

[压缩机]

天然气压缩机排气温度变送器分体改造

文/孙春孝 张潇译

中海石油（中国）有限公司曹妃甸作业公司

在海上平台的日常运营中，天然气压缩机经常因高振动导致撬内仪表损坏，从而影响了压缩机的正常运行。论述了一项旨在提高天然气压缩机温度监控系统稳定性和可靠性的分体改造项目。通过对故障记录的深入分析，揭示了直装式温度变送器在高振动环境中的缺陷，并提出了一种分体式温度变送器设计方案。

在海上油气田平台的动力装置运行中，燃气压缩机及注水泵等关键设备的振动问题尤为严重。设备的高频振动不仅影响了机组自身的稳定性和使用寿命，也对撬内附属仪表的准确性和可靠性构成了威胁。详细分析了燃气压缩机非计划性的关停记录显示，这些停机事件的主要原因是因为振动引发仪表损坏。振动会导致撬内温度传感器、压力传感器以及流量计等精密仪表的固定支架松动或断裂，从而影响传感器的信号采集和处理。在某些情况下，振动还会导致接线松动、电子元件脱焊，甚至致使仪表的内部机械部件磨损或失效。长期的振动作用还可能使管道接口、法兰等连接部位产生微裂缝，进一步诱发泄漏或破损，对整体安全构成威胁。

鉴于上述情况，本项目的核心在于通过技术分析，识别振动对仪表损坏的具体影响途径，开发出一系列针对性的技术改造措施，例如优化仪表的安装固定方式，使用更高标准的抗振动设计，改善信号的传输和处理模式，降低或隔离振动对仪表的直接影响，确保设备和仪表的稳定运行，为海上油气开采的安全生产提供技术保障。

研究现状

在海洋油气行业中，对于燃气压缩机和注水泵

等设备的振动问题，研究和实践已经进行了数十年。早期的措施大多集中在机械结构的强化、动平衡的优化以及阻尼系统的设计上。通过增加支架的刚度、改进设备固定方式以及采用高效的减振材料，一定程度上减少了设备振动对仪表的影响。然而，这些措施并未从根本上解决高频振动传递给撬内仪表的问题，特别是在恶劣的工况下，设备振动问题仍然是导致仪表故障和非计划停机的一个主要因素。

近年来，随着传感器技术、数据处理技术和材料科学的进步，开始出现更加智能化的振动监测和控制系统。例如，使用更为精密的振动传感器，实时监测设备的振动状况，并通过先进的数据分析算法，预测潜在的故障和损害。此外，一些研究聚焦于无线传感技术，减少由振动引起的线缆磨损和接触不良问题。但是，这些新技术的应用尚未广泛普及，而且在实际操作中，往往需要针对特定环境和特定设备进行定制，增加了技术应用的复杂性和成本。

在实际应用中，虽然通过机械加固和动态调整已经取得了一定的成效，但在恶劣海洋环境下，这些措施往往难以应对突发的极端振动事件。因此，在保障设备稳定运行的同时，如何有效保护

仪表设备免受振动影响，是首当其冲的任务。当前的研究和实践显示，需要更加系统和全面的解决方案来应对这一挑战，以提高海上平台的安全性和可靠性。

改造优势

分体式设计能显著降低振动对仪表精度的影响。通过将敏感的传感元件与振动源分离，如温度传感器的感测部与显示和输出模块的隔离，既保证了数据的准确传输，又减少了仪表因振动导致的损坏风险。此外，分体式设计还便于维护，因为在故障时可以只更换受损部分，而不必整体替换，降低了维修成本，提高了系统的整体可靠性。

方案设计

1. 分体减振

在该方案中，温度变送器包括温度传感元件和变送器主体两个主要部分。传感元件被直接安装在测量点，以确保可以直接并准确地捕获温度数据。由于这些传感元件直接面对高振动环境，因此在安装时采用了橡胶隔振垫以吸收和分散振动能量，保护传感器免受机械振动的直接损害。

与此同时，变送器主体部分安装在相对振动较小的设备稳定支架上。这种物理分离的设计减少了振动对变送器电子部件的直接影响。两部分之间通过特制的抗振动电缆相连，能够有效减少振动传递，并保证数据信号的稳定传输。电缆内部采用多股细导线编织和高弹性绝缘材料，以提高其对机械应力的抵抗能力，同时也增加了电缆的耐用性。

此外，基于易于维护和更换的需求，在需要维修或更换传感器时，可以不影响变送器主体的正常工作，减少了整体维护成本和停机时间。同时，这种设计还允许更灵活地升级传感器或变送器部件，以适应不断变化的工作环境和技术进步。

2. 抗干扰信号设计

在燃气压缩机系统中，信号传输的可靠性是确保控制系统稳定性的关键。因此，抗干扰信号设计方案的核心在于提高信号的稳定性和抗干扰能力。

首要措施是采用隔离式安全栅隔断直连4~20 mA信号，可以有效抑制从现场传感器到控制系统间可能

出现的电磁干扰。隔离式安全栅内置有信号隔离模块，能够防止地回路和电磁噪声影响，提高了信号的准确性。

安全栅不仅提供隔离功能，而且具备在线故障自诊断的能力。这一特性允许系统即时检测到信号通路中可能出现的任何异常情况，并及时通知控制中心，从而可以在不影响整体操作的情况下快速采取补救措施。设备维护和故障率如图1所示。

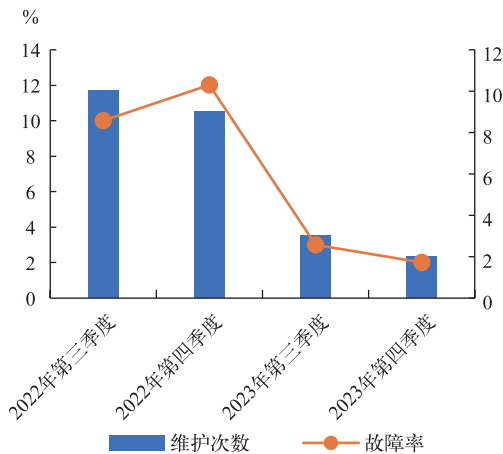


图1 设备维护和故障率趋势图

控制系统集成

(1) 系统架构评估与方案制定

在控制系统集成的设计阶段，首先进行的是现有系统的全面评估，包括对输入输出（I/O）配置、控制逻辑、通信协议和操作界面的理解。基于这些信息制定集成方案，确保新旧系统接口匹配，以及新系统部件的兼容性和适配性。

(2) 软件更新与控制策略开发

控制系统的软件环境需要更新或重新编程以包含新硬件的功能。通常包括编写或修改程序代码、配置设备驱动以及设置数据采集点。为了实现优化控制和监测，将开发新的控制策略和算法，旨在提高系统响应速度，增强故障诊断功能，大大提升了操作的安全性。

(3) 硬件安装与数据通信确保

在实施阶段，所有新控制硬件（如PLC或DCS模块）将安装在控制室，并按照电气安全标准进行接线。同时，为确保数据传输的准确性和信号的稳

定性，采取了屏蔽电缆和实施接地技术，以减少电磁干扰。

(4) 全面系统验证

系统集成完成后，进行了一系列全面的测试，包括静态、动态和负载测试，以确认控制逻辑的准确性和系统的稳定性。测试覆盖了所有操作场景，以验证系统在各种条件下的性能和可靠性。温度传感器性能对比如图2所示。

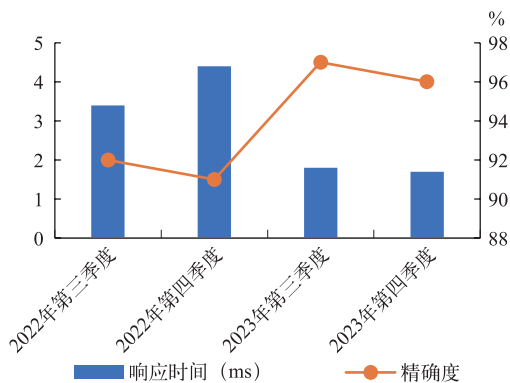


图2 温度传感器性能对比图

可移植性设计

(1) 模块化设计

设计时考虑仪表和控制单元的模块化，使之能够快速拆卸和重新安装到新的设备上，无须对整个系统进行大幅度的改动。例如，采用通用接口的传感器和变送器，使其可以适配不同厂家和型号的设备。

(2) 标准化接口

实施标准化的电气和信号接口，确保新的设备或系统能够兼容现有的模块。包括对信号线、数据通信协议等采用业界广泛认可的标准。

(3) 参数化软件设置

控制系统软件设计上拥有足够的灵活性，能够通过参数设置适应不同设备的控制需求，而无须重新编写代码。

通用性设计

(1) 广泛的适应性

在设计仪表和控制系统时，考虑到不同工业环境中的特殊要求，如温度、压力及振动等级别，使设备能够在各种环境下稳定工作。

(2) 易于集成的控制逻辑

设计控制逻辑时，应易于集成到各种PLC和DCS中，可通过软件进行配置，而不需要硬件上的改动。

(3) 维护和升级的简易性

仪表的维护和升级设计为简便易行，例如通过远程更新固件或更换模块来提高性能或适应新的应用条件，而无须更换整个系统。

结束语

本研究通过技术分析和创新设计，成功实现了海上油气田平台振动问题的有效解决方案。分体减振、抗干扰信号传输以及可移植性和通用性的设计，不仅显著降低了燃气压缩机和相关仪表的故障率，也提高了设备的稳定性和安全性。

未来将进一步关注优化设计，扩展这些原则到其他类似振动敏感设备上，以期达到全面提升海上平台设备运行可靠性的目的。同时，这些设计理念和技术解决方案的普适性将为其其他工业领域面临类似挑战的设备提供有力的参考，推动工业自动化和设备维护技术的进步。EA

(收稿日期：2023-11-18)

参考文献

- [1] 纪长龙. HX_D3B型机车主变压器温度传感器故障分析及改进[J]. 铁道机车与动车, 2018(5): 44-46.
- [2] 肖金红, 童剑雄, 廖高煜, 等. 大功率风电机组供电变压器寿命损失分析[J]. 电气应用, 2021, 40(10): 62-65.
- [3] 刘继民, 沈颖, 赵淑萍. 高精度热敏电阻温度传感器的技术改进及使用特点[J]. 冰川冻土, 2011, 33(4): 765-771.
- [4] 仝建成. 云煤一矿安全监控多系统信息融合与联动的实践研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2019.
- [5] 王素珍, 杨蕾. 温度传感器在轧机自动控温系统中的应用[J]. 传感器技术, 2005(3): 3.
- [6] 李斌, 廖兴万, 马留军, 等. 有载调压配电变压器节能应用研究[J]. 电气应用, 2021, 40(6): 72-76.