成矿能--克立格双模型 在化探数据处理中的特殊功效

徐锡华 (天津地质研究院,天津 300061)

摘 要: 作为模型组合创新的一次尝试,文章通过几个实例说明,在不规则数据的特殊条件下, 所组建的成矿能-克立格双模型既能保持单一模型的各自优势,又能使其功能互补,可以产生单一 模型不能达到的功能和效果。

关键词: 化探;不规则数据;成矿能-克立格模型;功效 中图分类号: P628;P622.3 文献标识码: A 文章编号:1001-1412(2002)01-0001-0051-07

在地球化学数据处理中,一些与空间分布规律研 究相关的问题,在某种程度上则要求原始数据观测点 分布的均匀性或随机性。为了避免数据局部集中或过 度分散所引起偏畸,选择规则的数据网格当然是上 策。然而,由于取样条件、工程摆布、工作效率或生产 成本等因素的制约,这一数据分布样式有时不能得以 满足: 不规则数据(含特高样品或特异值)的出现几乎 在所难免。为了追求结果的有效性和稳定性,除了继 续改进与完善数学模型本身外,值得注意的"是根据 预测对象和目标的要求,将两种以上的已知原理或方 法进行整合性重组,以求其新的功能和效益^{"11}。这种 模型创新意识在 "多元场-泛克立格联合方法在中、大 比例尺化探数据自动化处理中的应用"^[2]一文中已有 体现,本文再以方法不同、景观条件各异的实例说明, 即使在不规则数据的条件下,成矿能--克立格双模型能 够实现功能互补,可以产生整体大干部分之和的新效 果。正如未来学家阿尔温·托夫勒所说、"当代的一系 列重大突破常常不是来自孤立的单项技术,而是来自 并列的几项技术或组合 *1]。

- 1 成矿能-克立格双模型
- 1.1 成矿能的概念

成矿能原理、方法及其公式早先见于前苏联金

矿能与矿产普查》¹⁰。他将"促使普遍分散的成矿元素 形成其富集体(矿床)所需的地球自然能量称之为成 矿能,并以物理、化学以及物理化学的自然力作功形 式表现出来"。为了找到一个既能反映成矿过程本 质、又相对合理简洁的数学模型,该学者借助于热力 学理论基础,在成矿元素集中或分散程度与极其复 杂的成矿作用能耗之间建立了相当简单的数学关 系。这里,表达成矿元素集中或分散程度的主要参数 是元素浓集克拉克值 K,该值可通过诸元素背景值 标准化求取。在有 n 个元素参与成矿过程的理想化 假定条件下,形成一定浓集克拉克值的单位体积矿 石(晕)所耗费的成矿能 En 是:

属矿化探先驱 . . 萨弗罗诺夫晚年的研究成果 僦

$$E n = \sum K_i \ln K_i \tag{1}$$

(1) 式表明, 成矿能耗 En 主要决定于矿石中少数浓集克拉克值 K 较高的几个主要元素上。

有关'矿床原生晕表现于能量消耗的理想空间 分布模型'⁽³⁾以及'从成矿能理论与信息学角度表达 成矿元素集中或分散程度'⁽⁴⁾等命题本文作者曾有 过专门的论述,此次则从成矿能这一可纳入全部所 查明元素含量信息之综合指标的角度出发,在不规 则数据的特殊条件下,如何能够合理圈定等值线从 而能全面地将地球化学有用信息提取出来。该方法 给出的信息包括消耗于每一样品或地段的诸元素成 矿能及其各元素的能耗顺序;每一样品或地段的总成

收稿日期: 2001-12-20; 修订日期: 2002-01-18

作者简介:徐锡华(1944-),男,天津人,教授级高级工程师。1968年毕业于中国科学技术大学近代化学系地球化学专业,在地球化学及金属矿产化探领域从事研究与找矿工作。

① 击税; 补 . 成矿能与矿产普查(吴传壁译). 见: 地质矿产部情报所. 化探资料选编(七). 北京: 地质矿产部情报所, 1985. 1-125.

矿能及其分量 "带入能"与"带出能"。能解决的问题 包括: 描述样品地球化学特征、圈定远景地段、确定 含矿建造属性、估计矿化规模以及查明地球化学分 带性等。该方法的优点是能实现集中或分散元素的 自动筛选:不同衬度诸元素的自动排序:地球化学找 矿信息的概括与增强以及其指标具有直观性、全息 性和广泛适用性等。

1.2 克立格的概念

众所周知,由南非地质工程师 D.G.克立格(D. G.Krige) 等人提出并为法国著名数学地质学家 G.马 特隆教授(G.Matheron, 1962)所丰富和发展的克立 格(Kriging)法提供了一种有严格理论基础并堪称为 线性、无偏、最优的内插估值方法(Best Linear Unbiased Estimator)。该方法的实质是在充分考虑数 据点的空间几何联系及其数据变异结构特征的前提 下,通过正确赋与各信息样品点的克立格权系数来获 取一种高精度(即克立格方差最小)的滑动加权平均 值。普通克立格法(Ordinary Kriging, 简称OK法)是 一种最基本、最常用的方法。就其待估承载而言,又进 一步细分为点克立格法和块段克立格法。现今,克立 格法已发展有应用条件各异的泛克立格法、析取克立 格法、对数正态克立格法、协克立格法、随机克立格 法、因子克立格法和指示克立格法等一系列方法。

克立格法(Kriging) 是一种进行局部估计的优秀 方法,它可以利用准平稳邻域内较少样品的结构函数 来求出有限区域内区域化变量的精确估计方差和无 偏最优估计量。在进行数据网格化以便使用计算机自 动绘制等值线图时,该方法能够提供精确而客观的内 插估计值。而且,"在分块图边界上估值相同,容易实 现拼图,又由于在数据点处的估值就是该数据本身, 因而在计算机绘图中可为数据网格化提供一种理想 的工具 *5]。该方法所使用的线性估计量是:

 $\mathbf{Z}_{v}^{*} - \Sigma \mathbf{\lambda}_{i} \mathbf{Z}_{i}$

能保证

$$Zv^* = \sum \lambda_i Z_i \tag{2}$$

$$E[Z_V^*] = E[Z_V] \tag{3}$$

或者说满足无偏性条件

$$\Sigma \lambda = 1 \tag{4}$$

若待估块段 V 与有效数据的任一承载 u 重合, 则由克立格方程组给出:

$$Z_{k}^{*} = Z(\upsilon) \tag{5}$$

$$\sigma_k^2 = 0 \tag{6}$$

相比之下,用多项式回归法(Polynomial Regression)进行估值时就无此优点,其趋势面次数 的确定常带有较大的人为性。'阿格特伯格(1967)和 丘思(1975)还认为该模型在随机变量正态性这一获 得最优无偏估计值的先决条件上往往不易得到满 足 *6 。 滑动平均法其窗口大小的选择缺少理论依 据。距离反比法(Inverse Distance to a Power)的不 足是未考虑样品点之间空间几何构形和变量空间结 构信息的影响。三角形内插法(Triangulation w/ Linear Interpolation)的缺陷是所利用的每一个数据 点都不恰当地被视为等权的。

本文选用的克立格(Kriging)应用程序源自于美 国 Golden 软件公司地面制图系统 Surfer6.02 版本 三维绘图软件包。该软件包还有邻域法(Nearest Neighbor)、最小曲率法(Minimum Curvature)、多项 式回归法(Polynomial Regression)、施帕法 (Shepard's Method)、光原理法(Radial Basis Functions)、距离反比法(Inverse Distance to a Power) 和三角形内插法(Triangulation w/Linear Interpolation) 等选项。考虑到区域化变量 Z(x) 结构 函数(变差函数或协方差函数)各向同性还是各向异 性影响克立格权系数的对称性,该模型又进一步提 供了三维变差函数(线性、指数、球形和二项式等)、 块金效应(错误方差、微观方差)和漂移(无漂移、线 性漂移和)等选项。在进行克立格(Kriging)网格化 (Grid)的同时还可选择高精度光滑的等值线修改模 型。

1.3 双模型的意义

1.3.1 不规则数据

不规则数据是指观测点的空间分布密度低、不 均匀或非随机性,不同元素含量级别相差过大以及 个别元素出现所谓的"特异值"。这里,均匀性是指任 一相同小面积中点的密度处处相等:随机性是指任 一点落入任一相同小面积中点的机会相等,且一个 点的存在与其他点无关。一般情况下,为了避免数据 分布不均匀而造成估计偏畸,可适当扩大数据点较 少且数据连续性较好方向上的估计邻域,以改善数 据空间分布的不均匀性。反之,则要在数据集中的一 侧限制估计邻域的范围。此外,由于各种原因,在数 据采集的过程中还会形成一些缺失值。目前,有些软 件专门准备了删除个案数据和补充数据的方法,如 在统计软件 SPSS for Windows 中就备有极大似然 估计法(EM 法, Dempster 等人)和回归预测法可供 选择^[7]。至于特高样品或 '特异值 '的处理,本文在分 散流的应用实例中就采用了成矿能方法予以剔除。 1.3.2 复合数学模型

数学方法是从量和形两方面加工、处理信息的

方法,其表达形式具有简明精确的特点。数学推理必 须遵循形式逻辑的基本原则,从而使其结论具有可 靠的预测性。因此,"所谓数学模型,是指对所研究的 具体对象的本质特征量化关系的数学表达⁴⁸¹。而基 本量的确定、关键量的选择以及数学模型的逐步简 化是建立数学模型主要方法。计算机的使用大大提 高了任何复杂数学模型的求解能力。而对数学结论 的分析与评价,对实际问题的判断或预测仍然需要 人们再次启动创造性思维。在成矿预测研究中,由于 每种方法都各有其特点和应用条件,建立组合创新 的意识,选择与建立复合数学模型,对于适应预测对 象复杂程度的增强和有效地处理极不规则数据就成 为可贵的了。本文给出的成矿能-克立格双模型既保 持了单一模型的各自优势,又使其功能互补,发挥出 单一模型所不能达到的效果。

2 应用实例

2.1 原生晕一例

山东SZ 金矿位于沂沭断裂带的东侧, 胶东隆起 的西缘。矿区广泛分布有第四系,太古宙胶东群呈极 少量的残留体产出,岩性为混合岩化斜长角闪岩及黑 云角闪片麻岩。出露的岩浆岩主要有玲珑片麻状黑云 母花岗岩和郭家岭似斑状花岗闪长岩,呈岩基、岩株 产出。金矿床产干郭家岭型花岗闪长岩与玲珑型黑云 母花岗岩的接触带上并受 F 断裂所控制. 矿体走向与 F 断裂平行,向 SW 侧伏,侧伏角 35 左右。其主断裂 面倾角 35 ~ 45 ° 有 5 ~ 20 cm 厚的灰色或深灰色断 层泥。沿蚀变中心部位向两侧,硅化、绢云母化、钾化、 黄铁矿化和绿泥石化等蚀变强度逐渐减弱(主断裂下 盘的郭家岭型花岗闪长岩更为明显)。该导矿和储矿 构造稳定地沿 40 ~ 55 方向伸展十余公里, 形成宽达 几十米至几百米的断裂破碎带。矿石类型主要为浸染 状黄铁绢英岩化花岗闪长碎裂岩型、浸染状黄铁绢英 岩型及硅化碎裂岩型等。矿石中的金属矿物主要有黄 铁矿、自然金、银金矿,少量方铅矿、黄铜矿、闪锌矿和 磁黄铁矿。矿床类型为断裂破碎带蚀变岩型金矿。

因应 SZ 金矿深部找矿预测任务,作者用拣块法 沿穿脉以 10 m 间距从 PD 2—PD 9 中段采集重量为 300 g 左右原生晕样品。分析 As, Sb, Hg, Au, Ag, F, I, Ba, Cu, Pb, Co, Mo, W, Ni, Bi, Zn, Mn 等 17 种元 素。然而,由于坑道回采、积水等各种原因,有些中段 无法采样,致使采样点的空间分布极不均匀(图 1); 况且,在勘探剖面图上,采样点沿坑道方向与矿体延 深方向斜交,给系统查明元素在矿体延深方向上的 空间分布规律以便进行深部定位预测造成了一定的 困难。

无疑, 成矿能的概念与计算方法可以无条件地 用于原生晕。实现找矿预测任务的第一步是引入成 矿能这一综合变量指标。这是由于该指标能够显示 出经受成矿作用最强烈的样品而不仅仅是某一主元 素含量最高的样品,这恰好也是我们的兴趣所在。在 运行成矿能程序时,需要输入诸元素的衬度值这一 参数。使各元素的集中或分散程度具有可比性是该 方法的主要特点之一。为此,在 Excel 表格中用反复 剔除法计算出本矿区 17 种元素背景值。最初建立的 数据表包括了尽可能多的字段以便从中挑选。即所 增加的变量除了由 17 种元素及其所派生的组合变 量外,主要增加了成矿能这一新变量。最终结果是将 成矿能作为一个新字段列于数据表中。在该矿区,利 用 Excel 表格本身的排序功能优选出 En, Au, Ag, Au/Ag, (F+ Ba)/2以及(Cu · Pb · Zn)/(As · Sb ·Hg)等项有效指标。统计结果表明, En, Au和 Ag 在黄铁绢英岩化花岗碎裂岩同时获得较高值: 5 474 (假定单位),1857×10⁻⁹和1301×10⁻⁹,而在尚未 获得找金线索的盲区花岗岩中仅为6(假定单位),4 $\times 10^{-9}$ 和 69 × 10⁻⁹。这说明该区金矿化富集与黄铁 矿化及岩石碎裂密切相关。在所采全部样品中,成矿 能 En 指标所获得的最大值是 240 877(假定单位), 同时w(Au)和w(Ag)也分别达到58120×10⁻⁹和 51 200 × 10^{-9} 的最高含量值。一般说来, 当 $E_n >$ 1 000(假定单位)时,其w(Au) 一般> 500×10⁻⁹。该 方法的优势不仅在干能够指明每一样品集中或分散 的元素顺序,而且能够对诸元素含量最集中的样品 进行排序。实际上,成矿能指标是浓缩这17个元素 含量信息的综合指标。当用17元素和10元素分别 进行计算时,结果基本一致。显然,衬度大的元素对 成矿能数值的影响要更大些。因此,通过该方法还可 以缩减指示元素以降低分析费用。实现该任务的第 二步是为研究空间分布规律而选择适宜的网格化内 插模型,以便在弥补空缺数据点后自动绘制等值线 图。在对具有坐标的成矿能数据进行网格化(Grid) 时,本例采用了 Surfer6.02 版本的克立格模型 (Kriging)和高精度光滑选项。在计算坐标范围内划 分了 10 行 × 50 列大小的网格。按 1 5 000比例尺计 算,每一网格单元在水平方向和垂直方向的实际尺 寸应为 11.7 m × 50.6 m。该网格大小的选择考虑了

采样点距与中段垂距之间的比例关系。



图 1 山东 SZ 矿区 303 勘探剖面原生晕成矿能异常图

Fig. 1 Ore-forming energy anomaly map of the primary halo at 303 section in SZ mine area, Shandong province 1. 第四系浮土 2. 绢英岩化花岗闪长碎裂岩 3. 绢英岩化碎裂状花岗闪长岩 4. 绢英岩化花岗闪长岩 5. 黄铁绢英岩化花岗碎裂岩 6. 玲珑黑云母花岗岩 7. 郭家岭似斑状花岗闪长岩 8. 金矿体 9. 断裂 10. 坑道 11. 采样点 12. 成矿能异常(假定单位) (地质资料来 自山东 SZ 金矿地测组)

由图 1 可见, 303 勘探剖面不同中段水平上, 成 矿能 $E_n > 500(假定单位)$ 的等值线圈定于 PD3— PD5 中段之间, 与金矿体的膨大部位相当吻合—— 尽管 PD4 中段没采到样品而 PD6 中段、PD7 中段和 PD9 中段都有采样点分布。它表明, 该勘探剖面 - 200 m 以上的范围内, 只在 PD4 中段附近的成矿 能耗较大, 是惟一的成矿作用产物富有而集中的部 位(有的勘探剖面存在两个这样的部位)。这正是实 现深部定位预测的主要判断依据之一。另外, 成矿能 $E_n > 50(假定单位)$ 等值线向矿体下盘逐级增高的趋 势似乎预示着 F 断裂的控矿作用。当然, 远离采样点 控制范围以外的大部分空间, 尽管存在成矿能等值 线, 但即使从趋势上看已没有什么意义了; 外延总是 应当有限度的。

以上结果表明,成矿能 *En* 指标具有很强的概括性,它集中、稳定地划分出成矿作用强烈地段;能准确地圈定出已知矿体。一般说来,在本矿区当成矿能 *En>* 1 000(假定单位)便可稳定地圈定金矿化集中 部位。须知,在 303 勘探剖面图上,这一结果是在仅 仅采集了17件空间分布极不均匀的样品并应用成 矿能--克立格双模型的情况下获得的。

2.2 次生晕一例

测区位于大兴安岭北坡,得尔布干成矿带西南段。出露有与银铅锌多金属矿床关系密切的侏罗系中统塔木兰沟组和上统上库力组。塔木兰沟组主要为玄武岩、安山岩、英安岩,是区域内已知大型银矿床的成矿围岩。上库力组主要为凝灰岩、安山岩、流纹岩,也是大型银矿床的成矿围岩。主要的燕山早期侵入岩以细粒钾长花岗岩、黑云母花岗岩为主,局部地段为中—细粒二长花岗岩。区内断裂构造较为发育,NE 向构造是本区主要构造,其与NW 向断裂构造交叉部位对成矿有利。

测区土壤剖面样品以采集 C 层为主, 采样深度 0.5 m 左右。分析了 Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Sb, Bi, Hg, Au, W, Mo, Sn 等 13 个元素。图2 中可见有三条 土壤剖面, 其剖面间距为 500 m, 点距为 20 m, 加密 处仅为 5 m。在点距与线距比仅为 0.04 甚至 0.01 的 情况下, 用常规的数据处理方法是很难奏效的。但 是,由于本测区拟寻找的目标为火山岩型银铅锌多 金属矿床,应能形成规模较大、并具有较大长宽之比 的地球化学异常。换言之,本测区的三条剖面的样品 含量之间应当存在一定的规律性联系;在平面上寻 求找矿预测信息的前提还是存在的。由于测区地形 相对平缓,以物理风化为主,样品大多采自C层土 壤,基本上能够保持原生晕样品的性状,故成矿能的 概念与计算方法也是可以应用的。当然,在有明显次 生运移的情形,成矿能的计算公式需要引入修正系 数。但是,作为一项综合地球化学指标来使用,即使 不进行任何修正,只要不做与计算储量相关的推演, 其计算结果还是有意义的。



图 2 内蒙 XN 测区次生晕成矿能异常图
Fig. 2 Ore-forming energy anomaly of the second halo at XN survey area, Inner Mongolia
1. 第四系浮土 2. 上库力组凝灰岩、安山岩、流纹岩 3. 塔木兰沟组玄武岩、安山岩、英安岩 4. 细粒钾长花岗岩
5. 断裂 6. 地质界线 7. 采样点 8. 成矿能异常(假定单位) (资料来自山西冶金地勘院)

首先, 利用剖面样品 Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Sb, Bi, Hg, Au, W, Mo, Sn 等 13 种元素含量计算了 每个样品的成矿能。在对具有坐标的成矿能数据进 行网格化(Grid)时, 本例采用了 Surfer6.02 版本的 克里格模型(Kriging)和高精度光滑选项。在计算坐 标范围内划分了 26 行 × 51 列大小的网格。按 1 25 000比例尺计算, 每一网格单元在水平方向和垂 直方向的实际尺寸应为 10 m × 10 m。该网格大小的 选择主要考虑了采样点距。将等值线间距定为 1, 2, 5 序列的成矿能 E_n 异常图能用于有望地段的圈定。

由图 2 可见, 其次生晕成矿能异常图不仅清晰 地显示出大体平行的两个 SN 向多金属矿化带, 而 且在燕山期细粒钾长花岗岩、侏罗系中统塔木兰沟 组以及两条 SN 向断裂构造的交汇处展现有一个异 常分带明显、规模较大的多金属找矿有望地段。据 此, 作者曾建议山西冶金地勘院作为首孔验证之, 后 由钻孔所揭露的厚层细粒黄铁矿等所证实。

本例说明: 在次生晕采样点距与线距差异极大 (1 25)的情况下,其成矿能 *En* 之克立格等值线内 插模型较好地形成了平面等值线图。

2.3 分散流一例

本例的计算数据是由江南某物探队原 1~2 个

点/km² 取平均值抽稀成 0.25 个点/km² 后的低密 度分散流数据。每个计算点都包含了 Cu, Pb, Zn, Au, Ag, W, Sn, Mo, Nb, As 和 Bi 等共 11 种元素的 信息。由于该地区是多种金属矿床(点)十分集中的 地区,用其中的哪一种元素都不能将各种金属矿床 (点)的主要赋存地段给予圈定。况且, 0.25个点/ km² 的低密度分散流数据用常规方法处理很可能要 漏掉一些有意义的中小型矿床。解决这一问题的有 效途径还是采用了成矿能--克里格双模型。其中,成 矿能模型主要解决多元化信息的综合表达,而克里 格模型则在充分考虑多元素空间变异结构的情况下 进行高精度内插估值、从而能最大限度地解决低密 度数据成图问题。至于成矿能方法应用于分散流数 据的合理性,如前所述,在不进行与储量相关的推演 计算而仅仅在形式上取其综合变量指标的情况下, 所提取的有用信息还是有意义的。

为了去掉特高样品所产生的'特异值",以提高 其等值线图形的稳定性,首先用成矿能模型进行了 数据筛选。在本例中,删除了成矿能*En*为111356 (假定单位)的特高样品。在对具有坐标的成矿能数 据进行网格化(Grid)时,本例同样采用了Surfer 6.02版本的克立格模型(Kriging)和高精度光滑选 项。在计算坐标范围内划分了41行×72列大小的网格。按1 700000比例尺计算,每一网格单元在水平 方向和垂直方向的实际尺寸应为1km×1km。该网 格大小的选择考虑了矿床点的分布密度与参与计算的分散流数据点分布密度之间的平衡关系。



图 3 GH 测区分散流成矿能异常图

 Fig. 3 Ore-forming energy anomaly map of the river sediments in GH survey area

 1. 钨多金属矿床(大型)
 2. 钨多金属矿床(中小型)
 3. 金矿点
 4. 铁矿点
 5. 成矿能异常(示低值区)
 6. 成矿能异常(假定单位)

由图 3 可见,其分散流成矿能异常图清晰、准确 地圈定出大部分钨等多种金属矿床点的空间分布范 围,具有很大的预测价值。少数的钨、铁、金矿点落在 *En*为 50(假定单位)等值线以外,很可能要归结为原 始分散流数据点 1~2个点/km²的取样密度和选择 元素的局限性等因素。双模型处理本例数据的另一 独到之处是客观地圈定出成矿能异常中的两处低值 区。其中,位于南部的低值区恰好是已成功地删除特 高样品的地段。

本例说明:应用成矿能-克立格双模型处理低密 度分散流数据(0.25个点/km²)的效果是肯定的 ——特别是在有色金属找矿预测方面更能发挥其独 特的优越性。

3 结束语

本文所选定的应用成矿能--克立格双模型处理 化探中不规则数据的实例已有一定效果和一定程度 的代表性。这种组合创新意识的构筑将对解决某些 特定的关键性课题发挥出日益重要的作用。

参考文献:

- [1] 张均. 隐伏矿体定位预测方法[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 4 5.
- [2] 徐锡华,卢铁贵. 多元场-泛克立格联合方法在中、大比例尺化 探数据自动化处理中的应用[A].中国地质学会数学地质专业 委员会,中国数学地质(4)[C].北京:地质出版社,1992.
- [3] 徐锡华. 藉成矿能分布判定原生晕浓集中心的初步论证[J]. 地 质找矿论丛, 1987, 2(2): 84-89.
- [4] 徐锡华. 成矿元素集中或分散程度的理想化研讨[J]. 地质找矿 论丛, 1999, 14(2): 1-7.
- [5] 王仁铎,胡光道.线性地质统计学[M].北京:地质出版社, 1988.7,124.
- [6] 豪沃思 R J... 化探中的统计学和数据分析[M]. 勘查地球化学
 手册(第二卷)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990. 140–146.
- [7] 苏金明, 傅荣华, 周建斌, 等. 统计软件 SPSS for Windows 实用 指南[M].北京: 电子工业出版社.北京, 2000.348.
- [8] 徐长山,王德胜.科学研究艺术[M].北京:解放军出版社, 1994.338-353.

OUTSTANDING FUNCTION OF THE COMBINATION OF ORE- FORMING ENERGY AND KRIGING MODELS IN PROCESSING DATA OF GEOCHEMICAL EXPLORATION

XU Xi-hua

(Tianjin Geological academy, Tianin 300061, China)

Abstract: Ore-forming energy-krging model combination blazes new trails. Cases of the combination are presented in the paper with superorties of the single model kept and functions complemented each other. **Key words**: irregular data; ore-forming energy-kriging model combination; efficiency

(上接第50页)

度,这样才能更加详细地收集地质资料,准确地掌握 其变化规律,为回采矿体提供更详细的地质资料。依 据矿条分布自然产状圈定矿体就会避免单工程连接 矿体时出现的不真实局面,而且矿体储量也会相应 增加。

参考文献:

[1] 山东省地质矿产局第六地质队.山东省招远县上庄金矿床详细 普查地质报告[R].济南:山东地质矿产局,1983.

- [2] 苗来成,罗镇宽,黄佳展,等.1997,山东招掖金矿带内花岗岩类
 侵入体锆石 SHR IM P 研究及其意义[J].中国科学(D 辑), 1997,27(3):207-213.
- [3] 陈光远,孙岱生,邵伟,等.胶东招掖郭家岭花岗闪长岩成因矿 物学与金矿化[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.29-51.
- [4] 关康,罗镇宽,苗来成,等.胶东招掖郭家岭型花岗岩锆石 SHRIMP年代学研究[J].地质科学,1998,33(3):318-328.
- [5] 胡世玲, 王松山, 桑海清, 等. 胶东玲珑和郭家岭岩体的同位素 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 1987, (3): 83-89.
- [6] 曲晓明, 王鹤年. 郭家岭岩体壳幔岩 浆混合作 用与侵位 机制的 动力学研究[J]. 地质科学, 1997, 32(4).
- [7] 李兆龙,杨敏之. 胶东金矿床地质地球化学[M]. 天津: 天津科 学技术出版社, 1993.

ANALYSIS OF GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND METALLOGENETIC FORECAST FOR ORE BODY OF SHANGZHUANG GOLD DEPOSITS

LUO Wen-qiang, ZUO Hong-wei, LI Jun-dian, CHEN Jian-she, QU Sheng

(Canzhuang Gold Mine of Zhaoyuan city Shandong province, Zhaoyuan 265400, China)

Abstract: Regularities of ore occurrence of ore body in plane and profile summarized from mining practice in Shangzhuang Au deposit reveal that ore body is mainly controled by sub-scale structure in Shangzhuang-Wangershang fault zone. The ore body is composed of a series of small bodies then ore-searching direction is put forth at depth.

Key words: Shangzhuang Gold Deposits, ore-forming regularity, ore forecast, Shandong Province