



大别—苏北—胶东含柯石英榴辉岩 中微粒金刚石及自然金的发现^①

张树业

胡克 刘晓春 常丽华^②

华中高压变质带位于华北板块与扬子板块的边界部位，西起川甘陕边境，东至胶东半岛，连续延伸约2 500公里。这条高压变质带主要由蓝片岩、白片岩和榴辉岩三条相互平行展布的岩带组成，三者空间上紧密共生，形成时代基本相同，具有三位一体的特征。经研究表明，该带是中国古陆台在中元古代裂开，在晚元古代又闭合所形成的，是一条巨型古陆内碰撞带。

华中高压变质带研究的一个重要进展是80年代末在大别地块和苏北—胶东地块古老结晶基底的榴辉岩中发现了大量的柯石英，使之成为世界上第三个变质柯石英产地，并引起了世人的瞩目。据我们近几年的研究，含柯石英榴辉岩主要产于大理岩、片麻岩及超基性岩中，柯石英仅作为石榴石或绿辉石的包体出现，其边缘常转变为石英多晶集合体，并由于体积的增大而形成特征的胀裂结构。我们在拉曼谱图上获得了521、428、355、326、270、177、150、118 cm^{-1} 等8个特征峰值。柯石英与石英的相对含量是：核部有58%的柯石英，两侧边缘分别为47%和40%，再向外则转变为100%的石英。柯石英的寄主矿物石榴石中钙铝榴石分子的含量较高，一般为25~40mol%，但与超基性岩伴生者较低、多数小于10%，绿辉石中一般含有30~45mol%的硬玉分子，多硅白云母均属3T型。柯石英的出现表明榴辉岩的形成压力应不低于2.8GPa，关于其形成温度，大别地块略低，为650~750℃，苏北—胶东地块偏高，达700~840℃。除保存较好者外，含柯石英榴辉岩在后期抬升过程中均受到退变质作用的影响，角闪石、钠质斜长

石、绿帘石等矿物大量出现，有些甚至已全部转变成榴闪岩或角闪片岩。柯石英在陆内高压变质带中的普遍出现已对地质学界，特别是变质地质学领域产生了深远的影响。目前人们正在重新思考壳—幔相互作用这一基本的地球动力学过程。

近十年来，我们在对华中高压变质带的研究过程中，充分认识到，这套特有的岩石建造及高压、超高压环境，必然会形成一些特殊的矿产。柯石英在榴辉岩中的普遍产出说明压力超过了2.8GPa，已基本达到了金刚石的形成压力。同时在研究过程中已发现了自然金的线索。

我们发现在大别地块和苏北—胶东地块的含柯石英榴辉岩中多数有金刚石产出。金刚石均以石榴石包裹体的形式出现，多呈自形的八面体、六面体及园粒多晶面体，在后者的晶面上见有生长纹，粒径一般为0.02~0.06mm。单偏光镜下无色透明，正极高突起（高于石榴石），正交偏光镜下全消光，为均质体矿物。在透射电子显微镜下，我们获得了由计算机处理过的扫描电镜背散射图像，图像上“辉度”的深浅主要与样品中物质的原子序数有关，由于金刚石的原子序数较小，故呈黑色。成分扫描中C含量（峰值）较高，但由于在制样过程中岩石薄片需普遍喷炭，故无法获得金刚石的定量成分。经十余个样品的激光拉曼探针分析、在拉曼谱图上有少数样品出现了1 331 cm^{-1} 的金刚石的特

① 国家自然科学基金资助项目

② 参加本项目的研究者还有西安地矿所的徐培苍，吉林区调所的陈淑亮，长春地质学院的王公庆、郭淑萍、康维国、梁万通、刘雅琴、陈华、文明珠。

征峰值。但强度较人造金刚石低。在另一些被疑为金刚石的样品中却未做出金刚石的特征谱线,其主要峰值为 1295cm^{-1} 。所以,关于榴辉岩中微粒金刚石的确定需要做十分精细的测试工作。此外,在某些样品中的石榴石内还发现了自形六方石墨包裹体,它们可能是在减压过程中由金刚石转变而来的。80年代末,苏联学者在科克切塔夫地块强烈退化的高压变质岩石(包括石榴辉石岩、辉石碳酸盐石榴石岩和黑云母片麻岩、片岩)的锆石和石榴石内发现了微粒金刚石包裹体,其中有些是六方金刚石,这一新的发现表明,金刚石可以在陆壳岩石中生长。大别地块和苏北—胶东地块的性质与科克切塔夫地块基本相同,榴辉岩中发现的金刚石属于变质成因金刚石的第二例。据Sobolev & Shatsky (1987、1990)的研究,变质岩中金刚石出现的压力应不小于 $3.5\sim 4.0\text{GPa}$,温度则大于 $900\sim 1000^\circ\text{C}$ 。所以,继柯石英之后,金刚石的发现进一步扩大了陆壳变质岩石的温压稳定区域。若纯粹按静压力计算,金刚石的形成深度已达 120km 。含金刚石的这些岩石何以进入到地下 120km 深处而又返回到地表,这确实是一个令人难以置信的地球动力学过程。有关问题还需做进一步的研究和探索。

同时,我们首先在大别山南麓石马附近的一个超基性岩——含柯石英榴辉岩杂岩中发现自然金。该岩体以超基性岩为主,包括辉石岩、石榴橄榄岩和少量蛇纹岩,榴辉岩呈似层状、透镜状产于其中。从化学成分上看,榴辉岩比超基性岩的基性程度高,前者 SiO_2 含量为 $42\sim 45\%$,后者为 $47\sim 55\%$ 。主要组成矿物中,石榴石的镁铝榴石分子含量很高,可达 $56\text{mol}\%$,绿辉石的硬玉分子含量相对较低,一般为 $28\text{mol}\%$ 左右。此外,岩石中还含有金红石、锆石、磷灰石和钠盐等微量矿物包体。自然金主要赋存于石榴石和绿辉石中,也有少量分布于二者的间隙

中。形态多样,有文象状,串珠状,蝌蚪状和不规则状等,少数自形变晶呈等轴状,近立方体和五角十二面体。粒径以 $0.001\sim 0.01\text{mm}$ 为主,小于 0.001mm 者亦较多,最大者可达 0.03mm 。自然金的成色较高,质较纯,杂质、混入物等较少,颜色为较浓的金黄色,透射电镜分析结果为金约 $93\sim 98\%$,银 $2\sim 7\%$,并常伴有微量元素钨。根据10个样品化学分析所获得的金的品位为 $0.04\sim 0.08\text{克/吨}$,其它伴生组分为银 $0.6\sim 1.4\text{ppm}$,铬 $72\sim 1290\text{ppm}$,镍 $27\sim 2980\text{ppm}$, CO_2 $20\sim 80\text{ppm}$ 。通过对取自于高压变质带内所有榴辉岩的光片鉴定结果发现,在湖北、江苏、山东的某些榴辉岩中均有自然金产出。并且,金的出现不仅仅与超基性岩有关,在与片麻岩和大理岩伴生的榴辉岩中亦有所见。与地壳中其它类型的金矿不同,榴辉岩中的自然金粒及其周围无任何蚀变矿物,

(如绢云母、水云母、绿泥石、滑石等),也无石英或石英细脉相伴。这是幔源变质金矿的特征之一。同时,钨的出现也反映了深源元素相伴的特点。从目前的资料看,幔源金只有印度、苏联有过报道,且均产于超基性岩中,在榴辉岩中有幔源金产出尚无报道。一般认为,金只有在低于 500°C 的条件下才能沉淀。前已述及,含柯石英榴辉岩的形成温度在 $650\sim 840^\circ\text{C}$ 之间,压力可达 $2.8\sim 4.0\text{GPa}$ 。这说明,在超高压变质作用条件下,元素的富集可能不遵循中低压条件下的“普遍”规律,榴辉岩带南侧白片岩中黄玉和重稀土元素的普遍产出也是一例。所以,超高压变质作用可能是一种新的重要成矿作用。

在变质成因的含柯石英榴辉岩中发现微粒金刚石和自然金尚属首次。毫无疑问,两种矿物的发现将在变质作用和成矿作用的研究领域中产生重要影响,同时也拓宽了两种矿床的找矿范围。所以,华中高压变质带可能是寻找金刚石和自然金这两种矿床的又一重要远景区。(长春地质学院)