

川东上二叠统长兴组生物礁 测井分析及预测

杜 尚 明

(四川石油管理局地质处)

生物礁的形成,需要特定的生活环境和地质条件,这两个条件在地层中留下的记录,是寻找礁的标志。目前,对川东已发现的潜伏礁还未得到地震反射波的特征标志,有待方法试验与攻关。可是,在以构造圈闭为对象的勘探中,却积累了大量的测井资料,并在石宝1井、梁2井上二叠统长兴组中发现了礁白云岩孔隙性储集层。嗣后,笔者对川东的测井资料进行了对比分析,又发现一批井具有与前述两井相同的测井特点。本文欲通过测井资料分析,为探讨川东生物礁的分布及类型提供依据,供进一步勘探参考。

礁岩的测井标志

生物礁的化学成份主要由碳酸钙和碳酸镁组成。据西南石油学院对北碚天府文星礁的岩化分析,礁核与礁间平均的酸不溶物分别为1.12%、2.73%,与国内、外对礁岩和非礁岩的实测结果接近。礁岩的“纯洁性”为岩性测井提供了识别标志。

据四川石油地质勘探开发研究院陈季高等同志对石宝1井岩屑薄片鉴定,在井深3972~3983、4008~4051米两层白云岩间及4051~4063米的灰岩中,均见有海绵等造礁生物及礁岩的栉壳结构、造礁骨架孔和藻类的包覆联结等“礁型”结构;在白云岩中(包括梁2井)也见海绵造礁生物和“礁型”结构的残余,礁厚91米,见本期11页图1^[1]。

最近,板桥构造东潜高板东4井在长兴

组中发现浅灰色白云岩,3514~3568.86米取心鉴定,3526米以上以白云岩为主,以下为生物灰岩、角砾灰岩夹白云岩。其中海绵等造礁生物和“礁型”结构非常明显,且有礁前的塌积特征。在其相应部位的测井曲线上,具有自然伽玛特低值段特征,厚约98米。

以上情况表明,礁岩的存在为测井解释奠定了基础。欲完成这一解释,考虑到已有岩性-孔隙度(三种)测井系列(满足碳酸盐岩地层解释的条件)不够完善,应用自然伽玛曲线,区别碳酸盐岩地层中泥质含量能得到满意的结果²。但是富含特殊放射性矿物的地层不在此列,见图1。

从图1自然伽玛能谱测井所测的五条曲线,令人信服的是,川东长兴组的铀含量和钍+钾含量(即称无铀)曲线与总量(通称自然伽玛)曲线大致呈平行起伏或重迭,这一现象用下式讨论,问题更易理解。

$$SGR = U + T_h + K$$

式中 SGR——自然伽玛总量;
U——铀(URAN)含量;
K——钾(POTA)含量;
 T_h ——钍(THOR)含量;
 $T_h + K$ ——无铀(CGR)含量

很明显,当公式右端 $U \approx$ 常量,即地层中不存在富含铀层段时,SGR曲线取决于 $T_h + K$ 曲线的变化,那么,SGR正比于 $T_h + K$ 。川东长兴组基本具备这一特点,

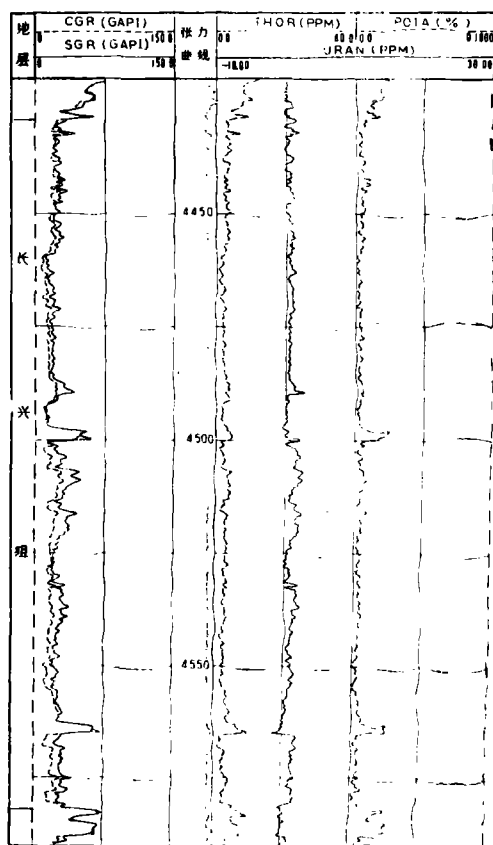


图1 卧61井长兴组自然伽玛能谱测井曲线

是由生物滩相和礁相沉积所决定的。但二叠系阳新统则不然，地层中存在高铀层段，如 $P_1^{32}C$ 层因富含有机碳，吸附铀含量多， $P_1^{31}A$ 、 B 层裂缝中的沉淀铀的干扰及其地层中非均匀结构在含铀元素的参与下，即使 $T_h + K \approx$ 常数，都会引起SGR曲线随U曲线异常而畸变。所以，对富含放射性物质的地层（包括钾盐等）的评价，必须用自然伽玛能谱测井才能得到改善。

还需指出，长兴组含有较多的燧石，它具有近似于礁岩的“纯洁性”。由于燧石毕竟是以薄层状或孤立的团块、结核状分布于石灰岩中，纵然在大段地层中出现，SGR低值特征已被围岩所掩盖，使SGR曲线基值抬高，且呈波状起伏，再综合其他测井曲线解释，是不难加以区别的。如国产测井系列常见高电阻率中锯齿状降低，声波时差升高，伴随跳波，密度趋于石英的密度。

在实际工作中，应考虑测井环境因素的影响。不管怎样，认真地检查测井的质量，区别是否因井眼参数（如井径大小、套管内测井），或是地层变化引起的异常，减少测井解释失误。

表1

岩 性	自然伽玛 API或SGK	声 波 (骨架) 微秒/呎	密 度 (骨架) 克/厘米 ³	中 子 GNT	倾角矢量	备 注
灰 岩	20	46	2.71	0	绿模式	岩石结构变化，也出现杂乱矢量
白云质灰岩	15~20	45	2.77	0	礁岩：杂乱矢量；	
灰质白云岩	10~15	44	2.82	0	非礁岩：绿模式。	
白 云 岩	10	43	2.87	0		
燧 石	20±	54	2.65	0~4	不 定	取决于围岩的层理与燧石产状
压实泥、页岩	150	90	2.2~2.5	页岩类型函数	绿模式	

综上所述，将川东长兴组不同岩性的自然伽玛及其他测井特征归纳于表1。

测井解释结果

川东上二叠统长兴组生物礁岩，具有高能、清洁环境的沉积特征。从现有资料中，笔者有针对地选择了识别这一特征的测井标志，对川东22个构造，93口井的测井资料进行复查

• 见四川石油管理局斯伦贝谢测井评价组，《非均匀岩石构造的识别和评价》，1983年10月。

后,又在卧龙河、大池干井、张家场、黄泥堂等4个构造(见图2)发现10口井(不包括

石宝1井、梁2井)的长兴组自然伽玛曲线分含1~3个“特低值段”。它们具有:

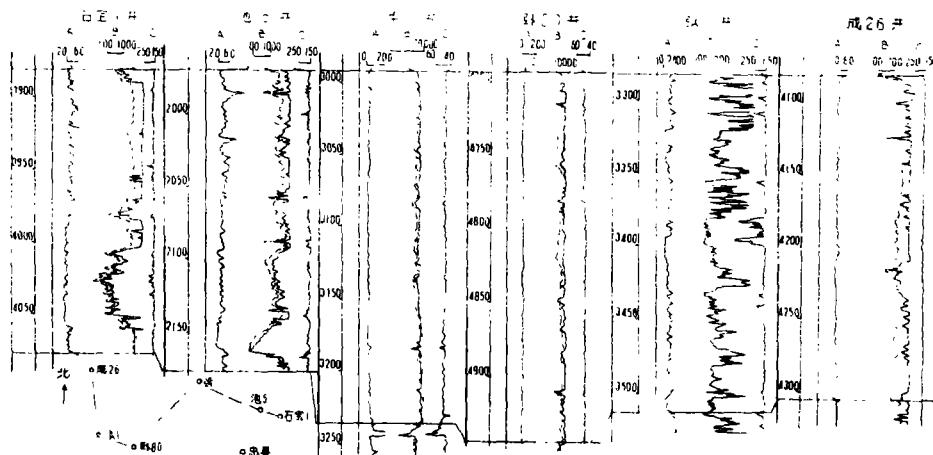


图2 石宝寨~福成寨长兴组测井曲线对比图

1. 连续厚度一般几米到几十米;
2. 在其对应井段上, 孔隙度、电阻率测井都显示一定的储、渗性;

3. 从反馈录井资料看, 已查出5口井有白云岩或白云岩与灰岩的过渡岩类, 见表2。

从表2看, 对应的自然伽玛特低值段, 一般声波孔隙度为3~7%, 在有裂缝搭配的情况下, 岩石电阻率为几十至几百欧姆·米, 是目前四川碳酸盐岩较好的储渗体之一。如石宝1井, 测试日产气37.2万米³, 加权平均孔隙度6.6%, 每平方公里的储量约3亿米³。经分析, 预计池5、张1等6口长兴组专程探井, 经射孔试气后, 可望得到好的效果。

从对张家场等4个构造测井资料的初查结果看, 礁岩在同一构造上沿北东方向可追踪6~13公里。其中, 张家场构造发现礁岩的张18、1、9井至与其毗邻的礁岩已经消失的张14、16、15井之间的距离计算, 其水平距离为327.6~991.6米, 即礁的宽度在0.5~1公里左右。这种分布特征, 与生物礁呈凸镜状的形态有关。

川东生物礁分布及其类型预测

石宝寨生物礁气藏^[1]的发现是川东地

区勘探隐蔽气藏的突破, 但目前对它的发育及演化的控制因素还不十分清楚。笔者从西南地区二叠纪生物礁发育的特征^[3]为基础, 结合测井分析认为, 川东生物礁的发育及分布与基底断裂控制的隆起(简称台隆, 下同)有关。有利地区大体在: 东起七跃山, 西止华蓥山, 南至苟家场~黄泥堂~卧龙河~张家场~板东等构造, 北至雷音铺~檀木场~云安厂~洞村西等构造, 见图3。

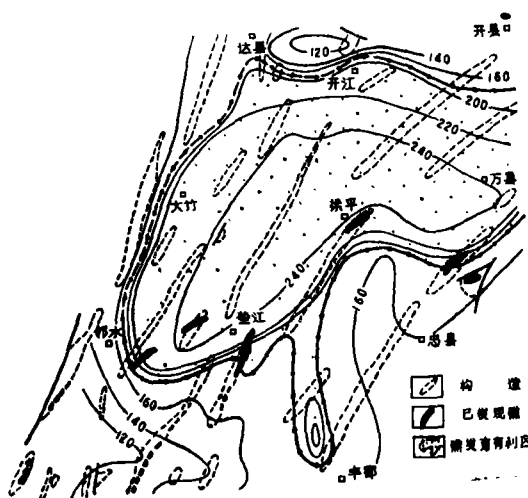


图3 川东上二叠统长兴组等厚线及礁分布示意图

表 2

井 号	长兴组 界 线 (米)	测 井 特 征								测 试 显 示	备 注
		段 数	GR 起 止 井 深 (米)	厚 度 (米)	读 数 (API)	Φ_s 厚 度 (米)	孔 隙 度 (%)	厚 度 (米)	读 数 ($\Omega \cdot M$)		
石宝 1	3881 } 4077.5	2	3972 } 4057	62	15	16.4	3~12	14.9	22 } 500	产 气 37.2万米 ³ /日	3972~3983 4008~4051米 为白云岩
池 5	2169 } 2377	2	2294.2 } 2362	24.6	15 $\pm$	7.4	5~7	7.2	100 } 500		2294~2298、 2350~2361米 为灰质白云岩
池 7	2549.5 } 2765.5	3	2603.2 } 2712	43.4	15 } 20	14.3	4~6	2.2 (?)	650 } 800		2549~2557、 2603~2628米 为灰质白云岩
卧 80	4693 } 4944	3	4726 } 4839.4	49.2	10 } 15	4.8	4~7	3.6	550 } 900	4752~4759米 中测,产气2.35 万米 ³ /日。	4075~4820米 为白云质灰岩
卧 81	4254 } 4478	2	4335.6 } 4380	15.2	15 } 20	(?) [*]	?	1.6	500 } 700		
梁 2	2285 } 3235.5	6	2294 } 3075	381	10	50	5~9	50	20 } 100	产大水	按倾角71°折算, 白云岩厚131米。
梁 1	2992 } 3235.5	4	2993 } 3182.4	57.6	10 } 15	34.4	3~5	?	>2000		P ₂ ² 断层上盘 1046~1313.5米 无显示
张 1	3281 } 3513	3	3319 } 3411.6	38.8	600 脉冲/分	14.8	3~25	15.6	50 } 250	3424米井喷, 四条管线放喷	3320~3240、 3380~3421、 3427~3526米、 白云质灰岩(选 样不准)
张 18	3812.5 } 4054	3	3830.6 } 3958.6	59.8	10 } 15	3.2 (?)	3~4	6	340 } 700		3866~3883米 3942~3990米 3982~4014米 共夹17米灰质白 云岩
板东 4	3481 } 3610.92 (未完)	2	3485.4 } 3591	97.8	10 } 15	44.6	3~17	19.2	90 } 400	产 气 37.05万米 ³ /日	3481~3526米白 云岩为主; 以下 生物灰岩、角砾 灰岩夹白云岩

※表中(?)表明对应的曲线质量差。

划分这一范围的主要依据是,石宝寨、万顺场、黄泥堂、卧龙河、张家场、板东等构造已发现礁岩,并有以下旁证:

1.在范围线附近,长兴组厚度变化大。在其内侧一般厚180~250米,越向外侧厚度由150米左右减薄为100米左右,向川南更薄。

2.在范围线内测,下伏吴家坪组上部硅质灰岩发育,并在雷2、亭1、邓1、梁向1等井见玄武岩及辉绿岩(厚约30米),这些都可能是生物礁发育的基础。

3.在范围线附近,上覆飞仙关组底部的岩性变化很明显。据自然伽玛测井分析,在范围线内侧,所见井的自然伽玛读数为40~60API单位;但其外侧,如黄草峡、卧龙河(南端)、板桥(西)、沙罐坪等构造,自然伽玛值达到80~120API单位。这种反映泥质含量的明显差别,应与长兴期台隆、槽谷引起的深浅变化格局有关。

4.上述玄武岩所记载的基底断裂活动,毫无疑问地在川东地区引起差异升降作用,为生物礁沿台隆边缘发育提供了条件。

5.从中国西南地区二叠纪生物礁发育层位看,具有南早北晚特征。在川东境内则有东早西晚之势,如石宝寨、万顺场构造分布在长兴组下部,到张家场、板东构造则分布在中、上部,属海进型的礁。

因此,有理由推测:川东存在台隆,并沿其边缘形成环状礁群,呈“串珠状”分布。在这个领域内,因受基底断裂控制,使台隆内部别具一格,可能分化为“低序次”的台隆,伴随海进,控制生物礁成排地发育,并由东向西推移,层位渐新。从海进型的礁来讲,有倾斜生长趋势,有利于礁的发育。勘探中应注意这一特征,追踪礁后白云岩储集层的分布规律。

鉴于上述推测,笔者认为北碚天府所发现的点礁,属于台地及泻湖中受局部地形控制的产物,如沙脊。类似天府发现的点礁在

前述台隆以外的川东地区都有可能找到,但对油气勘探意义不大。

结 语

潜伏生物礁及其气藏仍期待从地震反射特征去发现。但目前比较现实的还是,新井兼探,旧井复查,少井专探,已成为迅速扩大成果,发展已有认识的手段。举凡探井(包括重点开发气田的补充井)均应坚持取全取准第一性资料,提供分析与综合研究;对有礁岩迹象的井要有针对地选择有利于储层评价、沉积相研究的测井系列和地震测井;以及坚持中途测试。对已发现礁岩的旧井,要创造条件,进行套管内测井、射孔试气、酸化压裂或部署专层探井。并力争在地震方法上尽早突破。

在近期以构造为对象的钻探中,要注意台隆边缘的邻北、云和寨、柏林场、木子场、铁东、檀木场、云安厂、轿顶山、苟家场以及观音桥、双家坝、明达等29个构造的勘探,预计这些构造长兴组可能存在生物礁及其白云岩孔隙性储层。对那些台隆内部被大断裂切割的高背斜,在有条件进行勘探时,也应把生物礁作为兼探对象。当前要进一步研究礁白云岩分布规律,以扩大成果。

文中引用了李建桃、陈季高、赵献文等同志及川东钻探公司的资料;成文中,得到兰家通、胡光灿、陈季高等同志的帮助;插图为王礼廉同志清绘。在此一并致谢。

参 考 文 献

[1] 陈季高等 四川盆地上二叠统长兴组生物礁的分布及与油气的关系 《天然气工业》1985年第2期

[2] 石油勘探开发规划研究院情报室译《测井资料地质解释》 石油化学工业出版社1978年3月

[3] 曾鼎乾 刘炳温 中国西南地区二叠纪生物礁 《天然气工业》1984年第2期

(本文收到日期 1984年12月21日)

内 容 提 要

ABSTRACTS

联邦德国煤成气的甲烷碳同位素研究 和对我们的启示

史训知 戴金星 王则民
朱家蔚 刘家祺

本文在大量引证联邦德国煤成气中甲烷碳同位素研究成果的基础上,总结了我国各地煤成气中甲烷碳同位素的特点。指出:甲烷碳同位素是目前鉴别煤成气与油型气的最可靠指标;煤矿中煤成气的分布有原生带和解吸带两种,其所含甲烷碳同位素显著不同;解吸带煤成气甲烷碳同位素变轻的成因有三,主要是解吸扩散成因。

《天然气工业》 第5卷 第2期 1985

A Study of Methane Carbon Isotope of Coal-Formed Gas in FRG and Its Inspiration to Us

Shi Xunzhi, Dai Jinxing, Wang Zemin
Zhu Jiawei, Liu Jiaqi

On the basis of quoting largely the research results of methane carbon isotope of coal-formed gas in FRG, this article summarizes the characteristics of methane carbon isotope of coal-formed gas in our country. It is pointed out that the methane carbon isotope is the most reliable indication to distinguish between the coal-formed gas and the oil-formed gas.

The distribution of coal-formed gas in coal mine is in two zones: the original zone and the desorption zone. The methane carbon isotope contained in the two zones is obviously different. In the desorption zone, there are three factors which make the methane carbon isotope of coal-formed gas lighter, the desorption diffusion is the main one.

NGI Vol.5 No.2 1985

四川盆地上二叠统长兴组生物礁 的分布及其与油气的关系

陈季高 赵献文 张荫本

四川盆地上二叠统长兴组有利于潜伏生物礁的发育。自湖北建南构造发现该组生物礁气藏以后,又在四川和鄂西相继找到14个地面和潜伏生物礁体。长兴组中礁的储集性能比其它相带要好得多,主要原因是常含有多孔白云岩。盆地内该组礁的发育地区约有两万平方公里,勘探远景良好。

《天然气工业》 第5卷 第2期 1985

Distribution of the Reef in Changxing Formation of Upper Permian in Sichuan Basin and Its Relation to Oil and Gas

Chen Jigao, Zhao Xianwen,
Zhang Yinben

The Changxing formation of Upper Permian in Sichuan basin is favourable for developing the hidden reefs. Since the Changxing reef gas reservoir has discovered in Jiannan structure in Hubei, fourteen surface and hidden reefs were discovered in Sichuan and Western Hubei. The reservoir properties of the reef in Changxing formation are better than those in other facies belts, because it always contains porous dolomite. The growth area of this reef in the basin is about 20000 km² where the prospecting is favourable.

NGI Vol.5 No.2 1985

川东上二叠统长兴组 生物礁测井分析及预测

杜 尚 明

本文在分析测井资料的基础上,对川东上二叠统长兴组生物礁的测井识别标志与解释结果进

行了总结, 认识到川东礁的发育及其分布与基底断裂控制的台隆有关, 并对有利于形成礁气藏的地区作了预测。

《天然气工业》 第5卷 第2期 1985
Logging Analysis and Predication of the Reef in Changxing Formation of Permian in Eastern Sichuan

Du Sangming

Based on the analysis of logging information, the logging recognition mark and interpretation result of the reef in Changxing Formation of Permian in Eastern Sichuan are summarized in this article. It is considered that the growth and distribution of the reef in Eastern Sichuan are related to the platform uplift controlled by fundamental fault, and predicated that the regions are favourable for forming reef gas pool.

NGI Vol.5 No.2 1985

四川开县红花生物礁的基本特征 及对寻找新型油气藏的意义

李书舜 刘大成 谷顺华

四川开县红花生物礁发现于1984年6月, 是晚二叠世碳酸盐台地浅海岩隆上发育而成的。它具有造礁生物格架, 成礁序列明显。该礁的基底、礁核、礁冠发育良好, 其盛衰与长兴期海水进退同步。

《天然气工业》 第5卷 第2期 1985
Characteristics of the Honghua Reef in Kai County of Sichuan and Its Significance in Finding the New Type Hydrocarbon Reservoir
Li Shushun, Liu Dacheng, Gu Shunhua

The Honghua reef was discovered in June 1984 in Kai county, Sichuan. It is generated on shallow building up in Permian carbonate platform, it has clear characters of the reefbuilding organism framework sequence. The reef base, reef core and cap are well developed. The prosperity and decline of the reef are synchronous with the transgression and regression in Changxing period.

NGI Vol.5 No.2 1985

中坝气田须二气藏生产测井地质效果浅析

牛善政

本文概述了生产测井的解释原理, 介绍了在块状砂岩气藏的应用效果: 确定生产井的产流体剖面, 解释气藏的静、动态特征。在井下有气水两种介质时, 简介了压力恢复曲线的校正方法及储层参数的求取。

《天然气工业》 第5卷 第2期 1985
An Analysis of Geological Effect of Production logging in Xuer Gas Pool of Zhongba Field

Niu Shanzheng

This article states in broad outline the interpretation principle of production logging, presents its application effect in a massive sandstone gas pool to determine the fluid-producing intervals in a production well and to interpret the geological characteristics and performance of the gas pool, and describes the correction method of pressure build-up curve and how to acquire the reservoir parameters, when gas and water flow exists in the reservoir.

NGI Vol.5 No.2 1985

高压、高含H₂S和CO₂气井 井底压力的计算

杨继盛

本文介绍超高压气井井底压力的计算方法, 以及如何对高含H₂S和CO₂天然气的视临界参数进行必要的校正。以泸州地区三口井为例, 计算结果与生产数据较为接近, 最大偏差为7.89公斤力/厘米², 最小偏差仅0.07公斤力/厘米²。

《天然气工业》 第5卷 第2期 1985
Bottom Pressure Calculation of Gas Well with High Pressure and High Content of H₂S and CO₂

Yang Jisheng

Bottom pressure calculation method of surppressure gas well and how to correct the pseudo-critical param-