

主因子分析在海相 碳酸盐岩沉积相研究中的应用

徐修国

海相碳酸盐岩在我国有着广泛的分布和发育,深入研究这些岩石的沉积作用和沉积相,必将有利于探讨海相碳酸盐岩中的油气分布规律。本文采用多元统计分析中的主因子分析法,将碳酸盐岩石的薄片鉴定资料进行电算处理,从而找出各标本的指标之间的关系,并根据主因子数量的多少,定量地进行沉积微相的划分。

本文是根据四川旺苍县沥溪岩中三叠系雷口坡组的薄片鉴定资料,经电算处理后,综合分析写成。电算处理是在上海交通大学计算中心、使用 ALGOL—60 语言程序、在 DJS—6 电子计算机上完成的。由于我们刚开始使用该项技术,并将资料应用于沉积相研究中,不免存在一些问题,不足之处请批评指正。

一 地质概况

本剖面位于四川北部旺苍县城北10公里沥溪岩的公路边,其构造位置属于四川盆地米房山隆起带的南缘,为川西北和川东南中晚三叠统的不同相区的过渡带。故通过对它的研究,可以了解盆地北部中晚三叠统的岩性、岩相和含油性。

雷口坡组共分四段,自下往上为:

1. T₂¹段: 角砾状白云岩。 37.7米
2. T₂²段: 白云岩~泥云岩。 121.9米
3. T₂³段: 下部灰岩夹白云岩 145.2米
中部凝块石白云岩

上部灰岩夹白云岩

顶部白云岩

4. T₂⁴段: 白云岩—泥云岩 63.4米

二 主因子分析

主因子分析是多元统计分析中的一种重要方法,是浓缩信息抓住主要矛盾的统计方法。亦即从大量的数据中找出支配它们的内在因素,并将所研究的多个因素划分为简单而明显的类型。其计算步骤为:

1. 建立原始数据矩阵

将该剖面上的129个薄片资料,按每个标本的十个变量数据依次排列,即为原始数据矩阵。这十个变量是:粒屑、内碎屑、凝块石、生物、团粒、基质、方解石、白云石、泥质、能量指数。(原始数据矩阵略)

2. 求各个标本之间的相似矩阵

把每个标本看成十维空间的一个向量。标本之间的相似程度由该两向量间夹角的余弦来表示。其公式如下:

$$\text{相似系数 } \cos \theta_{ip} = \frac{\sum_{i=1}^v (X_{ij})(X_{pj})}{\sqrt{\sum_{j=1}^v (X_{ij})^2 \sum_{j=1}^v (X_{pj})^2}}$$

式中: $i, p = 1, 2, 3, \dots, N$;

i, p : 为比较的两块标本;

N : 为总标本数;

v : 为变量数。

此式的含义是: 在 N 块标本中, 每个标本由 v 个变量组成, 标本则是 v 维空间的一个向量。任意两块标本 i 和 p , 它们之间的相似程度以 $\cos \theta_{ip}$ 来表示。当 $\cos \theta_{ip}$ 值近于 1, 表示两块标本近似, 当 $\cos \theta_{ip} = 1$ 则说明该两块标本完全一样。反之 $\cos \theta_{ip}$ 值越小, 表示两块标本之间差别越大, 当 $\cos \theta_{ip} = 0$, 则说明两块标本毫无共同之处, 即互不相关。

3. 从 $\cos \theta_{ip}$ 矩阵求特征值及特征向量

为了找出主因子和因子载荷, 可以从相似矩阵 ($\cos \theta$) 出发, 找出标本的特征值和特征向量, 并按特征值大小次序排列, 根据需要可取 M 个特征值, 使 N 块标本的主因子方差贡献的累积百分比达 85% 以上。

4. 求初始因子载荷矩阵

初始因子载荷矩阵可以简单地用特征值的平方根乘以相应的特征向量, 得出初始因子载荷矩阵。

5. 编制方差极大正交旋转因子载荷矩阵

通过上述计算, 求出 M 个主因子和初始因子载荷矩阵, 但在一般情况下进行地质解释尚有一定困难。于是根据方差极大准则旋转因子轴, 使标本在某一因子轴上趋近 1 (或 -1), 而在其它因子轴上趋于零。这样就可以使每个标本尽量明显地属于某一因子, 减少模棱两可的中间状态, 以利于进行地质解释。

根据上述计算结果, 可列出主因子及其特征值表 (见表 1)。

从表 1 主因子及其特征值可以看出各因子特征值的大小, 它们分别代表了各因子所能解释向量信息的多少。如第一主因子特征值 85.77 占 129 个标本总信息的 66.49%。这四个主因子可以解释总信息的 96.10%, 这样四个主因子就基本代表了所有的信息, 而方差极大旋转因子载荷矩阵可以将 129 个标本划分成四个类型, 并选出每种类型的典

表 1 主因子及其特征值

主因子	特征值 (入) (方差 贡献)	累积值	方差贡 献 百分比	累 积 百分比	代表性标本
1	85.77	85.77	66.49	66.49	6,54,113号
2	24.24	110.01	18.79	85.28	64,97,108号
3	8.03	118.04	6.23	91.51	15,40,104号
4	5.92	123.96	4.60	96.10	3,56,76,85号

型标本, 参与沉积相的划分。

从表 2 可以看出主因子和变量之间的关系。凡是因子得分大于 1 的是起显著作用的指标。本课题中, 第一因子是白云石起显著作用; 第二因子是基质和方解石起显著作用; 第三因子是粒屑、基质起显著作用; 第四因子则是粒屑和团粒起主要作用。

表 2 因子得分矩阵 (方差极大标准)

变量	指 标	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
1	粒 屑	-0.45	0.01	1.02	2.51
2	内 碎 屑	-0.21	-0.24	0.73	0.58
3	凝 块 石	-0.07	0.04	0.03	0.64
4	生 物	-0.05	0.37	-0.03	0.20
5	团 粒	-0.12	0.16	0.24	1.08
6	基 质	-0.53	1.45	2.50	-1.09
7	方 解 石	0.32	2.76	-1.21	0.64
8	白 云 石	3.05	-0.06	0.78	0.21
9	泥 质	0.25	0.12	-0.06	0.01
10	能量指数	0.05	0.10	0.08	0.30

综上所述, 根据表 1 表 2 和典型标本分析, 可以得出各个因子的地质意义 (见表 3)。

由表 3 可见, 四个主因子代表了四种沉积环境, 从而把雷口坡组 129 个标本分成四个沉积微相: 潮上泥坪; 潮间泻湖; 潮间砂坝; 潮下盆地。(图 1、2)

潮上泥坪主要分布于 T_2l^2 段、 T_2l^3 段
 潮间泻湖主要分布于 T_2l^1 段、 T_2l^4 段
 潮间砂坝主要分布于 T_2l^3 段底部和中部
 潮下盆地主要分布于 T_2l^3 段底部和上部

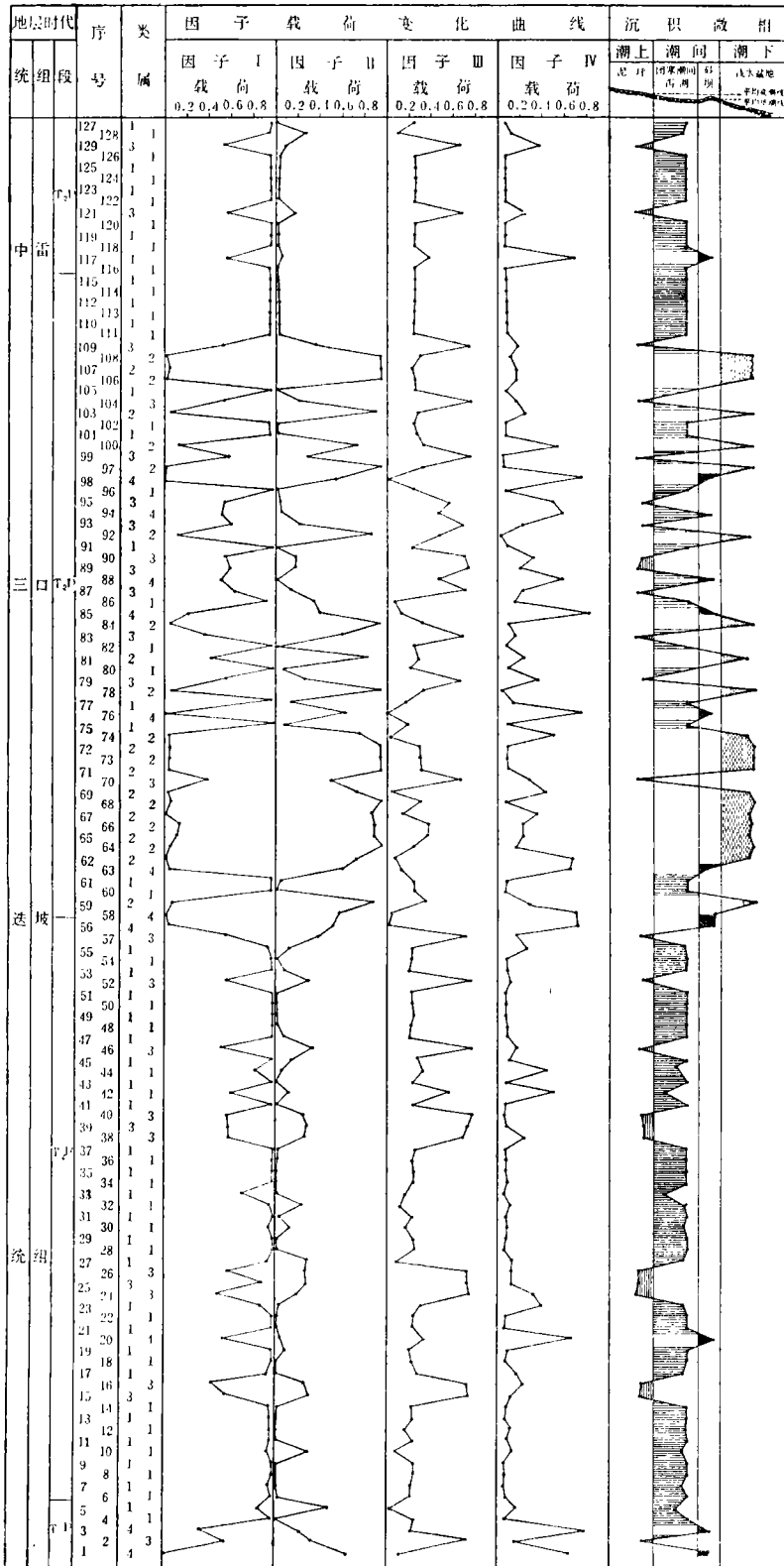


图 1

表 3 各因子的地质意义

主因子	代表标本	成分	结构	基质	能量指数	主要岩性	沉积微相
1	6,54,113号	方解石: 0~15% 白云石: 75~95% 泥质: 2~12%	简单	含量高	低 1~3	微晶白云岩 含泥云岩	潮间泻湖
2	64,97,108号	方解石: 90~95% 白云石: <5% 泥质: 3~4%	粒屑主要为 生物碎屑	含量高 70~95%	5~7	生物微晶灰岩 含生物微晶灰岩	潮下盆地
3	15,40,104号	白云石: 85~95% 泥质: 3~9%	粒屑主要为内 碎屑(扁平砾 屑)及生物	70~90%	2~7	砾屑微晶白云 岩泥云岩	潮上泥坪
4	3,56,76,85号	方解石: 40~90% 白云石: 5~57% 泥质: 3%	粒屑主要为团 粒和凝块石	含量少	10~11	淀晶团粒白云 质灰岩 淀晶团粒灰质 白云岩	潮间砂坝 (沙滩)

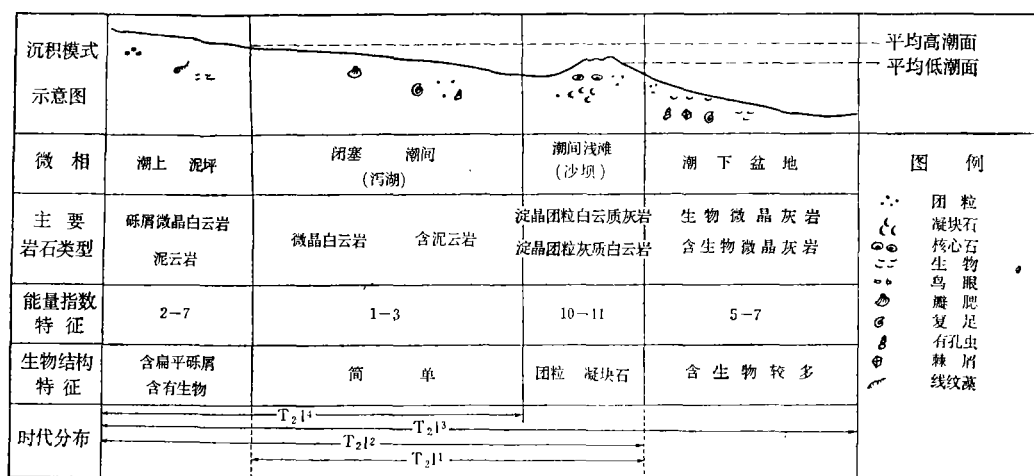


图 2 四川旺苍中三叠统雷口坡组沉积模式示意图

上述沉积微相在剖面上由于不同时期地壳沉降速度和堆积速度不同,各微相段相互交替形成微相旋迴。

根据国内外碳酸盐岩沉积模式资料,综合主因子分析结果,提出四川旺苍中三叠统雷口坡组沉积模式(见图2)。并对该剖面微相进行划分。

主因子分析的方法,可以广泛地应用于碳酸盐岩沉积微相的划分上,它可以充分地利用薄片鉴定所提供的全部信息,定量地、客观地、快速地进行沉积微相的划分。而且

主因子分析在数学理论上比较严谨,每个因子的地质意义明确,在进行沉积相的研究时,是一种较好的方法。

主要参考文献

1. 中国科学院地质研究所编著 数学地质引论. 地质出版社
2. 云南省地质局勘探大队编 1977年 地质工作中的多元统计分析 云南物化探 第五期
3. 华保钦 城华地区延9矿岩粒度因素分析和岩相群分析 甘肃省石油地质研究所 石油地质第一卷第一期