

地层压力预测技术在准噶尔盆地钻井中的应用^{*}

李忠慧^{1,2} 楼一珊^{1,2} 王兆峰³ 田 峥¹ 朱 亮^{1,2} 吴惠梅^{1,2}

1.“油气钻采工程”湖北省重点实验室·长江大学 2.长江大学石油工程学院

3.中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院

李忠慧等.地层压力预测技术在准噶尔盆地钻井中的应用.天然气工业,2009,29(8):66-68.

摘 要 准噶尔盆地东部地区存在多套不同的压力层系,给钻井工程带来了很多困难。地层压力的准确计算对于合理、经济地选用钻井液性能,防止井喷、井漏、井塌等复杂钻井情况的发生具有重要意义。为此,分析了准噶尔盆地东部地区异常压力成因机理,认为水热增压、烃类生成和黏土矿物转化不是该地区异常压力主要成因,欠压实作用才是造成该地区异常压力的主要机理。以现场测井资料 and 实际施工数据为基础,应用测井资料解释方法对该地区的 A1 井等 6 口井进行了地层压力预测。结果表明,奇古组以下地层存在异常高压,钻井时应提高钻井液密度来实现平衡钻井;地层压力预测值与实测值相对误差最高为 4.3%,预测精度高,达到了指导现场安全钻井和井控的目的。

关键词 平衡压力钻井 地层压力 预测 测井 准噶尔盆地

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.08.021

0 引言

就钻井工程而言,地层压力是近平衡压力钻井的依据,对于设计套管程序、合理选用钻井液密度、减少油气层污染等方面都具有重要的经济价值^[1-2]。因此,能否进行准确的地层孔隙压力评价,正确认识钻井地层压力环境,已成为急需解决的问题。通过对准噶尔盆地地质构造及地层压力成因机理的分析,应用测井资料解释方法对准噶尔盆地东部地区 A1 井等 6 口井的地层压力进行了预测。结果表明,该预测技术具有很强的实用性,计算精度高。

1 地理构造背景及异常压力成因机理

准噶尔盆地是我国大型含油气盆地之一。位于新疆北部,盆地周围被褶皱山系环绕,西北为扎依尔山和哈拉阿拉特山,东北为古格里底山和克拉美丽山,南面是天山山脉的伊林黑比尔根山和博格达山。盆地平面形状呈南宽北窄的近三角形,面积为 $13.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均海拔为 500 m,沉积岩最大厚度为 14 000 m。准噶尔盆地油气勘探在区域上主要集中

在西北缘、腹部、南缘和准东地区,从板块划分上看,盆地位于哈萨克斯坦板块,西伯利亚板块和天山褶皱带之间的三角地带。准噶尔盆地是晚古生代—中新生代的挤压复合叠加盆地,经历了多期构造演化,多期岩浆活动,多源动力作用,其地层压力分布、成因及其与油气成藏间的构造格局复杂。

长期以来,水热增压被认为是各种超压机制中最常见和最有效的一种,但近期科学研究结果表明,在绝大多数沉积盆地的地质条件下,由于温度随深度增加而使地层内增加的流体压力极为有限。准噶尔盆地今地温场为常温特征,今地温梯度为 $2.4 \sim 2.8 \text{ }^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ 。温度对地层压力的影响作用不大。因此,发生水热增压的可能性很小。有机质生成烃类,体积增大,可以大幅度地提高已压实岩层中的压力。在干酪根的埋藏和生成烃类的过程中,烃类生成特别是低分子烃类的生成所造成的体积膨胀;同时生成的水和烃类等物质在地层中变单相流动为多相流动,引起流体渗透率的降低,最终造成超压异常。该区生烃潜量总体上较低,干酪根热降解生成烃类作用不会造成异常压力的存在。地层中的黏土

^{*} 本文为中国石油天然气集团公司“新疆油田稀油建产新区油藏地层压力剖面预测研究”项目(编号:08H0312)的部分研究成果。

作者简介:李忠慧,1977 年生,讲师,博士研究生;2001 年毕业于原江汉石油学院石油工程专业;从事岩石力学与石油工程的研究与教学工作。地址:(434023)湖北省荆州市南环路 1 号。电话:(0716)8060736。E-mail:lizhonghui255@126.com

矿物在高温条件下所经历的成岩变化,也就是蒙脱石转化为伊利石的过程中,其有 3 个方面的因素引起孔隙流体压力的增加:①伊利石对孔隙孔道产生堵塞,降低了泥质岩的渗透性;②伴随这个过程有大量水脱出,所释放出的水体积可达到原始孔隙体积的 15%;③蒙脱石层间吸附水的密度一般高于自由孔隙水。由于自由孔隙水和黏土吸附水之间存在着密度差异,蒙脱石吸附水脱出后必然要膨胀,导致地层产生附加孔隙压力,随着上覆沉积地层的迅速增厚,负载增加,流体的排出受阻,促使地层中泥质岩超压形成。从黏土矿物转化特征来看,由蒙脱石向伊利石转化过程脱水作用非该地区的压力成因。因此,水热增压、烃类生成和黏土矿物转化这 3 种作用不是该地区压力成因的主要机理^[3-5]。准噶尔盆地东部地区上部地层以泥岩、泥质粉砂岩为主,下部地层以泥岩、泥质粉砂岩、砂砾岩、含砾泥岩、含砾泥质粉砂岩为主。因此,该地区异常压力成因机理应该是由欠压实作用造成的。

2 地层压力预测方法及原理

声波测井测量的是弹性波在地层中的传播时间。声波时差主要反映岩性、压实程度和孔隙度。除了含气层的声波时差显示高值或出现周波跳跃外,它受井径、温度及地层水矿化度变化的影响比其他测井方法小得多。因此,笔者选用声波时差来评价和计算地层压力。

声波测井所记录的纵向传播速度主要是岩性和孔隙度的函数,对砂泥岩而言,声波测井曲线基本上为一条反映孔隙度变化的曲线,在正常压实情况下,声波传播时间将随埋藏深度的增加而减小,而声波传播速度则随埋藏深度的增加而增大,如遇异常地层压力过渡带,泥岩孔隙度增加,声波时差将偏离正常压实趋势线^[6],应用声波测井资料可以对欠压实作用产生的异常压力进行预测。因此,笔者采用声波时差法对准噶尔盆地东部地区的地层压力进行预测。用正常压实泥页岩井段声波时差与其对应的埋藏深度按半对数关系回归,建立声波时差的正常趋势线,利用伊顿模型定量求取地层压力^[7]:

$$G_p = G_{op} - (G_{op} - \rho_w)(\Delta t_n / \Delta t)^n$$

(1)

式中: G_p 为地层孔隙压力当量密度, g/cm^3 ; G_{op} 为上覆岩层压力当量密度, g/cm^3 ; ρ_w 为地层水静水压力当量密度, g/cm^3 ; Δt_n 为正常压实时的声波时差值, $\mu\text{s}/\text{m}$; Δt 为实测声波时差值, $\mu\text{s}/\text{m}$; n 为伊顿指数,该研究区块一般取 0.45~0.48。

应用伊顿模型进行地层压力预测之前应对声波测井资料进行校核和预处理,尽量减少和消除测井过程中由于其他因素造成的测量数据的偏差和错误,以减少不良数据对后续计算分析的影响。然后提取声波测井数据,建立声波时差趋势线。正常的地层孔隙压力系统,其声波时差趋势是呈现下降趋势的,将声波时差取对数后可以建立声波时差(Δt)与井深(H)的关系,如式(2)所示:

$$\lg \Delta t = AH + B$$

(2)

式中: Δt 为深度 H 处的地层声波时差, $\mu\text{s}/\text{m}$; A 、 B 为系数。

从式(2)中可以直观地看出: $\lg \Delta t$ 与 H 呈线性关系,斜率是 A ($A < 0$),在半对数曲线上,正常压实地层的 Δt 对数值随深度呈线性减少。如出现异常高压, Δt 散点会明显偏离正常趋势线。

3 现场应用效果

在整体把握准噶尔盆地东部地区的地质特性后,对相关测井数据资料进行分析处理,应用上述计算方法,对该地区 A1 井等 6 口井的地层压力进行了计算(表 1),并绘制了 A6 井全井地层孔隙压力剖面图(图 1)。

表 1 地层孔隙压力当量密度计算值与实际值对比表

井号	井深 (m)	预测值 (g/cm^3)	实测值 (g/cm^3)	相对误差 (%)
A1	2 882.00	1.21	1.18	2.54
	3 254.50	1.18	1.22	3.28
A2	2 446.00	1.11	1.16	4.31
	3 481.75	1.24	1.25	0.80
A3	2 018.00	1.17	1.22	4.10
	2 747.00	1.13	1.15	1.74
A4	3 062.50	1.14	1.17	2.56
A5	2 924.00	1.25	1.23	1.63
A6	2 987.50	1.18	1.21	2.72

对比分析表 1 可知,由伊顿法计算的孔隙压力当量密度值与实际值之间的误差很小,平均误差率在 2% 左右。满足了工程需要,说明该方法是适合于该地区的地层压力预测的。

4 结论

1) 准噶尔盆地东部地区异常压力成因为欠压实作用造成的。

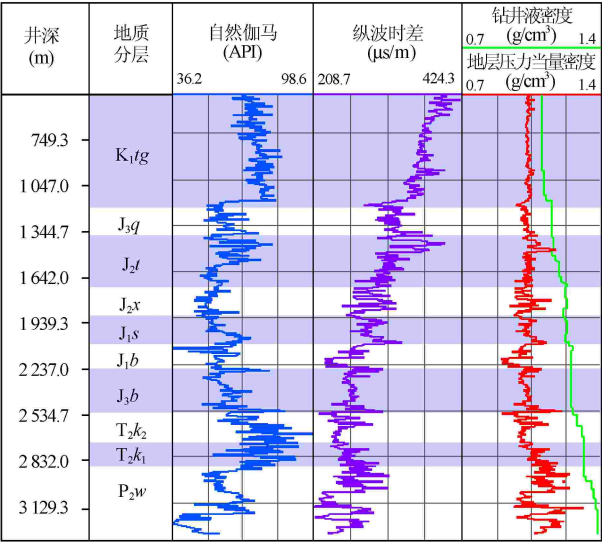


图 1 A6 井地层孔隙压力剖面图

2)用伊顿模型评价准噶尔盆地东部地区异常压力是合适的,最大误差为 4.3%,满足了工程需要。

3)该地区存在低幅超压系统,钻井过程中应使用合适的钻井液密度来平衡地层压力,防止钻井复杂情况的发生。

参 考 文 献

[1] 张辉,高德利.钻头下部未钻开地层的孔隙压力随钻预测[J].天然气工业,2005,25(3):79-80.

[2] 王振峰,罗晓容.莺琼盆地高温高压地层钻井压力预测监测技术研究[M].北京:石油工业出版社,2004.

[3] 罗晓容,肖立新,李学义,等.准噶尔盆地南缘中段异常压力分布及影响因素[J].地球科学:中国地质大学学报,2004,29(4):404-412.

[4] 刘震,金博,贺维英,等.准噶尔盆地东部地区异常压力分布特征及成因分析[J].地球科学,2002,37(增刊):97-104.

[5] 张启明,董伟良.中国含油气盆地中的超压体系[J].石油学报,2000,21(6):1-11.

[6] 李新宁,李留中,徐向阳,等.异常地层压力的形成原因及预测方法[J].吐哈油气,2006,11(2):120-126.

[7] 王永清,陈志学,于文华,等.青西油田地层压力预测技术的研究与应用[J].石油钻探技术,2005,33(4):29-31.

(收稿日期 2009-01-27 编辑 钟水清)