

辽宁小东洋河金矿区构造控矿规律的数值模拟

姜喜荣 赵寅震

(东北大学秦皇岛分校)

王连捷

(中国地质科学院地质力学研究所)

摘要 作者对小东洋河金矿区地质构造进行了研究,采用数值模拟方法给出一种预测隐伏金矿体的新方法。作者在野外详细调查研究同成矿构造体系和主要成矿阶段的基础上,剔除主要成矿阶段以后形成的构造和地质体,以主要成矿阶段及其以前的构造和地质体为依据,建立实验模型,用有限元法模拟该区同成矿构造活动前后应力场和应力降,以同成矿构造应力场中应力集中区与应力升高值区套合部位作为金矿预测靶区,其结果与已知矿点和随后获得的地球化学异常吻合。

关键词 同成矿构造 数值模拟 应力降 小东洋河金矿区

1 地质概况

矿区位于辽宁省鸭绿江北岸宽甸县境内。在大地构造上,位于营口—宽甸隆起与新华夏系第二隆起带的NNE向构造带交汇部位。区内地层为下元古界辽河群盖县组变质岩,河谷和洼地为第四系堆积。辽河群盖县组变质岩可分为变粒岩、浅粒岩类、片岩类、片麻岩类。

区内混合花岗岩总体上呈EW向展布,具有明显分带现象。元古代侵入岩分两期:第一期以闪长岩(δ)为主,但出露面积小,且常受混合岩化作用;第二期主要为花岗岩类(γ_2^g),与前者呈侵入接触。晚侏罗世侵入岩为多次侵入的花岗岩($\gamma_3^{(3)}$),岩浆分布现象明显,与金矿化关系密切。该区脉岩与侵入岩具同源性,其中闪长岩脉与金矿化关系密切。在NE和近EW向的闪长岩脉内,常见侵染状和细脉状黄铁矿矿化。区内金矿点很多,且严格受构造控制。根据控矿构造、矿体特征、矿石结构构造及矿物组合可分为:裂隙充填石英大脉型金矿和压碎带、片理化带中细脉浸染状金矿。

2 构造特征

2.1 构造带及体系归属

2.1.1 EW向构造带 由几条走向近EW向的复式褶皱和压性断裂以及伴生的NE、NW向扭性断裂和SN向张性断裂组成。大型断裂带宽可达100m以上。它是纬向构造体系的一部

分。

2.1.2 NW 向构造带 由 NW 向压扭性断裂和片理化带组成,常受其它构造的干扰破坏,显得零乱,规模普遍较小,是独立的构造体系。

2.1.3 NE 向弧形构造带 它是由 NE 向压扭性断裂、片理化带、挤压破碎带、糜棱岩带等组成。大断裂带两侧发育一系列次级断裂,呈有规律的平行排列,可归属为早新华夏系。

2.1.4 新华夏系 NNE 向构造带 由数条至数十条平行断裂构成,形成时代较晚。

2.2 同成矿构造体系的鉴定

我们把矿床形成时的构造应力场称为同成矿构造应力场,在该应力场作用下形成的构造称为同成矿构造,同成矿构造组合成的构造体系称为同成矿构造体系。依据矿化(或矿脉)与构造之间的关系研究,该区同成矿构造为 NNE 向压扭性断裂、NNW 向张扭性断裂和 NNW 向张性断裂,其组合属新华夏构造体系,换言之,新华夏系是该区同成矿构造体系。

2.3 构造活动与矿化阶段

根据同成矿构造应力场理论,成矿时构造活动阶段与相应成矿阶段是一致的。因此,我们可以通过对矿石的构造特征和矿化小脉的相互穿插现象来划分成矿阶段和构造活动阶段。本矿区我们划分了 5 个成矿阶段:

第一成矿阶段以形成石英大脉为标志,石英呈乳白色,颗粒粗大;

第二成矿阶段的构造活动导致乳白色石英大脉产生纵裂隙,其中被含金细粒黄铁矿小脉充填;

第三成矿阶段的构造活动产生的纵裂隙切穿了含金细粒黄铁矿小脉,其中又被含闪锌矿的石英脉充填;

第四成矿阶段构造活动使闪锌矿石英脉产生纵裂隙,其间有方铅矿、细粒黄铁矿小脉充填;

第五成矿阶段为碳酸盐化阶段。

这 5 个成矿阶段中,2、3、4 阶段为金的主要成矿阶段,而 1、5 阶段金矿化微弱。因此,我们以 2、3、4 成矿阶段为金矿化富集规律的主要模拟对象。

3 金矿化富集规律的数值模拟

我们知道,金的矿化富集过程乃是金元素活化、迁移和集中的过程,这个过程离不开力的作用。某一区域内,在地壳运动过程中,随着地应力不断积累增强,伴随地温的升高和水份的参与,使金元素活化,当地应力达到某一限度时,将导致地壳岩石变形和破碎,产生种种构造现象。这种变形和破碎使应力释放,活化了的金元素在地应力的驱动下向应变大、应力降低的构造带迁移、集中。由此可见,金的富集部位与同成矿构造应力场的应力集中和释放部位息息相关。这就是我们对金矿化富集规律数值模拟的理论依据。很显然,这种模拟必须建立在对模拟地区同成矿构造进行详细研究和正确认识的基础上。本文基于上述认识,对辽宁小东洋河金矿的 30km² 范围,采用有限元法对该区金矿富集规律进行 1:1 万比例尺的数值模拟。

3.1 模型的建立

同成矿构造应力场模拟结果的好坏,关键在于实验模型的建立,而模型的建立必须依据以下几个方面。

3.1.1 构造格架的确定 模拟的目的是要展示主要成矿阶段应力分布状况。因此,在确定模

拟地区构造格架时,要保留主要成矿阶段的构造,将区内主要成矿阶段以前的构造,如EW向构造、NW向构造、NE向弧形构造以及新华夏系中主要成矿阶段以前的构造和地质体作为影响主要成矿阶段应力的因素,但要适当加以简化,同时剔除主要成矿阶段以后的构造和地质体,如碳酸盐阶段及以后形成的构造。

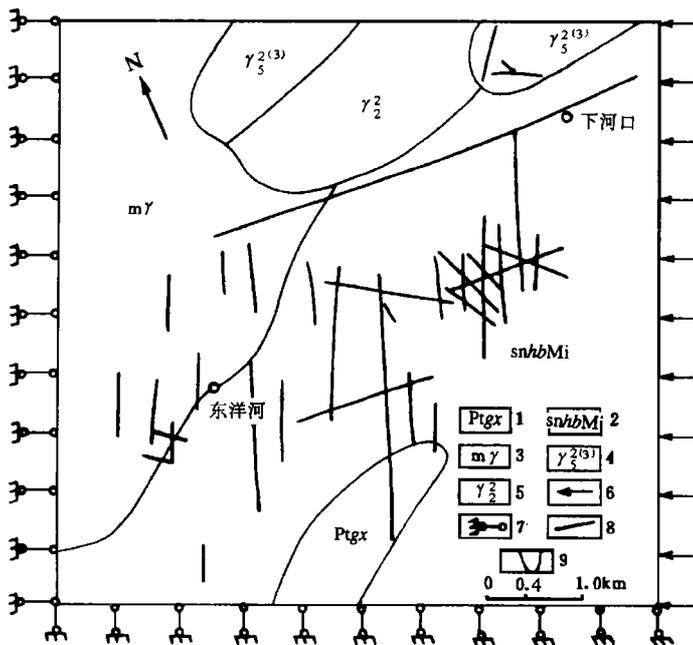


图1 小东洋河金矿区实验模型

Fig.1 The experimental model in Xiaodongyanghe gold-ore area

1. 辽河群盖县组; 2. 角闪质条痕状混合岩; 3. 混合花岗岩; 4. 晚侏罗世花岗岩; 5. 前震旦系花岗岩;
6. 边界力作用方向; 7. 简支边界; 8. 断层; 9. 岩性分界面

3.1.2 模型边界和边界条件的确定 确定模型的边界一般要考虑到研究对象的范围和边界四周的地质情况。通常取断层面、岩体的边界或软弱层面等天然界面作为边界。小东洋河金矿区数值模拟模型边界的确定,主要依据实际地质情况,为了实验模型加边界载荷的方便,确定模型边界为四边形。

模型的边界条件是指同成矿构造应力场在模型边界上的应力大小和方向。由于新华夏系压扭应力方向为近N65°W方向,据此,取模型西部和南部边界为简支边界,东部垂直边界面加载,北部边界自由边界(图1)。作者以区内若干已知矿点和石英脉为判据,采用有限元方法试探给出模型边界单位面积结点的载荷大小。

3.1.3 岩石力学参数的确定 同成矿构造应力场中任一点应力的的大小与该处岩石的弹性模量和泊松比有关,确定边界载荷时要测定岩石的抗压强度。具体作法是,采集区内不同岩性的新鲜标本,如某种岩性分布范围广,应在几个具有代表性的地点分别取样。为了保证测试结果的可信度,每种岩性各取3个样品测试,取其算术平均值作为该岩性的岩石力学参数,测试结果见表1。

表 1 岩石力学参数测试结果

Table. 1 Results of the rock mechanical tests

样号	岩石名称	弹性模量 (MPa)	泊松比	抗压强度 (MPa)
YL ₁	含棚变粒岩	9.31×10 ⁴	0.36	312
YL ₂	角闪斜长片麻岩	4.73×10 ⁴	0.31	104
YL ₄	大理岩	5.00×10 ⁴	0.33	86
YL ₆	黑云斜长变粒岩	6.48×10 ⁴	0.42	234
YL ₁₀	变粒岩	4.67×10 ⁴	0.27	145
YL ₁₆	黑云钾长花岗岩	3.01×10 ⁴	0.46	117
YL ₁₇	混合花岗岩	4.46×10 ⁴	0.44	169
YL ₁₈	花岗岩	4.01×10 ⁴	0.36	134
YL ₂₀	花岗闪长岩	5.26×10 ⁴	0.26	160
YL ₄₈	斑状混合花岗岩	3.92×10 ⁴	0.31	123

注：样品由地质力学开放实验室测试。

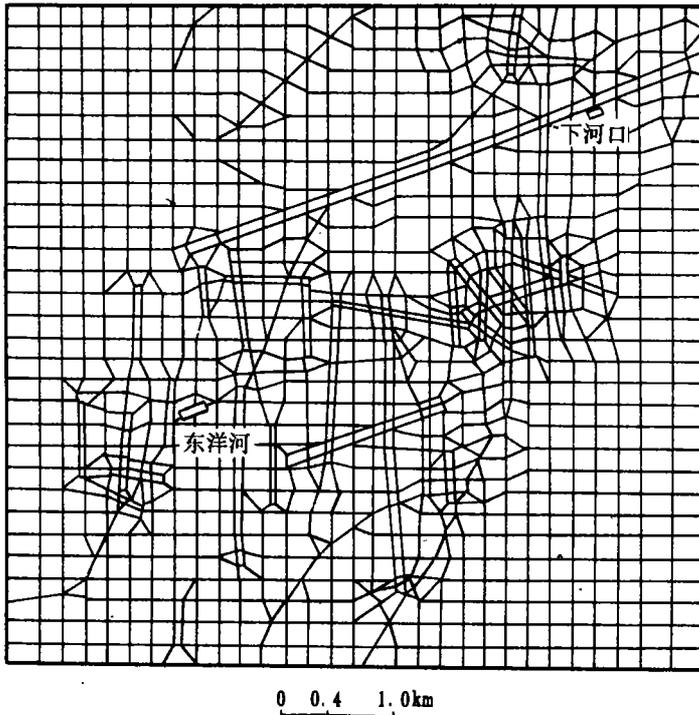


图 2 小东洋河金矿区有限元划分图

Fig. 2 The finite-element net in Xiaodongyanghe gold-ore area

3.3 模拟结果

我们用有限元法模拟主要成矿阶段构造活动前后的应力场,用应力释放前的应力场减去应力释放后的应力场,得到应力降。应力释放是采用改变主要成矿阶段活动断裂单元的弹性模量来处理的,应力降的大小表示应力释放的大小。图 3 是用计算机绘出的最大主应力降等值线

图,等值线值以 MPa 为单位。由图 3 看出,全区最大主应力降等值线的主要特征是:等值线呈近 NW 向排列,总的趋势是呈 SN 向起伏变化,形成两条近 NW 向的最大主应力降高值区。在同成矿构造应力场作用下,活化的金元素由高压区向低压区迁移;在成矿阶段,应力释放,最大主应力降的高值区,即为应力释放较大部位,活化的金元素通常在这些部位沿构造裂隙成矿,已知矿体和矿点几乎都与最大主应力降高值点吻合。因此,两条近 EW 向最大主应力降高值区是金矿体赋存最有利的地段。

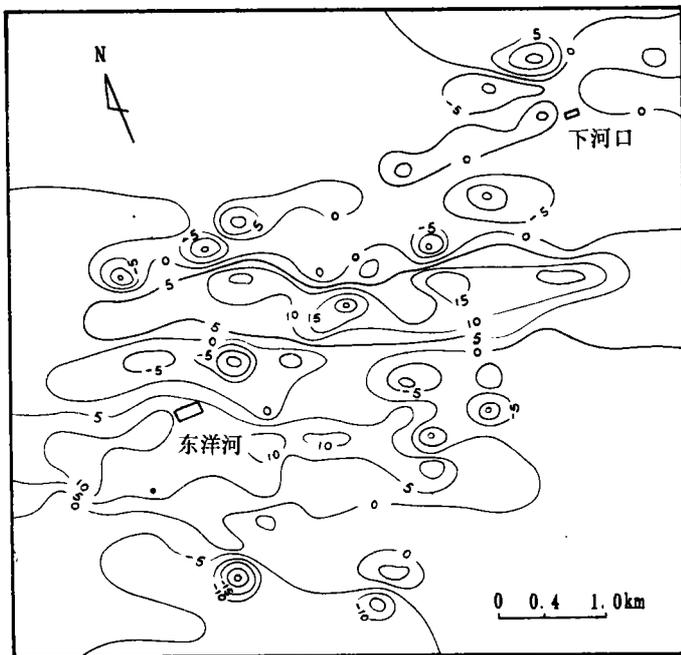


图 3 小东洋河金矿区同成矿构造最大主应力降等值线图(MPa)
Fig. 3 The isogram of maximum principal stress drops(MPa) in the Syumetallogenic structures in Xiaodongyanghe gold-ore area

4 金矿体预测

笔者根据数值模拟结果,首先圈出成矿有利地段,进而根据下述原则确定可能的富矿段范围。

(1)在同成矿构造应力场等值线图中,找出压应力低值区,其中以相邻为压应力高值区的压应力低值区最好。

(2)在最大主应力降等值线图中,寻找应力降高值区。

(3)在应力降高值区,根据构造带破碎程度,判断是否具有良好的储矿空间。

(4)选择具有良好成矿物质条件的地质体。如:小型花岗杂岩体、脉岩发育地段、硅化、绢云母化、绿泥石化蚀变强度以及石英脉和细粒黄铁矿是否存在等。

我们在小东洋河金矿区,依据上述原则,圈出了 11 个 I 级预测区,9 个 II 级预测区(图 4),并确定其中 5 个为主要预

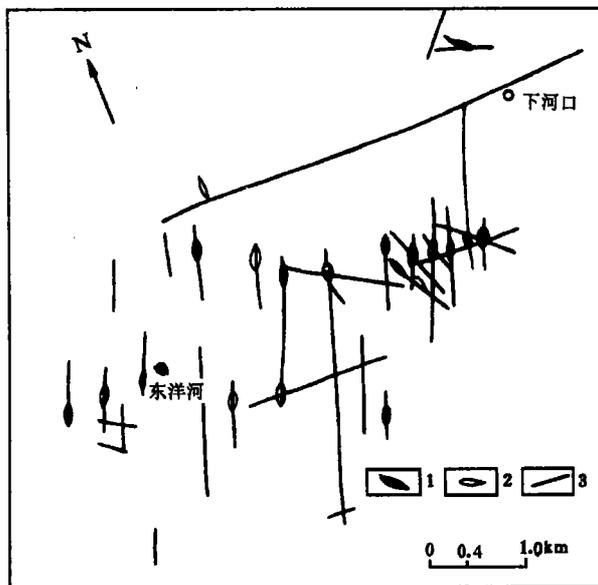


图 4 小东洋河金矿区金矿靶区优选图
Fig. 4 The map of the improved selection targets Xiaodongyanghe gold ore area
1. I 级预测区; 2. II 级预测区; 3. 断层

测区,其中1个为一级区,3个二级区和1个三级(图5)。在一级区中,结合金矿化在不同性质

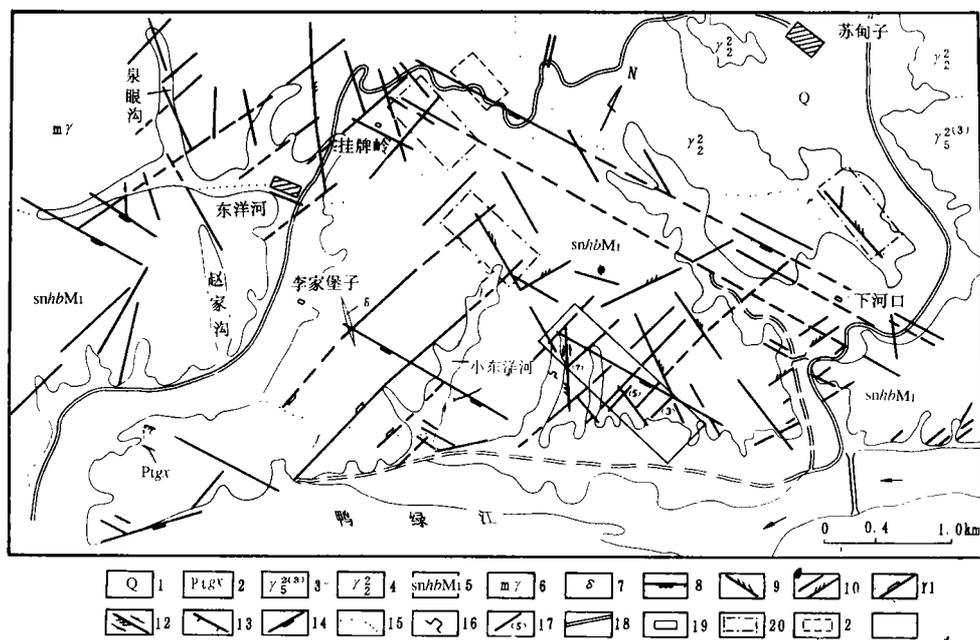


图5 小东洋河金矿区预测图

Fig. 5 The map of gold-ore prediction in Xiaodongyanghe gold-ore area

1. 第四系; 2. 辽河群盖县组; 3. 晚侏罗世花岗岩; 4. 前震旦系花岗岩; 5. 角闪质条痕状混合岩; 6. 混合花岗岩;
7. 闪长岩; 8. EW 向断裂; 9. NW 向压扭性断裂; 10. NE 向弧形断裂; 11. NNE 向压扭性断裂; 12. NNW 向张扭性断裂;
13. NWW 向张性断裂; 14. 华夏式 NE 向断裂; 15. 地质界线; 16. 坑口; 17. 矿脉及编号;
18. 简易公路; 19. 一级区; 20. 二级区; 21. 三级区

断裂中的变化规律,设计了10个钻孔和1个30m坑道,以便验证。其后,在该区开展的化探工作与作者的预测结果吻合。

参 考 文 献

- 1 李四光,地质力学概论。北京:科学出版社,1973。
- 2 孙殿卿、高庆华,地质力学与地壳运动。北京:地质出版社,1982。
- 3 孙殿卿、高庆华,隐伏矿床预测。北京:地质出版社,1987。
- 4 王义文,我国主要类型金矿床同位素地质研究。地质评论,1982,28(2):108—117。
- 5 赵寅震等,商城—罗山地区同成矿构造与矿产预测。北京:地质出版社,1986。
- 6 赵寅震,同成矿应力场与矿床形成、分布关系。地质力学文集(9),北京:地质出版社,1989。
- 7 赵寅震、姜喜荣、肖劲民,冀东金矿区同成矿构造与优选靶区的模拟实验。北京:地质出版社,1996。

NUMERICAL SIMULATION OF STRUCTURAL CONTROL OF GOLD DEPOSITS IN THE XIAODONGYANGHE AREA OF LIAONING PROVINCE

Jiang Xirong Zhao Yinzhen

(*Northeastern University at Qinhuangdao*)

Wang Lianjie

(*Institute of Geomechanics, AGCS*)

Abstract This paper studies the geological structure in the Xiaodongyanghe area, Hebei, and proposes a new method for forecasting blind gold ore bodies by means of numerical simulation.

On the basis of intensive field work, we distinguished the synmetallogenic structural system and the main metallogenic stages, leaving out the structures and geologic bodies which formed after the main metallogenic stage, and leaving in those formed during and before the main metallogenic stage for establishing the experimental model. The model experiment was conducted using finite element method to study the stress field and the stress drop which occurred before and after the synmetallogenic deformation. The stress concentrations overlapping the high stress drops are regarded as forecast gold targets. The target Predicted were found to well agree with the known ore spots as well as the geochemical anomalies. Altogether ten drill holes and a drift were designed for verification.

Key words Syn-metallogenic structures, numerical simulation, stress drop Xiaodongyanghe gold deposits

第一作者简介

姜喜荣,男,1952年生,1977年毕业于长春地质学院物探系,主要从事地球物理、大地构造、矿田构造研究工作。通讯地址:东北大学秦皇岛分校。邮政编码:066004。