地准备(Ground preparation)。笔者特以壳幔不同步构造动力与

成矿的论点,提出深部构造岩浆的形成、表壳岩浆构造动力作用及其与被侵入围岩构筑不同侵入接触构造体系而成矿的“三步曲”,探讨成矿系列与构造岩浆成岩和侵位接触构造动力作用的成矿专属。

2 岩浆侵位接触构造体系动力概念模型

岩浆侵位接触构造体系是在地球深部形成构造-岩浆及其侵位至表壳的岩浆-构造动力作用的最终表现。接触构造体系的不同构造样式是有利控矿场地的准备,也是对有一定成因联系的一组矿床成矿系列^[2]成矿的构造动力专属。

根据上述深部构造-岩浆及表壳岩浆-构造动力作用,按其侵位于围岩中的主动-被动及其强弱,可将岩浆侵位接触构造体系划分为:

(1)强主动侵入的“顶沉”(Roof-founding)构

收稿日期:2009-02-11;改回日期:2009-03-12

基金项目:国家自然科学基金项目(40572061)资助。

作者简介:裴荣富,男,1924年生,中国工程院院士,长期从事大型-超大型矿床成矿规律研究;E-mail:peirf@sohu.com。

造(图1①④⑤⑥,图2B-a)。该构造主要为受蒸气岩浆作用(Phreato-magmatism)形成的高热花岗岩类(HHP)。主要为含Be、Li、F的被称之为BELIF花岗岩^[9],除在成岩演化过程中形成多期侵入的“体中

体”^[9],在主侵入体正接触带强侵入动力作用下围岩陷落形成“顶沉”,除围岩未被侵穿而保留顶盖(Roof)外,有的被拆离成顶垂体(Roof-pendent)和顶垂体被断入岩体中的捕虏体(Xenoliths),同时还

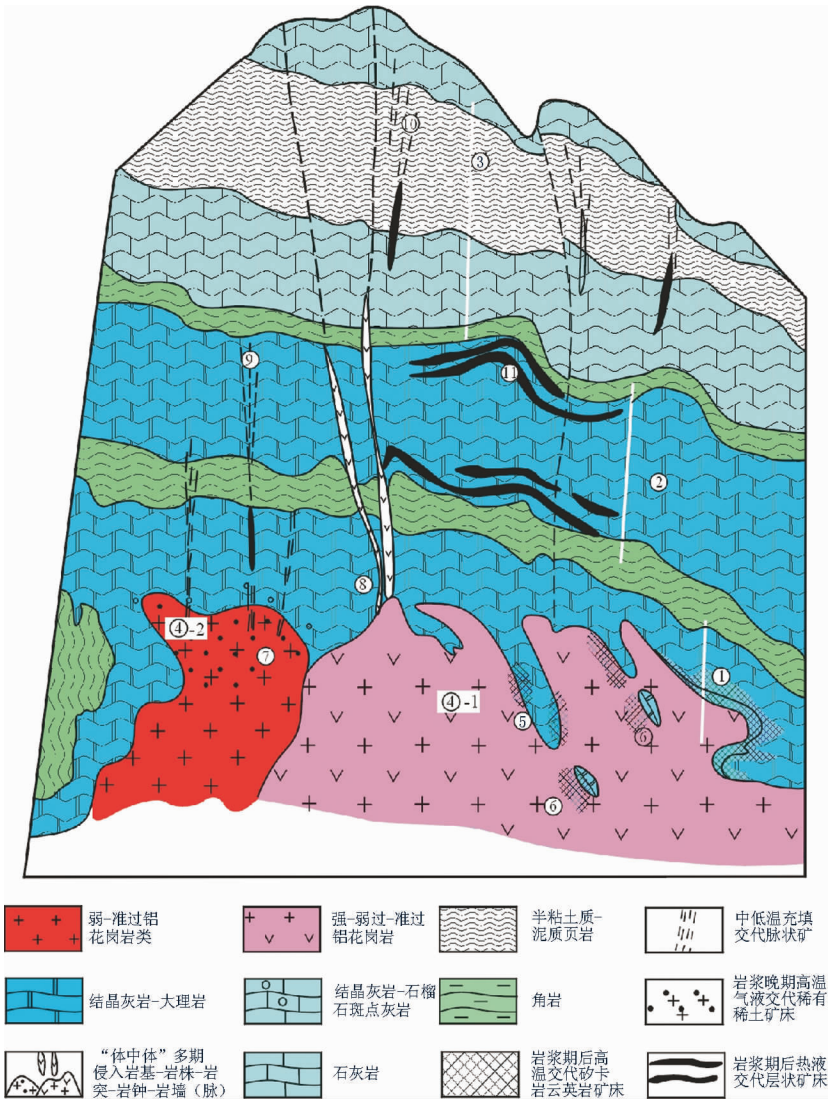


图1 岩浆侵位接触构造体系普适性模型

①—正接触带(内-外砂卡岩-云英岩交代带及砂卡岩-云英岩矿床);②—近接触带(层间滑脱及层状交代 manto 矿床);③—远接触带(张性裂隙及脉状充填矿床);④—1—强主动侵入的顶沉构造(包括顶、顶垂体⑤和捕虏体⑥);④—2—中强主动侵入的侧向推挤倒卧褶皱顶替构造(包括层间滑脱和层状交代矿床);⑦—弱主动侵入的顶沉构造(包括岩体热蚀变及围岩角岩化);⑧—被动侵入的岩突和岩脉(包括多期侵入“体中体”);⑨—高温热液交代黑钨石英脉矿;⑩—中低温裂隙充填矿脉;⑪—一层间滑脱带与层状矿

Fig.1 Universally-adaptable model of the contact structural system of magma emplacement

①—Ortho-magmatic emplacement contact zone (endo-exo- skarn-greisen metasomatic zone with skarnization-greisenization mineral deposits); ②—Proximal contact zone (interbedded detachment with metasomatic manto deposits); ③—Distant contact zone (tension fracture with fissure filling deposits); ④—1—Strong initiative emplacement roof-founding structure (including roof, roof-pendent ⑤ and xenolith ⑥); ④—2—Fairly strong initiative emplacement roof-replacing structure (including interbedded detachment with manto deposits); ⑦—Weak initiative emplacement roof-stopping structure (including magmatic thermal erosion and hornfels in country rocks); ⑧—Passive emplacement rock dome and dyke (including poly-stage “body in body”); ⑨—Hydrothermal replacement wolframite quartz vein; ⑩—Meso-epithermal fissure filling ore vein; ⑪—Interbedded detachment zone with manto deposits

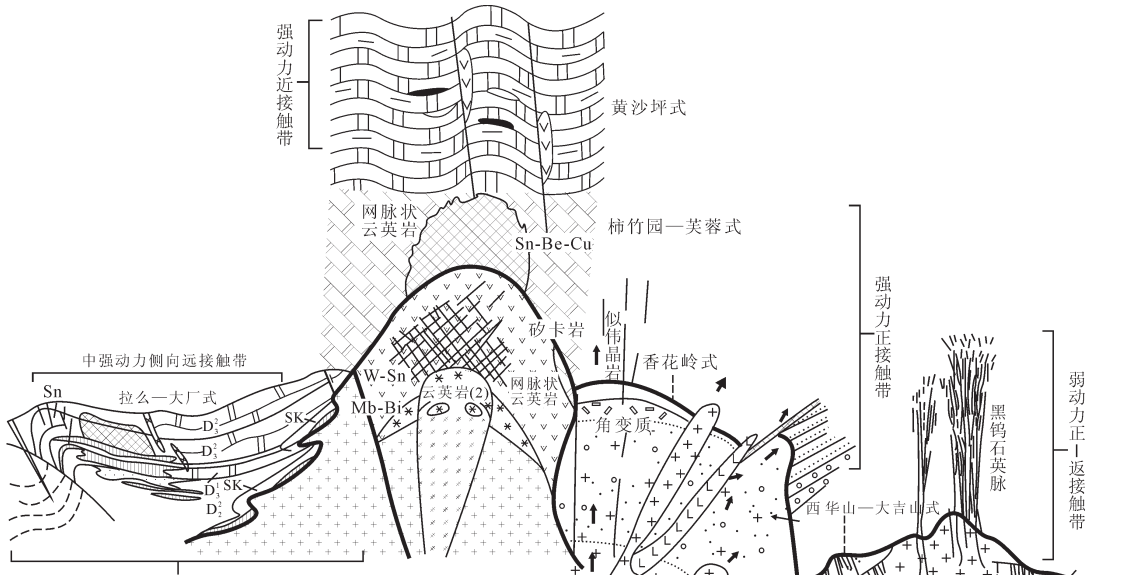


图2 Bc 桂西北以锡为主的成矿亚系列
Fig.2Bc Sub-metallogenic series for mainly of Tin in North Western Guangxi

图2 Ba 湘南兼具钨锡的成矿亚系列
Fig.2Ba Sub-metallogenic series for both of Tungsten and Tin in Southern Human

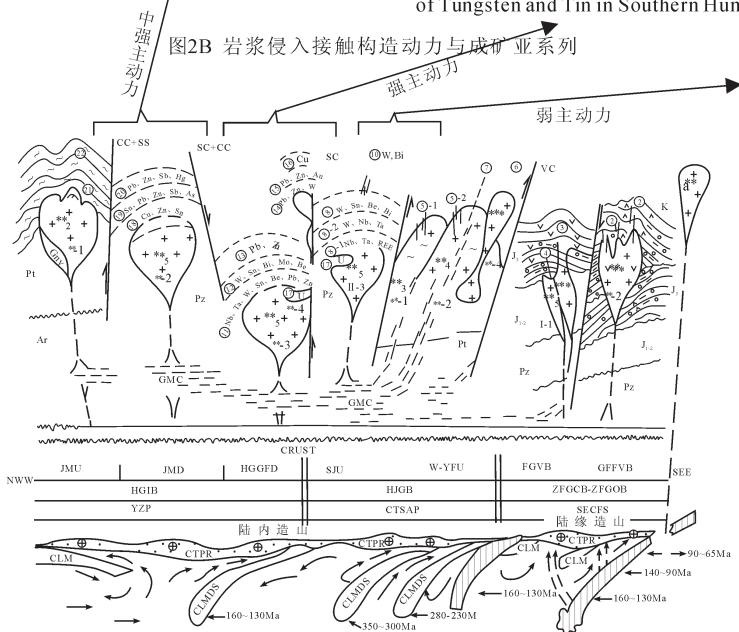


图2 A 南岭深部构造岩浆与表壳岩浆构造成岩成矿演化
Fig.2A Deep tectono-magma with evolution of lithologies and mineralogics on the super crist in Nanling

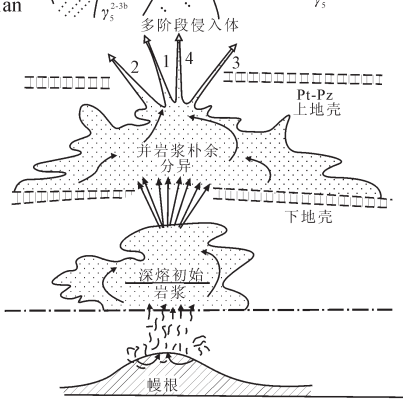


图2 Bb 赣南以钨为主的成矿亚系列
γ₅¹-γ₅^{2-2a}-γ₅^{2-3a}-γ₅^{2-3b}-γ₅^{3-1a} 燕山早期不同阶段花岗岩类
γ₅^{2-2a}-γ₅^{2-3a}-γ₅^{2-3b} 燕山晚期不同阶段花岗岩类
Fig.2Bb Sub-metallogenic series for mainly of Tungsten in Southern Jiangxi

图 2 南岭钨锡多金属矿床成矿系列岩浆侵入接触构造体系区域成岩成矿演化图解

Ar-Pt—太古宙—元古宙高级变质岩系;Pz—古生代钙质沉积建造;J₁₋₂-J₃—中生代火山沉积建造;CC,SS,SC,VC—分别为钙质、硅质、硅钙质、火山质固岩;CLM—CLMDS 陆内岩石圈地幔和折离层;OCS—洋壳消减;CTPR—陆壳增厚部分熔融;GMC—花岗岩岩浆库;JMU—江南古陆隆起;JMD—江南古陆边缘拗陷;HGGFD—湘-桂-粤断陷区;SJU—赣南隆起区;W-YFU—武夷-云开断陷区;FGVB—闽-粤-赣-粤断陷区;CFVB—粤-闽断陷火山盆地区;YZP—扬子板块及前陆;GTSAP—华夏板块及前陆;SECFS—东南沿海褶皱系;ZFGCB,ZFGOB,HJGB 和 HGIB—分别为浙-闽-粤沿海、浙-闽-粤沿岸、湘-赣-粤和湘-桂花岗岩带,箭头表示热幔环流

①-②矿床成矿系列矿床式,其中⑧-⑩西华山-大吉山式;①-②-③香花岭-柿竹园-黄沙坪式;④-⑤拉么-大厂式

Fig.2 Diagram showing regional metallogeny of W-Sn polymetallic series with the contact structural system of magma emplacement

Ar-Pt-Arkean-Proterozoic high grade metamorphic rocks; Pz-Paleozoic carbonaceous sedimentary rocks; J₁₋₂-J₃-Mesozoic volcano-sediment formation; CC,SC,VC-Calcareous, silicious, silica-calcareous, volcanoes, country rocks separately; CLM-CLMD continental lithosphere mantle & detachment slab; OCS-Ocean crust subduction; CTPR-Crust thickening partial remelting; GMC-Granite magma chamber; JMU-Jiangnan old land uplift; JMD-Jiangnan old land marginal depression; HGGFD-Hunan-Guangxi-Guangdong faulted Depression region; SJU-Southern Jiangxi uplift; W-YFU-Wuyi-Yunkai faulted uplift; FGVB-Fujian-Jiongxi volcanic basin; GFFV-Guangdong-Fujian faulted volcanic basin; YZP-Yangtze plate and foreland; CTSAP-Cathaysian plate and foreland; SECFS-South east coastal folded system; ZFGCB-ZFGOB, HJGB and HGIB-Indicate continent margin and inter continent granite zone separately arrow with age show collision-sbduction episode and circulation of thermal mantle

①-②mineral deposits types of metallogenic series, among them ⑧-⑩are Xihushan-Dajishan type, ⑪-⑬are

Xianghua ing-Shizhuyuan-Huangshaping type, ⑭-⑯are Lamo-Dachang type

在正接触带构筑成超复-转折侵位的多种接触构造样式,以及在高热花岗岩顶部形成似伟晶岩壳和自变质(钠化)以及强烈的云英岩-矽卡岩化;在垂向的近-远接触带(图 1②③)围岩地层受强动力推挤形成不协调褶皱和滑脱-张裂带(图 1⑩⑪),多为层状交代和为与被动侵入的浅-超浅成火山-潜火山-斑岩-岩墙-岩脉有关热液交代-充填矿床开拓成矿空间。

(2)弱主动侵入的“顶蚀”(Roof-stopping)构造(图 1⑦~⑨,图 2B-b)。该构造主要发生在与围岩的正接触带和近接触带。围岩因受弱动力而不发生顶沉,但以受高温热液和气液作用形成各种类型的角岩化为主,除少数在岩体顶部形成岩浆晚期浸染型稀有金属矿床外,主要是在岩体正-近接触带的围岩与岩体成垂向的张裂隙中形成标志脉、细脉、大脉不同组合的多栋“五层楼”黑钨石英脉矿床为主^[4]。

(3)中强主动侵入的“顶替”(Roof-replacing)构造(图 1④-2,图 2B-c)。该构造意为由岩体顶突向侧翼推挤围岩,在近-远接触带形成倒卧的背斜褶皱并促发层间-滑脱和张剪裂隙发育,为含矿热液形成层状交替(代)的层状交代矿(manto)构建了有利条件,同时也为岩墙-岩脉的被动侵入引发多组张剪裂隙构造,也是细脉-大脉充填矿成矿的场地^[4]。

以上 3 类岩浆侵位构造动力形成的顶蚀-顶沉-顶替多种侵位接触构造体系是在岩浆构造不同动力作用下发生-发展的基本构造样式。当然,随着成矿作用及不同矿床形成的具体构造演化,尤其是

多成因矿床,在此普适性的基本构造样式基础上将会有更多复杂样式的演变。

3 南岭钨锡多金属矿床成矿系列的成岩与岩浆侵位动力成矿专属

3.1 南岭钨锡多金属成矿构造岩浆带

南岭构造岩浆带地处南华大花岗岩省的主体部位,其形成的构造背景位于南部大陆及陆缘构造域与东部环太平洋陆缘构造域连接地带(图 3),属扬子-华夏两地块的陆内与陆间及其与陆缘滨古太平洋(Izanagi)的活化部位。在该部位的近东西与北东-北北东向构造交切部形成多期侵位的构造-岩浆岩带,其中前寒武纪大多为强过铝质为主的重熔型花岗岩岩基;加里东期属陆内造山深部构造过程形成的、伴有幔源物质的同熔型花岗岩;印支期属后造山(后碰撞)伸展构造体制下的弱过铝质花岗岩,并多以在岩基中的岩株体产出;燕山早-晚期花岗岩类出露面积最广,约占全区 66.6%^[5],属古太平洋壳俯冲在中国东南部陆缘构造域形成的、准过铝质花岗岩为主的、包括与地幔楔分熔有关的同熔花岗岩,并多以各种产状的“体中体”产于前燕山期岩基和岩株体中^[3,5-7]。

按上述南华大花岗岩省的南岭构造岩浆带的成岩时空信息,追溯其构造-岩浆过程:首先是在陆内应与地球自转的离极动力结合科里奥利力(离心力)形成南岭纬向与经向构造互为交切相关^①。在交切部

①李四光. 地球表面形象变迁之主因,1952.

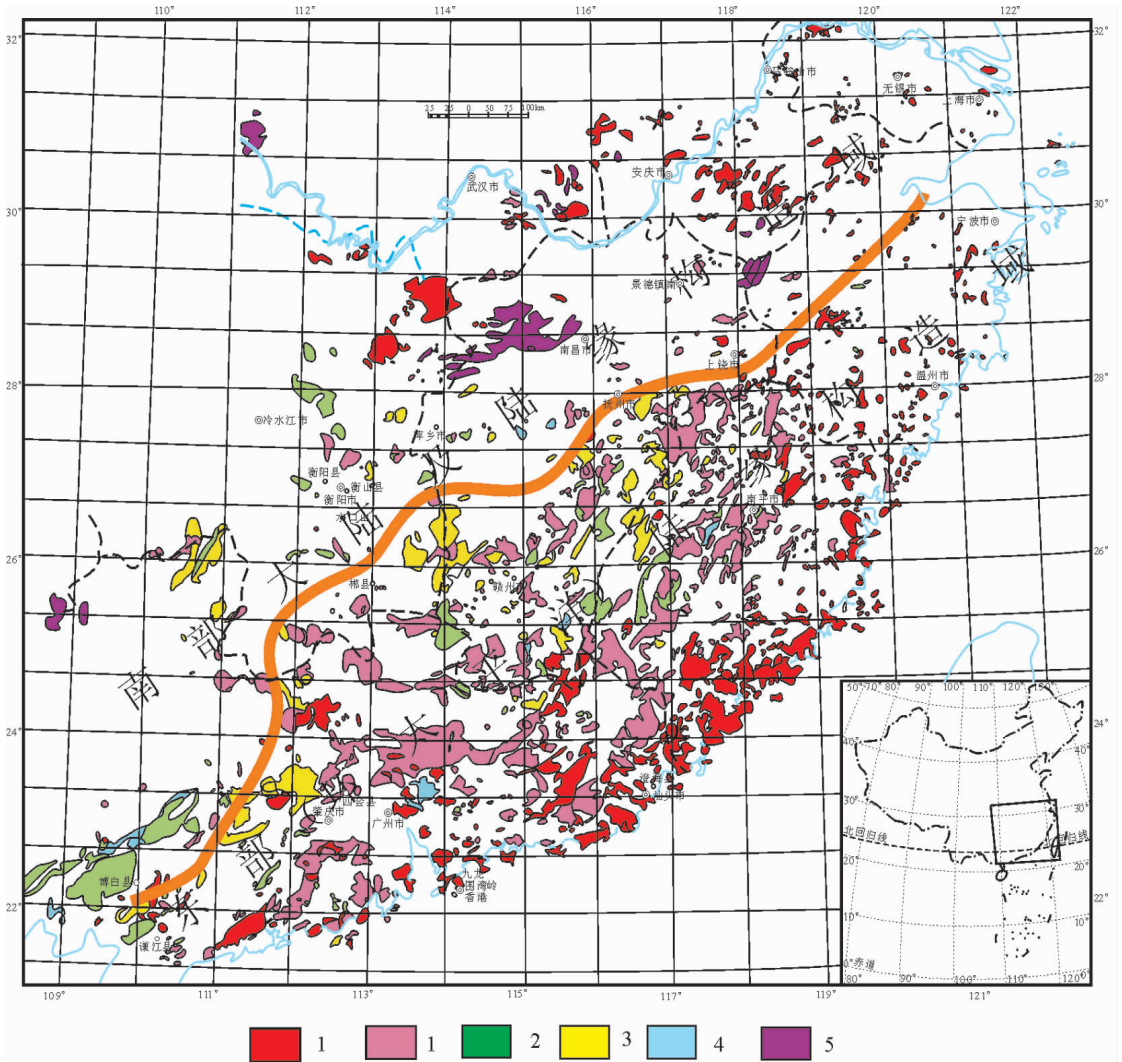


图 3 华南花岗岩分布图(据孙涛,2006 修改)

- 1—燕山早-晚期强过-弱过-准铝花岗岩;2—印支期强过-准铝花岗岩,加里东期强-弱-准花岗岩;
- 4—海西期过-准铝花岗岩;5—前寒武纪强-准铝花岗岩

Fig.3 Distribution of granites in South China (after Sun Tao, 2006)

- 1—Early-Late Yanshanian strong over-weak-over-para Al granite; 2—Indonesian strong-over-para Al granite; 3—Hercynian over-para Al granite; 4—Caledonian strong-weak-para Al granite;
- 5— Pre-Cambrian strong-weak-para Al granite

位壳幔不协调,地幔隆升形成陆壳“根入地幔”,引发构造圈热侵蚀发生大规模构造岩浆事件,在陆内形成以壳源重熔为主的构造岩浆;继而是在大陆缘又受古太平洋洋壳俯冲-消减,形成同熔为主的构造岩浆。据此,包括南岭花岗岩带的南华大花岗岩省应属陆内陆壳“根入地幔”、陆缘洋壳俯冲双重作用的异曲同工效应形成的多源大规模构造岩浆岩带(链)。

3.2 南岭钨锡多金属矿床成矿系列的成岩成矿专属

根据南岭钨锡多金属成矿带有关构造岩浆形成

的陆内-陆间-陆缘双重叠复的成岩-成矿过程与演化,图 2A 示陆内陆壳拆沉“根入地幔”(图 2A-CLMDS),通过热幔环流在江南古陆隆起(图 2A-JMU)、古陆边缘拗陷(图 2A-JMD)、湘桂粤断陷(图 2A-HGGFD)、赣南隆起(图 2A-SJU)形成以壳源重熔为主的构造岩浆岩带,并形成桂西北(图 2A⑱⑳)、湘南(图 2A⑪⑫⑬)和赣南(图 2A⑧⑨⑩)三大矿集区。另外,陆缘洋壳俯冲消减(图 2A-OCS),在陆缘闽粤断陷和火山盆地区(图 2A-FGVB 和 GFFVB)形成

以壳幔同熔为主的构造岩浆岩带,同时对赣南隆起还起到一定程度不同岩浆作用叠复的成岩成矿作用。据此,南岭成矿带的成岩演化,在区域上形成桂西北、湘南和赣南 3 个不同构造岩浆属性的钨锡多金属矿集区。桂西北偏在于陆内,赣南偏在于陆缘,湘南则兼具陆内和陆缘两类花岗岩属性,据之可判定赣南以与陆缘花岗岩有关的钨为主的称之为东钨,桂西北以与陆内花岗岩有关的锡为主的称之为西锡和湘南兼具陆内-陆缘两类花岗岩有关的钨锡成矿属性。

3.3 南岭钨锡多金属成矿系列的侵位接触构造动力成矿专属

首先是居中的湘南矿集区,由香花岭—柿竹园—芙蓉—黄沙坪等矿床式形成兼具钨锡的成矿亚系列(图 2B-a)。该亚系列为印支—燕山早期第二阶段蒸气岩浆作用的强主动侵位高热花岗岩多阶段形成的“体中体”,并在岩浆晚期正接触带的岩突部位形成自变质的香花岭稀有金属矿(底层),强烈云英岩-矽卡岩化的柿竹园钨锡钼铋和芙蓉锡矿超巨量金属堆积(主厅),近接触带的滑脱断裂构造部位与花岗斑岩-石英斑岩热液充填交代的黄沙坪铅锌矿(越层)。据此,该矿集区应视为在强主动侵入接触构造动力作用下,在“正-近接触带”形成与“底层”、“主厅”、“越层”类似的“别墅”式湘南成矿模式(图 2B-a)。

其次是东侧的赣南矿集区,由西华山—大吉山—荡坪—遥岗仙等多个矿床式形成的以钨为主的石英脉型黑钨矿成矿亚系列(图 2B-b)。该亚系列主要为燕山早期第二阶段主动多期侵入的黑云母-二长花岗岩,并具有共岩浆补余分异(co-magma complementary differentiation)效应^[8]。一般为 4 期,每期都由共岩浆库补余有不同脉幅组合的黑钨石英脉,在岩体顶部近接触带围岩中构筑成多栋类似“五层楼”式赣南成矿模式(图 2B-b)。

第三是西侧的桂西北矿集区,主要由拉么—大厂矿床式形成的以锡为主的锡铅锌铋汞成矿亚系列(图 2B-c)。该亚系列主要为燕山晚期第一阶段中等强度的主动力侵位的黑云母花岗岩岩体,并向西部侧翼方向强力推挤围岩形成倾卧的背斜褶皱和同生断裂-裂隙构造系统,从而为含矿热液创造了沿层交代(manto)和裂隙充填的大-超大型矿床,并构成了类似连体的“宅居”式桂西北成矿模式(图 2B-c)。

上述南岭成矿带的湘南、赣南和桂西北 3 个主

要成矿亚系列^[9],除了具有多源的构造岩浆及其不同成岩演化作用的成岩成矿专属外,还必须结合上述侵入接触构造主、被动力及其对围岩形成正-近-远接触带的不同构造样式,即控矿场地准备条件的侵入接触构造动力专属。

显而易见,只有强动力形成的正-近接触带构造样式可形成香花岭式、柿竹园—芙蓉式和黄沙坪式的湘南成矿亚系列,弱主动力形成的正-近接触带构造样式可形成西华山—大吉山式的赣南成矿亚系列,而中强动力形成的侧向远接触带构造样式可形成拉么—大厂式的桂西北成矿亚系列。

4 讨论与结论

(1)深部构造-岩浆过程是发动表壳岩浆-构造动力作用的“引擎”,深部过程和表壳作用必须达到最佳响应才能形成有利控矿的岩浆侵入接触构造体系,而最佳响应机制必须深入研究一定时限内发生事件地质激发深部与表壳耦合的作用。

(2)岩浆侵入接触构造的各种构造样式是对矿带(床)侧向(外围)和垂向(深部)成矿的有利成矿场地准备,不同构造动力作用的不同构造部位(正接触带-近接触带-远接触带)和形成的不同构造样式是控制与一定成因联系的一组矿床成矿系列的侵入构造动力专属,从而可应用围岩原有的褶皱断裂结合侵入接触构造动力作用形成的不同侵入接触构造体系进行矿床成矿系列成矿预测。

(3)侵入接触构造体系的不同构造样式仅仅是有利控矿场地的准备,还必须与侵入岩体的冷速率、热效应及金属淀积的地球化学动力作用密切结合才能有效判别是否可能成矿或成大矿。岩体冷速率与热效应为反相关,热效应与成矿强度是正相关,热效应越大、化学动力作用越强成矿越有利。对此,笔者正在长江中下游成矿带做系统研究中。

参考文献(References):

- [1] Kutina Jan, PEI Rongfu, HEYL A V. The role of deep lithosphere structure in the genesis and distribution of giant and supergiant concentrations of metal in the crust [J]. *Global Tectonic and Metallogeny*, 2003, 8(5):1-4
- [2] Cheng Yuqi, Cheng Yuchuan, Pei Rongfu, et al. On minerogenetic (metallo-genetic) series. *Proceeding of the ninth quadrennial IAGOD symposium, Stuttgart*, 1998:33-46.
- [3] 裴荣富, 彭聪, 熊群尧. 南岭金属成矿省深部构造过程与超巨量

- 金属堆积[M]. 北京:地质出版社, 1999.
- Pei Rongfu, Peng Cong, Xiong Qun Yao. Deep Tectono-Processes and Super Accumulation of Metals in Nanling Metallogenic Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999.
- [4] 裴荣富. 中国矿床模式[M]. 北京:地质出版社, 1995:1-357.
- Pei Rongfu. Mineral Deposits Models of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995:1-357(in Chinese).
- [5] 孙涛. 新编华南花岗岩分布图及其说明 [J]. 地质通报, 2006, 25 (3):332-335.
- Sun Tao. New compiling distributed map and its explanatory for granite in South China [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25 (3), 333-335.
- [6] 地矿部南岭项目花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1998.
- The Granitoid Research Group of the Nanling Project, MGMR, Geology of Granitoids of Nanling Region and Their Petrogenesis and Mineralization[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989.
- [7] Pei Rongfu, Hong Dawei, The granites of South China and their metallogeny[J]. Episodes, 1995, 18:77-82.
- [8] 裴荣富. 共(源)岩浆补余分异作用与成矿[J]. 矿床地质, 1995, 14 (4):376-379.
- Pei Rongfu. Co-magma Complimentary differentiation and its Metallogeny[J]. Mineral Deposits, 1995, 14(4) 376-379.
- [9] 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Zhang Hongliang, et al. The Geology of Non-ferrous and Rare Metal Deposits Related to Mesozoic Granitoids in Nanling Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989.

Ore-forming specialty of the tectono-magmatic zone in Nanling region and its emplacement dynamics for metallogenic series of W-Sn polymetallic deposits

PEI Rong-fu, WANG Yong-lei, WANG Hao-lin

(Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract: The Nanling tectono-magmatic zone constitutes the primary body of the great South China granite province. As a multiple-source large-sized tectono-magmatic zone in the great granite province, it was probably formed by the same result achieved from the mantle-rooted continental crust in the intra-continent and the ocean crust of Izanagi (Ancient Pacific Ocean) subducted along the continental margin. The formation of multiple tectono-magma and the tectono-dynamic effects of the emplacement as well as their contact structural systems are closely related to the specialty of a certain tectonic magma and an established metallogenic series. Based on the universal model for the tectonic dynamic effect of magmatic emplacement, this paper puts forward the opinion that the Xiangnan sub-metallogenic series of Xianghualing-Shizhuyuan-Furong-Huangshaping mineral deposits might have been formed on the structural pattern of the ortho-proximal contact zone by strong initiative dynamic effect, the Gannan sub-metallogenic series of Dajishan-Xihuashan mineral deposits might have resulted from the structural pattern of the ortho-proximal contact zone by weak initiative dynamic effect, and the Guixibei sub-metallogenic series of Lamo-Dachang mineral deposits were likely formed on the structural pattern of reversed lying anticline structural pattern on the proximal-distant contact zone by fairly strong initiative dynamic effect. It is pointed out that the magmatic emplacement contact system is only a prerequisite for ore-forming space, and that only through detailed studies of the cooling rate and heating effect of magmatic bodies and geochemical kinetic effects of ore-forming metals can the metallogenic intensity and availability be deeply understood.

Key words: South China tectono-magmatic zone; contact structural system of tectono-magma emplacement; tectono-magmatic emplacement dynamic specialty of metallogenic series

About the first author: PEI Rongfu, male, born in 1924, professor and Academician of Chinese Engineering Academy, mainly engages in metallogeny for large-superlarge mineral deposits; E-mail: Peirf@sohu.com.