机理·模式

文章编号:1672-9854(2008)-03-0017-07

塔中 I 号断裂带奥陶系良里塔格组 礁滩储集体模式与预测

周进高,邓红婴,范国章,宫清顺,郑兴平,辛勇光

(中国石油杭州地质研究院)



周进高

摘 要 塔里木盆地奥陶系良里塔格组礁滩储集体位于塔里木盆地塔中 I 号断裂带的东部。研究目的层良里塔格组,由下部泥灰岩段、中部颗粒灰岩段和上部泥灰岩段组成。礁滩储集体主要发育在良里塔格组 9 个准层序中的 PS7 和 PS8 准层序组。从岩心观察入手,建立了良里塔格组礁滩体的地质模式,在此基础上,通过对已知礁滩体测井响应和地震反射特征分析并结合地震特征属性建立了地震识别模式。利用该模式预测研究区礁滩储集体有利分布区,预测结果为近年钻探的塔中 821 井等井所证实,获得高产油流,说明建立起来的地质—地球物理综合模式符合客观实际,能有效地指导勘探。

关键词 塔里木盆地; 與陶系; 良里塔格组; 碳酸盐岩储集体; 地质模型; 地震识别模式; 储层预测

中图分类号:TE112.23 文献标识码:A

周进高 1967年生,高级工程师,2004年于西南石油学院获理学硕士学位。主要从事沉积、储层研究工作。通讯地址:310023 浙江省杭州市西溪路920号;电话:(0571)85224940

1 地质背景

研究区位于塔里木盆地塔中低凸起 I 号断裂带的东部 (图1)^[1]。塔中低凸起总体上是向西北倾没的不对称凸起,西部相对平缓宽阔,东南相对陡峭狭窄,发育向西撒开、向东收敛的帚状断裂体系^[2-5],I 号断裂带位于该体系的北面。研究区内奥陶纪地层发育比较完整,其上覆地层中有不同程度缺失。

本次研究的目的层良里塔格组,由下部泥灰岩段、中部颗粒灰岩段和上部泥灰岩段组成^[6]。下部泥灰岩段与中部颗粒灰岩段构成一个三级层序,上部泥灰岩段与桑塔木组下部组成另一个三级层序^[6],在此基础上作者将整个良里塔格组进一步分为九个准层序组,即PS1、PS2、PS3、PS4、PS5、PS6、PS7、PS8、PS9(表1),礁滩储集体主要发育在PS7和PS8。

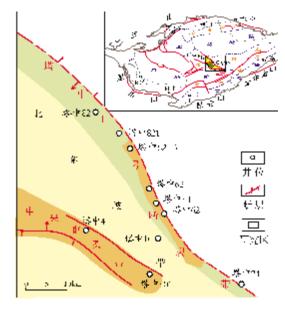


图 1 研究区位置图[1]

收稿日期:2007-09-27

表:	1	良里:	塔格组	各岩	性段与	5准层	序组关系	Ŕ
----	---	-----	-----	----	-----	-----	------	---

统	组	岩性段	三级层序	准层序组
	桑塔木组			
		上部 泥灰岩段	层序 VI~VII	PS9
上				PS8
奥		中部		PS7
陶		颗粒灰岩段	层序 V	PS6
统	良里塔格组			PS5
				PS4
		下部		PS3
		泥灰岩段		PS2
				PS1

前人对研究区良里塔格组沉积相带作了较多研究工作[7-11],笔者在前人研究基础上,以准层序组为编图单元,通过井震结合对良里塔格组沉积相带的平面展布进行了精细描述。以 PS8 为例,平面上可划分出开阔台地、台地边缘及台前斜坡等相带(图 2)。

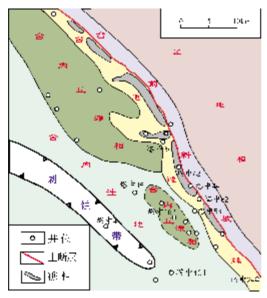


图 2 塔中 [号断裂带良里塔格组 PS8 准层序沉积相平面图

1.1 开阔台地

台地内发育台内丘滩、台内缓坡和台内洼地等 微相。台内丘滩主要由灰泥丘和粒屑滩相互叠置组 成。以塔中(TZ)162 井 4 448~4 456 m 井段为例,灰 泥丘岩性为灰色、绿灰色、紫红色和浅灰色藻纹层泥 晶灰岩、藻凝块岩、藻粘结岩及泥晶灰岩等,鸟眼构 造及窗格构造发育, 鸟眼孔及窗格孔中充填亮晶方解石胶结物, 镜下可见少量陆源石英碎屑及粘土质类,并发育干裂纹;颗粒滩常见的是砂屑滩、生物屑滩及核形石滩,水体能量中等,以波浪作用为主,典型沉积特征如塔中 162 井 4 320~4 330 m 井段。

台内洼地主要包括静水沉积和风暴滩沉积,岩性为深灰色—灰黑色钙质泥岩、泥质泥晶灰岩、含泥质条带泥晶灰岩、风暴成因条带状泥晶生物屑砂屑灰岩、泥晶粉屑砂屑灰岩、泥晶粉屑灰岩、含生物屑泥晶灰岩、含核形石生物屑泥晶灰岩等,沉积构造有水平层理、变形层理、冲刷面及虫孔等,如塔中10井4908~5215m井段(井位见图1右上角)。

台内缓坡位于局限台地或台地边缘到台内洼地之间,为一平缓倾斜的斜坡带。以含泥质条纹、条带泥晶灰岩等潮下低能沉积为特征,受风暴浪改造作用强烈,发育变形层理、微波状层理及粒序层理等沉积构造。如塔中58井良里塔格组下部4650~4665m井段,岩性为含泥质条带泥晶灰岩,发育弱变形层理。

1.2 台地边缘

台地边缘沿塔中30—塔中24井区一线展布。分外带和内带,外带由中高能礁、滩组成,以塔中44井、塔中621井以及塔中62井最为典型。如塔中44井4850~4910m井段可见生物骨架岩,造礁生物主要为四方管珊瑚,层孔虫及托盘类等;塔中62井4850~4910m井段为滩相亮晶生物碎屑灰岩。内带由中低能丘滩组成,以塔中30、塔中58井较为典型。如塔中30井良里塔格组中部5071.8~5104.46m井段,岩性为浅灰色泥晶-亮晶生物屑灰岩、泥晶—亮晶砂砾屑灰岩、亮晶含砂屑鲕粒灰岩及亮晶鲕粒灰岩。

2 地质模型

塔中地区钻达良里塔格组的探井已有 20 多口, 其中有 10 口钻遇台缘礁滩体,以塔中 62 井和塔中 621 井较为典型。从取心段来看,塔中礁滩体实际上 是层状生物礁和颗粒滩的复合体。

2.1 滩体特征

塔中62井4706~4758 m取心井段为典型滩相沉积(图3),由三个向上逐渐变细的旋回组成,4758~4738.78 m井段构成旋回 I,4738.78~4731.38 m井

段为旋回Ⅲ,4731.38~4706m并段为旋回Ⅲ。下部两个旋回颗粒较粗,砂屑—砾屑级,颗粒成分主要为棘皮屑灰岩,亮晶胶结,上部旋回颗粒变细,以砂级为主,粒间泥晶充填。岩心观察表明溶洞的发育与粒度密切相关,粒度粗则溶洞发育,颗粒变细,溶蚀孔洞相对不发育。溶洞大小一般为1~3mm,呈圆形、椭圆形及不规则状,大多半充填—未充填,孔洞发育段岩石呈蜂窝状,面孔率一般2%~4%,最高可达7%左

右。溶洞大多顺层或沿斜缝分布,显示溶洞的形成与顺层的潜流带溶蚀以及沿裂缝溶蚀有关,此外,溶洞发育段与不发育溶洞段呈层状间互分布,且孔洞主要分布在生物屑灰岩段,又显示孔洞的形成与层间岩溶相关,王振宇等[12]研究认为礁滩体曾经历过大气淡水透镜体的影响。经统计,PS8层序测井解释平均孔隙度为3.18%,渗透率为0.36×10⁻³ μm²,岩心实测孔隙度平均为2.41%,渗透率为0.883×10⁻³ μm²。

走洲	Æij.	深度 (m)	心治面	取心股	岩 桂 課 图	67四本
		4/10		8	0.5m 医含岩心破坏,"似乎为为为,但"特点必差,转生心思。" (in) 为满语言,但未见野孔	-
	PS9	1113		ò	交性,交易色结晶的光,更带由作的用的速度需要作效图线晶效素的10组成。 对数数异常作,,中将扩发者的特殊组织,但者语作,形是,7约三年证量 2、春年20岁春,为方型在全条煤,7/2中173、水源加州加油工程建工	位 記 取 秒
物		477)) —		10	灰色、褐灰色结晶灰纹。 2000次的原生物电影电点平点零档年的电流2000条 研究指定作用"看点化铁人、项"指向人部分无线针法,但从反台的部框来 6. 为方体与企为以并仍有物数规模、使引出有效线、设施、延行转点地。 量值体化、对于特性应用。	#/ 평
#		4741-		11	炎色中冲起来疾慢或骨炎左向此显来疾慢疾胃组成,它仍治疗儿鬼想,他们 正结晶的种中激素的特征的未加感点点,医此中的14人没有,是此样的多种 作用点,微见可 得化 无调,数数等	八 树 内
9 .		-	57 5333 533 533 53 134 53 55 14 53 53 53 14 53 53 53	12	灰色结样似岩,似都大色与灰岩、整弦等,还具显然孔。 同主发明的序列 灰褐色相晶灰岩、绿体、汗漆明显、无缝侧孔 12 5mm,产乳体25。 湿水色生物用作用灰岩、重结具55%,但二次的排放光,表现24个年间度	- 영 년 - 맥
न	P58	-740 m	00000000 00000000000000000000000000000	13	試次企工物序供增展等、結晶強烈、发育均引12mm。子可达4.5%。2mm 次继至結構疾程。原程为生物增少增恢复、沒有少量缩可、多为核间溶和及一种浮析内容和。	
131		-	75 244 201 01 11 242 01 12 242 01 242 01 12 242 01	14	发色一种灰色用面牛物医发骨、经复心取消线疗疗种组、 增结 与抗型、牛物 磨以腹泻、味及液为止、唇切孔和溶种下充合、中见水排,但1977年的蛋白	- w
段		£730			相处也不言义者关节,似人的职机改造,原建呈近46世,可谓不及今,而见。 现代省建一笔的充述全限机。研究是并的简合,其一为依述色彩现式功	· 西 修 · 研 ·
		LT4)		15	含今为一带相信基品采着。原告为于特别采着,并基础为主,基础的线面很强。所以约在就济理的成有证,大小一表2-stren,可且举用达50%,最那么创新,星峰的代	(₽) ₹0
					- 東条中閣後任門佐い、中物は尼亞、林夏方主、長島森神、重新品作用原義、 東中東台ン - 神代審社、商社中18-2%、積がた。	

图 3 塔中 62 井取心段礁滩体特征

2.2 礁体特征

塔中 621 井礁体发育有三期(图 4),第一期礁体深度为 4881~4877.6 m,厚度 3.4 m,第二期礁体4876.5~4875.3 m,厚度 1.2 m,第三期礁体深度4874.5~4873.2 m,厚度 1.3 m,造礁生物包括层孔虫、托盘类、苔藓虫及珊瑚等,附礁生物以藻类、介形虫为

主,生物具弱抗浪格架,以障积为主。三期礁体纵向上呈加积叠置生长,礁体间为生物屑灰岩组成的生物屑滩。 从物性情况看,岩心测定礁体孔隙度平均值为 1.79%,渗透率为 1.03×10⁻³ μm²,滩相孔隙度平均值为 2.34%,渗透率均值为 0.317×10⁻³ μm²,测井解释礁体孔隙度平均值为 2.66%,滩相孔隙度平均值为 2.05%。

地压	是於	深度 (明	abi-61面	基心体	₹1 円 1= 30	86541
原教会公公	P≪P	4875 -		4	考集(2) "教育》、中述品通常、"特权事任为主、为有以几度等600人物序》、部分、物籍外有数等包含、不数道大小2-5cm、部分造价小为2-1-2cm、现象公司工程的合注。一等注19、和直至1-2cm。 (次色)物质水平、以应均、造使生物增加主、下户率2%、河水水平均1-2cm。建分3-6cm。含油 人色色体制点度、使用为其作性、强力参与1、各种类小均置诊断周伸、小均属性特别及近便与操作调力主、功能2.25km治有液体石	型生物形式 化 一种形式 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种 一种
		448.) SSI -	Fright Section 18 (19)		及的进步了,以尽有的。杯明珍、"写的专行,断确不物以死的专行,当确不 案例为专样看政策。一系数选	峥州

图 4 塔中 621 井取心段礁滩体特征

2.3 礁滩体地质综合模式

从各探井取心段礁滩体的实际特点出发,我们归纳了塔中地区礁滩体的地质综合模式(图 5)。在这模式中,礁滩体分布在台地边缘,以滩相沉积为主,间夹厚度不大的礁体,但由于沉积速率大,可构成明显的正向地貌特征,这在地震剖面上有明显反

映。礁滩体由内、外带组成,外带滩体颗粒粗,以亮晶胶结为主,礁体也具抗浪格架;内带实际为丘滩体组合,颗粒灰岩中常含灰泥,显示水动力条件相对较弱。礁滩体在纵向上由 1~20 m 颗粒滩与 0.5~3 m 礁体叠置而成,或由数个颗粒滩叠置组成,纵向厚度达数十米甚至上百米;平面上,沿塔中 I 号带断续延伸达数十千米,宽几千米至十几千米。

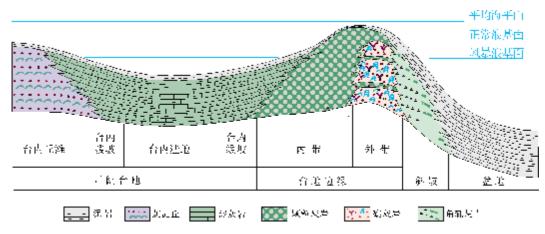


图 5 塔中地区礁滩发育综合模式

3 测井响应模式

通过岩心段岩性与电性分析,笔者将礁滩体的 测井响应特征归纳如表2。 结果表明,自然伽马射 线最能反映各微相特征,礁相自然伽马极低,与川东生物礁[14]及柴西生物礁[14]相似,一般分布在5~17 API,平均10.61 API;滩相介于5~30 API,平均14.27 API,丘一般介于10~50 API,平均为22.51 API,

此外, 泥晶灰岩介于12~80 API, 平均40.9 API。

4 地震识别和预测模式

地质模型和测井模型是建立地震模式的基础, 而礁体识别和地震属性提取是建立地震模式的关 键。通过钻井标定, 礁滩体具有以下地震反射特 征:块状结构、内部弱反射、无层理结构, 礁滩体 上覆地层具有明显的上超特征, 礁滩间可见向两侧

	水2 有干地区原源工作的月间过快几										
相别	自然伽马(API)		声波测井(μs/ft)		电阻率(Ω·m)		密度(g/cm³)		中子值(%)	曲线形态	
4023	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	最大值	四叉ル心	
礁相	5~17	10.61	45~59	50.9	110~4500	538	2~2.73	2.66	7.53	伽马值相对较低,电阻率值较高。伽马、声波曲线呈箱形,局部微齿形	
滩相	5~30	14.27	40~55	50.1	60~6000	857	1.2~2.85	2.66	15	伽马值略高于礁相,电阻率值相对最高,声 波略低于礁相。厚层曲线呈箱状。中子值高 于礁相,密度与礁相相当	
丘相	10~50	22.51	47~60	51.59	20~3400	319	1.98~2.78	2.72	46	伽马值明显高于礁滩相,电阻率值明显小于礁滩相,声波、密度、中子值比礁滩相略高。曲线呈幅度低的齿状,与滩间互发育	
泥晶灰岩	12~80	40.9	50~130	52.2	10~1100	141	2.61~2.77	2.7	5.76	伽马值明显高于其他微相,电阻率最低,声 波略高于其他微相。密度、中子与其他微相 没有明显区别。伽马曲线呈现幅度很高的 锯齿状。电阻率呈幅度低的平直状	

表2 塔中地区礁滩丘体测井响应模式

的上超现象等。进一步研究显示,礁滩体具有地震走时长、振幅和能量弱以及波形混杂分布等特征属性。

综合上述地质模型和地球物理模型,建立了良里塔格组礁滩体地震识别模式(表 3,图 6)。

次 5 — 及王相相思愿处正767(PPE及从为)关5									
沉积体	时间(厚度)	振 幅	相干性	波 形					
礁	沉积厚度远大于相邻相带,是滩、丘沉积的3~5倍, 陡坡礁的沉积厚度大于台内缓坡礁,台内缓坡礁的厚度大于台内斑礁	以弱振幅或空白反射为 主, 礁发育段反射能量远 小于相邻相带	以斑点状弱相干为主,反映反射波弱且纵横向变化 快	,					
滩	沉积厚度变化与礁发育类型有关,与陡坡礁有 关的滩沉积厚度大,减薄快,与缓坡礁有关的 滩沉积变化缓慢,局部见前积反射结构	以中、弱振幅为主,振幅横 向变化较大,不稳定,反射 能量中等	以中弱相干为主,平面上 成团块状,反映反射波具 有一定的稳定性	4类或 3类波形混杂分布, 波形横向变化比礁发育带弱,局部聚类分布					
Æ	沉积厚度与滩体相当,小于滩-礁间互沉积区,与局部沉积环境有关,如 TZ16 井区沉积厚度大于 TZ80 井区	以中、强振幅为主,振幅横 向变化小,强反射能量区 连片分布	以强相干为主,连片分布, 反映反射波变化小,与礁 差别大	两类波形交互分布,波形 分布趋于稳定,聚类连片, 不同地区聚类不同					

表 3 良里塔格组礁滩丘沉积体地震识别模式

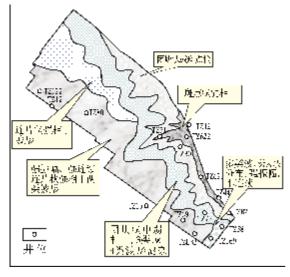


图 6 良里塔格组礁滩体地震识别模式

5 礁滩体预测结果

利用建立的礁滩体地震识别模式,对良里塔格组上部礁滩体分为上(PS6、PS7)、下(PS8、PS9)两段进行了预测,并计算了礁滩储集体的厚度。

由图7可知,礁滩体下段储层分布范围广,厚度为30~120 m,沿 I 号断裂带向台内储层厚度有减薄的趋势,该沉积为水进初期的产物,储层物性向上有变好的趋势;礁滩体上段储层厚度为0~160 m,分布范围较下段向 I 号断裂带收敛,主要是因为良里塔格组后期水进过程中,研究区内局部地区不利于储层发育,而在适合礁生长的 I 号断裂带附近,礁的发育较为活跃,沉积了厚度较大的礁滩储集体,优质储层主要集中在礁建

隆及其邻近区。据此优选了滩相相对发育的塔中 82井区作为勘探靶区、后经塔中 821 井等井钻探证

实该区滩类储层厚度大并获得高产油流,从而验证 了预测模式的准确性和实用性。

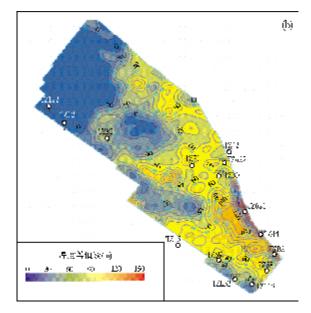


图 7 良里塔格组上部优质储层下段 (a) 和上段(b)厚度

6 结 论

- (1) 研究区良里塔格组属典型碳酸盐岩台地沉积,平面上可识别出开阔台地、台地边缘及台前斜坡等相带。礁滩储集体主要发育在台地边缘相,纵向上则主要分布在PS7和PS8,它是在缓慢海侵的背景下由多期礁滩叠置而成,是区内主要储层和重要产层。
- (2) 通过岩心观察,建立了礁滩体地质模型。一般礁滩体在纵向上由厚1~20m的颗粒滩与厚0.5~3m的礁体叠置而成,或由数个颗粒滩叠置组成,纵向厚度达数十米甚至上百米;平面上,礁滩体沿塔中 I 号带呈北西—南东向断续延伸数十千米,北东—南西向宽几千米至十几千米。
- (3) 对取心段岩性与电性分析表明,自然伽马最能反映各微相特征,礁相自然伽马极低,一般分布在5~17 API,平均10.61 API;滩相介于5~30 API,平均14.27 API,丘一般介于10~50 API,平均为22.51 API。岩相测井响应模式的建立对地质模型的修正以及地震识别模式的建立具有重要作用。
 - (4) 在建立地质、测井模型基础上,综合地震

反射和特征属性分析,建立了研究区礁滩体地震识别模式并利用该模式对研究区礁滩体有利储层分布 区进行了预测。预测结果在近年的实际钻探中得到 证实并获得高产油流。

参考文献

- [1] 沈安江,王昭明,杨海军,等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层成因类型、特征及油气勘探潜力[J]. 海相油气地质,2006,11(4):1-4.
- [2] 张宗命,吕炳全,曹统仁,等. 塔里木盆地中央隆起的构造特征与演化[M]//童晓光,梁狄刚,贾承造. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京:科学出版社, 1996:110-118.
- [3] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997.
- [4] 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3):177-183.
- [5] 张振生,李明杰,刘社平. 塔中低凸起的形成和演化[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1):28-31.
- [6] 杨海军,刘胜,李宇平,等. 塔中地区中-上奥陶统碳酸盐岩储集层特征分析[J]. 海相油气地质, 2000,5(1-2):73-83.
- [7] 陈景山,王振宇,代宗仰,等. 塔中地区中上奥陶统台地镶边体系分析[J]. 古地理学报, 1999,1(2):8-17.
- [8] 李宇平,李新生,周翼,等. 塔中地区中、上奥陶统沉积特征及沉积演化史[J]. 新疆石油地质,2000,21(3):204-207.
- [9] 魏国齐,贾承造,宋惠珍,等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系构

- 造—沉积模式与碳酸盐岩裂缝储层预测[J]. 沉积学报, 2000. 18(3): 408-413.
- [10] 谢晓安,吴奇之,卢华复.塔里木盆地古生代构造格架与沉积特征[J].沉积学报,1997,15(1):152-155.
- [11] 张传禄,韩宇春,罗平,等. 塔中地区中及上奥陶统沉积相 [J].古地理学报,2001, 3(1):35-44.
- [12] 王振宇,李宇平,陈景山,等. 塔中地区中—晚奥陶世碳酸
- 盐陆棚边缘大气成岩透镜体的发育特征 [J]. 地质科学, 2002,37(增刊):152-160.
- [13] 任兴国,姚声贤,罗利,等. 川东生物礁测井响应及判别模式[J]. 测井技术,1999,23(3):190-197.
- [14] 温志峰,钟建华,王芳,等. 柴西生物礁储集层的测井响应 特征与最优判别[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(1):16-20.

编辑:金顺爱

Geological-geophysical Model and Prediction Application of Upper Ordovician Lianglitage Reef-shoal Reservoir in Tazhong Area, Tarim Basin

Zhou Jinggao, Deng Hongying, Fan Guozhang, Gong Qingshun, Zheng Xingping, Xin Yongguang

Abstract: A great progress of petroleum exploration has been made and commercial oil flows have been obtained in upper Ordovician Lianglitage reef-shoal reservoir along the eastern part of Fault Belt- I in Tazhong area recent years, which indicates that Lianglitage Formation is of a great commercial value of petroleum exploration. Lianglitage Formation consists of marl member in the lower, grain limestone member in the middle and marl member in the upper. Based on observation of well cores and field crops, a geological model of Lianglitage reef-shoal reservoir is built. A seismic recognition model is set up according to logging characteristics and seismic reflection of the reef-shoal. The result of prediction to favorable areas of reef-shoal reservoir with the model has proved by drillings in recent years. It is suggested that this geologic-geophysical model is fitted with the practice and can be used to guide petroleum exploration in this area.

Key words: Upper Ordovician; Lianglitage Formation; Carbonate reservoir; Reef-shoal reservoir; Reservoir prediction; Geological model; Seismic recognition; Tarim basin

Zhou Jingao: male, Master, Senior Geologist. Add: Hangzhou Institute of Petroleum Geology, PetroChina, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China