

库车坳陷上三叠统的浊流沉积及石油地质意义

李文厚¹ 周立发¹ 符俊辉¹ 赵文智² 薛良清² 靳久强²

¹ (西北大学地质系, 陕西 西安 710069)

² (石油勘探开发科学研究所, 北京 100083)

提 要 库车坳陷中部上三叠统发育了一套的典型的浊积岩系,既有代表浊流沉积特征的多种底痕构造,又有特征的鲍玛序列,浊流沉积通过坳陷东北部的辫状河三角洲前缘陡坡带进入盆地中心,由于晚三叠世处在稳定的坳陷沉降阶段,加之湖盆底部地形平缓,因而浊积岩系相对较薄,仅发育 D 相一个浊积岩相,显然这是一种典型的远源浊积岩。与浊积岩共生的深湖相烃源岩和辫状河三角洲相储集层及盖层十分发育,从而证实本区中生界有着良好的油气勘探远景。

关键词 库车坳陷 上三叠统 浊流沉积 鲍玛序列 生储盖组合

分类号 P 512.2/P 618.13

第一作者简介 李文厚 男 48岁 副教授 沉积学及岩相古地理学

库车坳陷位于塔里木盆地北部,呈东西向展布,北邻南天山褶皱带,南至新和轮台隆起,东界库鲁克塔格隆起,西止阿克苏隆起,东西长 410 km,南北宽 30~80 km,面积约 $1.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。二叠纪末期,塔里木周围的天山海槽、昆仑海槽关闭回返,褶皱形成山系。夹持于两山系之间的塔里木地块在南北向的挤压应力场控制之下急剧抬升,海水由东向西逐渐退出^[1]。从三叠纪开始,塔里木盆地进入了内陆盆地发展的新时期。库车坳陷呈北缘陡峭、南部平缓的箕状,其内沉积了一套厚度较大的碎屑湖泊沉积体^[2]。其中,库车河一带上三叠统塔里奇克组发育 300 余米的深湖相沉积,岩性主要为灰黑色页岩夹深灰色薄层状泥灰岩、灰绿色薄—中层状粉砂岩和细砂岩。1994 年笔者在野外工作中,发现粉砂岩和细砂岩具典型的鲍玛序列,底部槽模、沟模等构造十分发育,从而确定这套地层为浊积岩系。

1 沉积特征

1.1 岩石学特征

页岩为灰黑色,生物化石罕见,但水平虫迹及网格虫迹(图版 1)却非常常见。其中网格虫迹与吴贤涛在河南济源中生代深湖相地层中发现的古网穴相似属和始古网穴十分相似^[3]。泥灰岩为深灰色,大都呈薄层状产生,叠锥构造十分普遍。

砂岩类型为长石岩屑砂岩和岩屑砂岩,其中石

英占碎屑的 35%~45%,主要为单晶石英;长石 9%~15%,主要为酸性斜长石和正长石;岩屑 39%~55%,主要为泥岩和流纹岩岩屑,次为变质岩、凝灰岩和玄武岩岩屑。碎屑颗粒磨圆度差,棱角一次棱角状,分选较好,标准偏差在 0.535~0.698 之间。砂岩的颗粒比较细,粒度中值平均为 1.1 mm,主要为细砂岩和粉砂岩。填隙物主要由方解石、绿泥石和高岭石组成,孔隙式胶结,颗粒支撑结构。

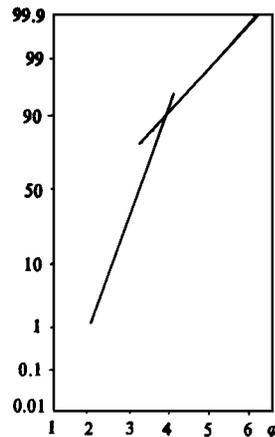


图 1 库车河上三叠统浊积岩粒度概率图

Fig. 1 Probability cumulative curves of turbidite of the Upper Triassic of the Kuqa river

1.2 粒度概率图及 C-M 图

本区的粒度分析样品选择在鲍玛序列 B 段,即具平行层理的细砂岩。按照 WALKER(1979)的研

究, B段为上流动体制的牵引流沉积。因此, 与一般的浊流沉积相比, 其概率累积曲线特征略有变化, 其中跳跃总体明显增加, 大多在 5% ~ 9% 之间 (图 1)。同时也表明, 在沉积物的搬运过程中, 随着较粗颗粒的卸载, 流体的密度和悬浮物的沉降速度降低, 水流的牵引沉积作用增加。在 C-M 图上, 样品的点群平行于 C-M 基线分布 (图 2), 即以悬浮载荷为主, 反映为重力流沉积。随着水流强度的减弱, C-M 值系统地减少, 反映了递变悬浮的特点^[4]。

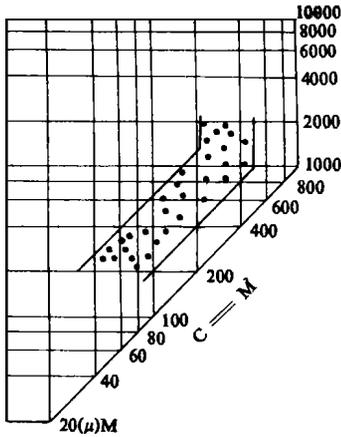


图 2 库车河上三叠统浊积岩的 C-M 图

Fig. 2 C-M diagram of turbidite of the Upper Triassic of the Kuqa river

1.3 沉积构造

库车河剖面上三叠统浊积岩的沉积构造比较丰富, 主要发育平行层理、沙纹交错层理、水平层理、包卷层理、槽模 (图版 5)、沟模 (图版 2, 3)、锥模 (图版 6)、刷模及重荷模 (图版 4) 等。其中槽模为区内最主要的一种冲刷痕, 是在灰绿色细砂岩或粉砂岩底面上沿一定方向排列的, 一端呈圆滑状突起的槽痕印模。其中舌形和圆锥形的圆滑状突起最为常见。槽模作为确定古水流方向的重要依据, 其长轴平行水流方向, 突起一端指向上游。沟模是砂质或粉砂质岩层底面上一些稍微突起的直线形的平行脊状构造。由于它是水流拖曳某些物体经过泥质岩层面形成的刻蚀痕又被砂质或粉砂质充填而成, 所以本区的沟模都具有连续延伸又远又直和外形清楚的特点。沟模可以用来确定水流路线, 结合槽模等构造可进一步确定水流方向。锥模为砂质或粉砂质岩层底面上呈扁长的半圆锥形的短小脊状体。其成因是刻蚀物体以较大角度撞击泥质底床, 留下的凹坑被水流携

带的砂质或粉砂质充填而成。锥模的上游端低而尖, 下游端陡而宽。刷模是物体以很低的角度擦过沉积物表面留下的凹坑而在细砂岩或粉砂岩底面上形成的刷痕印模, 在本区出现较少。

1.4 浊积相类型及垂向层序

本区广泛发育鲍玛序列的 B 段、C 段、D 段和 E 段。其中 B 段为下部平行层理段, 岩性为灰绿色长石岩屑细砂岩或岩屑细砂岩, 具明显的平行层理, 一般厚 3~12 cm, 底面可见槽模或沟模等底痕构造。C 段为沙纹层理段, 岩性为灰绿色岩屑粉砂岩, 发育沙纹交错层理、波状层理, 有时发育包卷层理, 一般厚 1~5 cm, 在缺少 B 段的情况下底面也可见槽模或沟模构造。D 段为上部平行纹层段, 岩性为深灰色粉砂质页岩, 水平层理发育, 厚度一般在 1~2 cm 之间, 岩层内常见遗迹化石。E 段为深湖相灰黑色页岩。

根据浊积岩的结构、构造、鲍玛序列、砂泥比和厚度, 参照国外学者 (Mutti *et al.*, 1972, 1985, 1987; Pickering *et al.*, 1986) 的划分方案, 发现库车河剖面上三叠统仅发育 D 相一个浊积岩相。D 相可以用鲍玛序列来描述, 但通常缺失 A 段, 有时也缺失 B 段, 因而是切蚀了底部的 BCDE 或 CDE 型的层序 (图 3)。其中 BCDE 型层序砂岩层厚 3~20 cm, 侧向延伸稳定, 砂岩与页岩的比率大约为 1:1 (图版 7), 而 CDE 型层序砂岩层厚 1~3 cm, 侧向延伸很远, 砂岩与页岩的比率近于 1:1 或略小 (图版 8)。一般认为, D 相是一种典型的远源浊积岩。

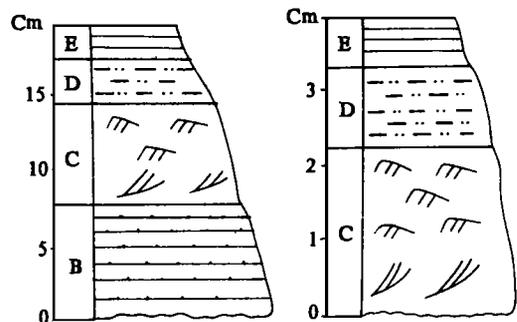


图 3 库车河上三叠统浊积岩相 D 相的二种层序

Fig. 3 Two sequences of D turbidite facies of the Upper Triassic of the Kuqa river

1.5 古流向

根据槽模方向和沟模走向测出的古流方向平均为 221° , 根据鲍玛序列 C 段的沙纹交错层理测出的古水流方向平均为 225° (图 4), 几个不同观察点测定的古水流资料也极为一致, 表明本区晚三叠世时浊流物源来自北东方向。前已述及, 库车坳陷为天山隆起时形成的一北断南超的呈东西向展布的盆地, 根据所测的古流方向, 我们推测, 物源来自天山隆起, 当其进入盆地后, 才顺着斜坡向南东方向流动

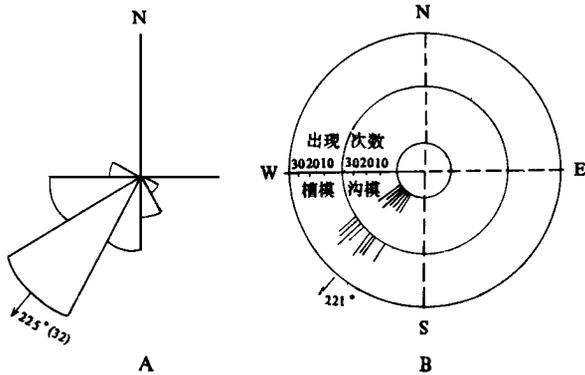


图 4 库车河上三叠统浊流沉积古水流图

A. 沙纹交错层古流玫瑰图 B. 槽模方向与沟模走向图

Fig. 4 Paleocurrents of turbidity deposits of the Upper Triassic of the Kuqa river

2 成因及相模式

早二叠世末的海西运动是本区最为强烈的一次构造运动, 由此结束了塔里木和南天山地区的海侵历史。晚二叠世—早三叠世, 由于南天山向南的冲断隆升, 在其南缘的库车—拜城一线发育一条狭长的前陆盆地, 在这个盆地内堆积了上二叠统比尤勒包谷孜群和下三叠统俄霍布拉克群的磨拉石沉积组合。进入中晚三叠世, 南天山向南的冲断隆升趋于停止, 经过晚二叠世到早三叠世的削高填低作用, 库车坳陷由早期的前陆盆地转变为坳陷型盆地, 从而造成了中上三叠统呈现向北超覆沉积的特点, 并沉积了一套巨厚的河流—湖泊相地层, 平面上自北而南展布有辫状河相、辫状河三角洲相和湖泊相。由于湖盆边缘地形突然变陡, 作用于流体的顺斜坡向下的重力导致了湍流运动^[5]。在湍流的支撑下, 加之与上覆水体之间出现的明显密度差, 碎屑沉积物以很高的密度呈悬浮状态继续向盆地内部搬运, 并通过盆地东北部的辫状河三角洲前缘陡坡带进入盆地中心。由于盆地底部地形平缓而使湍流强度迅速减弱,

以致浊流体系均衡状态被破坏, 使沉积物颗粒之间形成相互促使沉降的沉积机制^[6]。当沉积物由悬浮负荷转变成底负荷时形成鲍玛序列 A 段; 随速度降低在牵引沉积作用下形成 B C 段; 最后, 直接的悬浮沉积作用形成 D E 段^[7]。这样, 随着辫状河三角洲的不断进积, 在其前缘一带即形成了连续发育的浊积岩系 (图 5)。本区由于靠近湖盆的中心地带, 距源区相对较远, 因此缺乏鲍玛序列 A 段, 在季节性洪水的作用下, 强度较大的浊流对底床冲刷、侵蚀, 因而不论在鲍玛的序列的 B 段底部, 还是在 C 段底部, 都十分发育槽模和沟模等底痕构造。由于库车盆地此时已进入稳定的坳陷沉降阶段, 因而这里的浊积岩系相对较薄, 同时也没有其他沉积类型加入。

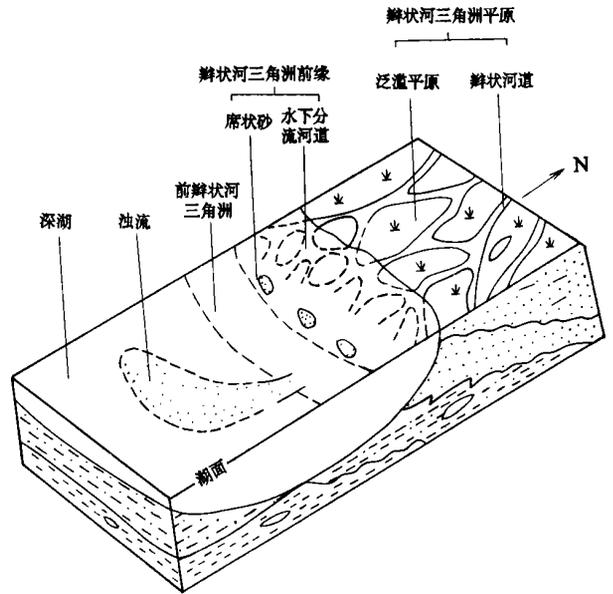


图 5 库车坳陷浊流沉积模式图 (据李维峰等修改, 1995)

Fig. 5 Model for turbidity current deposits of the Kuqa depression

3 石油地质意义

湖相浊流沉积与油气的形成和储集有密切的关系, 这在我国中生代陆相盆地中已得到证实。作为储集层的浊积岩由于伸入深湖腹地, 可与烃源岩直接接触, 并充分吸取烃源岩提供的油气, 加之有泥岩作盖层, 因此常具有良好的生、储、盖组合。

库车坳陷三叠系暗色泥、页岩厚度为 200~600 m, 特别是深湖相暗色页岩十分发育, 露头样品中的有机碳含量在 0.42%~1.00% 之间, 最高 1.84%; 某些碳质页岩有机碳含量高达 5.19%~12.22%;

氯仿沥青“ A”含量为 0.01%~0.03%,最大 0.056%;总烃含量为 $60\sim 100\times 10^{-6}$,最大 504×10^{-6} ;生烃潜量为 0.3~1.0 mg 烃/g 岩石,最大 4 mg 烃/g 岩石;镜煤反射率 R_o 在 0.5%~0.8%之间,已达到初成熟—成熟阶段,能够生成足够的油气。加上侏罗系湖相暗色泥岩及煤系烃源岩发育,本区完全可以形成工业性油气藏。

由于浊积岩伸入到烃源岩丰富的深湖相暗色泥岩中,因此它就具有得天独厚的储油条件。但是,本区的浊积砂岩岩性细,单层厚度薄,难以形成规模较大的储集体。而与浊积岩共生的深湖相页岩的上下层位辫状河三角洲广泛发育,其中辫状河三角洲前缘水下分流河道砂体厚度大,一般为 10~40 m,个别厚者达百米以上。沉积物以中粗砂和含砾粗砂为主,泥质杂基含量较少,原生孔隙和溶蚀孔隙十分发育。物性分析表明,孔隙度平均为 12.74%~15.28%,渗透率一般在 $2.98\times 10^{-3}\mu\text{m}^2\sim 98.86\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间。显然,在构造等因素的配合下,它们能够成为良好的油气储集体。

库车坳陷中新生界区域上有多套良好的盖层分

布,特别是上侏罗统齐古组、下白垩统卡普沙良群及下第三系吉迪克组是分布广泛、厚度巨大、封盖性能良好的区域性盖层。它们对区域上油气的成熟演化作用不可低估,并很可能使本区印支—喜山期形成的油气得以完好地保存。

参 考 文 献

- [1] 顾家裕.沉积相与油气.北京:石油工业出版社,1994.
- [2] 李维锋,高振中,彭德堂等.库车坳陷早三叠世三角洲相及伴生沉积.石油与天然气地质,1995,16(3): 216~221.
- [3] 吴贤涛.痕迹学入门.北京:煤炭工业出版社,1986,54~69.
- [4] 何起祥,刘招君,王东坡等.湖泊浊积岩的主要特征及其地质意义.沉积学报,1984,2(4): 33~46.
- [5] 吴崇筠,李纯菊,刘国华等.断陷湖盆地中的浊积岩.见:中国石油学会石油地质委员会编.碎屑岩沉积相研究.北京:石油工业出版社,1988,1~17.
- [6] 李 祯,温显端,周慧堂等.鄂尔多斯盆地东缘中生代延长组浊流沉积的发现与意义.现代地质,1995,9(1): 99~107.
- [7] Lowe D R. Sediment gravity flows II, Depositional models with special reference to the deposit of high-density turbidity current, J. sedim. Petrol., 1986, 52(1): 279~297.

Turbidity Current Deposits and Their Significance for Petroleum Geology of Upper Triassic in the Kuqa Depression

Li Wenhou¹ Zhou Lifa¹ Fu Junhui¹ Zhao Wenzhi² Xue Liangqin² and Jin Jiuqiang²

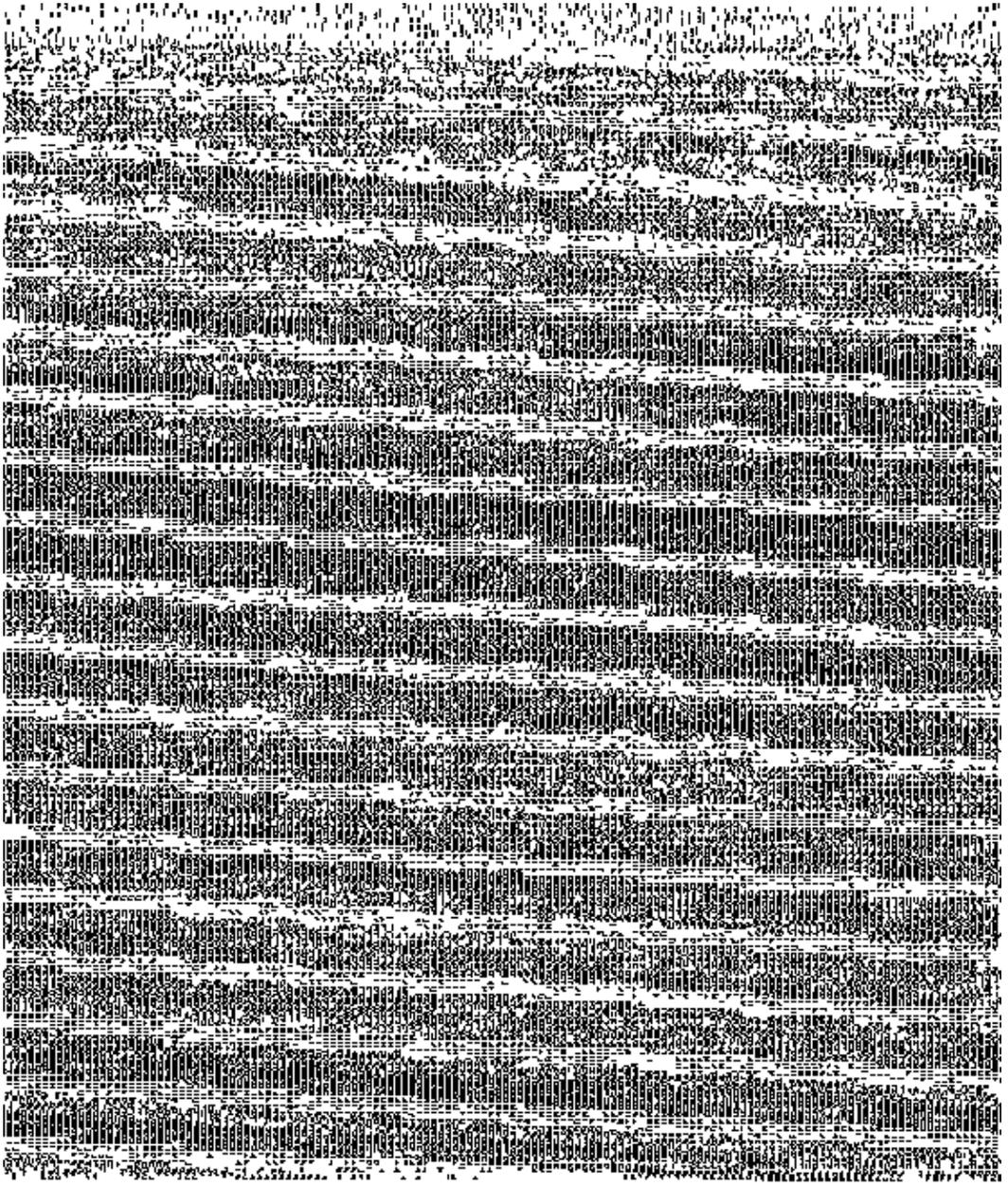
¹ (Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069)

² (Scientific Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083)

Abstract

A set of very typical turbidite sequence is developed in the middle of Kuqa depression. Among the rocks, mark structures showing turbidity features frequently occur and have characteristic Bouma sequence. Turbidity deposits passing through the scarp zone of braid delta front in the northeast Kuqa depression enter the centre of the basin. As the Late Triassic is a stable subsiding stage of the depression and the landform of lakebed is smooth, turbidite sequence is relatively thinner and only D turbidite facies is developed. Obviously it is a very typical distal turbidite. Hydrocarbon source rocks of deep lake facies and reservoirs of braid deltas and cap rocks associated with turbidite are well developed. It has been proved that Mesozoic strata have good potentials for exploration of oil and gas in this region.

Key Words kuqa depression upper triassic turbidity current deposit Bouma sequence source-reservoir-cap rock assemblage



图版说明: 1 网格虫迹,库车河上三叠统塔里奇克组. 2,3 沟模,库车河上三叠统塔里奇克组. 4 重荷模,库车河上三叠统塔里奇克组. 5 槽模,库车河上三叠统塔里奇克组. 6 锥模(A),库车河上三叠统塔里奇克组. 7 鲍玛序列 BCDE型层序,库车河上三叠统塔里奇克组. 8 鲍玛序列 CDE型层序,库车河上三叠统塔里奇克组.