

从金银矿的重新发现谈综合找矿 评价问题

汪国栋

(冶金部地质勘查总局资料馆)

综合找矿、综合评价工作应建立在成矿系列理论上, 针对不同共(伴)生矿产、尤其Au、Ag等稀贵金属矿的特征, 改进不适当的工作方法, 防止某些重要Au、Ag矿或共生矿的漏查。

关键词: 综合找矿; 综合评价; 成矿系列; 工作方法



工作研究

综合找矿、综合评价, 是地质找矿工作必须遵循的方针。实行这一方针, 常常在找到主金属矿床的同时, 查明与其共(伴)生的矿床, 从而提高矿床

的经济价值。尤其是对那些不能或很少能形成单独工业矿物或矿床的某些稀贵金属来说, 更有其重要意义。据悉, 我国目前探明的几乎全部Ag、Co和Pt均属伴生储量; 伴生Au约占黄金总储量的44%; Cd、Ge和Ga等稀散元素则全部从主金属矿产中顺便回收。大冶铁矿中的Co, 长江中下游夕卡岩和斑岩铜矿中的Au, 以及多金属矿中的Ag, 其数量和经济价值都相当可观。

除此之外, 还发现了一批多组份共生的综合性矿床或新类型矿床, 如白云鄂博Fe、Nb、TR矿床, 大厂Sn、Pb、Zn矿床, 水口山Pb、Zn、Cu、Au矿床等。

综合找矿、综合评价还有助于促进和推动主金属矿产的找矿和开发, 尤其是主金属组份偏低的矿床, 往往由于伴生组份的存在而使“呆矿”不呆, 甚至使铜老山空的矿山

死而复生。

综合找矿评价中的问题

综合找矿、评价工作包括查明主金属矿床及其中的伴生组份, 也包括主金属矿床(体)上、下及附近其他金属组份共(伴)生的矿体。

找矿实践中, 共(伴)生矿产^①漏查和“误查”的现象屡有发生。以Au、Ag为例, 主要表现为: 第一, 相当部分的已勘矿床中, 伴生组份没有查定。据近300个有色金属矿床的统计资料, 查过Au的仅占15%, 查过Ag的占27%; 第二, 有的矿床属于经济意义更大的多组份共生Au、Ag矿床, 却一直被“误查”为伴生矿; 第三, 在已知贱金属矿床的外围及深部也有漏查Au、Ag单独矿床(体)的情况。在勘探Pb-Zn矿床时,

^①伴生矿、共生矿定义有多种提法, 此处取主金属矿床(体)中其他未达到单独工业指标、尚可回收利用的元素组份为伴生组份或伴生矿; 矿床(体)中两种及两种以上元素组份均达工业指标者, 为共生矿。两者通称共(伴)生矿产。

仅注意了伴生Ag, 却忽视了以Ag为主的矿体; 在勘探Au-Cu矿时, 查明Cu及伴生Au, 漏查了大型共生Au矿; 许多铁帽, 经评价发现Cu及多金属, 最后又发现Au矿床。

一些矿床(区)经长期工作, 而出现“多次易主”或“主伴颠倒”的情况。这表明, 在确定找矿目标时常常缺乏正确、完整的地质理论指导, 对矿床共生组合规律缺乏认识, 因而带有某些盲目性。对于伴、共生组份为贱金属的矿床来说, 确定找矿或综合找矿的目标是不难的, 而对于成矿条件复杂、成矿元素多样和不易辨认或稀贵金属矿产, 则容易出现漏查现象。

找矿评价中的漏查或误查现象, 也不限于Au、Ag矿; 找矿史上曾多次有过白钨矿、菱铁矿床等“丢而复得”的经历。但在找矿程度较高的矿带或矿田中, 近年连续发现大、中型Au、Ag矿床, 就发人深省。

从地质理论上对贱金属矿床(田)中会共存Au、Ag矿缺乏了解, 对伴生Au矿、共生Au矿及单独Au矿床的关系缺乏实际的、辩证的认识, 不能针对不同特点的伴、共生矿采用恰当的评价方法, 是造成上述漏查或不能尽早发现的重要原因。以往查定伴、共生组份或矿产时, 常常依据少数光谱和组合分析结果, 孤立地考虑单个矿床(体)的矿物和元素共生特点, 而缺乏具体地质条件下各种内外生矿床共生组合规律的分析。因此, 要及时发现和正确评价贱金属矿田中共生及独立的Au、Ag矿床(体)是有较大难度的。

近年来, 在鄂东及铜陵等地的铜及多金属矿田中, “重新”发现多个Au矿及Au-Cu共生矿床, 进一步说明, 即使在找矿程度相当高的地区, 仍有“空白”和死角。在已知矿带(田)开展综合找矿, 发现Au、Ag矿床是有前景的。

综合找矿评价工作应以成矿系列理论为基础

找铁矿时, 找出了锰矿; 找铁矿或锰矿时, 找出了铅锌矿。对此, 以往人们称为“相变”、“姊妹矿”和“共生矿”现象。随着科学技术的进步, 找矿深度的加大和测试水平的提高, 许多大型多组份共生的综合矿床不断地被发现。除了前述白云鄂博、大厂矿床之外, 尚有个旧Sn、Cu、Pb、Zn、W矿床, 柿竹园夕卡岩型W、Sn、Mo、Bi多金属矿床等。一些过去认为属单组份的矿床, 也发现了以前所不知的重要共生组份。铁帽中找到了Au, 锰矿中找到了Au、Ag矿, 甚至国外在铝土矿中也找到了Au矿。这些事实表明, 一些矿床或矿体共生及伴生的现象普遍存在。

多组份综合性共生矿床越来越多地被发现, 对矿产地质研究提供了新课题, 对综合找矿理论提出了新的要求, 对以往的某些找矿评价方法提出了问题和挑战。早在70年代中后期, 我国的矿床地质学家就提出了“成矿系列”理论, 从总体上论述了不同元素和类型的矿床共生组合规律, 为预测和分析同系列的其他未知矿床, 也为综合找矿提供了理论基础和准则, 为扩大找矿增添了新的活力。

成矿系列理论导源于不同类型单组份矿床组合规律的研究, 已成功地用于不同成因及产状类型矿床的共生组合分析。如宁芜地区的火山喷发型—火山沉积型—气液交代充填型—矿浆型系列; 铜矿中的斑岩型—夕卡岩型—热液型系列; 锡钨矿方面的似层状型—大脉型—网脉型系列等; 也对有关的找矿工作起过重要的指导作用。

为突出工作重点, 掌握工作方向, 在找矿工作中, 往往强调发挥“矿种优势”、抓住“最佳类型”, 而矿床(体)组合或共生关系又要求从成矿系列角度出发, 运用“互示

找矿”的信息，对共、伴生矿产有目的地综合找矿。虽然，尚未有运用成矿系列理论直接指导找矿、取得成功的范例，但近年从贱金属矿田中陆续发现Au、Ag矿的事实，使人进一步明确了成矿系列理论的实用意义。从找Au工作的实践中，通过矿床共生组合特点的归纳，已确立了一些直观上对找矿适用的成矿系列。如鄂东夕卡岩型 Au—Cu系列^①，水口山 Au—Ag—Pb—Zn系列，黔桂地区的Au—As—Sb—Hg系列，以及火山岩区的Au—Ag系列。成矿系列的查明，在综合找矿上、尤其是已知矿带或矿田的 Au、Ag矿查定中，会起到推动作用。

成矿系列理论对找矿预测作用的潜能，显然未能充分发挥。这可能与近年对找矿高难地区或重要矿田中成矿系列研究削弱，并脱离了具体的“地质找矿中心”有关。

从不同范畴的成矿地质条件、地球化学条件及其作用的分析出发，结合预测及找矿任务，进一步深化成矿系列的研究，查明各类组份矿床的共生组合规律，应是进一步提高综合找矿水平的重要途径。

建立多元素矿床系列模式 增强综合找矿预见性

目前，运用矿床模式（包括成矿模式和找矿模式）被认为是在找矿高难地区取得突破的有效方法。在已知成矿带、矿田进一步综合找矿，更应引入模式分析方法，为找矿正确导向，增强综合找矿的目的性和预见性。

成矿系列理论要解决找矿问题，有赖于矿床系列模式的研究和确立。矿床系列模式应是成矿系列理论“通向”地质找矿的“桥梁”；建立多元素矿床系列模式，应是在找矿“高难地区”寻求综合找矿突破的重要环节。单一矿种、单一类型的矿床成矿模式，

①汪国栋：含金夕卡岩矿床特征及其找金问题的讨论，1987年。

在找矿中普遍受到重视并得到应用；通过多元素（矿种）、多类型的综合性共生矿床的找矿实践，也总结了不少多矿种、多类型的组合模式——即矿床系列模式^②。如庐枞地区玢岩铁矿—火山沉积热液改造铜矿—沉积铁矿系列模式，铁山Fe—Cu—Pb（Zn）系列模式，以及大宝山Fe—多金属成矿系列模式等。

矿床系列模式将成矿系列和成矿模式分析结合起来，较之单一类型模式在研究范畴上和内容上具有更高层次。一些矿带及矿田中许多重要Au、Ag矿曾被漏查，说明研究中存在相当大的“空白”。以往某些成矿带、矿田的矿床系列模式，主要立足于寻找某种贱金属，而只“顺便”查定伴生稀贵组份；并将“伴生”组份数据仅作为说明主金属成矿条件复杂性及成矿阶段划分的某种标志，一般性地表述为矿物分带、元素地球化学分带等。许多重要矿带及矿田伴、共生矿产及其赋存规律仍处于“顺便”研究的水平上。

多元素矿床系列模式，除研究“主金属”矿外，还应加强对伴、共生矿产的赋存特征及规律的研究；在成矿条件复杂的矿带或矿田，甚至涉及不同成矿系列迭加作用的分析。近期在一些找矿程度高的铁铜矿带及多金属矿田中，发现以往“忽视”的Au矿或Au、Ag矿，甚至在一些地质条件并不十分复杂的Sb—Hg矿带或S矿床中也发现一批Au矿床；上述地区有的历来有伴生Au组份。这表明，许多矿田中贱金属矿体、伴生Au矿、共生Au矿体以及单独Au矿体（床）是共存的，如鸡笼山、水口山矿田。多元素综合性共生矿床中应注意分析主金属矿—伴生矿—多元素共生矿床的关系、递变规律及各自“定位”的特点，以达到正确找矿评价

②多元素（矿种）、多类型矿床的模式名称较多，如××组合模式、××综合模式等，现从成矿系列角度出发，分别称为矿床系列模式、多元素矿床系列模式。

的目的。

成矿系列理论要在综合找矿中发挥更大的作用，必须使“矿床系列模式”成为野外地质人员所掌握的“工具”。这种模式除了具形象化的地质图式或概念表述形式、启发找矿思路外，最重要的是确立一组用于判别成矿的准则和指示矿床（体）的具体标志。这是以往成矿系列研究中很少涉足的部分，也是对找矿的指导作用逊色于模式分析的重要原因。

加强综合找矿，提高找矿效果，仅强调综合找矿的重要性是不够的。将综合找矿置于科学理论分析基础上，总结有效的多元素矿床系列模式，明确找矿目标，以防止重要Au、Ag矿或共生矿的漏查。

改进找矿评价工作方法 提高矿样测试水平

综合找矿评价工作，除了有正确的认识能力，显然还要有一套适合“综找”目标的工作方法和决定这种方法的正确原则。

30多年来，综合找矿评价的范围、对象和内容已大为拓宽，综合找矿形势发生了很大变化。综合找矿评价工作原则和方法，尚没有统一的规范性文字；在某些主金属矿勘探“规范”中的一些简单的说明，难以规范矿田（区）综合找矿工作。

在综合找矿评价工作中，勘查工作方法的原则是“伴随主定”。地质找矿评价工作布置及工作方法基本上是按照主金属矿床（体）的特征来确定。地质特征及成矿规律研究中，只注重主金属矿体赋存规律，对共、伴生组份及矿产只顺便研究或者根本未研究；试样加工只考虑主金属组份的特点；测试工作中的要求，也未考虑各共（伴）生组份的需要。近年的许多找矿事实表明，这种处理问题的原则和方法，能满足主金属矿床及其中其他贱金属共（伴）生组份的评价工作要求，但对构成共生矿床及外侧构成单

独矿体（床）的Au、Ag等稀贵元素来说，必然导致评价工作的失误。

稀贵金属矿床、尤其Au、Ag矿，其特点是肉眼难于辨认、品位量级低和品位变幅大。因此，制备有代表性的试样，严格测试质量监控，提供正确品位数据，是正确评价的关键。以往Au—Cu矿或Au、Ag多金属矿找矿评价中，采样和加工按Cu或Pb—Zn矿石处理，由于采样及矿样过筛中Au的丢失、磨矿粒度不够，以及样品缩分上等层层过失，造成Au、Ag贵金属分析结果的重现率及分析值偏低，使一些重要的Au矿或共生Au矿长期漏查或误查。

在综合找矿评价工作中，一般对共、伴生组份采用光谱分析“定向”、组合分析“定量”的方法。这种方法组合形式不适于查定稀贵金属矿产组份。一方面，矿石光谱分析数量有限，缺乏系统性；另一方面，过去光谱分析的元素检出限高。至于组合分析，其结果使许多有一定厚度的Au、Ag被“拉贫”了；这是使一些重要Au、Ag共生矿误查为伴生矿的重要原因之一。因为组合分析一般只能“组合”主金属矿体边界以内的样品，这导致主金属矿体之外Au、Ag矿体（段）的丢失。

需要特别指出，不适宜的组合分析方法还有一个严重缺陷，就是它几乎完全堵死了共、伴生Au、Ag组份分布规律及其与主金属矿产关系等方面的研究，可能对下一步Au、Ag矿的找矿造成新一轮的失误。以鄂东为例，数十年中，关于“大冶式”铁矿、夕卡岩铜矿的论文不计其数；但80年代中期以前，从未有专文从成矿及找Au的角度涉及过夕卡岩Au矿问题。该区长期只找Fe和Cu，不知找Au；尽管早已了解Fe、Cu矿中有大量伴生Au存在。这显然与以往找矿勘探中对其他组份广泛采用组合分析有关。这种方法平抑了Au组份的含量，又难于发掘其中的找Au信息，延误了该区Au矿

或共生Au矿的查定。从近年各地找矿反映的情况分析,在其他有伴生Au、Ag组份的贱金属成矿带上也存在类似的问题。

总之,由于综合找矿的对象不同,以往查定伴生组份的方法必须针对不同的目标予以改进。关键仍然是提供有代表性试样和正确的品位数据。在已知矿区,用组合分析查定Au、Ag共生矿或单独Au、Ag矿体(段)是不正确的。

应当承认,由于对Au、Ag的需求,考虑共生矿的特点,近年对有关Au、Ag矿的圈矿指标作了适当“下调”,扩大了Au、Ag矿的找矿范围。但一些夕卡岩Fe—Cu矿或Cu多金属矿带(田)陆续发现一批大、中型Au矿或共生Au矿,主要在于认识上突破了狭义的“伴生矿”概念,按Au矿的特点采用了得当的评价工作方法。

更新矿田(区)化探成果 提高综合找矿效能

在多组份综合矿田进行化探找矿评价,也应充分研究多组份共生矿的特点,并注意识别稀贵元素(如Au、Ag等)共生矿的化探异常。对共生稀贵金属矿产的化探异常缺少分析,对多系列成矿与成晕元素异常分带或迭加的意义估计不足,也会导致一些Au、Ag矿的漏查。

夕卡岩型Au—Cu矿田,往往有Cu、Au、Ag、As、Pb、Mo异常。岩体内有Cu、Mo异常;岩体接触带的Au—Cu矿体上有Au、Cu、As、Ag异常;外接触带Au矿体或Au—Pb(Zn)矿体上有Au、Ag、As、Pb、Zn异常。过去缺乏化探测Au资料,

As、Sb、Ag等元素分析精度低,因此在Au—Cu矿体上仅有强的Cu晕,反映不出指示Au、Cu共生矿体多元素组合异常的特点;在外带Au矿体上,Cu异常弱,As、Ag、Pb等显示出认为属无意义的“分散异常”。因此,在夕卡岩型Au—Cu矿田中,长期只知找Cu、不知找Au,化探信息不灵,也是一个重要因素。

对于多元素组份的综合矿田,应当从成矿系列角度出发,正确确定找矿指示元素,提高稀贵金属及有关指示元素的分析精度,尽可能发掘综合找矿所需的化探信息。以往以找贱金属为对象的矿田化探成果,测试元素少,检出限高(如过去报出结果中,一般As、Sb、Bi小于50~150ppm);应当更新换代,以适应稀贵金属(包括Au、Ag)矿综合找矿的需要。

正在进行评价的矿区,应结合矿田成矿的复杂程度及特点,可考虑用足够的钻孔原生晕剖面控制有关共、伴生矿化,特别是对主金属矿体以外的非工业矿化及异常,应查明其可能存在的Au、Ag等稀贵金属矿及难辨认组份的矿体。

上面主要就贱金属矿床(田)中Au、Ag共生矿或单独矿体(床)漏查及误查现象进行讨论和分析,而在数以千计的已评或勘探过的矿区,是否还有漏查其他稀贵矿产,应予以注意。

当前,找矿的难度越来越大。在已知矿带或矿田深入进行区域及矿田成矿规律研究,分析多元素矿床系列模式特点,综合找矿,发现隐伏的、难辨认的和稀贵金属组合矿床,将是新一轮找矿的重要内容和方向。

A Discussion on Comprehensive Mineral Exploration and Evaluation in the Light of Rediscoveries of Gold-Silver Ores

Wang Guodong

Comprehensive ore exploration and evaluation should be carried out on the basis of metallogenic theories and in accordance with the characteristics of different paragenetic (associated) mineral resources (in particular, Au, Ag, rare elements and other precious metals). Only by relying upon suitable exploration methods can those important minerals and ores not be missed.