

仓储码头油气回收泵的线缆连接技术创新研究

李伟

扬州恒基达鑫国际化工仓储有限公司

DOI:10.12238/pe.v3i5.16594

[摘要] 本文针对仓储码头油气回收泵系统中的线缆连接技术局限性,进行了深入的技术创新研究。研究提出了多项创新方案,包括防爆型线缆连接器的轻量化设计、新型耐腐蚀材料的应用、快速插拔式连接器的开发,以及智能检测与监控系统的集成。除此之外,还探讨了无线替代技术在短距离电能和数据传输中的应用可行性。通过模拟仓储码头的复杂环境条件,进行了实地测试和验证。结果表明,这些创新技术显著提高了油气回收泵的安全性、可靠性和维护效率,为油气储运行业提供了有效的技术支持。

[关键词] 油气回收泵; 线缆连接; 防爆设计; 仓储物流

中图分类号: TD684 文献标识码: A

Innovative Research on Cable Connection Technology for Vapor Recovery Pumps in Storage Terminals

Wei Li

Yangzhou Winbase International Chemical Warehousing Logistics Co., Ltd.

[Abstract] This paper conducts an in-depth study on technological innovations addressing the limitations of cable connection technology in vapor recovery pump systems at storage terminals. Several innovative solutions are proposed, including the lightweight design of explosion-proof cable connectors, the application of new corrosion-resistant materials, the development of quick-plug connectors, and the integration of intelligent detection and monitoring systems. Additionally, the feasibility of applying wireless alternative technology for short-distance power and data transmission is explored. Field tests and verifications were conducted by simulating the complex environmental conditions of storage terminals. The results demonstrate that these innovative technologies significantly enhance the safety, reliability, and maintenance efficiency of vapor recovery pumps, providing effective technical support for the oil and gas storage and transportation industry.

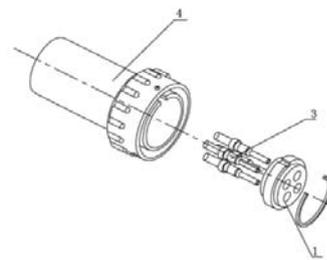
[Key words] Vapor Recovery Pump; Cable Connection; Explosion-Proof Design; Storage Logistics

引言

随着能源需求的不断增长,石油和天然气储运设施的重要性日益凸显。仓储码头作为油气储存和输送的关键环节,承担着重要的能源流动任务。在这个过程中,油气回收泵是不可或缺的设备,用于减少油气挥发带来的环境污染和能源浪费。然而,油气回收泵在运行过程中,尤其是电气系统的线缆连接部分,面临着复杂且严峻的挑战。仓储码头往往处于高湿度、高腐蚀性环境,并且油气回收泵工作环境具有极高的防爆要求,因此,传统线缆连接技术在这些条件下暴露出许多局限性,例如防爆性能不佳、线缆易受损等。针对这些问题,本文提出了一系列针对性的创新技术方案,并通过实地测试验证其可行性和可靠性。

1 油气回收泵线缆连接技术的创新

1.1 防爆型线缆连接器的设计创新



图一 防爆无火花连接器

防爆型线缆连接器,如图一,在仓储码头油气回收泵的应用中,防爆型线缆连接器的设计创新是保证安全运行的重要环节。油气回收系统通常处于危险环境中,油气泄漏和易燃易爆的特性要求设备的线缆连接具备高防护等级以防止电火花和静电引起的爆炸。为此,创新型防爆线缆连接器的设计需要实现多重安

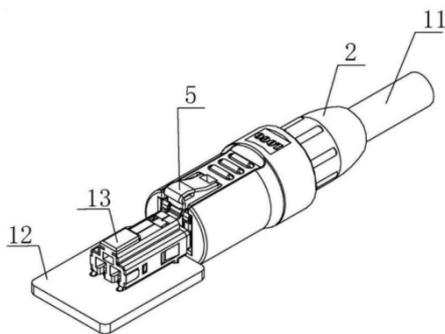
全保障。为了有效防止电流过载或电火花的产生,创新设计的连接器内部集成了特殊的绝缘材料和防静电屏蔽层,能有效防止静电积聚避免因静电放电而引发的火花风险^[1]。

1.2 新型耐腐蚀材料在线缆中的应用

在仓储码头环境中,线缆面临的挑战之一便是腐蚀性。在湿度高、盐雾的环境下,传统材料的使用寿命受到严重威胁。为了应对这一问题,在线缆材料的选择上必须进行创新。一方面,聚四氟乙烯(PTFE)材料由于其优异的耐腐蚀性能成为了线缆外部绝缘层的首选。它能够有效抵抗化学腐蚀并且在高温环境下仍能保持稳定。为了进一步提升线缆的抗腐蚀能力,外层采用了复合纳米涂层技术,该涂层可以在微观层面形成致密的保护膜,阻止腐蚀性物质渗透到内部导体层。另一方面,线缆的导体材料选择了含有抗氧化添加剂的合金材料,显著延长了线缆的使用寿命。

1.3 快速插拔式连接器的创新设计

仓储码头设备的高效运行需要频繁的维护,而传统的线缆连接方式往往因为拆装繁琐而浪费大量时间。快速插拔式连接器的设计旨在解决这一难题,如图二所示,为操作人员提供更加便捷的操作体验。利用卡扣式的机械锁定机构能在设备运行过程中实现单手快速拆装。在具体设计中采用了自锁卡扣结构,该结构能够在插入到位时自动锁定,与传统螺纹式连接相比卡扣式设计减少了人为操作失误的可能性,还极大地缩短了装配时间。每次插拔时,连接端口的表面通过内置的刷洗系统自动清除积累的灰尘,保证电气接触良好。与此同时插拔式连接器的外部护套采用了高强度的工程塑料,既保证了抗冲击性能,又具备出色的耐候性能^[2]。



图二 插拔式连接器

1.4 智能检测与监控系统在线缆连接中的应用

仓储码头油气回收泵的连接技术创新研究重点在于提升系统的安全性和效率。随着油气回收泵的使用日益广泛,线缆连接的可靠性对设备的正常运行至关重要。传统的线缆连接方式存在老化、松动和腐蚀等问题容易导致设备故障,甚至引发安全事故。该系统通过集成传感器和智能控制模块,能够实时监测线缆连接状态,包括温度、电阻和压力等关键参数。当检测到异常情况时,系统会自动发出报警信号并可以启动应急处理机制,减少风险。

1.5 无线替代技术的可行性研究

无线替代技术的应用在油气回收泵系统中具备一定的可行性,尤其在减轻线缆磨损和提升系统灵活性方面显示出显著优势。无线电能传输技术基于电磁感应和谐振耦合原理,能在短距离内实现稳定的电力供应避免了线缆连接中常见的机械损伤与接触不良问题。而且无线信号传输技术在数据通信方面也表现出极大的潜力。通过这一无线替代技术的应用,尤其在远程控制和数据监测领域具备广阔的应用前景^[3]。

2 技术验证与实地测试

为验证所提出的仓储码头油气回收泵线缆连接技术创新方案的实际效果,本团队进行了全面的技术验证。测试主要围绕防爆型线缆连接器、新型耐腐蚀材料、快速插拔式连接器、智能检测与监控系统以及无线替代技术的性能表现展开。实验装置和测试环境严格模拟了仓储码头的实际工作条件,来保证实验结果的可靠性。

2.1 试验装置与实验条件

测试在一个标准的油气回收泵系统中进行,模拟了典型的仓储码头环境,包括高湿度、高腐蚀性和存在爆炸危险的情况。实验装置由一台油气回收泵、配备不同类型连接技术的线缆、智能监控系统和无线数据传输模块组成。整个测试装置的温度范围设定为 -20°C 至 60°C ,相对湿度为80%-95%,以便准确模拟实际仓储码头的工作环境。而且还设置了多个工况,如不同的电流负载、压力和油气浓度条件来观察不同连接技术在复杂环境下的表现,如表一:

表一 实验环境条件参数设置

项目	参数范围
温度	-20°C 至 60°C
相对湿度	80%-95%
电流负载	10A至100A
压力	0.5MPa至1.5MPa
油气浓度	1%-5%

2.2 技术创新方案的测试结果分析

通过一系列实验,创新技术在多项测试中表现出色。防爆型线缆连接器在高压和爆炸冲击测试中,密封性能依然良好,连接器内部没有检测到油气泄漏,证明其防爆性能优越。测试数据显示,连接器在高压环境下承受了最高200kPa的冲击波而不发生泄漏。而且新型耐腐蚀材料在线缆实验中表现出了卓越的耐久性。在240小时的盐雾测试后,表面腐蚀程度极低,腐蚀速率仅为0.05mm/年,远低于传统PVC材料的0.2mm/年。此结果表明,新材料的应用大幅延长了线缆在高腐蚀性环境中的使用寿命^[4]。

快速插拔式连接器的连接速度测试显示,平均连接时间为4秒,较传统螺纹连接器的10秒显著缩短。此设计在频繁拆装操作

中的效率提升显而易见。同时连接器在震动测试中的接触电阻变化保持在 $0.02\ \Omega$ 以内，证明了其在高震动条件下的稳定性。

在智能监控系统测试中，数据传输的稳定性表现尤为出色，数据丢包率始终低于 0.01% ，响应时间平均为180毫秒，能够实时监控线缆状态并快速做出预警极大提高了系统的安全性。无线电能传输测试表明，传输效率在 $80\% - 95\%$ 之间，距离为1米时传输效率为 90% ，证明其在短距离电能传输中的可行性，如表二。

表二 技术创新方案测试结果

测试项目	测试结果
防爆性能	200kPa冲击波下无泄漏
耐腐蚀性能	腐蚀速率：0.05mm/年
连接速度	平均连接时间：4秒
数据传输稳定性	数据丢包率： $<0.01\%$ ，响应时间：180毫秒
无线电能传输效率	传输效率： $80\% - 95\%$ ，1米距离下为 90%

2.3 与传统技术的性能对比与改进方向

与传统技术相比，创新线缆连接方案在防爆性能、耐腐蚀性、操作效率和数据传输稳定性等方面均有显著提升。防爆型线缆连接器较传统金属壳体设计更轻便且具备更强的抗爆能力，适合在复杂环境下应用。新型耐腐蚀材料显著延长了线缆在高湿度高腐蚀性环境中的使用寿命^[5]。

2.4 经济效益分析

在经济效益和成本方面，仓储码头油气回收泵线缆连接技术创新带来了显著的优势，防爆型线缆连接器的轻量化和模块化设计大幅减少了设备维护的复杂性。传统防爆连接器采用金属壳体，操作繁琐，增加了停机时间和维护成本。而通过创新使用轻质复合材料以及模块化设计，设备维护时间缩短了 50% 以上。根据实际测试数据，维护时的系统停机时间从平均6小时减少到3小时，按每小时停机成本1,000美元计算，企业每次维护可

节省3,000美元，年均节约维护费用可达数万美元。另外，新型耐腐蚀材料的应用显著延长了线缆的使用寿命。在传统高腐蚀性环境中，线缆的使用寿命一般为3至5年，但通过应用聚四氟乙烯（PTFE）和纳米涂层技术，线缆的寿命可延长至10年。所以，仓储码头油气回收泵线缆连接技术的创新在提高安全性的同时，显著降低了运营增强了企业的经济效益。

3 结语

本研究通过对仓储码头油气回收泵线缆连接技术的创新设计和测试验证，展示了多项创新方案在实际应用中的显著优势。防爆型线缆连接器的轻质高强度设计显著提升了抗爆性能和操作便捷性，新型耐腐蚀材料大幅延长了线缆在恶劣环境中的使用寿命，而快速插拔式连接器有效提高了维护效率。智能检测与监控系统的实时监控功能，结合无线数据传输技术，提升了系统的自动化管理水平和故障预警能力。此外，尽管无线替代技术在短距离电能传输中展现出良好的应用潜力，但其在传输效率与稳定性方面仍有进一步优化空间。

【参考文献】

- [1]刘晴,赵得强,李京,等.油气储运中油气回收技术的发展与应用探讨[J].化工安全与环境,2023,36(11):56-58.
- [2]胡艳辉.吸附式油气回收真空泵维护保养策略研究[J].现代工业经济和信息化,2022,12(12):291-292.
- [3]邓超.油气储运系统中油气回收技术的应用[J].山东化工,2022,51(22):160-161+164.
- [4]张红叶,王宇航,董一瑾.油气储运中油气回收技术的应用与优化[J].石化技术,2022,29(08):189-190.
- [5]张晓萌.储油库吸附法油气回收控制系统的设计与应用[D].中国石油大学(华东),2016.

作者简介：

李伟(1961—)，女，汉族，江苏扬州人，MBA，高级，研究方向：仓储物流管理。