

金矿床轴向地球化学参数叠加结构的理想模式及其应用准则*

李惠 张文华 刘宝林 常凤池

(冶金工业部地球物理勘探院物化探研究所·保定·071051)

在研究和总结金矿床轴向地球化学参数变化规律的特性和共性的基础上,用金矿具有多期多阶段叠加矿成晕观点,建立了不同叠加结构地化参数轴向变化的理想模式,确定了其用于盲矿预测的准则。

关键词 金矿床, 地化参数, 轴向变化规律, 叠加模式, 应用准则



技术·方法

含金成矿溶液在沿断裂构造带上升、充填、渗滤、扩散过程中,随着物理化学环境、成矿溶液的的成分和性质以及围岩成分的不断变化以及金及其伴生元素的地球化学性质的差异,导致了各元素沉淀时间存在前后,空间分布出现分带。这种分带在宏观上表现为金矿床的蚀变和矿物共生组合分带,而在微观上则表现在地球化学异常中元素组合及其相关关系的分带上。金矿床的分带不仅表现在岩石地球化学异常方面,而且表现在某些矿物(如黄铁矿等)和包裹体的成分方面。矿床地球化学参数通常指元素含量的均值、方差、变化系数、衬值,以及线金属量、面金属量、元素组合、相关系数、相关指数、元素晕乘比、综合分带指数、环境参数及热力学参数(温度、压力、酸碱性和氧化还原电位)等等。

国内外对金矿床轴(垂)向地球化学参数的变化规律研究较多,特别是八十年代以来,随着金矿化探的发展,研究和积累了大量典型金矿床轴向地球化学参数变化规律的资料及某些典型矿床盲矿预测的定量地化指标和数学模型,并总结了其特性与共性(李惠,1990,1991)。九十年代以来,随着化探专家对金矿具有多期多阶段叠加矿成晕的认识和对其叠加结构的研究,不仅对不同金矿床的轴向地球化学参数变化的多样性、特性和共性有了合理的理解和解释,而且对“无轴向地化参数变化规律”的矿床,用叠加晕观点去研究找到了规律,并且用于盲矿预测,取得了满意的找矿效果。

1 金矿床地球化学参数垂直变化规律的特性和共性

1) 金矿床矿脉中微量元素含量及其比值垂直变化规律的特性和共性

①同一成矿带内、同一成因类型、成矿条件相同的金矿具有很多共性,如山东牟乳金矿带的金青顶和邓格庄等典型金矿床,同属混合岩化热液石英脉型金矿,成矿条件相同,矿体中很多地球化学参数的垂直变化规律是一致的,且其数值相近,如在矿体头部和上部 $Sb/Bi > 2$ 、 $Pb \cdot Zn/Au \cdot Ag > 1000$ 、 $Pb \cdot Zn/Mo \cdot Bi > 500$ 、 $Bi \cdot Mo/Sb < 30$; 矿体下部 $Sb/Bi < 0.5$ 、 $Pb \cdot Zn/Au \cdot Ag < 100$ 、 $Bi \cdot Mo/Sb > 80$ 、 $Pb \cdot Zn/Bi \cdot Mo < 100$ 。又如招掖金矿带某些金矿床中 Pb/Zn 比值从上→下都降低,虽然矿体头部都 > 1 ,尾部都 < 1 ,但 Pb/Zn 比值数有一定差异,焦家金矿从上(-30 m 标高)→下(-280 m) Pb/Zn 由 $3.37 \rightarrow 3.27 \rightarrow 2.95 \rightarrow 0.96$; 玲珑金矿 52 脉从上(225 m)→下(0 m), Pb/Zn 由 $2.99 \rightarrow 0.92 \rightarrow 1.19 \rightarrow 0.77$ 。

②不同成矿带同一成因类型金矿也可发现一些共性,但其值相差较大。如山东牟乳金矿带和招掖金矿带同属混合岩化热液金矿,两个矿带的典型金矿床中 Pb/Zn 比值,在矿体上部有 > 1 ,下部有 < 1 的趋势,但具体数值相差较大。又如内蒙古赛乌素和广西龙水金矿都具有岩浆热液和变质热液成矿特点, $Au-Pb$ 的相关关系在两个矿床都是矿体下部相关程度高, Pb/Zn 比值也是上部高、下部低,其具体数值却不同。虽然有上述共性,但总结不出统一的预测定量指标。

③不同成因金矿床所具有垂直变化规律的参数中,专属性多于共性,且其共性参数值相差极大。如 Ag/Au 在吉林夹皮沟、山东牟乳、内蒙赛乌素有一定共性,矿体中 Ag/Au 从上到下都是逐渐降低,但夹皮沟是从 $> 1 \rightarrow < 1$,赛乌素是从 $> 2 \rightarrow < 1$,牟乳金矿是从 $> 6 \rightarrow < 1$ 。又如 Pb/Zn 比值在很多矿床都是从上→下逐渐降低,其中山东牟乳金矿、招掖金矿和内蒙赛乌素金矿的矿体上部 $Pb/Zn > 1$,下部 < 1 ,而河北东坪金矿 Pb/Zn 上部 > 6 ,下部 < 1 ; 广西龙水金

本文 1998 年 3 月收到,王延忠编辑。

* 本文是国家攀登计划项目 B-85-34-5B 课题研究的成果之一。

矿体上部 $Pb/Zn > 5$, 下部 $Pb/Zn < 3$ 。

④不同成因类型金矿床中有些参数的垂直变化规律是相反的,如 $Pb \cdot Zn/Ag \cdot Au$ 在牟乳金矿带金矿体中上部 > 2000 , 下部 < 100 ; 而赛乌素金矿体中 $Pb \cdot Zn/Au \cdot Ag$, 在矿体上部 < 20000 , 在矿体下部 > 60000 , 与牟乳金矿带相反。

2) 金矿床中某些矿物中微量元素含量及包裹体成分垂直变化规律的特性和共性

研究和统计表明,典型金矿床不同标高黄铁矿和石英中微量元素含量和包裹体成分及其比值都可发现某些参数的垂直变化规律,这些规律中多是特性,但也有共性。其特点与前述金矿床矿脉中微量元素含量、比值的特点一样。同一矿带同一成因类型金矿有较多的共性,不同金矿带同一成矿类型金矿,也有一些共性。但参数值不同、不同成因类型金矿的特性多于共性,在共性中参数值相差也非常大。

例如,山东牟乳金矿带的邓格庄金矿和广西龙水金矿为两种不同成矿类型金矿。各矿床不同标高黄铁矿中微量元素都有一定的垂直变化规律,而且有一定共性。如 Co 、 Mo 在矿体下部黄铁矿中含量偏高, As 在矿体上部黄铁矿中偏高, As/Mo 从上部到下部黄铁矿中其比值降低。但两个矿床上述元素含量或比值的数值相差很大,从矿上部到下部黄铁矿中 Co 含量 ($\times 10^{-6}$) 在邓格庄金矿从 $30 \rightarrow 50$, 龙水金矿从 $104 \rightarrow 420$; As 含量 ($\times 10^{-6}$) 邓格庄由 $1288 \rightarrow 760$, 龙水由 $2447 \rightarrow 2000$ 。

2 金矿床多期多阶段成矿成晕叠加结构及矿床地化参数轴向变化规律的理想模型

关于金矿多期多阶段叠加成矿特点,已有研究成果(李惠,1993)表明:

1) 单阶段形成的矿体,其地球化学垂直分带结构,有前缘、尾晕以及正常的轴向分带序列,即前缘晕元素 Hg 、 As 、 Sb 、 F 、 B 在矿体上部出现强异常,向下逐渐降低; Au 、 Ag 、 Cu 、 Pb 、 Zn 等伴生元素在矿体中部异常值最高;尾晕元素 Bi 、 Mo 、 Mn 、 Co 、 Ni 强异常出现在矿体下部或尾部。参数 a (= 前缘晕元素含量/尾晕元素含量比值) 从上→下,逐渐降低, b (= 尾晕/前缘晕比值) 从上→下则升高。

2) 同一阶段在同一构造体系中形成的串珠状金矿体,有总体的前缘晕和尾晕。串珠状上、下有两个矿体,上部矿又有自己的尾晕,下部矿体有自己的前缘晕。当上、下两个矿体相距不大时二者就会叠加在一起,形成矿体前、尾晕共存。

3) 不同成矿阶段形成的矿体,各有相似的地球化学分带结构,每个阶段形成的矿体都有自己的前缘晕和尾晕。

4) 先形成的矿体,当有后阶段成矿热液叠加时,成矿及伴生元素会发生活化转移,对先形成矿体(晕)的分带结构有一定影响。也有些矿床由于反复叠加,造成矿床分带性不明显。

金矿床(体)特别是大矿、富矿的形成,多是多阶段在构造空间上叠加的结果,多阶段成矿在构造空间上的叠加有多种形式,因此矿床地球化学参数轴向变化也有多种多样。据其叠加结构和地球化学参数轴向变化特点,可归纳为 A、B、C、D、E、F 等 6 种有代表性叠加结构地球化学参数的轴向变化理想模型(图 1),并得出了用于其深部预测的准则:

1) 模型 A: 为两个主成矿阶段(Ⅱ、Ⅲ阶段)同位或近于同位叠加的模型或理解为单阶段形成的矿体,这两种情况都具有正常的分带结构,即前缘特征指示元素 Hg 、 As 、 Sb 、 B 、 F 等含量及前、尾晕某些元素比值 a (如 As/Bi 、 Sb/Bi 等) 从上→下逐渐降低。而尾晕特征指示元素 Bi 、 Mo 、 Mn 、 Co 、 Ni 等及尾、前晕元素比值 b 从上→下升高。据这种有规律的变化可得出该区盲矿预测和判别金矿剥蚀程度的地化定量指标及数学预测模型(回归模型和各类判别模型)。如广西龙水金矿上、中、下定量预测指标是: Pb/Zn 为 > 5 、 $5 \sim 3$ 、 < 3 ; As 、 Sb/Au 、 $Ag \cdot 100$ 为 > 4 、 $4 \sim 1$ 、 < 1 ; As 、 Sb/Co 、 Ni 为 > 1.5 、 $1.5 \sim 1$ 、 < 1 。山东金青顶金矿判别剥蚀程度的回归方程模型: $H_i = a + bx$, $a = 0.148$, $b = 0.428$, $x = (Sb/Bi)$, 计算结果 $H_i = 0.5$ 、 0 、 -0.5 分别为矿体头部、中部和尾部。

2) 模型 B: 其上部与模型 A 相同,只是在矿尾部 a 线发生了反转,由降→升,为深部盲矿前缘晕叠加所致,这种转折是深部盲矿预测的重要标志。

3) 模型 C: 为两个主成矿阶段形成两个矿体部分叠加情况, a 线为曲线,在两个矿体前缘及头部均为峰值区,在矿体①中下部 a 线又上升,则是下部有另一阶段形成的矿体头晕叠加的显示,指示矿体向深部还有很大延伸;到②矿体尾部 a 线又转为升则指示深部还有盲矿存在。

4) 模型 D: 为 3 个矿体叠加,可视为 I、Ⅱ、Ⅲ阶段形成矿体自上→下顺序叠加形成①②③号矿体,也可视为第 I 主成矿阶段形成①②串珠状矿体,第Ⅲ主成矿阶段叠加在其间,但每个矿体都有自己的前、尾; a 线出现二次转折,三个峰值区,当控制到矿体①中下部时发现 a 线由降转为升,则说明矿体下

部有另一阶段形成矿体叠加,指示矿体向下还有很大延伸,继续开采到矿体②中下部,计算 a 线又发生转折,指示矿体向下还有很大延伸。

5)模型 E:上部与模式 D 相同,只是开采到矿体尾部标高时发现 a 线又升高,指示深部还有串珠状盲矿存在。

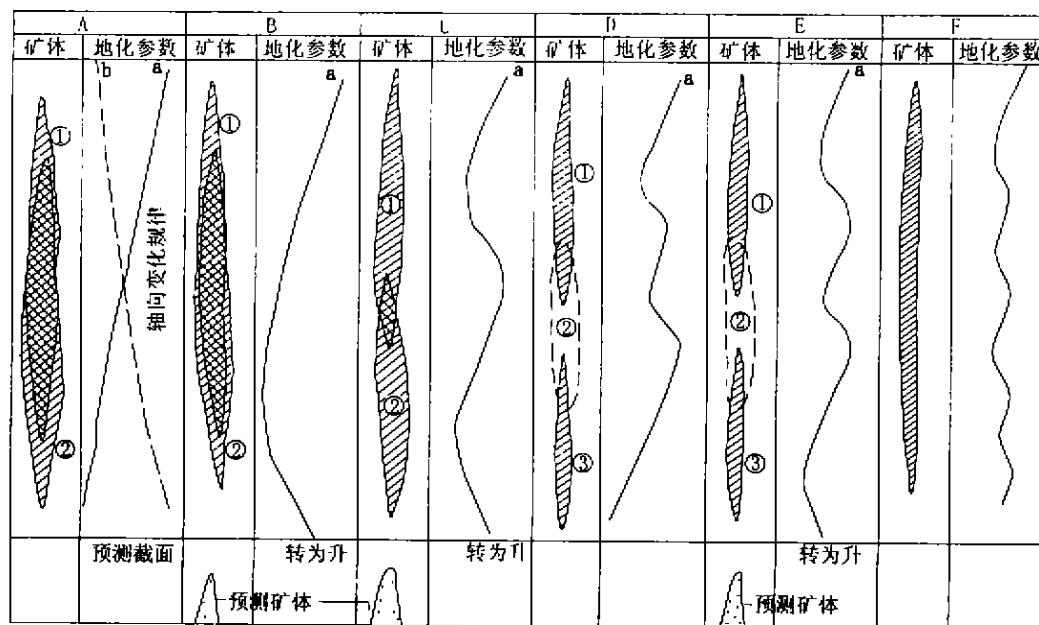


图 1 金矿床轴(垂)向地球化学参数叠加结构的理想模型图

A、B、C、D、E、F—金矿叠加成矿(晕)的叠加结构类型;①、②、③、④为不同阶段形成的矿体;

1—不同阶段形成矿体①②③的叠加结构;2—地球化学参数的轴(垂)向变化规律;

a 、 b —地化参数; $a = \frac{\text{前缘晕元素含量或前缘晕元素(含量、累加、累乘)}}{\text{尾晕元素(含量、累加、累乘)}}$; $b = \frac{\text{尾晕元素或尾晕元素(含量、累加、累乘)}}{\text{前缘晕元素(含量、累加、累乘)}}$

6)模式 F:为多期多阶段反复叠加结果。

3 叠加晕地球地化参数垂直转折变化规律的应用准则

1)当计算整个矿体或矿体上半部分的某些地球化学参数时,从上→下参数 a 由降低又转为升,即发生转折时,则是深部另一阶段形成矿体的头部或前缘的显示,指示矿体向下延伸还很大或预测深部有盲矿存在。

2)模型 A、B 的情况,可确定该矿床深部预测的定量指标、回归方程及多类判别模式等数学模型,作为本区深部预测的定量地化指标和数学模型。

3)C、D、E 模型则难以确定其定量地化参数的指标和数学模型。一般利用 a 值的变化规律即由降转为升的规律对深部预测,若确定预测的定量地化指标,则需据 a 在转折前的部分即上部矿体未叠加部分来确定矿体的头、中、尾的预测指标。

4 小结

1)由于金矿成矿的多期、多阶段叠加成矿成晕的特点和空间上叠加结构的多样化,导致了金矿床

轴向地化参数变化的多样性,即特性多于共性,难以总结出普遍用于金矿预测的地化参数指标和数学模型。一般在某矿区总结出来的定量预测指标和数学模式,只局限于在该区深部及外围应用。

2)金矿床轴向地球化学参数“转折”的盲矿预测准则具有普遍应用价值。

3)应用上述转折规律进行深部预测已取得较好效果。

5 应用实例

5.1 山东乳山金青顶金矿床

金青顶为一特大型石英脉型金矿床,延深已达千米,有 5 个成矿阶段,其中Ⅲ、Ⅳ为主成矿阶段,图 2 是金青顶含金石英脉垂向从 +150 m ~ -600 m 间(垂直深 750 m)不同标高地化参数变化曲线(属于模式 E 型)。

1)Au 有 4 个高峰(富矿段)区,其中③最富、最大;2)Pb、Zn 也有 4 个高值区,反映了第Ⅳ主成矿阶段—多金属硫化物叠加部位,其中矿体上部叠加最强,Ⅲ、Ⅳ阶段具有多中心同位叠加特点,叠加部位 Au 较富,但并不是正相关关系;3)As、Sb 为矿体前

缘晕特征指示元素,有4个峰值,其中①②③分别为其深部金的②③④富矿体的前缘指示,As、Sb的第④高值刚上升,指示-600 m之下盲矿富矿,现控制到-900 m矿还未尖灭。

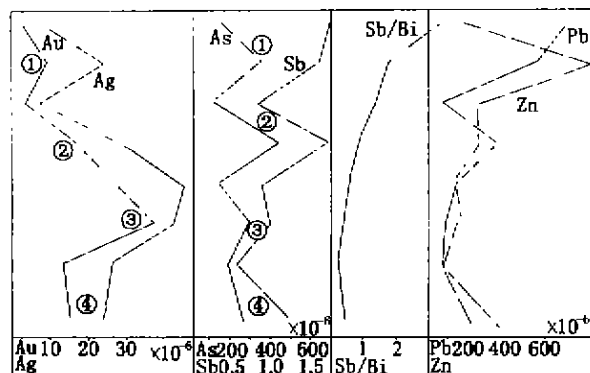


图2 山东金青顶金矿床中微量元素含量($\times 10^{-6}$)及 Sb/Bi 比值垂直变化规律

5.2 河南小秦岭杨砦峪特大型石英脉型金矿床

矿床为4个成矿阶段叠加形成,其中Ⅱ、Ⅲ阶段为主成矿阶段,Ⅲ阶段为多金属硫化物阶段。在轴向自1966 m $\rightarrow$ 1794 m(倾角45°,倾斜延伸266 m)的地球化学参数变化规律见图3。从图可以清楚看出 Au 有两个峰值区,第Ⅲ阶段 Pb、Zn 等主要叠加于矿

体中下部。As、Ba、Sb、As/Mo、Ba/Bi、Ag/Au 都是在矿头部及前缘高,从矿上部 $\rightarrow$ 矿中、下部逐渐降低,而到尾部又升高,这些参数的转折都是深部盲矿的显示,指出深部还有盲矿,这种预测已被深部工程所证实,找到了金的第二富集中段。

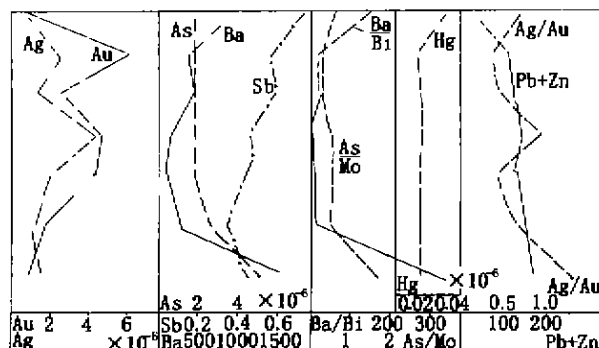


图3 小秦岭杨砦峪金矿床轴向地球化学参数变化规律
参考文献

- 1 李惠.石英脉和蚀变岩型金矿床地球化学异常模式.北京:科学出版社,1990.16~29
- 2 李惠.典型金矿床的原生地球化学垂直分带特点.见:第四届勘查地球化学学术讨论会论文选编.北京:中国地质大学出版社,1991.91~97
- 3 李惠.热液金矿床原生叠加晕理想模式.地质与勘探,1993,29(4):46~51

IDEAL MODEL AND PRINCIPLE

OF STACHING STRUCTURE OF AXIAL GEOCHEMICAL PARAMETER OF GOLD DEPOSIT

Li Hui, Zhang Wenhua, Liu Baolin, Chang Fengchi

Based on summarization of change regulation of axial geochemical parameter for gold deposits, the characteristics of multi-stage stacking mineralization of gold deposit are used to establish the ideal model of axial geochemical parameter with different stacking structures. Finally, the criteria for prediction of concealed ore bodies have been determined.

Key words gold deposit, geochemical parameter, axial change regulation, stacking model, application criteria

第一作者简介

李惠 男,1937年生。1964年毕业于北京地质学院,教授级高级工程师。冶金工业部地球物理勘查院物化探研究所名誉所长、中国地质大学(武汉)兼职教授、国家现代地质勘查工程技术研究发展中心及地矿部地球物理地球化学勘查研究所客座教授。主要从事矿床地球化学异常模式及盲矿预测研究科研工作。

通讯地址:河北省保定市韩村北路38号 冶金工业部地球物理勘查院物化探研究所 邮政编码:

071051



《铁道建筑技术》2000年征订启事

《铁道建筑技术》是铁道部主管、中国铁道建筑总公司主办、国内外公开发行的全国性技术类科技期刊。国内统一刊号 CN11-2200/TU,双月刊,双月20日出版。本刊主要报道铁路、公路、桥梁与结构工程、隧道与地下工程、水利工程、岩土工程、房屋建筑、工程机械、工程爆破、工程材料、交通工程抢修、管理工程等方面科技成果、先进技术和经验;有关的新结构、新工艺、新设备、新材料;有关国内外科技信息;本行业最新动态等。实用性强、信息量大,为铁道部优秀科技期刊。

本刊面向铁道、交通、建筑、水电、冶金、有色、煤炭、城建、市政、地矿等部门从事相关专业的勘测、设计、施工、科研等技术、管理人员及相关专业的院校师生。

2000年本刊将在保持特色的基础上以全新的面貌出现,开本改为大16开,页数增至58页。每期定价5.0元,全年6期,合计30.0元。本刊常年收订,欢迎单位及个人订阅、欢迎投稿。欢迎刊登广告。欲订者请向本刊索取订单。

地址:北京市大兴县康庄路9号 《铁道建筑技术》编辑部 邮编:102600 电话:(010)63255191,69243153-8068