

石油大学
四十周年校庆科学报告会
论文(摘要)集



石油大学(华东)
1993.10

层序地层学研究方法在塔里木盆地石炭系中的应用	纪友亮 姜在兴等 (1)
济阳坳陷上第三系沉积相研究	戴启德等 (4)
三维地质模型软件及在辽河冷 43 块油藏描述中的应用	侯加根等 (7)
济阳湖盆下第三系油气资源模拟评价	杨申铨 (10)
草 20 块砂砾岩稠油储层特征及注蒸汽开采研究	(12)
常相位校正	陈世军 (15)
薄层的频差相关谱分析	印兴耀 (22)
用计算机自动识别沉积微相	雍世和等 (26)
高压水射流技术研究及其在石油工程中的应用	沈忠厚等 (31)
国内外保护油气层钻井完井技术研究的新进展	樊世忠 (33)
胜利油田在不同类型油藏中钻水平井的作法	孙建成等 (34)
井壁稳定性研究及其发展趋势	李健鹰等 (40)
采油工程方案编制中的举升方式确定方法	张琪等 (45)
黑液体系配方及机理研究	赵福麟等 (48)
东河塘油田油气集输采出水处理工艺可行性分析	朱 玲 (52)
抽油机设计问题的现状及展望	石临嵩 (57)
水平井注蒸汽传热传质分析	王弥康等 (60)
低速干气端面机械密封性能研究	吴宗祥等 (64)
近海石油钢结构疲劳可靠性研究进展回顾	陈国明等 (71)
环空钻柱力学及 BHA 的轨迹特性分析	刘延强等 (74)
含水对原油罐沸溢的影响及沸溢预测	何利民等 (78)
智能型电话/传真自动识别器的原理及应用	何维望等 (81)
90°弯管流量计的研究	范玉久等 (86)
引进机组的热态对中	王汝美 (93)
通用数据库自然语言查询接口	王新民等 (99)
电容电感补偿法测非磁性涂层厚度	刘彦民等 (101)
模糊数学理论及其应用的研究	宋光兴 (106)
略论毛泽东哲学思想的中国特色	夏从亚等 (107)

知识分子问题与中国革命和建设

——读毛泽东《大量吸收知识分子的决定》有感	曲 峡 (110)
校园文化概念新探	王建军 (113)
论胜利油田开发与产业替代	刘克英 (116)
毛泽东教育方针探源	江 华 (119)
社会主义市场经济与石油企业经营机制	单联文 (122)
石油企业全面走向市场的难点及对策初探	殷建平 (123)
浅谈大学英语听力微技能教学	徐淑仙 (124)
大学女生艺术体操、健美操专项课教材建设	党兴云 (126)
大脑对心脏的影响	张鹤兴 (128)
多分量地震勘探及其在裂缝油气藏描述中的应用实例分析	李向阳 (130)

层序地层学研究方法 在塔里木盆地石炭系中的应用

纪友亮 姜在兴等

(勘探系)

一、层序地层学的基本概念

按照层序地层学的理论,地层可以划分为层序、准层序组和准层序。

1、准层序

由一个以海泛面或与之对应的界面为边界的、相对整合的、有内在联系的岩层或岩层序列所组成。海泛面是一个将新老地层分开,其上下水深明显地急剧变化的一个界面。

2、准层序组

准层序组则指具有清晰迭加模式的一组有成因联系的准层序序列,它以主要的海泛面及与之相当的界面为界。根据沉积速率及新增可容空间的速率之比,可将准层序组划分为3类:

①前积准层序组

沉积速率大于新增可容空间的速率,向着盆地方向较远的地方沉积了一系列连续的新的准层序。

②退积准层序组

沉积速率小于新增可容空间的速率,向着陆地方向较远的地方沉积了一系列连续的新的准层序。

③加积准层序组

沉积速率大约等于新增可容空间的速率,一系列新的准层序一个个地迭加,没有明显的横向移动。

3、层序

指的是一套成因上相关的、相对整合的、连序的地层序列,以不整合或与不整合相对应的整合为界。这种界面一般来说受到海平面升降的控制,具有大的区域性,可以作为地层对比的等时界面。

4、体系域

指的是一个同期沉积体系的组合,它为我们提供一个以年代地层为标准的层序边界内相的预测标准。这对于一个盆地或油田内的储层、生油岩及盖层的分析很重要,实际划分体系域时常常会遇到4种不同的类型,低水位体系域、陆架边缘体系域、海侵体系域、高水位体系域。

二、塔里木盆地石炭系层序地层学研究

层序地层学认为,层序边界(不整合及其对应的整合面)及大的海泛面受海面升降的控制,具全球性或大的区域性,可以作为地层对比的等时界面。

石炭纪沉积时的古大地构造背景是:塔北为前陆隆起,塔东为克拉通盆地,塔西南为边缘坳陷,再向西南进入昆仑山为古特提斯海。这就决定着工区(塔东)为一平坦而又开阔的台地,因而海平面稍有升降都会影响全区,这就为开展层序地层学分析提供了得天独厚的条件。根据井间对比、地震追踪和地面露头与井下对比,覆盖区石炭系也可分出4个层序、4次大的海泛,每个层序分别包含三个体系域。这些界面和单元可分别与野外对比,在岩心、测井和地震上有着明显的标志,在全盆地可进行对比。

(一) 石炭系第 I 层序

包括巴楚组第7和第6岩性段,相当于小海子地区第33~62层。在地震上对应于Tg-3反射波组。

1、层序底界不整合存在证据

- (1)侵蚀面和风化淋滤带;
- (2)高成熟度底砾岩;
- (3)在地层倾角测井上由17°(不整合面以下)变为5°(不整合面以上)。
- (4)在地震反射上Tg-4被Tg-3削截,在GR测井上数值由低明显变高。

2、低水位体系域与东河砂岩的形成

东河砂岩(第7岩性段)相当于小海子地区的第33层至46层。除塔北轮南、英买力和塔中1号构造无分布外,在其它地区均有分布,厚度在满加尔地区中部最后,向四周逐渐超覆并减薄,以至尖灭。

其特征是:

- (1)岩性主要为高成熟度的石英砂岩,也有单成分、复成分砾岩和长石、岩屑砂岩。
- (2)古生物化石稀少,生物扰动极为发育。
- (3)SP曲线上呈块状或钟形,由FU上浅滩层序迭加而成。
- (4)地震上呈空白或低振幅断续反射结构,并具上超现象。

上述特征可用陡岸、浅水、平盆潮控扇三角洲——潮坪沉积模式来解释。

陡岸指的是塔北轮南、英买力、塔中1号构造、柯坪等物源区与盆内满加尔地区的滨岸陡峻,以冲积物形式向盆内输入沉积物,而象东河塘地区则为位于两个山脊间的湾口,形成潮控扇三角洲。

浅水指的是水体极浅,基本是潮间带,潮汐作用强。

平盆指的是满加尔地区当时是沉降中心而不是沉积中心,其腹地稍比四周深,但坡降小,仍在潮间带,只是沉积物输入与可容空间达到补偿,因此东河砂岩在满加尔为潮控砂坪沉积,厚度巨大,呈席状或毯状分布。

3、海侵体系域

为东河砂岩与生屑灰岩之间的暗色泥岩,塔中4井厚约25m,为石炭系第一次海泛,最大海泛面在塔中4井位于3572.0m,为暗色薄层泥岩,GR值极高尖峰,代表浅海陆棚沉

积。

本次海泛已淹没轮南地区，高伽马暗色泥岩或灰岩直接盖在古风化面上，是海泛强有力的证据。

4、高水位体系域（第6岩性段）

在塔中、满加尔地区为生屑灰岩段，在塔北为钙质角砾岩段。

“生屑灰岩段”由颗粒（生粒、核形石、鲕粒、砂屑）亮晶石灰岩、纹层状鸟眼藻迭层泥粉晶白云岩等组成，具明显的冲刷面、交错层理和截切构造。在GR测井上呈低幅块状，SP曲线呈漏斗状。

“钙质角砾岩段”有如下几种岩性组合：

（1）钙质内碎屑石灰岩，填隙物为少量泥粉砂；（2）陆源复成分砾岩；（3）含灰质内碎屑的陆源复成分砾岩；（4）灰质内碎屑夹一定量的泥质粉砂。该体系域的沉积模式是：风暴潮控台地碳酸盐——陆源扇三角洲碎屑岩——扇三角洲滑塌碎屑岩——碳酸盐混合沉积。

（二）第二层序

包括巴楚组第5、4和卡拉沙依组第3岩性段下部。地震上对应Tg-2”波组。

1、陆架边缘/低水位体系域（第5岩性段）

主要由紫红、灰绿、黄色泥岩、粉砂岩薄互层构成，有的地区相变为夹膏盐的沉积。为半干旱气候条件下的潮坪环境，潮差较小。

2、海侵体系域（第4岩性段）

塔北为“双峰灰岩”，塔中为“单峰灰岩”。下峰对应的灰岩分布不稳定，是潮坪沉积。上峰对应的碳酸盐岩分布稳定，为暗色泥晶石灰岩，水平纹理发育，是最大海泛的标志。

3、高水位体系域（第3岩性段下部）

为红色、灰绿色泥岩、泥质粉砂岩和石膏沉积。反映快速海平面下降后的蒸发潮坪环境。该层序顶部以高伽马泥岩与上覆层序分界。

（三）第Ⅲ层序

包括第3岩性段上部和第2岩性段，在地震上是Tg-2'反射波组的一部分。

1、低水位/陆架边缘体系域（第3岩性段上部）

主要为低能潮控海岸潮坪沉积。

2、海侵体系域（第2岩性段下部）

主要为一套灰色、绿灰色石灰岩夹泥岩。SP曲线平直，GR有向上降低的趋势，齿化明显。是海面上升的标志，为浅海陆棚相。

3、高水位体系域（第2岩性段上部）

海退后仍保持半暖湿气候，形成碎屑岩、碳酸盐岩和煤系地层，可用湿扇三角洲——潮坪模式来解释。煤系地层的顶板代表着盆地的消失，是本层序的顶界。

（四）第Ⅳ层序

由小海子组（第1岩性段）构成，厚度较薄，顶部多被剥蚀。

本层序低水位体系域为河流相，反映深切谷沉积。海侵体系域发育了一套陆棚碳酸盐岩，在全盆地几乎都有分布。高水位体系域主要为碎屑潮坪相，多无保存。顶与上覆地层呈不整合接触。

济阳拗陷上第三系沉积相研究

戴启德 狄明信 白光勇 管守锐
李继红 国景星 徐樟有 谢庆宾

(勘探系)

济阳拗陷是渤海湾复式断块盆地中的一个重要拗陷,由东营、惠民、车镇、沾化四个凹陷和青城、陈家庄、义和庄、滨县、青坨子等十个凸起组成,面积约 26000 平方千米。拗陷从中生代开始发育,大体经历了中生代的断陷阶段、早第三纪的断拗阶段和晚第三纪的拗陷阶段。上第三系地层可分为馆陶组和明化镇组,属冲积扇——河流相沉积,厚达千米,是胜利油区的主要含油层系,石油、天然气的储量分别占全区石油、天然气总储量的 30.54% 和 31.35%。

课题组从 1989 年开始,综合运用地质、测井、地震、分析化验等资料,对“济阳拗陷上第三系沉积相”开展多学科的全面系统的研究工作,其成果对上第三系油、气田的勘探具有重要的指导意义。

一、地层划分和对比

我们用沉积旋回——岩相厚度法,对 1700 口探井进行了地层划分和对比,即用标志层划分组段,用沉积旋回、岩相厚度法划分亚段。其工作遵循由点到线,由线到面的工作流程。即从岩心的观察入手,寻找各种划分对比标志,对取心井进行划分和对比。在 32 口岩心井对比的基础上建立能控制全区的 4 条标准对比剖面,20 条对比剖面,100 多条小剖面,形成纵横交错的对比井网,以相模式为依据,采用追索、闭合等手段逐井进行地层划分和对比。

根据上第三系油气分布状况和平面相制图的需要,重点对馆陶组和明化镇组下段进行了划分和对比,其中馆陶组划分为四个亚段、明下段细分为三个亚段。

二、单井相分析及垂向相序演化规律

为了解和掌握沉积相在纵向上的演化规律,在岩心观察的基础上,结合岩石薄片、铸体薄片、粒度分析及压汞、X——衍射分析、电镜、原子吸收光谱等,我们对单 63 井、临 38 井、孤东 14 井等 14 口井进行沉积相分析。

馆陶早期的沉积相类型以单 63 井为代表,取心井段自下而上可分为两个大的沉积旋回。第一个大的旋回主要发育含砾砂岩、块状砂岩、间夹薄层粉砂岩。砂砾岩分选极差,砾

石成分复杂,且多呈棱角状、磨圆甚差,杂基支撑结构,说明该套含砾砂岩是冲积扇沉积的产物;第二个旋回岩性为大套紫红、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩,为扇缘至洪泛平原沉积。

馆陶中晚期的沉积相分析结果分别以临 38 井和孤东 14 井为代表,自下而上有明显的“砂包泥”岩性组合变为“泥包砂”岩性组合。砂岩底部具底冲刷现象,且冲刷面上见有泥砾,槽状,楔状交错层理发育,分选中等,为成熟度较低的长石细砂岩。岩石颜色由下部的灰、灰绿色为主向上变为以紫红、杂色为主。根据河型判断经验公式,馆陶中期为辫状河普遍发育期,而晚期逐渐转变为低弯度曲流河沉积。

明化镇早期沉积相类型以陈气 5、渤 107 井为代表,坳陷因长期河流充填,地形渐趋平坦,泛滥平原亚相发育,形成高弯度曲流河沉积。

三、沉积相类型及划分依据

由岩心观察和单井相分析结果可知,上第三系存在两种相类型,即山麓洪积相和河流相。其中山麓洪积相(F)分为冲积扇(F1)和坡积带(F2);河流相分为河道亚相(A)、河道边缘亚相(B)、泛滥平原亚相(C)和废弃河道亚相(D)。而河道亚相又可细分河道砂坝(A2)和河道充填(A1)两个微相,河道边缘亚相可细分为决口扇(B1)和天然堤(B2)两个微相,泛滥平原亚相可细分为泛滥平原(C1)和道间洼地(C2)两个微相。现就各亚相划分依据简述如下:

1、冲积扇相:岩石类型以砂砾岩、含砾中—粗砂岩为主,粒度中值变化大,概率曲线呈一段式,悬浮组分居多,发育有递变层理、块状层理等。SP 曲线上扇根以箱形叠加、齿化箱形为主,扇中齿化现象严重,扇缘幅度变低,泥岩夹层多。

2、河道亚相:岩石类型以岩屑质长石中—细砂岩为主,概率曲线呈两段式,跳跃总体为主。砂岩中发育楔状、槽状交错层理,且底部见冲刷现象,并可见泥砾。泥岩夹层数少而薄,SP 曲线类型多样,以箱形、箱形叠加、钟形、钟形叠加居多,幅度中等。

3、河道边缘亚相:岩石类型以薄层细砂岩、粉砂岩及粉砂质泥岩为主。概率曲线两段式、三段式,以悬浮总体为主。砂岩中发育斜层理、上攀层理,而楔状、槽状交错层理少见。泥岩厚而层数多。SP 曲线为指形、弹簧状居多。

4、泛滥平原亚相:岩石类型主要为灰绿色粉砂岩、粉砂质泥岩及杂色泥岩。概率曲线多为两段式,悬浮总体占绝对优势,发育水平—波状层理。SP 曲线低幅平直,间或出现微小的指形。

5、废弃河道亚相:岩石类型以粉细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩为主。概率曲线呈两段式,跳跃、悬浮组分近乎相等。可见楔状、槽状交错层理。泥岩夹层数变化大。SP 曲线多为小型箱形、钟形,幅度变化大。

四、沉积相的平面展布特征

为研究沉积相的平面展布特征,我们按亚段分别编制了五种基础图件,即地层等厚图、砂层厚度分布图、砂岩厚度系数平面图、砂泥比值平面图和单砂层最大厚度分布图。综合上述各类基础图件,拟定出平面划相标准,最后编制出上第三系各亚段的沉积相平面图。

馆四段是在东营期末地壳运动后,遭受风化剥蚀的背景上接受沉积的。其沉积仅限于车

镇、沾化、东营凹陷内，坳陷四周被隆起所围，形成半封闭式盆地。由于陈家庄凸起的存在，造成坳陷内部南北沉积厚度相差悬殊。北部的车镇、沾化凹陷为砂岩集中发育区，为冲积扇——辫状河沉积体系。南部东营凹陷砂体较薄，为小型冲积扇——洪泛平原沉积体系。

馆三段沉积范围逐渐扩大，济阳坳陷都已接受沉积。惠民凹陷与车镇、沾化凹陷沉积相发育类似，为冲积扇——辫状河沉积体系。受陈家庄凸起影响，东营凹陷仍处于半封闭状态，为冲积扇——洪泛平原沉积体系。

馆二时期，济阳坳陷内四个凹陷连为一体，但受地形影响，原凸起部位沉积薄，砂体薄，砂体不发育。砂体最厚部位仍集中于惠民、车镇、沾化一带。东营凹陷已脱离封闭状态，但砂层厚度较薄。该期属于辫状河分布最广泛时期，

馆一段砂体厚度普遍变小，泥岩增厚，且分布较广，表明以泛滥平原亚相沉积为主。坳陷北边、东南缘普遍发育辫状河沉积，坳陷中央砂体呈狭长的带状，反映河道变窄，为低弯度曲流河沉积。

明下段是在馆陶组经过长期河流充填沉积的基础上形成的。明下段河道亚相沉积范围进一步变小，河道弯曲度增大，泛滥平原亚相占绝对优势，形成控制全区沉积的三大水系“东镇——沾化水系、惠民——东营——沾化水系、东营——沾化水系。

综观上第三系各期的相带展布特征，我们认为该时期河流沉积大致分为：早期的冲积扇——辫状河发育阶段，中期的辫状河——低弯度曲流河发育阶段，晚期的高弯度曲流河发育阶段。

五、有关古环境研究的几个问题

根据馆陶组砂岩分布、砾岩厚度分布及砂砾岩岩屑的成份分析可知，馆陶期以北部埕宁隆起为主要物源区，南部鲁西隆起为次要的物源区。根据区域地质资料分析，明化镇期的物源方向可能来自太行山隆起区的东麓及燕山褶皱带的西段。

根据各时期相带的平面展布特点可知，河流由西南向东北方向流动，最后汇入渤中坳陷。

据生物组合特征分析以及泥岩颜色观察表明，馆陶期古气候由早期的温热型向晚期的干旱型过渡；明化镇期为寒冷干旱型气候。

六、沉积相与油气聚集之间的关系

河道亚相是砂层最厚、横向连续性最好的砂体集中发育带，是含油气的有利相带，其中河道砂坝的砂层有效厚度大，含油饱和度高，是含油气最有利的相带。

河道边缘亚相砂层厚度相对较小，孔渗性差，非均质性严重，是含油的较有利相带。但泥岩夹层多且单层泥岩厚度大，可为天然气聚集的有利盖层。因此该亚相是含气最有利相带。废弃河道亚相的分布局限，连片性较差，也可作为含油气较有利的相带。

泛滥平原和道间亚相，偶有砂层出现，厚度较薄，孔渗性极低，因此为含油不利相带。但由于盖层质量高，也可形成大量的小型天然气藏。

三维地质模型软件及在辽河冷 43 块 油藏描述中的应用

侯加根 信荃麟 林承焰 蔡忠 徐守余 侯连华

(油藏地质研究所)

一、引言

近年来随着油藏描述技术的推广应用,作为油藏描述核心成果的油藏地质模型也得到了越来越广泛的应用。但是油田生产和现代油藏数值模拟技术对油藏地质模型提出了更高的要求,即一个能把储层各项物理参数在三维网块内的分布定量描述出来的地质模型。本文介绍的是在 mips 工作站上开发的一套包括建模和显示的三维地质模型软件系统,及在辽河砾岩储层水平井油藏描述中的应用。

二、建模技术

1、建立地层格架

任何规模的地质体都可以划分为地层层序和构造单元,根据地震解释结果可以得到平面上的一系列离散坐标点上各层序界面的深度数据,形成层序或构造单元的空间分布。但是因勘探和开发的不同需要而建立的层序粗细程度常常是可变的。对于三维地质模型而言,层序格架可以缩小到砂层组或小层段,这种规模的地层格架常常是三维地震精细解释、储层横向预测的结果,甚至是开发区多井对比建立的小层格架。

2、细分小层

建立储层模型三维网块的核心是垂向深度域的网块分划。在每一个地层层序内顺层地划分网块,使得每一层网块近似于顺原始地层产状分布,以达到模拟原始地层的效果,这种网块划分就类似于细分层系,垂向上的网格相对于以小层面所分划的一系列小层。划分层系的方法应遵循地层形态和地层模式。一个层序内地层发育的几何形态有两种模式:一是内部各地层的界面与层序边界相交,如超覆、退覆沉积、不整合截断或断层截断。这种模式小层在横向上将被层序的顶或底界截断,断面也象层序界面一样常常截断小层。另一种是内部地层界面与层序边界永不相交,每一层的厚度在横向成比例变化,这一种模式最常见。

3、建立储层骨架模型

细分层系相当于建立了垂向上(Z轴)网格,得到一系列离散点在各小层的顶底的埋深数据,下一步就是对每一个小层分别在X、Y方向上网格化内插埋深数据,这种沿各小层面

内插深度数据类似于模拟原始沉积过程。最终形成表述油藏的储层层序和构造单元几何形态的储层骨架模型。

4、建立储层参数模型

在储层骨架模型的基础上,对每一口井的储层参数根据每一小层顶底面深度沿垂向按厚度加权将其换算为各小层在井点处的参数值。接着对各小层(Z轴网格)分别内插出所有网块上的储层参数值,形成储层参数模型。插值方法有近点距离加权、克里金估计,考虑断层影响和边界。

三、三维地质模型显示技术

1、三维图形变换

三维显示中增加了光照模型,可以有一个或多个光源,观察者可以任意角度或距离观察。常用图形显示功能有:①图形旋转,绕X、Y、Z任一轴或空间任一向量旋转;②缩放,在X、Y、Z任一轴上放大、缩小;③平移,空间平移;④多彩色,提供了由红——橙——黄——绿——青——蓝等一百多级彩色显示;⑤显示参数值,在显示图上可读取任一可见点的储层参数值和相应X、Y、Z坐标。

2、三维地质模型显示方式

在人机交互方式下可以选择下列任一种或几种方式显示模型。

- (1)平面位置图:显示研究区范围、构造展布,井位。
- (2)任意剖面图:人机交互在三维模型内任意切割剖面,或联井剖面。
- (4)任意切片图:顺层或水平面切片图。
- (5)栅状剖面图:多剖面交叉。
- (6)自上而下或自下而上剥去任一层或任几层的三维模型图。
- (7)任意切块图:从模型体中任意切割出地质体。
- (8)钻井轨迹图:显示直井、斜井、水平井轨迹。
- (9)水平井剖面图:显示水平井轨迹穿过的横剖面图。
- (10)水平井平面图:显示水平井钻达水平层内储层及参数的平面分布图,表现层内及平面非均质性。

四、冷 43 断块砾岩储层三维地质模型的建立

1、冷 43 块油藏概念模型

冷 43 块位于辽河西部凹陷,建立三维地质模型的层段为沙一二段Ⅳ砂岩组,构造面积 3.4km²,是一个四周为断层切割的断鼻构造形态,已完钻各类井 24 口,以其中一口水平井冷平 1 井为关键井建立了储层概念模型。储层属于冲积扇——扇三角洲沉积,扇体表面辫状水道中砂质砾岩产油,含油井段长达 200 余米,油层厚度一般 40~60m,属重质特稠低凝原油。Ⅳ砂组分三个小层,各小层间泥岩隔层厚 0~2 米。冷平 1 井水平段轨迹位于 2 小层,水平段测井长度 308m,测井解释可划分 4 个均质段,孔隙度最大 25.4%,最小 7.2%,渗透率最大 1310.4μm²,最小 0.0227μm²。

2、冷 43 块三维地质模型

三维地质模型输入资料：冷 43 块砂一二段顶面构造图，22 口井分层数据和测井解释成果，其中三口斜井一口水平井。首先用这 22 口井资料作了十几条联井剖面的小层对比，得到 300 余个离散点的小层空间分布数据。然后以Ⅳ砂岩组三个小层两个隔层为模型的层序，把每个砂层在垂向分别均分为十个层，每个隔层分别均分为两个层，这样在 Z 轴方向上共划分 34 个层，单层最厚 1.8 米，最薄 0.15 米，形成 $61 \times 91 \times 35$ 网格。然后对每一层分别用克里金方法内插出每一节点上的埋深，形成储层骨架模型。用测井解释的孔隙度、渗透率、含油饱和度、油层有效厚度分别建立了储层参数模型。

3、模型成果

建立了冷 43 块储层空间展布的骨架模型，和孔隙度、饱和度、渗透率、有效厚度四个参数的三维模型，直接送交油藏数值模拟。以穿过水平井轨迹的剖面图、平面图等方式直观地描述了冷平 1 井及其周围地区储层和物性参数的垂向、平面、层内非均质性。

五、总结

1、利用图形工作站开发的三维地质模型，和孔隙度、饱和度、渗透率、有效厚度四个参数的三维模型，直接送交油藏数值模拟。以穿过水平井轨迹的剖面图、平面图等方式直观地描述了冷平 1 井及其周围地区储层和物性参数的垂向、平面、层内非均质性。

2、本软件容建模、显示于一体，能准确地定量描述沉积岩的地层模式及构造单元展布，正确地表现储层参数在三维网块上的分布，并以真三维彩色方式显示。

3、应用该软件在辽河西部凹陷建立了冷 43 块储层三维地质模型，客观地表现了冲积扇——扇三角洲砾岩油藏的非均质分布。

4、利用该软件定量地表现了水平井及其周围地区储层在平面上和空间上的非均质性变化，充分地发挥了水平井在油藏描述中的作用。

济阳湖盆下第三系油气资源模拟评价

杨申铤

(胜利石油管理局地质科学研究所)

位于山东省北部的济阳湖盆隶属于渤海湾含油气盆地,它包括东营、沾化、车镇及惠民四个凹陷和陈家庄、义和庄等十个凸起,总面积二万六千平方千米。

济阳湖盆形成于中生代早期、萎缩、消亡于中新世。盆地地质结构呈箕状、即北部地层陡、埋藏深;南部缓而浅,中新世沉积岩厚度达8—10千米。

湖盆的基底为前震旦系变质岩(花岗片麻岩),古生界是华北地台型的碳酸盐岩沉积,中生界除陆源碎屑岩外,有火山岩、火山碎屑岩、侏罗系早期发育煤系地层。新生界充填沉积始于始新统,以蒸发相沉积为特征,晚期短暂海浸,局部地区发育泻湖相藻礁灰岩,渐新统是快速、稳定沉降时期,形成主要生油层系和大型河流三角洲砂岩体,碎屑岩储层还有水下冲积扇、扇三角洲、浊积岩等;碳酸盐岩储层有粒屑滩、藻白云岩、生物灰岩等,渐新统末湖盆上升,形成全区性沉积间断。下第三系平均沉积速率每年0.4毫米,三角洲侧向加积时期高达每年0.9—1毫米,中上新统的河流相沉积分布全湖盆、上新世明化镇组是区域性良好蓄层。

大量的古生物、岩矿、微量元素分析资料表明,下第三系以陆相沉积为主,具快速沉降,岩性岩相变化大的特点。下第三系沙河街组三段、一段持续深湖相沉积,有利于生物生长和有机质保存和转化,使下第三系生油层系具有分布广、厚度大、丰度高的特点。

由于块断运动造成构造发育,沉积史的差异性,使各洼陷生油层特征不同,依照主要生油层埋深,成熟生油岩体积积分比、单位生油岩的生烃量,排烃量等地球化学特征划分了三类生油洼陷,以长期继承性发育的I类生油洼陷最好,它们是盆地的主要油源岩区,并在I类洼陷中发现颗石藻等厚层富集生油层,有机碳值高达2.68—8%,氯仿沥青“A”达到0.5—2.28%,总烃含量3368—12840mg/kg,干酪根类型为I型,富集生油层的发现促进了陆相有机成油理论的发展。

依据下第三系生油岩各项地球化学指标随埋深变化,其演化过程划分了三个阶段(未成熟、成熟、高成熟),在济阳湖盆已广泛发现低成熟原油 R_o 在0.3—0.5%间生成的石油、低熟生油岩占腊色泥岩总体积的33%,成熟生油岩占37%,未熟生油岩占34%,低熟生油岩广泛分布是形成低熟油的物质基础。

以济阳湖盆实测的下第三系生油岩烃产率曲线,在intergraph工作站进行三维油气数值模拟、模拟计算出生烃量、排烃量、含烃饱和度、烃产率、生气量、排气量和煤成气量等七

项数据。湖盆地生烃量 2—7 亿吨，排烃量 167 亿吨，总石油资源量 115 亿吨，其中 I 类洼陷资源量 49 亿吨，占 75%；总生气量 165841 亿方，排气量 17743 亿方，溶解气资源量 2015 亿方，气层气资源量 504 亿方。

油气数值模拟评价成果表明济阳湖盆的油气潜力和远景，也为今后深化勘探提出了有利目标。

草 20 块砂砾岩稠油储层特征 及注蒸汽开采研究

(胜利石油管理局地质科学研究院)

一、砂砾岩稠油储层特征

1、油藏构造完整,油层厚度中等,盖层稳定,油水关系简单

(1)构造:单斜——鼻状,西北倾,倾角 2—3 度

(2)油层:含油层位馆陶组,储油层厚度 20—30m,纵向划分为 Ng1、Ng2、Ng3 三个砂体, Ng2 砂体又细分为三个韵律段

(3)盖层:泥岩和玄武岩,泥岩 2—8m,玄武岩 40—80m

(4)油水:具统一油水界面(—960m),无底水,边水不甚活跃

2、砂砾岩体为湿地扇沉积,亚、微相特征明显

(1)亚相:近端扇、中扇、远端扇

(2)微相:网状水道、砾岩席、道槽、滩坝、漫溢、侧缘

3、储层岩性复杂,可划分为四种类型,各类物性及含油性差异大

(1)储层分类:砂质充填砾岩、砂泥质充填砾岩、含砾砂岩、砂岩

(2)储层物性:含砾砂岩最好,砂泥质充填砾岩最差

4、储层结构疏松,样品成型性差;探索方法,攻克砾岩孔隙度难关

(1)采用方法:CT 层析、图象分析、全直径、小样、模拟、测井解释

(2)孔隙度:砂质充填砾岩平均 14%,砂泥质充填砾岩 10%

5、影响砾岩储集物性的主要因素是成分构成及其结构

(1)砾石大小及含量

(2)充填物成分中泥质含量

(3)砾石排列方式

6、储层类型及展布受沉积相带控制,中扇亚相是储油的最有利部位

(1)砾岩:主要分布于近端扇亚相和中扇亚相的近源部位

(2)含砾砂岩:主要分布于中扇亚相

(3)砂岩:主要分布于中扇亚相外缘

(4)油层厚度和有效厚度受古地形和沉积相带的控制

(5)隔、夹层及纯总比与相带所处的位置有关

(6)Ng₂砂体厚度大,物性较好,储量比重大,是主力开发层

7、按储层类型分别计算储量,确保资源准确可靠

(1)不同储层类型的电性标准

(2)不同储层岩性的有效厚度划分

(3)不同储层岩性的储量参数研究与确定

8、原油密度大、粘度高,粘温敏感性强,适宜于热力开采

(1)密度: $0.97-0.99\text{g/cm}^3$

(2)粘度:油层温度条件下脱气油粘度 $10000-30000\text{mPa}\cdot\text{s}$

(3)粘温关系: $50-90^\circ\text{C}$ 之间,每增温 10°C ,粘度下降一半

二、砂砾岩稠油层注蒸汽开采研究

1、吞吐过程符合一般弹性开采类型油藏热采规律

(1)产能及其变化规律

a、自喷产能高,但油压下降快,自喷时间短,逐周期自喷能力不断下降

b、周期内产量变化符合指数递减规律

c、与厚油层相比,初产高,递减大,周期生产时间短,产油量少,油气比低

(2)含水及其变化规律

a、含水呈现两段式变化,回产水主要在转抽后产出

b、综合含水逐周期增大,周期内含水下降速度逐周期变缓

(3)压力分布及其变化规律

a、单井压降随亏空呈线性变化

b、注大于采是造成亏空慢、压降缓的主要因素

2、不同岩性类型油层的热采效果有所不同

不同岩性类型油层对吞吐初期产能影响较小,但对周期内、周期间产量递减影响较大。

含砾砂岩类油层其油层物性较好,周期内、周期间产量递减皆缓于砾岩和砂岩类油层。

3、原油性质对热采较为有利

本块原油属低饱和烃、高芳烃、高非烃重油,与单家寺原油相比更稠、更重,但由于其沥青含量较低,由牛顿流体变为非牛顿流体的温度点较低($45-65^\circ\text{C}$),有利于低温阶段采油,延长周期生产时间。

周期内原油组分前轻后重,停关井影响原油触变性,原油水热分解作用影响渗流能力。

4、蒸汽吞吐合理注采参数界限

应用数模计算结果结合实际动态分析,优选出了适合本块注蒸汽吞吐的合理注采参数界限。

(1)周期注汽量

a、数模预测:随着注汽量的增加,油气比降低,采出程度增加,但当注汽量增大到 110t/m 以后,采出程度增加变缓

b、实际生产动态分析表明,油层厚度大于 14m ,合理周期注汽量 $120-140\text{t/m}$;油层厚度小于 14m ,合理周期注汽量 $140-160\text{t/m}$ 。

c、逐周期适当增加注气量,可减小周期间产量递减,提高吞吐采收率。

(2) 注汽速度

从减小注汽系统热损失及避免油层被压裂出发,优选合理的注汽速度。

- a、为尽量减小注汽系统损失,注汽速度应大于 $8\text{t}/\text{m}$ 。
- b、避免油层被压裂,最大注汽速度与油层厚度关系为 $V_{\max} < 1.0H$ 。

(3) 干度

- a、欲使第一周期油汽比大于 $1.0\text{t}/\text{t}$,则注汽井底干度应大于 30% 。
- b、任何时期提高蒸汽干度,均有利于改善吞吐效果。

5、吞吐预测及合理转驱时机

(1) 吞吐阶段周期数 6 个,生产时间 3—4 年,采出程度 13.4% ,油汽比 $0.9\text{t}/\text{t}$,吞吐末油层压力 4.7MPa ,加热半径 $70-80\text{m}$ 。

(2) 油层压力尽量低,加热半径尽量大是合理转驱的主要条件;周期油汽比小于 $0.35\text{t}/\text{t}$,采注比接近 $1.0\text{t}/\text{t}$ 时转驱较为适宜。

6、影响吞吐的主要因素及改善效果的主要措施

(1) 油层地层条件、注汽及采油生产管理是影响吞吐生产效果的主要因素。

(2) 优化注汽、强化管理,采用新技术是改善吞吐效果的主要措施。

a、单井蒸汽吞吐生产没有稳产期,生产过程中的适时衔接,对于稳定热采产量,均衡动用储量,改善开发效果就极为重要。

b、重视注汽质量,不失时机地利用热能以赢得产油量。

c、鉴于原油流变性质所允许的热采温度段长,应尽量延长周期生产时间,且在开采过程中宜减少停、关井次数。

d、油层弹性能量小,故蒸汽吞吐采出程度有限,欲提高采收率,还需考虑转驱开采。