

文章编号:1673-8217(2007)04-0020-03

辽河盆地兴马太古界潜山的 岩性识别与储层划分

孙娜

(中国石油辽河油田分公司勘探开发研究院,辽宁盘锦 124010)

摘要:辽河盆地兴马太古界潜山地层岩性主要有变质岩和岩浆岩(侵入岩)两类。造岩矿物类型多种多样,岩性复杂。由于造岩矿物在测井响应值上存在差异,所以由主要造岩矿物形成的岩石也具有相近的测井特征。在岩心薄片、X-衍射全岩分析准确确定造岩矿物的基础上,研究主要造岩矿物的测井响应特征,以此为依据,建立太古界潜山地层岩性的测井识别方法;在准确识别岩性的前提下,以录井、试油、试采等资料为基础,用测井资料识别储层,为测井评价及综合地质研究奠定基础。

关键词:辽河盆地;太古界潜山;测井响应特征;岩性识别;储层划分;应用

中图分类号:P631.84

文献标识码:A

随着油气勘探与开发的深入,古潜山油藏已成为辽河油田勘探开发的主要油气藏之一^[1,2]。兴隆台—马圈子太古界潜山(简称兴马潜山)构造上位于辽河拗陷西部凹陷南部兴隆台—马圈子潜山构造带,构造面积 80 km²。根据岩心观察、岩心化验分析、测井常规及成像资料处理解释,兴马潜山储层宏观裂缝、孔洞与微观孔、缝均较发育,为具有双重孔隙结构的孔隙—裂缝型储层。储层基质孔隙度一般在 3%~4%,渗透率一般低于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,具有低孔、低渗的特点。

本文在岩心薄片、X-衍射全岩分析准确确定造岩矿物的基础上,研究主要造岩矿物的数控测井响应特征,以此为依据,建立太古界潜山地层岩性的测井识别方法;在准确识别岩性的前提下,以录井、试油、试采等资料为基础,用测井资料识别储层,为储层评价及综合地质研究奠定基础。

1 岩性识别

根据岩心分析,兴马太古界潜山地层岩性主要有变质岩和岩浆岩(侵入岩)两类,主要造岩矿物为碱性长石、斜长石、石英、黑云母、角闪石等,这些造岩矿物在测井响应值上的差异^[3],为利用测井资料识别变质岩岩石类型提供了理论基础。

1.1 岩性定性识别

变质岩中对于测井曲线影响较大的化学成分

主要是岩石中的铁、镁、钙、钾、钠、硅,此外矿物成分中的结构水对某些测井曲线影响也较大。当变质岩中含铁、镁、钙并组成主要矿物时,在测井曲线上表现出“二高一低”(即高密度、高补偿中子和低自然伽马)的特征,密度曲线与补偿中子曲线呈“负差异”的曲线轨迹,且自然伽马能谱为低钾曲线,反映的是斜长角闪岩、角闪岩、角闪片麻岩及基性岩脉。当矿物主要成分为钾、钠、硅时,则测井曲线表现为“二低一高”(即低密度、低补偿中子和高自然伽马)的曲线特征,密度曲线与补偿中子曲线呈“正差异”的曲线轨迹,反映的是不含或含少量的暗色矿物,如混合岩等。它们之间还有一种过渡型的曲线特征,即密度与补偿中子呈“绞合”型的曲线轨迹,同时自然伽马为高值的曲线特征,反映的是含黑云母高的岩石类型,如黑云母片麻岩、含黑云母的混合岩等。这种岩石类型正是由于黑云母是高含钾矿物,同时又含有结构水的缘故。高钾会使自然伽马曲线变高,结构水使补偿中子曲线变高,综合反映出高自然伽马,而密度与补偿中子呈“绞合”轨迹曲线^[4]。

依据各种岩性测井响应特征,在岩心薄片、

收稿日期:2007-03-15;改回日期:2007-05-09

作者简介:孙娜,工程师,1965生,1989年毕业于大庆石油学院测井专业,现从事测井解释评价工作。电话:0427-7820536-1009

X-衍射全岩分析的基础上,将兴马潜山岩性分为两大岩石类型、6种测井分类,见表1。

1.2 储集岩定量划分标准

变质岩和岩浆岩中的黑云母斜长片麻岩、混

合岩化片麻岩、混合片麻岩、混合花岗岩、闪长玢岩、花岗斑岩等在构造应力作用下,容易形成裂缝,经试油、投产资料证实为储集岩;而角闪石岩、斜长角闪岩、辉绿岩、煌斑岩为非储集岩。

表1 兴马潜山岩性定性识别标准

岩石类型	测井分类	岩性	测井曲线特征		测井响应值		
			密度-中子测井曲线	自然伽马曲线	密度/ ($g \cdot cm^{-3}$)	中子孔隙度, %	自然伽马/API
变质岩	角闪岩类	角闪岩 斜长角闪岩	大“负差异”	“平直”	2.80~3.20	10.0~20.0	20~40
	片麻岩类	黑云斜长片麻岩 角闪斜长片麻岩 混合岩化黑云斜长片麻岩	小“负差异”或“纹合状”	“锯齿状”	2.53~2.75	3.3~15.0	70~100
	混合花岗岩类	斜长混合花岗岩 二长混合花岗岩	大“正差异”	“小锯齿状”	2.52~2.65	1.0~8.0	75~105
岩浆岩	基性岩脉	煌斑岩、辉绿岩	大“负差异”	“平直”	2.70~3.10	15.0~26.0	20~60
	中性侵入岩类	闪长玢岩 安山玢岩	小“负差异”或“纹合状”	“平直”	2.53~2.68	0.0~6.0	75~130
	酸性侵入岩类	花岗斑岩	大“正差异”	“平直”	2.48~2.66	0.0~6.0	85~125

根据储集岩和非储集岩中暗色矿物含量的差别(密度、中子、自然伽马测井响应特征差异较大),同时采用钻井取心及岩屑录井薄片分析资料对岩性的鉴定,选择补偿密度(ρ_b)、补偿中子(ϕ_{CNL})、自然伽马(GR)分别制作了 $\rho_b - \phi_{CNL}$ 、 $GR - \rho_b$ 、 $GR - \phi_{CNL}$ 交会图(图1、2、3),确定储集岩与非储集岩的划分标准为:

$$GR > 75API, \rho_b < 2.75g/cm^3, \phi_{CNL} < 12\%$$

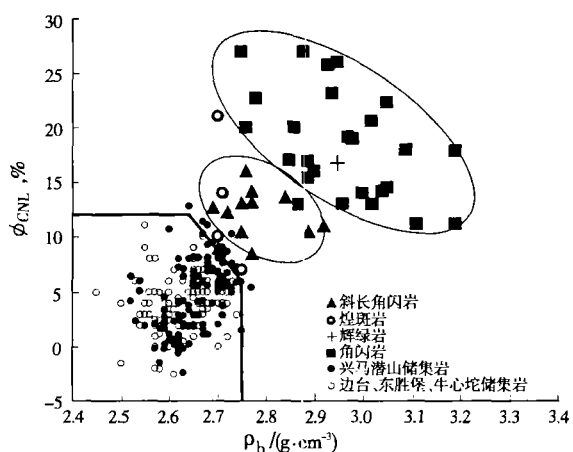


图1 辽河盆地太古界潜山密度-中子交会图

2 储层识别方法

变质岩储层就其基质而言,具有低孔、低渗的特点。基质岩块孔隙度一般在3%~4%,渗透率一般低于 $1 \times 10^{-3} \mu m^2$,在没有裂缝沟通的情况下

不可能形成产能。所以变质岩潜山油藏储层的识别就归结为识别裂缝发育段。在实际应用中,需

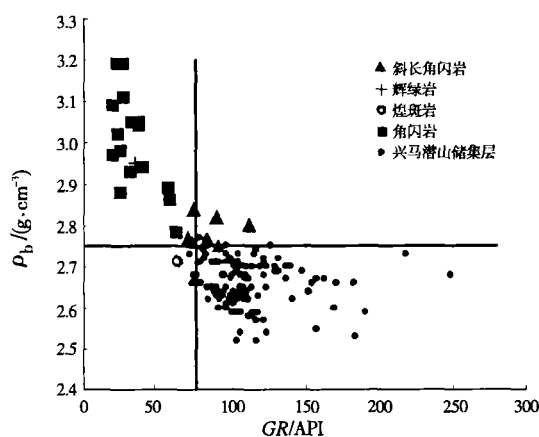


图2 兴马太古界潜山自然伽马-密度关系

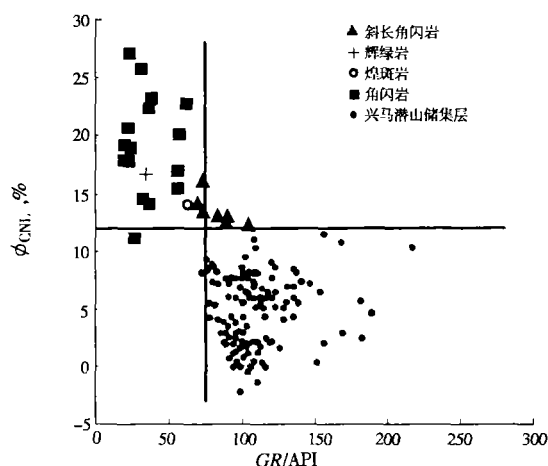


图3 兴马太古界潜山自然伽马-中子关系

要结合多专业技术手段确定潜山油藏的油水界面,亦即将油、水界面以上裂缝发育或较发育的储集岩定为储(油、气)层,将裂缝不发育,甚至没有裂缝的层段定为非储层(干层)。

本文在准确识别工区太古界潜山储集岩的基础上,以潜山地质特征综合研究为指导,以常规及成像测井技术为手段,以试油投产资料为验证,采用测井交会图技术,建立太古界潜山储层定性和定量识别方法,准确识别有效储层。

2.1 储层测井曲线特征

2.1.1 深浅双侧向电阻率测井响应特征

太古界潜山致密储集岩地层的电阻率背景值很高,最高可达到 20 000 Ω·m 以上,而在储层发育段,由于泥浆滤液的侵入,导致侧向电阻率在高阻背景上明显降低,深浅侧向电阻率一般呈“U”型。同时由于深浅侧向电阻率的探测深度不同,而形成了幅度差,致密段电阻率高且深浅侧向电阻率无幅度差或很小(图 4)。

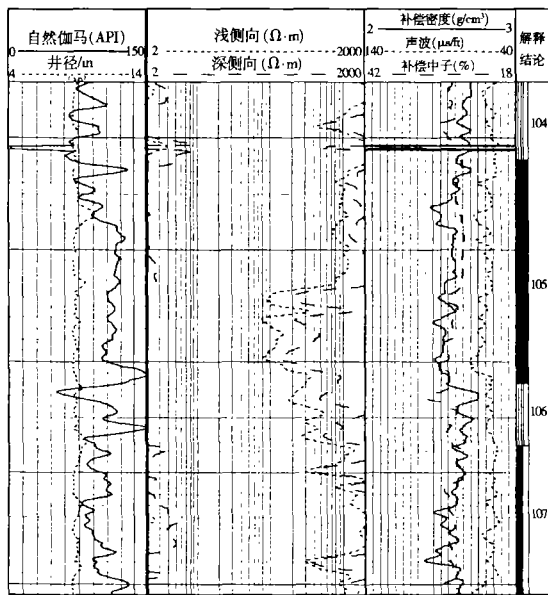


图 4 马古 3 井测井曲线

2.1.2 三孔隙度测井曲线特征

三孔隙度曲线是指以探测地层孔隙度为目的的声波时差、补偿密度(或岩性密度)和补偿中子三条曲线。当地层中裂缝发育时,沿井壁传播的滑行纵波速度比致密层低,声波时差值增大,并呈“锯齿”状,同时体积密度减小,补偿中子增大,三孔隙度测井曲线在储层段的变化往往与电阻率的变化是同步对应的(图 4)。

2.1.3 储层成像测井响应特征

成像测井资料以其直观、清晰的图象形式显示出井壁地层的细微变化,根据声、电成像测井图象及多极子阵列声波可直观识别潜山地层裂缝发育段^[5],为储层的识别提供了又一有利的手段。

当井壁存在裂缝或溶蚀孔洞时,由于其中充满泥浆,造成电阻率降低、回波幅度降低,回波时间加长,在声电成像图象上显示为暗色调,而且在声/电成像上可以直观识别裂缝,同时储层发育段多极子阵列声波波列将发生明显的衰减。

2.2 储层划分标准

辽河盆地变质岩油藏实践表明,变质岩潜山中运用声波时差和深侧向电阻率测井资料识别储层效果较好。在储集岩测井划分的基础上,在储集岩中选用能反映基质孔隙或网状裂缝较好的声波时差及对储层响应特征明显的深侧向电阻率曲线作为储层划分的主要参数,制作了 $R_{ld}-\Delta t$ 交会图版,储层定量划分标准为:

$$\Delta t \geq 53.5 \mu s/ft, 30 \Omega \cdot m \leq R_t \leq 2500 \Omega \cdot m$$

本区储层划分界限均得到了试油及投产资料证实,因此所制定的储层划分标准是可信的。

3 应用效果

依据本次研究结果,对兴马潜山带完钻的井进行了测井精细解释评价。评价步骤如下:①采用测井资料及相应的岩性识别标准,准确识别储集岩类;②在储集岩中根据储层识别标准,采用 3700 测井资料及声/电成像测井进行裂缝识别,综合划分储层,提高储层识别精度。

兴古 7 井根据 3700 测井曲线图综合分析太古界岩性包括斜长片麻岩、混合花岗岩、角闪岩。其中以斜长片麻岩为主,混合花岗岩与角闪岩成条带状分布。从 FMI 成像测井图显示分析,裂缝的发育受岩性影响较大,角闪岩裂缝不发育,斜长片麻岩、混合花岗岩裂缝发育,图像表现为深色的正弦曲线,连续性相对较好。在 3653.5~3592.0 m 井段综合解释为油层与差油层。试油,6 mm 油嘴日产油 73.5 t,日产气 6 683 m³,获高产工业油气流。试油证了解释结论的正确。

马古 1 井在 3 870~3 910 m,测井密度值在 2.60~2.70 g/cm³;补偿中子测井值在 0~6%,根据岩性划分图版,地层岩性主要为黑云母斜长

(下转第 26 页)

石英砂岩。Ⅲ类储层在上古生界各储层均较发育,山2、山1、盒1此类储层比重较大。

(4)Ⅳ类储层:为上古生界最差的储集层(非储层),值喉道半径小于0.03 μm,孔隙度小于4%,渗透率小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,岩性主要为中、细粒岩屑砂岩;主要为决口扇、天然堤沉积。

综合分析,盒3、盒2、太2气层组储层Ⅰ、Ⅱ类储层较为发育,其中盒3以Ⅰ类储层为主(表2)。

6 结论

(1)对大牛地气田上古生界的岩性、物性、储集空间等进行的系统研究表明,储层总体特征为低孔低渗和非均质性强,其含气性变化比较明显。其中盒3储层岩性粗,孔喉半径和中值半径大,孔隙结构好,且分布广泛,是区内最好的储层。

(2)大牛地气田处于下石盒子组辫状河道的发育部位,盒3砂体厚度为15~35 m,储层岩石粒度粗、物性好,80%以上样品的孔隙度大于8%,渗透率大于 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,含气饱和度高,

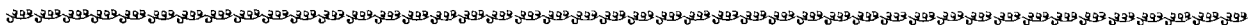
大于65%,储层渗流能力强。

(3)根据气田上古生界储层的特点,利用含气饱和度、孔隙度、渗透率、中值喉道半径等参数,结合试气成果对大牛地气田储层进行分类评价,划分出四类储层。盒3储层以Ⅰ类为主,与上古生界其它层系的低孔隙度、低渗透率砂岩相比,盒3段储层物性相对较好,天然气产出能力较强,是目前大牛地气田天然气的主力产层。

参考文献

- 1 王允成. 油气储层评价[M]. 北京:石油工业出版社, 1999. 10~60
- 2 隋军,吕晓光. 大庆油田河流-三角相储层研究[M]. 北京:石油工业出版社,2000. 50~120
- 3 赵澄林,陈丽华,徐强. 中国天然气储层[M]. 北京:石油工业出版社,1999. 89~98,219~223
- 4 吴元燕,徐龙,张昌明. 油气储层地质[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 113~151

编辑:吴官生



(上接第22页)

片麻岩,根据电阻率成像测井解释成果图,储集空间以粒间孔-微裂缝型为主,深色条纹十分发育,应为裂缝发育段。综合解释为气层,同时钻井过程产生了大量的诱导缝,改善了储层的渗流性能,使得目的层段试油产量较高,获得了工业油气流。

4 结论

(1)变质岩潜山的岩性识别与储层划分,对潜山地层的测井解释及地质研究工作有着重要影响。通过对兴马太古界储层进行认真分析研究,认为测井三孔隙度、自然伽马曲线是划分岩性的主要信息,以此确定了两大类六种岩性。

(2)利用已知岩性与测井信息制作各种交会图,结合成像测井、多极子阵列声波测井、自然伽马能谱测井等多种测井信息,进一步总结了岩性与储集层之间的关系。

(3)根据储集层的特征,建立测井评价模型,

制定储集层划分标准。实践证明该套变质岩储层岩性识别与储层划分方法合理。

参考文献

- 1 薛尚义. 大民屯凹陷安福屯潜山油藏特征及油层分布[J]. 河南石油,2006,20(1):8~9
- 2 邱芳. 大民屯凹陷基岩油气藏油气运聚规律研究[J]. 河南石油,2006,20(3):1~3
- 3 斯伦贝谢测井公司编. 测井解释常用岩石矿物手册[M]. 吴庆岩,张爱军译. 北京:石油工业出版社,1998. 15~142
- 4 黄太明. 牛心坨地区太古界变质岩储层特征研究[J]. 特种油气藏,2003,10(5):22~26
- 5 贾文玉,田素月,孙耀庭. 成像测井技术与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2000. 15~53
- 6 安志渊,邢风存,李群星等. 成像测井在沉积相研究中的应用[J]. 石油地质与工程,2007,21(1):21~24

编辑:彭刚

cycles. The diagenesis such as cemented filling, dolomitization and dissolution play a crucial part in reservoir formation. Through eletro - microscope observation, the cemented filling is thought to be three - period with primary porosity mostly filled in, bioclastic limestone is evolved into fine - medium crystal dolomite by mixed water dolomitization, while the intercrystalline - dissolved pores, irregular dissolution pores and cave generated from dissolution become main reservoir spaces.

Key words: east Banqiao area; Chang - xing formation; organic reefs; reservoir

20 Lithologic identification and reservoir division of Xing - Ma Archean group buried hill in Liaohe basin

Sun Na(Exploration and Development Research Institute of Liaohe Oilfield Company, Panjin, Liaoning, 124010)

Based on core samples analysis, Xing - Ma Archean group buried hill rocks are mainly classified into metamorphic rocks and magmatic rocks (intrusive rocks). However, there are various complicated rock - forming minerals with different lithologic characteristics. Due to the differences of log response values, the rocks formed by main rock - forming minerals are of similar logging characteristics. Based on accurate core slices and X - ray diffraction method, the logging response characteristics are carefully studied. Therefore, the logging technology to identify reservoir lithology is established. On the premise of accurate lithology identification, based on mud logging, formation testing and production testing, logging data are used in reservoir identification, which lays a good foundation for logging evaluation and comprehensive geology research.

Key words: Liaohe basin; Archean group buried hill; log response characteristic; lithology identification; reservoir division; application;

27 Integrated horizon calibration by combining the seismic and geologic and its application

Pu Shizhao et al(Exploration and Development Research Institute, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay, Xinjiang 834000)

Among seismic and geologic information, lithologic record is visual and comparatively accurate. In order to bring the characteristics into full play and make the calibration more reasonable, the time - depth table generated from integrated synthetic seismogram or time - depth con-

version calculated by acoustic logging data should be utilized. Therefore, the lithologic logging data can be changed into time domain which combines seismic facies, logging facies and geologic facies together. The method enhances the interpretation accuracy of seismic - stratigraphic data before inversion and improves the premise of identifying sequence boundary at the same time. The application results prove it is a simple and effective way.

Key words: integrated synthetic seismogram; lithological record; horizon calibration; time - depth conversion; acoustic logging; structural interpretation

33 Research status and prospect of vibration stimulation technology

Xiao Zengli et al(Key Laboratory of Shaanxi Provincial for Special Stimulation Technology, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065)

With the development of physical oil recovery, vibration stimulation technology has become a new important way for oil production. In this paper, its origin, research status home and abroad, mechanism, shortcomings and development trend have been discussed. The key of the technology lies in how to guarantee the vibration energy effectively received by formation, determine multi - point sources controlled by vibration frequency which matches with oil layers, and strengthen the coupling analysis of vibration field, seepage slow field and solid medium field. The vibration stimulation technology is expected to be an effective way to enhance recovery after polymer flooding.

Key words: vibration stimulation; mechanism analysis; review

49 Study on waterflooding regularity of heavy oil reservoir in Henan oilfield

Sun Lixin et al(Geophysical Well Logging Company of Henan Exploration Bureau, SINOPEC, Nanyang, Henan, 473132)

Starting from the geological characteristics of heavy oil reservoir and production feature of steam stimulation, based on the core analysis and testing data of development core inspection well, with the methods of reservoir engineering, mathematic statistic, field well logging analysis and core calibration logging, the logging interpretation pattern of reservoir lithology and physical property with high accuracy is established. After studying the waterflooding characteristic of heavy oil, the qualitative and quantitative method to confirm the regularity is deter-