

河南省熊耳山地区晚侏罗世—白垩纪构造应力场变化 及其对岩浆、热液活动的影响

齐金忠

万天丰

(中国地质科学院地质研究所 ,北京 ,100037) (中国地质大学 ,北京 ,100083)

摘 要 通过对河南省熊耳山地区晚侏罗世—白垩纪构造应力场、同位素测年以及同期的岩浆、热液活动进行了研究 ,结果表明 ,在侏罗纪晚期(145~135 Ma) ,区内构造应力场最大压应力方向为 NW 向 ,同期形成了 NW 走向的五丈山岩体以及 NW 向展布三人场、黄水庵 2 个角砾岩带 ;在白垩纪早期(135~123 Ma) ,最大压应力为 NNW 向 ,同期花山斑状黑云母花岗岩体上侵 ,并伴有 NW 向的祁雨沟角砾岩带的形成 ;其后(123~105 Ma) ,构造应力场最大压应力方向变为 NE 向 ,同期形成了 NE 向含金石英脉及角砾岩体中金矿体 ;最后(105~90 Ma) ,区域构造应力场的最大主压应力方向变为 NEE 向 ,同期形成了雷门沟花岗斑岩以及 NEE 向展布的雷门沟角砾岩带(含钼矿床)。

关键词 构造应力场 晚侏罗世—白垩纪 岩浆与热液活动 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年代 河南

The Variation of Late Jurassic-Cretaceous Tectonic Stress Field in Xiong 'er Mountain Area and Its Influence upon Magmatic and Hydrothermal Activities

QI Jinzhong

(Institute of Geology ,CAGS ,Beijing ,100037)

WAN Tianfeng

(China University of Geosciences ,Beijing ,100083)

Abstract Researches on Late Jurassic-Cretaceous tectonic stress field as well as magmatic and hydrothermal activities in Xiong 'er Mountain show that :① in Late Jurassic(145~135 Ma) , when the maximum principal compressive stress(σ_1) was in NW direction , the Wuzhangshan granite intruded upward , accompanied by the formation of NW-trending Sanrenchang and Huangshuiian breccia pipe belts ;② in Early Cretaceous (135~123 Ma) , when the maximum principal compressive stress(σ_1) was NNW-trending , Huashan granite intruded upward , accompanied by the formation of NW- trending Qiyugou breccia pipe belts ;③ in 123~105 Ma , when the orientation of maximum principal compressive stress(σ_1) changed northeastward , the gold-bearing quartz veins and gold orebodies in breccia pipes were formed along the NE-trending fractures ;④ in Middle Cretaceous(105~90 Ma) , when the orientation of maximum principal compressive stress(σ_1) was NEE , the NEE-trending Leimengou granite porphyry intruded upward , accompanied by the formation of NEE-trending Leimengou breccia pipe belts.

Key words tectonic stress field Late Jurassic to Cretaceous period magmatic and hydrothermal activities ^{39}Ar - ^{40}Ar age Henan Province

熊耳山地区地处中朝板块南缘 ,在河南省区域地质志(河南省地质矿产局 ,1989)中将其归为华熊台缘拗陷中的崤山-鲁山拱褶断束。该区东以伊川-潭头断裂为界 ,西以洛宁-卢氏断裂为界 ,南以马超营断裂为界 ,整体呈 NE 向的楔形。该区长期以来因其特殊的大地构造位置、较复杂的构造岩浆活动以及分布有较多的金(钼、铜)矿床而备受地质学界的关注 ,相关的研究工作涉及矿床学(邵克忠 ,1992 ;

陈衍景等 ,1992 ;胡受奚 ,1998)构造地质学(贾承造 ,1988 ;任富根等 ,1996 ;王志光等 ,1997 ;丁士应等 ,1999)流体包裹体地球化学(谢奕汉等 ,1991 ;范宏瑞等 ,2000)等 ,取得了不少研究成果 ,而该区关于构造应力场方面的研究鲜有报道。此次研究基于在前人工作基础之上主要进行了构造地质学及 Ar-Ar 同位素年代学的研究 ,以便从构造应力场变化的角度阐明该区中生代构造、岩浆及热液活动的之间的

关系。

1 区域地质背景

研究区出露的地层主要为太古界太华群黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩及混合岩以及元古界熊耳群变质安山岩、安山玢岩,此外区内还出露有上第三纪砂砾岩、含砾粘土岩以及第四纪冲、坡积物。

研究区构造较为复杂,有花山穹隆、核桃沟盆地以及一系列断裂构造。其中花山穹隆位于区北,其核部被燕山期酸性杂岩体侵位。区域性大断裂位于研究区边界,有 NWW 向马超营断裂,NE 向洛宁-

卢氏断裂、伊川-潭头断裂。在研究区内主要为一系列次级断裂构造,如 NE 向陶村-马元断裂,NEE 向大公峪-枯桩杈断裂,而 NW 向断裂则常充填有脉岩。

区内晚侏罗世—白垩纪岩浆活动强烈,形成较多的岩体、岩株和岩脉,其中规模较大的岩体有五丈山斑状正长花岗岩体、花山斑状黑云母花岗岩体和雷门沟花岗斑岩体(图 1),3 期岩浆活动均伴有角砾岩体的出现,并形成了本区角砾岩型金、铜、钼矿床及石英脉型金矿床。

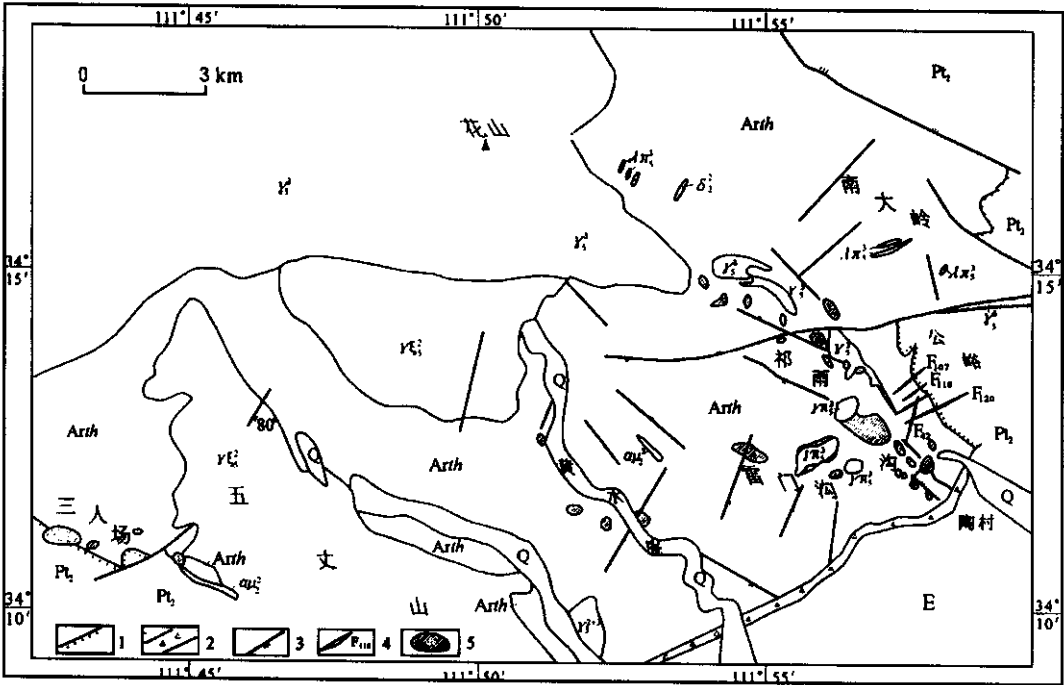


图 1 熊耳山东部地质简图

Fig. 1 Diagrammatic geological map of east Xong'ershan
Q-第四系 E-第三系 Pt₂-元古宇熊耳群 Arth-太古宇太华群 γ-花岗岩 η-二长岩 ξ-正长岩;
αμ-安山玢岩 1-不整合地质界线 2-破碎带 3-断层 4-含金石英脉及编号 5-角砾岩体

1.1 五丈山斑状正长花岗岩体(γξ₂²)

该岩体位于研究区西南,出露面积为 61 km²,总体呈 NW 向。其 K-Ar 年龄为 159~144 Ma(王志光等,1997)。在岩体西南三人场一带,伴有由 4 个角砾岩体构成的角砾岩带。在五丈山岩体北部分支黄水庵一带,也出现一个由 4 个角砾岩体组成的角砾岩带。这两个角砾岩带均产于五丈山岩体与太华群片麻岩、熊耳群火山岩接触带附近,而且,其排列方向均为 NWW 向,与岩体的长轴方向一致。角砾岩体以岩浆质胶结为主,胶结物成分与五丈山岩体一致。万方数据

1.2 花山斑状黑云母花岗岩(γ₃³)

该类花岗岩是本区规模最大的岩体(260 km²),与之相伴形成的角砾岩体有 18 个,构成 NW 向展布的王沟-祁雨沟角砾岩带。花岗岩体的 K-Ar、Rb-Sr 年龄分别为 127 Ma 和 125 Ma(王志光等,1997;邵克忠,1993)。在 NW 端接近花岗岩体的部位,角砾岩体多为岩浆物质胶结,而在 SE 端角砾岩体为石英、方解石等热液矿物胶结,并伴有 Au、Cu 矿化,形成了祁雨沟隐爆角砾岩型大型金矿床,此外在角砾岩带的两侧还形成了含金石英脉型金矿床(以北侧公峪一带为主)。

1.3 雷门沟花岗斑岩($\gamma\pi_3^3$)

出露于雷门沟一带,面积为 0.8 km²,K-Ar 年龄为 104~99 Ma(王志光等,1997),呈近 EW 向的纺锤状。在雷门沟-杨河沟一带,众多小的角砾岩体围绕花岗斑岩体呈“卫星”状分布,角砾岩体为岩浆矿物胶结,胶结物中可见长石碎斑等,总体成分与花岗斑岩一致。在花岗斑岩中赋存有网脉状钼矿化,而角砾岩体中的 Mo 含量也很高,形成了这一带 Mo 的高异常。

2 矿区构造应力分析

为查明区内构造应力场的方向,在不同位置对晚侏罗世—白垩纪岩浆岩体(脉)中的产状稳定的共轭剪切节理进行了测量,对部分形成于太华群片麻岩中同性质、同方向的共轭剪切节理也进行了测量,共选测节理点 20 个,测量节理近 2 000 条,对于每一组节理都在吴氏网上统计,通过统计,求出其优选产状。

根据节理内充填物的类型及相互穿切关系,确定了矿区晚侏罗世到白垩纪强度较大的构造应力场

有 3 期,同时,在野外根据节理面上的阶步、擦痕以及共轭剪切节理的相互错动,确定了压缩方向,即确定最大主压应力方向的大致方位,然后在室内通过主应力轴图解,求解 3 个主应力轴的产状(表 1)。

2.1 早期应力场

早期应力场区内燕山早期正长斑岩脉以及太华群片麻岩、熊耳群变质安山岩中均有出现,节理面平直但发育程度较差,少有充填物,常被后期剪切节理切割或利用。野外观察其压缩方向为近 EW 向,经统计作图确定其 σ_1 的方位为 NWW 向,近水平; σ_2 近垂直; σ_3 为近水平的 SN 向(表 1 中 1~5)。在上河一带 σ_1 方向偏向 NE,考虑到该地点处于花山岩体边缘,可能是受岩体的局部影响所致。

2.2 中期应力场

该应力场区内正长斑岩、斑状花岗岩以及太华群片麻岩、熊耳群变质安山岩中均有出现,节理细密平直,较为发育,在局部地段见有同期的 NS 向张性裂隙,并伴有长英质细脉充填,该期节理切割早期剪切节理,而后又常被晚期剪切节理切割或利用。野

表 1 研究区节理及构造应力场方向统计表

Table 1 Statistics of joint and relevant direction of tectonic stress

序号	位置及地质背景	期次	节理数/条	节理的优选产状 /°	$\sigma_1/^\circ$	$\sigma_2/^\circ$	$\sigma_3/^\circ$
1	上河,片麻岩	早期	110	309 $\angle$ 69、192 $\angle$ 84	68 $\angle$ 24	270 $\angle$ 64	161 $\angle$ 9
2	上河,正长斑岩	早期	77	284 $\angle$ 55、41 $\angle$ 78	72 $\angle$ 12	326 $\angle$ 52	169 $\angle$ 35
3	陶村,正长斑岩	早期	92	263 $\angle$ 86、344 $\angle$ 70	123 $\angle$ 25	342 $\angle$ 70	215 $\angle$ 13
4	大公峪,正长斑岩	早期	79	342 $\angle$ 79、70 $\angle$ 72	300 $\angle$ 5	41 $\angle$ 70	207 $\angle$ 19
5	门头沟,正长斑岩	早期	97	314 $\angle$ 75、238 $\angle$ 76	96 $\angle$ 20	280 $\angle$ 72	187 $\angle$ 1
6	祁雨沟,片麻岩	中期	103	224 $\angle$ 73、300 $\angle$ 64	175 $\angle$ 8	279 $\angle$ 62	80 $\angle$ 27
7	王沟口,片麻岩	中期	97	200 $\angle$ 83、303 $\angle$ 74	161 $\angle$ 26	270 $\angle$ 72	70 $\angle$ 18
8	孟沟,斑状花岗岩	中期	107	288 $\angle$ 84、200 $\angle$ 84	153 $\angle$ 0	242 $\angle$ 82	64 $\angle$ 8
9	祁雨沟,正长斑岩	中期	82	19 $\angle$ 74、287 $\angle$ 70	152 $\angle$ 15	326 $\angle$ 65	61 $\angle$ 3
10	边庄东,片麻岩	中期	113	40 $\angle$ 78、264 $\angle$ 55	161 $\angle$ 41	320 $\angle$ 39	62 $\angle$ 11
11	草栗沟,片麻岩	中期	85	31 $\angle$ 88、102 $\angle$ 76	338 $\angle$ 10	112 $\angle$ 76	246 $\angle$ 10
12	上河,斑状花岗岩	中期	77	284 $\angle$ 55、139 $\angle$ 70	1 $\angle$ 5	104 $\angle$ 67	269 $\angle$ 23
13	龙潭沟,正长斑岩	中期	80	10 $\angle$ 61、289 $\angle$ 53	176 $\angle$ 11	280 $\angle$ 52	80 $\angle$ 36
14	龙潭沟,正长斑岩	晚期	78	231 $\angle$ 63、116 $\angle$ 68	62 $\angle$ 38	237 $\angle$ 51	330 $\angle$ 3
15	公峪,石英脉产状	晚期	120	337 $\angle$ 63、280 $\angle$ 81	223 $\angle$ 19	353 $\angle$ 62	126 $\angle$ 20
16	杨沟,花岗斑岩脉	晚期	88	171 $\angle$ 84、271 $\angle$ 82	41 $\angle$ 10	227 $\angle$ 79	132 $\angle$ 2
17	边庄东,片麻岩	晚期	79	287 $\angle$ 77、353 $\angle$ 75	231 $\angle$ 3	327 $\angle$ 73	125 $\angle$ 17
18	公峪,斑状花岗岩	晚期	89	115 $\angle$ 86、155 $\angle$ 85	44 $\angle$ 3	158 $\angle$ 85	314 $\angle$ 5
19	陶村,正长斑岩	晚期	138	274 $\angle$ 66、329 $\angle$ 69	214 $\angle$ 22	1 $\angle$ 65	120 $\angle$ 13
20	龙潭沟,斑状花岗岩	晚期	79	98 $\angle$ 56、13 $\angle$ 86	232 $\angle$ 25	98 $\angle$ 56	331 $\angle$ 22

万方数据

外观察其压缩方向为近 NS 向,经统计作图确定其 σ_1 的方位为 NNW 向,倾角小于 15° ; σ_2 近垂直; σ_3 为 NEE 向,倾角一般小于 20° (表 1 中 6~13)。

2.3 晚期应力场

晚期应力场区内各种岩石中均有产出,但在花岗岩中发育最好,节理细密平直,透入性较好。在公峪一带较为完善,并且充填有含金石英脉,为金矿主成矿期发育的一组重要的剪切裂隙系统,该期节理切割早、中期剪切节理。野外观察其压缩方向为 NE 向,经统计作图确定其 σ_1 的方位为 NE 向,倾角一般小于 25° ; σ_2 近垂直; σ_3 为 NW 向,倾角一般小于 20° (表 1 中 14~20)。

上述 3 期应力场在区内发育情况不尽相同,其中,最大主压应力为 NS 向的中期构造应力场所造成的节理最为发育,其方向稳定,其次为晚期构造应力场,而早期构造应力场发育较弱,反映了 3 期构造活动强度有所不同。

除上述 3 期构造应力场在矿区表现得较明显外,在成矿后还有一些构造活动。如雷门沟一带的花岗斑岩体以及部分脉岩的形成时代为 104~90 Ma,表明该时期仍有构造岩浆活动。根据大区域的研究,中国东部中、晚白垩世构造应力场的最大主压应力方向为 NEE 向(万天丰,1994,2002),而雷门沟一带中、晚白垩世的花岗斑岩及周围的角砾岩体总体展布方向也是近 EW 向,二者较为吻合,花岗斑岩及角砾岩体可能是贯入与最大主压应力方向几乎平行的张性断裂而形成的。

3 构造应力场作用时间的界定

如前所述,矿区燕山期正长斑岩脉(K-Ar 年龄为 143.78 Ma;唐荣扬,1995)^①出现有早期剪切节理,而较晚的斑状花岗岩脉(Rb-Sr 年龄为 125.4 Ma;邵克忠等,1992)内未见该期节理。另外,在角砾岩体中常见正长斑岩角砾(正长斑岩脉破碎被胶结)角砾岩体胶结物石英的³⁹Ar-⁴⁰Ar 坪年龄为 130.31 ± 0.86 Ma(图 2-a、b)^②,这些都表明,早期构造应力场作用的时间应早于 130 Ma,其主要作用时期应为晚侏罗世—早白垩世最早期(145~135 Ma)。

晚期剪切裂隙中充填有石英脉,公峪金矿区含

金石英脉的³⁹Ar-⁴⁰Ar 坪年龄为 122.61 ± 0.61 Ma,等时线年龄为 122.87 ± 0.95 Ma(图 2-c、d),而产于角砾岩体内、且切穿角砾岩体的含金石英多金属硫化物脉的³⁹Ar-⁴⁰Ar 坪年龄为 109.20 ± 0.70 Ma,等时线年龄为 107.07 ± 1.20 Ma(图 2-e、f),所以,晚期构造应力场的作用时间应为 123~107 Ma,相当于早白垩世晚期。

中期构造应力场的作用时间(无测年数据)则应介于上述两期之间,为 135~123 Ma,相当于早白垩世早、中期。

4 构造应力场与区内岩浆、热液活动

将研究区中生代岩浆、热液活动与构造应力场进行时间演化对比,可以发现,每期构造应力场都和一定的岩浆、热液活动相对应。另外,构造应力场最大主压应力方向与岩浆岩体、角砾岩带以及石英脉的展布方向基本一致,说明该区岩浆侵入和热液活动大体上是沿着张性断裂而贯入的。

(1)晚侏罗世(145~135 Ma),该区最大主压应力方向总体为 NWW 向,此时 NWW、NW 向的构造断裂受 NE 向的相对拉张而裂开,造成岩浆及热液沿 NWW 或 NW 向构造断裂带贯入,形成了 NW、NWW 向展布的五丈山斑状正长花岗岩体以及三人场、黄水庵 2 个角砾岩带。

(2)白垩纪早期(135~123 Ma),该区构造应力场主压应力方向转为近 NNW 向,此时, NW 方向的构造仍处于张剪性状态,造成岩浆及热液沿 NW 向构造带贯入,形成了花山斑状花岗岩体以及 NW 向展布的祁雨沟含 Cu、Au 角砾岩带。

(3)早白垩世晚期(123~105 Ma),该区构造应力场最大主压应力方向变为 NE 向,导致矿区 NE 向的构造处于拉张状态,热液沿 NE 向构造裂隙贯入,从而形成了公峪一带 NE 向(包括 NNE 向及 NEE 向)含金石英脉群。

(4)白垩纪晚期(105~90 Ma),中国东部最大主压应力方向变为 NEE 向,NEE 向构造处于拉张状态,造成岩浆及热液沿 NEE 向构造带贯入,从而形成了总体呈 NEE 向展布的雷门沟含 Mo 花岗斑岩体以及雷门沟-杨河沟角砾岩带。

以上资料表明,区内岩浆热液活动明显受构造

①唐荣扬等,1992.河南熊耳山南坡祁雨沟地区及其外围金矿成矿地质条件及找矿靶区的研究(科研报告)。

②中国科学院地球物理研究所桑海清测试,2001。

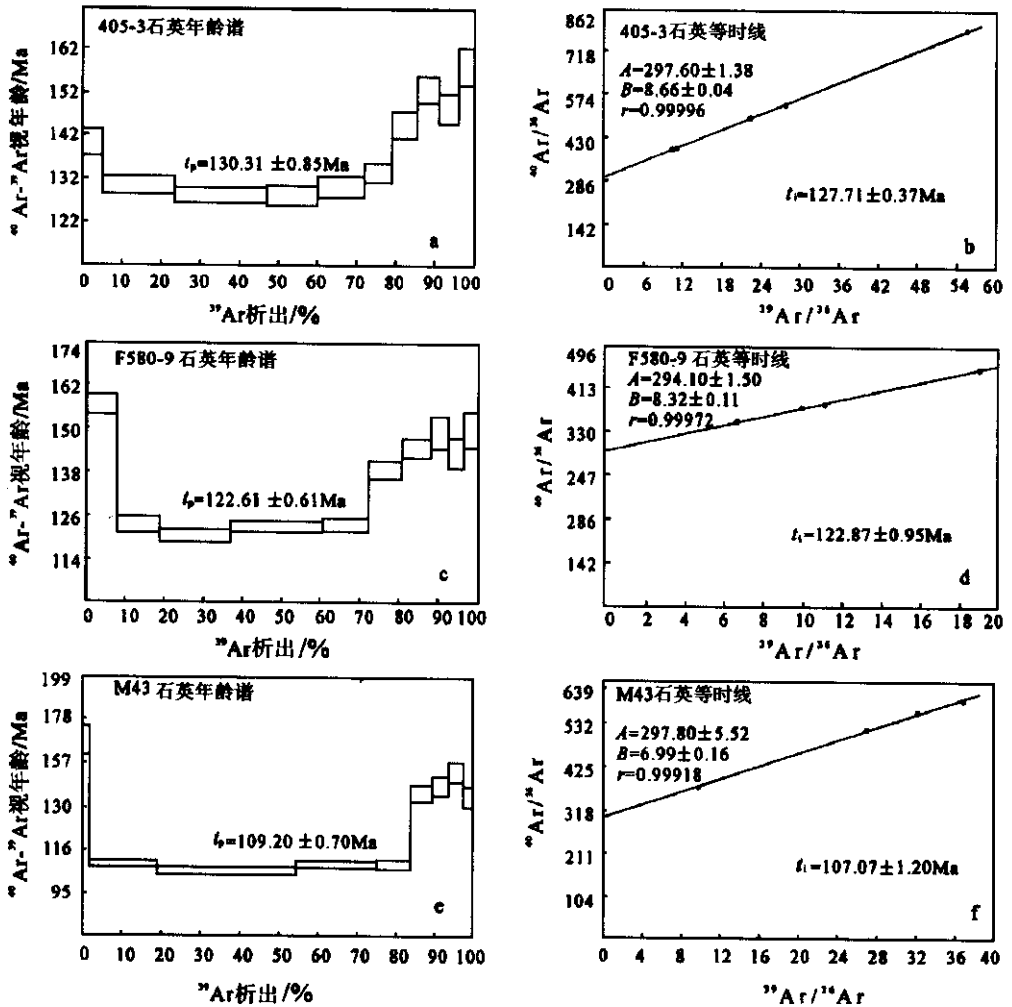


图2 祁雨沟矿区石英年龄谱及等时线

Fig. 2 ^{39}Ar - ^{40}Ar age spectra for quartz in Qiyugou area

a、b-405-3 角砾岩体石英胶结物 c、d-F580-9 公峪石英脉 e、f-M43 角砾岩体中多金属硫化物脉

应力场的制约。牛山地区的隐爆角砾岩体的研究资料表明^①, 前河金矿区隐爆角砾岩体蚀变钾长石的 ^{39}Ar - ^{40}Ar 坪年龄为 $142.2 \pm 0.8 \text{ Ma}$, 与研究区早期岩浆岩体、角砾岩体的形成时间相当。蒲池金矿隐爆角砾岩脉中钾长石的 ^{39}Ar - ^{40}Ar 坪年龄为 $127.9 \pm 1.6 \text{ Ma}$, 与该区祁雨沟角砾岩带的形成时代较为一致。前河金矿区隐爆角砾岩体的展布方向为 NW 向, 蒲池金矿隐爆角砾岩脉的展布方向以 NNW 向 (近 NS) 为主, 其后有 NE 向构造叠加, 这些构造特征与本区基本相同, 显示构造应力场对岩浆、热液活动的控制作用在豫西地区是相当一致的。

5 结论与探讨

(1) 在晚侏罗纪—白垩纪, 熊耳山地区构造应力

场最大主压应力 σ_1 方向从 NWW—NNW—NE—NEE 发生了 3 次顺时针方向的转变, 而 σ_1 方向的转变造成熊耳山地区晚侏罗纪—白垩纪不同期次的岩浆及热液沿不同方向的构造裂隙活动, 形成了本区不同期次、不同展布方向岩体、岩脉、角砾岩带以及石英脉, 该特征与美国 Kensington 和 Jualin 金矿相类似 (Lance, 1995)。

(2) 应力场的变化、构造活动以及岩浆热液活动与板块的运动有着密切的成因联系 (Elder, 1992), 在晚侏罗世, 中国东部普遍受到伊泽奈崎板块向 NW 方向较强的挤压 (Moore, 1989; 万天丰, 1994), 所以, 构造应力场最大主压应力方向为 NW 向; 在白垩纪, 冈底斯地块快速向北运移并与羌塘地块碰

① 李维明, 张芳等, 1997. 伏牛山地区金矿成矿条件及靶区优选 (科研报告).

撞、拼接,此时印度、澳大利亚板块也朝北偏东方向运移(万天丰,1994) ,这可能是造成白垩纪构造应力场最大主压应力方向由 NW 向转为 NE 向的重要因素。

(3)本文就部分已有的岩体、脉岩、石英脉的同位素年龄大致估算各期应力场的作用时间的阶段,而应力场转变的准确时间尚有待进一步精细地研究。

参 考 文 献

陈衍景,富士谷. 1992. 豫西金矿成矿规律. 北京: 地震出版社, 234.

丁士应, 任富根, 李双宝等. 1999. 豫西熊耳山地区金矿构造控矿系统及其找矿意义. 前寒武纪研究进展, 22(2): 26~31.

范宏瑞, 谢奕汉, 郑学正, 王英兰. 2000. 河南祁雨沟热液角砾岩型金矿床成矿流体研究. 岩石学报, 16(4): 559~563.

河南省地质矿产局. 1989. 河南省区域地质志. 北京: 地质出版社, 772.

胡受奚, 王鹤年, 王德滋等. 1998. 中国东部金矿地质学及地球化学. 北京: 科学出版社, 343.

贾承造. 1988. 东秦岭板块构造. 南京: 南京大学出版社, 130.

任富根, 李维明. 1996. 熊耳山-崤山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型. 北京: 地质出版社, 130.

邵克忠, 王宝德, 李胜荣等. 1992. 祁雨沟地区爆发角砾岩型金矿成矿地质条件及找矿方向研究. 河北地质学院学报, 15(2): 107~182.

万天丰. 1993. 中国东部中生代板内变形、构造应力场及其应用. 北京: 地质出版社, 103.

万天丰, 赵维明. 2002. 论中国大陆的板内变形机制. 地学前缘, 9(2): 451~463.

王志光, 崔毫, 徐孟罗等. 1997. 华北地块南缘地质构造演化与成矿. 北京: 冶金工业出版社, 310.

谢奕汉, 范宏瑞, 李若梅等. 1991. 河南祁雨沟爆破角砾岩型金矿床包裹体研究. 矿物学报, 11(4): 370~376.

Don Elder. 1992. Tectonic control and fluid evolution in the Quartz Hill, California, Lode gold deposits. Economic Geology, 87: 1795~1812.

Lance D Miller. 1995. Structural geology age and mechanisms of gold vein formation at the Kensington and Jualin deposits. Berners Bay district, Southeast Alaska, Economic Geology, 90: 343~368.

Moore G W. 1989. Mesozoic and Cenozoic paleogeographic development of Pacific region. Abstract, 28th International Geological Congress, Washington, D C USA, 2: 455~456.