

文章编号:0258-7106(2004)02-0190-08

# 中国中生代矿床成矿系列类型及其演化\*

梅燕雄 裴荣富 李进文 傅旭杰

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

**摘要** 中国及邻区中生代地质构造的演化主要表现为欧亚大陆东部增生和中国大陆陆缘及陆内变形作用,受特提斯-古太平洋及太平洋-印度洋两大动力学体系的控制,形成滨太平洋、特提斯和中亚3大构造域。作者在对829个典型矿床及大量测试数据进行综合分析的基础上,结合中生代成矿环境和成矿特征,将中国中生代矿床划分为3个矿床成矿系列组合和11个矿床成矿系列类型。着重论述了中国中生代矿床成矿系列类型的基本特征,并简要概括了它们的时空演化规律。

**关键词** 地质学 成矿系列 成矿演化 中生代 中国

**中图分类号**:P617

**文献标识码**:A

成矿系列是中国地质学家程裕淇等(1979;1983)提出的矿床学概念,它是指在一定的地质构造单元和一定的地质历史发展阶段内,与一定的地质成矿作用有关,在不同成矿阶段(期)和不同地质构造部位形成的不同矿种和不同类型但具有成因联系的一组矿床的自然组合。陈毓川(1994)进一步将形成于不同地质时代、不同地质单元但具有相似地质环境、相似成矿特征、类似矿床组合的成矿系列归为一个成矿系列类型,以利于更好地进行成矿系列的分析和对比,更深入地总结成矿系列的共性特征与规律。

陈毓川等(1999)在公开出版的1:500万中国矿床成矿系列图中首次将全国934个代表性矿床划归为4个成矿系列组合和32个成矿系列类型。本文在分析中生代成矿环境和成矿特征的基础上,着重对中国中生代矿床成矿系列类型进行进一步的划分和研究,并初步总结了中生代成矿作用的演化规律。

## 1 中生代成矿地质构造环境

中国及邻区中生代地质构造的演化主要表现为欧亚大陆东部增生和中国大陆陆缘及陆内变形,受特提斯-古太平洋及太平洋-印度洋两大动力学体系的控制,形成3大构造域,即滨太平洋构造域、特提

斯构造域和中亚构造域。

### 1.1 滨太平洋构造域

印支运动后,由于欧亚大陆板块与库拉-太平洋板块发生强烈的相互作用,形成了极为壮观的滨太平洋构造域。该构造域展布于贺兰山-龙门山-康滇构造带以东的广大地区,在时间上于侏罗纪进入剧动期,在空间上叠置于前寒武纪地块构造域、古生代古亚洲构造域东部和华夏构造域之上,自西向东可划分为3个北东-北北东向的构造带(范承钧等,1994)。

(1) 鄂尔多斯-四川前陆拗陷带。该带主要由印支旋回以后形成的陆相拗陷沉积盆地构成,北部的鄂尔多斯盆地是在二叠纪晚期近海边陆盆地的基础上发展而成的大型内陆盆地,南部的四川盆地及楚雄盆地则是晚三叠世川滇近海盆地的重要组成部分。

(2) 大陆构造岩浆带。该带展布于从大兴安岭到南岭的广大地区,由大兴安岭、吉黑、燕辽、山东、秦岭、长江中下游、南岭等中生代火山-侵入岩带和海拉尔-二连、松辽、鸡西-鹤岗、江汉、鄱阳湖等中生代陆相断陷沉积盆地(群)构成,自西向东可进一步分为大兴安岭-武陵山隆起带、松辽-江汉断陷带和长白山-南岭隆起带。

(3) 陆缘构造岩浆带。该带由东南沿海火山-侵

\* 本文得到中国地质调查局地质调查项目“中国成矿体系与区域成矿评价”(编号:K1.4)的资助

第一作者简介 梅燕雄,男,1962年生,研究员,博士,主要从事区域成矿学研究和矿产资源预测评价工作。

收稿日期 2004-01-05;改回日期 2004-02-19。张绮玲编辑。

入岩带及陆缘海域沉降带组成,前者形成于晚侏罗世至白垩纪,后者形成于晚白垩世至第三纪。

### 1.2 特提斯构造域

特提斯构造域位于中国西南部的川滇青藏地区,是一个主要形成于中生代的构造域,区域性断裂和褶皱均以弧形展布为特点,构成独具特色的条带状构造格局。中生代主要地质构造环境有:

(1) 板块缝合带。主要有雅鲁藏布江缝合带和班公错-怒江缝合带,前者是新特提斯洋最终闭合后的板块碰撞产物,其主体由雅鲁藏布江蛇绿岩带以及与其密切伴生的蓝闪片岩带和混杂岩带组成;后者则是在新特提斯发育过程中的裙弧边缘海闭合时形成的次级结合带,其主体表现为规模巨大的蛇绿-混杂岩带。

(2) 陆缘构造岩浆带。主要由甘孜-理塘-丹巴-康定等印支-燕山期火山-岩浆弧和念青唐古拉-冈底斯等燕山期中酸性及中基性侵入岩带组成,是古特提斯洋和新特提斯洋演化的产物。

(3) 陆表浅海-泻湖盆地及陆缘断陷盆地。唐古拉以西的羌塘东北部地区,中侏罗世发育广阔的唐古拉陆表海,局部形成较为封闭的海湾-泻湖环境。在藏滇地区则发育察雅-芒康-德钦-兰坪等陆缘断陷沉积盆地。

### 1.3 中亚构造域

中亚构造域位于中国西北地区,中生代主要处于内陆环境,发育准噶尔、吐鲁番-哈密、伊宁、塔里木等大型拗陷沉积盆地及木里-大通等山间谷地,沉积建造以河流沼泽相含煤碎屑沉积建造为主。此外,在阿尔泰、北山等地发育碰撞造山期后的构造岩浆带。

## 2 中生代矿床成矿系列类型及其特征

在对 829 个典型矿床及大量测试数据<sup>①</sup>进行综合分析的基础上,结合中生代的成矿环境和成矿特征,将中国中生代矿床划分为 3 个矿床成矿系列组合和 11 个矿床成矿系列类型(表 1)。

### 2.1 大陆边缘活动带与陆相中酸性-酸性火山-侵入岩有关的铅、锌、金、银、萤石、叶腊石、明矾石(铁、铜、钨、锡、铌、钽、硫铁矿、高岭土)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型主要分布于浙、闽、粤沿海地

区,成矿作用与印支期-燕山期壳源及壳幔混源型火山-侵入岩有关,主成矿期为燕山中晚期。萤石和金、银矿床主要分布于丽水-海丰大断裂西侧的浙东南隆起区,在火山通道的隐爆角砾岩筒及其外侧的侏罗系上统磨石山群流纹质-英安质凝灰岩、熔结凝灰岩及古元古界八都群变质岩中产有主要受蚀变构造带控制的沿岭头式热液型金矿床,在火山机构外侧的磨石山群火山岩中产有火山岩型-热液型萤石矿床(武义式)、叶腊石矿床(梁岙式)及高岭土矿床(峰洞岩式),在燕山期中酸性次火山岩及浅成侵入岩与围岩的内外接触带中产有金田寺式银矿床及八都式萤石矿床。铅、锌矿床和叶腊石、明矾石矿床则主要分布于温州-临海拗陷带及闽东火山断拗带,五部式铅、锌矿床产于上侏罗统磨石山群火山岩和下白垩统永康群火山-沉积岩中,严格受北北西向及南北向断裂破碎带的控制,赋矿火山岩全岩 K-Ar 法年龄为 105 Ma,蚀变岩 K-Ar 法年龄为 80 Ma(陈好寿等,1994);山口-峨嵋式叶腊石矿床与仙岩-矾山式明矾石矿床的矿体多呈似层状、透镜状产出,一般叶腊石在下,明矾石居中,硫铁矿在上。

在闽粤海西-印支拗陷区与闽东南陆缘火山断陷带的邻接地带,燕山早期黑云母花岗岩及(黑云母)钾长花岗岩外接触带的石炭系-二叠系碳酸盐岩及三叠系碎屑岩中产有层控矽卡岩型铁矿床(马坑式-潘田式)及热液脉型铅、锌矿床(龙凤场式-钟魏式)。燕山晚期在闽粤地区产有紫金山式铜、金矿床和石坪川式钼矿床等。

此外,西藏及三江地区发育有与陆缘或岛弧火山-岩浆作用有关的拉萨式铁矿床、呷村式银、铅、锌矿床和与碰撞造山带花岗岩类有关的丹巴式-那明托式白云母矿床、甲基卡式锂、铍矿床。

### 2.2 大陆构造岩浆带与壳源花岗岩类有关的钨、锡、钼、铅、锌、铌、钽(铜、铋、金、银、汞、萤石、水晶、硫铁矿、膨润土、重晶石)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型主要分布于南岭地区,与燕山早期黑云母花岗岩等有关的钨、锡(钼)矿床的大量发育为特色,与成矿有关的黑云母花岗岩  $w(\text{SiO}_2) > 73\%$ 、初始铈比值  $> 0.710$ (陈毓川等,1989)。燕山晚期则形成与浅成、超浅成中酸性侵入岩有关的铅、锌、铌、钽、金矿床。

赣南、粤北、桂东及闽西后加里东隆起区产有一

① 裴荣富,梅燕雄,等. 2003. 中生代成矿作用. 地质调查项目专题研究报告(K1.4-3-3). 中国地质科学院矿产资源研究所.

表 1 中国中生代矿床成矿系列组合和类型划分简表

Table 1 Classification of metallogenic series of Mesozoic mineral deposits in China

成矿系列组合	成矿系列类型
与岩浆作用有关的矿床	1. 大陆边缘活动带与陆相中酸性-酸性火山-侵入岩有关的铅、锌、金、银、萤石、叶腊石、明矾石(铁、铜、钨、锡、铌、钽、硫铁矿、高岭土)矿床成矿系列类型 2. 大陆构造岩浆带与壳源花岗岩类有关的钨、锡、钼、铅、锌、铋、钨(铜、铋、金、银、汞、萤石、水晶、硫铁矿、膨润土、重晶石)矿床成矿系列类型 3. 大陆构造岩浆带与壳幔混源花岗岩类有关的金、钼、钨、铜、铅、锌(锡、铋、铍、铌、钽、水晶、硫铁矿)矿床成矿系列类型 4. 大陆构造岩浆带与壳幔混源中-酸性火山-侵入岩有关的铁、铜、钼、金、银、铅、锌、硫铁矿(钨、锡、铋、萤石、膨润土、沸石、珍珠岩、磷)矿床成矿系列类型 5. 大陆构造岩浆带与碱性、偏碱性岩浆活动有关的金、铋、铍、铌、钽(宝石、白云母)矿床成矿系列类型 6. 大陆构造岩浆带与壳幔混源中基性侵入岩有关的铁(钴、镍、铜、硫)矿床成矿系列类型 7. 板块缝合带与超基性岩有关的铬(铂、金、蛇纹岩)矿床成矿系列类型
与沉积作用有关的矿床	8. 大陆拗陷-断陷沉积盆地与陆相及海陆过渡相碎屑岩、泥质岩有关的煤、石油、油页岩、膨润土、耐火粘土、铜(铁、石膏、芒硝、天然气)矿床成矿系列类型 9. 大陆拗陷-断陷沉积盆地与陆相及海陆过渡相碳酸盐岩及碎屑岩有关的石膏、芒硝、石盐矿床成矿系列类型 10. 陆表浅海-泻湖盆地与海相及海陆过渡相碳酸盐岩及碎屑岩有关的石膏、芒硝、石盐、铁、锰(石油、天然气、油页岩、银、铅、锌、铜)矿床成矿系列类型
其他成因的矿床	11. 沉积岩容矿的铅、锌、汞、铋、金(硒、钼、铀、银、铜、铁、锰、硫铁矿、滑石)矿床成矿系列类型

系列与燕山早中期中浅成花岗岩有关的钨、稀土、铌、钽、钼、铋、铍(锡)矿床,以西华山、荡坪、漂塘、大金山、黄沙、红岭等矿床为代表,成矿作用主要发生于燕山早期。在岩体中发育花岗岩型稀土矿和铌钽矿,在岩体上部及顶部钠长石化云英岩化带和边部似伟晶岩化带中发育云英岩型及热液型铌钽矿、钨锡矿及铍矿,在岩体上部(尤其是隆起部分)和围岩中发育石英脉型钨矿并伴生锡、铍、铋、钼、银等,在岩体与碳酸盐岩接触带则发育矽卡岩型钨(钼)矿。西华山钨矿床的黑云母花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为 156~142 Ma,锆石 U-Pb 法年龄为 158 Ma,含钨-石英脉黑钨矿 Sm-Nd 等时线年龄为 139.2 Ma;大金山钨矿床的黑钨矿石英脉石英 Rb-Sr 等时线年龄为 150.4 Ma(李华芹等,1993)。

湘南、桂东及粤西北海西期-印支期拗陷区产有一系列与燕山期中、浅成花岗岩有关的钨、锡、铌、钽、铍、铋、钼、铅、锌矿床,与成矿有关的岩浆活动从印支晚期延续至燕山晚期,但以燕山早期为主。湘南柿竹园式钨多金属矿床产于燕山早期由黑云母(钾长)花岗岩、二云母(钾长)花岗岩等组成的千里山复式岩体顶部及其与泥盆系中上统灰岩、泥质条带灰岩、白云质灰岩的接触带中,自岩体向外及向上依次出现云英岩化花岗岩型钨钼铋(锡)矿、云英岩网脉-矽卡岩型钨锡铋钼矿、矽卡岩型钨铋矿和大理

岩型锡矿,含钨钼铋矽卡岩中辉钼矿的 Re-Os 等时线年龄为 151 Ma(毛景文等,1998)。香花岭-尖峰岭式锡多金属矿床产于燕山早期黑云母花岗岩及其与中泥盆统东岗岭组灰岩的接触带中,自岩体向上及向外依次出现蚀变花岗岩型铌钽矿、云英岩型锡(钨)矿、含钨锡条纹状磁铁矿交代岩及含铍条纹岩、热液型似层状锡石-硫化物矿体和热液脉状及管状锡铅铋矿,燕山晚期脉状黄玉霏细斑岩(香花岭岩)往往富铌钽并含铋铍锡钨。黄沙坪式矽卡岩型及热液型铅锌多金属矿床则产于燕山晚期花岗(闪长)斑岩与下石炭统石磴子组灰岩接触带及外接触带围岩中。

江南台隆边缘的河池-南丹海西-印支期断陷区则发育与燕山晚期中浅成花岗岩有关的锡、铅、锌、铋、银、铜、砷、汞矿床,以著名的大厂式锡石多金属硫化物矿床为代表。与成矿有关的花岗岩为黑云母花岗岩及花岗斑岩、石英斑岩等,在岩体顶部发育云英岩化,伴有较弱的钨钼矿化;在岩体与泥盆系碳酸盐岩的接触带形成矽卡岩型钨锡矿及铜锌矿;在岩体外围及上部背斜轴部沿张性断裂裂隙带和层间错动带发育锡石硫化物多金属网脉、细脉、大脉带,以及沿层充填交代的似层状矿体;在背斜翼部平行展布的断裂带背离岩浆活动中心方向,依次形成含锡硫化物-硫酸盐多金属矿脉带、辉铋矿脉带、雄黄-

雌黄网脉带。大厂锡矿床中钾长石蚀变岩和绢云母石英蚀变岩的 K-Ar 法年龄分别为 117.8 Ma 和 104.8 Ma(陈毓川等,1993)。

### 2.3 大陆构造岩浆带与壳幔混源花岗岩类有关的金、钼、钨、铜、铅、锌(锡、铍、铌、钽、水晶、硫铁矿)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型主要分布于华北陆块的北部和西南部。

冀东地区发育一组与印支晚期-燕山期花岗岩类侵入体有内在成因联系的金矿床,包括产于太古宇迁西群斜长角闪岩及角闪斜长片麻岩中的石英复脉型金矿床(金厂峪式)和石英脉型金矿床(倒流水式),产于花岗岩类小侵入体的内部及其附近围岩中的石英脉型及细脉浸染型-角砾岩筒型金矿床(峪耳崖式),产于花岗岩体中的蚀变岩型金矿床(茅山式),产于中新元古界石英岩及长石石英砂岩中的石英脉型金矿床(黄花山式)和碳酸盐岩中的微细浸染型金矿床(长城式)。

豫陕断隆北部的小秦岭地区,燕山早期花岗岩斑岩及古-中元古界熊耳群变安山(玢)岩中赋存有金堆城式斑岩型钼矿床,熊耳群变细碧岩及变凝灰岩中赋存有黄龙铺式热液脉型钼矿床,新太古界太华群黑云斜长片麻岩及斜长角闪岩中则赋存有文峪式石英脉型金矿床和葫芦沟式蚀变岩型金矿床。

豫陕断隆中部的豫西地区,在燕山早期钾长花岗岩斑岩或(二长)花岗斑岩及其与中元古界燧石条带白云岩接触带中形成银家沟-八宝山式矽卡岩-斑岩型硫-多金属矿床,燕山早期花岗闪长斑岩(斑状黑云母花岗闪长岩)与新元古界栾川群大理岩及石英岩等围岩接触带形成栾川式矽卡岩型钼(钨)矿床。

### 2.4 大陆构造岩浆带与壳幔混源中酸性-酸性火山-侵入岩有关的铁、铜、钼、金、银、铅、锌、硫铁矿(钨、锡、锑、萤石、膨润土、沸石、珍珠岩、磷)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型广泛分布于中国东部滨太平洋构造成矿域,成矿作用与中生代壳幔混源中酸性-酸性火山-侵入活动有关,主成矿期为燕山中晚期。在中深成-浅成侵入体与碳酸盐岩的接触带形成矽卡岩型铜铁多金属矿床,在超浅成斑岩及其围岩中形成斑岩型铜钼(硫)矿床或斑岩-矽卡岩型铜硫(金)矿床,在火山岩及次火山岩中形成火山岩型及热液型铅锌银矿床,在不同类型的岩石中形成受构造-蚀变带控制的蚀变岩型及石英脉型金(银)矿床。

此外,在富钠质的辉石闪长玢岩-辉长闪长玢岩及火山-沉积岩中产有玢岩型铁矿床。

吉南-辽东地区发育一系列与印支期-燕山期中深成-浅成侵入岩和超浅成次火山岩有关的有色、贵金属矿床,主要类型有:①产于印支期斜长花岗斑岩与寒武系-奥陶系灰岩接触带的黄柏峪式斑岩-矽卡岩型铜(钼)矿床;②产于燕山早期斑状花岗岩与中元古界辽河群大理岩、白云质大理岩接触带的华铜式矽卡岩型铜矿床;③产于燕山早期流纹斑岩与青白口系-震旦系泥灰岩接触带和爆破角砾岩中的望宝山式角砾岩筒型-矽卡岩型多金属矿床;④产于燕山晚期闪长岩类复式岩体与寒武系灰岩接触带的二棚甸子式矽卡岩型铁铜多金属矿床;⑤产于燕山晚期石英闪长岩及花岗斑岩内部和隐爆角砾岩筒中的通化式(二密式)铜矿床;⑥产于燕山期似斑状二长花岗岩和中元古界辽河群片岩中的岫岩式热液型铅锌矿床。

在满洲里-额尔古纳活化带,受北东向的得尔布干深大断裂及其西侧的北西向及北北西向次级断裂的控制,形成绵延 600 多公里的偏碱性钙碱系列火山-侵入岩带。据李伟实等(1994)研究,火山岩的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始比值为 0.704 ~ 0.706,侵入岩的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始比值为 0.7054 ~ 0.7061,乌奴格吐山花岗闪长斑岩全岩 K-Ar 法和 Rb-Sr 等时线年龄为 164 ~ 138 Ma。与之有关的矿床类型有:①产于燕山早期石英闪长岩中的八大关式斑岩型铜钼矿床;②产于燕山早期花岗闪长斑岩及其外接触带火山岩及黑云母花岗岩中的乌奴格吐山式斑岩型铜钼矿床;③产于侏罗-白垩系火山岩中的甲乌拉-额仁陶陶盖式热液型脉状铅锌银矿床。在空间上,深部为斑岩型铜钼矿床,浅部则产有热液型脉状铅锌银矿床。在大兴安岭南段、永吉-延边、冀北-辽西、五台山-恒山、赣东北等地亦发育有类似的矿床组合。

在长江中下游铜铁成矿带,主要发育 3 个各具特色的矿床成矿系列。西段的鄂东南地区形成以矽卡岩型铁铜矿床为主的矿床成矿系列,包括产于燕山早期(石英)闪长岩或黑云母辉石闪长岩与三叠系下统大冶群灰岩及白云质灰岩接触带的大冶式矽卡岩型及矿浆贯入型铁(铜)矿床,产于燕山早期石英正长闪长(玢)岩与三叠系下统大冶群(泥质)灰岩及白云质灰岩接触带的铜绿山式矽卡岩型铜(铁)矿床,产于燕山早期花岗闪长斑岩及其与三叠系下统大冶群灰岩及白云质灰岩接触带的封三洞式矽卡岩

-斑岩型铜(金)矿床和产于燕山晚期花岗闪长岩与寒武系-奥陶系或石炭系灰岩接触带的龙角山-阮家湾式矽卡岩型及热液型钨(钼)矿床。中段的铜陵及九瑞地区形成以城门山式铜硫(金)矿床为代表的“三位一体”矿床成矿系列,燕山早期花岗闪长斑岩内部赋存有透镜状及不规则状斑岩型铜(钼)矿,花岗闪长斑岩与石炭系-二叠系灰岩接触带赋存有透镜状、扁豆状、囊状、不规则状矽卡岩型铜多金属矿,外接触带石炭系黄龙组灰岩中则赋存有层状、似层状铜硫矿。东段的南京-芜湖地区则形成以玢岩型铁矿床为主的矿床成矿系列,铁矿床围绕燕山晚期岩浆活动中心的次火山岩(辉石闪长玢岩-辉长闪长玢岩)呈现有规律的分布:岩体中心产有晚期岩浆-高温气液交代型浸染状、细脉浸染状铁矿(陶村式),岩体顶部及边部中产有伟晶高温气液交代-充填型脉状、网脉状、角砾状铁矿(凹山式),岩体与上侏罗统-下白垩统安山岩、凝灰岩接触带中产有接触交代-充填型及矿浆贯入型块状及脉状铁矿(梅山式),岩体与前火山-沉积岩接触带及沉积岩中产有接触交代-充填型块状、角砾状、脉状、网脉状铁矿(凤凰山式),岩体附近火山岩中产有中低温热液充填-交代型脉状铁矿(龙虎山式)、层状及似层状铁矿(龙旗山式)和硫铁矿(向山式)。

## 2.5 大陆构造岩浆带与碱性、偏碱性岩浆活动有关的金、锂、铍、铌、钽(宝石、白云母)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型的空间分布不广,碱性、偏碱性岩浆活动与造山期后相对稳定的构造环境中的深大断裂有关。

阿尔泰造山带中部中生代及晚古生代偏碱性花岗岩类发育,花岗伟晶岩成群成带产出,分带性良好,产有一系列重要的稀有金属及白云母、宝石矿床,主要包括:①产于海西期-印支期斑状黑云母花岗岩、黑云母花岗(斑)岩及其外接触带古-中元古界克木齐群黑云十字片岩、十字黑云石英片岩及二长片麻岩中的喀拉苏式伟晶岩型稀有金属矿床,(含矿)伟晶岩的 Ar-Ar 法年龄为 248.4 ~ 227.1 Ma(王登红等,2002);②产于印支期-燕山期花岗岩、黑云母混合花岗岩内外接触带的可可托海式伟晶岩型稀有金属矿床;③产于元古宇及古生界变质岩中的阿祖拜-库卡拉盖式伟晶岩型锂-宝石矿床,海蓝宝石伟晶岩的 Ar-Ar 法年龄为 154.1 ~ 151.4 Ma(王登红等,2002);④产于印支期白云母花岗岩的顶部及上部的阿斯喀尔特式热液型铍矿床。

此外,大兴安岭晚古生代造山带中南段产有与燕山期钠闪石花岗岩有关的稀有稀土金属矿床(巴尔哲式),中秦岭造山带中部发育与燕山期深源(碱性)岩浆活动有关的蚀变岩-热液型金矿床(双王-马鞍桥式)。

## 2.6 大陆构造岩浆带与壳幔混源中基性侵入岩有关的铁(钴、镍、铜、硫)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型集中分布于华北陆块中部,铁矿产于燕山早期闪长岩及闪长玢岩、斑状闪长岩与中-下奥陶统或中石炭统灰岩、白云质灰岩的接触带中,以河北南部的邯邢式铁矿床为代表。

邯邢地区与成矿有关的侵入岩为燕山早期闪长岩、角闪闪长岩等,岩体形态以复杂的层状、似层状为主,部分为延伸较大的筒状体,形态呈“松塔状”。铁矿体主要呈似层状、透镜状及不规则状赋存于闪长岩类侵入体顶部(或相对隆起部位)与中奥陶统磁县组及马家沟组、峰峰组灰岩的接触带中,以及外接触带灰岩的层间破碎带或岩体中的灰岩捕虏体中。岩体内部蚀变以钠长石化为主,围岩蚀变则主要有矽卡岩化和大理岩化。含矿矽卡岩以透辉石矽卡岩、金云母透辉石矽卡岩、方柱石透辉石矽卡岩为主。

## 2.7 板块缝合带与超基性岩有关的铬(铂、金、蛇纹岩)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型仅分布于西藏自治区,沿怒江、雅鲁藏布江两个板块缝合带产出,形成时代从燕山期延至喜马拉雅早期,在成因上与洋壳蛇绿岩或蛇绿-混杂岩密切相关。铬矿主要产于燕山期或燕山晚期-喜马拉雅早期斜辉辉橄岩及纯橄岩中,以东巧式铬矿、罗布莎式铬矿为代表,共(伴)生铂、钯、钼、镍、金、金刚石等有益组分,含矿岩石蚀变强烈,局部形成蛇纹岩及玉石等,构成一组有成因联系的矿床组合。

## 2.8 大陆拗陷-断陷沉积盆地与陆相及海陆过渡相碎屑岩、泥质岩有关的煤、石油、油页岩、膨润土、耐火粘土、铜(铁、石膏、芒硝、天然气)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型在全国范围内分布广泛,但主要分布于秦岭以北地区。从沉积盆地及沉积建造的发育情况来看,西北及西南地区主要为三叠纪-侏罗纪内陆拗陷盆地及山间盆地(谷地),以河湖-沼泽相为主,局部为海陆过渡相,岩石类型以砂砾岩、长石石英砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、(砂质或粉砂质)页岩、泥岩为主,夹煤层及耐火粘土、油页岩、菱铁矿等,含石油;东北地区(含华北地台北缘东部)主要是

早白垩世断陷盆地,均为河湖-沼泽相及冲-洪积相沉积建造,岩石类型以砂砾岩、砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、页岩为主,夹煤层、油页岩及膨润土,含石油;滇中一带发育含铜砂岩。

### 2.9 大陆拗陷-断陷沉积盆地与陆相-海陆过渡相碳酸盐岩及碎屑岩有关的石膏、芒硝、石盐矿床成矿系列类型

本成矿系列类型主要分布于扬子陆块中西部,部分见于秦岭及川滇一带。含矿地层层位包括上三叠统至上白垩统,以河湖相泥灰岩、泥质白云岩、白云质泥岩、白云质粉砂岩、砂砾岩、泥质粉砂岩、泥岩为主,少数为海陆过渡相灰岩、泥岩及砂页岩,其中夹石膏、芒硝、石盐矿层。

### 2.10 陆表浅海-泻湖盆地与海相及海陆过渡相碳酸盐岩及碎屑岩有关的石膏、芒硝、石盐、铁、锰(石油、天然气、油页岩、银、铅、锌、铜)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型主要分布于扬子陆块中西部及川滇南部,该区三叠纪海湾-泻湖盆地是广阔的上扬子蒸发海的重要组成部分。含矿地层为下-中三叠统浅海-泻湖相沉积建造,岩石类型为灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩及粉砂岩、粉砂质泥岩等,相关矿产有石膏、石盐、天然气及锰矿。

西藏唐古拉以西的羌塘东北部地区,中侏罗世为广阔的唐古拉陆表海的一部分,在局部较为封闭的海湾、泻湖等滞流环境中沉积了一套富含蒸发岩的浅海相碳酸盐岩及碎屑岩,其中产有那底岗日式石膏矿床和通波日式油页岩(石膏)矿床。

### 2.11 沉积岩容矿的铅、锌、汞、锑、金(硒、钼、铀、银、铜、铁、锰、硫铁矿、滑石)矿床成矿系列类型

本成矿系列类型主要分布于扬子陆块中南部和秦岭西部,其次见于华南西部及川滇北部。该类矿床的形成,除少数与中生代岩浆作用有一定成因联系外,大部分可能主要与地下热流体有关。

西秦岭地区含矿层位以泥盆系及三叠系为主。铅锌矿主要产于中下泥盆统及中石炭统灰岩、白云质灰岩(白云质)泥质灰岩及千枚岩中,产于中泥盆统西汉水组灰岩中的邓家山铅锌矿床的流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄为 265.5 Ma(王平安等,1998);汞锑矿主要产于中下泥盆统及中下三叠统灰岩、白云岩及砂板岩中;金矿主要产于中上泥盆统及下寒武统砂岩(炭泥质)板岩、硅质岩及(泥)灰岩中,产于中泥盆统灰岩及泥灰岩中的坪定金矿床中与成矿有关的花岗闪长岩脉的 K-Ar 法年龄为 164.1 Ma(王

平安等,1998)。

南盘江-右江及大瑶山地区含矿层位以二叠系及三叠系为主,次为泥盆系及寒武系。金(汞)矿床主要产于砂岩、细(粉)砂岩、(粉)砂质泥岩、砂质页岩、灰岩及灰岩质-粘土岩质角砾岩中。

黔东-湘中南地区含矿层位以寒武系和泥盆系为主。汞(金)矿主要产于中下寒武统及上寒武统-下奥陶统白云岩、灰岩、硅化白云岩质角砾岩及板(页)岩中,但明显受中生代构造的控制;锑(金)矿及铅锌矿主要产于泥盆系灰岩、泥灰岩、白云质灰岩、白云岩及砂页岩(泥)岩中,锡矿山锑矿床的辉锑矿-石英方解石矿石 Sm-Nd 等时线年龄为 156.3 Ma(裴荣富等,1998)。

## 3 中生代成矿作用演化

经过前寒武纪和古生代漫长的演化发展,到古生代末,随着古亚洲洋的最终封闭,西伯利亚地块与中朝、塔里木、扬子等地块连成一体,形成了亚洲大陆的雏形——古亚洲。与构造旋回一致,中生代成矿作用演化可大致分为 3 个大的发展阶段,即印支成矿旋回、燕山成矿旋回和喜马拉雅成矿旋回。

### 3.1 印支成矿旋回(二叠纪末—三叠纪,260~205 Ma)

中国境内及邻区在三叠纪与二叠纪之间并无强烈的地壳运动,早中三叠世基本上承袭了晚古生代末期“南海北陆”的古地理面貌。上扬子地区发育广阔的蒸发量很大的陆表浅海,在海湾-泻湖盆地形成与海相及海陆过渡相碳酸盐岩及碎屑岩有关的石膏、芒硝、石盐、铁、锰(石油、天然气、油页岩、银、铅、锌、铜)矿床成矿系列类型;西南的特提斯洋以发育活动型海槽为特征。昆仑—秦岭以北的大陆地区处于造山期后的相对稳定阶段,沿深断裂发育碱性、偏碱性岩浆活动,从海西期延续至印支期乃至燕山早期,形成一系列金、锂、铍、铌、钽、宝石、白云母矿床。

中三叠世末发生的印支运动是一次重要的造山运动,特提斯海东段的西秦岭、松潘-甘孜、三江等海槽封闭,中国大陆区域进一步扩大,并使中国东部的构造格局基本完成由南北对立到东西分异的转变。由于太平洋板块与欧亚大陆板块之间的挤压作用,东北地区可能因深部地幔物质上涌而形成北北东向隆起带,古华北盆地被分割成西侧的鄂尔多斯内陆盆地(沉积建造以煤油兼生的河湖沼泽相延长组为代表)和东侧的晋冀隆起,上扬子陆表海东部亦上升隆起并形成川滇近海盆地(沉积建造以煤、石油兼生

的海陆交互相安源组和须家河组为代表)。

### 3.2 燕山成矿旋回(侏罗纪-晚白垩纪早期, 205 ~ 80 Ma)

(1) 燕山早期成矿亚旋回(早中侏罗世, 205 ~ 155 Ma)

燕山早期是中国中生代地质构造及成矿作用演化的重要时期。大兴安岭南段和吉黑南部以及华北陆块北缘中东段发育一组以矽卡岩型为主的铁铜多金属矿床, 西秦岭地区发育与燕山早期深源(碱性)岩浆活动有关的双王-马鞍桥式金矿床, 华北地台北缘和西南缘发育与壳幔混源花岗岩类有关的金、钼、钨、铜、铅、锌(锡、铋、铌、钽、水晶、硫铁矿)矿床成矿系列类型, 华南的湘赣桂粤相邻地区则形成一组与壳源钙碱性重熔花岗岩类有关的矽卡岩型-石英脉型-热液型钨锡矿床和多金属矿床。

受印支运动和燕山运动的影响, 西北及西南地区发育一系列三叠纪-侏罗纪内陆拗陷盆地及山间盆地(谷地), 其中沉积了一套以河湖-沼泽相为主、局部为海陆过渡相含煤碎屑岩-泥质岩建造, 并共(伴)生耐火粘土、油页岩、菱铁矿及石油等矿产。此外, 芒康断陷盆地和羌塘东北部分别发育有与海陆过渡相及河湖相碳酸盐岩-碎屑岩有关的石膏矿床。

(2) 燕山晚期成矿亚旋回(晚侏罗世-晚白垩世早期, 155 ~ 80 Ma)

燕山晚期是中国东部滨太平洋构造域最剧烈活动时期, 也是中国东部中生代成矿作用大爆发时期, 形成一系列重要的矿床成矿系列类型:

——分布于浙闽粤沿海地区的与陆相中酸性-酸性火山-侵入岩有关的铅、锌、金、银、萤石、叶腊石、明矾石(铁、铜、钨、锡、铋、钽、硫铁矿、高岭土)矿床成矿系列类型, 以武义式萤石矿床、洽岭头式金矿床、五部式铅锌矿床、马坑式铁矿床等为代表;

——广泛分布于中国东部地区的与壳幔混源中酸性火山-侵入岩有关的铁、铜、钼、金、银、铅、锌、硫铁矿(钨、锡、铋、萤石、膨润土、沸石、珍珠岩、磷)矿床成矿系列类型, 所包含的矿床类型众多, 主要有矽卡岩型铁铜矿床、斑岩-矽卡岩型铜硫(金)矿床、斑岩型铜钼(硫)矿床、火山岩型铅锌银矿床、蚀变岩-石英脉型金矿床等;

——集中分布于华北陆块中部的与壳幔混源中基性侵入岩有关的铁(钴、镍、铜、硫)矿床成矿系列类型, 以著名的邯邢式铁矿为代表;

——沿怒江和雅鲁藏布江两个板块缝合带产出的与超基性岩有关的铬(铂、金、蛇纹岩)矿床成矿系

列类型, 成岩成矿时代从燕山期延至喜马拉雅早期, 在成因上与洋壳蛇绿岩或蛇绿-混染岩密切相关, 以东巧式和罗布莎式铬矿为代表;

——主要分布于扬子陆块中南部和秦岭西部的沉积岩容矿的铅、锌、汞、铋、金(硒、钼、铀、银、铜、铁、锰、硫铁矿、滑石)矿床成矿系列类型, 该类矿床的形成, 除少数与中生代岩浆作用有一定成因联系外, 大部分可能主要与地下热流体成矿作用有关;

——东北及邻区早白垩世广泛发育断陷沉积盆地, 其中沉积有河湖-沼泽相及冲-洪积相含煤碎屑岩建造, 煤与油页岩及膨润土、含石油等矿产共(伴)生。滇中一带发育含铜砂岩。

### 3.3 喜马拉雅成矿旋回(晚白垩世晚期, 80 ~ 65 Ma)

晚白垩世晚期属于喜马拉雅成矿旋回的早阶段, 地质构造及成矿作用与燕山晚期具有很大的连续性, 其成矿特征目前研究得不深入, 同位素年龄资料很少。滇西小龙河式锡矿与成矿有关的黑云母二长花岗岩及黑云母碱长花岗岩的 Rb-Sr 法和 K-Ar 法年龄为 83 ~ 71.8 Ma, 云英岩锡矿石的 Rb-Sr 法年龄为 70 Ma(施琳等, 1989)。

## 4 结 论

综上所述, 中国中生代各矿床成矿系列类型, 在时间上, 主要形成于燕山成矿旋回, 特别是燕山晚期成矿亚旋回。在空间上, 主要分布于中国东部的滨太平洋成矿域, 除板块缝合带与超基性岩有关的铬(铂、金、蛇纹岩)矿床成矿系列类型外, 其余的 10 个矿床成矿系列类型均不同程度地发育。中亚成矿域以大陆拗陷-断陷沉积盆地与陆相及海陆过渡相碎屑岩、泥质岩有关的煤、石油、油页岩、膨润土、耐火粘土、铜(铁、石膏、芒硝、天然气)矿床成矿系列类型为主。特提斯成矿域则以板块缝合带与超基性岩有关的铬(铂、金、蛇纹岩)矿床成矿系列类型为特色。

## References

- Chen H S. 1994. Study on isotope geochemistry [M]. Hangzhou: Zhejiang Univ. Pub. House (in Chinese).
- Chen Y C, Pei R F, Zhang H L, et al. 1989. The geology of non-ferrous and rare metal deposits related to Mesozoic granitoids in Nanling region [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, Huang M Z, Xu J, et al. 1993. The tin deposit of Dachang [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C. 1994. Metallogenic series of ore deposits [J]. Earth Science Frontiers, 1(3): 90 ~ 99 (in Chinese with English abstract).
- Chen Y C, Zhu Y S, Xiao K Y, et al. 1999. Mineralogical series map

- of mineral deposits of China(1: 5000000) [ M ]. Beijing: Geol. Pub. House ( with Chinese and English explanatory notes ).
- Cheng Y Q, Chen Y C and Zhao Y M. 1979. Preliminary discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits[ J ]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Science, 1(1) :32 ~ 58 ( in Chinese with English abstract ).
- Cheng Y Q, Chen Y C, Zhao Y M, et al. 1983. Further discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits[ J ]. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Science, ( 6 ) : 1 ~ 52( in Chinese with English abstract ).
- Fan C J and Yang M G. 1994. Tectonic feature and its evolution of China [ A ]. In: Cheng Y Q, ed. Outline of regional geology of China [ C ]. Beijing: Geol. Pub. House. 448 ~ 465 ( in Chinese ).
- Li H Q, Liu J Q and Wei L. 1993. Study on fluid inclusion chronology and its geological application[ M ]. Beijing: Geol. Pub. House 448 ~ 465 ( in Chinese ).
- Li W S. 1994. The non-ferrous metallic deposits in the Mesozoic activating belt of Manzhouli-Xinba' erhuyouqi, Inner Mongolia[ A ]. In: Rui Z Y, ed. Geology of non-ferrous metallic deposits in the Northern Margin of the North China Landmass and its adjacent area[ C ]. Beijing: Geol. Pub. House. 270 ~ 295 ( in Chinese ).
- Mao J W, Li H Y and Song X X. 1998. Geology and geochemistry of Shizhuyuan W-Sn-Bi-Mo polymetallic deposit, Hunan Province[ M ]. Beijing: Geol. Pub. House ( in Chinese with English abstract ).
- Pei R F, et al. 1998. Metallogenic preferentiality and exceptional metallogenetic convergence of giant ore deposits in China[ M ]. Beijing: Geol. Pub. House ( in Chinese with English abstract ).
- Shi L, Chen J H, Wu S L, et al. 1989. Minerogenetic patterns of the tin belt in Western Yunnan[ M ]. Beijing: Geol. Pub. House ( in Chinese with English abstract ).
- Wang D H, Chen Y C, Xu Z G, et al. 2002. Metallogenetic series and metallogeny of the Altai metallogenetic province [ M ]. Beijing: Atomic Energy Press ( in Chinese ).
- Wang P A, Chen Y C, Pei R F, et al. 1998. Regional minerogenetic series, tectono-minerogenic cycles and evolution in the Qinling orogenic belt, China[ M ]. Beijing: Geol. Pub. House ( in Chinese with English abstract ).
- 附中文参考文献**
- 陈好寿主编. 1994. 同位素地球化学研究[ M ]. 杭州: 浙江大学出版社.
- 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 1989. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 黄民智, 徐 珏, 等. 1993. 大厂锡矿地质[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川. 1994. 矿床的成矿系列[ J ]. 地学前缘, 1(3) :90 ~ 99.
- 陈毓川, 朱裕生, 肖克炎, 等. 1999. 1: 5000000 中国矿床成矿系列图[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 程裕洪, 陈毓川, 赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题[ J ]. 中国地质科学院院报, 1(1) :32 ~ 58.
- 程裕洪, 陈毓川, 赵一鸣, 等. 1983. 再论矿床的成矿系列问题[ J ]. 中国地质科学院院报, (6) :1 ~ 52.
- 范承钧, 杨明桂. 1994. 中国基本构造格局及演化[ A ]. 见: 程裕洪主编. 中国区域地质概论[ C ]. 北京: 地质出版社. 448 ~ 465.
- 李华芹, 刘家齐, 魏 林. 1993. 热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 李伟实. 1994. 满洲里—新巴尔虎右旗中生代活化带有色金属矿床[ A ]. 见: 芮宗瑶等著. 华北陆台北缘及邻区有色金属矿床地质[ C ]. 北京: 地质出版社. 270 ~ 295.
- 毛景文, 李红艳, 宋学信, 等. 1998. 湖南柿竹园钨锡铋钼多金属矿床地质与地球化学[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 裴荣富, 等. 1998. 中国特大型矿床成矿偏在性与异常成矿构造聚敛场[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 施 琳, 陈吉琛, 吴上龙, 等. 1989. 滇西锡矿带成矿规律[ M ]. 北京: 地质出版社.
- 王登红, 陈毓川, 徐志刚, 等. 2002. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律[ M ]. 北京: 原子能出版社.
- 王平安, 陈毓川, 裴荣富, 等. 1998. 秦岭造山带区域矿床成矿系列、构造-成矿旋回与演化. 北京: 地质出版社.

## Metallogenic Series Types of Mesozoic Mineral Deposits in China and Their Evolution

Mei Yanxiong, Pei Rongfu, Li Jinwen and Fu Xujie

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

### Abstract

The Mesozoic geological-tectonic evolution of China and adjacent areas mainly finds expression in accretion of East Eurasian continent and epicontinental-intracontinental deformation of China. Controlled by the Tethyan-Ancient Pacific and Pacific-Indian geodynamic systems, three domains, i.e., the Marginal Pacific tectonic domain, the Tethyan tectonic domain and the Middle Asia tectonic domain, were formed in Mesozoic. Based on a comprehensive analysis of 829 typical mineral deposits and lots of laboratory data, in combination with Mesozoic metallogenic environment and characteristics, the authors have classified the Mesozoic mineral deposits of China into 3 metallogenic series associations, 11 metallogenic series types and 121 metallogenic series. This paper mainly discusses the essential characteristics and evolutionary regularity of Mesozoic metallogenic series types.

**Key words:** geology, metallogenic series, regional metallogeny, metallogenic evolution, Mesozoic, China