

井控设备远程控制台三位四通换向阀手柄位置探讨

胡丰金

(中国石油长城钻探工程有限公司,北京 100101)

摘要:关于井控设备远程控制台三位四通换向阀手柄位置放在中位还是放在工作位的问题,石油工程界存在不同的意见。在介绍液压元件工作原理的基础上,分析了不同手柄位置对液压元件可靠性和寿命的影响,并从目视化管理、操作程序、出错概率等方面对不同手柄位置的优缺点进行了对比分析,认为手柄位置处于工作位,管路压力始终在设备控制范围内,不会出现大幅波动,从而减小了对液压元件可靠性和寿命的影响,而且具有目视化管理更直观、减少了工作程序等优点。综合分析认为,远程控制台待命期间三位四通换向阀的手柄位于工作位比中位好,可以减少井控设备操作隐患,延长井控设备的使用寿命。

关键词:井控设备 换向阀 手柄位置 压力分析 液压元件

中图分类号:TE28 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2014)03-0008-05

Discussion on the Handle Position of Three Position Four Way Steering Valve on Remote Control Console of Well Control Equipment

Hu Fengjin

(Greatwall Drilling Corporation, CNPC, Beijing, 100101, China)

Abstract: Practitioners in the oil industry are divided over whether the handle of the three-position, four-way steering valve on remote control console of well control equipment should be put in neutral or working position. Based on the working principle of the equipment parts, the effect of different handle positions on the reliability and life span of hydraulic parts was analyzed, and the advantages and disadvantages of different handle positions were compared from the perspective of visual management, operating procedure and error probability. It was concluded that when the handle was in working position, the pipe pressure would be always be in the designed range of the equipment, without significant fluctuation, reducing the negative effect on the reliability and life span of hydraulic parts. Moreover, this position could also make visual management more direct and reduce operation procedures. Therefore it was concluded that the handle position of three-position, four-way steering valve was better in working position than in neutral position, which could reduce operational errors and extend life span of well control equipment.

Key words: well control equipment; steering valve; handle position; pressure analysis; hydraulic part

在井控设备的远程控制台上装有数个三位四通换向阀,控制着井口防喷设备(包括闸板防喷器、环形防喷器和液动闸门)的工作状态。三位四通换向阀,也称三位四通转阀,是液压油路中常用的液压油流向控制元件,也是石油井控设备远程控制台上油路中的核心元件。关于远程控制台待命时三位四通换向阀手柄位置放在工作位(2个极限位置)还是中位(2个极限位置的中间)的问题,国内外石油工程专家的意见并不统一,且相关行业(企业)标准和实施细则的要求也不一致^[1-11]。近几年,笔者在井控

检查过程中,发现不同钻井队对三位四通换向阀手柄位置的放置并不相同,对手柄位置处于工作位还是中位的原理并不清楚。国内专家对该问题进行了探讨,并提出手柄位置放在中位的建议,但并没有对其原理进行分析^[1]。为此,笔者研究了不同手柄位

收稿日期:2013-09-25;改回日期:2014-01-15。

作者简介:胡丰金(1957—),男,1981年毕业于华北石油学校钻井专业,工程师,一直从事现场钻井技术工作。

联系方式:(010)59285438,hufj.gwdc@cnpc.com.cn。

置对液压元件可靠性和寿命的影响，并结合现场目视化管理、操作程序以及漏油等方面的要求进行了分析探讨，提出了手柄位置应放在工作位的建议。

1 手柄位置对液压元件可靠性和寿命的影响

三位四通换向阀手柄的位置不同，油路内的压力不同，对液压元件的可靠性和寿命的影响也不同。因此，可以从液压元件在油路内所承受压力的大小来判断手柄位置的合理性。

1.1 远程控制台控制油路基本构成

图 1 所示为远程控制台控制油路，其中的液压元件主要有减压溢流阀、三位四通换向阀、液压油缸和高压管线。为了方便叙述，图 1 中减压溢流阀以前的系统压力端称为上游，其压力是储能器中液压油压力，即常说的系统压力；工作压力端称为下游，它的压力是调定压力（通常是 10.5 MPa）。图 1 中所有回流油端口都直接与油箱相通，它的压力是大气压力。

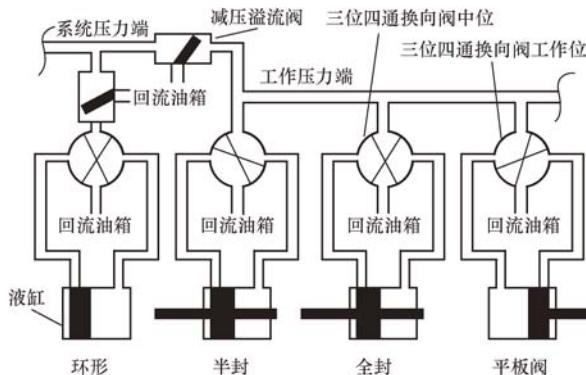


图 1 井控设备远程控制台控制油路示意

Fig. 1 Schematic of control oil circuit of remote control console for well control equipment

1.1.1 减压溢流阀

减压溢流阀是一个减压溢流元件，它的作用是把高压降为工作需要的低压，当低压端压力意外升高时，溢流泄压。它在远程控制台油路中的作用是：1) 把上游的系统压力（即储能器压力）减压为调定压力（现行标准通常是 10.5 MPa）向下游输出，通过换向阀和高压管线输送至工作油缸；2) 当下游高压管线的压力超过调定压力时溢流泄压，把多余的油回流到油箱；3) 有特殊需要时，调节下游工作压力。

减压溢流阀的工作原理是：当减压溢流阀下游工作压力低于调定压力时，上、下游两口进行连通，储能器中的油通过换向阀、液压管线流向工作油缸；在工作油路中达到调定压力后，上、下游通道自动关闭；当下游为调定压力时，上、下游通道是一直关闭的；当下游压力升高并超过减压溢流阀的溢流压力后，下游和溢流口导通泄压，把多余的油回流到油箱。由此可知，减压溢流阀正常时能够实现下游压力的基本稳定，从而保证工作油缸的压力基本稳定。下游压力是上下波动的，对于井控远程控制台中的减压溢流阀来讲，下游压力通常为 10.5 MPa 左右，具体数值受阀的精度影响很大。

1.1.2 三位四通换向阀

三位四通换向阀的阀芯可以在 3 个位置上，即图 1 中的半封、全封和平板阀 3 个油路所示的位置。阀体上有 4 个通道分别是：进油通道、回油通道及连接工作油缸的 2 个通道。三位四通换向阀的作用是：通过变换手柄位置改变阀芯位置，实现连接工作油缸的 2 个通道中的液压油流动换向和封闭，使其控制的环形、全封、半封和阀门等防喷设备实现预定的功能。

由图 1 可知，三位四通换向阀控制的 4 条通道有 2 种情况：1) 手柄位于中位（图 1 中全封和环形油路）时，它所控制的 4 条通道彼此孤立，4 条通道中可以有 4 个压力，任一条通道内的压力变化与其他 3 条通道无关；2) 手柄位于工作位（图 1 中半封和平板阀油路）时，它所控制的 4 条通道两两相通，4 条通道中只有 2 个压力，任一条通道内的压力变化只影响与其连通的另一条通道，与另外 2 条通道无关。

1.2 手柄不同位置时的压力分析

1.2.1 手柄位于中位时

图 2 所示为三位四通换向阀手柄位于中位时的油路。从图 2 可以看出，三位四通换向阀手柄在中位时，A、B、C、D 等 4 条油路彼此独立。理论上应该是 4 个压力：D 口与油箱连通，通路中为大气压力；A 口与减压溢流阀的下游相通，通路中为减压溢流阀的下游压力；B 口和 C 口为手柄扳回中位前的压力，B 口是大气压力（扳回中位前与油箱相通），C 口是接近减压溢流阀下游的工作压力（其压力值与三位四通换向阀结构和扳回中位的操作有关），

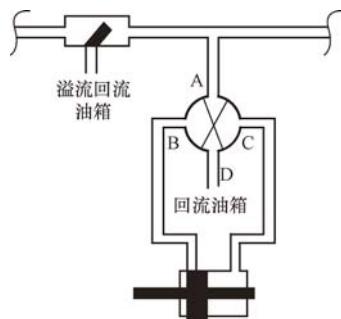


图 2 三位四通换向阀手柄位于中位时的油路

Fig. 2 Oil circuit when the handle is in neutral position

刚扳回中位时,通常是小于但接近减压溢流阀下游的工作压力。

A、B 和 D 这 3 个通道中的压力,对液压元件的可靠性和寿命的影响不大,但是手柄扳回中位前带压通路 C 中的压力,即从三位四通换向阀出口经液压管线到液缸中的液压油的压力,刚扳回中位时接近工作压力(10.5 MPa)。当手柄扳回中位后,这个压力就被封闭了,并随气温(油温)的变化而变化。假设由于气温的变化给油路带来的压力变化是 Δp ,那么全天油路压力的变化范围是 $10.5 \text{ MPa} \pm \Delta p$ 。当在全天油温最高时扳回中位,被封闭油路中密封件每天所承受的压力低于扳回中位时的下游压力,通常是 $10.5 \text{ MPa} - \Delta p$ (这压力值有时会很小);当在全天油温最低时扳回中位,被封闭油路中密封件每天所承受的压力高于扳回中位时的下游压力,通常是 $10.5 \text{ MPa} + \Delta p$ (这压力值有时会很大)。最大压力值和最小压力值与设备所在地每天的温差有关。

根据液压油不可压缩和受热膨胀的性质综合推断, Δp 受油温的影响变化是明显的,在温差大的地区,油缸内的压力($10.5 \text{ MPa} \pm \Delta p$)会明显大于减压溢流阀下游压力的波动范围,有可能高出或低出很多,从而会影响密封元件的可靠性和寿命。

1.2.2 手柄位于工作位时

图 3 所示为三位四通换向阀手柄位于工作位时的油路。从图 3 可以看出,三位四通换向阀手柄在工作位时,B 口、D 口与油箱相通,通路中为大气压力;A 口、C 口与减压溢流阀的下游相通,理论上通路中为减压溢流阀的下游压力(通常是 10.5 MPa)。油缸内液压油与 C 口相通至减压溢流阀下游,油缸内液压油的压力也应该是减压溢流阀的下游压力。

由此可知,远程控制台上三位四通换向阀手柄

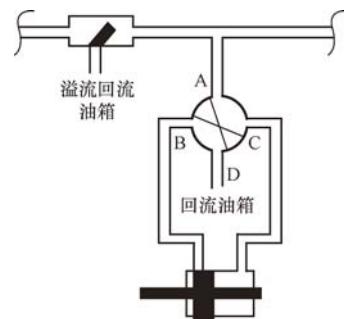


图 3 三位四通换向阀手柄位于工作位时的油路

Fig. 3 Oil circuit when the handle is in working position

在工作位时,油路中密封件每天所承受的压力大小与设备所在地的气温变化关系不大,而与减压溢流阀的溢流控制精度密切相关。正常情况下,油路中密封件所承受的压力在调定压力值附近上下波动(10.5 MPa 左右),可以说压力是基本稳定的。

通过手柄位置在中位和工作位时的压力分析可知,三位四通换向阀手柄位于工作位时的液压元件其可靠性和寿命是优于中位的。理由是:1)工作位时液压元件承受的压力变化小,且是设备本身可控的;2)当前井控设备中油缸和液压管线的额定工作压力要求都是 35.0 MPa,长期承受 10.5 MPa 的工作压力,不足额定压力的 1/3,不会导致密封件的可靠性和寿命有明显变化;3)中位时液压元件会承受不可控的压力波动,会对密封件的可靠性产生较明显的影响,甚至导致其寿命缩短。

2 其他方面的优缺点分析

2.1 目视化管理

井控装置是特殊设备,每个阀件处于什么状态,紧急情况下操作正确与否,事关井控成败。一旦发生操作失误将会带来严重后果。因此,井控装置的目视化管理非常重要,作用十分明显。

远程控制台三位四通换向阀在中位时只有通过挂牌才能看出它所控制设备的状态。因为,当走近远程控制台时,手柄已在中位的情况下,不看挂牌是不能直接断定手柄是从关位还是开位把手柄扳回中位的。

远程控制台三位四通换向阀手柄在工作位时是不需要挂牌的,通过手柄位置标示一眼就能看出它所控制设备的状态。可以说,远程控制台待命状态时的三位四通换向阀手柄位于工作位对目视化管理非常有利,不仅减少了一道挂牌的程序,而且可以一

眼看出该三位四通换向阀所控制设备的状态,对紧急情况下的操作十分有利。

2.2 操作程序

目前现场用的井控装置,多采用气控液控制系统,就是司钻通过操作司钻控制台(或监督操作辅助控制台)上的三位四通换向气阀改变气的流向使远程控制台上的三位四通换向阀改变工作状态。对于封井器,手柄从开位(或中位)到关位实现关井;手柄从关位(或中位)到开位实现开井。

在司钻控制台和辅助控制台上是不能实现远程控制台上的三位四通换向阀手柄位于中位的,必须有人到远程控制台把三位四通换向阀手柄从工作位扳到中位。如果规定远程控制台待命时三位四通换向阀手柄在工作位,在司钻控制台(或辅助控制台)完成开关井工作以后,就不需要再到远程控制台扳换向阀手柄了。因此,三位四通换向阀手柄位于工作位时比位于中位时减少了一道操作程序,具有明显的优势。

另外,每进行一次井控演习,当手柄位于中位时,从目视化角度都需要增加摘换牌工作,从操作角度又需要增加手动操作,明显增加了现场工作量。

2.3 漏油问题

液压油是井控设备的血液,没有液压油时,液压设备将处于瘫痪状态,因而井控设备液压油泄露是一个非常严重的问题。从图 2 可以看出,当三位四通换向阀手柄位于中位时,其 4 条油路彼此独立,可能发生液压油泄露的液压管线和液缸密封件与储能器是不通的,因此储能器的液压油不可能泄露;反之,当手柄位于工作位时油路为 2 条通路(见图 3),液压管线和液缸密封件与储能器保持相通,这就有可能发生液压油泄露。因此,在预防液压管线和密封件故障导致的漏油问题方面,手柄位于中位具有明显的优势。

目前,井队多采取交接班检查和记录油箱内的油量等措施,但不能从根本上杜绝漏油的问题。在现行技术和设备条件下,油量监测报警是很容易实现的,只要在井控设备上加装油量监测报警装置,漏油问题就会迎刃而解。

2.4 阀板移位

从图 3 可以看出,三位四通换向阀手柄位于工

作位时,C 口一直是连通工作压力端的,B 口是通油箱的。在这种情况下,即使活塞密封存在问题,活塞也不可能发生移位,也就不存在闸板自动向井口移位的问题。

而从图 2 可以看出,三位四通换向阀手柄位于中位时,B 口和 C 口都是封闭的,且两端的压力是不等的,这 2 个压力作用于活塞的 2 个端面,当活塞密封有问题(窜油)时,液缸开启腔内的高压油逐渐向压力低的关闭腔内运移,造成活塞向井口中心方向移动,就会发生活塞移位。虽然活塞移位是有限的,但可能造成设备失效又没有及时发现的后果。笔者认为这是一个致命的隐患。

2.5 出错概率

三位四通换向阀手柄的工作位是 2 个极限位置,在司钻控制台(或辅助控制台)就能完成操作,出错概率小;手柄位于中位的要求不仅增加了到远程控制台的手工操作,而且位置要求严格,加上挂牌的要求,出错概率也就必然增大。在历年的井控检查中均有发现挂牌与设备实际情况不符的情况。

3 结语

综合考虑,在现行条件下,远程控制台待命期间,三位四通换向阀的手柄位置放在工作位是优于中位的。如果强行规定把手柄放在中位,客观上则是人为地给现场工人增加了工作量,更重要的是增加了出错的概率,而且它可能对液压元件的可靠性及寿命产生影响,增加了井控隐患。关于漏油问题,除加强现场检查外,可以在井控设备上安装远程控制台油量监测报警装置,以便及时发现液压油泄露。在现行条件下,现场应该采取两害相权取其轻的做法。当然,这仅是笔者的一家之言,难免有所偏颇,也殷切希望国内外同行和专家批评指正,通过讨论争鸣,提高认识,达到减少井控安全隐患的目的。

参 考 文 献

References

- [1] 张桂林. 关于两个井控争议问题的讨论[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(5): 8-13.
Zhang Guilin. Discussion of two controversial issues on well control[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(5): 8-13.
- [2] 孙孝真. 实用井控手册[M]. 2 版. 北京: 石油工业出版社, 2013: 58-60.
Sun Xiaozhen. Common well control hazards[M]. 2nd ed. Bei-

- jing; Petroleum Industry Press, 2013: 58-60.
- [3] 颜廷杰. 实用井控技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010: 116.
Yan Tingjie. Practical well control technology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2010: 116.
- [4] 张桂林, 张之悦, 颜廷杰. 井下作业井控技术[M]. 北京: 中国石化出版社, 2010: 96.
Zhang Guolin, Zhang Zhiyue, Yan Tingjie. Well control technology of downhole operation[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2010: 96.
- [5] Q/SY 1552—2012 钻井井控技术规范[S].
Q/SY 1552—2012 Specification for well control technology of drilling[S].
- [6] Q/SY 1553—2012 井下作业井控技术规范[S].
Q/SY 1553—2012 Specification for well control technology of downhole operation[S].
- [7] SY/T 5964—2006 钻井井控装置组合配套安装调试与维护[S].
SY/T 5964—2006 Combination installation adjustment and maintenance of well-control equipments[S].
- [8] 中国石化集团公司井控培训教材编写组. 钻井井控设备[M].

- 东营: 中国石油大学出版社, 2008: 80.
Writing Group of Sinopec Group Well Control Training Materials. Well control equipment of drilling[M]. Dongying: China Petroleum University Press, 2008: 80.
- [9] 《石油天然气钻井井控》编写组. 石油天然气钻井井控[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 205.
Writing Group of Oil & Gas Drilling Well Control. Oil & gas drilling well control[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 205.
- [10] 《辽河油田钻井井控实施细则》编写小组. 辽河油田钻井井控实施细则[M]. 盘锦: 辽河油田公司, 2009: 13.
Writing Group of Well Control Detailed Rules of Liaohe Oilfield. Well control detailed rules of Liaohe Oilfield[M]. Panjin: Liaohe Oilfield Company, 2009: 13.
- [11] 《新疆油田钻井井控实施细则》编写小组. 新疆油田钻井井控实施细则[M]. 2012 版. 克拉玛依: 新疆油田公司, 2012: 14.
Writing Group of Well Control Detailed Rules of Xinjiang Oilfield. Well control detailed rules of Xinjiang Oilfield[M]. 2012 ed. Karamay: Xinjiang Oilfield Company, 2012: 14.

[编辑 陈会年]

欢迎订阅《石油钻探技术》

《石油钻探技术》创刊于 1973 年, 由中国石油化工集团公司主管、中国石化集团石油工程技术研发院主办, 是全国中文核心期刊和历年全国科技论文统计源刊, 被中国科学引文数据库(CSCD)、美国《石油文摘》与《化学文摘》、《中国石油文摘》和《中国地质文摘》等大量摘录。国内统一出版物号: CN11-1763/TE; 国际标准连续出版物号: ISSN 1001-0890。

本刊主要报道国内石油工程(包括钻井、钻井液、固井、测井、录井、完井、开采等专业)以及钻采机械设备与自动化方面的科技进展和现场经验, 适当介绍国外石油工程技术发展的水平和动向。本刊主要栏目为: 专家视点、学术争鸣、钻井完井、测井录井、油气开采、钻采机械、现场交流。适合于石油、海洋、地矿行业广大工程技术人员、高等院校师生和经营管理者阅读。

本刊为双月刊, 大 16 开版本, 逢单月末出版。2014 年每期定价 15 元(含邮寄费), 全年 6 期共 90 元。自办发行, 邮汇与信汇均可。欢迎有关单位和个人及时订阅, 可破季订阅。订阅办法:

1. 登录本刊网站(<http://www.syzt.com.cn>), 在“下载中心”中下载期刊订阅单, 认真填写订阅单, 切勿潦草, 以免因地址不详而无法邮寄。
2. 银行汇款: 工行北京市海淀支行, 账号 0200049629200702219, 户名“中国石油化工股份有限公司石油工程技术研发院”, 开户行代码: 102100004960, 并注明“期刊”字样。
3. 邮局汇款: 北京市朝阳区北辰东路 8 号北辰时代大厦 716 室, 邮编 100101, 收款人: 刘文臣, 电话: 010-84988356, 84988317 传真: 010-84988289, E-mail: syzt@vip.163.com。