

中国成矿区带划分的历史与现状

朱裕生,肖克炎,马玉波,丁建华

(中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037)

摘要:成矿单元/成矿区(带)是指导矿产勘查的资料和理论依据,其重要性及实用价值早有共识。国外自20世纪初开始探索研究,至今已有100多年的历史,经历了成矿单元/成矿区(带)概念的形成、发展成熟和多元信息应用3个阶段。我国成矿单元/成矿区(带)的探索研究工作与国外同步进行,获得的成果为我国和全球成矿区(带)级别、区带定位、各级区带内涵的标识和矿产勘查结合等方面作出了杰出贡献。国内外资源“瓶颈”新形势的逼迫,推动了我国成矿单元/成矿区(带)的全面研究,获得的成果概括为:“界面成矿”的区域成矿学新理论,多元成矿信息识别和提取的技术方法,细化成矿单元/成矿区(带)级别划分(I—IX级)并赋予各级成矿单元/成矿区(带)地质理论解释内涵等。经多年勘查实践,又提出了细化I、II、III级成矿区(带)内区域成矿规律的研究(平面和立体);对V、VI、VII级成矿区(带)(有些地区包括VI级)的边界要准确划定,实施四维空间成矿信息的搜索、识别和提取,为整装勘探和深部勘探提供资料和科学依据;VIII、IX级成矿单元作精细评价,必须为矿床的工业评价和采、选、冶提供有价值的科学依据,达到经济、综合开发和利用矿产资源的目。

关键词:成矿单元;成矿区(带);矿产勘查;区域成矿规律;成矿区(带)级别;多元成矿信息

中图分类号:P628.1

文献标识码:A

文章编号:1674-3636(2013)03-0349-09

0 引言

成矿区(带)是具有地质构造演化史、经历过成矿作用(1次或多次)、造就成矿物质大量(或巨量)堆积,区内矿产资源丰富、存在潜力、具备找矿远景的成矿地质单元。该成矿地质单元在平面上是已知矿床集中、垂向上具有成矿作用和成矿物质分带性、呈现特定的物化场及遥感影像的四维地质空间。在成矿区(带)内显示主导的成矿地质环境、地质演化历史及与之相应的成矿作用(区域的和专属的),各类矿床组合往往有规律地集中分布,可观察到特定的控矿因素和有效找矿标志的地质空间。成矿区(带)的重要属性成为成矿规律研究的核心内容、矿产预测的理论基础、矿产勘查布置勘探工程的地质依据,又是当前设置整装勘查区和获取地质找矿突破的地质前提。

在矿产勘查工作中,只要掌握成矿区(带)内主导的成矿地质环境、成矿地质作用的演化过程及成矿信息的浓集标志,就有可能准确地圈定矿产预测远景区和找矿靶区,有效地确定矿产勘查的四维地质空间,科学地布置勘查工程,实现地质找矿的突破。划分成矿区(带)的目的是在研究成矿规律的基础上,圈定各级成矿区(带),缩小矿产勘查靶区,突出矿产勘查的重点矿种和找矿突破的矿床类型,明确地勘费用的投向,获取最好的勘查效益。所以,成矿区(带)从提出的那一天起,其意义和重要性就被广大地质学家所认识,从20世纪初至今的100多年的研究历程中,研究工作从未间断过,在实践中不断深化,在理论上和实际应用中不断提高。但是,由于成矿区(带)的划分有很大难度,涉及地、矿、物、化、遥等技术方法的基础理论和诸多有效方法的应用,目前尚存在诸多问题亟待解决。笔者以成矿区(带)研究的历史为背景,阐述成矿区(带)研究的进

收稿日期:2013-07-15;编辑:詹庚申

基金项目:中国地质调查局项目“全国重要矿产总量预测”(1212011121040)、中国地质调查项目(12120113091500)资助

作者简介:朱裕生(1937—),男,研究员,主要从事矿产勘查、数学地质、区域矿产、矿产预测和矿产资源潜力评价等方面的实践和理论研究,E-mail:kanyanxiao@sohu.com

程和存在的问题,提出今后研究的任务。

1 成矿区(带)研究和划分的历史

成矿区(带)自提出至今,已进行了100多年不间断的研究,并在实践中不断深化和发展提高,时至今日,在理论上和勘查实践应用中都到达了新的高度。目前,无论是成矿区(带)的研究,还是成矿区(带)的划分技术和方法,都被公认为是研究成矿规律的基本途径及部署矿产勘查工作的科学依据。由于成矿区(带)具有理论和实用上的双重属性,因此成矿区(带)的研究已经成为全球的热点,除形成了多方面的共识外,尚有众多的问题有待讨论,例如对成矿区(带)的讨论、理解和边界线的标定各持己见,已成为流行的论题。只要对成矿区(带)研究的历史进行回顾分析,便能较透彻地理解成矿区(带)研究的现状和难点。

1.1 成矿区(带)概念的提出

1905年,法国地质学家Launay提出:“成矿区(带)是研究金属(和某些其他物质)的自然富集作用,……是成因的研究”。该概念提出后,将成矿区(带)归结为成矿规律研究的关键内容。这一认识立刻受到了关注,矿床学家从多方面开展了专题探索研究。所以成矿区(带)的内涵从提出的那一天起就属于区域的、成因的研究范畴。

1913年,Launay把成矿区(带)概念的雏型扩展为把一些特别富含某些金属的地区看作“成矿省”,每个“成矿省”产出特定的、受地质构造控制的各类矿床,根据构造特征在一定程度上预测矿产。该新概念确立了成矿区(带)在矿产勘查工作中的地位,导致成矿区(带)的研究从区域矿产成因研究的范畴中脱颖而出,将区域大地构造特征、矿床类型和预测评价有机地联接起来,组成了区域矿产和预测的研究体系,开拓了成矿区(带)研究与矿产勘查相结合的新领域。

我国始终站在成矿区(带)研究领域的最高点,翁文灏(1920)指出:矿床呈带状分布(南岭地区),划分出锡、锌—铅—铜、锑和汞4个矿带,提出了依据矿种命名“成矿带”的新观念。

原苏联学者在成矿区(带)的研究中获得重大进展。1934年,Смирнов发表了《外贝加尔东部地区多金属矿床的成矿规律》,将该区划分为多金属、

钨—锡、铜—金3个矿带。1945年,正式提出太平洋成矿带由外带(钨锡铁)和内带(铜银)组成的边界线标定的新概念,从此提出了全球成矿带(成矿域)划分的主要任务。

1950年,Lindgren对“成矿省”研究作出了特殊贡献,他提出“成矿省”是对区域内整个成矿过程、还应包括相关矿物成分、典型矿床形态、矿床类型和成矿年代等综合特征圈出的地域空间。同年,Bateman提出成矿区(带)是在较短地史时期内形成的1种或多种金属矿床类型集中分布的地区。他们共同认为矿床类型及其空间分布是圈定成矿区(带)的事实依据,从而理顺了成矿区(带)与矿床空间分布之间的关系。从此,成矿区(带)及其划分的概念为大家所认同,并在全世界范围内成为区域成矿规律研究的主流。但在划分成矿区(带)的实践中,碰到的实际困难是:(1)“成矿省”没有给出明确的边界或设置圈定成矿区(带)的准则,而“成矿省”面积的大小始终使研究者捉模不定、难以将“地质体”从空间上定位,有时成为地质人员随意“虚设”假想对象。(2)当时,国家级或世界级的矿产图还未编制出版,研究者仅依据自己占有的部分矿床实例作为论述的依据,难以按矿床空间分布的实际情况进行划分成矿区(带)的具体操作。(3)当时尚无“成矿省”研究的典型实例,造成研究方法、手段、内容和表达方式的多元化和凌乱无序。

以上事实说明,在20世纪初中叶是成矿区(带)研究概念的形成阶段及划分的探索时期。

1.2 矿区(带)研究的成熟阶段

20世纪中叶—90年代是成矿区(带)研究迅速发展和取得勘查效益的发展阶段。典型事例和具体标志:(1)20世纪50年代初,包曼和梯申多尔夫提出“成矿带是关于自然矿物学科在空间和时间上发生、形成和分布等诸规律的科学”。(2)1955年,Билибин发表了《成矿区及成矿时代》,提出地槽发展的5阶段模式,每阶段都可划分出构造—岩相—成矿带,开拓了研究成矿区(带)的新阶段。此后,相继在加拿大的阿巴拉契亚山脉(Cartney, 1964)、特提斯褶皱山脉、安第斯山脉(Aubouin, 1977)、美洲西部的科迪勒拉山脉(Lathram et al, 1974)、太平洋成矿带(伊齐克松, 1985)等地区的系统研究获得了全球成矿区(带)和区域成矿区(带)研究的新成果,提出成矿区(带)的等级序次概念(表1)。(3)编

制典型地区的成矿规律图,应用该类图件的表达方式阐明各级成矿区(带)的内涵和序次之间的关系。如原苏联在 1976 年公布 Смирнов 编制的《全苏成矿规律图》,将原苏联境内划分为 5 个成矿期、16 个成矿省,成为成矿区(带)研究的典型案例。后又出版了《欧洲成矿规律图》(1:2 500 万)、《苏联成矿区划略图》(1:1 500 万)等。1:400 万《中国内生金属成矿图》(郭文魁,1987)较为系统地探讨了成矿区(带)的级次和划分的原则,使成矿区(带)研究进入成熟阶段,基本点如下。

(1)成矿单元的级别和次序定型化。据毕利宾(1955)、沙塔洛夫(1968)和鲁蒂埃(1990)对成矿区(带)的划分原则、规模、形态和等级提出的具体划分建议(表 1),确定了大成矿带、成矿省、成矿矿区、矿田、矿床、矿体划分的等级体制。

表 1 成矿单元分类(按规模与形状)

规模		形状		备注
面积/km ²	级别	线状的	等距的	
$n \times 10^6$	行星的	大带	省	区域成矿单位
$n \times 10^5$	次行星的			
$n \times 10^4$	区域的Ⅰ	带	亚省	
$n \times 10^3$	区域的Ⅱ	亚带		
$n \times 10^2$	局部的Ⅰ	矿	区	局部成矿单位 出现矿化作用
$n \times 10^1$	局部的Ⅱ	矿	田	
$n \times 10^0$	局部的Ⅲ	矿	床	
$n \times 10^{-1}$	局部的Ⅳ	矿	体	
$\sim n \times 10^{-2}$				

注:据湖北省地质局科技情报室,1983

(2)赋予各级成矿区(带)科学的定义。据表 1 对成矿单元分级的认识,对各级成矿单元的定义作了下列具体规定。①大成矿带。鲁蒂埃(1990)称为“超成矿省”,该含矿单元与全球性的构造单元相对应(例如太平洋成矿带、特提斯成矿带等)。这类成矿单元可能经历了几个大地构造-岩浆旋回,并且每一旋回都出现特定的矿化类型。②成矿省。成矿省是与大地构造单位(造山地槽或副地槽)相对应的含矿单元,是在 1 个构造旋回或几个大地构造旋回的时期形成的(例如中欧华力西成矿省、喀巴阡山、阿尔卑斯成矿省),每一个成矿省发育有特定的矿化类型。③成矿带。成矿带是在大成矿带或成矿省范围内进一步划分的成矿单元,与一定的

地槽或地台构造相关,例如萨克森-提林根成矿带。成矿带与毕利宾的“构造-成矿带”的含义一致。在其范围内发育着与构造旋回密切相关而特有的一些地质建造和矿床类型。

成矿省和成矿带还可再划分出亚省和亚带(例如富矿山成矿亚带)。更小的成矿单元依次有:矿区(例如富矿山矿区)、矿田、矿床或矿点。

(3)应用新理论。20 世纪后期成矿地质新理论的提出,为成矿区(带)的划分不断充实了理论依据,特别是 20 世纪 80 年代初,米契尔(1985)提出成矿作用的构造背景新概念,即成矿构造环境说。它应用板块构造理论,将成矿构造环境划分为 41 类,每类环境赋存有 1 种或 1 种以上的矿种和多种成因类型的矿床;论述了矿床成因类型与成矿构造环境之间的关系,成为当代成矿区(带)划分的地质理论依据。但成矿构造环境分类时,既未考虑规模、形态和分级等实际问题,又未阐明成矿构造环境与成矿区(带)级序之间的联系,在成矿区(带)研究和划分的实践中带来诸多不便。

(4)不同观点促进了成矿区(带)研究工作的深入和找矿实践中应用效益的积累。自 20 世纪 50 年代开始,研究成矿区(带)的气氛甚为浓厚,发表的专题论文与日俱增,出现了不同学派、不同观点的相互争论。鲁蒂埃(1990)概括为 3 派:①毕利宾和 Cartney 为代表的年代-构造-岩相学派,从地槽成矿理论出发,将构造-成矿带的统一理论划分为不同级次的成矿区(带)。②以 Sander 和 Hupe 为代表的线性构造(或断裂构造)学派,认为不同规模的成矿作用发生在断裂交汇处,按断裂控矿理论定准成矿富集区的空间位置,在断裂控矿构造背景上圈出成矿区(带)。③以 Sittlooe 和 Guled 为代表的全球构造学派,运用板块构造理论和板块俯冲消亡的控制作用解释成矿作用的发生、发展、赋存空间、元素的富集机理和矿床的形成,应用“大陆活动边缘”矿产富集的基本原理,圈出与成矿构造环境较为融合的成矿区(带)。

3 派的争论持续到 20 世纪末,这场争论产生了全球成矿域的划分及对成矿区(带)进行细化研究等重大问题,争论的任何一方都力求与区域矿产预测评价、矿产勘查相结合。以后的找矿实践证明,准确圈定成矿区(带)对提高矿产勘查的实际效益是明显的。

1.3 地矿物、化、遥多元地学信息在成矿区(带)研究应用中达到了定位圈定的目的

20世纪80年代前,成矿区(带)的划分是按大地构造理论、区域成矿学和矿床学等基础地质学科理论为依据进行的(孙圭荣,1984)。20世纪80年代后,随着地球物理学、深部地质构造学、区域地球化学和遥感地质学的发展,在地质科学领域成矿区(带)的研究和划分同样引进了上述新学科、新理论——多元地学信息,它为成矿区(带)的研究和划分提供了越来越丰富的实际资料和信息,特别是前苏联成矿学家 Волфсон 对成矿区(带)的地质、地球物理场特征及各级区(带)地球物理场显示的信息图像进行了系统研究,用图示方法直观地表达剖析了成矿省、成矿亚省、成矿区、矿田、矿体各序次的多元信息特征的差异和区分原则,结合地质剖面(或断面)推断了各级成矿区(带)深部的地质特征(朱裕生等,1997a,1997b); Noble(1970,1974)提出地球化学省的概念,认为地球原始物质的不均一性导致成矿区(带)成矿元素的专属性、不同地质构造环境下某些成矿元素的富集和分散等事实,使成矿区(带)的研究由平面走向立体,从此开拓了成矿区(带)四维空间研究的新领域。

综上所述,20世纪中叶—90年代前是成矿区(带)研究的成熟阶段和勘查实践结合的新时期。成矿区(带)研究的理论化和立论化,最终诞生了新的地质学科——区域成矿学。

1.4 我国成矿区(带)研究概况

20世纪初,我国几乎与国外同步进行了成矿区(带)的研究。翁文灏(1920)提出矿床呈带状分布,将南岭地区划分出锡、锌—铅—铜、锑、汞4个成矿带。这个新概念,仅在法国地质学家 Launay 1905年提出“成矿区(带)是研究金属的自然富集作用”的初始概念之后。谢家荣于1935年、1936年先后发表了《扬子江下游铁矿志》、《中国之矿产时代及矿产区域》,内容都是划分成矿区(带),用成矿区(带)的概念解释了矿产区域分布的特征。在20世纪50年代前,我国已建立了成矿区(带)的基本概念,对重点地区,在探索的基础上总结了成矿规律。由此可见,我国在成矿区(带)概念形成阶段已站在世界研究工作的前沿,并与成矿规律研究融合一体,获得的研究成果应用于地质找矿。

20世纪50年代以后,我国成矿区(带)的研究

工作逐步得到加强。20世纪60年代初,郭文魁等编制了1:300万金属矿床成矿规律图,并开展了南岭地区湖南省郴县幅1:20万区域成矿规律的示范研究;张炳喜等进行了南岭地区区域矿产研究。20世纪70年代,陈毓川等对宁芜火山岩地区矿床的系统研究,首次建立了区域矿床成矿模式——宁芜玢岩铁矿成矿模式(宁芜研究项目编写组,1978)。1979—1985年,原地质矿产部在全国开展了第一轮成矿远景区划(简称“一轮区划”)工作,尤其是1980年,原地质矿产部向全国发布了《成矿远景区划基本要求》的通知,它相当于划分成矿区(带)的方法指南,文中统一要求划分Ⅰ级(成矿域)、Ⅱ级(成矿带)、Ⅲ级(成矿亚带)、Ⅳ级(矿田分布区)、Ⅴ级(矿田)的5级成矿区(带),从此开拓了在跨越几个全球性成矿单元的一个大国范围内划定不同级别成矿区(带)的研究,展示了研究的矿区(带)整体概念,当时除原苏联外,别无他国。这是首次在全国范围内统一规划、统一标准开展的、以成矿带为目标区的成矿远景工作。至1985年,按5级区带的划分要求,完成了全国成矿区(带)的划分图,优选出24个重点找矿区带(重点片),在国家“七五”、“八五”矿产普查宏观布局中,特别是开展新一轮普查工作中起到了导向作用。但是,在“一轮区划”工作完成后,未能及时汇总形成全国性的、可供决策使用的完整资料,因而未能最大限度地发挥“一轮区划”资料和成果的作用。

在1975—1985年间,全国30个跨省成矿区划项目的实施获得的成果为国内先后组织开展重要成矿区(带)的系统研究与矿产勘查部署提供了科学依据,如南岭、秦岭、三江、华北地台北缘以及大兴安岭、长江中下游、得尔布干等成矿区(带),后来的勘查实践证实,准确划分成矿区(带),为矿产勘查提供的科学依据是实用的。

对全国性成矿区(带)的划分和编图首推1:400万中国内生金属成矿图(郭文魁,1987),将全国划分出66个成矿区(带);其次是陈毓川等1998年的中国矿床成矿系列图,将全国划分为5大成矿域、19个成矿区(带)。1992—1994年,原地质矿产部在全国开展了第二轮成矿远景区划(简称“二轮区划”)工作。除上海、天津、重庆3市及港、澳、台外,全国其他28个省(自治区、直辖市)地质矿产局(厅)根据本省矿产资源状况,选择重点矿种,按第二轮成矿

远景区划工作要求,在GIS平台上,对全国Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级成矿区(带)作了统一划分,共划定5个成矿域:古亚洲、秦祁昆、特提斯、滨西大洋和前寒武纪,18个Ⅱ级区(带),73个Ⅲ级区(带),是我国首次形成的覆盖全国的整体划分成果。2000—2003年,在陈毓川负责的“中国成矿体系”研究中,将成矿区(带)正式命名为成矿域(Ⅰ级)、成矿省(Ⅱ级)、成矿区(带)(Ⅲ级)、成矿亚带(Ⅳ级)和矿田(Ⅴ级)的5级划分法,并依多元信息作依据,在全国划分出5个成矿域、16个成矿省、81个成矿区(带),该成果成为中国大陆成矿体系的重要内容之一。

袁君孚等(1980,1981)、陈毓川等(1999a)、朱裕生(2007)提出的中国成矿区(带)的划分方案,始终遵循了以下划分成矿区(带)的原则:(1)区域矿产空间分布的集中性和区域成矿作用的统一性。(2)逐级圈定的原则。(3)成矿区(带)与矿床成矿系列的对应关系。(4)地球化学场、地球物理场和遥感图像多元信息对成矿区(带)划分起到定位作用。现在形成的覆盖全国性的成矿域(Ⅰ级)、成矿省(Ⅱ级)、成矿区(带)(Ⅲ级)划分方案是部署矿产勘查的科学依据。

2007—2012年间,徐志刚等(2008)对成矿区(带)的研究成果强调了矿床产出时的时空分布、成矿构造环境及受控的地球动力学,并按照成矿区(带)的级别逐级划分,将中国成矿区(带)划分为4个成矿域,认为“前寒武纪(地块)成矿域”的“地域”难以圈出,因此撤消了“前寒武纪(地块)成矿域”这一重要单元。

自成矿区(带)划分进入多元信息阶段后,成矿区(带)的划分由平面转向立体的四维空间的研究,与矿产立体预测、矿产勘查的宏观部署和深部勘探有机结合,获得了较好的勘查效果和社会效益。但成矿区(带)划分还有不少课题有待讨论,主要有:(1)成矿单元/成矿区(带)的划分与大地构造单元的划分密切相关,但不完全等同。一般情况下,成矿域(Ⅰ级)、成矿省(Ⅱ级)、成矿区(带)(Ⅲ级)3个级别的成矿单元与大地构造单元的关系较密切;成矿亚带(Ⅳ级)、矿田(Ⅴ级)和矿田以下的各级成矿单元与大地构造单元之间的相同点少,原则上应按成矿专属性为单元标定成矿单元的边界。由此可见,大地构造单元在划分低级序次成矿单元时的指导意义不大。(2)成矿区(带)的划分与当前的整装

勘查、深部勘探结合的前提下大地构造单元对四维立体空间的探索研究显得软弱无力,当今已为多元信息替代,应从四维立体空间提取和识别成矿信息为整装勘查、深部勘探提供科学依据,但成矿信息提取和识别方法尚不成熟。(3)Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级成矿区(带)的划分成果基本满足矿产勘查的宏观布局。对整装勘探、深部勘探而言,成矿区(带)的划分需要细化,Ⅴ级以下的成矿区(带)有必要做进一步划分,至少达矿床级。(4)不同学派、不同观点对成矿区(带)划分的理论依据不同,最终的成果差异极大,难以获取统一的成果,研究实践和勘探验证是解决上述问题的重要途径。

2 成矿区(带)划分的新任务

目前,成矿区(带)划分的理论依据和矿产勘查应用实践都达到了新的高度,划分技术和方法正在不断更新。为达到划分成矿区(带)的准确性、级别和序次的合理性、矿产勘查的实用性的目标,促进地质找矿的突破,成矿区(带)划分中的理论和技术方法亟待研究解决,对主要任务略加述说。

2.1 拓宽成矿区(带)的划分范围

成矿规律学的研究主题——成矿单元划分和级别的标定,过去采用的是“五分法”,即:成矿域(Ⅰ级)、成矿省(Ⅱ级)、成矿区(带)(Ⅲ级)、成矿亚带(亚区)(Ⅳ级)和矿田(Ⅴ级)。在当今的深部和整装勘探中,大比例尺、大深度、综合技术方法、多元信息的全面采用和四维立体全空间搜索的勘查实践中,“五分法”的实用性受到质疑。因此有学者认为成矿单元由大到小的“五分法”划分和级别的标定需要拓宽范围,至少应达到矿床级,甚至更小。按成矿作用,成矿单元由大到小划分至9级(鲁蒂埃,1990;朱裕生等,2010),即成矿域(Ⅰ级)、成矿省(Ⅱ级)、成矿区(带)(Ⅲ级)、成矿亚带(亚区)(Ⅳ级)、矿田(Ⅴ级)、成矿地质体(Ⅵ级)、矿床(体)(Ⅶ级)、矿物组合(又称矿石类型)(Ⅷ级)、矿物(Ⅸ级)。

Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级成矿区(带)/成矿单元的划分与大地构造单元的划分密切相关,边界可以参照原成矿区(带)/成矿单元的边界定位;Ⅳ级、Ⅴ级和Ⅴ级以下各级成矿单元原则上应按成矿专属性波及范围标定成矿区(带)的边界。

2.2 赋予各级成矿区(带)科学内涵

鲁蒂埃(1990)赋予成矿区(带)的概念发展到区域成矿学的形成、成熟,其概念已与当前的四维立体全空间搜索的勘查实践不相适应。经多年的探索研究,对Ⅰ—Ⅴ级成矿单元赋予了新的内涵(陈毓川,1999b;朱裕生,2007),由成矿区(带)概念的划分升华为科学划分。

2.2.1 成矿域(Ⅰ级成矿带) 毕利宾(1955)称“地壳活动带”,鲁蒂埃(1990)称为“超成矿省”。按现代区域成矿学理论、地球物理场、地球化学场特征,与全球性的巨型构造相对应,在地壳历史演化过程中,经历过与区域成矿作用相对应的几个大地构造—岩浆旋回,一个与构造—岩浆相对应的区域成矿旋回的特定矿床类型组合与另几个与区域成矿旋回特定矿床类型组合叠加在同一空间和经过多次壳幔物质交换形成的成矿单元,具有构造—岩浆和区域成矿演化的多旋回性,如位于我国东部的太平洋成矿带的形成经历过早新地期之始大洋的发生直到中生代(出现5个成矿期)和晚新地期(中生代至今,出现3次内生矿化富集期)2期成矿演化过程,以地幔物质占主导地位。其他像古亚洲成矿域、特提斯—喜马拉雅成矿域具有相似的特点。

2.2.2 成矿省(Ⅱ级成矿带) 鲁蒂埃(1980)定义为“与大地构造单位(造山地槽或副地槽)相对应的含矿单元受大地构造旋回控制,与大地构造的一级单元或跨越不同大地构造单元的地区,发育有特定的矿化类型”;毕利宾(1955)称“构造—岩相带”。按区域成矿学的理论,成矿省内应出现过1个或几个与区域成矿作用相对应的大地构造—岩浆旋回,其内部出现几个与构造—岩浆旋回有成因联系的矿化类型组合并叠加一体的成矿单元,在地质历史演化过程中,成矿物质的富集受地壳物质不均匀性的控制,即地壳物质占主导地位,矿床富集在大地构造单元的特定部位,或与特定的地质体有成因联系。我国华南成矿省内与花岗岩类有关的有色、稀有、稀土矿床是成矿省内区域成矿作用特征的典型案例,其他如内蒙古—大兴安岭成矿省、华北陆块成矿省、天山—北山成矿省、祁连成矿省等。

2.2.3 成矿区(带)(Ⅲ级成矿带) 毕利宾(1955)指定它是“构造—成矿带”的含义相一致的成矿单元。鲁蒂埃(1990)认为:“它与一定的地槽或地台构造相关”。按矿产集中分布的特征,成矿区(带)

(Ⅲ级成矿带)是在成矿省范围内划分的次一级成矿单元,在统一的成矿地质环境的控制下,发育着一个构造—岩浆成矿旋回为主,其他的区域成矿旋回为辅的特定矿床类型组合的成矿单元,产出的空间位置在成矿时代、成因类型上具有明显的成矿专属性和区域成矿作用多期次特征,如长江中下游中生代铁铜金铅锌硫成矿带与燕山中、晚期的岩浆喷发、侵入作用有关的玢岩型铁矿、矽卡岩型铁铜矿床为主的成矿带。其他如额尔古纳中生代铜钼铅锌银金成矿带,华北陆块北缘中段太古代、元古代、中生代金银铅锌铁硫铁矿成矿带,北祁连元古代金铜铁铬钨铅锌成矿带,扬子地台西缘元古代、晚古生代、中生代铁钛钒铜铅锌铂银金稀土成矿带,三江北段中生代、新生代铜钼银金铅锌成矿带等。

2.2.4 成矿亚带(Ⅳ级成矿带) 受同一构造—岩浆旋回控制的、矿床成因上有联系的1类或几类矿床组合一体的成矿富集区,一般称“矿田分布区”,如长江中下游的鄂东南中生代中酸性岩浆侵入的接触交代型、斑岩型矿床分布区,宁芜中生代火山岩盆地内与钠质和钾质玄武安山质或粗安质岩浆侵入—喷发旋回有关的玢岩铁矿分布区。

2.2.5 矿田(Ⅴ级成矿带) 受有利成矿地质因素中同类成矿因素控制,在相似地质环境支配下,赋存有某几个矿种、某类或某几类、成因相似或空间上密切联系、分布集中的1组矿床分布区,一般称“矿田”,如湖南柿竹园矿田、辽宁青城子矿田、安徽铜陵铜官山矿田等。

2.2.6 成矿地质体(Ⅵ级) Ⅵ级成矿单元——“成矿地质体”,乃是指赋存有矿床(体)的地质单元(简称“成矿地质体”),它标定矿床(体)四周空间的成矿地质环境与矿床(体)自身的特征。现代成矿学应用“成矿模式”描述了上述2部分的内容,其中矿床(体)自身的特征描述精细,矿床(体)四周空间成矿地质环境的内容是概略性的。作为Ⅵ级成矿单元的“成矿地质体”,对矿床(体)四维空间的整体性和矿床(体)自身的特征都要科学地描述。“成矿地质体”产出不同的地质构造单元、反映不同的成矿地质背景,在不同深度的地壳内都可能出现,不同类型的“成矿地质体”自身各具特定的成矿作用,赋存的矿床类型各不相同。总的来说,“成矿地质体”指示不同深度、不同矿种、不同类型矿床的四维空间的地质位置和各类矿床的成矿地质特征。

2.2.7 “矿床(体)”(Ⅶ级) Ⅶ级成矿单元——“矿床(体)”。它存在于成矿地质体(Ⅵ级)内部的各类地质界面上,该界面称“成矿界面”。这是特定的地质位置,是刻画成矿物质储存、富集、形成矿床、发生成矿作用的地质空间。前人对“成矿界面”有所论述:“岩性差异界面”容矿说(常印佛等,1991);“地质体的不连续介面或不同地质体的分界面,像断层,节理、不整合面、侵入接触面、不同岩层交接面等,往往指示了矿化可能存在的部位和规模”(赵鹏大,1991);“成矿界面是成矿流体停积而发生矿质沉淀、富集成矿之所在,……,成矿界面包括地质构造介面,岩石物理界面、元素聚散物理化学界面”(吴淦国等,1999);矿床赋存在2种或2种以上突变地质作用的结合面,是由一种地质相带转化为另一地质相带的交界面,统称为矿床形成的“成矿界面”(朱裕生,2007)。由上可知,“成矿界面”是成矿的有利部位,在一个区域内(成矿亚带或矿田)或矿区内,只要出现成矿作用(区域的、矿区的、矿床的),“成矿地质体”范围内的地质不连续“界面”具有特定的成矿功能——“矿床(体)定位的四维空间”,它始终是预测和找矿的目标。“成矿界面”在矿床形成过程中起到特殊的作用,并与区域成矿地质作用密切相关,将“矿床(体)”单独划分为Ⅶ级成矿单元是符合地质实际的。从整装勘探和深部勘探及提高勘查效益出发,“成矿界面”为找矿突破提供了地质科学依据。

2.2.8 矿石组合(又称矿石类型)(Ⅷ级) 矿石系指在现代技术和经济条件下能够从中提取有用组分(元素、化合物或矿物)或利用其特性的自然矿物聚集体,包括金属矿石、非金属矿石以及煤、油页岩、铀矿石等有用的岩石。一般矿床内多种矿石组合一体时称矿石类型。它是矿山开采的对象,设计选矿、冶炼流程的科学依据。

2.2.9 矿物(Ⅸ级) 矿物是矿床形成过程中,同类成矿元素的地球化学性质相似元素的化合物,是矿床的基本单元。

以上9级成矿单元在成矿学、矿产勘查、矿产的开发利用过程中发挥的作用各不相同。Ⅰ—Ⅲ级是研究区域成矿规律必须划定的成矿地质空间(即成矿单元/成矿区(带));Ⅴ—Ⅶ级成矿单元/成矿区(带)是矿产勘查和找矿突破的对象;Ⅷ—Ⅸ级是采、选、冶的资料和科学依据。特别要强调的是:Ⅵ

级和Ⅶ级成矿单元,即“成矿地质体”和“矿床(体)”,不仅在地质成因上有联系,在空间上也是互不分离的整体,它是矿床地质特征和成矿作用的结合体,“矿床(体)”定位在“成矿地质体”中具有成矿功能的成矿地质界面范围内。“成矿地质体”是勘探的地质理论前提,“矿床(体)”是矿产勘查对象的实体。一定时代、一定阶段的成矿作用发生、发展、演化直到矿床形成,“成矿地质体”、“成矿界面”二者是有机联系的整体,它为矿床(体)形成提供有效空间,矿床(体)定位于特定的有效空间的四维范围内。所以,“成矿地质体”、“成矿界面”地质特征发生变化,矿床定位型式也不同,由此决定了Ⅵ级和Ⅶ级2个成矿单元的整体性。具四维空间特征的“赋矿地质体”范围内的成矿地质界面上,成矿作用的演化,成矿元素富集的物理化学条件、时间和矿石矿物聚散成矿及矿床(体)储存的空间应是“矿床(体)”。总而言之,它是整装勘查和深部勘探过程中四维空间识别和提取成矿信息的有利对象。

3 开展四维空间成矿信息的认识和提取的技术方法研究

任何成因类型的矿床、即使是同一成因类型的每个矿床都有自身的特征、独特的控矿因素和有效的找矿标志(或参数)。但是,矿床在发现以前对这些参数的认识是模糊的,至少是仁者见仁,智者见智。一般情况下,在全面收集、综合、分析勘查区的地、矿、物、化、遥及总结勘查人员的经验后,有可能识别矿床的关键控矿因素,把它转化为找矿标志,指导矿床的寻找和勘探,快速有效地发现矿床。在当代地质找矿和矿床(体)勘探工作中,将地、矿、物、化、遥和专家的经验等资料和数据概括为“多元信息”。确切地说,“多元信息”是指用某种手段对地质体度量的结果或地质体自身显示的特征。在Ⅴ、Ⅵ、Ⅶ级成矿区(带)的立体空间范围内应用“多元信息”,有可能将立体空间内成矿信息认识和提取转化为找矿标志,实现地质找矿的突破。但识别和提取成矿信息的技术方法尚不成熟,进行系统研究迫在眉睫。

上述任务中,拓宽成矿区(带)的划分范围是十分艰巨的工作。

综上所述,成矿单元/成矿区(带)是矿产资源

和资源潜力丰富的地质体(或单元),任何成矿单元/成矿区(带)内都有主导的成矿地质环境、地质演化历史,出现强烈的成矿作用(区域的和矿床的)或多次成矿作用的叠加,产出的矿床有规律地集中分布,它的控矿因素和找矿标志应用区域成矿学的理论以及地、矿、物、化、遥(专家经验)等多元信息是可以识别和提取的。各级成矿单元/成矿区(带)的独特内涵是指导矿产勘查的资料和理论依据。成矿单元/成矿区(带)的重要性的和它的实用价值地质界对此已有共识。国际上自 20 世纪初开始探索研究,经历了成矿单元/成矿区(带)概念的形成、发展成熟和多元信息应用 3 个阶段。

我国在成矿单元/成矿区(带)的探索研究与国际同步进行,获得的成果为我国和全球成矿区(带)级别划分、区(带)定位、各级区(带)内涵的标识和矿产勘查结合等方面作了杰出贡献。

自 20 世纪 90 年代开始,我国投入了巨大的人力、物力和财力,对成矿单元/成矿区(带)开展了全面研究,创造性地提出了“成矿界面”的区域成矿学理论及多元成矿信息识别和提取的技术方法,细化了成矿单元/成矿区(带)级别划分(I—IX 级),并赋予各级成矿单元/成矿区(带)的内涵,其成果经多年勘查实践证明是有效的。

4 结 论

在当前开展整装勘查、深部勘探、夺取地质找矿突破的新形势下,提出了拓宽成矿单元/成矿区(带)的划分范围;对各级成矿单元/成矿区(带)赋予地质理论解释的目标和开展四维空间成矿信息的识别和提取的技术方法研究等 3 项基本任务,目的是细化 I、II、III 级成矿区(带)内区域成矿规律的研究(平面和立体的);对 V、VI、VII 级成矿区(带)(有些地区包括 VI 级)的边界要准确划定,实施四维空间成矿信息的搜索、识别和提取,为整装勘探和深部勘探提供资料和科学依据;VIII、IX 级成矿单元做精细评价,必须为矿床的工业评价和采、选、冶提供有价值的科学依据,以达到经济、综合开发和利用矿产资源的目的是。

参考文献:

常印佛,刘湘培,吴言昌. 1991. 长江中下游铜铁成矿带[M].

北京:地质出版社.

陈毓川,朱裕生. 1993. 中国矿床成矿模式[M]. 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[M]. 北京:地质出版社.

陈毓川. 1999a. 当代矿产资源勘查评价的理论与方法[M]. 北京:地震出版社.

陈毓川. 1999b. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社.

车自成,刘良,罗金海. 2002. 中国及其邻区区域大地构造学[M]. 北京:科学出版社.

陈毓川,王登红,朱裕生,等. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价(上、下册)[M]. 北京:地质出版社.

郭文魁. 1987. 中国内生金属成矿图说明书(1:4 000 000)[M]. 北京:地图出版社.

赫奇逊 C S. 1987. 矿床及其构造背景[M]. 张炳熹,李文达,译. 北京:地质出版社.

胡惠民,赵鹏大,李紫金. 1995. 大比例尺成矿预测方法[M]. 北京:地质出版社.

鲁蒂埃 P. 1990. 全球成矿规律研究:未来到何处去找金属[M]. 卢星,译. 北京:地质出版社.

米契尔 A H G. 1985. 矿床与全球构造[M]. 周裕藩,译. 北京:地质出版社.

宁芜研究项目编写组. 1978. 宁芜玢岩铁矿[M]. 北京:地质出版社.

任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等. 2000. 从全球看中国大地构造——中国及邻区构造图简要说明[M]. 北京:地质出版社.

斯米尔诺夫 B И. 1981. 内生金属矿床的物质来源在地壳发展历史过程中的演变[M]. 北京:地质出版社.

孙主荣. 1984. 地质科学史纲[C]. 北京:北京大学出版社.

孙文柯,黄崇轲,丁鹏飞,等. 2001. 重点成矿区带的区域构造和成矿构造文集[C]. 北京:地质出版社.

施俊发,姚华军. 2005. 信息找矿战略和勘查百例[M]. 北京:地质出版社.

吴淦国,邓军. 1999. 金属矿床矿田构造的研究现状[M]//陈毓川. 当代矿产资源勘查评价理论与方法. 北京:地震出版社,142-149.

谢家荣. 1936. 中国之矿产时代及矿产区域[J]. 地质论评, 1(3):363-380.

谢学锦,殷维翰. 2004. 谢家荣与地质矿产测勘处[M]. 北京:地质出版社.

徐志刚,陈毓川,王登红,等. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社.

伊齐克松·米·伊. 1985. 太平洋区成矿分带[M]. 刘浩龙,译. 北京:地质出版社.

- 张云湘,骆耀南,杨崇喜,等. 1988. 攀西裂谷[M]. 北京:地质出版社.
- 赵鹏大,池顺都. 1991. 初论地质异常[J]. 地球科学:中国地质大学学报,16(3): 241–248.
- 赵鹏大,孟宪国. 1993. 地质异常与矿产预测[J]. 地球科学:中国地质大学学报,18(1):39–47.
- 朱裕生. 1993. 论矿床成矿模式[J]. 地质论评,39(3):216–222.
- 朱裕生,肖克炎. 1997a. 成矿预测方法[M]. 北京:地质出版社.
- 朱裕生,李纯杰,王全明,等. 1997b. 成矿地质背景分析[M]. 北京:地质出版社.
- 翟裕生,邓军,李晓波. 1999. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社.
- 朱裕生,王全明,张晓华,等. 1999. 中国成矿区带划分及有关问题[J]. 地质与勘探,(4):1–4.
- 朱裕生,肖克炎,宋国耀. 2000a. 成矿区带的划分和成矿远景区圈定要求的讨论[J]. 中国地质,(6):41–43.
- 朱裕生,宋国耀,肖克炎. 2000b. 矿产资源评价图件的编制[J]. 中国地质,(9):35–37.
- 朱裕生,肖克炎,宋国耀,等. 2000c. 强化成矿规律研究,提高“调查评价”效益[J]. 中国地质,(6):38–40.
- 朱裕生. 2006. 矿产预测理论——区域成矿学向矿产勘查延伸的理论体系[J]. 地质学报,80(10):1518–1527.
- 朱裕生. 2007. 中国主要成矿区(带)成矿地质特征及矿床成矿谱系[M]. 北京:地质出版社.
- 朱裕生,梅燕雄,董建华. 2010. 矿床(体)地质定位型式[J]. 矿床地质,29(增刊1):763–764.

Review and status of mineralization belt study in China

ZHU Yu-sheng, XIAO Ke-yan, MA Yu-bo, DING Jia-hua

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

Abstract: It had reached an agreement that as an important and valuable scientific basis, the concepts of metallogenic unit and metallogenic belt could be used to instruct mineral exploration in the geological field worldwide. Since the beginning of the 20th century, there existed three stages such as formation, developed mature and multi-mineralization information application of metallogenic unit/metallogenic belt during a long seeking course, China kept its pace with the world in the study of metallogenic unit/metallogenic belt, obtaining outstanding contributions in classification, location of metallogenic belt, meaning signs combined with mineral exploration in the belts at all levels in the world. The comprehensive study of national metallogenic unit/metallogenic belt was forced by severe situation of resources both at home and abroad. It could be summarized as a new regional metallogenic theory, i. e. interfacial mineralization; technical methods of identification and extraction of multi-metallogenic information; classification (grade I–IX) and interpretation of geological theory of metallogenic unit/metallogenic belt at all levels. It was effective for those theories and methods according to field exploration of many years. At present, the authors put forward three new missions: (1) deepening the study of regional metallogenic regularity(planar and three-dimensional) in the metallogenic belts with grades I, II and III; (2) accurate classification of boundary of grades V, VI and VII metallogenic belts and seeking, identification and extraction of metallogenic information of four-dimensional space; (3) careful evaluation of grades VIII and IX metallogenic units, then, reliable and valuable data on development and utilization of mineral resources scientifically could be provided on the basis of the above study results.

Keywords: Metallogenic unit; Metallogenic zone(belt); Minerals exploration; Regional metallogenic regularity; Grade of metallogenic belt; Multi-mineralization metallogenic information