

盐井钻探及成井中的固井技术

贺建飞

(冶金部中南地质勘查局604队·湖北孝感)

本文概述了盐井钻探及固井技术,对有关参数作了较详细的报道或计算,重点阐明了各生产环节的目的性和质量要求。

关键词: 盐井钻探; 固井技术; 质量标准

盐井固井的目的和 要求

固井,是指向井内下套管,并在其周围注入水泥等的一系列工作。目的是:①隔绝疏松、易塌、易漏等地层,以利钻井施工;②形成注水、输卤通道以利盐井生产。一口盐井往往要开采几年乃至十几年,如固井质量不好,不仅关系到钻进速度和成本,而且可能导致盐水上窜,污染环境。因此固井必需达到下列要求:环状空间不漏、不窜,能经受高压水压作业的考验;套管不断、不裂、不变形。其核心问题是套管柱的强度和环状空间的密封性。

井身结构

每口井施工之前,要根据其目的和地质情况制订合理的井身结构。它包括:下入套管的层次、直径、深度;各层套管相应的钻头规格;以及各层套管的水泥返高和套管内部的水柱高度等。

1. 各层套管的作用

套管根据其功用可分为:

(1) 表层套管 用以封隔上部松软的易塌易漏地层;安装井口装置;支承技术套管和生产管重量。下入深度随情况不同,可从几米到几十米,管外以水泥封死、封牢。

(2) 技术套管 用以封隔难于控制的

复杂地层,保证顺利钻井。此套管的水泥浆返高,通常在潜浆后应返至井口。

(3) 生产管 用以将开采层和其他层封隔开来,在井内建立一条注水、输卤通道。生产管的下入深度取决于开采层位和盐井性质(单井对流或双井对流)。管外的水泥浆一般应返至地面,以利加固套管,增强套管丝扣的密封性,使之能承受较高的水压。

2. 井身结构的确定

主要取决于地质条件、钻井技术水平和开采工艺等因素。首先确定套管层数、下入深度,然后根据开采工艺要求,由内到外确定各层套管和相应的钻头尺寸。

各层套管的尺寸主要取决于生产管的尺寸和井眼与套管间的间隙值。生产管的尺寸应满足开采的工艺要求。生产管确定后,加上为使套管顺利下入所必需的套管与井眼的间隙值(即所需的水泥环厚度),就可确定合适的钻头尺寸。

套管与井眼的间隙值,同井身质量、裸眼长度、套管尺寸等因素有关。井径规则、井斜及方位变化不大、裸眼较短、套管尺寸较小时,间隙值可稍小,反之应增大,一般为15~25mm。

井身结构的制订应做到系列化,以利于管材的生产和供应。随着钻井技术的提高,井身结构将不断简化。目前简化的途径是,增大裸眼长度,不下表层套管,或加深表层套管以取代技术套管,以及减小井眼与套管

间的间隙值等。

套管柱的设计

根据套管在井内的工作条件,设计的套

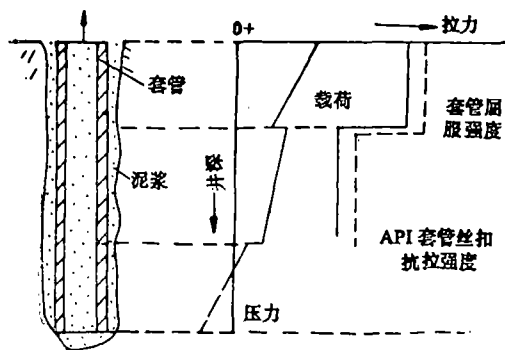


图 1 套管柱拉力分析示意图

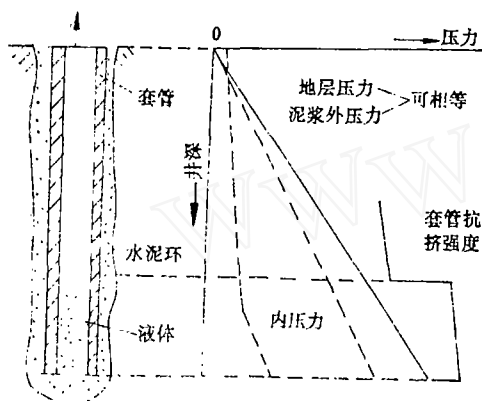


图 2 套管柱外压力分析示意图

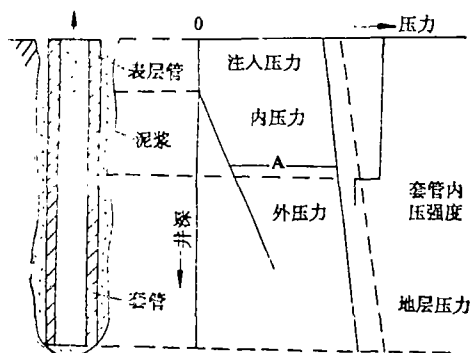


图 3 套管柱内压力分析示意图

管柱应能承受内、外压力及井下地层所产生的横向载荷和套管本身的重力。设计的套管柱都应能承受相当大的拉力,最大拉力发生

在套管柱顶部。如为复杂套管柱,则在各段套管的顶部。抗拉强度的计算,主要是以各种钢级套管单位横断面积所受拉力载荷为基础(图1)。设计套管柱又要考虑外压力问题。最大外压力发生在各套管底部,以套管外最大液柱压力减去套管液柱压力为基础进行计算(图2)。当井口压力较高时,抗内压计算就比较重要。如井口压力不高,则能承受拉力和外压力负载的套管柱也就可以承受它可能遇到的内压力(图3)。

总的来说,井内套管主要承受拉力、外挤力和内压力3种外力,但各部位的受力是不同的。即上部受拉力大,下部受外挤力大,中间的套管受外力较小。为确保安全,大部分套管柱设计采取的安全系数为:抗拉安全系数1.5~1.8;抗外压(抗挤)安全系数1.0~1.25;抗内压(压崩)安全系数1.1~1.3。

影响水泥浆设计的因素

及水泥浆的物理性能

1. 影响水泥浆设计的因素

①井深;②泥浆液柱压力;③水泥浆粘度与水灰比;④井温;⑤可泵时间及稠化时间;⑥支持套管柱所需的水泥强度;⑦配浆水质;⑧钻井液及其处理剂类型;⑨水泥浆比重;⑩水泥水化热;⑪水泥石渗透率;⑫水泥浆失水量;⑬抗井内盐水之腐蚀能力。

2. 水泥浆的物理性能

(1) 比重 国产油井水泥的比重通常为3.15左右,因此纯水泥浆的比重主要取决于配浆的水量。水泥浆的水灰比只能在一定范围内变化,最好在0.4~0.55之间,常用0.5,配成的水泥浆之比重一般为1.84左右。

在高、低压地区固井时,要大幅度改变水泥浆比重,必须加入相应的添加剂。常用降低水泥浆比重的添加剂有膨土、硅藻土和煤渣灰等。常用的增加水泥浆比重的添加剂有

重晶石、钛铁矿、方铅矿等。

(2) 流动度 水泥浆须有较好的流动度,国产油井水泥之流动度应大于16~17cm。

(3) 凝固时间 整个注水泥作业必须在水泥初凝前完成,一般要求小于初凝时间的75%。

(4) 失水 水泥水化所需要的水是较少的,实验测定,为水泥重量的20%左右。调配时,水灰比为0.5左右,是为了保证水泥浆的流动性。水泥凝结后,多余的水遂成为自由水而被析出,一部分通过井壁渗入地层,其余则聚集上窜至水泥面上。通过井壁渗入地层的水即水泥浆的失水。大量失水会使水泥浆迅速稠化,降低流动性,且能在井壁形成厚的水泥饼,严重时会有卡死套管和憋泵的危险。故应降低失水量,特别是在松软、渗透性大的地层。

(5) 水泥石的强度 环形空间水泥环所受的载荷,主要是套管重量所产生的纵向剪力和地层压力与套管内液柱压力之差所造成的径向力。水泥环实际所受外载并不大,其强度只需满足悬挂套管柱、抵抗钻进时的冲击载荷和早期水力压裂时水泥环不致破裂这三方面的要求即可。

下套管、注水泥

1. 套管的下部结构

(1) 导引鞋 是装在套管柱底部的炮弹形短节,其作用是防止套管底部误入井壁岩层或刮积井壁泥饼,以引导套管柱顺利下井。

(2) 花管 一般在下生产管时使用。它在套管柱的下部,作用是在套管座放后而不影响注水泥,也不会发生水力压裂的质量问题。

(3) 堵头 它在石油钻探中又称“套管回压凡尔”。其作用是在下套管过程中阻止泥浆进入套管内,从而减轻套管柱重量,同时,注水泥结束后,挡住水泥浆回流。

(4) 扶正器 它是安装在套管外面的装置,用以扶正套管,保证套管在井内位置居中。

2. 下套管工艺

(1) 准备工作

① 器材及设备、工具的准备。事前将符合要求的套管运抵现场,核对其长度、壁厚、材质及表面情况,并逐根用内径规通过,编排好入井顺序,标注清楚,摆放整齐。设备各部件也要逐个检查,同时将下管用的工具备齐。

② 井眼准备。下套管前应先下钻通井,对遇阻、井斜变化大、井径小的井段必须划眼;大排量洗井,清除井底沉砂;按固井要求调整泥浆,并使其进出口性能接近平衡。

(2) 下套管操作

概括起来要做到“六不”,即:不掉任何东西入井;不猛提猛放;不硬提、压;不错扣;不咬扁、咬伤套管;不发生任何事故,以保证下入的套管不裂、不漏、不变形。为提高套管的密封性能和丝扣连接强度,在下管时可在丝扣部分涂上密封脂(用环氧树脂、二丁脂、乙二胺、铅粉以一定比例调成)。

3. 注水泥

这是一项较复杂的工作。施工前要进行必要的计算、试验和措施研究。

(1) 注水泥用的设备及辅助装置

① 水泥车。它是主要设备,车上装有活塞式水泥泵、柱塞(或齿轮)式水泵、小汽油机、计量水箱,并带有水泥混合漏斗、水泥混合池及必要之管线。小汽油机用来带动水泵,而水泥泵的动力则来自车用引擎。

② 水泥混合漏斗。水箱中的水由柱塞泵泵出,经漏斗下面的喷嘴高速射出,使漏斗下部形成真空,从而把干水泥粉自动吸下,与水混合成均匀的水泥浆。

③ 水泥头。它是注水泥施工时,把套管及注水泥、替泥浆等管线连接起来的管汇。

(2) 注水泥计算

① 水泥浆用量:

$$V = \frac{\pi}{4} k_1 (D_1^2 - D^2) H + \frac{\pi}{4} d^2 h$$

式中 V 为水泥浆用量 (m^3); D_1 为井眼平均直径 (m); D 为套管外径 (m); d 为套管内径 (m); H 为井深 (水泥浆返高) (m); h 为水泥柱高度 (m); k_1 为裸眼井段的水泥附加系数 (1.05~1.10)。

② 干水泥用量:

$$G = k_2 V q$$

式中 G 为干水泥用量 (袋); V 为水泥浆量 (m^3); q 为配 1m^3 水泥浆所需的干水泥袋数; k_2 为地面损耗系数 (一般用 1.03~1.05)。

③ 清水用量:

清水用量根据干水泥量计算

$$V_s = V_1 G \times 1/1000$$

式中 V_s 为清水用量 (m^3); V_1 为配每袋水泥需水量 (升/袋); G 为干水泥量 (袋)。

④ 替泥浆量:

$$V_n = V' + \frac{\pi}{4} d^2 \cdot (L - h)$$

式中 V_n 为替泥浆量 (m^3); V' 为地面管线的容积 (m^3); d 为套管内径 (m); L 为套管长度 (m); h 为水泥柱高度 (m)。

⑤ 注水泥时间:

$$T = T_1 + T_2 + T_3$$

式中 T 为注水泥施工总时间; T_1 为配注水泥所需时间; T_2 为倒换闸门等时间 (一般为 1~3 分钟); T_3 为替泥浆时间。

(3) 提高注水泥质量的措施

① 适当提高水泥浆的回返速度, 使之处于紊流而非层流状态。② 适当降低水泥浆的粘度和切力, 以改善其流动性。③ 钻井时注意井身质量, 把井打直, 井径规则; 套管要扶正。④ 水泥浆比重应均匀。⑤ 在渗透性大、易漏的地层采用低失水量的水泥浆。⑥ 在大段泥岩、页岩地层固井, 采用盐水水泥浆。⑦ 缩短水泥浆的初凝和终凝时间差。⑧ 采用膨胀水泥, 可提高水泥与井壁及套管间的胶结强度。⑨ 精确地进行注水泥计算, 采用符合当地实际情况的水泥用量附加系数。⑩ 下管前适当增大排量洗井, 既使井内岩粉全部返出, 又使井壁适应大排量的冲刷, 以防注水泥过程中发生坍塌。

固井质量标准及检查

1. 固井质量标准

(1) 套管柱的组合符合设计要求, 其实际下入深度与设计相比, 误差应小于 0.5%。

(2) 水泥浆返高及水泥柱高度应符合设计要求。

(3) 井段环形空间为水泥浆充满。

(4) 水泥石与套管及井壁间胶结良好。

2. 固井质量检查方法

套管内、外试压; 声波幅度测井。

参考文献

- [1] 史密斯, D.K. (郝俊芳译), 《美国油井注水泥技术》, 石油工业出版社, 1980.
- [2] 郝瑞等, 《钻井工程》, 石油工业出版社, 1984.
- [3] 《井矿盐钻探技术规范》, 轻工业出版社, QBJ 203-87, 1987.
- [4] 西南石油学院钻井教研组, 《石油钻井工人读本》, 石油工业出版社, 1976.

Casing and Cementing Techniques in Salt-water Well Drilling and Completing He Jianfei

A general account of salt-water well drilling and completing techniques is presented. In addition, a detail explanation of the related parameter and their calculation is also given in order to illustrate the purpose and quality requirement of different links in the production drilling chain.