

金矿化探及对化探找金的建议

李 惠

(冶金部物探公司物化探研究所)



作者简介 1964年毕业于北京地质学院,曾在冶金部地质研究所从事化探科研工作,并任研究室副主任。现为冶金部物探公司物化探研究所化探室副主任,化探工程师,是中国金属学会冶金地质学会理事、物化探专业委员会副主任。

本文介绍了化探找金矿的效果、金矿床的元素组合及化探找金的指示元素。总结了金矿床地球化学异常模式和原生晕分带序列的研究成果。针对我国化探找金提出了一些设想和建议。

化探是找金矿的有效方法

实践证明,化探是寻找各种类型金矿的一种有效的方法和手段,而且从金矿的区域普查—详查—勘探各阶段,都有相应的化探方法。目前,化探找金除了最常用的分散流、次生晕和原生晕(岩石地球化学找矿)外,还研究了包裹体地球化学找金、矿物地球化学找金、同位素地球化学找金、石英脉露头深部含矿性评价、蚀变构造破碎带深部成矿地球化学预测(构造地球化学)等方法。在外来运积物厚层覆盖区找隐伏或盲矿也有相应的化探方法,除了壤中气汞和吸附汞之外,还研究和应用了地电化学法、热释卤素法、盐晕法和热释CO₂法以及水化学、水电化学等方法。国外对生物地球化学找金也做了相当多的工作。

国内外金矿勘查的实践表明,化探不论是在普查中圈定金的成矿带或矿田,还是在详查中发现隐伏矿或盲矿,都取得了很好的效果。美国卡林型金的发现主要应归功于化探,该区几乎所有金矿都是用化探发现的。苏联乌兹别克斯坦的很多金矿床,包括特大型的穆龙套型金矿的发现,化探都起了重要作用。我国化探找金也取得了很好的效果,据地矿部物化探局统计*,自1980~1985年期间,全国十几个省、市、自治区用化探找到金矿产地47处,已查为工业矿床的19处,其中大型金矿7处,中型5处。冶金和有色系统(含金部队),近年来应用化探找金也取得了很好的效果。

化探找金的指示元素

金矿床在宏观上表现为矿物共生组合,在微观上则表现为元素共生组合。金矿床中矿物有70多种。从

金矿床的矿物组合和实际分析资料可知,金矿床中元素有几十种,主要包括(1)成矿元素: Au。(2)伴生元素: 包括亲硫元素Cu, Ag, Pb, Zn, Cd, Hg等; 半金属元素As, Sb, Bi; 亲铁元素Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni等; 酸土元素W, Mo, 还有Sn。(3)阴离子: S, Se, Te; 卤素F, Cl, Br, I, 其中S, Cl, F可能是Au的重要携带剂。(4)金的控矿元素: Si, K, Na, Fe及其伴随元素Sr, Ba等。

金矿的成因类型不同,其矿物组合、蚀变特点也不同,相应元素组合也有区别。例如混合岩化热液型金矿床的主要元素组合是Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Bi, Se, Te, Ba以及Ti, V, Co, Ni, Mo, W等; 热水溶滤型(卡林型)金矿床的主要元素组合是Au, Ag, As, Hg, Sb, Ba等。

化探用于找金的指示元素主要是选择那些在矿床周围能形成异常的元素,其中原生晕的指示元素有二种: 一种是成矿溶液带来的元素,一般在矿体周围形成正异常,另一种是在成矿—蚀变过程中将围岩中某些元素经活化转移,在强蚀变带内形成带出负异常,而在弱蚀变带内则形成带入正异常。确定金矿指示元素的原则应是少而精,并考虑以下几个方面: (1) Au作为直接指示元素; (2) 具有特殊指示意义的元素,如前缘晕指示元素,尾晕元素,对预测矿床剥蚀程度有价值的元素; (3) 由于Au的分析灵敏度已提高到ppb级,因此用与金完全正相关的元素作间接指示已不再那么重要。但如其异常范围大于Au则应选入; 如与Au异常范围相近,就应去掉。

* 《物探与化探》, 1986年, 第4期。

在找金的实践中,我国化探工作者总结了不少金素符合少而精的原则,有些矿区选用的指示元素较多。矿区的指示元素(表1)。由表可见,有些矿区的指示元 各类型金矿床的最佳指示元素组合还需进一步总结。

我国某些类型金矿床原生晕指示元素

表 1

矿床	类型	指示元素
吉林夹皮沟	变质热液	Au, Ag, Cu, Pb, Ba, F, Hg, Mo, Mn, Ni, Co, V, Ti
辽宁五龙	变质热液	Cu, Pb, W(头), Bi, Ag, Au(中部), Co, Zn, Sb(尾部)
河北金厂峪	混合岩化热液	Au, Ag, Mo, Pb, Bi, Hg, As, Sb, Ba, Cu, Zn, Mo, Co, Ni, Ti
山东招徭	混合岩化热液	Au, Cu, Ag, S, As, Hg, W, Mo, Mn, Pb, Zn, Ba, Se, Te
广西龙水	硫化物石英脉	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg, As, Bi, Ba, Ti, Mn, Cd, Co
湖南益阳	火山沉积—变质热液	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Hg, Cr, V, Ti, Co, Ni, Sn, B, Mn, W, Mo, Sb
浙江银坑山	变质热液—火山热液叠加	Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Sn
云南墨江	热水溶滤	Au, Ag, As, Sb, Cu, Ni, Co
陕西二台子	卡林金矿	Au, Ag, As, Sb, Ba, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Mo, Mn
广东某地	含金糜棱岩带	Cu, Hg, Pb, Zn, As(Ag, Bi)
山东七宝山	斑岩型	Au, Ag, Cu, S, W, Mn, Pb, Zn, Bi, Ba
鄂东风头	铁帽	Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, W, Bi, Sn, Mn, As
河南破山银矿	地下热水溶滤多成因	Ag, As, Pb, Zn, Cd为主, Cu, Mn, Ni, Co, Mo, Sb
甘肃老金厂	岩浆热液	Ag, As, Pb, Zn, Sb, Bi, Mo, Cu, Au

地球化学找金的不同阶段所需指示元素的数量有所不同。如1/5万分散流普查,只要分析Au, Ag, As就足以圈出金矿带(矿田),指出金的成矿远景区。1/2.5万~1/万化探普查,经常采用土壤测量和岩石测量(有的单位用分散流普查),其目的是进一步圈定矿带甚至矿体,并为异常评价提供依据,这时,指示元素应多一些,一般分析Au, Ag, As, Hg, Cu即可达到目的。对于大比例尺的岩石地球化学找矿、异常评价、露头深部含矿性评价、构造地球化学找金等,主要目的是圈定矿体、找盲矿或预测矿床剥蚀程度等,除了Au之外,还要选择经常出现在前缘晕的指示元素Hg, As, Sb, Ag, F等,以及尾晕元素Mo, Sn, Co, Ni和其他一些伴生元素,如Ba, Bi等。

上述只是考虑了找金的指示元素组合,在普查时应注意综合找矿,要增加相应的指示元素。

金矿床的地球化学异常模式及原生晕分带序列的研究

研究和建立金矿床的地球化学异常模式,并计算和总结金矿原生晕分带序列,是化探找金选择有效的最佳指示元素组合的重要依据,也是找盲矿和预测矿

床相对埋深或剥蚀程度、提高异常解释水平和找矿效果的重要途径之一。

地球化学异常模式实际是一种异常评价标志和找矿预测模式,它是对所研究地质体的各种地球化学特征,特别是对地球化学分带特征的提炼和高度概括。研究的思路是从成矿—成晕作用入手,研究与成矿有关的地层、岩浆岩的演化特点;在成矿作用过程中,成矿元素、伴生元素、矿化剂元素和控矿元素在时间上的演化规律和空间上的分配特点;通过对已知矿床的地球化学异常分带性的研究,最后建立起模式。即用一张图(或表)清楚地反映出异常与矿体在空间、时间和成因上的关系,其中最关键的是异常分带规律(指示元素的浓度分带和组合分带),特别是轴向(或垂直)分带规律。在模式上要反映出异常评价标志,即寻找盲矿和预测矿床剥蚀程度的标志。

金矿床(田)的地球化学异常模式研究已引起了人们的广泛兴趣和重视。近年来,我国化探工作者已相继研究并建立了山东招徭金矿带、吉林夹皮沟金矿床、河北金厂峪金矿床、小秦岭金矿床、广西龙水金矿床、浙江治岭头金银矿床等地球化学异常模式。这些模式的建立对相应矿区的找金起了积极作用,用于

成矿预测已经取得了很好的找矿效果。

金矿床原生晕分带序列的研究和计算是表达金矿指示元素分带(轴向,水平和横向)特征的重要方法。苏联在这方面做了大量工作,并总结出各种金矿原生晕的分带序列,其中高温热液金矿床指示元素垂直分带序列(从上→下)是Sb, As¹, Ag, Pb—Zn—Cu—Co, Ni, As², Au, W, Be; 中温热液金矿床(从上→下)是Sb, As, Ag—Pb—Zn—Au—

Cu—Mo, Sn—Bi—Be, W, Co; 低温热液金矿床(从上→下)是: Hg, Ba—Sb, As—Ag—Au—Pb—Zn, Cu—Mo—Sn, Bi, W。金矿床总的轴向(垂直)分带序列是(从上→下)As—Ag, Au², Sb—Bi—W—Au¹, Sn, Mo—Co。有些元素在序列中有两个位置是由于其存在形式不同所致。

近年来我国也研究和总结了一批金矿床的分带序列(表2)。尽管在计算过程中发现了一些问题,如取

中国某些金矿床原生晕分带序列

表 2

矿床	矿床类型	垂直分带(从上→下)	水平分带(自外→内)	资料来源
吉林夹皮沟	变质热液(石英脉)	Hg—As—Sb—F—Pb—Ag—Cu—Au—Co—Mo—Ni—Mn		朱太天
辽宁五龙	变质热液(石英脉)	Cu—Pb—W—Bi—Ag—Au—Co—Zn—Sb	Pb—As—Zn—Co—W—Cu, Sb, Bi—Au	周广学
河北金厂峪	变质热液混合岩化热液	Hg, Sb, As, Ti, Ni, Cr, Zn—Cu, Mn, Co, Sr, V—Mo, Pb—Au, Ag, Bi, Ba	Cr, Ni, Co, V, Ti, Mn—Zn, Sr—Ba, Cu—Pb—Ag, Mo—Au, Bi	李富国
山东玲珑	混合岩化热液石英脉	Sb—Hg, As, Ag, Fe(Mo)—Pb, Cu, Se, Au—Zn, Mn		刘汉忠
山东焦家	混合岩化热液破碎带蚀变岩	Cu, Zn, Ag, Se—Au—Pb—Te—As—Sb, Ba		李富国
广西龙水	硫化物石英脉	Cu—Mo—Pb—As—Zn—Ag—Ni		秦英俊
		Pb—Sb—Bi—Ti—As—Au—Cr—Ag—Cd—Mo—Cu—Be—Mn—V—Zn—Ba—Co, Mi*		李富国
	破碎带黄铁矿英岩	Ag—Pb—As—Zn—Cu		秦英俊
湖南益阳	火山沉积—变质热液	As—Pb—Ag—Au—Cr—V—Sn—Co—Ni—Cu—B—Mn—Ti—Zn—W—Mo—Sb		罗献林
浙江银坑山	变质热液—火山热液叠加	Ag—Au—Pb—Zn—Cu—Mo—Sn	Ag, Au—Pb, Zn—Mn—Cu	周俊法
		Au—Ag—Cu—Zn—Pb—Sn—Mo	Mo, Sn—Cu, Pb—Zn—Ag	刘英俊
河南破山银矿	地下热水溶滤富集为主多成因层控	As(Sb), Pb—Ag—Cu—Ni—Co—Mn—Zn, Cd, Mo	Ag—Zn—As—Pb—Cd—Cu—Ni—Mn—Mo—Co	万欣
云南墨江金厂	热水溶滤型	Sb—As, Ag—Au—Cu—Ni—Co		洪树琪
陕西二台子	卡林金矿	As—Pb—Ag—Sb—Ba—Au—Zn—Cu—Ni—Co—Mo—Mn(矿体元素浓度梯度分带)		郭瑞杨

* 1号矿体

值范围和元素多少问题,对计算带来一定影响,但总的看来还是有一定规律的。总结我国某些金矿床的原生晕分带序列可以看出: Hg, As, Sb, Ag, F 等总是在分带序列上边,是前缘晕的重要指示元素, Mo, Sn, Co, Ni 等是尾晕的特征元素,这与苏联总结的规律有一定相似性。

根据所得分带序列可进一步计算分带性指数及其回归,它可更清楚地反映金矿床的地球化学垂直分带规律,并可得出预测盲矿埋深或剥蚀程度的具体标志。

对化探找金的建议

随着国内外找金热的兴起,化探在找金中的作用越来越为人们所认识,尤其是找细粒浸染型金矿,化探已成为重要手段。随着找矿难度的加大,除了边远地区外,寻找盲矿和在外来运积物厚层覆盖区找隐伏或盲矿已成为化探找金的主要研究课题。为了更好地发挥化探在找金中的作用,提高找矿效果,根据国内外化探找金的实践和发展趋势,提出几点建议供参考。

(一) 加强区带化探普查找金 区域化探找金是一种经济、快速、有效的方法,可有效地圈出金的成矿带、矿田或矿床。目前世界各国都在加强这方面的工作,我国不论是地矿部,还是冶金部和有色总公司系统,都拿出了相当多的投资开展区域化探找金,其中冶金和有色系统主要是以开展1/5万分散流为主,有些省开展了1/万次生晕或原生晕找金。在区域化探普查找金中,除了应用分散流外,还应注意研究和应用低密度(1~2点/km²)的岩石地球化学和水化学找金。

在区域化探找金中,应将研究不同景观条件下的化探工作方法、区域化探数据自动成图系统和异常评价方法及标志列为重要科研课题。

(二) 研究和建立我国主要类型金矿床的地球化学异常模式 我国的金矿可分为7大类(包括25个亚类),各类型金矿的成矿地质地球化学特点不同,其成矿物质来源、成矿环境、成矿规律、蚀变特点、矿物组合和元素组合及地球化学分带各有特色。在地球化学找矿中,要提高异常解释水平和找矿效果,必须研究主要类型金矿床的地球化学特点,建立不同的地球化学异常模式,研究并总结出其个性和共性,得出各主要类型金矿的有效找矿预测标志。

(三) 研究和建立某些重点金矿区带地球化学异常数学模型预测系列 它是在地球化学异常模式的基础上,由定性向定量预测的发展。即建立一系列地球化学预测数学模型,包括金矿与非金矿引起异常的判别、金矿矿化类型的判别、矿化相对规模和矿床相对埋深或剥蚀程度的预测等,并使数学模型系列化,判别自动化。预测数学模型系列的建立,不仅提高了异常评价速度,而且使地球化学找矿从定性向定量发展

迈出了新的一步,使化探找金技术提高到一个新的水平,对提高化探找金效果具有重要实用价值。

(四) 加强包裹体地球化学找金和矿物地球化学找金的研究和应用 矿物包裹体是矿物形成过程中捕获的成矿物质,它可灵敏地反映成矿介质的成分和成矿的物化环境。研究包裹体的地球化学参数特征,有助于取得很多成矿过程中的信息,为找金提供直接或间接的标志。矿物地球化学,尤其是与金矿最密切共生的黄铁矿的杂质成分,对金的富集和成矿环境具有灵敏的指示作用。应用包裹体和矿物地球化学找金,尤其是快速评价和预测石英脉或构造蚀变破碎带深部的含金性是一种有前景的方法。因此,应逐步研究和建立我国主要金矿类型应用包裹体和矿物地球化学找矿预测的系列标志。

(五) 加强厚层覆盖区化探找金新方法新技术的研究 在外来运积物厚层覆盖区,除应用壤中汞气(或吸附汞)找金取得较好效果外,盐晕和热释卤素及CO₂气体的研究和应用,也取得了可喜的进展。此外应开展I、CH₄、CS₂、COS等气体的地球化学,以及地电化学、水化学、生物地球化学找金的研究。

(六) 建立金矿地球化学成矿—成晕实验室 研究内生金矿的成矿成晕条件、金的富集规律及指示元素的分带机理,以提高异常解释水平和找矿效果。

为在外来运积物厚层覆盖区开拓新的化探找金方法,建议研究金矿后生异常的成矿机理,研究埋藏于深部的金矿,在表生环境下有那些元素正在活化转移,以什么形式向地表迁移,在地表土壤中又是如何固定下来的,在实验中一定要与野外观察结合起来。

(七) 加强分析方法的研究 不断引进新的仪器设备,建立一套化探找金指示元素分析的最优化系列。

Geochemical Exploration for Gold and Suggestions for the Attainment of Better Geological Results

Li Hui

(Geophysical Prospecting Co., Ministry of Metallurgical Industry)

Abstract

In this paper the effectiveness of geochemical exploration for gold, element association of gold deposits and indicator elements are summarized. The author sums up the studies of geochemical anomaly pattern and primary halo zoning sequence of gold deposits, and makes some suggestions as a guide for future gold exploration work in China.