

矿床学研究思路的变化与进展综述

罗 雪, 曹新志

(中国地质大学 资源学院, 武汉 430074)

摘 要: 矿床学的发展突破在很大程度上取决于其研究思路的发展变化上。矿床学从传统的对单一矿种、单一矿床和单一成矿模式的研究发展到对成矿系列、成矿系统的全面探讨和整体认识, 妥善处理了局部与整体、片面与全面、个体与群体、定性与定量、时间与空间等种种复杂关系, 这种研究思路上的变化体现了系统的、辩证的哲学思维方法。

关键词: 矿床学; 研究思路; 成矿系列; 成矿系统

中图分类号: P61 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2010)02-0147-06

0 引言

矿床学是研究矿床在地壳中的形成条件、成因和分布规律的科学, 是在开发和利用矿产资源的推动下逐步发展起来的。进入 21 世纪以后, 发现新矿床的难度不断加大, 矿产资源持续供应问题突出。因此, 为了在找矿工作中获得重要进展, 加强矿床学的研究就显得尤为重要。矿床学的进展在很大程度上取决于研究思路的变化。在现代矿床学发展的不同阶段, 研究思路具有不同的特点, 概括来说, 矿床学的研究思路经历了从局部到整体的变化过程, 即从传统的对单一矿种、单一矿床或单一成矿模式的研究发展到对成矿系列、成矿系统的全面探讨和整体认识。本文是在前人研究工作的基础上对我国现代矿床学研究思路的变化与进展所作的一个浅析。

1 矿床学研究的发展概况

人类很早就已开发和利用天然矿物资源, 矿产资源已成为人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。随着生产力的发展和人类社会生活水平的不断提高, 人们对矿产开发的规模也在不断扩大, 对矿产利用的程度也不断地提高, 利用矿产资源的种类也

逐渐增多。人类在开采天然矿物原料过程中积累了有关矿产分布和性状的经验, 矿床学就是在不断积累和总结相关经验的基础上逐步发展起来的。从公元前 2 000 多年的《山海经》到明代的《天工开物》, 再到 18 世纪欧洲著名的“水火之争”, 人们对矿产的找寻和采冶技术以及矿床成因已有了初步的认识。其后, 随着人们对矿床的深入调查和工业化开采、地质学相关学科的不断进展和完善, 19 世纪末—20 世纪初, 建立了比较系统的矿床学理论, 矿床学作为地质学的一个分支学科独立出来。20 世纪中期以前, 矿床学的研究主要是在对矿床地质、矿床成因、热液矿床和矿田构造的研究上。20 世纪 50 年代至 80 年代, 由于放射性同位素和稳定同位素理论和方法的引进以及板块构造理论的推动, 矿床学得以迅速发展, 矿床学的科学理论水平得到很大提高, 在这一阶段衍生出很多其他分支学科, 如矿床地球化学、同位素定年以及板块构造与成矿等。20 世纪 80 年代以后, 矿床学的发展进入了一个全新的阶段, 其研究方向主要集中在海底热水成矿、超大型矿床、地幔柱与成矿和成矿演化上^[1-4]。

系统科学思想在矿床学中的引进和应用, 使矿床研究进入了整体观阶段。成矿系列或矿床成矿系列概念的提出就是运用系统的、整体的观点研究矿床共生组合关系的一个范例。成矿系列研究将从对矿床的单体研究发展到对矿种共生、矿床类型共生的研究; 将成矿作用研究与区域地质背景和环境更

收稿日期: 2009-04-16

作者简介: 罗雪(1985-), 女, 湖北宜都人, 硕士研究生, 主要从事矿床学和矿产勘查研究。通信地址: 湖北省武汉市洪山区鲁磨路 388 号中国地质大学研究生院 1200801 班; 邮政编码: 430074; E-mail: lx1314xue@126.com

紧密地联系起来。使矿床分类研究提到了一个新的高度。

成矿系列研究的深入涉及到成矿系列的成因、形成过程和动力学机制,从而导致了成矿系统的提出。从系统论的观点看,成矿作用本身就是一个系统,成矿系统与外部环境发生物质和能量的交换,就可以形成一系列矿产即成矿系列^[5]。“成矿系统是指在一定的时空域中,控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程,以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体,是具有成矿功能的一个自然系统”^[6]。成矿系统概念体现了矿床发生、形成和成矿后保存变化等一系列纵向地质演化历史和矿床形成、分布的时空统一整体性,体现了矿床学深入研究的方向^[4]。

由对单个矿床类型、单一成矿模式的研究,到对成矿系列的全面探讨,再到成矿系统的整体认识,逐渐地形成了成矿系统观的思路,体现了现代矿床学向系统化、全球化发展的趋势,拓宽了矿床学研究领域,给矿床学研究注入了新的活力,是矿床学研究的重要进展。

2 矿床学研究思路的变化与进展

2.1 单一矿床研究阶段

20世纪中期以前,矿床研究常局限于单个矿种或单个矿床,着重于对单个典型矿床的研究,研究重点为矿体及其附近的围岩,通过对控制矿床的地质因素,即地(岩)层、构造、岩石、矿物和地球化学等特征的描述和总结,探讨矿床的成因与形成过程,进而得出相应的理论、假说或模型^[7],进而提出矿床类型的归属。这类研究不仅推动了矿床学自身的发展,也为有效地开展矿床勘查工作提供了科学依据。

这种对矿床个体的研究,往往缺乏个体之间内在联系的内容。从本质上说,这是就矿论矿,就类型论类型,重视成矿的物、化条件有余,而对成矿作用所受地质上诸多因素的综合影响及其在时间与空间上的变化,也就是对其区域地质背景的四度空间演化的影响及成矿物质来源的多样性等考虑不足,因而也就不强调在地区的地质发展史上有成因联系的不同类型之间的内在联系^[8]。

研究单个矿床是很重要的,它是矿床学研究的基础;对一些有代表性的矿床(矿床式或矿床类型)建立成矿模式也是很必要的。它们作为个体,有其

成矿的地质背景与条件,对在地质条件相似的地区寻找同类矿床有参考意义^[9]。但是在已知矿区附近除了寻找同一矿种或同一类型的矿床之外,能否还存在不同的矿种或不同类型的矿床?它们之间是否有一定的规律可循?要回答这些问题,仅靠单个矿床和单一类型的研究显然是不够的。有代表性的矿床一般只能代表有限范围内与同类成矿作用有关而形成的矿床,或者孤立地代表某一类矿床,不能反映区域上一定地质时代内构造、成岩、成矿的全貌^[9]。在一个具体的地质单元内,成矿不是一种孤立的现象,同一期成矿作用由于具体地质环境的差别可形成多种矿化类型,它们彼此之间是有联系的。仅仅局限于单个矿床研究就不能揭示这些联系,因而就不利于区域矿产预测和深部找矿工作。在找矿实践中,人们逐渐注意到矿床共生组合是一种普遍的现象^[10],从对矿床的个体研究发展到对矿床的群体研究,即对一个地区中经常共生的矿床类型之间的综合对比研究,并在实际工作中逐步总结出成矿系列的概念^[11]。

2.2 成矿系列研究阶段

自法国地质学家 de Launay (1905) 首次提出成矿系列(Metallogenic series)的概念以来,距今已有百年的研究历史^[12]。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^[13],但是他并未对“成矿系列”做出确切的定义和进一步的论述^[14]。从20世纪60年代开始,前苏联和我国学者对矿床的成矿系列有了进一步的研究。如 X. M. 阿勃杜拉也夫(1960)和 П. A. 斯特罗纳(1978)都曾提出过与现在的成矿系列相近似的学术思想。20世纪70年代,程裕淇教授正式提出并确立了成矿系列的概念。成矿系列概念的提出是生产实践的客观要求和矿床学研究思路发展的必然结果。

20世纪中期以来,找矿难度的加大使人们通过区域成矿预测研究提高找矿的成功率,加强了矿床类型的比较研究,不局限于只研究单个矿床的传统方法。矿产勘查、矿产开采等生产实践揭露了大量的地质成矿现象,获得了十分丰富的资料、信息,对认识各类矿床的共生关系提供了基础,为成矿系列的研究提供了基本前提和条件。同时期地质科学和其他自然科学的突飞猛进、相互渗透,也为矿床学的学科发展提供了充分的条件,为矿床学研究奠定了广阔而坚实的基础理论(包括物理化学、地球化学、

地球物理、构造地质学、岩石学等), 提供了丰富的观察和分析的测试手段。这些都为成矿系列的提出打下了基础, 系统科学理论则直接促成了成矿系列概念的产生。

成矿系列是站在更高的层次、更宽的视域去研究矿床, 是矿床学研究中思想方法上的一次飞跃^[15]。成矿系列的概念彻底摆脱了单一成矿理论, 使矿床学研究从孤立地研究个别矿床或个别类型的矿床, 发展到研究矿床组群及其内在联系。成矿系列理论的建立是对矿床学研究及找矿思路的重大变革, 架起了矿床学理论研究与找矿实践间的一座桥梁^[14]。因此, 成矿系列概念提出之后, 立即引起了地质学家的极大兴趣和关注。程裕淇^[7]、章崇真^[16]、陈毓川^[9, 13, 17-19]、宋天锐^[20, 21]、翟裕生^[11, 22]等先后对成矿系列的有关问题进行了研究, 并发表了一批专题论著, 从理论研究和指导找矿实践等方面进行了探讨。

成矿系列在金属矿床研究方面较为深入, 在非金属矿床方面也有系统成果。目前已基本确定了成矿系列的层次, 划分出了若干个成矿系列及亚系列; 典型成矿区带的研究出现了一批重要成果; 运用成矿系列概念进行综合矿产预测的工作已经进入生产实践, 这有利于系统总结和丰富矿床成矿系列理论, 促进成矿理论与实践相结合^[23]。尽管近年来成矿系列理论有了长足的发展, 但是在成矿系列的研究中, 对成矿系列的概念、层次划分和分类还存在讨论和争议。

翟裕生等指出了程裕淇提出的成矿系列概念中存在的一些问题。概念中强调矿床形成与岩石建造的联系, 认为“成矿系列是与同一建造有成因联系的各种矿床类型构成的四维整体”^[24], 但这个定义中的“建造”所指不明, 也不是一个十分精确的定义。成矿系列概念提出至今已有 30 年, 在此期间进行了大量研究工作, 使概念得到不断的完善, 但还是存在一些分歧。笔者认为, 目前对成矿系列较完善简洁的定义是“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”^[13]。此定义与以前的各种概念的不同之处在于: 从四维空间研究有内在联系的矿床组合, 从而提出了不同于前人的新的矿床自然分类, 更有利于研究、探索符合客观实际的矿床成矿规律和其他地质规律, 同时更有利于指导找矿^[19]。

目前对成矿系列的分类和级次划分有不同的方案。程裕淇等(1983)提出了成矿系列的四级分类方

案, 即矿床成矿系列组合、矿床成矿系列、矿床成矿亚系列和矿床类型; 陈毓川(1994)根据近年来的研究, 又增加了 3 个层次, 从高到低分为: 矿床系列组合、矿床成矿系列类型、矿床成矿系列、矿床成矿亚系列、矿床式(矿床类型)、矿床、矿床成因类型共 7 个层次^[18]。笔者认为, 从矿床不必再往下分出矿床成因类型, 因为矿床即是成矿系列中的基本组成单位, 共分 6 个层次即可。

从长远来看, 矿床成矿系列的概念应统一, 矿床成矿系列的分类系统需要进一步完善, 层次划分和分类上应能更客观地反映地质事实, 以利于矿床学的发展。

另外, 关于成矿系列的结构分析是一项受到关注的内容。成矿系列的内部结构可概括为物质的、空间的和时间的三类。对这三类结构分别加以探讨, 深入认识每一个侧面, 可有助于对整个系统的理解。而对这些问题的认识, 对于区域成矿预测、普查勘探、矿产资源潜力评估等有很重要的意义。

矿床成矿系列在我国矿床地质和区域成矿规律、成矿模式研究中得到广泛的应用, 在认识矿床原生分带、矿床空间分布规律、不同矿床类型之间的内在联系等方面, 较之以往的研究成果更为深入, 对开拓找矿思路和找矿预测发挥了积极的作用^[25]。当在一个地区发现某种矿床类型时, 即可根据成矿系列理论寻找属于同一成矿系列相关类型的矿床, 并可对该区的资源潜力做出全面的评价, 从而提高综合找矿和矿产综合利用的科学预见性, 因而有着广阔的应用前景。30 年来, 我国广大地质工作者对一些重要成矿区(带)开展了较深入系统的研究, 在中国的一些主要成矿省(如华南地区、长江中下游地区、华北、三江、新疆等地)取得了一定的成效, 丰富和发展了成矿系列的理论^[26]。其中, 长江中下游地区的成矿系列研究深入、全面, 成为成矿系列研究的典型代表; 通过全国 19 个重要成矿区(带)成矿系列的研究, 建立了 66 个矿床成矿系列, 初步总结了我国主要成矿系列的时、空演化及分布规律^[18]。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)相继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^[13]。1992—1995 年进行的全国第二轮成矿区划工作, 就采用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获得了很好的效

果^[27,13]。

如上所述,成矿系列理论在理论和实践上都取得了一些可喜的成果,成矿系列理论将同一期成矿作用产出的有成因联系的矿床作为一个整体,主要是从矿床类型组合的角度去研究相关矿床之间的联系,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,我们发现了特定成矿系列中的某种矿床类型即可去寻找属于该成矿系列其他类型的矿床。虽然其中蕴涵了系统科学的一些原则和合理因素,但仍有一定的局限性。从更大的层面来看,如将成矿的背景、环境、要素、作用过程、产物及其演变等作为一个自然作用的整体来研究的话,会更有助于全面认识矿床形成的过程和时空分布规律,指导地质工作者对一个区域内各种矿床、矿化异常、控矿因素等做出恰如其分的评价,那样将会提高成矿预测的精度,在找矿难度更大的今天可更有效地指导找矿勘探实践。以此为目的,在中外学者的研究探索中,成矿系统理论便应运而生。

2.3 成矿系统研究阶段

成矿系统(ore-forming system, metallogenic system)一词在20世纪70年代初见于地质文献,被解释为“由成矿物质来源—运移通道和矿化堆积场所组成的一个自然系统”^[28]。以后成矿系统的定义和研究内容被逐步提出^[29,30]。80年代,我国著名地质学家李人澍教授为了探索提高勘查效果的新途径,在长期的秦巴地区地质矿产勘查实践的基础上,将系统科学引入矿床地质研究,充分运用各学科之间的相互渗透和联系,力图在现代地学基础上挖掘出成矿系统的固有规律,从而达到指导找矿勘查工作的目的^[31]。90年代以后,地球科学不断向系统化、综合化和全球化的方向发展,成矿系统的研究也越来越被人们重视。在引入“系统科学”思维的基础上,翟裕生等学者认识到成矿作用及其产物是一定地球动力背景下的复杂自然系统,是整个地球物理系统的一个组成部分,也开始运用系统科学思想进行矿床学研究。由于我国的地质构造复杂,矿床类型多样,多年来积累的矿床地质资料十分丰富,成矿系列研究也有一定基础,因而具备了进行成矿系统研究的有利条件。在此基础上逐步将成矿系列研究扩展上升为成矿系统研究。

成矿系统研究是把系统方法引入到矿床学的整体研究中,强调从整体上、从系统要素之间的深层次联系上去认识成矿过程,体现了现代矿床学向系统化、全球化发展的一种趋势,拓宽了矿床学研究领

域,给矿床学研究注入了新的活力,是矿床学研究思路的又一次飞跃。

十几年来,我国多位学者就成矿系统开展了深入的研究工作,取得了大量研究成果(关广岳^[32],於崇文等^[33,34],李人澍等^[31,35],翟裕生^[6],侯增谦等^[36],韩发等^[37])。李人澍(1996)在其专著《成矿系统分析的理论与实践》中对成矿系统的方法进行了初步总结;於崇文(1994,1998)从成矿动力学的角度对成矿系统的形成过程和机理作了深入分析^[7];翟裕生等^[6]则进一步讨论了成矿系统理论的构思。不少学者从不同角度对成矿系统提出了不同的定义。总体来看目前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)^[13]。两种定义均有各自的理由,笔者倾向于第二种观点,即成矿系统应包括成矿后的变化,应把矿床形成过程及产物和形成后的改造过程作为一个有机的整体。因为成矿系统是一种自然历史过程,绝大多数成矿系统是不能直接观察的,各种信息被保存在现存矿床及有关异常中,对成矿系统的研究要从现在的矿床特征及现存的地质环境入手,再反推原始的成矿环境和成矿过程。翟裕生认为:“成矿系统是指在一定的时空域中,控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程,以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体,是具有成矿功能的一个自然系统”^[6],其中包含控矿要素、成矿作用过程、形成的矿床系列和异常系列,以及成矿后变化保存等4方面的内容,体现了与矿床形成有关的物质、运动、时间、空间、形成、演化的统一性、整体性和历史观^[38]。

虽然近年来成矿系统这一概念常见于地质文献中,但有关成矿系统内涵的论述却很少见,目前尚无统一的认识。在我国,翟裕生对成矿系统作了较多的研究,他对成矿系统的概念、要素、结构类型以及成矿系统的作用过程及产物进行了系统的论述,对促进成矿系统的研究起到了积极的推动作用^[7]。他在进行实地研究和综合分析的基础上,在《成矿系统与矿化网络研究》(2002)一文中提出了成矿系统的4个要点,包括控矿构造体制、成矿作用过程、形成的矿床系列和异常系列,以及成矿后变化保存等。其中,矿床系列和异常系列构成的矿化网络是深入研究成矿系统的切入点。因为矿化网络表现了在一定的地质背景、环境中由成矿系统形成的各矿床类

型和有关异常的时空结构,是成矿系统的具体表现形式,既包含已知(已经发现)的矿床和客观存在但未被发现的矿床,也包括已知的矿产资源和未知的潜在资源,而且成矿系统形成后矿床的变化与保存集中体现在矿化网络的改造与保存程度,它在很大程度上决定了现存矿床的分布规律^[39],因此重点研究矿化网络是十分必要的。

在成矿系统中,动力学是一个重要内容,它是确定系统演化和最终结果的关键。成矿系统动力学的研究可揭示成矿作用的本质,即成矿作用过程及其时空结构,从而使矿床成因和成矿规律的研究从静态上升到动态,从定性上升到定量,对传统成矿理论将有新的突破^[7]。

成矿系统研究有重要的理论意义和指导找矿的实际意义。在理论方面:成矿系统分析将成矿的环境、背景、要素、作用、过程、动力、产物、异常和演变等作为一个自然作用整体加以研究,这有利于全面认识成矿动力学机制、矿床形成演变历史过程和矿床的时空分布规律,促使矿床学的研究进一步从现象到机理、从静态到动态、从定性到定量、从局部到整体,深化人们对矿床学的科学认识;加强成矿系统的研究有助于辩证认识成矿系统与其他地质系统的关系,有利于矿床学和其他学科的互相影响、渗透和融合;翟裕生(2002)还提出了成矿系统的环保意义,即成矿系统能为矿床环境质量评价和实施矿业环保提供科学的基础资料。在指导找矿实践方面:以一个成矿系统中所形成的矿床系列作为找矿的整体目标,有利于培养区域找矿的战略思维,可以胸有全局、举一反三,提高找矿成功率;从矿化网络入手逐步缩小靶区,达到发现矿床的目的;全面研究矿床形成条件和保存条件对于区域矿产资源评价具有重要意义^[40]。翟裕生等(2004)、曹新志(2008)在成矿系统对深部预测找矿的指导作用的研究工作中,明确提出通过研究成矿系统的发育完整程度、发育深度以及建立成矿系统网络的三维结构与矿床分带,从而在深部找矿中可以起到由已知到未知、由此及彼、由浅入深的指导作用,表明成矿系统研究对于深部预测找矿工作可以起到较直接的指导作用。他们的研究从成矿系统分析寻找新类型矿床发现的途径:对成矿系统进行整体分析,从已知推未知;利用矿化垂直分带规律在深部寻找新类型矿床;利用已掌握的环节(已知矿床类型)去查找有可能存在而尚未发现的缺失环节(新类型矿床),等等。

成矿系统是矿床学研究中的一个新概念,是系

统科学与矿床学相结合、相互渗透的产物。如何用成矿系统的基本概念和分析方法来认识成矿规律、指导成矿预测,已成为当代矿床学研究的一个前沿课题。相信在越来越多的矿床学家们的关注下,成矿系统的研究将会取得突破性的进展,必将会给矿床学的发展带来深远的影响^[7]。

3 结语

矿床学具有复杂性、综合性和不确定性,需要科学的思维方法。在过去的矿床研究中常出现的以偏概全(片面)、非此即彼(绝对)、彼此割裂(孤立)等现象,主要是没有用系统科学、历史唯物主义和辩证唯物主义等先进的哲学和思维方法来分析问题和解决问题,从而导致矿床学研究工作中的片面性和孤立性。在矿床学研究中,应该运用系统的、辩证的观点和方法,全面分析各种控矿因素,注意各因素间的联系,并由个体研究到群体研究。妥善处理局部与整体、片面与全面、个体与群体、定性与定量、时间与空间等种种复杂关系。矿床学在研究思路从对单一矿种、单一矿床的研究到成矿系列再到成矿系统的变化演进正是体现了这种先进的思维方法。

矿床学的研究经历了从单个矿床(矿种)到成矿系列再到成矿系统的发展变化,这在一定程度上反映了人们认识事物从局部到整体的发展过程,这种研究思路的变化并不是疏忽局部。单一个体是整体的重要组成部分,深入研究单一个体并非孤立进行,而是要与整体的分析相结合,最终达到个体与整体的结合统一。

参考文献:

- [1] 袁见齐,朱上庆,翟裕生. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1987:5-7.
- [2] 薛春纪,祁思敬,魏合明,等. 基础矿床学[M]. 北京:地质出版社,2006:11-15.
- [3] 翟裕生. 关于矿床学创新问题的探讨[J]. 地学前缘,2006,13(3):1-7.
- [4] 翟裕生. 关于矿床学研究前景的探讨[J]. 矿床地质,1999,18(2):146-152.
- [5] Grillhaumou N. Characterization of hydrocarbon fluid inclusions by infra-red fluorescence microspectrometry[J]. Mineralogical Magazine, 1990, 54: 519-533.

- [6] 翟裕生. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 12-27.
- [7] 朱创业. 成矿系统研究现状及发展趋势[J]. 成都理工学院学报, 2000, 27(1): 14-17.
- [8] 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 初论矿床的成矿系列问题[J]. 地球学报, 1979, 1(1): 32-58.
- [9] 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐, 等. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 1-3.
- [10] 翟裕生. 矿床学研究的新进展[J]. 地质与勘探, 1982, (3): 1-8.
- [11] 翟裕生. 矿床学的研究现状和展望[J]. 地球科学, 1981, (2): 133-143.
- [12] 陈从喜, 沈宝琳, 蔡克勤. 矿床成矿系列研究评述[J]. 中国非金属矿工业导刊, 1997, (5): 3-8.
- [13] 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 2006, 80(10): 1501-1508.
- [14] 陈昌勇. 成矿系列研究现状及展望[J]. 昆明理工大学学报, 1997, 22(2): 30-34.
- [15] 章少华, 蔡克勤. 成矿系列研究若干问题讨论[J]. 地质评论, 1993, 39(5): 404-411.
- [16] 章崇真. 就矿找矿和成矿系列[J]. 地质与勘探, 1981, (6).
- [17] 陈毓川. 再论矿床的成矿系列问题[J]. 地球学报, 1983, (6): 1-64.
- [18] 陈毓川. 矿床的成矿系列[J]. 地学前缘, 1994, 1(3-4): 90-94.
- [19] 陈毓川. 矿床的成矿系列研究现状与趋势[J]. 地质与勘探, 1997, 33(1): 21-25.
- [20] 宋天锐. 关于“沉积成矿系列”的若干理论问题[J]. 地球学报, 1987, (16): 83-93.
- [21] 宋天锐. 沉积成矿系列研究的新进展[J]. 地质评论, 1996, 42(4): 358-363.
- [22] 翟裕生, 彭润民, 王建平, 等. 成矿系列的结构模型研究[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 510-519.
- [23] 谈树成. 个旧锡-多金属矿床成矿系列研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2004: 10.
- [24] 翟裕生. 成矿系列研究问题[J]. 现代地质, 1992, 6(3): 301-308.
- [25] 谭运金. 矿床地球化学类型与成因类型和成矿系列的关系[J]. 中国钨业, 2000, 15(2): 16-20.
- [26] 刘洪波, 关广岳. 矿床成因理论的历史演化[M]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1992: 174-178.
- [27] 陈毓川, 叶天竺, 张洪涛, 等. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1-4.
- [28] Спижарский Т. Н. Геологический словарь (Том 2) [M]. М: Недра, 1973: 448.
- [29] Пётров В. Н. Развитие эндогенных флюидных рудообразующих систем [M]. Наука, 1992: 47-48.
- [30] Jaques A. L. The role of GIS, empirical modeling and expert systems in metallogenic research [J]. GSA, Abstract No. 37, 1994: 196-197.
- [31] 李人澍. 成矿系统分析的理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [32] 关广岳. 成矿动力系统的定态与失定[J]. 东北大学学报, 1994, 15(1): 20-23.
- [33] 於崇文. 成矿作用动力学——理论体系和方法论[J]. 地学前缘, 1994, 1(3): 54-82.
- [34] 於崇文. 成矿作用动力学[M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [35] 李人澍, 朱华平. 成矿系统的结构与聚矿功能[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 103-113.
- [36] 侯增谦, 李红阳. 试论幔柱构造与成矿系统——以三江特提斯成矿域为例[J]. 矿床地质, 1998, 17(2): 9-113.
- [37] 韩发, 孙海田. Sedex型矿床成矿系统[J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 139-153.
- [38] 翟裕生. 成矿系统研究与找矿[J]. 地质调查与研究, 2003, 26(2): 65-71.
- [39] 翟裕生, 王建平, 邓军, 等. 成矿系统与矿化网络研究[J]. 矿床地质, 2002, 21(2): 106-112.
- [40] 翟裕生, 邓军, 彭润民, 等. 成矿系统研究及其资源、环境意义[J]. 高校地质学报, 2002, 8(1): 1-8.

REVIEW ON THE CHANGE AND DEVELOPMENT OF THE RESEARCH THOUGHTS ABOUT MINERAL DEPOSIT GEOLOGY

LUO Xue¹, CAO Xin-zhi¹

(1. Faculty of earth resource, China University of Geoscience, Wuhan 430074)

Abstract: The development and breakthrough of mineral deposit geology depends to a great extent on the progress and change of its research thoughts. From the traditional study of single mineral, single deposit and single metallogenic model to the comprehensive discussion and whole understanding of metallogenic series and metallogenic system, mineral deposit geology handles the complex relation about the parts and the whole, the unilateralism and the full-scale, the individual and the groups, the quality and the quantity, the time and the space properly. The change incarnates systemic and dialectic philosophical thinking.

Key Words: mineral deposit geology; research thoughts; metallogenic series; metallogenic system