

# 冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区 早燕山期构造应力场及其对金矿化的控制作用

吴珍汉

(中国地质科学院地质力学研究所)

张景学

(河北省宽城县华尖金矿)

**摘要** 冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期地壳运动与构造-岩浆活动强烈,形成了区内 NE 向、EW 向与 NW 向压扭性-扭性主干断裂构造-岩浆带与 20 多个金矿床。早燕山期构造应力场对这些断裂的形成演化与金矿的成矿作用有重要的控制意义。在野外调研与古构造应力测量的基础上,确定受力方式、位移方向与若干地点的差应力值,进而应用有限元计算模拟方法,剖析早燕山期区域平面构造应力场及其与金矿化的关系。结果表明,该金矿集中区早燕山期区域最大主压应力方向以 NW-SE 向为主,最小主压应力方向以 NE-SW 向为主;区域构造应力值变化于 2.5-220 MPa;构造应力方向、构造应力大小与应力梯度带对金矿化均有明显的控制作用。

**关键词** 构造应力场 金矿化 早燕山期 冀东地区

## 0 引言

位于燕山东南部的冀东地区是我国最古老陆壳的出露区,也是我国著名的金矿集中区之一。前人对本区的区域地质、地壳运动、构造体系、金矿床地质与矿田构造进行过详细的研究工作,取得了丰硕的研究成果<sup>[1-10]</sup>。然而,对本区成矿期区域构造应力场及其与金矿成矿作用的关系,尚有待深入的研究。本文在野外调研与室内计算模拟的基础上,剖析冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期区域构造应力场及其对金矿化的控制作用。

## 1 区域地质与成矿特征

宽城-青龙-金厂峪金矿集中区发育的岩系有作为金矿源层的早-中太古宙迁西群中、深变质岩<sup>[4-6]</sup>,作为金矿重要容矿围岩的中-上元古界未变质碎屑岩-碳酸盐岩<sup>[10]</sup>以及侏罗纪陆内河湖相火山-碎屑岩。该区在早燕山期发生过强烈的地壳运动与构造-岩浆活动<sup>[1,3]</sup>。这里还是

1997 年 6 月 24 日收稿,1997 年 7 月 27 日修改稿

本文属国家自然科学基金 4870164 项目与地矿部“八五”、“九五”燕山造山带基础研究项目的部分成果

EW向兴隆-喜峰口-青龙压性-压扭性主干断裂、NE向金厂峪-峪耳崖-白庙子压扭性断裂与NW向冷口-小马坪-华尖扭性-张扭性断裂的交叉复合部位,具有金矿成矿的有利环境与形成金矿集中区的良好地质构造条件。早燕山期(侏罗纪)形成了金厂峪金矿(155-197.1Ma)<sup>[4,5,9]</sup>、峪耳崖金矿(177Ma)<sup>[8-10]</sup>、山家湾子金矿(176.8Ma)<sup>[8-10]</sup>、华尖金矿(147Ma)<sup>[8,9]</sup>、岔沟金矿(166Ma)<sup>[4,5]</sup>、唐杖子金矿、白庙子金矿与小马坪金矿<sup>[10]</sup>等24个金矿床,其中包括2个大型金矿与5个中型金矿。

早燕山期(侏罗纪)形成的这些金矿床,绝大部分矿体都以硫化物石英脉型为主,少量为蚀变岩型或浸染状金矿化。早燕山期断裂构造是金矿化的最重要的控矿与容矿构造,金矿体分布于燕山早期压扭性-扭性-张扭性断层中,大部分矿体分布于分支断层内,少量矿体分布于区域主干断裂带中<sup>[4-6,10]</sup>。矿床的赋矿围岩包括太古宙中-深变质岩系、中元古界碎屑岩-碳酸盐岩系、侏罗纪火山-碎屑岩系以及中生代中酸性侵入岩体。近矿围岩常伴有硅化、黄铁矿化、绢英岩化、绿泥石化和碳酸盐化等蚀变。大部分矿床的金矿化包括3-4个成矿阶段,其中石英-黄铁矿阶段与硫化物-石英阶段是金的主要富集阶段。矿石中以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、石英、方解石等为主,金呈裂隙金、包体金与晶隙金方式分布于硫化物与石英中;矿石品位一般较高,常见品位大于20g/t的富矿体,有重要开采价值。

## 2 早燕山期构造应力场

### 2.1 研究方法简介

首先在野外进行古构造鉴别,筛分出早燕山期(侏罗纪)古构造并分析其结构面力学性质,统计分析若干地点早燕山期主应力方向,并确定本区早燕山期受到NW-SE向挤压力。室内通过透射电镜,统计出山家湾子金矿与华尖金矿矿脉中石英的位错密度( $d$ ),并应用Mecormick(1977)在实验基础上得出的经验公式: $\epsilon_1 - \epsilon_2 = 1.6 \times 10^{-6} \times d^{0.66}$ (100MPa),求得山家湾子与华尖两矿区早燕山期的构造应力值(最大差应力值)分别为144MPa与92MPa。

在以上工作的基础上,应用有限单元方法<sup>[11,12]</sup>,计算模拟早燕山期区域构造应力场。全区共划分了276个单元(图1)。在单元的划分过程中,充分考虑当时区内主干断裂带的分布与岩性差异,在岩性变化部位与断裂带适当增加单元数量,并据文献中的岩石力学实验结果<sup>[11]</sup>对不同岩性取不同的力学参数。

应用武红岭等提供的《FEAP(IBM-PC)有限元程序》,在M68000微机上进行早燕山期平面构造应力场的弹性力学计算模拟。对研究区施以NW-SE向的构造挤压力,通过不断调整边界力的大小,使计算结果与山家湾子和华尖等单元的实测构造应力值、主应力方向等已知参数不断接近,直到完全吻合为止。最终得出研究区早燕山期各单元的位移量、主应力方向与主应力大小,进而作出宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期平面主应力迹线图(图2)与区域构造应力( $\sigma_1 - \sigma_2$ )等值线图(图3)等图件,用以进一步分析早燕山期构造应力场特征及其与金矿成矿作用的关系。

### 2.2 早燕山期区域构造应力场特征

有限元计算模拟结果较好地反映了宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期区域构造应力场的主应力方向与构造应力大小及其空间展布规律(图2-3)。

早燕山期区域最大主压应力方向以NW-SE向为主,仅少数单元最大主压应力方向略有偏转,变为NWW或NNW向;区域最小主压应力方向以NE-SW向为主,少数单元最小主压

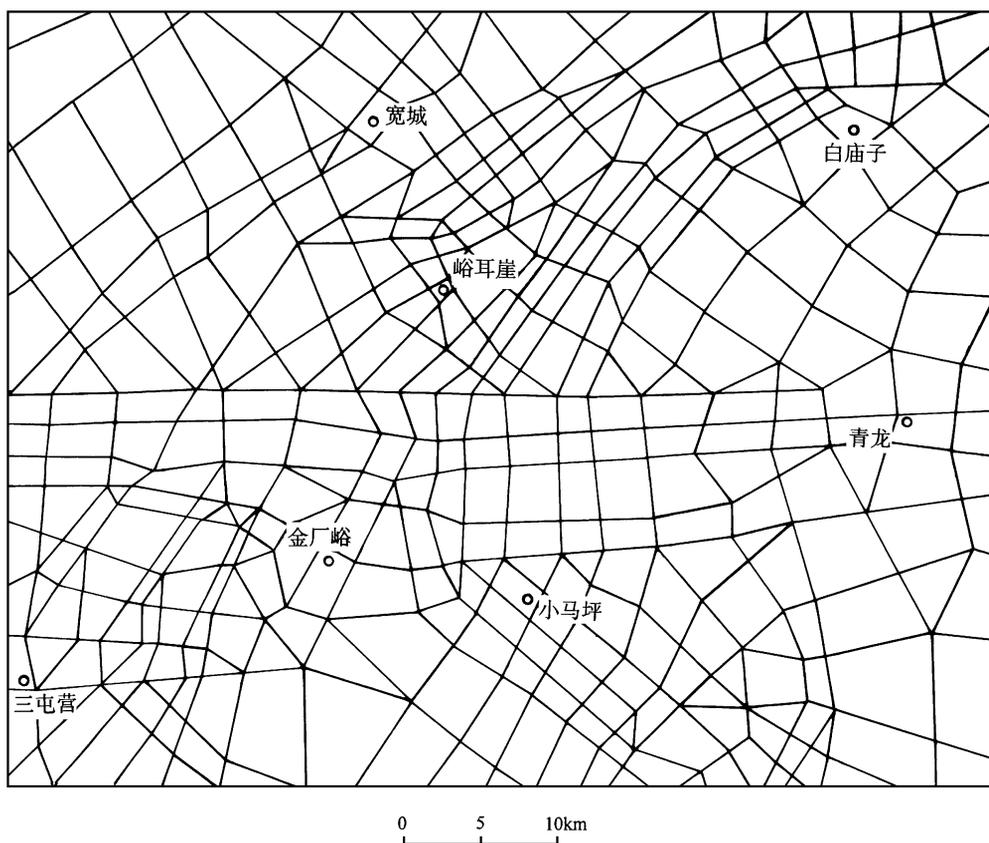


图 1 冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区有限元划分简图

Fig. 1 Division of limit units of Kuanchen-Qinglong-Jinchangyu gold deposit-concentrated region of the east Hebei Province

应力方向偏转为 NEE 或 NNE 向。大部分 NE 向压性-压扭性主干断裂走向近平行于区域最小主压应力方向，NW 向扭性-张扭性主干断裂走向近平行于区域最大主压应力方向

早燕山期区域构造应力值变化于 2.5-220 MPa。在都山岩体与五指山岩体及其邻区，构造应力值较小，一般为 2.5-60 MPa；而在远离这两个岩体的地区，构造应力值较大，一般为 60-220 MPa。区域构造应力梯度带走向以 NW 向与 NE 向为主，较大规模的 NW 向构造应力梯度带有华尖-小马坪梯度带，较大规模的 NE 向构造应力梯度带有山家湾子-白庙子梯度带与唐杖子梯度带等，这些应力梯度带均沿早燕山期区域主干断裂带发育。另外，沿早燕山期的 EW 向兴隆-青龙主干断裂，也断续分布有一些近 EW 向的构造应力梯度带。

### 3 区域构造应力场对金矿化的控制作用

宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期构造应力场对金矿化具有明显的控制作用，主要表现在区域主应力方向对金矿体走向的制约作用、构造应力值与金矿化的密切相关关系与应力梯度带对金矿床空间展布的控制作用等方面。

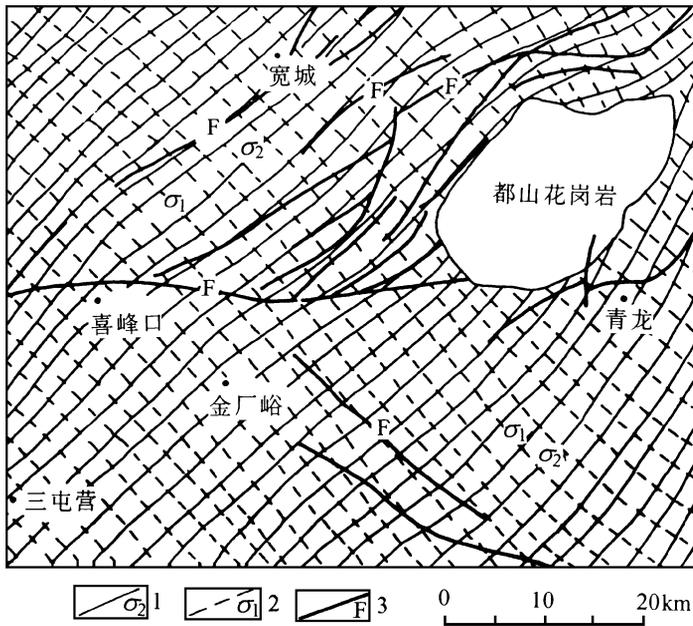


图 2 冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期平面主应力迹线图

Fig. 2 Distribution of the early Yanshanian principal stress trajectory line of the Kuancheng-Qinglong-Jinchangyu gold deposit-concentrated region of the east Hebei Province

1. 区域最小主压应力; 2. 区域最大主压应力; 3. 主干断裂构造带

早燕山期区域主应力方向控制断裂构造的展布(图 2),进而制约金矿体的产状。区内大部分矿体赋存于早燕山期 NE向主干或分支断层中,走向近平行于早燕山期区域最小主压应力方向,如金厂峪金矿、峪耳崖金矿、山家湾子金矿、唐杖子金矿、白庙子金矿、三家金矿、高家店金矿等矿床的大部分矿体与华尖金矿田牛心山矿区的部分金矿脉;部分矿体赋存于 NW向断裂及其分支断层中,走向近平行于早燕山期区域最大主压应力方向,如二拨子-小马坪金矿带的部分矿体;还有一些矿体赋存于近 EW向断裂及其分支断层中,走向近平行于早燕山期区域最大剪应力方向,如岔沟金矿、小马坪金矿与华尖金矿田的大部分矿体。

早燕山期构造应力值与金矿化存在明显的统计相关关系(图 4)。最有利于金矿化的区域构造应力值为 90-110MPa,如金厂峪金矿对应的构造应力值为 90MPa,华尖金矿对应的构造应力值为 90-94MPa,小马坪金矿对应的构造应力值为 85-95MPa,唐杖子金矿对应的构造应力值为 90-102MPa,峪耳崖金矿对应的构造应力值为 96-105MPa,岔沟金矿对应的构造应力值为 100-110MPa(图 3)。

早燕山期最大差应力(或构造应力)梯度带通过制约区域主干断裂构造-岩浆带的展布,进而控制区域金矿带及其中主要矿床的空间分布(图 3)。主要金矿带均分布于早燕山期区域构造应力梯度带内,如由华尖金矿、小马坪金矿、二拨子金矿等矿床构成的 NW向华尖-小马坪金矿带主要分布于对应的早燕山期 NW向构造应力梯度带内;由峪耳崖金矿、山家湾子金矿、白庙子金矿等矿床构成的山家湾子-白庙子金矿带主要分布于对应的早燕山期 NE向区域构造应力梯度带及其附近;金厂峪金矿、岔沟金矿与栗树湾金矿等矿床分布于早燕山期近 EW

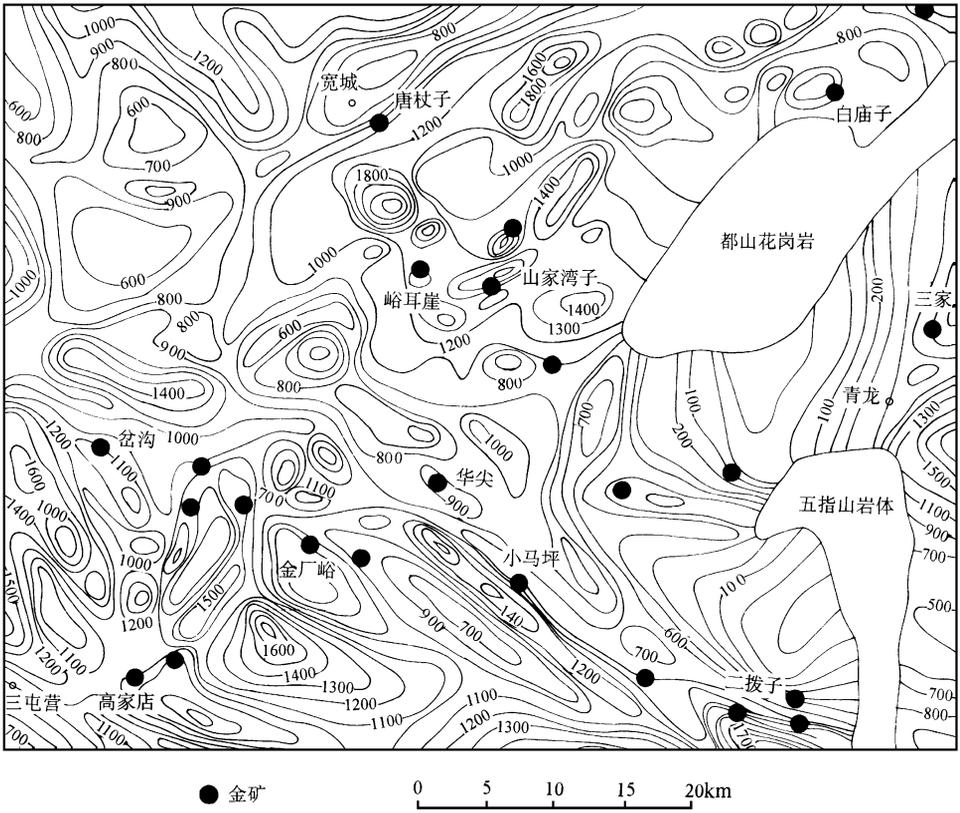


图 3 冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期构造应力 ( $\sigma_1-\sigma_2$ )等值线与金矿分布图  
 Fig. 3 Diagram of the early Yanshanian tectonic stress isoline and the gold deposit distribution of the Kuancheng-Qinglong-Jinchangyu gold deposit-concentrated region of the east Hebei Province

向区域性构造应力梯度带及其附近;华尖金矿与金厂峪金矿以及山家湾子金矿与峪耳崖金矿等许多金矿床都处于不同方向应力梯度带的交叉复合部位(图 3),这一点很可能是本区构造应力场控矿的主要特征,在进一步找矿方向上,其重要意义是不容忽视的。

#### 4 结论与讨论

通过以上分析,得出下列主要认识:

(1)冀东宽城-青龙-金厂峪金矿集中区早燕山期区域最大主压应力方向以 NW-SE向为主,最小主压应力方向以 NE-SW向为主;区域构造应力值变化于 2.5-220M Pa;早燕山期区域构造应力方向和应力梯度带空间展布均与同期区域主干断裂构造存在显著相关关系。

(2)宽城-青龙-金厂峪早燕山期区域构造应力场对金矿化具有明显的控制作用。区域主应力方向制约金矿体的走向;最有利于金矿化的区域构造应力值为 90-110M Pa;区域构造应力梯度带,特别是不同梯度带的交叉部位,控制了主要金矿成矿带与金矿床空间展布。

对区域构造应力场控制金矿成矿作用的机理,尚存在不同的认识,有待于进一步的研究工

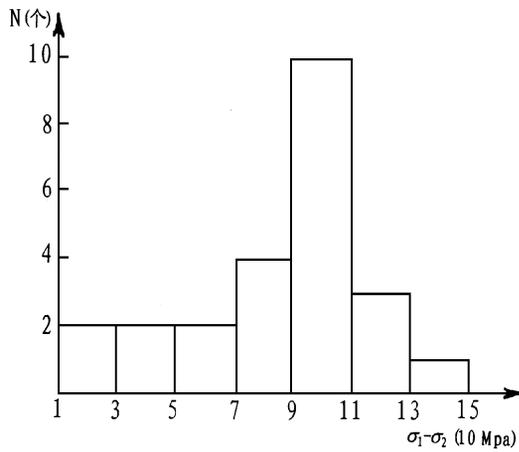


图 4 宽城-青龙-金厂峪金矿集中区构造应力值与金矿化关系统计分布图

Fig. 4 Diagram illustrating the relationship between tectonic stress and gold mineralization of Kuancheng-Qinglong-Jinchangyu gold deposit-concentrated region

$\sigma_1 - \sigma_2$  早燕山期构造应力; N 矿床数

作;另外,控制冀东金矿时空展布规律的因素很多<sup>[4-10]</sup>,区域构造应力场仅仅是其中控矿因素之一。

## 参 考 文 献

- 1 河北省地质矿产局编.河北省、北京市、天津市区域地质志.北京:地质出版社,1989
- 2 钱祥麟,崔文元,王时麒,等.冀东前寒武纪铁矿地质.石家庄:河北科学技术出版社,1985
- 3 崔盛芹,李锦蓉,赵越.论中国及邻区滨太平洋带的燕山运动.国际交流地质学论文集.北京:地质出版社,1984
- 4 于润林,李文平,谷守志.冀东主要金矿类型成矿条件及找矿方向.中国金矿主要类型区域成矿条件文集(冀东地区).北京:地质出版社,1989
- 5 余昌涛,贾斌.冀东主要金矿床的成因及形成机理研究.中国金矿主要类型区域成矿条件文集(冀东地区).北京:地质出版社,1989
- 6 宋友贵,周显强,张国铎,等.燕山西段金矿控矿构造模式与找矿方向.北京:地质出版社,1992
- 7 武警黄金地质研究所编.中国典型金矿床实例.北京:地质出版社,1985.246-256
- 8 吴珍汉,李锦蓉.燕山中段金矿成矿时期与矿质来源.贵金属地质,1989,(3-4)
- 9 吴珍汉.燕山地区金、银成矿时期与成矿演化.地质科技情报,1991,10(3)
- 10 吴珍汉,孟宪刚,杨玉东,等.燕山地区中元古界金多金属矿床类型及其时空分布规律.地质与勘探,1998,34(2)
- 11 陈子光.岩石力学性质与构造应力场.北京:地质出版社,1986
- 12 徐次达,华伯浩.固体力学有限单元理论方法及程序.北京:水利电力出版社,1983

# EARLY YANSHANIAN TECTONIC STRESS FIELD AND ITS CONTROL OF GOLD MINERALIZATION OF THE KUANCHENG-QINGLONG-JINCHANGYU GOLD DEPOSIT-CONCENTRATED REGION OF THE EAST HEBEI PROVINCE

Wu Zhenhan

(*Institute of Geomechanics, CAGS*)

Zhang Jingxue

(*Huajian Gold Deposit of Kuancheng County, Hebei Province*)

**Abstract** Strong crustal movement and tectono-magmatic activity of early Yanshanian period occurred in the Kuancheng-Qinglong-Jinchangyu gold deposit-concentrated region of east Hebei Province, and resulted in the formation of major regional compressional-shear faults and magmatic zones and more than 20 gold deposits. The early Yanshanian regional tectonic stress field played an important role in the formation and evolution of these faults and gold metallogenesis. On the basis of field investigation and palaeostress measurement, the early Yanshanian regional geodynamic condition, displacement directions and differential stresses of several locations of this gold-concentrated region were determined. Then the corresponding regional tectonic stress field of the early Yanshanian period was calculated by using the finite-element numerical modelling methods, and the relationship between regional tectonic stress field and gold mineralization was analysed. The following conclusions regarding the early Yanshanian regional tectonic stress field were obtained: (1) the maximum principal compressional stress is oriented in NW-SE direction while the minimum principal compressional stress in NE-SW direction for most units; (2) the regional differential stresses range from 2.5 to 220 MPa; (3) the direction, magnitude and gradient of regional tectonic stress evidently controlled the distribution of gold deposits and gold mineralization.

**Key words** tectonic stress field, gold mineralization, early Yanshanian period, east Hebei Province

## 第一作者简介

吴珍汉,男,1965年生,博士,研究员。1985年毕业于中国地质大学(武汉),主要从事区域构造、活动断裂与新构造、成矿作用及地球动力学研究工作。通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号地质力学研究所。邮政编码:100081