

# 四川西部西康群新都桥组碳酸盐岩的锶同位素特征

曾宜君<sup>1,2</sup>, 黄思静<sup>1</sup>, 易同富<sup>2</sup>, 郝雪峰<sup>2</sup>, 熊昌利<sup>2</sup>, 胡作维<sup>1</sup>

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

**摘要:** 四川西部松潘—甘孜地区广泛分布一套三叠系黑色砂板岩层系, 由于其岩性单调、古生物化石贫乏, 给该区地层划分、对比带来极大困难。因此, 从锶同位素地层学基本原理出发, 对甘孜北部西康群新都桥组中薄层状灰岩样品进行了锶同位素组成测定。结果表明, 6件样品的  $N(^{87}\text{Sr})/N(^{86}\text{Sr})$  分别为 0.708 688、0.708 659、0.708 907、0.708 223、0.708 341、0.708 266, 平均为 0.708 514。表明该地层的碳酸盐岩样品可能遭受了不同程度的成岩蚀变, 多数样品的锶同位素组成偏离同时代的全球海水锶同位素组成。

**关键词:** 四川西部; 三叠系; 西康群; 锶同位素; 地层学

**中图分类号:** P53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)02-0126-04

## Sr Isotopic Characteristics of Carbonate Rocks in Xinduqiao Formation of Xikang Group, Western Sichuan, China

ZENG Yi-jun<sup>1,2</sup>, HUANG Si-jing<sup>1</sup>, YI Tong-fu<sup>2</sup>  
HAO Xue-feng<sup>2</sup>, XIONG Chang-li<sup>2</sup>, HU Zuo-wei<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Sichuan Institute of Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The Triassic black sandstone-slate from the Xinduqiao Formation of Xikang Group is widely distributed in the Songpan-Ganzi region of western Sichuan. Its division and correlation are difficult because of the monotony of lithology and few of fossils. Based on the principle of strontium isotope stratigraphy(SIS), this paper measured the concentrations of Mn, Sr, SiO<sub>2</sub>, and the values of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios for the carbonate rocks interbed in the black sandstone-slate of the Xinduqiao Formation, Xikang Group, northern Ganzi. The strontium isotope datum for the carbonate are 0.708 688, 0.708 659, 0.708 907, 0.708 223, 0.708 341, 0.708 266 respectively, with an average of 0.708 514. The carbonates underwent diagenetic alteration in different degrees, leading  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios of most samples to have some departures to coeval seawater, but some of them contains the information of seawater geochemically. Therefore, the isotope datum can be used to correlate the strata and to calibrate the age of key position of Xinduqiao Formation of Xikang Group.

**Key words:** western Sichuan; Triassic System; Xikang Group; Sr isotope; stratigraphy

## 0 引言

锶在海水中残留时间(约  $10^6$  a)大大长于海水的混合时间(约  $10^3$  a), 因而在任何时代全球范围内海水锶元素在同位素组成上是均一的<sup>[1]</sup>。海水锶同位素组成来源主要受壳源和幔源锶控制: 壳源锶

主要由大陆古老岩石风化提供,  $N(^{87}\text{Sr})/N(^{86}\text{Sr})$  全球平均为 0.711 9<sup>[2]</sup>; 幔源锶主要由洋中脊热液系统提供,  $N(^{87}\text{Sr})/N(^{86}\text{Sr})$  平均为 0.703 5<sup>[3]</sup>; 海水中壳源锶和幔源锶的相对比值大小的改变是通过各种全球事件的共同作用实现的<sup>[4-7]</sup>。自 1982 年以来, 锶同位素在沉积学中应用得到迅速发

收稿日期: 2006-08-03

基金项目: 国家自然科学基金项目(40472068); 教育部博士点基金项目(20050616005); 中国地质调查局地质调查项目(200313000026)

作者简介: 曾宜君(1961-), 男, 四川自贡人, 教授级高级工程师, 博士研究生, 从事区域地质及环境地质研究。E-mail: hs.j@cdut.edu.cn

展<sup>[8-10]</sup>, 已经成为一门较为成熟的学科分支——锶同位素地层学<sup>[10-19]</sup>。

四川西部和青海南部地区, 广泛分布一套巨厚的暗色砂板岩系。李春昱等<sup>[20]</sup>在雅江县城西的西俄洛地层中采得植物化石 *Podozamites* sp., 将其定为侏罗系并取名为“西康系”。中国科学院南水北调考察队<sup>[21]</sup>在雅江城北的该套地层中首次发现三叠纪海相双壳类化石, 并将其改称为“西康群”。20 世纪 70~80 年代, 四川省地矿局等单位在四川西部开展了大面积的区域地质调查和科研工作, 取得了西康群大量的岩石地层和生物地层资料, 并在此基础上进行了全面总结<sup>[22-23]</sup>。至此, 四川西部三叠纪地层层序已基本建立, 自下而上为: 菠茨沟组(下三叠统, 含上二叠统), 扎尕山组(属西康群, 中三叠统), 杂谷脑组、侏倭组、新都桥组、两河口组、雅江组(以上 5 个均属西康群, 上三叠统)。

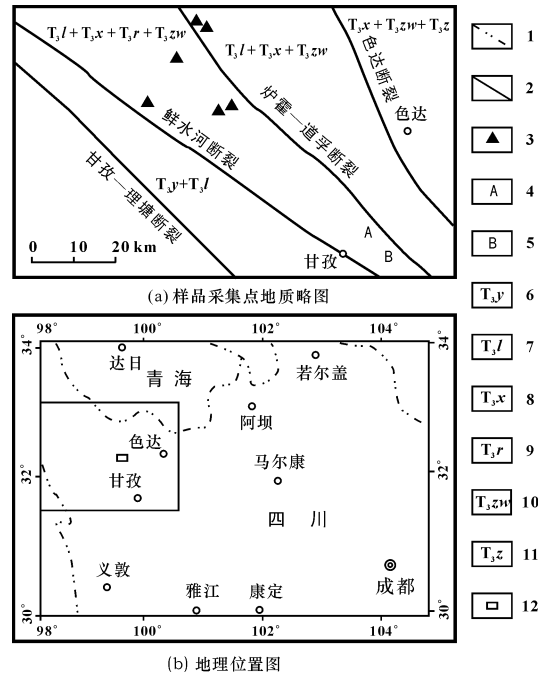
然而, 由于该套地层厚度巨大, 岩性单调、化石稀少, 褶皱变形强烈, 在地层划分、对比以及年代归属等方面还存在许多尚未解决的问题。笔者以锶同位素地层学原理为基础, 测定了西康群新都桥组中薄层状灰岩的锶同位素组成, 为日后西康群的深入研究提供了有益的思路和方法。

1 样品及实验方法

样品采自四川西部甘孜以北(图 1)。由于该区新都桥组地层剖面上没有连续可采的灰岩, 所采样品分布于 4 个地区 6 个点, 具有随机性。为使样品的锶同位素比值尽可能代表原始海水, 野外所采样品均为灰黑色微晶灰岩。

样品的挑选、粉碎及微观结构和阴极发光强度观察, 均在成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室完成。常量和微量元素分析由四川省地质矿产局华阳地矿检测中心完成, CaO、SiO<sub>2</sub>、MgO 用重量法和容量法测定, 其质量分数检测限为 0.1×10<sup>-2</sup>, 误差为 2%; Mn、Sr 用原子吸收光度法测定, 其质量分数检测限分别为 5×10<sup>-6</sup>、42×10<sup>-6</sup>, 误差为 13%、14%。

锶同位素分析由中国科学院地质与地球物理研究所完成。取 70 mg 左右粉碎至 0.071 mm (200 目) 的样品, 用 2.5 mol/L 的 c(HCl) 于 Teflon 杯中溶样, 离心后清液通过 AG W 50×12 阳离子交换柱分离, Sr 同位素在 MAT262 同位素质谱计上测



—省界; 2—断裂; 3—采样位置; 4—甘孜各目弄巴剖面; 5—炉霍日拉沟剖面; 6—雅江组; 7—两河口组; 8—新都桥组; 一如年各组; 10—侏倭组; 11—杂谷脑组; 12—样品采集点

图 1 样品采集地点的地理位置和地质略图

Fig. 1 Sketch Geologic Map and Geographic Map of Sampling Area

定, 同位素分馏用  $N(^{86}\text{Sr})/N(^{88}\text{Sr})=0.1194$  校正, 实验室对 Sr 标准样 NBS987 分析结果为  $0.710226\pm12(n=8)$ ; 全流程空白本底约为  $(2\sim5)\times10^{-10}$  g, 误差以  $2\sigma(\pm)$  表示。

2 分析结果

经岩石微观结构观察, 样品均为较好的微晶灰岩, 但岩石中的方解石脉较多, 因而在选样时, 必须注意避免方解石脉, 尽可能选取样品中代表原始沉积的微晶部分, 同时这些样品均具较弱的阴极发光强度。常量和微量分析结果(表 1)表明, 所有样品的 CaO 质量分数较高(50%左右), SiO<sub>2</sub>、MgO 较低, 说明这些样品均为纯度较好的灰岩, 陆源碎屑沉积物很少; 同时这些样品的  $w(\text{Sr})$  为  $(431\sim1847)\times10^{-6}$ , 平均  $905\times10^{-6}$ ,  $w(\text{Mn})$   $(325\sim4260)\times10^{-6}$ , 平均  $1630\times10^{-6}$ , 说明不同样品的  $w(\text{Sr})$ 、 $w(\text{Mn})$  差异较大。锶同位素分析结果表明(表 1), 这些样品的  $N(^{87}\text{Sr})/N(^{86}\text{Sr})$  为  $0.708223\sim0.708907$ , 平均为  $0.708514$ , 基本在三叠系海水锶同位素演化曲线附近(图 2), 但有 3 个样品已经发生了不同程度的偏离。



同期海水有较好代表性。

(4) 根据 3 个对海水代表性较好的样品的  $N(^{87}\text{Sr})/N(^{86}\text{Sr})$ , 结合有关的牙形石分析资料,  $Q\ 7082 \sim 0.7083$  的比值可能代表了卡尼阶与若利阶间界线附近的年龄大致在 212 Ma 附近。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Wickman F E. Isotope Ratios: A Clue to the Age of Certain Marine Sediments[ J ]. *Journal of Geology*, 1948, 56: 61-66.
- [ 2 ] Palmer M R, Edmond J M. The Strontium Isotopic Budget of the Modern Ocean[ J ]. *Earth Planet Sci Lett*, 1989, 92: 11-26.
- [ 3 ] Palmer M R, Elderfield H. Strontium Isotope Composition of Seawater over the Past 75 Ma[ J ]. *Nature*, 1985, 314: 526-528.
- [ 4 ] Denison R E, Kirkland D W, Evans R. Using Strontium Isotopes to Determine the Age and Origin of Gypsum and Anhydrite Beds[ J ]. *Journal of Geology*, 1998, 106: 1-17.
- [ 5 ] Cortecchi G, Lupi L. Carbon, Oxygen and Strontium Isotope Geochemistry of Carbonate Rocks from the Tuscan Nappe, Italy[ J ]. *Mineralogica et Petrographica Acta*, 1994, 37: 63-80.
- [ 6 ] Allegre C J, Gaillardet J, Meynadier L. The Evolution of Seawater Strontium Isotope in the Last Hundred Million Years: Reinterpretation and Consequence for Erosion and Climate Models[ J ]. *EOS, Transactions, American Geophysical Union*, 1996, 77(46): 325.
- [ 7 ] Ebner S, Diener A, Buhl D, et al. Strontium Isotope Systematics of Conodonts: Middle Devonian, Eifel Mountains, Germany[ J ]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1997, 132(3/4): 79-96.
- [ 8 ] Burke W H, Denison R E, Hetherington E A, et al. Variation of  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  throughout Phanerozoic Time[ J ]. *Geology*, 1982, 10: 516-519.
- [ 9 ] Koepnick R B, Burke W H, Denison R E, et al. Construction of the Seawater  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  Curve for the Cenozoic and Cretaceous: Supporting Data[ J ]. *Chem Geol (Isot Geosci)* 1985, 58: 55-81.
- [ 10 ] 黄思静, 石和, 刘洁, 等. 锶同位素地层学研究进展[ J ]. *地球科学研究进展*, 2001, 16(2): 194-200.
- [ 11 ] 黄思静, 石和, 张萌, 等. 上扬子石炭—二叠纪海相碳酸盐的锶同位素演化与全球海平面变化[ J ]. *沉积学报*, 2001, 19(4): 481-487.
- [ 12 ] 黄思静, 石和, 沈立成, 等. 西藏晚白垩世锶同位素曲线的全球对比及海相地层的定年[ J ]. *中国科学: D 辑*, 2004, 34(4): 335-344.
- [ 13 ] 黄思静, 吴素娟, 孙治雷, 等. 中新世海水锶同位素演化和古海洋事件[ J ]. *地质前缘*, 2005, 12(2): 133-141.
- [ 14 ] 张萌, 黄思静, 谢国刚, 等. LOWESS 在锶同位素地层学中的应用[ J ]. *地球科学与环境学报*, 2004, 26(2): 1-5.
- [ 15 ] 黄成刚, 黄思静, 吴素娟, 等. 100 Ma 以来海水的锶同位素组成、演化及主要控制因素[ J ]. *地球科学与环境学报*, 2006, 28(2): 19-24.
- [ 16 ] 黄思静, 石和, 张萌, 等. 西藏南部晚白垩世厚壳蛤的锶同位素年龄标定[ J ]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2005, 30(4): 437-442.
- [ 17 ] 黄思静, 张萌, 孙治雷, 等. 川东 12 井三叠系飞仙关组碳酸盐样品的锶同位素年龄标定[ J ]. *成都理工大学学报: 自然科学版*, 2006, 33(1): 111-116.
- [ 18 ] Howarth R J, McArthur J M. Statistics for Strontium Isotope Stratigraphy: A Robust LOWESS Fit to Marine Sr Isotope Curve for 0 to 206 Ma with Look up Table for Derivation of Numeric Age (Look up Table Version 8/96)[ J ]. *J. Geol.*, 1997, 105: 441-456.
- [ 19 ] McArthur J M, Howarth R J, Bailey T R. Strontium Isotope Stratigraphy: LOWESS Version 3: Best Fit to the Marine Sr Isotope Curve for 0 to 509 Ma and Accompanying Look up Table for Deriving of Numerical Age[ J ]. *J. Geol.*, 2001, 109: 155-170.
- [ 20 ] 李春昱. 四川中生代地层[ J ]. *中国地质学会会志*, 1934, 13(1): 91-105.
- [ 21 ] 中国科学院西部地区南水北调考察队地质组. “西康系”的时代问题[ J ]. *地质科学*, 1960(5): 241.
- [ 22 ] 饶荣标, 徐济凡, 陈永明, 等. 青藏高原的三叠系[ M ]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [ 23 ] 四川省地质矿产局. 四川省岩石地层[ M ]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [ 24 ] Veizer J, Ala D, Azmy K, et al.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  Evolution of Phanerozoic Seawater[ J ]. *Chem Geol.*, 1999, 161: 59-88.
- [ 25 ] Harland W B, Armstrong R L, Cox A V, et al. A Geologic Time Scale 1989[ M ]. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1990.
- [ 26 ] Derry L A, Kaufman A J, Jacobsen S B. Sediment Cycling and Environmental Change in the Late Proterozoic: Evidence from Stable and Radiogenic Isotopes[ J ]. *Geochim Cosmochim. Acta*, 1992, 56: 1317-1329.
- [ 27 ] Kaufman A J, Jacobsen S B, Knoll A H. The Vendian Record Sr and C Isotope Variations in Seawater: Implications for Tectonics and Paleoclimate[ J ]. *Earth Planet Sci Lett*, 1993, 120: 409-430.
- [ 28 ] Kaufman A J, Knoll A H, Awramik S M. Biostratigraphic and Chemostratigraphic Correlation of Neoproterozoic Sedimentary Successions: Upper Tindir Group, Northwestern Canada, as a Test Case[ J ]. *Geology*, 1992, 20: 181-185.
- [ 29 ] 黄思静. 海相碳酸盐矿物的阴极发光性与成岩蚀变的关系[ J ]. *岩相古地理*, 1990, 10(4): 9-15.
- [ 30 ] Veizer J, Compston W.  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in Precambrian Carbonates as an Index of Crustal Evolution[ J ]. *Geochim Cosmochim. Acta*, 1976, 40: 905-914.
- [ 31 ] Azmy K, Veizer J, Misi A, et al. Dolomitization and Isotope Stratigraphy of the Vazante Formation, São Francisco Basin, Brazil[ J ]. *Precambrian Research*, 2001, 112: 303-329.
- [ 32 ] 四川省地矿局. 1:20 万大塘坝、色达幅区域地质调查报告[ R ]. 成都: 四川省国土资源资料馆, 1996.
- [ 33 ] 四川省地质调查院. 1:25 万甘孜县幅区域地质调查报告[ R ]. 成都: 四川省国土资源资料馆, 2000.
- [ 34 ] Gradstein F M, Ogg J G, Smith A G. Internal stratigraphic chart (国际地层表)[ J ]. *地层学杂志*, 2005, 29(2): 97-98.