

一种盐膏岩层深井石油套管强度分析方法

技术领域

本发明涉及一种盐膏岩层深井石油套管强度分析方法，属于石油钻井与完井领域。

背景技术

石油井筒结构完整性直接影响着井下作业等多方面。在高温高压超深油气井开发过程中，井筒在地层应力、流体腐蚀等多因素作用下极易发生损坏，从而引发卡钻等事故。套管作为井筒结构的关键组成部分，其强度的安全性直接关系到采油效率。

盐膏岩地层具有典型的塑性变形特征，易导致井筒外部载荷变化，直接影响了套管强度安全性。国内外专家学者研究套管强度的方法，与实际地层情况差别较大，存在认识不清，考虑问题单一。不同地层的初始地应力场，地层活动规律不一，岩石力学特征差异性较大。油气开发可能导致井壁围岩破坏，诱发井壁失稳，进而作用在套管上，使之变形失效。目前，油气井筒系统内套管的强度安全性分析主要依赖于套管强度安全计算校核以及对安全系数的评价方法，对于复杂载荷作用下地层应力对井筒以及套管的作用机理、变形和应力分布规律，还需进一步研究。

发明内容

为了克服现有技术中的问题，本发明提供一种盐膏岩层深井石油套管强度分析方法。

本发明解决上述技术问题所提供的技术方案是：一种盐膏岩层深井石油套管强度分析方法，包括：

说明书

根据目标盐膏岩层的测井资料获取目标盐膏岩层的地层力学参数；

根据地层力学参数和地质模型确定目标盐膏岩层的水平最大主应力 σ_H 、水平最小主应力 σ_h ；

根据水平最大主应力 σ_H 、水平最小主应力 σ_h 以及套管-水泥环-地层模型确定盐膏岩层深井石油套管所受的外挤应力；

根据盐膏岩层深井石油套管所受的外挤应力，确定不同井深处套管的等效应力，分析套管在水泥环工程缺陷下受非均匀地应力作用下的力学行为，对套管强度进行安全性分析。

进一步的技术方案是，所述地层力学参数包括弹性模量、泊松比。

进一步的技术方案是，根据地层力学参数和地质模型确定目标盐膏岩层的水平最大主应力 σ_H 、水平最小主应力 σ_h ；

根据目标盐膏岩层的地层力学参数以及地质模型确定目标盐膏岩层的体积模量、剪切模量；

根据地层力学参数、体积模量、剪切模量确定目标盐膏岩层的水平最大主应力 σ_H 、水平最小主应力 σ_h 。

进一步的技术方案是，所述体积模量的计算公式为：

$$K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

式中： K 为体积模量； E 为弹性模量； ν 为泊松比。

进一步的技术方案是，所述剪切模量的计算公式为：

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

式中： G 为剪切模量； E 为弹性模量； ν 为泊松比。

进一步的技术方案是，所述套管-水泥环-地层模型包括：

$$\begin{cases} \sigma_{\gamma} = -\sigma - \tau \cos 2\theta \\ \tau_{\gamma\theta} = \tau \sin 2\theta \end{cases}$$

$$\begin{cases} \sigma = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_h) \\ \tau = \frac{1}{2}(\sigma_H - \sigma_h) \end{cases}$$

式中： σ_H 为水平最大主应力； σ_h 为水平最小主应力； σ 径向应力； τ 为环向剪应力； θ 为井周与 X 轴夹角。

本发明具有以下有益效果：本发明结合盐膏岩力学性质研究，考虑地应力场影响，对复杂盐膏岩地层原始地应力场和井筒进行数值模拟，确定出更符合实际的套管周围的外挤作用应力；针对注入工况下的套管载荷进行分析，确定不同井深处套管的等效应力，判断套管的承载能力，考虑地层蠕变作用在井筒上的外力对套管承载能力的影响；分析套管在水泥环工程缺陷下受非均匀地应力作用下的力学行为，对套管强度进行安全性分析，保证生产及相关作业过程中井筒系统的安全可靠。

附图说明

图 1 是井筒受地层作用的力学模型图；

图 2 是套管-水泥环-地层有限元网格划分图。

具体实施方式

下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本发明的一种盐膏岩层深井石油套管强度分析方法，包括以下步骤：

步骤 S10、根据目标盐膏岩层的测井资料获取目标盐膏岩层的地层力学参

数，其中地层力学参数包括弹性模量、泊松比、平均密度等参数；

步骤 S20、根据目标盐膏岩层的地层力学参数以及地质模型确定目标盐膏岩层的体积模量、剪切模量；

步骤 S30、根据地层力学参数、体积模量、剪切模量确定目标盐膏岩层的水平最大主应力 σ_H 、水平最小主应力 σ_h ；

步骤 S40、根据水平最大主应力 σ_H 、水平最小主应力 σ_h 以及套管-水泥环-地层模型确定盐膏岩层深井石油套管所受的外挤应力；

其中井眼受地应力作用下的物理模型采用平面坐标系进行描述，设定 X 轴方向和 Y 轴方向与两个水平主应力方向重合，其中 X 轴方向为水平最大地应力 σ_H 方向，Y 方向为水平最小地应力 σ_h 方向。井眼半径为 r ，井周与 X 轴夹角为 θ ，井筒受地层作用力学模型如图 1 所示。

当井筒组合系统最外层介质区域足够大时，可将该介质外部的应力状态通过公式 (1) 表示：

$$\begin{cases} \sigma_x = -\sigma_H \\ \sigma_y = -\sigma_h \\ \tau_{xy} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

经过极坐标变换，可得：

$$\begin{cases} \sigma_r = -\frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_h) - \frac{1}{2}(\sigma_H - \sigma_h)\cos 2\theta \\ \tau_{r\theta} = \frac{1}{2}(\sigma_H - \sigma_h)\sin 2\theta \end{cases} \quad (2)$$

将公式进行化简，令：

$$\begin{cases} \sigma = \frac{1}{2}(\sigma_H + \sigma_h) \\ \tau = \frac{1}{2}(\sigma_H - \sigma_h) \end{cases} \quad (3)$$

最终得到：

$$\begin{cases} \sigma_{\gamma} = -\sigma - \tau \cos 2\theta \\ \tau_{\gamma\theta} = \tau \sin 2\theta \end{cases} \quad (4)$$

将非均匀应力场分解为平均应力场和偏差应力场的叠加，可得：

$$\begin{cases} \sigma_{\gamma} = \sigma'_{\gamma} + \sigma''_{\gamma} \\ \tau_{\gamma\theta} = \tau'_{\gamma\theta} + \tau''_{\gamma\theta} \end{cases} \quad (5)$$

其中， $\begin{cases} \sigma'_{\gamma} = -\sigma \\ \tau'_{\gamma\theta} = 0 \end{cases}$ ，表示平均应力场， $\begin{cases} \sigma''_{\gamma} = -\tau \cos 2\theta \\ \tau''_{\gamma\theta} = \tau \sin 2\theta \end{cases}$ ，表示偏差应力场。

因此，可以通过外压和切应力得到非均匀应力场的径向应力和环向剪应力。

对注入工况下考虑底层流变作用的地层进行应力分析，作为套管外压，即上述平均应力场的径向应力。偏差应力通过计算由于井深全角变化而施加于套管表面的切应力得到。叠加平均应力和偏差应力，得到该流变地层中套管所受的外挤应力。根据得到的非均匀载荷反推，得到水平最大主应力。该地区水平主应力系数取 0.7，可以得到水平最小主应力。

步骤 S50、根据盐膏岩层深井石油套管所受的外挤应力，可以针对注入工况下的套管载荷进行分析，确定不同井深处套管的等效应力，判断套管的承载能力，考虑地层蠕变作用在井筒上的外力对套管承载能力的影响。分析套管在水泥环工程缺陷下受非均匀地应力作用下的力学行为，对套管强度进行安全性分析，保证生产及相关作业过程中井筒系统的安全可靠。

以上所述，并非对本发明作任何形式上的限制，虽然本发明已通过上述实施例揭示，然而并非用以限定本发明，任何熟悉本专业的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围内，可利用上述揭示的技术内容作出些变动或修饰为等同变化的等效实施例，但凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的范围。