

中国区域成矿特征及若干值得重视的成矿环境

翟裕生

(中国地质大学,北京 100083)

提要:研究和发现更多的成矿环境和岩石建造,有助于扩大找矿领域,提高找矿成效。笔者试从中国的区域成矿特色出发,提出近期应注意的几种地质成矿环境。中国区域成矿的主要特征是:①古陆边缘矿床集中;②多重成矿作用发育;③叠加和改造成矿显著;④热液矿床丰富多彩;⑤有机成矿和无机成矿的复合;⑥矿床形成后变化与保存条件复杂。具有较大成矿潜力、可能有所发现的地质环境和岩石建造有:①黑色岩系;②暗色岩系;③复合沉积盆地;④古湖盆区与构造-岩浆带的复合;⑤叠加成矿的多种形式;⑥构造体制转折期与转折部位;⑦地球化学块体的成矿潜力;⑧深部探矿和矿化垂直分带。论文最后提出找寻新矿床的若干方法途径。

关键词:新成矿环境;新矿床类型;矿产资源;地质成矿特色;中国

中图分类号:P617 **文献标识码:**A **文章编码:**1000-3657(2003)04-0337-06

进入21世纪后,由于现代工业化速度加快和知识产业的兴起,对矿产资源的需求有增无减。据2000年国际地质大会上专家们的预计,到2050年的50年间,人类社会对金属矿物的需求量将是2000年的5倍。中国是一个发展中国家,随着经济建设的稳定快速发展,矿产资源供应日趋紧张。如何为经济社会发展提供充足的矿产资源保障,成为每一位地矿工作者关注的问题。诚然,合理有效地开发利用现有资源有其重要意义,但要从根本上解决这个问题,就要求我们广开“资源”,找寻开发更多的新矿产,更重要的是要大力找寻新类型矿床。

一个重要的矿床新类型的发现,常能从战略上改变一种矿产的供应态势。以我国采金业历史为例,较早期是开采砂金矿,以后石英脉型金矿因其品位较高且易于发现,曾作为主导金矿类型而被长期广泛开发。上世纪70年代前后,以产出微细金为主的蚀变岩型金矿(焦家式)和卡林型金矿的发现和大量开发,是我国黄金勘查历史上的重要突破,显著地增加了我国的黄金储量,保障了黄金产业的迅猛发展。近年来,要勘查发现新型矿产和矿床类型的呼声日高,美国地质专家们提出要查明新的矿床类型,识别可能赋存矿床的新的地质环境类型^①。赵鹏大等^②倡导加强对非传统矿产资源的研究与开发,显示了要重视发现新类型矿床,开发利用非传统矿产资源的必然趋势。

新矿床的发现主要取决于两点:一是对成矿作用的更深刻和更客观的理解;二是采用创新性的技术方法。笔者试从中国地质成矿特点出发,分析提出在我国应注意的新的成矿地质环境和新矿床类型,并就发现新矿床的方法途径提出若干认识。

1 中国地质成矿若干特征

研究表明,具有不同地质背景和地质历史的地区其生成新类型矿床的条件不同,探索和发现新类型矿床的途径之一是要从本国的地质情况出发,分析各种地质成矿环境和成矿特征。

中国地处古亚洲、特提斯和滨太平洋三大构造域的交汇区,地质构造历史十分复杂,是全球少有的构造复杂地域。中国大陆地壳的固结时期晚,遭受后期活化的频率高,具有高度的活动性。处在这一特定的大地构造位置,经历复杂多变的地质演化过程,使中国的矿产资源具有其自身的特征。与一些资源大国相比,中国矿产资源的一些特点是:品种较全、总量较丰,但人均不足;大宗矿产量相对不足,稀有和稀土矿产资源较丰富。就大宗矿产(Fe、Mn、Al、Cu)看,中、小型矿床较多,大型超大型矿少;中低品位矿石较多,高品位矿石较少;伴生、共生多组分矿石较多,单一组分矿石较少。除上述外,中国矿产的复杂多样性和分散性也是较明显的。

我国矿产资源的这些特点从自然因素看,主要是由复杂

收稿日期:2003-07-03;改回日期:2003-08-02

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40234051);国土资源科技项目(20010302)和国土资源部地质大调查项目专题(K 1.4-1-5)联合资助。

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。

① 美国地质调查所。国家矿产资源调查规划(MRSP),1998。

的地质构造演化历史所决定的, 归因于中国区域成矿的某些特色, 笔者曾就此作过初步探讨, 提出一些认识^[2-3]。近几年来, 又经反复研究, 补充了一些新认识。概括地说, 与其他矿产资源大国(俄、南非、加、澳、美、巴西等)比较, 中国区域成矿(以固体矿产为主)的特点如下:

1.1 古陆边缘成矿显著, 矿床集中

中国大陆由若干较小的克拉通聚合形成, 古陆边缘构造带占较大面积, 已知多数大型超大型矿床产在古陆边缘或靠近古陆边缘^[4-5]。在古陆边缘特定的地球动力学背景下, 成矿物质、热能、流体、岩石类型、构造活动都多种多样且水/岩反应强烈, 构成多期成矿和大规模成矿的有利条件, 尤其是古陆边缘的构造动力转折、不同构造体制交汇和岩浆活动多发地区, 常能形成重要矿集区^[6]。

1.2 多重成矿作用发育

与一些巨大克拉通不同, 中国大陆的多个小型陆块和造山带在地史上长时期处在活动状态。在很多地块中发育多期次的沉积、岩浆、流体、变质、变形作用, 导致地壳乃至地幔物质的频繁活动, 很多元素及其组成物处在高度活动(分解、化合、分散、集中、转移、定位)状态, 从而造成各种元素尤其是低丰度元素反复浓集条件, 其结果是不少有色、分散和贵金属在地史的较晚时期(中—新生代)富集成矿。例如, 在中国东部中生代 W、Mo、Au、Ag 等的成矿高峰, 青藏高原新生代 Cu、Pb、Zn、Li、Cs 等的成矿富集, 都可能是地史上多重富集成矿的产物。多重富集成矿的结果是“大器晚成”, 即在某些地区中生代时大矿、巨矿的大量出现。多重富集成矿发育是我国稀有和稀土元素矿床比较丰富的一个原因, 也是我国金矿地质的一个特色。古陆边缘的古老绿岩带含金量偏高, 作为矿源层, 又经历古生代尤其是中生代构造—岩浆—热液的改造和富集, 最后定位成矿, 构筑了中国最重要的金矿床类型。格罗夫斯(DI Groves)在研究西澳的晚太古宙金矿床成因时, 也曾提出“地壳连续成矿模式”^[7]。

1.3 叠加和改造成矿作用显著

中国的复合造山带、叠合盆地与活化地台(克拉通)比较发育, 反映了中国大陆的活动性和大地构造的多旋回性。地史上此起彼伏的频繁的构造、沉积、岩浆、流体活动还会导致不同时代的成矿系统在同一地域空间上的叠加复合, 如华南的铜陵、大宝山、大厂等矿床多认为是海西期热水沉积成矿系统之后又有燕山期岩浆—热液成矿系统叠加的结果, 属于多成因、多来源、多阶段的复合型矿床。叠加成矿作用既有利于形成大矿富矿, 又是产生多组伴生、共生矿石的一个重要原因。

改造成矿是指先成的矿源岩(层)经后期地质作用的改造, 使矿质富集成矿。这在我国的多旋回成岩成矿的环境中也是比较常见的, 如部分 Au、U 矿床。

1.4 热液矿床发育且多种多样

中国的固体矿床中, 热液矿床占很大比重, 以河北、湖南、

江西、云南、浙江、河南、甘肃等省为例, 按中国矿床发现史^[8]的资料, 在该 7 省的金属矿床中, 热液矿床分别占总数的 55%~95%, 平均为 67%, 约占总数的 2/3。除了数量多以外, 热液矿床类型也多种多样, 既有南岭地区与壳源花岗岩有关的众多高中温热液型 W、Sn、Li、Be 矿床, 又有西南沉积岩盖层中广泛发育的低温热液成矿系统(Au、Ag、Pb、Zn、Hg、Sb、As 及 Ga、Ge、Te、Se、Cd 等), 还有各类海陆相盆地中(有/无火山活动)的热水沉积矿床。热液的来源及类型多种多样, 深源流体(地幔源、深地壳源、岩浆源)与浅层大气降水及地层水的混合是生成大型热液矿床的重要机理, 而控矿构造的广泛分布和复杂多样也是提供热液运动和就位成矿, 造成众多热液矿床的一个必要条件。尤其是中生代以来, 整个中国大陆受到太平洋板块和印度板块运动的显著影响而强烈活化, 受深部构造热事件的制约, 浅层地壳中新生代断裂发育, 老断层复活, 地热流上涌, 各类地质流体十分活跃, 从而生成丰富多彩的热液矿床。

1.5 有机成矿与无机成矿的复合

中国区域成矿复杂性还表现在有机成矿与无机成矿都很发育, 且在一些大型盆地中二者常相复合。例如, 油气盆地中的可地浸砂岩铀矿(伊犁、吐哈、辽河等盆地); 华北众多煤盆地中伴生的铝土矿、粘土矿和黄铁矿层; 云南临沧煤盆地中伴有大型锆矿床; 一些煤盆地受后期岩浆热变质作用而发生的石墨矿床(在华北地区常见); 一些油气盆地中含高丰度的金, 如胜利油田的一些油区中富含金, 有的可达工业品位^[9]。新近发现的滇东黔西二叠纪玄武岩区的新型铜矿带中自然铜、氧化铜与沥青质伴生也引起广泛的兴趣。华南地区的不少中低温热液矿床中都伴有沥青质, 矿物流体包裹体中也多见有机物质。随着勘查和研究的深入, 有机与无机相互作用成矿复合的现象将会有更多的发现。

1.6 矿床形成后变化与保存条件复杂

中国区域成矿的复杂性既表现在矿床形成条件的多样, 也表现在成矿后矿床的复杂地质经历。中生代以来, 中国大陆大部分地区的地壳强烈活动波及到对很多先成矿床的变化与改造。一些矿床类型转化(原生矿→风化矿、砂矿); 一些含矿岩体和矿床由大变小或肢解(如内蒙古红花沟矿田、攀西铁矿带、白云鄂博矿等)。至于矿石组成、矿体形态与产状的复杂多变和受构造、岩浆、风化剥蚀破坏的情况更是数不胜数。中国矿床矿田构造的复杂性加大了勘查与开发工作的难度, 对此, 一线的矿山地质工作者是有切身体会的。

以上的一些成矿特点, 有的在其他国家也有表现, 但以在中国更加突出。总的认为, 大陆地壳的复合性与活动性, 大地构造多旋回性和大陆岩石圈结构的复杂性, 制约了区域成矿的复杂性、多样性与多阶段性, 且有矿床类型从简单到复杂的时代演化特点^[10]。上述若干特点是根据现有的地质矿产研究程度来认识的, 随着中国西部地质大调查的展开和东部重点地区勘查及采矿深度的加大, 一些新的矿化现象、成矿环境和矿床类型将陆续发现, 对中国矿床的某些特征的认识将有所改变。充实和完善

对中国区域成矿特征的认识,不仅有助于找寻传统矿床类型,对探索新矿床类型也有重要意义。

2 若干值得重视的成矿环境研究

根据上述地质成矿的若干特色,从已有的勘查程度和研究水平出发,对中国近期可能取得找矿突破的几个方向,侧重在成矿地质环境和含矿建造等方面做初步分析。

2.1 缺氧环境与黑色岩系

黑色岩系是富含有机碳(C 有机含量 $\geq 1\%$)及铁硫化物的暗灰—黑色的硅岩、碳酸盐岩、泥质岩(含凝灰岩)及其相应变质岩石的组的总称^[1]。黑色岩系中的多金属矿床,中国南方早已开发利用,俄罗斯远东地区干谷金、铂族元素超大型矿床的发现,进一步引起重视。黑色岩系是在海洋的缺氧环境中形成的,与其相关的成矿元素和组分在 25 种以上,包括 Cu、Pb—Zn、Sb、Cd、Sn、Au、PGE、V、U、Th、Mn、P、Ge、石煤、硫铁矿及重晶石等。与黑色页岩有关的矿床成因类型有沉积—成岩型、沉积—改造型、火山—沉积(改造)型、沉积受变质型和火山—沉积变质型等^[1]。黑色岩系中常产有大型—超大型矿床,如大厂 Sn 金属矿、锡矿山 Sb 矿、临沧拜卖 Ge 矿、湘黔交界的贡溪—大河边重晶石矿床等。黑色岩系有关的成矿有利条件是:①缺氧环境(事件)的形成与持续发展;②被动大陆边缘的拉张裂陷为主的槽盆环境;③低纬度的古气候;④生物与微生物作用。除上述条件外,作为矿源层的黑色岩系受后期火成活动或热水活动的叠加改造时,有可能造成原有矿胚或矿源层的活化和矿质富集成矿。

2.2 暗色岩大火成岩省

指大面积分布的大陆溢流玄武岩及有关的镁铁质—超镁铁质侵入杂岩体构成的岩石组合,暗色岩的含矿性已引起人们的关注。与西伯利亚大面积暗色岩有关的 Noril'sk 世界著名铜镍铂族矿床,产于暗色岩建造的侵入岩相中。我国川滇黔区峨眉山玄武岩广泛分布,攀西裂谷含巨型 V—Ti 磁铁矿矿床的镁铁质—超镁铁质杂岩据信是与玄武岩套同源^[2]。此外,还有铜镍硫化物矿床(如力马河)、铂族元素矿化等与之有关。新近在云南鲁甸发现与玄武岩有关的沥青质—自然铜矿床,经工作认为有较好的前景。在谢学锦等^[3]所做全国 Cu、Pt 地球化学图上,该玄武岩区也有高丰度值的异常。作为一个幔源的成岩成矿系统,峨眉山暗色岩套的有关矿床组合的整体格架及其时空分布尚未完全认识,值得深入研究。除了与玄武岩及其侵入杂岩体有关的矿床外,覆盖面积达 50 万 km² 的二叠纪峨眉山玄武岩本身就是一个巨大的热场(热圈闭),其对不整合面下沉积岩层内中低温热液矿床成矿的影响及所产生的矿床类型值得进一步探索。

2.3 复合沉积盆地

我国中新世代陆相盆地有 300 多个,分布广,总面积达 200 万 km²,除其中蕴藏的煤、盐类、油、气、水资源外,一些盆地中还发现有 Cu、U、Au、Ge 矿床(化)。此外,古生代的海相

盆地也分布较广。由于中国地壳发展的多旋回性,导致了多旋回的复合、叠合盆地数量较多。尤其是大型复合盆地,具有多期次的沉积旋回和构造—热变动。在纵向上具有多层结构,各构造层常以不整合分开,不同层中有不同的沉积建造和成矿系统。有的为油气,有的为蒸发岩矿产,有的为一般金属非金属矿产。在盆地的多次构造运动中,使上下构造层得以连通,造成盆地中原有矿质的活化运移和相互作用。盆地中有多种沉积建造和流体系统,又发育生物有机质,常是有机成矿与无机成矿作用的复合地带。这类盆地中的油、气、煤资源已经大量勘查,但对于其中的金属和非金属矿床缺少系统探索。

建议运用综合找矿思想,系统研究这类盆地的构造背景、演化过程和基底、盆内、盆缘的岩石类型、矿源基础、流体运移和构造—岩相—有机质圈闭条件,以探索新矿床类型的所在。盆地中具有构造—热异常或后期流体环流地段,常能导致活泼金属的活化、运移与富集。盆地周缘有含高丰度金属的岩石剥蚀区(如富铀花岗岩),又有向盆地内部的汇水域,这有利于形成砂岩型 Cu、U 矿床,辽河盆地南缘某铀矿就是一个代表性实例。

2.4 古湖盆(含盐盆)分布的陆缘构造—岩浆岩带

古陆缘是有利成矿带,有古湖盆分布的陆缘构造—岩浆岩带则更有利。在这种环境中,既有深部作用引发的构造变动、岩浆(含火山)活动、矿质和流体的大规模运动,又有地表湖盆水体,有些是盐水(加矿化剂)的参与。大量的湖盆水沿构造破裂带下渗,与深源含矿流体汇聚与混合,构成金属元素大量堆积的物理化学条件,这很有利于大型矿床生成。在 Olympic Dam 矿床的较新成矿模式中^[4]就包含着这种观点。我国柿竹园矿床的一个成矿模式^[5]也强调了晚中生代(侏罗纪)成矿时,千里山地区地表为断陷海的湖盆环境,其中的低温热水沿断裂下渗参与了成矿流体系统。

上述内生条件与外生条件有机耦合的环境,可能有普遍意义,因为它汇集了多种成矿有利因素,又是各项成矿参数——T、P、f_{O₂}、Eh、pH 发生临界转变的有利地段,因而常能形成大型矿床,应引起重视和研究。

2.5 叠加成矿的多种型式

对在中国常见的叠加成矿作用,涂光炽^[6]早就提出并作过论述。笔者曾对长江中下游成矿带的叠加成矿作用有专门探讨^[7-9]。目前研究较多的是华南地区古生代海相(火山)沉积喷流型矿床(早期)与中生代岩浆热液型矿床(晚期)的叠加复合,已有广西大厂、广东大宝山、安徽冬瓜山、狮子山、铜官山等多个实例。从成矿理论分析,叠加成矿可有多种类型,有沉积成矿+岩浆热液成矿,也有岩浆热液成矿+岩浆热液成矿、沉积成矿+变质成矿等多种叠加模式。即使在沉积(热水沉积)成矿+岩浆成矿的模式中,除上述的 SEDEX 矿床+岩浆热液夕卡岩型、斑岩型、角砾岩筒型 Cu、Fe、Sn、Pb、Zn、Au 矿床外,涂光炽^[9]还报道了叠加在块状硫化物矿床之上的后期石英脉型金矿床^[9],即靠近我国阿尔泰附近的俄罗斯列宁

戈尔斯克地区的一个泥盆纪块状硫化物矿床,其下部有形成时代很晚的大型含金石英脉,且下延超达 1000 m。此外,在西伯利亚东南部的萨拉彦矿床,也是一个晚期含金石英脉呈细脉浸染状叠加在块状硫化物矿床之上的金矿床。

以上的事例启示我们,在研究一个区域乃至一个矿床(田)的时空结构时,应注意各种可能的叠加复合成矿形式与其产生的新矿床类型。

2.6 不同构造体制转折期和转折部位的成矿环境

中国大陆的大地构造活动频繁,又有多个构造体系交汇,造成地质历史上不同构造动力体制的转折期和转折部位的多次出现。从作者所提出的多因耦合、临界转换的成矿观念^[6,20-21]分析,地质转换的时空结构有利成矿。如前寒武纪与寒武纪的转折期,黑色岩系发育并伴有生物灭绝和生物大爆发,有大面积的缺氧环境和多种矿床形成;早古生代与晚古生代的转折期,构造活动从相对稳定向较活动转变,中晚泥盆世是一个重要的成矿时代。印支期是中国大陆又一个构造转折期,中国东部广大地区岩石圈结构显著变化,壳幔强烈反应,岩石圈减薄,东西向构造带为主向 NE—NNE 方向转化,构造—岩浆—流体成矿作用十分活跃,在燕山期形成中国东部的成矿高峰,表现了一个重大地质构造转换对成矿的控制。在构造动力体制显著转折的区域,有复杂的控矿因素,常发生不同的构造—成矿系统的叠加与复合,如闽粤地区的 W、Mo、Bi+Pb、Zn、Au、Ag 复合成矿系统。这些复合成矿现象有些已认识,有些则有待去探索。

2.7 地球化学块体的地质成矿分析

以谢学锦^[22]院士为首的研究集体在全国区域化探扫面(1:20 万)及其他地球化学勘查成果的基础上,总结提出的地球化学块体理论及各种成矿元素的地球化学块体图对于区域成矿研究极为宝贵。内容丰富的地球化学块体及异常图不仅为找寻已知矿床类型提供了重要线索,如在指导找金矿工作中起了很好的作用,而且对于探索新矿床类型的产出位置和潜力也有重要价值。

以铂矿为例,在全国铂地球化学图上,已圈出三大块大面积异常,新疆、川黔滇和西藏,造成这些异常的原因,除去大型基性岩体(层)和已知铂矿床(独立的、伴生的)外,还预示着可能有新的铂矿床类型的产出。如富 Pt 的斑岩型铜—金矿床在鄂东区已有一些线索,正在研究的富 Pt 黑色岩系也在谢学锦^[22]等所圈定的 Pt 地球化学块体内。

除去岩石、构造因素造成的地化异常外,就矿质异常来说,宜作精细观测和系统分析,是独立矿床造成,还是伴生矿床造成;是浅表矿床造成,还是深处矿床的浅表反映(地气、纳米级粒子成矿元素上移造成);是已知矿床,还是未知矿床;是传统矿床类型,还是新矿床类型。为了解这些要系统研究地球化学块体和异常的岩石组成、构造性质、结构特点、形成演化历史、已知矿床分布、矿化蚀变类型及分布等。重要的是将元素地球化学信息转化为地质成矿信息,再进一步研究和预测未知矿床。

2.8 深部探矿和矿化垂直分带研究

近年来,中国在逐步加强西部地质矿产大调查的同时,由于危机矿山日益增多,东部地区深部探矿问题也日益引起重视。中国的金属矿山,探采深度一般在 500 m 左右。只有少数几个铁铜矿山,开采已进入 1000 m 深度。国外开采超千米的金属矿山有 80 多座,其中南非最多,有的金矿开采深度已近 4000 m。从成矿理论分析,一个热液成矿系统的垂直延深达 4~5 km 是完全可能的。西利托^[23]注意到环太平洋火山岩区浅成低温热液金、铜矿床与富金的斑岩铜矿床在时间、空间和成因上的联系。菲律宾巨大的远东南斑岩型铜金矿床之上有含硫砷铜金矿脉;智利马里昆加浅成热液型金矿带下部发现一系列大型斑岩型铜矿床等,都值得我们深思。近年来,云南会泽、广东凡口、山东招远等地的 Pb—Zn、Au 矿床都在千米左右的深度找到富矿体。而且,随着深度变化,矿床类型也相应改变,如赣南区原有的石英脉型钨矿垂向“五层楼”矿化模式再向深部发现云英岩型和岩浆—热液过渡型矿石(化)。中国不少矿集区的深部还需要深入调查,可能还有相当的资源潜力。从长远看找矿深度将越来越大,根据采矿专家的初步界定,中国金矿和有色金属矿的深部采矿深度为 1000~2000 m,这首先要求在深部探矿上要有重要的突破。

深部探矿是一个复杂而有巨大吸引力的探索领域,过去沿用的成矿条件和矿化分带理论只限于讨论矿种、矿化类型、产状、蚀变及含矿地层的垂向变化,已不能完全适应需要。现在要扩展思路,从成矿区域的地壳结构、构造—岩石环境、地化、热场、流体场等更广阔的背景上研究矿化分带及隐伏矿位置,要加强深部地球物理勘查并将其与地质、地球化学等方法有机结合,其研究成果不只能指出矿体的找矿方向,还要能对一个区域或矿集区的深层找矿战略分析提供重要信息。深部探查和地质矿化垂直分带研究将能揭示新的成矿环境和新矿床类型。尤其是不同岩层界面、不同构造层界面、不整合面、拆离和滑脱断裂带以及隐伏岩体等的成矿环境更应引起注意。

以上的成矿环境分析表明,大规模成矿作用与岩石圈演化阶段和方式有关。随着中国基础地质研究的深入和矿产勘查开发程度的提高,必将发现更多新的成矿环境和有关矿床类型。

3 发现新矿床的若干方法途径

以上简要讨论了在中国值得重视的若干成矿环境和新矿床类型,那如何去研究和找寻它们呢?这方面要作的工作很多,笔者着重从矿床研究的角度提出一些看法供研讨。

3.1 提高地质矿产人员的科技水平和创新能力

找矿是探索未知、发现新矿床的创造性活动,高水平的地质矿产人员是发现新矿床的根本因素。有关人员除了要有宽厚扎实的专业知识和技术能力外,还要富有创造性和想象力,能辩证地、历史地认识已有矿产勘查和矿床研究的成果,继承优良成果并以之作为探索未知、开辟新领域的基础;开

阔思路,不受已有知识、观点和模式所约束;富有激情,勇于攀登,不怕挫折,敢担风险,团结合作,协力攻关。国内外找矿成功经验表明,这些良好素质对找矿发现是十分重要的。

3.2 正确选择靶区,寻找已知矿床与发现新类型和新矿种并重

正确选区是发现新矿床的一个关键。熟悉区域地质成矿特征,有深厚的地质科学和成矿学素养,掌握现代勘查技术尤其是综合信息的分析和运用,了解国内外勘查历史经验且富有战略眼光,这些对准确选区是十分重要的。在这方面,正确开展区域成矿系统研究^[1],针对各成矿区带的特征,作整体分析,通过类比和求异提出可能存在的已知矿床和不同于已知矿床的新类型、新矿种,既要由已知到未知,寻找与已知矿床类型类似和同类的矿床,又要有创新思想,注意那些与已知矿床类型不同的新矿床类型和新矿种。与毗邻国家或地区的重点成矿区带进行对比,找出异同,也是发现新类型矿床的必要举措。

3.3 大力提高矿产资源测试鉴定和分选提取的科技水平

不少新矿床类型是低品位、难选冶的,运用传统的测试手段,一般它们不易被发现,暂不能被利用;当测试方法和技术手段提高后,则可能发现并利用它们。如微细金分析精度的提高对于发现更多低品位金矿床起到关键作用就是一个重要的历史经验。因此,针对中国矿产资源多为分散、伴生等特点,大力提高矿产分析鉴定精度和矿产分离提取技术,以实现矿产资源的综合开发和合理利用,应作为一项基本的科技政策。

3.4 坚持不懈地进行精细的野外和实验室观测

矿床学认识的源泉来自对矿床、矿体、矿石及其所在岩石—构造环境反复、周密、准确的观测,坚持实践第一(包括野外和实验室)是矿床学研究的根本原则之一。同时,还要运用新观点充分研究旧资料,从中发现异常的地质矿化现象和异常的控制因素,冲破传统观念的束缚,具有发现新类型矿床的心理准备,通过类比、求异和成矿理论分析,提出和建立新的矿床模式。相信人类发现开发新矿产资源的能力是无止境的,新矿产和新矿床类型也将会层出不穷。

3.5 加大矿产勘查和研究基金的投入

找矿是风险性很大的工作,找新类型矿尤其如此。资金的投入方向又受矿业市场需求的影响,实力强的矿业公司有较强的抗风险能力,可失于东而取自西。而研究性工作则主要由公益性基础性研究机构和大学来承担,对此,国家要给予更多的关心和支持。

总之,利用地球科学基础知识和成矿理论与找矿技术,研究新的成矿环境,预测和发现新的矿产资源,尤其是能形成大矿、富矿的新类型矿床,需要智慧和想象力,需要锲而不舍的探索精神和勇气。目前,我国的地矿工作正处在转轨时期,困难较多,但前景良好,期望能通过持久的艰苦工作,发现更多的矿产资源包括新矿产和新矿床类型,为保障中国的矿产资源需求做出新的贡献。

致谢:论文初稿经蔡克勤教授审阅并提出宝贵意见,王建平博士协助完成了文稿的整理,一并深表谢意。

参考文献 (References):

- [1] 赵鹏大. 认识、发现和利用非传统矿产资源[A]. 见:王恒礼主编. 创新思维与地球科学前沿[C]. 北京:大地出版社,2002.9~18.
Zhao Pengda. Recognition, discovery and utilization of non-traditional mineral resources [A]. In: Wang Hengli (eds). Innovative thoughts and Earth Science Frontier[C]. Beijing: The Earth Publishing House, 2002. 9~18 (in Chinese).
- [2] 翟裕生, 邓军, 彭润民. 中国区域成矿若干问题探讨[J]. 矿床地质, 1999, 18(4):323~332.
Zhai Yusheng, Deng Jun, Peng Runmin. Problems pertaining to regional metallogeny of China [J]. Mineral Deposits. 1999, 18 (4): 323~332 (in Chinese with English abstract).
- [3] 翟裕生. 中国区域成矿特征探讨[J]. 地质与勘探, 2002, 38(5):1~4.
Zhai Yusheng. Some features of regional metallogeny of China [J]. Geology and Exploration, 2002, 38 (5):1~4 (in Chinese with English abstract).
- [4] 涂光炽. 回顾 30 年来的矿床学[A]. 见:中国地质学科发展的回顾——孙云铸教授百年诞辰纪念文集[C]. 北京:地质出版社,1995.126~134.
Tu Guangzhi. A Retrospect on mineral deposits of the past 30 years [A]. In: Review of the Anniversary of Professor Sun Yunzhu[C]. Beijing: Geological Publishing House, 1995.126~134 (in Chinese).
- [5] 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统[A]. 见:北京大学国际地质科学学术讨论会论文集[C]. 北京:地震出版社, 1998.769~778.
Zhai Yusheng. Tectonic evolution and metallogenic systems in paleocontinental margins[A]. In: Geology Department of Peking University (ed). A Symposium on International Geosciences at Peking University [C]. Beijing: Seismological Press, 1998. 769~778(in Chinese).
- [6] 翟裕生, 邓军, 汤中立, 等. 古陆边缘成矿系统[M]. 北京:地质出版社, 2002.1~416.
Zhai Yusheng, Deng Jun, Tang Zhongli, et al. Metallogenic Systems of Paleocentral Margin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2002.1~416 (in Chinese with English abstract).
- [7] Groves, D. I. The crustal continuum model for late-Achaean lode-gold deposits of the Yilgarn Block, Western Australia[J]. Mineralium Deposita, 1993, 28 (6):366~374.
- [8] 中国矿床发现史编委会. 中国矿床发现史(河北、湖南、云南、甘肃、浙江、陕西、江西等卷)[M]. 北京:地质出版社, 1996.
Editorial Committee of Discovery History of Deposits of China. Discovery History of Deposits of China (Hebei, Hunan, Yunnan, Gansu, Zhejiang, Shanxi and Jiangxi Volumes) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996 (in Chinese).
- [9] 涂光炽. 成煤、成油、成气、成盐和成金属矿之间的关系[J]. 有色金属矿产与勘查, 1994, 3(1):1~3.
Tu Guangzhi. Relationship among coal formation, oil formation, gas formation, salt formation and metallic ore formation [J]. Geological Exploration for Non-ferrous Metals. 1994, 3 (1):1~3.
- [10] 翟裕生, 邓军, 李晓波. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社, 1999.
Zhai Yusheng, Deng Jun, Li Xiaobo. Regional Metallogeny[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese with English abstract).

- [11] 范德廉, 张焱, 叶杰. 缺氧环境与超大矿床的形成[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(supp.), 57~62.
Fan Delian, Zhang Tao, Yejie. Anoxic environment and formation of superlarge ore deposits[J]. Science in China (Series D), 1998, 28 (supp.): 57~62 (in Chinese).
- [12] 涂光炽. 中国超大型矿床(I)[M]. 北京:地质出版社, 2000.
Tu Guangzhi. Superlarge ore deposits of China (I)[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000 (in Chinese).
- [13] 谢学锦, 刘大文, 向运川, 等. 地球化学块体——概念和方法学的发展[J]. 中国地质, 2002, 29(3): 225~233.
Xie Xuejin, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks—Development of concept and methodology[J]. Geology in China, 2002, 29 (3): 225~233 (in Chinese with English abstract).
- [14] Haynes D W. Olympic Dam ore genesis: a fluid mixing model[J]. Economic Geology, 1995, 90: 281~307.
- [15] 刘义茂, 王昌烈, 胥友志, 等. 柿竹园超大型钨多金属矿床的成矿条件与成矿模式[J]. 中国科学(D辑), 1998, 28(supp.): 49~56.
Liu Yimao, Wang Changlie, Xu Youzhi, et al. Ore-forming conditions and model of the Shizhuyuan superlarge W-polymetallic ore deposit[J]. Science in China (Series D), 1998, 28 (supp.): 49~56 (in Chinese).
- [16] 涂光炽. 叠加与再造——被忽视了的成矿作用[J]. 湖南地质科技情报, 1975, 76~83.
Tu Guangzhi. Superimposition and reformation—A neglected ore-forming process[J]. Information of Geoscience and Technology of Hunan Province, 1975, 76~83 (in Chinese).
- [17] 翟裕生, 姚书振, 林新多, 等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M]. 北京:地质出版社, 1992.
Zhai Yusheng, Yaoshuzhen, Lin Xinduo, et al. Iron and Copper (Gold) Metallogeny in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992 (in Chinese).
- [18] 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, 1996.1~198.
Zhai Yusheng, Yao Shuzhen, Cui Bin, et al. Study on Mineralogenetic Series[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996.1~198 (in Chinese).
- [19] 涂光炽. 矿床新类型及对华南地区找金的建议[J]. 地质科技情报, 1993, 12(2): 67~70.
Tu Guangzhi. New ore deposit type and suggestions on gold prospecting in South China [J]. Geological Science and Technology Information, 1993, 12 (2): 67~70 (in Chinese).
- [20] 翟裕生, 邓军, 丁式江, 等. 关于成矿参数临界转换的探讨[J]. 矿床地质, 2001, 20(4): 301~306.
Zhai Yusheng, Deng Jun, Ding Shijiang, et al. Discussion on critical transition of ore-forming parameters (factors)[J]. Mineral deposits, 2001, 20 (4): 301~306 (in Chinese with English abstract).
- [21] 翟裕生, 吕古贤. 构造动力体制转换与成矿作用[J]. 地球学报, 2002, 23 (2): 97~102.
Zhai Yusheng, Lü Guxian. Transition of tectonic and dynamic regime and mineralization[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23 (2): 97~102 (in Chinese with English abstract).
- [22] Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper-gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region[J]. Australian Journal of Earth Sciences, 1997, 44 (2): 375~388.

Regional metallogenic features and some important ore-forming environments of China

ZHAI Yu-sheng

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The study and discovery of more ore-forming environments and rock formations are conducive to expanding the exploratory field and enhancing the ore prospecting efficiency. Based on the regional metallogenic features of China, the author proposes some ore-forming environments that we should pay more attention to recently. Major features of regional metallogeny of China are as follows: ① many ore deposits are concentrated on the margins of the old land; ② multi-stage mineralization is well developed; ③ superimposition and modification of mineralization are pronounced; ④ hydrothermal ore deposits are abundant and diverse; ⑤ organic mineralization and inorganic mineralization are combined; ⑥ conditions for changes and preservation after the formation of ore deposits are complex. The ore-forming geological environments and rock formations which have high ore potential and in which some findings may be made include: ① black shale series; ② melanocratic rock series; ③ composite sedimentary basins; ④ compounding of ancient lake basins and tectono-magmatic belts; ⑤ multiple forms of superimposition mineralization; ⑥ time and space of transition of tectonic systems; ⑦ ore potential of geochemical blocks; ⑧ exploration of deep ore deposits and vertical zoning of mineralization. At last the author suggests some methods and ways to discover new ore deposits in China.

Keywords: new ore-forming environment, new deposit type; mineral resources; geological metallogenic feature; China