6 朱 铭. 秦岭地区花岗岩的 K-Ar 等时年龄和^{39}Ar-^{40}Ar 年龄及其地质意义. 岩石学报, 1995, 11(2): 179~ 192
7 Leake B E. Nomenclature of amphiboles. Canadian Mineral, 1978, 16: 501~ 520
8 Fonarev V I, Graphchikov A A. Two-pyroxene thermometry: a critical evaluation. In: Perchuk L L, eds. Progress in Metamorphic and Magmatic Petrology. Cambridge: Cambridge University Press, 1991. 65~ 92
9 Saxena S K, Sykes J, Eriksson G. Phase equilibria in the pyroxene quadrilateral. J Petrol, 1986, 27: 843~ 852
10 Ellis D J. Osumilite-sapphirine-quartz granulites from Enderby Land, Antarctica: *P-T* conditions of metamorphis, implications for garnet- cordierite equilibria and the evalution of the deep crust. Contrib Mineral Petrol, 1980, 74: 201~ 210

(1997-07-10 收稿, 1997-11-13 收修改稿)

从砂岩地球化学探讨盆地构造背景

邵 磊 K. Stattegger④ 李文厚(四)

(同济大学海洋地质开放实验室, 上海 200092; ④Geological and Paleontological Institute, University of Kiel, Germany; (四)西北大学地质系, 西安 710069)

摘要 砂岩的地球化学成分主要受物源区控制. 因此, 通过分析砂岩的化学成分可以对盆地所处大地构造位置等问题进行准确分析判断. 对吐鲁番_哈密盆地中砂岩的常量及稀土微量元素分析表明, 吐鲁番_哈密盆地为座落于陆壳之上的大陆型沉积盆地, 而非大洋盆地. 沉积物的物源来自大陆壳内.

关键词 **沉积岩 地球化学 盆地分析 吐鲁番_哈密盆地**

在盆地的沉积建造中, 碎屑岩的碎屑组分是判断物源区母岩类型的有力证据之一, 也是沉积盆地分类的重要依据. 然而, 由于经历了风化、搬运以及成岩等一系列物理、化学过程, 多数来自母岩区的不稳定成分遭到破坏, 而使较稳定的碎屑成分在沉积物中相对富集. 这一过程给通过碎屑岩的碎屑种类来判断母岩类型带来一定困难. 研究表明, 尽管有沉积过程中的改造作用, 碎屑岩的地球化学成分仍然主要受物源区控制[1], 并且一些微量元素的比值(如 Zr/Hf, Eu/Eu*, Ta/Nb, La/Sc, Th/U 等)不发生明显改变[2]. 因此, 通过测定分析碎屑岩的化学成分可以准确判断其母岩区的岩性特征, 进而对盆地所处大地构造位置等问题进行分析研究. 这种方法的应用在国外已有不少成功的例子[1,3]. 这里以吐鲁番_哈密盆地为例, 检验其在多次构造叠加盆地中的应用.

吐鲁番_哈密盆地位于新疆东部, 面积约 5.35×10^4 km^2, 是目前中国重点开发的含油气盆地之一. 由于其地处印度板块与欧亚板块碰撞所形成的青藏隆起的前缘地带, 遭到多次构造运动的叠加改造, 在沉积盆地分类中被单独列为一种类型, 长期以来吸引了众多的中外学者前往考察研究. 然而, 由于自然条件所限, 该盆地研究程度相对较低, 一些地质问题尚待解决. 特别是对该盆地早期所处的大地构造位置争议较大: 一种意见根据地球物理资料认为是座落于稳定陆壳之上的大陆型沉积盆地[4,5]; 另一种意见则认为是发育在大洋壳之上的一个洋盆[6,7]. 针对这一现状, 本文通过地球化学分析的方法, 对该盆地所处的构造背景做一探讨.

1 样品及方法

分析的碎屑岩样品以岩屑砂岩为主、少量为长石岩屑砂岩, 以及少量粉砂岩、泥岩和下伏的火山岩. 样品采自 11 条地表露头剖面及 2 条钻井剖面, 时间从二叠纪到第三纪, 以二叠纪、

三叠纪及侏罗纪的沉积岩样品为主. 分析测试在德国基尔大学地质古生物所地球化学实验室完成, 常量元素分析采用目前广泛使用的X衍射荧光光谱(XRF)的方法, 测试样品276个, 稀土、微量元素分析采用相对较新的电感耦合等离子质谱(ICP_MS)的方法, 测试样品64个. Tertian等人[8]及Jenner等人[9]对分析方法有详细描述.

2 分析结果

在近几十年中, 利用沉积岩的造岩元素来判别岩石形成时的大地构造环境的研究获得了长足进展, 取得不少成功的例子, 并发明了多种两相或三相式图解来确定沉积岩形成时的构造环境. Roser等人[10]的$\log(K_2O/Na_2O)$和SiO_2图解法就是其中的一种. 在该图解中, 随SiO_2含量的降低, 样品所反映的构造环境从被动大陆边缘向岛弧环境迁移. 利用这种方法得出吐鲁番_哈密盆地的沉积岩样品大部分归属于活动大陆边缘的范畴; 部分样品, 特别是来自侏罗系的样品则落入被动大陆边缘的范围内(图1), 说明吐鲁番_哈密盆地应属于大陆型盆地.

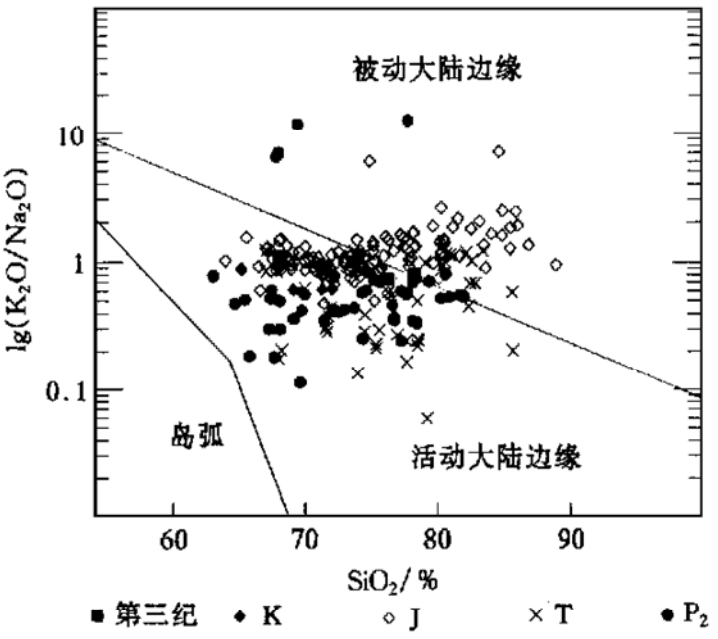

图1 碎屑岩构造环境判别图[9]

在沉积岩微量元素的研究方面, 人们先后对北美页岩中的稀土元素(NASC)以及澳大利亚后太古代平均页岩成分中的稀土元素(PAAS)进行了深入的研究[2,3], 并认为它们代表了上地壳中稀土元素的分布特征. 源自上地壳的稀土元素表现出富含轻稀土, 重稀土含量稳定及负的Eu元素异常等性质. 轻稀土富集说明上地壳中大离子亲石元素的含量相对于原始幔源要明显偏高; 重稀土含量均匀则是上地壳内缺少使重稀土分馏的因素; 负的Eu元素异常是由于元素分异作用使地壳内上地壳中Eu元素缺失, 而下地壳中Eu元素富集[11]. 砂岩样品由于石英碎屑的稀释作用, 其稀土元素的丰度要比细粒沉积岩相对为低. 如果组成砂岩的碎屑其母岩源自上地壳, 那么砂岩中稀土元素的分布形态应与上地壳中稀土元素的分布形态相平行, 仅是在绝对值上要相对低一些. 据此, 人们可以根据沉积岩中稀土元素的分布特征对沉积物的来源进行判别.

吐鲁番_哈密盆地经陨石校正的沉积岩稀土元素分布, 表现出富含轻稀土和重稀土含量均一、Eu元素明显负异常的特征(图2), 与PAAS和NASC的分布趋势基本类似, 表明其原始物质应来自上地壳. 图中来自石炭纪及早二叠世的样品主要为酸性火山岩及火山凝灰岩, 故它们的稀土含量比其他沉积岩样品高, 并且Eu元素负异常明显.

REE, Th, U, Nb, Ta, Zr和Hf属惰性元素范畴, 性质稳定, 较少或不受沉积过程的影响[1,12], 其比值反映了母岩的地球化学习性. 由图3可见, 来自下伏石炭系及下二叠统的酸性火山岩及火山凝灰岩和其上覆的沉积岩具有相同的惰性痕量元素习性, 表明它们之间有密切

的亲缘关系, 应来自同一物源. 并且, 这些沉积岩样品的 Gdn/ Ybn 之比基本介于 1.0 和 2.0 之间, Eu/ Eu* 比值很低, 说明其母岩应源自后太古代上地壳, 即大陆壳内.

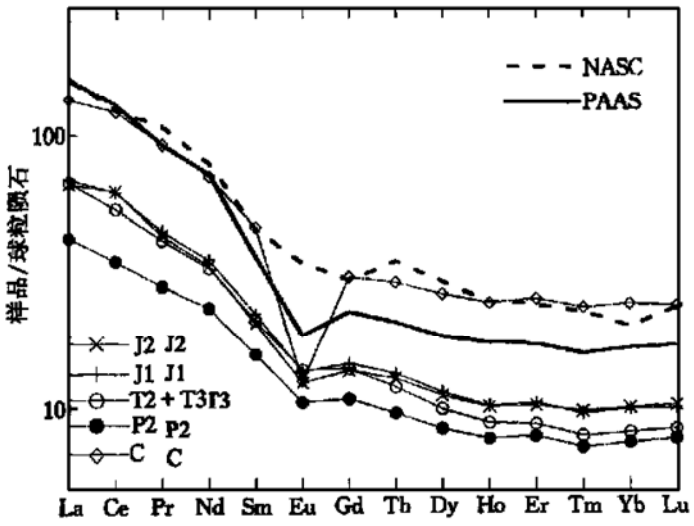

图 2 吐鲁番_哈密盆地稀土元素配分模式

其中的石炭系和下二叠统的样品为火山岩, 其他样品均为砂岩. 图形显示所有砂岩的 REE 分布均与 PAAS 或 NASC 平行, 仅在绝对值上略低

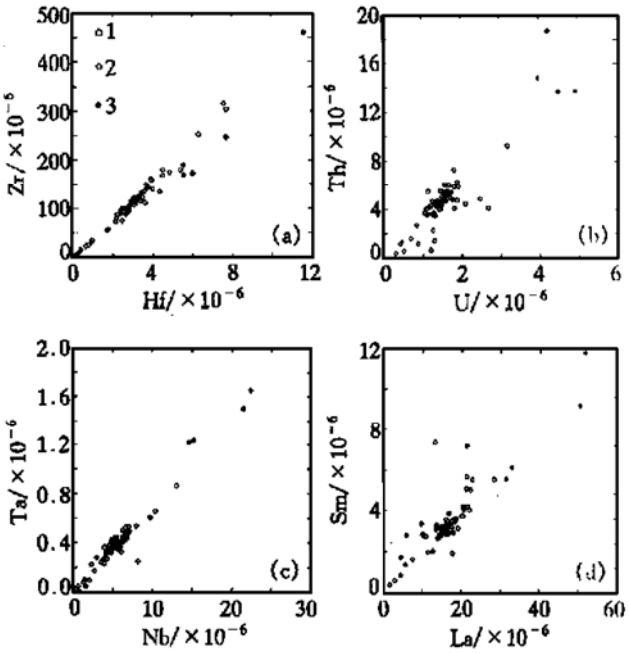

图 3 吐鲁番_哈密盆地碎屑岩及火山岩 Zr 对 Hf(a), Th 对 U(b), Ta 对 Nb(c) 和 Sm 对 La(d) 点图

1——哈密拗陷沉积岩样品, 2——吐鲁番拗陷沉积岩样品, 3——下伏石炭系、下二叠统火山岩样品

3 结论

通过上述分析可以得出, 从砂岩的地球化学特征能够清楚地揭示沉积盆地的盆地类型. 并且这种方法具有自己独特的优点, 即可以从多种元素出发, 从各不同角度说明物源区的地球化学特点, 进而明确判断沉积时盆地所处大地构造位置, 解决一些其他方法无法解决的难题.

从常量及微量元素的分析结果可以得出, 吐鲁番_哈密盆地应为座落于陆壳之上的大陆型沉积盆地, 而非大洋盆地. 多种迹象显示, 沉积物的物源应来自上地壳即大陆壳内, 印证了人们根据物探资料得出的结论. 下伏的石炭系及下二叠统火山岩和其上覆的沉积岩具有相同的惰性痕量元素习性, 显示两者之间有密切的亲缘关系, 其原始物质组成应来自同一物源.

致谢 在本文写作过程中得到汪品先教授的热情指导和帮助, 在此深表谢意.

参 考 文 献

1 Rollinson H R. Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation. London: Longman Scientific, Technical Press, 1993. 1~ 352

2 Taylor S R, McLennan S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution. An Examination of the Geochemical Record Preserved in Sedimentary Rocks. Oxford London: Blackwell scientific Publication, 1985. 1~ 301

3 McLennan S M. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin B R, Mckay G A, eds. ed. Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements. Washington: The Mineralogical Society of America, 1989. 169~ 200

4 胡见义, 赵文智, 钱 凯, 等. 中国西北地区石油天然气地质基本特征. 石油学报, 1996, 17(3): 1~ 11
5 吴 涛, 张世焕, 王武和. 吐鲁番_哈密成煤盆地构造特征与油气聚集. 石油学报, 1996, 17(3): 12~ 18
6 Carroll A R, Graham S A, Hendrix M S, et al. 晚古生代准格尔盆地沉积作用与基底特征. 冯益民译. 见: 肖序常, 汤耀民主编. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化. 北京: 科学技术出版社, 1991. 136~ 150
7 Carroll A R, Liang Y H, Graham S A, et al. Junggar basin, northwest China: trapped late Paleozoic Ocean. Tectonophysics, 1990, 181: 1~ 14
8 Tertian R, Claisse F. Principles of Quantitative X_ray Fluorescence Analysis. New York: Wiley_Heyden, 1982
9 Jenner G J, Longerich H P, Jackson S E. ICP_MS a powerful tool for high precision trace_element analysis in earth sciences: evidence from analysis of selected U.S.G.S. reference samples. Chem Geol, 1990. 83: 133~ 148
10 Roser B P, Korsch R J. Determination of tectonic setting of sandstones_mudstone suites using SiO_2 content and K_2O/Na_2O ratio. J of Geology, 1986, 94: 635~ 650
11 McLennan S M, Hemming S, McDaniel M J, et al. Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics. In: Jonhanson M J, Basu A, eds. Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. Boulder, Colorado: Geological Society of America Special Paper 284, 1993. 21~ 40
12 Pearce J A. Role of the sub_continental lithosphere in magma genesis at active continental margins. In: Hawkesworth C J, Norry M J, eds. Continental basalts and mantle xenoliths. Shiva: Nantwich, 1983. 230~ 249

(1997-05-05 收稿, 1997-10-10 收修改稿)

高温高压下干样品体系中氧逸度控制的新方法
——以 Cu-O 体系为例

李和平　谢鸿森　郭 捷　张月明
许祖鸣　徐济安④
(中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; ④中国台湾中央研究院地球科学研究所, 台北)

摘要　通过在样品及氧库(一种固体氧缓冲剂)间置入固体氧离子导体(YSZ)以及于样品及氧库间外加一直流电压, 负极区的氧在该电压作用下经由YSZ被迫进入正极区. 以此样品中氧逸度可独立于温度、压力得到就位控制. 以Cu-O体系为样品的试验表明, 该方法非常成功. 无疑, 该技术对有变价元素参与的高温高压实验具有重要的意义.

关键词　**氧逸度控制　干样品体系　高温高压**

高温高压下干样品体系中氧逸度的控制一直是国际高压界急待解决的难题. 迄今为止, 高压下固体样品中氧逸度的控制方法主要有: ( ) 气体缓冲剂法[1]; ( ) 固体缓冲剂法[2]; ( ) 综合缓冲法[1]; ( ) 氧薄膜电池法[3]. 上述方法都存在明显不足. 方法( )中, 虽可通过调节气体缓冲对的原始配比来获得在一定温压下的不同氧逸度值, 但以气体为传压介质的高压设备工作压力较低; 气体缓冲剂对样品及设备通常为非惰性; 所能获得的氧逸度取值范围有限. 方法( )~( )所控制的氧逸度均不能独立于温压进行调节. 不仅如此, 方法( )中对于样品为惰性的固体缓冲剂选择通常存在困难. 方法( )中被控制的氧逸度通常无法确切知道. 方法( )中, 因缓冲过程中CSZ与缓冲剂间单相物质层的形成, 使得缓冲过程将随时间自行停止, 且由此获得的氧逸度亦无法确切知道.