

苏北高压超高压变质成矿系列*

樊金涛 程振香 贾根

(江苏省地质调查研究院, 南京)

提 要: 苏北高压—超高压变质带经历了5期以上变质作用, 其中至少有两期高压或超高压变质作用, 伴生有金红石、蓝晶石、磨料石榴石、石榴红宝石、金刚石、红刚玉及水晶等矿产。它们是一个与榴辉岩、超镁铁岩有关的, 高压—超高压变成或幔成成矿系列。

关键词: 高压—超高压变质作用 成矿系列 江苏

苏胶造山带主要是苏北—胶南地体与胶北地体印支期陆内俯冲碰撞而形成的复杂造山带^[10]。苏北新沂—东海—赣榆高压—超高压变质带主要是其俯冲碰撞造山的结果。其中榴辉岩有高压壳源型、超高压壳源型和幔源型三种成因类型^[2], 壳源有洋壳源^[3]和陆壳源; 超镁铁岩有变质橄榄岩、堆积超镁铁岩和原始地幔岩三类^[4]。它们大都经历了多期多次变质作用, 形成了一系列高压—超高压变质矿床或矿化, 是江苏北部重要的成矿带。

1 苏北榴辉岩变质阶段

1.1 前榴辉岩期 (I)

(1) 前榴辉岩阶段 (I₁): 在苏北高压榴辉岩中发现有辉石、斜长石包体, 有的尚保留变余杏仁构造, 说明辉长岩或玄武岩是榴辉岩的原岩。石榴石的电子探针扫描揭示有正生长环带, 表现为核部富 MnO, 边部富 MgO、FeO, 反映典型的进变质增温、增压石榴石环带特征。据 Barker (1990) 研究, 它主要与中低级变质作用中的绿泥石分解有关^[11], 说明本区榴辉岩形成前可能经历过绿片岩相变质。在含柯石英假象榴辉岩中发现石榴石包裹有多硅白云母 (Si=3.5)、韭闪石、钠云母、石英等。采用 Schrever (1988) 多硅白云母压力计等方法^[6], 确定其温压条件为 1.2~1.3 GPa 和 450~500℃。因此, 本区辉长岩或玄武岩在形成榴辉岩之前, 曾经历过绿片岩相或低温高压的绿片岩相变质作用。

(2) 榴辉岩期 (II): ① 高压榴辉岩阶段 (II₁): 属榴辉岩相变质作用, 它以钠长石消失和富钠单斜辉石的出现为标志, 钛铁矿或榍石则向金红石转化, 表现石榴石与绿辉石、金红石、蓝晶石、石英、多硅白云母等共存。它是进变石英榴辉岩等的形成阶段, 亦是一些超高压榴辉岩形成前的一个不可忽视的阶段。据估算, 其温压条件为 1.27~1.33 GPa 和 480~595℃。② 超高压榴辉岩阶段 (II₂): 属榴辉岩相变质作用, 它以出现柯石英或微粒金刚石为标志, 表现为柯石英或微粒金刚石与石榴石、绿辉石、金红石、多硅白云母等共存。据估算, 其形成温压条件为 2.87~4.10 GPa 和 860~920℃。③ 超高压榴辉岩退变阶段

* 本文系局科研项目“秦岭—大别山造山带东延江苏部分变质地质构造演化及成矿关系研究”阶段性成果的一部分
樊金涛, 男, 1945年生, 高级工程师, 金属与非金属勘探专业。邮政编码: 211135

(II₃): 矿物组合以石榴石和绿辉石为主, 仍属榴辉岩变质相, 但在含柯石英假象榴辉岩中发现石榴石有反环带结构, 表现为核部相对富 MgO、FeO, 边部相对富 MnO, 反映温压降低的退变质条件。它以柯石英转变为多晶石英集合体而具有放射状胀裂结构, 以及出现变斑晶蓝晶石为标志。在含柯石英假象蓝晶石榴辉岩中, 变斑晶蓝晶石呈长柱状, 包裹有石榴石、绿辉石、金红石、柯石英假象石英集合体等, 说明含柯石英榴辉岩在向石英榴辉岩转变过程是一个相对缓慢的减压过程。据估算, 其温压条件为 1.70~2.17 GPa 和 790~860 ℃。

④ 高压榴辉岩退变阶段 (II₄): 矿物组合以石榴石和绿辉石为主, 仍属榴辉岩变质相, 但在榴辉岩中发现石榴石有退变扩散环带, 反映温压下降的退变质条件。它以出现变斑晶的蓝闪石或黝帘石或多硅白云母或粗晶金红石为标志, 其中变斑晶黝帘石可见明显的环带结构, 反映榴辉岩在回返过程中有一个相对缓慢的减压过程, 并有水溶液参与。

变斑晶蓝闪石、黝帘石、多硅白云母及粗晶金红石等形成比石榴石、绿辉石、石英等要晚, 但其矿物组合仍属高压变质作用范围。据估算, 其温压条件为 0.96~1.10 GPa 和 355~590 ℃。

(3) 后榴辉岩期 (III): ① 早期退变阶段 (III₁): 以石榴石出现冠状反应边和绿辉石分解为特征。反映边由次闪石+钠长石+石英等后成合晶组成, 同时, 金红石向钛铁矿或榍石转变, 蓝晶石为钠云母所包围交代, 形成榴闪岩等, 属角闪岩相重结晶作用, 反映快速减压过程。推测形成的温压条件为 0.4~0.8 GPa 和 600~650 ℃。② 中期退变阶段 (III₂): 以石榴石、绿辉石消失为特征。在片麻状花岗质岩包裹的榴辉岩边部, 或在遭受强烈糜棱岩化作用的部位, 石榴石、绿辉石等矿物组合为普通角闪石、斜长石、绿帘石、白云母、黑云母、石英等矿物所取代, 形成斜长角闪岩或绿帘斜长角闪岩等。与相邻围岩的区域变质程度一致, 属绿帘角闪岩相重结晶作用, 形成的温压条件为 0.4 GPa 和 500 ℃ 左右。③ 晚期退变阶段 (III₃): 发生于断裂附近的局部动力变质作用, 它以角闪石消失为特征, 斜长角闪岩的角闪石等为绿泥石、绿帘石、白云母等矿物所交代, 形成绿帘斜长绿泥片岩等。属绿片岩相重结晶作用, 形成温度低于 400 ℃。

2 成矿系列

苏胶造山带演化^[10]和苏北榴辉岩上述变质作用揭示, 苏北高压—超高压变质带经历了洋壳俯冲、地体碰撞和地体俯冲三期继承性构造作用而形成的构造混杂岩带。其中榴辉岩、石榴石二辉橄榄岩等是苏北重要的含矿建造。

2.1 金红石矿

榴辉岩型金红石矿是新类型, 是目前江苏省化工钛白粉的重要原料基地, 其中粗晶金红石可作为宝石资源开发。

(1) 成因类型及成矿阶段: 榴辉岩型金红石矿床受苏北构造混杂岩带控制, 属高压—超高压变成矿床。金红石形成于榴辉岩期 (II), 成矿阶段为高压榴辉岩阶段 (II₁)、超高压榴辉岩阶段 (II₂) 和高压榴辉岩退变阶段 (II₄)。

(2) 成矿规律及找矿标志: 榴辉岩原岩的 TiO₂ 含量是金红石成矿先决条件。洋壳玄武岩, 尤其是洋壳碱性玄武岩含 TiO₂ 较高。因此, 洋壳源榴辉岩比其他源岩类型榴辉岩含矿

好。在高压榴辉岩退变阶段（Ⅱ₄），是金红石富集的重要阶段，形成含量较高的粗晶金红石，常伴生变斑晶黝帘石、多硅白云母、蓝闪石等。因此，变斑状结构是寻找金红石富矿的重要标志。在榴辉岩早期退变阶段（Ⅲ₁），金红石向钛铁矿或榍石转变，因此，榴辉岩相含矿好于角闪岩相退变榴辉岩。金红石的含矿性与榴辉岩的构造有关。块状、角砾状榴辉岩含矿好于片麻岩、条带状榴辉岩。榴辉岩中 Ti 与 Fe 呈明显的正消长关系，因此，含矿好的榴辉岩含 Fe 高，色暗，石榴石、绿辉石色深，风化后呈铁锈色，是找矿的标志之一。

2.2 蓝晶石矿

榴辉岩型蓝晶石矿亦是一种新类型，它比区内石英岩型蓝晶石矿品位高、粒度大，并含有多种有用矿物可资综合利用，其中晶体粗大者可作为宝石资源开发。

(1) 成因类型及成矿阶段：榴辉岩型蓝晶石矿受苏北构造混杂岩带控制，属高压—超高压变成矿床。蓝晶石形成于榴辉岩期（Ⅱ），成矿阶段以超高压、高压退变阶段（Ⅱ₃、Ⅱ₄）为主，次为高压、超高压榴辉岩形成阶段（Ⅱ₁、Ⅱ₂）。前者相对后者成矿好。

(2) 成矿规律及找矿标志：榴辉岩原岩的 Al₂O₃ 含量是蓝晶石成矿的先决条件。洋壳玄武岩，尤其是碱性玄武岩含 Al₂O₃ 较高，因此，洋壳源榴辉岩比其他源岩类型榴辉岩含矿好。蓝晶石主要形成于超高压、高压退变阶段，因此，变斑状结构是寻找富矿的重要标志。榴辉岩早期、中期退变阶段，蓝晶石为钠云母所包围交代，因此，榴辉岩相含矿好于角闪岩相退变榴辉岩。蓝晶石的含矿性与榴辉岩的构造有关，蓝晶石榴辉岩具片麻状构造。蓝晶石榴辉岩露头呈浅蓝色，它是找矿的重要标志之一。

2.3 金刚石矿

苏北原生金刚石矿有榴辉岩型和橄榄岩型两类。这两类都是近 20 年来国内外新发现的原生矿床新类型^[7]。

(1) 榴辉岩型原生矿找寻：榴辉岩型金刚石矿化受苏北构造混杂岩带控制，它是基性岩在上地幔高温超高压条件下形成的^[2]变成矿。金刚石形成于榴辉岩期（Ⅱ）超高压榴辉岩阶段（Ⅱ₂）。

苏北目前已发现的含金石榴辉岩赋存于片麻状花岗质岩和结晶片岩中，其金刚石颗粒细小，粒径仅 0.02~0.06 mm，无工业利用价值。但是，在哈萨克斯坦发现了金刚石含量高的榴辉岩^[8]。在大别山东段超高压变质区榴辉岩中已发现 40 余颗金刚石，呈八面体和六面体状，粒径大部分为 0.1 mm 左右，最大可达 0.72 mm^[9]。因此，苏北地区亦有可能找到可供利用的榴辉岩型原生矿床。此外，要注意寻找苏北超镁铁岩中榴辉岩型原生矿床。据摩洛哥贝尼布塞拉榴辉岩型原生矿床，它赋存于蛇绿岩套之橄榄岩中，金刚石石墨化，呈八面体、十二面体等，已发现最大八面体边长达 12 mm，并且含量极高，局部含量按体积计可达 15%^[1]。

(2) 橄榄岩型原生矿找寻：橄榄岩型金刚石矿赋存于苏北构造混杂岩带之上地幔碎块—石榴石二辉橄榄岩中。金刚石形成于岩石圈与软流圈交界处的高温超高压条件下^[2]，属幔成矿床。截止目前，已在芝麻坊石榴石二辉橄榄岩中及其附近第四系中先后发现 4 颗金刚石，最大粒径（mm）达 2.25×1.90×1.35。芝麻坊石榴石二辉橄榄岩的石榴石为含铬镁铝榴石，Cr₂O₃ 的含量大都为 1.63%~3.05%，与西伯利亚、南非金伯利岩及华北部分金伯利岩的含铬镁铝榴石的化学成分相当，可将其看作是金伯利岩同源的产物。

此外，要注意在苏北蛇绿岩套之斜辉橄榄岩中寻找金刚石。70 年代，首先在前苏联东

北部科里亚克高原蛇绿岩套的斜辉橄榄岩中发现了金刚石。此后,在我国西藏罗布莎和东巧蛇绿岩套斜辉橄榄岩中及其附近第四纪冲积物中共发现了100多颗金刚石,最大粒径0.75 mm^[5]。

2.4 石榴红宝石矿

石榴红宝石矿赋存于苏北构造混杂岩带之上地幔碎块——镁铝榴石二辉橄榄岩中,形成于上地幔高温超高压条件下,属幔成矿床。其石榴石为含铬镁铝榴石,紫红色—玫瑰色,粒径一般1~5 mm,少数可达7~10 mm,其中粒径大于3 mm者可作高中档石榴红宝石。除原生矿外,在岩体附近的第四系中可形成石榴红宝石砂矿。

2.5 红刚玉矿

红刚玉矿赋存于苏北构造混杂岩带,石榴石二辉橄榄岩的榴辉岩包体中。其榴辉岩属Coleman (1965)划分的A型榴辉岩,其石榴石为镁铝榴石。它形成于上地幔高温超高压条件下,属幔成矿床。红刚玉含量3%~8%,粒径可达5 mm以上,其中大于3 mm者可作红宝石。除原生矿外,在岩体附近亦有砂矿发现。

2.6 水晶矿

东海县的水晶生产一直占我国水晶产量的主导地位。在苏胶造山带隆升的第二阶段,是地壳范围内的推覆造山作用,发育规模巨大的区域性韧性剪切带。在剪切带内,发育递进剪切无根褶皱,榴辉岩体(块)发育裂隙,并作为相对强硬层与围岩片麻岩等发生虚脱,为燕山期石英脉侵位、石英结晶生长提供了空间,形成了中温热液充填型水晶矿床等。因此,水晶矿和脉石英的形成与榴辉岩有着密切的构造伴生关系,榴辉岩成为寻找水晶矿、脉石英的间接标志。

此外,区内尚有铬透辉石、硬玉等宝石线索。

上述矿床除水晶外,在空间上均赋存于苏北构造混杂岩带内,受榴辉岩和超镁铁岩块控制,具有相同或相似的成矿母岩和物质来源,同是在地体俯冲碰撞构造作用过程中,在低温高压或高温超高压条件下不同阶段形成的一系列具有亲缘关系的矿床或矿化,因此,它们是一个与榴辉岩、超镁铁岩有关的,高压—超高压变成或幔成成矿系列。该成矿系列向东、向西分别延入胶南和大别山地区,是一个横亘华中、规模巨大的宝石等成矿带。

参 考 文 献

- 1 地质部科技情报所. 摩洛哥北部发现石墨化金刚石. 地质科技动态, 1989, (1): 23~24.
- 2 樊金涛, 程振香. 苏北榴辉岩成因类型及其形成条件. 岩石矿物学杂志, 1998, 17 (2): 116~127.
- 3 樊金涛. 苏北东海榴辉岩地球化学及原岩成因. 岩石矿物学杂志, 1995, 14 (1): 26~35.
- 4 樊金涛. 苏北东海超镁铁岩研究. 中国区域地质, 1996, (1): 9~16.
- 5 张培元. 世界金刚石勘查新成果新认识——简介第五届国际金伯利岩会议. 中国地质, 1991, (12): 19~22.
- 6 Schrever 著, 陆亮达至地幔深度俯冲作用: 岩石学证据. 孙忠实译. 世界地质, 1992, 11 (2): 185~194.
- 7 张培元. 探索研究新类型金刚石原生矿床. 中国地质, 1996, (4): 11~13.
- 8 Соболев Н В 著, 变质岩石榴石中的金刚石包裹体——金刚石形成的新环境. 张梓安译. 地质科技情报, 1991, (4): 1~5.
- 9 徐树桐, 苏文, 刘贻灿等. 大别山东段高压变质岩中的金刚石. 科学通报, 1991, 17.
- 10 Jintao Fan. The Donghai ophiolite of the Jinning stage and the evolution the Su - Jiao orogenic belt. North Jiangsu, China. Progress in geology of China (1993 - 1996). Beijing: China Ocean Press, 1996, 132~137.
- 11 Barker A J. Introduction on Metamorphic Texture and Microstructures. Blackie and Son Ltd. 1990.