

油气田安全仪表系统设计优化与应用研究

冯巍

中石化华北油气分公司采气二厂 内蒙古自治区鄂尔多斯市 017400

DOI: 10.32629/ems.v8i4.19757

[摘要] 安全仪表系统(SIS)是油气田安全生产的重要防线,在风险监测报警、连锁控制以及应急响应等方面发挥着重要作用,它的设计方案及应用情况直接影响着油气田员工的生命健康、生产设备的安全运行以及周边环境的安全状况。由于油气田的生产条件恶劣,有高温、高压、易燃易爆、有毒有害物质的存在并且生产工艺复杂,传统的安全仪表系统的设计存在着选型不当、连锁逻辑不合理、人机交互较差的问题,不能满足现场的实际需要,容易造成误报或拒动的现象发生从而威胁到生产的正常进行。本文基于油气田开发一线实践出发,避免空泛论述和罗列数据的方式,从安全仪表系统的工程设计与应用过程中遇到的主要难题入手,结合实践经验,提出相应的改进方案并探讨改进后的系统在实际应用中需要注意的相关事项,以期能够给油气田的安全仪表系统合理设计、有效利用带来一定的借鉴意义,促进油气田的安全生产向精细化、智能化的方向发展。

[关键词] 油气田;安全仪表系统;设计优化;现场应用;连锁保护

引言

油气田生产是高危行业,在钻井、采油(气)、集输、处理等各个环节都有可能发生泄漏、火灾、爆炸等安全事故,而安全仪表系统就是防止事故发生的最后一道屏障,因此非常重要。目前,随着油气田勘探向深部、复杂地区发展,工艺流程越来越繁琐,传统的安全仪表系统已经不能满足现场的实际需要,有的系统的设计与现场工况不符、检修困难、反应迟缓等问题,不但起不到有效的保护作用,还会造成误动作影响生产的连续性。本文基于油气田现场的生产情况,对安全仪表系统的改进设计思路进行分析,结合具体的场景来讨论如何实施这些措施,避免空洞和笼统的说法,注重实用性,为油气田的安全仪表系统改进和完善以及更好地应用提供参考。

一、油气田安全仪表系统设计与应用的核心痛点

基于油气田生产一线操作实践,在现有安全仪表系统的设计及应用中存在很多“接地气”的具体问题,这给系统的防护能力带来很大影响,是需要改进的地方,要紧密结合现场情况,不要过于笼统。

(一) 设计选型与现场工况脱节

安全仪表系统的选择对系统的适用性以及可靠性起着至关重要的作用,但是在一些项目上由于设计人员在选择时未能充分考虑油气田的具体情况而出现了一刀切的现象。比如有的高含硫气田的安全仪表传感器的选择忽视了腐蚀介质的存在造成传感器损坏严重、精度降低,经常发生错误报警;

有的露天油气田的仪表设备未使用适应恶劣气候条件的产品,在高温、大雨或者低温条件下容易发生故障不能够正常运行等。还有些系统的连锁装置的选择不适合现场的实际产量,要么是连锁动作太快造成不必要的停车检修,要么是连锁动作太慢不能及时制止事故的发生,脱离实际生产的需求。

(二) 连锁逻辑设计不科学,实用性不足

连锁逻辑是安全仪表系统的基础,在很大程度上决定了整个系统的应急响应水平,但是目前一些企业的安全仪表系统的连锁逻辑的设计过于空泛,脱离实际生产情况,实用性较低。如有的企业连锁动作条件设定过死板,忽视了现场生产的各种干扰因素的存在而造成大量的误连锁、误停车现象的发生;有的连锁逻辑中缺少层次化的连锁动作级别,不管危险程度高低都执行最高级别的连锁动作,既不利于生产的连续性也给现场的操作人员带来麻烦。还有的连锁逻辑的设计与现场操作工人的工作习惯不符,在发生突发事件时工人不能及时介入处理从而错过最佳的救援时间。

(三) 人机界面设计不合理,运维不便

安全仪表系统的人机界面是操作员与系统的交互窗口,其设计质量对操作效率及维护便捷程度具有重要影响,在实际应用过程中,一些系统的HMI设计不合理。例如:有的界面布局杂乱无章,重要的报警信息、控制按钮被埋没其中,操作人员难以迅速找到所需内容并进行相应操作;有的界面未做优化显示效果,在强光或弱光条件下不易看清,加大误操作概率等。另外还有些系统缺少维修提醒机制,在仪表出

现故障或者参数异常的情况下不能及时通知维修人员,而且排障困难重重使得系统长时间处于非工作状态从而影响整个工厂的生产秩序。

(四) 系统集成性差,协同效能不足

油气田安全仪表系统需要同现场 DCS 系统、火气系统、视频监控系统等配合才能做到全面的安全保障,但是目前一些系统的整合度不高,“信息孤岛”的问题严重。比如:安全仪表系统的报警信号不能及时传递给 DCS 系统,使值班员对生产现场的情况不了解;有的系统与火气系统之间的配合不好,在出现火灾或者气体泄漏的情况下,不能做到报警、连锁、应急处理的一体化,延误了抢险救灾的时间。还有些陈旧的系统不能够适应新安装的智能化检测装置的要求,无法进行智能化改造,不能满足当前生产的实际需求。

二、油气田安全仪表系统设计优化措施

对于以上的设计及应用中存在的主要问题点,在充分考虑油气田实际生产操作的基础上,提出了切实可行、具有实施性的设计方案改进方案,注重实用性,保证改进后的系统可以满足现场工况要求,提高防护能力。

(一) 优化选型设计,贴合现场工况

选型优化的重点在于根据油气田实际工况进行“按需选型、适配场景”,杜绝无目的选型。在传感器选型上要针对现场介质属性及环境特点有针对性地选择合适的型号,比如高含硫气田使用耐腐蚀、抗中毒的传感器;户外安装使用抗高温、抗低温以及防水防尘的一体化仪表等保证了传感器精度和寿命。对于连锁装置的选择也要依据生产负荷大小以及风险等级来确定连锁阀、执行机构等设备类型使其能够快速有效地应对突发事件既不会出现误动作又能迅速消除安全隐患。同时还要兼顾到后期维护方便程度尽可能选择通用性强、易于保养检修且备件容易采购的产品以减少维修费用开支。此外,在选型优化过程中还要兼顾技术先进性和经济合理性之间的关系,在满足工艺条件的情况下,尽量选择已经成熟的技术以及广泛应用于市场的设备,不要一味地追求大参数或者全冗余的设计而造成浪费;对于测量和控制回路要合理分配各自的功能,比如把复杂的工况下高精度的测量任务和普通的监视任务分开进行选型,这样既可以保证重要的数据准确可靠又能节省一部分费用。

(二) 优化连锁逻辑,提升实用性

连锁逻辑优化应基于现场生产工艺,针对实际情况的风险特性进行合理的、有效的改进。一方面要丰富和完善连锁触发条件,在考虑现场生产过程中存在的各种干扰因素的基础上增加多种触发条件,防止单一条件造成误连锁的情况发生,如通过压力、温度、液位等多种参数联合判断来提高连锁触发的准确性;另一方面要建立分层连锁响应机制,依据不同的风险级别采取相应的连锁措施,一般情况下只发出报警信号而不影响生产运行,严重时则立即停止设备运转并关闭相关系统以保证人员安全及生产的稳定性。同时还要结合现场工作人员的操作习惯对连锁逻辑进行相应调整使其更加人性化,减少在突发状况下需要采取措施的时间,让员工能迅速作出反应并且正确处理问题。

(三) 优化人机界面,提升运维便利性

人机界面改进的目标就是“简洁、直观、方便”,符合现场操作人员的操作习惯。一方面对界面进行重新设计,把重要的报警信息、操作按钮放在明显的地方,简化操作步骤,使操作员可以迅速看到信息并进行操作;另一方面改善界面的显示效果,改变字体大小、颜色深浅等,保证在各种情况下都有较好的可视性,降低误操作率。另一方面增加维护提醒的功能,在仪表发生损坏或者参数值超出范围的时候及时发出声音和灯光报警信号并且提示出问题所在的位置以及原因,便于维修人员快速找出问题所在并加以解决。另外还有操作日志、故障日志等功能供维修人员查询以往的操作过程及查找造成事故的原因,提高工作效率。

(四) 优化系统集成,提升协同效能

系统集成优化的重点在于消除信息孤岛,使各系统之间相互配合,提高整体的安全防护水平。第一,推进安全仪表系统与 DCS 系统、火气系统、视频监控系统的有机融合,做到报警信号、操作命令即时传递到相关岗位上,使值班员能及时了解现场情况并进行处理。比如把安全仪表系统的泄漏报警信息传送到视频监控系统中去,在屏幕上自动显示泄漏的位置方便值班员迅速查找原因;实现对火气系统的联动控制,在出现火灾情况下,可以自动连锁停车、喷水灭火等措施。第二,留有余地,保证系统具备接纳未来新类型的智能化检测装置的能力,如 5G 巡检机器人、智能风险识别系统等,为系统的智能化改造打下基础,满足现场安全管理的新需求。

三、优化后安全仪表系统的现场应用要点

设计优化为基础,现场规范运用为关键点,在油气田实际生产过程中,确定优化后的安全仪表系统的应用重点,使系统发挥最大保护作用,满足现场操作要求。

(一) 规范安装调试,保障系统可靠性

安装调试是系统投入使用的先决条件,在安装时要根据现场工况以及设计要求进行正确安装,安装过程中要合理选取仪表安装点位,如传感器应安装在介质流动平稳、无干扰、便于检修的地方,不要安装在死区或者强电磁场等地方;连锁阀体及执行机构的安装必须保证其连接可靠、动作灵敏,防止由于安装问题造成损坏。调试阶段要对各种可能出现的风险情况进行仿真试验,检验系统的连锁控制、报警提示等功能是否有效,保证系统的反应迅速、动作准确,还要根据现场操作员的意见调整连锁设定值、人机界面等使其更加契合实际生产情况。

(二) 强化日常运维,及时排查隐患

日常维护是保证系统持续平稳运行的基础,在此基础上要根据现场生产情况制定日常巡检制度。一方面,对仪表设备定期进行巡视、校验等操作,如定期擦拭传感器探头、查看连锁阀动作是否灵活,及时发现并解决仪表老化、参数漂移等问题以免造成仪表损坏影响到系统的正常运转;另一方面,制定应急预案,划分好各岗位人员的责任分工,在发生异常情况下可以迅速到位、妥善处置,缩短停机时间。同时还要不定期地对系统软件升级更新,补丁修复等,保证系统各项功能完好无损。

(三) 加强人员培训,提升操作能力

操作人员的操作水平对系统的使用效果有很大影响,要针对改进后的系统特性做好现场操作人员以及维修人员的培训工作。培训内容主要有系统的操作步骤、连锁逻辑、报警信息分析、故障处理措施等,以实际生产情况为例进行实操演练使操作人员可以熟练的操作系统,正确的理解报警信号,在突发事件发生时能迅速有效的应对;保证维修人员可以及时排除系统故障,做好设备检修工作,提高系统的维护水平。还要有定期性的培训制度,适时调整培训计划,满足系统的更新改造及生产的变动需求。

(四) 结合现场工况,动态优化调整

油气田现场生产工况是不断变化的,优化后的安全仪表

系统要根据工况的变化而做出相应的改变以保证系统的有效性。比如,在生产负荷发生变化或者介质性质发生改变的情况下,需要对连锁设定值以及传感器量程进行相应地调节;在有新的生产工艺流程或设备加入到现场之后,则需要增加系统的功能并补充相应的连锁逻辑;针对在现场的应用过程中出现的一些问题,不断地改进和完善人机界面的设计、系统集成等方式等来提高整个系统的适用性和保护能力。

四、结论

安全仪表系统是保障油气田安全生产的重要防线,在设计及应用上是否科学合理直接影响到整个油气田的安全运行。目前,油气田安全仪表系统在设计以及使用过程中存在选型与工况不符、连锁逻辑不合理、人机界面欠妥当、系统集成度低等问题,制约着系统的防护能力。基于油气田现场操作实践,通过对选型设计、连锁逻辑、人机界面以及系统集成进行改进和完善可以较好地解决以上问题,提高系统的匹配程度、稳定性和实用性。优化后系统在现场的应用中要重视标准安装调试、做好维护保养工作、开展员工培训教育并及时作出相应调整才能更好地实现其风险预报、连锁控制、紧急处理的功能作用。本文立足于实际情况,摒弃空洞说教和罗列数据的方式,提出的改进建议以及应用建议都是切实可行的,对于油气田安全仪表系统的升级改造以及良好运用具有一定的借鉴意义,有利于促进油气田安全生产的发展进步。

[参考文献]

- [1] 付勃昌,李季,邓锐,王飞. 海上油气田能耗在线监测系统的设计与探讨[J]. 仪器仪表用户, 2021, 28(08): 8-10+75.
- [2] 孙宗海,孙思博钰. 油气田火气系统设计的多边性研究[J]. 油气田地面工程, 2018, 37(01): 39-42.
- [3] 赵鹏,张乃禄,陈建锋,贾智文,贺丽. 天然气处理厂安全性模糊综合评价[J]. 油气田地面工程, 2013, 32(11): 37-39.
- [4] 俞曼丽. 高完整性压力保护系统在水下生产系统中的应用[J]. 石油化工自动化, 2010, 46(05): 73-76.
- [5] 吴庆伦,李捷. 高酸性气田井口安全控制系统设计分析[J]. 石油与天然气化工, 2010, 39(05): 457-458+370.