

贵州石头寨二叠系生物礁型古油藏包裹体特征

邹广明¹, 李保华²

(1. 中铁二院地勘岩土公司 地质二所, 成都 610031;

2. 成都理工大学 地球科学学院, 成都 610059)

摘 要: 贵州紫云石头寨二叠系生物礁型古油藏是滇黔桂地区上古生界生物礁型古油藏的典型代表。古油藏发育 3 期溶孔, 裂缝充填方解石, 其中含丰富的油气包裹体, 与 3 期油气包裹体共生的气液水包裹体的均一温度分别为 77~ 84 ℃, 91~ 103 ℃ 和 103~ 155 ℃。古油藏的油气充注始于印支中期, 在印支晚期至燕山早期达到高峰, 燕山中晚期遭受破坏, 形成现今的残余古油藏。

关键词: 流体包裹体; 古油藏; 石头寨; 贵州省

doi: 10.3969/j.issn.1001-1412.2009.03.010

中图分类号: P618.13; P588.248 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2009)03-0231-06

0 引言

生物礁以其良好的储集性能在碳酸盐高产油气田中占有重要的地位^[1]。滇黔桂一带是我国二叠纪生物礁最发育的地区之一, 该区有众多的油气和沥青显示, 发育了多处古油藏, 是油气勘探的重点对象。

20 世纪 70 年代末, 流体包裹体研究方法开始应用于油气勘探领域, 并且在油气成因、演化、运移、聚集、圈闭和保存等研究中取得了显著成效。本文通过对石头寨生物礁及其生物礁型古油藏流体包裹体特征的研究, 并结合盆地沉积构造演化史和储层埋藏史, 探讨古油藏的成藏期次和演化过程。

1 地质背景

贵州石紫云头寨二叠系生物礁型古油藏位于南盘江盆地北缘, 是滇黔桂地区上古生界生物礁型古油藏的典型代表之一。南盘江盆地是以加里东期扬子板块被动大陆边缘两侧为基底发育起来的中古生代残留拗陷型盆地。盆地处于滇、黔、桂三省交界

区, 北西以师宗—弥勒断裂为界与滇东台褶带相接, 东北以罗甸—天峨断裂带为界与黔南桂中拗陷相邻, 南侧以广南断裂与马关隆起毗邻。

海西早期, 古特提斯洋沿金沙江—哀牢山缝合带由西向东打开, 右江地区进入被动陆缘裂陷盆地阶段, 研究区出现典型的台盆分异格局。台地上发育潮下—潮间带的碳酸盐岩, 台盆中以泥质、硅质岩为主, 台缘迎风浪面发育生物礁, 其间为过渡相(台棚相)。当栖霞期大规模海侵到来时, 本区除康滇古陆及江南古陆未接受沉积外, 大多数地区沉积了海相碳酸岩, 厚度常在 500 m 以上, 地壳相对稳定、海域宽广、浅海范围大, 适宜造礁生物的生长。印支中晚期, 特提斯洋在该区关闭, 南盘江拗陷与越北地块发生碰撞, 形成弧后前陆盆地。晚三叠世的印支晚期以挤压抬升活动为主, 结束了南方自吕梁期至晚三叠世的海相沉积^[2-4]。

贵州紫云石头寨古油藏产于上二叠统生物礁相内。紫云石头寨生物礁西起紫云洞, 东至石头寨, 礁核部延伸约 6 km, 露头宽约 800 m(图 1)。生物礁保存较好, 相带清楚, 特别是长兴阶生物礁礁核相的骨架岩极为典型, 造礁生物多种多样, 主要造礁生物为串管海绵, 其次还有纤维海绵、板海绵、古石孔藻、管壳石以及水螅和珊瑚等。生物礁中普遍含有黑色碳质沥青, 特别是上部礁旋回礁顶近 30 m 厚的白云

收稿日期: 2008-06-13

作者简介: 邹广明(1983-), 男, 吉林通化人, 助理工程师, 硕士, 矿物学、矿床学、岩石学专业。通信地址: 四川成都通锦路 3 号中国中铁二院成都地勘岩土工程有限公司地质二所; 邮编: 610031; E-mail: 84442094@qq.com



图 1 紫云县城附近地质图(据王生海, 1996)

Fig. 1 Geologic map of the region around the town of Ziyun county

1. 掩盖区 2. 亘旦灰岩(斜坡) 3. 纪要坡组 4. 五里碑灰岩 5. 泥晶白云岩 6. 领好组 7. 茅口组
8. 罗楼组 9. 磨南灰岩(礁后) 10. 白云岩 11. 珊瑚层 12. 石头寨灰岩(礁) 13. 沉凝灰岩
14. 拉王灰岩(斜坡) 15. 砾岩 16. 磨博组 17. 紫云洞灰岩(礁) 18. 古风化壳 19. 断层 20. 背斜

岩储层中更为富集, 下部礁旋回礁顶的白云岩也见有少量的沥青充填。说明本区生物礁体中在地史时期曾经蕴藏过大量石油, 后来由于地壳运动, 生物礁裸露地表, 其中的石油挥发转化为沥青^[5-10]。

石头寨生物礁可分为 3 个成岩阶段(早成岩阶段、晚成岩早阶段和晚成岩晚阶段)。其中早成岩阶段近地表成岩作用强烈, 胶结与溶蚀作用交替进行, 充填破坏原生孔隙, 以生物胶结物为主; 晚成岩早阶段经历多次淋滤溶蚀, 局部发育压性裂隙, 脉体颜色较深, 沥青呈浸染状分布于脉体内; 晚成岩晚阶段又经历了多次地质事件, 地层褶曲张裂, 破坏作用叠加改造, 使礁岩成为有利的储集岩, 发育大量的张性脉体, 脉体干净, 可见斑点状沥青, 还有大量溶孔充填物, 溶孔中心为沥青, 边缘为方解石^[11, 12]。

2 包裹体地质特征

2.1 分析方法

本次研究所采集的绝大多数样品都是采于二叠

系生物礁古油藏储集岩中的三期溶孔、裂缝充填方解石中。流体包裹体样品测试工作在中国科学院地球化学研究所流体包裹体实验室完成。均一温度测试使用仪器为英国产 Linkam THMSG 600 型冷热台, 技术参数为: 铂电阻传感器, 测温范围 - 196~ 600 ℃, 温度显示 0. 1 ℃, 控制稳定温度±0. 1 ℃。仪器标定采用标准物质(KNO₃, K₂CrO₃, CCl₄ 以及人工配制的 NaCl 标准溶液)。400 ℃时, 相对于标准物质误差为±2 ℃; - 22 ℃时, 误差为±0. 1 ℃。激光拉曼探针分析所用的仪器为 Renishaw 公司生产的 InVia Reflex 型显微共焦激光拉曼光谱仪, 光源为 Spectra-Physics 氙离子激光器, 激光波长为 5 145 nm, 激光功率 20 mW, 样品表面激光功率 7 mW, 光栅 1 800 grooves/mm, 谱线分辨率 2 cm⁻¹, 空间分辨率 1 μm(× 100 物镜), 扫描时间 60 s, 扫描范围 0~ 4 000 cm⁻¹。

2.2 包裹体岩相学

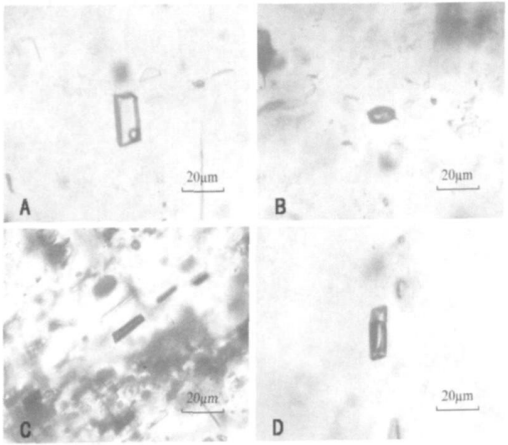


图 2 石头寨古油藏溶孔、裂缝充填方解石中常见的流体包裹体类型

Fig. 2 Typical fluid inclusions in the pore and fissure filling calcites from the Shitouzhai paleo-oil reservoir

- A. 气液水包裹体 B. 气烃包裹体
C. 液烃包裹体 D. 烃-水包裹体

样品中包裹体普遍较小, 一般为 5~ 15 μm, 最小者 < 3 μm, 大者 30~ 45 μm。包裹体形态多种多样, 有负晶形、正方形、长方形、椭圆形、浑圆状及不规则状等。按室温(25 ℃) 下的成分相态特征可分为液相水包裹体、气液水包裹体、气烃包裹体、液烃包裹体、烃- 水包裹体和沥青包裹体(图 2)。

气液水包裹体的气液比通常小于 5%, 一般在 2% 左右。气烃包裹体占包裹体总数的 50% 以上, 在单偏光下呈灰黑色, 中部有一条亮线。液烃包裹体数量较少, 多呈不规则状, 透射光下呈黄褐色, 在紫外光下无荧光显示。烃- 水包裹体较为常见, 占包裹体总数的 5% ~ 10%, 气相有机质在单偏光下呈灰黑色, 紫外光下无荧光显示。

该区溶孔、裂缝充填方解石中的包裹体可分为 3 期。第一期方解石中以气液水包裹体和液相水包裹体为主, 含有少量液烃包裹体; 第二期方解石中主要为液烃包裹体, 次为烃- 水包裹体、气液水包裹体和液相水包裹体; 第三期方解石中主要为气烃包裹体、气液水包裹体和液相水包裹体, 含有少量烃- 水包裹体。

2.3 显微温度测定

2.3.1 均一温度和盐度

表 1 与油气包裹体共生的气液水包裹体均一温度测定结果

Table 1 Homogenization temperatures of aqueous inclusions coeval with hydrocarbon inclusions

样号	产状	成岩阶段	均一温度(℃)	平均值(℃)
18*	第一期	早成岩	76~ 85	80
	第二期	晚成岩 A	93~ 101	97
19*	第一期	早成岩	81~ 87	84
	第二期	晚成岩 A	92~ 108	101
	第三期	晚成岩 B	110~ 135	122
20*	第一期	早成岩	74~ 80	77
	第二期	晚成岩 A	87~ 96	91
	第三期	晚成岩 B	126~ 134	130
ZY16	第二期	晚成岩 A	81~ 133	103. 4
ZY17	第二期	晚成岩 A	92~ 116	103. 7
ZY18	第二期	晚成岩 A	96~ 110	100. 5
ZY22	第二期	晚成岩 A	90~ 106	99. 3
ZY11	第三期	晚成岩 B	93~ 148	120. 5
ZY12	第三期	晚成岩 B	120~ 135	126
ZY13	第三期	晚成岩 B	97~ 146	116. 5
ZY14	第三期	晚成岩 B	150~ 165	154. 8
ZY19-2	第三期	晚成岩 B	108~ 150	137
ZY23	第三期	晚成岩 B	99~ 111	102. 7

注: 带 * 的数据引自: 吴正永等, 秧坝区块综合评价研究与区带目标优选(内部资料), 2001 年。

本次研究所测包裹体主要为与油气包裹体共生的气液水包裹体, 均一温度测定结果见表 1。石头寨二叠系古油藏中气液水包裹体的均一温度变化范围为 74~ 165 ℃, 主要集中于 90~ 160 ℃之间。三期包裹体的均一温度均值变化范围依次为: 77~ 84 ℃、91~ 103 ℃和 103~ 155 ℃。

流体的盐度一般是指其含盐量, 用流体中所含 NaCl 的质量分数来表示。本区气液水包裹体普遍存在, 我们采用冷冻法测得冰晶的熔化温度 t 为 $- 0. 1 \sim - 9. 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 根据 Potter 等(1978) 的公式:

$$S = - 1. 76958t - 4. 2384 \times 10^{- 2} t^2 - 5. 2778 \times 10^{- 4} t^3$$

计算出的盐度 S 为 1. 56%~ 13. 66%(表 2), 测定过程如图 3 所示。

紫云礁灰岩叶片状方解石中含有液相水包裹体和气液水包裹体, 盐度一般为 0~ 4. 7%(最高为 8. 7%); 盐度值变化较大, 属海水性质, 可能有淡水混合, 这是海底环境向大陆成岩环境转变的重要标志。

表 2 气液水包裹体盐度测定结果

Table 2 Salinity of aqueous inclusions

样号	测定个数	盐度(%)	平均值(%)	测定方法
ZY14	6	1. 56~ 4. 94	2. 79	冰晶熔化温度

2.3.2 流体密度和压力

刘斌、段光贤(1987) 采用最小二乘法、数值插值等计算方法, 获得 NaCl_水 包裹体的密度式和等容式。

表 3 流体压力计算结果

Table 3 Fluid pressure of aqueous inclusions

样品号	均一温度 (℃)	盐度 (%)	密度 (g/ cm ³)	压力 (10 ⁵ Pa)
ZY14	165	2. 06	0. 922	
	150	1. 73	0. 935	197
	153	1. 56	0. 932	235
	151	4. 94	0. 954	
ZY16	114	6. 72	0. 996	42
	90	7. 29	1. 016	
ZY19-2	150	12. 53	1. 006	

盐度 $w(\text{NaCl}) \leq 25\%$ 的气液水包裹体的等密度式为:

$$D = A + Bt + Ct^2$$

式中, D 为流体密度; t 为均一温度; A, B, C 为无量

纲参数, 它们又是盐度的函数:

$$\begin{aligned} A &= A_0 + A_1W + A_2W^2 \\ B &= B_0 + B_1W + B_2W^2 \\ C &= C_0 + C_1W + C_2W^2 \end{aligned}$$

式中, W 为盐度; $A_0, A_1, A_2, B_0, B_1, B_2, C_0, C_1, C_2$ 为无量纲参数, 其数值为:

$$\begin{aligned} A_0 &= 0.993531, A_1 = 8.72147 \times 10^{-3}, A_2 = -2.43975 \times 10^{-5}, \\ B_0 &= 7.11652 \times 10^{-5}, B_1 = -5.2208 \times 10^{-5}, B_2 = 1.26656 \times 10^{-6}, \\ C_0 &= -3.4997 \times 10^{-6}, C_1 = 2.12124 \times 10^{-7}, C_2 = -4.52318 \times 10^{-9} \end{aligned}$$

气液水包裹体的等容式为:

$$P = a + bt + ct^2$$

式中, P 为压力(10^5 Pa); t 为温度($^{\circ}\text{C}$); a, b, c 为无量纲参数。

2.4 激光拉曼分析

激光拉曼作为一种非破坏性微区分析技术, 已广泛应用于单个流体包裹体中具有拉曼活性的气液相组分的定性和定量分析^[13-15]。

该区溶孔、裂缝充填方解石中的 3 期包裹体区别明显。其中第二期方解石中主要为液烃包裹体, 激光拉曼探针分析表明有机组分主要为 C_2H_6 , 次为 CH_4 ; 第三期方解石中以含有大量气烃包裹体为特征, 激光拉曼探针分析表明有机组分主要为 CH_4 (图 4)。

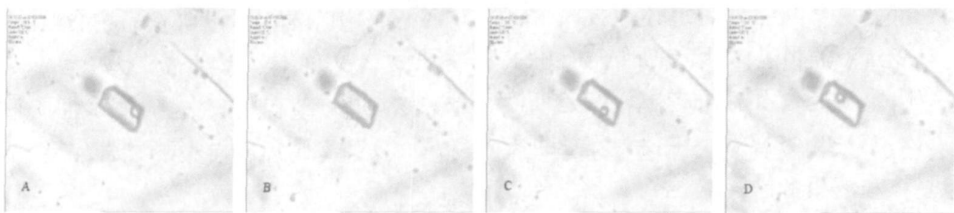


图 3 气液水包裹体冷冻相变过程

Fig. 3 Process of phase transformation during freeze of aqueous inclusions

A. 室温(20°C)下包裹体相态特征 B. 打开制冷器, 温度不断降低, 当温度下降到 -37.4°C 时, 包裹体中的液相水溶液结冰, 同时气泡被压缩, 几乎消失 C. 在包裹体中, 气泡左边为一大冰晶, 随着温度不断升高, 冰晶逐渐缩小; D. 当温度升至 -2.0°C 时, 冰晶消失, 此温度即为冰点。

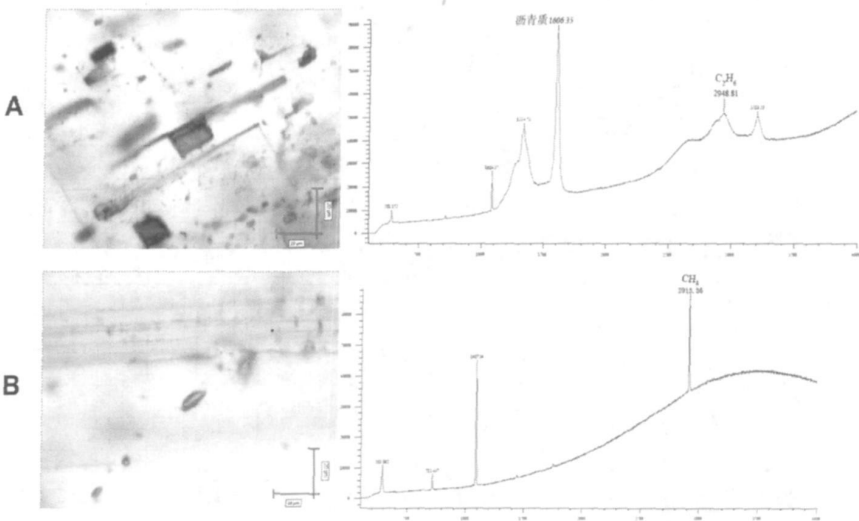


图 4 石头寨古油藏溶孔、裂隙充填方解石中流体包裹体激光拉曼光谱图

Fig. 2 Laser Raman spectra of fluid inclusions in the pore and fissure filling calcites from the Shitouzhai paleo-oil reservoir

A. 第二期方解石中的液烃包裹体(ZY16-3) B. 第三期方解石中的气烃包裹体(ZY14-1)

3 讨论

测温结果表明, 生油岩温度范围在 80~ 150 °C 范围内, 液态烃包裹体大量出现在 100~ 140 °C 范围内; 凝析油- 湿气阶段的温度范围是 140~ 180 °C; 而干气阶段温度主要集中在 160~ 250 °C。因此, 施继锡等^[16] 将 80 °C 定为我国碳酸盐岩生油门槛温度, 将 100~ 140 °C 称为我国碳酸盐岩生油的最佳温度或生油高峰温度。本区二叠系古油藏的古温度大于我国碳酸盐岩生油门槛温度(80 °C), 并且大体处于我国碳酸盐岩生油的最佳温度或生油高峰温度, 因此有利于油气的生成。

该古油藏 3 期油气包裹体组合依次为: 少量液烃包裹体 $\rightarrow$ 液烃包裹体+ 气烃包裹体 $\rightarrow$ 气烃包裹体, 对应重质油阶段 $\rightarrow$ 中轻质油阶段 $\rightarrow$ 凝析油或湿气阶段的演变系列。随着烃类注入温度的升高, 有机质成熟度逐渐增大, 油气包裹体组成由以液烃包裹体为主逐渐向以气烃包裹体为主转变。

根据含油气包裹体特征、区域沉积构造和成岩演化史, 可将该古油藏的油气充注概括为 3 期。第一期发生在印支运动早中期, 二叠系生物礁处于浅埋藏的早成岩阶段, 尽管古地温较低, 但已达到了生油门槛, 在溶孔和裂隙中充填了含少量液烃包裹体的方解石; 随着印支运动主幕时期的到来, 该油气藏发生了第二次大规模的油气充注, 烃类充注达到高峰, 此时储层处于中等埋藏的晚成岩 A 阶段, 由于盆地的迅速沉降和堆积, 古地温上升, 油气大量生成并进入储层, 在裂缝充填的方解石中捕获了大量的液烃包裹体; 第三期油气充注发生于印支末期至燕山早期, 此时储层埋深继续加大, 进入晚成岩 B 阶段, 古地温也进一步上升, 油气演化进入到凝析油或湿气阶段, 在裂缝充填的方解石中捕获了大量的气烃包裹体。燕山中期, 由于强烈的构造运动使油气藏抬升剥蚀并遭受破坏, 形成现今的残余古油藏。

参考文献:

- [1] 唐祥华. 生物礁与油气勘探[J]. 科学中国人, 1998, (5).
- [2] 赵孟军, 张水昌, 赵陵, 等. 南盘江盆地古油藏沥青地球化学特征及成因[J]. 地质学报, 2006, 80(6): 894-901.
- [3] 林启祥. 贵州紫云晚二叠世生物礁及其演化[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1992, 17(3): 301-307.
- [4] 赖生华, 孙来喜, 陈洪德. 南盘江坳陷泥盆系层序地层格架及古地理环境[J]. 西南石油学院学报, 2005, 27(2): 1-5.
- [5] 沈安江, 陈子料. 南盘江地区二叠纪生物礁成因类型及潜伏礁预测[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(3): 29-32.
- [6] 王生海, 范嘉松. 贵州紫云二叠纪生物礁的胶结作用[J]. 地质科学, 1995, 30(1): 53-62.
- [7] 王生海, 范嘉松, Keith Rigby J. 贵州紫云二叠纪生物礁的基本特征及其发育规律[J]. 沉积学报, 1996, 14(2): 66-74.
- [8] 杨晓宁, 沈安江, 陈子料, 等. 到中国南方二叠纪生物礁油气系统成因类型[J]. 石油学报, 2002, 23(3): 6-10.
- [9] 赵孟军, 张水昌, 赵陵, 等. 南盘江盆地油气成藏过程及天然气勘探前景分析[J]. 地质评论, 2006, 52(5): 643-649.
- [10] 赵泽恒, 齐敬文, 张孝林. 南盘江地区二叠系生物礁特征、成岩作用及与油气的关系[J]. 石油实验地质, 1987, 9(4): 332-341.
- [11] 沈安江, 陈子料, 陆俊明. 中下扬子二叠纪礁碳酸盐岩成岩作用、孔隙演化及油气评价[J]. 地质评论, 1997, 43(1): 91-100.
- [12] 陈学时. 黔西南二叠纪生物礁成岩作用特征及储集性[J]. 沉积学报, 1986, 4(4): 53-63.
- [13] Damien Guillaume, Stéphane Teinturier, Jean Dubessy, *et al.* Calibration of methane analysis by Raman spectroscopy in H₂O-NaCl-CH₄ fluid inclusions [J]. Chemical Geology, 2003, 194(1-3): 41-49.
- [14] Dhamelincourt M C, Wallart F, Barbier P, *et al.* Raman spectroscopic study of LiAlCl₄/SOCl₂/SO₂ systems [J]. Journal of Power Sources, 1985, 14(1-3): 77-82.
- [15] Guilhaumou N, Dhamelincourt P, Touray J C, *et al.* Etude des inclusions fluides du système N₂-CO₂ de dolomites et de quartz de Tunisie septentrionale. Données de la microcryoscopie et de l'analyse à microsonde à effet Raman [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1981, 45(5): 657-673.
- [16] 施继锡, 余孝颖. 碳酸盐岩中包裹体有机质特征与非常规油气评价[J]. 矿物学报, 1996, 16(2): 103-108.

CHARACTERISTICS OF FLUID INCLUSIONS OF THE SHITOUZHAI PERMIAN REEF-TYPE PALEO-OIL RESERVOIR, GUIZHOU, SOUTH CHINA

ZOU Guang-ming¹, LI Bao-hua²

(1. No. 2 Railway Survey & Design Institute, Chengdu 610031, China;

2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The Shitouzhai Permian paleo-oil reservoir in Guizhou province is a typical example of numerous Upper Paleozoic reef-type paleo-oil reservoirs in the Yunnan, Guizhou and Guangxi region. Three stages of pore and fissure filling calcites containing abundant hydrocarbon inclusions. The homogenization temperatures of saline aqueous inclusions coexisting with the hydrocarbon inclusions in the three stage calcites are 77-84 °C, 94-103 °C and 103-155 °C, respectively. It is suggested that the hydrocarbon charge of the Shitouzhai reservoir began during the middle Indosinian and reached to a peak during the late Indosinian to the early Yanshannian. The destruction of the reservoir occurred from the middle to late Yanshannian.

Key Words: Fluid inclusions; Paleo-oil reservoir; Shitouzhai; Guizhou province

声 明

发表在《地质找矿论丛》的 2008 年 23 卷 3 期的《松辽盆地东岭区块油气运聚特征及成藏主控因素研究》一文, 成果引自中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院的《松辽盆地东岭区块地震资料处理解释与地质综合评价研究》项目报告。

本人因在《地质找矿论丛》发表的文章, 未经该项目组授权, 私自发表, 伤害该项目组的利益。本人思考问题不周, 给大家带来不必要的伤害。本人在此发表声明向受到伤害的项目组成员及专家道歉, 希望得到大家的谅解。特此声明。

息朝庄

2009- 8- 6