

成矿结构体系及其钨矿找矿意义^①

周济元, 肖惠良

(南京地质矿产研究所, 江苏南京 210016)

摘要 矿床共生组合和成矿系列是古老的或研究时间较长的概念,在不同矿床类型间的成因联系研究、指导成矿预测和找矿起了不小作用。为了更利于成矿预测和指导找矿,在不同矿床(点、体、种)类型的成因联系研究基础上,进行不同矿床(点、体、种)类型的空间分布规律或空间结构形式的研究,对钨矿新一轮找矿尤为重要。为此,本文首次提出成矿结构体系概念,并对其主要特征、类型、形成机制、钨矿成矿结构体系及其找矿意义进行探讨。

关键词 成矿结构体系;类型;形成机制;钨矿;成矿预测;找矿

中图分类号 P618.67

文献标识码 A

1 矿床共生组合、成矿系列的回顾

矿床共生组合是一个古老的概念。最早可追溯到春秋战国时期,在《管子·地数篇》:“山上有赭者,其下有铁;上有铅者,下有银;上有慈石者,其下有铜金(慈石即磁铁矿)”^[1]。

20世纪初,W. H. Emmons(1924、1933、1936)多次提出围绕花岗岩有金属矿脉系统的分带现象和矿化顺序:自岩体由内向外、自下而上形成W、Sn、Mo、Cu、Pb、Zn、Ag、Sb、Hg等矿化顺序。之后,人们在探索矿床形成、分布及不同类型矿床间的关系时使用过矿床分带^[2]、矿床分类^[1]、矿床组合^[3~4]、矿床类型^[1]、矿床共生组合^[1]、成矿序列^[5]、成矿系列^{[2][6][7~10]}、成矿模式^[11]、成矿系统^[12]、矿床分布模式^[13]、控矿构造体系^[14~16]、成矿构造体系^[17]、成矿体系^[18~19]等概念。其各有各的内涵,相互又有联系,也有一定区别。

成矿系列(Metallogenic series)从现有检索表明,法国地质学家De Launay于1905年最早提出这一概念^[20]。1920年翁文灏用其成矿理论,发表“中国矿产区域论”,首次提出中国南部有锡带、锌铅铜带、锑带和汞带等4个矿带。1927年,他发表《含砷矿物在成矿系列中的地位》^[2],解释了砷矿物在上述4带中出现的情况和地位;同年,他在《中国东部中生代以来的地壳运动及岩浆活动》中论及:“正是由于成矿系列一个挨一个的类型的相等发展和广阔分布,使得中国南部成矿之带状排列表现得如此清楚和典型。”文中虽未对成矿系列涵义做出解释,但可见其将成矿系列和矿产或矿产组合的带状分布联系起来,成矿系列为指同时代、同类型金属矿产组合。1947年,徐克勤在湖南瑶岗仙发现白钨矿矿床,并注意了与黑钨

① 收稿日期 2005-11-14

第一作者简介:周济元(1936~),男,教授,从事构造地质、地质力学、构造动力成矿学和区域成矿学研究。

矿床紧密共生,1957年发表专文加以论述^[21]。

1960年,X. M. 阿勃杜拉也夫在划分与地槽、地背斜、过渡带和地台等构造单元相应的4个成岩成矿系列基础上,还划分了同岩浆建造有关的矿床成因系列,并称:“在各成岩成矿区内孤立的矿床几乎是没的。在这里一般是见到一系列成分和类型相似的矿化,同时代的矿床有成因联系,因而,它们组成了成因系列。这些成因系列是由一定时代、成分和形成条件的岩浆岩建造所形成的,内生矿床的每一成因系列都与一定的岩浆成因系列相当。这些系列的形成取决于相应的构造—地质条件。”可见,尽管他对沉积、变质建造矿床未有论及,但强调矿床成因系列与岩浆建造的一致性,已相当接近现在的成矿系列研究思想和方法^[22]。

1963年,冯景兰^[23]在论述矿床类型共生规律时指出:“在同一矿化地区,不仅有同种矿化或相似矿种矿化共生的可能,而且在同一矿种所存在的地区中也有不同的成因类型及不同的工业类型共同存在的可能”。他在列举了若干例子后进一步分析:“由于各种元素的地球化学性质及成矿作用的连续性和重复性关系,某些矿种与矿种之间,或某种矿床类型与矿床类型间,往往存在有共生规律。因之就形成了多少可以综合利用、综合评价的矿床或矿田……。用分析的眼光看来,现在常用的矿床成因分类—正岩浆矿床、伟晶岩矿床、矽卡岩矿床及高、中、低温热液矿床等,好像是绝不相关的系列,但用综合的眼光看来,它们之间往往有过渡型的内在联系,尤其是对于某一矿区或矿田的实际情况来看,好几种成因类型相近似的矿床可以而且往往是共生在一起的。”可见,他已对矿床类型共生及共生原因:“成矿作用和成矿过程的长期性、连续性和复杂性”作了明确阐述,掌握这种规律,就可用于矿产的综合评价和综合利用。

1978年,宁芜项目组发现过去分别命名为凹山式、向山式、南山式、大东山式等铁硫矿床,原来是与辉长闪长玢岩有成因联系的、具有统一形成过程的一组共生矿床,并用“玢岩铁矿”一词概括该类矿床特点(类似斑岩铜矿、黑矿等概念),建立了矿床理论模式。同年,П. А. 斯特罗纳的《含矿建造论》^[24]论述一定构造条件下产生的矿床组合类型。她给“矿石建造”(Рудная формация)下定义是:“建造是稳定的自然矿床组合,它们在成因、矿物成分和形成年龄上相近(但不一定完全相同)并在一定大地构造环境中形成,通常它们有成因联系和共生关系,或者至少与某种地质(沉积的、岩浆的和变质的)建造共生。”必须着重指出,含矿建造采用我们的解释—不是矿物组合也不是矿物共生组合的共生,而是矿床的共生,它应根据不仅是所研究客体的物质成分和内部构造,而且还是它的外部联系决定了各矿床在地质历史中和地质构造中的位置。”“只有揭示矿床的外部联系,才能利用含矿建造来预测矿床。”含矿建造的含义就相当于现代的成矿系列或矿床成矿系列的概念。

50年代起,程裕淇、陈毓川、赵一鸣等系统研究和总结中国铁矿床勘探成果,1975年提出中国铁矿床分类及其修改方案。随着全国地质、矿产研究程度的加深,他们逐渐认识到在一定地质单元内主要形成于同一成矿期的铁矿床,实质上是形成的具体地质条件不同,而在区域成矿的发生、发展上又有内在联系的一组矿床类型,它们构成一定的矿床类型组或矿床类型组合。同时,在赣南、粤北提出的钨矿“五层楼”和宁芜“玢岩铁矿”成矿模式的启示下,1978年提出铁矿成矿系列^[63]。每一成矿系列所包含的不同类型,许多具有空间上和时间内伴生的特点,即在不同地区,不同成矿期但具有相似的地质背景时,可大致重复出现。因此,在充分了解其区域性质、成矿特征的前提下,常可互为区域性的或一个区域内的找矿标志;

这个概念也适用于研究工作较多、矿床类型也较多的钨矿和铜矿。”依此为基础,并研究国内其他矿种,对比了国外部分矿床,认为成矿系列概念可用于许多地质背景中形成的不同矿床的成矿分析。分别于 1979、1983 年发表了《初论矿床的成矿系列问题》^[7]《论矿床的成矿系列问题——并兼论中生代某些矿床的成矿系列》^[8];1991 程裕淇等对成矿系列的类型划分、成矿系列的后期改造及某些矿床成矿系列演化作了论述。划分了三种最高级别的成矿系列,即与三大岩类相对应的,将成矿系列划分为 3 大组合;在一个系列中又根据构造—岩浆活动在各部位的表现不同,包括围岩及区域地球化学、地球物理学等特点的差别,表现在矿化特征、矿床组合上的某些特色,从而划分一些亚系列。

翟裕生等从 1957 年研究河北大庙 V—Ti—Fe 矿的三种矿床类型:贯入式、浸染式和复合式,都与斜长—苏长—辉长岩组合有成因和空间联系^[1]。1959 年他在研究赣东北 Cu—Pb—Zn 矿床分布规律时认为,德兴铜厂斑岩铜矿与银山 Pb—Zn—Ag 矿都与燕山晚期火山—侵入岩组合有密切的成因和空间联系,都在赣东北深断裂旁。近年,查明德兴银山铅锌矿与火山角砾岩筒有关,深部还发现铜金矿,证实 Cu、Pb、Zn、Au、斑岩型、次火山岩型、脉型和不整合接触带型之间有密切成因联系,建立了斑岩—火山岩型有色金属矿床模型。宁芜地区的凹山式、向山式、南山式、大东山式等铁硫矿床是与辉长闪长玢岩有成因联系、统一形成过程的一组共生矿床,并统称为“玢岩铁矿”。1978 年提出安山岩—闪长岩质火山—侵入岩铁矿系列^[9],以建造划分成矿系列,强调成岩成矿一致性^[25],后又提出铁—铜—硫成矿系列^[26]。在研究南岭地区与花岗岩有关成矿系列时提出不同时代成矿系列的叠加复合,可作为区域成矿分析和成矿预测的一个重要思路^{[27][28]}。《成矿系列研究》一书对成矿系列进行了系统的阐述^[29]。

章崇真^[30~32]在华南地区与花岗岩有关的稀土、稀有和有色金属矿床成矿系列和矿床组合模式研究提出成矿系列含义是:“由两个或更多的不同矿种(或矿石相)或不同类型的矿床组成,它们形成于同一成矿期,具有相似的矿质来源,经历了相似的富集途径,只是由于主要控矿因素的演化和成矿环境的差异而形成一系列具有一定生成顺序和分布规律的矿床在空间上紧密共生,构成一个成矿系列。”他总结了成矿系列的一般规律,提出不同成矿系列矿床组合、矿床组合模式,划分了若干基本组合类型,阐述了矿床组合模式的找矿意义。

此外,宋天锐^[33]系统探讨了沉积成矿系列,夏宏远等^[34]论述了华南钨锡稀有金属花岗岩矿床成矿系列,李人树^[35]探讨了成矿系列内部结构,周耀华等^[36]探讨了南岭及邻区钨矿成矿系列,边效增等^[37]讨论了福建燕山期旋回成矿系列等。

从上述回顾中不难看出,对成矿系列的认识有一个提出、深化、发展的过程,也总结了用以指导找矿的理论和技術方法。但还不能说已经到了完善的程度。在成矿系列中都提到了矿床类型的空间分布或内部结构,如花岗岩系列、花岗闪长斑岩系列分布,从控矿岩体演化、矿床序列、主要成矿元素顺序在时间、空间上的排布,对找矿方向是有指示意义的。但就某些矿种的不同矿床(点、体)类型的空间分布规律或结构形式,特别是钨矿等不同类型的矿床(点、体)在空间的规律分布或结构形式来说,更感研究不足,就直接影响找矿效果,有进一步研究的必要。

2 钨矿成矿结构体系提出的必要性

(1)找矿新思路的需要 华南钨多金属矿床(田)调查研究已作了大量工作,尤其在 80

年代中期以前。由单一矿床、矿床(田)组合、共生矿床组合到成矿系列,提出了许多有益的成果和认识,对指导找矿和成矿预测起过不小作用。如找到了钨锡铋钼铌钽矿,就可能找到同一成矿系列的铅锌银锑汞矿等。但找到了一个成矿系列的一部分矿床(点)类型后,同一成矿系列的另一些矿种、矿床(点)类型到何处寻找,另一成矿系列又产在那里?自然有待研究。其结果有可能找到,也可能找不到,虽然这是常事,但能否有更具体一点的思路来指导找矿?笔者以为,从成矿结构体系这一概念可提供更具体的思路。

(2)总体规律把握的需要,华南地区钨多金属矿床分类方案各异,矿床(点)类型也多种多样,已知有:伟晶岩型、花岗岩型、斑岩型、隐爆角砾岩型、云英岩型、矽卡岩型、硅质岩型、石英脉型、石英—萤石(或绿泥石)交代型、破碎蚀变岩型、碳酸盐型、砂页(板)岩(层控)型(表1)和砂矿型等类型。这些矿床(点、体)既可独立,但往往是二种或二种以上矿床(点、体)类型相伴产出,形成多种类型矿床(体)组成“多位一体”的联合或复合矿床或以一定结构形式组成的成矿结构体系或成矿模式。它们之间有的界线分明,有的渐变过度、依序产出,也有的部分或全部叠复一起。前者就称为成矿体系,后者则称为联合或复合成矿体系。分析、把握这些规律,对指导找矿是十分重要的。

(3)地区经济发展的需要,该区不同类型钨多金属矿床(点、体)的矿化强度和规模不同,反映在矿床(点)与储量的占有率明显不同(表2)。由表2可见,石英脉型矿床(点)最为发育,所占储量比例最高;其次是矽卡岩型和层控矿床(点),尽管其矿床(点)所占比例数不高,但储量占有率却较高,表明它们的矿床规模较大,似应为今后的重点找矿方向;斑岩型矿床(点)数占有率较小,仅为0.55%,居第8位,但储量占有率较高达2.33%,居第5位,是矿床规模较大的一种类型,也是南岭、扬子和东南沿海成矿带潜在的优势矿床类型。这是一种处理问题的方法。但如果把空间呈一定分布规律的矿床(点)组成一个体系—成矿结构体系,把这一成矿结构体系的由外向内、由下往上的各类型矿床即:破碎蚀变岩型、石英脉型、矽卡岩(碳酸盐)型、层控(硅质岩、砂板岩)型、云英岩型以及花岗岩型或斑岩(隐爆角砾岩)型等,如果都有的话,那么,矿床的数量和储量计算的结果就可能大不相同,就要计算一个成矿体系范围内的矿床数和储量数。对一个地区的经济和社会发展就有不同的意义。

(4)提高找矿效果的需要,不同类型矿床(点)在空间分布的结构形式不同,组成的成矿结构体系也各不相同,储量结构就有差异。研究成矿结构体系及其空间分布规律,不仅在储量统计上有差异,更主要的是对找矿方向性、目标的准确性有重要指导意义,而且也更能取得找矿成效。

因此,除研究成矿系列外,成矿结构体系的研究就成为找矿的关键。只有研究清楚成矿结构体系、把握矿床(点、体、种)类型的空间分布规律或结构形式,才能准确、有效地进行找矿和成矿预测,也才有可能取得更好的找矿效果。

3 成矿结构体系及其特点

什么是成矿结构体系?所谓成矿结构体系,是指在一定大地构造环境中形成的,成矿物质来源相似、成矿时间相近、成矿环境条件相同或相异、成矿空间相连、呈一定空间结构形式和具体分布规律的、具有成因联系的不同类型矿床(点、体、种)的总体。它不仅具有整体性、级次性、演化性和物质、能量与信息交换性,而且有结构性等特点。

表 1 钨矿主要矿床类型表

Table 1 Mineral deposit types of tungsten

矿床类型	产出背景	成矿母岩	赋矿围岩	矿体形态、矿石构造	围岩蚀变	矿物组合
石英脉型	产于各种岩石中以石英脉为主的脉状钨矿床。	主要为黑云母花岗岩及二长花岗岩,少数为花岗闪长岩或白云母、二云母花岗岩及二长花岗岩。	花岗岩类,砂板岩类,砂页岩、碳酸盐岩。	以分组密集、平行排列的单一大脉为主,细脉带或网脉带次之,个别为巨大石英脉。	以云英岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化为主,部分有钾长石化、电气石化、萤石化、叶腊石化、毒砂化、黄铁矿化。	黑钨矿、白钨矿、锡石、黄铁矿及多金属硫化物;黑钨矿、绿柱石、辉钼矿、辉铋矿、白钨矿、黑钨矿、黄铁矿,个别为金银矿物和辉锑矿,脉石矿物多为长石、方解石和萤石。
云英岩型	产于花岗岩体内、外接触带呈面型浸染状云英岩或细网脉、脉状云英岩中的钨矿床。	黑云母二长花岗岩、白云母、锂云母或铁锂云母碱长花岗岩。	主要为母岩体内,个别为近岩体的围岩。	岩钟顶部或边缘呈带状、透镜状、囊状,金属矿物呈浸染、细脉浸染状,岩体边缘或外接触带呈脉状。	云英岩化、硅化、绿泥石化、绢云母化。	黑钨矿、绿柱石、锡石、硫化物、白云母、石英、长石
砂卡岩型	产于碳酸盐岩或含钙岩质碎屑石经岩浆热液作用形成砂卡岩中的浸染状、细脉状钨矿床。	花岗闪长岩、黑云母二长花岗岩、黑云母花岗岩。	碳酸盐岩,不纯灰岩和钙质碎屑岩。	不规则透镜状、囊状或其它形状。	砂卡岩化、大理岩化、角岩化、绿泥石化。	白钨矿、辉钼矿、辉铋矿、多金属硫化物及砂卡岩类矿物,白钨矿、磁铁矿、黄铜矿、黄铁矿及砂卡岩类矿物。
碳酸盐岩型	产于灰岩、白云岩等碳酸盐岩中的钨矿床。	位中、酸性小侵入体附近。	多为碳酸盐岩。	似层、层状或透镜状。金属矿物多呈浸染或不规则细网脉浸染状。	白云岩方解石化或微弱大理岩化、透辉石化、透闪石化。	白钨矿为主,偶尔伴有少量多金属矿物;非金属矿物以方解石为主,偶尔有少量砂卡岩矿物。
硅质-砂板岩型	产于砂、页岩、砂板岩中的层、似层状钨矿床。	位中、酸性小侵入体附近。	多为砂、页岩或砂板岩。	层、似层状。金属矿物呈浸染、不规则网脉浸染或不规则囊状。	硅化(往往形成硅质岩)、黄玉化、电气石化。	黑钨矿为主,金属矿物简单。
火山岩型	产于火山熔岩、火山碎屑岩中的钨矿床。	位于中、酸性火山活动中心附近。	硅质岩、铁质岩及英安岩、流纹岩、流纹质火山碎屑岩或火山熔岩。	层状、似层状或透镜状,金属矿物呈浸染或细网脉浸染状。	后期叠加加热也蚀变(硅化、绢云母化、高岭土化、绿泥石化、萤石化、碳酸盐化)。	白钨矿、钨铁矿、钨锰矿、赤-褐铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、菱铁矿。部分钨呈分散状态
花岗岩型	产于花岗岩类顶部或边缘的钨矿床。	白云母、锂云母或铁锂云母富钠长石的碱长花岗岩;白云母或黑云母二长花岗岩或花岗岩	母岩体内,含花岗岩岩多侵入于砂页岩中。	似层状、透镜状或不规则状,金属矿物呈浸染状。	钠长石化、白(锂)云母化、钾长石化、云英岩化、硅化、云英岩化、白云母化。	黑钨矿、白钨矿、铌钽铁矿、细晶石、绿柱石、石英、钠长石、白(锂)云母;白钨矿、黑钨矿、辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿及花岗岩类造岩矿物
斑岩型	产于酸-中酸性斑岩体顶部或边缘内、外接触带的钨矿床	花岗闪长斑岩、二长花岗岩,花岗斑岩或石英英斑岩。	母岩体内,含矿岩体侵入浅变质砂板岩中	似层状、透镜状、带状、囊状;金属矿物呈浸染状或细网脉浸染状。	钾长石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、云英岩化、高岭土化。	白钨矿、辉钼矿、黄铁矿及花岗斑岩类造岩矿物。
隐爆角砾岩型	产于酸-中酸性斑岩隐爆角砾筒顶部或边缘内、外接触带的钨矿床	花岗闪长斑岩、二长花岗岩及隐爆角砾岩;花岗斑岩或石英英斑岩及隐爆角砾岩。	母岩及隐爆角砾岩体内,含矿岩体侵入变质岩、浅变质砂板岩中	似层状、透镜状、脉状、囊状;金属矿物呈浸染状或细网脉浸染状。	钾长石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化、云英岩化、高岭土化。	白钨矿、黑钨矿、辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿及花岗斑岩类、隐爆角砾岩类造岩矿物。
花岗伟晶岩型	产于花岗岩体顶部伟晶岩壳中的钨矿床	黑云母花岗岩、二云母花岗岩	伟晶岩中	脉状、透镜状或囊状,金属矿物呈浸染或细脉浸染状。	绢云母化、云英岩化、黄铁矿化。	白钨矿、黑钨矿、辉钼矿、黄铁矿及伟晶岩类造岩矿物
破碎蚀变岩型	各种岩石的断裂破碎带中的钨矿床。	在中-酸性小岩体附近。	断裂破碎带中。	脉状、透镜状或囊状,金属矿物呈浸染或细脉浸染状。	硅化、绢云母化、绿泥石化、方解石化、高岭土化。	黑钨矿、白钨矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿及围岩造岩矿物。

表 2 不同类型钨矿床的数量和储量所占比例及排位表

Table 2 Reserves of different types of tungsten deposits

矿床类型	花岗伟晶岩型	花岗岩型	斑岩型	云英岩型	隐爆角砾岩型	破碎蚀变岩型	矽卡岩型	石英脉型	石英—萤石交代型	层控型	砂矿型
占有矿床(点)	1.50(6)	1.88(5)	0.55(8)	4.22(4)	0.24(9)	0.12(10)	9.26(2)	75.15(1)	少量(11)	5.42(3)	1.30(7)
(%) 储量	少量(11)	2.55(4)	2.33(5)	1.08(6)	0.19(9)	0.13(10)	24.78(2)	50.15(1)	0.71(7)	15.22(3)	0.37(8)

据李逸群等,资料修改补充(1)括号内数字分别为矿床(点)储量占有比例的顺序,1991

(1)系统性,又叫整体性,是指由矿床(点、体、种)类型不同、环境条件差异、成矿方式有别、空间分布相连,但有成因联系、结构形式一定而组成的统一整体。

(2)同源性,是指同一成矿结构体系范围内的成矿物质主要是同一来源的。如岩浆岩型钨矿成矿结构体系的成矿物质主要是来源于同一类型岩浆岩体的。

(3)级次性,是以规模大小分为不同级别和层次。一般分Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ级。Ⅰ级,成矿区;Ⅱ级,成矿带;Ⅲ级,成矿亚带;Ⅳ级,矿田、矿床。

(4)结构性,是指组成同一成矿结构体系的不同类型矿床(点、体、种)呈一定空间分布规律或结构形式。

(5)顺序性,又叫演化性,是指成矿构造、成矿岩体、矿床类型、矿种和成矿元素等随时间推演呈一定顺序出现、空间呈一定结构形式或分布规律,以及不同成矿结构体系随时间和空间呈不同的联合、复合或叠置。过去这方面的研究较多,如章崇真等^[32]。在江西以至华南与钨矿床有关的中—酸性侵入岩主要有花岗岩和花岗闪长斑岩系列,除它们自身的差别外,花岗岩类成矿岩体由早到晚的顺序为:花岗闪长岩→二长花岗岩→花岗岩→富钠长石的碱长花岗岩或伟晶岩;矿床类型:花岗岩型→伟晶岩型→云英岩型→矽卡岩型或碳酸盐岩型→碎屑岩或砂页(板)岩型→石英脉型→破碎蚀变岩型;矿种:REE(ΣCe、ΣY)→Nb→Ta→Be、W、Sn、Mo、Bi→Cu、Pb、Zn。该成矿结构体系是华南最重要的岩浆型成矿结构体系,其中石英脉型和矽卡岩型矿床是最重要矿床类型。花岗闪长斑岩类成矿岩体由早到晚为:石英闪长岩→花岗闪长岩→花岗闪长斑岩→花岗斑岩→石英斑岩;矿床类型:斑岩型→隐爆角砾岩型→矽卡岩型→碎屑岩型或碳酸盐岩型→石英脉型→破碎蚀变岩型矿床;矿种(Fe)→Cu、Pb、Zn(Au、Ag)→Mo→W。该成矿结构体系的Cu、Mo矿床作过大量工作,W矿工作却较少,除Mo矿床伴生W外,还有一定规模的独立W矿床,以斑岩型、矽卡岩型为主。

(6)开放性/封闭性,前者又叫物质、能量、信息交换性,成矿过程一般是在开放体系中进行的,成矿体系对周围环境、周围环境对成矿体系或多或少都有物质(地球化学)、能量(温度、压力等)及信息(成矿与否的信息等)的交换,产生不同影响。后者是指遇有围岩、岩浆汽热液结晶壳和构造等封闭条件,成矿就被限制在一定部位或岩体内部,形成如伟晶岩型矿床、岩体型、隐爆角砾型和内接触带石英脉型矿床等等。

(7)条件性,又叫局限性、制约性,是指不同或相同成矿结构体系的矿床(点、体、种)类型的产生是受一定条件限制或制约的,所以有一定局限性或制约性。如在接触带,岩体与碳酸盐岩接触可产生矽卡岩(碳酸盐岩)型钨矿床,与砂板岩或砂页岩接触就产生硅质岩型钨矿床等等。

(8)复杂性,相近或不同成矿期形成的不同成矿结构体系的全部或部分叠加,则称为联合或复合、叠加成矿结构体系。与成矿系列概念不同的是,不仅涵盖具有成因联系,成矿方

式、矿种、类型不同的一系列矿床的系统性,更包括同一系列矿床(点、体、种)类型空间呈一定结构形式分布或具体分布规律,这一点是十分重要的。在实际应用中可具体指导区域或局部成矿预测和直接找矿。所以,它具有更高、更深层次的概括和总结,更具理论和实践意义。

4 成矿结构体系类型

成矿结构体系与矿床成因类型有关。不同矿床成因类型的成矿结构体系各不相同。根据矿床成因类型可分为岩浆岩型、沉积岩型、变质岩型和复合或过渡型,相应成矿结构体系可分为岩浆岩型、沉积岩型、变质岩型和复合型成矿结构体系。每一成因类型的成矿结构体系的不同类型矿床(点、体、种)呈现一定空间结构形式和具体分布规律。这就可以较好地、具体地从不同尺度、不同部位指导不同类型矿床(点、体、种)的矿床、矿田、成矿亚带、成矿矿带和成矿区的成矿区划、预测和空间找矿方向。

5 成矿结构体系形成机制

不同成矿结构体系类型是由不同成矿机制形成的。岩浆岩型成矿结构体系是由构造动力学与岩浆汽液热流体动力学联合作用形成的;一定空间结构形式和规律分布的不同成因类型矿床(点、体、种)是在这种联合动力,即构造动力或应力的张、压、剪力,岩浆及其气热流体的上冲、扩张力作用下,成矿岩浆及其气热液运移过程中,随着不同成矿条件,即成矿元素和围岩性质不同,构造—裂隙或断裂不同,温度由高到低、压力由大到小、距离由近及远、时间由早、短到晚、长,封闭或开放等差异和演化,依次形成岩浆或斑岩或隐爆角砾岩型、伟晶岩型、砂卡(或碳酸盐)岩或硅质岩(砂页岩、砂板岩、层控)型、石英脉(裂隙、五层楼、岩体内、外均可有)型和破碎蚀变岩型(岩体内、外均可有)等。不同时期形成的成矿结构体系的部分或整体叠加,则称为复合成矿结构体系,并可以不同时期,如喜山期、燕山期等成矿结构体系的叠加复合加以标明,如大吉林山燕山期岩浆岩型钨矿成矿结构体系等。

6 钨矿成矿结构体系

钨矿成矿结构体系也有上述四种类型。如果把岩浆岩型钨矿成矿结构体系由外向里依次为破碎蚀变岩型、石英脉型、砂卡岩(碳酸盐岩)型、硅质岩(砂板岩、砂页岩、层控)型、云英岩型、花岗岩型或斑岩(隐爆角砾岩)型等在空间呈一定结构形式和分布规律的矿床(点、体、种)组成一个整体,就成为钨矿岩浆岩型成矿结构体系(图1)。当然,这是综合的、理想的岩浆型钨矿成矿结构体系,是钨矿床(点、体、种)成矿的空间分布的具体规律或结构形式。而实际往往只有其中二种或二种以上钨矿床(点、体、种)类型。如江西大吉山钨矿区,白云母花岗岩侵入寒武系砂板岩中,在侵入体顶部与围岩之间有一层厚不足0.5 m的似伟晶岩脉,并有含钨石英脉穿切,侵入体一侧与砂板岩接触,引起硅化矿化,笔者称其为硅质岩型钨矿;在白云母花岗岩脉中有Ta-Nb、黑钨矿斑晶呈疏密不同浸染状分布的钨矿。可见,大吉山钨矿区就有石英脉型、花岗岩型,还可能有伟晶岩型和硅质岩型组成大吉山钨矿成矿结构体系。江西铁砂垄钨矿有石英脉型、花岗岩型,还可能有砂卡岩型和硅质岩(砂页岩)型钨矿床类型,组成铁砂垄岩浆型钨矿成矿结构体系。广东瑶岭钨矿也有类似的矿床类型。它们在空间的分布规律或结构形式如图所示。这样,虽不是像理想成矿结构体系说的有那

么多矿床类型,但至少可以指导到何种部位寻找何种类型矿床:即找到某一种类型钨矿床(点、体、种),如石英脉型钨矿后,就可在一定部位(围岩或构造条件具备的情况下),如向一侧或两侧围岩与岩体接触带找另一种类型钨矿床(点、体、种),诸如此类,等等。这在矿区探边摸底,在同一地区寻找新的钨矿床类型、扩大钨矿新增储量是有重要的具体的指导意义的。

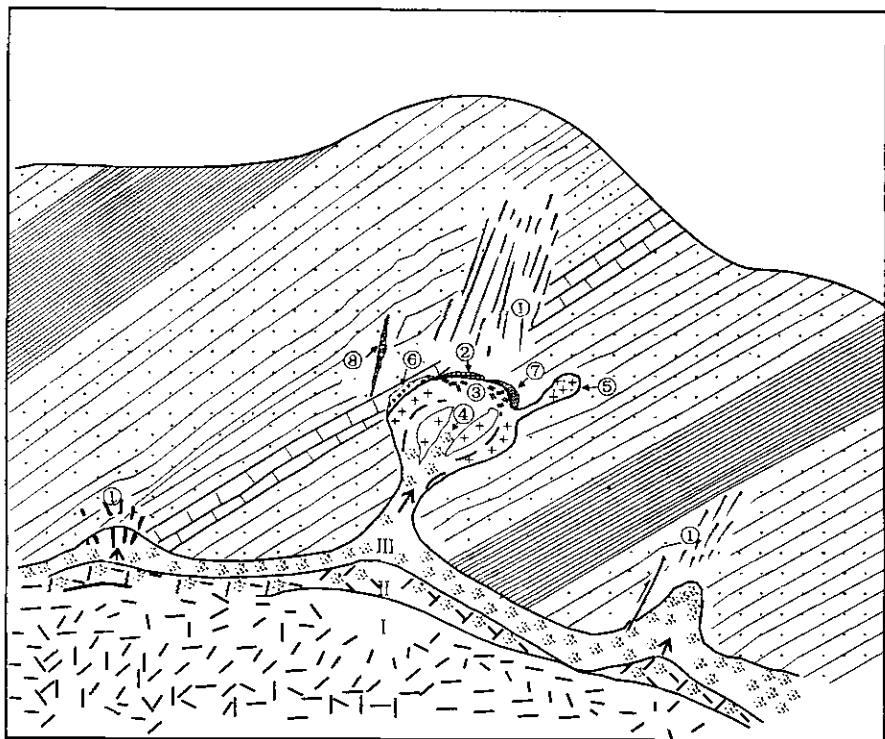


图 1 钨矿成矿结构体系示意图

Fig. 1 Sketch map showing metallogenic structure system of tungsten deposits

I-岩浆源区;II-壳幔同熔型;III-壳层重熔型 ①-石英脉型;②-伟晶岩型;③-云英岩型;④-蚀变花岗岩型;⑤-花岗岩(隐爆角砾岩)型;⑥-砂卡岩(碳酸盐岩)型;⑦-硅质岩(砂板岩)型;⑧-破碎蚀变岩型

7 钨矿成矿结构体系找矿意义

7.1 成矿区划、成矿预测与找矿

由于区域构造、岩浆岩、岩层性质及其它成矿条件的差异或不同,成矿结构体系可分为不同级别或层次:I、II、III、IV级次。I级,成矿区;II级,成矿带;III级,成矿亚带;IV级,矿田、矿床。可依此在区域进行成矿区划,指导划分成矿区、成矿带、成矿亚带和矿田、矿床等,进行成矿预测,圈定成矿区、成矿带、成矿亚带、矿田和矿床。如依据区域成矿地质条件的综合分析研究,在赣南地区岩浆岩型钨矿成矿结构体系,矿床大多分布在花岗岩体凸起及其周围,而岩体又成带、成片规律分布,就可划分为I级—成矿区,如赣南钨成矿区;II级—成矿带,如于山成矿带;III级—成矿亚带,如西华山—棕树坑成矿亚带;IV级—矿田、矿床,如西华山钨矿田(床),等等。并根据它们的分布规律,方向性、分带性、等距性或等距递变性、等深性和对称性等。显然,据此就可较好地、具体地指导区域或局部空间的成矿预测和找矿。

7.2 矿田、矿区找矿

以岩浆岩型钨矿成矿结构体系为例,可以岩浆岩体为中心,自外接触带向里,有破碎蚀变岩型、石英脉(五层楼)型、接触带型(外带:灰岩/矽卡岩型、砂板岩/硅质岩型,内带:似伟晶岩型、岩体蚀变型—云英岩型)、岩体型(含斑岩、隐爆角砾岩型)等在空间呈现一定结构形式和分布规律的不同类型矿床(点、体、种);同时,呈一定地球化学场、地球物理场和遥感影像场。在找到石英脉型矿床后,就可运用地质矿产、地球化学、地球物理和遥感影像等新技术新方法进行研究,在其下或旁侧找到接触带型、岩体型矿床(点、体、种)。用通俗一点的话说,找到了五层楼型钨矿以后,就可在其旁侧找群楼(碳酸盐岩/矽卡岩型、砂页岩/砂板岩/硅质岩型、破碎蚀变岩型),在其下找地下室甚至地基(似伟晶岩型、岩体蚀变型—云英岩型/岩体型:含钨花岗岩型、斑岩型、隐爆角砾岩型等)。这就是岩浆型钨矿成矿结构体系在已知矿区探边摸底的最具体、最直接的找矿意义。

文中插图由余能绘制,在此表示感谢!

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,1985.
- [2] Wong Wenhao. Position of arsenic mineral in metallogenic series [J]. Bull. Geol. Soc. China, 1927, 5(1): 61-63.
- [3] 姚金炎.华北地区中生代岩浆岩成因系列与内生金属矿床组合[J].地质与勘探,1985,21(4):1-5.
- [4] 杨敏之.晋碑前寒武纪铁矿床组合、成矿系列及演化的地质、地球化学特征[J].矿床地质,1982,1(2):15-28.
- [5] 沈永和.论主要金属成矿的演化序列[J].矿床地质,1982,1(1):35-42.
- [6] 程裕淇,陈毓川,赵一鸣.初论矿床的成矿系列问题[J].中国地质科学院院报,1979(1).
- [7] 程裕淇,等.再论矿床的成矿系列问题[J].中国地质科学院院报,1983a(6):1-33.
- [8] 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[J].地质论评,1983b,29(2):127-139.
- [9] 翟裕生,等.长江中下游铁铜矿床成因类型及成矿系列探讨[J].地质与勘探,1980,16(3):9-13.
- [10] 陈毓川.华南与燕山期花岗岩有关的稀土、稀有、有色金属矿床成矿系列[J].矿床地质,1983,2(2):15-24.
- [11] 翟裕生,池三川,姚书振.长江中下游铁矿床的构造控制及成矿模式[A].全国第二届构造学术会议论文选集(二)[C].北京:地质出版社,1981.
- [12] 翟裕生,秦长兴.关于成矿系列和成矿模式[M].北京:地质出版社,1987b.
- [13] 裴荣富.矿床分布模式和作为大地构造标志研究的进展[Z].见:中国地质学会主编:中国科学家谈第28届国际地质大会,当今世界地球科学动向[C].北京:地质出版社,1989:85-90.
- [14] 周济元,徐旗章.川滇南北构造带与钒钛磁铁矿分布规律的探讨[Z].全国第二届构造地质学术会议地质力学论文文集[C].北京:地质出版社,1981.
- [15] 周济元,余祖成.浙江建德铜矿床特征及矿液运移理论的研究[J].成都地质学院学报,1983(4):1-22.
- [16] 周济元,余祖成,黄继钧.浙江省建德铜矿控矿特征、矿液运移及找矿远景研究[J].矿物岩石,1988,8(6).
- [17] 周济元.地质力学引论[M].成都:成都科技大学出版社,1989.
- [18] 周济元,崔炳芳,陈宏明,等.赣南红山—锡坑地区铜锡矿地质及预测[M].北京:地质出版社,2000.
- [19] Zhou Jiyuan, Cui Bingfang, Chen Shizhong. Geology, Geochemistry and Origin of the Hongshan Porphyry - Cryptoexplosive Breccias Type Coor Deposit in Huichang County, Jiangxi Province [J]. Acta Geological Sinica, 1999, 73(1): 19-29.
- [20] 郭文魁.金属矿床地质的发展[J].矿床地质,1991,10(1):1-9.
- [21] 徐克勤.湖南某地黑钨矿区中矽卡岩型白钨矿的发现并论两类矿床之关系[J].地质学报,1957.
- [22] 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.
- [23] 冯景兰.关于成矿控制及成矿规律的几个重要问题的初步探讨[Z].见:谢家荣等著,矿床分类与成矿作用[C].北京:科学出版社,1963.

- [24] 斯特罗纳 B. A. 含矿建造论[M]. 刘浩龙, 马寿敏译. 北京: 地质出版社, 1982.
- [25] 翟裕生, 姚书振, 林新多. 长江中下游地区铁铜矿床的成矿特征和成矿系列[Z]. 国际交流地质学术文集(四) [C]. 北京: 地质出版社, 1981.
- [26] 翟裕生, 等. 关于成矿系列的结构[J]. 地球科学, 1987 (4) 375 - 380.
- [27] 翟裕生. 成矿系列问题[J]. 现代地质, 1992 (3) 301 - 308.
- [28] 翟裕生, 秦长兴. 南岭钨 - 锡成矿系列与长江中下游铁 - 铜成矿系列的对比研究兼论成矿系列的几个问题[A]. 冯景兰教授诞辰 90 周年纪念文集[C]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [29] 翟裕生, 姚书振, 崔彬, 等. 成矿系列研究[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [30] 章崇真. 略论华南中生代花岗岩成矿系列[J]. 矿床地质, 1983a (2) 38 - 47.
- [31] 章崇真. 矿床类型、成矿系列和矿床组合模式[J]. 地质与勘探, 1983b (11) 1 - 7.
- [32] 章崇真. 论江西钨矿成矿系列和矿床组合模式[Z]. 81 钨矿地质讨论会论文集[C]. 地质出版社, 1984 315 - 323.
- [33] 宋天锐. 关于" 沉积成矿系列" 的若干理论问题[J]. 中国地质科学院院报, 1987, 16.
- [34] 夏宏远, 梁书艺. 华南钨锡稀有金属花岗岩矿床成因系列[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [35] 李人树. 成矿系列建构若干理论问题的探索[J]. 西北有色地质研究所所刊, 1991.
- [36] 周耀华. 南岭邻区钨矿的区域成矿演化、成矿系列及综合成矿模式[J]. 江西地质科技, 1989 (11) 11 - 21.
- [37] 边效曾, 陈春光, 吴克隆. 略论福建燕山旋回成矿序列[J]. 中国地质科学院院报, 1987, 16.

Metallostructural system and its significance of search for tungsten deposit

ZHOU Ji-yuan, XIAO Hui-liang

(*Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Nanjing 210016, China*)

Abstract

The theory of deposit association and metallogenic series played an important role in ore-forming prediction, pre-searching and the genetic relationship among the different ore deposits. According to the genetic relationship of different deposits and space distribution and structures of diverse deposits, the theory of metallostructural system was first proposed in the paper. Metallostructural system and its characteristics and ore-forming system and its significance of ore-searching were discussed.

Key words metallostructural system, type, ore-forming mechanism, tungsten, metallogenic prediction, pre-searching