

• 研究与探讨 •

影响孔隙压力预监测成功率的关键因素分析

王志战^{①②}

(①页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室;②中国石化石油工程技术研究院测录井研究所)

王志战. 影响孔隙压力预监测成功率的关键因素分析. 2018, 29(1): 1-3

摘要 准确识别与评价地层压力,无论在钻前、钻中还是钻后,均被地质界与工程界普遍重视。地层压力预监测中通常只把压实趋势线的准确选取作为精度控制的唯一关键因素是远远不够的,因为压力封存箱由外到内的压力突变、多种压力成因机制的相互叠加、压力检测手段响应特征的多解性、多套压力系统的纵向叠置等因素所影响的不仅是预监测的精度,甚至会导致地层压力预监测的结论错误。基于对这些关键因素的剖析制定可行的对策,对夯实孔隙压力预监测的理论基础、完善地层压力预监测模型、提高预监测的成功率与准确率有重要作用。

关键词 地层压力 封存箱 预监测 成功率 多解性 突变

中图分类号: TE 132.1 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1672-9803.2018.01.001

0 引言

迄今为止,地层孔隙压力预测、监测方法的基础仍局限于压实理论。在钻井过程中,主要是根据 dc 指数曲线或 σ 指数曲线偏离正常压实趋势线的程度,采用等效深度、伊顿、比值等方法定量监测孔隙压力或孔隙压力梯度的变化,并根据其变化趋势预测钻头前方的孔隙压力或孔隙压力梯度^[1]。显然,这种方法存在一定局限性。因为孔隙压力系统可能不是单一的,而是两个或两个以上的叠合;压力成因也常常并非单一的,而是多种成因机制的综合;预监测曲线上的响应特征并非唯一解,而可能是多解的;压力过渡带到压力封存箱内的压力也并非总是渐变的,而可能是突变的。这些因素把握不好,影响到的就不仅是预监测精度,还会导致结论性错误,如把常压预监测为高压^[2]、把高压预监测为低压等。

1 箱体内外压力突变

异常压力能够保存或保持,得益于封闭层的存在,所以压力封存箱必然包含压力封闭层。正是封闭层即压力过渡带的存在,才使录井能够在随钻过程中进行孔隙压力预测和监测。但是,箱体外的压力与箱体外的压力并不总是渐变的、过渡的,或者说

顶封闭层底界的压力与封存箱顶部的压力并不总是相等的^[3],在完美封闭、压力传递、构造泄压3类情况下会出现突变。

1.1 完美封闭

封闭常常是相对的、周期性的,当超压仓内的压力突破封闭层的破裂压力后,压力便会释放;压力释放后,基于封闭层的塑性,又会再次封闭,超压仓的压力再次聚集,即所谓的幕式成藏。但有一类封闭层,如同一块钢板能够阻止任何流体通过,封闭得相当完美,如蒸发岩、白云岩等,这类完美封闭层可能很厚,也可能很薄,但由箱外到箱内的压力是突变的(图1)^[3]。

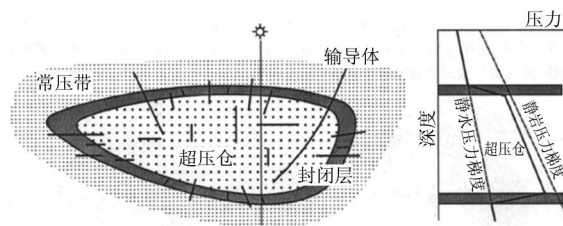


图1 理想的超压流体封存箱构成模式

1.2 压力传递

压力异常是相对于静水压力或者说是相对于深度而言的,如40 MPa的压力,在4000 m深度是常

基金项目:国家重大专项“低渗透油气藏高效开发钻完井技术”(编号:2016ZX05021)

王志战 教授级高工,1969年生,1991年毕业于西北大学岩矿及地球化学专业,2002年、2006年分别获工学硕士、博士学位,主要从事录井技术研究工作。通信地址:100101北京市朝阳区北辰东路8号北辰时代大厦9层。电话:(010)84988382。E-mail: Wangzz_sripe@Sinopec.com

压,但在3000 m的深度却是异常高压。所以,深部的压力传递到浅部(图 2a)或者高部位的压力传递到低部位(图 2b),都会引起压力的突变^[4]。开发井注水的压力传递也会引起邻井压力的突然升高。在这些情况下,通过监测封闭层的压力将难以预测超压仓的压力。

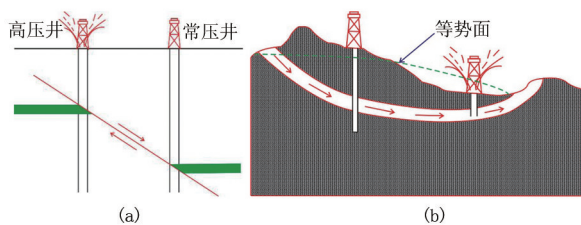


图2 两种压力传递作用

1.3 构造泄压

在断层、断裂的作用下,超压仓内的压力与外界储集体沟通,压力也会释放,而基于压力过渡带的渗透性低或极低,其孔隙压力难以释放,将造成从压力过渡带到超压仓内的压力骤减。另外一种情况是,封闭层的塑性较差,当超压仓内的压力达到破裂压力和压力释放后,封闭层不再闭合,超压仓内的压力降为常压。

2 成因机制相互叠加

异常高压与异常低压的成因机制具有一定的对应关系,各有十多种^[1]。这些成因机制分为3大类:孔隙体积的变化、孔隙流体体积的变化、流体运动与流体压力的变化^[5]。具体到某一区块,无论是碎屑岩地层还是碳酸盐岩地层,异常压力的成因机制往往是两种以上的叠加,只是主次上有差异(图3)。

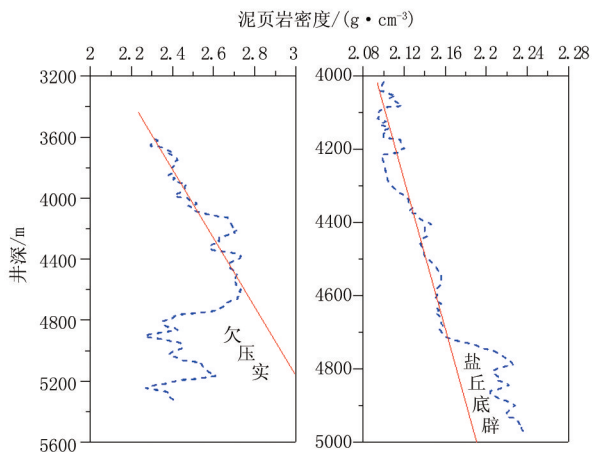


图3 欠压实与盐丘底辟成因机制的泥页岩密度

成因机制的叠加有可能导致预监测结果的失误,叠加的情况主要有两类:一类是两种增压机制的叠加,如当欠压实、生烃等孔隙体增大^[6]的增压机制遇上盐丘底辟、次生胶结、构造挤压等孔隙体积减小的增压机制时,孔隙体积的变化相互抵消,此时 dc 指数等异常特征不明显甚至无异常,但压力却是叠加的;另一类是增压机制与降压机制的叠加,如当碳酸盐岩地层的流体充注作用遇到 TSR(硫酸盐热化学还原)反应的溶蚀作用,扩容的降压作用抵消了流体充注的增压作用^[7]。

3 响应特征具多解性

地层压力预监测曲线的响应特征具有多解性,这就要求压力评价工程师对具体问题具体分析,不能一刀切。孔隙体积增大的响应未必是欠压实、生烃等增压机制作用的结果,还可能是溶蚀作用的降压响应;同样,孔隙体积减小,未必是构造挤压、次生胶结等增压作用的结果,还可能是过压实作用的降压机制造成的。在碎屑岩地层中,流体盐度的增大往往是增压的响应;但在碳酸盐岩地层,却往往是降压的响应^[2]。

4 压力系统纵向叠置

井筒内的压力系统或压力封存箱往往不是单一的系统,而是两个或多个压力系统纵向叠置(图4)。当上、下两个或多个压力系统的成因机制不同或具有沉积间断时,其趋势线的斜率也是不同的,如果采用同一条趋势线对两个或多个压力系统的压力进行统一预测和监测,便会导导致下伏压力系统的预监测结果出现重大偏差甚至结论错误。

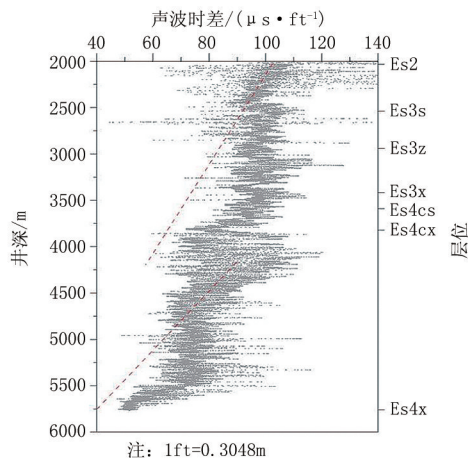


图4 压力系统叠置及趋势线的确定

5 结束语

压力封存箱由外到内的压力突变、多种成因机制的相互影响、压力检测手段响应特征的多解性、压力系统的纵向叠置关系均会导致地层压力预测和监测出现结论性错误,然而这些难题并非无解。无论是地震、录井还是测井,通过层速度、 dc 指数或 σ 指数、泥页岩密度、声波时差等单条曲线预测或监测地层压力的方法都不能满足所有需求。在地层压力预测和监测过程中,通过强化对区域资料的综合研究,掌握异常压力的纵横向分布规律、成因机制与演化、敏感响应与协同影响,将责任心、经验与理论、方法密切结合,可以大幅度提高预监测的成功率与准确率。

参 考 文 献

[1] 王志战,陆黄生. 异常高压随钻预测理论与方法[J].

录井工程,2011,22(3):37-41.

[2] 王志战. 川东北碳酸盐岩地层异常压力随钻监测方法[J]. 石油学报,2012,33(6):1068-1075.

[3] 解习农,李思田,刘晓峰. 异常压力盆地流体动力学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2006:14-23.

[4] Chilingar G V, Serebryakov V A, Robertson J O. Origin and prediction of abnormal formation pressures [M]. Amsterdam: Elsevier Science B V, 2002:21-64.

[5] 王志战,慈兴华. 东营凹陷异常压力随钻预测与监测[M]. 北京:石油工业出版社,2011:83-96.

[6] 王志战,张伟,杜焕福,等. 生烃超压随钻预监测方法[J]. 油气地质与采收率,2012,19(6):53-57.

[7] 王志战,秦黎明,李启波,等. 碳酸盐岩地层异常压力随钻监测关键问题探讨——以川东北飞仙关组 and 长兴组地层为例[J]. 石油钻探技术,2014,42(1):14-19.

(返修收稿日期 2017-11-17 编辑 李 特)

• 简讯 •

渤海钻探第一录井公司地质导向技术在 G 1702H 井应用成效突出

2018 年 3 月 4 日,由中国石油渤海钻探第一录井公司服务的大港油田第二口页岩油水平井 G 1702H 井顺利完钻,完钻井深 5280 m,垂深 3930 m,水平段长 1340 m,含油显示良好,储层钻遇率达 100%。这是继 G 1701H 井地质导向成功后,地质导向技术在页岩油钻探过程中再次发挥了重要作用。

明确服务理念,构建工作模式。在总结 G 1701H 井成功地质导向的经验基础上,该公司成立了由地质、地震、油藏、地球化学、测井、解释评价等技术人员和专家组成的地质导向团队,明确了前后方一体化协调工作机制,构建了“钻前分析—模型建立—现场实施—后期评价”工作模式,为有效实施现场地质导向提供组织和技术保障。

超前分析研究,制定导向方案。获取设计任务书后,导向团队认真研读消化,收集地质、测井、地震等资料,开展构造分析及连井剖面地层对比,分析导向风险并制定控制措施。针对断层复杂、断失厚度不确定、标志层少、水平段双台阶等特点,应用地质模型、地震趋势约束、模型动态更新、精细地层对比等多种技术手段制定地质导向方案,为现场实施提供技术准备。

实时动态跟踪,强化轨迹控制。地质导向人员进驻现场后,根据制定的地质导向方案,综合分析利用综合录井、元素录井、定量荧光、岩石热解、伽马能谱等资料实施轨迹跟踪,与大港油田勘探事业部、大港油田勘探开发研究院地质人员多次沟通讨论并提出有效导向建议,提出在入窗前以 76° 井斜角稳斜探层找入窗点、 73° 降至 71° 井斜角探寻二箱体等关键建议,多次成功实施轨迹调整,确保了成功入窗和水平段轨迹控制,入窗后含油显示良好并多次点火,地层能量大,储层钻遇率高,轨迹平滑,取得了良好的钻探效果。

该公司将继续坚持“地质工程一体化、团队导向”的先进导向理念,前后方协调合作,将钻井技术、随钻测井技术、油藏工程技术有机结合,技术应用效果突出,得到了建设方的高度认可,为加速推进地质导向、地质工程一体化技术精准服务在水平钻探领域的应用和推广奠定坚实基础。

(信息来源 中国石油信息资源网 2018-03-22)