

中国区域成矿研究的若干问题及其与陆-陆碰撞的关系

陈衍景

(北京大学 地球与空间科学学院 地质学系, 北京 100871)

摘要:在中国区域成矿作用研究中,遇到诸多重大问题,如:(1)中国东部属于环太平洋地区之一,但为什么热液矿床大规模成矿时代不同于环太平洋的新生代,而爆发于中生代的燕山期?(2)中国陆区经历了 $>3.0\text{ Ga}$ 的演化,为什么大规模成矿作用在东部地区爆发于燕山期,西南特提斯成矿域爆发于新生代,而西北中亚成矿域爆发于海西期晚期?(3)国外不少著名成矿省位于太古宙克拉通内部,为什么中国的有色贵金属等热液矿床却集中分布于显生宙造山带内部或其边缘?(4)按照绿岩带金矿成矿理论,绿岩带型金矿化伴随或尾随于克拉通化,形成在太古宙,为什么中国绿岩带型金矿却形成在克拉通化后的20多亿年以后的中生代?(5)世界范围内,海相油田的重要性远大于陆相,为什么中国情况恰相反,陆相油田远比海相油藏重要?……。笔者认为这些问题彼此相关,代表了中国区域成矿的特色,其根本原因在于中国陆区不同构造单元经历了晚古生代以来的强烈碰撞事件,因此加强研究碰撞造山体制的成岩、成矿、成藏和流体作用是解决这些问题的关键途径。

关键词:中国陆区; 区域成矿; 重大问题; 碰撞造山

中图分类号: P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-2321(2002)04-0319-10

有关区域成矿作用的研究问题和方法已有较好归纳^[1~4]。作为补充,本文罗列一些涉及中国区域成矿规律研究和成矿区划的重大问题,简单讨论了可能的解决途径,以期同行重视。

1 中国重要成矿域大规模成矿的时间问题

中国陆区地质演化经历了3 000 Ma以上,形成了古亚洲洋、滨太平洋和特提斯洋3个巨型成矿域,分别以中国西北地区、东部地区和西南地区为代表。多期次的洋盆闭合和造山,不同期次造山作用的复合叠加,造成各巨型成矿域内部不均匀,例如,特提斯洋巨成矿域内部可分为古特提斯、新特提斯两部分;古特提斯域又可根据是否受到太平洋板块的影

响而分为东、西两部分,对中央造山带(昆仑—祁连—秦岭—大别—苏鲁造山带)而言,约以东经108°为界,东部很大程度上呈现滨太平洋成矿域的特征,如东秦岭—大别山地区。但是,无论如何,每个地区的绝大多数热液矿床往往集中在某个很窄的时间段内爆发形成。胡受奚等^[5]通过3 013件花岗岩类年龄统计,王德滋等^[6]通过499件火山岩年龄的统计,毛景文等^[7]通过成矿年龄统计,证明了中国东部滨太平洋成矿域的大规模花岗岩类岩浆活动和成矿作用主要集中在燕山期^[8],以130 Ma为高峰^[9]。

中亚成矿域大规模成矿作用和相关岩浆活动爆发在海西期的事实已被公认^[10~21]。我国北疆地区的主要矿床成矿年龄直方图(图1)清楚地显示成矿作用主要发生在石炭纪—二叠纪,即340~250 Ma。统计表明,哈萨克斯坦中部铜矿的94%形成于海西中、晚期^[20],表明邻近国家的中亚造山带地区的大规模成矿作用也发生在海西期,如塔吉克斯坦的Jilau金矿^[19]。

在青藏—三江地区,成矿作用主要发生在新生代^[22],与喜马拉雅运动有关,例如,据芮宗瑶等^[23]研究资料,玉龙铜矿以及邻近的扎拉尕、多霞松多、

收稿日期:2002-01-08;修订日期:2002-09-03

基金项目:国家自然科学基金资助项目(49672119, 49972035);
国家九五攀登39号项目;教育部跨世纪人才基金和重点研究项目“天山紧缺矿床成矿规律”

作者简介:陈衍景(1962—),男,副教授,矿床学专业,从事区域成矿研究。

馬拉松多等斑岩-矽卡岩型伴生金矿都形成在新生代,含矿岩体的 13 件钾氩年龄变化于 25~64 Ma,1 件铷锶等时线年龄为 41 Ma,同期不含矿岩体的 4 件钾氩年龄分别是 62.6,52.6,41 和 15.3 Ma,总体集中在 40 Ma;高喜马拉雅地区的淡色花岗岩类形成于 8~22 Ma^[24],有关锡矿床自然也是新生代^[1]。

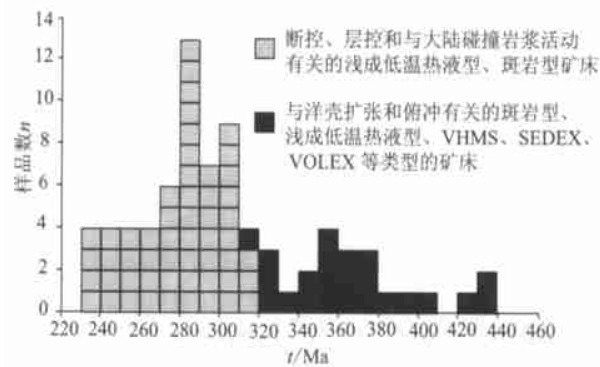


图 1 北疆地区重要矿床成矿年龄直方图
Fig. 1 Histogram of isotope ages for important ore deposits in northern Xinjiang

大约以东经 108° 线为界,中央造山带分为东西两部分,东部呈现滨太平洋成矿域的特征,花岗岩类侵入和成矿作用集中在 130 Ma^[9,25]。西部花岗岩类活动和成矿作用略早,最新同位素测年显示同造山花岗岩类活动始于 220~205 Ma^[26];西秦岭地区 29 件成矿同位素年龄界于 230~120 Ma,以 170 Ma

为高峰^[27]。

为什么不同成矿域都在某一短短的时间内发生了成矿大爆发?成矿大爆发的时间规律和相关地球动力学背景是什么?

表 1 显示,各地区大规模成矿作用和相关花岗岩类侵入的时间与碰撞造山作用的时间同步,成矿和成岩高峰在全面碰撞开始后的 50 Ma 左右发生。例如,中国东部最晚的陆-陆碰撞为东南亚大陆与欧亚大陆的碰撞,发生在 180 Ma^[28,29],其成矿成岩高峰为 130 Ma;印度次大陆与欧亚大陆碰撞始于 66 Ma^[30,31],该带淡色过铝花岗岩形成于 22~8 Ma;班公-怒江大洋消失于 98 Ma,并开始拉萨地块与欧亚大陆的碰撞,而玉龙铜矿带形成于 40 Ma 左右;西秦岭地区洋盆最终消失于 220 Ma,成矿集中于 170 Ma。

总之,大规模成矿作用的爆发总与最晚一次的强烈碰撞造山事件同步发生,尤其发生在挤压伸展转换期,成岩成矿高峰滞后全面碰撞开始时间约 50 Ma。该现象可通过借用碰撞造山作用的 $p-T-t$ 轨迹(图 2)而得到解释,即从 p_{\max} 到 T_{\max} 的减压增温体制,必定导致整个碰撞过程中最强烈的流体作用、熔融作用和成矿作用^[9,35],是物质物理化学作用的固有规律,因此可以作为今后对碰撞成矿研究的科学基础之一。

表 1 大规模成矿作用与洋盆最终闭合的时间关系

Table 1 Temporal relationships of oceanic closure and large-scale metallogenesis

地区/古洋盆	缝合带	最终消失时间 / Ma	成矿高峰 期/ Ma	时间差 / Ma
西北地区				
准噶尔洋	卡拉美丽—达拉布特	322.8 ^[18]	280	43
西南地区				
古(?)特提斯洋	班公—怒江	98~66 ^[30]	40±25	50
新特提斯洋	印度斯—雅龙藏布	66~45 ^[30]	<12	>33
中国东部				
古亚洲洋	Solonker (索仑山)	242 ^[32]	130	112
蒙古—鄂霍茨克	蒙古—鄂霍茨克	60 ^[29]	130	-70
兴安—鄂霍茨克	阿莫尔—阿纽因	>135 ^[29]	130	>15
东秦岭—大别—苏鲁	勉略带	T ₃ (220) ^[26]	130	83
川西北:松潘甘孜	甘孜—理塘	208 ^[33]	130	80
滇黔桂	金沙江	208 ^[30]	130	78
华南	湘赣浙	T ₂ (230) ^[34]	130	100
东南沿海	Gunanhai (丽水—海丰)	J ₁ (180) ^[34]	130	50
整个东部总体情况				50
中央造山带				
昆仑—西秦岭	勉略带	T ₃ (220) ^[26]	170	50

本文作者厘定的成矿高峰时间和时间差。

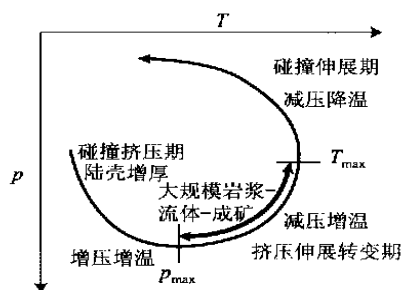


图2 碰撞造山作用 p - T - t 轨迹和大规模岩浆、流体、成矿作用示意图^[35]

Fig. 2 p - T - t path for collisional orogenesis and large-scale magmatism, fluidization and metallogenesis^[35]

2 中国东部滨太平洋成矿域与环太平洋成矿带的不协调性

环太平洋成矿带是世界最重要的多种矿产资源的产地,其成矿作用主要与新生代岩浆活动有关,如智利斑岩铜矿带,Colorado 斑岩钼等多金属成矿带,美国西部卡林型金矿带,西太平洋斑岩-矽卡岩铜金多金属矿带和浅成低温热液金矿带,其岩浆作用和成矿作用均被认为与太平洋板块的俯冲作用密不可分^[1,2,36~38]。

中国东部滨太平洋成矿域作为环太平洋地区之一,其地质构造演化和成岩成矿作用也往往被认为是欧亚大陆与太平洋板块相互作用的结果,尤其常被解释为太平洋板块向欧亚大陆俯冲的结果。但是,中国东部陆区的成矿时间与环太平洋带存在明显不同,大规模爆发在中生代,尤其是燕山期^[8],而非环太平洋成矿带的新生代;相反,新生代时,中酸性岩浆活动和相关成矿作用在中国东部完全消失^[39]。以上显示了中国东部岩浆活动和成矿时间的独特性和不协调性。而且,中国东部燕山期岩浆岩特征(不属于典型的同熔型或 I 型),成矿类型和矿化元素组合(多钨锡而相对贫铜金),空间分布规律(沿燕山-阴山,长江中下游,秦岭等东西成带,与海岸几乎垂直)等,也明显不同于整个环太平洋成矿带(与海岸平行),甚至相反,难以套用太平洋板块俯冲来解释,以致于 Amstutz (1988) 提出中国东部的斑岩矿床不符合 Sillitoe 的模式^[40]。

那么,包括斑岩矿床在内的中国东部燕山期成矿作用和岩浆作用究竟发生在什么环境?适用于什么模式?中国东部不同于整个环太平洋成矿带的原

因是什么?贫铜金而富钨锡的原因又是什么?中国东部能否作为环太平洋成矿带的一部分?等等,值得重视。

由于受到“太平洋板块俯冲导致成矿”观点的影响,欧亚大陆本身的形成演化过程,欧亚大陆内部不同块体之间的相互作用,以及这些地质作用对成矿的贡献和控制,相对被忽视。最近,翟裕生等^[41]、胡受奚等^[5,39,42]、王德滋等^[6]、Zhou 等^[43]都认识到中国东部燕山期成矿的原因不能单用太平洋板块向欧亚大陆的俯冲所解释,而应该考虑扬子与华北之间的碰撞作用。笔者也有类似主张,认为中国东部燕山期大规模岩浆作用和成矿作用发生的地球动力学环境主要是碰撞造山过程的挤压-伸展转变期的减压增温体制^[9,35,44,45]。如此,加强研究碰撞体制成矿作用、岩浆作用和流体作用之规律,有助于深化以上问题的认识。

3 国内与国外绿岩带型金矿床成矿时间的显著差异

就全球而言,70%以上的金矿产于早前寒武纪绿岩带(如西澳,加拿大等)或与绿岩带有关(南非),中国3个最主要的金矿集中区也都分布在华北克拉通的花岗岩-绿岩地体中,即,胶东,小秦岭和华北北缘^[46]。因此,绿岩带与金矿的关系是固体地球科学最早研究的重要问题之一,也是非常复杂而至今争论的热点问题之一。

按照绿岩带型金矿成矿模式,即变质热液成矿模式^[47],金矿化主要发生于绿岩带遭受变形、变质的峰期及其稍后,即绿岩带盆地的克拉通化过程,或洋盆闭合,或地体会聚增生,或碰撞造山过程^[48~51],成矿与成岩的时差较小,一般小于200 Ma^[52],成矿时代多为太古宙或元古宙初期,例如,Abitibi 带,Yilgarn 地块,Barbertown 山区,印度南部 Kolar 带等地的金矿床皆是如此^[46]。然而,我国绿岩带型金矿床,或者产于绿岩带中的金矿床,并不是绿岩带克拉通化的直接产物,而是在克拉通化之后很晚的地质作用中形成;成矿时代不是太古宙或元古宙初期,而是显生宙^[52],尤其是燕山期;成矿与赋矿围岩形成的时差较大,达2000 Ma 以上^[10]。

为什么国内外绿岩带型金矿化有如此大差异呢?为什么我国绿岩带型金矿主要就位于中生代,尤其是燕山期?

问题的共性寓于矛盾的普遍性之中,个性寓于矛盾的特殊性之中,要正确阐释华北克拉通金成矿的与众不同,就必须找出华北克拉通在中生代的特殊性,必须回答两个问题:(1)与其它克拉通相比,中生代时华北克拉通的特殊性是什么?即华北克拉通一定在中生代经历了某种强烈而特殊的地质事件,其强度足以破坏或覆盖此前发生的金成矿作用,而且该事件在印度南部、西澳大利亚、南非、加拿大等克拉通没有发生。(2)在华北克拉通30多亿年的形成发展史中,中生代的特殊性又是什么?即中生代发生了自华北克拉通形成以来的空前绝后(今天以前)的某种特殊而强烈的地质成矿作用。

前人研究和大量事实表明^[29,53],华北克拉通在古生代晚期被古亚洲洋和秦岭洋所包围,这些大洋与古特提斯洋连为一体,使华北克拉通成为漂浮于古特提斯洋东部喇叭形开口中的地体。古生代未开始,古亚洲洋和古特提斯洋相继闭合,华北克拉通、扬子板块、印支-羌塘陆块、东南亚陆块等相继向北碰撞,使华北克拉通周边经历长时间的碰撞造山作用。上述碰撞事件的强度和广度不仅在华北克拉通前所未有,而且也没发生在印度南部、西澳大利亚、南非、美洲、西伯利亚等克拉通。因此,碰撞造山事件应该属于前述矛盾特殊性的症结,导致华北克拉通与众不同。

4 中国有色金属贵金属矿床的空间分布问题

在任何一张中国地质矿产图上,都可清楚地看出,中国绝大多数有色金属和贵金属矿床,尤其是Au,Ag,Cu,Pb,Zn,W,Sn,Sb,Mo,U等,集中于造山带或其边缘。天山-兴蒙(含阿勒泰)造山带(或中亚造山带),中央造山带,南岭造山带,喜马拉雅-三江造山带,东南沿海造山带等山链都是重要的矿化集中区,这些地区都属于陆-陆、弧-陆碰撞带或者地体拼贴带。

华北克拉通是金等热液矿床的重要产地,这些矿床曾因赋存于太古宙岩石/地层而曾被认为形成于太古宙或早前寒武纪,但大量同位素测年已经证明它们都形成于中生代^[42]。更重要的是,华北克拉通的金、银、钼等热液矿床都集中分布于克拉通边缘甚或外侧^[54],矿集区与中生代碰撞造山带毗邻或本身就属于碰撞造山带的一部分,相反,克拉通内部金

矿较少^[46,55]。例如,蕴涵小秦岭-熊耳山金矿带和金堆城-栾川钼矿带的华北克拉通南缘的华熊地块,位于秦岭造山带北缘反向边界逆冲断裂(RBT),即三门峡-宝丰断裂的南侧,属于中生代秦岭碰撞造山带的一部分^[56~58];过去被作为地盾区的胶东金矿田业已被证实为中生代的碰撞造山带^[59~61];燕山-阴山造山带金、银、钼、锡、铅、锌等中生代热液矿床十分密集,同时是燕山运动的命名地^[62,63],自然隆升于中生代,虽然隆升机制存在陆陆碰撞和陆内碰撞的认识分歧,但毗邻天山-兴蒙造山带的事实却使人无法排除碰撞造山作用的影响;即使是纵切华北克拉通的太行山和郯庐两个中生代断裂岩浆成矿带,也被认为与碰撞作用有关^[6,55]。

扬子克拉通产有大量中生代中低温热液矿床,尤以卡林型-类卡林型金矿和分散元素、汞锑矿床闻名^[51,64]。与华北克拉通类似,扬子克拉通的热液矿床也集中在周边卷入中生代碰撞造山作用的地带或者矿集区本身就属于碰撞造山带的一部分。例如,勉略蛇绿混杂带的发现^[58,65]进一步确证扬子板块西北缘的陕甘川卡林型金矿等中低温热液矿床密集区属于典型的碰撞造山带;扬子西南缘滇、黔、桂矿集区强烈的中生代成矿作用被认为与右江褶皱带的碰撞造山作用有关^[66~68];扬子东缘富集金、锑、钨的江南古岛弧成矿带经历了十分强烈的中生代碰撞造山作用^[69,70];扬子东北缘的长江中游成矿带的中生代铜、金、铁矿被认为与中生代的碰撞造山事件有关^[41,71],该区已被解释为大别造山带的前陆褶皱带^[72]。

总之,在我国陆区,热液矿床集中在造山带内部和边缘,造山带甚或克拉通内部的热液矿床的成矿作用主要与显生宙以来最晚一次的造山事件相关,是最晚一次的碰撞造山事件造成了中国陆区各地矿床形成和分布的特点。

5 中新生代陆相生油而古生代海相地层贫油的原因

就世界范围而言,著名大油田的生油层和储层多为海相地层,陆相沉积物中重要油气田较少。但是,我国的情况似乎又与国外不同。中国陆区虽然广泛发育海相地层,例如,中国北方新元古代-早古生代地层和石炭系地层,中国南方新元古代-三叠纪地层,但这些海相地层中至今未发现重要油气田。

相反,我国陆区中新世代陆相沉积物中探明的石油占我国石油储量的 87 %^[73],工业油田更以陆相为主,如著名的大庆油田、南阳油田、吐哈油田、中原油田等,使我国以陆相生油为特色。那么,为什么陆相生油能够成为我国的特色?为什么海相地层中的油田较少?无疑属于国内外石油地质学家所必须回答的重大问题。

越来越多的学者^[64,66,67,74~78]认为,我国古生代海相地层在经历造山事件时曾有大量油气形成和破坏。陈衍景等^[78]根据我国陆相盆地富油、海相地层贫油、“盆小油(气)量大”、油气与金属-非金属矿床伴生等特点,提出了我国陆相油气藏的烃类物质侧向源的观点,即盆山转变过程中曾有大量流体产生、运移、有机-无机流体分离富集并成矿-成藏,建立了盆山转换过程流体作用与油气侧向源模式,指出古生代末期以来中国陆区接连不断的碰撞造山和陆内碰撞事件导致了“海相缺油、陆相生油、盆小油量”等特点。

6 中国陆区地质纲要、特色与碰撞造山成矿作用研究的必要性

为什么国外学者建立的一些成矿模式或成矿理论在解释我国上述问题时遇到困难?这些疑难之间是否存在内在联系?如何解决这些问题?笔者认为,每个成矿模式都要求特定的地质环境,一些经典的成矿模式之所以不能解决我国的一些重大疑难,是因为其要求的地质环境与我国的地质实际不符;地质环境的不符表明,我国陆区基本地质特征具有特殊性或特色,而该特殊性或许就是我国地质成矿研究的主要矛盾。

中国地质科学的前驱者很早就注意到中国境域地质特征及其与世界经典研究区的差异,发现古生代末—中生代时期中国陆区的地壳演化发生了根本性转变,海相沉积结束,代之广泛出现零星的陆相沉积,此间岩浆活动和成矿作用强烈。

基于对该特色和差异的重视与研究,我国学者发现了燕山运动^[62,63]及其块断作用的特点^[79],印支运动^[80]及其定格意义^[81~84];揭示了地槽回返造山过程或克拉通化过程的多期多阶段特点,创立了多旋回学说^[85~86];重视了地台活化及我国活化区成矿的意义,创立了地洼学说^[87,88];等等。这些学说对于指导中国陆区的地质研究和找矿工作发挥了

积极作用,深化了古生代末—中生代地质作用的研究程度和认识水平。然而,不同学说之间的分歧表明,造成古生代末—中生代时期中国境域大地构造转折的根本原因还没有得到合理解决。例如,为什么非洲地台、美洲地台没有强烈的中生代活化?而华北地台、扬子地台在中生代强烈活化?

笔者认为,中国陆区的基本地质特征、构造轮廓及其与其它大陆的差异主要由显生宙的陆陆碰撞所致。古生代时,西伯利亚板块与塔里木—中朝板块之间存在着古亚洲洋,古亚洲洋内发育较多块体,古生代末古亚洲洋闭合,发生了古亚洲洋内不同块体之间,块体与西伯利亚板块、塔里木—中朝板块之间,以及西伯利亚板块与塔里木中朝板块之间的碰撞造山作用,造就了范围宽阔的中亚型造山带(乌拉尔—兴蒙造山带的东段);而古生代冈瓦纳和劳亚两个大陆之间存在着特提斯海,二叠纪以来从冈瓦纳大陆肢解出来的陆块或地体不断与劳亚大陆碰撞,先后形成中央造山带、华南冲撞型造山带^[28]和喜马拉雅山脉,并逐步形成现今的中国大陆。

显而易见,碰撞作用决定了中国陆区的构造格局(定格运动)和前后地壳演化的根本转折;碰撞型造山带占据中国陆区面积的 80 % 以上;中国陆区的多数前寒武纪克拉通、地块等曾“飘浮”在由古亚洲洋和古特提斯海中,并被卷入碰撞造山作用,表现为造山带内部的“地体”。塔里木地块、中朝克拉通和扬子克拉通,被分割包围于喜马拉雅—三江造山带、中央造山带、中亚造山带之中,或者说被包围在古特提斯造山带和乌拉尔—蒙古造山带两条世界最大的碰撞型造山带之中,使中国成为被两条世界最大的碰撞型造山带跨越的国家。如此,碰撞造山作用和碰撞造山带应属中国地质的纲要和基本轮廓,即主要矛盾。

此外,如此规模宏大、范围广阔、型式多样的多期次碰撞造山作用并没有发生在澳洲、非洲、南美、北美、南极等大陆,而集中发生在中国,使我国成为经受碰撞作用最广泛、最典型、最丰富、最强烈的地区。因此,可以认为碰撞作用、碰撞造山带及其所伴随的一些特殊资源环境现象,构成了中国陆区最突出的地质特色!

总之,碰撞造山作用和碰撞造山带是中国地质的纲要和特色,引发了区域成矿研究的诸多重大问题,与碰撞造山作用有关的地质和成矿研究应为我国地球科学领域所面临的主要矛盾和严重挑战。

References[参考文献]:

- [1] MITCHELL A H G, GARSON M S. *Mineral Deposits and Global Tectonic Settings*[M]. London: Academic Press, 1981. 1-405.
- [2] SAWKINS F J S. *Metal Deposits in Relation to Plate Tectonics* [M]. Berlin: Springer Verlag, 1990. 461.
- [3] ZHAI Y S, DENG J, LI X B. *Regional Metallogeny*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 1-287 (in Chinese).
[翟裕生, 邓军, 李晓波. 区域成矿学[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 1-287.]
- [4] HU S X. *Mineral Deposits*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1983. 1-248 (in Chinese). [胡受奚. 矿床学(下册)[M]. 北京: 地质出版社, 1983. 1-248.]
- [5] HU S X, ZHAO Y Y, XU J F, et al. *Geology of Gold Deposits in North China Platform*[M]. Beijing: Science Press, 1997b. 1-220 (in Chinese). [胡受奚, 赵懿英, 徐金方, 等. 华北地台金矿地质[M]. 北京: 科学出版社, 1997b. 1-220.]
- [6] WANG D Z, REN Q J, QIU J S. Geology and geochemistry of gold deposits associated with Mesozoic continental volcanism in East China[A]. HU S X, WANG H N, et al. *Geology and Geochemistry of Gold Deposits in East China*[M]. Beijing: Science in China Press, 1998. 267-338 (in Chinese). [王德滋, 任启江, 邱检生, 等. 中国东部与中生代陆相火山作用及其有关金成矿的地质学和地球化学[A]. 胡受奚, 王鹤年, 等. 中国东部金矿地质学及地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 267-338.]
- [7] MAO J W, WANG Z L. A preliminary study on the time limits and geodynamic setting of large-scale metallogeny in East China [J]. *Mineral Deposits*, 2000, 19(4): 289-296 (in Chinese).
[毛景文, 王志良. 中国东部大规模成矿时限及其动力学背景的初步探讨[J]. 矿床地质, 2000, 19(4): 289-296.]
- [8] TU G Z, ZHAO Z H. On the diversity of minerogenetic processes of the Yanshanian period[J]. *Geological Review*, 1983, 29(1): 57-65 (in Chinese). [涂光炽, 赵振华. 燕山期成矿作用的多样性[J]. 地质论评, 1983, 29(1): 57-65.]
- [9] CHEN Y J, FU S G. *Gold Mineralization in West Henan* [M]. Beijing: China Seismological Press, 1992. 1-234 (in Chinese). [陈衍景, 富士谷. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京: 地震出版社, 1992. 1-234.]
- [10] TU G Z. The development of the mineral deposit prospecting and research work in the past twenty years: a brief review[J]. *Mineral Deposits*, 2001, 20(1): 1-9 (in Chinese).
[涂光炽. 过去20年矿床事业发展的概略回顾[J]. 矿床地质, 2001, 20(1): 1-9.]
- [11] CHEN H Y, LIU Y L, LI X, et al. Main genetic types, mineralizations and exploration directions of gold deposits in Northern Xinjiang[J]. *Mineral Deposits*, 1998, 17(Suppl): 77-80 (in Chinese). [陈华勇, 刘玉林, 李欣, 等. 北疆金矿主要类型、成矿规律和找矿方向[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 77-80.]
- [12] CHEN Y J, ZHANG C N. The mineralization model for gold deposits in the western Zhunge'er area [J]. *Journal of Changchun University of Earth Science*, 1991, 21(1): 61-66, 82 (in Chinese). [陈衍景, 张程宁. 西准噶尔地区金矿成矿模式[J]. 长春地质学院学报, 1991, 21(1): 61-66, 82]
- [13] CHEN Y J. Progress in the study of Central Asia-type orogenesis metallogenesis in Northwest China [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2000, 6(1): 17-22 (in Chinese).
[陈衍景. 中国西北地区中亚型造山成矿作用的研究意义和进展[J]. 高校地质学报, 2000, 6(1): 17-22.]
- [14] LI H Q, XIE C F, CHANG H L. *Geochronology of Mineralization of Nonferrous and Precious Metallic Deposits in Northern Xinjiang*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1998. 1-264 (in Chinese). [李华芹, 谢才富, 常海亮. 新疆北部有色贵金属矿床成矿作用年代学[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1-264.]
- [15] GU L X, HU S X, YU C S, et al. Intrusive activities during compression-extension tectonic conversion in the Bogda intracontinental orogen [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2001, 17(2): 187-198 (in Chinese). [顾连兴, 胡受奚, 于春水, 等. 博格达陆内碰撞造山带挤压-拉张构造转折期的侵入活动[J]. 岩石学报, 2001, 17(2): 187-198.]
- [16] CHEN H Y, BAO J X, ZHANG Z J, et al. Isotope indication to source of ore materials and fluids of the Wangfeng gold deposit in Tianshan: a case study of metallogenesis during collisional orogenesis[J]. *Science in China (Series D)*, 2000, 43 (Suppl): 156-166.
- [17] CHEN H Y, CHEN Y J, LIU Y L. Metallogenesis of the Ertix gold belt, Xinjiang and its relationship to Central Asia-type orogenesis[J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 44(3): 245-255.
- [18] CHEN Y J. Mineralization during collisional orogenesis and its control of the distribution of gold deposits in Junggar Mountains, Xinjiang, China [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1997, 71(1): 69-79.
- [19] COLE A, WILKINSON J J, HALLS C, et al. Geological characteristics, tectonic setting and preliminary interpretations of the Jilau gold-quartz vein deposit, Tajikistan [J]. *Mineralium Deposita*, 2000, 35(7): 600-618.
- [20] MALCHENKO E G, ERMOLOV P V. Metallogenic summary of Central Kazakhstan and adjacent areas[A]. SHATOV S K, LEHMANN P E. *Granite-Related Ore Deposits of Central Kazakhstan and Adjacent Areas* [M]. St. Petersburg: Glagol Publishing House, 1996. 67-81.
- [21] RUI Z Y, GOLDFARB R J, QIU Y M, et al. Paleozoic-early Mesozoic gold deposits of the Xinjiang Autonomous Region, northwest China [J]. *Mineralium Deposita*, 2002, 37(3-4): 393-418.
- [22] CHEN Y C, WANG D H, LIN W W. Metallogenic series of

- primary gold deposits in China[J]. *Mineral Deposits*, 1998, 17 (Suppl): 87-92 (in Chinese). [陈毓川, 王登红, 林文蔚. 中国岩金矿床成矿系列[J]. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 87-92.]
- [23] RUI Z Y, HUANG Z K, QI G M. *Porphyric Copper (Molybdenum) Deposits in China*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984. 1-350(in Chinese). [芮宗瑶, 黄崇珂, 齐国明. 中国斑岩铜(钼)矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1984. 1-350.]
- [24] YANG X Y, JIN Z M. Studies on Rb-Sr and Sm-Nd isotope of Yadong leucogranite in Tibet: constraint on its age and source material[J]. *Geological Review*. 2001, 47 (3): 300-307 (in Chinese). [杨晓松, 金振民. 西藏亚东淡色花岗岩 Rb-Sr 和 Sm-Nd 同位素研究[J]. 地质论评, 2001, 47 (3): 294-300.]
- [25] LI C, CHEN Y J, HE S D. East Qinling-Dabieshan lithosphere delaminating age, mechanism and direction: petrological evidences and stipulation[J]. *Chinese Journal of Geochemistry*, 2001, 20(1): 59-72.
- [26] SUN W D, LI S G, CHEN Y D, et al. Timing of synorogenic granitoids in the South Qinling, Central China: Constraints on the evolution of the Qinling-Dabie orogenic belt[J]. *Journal of Geology* (in press).
- [27] CHEN Y J, ZAW K, CHEN H Y, et al. Geodynamic setting and tectonic model of skarn gold deposits in China: an overview[J]. *Ore Geology Reviews* (in press).
- [28] HSU K J, LI J L, CHEN H H, et al. Tectonics of South China: key to understanding West Pacific geology[J]. *Tectonophysics*, 1990, 183(1): 9-39.
- [29] SENGOR A M C, NATAL 'IN B A. Paleotectonics of Asia: fragments of synthesis[A]. YIN A, HARRISON T M. *The Tectonic Evolution of Asia*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 486-640.
- [30] YIN A, NIE S Y. A Phanerozoic palinspastic reconstruction of China and its neighboring regions[A]. YIN A, HARRISON T M. *The Tectonic Evolution of Asia*[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. 442-485.
- [31] LI T D, XIAO X C. Terrane structural analysis of the Tibet Plateau[A]. *The Lithospheric Architecture and the Development of the Tibet Plateau*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996. 6-20(in Chinese). [李廷栋, 肖序常. 青藏高原地体构造分析[A]. 青藏高原岩石圈结构构造和形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1996. 6-20.]
- [32] ROBINSON P T, ZHOU M F, HU X F, et al. Geochemical constraints on the origin of the Hegenshan Ophiolite, Inner Mongolia, China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1999, 17(4): 423-442.
- [33] WANG X C, YE S P. On the relationship between geotectonic evolution and gold mineralization in western Sichuan [A]. CHEN Y J, ZHANG J, LAI Y. *Continental Geodynamics and Metallogenesis*[M]. Beijing: Seismological Press, 2001. 153-161 (in Chinese). [王小春, 叶生平. 论川西地区构造演化与金成矿作用之间的关系[A]. 陈衍景, 张静, 赖勇. 大陆动力学与成矿作用[M]. 北京: 地震出版社, 2001. 153-161.]
- [34] HSU K J, SUN S, CHEN H H, et al. Mesozoic overthrust tectonics in South China[J]. *Geology*, 1988, 16(5): 418-421.
- [35] CHEN Y J. Fluidization model for continental collision in special reference to study ore-forming fluid of gold deposits in the eastern Qinling Mountains, China[J]. *Progress in Natural Science*, 1998, 8(4): 385-393.
- [36] SILLITOE R H. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits[J]. *Economic Geology*, 1972, 67 (2): 184-197.
- [37] SILLITOE R H. Gold deposits in western Pacific island arcs: the magmatic connection[J]. *Econ Geol Monograph*, 1989, 6 (3): 274-291.
- [38] SILLITOE R H. Some metallogenic features of gold and copper deposits related to alkaline rocks and consequences for exploration[J]. *Mineralium Deposita*, 2002, 37(1): 4-13.
- [39] HU S X, ZHAO Y Y, XU B, et al. Evidence for the Jiangsu-Shandong ultra-high-pressure metamorphic belt returns from the upper mantle to the earth surface in the Mesozoic-Cenozoic[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1997a, 71 (3): 245-253 (in Chinese). [胡受奚, 赵懿英, 徐兵, 等. 苏-鲁超高压变质岩带从上地幔返回地表的证据[J]. 地质学报, 1997a, 71 (3): 245-253.]
- [40] XIAO Q H. Study of the Circum-Pacific tectono-magmatic-metallogenic-volcanic zone [A]. *Current Frontiers in Geological Sciences*[C]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993. 161-171 (in Chinese). [肖庆辉. 滨太平洋构造-岩浆-成矿-地震带研究[A]. 当代地质科学前沿[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1993. 161-171.]
- [41] ZHAI Y S, YAO S Z, LIN X D. Metallogenic regularity of iron and copper deposits in the middle and lower valley of the Yangtze River[J]. *Mineral Deposits*, 1992, 11 (1): 1-11 (in Chinese). [翟裕生, 姚书振, 林新多, 等. 长江中下游地区铁铜等成矿规律研究[J]. 矿床地质, 1992, 11(1): 1-11.]
- [42] HU S X, WANG H N, WANG D Z, et al. *Geology and Geochemistry of Gold Deposits in East China*[M]. Beijing: Science Press, 1998. 343 (in Chinese). [胡受奚, 王鹤年, 王德滋, 等. 中国东部金矿地质学及地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 343.]
- [43] ZHOU T F, YUAN F, YUE S C, et al. Two series of copper-gold deposits in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River (ML YRA) and hydrogen, oxygen, sulfur and lead isotopes of their ore-forming hydrothermal systems[J]. *Science in China (Series D)*, 2000, 43(Suppl): 208-218.
- [44] CHEN Y J, CHEN H Y, WANG H H, et al. Progress and records in the study of endogenetic mineralization during collisional orogenesis[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000a, 45(1): 1-10.
- [45] CHEN Y J, LI C, ZHANG J, et al. Sr and O isotopic charac-

- teristics of porphyries in the Qinling molybdenum deposit belt and their implication to genetic mechanism and type[J]. *Science in China* (Series D), 2000b, 43(Suppl): 82-94.
- [46] CHEN Y J. Greenstone-type gold deposits in China[A]. *Progresses in Study of Gold Deposits in China*[C]. Beijing: Seismological Press, 1994. 4-29(in Chinese). [陈衍景. 中国绿岩带型金矿床[A]. 中国金矿研究新进展[C]. 北京: 地震出版社, 1994. 4-29.]
- [47] GROVES D I, PHILLIPS G N. The genesis and tectonic control on Archean gold deposits of the Western Australian Shield: a metamorphic-replacement model[J]. *Ore Geology Reviews*, 1987(2): 287-322.
- [48] GROVES D I. The crustal continuum model for late-Archean lode-gold deposits of the Yilgarn Block, Western Australia[J]. *Mineralium Deposita*, 1993, 28(4): 366-374.
- [49] GROVES D I, GOLDFARB R J, GEBRE-MARIAM M, et al. Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types[J]. *Ore Geology Reviews*, 1998, 13(1): 7-27.
- [50] KERRICH R, WYMAN D. Geodynamic setting of mesothermal gold deposits: an association with accretionary tectonic regimes[J]. *Geology*, 1990, 18(9): 882-885.
- [51] KERRICH R, GOLDFARB R, GROVES D, et al. The characteristics, origins, and geodynamic settings of Supergiant gold Metallogenic Provinces[J]. *Science in China* (Series D), 2000, 43(Suppl): 1-68.
- [52] TU G Z. Gold deposits in China[A]. GUAN Guangyue, ZHU Fengsan. *Proceedings of International Symposium on Gold Geology and Exploration*[M]. Shenyang: Northeast University of Technology Press, 1989. 2-6.
- [53] HUANG J Q, CHEN B W. *The Evolution of the Tethys in China and Adjacent Regions*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 109.
- [54] TU G Z. *Superlarge Deposits in China*[M]. Beijing: Science Press, 2000. 584(in Chinese). [涂光炽. 中国超大型矿床[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 91-94.]
- [55] CHEN Y J, GUO G J, LI X. Metallogenic geodynamic background of gold deposits in Granite-greenstone terrains of North China craton[J]. *Science in China* (Series D), 1998, 41(2): 113-120.
- [56] CHEN Y J, HU S X, FU S G. Evidence for the existence of the Sanmenxia-Baofeng fault and discussion on some related problems[J]. *Journal of Nanjing University* (Earth Sciences Edition), 1990(3): 75-84(in Chinese). [陈衍景, 胡受奚, 富士谷. 三门峡—宝丰断裂存在的证据及若干问题讨论[J]. 南京大学学报(地学版), 1990(3): 75-84.]
- [57] SUI Y H, WANG H H, GAO X L, et al. Ore fluid of the Tieluping silver deposit of Henan Province and its illustration of the tectonic model for collisional petrogenesis, metallogenesis and fluidization[J]. *Science in China* (Series D), 2000, 43(Suppl): 108-121.
- [58] ZHANG G W, MENG Q R, YU Z P, et al. Orogenesis and dynamics of the Qinling orogen[J]. *Science in China* (Series D), 1996, 39(3): 225-234.
- [59] FAURE M, LIN W, Breton N L. Where is the North China-South China block boundary in the eastern China[J]? *Geology*, 2001, 29(2): 119-122.
- [60] ZHOU T H, LU G X. Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in East Shandong, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 2000, 16(1): 71-90.
- [61] QIU Y M, GROVES D I, MCNAUGHTON N J, et al. Nature, age, and tectonic setting of granitoid-hosted, orogenic gold deposits of the Jiaodong peninsula, eastern North China craton, China[J]. *Mineralium Deposita*, 2002, 37(3-4): 283-305.
- [62] WONG W H. Crustal movements and igneous activities in Eastern China since Mesozoic time[J]. *Bull Geol Soc China*, 1927, 6(1): 9-36.
- [63] WONG W H. The Mesozoic orogenic movements in Eastern China[J]. *Bull Geol Soc China*, 1929, 8(1): 33-44.
- [64] TU G Z. *Low-Temperature Geochemistry*[M]. Beijing: Science Press, 1998. 1-266(in Chinese). [涂光炽. 低温地球化学. 北京: 科学出版社, 1998. 1-266.]
- [65] LAI S C, ZHANG G W, YANG R Y. Identification of the island-arc magmatic zone in the Lianghe-Raofeng-Wuliba area, south Qinling and its tectonic significance[J]. *Science in China* (Series D), 2000, 43(Suppl): 69-81.
- [66] HE L X, ZENG R L, LIN L Q. *Geology of Gold Deposit of Guizhou*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993. 1-130(in Chinese). [何立贤, 曾若兰, 林立青. 贵州金矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1993. 1-130.]
- [67] HAN Z J, WANG Y G, FENG J Z. *Geology and Exploration of Sediment-Hosted Disseminated Gold Deposits in Southern Guizhou*[M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1999. 1-146(in Chinese). [韩至钧, 王砚耕, 冯济舟. 黔西南金矿地质与勘查[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1999. 1-146.]
- [68] GOLDFARB R J, GROVES D I, GARDOLL S. Orogenic gold and geological time: a global synthesis[J]. *Ore Geology Reviews*, 2001, 18(1): 1-75.
- [69] HSU K J, SUN S, LIJ L. South China: an orogen rather than a platform[J]. *Science in China* (Series B), 1987, 17(12): 1107-1115(in Chinese). [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), 1987, 17(12): 1107-1115.]
- [70] LIJ L. *Lithospheric Structure and Geological Evolution of the Southeast China Continent*[C]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1993. 1-264(in Chinese). [李继亮. 东南大陆燕山期结构和地质演化[C]. 北京: 冶金工业出版社, 1993. 1-264.]
- [71] ZHOU T F, YUE S C. Important progresses in study of the Middle and Lower Yangtze River copper-gold belt[J]. *Mineral Deposit*, 1998, 17(Suppl): 149-152.

- [72] LIN W, FAURE M, SUN Y, et al. Compression to extension switch during the Middle Triassic orogeny of Eastern China: the case study of the Jiulingshan massif in the southern foreland of the Dabieshan[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2001, 20 (1): 31-43.
- [73] ZHA Q H, HAN Z, LIU D S. Characteristics of petroleum geology in China and their influences to reserve growth[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1999, 20(5): 1-6(in Chinese). [查全衡, 韩征, 刘殿升. 中国石油地质的若干特点及其对储量增长的影响[J]. 石油学报, 1999, 20(5): 1-6.]
- [74] TU G Z. The relationship of their forming among coal, oil, natural gas and metallic ore[J]. *Geological Exploration for Non-ferrous Metals*, 1994, 3(1): 1-3(in Chinese). [涂光炽. 成煤、成油、成气、成盐和成金属矿之间的关系[J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, 3(1): 1-3.]
- [75] HU J Y, ZHAO W Z, QIAN K. Fundamental characteristics of petroleum geology in NW China[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17(3): 1-11(in Chinese). [胡见义, 赵文智, 钱凯. 中国西北地区石油天然气地质基本特征[J]. 石油学报, 1996, 17(3): 1-11.]
- [76] WEI G Q, JIA C Z, SHI Y S. Tectonic characteristics and petroleum prospects of Cenozoic compound rejuvenated foreland basins in Tarim[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2000, 74(2): 123-133(in Chinese). [魏国齐, 贾承造, 施央申. 塔里木新生代复合再生前陆盆地构造特征与油气[J]. 地质学报, 2000, 74(2): 123-133.]
- [77] ZHANG G Y, SONG J G. Control of basin reworking on hydrocarbon accumulation and preservation in the Tarim cratonic basin, Northwest China[J]. *Geological Review*, 1998, 44(5): 511-521(in Chinese). [张光亚, 宋建国. 塔里木克拉通盆地改造对油气聚集和保存的控制[J]. 地质论评, 1998, 44(5): 511-521.]
- [78] CHEN Y J, ZHANG J, LIU C Q, et al. The lateral source of the continental oil and Gas of China: extension and application of the CPMF model[J]. *Geological Review*, 2001, 47(3): 261-271(in Chinese). [陈衍景, 张静, 刘丛强, 等. 试论中国陆相油气侧向源[J]. 地质论评, 2001, 47(3): 261-271.]
- [79] TING V K. The orogenic movements in China[J]. *Bull Geol Soc China*, 1929, 8(2): 151-170.
- [80] HUANG T K, HSU K C. Mesozoic orogenic movements in the Pinghsiang coalfield, Kiangsi[J]. *Bull Geol Soc China*, 1936, 16(2): 177-194(in Chinese). [黄汲清, 徐克勤. 江西萍乡煤田之中生代造山运动[J]. 地质学报, 1936, 16(2): 177-194.]
- [81] CUI S Q, LI J R. On the Indosinian Movement of China's per-Pacific tectonic belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1983, 57(1): 51-62(in Chinese). [崔盛芹, 李锦蓉. 试论中国滨太平洋带的印支运动[J]. 地质学报, 1983, 57(1): 51-62.]
- [82] ZHAO Z P. Review of the 50th anniversary of the Indosinian Movement[J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1986 (1): 7-15(in Chinese). [赵宗溥. “印支运动”五十周年回顾[J]. 地质科学, 1986(1): 7-15.]
- [83] ZHU X, CHEN H J, SUN Z C, et al. The Mesozoic-Cenozoic tectonics and petroliferous basins of China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1983, 57(3): 235-242(in Chinese). [朱夏, 陈焕疆, 孙肇才, 等. 中国中、新生代构造与含油气盆地[J]. 地质学报, 1983, 57(3): 235-242.]
- [84] HUANG T K. On Major Tectonic Forms of China[J]. *Geological Memoirs Series A*, 1945, 20(1): 1-165.
- [85] HUANG J Q. On the multi-cyclic development of geosynclinal fold belt[J]. *Science in China*, 1979, 9(4): 384-397(in Chinese). [黄汲清. 试论地槽褶皱带的多旋回发展[J]. 中国科学, 1979, 9(4): 384-397.]
- [86] REN J S, JIANG C F, ZHANG Z K, et al. *Tectonic Framework and Evolution of China: Illustration to 1/4000000 Tectonic Map of China*[Z]. Beijing: Science Press, 1980. 1-124(in Chinese). [任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化——1/4 000 000 中国大地构造图简要说明[Z]. 北京: 科学出版社, 1980. 1-124.]
- [87] CHEN G D. Examples of “activizing region” in Chinese Platform with special reference to the “Cathaysia” problem[J]. *Acta Geologica Sinica*, 1956, 36(3): 239-271(in Chinese). [陈国达. 中国地台“活化区”的实例并着重讨论“华夏古陆”问题[J]. 地质学报, 1956, 36(3): 239-271.]
- [88] CHEN G D. *Activation of Platform and Ore Exploration Guide*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1960. 1-408(in Chinese). [陈国达. 地台活化说及其找矿意义[M]. 北京: 地质出版社, 1960. 1-408.]

SEVERAL IMPORTANT PROBLEMS IN STUDY OF REGIONAL METALLOGENESIS IN CHINA : THEIR RELATIONSHIP TO CONTINENTAL COLLISION

CHEN Yan-jing

(School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract : Several difficult problems have been encountered in the study of the regional metallogenic regularity in China. They are as follows: (1) As one of the Circum-Pacific areas, Chinese large scale hydrothermal metallogenesis occurred in the Yanshanian of Mesozoic, contrasting with that of the other Circum-Pacific areas where Large scale mineralization occurred in Cenozoic; (2) The mainland China geologically evolved > 3.0 Ga, but its large scale mineralizations exploded at Yanshanian in east area, Cenozoic in Tethysian domain of Southwestern China, and late Hercynian in Central Asia domain of Northwestern China respectively; (3) Many large metallogenic provinces distribute in inner craton in the world, while the metallic hydrothermal deposits distribute in Phanerozoic orogens or their sides; (4) According to the metallogenic model for greenstone-hosted gold deposits, gold mineralization occurred simultaneously with or tightly followed cratonization of greenstone belts, i.e. in Archean generally; whereas the gold deposits hosted in greenstone belts in China formed in Mesozoic, 2.0 Ga later than the cratonization of the greenstone belts; and (5) In the world, the marine oil systems are far more significant than the nonmarine oil systems worldwide, on the contrary, in China, nonmarine oil systems take the advantage of oil reserves. The author thinks that these problems are not independent, they reflect the distinctive feature of the regional metallogenesis in China, which had resulted from intensely collisions between various continents or blocks since late Paleozoic. Hence the study of petrogenesis, metallogenesis, hydrocarbon accumulation, and fluidization during collisional orogenesis may enable us to deeply understand these problems.

Key words : Mainland China; regional metallogenesis; important problem; collisional orogenesis