第4卷 第4期 岩石矿物及测试 Vol. 4, No. 4
1985年12月 ACTA PETROLOGICA MINERALOGICA ET ANALYTICA Dec. 1985

2000年退变质作用研究的展望

中国地质科学院天津地质矿产研究所 高 凡

变质作用的研究是变质岩石学的主要部分之一。世界各地古老地块中麻粒岩和片麻岩区的变质作用深入研究，又结合其它学科的综合研究成果，大大提高了早前寒武纪地壳演化的研究程度。退变质作用属变质作用的一种类型，过去对进变质作用已进行了广泛的研究，而对退变质作用则研究较少。近二十年来各国地质学者在世界各地重视和研究了退变质作用，不断发表他们的研究成果，取得了迅速的进展。

国内外研究现状

1、退变质含义演变的世界观

本世纪初贝克（F. Becke, 1909）[8]就提出退变质这一概念，当时是指高级变质粗粒麻粒岩中经机械粉碎的铁铝榴石，黑云母等残余存在于千枚糜棱岩低级变质矿物组合内。这一概念首先为欧洲岩石学者，不久为各国地质工作者所接受。不断出现许多探讨退变质作用的论文，同时对退变质机理也曾引起过多年的争议。直到特纳（F. J. Turner, 1948）[25]才给退变质作用，下了个定义，认为它是由一个高温矿物组合变成一个在低温下稳定的矿物组合（常含较多的水）的过程。退变质作用可以认为是多相变质的一种类型。不过多相变质是岩石经过二次或二次以上的变质改造，但并不考虑每次改造的温度是升高或是降低，而退变质作用则限定高温在前，低温在后。

在单相变质时，随温度下降生成的退变质，许靖华（1955）[15]称其为“单相变质退变质作用”，对后期变质的随温度上升或下降生成的退变质则称为“多相变质的退变质作用”。

在我国研究冀东迁西群麻粒岩相区退变质作用时，也对它的含义作过若干补充[1]：

退变质进行过程中，不仅低级变质组合内含有前一变质条件下形成的“不稳定残余”，同样，在进变质作用达到高峰时，进变质过程中也有某阶段产生的一些矿物不再发生变化而顽强地保存下来的。

退变质作用的温度、压力低于前一高级变质组合形成时的温度、压力。但退变质组合本身生成温度，可以是逐渐上升的，也可以是逐渐下降的，还可以是先下降而后又增高的。

目前定量表现退变质作用的温度，开始成为可能，所以由高级变质矿物组合退变生成低级矿物组合在物化条件上，不一定非差一个或一个以上的变质相不可，即在同一变质相的温压范围内只要矿物组合在较低温下进行了重新调整，也就属于退变质作用的范畴。

2、近年来世界各古老岩区退变质作用研究普遍受到了重视。

六十年代以来各国地质学者无论在野外观察或由室内近代检测的技术研究，发现许多地区的古老变质岩系变质杂岩或形变岩石中常具退变质特征。如早年韦科夫(D. Wyc-

kof, 1952)[27]研究了美国宾西法尼亚州费拉德菲亚地区Wissahickon片岩退变质，西梅布格等(G.R.Himmelberg, et al., 1967)[14]研究了明尼苏达州Granite-fall-Mentevideo地区的麻粒岩相退变质作用。澳洲退变质作用的研究区域主要在Broken Hill，退变质的研究是多方面的，如高级区的退变质作用（G. T. Corbett & G. N. Phillips, 1981)[10], Willyama杂岩系变质基性岩的矿物变化（R. A. Binns, 1965)[9], 角闪岩的退变质地球化学（I. R. Plimer, 1975)[20]等等。在欧洲，西北苏格兰则是退变质研究更深入的一区，如对留依斯杂岩退变质矿物的研究（J. D. Sills, 1983)[23]，留依斯杂岩碎裂带的退变过程（（A. Beach, 1980)[7], 斯扣瑞麻粒岩的角闪岩化作用（A. Beach, 1974)[5], 斯扣瑞超基性麻粒岩的退变质作用（J. D. Sills, 1982)[22]以及麻粒岩相片麻岩在退变过程中，主元素及微迹元素模式的研究（A. Beach, et al. 1978)[6]。研究程度较高的斯扣瑞（Scourie）区的地质图，从前的有关角闪岩化片麻岩图例，现在全已改用了退变质片麻岩字样，足见退变质一词深入人心之程度。在法国有Saleix（法属比利牛斯）中性紫苏花岗岩退变质区(D. Viezeut, 1982)[26], 在挪威有阿姆洛弗达伦（Almklovdalen）区（L. G. Medaris, 1980)[18], 西海岸区（E. J. Kroph, 1977)[16]橄榄岩和榴辉岩的退变质研究。在苏联有西魏波里德区（Western Veporides）结晶地块的退变（K. Ernest, 1980), 日本中部飞騨变质带是多相变质区，退变质作用也是显著的（铃木，1977)。[24]。在我国阴山、燕山、五台山等地区太古代古老变质岩地带，退变质作用也是相当发育的。近几年来，除进行了一定的工作取得了成果外，也在研究方法上获取了一定的进展[3]。

3、构造运动、岩石形变与退变质

构造运动常引起高级岩层变形，完好地保存在泥质岩石中，研究其中变质矿物交代及其与片理、褶皱期次等的关系，不难发现退变质作用的线索。研究澳洲Willyama杂岩的许多学者认为[4,10]，伴随区域性形变作用的退变作用，按它的结构和分布特点，可分为二类：即假像退变，是其中进变质结构仍保持清晰的；运动退变，是发育了新结构的。后者关系着褶皱构造，具区域性特征，或限于出现在分散的退变片岩带，着重研究了许多硅铝酸盐矿物的退变特征。

大部退变质变化是一种水化反应，是形变作用过程中水流控制了退变质作用。高级变质的麻粒岩、片麻岩，几乎均已不含水份，所以退变质作用中水的来源还是一个问题。有人认为水是外来水，是通过破碎带而来的。也有人认为水来自内部，来自退变流体。可以设想在退变期，有一来源是含水的花岗质熔体内。

我国五台地区泥质片岩中石榴石环带构造的研究指出，不同构造期形成了多相变质包括一期退变质。

4、变质作用高温后的降温，引起退变质

进变质作用达到最高温度后，将来到温度递减期，常使高级变质岩石发生退变。国外在这方面研究较多，成果也显著。早在五十年代初期，美国宾州就研究了降低温度后的退变和促使退变的破碎和糜棱化作用以及热水溶液引入等问题，研究结果表明该区遭受的最强烈变质不在温度最高时，而是在以后温度降低期内，故该区的变质史乃是一强烈的退变地质史[27]。有些学者研究了区域性的降温，使原变质矿物生成退变反应边、后成合晶等结构，并能进行后成合晶反应的定量计算，研究了反应边有限的Al、Si等的扩散作用[19]。

在国外、变质矿物（如角闪石、石榴

石）的变质环带构造的模式、成分的研究，早已为人们所重视。而矿物反环带的研究，近年来兴起，给退变质研究别开了一面。

麻粒岩相岩石经很长的退变过程，以后退为角闪岩相，测定了进变与退变的同位素年龄，并测知降温开始的温度与退变末期温度，绘到图上可以数字表明退变的快或慢和持续的时间，从而了解岩体演化的概况[23]。

我国六十年代初研究密云一带的密云群，已提出退变质作用的概念在矿物和结构方面的表现。以后也引起了对燕山、阴山区、五台区的研究工作者们的重视。在这些地方，特别是燕山阴山区，对单相变质的退变，或多相变质的退变，均有所阐述。由矿物退变反应边及后成合晶等结构，利用热力学方法估计生成温度，区别了进变与退变矿物的生成顺序[1]。较细致地研究了退变质区石榴石的反环带的成分，测算了中心和边缘温度，提出“退变交换环带模式”的新概念。得出该区麻粒岩进变质顶点温度形成的石榴石由温度下降在退变过程中邻近矿物交换元素而成的结论[2]。最近在《热力学在变质岩中的应用学术讨论会》上，王仁民❶报导了角闪岩相变质对麻粒岩相岩石的叠加，具有五个阶段的退变级反应，并以 $T\text{-}X_{(Fe\text{-}Mg)}$ 热力学分析，勾画出一个不连续反应和滑动反应交替发生的自然规律。

5、退变质的地球化学研究

国外对退变质的麻粒岩相、角闪岩相及绿片岩相都作过地球化学的研究。对比地研究了进变与退变的各变质相岩石的主要、微量及痕量元素多到二十四种，痕量元素常分析到1p. p. m.[6]。有些地方（如澳洲Broken Hill等区）、退变质带也作了年代学的研究[20]用K/Rb、K/Ba、Rb/Sr、Ba/Rb四个比例的变化，可以作为退变的角闪岩相的定性指标[11]，例如，K/Rb由麻粒岩相到角闪岩相，常显示降低的趋势。随着基性、超基性、花岗质岩石的退变质作用程度，K含量有所增高。在退变质过程中，矿物间要进行离子交换，这种扩散作用将受粒间的流体离子活动所控制。

在国内张宣地区麻粒岩中的单斜辉石退变为阳起石过程中，主要是无水矿物的水化作用，也使斜长石和其粒间流体相的水进行离子交换得到平衡，初步作了定性的解说（见《热力学在变质岩中的应用学术讨论会》资料）❷。

6、退变质与成矿

就目前资料看，国外研究的退变质作用对铁矿、银、铅、锌、铜、云母、石墨、假蓝宝石等成矿作用均有一定影响或形成矿床甚或形成富矿。澳洲、印度、苏联等地对这方面研究比较重视。如澳洲Broken Hill Pb-Zn-Ag矿床[21]，经过高级变质、形变作用与退变质作用。方铅矿、黝铜矿为进变含银矿物，而深红银矿（Pyrargyrite）、硫锑铜银矿（Polybasite）、辉银矿（Argentite）等则限于碎裂带和断层带，经热水活化退变而来，它们都是富含银的退变矿物。

太古代条带铁矿中最常见的退变质矿物为黑硬绿泥石、铁蛇纹石、蛇纹石、滑石、绿泥石等[13]。国外前寒武纪硅铁富矿都出现在多相变质地区、如克里沃罗格、未萨比、萨科曼等地。

在我国，最近研究弓长岭富铁矿成因时王守伦等❸提出富铁矿出现的部位发生强烈的退化变质作用。推定富矿成因是在原始沉积较富的贫矿（中富矿）基础上由后期退变质作用改造而生成的富矿。红透山太古代块

❶ 王仁民，1984，冀东迁安曹庄附近迁西群铝硅酸盐的退级反应。

❷ 高凡、高励，1984，河北张宣地区麻粒岩中单斜辉石退变结构特征及其流体平衡初步分析。

❸ 王守伦等，1983，弓长岭富铁矿成因讨论。冶金部天津地质调查所。全国第三届矿床学术会议论文集。52—53页。47—49页。

状硫化矿床，近来研究是变质改造过程复杂的矿床。矿床的形成，最后也经过一个退变质改造的阶段。

7、区域变质后的热变质

接触变质带的变斑晶，如白云母交代红柱石的假象，斑点板岩由堇青石退变而来的硬绿泥石＋绿泥石＋白云母的斑点，都是众所周知的事[17]。国际上也以研究区域性围岩的和接触变质带上的石榴石环带剖面的成分为区别规范，后者在围岩被侵入体注入，温度极快升高，石榴石生长速度也极快。所以环带常视为生长速度与不平衡的函数[12]。

2000年退变质研究展望

进变质与退变质两者研究不可偏废。退变质有其自己的特点，不能全由进变质方面研究成果来推定。为在本世纪末让我国退变质研究水平有较大的提高，个人认为要注意下列事项：

1．重视构造运动和野外构造格局，由进变质组合的结构和成分的变化，而确定退变质的变化，找出哪次构造运动影响退变质最严重。形变部位常更是退变质的所在。板块构造冲撞区两侧，也具有较大范围的递次退变带。在国内，这些方面以往注意的还不够。

2．退变质反应的研究，现已起了步，还需要加强。目前国内对变质反应的研究，绝大部分仍停留在使用国外已有的变质反应曲线的状态中。在实验研究进变质反应的同时，要加入适当的退变质反应的实验项目。

3．退变质地球化学研究及流体控制退变质活动规律的研究才刚开始。随着同位素和微区测试水平的提高，可望在不久将来要收到良好的效果。

4．目前要重视退变质有关矿床的研究，注意退变破碎带控制的含矿性及矿体附近有成富矿的信息。早前寒武地区矿产相当丰富，退变质也是相当广泛的。因此要注视矿床地质中的退变质特征。

5．不仅研究早前寒武纪的退变质，同时也要注视元古、古生、中生各代的退变质。预期2000年随着新测试技术的应用，在形变退变，退变质反应，退变质地球化学、退变与矿床、退变热力学等方面研究的现代化，阔步前进，树立起变质岩石学的退变质作用这一分科。

参考文献

〔1〕 高凡：1984，冀东迁西群退变质作用及其特征，冀东早前寒武地质（孙大中主编），139—155页，天津科学技术出版社。

〔2〕 高凡、高励：1983，指示燕山地区太古代麻粒岩相退变趋向的石榴石，国际交流地质学术论文集——为二十七届国际地质大会撰写，第3集，地质出版社。

〔3〕 高凡：1986，麻粒岩相岩石中退变质作用的几个基本问题，天津地质学会会志，第1期。

〔4〕 Allen, A. R. & Black, L. P.: 1979, The Harry Creek Deformed Zone, a retrograde schist zone of the Arunta Block, Central Australia. Jour. Geol. Soc. Australia, Vol. 26, p. 17—28.

〔5〕 Beach, A.: 1974, Amphibolitization of Scourian granulites. Scott. J. Geol., Vol. 10, p. 35—43.

〔6〕 Beach, A.: 1978, Major and trace element patterns established during retrogressive metamorphism of granulitefacies gneisses, NW Scotland. Precambrian Research, Vol. 7, p. 325—348.

〔7〕 Beach, A.: 1980, Retrogressive metamorphic processes in shear zones with special reference to the Lewisian complex. J. Struct. Geol., Vol. 2, p. 257—263.

〔8〕 Becke, F.: 1909, Ueber Diaphthorite. Tscherm. Min. Petr. Mitt., Vol. 28, p. 369—375.

〔9〕 Binns, R. A. 1965, The mineralogy of metamorphosed basic rocks from the willyama complex, Broken Hill district, New South Wales. Parts I & II. Min. Mag. Vol. 35, p. 306—326, 561—586.

〔10〕 Corbett, G. J. & Phillips, G. N.; 1981, Regional retrograde metamorphism of a high grade terrain; the willyama complex, Broken Hill, Australia. Lithos, Vol. 14, p. 59—73.

〔11〕 Drury, S. A.; 1974, Chemical changes during retrogressive metamorphism of Lewisian granulite facies rocks from Coll and Tiree. Scott. J. Geol. Vol. 10, p. 237—256.

〔12〕 Edmunds, W. M. & Atherton, M. P.; 1971, Polymorphic evolution of garnet in Fanad aureole, Donegal, Eire. Lithos, Vol. 4, p. 147—161.

〔13〕 Gole, M. J.; 1980, Low-temperature retrograde minerals in metamorphosed Archean banded iron-formation, Western Australia. Canadian Mineralogist, Vol. 18, p. 205—214.

〔14〕 Himmelberg, G. R. & Phinney, WM. C.; 1967, Granulite-facies Metamorphism, Granite Falls-Montevideo Area, Minnesoda, J. Petrology, Vol. 8, p. 325—348.

〔15〕 Hsu, K. J.; 1955, Monometamorphism, polymetamorphism and retrograde metamorphism. Amer. J. Sci., Vol. 253, p. 237—239.

〔16〕 Kroph, E.J.; 1977, Evidence of precambrian continentcontinent collision in Western Norway. Nature, Vol. 267, p. 17—19.

〔17〕 Mason, R.; 1978, Petrology of the Metamorphic Rocks. p. 63—64, George Allen & Unwin LTD, London.

〔18〕 Medaris, L. G. JR.; 1980, Petrogenesis of the Lien peridotite and associated eclogites, Almklovdalen, Western Norway. Lithos, Vol. 13, p. 339—353.

〔19〕 Mongkoltip, P. & Ashworth, J. R.; 1983, Quantitative estimation of an open-system symplectite-forming reaction; restricted Diffusion of Al and Si in coronas around olivine. J. Petrology, Vol. 24, p. 635—661.

〔20〕 Plimer, I. R.; 1975, The geochemistry of amphibolite retrogression at Broken Hill, Australia. N. Jb. Miner. Mh. Vol. 10, p. 471—481.

〔21〕 Plimer, I. R.; 1980, Hydrothermal mobilization of silver during retyograde metamorphism at Broken Hill, Australia. N. Jb. Miner. Mh., Vol. 10, p. 433—439.

〔22〕 Sills, J. D.; 1982, The retrogression of ultramafic granulites from the Scourian of N. W. Scotland. Mineral. Mag. Vol. 46, p. 55—61.

〔23〕 Sills, J. D.; 1983, Mineralogical changes occurring during the retrogression of Archaean gneisses from the Lewisian complex of NW Scotland. Lithos. Vol. 16, p. 113—124.

〔24〕 Suzuki, M.; 1977, Polymetamorphism in the Hida metamorphic belt, Central Japan. Jour. Sci. of the Hiroshima University. Ser. C. p. 217—296.

〔25〕 Turner, F. J.; 1948, Mineralogical and structural evolution of the metamorphic rocks. Geol. Soc. America Mem. 30, p. 103—105, 299—304.

〔26〕 Vielzeuf, D.; 1982, The retrogressive breakdown of orthopyroxene in an intermediate charnockite from Saleix (French Pyrenees). Bull. Mineral. Vol. 105, p. 681—690.

〔27〕 Wyckoff, D.; 1952, Metamorphic facies in the wissahickon Schist, near philadelphia, Pennsylvania. Bull. Geol. Soc. America, Vol. 63, p. 25—58.

Prospects for the Year 2000 Retrograde Metamorphism Researches

Gao Fan

Abstract

Since last two decades, Geologists of each country have devoted much

attention to and studied retrograde metamorphism all over the world, published many articles continuously, and made a considerable headway. In the United States of America, for example, the retrogression of philadelphia area, pennsylvania has early been discussed; afterwards retrograde metamorphism for Broken Hill district, Australia; Saleix area (French pyrénées); Almklovdalen, and western coast, Norway; western Veporides in the Soviet Union; Hida area, central Japan and soforth have also been studied, publishing continuously works. Especially, retrograde metamorphism of Lewisian Complex, NW Scotland was investigated thoroughly.

At present, retrograde study make progress in the following several aspects: (1) tectonization, rock deformation & retrograde metamorphism, (2) Causing retrograde metamorphism, following decreasing temperature, (3) retrogressive geochemistry study, (4) retrograde metamorphism and minerogenesis, (5) Regional metamorphic thermal metamorphism.

The prograde metamorphic study should not be overemphasized at the expense of the retrograde metamorphic. For highly raising the retrograde metamorphism level of our country in end of the century, I make some suggestions:

1. Pay great attention to tectonization, and tectonic framework in the field, and try to fine which tectonization is related to the retrogression more seriously. Deformation domain is more usually a place retrogressive. Both sides of plate collision indicate a gradually retrogressive belt in an extensive region. These aspects at home have not yet been noticed.

2. The retrogressive reaction study must be strengthened, although started. When we make an experiment in the progressive reaction, retrogressive reaction test must be added to some extent.

3. Studies of the retrogressive geochemistry and fluids controlling retrogressive activity law, following height of level in isotope assay and microarea measurement, should achieve good results.

4. Attach importance to ore deposit related to the retrograde metamorphism, pay attention to the retrogressive shear zones controlling ore-bearing property and information of ore shoot near the ore body.

5. We not only study retrograde metamorphism of early precambrian but also look fixedly at that of proterozoic, Palaeozoic and mesozoic. We expect that in the year 2000, using new determinative techniques, deformational retrogression, retrogressive reaction, retrogressive geochemistry, retrogression & ore deposit, retrogressive thermodynamics, ect, should be modernized to create a branch of the metamorphic petrology—retrograde metamorphism.

www.yskw.ac.cn