

三论矿床的成矿系列问题

陈毓川¹⁾, 裴荣富²⁾, 王登红²⁾

1) 中国地质科学院, 北京, 100037; 2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

内容提要: 矿床的成矿系列(简称成矿系列)是矿床地质科学中研究区域成矿规律的一种学术思想(概念), 用系统论、活动论观点研究在地质历史发展各阶段、各特定地质构造环境中的成矿作用过程及形成的矿床组合自然体。成矿系列亦是一种矿床的自然分类。成矿系列分出五个序次, 矿床成矿系列为基本序次, 是核心组成, 由其组成成矿系列的三类第一序次: 矿床成矿系列组合、矿床成矿系列类型和矿床成矿系列组; 矿床成矿系列为第二序次, 由其分解成第三、四、五序次, 即矿床成矿亚系列、矿床式、矿床。成矿系列与成矿系统在研究内容上有共性, 但亦有区别。成矿系列研究具有重要的理论意义及找矿的实用价值。成矿系列的研究尚属初步阶段, 有待于进一步深化。

关键词: 成矿系列概念; 序次; 理论性与实用性

在我国区域成矿规律研究中首先使用成矿系列名词的是翁文灏先生, 他在 1920 年发表的《中国矿产区域论》文章中, 在论述中国南方矿床分带时用了此名词。1974 年, 陈毓川、李文达等在研究宁芜地区中生代火山岩型铁矿时, 对与火山作用有关形成的各类铁矿及非金属矿建立了宁芜铁矿区域成矿模式(《宁芜玢岩铁矿》编写组, 1978)。突出了在一个区域地质环境中与主导的火山成矿作用有关形成有成因联系的一组矿床, 并在空间和时间域中有一定的分布规律, 这在一定程度上是成矿系列概念的萌芽。1975 年, 程裕淇先生在研究全国铁矿类型时, 提出一个地区同时可存在几种有内在联系的铁矿类型, 并取名为铁矿成矿系列(程裕淇等, 1976)。1979 年, 由程裕淇先生倡导与陈毓川、赵一鸣一起撰写了《初论矿床的成矿系列问题》一文, 正式提出了成矿系列的概念。因此, 如果从 1975 年至今, 有关成矿系列的研究已有 30 年的历史。在此期间, 1984 年程裕淇、陈毓川、赵一鸣、宋天锐又发表了《再论矿床的成矿系列问题》。1987 年翟裕生、秦长兴撰写《关于成矿系列和成矿模式》列入矿床学参考书中, 1996 年翟裕生等出版《成矿系列研究》专著, 1998 年在程裕淇先生的指导下, 陈毓川、裴荣富、宋天锐的《中国矿床成矿系列初论》专著得以出版, 第九届国际矿床成因协会论文集用英文全文发表了该成矿系列, 受到国际关注(Cheng Yuqi et al., 1998)。2000 年陈毓川、

朱裕生等编著出版了中国前寒武、古生代及中生代矿床成矿系列图和说明书。30 年间结合国家科技攻关项目、国家自然科学基金项目及原地矿部、国土资源部地质调查研究项目先后开展了南岭、秦岭、长江中下游、华北地台北缘、三江、阿勒泰等地区成矿系列的研究(陈毓川, 1983; 陈毓川等, 1985, 1989, 1993, 1995; 裴荣富等, 1998; 王平安等, 1998; 王登红等, 2002), 各省、区先后亦开展了成矿系列的研究, 并出版了一批地区性及省、区的专著。特别是原地矿部在 1988~1992 年期间组织了由陈毓川和翟裕生分别负责的成矿系列基础研究项目, 取得了显著成绩。国土资源部中国地质调查局在 1999~2004 年组织开展了《中国成矿体系和区域成矿评价》大调查综合研究项目, 该项目组织了四十个科研、教学、地勘单位的 200 多位科技骨干参加, 其中包括七位院士, 较系统地综合研究了全国及各省、区的区域成矿规律问题, 取得了丰硕成果, 其中对成矿系列的研究达到了新高度, 进一步完善了成矿系列的概念, 在全国建立了 214 个矿床成矿系列, 434 个矿床成矿亚系列, 978 个矿床式, 编制了第二代全国前寒武纪、古生代、中生代及新生代成矿系列图。成矿系列的研究与应用对促进矿产资源调查和矿产勘查工作起到了很好的作用。以成矿系列概念为地质理论基础的第二轮全国区划工作的研究成果在 2004 年获得了国家科技进步二等奖。

注: 本文为中国地质调查局“全国重要矿产资源潜力预测评价及综合”项目、“中国成矿体系综合研究”项目、“我国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估”项目和国家科技攻关项目“中国西部优势矿产资源潜力评价技术及示范研究”资助成果。

收稿日期: 2006-09-11; 改回日期: 2006-09-20; 责任编辑: 周健。

作者简介: 陈毓川, 男, 1934 年生, 院士, 研究员, 主要从事成矿学研究。通讯地址: 100037, 中国地质科学院; 电话: 010-6899961。

成矿系列的创建人——中国地质科学院名誉院长程裕淇先生已于 2002 年谢世,为纪念他在建立成矿系列概念所作出的卓越贡献,亦为了庆祝中国地质科学院成立 50 周年,特撰写《三论矿床的成矿系列问题》一文,以概括 1984 年《再论》发表以来在成矿系列研究方面取得的主要进展。

1 成矿系列的概念及研究对象

成矿系列是矿床地质学科中研究区域成矿规律的一种学术思想,用系统论、活动论观点研究在地质历史发展各阶段、各特定地质构造环境中成矿作用的过程及形成的矿床组合自然体。矿床的成矿系列亦是一种矿床的自然分类。其主要学术思想是:①认为矿床是地质环境中的组成部分,成矿作用是形成地质环境的地质作用中的一个组成部分;②矿床在自然界并非单个存在,而是以有成因联系的矿床组合自然体存在;③在一定的地质历史期间或构造运动阶段,在一定的地质构造单元及构造部位,与一定的地质成矿作用有关,形成一组具有成因联系的矿床组合自然体,称为矿床成矿系列;④矿床成矿系列内的矿床在时空域中具有一定的演化规律和分布规律;⑤在同一地区先后形成的矿床成矿系列具有一定的继承性及演变性,并可出现对早期矿床成矿系列的叠加、改造;⑥在一个地质构造旋回涉及的构造单元内所形成的各类矿床成矿系列,具有一定的演化规律、分布规律及内在联系,组成矿床成矿系列组;⑦不同时代、不同地区具有类似地质构造环境和同类成矿作用,可形成类似的矿床成矿系列,但又各具特色,组成矿床成矿系列类型;⑧矿床的成矿系列可分出五个序次(层次),第一序次分三类:矿床成矿系列组合、矿床成矿系列类型和矿床成矿系列组,第二序次矿床成矿系列,第三序次矿床成矿亚系列,第四序次矿床式(类型),第五序次矿床。

成矿系列概念的核心认识是认为矿床不是单独出现,而是成群、成不同类型组出现,亦就是以不同成因、不同矿种、甚至属于不同地质建造的矿床组成的相互有成因联系的矿床组合的自然体出现。因此,成矿系列所研究的对象是时空域中矿床的自然体及其时空结构、形成地质构造环境、形成过程、演化规律以及矿床自然体之间存在的各种关系。通过对这些客观规律的研究、探索和掌握,应用于指导区域找矿,提高找矿效率,并在此过程中进一步提高对成矿规律的认识。

2 矿床成矿系列的内涵与划分

矿床成矿系列是时空域中基本的矿床组合自然体。它是全球矿床世界的“细胞”,由它组成了全球矿床世界。矿床成矿系列的定义可简略为:在特定的四维时间、空间域中,由特定的地质成矿作用形成有成因联系的矿床组合。其含意为:特定的时间域是指一定的地质历史发展阶段内,一般是指一个大地构造活动旋回或相对独立的构造活动阶段;特定的空间域是指一定的地质构造单元,是指上述地质构造活动所涉及的地质构造单元,亦就是成矿的地质构造环境,一般相当于形成的三级构造单元,或跨越或包含在老的构造单元内;特定的地质成矿作用是指在此特定的时空域中发生的地质成矿作用;形成有成因联系的矿床组合是指在上述特定的时空域内由特定的地质成矿作用形成的矿床组合,它们之间具有内在的成因联系。这四个因素组成一个矿床成矿系列(图 1),构成特定时空域中一个矿床组合自然实体,因此,每一个矿床成矿系列在全球均是唯一的矿床组合实体。也可以说每一个矿床成矿系列就是一个完整的亦是最基本的成矿系统(此处的成矿系统概念不包含翟裕生院士提出的后期改造过程)。

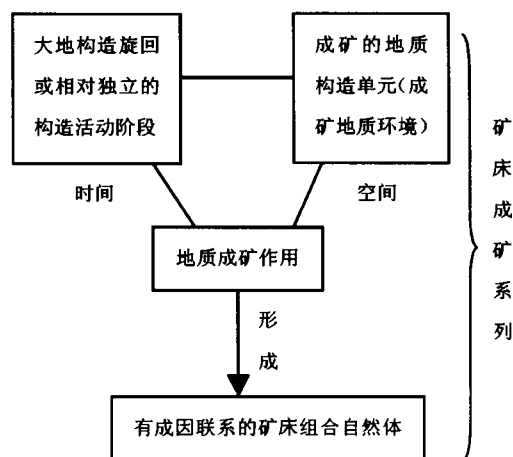


图 1 矿床成矿系列结构图

Fig. 1 Structure diagram of minerogenetic series

矿床成矿系列研究的对象是:在四维时、空域中有成因联系的一组矿床,研究它们的成矿地质构造环境、成矿作用及其过程、演化,各类矿床的时空结构及分布规律,探索它们之间的成因联系。

矿床成矿系列的划定应尽量做到符合自然规律,但总要有个相对符合实际的人为界线,有一个

统一的口径,以便于研究与交流。划分原则必须符合定义要求,时段不宜过短,以大地构造旋回为限,主要考虑这是壳幔规律性活动的一个过程,在这个时段内地质构造及地质成矿作用都受统一的壳幔作用的控制,是一个连续的地质作用过程。如果以大地构造旋回的某一阶段为时段,则矿床成矿系列会划分过多,而各时段的地质成矿作用还存在内在联系,难以清晰划分。考虑到大地构造旋回涉及的地域范围很大,其活动阶段在不同地段发育程度的不同,而一些构造带仅出现构造旋回的某些活动阶段,则这些构造带的矿床成矿系列时限就限于本大地构造旋回的某些活动阶段;在地域范围上,一个大地构造旋回活动涉及的地域都很大,形成规模不等的构造单元及相应的成矿构造单元(成矿区、带),我们划分为五级等次:成矿域、成矿省、成矿区(带)、成矿亚区(亚带)、矿田,一个矿床成矿系列涉及的空间范围不宜过大、也不宜太小,采用三级构造单元的范围,亦就是相当于成矿区、带的范围较为适宜;地质成矿作用的确定原则是:每一个矿床成矿系列以一种主导的地质成矿作用来构筑,地质成矿作用按矿床界通用的划分为岩浆成矿作用、沉积成矿作用、变质成矿作用三大类,另外单独列出表生成矿作用,还另列一类含矿流体成矿作用(包括成因暂时不明的矿床)。有的矿床成矿系列的形成同时还伴有其他的地质成矿作用,在对矿床成矿系列的研究与论述时应充分给予重视。

3 成矿系列的序次与命名

成矿系列划分为五个序次(图 2),第一序次可

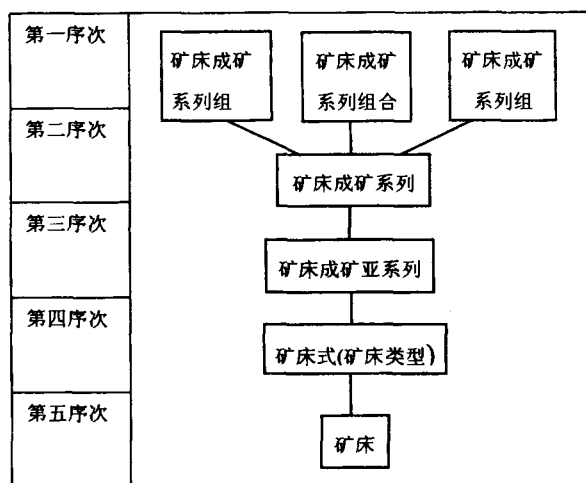


图 2 成矿系列序次图

Fig. 2 Order diagram of minerogenetic series

分出三类:

第一类:矿床成矿系列组合,是由不同地质成矿作用所形成的矿床成矿系列集合体。可分为:① 岩浆作用矿床成矿系列组合;② 沉积作用矿床成矿系列组合;③ 变质作用矿床成矿系列组合;④ 表生作用矿床成矿系列组合;⑤ 含矿流体作用矿床成矿系列组合(包括成因暂时不明的矿床成矿系列)。岩浆作用形成的矿床成矿系列组合是指与不同成分岩浆岩以侵入(不同深度)或火山(在水中或是在陆上)成矿作用有关,形成的各种矿床成矿系列构成矿床成矿系列组合。沉积作用形成的矿床成矿系列组合是指在地质历史年代中,在海洋、河流、湖泊水体中通过机械沉积和化学反应沉积形成的各种矿床成矿系列,组成矿床成矿系列组合。变质作用形成的矿床成矿系列组合是指地质体(包括矿床)在地壳内受到动力与热能的作用而变质形成的各种矿床成矿系列,组成矿床成矿系列组合。表生作用形成的矿床成矿系列组合是指在地表(包括海底)由水圈、气圈、及地球引力对地表地质体的物理、化学作用形成的各种矿床成矿系列,组成矿床成矿系列组合。含矿流体作用形成的矿床成矿系列组合是指在地壳中存在与岩浆、变质作用无直接成因联系的含矿流体与围岩接触交代和充填作用形成的矿床成矿系列,组成矿床成矿系列组合。暂时把成因尚不清楚的矿床成矿系列亦列入此组合。

第二类:矿床成矿系列类型,是不同时代、不同地区、在类似的地质构造环境,同类成矿作用,形成的各具某些特色的相似的矿床成矿系列,组成矿床成矿系列类型。从地质历史演化角度,不同地质历史时期都会出现类似的地质构造环境,并伴有同类成矿作用,形成一组矿床自然体(矿床成矿系列),各个时期的这类矿床成矿系列在很大程度上具有相似性,但又各具时代的特色,而有所差异。例如在我国广西北部新元古代雪峰构造旋回活动晚期,与雪峰期花岗岩活动有关形成大中型规模的锡石硫化物多金属矿床组合,如宝坛、九毛等锡矿及其外围铅锌矿化、金矿化。此区在中生代燕山构造旋回活动晚期与燕山晚期黑云母花岗岩活动有关形成超大型规模的锡石硫化物多金属矿床组合,如大厂矿带的超大型、大型锡、铅、锌、锑、银矿床,并有铜、钨。两个时期的矿床成矿系列具有共性的矿化及成因类型,而矿化强度及某些成矿元素组成上有一定差异,后者矿化强度大,成矿元素有增加,如锑。在全球范围内,同一时期亦可以在不同地区形成类似的地质构造环境,

并伴有同类成矿作用,形成一组矿床自然体(矿床成矿系列),各地区的这类矿床成矿系列在很大程度上亦具有相似性,但又各具地区的特色,而有所差异。例如现代洋隆扩张中脊及洋底扩张脊地质构造环境下都有多金属硫化物矿床成矿系列的形成,不论在太平洋、大西洋、印度洋,甚至冲绳海槽形成的硫化物多金属(Fe、Mn、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Ni、Co等)矿床组合都有共性,但成矿元素组成及富集程度各有差异(王登红等,2001)。中国大陆在燕山期构造旋回期间在桂北扬子陆块西南缘构造带、康滇古陆边缘构造带、粤北古陆北部边缘构造带均形成了与燕山晚期黑云母花岗岩有关的锡石硫化物多金属矿床成矿系列。

第三类:矿床成矿系列组,是在一个成矿区带内,同一个大构造旋回活动过程中,在不同阶段、不同地质构造环境条件下形成的各种矿床成矿系列的组合。因为一个大地构造旋回的活动是有规律的,活动的各阶段都形成各具特色的地质构造环境及相应的成矿作用和有关的矿床成矿系列。因此,各阶段的地质构造成矿活动之间,存在着某些内在和必然的联系,亦应具有规律性。因此,把它们归为一个矿床成矿系列组是符合客观规律的,探索它们之间存在的时空结构与演化规律将有助于指导区域找矿。由于各成矿区带地质构造发育历史的不同,有的成矿区带保留的地质构造环境比较单一,因此在区带内就不存在矿床成矿系列组。但也有这样的情况,相邻的成矿区带形成的矿床成矿系列是同一大地构造旋回活动的产物,可以构成跨成矿区带的矿床成矿系列组。例如在天山构造带内海西构造旋回活动期间形成多个矿床成矿系列,它们构成矿床成矿系列组。

成矿系列的第二序次是矿床成矿系列,这在前面已有论述,是成矿系列序次中最核心的组成部分。也可以说,矿床成矿系列是地球演化的某一特定时段和地段中,与特定的成矿作用有关,形成的有成因联系的矿床(矿化)组合自然体。矿产资源地球(矿床世界)就是由众多的矿床成矿系列所构成,矿床成矿系列是矿产资源地球的“细胞”。这些“细胞”可归类为组合、类型和组,而“细胞”本身由矿床成矿亚系列、矿床式和矿床所组成。

成矿系列的第三序次是矿床成矿亚系列,属于矿床成矿系列的组成部分。有的矿床成矿系列产生的地质构造区较大,形成时间相对较长,成矿强度很大,而区内不同地段形成的地质构造条件有一定差异,成矿作用除具有共性外,亦具有某些特性,这些

地段形成的矿床组合构成矿床成矿系列内的亚系列。例如我国中生代形成的南岭地区与燕山期花岗岩有关的有色、稀有、稀土、铀矿床成矿系列,涉及南岭构造带,在此构造带内自东向西可分出次级构造带:赣南-粤北加里东期隆起带、湘南-桂东南海西期拗陷带、桂西北扬子古陆西南边缘拗陷,整个矿床成矿系列以钨、锡、铅、锌、铜、铋、砷、银、金、铀、钼、钽等元素组成矿床组合,但在各次级构造带中矿床组合除具有共性的元素组成外,矿床组合各有侧重,并自东向西作有规律演化,如成矿早、中期的赣南-粤北地区以钨、锡、铋、钼、铜、稀土、钼、钽矿床组合为主,成矿中晚期的湘南-桂东地区以钨、锡、铋、钼、铅、锌、稀有为主,成矿晚期的桂西北地区以锡、铅、锌、铋、银、汞为主,最后成矿的铀矿又主要形成于赣南-粤北地区。因此,相应地分出了四个矿床亚系列,分属于三个次级构造带。由这四个亚系列组成一个完整的南岭地区的矿床成矿系列。

成矿系列的第四序次是矿床式(矿床类型)。矿床成矿系列中的矿床组合由各种具有相同成因和相似的矿物构成的矿床类型所组成,各个矿床类型的代表性矿床为矿床式,每个矿床成矿系列至少由一个或一个以上矿床式所组成。

成矿系列的第五个序次是矿床。这是矿床成矿系列最基础的组成单位,在工作程度较低地区,一些有资源前景的矿点、矿化点亦应列入研究的范围。

矿床成矿系列的命名需要规范化,命名的原则应当既要体现主要内容,又要尽可能简单明了,又有利于查询。因此,初步考虑同时采用两种形式,一种是文字命名,另一种给予数字代号。文字命名应反映四种要素,即成矿空间、时间、作用与成矿矿种。空间建议用地区名,时间建议对与岩浆、变质作用有关矿床成矿系列用大地构造旋回,对与沉积作用、表生作用有关的矿床成矿系列用地质年代,矿种主要表达形成独立矿床的矿种,矿种多时可表示主要的。例如南岭地区燕山期与花岗岩有关的有色、稀有、稀土、铀矿床成矿系列;晋、豫、桂、黔石炭纪沉积铁、铝、粘土矿床成矿系列。数字化代号可探索建立不同的方案,比如:采用四位编码表示,第一位是省、区、市的中文缩写;第二位是所属的矿床成矿系列组合号(岩浆作用为1、沉积作用为2、变质作用为3、表生作用为4、含矿流体作用及成因不明的为5);第三位为时代(分出8个时代:太古宙为1、古元古代为2、中元古代为3、新元古代为4、早古生代为5、晚古生代为6、中生代为7、新生代为8);第四位为省、区、

市内对矿床成矿系列的顺序编号。

4 成矿系列是一种新的矿床分类——
矿床自然分类

中外学者对矿床的分类可归纳为两类：成因分类和工业分类。成因分类又包括了各种分类方案，如以成矿温度分类、以成矿作用分类、以物质来源分类等。国内外学者在区域成矿规律研究领域取得了卓越的研究成果，先后提出岩浆岩成矿专属性、地质建造成矿专属性及构造环境成矿专属性，特别是构造环境对成矿控制越来越受到矿床地质界的重视，并正在建立各种成矿系统。而我们在 70 年代提出矿床的成矿系列概念就是研究各种地质构造环境中的矿床组合自然体。实际上是进行矿床的自然分类。这个矿床的自然分类的组成是以矿床成矿系列为基本单元(细胞)并分别可归类为：成因归类为矿床成矿系列组合；构造旋回归类为矿床成矿系列组；地质构造环境归类为矿床成矿系列类型。而矿床成矿系列本身由亚系列、矿床式及众多的矿床所组成，可表示如图 3 所示。

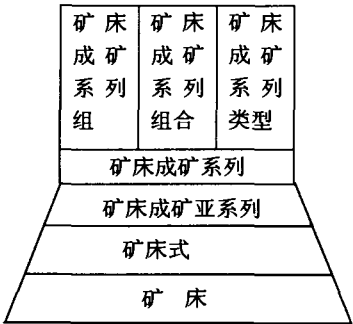


图 3 成矿系列自然分类示意图

Fig. 3 Sketch map showing the natural classification of minerogenetic series

5 成矿系列与成矿系统

20 世纪 70 年代以来特别是 80 年代在前苏联，90 年代至今在中国成矿系统的研究得到越来越多的重视。对成矿系统的定义存在两种不同的观点：一种是把矿床形成的全过程及产物作为一个成矿系统(李人澍，1996；翟裕生，1997)；另一种观点是把矿床形成过程及产物和形成后的改造过程作为一个成矿系统(翟裕生，1998)。两种定义均有各自的理由。我们倾向于第一种观点。因为“系统”通常理解为有内在联系的事物所构成的整体，如“辞海”上解释为“相

同或相类似的事物，按一定的秩序和内在联系组合而成的整体”，现代汉语词典的解释为“同类事物按一定的关系组成的整体”。因此成矿系统应理解为“从成矿物质来源及其迁移到富集成矿的全过程，在此过程中的地质构造环境及其演化，最终形成的矿床和矿化组合的整体”，实际上成矿系统由三部分组成：成矿的地质构造环境及演化，成矿物质迁移、富集的成矿作用过程，成矿作用的产物——矿床、矿化、异常及其时空分布。这些都是属于有内部联系的整体。而矿床形成后的再度改造及其保存状况是属于另外一个系统作用过程的产物。作为对区域矿床或矿床的研究，两个系统进行统一研究是十分必要，但把这二个系统列入一个系统，这与“系统”本身的概念是不一致的。

从我们所理解及采纳的成矿系统概念与成矿系列概念来评价，则它们所要研究的内容是一致的，都是研究在一定时空域内成矿的地质构造环境、成矿过程及成矿的产物，探索其形成、演化与时空分布规律。不同之处首先在于成矿系列所研究的成矿系统具有特定的时空域范围，一个矿床成矿系列就是一个特定的时空域范围内的成矿系统，一个矿床成矿系列组就是一个更大范围时空域中的成矿系统，一个矿床成矿系列类型就是一个形成同类矿床成矿系列的具有共性地质构造环境的成矿系统。成矿系统研究的范围是可变的，大可到全球成矿系统、某一时代的成矿系统，小可到一个矿床形成的成矿系统，而成矿系列所研究的成矿系统是特定的，主要是矿床成矿系列序次时、空范围内的成矿系统，亦是一定时段、地段地质构造环境中的成矿系统。第二，成矿系列的研究比较重视最终形成的矿床组合及其时空分布规律和相互的关系，因为这与指导找矿及矿产资源开发利用有最直接的关系。第三，成矿系列研究的亦是一种矿床的自然分类，而成矿系统研究不包含此内容。成矿系列与成矿系统研究的异同点见表 1。

成矿系列与成矿系统虽在研究内涵上有所区别，但具有共同的研究内容，而且开展这些研究是十分重要的。因此，研究工作并不存在相互排斥的问题，客观上亦不存在谁包含了谁的问题，相反可共同进行研究工作，使两方面的研究更加完善。

6 成矿系列研究的理论性与实用性

成矿系列的研究具有重大的理论意义。首先通过研究将对每一个矿床、每一组矿床组合自然体进行时空定位，从而可以提供一个地区甚至整个地球

表 1 成矿系列与成矿系统研究的异同点

Table 1 Compare between minerogenetic series and metallogenetic system

对比项		成矿系列	成矿系统
共同点	研究内容	在特定的时空范围内,研究矿床组合自然体的成矿地质构造环境、成矿作用及其过程、演化,各类矿床的时空结构及分布规律,探索它们的成因及之间的成因联系	在一定的时空域中,研究矿床形成的控矿要素、成矿作用过程和形成的矿床、矿化与异常
不同点	研究范围	成矿系列一、二、三序次的特定时空域范围内的研究	一般是成矿区、带的范围,亦可大、可小
	研究的其他内涵	一种新的矿床自然分类	不是

成矿物质时、空分布、组成结构及存在的演化规律;其次,通过对成矿物质在各地质年代的组成、矿床类型的组合及其在时空域的演化规律研究,将有可能从一个方面探索地球演化过程与规律,如壳幔作用过程及演化,地球各层圈的演变等。

成矿系列研究工作的实用性非常突出,从本项研究工作开始就是以更好指导找矿实际需要为目标。经过 30 年的研究,成矿系列研究可从三方面为找矿工作提供指导:① 成矿系列概念中的核心思想之一是认为矿床是以矿床组合自然体存在的,而这种矿床组合是在一定的地质构造环境中,可以由不同矿种、不同成因的矿床所组成的,并在区域分布上是有一定规律的。这为区域综合找矿工作提供了理论依据;② 矿床成矿系列类型的提出,为具有同类地质构造环境及同类地质成矿作用的地区找矿工作提供了重要指导,可通过类比寻找类似的矿床组合,这为新区域确定找矿目标提供了有科学依据的指导,为老矿区找矿提供可能遗漏矿种的找矿目标;③ 矿床成矿系列组的建立,提出了从一个大地构造旋回内在不同的地质构造环境中可能形成的矿床成矿系列,这为大区域找矿部署提供了思路。

近 30 年来,不少地质单位运用成矿系列概念进行找矿的实践都取得了不同程度的找矿效果,并归纳出成矿系列缺位找矿的思路和方法(陈平等,1996;章百明等,1996;韩振新等,1996,2004;刘德权等,1996;罗铭玖等,2000;冯学仕等,2004;李均权等,2005)。1992 年到 1995 年原地质矿产部进行全国第二轮成矿区划工作,就采用了成矿系列概念作为区划工作的主要地质理论基础,对开展区划工作及指导成矿预测取得了很好的效果(陈毓川等,1999)。

7 成矿系列研究的进一步深化

成矿系列概念提出至今已 30 年,30 年间虽进行了大量研究工作,使概念得到不断的完善,应用范围不断扩大,但本领域需要研究的内容很多、很复

杂,涉及的范围很大,迁涉全球,因此必须不断深化研究,持久地进行。在地质研究方面近期需要进行以下主要工作:

- (1) 进一步完善成矿系列概念。
- (2) 完善全国各时代矿床成矿系列的建立。
- (3) 进一步完善全国主要地质构造成矿环境的划分,在此基础上完善全国矿床成矿系列类型的建立。
- (4) 完善全国矿床成矿系列组的建立。
- (5) 完善建立各矿床成矿系列所属的矿床式。
- (6) 完善各主要地质时代矿床成矿系列图件的编制。
- (7) 完善和建立我国主要成矿区带的成矿谱系。
- (8) 建立成矿系列研究成果数据库。
- (9) 逐步开展重点成矿区带成矿系列的深化研究。
- (10) 开展周边国家矿床成矿系列的研究。
- (11) 加强成矿系列成矿专属的研究,深化以一定构造背景、一定成矿堆积环境和一定主岩与围岩组合形成一定成矿系列的成矿专属性研究。

从中、长期考虑成矿系列研究工作需进行:

- (1) 进一步深化重点成矿区带的成矿系列的研究。
 - (2) 研究建立全球的矿床成矿系列、矿床成矿系列类型、矿床成矿系列组及成矿谱系。
 - (3) 研究成矿物质、矿床组合自然体在各地质时代的时空组成及演化规律。
 - (4) 探索成矿物质演化规律与地球演变的制约关系,进而追索地球的演化过程。
- 在找矿应用方面要逐步完善和建立成矿系列综合信息、成矿预测理论与方法以及成矿系列检索与成矿预测计算机系统,逐步提高预测可靠程度及效率。

对成矿系列的研究与探索工作,我们认为目前尚处于初步阶段。但这项工作很有意义,是矿床地质科学领域和区域成矿规律研究领域中的重要分支,

我们希望能有更多的同仁来参予研究并应用于找矿实践。我们相信通过不间断地持久研究,这项起源于我国的科学概念会得到发扬光大,为发展矿床学理论及促进找矿工作造福于社会作出自己的贡献。

参 考 文 献

- 陈平,陈俊明. 1996. 山西主要成矿区带成矿系列及成矿模式. 太原: 山西科学技术出版社.
- 陈毓川. 1983. 华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列. 矿床地质, (2): 15~24.
- 陈毓川, 黄民智, 徐珏, 等. 1985. 大厂锡石—硫化物多金属矿带地质特征及成矿系列. 地质学报, (3): 228~240.
- 陈毓川, 裴荣富, 张宏良, 等. 1989. 南岭地区与花岗岩有关的有色、稀有金属矿床地质. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 等. 1993. 中国矿床成矿系列. 第五届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 89~91.
- 陈毓川, 毛景文, 等. 1995. 桂北地区矿床成矿系列和成矿历史演化轨迹. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 等. 1998. 中国矿床成矿系列初论. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 朱裕生, 等. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价. 北京: 地质出版社.
- 陈毓川, 朱裕生, 等. 2000. 中国矿床成矿系列图. 北京: 地质出版社.
- 程裕淇, 赵一鸣, 陆松年. 1976. 我国几组主要铁矿类型. 地质科技, (2): 8~29.
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1979. 初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 第 1 号, 32~58.
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣, 等. 1983. 再论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 第 6 号.
- 冯学仕, 王尚彦, 等. 2004. 贵州省区域矿床成矿系列与成矿规律. 北京: 地质出版社.
- 韩振新, 郝正平, 侯敏, 等. 1996. 黑龙江主要成矿带矿床成矿系列. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社.
- 韩振新, 徐衍强, 郑庆道, 等. 2004. 黑龙江省重要金属和非金属矿产的成矿系列及其演化. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社.
- 李均权, 谭秋明, 李江洲, 等. 2005. 湖北省矿床成矿系列. 武汉: 湖北科学技术出版社.
- 李人澎. 1996. 成矿系统分析的理论与实践. 北京: 地质出版社.
- 刘德权, 唐延龄, 周汝洪. 1996. 中国新疆矿床成矿系列. 北京: 地质出版社.
- 罗铭玖, 黎世美, 卢欣祥, 等. 2000. 河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列. 北京: 地质出版社.
- 《宁芜玢岩铁矿》编写组. 1978. 宁芜玢岩铁矿. 北京: 地质出版社.
- 裴荣富, 吕凤翔, 等. 1998. 华北地块北缘及其北侧金属矿床成矿系列与勘查. 北京: 地质出版社.
- 王登红, 陈毓川. 2001. 与海相火山作用有关的铁—铜—铅—锌矿床成矿系列类型及成因初探. 矿床地质, 20(2): 112~118.
- 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. 北京: 原子能出版社.
- 王平安, 陈毓川, 等. 1998. 秦岭造山带区域成矿系列、构造成矿旋回与演化. 北京: 地质出版社.
- 翟裕生. 2000. 成矿系统及其演化—初步实践到理论思考. 地球科学, 25(4): 333~339.
- 翟裕生, 秦长兴. 1987. 关于成矿系列和成矿模式. 矿床参考书(下册). 北京: 地质出版社, 214~227.
- 翟裕生, 姚书振, 崔彬. 1996. 成矿系列研究. 北京: 中国地质大学出版社.
- 章百明, 赵国良, 马国玺, 等. 1996. 河北省主要成矿区带矿床成矿系列及成矿模式. 北京: 石油工业出版社.
- Chen Ping, Chen Junming. 1996. Minerogenetic series and model of major metallogenetic belts in Shanxi Province. Taiyuan: Science and Technology Press of Shanxi (in Chinese).
- Chen Yuchuan. 1983. Minerogenetic series of Ree-Rare metal-nonferrous metal deposits related to Yanshanian granites in South China. Mineral Deposits, (2): 15~24 (in Chinese).
- Chen Yuchuan. 1999. Mineral resources assessment of major metallogenetic provinces in China. Beijing: Geological Publishing House, 1~536 (in Chinese with English abstract).
- Chen Yuchuan, Huang Minzhi, Xu Jue, et al. 1985. Geological features and metallogenetic series of the Dachang cassiterites-sulfide polymetallic belt. Acta Geologica Sinica, 59(3): 228~240 (in Chinese).
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Zhang Hongliang, Lin Xinduo, Bai Ge, Li Congyou. 1989. The geology of nonferrous and rare metals related with the Mesozoic granitoid in the Nanling Region. Beijing: Geological Publishing House, 1~508 (in Chinese).
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Song Tianrui. 1993. Minerogenetic series in China. In: Contribution to the 5th national meeting of mineral deposits in China. Beijing: Geological Publishing House, 89~91 (in Chinese).
- Chen Yuchuan, Mao Jingwen. 1995. Metallogenetic series of ore deposits and metallogenetic evolution through geological history in north Guangxi. Nanning: Science and Technology Press of Guangxi, 433 (in Chinese).
- Chen Yuchuan, Pei Rongfu, Song Tianrui, et al. 1998. Preliminary study on minerogenetic series in China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Chen Yuchuan, Zhu Yusheng. 2000. Minerogenetic series map of China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Cheng Yuqi, Zhao Yiming, Lu Songnian. 1976. Some major types of iron deposits in China. Geological Science and Technology, 2: 8~29 (in Chinese).
- Cheng Yuqi, Chen Yuchuan, Zhao Yiming. 1979. Preliminary discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, 1: 32~58 (in Chinese).
- Cheng Yuqi, Chen Yuchuan, Zhao Yiming, Song Tianrui. 1983. Further discussion on the problems of minerogenetic series of mineral deposits. Bull Chinese Acad. Geol. Sci., 6: 1~64 (in Chinese).
- Cheng Yuqi, Chen Yuchuan, Pei Rongfu, et al. 1998. On minerogenetic (metallogenetic) series. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung Stuttgart, 33~45.
- Committee of Porphyry-Type Iron Deposits in Nangjing—Wufu Area. 1978. Porphyry-type iron deposits in Nangjing—Wufu area. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Feng Xueshi, Wang Shangyan. 2004. Minerogenetic series of regional resources in Guizhou. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Han Zhenxin, Hao Zhengping, Hou Min. 1996. Minerogenetic series of major metallogenetic belts in Helongjiang Province. Ha'erbin: Ha'erbin Engineering University Press (in Chinese).
- Han Zhenxin, Xu Yanqiang, Zhen Qingdao. 2004. Minerogenetic series of important metal and non-metal mineral resources in

- Heilongjiang. Ha'ebin: People Press of Heilong, 222 (in Chinese).
- Li Junquan, Tan Qiuming, Li Jiangzhou. 2005. Minerogenetic series of Hubei. Wuhan: Science and Techology Press of Hubei (in Chinese).
- Li Renpu. 1996. Therory and practice of the metallognetic system. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Liu Dequan, Tang Yanling, Zhou Ruhong. 1996. Minerogenetic series of Xinjiang, China. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Luo Minjiu, Li Shimei, Lu Xinxiang. 2000. Mineralization and minerogenetic series of major mineral resources in Henan Province. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Pei Rongfu, Lu Fengxiang. 1998. Minerogenetic series and prospecting of ore deposits in the north margin and further area of the Huabei massif. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Wang Denghong, Chen Yuchuan. 2001. A preliminary study on the metallogenic series type of Fe-Cu-Pb-Zn ore deposits related to submarine volcanism and its origin. *Mineral Deposits*, 20(2):112 ~118 (in Chinese with English abstract).
- Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Zhigang, et al. 2002. Minerogenetic series and regularity of mineralization in the Altay metallogenic province, China. Beijing: Atomic Press, 493 (in Chinese).
- Wang Ping'an, Chen Yuchuan. 1998. Regional minerogenetic series, tectonic-mineralization cycle and evolution of the Qinling orogenic belt. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Zhai Yusheng, Qin Changxin. 1987. On minerogenetic series and mineralization model. Reference book on ore deposits (vol. 2). Beijing: Geological Publishing House, 214~227 (in Chinese).
- Zhai Yusheng, Yao Shuzhen, Cui Bin. 1996. Research on metallogenic series. Beijing: China University of Geosciences Press, 198 (in Chinese with English abstract).
- Zhai Yusheng. 2000. Metallogenic system and its evolution: preliminary practice and theroretical consideration. *Earth Sciences*, 25(4): 333~339 (in Chinese).
- Zhang Baiming, Zhao Guoliang, Ma Guoxi. 1996. Minerogenetic series and model of major metallogenic belts in Hebei Province. Beijing: Petroleum Press (in Chinese).

On Minerogenetic (Metallogenic) Series: Third Discussion

CHEN Yuchuan¹⁾, PEI Rongfu²⁾, WANG Denghong²⁾

1) *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

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

Abstract

Minerogenetic series is an academic idea (concept) for studying regional metallogeny in the sciences of mineral deposits, which is using the viewpoint of systematic and evolutionary theory to study the natural oranic association of mineral deposits of different stage in the development of geohistory under special geological structural setting through metallogenetic processes. Mineralogenetic series is also a natural classification for mineral deposits, which can be divided into five orders by ore-forming sequence. The first order is the basic one and served as the core of the components of minerogenetic series. The componenets of the first order are included: association of minerogenetic series, type of minerogenetic series, and group of minerogenetic series. The second order is minerogenetic series; The third order is minerogenetic sub-series; The forth order is type of mineral deposits and the fifth order is mineral deposits. There are common characteristics between minerogenetic series and metallogenic system in study scope, but each also has some different research contents. Mineraogenetic series is mainly to study the theory of ore-forming series and has practical significance for finding ores. However, it only belongs to the preliminary stage, more and more research work is needed in next future.

Key words: concept of minerogenetic series; order; theoretic and practicability