

南盘江地区二叠纪生物礁成因类型 及潜伏礁预测

沈安江 陈子

中国石油勘探开发研究院杭州石油地质研究所

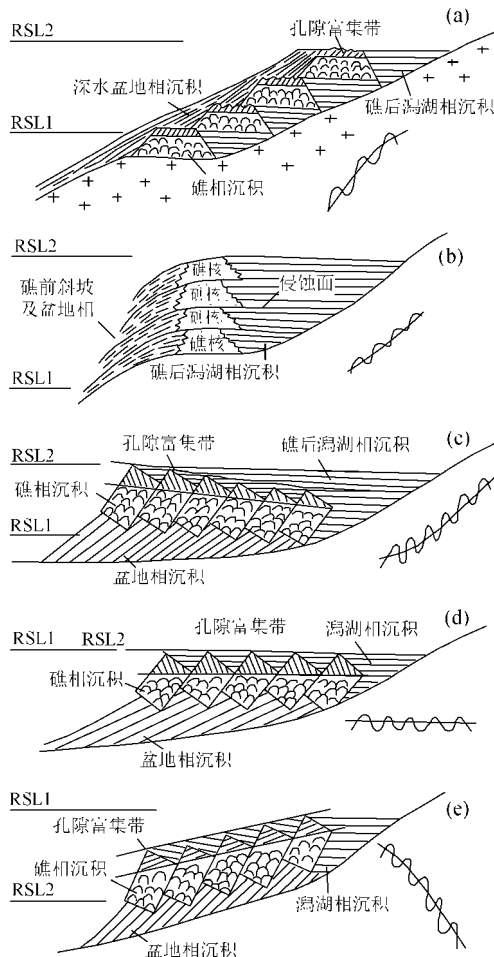
前言

南盘江地区二叠纪茅口期发现生物礁点 52 个, 长兴期发现生物礁点 47 个^[1], 其中不少为礁古油藏, 引起了地质学家对该区生物礁的生物学、岩石学以及应用地震、电法等寻找潜伏礁等方面的极大兴趣。本文从相对海平面升降与礁生长发育关系的角度, 提出新的生物礁成因分类, 并据此描述南盘江地区二叠纪生物礁的类型和时空迁移规律, 为更准确地预测潜伏礁提供地质依据。

相对海平面升降与生物礁成因类型

相对海平面升降速率与礁生长速率的关系有 5 种可能性(见图 1)。如果引入容纳空间的概念, 则可归纳为 3 种情况, 相应发育 3 种成因类型的生物礁: ①礁生长速率小于容纳空间增长速率, 导致台地边缘由海向陆迁移和海侵, 发育退积礁, 礁体向陆地方向迁移生长; ②礁生长速率等于容纳空间增长速率, 台地边缘不发生迁移, 海岸线不变, 发育并进礁, 礁体处于比较稳定的生长环境; ③礁生长速率大于容纳空间增长速率(包括相对海平面上升速率小于礁生长速率, 相对海平面静止、相对海平面下降情况), 台地边缘由陆向海方向迁移和海退, 礁体只能向海盆方向迁移, 发育进积礁。

确定礁体成因类型有两种方法: ①生物礁层位对比。进积礁是由陆向海方向层位逐渐变新的穿时体, 退积礁是由陆向海方向层位逐渐变老的穿时体, 并进礁则原地垂向生长。横向对比礁体生物化石带, 即可确定礁体层位的新老关系及横向变化趋势。②含礁地层剖面的垂向相序变化。进积礁表现为向上变浅序列(盆地相→礁相→礁后潮坪→湖相), 退积礁则表现为向上变深序列, 而并进礁只有明显的侧向相变, 垂向上不存在变深或变浅序列。



(a) 相对海平面上升速率大于礁生长速率; (b) 相对海平面上升速率等于礁生长速率; (c) 相对海平面上升速率小于礁生长速率; (d) 相对海平面静止; (e) 相对海平面下降
图 1 相对海平面升降与礁生长关系图

南盘江地区茅口期进积礁

1 茅口期生物礁分布与特征

南盘江地区茅口期台地边缘礁多分布在滇东、桂西及黔西南地区, 分两排呈串珠状展布(见图 2)。滇东邱北芭六生物礁和桂西祥播安然生物礁可分别作为南盘江地区西、东两排生物礁带其它生物礁的生物特征

和沉积序列特征的代表。

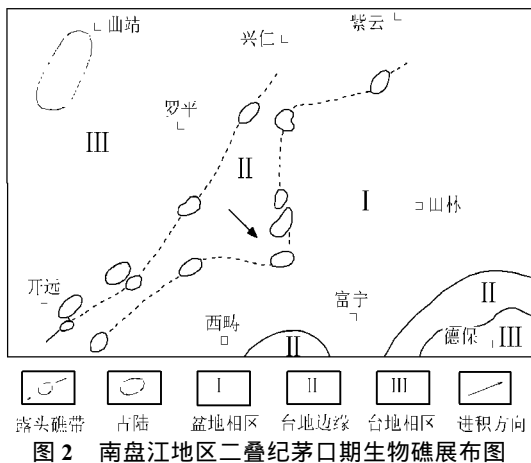


图2 南盘江地区二叠纪茅口期生物礁展布图

(1)西排礁带的滇东邱北崆六生物礁

邱北崆六生物礁^[2]出露于邱北县树皮乡、下寨乡一带的邱北脚背斜构造的南翼东段,自下而上可分为4个相带(见图3)。

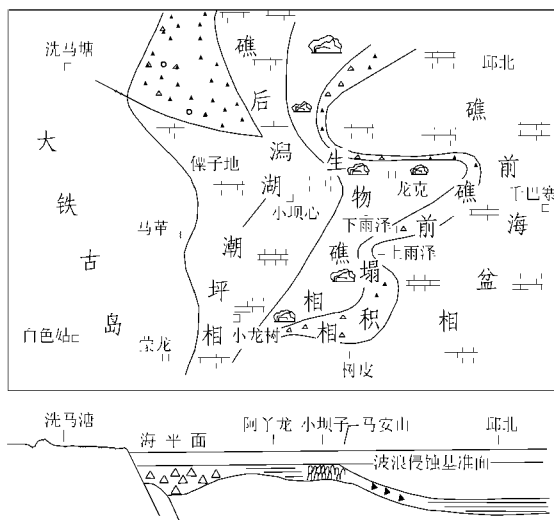


图3 滇东邱北崆六生物礁沉积相带平面分布图

①礁前海盆相 主体为深水相的具微细层理的泥灰岩、泥质条带灰岩沉积组合或含泥质条带灰岩、白云质灰岩及灰质白云岩沉积组合。生物稀少,偶见化石碎屑沿微细层理面分布。

②礁前塌积相 礁角砾的砾径为5~50cm,分选不好,磨圆差,成分为藻灰岩、海绵、海百合茎、有孔虫、*Neoschwagerina* sp.和*Verbeekina* sp.等化石。

③生物礁相 礁基亚相为灰色中厚层状亮晶生屑灰岩、泥晶藻包粒灰岩。礁核亚相为层理不清的块状—大块状藻礁灰岩和以藻(荷叶藻、*Primicorollina*、*Cyclocrinus*、*Gymnocodium*等)为主体的生物礁灰岩,并

含较多的有孔虫、海绵、海百合茎、*Schwagerina*、*Neoschwagerina*、*Verbeekina*、*Misellina*及苔藓虫*Fenestella*等。礁盖亚相为灰色中厚层泥晶生屑灰岩、藻纹层灰岩,经强烈白云化形成白云质灰岩或灰质白云岩。

④礁后湖—潮坪相 位于礁体西侧,以滨浅海相生物碎屑灰岩、藻纹层灰岩及塌积角砾灰岩沉积为特征,厚度不大;灰质杂基中见*Paraverbeekina*、*Verbeekina*、*Cancellina*、*Prosumatrina*等及珊瑚、腕足、席藻等化石碎片。

(2)东排礁带的桂西祥播安然生物礁

安然生物礁^[3]出露于隆林县祥播乡的安然背斜北翼—西翼—西南翼,自下而上可分为4个相带。

①开阔海台地相 发育在栖霞组顶部,以浅灰色亮晶(或泥晶)颗粒灰岩为主,白云化普遍,颗粒主要为生物碎屑,另有少量内碎屑,填隙物为分布不均的泥晶或亮晶方解石。生物组合以有孔虫、钙藻、珊瑚为主,另有少量的棘皮类和苔藓虫。向东相变为四大寨组碳酸盐岩重力流沉积。

②台盆相 相当于孤峰组碳酸盐岩浊流沉积,主要是深灰—灰黑色薄、中厚层状泥灰岩、颗粒泥晶灰岩、泥晶颗粒灰岩,富含硅质并夹黑色薄层硅质岩。颗粒为浅水生物碎屑,定向排列,具粒序层理;硅质岩水平纹层发育,含放射虫、海绵骨针等。

③生物礁相 礁基亚相由灰色中厚层状亮晶砂砾屑灰岩、亮晶虫屑绿藻灰岩夹叶状藻粘结岩构成,多产*Neoschwagerina*、*Verbeekina*、*Schwagerina*、*Cancellina*、*Parafusulina*、*Prosumatrina*、*Afghanella*等,局部可见生物礁相超覆在台盆相之上。礁核亚相由3个成礁旋回构成:第一旋回为巨块状蓝绿藻粘结海绵骨架岩,与底部的礁基亚相呈凹凸接触,接触界面延伸数百米,主要造架生物(串管海绵、纤维海绵)含量达40%~50%,另有少量的群体珊瑚*Peciphyllum*及苔藓虫。造架生物外形为枝状和块状;海绵呈直立或躺卧状;粘结生物以蓝绿藻为主,其次为*Tubiphytes*,含*Neoschwagerina*、*Parafusulina*、*Cancellina*、*Verbeekina*、*Schwagerina*。第二旋回的礁岩特征、造礁生物特征及生态均与第一旋回相似,但造礁生物个体有变小趋势,藻包壳结构更明显,还有大量呈生长状态的海百合茎,向上生物数量明显减少,海绵碎块、生物碎屑、灰泥组分增多,逐渐变为泥晶生屑灰岩。第三旋回为块状海绵骨架岩,形成突出的陡坎地貌,礁格架间一般充填生物碎屑和灰泥。造礁生物仍以串管海绵(*Cystothalamia*属种的丰度明显增高)、纤维海绵、水媳、*Tabulozoa*为主,含量达30%,海绵以平卧、倾倒生态为主,礁体下部的个体大(长约

10cm),中上部逐渐变小。粘结生物仍以蓝绿藻为主,但含量减少,共生的还有苔藓虫、珊瑚等。3个礁旋回的栉壳构造发育,并多产 Cancellina 化石。短期旋回间歇期间形成的亮晶生屑灰岩具明显冲刷暴露标志,相当于A级侵蚀面。礁盖亚相下部为藻粘结岩及礁角砾岩,中部为灰色块状角砾灰岩,上部为灰—深灰色生物碎屑泥晶灰岩,强烈白云化形成白云质灰岩或灰质白云岩。

④礁后 Cancellina 湖—潮坪相 下部为灰色厚层状虫屑绿藻灰岩,上部为深灰色层状燧石团块灰岩,含大型串管海绵及梁山珊瑚,底部为凝灰质砂岩。

2 茅口期生物礁类型

上述茅口期礁点均具有向上变浅的沉积序列,各相带存在明显的侧向向东超覆关系,礁带由西向东进积的宽度达20km。根据4个 Cancellina 化石带(自下而上为:*Cancellina*, *Neoschwagerina*, *Yabeina*, *Neomisellina*)的化石组合分析,东排礁的层位新于西排礁。西排礁*Cancellina*的丰度最高,达50%~55%,层位总体与*Cancellina*化石带相当,见丰度不高的石炭纪延伸分子;东排礁*Neoschwagerina*丰度最高,达65%~70%,层位总体与*Neoschwagerina*化石带相当,几乎见不到石炭纪延伸分子。可见,南盘江地区茅口期生物礁均具有进积礁的特征,两排生物礁呈串珠状展布特征反映出该区茅口期台地边缘位置由西向东迁移。

南盘江地区长兴期并进礁

1 长兴期生物礁分布与特征

南盘江地区长兴期台地边缘生物礁呈串珠状近南北向断续展布,与茅口期的东排生物礁位置吻合,基本反映了长兴期该区台地边缘的位置(见图4)。

贵州紫云石头寨生物礁可作为南盘江地区长兴期生物礁的代表。该生物礁西起紫云洞,东至石头寨,礁核部延伸约6km,露头宽约800m,具礁前、礁核、礁后的完整组合。有以下沉积相类型。

①台盆相 岩石单位为领好组,厚不足百米,见于紫云县城以南的松林坡、辽箐等地,为一套沉凝灰岩与硅质岩组合,见少量厚层灰岩透镜体,内含疑难微体化石和 Codonofusiella 。硅质岩主要由硅质海绵骨针组成,可能含放射虫(内部结构不清晰);沉凝灰岩主要由硅化玻屑和少量硅化的有孔虫等生屑组成。

②礁前斜坡相 岩石单位为巨旦灰岩,见于青菜冲至巨旦一带,由浅灰色厚层块状角砾岩、漂浮岩、泥晶颗粒灰岩和颗粒泥晶灰岩组成,含大量造礁生物、礁骨架碎块及钙藻、腕足、疑难微体化石等。

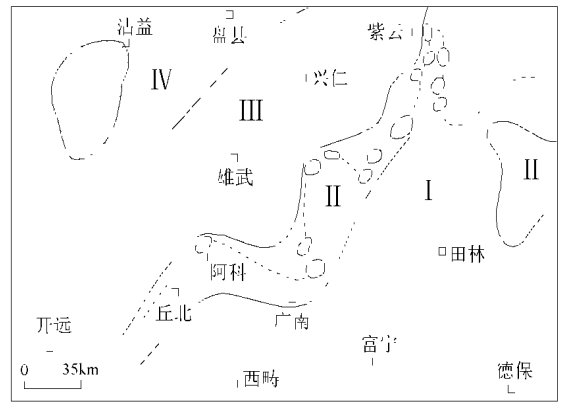


图4 二叠纪长兴期生物礁展布图

③生物礁相 岩石单位为石头寨灰岩,见于谈陆寨—青菜冲一带,具两个造礁旋回。第一旋回:礁基亚相厚19m,为亮晶生屑灰岩,局部见点礁格架岩的栉壳构造。礁核亚相总厚约40m,为骨架岩、障积岩、粘结岩。骨架岩由古石孔藻包绕海绵、水螅、*Tubiphytes*、藻微晶团块构成,造礁生物含量为50%~60%,大型栉壳构造发育,原生礁骨架孔中充填亮晶方解石胶结物或生屑、内碎屑(内沉积物),含量达30%,胶结物与内沉积物含量呈互为消长关系。障积岩位于骨架岩之下,是礁发展初期的产物,由枝状海绵、枝状四射珊瑚和大量细粒沉积物构成,障积生物含量约为30%,分散在细粒沉积物之中。粘结岩在成礁早、晚期均有发育,由*Tubiphytes*、拟刺毛藻、米齐藻等粘结生物构成。礁盖亚相厚7~8m,由灰质白云岩、白云质灰岩构成。第二旋回的礁基和礁核亚相构成与第一旋回相似,礁基亚相厚16m;礁核亚相厚20m,障积岩和粘结岩的比例增大,骨架岩含量减少,造礁生物含量降至30%~40%,栉壳构造以小型为主。第二旋回的礁盖亚相厚近30m,由微晶—细晶白云岩或白云质灰岩构成。

④礁后 Cancellina 湖—潮坪相 岩石单位为磨南灰岩,见于谈陆寨至花地寨一带。主要由厚层状生屑泥晶灰岩和泥晶生屑灰岩构成,普遍白云化。主要生物包括钙藻、有孔虫、 Cancellina 、管壳石、腕足类、棘皮类等,局部可见海绵、水螅和丛状四射珊瑚。

⑤浅水碳酸盐岩台地 岩石单位为磨博灰岩,为深灰色厚层状含燧石条带灰岩,富含生屑(含量25%,以有孔虫、海百合、腕足、钙藻和海绵化石为主),燧石条带由陆向海方向逐渐增多。

2 长兴期生物礁类型

从沉积相序列分析,紫云石头寨长兴期生物礁相沉积均为侧向相变类型,它们覆盖在吴家坪期碳酸盐

台地之上,由南向北被三叠纪迪拉尔阶碳酸盐岩超覆(见图5)。

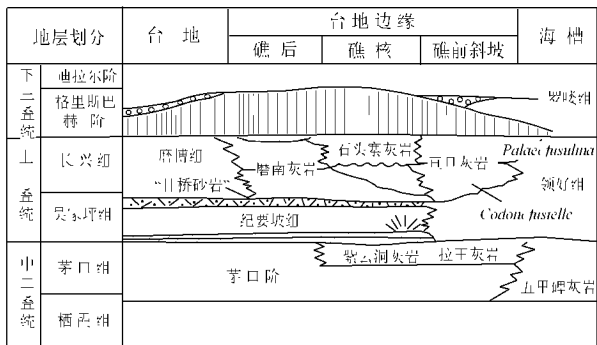


图5 紫云石头寨长兴期生物礁岩石单元侧向相变关系

(据王生海, 1993)

南盘江地区长兴期生物礁虽然只有一个礁带,但普遍存在两个成礁旋回。紫云石头寨生物礁的两个旋回分别占据与长兴期两个化石带^[4](*Gallowayinella meitiensis*和*Palaeofusulina sinensis*)相当的层位,礁体均

垂向加积生长,未侧向迁移;位于其南侧的册亨生物礁群也有类似特点。从沉积相序列、化石组合特征分析,上、下两个成礁旋回构成并进礁序列,礁带及台地边缘未迁移,台盆及台地范围不变。

南盘江地区二叠纪潜伏礁预测

南盘江地区寻找茅口期潜伏礁有很大潜力。如前所述,茅口期有4个化石带,茅口期礁又是由西向东的进积礁,处于礁繁盛期^[5],故推测南盘江盆地内部有可能潜伏另两排生物礁带,层位分别相当于*Yabeina*和*Neomisellina*化石带。秧坝地区采用MT-CSAMT法,在埋深为1~2km的二叠系发现4处高电阻率异常体,宽度为0.7~1km(见图6a),均沿隆起翼部分布;在十万大山盆地的EMAP剖面上,于二叠系—三叠系高电阻率层下部发现埋深近2km的3个高电阻率局部异常体(见图6b),与邻近地震剖面上眼球状反射异常相对应。推测这些异常体很可能是早二叠世潜伏礁。

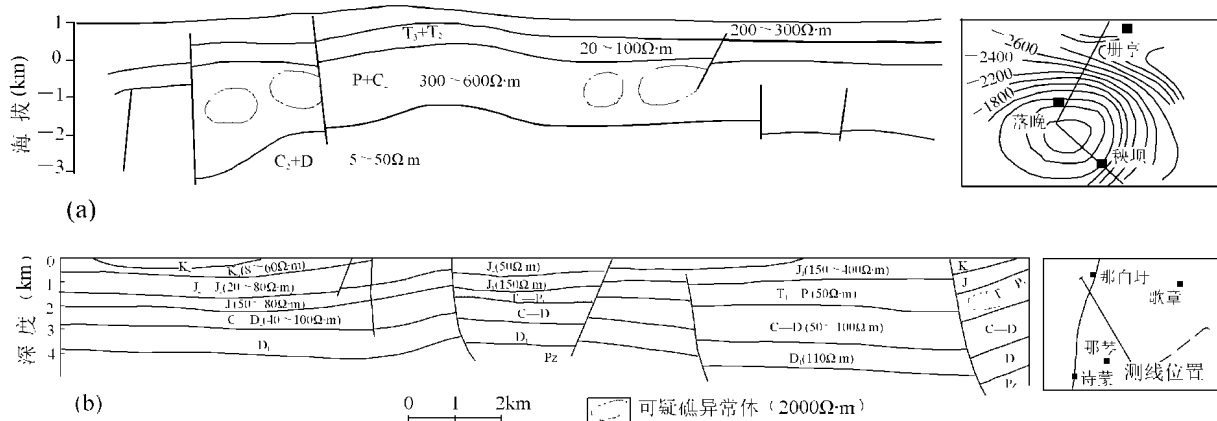


图6 秧坝地区MT-CSAMT法地质综合解释剖面(a)和十万大山盆地V测线地质综合解释剖面(b)^[6]

南盘江地区寻找长兴期潜伏礁可能性不大,原因是:①长兴期并进礁的礁带没有发生侧向迁移;②长兴期礁带上部礁旋回的层位相当于长兴晚期,直接与上覆三叠系呈假整合接触,已不可能有层位更新的长兴期生物礁生长空间。因此,南盘江地区用电法、地震勘探方法寻找到的均为茅口期潜伏礁,未见有长兴期潜伏礁的报道,这绝不是偶然的。

参考文献

- 金善德, 鞠天吟等. 中国南方震旦纪—三叠纪生物礁分布特征、成因及储集性能的研究. 上海: 上海科学出版社, 1998.
- 罗祖虞. 滇黔桂地区晚古生代、三叠纪生物礁沉积相及含油性初步研

- 究. 石油实验地质, 1983, 5(1): 18~28.
- 范嘉松, 齐敬文等. 广西隆林二叠纪生物礁. 北京: 地质出版社, 1990.
- 王立亭. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用. 北京: 地质出版社, 1994.
- Enk Flugel and Erentraud Flugel—Kahler Erlangen. Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base. Facies 26, 1992, 167~278.
- 汤祖伟. 南海相碳酸盐岩分区 1994~1996年电法勘探找油实践. 海相油气地质, 1996, 1(4).

第一作者简介 沈安江, 男, 35岁, 高级工程师, 博士, 现从事沉积储集层方面的研究工作。地址: 浙江省杭州市西溪路920号, 邮政编码310023.

收稿日期 2000-08-18

(编辑、绘图 李建国)

第四纪,圈闭形成期与油气生成运移期相匹配。喜马拉雅运动期的断裂活动提供了油气运移的通道,促进了油气的运移,油气可以在多种类型圈闭聚集成藏。油气资源潜力再评价的结果表明,青西凹陷总油气聚集量可达 $2.5 \times 10^8 \sim 4.0 \times 10^8$, 仍然有 $2 \times 10^8 \sim 3 \times 10^8$ 剩余油气资源,具有很大的勘探潜力。青西低凸起位于很有生油潜力的青南凹陷和红南凹陷之间,构造位置非常有利,是油气运移的主要指向目标区,油源供给很充足,且储集层、盖层发育,可能有多种类型的圈闭,是一个具有良好勘探前景的复合油气聚集区带,应是酒西盆地今后油气勘探的主要方向和目标区域。图 5 表 1 参 15(陈建平摘)

主题词 酒西盆地 油气运移 油气藏形成 含油气系统
油气勘探 方向

TE512.1

20010305

渤中坳陷天然气地球化学特征及部分气源浅析[刊]/黄正吉,李秀芬//石油勘探与开发.-2001,28(3).-17~21

渤中坳陷已发现的天然气主要为烃类气体,非烃气体含量低。在东营组区域盖层之下发现的天然气多数为湿气,少数为干气,此类干气为热裂解成因。在上第三系储集层中发现的天然气少数为湿气,多数为干气,此类干气多为生物降解成因,生物降解作用存在的下限深度为 1800m 左右。坳陷中发现的天然气大多数为油型气,其源岩有沙河街组一、二、三段烃源岩,也有东营组烃源岩。QHD30-1 气藏的天然气属多源混合气,主气源为前第三系的煤成气。渤中坳陷天然气的形成具有多源复合、多期成气、连续成气的特征,具有良好的勘探远景。东营组盖层发育区是天然气富集的主要地区,也是勘探天然气的主要地区。

图 6 表 3 参 8(黄正吉摘)

主题词 渤中坳陷 天然气组分 碳同位素 成因 气源
岩 勘探远景

TE111.3

20010306

黄骅拗陷歧口凹陷深层异常压力特征[刊]/柳广弟,王德强//石油勘探与开发.-2001,28(3).-22~24

对歧口凹陷单井压裂曲线的分析表明,歧口凹陷的压力体系在纵向上可以划分为 3 个压力系统,即静水压力带、上超压带和下超压带。静水压力带的底界深度为 2000m 左右。上超压带

主要分布在盆地中心部位,深度范围较窄,仅几百米,超压幅度不高,压力系数相对较低,一般为 1.3~1.4。下超压带分布在整个凹陷范围内,起始深度为 2000~3000m,在凹陷中心较深,边缘较浅;下超压带超压值高,压力系数大,可达 1.5~1.6。在层位上,沙一中、上亚段地层压力系数最大,沙一下亚段次之,沙二段和沙三段压力系数较低,各层位的压力系数平面分布趋势基本一致,均表现为从凹陷中心(海岸线位置)向西南方向压力系数逐渐降低,最后变为正常的静水压力。异常压力的分布主要受深度和层位的控制,并与成岩作用有密切关系。图 3 参 10(柳广弟摘)

主题词 黄骅拗陷 歧口凹陷 油气运移 异常压力分布
埋藏深度 成岩作用

TE112.3

20010307

廊固凹陷河西务潜山带永清—刘其营潜山油气成藏时间与成藏模式[刊]/邹华耀,张春华//石油勘探与开发.-2001,28(3).-25~28

通过烃源岩生排烃史模拟、流体包裹体均一温度以及潜山形成时间和潜山流体压力场与化学场特征等综合分析,确定廊固凹陷永清—刘其营潜山为两期成藏。第一期:自沙二段沉积早期至馆陶组沉积中期,以石油聚集为主;第二期:自馆陶组沉积中期至今,以凝析油气聚集为主。烃源区油气通过不整合面运移至潜山,潜山中早期聚集的石油被晚期充注的天然气所驱替,并沿断层运移至上覆下第三系断层圈闭中聚集成藏。河西务潜山带潜山以形成凝析油气藏为主。图 5 表 3 参 21(邹华耀摘)

主题词 古潜山油气藏 油气藏形成 模式 廊固凹陷

TE112.24

20010308

南盘江地区二叠纪生物礁成因类型及潜伏礁预测[刊]/沈安江,陈子骥//石油勘探与开发.-2001,28(3).-29~32

南盘江地区二叠系有着丰富的生物礁,但如何准确地预测潜伏礁一直是该区对礁油气藏勘探能否取得突破的关键因素之一。从相对海平面升降对礁生长发育控制的角度建立新的生物礁成因分类(进积礁、并进礁和退积礁),提出南盘江地区(含十万大山盆地)茅口期礁为由西向东沉积的进积礁,长兴期礁为并

进礁。据此推断,南盘江盆地有可能存在茅口期(层位相当于 *Yabeina* 和 *Neomisellina* 化石带)潜伏礁带,但存在长长期潜伏礁的可能性不大。图 6 参 6(李建国摘)

主题词 南盘江地区 二叠纪 生物礁 成因 类型预测

TE16 20010309

济阳拗陷探明石油地质储量特点分析[刊]/郭元岭,赵乐强... //石油勘探与开发.-2001, 28(3). -33~36

济阳拗陷是一个典型的陆相断陷湖盆,油藏特征非常具有代表性。从埋藏层位、油藏类型、原油性质、产能特征、增长历史、品位变化等方面,较全面地论述已探明石油地质储量的分布规律和基本特点。分析表明:济阳拗陷的构造格局及沉积特征控制了油藏的分布和富集程度,各类油藏中以砂岩构造油藏生产性质较好。经过近 40 年的勘探,济阳拗陷在经历了储量增长高峰期之后,目前已逐步进入以寻找中、小型复杂隐蔽岩性及构造油藏为主的勘探阶段,储量平稳增长,探明储量品位总体呈现出规律性下降趋势。图 5 参 1(郭元岭摘)

主题词 济阳拗陷 石油 探明储量 分布 分析

·综合勘探技术·

TE12 20010310

综合配套的勘探工程技术研究[刊]/乐金,刘雯林... //石油勘探与开发.-2001, 28(3). -37~40

我国既要在地表条件极其恶劣,地下构造极其复杂的新区寻找新油气资源,也要在老油区滚动勘探增加新储量,因此不仅要选好选准勘探领域,更重要的是充分发掘和综合应用先进而适用的勘探技术。未来 5~10 年中国石油天然气股份有限公司油气勘探有五大重点领域(大面积低丰度岩性油气藏,复合型隐蔽油气藏,前陆盆地陡带复合构造油气藏,台盆稳定区碳酸盐岩缝洞油气藏与台盆断陷区潜山油气藏,老油区复杂断块油气藏挖潜),针对各领域地质特点,分析了勘探工程技术(地震采集技术,地震处理技术,地震综合解释技术,地震储集层描述技术,测井技术,钻井完井技术,压裂酸化技术)的需求。五大重点领域的油气勘探目标具有 4 个共同特点(隐蔽性,复杂性,目标识别难,资源品位差),确定不同领域的勘探工程技术对策时,要强调针对性、适用有效性和合理配套性,还要强调创新性。介绍了

勘探工程技术综合应用的 6 个成功实例。油气勘探发展依托于勘探工程技术的进步,今后要努力提高单项勘探工程技术水平,大力发展综合勘探技术。参 2(王孝陵摘)

主题词 油气勘探 综合 配套 工程技术 应用 实例

TE121 20010311

圈闭评价系统(TrapDEM2.0)[刊]/郭秋麟,宋国春... //石油勘探与开发.-2001, 28(3). -41~45

提出圈闭评价的技术路线,以二连盆地 8 个圈闭的评价为应用实例,介绍圈闭评价系统(TrapDEM2.0)的功能。TrapDEM2.0由圈闭参数描述、圈闭评价和圈闭数据管理 3 部分组成。圈闭参数描述部分包括 4 个模块(构造演化史恢复模块,盖层评价模块,断层侧向封堵模块,参数分布研究模块),在这些模块中采用了先进的平衡剖面技术、灰聚类评价技术、断层泥涂抹分析技术等。圈闭评价部分包括 5 个模块(地质评价,资料可信度评价,资源量或储量评价,经济评价,综合优选),在地质评价中采用了风险概率分析法、模糊数学法、加权平均法、专家系统法、人工神经网络等技术方法;在资源量(或储量)评价中采用了蒙特卡罗法和数论法;在经济评价中采用了财务评价(现金流)和最小经济油田分析法;在综合优选中采用了双因素叠加分析法和多因素综合评判法。圈闭数据管理部分包括 3 个模块(基础数据库管理,报表库管理,图形库管理)。图 3 表 3 参 3(郭秋麟摘)

主题词 圈闭 勘探评价 计算机管理 技术 程序设计

TE112.23 TE19 20010312

和田河气田碳酸盐岩岩心裂缝分维数及与物性的关系[刊]/杨威,王清华... //石油勘探与开发.-2001, 28(3). -46~48

和田河气田是塔里木盆地已发现的大型碳酸盐岩气田,其奥陶系储集层属于裂缝-孔洞型碳酸盐岩。应用分形理论研究该气田 4 口井奥陶系 70m 长岩心中的裂缝,将裂缝条数和统计用的岩心长度各取自然对数,二者之间呈现明显的正相关关系,4 口井的线性相关系数都大于 0.97。根据裂缝分维数的地质意义,位于构造轴部的井比位于边部井的分维数要大,表明构造轴部比边部裂缝发育;位于构造轴部的井分维数值由东向西依次

the sag as compared with that in the marginal area. The distribution of abnormal pressure is mainly controlled by the burial depth and strata, and is also closely related to diagenesis. **Subject heading:** Huanghua depression, Qikou seg, Oil and gas migration, Abnormal pressure, Distribution, Burial depth, Diagenesis

History of oil migration and accumulation in the Yongqing-Liuqiying buried hill (middle Ordovician) pool Hexiwu buried hill zone, Langgu depression. ZOU Hua-yao; et al. (China University of Geosciences, Hubei 430074, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(3), 25-28. The dating-analysis of petroleum migration and accumulation for Yongqing-Liuqiying buried hill (YLBH) (middle Ordovician) pool has been carried out, based on hydrocarbon generating and expelling simulation in combination with homogenization temperature of organic inclusions. The hydrocarbon charging, through unconformity from the middle sag into the YLBH, had occurred in two separate periods, with most oil in the first and condensate mainly in the second. The oil displaced by late condensate charging could have migrated upward along faults into Eocene, resulting in condensate accumulation in the YLBH and oil in Eocene, respectively. **Subject heading:** Buried hill reservoir, Reservoir formation, Mode, Langgu seg

Genetic type of Permian reefs and its application to prediction of buried reefs in Nanpanjiang, South China. SHEN An-jiang; et al. (Hangzhou geological Institute, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Zhejiang 310023, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(3), 29-32. The abundance of reef development and reef's petroleum potential in Nanpanjiang area (including Shiwandashan basin) has been identified through exploration activities in recent thirty years. Methods on prediction of buried reefs become the key of reef petroleum pool exploration. According to the relation between relative sea level change rate and reef growth rate, Permian reef in Nanpanjiang area can be divided into three genetic types: offlapping reef, aggradational reef and progradational reef. Reefs of Maokou age in Nanpanjiang area belong to progradational reef prograding from west to east, while reefs of Changxin age in Nanpanjiang area belong to aggradational reef. Based on the prograding direction of reef belts, buried reefs of Maokou age (*Yabeina* zone and *Neomisellina* zone) located in eastern part of Neoschwagerina reef belt

could be predicted. **Subject heading:** Nanpanjiang area, Permian period, Organic reef, Origin, Type, Prediction

Characteristic analyses of proven OOI in Jiyang depression. GUO Yuan-ling; et al. (Shengli Oil Field Company, Sinopec, Shandong 257015, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(3), 33-36. The characteristics of OOI in Jiyang depression, a non-marine fault basin, are very representative. From the analysis of buried horizon, pool type, crude-oil nature, production performance, reserves increase history and quality change, we know that pool distribution and enrichment have been controlled by the structure and sediment in Jiyang depression, and that the production performance of sandstone-structural oil reservoirs is much better in all kinds of oil reservoirs. After the exploration of about 40 years, Jiyang depression has experienced peak reserves increase and stepped into such a present stage as mainly looking for medium and small sized subtle complex lithologic pools and structural pools, oil reserves increasing steadily and proven oil reserve quality having a tendency to decrease totally. **Subject heading:** Jiyang depression, Petroleum, Proved reserve, Distribution, Analysis

On the match of various exploration engineering technologies. YUE Jin; et al. (Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2001, 28(3), 37-40. China is looking for new oil and gas resources in new area with harsh surface conditions, extremely complex subsurface structures, as well as new reserves in maturing fields by progressive exploration. The selection of the exploration targets is important, at the same time, the fully development and comprehensive utilization of advanced and applicable exploration technologies are even more important. In the coming five to ten years, oil and gas exploration of PetroChina will focus on the five key types of target (lithological reservoirs with large area but low petroleum abundance, composite subtle reservoirs, composite structural reservoirs on steep slopes in foreland basins, fractured and cavemous carbonate reservoirs in stabilized area of platform basin, buried hill reservoirs in down-faulted area of platform basin, and complex faulted block reservoirs in the mature oil regions). Based on different geological characteristics of these targets, the analysis of the demands for exploration engineering technologies (seismic acquisition technology, seismic processing