

301-308

成矿系列研究问题

翟裕生

(中国地质大学, 北京)

p612

提 要 成矿系列研究正处于兴起阶段。研究成矿系列的思路是：以区域构造—地球化学为环境背景，以构造—成岩—成矿为统一体系，以矿床的时空演化为主线，探讨成矿系列的形成、分布和演化规律。

成矿系列的结构指各矿床类型间的时间、空间、物质和成因上的联系，包括“共生性”、“连续性”、“分带性”，“重叠性”、“过渡性”和“互补性”。研究这些性质有重要的理论和实际意义。

不同成矿时代生成的成矿系列间存在复合关系。成矿系列的复合是产生“多成因，多矿源，多阶段矿床”的重要原因。我国大地构造具多旋回特点，因而成矿系列复合具有普遍意义。

关键词：成矿系列，岩石建造，结构，复合，大宝山，铜陵

矿床，类型 ✓

1 概 述

成矿系列是80年代以来在矿床学中受到广泛重视的研究领域，它有着重要的理论和实际意义。

成矿系列从系统论的观点出发，研究一个区域中与一定成矿事件有关的在不同演化阶段、不同控矿条件下形成的各类型矿床之间的相互关系，研究这些矿床的总的区域地质构造背景及其发展历史，研究各种控矿因素（构造、沉积、岩浆、变质等）的相互联系和相互作用。因而将传统矿床学着重对单一类型、单一成因、单一模式的研究提高到区域的、综合的、历史的研究。

从成矿系列的观点出发，对成矿学中的一些基本问题，如成矿历史、成矿分带、成矿动力学机制等还可做出更为科学的解释。因此，从更高层次上探讨矿床基础问题，成矿系列研究在当代成矿理论研究中占有重要的地位，能起到带动有关地质基础学科的作用。

成矿系列是矿床学研究与找矿实践之间的桥梁，具有明显的指导找矿意义。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的其它类型的矿床，并可对该区的资源潜力作出全面评价，从而提高综合找矿和综合利用的科学预见性，因而有着广阔的应用前景。

收稿日期：1992年5月30日

自从程裕淇等^(1,2)提出成矿系列的概念并作了比较系统的论述以来,我国学者对成矿系列的划分、层次、结构和复合、联合等问题进行了讨论,对一些重要成矿区带(如长江中下游地区⁽³⁾、南岭地区等)的成矿系列以及与花岗岩类有关的成矿系列进行了深入的研究和探讨。广大地矿工作者从成矿系列理论中得到启发,建立了区域成矿的全局观念,扩大了找矿思路,提高了找矿工作的成效。但是,总的看来,对成矿系列的研究还处于初步的兴起阶段,已有的研究成果多侧重在经验性的总结概括,在理论体系、术语系统和研究方法上都不成熟,需要在理论上进行较为系统的工作,从而丰富区域成矿理论,提高成矿预测水平。

2 成矿系列研究的思路和途径

自从成矿系列的概念提出以来,研究者们从不同角度对其进行探讨。根据我们研究宁芜玢岩铁矿、长江中下游铁、铜、金以及南岭钨、锡等成矿系列的体会,提出以下的研究思路和途径。

成矿系列是一定成矿地域中一定发展阶段的综合地质作用的产物,是受多种因素制约的。其中,岩石建造是孕育和包含矿床与成矿系列的主体,而构造运动和地球化学作用又起着关键的作用。基于此,对成矿系列的研究思路和技术途径是:运用唯物辩证法和系统论思想,以区域构造-地球化学为环境背景,以构造-成岩-成矿作用为统一体系,以矿床的时空演化为为主线(四维结构),探讨成矿系列的形成、分布和演化规律,科学地指导成矿预测工作。

在这个思路中,有3个基本问题:(1)岩石建造与成矿系列的关系;(2)成矿系列的内部结构;(3)不同成矿系列间的关系。这里先讨论第一个问题。程裕淇等(1983)已注意到矿床与建造的密切关系。从自然作用的实质看,矿床是建造中的特殊岩相(具有经济价值的那一部分岩相),矿床的形成环境与建造的形成环境是共同的,而两者的成因也有一致性。考虑到建造已是被广泛接受和使用的概念,因此,我们⁽⁴⁾将成矿系列定义为:与同一建造有成因联系的各种矿床类型构成的四维整体。按此定义,除了岩浆、沉积、变质三大岩类的岩石建造及有关成矿系列外,自然界中尚存在与水热流体成因蚀变岩建造有关的热液成矿系列和与风化岩石建造有关的成矿系列。热液成矿系列和风化成矿系列虽与岩浆、沉积、变质三大类成矿系列有密切联系,包括成因联系,但因其独特的成矿作用和重大的经济价值,也应该独立划成大类。这样,一级成矿系列划分为五类(程裕淇等称为成矿系列组合,1991)^①较为适宜。

成矿系列的研究思路和流程如图1所示。首先是全面认识成矿的区域构造和区域地球化学背景,即生成成矿系列的环境、矿源和热动力源问题;进一步研究各类岩石建造的形成作用和岩石特征,区分含矿建造与不含矿建造。研究各类成矿系列(风化成矿系列未在图内)及其相互关系(过渡性、复合性等)是区域成矿规律研究的重要内容。对每一个成矿系列要系统分析各矿床类型(以A, B, C, D为代表)之间的时间、空间、物质和成因的联系。在研究成矿系列结构的基础上,深入研究成矿系列的形成过程和机理,包括成矿的热力学作用和动力学作用,除温度、压力、浓度、氧逸度、酸碱度等因素外,还要探

^① 程裕淇等,1991,矿床的成矿系列问题,中国地质科学院成矿远景区划室印

讨论成矿的动力学参数（为岩浆冷凝速率、裂隙张开速率、热液流动速率、矿质沉淀速率等），从各种动力学因素的相互匹配上，研究并建立成矿系列形成的动力学模型。在上述工作基础上，进行区域成矿预测。

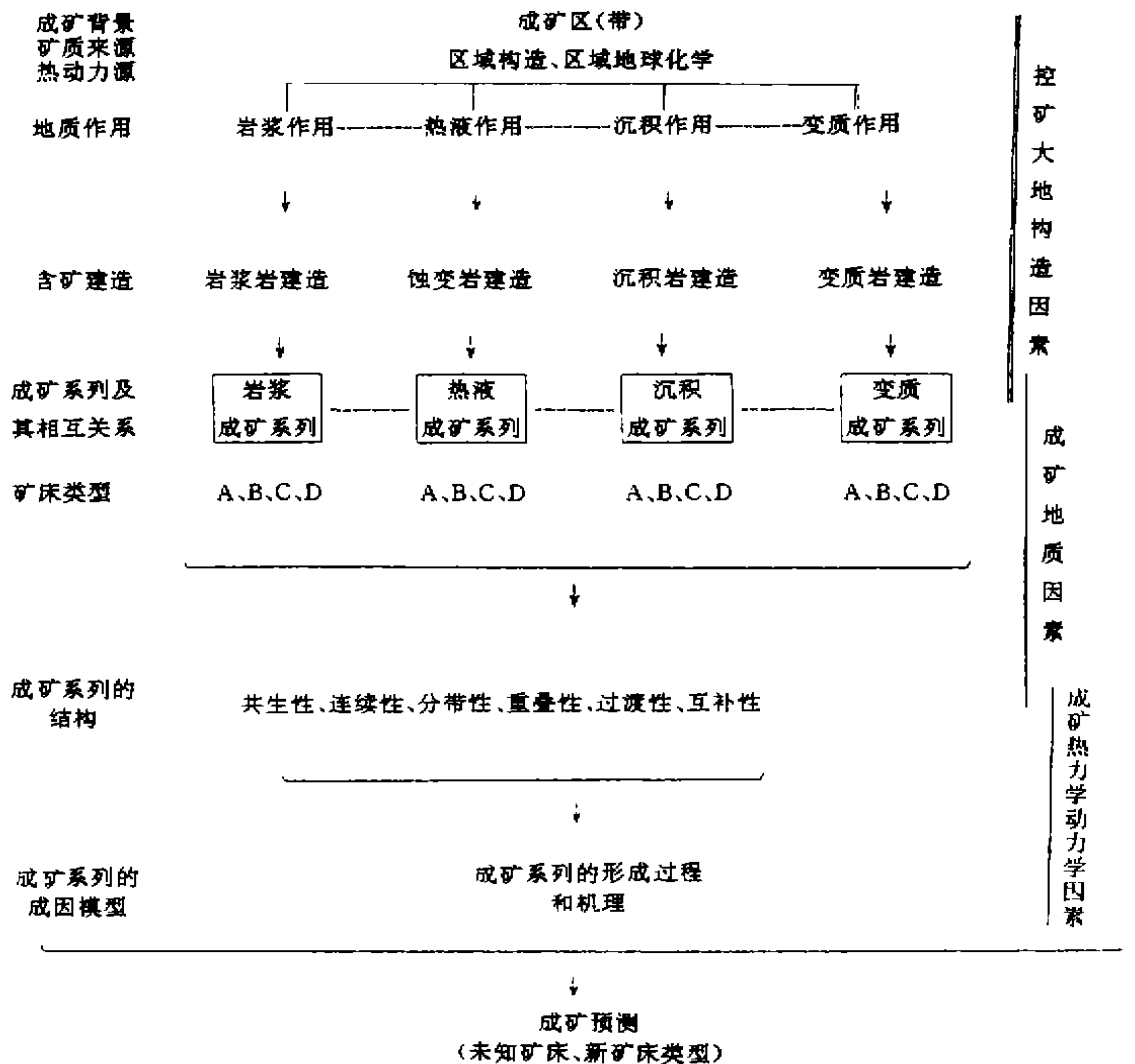


图1 成矿系列研究思路（示意图）

Fig. 1 The thinking on research of the metallogenic series
(图内未包括风化成矿作用)

3 成矿系列的内部结构

在研究中，经常遇到的问题是：一个成矿系列中各矿床类型间的相互关系是怎样的？生成时间上为什么有先后？空间上为什么重叠或分带？为什么有的类型规模大、工业价值高，

有的却相反？这些都涉及到成矿系列的内部结构的形成机理。

成矿系列的结构是指其内部组成诸要素间的相互联系和相互作用方式，内部组成诸要素是系列中各矿床成因类型，故成矿系列的结构是指各矿床成因类型间的时间、空间、物质和成因上联系。如长江中下游燕山期 Fe、Cu、Au、S 成矿系列中，包括矽卡岩型、斑岩型、矿浆型、层控型等矿床类型，它们之间的时、空、物质和成因联系即成矿系列的结构。

1987 年我们⁽⁵⁾曾提出并论证一个成矿系列中各矿床类型间的共生性、过渡性、重叠性和互补性。经近几年的进一步研究，又补充了两种性质——连续性和分带性，并对这六种性质有了比较完整的认识。

共生性 指成矿系列中不同类型矿床间的共生关系，如矽卡岩型矿床与斑岩型矿床常相共生，前者产于侵入岩体接触带，后者产于岩体内部。它们在形成时间上基本同时，空间上毗邻，同与某一侵入岩体（建造）有亲缘关系，只是具体控矿因素（如主岩性质）有所不同。

连续性 指成矿系列中不同类型矿床的形成时间有先有后，是一个连续的统一体。如鄂东南铁铜成矿系列中铁山矿浆-矽卡岩复合型铁矿成矿年龄为 156 Ma，铜绿山矽卡岩铜铁矿为 145 Ma，程潮矿浆型铁矿为 132 Ma，这种演化次序是根据野外接触关系和同位素年龄资料等综合标志确定的。

分带性 指成矿系列中不同类型矿床在区域或矿田范围内在空间中的排列样式，它们或沿某一含矿建造，或围绕某一侵入岩体，或循某一断裂带等作有序分布。

重叠性 指一个成矿系列中，形成时间有先有后的不同矿床类型产于同一空间范围，彼此互相重叠。重叠性产生的原因在于，成矿系列形成多是漫长的过程，且控矿条件和成矿方式随时间而变化。以内生矿床为例，矿化作用沿着同一构造-岩浆中心反复地脉动式多次进行。例如，在湘南柿竹园钨钼多金属矿床中，矽卡岩型、云英岩型、石英脉型矿化反复地在同一花岗岩体接触带产生，因而矿质多次重叠富集，形成了罕见的超大型金属矿床。

过渡性 指在一个成矿系列形成过程中，矿床类型随着具体地质条件的变化而发生递变，成矿系列内各端员矿床之间常出现过渡型矿床。过渡性矿床有不同的情况，一是矿种间的过渡，如矽卡岩型铜矿与矽卡岩型金硫矿之间的铜金硫矿床（如大冶鸡冠嘴）；二是成矿流体间的过渡，如介于矿浆型铁矿和热液型铁矿之间的矿浆-热液过渡型铁矿（如灵乡脑脊）；三是成矿方式间的过渡，如介于晚期岩浆熔离型和矿浆贯入型之间的伟晶岩型磷灰石-阳起石-磁铁矿矿石（如承德大庙-黑山和宁芜地区大东山）。过渡性矿床都具有“亦此亦彼”性质，反映了成矿作用的连续演化性质。

互补性 指一个成矿系列中成矿诸元素的分配和矿化作用强度在不同矿床类型间是不平衡的，具有此多彼少或此强彼弱的关系。例如，在鄂东南铁铜钨金成矿系列中，铁-钨主要产于矿浆型铁矿中，铜-钨主要产于斑岩型矿床中，铜-金主要产于矽卡岩型矿床中。成矿作用的强度在不同矿床类型中的不均衡性也是普遍现象。例如在铜陵地区的铜铁硫成矿系列中，矽卡岩型铜矿和层控铜矿的铜储量占有主导地位，而斑岩型和脉型铜矿只有次要意义。产生互补性的原因，一方面是在一次成矿事件中，成矿物质的种类和数量具有常量性质；另一方面是受岩石、构造、温度、压力、流体性质等因素的差别的影响，从而造成成矿元素和矿化强度在各矿床类型间的分配是不均衡的。

研究成矿系列的上述结构特性，对于认识各矿床的空间分布规律，掌握各矿种和矿床

规模的差异和变化趋势, 找寻主要的矿床类型等, 都有重要的指导意义。

4 成矿系列的复合

在一定的成矿区带中, 在不同地质时期形成的成矿系列间存在着复合关系, 较晚生成的往往重叠复合在较早生成的成矿系列之上, 或对早成的成矿系列加以利用或改造, 造成复杂的成矿现象^①。

广东北部的大宝山多金属矿田^①是不同成矿系列复合而成的。该矿田位于粤湘桂海西拗陷东侧、曲仁盆地东南缘。矿田内主要出露有泥盆系, 属地台型盖层沉积, 为一套陆源碎屑至浅海相碳酸盐建造并含有火山喷发物质; 有早侏罗世陆盆成煤建造, 与泥盆系为不整合接触。含矿地层为中泥盆统东岗岭组, 分为两个亚组。

东岗岭组上亚组为火山-沉积碎屑岩相, 其中含有黄铁矿矿层和菱铁矿矿层, 常互层产出。东岗岭组下亚组为碳酸盐岩, 含同生的热水沉积铜多金属硫化物矿层, 其与地层成整合状产出, 在向斜轴部和断裂旁侧处矿层加厚(达百余米)。上述的同生热水沉积型铜多金属矿床和火山-沉积型菱铁矿-黄铁矿矿床为中泥盆统滨海-浅海相铁、铜、铅、锌成矿系列, 这一成矿系列在湘、粤、黔、桂、滇等地区有代表性, 尽管系列中的各矿种的重要性随地区有所不同。

矿田内还发育有燕山期的次英安斑岩(经 K-Ar 法测定为 101Ma)和大宝山花岗闪长斑岩(经 K-Ar 法测定为 97Ma)及船肚花岗闪长岩。大宝山的花岗闪长斑岩中产有斑岩型钼(钨)矿床, 而船肚花岗闪长岩体接触带产有矽卡岩型钨钼矿床。这里的斑岩型矿床和矽卡岩型矿床构成了燕山晚期花岗岩有关的钨、钼成矿系列。

由于燕山期花岗岩类和有关热液成矿系列的叠加, 使产于碳酸盐岩中的沉积型铜多金属矿层受到热液改造, 围岩中发生透辉石透闪石矽卡岩化和绿泥石化。除 Cu、Pb、Zn、S 具工业价值外, W、Bi、Au、Ag 等可综合利用。这种两个系列的叠加复合现象在矿田中部次英安斑岩分布区较为明显(图 2)。正是由于上古生界沉积成矿系列和燕山期岩浆热液成矿系列的叠加复合造成了大宝山矿田的多因复合模式。

成矿带内不同成矿系列的叠加复合关系还可以举安徽铜陵地区为例。在这个地区的黄龙组(C₂h)底部广泛分布有胶状黄铁矿层以及毗邻的菱铁矿层和局部的石膏层, 在具有一定规模时可形成工业矿床(体), 如新桥和铜官山松树山矿段的硫铁矿矿床(体)。它们产于晚石炭世早期的台地潮坪环境, 在较还原环境形成黄铁矿的堆积, 在较氧化地段形成菱铁矿以及局部的沉积石膏层, 上覆白云岩及石灰岩。这一套矿床被认为是上古生代滨海-浅海碎屑岩-碳酸盐岩建造有关的 Fe、S、(Cu) 成矿系列。

由于区域构造演化的继承性, 在上述沉积成矿系列分布的空间, 常有燕山期的岩浆侵入岩体就位, 并伴有岩浆-热液矿化生成的 Cu、Fe、S 成矿系列, 因而造成两个成矿系列的叠加复合(图 3), 形成沉积-改造型矿床(层), 如新桥。当热液改造强烈时可形成层控-矽卡岩型矿床, 如冬瓜山矿床。这些矿床的矿化蚀变比较复杂, 除热液蚀变交代外, 还有接触变质分带特征, 即沉积成因胶黄铁矿受变质产生一系列变化, 黄铁矿由胶状→细晶→粗晶。同时在成分上产生由胶黄铁矿→晶质黄铁矿→磁黄铁矿→磁铁矿的变化。一般距侵入

① 根据中国有色金属工业总公司地质局编《国内主要铜矿实例》(1988, 内部版)及作者 1983 年的观察

有必要强调指出,我国广大地区,以多旋迴构造运动为特点,不同地质时期的成岩成矿系列在一个矿带中出现的机遇是较多的。例如,在变质基底中的元古宙成矿系列与古生代或中生代岩浆热液成矿系列的复合:或是古生代沉积或火山-沉积成矿系列与中生代岩浆热液成矿系列的复合等。这就造成了在我国的构造多旋迴地区,区域成矿常具有多期性和复合性的特点,这既产生了相当数量的多因复成矿床,也是生成大型矿床的重要条件。

以上研讨了有关成矿系列的几个主要问题。其他如成矿系列的形成过程和机理、地史上成矿系列的演化等也都需要加以专门研究。

我国地质构造复杂,种类比较完全,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,具备对此进行系统研究的有利条件。深化对成矿系列和区域成矿规律的认识,将能更有效地指导找矿工作,并丰富和发展现代成矿理论。

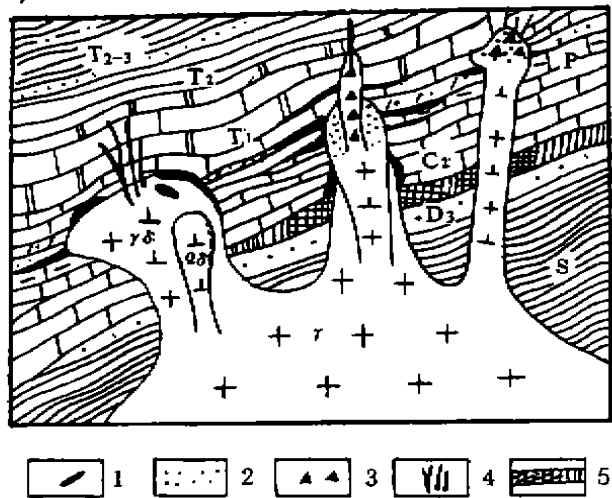


图3 安徽铜陵地区沉积成矿系列与岩浆-热液成矿系列复合图(示意剖面)

Fig. 3 Ideal section showing the compounding of the sedimentary metallogenic series and the magmatic-hydrothermal metallogenic series in the Tongling District, Anhui Province.

矿床类型: 1. 砂卡岩型; 2. 斑岩型; 3. 角砾岩、筒型; 4. 脉型; 5. 沉积型及沉积-改造型。岩浆岩: γ-花岗岩; γδ-花岗闪长(斑)岩; Qδ-石英闪长岩

参 考 文 献

- 1 程裕淇等. 初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 1979, 1 (1)
- 2 程裕淇等. 再论矿床的成矿系列问题——兼论中生代某些矿床的成矿系列. 中国地质科学院院报, 1983 (6)
- 3 翟裕生等. 长江中下游铁矿床成因类型及成矿系列探讨. 地质与勘探, 1980 (3)
- 4 翟裕生等. 关于成矿系列和成矿模式. 矿床学参考书, 下册, 北京: 地质出版社, 1987, 214~227
- 5 翟裕生等. 关于成矿系列的结构. 地球科学, 1987, (4)
- 6 翟裕生等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律. 北京: 地质出版社, 1992

SOME PROBLEMS ON THE STUDY OF METALLOGENIC SERIES

Zhai Yusheng

(China University of Geosciences, Beijing)

Abstract

This paper discusses mainly three problems:

1. How to study the metallogenic series? According to the author's experience, the study of the metallogenic series should be based on the comprehensive study of the regional tectonic, magmatism, sedimentation and ore-formation. The spatio-temporal distribution and evolution of different metallogenic series are the main subjects of this study. The development trend of this study is to establish the geologic-dynamic model of the formation of the metallogenic series. The aim of this research is the predication of unknown mineral deposits.

2. The structure of the metallogenic series is the relationship among the different types of mineral deposits which exist in a metallogenic series. Based on the research works on many ore deposits in Eastern China, the author have propounded six main relationships:

(1) co-existence, (2) continuum, (3) zoning, (4) superposition, (5) transitivity and (6) compensation. These relationships are of great significance both theoretically and practically.

3. Compounding of metallogenic series, which is made up of two or more combined metallogenic series, is one of the outstanding features of the Eastern China Metallogenic Province. For example, in the Dabaoshan Orefield, Guangdong Province, the Paleozoic sedimentary Fe-S-Cu metallogenic series and the Mesozoic (Yanshan Epoch) magmatic-hydrothermal W-Mo metallogenic series are compounded. So that the composite ore deposits are wide spread in this region.

Key words: metallogenic series, rock formation, structure, compounding, Dabaoshan, Tongling