

IECEX防爆在双机双泵固井设备中的应用与研究

张华华

四机赛瓦石油钻采设备有限公司 湖北 荆州 430024

摘要: 随着油田开发的不断深入, 由于油气存在的爆炸危险性, 防爆控制系统被引入到固井设备中。防爆控制系统在固井设备中的应用在确保石油和天然气工业操作的安全性和效率方面发挥着关键作用。本文旨在探讨IECEX防爆在双机双泵固井设备中的应用意义、特点和最新进展

关键词: 固井设备; IECEX防爆; 柴油发动机; 正压柜

前言

随着全球能源需求的持续增长, 油气勘探与开发活动也不断扩大。固井作为钻井施工过程中的一项重要施工环节, 固井设备的安全运行关系到钻井平台的安全稳定运行。然而, 由于油田环境中存在易燃易爆气体, 固井设备面临着严重的爆炸安全风险。研究防爆控制系统可以帮助及时预警和防止爆炸事故的发生, 保障工人的安全、可以有效减少爆炸事故对环境的影响, 提高固井设备的安全稳定性。从而推动固井设备领域的技术创新。

1 IECEX 体系的概述

为了消除国际间对防爆产品不必要的重复检验和认证, 促进国际贸易, 1992年起, 国际上开始在国际电工委员会范围内筹建防爆电气产品国际认证组织^[1]。经过几年的筹备, 1996年在伦敦会议上正式成立了国际电工委员会防爆电气产品认证体系, 简称IECEX认证体系^[2]。

2 防爆控制系统在固井设备中应用

由于油田作业工况时常会有爆炸性气体存在的可能, 固井设备中的柴油发动机、电气控制系统、电磁阀、传感器等可能给现场作业带来一定的安全隐患。针对在爆炸性气体环境下, 固井设备控制系统、柴油发动机等部件的安全运行, 避免安全事故的发生, 开发设计了满足IECEX认证体系的控制系统。

满足IECEX认证体系的控制系统包括: 动力系统防爆、控制系统防爆、传感器防爆、液压系统电磁阀防爆、设备照明系统等。

2.1 动力系统防爆设计

动力系统防爆是指对发动机的进气系统、排气系统进行监测, 同时对发动机正常运行后的机油压力、发动机转速等进行监测, 见图1。

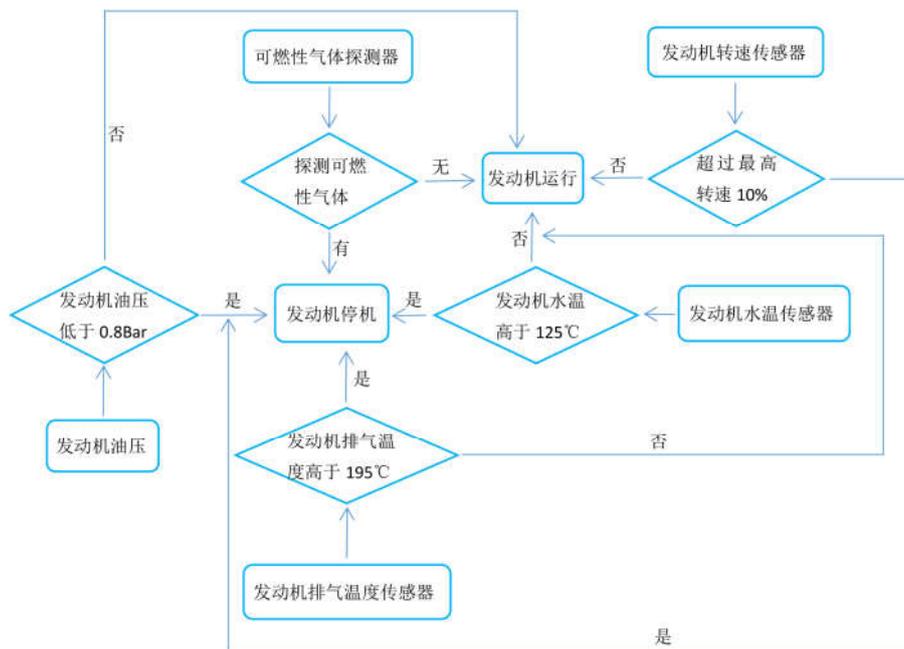


图1

动力系统防爆指的是固井设备上使用的柴油发动机，柴油发动机的进气、排气系统需要监测；需要在进气过滤处安装可燃性气体探测器（带IECEEx防爆证书），针对固井设备是危险2区使用环境的要求，选用2类可燃性气体探测器，在发动机接通电源时气体探测器开始运行并通过人机交互界面（Human Machine Interactive Interface, HMI）实时显示监测情况，在发动机启动前或运转过程中，如监测到进气口有可燃性气体，控制系统会自动关断发动机进气阀及燃油阀，此时发动机无法启动或运行^[3]。从而有效的防止外界环境中的可燃性气体进入发动机缸体点燃爆炸，确保了发动机的正常运行^[6]。

发动机运行参数的监测包括冷却液温度、机油压力、发动机转速^[4]。在发动机冷却液出水管道上安装隔爆型温度传感器（带IECEEx防爆证书，动作点设置为125℃），油管上安装隔爆型压力开关（带IECEEx防爆证书，动作点设置为0.8Bar，1Bar=100KPa），设置发动机的最高转速为2100r/min^[5]。当冷却液温度、机油压力、

发动机转速超过动作点设置值时，人机界面显示报警信息，同时自动控制关断发动机进油阀及进气阀，此时发动机熄火^[6]。

2.2 控制系统防爆设计

整机IECEEx防爆控制系统设计包括主控操作台、设备供电系统、照明系统以及传感器。基于IECEEx防爆，主控操作台的形式选用正压操作台。

防爆正压操作台是通过正压系统，使柜内气压高于外界气压，有效阻断外界可燃性气体、外界火源进入柜内引起爆炸；同时能有效的带走柜内元器件工作时产生的热量，能更好的保护柜内电气元器件。

基于主控柜中需要放置PLC系统、交换机、开关电源、继电器等大量的电气元器件，且外部传感器电缆、通讯电缆、电源电缆、本安电缆等都需要进主控柜；结合正压柜良好的散热性能，最终选用正压柜作为主控柜。

正压柜工作原理（见图2）^[7]：

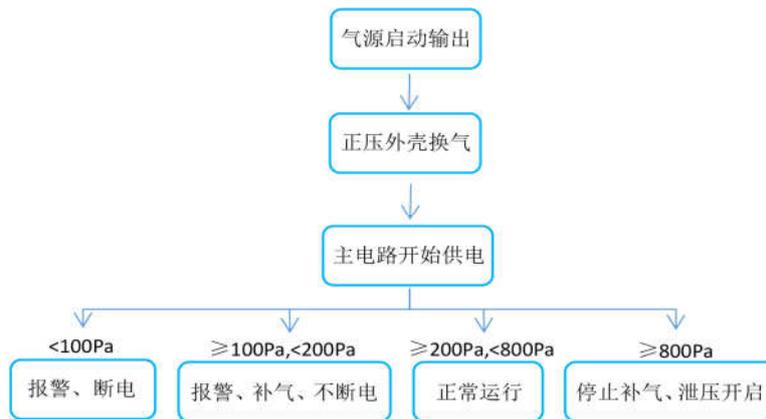


图2

设备供电系统设计：

1) 设备启动方式为气启动，采用双供电系统给设备供电（即电瓶供电或外接220VAC交流供电），从而有力的保障设备正常运行；

2) 选择交流供电或直流供电后，发动机控制系统和正压控制器先得电；只有在正压系统正压通过后，主控柜才会得电；

3) 主控柜得电后，打开主电源开关、计算机电源开关、照明灯开关，相应的各个系统得电。

传感器选型及本安电路设计：

双机双泵固井橇需要安装清水流量传感器、灰阀阀

位传感器、水阀阀位传感器、柱塞泵排出压力传感器、液位传感器、柱塞泵润滑油压传感器、柱塞泵润滑油温传感器、传动箱油压传感器。

这些传感器中，清水流量传感器、柱塞泵排除压力传感器、液位传感器、1#/2#柱塞泵润滑油压传感器、传动箱油压传感器为本安类型传感器，本安类型传感器在设计电路时，需要选择合适的安全栅。而安全栅的选择必须满足以下几点要求：

1) 安全栅的防爆标志等必须不低于本安现场设备的防爆标志的等级^[8]。

2) 确定安全栅的端电阻及回路电阻可以满足本安现场设备的最低工作电压^[9]。

3) 安全栅的本安端安全参数能够满足 $U_o \leq U_i$ 、 $I_o \leq I_i$ 、 $P_o \leq P_i$ 、 $C_o \geq C_c$ 和 $L_o \geq L_c$ 的要求^[10]。

作者简介：张华华（1986年12月—），男，汉族，湖北荆州人，中级工程师，长江大学电子信息工程专业毕业，研究方向：固井设备电气控制。

用于本安系统中连接本安现场设备与安全栅的连接电缆,其分布参数在一定程度上决定了本安系统的合理性及使用范围,因此必须符合以下条件^[11]。

1) 连接电缆规格

连接电缆为铜芯绞线,且每根芯线的截面积不小于 0.5mm^2 ^[12]。

介质强度应能承受2倍本安电路的额定电压,但不低于500V的耐压试验^[13]。

2) 连接电缆长度的限制

在本安系统中,现场本安仪表和连接电缆同为安全栅的负载,当安全栅与现场本安仪表选定后,也就决定了连接电缆的长度。其具体方法如下^[14]。

根据 $C_o \geq C_c + C_i$ 和 $L_c \leq L_o - L_i$ 和公式计算电缆的最大外部分布参数^[15];

按照 $L = C_c / C_k$ 和 $L = L_c / L_k$ 公式分别计算电缆长度,取两者中的小值作为实际配线长度L,但多芯电缆,应考虑相互叠加影响^[16]。

3 整机防爆测试

3.1 测试过程

为验证“IECEX防爆”双机双泵固井橇控制系统的可靠性和有效性,在厂内进行了多次应用测试试验。测试平台主要由双机双泵固井橇、丙炔气体气瓶构成。

测试步骤如下:

1) 打开系统电源后,系统运行,此时不启动发动机,测试以下几项:

a.进气关断电磁阀是否工作正常。

b.模拟发动机水温高于 125°C ,系统运行主界面水温传感器红色指示灯亮。

c.模拟发动机排气温度高于 195°C ,系统运行主界面排气温度传感器红色指示灯亮。

d.闭合发动机急停开关—进气及供油都应该切断,可通过听或观察来判断进气关断电磁阀动作。

e.打开或关闭进气关断阀,查看阀位反馈状态是否对应,显示正常。

2) 系统运行时,启动发动机并测试以下几项:

a.模拟发动机水温高于 125°C ,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

b.模拟发动机排气温度高于 195°C ,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

c.模拟发动机油压低于 0.8Bar ,发动机应该熄火,查看发动机转速为零。

d.闭合发动机急停开关—进气及供油都应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

e.校准发动机超速传感器,使运行转速达到发动机最高转速的80%。运行发动机使转速达到80%附近来验证超速传感器是否正常运行。发动机熄火应该发生在超过校准转速10%以后。进气及供油都应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

f.控制发动机熄火,燃油应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

g.关闭系统的供电电源,燃油应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

3) 气体探测系统测试

a.气体探测系统设计并设定为当空气中含有爆炸下限浓度10%的丙烷时,系统界面提示报警,气体为浓度25%的丙烷时,发动机应熄火。

b.当发动机运行时测试其熄火,进气必须含有适当的丙烷以产生含有爆炸下限浓度25%的混合气体。可以通过1种或2种方式完成:

◎通过预先混合好的产品提供含有0.5%丙烷的气源;

◎将纯净的丙烷通过输气管导入大气中,不断提高输送速率达到0.5%丙烷从而得到爆炸下限浓度25%的混合气体。

4) 进气口气体探测验证

a.在正常状态下运行发动机,将丙烷或甲烷导入进气输送管,并增加输送速率达到以上计算的最大流量。

b.当达到计算的丙烷/甲烷流量时,气体探测系统应该切断进气和供油,发动机此时应该熄火。可通过听或观察来判断进气关断电磁阀是否动作,查看发动机转速为零。

c.当发动机开始超速时,超速熄火系统将运行,这符合设计功能要求。

d.以上试验过程全部完成后,验证发动机气体探测系统正常。

5) 系统处于屏蔽状态

a.设置屏蔽系统,显示器显示“OVERRIDE”时,启动发动机并测试以下几项:

◎控制发动机熄火,燃油应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

◎闭合发动机急停开关—进气及供油都应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

◎关闭系统的供电电源,燃油应该切断,发动机应熄火,查看发动机转速为零。

b.发动机运行时,测试以下几种情况发生时,发动机是否会熄火。

◎模拟发动机水温高于 125°C ,发动机正常运行。

◎模拟发动机排气温度高于195℃,发动机正常运行。

◎模拟发动机油压低于0.8Bar,发动机正常运行。

◎发动机运行转速超过额定转速10%时,发动机正常运行。

6) 正压控制柜测试

进气气源要求为不含任何爆炸性气体的洁净压缩空气或惰性气体;压力要求6~10bar;温度要求低于40℃,进气气源经过空气干燥器后进入正压柜内。

a.正压系统吹扫功能选择

b.正压系统设定吹扫压力

c.正压系统设定工作压力

d.校对控制器吹扫状态

e.校对控制器正常运行状态

7) 传感器测试

8) 照明系统测试

3.2 测试效果及分析

根据IECEX防爆要求,在双机双泵固井橇上可以分为动力系统防爆和电气控制系统防爆两部分,该部分涉及的所有电气元器件都必须满足IECEX防爆并取得IECEX防爆证书。动力系统防爆的主要目的是避免发动机运转成为点燃源(可燃性气体环境);电气控制系统防爆的主要目的是避免电气元器件、传感器、照明灯等在运转时产生的电火花或漏电等成为点燃源(可燃性气体环境)。

经过厂里连续运转测试,在整个运转测试周期内,发动机动力系统在正常运转时一旦监测到可燃性气体、发动机水温高于125℃、发动机排气温度高于195℃、发动机油压低于0.8Bar、发动机转速超过额定转速10%和闭合发动机急停开关时,都能熄火;发动机在屏蔽状态下,发动机水温高于125℃、发动机排气温度高于195℃、发动机油压低于0.8Bar、发动机转速超过额定转速10%时,都能正常运转;正压控制柜正压系统在压力低

于100Pa时能自动断电并报警。

测试结果表明,整机IECEX防爆控制系统能够有效的对有可能成为点燃源的控制部件进行监控和控制,从而实现了固井设备整机在爆炸性环境中的应用。

4 结论与认识

针对我国固井设备快速发展、防爆知识、元器件及应用的匮乏,研发出适应IECEX整机防爆要求、拥有自主知识产权的“IECEX整机防爆控制系统”,并在模拟特定工况下进行了可靠性和有效性测试。结合测试结果,可以得到如下结论:

(1) 结合IECEX防爆规范,将整机防爆控制系统分为动力系统防爆、主控柜防爆、传感器防爆、电磁阀防爆和照明系统防爆。通过对发动机、正压柜的有效监测,成功的避免有可能成为的点燃源。

(2) 在国内首次取得整机IECEX防爆证书。

结语

固井设备正在朝着信息化、自动化和智能化方向快速发展。鉴于防爆设备的规范化要求及客户的特殊化需求,在既满足防爆规范又满足客户特殊化需求上还存在很多问题,亟待今后加以解决。

参考文献

[1]-[2]奚涛,顾保虎.IECEX体系及认证流程概述,2018年12月第4期,电气防爆.

[3]-[6]王传鸿.钻井平台爆炸性环境中柴油发动机防爆控制系统方案分析及应用,2014年12月,第36卷,第12期,石油天然气学报.

[7]刘大平.Px型防爆正压柜设计,文章编号:1004-289X(2020)03-0035-03 2020年3月 电气开关.

[8]-[16]杨青峰,李辉.基于本安防爆称重系统的设计.文章编号:1003-5729(2011)02-0035-05.称重知识.