

# 四川渠县烂泥湾地区三叠系硫酸盐矿物硫同位素组成及其地质意义

宋 鹤 彬

荆 博 华

(中国地质科学院矿床地质研究所)

(地质矿产部第二地质大队)

**主题词:** 硫同位素; 成盐环境

**提 要:** 文章阐述了烂泥湾地区三叠系不同类型的石膏、硬石膏和杂卤石矿物硫同位素值变化规律, 进而探讨了它们的形成条件及其对划分地区地层所起的作用。

## 一、地质概况

烂泥湾杂卤石普查区在四川省渠县三汇区农乐乡境内, 位于华蓥山背斜的北倾没端, 普

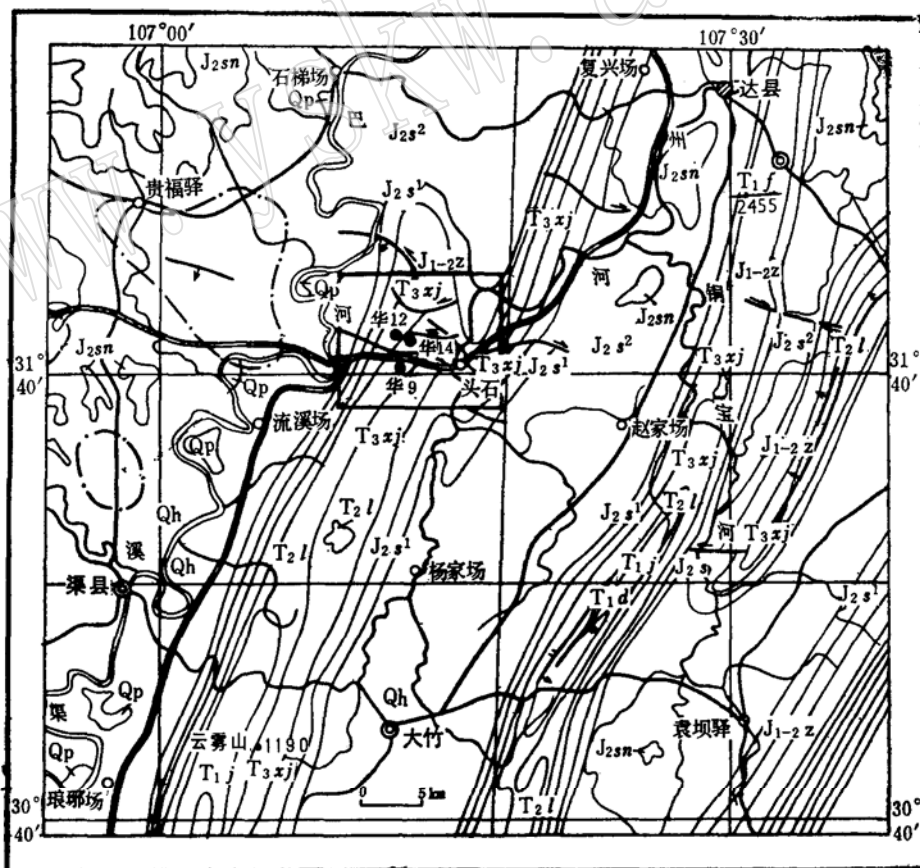


图 1 渠县烂泥湾地区地质图及采样井位置

Fig. 1 Sketch geological map of Lanniwan area Qu County, Showing localities of sampling holes

查区主体构造为烂泥湾背斜(图1中, 华9、华12、华14示钻孔分布范围)。

区内地层简单, 背斜轴部出露的最老地层为中三叠统雷口坡组( $T_2l$ ), 以碳酸盐岩为主; 向翼部依次为上三叠统须家河组( $T_3x$ ), 以煤系地层为特征; 侏罗系碎屑岩地层; 下三叠统嘉陵江组( $T_1j$ )的碳酸盐及蒸发岩系深埋地腹。含杂卤石层段主要在中三叠统下部和下三叠统上部( $T_2l^{1-1}$ — $T_1j^{3-2}$ )约60m厚的区间内(图2)。

烂泥湾背斜两翼对称性差, 东翼较缓( $<45^\circ$ ), 西翼较陡( $>45^\circ$ ), 局部达 $75^\circ$ 。背斜轴

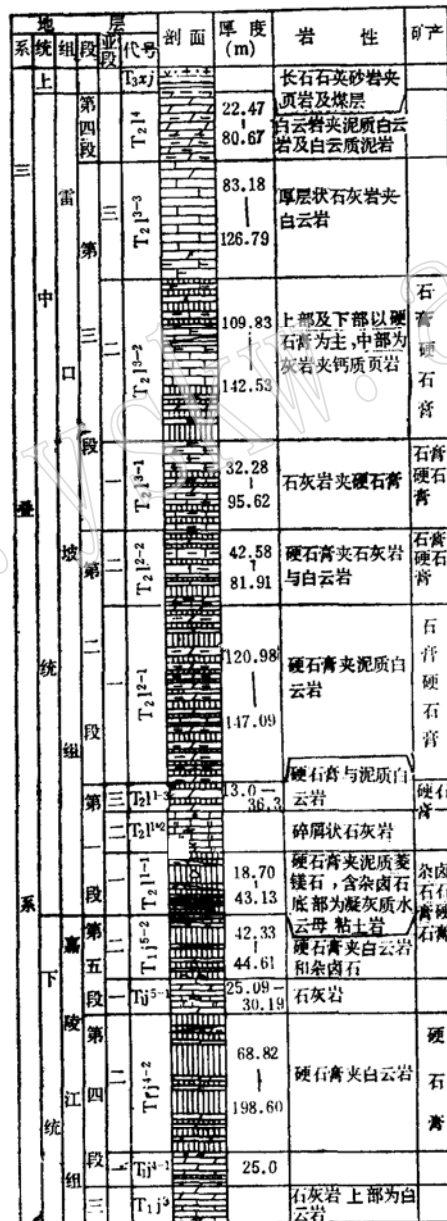


图 2 烂泥湾地区综合地层柱状剖面图

Fig. 2 Composite columnar section of Lanniw n area

线走向变化较大,州河以北为北东 $20^{\circ}$ ,州河以南转为南东 $130^{\circ}$ 。区内构造发育,水文地质条件复杂,地形切割强烈,尤其是 $T_2l^{1-1}-T_1j^{3-2}$ 层段内。由于膏盐层具塑性,其地层往往多次重复或缺失,加之复杂的水文地质条件,使硫酸盐矿物发生了强烈的次生变化,增加了矿层对比和矿物研究的困难。

## 二、不同类型膏盐的硫同位素组成特征

在 $T_1j^4-T_2l^3$ 的层段内,有厚大的硬石膏产出,在浅部,构造作用强烈的部位及含水层的上下石膏层十分发育,在这些层段中还见有密集的硬石膏脉。笔者分别采集了不同类型的石膏和硬石膏做了硫同位素分析,结果见表1。

表1 不同类型石膏和硬石膏 $\delta^{34}S$ 值  
Table 1  $\delta^{34}S$  values of different types of gypsum and anhydrite

类 别	$\delta^{34}S(\%)$	层 位	钻 井 号	井 深 (m)
脉 状 硬 石 膏	27.9	$T_2l^{1-1}$	华 14	442.60
石 膏	27.7	$T_2l^{1-1}$	华 12	242.50
硬 石 膏	29.4	$T_2l^{1-1}$	华 12	282.00
部分水化硬石膏	28.4	$T_1j^{3-2}$	华 9	501.00
硬 石 膏	31.9	$T_1j^{3-2}$	华 14	319.50

注:样品由矿床所同位素实验室白瑞梅分析

由表1看出,硬石膏 $\delta^{34}S$ 值高于石膏,脉状硬石膏与石膏相近,而具有部分水化的硬石膏则介于二者之间。

根据区内构造及水文地质条件分析,可以认为,石膏是在地下水作用下由硬石膏水化而成,而这一水体直接与富轻硫同位素的地表水相关,因而所形成的石膏中硫同位素组成 $\delta^{34}S$ 值低于硬石膏,且随水化程度的增强 $\delta^{34}S$ 值逐渐降低。

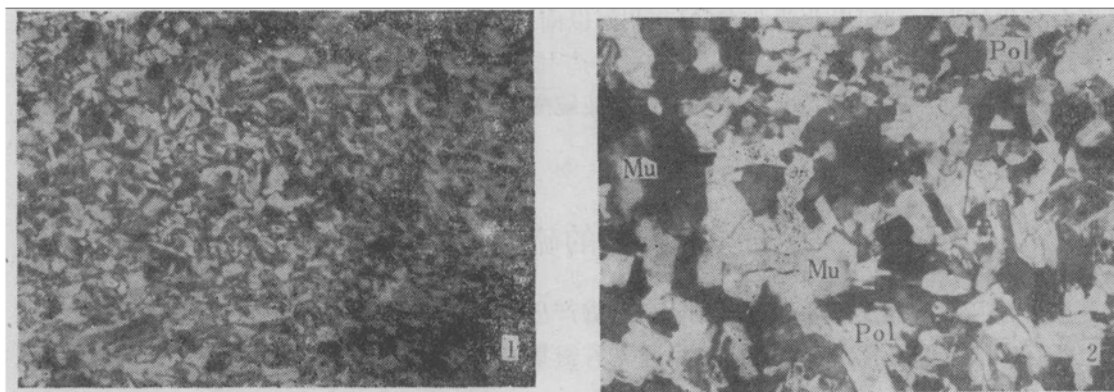
脉状硬石膏与石膏的 $\delta^{34}S$ 值相近,说明二者具有同源特点,这就是说,脉状硬石膏亦是在富轻硫同位素地下水作用下再沉积的结果。

另外,根据地表石膏矿的硫同位素资料表明,石膏确具富轻硫同位素特征,如:渠县龙门峡石膏矿的 $\delta^{34}S$ 值为 $26.0-28.3\%$ ;而渠县烂泥湾相同层位的硬石膏 $\delta^{34}S$ 值为 $28.6-31.9\%$ 。大为石膏矿 $\delta^{34}S$ 为 $14.9-18.9\%$ ;而在与之同层位的华9井中其硬石膏 $\delta^{34}S$ 为 $22.4\%$ 和 $19.7-23.3\%$ <sup>[1]</sup>。因此,这一规律具有区域性特征。

## 三、杂卤石硫同位素组成特征及成因

关于杂卤石的成因是世界上争论的问题,对原生杂卤石的存在多数地质学家持否定态度。根据本区的杂卤石结构、构造特征将其分为两类:

1. 具原生结构的杂卤石特点:层状或似层状产出,致密块状或纹层状构造,微粒至细粒、毛毡状结构,颗粒界限不清,有较固定的层位(照片1)。
2. 交代型杂卤石具明显交代硬石膏或石膏现象,颗粒大、界限亦较清晰(照片2)。



照片1 沉积型“原生”杂卤石，块状，  
细粒结构，含柱状和针状硬石膏  
斑晶 ×78  
(华14号，井深 450.7m，层位 $T_2l^{1-1}$ )

照片2 交代型杂卤石，杂卤石(Pol)  
交代硬石膏(Mu)而成 ×78  
(华14号，井深 447.8m，层位 $T_2l^{1-1}$ )

上述两种类型的杂卤石硫同位素组成也有明显差异(见表2)。

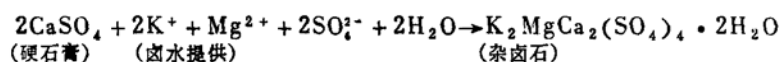
表2 “原生”及交代型杂卤石 $\delta^{34}S$ 值

Table 2  $\delta^{34}S$  values of “primary” and replacement type polyhalite

杂卤石特征	$\delta^{34}S(\%)$	层位	钻井号	井深(m)	差值
“原生”	30.0	$T_2l^{1-1}$	华 14	451.00	1.6
交代	31.6	$T_2l^{1-1}$	华 14	43.700	
“原生”	29.2	$T_2l^{1-1}$	华 9	506.00	1.8
交代	31.0	$T_2l^{1-1}$	华 9	502.00	
“原生”	28.7	$T_1j^{5-2}$	华 14	386.00	2.2
交代	30.9	$T_1j^{5-2}$	华 14	434.52	
脉状	30.8	$T_2l^{1-1}$	华 14	451.00	

注：样品由矿床所同位素实验室白瑞梅分析

从表2看到，交代型杂卤石比“原生”型杂卤石的 $\delta^{34}S$ 值高1.6—2.2‰。从四川盆地来看，三叠系的杂卤石十分发育，且多为含 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 的卤水沿硬石膏晶间孔隙发生交代作用生成的交代型杂卤石，反应式为：



在研究川东北地区川25井富钾卤水中发现，一般含卤层的上下部位硬石膏比该层卤水的 $\delta^{34}S$ 值低。如川25井5个硬石膏 $\delta^{34}S$ 平均值为30.5‰，而同层位的4个卤水 $\delta^{34}S$ 平均值为36.3‰<sup>[2]</sup>。由此不难理解交代型杂卤石 $\delta^{34}S$ 值偏高的原因，即由富含 $K^+$ 、 $Mg^{2+}$ 和富重硫同位素的卤水参与了杂卤石的形成。

脉状杂卤石 $\delta^{34}S$ 值与交代型相近，因此，可以认为脉状杂卤石的形成与富重硫同位素卤水有关。

#### 四、不同层位中硬石膏 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化规律

在渠县烂泥湾地区不同层段内 ( $T_1j^4-T_2l^3$ ) 采了8件硬石膏样品做了硫同位素分析, 结果列入表3。

由表3明显看出, 烂泥湾地区中下三叠统各亚段由老至新硬石膏  $\delta^{34}\text{S}$  值递减, 此规律与盆地其它地区的硬石膏  $\delta^{34}\text{S}$  变化趋势一致。一般规律是  $T_1j^4-T_2l^1$  层段在29—31‰范围, 比较稳定,  $T_2l^2$  以后呈递减趋势变化, 这一演化规律说明随着蒸发作用的进行和溶解硫酸盐的沉积消耗, 蒸发沉积硫酸盐越来越贫 $\delta^{34}\text{S}$ 。蒸发岩  $\delta^{34}\text{S}$  的变化亦反映了当时蒸发沉积环境和硫的来源。如  $T_1j^4-T_2l^1$  层段, 硬石膏极为发育, 厚层, 沉积韵律多次重复出现, 白云石化程度颇高, 盐岩的 $10^3\cdot\text{Br}/\text{Ce}$ 系数大于0.3, 反映着动荡、浅水、咸化的沉积环境, 从而建立了浅海盐湖的沉积模式<sup>[1]</sup>。

$T_2l^2-T_2l^3$  亚段是海退之后的不稳定海侵—海退成盐期, 以薄层硬石膏、厚层盐岩夹大套碳酸盐岩为特征, 盐岩结晶粗大 (6cm),  $10^3\cdot\text{Br}/\text{Ce}$ 系数约为0.1, 已接近正常海水成盐期, 盐湖处于较深的泻湖环境, 盐岩沉积时受海水“淋洗”再结晶, 硬石膏的  $\delta^{34}\text{S}$  值在20—24%之间变化。

表 3 烂泥湾地区不同层段硬石膏 $\delta^{34}\text{S}$ 值

Table 3  $\delta^{34}\text{S}$  values of anhydrite from different sections of Lanniwan area

样 号	层 段	钻 井 号	井 深 (m)	$\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$
2S-1	$T_2l^3-2$	华 16	452.00	22.4
2S-2	$T_2l^2-2$	华 16	691.40	24.0
2S-3	$T_2l^2-1$	华 16	733.61	26.5
2S-4	$T_2l^1-3$	华 16	872.40	28.6
2S-5	$T_2l^1-$	华 9	501.00	28.7
2S-6	$T_2l^1-1$	华 12	282.00	29.4
2S-8	$T_1j^5-2$	华 14	319.50	30.1
2S-9	$T_1j^4-2$	华 12	432.00	31.0

注: 由矿床所同位素实验室白瑞梅分析

上述演化规律不仅反映在硬石膏中, 同时也反映在各层段卤水中。

由于盆地内蒸发岩和卤水的  $\delta^{34}\text{S}$  值具有较强的变化规律, 可以作为地层划分(特别是蒸发岩地层)和对比的依据, 为探讨古沉积环境、盐类矿产、卤水资源预测和评价提供重要依据。

烂泥湾蒸发岩硫同位素研究结果与霍尔塞 (Holser 1966)、尼尔森 (Nielsen 1972)、陈锦石、汉斯 (Huans, 1987) 等对我国和世界海相三叠系硫同位素演化研究结果是一致的, 并且是重要的补充(图3)<sup>[3]</sup>。

应该指出, 四川盆地包括烂泥湾地区三叠系海相石膏和硬石膏的硫同位素演化曲线与汉斯 (Huans, 1987) 公布的更为接近, 不同的是四川盆地的  $\delta^{34}\text{S}$  值普遍高些。另外, 值得一提的是四川盆地嘉陵江组下部  $T_1j^2$  层段的硬石膏  $\delta^{34}\text{S}$  值异常高的数据(达34‰)并非局部现象, 而是全球性普遍现象, 这对研究下三叠统所发生的全球性事件提供了又一些宝贵的实

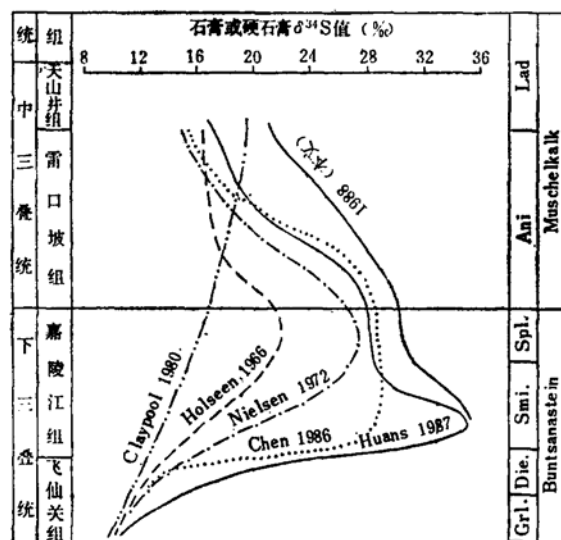


图 3 四川盆地与世界一些地区中上三叠统石膏和硬石膏硫同位素组成变化对比曲线<sup>[3]</sup>

Fig.3 Comparison between Sichuan basin and some other areas of the world in sulfur isotope composition of Middle and Lower Triassic gypsum and anhydrite

际资料,并为修正Claypool (1980)所绘制的“显生宙海相石膏 $\delta^{34}\text{S}$ 变化曲线”提供了一个重要依据。

#### 参 考 文 献

- 〔1〕 黄建国, 1989, 四川盆地三叠纪蒸发岩地层硫同位素的分布, 沉积学报, 第2期, 第105—109页。
- 〔2〕 宋鹤彬, 1988, 川东北宣汉地区川25井富钾卤水稳定同位素地球化学特征及找钾意义, 中国地质科学院矿床地质研究所刊, 第一期, 第55—69页。
- 〔3〕 陈锦石, 1986, 三叠纪海的硫同位素, 地质科学, 第4期, 第330—338页。

### Sulfur Isotopic Composition of Triassic Sulfate Minerals in Lanniwan Area, Quxian County, Sichuan Province

Song Hebin

Jing Bohua

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy  
of Geological Sciences)

(No.2 Geological party, Ministry of  
Geology and Mineral Resources)

Key words: sulfur isotope; salt-forming environment

#### Abstract

Sulfur isotope analysis was made for various types of gypsum, anhydrite and polyhalite from four drill holes in this reconnaissance area. This paper describes  $\delta^{34}\text{S}$  characteristics of veinlike anhydrite, anhydrite and hydrated anhydrite, sugges-

ting that gypsum was mainly formed by the hydration of anhydrite under the action of underground water.

The microscopic observations of polyhalite, its texture and structure and its sulfur isotopic composition all point to the existence of "primary" polyhalite and the extensive development of secondary polyhalite(replacement type).

Sulfur isotope studies of anhydrite from various sections of Triassic in this area indicate that  $\delta^{34}\text{S}$  values of  $T_1j^4-T_2l^1$  are comparatively stable (between 29-31‰), implying a shallow-water and salinized sedimentary environment. After  $T_2l^2$ ,  $\delta^{34}\text{S}$  values tended to decrease progressively. Such evolutionary regularity is consistent with things in other areas of Sichuan basin, suggesting a transgression-regression salt-forming environment. It is thus concluded that  $\delta^{34}\text{S}$  values and characteristics of anhydrite may serve as indicators to divide strata, especially strata of evaporates. This result has added to and enriched the knowledge on sulfur isotope composition and evolution of marine Triassic sulfates in the world.