

河南西峡金红石矿床成因^①

张银波

(化工部地质勘探公司河南地质勘探大队, 郑州, 450002)

提 要 河南西峡金红石矿床位于秦岭造山带东段南缘, 古生代陆缘断陷带内。矿体赋存于古生代信阳群龟山组第三段。含矿岩石为含金红石角闪质片岩, 其原岩类型为富钛的碱性玄武岩类, 具有板内陆壳碱性玄武岩的地球化学特征。海西—印支期, 本区发生区域变质和变形作用。变质作用高峰期后, 又经受了一次广泛的热液改造。所以, 该矿床应为热液改造的火山-沉积变质金红石矿床。

关键词 河南西峡 金红石矿床 海西—印支期 区域变质 热液改造

秦岭-大别造山带是我国重要的金红石成矿带, 矿床类型多, 成矿时期长, 分布范围广。西峡金红石矿床是近年来在该成矿带中发现的一个重要的角闪质片岩型金红石矿床, 矿床地质特征具有一定代表性。从 1986 年以来, 我队在此进行矿产勘查, 通过大量资料的收集、整理、分析、研究, 认为该矿床属变质热液改造的火山-沉积变质金红石矿床。

1 矿床地质特征

西峡金红石矿床位于秦岭造山带东段南缘, 华北板块与扬子板块主缝合带(西官庄-镇平-龟山断裂带)南侧, 扬子板块北缘古生代陆缘断陷带内^{[1][2]}。

矿体赋存于古生代信阳群龟山组第三段, 含矿层为大理岩和含金红石角闪质片岩互层, 分五个亚段:

一亚段(P_{zx}^3-1): 白色中厚层状、中至粗粒大理岩, 下部夹二云石英片岩透镜体、硅质条带和团块, 上部为浅黄色白云质大理岩。本亚段夹含金红石角闪质片岩, 含矿 1~10 层, 累计厚度 1.76~40.88m, 金红石物相钛(以下简称 $RTiO_2$) 平均含量 2.78%。亚段厚度 21.40~260m。

二亚段(P_{zx}^3-2): 杂色黑云透闪大理岩, 薄至中厚层状, 片理发育, 与含金红石角闪质片岩互层产出, 含矿 2~8 层, 累计厚度 4.06~20.43m, $RTiO_2$ 平均含量 1.96%。亚段厚度 19.04~180m。

三亚段(P_{zx}^3-3): 白色薄至中厚层状透闪石化白云质大理岩, 夹含金红石角闪质片岩, 含矿 1~7 层, 累计厚度 2.48~17.02m, $RTiO_2$ 平均含量 2.13%。亚段厚度 18.72~35.41m。

四亚段(P_{zx}^3-4): 白、土黄色薄至中厚层状大理岩, 局部为条带状白云石大理岩, 夹含金红

① 收稿日期 1994. 7 改回日期 1994. 10

石角闪质片岩,含矿 4~22 层,累计厚度 4.77~32.04m,RTiO₂ 平均含量 1.54%。亚段厚度 30.68~300m。

五亚段(Pzx₁³⁻⁵):浅黄色中至厚层状透闪石化白云质大理岩,夹含金红石角闪质片岩,含矿 0~1 层。累计厚度 0~2.18m,RTiO₂ 平均含量 2.10%。亚段厚度 57.34~100m。

矿区北临板块主缝合带,南靠下元古界陡岭群组成的陡岭地体,地层为单斜构造,走向近东西,倾向北,倾角 40°~70°,局部发育强烈小型褶曲。

断裂构造发育,多为走向断层。近东西向的深大断裂控制着信阳群的南北边界。含矿层中,伴随着强烈褶皱常发育缓倾斜或近于顺层的小型断裂构造,影响着矿体的形态和规模。

区内岩浆岩主要为晋宁期的石英闪长岩和花岗闪长岩,其他为加里东期的闪长岩和海西期的斜长花岗岩。各期岩浆岩主要侵入于矿区南部陡岭群内,对金红石矿无影响。

矿体呈层状、似层状、透镜状,有分支和合并现象,与大理岩互层产出。矿体最长大于 1000m,最短数米,最厚 13.37m,最薄数十厘米。矿体厚度平均值 1.65m,变化系数 99.37%。矿体主要分布于含矿层一、二、三亚段,四亚段中矿体规模小,变化大。

矿石类型主要有金红石黑云斜长角闪片岩型、金红石黑云角闪片岩型、金红石角闪黑云片岩型、金红石斜长角闪片岩型和金红石角闪片岩型。矿石中脉石矿物主要为角闪石、黑云母和斜长石,钛矿物主要为金红石,其次为榍石、钛铁矿和钛赤铁矿。矿石中钛有二种赋存状态:一是以矿物基本组成元素存在于独立的钛矿物金红石、榍石、钛铁矿中;二是以类质同象混入物存在于角闪石、黑云母和方解石中。

含矿岩石中 TiO₂ 含量表现为近似对称的正态分布,平均值 3.7622%,标准差 1.0459%,变化系数 27.80%。RTiO₂ 的统计总体中包含三个成因总体^[3],其参数特征见表 1。

I 成因总体为副角闪质片岩中沉积成因的 TiO₂ 在区域变质作用中形成的金红石 RTiO₂。

II₁ 成因总体为正角闪质片岩中火山成因的 TiO₂ 在区域变质作用高峰期形成的金红石 RTiO₂。与此有关的金红石颗粒较细,分布均匀,有部分以显微包裹体和固溶体形式存在于角闪石和黑云母中。

表 1 含矿岩石中金红石物相钛(RTiO₂)的分布特征及有关参数

Table 1 Parameter and distribution of rutile (RTiO₂) in payrock

含矿岩石	代号	样品数(个)	平均值(%)	标准差(%)	变化系数(%)	占样品总数的百分比(%)	分布类型
副角闪质片岩	I	771	0.9199	0.8666	94.21	10.86	指数分布
正角闪质片岩	II ₁	5090	1.7971	1.0369	57.70	71.71	泊松分布
	II ₂	1237	3.2136	0.6318	19.66	17.43	正态分布
合 计		7098				100.00	

注:II₁ 为变质作用高峰期形成的金红石 II₂ 为热液改造阶段形成的金红石

II₂ 成因总体为火山成因的 TiO₂ 在区域变质作用高峰期后,变质热液形成的金红石 RTiO₂。与此有关的金红石粒度稍大,晶形较好,色泽鲜艳,有时可见磷灰石和黄铁矿微粒包裹体。

2 含矿岩石的原岩建造及其形成环境

研究含矿岩石的原岩建造及其形成环境,目的在于了解矿质来源问题。本区含矿岩石是含金红石角闪质片岩,其原岩主要为海底喷发的富钛碱性玄武岩类^[4]。

表 2 含矿岩石的化学成分 (wt%)

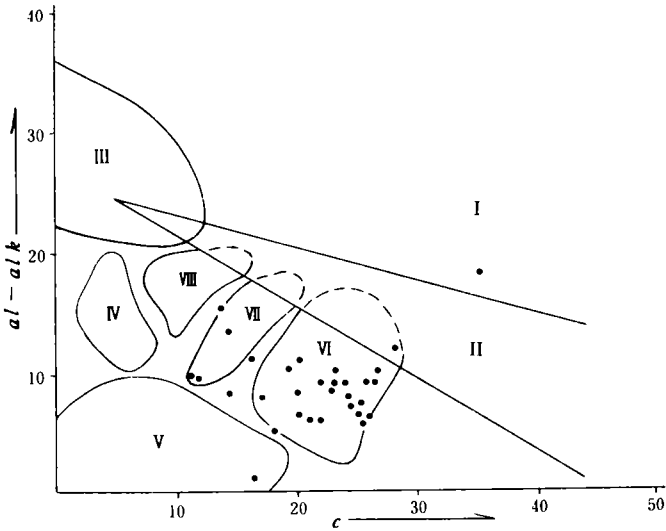
Table 2 Chemical composition of ore-bearing rocks (wt%)

岩石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	CO ₂	其他	合计
含矿岩石	42.58	11.26	8.32	3.80	0.15	10.66	8.84	2.19	0.94	4.61	0.64	3.58	2.39	99.96
中国基性岩平均值	48.25	14.90	4.17	7.61	0.21	6.93	8.27	3.30	1.70	2.08	0.56	0.53		98.51

注:含矿岩石的化学成分为 31 个样品分析数据平均值 样品分析由本队化验室承担

2.1 含矿岩石的原岩类型及岩石化学特征

含矿岩石化学成分见表 2。同中国基性岩平均化学成分(黎彤等,1963)相比较,硅铝及碱质低,镁铁高,其他组分基本一致。在(al-alk)-C 图解中(图 1),含矿岩石大部分落在细碧岩-玄武岩区内,少数落在二长安山质凝灰岩区及其周围,个别落在角斑岩和钙质泥灰岩区。原岩为基性火山岩的含矿岩石 Na₂O>K₂O,Na₂O+K₂O=3.20%,K₂O/Na₂O=0.42,皮科克指数为 47.5。在(Na₂O+K₂O)-SiO₂ 图解(图 2)中,含矿岩石落入强碱区和碱质区内。所以,其原岩应属碱性玄武岩类。



I. 钙质泥灰岩 II. 白云质泥灰岩 III. 粘土岩 IV. 中酸性凝灰岩 V. 角斑岩 VI. 细碧岩-玄武岩 VII. 二长安山质凝灰岩 VIII. 英安质凝灰岩

图 1 (al-alk)-C 图解(据长春地质学院,1975)

Fig. 1 (al-alk)-C diagram

原岩为沉积岩的含矿岩石,硅碱质低(SiO₂ 36.27%,K₂O+Na₂O=0.99%),富钙(CaO 12.98%),二氧化碳含量高(CO₂ 14.36%),在图 1 中落入钙质泥灰岩区。

2.2 含矿岩石的地球化学特征

含矿岩石元素含量见表 3。和一般基性岩 (A. П. 维诺格罗多夫, 1962) 比较, 硅铝低, 铁镁高, 钛锆和轻稀土元素富集, 其他元素基本一致。含矿岩石地球化学型式 (图 3) 表现出不相容元素富集, 其富集程度由 Sr 到 Ba 逐渐增强, 由 Ba 到 Ti 逐渐减弱, 分布曲线呈“双隆起”式, 同亚速尔碱性玄武岩的地球化学型式相似, 属板内碱性玄武岩的地球化学型式。

含矿岩石的过渡金属元素 Sc、Ti、V、Mn、Fe 不同程度的富集, Cr、Co、Ni 亏损, 分配型式表现为陡倾斜的倒“W”型 (图 4), 与桐柏-大别地区信阳群变质基性火山岩和西峡地区早古生代二郎坪群变质基性火山岩的过渡金属元素分配型式基本一致 (徐贵忠等^[5], 1988; 王艺芬等^[6], 1991), 反映了含矿岩石的原岩形成于动荡不定的环境之中, 具有区域地球化学继承性的特征。含矿岩石的三种岩石过渡金属元素分布曲线紧密靠拢, 尤如一条曲线, 说明三者为同源产物。

含矿岩石中 REE 绝对丰度高, $\Sigma\text{REE} = 592.23\text{ppm}$, 是地壳丰度 149.68ppm (Taylor, 1964) 的近 4 倍, LREE 富集, HREE 亏损, $\text{LREE}/\text{HREE} = 17$, $(\text{Ce}/\text{Yb})_{\text{cn}} = 19.31 \sim 28.09$, $\delta\text{Eu} 0.85$, $\text{Eu}/\text{Sm} = 0.26$, 负 Eu 异常。REE 的分配型式与陆壳碱性玄武岩 (P. 亨德森^[7], 1989)

相似 (图 5)。反映了形成本区含矿岩石原岩的岩浆演化不明显, 岩浆在上升和喷发过程中未受明显的同化和混染作用, 主要是沿断裂快速上升喷发。

表 3 含矿岩石元素含量 (ppm)

Table 3 Element content in ore-bearing rocks (PPm)

元素	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Mn	Ti	V	Cr	Ni	Co
含量	199062	59588	87723	64290	63171	16248	7803	1352	27632	200	212	92	37
元素	Sr	Ba	Zr	Cu	Pb	Zn	Sn	Mo	Li	Be	B	Ga	Nb
含量	413	407	337	116	14	69	5.2	1.6	76	16	10	16	47
元素	Sc	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Yb
含量	30	28.35	117	250	23	118	19.2	4.92	15.35	8.17	1.57	3.5	2.83

注: 表中常量元素含量由本文表 2 中氧化物含量换算, 稀土元素含量为二个样品定量分析结果的平均值, 其他微量元素含量是 67 个样品光谱半定量分析结果的平均值。

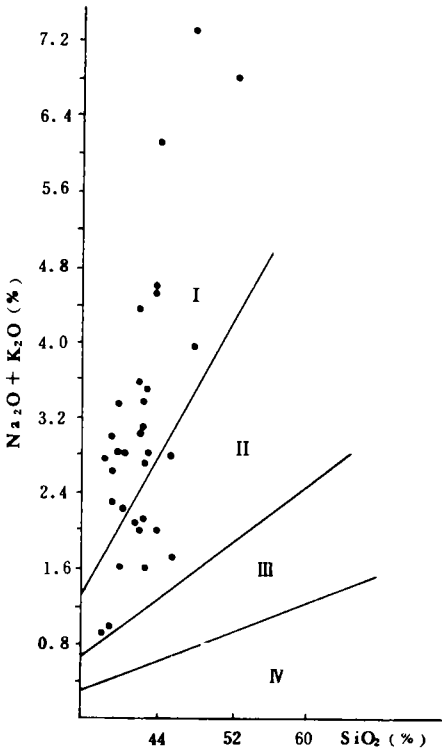


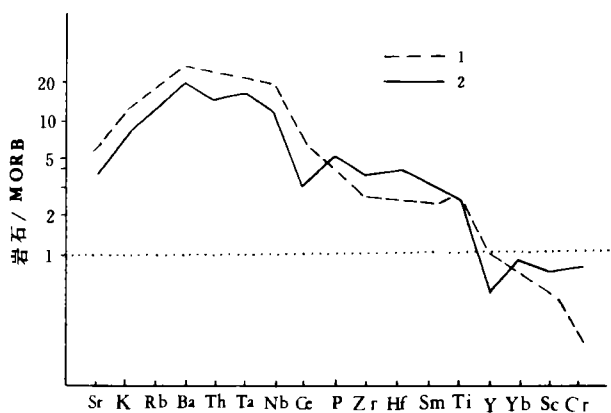
图 2 (Na₂O+K₂O)-SiO₂ 图解

Fig. 2 (Na₂O+K₂O)-SiO₂ diagram

2.3 含矿岩石原岩的形成环境

本区信阳群龟山组为一套碳酸盐岩-泥砂质岩-碳酸盐岩夹基性火山岩的类复理石建造,厚度大于4000m,缺少完整的宏体生物化石,但见经过搬运不远,快速堆积的生物碎屑堆积层。反映当时本区处于海水深度大,海底坡度陡,动荡不定的沉积环境。区内含矿层底部泥砂质变质岩具有被动大陆边缘泥砂质岩石的特征,与陕西泥盆系板岩和刘岭群泥砂质岩石的沉积-构造环境是一致的^[8](图6)。

本区含矿岩石具有板内陆壳碱性玄武岩的地球化学特征。岩石化学方面,在 τ - σ 图解(图7)中, SiO_2 含量大于43%的含矿岩石样品落



1. 亚碱玄武岩 2. 含金红石角闪片岩

图3 含金红石角闪片岩地球化学型式

Fig. 3 Geochemical type of rutile hornblende schist

入板内构造区火成岩及其派生的碱性岩范围内。

据张国伟等人(1988)的研究,晚太古宙时,华北地块和扬子地块为统一的克拉通地块。早元古宙时,统一的克拉通地块发生分裂,形成以初始裂谷形式存在的古秦岭构造带。加里东期,因扩张分裂而形成的古秦岭海域洋壳已开始向北俯冲,北秦岭转入活动大陆边缘,相应南秦岭也发生非造山性质的,以拉张断裂为主的地壳升降运动,使大陆边缘形成地垒和地堑隆凹相间的陆缘构造。晚古生代时,本区因受继承性的近东西向断裂的分割,形成了线状展布的陆缘断陷深海槽,接受了数千米厚的一套类复理石建造的沉积物。同时,地壳深部(或上地幔)的碱性玄武岩浆,沿近东西向深断裂快速上升,频繁地喷发,在龟山组上部形成了数量很多的基性火山岩夹层。成矿元素钛就是这样随着矿质载体——含金红石角闪片岩的原岩岩浆,从地壳深部来到龟山组所处的构造-地质环境之中,为下步的变质成矿作用提供了丰富的矿质来源。

3 变质成矿作用

3.1 变质时代

研究变质成矿作用的年代,首先要确定含矿层的地层时代。西峡地区信阳群的时代是一个长期争论的问题。1959年秦岭地质队将其称为刘岭群,划归早元古代。1961年北京地质学院豫南区测队将其划为荡泽河组和赤眉组,前者归属太古代,后者归入早元古代。1975年河南省区测队进行1:50000区域地质调查时,将其下部称为周进沟组,归入陡岭群,属早元古代。上部分为三个组,称刘岭群,归中、晚泥盆世。1978年河南省区调队进行1:200000区域地质调查

时,将刘岭群与信阳群对比,并统称信阳群,归中元古代。1982年河南省区调队编制1:500000河南省地质图和1990年编写《河南省区域地质志》,沿用此划分意见。近年来,随着该地区地质研究程度的不断提高,不少地质工作者在自己的文章中将其作为古生代地层对待。

3.1.1 古生物化石 我队商庆芳等人在矿区龟山组第三段黑云透闪大理岩中发现生物碎屑堆积,其中有清晰可辨的海百合茎碎片,海绵骨针和粗枝藻化石^[9]。陕西省山阳县东北部牛耳川组也发现泥盆纪生物遗迹化石和双壳类实体化石^[10]。陕西境内牛耳川组与本区含矿层为同一层位。

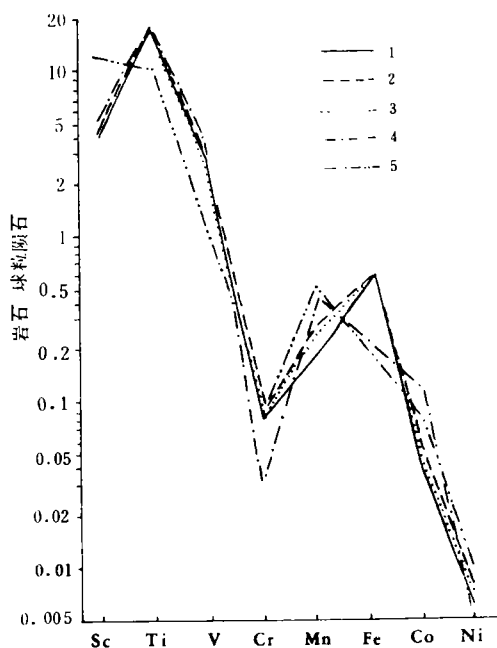
3.1.2 同位素年龄值 杨志坚等人(1982)统计桐柏-大别山北侧26个K-Ar年龄数据,其中23个属晚古生代^[11]。1975年河南省区调队在该区进行1:50000区调时,在相当于信阳群地层中采集5个同位素年龄样,数据变化很大,从海西期到燕山早期都有(表4)。

3.1.3 与邻区地层关系 本区信阳群向东隔南阳盆地与桐柏-大别山北侧信阳群遥遥相对。桐柏-大别山北侧信阳群中含有晚古生代的分子(刺瘤三缝孢、棘刺三缝孢等)^[12]。南湾组中、上部浅变质的砂板岩中发现具有时代意义和指相特征的微体化石,其中以陆生植物孢子为主,还有较多的虫颚、疑源类和少数几丁虫化石。南湾组孢子组合的时代属泥盆纪^[3]。桐柏-大别山北侧信阳群在岩性方面可以与本区信阳群对比。

本区信阳群向西与陕西境内泥盆纪地层(刘岭群)相接。南湾组与陕西境内中泥盆统青石砭组(D_2q)和池沟组(D_2c),即被称为刘岭群的一套浅变质岩系相连。岩性方面可以对比,仅变质程度有所差异。陕西境内泥盆系为绿片岩相或低绿片岩相,出现较多的千枚岩和砂质板岩;南湾组为角闪岩相,出现蓝晶石变质带和铁铝榴石变质带。龟山组与陕西境内中、上泥盆统牛耳川组(D_3n)和九里坪组(D_3j)相连,岩性相似,西部变质程度略低。本区金红石含矿层进入陕西后仍能形成具有工业价值的金红石矿床。

综上所述,本区含矿层的时代应为中、晚泥盆世,变质时期应为海西—印支期。

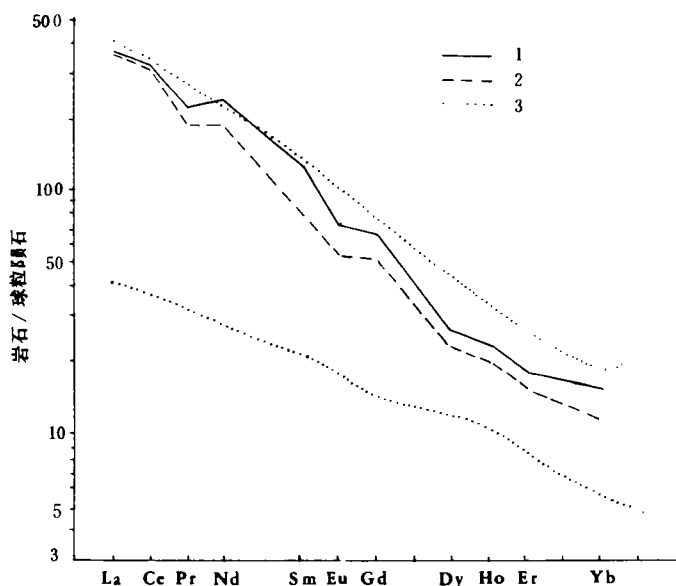
3.2 变质相带



1. 金红石黑云斜长角闪片岩 2. 金红石角闪黑云片岩 3. 金红石黑云斜长片岩 4. 桐柏-大别地区信阳群变质基性火山岩 5. 西峡地区二郎坪群变质基性火山岩

图4 含金红石角闪质片岩过渡金属元素分配型式

Fig. 4 Transition metal distribution patterns of rutile hornblende schist



1. 金红石黑云斜长角闪片岩 1 号样 2. 金红石黑云斜长角闪片岩 2 号样 3. 陆壳碱性玄武岩 REE 含量范围

图 5 金红石黑云斜长角闪片岩稀土元素分配型式

Fig. 5 Distribution pattern of REE in rutile hornblende schist

牌号 An 0~10, 为钠长石, $Ca/(Ca+Na+K)$ 值小于 0.1, 普通角闪石根据两个电子探针分析结果计算, $Ca/(Ca+Na+K)$ 值为 0.7~0.8, 根据别尔丘克(1967)提出的共生角闪石-斜长石矿物对 Ca 的分配与温度关系图^[14], 估计其生成温度为 400℃。

上述表明, 本区的变质环境应为低温中压相系。

3.3 变质演化

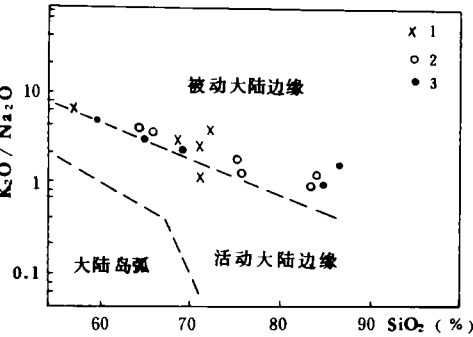
海西期, 随着古秦岭海域洋壳俯冲的加剧, 本区信阳群发生了区域变质和变形作用。由于变质环境属低温中压相系, 含矿层中变质基性火山岩出现普通角闪石、黑云母、钠长石、绿帘石为主的矿物组合, 大理岩中出现方解石、白云石、黑云母、透闪石为主的矿物组合。在变质作用中, 随着变质矿物的生成, 钛离子发生就近的重新组合, 形成了金红石及其他钛矿物。但因变质程度低, 金红石颗粒细小, 粒度均匀, 部分仍呈固溶体的显微包裹体留在角闪石和黑云母中。

伴随海西期的变质作用, 变形作用主要以平缓开阔直立褶皱为主, 地层倾角一般大于 45°, 有些地方出现宽缓的扇形褶皱和扇形劈理。

印支期, 由于发生了中国南北两大陆块的最后一次碰撞, 本区又紧临主缝合带, 区内变形作用上升为重要地位。此期变形作用多以脆-韧过渡型的变形为特征, 构造紧闭而强烈, 显示地壳较高层次变形。在剪切变形带中角闪质片岩发生强烈柔皱, 有时受挤压而贯入脆性大理岩

本区信阳群的变质程度在不同地区和部位有着明显的差异。矿区北部靠近板块主缝合带的南湾组为角闪岩相, 自北向南递次为蓝晶石变质带和铁铝榴石变质带。矿区中部龟山组第三段(含矿层)为绿帘角闪岩相的铁铝榴石变质带。矿区南部龟山组一、二段为绿片岩相的绢云母-黑云母变质带。十分明显, 随着远离板块主缝合带, 信阳群的变质程度渐次降低。变质带的矿物组合见表 5。

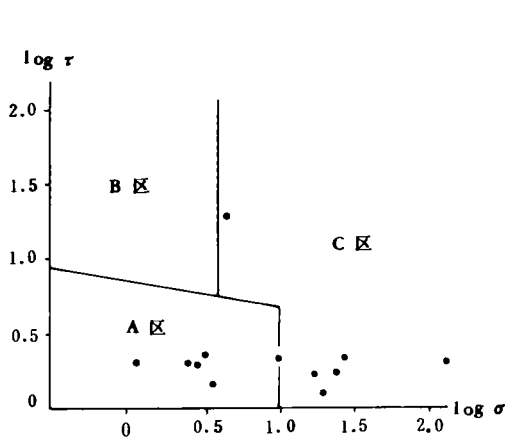
根据矿物组合特征和角闪石中 Na、K、Ti 离子的分配关系, 含矿层应属绿帘角闪岩相(图 8)。根据角闪石中铝离子占位情况, 估计变质压力为 0.4~0.53 GPa (图 9)。含矿岩石中斜长石



1. 陕西泥盆系板岩;2. 刘岭群砂页岩;3. 含矿层砂(泥)质变质岩

图 6 砂(泥)岩的 K_2O/Na_2O 和 SiO_2 与构造环境的关系(据 Roser, 1986)

Fig. 6 Relationship between K_2O/Na_2O SiO_2 and tectonic environment for sandstones



A 区·板内构造区火成岩 B 区·造山带火成岩 C 区·A、B 区派生碱性岩

图 7 τ - σ 图解(据 A. Rittmann 1973)

Fig. 7 τ - σ diagram

中。大理岩局部糜棱岩化,同时也常呈构造透镜体存在于角闪质片岩中。黑云透闪大理岩片理化强烈,有时已接近碎裂岩程度。大概是由于软硬岩层互层的缘故,含矿层中难以找出韧性剪切变形的主界面。

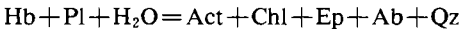
表 4 西峡地区信阳群同位素分析数据

Table 4 Isotopic data for the XinYang Group in Xixia County

样 号	测定矿物	测定方法	采样地点	岩石名称	层位	同位素年龄值 (亿年)	备 注
I ₂ -204/1	黑云母	K-Ar	西坪河爬岗	黑云石英片岩	十八盘组	2.59 或 2.55	相当南湾组
I ₂ -6/1	白云母	K-Ar	西坪沙沟	石榴蓝晶二云片岩	沙沟组	2.56	南湾组
I ₂ -3522/1	白云母	K-Ar	丁河	白云石英片岩	周进沟组	1.89 或 1.78	龟山组
I ₂ -4324/1	角闪石	Rb-Sr	西坪铁桶沟	钠长角闪片岩	周进沟组	1.36	龟山组
I ₂ -68/1	角闪石	Rb-Sr	西坪西官庄	更长角闪片岩	西官庄组	1.60	龟山组

注:据河南省地矿厅区调队·河南省西峡、淅川、内乡一带 1:50000 区域地质调查报告,1976 年

印支期与剪切变形关系密切的退变质作用明显。退变质作用的矿物组合复杂多变。早期角闪石被晚期沿剪切拉伸线理方向生长的阳起石切割交叉,前者有的已被绿泥石、阳起石取代或部分取代。早期斜长石多为钠长石。变质基性火山岩的退变质过程:



黑云母常发生绿泥石化和金红石化,退变质反应为:

Bit+H₂O=Chl+Ru+Qz

早期普通角闪石亦有方解石化和绿泥石化的,沿剪切变形带发育的阳起石切割早期变质矿物,形成 Chl+Act+Ab+Qz 矿物组合。

表 5 信阳群变质矿物生长序列及共生组合

Table 5 The growth sequence and association of metamorphic minerals in Xinyang Group

岩石	变质相		绿片岩相		角闪岩相	
	变质带					
	矿物		绢云母—黑云母带	铁铝榴石带	蓝晶石带	
云母片岩 云母石英片岩 黑云变粒岩 钙质云母片岩	绢云母					
	绿泥石					
	钠长石					
	绿帘石					
	石英					
	方解石					
	白云石					
	黑云母					
	更长石					
	铁铝榴石					
	蓝晶石					
角闪质片岩 角闪岩 角闪变粒岩	钠长石					
	绿帘石					
	石英					
	黑云母					
	普通角闪石					
	铁铝榴石					
	更长石					
	透辉石					
大理岩	透闪石					
	方解石					
	白云石					
	石英					
	黑云母					

角闪石和黑云母发生退变质作用生成新的退变质矿物过程中,其内部金红石包裹体和固溶体会发生重结晶,并转移到造岩矿物粒间或片理中,部分 TiO₂ 被变质热液带出变质基性火山岩,进入沉积变质岩中。

燕山期表现为地壳抬升、伸展和脆性剪切破裂,形成高角度正、逆断层。在矿区外还有花岗岩体侵位,所以产生局部热变质作用。矿区内出现的铜多金属矿化,及不定向的与先期面理垂直或大角度斜交的大鳞片黑云母脉与此有关。表 4 中出现的燕山期角闪石就是这种局部热事件造成的局部进变质作用的产物。燕山期的脆性改造和局部进变质作用对本区金红石矿无明显

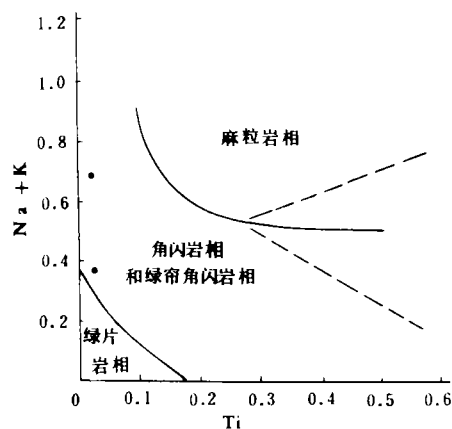


图8 角闪石中 $(\text{Na} + \text{K})$ -Ti 的离子数变异图 (据

Закруткин, 1968)

Fig. 8 The $(\text{Na} + \text{K})$ -Ti covariation diagram of amphibole

显影响。

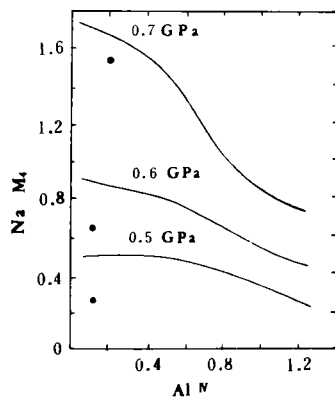


图9 角闪石中 NaM_4 - Al^{IV} 变异图 (据 Brown, 1977. 简化)

Fig. 9 NaM_4 - Al^{IV} variations in amphiboles

4 热液改造作用

4.1 热液来源、性质及活动方式

区域变质作用高峰期后,本区又经历了一次广泛的热液蚀变。从蚀变产物及蚀变特征看,蚀变热液应为变质热液,其来源主要是含矿岩系内粒间溶液。该热液为碳酸盐浓度较高的弱碱性溶液。其活动方式,一是对岩石中主要造岩矿物进行改造,形成蚀变岩;二是沿构造脆弱部位、剪切带及片理活动,形成团块状、透镜状和脉状蚀变岩。

4.2 热液蚀变类型

4.2.1 阳起石-透闪石化 在角闪质片岩中,阳起石取代角闪石,形成金红石阳起石片岩。在大理岩中,阳起石或透闪石取代方解石和白云石,形成透闪石(阳起石)化大理岩。此外,还常见充填于构造裂隙和片理中的含金红石的阳起石脉。

4.2.2 黑云母化 在角闪质片岩中,形成层状、似层状、透镜状鳞片较大的黑云母片岩,也常见细脉状黑云母分布于各种变质岩中,有单矿脉,也有黑云母、透闪石、方解石、石英和金红石组成的复矿脉,脉中金红石含量最高可达7%。

4.2.3 绿泥石化 主要发育在变质基性火山岩中,角闪石、黑云母、斜长石等矿物蚀变为绿泥石,形成具有一定规模的含金红石绿泥石片岩。也常见各种绿泥石细脉,其中金红石颗粒较大,晶体完好。

4.2.4 **方解石化** 方解石多呈团块状、扁豆状、网脉状分布于各种变质岩中。在角闪质片岩中,角闪石被方解石微晶集合体取代,金红石分布于微晶集合体之间,角闪石仍然保留其假像。在角闪质片岩与大理岩接触处,含铁方解石脉和阳起石脉相间排列,脉壁多不平整。方解石细脉和团块中分布着细粒浸染状金红石。

4.2.5 **黄铁矿化** 区内变质岩中,黄铁矿分布普遍,多以浸染状分布,也有团块状和脉状。形成黄铁矿的硫多来自火山射气、火山喷流,先进入海水,后转入热液,形成广泛且较均匀的黄铁矿化。区内与铜多金属矿化有关的黄铁矿化是燕山期岩浆期后热液的产物,与变质热液无关。

上述蚀变既有单独出现,也有相互过渡,但更多的为重叠分布。从整体看,蚀变不具分带性。

4.3 热液改造与金红石成矿的关系

在热液蚀变过程中,角闪石、黑云母转变为蚀变矿物,钛离子析出,形成新世代的金红石。同时,原分布在角闪石、黑云母中的金红石显微包裹体和固溶体发生重结晶,并转移到造岩矿物之间或片理之中。部分 TiO_2 被热水溶液带出变质基性火山岩,进入贫钛岩石中,形成金红石绿泥白云石黑云母片岩、金红石白云石大理岩和金红石斜长方解蛇纹岩等。新世代金红石矿物中有时可见磷灰石和黄铁矿包裹体。榍石在碳酸盐浓度高的热水溶液中不稳定^[15],分解形成石英、方解石和金红石的共生体。显然,热液改造作用造成矿化叠加,扩大了矿化范围,提高了矿石品位,增大了金红石粒度,进而提高了矿床的利用价值。

5 矿床成因

本区含矿岩石原岩类型主要是富钛的碱性玄武岩类。晚古生代时,本区因受继承性的近东西向断裂的分割,形成了线状展布的陆缘断陷深海槽,接受了数千米厚的类复理石沉积。同时,地壳深部(或上地幔)富钛碱性玄武岩浆,沿近东西向深断裂快速上升,频繁喷发,在龟山组上部形成了很多富钛基性火山岩夹层,为本区金红石矿的形成提供了丰富的矿质来源。

海西-印支期,由于板块俯冲的加剧,并最终导致中国南北两大板块的碰撞,使本区线状展布的陆缘断陷深海槽中形成的类复理石建造的沉积物遭受了区域变质和变形作用。区内信阳群中角闪石、黑云母和白云母的同位素年龄值为 2.59~1.36 亿年。反映本区金红石矿成矿期为海西—印支期。燕山期虽有局部的热变质事件发生,但对金红石矿无明显影响。在区域变质作用中,基性火山岩中的钛离子发生就近的重新组合,形成了金红石及其他钛矿物。含矿层属绿帘角闪岩相,估计变质温度 400℃,变质压力 0.4~0.53 GPa,为低温中压相系。所以金红石颗粒细,部分仍呈固溶体和显微包裹体留在角闪石和黑云母中。

在区域变质作用高峰期后,变质热液十分活跃,一是对围岩主要造岩矿物进行改造;二是沿构造脆弱部位、剪切带和片理形成脉体。蚀变过程中,钛离子再一次发生就近的重新组合,呈固溶体和显微包裹体形式的 TiO_2 发生重结晶,并转移到造岩矿物之间的片理之中,形成第二世代的金红石。此外,还有部分 TiO_2 随变质热液进入贫钛岩石(大理岩、黑云片岩和蛇纹岩)

中。显然,热液改造作用,造成矿化叠加,扩大了矿化范围,提高了矿石品位,增大了金红石粒度,从而形成目前的金红石矿床。

综上所述,该矿床应为变质热液改造的火山-沉积变质金红石矿床。

矿物代号

Hb 普通角闪石,Pl 斜长石,Bit 黑云母,Ab 钠长石,Ep 绿帘石,Act 阳起石,Chl 绿泥石,Qz 石英

参考文献

- 1 林潜龙. 河南古板块构造概述. 河南地质, 1989, 7(4): 21~27
- 2 张国伟, 等. 秦岭造山带的形成及其演化. 西安: 西北大学出版社, 1988
- 3 张银波. 河南西峡金红石矿矿石特征及品位的概率分布. 河南地质, 1992, 10(4): 241~250
- 4 张银波. 河南省西峡地区含金红石角闪片岩成因探讨. 地质找矿论丛, 1992, 7(3): 61~70
- 5 徐贵忠、盖振国. 桐柏-大别山北麓信阳群的岩石组合特征及其形成环境. 河北地质学院学报, 1988, 11(4): 20~35
- 6 王艺芬、徐贵忠. 东秦岭-桐柏-大别山碰撞带北部早古生代变质火山岩系特征及其形成环境. 岩石学报, 1991, (1): 44~52
- 7 亨德森 P. 稀土元素地球化学. 北京: 地质出版社, 1989. 149~151
- 8 高长林、秦德余、吉让寿、殷勇. 扬子板块北部古被动大陆边缘的地球化学特征. 岩石矿物学杂志, 1991, 10(4): 330~337
- 9 商庆芳, 薛松鹤, 曹桢. 河南西峡信阳群龟山组化石碎屑的发现及其意义. 河南地质. 1992, 10(1): 40~44
- 10 何建社. 陕西山阳以东北带泥盆纪地层中的遗迹化石及其环境意义, 陕西地质, 1989, 7(1): 34~40
- 11 王润三, 刘文荣, 车自成, 刘良. 二郎坪群蛇绿岩的产出环境. 秦岭-大巴山地质文集, (一) 变质地质, 北京: 北京科学技术出版社, 1990. 158
- 12 方国柱. 对中国大别山地区地体构造的初步探讨. 地质论评, 1988, 34(4): 334~341
- 13 高联达, 刘志刚. 河南信阳群南湾组微体化石的发现及其地质意义. 地质论评, 1988, 34(5): 421
- 14 陈光远, 孙岱生, 殷辉安. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆: 重庆出版社, 1987, 337~339
- 15 潘兆橐. 结晶学及矿物学(下册). 北京: 地质出版社, 1985, 123

GENESIS OF RUTILE ORE DEPOSIT, XIXIA, HENAN PROVINCE

Zhang Yinbo

(Henan Geological and Prospecting Team CID, Zhengzhou 450002)

Abstract

Xixia rutile ore deposit is located in a palaeozoic fault depression at the south margin of the east Qinling orogenic belt. Ore bodies occur in the grd member of Guishan Formation of Xinyang Group as layer, layered or lense form coinciding with the country rocks. Ti occurs as Ti—minerals and isomorphised Ti in gangue minerals. Rutile hornblende schist is the ore—bearing rock metamorphosed from the original alkali basaltic rocks which is rich in Ti and characterized by geochemistry of intraplate basalt in continental crust. The basalt was formed in fault depressed sea trough at continental margin. Hornblende, biotite and muscovite collected from Xinyang Group is determined to be aged at 25.9—13.6 Ma. During Hercynian and Indo—china Period it was metamorphosed and rutile ore was formed. Ore—bearing rock is of epidotite—hornblende facies with the estimated metamorphism T of 400°C and P of 0.4—0.5 Gpa. Extensive post—peak metamorphism hydrothermal modification resulted in actinolization—tremolitization, biotitization chloritization calcitization and pyritization. Therefore it is a hydrothermally reworked volcanic—sedimentary rutile ore deposit.