

科威特井下作业井控技术

孟照峰（中原石油工程有限公司，河南 濮阳 457001）

摘要：井下作业主要是通过油井投产、故障井维修、油井增产措施来提高采油速度和采收为主要目的的一项具有危险性的石油生产活动。而井喷则是井下作业中最严重、危害性最高的事故，井喷事故的发生可能造成机毁人亡。近年来井控工艺技术不断提高，现场操作人员通过培训使井控意识大幅提高，井控设备不断更新和完善，使得井喷事故大幅降低。科威特几乎所有施工井位均含浓度不等的硫化氢，所以作业过程中井控工作尤为重要。本文主要讲述科威特井下作业形成的一整套相应工具和流程，实现作业全过程防喷可控。

关键词：科威特；井下作业；井控

Abstract: downhole operation is a dangerous oil production activity with the main purpose of improving oil production speed and recovery through oil well production, fault well maintenance and oil well stimulation measures. Blowout is the most serious and harmful accident in underground operation, which may cause machine damage and human death. In recent years, with the continuous improvement of well control technology, field operators' awareness of well control has been greatly improved through training, and well control equipment has been constantly updated and improved, which has greatly reduced blowout accidents. Almost all construction wells in Kuwait contain different concentrations of hydrogen sulfide, so the well control work is particularly important in the operation process. This paper mainly describes a set of corresponding tools and processes formed by underground operation in Kuwait to realize the whole process of blowout prevention and control.

Key words: Kuwait; Underground operation; Well control

1 概述

科威特西部油区（Umm-Gudair oil field）主要产层为 Minagish 组，作业内容也是主要针对此产层进行各种增产措施，改层封堵和酸化作业。该组主要为白垩系砂岩及粉砂岩互层，孔隙度 30–35%，渗透率 $3000 \times 10^{-3} - 4000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，岩石胶结疏松，含油孔隙度大，平均埋深 8700–9100ft，平均产层压力 2100–2300psi，属于低压高渗地层。

该油区油井含 H_2S 浓度为 230–250ppm，井口平均压力为 200–300psi，压井液选择 8.4ppg 的过滤含盐水，给井下造成 1500–1800psi 的过平衡压力，有效防止由于地层内流体和气体侵入井筒造成溢流或井喷。

开工压井前需测试井口由于气体造成的井口压力，将采油树通过节流管汇与 GC 管线连接，释放井内气体至燃烧坑，待井口压力释放至零后，利用压井液进行压井作业。由于前期产能过盛造成地层亏空，加之孔隙度大、渗透率高，利用 8.4ppg 的压井液压井时会造成全部漏失，无液返出的现象，因此无法通过返液含气量判断是否井内气体全部返出。我们采用定量压井法，在全部漏失的情况下反循环泵入 1/2 环空体积压井液，正循环泵入 2 倍油管内容积压井液。通过这种方法有效置换出井内气体。

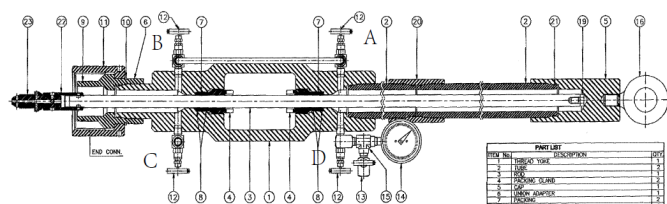
在起下管柱作业中，尤其是起电潜泵等大直径工具作业中，严格控制起钻速度，防止因为抽吸而引起井喷。由于井内全部漏失，灌液时无液体返出，因此我们同样选取定量灌液方法，计算出起出钻具的体积，灌入同液

量液体，保证井内液体与地层压力保持平衡。在利用井控技术防喷的同时，采用与之相配套的一整套的井控设备来保证井控安全。

2 专用防喷工具

2.1 工具结构与原理

带压作业的专用防喷工具 -lubricator，在井口有采油树，井内有压力的情况下，通过这种工具进行带压作业，在油管悬挂器上投、取 BPV（Back pressure valve 单向回压阀）和 TWCV（Two way check valve 双向背压阀），实现井内压力的密封。



Lubricator 本体为上下两个空心腔体，上下两个腔体由传压平衡管连通，实现上下腔体压力平衡。在上下两个腔体上分别装有如图 A/B/C/D 4 个压力截止阀，A 阀和 B 阀联通上下腔体，C 阀为下腔放压阀，D 阀上腔体放压阀。D 阀前装有压力表，可以显示井口压力和检查 BPV 或 TWCV 是否安装到位。上腔体顶端为提环，用来安装 lubricator 时吊装。下腔体底端为 T 型扣的由壬头，通过由壬法兰与采油树连接。Lubricator 的内杆为一根光杆，光杆在本体的中部外漏，光杆外漏部分由上、下盘

根实现密封,同时通过外漏部分实现光杆的上下滑动。光杆的下部为光杆节箍,在节箍上有圆形孔,通过固定销与 BPV 投放器相连接。

BPV 投放器上部为实心杆,通过固定销与光杆连接,下端由正扣细螺纹和尖端引锥组成,通过细扣与 BPV 或 TWCV 连接,引锥方便了在采油树内部取 BPV 和 TWCV 时对接。

BPV 与钻具单流阀结构基本相同,由一个弹簧顶着阀芯,阀芯内有 O 型圈,实现 BPV 内部密封,BPV 外部为 T 型反扣,丝扣顶端为密封圈,用来与油管悬挂器相连接并实现密封。内部为正扣细扣,与投放器相连接。通过这样的正反扣的形式完成投放和取出。为防止在 BPV 与油管悬挂器满扣之前 BPV 与投放器提前退扣而不密封的现象发生,在 BPV 顶端设置一个 U 型槽来防止退扣。

TWCV 的螺纹结构和投放方式与 BPV 完全一致,只是 TWCV 为双向密封的实芯体。TWCV 只有在 BOP 和采油树在井口四通上试压时使用。

2.2 工具的使用

首先,在每次使用 Lubricator 前都需要对其进行 1000psi 的压力测试,确保 Lubricator 密封良好。用吊车由顶端将其吊起垂直悬吊与采油树顶端。此时将 BPV (TWCV) 装在内杆下端,并检查 C/D 两个放压阀处于关闭状态,然后将 Lubricator 下端与采油树连接,紧固。逐步打开采油树中轴各闸门,需要注意的是,开闸门的过程中一定要慢,一旦发现气体外泄,及时关掉采油树闸门,然后对连接部分进行检查并在此紧固。打开闸门 AB,并可以通过压力表观察井口压力,此时 Lubricator 与采油树形成一个联通的腔体,保证无油气外泄,且 Lubricator 上下腔压力平衡方便下放内杆。通过下压内杆外漏部分向下送入 BPV (TWCV)。当 BPV (TWCV) 进入油管悬挂器后,用摩擦钳反转 6-7 圈,此时扭矩变大,表示已完成 BPV (TWCV) 与油管悬挂器的连接,然后继续反转倒扣,使投放器与 BPV (TWCV) 分离,此部操作时尤其注意,只允许用摩擦钳操作内杆,防止碰伤光杆导致无法密封。确定完成倒扣后,打开 D 阀,释放 Lubricator 内的压力,检查是否仍有气体外溢,如没有气体外溢表示 BPV (TWCV) 投放成功,密封良好。通过内杆外漏部分逐步上提内杆至全部进入 Lubricator 内,关闭采油树闸门,拆卸 Lubricator 后 BPV (TWCV) 的投放过程结束。

BPV (TWCV) 的取出过程与投放过程操作基本相同,只是在内杆旋转方向上相反,取 BPV (TWCV) 时正转内杆,首先使投放器与 BPV (TWCV) 连接,继续正转使 BPV 与悬挂器脱离。此处有一点提示,上提内杆时关闭 A/B 阀使上下腔体不连通,打开 D 阀释放上腔体压力,

使下腔体压力大于上腔体,利用压差减轻光杆重量,方便上提内杆。特别需要注意的是,当取出 BPV (TWCV) 时,井内压力会进入采油树和 Lubricator 腔内,因此为防止压力上窜和方便泄掉 lubricator 内的压力,每当内杆上行出一个闸门后及时关闭此闸门。

Lubricator 和 BPV 的使用极大地提高了作业井井控全程可控程度。在钻机搬至新井时,为防止吊装钻台底座撞击采油树,而井内油气外溢造成井喷,在吊装底座之前投入 BPV,这样有效封闭井内压力,及时破坏采油树也不会造成井喷事件的发生。同样的在完井后,搬移钻台底座前投入 BPV,当完成底座搬移后,取出 BPV。在拆除采油树装防喷器和拆除防喷器安装采油树作业时,由于没有防喷器对井口的控制,会发生井内油气外溢,造成井喷。因此装入 BPV,可以再没有防喷器对井口控制时有效防止井喷事件发生。

在作业过程中如射孔和测井等特殊工序,在不剪断电缆的条件下防喷器无法进行有效的关井。而电缆防喷器又无法和防喷器连接,科威特油田采用叫做 shooting nipple 的装置和电缆防喷器配合使用,通过这种做法可以有有效的进行电缆作业时的防喷。Shooting nipple 其实是用 7 寸套管加工的防喷装置,在 7 寸套管节箍下缘焊接 1cm 厚的铁板用来座放在井口补心上,并在节箍上焊接三个耳板,在耳板上穿钢链固定在钻台吊耳,防止作业时上顶。

在使用时将 shooting nipple 下入井口防喷器后关闭环形防喷器,在 shooting nipple 上端连接电缆防喷器,关闭电缆防喷器后实现电缆作业时对井口的控制。需要注意的是为防止起下电缆时 shooting nipple 底端划伤电缆,shooting nipple 下端需要做成喇叭口形式。作业前需要对 shooting nipple 和电缆防喷器试压 3000psi。

3 井控演练

科威特井控工作另一个比较重要的环节就是井控演练,井控演练必须按照甲方要求每周进行井控演练,需在井所有人员全员参与,演练时需要真实关井,由甲方监督现场评估,演练后按照要求进行演练程序学习和改正,及时将演练报告和现场照片发送到中石化科威特分公司。井控演练的严格落实,使得人员的井控意识提高,从根本上防范了井喷事故的发生。

4 结论

① lubricator 工具在科威特井下作业中使用有效可靠;

② shooting nipple 的装置和电缆防喷器配合使用,通过这种做法可以有有效的进行电缆作业时的防喷;

③使用相关工具后,加强防喷演练,科威特井控工作可实现井口防喷的全程可控。