

用控矿断裂数字模拟预测小秦岭东桐峪 Q8 号脉的深部矿体

邢俊兵^{1,2}, 李宇昕²

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 武警黄金地质研究所, 河北廊坊 065000)

[摘 要]脉状矿床是我国重要的一类矿床, 矿体普遍受断裂构造控制。我国早期对矿床的勘探深度较浅, 岩体深部是继续找矿的方向。前人已研究出一种脉状矿床深部矿体定位预测的方法—控矿断裂数字模拟法, 并编制了相应的软件: 控矿断裂模拟找矿预测系统。它通过研究断裂波形、断裂运动对矿体位置的控制规律, 对脉状矿体进行深部预测。我们运用该方法对小秦岭东桐峪 Q8 号脉进行深部预测, 取得了较好效果。

[关键词] 脉状矿床 控矿断裂数字模拟法 深部预测

[中图分类号] P617 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2014)增刊-1299-05

Xing Jun-bing, LI Yu-xin. Prediction of deep ore bodies beneath the Dongtongyu Q8 vein in Xiao Qin Ling using numerical modeling of ore-controlling faults [J]. Geology and Exploration, 2014, 50 (supp.): 1299-1303.

控矿断裂模拟找矿预测系统 (Orebody Position Indicating System in fault Simulation, 简称为“OPIS”) 是运用“控矿断裂数字模拟方法”进行脉状矿床深部矿体定位预测方法, 将物理学中波的叠加原理应用于控矿断裂研究, 使用矿山勘探数据, 运用计算机技术进行断裂面波形的分解和深部波形合成以及断裂运动方向模拟, 从而完成脉状矿床深部定位预测研究。东桐峪 Q8 号脉符合该方法的应用条件, 我们用该系统对其深部进行了预测研究。

1 方法原理简介

控矿断裂面是三维空间中的一个复杂曲面, 对于勘探过的地段, 可以通过制作勘探剖面图、坑道平面图、断裂面等值线图、三维表面图等了解其空间形态 (波形)。而对于深部的未勘探部分, 我们可以根据获得的浅部断裂面波形的函数, 通过计算而求出深部的波形。

对于各种热液型矿床来说, 容矿断裂在成矿期内的活动是矿体形成的必要条件。脉状矿床也不例外, 通常在各主要成矿阶段均伴随有断裂活动, 但位移量一般不大。由于重力的作用, 在地下一定深度

范围内, 容矿断裂无论性质为正、逆或平移活动, 最终都表现为两盘间的相对位移活动。正是由于波状断裂的这种位移活动, 控制了透镜状矿体的发育和空间分布。控矿断裂数字模拟方法的详细原理白万成等已进行详细论述 (白万成等, 1995, 1996, 1998, 2001, 2011)。

2 Q8 号脉模拟预测

东桐峪 Q8 号脉属于小秦岭金矿田, 是矿区内最大的容矿断裂之一, 也是小秦岭金矿田内几个规模最大的容矿断裂之一。目前工程已控制斜深 1000 余米。断裂发育在本区第二期韧性剪切带之上, 断面受韧性剪切带控制, 无论在走向上还是剖面上均呈舒缓波状, 局部地段出现分支复合。断裂的长期演化和多次活动, 形成了复杂的断裂带结构。由碎裂、蚀变的糜棱岩构成, 有时在中部发育含金石英脉, 局部地段沿断裂破碎带边部发育断层泥带。矿脉和矿体严格受断裂构造控制, 矿脉、矿体均产在断裂构造破碎带内, 而且矿体的定位与断裂面形态、成矿期内断裂活动方式关系密切。这是本次开展成矿预测工作的基础。

[收稿日期] 2014-03-28; **[修订日期]** 2014-09-16; **[责任编辑]** 郝情情。

[第一作者] 邢俊兵 (1969 年-), 男, 1992 年毕业于云南大学地球科学系地球物理专业 (学士), 高级工程师, 主要从事黄金地质及 GIS 应用研究工作。E-mail: xingjb2012@163.com。

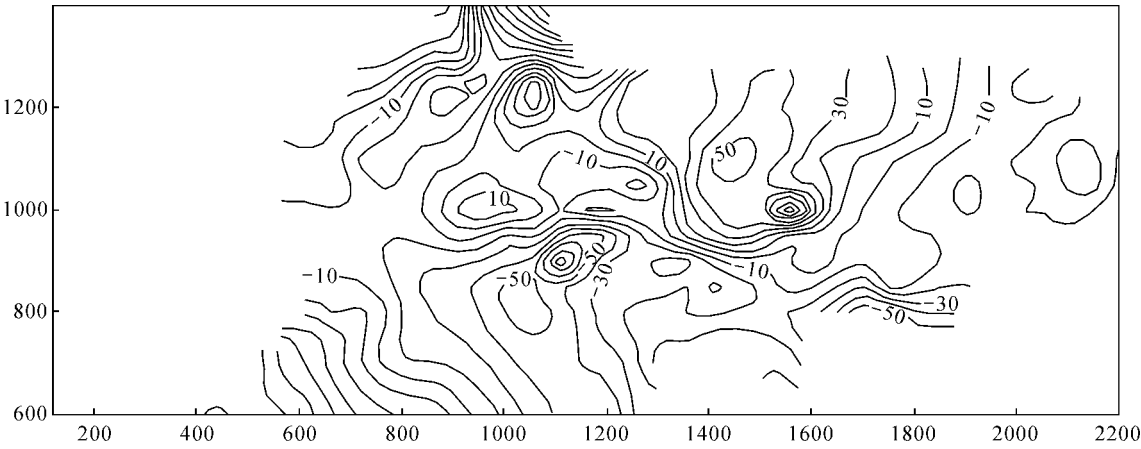


图 1 Q8 号脉容矿断裂面形态等值线图

Fig.1 Contours of fault plane shape in Q8 vein

2.1 Q8 号脉容矿断裂面形态

利用系统的文件输入功能输入该脉体的数据，包括取样位置的 X,Y,Z 坐标,“矿体厚度”、“品位”、“石英脉厚度”以及“线金属量”。以(X,Z,Y)数据即断裂下断面坐标 X(横坐标),Z(高程)为纵坐标,Y 为观测值,进行 1 次趋势分析,利用系统的图形制作的网格化功能对 1 次趋势剩余值进行网格化,网格化方法采用反距离加权法,网格距为 50m×50m,搜索半径为 200m,并生成剩余值等值线图即为断裂面形态(图 1)。

2.2 容矿断裂容矿(储矿)空间模拟

容矿断裂构造中矿体(脉)发育程度、规模,取决于容矿断裂构造带内的扩容空间(储矿空间)的大小。已有资料表明^①,本区容矿构造破碎带断裂面呈舒缓波状,储矿空间(扩容空间)的形成与分布主要受断裂面形态和成矿期断裂活动方式联合控制。根据 Q8 号脉容矿断裂的运动学和动力学研究成果,结合 Q8 号脉容矿断裂面形态、断裂活动与储矿空间的关系进行成矿预测。

(1) 波形分解和合成

使用系统,利用上面求出的断裂面(断裂下断面)一次趋势异常网格化数据,进行波形分解,结果列于表 1。

从表 1 可知,Q8 号脉分解的一、二、三级波最有效。其中一级波振幅、波长均较大,波沿 193°方向传播,轴向向南东方向侧伏(β 为波的传播方向,与轴向垂直);二级波长与一级波相当,但振幅略小于一级波,轴向向南西陡侧伏,近于直立;三级波长也与一级波相当,但振幅小于一级波,轴向向南东侧

伏。一、二和三级波的振幅大于其它各级波,振幅之和为 46.7m,因而一、二、三级波的叠加决定了断裂面的基本形态,即决定凸峰、凹谷的空间分布。自第四级波开始,振幅明显减小,因而属于次要波,只对断裂面的局部形态产生影响。此外,可以看出,随着波的级序数增大,振幅和波长整体上不断减小,因而大于十二级波长、振幅很小的次级波实际上不可能对矿化富集起到控制作用,所以再做进一步的波形分解工作也是没有实际意义的。

表 1 Q8 号脉断裂面波形分解参数

Table 1 Decomposition parameters of fault surface waveforms in Q8 vein

级序	A(m)	β°	L(m)
1	17.478	193.015	1067.500
2	17.755	110.008	906.667
3	11.468	71.005	640.000
4	9.293	174.013	623.333
5	6.856	123.009	718.333
6	4.715	143.011	541.667
7	5.428	93.007	640.000
8	5.126	99.008	600.000
9	4.400	136.010	1760.000
10	3.655	36.003	406.667
11	4.505	171.013	441.667
12	4.406	108.008	320.000

表中 A-振幅(m),L-波长(m),β-波的传播方向(X 方向顺时针方向为正)

从波的分解参数亦发现,矿体或矿带、矿体群的侧伏主要有三个方向,一是南西 13°方向,二是南

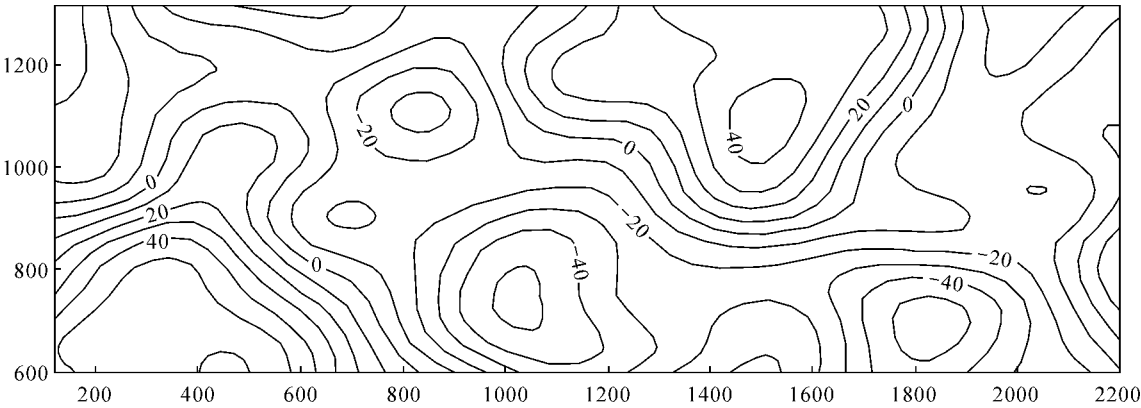


图 2 Q8 号脉已控制地段断裂面波形预测图

Fig.2 Prediction of fault surface waveforms on controlled section of Q8 vein

东 70°方向,三是南东 19°。矿体的空间分布规律、尤其是侧伏和矿体及无矿间距规律时得出的认识的理论基础是这三级波的传播方向和波长、振幅决定的。理论分析与实际勘探结果吻合较好。

完成波形分解后,利用表 1 中的数据和波形函数进行波形合成:

分别计算出矿区深部及东部、西部地段的函数值,并制成纵投影图,即为 Q8 号脉断裂面的波形预测图。将已知区段模拟图(图 2)与断面实际观察图(图 1)对比可知,合成的波形图(模拟的断裂形态图)与实际的断裂面形态图之间吻合较好,但在局部形态有一定差异,次级小凸峰和凹谷在模拟图未能很好地再现,未能全面真实地反映断裂面形态,这使我们认识到,该预测方法在进行未知地段预测时,可以定位的程度受一定的限制。目前看来,预测矿脉(带)分布位置是比较可靠的,而具体指出矿体位置,有一定偏差。因此,运用断裂面波形模拟法,同时配以其它找矿方法(如地球化学方法、矿床地质法等)进行未知地段预测,可以提高定位预测的可靠程度。

(2) 扩容(储矿)空间模拟

对 Q8 号容矿断裂可能发生活动方式进行数学模拟。利用合成波形数据模拟断裂已控制地段正断下滑、左行正断下滑、右行正断下滑和逆冲、右行逆冲和左行逆冲,可能产生的扩容空间分布情况,与已知矿段的矿体空间分布、断面形态位置对比,模拟图中,正断下滑(图 3)形成的扩容空间与矿体分布位置吻合最好,其次是右行正断下滑形成的扩容空间与矿体分布位置吻合较好,一些较贫的矿体受左行逆冲形成的扩容空间控制;其他活动方式形成的扩容空间与矿体空间分布偏差较大。需要指出的是,

由于东桐峪矿区 Q8 号脉的矿体形成,主要受第一阶段(左行)逆冲形成的石英脉及其基础上叠加第三阶段正断下滑形成扩容空间的影响,故具体分析矿体位置时要综合考虑。所以矿体定位位于(右行)正断下滑形成扩容空间略偏上部位,与野外实际观察结果是吻合的。

从断裂面形态与金矿体空间位置分析,主要金矿体分布在断面隆起区的左下方,其次是右下方,部分位于隆起区的右上方。前两者受断裂正断下滑为主,略有右行特征形成的扩容空间控制;位于隆起区的右上方则受断裂左行逆冲形成的扩容空间的控制。由于本区第二成矿阶段不发育,因此,位于隆起区右上方厚大石英脉矿化较差。

2.3 成矿预测与评价

根据成矿地质条件的研究成果,应用工程控制资料,模拟断裂形态和断裂活动,对 Q8 号脉深部和东西延伸部位进行定位预测评价。

根据在已知区取得的认识,综合总结出 Q8 号脉盲矿预测概念模型为:

- ① 金矿体主要分布在断裂(右行)正断下滑形成的扩容空间中,部分贫矿体分布在断裂左行逆冲形成的扩容空间中;
- ② 主要金矿体多分布在断面波形隆起区的下方、尤其是左下方,其次是右下方,部分贫矿体位于隆起区右上方。

本次利用 Q8 号脉已取得的观察数据模拟建立的数学模型,模拟了 Q8 号脉坐标范围 39437200 ~ 37443400(东西总长 6200m)、标高 0 ~ 1400m 范围内模拟正断下滑形成的扩容空间并对矿体进行了定位预测(图 4)。

从预测图中可以看出:

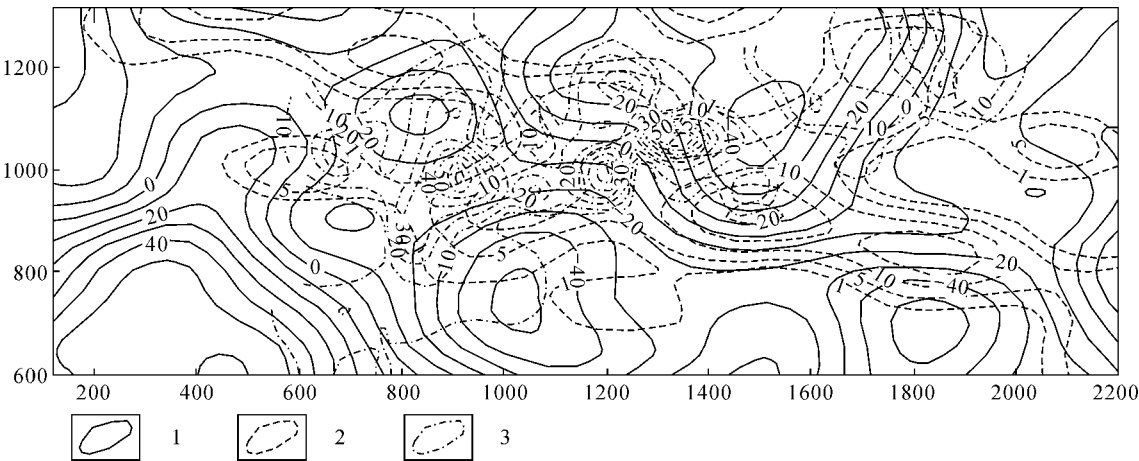


图3 模拟 Q8 号脉断裂已知段正断下滑时扩容空间分布情况

Fig.3 Simulation of distribution of expansion space on known section of the fault in Q8 vein when it sliding down in dipping direction

1 - 波形预测曲线;2 - 扩容空间相对厚度等值线;3 - 金属量等值线

1 - waveform prediction curves; 2 - relative thickness contours in expansion space; 3 - contours of metal amount

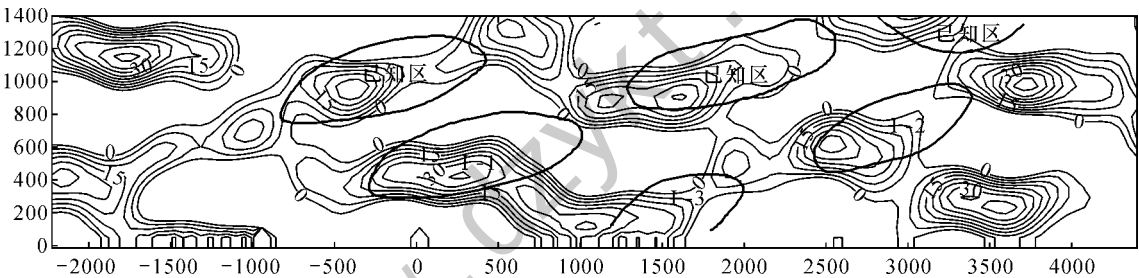


图4 Q8 号脉正断下滑形成的容矿空间模拟及矿体定位预测图

Fig.4 Simulation of host space in Q8 vein when sliding down as normal faulting and prediction of ore body location

① 断面正断下滑形成的扩容空间主体呈南东侧伏,侧伏角约为 20°,受一级波控制,是 Q8 号矿脉的矿体就位的主导控制因素,控制了矿带的分布;在预测的范围内,出现三个平行的矿带,目前矿山主要开采的是西部矿带上部矿体、中部矿带上部和中部矿体;

② 从矿带的扩容空间发现,一个方向为向南西侧伏,侧伏角为 15°左右,受二、三和四级波的联合控制,控制了主矿体的侧伏方向;

③ 南西方向呈串珠状分布的矿体之间间距约为 500m,南东方向主矿体理论间距约为 500 m,构成菱形分布格局。

据此预测重点靶区(位)3 处。预测的 I 级靶位与目前矿山控制地段构造容矿空间基本一致,预测资源量较大。其中 I - 1 靶区坐标大致为:

37438500 - 37439400m,标高 200 ~ 500m;其中 560 中段已见矿,但位于东部头部,其深部(尤其是偏西部深部)还有较大找矿价值(图 4 的西侧);

I - 2 靶区坐标大致为:37441200 - 37441800,标高 500 ~ 700m;靶区南东侧伏方向西侧上部为目前主采矿区,南西侧伏方向东侧上部有原地地质队探采区,均属已知成矿区,故该靶区成矿有利度大(图 4 的东侧)。

需要指出的是,本次圈定的预测区范围是整个矿化的大致范围,至于该范围中的单个矿体,则还受次级波形因素影响,尤其是第一期左行逆冲形成的早期石英脉分布空间位置影响,预测矿体可能位于扩容区偏上部位。同时,还受叠加矿化的影响,也就是说,在预测区范围内,亦存在矿化的次级分段富集规律,这点要引起重视。

[注释]

① 张学仁,王平安,李秉新. 2002. 东桐峪金矿含矿断裂分布规律研究报告. 长安大学科研报告

[References]

Bai Wan-cheng, Li Yu-xin, Xing Jun-bing, Qing Min. 2011. Brief introduction for orebody position indicating system in fault simulation [J]. Mineral Exploration, (3): 46 - 51 (in Chinese with English abstract)

Bai Wan-chen, Ren Lin-zi, Qing Min. 2001. Digital-analog method of ore-control fracture and the appied steps[J]. Geology and Exploration, 37 (6): 34 - 38 (in Chinese with English abstract)

Bai Wan-chen, Ren Lin-zi , Wang Chun-hong. 1995. The method of simulating fault waveform and application to deep prediction of vein gold deposits[J]. Jornal of Precious Metaallic Geology, 9 (3) : 214 - 221 (in Chinese with English abstract)

Bai Wan-cheng. 1996. Simulation and prediction of fracture surface wave method - a large-vein type gold deposit located deep prediction method. " Eight-Five " Geological Science and Technology Achievements anthology academic conference papers [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 725 - 728 (in Chinese)

[附中文参考文献]

白万成,李宇昕,邢俊兵,卿敏. 2011. 控矿断裂模拟找矿预测系统 (OPIS) 简介 [J]. 矿产勘查. (03): 46 - 51

白万成,任林子,卿敏. 2001. 控矿断裂数字模拟方法及其应用步骤. 地质与勘探. 37 (6): 34 - 38

白万成,任林子,王春宏. 1995. 断裂面波形模拟预测法在脉状金矿床深部定位预测中的应用 [J]. 贵金属地质, 9 (3): 214 - 221

白万成. 1996. 断裂面波形模拟预测法——一种大脉型金矿床深部定位预测方法 [D]. “八五”地质科技重要成果学术交流会议论文选集. 北京:冶金工业出版社: 725 - 728

Prediction of Deep Ore Bodies Beneath the Dongtongyu Q8 Vein in Xiao Qin Ling Using Numerical Modeling of Ore-controlling Faults

XING Jun-bing^{1,2}, LI Yu-xin²

(1. China University of Geoscience, Beijing 100083 ;
2. Gold Geological Institute of CAPF, Langfang, Hebei 065000)

Abstract: Vein-like deposits are an important type of ore deposits in our country, where ore bodies are generally controlled by faults. As early exploration to these deposits was confined to the shallow subsurface, further prospecting should be towards larger depths. In previous work, a new method for prediction of location of deep ore bodies beneath vein-like deposits has been developed, named numerical modeling of ore-controlling faults, including the software called the prediction system for ore search by modeling of ore-controlling faults. This method analyzes the control of faults on location of the ore body, and then makes prediction of deep ore bodies beneath the vein-shaped deposit. In this work, we apply this technology to the Dongtongyu Q8 vein in Xiao Qin Ling, and obtain good results in prediction of location of the ore body at depth.

Key words: vein-like deposit, prediction of deep ore body, numerical modeling of ore-controlling faults