

惠民凹陷临北断阶沙三中亚段砂质碎屑流沉积特征

韩作振^{1,2}, 刘凤武², 高丽华^{1,2}, 夏迪^{1,2}, 韩梅², 李昊^{1,2}

(1. 山东科技大学 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室, 山东 青岛 266590;

2. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要:利用岩心、测井资料以及重力流沉积理论,系统研究了惠民凹陷临北断阶沙三中亚段水下扇体的重力流沉积特征,前人研究认为该区沉积物为浊积岩,本文通过对研究区沙三中亚段碎屑岩岩石学特征研究,认为该区重力流沉积物为砂质碎屑流。砂质碎屑流沉积物主要为包含砂质团块的块状构造,含有泥岩撕裂屑,粒度累积概率曲线以跳跃悬浮总体居多为特征。并对该砂质碎屑流进行了沉积相的精细划分。

关键词:惠民凹陷;临北断阶;砂质碎屑流;沉积相

中图分类号: P618

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2016)02-0001-07

Sandy Debris-flow Sedimentary Characteristics of Middle-Es3 in Linbei Step-fault Zone of Huimin Depression

HAN Zuozhen^{1,2}, LIU Fengwu², GAO Lihua^{1,2}, XIA Di^{1,2}, HAN Mei², LI Hao^{1,2}

(1. Shandong University of Science and Technology, Key Laboratory of Depositional Mineralization and Sedimentary Minerals of Shandong Province, Qingdao, Shandong 266590, China; 2. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: Based on gravity flow deposit theory as well as the core and logging data, this paper studied the sedimentary characteristics of gravity flow of the underwater fans of middle-Es3 in Linbei step-fault zone of Huimin depression. Different from previous research which believed the sediments in this area to be turbidite, this research, based on the analysis of clastic rocks petrological characteristics of middle-Es3 in study area, found that the gravity flow sediments was sandy debris-flow deposits, most of which were massive structured sandy clumps with some mudstone tearing crumbs. They were predominantly jumping and suspending particles in cumulative grain size curve. The sedimentary facies of the sandy debris-flow was then divided.

Key words: Huimin depression; Linbei step-fault zone; sandy debris-flow deposits; sedimentary facies

重力流研究始于 20 世纪 50~60 年代, Kuenen、Bouma 提出浊流经典模式。1970 年底, 开始深水领域油气勘探, 并取得巨大经济效益, 引起了国内外高度关注, 极大推动了以浊流理论为核心的深水沉积理论研究。近年来, 通过鄂尔多斯盆地、松辽盆地深水沉积搬运、沉积机制和发育模式的重新认识, 对深水重力流的沉积类型及特征开展了详细研究, 提出有关陆相拗陷型盆地中大规模砂质碎屑流发育的新认识^[1-3]。惠民凹陷沙三中亚段发育一套半深湖-深湖相细粒沉积, 前人多认为浊积岩。如罗薇^[4]通过岩性、粒度、构造等特征

收稿日期: 2016-01-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41372108, 41372134); 高等学校博士学科点专项科研基金项目(20133718130001); 山东省科技发展计划项目(2013G0020403); 青岛市重点科研项目发展计划(13-4-1-2-gx); 山东科技大学矿山灾害预防控制省部共建国家重点实验室培育基地(MDPC2013KF18)

作者简介: 韩作振(1965—), 男, 河南新乡人, 教授, 博士生导师, 主要从事油气沉积与成藏方面的研究工作。

E-mail: hanzz@163.com

分析,认为惠民凹陷临 7 断块沙三中亚段的细粒沉积为浊积岩,结合单井以及连井剖面等分析认为其为浊积扇-湖泊相;回春等^[5]认为临北地区沙三中亚段发育的扇体为浊积扇体。本文在前人研究基础上,基于大量钻测井资料,通过取心井详细的岩石学和沉积学分析,根据砂质碎屑流理论,认为惠民凹陷临北断阶沙三中亚段为一套砂质碎屑流沉积,并非前人所提出的浊流沉积。走出了原来认为该区深湖相沉积一律为浊积岩的误区,对于预测深湖含油砂体的分布,探索该区盆地演化具有重要地质意义。

1 地质背景

临北断阶带位于渤海湾盆地济阳拗陷惠民凹陷中央隆起带中部,北部与滋镇洼陷相邻,南为临南洼陷。临北断阶带受临邑断层东部分支的控制,为一向北逐级抬升的大型断阶带(图 1)。该区发育的新生代地层与整个济阳拗陷地层序列基本一致,古近系自下而上包括沙河街组、东营组;沙河街组厚度大,分为沙一、沙二、沙三、沙四段。新近系包括馆陶组、明化镇组,古近系和新近系之间呈角度不整合接触^[6-9]。

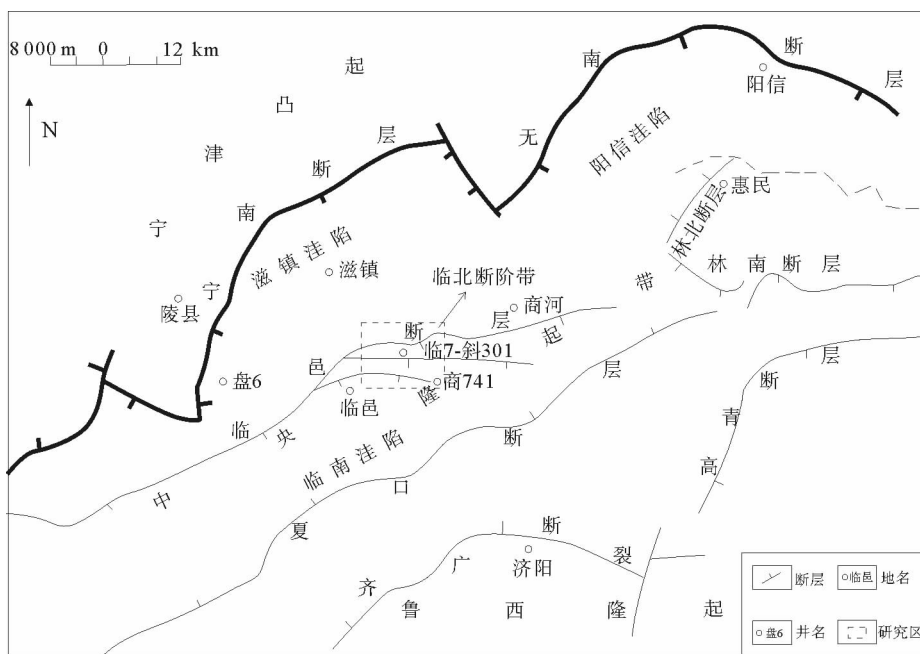


图 1 研究区位置及区域构造图

Fig. 1 Regional structure and location of the study area

2 砂质碎屑流特征

研究区砂质碎屑流沉积发育于沙三中亚段,岩性主要为粉砂岩和少量细砂岩,岩心观察识别出两种类型的砂质碎屑流沉积物:一种是含泥质较少,砂质呈条带状分布的灰白色粉砂岩、细砂岩(图 2(b));另一种是砂质中漂浮块状泥砾的灰白色粉砂岩、细砂岩。而在岩心样品中并未发现浊积岩中常见的鲍马序列,不具有浊积岩典型特征(图 2(c))。

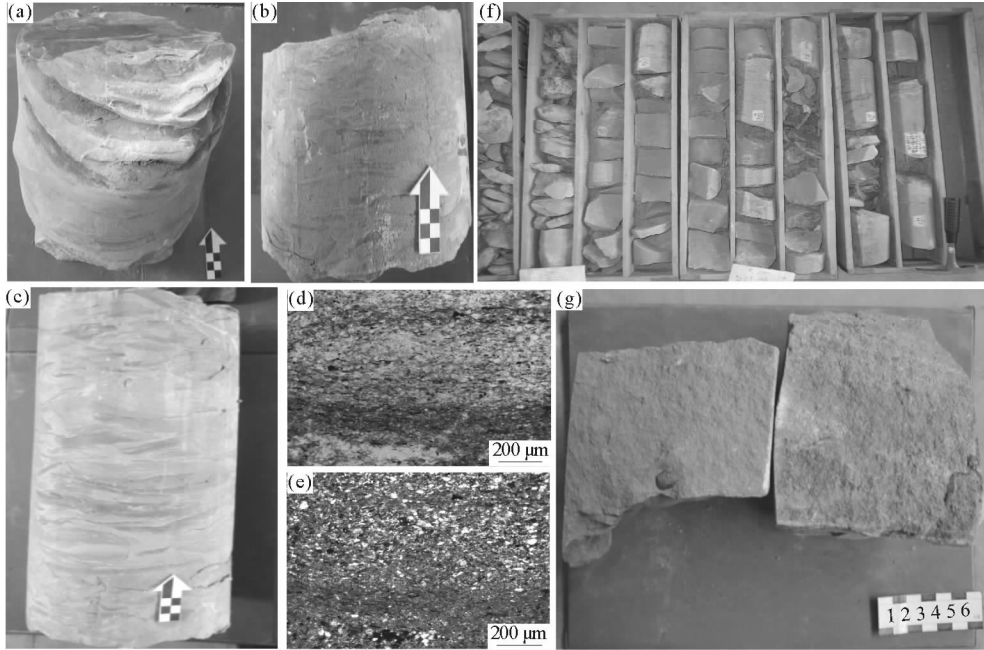
2.1 岩石学特征

2.1.1 岩性特征

通过对惠民凹陷临北断阶带 100 余钻井、测井资料分析,发现研究区沙河街组沙三中亚段岩性以粉砂岩、泥岩、灰质泥岩和油页岩为主,见少量细砂岩、中砂岩,未见粗砂岩。碎屑颗粒磨圆度较差,多为棱角状至次棱角状,分选中等到差,分选系数 1.414~2.666。石英含量 47%,长石含量 37%;钾长石与斜长石含量,均值 18%左右;岩屑含量约 16%;胶结物以铁白云石居多。

2.1.2 沉积构造特征

通过对临 7-斜 301 井沙三中亚段岩心观察(图 2),发现沙三中亚段具有典型砂质碎屑流的沉积构造特征:在块状砂岩中漂浮有不规则状泥质撕裂块和砂质团块;在块状泥质粉砂岩中漂浮有粉砂岩团块;粉砂岩中漂浮的泥砾直径约 2.1~5.8 cm,最大可达 13 cm,部分泥砾具有一定磨圆性;发育滑塌变形构造和大段块状构造。但样品中并未出现浊积岩中常见的包卷层理以及递变层理。



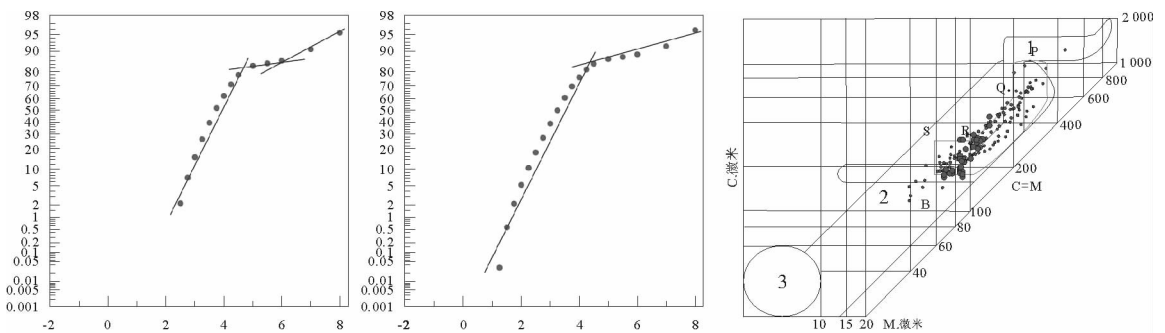
(a)滑塌变形构造,沙三中亚段;(b)、(c)块状砂岩中漂浮泥质撕裂屑,沙三中下段;
(d)、(e)岩石薄片见泥质条带以及砂质条带,沙三中亚段;(f)取心井全景,沙三中亚段;(g)块状构造,沙三中亚段

图 2 临 7-斜 301 井岩心样品沉积特征

Fig. 2 Sedimentary characteristics of the core sample of L7-X301 well

2.1.3 粒度特征

通过对临 7-斜 301 井沙三中亚段砂岩进行粒度分析,发现粒度累计概率曲线包括三段式和两段式两种类型(图 3(a)(b)),其中跳跃总体和悬浮总体较发育,斜率变化大,同时具有重力流和牵引流的特征。



(a)L7-X301井,沙三中亚段上段砂岩 (b)L7-X301井,沙三中亚段下段砂岩 (c)L7-X301井C-M图

图 3 临 7-斜 301 井粒度图

Fig. 3 Particle size chart of L7-X301 well

砂岩粒度的 C 值 170~450 μm ,平均 382.2 μm ;M 值 60~150 μm ,平均 151.1 μm 。在 C-M 图上投点大多位于 2 区,基本平行于 C-M 基线,只有个别样品落在 1 区牵引流区(图 3(c))。

因此,砂质碎屑流的粒度累积概率曲线和 C-M 图分析表明(图 3),其粒度特征具有二元性,即不仅具有重力流的粒度分布特征,而且有牵引流的粒度分布特征。究其原因,可能由于在沉积过程中经过多次横向和纵向上的迁移叠加,也是该区砂质碎屑流粒度累积概率曲线典型特征。

2.2 测井相特征

研究区沙三中亚段临 7-斜 301 井的测井曲线特征主要包括:箱型、漏斗型、指型以及平直状型,幅度中~高幅不等:

1)自然电位曲线呈中-高幅箱形。岩性为粉砂岩或细砂岩,多具油浸现象,颜色以红褐色和灰白色为主。厚度在 6 m 以上的,代表水下主水道沉积微相(图 4(a));厚度为 3~6 m,代表水下分流水道沉积微相(图 4(b))。

2)自然电位曲线呈漏斗形。岩性主要以灰白色泥质粉砂岩和泥岩为主,厚度不等,多分布于中扇外部的水道边缘,代表水道侧缘沉积微相(图 4(d))。

3)自然电位曲线呈中幅指型。岩层厚度一般小于 3 m,岩性多为粉砂岩和泥岩互层,代表席状砂沉积微相(图 4(e))。

4)自然电位曲线呈平直状。岩性为灰白色泥岩。厚度不等,主要存在于外扇和湖泊相之中,代表水道间、外扇泥、半深湖泥和深湖泥沉积微相(图 4(c)(f))。

根据岩性以及厚度特征,制作了本区测井相模版(图 4),以指导研究区沙三中亚段砂质碎屑流的沉积微相划分。

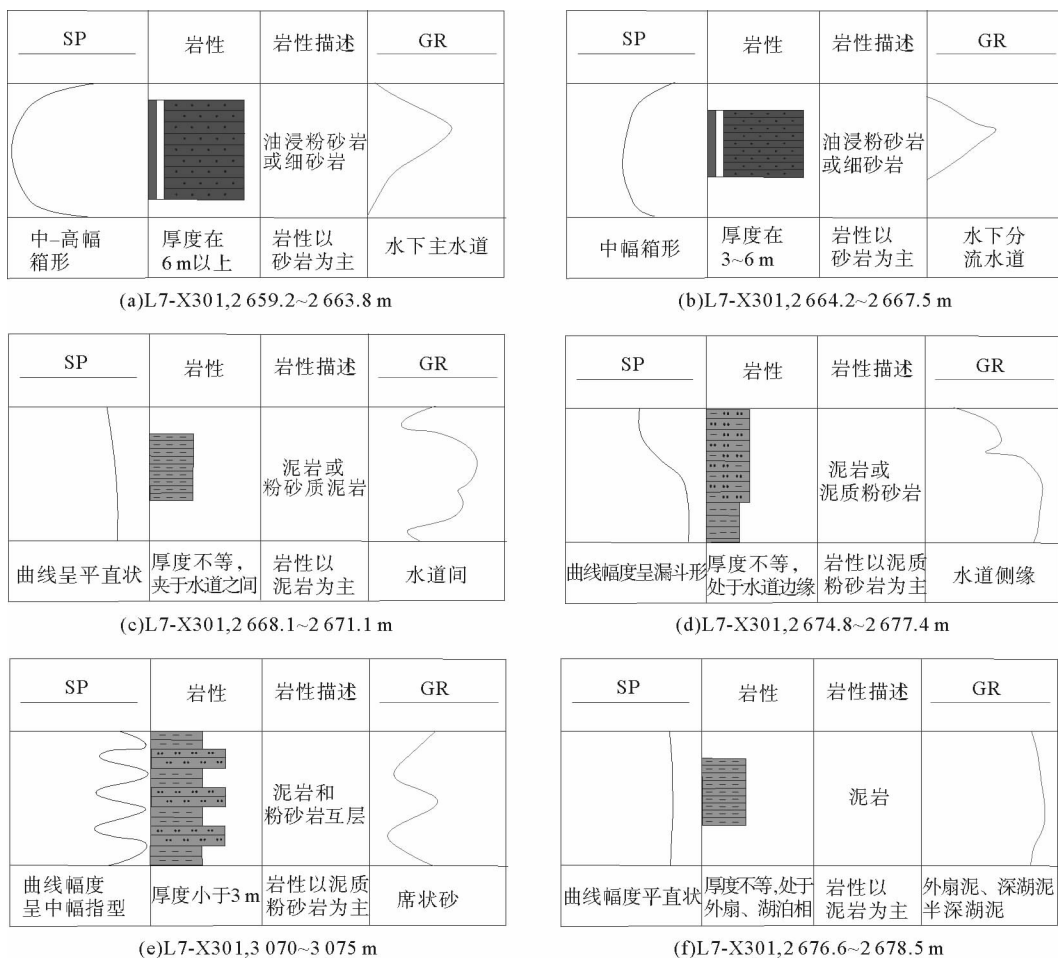


图 4 L7-X301 井测井相特征

Fig. 4 Logging facies of L7-X301 well

2.3 砂质碎屑流沉积特征

根据研究区取心井岩性、粒度、构造以及录井、测井等分析,结合构造背景,以近代沉积学理论为基础,以成因标志(如岩性、沉积构造、砂岩粒度特征、砂体形态和测井曲线组合)为线索进行沉积相分析。由于研究区沙三中亚段属于半深湖-深湖相沉积,砂岩总体以粒度较细的粉砂岩、细砂岩为主,固将该区砂质碎屑流的沉积相类型划分为远岸水下扇,发育中扇和外扇两个亚相,其中中扇亚相可进一步划分为水下主水道、水下分流水道、水道间泥、水道侧缘以及席状砂 5 种微相。

2.3.1 单井相分析

根据测井相模版,对取心井临 7-斜 301 井进行单井相分析(图 5)。研究发现,其测井曲线具有“双油夹岩”的特征,即砂质碎屑流沉积物上下层为油页岩。油页岩在测井曲线上表现为明显的“高时差、高感应、高电阻”;自然电位曲线表现为与泥岩相似的近乎直线形状。远岸水下扇发育中扇、外扇两种亚相,识别出的沉积微相较全,其中 SP 曲线主要为中-高幅箱型,岩性以细砂岩、粉砂岩和泥岩为主,部分砂岩存在油浸现象。

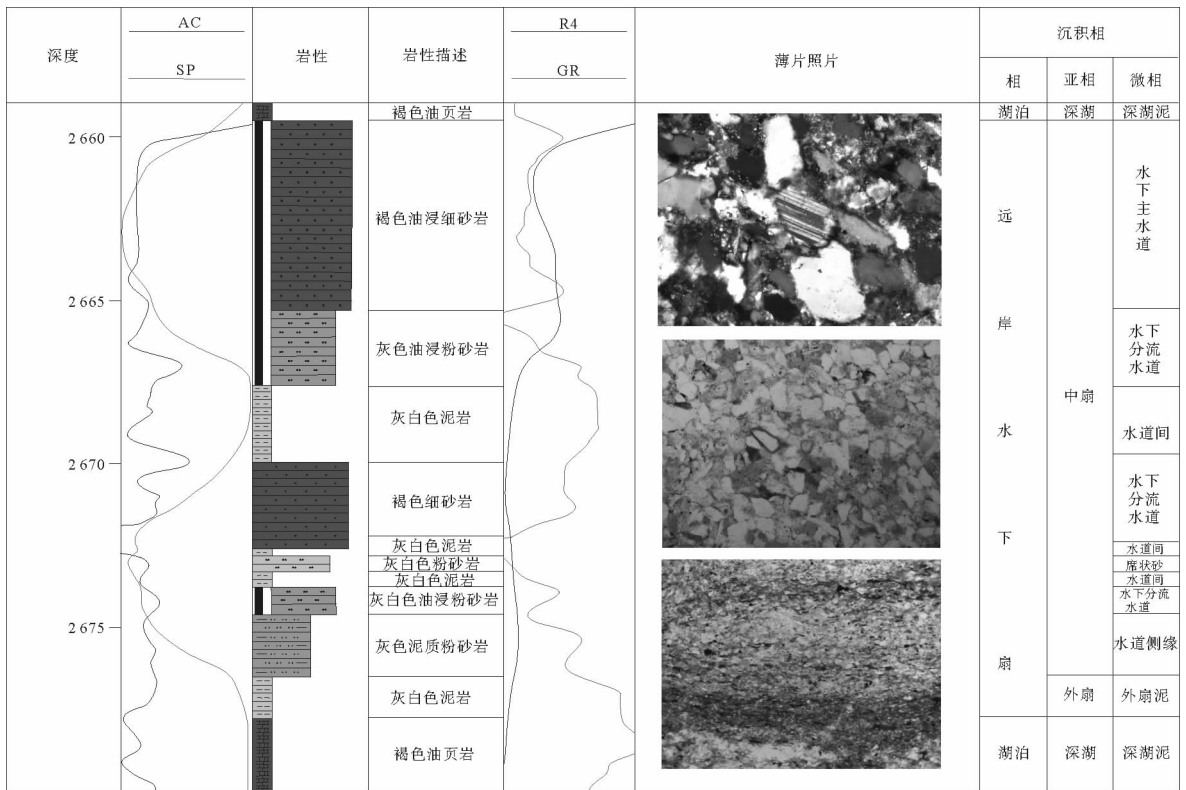


图 5 临 7-斜 301 井单井相分析图

Fig. 5 Single phase analysis graph of L7-X301 well

2.3.2 剖面相分析

①东西向剖面相分析:东西向剖面位置如图 9 中所示。该剖面中砂体多以独立砂层出现。T261 井一带为远岸水下扇中扇的水下主水道微相,为中-厚层细砂岩、粉砂岩沉积;而剖面东西两侧以薄层的水道侧缘沉积为主,东西向连通性差,砂体呈透镜体分布(图 6)。

②南北向剖面相分析:南北向剖面位置如图 9 中所示。该剖面由北至南均为连通性很好的远岸水下扇中扇的水下主水道微相,为中-厚层细砂岩、粉砂岩沉积;至剖面南部边缘水道砂体逐渐尖灭(图 7)。总体上,该剖面砂体厚度稳定,连续性好。

0 400 800 1 200 1 600 2 000 2 400 m
比例尺

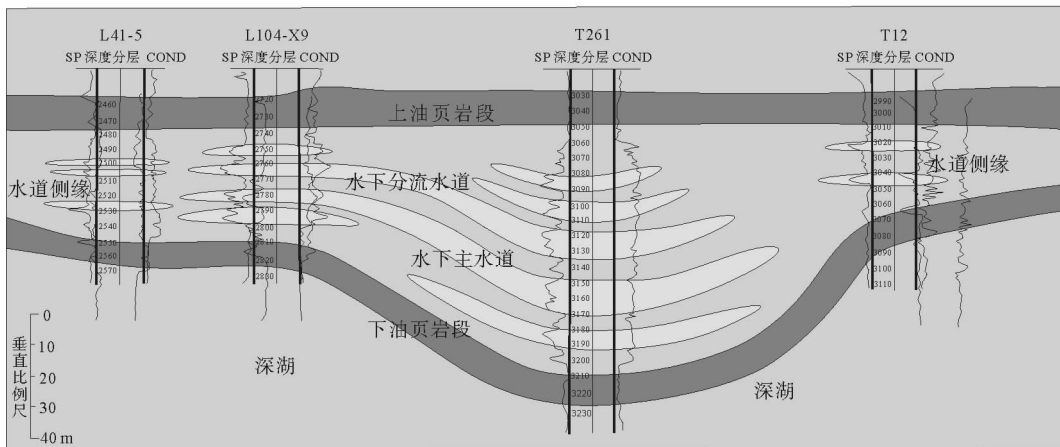


图 6 东西向沉积相剖面图

Fig. 6 Sedimentary facies of the east-west section

0 200 400 600 800 1 000 1 200 m
比例尺

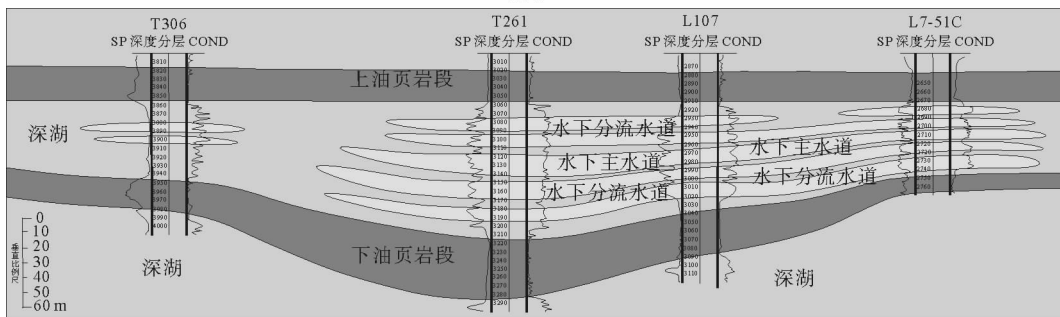


图 7 南北向沉积相剖面图

Fig. 7 Sedimentary facies of the south-north section

3 沉积相平面展布

结合沙三中亚段岩性、测井以及沉积结构、构造特征,以沙三中亚段砂厚/砂地比图(图 8)为基础,编制了沉积相平面分布图。发现研究区沙三中亚段总体为深灰色、灰黑色油页岩、泥岩沉积为主的深湖相沉积。其中,西部地区以半深湖-深湖相沉积为主;东部地区为以中厚层状粉砂岩、细砂岩为主的远岸水下扇沉积,河道自北向南逐渐分支,砂质碎屑物来自北部,砂质较细,以粉砂岩为主,主要发育中扇和外扇亚相,内扇不发育。图中的重力流水道,主要以水下主水道和 underwater 分流水道微相为主,其间发育水道间微相,外部为以细粒粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主的水道侧缘和席状砂微相(图 9)。

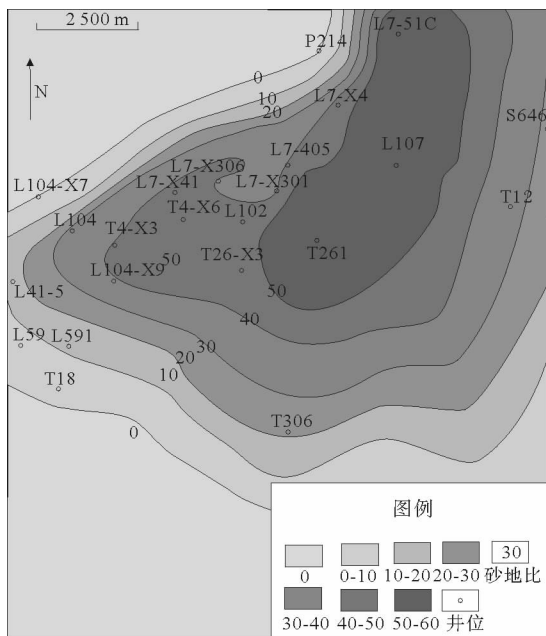


图 8 砂质碎屑流砂地比图

Fig. 8 Sand-stratum ratio of sandy clastic flow

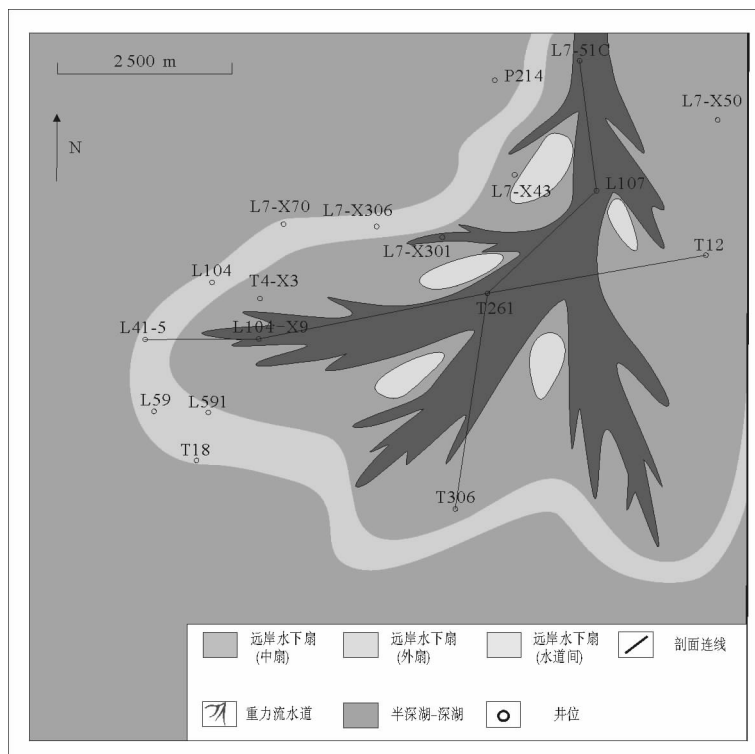


图9 砂质碎屑流沉积相平面展布示意图

Fig.9 Schematic diagram of planar distribution of sandy clastic flow

4 结论

通过对惠民凹陷临北断阶沙三中亚段砂质碎屑流沉积特征进行研究,主要取得以下几点认识:

1) 临北地区沙三中亚段砂体多为粉砂岩和细砂岩,粒度较细,在块状砂岩中常漂浮有不规则泥质撕裂块,见滑塌构造,具有典型的砂质碎屑流特征。

2) 根据取心井岩性、粒度、构造特征,结合录井、测井等特征,将临北地区沙三中亚段沉积相划分为远岸水下扇相和湖泊相,其中前者发育中扇和外扇亚相,中扇亚相以水下主水道和水下分流水道微相为主,另外可见水道侧缘、席状砂和水道间微相。

3) 纵向上,研究区沙三中亚段砂体南北向连通性相对较好,东西向连通性差,河道自北向南逐渐分支;平面上,研究区西部以深湖相沉积为主,东部地区为中厚层状粉砂岩、细砂岩为主的远岸水下扇沉积,河道自北向南逐渐分支,砂质碎屑物来自北部,主要发育中扇和外扇亚相,内扇不发育。

参考文献:

[1] 蒲秀刚,周立宏,韩文中,等. 歧口凹陷沙一下亚段斜坡区重力流沉积与致密油勘探[J]. 石油勘探与开发,2014,41(2):138-139.

PU Xiugang,ZHOU Lihong,HAN Wenzhong,et al. Gravity flow sedimentation and tight oil exploration in lower first member of Shahejie formation in slope area of Qikou sag,Bohai Bay basin[J]. Petroleum Exploration and Development,2014,41(2):138-139.

[2] 鲜本忠,万锦峰,姜在兴,等. 断陷湖盆洼陷带重力流沉积特征与模式:以南堡凹陷东部东营组为例[J]. 地学前缘,2012,19(1):122.

XIAN Benzong,WAN Jinfeng,JIANG Zaixing,et al. Sedimentary characteristics and model of gravity flow deposition in the depressed belt of rift lacustrine basin:A case study from Dongying formation in Nanpu depression[J]. Earth Science Frontiers,2012,19(1):122.