初论中国三叠纪大规模成矿作用及其动力学背景

毛景文 周振华 丰成友 王义天 张长青 彭惠娟 于 淼

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

提要:三叠纪构造演化在中国地质历史过程中具有强度大、影响广泛的特点,然而与三叠纪重大构造事件有关的成矿作用研究明显滞后。本文基于最新研究成果,初步系统论述了中国三叠纪大规模成矿时空分布及基本特点。中国三叠纪金属矿产主要分布在昆仑—秦岭和红河—哀牢山两个三叠纪主造山带及其邻区,另外在华南、东北和新疆三个板内也发育有一系列多金属矿产。三叠纪矿床类型主要包括:①与基性-超基性岩有关的 Cu-Ni 硫化物矿;②与中酸性-酸性岩有关的斑岩 Cu-Au、Cu-Mo、Mo 矿, 矽卡岩型 Cu-Pb-Zn、Cu-Fe、Sn、W 矿和脉状 Au 矿; ③与高温气液-流体有关的伟晶岩型稀有金属矿;④与造山过程构造-热-流体有关的造山型 Au 矿;⑤与造山过程盆地流体有关的 MVT 型 Pb-Zn 矿;⑥与地幔流体有关的碳酸岩脉型 Mo 矿。昆仑—秦岭造山带内大多数三叠纪矿产都形成于碰撞造山或后碰撞环境,以前者为主。在东秦岭地区,三叠纪矿床以 Mo、Au 矿为主,形成时代集中在 233~221 Ma;西秦岭地区三叠纪 Au 矿和 Pb-Zn 矿广泛分布,其中金矿受北西向脆韧性剪切构造带控制,而 Pb-Zn 矿集中出现在西成和凤太两大盆地内,成矿时代集中在晚三叠世(232~214 Ma);东昆仑地区新探明的一系列 Cu-Mo-Fe 多金属矿床,其成矿时代为 240~210 Ma。红河—哀牢山造山带受新特提斯构造演化影响,三叠纪矿产呈零星出露,主要出现在中甸古岛弧区、造山带东侧的滇黔川接壤区和滇东南都龙地区。在中甸岛弧区整体表现为中部以斑岩-矽卡岩型 Cu 矿床为主,向南北两侧变为斑岩-浅成低温热液型 Cu-Pb-Zn 矿床和 Au 矿床,成岩成矿年龄集中于 228~201 Ma;川滇黔地区近几年的测年结果显示出其主要的 Pb-Zn 矿都形成于三叠纪; 滇东南都龙地区新近发现一组三叠纪 W-Sn 矿床,成矿时代集中在 214~209 Ma。除两条主碰撞带外,三叠纪矿床还有华南稀有、W-Sn 矿床,新疆稀有金属、Mo 矿和东北及其邻区斑岩 Mo 矿、Cu-Ni 硫化物矿和脉状 Au 矿等,其与板块碰撞的远程效应关系密切。其中,华南大多数三叠纪矿产与东西向构造-岩浆活动有关,来源于加厚地壳重熔形成的过铝质花岗岩上侵定位,而东北及其邻区、新疆及其毗邻的蒙古和俄罗斯阿尔泰及紧邻西伯利亚的三叠纪成矿作用则可能与地幔柱活动有关。

关 键 词:三叠纪;成矿作用;碰撞造山;后碰撞;地幔柱;昆仑—秦岭造山带;红河—哀牢山造山带

中图分类号:P611;P534.51 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2012)06-1437-35

印支造山作用被广泛定义为与古特提斯洋关闭有关的早中生代构造事件[1],由于在印度支那的三叠纪地层中存在两个显著不整合界面,被 Fromaget[2-4]命名为印支运动。印支运动研究在中国最初集中于华南地区,接着在西南地区见有广泛分布[5-6],并在详细的地质填图及野外考察的基础上确定出一系列印支期造山带,主要发育于三江地区和龙门山—甘孜—理塘以西和昆仑—阿尼玛卿山以南的广大地区[1,7]。尽管三叠纪有多条蛇绿岩带,曾经历过"多洋盆、多地体、多岛弧"的演化过程,伴随着古特提斯多洋盆的俯冲和闭合, 但最主要的碰撞带位于红河—哀牢山和昆南—秦岭。红河—哀牢山缝合带 NW-SE 向延伸,向南与越南境内的松马(Song Ma)缝合带相连[8-10]。张国伟等[11]厘定了华南与华北两个地块沿勉略缝合带于三叠纪晚期碰撞对接, 该缝合带向西与昆南—阿尼玛卿山缝合带相连接。

构造地质学家卓有成效的工作发现和证实三叠纪构造演化在中国地质历史过程具有强度大、影响

收稿日期:2012-12-09;**改回日期**:2012-12-12

基金项目:国家自然科学基金项目(40930419)和中国地质调查项目(121201112083 和 1212011085260)联合资助成果。

作者简介:毛景文,男,1956 年生,博士,研究员,主要从事矿床地质和地球化学研究;E-mail:jingwenmao@263.net。

广泛的特点,华北、华南、印支和塔里木几个陆块在三叠纪晚期拼合成一个统一古陆。然而,与三叠纪重大构造事件有关的成矿作用研究明显滞后。显而易见,这主要由于中国东部地区在中晚侏罗世—早白垩世经受了古太平洋板块俯冲和大规模岩石圈减薄,西南地区经历了新特提斯洋的开启-俯冲-碰撞造山的叠置,三叠纪大规模成矿作用被叠加、改造及部分消失。但随着现代同位素测年技术的发展和精度提高,三叠纪大规模成矿作用面貌逐渐显露。本文基于最近研究,初步系统论述中国三叠纪大规模成矿的特点、范围及其地球动力学背景。

1 三叠纪矿产的成因类型和空间分布特点

中国三叠纪在地质历史过程作为一个单独的构造-成矿旋回,其经历的时间相对短暂,但形成的矿产资源类型却十分丰富,已探明具有工业价值的矿产资源包括铜、钼、金、铅锌、银、钨、锡、铁、镍、钴、锂、铍、铌钽、铷、铯等。从矿床成因角度考虑,三叠纪矿产主要包括与基性-超基性岩有关的铜镍硫化物矿;与中酸性-酸性岩有关的斑岩铜金矿、斑岩铜钼矿、斑岩钼矿、矽卡岩型铜铅锌矿、矽卡岩型铜铁矿、矽卡岩型锡矿、矽卡岩型钨矿和脉状金矿;与高温气液-流体有关的伟晶岩型稀有金属矿;与造山过程构造-热-流体有关的造山型金矿;与造山过程盆地流体有关的密西西比河谷型铅锌矿和与地幔流体有关的碳酸岩脉型钼矿。

从现有矿石矿物或与成矿密切相关的脉石矿物及其与成矿有关花岗质岩石的精确年龄数据来看(表1,图1),三叠纪金属矿产主要分布在昆仑—秦岭造山带和红河—哀牢山造山带及其邻区,另外在华南、东北和新疆三个板内也发育有一系列多金属矿产。

1.1 昆仑—秦岭主碰撞带三叠纪矿床

三叠纪矿产在昆仑—秦岭造山带广泛分布,尤其是在东昆仑和西秦岭地区保存比较完整。在东秦岭—大别山地区由于燕山期构造-岩浆-成矿事件的广泛叠加和改造,三叠纪矿产零星分布。黄龙铺碳酸岩脉型钼矿和大湖钼金矿是东秦岭比较有代表性的三叠纪矿产,其形成时代为233~221 Ma[78,101-103]。严阵等[104]、黎世美等[105]和任富根等[106]运用Ar-Ar方法测定北岭、上宫、大赵裕和毛堂金矿的成矿年龄为242~216 Ma,尽管当时测试精度不很精确,但给出了一个重要信号,即三叠纪成矿事件可能普遍存在。近年,在熊耳山地区嵩县中部发现和探明13个辉钼矿-石英脉型钼矿床,其辉钼矿Re-Os年龄均为三叠纪(230~242 Ma)[55,83,107]。因此,Mao et al.[108]、卢欣祥等[109]和陈衍景[107]明确提出东秦岭三叠纪是中生代一次重要的成矿事件。

在西秦岭地区,金矿和铅锌矿广泛分布,尤其在西成(西和—成县)和凤太(凤县—太白)两个矿集区更为密集,包括厂坝—李家沟超大型铅锌矿床,八方山—二里河、铅硐山—东塘子、银硐梁大型铅锌矿床,八卦庙、李坝、双王大型金矿床。总体来讲,金矿沿北西向脆韧性剪切构造带分布,而铅锌矿集中出现在西成和凤太两大盆地内(图2)。这些铅锌矿的矿体尽管沿一定层位分布,但明显受褶皱构造及断裂构造的控制。值得指出的是这套铅锌矿床长期以来被认为是SEDEX型矿床,而对于金矿有不同的认识,有海底喷流成矿[110],剪切带型和卡林型矿床[111-112]等认识。近10年以来,随着同位素年龄测定精度的提高,它们可能是三叠纪大规模成矿的产物。凤太矿集区内的八卦庙金矿床的石英Ar-Ar坪年龄为(232.58±1.59)Ma,等时线年龄为(222.14±3.45)Ma[74];八方山—二里河铅锌矿床的黄铁矿Re-Os等时线年龄为(226±17)Ma[113],闪锌矿Rb-Sr等时线年龄为(220±7.3)Ma[75],李坝金矿床的云母Ar-Ar坪年龄为227~216 Ma[73];厂坝—李家沟铅锌矿床闪锌矿Rb-Sr等时线年龄为(222.4±5.2)Ma(王义天等,未发表数据)。近年来,在西成矿集区北部发现了一个北西走向的斑岩钼矿带,其中温泉斑岩型钼矿床的辉钼矿Re-Os同位素等时线年龄为(214.4±7.1)Ma[82,114-115]。

西秦岭向西北延伸到东昆仑。经过近年的大规模找矿评价和勘查,东昆仑已经成为一个颇具规模金属成矿带,主要矿床类型有造山型金矿、斑岩铜钼矿或钼矿、矽卡岩型铁铜铅锌多金属矿和矽卡岩型铁矿(图3)。造山型金矿分布于昆中、昆南和北巴颜喀拉构造带,典型代表如五龙沟、大场、开荒北、东大滩、小干沟、西藏大沟等,又可分为破碎带蚀变岩型和石英脉型金矿,这些矿床中的矿体严格受大断裂、剪切带、褶皱和断裂-裂隙构造系统控制,围岩普遍发生绿片岩相变质[116-117]。利用绢云母Ar-Ar法测年,获得五龙沟和大场金矿成矿年龄分别为(236.5±0.5)Ma和(218.6±3.2)Ma[118]。矽卡岩型铁铜铅锌钼多金属矿化与中三叠世晚期—晚三叠世的含暗色微

表 1　中国三叠纪矿床成岩成矿时代统计

Table 1　Precise age data of Triassic ore deposits and related granites in China

大兴安岭及邻区三叠纪矿床												
序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
1	库里吐	Cu-Mo	斑岩型	中型	华北地台北缘	二叠纪下统青风山组、白平纪下统	二长花岗岩	(229±4.3) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(236±3.3)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[12-13]
2	查干敖包	Fe-Zn	矽卡岩型	中型	西伯利亚西板块东南缘查干敖包—奥尤特—朝不楞早古生代构造—岩浆岩带	奥陶系多宝山组火山-沉积岩	石英闪长岩岩体、花岗斑岩、闪长玢岩	(237±6) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	三叠纪		[14]
3	阿尔哈达	Pb-Zn	热液脉型	中型	东乌旗—二连浩特复背斜北翼的东乌旗褶皱带	上泥盆统安格尔音乌拉组火山-沉积岩	黑云母花岗岩	(218±5) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	三叠纪		[14]
4	沙麦	W	热液脉型	中型	西伯利亚板块东南缘伊尔施早古生代增生带	中下侏罗统马尼特庙群砂砾岩	似斑状黑云母花岗岩和不等粒黑云母花岗岩	(225.9±2.1) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(224±6) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[15]
5	小坝梁	Cu-Au	火山热液型	中型	蒙东南中—晚华力西褶皱带	下二叠统格根敖包组第二岩段安山质凝灰岩、凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩	细粒角斑岩	(242±18) Ma	全岩Rb-Sr 等时线	三叠纪		[16]
6	车户沟	Cu-Mo	斑岩型	中型	华北板块北缘增生型造山带	上侏罗统满克头鄂博组流纹质凝灰岩、玛尼吐组凝灰岩	似斑状黑云母中细粒花岗岩和花岗斑岩	(247±2) Ma	黑云母Rb-Sr 等时线	(245±5) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[12,17-19]
7	红花沟	Au	石英脉型	中型	华北板块北缘增生型造山带东段	太古界建平群小塔子沟组斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩、混合花岗岩、闪长岩	闪长岩	237.3 Ma	K-Ar 等时线	225~237Ma	K-Ar 等时线	[20]
8	敖尔盖	Au	斑岩型	中型	中生代火山盆地穹状隆起带	二叠系下统大石寨组中酸性火山熔岩及火山碎屑岩	石英闪长岩、细粒花岗岩、似斑状花岗岩	(245.4±1.8) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	三叠纪		Zhou 等未发表数据

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
9	喇嘛罕山	Ag-Pb-Zn	热液脉型	中型	大兴安岭南段晚古生带增生造山带东端菱形构造块体内	侏罗系满克头鄂博组火山岩	片麻状花岗岩	(252±2) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	三叠纪		Zhou 等未发表数据
10	莲花山	Cu-Ag	斑岩—热液脉型	中型	大兴安岭南段晚古生代增生造山带	下二叠统大石寨组变质安山岩、英安质凝灰岩、凝灰质砂岩	斜长花岗斑岩	(236.8±0.77) Ma~(237.9±0.71) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	三叠纪		[21]
11	白音诺	Pb-Zn	矽卡岩型	大型	大兴安岭南段晚古生代增生造山带	下二叠统黄岗梁组大理岩	花岗闪长岩	(244.5±0.9)Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	三叠纪		[22]
12	查干花	Mo	斑岩型	大型	华北板块北部大陆边缘、狼山裂谷北西侧的宗乃山—沙拉扎山构造带	下元古界宝音图群浅灰色-灰绿色千枚岩、绢云石英片岩、浅变质粉砂岩等	似斑状黑云母花岗岩	(253.3±2.8) Ma~(253.8±3.7) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(242.7±3.5) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[23-24]
13	鹿鸣	Mo	斑岩型	大型	佳木斯地块和松嫩—张广才岭地块结合部位，大地构造位置属陆缘造山带	下寒武统铅山组白云质大理岩、中侏罗统太安屯组酸性熔岩、凝灰质砂岩、上侏罗统帽儿山组和下白垩统板子房组中酸性熔岩及凝灰岩	二长花岗斑岩	(201±4) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	三叠纪		[25]
14	夹皮沟	Au	石英脉型	大型	华北地台北缘东段	新太古代夹皮沟群斜长角闪(片麻)岩类	花岗闪长岩	(23±2)Ma	锆石(SHRIMP U-Pb)	(244±9.0)Ma	石英流体包裹体 Rb-Sr 等时线	[26-27]
15	八家子	Au	石英脉型	大型	华北地台北缘东段	长城系高于庄组碎屑碳酸盐岩	石英正长斑岩	(218±6) Ma~(241±6) Ma	锆石(SHRIMP U-Pb)	(204±0.53)Ma	绢云母（^{40}Ar-^{39}Ar 坪年龄）	[26,28]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
16	青城子	Au-Ag-Pb-Zn	石英脉型	大型	华北地台北缘东段辽吉裂谷	古元古代的辽河群混合质变粒岩、混合花岗岩、太古代鞍山群大理岩、夕线石云母片岩、石榴子石云母片、斜长角闪岩	黑云母二长花岗岩	(224. 2±1.2) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	(238.8±0.7)Ma~(238.8 ±0.6) Ma	石英（^{40}Ar-^{39}Ar 坪年龄）	[29-30]
17	红旗岭	Cu-Ni	岩浆熔离型	大型	兴安—蒙古造山带的东部，吉林褶皱带南部边缘	下古生界呼兰群石榴石二云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、白云母片岩等	角闪辉长岩、角闪辉石岩和含橄榄角闪辉石岩	(228.2±3.0) Ma	角闪石（^{40}Ar-^{39}Ar）	(208±21)Ma	磁黄铁矿（Re-Os 等时线）	[31-32]
18	太平川	Cu-Mo	斑岩型	中型	蒙古—鄂霍茨克造山带南缘	粗—巨斑状中粒黑云母（钾长）二长花岗岩和中生代中细粒花岗闪长斑岩	花岗闪长斑岩	(202±5.7) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	(203.6±4.6)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[33-34]
19	八大关	Cu-Mo	斑岩型	中型	蒙古—鄂霍茨克造山带南缘	中泥盆统大民山组流纹岩、安山岩夹页岩及泥质灰岩	石英闪长玢岩	(229.6±2.0) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）			[33]
20	小狐狸山	Mo-Pb-Zn	斑岩型	中型	兴蒙造山带乌珠尔嘎顺地体东南侧	安山岩，凝灰岩和砂岩以及砾岩和砂岩	似斑状花岗岩			(220±2.2) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[35-36]
21	西沙德盖	Mo	斑岩型	中型	华北克拉通北缘西段阴山隆起西部	混合岩、片麻岩、斜长角闪岩和变粒岩	钾长花岗岩	(222.9±0.82)Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	(226.4±3.3) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[37]
22	柳坝沟	Au-Mo	斑岩型	中型	华北克拉通北缘西段阴山隆起西部	黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、混合岩和变粒岩	花岗岩脉、辉绿岩脉、伟晶岩脉和闪长岩脉			(217.9±3.1) Ma	绢云母（^{40}Ar/^{39}Ar）	[37-38]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
23	哈达门沟	Au-Mo	斑岩型	特大型	华北克拉通北缘西段阴山隆起西部	斜长角闪岩、变粒岩、片麻岩、混合岩、大理岩和磁铁石英岩	细晶岩脉、伟晶岩脉、石英、钾长石脉和钾长石化蚀变岩			(239±3) Ma	绢云母($^{40}Ar/^{39}Ar$)	[37,39]
24	撒岱门沟	Mo	斑岩型	大型	华北克拉通北缘上黄旗中生代构造岩浆岩带	片麻岩和混合岩以及安山岩、流纹岩和凝灰岩	花岗闪长岩和二长花岗岩	(227.1±2.2) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）			[40]
25	大草坪	Mo	斑岩型		华北克拉通北缘上黄旗中生代构造岩浆岩带	片麻岩和混合岩以及安山岩、流纹岩和凝灰岩	花岗岩和花岗闪长岩以及花岗斑岩	(232~220) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）			[41]
26	金厂峪	Au		特大型	华北克拉通北侧遵化太古宙变质岩地体	片麻岩、斜长角闪岩、混合岩、糜棱岩和石英岩	花岗斑岩、煌斑岩、闪长玢岩和石英斑岩			(241.8±6.6)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[42]
27	河坎子	Mo			华北克拉通北缘的燕山台褶带辽西台陷区	碳酸盐岩和碎屑岩以及火山—沉积岩	碱性正长岩、花岗闪长岩和正长花岗岩	(234.8±1.2) Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	(222.8±3.2) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	刘勇等未发表数据
28	金厂沟梁	Au（Mo）		特大型	华北克拉通北缘努鲁儿虎山隆断带中部	片麻岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩和混合岩化片麻岩	花岗岩、花岗闪长岩和闪长岩	(226.8±0.87) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(244.7±2.5)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[37]
29	元宝山	Mo		小型	华北克拉通北缘西拉木伦与赤峰断裂挟持地带	安山岩、流纹岩和凝灰岩以及玄武岩	石英二长岩和二长斑岩			(248±2.6)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[43]
30	乌兰德勒	Mo	斑岩型	大型	兴蒙造山带乌力雅斯太古生代活动陆缘西段	砂质板岩、粉砂岩和灰岩	黑云母花岗岩和石英闪长岩	(240.9±2.5)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(239±2.8)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[44]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
31	宝格达乌拉	Mo（W）	斑岩型	大型	兴蒙造山带乌力雅斯太古生代活动陆缘中段	砂岩、粉砂岩、角岩和凝灰岩	黑云母花岗岩和花岗斑岩	(235.2±2.3)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(235.2±2.3)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[44]
32	白音宝力道—巴彦哈尔	Au		中型	兴蒙造山带乌力雅斯太古生代活动陆缘中段	片岩和片麻岩以及砂岩、粉砂岩和灰岩	石英闪长岩、花岗闪长斑岩和花岗岩	(439~222)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(240~236)Ma	绢云母($^{40}Ar/^{39}Ar$)	[45]
33	阿林诺尔	Mo-Cu		中型	蒙古—鄂霍次克中生代岩浆带西南部	安山岩、英安岩、凝灰岩和砂砾岩	花岗岩、花岗斑岩、石英斑岩	(229.0±2.2)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(227.7±3.1)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[46]
					华南三叠纪矿床							
34	新寨	Sn	矽卡岩型	中型	华南褶皱系越北隆起的北缘	中寒武统田蓬组二云母石英片岩，云母石英片岩及大理岩				(209.0±2.2)Ma	金云母（$^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄）	[47]
35	南秧田	W	矽卡岩型	中型	华南褶皱系越北隆起的北缘	下寒武统冲庄组南秧田云母片岩，绿泥石片岩、变粒岩和片麻岩等				(209.0±3.3) Ma –(214.1±3.1)Ma	辉钼矿（Re-Os 模式年龄）	[48]
36	云头界	W-Mo	石英脉型	中型	华南褶皱系桂北	白云母花岗岩内及与斑状黑云母花岗岩体的接触带内	白云母花岗斑岩	(216.8±4.9)Ma	锆石（LA-ICP-MS）	(216.8±7.5)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线年龄）	[49]
37	鹅仙塘	Sn-W	石英脉型	小型	南岭成矿带东段	震旦系变质岩中	白云母花岗岩	(251.5±6.6)Ma, (202±15)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(231.4±2.4)Ma	白云母（$^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄）	[50]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
38	栗木	Sn-Nb-Ta	花岗岩-石英脉型—长石石英脉型-花岗伟晶岩脉型	大型	栗木矿区位于桂东北凹陷的北东缘，恭城复式向斜北部起端附近，大地构造位置上隶属扬子板块，靠近扬子与华夏板块的拼接部位	中泥盆统和下石炭统	似斑状铁云母花岗岩、中-中粗粒斑状锂铁白云母花岗岩和中细粒含李云么花岗岩	(218.3±2.4)Ma	锆石（SHRIMP）	(214.1±1.9)Ma	白云母（$^{40}Ar/^{39}Ar$ 坪年龄）	[51-52]
39	荷花坪	Sn	石英脉型、矽卡岩型	大型	大地构造位置属于华南古生代褶皱系湘南桂东拗陷的东部，向东毗邻赣南粤北隆起	泥盆系棋梓桥组灰岩与跳马涧组砂岩界面附近的层间滑动构造带中	中细粒斑状花岗岩	(212±4.0)Ma	锆石（SHRIMP）	(224.1±1.9)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[53]
40	高坳背	W-Mo	热液型	大型或超大型	南岭纬向构造带中段北缘	下寒武统香楠组细-中粒石英砂岩	黑云母二长花岗岩	(222.1±2.0)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(157.3±6.6)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[54]
41	马家洼	Au（Mo）	热液型	中型		太古代太华群深变质岩				(232.0±11)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[55]
42	紫木凼	Au		大型	黔西南	三叠系夜郎统泥灰岩				(250.0±14)Ma	方解石（Sm-Nd）	[56]
43	老鸦岭	Mo	同沉积型	中型	扬子板块北缘	二叠系顶部大隆组				(234.2±7.3)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[57]
44	跑马	Pb-Zn	层控型	大型	扬子地台西南缘	下寒武统麦地坪组				(200±1)Ma	闪锌矿（Rb-Sr 等时线）	[58]
45	甲基卡	稀有金属	伟晶岩型	大型	甘孜地槽褶皱系东缘	三叠系西康群砂页岩	二云母花岗岩	(214.65±1.66) Ma	全岩（Rb-Sr）	(195.4±2.2)Ma（134 号脉）(199.4±2.3)Ma（104 号脉）	白云母（Ar-Ar 等时线）	[59]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
46	羊拉	Cu	热液型	大型	哀牢山—金沙江构造带中部	泥盆系里农组	花岗闪长岩	(234.65±1.2)Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）	(232.6±2.9)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[60]
47	普朗	Cu	斑岩型	超大型	义敦—中甸岛弧带	三叠系上统图姆沟组	黑云石英二长斑岩	(35.4±2.4)Ma-(221.5±2.0)Ma	黑云母(Ar-Ar 等时线）	(213±3.8)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[61]
48	宋家坡	Cu	斑岩型	中型	澜沧江断裂带		蚀变、矿化英安斑岩	(228±56)Ma	Sm-Nd	(220.60±0.4)Ma (220.79±1.02)Ma	全岩（Ar-Ar 坪年龄） 全岩（Ar-Ar 等时线）	[62] [63]
49	雪鸡坪	Pb-Zn	斑岩型	大型	特提斯构造域	中三叠统火山碎屑岩	石英闪长玢岩	(215.2±1.9)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）			[64-65]
50	李贵福	W-Sn	热液型	中型	南岭纬向构造带中段北缘		二云母二长花岗岩	209 Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(211.9±6.4)Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[66]
51	高家山	Cu-Mo		中型	华南扬子地块与华夏地块碰撞对接带	下二叠统茅口组灰岩	正长斑岩	(32.7±0.6)Ma	锆石（LA-ICP-MS U-Pb）			[67]
52	会泽	Pb-Zn	MVT	大型	扬子地台西南缘	石炭系摆佐组和泥盆系宰格组				(220～226)Ma	闪锌矿（Rb-Sr），方解石（Sm-Nd）	[68-69]
53	呷村	Pb-Zn	VHMS	大型	义敦岛弧碰撞造山带上弧间裂谷盆地	海相钙碱性酸性火山岩系						[70]
54	乐红	Pb-Zn	MVT	中型	扬子准地台西南缘	上震旦统灯影组硅质白云岩						[71]
55	毛坪	Pb-Zn	MVT	中型	扬子准地台西南缘	泥盆、石炭结晶白云岩、灰岩、蚀变粗晶白云岩						[71]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
56	乐马厂	Ag-Pb-Zn	MVT	大型	扬子准地台西南缘	下二叠统栖霞茅口组白色、浅黄色白云岩化结晶灰岩						[71]
57	衫树林	Pb-Zn	MVT	中型	扬子准地台西端的黔北台隆六盘水断陷中的威宁北西向构造变形区	中石炭统黄龙群						[71]
58	金沙（厂）	Pb-Zn	MVT	中型	扬子准地台西南缘之滇东台褶带滇东北台褶束西部	震旦系灯影组顶部、下寒武统梅树村组白云岩、白云岩夹磷块岩及燧石条带				~200 Ma	闪锌矿（Rb-Sr 等时线）	[71]
						秦岭三叠纪矿床						
59	大水	Au	热液型	特大型	西秦岭西段南亚带西倾山金成矿带	古生代－中三叠世泥晶灰岩和白云质灰岩，主要赋矿地层为下三叠统马热松多组灰岩	花岗闪长岩体及其岩脉	(215~217)Ma	锆石LA-ICP-MS			[72]
60	李坝	Au	热液型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	泥盆系中统舒家坝组碎屑岩	中川花岗岩体	(219.5±2.1) Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(216.4±1.5)Ma ~(210.6±1.3)Ma	白云母、黑云母、石英（Ar-Ar 等时线，5 个样品）	[73-74]
61	二里河	Pb-Zn-(Cu)	构造—岩浆-热液型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统古道岭组灰岩、上泥盆统星红铺组千枚岩	闪长玢岩脉、花岗斑岩脉	(214±2)Ma、(217.9±4.5)Ma	锆石LA-ICP-MS U-Pb	(220.7±7.3)Ma	闪锌矿Rb-Sr等时线	[75-76]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
62	大湖	Au-Mo	中-低温岩浆热液型	大型	华北板块南缘	太华群闫家峪组				(223.0±2.8)Ma~(232.9±2.7)Ma	辉钼矿Re-Os	[77]
63	黄龙铺	Mo	碳酸岩脉型	大型	华北板块南缘	太华超群、熊耳群、高山河组	碳酸岩			221.5±0.3Ma	辉钼矿Re-Os	[78]
64	谢坑	Cu-Au	矽卡岩型	小型	西秦岭造山带西段	下二叠统大关山群和下三叠统隆务河群	辉长闪长岩和角闪安山岩	(243.8±1.0)Ma,(242.1±1.2)Ma	锆石LA-ICP-MS U-Pb	(243.8±1.0)Ma	锆石LA-ICP-MS U-Pb	[79]
65	阳山	Au	微细浸染型	超大型	西秦岭勉略构造带玛咯-曲阳深大断裂南侧	泥盆系三河口组	斜长花岗斑岩脉	171～209Ma	全岩K-Ar 同位素年龄	195.4～200.9 Ma	SHRIMP 锆石 U-Pb	[80]
66	温泉	Mo	斑岩型	大型	西秦岭造山带	温泉岩体，泥盆系沉积岩	温泉岩体二长花岗岩	(223±7)Ma	SHRIMP U-Pb 锆石	(214.1±1.1)Ma	辉钼矿Re-Os	[81-82]
67	马家洼	Mo	石英脉型	中型	华北板块南缘	太华群深变质岩				(232±11)Ma	辉钼矿Re-Os	[55]
68	前范岭	Mo	石英脉型	中型	华北板块南缘	熊耳群火山岩，夹有少量紫色-灰黑色流纹斑岩及英安岩				(239±13)Ma	辉钼矿Re-Os	[83]
69	黄水庵	Mo-（Pb）	碳酸盐岩脉型	中型	华北板块南缘	太古界太华群黑云斜长片麻岩、黑云斜长角闪片麻岩				(209.5±4.2)Ma	辉钼矿Re-Os	[84]
70	八卦庙	Au	造山型	超大型	礼县－柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	上泥盆统星红铺组千枚岩				(232.58±1.59)Ma	石英^{40}Ar-^{39}Ar	[74]
71	上宫	Au	构造蚀变岩型	大型	华北板块南缘	太古界太华群片麻岩和古元古界熊耳群中基性-中酸性火山熔岩				(236.4±2.5)Ma	蚀变绢云母^{40}Ar-^{39}Ar	[85]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
72	铅硐山-东塘子	Pb-Zn	沉积改造型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统古道岭组灰岩、上泥盆统星红铺组千枚岩						[86]
73	银母寺	Pb-Zn	沉积改造型	中型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统古道岭组灰岩、上泥盆统星红铺组千枚岩						[86]
74	金山	Au	类卡林型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统为浅变质细碎屑类复理石建造						[87]
75	李子园	Au	斑岩型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	下古生界寒武系-奥陶系李子园群绿泥斜长角闪片岩、黑云母斜长角闪片岩	正长斑岩和闪长玢岩	(213.9±0.7)Ma,(212.2±1.2)Ma	SHRIMP U-Pb 锆石	(206.8±1.63)Ma	绢云母K-Ar	[88]
76	毕家山	Pb-Zn	沉积改造型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	泥盆系厚层碳酸盐岩、碎屑岩						[89]
77	邓家山	Pb-Zn	沉积改造型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统西汉水组碎屑岩及碳酸盐岩						[90]
78	洛坝	Pb-Zn	沉积改造型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统安家岔组焦沟层滨海浅海相细碎屑岩及碳酸盐岩						[91]
79	代家庄	Pb-Zn	MVT	中型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	泥盆系厚层碳酸盐岩、碎屑岩						[92]
80	双王	Au	类卡林型	大型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	上泥盆统星红铺组变质碎屑岩夹碳酸盐岩						[93]

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
81	庞家河	Au	类卡林型	中型	礼县—柞水褶皱带西段，秦岭微板块内	中泥盆统细碎屑岩夹薄层碳酸盐岩						[93]
82	鹿儿坝	Au	卡林型	大型	西秦岭宕昌—岷县构造带	中三叠统浊积岩建造浅变质岩						[93]
83	马鞍桥	Au	造山型	大型	西秦岭东段商丹断裂带南缘韧性剪切带	中泥盆统斑点状板岩、碳酸盐岩	花岗闪长斑岩	200 Ma	石英Ar-Ar			[93]
84	金龙山	Au	卡林型	大型	南秦岭米粮山—安家门逆断层北侧	泥盆系南羊山组细碎屑岩夹碳酸盐岩				(233±7)Ma	绢云母Ar-Ar	[93]
85	银洞沟	Au	类卡林型	中型	南秦岭白河-十堰断裂与安康—房县断裂之间	震旦系—志留系浅变质冰碛岩						[93]
86	马脑壳	Au	类卡林型	大型	松潘造山带，若尔盖—文县逆冲带北侧	中三叠统杂谷脑组钙质粉砂岩、板岩				(210±11)Ma	包裹体Rb-Sr等时线	[93]
东昆仑三叠纪矿床												
88	尕林格	Fe-Cu-Pb-Zn	矽卡岩型	大型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	奥陶—志留系滩间山群大理岩、火山岩	花岗闪长岩、闪长岩	(229.38±0.79)Ma	锆石（LA-ICP MS）			丁淼等未发表数据
89	野马泉	Fe-Cu-Pb-Zn	矽卡岩型	中型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	奥陶—志留系滩间山群大理岩、火山岩	花岗斑岩	(244±2.1) Ma	锆石（LA-ICP MS）			刘建楠等未发表数据
90	卡而却卡	Cu-Mo-Pb-Zn	斑岩-矽卡岩型	中型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	奥陶—志留系滩间山群大理岩、碎屑岩火山岩	花岗闪长岩	(237±2)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	239 Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[94]
91	虎头崖	Cu-Pb-Zn	矽卡岩型	大型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	蓟县系狼牙山组、奥陶—志留系滩间山群、上石炭统缔敖苏组含碳酸盐火山—沉积岩系	似斑状二长花岗岩	(235.4±0.8)Ma	锆石（LA-ICP MS）	(225.0±4)Ma	铜钼多金属矿石（Re-Os 等时线）	[95]
							二长花岗岩体	(219.2±1.4)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(230.1±4.7)Ma	钼矿石（Re-Os 等时线）	
							正长花岗岩	(204.1±1.6)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）			

续表 1

序号	矿床名称	矿种	矿床类型	矿床规模	大地构造位置	赋矿地层	岩浆岩	成岩时代	测试（矿物）方法	成矿时代	测试（矿物）方法	参考文献
92	赛钦	Cu-Co	矽卡岩型	中型	东昆仑构造带	晚三叠世鄂拉山组陆相火山岩—次火山岩中	花岗闪长岩	(233.7±2.9)Ma	锆石（SIMS）	(239.7±4.3)Ma	铜钴矿石辉钼矿（Re-Os 等时线）	丰成友等未发表数据
93	它温查汉	Fe-Cu-Pb-Zn	矽卡岩型	中型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	奥陶—志留系滩间山群、上石炭统缔敖苏组碳酸盐岩	黑云母花岗岩	(227.7±0.6)Ma	锆石（LA-ICP MS）	(230.7±2.0)Ma	矿石白云母（Ar-Ar）	丰成友等未发表数据
94	长山	Fe	矽卡岩型		东昆仑祁漫塔格造山带东部	奥陶—志留系滩间山群、上石炭统缔敖苏组碳酸盐岩	花岗岩	(220±1)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）			丰成友等未发表数据
95	鸭子沟	Cu-Mo	斑岩型	中小型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	钾长花岗岩	钾长花岗岩	(224.0±1.6)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(224.7±3.4)Ma	铜钼矿石（Re-Os 等时线）	[96]
96	乌兰乌珠尔	Cu-Mo	斑岩型	中小型	东昆仑祁漫塔格造山带中部	花岗斑岩	花岗斑岩	(215.0±5.0)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）			[97]
97	加当根	Cu-Mo	斑岩型	中小型	东昆仑南构造带	花岗闪长斑岩	花岗闪长斑岩	(222.1±3.1)Ma	锆石（SIMS）	(220.8±3.4)Ma	铜钼矿石（Re-Os 等时线）	丰成友等未发表数据
98	下得波利	Cu-Mo	斑岩型	中小型	东昆南构造带	花岗斑岩	花岗斑岩	(244.2±2.1)Ma	锆石（SIMS）			[98]
						新疆三叠纪矿床						
99	白山	Mo	斑岩型	大型	东天山康古尔韧性剪切带东段南侧	下石炭统干墩组第二岩性段变粒岩和黑云微晶片岩中	斜长花岗斑岩	(239±8)Ma	锆石（SHRIMP U-Pb）	(229±2) Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[99]
100	可可托海	稀有金属	伟晶岩型	超大型	西伯利亚板块阿尔泰陆缘活动带北阿尔泰中部的喀纳斯可可托海古生代岩浆弧内	震旦系—下古生界的片麻岩、片岩	黑云母花岗岩、二云母花岗岩	(208.1±0.8)Ma	锆石（U-Pb）	209 Ma	辉钼矿（Re-Os 等时线）	[100]

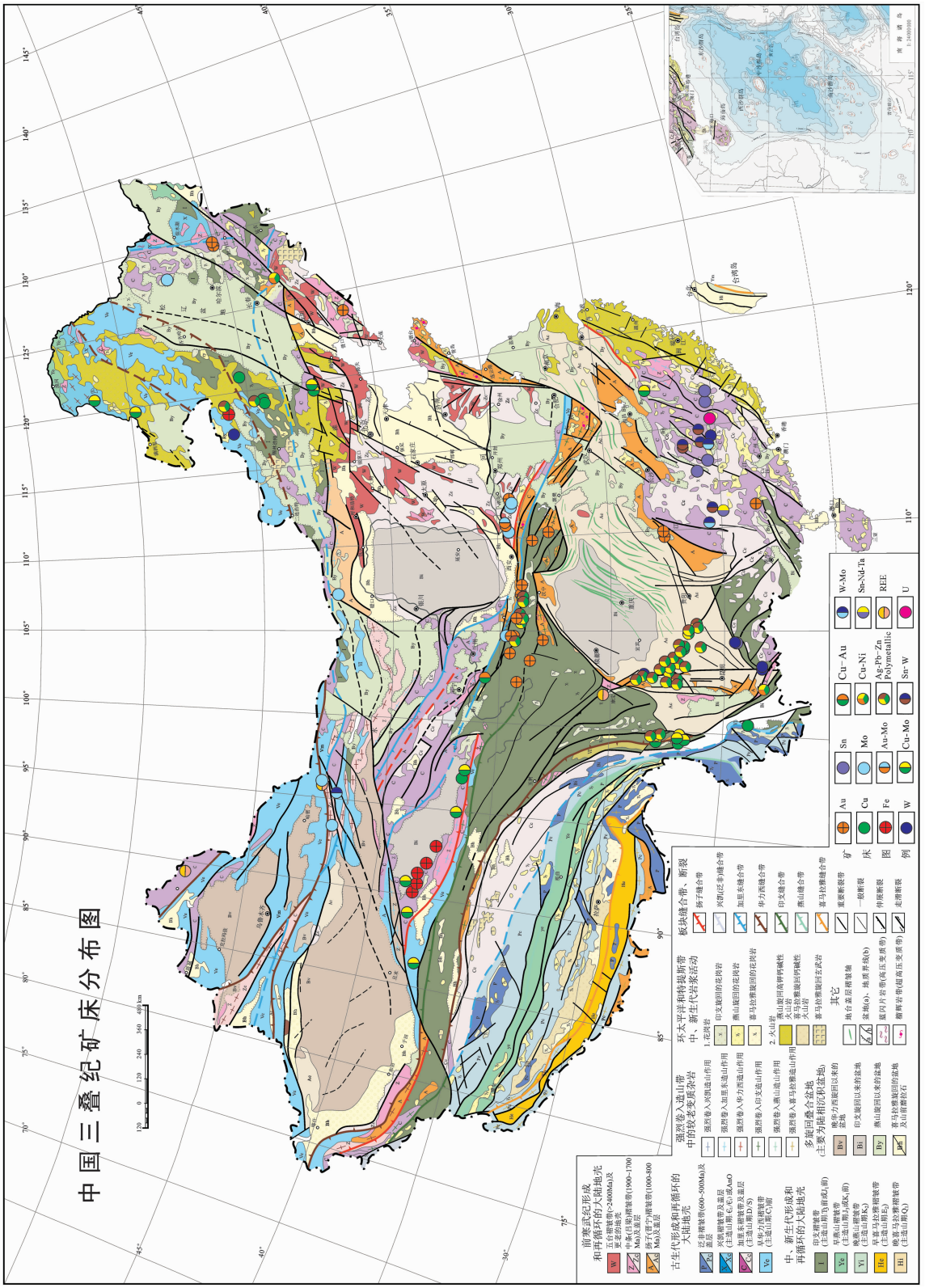

图 1　中国三叠纪矿床分布图

Fig.1　The distribution of Triassic deposits in China

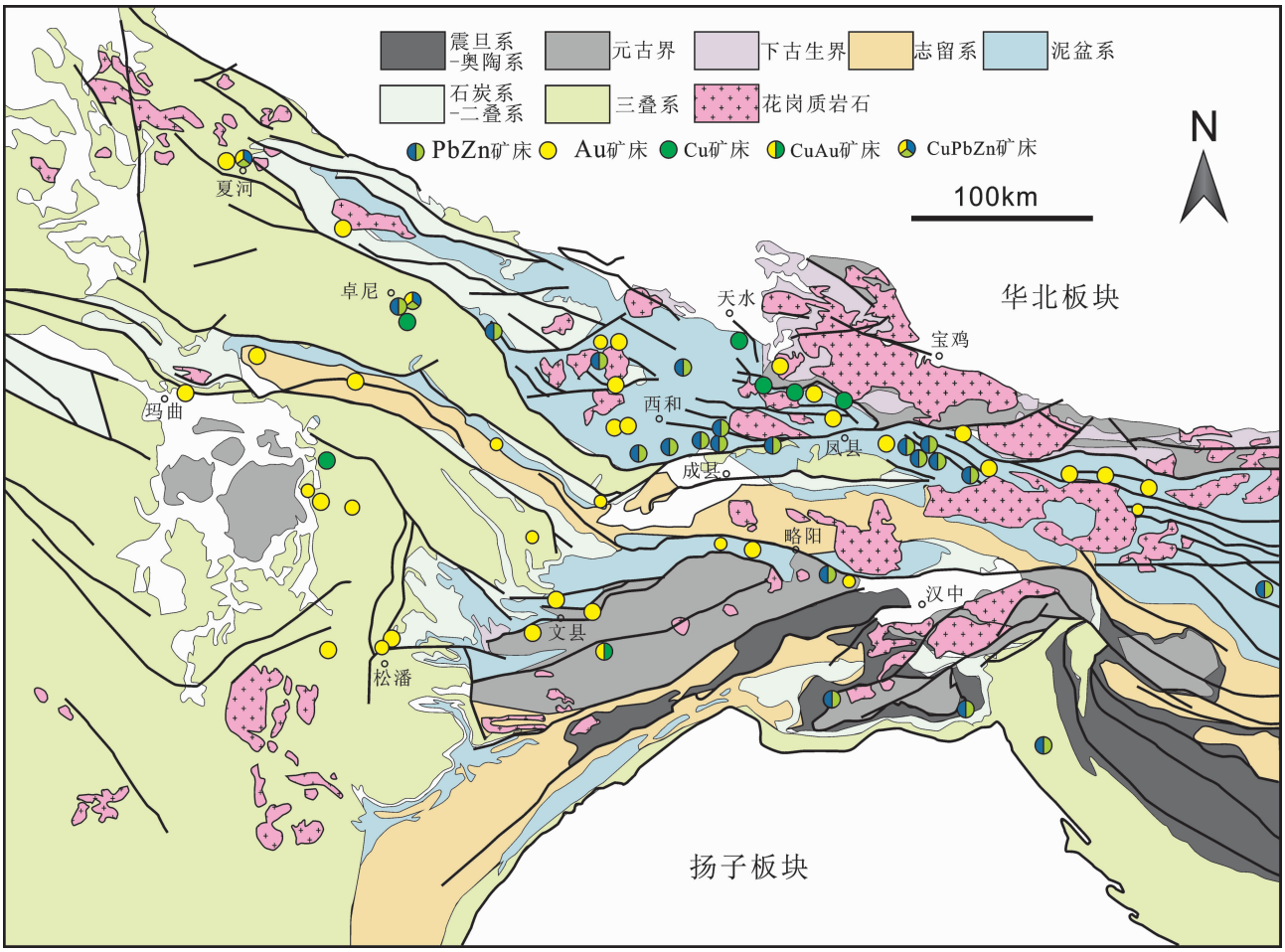

图 2 西秦岭地区三叠纪矿床分布图

Fig.2 The distribution of Triassic deposits in west Qingling area

粒包体花岗闪长岩、斑状二长花岗岩、钾长花岗岩、闪长岩等关系密切，常产于中酸性岩体与含碳酸盐岩地层的接触带及外接触带部位，代表性矿床包括卡而却卡、牛苦头(四角羊)、尕林格、野马泉、肯德可克、景仁—迎庆沟、虎头崖、它温查汉、赛钦、英德尔羊场等[94-95,119-122]。成矿围岩主要为包括古元古代金水口群白沙河组、蓟县系狼牙山组、奥陶—志留系滩间山群、石炭系缔敖苏组、大干沟组，均为含碳酸盐岩层位。斑岩型矿化常产于似斑状黑云母二长花岗岩(有时含少而小暗色微粒包体)、钾长花岗斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩等中。按成矿元素，目前已发现的矿床(点)类型主要有斑岩型铜矿、斑岩型钼矿、斑岩型铜钼矿等，主要矿床(点)有乌兰乌珠尔、鸭子沟、卡而却卡 A 区、清水河东沟、夏得波利、加当根等[97-98]。对典型矿床的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄测定，获得卡而却卡矽卡岩型铜钼矿的年龄为(239±11)Ma，鸭子沟斑岩铜钼矿为(224.7±3.4)Ma，虎头崖矽卡岩型铜铅锌矿为(225±4)Ma，长山矿为 218~228 Ma 和王沟子矽卡岩型铁矿为(210.1±4.8)Ma[123]。

1.2 红河—哀牢山主碰撞带及邻区三叠纪矿床

与西秦岭—东昆仑主碰撞带不同，红河—哀牢山三叠纪主碰撞带形成之后又经历了新特提斯演化阶段，因此，三叠纪矿产呈零星出露。就目前所知，三叠纪矿产主要出现在义敦(包括中甸)古岛弧区，造山带东侧的滇黔川接壤区和滇东南都龙地区。在越北古陆三叠纪矿产广泛分布，本文不多赘述。

在三叠纪中甸岛弧发育有大量中-中酸性、浅成-超浅成岩浆岩，以闪长岩、闪长斑岩、石英闪长玢岩为主，石英二长斑岩、花岗闪长斑岩次之，并伴随有一系列斑岩-矽卡岩型 Cu 矿床以及浅成低温热液型 Pb，Zn，Au 矿化。中甸弧三叠纪钙碱性斑(玢)岩体，在空间上可分成东西 2 个岩带：东斑岩带

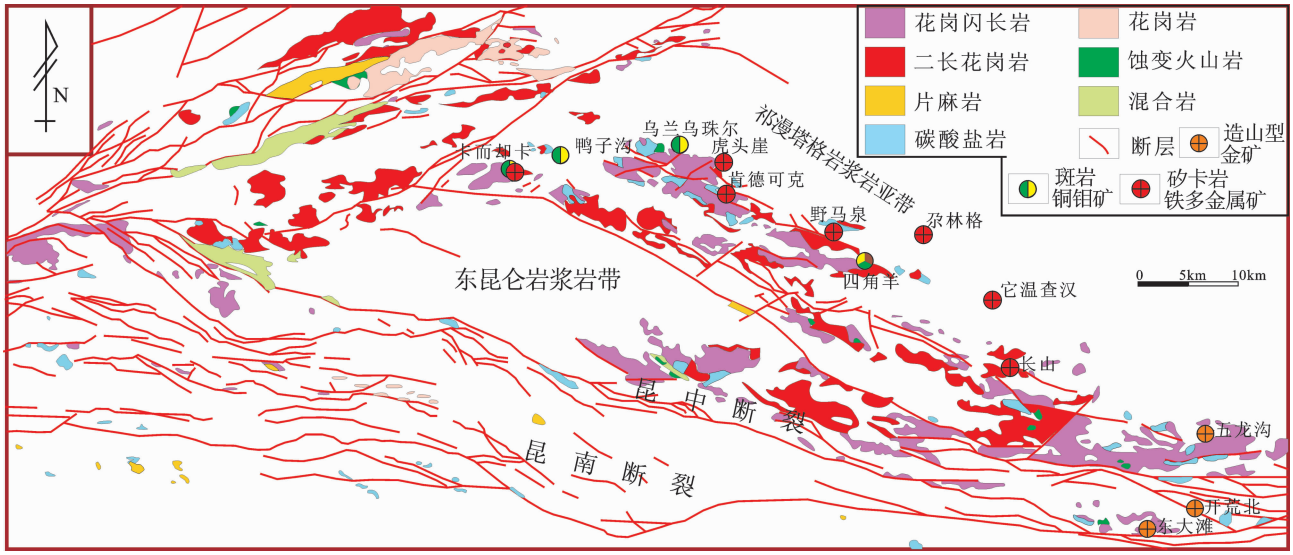

图 3　东昆仑地区三叠纪矿床分布图

Fig.3　The distribution of Triassic deposits in east Kunlun area

为地苏嘎—普朗一线,已发现的矿床(点)由北向南依次有亚杂、卓玛、浪都、地苏嘎、欠虽、松诺、普朗等，整体构成一个北北西向展布的斑岩铜多金属矿带;西斑岩带北起高赤坪,经雪鸡坪、春都,向南至欧赛拉—阿热一带,已发现的矿床(点)由北向南依次有高赤坪、烂泥塘、雪鸡坪、春都、阿热、崩哥等(图 4)。东、西两个岩带的岩性从北到南均有向中酸性–酸性变化的趋势,即东岩带从石英闪长玢岩(欠虽、地苏嘎) →石英二长斑岩、花岗闪长斑岩 (松诺、普郎) →石英二长闪长玢岩、花岗闪长岩(懒中);西岩带岩性从闪长玢岩(烂泥塘、高赤坪、雪鸡坪) →石英闪长玢岩(春都、欧赛拉) →石英二长闪长玢岩(阿热)。东矿带南段以斑岩型铜矿为主,并发育浅成低温热液型铅锌银多金属矿化，北段矿床类型以斑岩型铜矿占优势；西矿带以斑岩–矽卡岩型铜床为主,南部除发育斑岩 Cu 矿外，还存在浅成低温热液型铅锌多金属矿化以及 Au 矿化。整体表现为中甸岛弧中部以斑岩–矽卡岩型 Cu 矿床为主,向南北两侧变为斑岩–浅成低温热液型 Cu–Pb–Zn 矿床和 Au 矿床。锆石 U–Pb 同位素精确测年表明西斑岩带与东斑岩带形成年龄基本一致，分布于 228~201 Ma，峰值年龄为 210~216 Ma，并与矿床中辉钼矿 Re–Os 同位素年龄基本一致(图 4)[61,64–65,124–131]。

川滇黔铅锌成矿区位于红河—哀牢山造山带的东侧，其内大量发育铅锌银矿床，包括大型矿床 8 处,中型矿床近 16 处[132]。张长青等[71]总结表明这些铅锌银矿的含矿层位较多,从中元古界至二叠系,其中震旦系、寒武系和石炭系碳酸盐岩是最重要的赋矿层位。容矿围岩以白云岩为主，其次为白云质灰岩、硅质白云岩、灰岩,并有少量矿体赋存于砂页岩、海相变质灰岩–沉积岩中。最主要的导矿构造为南北向、北西向和北东向三组主干断裂,容矿构造多为次级断层、褶皱。区域范围内发育大面积的峨眉山二叠纪玄武岩，且玄武岩与铅锌矿的空间分布有着较好的一致性(图 5),因此有人推测铅锌矿床的形成可能与峨眉山玄武岩活动有关[68,133–134]。总体来讲,矿体产出层位稳定,可延伸数千米至数十千米,一般产状平缓,矿体呈层状、似层状或透镜状,各矿床矿体受断裂、地层或岩性(岩相)以及古岩溶控制明显,矿体与围岩间的界线清晰,具有明显的后期充填特征;矿石矿物组合简单，主要为闪锌矿、方铅矿和黄铁矿等;矿石品位偏低,一般为 3%~10%,当遭受断裂错动或岩溶作用改造后,矿石品位会增高,有时会形成特富矿体;脉石矿物主要为方解石、白云石和少量石英等。尽管铅锌矿测年是一个探索性很强的研究方向，近几年的测年结果显示出主要矿床形成于三叠纪,例如:会泽铅锌矿年龄为(225±38)Ma(方解石 Sm–Nd[133])、(222±14)Ma(方解石 Sm–Nd[135]),跑马铅锌矿闪锌矿 Rb–Sr 年龄为(200.1±4.0)Ma[58],金沙厂为(201.1±2.9)Ma(萤石 Sm–Nd 等时线)、(199.5±

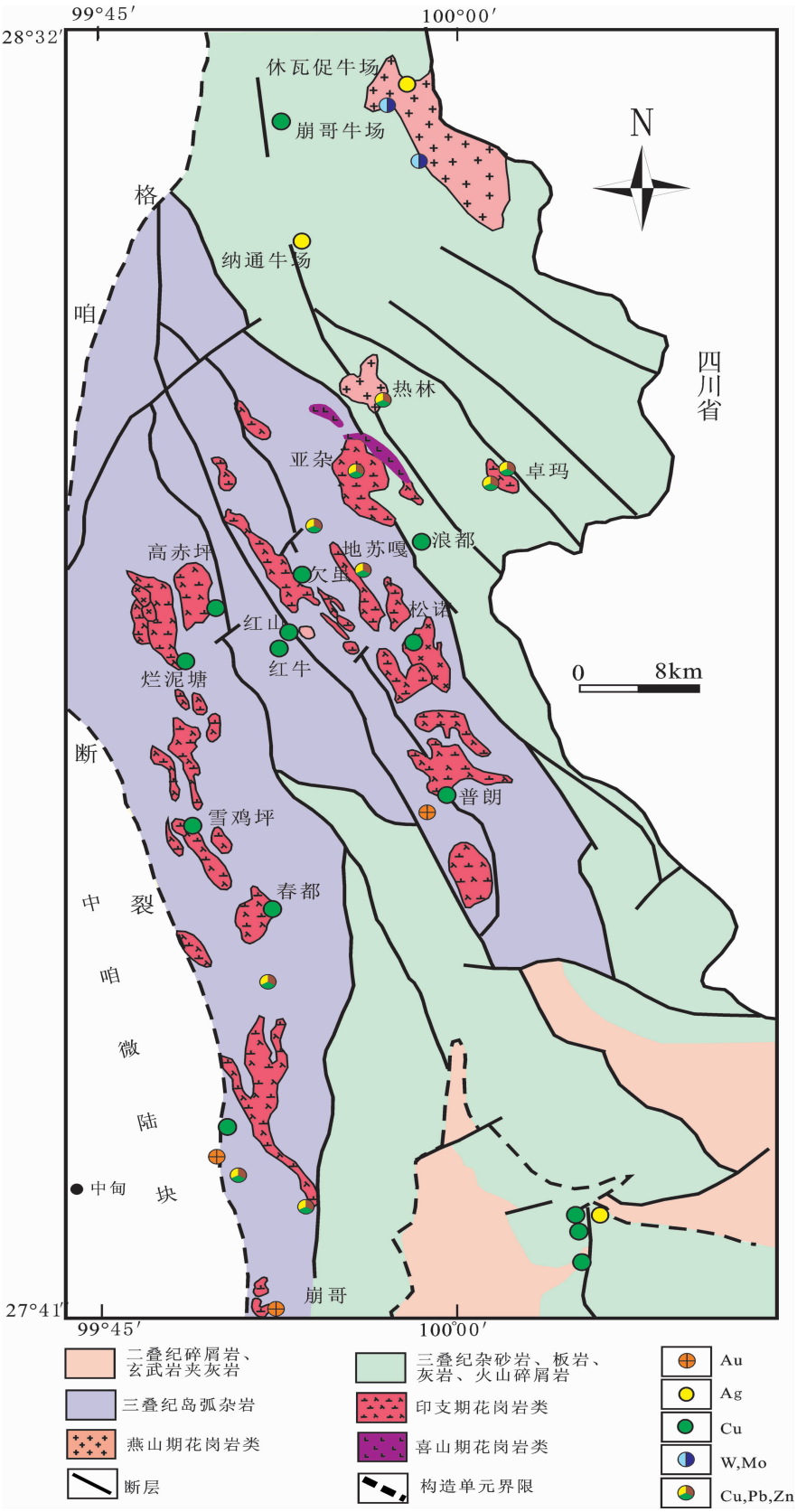

图 4 中甸岛弧三叠纪矿床分布图[15]

Fig.4 The distribution of Triassic deposits in Zhongdian island arc area[15]

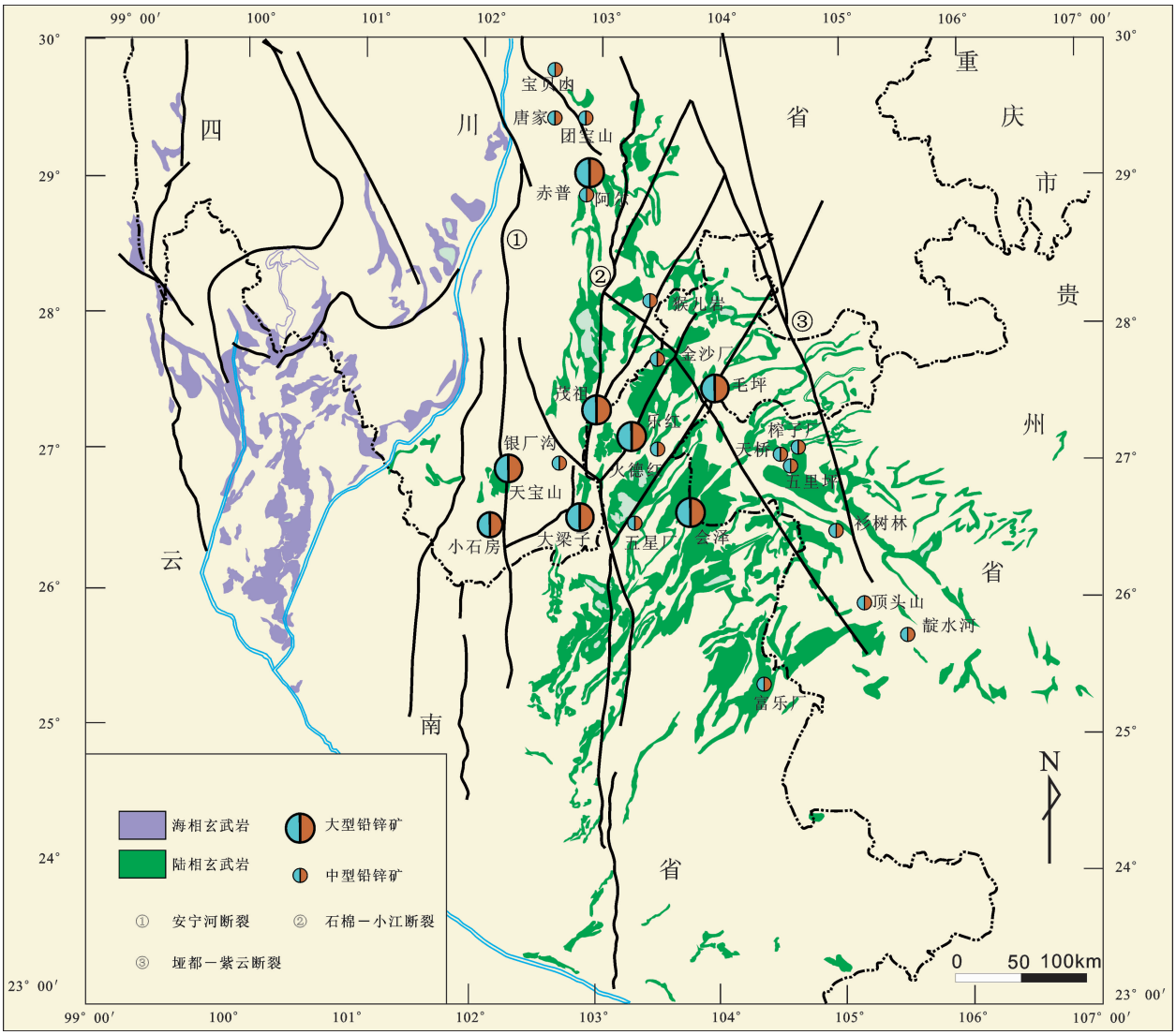

图 5　川滇黔地区三叠纪矿床分布图

Fig.5　The distribution of Triassic deposits in Sichuan-Yunnan-Guizhou border area

4.5)Ma（闪锌矿 Rb-Sr 等时线）和乐红铅锌矿为(200.9±2.3)Ma(闪锌矿 Rb-Sr 等时线)(张长青等,未发表数据)。应该指出虽然区内铅锌银矿主要形成于三叠纪,也可能在其他时代也有矿化,例如,大梁子铅锌矿年龄为(366±7.7)Ma(闪锌矿 Rb-Sr[136])。

在中越边境哀牢山东侧的云南省文山地区新近发现一组三叠纪钨锡矿，包括南秧田钨矿和新寨锡矿，其成矿时代分别为（209.5±1.1)Ma 和(209.1±3.3)Ma~(214.1±4.3)Ma[47,137]。这些钨锡矿有关的花岗岩明显经历了变质作用,岩石中的矿物,尤其是暗色矿物呈定向排列,由此被称为变粒岩,归为变质核杂岩的组成部分[138];在南秧田和瓦渣钨矿区,似层状矿体也显示出清楚的变质变形,表明这些钨锡矿及其花岗岩体在成岩成矿之后遭受区域变质作用。

1.3　东北及邻区三叠纪多金属矿产

近年来，系统的精确年代测定揭示在东北及邻区三叠纪也有一次重要成矿事件[12-13,22,43,139],空间上可以分为西部大兴安岭地区、东部小兴安岭地区和南部华北地块北缘。华北地块与东北地区于二叠纪晚期已经碰撞对接成为一个统一大陆,因而,在三叠纪经历了相同的构造-成矿事件。

在大兴安岭地区以德尔布干大断裂为界，可以分为得尔布干成矿带和大兴安岭成矿带(图 6)。在

德尔布干成矿带主要有斑岩型铜(金、钼)矿床,代表性矿床如太平川和八大关铜钼矿,成矿时代集中在229~202 Ma[33]。在大兴安岭中南段表现出矿种、矿床类型多样化的特征,主要有斑岩型铜钼(银)矿、矽卡岩-热液脉型铅锌矿、火山岩型铜金矿、热液脉型钨矿等,矿化时代主要在245~224Ma。其中沙麦钨矿的矿石中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(224±6)Ma,与成矿有关似斑状黑云母花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(225.9±2.1)Ma[15],白音诺铅锌矿的成矿有关的花岗闪长岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄为(244.5±0.9)Ma[22],莲花山铜矿的成矿有关花岗斑岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄为(236.8±0.77)Ma~(237.9±0.71)Ma[140]。位于最南端西拉沐伦河地区的车户沟、库里吐、元宝山和鸡冠山斑岩钼矿的 Re-Os 同位素等时线年龄分别为(245±5)Ma,(236±3.3)Ma,(248±3)Ma 和(245.5±2.7)Ma[12-13,19],与前两个钼矿有关的花岗斑岩和二长花岗岩的锆石 U-Pb 年龄分别为(245.1±4.4)Ma 和(229.4±4.3)Ma。乌兰德勒钼矿、宝格达乌拉钼矿的辉钼矿 Re-Os 年龄分别为(239±2.8)Ma 和(235.2±2.3)Ma[141]。向西延伸的小狐狸山钼铅锌矿、查干花钼钨矿和查干德尔斯钼铋矿的辉钼矿 Re-Os 年龄分别为(220±2.2)Ma 和(242.7±3.5)Ma[24,35]。

位于东北地区东部小兴安岭地区印支期矿床类型包括斑岩型钼矿、矽卡岩型钨矿和岩浆岩型铜镍硫化物矿床,成矿时代跨度也相对较大(244~201 Ma),其中鹿鸣斑岩钼矿与成矿有关的二长花岗斑岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(201±4)Ma[25],红旗岭铜镍硫化物矿石磁黄铁矿 Re-Os 等时线年龄为(208±21)Ma[31]及有关基性-超基性岩的锆石 U-Pb 年龄为(216±5)Ma~(220.6±2)Ma[142-143]。延边地区白石砬子和五道沟是小兴安岭地区新近探明的两个钨矿,赵华雷等[144]测得与白石砬子矽卡岩型白钨矿成矿有关石英闪长岩的锆石 U-Pb 年龄为(198.3±0.8)Ma。

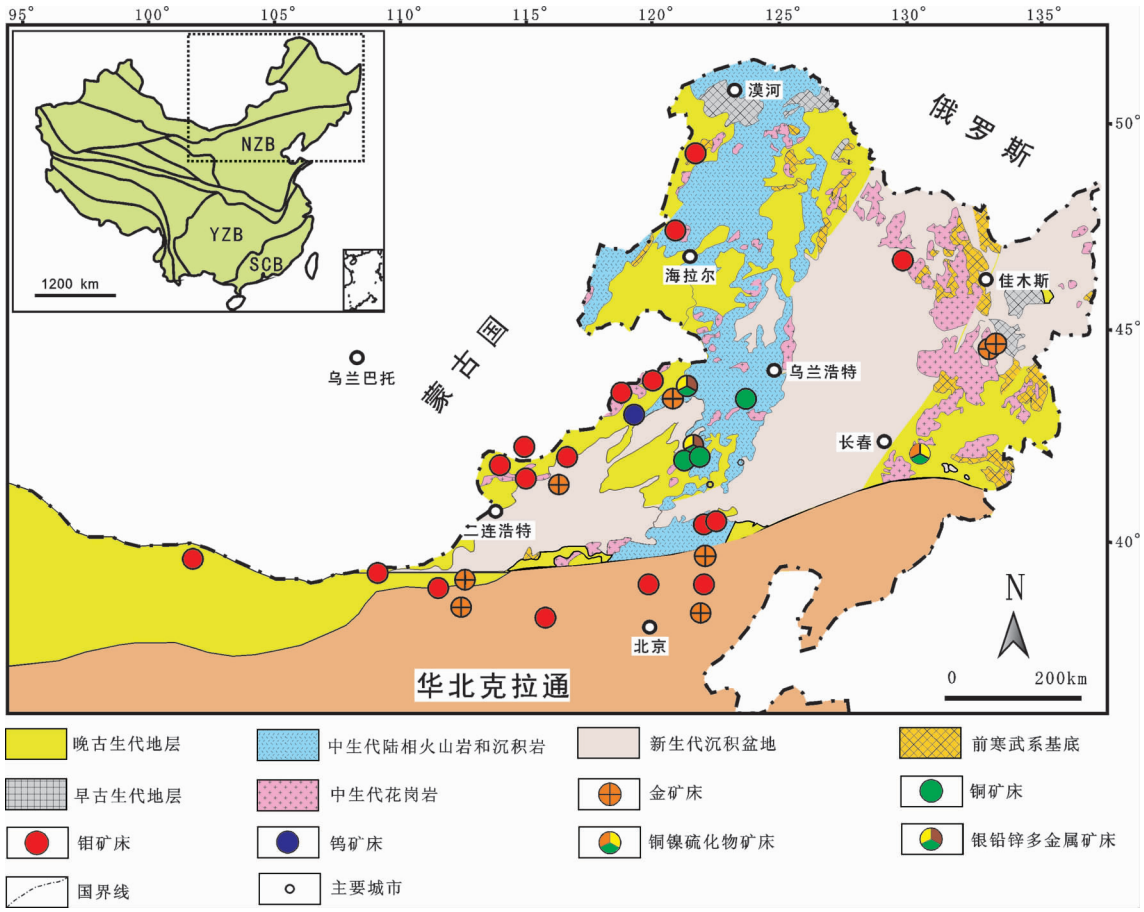

图 6 东北及邻区三叠纪矿床分布图

Fig.6 The distribution of Triassic deposits in Northeast China and its adjacent areas

聂凤军等[139]对华北地块北缘三叠纪成矿进行了总结,大兴安岭向西部延伸到内蒙古乌兰察布市,最近发现和探明大苏计斑岩钼矿和西沙德盖斑岩钼矿,张彤等[145]测得前者的辉钼矿 Re-Os 模式年龄为(222.1±3.2)Ma~(224.6±3.2)Ma,侯万荣等[146-147]获得后者的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(226.4±3.3) Ma 及与成矿有关的沙盖德二长花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为(221.6±2.1)Ma。柳坝沟金钼矿和哈达门沟金钼矿的绢云母 Ar/Ar 年龄分别为(217.9±3.1)Ma 和(239±3)Ma[15,39]。撒岱沟门斑岩钼矿和大草坪斑岩钼矿的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(227.1±2.2)Ma 和 220 Ma[40-41]。金厂峪和金厂沟梁脉状金矿的辉钼矿 Re-Os 年龄为(241.8±6.6)Ma 和(244.7±2.5)Ma[37,42]。

1.4 华南板内三叠纪钨锡稀有多金属矿产

华南地区三叠纪成矿事件以前很少受到关注,近年研究表明在华南地区,尤其在华南中部的南岭地区鉴别出或探明一系列三叠纪矿床,毛景文等[148]进行了初步总结。这些矿床包括栗木矿田,其中云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄为(214.1±1.9)Ma[51],都庞岭花岗岩体接触带的李贵富 W-Mo 矿的 Re-Os 年龄为(211.9±6.4)Ma[149]。蔡明海等[53]报道湘南与王仙岭花岗岩有关的荷花坪锡矿床的 Re-Os 等时线年龄为(224±1.9)Ma。在湘东地区新发现的锡田锡矿尽管被认为是侏罗纪成矿的产物,但是野外观察主体矽卡岩型锡矿体均位于印支期粗粒花岗岩体的外接触带,呈连续分布。马铁球等[150]获得锡田矿区内粗粒花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 (228.5±2.5) Ma,切穿主岩体的中细粒黑云母花岗岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(155.5±1.7)Ma。后者与云英岩型锡矿有关,云英岩型矿化是一种非主要工业性矿化类型,局部叠加在矽卡岩型矿体之上,其年龄为(157.2±1.4)Ma~(155.6±1.3)Ma[151]。赣南崇(崇义)犹(上犹)余(大余)矿集区内的鹅仙塘锡钨石英脉型矿床的白云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄为(231.4±2.4)Ma[50]。赵蕾等[152]运用 LA-ICP-MS 方法测得与 Sn-U 矿床有关的闽西红山含黄玉花岗岩的锆石 U-Pb 年龄为 226 Ma。除此之外,在华南地区鉴定出一系列印支期花岗岩,其成岩时代为 220~239 Ma[153-156]。虽然这些岩体的大多数并非与成矿有直接关系,但是被认为是一种铀源体,在白垩纪花岗岩活动时,铀被淋滤出并富集成矿[157]。

1.5 新疆板内三叠纪钼稀有金属矿产

在新疆地区三叠纪矿产报道较少,目前有较为可靠的年代学数据的矿床以白山钼矿和可可托海稀有金属矿为代表。李华芹等[99] 获得与白山钼矿有关的红柳沟黑云母花岗岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为(239±8)Ma,并以 TIMS 锆石 U-Pb 法测得矿区南测的花岗斑岩脉的年龄为 235~245 Ma;Zhang 等[158]测得矿石中黄铁矿和辉钼矿的 Re-Os 年龄分别为(225±12)Ma 和(224.8±4.5)Ma,与张达玉等[159]获得的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄 (227.7±4.3)Ma 基本一致,指示白山钼矿床形成于中三叠世。

近年来,不少学者对可可托海稀有金属矿的 3 号伟晶岩脉进行了成岩年代学研究[160-163],但由于该区伟晶岩中锆石的铀含量普遍较高,且不同程度遭受了后期改造,同时许多锆石内部发育铀和钍放射性引发的蜕晶质作用,从而导致其年代学数据较为杂乱。从锆石样品特征和测试数据来看,较为可信的数据有 Wang 等 [162] 获得的Ⅰ带、Ⅴ带、Ⅶ带的 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 (220±9)Ma,(198±7) Ma 和(213±6)Ma;刘峰(未发表数据)对石英-锂辉石带进行了 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年,获得的加权平均年龄为(209.4±1.3)Ma;任宝琴等[163]利用 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法获得 3A 脉年龄为(208.1±0.8)Ma。刘锋等[164]获得矿石中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(208.9±2.4)Ma,模式年龄加权平均值为(209.9±1.3)Ma,两者在误差范围内一致,属中三叠世晚期。

2 三叠纪矿产资源时空演化与动力学背景

古特提斯构造演化比较复杂,许志琴等[1]指出在中国境内至少存在 4 条三叠纪蛇绿岩带,均于三叠纪末期—侏罗纪早期碰撞对接。东秦岭造山带碰撞对接的时代为 240~220 Ma [165-167],西秦岭 228~215Ma[168];在 260~230 Ma, 东昆仑处于大洋板块大规模俯冲碰撞阶段,在 230~190 Ma 为碰撞造山阶段[169];而义敦中普朗等斑岩铜金矿有关花岗质岩石的成岩年龄为 220~217 Ma[127,170],表明岛弧红河—哀牢山碰撞期间应在 217 Ma 之后,但仍需要进一步的年龄数据进行厘定。

如果上述沿勉略—昆南—阿尼玛卿山和红河—哀牢山缝合带不同块体碰撞对接的时间基本准确,

那么，目前所知的几乎所有三叠纪矿产形成于碰撞及后碰撞期间，并以前者为主。在勉略—昆南—阿尼玛卿山造山带中段的西秦岭地区，发育有盆地流体有关的铅锌银矿床，包括西秦岭的西成和凤太两个矿集区。西成和凤太矿集区的形成机制可能是在造山过程中，流体长距离运移并从周围的碳酸盐岩中萃取成矿物质，汇聚到前陆盆地，卸载成矿。对于马元地区的密西西比河谷型铅锌矿（图 2），也可能具有同样的形成机制，但该聚矿盆地位于被动大陆一侧。纵贯整个造山带，从东秦岭、西秦岭到东昆仑均发育有造山型金矿，这些矿床尽管显示有卡林型金矿的一些特点，即微细粒砷、锑、汞含量高，甚至具有一定的层位[111]，但是，其最大特征是沿近东西向构造带，尤其是韧脆性剪切带分布，时间上为晚碰撞和后碰撞阶段。在祁漫塔格新探明的铜钼铁多金属矿产，其成矿时代 240~210 Ma，尽管丰成友等[119]建议这些矿产形成于后碰撞环境，但是按照郭正府等[169]的构造演化研究，似乎仍然为碰撞过程。因而，进一步研究是很有必要的。

现有构造模型似乎显示出在红河—哀牢山地区，古特提斯洋板块向西俯冲[1,171-176]，扬子地块西缘的川滇黔矿集区则位于造山带东侧的伸展盆地，其成矿机制也同样为在流体汇聚过程，从周围不同时代碳酸盐岩中萃取铅锌银等元素，于盆地中断裂、不整合界面及其古岩溶溶洞沉淀成矿。值得指出的是目前的测年数据除了三叠纪之外尚有早侏罗世，这可能与红河—哀牢山造山时间基本吻合。另外，位于中甸岛弧上的普朗斑岩铜金矿显示出成矿作用发育于俯冲岛弧，很少有地壳物质参与成矿系统，这与同一地区的红牛和红山斑岩铜钼矿形成了明显对照。后者显示出有大量地壳物质参与成矿，成矿时代为 77 Ma（Peng 等未发表数据），为新特提斯洋俯冲大陆边缘火山-岩浆弧的产物。值得指出的是，在中甸岛弧东北侧的义敦岛弧发育有呷村铅锌矿集区，被认为是一种弧后环境铅锌矿床[177-178]。如果按照西侧岛弧普朗等斑岩铜金矿和东侧弧后盆地铅锌银矿这样的空间分布，可以推测当时的大洋板片可能是从西向东俯冲。此外，位于中越边界或越北古陆中的与花岗岩有关的钨锡矿床，它们形成于造山晚期，可能与岩石圈局部伸展有关，软流圈上涌导致上地壳重熔，形成过铝质花岗岩和有关矿产。之所以推测其为晚造山过程的产物是由于这些矿产及其有关的花岗岩体均遭受变质作用，说明成矿之后碰撞挤压作用仍然在持续。

华南稀有、钨锡矿床，新疆稀有、钼矿和东北及华北地块北缘斑岩钼矿、铜镍硫化物矿和脉状金矿似乎都是板内成矿的产物，与板块碰撞的远程效应关系密切。在三叠纪华南加厚地壳重熔形成过铝质花岗岩浆，上侵定位成矿，因而大多数矿产与东西向构造-花岗岩体有关[148,179]。东北及华北地块北缘的三叠纪矿床与岩浆活动关系密切，地壳来源的斑岩钼矿、花岗岩有关金矿与地幔来源的铜镍硫化物矿床同时侵位，可能反映出与地幔柱活动有一定联系[180]。尽管在新疆仅鉴定出白山和可可托海两例三叠纪矿产，但在毗邻的蒙古和俄罗斯阿尔泰及紧邻西伯利亚有大量三叠纪锑汞矿、银锑矿、金汞矿、镍钴砷矿、铜镍-PGE 矿和斑岩钼铜矿[181-183]，也被认为受一个超级地幔柱活动的控制[180]。

3 结 论

中国三叠纪金属矿产主要分布在昆仑—秦岭和红河—哀牢山两个主碰撞造山带及其邻区，另外在华南、东北和新疆三个板内也发育有一系列多金属矿产。三叠纪矿床类型主要包括：①与基性-超基性岩有关的 Cu-Ni 硫化物矿；②与中酸性-酸性岩有关的斑岩 Cu-Au、Cu-Mo、Mo 矿，矽卡岩型 Cu-Pb-Zn、Cu-Fe、Sn、W 矿和脉状 Au 矿；③与高温气液-流体有关的伟晶岩型稀有金属矿；④与造山过程构造-热-流体有关的造山型 Au 矿；⑤与造山过程盆地流体有关的 MVT 型 Pb-Zn 矿；⑥与地幔流体有关的碳酸岩脉型 Mo 矿。昆仑—秦岭造山带内大多数三叠纪矿产都形成于碰撞造山或后碰撞环境，并以前者为主。红河—哀牢山造山带受新特提斯演化影响，三叠纪矿产呈零星出露，主要出现在中甸古岛弧区、造山带东侧的滇黔川接壤区和滇东南都龙地区。华南大多数三叠纪矿产与东西向构造-岩体有关，来源于加厚地壳重熔形成的过铝质花岗岩上侵定位，而东北及其邻区、新疆及其毗邻的蒙古和俄罗斯阿尔泰及紧邻西伯利亚的三叠纪成矿作用则可能与地幔柱活动有关。

致谢：中国地质科学院矿产资源研究所胡乔青博士，中国地质大学（北京）欧阳荷根博士、董旭舟硕士等同学协助整理了部分资料和图件，在此表示诚挚的谢意！

参考文献(References):

[1] 许志琴, 杨经绥, 李化启, 等. 中国大陆印支碰撞造山系及其造山机制[J]. 岩石学报, 2012, 28(6):697-1709.
Xu Zhiqin, Yang Jingsui, Li Huaqi, et al. Indosinian collision-orogenic system of Chinese continent and its orogenic mechanism [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28 (6):1697-1709 (in Chinese with English abstract).

[2] Fromaget J. Etudes géologiques sur le nord de l´Indochine centrale [J]. Bull. Fr. Serv. Géol. Indochine, 1927, 16(2):141-164.

[3] Fromaget J. Observations et reflexions sur la geologie stratigraphique et structutale de L'Indochine [J]. Bull. Soc. Géol. Fr., 1934, 4(5): 101-164.

[4] Fromaget J. Etudes geologiques sur le Nord-Ouest du Tonkin et le Nord du Haut-Laos. 2ème et 3ème parties [J]. Bull. Serv. Geol. Indoch., 1952, 29(6):198.

[5] 黄汲清.中国主要地质构造单元[M]. 中央地质调查所地质专报,甲种第 20 号, 1945:212.
Huang Jiqing. Major geotectonic units in China [M]. Central Geological Survey, 1945, 20:212 (in Chinese).

[6] 任纪舜. 印支运动及其在大地构造演化中的意义 [J]. 中国地质科学院院报,第 9 号, 1984:31-44.
Ren Jishun. The Indonsinian orogeny and its significance in the tectonic evolution of China [J]. Acta Geoscientica Sinica, 1984, 9: 31-44 (in Chinese with English abstract).

[7] 潘桂棠, 肖庆辉, 陆松年, 等. 中国大地构造单元划分 [J]. 中国地质, 2009, 36(1):1-28.
Pan Guitang, Xiao Qinghui, Lu Songnian, et al. Subdivision of tectonic units in China [J]. Geology in China, 2009, 36(1):1-28(in Chinese with English abstract).

[8] Tran Van T. Explanatory note to the geological map on 1:1000000 scale [M]//Geology of Vietnam (the North Part). Hanoi:Science and Technology Publishing House. 1979.

[9] Hutchison CS. Geological evolution of South-East Asia [J]. Oxford Monographs on Geology and Geophysics, Vol. 13. Oxford, UK: Clarendon Press, 1989:368.

[10] Lepvrier C, Nguyen VV, Maluski H, et al. Indosinian tectonics in Vietnam [J]. C. R Geoscience, 2008, 340:94-111.

[11] 张国伟, 董云鹏, 赖绍聪, 等. 秦岭-大别造山带南缘勉略构造带与勉略缝合带[J]. 中国科学(D 辑:地球科学), 2003, 12:1121-1135.
Zhang Guowei, Dong Yunpeng, Lai Shaochong, et al. Mianlue tectonic belt and Mianlue suture in the southern Qinling-Dabie orogenic belt. Science in China (Series D:Earth Science), 2003, 12:1121-1135 (in Chinese).

[12] Liu Jianming, Zhao Yi, Sun Yongliang, et al. Recognition of the Latest Permian to Early Triassic Cu-Mo mineralization on the northern margin of the North China block and its geological significance [J]. Gondwana Research, 2010, 17(1):125-134.

[13] Zhang Lianchang, Wu Huaying, Wan Bo, et al. Ages and geodynamic settings of Xilamulun Mo-Cu metallogenic belt in the northern part of the North China craton [J]. Gondwana Research, 2010, 16:243-254.

[14] 张万益. 内蒙古东乌珠沁旗岩浆活动与金属成矿作用 [D]. 中国地质科学院博士学位论文:2008:1-179.
Zhang Wanyi. Magmatic activities and metal mineralization in Wuzhumuqin of Inner Mongolia [D]. Chinese Academy of Geological Sciences, 2008:1-179(in Chinese with English abstract).

[15] 聂凤军, 胡朋, 江思宏, 等. 中蒙边境沙麦-玉古兹尔地区钨和钨(钼)矿床地质特征, 形成时代和成因机理 [J]. 地球学报, 2010, 31(3):383-394.
Nie Fengjun, Hu Peng, Jiang Sihong, et al. Geological Features, Geochronology and Origin of the Tungsten and Tungsten (Molybdenum) Deposits in the Shamai-Yuguzer Mineralization Concentrated Camp along the Sino-Mongolian Border [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2010, 31(3):383-394 (in Chinese with English abstract).

[16] 赵一鸣, 王大畏, 张德全. 内蒙古东南部铜多金属成矿地质条件及找矿模式[M]. 北京:地震出版社, 1994:140-197.
Zhao Yiming, Wang Dawei, Zhang Dequan. Copper Polymetallic Metallogenic Geological Conditions and Prospecting Model of the Southeast Inner Mongolia [M]. Beijing:Seismological Press, 1994: 140-197(in Chinese with English abstract).

[17] 褚少雄, 曾庆栋, 刘建明, 等. 西拉木伦钼矿带车户沟斑岩型钼-铜矿床成矿流体特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(8): 2465-2481.
Chu Shaoxiong, Zeng Qingdong, Liu Jianming, et al. Characteristics and its geological significance of fluid inclusions in Chehugou porphyry Mo-Cu deposit, Xilamulun molybdenum metallogenic belt [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26 (8):2465-2481 (in Chinese with English abstract).

[18] Wan Bo, Ernst H, Zhang Lianchang, et al. Rb-Sr geochronology of chalcopyrite from the Chehugou porphyry Mo-Cu deposit (Northeast China) and geochemical constraints on the origin of hosting granites [J]. Economic Geology, 2009, 104:351-363.

[19] 曾庆栋, 刘建明. 西拉沐伦钼矿带半拉山斑岩钼矿床花岗斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(4):829-834.
Zeng Qingdong, Liu Jianming. Zircon SHRIMP U-Pb Dating and Geological Significance of the Granite Porphyry from Banlashan Porphyry Molybdenum Deposit in Xilamulun Molybdenum Metallogenic Belt [J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2010, 40 (4):829-834 (in Chinese with English abstract).

[20] 佘宏全, 徐贵忠, 周瑞. 内蒙古东部红花沟金矿田早中生代构造-岩浆活动及对金矿的控制作用 [J]. 现代地质, 2000, 14(4):

408-416.
She Hongquan, Xu Guizhong, Zhou Rui. Tectonic and magmatic activitiesin early Mesozoic and their controlling on gold mineralion in Honghuagou gold ore field, Inner Mongolia [J]. Geoscience, 2000, 14(4):408-416(in Chinese with English abstract).

[21] 周振华, 武新丽, 欧阳荷根. 内蒙古莲花山铜银矿斜长花岗斑岩 LA-MC-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年、Hf 同位素研究及其地质意义[J]. 中国地质, 2012, 39(6):1472-1485.
Zhou Zhenhua, Wu Xinli, Ou'yang Hegeng. LA-ICP-MS zircon U--Pb dating, Hf isotope study of the plagioclase granite porphyry from the Lianhuashan Cu-Ag deposit in Inner Mogolia and its geological significance [J]. Geology in China, 2012, 39 (6):1472-1485(in Chinese with English abstract).

[22] 江思宏, 聂凤军, 白大明, 等. 内蒙古白音诺尔铅锌矿印支期成矿的年代学证据[J]. 矿床地质, 2011, 30(5):787-798.
Jiang Sihong, Nie Fengjun, Bai Daming, et al. Geochronology evidence for Indosinian mineralization in Baiyinnuoer Pb-Zn deposit of Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits, 2011, 30(5):787-798 (in Chinese with English abstract).

[23] 刘翼飞, 聂凤军, 江思宏, 等. 内蒙古查干花钼矿区成矿花岗岩地球化学、年代学及成岩作用[J]. 岩石学报, 2012, 28(2):409-420.
Liu Yifei, Nie Fengjun, Jiang Sihong, et al. Ore-forming granites from Chaganhua molybdenum deposit, Central Inner Mongolia, China:Geochemistry,geochronology and petrogenesis [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2):409-420(in Chinese with English abstract).

[24] 蔡明海, 张志刚, 屈文俊, 等. 内蒙古乌拉特后旗查干花钼矿床地质特征及 Re-Os 测年[J]. 地球学报, 2011, 32(1):64-68.
Cai Minghai, Zhang Zhigang, Qu Wenjun, et al. Geological Characteristics and Re-Os Dating of the Chaganhua Molybdenum Deposit in Urad Rear Banner, Western Inner Mongolia [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2011, 32 (1):64-68 (in Chinese with English abstract).

[25] 韩振哲. 小兴安岭东南段早中生代花岗岩类时空演化特征与多金属成矿[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2011:1-80.
Han Zhengzhe. Characteristics of Temporal and Spatial Evolution and Polymetallic Mineralization of Early Mesozoic Granites in Southeastern Xiaoxing'an Mountains [D]. China University of Geosciences (Beijing), 2011:1-80 (in Chinese with English abstract).

[26] 罗镇宽, 关康, 苗来成. 吉林夹皮沟金矿带岩脉和蚀变绢云母定年及金矿成矿时代[J]. 现代地质, 2002, 16(1):20-25.
Luo Zhengkuan, Guan Kang, Miao Laicheng. Dating of the dykes and altered sericite in Jiapigou gold ore belt, Jilin Province and its gold ore formation age [J]. Geoscience, 2002, 16 (1):20-25 (in Chinese with English abstract).

[27] Li Huaqin, Liu Jiaqi, Du Guoming, et al. Chronological study on metallization of endogenetic metallic deposits—An example from Xihuashan Tungsten Deposit, South China [J]. Chinese Science Bulletin, 1993, 38(11):931-934(in Chinese).

[28] 潘厚满. 八家子银多金属矿矿田成矿规律与成矿预测[J]. 矿产与地质, 2001, 85(15):320-323.
Pan Houman. The ore-forming law of Bajiazi Silver polymetallic ore field and its forecasting for ores-forming [J]. Mineral Resources and Geology, 2001, 85 (15):320-323 (in Chinese with English abstract).

[29] 薛春纪, 陈毓川, 路远发, 等. 辽东青城子矿集区金、银成矿时代及地质意义[J]. 矿床地质, 2003, 22(2):177-184.
Xue Chunji, Chen Yuchuan, Lu Yuanfa, et al. Metallogenic epochs of Au and Ag deposits in Qingchengzi ore clustered area, Eastern Liaoning Province [J]. Mineral Deposits, 2003, 22(2):177-184 (in Chinese with English abstract).

[30] 段晓侠, 刘建明, 王永彬, 等. 辽宁青城子铅锌多金属矿田晚三叠世岩浆岩年代学、地球化学及地质意义 [J]. 岩石学报, 2012, 28(2):595-606.
Duan Xiaoxia, Liu Jianming, Wang Yongbing, et al. Geochronology, geochemistry and geological significance of Late Triassic magmatism in Qingchengzi orefield, Liaoning [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2):595-606(in Chinese with English abstract).

[31] Lü Linsu, Mao Jingwen, Li Hongbo, et al. Pyrrhotite Re-Os and SHRIMP zircon U-Pb dating of the Hongqiling Ni-Cu sulfide deposits in Northeast China [J]. Ore Geology Reviews, 2011, 43:106-119.

[32] 刘金玉, 郗爱华, 葛玉辉, 等. 红旗岭 3 号含矿岩体地质年龄及其岩石学特征 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2010, 40(2):321-326.
Liu Jinyu, Xi Aihua, Ge Yuhui, et al. Mineralization age of the No. 3 ore-bearing intrusion and its petrological significance in Hongqiling Cu-Ni sulfide deposits, Jilin Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2010, 40(2):321-326 (in Chinese with English abstract).

[33] 陈志广. 中国东北得尔布干成矿带中生代构造-岩浆成矿作用及其地球动力学背景 [D]. 中国科学院博士学位论文, 2010:1-179.
Chen Zhiguang. Mesozoic Tectono-magmatic Mineralization and its Geodynamic Background of the De'erbugan Metallogenic Belt in Northeast China [D]. Doctoral Dissertation of the Chinese Academy of Sciences, 2010:1-179 (in Chinese with English abstract).

[34] 陈志广, 张连昌, 卢百志, 等. 内蒙古太平川铜钼矿成矿斑岩时代、地球化学及地质意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(5):1437-1449.
Chen Zhiguang, Zhang Lianchang, Lu Baizhi, et al. Geochronology and geochemistry of the Taipingchuan copper-molybdenum deposit in Inner Mongolia,and its geological

significances [J]. Acta Petrologica Sinica, 2 2010, 6(5):1437-1449 (in Chinese with English abstract).

[35] 沈存利, 张梅, 于玺卿, 等. 内蒙古钼矿找矿新进展及成矿远景分析[J]. 地质与勘探, 2010, 46(4):1-15.
Shen Cunli, Zhang Mei, Yu Xiqing, et al. New progresses in exploration of molybdenum deposits and analysis of minerlization prospect in Inner Mongolia [J]. Geology and Exploration, 2010, 46 (4):1-15(in Chinese with English abstract).

[36] 彭振安, 李红红, 张诗启, 等. 内蒙古北山地区小狐狸山钼矿成矿岩体地球化学特征研究 [J]. 地质与勘探, 2010, 46 (2):291-298.
Peng Zhen'an, Li Honghong, Zhang Shiqi, et al. Geochemical characteristics of Mo-mineralized granite in the Xiaohulishan deposit, Beishan area, Inner Mongolia [J]. Geology and Exploration, 2010, 46 (2):291-298 (in Chinese with English abstract).

[37] 侯万荣. 内蒙古哈达门沟金矿床与金厂沟梁金矿床对比研究[D]. 北京:中国地质科学院研究生部, 2011:1-213
Hou Wanrong. Comparision Study on the Hadamengou Gold Deposit and Jinchanggouliang gold deposit, Inner Mongolia [D]. Beijing:Graduate School of Chinese Academy of Geological Sciences, 2011:1-213(in Chinese with English abstract).

[38] 章永梅, 顾雪祥, 程文斌, 等. 内蒙古柳坝沟金矿床同位素年代学研究[J]. 矿床地质, 2010, 29(增刊):551-552.
Zhang Yongmei, Gu Xuexiang, Cheng Wenbin, et al. Isotopic age studies on the Liubagou gold deposit, Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits, 2010, 29(Supp.):551-552(in Chinese).

[39] 聂凤军, 江思宏, 刘妍, 等. 再论内蒙古哈达门沟金矿床的成矿时限问题[J]. 岩石学报, 2005, 21(6):1719-1728.
Nie Fengjun, Jiang Sihong, Liu Yan, et al. Re-discussions on the time limitation of gold mineralization occurring within the Hadamenggou deposit, south-central Inner Mongolia autonomous region [J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21 (6):1719-1728 (in Chinese with English abstract).

[40] 代军治, 毛景文, 杨富全, 等. 华北地台北缘燕辽钼(铜)成矿带矿床地质特征及动力学背景 [J]. 矿床地质, 2006, 25 (5):598-612.
Dai Junzhi, Mao Jingwen, Yang Fuquan, et al. Geological characteristics and geodynamic background of molybdenum (copper) deposits along Yanshan-Liaoning metallogenic belt on northern margin of North China block [J]. Mineral Deposit, 2006, 25(5):598-612 (in Chinese with English abstract).

[41] 段焕春, 秦正永, 林晓辉, 等. 河北丰宁县大草坪钼矿区岩体锆石 U-Pb 年龄研究[J]. 矿床地质, 2007, 26(6):634-642.
Duan Huanchun, Qin Zhengyong, Lin Xiaohui, et al. Zircon U-Pb ages of intrusive bodies in Dacaoping molybdenum ore district, Fengning County, Hebei Province [J]. Mineral Deposits, 2007, 26 (6):634-642(in Chinese with English abstract).

[42] 宋杨, 王瑞江, 聂凤军, 等. 冀东金厂峪金矿区印支期成矿作用的发现及地质意义[J]. 地球学报, 2011, 32(1):125-128.
Song Yang, Wang Ruijiang, Nie Fengjun, et al. The Discovery of the Indosinian Metallogenesis in the Jinchangyu Gold Deposit and Its Geological Significance [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2011, 32 (1):125-128(in Chinese with English abstract).

[43] 曾庆栋, 刘建明, 张作伦, 等. 华北克拉通北缘鸡冠山斑岩钼矿床成矿年代及印支期成矿事件[J]. 岩石学报, 2009, 25(2):393-398.
Zeng Qingdong, Liu Jianming, Zhang Zuolun, et al. Ore-forming time of the Jiguanshan porphyry molybdenum deposit, northern margin of North China Craton and the Indosinian mineralization [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(2):393-398 (in Chinese with English abstract).

[44] Nie Fengjun, Jiang Sihong. Geological setting and origin of Mo-W-Cu deposits in the Honggor-Shamai district, Inner Mongolia, North China [J]. Resources Geology, 2012, 61:344-355.

[45] 聂凤军, 江思宏, 张义, 等. 中蒙边境中东段金属矿床成矿规律和找矿方向[M]. 北京:地质出版社, 2007:1-574.
Nie Fengjun, Jiang Sihong, Zhang Yi, et al. Metallogenic Studies and Prospecting Orientation in Central and Eastern Segments along China-Mongolia border [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2007:1-574 (in Chinese).

[46] 刘翼飞, 聂凤军, 江思宏, 等. 蒙古国阿林诺尔钼矿床赋矿花岗岩年代学及地球化学特征[J]. 地球学报, 2010, 31(3):350-356.
Liu Yifei, Nie Fengjun, Jiang Sihong, et al. The geochronology and geochemical features of ore-hosting granite in the Arynnuur molybdenum deposit, Mongolia [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2010, 31(3):350-356(in Chinese with English abstract).

[47] 冯佳睿, 毛景文, 裴荣富,等.云南瓦渣钨矿区老君山花岗岩体的 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年、地球化学特征及成因探讨[J]. 岩石学报,2010, 26(3):845-857.
Feng Jiarui, Mao Jingwen, Pei Rongfu, et al. SHRIMP zircon dating and geochemical characteristics of Laojunshan granite intrusion from the Wazha tungsten deposit, Yunnan Province and their implications for petrogenesis [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(3):845-857(in Chinese with English abstract).

[48] 冯佳睿, 毛景文, 裴荣富, 等. 滇东南老君山地区印支期成矿事件初探——以新寨锡矿床和南秧田钨矿床为例 [J]. 矿床地质, 2011, 30(1):57-73.
Feng Jiarui, Mao Jingwen, Pei Rongfu, et al. A tentative discussion on Indosinian ore-forming events in Laojunshan area of southeastern Yunnan:A case study of Xinzhai tin deposit and Nanyangtian tungsten deposit [J]. Mineral Deposits, 2011, 30(1): 57-73(in Chinese with English abstract).

[49] 伍静, 梁华英, 黄文婷, 等. 桂东北苗儿山—越城岭南西部岩体和矿床同位素年龄及华南印支期成矿分析 [J]. 科学通报, 2012, 57(13):1024-1035.

Wu Jing, Liang Huaying, Huang Wenting, et al. Indosinian isotope ages of plutons and deposits in southwestern Miaoershan－Yuechengling, northeastern Guangxi and implications on Indosinian mineralization in South China [J]. Chin. Sci. Bull., 2012, 57(13): 1024－1035(in Chinese).

[50] 刘善宝, 王登红, 陈毓川, 等. 赣南崇义－大余－上犹矿集区不同类型含矿石英中白云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄及其地质意义 [J]. 地质学报,2008, 82(7): 932－940.
Liu Shanbao, Wang Denghong, Chen Yuchuan, et al. $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of muscovite from different types tungsten－bearing quartz veins in the Chongyi－Dayu－Shangyou concentrated mineral area in Gannan Region and its geological significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82 (7): 932－940 (in Chinese with English abstract).

[51] 杨锋, 李晓峰, 冯佐海, 等. 栗木锡矿云英岩化花岗岩白云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄及其地质意义 [J]. 桂林工学院学报, 2009, 29(1): 21－24.
Yang Feng, Li Xiaofeng, Feng Zuohai, et al. $^{40}Ar/^{39}Ar$ dating of muscovite from greisenized granite and geological significance in Limu tin deposit [J]. Journal of Guilin Engineering College, 2009, 29(1): 21－24(in Chinese with English abstract).

[52] 康志强, 冯佐海, 李晓峰, 等. 桂东北水岩坝钨锡矿田白云母 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年代学研究及其地质意义 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2010, 21(6): 610－615.
Kang Zhiqiang, Feng Zuohai, Li Xiaofeng, et al. $^{40}Ar/^{39}Ar$ age of muscovite in the Shuiyanba tungsen－tin ore field in northeast Guangxi and its geological significance [J]. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, 2010, 21 (6): 610－615 (in Chinese with English abstract).

[53] 蔡明海, 陈凯旭, 屈文俊, 等. 湘南荷花坪锡多金属矿床地质及辉钼矿 Re－Os 测年[J]. 矿床地质, 2006, 25(3): 263－268.
Cai Minghai, Chen Kaixu, Qu Wenjun, et al. Geological characteristics and Re－Os dating of molybdenites in Hehuaping tin－polymetallic deposit, southern Hunan Province [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(3): 263－268(in Chinese with English abstract).

[54] 王彦斌, 王登红, 韩娟, 等. 湖南益将稀土－钪矿的石英闪长岩锆石 U－Pb 定年和 Hf 同位素特征:湘南加里东期岩浆活动的年代学证据[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 1062－1070.
Wang Yanbing, Wang Denghong, Han Juan, et al. U－Pb dating and Hf isotopic characteristics of zircons from quartz－diorite in the Yijiang REE－Sc deposit, Rucheng County, Hunan: Constraints on the timing of Caledonian magmatic activity in South China [J]. Geology in China, 2010, 37 (4): 1062－1070 (in Chinese with English abstract).

[55] 王义天, 叶会寿, 叶安旺, 等. 小秦岭北缘马家洼石英脉型金钼矿床的辉钼矿 Re－Os 年龄及其意义[J]. 地学前缘, 2010, 17(2): 140－145.
Wang Yitian, Ye Huishou, Ye Anwang, et al. Re－Os age of molybdenite from the Majiawa Au－Mo deposit of quartz vein type in the north margin of the Xiaoqinling gold area and its implication for metallogeny [J]. Earth Science Frontiers, 2010, 17(2): 140－145 (in Chinese with English abstract).

[56] 王登红, 陈郑辉, 陈毓川, 等. 我国重要矿产地成岩成矿年代学研究新数据[J]. 地质学报, 2010, 84(7): 1031－1040.
Wang Denghong, Chen Zhenghui, Chen Yuchuan, et al. New data of the rock－forming and ore－forming chronology for China's important mineral resources areas [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(7): 1031－1040(in Chinese with English abstract).

[57] 杨刚, 陈江峰, 杜安道, 等. 安徽铜陵老鸦岭含钼碳质页岩的 Re－Os 定年[J]. 科学通报, 2004, 49(12): 1025－1028.
Yang Gang, Chen Jiangfeng, Du Andao, et al. The Re－Os age of molybdenum carbonaceous shale in Tonglin Laoyalin deposit of Anhui Province [J]. Chin. Sci. Bull., 2004, 49(12): 1025－1028 (in Chinese with English abstract).

[58] 蔺志永, 王登红, 张长青. 四川宁南跑马铅锌矿床的成矿时代及其地质意义[J]. 中国地质, 2010, 37(2): 488－494.
Lin Zhiyong, Wang Denghong, Zhang Changqing. Rb－Sr isotopic age of sphalerite from the Paoma lead－zinc deposit in Sichuan Province and its implications [J]. Geology in China, 2010, 37(2): 488－494 (in Chinese with English abstract).

[59] 李建康, 王登红, 付小方. 川西可尔因伟晶岩型稀有金属矿床的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 年代及其构造意义 [J]. 地质学报, 2006, 80 (6): 843－848.
Li Jiankang, Wang Denghong, Fu Xiaofang. $^{40}Ar/^{39}Ar$ ages of the Ke'eryin pegmatite type rare metal deposit, western Sichuan, and its tectonie significances [J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(6): 843－848 (in Chinese with English abstract).

[60] 杨喜安, 刘家军, 韩思宇, 等. 云南羊拉铜矿床里农花岗闪长岩体锆石 U－Pb 年龄、矿体辉钼矿 Re－Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2567－2576.
Yang Xi'an,Liu Jiajun,Han Siyu,et al. U－Pb dating of zircon from the Linong granodiorite, Re－Os dating of molybdenite from the ore body and their geological significances in Yangla copper deposit, Yunnan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27 (9): 2567－2576 (in Chinese with English abstract).

[61] 曾普胜, 李文昌, 王海平. 云南普朗印支期超大型斑岩铜矿床:岩石学及年代学特征[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 989－1000.
Zeng Pushen, Li Wenchang, Wang Haiping. The Indosinian Pulang superlarge porphyry copper deposit in Yunnan, China: Petroligy and chronology [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(4): 989－1000 (in Chinese with English abstract).

[62] 徐晓春, 黄震, 谢巧勤, 等. 云南景谷宋家坡铜矿床成岩成矿的 Sm－Nd 和 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素年龄 [J]. 地质论评, 2004, 50(1): 100－105.
Xu Xiaochun, Huang Zheng, Xie Qiaoqin, et al. The Sm－Nd and $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic ages of lithogenesis and metallogenesis of the

Songjiapo copper deposit in Jinggu, Yunnan Province [J]. Geological Review, 2004, 50(1):100-105 (in Chinese with English abstract).

[63] 李永森. 云南澜沧江中南段铜(多金属)矿床地球化学研究[D]. 合肥工业大学硕士学位论文, 2002:1-116.
Li Yongsen. The Geochemical Studies on Copper Polymetallic Deposits of Middle-southern Part of Lancangjiang, Yunnan Province, China [D]. Thesis of the Master Degree of Hefei University of Technology, 2002:1-116 (in Chinese with English abstract).

[64] 林清茶, 夏斌, 张玉泉. 云南中甸地区雪鸡坪同碰撞石英闪长玢岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其意义 [J]. 地质通报, 2006, 25(1-2):133-137.
Lin Qingcha, Xia Bin, Zhang Yuquan. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the syn-collisional Xuejiping quartz diorite porphyrite in Zhongdian, Yunnan, China, and its geological implications [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(1-2):133-137(in Chinese with English abstract).

[65] 曹殿华, 王安建, 黄玉凤. 中甸弧雪鸡坪斑岩铜矿含矿斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及 Hf 同位素组成 [J]. 地质学报, 2009, 83(10):1430-1435.
Cao Dianhua, Wang Anjian, Huang Yufeng. SHRIMP geochronology and Hf isotope composition of zircons from Xuejiping porphyry copper deposit, Yunnan Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83 (10):1430-1435 (in Chinese with English abstract).

[66] 邹先武, 崔森, 屈文俊, 等. 广西都庞岭李贵福钨锡多金属矿 Re-Os 同位素定年研究[J]. 中国地质, 2009, 36(4):837-842.
Zou Xianwu, Cui Sen, Qu Wenjun, et al. Re-Os isotope dating of the Liguifu tungsten-tin polymetallic deposit in Dupangling area, Guangxi [J]. Geology in China, 2009, 36 (4):837-842 (in Chinese with English abstract).

[67] 曹圣华, 唐峰林, 黄新曙, 等. 江西北武夷山高家山铜钼矿含矿岩体的特征与锆石 U-Pb 年代学研究 [J]. 地质学报, 2011, 85(2):207-212.
Cao Shenhua, Tang Fenglin, Huang Xinshu, et al. Characteristics and Zircon U-Pb geochronology of metallogenic granitoids in the Gaojiashan Cu-Mo Deposits, Northern Wuyishan, Jiangxi Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85 (2):207-212 (in Chinese with English abstract).

[68] 黄智龙, 陈进, 刘丛强, 等. 峨眉山玄武岩与铅锌矿床成矿关系初探——以云南会泽铅锌矿床为例[J]. 矿物学报, 2001, 21(4):681-688.
Huang Zhilong, Chen Jin, Liu Congqiang, et al. A preliminary discussion on the genetic relationship between Emeishan basalts and Pb-Zn deposits as exemplified by the Huize Pb-Zn deposit, Yunnan province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2001, 21(4):681-688(in Chinese with English abstract).

[69] 刘锋. 云南会泽大型铅锌矿床成矿机制及锗的赋存状态 [D]. 中国地质科学院硕士学位论文, 2005:1-122.
Liu Feng. Metallogenetic Mechanism and the Occurrence of Germanium of the Huize Lead-zinc Deposit, Yunnan Province [D]. Master Thesis of the Chinese Academy of Geological Sciences, 2005:1-122(in Chinese with English abstract).

[70] 侯增谦, 曲晓明, 徐明基, 等. 四川呷村 VHMS 矿床: 从野外观察到成矿模型[J]. 矿床地质, 2001, 20(1):45-56.
Hou Zengqian, Qu Xiaoming, Xu Mingji, et al. The Gacun VHMS deposit in Sichuan Province:from field observation to genetic model [J]. Mineral Deposits, 2001, 20(1):45-56(in Chinese with English abstract).

[71] 张长青, 毛景文, 吴锁平, 等. 川滇黔地区 MVT 铅锌矿床分布、特征及成因[J]. 矿床地质, 2005, 24(3):336-348.
Zang Changqing, Mao Jingwen, Wu Suoping, et al. Distribution, characterisitics and genesis of Mississippi Valley-Tpye lead-zinc deposits in Sichuan-Yunnna-Guizhou area [J]. Mineral Deposits, 2005, 24(3):336-348 (in Chinese with English abstract).

[72] 韩金生, 姚军明, 陈衍景. 甘肃大水金矿矿区花岗闪长岩锆石年龄及 Ce^{4+}/Ce^{3+}比值[J]. 矿物学报(增刊), 2011:583-584.
Han Jinsheng, Yao Junming, Chen Yanjing. Zircon age and Ce^{4+}/Ce^{3+} of granodiorite of Da Shui Au deposit in Gansu Province [J]. Acta Mieralogica Sinica (supp.), 2011:583-584 (in Chinese with English abstract).

[73] Zeng Qingtao, Campbell M, Hart C, et al. Structural and geochronological studies on the Liba gold filed of the west Qinling orogen belt, central China [J]. Mineralium Deposita, 2012, 47:799-819.

[74] 冯建忠, 汪东波, 王学明, 等. 陕西凤县八卦庙超大型金矿床成矿地质特征及成矿作用[J]. 地质学报, 2003, 77(3):387-398.
Feng Jianzhong, Wang Dongbo, Wang Xueming, et al. Geology and metallogenesis of the Baguomiao giant gold deposit in Fengxian, Shaanxi Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(3):387-398 (in Chinese with English abstract).

[75] 胡乔青, 王义天, 王瑞廷, 等. 陕西省凤太矿集区二里河铅锌矿床的成矿时代:来自闪锌矿 Rb-Sr 同位素年龄的证据[J]. 岩石学报, 2012, 28(1):258-266.
Hu Qiaoqing, Wang Yitian, Wang Ruiting, et al. Fengxian-Taibai ore concentration area, Shaanxi Province:Evidence from the Rb-Sr isotopic dating of sphalerites [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(1):258-266 (in Chinese with English abstract).

[76] 王瑞廷, 李芳林, 陈二虎, 等. 陕西凤县八方山—二里河大型铅锌矿床地球化学特征及找矿预测 [J]. 岩石学报, 2011, 27(3):779-793.
Wang Ruiting, Li Fanglin, Chen Erhu, et al. Geochemical characteristics and prospecting prediction of the Bafangshan-Erlihe large lead-zinc ore deposit, Feng Country, Shaanxi Province, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27 (3):779-793 (in

Chinese with English abstract).

[77] 李厚民, 叶会寿, 毛景文, 等. 小秦岭金(钼)矿床辉钼矿铼-锇定年及其地质意义[J]. 矿床地质, 2007, 26(4):417-424.
Li Houmin, Ye Huishou, Mao Jingwen, et al. Re-Os dating of molybdenites from Au (-Mo) deposits in Xiaoqinling gold ore district and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2007, 26(4):417-424(in Chinese with English abstract).

[78] Stein H J, Markey R J, Morgan J, et al. Highly precise and accurate Re-Os ages for molybdenite from the East Qinling molybdenum belt, Shanxi Province, China [J]. Economy Geology, 1997, 92:827-835.

[79] 郭现轻, 闫臻, 王宗起, 等. 西秦岭谢坑矽卡岩型铜金矿床地质特征与矿区岩浆岩年代学研究 [J]. 岩石学报, 2011, 27(12):3811-3822.
Guo Xianqing, Yan Zhen, Wang Zongqi, et al. Geological characteristics and associated magmatic ages of the Xiekeng skarn-type Cu-Au deposit in the west Qinling terrane [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27 (12):3811-3822 (in Chinese with English abstract).

[80] 齐金忠, 杨贵才, 李莉, 等. 甘肃省阳山金矿床稳定同位素地球化学和成矿年代学及矿床成因 [J]. 中国地质, 2006, 33(6):1345-1353.
Qi Jinzhong, Yang Guicai, Li Li, et al. Isotope geoehemistry, chronology and genesis of the Yangshan gold deposit, Gansu Province [J]. Geology in China, 2006, 33 (6):1345-1353 (in Chinese with English abstract).

[81] 张宏飞, 靳兰兰, 张利, 等. 西秦岭花岗岩类地球化学和 Pb-Sr-Nd 同位素组成对基底性质及其构造属性的限制 [J]. 中国科学(D 辑), 2005, 50(2):914-926.
Zhang Hongfei, Jin Lanlan, Zhang Li, et al. Geochemical and Pb-Sr-Nd isotopic compositions of granitoids from western Qinling belt:Constraints on basement nature and tectonic affinity [J]. Science in China (Series D), 2005, 50 (2):184-196(in Chinese).

[82] 朱赖民, 丁振举, 姚书振, 等. 西秦岭甘肃温泉钼矿床成矿地质事件及其成矿构造背景[J]. 科学通报, 2009, 54(16):2337-2347.
Zhu Laimin, Ding Zhenju, Yao Shuzhen, et al. Ore-forming event and geodynamic setting of molybdenum deposit at Wenquan in Gansu Province, Western Qinling [J]. Chinese Sci. Bull., 2009, 54(16):2337-2347 (in Chinese).

[83] 高阳, 李永峰, 郭保健, 等. 豫西嵩县前范岭石英脉型钼矿床地质特征及辉钼矿 Re-Os 同位素年龄[J]. 岩石学报, 2010, 26(3):757-767.
Gao Yang, Li Yongfeng, Guo Baojian, et al. Geological characteristics and molybdenite Re-Os isotopic dating of Qianfanling quartz-vein Mo deposit in Songxian County, western Henan Province [J].Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(3):757-767 (in Chinese with English abstract).

[84] 黄典豪, 侯增谦, 杨志明, 等. 东秦岭钼矿带内碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质-地球化学特征、成矿机制及成矿构造背景[J]. 地质学报, 2009, 83(12):1968-1984.
Huang Dianhao, Hou Zengqian, Yang Zhiming, et al. Geological and geochemical characteristics, metallogenetic mechanism and tectonic setting of carbonatite vein-type Mo (Pb) deposits in the East Qinling molybdenum ore belt [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(12):1968-1984(in Chinese with English abstract).

[85] 任志媛, 李建威. 豫西上宫金矿床矿化特征及成矿时代[J]. 矿床地质, 2010, 29(增刊):987-988.
Ren Zhiyuan, Li Jiancheng. Mineralization characteristics and mineralogenetic epoch of Shanggong gold deposit in western Henan Province [J]. Mineral Deposits, 2010, 29 (supp.):987-988 (in Chinese with English abstract).

[86] 王集磊, 何伯墀, 李健中. 中国秦岭型铅锌矿床[M]. 北京:地质出版社, 1996:1-145.
Wang Jilei, He Bochi and Li Jianzhong. Qingling Type Lead-Zinc Deposits in China [M]. Beijing:Geological Pulishing House, 1996:1-145 (in Chinese with English abstract).

[87] 张作衡, 毛景文, 王勇. 西秦岭金山金矿床流体包裹体特征及其地质意义[J]. 矿床地质, 2002, 21(增刊):1106-1109.
Zhang Zuoheng, Mao Jingwen, Wang Yong. Fluid inclusion characteristics of Jinshan gold deposit in West Qinling district and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2002, 21(supp.):1106-1109 (in Chinese).

[88] 刘云华, 刘怀礼, 黄绍峰, 等. 西秦岭李子园碎石子斑岩型金矿床地质特征及成矿时代[J]. 黄金, 2011, 32(7):12-18.
Liu Yunhua, Liu Huaili, Huang Shaofeng, et al. Metallogenic epoch and geological features of Suishizi porphyry gold deposit in Liziyuan area,west Qinling mountain [J]. Gold, 2011, 32(7):12-18 (in Chinese with English abstract).

[89] 鲁燕伟. 甘肃成县毕家山铅锌矿床地质特征及找矿方向[J]. 甘肃冶金, 2009, 31(1):56-58.
Lu Yanwei. Geological characteristics and prospecting direction of the Bijiashan Lead-Zinc Deposit in Cheng County, Gansu, China [J]. Gansu Metallurgy, 2009, 31(1):56-58 (in Chinese with English abstract).

[90] 冯小明. 邓家山铅锌矿控矿条件分析及其对深部探矿的指导意义[J]. 甘肃地质, 2009, 18(2):14-18.
Feng Xiaoming. Ore-controlling conditions of Dengjianshan Lead-Zinc Deposit and their significance for deep prospecting [J]. Gansu Geology, 2009, 18 (2):14-18 (in Chinese with English abstract).

[91] 浩德成, 杜志忠, 赵五同, 等. 甘肃徽县洛坝铅锌矿床地质特征及找矿方向[J]. 甘肃冶金, 2007, 29(3):21-24.
Han Decheng, Du Zhizhong, Zhao Wutong, et al. Geological characteristics and prospecting direction of the Luoba Lead-Zinc Deposit in Hui County, Gansu, China [J]. Gansu Metallurgy, 2007, 29(3):21-24(in Chinese with English abstract).

[92] 祝新友, 王瑞廷, 汪东波, 等. 西秦岭铅锌金铜银矿床成矿模式研究及找矿预测[M]. 北京:地质出版社, 2011:1-212.
Zhu Xinyou, Wang Ruiting, Wang Dongbo, et al. Metallogenic Model and Prospecting Prediction of the Lead-Zinc-Gold-Copper-Silver Deposits in Western Qinling [M]. Beijing: Geological Pulishing House, 2011:1-212 (in Chinese with English abstract).

[93] 陈衍景, 张静, 张复新, 等. 西秦岭地区卡林-类卡林型金矿床及其成矿时间、构造背景和模式[J]. 地质论评, 2004, 50(2):134-152.
Chen Yanjing, Zhang Jing, Zhang Fuxin, et al. Carlin and Carlin-like gold deposits in Western Qinling Mountains and their metallogenic time, tectonic setting and model [J]. Geological Review, 2004, 50(2):134-152(in Chinese with English abstract).

[94] 丰成友, 李东生, 屈文俊, 等. 青海祁漫塔格索拉吉尔矽卡岩型铜钼矿床辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义 [J]. 岩矿测试, 2009, 28(3):223-227.
Feng Chengyou, Li Dongsheng, Qu Wenjun, et al. Re-Os Isotopic dating of molybdenite from the Suolajier skarn-type copper-molybdenum deposit of Qimantage Mountain in Qinghai Province and its geological significance [J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28(3):223-227(in Chinese with English abstract).

[95] 丰成友, 王雪萍, 舒晓峰, 等. 青海祁漫塔格虎头崖铅锌多金属矿区年代学研究及地质意义 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2011, 41(6):1806-1817.
Feng Chengyou, Wang Xueping, Shu Xiaofeng, et al. Isotopic chronology of the Hutouya skarn lead-zinc polymetallic ore district in Qimantage area of Qinghai Province and its geological significance [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011, 41(6):1806-1817(in Chinese with English abstract).

[96] 李世金, 孙丰月, 丰成友, 等. 青海东昆仑鸭子沟多金属矿的成矿年代学研究[J]. 地质学报, 2008, 82(7):949-955.
Li Shijin, Sun Fengyue, Feng Chengyou, et al. Geochronological study on Yazigou polymetallic deposit in eastern Kunlun, Qinhai Province [J].Acta Geologica Sinica, 2008, 82 (7):949-955 (in Chinese with English abstract).

[97] 佘宏全, 张德全, 景向阳, 等. 青海省乌兰乌珠尔斑岩铜矿床地质特征与成因[J]. 中国地质, 2007, 34(2):306-314.
She Hongquan, Zhang Dequan, Jing Xiangyang, et al. Geological characteristics and genesis of the Ulan Uzhur porphyry copper deposit in Qinghai province [J]. Geology in China, 2007, 34(2):306-314(in Chinese with English abstract).

[98] 刘建楠, 丰成友, 亓锋, 等. 青海都兰县下得波利铜钼矿区锆石U-Pb 测年及流体包裹体研究 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2):679-690.
Liu Jiannan, Feng Chengyou, Qi Feng, et al. SIMS zircon U-Pb dating and fluid inclusion studies of Xiadeboli Cu-Mo ore district in Dulan County, Qinghai Province, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2):679-690(in Chinese with English abstract).

[99] 李华芹, 陈富文, 李锦轶, 等. 再论东天山白山钼矿区成岩成矿时代 [J]. 地质通报, 2006, 8:916-922.
Li Huaqin, Chen Fuwen, Li Jingyi, et al. Age of mineralization and host rocks in the Baishan molybdenum district, East Tianshan, Xinjiang, China:Revisited [J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(8):916-922(in Chinese with English abstract).

[100] 刘锋, 张志欣, 李强, 等. 新疆可可托海 3 号伟晶岩脉成岩时代的限定:来自辉钼矿 Re-Os 定年的证据[J]. 矿床地质, 2012, 31(5):1111-1118.
Liu Feng, Zhang Zhixin, Li Qiang, et al. New age constraints on Koktokay pegmatite No.3 Vein, Altay Mountains, Xinjiang: Evidence from molybdenite Re-Os dating [J]. Mineral Deposits, 2012, 31(5):1111-1118(in Chinese with English abstract).

[101] 黄典豪, 吴澄宇, 杜安道, 等. 东秦岭地区钼矿床的铼-锇同位素年龄及其意义[J]. 矿床地质, 1994, 13(3):221-230.
Huang Dianhao, Wu Chengyu, Du Andao, et al. Re-Os isotope ages of molybdenum deposits in east Qinling and their significance [J].Mineral Deposits, 1994, 13 (3):221-230 (in Chinese with English abstract).

[102] 李厚民, 陈毓川, 叶会寿, 等. 东秦岭-大别地区中生代与岩浆活动有关钼(钨)金银铅锌矿床成矿系列[J]. 地质学报, 2008, 82(11):1468-1477.
Li Houming, Chen Yuchuan, Ye Huishou, et al. Mo, (W), Au, Ag, Pb, Zn minerogenetic series related to Mesozoic magmatic activities in the East Qinling-Dabie Mountains [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(11):1468-1477(in Chinese with English abstract).

[103] 李诺, 孙亚莉, 李晶, 等. 小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼锇同位素年龄及印支期成矿事件[J]. 岩石学报, 2008, 24(4):810-816.
Li Nuo, Sun Yali, Li Jing, et al. Molybdenite Re-Os isotope age of the Dahu Au-Mo deposit, Xiaoqinling and the Indosinian mineralization [J].Acta Petrologica Sinica, 24 (4):810-816 (in Chinese with English abstract).

[104] 严阵. 陕西省花岗岩[M]. 西安:西安交通大学出版社, 1985:1-321.
Yan Zhen. Granite in Shanxi Province [M]. Xi'an:Xi'an Jiaotong University Press, 1985:1-321 (in Chinese with English abstract).

[105] 黎世美, 瞿伦泉, 李新民, 等. 熊耳山地区蚀变构造岩型金矿成矿地质条件、富集规律、成矿模式[C]//秦巴金矿论文集. 北京:地质出版社, 1993:96-132.
Li Shimei, Qu Lunquan, Li Xinming, et al. Ore-forming geological conditions, enrichment regularity and metallogenic model of alteration structure rock type gold deposits in Xiong'er Mountains [C]//Qinba Gold Deposits Proceedings. Beijing: Geological Publishing House, 1993:96-132 (in Chinese with English abstract).

[106] 任富根, 李维明, 李增彗. 熊耳山—崤山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型[M]. 北京:地质出版社, 1996:80-90.

Ren Fugen, Li Weiming, Li Zenghui. The Ore-forming Geological Conditions and Prospecting Comprehensive Evaluation Model of Xiong′er-Yao Mountains [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996: 80-90(in Chinese with English abstract).

[107] 陈衍景. 秦岭印支期构造背景、岩浆活动及成矿作用[J]. 中国地质, 2010, 37(4): 854-865.
Chen Yanjing. Indosinian tectonic setting, magmatism and metallogenesis in Qinling Orogen, central China [J]. Geology in China, 2010, 37(4): 854-865(in Chinese with English abstract).

[108] Mao Jingwen, Xie Guiqing, Bierlein F, et al. Tectonic implications from Re-Os dating of Mesozoic molybdenum deposits in the East Qinling-Dabie orogenic belt. Geochim Cosmochim Acta, 2008, 72: 4607-4626.

[109] 卢欣祥, 李明立, 王卫, 等. 秦岭造山带的印支运动及印支期成矿作用[J]. 矿床地质, 2008, 27(6): 762-773.
Lu Xinxiang, Li Mingli, Wang Wei, et al. Indosinian movement and metallogenesis in Qinling orogenic belt [J]. Mineral Deposits, 2008, 27(6): 762-773(in Chinese with English abstract).

[110] 韦龙明, 林锦富, 吴烈善. 凤县八卦庙特大型金矿热水沉积岩的地质地球化学特征[J]. 地质学报, 2004, 78: 829-835.
Wei Longming, Lin Jinfu, Wu Lieshan. Geological and geochemical characteristics of the hydrothermal sediments in the Baguamiao gold deposit [J].Acta Geologica Sinica, 2004, 78: 829-835(in Chinese with English abstract).

[111] Mao Jingwen, Qiu Yiming, Goldfarb R J, et al. Geology, distribution, and classification of gold deposits in the Western Qinling belt, central China [J]. Mineralium Deposita, 2002, 37: 352-377.

[112] 陈衍景. 华北大陆边缘造山过程与成矿研究的重要进展和问题[J]. 岩石学报, 2009, 25(11): 2695-2726.
Chen Yanjing. Significant achievements and open issues in study of orogenesis and metallogenesis surrounding the North China continent[J].Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(11): 2695-2726 (in Chinese with English abstract).

[113] Zhang Fan, Liu Shuwen, Li Qiugen, et al. Re-Os and U-Pb geochronology of the Erlihe Pb-Zn deposit, Qinling orogenic belt, central China, and constraints on its deposit genesis [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85: 673-682.

[114] 宋史刚, 丁振举, 姚书振, 等. 甘肃武山温泉辉钼矿 Re-Os 同位素定年及其成矿意义[J]. 西北地质, 2008, 41(1): 57-63.
Song Shigang, Ding Zhengju, Yao Shuzheng, et al. Re-Os isotopic dating of molybdenite and its implication for molybdenum mineralization of Wenquan porphyry, Wushan, Gansu Province [J]. Northwestern Geology, 2008, 41 (1): 57-63 (in Chinese with English abstract).

[115] Zhu Laimin, Zhang Guowei, Chen Yanjing, et al. Zircon U-Pb ages and geochemistry of the Wenquan Mo-bearing granitioids in West Qinling, China: Constraints on the geodynamic setting for the newly discovered Wenquan Mo deposit [J]. Ore Geology Reviews, 2011, 39: 46-62.

[116] 张德全, 丰成友, 李大新, 等. 柴北缘-东昆仑地区的造山型金矿床[J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 137-146.
Zhang Dequan, Feng Chengyou, Li Daxin, et al. Orogenic gold deposits in the North Caidamu and East Kunlun Orogen, West China [J]. Mineral Deposits, 2001, 20 (2): 137-146 (in Chinese with English abstract).

[117] 丰成友, 张德全, 王富春, 等. 青海东昆仑复合造山过程及典型造山型金矿地质[J]. 地球学报, 2004, 25(4): 415-422.
Feng Chengyou, Zhang Dequan , Wang Fuchun, et al. Multiple orogenic processes and geological characteristics of the major orogenic gold deposits in east Kunlun area, Qinghai Province [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2004, 25(4): 415-422 (in Chinese with English abstract).

[118] 张德全, 党兴彦, 佘宏全, 等. 柴北缘—东昆仑地区造山型金矿床的 Ar-Ar 测年及其地质意义[J]. 矿床地质, 2005, 24(2): 87-98.
Zhang Dequan, Dang Xingyan, She Hongquan, et al. Ar-Ar dating of orogenic gold deposits in northern margin of Qaidam and East Kunlun Mountains and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2005, 24 (2): 87-98 (in Chinese with English abstract).

[119] 丰成友, 李东生, 吴正寿, 等. 东昆仑祁漫塔格成矿带矿床类型、时空分布及多金属成矿作用[J]. 西北地质, 2010, 43(4): 10-17.
Feng Chengyou, Li Dongsheng, Wu Zhengshou, et al. Major types, time-space distribution and metallogeneses of polymetallic deposits in the Qimantage metallogenic belt, eastern Kunlun area [J]. North Western Geology, 2010, 43(4): 10-17 (in Chinese with English abstract).

[120] 王松, 丰成友, 李世金, 等. 青海祁漫塔格卡尔却卡铜多金属矿区花岗闪长岩锆石 SHRIMP U-Pb 测年及其地质意义[J]. 中国地质,2009, 36(1): 74-84.
Wang Song, Feng Chengyou, Li Shijin,et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of granodiorite in the Kaerqueka polymetallic ore deposit, Qimantage mountain, Qinghai Province, and its geological implications [J]. Geology in China, 2009, 36(1): 74-84 (in Chinese with English abstract).

[121] 李大新, 丰成友, 赵一鸣, 等. 青海卡而却卡铜多金属矿床蚀变矿化类型及矽卡岩矿物学特征 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2011, 41(6): 1818-1830.
Li Daxin, Feng Chengyou, Zhao Yiming, et al. Mineralization and alteration types and skarn mineralogy of Kaerqueka copper polymetallic deposit in Qinghai Province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011, 41 (6): 1818-1830 (in Chinese with English abstract).

[122] 马圣钞, 丰成友, 李国臣, 等. 青海虎头崖铜铅锌多金属矿床

硫、铅同位素组成及成因意义 [J]. 地质与勘探, 2012, 48(2):321-331.

Ma Shengchao, Feng Chengyou, Li Guocheng, et al. Sulfur and lead isotope compositions of the Hutouya copper-lead-zinc polymetallic deposit in Qinghai Province and their genetic significance [J]. Geology and Exploration, 2012, 48 (2):321-331 (in Chinese with English abstract).

[123] 丰成友, 王松, 李国臣, 等. 青海祁漫塔格中晚三叠世花岗岩:年代学、地球化学及成矿意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(2):665-678.

Feng Chengyou, Wang Song, Li Guochen, et al. Middle to Late Triassic granitoids in the Qimantage area, Qinghai Province, China:Chronology,geochemistry and metallogenic significances [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28 (2):665-678 (in Chinese with English abstract).

[124] 曾普胜, 莫宣学, 喻学惠, 等. 滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿[J]. 矿床地质, 2003, 22(4):393-400.

Zeng Pusheng, Mo Xuanxue, Yu Xuehui, et al. Porphyries and porphyry copper deposits in Zhongdian area, northwest Yunnan [J]. Mineal Deposits, 2003, 22 (4):393-400 (in Chinese with English abstract).

[125] 李文昌, 曾普胜. 云南普朗超大型斑岩铜矿特征及成矿模型[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2007, 34(4):436-446.

Li Wenchang, Zeng Pusheng. Characteristics and metallogenic model of the Pulang superlarge porphyry copper deposit in Yunnan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2007, 34 (4):436-446 (in Chinese with English abstract).

[126] 王守旭, 张兴春, 冷成彪, 等. 滇西北普朗斑岩铜矿锆石离子探针 U-Pb 年龄:成矿时限及地质意义 [J]. 岩石学报, 2008, 24(10):2313-2321.

Wang Shouxu, Zang Xingchun, Leng Chengbiao, et al. Zircon SHRIMP U-Pb dating of the Pulang porphyry copper deposit, northwestern Yunnan,China:The ore-forming time limitation and geological significance [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(10):2313-2321(in Chinese with English abstract).

[127] 冷成彪, 张兴春, 王守旭, 等. 滇西北中旬松诺含矿斑岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(1):124-130.

Leng Chengbiao, Zhang Xingchun, Wang Shouxu, et al. Geochemical characteristics of porphyry copper deposits in the Zhongdian area, Yunnan as exemplified by the Xuejiping and Pulang porphyry copper deposits [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2008, 27(1):415-42 (in Chinese with English abstract).

[128] 李文昌, 尹光候, 卢映祥, 等. 中甸普朗复式斑岩体演化及 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素依据[J]. 地质学报, 2009, 83(10):1421-1429.

Li Wenchang, Yin Guanghou, Lu Yingxiang, et al. The evolution and $^{40}Ar-^{39}Ar$ isotopic evidence of the Pulang Complex in Zhongdian [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 83 (10):1421-1429 (in Chinese with English abstract).

[129] 庞振山, 杜杨松, 王功文, 等. 云南普朗复式岩体锆石 U-Pb 年龄和地球化学特征及其地质意义 [J]. 岩石学报, 2009, 25(1):159-165.

Pang Zhengshan, Du Yangsong, Wang Gongwen, et al. Single-grain zircon U-Pb isotopic ages, geochemistry and its implication of the Pulang Complex in Ynnnan Province, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(1):159-165(in Chinese with English abstract).

[130] 张兴春, 冷成彪, 杨朝志, 等. 滇西北中甸春都斑岩铜矿含矿斑岩的锆石 SIMS U-Pb 年龄及地质意义 [J]. 矿物学报, 2009, S1(增刊):359-360.

Zhang Xingchun, Leng Chengbiao, Yang Chaozhi, et al. Zircons SIMS U-Pb age and geological significance in Chundu porphyry copper deposite of Zhongdian, Northwest Yunnan [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2009, S1:359-360(in Chinese).

[131] 任江波, 许继峰, 陈建林. 中甸岛弧成矿斑岩的锆石年代学及其意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(9):2591-2599.

Ren Jiangbo, Xu Jifeng, Chen Jianlin. Zircon geochronology and geological implications of ore-bearing porphyries from Zhongdian arc [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27 (9):2591-2599 (in Chinese with English abstract).

[132] 柳贺昌, 林文达. 滇东北铅锌银矿床规律研究[M]. 昆明:云南大学出版社, 1999:1-470.

Liu Hechang, Lin Wenda. Metallogenic Regularity of Pb-Zn-Ag Deposit in the Northeast Yunnan Province [M]. Kunming: Yunnan University Press, 1999:1-470 (in Chinese with English abstract).

[133] 李文博, 黄智龙, 陈进, 等. 会泽超大型铅锌矿床成矿时代研究[J]. 矿物学报, 2004, 24(2):112-116.

Li Wenbo, Huang Zhilong, Chen Jin, et al. Rb-Sr dating of mineral assemblage from the Huize giant Zn-Pb deposit, Yunnan Province [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2004, 24 (2):112-116(in Chinese).

[134] 韩润生, 陈进, 黄智龙, 等. 构造成矿动力学及隐伏矿定位预测——以云南会泽超大型铅锌(银、锗)矿床为例[M]. 北京:科学出版社, 2006:1-185.

Han Runsheng, Chen Jin, Huang Zhilong, et al. Tectonic metallogenic dynamics and appreciation of concealed ores——an example of Huize superlarge Pb-Zn (Ag-Ze) deposit in Yunnan Province [M]. Beijing:Science Press, 2006:1-185(in Chinese with English abstract).

[135] 李文博, 黄智龙, 王银喜, 等. 会泽超大型铅锌矿田方解石 Sm-Nd 等时线年龄及其地质意义[J]. 地质论评, 2004, 50(2):189-195.

Li Wenbo, Huang Zhilong, Wang Yinxi, et al. Age of the giant Huize Zn-Pb deposits determined by Sm-Nd dating of

hydrothermal calcite [J]. Geological Review, 2004, 50 (2):189-195 (in Chinese with English abstract).

[136] 张长青, 李向辉, 余金杰, 等. 四川大梁子铅锌矿床单颗粒闪锌矿铷-锶测年及地质意义[J]. 地质论评, 2008, 54(4):532-538.
Zhang Changqing, Li Xianghui, Yu Jinjie, et al. Rb-Sr dating of single sphalerites from the Daliangzi Pb-Zn deposit, Sichuan and its geological significances [J]. Geological Review, 2008, 54(4):532-538(in Chinese with English abstract).

[137] Feng Jiarui, Mao Jingwen, Pei Rongfu. Ages and geochemistry of Laojunshan granites in southeastern Yunnan, China:Implications for W-Sn polymetallic ore deposits [J]. Mineralogy and Petrology, 2012, DOI 10.1007/S00710-012-0253.3.

[138] 李东旭, 许顺山. 变质核杂岩的旋扭成因—滇东南老君山变质核杂岩的构造解析[J]. 地质论评, 2000, 46(2):113-119.
Li Dongxu, Xu Shunshan. Rotation -shearing genesis of metamorphic core complex—Structural analysis of metamorphic core complex in Laojunshan, Southeastern Yunnan Province [J]. Geological Review, 2000, 46 (2):113-119 (in Chinese with English abstract).

[139] 聂凤军, 张可, 刘翼飞, 等. 华北克拉通北缘及邻区印支期岩浆活动与钼和金成矿作用[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011, 41:1651-1666.
Nie Fengjun, Zhang Ke, Liu Yifei, et al. Indosinian magamtic activity and molybdenum, gold mineralization along the Northern margin of North China craton and adjacent area[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2011, 41:1651-1666.

[140] 郭志军, 周振华, 李贵涛, 等. 大兴安岭南段敖尔盖铜矿花岗闪长岩体 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年、岩石地球化学及 Sr-Nd 同位素特征研究[J]. 中国地质, 2012, 39(6):1486-1500.
Guo Zhijun, Zhou Zhenhua, Li Guitao, et al. SHRIMP U-Pb Zircon Dating, petrogeochemistral characteristics, Sr and Nd isotopic compositions of granodiorites in Aoergai copper deposit, the southern segment of Da Hinggan Mountains, China [J]. Geology in China, 2012, 39 (6):1486-1500 (in Chinese with English abstract).

[141] Nie Fengjun, Jiang Sihong. Geological setting and origin of Mo-W-Cu deposits in the Honggor- Shamai district, Inner Mongolia [J]. Resource Geology, 2012, 61:344-355.

[142] Wu Fuyuan, Wilde SA, Zhang Jiliang, et al. Geochronology and petrogneiss of the postorogenic Ni-Cu sulde-bearing maic-ultramaic complexes in Jilin Province, NE China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2004, 23:781-797.

[143] Feng GY, Liu Y, Zhang H, et al. Age and geochemical geochemistry characteristics of the ultrabasic intrusion related with Ni-Cu sulde deposit in the Hongqiling district, Jilin Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2009, 29 (Supp.), 49(in Chinese).

[144] 赵华雷, 任云生, 鞠楠, 等. 延边白石砬子钨矿床成矿岩体的年代学与地球化学特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2011. 41(6):1726-1744.
Zhao Hualei, Ren Yunsheng, Ju Nan, et al. Geochronology and geochemistry of metallogenic intrusion in Baishilazi tungsten deposit of eastern Yanbian area, Northeast China [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2011, 41(6):1726-1744 (in Chinese with English abstract).

[145] 张彤, 陈志勇, 许立权, 等. 内蒙古卓资县大苏计钼矿辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义 [J]. 岩矿测试, 2009, 28(3):279-282.
Zhang Tong, Chen Zhiyong, Xu Liquan, et al. The Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Dasuji molybdenum deposit in Zhuozi County of Inner Mongolia and its geological significance [J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28(3):279-282 (in Chinese with English abstract).

[146] 侯万荣, 聂凤军, 杜安道, 等. 内蒙古西沙德盖钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义 [J]. 矿床地质, 2010, 29(6):1045-1053.
Hou Wanrong, Nie Fengjun, Du An'dao, et al. Re-Os isotopic dating of molybdenite from Xishadegai molybdenum deposit in Urad Front Banner of Inner Mongolia and its geological significance [J]. Mineral Deposits, 2010, 29 (6):1045-1053 (in Chinese with English abstract).

[147] 侯万荣, 聂凤军, 胡建民, 等. 内蒙古乌拉山地区沙盖德岩体年代学、地球化学特征及成因探讨[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2012, 41(6):1914-1927.
Hou Wanrong, Nie Fengjun, Hu Jianming, et al. Geochronology and geochemistry of Shagaide granites in Wulashan area, Inner Mongolia and its geological significance [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2012, 41 (6):1914-1927(in Chinese with English abstract).

[148] 毛景文, 谢桂青, 郭春丽, 等. 华南地区中生代主要金属矿床时空分布规律和成矿环境 [J]. 高校地质学报, 2008, 14 (4):510-526.
Mao Jingwen, Xie Guiqing, Guo Chunli, et al. Spatial-temporal distribution of Mesozoic ore deposits in South China and their metallogenic settings [J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(4):510-526(in Chinese with English abstract).

[149] 李晓峰, 肖荣, 冯佐海. 桂东北地区金属矿床主要类型、成矿时代及其地质意义[J]. 矿物学报, 2011, 31(S1):610-611.
Li Xiaofeng, Xiao Rong, Feng Zuohai. The ore deposit types, metallogenic epoch and geological significance of Northestern Guangxi, China [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31(S1):610-611(in Chinese with English abstract).

[150] 马铁球,柏道远,邝军,等.湘东南茶陵地区锡田岩体锆石 SHRIMP 定年及其地质意义[J]. 地质通报, 2005, 24(5):415-419.
Ma Tieqiu, Bai Daoyuan, Kuang Jun, et al. Zircon SHRIMP dating of the Xitian granite pluton, Chaling, southeastern Hunan [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24 (5):415-419 (in

Chinese with English abstract).

[151] 马丽艳, 付建明, 伍式崇, 等. 湘东锡田垄上锡多金属矿床的 $^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素定年研究[J]. 中国地质, 2008, 35(4):706-713.
Ma Liyan, Fu Jianming, Wu Shichong, et al. $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic dating of the Longshang tin-polymetallic deposit, Xitian orefield, eastern Hunan Province [J]. Geology in China, 2008, 35(4):706-713 (in Chinese with English abstract).

[152] 赵蕾, 于海津, 王丽娟, 等. 红山含黄玉花岗岩的形成时代及其成矿能力分析[J]. 矿床地质, 2006, 25(6):672-682.
Zhao Lei, Yu Jinhai, Wang Lijuan, et al. Formation time of Hongshan topaz-bearing granite and its metallogenic potential prognosis [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(6):672-682 (in Chinese with English abstract).

[153] 孙涛, 周新民, 陈培荣, 等. 南岭东段中生代强过铝花岗岩成因及大地构造意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 2003, 33 (12):1209-1218.
Sun Tao, Zhou Xinming, Chen Peirong, et al. The causes and tectonic significance of the Mesozoic strongly peraluminous granite in the middle of Nanling [J]. Science in China (Series D), 2003, 33(12):1209-1218 (in Chinese).

[154] 徐夕生, 邓平, O'Reilly SY, 等. 华南贵东杂岩体单颗粒锆石激光探针 ICPMS U-Pb 定年及其成岩意义 [J]. 科学通报, 2003, 48(12):1328-1334.
Xu Xisheng, Deng Ping, O'Reilly SY, et al. LA-ICP-MS U-Pb single particle zircon dating and diagenetic significance of the mixed rock in Eastern Guizhou, China [J]. Chinese Science Bulletin, 2003, 48(12):1328-1334 (in Chinese).

[155] 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.
Deng Xiguang, Chen Zhigang, Li Xianhua, et al. SHRIMP U-Pb zircon dating of the Darongshan- Shiwandashan granitoid belt in southeastern Guangxi, China [J]. Geology Review, 2004, 50 (4):426-432 (in Chinese with English abstract).

[156] 周新民, 陈培荣, 徐夕生, 等. 南岭地区晚中生代花岗岩成因与岩石圈动力学演化. 北京:科学出版社, 2007:1-691.
Zhou Xinming, Chen Peirong, Xu Xisheng, et al. The late Mesozoic granite formation and evolution of lithospheric dynamics of Nanling region [J]. Beijing:Science Press, 2007:1-691 (in Chinese with English abstract).

[157] 陈培荣. 华南东部中生代岩浆作用的动力学背景及其与铀成矿关系[J]. 铀矿地质, 2004, 20(5):266-270.
Chen Peirong. Geodynamic setting of Mesozoic magmatism and its relationgship to Uranium metallogenesis in southeastern China [J]. Uranium Geology, 2004, 20 (5):266-270 (in Chinese with English abstract).

[158] Zhang Lianchang, Xiao Wenjiao, Qin Kezhang, et al. Re-Os isotopic dating of molybdenite and pyrite in the Baishan Mo-Re deposit, eastern Tianshan, NW China, and its geological significance [J]. Mineralium Deposita, 2005, 39:960- 969.

[159] 张达玉, 周涛发, 袁峰, 等. 新疆东天山地区白山钼矿床的成因分析[J]. 矿床地质, 2009, 28(5):663-672.
Zang Dayu, Zhou Taofa, Yuan Feng, et al. A genetic analysis of Baishan molybdenum deposit in east Tianshan area, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 2009, 28(5):663-672(in Chinese with English abstract).

[160] 邹天人, 李庆昌. 中国新疆稀有金属及稀土金属矿床 [M]. 北京:地质出版社, 2006:34-51.
Zou Tianren, Li Qingchang. The rare metal and rare earth metal deposit at Xinjiang, China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2006:34-51(in Chinese with English abstract).

[161] Zhu Y F, Zeng Y S, Gu L B. Geochemistry of the rare metal-bearing pegmatite No. 3 vein and related granites in the Keketuohai region, Altay Mountains, northwest China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006, 27:61-77.

[162] Wang T, Tong Y, Bor M J. SHRIMP U-Pb Zircon geochronology of the Altay No. 3 Pegmatite, NW China, and its implications for the origin and tectonic setting of the pegmatite [J]. Ore Geology Review, 2007, 32:325-336.

[163] 任宝琴, 张辉, 唐勇, 等. 阿尔泰造山带伟晶岩年代学及其地质意义[J]. 矿物学报, 2011, 31(3):587-596.
Ren Baoqin, Zhang Hui, Tang Yong, et al. LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of the Altay pegmatites and its geological significance [J]. Acta Mineralogica Sinica, 2011, 31 (3):587-596 (in Chinese with English abstract).

[164] 刘锋, 张志欣, 李强, 等. 新疆可可托海 3 号伟晶岩脉成岩时代的限定:来自辉钼矿 Re-Os 定年的证据[J]. 矿床地质, 2012, 31 (5):1111-1118.
Liu Feng, Zhang Zhixin, Li Qiang, et al. New age constraints on Koktokay pegmatite No.3 Vein, Altay Mountains, Xinjiang: Evidence from molybdenite Re-Os dating [J]. Mineral Deposits, 2012, 31(5):1111-1118 (in Chinese with English abstract).

[165] Li S G, Chen Y, Cong B L, et al. Collision of the North China and Yangtze blocks and formation of coesite-bearing eclogites: timing and processes [J]. Chem. Geol., 1993, 109:70-89.

[166] Ames L, Tilton G R, Zhou G Z. Timing of collision of the Sino-Korean and Yangtsecratons:U-Pb zircon dating of coesite-bearing ecologites [J]. Geology, 1993, 21:339-342.

[167] Eide E A, McWilliams M O. Liou J G. $^{39}Ar/^{40}Ar$ geochronology and exhumation of high-pressure to ultrahigh-pressure metamorphic rocks in east-central China [J]. Geology, 1994, 22: 601-604.

[168] Dong Yunpeng, Zhang Guowei, Neubauer F, et al. Tectonic evolution of the Qinling orogen, China:Review and synthesis [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41:213-237.

[169] 郭正府, 邓晋福, 许志琴, 等. 青藏东昆仑晚古生代末—中生代中

酸性火成岩与陆内造山过程[J]. 现代地质, 1998, 12(3):344-352.
Guo Zhengfu, Deng Jinfu , Xu Zhiqing, et al. Late Palaeozoic-Mesozoic intracontinental orogenic process and intermediate-acidic igneous rocks from the eastern Kunlun Mountain of northwestern China [J]. Geoscience, 1998, 12 (3):344-352 (in Chinese with English abstract).

[170] 杨帆, 邹国富, 吴静, 等. 中甸春都铜矿区岩体成岩时代及其地质意义[J]. 大地构造与成矿, 2011, 35(2):307-315.
Yang Fan, Zou Guofu, Wu Jing, et al. Ages and geological significance of the porphyries in the Chundu copper mining area in Zhongdian,Yunnan Province [J]. Geotectonica et Metalbgenia, 2011, 35(2):307-314(in Chinese with English abstract).

[171] 刘宝田, 江耀明, 曲景川. 四川理塘—甘孜一带古洋壳发现及对板块构造的意义[M]. 北京:地质出版社, 1983:119-128.
Liu Baotian, Jiang Yaoming, Qu Jingchuan. The Fossil Shell Found in Sichuan Litang-Ganzi and the Meaning of Plate Tectonics [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1983:119-128 (in Chinese with English abstract).

[172] 许志琴, 侯立玮, 王大可, 等. 中国西南部松潘—甘孜中生代碰撞型造山带的薄壳构造及前陆逆冲系 [J]. 中国地质科学院院报, 1990, 20:127-135.
Xu Zhiqing, Hou Liwei ,Wang Dake, et al. Thin-skinned tectonics and foreland thrust sheets in the songpan-garze orogenic belt in southwestern China [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1990, 20:126-129 (in Chinese with English abstract).

[173] 许志琴, 侯立玮, 王宗秀, 等. 中国松潘—甘孜造山带的造山过程[M]. 北京:地质出版社, 1992:1-60.
Xu Zhiqing, Hou Liwei, Wang Zongxiu. The orogenic process of Songpan-Ganze belt, China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1992:1-60 (in Chinese with English abstract).

[174] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 造山的高原—青藏高原的地体拼合、碰撞造山及隆升机制[M]. 北京:地质出版社, 2007:1-458.
Xu Zhiqing, Yang Jingsui, Li Haibin, et al. Orogenic Plateau-the Qinghai-Tibet Plateau Land Body Split, Collision Orogenic and Uplift Mechanism [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2007:1-458 (in Chinese with English abstract).

[175] 侯立玮, 戴丙春, 俞如龙, 等. 四川西部义敦岛弧碰撞造山带与主要成矿系列[M]. 北京:地质出版社, 1994:1-200.
Hou Liwei, Dai Bingchun, Yu Rulong. Collision Orogenic Belt and the Main Metallogenic Series at Yidun Arc, Western Sichuan [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1994:1-200 (in Chinese with English abstract).

[176] 李文昌, 尹光候, 卢映祥, 等. 西南"三江"格咱火山—岩浆弧中红山-属都蛇绿混杂岩带的厘定及其意义 [J]. 岩石学报:2010, 26(6):1661-1671.
Li Wenchang,Yin Guanghou, Lu Yingxiang, et al. Delineation of Hongshan-Shudu ophiolite mélange in Geza volcanic-magmatic arc and its significance, southwest "Jinsha-Lancang-Nu rivers" [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(6):1661-1671 (in Chinese with English abstract).

[177] 傅德明, 徐明基, 四川呷村银多金属矿床地质特征及其与日本黑矿的类比[J]. 四川地质学报, 1996, 16(1):67-12.
Fu Deming, Xu Mingji. Geology of Gacun Ag-polymetallic ore deposit in west Sichuan, China and correlation with Kuroko deposit [J]. Acta Geologica Sichuan, 1996, 16 (1):67-72 (in Chinese with English abstract).

[178] 侯增谦, 杨岳清, 曲晓明, 等. 三江地区义敦岛弧造山带演化和成矿系统[J]. 地质学报, 2004, 78(1):109-120.
Hou Zengqian, Yang Yueqing, Qu Xiaoming, et al. Tectonic evolution and mineralization systems of the Yidun arc orogen in Sanjiang region, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2004, 78(1):109-120 (in Chinese with English abstract).

[179] Mao Jingwen, Cheng Yanbo, Chen Maohong, et al. Major types and time-space distribution of Mesozoicore deposits in South China and their geodynamic settings. Miner Deposita, 2012, DOI 10.1007/s00126-012-0446-z.

[180] Pirajno F, Ernst RE, Borisenko AS, et al. Intraplatemagmatism in central Asia and China and associated metallogeny [J]. Ore Geology Review, 2009, 35:114-136.

[181] Grifin W L, Ntapov L M, O´Reilly S Y, et al. The Kharamaikimberlite field, Siberia:modification of thelithospheric mantle by the Siberian Trap event [J]. Lithos, 2005, 81:167-187.

[182] Pavlova G G, Borisenko A S. Ag-Sb deposits of Asia:age, correlation with other typesof mineralization and magmatism. Ore Geology Review, 2009, 35:164-185.

[183] Pavlova G G, Borisenko A S, Goverdovskiy V A, et al. Permian-Triassic magmatism and Ag-Sb mineralization in southeastern Altaiand northwestern Mongolia [J]. Russian Geology and Geophysics, 2008, 49:545-555.

A preliminary study of the Triassic large-scale mineralization in China and its geodynamic setting

MAO Jing-wen, ZHOU Zhen-hua, FENG Cheng-you, WANG Yi-tian,
ZHANG Chang-qing, PENG Hui-juan, YU Miao

(*Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing* 100037, *China*)

Abstract: Triassic tectonic evolution in China is characterized by high intensity and wide influence. However, the metallogenic study related to the major Triassic tectonic events has obviously been lagging behind. This paper preliminarily and systematically discusses the space-time distribution and basic characteristics of the large scale Triassic mineralization in China based on the latest research achievements. Triassic deposits in China are distributed mainly in the two main Triassic orogenic belts of the Kunlun-Qinling orogenic belt and the Red River - Ailaoshan orogen belt and their adjacent regions; Besides, there are a series of polymetallic deposits developed in the three intraplates of southern China, northeastern China and Xinjiang area. Major types of Triassic deposits mainly include: ① Cu-Ni sulfide deposits related to basic-ultrabasic rock; ② porphyry Cu-Au, Cu-Mo, Mo deposits, skarn Cu-Pb-Zn, Cu-Fe, Sn, W deposits and vein-type Au deposits related to intermediate-acid rocks and acidic plutons; ③ pegmatite-type rare metal deposits related to high temperature gas-fluids; ④ orogenic Au deposits related to tectonic-hydrothermal activities in the orogenic process; ⑤ MVT Pb-Zn deposits related to basinal fluids in the orogenic process; ⑥ carbonated vein-type Mo deposits related to mantle fluids. Most of the Triassic deposits in the Kunlun-Qinling orogen belt were mainly formed in collisional stage, or in the post-collision setting. In East Qinling area, the Triassic deposits are dominated by Mo, Au, with the formation ages mainly concentrated in 233-221Ma. In contrast, Au deposits and Pb-Zn deposits of Triassic are widely distributed in West Qinling area, Au deposits are distributed along the NW-trending brittle-ductile shear zones, and Pb-Zn deposits are largely concentrated in the two targe basins of Xicheng and Fengtai, whose metallogenic epochs are mainly in the Late Triassic (232-214Ma). In East Kunlun area, newly discovered Cu-Mo-Fe polymetallic deposits were formed in 240-210 Ma. Influenced by Neo-Tethys evolution, Triassic metal mineral resources are scattered in the Red River - Ailaoshan orogen belt, mainly distributed in Zhongdian ancient island arc, Yunnan-Guizhou-Sichuan border area in the east of the orogenic belt and Dulong area of southeast Yunnan. In Zhongdian area, the metallogenic ages are concentrated in 228-201Ma and their distribution shows the characteristics of porphyry-skarn Cu deposits in the middle part and porphyry-epithermal Cu-Pb-Zn deposits and Au deposits on both north and south sides. The dating results obtained in recent years indicate that Pb-Zn deposits in Yunnan-Guizhou-Sichuan border area were mainly formed in Triassic. Moreover, a series of Triassic W-Sn deposits have been discovered recently in Dulong area of southeast Yunnan, whose peak age is 214-209Ma. In addition to the two main collision belts, rare metal and W-Sn deposits in South China, rare metal and Mo deposits in Xinjiang, porphyry Mo deposits, Cu-Ni sulfide deposits and vein type Au deposits in Northeast China and its adjacent areas were also formed in Triassic, and all of these deposits were closely related to the collision regime, most Triassic deposits in South China were related to EW-extending tectonic-magmatic systems and derived from the emplacement of aluminum granite resulting from the remelting of thickened crust. The mineralization of Triassic deposits in Northeast China and its adjacent areas, Xinjiang, and some neighboring areas of Mongolia and Russian Altay as well as Siberia were probably related to mantle plume activities.

Key words: Triassic; mineralization; collision orogeny; post-collision; mantle plume; Kunlun-Qinling orogen belt; Red River - Ailaoshan orogen belt

---

About the first author: MAO Jing-wen, male, born in 1956, doctor, senior researcher, mainly engages in the study of mineral deposits and geochemistry; E-mail: jingwenmao@263.net.