

基于 GIS 技术胶东金矿集区的地质异常分析

黎清华, 张 均, 张晓军

(中国地质大学资源学院, 武汉 430074)

[摘 要]应用地质异常致矿、控矿理论和 GIS 空间结构分析方法,探讨胶东金矿集区的地质异常控制,主要进行了线、面及组合地质异常结构及其与金成矿的时空耦合关系。分析研究结果表明,该矿集区的形成与分布明显受控于各类致矿地质异常,并显示一定的内在成因联系和时空配置关系。其中大地构造格架、区域构造样式对本区金矿化的区域性展布及产状起主导控制作用;地层-岩相组合异常、岩浆活动异常为成矿提供了物质来源和热动力条件;最后总结了 GIS 技术分析矿集区地质异常的方法,建立了该矿集区的空间数据库模型。

[关键词]地理信息系统 地质异常 空间分析 胶东金矿集区

[中图分类号]P618.51;P628 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)06-0055-04

地质异常理论是赵鹏大院士等提出,是指在成分、结构、构造或成因层次上与周围环境有着明显差异的地质体组合。如果用一个数值(可为数值区间)作为阈值来表现背景场的话,那么,凡是超过或低于该阈值的场就构成地质异常,它具有一定的空间和时间界限,其表现形式不仅在物质成分、结构构造和成因层次上与周围环境不同,而且还经常表现为地球物理场、地球化学场及遥感影像特征的差异,因此地质异常往往是综合异常。利用地质异常致矿、控矿理论进行成矿分析,往往需要我们确定哪些地质要素具有异常,尤其是要注重对组合地质异常的分析^[1~3]。

地理信息系统(GIS)技术对成矿区进行地质异常要素的提取在地学研究中得到了越来越大的发展空间,并具有很大的发展潜力。

1 研究区区域地质特征

胶东金矿集区位于华北地台,鲁东地盾的胶东隆起带上。总体上构成一个倒角形地块(图 1)。中部以桃村—即墨断裂为界将其分为胶东东部成矿区和胶东西部成矿区。五荣断裂、郯庐断裂和桃村—即墨断裂从区域上控制了胶东地区构造演化,从而形成了胶东地区的异常构造的主格架^[4]。

胶东地区出露的地层有前寒武纪和中新生代地

层。

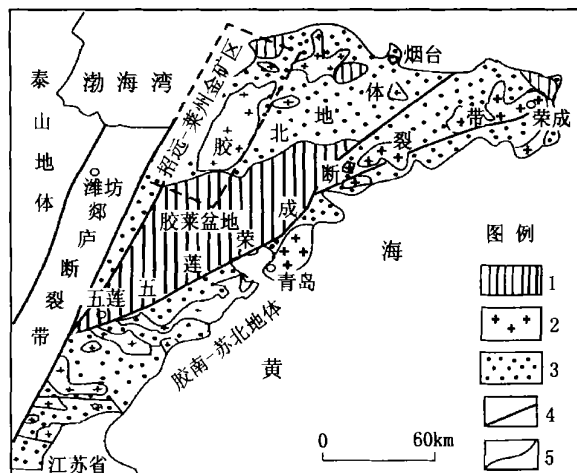


图 1 胶东矿集区大地构造位置图

—白垩系陆相沉积岩(部分被第四系覆盖);2—中生代花岗侵入岩;
3—侏罗系沉积岩;4—断裂;5—地质界线

胶东群是胶东出露的最古老的地层,荆山群是从原胶东群中新划分出的部分,在区域内分布广泛。据资料显示,胶东群和荆山群地层含金较高或具有含金高的层位,从而呈现出了地质异常的特征。

胶东断裂构造分布格式是在栖霞复背斜、昆崙山倒转复背斜东西展布的基础上,中—新生代 NE 向、NNE 向断裂构造发育,并有部分 NW 向及 EW 向断裂。NE - NNE 向断裂是主要控矿断裂。根据

[收稿日期]2001-11-20;[修订日期]2001-12-01;[责任编辑]曲丽莉。

[基金项目]国家重点基础研究项目(编号:G1999043207-3)资助。

[第一作者简介]黎清华(1978年-),男,现为中国地质大学(武汉)在读硕士生,从事 GIS 在成矿预测中的运用及开发方面的研究。

构造对成矿的控制范围大小可划分为三级构造单元:一级断裂为区域性深部大断裂;二级断裂为控制矿带形成的局部性断裂;三级断裂为控制矿田及矿床(点)形成的中小型断裂。

胶东地区的岩浆岩根据其成因及岩性特征,可分为四类:

第一类:太古宙—元古宙英云闪长岩系列。主要有马家窑、流口等中型金矿产于其中。

第二类:与太古宙胶东群有关的壳源深熔花岗岩系列。产于其中的金矿规模大、数量多。特大型金矿有焦家、新城、玲珑、台上、东风、三山岛、大尹格庄。大中型金矿有九曲、罗山、望儿庄、仓上、河西、河东、北截、蚕庄、灵山沟、界河等。

第三类:与元古宙荆山群有关的深熔花岗岩系列。牟平—乳山金矿带产于该系列岩体内。主要有金青顶特大型金矿,福祿地、金牛山、邓格庄、三甲等大中型金矿。

第四类:与壳幔同熔岩浆作用有关的花岗岩系列。所产金矿床均为中小型,且数量不多。

2 基于 GIS 技术的地质异常分析

在 GIS 技术下分析地质异常的基本原理可简述如下:在一定的预测尺度水平下,不同地质体或同地质体某数值特征的不同区间,其找矿的有利度与同一尺度水平的成矿单元在各地质体或各数值区间内出现的概率或频率成正比。成矿单元高概(频)率出现的地质体或数值区间,即是出现某矿种的地质异常区。两种或两种以上地质体的组合,可以形成组合地质异常。成矿有利地段实质上就是多因素的地质组合异常区^[5]。

2.1 线状地质异常分析

在线状地质异常中最为常见的就是断裂构造线异常^[6]。在运用 GIS 技术处理线状异常时主要是运用 GIS 本身的空间分析功能中的点线距离统计分析,找到有利的构造影响控制的范围,然后再运用 Buffer 分析得出断裂构造影响带。

胶东地区的二级、三级控矿构造对胶东矿集区形成的控制是明显而直接的。而胶东矿集区的控矿构造异常往往是二、三级控矿构造异常的组合是胶东地区所有控矿构造异常的整体体现。因此,为了对胶东地区所有控矿构造异常对胶东矿集区的控制作用进行分析,而二、三级控矿构造组合异常的分析就显得尤为重要。对全部矿床与二、三级构造组合进行空间相交分析得到点线距离统计直方图,我们

可以发现,距离为 2.261 时,有近 85 %的矿床落在该范围内,这样我们以半径为 2.261 对其构造进行缓冲区分析,此时所有大型、特大型、中型矿床点均落入该 Buffer 半径所确定的二三级构造组合的控矿异常范围内。由此可得出胶东地区控矿构造异常半径为 2.261 km,从而得出胶东地区断裂构造致矿异常范围图(图 2)

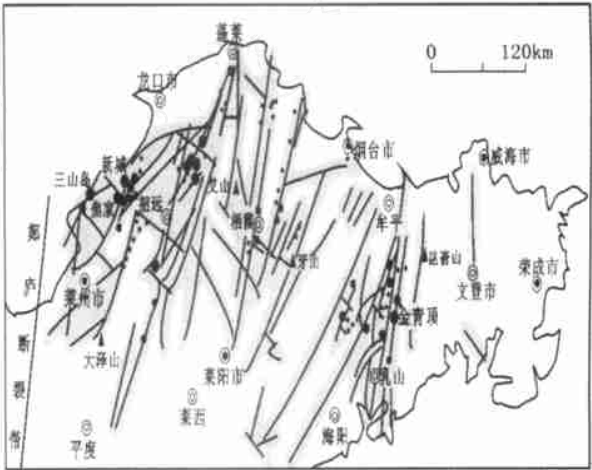


图 2 胶东矿集区断裂构造致矿异常范围图

2.2 面状地质异常分析

运用 GIS 技术处理面状地质异常时我们不能忽视这样一个问题,为了更好地体现面状异常(如地层、岩浆岩等)与矿床分布耦合关系,我们不能单纯地统计矿床(点)在某个面异常中出露的个数,我们应计算各个面异常的矿产当量(N)和单位矿产当量(K_N)。

$$N = N_1 \times K_1 + N_2 \times K_2 + N_3 \times K_3 + N_4 \times K_4 \quad (1)$$

式中:N₁、N₂、N₃、N₄ 分别为特大、大、中、小型矿床和矿点的个数。K₁、K₂、K₃、K₄ 则是特大、大、中、小型矿床相应的权系数。单位矿产当量用 K_N 表示:

$$K_N = N / S \quad (2)$$

其中:S 为地层出露面积,单位为 km²;单位矿产当量作为表征成矿强度的指标。

在胶东金矿集区,根据金矿产出的实际情况,选取特大、大、中型矿床的矿床权系数为 K₁ = 125, K₂ = 25, K₃ = 5, K₄ = 1,我们可以计算出各层位(地层和岩浆岩)的含矿性(表 1)

从表 1 可以看出,虽然第四系地层的矿产当量最大,但单位矿产当量却较小(<0.5)。Ar - Pt1jd 地层的单位矿产当量最大(>0.5),所以胶东群和荆山群应作为有利成矿的层位。

对于岩浆岩而言,总体上岩浆岩的含矿性较地

层的更加显著。具体而言,燕山早期花岗岩的单位矿产当量明显比其他岩浆岩层位的大,其值为 2.464,其次为闪长岩类和花岗闪长岩类,其值分别为 1.144 和 1.109,可以认为上述三种岩浆岩是成矿的有利部位。

表 1 胶东矿集区各含矿层位的含矿性对比研究情况									
层 位	面积 (km^2)	矿(床)点数(个)						矿产当 量(个)	单位矿 产当量 ($\text{个}\cdot\text{km}^{-2}$)
		特大	大型	中型	小型、 矿点	总数			
Q	588.7	2	0	0	4	8	254	0.431	
Pt _{3p}	16.6	0	0	0	1	1	1	0.060	
Pt _{3f}	83.9	0	0	0	1	1	1	0.012	
Mz	225.4	0	1	0	1	2	26	0.115	
Ar - Pt _{1jd}	458.6	1	3	5	21	30	246	0.536	
花岗岩 (燕山早期)	408.7	6	8	7	22	43	1007	2.464	
花岗闪长岩	130.7	1	0	2	10	13	145	1.109	
花岗岩 (燕山晚期)	35.1	0	0	0	1	1	1	0.028	
霏细岩	40.9	0	1	0	0	1	25	0.611	
闪长岩	56.8	0	2	2	5	9	65	1.144	

2.3 组合地质异常分析

矿床的矿化是多成因、多条件的。在实际矿床预测工作过程中,对各种地质异常因素进行组合地质异常分析显得尤其重要,为了更好地研究该矿集区的地质异常的控制作用,我们有必要对该矿集区内的各种地质异常因素运用 GIS 技术进行组合研究分析^[6]。

组合异常有 3 种形式:线异常与面异常组合、面异常与线异常组合和面异常与面异常组合。线异常与面异常的组合会出现两种情况,即在面异常内的线异常和在面异常以外的线异常;面异常与线异常的组合也出现两种情况,即在线异常内的面异常和在线异常以外的面异常;面(假设为 A)与面(假设为 B)的组合异常则会出现 3 种情况,①A 与 B 同时出现;②A 出现而 B 不出现;③B 出现而 A 不出现。下面我们主要探讨一下前两种组合异常。

2.3.1 线与面的组合异常分析

在胶东矿集区内,为了更好地反映线、面组合异常的分析结果,我们分别用全部的断裂构造与地层异常区及岩浆岩异常区进行相交分析,并进行比较。

该矿集区的含矿有利地层层位是胶东群—荆山群(Ar - Pt_{1jd}),有利岩浆岩层位是燕山早期的花岗岩、闪长岩及花岗闪长岩。运用 GIS 技术分别对其进行相交分析,并运用统计分析得到断裂级别统计

表(表 2)和断裂走向统计表(表 3)

表 2 胶东矿集区线面组合异常区断裂级别分布对比表

断裂级别	一级	二级	三级
构造—岩浆区	3	30	81
构造—地层区	3	7	57
矿集区总断裂	3	30	83

表 3 胶东矿集区线面组合异常区断裂走向分布对比表

断裂走向	NEE 向	NNE 向	NE 向	NW 向	EW 向
构造—岩浆区	14	51	24	19	1
构造—地层区	10	23	12	23	3
矿集区总断裂	14	51	26	27	4

从表 2 可以看出,区域性一级断裂控制了构造—岩浆区(设为 A 区)和构造—地层区(设为 B 区)。但从对矿集区影响较大的二、三级构造来看,A 区较 B 区更为明显,所含的地质信息更多;同样,从表 3 也可以看出,对该矿集区影响较大的 NE—NNE 向断裂来说,A 区较 B 区的成矿有利度更高。

我们进一步运用 GIS 技术缓冲区分析发现(图 3,图 4),对于 A 区的线性异常,当 Buffer 半径取 3.707 Km 时,落在该缓冲区内的特大型矿床有 7 个,大型有 9 个,中型有 7 个,小型及矿点有 30 个,即有将近 80 %的矿床落入其中;而对于 B 区,当 Buffer 半径取 10.090 Km 时,才有将近 80 %的矿床落在该缓冲区内,其中特大型矿床有 5 个,大型有 9 个,中型有 8 个,小型及矿点有 35 个。这也表明 A 区的成矿有利度较 B 区成矿有利度为高。

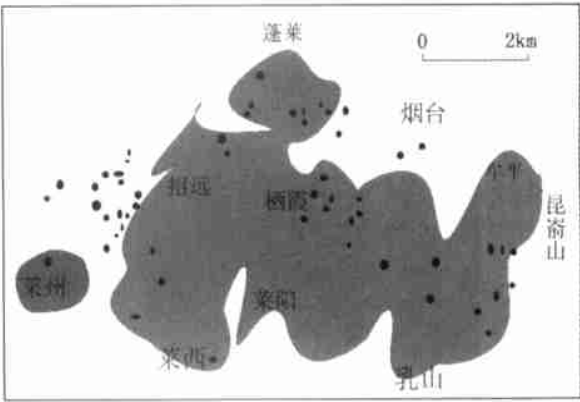


图 3 构造—地层 Buffer 影响带

2.3.2 面与线的组合异常分析

与线面组合异常分析类似,运用 GIS 技术的相交分析功能处理可得该矿集区面线组合异常区(包括岩浆—构造异常区(设为 C 区)和地层—构造异常区(设为 D 区))的矿床分布统计表(表 4)。从表

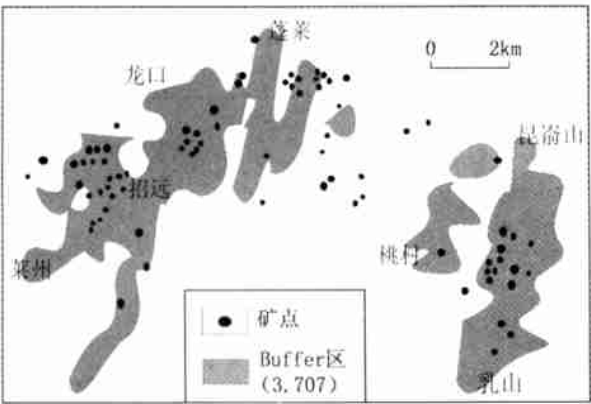


图 4 构造—岩浆岩 Buffer 影响带

4 中可以看出,两者的面积均较面状地质异常分析的小,这也说明 C、D 区更能代表该矿集区的成矿有利地段;另外,D 区的成矿有利度明显较 C 区的大。

表 4 胶东矿集区面线组合异常区矿床分布对比表

矿床规模	面积 S(km ²)	特大型 (个)	大型 (个)	中型 (个)	小型及 矿点(个)
岩浆—构造区	476.4	5	6	6	29
地层—构造区	409.3	0	3	5	19

通过前面线状及面状地质异常的分析我们已经知道,就整个胶东金矿集区的控矿作用来看,构造因素是最主要的,其次是岩浆岩活动,再其次是地层的含矿性。这样我们就可以对上述 4 个成矿有利地段(即 A、B、C、D 区)的成矿有利度作一个定性的排序:A 区(构造—岩浆异常区) > C 区(岩浆—构造异常区) > B 区(构造—地层异常区) > D 区(地层—构

造异常区)。

3 结 论

通过运用 GIS 技术对胶东金矿集区进行地质异常的提取与分析,可以发现在该矿集区有如下一些特征:

- 1) 胶东群—荆山群地层是金和其它成矿元素的原始赋存地层,岩浆活动中对成矿起决定作用的是燕山早期的花岗岩和花岗闪长岩类;断裂构造控制了整个矿集区的展布,对矿集区的形成起着主导作用。如果对其与成矿的关系大小作一个比较的话,断裂构造应列第一位,岩浆岩次之,地层再次之。
- 2) 通过组合地质异常分析发现,在该矿集区构造—岩浆组合区和岩浆—构造区是较为有利的成矿部位。

[参考文献]

[1] 赵鹏大,池顺都. 初论地质异常[J]. 地球科学—中国地质大学学报,1991,16(3):241~247.
[2] 赵鹏大,孟宪国. 地质异常与矿产预测[J]. 地球科学—中国地质大学学报,1993,18(1):39~47.
[3] 陈永清,赵鹏大. 地质异常单元的基本特点及划分方法[J]. 中国数学地质,1997,11(8):55~63.
[4] 杨忠芳. 胶东区域地壳演化与金成矿作用地球化学[M]. 北京:地质出版社,1998.
[5] 池顺都,周顺平,吴新林. GIS 支持下的地质异常分析及金属矿产经验预测[J]. 地球科学—中国地质大学学报,1997. 1, 22(1):99~103.
[6] 张晓军,张 均. 基于 GIS 的川西北地区金矿初步预测[J]. 地球科学—中国地质大学学报,1999,24(增):83~87.

APPLICATION OF GIS TO ANALYSE GEO - ANOMALY
IN JIAODONG GOLD DEPOSIT CONCENTRATION REGION

Li Qing - hua ,Zhang Jun ,Zhang Xiao - jun

(Faculty of Earth Resources , China University of Geosciences , Wuhan 430074)

Abstract :Geo - anomaly controlling configurations for Au mineralization in Jiaodong gold deposit concentration of Shandong province is discussed on the bases of geo - anomaly - leading - to ore , ore - controlling theory , and GIS analysis method. Main works are focused on line - surface structure , line - surface combination geo - anomaly , and their time - space relations with gold mineralization. The results show that formation and distribution of Au ore in the area are clearly controlled by various geo - anomalies which always lead to ore and has inherent genetic and spatial - temporal relationship. Geotectonic frame and regional structure style dominate the regional distribution and occurrence of the mineralization. Strata - rock faces association anomaly , magmatic and heat source anomalies are closely related to ore - forming material source and dynamic condition. Finally , the method of analyzing geo - anomaly in the deposit concentration region by GIS technology has been summarized and the interspace data - base model about Jiaodong gold deposit concentration region is established.

Key words :geographic information system (GIS) , geo - anomaly , interspace analysis ,Jiaodong gold deposit concentration region