

随钻地层压力监测在钻井工程中的实践

黄 浩 (长江大学, 湖北 武汉 430000)

摘 要: 本文对随钻地层压力监测在钻井工程中的实践进行了研究, 首先分析了钻井过程中地层压力产生的原因及影响参数, 然后对随钻地层压力检测的具体应用前景进行了描述。本文所做研究, 为钻井工程的开展提供了借鉴和参考, 具有十分重要的现实意义。

关键词: 随钻; 地层压力; 钻井

1 引言

随着经济水平的不断发展, 自然资源的开采数量不断增加。交通、冶炼等行业对煤炭和是由等资源的需求量不断增加^[1]。因此, 近年来钻井工程深受国内外学者关注和研究。但是, 由于钻井钻取过程中, 地层压力的产生会危及钻井过程的安全水平, 如果严重会对矿井采掘人员的生命和财产安全构成威胁和伤害^[2]。因此, 对地层压力进行实时监测, 对监测过程中出现的异常情况及时修正和调整, 从而避免重大安全生产事故的发生^[3]。鉴于此, 本文对随钻地层压力监测在钻井过程中的应用进行研究, 力求提升矿井作业过程中的安全水平。

2 钻井过程中地层压力产生的原因及影响参数

2.1 钻井过程中地层压力产生的原因

地层压力是由于地层在受到钻头钻取过程中, 地层岩石中的液体流出而产生的压力。一般情况而言, 钻井工程开展过程中, 当钻井的深度不断增加, 埋藏在地下深层次的水分会随着岩石神偷出来, 进而在地面和采掘面之间形成一定的液体压力^[4]。正常情况下, 此种压力是一类常规空隙压力, 不会构成任何危害。当地面的压实度出现压力分布不均等情况时, 便会使得地孔的压力大于静液注压力, 此种现象叫做地下岩层超压^[5]。经过实际项目验证可知, 产生此种地层压力的原因有很多, 例如泥页岩压实不够均匀, 地质构造不断变化导致, 温度升高导致水温升高, 从而水压增强^[6]。随着钻取工作的不断开展, 沉积物中产生了多种烃类物质, 水位的侧压力对井固产生影响, 气体和水分之间密度的差异以及其对地面的剥蚀作用等等原因, 均会导致地下岩层的超压^[7]。此种现象是造成岩层中孔隙压力的众多因素。

2.2 钻井过程中地层压力的影响参数分析

经过多年的地质研究分析可知, 沉积环境中砂石岩是主要的组成成分, 在钻取过程中, 随着钻取深度的不断增加, 沉积的物质也会逐步向岩石地质方向转变, 在承受的压力变化时, 其自身的结构也会发生变化, 尤其在密度和物理参数上也会出现变化, 岩石孔的结构也会发生变化^[8]。压力是受物理参数等影响而产生的, 随着诸如声波等物力参数的变化, 加之纵深不断加大的情况下, 压力也会逐渐变大。在岩孔中的液体向孔外渗出时, 压力会使得岩孔的直径发生缩小变化, 使得此层次的压力

会和净水的压力数值相同, 因此此种压力被称作常压。但是, 一旦物源稳定, 会在岩石层中引发大规模的沉降现象, 沉淀物便会迅速堆积, 此种被称之为不平衡压实。这便会导致沉淀物中一部分排水便会经受阻拦, 此时沉淀物质的沉淀速度会比排水的速度更大。和上文提到的常压相比较, 该层次的孔岩会变得更多更大, 岩石中积存的液体便会更多, 其密度和常压相比也会相对变小, 进而使得当声波在岩石中进行传递过程中, 其速度会受到影响, 而电解质在岩石中传播的速度会变得更强。

综合上文分析可知, 假设地层的深度为 D , 泥页岩的孔隙度、泥面泥页岩孔隙度和 D 的关系可以用式(1) - 式(2)表示。

$$\phi = \phi_0 e^{cD} \quad \text{式(1)}$$

$$\ln \phi = cD + \ln \phi_0 \quad \text{式(2)}$$

检测仪器的最终显示值 X 和 D 的关系表达式为式(3)

$$X = ae^{bD} \quad \text{式(3)}$$

对式(3)进行对数操作后, 可得式(4)

$$\ln X = bD + \ln a \quad \text{式(4)}$$

3 随钻地层压力检测

随钻地层压力检测是近年来最为常用的一种检测技术, 借助此种压力检测技术, 能够预先对随钻开展测量工作, 并且和录井所获取的测井数据、岩孔的缝隙度、岩石的密度、泥质量进行比对。同时, 还可以根据检测数据, 从温度方面对间接制测井得到的相关数据进行修正, 对地下岩层银子和地下各个层次的岩石横波速度和泊松比进行测量。基于以上检测数据后, 可以对数据进行核算, 从而得到此声波在岩石中的传播速度。借助以上数据, 能够对地下每层能够承受的压力以及各个层次的漏失试验值进行测量和重新计算, 最终可以开展监测并且对井壁的稳定程度做分析。以上环节, 各类数据的计算结果, 对地层压力的检测起到了非常大的帮助作用。

具体计算步骤如下:

设静液压力下其梯度为 NH , 钻面的海拔为 K , 海平面以下水位深度为 W , 梯度常熟为 NH_0 , 当地海水的密度为 SW , 垂深为 TV , 因此静液体海水的梯度值和以上各个变量的关系表达式为(5):

$$NH = \frac{(W \cdot SW + (TV - K - W) \cdot NH_0)}{TV} \quad \text{式(5)}$$

假设上表面覆盖压力为 OB, 垂直深度为 TV, 岩石中液体的密度为 RH, 钻面的海拔为 K, 以上各个变量的关系如式 (6) 所示。

$$OB = \frac{\int_0^{TV} RH(x)dx}{TV} \quad \text{式 (6)}$$

孔隙压力梯度假设为 P, 最终实测值为 Xob, 正常压实趋势值为 X_{NCT}, 伊顿指数为 n, 以上各个变量之间的关系如式 (7) 所示。

$$PP = OB - (OB - NH) * \left(\frac{X_{ob}}{X_{NCT}}\right)^n \quad \text{式 (7)}$$

假设能够导致地层发生破裂的压力变量为 FG, 地层上表面覆盖的压力梯度为 OB, 地层孔隙的压力梯度为 P, 泊松比为 μ , 以上几个变量的最终关系式如 (8) 所示。

$$FG = P + (OB - P) * \frac{\mu}{1-\mu} \quad \text{式 (8)}$$

Dxc 指数和机械钻速 ROP, 钻头转速为 REV, 钻头压力为 WOB、钻头的尺寸 BS 以及正常静液压力梯度之间的表达式为式 (9)

$$Dxc = \frac{\lg\left[\frac{ROP}{60 \cdot REV}\right]}{\left[\frac{12 \cdot WOB}{BS}\right]} * \frac{NH}{EC} \quad \text{式 (9)}$$

4 地层压力监测技术在矿井工程中的具体应用

4.1 井固分析

在采掘工作开展过程中, 如果井固周边压力过大会造成井壁坍塌而影响采掘工程正常的推进进度, 这便需要对地下岩层的实际压力数值状况开展分析。在开展分析工作之前, 首先要对该地区的地质情况进行详细的了解, 然后基于分析结果开展地层压力的数值监测和分析, 从而计算出地层岩石中受到的空隙压力数值。在得到计算数值之后, 首先要选择几口在进行采掘工作的矿井进行实验验证分析, 然后以此作为横向对比标杆, 对井固受到的实际压力进行分析。在完成分析后, 可以从工程施工的角度分析, 如果压力超压, 则需要从钻井液的密度调整等角度进行相应的施工策略分析。以上研究, 只有在具体的矿井施工过程中, 才能实现对矿井的有效利用, 并将此理论运用于未来矿井的施工过程中。对井固的壁进行失衡分析, 是地层压力监测技术在矿井工程中的最主要的应用范围之一。

4.2 井漏控制

在开展采掘过程中, 尤其对于深水井的控制, 其地下岩层的压力超出标准要求的现象是十分常见的, 并且此种现象是无法避免的, 对于陆地上的不同的浅水区域, 由于泥面一下的长度不等, 地底岩层很容易发生破裂等情况, 并且一旦发生破裂泄露, 便很难恢复。因此, 在矿井工程施工过程中, 要对随钻地层的压力进行实时的检测, 这一点是非常重要的。由于当钻取到一定程度上

后, 其压力达到过高级别, 非常容易发生井漏现象。井漏一旦发生, 随钻压力检测技术便可以将其参数进行取回, 并且需要对井漏进行有效的控制提供有效的参考, 并且根据测得的参数, 进行堵漏方式的确定以及钻井液密度的确定。在对井固进行堵漏材料添加时, 需要对堵漏过程中的压力值进行实时监测, 并且决定是否要开展实时调整工作。

4.3 套管程序优化

在钻井过程中, 套管的使用时非常重要的, 套管的下管方式、数据和纵深等都是衡量套管设置是否优化的关键。开展压力监测技术, 能够为钻地过程中套管程序的优化提供充分的技术支持, 从而对套管过程中相关程序的优化提供充分的数据支撑。例如, 若对套管的使用成熟进行降低, 或者降低管子的深度时, 随钻地层压力能够为以上程序的调整提供充分的实施数据反馈。

5 结论

综上所述, 采用随钻地层压力实时监测技术, 对于钻井工程的开展具有非常重要的作用。在实际钻井作业开展过程中, 其潜力也是十分巨大的。经过本文分析, 随钻压力检测需要建立相关数学模型, 并且基于模型及先进设备开展压力数值的计算。压力实时监测技术的使用, 对井固、井漏、套管程序的优化等方面都是十分重要的应用场景。

参考文献:

- [1] 胜亚楠, 管志川, 李伟廷, 蒋金宝, 晁文学, 孔华. 基于贝叶斯理论的含可信度孔隙压力随钻修正方法 [J]. 石油钻采工艺, 2020, v.42; No.249(03):18-23.
- [2] 李华洋, 吴惠梅, 南冲, 等. 南海深水 L-1 井区地层压力预测技术研究及应用 [J]. 石油地质与工程, 2020, 034(003):113-117.
- [3] 李振川, 孙铁柱, 陈继鹏, 王浩文, 韩峰. 水基钻井液浸泡解卡在呼探 1 井的实践与认识 [J]. 新疆石油天然气, 2020, v.16; No.63(04):6+50-52.
- [4] 郭永峰. 斯伦贝谢推出“随钻压力监测”条件下钻井事故判断准则 [J]. 中国石油企业, 2020, No.426(10):64-64.
- [5] 邓超. StethoScope 随钻测压技术在南海东部 H-1 钻井平台的应用 [J]. 西部探矿工程, 2020, v.32; No.286(02):85-88+91.
- [6] 葛景凯. 综合录井参数在钻井工程异常预警中的应用探讨 [J]. 信息系统工程, 2020, No.315(03):99-100.
- [7] 陈志伟. 页岩气水平井钻井沉砂卡钻监测方法研究及应用 [J]. 录井工程, 2020(2):12-15.
- [8] 孟庆双. ZP26-P2 三维水平井钻井施工实践与认识 [J]. 石油和化工设备, 2020, v.23; No.209(11):114-116.

作者简介:

黄浩 (1992-), 男, 汉族, 籍贯: 武汉, 长江大学硕士研究生在读、学士学位、研究方向: 油气井工程。