

石油化工环境下防爆型监测仪表的应用与安全性能分析

徐庆松

中石化石油工程设计有限公司 山东东营 257026

摘要: 石油化工生产环境具有高温、高压、易燃易爆、有毒有害等显著特征, 安全生产始终是行业发展的核心前提。防爆型监测仪表作为保障生产过程安全稳定运行的关键设备, 能够实时精准监测各类工艺参数与环境指标, 及时预警安全隐患。本文基于石油化工环境的特殊性, 阐述防爆型监测仪表的核心应用场景, 系统分析其防爆结构、防护等级、信号稳定性等关键安全性能指标, 探讨影响仪表安全运行的主要因素, 并提出针对性的优化策略, 为石油化工行业防爆型监测仪表的合理选型、规范应用及安全管控提供理论参考。

关键词: 石油化工; 防爆型监测仪表; 应用场景; 安全性能

引言

石油化工行业作为国民经济的支柱产业, 其生产流程涉及大量易燃易爆介质与危险工艺环节, 环境复杂性与危险性极高。一旦发生安全事故, 不仅会造成巨大的经济损失, 还会威胁人员生命安全与生态环境。监测仪表是生产过程参数感知的核心载体, 而普通监测仪表在石油化工易燃易爆环境中极易成为点火源, 引发安全事故。因此, 防爆型监测仪表的应用至关重要。本文围绕防爆型监测仪表在石油化工环境中的应用现状, 深入剖析其安全性能核心要素, 旨在明确仪表安全运行的关键控制点, 为提升石油化工生产安全保障水平提供支撑。

一、石油化工环境特征及对监测仪表的防爆要求

石油化工生产环境具有显著的高危特性, 其环境特征主要体现在三个方面: 一是介质危险性高, 生产过程中涉及原油、天然气、汽油、柴油、乙烯、丙烯等大量易燃易爆气体、液体及蒸汽, 部分介质还具有毒性与腐蚀性; 二是工艺条件苛刻, 多数生产环节处于高温、高压状态, 部分环节则存在低温、负压等极端条件, 工艺参数波动范围大; 三是环境干扰因素多, 生产现场存在强电磁辐射、振动、粉尘等干扰, 对仪表的稳定性与可靠性提出了极高要求^[1]。

基于上述环境特征, 石油化工环境对监测仪表的防爆要求极为严格。首先, 仪表需具备可靠的防爆结构, 能够有效阻断内部电路或机械部件产生的电火花、高温等点火源与外部易燃易爆介质的接触; 其次, 仪表需适应恶劣的环境条件, 具备良好的耐高低温、耐高压、耐

腐蚀、抗振动、抗电磁干扰等性能; 再次, 仪表的信号传输需稳定可靠, 确保监测数据能够实时、准确地传递至控制系统, 为生产调控与安全预警提供依据; 最后, 仪表需符合相关防爆标准与规范, 如国际电工委员会(IEC)的防爆标准、我国的GB3836系列防爆标准等, 确保其防爆性能的合规性与有效性。

二、防爆型监测仪表在石油化工环境中的应用场景

防爆型监测仪表在石油化工生产全流程中均有广泛应用, 根据监测参数类型与应用环节的不同, 主要分为以下几类核心应用场景:

(一) 易燃易爆气体浓度监测场景

此类场景主要分布在原油开采、储运、炼化装置的原料输入口、反应釜顶部、储罐区、装卸站台等易发生易燃易爆气体泄漏的区域。应用的防爆型监测仪表主要为防爆型可燃气体探测器, 其核心功能是实时监测环境中可燃气体的浓度, 当浓度达到或超过预设的报警阈值时, 及时发出声光报警信号, 并将报警信息传输至中央控制系统, 提醒工作人员采取应急处置措施, 防止气体浓度进一步升高引发爆炸或燃烧事故。

(二) 工艺参数监测场景

工艺参数监测是石油化工生产过程管控的核心环节, 涉及温度、压力、流量、液位等关键参数的监测, 应用场景覆盖反应装置、蒸馏塔、换热器、储罐、管道等各类生产设备。所采用的防爆型监测仪表包括防爆型温度变送器、防爆型压力变送器、防爆型流量计、防爆型液位计等。这些仪表实时采集工艺参数数据, 通过信号传输模块将数据反馈至控制系统, 实现对生产过程的闭环

调控，确保工艺参数稳定在合理范围，同时避免因参数异常引发超温、超压等安全隐患。

（三）有毒有害气体监测场景

在石油化工生产的催化、裂解、精制等环节，会产生或使用硫化氢、一氧化碳、氯气、氨气等有毒有害气体，此类气体泄漏会对人员健康造成严重危害，甚至引发群体性中毒事故。在相关生产区域需部署防爆型有毒气体探测器，实时监测有毒有害气体的浓度，当浓度超标时，及时触发报警机制，并联动通风、喷淋等应急设备，降低环境中有害气体浓度，保障现场工作人员的生命安全^[2]。

（四）火灾监测场景

石油化工生产现场易燃介质多，火灾事故风险高，

需在装置区、储罐区、公用工程区等关键区域部署防爆型火灾探测器，如防爆型感温火灾探测器、防爆型感烟火灾探测器、防爆型火焰探测器等。此类仪表能够快速感知火灾发生时的温度变化、烟雾浓度或火焰辐射信号，及时发出火灾报警信号，为火灾初期扑救争取时间，减少火灾造成的损失。

三、防爆型监测仪表的核心安全性能分析

防爆型监测仪表的安全性能直接决定了其在石油化工高危环境中的应用可靠性，核心安全性能主要体现在防爆结构性能、环境适应性、信号稳定性与准确性、防护性能等方面，各性能要素的具体内涵与影响如下表所示：

核心安全性能要素	性能内涵	对安全运行的影响
防爆结构性能	不同防爆类型的结构完整性与密封性， 阻断点火源外泄	失效易引发爆炸燃烧事故， 是安全性能核心保障
环境适应性	耐受高低温、高压、振动等恶劣环境的稳定运行能力	不足导致仪表性能衰减或失灵，无法预警隐患
信号稳定性与准确性	数据采集精准度及信号传输稳定性	失真或中断易引发调控误判，扩大安全风险
防护性能	仪表外壳对粉尘、水分等的防护能力（IP等级表征）	不足易损坏部件，甚至产生点火源
应急响应性能	超标报警响应速度及应急设备联动协调性	滞后延误处置时机，增加事故损失

（一）防爆结构性能的核心作用

防爆结构是防爆型监测仪表的核心技术特征，不同防爆类型的仪表其结构设计逻辑存在差异，但核心目标均为阻断点火源。例如，隔爆型仪表通过坚固的外壳将点火源封闭在内部，外壳能够承受内部爆炸产生的压力，同时阻止爆炸火焰向外部传播；本质安全型仪表则通过限制电路中的电流、电压，确保仪表在正常工作或故障状态下产生的电火花、热效应均不足以点燃爆炸性混合物。防爆结构的完整性与可靠性是仪表实现防爆功能的基础，其设计、制造与安装过程中的任何缺陷，都会直接导致仪表防爆性能失效，成为引发安全事故的潜在风险点。

（二）环境适应性对安全性能的支撑作用

石油化工环境的复杂性对仪表的环境适应性提出了严苛要求。高温环境可能导致仪表外壳变形、密封件老化、电路元件性能衰减；高压环境可能造成仪表接口泄漏、部件损坏；强电磁干扰可能导致仪表信号紊乱、传输中断；腐蚀性介质则会侵蚀仪表外壳与内部部件，破坏仪表结构完整性。防爆型监测仪表必须通过特殊的材料选择（如耐腐蚀合金、耐高温陶瓷等）、结构设计（如密封式外壳、抗振动支架等）与技术处理（如电磁屏蔽、

热防护等），提升环境适应性，确保在恶劣环境中能够持续稳定运行，保障监测数据的连续性与可靠性^[3]。

（三）信号稳定性与准确性的关键价值

监测数据的精准性与信号传输的稳定性是防爆型监测仪表发挥安全保障作用的核心前提。在石油化工生产过程中，工艺参数的微小波动可能隐藏着重大安全隐患，若仪表监测数据失真，会导致控制系统无法准确判断生产状态，进而做出错误的调控决策；若信号传输中断，会使工作人员无法及时掌握现场情况，错过最佳的隐患处置时机。防爆型监测仪表需采用高精度的传感元件、抗干扰的信号传输模块，同时通过合理的安装布局（如远离强电磁干扰源），确保信号稳定传输，监测数据准确可靠。

四、影响防爆型监测仪表安全运行的因素及优化策略

（一）主要影响因素

尽管防爆型监测仪表具备特定的安全性能，但在石油化工实际应用场景中，其安全运行仍受到多种因素的影响。一是选型合理性不足，若未根据具体应用场景的介质特性、环境条件选择匹配防爆类型、防护等级的仪表，会导致仪表无法适应现场环境，降低安全性能；二

是安装规范性欠缺，安装过程中若出现防爆密封不严、接线错误、安装位置不当等问题，会破坏仪表的防爆结构，影响信号传输稳定性；三是维护保养不及时，石油化工环境对仪表部件的损耗较大，若未定期开展清洁、校准、部件更换等维护工作，会导致仪表性能衰减，甚至出现故障；四是环境因素变化，生产过程中介质成分、温度、压力等参数的突发变化，可能超出仪表的监测范围与适应能力，影响其安全运行。

（二）优化策略

针对上述影响因素，结合石油化工环境特征，提出以下优化策略：

首先，强化选型的科学性与合理性。在仪表选型前，全面调研应用场景的介质类型（易燃易爆、有毒有害等）、环境温度、压力、湿度、振动强度、电磁干扰程度等参数，依据相关防爆标准与规范，选择防爆类型、防护等级、测量范围与现场条件相匹配的仪表。例如，在存在强电磁干扰的区域，优先选择具备强电磁屏蔽功能的本质安全型仪表；在腐蚀性介质环境中，选择外壳采用耐腐蚀材料的仪表。

其次，规范仪表安装流程。严格按照仪表安装说明书与石油化工行业安装规范开展安装工作，重点关注防爆密封环节，确保仪表外壳与接线盒的密封完整性，防止易燃易爆介质侵入；合理规划仪表安装位置，远离火源、强电磁干扰源、振动源，同时确保仪表能够准确感知监测对象的参数变化，如可燃气体探测器应安装在气体易积聚的区域，液位计应安装在储罐液位变化敏感的位置；加强安装后的调试工作，确保仪表接线正确、信号传输稳定、报警功能正常。

再次，建立完善的维护保养体系。制定定期维护保养计划，明确维护周期、内容与责任人，定期对仪表进行清洁、校准、密封性检查、部件损耗检测等工作；针对高温、高压、腐蚀性强等恶劣环境中的仪表，缩短维

护周期，重点检查密封件、传感元件、电路模块等关键部件的性能；建立仪表维护档案，记录仪表的安装、调试、维护、故障处理等信息，为后续维护工作提供依据；加强维护人员的专业培训，提升其维护技能与防爆安全意识，确保维护工作规范有效。

最后，强化环境监测与动态调控。在生产过程中，实时监测仪表应用区域的环境参数（温度、压力、介质成分等），当出现参数突发变化时，及时调整生产工艺，避免超出仪表的适应范围；针对可能出现的极端环境条件，提前配置备用仪表或应急监测设备，确保在突发情况下能够持续开展监测工作，保障生产安全。

结语

防爆型监测仪表是石油化工高危环境安全生产的关键设备，应用覆盖生产全流程，核心安全性能直接决定安全保障水平。本文结合石油化工环境特征与仪表防爆要求，明确核心应用场景，系统剖析防爆结构性能、环境适应性等关键安全要素，针对仪表安全运行影响因素提出选型优化、规范安装、强化维护等策略。实际应用需结合具体场景科学选用、规范安装并加强维护，充分发挥其监测预警作用。未来应依托智能化技术推动仪表创新，提升安全与智能化水平，筑牢行业安全生产防线。

参考文献

- [1] 李楨. 石油化工仪表系统防爆典型案例探讨[J]. 石油化工自动化, 2023, 59(5): 104-106.
- [2] 罗浩, 邓科, 陈俊杰, 李自强, 李智. 激光甲烷泄漏监测仪在含硫天然气站场的应用实践[J]. 石油化工安全环保技术, 2022, 38(5): 44-46.
- [3] 郭迎春. 化工生产中电气设备的防爆技术与安全维护[J]. 石油石化物资采购, 2025(12): 115-117.