

自动化系统完美实现复杂钻井井控研究

杨海华（中海油田服务股份有限公司，天津 300452）

摘要：随着石油化工行业的不断发展，自动化控制系统越来越多的应用在钻井过程中。钻井过程中最常见的安全事故就是发生井喷，而通过精确的检测井控设备的压力即可有效地避免该类事故的发生。基于此，本文从钻井自动化监控系统的优越性出发，基于监控系统的切入点，对系统的构成和软件设计进行论述，以期能给同行带来帮助。

关键词：钻井；压力；优越性；监控系统

0 引言

在钻井过程中，需要严防井喷事故的发生，一旦发生井喷，将带来极其严重的危害，会直接导致油井的报废，甚至造成人员的伤亡。如果能够实时监控油井数据进行提前预警，将可以很大程度的降低该类事故发生的概率。本文介绍了一种模块化结构的大型钻井监控系统，对钻井的井控过程进行实时的监控。

1 井控监控系统的优越性

1.1 综合控制能力

通过精确实时的监测井下的流量、温度、压力以及钻井液的密度等信息，并进行自动的系统运算，为保证钻井的正常运行提供数据。同时，还可以通过控制当量循环密度，将常规钻井转换为控压钻井，更好的控制复杂井眼的钻探，甚至可以进一步开发那些“不可钻”井，如碳酸盐岩油藏、窄钻井压力范围井等。

1.2 参数方便可调

通过井控监控系统，可以快速的反映井下压力的波动情况，可以间接的窥探井下孔隙或岩层的破裂情况，将当量循环密度控制在一个相对合理的范围内，调节钻井的工艺条件，达到最佳的钻井效果。

1.3 准确判别险情

在钻探井口状态将差的地层时，可以通过加设加压泥浆帽来解决井漏的问题。另外，地层天然的裂缝在钻探过程中有时会出现堵塞的情况，此时会出现一定的压力峰值，这个峰同井涌的峰相近，通过瞬时流量的监测就可以对具体的现象进行判断。

2 监控系统方案研究

据不完全统计，超过半数的井喷事故时由于起钻时没有及时的灌注洗井液，导致内压过大而引起的。一般来说，井喷之前都会有预兆，如出现振动、溢流等现象，尤其时溢流，一旦出现溢流，在很短时间内就会发生井喷。所以，只要实时监测并关注溢流现象的发生，就能够及时采取相应的措施减轻井口的压力，防止出现井喷。而控制泥浆循环系统运行的稳定性就是预防井喷的一大方法，其控制原理如图1所示。通过在泥浆循环系统中增加绞车、液位、进出口流量以及压力这四种传感器以及控制节点，再配备 PLC 控制器、监控软件以及触控屏就可以组成钻井泥浆自动监测报警系统。

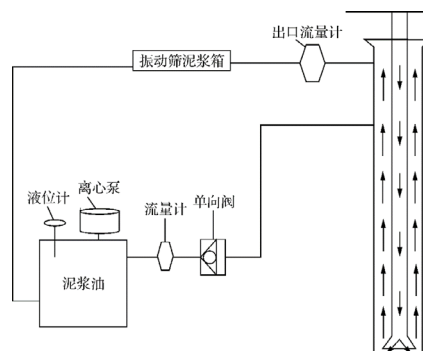


图1 泥浆循环系统

3 系统的结构与组成

系统结构组成如图2所示。该系统的构成可以分为两部分：①硬件部分。这部分由研华的智能控制台、各类的传感器以及系统硬件组成，是构成系统的框架部分；②软件部分。在这部分中，最重要的组成就是 Kingview 工控组态软件和控制台的驱动程序。Kingview 工控组态软件主要用来编写监控算法，工程师可以根据不同井的参数来选择合适的算法参数。在软硬件结合下，可以实现被控参数的实时变化曲线，在有需求时，还可以导出过往的历史曲线，便于过程异常的分析。同时，还可以通过连接打印机和报警器，实现数据实时打印和异常报警的功能。

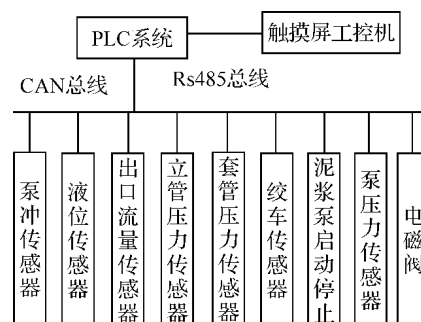


图2 系统控制结构

3.1 起钻

当钻井工作开始时，该程序就会自动启动，各压力传感器就会将起钻的速度、进出口流量、立管压力、洗井液液位等参数实时回传，设备进入自动监测状态。

在系统中设定泥浆的灌注频率，一般为每三根立柱灌注一次。必须灌至泥浆溢出才能停止灌注泵的运行，保证泥浆完全灌满。

将三柱灌注的总量进行对比,比较排量(V_1)与灌入量(V_2)的大小关系:①若 $V_1 - V_2 > V$,则代表出现溢流的现象;②若 $V_2 - V_1 > V$,则表示出现井漏现象;③若 $|V_1 - V_2| \leq V$,则表示灌注正常。其中 V 代表现场油井的承压体积上限。

设定提示和报警的范围,一般将差值设置为0.5V时就进行提示,在 V 下限时就进行报警,这个报警值的确立需要根据立管的压力而定,立管压力越大,报警值越低。

3.2 下钻

下钻工作程序开始后,系统开始进行监控状态,监控指标主要有二,其一处理同起钻类似,比较钻具的排代量和钻具容量的大小差值;其二是监控出口流量计的排量变化,若下钻工作停止后,排量仍在增加,就说明井下出现了溢流的情况,需要立即作出应急处置方法,防止出现井喷。上述任意一个指标出现异常情况,系统就会自动报警,引起人们的关注。配置本系统后,可以实现连续钻井作业,并间接对该区域油田地质情况进行采集,为进一步的开采提供理论数据支持。

3.3 气侵监测

当钻头钻到气层时,岩石裂隙中的气体会侵入到钻井液中,由于气体的高压及膨胀性,在井底时,由于上部的高压,气体体积被极度压缩,当钻头上升时,气体也会随之上升而不断膨胀,造成井底压力的不断降低,极易出现井喷事故。因此,进行气侵监测也是防止井喷的一大重要举措。气侵监测的原理是利用声波在不同相中传播速度的差异,其在气液两相中的速度远低于纯液体或纯液体。气体在侵入钻井液中后,就会在井道中形成气液混合相。由于钻头的不断循环,井中气液两相的段数不断增加。随着气体侵入量的提升,气液两相流的流型会呈现更加紊乱的情况。对于本系统,需要先计算出完全没有发生气侵时的声波传输标准时间,然后再钻进过程中不断地测试声波传输时间,将其与标准时间进行比较,差值越大,就说明井内气侵的现象就愈发严重。当时间差超过一定值时(这个值需要根据现场的实际作业情况模拟而定),系统就会发出报警提示。整个气侵监测系统的结构。

4 组态监控软件的设计

对于钻井自动监控系统而言,组态软件需要有如下三个特点:①延续性和可扩充性。钻井的过程时持续不断的,而且当出现井下异常时,还需要进行调整,监控的时间亦会延长,这就对组态软件的可扩充性提出了要求;②封装性。油井区域的环境条件较为恶劣,为了避免仪器受到污染而出现故障的情况,需要将其进行封装;③通用性。钻井自动监测系统需要监测的项目较多,数据量较大,为了提高兼容性,组态软件必须有足够的通用性。基于这三个特点,才能够更好满足用户在不同井场情况下监测不同项目参数的需求,规避原有工业探测仪表的功能单一性问题,最终可以帮助实现更优越的油

井钻探自动化控制。本系统包括了系统安全、系统初始化、数据的采集、储存以及显示这四个功能模块。

4.1 安全模块

若想进入系统中修改参数或者查看数据,必须通过账号、密码以及人脸识别的三重认证才能够登入系统,确保系统的参数不被无关人员或不法人员修改。同时,将登录情况以及登陆后操作的项目全部自动传输保存在云端,建立人员访问的过程信息数据库,便于后续查询系统的变动情况。

4.2 初始化模块

本系统提供了人性化的人机交互界面,被验证通过的用户可以对系统的运行参数进行更改,设定系统提醒及报警的判断条件,这个条件可以是直接测定的值,也可以是通过系统运算得到的值,更便于用户的体感。同时,系统内具有海量的数据,用户可以根据系统的参考值对钻井系统的控制参数进行设定。当用户无法在数据列表找到合适的参数数据时,人机界面也保留了用户的自定义选项,而且一旦用户录入了一个新参数,系统就会自动将该参数录入到数据库中。

4.3 数据采集模块

该模块的功能主要用于获取外部数据。通过在采集点位置设置的各类传感器,将井下各项参数进行实时收集并绘制成曲线,曲线中包含着提示临界线和报警临界线,帮助工程师们更直观的查看井下数据,根据曲线的波动情况推断井下情况。同时,通多多参数数据的对比,也可以帮助工程师们重新设计提示和报警条件,保证钻井过程的平稳性。

4.4 数据存储模块

由于系统的数据采集是实时进行的,因此会产生极大的数据量,必须有一个高速及高容量的数据库来满足数据存储的需求。媒介是组态王提供的I/O变量。除了储存实时采集数据外,储存模块的储存信息还包括用户的登录信息以及操作信息、井口的参数情况以及提示和报警信息,数据是以*.CVS的表格储存格式进行储存的。

5 结语

自动化井控监测系统可以在钻井施工现场对井下的参数进行实时的监控,通过设置直接和间接的提示和报警参数,可以直观的给现场工程人员及作业人员带来提示,便于及时处理异常,减少井喷现象的发生。随着自动化技术的进一步发展,自动化井控监测系统的功能会越来越完善,朝着数字化、智能化的方向发展,最终实现完美井控。

参考文献:

- [1] 唐洋,李永斌,谢冲.井控装置无线远程控制及监控系统设计[J].制造业自动化,2013(18):56-59.
- [2] 姜久兴,刘文礼,赵波.可视化井控设备压力测试自动系统的开发[C]//2009年石油装备学术研讨会,2009.
- [3] 张锋.钻井井控仿真模拟系统研究[D].北京:中国石油大学,2008.