

矿床学研究的历史观

翟裕生^{1,2)}, 王建平^{1,2)}

1) 中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京, 100083;

2) 中国地质大学岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京, 100083

内容提要:矿床是地球历史演化的产物, 每一个矿床都有其特殊的形成史和变化保存史。矿床学的基本内容应是矿床成因和矿床变化保存两个方面。以历史演化的观点查明矿床形成-变化-保存全过程, 有利于矿床学理论水平的提高, 也是矿产勘查工作的需要。提出历史观开展矿床学研究的三个层次: ①单个矿床形成变化与保存; ②区域成矿演化; ③全球成矿演化。单个矿床研究与区域成矿演化并重, 恢复成矿作用历史, 查明成矿时空分布规律以指导找矿勘查工作是矿床学研究永恒的主题; 而矿床的变化和保存研究是矿床学科的一个重要方向, 应引起足够的重视并加强研究。

关键词: 矿床学; 历史观; 成矿系统; 叠加成矿; 变化与保存

地球历史演化过程中形成种类繁多的成矿系统, 每一成矿系统都有其自身历史演化过程, 产生成因各异、特征不同的矿床。矿床形成后随着其所处环境的变化也会发生相应的变化, 如变形、变质、风化、剥蚀等, 造成一些矿床消失而一些矿床得以保存或部分保存。因此, 任何一个矿床都有其自身的形成史和不同的变化保存历史, 都是历经复杂历史演化洗礼而得以存留下来的幸运儿。运用历史思维研究矿床形成变化保存历史是现代矿床学研究的一个发展方向(翟裕生, 1997, 2002), 是了解地球纷繁复杂成矿作用过程的重要途径, 也可为矿产勘查工作提供基本思路。本文就矿床学研究的历史观作简要探讨, 旨在抛砖引玉, 以期引起大家的重视。

1 什么是历史观

这里的历史观主要指自然历史观, 而非社会历史观。“自然界不仅存在着, 而且生成着并消逝着。”关于自然界生成并消逝的自然界历史观是辩证唯物主义自然观的一个非常重要的内容, 是恩格斯创立的自然辩证法的一个主要理论观点。恩格斯总结分析了地质学领域中自然界演化发展的历史性观点。他认为“只是赖伊尔才第一次把理性带进地质学中,

因为他以地球的缓慢变化这样一种渐进作用, 代替了由于造物主的一时兴起所引起的突然革命。”从此, 自然界在时间上演化发展的历史观便深深地扎根于地质学中(刘冠军, 1997)。

自然历史观认为: 物质世界存在的基本形式是空间和时间; 运动是物质的存在方式; 宇宙是一个不断运动、变化和发展的过程, 是一个相互联系、相互作用的整体系统。大至整个宇宙, 小至我们的地球乃至其中的成矿系统, 都是在一定时空中不断运动和发展变化的。因此历史观是自然科学, 包括地球科学的基本理论观点之一。早在18世纪赖伊尔在《地质学原理》中就强调“现在是认识过去的钥匙”, 主张地史时期的事件无论在量的方面还是质的方面都与现在一样。这一思想被发展为“将今论古”的现实主义原理, 一直以来为地质科学工作者所运用。

2 为什么要坚持历史观

2.1 矿床是地球历史演化的产物

矿床是地壳内有用矿产的储集库, 其形成是地球演化一定历史阶段的产物。从宇宙物质星云(由气体和尘埃组成的云雾状物质)分化出太阳系, 从太阳星云分化出地球, 都是物质在广阔的空间和漫长

注: 本文为中国地质调查局地质矿产调查评价专项“覆盖区矿产综合预测”; 内蒙古自治区科技找矿项目“内蒙古自治区大矿、富矿成矿系统及找矿预测研究”资助的成果。

收稿日期: 2011-03-12; 改回日期: 2011-04-15; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 翟裕生, 男, 1930年生。教授, 博士生导师, 中国科学院院士。主要从事矿床学、矿田构造和区域成矿学的教学和研究工作。

DOI: CNKI:11-1951/P.20110512.0827.002 网络出版时间: 2011-5-12 8:27:29

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110512.0827.002.html>

的时间中运动的结果(刘连登,1977)。地球形成之初因吸积能导致地球强烈加热而存在广泛的熔融事件,形成全球性的岩浆洋(magma ocean)(Kaula, 1979)。在这样一个混沌火球之中各种物质分布相对均一,并不存在成矿物质分异富集,因此也没有成矿作用的发生和矿床的形成。随着地球逐渐冷却,出现核幔壳的分异,铁、镍富集于地核中,而不相容元素倾向于富集到地壳中。层圈分异引发的成矿物质分异拉开了地球成矿作用的序幕,地质历史时期不同成矿作用显示了多样化的成矿场景,形成诸如BIF、VMS、铜镍硫化物矿床、造山型金矿、SEDEX型铅锌矿、各种热液矿床以及沉积矿床和风化矿床等。

2.2 矿床有自己的演化发展历史

矿床是复杂地球系统中的一个小的子系统——成矿系统的产物,其形成受地层层位、岩浆活动、构造作用等诸多因素控制。已有研究发现,虽然不同成因矿床其成矿作用过程各不相同,但每一个矿床都是成矿诸要素在一定时空环境中最佳匹配的结果,“多因耦合,临界转换”是成矿作用发生的基本机制(翟裕生等,2002)。经过“源-运-储”三部曲后矿床形成,成矿系统的成矿功能得以实现。这仅仅是矿床生命过程中的前半生,其后成矿系统随地质环境一起变迁,进入变化改造阶段。我们现在发现和研究的矿床,几乎都是经历不同程度变化和改造后的矿床。

一些矿床形成过程需要的时间可能相对较短,如智利的拉科铁矿是地下深部的铁矿浆沿着火山管道直接喷出地表而形成的磁铁矿矿床;而有些矿床如风化矿床中的硅酸镍矿床,其形成过程可能需要几千万年。当然这只是众多矿床类型中的两个极端的个例,但不管何种成因类型的矿床都有其特定的形成历史。一些产出深度较大矿床类型,如岩浆矿床、伟晶岩矿床、矽卡岩型矿床以及一些热矿床,其成矿作用完结之后仅仅是形成一些“矿床富集体”,并不能算做严格意义上的矿床,它们一定要经过抬升和剥露作用至地壳表层才会被我们发现和利用,才变成一个真正的矿床。所以任何一个矿床都有其形成历史和变化保存历史。

2.3 成矿理论研究的需要

矿床学研究的根本目的有两个:一是通过矿床地质特征研究来阐明矿床成因;二是通过研究矿床产出的地质背景、形成条件等来认识矿床时空分布规律并用以指导找矿实践。过去的近百年中,矿床

学在研究矿床成因分类、层控矿床、板块构造与区域成矿、矿床模型、超大型矿床等方面取得重要的进展(翟裕生,2001),对一些矿床的发现起到了重要指导作用。

随着现代矿床学研究的不断深入,人们认识到以前的研究过多地强调了矿床成因与形成环境。然而一个矿床的形成环境并不一定就是其最终定位环境,如蛇绿岩套中的豆荚状铬铁矿床形成于离散型板块边缘(大洋中脊),而其最终的产出环境却常常是碰撞造山带。不同构造环境其保存矿床的能力不同,Groves et al. (2005)研究金矿床在地质历史上的不均匀分布时强调金成矿的作用过程和矿床定位环境对矿床的保存潜力(preservation potential)两个方面。矿床的形成过程是一个矿床的“前半生”,而其形成后的变化与保存则是其“后半生”。矿床形成后的变化与保存对于矿床的时空定位有着直接的影响,矿床形成后的变化与保存研究是全面认识矿床的时空分布规律的前提,是矿床学研究的基本内容之一。

2.4 找矿勘查实践的需要

找矿勘查工作的对象基本是经过变化改造过的矿床,勘查工作者相比矿床研究人员更加注意矿床现在的环境以及矿床分布和保存条件。运用历史思维研究矿床,注意矿床形成后发生的变化,包括矿床、矿体本身所经历的改变和矿床所在环境和空间位置的变化,对于矿产勘查工作有重要意义。如通过研究矿床氧化带(如铁帽)可发现原生矿体;通过研究成矿后断层的破坏,可找到被错失了矿体;通过研究原生金属矿的裸露剥蚀程度和地貌与水系特征,可找到其衍生的砂矿床,而砂矿也可成为寻找原生矿床的重要标志。

3 历史观研究矿床的三个层次

3.1 矿床形成与变化保存

从系统论角度看,成矿系统属开放的复杂系统。成矿完结后系统与环境处于一种“动态平衡”,当环境发生变化时,系统将会产生适应性变化。引起环境变化的外部因素包括构造作用、岩浆作用、热液作用、大气和水的作用、变质作用、风化作用等诸多因素。这种变化会导致矿床形态、质量、位置、品位、规模发生种种变化,而变化的结果将会导致矿床保存或部分保存,或是从一种矿化形式转为另外一种矿化形式,当然也有一些矿床会完全消失(图1)。以往的矿床学研究更多地集中于矿床是如何形成的这

一过程,而对矿床形成后变化改造重视不足。

翟裕生(1997,2002)曾就矿床形成后变化改造过程进行了深入的分析,提出矿床变化与保存的研究内容包括:①导致矿床发生变化的地质因素;②矿床受变化和改造的主要方面;③矿床受变化和改造的作用过程;④矿床受变化和改造的结果;⑤不同类型矿床的变化和改造;⑥不同时-空域中矿床的变化。并对矿床变化保存研究方法进行了初步的总结,认为可以通过以下方法开展矿床变化保存研究:①矿区地质填图;②构造解析法;③矿物学和蚀变岩石学研究;④地球化学方法;⑤地球物理方法;⑥地理学和气象学的方法;⑦矿床形成年代、改造年代和变化时段的测定;⑧模拟实验等方法。

王建平等(2008)通过分析认为,影响矿床变化与保存的众多因素中,区域隆升与剥蚀是最为关键的因素之一。裂变径迹法是研究区域隆升与剥蚀的一种有效手段,它能为我们提供剥蚀速率以及剥蚀量的定量数据。一些产于花岗质岩体内与岩体有成因联系的矿床,其成矿深度可以通过详细的流体包裹体研究来获得。通过成矿深度与岩体剥蚀深度对比分析,能使我们更好地了解矿床形成后变化保存条件。裂变径迹法与流体包裹体研究相结合是矿床形成后变化与保存研究一种切实可行的方法。柳振江等(2010)利用裂变径迹研究了胶东西北部金矿成矿后剥蚀情况,通过剥蚀量与成矿深度对比研究认为该区深部金矿有很大的潜力。

不同成矿环境、不同类型成矿系统其保存能力不同。Kesler 和 Wilkinson(2006)提出剥露作用对矿床保存的影响(图 2),一些浅表形成的矿床在时间上的分布基本呈一上扬的曲线,表明早期形成的矿床基本已消失,时间越新,发现的矿床越多;而那深成侵位的矿床在时间分布曲线达到一定峰值后呈快速下降趋势,说明深部定位矿床需要合适的剥露条件才能被我们发现,而刚刚形成的矿床则因埋深过大而难于发现。他们通过大量矿床统计分析发现,浅成低温热液矿床、斑岩型矿床和造山型金矿都符合上述分布特征。

矿床作为地球演化的阶段产物,可将它们视为一种“化石”或“探针”,为识别矿床所在地质环境的演化过程提供重要的信息和线索(翟裕生,1997)。如豆荚状铬铁矿、斑岩铜矿、VMS 具有重要的大地构造指示意义,而盐类矿床、粘土矿床等可为古气候古环境演变提供约束。陈衍景等(2008)认为成矿系统往往由多种地质作用综合作用形成,全面地记录

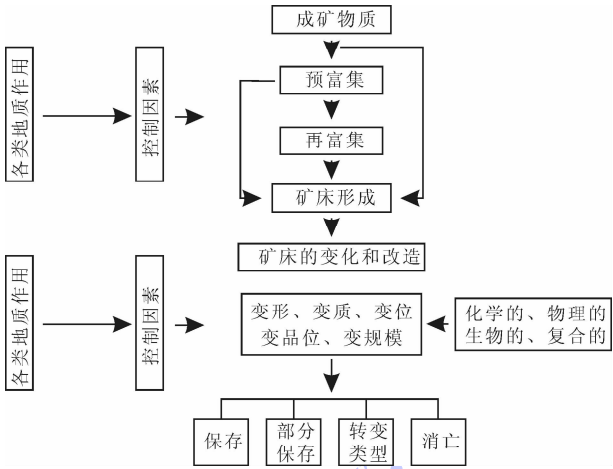


图 1 矿床形成-演变模型框架
Fig. 1 Schematic formation and evolution model of ore deposits

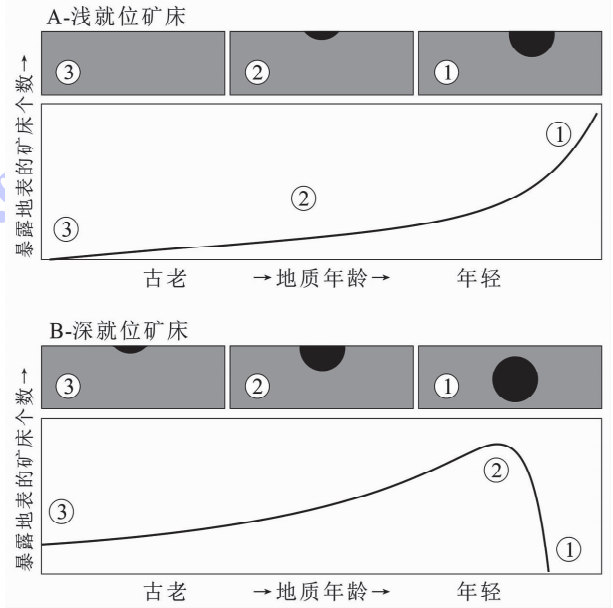


图 2 不同深度矿床时间分布(据 Kesler et al., 2006)
Fig. 2 Schematic relationships between emplacement depth and age-frequency distributions (after Kesler et al., 2006)

了地质作用的信息;另外由于矿床的研究程度高于其他类型的地质体,能够更准确地给出地球动力学演化的信息。从而提出成矿系统可以作为地球动力学的有效探针,可通过成矿系统深入研究为地球动力演化提供基础资料和科学依据。

3.2 区域成矿演化

区域成矿研究中历史分析方法主要表现在以下三个方面:一是区域成矿研究要以区域地质演化为基础;二是要研究区域中主要成矿事件及相应的成

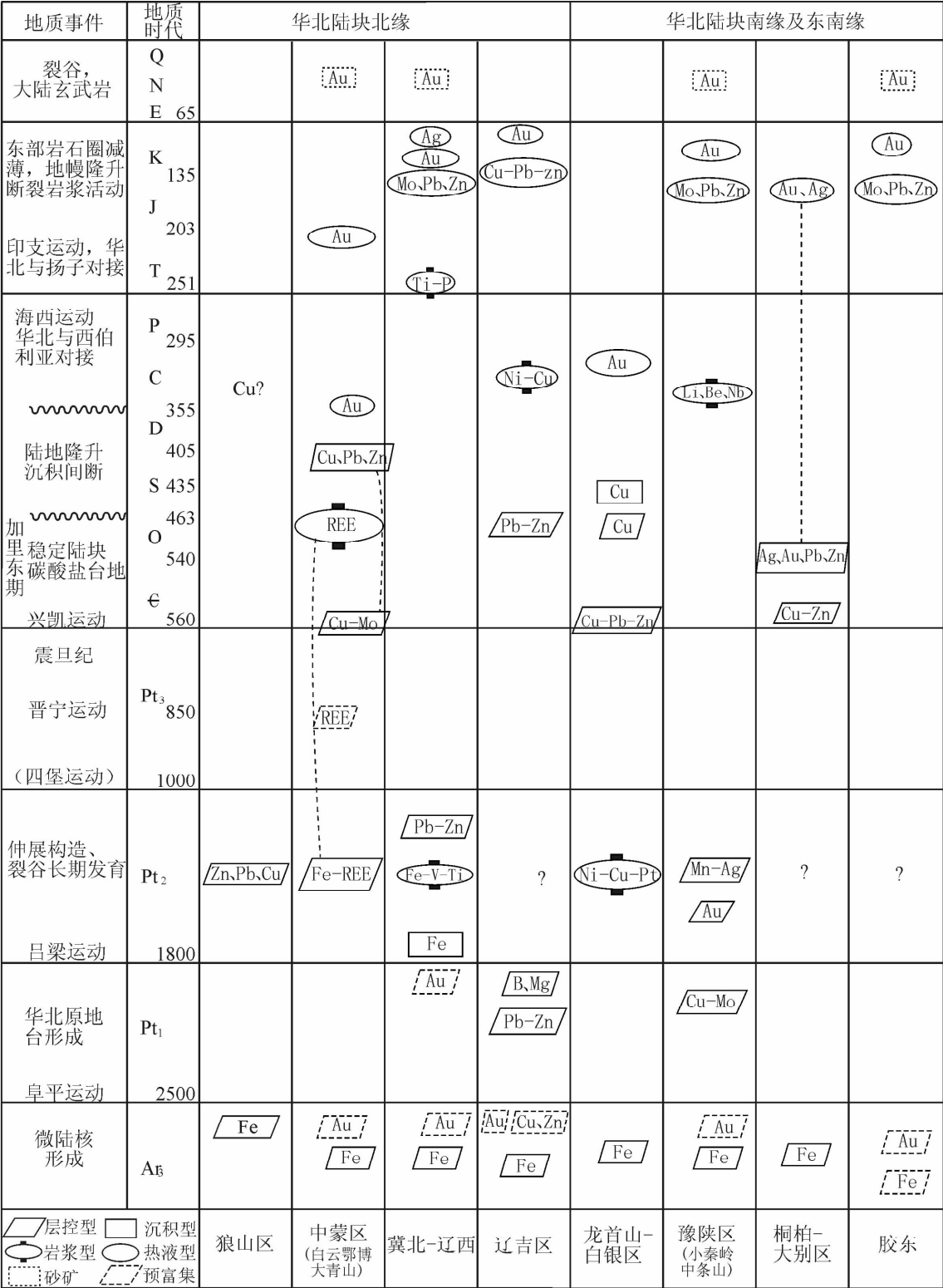


图 3 华北陆块边缘构造背景及主要成矿系统

Fig. 3 Tectonic setting and major metallogenic systems in continental margins of the North China Block

矿系统;三是应注意分析不同时期成矿系统之间的相互关系。下面以华北陆块为例说明区域成矿演化的历史分析方法。

华北陆块是中国最古老的克拉通,是在太古宙由分离的几个原始陆核拼接为一个整体而成。中元古代为大陆裂谷发育阶段。新元古代至早古生代长期

稳定,沉积了巨厚的盖层建造。加里东末期发育活动大陆边缘,以后整体抬升,中生代以来在其东部有显著的构造-岩浆-成矿作用。不同时代不同地质构造背景的主要成矿系统及相互关系如图 3 所示。

一个区域通常具有长期成矿作用历史,研究中可用成矿大地构造环境-成矿事件-成矿系统的思路进行历史分析,并注意不同成矿系统之间的相互关联。从时间演化的角度来考察成矿系统之间的关系大至可有三种情况:一是新生成矿系统、二是成矿系统之间的继承转化、三是成矿系统之间的叠加复合(翟裕生,2009)。

成矿系统的新生是指在不同地球历史演化阶段中特定成矿系统的形成。如太古宙和古元古宙时地壳较薄,岩浆成矿系统、BIF 型系统大量发育;中-新元古代时期大陆岩石圈初成,以形成 SEDEX、VHMS 型成矿系统为特征。显生宙以来,板块构造体制全面展开,成矿环境多样化明显,稀有元素、分散元素等经过多期地质作用反复浓集而形成多种成矿系统。

成矿系统的继承与转化指在一定条件下,一种早期的成矿系统可为另一种较晚生成的成矿系统提供物质来源。如金、钨、锡、金刚石等的原生矿床经风化剥蚀搬运可转变为沉积砂矿系统。原生超镁铁质岩型镍矿可转变为风化壳型镍、铝、铁矿床系统。古老砂页岩铜矿,当其所在的稳定地块经后期构造-岩浆强烈活化时,可经过重熔作用(花岗岩化等)而转变为斑岩型铜矿床系统(陈文明,1980)。

成矿系统的叠加复合指在一定的成矿区带中,晚期的成矿系统在空间上重叠在早期成矿系统之

上,或对早期成矿系统加以继承和改造。叠加复合成矿常造成复杂的矿床物质组成和结构,也是形成大矿、富矿的重要因素。成矿系统叠加一般发生在构造多旋回地区,常出现在古陆边缘构造带或陆内活化带。中国地处三大板块的结合部,壳-幔作用频繁,多旋回的构造、沉积、岩浆活动发育,具备发生多个成矿系统叠加的有利条件。

成矿作用时间上的演化在空间上表现为不同构造层中会赋存不同成矿系统。翟裕生等(2009)提出可用构造层含矿性分析方法,研究和推断深部矿床的位置。就我国中东部地区来说,一般可分为前寒武变质基底、古生代沉积盖层、中新生代火山-沉积盆地三个构造层,每个构造层各有自己的成矿系统及其时空结构特征,如图 4 所示。

3.3 全球成矿演化

3.3.1 全球成矿演化的趋势

大量资料表明,随着地球各层圈包括地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈、生物圈的形成和发展,地史上的成矿作用呈前进的、不可逆的发展过程,主要表现在四个方面。

(1) 成矿物质由少到多。从地球古老时期至显生宙时期,成矿物质(元素及其化合物、矿种)数量在逐步增加。由太古宙时的 Fe、Ni、Cr、Cu、Zn 等少数几种元素成矿,发展到中生代-新生代时有几十种元素成矿,包括一大批有色金属、稀有金属和放射性金属等。一些高度分散的元素如铈、锆等过去只认识到它们在一些金属矿床中作为伴生有益组分产出,但近年来也发现它们在中-新生代时也能高度富集形成独立矿床。实例有四川石棉县的燕山期大水沟

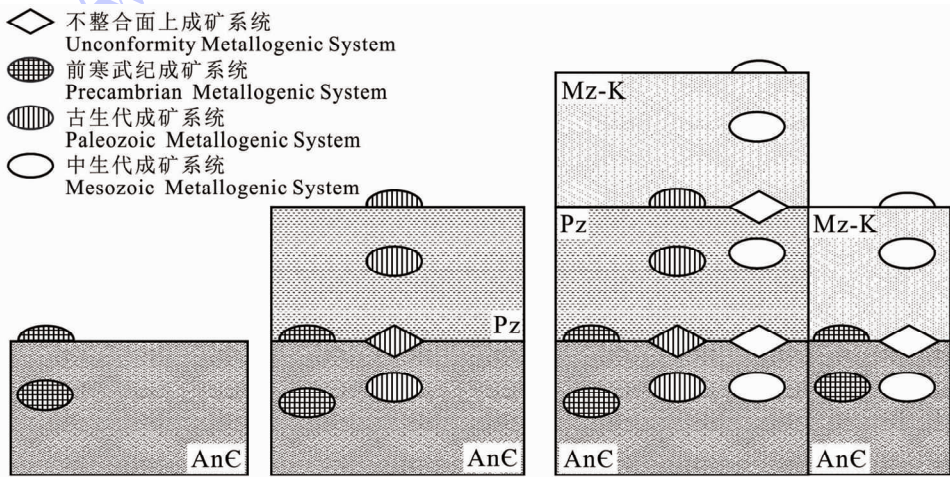


图 4 不同构造层内成矿系统示意图

Fig. 4 Metallogenic systems in different structural layers

碲矿、云南临沧第三系煤系中的锗矿和内蒙古锡林格勒盟胜利煤田的锗矿等。大量的有机物成矿,如碳、碳氢化合物等形成石油、煤,也主要是在晚古生代、中生代和新生代。

(2) 矿床类型由简到繁。矿床成因类型从古到今由简到繁,数量在增加。已知太古宙时只有绿岩型金矿、火山岩型铜-锌矿、阿尔果马型铁矿和科马提岩型镍矿等少数矿床类型,反映了当时成矿环境的单调和含矿介质种类的单一。这种情况随时间前进而发生重大变化,成矿环境类型增多,含矿介质如各类热液和地表水也是种类繁多,因而到中-新生代时,矿床成因类型已增到几十种。例如,生物成因矿床(包括金属、非金属和能源)在前寒武纪数量稀少,只在显生宙以来生物大量繁衍时期,才显著增多。多因复成矿床是经过两个地质时代的成矿叠加形成的,也只有在古生代以来才大量出现。

(3) 成矿频率由低到高。成矿频率自古至今由低到高。根据中国 631 个大中型金属矿床(包括 Fe、Mn、Cr、Ti、Cu、Al、Pb、Zn、Sn、W、Sb、Hg、Mo、Ni、Ag、Au 和 REE 共 17 个矿种)的成矿时代统计,它们在各地质时代的分配是:太古宙有 45 个,占 7.1%;元古宙 64 个,占 10.1%;古生代 151 个,占 24%;中生代-新生代 371 个,占 58.8%(图 5)。这明显表明成矿频率有随地史进化而迅速增长的趋势。成矿频率增大这一趋势与上述的矿种、成矿环境、成矿介质的增加有关联;同时,地球化学元素在地壳中经历多次循环,其浓集度提高也是一个重要的背景因素。

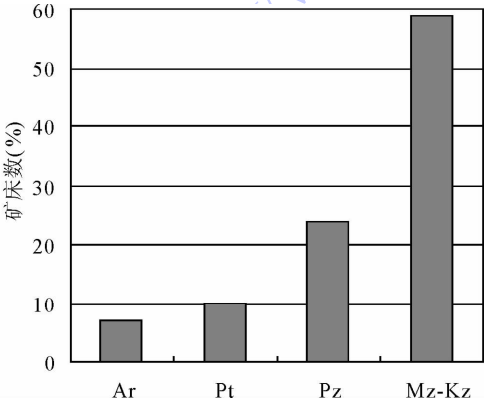


图 5 中国金属矿床成矿时代百分率
Fig. 5 Percentage of different metallogenic epochs in China

(4) 聚矿能力由弱到强。聚矿能力或矿化强度,也是随地史演化而增强的。成矿强度的一个辨

认标志是形成矿床的规模和品位。矿床规模越大,品位越富,表示成矿强度越大。因此,一个地质时代的成矿强度在一定程度上可以用所形成的大型和超大型矿床的数量来衡量。据中国地质科学院矿产资源研究所(2009)统计分析,在成矿作用强度方面,从太古宙到新生代是不断增强的,新生代达到成矿高峰(图 6)。各地质时代形成的大型超大型矿床数量从太古宙的每十亿年 9 个增加到中生代的每十亿年 589.2 个,新生代则高达每十亿年 2507.7 个。这形象地说明,随着地球演化和各层圈的发育,成矿系统日趋成熟,成矿强度显著增强,因而超大型矿床的数量有从老到新,呈近似等比级数增长的趋势。李人澍(1996)将各地质时期金的储量作了统计对比,则太古宙(不包括远太古)、古生代、中生代、新生代单位时间产金率或成矿强度之比为 1:1:3.8:6.9,说明金矿成矿强度随地质时代变新而增强的趋势是很明显的。

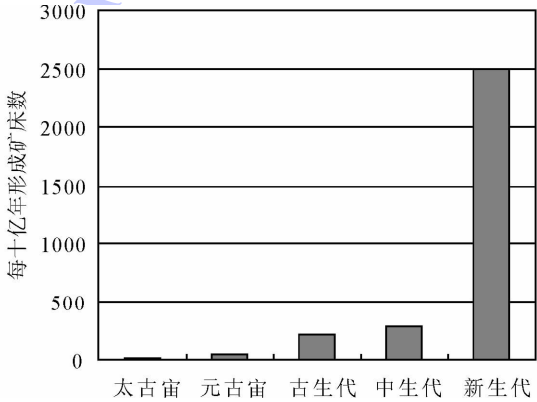


图 6 不同地质时代成矿强度
Fig. 6 Mineralization intensity of different geologic periods

3.3.2 地史上主要成矿期及成矿系统

成矿作用总的是由低级向高级发展。在演化过程中,由于受到地球上若干重大地质事件如古陆聚散、大气成分突变、生命活动爆发等制约和影响(这些重大事件可能受到天文事件的影响),成矿作用的地质环境和矿化特征等会出现突然变化,即由渐变到突变。这些突变使地球历史上总的成矿过程表现为阶段性或节律性。以这种地质成矿过程中的突变为依据,可以划出地史中几个大的成矿阶段。C. Meyer(1981)指出在地史上存在三个成矿转变期,并依据它们将地史上的成矿阶段划分为太古宙(3800~2500 Ma)、古元古代(2500~1800 Ma)、新古生代(1800~600 Ma)和显生宙(600 Ma 至今)。他还详细介绍了每个阶段中的矿床类型等基础资

料。Veizer(1976)依据地史上地壳、生物圈、沉积岩及矿石的成分变化趋势,提出了类似的划分方案。他与 Meyer 不同之处在于以 4×10^8 a 左右为界,以大陆扩展、生物活动从海洋大量迁上陆地为标志,将显生宙分为两个成矿阶段,即早古生代和晚古生代-中生代两个阶段。

Barley(1992)等依据矿产储量资料,联系到古大陆聚散等大地构造背景,研究了金属矿床的时间分布特征,提出在地史上存在三个大陆成矿高峰期,分别是距今 20×10^8 a $\sim 18 \times 10^8$ a, 10×10^8 a $\sim 8 \times 10^8$ a 和 4×10^8 a $\sim 3 \times 10^8$ a 时期,它们分别相当于古大陆会合末期到裂解初期这个转变期。

参照上述划分方案,考虑到中国以及东南亚等地印支期构造(早古生代)的重要性,依据成矿演化与地壳演化、大地构造演化的紧密联系,将地史上的成矿过程划分为 7 个阶段,即:①太古宙成矿期(>2500 Ma);②古元古代成矿期(2500~1800 Ma);③中元古代成矿期(1800~1000 Ma);④新元古代成矿期(1000~600 Ma);⑤早古生代成矿期(600~

400 Ma);⑥晚古生代及早中生代成矿期(400~200 Ma);⑦晚中生代-新生代成矿期(200 Ma~)(表 1)。在每两个成矿期间都有一段时期的转变期,时限或长或短。在①、②、③、④间的转变期为 ± 100 Ma;在④,⑤,⑥,⑦间的转变期限则为 $\pm 30 \sim 50$ Ma。从表 1 可见,太古宙与元古宙间的转变主要与地壳组成和结构的显著变化有关,而以后的几个转变主要与水圈、大气圈中化学组成(如 O_2 和 CO_2 量的变化)以及生物圈的变化有关。其中,⑥与⑦两个成矿期的突变则与联合古陆解体后现代板块构造体制的全面展开有关。至今,晚中生代(侏罗纪)以来的地质成矿作用仍在大陆和海洋的各种构造环境中持续地进行。

4 结论与讨论

矿床是占有一定时空位置的有价值的地质历史产物,它时刻以地质作用中的速率在运动和变化中。矿床的变化有物理的、化学的、生物的和复合的;有微观尺度,也有宏观尺度,有渐变,也有突变。以历

表 1 全球主要成矿期及相关成矿系统
Table 1 Major global mineralogenetic epochs and related metallogenic systems

序号	主要成矿期/Ma	大地构造背景和重要地质事件	主要矿种	主要矿床类型
1	太古宙成矿期 (>2500)	地球降温,陆核形成;原始地壳薄,成分偏基性,表层热流值高;镁质火山活动强烈,绿岩带发育	Fe、Cr、Ni、 Cu、Zn、Au	绿岩型金矿,阿尔果马型铁矿,火山岩型铜、 锌矿,科马提岩型镍(铜)矿,含 Au-U 砾岩 型矿
2	古元古代 成矿期 (2500~1800)	富钾花岗岩发育,硅铝质陆壳增生加厚,花 岗质及玄武质层圈形成;原始地台形成,大 陆架宽广,杂砂岩、砾岩层发育	Au、U、Fe、Cu、 Zn、Cr、Ni	含金-铀砾岩型,苏必利尔型铁矿,层状火成 杂岩型铬-铂-钼-钛矿,VMS 型铜-锌-铅矿
3	中元古代 成矿期 (1800~1000)	稳定地台形成,出现宽阔盆地及狭长地槽; 长期古陆风化剥蚀;大气和水圈中 O_2 剧增, 氧化-还原状态急剧变化,红层出现,1600~ 1400Ma 地球膨胀明显	REE、Pb、Fe、 Mn、Cu、U、 V、Ti	SEDEX 型铅锌(铜)矿,红层铜矿,赤铁矿矿 床,岩浆熔离型铜-镍矿,奥林匹克坝铜-铀- 金矿,白云鄂博稀土-铁矿,斜长岩型钼-钛- 铁矿
4	新元古代 成矿期 (1000~600)	超大陆形成(Pangea, 850Ma);生命活动显 著增长,沉积物中有机碳增加,全球性造山 及褶皱带,其后发育震旦纪盖层	Mn、P、U、Cu、Pb、 Zn、W、Sn、Fe	海相沉积锰、磷、铁矿,砂页岩型铜矿,碳酸 盐岩型铅-锌矿,火山岩型铜矿,与花岗岩有 关的钨、锡矿
5	早古生代 成矿期 〔600~400〕	显生宙开始,板块构造活动明显;高等生物 大量发育(生物大爆发);黑色岩系、硅质岩、 含磷岩系发育;台地型礁灰岩广布	Mn、P、Zn、Cu、 Mo、V、Pb、Zn、 石油、盐类	黑色页岩型铜-钼-铀矿,火山岩型铜铅锌矿, 生物成因磷矿,海相沉积铁、锰、磷矿,碳酸 盐岩中的铅-锌矿
6	晚古生代及 三叠纪成矿期 (400~200)	大陆扩张,生命活动大量由海登陆,陆上高 等生物剧增,陆相及海相交互沉积岩发 育;地球膨胀明显(290~230Ma),裂谷发育	Pb、Zn、Cu、U、 V、Al、Fe、Sn、 Ag、石油、煤、盐类	SEDEX 型铅-锌-银矿;陆缘浅海铁、铝矿,煤 田、油气田、盐类矿床
7	晚中生代- 新生代成矿期 (200~)	陆内造山带,盆山系统,线性构造带;地中 海、环太平洋挤压-俯冲带;大洋底中脊及转 换断层;花岗岩类有陆内碰撞型和陆缘俯冲 型;大陆风化壳,稳定海岸带	W、Sn、Mo、Cu、Pb、 Zn、REE、Nb、Ta、Hg、 Sb、As、Ge、Te、Al、 Ni、Cr、Mn、Ti、Zr、 盐类、石油、煤等	斑岩铜(钼、金)矿,浅成低温热液金矿,黑矿 型,花岗岩型钨-锡、钼矿,砂岩型铅-锌矿,塞 浦路斯型锡矿,蒸发盐湖,现代洋底热水型 硫化物矿床,红土型镍矿,滨海砂矿

史的、动态的、发展的观点去研究矿床的“来龙去脉”，是矿床学研究的重要内容，也体现了矿床学研究的完整性、系统性和实用性。

在矿床的形成、变化和保存现状的 3 个阶段中，其控制因素和作用方式都有差别。在研究总结多个矿床实例的基础上，可对每类矿床建立起 3 个模型（式）：矿床成因模型、矿床变化模型、矿床产出模型（保存现状）。矿床成因模型和产出模型都已建立多个，矿床变化模型还很少见，应加强这方面的探索研究，首先是对重要矿床类型的演变模型的建立。

成矿后变化的研究要兼顾“个体”与“群体”两个方面，既要研究单个矿床的变化、保存作用，也要研究矿集区内多个矿床（群体）也即矿床系列（组合）的变化、保存情况。单个矿床的形成变化保存研究能够丰富区域成矿演化资料，而区域成矿时空演化历史更具找矿指导意义，时间演化中可能缺失的“节点”和矿床空间分布的某些“空位”，将是找矿勘查工作的重点目标。

常印佛院士是我国著名的矿床地质学家和矿产勘查学家，值此常先生 80 华诞之际，谨以此文表示热忱祝贺，衷心祝愿他健康长寿、学术之树常青！

参 考 文 献

陈文明. 1980. 斑岩铜矿与杂色砂页岩型层状铜矿内在联系的初步探讨. 地质论评, 28 (6): 526~528.

陈衍景, 肖文交, 张进江. 2008. 成矿系统: 地球动力学的有效探针. 中国地质, 35 (6): 1059~1073.

李人澍. 1996. 成矿系统分析的理论与实践. 北京: 地质出版社, 1~262.

刘冠军. 1997. 全面理解恩格斯的自然界历史观——《自然辩证法》学习札记. 自然辩证法研究, 13 (9): 37~41.

刘连登. 1977. 漫话矿产的由来. 长春地质学院院报, 7(2): 90~99.

柳振江, 王建平, 郑德文, 刘家军, 刘俊, 付超. 2010. 胶东西北部金矿剥蚀程度及找矿潜力和方向——来自磷灰石裂变径迹热年代学的证据. 岩石学报, 26 (12): 3597~3611.

王建平, 翟裕生, 刘家军, 柳振江, 刘俊. 2008. 矿床变化与保存研究的裂变径迹新途径. 地球科学进展, 23 (4): 422~427.

翟裕生. 1997. 论矿床形成后的改变与保存. 地学研究, 29 - 30 号, 北京: 地质出版社, 268~273.

翟裕生. 2001. 矿床学的百年回顾与发展趋势. 地球科学进展, 16 (5): 124~130.

翟裕生. 2002. 论矿床学的社会功能与思维方法. 地学前缘, 9 (3): 6~12.

翟裕生, 王建平, 邓军, 彭润民. 2002. 成矿系统与矿化网络研究. 矿床地质, 21 (2): 12~18.

翟裕生, 王建平, 邓军, 彭润民, 刘家军. 2008. 成矿系统时空演化及其找矿意义. 现代地质, 22(2): 143~150.

翟裕生, 王建平, 彭润民, 刘家军. 2009. 叠加成矿系统与多成因矿床研究. 地学前缘, 16(6): 282~290.

中国地质科学院矿产资源研究所主编. 2009. 1 : 250000000 世界大型超大型矿床成矿图. 北京: 地质出版社, 1~53.

Barley M E, Groves D I. 1992. Supercontinent cycles and the distribution of metal deposits through time. *Geology*, 20: 291~294.

Chen W M. 1980. Preliminary discussion on the intrinsic relation between porphyry copper deposit and stratiform copper deposits in sands and shales. *Geological Review*, 28 (6): 526~528.

Groves D I, Condie K C, Goldfarb R J, Hronsky J M A, Vielreicher R M. 2005. Secular changes in global tectonic processes and their influence on the temporal distribution of gold-bearing mineral deposits. *Economic Geology*, 100 (2): 203~224.

Kaula W M. 1979. Thermal evolution of Earth and Moon growing by planetesimal impacts. *Journal of Geophysics Research*, 84: 999~1008.

Kesler S E, Wilkinson B H. 2006. The role of exhumation in the temporal distribution of ore deposits. *Economic Geology*, 101 (5): 919~922.

Meyer C. 1981. Ore-Forming processes in geologic history. *Economic Geology*, 75: 6~41.

Veizer J. 1976. Evolution of ores of sedimentary affiliation through geologic history: Trends in evolution of the crust, hydrosphere, atmosphere and biosphere. In: Wolf, K. H. (Ed.) *Handbook of Stratabound and Stratiform Ore Deposits*, Chinese version, Vol. 3. Beijing: Geological Publishing House, 1979, 1~33.

A Historical View of Mineral Deposit Research

ZHAI Yusheng^{1,2)}, WANG Jianping^{1,2)}

1) *State Key Laboratory of Geological Process and Mineral Resource, China University of Geosciences, Beijing, 100083;*

2) *Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobeing Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing, 100083*

Abstract

Mineral deposit is the product of the geologic evolution of Earth's history. Each ore deposit underwent its own formation process and post-ore change and preservation history. Thus genesis and post-ore change-preservation are two primary aspects of mineral deposit research. Employing the view of the historical evolution to ascertain the whole process of formation-change-preservation of ore deposit is not only conducive to enhancing the level of mineral deposit theory, but also to the demands for mineral exploration. The authors proposed three levels in mineral deposit research: ① single ore deposit formation-change-preservation, ② regional metallogenic evolution, and ③ global metallogenic evolution. Single ore deposit research and regional metallogenic evolution should receive equal attention. Restoring metallogenic history and investigating temporal-spatial metallogenic regularities of mineral deposits to give the guide to deposit exploration has been the main theme for mineral research; while the post-ore change and preservation, as another important aspect of the mineral deposit geology, should arise enough attention and strengthen the research on it.

Key words: mineral deposit geology; historical view; metallogenic system; superimposed mineralization; post-ore change and preservation