

大型铜多金属矿床地球化学 异常评价指标的量化研究

刘崇民,李应桂,史长义

(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,河北 廊坊 065000)

摘要:集 20 多个铜、多金属矿床的区域、矿带(田)、矿床不同比例尺的地质、地球化学勘查资料,研制了定量评价大矿异常的地球化学方法。在系统研究不同规模多种勘查尺度地球化学异常特征的基础上,初步总结了评价大型矿床的地球化学量化评价预测指标。

关键词:大型矿床,地球化学评价指标,量化

中图分类号:P632 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2000)04-0241-05

地球化学异常评价预测指标的量化研究,是提高普查找矿成功率的重要环节。“九五”期间,作者曾承担这方面的研究课题,工作中收集了 20 多个铜多金属矿床的区域(1:20 万)、矿带/田(1:5 万)、矿床(1:1 万)的地质和地球化学资料。从大型矿床往往具有某些共同规律的基本思想出发,选用异常元素平均值、离差、异常面积、主成矿元素异常总量为基本地球化学参数,研制了判别大型矿床的地球化学量化指标。为了使不同区域同类矿化的地球化学参量具可比性,其对应参数分别以其相应尺度均值及各元素的边界品位做了统一的标准化处理。

1 地球化学参量和评价指标的选择

已有区域化探异常特征的研究证明,一个异常是否为矿异常或者与矿的逼近程度有多大,主异常元素的平均值高低是主要参数之一,而且有时将其作为一个重要指标^[1]。另一些事实证明,许多元素异常其平均值并不大,却找到了规模巨大的矿床。研究后者的异常发现,这些矿床的异常元素尽管其平均值不是很高,可它的离散度和异常面积相当大,这也是标志矿床的重要参数。因此,有人提出“在异常评价中不要被个别高含量点所迷惑,而要重视异常面积和离散度这些参数”^[2]。众所周知,地质找矿侧重于矿化露头的品位和矿化体的规模,就化探而言则集中于元素异常的强度、离散度、面积和规模的研究。显然,这 4 个方面是直接影响异常的本质的特性,在制定指标时应集中进行这几方面的研究。

1.1 基本参数

基本参数包括:异常元素的平均值(\bar{x})、异常的面积(A)、异常元素的离差(S)、主成矿元素的异常总量之和($\sum w_B$)。

1.2 多参数指标

1.2.1 异常的矿化强度

化探工作中使用单元元素作为异常评价参数时,发现强度指标易受地表诸多干扰因素影响,

① 谢学锦.区域地球化学异常评价.见:吴昌荣.地球化学异常评价文集,1989.

导致元素异常含量相对增强和减弱,这种指标有时是一个不稳定的因素。而且元素异常强度的高低,与矿化似乎无固定对应关系。基于这点选择元素成矿的边界品位作为异常强度指标的“量度”。即将异常含量与矿化含量联系起来,并用异常的矿化强度(I)表示: I 是一个异常元素的平均值与其边界品位的比,用以表示某一元素的异常值与工业矿体边界品位的逼近度: $I = (\bar{x}/G) \times 100\%$ 。式中 \bar{x} 为异常元素的平均值; G 为元素成矿的边界品位^[2]。

1.2.2 异常的离散度

每个异常元素因其背景值和异常含量之间的差异,以及各元素异常的离差随自身的含量级次变化不同,使得元素之间变化的离散度不易对比,为了使不同尺度的异常元素的离散度具有可比性,引用了变异系数作为异常离散度(C_g)的参数^[3],即 $C_g = S/\bar{x}$, C_g 的作用在于使各元素异常之间可以类比,该值越大表示异常的强度就越大,越有利于成矿。

1.2.3 异常的矿化规模

以往在异常评价中,曾将异常面积或用异常强度乘以面积来衡量异常规模,近来化探异常评价常用面金属量,作为衡量异常规模的标准。但前者在不同元素之间无法对比。后者在不同元素之间以相对于异常下限的标准进行比较和排序时,在判别其成矿或找矿远景的大小产生了偏差,这是因为没有考虑各元素的异常下限与其工业边界品位有机结合,因此,我们采用了异常的矿化度乘以异常面积,来衡量矿化的规模: $D = I \times A$ 。 D 值愈大,表示异常的矿化规模也愈大,对找矿越有利,反之,对找矿的意义不大, D 值可以用来对不同元素异常进行找矿评价和评序。

1.2.4 异常的判别指标

一个多元素组合异常,每个元素异常的强度互相间是有显著差异的,潜在的成矿元素应为矿化强度、规模最大的指示元素。我们将这种矿化规模最大的潜在的成矿元素称为主异常元素,其它元素为对潜在矿化具有不同指示意义的伴生元素,还可以根据已知矿床的元素分带模型或研究区内所探明矿床的元素分带序列划分出前缘和尾部元素。由于每个或每组异常元素,对于判别异常的性质具有特定的导向作用,在评价时应尽量发掘它们的信息量,以提高异常评价的置信度,对异常进行综合判别时要综合考虑各元素的作用。但是,一个异常所处的区域或已知矿床的地球化学元素分带的研究程度不同,元素的组合会出现差异,因此,我们按异常所在区域的研究程度提出了判别指标(R_a, R_m)。 R_a 适用于有已知矿床元素分带研究成果地区的异常评价, R_m 宜在无已知矿床分带研究区对所发现异常水平分带研究结果并参照通用分带序列评价异常。其计算式如下:

$$R_a = \sum D_o \times (\sum D_f / \sum D_r) \times \sum D;$$

$$R_m = \prod D_f / \prod D_r。$$

式中, $\sum D_o$ 表示成矿元素矿化规模之和; $\sum D_f$ 表示前缘元素矿化规模之和; $\sum D_r$ 表示尾部元素矿化规模之和; $\sum D$ 为全部异常元素矿化规模之和; $\prod D_f$ 表示前缘元素矿化规模之乘积; $\prod D_r$ 表示尾部元素(或成矿元素)矿化规模乘积。

该指标是通过研究矿床异常元素的空间分布,划分元素的组合分带,利用具不同指示意义的成矿元素、前缘元素和尾部元素的异常矿化规模和异常的矿化强度分别求出判别指标。在6个大型铜矿的研究实例中,大矿的判别指标在矿上大于10,在矿体部位为10~1,在矿下小于1,这证明该指标在矿上、矿下的垂直变化相当有规律。

2 地球化学参量的统计研究

在对大量铜矿化探资料的综合研究基础上,初步统计研究了若干大中型铜多金属矿床的某些综合指标:①1:20万测量中的各种异常元素的矿化规模值;②主成矿元素 Cu 在 1:20 万和 1:1 万测量中异常面积与总量和的关系;③根据隐伏铜矿体的 Cu 异常含量沿矿脉头部垂直向上随距离变化规律,求出 Cu 原生异常在地表的含量与深部矿体距离的回归系数。

2.1 化探异常的矿化规模

计算我国 19 个铜、多金属矿床 1:20 万化探各异常元素的矿化规模(图 1)经对已知矿床

类型	位置	元素异常矿化规模 (D)														
		10	30	50	70	90	100	300	500	700	1000	3000	5000			
铅锌矿	邓家山	SbHg AuCu As Ag									Pb		Zn			
	毕家山	SbAu AsHg	Cu		Ag							Pb		Zn		
	厂坝	SbHg AsAu	Cu		Ag						Zn	Pb				
	金顶	BiHg Mo Sb As Au	Cu						Ag			Zn		Pb		
	青城子	HgMoAs Sb AuBi	Sn						W	Cu		Ag		Zn Pb		
	五部	HgMoAu SbAsBi	Sn						Ag Cu				Zn		Pb	
砂卡岩铜矿	戴家江	HgAs Ag SbBi PbAuMo			W	Zn								Cu		
	凤凰山	Sb Hg As Bi		W	Sn			Mo	Au	Ag		Cu	Pb	Zn		
	狮子山	HgAs Mo Sb BiW	Sn		Ag		Au							Pb Zn Cu		
	铜官山	Hg Bi As SbW Sn			Mo		Ag Pb							Zn Au Cu		
斑岩铜矿	多窿松多		Bi Sb	AuW	As	Mo								Ag	Cu Pb Zn	
	莽忠		Bi Sb	W	As Au		Mo							Ag	Cu Zn Pb	
	玉龙			Sb	Bi Au	As								W Ag Zn Mo	Pb	Cu
	富家坞	SbBi HgAs	Sn		W	Ag								Au Zn Pb Mo	Cu	
火山岩铜矿	白银厂	Au SbHgAs		Bi		Ba		Ag						Cd Mo Co	Zn Pb	Cu
	阿舍勒	SbBi HgAsAu	Ag Cd			Mo								Pb Ba		
	紫金山	Hg Sb		Bi	Sn			W						MoAg ZnAu Cu		
铜镍矿	红旗岭	Cr Hg			Ag									Pb Cu V		Co Ni
	喀拉通克	Hg AuSb	As CrBa		Ag										Y Ni	

图 1 中国主要大型铜多金属矿床 1:20 万元素异常矿化规模

的矿石矿物与指示元素异常的矿化规模研究,发现 D 值与矿床有下列关系,以 $D \geq 100$ 划分,大于等于此值的可形成矿石矿物和矿体。D 在 100~40 之间可产生矿化,但不一定形成工业矿体;D 介于 100~400 为中小型浅出露矿床或者隐伏的大型矿床;D 超过 400 以上的多为出露受剥蚀的大到特大型矿床。关于大矿 1:5 万和 1:1 万测量的矿化规模(D)资料不多,但据阿舍勒和德兴铜矿田的研究可初步认为:1:5 万测量中 $D > 10$;1:2 万~1:1 万中 $D > 1$,是大矿的 D 临界值。

2.2 铜矿床(田)铜异常面积与总量的关系

图 2a 为铜矿床 1:20 万的铜异常面积与总量的关系。当铜异常面积在 40~110 km² 时,

$\sum w_{Cu} > 4000$ 是大型、特大型铜矿床标志。铜异常面积在 $85 \sim 125 \text{ km}^2$ 时 $4000 > \sum w_{Cu} > 500$ 是大型铜矿床标志。铜异常面积 $20 \sim 85 \text{ km}^2$ 时 $4000 > \sum w_{Cu} > 500$ 是中型暴露矿床和大型隐伏铜矿床的标志。

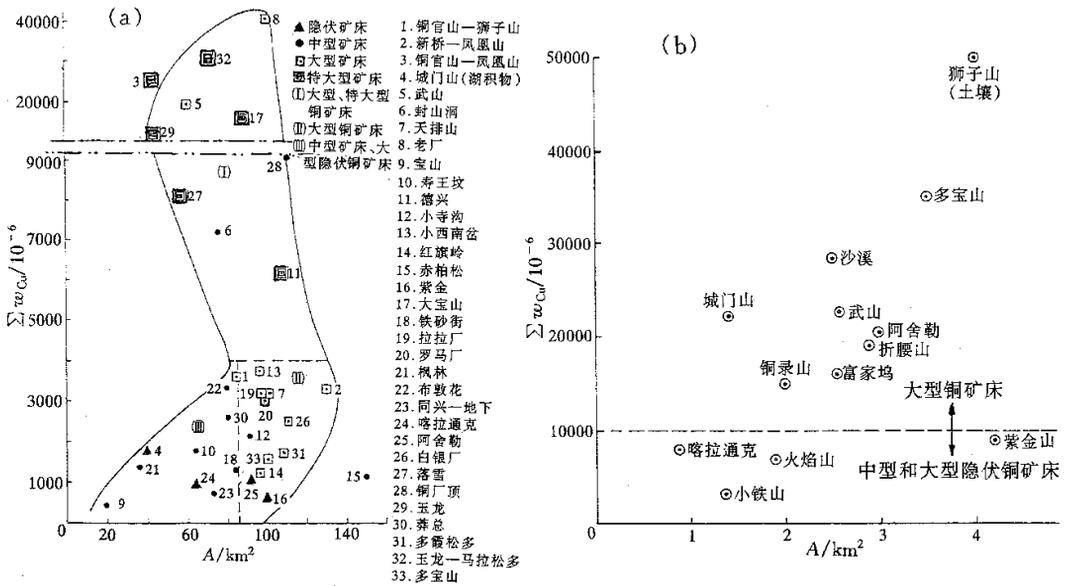


图 2 中国主要铜矿床 1:20 万水系沉积物 (a) 和 1:1 万岩石 (b) 测量铜异常面积与总量的关系

图 2b 所示为铜矿床 1:1 万的岩石异常面积与铜总量的关系。铜异常面积在 $1.5 \sim 4 \text{ km}^2$ 时, $\sum w_{Cu} > 10000$ 是大型矿床标志。铜异常面积在 4 km^2 左右 $2000 < \sum w_{Cu} < 10000$ 是中型铜矿床的标志,也是大型隐伏铜矿床的标志。

2.3 铜矿床铜的原生晕含量与其扩散距离的关系

对 20 个铜矿床的隐伏矿体,从矿体顶部向地表(或延伸方向) Cu 的含量随离开矿体距离

而衰减的变化进行了研究,图 3 中铜矿体的 Cu 异常含量与矿体距离呈负相关关系,即含量越高距矿体越近。图中,当 Cu 异常的质量分数在 $(800 \sim 1000) \times 10^{-6}$ 之间,离矿体距离平均在 25 m,最大 100 m;而在 $(600 \sim 400) \times 10^{-6}$ 之间,距矿体的平均距离为 75 m;当 200×10^{-6} 时,距矿体 70~300 m,平均为 137 m;在 100×10^{-6} 时,距矿体 120~350 m。根据实际数据计算, Cu 异常含量与渗滤距离的回归方程为: $h = 179.32 - 0.1758\bar{x}$ 。式中 h 为矿体顶部至地表的距离; \bar{x} 为 Cu 异常平均值。该公式是以钻孔原生晕为基础资料,经统计而获得的,因此只适用于岩石测量结果。由于受各种因素影响,所给出的值宜参考图 3 给出的值域进行必要的修正。

万方数据

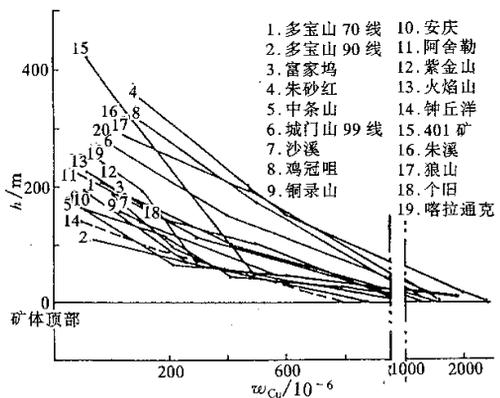


图 3 隐伏铜矿体轴向上铜含量与深度的关系

3 不同勘查尺度评价指标的量化

不同尺度异常的性质与指标的对应关系,列于表 1 中。

表 1 大型矿床不同尺度地球化学预测评价指标

项 目		指 标 值			
		1:20 万	1:5 万	1:2 万~1:1 万	
地球 化学 指标	主异常元素矿化强度(I)	>1	>1	>1	
	主异常元素离散度(C_g)	>1	>1	>1	
	大矿异常矿化规模(D)	>100	>10	>5	
	异常类型	出露	$(R_a, R_m) < 1$		
		隐伏	$(R_a, R_m) > 1$		
	异常的分带特征		元素水平分带(划分远程、近程、矿元素),求出垂向分带序列,划分矿、前缘、尾部元素		
	R_a, R_m 指标的垂直变化规律		矿上 ≥ 10 ,矿中 $10 \sim 1$,矿下 < 1		
矿化深度		回归方程 $h = 179.32 - 0.1758\bar{x}$ (h 为矿体顶部至地表距离, \bar{x} 为 Cu 异常平均值)			

表中示出了大型矿床在 1:20 万(区域)、1:5 万(矿带/矿田)、1:2 万~1:1 万(矿床)测量中的评价指标,大型矿床主异常元素的矿化强度(I)和离散度(C_g)均大于 1,其异常矿化规模在 1:20 万中 $D > 100$,1:5 万中 $D > 10$,1:1 万中 $D > 5$;出露大矿上 $(R_a, R_m) < 1$;隐伏大矿 $(R_a, R_m) > 1$ 。该评价指标系列,是根据若干大型矿床 1:20 万、1:5 万和 1:1 万~1:2 万的地球化学勘查资料的综合研究和统计结果获得的,也以此对未知区进行了预测评价。该异常系列评价指标仅是初步研究成果,其实用性有待后续的生产实践中进一步检验,指标本身也有待进一步充实完善。

3 结论

1. 用均值和边界品位对大型矿床不同尺度的地球化学参数(量)进行标准化处理,不仅使不同地区同类矿床的地化参量具有可比性,且同时可规范同一矿床不同尺度评价指标的研究。

2. 大量勘查资料的综合整理和统计研究表明,异常元素的平均值、面积和离差是研究评价指标最基本、最有效的地球化学参量,由此引出相应的评价预测指标。

3. 通过 20 多个大型铜矿床不同比例尺测量的异常参数统计,初步获得了地球化学量化预测指标值。在铜矿床中主异常元素的矿化强度、离散度在不同尺度中的量值都大于 1。这与“大型矿床往往具有某些共同规律性,不同矿石建造的大型矿在某些标志相似程度方面,要大于同类矿石建造的中小型矿床的相似程度”(吴承栋主编,矿床模型的建立和应用,1992。)的论断是吻合的。大型深隐伏铜矿床(埋深 > 300 m)离差值大于 0.4。大型铜矿的异常矿化规模在不同比例尺测量中的量值各异,区域(1:20 万)上 $D > 100$,矿带/田(1:5 万)上 $D > 10$,矿床(1:1 万)上 $D > 5$ 。判别指标值(R_a, R_m),在出露矿上大于 1,在隐伏矿上部小于 1,在矿体尾部为 0.1。

参考文献:

- [1] 邵跃. 矿床元素原生晕分带的研究及其地球化学找矿中的应用[J]. 地质与勘探, 1984(7).
- [2] 邵跃. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京:地质出版社, 1997.
- [3] 豪沃恩 R J. 应用地球化学中的模式辨认问题[R]. 第四届国际化探会议, 伦敦, 1972.

QUANTIFIED STUDIES OF INDICES FOR APPRAISAL OF GEOCHEMICAL ANOMALIES OVER LARGE-SIZE COPPER AND POLYMETALLIC DEPOSITS

LIU Chong-min ,LI Ying-gui ,SHI Chang-yi

(*Institute of Geophysical and Geochemical Exploration ,CAGS ,Langfang 065000 ,China*)

Abstract : Based on geological and geochemical exploration data of more than twenty copper and polymetallic deposits including data of regional geology (ore belts (orefields) and ore deposits on different scales ,the authors put forward the geochemical method for quantified appraisal of anomalies in large deposits. Through the systematic study of geochemical anomalies of different sizes ,this paper has tentatively summed up geochemical quantified evaluation and prediction indices for appraisal of large-size ore deposits.

Key words : large-size ore deposit ;geochemical evaluation index ;quantification

第一作者简介 :刘崇民(1955 -)男 ,陕西商州人。1979年毕业于北京大学地质地理系 ,1993年获中国地质大学(武汉)地球化学理学硕士学位。现在中国地质科学院物化探研究所工作 ,高级工程师 ,长期从事铜、多金属矿床的地球化学勘查研究 ,在国内外发表论文 10 余篇。