

石榴石电子探针分析在物源研究中的应用

杨丛笑 赵澄林

(石油大学地科系, 北京 102200)

提 要 利用重矿物组合恢复母岩是一种常用的方法, 但由于层内溶解作用的存在和其它因素, 使这种方法存在很大的局限性。而利用石榴石电子探针分析结果来研究物源有其独到的优越性, 可使水动力或成岩作用的影响降低到最小。本文以渤海海域为例, 利用电子探针分析石榴石的组分, 分析结果表明渤海海域的石榴石以低钙石榴石组合为主, 而且不同物源区石榴石组合各具特色, 同时也证明前人所作的物源研究结果是正确的。

关键词 石榴石 电子探针 物源

第一作者简介 杨丛笑 女 26岁 博士 沉积学

引 言

众所周知, 不同的母岩类型具有不同的重矿物组合, 因此在物源分析中, 可以根据重矿物组合来推断母岩类型, 这一方法已被广泛应用。但是化学性质不稳定的重矿物在成岩作用过程中, 由于地层水的溶解会趋向于减少甚至消失, 例如: 在古老的地层中, 很少见到辉石和角闪石等。因此, 层内溶解作用会使重矿物遗失掉一些信息, 而且溶解矿物没有什么痕迹可以留下来, 而一些主要的自生矿物, 如锐钛矿则可在成岩过程中形成。这就会分不清来源区的原始差别, 在试图用重矿物作地层对比时发生混乱⁽⁴⁾。所以, 对于重矿物始终应该考虑沉积后的层内溶解的可能性。

用电子探针分析单颗粒重矿物的化学成分可以帮助识别物源区, 并为物源的确定增加可信度。电子探针的价值在于它能够提供矿物颗粒的地球化学信息, 这种信息是无法用其它方法获取的。它在两个方面有助于物源区研究。首先, 它为已建立的物源区理论提供更先进的资料并可检验其正确性; 其次更重要的是它为有着不同的搬运、沉积和成岩历史的砂体间的对比提供了一条途径。

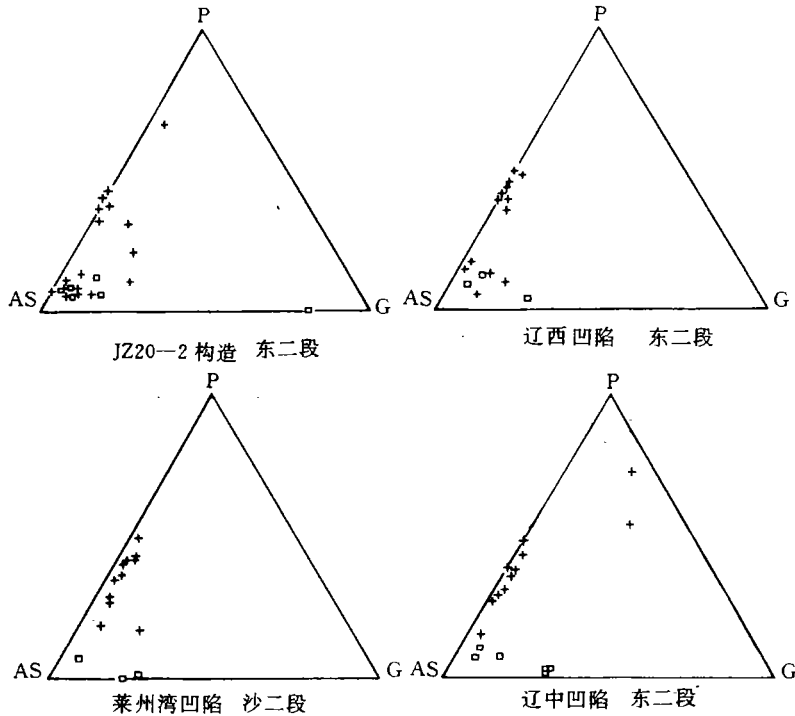
重矿物有许多种类, 为何选择石榴石进行电子探针分析以研究物源? (1) 辉石、角闪石、绿帘石在深埋藏和风化条件下易受层内溶解作用的影响; (2) 电气石由于其超稳定性, 从理论上可以很好地区分母岩, 但由于电气石含有硼, 用能谱仪很难将其检测出来, 另外, 分析电气石, 需将其磨成薄片, 这样就需要许多准备工作, 再加上许多电气石颗粒在化学成分上存在非均质性, 环带构造常见, 且许多颗粒由连生晶体组成或有磨蚀的加大边, 因此, 准确地分析电气石的成分较之石榴石要难得多; (3) 石榴石在深埋藏条件下相对较稳定, 且分析石榴石的成分可直接在颗粒表面进行; (4) 石榴石经过酸性地表水的淋滤会变

得不稳定,但它比磷灰石要稳定,正是由于以上原因,使石榴石成为重矿物中最适合做这种分析的矿物。

1 分析方法

1) 用重液将重矿物分离出来以后,用大头针从矿物中随机选取石榴石、镀膜,然后用带有电子探针的能谱仪进行分析。

2) 石榴石的粒度限定在细砂-粗粉砂范围之内,这样几乎可以消除水动力分异作用的影响。



P. 镁铝榴石 AS. 铁铝榴石和锰铝榴石 G. 钙铝榴石 +. 锰铝榴石<5% □. 锰铝榴石>5%

图1 渤海盆地石榴石组分示意图

Fig. 1 Triangular diagram of garnet compositions in Bohai Basin

3) 每一颗粒分析 50 秒,每一样品至少分析 20 个颗粒,以确保得到石榴石组分的正确范围。

4) 在本次研究中,直接分析颗粒表面,而不是在磨光的薄片上进行分析,这样由于颗粒粗糙度,表面选择以及估计特定颗粒环带发育情况会造成一系列问题。Andrew C. Morton^[3]通过对三个样品同时对其薄片和颗粒表面进行分析,对比分析结果发现:在颗粒表面分析测定石榴石组分范围是一种可行的方法。

石榴石有许多端元组分,例如镁铝榴石、铁铝榴石、钙铝榴石、钙铁榴石、钙铬榴石、水

钙铝榴石等。在作三角图选择端元组分时,应视具体情况而定。

本次研究是分析渤海海域不同区块(辽中凹陷、JZ20—2构造和辽西凹陷)东营组二段的石榴石成分及莱州湾凹陷沙河街组二段的石榴石。分析结果发现,很少有样品含有铬,因此钙铬榴石不能作为端元组分,只有个别样品含有钛且量极少,另外,钙铁榴石的含量也较少。综合考虑将镁铝榴石、铁铝榴石、钙铝榴石作为三角图的端元组分。但是,几乎所有样品都含有锰铝榴石,只是含量较少,为了区分富锰榴石与贫锰榴石,以5%作为界限,在三角图上将锰铝榴石>5%的颗粒用“□”表示,将钬铝榴石<5%的颗粒用“+”表示(图1)。

2 影响石榴石分布的因素

影响石榴石分布的因素主要包括母岩区矿物成分、风化作用、搬运过程中的机械磨蚀、沉积过程中的水动力条件和成岩作用^[2,4]。显然,在单一的物源区内,盆内的变化不能归因于风化作用;通常,搬运过程中的机械磨蚀可以忽略^[2,4],尤其对于石榴石来说,对于磨蚀作用具有一定的抵抗力;另外,研究单颗粒重矿物的地球化学成分,较之研究重矿物组合,可使水动力和成岩作用的影响降低到最小,在分析中,将石榴石限定在细砂-粗粉砂粒级范围内,使其密度范围较窄,这样水动力分异作用造成的影响极少,可以不予以考虑。成岩过程中的层内溶解作用必须考虑,但有时地层的渗透率极低,可阻止层内溶解的进行。而且层内溶解作用多发生于深埋藏时或由于酸性地表水的淋滤,而本次研究层段埋藏多较浅,其它不稳定重矿物的存在也表明层内溶解作用没有发生或影响极弱。总之,综合考虑各种因素,石榴石组分的变化即可归因于物源。

3 物源分析

综观分析结果可发现,渤海海域的石榴石有一个共同特点,即贫钙富铁,钙铝榴石所占比例较小,而镁铝榴石和铁铝榴石所占比例较大,尤以铁铝榴石百分含量高为特点。铁铝榴石主要产于片麻岩、片岩,由此推断,渤海海域东营组二段的石榴石主要来源于古老基岩。然而,渤海海域大量存在这类低钙石榴石,可能是由于高钙石榴石的相对不稳定。由于石榴石族矿物化学成分上的不同,其稳定性也有差异。低钙者比高钙者更为稳定^[2]。所以,在使用石榴石地球化学方法来判断物源的同时,一定要考虑成岩作用史。但是在东二段的重矿物组合中,绿帘石大量存在,个别井中尚有角闪石,在这种情况下,高钙石榴石不可能完全消失。因此,这种低钙石榴石组合在很大程度上应归因于来源区的母岩。

从图1可看出:数据点比较集中,大体上可划分为三个组合:组合a,主要为贫镁和钙的铁铝榴石,来自于中级区域变质岩相^[1];组合b为贫钙和锰的铁铝榴石-镁铝榴石系列,来自于无钙的中-高级变质岩相,例如,区域变质的酸性岩浆岩;组合c,钙铝榴石含量中等(10%—30%),而镁铝榴石含量通常<40%,很可能来自于角闪石片岩,也可能来自于较高级变质岩或较低级变质岩。

辽中凹陷的石榴石以组合a、b为主,少数颗粒也可划归组合c。最显著的特点是组合a与c富锰,含量有时可超过30%。而且有这样一个规律:富锰的石榴石同时贫镁,反映辽中

凹陷的石榴石部分来自于低级变质的泥质岩、砂卡岩或花岗岩、伟晶岩。另外,辽中凹陷尚有个别颗粒镁铝榴石含量超过 50%,指示其来源于深部榴辉岩,金伯利岩(表 1)。JZ20—2 构造和辽西凹陷也以组合 a、b 为主,且二者并重,但钙铝榴石含量普遍较低。而莱州湾凹陷的石榴石属于组合 b 和 c,钙铝榴石含量为 2.70%—26.58%,相对富钙。

表 1 石榴石族矿物形成的压力条件

Table 1 Pressure conditions of the garnet formation

| 石榴石族 | 阳离子 | 配位数 | 压力条件 | 产出地质部位 |
|------|------------------|-----|------|------------|
| 钙铝榴石 | Ca ²⁺ | 8 | 小 | 接触变质带 |
| 锰铝榴石 | Mn ²⁺ | 8 | 稍大 | 低级区域变质带 |
| 铁铝榴石 | Fe ²⁺ | 8 | 较大 | 中级区域变质带 |
| 镁铝榴石 | Mg ²⁺ | 8 | 极大 | 深部榴辉岩、金伯利岩 |

通过其它岩矿分析手段及地震、测井资料已分析出,辽中凹陷的物源为辽东隆起, JZ20—2 构造和辽西凹陷的物源为燕山褶皱带,而莱州湾凹陷的物源为胶东隆起,其中,胶东隆起和辽东隆起都属于前胶辽隆起。上述石榴石的分析结果也从侧面证实物源分析结果是正确的,不同物源区基岩分布不尽相同,石榴石组合也必定各具特色。燕山褶皱带和胶辽隆起,前者贫钙,后者相对较富钙,而且燕山褶皱带个别颗粒尚含有钛。辽东隆起和胶东隆起,前者较富锰,后者则贫锰。总的来说,渤海海域物源区主要属于中级变质岩相或中-高级变质岩相,石榴石主要来自于片麻岩、片岩、混合岩、花岗岩和伟晶岩等。

从上述的分析可看出,石榴石组分的变化必然与物源有关,或者不同的石榴石组合代表不同的物源,或者所有石榴石组合都来自于同一物源,由于不同地层的蚀顶作用而造成石榴石组分的变化。石榴石组分的突然改变与渐进的蚀顶作用不吻合,必然与物源的改变或新物源的加入有关。但是,在研究中必须注意到,石榴石所指示的物源只是最终物源,而非直接物源,对于经历过再循环的沉积物必须通过其它方法来研究其物源。总之,在物源分析中,将石榴石组分的变化与沉积厚度及沉积相等区域资料相结合,可以准确地确定母岩区位置。

结 论

1) 物源分析中,重矿物的标型特征研究优于传统的重矿物组合研究,而石榴石组分分析又优于标型研究,因为后者是客观的,而非主观的。

2) 早第三纪时,燕山褶皱带和胶辽隆起为渤海海域的盆外物源,基岩类型比较相似,因此,其石榴石组分范围多属于组合 a、b。但燕山褶皱带、辽东隆起、胶东隆起的石榴石组分依然各具特色,表现出一定的差异性。

3) 渤海海域石榴石物源区主要属于中级变质岩相或中-高级变质岩相,也有低级变质岩相,最明显的特点为低钙,主要来自于片麻岩、片岩、混合岩、花岗岩、伟晶岩等。

4) 石榴石组分所反映的物源只是最终物源,但是将石榴石组分的变化与沉积厚度及

沉积相等资料相结合,可以准确地确定母岩区位置。

收稿日期:1995-4-4

参 考 文 献

- [1] 薛君治,白学礼,陈武.成因矿物学.武汉:中国地质大学出版社,1991。
- [2] A. C. Morton. 碎屑重矿物的地球化学研究及其在物源区研究中的应用:沉积物源区研究新进展,地质矿产部上海海洋地质调查局,1991。
- [3] Andrew C. Morton. A new approach to provenance studies: electron microprobe analysis of detrital garnets from Middle Jurassic sandstones of the northern North Sea; *Sedimentology*, 1985, 32:553—566.
- [4] Pettijohn, Potter, Siever. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, Bferln, Heidelberg, New York, 1972.

Application of Electron Microprobe Analysis of Detrital Garnet to Provenance Studies

Yang Congxiao and Zhao Chenglin

(University of Petroleum, Beijing 102200)

Abstract

Heavy—mineral suites have frequently been used in studies of parent rocks, but it is usually hampered by the depletion of intrastratal solution and other factors. While in the provenance analysis, the study of garnet compositions by microprobe analysis is superior and has its own originality, which reduces the effects of hydroynamism and diagenesis to a minimum. In this paper, We analyzed the composition of detrital garnets from Bohai Basin. The results indicate that the garnet of Bohai Basin is mainly of low grossular content and different source areas have different garnet associations, which also proves that provenance analysis of the early stage is correct.

Key Words: garnet electron microprobe provenance study