# 第二部分

# 基干剖面研究和专题研究

# 云南开远马者哨中下三叠统岩石特征及沉积环境分析

鲍志东　　金振奎

（石油大学，北京）

云南开远马者哨中下三叠统剖面为导师冯增昭教授承担的中国石油天然气总公司的重点科研项目“中国南方二叠纪和三叠纪岩相古地理研究及编图”课题的基干剖面之一。

本剖面位于云南省开远市马者哨乡政府附近，交通方便，地层发育完全，出露良好，地质构造简单，是在滇东南地区开展三叠纪地层、岩石特征、沉积环境分析及岩相古地理学研究的较理想的露头剖面。

在本剖面的野外工作期间，得到了云南省地质矿产局区调大队的张远志总工程师和黄铭卿高级工程师、滇黔桂石油勘探局地质研究所的周明辉工程师等的大力协助。在室内工作期间，石油大学（华东）92 届毕业生孔凡军和杨秀春同学帮助绘制了比例尺为 1∶1000 的岩性柱状图。在此一并致谢。

## 一、地　　层

本区地层学研究工作历时已久，现已有了较为统一的认识。本次工作中，地层划分基本上采用了云南省地矿局的划分方案，即将地层自下而上分别划分为洗马塘组、永宁镇组、个旧组和法郎组[1]。它们分别相当于滇黔桂地区的下三叠统印度阶和奥伦阶，中三叠统的安尼阶和拉丁阶。地层划分均有古生物证据，界限清楚。其中洗马塘组的底部因遭断层切割，未见底界。洗马塘组与下伏上二叠统乐平组之间呈断层接触。中下三叠统各组之间，以及法郎组与上三叠统八盘寨组之间，均呈整合接触，参见表 1。下面对各组分别简述如下。

**1. 洗马塘组**

本组中下部的岩石为暗红色泥岩、粉砂质泥岩夹少量紫红色、灰绿色粉砂岩。粉砂质泥岩及粉砂岩中含少量钙质结核，大小几毫米至几厘米，顺层分布。上部以暗紫色粉砂岩为主，夹少量灰绿色细砂岩。砂岩中发育水平层理及斜层理，顶部泥质含量较高。本组产少量瓣鳃类化石 *Claraia* sp.（王氏克氏蛤）。因断层切割，本组未见底界。但在滇黔桂地区，*Claraia* sp. 一般被视为印度阶底部化石带中重要分子，故推测距底界已不远了。本组厚度大于 240.44m。

**2. 永宁镇组**

根据岩性，本组可分为三段：

下段为含白云质石灰岩段，岩石主要为蓝灰色厚层－块状含云石灰岩。其中上部夹少量灰色薄层内碎屑石灰岩，具波状层理、水平层理、缝合线构造等。生物化石见 *Eumorphotis teilhardi*（结节正海扇）等。本段厚 161.25m。

中段为灰泥石灰岩及泥质灰泥石灰岩段，岩石主要为灰色、浅灰色厚层夹中层灰泥石灰岩，含生屑灰泥石灰岩、泥质灰泥石灰岩，夹少量薄层泥岩。具弱波状层理及缝合线构造。产 *Pteria* cf. *murchisoni*（莫氏翼蛤近似种），以及介形虫、棘皮等。本段厚 296.40m。

上段为灰泥石灰岩—粉晶石灰岩段，石灰岩大都发生了弱重结晶作用。本段下部为灰色、深灰色中厚层夹薄层灰泥石灰岩；上部主要为深灰色、黑灰色中厚层灰泥—粉晶石灰岩、含生屑灰泥石灰岩，夹灰色薄层内碎屑石灰岩、含云灰泥石灰岩，见生物扰动和生物钻孔等构造。产 *Eumorphotis multiformis*（多线正海扇），*Entolium discites*（盘光海扇），牙形石 *Neohindella* cf. *triassia*，*Neohindella nevadensis*，以及有孔虫、介形虫、棘皮、钙球等。本段厚 472.70m。

永宁镇组厚度为 923.8m，与下伏洗马塘组呈整合接触。

**表 1　开远马者哨地区及邻区早中三叠世地层划分与对比表**

| 地层＼地区 | | | | 云南开远马者哨 本文 | 云南鹤庆吉地坪 本文 | 贵州习水官渡 向容宁 (1980) | 贵州清镇王官桥 本文 | 贵州罗甸边阳 本文 | 广西西林石炮 本文 | 四川盆地 四川地质矿产局 (1982) | 湖南西部 四川地质矿产局 (1982) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 地层覆地层 | | | | 八盘寨组 $T_3b$ | 中窝组 $T_3z$ | 二桥组 $T_3e$ | 二桥组 $T_e$ | 三桥组 $T_3s$ | | 马鞍塘组 $T_3m$ | 小江口组 $T_3x$ |
| 三叠系 | 中统 | 拉丁阶 | 杨柳井组 | 法郎组 | | | 杨柳井组 | 边阳组 | 河口组 | 天井山组 | |
| | | 安尼阶 | 关岭组 | 个旧组 | 北衙组 | 雷口坡组 | 关岭组 | 新苑组 | 百逢组 | 雷口坡组 / 巴东组 | |
| | 下统 | 奥伦阶 | 永宁镇组 | 永宁镇组 | 腊美组 | 嘉陵江组 | 安顺组 | 紫云组 | 紫云组 | 嘉陵江组 | 嘉陵江组 |
| | | 印度阶 | 飞仙关组 | 洗马塘 | 泸沽湖组 | 飞仙关组 | 大冶组 | 罗楼组 | 罗楼组 | 飞仙关组 / 大冶组 | 大冶组 |
| 下伏地层 | | | | 乐平组 $P_2l$ | 黑泥哨组 $P_2h$ | 长兴组 $P_2c$ | 大隆组 $P_2d$ | 大隆组 $P_2d$ | 者浪组 $P_2z$ | 长兴组 $P_2c$ | 长兴组 $P_2c$ |

**3. 个旧组**

根据岩性，个旧组可分为四段。

第一段为灰泥石灰岩及颗粒石灰岩段，岩石主要为深灰色中厚层灰泥石灰岩、含生屑石灰岩、砂屑石灰岩、鲕粒石灰岩等。具生物钻孔及缝合线构造。底部为黄绿色“绿豆岩”和泥岩。以“绿豆岩”作为个旧组的底界。产化石 *Daonella ignobilis*（未知种鱼鳞蛤），*Neogondolella mombergensis*（蒙贝尔新剑舟刺），*Neogondolella* cf. *regale*（新剑舟刺近似种）及腹足类、介形虫等。本段厚 263.6m。

第二段为页岩及灰泥石灰岩段，主要岩石为灰色及灰黑色页岩、深灰色灰泥石灰岩、含钙球灰泥石灰岩，以及藻粘结颗粒石灰岩。化石较少，仅见少量介形虫、腹足类及蓝绿藻碎片，产牙形石 *Neospathodus* cf. *germaniscus*（德国新产刺近似种）、*Neospathodus kockeli*（库克新铲刺）等。本段厚 142.12m。

第三段为灰泥石灰岩—粉晶白云岩段，主要岩石为深灰色中厚层粉晶灰质白云岩、粉晶藻白云岩、粉晶—细晶砂屑白云岩、泥晶白云岩及藻粘结白云岩。本段岩石中颗粒含量低，仅见少量砂屑及生屑等。具生物钻孔和水平层理，化石稀少。本段厚 147.2m。

第四段为藻粘结白云岩段，中下部岩石为灰色、深灰色薄层—中层藻粘结颗粒石灰岩、粉晶—细晶白云岩、灰泥内碎屑白云岩；上部为浅灰色厚层—块状粉晶至细晶白云岩；顶部岩石为浅灰色中薄层藻粘结白云岩、泥晶白云岩。本段岩石中颗粒含量低，仅见内碎屑及生屑，且多被藻丝体粘结在一起。化石仅见瓣鳃类及腹足类。本段厚 491.57m。

个旧组厚度为 1044.49m，与下伏永宁镇组呈整合接触。

**4. 法郎组**

根据岩性组合，本段可划分为两段。

下段为白云岩与石灰岩互层段。岩石主要为浅灰色、灰色厚层含颗粒灰泥石灰岩，藻粘结颗粒石灰岩、藻白云岩、藻粘结颗粒白云岩、细晶白云岩及颗粒白云岩。其中白云岩与石灰岩呈互层产出。本段颗粒含量较高，且时常被藻丝体粘结在一起，水平层理及鸟眼构造发育，见示顶底构造、缝合线构造。化石见 *Daonella indica*（印度鱼鳞蛤），*Daonella lommeli*（南姆鱼鳞蛤）及个体较完整的介形虫、有孔虫和藻屑等，本段厚 169.37m。

上段为藻粘结颗粒石灰岩、灰质白云岩及具玛瑙纹构造石灰岩段。岩石主要为藻粘结颗粒石灰岩、含生屑灰石灰岩、灰质颗粒白云岩、含云颗粒石灰岩、具玛瑙纹构造石灰岩及叠层石石灰岩。本段颗粒含量较高，但大都为藻丝体粘结一起。具鸟眼构造及缝合线构造等。产 *Posidonia wegensis*（温根海燕蛤），牙形石 *Gladigondolla teihydis*（剑舟刺），*Gladigonlla* sp.（剑舟刺未定种），*Neogondella polygnthiformis*（多颚刺状新舟刺），以及少量介形虫、有孔虫、腹足类等。本段厚 850.61m。

## 二、岩　　石

开远马者哨地区中、下三叠统的岩石以碳酸盐岩为主，还有少量碎屑岩。碳酸盐岩包括石灰岩和白云岩。石灰岩可根据结构组分及特殊构造再划分为颗粒石灰岩、藻粘结颗粒石灰岩、叠层石石灰岩、灰泥石灰岩及具玛瑙纹构造石灰岩等；白云岩又可分为角砾白云岩、粉晶—细晶白云岩、泥晶白云岩、藻粘结颗粒白云岩、叠层石白云岩等；碎屑岩主要包括细砂岩、粉砂岩及泥岩。参看图 1 及表 2。兹分述如下。

**1. 颗粒石灰岩**

本剖面的颗粒石灰岩包括内碎屑石灰岩、鲕粒石灰岩及生屑石灰岩。

(1)内碎屑石灰岩

内碎屑石灰岩在本剖面中分布较广，但厚度不大，总厚度为 47.8m。主要见于永宁镇组和个旧组。

内碎屑石灰岩可分为砾屑石灰岩和砂屑石灰岩，以砂屑石灰岩为主。根据填隙物类型，砂(砾)屑石灰岩又可分为泥晶砂(砾)屑石灰岩和亮晶砂(砾)屑石灰岩，其中亮晶砂(砾)屑石灰

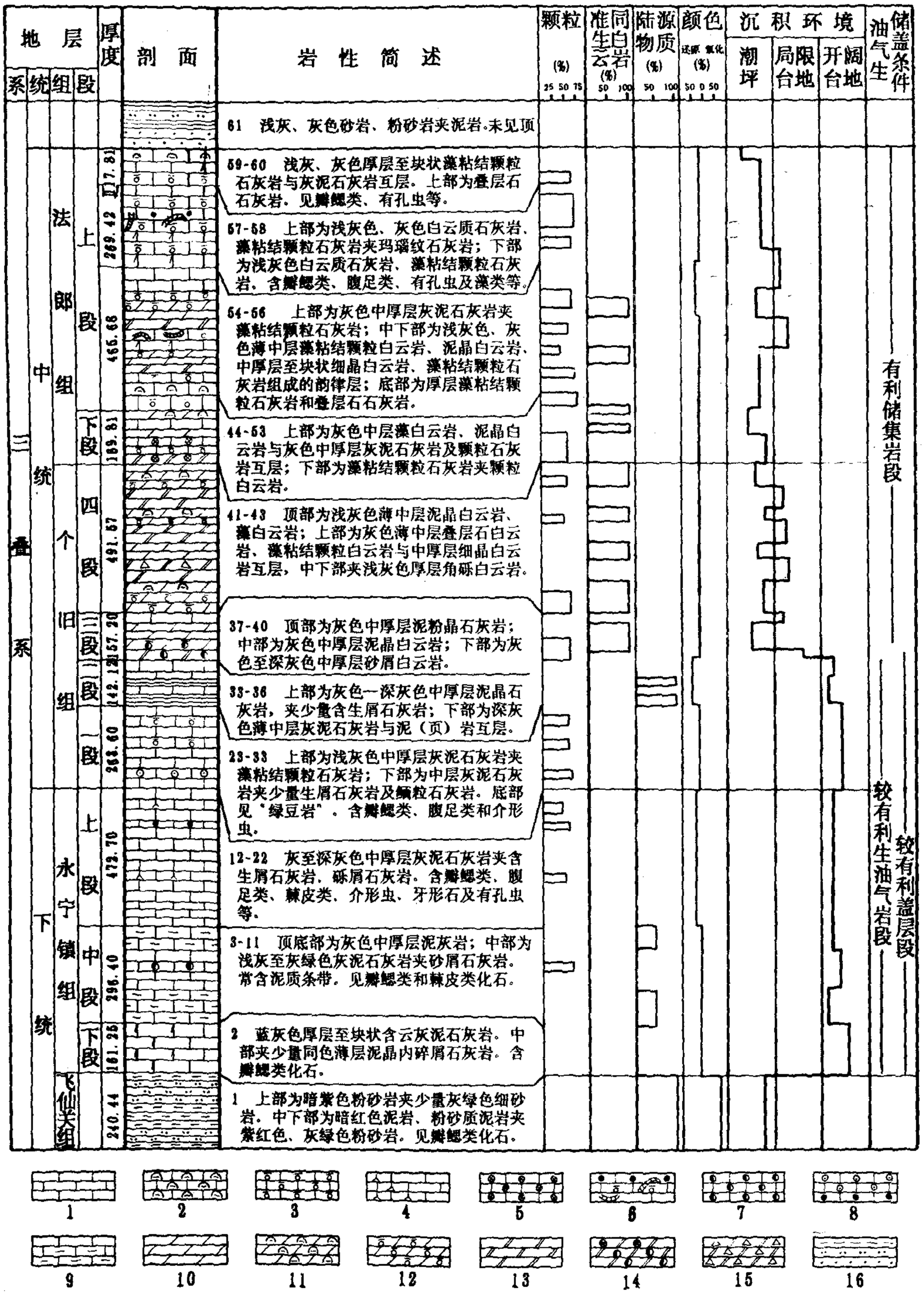



图 1　云南开远马者哨吓中下三叠统岩石特征及沉积环境分析图

1. 灰泥石灰岩；2. 叠层石石灰岩；3. 藻粘结颗粒石灰岩；4. 含生屑(质)石灰岩；5. 颗粒石灰岩；6. 玛瑙纹石灰岩；7. 砂屑石灰岩；8. 鲕粒石灰岩、砾屑石灰岩；9. 含云(质)灰泥石灰岩、泥灰岩；10. 泥晶白云岩；11. 叠层石白云岩；12. 藻粘结颗粒白云岩；13. 细(中)晶白云岩；14. 颗粒(砂屑)白云岩；15. 角砾白云岩；16. 泥岩、粉砂岩、砂岩

岩含量较低。

泥晶砂(砾)屑石灰岩中的砂(砾)屑一般分选差、磨圆差、具塑性变形。砂(砾)屑成分常与下伏岩石相同,均为灰泥方解石。岩石与下伏岩层呈过渡关系。这种泥晶砂(砾)屑石灰岩可能为灰泥沉积物在弱固结状态时,被稍强但较短暂的水流击碎后,再沉积下来所致。其沉积环境为水动力条件较强的浅水碳酸盐岩台地。

表 2　云南开远马者哨中下三叠统岩石分布特征

| 岩石类型 | | | | 岩石分布 | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 飞仙关组 | 永宁镇组 | | | 个旧组 | | | | 法郎组 | |
| | | | | | 下段 | 中段 | 上段 | 一段 | 二段 | 三段 | 四段 | 下段 | 上段 |
| 碳酸盐岩 | 石灰岩 | 颗粒石灰岩 | 亮晶砂(砾)屑石灰岩 | | | 2.4 | | 3.4 | | | | | |
| | | | 泥晶砂(砾)屑石灰岩 | | 13.1 | | 3.7 | 3.8 | | | | 14.2 | |
| | | | 亮晶鲕粒石灰岩 | | | | | 4.7 | | | | | |
| | | | 生屑石灰岩 | | | | 8.9 | 2.9 | 6.7 | | | 6.0 | 4.1 |
| | | 藻粘结颗粒石灰岩 | | | | | 1.3 | 18.2 | 10.6 | | 8.9 | 7.8 | 22.4 |
| | | 叠层石石灰岩 | | | | | | | | | | | 7.7 |
| | | 泥晶石灰岩 | | | 86.9 | 97.6 | 86.1 | 64.2 | 33.0 | | 3.9 | 13.4 | 20.1 |
| | | 玛瑙纹石灰岩 | | | | | | | | | | | 11.8 |
| | 白云岩 | 角砾白云岩 | | | | | | | | 26.6 | 6.4 | 17.1 | 12.6 |
| | | 粉晶－细晶白云岩 | | | | | | | | 40.2 | 24.6 | 6.5 | 10.0 |
| | | 泥晶白云岩 | | | | | | | | 25.3 | 19.5 | 24.5 | |
| | | 藻粘结颗粒白云岩 | | | | | | | | 1.3 | 20.3 | 4.7 | 7.8 |
| | | 藻白云岩 | | | | | | | | 7.6 | 16.8 | 5.8 | 3.5 |
| 碎屑岩 | | 细砂岩 | | 8.9 | | | | | | | | | |
| | | 粉砂岩 | | 91.1 | | | | 2.8 | 49.7 | | | | |

另外,在本剖面的永宁镇组第三段,还可见到另一种成因的泥晶砾(砂)屑石灰岩。其中砂(砾)屑具有中等分选和磨圆,具粒序结构。部分砾屑的长轴近似垂直层面,呈不太明显的"倒小字型"。岩石与下伏岩层呈冲刷面接触。这种砂(砾)屑石灰岩可能为短暂的小型风暴流沉积。岩石的沉积环境为浅水碳酸盐岩台地。

亮晶砂(砾)屑石灰岩的分布较泥晶砂(砾)屑石灰岩的少,仅见于永宁镇组和个旧组,总厚度为 16.36m。单层呈灰色中层。砂(砾)屑呈球形、椭球形,粒径一般为 0.2－3mm。岩石中还可见少量鲕粒及磨圆中等的生屑。胶结物以亮晶方解石为主。岩石与下伏岩层呈波状冲刷面接触。亮晶砂(砾)屑石灰岩的沉积环境为水动力条件较强的浅水碳酸盐岩台地中的浅滩。

(2)鲕粒石灰岩

本区鲕粒石灰岩的填隙物以亮晶方解石为主,主要见于个旧组第一段。单层以灰色中层为主。总厚度为 12.5m。

岩石中鲕粒含量一般 30%－40%,大小均匀,一般为 0.5－1mm。鲕粒以正常鲕为主,亦见表鲕及复鲕。其鲕核大都为砂屑,少量为生屑。除鲕粒外,岩石中还有砂屑及生屑。砂屑含量 5%－20%,分选、磨圆均较好;生屑含量一般小于 5%,为腹足类、瓣鳃类、棘皮类、有孔虫等。

亮晶鲕粒石灰岩中的鲕粒常发生重结晶作用，致使部分同心纹层不甚清楚。有的鲕粒内部发生了白云化作用。亮晶鲕粒石灰岩多以起伏不平的冲刷面与下伏岩层接触。与其上覆岩层呈突变或渐变接触。这些反映亮晶鲕粒石灰岩的沉积环境为浅水碳酸盐岩台地内的高能滩环境。

在永宁镇组顶部，发育一层薄层泥晶鲕粒石灰岩。岩石中鲕粒以单晶鲕为主，分选好、磨圆好，为环境退变或结构退变的产物。

(3)生屑石灰岩

生屑石灰岩在本剖面中各组均有分布。按填隙物的不同，又可分为亮晶生屑石灰岩和泥晶生屑石灰岩。其中以泥晶生屑石灰岩为主。

泥晶生屑石灰岩主要分布于永宁镇组和个旧组，共厚 94.18m，为颗粒石灰岩中含量最多的一种。生屑一般为藻屑、棘皮类、腹足类、瓣鳃类、有孔虫等，其中腹足类和介形虫较完整。生屑含量一般 50%－65%。岩石中还可见球粒，含量一般小于 10%。泥晶生屑石灰岩的上下层位的岩石常为灰泥石灰岩。岩石的这些特征反映这种泥晶生屑石灰岩的沉积环境为水动力条件较弱的开阔的浅水碳酸盐岩台地。

亮晶生屑石灰岩仅见于个旧组下部，总厚度小于 10m。其下伏岩层多为亮晶鲕粒石灰岩。岩石中生屑主要为藻屑、棘皮类(图版 I -5)、瓣鳃类等，含量可达 55%。与生屑共存的还有鲕粒，主要是表鲕。这些反映亮晶生屑石灰岩的沉积环境为浅水碳酸盐岩台地内的高能滩或潮汐水道。

在本剖面中，颗粒石灰岩中的颗粒常常不是单一类型，而是以某一种的颗粒在含量上占优势，另外还含有一种或数种其他颗粒。常见的颗粒有藻屑、砂屑、鲕粒等。

在颗粒石灰岩中，随着颗粒的分选和磨圆程度的增高，颗粒中鲕粒组分含量增高；随着填隙物中亮晶方解石胶结物的含量的增高，颗粒中鲕粒组分的含量亦增高。事实上，如果海水中的 $Ca^{2+}$、$CO_3^{2}$ 、$HCO_3$ 的浓度已达到饱和，则随着水动力条件的增强，水体搅动时间的持久，生屑、砂屑都有可能成为鲕核而向形成鲕粒的方向发展。于是填隙物亦随之以亮晶方解石胶结物为主。

**2. 藻粘结颗粒石灰岩**

藻粘结颗粒石灰岩在本区较发育，在本剖面中的永宁镇组、个旧组和法郎组均有分布。总厚度超过 700m。岩石呈中层—厚层甚至块状，其中时常发生白云化作用。在地表露头的新鲜面上，可见岩石结构不均一。在显微镜下，可见藻丝体及其分泌物将颗粒、灰泥等粘结在一起，呈不规则的团块状、云雾状及絮状等集合体。颗粒包括砾屑、砂屑、藻屑、生屑等，含量 10%－50%不等。颗粒分选、磨圆均较差。其间裂隙、孔隙及层间空隙发育，部分裂隙和孔隙被灰泥及中晶方解石充填。

关于藻粘结颗粒石灰岩，文献报道不多。国外有人认为，藻粘结颗粒石灰岩及颗粒石灰岩同为浅滩的产物[2]。在本剖面中，藻粘结颗粒石灰岩中的分选和磨圆均较差，被藻丝体粘结之后的颗粒之间的空隙多为灰泥充填，其中的方解石晶粒不具世代现象，为后期沉淀或重结晶作用的产物。这些均反映岩石沉积环境的水动力条件不是太强。另外，岩石中颗粒间裂隙和层间空隙，可能为岩石沉积期的干裂收缩形成。本剖面中的藻粘结颗粒石灰岩的沉积环境为潮间带至潮下带上部。

**3. 叠层石石灰岩**

叠层石石灰岩主要发育于法郎组的上段。单层为灰色中层—厚层至块状。叠层石类型以

层状和波状为主，反映其沉积时水动力条件较弱。纹层较规则，一般厚 1.5—2mm。层面上鸟眼构造、干裂纹构造发育。岩石层间裂隙及层内孔隙均发育(图版Ⅳ-Ⅴ)。有时顶部岩层破裂，形成的角砾近乎原地堆积，形成叠层石砾屑石灰岩透镜体。岩石中白云化现象常见。这些均反映本区的叠层石石灰岩主要为潮间带沉积产物。

**4. 灰泥石灰岩**

灰泥石灰岩在本剖面中广泛发育于永宁镇组、个旧组和法郎组。总厚度为 935.44m，占地层总厚的 29.3%。灰泥石灰岩一般呈浅灰色、中厚层至块状。常发育水平层理、波状层理。部分层位的灰泥石灰岩中见生物钻孔和生物扰动构造。岩石中颗粒含量小于 10%，见少量生屑。化石瓣鳃类、腹足类、介形虫、有孔虫、棘皮类及钙球等。

本剖面中灰泥石灰岩时常发生弱重结晶作用，而向粉晶石灰岩过渡。

灰泥石灰岩沉积时水动力条件一般较弱，沉积环境为局限或开阔碳酸盐岩台地，或者斜坡地带。

在永宁镇组第二段，发育含泥质较高的含泥灰泥石灰岩和泥质灰泥石灰岩。岩石呈灰至深灰色，中层状为主，泥质常在局部富集呈条带状。岩石中常见黄铁矿晶体。化石较少，仅见一些个体较小的薄壳瓣鳃类等。这类岩石的沉积环境一般为局限碳酸盐岩台地。

**5. 具玛瑙纹构造石灰岩**

在法郎组上段的一些层位，可见方解石呈玛瑙纹状穿插于石灰岩中，或呈皮壳状包裹石灰岩砾屑，形成一种较特殊的景观。姑且称这种石灰岩为具玛瑙纹构造石灰岩，或简称玛瑙纹石灰岩。

在沉积序列中，玛瑙纹石灰岩常发育于白云岩之上。在显微镜下，可见被方解石穿插或包裹的石灰岩体或石灰岩砾块为藻粘结颗粒石灰岩、砂(砾)屑石灰岩或含生屑灰泥石灰岩等。而穿插或包裹石灰岩的方解石主要为纤维状或柱状方解石，且纤维状与柱状方解石各自呈薄层状互层发育，而呈玛瑙纹状。有时纤维状或柱状方解石环带之间的空隙部，发育有粒状方解石集合体。

在阴极发光显微镜下，玛瑙纹状方解石弱—中等发光，呈黄褐色和暗红色条纹；粒状方解石则昏暗发光或不发光；而石灰岩砾块常中等发光，呈玫瑰红—深红色光。碳氧同位素分析显示，纤维状方解石的 $\delta^{13}C$ 为 1.57，$\delta^{18}O$ 为 −6.60；粒状方解石的 $\delta^{13}C$ 为 1.05，$\delta^{18}O$ 为 12.25。据经验公式 $Z=2.048(\delta^{13}C+50)+0.498(\delta^{18}O+50)$[3]，可知纤维状方解石和粒状方解石的 $Z$ 值分别为 127.23 和 123.34，均靠近淡水与海水盐度的临界值 120。这些特征反映具玛瑙纹构造石灰岩中的玛瑙纹构造，为在近地表氧化条件下，淡化海水成岩作用的产物。

前人认为具玛瑙纹构造石灰岩为礁石灰岩[4,5]。在本次研究剖面中，前人认为是礁石灰岩的识别辅助标志的玛瑙纹中，以及玛瑙纹依附生长的石灰岩中，均未发现呈生长状态存在的藻类及其他造礁生物。石灰岩中的生物，包括蓝绿藻、红藻、瓣鳃类、腹足类、棘皮类、介形虫等，均呈碎片，即均作为颗粒组分存在于石灰岩中，故具玛瑙纹构造的石灰岩不是礁石灰岩。

从沉积序列及其岩石特征看，具玛瑙纹构造石灰岩的主体藻粘结颗粒石灰岩、砂(砾)屑石灰岩或含生屑灰泥石灰岩等，基本上均为台地边缘的水下造起带或碳酸盐岩建隆的沉积产物。

关于玛瑙纹石灰岩的详细论述见本书第三章第一节。

**6. 角砾白云岩**

角砾白云岩见于个旧组第三、四段，以及法郎组。

岩石呈浅灰色、灰色厚层至块状，偶见透镜状。砾屑含量 40%—50%，还可见少量砂屑，含

量5%－10%。砾屑分选和磨圆均较差。在有的砾屑内可见纹层构造。砾屑主要为泥晶白云石碎屑，其中常见石膏假晶以及已经白云化了的藻丝体。在阴极射线作用下，砾屑弱—较弱发光，呈褐红色—暗红色。基质为云泥及灰泥，偶见晶粒方解石。

在沉积序列中，角砾白云岩常与藻粘结颗粒白云岩及泥晶白云岩等互层产出。

上述特征反映，本区的角砾白云岩的原岩主要为藻粘结颗粒白云岩或含膏岩假晶的泥晶白云岩。此乃次生溶蚀垮塌产物。

**7. 粉晶—细晶白云岩**

粉晶—细晶白云岩主要分布于个旧组的第三四段及法郎组。

岩石呈浅灰色、灰色，以中层至厚层为主，在纵向上岩层常位于泥晶白云岩、叠层石白云岩或藻粘结颗粒石灰岩之下。岩石中白云石晶体以粉晶至细晶为主，偶见中晶至粗晶。晶形呈半自形至他形。岩石中常见灰泥及泥质残块，可见生屑与白云石晶体呈锯齿状接触，反映岩石为交代作用成因。在阴极射线作用下，粉晶—细晶白云岩较弱至中等发光，呈较均匀的褐红色至深红色。未见环带发光，不具有典型的深埋藏成因的白云岩的阴极发光性。岩石 $\delta^{13}C$ 值为－1.23到 0.47，$\delta^{18}O$ 值为－3.58 到－2.64，Z 值为 122.99 到 126.95，说明白云化作用介质为较咸的海水。上述岩石特征及地球化学指标，反映粉晶—细晶白云岩为渗透回流交代成因。

**8. 泥晶白云岩**

泥晶白云岩在本剖面中分布于个旧组的三段、四段和法郎组的下段。

岩石呈浅灰色、灰色，以薄层为主，偶见中层。常位于粉晶—细晶白云岩、颗粒白云岩之上。以泥晶白云石为主，含较多陆源粘土及石英粉屑。有时可见少量的已白云化了的藻丝体。常见石膏假晶，鸟眼构造发育。在阴极射线作用下，泥晶白云岩微弱发光，呈较均匀的红褐色和暗红色，具较典型的干热型准同生白云岩的特征。岩石的 $\delta^{13}C$ 呈低正值，$\delta^{18}$ 呈低负值，X 值大于120，即岩石沉积于咸水环境。分析岩石特征，并参考稳定碳氧同位素指标，可知本地区的泥晶白云岩为干热气候条件下形成的准同生白云岩。它们常形成于潮坪环境。

**9. 藻粘结颗粒白云岩**

藻粘结颗粒白云岩只分布于个旧组的三、四段及法郎组。但产出层位较多。

岩石产状颇似藻粘结颗粒石灰岩。它亦为藻丝体粘结缠绕各种藻屑、砂屑及粉屑而成，只是藻丝体及颗粒均由泥晶白云石组成。内部孔隙相当发育，部分孔隙被粒状白云石充填(图版Ⅷ-5,6)。在阴极射线作用下较弱发光，呈褐红色，常见陆源石英粉屑的蓝灰色光点。这些反映藻粘结颗粒白云岩中的颗粒及藻丝体的白云化作用均发生于准同生期。岩石属准同生白云岩，形成于潮坪或水体能量中等的水下隆起环境。

**10. 叠层石白云岩**

叠层石白云岩在本剖面中的分布与藻粘结颗粒白云岩的相似，有时与藻粘结颗粒白云岩互层产出。

叠层石白云岩产状类似叠层石石灰岩，但其明暗纹层均由泥晶白云石组成，常含盐类晶体或假晶。岩石薄片在阴极射线作用下弱发光，呈光点不太均匀的暗红色至灰褐色。属准同生白云岩。沉积环境为潮坪或水下隆起。

本区叠层石白云岩中含较多的盐类矿物，常遭淋滤作用使岩石垮塌。

**11. 细砂岩**

细砂岩仅分布于洗马塘组的上部。

岩石呈灰绿色，风化后呈红褐色。单层以中层为主，发育水平层理、板状交错层理及脉状层

理。砂岩含量较高，成分以玄武岩岩屑为主，长石和石英碎屑次之。颗粒多呈次棱角状至次圆状，分选中等，基质主要为粘土，含少量的灰泥，属碎屑岩滨海沉积。

**12. 粉砂岩和泥岩**

粉砂岩和泥岩分布于洗马塘组和个旧组的第一段和第二段。

洗马塘组的粉砂岩和泥岩呈灰绿色、紫红色，中层至厚层。粉砂岩中长石含量较高，基质中灰泥含量高。泥岩中常见钙质结核，大小几毫米至几厘米，顺层分布。发育水平纹理、斜层理、波状层理及透镜状层理。在泥岩中，偶见少量的 *Lingula* sp. 及 *Claraia* sp. 化石。洗马塘组的粉砂岩和泥岩属碎屑岩滨海沉积。

在个旧组的第一段和第二段亦含少量的泥岩。岩石呈黄绿色、灰黑色，薄层。常与灰泥石灰岩、白云质石灰岩、含生屑灰泥石灰岩互层产出或夹于其中。岩石中常含灰泥或云泥，发育水平纹理，为局限台地沉积。

## 三、沉积环境分析

通过岩性、沉积构造、地球化学指标等的分析，对开远马者哨地区的中下三叠统各组的沉积环境作如下判别。

**1. 洗马塘组的沉积环境**

本组主要为陆源碎屑沉积，风化色均呈强氧化色。中、下部以暗红色泥岩为主，夹少量的紫红色泥质粉砂岩，向上渐变为泥岩和粉砂质泥岩，时常发育透镜状层理。偶见瓣鳃类。为碎屑岩滨海沉积。沉积物中灰泥含量较高，在成岩作用过程中组分分异形成钙质结核。上部为暗紫色和灰绿色粉砂岩、细砂岩，仍为碎屑岩滨海沉积。顶部泥岩增多，但仍以细碎屑岩为主。灰泥含量增加，发育水平层理及斜层理，反映碎屑岩滨海水体稍深。

从沉积结构看，洗马塘组具较典型的向上变粗的逆粒序，只是其顶部显示正粒序。其沉积环境主要为碎屑岩滨海。

**2. 永宁镇组的沉积环境**

自印度期末，本区海侵开始加大。至奥伦期，供给本区的陆源碎屑大为减少，本区接受含少量粘土的灰泥沉积，开始进入碳酸盐岩台地沉积环境。在奥伦期，发育了一套石灰岩。

下段岩石以厚层至块状灰泥石灰岩为主，夹少量薄层内碎屑石灰岩。石灰岩中常见泥质条带，常发生弱白云化作用。化石以瓣鳃类为主，见少量腹足类。本段属较开阔的碳酸盐岩台地沉积。

中段岩石以厚层夹中层泥质灰泥石灰岩为主，夹少量亮晶内碎屑石灰岩及泥(页)岩。泥质灰泥石灰岩中陆源粘土矿物含量较高，常在局部富集形成泥质条带或波状纹层。本段的沉积环境与下段的相似，仍为较开阔碳酸盐岩台地，但水体较浑浊，偶尔水体能量较高。

上段岩石为灰色、深灰色中厚层灰泥石灰岩夹含生屑灰泥石灰岩、内碎屑石灰岩、藻粘结颗粒石灰岩等。陆源物质含量较中段少。具亮晶胶结物的颗粒含量仍很低，小于 3%。化石多为广海生物，如瓣鳃类、腹足类、有孔虫和棘皮类等。这些反映永宁镇组上段的沉积环境仍为开阔台地，水体较中段的清澈，但能量仍不高。

总观永宁镇组的各种单因素特征，可知本区奥伦期的沉积环境以较开阔的碳酸盐岩台地为主，期间偶尔有一定量的陆源物质的混入。

**3. 个旧组的沉积环境**

安尼期初，本区同整个上扬子台地一样，均接受了一层火山玻屑凝灰质沉积（即“绿豆岩”）。随后，本区沉积了一套中厚层含生屑灰泥石灰岩、灰泥内碎屑石灰岩、藻粘结颗粒石灰岩、亮晶颗粒石灰岩，即个旧组第一段。本段陆源物质含量较低，颗粒含量较高。这些反映在安尼期早期本区略有上升，水体变浅。其沉积环境仍为较开阔的碳酸盐岩台地，其中水体能量较奥伦期的稍强。

随后，本区经历了较混水台地沉积阶段，沉积了灰泥石灰岩、藻粘结颗粒石灰岩、泥（页）岩等，即第二段。本段陆源物质含量近40%，沉积环境仍为较开阔碳酸盐岩台地。

本组第三段底部的岩石为薄层泥晶白云岩及叠层石白云岩。中下部的岩石为细晶白云岩及砂屑白云岩；上部的岩石为自下而上由灰泥石灰岩、藻粘结颗粒石灰岩和粉晶至细晶白云岩组成的韵律层。这些反映本段的沉积环境主要为局限台地和潮坪。即由第二段至本段，沉积环境由较开阔的碳酸盐岩台地，变为局限台地和潮坪沉积环境。

第四段中下部的岩石为叠层石白云岩、藻粘结颗粒白云岩及粉晶一细晶白云岩韵律层。其中夹颗粒（砾屑和砂屑）白云岩；上部的岩石为浅灰色薄层泥晶白云岩与灰色厚层至块状藻粘结颗粒白云岩互层；顶部的岩石为浅灰色泥晶白云岩。本段展示了一套发育良好的向上变浅的沉积序列。

总之，在个旧组，自第一段至第四段，沉积环境由较开阔碳酸盐岩台地一局限碳酸盐岩台地一潮坪。即整个的个旧组为一套向上变浅的沉积产物。

**4. 法郎组沉积环境**

下段岩石主要为浅灰色、灰色含生屑灰泥石灰岩、生屑石灰岩、灰泥石灰岩、叠层石白云岩及颗粒白云岩。与个旧组第四段相比，本组下段准同生白云岩有所减少，灰泥石灰岩有所增多，反映在该段沉积时，即拉丁期早期，水体有时有所加深，沉积环境以局限台地和潮坪环境为主。

上段岩石主要为叠层石石灰岩、藻粘结颗粒石灰岩、含生屑灰泥石灰岩、灰泥内碎屑石灰岩、角砾白云岩以及具玛瑙纹构造石灰岩。其中角砾白云岩发育于下部，它的原岩为形成于潮坪环境的灰泥白云岩和叠层石白云岩。这些反映上段开始沉积时，即在拉丁期晚期，本区沉积环境又以潮坪为主。本段的玛瑙纹石灰岩只发育于中上部，它的玛瑙纹构造为成岩次生构造，其原岩以藻粘结颗粒石灰岩和含生屑灰泥石灰岩为主。通过恢复原岩，可知上段主要由诸多自下而上为灰泥内碎屑石灰岩一含生屑灰泥石灰岩一藻粘结颗粒石灰岩一叠层石石灰岩的韵律层组成。每一个韵律层均代表一套水动力条件减弱、水体变浅的上升序列。总的看来，上段为局限台地和潮坪环境交互沉积的产物。

## 四、沉积演化史与油气生储盖条件

**1. 早中三叠世沉积演化史**

在本剖面各组段的沉积环境分析和区域性的早中三叠世岩相古地理研究的基础上，可对开远马者哨剖面的早中三叠世沉积演化史作一简要分析。

晚二叠世末，本区抬升遭受剥蚀。早三叠世初，海侵波及本区。在印度期，本区为碎屑滨海环境，接受了陆源碎屑沉积，发育了洗马塘组。洗马塘组以泥岩和粉砂岩为主，缺乏砂岩和砾岩等粗碎屑岩，反映陆源碎屑供给区离本区尚有一定距离。

在奥伦期，本区海侵持续加大。同时，供给本区的陆源碎屑已大为减少，水体变得较为清澈，碳酸盐岩台地环境发育，沉积了碳酸盐物质。在其早期，碳酸盐沉积物中尚含较多的泥质，

至晚期，碳酸盐沉积物较纯。即晚期的沉积环境已变为较开阔的碳酸盐岩台地。

在中三叠世安尼期初，本区接受了火山碎屑物质沉积，发育了火山玻屑凝灰岩（即“绿豆岩”）。在安尼期的早期，本区基本上继承了奥伦期晚期的沉积环境，为较开阔的碳酸盐岩台地，其间水体能量偶尔较强。至安尼期中期，本区一度又接受了较多的陆源细碎屑物质，水体时常较浑浊，沉积了较多的泥岩。至安尼期中晚期，本区水体变浅，发育了局限台地至潮坪沉积环境，准同生白云岩大量沉积。到了安尼期末，本区为典型的潮坪沉积环境，发育泥晶白云岩及藻粘结颗粒白云岩等。

安尼期末是本区沉积史上的转折时期。从这个时期开始，本区的沉积环境由先期的较开阔碳酸盐岩台地为主，变为以局限台地和潮坪沉积环境为主。

到拉丁期早期，本区继承安尼期晚期的潮坪沉积环境。到拉丁期的中晚期，本区以潮坪沉积为主，偶尔为局限台地沉积环境，发育了一套颇具特色的向上变浅的沉积序列。

在马者哨地区，自安尼期晚期至拉丁期晚期，发育的是许多个上浅沉积序列。即自安尼期晚期开始，本区的沉积水体逐渐变浅。水体变浅的原因，可能有以下几点：

（1）从碳酸盐沉积学特点看，碳酸盐沉积物最适宜发育于浅海正地形区，即水体清澈、水深较浅的地区。这就导致了碳酸盐沉积物本身具有趋向于填满沉积盆地（广义）的效应。于是，在适宜碳酸盐沉积的浅水区，碳酸盐沉积区的水体将逐渐变浅。

（2）从区域岩相古地理来看，本区位于碳酸盐岩台地边缘。在中三叠世，在其南侧为较深水盆地区。在浅水碳酸盐岩台地和较深水盆地之间的斜坡区，发育了大量碳酸盐重力流沉积。其中岩崩堆积的出现，说明在斜坡基部存在一条同生断裂。断裂的活动，可以导致其两侧的台地和盆地的差异升降。于是，位于台地边缘的本区的水体变浅，直至沉积物时常暴露于水面之上。

（3）从全区岩性看，本区中三叠世气候较为炎热，持续的蒸发作用也可以导致本区海平面的降低。

总之，本区早中三叠世发育了一次较明显的规模较大的海侵和海退旋回。

**2. 油气生储盖条件**

永宁镇组及个旧组第一、二段的沉积环境为较开阔碳酸盐岩台地，沉积了较厚的暗色石灰岩及少量泥岩，其中有机质含量较高，可作为较有利的生油气烃源岩。个旧组第四段及法郎组的沉积环境以潮坪为主、局限台地次之的环境，沉积岩中藻类化石含量很高。亦可视为潜在的较有利烃源岩。

虽然本剖面的中下三叠统的大量灰泥石灰岩在特定条件下可以形成溶洞型及裂隙型碳酸盐岩储集岩，但本区的主要储集岩仍为白云岩及藻粘结颗粒石灰岩。白云岩包括准同生白云岩及准同生后白云岩，主要分布于个旧组三四段及法郎组的上段下部。在这些层段的岩石中，晶间孔及收缩孔等孔隙较发育，为有利的碳酸盐岩油气储集岩。藻粘结颗粒石灰岩主要分布于法郎组，其厚度较大且结构较松散，其中鸟眼孔、收缩孔、干裂孔等孔隙相当发育。亦为有利储集岩。

本区中下三叠统内部发育的灰泥石灰岩可作为本区的直接盖层。上三叠统八盘寨组的厚层细碎屑岩可作为本区的区域盖层。

总之，本区的油气生储盖条件的组合配置较好，具有较好的油气勘探前景，应进一步加强基础地质研究。

# 参 考 文 献


[1] 云南地质矿产局，1990：云南省区域地质志，地质出版社。

[2] E. 弗卢格尔，1978：石灰岩的微相分析，地质出版社。

[3] G. 福尔，1977：同位素地质学原理，科学出版社。

[4] 贺自爱等，1980：贵州中三叠系古生物礁，地质科学，第 3 期。

[5] 贺自爱、杨宏等，1983：再论贵州中三叠世生物礁及找油意义，石油地质文集——沉积相(7)，地质出版社。