

## 金厂峪金矿矿床成矿模式及深部找矿方向预测

熊靛辉<sup>1</sup>, 毛先成<sup>1</sup>, 孔德秀<sup>1</sup>, 郭 雷<sup>2</sup>

(1. 中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083;

2. 中南大学 资源与安全工程学院, 湖南 长沙 410083)

**摘 要:**金厂峪金矿近年来资源濒临枯竭,急需寻找新的储量。从矿区构造与成矿关系入手,综合分析矿区大量勘探线剖面图、中段地质图等地质及工程资料,在此基础上利用Vulcan系统对矿体进行三维模拟,得到了矿体的三维模型;综合分析了矿床的成矿模式,从而推断出矿区深边部的局部矿化富集规律,并圈出4个成矿预测区。

**关键词:**金厂峪金矿;三维模型;成矿模式;深部找矿

**中图分类号:**TD166 **文献标识码:**A

**文章编号:**1005-2763(2006)02-0011-03

# The Mineralization Model and Prediction of Deep-deposit Prospecting of Jinchangyu Gold Deposit

Xiong Lianghui<sup>1</sup>, Mao Xiancheng<sup>1</sup>, Kong Dexiu<sup>1</sup>, Guo Lei<sup>2</sup>

(1. College of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China;

2. School of Resources and Safety Engineering, Center South University, Changsha, Hunan 410083, China)

**Abstract:** Now it is the priority to search new reserves in Jinchangyu gold mine for the resource of deposit is close to be exhausted. This paper begin with analysis of the relationship between the mine area structure and mineralization, then a 3D model of ore-bodies is established by Vulcan system based on the synthetical analysis of a mass of geological maps and drilling data; the mineralization model was analyzed, accordingly the local mineralization rule of deep-deposit is deduced. At last several mineralization perspective areas is predicted for deep-deposit prospecting.

**Key Words:** Jinchangyu gold mine, 3D model, Mineralization model, Deep-deposit prospecting

金厂峪金矿为我国著名的大型金矿之一,位于华北地台燕山台褶皱带马兰峪复背斜轴部中段。区内出露地层为太古宙八道河群王厂组。主要区域变质岩为斜长角闪岩、斜长角闪片麻岩和变粒岩。

矿区西侧有燕山期青山口花岗岩,矿区铁矿化、钠长石化和碳酸盐化发育。矿区及其外围有同源脉

岩出露,从基性到酸性均有<sup>[1]</sup>。

矿区构造非常复杂,与金矿的成矿作用关系密切。主要控矿构造为NNE向韧性剪切带。含金石英脉有石英单脉和复钠长石英复脉两种,矿体分布受矿带控制。

围岩蚀变作用强烈,主要是动力变质作用形成的,以断层线为对称的带状蚀变<sup>[2]</sup>,蚀变主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、硅化、黄铁矿化、钠长石化和碳酸盐化。

## 1 构造与成矿关系

金厂峪金矿构造非常复杂,与成矿关系非常密切。矿区构造大致为3组,即东西向构造;南北向构造和北北东向构造。其中以东西组构造发育最早,南北向构造次之,而北北东向构造最晚<sup>[4]</sup>。因此只有北北东向构造表现最为清楚和完整,而南北向构造保存较差,至于东西向构造只能在局部地段找到它的残留痕迹(见图1)。

### 1.1 东西向构造

东西向褶皱:迁西群上亚群王厂组在形成后,经阜平运动(2800 Ma)而成为东西向的复式褶皱带。

东西向韧性剪切带:主要发育在近东西向褶皱的轴部和翼部。这些早期韧性剪切带,上面发育有密集的劈理,而且见有糜棱岩化及由它所形成的石英、钠长石、绢云母片糜岩。它们还常被南北向、水平方向及NNE向的剪切带迭加和改造,从而形成容矿空间。

### 1.2 南北向构造

南北向褶皱在矿区起框架作用,较大的褶皱有:西南侧自0线至31线间的背斜;东北侧自0线至32线间的向斜;以及东南侧0线至23线间,南北向背

斜与早期近东西向背斜复合所形成的穹隆状复合背斜。在褶皱层间滑脱面与轴部及两翼剪切带的交汇部位,形成了金矿最好的容矿空间。

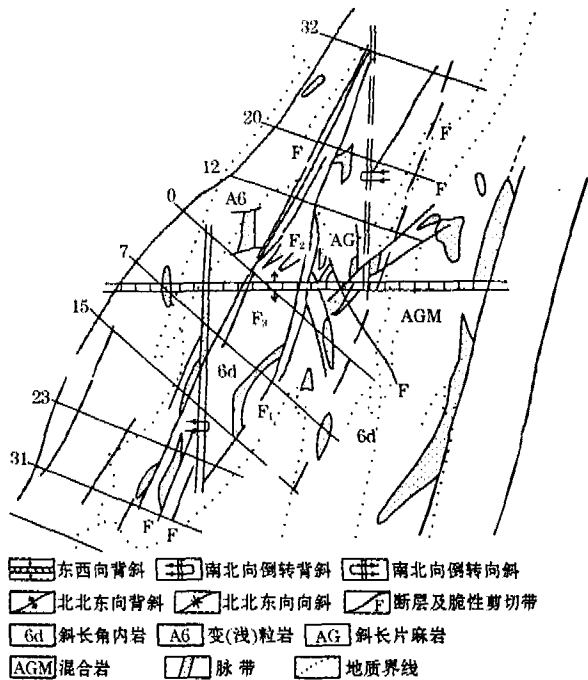


图1 矿区构造分布

南北向韧性剪切带控制长英质复矿带或糜棱片岩与长英质条带,但并不是主要矿化带。

### 1.3 北北东向构造

北北东向褶皱由一系列的次级向斜与背斜组成,在褶皱轴部与翼部矿化非常明显。在地表由西往东依次出现6个矿带,它们与褶皱轴部和翼部的层间剪切滑脱带有着密切的对应关系。NNE向的剪切带和断裂实际上很难分开,断裂是剪切带进一步发生脆性破坏的结果。早期的剪切带既是导矿构造又是容矿构造,但后期又形成了破矿构造<sup>[5]</sup>。不过总体上NNE向剪切断裂带的控矿作用,大大超过了破矿作用。由图1可知在0线至12线间,正好是倾伏背斜与倾伏向斜的转折端的复合处,并且是NNE向构造与早期近南北向构造的迭加复合部位,0, I, III, IV矿带北至32线尖灭,II, V两矿带向北继续延伸,与黑石峪矿带相接,0, IV, V矿带向南一直延伸到桑家峪。这些矿带的空间展布主要与NNE向的剪切带及复向斜、复背斜构造有关。

从构造成矿的关系来看,断裂主要依附于剪切带和两翼的层间滑动带。它们首先控制长英质脉群和矿化的运移与分布,其次又在局部地段将矿体切割断失,而褶皱的层间滑脱与断裂交汇处的拉断、张

开空间,便成为金厂峪的主要容矿与控矿构造。

## 2 金厂峪矿区矿体三维模型的建立

本次研究主要利用金厂峪矿区内31勘探线至32勘探线间(见图1)的地质及工程资料,从大量的地质剖面图着手,根据矿体在勘探线剖面的投影形状,构建出各矿带的大致赋存形态,在Vulcan中根据剖面及钻孔的取样情况对矿体进行初步圈定,然后根据各剖面的矿体边界进行矿体的二维模拟,再以Delauney方法连接矿体<sup>[6]</sup>,结合钻孔中不同元素采样分析结果建立矿体与构造的三维空间模型(见图2)。该模型为科研人员从三维空间形态上分析矿体的空间展布规律,分析矿体的形态和空间变化提供了一个直观、可视的环境。

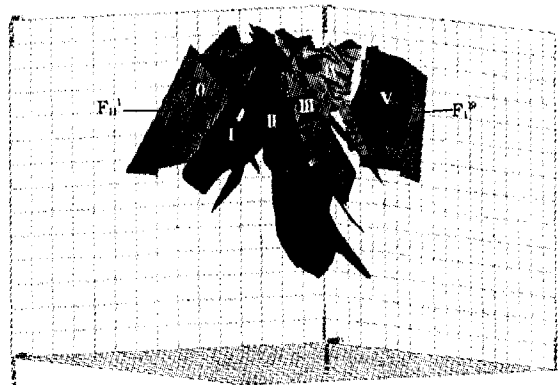


图2 各矿带与断层的三维立体

结合图1和图2可知:

0矿带分布于金厂峪矿段的最西侧,呈断续分布的脉状及透镜状,走向总体为北东,但局部呈近南北向,倾向东南,有左行侧列趋势。矿带总体延深不大,在西部受到挤压及断裂 $F_{II}^1$ 的控制。

I矿带分布于0-27线间,走向北东,倾向NW,矿化较差,矿带西部为0矿带, I矿带总体延深比0矿带大得多,在11-22线间与II矿带复合,这一矿带受向斜东翼的层间剪切滑动构造带所控制。

II矿带规模最大,是金厂峪的主要矿带,位于一背斜轴部,向南侧伏,矿带沿走向长1500 m,地表向下延深非常大,由地表向下延深超过400 m,它包含两个沿走向呈平行状的共轭分枝脉体。主分枝倾向SE,呈左行雁列;另一分支倾向NW,呈右行雁列。

III矿带分布在II矿带东面,倾向SE,深部延伸较深,受背斜东翼剪切断裂带控制。

IV矿带分布于20线至19线间,走向北北东,受近东西方向的水平褶皱与走向为北北东的向斜联合

控制,在平面上呈N字形的折拐。

V矿带位于矿区最东侧,分布于32线至19线间,矿带延深达400 m。主要受向斜东翼层间剪切滑动破裂带控制,倾向NW,倾角 $80^{\circ}$ 至直立。

### 3 成矿模式及找矿方向预测

#### 3.1 成矿模式

综合上述构造与矿化的关系及矿体与断层的三维模型进行分析,本区矿床是受挤压褶皱及其所产生的片理化韧-脆性剪切带与层间剥离带联合控制的矿床。

(1) 矿床虽位于晚元古宙的变质斜长角闪岩中,但成矿时代较新,且旁侧有燕山晚期的花岗闪长岩-花岗岩-二长花岗岩复式侵入体,即青山口岩体。该岩体位于本区西部,与金厂峪矿段相距仅4 km,而且矿区深部坑道及探矿钻孔中常见长英质与花岗质的岩枝、岩脉。可以推测在矿区0-27线深部,可能存在隐伏花岗岩-闪长岩类小岩体。因此认为本区金矿化与深部岩体热力作用有关。

(2) 近矿围岩蚀变强烈,主要有绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、钠长石化和碳酸盐化。矿区经受过多期构造活动,而控制矿化的主体构造是燕山期所形成的NNE向褶皱及与其有关的剪切带及断层与岩体,两者不仅空间上彼此毗连,而且形成时间也十分相近。

(3) 根据中科院广州新技术研究所1992年所作的南北两条地质剖面均显示:本区深部即0~3000 m标高之间,可以圈出2个地层岩性组合界面。在-500~-1000 m之间,仍然呈现平缓向斜趋势,并且其间有部分岩性模糊,推断局部可能有小的隐伏岩体侵入,这对成矿来说相当有利<sup>[7,8]</sup>。

根据以上分析可以把本区的成矿模式综合如图3所示,由图可知:

(1)  $F_1$  与  $F_2$  可能为主要导矿构造。

(2) 褶皱与剪切断裂的复合处控制着连续性好而且品位高的矿体。

(3) 浅部矿体②主要与陡倾剪切带构造有关,而深部矿体主要可能与层间剥离带,层间剪切带或褶皱的虚脱构造③有关。矿区西部,可能有浸染状矿化带④。

(4) 矿区东北部,容矿层抬升,该处深部成矿前景可能较小,而矿区西南侧,容矿层  $W_2$  则向南西倾伏且向深部延伸,说明仍有巨大找矿潜力。

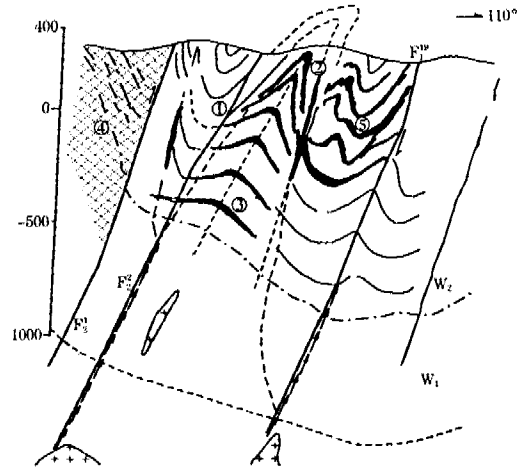


图3 金厂峪矿区成矿模式

#### 3.2 找矿方向

通过以上分析,再结合遥感影像和地震测深剖面等多种资料解析,本矿今后深部找矿应集中在以下4个区域(见图4)。

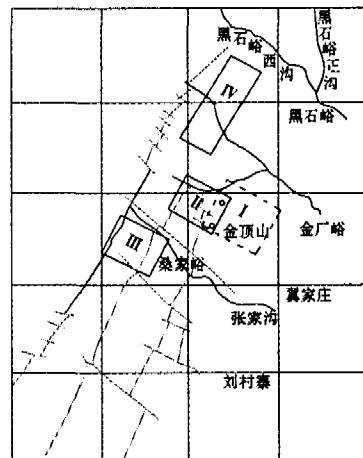


图4 金厂峪深部成矿预测

(1) 预测区I。本预测区位于NNE向复式向斜的南延部分,复向斜中的次级背斜轴部从该区的中西部穿过,该处可能有一缓倾斜背斜及其虚脱空间存在,当  $F_2$  深断裂与其相交时,可能在这里形成沿  $F_2$  断裂带分布的矿体。

(2) 预测区II。本预测区位于I矿带与0矿带的西南方向延伸部位,复向斜的西侧次级向斜穿过本区,深部可能形成向斜虚脱空间,同时在与  $F_1$  相交处,可能形成良好的矿化带。

(3) 预测区III。该区为西部边界断裂与  $F_1$  断裂之间的夹持地段,向西接近青山口岩体,遥感影像显示该处可能有一小背斜倾伏端,有利于形成背斜

(下转第17页)

参数反映了变异函数的随机部分。

从图2,图3可见,变异函数曲线呈现锯齿状形状,这一方面是因为取样点有限的原因,更为主要的是因为在走向和厚度方向矿体受断裂控制矿化连续性较差,出现矿体贫富交替的现象,而在倾向方向,矿体向西倾斜,整体发育较好,表现在曲线上也比较光滑,这与矿山实际情况吻合,证明了所模拟的变异函数是正确的。

## 5 应用及结论

地质统计学提供了储量计算最优、无偏的估算,并给出了克立格方差。该方差是地质可靠性的一种表征,可以作为储量分级的一种依据。另外,随着冶炼技术及市场金属价格的变化,矿山需要动态的调整采矿方案、生产计划,模型的建立为此提供了基础。通常在首次建模时把圈矿边界品位定得比较低,以后根据变化重新计算储量时只要输入新的边界品位即可得储量报表,并能快速得到品位-吨位模型以提供给领导进行决策(见图5)。

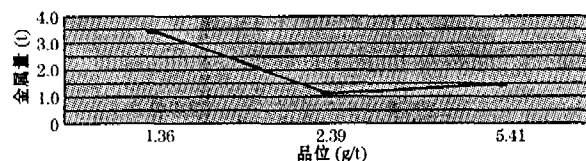


图5 金品位-吨位

(上接第13页)

倾伏端的“人”字形矿体。

(4) 预测区IV。本区位于西部边界断裂与F<sub>1</sub>断裂带北延部分之间,地表硅化较强且黄铁矿化发育,岩石片理化也很发育。本区可能形成低品位、大面积的浸染状金矿体。

## 4 结 语

(1) 结合地表资料及地下开采过程中揭露的井下资料进行分析总结,利用专业的三维软件(Vulcan),建立了各矿带的三维模型。

(2) 综合分析矿床的成矿模式,推断出了矿区深边部的局部矿化富集规律,并圈出了4个成矿预测区。

(3) 金厂峪矿床基本上由褶皱与断裂及剪切带联合控制,在矿区深部成矿的可能性还很大,但要确定深部成矿预测的准确性,还需进一步布置坑、钻探等工程进行查证。

但是地质统计学也有它的适应条件,那就是所选区域化变量要满足平稳性假设与内蕴假设条件,所以在应用地质统计学时要对所研究矿床有一定了解,取样数据点不能太少,在数据分析基础上,要调整参数进行多次变异函数的拟合,才能得到计算权系数的3个参数;另外,样品组合长度、支架大小的选择、克立格估算时单元块大小的划分、幂指数的选择、搜索方式及半径大小都需要引起重视,否则结果将差别很大。实践证明,利用地质统计学进行矿山储量估算、动态管理是一种切合实际的方法,其应用前景也必将越来越广阔。

## 参考文献:

- [1] 燕永锋,秦德先. 矿床数学-经济模型及其在元江金矿的应用[J]. 矿物学报,2001,21(4).
- [2] 李 岭. 地质统计学及其在某铜矿山储量计算中的应用[J]. 矿业研究与开发,2004,(5).
- [3] 王仁铎,胡光道. 线性地质统计学[M]. 武汉地质学院数学地质研究室,1984,10.
- [4] 侯景儒. 地质统计学发展现状及对若干问题的讨论[J]. 黄金地质,1996,2(1):1~11.
- [5] 李春民,李仲学,等. 三维地矿工程体视化技术[J]. 矿业研究与开发,2004,(5).
- [6] 陈颖彪,钟耳顺,等. 矿山地质勘察三维可视化管理系统与建模技术研究[J]. 矿业研究与开发,2004,(1).

致谢:在研究工作中,北京资源勘查技术中心提供了科研设备及技术指导,金厂峪金矿提供大量的地表及钻孔资料,吴延之老师提出了宝贵建议,特此致谢!

## 参考文献:

- [1] 水兰素,常全明. 金厂峪金矿床成矿地质特征及成矿模式[J]. 黄金,2000,21(11):6~8.
- [2] 张景合. 河北省金厂峪金矿床成矿地质研究及找矿方向探讨[J]. 北京地质,2000,2:9~11.
- [3] 常全明. 河北金厂峪矿床金矿化赋存规律研究[J]. 河北理工学院学报,1995,17(2):91~95.
- [4] 许云程,祁学义. 由褶皱和剪切带联合控制的金厂峪金矿床[J]. 河北理工学院学报,1997,19(1):83~85.
- [5] 蔡新平,刘秉光,李钟霖. 金厂峪金矿的控矿构造及其地球物理验证[J]. 黄金科学技术,1994,2(5):3~5.
- [6] 吴健生,等. 新疆阿舍勒铜锌矿床三维矿体模拟及资源评估[J]. 矿产与地质,2001,15(2):119~123.
- [7] 袁见齐,等. 矿床学[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [8] 张宝林,蔡新平,等. 对金厂峪深部矿化规律的初步认识[J]. 地质与勘探,1998,34(5):14~19.