

川东北 140 MPa 超高压井控装备检测系统研制与应用

李卫刚¹, 刘建华², 贾建贞¹

(1. 中国石化中原石油勘探局钻井管具工程处, 河南清丰 457331; 2. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘 要: 川东北地区具有地层压力高、含硫高、地层复杂等特点, 需要使用高压井控设备, 但该地区不但没有相应压力等级的检测装置, 而且不能进行气体密封检测, 存在安全隐患, 为此研制了 140 MPa 超高压井控装备检测系统。在介绍该检测系统的组成、工作原理、技术参数的基础上, 重点分析了测试软件、气体密封、液体密封等关键技术, 并对气体密封试压部分的设计参数进行了核算, 结果表明, 气体密封试压部分的设计参数合理、准确。现场应用表明, 该检测系统能够检测 140 MPa 压力范围内的井控设备, 检测结果准确可靠, 操作简便, 工作效率高, 现场适用性强, 能够满足川东北地区井控装备检测压力等级高、工作量大的要求。

关键词: 井控设备 检测 机械密封 气体密封 压力试验 川东北地区

中图分类号: TE921⁺.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2011)04-0115-04

Research of Detecting System for 140 MPa Ultrahigh Pressure Well Control Equipment in Northeast of Sichuan

Li Weigang¹, Liu Jianhua², Jia Jianzhen¹

(1. Drilling Tubes & Tools Service Company, Sinopec Zhongyuan Petroleum Exploration Bureau, Qingfeng, Henan, 457331, China; 2. Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing, 100101, China)

Abstract: High pressure well control equipments are used in the Northeast of Sichuan due to the high pressure, high sulfur and complicated formations. While the detection device for ultrahigh pressure well control equipments and gas seal detection are not available. Therefore a 140 MPa pressure detecting system is developed. Based on the introduction of the system composition, working principle, technical parameters, this paper analyses the key techniques such as testing software, gas seal system, liquid seal system, and the design parameters of the gas pressure seal testing were verified. The results showed that design parameters of gas pressure seal testing are reasonable and accurate. Field applications showed that the detection device can test well control equipments within the 140 MPa pressure range accurately. It is simple, high efficient and good on-site applicability which can meet the requirements of well control equipment in the Northeast of Sichuan.

Key words: well control equipment; detection; mechanical seals; air seal; pressure test; Northeast of Sichuan Area

川东北地区油气田的地层压力较高, 一般在 55~90 MPa, 为此在 2005 年开始应用 105 MPa 超高压井控装备, 以保证钻井施工安全^[1-3]。但该地区对井控装备进行检测的试压装置一般为液密封试压系统, 存在测试压力等级低(只能达到 70 MPa)、试压时间长、操作不方便等缺点; 同时, 缺少计算

机全自动压力监控系统, 无法监控试压的全过程;

收稿日期: 2010-11-03; **改回日期:** 2011-06-01。

作者简介: 李卫刚(1970—), 男, 陕西蓝田人, 1989 年毕业于中原石油学校矿机专业, 工程师, 主要从事钻具检测、维修及井控技术服务工作。

联系方式: (0393)4809588, lwgtsh@126.com。

无气密封试压装置,无法满足普光气田特殊的气密封检测需要,严重影响了超高压井控装备的现场应用,使钻井施工过程中存在安全隐患。为此,研制了140 MPa超高压井控装备检测系统,实现了试压计算机全程监控和液、气密封双重检测,从而提高了川东北井控装备的可靠性和钻井施工的安全性。

1 检测系统的组成和性能

1.1 系统组成

140 MPa超高压井控装备检测系统主要由测试软件、监测系统、气密封系统、液密封系统以及系列气体增压机、液体加压泵组和专用试压管汇等组成。

1.2 工作原理

气密封测试 将空气通过低压空气压缩机增压至3 MPa,然后经过油水分离、过滤、干燥等工序后继续增压至30 MPa,之后通过第3组压缩机增压至150 MPa,在计算机测试系统的控制下压入测试工件,调整测试参数,在监控系统的全程监控中进行压力测试,压力测试完成后,在软件控制下卸压排气。

液密封测试 将水源通过加压泵系统增压至预定压力,引入液密封专用试压管汇中,在试压工件上连接试压卡箍,并与管汇相连,在IPT-2000A V3.0软件控制下开始试压,试压全过程由工业电视监控系统监测,试压结束后,卸压排液。

1.3 性能特点

1) 压力测试系统可对防喷器液压卡箍、防喷器系统、加压泵、液控装置及控制执行机构等进行压力测试。

2) 在工业计算机视频服务器上通过软件实现系统参数设置、画面切换、摄像机的变焦、光圈及云台控制、硬盘录像、录像压缩刻盘等系列功能,实现试压过程全程监控和自动储存功能。同时压力测试系统将液压、加压泵组和卸压阀组等的控制集成在控制室中,实现了集中控制,节省了人力,降低了劳动强度。

3) 能进行液密封和气密封检测,满足了川东北检测井控装置的需要。

4) 检测压力等级达到140.0 MPa高压检测和1.4~2.1 MPa低压检测,能够检测川东北现场使用的所有井控装备,检测范围大幅扩大,满足了钻井安全需要。

5) 测试系统准确率高,传感器误差小于0.1 MPa,能够精确监控试压全过程,同时,利用软件能够针对不同的井控装备,设置相应的试压检测参数,试压质量得到了保障。

1.4 主要技术参数

高压密封压力等级140 MPa,低压密封压力等级1.4~2.1 MPa(液密封);传感器采集精度优于0.05%,模块转换精度优于0.05%,系统总体测控精度优于1.00%;液压远控6路,液压远控台控制压力10.5 MPa,液压控制卡箍开合/盲板升降/闸板开关/卸荷控制/高低压切换;数据采集周期 <0.02 ms;控制响应时间 <2.00 ms;工业电视摄像机8台(液密封4台、气密封4台),摄像机水平升降+顶部旋转+全方位云台电动+远控;超压报警/安全警示;试压控制方式有人工控制和计算机自动测控两种;液密封试压效率4台/工作日(工作日按照8 h计算),气密封试压效率1台/工作日。

2 关键技术

2.1 测控软件

通过调研国内外的试压软件,分析其对井控装备检测的适应性,最终确定液密封试压选用试压效率较高的IPT-2000A液密封试压系统,配置HL压力测控系统V3.0软件,气密封选用IPT-2000A(G)气密封试压系统,配置HL压力测控系统V3.0(G)软件^[4-5],其工作原理见图1和图2。

HL压力测控系统V3.0软件的运行环境为Windows平台,采样周期0.05 ms,该套软件包括专用试压软件、数据采集及辅助试压设备控制软件和历史数据管理软件等,具有试压信息处理和管理、试压报告生成及打印输出等功能。

2.2 液密封技术

根据试压相关规范,需要气密封试压的装备在气密封试压前都需要进行液密封试压。因此,液密封试压系统的可靠性、稳定性、试压效率直接关系到气密封试压。

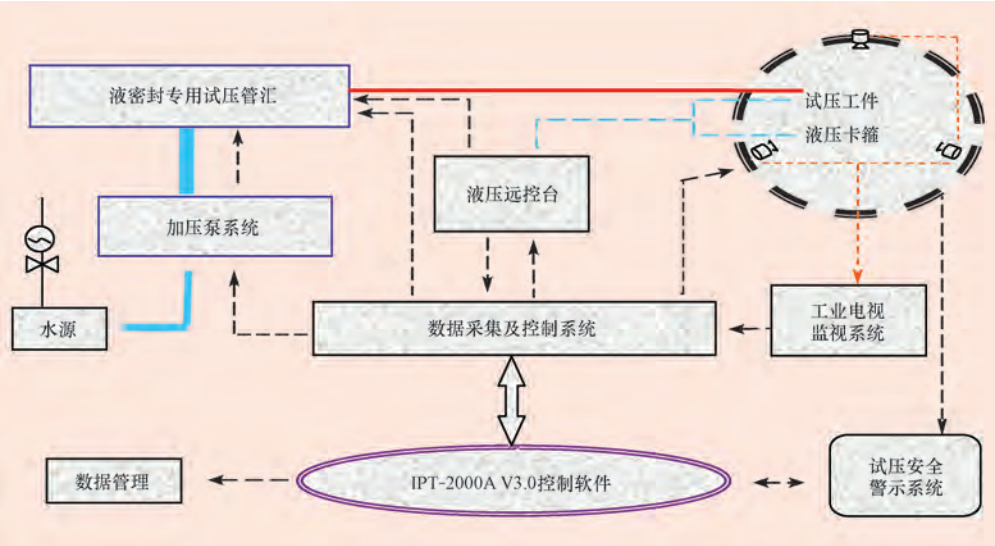


图 1 IPT-2000A 油井防喷器、节流压井管汇智能压力测试系统工作原理

Fig. 1 IPT-2000A working principle for pressure testing system with liquid sealing

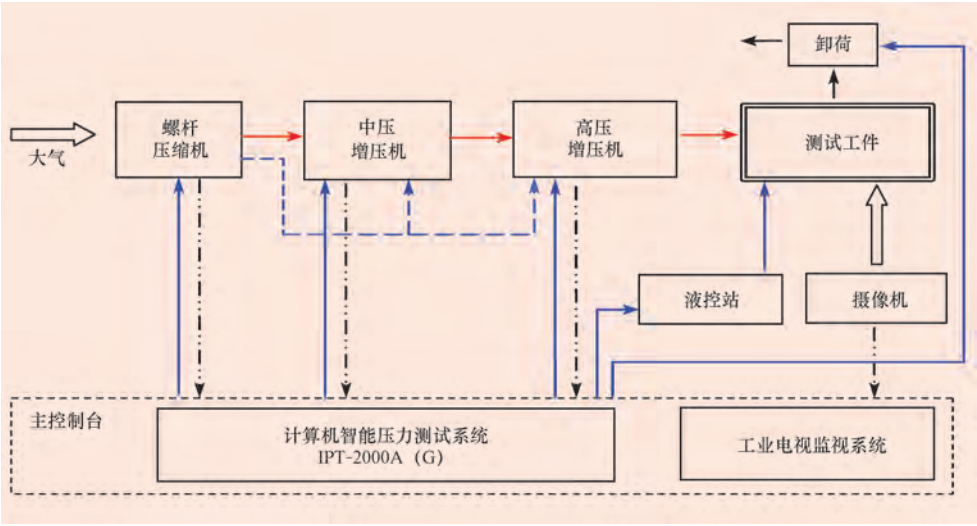


图 2 IPT-2000A(G)气密封试压系统工作原理

Fig. 2 IPT-2000A(G) working principle for gas sealing pressure testing system

为保证液密封检测的安全性和准确性,在原来的液密封测试系统的基础上增加了计算机全程监控软件和低压测试项目。通过增配试压专用管汇来提高试压系统本身的密封性,利用计算机检测软件控制试压工件在低压时的试压精度,同时,全新的工艺流程提高了液密封试压的工作效率。

2.3 气密封技术

由于气密封超高压试压系统都不是在理想状态下工作,所以按照理想的气体状态方程计算分析误差很大。因此,只能采用曲线图解法估算,然后经过实际运行进行修正。所以,筛选最合理、最接近实际工况的设计方案,必须建立在对气密试压系统的深

入了解和研究的基础之上。

结合国内外气密封检测装置的优缺点,提出了 140 MPa 超高压气密封检测系统配置方案,合理配置每一级增压泵的排量,并做到前后级匹配,以达到缩短试压时间的目的。为提高检测系统的可靠性,并使其易于维修,摒弃了国外采用的“中压”35 MPa 预充储气瓶方式,增压系统设计为三级六泵增压系统,具体为:第一级将来自空气压缩站的 1 MPa 空气增压至 3 MPa;第二级将来自第一级增压器的 3 MPa 空气增压至 30 MPa;第三级将来自第二级增压器的 30 MPa 空气增压至 150 MPa,达到高压设计要求。这样的三级设计在某一个加压泵头损坏的情况下,通过控制阀门来切除

故障点,拆下泵头维修,保证了偏远地区试压工作的连续性。

为保证该方案的合理性和准确性,对设计参数进行了核算。中压增压 MPS-1522 和高压增压 HPS-7521 核算过程见图 3。

假设试压介质空气为理想气体,并假定加压过程中温度恒定不变。验算条件 1:被试工件容腔为 160 L,驱动气源压力为 1 MPa,测试压力为 150 MPa。

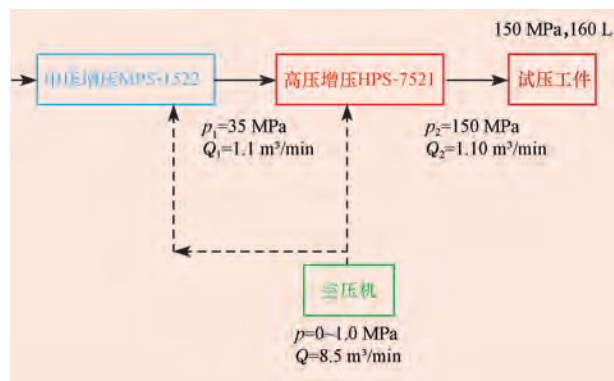


图 3 核算验证流程示意

Fig. 3 Schematic diagram of calculation and verification flow

中压增压至 35 MPa 的时间 $t_1 = 350 \times 160 \div 1\ 100 = 51\text{ min}$, 高压增压至 150 MPa 的时间 $t_2 = (1\ 500 - 350) \times 160 \div 1\ 100 = 167\text{ min}$, 试压容积 160 L 下, 加压至 150 MPa 的总时间 $t = t_1 + t_2 = 218\text{ min}$ 。

验算条件 2:被试工件容腔为 50 L(试压工件内腔加填充件后,容积可以减少到 50 L),驱动气源压力为 1 MPa,测试压力为 140 MPa。

中压增压至 35 MPa 的时间 $t_1 = 350 \times 50 \div 1\ 100 = 16\text{ min}$, 高压增压至 140 MPa 的时间 $t_2 = (1\ 400 - 350) \times 50 \div 1\ 100 = 48\text{ min}$, 试压容积 50 L 下, 加压至 140 MPa 的总时间: $t = t_1 + t_2 = 64\text{ min}$ 。

在实际工作中,由于螺杆空气压缩站的输出压力可能降低、加压过程中温度会升高、中高压两级增压同时工作,实际增压总时间会与理论计算有偏差,实际增压总时间要短于计算的增压总时间,即最大增压总时间 50~210 min,在设计要求范围内。

3 现场应用

该测试系统自 2008 年 1 月投入运行,到 2010 年底一直连续无故障运行。其中,检测 105 MPa 井控装置 215 台次,70 MPa 井控装置 684 台次,

35 MPa 及以下压力级别井控装置 352 台次,现场试验 16 井次,测试合格率达到 99% 以上,压力传感器校验精度达到 0.005 MPa,系统的总体检测精度在 1% 以内,保证了井控装置的安全性和可靠性。同时气密封和液密封高压卸荷阀的使用寿命远远超过 2 000 次,系统的维护时间也超过了 6 个月的设计要求,缩短了运行维护时间,节省了运行维护费用。

4 结 论

1) 新型井控设备测试系统经过液密封和气密封等各项设备的更新优选,以及软件的升级,试压等级达到了 140 MPa。

2) 整个系统采用了集成化设计,解决了以前设备试压工作量大、试压等级低的难题,大大缩短了测试时间,提高了工作效率,延长了检测系统的寿命。

3) 现场试验表明,新型井控设备测试系统,能够满足川东北地区超高压井控装备检测的要求。

参 考 文 献

- [1] 陈炳祥. 含硫油气钻井中的井控技术:以川东北地区为例[J]. 胜利油田职工大学学报, 2008, 22(4): 59-60.
Chen Bingxiang. The oil and gas drilling sulfur well control technology: for example in the Northeast of Sichuan[J]. Journal of Shengli Oilfield Staff University, 2008, 22(4): 59-60.
- [2] 张智, 付建红, 施太和, 等. 高酸性气井钻井过程中的井控机理[J]. 天然气工业, 2008, 28(4): 56-58.
Zhang Zhi, Fu Jianhong, Shi Taihe, et al. Well control mechanism in high acidity gas well drilling process[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(4): 56-58.
- [3] 何龙. 川东北地区优快钻井配套技术[J]. 钻采工艺, 2008, 31(4): 23-26.
He Long. Application of the optimum drilling technique in the Northeast Area of Sichuan[J]. Drilling & Production Technology, 2008, 31(4): 23-26.
- [4] 王志华, 丁国清. 基于 PC 和 PLC 的工业压力测控系统的设计[J]. 电子测量技术, 2008, 31(4): 138-141.
Wang Zhihua, Ding Guoqing. Design of industrial force control system based on PC and PLC[J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(4): 138-141.
- [5] 杨庆江. 基于模糊 PID 技术的压电式气体压力测控系统[J]. 压电与声光, 2008, 30(5): 652-654.
Yang Qingjiang. Piezoelectric pressure measurement and control system based on fuzzy photoelectric technology[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics, 2008, 30(5): 652-654.