

# 首钢 地质

94年11期

1994



首钢地质勘探公司



# 首钢地质

总第 11 期

1994 年

主办单位 首钢总公司地质勘探公司  
印 刷 地质勘探公司制印所

编辑出版 《首钢地质》编辑部  
地 址 北京市石景山区 (100041)

(内部刊物注意保存)

准印证号 京准字 94-0104

# 首钢地质

首钢地质勘探公司

1994 年总第 11 期

## 目 录

### 矿产与地质

- 老公营铁矿地质特征 ..... 施性明(1)
- 北京密怀地区地球化学数据图像综合分析  
及图像模型的建立与金矿预测 ..... 王西华(5)
- 山东泗水县的石灰石矿产 ..... 侯宝森(11)
- 冀东青龙菱一环构造与金矿成矿遥感分析 ..... 闫 明(17)

### 岩土工程

- 某勘察场地膨胀土评价 ..... 李 强(21)
- 兖州地区膨胀土的特征—兼评《膨胀土地区建筑技术规范》 ..... 颜国兴(25)
- 浅谈首钢厂区地下管线的探测 ..... 闫向阳(27)

### 科技信息、档案管理

- 信息工程在企业经营中的作用 ..... 解海燕(28)
- 浅谈照片档案的管理工作 ..... 刘义忱(30)
- 首钢地质勘探公司地质档案管理简介 ..... 周玉春(34)

### 综合信息

“井下仪器自动脱离电缆接头装置”研制成功(24) 京城白金饰品悄然升温(35) 中国  
市场将出现十大竞争(36) 合成金刚石生产形势看好(36) 四大商品走俏市场(37) 企业  
法人年检办法出台(37) 美国珠宝首饰消费新趋势(38) 日本技术引进的几种形式(38)  
现代化企业制度的几个特点(39) 今年主要商品市场预测(39) 玛瑙宝石治病(40) 首饰  
讲究新奇丽(40) 我国铁矿自给率将下降(40)

### 知识讲座

- 专利的概念和基本常识 ..... 沈佩芝(41)

- 会议两则 ..... (45)

# 老公营铁矿地质特征

首钢地质勘探公司研究所 施性明

老公营铁矿位于华北陆台北缘燕辽褶皱带密怀地体(前人称隆起)西测,崎峰茶断裂带中的正常岩体中。铁矿呈 NW~SE 向的残面串珠状分布,属磁铁矿石型铁矿,规模不大,估算储量在 300~400 万吨,老公营铁矿正好位于琉璃庙~四道沟微地体与马圈子~安岭西沟~皮条沟四个微地体拼接缝合部位。四个微地体拼接以 NE 向崎峰茶深大断裂为界限,拼接运动学机制是由崎峰茶断裂以高角度( $70^{\circ}$ — $80^{\circ}$ )由 NW 向 SE 推伏,而崎峰茶断裂又是长时间持续活动由新老韧性,脆性断裂复合迭加改造的双重性特征标志。因此在地壳演化过程中,造就了京北地区具有独特的金矿成矿带,即扬树底下~得田沟~三道沟金矿成矿带。本文试图用地体和微地体观点阐述本区地质特征。

所谓地体的内涵应包括:①地体应是具有一定规模的地质体,地体与地体(含微地体)的接触界线通常以深大断裂为标志;②相邻两个地体具有不同的发展史。在地壳演化的某一特定时期,不同地体各具不同的演化特点;③地体内部的地质作用(沉积~火山作用,变质~变形作用,构造~岩浆作用,成矿作用等)可以存在差异,也可具有某些相似性;④相邻地体可具有相同时代的岩石建造,尽管他们遭受过变质变形,但从岩石组合而言,两个相邻地不应存在过渡类型的岩石。如果存在过渡类型的岩石或岩石组合,不宜作地体划分标志;⑤不同地体在地球物理、化学参数特征上应有所差异;⑥不同地体在同位素年代上应有所差别;⑦就广义而言,地体由古板块组成,通过运动学机制拼接而成;⑧不同地体具有相应的成矿专属性(如铁、金及非金属矿产)。

## 一、琉璃庙~四道沟微地体

这个微地体范围西到崎峰茶断裂(琉璃庙),东自青石岭断裂,南至北大沟长城系断裂,北至小黄塘断裂,地体呈东西宽 4km,由 NNE 窄长带状经由后安岭转为 NEE 方向呈线弧形展布,直至半城子断裂而中断,微地体呈弧形展布可能受云蒙山岩体侵入冲顶挤压而造成的,总面积  $100\text{km}^2$  左右,其特征标志:

1. 微地体边界都以断裂接触为标志,沿着断裂接触部位均有程度不等,类型各异的中基性、中酸性小岩株或岩脉充填,主要为辉绿岩、煌斑岩、正长斑岩岩等,这些岩体展布方向大体与断裂走向平行。

2. 组成微地体的岩石大多为构造岩,它们都遭受了强烈的变质变形作用的改造。呈现明显的构造平行化和矿物颗粒细粒化拉长定向排列,原变质岩已所剩无几,几乎全部转化为各种类型的糜棱岩,反映他们遭受韧性剪切的作用,按其变型强度可分为糜棱化变质岩,初糜棱岩、强糜棱岩和超糜棱岩四大类,所有这些岩石都是 NE 向线形密集排列,与韧性剪切方向完全一致。其中最具特征标志的是出现一套以兰闪石片岩和兰闪石霓辉磁铁矿石英岩为代表的超高压变质带的岩石组合,它往往处于变型最强烈的部位,代表着高压韧性剪切带的应力切揉部主要分布于四道沟~柏查子一带。由此向东西两侧,变型强度逐渐减弱,直至糜棱

岩化变质岩,因此反映在岩石组构特征上具有很多变形的典型组构,如鞘褶皱、拔丝构造、矿物双晶变曲错位,残斑(石榴石)旋转,膝折构造,核幔结构等。

3. 构造格架:以 NNE10°—NE30°—NEE80°线形、弧形构造线为主体,在后安岭开始转向 NEE80°展布,呈弧形钝角形转折,呈密集向斜倒转褶皱带(假单斜构造),岩层倾向 NW 转向 N,倾角大多在 70°—80°,属陡倾斜型推伏构造,实质上是由一个构造片小群体组成。其它 NW 向断裂和 EW 向断裂仅在局部出现,且晚于 NE 向断裂,对全区总体构造格架没有明显的影响。

4. 深成侵入杂岩:主要分布于四道沟村、四道梁、七道沟、后安岭一带,大多呈小岩株、岩脉产出。主要岩石类型有花岗闪长岩、二长花岗岩、细晶花岗岩等。这些岩石类型具有下列特征:①矿物组合除长石、石英外,含有较多(10%)的铁镁矿物,如辉石、角闪石、云母等。这些铁镁矿物的光学特征和化学成分与围岩具有很相似的特征。②与围岩接触关系有渐接触到侵入接触,有时存在一个宽度不等的交代过渡带。③岩体中普遍具片理性,并含有不同类型的变质岩残留体,残留体长轴排列方向基本与片麻理和区域构造线方向一致。④岩石组构除片麻理外,还有斑杂状构造,暗色矿物相对局部集中呈黑色团块状。各种交代结构发育,如交代反条纹、交代斑晶、反映边结构等。其中细晶花岗岩分布极为广泛,主要是呈岩脉,严格沿 NE 向展布,每隔 80—100 米左右出露,空间上呈等距离分布,十分有规律,而且大多分布在山脊处。颜色很浅,肉红色。在地貌上很有特征,都呈高位地形。它们遭受变形都已成云母片岩、二云母长英片岩。

除上述这些深成杂岩外,区段内大面积出露云蒙山花岗闪长岩。它侵入到长城系地层,时间上虽然晚于深成侵入杂岩,但是云蒙山岩体又遭受韧性剪切的作用使岩体产生片理化,片柱状矿物定向排列,长石、石英细粒化定向拉长。说明岩体形成后发生了韧性剪切作用的迭加,反映了二者在时空上的演化特点。

5. 变质变形作用:变质作用的发生和发展与韧性变形存在着明显的内在成因联系,但是由于韧性变形作用在梯度上存在不均衡性,因此,一些原变质岩类型还都不同程度被残留下来。根据这些被残留下来的原变质岩的成份和结构、构造特征以及岩石化学和地球化学标志,还可以恢复其原始原岩建造为中基性火山岩系和酸性深成侵入岩。根据石榴石—黑云母、兰闪石—斜长石、辉石—角闪石矿物共生对的计算,其形成温度条件为中高压型 400—520℃/0.5—1.3GPa,绿帘角闪岩相动力变质作用。

6. 地体形成时间:地体中的岩石均由遭受韧性变形的各种构造岩组成。它们由于受剪切压扭应力的作用,大多岩石都被改造成线形长轴透镜体,定向排列。并在应力场强烈部位,在碱性热液参与下,矿物组合发生了重新调整和重新组合,形成以兰闪石(黑硬绿混石)为代表的岩石组合。根据兰闪石矿物  $Ar^{39}-Ar^{40}$  快中子活化测定分析结果为  $124.1\text{ma} \pm 0.9$ ,推断琉璃庙—四道沟微地体形成于中生代。

7. 成矿作用:赋存于地体中的矿产以铁矿为主,主要为磁铁石英岩型铁矿床。以含兰闪石、霓辉石、石榴石等硅酸性矿物为特征,铁矿呈透镜状、串珠状拉长定向排列。主要有两个成矿带:即四道沟—狼虎哨成矿带;柏查子—黄泉峪成矿带。这些成矿带互相平行排列,NE 向延伸,均属小型矿床。

## 二、马圈子—安岭西沟—皮条沟微地体

微地体范围北起马圈子—小黄塘与盖层长城系断层接触,西至皮条沟盖层断层接触,南

至崎峰茶乡与盖层接触,东至崎峰茶一杨树底下 NE 向断裂,总面积 80km<sup>2</sup> 左右。与琉璃庙~四道沟微地体最大差别在于构造线为 NW 走向,而且变质上壳仍有一定层序,没有遭受韧性变形的改造,变质上壳岩仍保留原始特征,很少片理化和糜棱岩化。同时出现一些富铝粘土质变质的兰晶长英片麻岩、紫苏麻粒岩,并有大量太古代变质深成侵入杂岩(T. T. G)。老公营铁矿以及安岭西沟、三湾子铁矿实际上是呈孤岛状赋存于 T. T. G 之中和中生代正长岩体中。

### 1. 岩石组合特征

微地体的岩石组合为上壳岩、表壳岩和大量深成侵入杂岩(T. T. G)。

①变质上壳岩,按其岩石类型、矿物组合,结构特征可进一步划分出超镁铁质岩类、斜长角闪(辉石)岩类、片麻岩类、麻粒岩类和片岩类等。

超镁铁质岩呈薄层状、透镜状,常与斜长角闪岩、片麻岩相伴生,呈互层、间层或夹层出现,有时在深成侵入杂岩中呈残留体。代表岩为辉石岩和角闪石岩两大类。

斜长角闪(辉石)岩在本区段内分布很广泛,但规模一般不大。主要分布于西湾子、安岭西沟、马圈子、老公营、皮条沟等地,多呈似层状、透镜状,少数呈层状侵入体和脉状出现,通常与片麻岩、麻粒岩共生。是区段内主要铁矿直接围岩,尤其是榴辉斜长角闪岩对寻找铁矿具有标志层意义,按其矿物组合,常见有黑云斜长角闪岩、透辉斜长角闪岩、榴辉斜长角闪岩、磁铁斜长角闪岩、紫苏斜长角闪岩等。本类岩石根据野外地质产状、接触关系、岩石组合和变余组构等特征,可以进一步划分为四类不同成因类型的斜长角闪岩。

麻粒岩在地体西部是否存在,长期以来一直有争论,由于均未发现层位,所以一直把地体西部确定为角闪岩相变质。本次在崎峰茶断裂以西的安岭西沟、南湾子、西湾子都断断续续发现了麻粒岩出露,呈薄层状、透镜状、团块状产出,主要类型有二辉麻粒岩、角闪柘榴二辉麻粒岩,黑云二辉麻粒岩。

片麻岩类在区段内分布很广泛,是变质上壳岩主体岩石,按矿物组合可分斜长片麻岩、二长片麻岩、二辉斜长片麻岩三个序列。它们都呈层状、似层状产出,横向上岩层变化较大,有时逐渐变为斜长角闪岩,常与超镁铁质岩、斜长角闪岩、麻粒岩角闪岩呈互层状、间层状出现。常见岩石类型有黑云角闪斜长片麻岩、榴辉斜长片麻岩、柘榴黑云二长片麻岩、透辉二长片麻岩、紫苏斜长片麻岩、黑云柘榴紫苏斜长片麻岩等。

### ②变质表壳岩

变质表壳岩是指那些沉积成因的粘土质、粉砂质沉积碎屑岩经变质而成的变质岩,尽管由于地壳抬升、剥蚀风化的结果,已所剩无几,但是在本区段内局部地段还有断续出现,正是由于它的存在,对于研究区域地壳演化具有重大地质意义。此类岩石分布在朱营子、老公营等处呈残留薄层体或在正常岩体呈捕虏体。代表岩石类型有二云兰晶石长英片麻岩、柘榴二云片岩、黑硬绿泥石兰晶石石英片岩、黑云兰晶片麻岩等。岩石具有明显的片状、片麻状构造,其中兰晶石含量 5—8%,此类岩石还出现于崎峰茶断裂南端杨树底下金矿中的次生石英岩中(北京地矿学会命名),经断裂改造而形成各种片岩,并以大量兰晶石、黑硬绿泥石、透闪石出现为特征的变质矿物组合,说明崎峰茶断裂经历了早晚韧、脆断裂复合迭加的综合型特点。同时,由于这些富铝变质岩石的出现也说明了本区当初原始岩系具有火山—沉积旋迴建造的特点。

磁铁石英岩:此类岩石铁质主要来自海底火山喷发,但其形成机制更相似于沉积岩,并

常与富铝粘土质、粉砂质杂砂岩相伴生,是区域性火山喷发——沉积旋迴的特征标志,应放入表壳岩范畴为宜。

### ③变质深成侵入杂岩(T. T. G)

专指早前寒武纪那些侵入于上壳岩中又遭受变质变形作用的再改造,具有岩浆特征的片麻岩类岩石。这些 T. T. G 杂岩在地体中广泛出露、约占面积 60—70%,本区上壳岩(含铁矿)均被侵入杂岩包围,尤如大洋中几个残留孤岛,主要代表岩石有辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、云英闪长岩等,它们在时空演化上、变质变形上、特征组构上以及地质产状特征上都各具自身的特点,应与中生代侵入岩体加以区别。

## 2. 构造格架

马圈子~安岭西沟~皮条沟微地体由于没有遭受韧性剪切变形的作用,因此在构造格架上,其形态特征均与琉璃庙——四道沟微地体存在着明显的差异。但西测地体有大量中生代正长岩体的侵入,地层的完整性和连续性都受到较大破坏,构造形态上也不尽相同。以老公营~偏道子为界,可分为两个构造亚区,老公营以北,包括西湾子,安岭西沟、马圈子,区域构造线走向由 SN 转向 NW,总体向 NE 倾斜,局部也向 SW 倾,形成了全安岭~安岭西沟向斜,向斜两翼不对称。铁矿在向斜轴部有加厚现象。断裂有 NW、NE、EW 三组,规模不大, NW 向断裂为控矿构造。老公营以南,地层走向 NE 和近 SN,向西倾,明显与北段构造线不一致,呈单倾构造。断裂有 NW 和 NE 两组, NE 断裂基本上与崎峰茶断裂平行排列,可能为崎峰茶断裂两侧次一级的同生断裂,而明显切割 NW 向断裂。

## 3. 变质作用

区段内有别于琉璃庙—四道沟微地体的两个特征标志:①出现以紫苏辉石为代表的麻粒岩与其它变质岩的岩石组合;②出现以兰晶石黑硬绿泥石为代表的富铝粘土质变质岩。这两个标志说明本区段存在明显的火山~沉积建造特征。说明了本区段经历了较高的变质作用,而变形作用相对很弱,根据矿物共生对  $H_2$ —Di、Gc—Bi、Hb—Pl 计算,变质温压条件为 590—720℃/0.5—0.8GPa,相当角闪岩相~高角闪岩相变质作用。

## 4. 成矿作用特点

铁矿主要赋存在安岭西沟—马圈子和西湾子两个成矿带上,主要受 NW 向构造控制,由于受 T. T. G 杂岩和中生代正长岩体先后侵入,铁矿层大多不具固定层位,往往呈残留体和捕虏体赋存于 T. T. G 杂岩和中生代正常岩体中,铁矿直接围岩仍为角闪质岩石。

金矿:主要为破碎蚀变石英脉型金矿,它赋存在两个微地体拼接缝合部位,即崎峰茶断裂带上,呈 NE 向线形展布。其中以杨树底下一得田沟—三道沟韧性剪切金矿成矿带和西驼右—四合堂韧性剪切金矿成矿带为代表,中生代正长岩体侵入加速了金矿最后定位。也就是说本区金矿产出在太古代角闪质岩石中,明显受崎峰茶初、脆断裂的控制以及晚期老公营正长岩体热液的作用加速了金的活化和迁移富集,构成了“三位一体”的成矿模式。

# 北京密怀平地区地球化学数据图象

## 综合分析及图像模型的建立与金矿予测

首钢地质勘探公司生产技术科 王西华

### 一、区域地质与区域地球化学背景

本区位于华北地台北缘中段燕山台褶带。太古界是本区出露最老地层,主要分布在密云、怀柔一带,原岩建造以中基性火山—沉积岩为主,遭受多期变形,变质作用,其早期太古界密云群变质程度达到麻粒岩相,晚太古界四合堂群属角闪岩相。中上元古界分布广泛,约占北京山区面积的 1/3,厚约 6000 米。岩石主要为含燧石结核条带灰岩,另外有少量板岩,灰岩,含迭层石,微体及微古植物化石。古生界主要分布在北京西山,北山及京东地区。下古生界寒武系——奥陶系以海相碳酸盐沉积为主,产三叶虫化石。上古生界石炭——二迭系为海陆交互相——陆相含煤碎屑岩与红色碎屑沉积岩,下白垩时期发育中酸性火山熔岩——火山碎屑岩沉积岩。新生界主要分布于平原区各大水系与山麓地带。

北京密怀平地区的区域构造主要为密怀隆起区及关山——大华山复式拗褶带区。

本区断裂构造发育,有赤城——长哨营——古北口深断裂、怀柔——白马关深断裂等。有沙厂——墙子路大断裂,崎峰茶北东向大断裂,还有一般断裂如程各庄近南北向断裂,青石岭近南北向断裂等。

区内岩浆活动发育,以酸性、中酸性为主,时间上以燕山为主,亦有海西期——吕梁期。

燕山期分为两期:早期( $\delta_3^{+2}$ )年令在 1.95—1.4 亿年,岩浆活动规模小,岩性复杂,多中小型中酸性侵入杂岩与铜、钼金等金属矿化关系密切。晚期(1.4—1 亿年):岩浆活动规模大,多为岩基产出,岩性单一,矿化少见。如云蒙山花岗岩等。

区域地球化学特征:

(1)区域岩石中浓集的元素有:Ag、As、Bi、Cr 等四种元素,区域岩石中贫化的元素为 Cu、Mn、Ni、Zn 等,但不排除这四种元素在一定的层位或有利的条件下依然有浓集的可能。

(2)金元素主要浓集于中上元古界以及太古界地层中,对于变质岩讲:阳坡地组金分布较均匀、西湾子组金分布不均匀、有局部富集的可能、平谷地区长城系石英砂岩中含金量明显增高,在区域找矿上应予以重视。

(3)元素组合特征:

第一元素组合,Au、As、Bi、Pb、Ag 等元素,代表了区内与 Au 矿化及 Ag、Pb 多金属矿化有关的元素聚集特点,水系沉积物内 As、Bi 为主要伴生元素、是找金的重要指示元素,金矿床与含 Ag 多金属矿床在元素聚集上有互相伴生之特点。

区域金矿化特征:北京地区金矿化较发育,矿(化)点共有 67 个(多数在东部地区)其中现已达到小型矿床的有四处,怀柔县杨树底下金矿,得田沟金矿,北干沟金矿及平谷县万庄金矿。从金矿成因类型来看,以含金石英脉型为主要类型,典型矿点有密云西驼古、北干沟、

平谷关上、杨家洼等。含金石英脉主要赋存在太古代片麻岩或片麻岩与长城系石英砂岩的不整合面两侧,多数赋存在石英砂岩一侧。另外有含金蚀变破碎带型,此类型多与含金石英脉型同一矿区过渡出现。得田沟金矿属于此类型。

岩浆热液型金矿,在本区不多见,杨树底下金矿属于此类型。

## 二、地球化学勘查数据图象综合分析

分析所用全部数据均为栅格形式,本次研究收集的数据有:地球化学数据,线性体密度数据。线性体交汇点密度数据和航磁数据,但以地球化学数据为主。

所用地球化数据包括 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mo、Mn、As 等 9 个元素的分析数据,比例尺为 1:5 万,网格大小为 150m×150m。图像大小为 281×373,每一元素生成一幅图象,元素测量值线性拉伸成 0—255。

应用反差增强、比值增强,彩色合成,密度分割,色波分析、卷积滤波和主成份分析方法对各元素图象进行处理,增强和提取与金矿有关的特征信息。

由于研究区内金矿成矿条件不尽相同,其元素分布特征或图象特征也各不相同,因此,选用不同的增强方法,对全区进行图象处理,使结果图象既兼顾全区各部分的情况,又增强有意义的矿化信息,直接或间接地指示矿化地段。在此基础上,结合其它地质构造,航磁和线性体等资料作目视综合,便于建立概念找矿模型,进而圈定找矿靶区。

### 1. 反差增强:

利用反差增强,可以扩大相邻亮度值之间的差别,便于人眼分辨出更多的亮度级。图 VI-1 是金元素的标准差反差调整图象。

### 2. 比值分析:

在遥感图象处理中,常用比值法消除地形影响,突出地物之间的波谱差异。对于地球化学元素数据,利用元素比值可消除分析误差,增强异常的识别能力,指示地球化学元素的共生组合关系。可用前缘元素,找矿元素或尾晕元素的比值判断矿化埋深和规模。图 VI-2 为京北地区的 Au/Ag 比值图象,由于 Ag 在该区一般为中,远程指示元素,而 Au 为成矿元素,因此,较大的 Au/Ag 比值地段可能预示了矿化剥蚀程度较浅,有较大的找矿潜力。而 Bi 一般为中尾部指示元素,较大的 Bi/Au 比值可能表示矿化已有一定程度的剥蚀。

### 3. 假彩色合成

利用假彩色合成技术将三种参量(元素)的图象分别赋以红、绿、蓝三原色合成彩色图象,以提高观察的视觉效果,更合理地对比探数据做出解释。

密怀平化学元素 Au、Pb、Ag 的彩色合成图,其中,Au、Pb、Ag 分别被赋以红、绿、蓝色。密怀平化学元素 Au、Pb、Bi 的彩色合成图,次序为红、绿、蓝。它们反映了不同元素的分布与组合特征。

4. 彩色密度分割将灰度的动态范围量化成一系列灰度区间。不同区间赋以不同的颜色显示。它类似于等值线绘图,对数据产生平滑作用,压制了场的细节和空间结构信息的表达。但由于增加了颜色信息,使场的变化更加清晰。图 VI-7 示出了金元素的彩色密度分割图。其中红色表示 200—255 之间的值。

### 5. 图象色度空间分析:

颜色的特征可以用不同的色度坐标来标定与描述。在数字图象处理中常用的有 RGB 系统和 1HS 系统。前者合成三参量图象比较简单有效,在遥感和物化探处理中已得到普遍应

用。但 RGB 系统也存在一些不足,主要表现在:

(1)RGB 系统用红、绿、蓝三原色的混合比例定义不同的色彩,不易准确地用数值加以描述。

(2)当用于合成的三波段图象或参数图象具有较强的相关性时,彩色合成使红、绿、蓝三通道的相关性很高,合成图象饱和度偏低,色调变化不大,影响图象的视觉效果及其分析应用。

此外,人眼感知的亮度,色调加饱和度与红、绿、蓝三原色的关系是线性或非线性组合,在 RGB 空间对图象做各种增强处理,有时效果并不理想。

亮度、色调、饱和度作为三个独立的物理量可以准确地定量描述颜色的视觉物理特性,对于增强图象中的异常信息具有良好的效果。

由于一般的图象处理系统和显示设备均为 RGB 系统,因此在图象的色度分析中,需要预先建立 RGB 和 IHS 色度空间的转换关系。

对于化探图象来说,亮度表示合成图像三个通道场的总的强度,色调反映了三个通道场的空间叠合关系,而饱和度则代表了三通道场叠合的比例。图 7、图 8 分别这图 4、图 5 的 IHS 变换图像,变换图像后的亮度、色调和饱和度分别赋以红、绿、兰三色合成,合成图像色彩丰富、鲜明更好地展示了矿化元素的分布特征和元素丰度的差异。

#### 6. 主成份分析

主成份分析用于在尽量保留原有效信息的情况下,去除各分量之间的相关性,使某一因子的特征信息相对集中在一个主分量中,使有关反映地质特征的信息相对突出,便于建立解释标志,向未知区推广。

本项研究对 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mo、Bi、As、Mn 等 9 个特征元素分量进行了主成份变换,收到了一些别具特色的图象,这里选择了以下变换图象。

第 1、2、3 分量彩色合成图象

第 2、3、4 分量彩色合成图象

第 1、5、3 分量彩色合成图象

第 2、4、5 分量彩色合成图象

#### 7. 卷积滤波:

卷积滤波是计算象元值的梯度或差量,提取图象的边缘和线条信息。正梯度表现为亮色调,负梯度表现为暗色调。图 13、14、15 分别为 Au 元素的 Laplace 算子滤波、sobel 算子滤波和 Prewitt 滤波图象。这些算子增强了图象的边缘组分,同时压制了不同地物的亮度差别。在这些图象中,金元素异常区呈现黑色调,其周围为高亮度的封闭线。通过图象阴影的变化判断起伏的高度或深度,将场的强度信息转换为视觉上的高低起伏效果。

### 三、化探元素图像地质分析

本区金矿地质研究程度不高,到目前为止,只发现了若干金矿点,它们的成矿地质条件与成因类型并不相同,我们仅讨论区域成矿作用中的元素组合特征以及元素图象与已知地质情况的空间关系。

根据对密云有关地区的元素 R 聚类分析,在相关水平为零时,元素可明显分为 2 个组合群体,群体 1 由 Pb、Zn、As、Ag、Au 组成,群体 2 由 Cu、Ni、Co 组成。群体 1 元素结构表明,Ag 富集与 Pb 呈正相关,主要形成于方铅矿富集阶段,方铅矿、闪锌矿等硫化物形成成温度

偏低,与 As 呈正相关,Au 富集与 Pb、Zn 等硫化物相关程度较低,Cu 的富集受围岩成份影响显著,其来源与 Pb、Zn 明显不同。

对上述元素样品的作 R 型因子分析的结果表明,主因子  $F_1$  上,Pb、Ag、Zn 得分最高,表明区域上有过中温硫化物为主的矿化阶段,在该阶段有 Ag 富集。

$F_2$  因子主要有 Co、Cu、Ni 三个元素,代表基性围岩组合,Cu 的富集主要与变质热液活动有关,与 Pb、Zn 不是同源产物。

$F_3$  因子以 Au 得分最高,说明 Au 与 Pb、ZnCu 关系不密切,有一定的独立性。

$F_4$  因子以 As 得分最高,是典型的低温指示元素。

根据区内金矿点的分布和元素图象的特征,主要有 6 个异常区,它们是西驼古—古北口异常区,汤河口—琉璃庙异常区,喇叭沟门异常区,杨树底下异常区,镇罗营——将军关异常区和万庄异常区。其中前四个位于研究区的密北及怀北地区,而后两个位于密南—平谷地区,下面我们以西驼古—古北口异常区和镇罗营异常区为典型分别描述其元素分布特征。

西驼古—古北口异常区,根据金矿点分布和元素分布范围,其中程指示元素为 Au、Ag、As,近程指示元素为 Bi、Pb。As 与 Au 关系不密切。Au 元素异常与东西向构造和北东向构造密切,一般在其交汇处显示高异常。反映东西向和北东向构造之造成金富集的重要因素。矿化点与 Au、Ag 等元素异常与侵入岩体关系不明显,虽然其附近一般也有岩体出露,此外,这些矿点与异常分布与中上元古界和太古界的不整合接触面密切相关,一般在中、上元古界地层一侧。

镇罗营——将军关异常区:Au 元素异常及金矿点分布比较集中,强度与范围较大,仅次于西驼古—古北口异常,按元素分布范围,这种指示元素为 As、Ag、Mo,其中 As、Ag 相关较密切,中程指示元素为 Au,近程指示元素为 Pb、Bi。较佳的元素组合为 Pb、Au、Bi,按异常范围大小排列分别为 Au、Pb、Bi。该异常区在构造上主要受 NNE 向和 NW 向构造控制,局部与新华夏系小背向斜,断层关系密切,与岩浆岩作用不甚明确。异常附近有太古界与元古界的不整合接触面。

上述两个典型区中,以 Pb、Au、Bi 为最佳元素组合,Pb 与 Bi 的分布一般小于 Au 的分布范围,作为指示元素,其效果可能更具直接。

#### 四、成矿作用与找矿标志

本区的地层分布与岩浆活动均受到断裂构造或褶皱构造的控制。区域上的控矿构造主要为 EW 向和 NE 向(或 NNE 向)构造。这一点从金矿点的分布上可以明显看出。在局部上金矿化受中上元古界和太古界接触面(如西驼古—古北口)不整合面及岩浆活动(虽然不明显)、韧性变形作用的控制,矿化点的分布由于受 NE 向断裂的次级构造所制约,一般呈 NW 向分布。

线性体密度和其交汇点密度与金矿化之间有着密切的空间相关性,金矿点分布的密集区一般也是线性体的高密度区和线性体交汇点的高密度区。本区中重要线性体的高密度区和交汇点高密度区均在空间上对应着化探金元素的高值区。那些目前没有明显化探异常对应用线性体高密度区和交点高密度区应是工作的重点。

断裂破碎、侵入岩体,褶皱带,各类岩脉和围岩蚀变的存在能改变磁场的空间分布特征,通过分析研究磁场的分布,可以帮助确定金矿的成矿环境。

根据 1:5 万航磁等值线图,可以看到西驼古—古北口金矿点分布密集区(化探金元素

异常区)、汤河口异常区及杨树底下金矿点分布密集区均位于负磁场区,一般在口 0—400r 之间,可能反映了构造破碎和蚀变作用。而镇罗营一带的金异常区位于正磁场区 200—700r 之间,反映了成矿环境的差异。前者处在一个 NE 向构造带上或附近,并均受到 EW 向构造的影响,后者可能与基性,超基性火山角砾岩及深部磁性片麻岩有关,它们的成矿作用可能有一定的差异。

区内已知矿点均有化探异常分布,尤其在矿点分布密集区,都表现为多元素化探异常的叠加;如西驼口—古北口,镇罗营,杨树底下等。根据对化探元素所做的统计分析,并考虑到各元素与已知金矿点的空间对应关系,这里选用了 Au、Pb、Ag、Bi、As 5 个元素作为主要指示元素,其中 Au 元素分布范围较大,Pb、Bi 分布较为集中,似乎能更准确地指示金矿化的空间位置。

根据上述分析认为,本区的主要找矿标志有:1. 研究区西、北部,古老地层的不整合接触面;EW、NE(NNE)及 NW 向断裂交汇处;航磁负异常区,线性构造发育地段;Au、Pb、Bi、Ag、As 多元素组合异常,尤以 Au、Pb、Bi 为主。

2. 研究区东、南部,古老地层的不整合面,NE(NNE)及 NW 向断裂交汇处;航磁中等正异常(200—700r)区,线性构造发育地段;Au、Pb、Bi、Ag、As 多元素组合异常,主要为 Au、Pb、Bi 组合异常。

### 五、图象模型分析

图象综合分析是在各专业数据图象增强和图像分析的基础上,应用图象处理和数学分析方法对各种资料综合对比分析,评价各特征参量的识别能力,找出对地质研究和找矿预测最有意义的特征组合,建立综合数据的找矿模型,预测找矿勘探靶区。

本研究由于受资料的限制,所用的图像数据主要是地球化学元素分析数据,其中有 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi、Mn、As、Mo 共九个元素。

一个矿床的形成过程是极其复杂的,它的影响因素是众多的,在这些因素中,既有可以量化的因素(如磁性,化探元素值等),又有难以量化的因素(如岩石性质,构造特征等)。

因此定量模型并不总是容易建立的。本研究中提出使用的三种模型分析方法属于概念模型的范畴,具有实用、简捷的特点,适合于作为矿产勘查图像的综合分析模型。

#### 1. 比值模型

该模型根据不同参量或通道之间物理或化学特征的不同,用参量之间的算术运算比值来显示感兴趣的差异和信息,其基本表达式如下:

$$f_1 = a \frac{b_1 g_1 + b_2 g_2 + \dots + b_n g_n}{c_1 g_1 + c_2 g_2 + \dots + c_n g_n} + d$$

本研究中,根据元素图象分布特征的不同和其对金矿的揭示作用,我们提出了三个模型:

$$f_1 = \frac{Au - Pb}{Au + Pb} \quad f_2 = \frac{Ag - Au}{Ag + Au} \quad f_3 = \frac{Bi - Au}{Bi + Au}$$

将其按红、绿、蓝三色进行合成,得到图 VI-8 所示的图像,它突出反映了金的分布区以及 Ag、Bi、与 Au 的关系。

#### 2. 逻辑分析模型

根据逻辑原理和数理逻辑,利用已有的专业图像数据,按照研究区的成矿作用特征,可以构造具有矿产勘查意义的逻辑模型,这样的逻辑是由若干个地质要素和逻辑运算组成的(与、或、外运算等)。其基本表示形式如下:

$$Z=X \cdot \text{AND} \cdot Y \cdot \text{OR} \cdot \dots \text{NOT} Q$$

本次研究对北京地区的化探元素建立了下面四个逻辑分析模型。

成矿有利区  $A=(\text{Au}>100)\text{AND}(\text{Pb}>100)\text{AND}(\text{Ag}>100)$

成矿有利区  $B=(\text{Au}>150)\text{AND}(\text{Pb}>150)\text{OR}(\text{Bi}>100)$

成矿有利区  $C=(\text{Au}>150)\text{AND}(\text{Pb}>150)\text{OR}(\text{Ag}>100)$

成矿有利区  $D=(\text{Au}>150)\text{AND}(\text{AS}>150)\text{OR}(\text{Ag}>100)$

### 3. 权值累加模型

该模型根据不同地质因素对矿化的影响程度不同,对其赋予不同的权值,权值也是各参界数据集的成矿有利性得分。一般可以由专家评估获取,也可用统计方法给出。将这些空间位置配准的不同数据层按点相加,就得到一个数字点阵图象,其值等于各输入权值的和,按得分进行分组,可以划分出矿化有利性不同的级别,得分高的区域含矿的可能性大,得分低的区域矿化可能性小。其模型方程为:

$$C=a_1g_1+a_2g_2+\dots+a_n g_n$$

其中  $C$  表示矿化有利性得分:

$a_i$  为各个参量的权系数; $g_i$  为参加评估的各参量。该模型尤其适合于不多量化的参量加入计算(如地层构造等)。

本文主要利用化探元素  $\text{Au}$ 、 $\text{Pb}$ 、 $\text{Bi}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{As}$  5 个元素图象,根据它们对金成矿的指示作用的大小,分别赋以权值 5、4、3、2、1。建立的四个模型表示如下:

$$\text{Model 1 } C=5\text{Au}+4\text{Ag}+3\text{Pb}+2\text{Bi}+\text{AS}$$

$$\text{Model 2 } C=5\text{Au}+4\text{Pb}+3\text{Bi}+2\text{Ag}+\text{AS}$$

$$\text{Model 3 } C=5\text{Au}+4\text{Ag}+3\text{Bi}+2\text{Pb}+\text{AS}$$

$$\text{Model 4 } C=5\text{Au}+4\text{As}+3\text{Ag}+2\text{Bi}+\text{Pb}$$

所得的分析结果图象范围  $\text{VI}-3$   $\text{VI}-4$   $\text{VI}-5$   $\text{VI}-6$ 。其中蓝色表示得分在 1—5 分,绿色表示得分在 6—9 分,黄色表示得分在 10—12 分,红色表示得分在 13—15 分。不同的色调显示了研究区内金矿空间产生的部位和有利性。

### 六、成矿预测分析

根据前面化探元素图像的处理分析和模型分析,并结合线性体数据、航磁数据及有关地质成矿要素综合分析,预测本区金矿化较强地段主要分布在西部、北部及东南部地区。

其中包括:西驼石—古北口预测区;杨树底下预测区;汤河口预测区;七道河预测区;镇罗营预测区及银冶岭预测区,这些预测区除有利的成矿地质条件外,还是化探异常密集区,这在图象分析结果上可明显看出。此外,这些地区都有较高的线性体密度和交汇点密度。模型分析表明,上述地区均有较强的元素组合显示,加权模型值一般不低于 10 或在 10 以上。它们应是开展下一步勘查工作的重点地段。

### 七、结语

空间数据的量化及处理技术为大量矿产勘查数据的处理提供了更加有效和直接的方法。

对各种矿产勘查数据的图像处理可以更加直观地显示矿化揭示参量的空间分布。并使有关信念得到增强,提高解译的准确性。统计分析方法可以分析元素的共生组合关系及其地质联系。模型分析受到一般原理和地质关系的指导,虽然模型的结果受到可用数据的数量及

其意义的限制,但仍能为更详细的勘查工作提供有用的信息。

对北京密怀平地区,化探图像的处理和综合分析表明:上述研究区主要有6个有利的成矿远景区,其主要特点是综合异常显示明显,有较好的矿化地质环境。由于数据方面的原因,图像处理结果对比分析不足,模型分析中信息的综合性不够,这可能会影响预测的结果。

## 山东省泗水县的石灰石矿产—张夏组灰岩

首钢地质勘探公司研究所 侯宝森

### 一、概述

泗水县位于山东省中南部,东临平邑,西连曲阜,南接新泰,北毗邹县,系济宁市的市辖县,境内公路、铁路相通,交通方便。石灰石矿产分布于该县南部,可分三个矿带。

东矿带:西起长山,经东、西鲸山到龟山,全长12公里。

中矿带:西起峡山,经踞龙山、东、西老寨到马山,全长11公里。

西矿带:西起戈山、经夹谷山、马头山、立山、穿过二旗山到长峰岭,全长19公里。

矿带的展布受区域构造的控制。在大地构造单元中位于中朝地台(I级构造单元)上鲁西隆起(I)南段的泰沂隆起(II)中泗水—临沂凹陷(IV)的西端。北与凤仙山凸起相临,南与尼山凸起相依。受NWW向构造控制,地层沿此方向呈带状延伸。

区内出露的地层由老到新依次为太古界泰山群(Ars),古生界寒武系(t)、奥陶系中下部(O),新生界第四系(Q)。

#### 1. 太古界泰山群(Ars):

由一套古老结晶变质岩系组成,主要岩性为黑云变粒岩、黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩等,变质程度达角闪岩相,前人测得同位素年龄约23.42亿年。

#### 2. 寒武系(Є)地层:

寒武系分三个统:下统(Є<sub>1</sub>),中统(Є<sub>2</sub>),上统(Є<sub>3</sub>)。

下统以紫红色页岩、粉砂岩、灰紫色含云母页岩为主,夹薄层灰岩。

中统的下部为灰紫色纸状页岩夹薄层泥灰岩,上部为厚层灰岩。

上统由薄层灰岩、竹叶状灰岩和黄绿色页岩组成。

丰富的石灰石资源蕴藏于中统张夏组灰岩中。

#### 3. 奥陶系(O)地层:

本区见中下部的白云质灰岩。

#### 4. 第四系(Q)

分布于矿区低地、沟谷及水系两岸,系坡积、冲积、洪积的产物。

### 二、张夏组灰岩

张夏组灰岩以其层厚、质优、储量大等优势而备受青睐,现在是世人瞩目的探采对象。

该层灰岩总体走向  $270^{\circ}-300^{\circ}$ ,倾向 NE,倾角  $15^{\circ}-30^{\circ}$ 。形成南高北低的半面山型地貌。从宏观上该组地层可分八个岩性段,各段特征如下:

一段:兰灰色厚层鲕状灰岩。

该段岩层位于张夏组底部,以鲕状颜色深含量多、顺层排布且变化较大为特征。岩石风化面显示黄灰色。新鲜面兰灰色,结构致密,贝壳状断口。鲕粒在风化面上显示灰色,新鲜面显兰黑色,粒径  $0.5-2\text{mm}$ ,含量  $40-60\%$ ,鲕粒与周围岩石界线清晰,垂直层面方向变化较大,有单层密集排布的特点。

二段:兰灰色薄层灰岩:

该段岩石以层薄而区别于其它段。出露于矿床南侧第一个陡崖之上地势较平缓的部位。该段岩石层理清楚,岩性较为均匀,呈兰灰色,单层厚  $2-5\text{cm}$ ,性脆而易碎。

三段:暗灰色中厚层豹皮灰岩:

该段岩石以豹皮花斑粗大且普通存在为特点。岩层风化面显示灰黄色,新鲜面为暗灰色,豹皮花斑在风化面上呈蠕虫状凹坑,新鲜面显褐黄色,花斑之长轴与层面方向一致,与周围岩性界线清楚,在垂直层面方向上豹皮花斑的含量与大小变化较大。可见豹皮花斑呈蠕虫状首尾衔接曲曲弯弯呈似条带状,花斑含量可达  $50\%$ ,这种岩石松散破碎,参差状断口。可见花斑呈编园状、斑点状零散分布,这种岩石结构致密,贝壳状断口。豹皮花斑含量多寡的岩层相间排布显示了三段地层地特有外貌。

四段:黄灰色中厚层结晶灰岩。

该段岩层以夹有结晶灰岩为特点,以风化面显示灰白色而区别于其他岩性段。

结晶灰岩风化面显浅灰白色,新鲜面显灰白—黄白色,结晶结构,块状构造,单层厚  $2-4\text{m}$ ,走向上厚度不稳定,可以过渡到鲕状灰岩。该段中的鲕状灰岩结构致密,鲕粒显灰黑色,与周围岩性界线不清,鲕粒从核部到外壳颜色逐渐变浅,含量  $30-40\%$ 。尚可见豹皮花斑、形小量少。

五段:灰黄色中层豹皮灰岩

该段岩层以豹皮花斑密集且均匀的分布为特点。

该段岩层中的豹皮花斑边部颜色深为棕黄色,向中间逐渐变浅呈土黄色,豹皮花斑不如三段粗大,(大小在  $2\text{cm}$  左右),密度确高,含量可达  $60\%$  以上,由于花斑的大量存在,使该段岩不易碎,断口呈参差状。

该段地层中间夹  $2-3\text{m}$  厚含燧石条带灰岩,岩石致密坚硬,燧石条带呈不规则状,时断时续顺层分布。

六段:灰色中厚层鲕状灰岩(类豹皮灰岩)

该段岩层以鲕粒的普遍存在且均匀分布为特点。鲕粒显示灰黑色,含量  $40-50\%$ 。在风化面上,鲕粒不似一段鲕粒突出于岩石表面,而是与围岩一样平滑。该层鲕粒灰岩中见豹皮花斑。含量少形体小。夹于中厚层鲕状灰岩的豹皮灰岩厚度一般  $2-3\text{m}$ ,岩性与五段豹皮灰岩相似,有利于五段岩石的是其含少量鲕粒。

七段:黄灰色中厚层豹皮灰岩夹鲕状灰岩。

该段岩层以豹皮灰岩和鲕状灰岩相间排布为特点。该段岩石中,豹皮灰岩中有鲕粒分布,鲕状灰岩中也有豹皮存在,只是含量多寡而已。

该段下部,见一层豹皮花斑呈浅紫色者,而且边部颜色较深,这种岩石疏松且性脆。

#### 八段:深灰色厚层鲕状灰岩

该段岩层以含黄灰色条带为特点。条带宽 3—5cm,新鲜面上,条带的颜色变暗。鲕粒在该层显黑兰色,分布均匀,含量 40%。该段岩层,岩石结构致密,贝壳状断口。

张夏组灰岩其底板为徐庄组页岩,顶板为崮山组页岩,巨厚的张夏组灰岩层支撑着山梁的骨架,泗水县南部大小不同的山包即是张夏组灰岩。

### 三、几种主要石灰岩的特征

#### (一)岩性特征及成因。

##### 1. 鲕状灰岩

灰—深灰—紫灰色,鲕粒结构,块状构造,鲕粒含量 30—60%,胶结物为亮晶方解石,同时含少量微小的白云石、铁质氧化物及海绿石。

鲕粒直径一般 1—2mm,直径大于 3mm 者为豆状灰岩,鲕粒又有真鲕和假鲕之分。真鲕粒以粉状石英、长石和细生物碎屑为核心,由微晶方解石组成同心园状、放射状球体,层次清楚,大小均匀。假鲕粒由细小颗粒聚集成球体或凝块,甚至在球粒内形成多个小斑点,大小不均,形态不一。

豆状灰岩具同心园构造,一般核心为细晶方解石,皮壳为微晶方解石,其中含有微量的玉髓状石英及白云石小颗粒,个别豆粒中包有微晶方解石组成的鲕粒。

鲕状灰岩一般形成于水下浅滩环境。

##### 2. 豹皮灰岩

灰黄—深灰色,豹皮花斑呈黄灰、棕黄、土黄、灰紫等杂色,花斑状结构,块状构造,豹皮花斑蠕虫状,斑点状,为自形粒状结构,其组成矿物方解石常具白云石自形晶假象并含泥质物。基质为微晶方解石,局部晶体粗大。

不同颜色的豹皮花斑物质组份不同,青灰色豹皮花斑主要是方解石,含量 80%以上;灰黄色豹皮花斑除方解石外尚有一定数量的泥质;灰紫色豹皮花斑主要成分是白云石和少量铁质。

豹皮灰岩的形成与藻类生命活动有关,一般形成于能量较低但具间歇动荡的礁后泻湖环境。其形成条件是:①有屏壁岛,②礁后泻湖,③低能,④间歇动荡。

##### 3. 结晶灰岩

一般夹于厚层鲕状灰岩中,呈似层状,透镜状产出,与鲕状灰岩呈过渡关系,厚度呈互补关系。风化面显浅灰白色,新鲜面黄白—灰白色,由细晶方解石组成,晶粒洁净,是灰岩重结晶的产物。

##### 4. 薄层灰岩

灰—兰灰色,隐晶—微晶粒状结构,层状构造,由微晶方解石(局部重结晶)和部分泥质组成,方解石呈白云石自形晶假象且常有白云石残留体,粒度均匀(0.01—0.03mm)。

这种岩石具明显的水平层理,形成于低能,但水体循环条件尚好的浅海陆棚相带。

(二)主要组份含量及比重(表 1)

| 岩 性  | 主 要 组 成 % |                  |      | 比 重    |
|------|-----------|------------------|------|--------|
|      | CaO       | SiO <sub>2</sub> | Mg   |        |
| 鲕状灰岩 | 52.91     | 1.70             | 0.95 | 2.7145 |
| 豹皮灰岩 | 50.48     | 4.74             | 1.06 | 2.7100 |
| 结晶灰岩 | 54.70     | 1.01             | 0.43 | 2.7200 |
| 薄层灰岩 | 41.73     | 11.05            | 1.16 | 2.7233 |

(以上表格系 940 件化学分析样品及 74 块小体重的平均值)。

#### 四、张夏组灰岩的主要组份

灰石是一种多用途的矿产,衡量其质量优劣的标准不尽相同,然而主要指标 CaO、MgO 和 SiO<sub>2</sub> 是不容忽视的。

综上所述,可知张夏组八个岩性段的岩石组合不同,那么它们的物质组份也将有差异,这种组份的差异即是派以不同用场的依据。

目前,泗水县境内的三个矿带尚未全部投入地质工作,这里借助于我首钢地质勘探公司已投入探矿工程的金庄矿区的资料对石灰石矿产的质量作引证性说明,以达一斑见约的效果。

金庄矿区在西矿带中西段,全长 11 公里,包括六个石灰石矿床,这里的资料很具代表性。(表 2)

从表 2 可见,金庄矿区的张夏组灰岩,一、四、六、八段 CaO 含量高 SiO<sub>2</sub> 含量低,而二、三、五、七段 CaO 相对低可 SiO<sub>2</sub> 相对高,特别是二段,是八个岩性段中含 CaO 含量最低而 SiO<sub>2</sub> 含量最高的岩性段。针对张夏组灰岩这种特征,选用一、四、六、八岩性段作熔剂灰岩,二、三、五、七段作水泥灰岩用。这样一矿两用,分层开采,即达到了物尽其用的效果,又减少了剥离量。

#### 五、储量估算

估算泗水县境内灰岩储量,仍要以金庄矿区的储量估算为基础。

各级储量与各勘探阶段对矿体的研究程度相对应,在未正式提交储量以前,仅用地质方法估算金庄矿区各矿床的储量,其公式如下:

储量=矿体宽度×倾向延伸长度×地层厚度/2(取 1/2 的意思是扣除地形切割的损失量和矿体中夹石部分)。

由于可作熔剂灰岩和水泥灰岩的地层厚度大体相等,故每个矿床储量中要各占一半。(表 3)