收稿日期:2007-04-12

自然电位视有效厚度预测及在油田开发中的应用

干君恒^{1,2},潘竹平³,孙树文⁴,郭 雷5

1. 地质过程与矿产资源国家重点实验室和地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室,北京 100083

2. 中国地质大学地球物理与信息技术学院,北京 100083

3. 山东第六地质矿产勘查院, 山东招远 265400

4. 南京大学地球科学系, 江苏南京 210093

5. 中国地质大学地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室,北京 100083

摘要,油气藏在地表产生的自然电位属于静位场,其强度与场源量成正比,与距离场源的半径成反比,理论研究与实践结果 表明,自然电位异常可以指示含油砂体,圈定油气富集区.在储层套数较少的含油区可以用电位强度与视有效厚度的线性 关系来预测油层厚度,卫星油田储层套数较少,其视有效厚度可用线性方程 h=-0.19x+0.74 来表征,为配合下一轮滚动 开发工作,在地质研究的基础上,在地质研究难度较大的卫102、卫262、卫20地区应用自然电位预测有效厚度,达到优选井 位提高钻井成功率的目标.

关键词:油气藏:有效厚度:预测.

中图分类号: P631.3 文章编号: 1000-2383(2007)04-0461-08

Apparent Effective Thickness Prevision through Spontaneous Potential Method and Its Application in Oil Development

WANG Jun-heng^{1, 2}, PAN Zhu-ping³, SUN Shu-wen⁴, GUO Lei⁵

1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources; Geo-detection Laboratory of the Ministry of Education, Beijing 100083, China 2. School of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

3. The No. 6 Institute of Shandong Geo-exploration Bureau, Zhaoy uan 265400, China

4. Department of Earth Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China

5. Geo-detection Laboratory of the Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

Abstract The upper spontaneous potential produced by oil and gas accumulation remains with stable potential field. Its intensity is in direct ratio to the content of the source and in inverse ratio to the radius apart from the source. Theoretical researches and practice show that abnormalities of spontaneous potential can indicate oil bearing sandstone and locate oil and gas-enriched area. In oil area which is devoid of sufficient reservoir beds, the thickness of the petroleum reservoir can be predicted by determining the linear relationship between potential intensity and apparent effective thickness. In Weixing field, which is devoid of sufficient reservoir beds its apparent effective thickness can be predicted by the linear equation. Based on the geological research and by applying spontaneous potential, the effective thickness is predicted for selecting the most appropriate drill sites to increase the possibility of successful well boring for the next round progressive development.

Key words; oil and gas accumulation; effective thickness; prediction.

关于油气藏所产生的自然电位,有浅成论和深 的氧化还原说(Pirson, 1982),深成论有托普金斯 成论两类成因理论,浅成论主要代表为皮尔森父子 的烃分子裂解说(Tompkins, 1990, 1993; Thomp-

基金项目:地下信息探测技术与仪器教育部重点实验室项目(No. 20060112)

-), 男, 副教授, 博士, 从事石油地球物理勘探开发方面的研究工作. E-mail, w1128@sohu. com na Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net 作者简介: 王君恒(1962-

son et al., 1994)和极化说(王君恒等, 2000).两类 理论都预示自然电位与烃类丰度有一定关系.但是, 由于自然条件限制,许多实测区块不能做系统的研 究,在这些区块的应用中没有发现自然电位与油气 藏单层丰度之间的相关性,因此寻找自然电位与短 类丰度之间关系成为解决理论与应用问题的关键. 根据我国油藏各含烃岩层不同的单储系数,将各含 烃岩层参数换算成视有效厚度,将自然电位幅值与 视有效厚度进行对比,发现两者存在着正相关关系 (王君恒等, 2003).利用这一关系可以对异常进行定 量解释,对视有效厚度进行预测.

卫星油田位于大庆长垣东部,是外围油田的中、 低渗透油藏之一,随着外围油藏探明地质储量及原 油产量在大庆油田中的比例越来越大,大庆外围油 田生产能力的大小越来越重要.因此,如何有效动用 卫星地区这类储量,提高外围油藏钻井成功率,实现 经济效益开发,提高产能已经成为急待解决的重要 问题.孟宪录等^①(2001)、金曙光等^②(2002)和孙树 文等^{③④}(2003,2004)根据各自研究指出,卫星油田 未动用储量及面积潜力较大,新井投产是卫星油田 近期上产的主要措施,这部分未动用储层具有认识 程度低、油层少、油层薄、渗透率低、砂体规模小、油 底浅、油水分布复杂等特点.在这样的油藏钻井风险 性很大,难度也很大.因此,对这样复杂的油田要实 现有效开发,必须加强有效勘探和做大量研究工作, 进行有效厚度的预测具有重要经济意义.

1 卫星油田地质特征

1.1 构造特征

卫星油田位于大庆市和安达市境内,构造位置 位于松辽盆地北部中央坳陷区三肇凹陷西北部.整 体上看卫星油田为西高东低的斜坡区,受南北向断 裂切割,堑垒相间,呈南北条带排列展布,区内构造 十分复杂,区内西部断裂走向以北北西向为主,其次 为北西向;东部断裂走向以北北东向为主.孙树文和 林颖^⑤ (2003)根据地震资料和前期开发井砂体钻遇

④ 孙树文,陈晶,张琴芳,等,2004. 庆新卫 26 等四区块油气探测与评价报告.大庆油田有限责任公司、北京合地威技术开发有限公司.

21994-2015 China Academic Journal Electronic Publ

情况统计分析指出,该区内断层非常发育,几乎所有 的圈闭均与断层有关,而且区内小断层、微幅度构造 也十分发育,属于构造断块岩性油藏.

1.2 储层发育特征

卫星油田主要发育葡萄花油层,有9个小层,属 于姚一段地层.该区以 PI4 层底部为辅助标准层,张 士奇和孙树文[®] (2001)、孙树文等[®] (2003)进一步将 葡萄花油层划分为 PI1~PI4 为上砂岩组、PI5~ PI9 为下砂岩组.

由于卫星地区葡萄花油层沉积受北部沉积体系 控制,属于长垣大型湖泊叶状三角洲体侧缘,为三角 洲内前缘亚相沉积和三角洲分流平原亚相沉积.

姚一段沉积早期为三角洲内前缘亚相沉积,局 部井区发育一些小型的水下分流河道,其余大部分 地区以分流间砂体沉积为主,有些地区以前缘席状 砂体沉积为主.沉积中期为三角洲分流平原亚相沉 积,发育分布广泛的分流河道砂,分流河道砂之间以 河道间砂体沉积为主.沉积晚期为三角洲内前缘亚 相沉积,发育2~3条南北向展布的水下分流河道 砂,在水下分流河道砂之间以河道间砂体沉积为主.

1.3 油层发育特征

卫星油田葡萄花油层的砂体与该区断块油藏的 特点密不可分,砂体厚度变化较大.表1(张士奇和 孙树文[®],2001)给出卫星油田完钻井钻遇油层厚度 分级统计结果:有效厚度大于4m和小于1m的井 分别占统计井数的44.2%和27.9%,而有效厚度在 1~4m的井数占总井数的27.9%,可见卫星油田单 井钻遇厚度差异大.砂体变化快.这里统计结果包括 卫星油田周围边界以外的井,整体上看,卫星油田

表1 卫星油田单井钻遇油层有效厚度分级统计结果

 Table 1
 Statistical results of petroleum reservoir effective thickness of single well in Weixing field

分级	>=4~m	3~4 m	$2 \sim 3 \text{ m}$	$1 \sim 2 \text{ m}$	< 1. 0 m
井数(口)	133	30	25	29	84
比例(%)	44.2	10	8.3	9.6	27.9
砂岩(m)	12.05	9.57	8.43	7.35	9.66
有效(m)	7.31	3.56	2.54	1.53	0.14

注:统计井数 301 口.

⑤孙树文,林颖,2003. 卫星地区储层发育状况及井网部署和井位 优选. 庆新油田开发有限责任公司,大庆油田有限责任公司勘探开 发研究院.

⑥张士奇,孙树文,2001. 卫星油田葡萄花油层储层评价及油水分 . 布规律研究. 庆新油田开发有限责任公司. Ishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

① 孟宪录,等,2001. 松辽盆地北部卫星油田二维高分辨率开发地 震解释成果报告.大庆石油管理局地球物理勘探公司.

②金曙光,周永炳,厉玉乐,等,2002.卫星油田葡萄花油层新增石 油探明储量报告.勘探开发研究院

③孙树文, 付志国, 林颖, 2003. 卫星油田太 121、卫 21 和卫 172 区 块沉积相研究. 庆新油田开发有限责任公司.

	Table 2	Statistics of	conditions of	drilling into s	andstone in w	erxing field	
油层	钻遇井数 (口)	井点钻遇率 (%)	钻遇厚度 (m)	纵向厚度 比例(%)	单井平均 厚度(m)	全区平均 厚度(m)	单层最大 厚度(m)
PI1	130	60.5	136.4	5.8	1.0	0.6	3.6
PI2	180	83.7	494.1	21.2	2.7	2.3	5.8
PI3	112	52.1	219.6	9.4	2.0	1.0	5.6
PI4	105	48.8	210.8	9.0	2.0	1.0	5.2
PI5	112	52.1	217.6	9.3	1.9	1.0	7.4
PI6	141	65.6	435.7	18.7	3.1	2.0	10.0
PI7	124	57.7	248.3	10.6	2.0	1.2	5.6
PI8	97	45.1	169.8	7.3	1.8	0.8	4.8
PI9	129	60.0	202.5	8.7	1.6	0.9	5.0
注: 统计 215 口井.							

表 2 卫星油田砂体钻遇情况统计

油层发育稍差些.

卫星油田 PI 组 9 个油层发育状况差别较大, 各 油层井点钻遇率在 45 %~85 %之间, 各层纵向厚度 比例在 $5.0\% \sim 22\%$ 之间(表 2,张士奇和孙树文⁶) 2001). 其中 PI2 层最发育, 全区平均砂岩厚度 2.3 m, 井点平均砂岩厚度 2.7 m, 井点钻遇率为 83.7%,纵向砂岩厚度比例为 21.2%;其次是 PI6 层, 全区平均砂岩厚度 2.0 m, 钻遇井点平均单井钻遇砂 岩厚度 3.1 m, 井点钻遇率为 65.6%, 钻遇砂岩厚度 比例为 18.7%.其他油层钻遇率、厚度比例都比较低. 1.4 储层岩性、物性特征

卫星油田葡萄花油层储集层岩性为长石岩屑粉 砂岩或细砂岩.碎屑成分中石英含量为 24%~ 32%, 长石含量为 24% ~ 35%, 岩屑含量为 26% ~ 36%. 粒度中值多在 0.05~0.2 mm 之间, 以泥质胶 结为主.胶结类型为孔隙薄膜和再生孔隙式.孔隙度 变化范围在 15%~ 30%,平均有效孔隙度为 23.0%;空气渗透率变化范围在 0.1×10⁻³~ 1800×10⁻³ µm; 含油面积内平均空气渗透率为 $265 \times 10^{-3} \mu_{\rm m}$. 从外围油田来看为中孔、中渗储层, 但相对喇、萨、杏油田来说属于低渗透油田.

油气藏自然电位基本原理 2

油气藏自然电位各种模型假说最重要的是产生 电位的场源位置、场源深度及位置蕴涵的电位与烃 类丰度的关系.不同的场源位置所对应的烃类丰度 含义是不同的.极化模型中烃类丰度有两部分:一是 油气藏本身烃类丰度:二是渗漏带中的烃类丰度.其 他模型中指渗漏带中的烃类丰度,渗漏带中的烃类 丰度与油气藏烃类丰度有直接关联.

2.1 极化

烃类在油气藏及其盖层中处于动平衡状态,形 成多种离子极化体系,在极化体系中,双电层电荷的 正负取决于双电层两边物质还原性强弱.油气藏及 其围岩,由于油气、水、岩石组合类型与还原特征不 一,构成不同类型的极化体系,主要有油气一岩石极 化体系、油气-水极化体系、岩石-水极化体系(王 君恒等,2000,2003),油气藏内部以及盖层中不同位 置有不同的极化体系起主要作用, 烃类丰度不同所 产生的极化强度不同,总体来讲,油气藏内部以油 气-岩石极化体系为主,烃类丰度较大极化强度较 大:盖层中以油气一水极化体系为主,烃类丰度较小 极化强度较小.极化模型中,油气藏内部以及盖层都 作为产生电位的体积场源,影响极化的因素也较少, 在影响因素较少且变化不大的前提下,烃类丰度大 小直接影响着极化强度的大小,不考虑异常正负号, 烃类丰度与异常幅值应有正相关关系.

2.2 氧化还原

氧化还原说由皮尔森父子于 20 世纪 60 年代提 出,又称"烟囱效应",烃类沿垂直通道扩散到地表潜 水面附近,被氧化产生电动势(Pirson, 1982).场源 位置在潜水面附近,面积大小与油气藏分布面积基 本一致,在盖层孔渗、地层压力以及潜水面等影响因 素稳定的情况下,所产生电位幅值与烃类丰度呈正 比关系,近年来,理论上将烃类氧化范围扩大到潜水 面以下的垂直通道内,使场源形态由平面二维变为 立体三维,场源形态的改变并没有改变电位幅值与 烃类丰度的正比关系.

2.3 分子裂解

al Electronic Publ

分子裂解由托普金斯 20 世纪 90 年代初提出, 烃类由油气储层渗出后,在油气藏上方约150m范。 围内其长分子被分解为短分子(Thompson *et al.*, 1994),产生电动势,分解过程中沸石充当催化剂,场 源形状是油气藏上方 150 m 高的柱子,柱子底面积 与油藏分布面积相同.同样,在盖层孔渗、地层压力 以及其他影响因素稳定的情况下,所产生电位幅值 应与烃类丰度呈正比关系.

另外, 嗜烃微生物的作用也不应忽视, 有的将其 列为油气藏自然电位学说之一, 所产生的电位幅值 与烃类及微生物丰度呈正比(刘庆生等, 1997). 以上 各种模型中的电位解析表达式也说明电位幅值与烃 类丰度呈正比关系.

油气藏自然电位是不同深度的油气层在地表所 产生的自然电位的综合效应,异常内包含了不同深 度油气藏的综合信息(王君恒等,2000,2003).自然 电位绝对值与地层中烃类丰度呈正比,在柱坐标下 层均匀媒质顶层电位表达式可简单表示为如下形式 (王君恒等,2000);

$$\begin{aligned} \varphi_4 &= \sum_{k=0} 2\gamma_2 \gamma_3 e^{kz} \checkmark \\ \pi \varepsilon_0 \Big[(\gamma_1 - \gamma_2) (\gamma_2 + \gamma_3) (\gamma_3 + \gamma_4) e^{2kh_1} + \\ (\gamma_1 - \gamma_2) (\gamma_2 - \gamma_3) (\gamma_3 + \gamma_4) e^{2kh_2} + \\ (\gamma_1 - \gamma_2) (\gamma_2 + \gamma_3) (\gamma_3 - \gamma_4) e^{2kh_3} \Big] \circ J_0(kr) I \\ \text{I比时} r = (r^2 + r^2)^{1/2} \text{为计管场 占的 } r \text{ 坐标}. \end{aligned}$$

$$\begin{split} \varphi &= \sum_{i=1}^{M} \varphi_{4i} = \sum_{i=1}^{M} \sum_{k=0}^{\infty} 2\gamma_2 \gamma_3 e^{k_i} \not\\ \pi \varepsilon_0 \Big[(\gamma_1 - \gamma_2) (\gamma_2 + \gamma_3) (\gamma_3 + \gamma_4) e^{2k_{h_{1i}}} + \\ (\gamma_1 - \gamma_2) (\gamma_2 - \gamma_3) (\gamma_3 + \gamma_4) e^{2k_{h_{2i}}} + \\ (\gamma_1 - \gamma_2) (\gamma_2 + \gamma_3) (\gamma_3 - \gamma_4) e^{2k_{h_{2i}}} \Big] \circ J_0 (k_{T}) I_i. \end{split}$$

上式为最终计算多层介质电流模型最顶部媒质中位 场势分布的公式,其中 $\gamma_1 \neq \gamma_2$. *M* 为划分体电流的 块数,这里用一维的 *i* 和*M* 描述了三维的问题.

从应用角度,实验成果揭示了上述定量关系,利 用电位法可以预测烃类富集区.在大庆油田开发区 已进行 11 项电位探测实验,实验区面积 120 km², 实测 11 873 个地球物理点.实验目的包括油田扩边 潜力研究,预测开发区含油气相对丰度,圈定有效厚 度下限值分布区和定性动态分析.这些试验说明视 有效厚度预测具有可行性. 3 自然电位影响因素及视有效厚度 预测

3.1 影响因素

一般情况下,油气藏可以产生幅度为5~30 mV 的电位负异常,这种异常为直流成分,自然电位的干 扰主要成分为交流.要从众多交流和直流干扰中提 取5~15 mV 低缓直流电位异常,需采取硬件和软 件两个方面的措施.硬件方面主要采用抗交流干扰 的高精度采集仪器,一般采集仪器交流滤波为 80 dB,当滤波为120 dB 时,交流去除率可达到99% 以上;另外采取措施提高观测精度,除使用特制组合 电极外,还须采用多次覆盖梯度测量方法压制干扰 提高信噪比.软件方面,主要在数据处理上做好各种 改正,去除各种直流干扰,主要直流干扰如下.

一般沉积盆地的中深部岩层处于还原环境之 中.在地下岩层中,除油气藏外,较强的还原体还有 生烃岩、煤层、高矿化度地下水层.从盆地边缘到盆 地中部,烃源岩厚度、成熟度、排烃强度和煤层厚度、 煤阶均呈渐变状态.使用小电极距梯度测量,可以克 服渐变的还原体所产生区域负电位背景异常.油气 藏与上述大型还原体不一样,单个油气藏边界清晰, 在电位测线上是独立的电位局部负异常.

除上述具还原特征地质体影响外,还有一些直 流干扰因素影响电位异常值.一般直流干扰来自地 形、温度、土壤酸碱度、雨水与地表流水、断层烃渗 漏.经极差校正、地形校正、酸碱度校正、综合改正、 背景值校正及滤波处理后,所获得的电位异常值干 扰成分较少,主要成分反映地下赋存的烃类所产生 的异常,为电位异常与油气烃类总量对比研究提供 有利条件.

3.2 视有效厚度预测

在一个油田内,尤其是在只有一个含油气组合 的油田内,含油气层的物性特征、埋藏深度、油气饱 和度、地层水矿化度以及烃类逸散状况、上部后生变 化带性质均具较好近似性.所以,电位负异常值与生 产井控制区含油气丰度之间应具更好的相关性,可 以进行定量半定量分析(历玉乐等,2005).

在只含一个储层的油气藏地区,可以根据自然 电位强度与有效厚度的关系,直接预测有效厚度.在 单一储层段,多个小层的地区,可以根据公式将多个

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. Am Highs reserved. Http://www.cniki.ne

根据自然电位强度与视有效厚度的关系,预测视有 效厚度.

在多储层、多小层地区,储层深度差异小干 200 m时应用单一储层段、多个小层地区的办法:深 度差异大于200m时,可以用异常分层剥皮的办法, 将单一储层段的异常分离出来,进行视有效厚度预 测(历玉乐等,2005).

油田开发中常见体现烃类丰度的几个参数分别 为油层有效厚度、油层表外厚度和油水同层有效厚 度、同层表外厚度,不同类型厚度的烃类丰度不一 样,开发中表证油气丰度的量为单储系数,即单位面 积、单位厚度储层中烃类的含量,为了统一描述各地 层中烃类的含量,根据单储系数将各种厚度折算成 有效厚度,称为视有效厚度,不同区块不同地层有不 同的折算方法.

卫星油田的视有效厚度是根据各层的单储系数 换算的,换算后经过深度线性归一化,卫星油田的已 知资料表明,存在3种基本厚度,油层有效厚度、差

27

W 2-36-35

油层厚度和油水同层厚度. 含油水层对电位的贡献 不大,层厚较小,所以暂时忽略不计.

视有效厚度换算公式为.

$$h = \frac{\overline{z}}{z_1}h_1 + 0.5\frac{\overline{z}}{z_2}h_2 + 0.25\frac{\overline{z}}{z_3}h_3$$
.

其中h为视有效厚度(m), h_1 、 h_2 、 h_3 分别为油层有 效厚度、差油层厚度和油水同层厚度(m), 0.5, 0.25 为根据单储系数估算出的换算系数(无量纲), $\frac{Z}{(i=1,2,3)}$ 分别为有效厚度、差油层厚度和油水 7 i 同层厚度的深度归一化系数(无量纲), z 为平均深 度(m), z_i (i=1, 2, 3) 为油层、差油层和油水同层的 埋深(m).

选取 58 口井进行异常标定和厚度预测,表 3 为 58 口井的基本情况,表中各列由左到右依次为序 号、井号、xv 坐标、根据已知资料换算的视有效厚 度、实测电位值、电位值与视有效厚度的符合情况.

以上58口井的相关性如图1所示:用最小二

表 3 视有效厚度预测样本井数据

	Table 5	Prediction of app	arent effective t	nickness in samj	ple wells	
序号	井号	x	У	有效厚度(m)	电位值(mV)	符合情况
1	W1-34-12	5118446	21657611	6.0	- 12.0	基本符合
2	W1-34-18	5118446	21658954			
3	W 1-34-3	5118411	21655284	7.7	-18.0	符合
4	W 1-34-4	5118448	21655567	3.9	-20.0	符合
5	W 1-35-3	5118697	21655268			
6	W 1-35-4	5118697	21655518			
7	W 1-36-14	5118943	21658120	0.0	- 6.0	基本符合
8	W 1-36-3	5118940	21655272	1.1	- 19 . 0	基本符合
9	W 1-36-4	5118945	21655527			
10	W 1- 36- 5	5118947	21655769	0.0	-1.0	符合
11	W1-38-12	5119446	21657639			
12	W1-38-14	5119446	21658018	1.7	-12.0	符合
13	W 1-38-4	5119441	21655518	9.1	-20.0	符合
14	W 1-40-2	5119947	21655027	5.6	-22.0	符合
15	W 1-40-4	5119973	21655598	2.5	-13.0	符合
16	W 1-40-9	5119946	21656818	3.4	-15.0	符合
17	W1-42-1	5120447	21654787	1.3	-11.0	符合
18	W1-42-12	5120444	21657617	4.3	-12.0	符合
19	W 1-43-6	5120696	21656118	6.2	-25.0	符合
20	W 1-44-2	5120946	21655117			
21	W 2-34-16	5118447	21649269	1.8	- 15.0	基本符合
22	W 2-34-17	5118447	21649515	7.1	-20.0	符合
23	W 2-34-18	5118446	21649806	1.1	-7.0	符合
24	W 2-34-25	5118455	21651620			
25	W 2-36-16	5118948	21649540			
26	W 2-36-17	5118947	21649796			

1.0

-9.0

符合

5118947

续表 1

序号	井号	x	у	有效厚度(m)	电位值(mV)	 符合情况
28	W 2-38-36	5119443	21654466	2.9	- 7.0	 符合
29	W 2-40-14	5119945	21649116	0.0	-1.0	符合
30	W 2-40-19	5119946	21650368	1.1	-9.0	符合
31	W 2-40-24	5119947	21651664			
32	W 2-40-35	5119940	21654188	7.0	-20.0	符合
33	W 2-40-36	5119942	21654419	1.5	- 26.0	不符合
34	W 2-40-37	5119943	21654652	3.1	- 16.0	符合
35	W 2-41-35	5120249	21654117	6.2	- 19.0	符合
36	W 2-41-36	5120191	21654363	2.3	- 15.0	符合
37	W 2-44-17	5120946	21649868			
38	W 2-46-14	5121446	21649117	1.4	-10.0	符合
39	太 11	5118895	21650028	3.2	-8.0	符合
40	太 25	5118948	21652220			
41	卫 102	5117448	21657705			
42	卫 172	5118952	21657697	5.9	-20.0	符合
43	卫 20	5121447	21650600			
44	卫 211	5118451	21655892	2.3	-20.0	基本符合
45	卫 26	5121446	21657137	2.3	-6.5	符合
46	卫 262	5121436	21655425			
47	卫 4	5120011	21652513	0.0	-13.0	不符合
48	W 1-41-8	5120194	21656698	1.1	- 15.0	基本符合
49	W 1-41-9	5120195	21656949	1.5	- 15.0	符合
50	W1-40-12	5119946	21657632	3.1	- 12.0	符合
51	W1-41-12	5120196	21657618	5.9	- 12.0	符合
52	W1-44-11	5120945	21657369	4.1	-11.0	符合
53	W1-42-6	5120452	21656122	2.0	- 18.0	符合
54	W1-44-6	5120947	21656119	0.8	-8.0	符合
55	W1-40-12	5119946	21657632			
56	W1-35-12	5118696	21657619	3.6	-11.0	符合
57	W1-39-12	5119721	21657510	2.2	- 12.0	符合
58	W1-37-12	5119221	21657631	5.9	-8.0	基本符合
59	W1-38-13	5119498	21657832	4.6	-11.0	符合
60	W 1-39-13	5119732	21657722	4.3	-14.0	符合
61	W 1-36-13	5118985	21657896	2.2	-20.0	符合
62	W1-37-13	5119226	21657841	5.9	-12.0	符合
63	W 2- 39- 36	5119699	21654418	3.5	- 17.0	符合
64	W 2-41-37	5120195	21654617	0.3	-9.0	基本符合
65	W 2-42-35	5120445	21654269	4.2	-13.0	符合
66	W 2-42-36	5120445	21654517	3.2	-9.0	符合
67	W 2-39-37	5119696	21654669	1.8	-11.0	符合
68	W 2-43-36	5120695	21654389	1.8	- 12.0	符合
69	W 2-46-18	5121446	21650138	5.5	-9.0	符合
70	W 2-39-35	5119698	21654219	5.8	- 14.0	符合
71	W 2-35-37	5118696	21654870	2.3	-12.0	符合
72	W 2-35-16	5118691	21649494	0.8	-13.0	基本符合
73	W 2-35-17	5118697	21649744	3.0	-9.0	符合
74	W 2-35-18	5118698	21650016	2.5	- 6.0	基本符合
符合率						96%

乘法求得有效厚度 h(m)与电位值 x(mV)的相关方 预测区各点的视有效厚度.在预测过程中,要注意相 程为: h = -0.19x + 0.74,离散系数为 14.8.由离 关方程的使用条件为 $x \le -3.9$,对于 $x \ge -3.9$ 的 散系数可知,相关性是较紧密的,利用相关方程算出 点做 0 值处理.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net





Fig. 1 The relationship between self-potential and apparent effective thickness

3.3 预测结果

图 2 是网格化电位数据图,图 3 为视有效厚度 预测图,预测时使用了上面导出的相关公式和图 2 中的网格化电位数据.电位数据经所有已知井的标 定,根据标定后的位场值计算出的视有效厚度与原 来的视有效厚度在正常井位上有较好的一致性,统 计结果是:58 口已知井,符合的 56 口,占 96%;不符 合的2口,占4%.预计本地区整体预测效果,不会 离这个结果太远.

从图 3 可以看出,视有效厚度较大的地区集中 在测区东部,走向北西向,与本区河道砂体走向一 致,反映了含油河道砂体的分布,多数 2 m 以上,连 片分布,天窗较少,一般在 5 m 左右,分布面积约 12 km²,取有效厚度 2 m 作为好区块的下限,与表 1 相对应,圈出经济界限内的可开发面积.西部视有效 厚度较小,多数在 1.5 m 左右,5 m 以上的分布面积 不超过 1 km².随着钻井进程,对新完钻井做补充评 价非常重要,可以进一步修改和丰富以上预测结果. 3.4 建议井位

根据 3.2 的解释、有效厚度预测结果,提出 11 口建议井,建议井的视有效厚度多数在 3 m 以上,基 本控制了研究区域中的可开发面积,可以根据完钻 后的建议井资料,进一步部署规则开发井网.

表 4 为建议井情况, 其中 2 口视有效厚度最大的井为建议首钻井.

4 结论

在岩性油藏地区,局部有已知井控制的情况下, 部署自然电位面积测量,根据已知井上自然电位值 与视有效厚度的关系,预测没有控制井的未知区域 的视有效厚度,指导控制井和开发井的部署,可以取 得较好的勘探效果.这种由已知到未知的预测方法 同样可以应用到油田加密井前寻找剩余油的过 程中.





?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



图 3 自然电位视有效厚度预测图

Fig. 3 Predition of apparent effective thickness through spontaneous potential method

建议 井号	坐标 y	坐 标 x	电位值 (mV)	预测视 有效厚度	建议 首钻
建议 01	21651500	5121150	- 16	3.8	
建议 02	21650200	5120630	-11	2.8	
建议 03	21652200	5120280	-18	4.2	
建议 04	21651100	5118900	-18	4.2	
建议 05	21654400	5121650	-22	4.9	首钻
建议 06	21656100	5121760	-22	4.9	
建议 07	21655800	5120700	-18	4.2	
建议 08	21658000	5120460	-112.8		
建议 09	21655200	5119500	-30	6.4	首钻
建议 10	21656200	5119460	-17	4.0	
建议 11	21657800	5118160	-13	3.2	

表 4 建议并情况 Table 4 Conditions of propositional development wells

本区根据已知井资料,做出的视有效厚度预测, 结果基本反映储层油水分布状况,根据平面等值线 图,视有效厚度图的综合分析,提出 11 口建议井和 2 口首钻井.

References

- Li, Y. L., Wang, J. H., Pan, Z. P., et al., 2005. Wavelet multiscale analysis and geophysical significance of the spontaneous potential of oil and gas reservoir. *Petroleum Exp loration and Development*, 32(1): 80-84(in Chinese with English abstract).
- Liu, Q. S., Cheng, T. J., Liu, S. G., 1997. Comprehensive evaluation of mechanism of "chimney effect" using principles of magnetic geochemistry and mineralogy. *Chinese Science* 王君忙 *Bulletin*, 42(15), 1569—1573 (in Chinese). ?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing

- Pirson, S. J., 1982. Progress in magneto-electric exploration. Oil & Gas Journal, (10): 216-226.
- Thompson, C. K., Saunders, D. F., Buyson, K. R., 1994. Model advanced for hydrocarbon microseepage, related alterations. Oil & Gas Journal, 14: 95-99.
- Tompkins R., 1990. Direct location technologies: A unified theory. *Oil & Gas Journal*, (24): 126-134.
- Tompkins R., 1993. Redox identification technology: A direct location technique. *Oil & Gas Journal*, (6): 95-98.
- Wang J. H., Deng M. S., Pan, Z. P., et al., 2000. Self-potential detection principle of oil/gas reservoir and its application to field development. *Petroleum Exploration* and Development, 27(3): 96-102 (in Chinese with English abstract).
- Wang J. H., Pan, Z. P., Deng, M. S., et al., 2003. Relationship between spontaneous potential (SP) and apparent effective thickness (AET) of reservoirs. *Petroleum Exploration and Development*, 30(5): 65-67 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

历玉乐 王君恒,潘竹平、等 2005. 油气藏自然电位小波多尺度 分解及其地球物理意义. 石油勘探与开发, 32(1):80-84.
刘庆生 程同锦,刘树根 1997. 综合磁学、地球化学与矿物学原 理评价"烟筒效应"的机理. 科学通报 42(15): 1569-1573.
王君恒,邓明胜,潘竹平,等, 2000. 油气藏自然电位勘探原理 及在开发中的应用. 石油勘探与开发, 27(3): 96-102.
王君恒,潘竹平,邓明胜,等, 2003. 油气藏自然电位与油层视 , 有效厚度的关系研究. 石油勘探与开发, 30(5): 65-67.