

塔里木盆地雅克拉断凸下侏罗统沉积特征

金燕林¹, 秦飞², 姚田万³

(1.中国石化西北油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2.中国石化西北油田分公司 工程技术研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3.中国石化西北油田分公司 雅克拉采气厂, 新疆 巴音郭楞 842017)

摘要:塔里木盆地雅克拉断凸下侏罗统形成于断凸沉降期,不同时期的区域构造活动对沉积的控制作用有所差异,从而表现出不同的沉积特征。根据测井解释结果结合岩性资料,将研究区下侏罗统划分为4个砂组,分别从碎屑组分、单井相、物源及平面沉积相、纵向地层对比等方面进行典型沉积特征及差异分析。下侏罗统自下而上发育辫状河三角洲前缘、辫状河三角洲平原和浅湖3种亚相,共有3类不同母岩性质的物源体系,且不同沉积时期物源供给方式和供给量差异显著;3和4砂组沉积时期为三角洲前缘河道砂沉积,且3类物源供给丰富,平面沉积相展布呈现以沙参2和沙4井区为代表的哑铃形,与有效储层厚度分布形态相符;2砂组沉积时期过渡为三角洲平原沼泽环境,物源供给来源减少,其规模明显减小;1砂组沉积时期经历了由沼泽相到浅湖相的过渡,物源供给几乎中断。研究区各微相沉积特征显著,广泛发育物性较好的水下分流河道微相,其发育区是有利储集区。

关键词:下侏罗统 沉积相 沉积特征 有利区带 雅克拉断凸

中图分类号: TE112.23

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2013)03-0037-04

沉积特征不仅是储层表征与认识的核心内容,也是影响油气田开发的重要因素^[1-2]。雅克拉断凸呈东窄西宽的长条形展布^[3],其南接轮台断裂,北临库车坳陷,西、南分别与沙西凸起、哈拉哈塘凹陷、阿克库勒凸起及草湖凹陷相邻。雅克拉断凸是塔里木盆地北部的三级构造单元,经历了加里东及海西晚期连续强烈的构造运动,燕山期构造抬升导致断凸下降期沉积的中侏罗统被大幅剥蚀。下侏罗统顶面构造呈哑铃形,分别在沙参2和沙4井区形成2个次级构造圈闭,为油气聚集提供了有利条件。前人对于主力储层——白垩系的研究已较为成熟^[4],下侏罗统作为新的油气接替区,对其相关研究较少。为进一步落实研究区目的层沉积特征并寻找有利的油气储集区,笔者从碎屑组分、单井相、物源及平面沉积相、纵向地层对比等方面进行了具体分析,以期寻找有利区带提供参考。

1 断凸形成及对沉积的控制作用

1.1 断凸的形成及特征

塔里木运动后研究区寒武系—奥陶系从南向北表现为明显上超变薄的特征,加里东及海西晚期

连续强烈的构造运动导致整个塔北区域性抬升,加上轮台、亚南断裂活动的影响使断凸剧烈抬升,导致早期地层尤其是在北部地区遭受强烈剥蚀,研究区进入前陆盆地发展新时期;印支早期,研究区仍保持隆起状态,表现为对晚海西期构造的继承和叠加;印支晚期—燕山期,断凸下降接受上三叠统一下侏罗统沉积,此后由于构造抬升导致中侏罗统一下白垩统缺失;燕山晚期,断凸开始稳定下沉,接受巨厚的白垩系—新近系碎屑岩沉积,此时持续的挤压应力使断凸形成低幅挤压背斜和逆冲断块,塔北地区整体向北倾斜,改变了早期的隆坳结构,形成雅克拉断凸现今南高北低、新生界南薄北厚的沉积构造格局(图1)。

1.2 断凸对沉积的控制作用

早期强烈的构造活动及轮台、亚南断裂的频繁活动导致雅克拉断凸的形成,并引起地层岩石破碎,产生大量碎屑物。断凸形成过程中产生的具有构造转换与调节作用的边界断层不仅决定了地层样式,还可作为物源供给及配置的控制枢纽^[5]。雅克拉断凸下侏罗统后期持续的构造活动与挤压应力使前期断裂进一步加深,不同应力区物源类型、供给量及储层厚度均有差异。

收稿日期:2013-03-01。

作者简介:金燕林,女,助理工程师,硕士,从事油藏描述工作。联系电话:18699661984,E-mail:2001jinyan@163.com。

基金项目:中国石化先导项目“雅克拉侏罗系气藏开发前期评价与概念设计”(YC2009-109)。

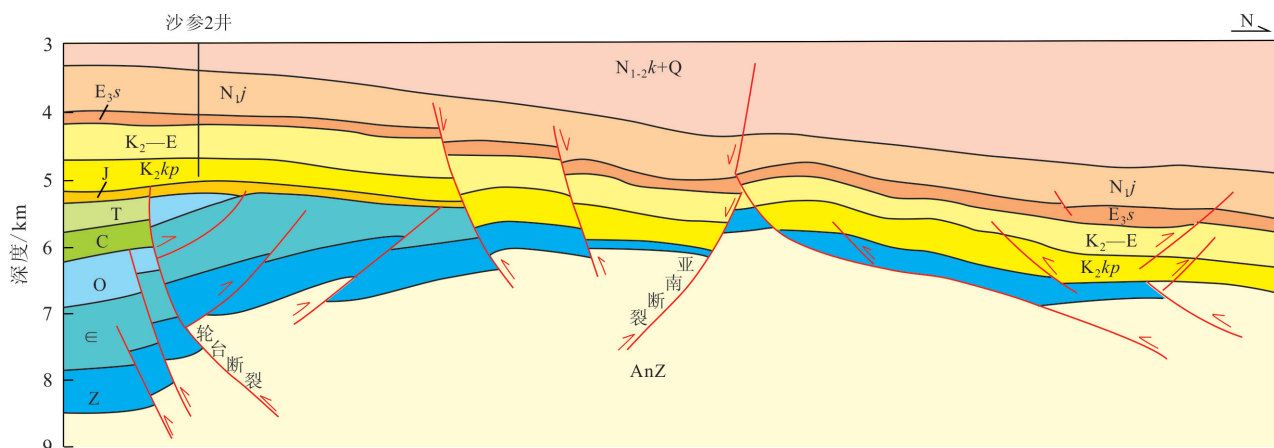


图1 雅克拉断凸南北向构造剖面

1.2.1 物源分析

储层岩石类型在一定程度上直接影响着成岩作用的程度和演化方向,并决定着储层的孔隙演化和孔隙结构,物源来源指数(岩石组成长石含量与岩屑含量的比值)及矿物成熟度可反映母岩性质与物源区远近。雅克拉断凸频繁的隆升与下沉为正处于断凸沉降期的下侏罗统提供了广泛的物源,其岩性主要为砾岩、粗砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥岩,其次为泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及少量煤岩。针对不同时期和区块物源区母岩性质、物源远近、水动力条件及岩石成分、结构、构造等存在的差异,提出了利用碎屑组分分析法,研究物源性质及其来源^[6-8]。

通过薄片鉴定资料分析得出,沙6井区为岩屑砂岩,具有分选性和磨圆度较差、近源堆积的特征。雅开11井区为岩屑石英砂岩,其余各井均为长石石英砂岩,石英含量为58%~92%,平均为74.6%,主要来自花岗岩母岩彻底风化的产物,具有较高的成分成熟度和结构成熟度,形成于河流或湖泊环境且从物源区经过了较长时间的搬运而沉积下来。

从雅克拉断凸侏罗系物源来源指数及矿物成熟度(图2)可看出,沙6井区的2项指标值均较低,雅开11井区次之,其余各井均值较高,尤其体现在

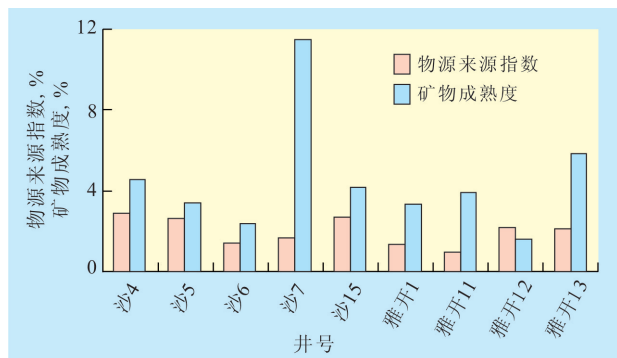


图2 雅克拉断凸侏罗系物源来源指数及矿物成熟度

矿物成熟度方面。结合上述碎屑含量分析即可得出以沙6井区、雅开11井区及其余各井为代表的3类物源体系,且在物源母岩组分、源区距离及母岩分选性和磨圆度改造程度上有明显差异。

1.2.2 储层有效厚度分析

雅克拉断凸构造活动的差异在储层有效厚度分布上也有所表现,尤其在沙参2和沙4井区构造活动强烈,边界断层起到了较好的封堵作用,使之形成了2个次级构造圈闭。利用钻井、测井资料分析计算各井储层的有效厚度,结果表明,沉积较厚的区域主要集中在雅4、雅开1和沙4井区,总体上呈哑铃形,与构造形态相符合。

2 沉积特征

雅克拉断凸的形成是多期复杂构造活动的继承和叠加^[9],频繁的构造活动不仅对物源来源造成决定性影响,还控制了沉积环境的变化及沉积物的充填^[10-16]。早侏罗世轮台、亚南断裂活动强度的差异导致在不同砂组沉积时期沉积环境、沉积相特征及展布均有相应的变化。中生代以陆相沉积为主,岩性、岩相变化更加频繁。早侏罗世是研究区气候最为潮湿的时期,植物繁茂,沼泽发育,断凸接受的沉积范围略大于晚三叠世,属于河控三角洲—沼泽—浅湖相沉积,主要微相类型有水下分流河道、水下分流间湾、分流沼泽、浅湖泥及浅湖砂坝。

2.1 单井相沉积特征

单井相分析是剖面对比分析及平面相分析的基础,随着雅克拉凝析气田正式投入开发,钻遇侏罗系的单井已达20口,选取其中4口井对侏罗系进行单井相分析,根据岩心、薄片、沉积旋回、测井响应特征等资料,确定出单井的沉积相类型^[17]。研究区下侏罗统厚度为26~48.5 m,平均为32.9 m;其中

砂体厚度为8~18.5 m,平均为12.4 m;根据测井解释结果结合岩性资料将其划分为4个砂组(图3)。

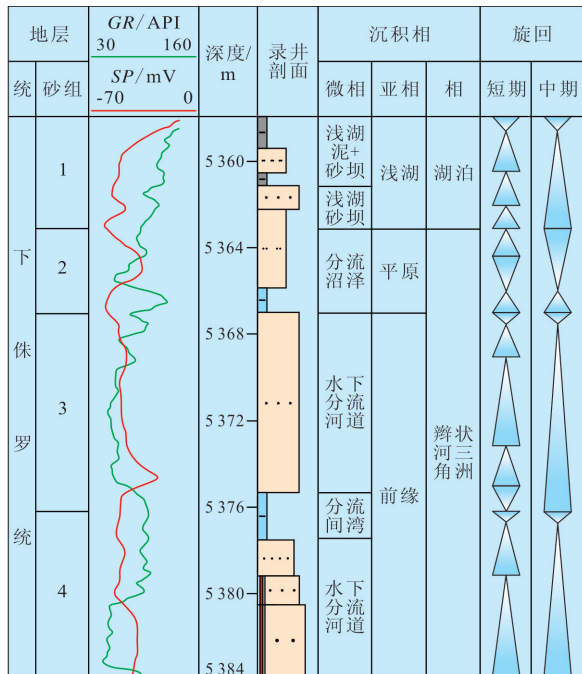


图3 雅开13井下侏罗系单井相分析

岩性特征 下侏罗统为下粗上细的砂质岩夹泥岩的沉积旋回(图3)。分析岩性特征发现:1砂组以暗色泥岩为主,次为粉砂质泥岩、粉砂岩及极少量细砂岩,是浅湖亚相的典型代表;2砂组以泥岩为主,粉砂岩、细一中砂岩含量有所增加且有薄层煤出现,是三角洲平原亚相分流沼泽微相的典型代表;3砂组以厚层中一粗砂岩、含砾砂岩为主,次为少量粉砂岩、泥岩;4砂组以细一粗砂岩、含砾粗砂岩为主,次为少量泥岩。3和4砂组的岩性构成则体现了较典型的河道充填沉积特征。

电性特征 1砂组以浅湖泥及浅湖砂坝微相为主,2砂组以分流沼泽微相为主,测井曲线表现为中一低幅钟形、漏斗形及指形、直线形,部分可见组合叠加;齿线较为光滑、平直,部分微齿化,底部呈线性渐变接触,表明是水流能量较弱且物源供应较少或沉积物间歇沉积。3和4砂组主要发育水下分流河道及间湾微相,其中水下分流河道SP和GR曲线以较厚的中一高幅箱形、漏斗形及二者组合为主;齿线较为光滑、平直,底部呈突变接触,反映为沉积过程中物源供应丰富、水动力条件稳定下的快速堆积,或环境稳定的沉积;水下分流间湾表现为中一低幅微齿化直线形,表明物源供应较少。

沉积构造及岩石结构特征 取心段岩心薄片资料显示,水下分流河道砂体中侧积交错层理、大中型前积交错层理极其发育,还可见水平层理、平

行层理及底部冲刷构造。岩石中泥质杂基含量极少,颗粒支撑,砂体由多个向上变细的砂岩透镜体相互叠置而成。雅开13井岩心中发现黄铁矿,说明侏罗纪的沉积环境为还原环境。沙4井河道砂体薄片资料显示砂岩分选性和磨圆度较差,体现了研究区在3砂组沉积时期沉积物近源堆积的特征。

单井沉积响应特征表明,3和4砂组沉积时期构造活动频繁,物源供给丰富且水体能量较强;2砂组沉积时期受较小挤压力作用,雅克拉断凸略有抬升且沉降速率下降,主要是早期沉积物的再次沉积;1砂组沉积时期构造活动加强、断裂延伸较远,沉积区横向、纵向发育规模明显增加,沉积了大量炭质泥岩及部分粉砂岩。

2.2 沉积相展布特征

2.2.1 沉积相平面展布

不同砂组沉积时期的沉积相平面展布特征有所差异。4砂组沉积时期构造活动频繁使断凸稳定下沉,控盆断层广泛发育,形成较大规模沉降中心,使该时期成为下侏罗统有效储层发育的鼎盛期。4砂组岩屑、矿物成熟度分析结果表明,该时期主要有3大物源体系:以沙82—沙7物源体系为主,其水下分流河道广泛发育,成为研究区的沉积主体。构造及储层厚度分析表明,沿南西—北东方向沉积地形逐渐变缓,沉积物在长距离搬运过程中沿途卸载,到达沙7井附近矿物成熟度达到最高,由此沉积了物性较好的河道砂体,成分以长石、石英砂岩为主;其次在北东—南西向的雅开11(沙4)井区物源供给下也形成了较小规模的河道砂体,属近源堆积、物性较差,其组成以岩屑长石、岩屑石英砂岩为主;此外,正北方向的沙6井区亦可见规模相似的河道砂体沉积,组成以岩屑砂岩为主(图4)。3砂组的沉积特征与4砂组极为相似,发育的微相类型、物源供给与沉积物配置、水下分流河道砂体发育规模等都大致相同,表现为典型的继承性沉积。不同的是

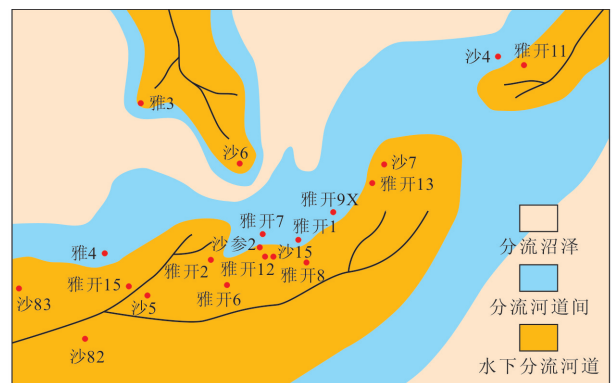


图4 雅克拉断凸下侏罗统4砂组沉积微相

此时沉积水体有所加深,处于拗陷加深、持续沉积阶段。总体而言,3和4砂组沉积时期储层规模较大,物性较好,沉积相平面展布形态也显示沙参2和沙4井区是较典型的储集中心。2砂组沉积时期受较小挤压力的影响,雅克拉断凸略有抬升且沉降速率下降,研究区过渡为三角洲平原沼泽环境,主要是早期沉积物的再次沉积,与前期相比沉积特征表现出明显的差异。物源供给急剧减少,仅在雅3和雅4井一带及雅开1井附近发育了较小规模的辫状河道砂体,其余均为分流沼泽微相,表明该时期水体变浅,主要为细粒碎屑沉积,储层发育规模明显变小。到1砂组沉积时期构造活动加强、断裂延伸较远,沉积区横向、纵向发育规模明显增加,研究区由沼泽相过渡到浅湖相,物源供给几乎中断,水动力条件稳定,主要为浅湖泥及少量浅湖砂坝。

2.2.2 纵向地层对比

选取3条沿3大物源方向的剖面进行小层对比

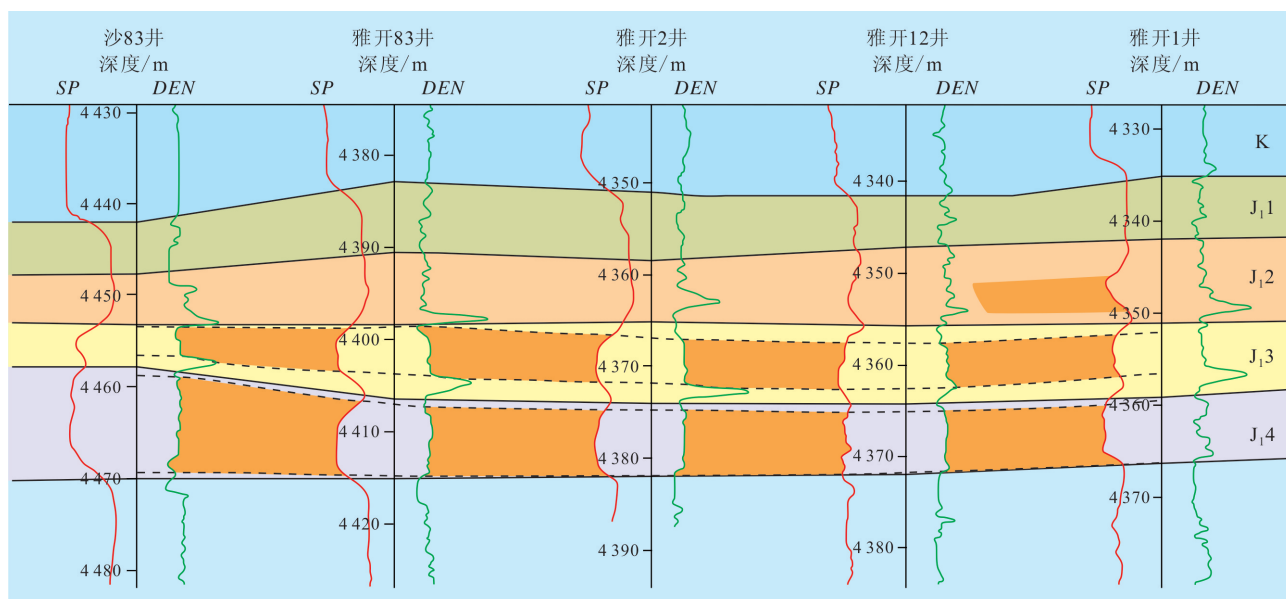


图5 沙83井—雅开1井下侏罗统地层对比

3 结论

塔里木盆地雅克拉断凸构造对下侏罗统沉积控制作用明显,研究区3大物源母岩性质及来源方向均有所不同,分别为以沙6井区、雅开11井区为代表的碎屑含量较高的近源母岩及以其他各井为代表的物性较好的母岩,且在各砂组自下而上沉积过程中,3类物源在来源及供给量上表现出明显减少的特征。

由于物源本身的不同及供给量的差异,雅克拉断凸下侏罗统不同砂组沉积时期微相类型发生了

明显的变化:3和4砂组沉积时期水下分流河道微相连片发育、储层物性较好,平面沉积相展布呈现以沙参2和沙4井区为代表的哑铃形;2砂组发育少量的辫状河道砂体;1砂组为以泥岩为主的浅湖泥及浅湖砂坝微相。3和4砂组沉积时期水下分流河道是研究区广泛发育且物性较好的微相,是有利储集相带。

分析。沙83井—雅开1井小层对比显示:纵向上均体现为2套砂体,分别集中在3和4砂组,较为特殊的是雅开1井存在3套砂岩层,其中2砂组沉积时期的河道砂体独立存在(图5);平面上3和4砂组沉积时期厚层砂体大量发育,水下分流河道微相连片发育且连续性好。雅开11井—沙4井小层对比显示:纵向上雅开11井分别在3和4砂组发育2套砂体,沙4井仅在3砂组发育了1套砂体;平面上4砂组沉积时期河道砂体沿雅开11井—沙4井方向逐渐尖灭,3砂组沉积时期水下分流河道微相连片发育且连续性好。雅3井—沙6井小层对比显示:纵向上沙6井分别在3和4砂组沉积时期发育河道砂体,雅3井则存在3套砂体;平面上3和4砂组沉积时期水下分流河道微相连片发育且连续性好,雅3井在2砂组沉积时期的河道砂体则独立存在。全区1砂组以泥岩及粉砂岩为主,为浅湖相,综合对比分析结果与平面沉积微相匹配较好。

明显的变化:3和4砂组沉积时期水下分流河道微相连片发育、储层物性较好,平面沉积相展布呈现以沙参2和沙4井区为代表的哑铃形;2砂组发育少量的辫状河道砂体;1砂组为以泥岩为主的浅湖泥及浅湖砂坝微相。3和4砂组沉积时期水下分流河道是研究区广泛发育且物性较好的微相,是有利储集相带。

参考文献:

- [1] 才巨宏.乐安油田草4块沙三段—沙二段储层沉积特征与非均质性研究[J].油气地质与采收率,2011,18(3):24-28.