

矿化, 成矿规律, 相关性, 概念更新
地质与勘探

4-7

成矿研究的概念更新^①

余中平

(冶金部地质勘查总局·北京)

p612

A

人类对成矿现象的研究,其实是对成矿相关性问题的研究。业已形成的各种成矿理论体系就是建立在成矿相关性研究基础上的。“相关则成系统”,成矿要素组成成矿系统,进而对成矿系统的整体性、结构以及功能等问题进行探讨。成矿系统又是一个非平衡态开放性系统,运用开放性系统的自组织理论对成矿系统进行深化认识,试提出协同、耗散、超循环成矿原理。

关键词 成矿 相关性 系统 协同 耗散 超循环



地质·矿产

人类数以千万次地研究矿床。大量的实际资料和研究成果表明,人们对自然成矿现象的认识越来越深入了。极为丰富的成矿方面的知识,充实了地质学家、勘查学家的头脑,使他们能够出色地完成自己的工作。诚然,地质学家和勘查学家的愿望不尽相同。一个受过良好教育的地质学家,致力于理论的研究,注意理论方面的突破。一个受过严格训练的勘查学家,致力于创造性地运用概念、观点,通过形象思维,建立找矿模式,指导找矿工作,注重找矿上的突破。作者诚望,通过本文的论述,能对地质学者的理论研究起到抛砖引玉的作用,能对勘查学者的地质找矿工作起到拓宽思路的作用。

1 人类探索成矿现象的基本原则

从古到今,人类对成矿现象的研究,无论从哪个角度,采用什么方法,持何种观点、理论,似乎均遵循一个基本原则,即成矿相关性原则。

——概括 16 世纪中叶至 18 世纪中叶近 200 年人类所积累的对成矿现象的研究和探

讨,主要有以下一些认识:成矿现象是地球内部的喷气作用从深部带动金属上升而沉积在裂隙中的过程;成矿是地球内部扩散上升水溶解分散在岩石中的金属细粒成为含矿溶液而后又沉积在裂隙中的过程;成矿是大气营力对原有矿床的改造过程。用现代的观点看,上述对成矿现象的认识,应分别是成矿与围岩蚀变、与侧分泌、与地表矿石次生富集的相关性。

——在 18 世纪晚期至 19 世纪晚期的 100 年时间里,人们指出:成矿与不同类型侵入岩之间存在着空间关系和成因联系,成矿与岩浆的分凝、与热水溶液的活动、与温度、压力等外部条件有关。通过这一时期对矿床地质野外资料的积累和研究,使许多有见识的研究者认识到,对于自然成矿问题的研究,不能仅用一种观点去解释,成矿与多种因素相关。

——20 世纪初到 20 世纪 40 年代,一方面,继承和加深以往对成矿相关问题的认识;进一步探讨成矿与地质构造的联系,明确了地质构造在确定矿床位置及引导含矿流体到成矿场所而沉积起了重要作用;进一步研究成矿与大气降水的联系,提出大气水下渗加

① 本文 1993 年 12 月收到,林镇泰编辑。

热再上升成矿以及通过大气冷水的作用在地球浅部成矿的认识;较深入研究成矿与矿化流体的关联性,对矿化流体的火成来源及其交代作用问题作了进一步论证;较深入研究成矿与原矿床改造再富集的关联性,提出了碱性改造作用的概念。另一方面,成矿理论研究进入系统化。矿床地质学家的第一个热门课题是矿床成因与分类研究,人们按成因相关性原则,对矿床进行了成因分类。第二个热门课题是成矿与构造、岩浆、热水相关性的综合研究;提出了构造岩浆论,并以此理论为依据,提出了构造岩浆成矿期、成矿带的概念;提出了变质混染岩浆热水成矿的理论。为了能够获得成矿相关性的直接资料,人们开始进行成岩成矿的初步实验。

——20世纪50年代以来的40多年,地质科学以及相关科学理论和技术方法的巨大进步,促进了人类对成矿现象认识的深化,矿床成因、成矿物质来源、成矿作用等的研究工作进入更深层次。矿床成因方面:通过成矿与花岗岩、变质岩以及时空的联系研究,提出了花岗岩成矿、区域变质作用成矿、层控矿床等理论;提出了成矿与陨石撞击地球有关的设想;按矿床成因,提出了岩浆、变质、沉积三大成矿系列。成矿物质来源方面:通过矿物包裹体、稳定同位素分析,获得了与成矿流体的成因和来源的有关数据,再结合野外观察,推断成矿流体的成因和来源。成矿作用方面:通过成矿与含矿流体性质的相关性研究,提出了含矿流体是一种络合物真溶液,并指出了影响含矿流体性质的几个变量(温度、压力、离子、活动系数);探讨了成矿与矿物共生组合、矿源层的关联性;进行了区域成矿研究;进一步探讨了围岩蚀变现象;对成矿元素的运移、聚集和沉积等机理进行了更深入的分析;通过活地热体系、热水矿床以及流体与热水矿床成因的研究,提出了含矿流体在运动中进行矿化而未必达到“平衡”状态。这一理论的提出是对百年来传统“平衡”概念的冲击。

综上,我们的结论是,人类对成矿现象的研究,实质上是对成矿相关性问题的研究。

2 成矿相关性研究的理论体系

人类对成矿现象的研究过程是“百家争鸣,百花齐放”的过程。经过长期不懈的努力,成矿相关性研究的一些理论、观点已渐趋成熟,并形成了各学派的成矿理论体系。

按作者的理解,目前的成矿理论体系可概括为三个大类。一是构造成矿理论体系(包括槽台洼成矿体系、板块构造成矿体系、地质力学成矿体系、断裂构造成矿体系);二是建造成矿理论体系;三是金属省(区)成矿理论体系。有关构造成矿理论和建造成矿理论所涉及的方方面面,内容甚多,也很重要,因篇幅所限,恕不叙及。此处,仅对金属省(区)成矿理论谈点认识。所谓金属省(区)是指地壳上某一地区特别富含某些金属成矿元素,反映在元素丰度变化和矿床(点)分布上。金属省(区)是通过将已知矿区(点)不加选择地投在图上来划分的。也就是说,把已知矿区(点)作为重要的信息反馈,从而建造成矿体系。金属省(区)成矿理论,对于追求及时发现并找到可供开发利用的工业矿床的勘查学家来说,更有现实的应用意义。因为,他们可以从已知成矿区去联系周围地区的地质背景条件而有效地选择找矿靶区。这是金属省(区)成矿理论的一个贡献。笔者长期从事矿产勘查工作,因对找矿工作的追求,曾收集世界范围内有关的矿床资料,对遍及全球的成矿现象作了一些综合与概括;列出28种成矿元素(W、Sn、Mo、Mg、Fe、Mn、Cr、V、Ti、Ta、Nb、Zr、Be、Cu、Ni、Co、Pb、Pt、Zn、U、Au、Ag、Hg、Sb、P、F、C、B)或本身或与别的元素结合为矿床,形成42个成矿集中区及其矿床组合。从42个矿床组合看,每种成矿元素甚少参与一次组合,按某一种元素参与组合的次数,从多到少,排列如下:Cu27、Zn22、Pb16、Fe16、Au16、Mn13、Sn13、U12、Sb12、Ag11、W10、

C9、Mo8、P8、Ti7、Be6、Nb5、Ni5、F5、Co4、Hg4、B4、Ta3、Pt3、Mg3、Cr2、V2、Zr1。据以上统计数据,可作如下分析:在全球范围内,成矿元素分布最广的是Cu、Zn;较广的是Pb、Fe、Au、Mn、Sn、U、Sb、Ag、W;不广的是C、Mo、P、Ti、Be、Nb、Ni、F;极不广的是Co、Hg、B、Ta、Pt、Mg、Cr、V、Zr。进而,我们可以认为,对于一个国家、一个地区而言,若拥有分布不广和极不广的矿床储量较多,其资源优势就大,反之则小。这对于估价一个国家、一个地区矿产资源的潜力及其在国民经济中所占的地位至关重要。可以说,这又是成矿省(区)理论的一个贡献。

总之,业已建立起来的成矿理论体系,各具特色,各有所长,内容丰富多彩,为我们进一步探讨成矿问题奠定了扎实的基础。

3 成矿相关性研究的系统思路

以上叙及的“体系”,已经是系统化了的成矿相关性研究。它引导我们用系统的思想与方法去探讨成矿相关问题。“相关成矿系统”,本文作者试将成矿系统定义为:成矿系统是由各成矿要素相互联系、相互作用而组成的具有一定结构和功能的有机整体。继而,对成矿系统的概念及有关问题作下列解答:

——组成“整体”的成矿要素,或是成矿过程的某一阶段,或是成矿物质及其组合,或是由物质构成的形态。“整体”中的成矿要素可以视为成矿系统中的子系统。

——成矿系统作为“整体”,其整体性表现为成矿要素、成矿系统、外部地质环境三者的协调。它包含着成矿过程、成矿联系和成矿转化。

——整体的有机性应理解为“整体”中的成矿要素(子系统)存在着构成成矿系统整体性的内在根据,这一内在根据是通过成矿过程来体现的。

——成矿系统的结构应理解为系统内各成矿要素之间的有机联系以及相互作用的方

式、顺序。

——成矿系统的功能应理解为成矿系统与外部地质环境相互联系和作用过程的秩序和能力。成矿系统的功能体现了系统与外部地质环境之间物质、能量等的交换关系。

4 对“成矿系统”认识的深化

我们知道,成矿系统与外部地质环境之间存在着物质的、能量的交换,体现了成矿系统的开放性。我们还懂得,自然成矿现象是地壳中各类成矿物质伴随着各种地质作用,按照地球化学、地球物理的某些联系,在地壳的适应部位自行组织起来形成矿床的现象。这就使我们有可能运用现代科学有关开放系统自组织理论对成矿系统进行探索。在此,仅提出一些内容纲要。

4.1 协同成矿原理

——当成矿要素自身组织起来形成成矿系统时,均遵循某种原理,即通过要素之间的协同(有规律地结合)作用,在宏观尺度上产生时间、空间及其功能上的相对稳定结构。

——成矿系统的协同作用是通过系统内成矿要素之间的竞争和合作来实现的。这种竞争与合作,决定着成矿系统的演化过程。演化过程中的每一种状态(如成矿元素活化转移状态、成矿元素成岩成矿状态、矿床后期改造状态等)都是由于系统内各成矿要素之间相互竞争而又协调一致的结果。

——在成矿系统中,参与协同作用的各成矿要素所起的作用不尽相同。其中,必有起主导作用的要素。抓住了主导要素,才能建立符合客观实际的“成矿模式”。

——协同作用“相加”,体现着一般成矿要素所组成的成矿系统,产生中、小型矿床。协同作用“增强”,体现着特殊成矿要素所组成的成矿系统,产生大型、超大型矿床。

4.2 耗散成矿原理

——成矿系统是非平衡结构系统(远离平衡的系统)。系统要实现某种稳定(有组

织)状态,必须与外界保持物质的、能量的交换。

——有些成矿系统,各成矿要素之间存在偶然的、随机的联系,其背后却隐藏着必然的、有序的方面,我们称其为非严密系统。

——在外界向系统输入物质、能量的过程中,由于许多非线性的复杂因素,系统发生非线性涨落。当出现某些特殊事物耦合时,这些物质、能量被系统内部结构所吸收、同化。从而转化、增强或调整了成矿系统自身的结构。

——由这种方式组织起来的系统结构,可称为耗散成矿结构。耗散的含义正在于这种结构的产生是由于能量的耗散。

4.3 超循环成矿原理

——成矿现象是非平衡态自组织现象。成矿系统是开放性系统。开放性成矿系统是多层次的。

——成矿过程中,成矿系统要经过多次结构变动。每一次结构变动是通过一次成矿循环来实现的。

——某次成矿循环都为下一次更高一次循环作准备。低层次的循环组成更高层次的循环,即超循环。

——许多矿床是在超循环的过程中形成的。超循环成矿所揭示的是成矿系统从低一级结构向高一级结构形式的运演过程。

Renewal Concept on Metallogenetic Research

Yu Zhongping

The research humunity on metallogenetic phenomena in fact is the research on correlation problems of metallogenesis. The existing vailous systems of metallogenetic theory is established on the basis of study on correlation of metallogenesis. So called "correlation is due to form a system", metallogenesis system is composed of all factors, further an exploration is carried out on the integration, structure and function and so on. Metallogenetic system is an open system, in nonbalanced state, it's a deeply relog-nization through self-organization theory of open system. The author proposed the principles of synergetic dissipation, super-cycling.

.....

(上接第 38 页)

- | | |
|--|---|
| <p>3 陈毓川等.南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿产地质,北京:地质出版社,1989.</p> <p>4 徐启东等.地球科学——中国地质大学学报,1988,13(2):187~194.</p> | <p>5 Pichavant, M. (Na,K)exchange between alkali feldspars and aqueous solutions containing borate and fluoride anions, experimental results at p=1kbar, 3rd NATO advanced study institute on feldspars. Rennes,1983.</p> |
|--|---|

Alteration Characteristics of Enriched B and F Granitic Rocks and their Relations to Metallogenesis in Northern and Eastern Guangxi Areas

Zhang Zhaochong, Chen Yuchuan, Mao Jingwen

In this paper, granitic rocks in Northern and Eastern Guangxi areas are divided into enriched-B type, enriched-F one and intermediate. Characteristics of wall-rock alteration and metallogenesis of three relevant metallogenic systems are discussed, indicating that granitic rock rich in B or F is a crucial element which controls wall-rock alteration and metallogenesis.