

◀科技动态▶

SWPI 微型井控模拟器

袁其骥 郝俊芳

一、前 言

井控模拟是进行钻井工程设计、井控培训与现场施工的主要手段。发达国家的石油工业对井控、钻井模拟相当重视,美国从70年代起就开始研究能用于培训的井控模拟装置(模拟器),已有一批模拟装置(模拟器)问世。

70年代后期,美国IMCO公司研制成功了IMCO BOSS井控模拟装置;80年代初,美国的Digitran和Simitran公司均研制成功了全尺寸井控模拟装置;1986年,Tulsa大学A.L.Podio等人研制了用IBM计算机控制的井控模拟器;1987年,美国Wyoming大学研制成功了一种微型井控模拟器。但这些装置存在多种缺陷。

80年代末,美国Digitran公司研制成了利用微机进行井控操作计算、培训和指导现场压井施工的多功能井控软件,受到国外石油界的广泛欢迎。1989年,西南石油学院井控组研制成SWPI微型井控模拟器,其功能与Digitran公司的产品相当,超过了Wyoming大学产品的水平。

二、微型井控模拟器的功能与特点

西南石油学院研制的微型模拟器具有以下功能:

1. 指导现场压井施工

(1)用井涌余量和泥浆增量两种准则来判断能否安全关井,并选用合理压井方法;

(2)计算和打印压井所需全部数据;

(3)显示和打印压井过程中的主管压力、套管压力及井内任一点压力变化曲线;

(4)打印出完整的压井施工单(包括压井使用的立管压力数据表格)。

2. 进行井控教学考试

井控模拟器软件中,存入了110道是非问答题,共分成九大类:地层压力、压力预测、井内压力平衡计算、波动压力、井涌原因、压井基本计算、司钻法压井与工程师法压井、其它压井方法和防喷器设备等。

这套井控问答题,对检查学生的学习情况均有良好的效果。对学员更好的掌握和巩固压井基本知识,可以起一定的作用。

3. 井控模拟培训

在这套井控模拟器中,只开发了司钻法、工程师法两种模拟现场操作的训练方法。

在IBM微机屏幕上能实时显示压井过程的井身剖面,用不同颜色代表气柱、压井泥浆及井内原泥浆的动态位置;可在任一时刻停止并固定屏幕显示内容,便于观察或讲解;用特定功能键调节阻流器开度以控制立管压力;能进行实际井控模拟训练,让学生对整个压井过程有全面深刻的了解;用不同音响代表轻、重泥浆注入和气体喷出的声音,增强实际感而加深培训效果;自动判断学生模拟操作的正确和失误,随时显示并最后给出操作总成绩。

4. 进行井控研究与分析

(1)除常用的司钻法和工程师法外,本模拟器的软件中还包括了近几年研究出来的压井新方法,如超重泥浆法、低套压法等;

(2)输入不同的参数数据,本模拟器可迅速给出多种模拟计算结果,供分析研究用。

本微型井控模拟器具有以下特点:

1. 全部汉化,操作方便 软件全部采用汉字系统,所有操作都有提示,操作十分方便,有利于现场推广应用。

2. 实时控制 本软件在各模块中都实行实时控制,实时的间隔山用户自己确定。在模拟培训模块中还具有时钟控制器,每过一定时间控制一次,时间的长短仍由用户自己确定。

3. 模块化程序设计 为使软件具有好的扩充性能,微型井控模拟器在结构上采用模块程序结构,需要增加程序非常方便,只要加入的程序是有效的,和原程序连接起来即可。

4. 多种功能 微型井控模拟器具有打印压井施

工单、进行理论计算、手动控制模拟训练、理论教学等多种功能。

三、微型井控模拟器的软件系统

此模拟操作器包括以下十大系统:①输入控制系统;②运行控制系统;③诊断控制系统;④时钟控制系统;⑤音响控制系统;⑥阻流器控制系统;⑦输出控制系统;⑧自动恢复控制系统;⑨记录控制系统;⑩辅助控制系统。

运行控制系统是在井控理论模式的基础上进行程序控制的;记录控制系统主要记录成绩,记录操作时出现错误的次数等;辅助系统做除①—⑨大系统之外的其它工作。下面主要介绍其中五大系统的功能及原理。

(1)输入控制系统 主要控制27个必要数据及一些辅助数据的输入、修改等。在输入时采用一问一答的形式,并在显示终端的最低部给予提示。数据输入时,可采用三种单位:国际单位、工程单位、英制单位。这样,只要将原始参数统一成其中一种单位,即可通过键盘输入。如果在输入数据的过程中,有一个或几个数据输入错误,在输入完毕后,可进行修改。

(2)音响控制系统 主要进行声音的模拟。由于在现场操作时,有气体排出井口时的尖叫声、泵入泥浆的泵声及钻机的轰鸣声等。为了使模拟操作者有一种亲临其境的感觉,压井不同时期使用了不同的声音进行模拟。排出气体时,声音尖而高;在泵入压井泥浆时,声音低而沉。

(3)诊断控制系统和恢复控制系统 在进行模拟操作时,操作者不可能每次操作的立管压力都恰好等于理论计算的立管压力值。因此,允许操作者控制的立管压力可以在理论计算值基础上波动,只要这个波动值不超过允许范围,则认为这一步操作是符合要求的。如果超出某一范围,则根据超出范围的多少酌情扣分,或使这次操作失败。允许波动范围为 $\pm 0.5\text{MPa}$,当超过此值但未超出 $\pm 15\text{MPa}$,则算做操作失误,扣2分,恢复控制系统将操作恢复到出错前的状态,重新操作;若超出 $\pm 15\text{MPa}$ 但小于 $\pm 30\text{MPa}$,则扣5分,重新操作;若超出 $\pm 30\text{MPa}$,则认为压井失败,成绩以0分计。

(4)时钟控制系统 此系统中有一时间倍增器,它可以将操作模拟的时间缩短 $N-1$ 倍。比如,每个点的时间步长为 D (单位s),即每 D 计算一个点。若司钻法或工程师法中有 J 个点,则实际压井需要

JD 。而在本模拟器操作中,假设将时间倍增 N 倍,则每计算一点需要 D_1 ($D_1=D/N$)。在整个模拟操作中需要 JD_1 ,即 D_1/N ,也就是将实际压井时间缩短了 $N-1$ 倍。

在模拟操作中,每 D_1 就在屏幕上将此时的气柱长度、轻泥浆高度、压井泥浆高度、立管压力、套管压力的曲线显示在屏幕上,并将此时的时间、立管压力、套管压力的理论值显示在屏幕底部。

(5)输出控制系统 可任选一种单位输出,并将结果打印在纸上和显示在屏幕上。

四、操作实例

已知:某井井径为22.44cm,钻杆内外直径分别为10.85、12.7cm,套管内径22.45cm,下入深度1500m,钻铤内外径分别为6.35、117.78cm,长度为190m,三个喷嘴直径分别为0.9、1.0、1.1cm,阻流管内径为5cm;当用密度为 1.5g/cm^3 的泥浆钻至3800m处出现溢流,测得泥浆池中泥浆增量为 4m^3 ;关井稳定后,测得井口套压4.5MPa,立管压力1.7MPa,压井开始后,泥浆泵排量为 0.8L/s 。

操作:从主菜单中选择工程师法压井,倍增10倍,即将模拟压井时间缩短到真实压井时间的1/10。通过计算得压井泥浆密度为 1.545g/cm^3 ;3000s时压井泥浆到达钻头,立管压力降到最低点,井口套压在缓慢上升;8800s时天然气柱到达井口,立管压力保持不变,井口套压达到最大值,阻流器关到最小;10300s天然气完全排出井口,立管压力仍然保持不变,井口套压急剧下降,继续开大阻流器;13800s压井泥浆到达井口时,井口套压为0,立管压力仍保持不变(假设泵是继续开着的),阻流器已完全打开,压井完成。

整个模拟过程需要1380s,在实际压井中,需要13800s模拟计算出的最大套压为8.23MPa。

作者附言:参加此项研制工作的还有刘凯、张昌元、陈平等同志。

●1991年7月6日收稿,同年10月11日改回

作 者 简 介

袁其骥,6419年生。1986年毕业于西南石油学院钻井工程专业,1989年获该院硕士学位后留校任教。

郝俊芳,1927年生。1951年毕业于北洋大学探矿工程系,现为西南石油学院教授、博士生导师。