

伊拉克哈勒法耶油田中、上白垩统碳酸盐岩 储层岩石类型及特征

王昱翔¹, 周文¹, 郭睿², 伏美燕¹, 沈忠民¹, 赵丽敏², 陈文玲¹

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 中国石油 勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 伊拉克哈勒法耶油田中、上白垩统碳酸盐岩储层是重要的产油层系。综合利用岩心、薄片、物性测试、压汞数据及扫描电镜分析资料, 以典型取心井为研究对象, 开展研究区岩石类型及特征研究。结果表明, 岩石矿物成分主要为方解石和泥质, 局部含少量白云石。岩石组分多样, 各组分相对含量差异明显。在岩石组分类型及特征研究基础上, 以泥晶基质、有孔虫骨架和生屑/砂屑为三端元, 提出研究区岩石类型划分方案。将研究区岩石划分为泥晶灰岩、有孔虫灰岩和生屑/砂屑灰岩3大类, 并进一步根据颗粒含量的多少将岩石类型划分为9小类。不同岩石的孔隙类型、孔隙结构和物性特征均不相同, 是不同沉积环境的产物, 储集性能差异较大。总体来看, 平面上不同岩石类型分布明显受沉积环境控制。纵向上, 有孔虫灰岩集中分布在上白垩统碳酸盐岩储层, 厚度较大, 生屑/砂屑灰岩分布较为局限, 中白垩统碳酸盐岩储层多为生屑/砂屑灰岩。泥晶灰岩以薄层状分布在生屑/砂屑灰岩之间, 有孔虫灰岩类罕见。

关键词: 岩石类型; 碳酸盐岩; 中、上白垩统; 哈勒法耶油田; 伊拉克

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

Rock types and characteristics of the Middle-Upper Cretaceous carbonate reservoirs in Halfaya oilfield, Iraq

Wang Yuxiang¹, Zhou Wen¹, Guo Rui², Fu Meiyang¹, Shen Zhongmin¹, Zhao Limin², Chen Wenling¹

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, Petro China Beijing 100083, China)

Abstract: The Middle-Upper Cretaceous carbonate reservoirs are the main pay zones in Halfaya oilfield of Iraq. Comprehensive analyses of cores, thin sections, physical property test results, mercury injection data and scanning electron microscopy (SEM) images were carried out on samples from typical coring wells in the reservoirs of the field to figure out rock types and characteristics in them. The results show that the mineralogy of the rocks is dominated by calcite and clay, with small amount of dolomite scattered locally. Components and their relatively contents in rocks vary greatly. Based on rock component types and characteristics, we constructed a three end-member framework with micritic matrix, foraminifera skeleton and bioclast/calcarene limestone as each end-member, respectively, and proposed a classification scheme for rock types in the field. According to the scheme, the rocks can be categorized into three major classes (micrite, foraminifera limestone and bioclastic limestone/calcarene) and nine sub-classes based on the contents of certain grains in the rocks. Different types of the rocks are observed to have various pore structure and physical characteristics—footprints of different sedimentary settings. Horizontally, the distribution of different types of rocks shows clear evidence of being controlled by sedimentary settings. And vertically, foraminifera limestone of greater thickness seems to be concentrating more on the Upper Cretaceous carbonate reservoirs. Bioclastic limestone/calcarene was rather confined within certain areas and the Middle Cretaceous carbonate reservoirs contained mostly bioclastic limestone/calcarene. Micrite is seen interbedded as thin layers in bioclast/calcarene. And foraminifera limestone is rare.

Key words: rock type, carbonate, Middle-Upper Cretaceous, Halfaya oilfield, Iraq

伊拉克作为世界上重要的产油区, 以其丰富的储 量和较低的生产成本成为我国油气战略目标的必然选

收稿日期: 2016-06-27; 修订日期: 2016-08-22。

第一作者简介: 王昱翔(1986—), 男, 博士研究生, 石油地质。E-mail: wangyxcdu@163.com。

通讯作者简介: 周文(1962—), 男, 教授, 石油地质。E-mail: zhouw62@cdut.edu.cn。

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司“十二五”重大专项(2011E-2501)。

择。现有勘探成果表明,伊拉克已探明石油储量的70%分布在白垩系碳酸盐岩储层中^[1],白垩系在伊拉克占有非常重要的油气地位。白垩系油气资源主要分布在上白垩统的 Hartha 组、Sa'di 组、Khasib 组和中白垩统 Mishrif 组^[2-3],其中 Sa'di 组和 Mishrif 组是最主要的产油层位,约占整个白垩系总量的80%^[4]。

伊拉克哈勒法耶油田碳酸盐岩与国内碳酸盐岩差异明显,有其自身特殊性,具有时代较新、埋藏较浅、构造活动较弱以及生物繁盛的特点^[5]。从目前已有的研究成果来看,该地区基础地质研究较为薄弱,缺乏系统针对性的岩石类型划分方案。因此,开展伊拉克哈勒法耶油田中、上白垩统碳酸盐岩岩石类型及特征研究,对研究区现阶段的勘探开发具有一定的指导意义,同时可以为伊拉克其他相似地区岩石类型划分提供借鉴。

1 地质背景

哈勒法耶油田位于伊拉克米桑省境内,地处伊拉克东南部,距离巴格达400 km。构造上属于美索不达米亚盆地的前渊带^[6](图1)。早阿尔卑斯构造旋回开始于二叠纪末期,美索不达米亚带构造沉降幅度较大,接受了较厚的碳酸盐岩沉积^[7-9]。白垩纪,美索不达米亚地区以浅海陆架碳酸盐岩沉积为主^[10]。整个白垩纪时期,美索不达米亚盆地的构造活动较弱,处于构造平缓期,为大规模生物碎屑灰岩的沉积奠定了基础^[11-13]。随着中新世扎格罗斯造山运动的开始,强烈的挤压作用在美索不达米亚地区产生了一系列北西-南东走向的背斜构造^[14]。

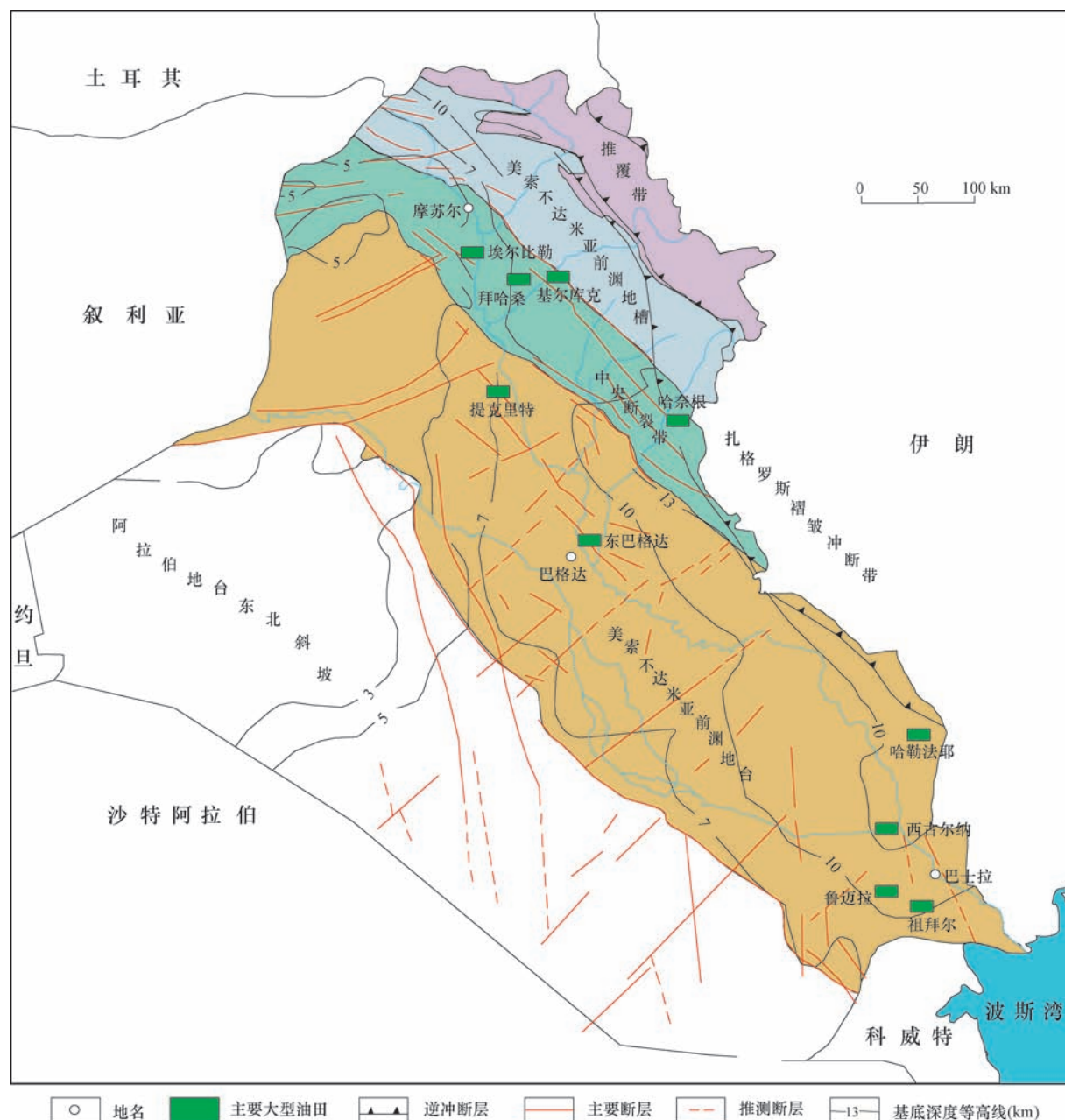


图1 伊拉克哈勒法耶油田构造位置(据参考文献[10],修改)

Fig.1 Structure and location of Halfaya oilfield in Southeast Iraq

中、上白垩统旋回为森诺曼阶-土伦阶^[15],该旋回以海进 Ahmadi 组泥灰岩开始,上覆 Rumaila 组含白垩的浅海陆棚相碳酸盐岩沉积^[8-9],其后依次为海退过程中 Mishrif 组的以含厚壳蛤类碳酸盐岩沉积^[16-17]、Khasib 和 Tanuma 组以开阔台地相为主的碳酸盐岩沉积^[18],Sa'di 和 Hartha 组以缓坡相为主的碳酸盐岩沉积^[3],沉积过程中形成了一个区域不整合面和一个平行不整合面,分别对应 Mishrif 组顶和 Sa'di 组顶(图 2)。

2 岩石类型划分

从目前勘探开发情况来看,H316 井白垩系中、上统纵向取心连续,全井段取心共计约 420 m,岩心及铸体薄片 537 件、33 块样品的 160 张扫描电镜照片、207 块样品压汞数据和大量的物性测试数据,为研究区开展碳酸盐岩储层岩石类型及特征研究奠定了了的基础。

2.1 岩石矿物成分与结构组分

前人的研究成果表明,伊拉克白垩系以灰岩沉积为主^[13],灰岩的结构组分主要包括颗粒、泥晶、胶结物、生物格架和孔隙^[19]。其中,颗粒主要分为内碎屑、鲕粒、藻粒和生屑。不同类型的生屑指示的沉积环境差异很大,如经过搬运后异地沉积的生屑,一般定向排列,形态破碎,水动力条件较强。原地埋藏的生物颗粒排列杂乱,形态基本能够保存下来,一般为静水沉积或水动力条件很弱。

通过研究区 200 余件碳酸盐岩薄片鉴定分析,岩石矿物成分包括方解石、白云石和泥质,其中以方解石为主,平均含量为 88% 以上,泥质平均含量约为 10%。白云石局部发育,平均含量约为 2%,不是主要的岩石矿物成分。研究区薄片观察显示仅局部发育云质灰岩和灰质云岩,纯白云岩不发育。不同层段岩石矿物成分含量的差别主要体现在泥质含量上,表明纵向上沉积水动力条件变化复杂,岩石类型多样。

研究区岩石结构组分由颗粒和填隙物构成,颗粒主要为生物碎屑、完整的有孔虫生物骨架和内碎屑砂屑,填隙物主要为泥晶基质。其中生物碎屑组分含量较高,相对含量为 24%~100%,平均含量为 63%,生屑种类多样(图 3a),包括厚壳蛤、棘皮类、双壳类、苔藓虫、层孔虫和藻屑等,是研究区最为重要的岩石组分类型。据铸体薄片观察,生物碎屑普遍受溶蚀作用改造,次生孔隙发育,有效的改善了储层物性,对研究区碳酸盐岩储层具有十分重要的作用。此外,研究区有孔虫发育,包括底栖有孔虫和浮游有孔虫两类(图 3b,c),相对含量为 1%~90%,主要分布范围为 15%~55%,

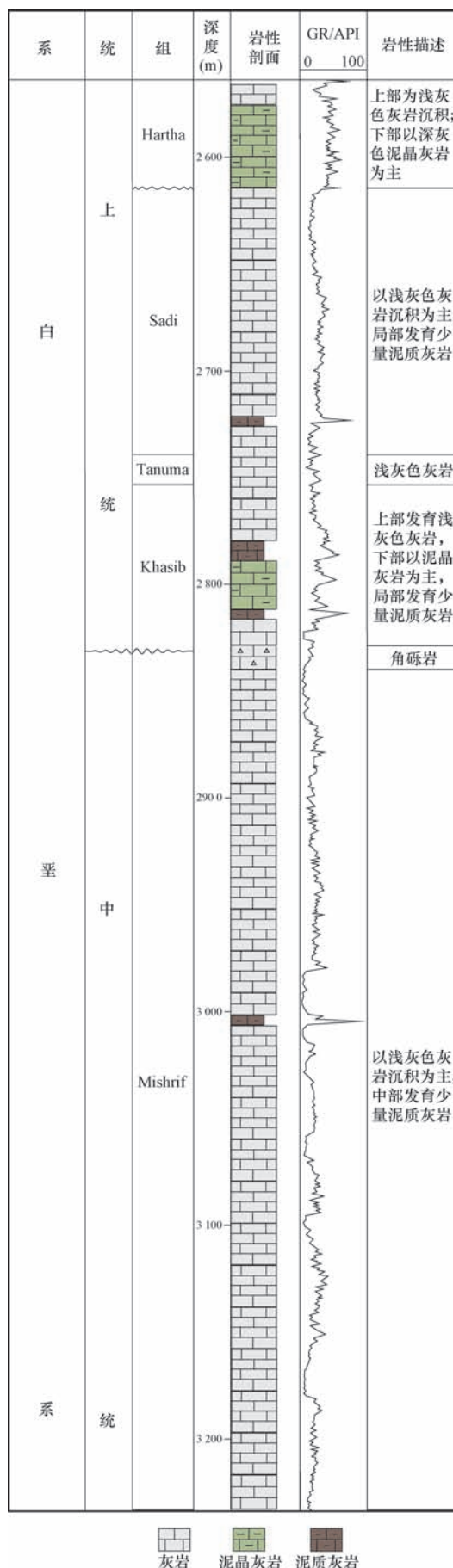


图 2 伊拉克哈勒法耶油田中、上白垩统岩性柱状图
Fig. 2 Lithological column of the Middle-Upper Cretaceous in Halfaya oilfield of Iraq

平均含量为 26.8%,均为较完整的生物骨架颗粒。底栖有孔虫分布较广,在研究区各主力层位均有发育,但浮游有孔虫发育较为局限,在 Sa' di 组上部储集层段较为发育,孔隙类型以生物体腔孔为主,孔隙度较高。泥晶基质组分相对含量变化较大,平均含量约为 10%。主力层位泥晶基质含量范围分布频率存在较大差异,主要分布在 10%~25% 的区间,局部层位岩石中泥晶基质含量可达 90%(图 3d)。不同岩石组分的含量及组合关系不仅可以进行岩石类型的划分,还可以指示不同的沉积环境^[20],体现岩石成因的差异。例如 Sa' di 组下部埋深 2 731.66 m 储集层岩石矿物成分为方解石和泥质,方解石含量约为 80%,岩石具颗粒结构。颗粒间充填物为泥晶方解石和泥质,分别约占 25%和 20%。生屑约占比 25%,以棘皮类为主。有孔虫含量为 28%,有孔虫体腔孔较发育,少量粒内溶孔,面孔率约为 2%,为低能沉积环境。Mishrif 组中部埋深 2 989.69 m 储集层岩石矿物成分为方解石,含量为 99%,泥质含量仅为 1%,岩石具颗粒结构,颗粒以生屑为主,约占 69%,其中棘屑最多,瓣鳃与有孔虫约为 3%。溶蚀作用改造强烈,粒间溶孔大量发育,泥晶基

质含量约为 8%,面孔率约为 20%。颗粒分选磨圆较好,反映沉积环境能量相对较高。

2.2 岩石类型划分方案

从岩石分类发展历程来看,对于碳酸盐岩的分类有成分分类和结构-成因分类两种。早期的碳酸盐岩分类大多属于成分分类,目前应用最广的为邓哈姆结构-成因碳酸盐岩分类方案^[21]。研究区碳酸盐岩时代较新,生物繁盛,种类多样。依据上述岩石组分分析,研究区碳酸盐岩有着其自身的特殊性,不仅生物碎屑发育,而且有孔虫骨架所占结构组分的比例较大,且两者的沉积环境水动力条件完全不同。现有的分类方案不能很好地适用,粒泥灰岩指示低能沉积环境,为灰泥支撑,颗粒含量较少,而研究区中有孔虫灰岩虽然沉积水动力条件较弱,但是由颗粒支撑,颗粒类型为有孔虫骨架,对于这种低能沉积环境下的颗粒灰岩认识不清。因此,考虑在邓哈姆分类的基础上,结合研究区碳酸盐岩自身特殊性,增加有孔虫骨架端元对研究区中、上白垩统碳酸盐岩进行划分。

岩石类型的划分既要定量识别岩石组分,也要反

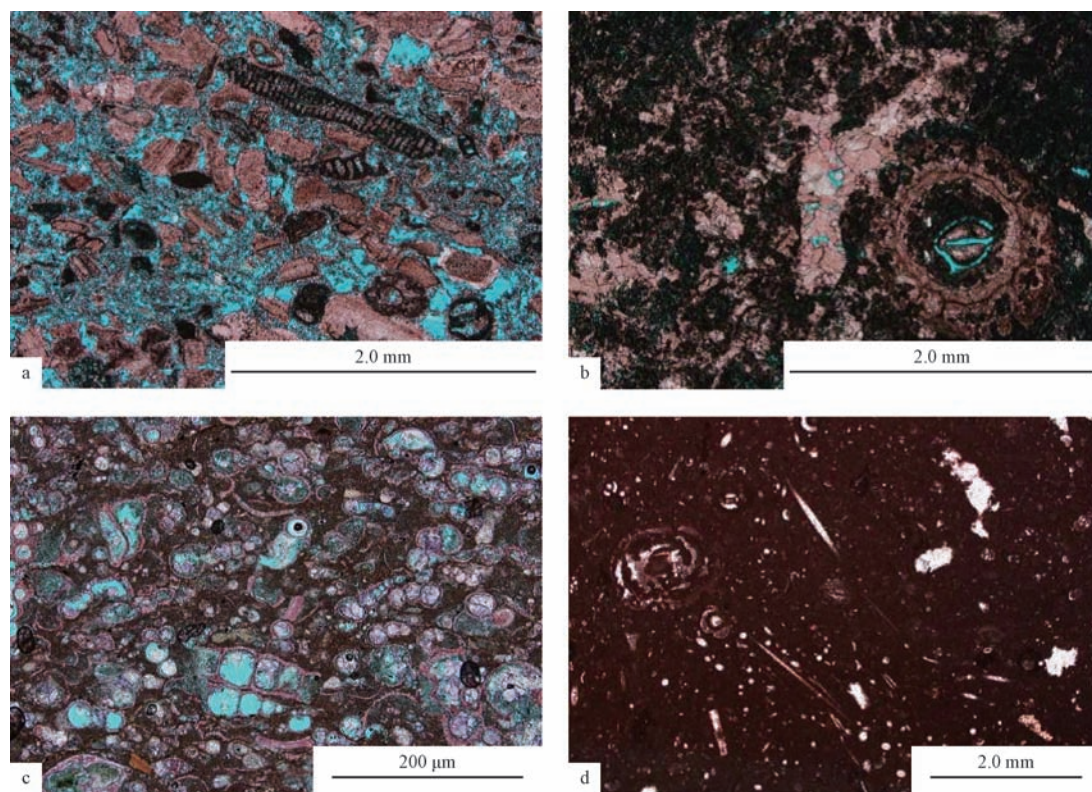


图3 伊拉克哈勒法耶油田不同岩石组分显微照片

Fig. 3 Micrographs of different types of rock components in Halfaya oilfield

a. H316 井, Mishrif 组, 埋深 2 985.14 m 岩样, 生屑组分主要为厚壳蛤、棘皮类和苔藓虫, 可见有孔虫骨架, 粒间孔和铸模孔发育, 含少量砂屑, 方解石交代, 单偏光; b. H316 井, Mishrif 组, 埋深 2 859.06 m 岩样, 生屑组分为软体类、棘皮类和苔藓虫等, 见底栖有孔虫发育, 基质微孔和粒内溶孔发育, 方解石充填, 单偏光; c. H316 井, Sa' di 组, 埋深 2 693.12 m 岩样, 浮游有孔虫发育, 体腔孔发育, 部分被方解石充填或半充填, 单偏光; d. H316 井, Mishrif 组, 埋深 2 902.12 m 岩样, 泥晶基质为主, 含少量有孔虫和海绵骨针, 体腔孔被方解石完全充填, 局部基质被白云石交代, 发育少量晶间孔隙, 单偏光

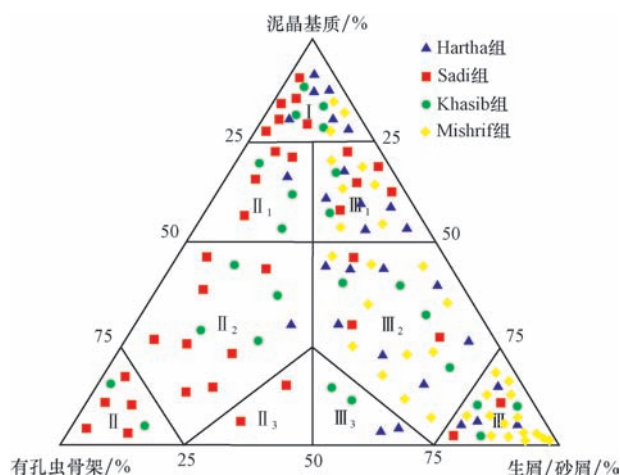


图4 伊拉克哈勒法耶油田中、上白垩统碳酸盐岩分类

Fig. 4 Classification of the Middle-Upper Cretaceous carbonate rocks from Halfaya oilfield

I. 泥晶灰岩; II. 有孔虫灰岩; II₁. 有孔虫粒泥灰岩; II₂. 有孔虫泥粒灰岩; II₃. 生屑/砂屑-有孔虫灰岩; III. 生屑/砂屑灰岩; III₁. 生屑/砂屑粒泥灰岩; III₂. 生屑/砂屑泥粒灰岩; III₃. 有孔虫-生屑/砂屑灰岩

映岩石成因,并且尊重传统,有一定的适用性。研究区碳酸盐岩储层岩石生屑/砂屑组分、有孔虫骨架和泥晶基质能够较好的识别,不同组分含量组合关系能够反映岩石成因特征,因此,以泥晶基质、有孔虫骨架和生屑/砂屑为3个端元对研究区碳酸盐岩进行划分。根据3个端元的相对百分含量和分类命名原则将研究区岩石类型划分为泥晶灰岩、有孔虫灰岩和生屑/砂屑灰岩3类。同时参考邓哈姆分类,根据颗粒含量的多少将有孔虫灰岩和生屑/砂屑灰岩进一步划分为有孔虫泥粒灰岩、有孔虫粒泥灰岩、生屑/砂屑-有孔虫灰岩、有孔虫-生屑/砂屑灰岩、生屑/砂屑泥粒灰岩和生屑/砂屑粒泥灰岩,共计9种岩石类型(图4)。需要说明研究区生屑类型较多,但均为破碎的生物碎屑,砂屑主要为被波浪强烈改造并具一定磨圆度、分选较好的生物碎屑,两者均指示强水动力沉积环境,因此统一划分为生屑/砂屑端元。另外,通过薄片观察发现,局部存在少量灰岩-白云岩过渡岩类,由于整体所占比例较低(约为2%),纯白云岩不发育,因此本次分类不予讨论。上述分类方案不仅可以将岩石组分体现到岩石分类中,同时反映了沉积环境的差异,对储层的储集性能有着重要影响,此外尊重目前应用广泛的前人成果,在研究区有着较好的适用性和可操作性。

3 岩石类型及特征

通过对薄片的观察和定量统计,将中、上白垩统4个主力层位 Hartha 组、Sa'di 组、Khasib 组和 Mishrif 组3个端元相对含量统计结果进行三角图投点(图4)。

结果表明,研究区岩石类型主要为生屑/砂屑灰岩类和有孔虫灰岩类,不同层位岩石类型差异明显。生屑/砂屑灰岩类投点数相对密集,分布最为广泛,主要集中在 Mishrif 组。有孔虫灰岩类在 Sa'di 组中广泛分布,少量分布在 Khasib 组和 Hartha 组, Mishrif 组基本不含有孔虫灰岩类。泥晶灰岩类在各个主力层段均有分布,但整体相对含量较少,表明研究区总体沉积水动力条件较强。

3.1 泥晶灰岩

岩石具泥晶结构,含少量有孔虫,有孔虫体小壳薄,约为50~100 μm。基质微孔和体腔孔发育(图5a, b),孔隙多为部分充填或完全充填,呈斑状或带状富集。充填物多为方解石,面孔率较低。由于泥晶基质含量较高,储集性能很差。孔隙度为1.74%~12.4%,平均为4.6%,渗透率为 $0.03 \times 10^{-3} \sim 2.65 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $1.13 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,喉道以微孔喉为主,连通性很差,一般为非储集岩类(表1)。

3.2 有孔虫灰岩

岩石具颗粒结构,颗粒以有孔虫为主。根据颗粒含量的多少分为有孔虫泥粒灰岩和有孔虫粒泥灰岩,颗粒间泥晶方解石和泥质充填,颗粒分布不均,局部颗粒含量较少。孔隙类型主要为有孔虫体腔孔(图5c, d),大小不一,分布杂乱,主要发育在有孔虫富集的部分。颗粒泥晶结构部分中的有孔虫体腔孔多被完全充填,充填物包括白云石和方解石,总体为低能沉积环境。有孔虫灰岩因有孔虫体腔孔发育,孔隙度较高,约为8.07%~33.3%,平均为18.8%。孔隙之间连通性较差,因而渗透率很低,约为 $0.02 \times 10^{-3} \sim 1.91 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $0.26 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。喉道以小孔喉为主,排驱压力较高,最大孔喉半径1.72 μm。有孔虫灰岩整体上体现出高孔低渗的储集特点(表1),是研究区较为特殊的一类岩石类型,储集性能较好,但需要合理的勘探开发方式,才能获得高产工业油气。

3.3 生屑/砂屑灰岩

岩石具颗粒结构,颗粒以生屑为主,根据颗粒含量多少进一步分为生屑/砂屑泥粒灰岩和生屑/砂屑粒泥灰岩。生屑主要为厚壳蛤、介壳类、棘皮类和层孔虫等生物碎片,可见有孔虫生物骨架,主要为底栖有孔虫。砂屑主要为被波浪强烈改造并具一定磨圆度的生物碎屑,并具有一定磨圆度,分选好。底栖有孔虫和厚壳蛤碎片较常见,孔隙类型多样,发育粒间孔、铸模孔(图5e, f)。孔隙度为8.3%~28.5%,平均为20.2%,渗透率为 $2.39 \times 10^{-3} \sim 765 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $89.08 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。排驱压力较低,喉道发育主要以大

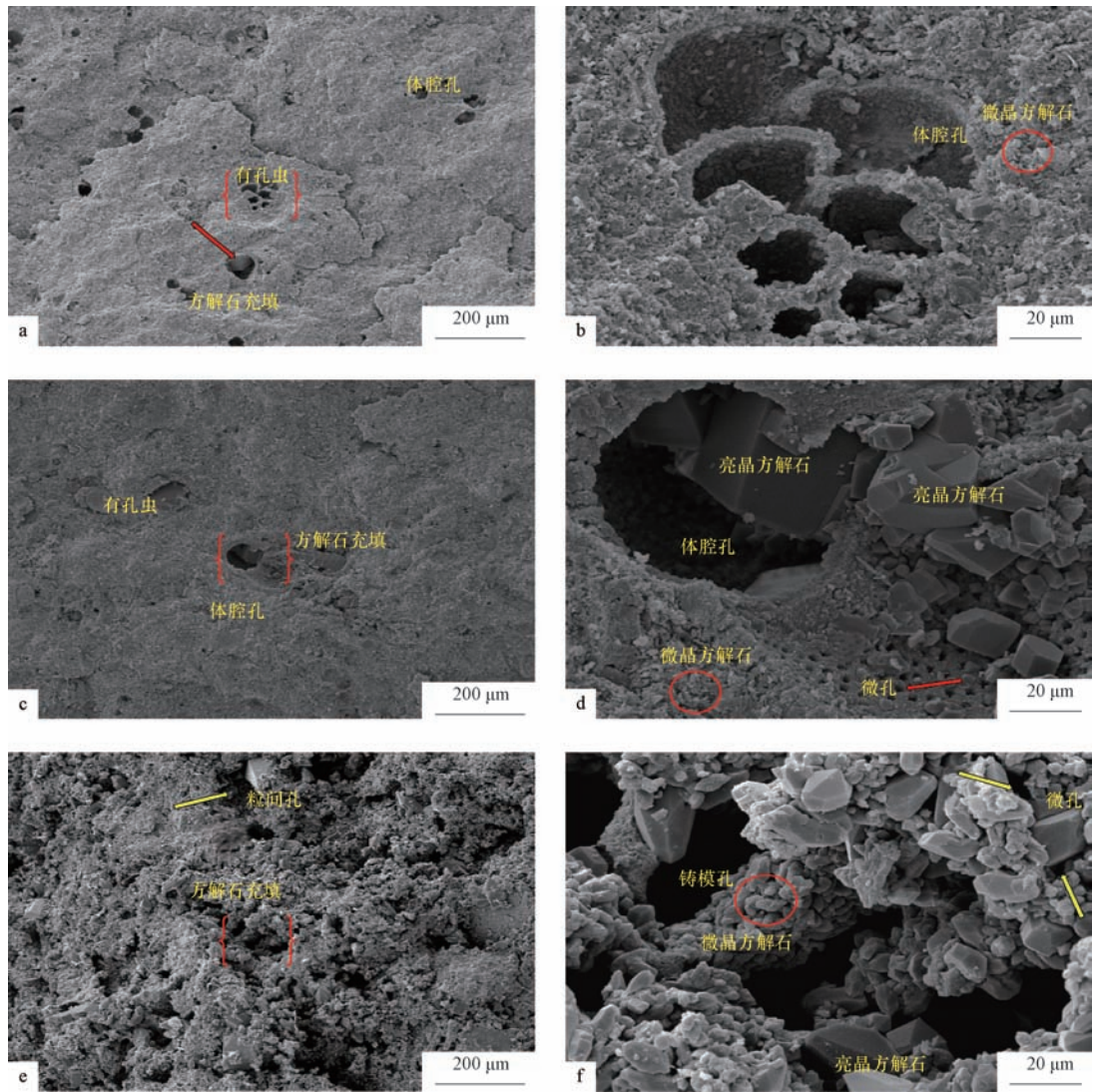


图5 伊拉克哈勒法耶油田不同岩石孔隙类型及孔隙结构特征

Fig.5 Pore types and pore structure characteristics of different types of rocks from Halfaya oilfield

a,b. 孔隙类型包括晶间微孔和体腔孔,晶间微孔多为小孔,10 μm 以上的孔隙多为体腔孔,孔隙中充填微晶方解石,b 图为 a 图括弧内放大区域;c,d. 孔隙类型有有孔虫体腔孔和基质微孔,体腔孔多被亮晶方解石部分或完全充填,基质中的晶间微孔多被微晶方解石充填,d 图为 c 图括弧内放大区域;e,f. 样品疏松、孔隙发育,主要为铸模孔和粒间孔,孔隙内被 5 μm 左右微晶方解石充填,局部有较大方解石晶体,约 20 μm, f 图为 e 图括弧内放大区域

表1 伊拉克哈勒法耶油田不同岩石组分含量及特征参数

Table 1 Contents and characteristic parameters of different types of rocks from Halfaya oilfield

岩石类型	组分含量/%			优势孔隙类型	孔隙度/%	渗透率/ (10 ⁻³ μm ²)	平均排驱 压力/MPa	平均孔喉 半径/μm
	泥晶基质	生屑/砂屑	有孔虫骨架					
泥晶灰岩	>50	<50	<50	基质微孔、体腔孔	1.74 ~ 12.40 (4.60)	0.03 ~ 2.65 (1.13)	4.94	0.08
有孔虫灰岩	<50	<50	>50	体腔孔、溶孔	8.07 ~ 33.30 (18.80)	0.02 ~ 1.91 (0.26)	2.45	0.29
生屑/砂屑灰岩	<50	>50	<50	粒间孔、铸模孔、溶孔	8.30 ~ 28.50 (20.20)	2.39 ~ 765 (89.08)	1.20	2.04

注:“()”内为平均值。

喉道为主(表1),最大孔喉半径 29.32 μm,连通性好,为强水动力沉积环境。生屑泥粒灰岩中生屑以软体类(厚壳蛤)为主,颗粒溶蚀孔和铸模孔发育。孔隙度为 3.7% ~ 27.4%,平均为 17.8%,渗透率为 0.26 × 10⁻³ ~

275.71 × 10⁻³ μm²,平均为 21.44 × 10⁻³ μm²。生屑粒泥灰岩中生屑主要为厚壳蛤、双壳类和藻类碎片等,发育颗粒溶蚀孔、铸模孔和基质微孔,孔隙度为 2.2% ~ 24.3%,平均为 12.4%,渗透率为 0.01 × 10⁻³ ~ 45.23 ×

表 2 伊拉克哈勒法耶油田不同岩石测井曲线特征
Table 2 Logging curve characteristics of different types of rocks from Halfaya oilfield

岩石类型	泥晶灰岩	有孔虫灰岩	生屑/砂屑灰岩
测井曲线形态特征	齿形、微齿形	微齿钟形	微齿箱形、微齿漏斗形
GR/API	21.6. ~58.4	20.8 ~38.6	6.9 ~23.7
AC/($\mu\text{s} \cdot \text{ft}^{-1}$)	52.2 ~66.9	73.5 ~87.6	77.6 ~86.9
DEN/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	2.49 ~2.74	2.23 ~2.46	2.21 ~2.33

$10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均为 $4.74 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

在岩石类型划分的基础上,结合测井曲线特征,可以看出不同岩石类型的测井特征差异较为明显。泥晶灰岩测井曲线形态多为齿状、微齿状,自然伽马平均值为 29.3 API。有孔虫灰岩测井曲线形态为微齿钟形,自然伽马值比泥晶灰岩类稍低,声波时差较高,密度较低。生屑/砂屑灰岩测井曲线形态多为微齿箱形、微齿漏斗形,自然伽马值相对较低,平均为 16.9 API,具有低伽马、高声波时差、低密度的测井曲线特征(表 2)。

4 不同岩石特征对比

在岩石类型研究的基础上,利用岩心铸体薄片与

物性测试等资料,结合测井曲线特征开展中、上白垩统碳酸盐岩储层的岩石特征对比研究。结果表明,研究区上白垩统与中白垩统碳酸盐岩储层岩石类型组合有较大区别,上白垩统主力产层三大类岩石均有发育,有孔虫灰岩分布相对集中,主要分布于 Sa'di 组上部(图 6),厚约 60 m,试井段日产油 447 m^3 ,日产气 $2.1 \times 10^4 \text{ m}^3$,表明这类岩石类型是有利的储集岩类。泥晶灰岩和生屑/砂屑灰岩分布比较分散。其中,生屑/砂屑灰岩主要分布在 Hartha 组上部、Sa'di 组下部和 Khasib 组上部,累计厚度约 55 m。泥晶灰岩主要分布在 Hartha 组下部和 Khasib 组下部。下白垩统主力产层为 Mishrif 组,厚度较大,约 400 m,泥晶灰岩主要分布在 MB1 段,以薄层状分布在生屑/砂屑灰岩之间(图 7)。有孔虫灰岩罕见。生屑/砂屑灰岩在 Mishrif 组分布广泛,其中 MB2 段是整个 Mishrif 组生屑/砂屑灰岩分布最为集中的层段,厚度约 50 m,测试日产油量 541.8 m^3 ,日产气 $6.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

在单井岩石类型划分基础上,结合沉积相展布特征开展不同岩石类型平面分布规律研究。结果表明,不同岩石类型分布明显受沉积环境控制。有孔虫灰岩主要分布在沉积水动力条件较弱的缓坡相带。生屑/砂屑灰岩在沉积水动力条件较强的开阔台地和台地边

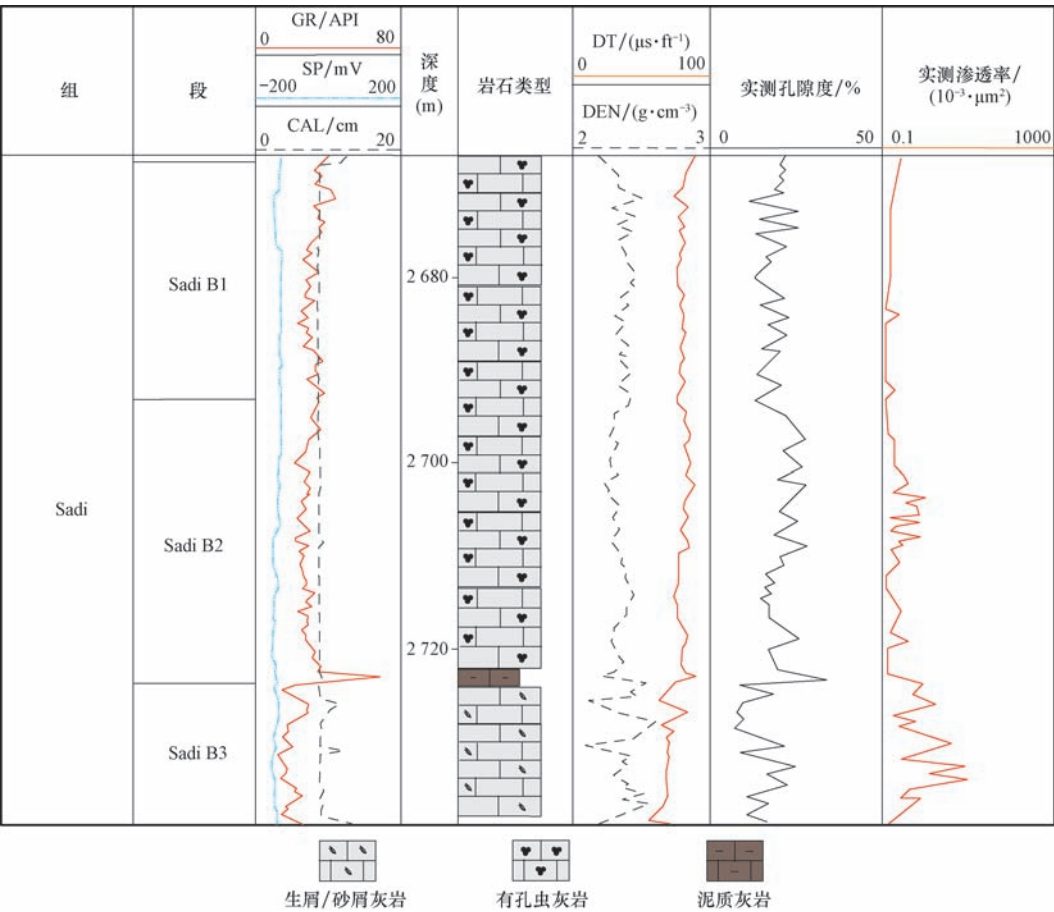


图 6 伊拉克哈勒法耶油田 H316 井 Sa'di 组有孔虫灰岩类分布特征

Fig. 6 Foraminifera limestone distribution in the Sa'di Formation of H316 well of Halfaya oilfield

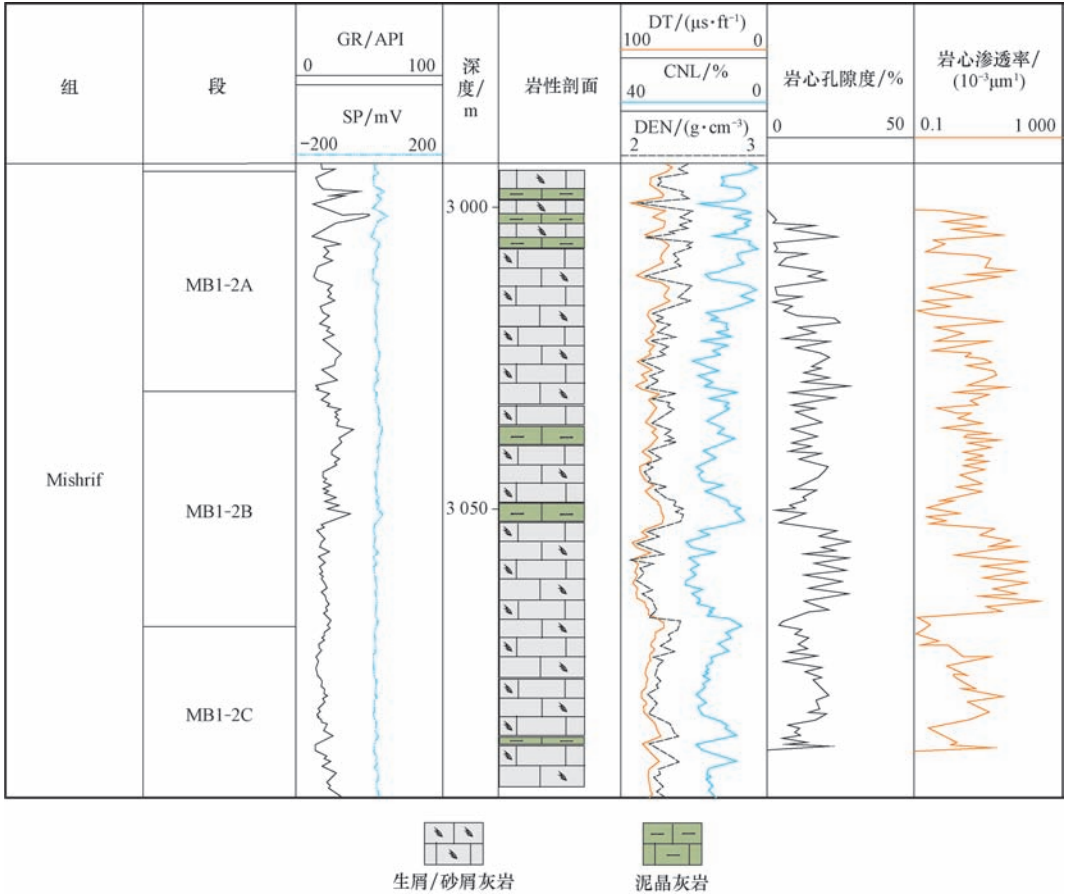


图 7 伊拉克哈勒法耶油田 H316 井 Mishrif 组 MB1 段泥晶灰岩类分布特征

Fig. 7 Micrite distribution of the MB1 member of the Mishrif Formation in H316 well of Halfaya oilfield, Iraq

缘相带大面积广泛分布(图 8),研究区西北部和中部分布相对集中。局部滩间发育泥晶灰岩,主要分布在研究区东南部 H10、H60 和 H81 井区。

从岩石类型与储层物性关系看,生屑/砂屑灰岩含量越高的层段,储层物性明显越好,孔隙度、渗透率均较高;而有孔虫灰岩含量较高的层段,一般储层孔隙度较高,但渗透率比较低,这可能是由优势孔隙类型的差异导致的。泥晶灰岩含量较高的层段一般为非储集层。

5 结论

1) 伊拉克哈勒法耶油田中、上白垩统碳酸盐岩储层岩石矿物成分以方解石为主,其次为泥质。岩石组分多样,包括泥晶基质、有孔虫骨架、生物碎屑和砂屑等,其中生物碎屑相对含量最高,是研究区最重要的岩石组分类型。

2) 在岩石组分类型及特征研究基础上,以泥晶基质、有孔虫骨架和生屑/砂屑为三端元,将研究区岩石划分为泥晶灰岩、有孔虫灰岩和生屑/砂屑灰岩 3 大类,并进一步根据颗粒含量的多少划分为 9 小类。

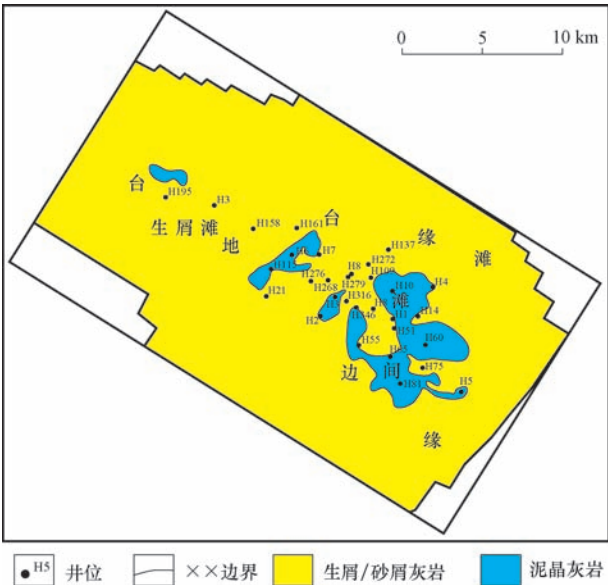


图 8 Mishrif 组 MB2 段生屑/砂屑灰岩类平面分布特征

Fig. 8 Horizontal distribution of bioclastic limestone / calcarenite in the MB2 member of the Mishrif Formation in Halfaya oilfield

3) 不同岩石的孔隙类型、孔隙结构和储集物性均不相同,储集性能差异较大。其中,泥晶灰岩基质微孔发育,含少量体腔孔,喉道以微孔喉为主,连通性很差,一般为非储集岩类。有孔虫灰岩体腔孔发育,孔隙度

较高,由于连通性较差,导致渗透率很低。生屑/砂屑灰岩粒间孔和铸模孔发育,具有高孔高渗特点,是研究区最有利的储集岩类。不同岩石类型分布受沉积环境控制明显,生屑/砂屑灰岩在研究区各主力层段均有分布,主要分布在中白垩统 Mishrif 组台缘滩相。有孔虫灰岩主要集中分布于上白垩统 Sa'di 组缓坡相中,泥晶灰岩以薄层状分布在其他类型岩石之间。

参 考 文 献

- [1] Verma M K, Ahlbrandt T S, Al-Gailani M. Petroleum reserves and undiscovered resources in the total petroleum systems of Iraq: Reserve growth and production implications [J]. *GeoArabia*, 2004, 9 (3): 51 - 74.
- [2] Sadooni F N, Aqrabi A A M. Cretaceous sequence stratigraphy and petroleum potential of the Mesopotamian basin, Iraq [J]. *Middle East Models of Jurassic/Cretaceous Carbonate System*. 2000: 315 - 334.
- [3] Aqrabi A A M. Carbonate-siliciclastic sediments of the Upper Cretaceous (Khasib, Tanuma and Sa'di Formations) of the Mesopotamian Basin [J]. *Marine & Petroleum Geology*, 1996, 13 (7): 781 - 790.
- [4] 边海光, 田作基, 童晓光, 等. 伊拉克哈法亚油田可采储量增长因素和潜力分析 [J]. *新疆石油地质*, 2014, 35 (4): 486 - 490.
Bian Haiguang, Tian Zuojie, Tong Xiaoguang, et al. Analysis of the influencing factors of reserves growth and the potential of Halfaya Oilfield in Iraq [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2014, 35 (4): 486 - 490.
- [5] 周文, 郭睿, 伏美燕, 等. 伊拉克艾哈代布油田白垩系生物铸模孔及体腔孔发育的灰岩储层特征及成因分析 [J]. *岩石学报*, 2014, 3 (30): 813 - 821.
Zhou Wen, Guo Rui, Fu Mei-yan, et al. Characteristics and origin of Cretaceous limestone reservoir with bio-moldic pore and intrafossil pore, in AHDEB oilfield, Iraq [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2014, 30 (3): 813 - 821.
- [6] Aqrabi A A M, Thehni G A, Sherwani G H, et al. Mid-Cretaceous rudist-bearing carbonates of the Mishrif Formation: An important reservoir sequence in the Mesopotamian Basin, Iraq [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 1998, 21 (1): 57 - 82.
- [7] Sadooni F N, Alsharhan A S. Stratigraphy, microfacies, and petroleum potential of the Maaddud Formation (Albian-Cenomanian) in the Arabian Gulf basin [J]. *AAPG Bulletin*, 2003, 87 (10): 1653 - 1680.
- [8] Alsharhan A S, Nairn A E M. A review of the Cretaceous formations in the Arabian Peninsula and Gulf: Part I—Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeography [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 1986, 9 (4): 365 - 392.
- [9] Alsharhan A S, Nairn A E M. A review of the cretaceous formations in the Arabian Peninsula and Gulf: Part II—Mid-cretaceous stratigraphy and paleogeography [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 1988, 11 (1): 89 - 112.
- [10] Aqrabi A A M, Goff J C, Horbury A D, et al. *The Petroleum Geology of Iraq* [M]. Beijing: Scientific Press, 2010.
- [11] Al-Dabbas M A, J Al-Jassim, S Al-Jumaily. Depositional environments and porosity distribution in regressive limestone reservoirs of the Mishrif Formation, Southern Iraq [J]. *Arabian Journal of Geosciences*, 2010, 3 (1): 67 - 78.
- [12] Al-Dabbas M A, Al-Jassim J A, Al-Jwaini Y S. Facies, depositional environment and diagenetic processes of the early Mid-Miocene Jeribe Formation, Central and Southern Iraq [J]. *Arabian Journal of Geosciences*, 2013, 6 (12): 4743 - 4754.
- [13] Flügel E. *Microfacies of Carbonate Rocks: analysis interpretation and application* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 2004.
- [14] Almutury W G, Al-Asadi M M. Tectonostratigraphic history of Mesopotamian passive margin during Mesozoic and Cenozoic, South Iraq [J]. *Journal of Kirkuk University - Scientific Studies*, 2008, 3 (1): 31 - 50.
- [15] Ehrenberg S N, Aqrabi A A M, Nadeau P H. An overview of reservoir quality in producing Cretaceous strata of the Middle East [J]. *Petroleum Geoscience* 2008, 14 (7): 307 - 318.
- [16] Sadooni F N. The nature and origin of upper Cretaceous basin margin rudist buildups of the Mesopotamian Basin, southern Iraq, with consideration of possible hydrocarbon stratigraphic entrapment [J]. *Cretaceous Research*, 2005, 26 (2): 213 - 224.
- [17] Mahdi T A, Aqrabi A A M. Sequence stratigraphic analysis of the mid-Cretaceous Mishrif Formation, Southern Mesopotamian Basin, Iraq [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 2014, 37 (3): 287 - 312.
- [18] Al-Qayim B. Sequence stratigraphy and reservoir characteristics of the Turonian-Coniacian khasib formation in central Iraq [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 2010, 33 (3): 387 - 403.
- [19] 冯增昭. 碳酸盐岩分类 [J]. *石油学报*, 1982 (1): 11 - 18.
Feng Zengzhao. Classification of carbonate rocks [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 1982, 1 (1): 11 - 18.
- [20] Folk R L. Practical petrographic classification of limestones [J]. *AAPG Bulletin*, 1959, 43 (1): 1 - 38.
- [21] Dunham R J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture [J]. *AAPG Bulletin*, 1962: 108 - 121.

(编辑 董立)

《石油与天然气地质》2017 年报道计划

2017 年计划出版《石油与天然气地质》期刊 6 期, 主要围绕 3 个主题“深层超深层碳酸盐岩油气富集与保存机理”、“海域油气勘探进展及潜力”、“非常规油气资源勘探与开发”进行征稿。

欢迎广大作者不吝赐稿。

《石油与天然气地质》编辑部