

海上石油开采防爆电气设备的问题与对策

付洪宾

中海石油(中国)有限公司深圳分公司 中海石油(中国)有限公司深圳分公司 惠西作业公司

DOI:10.32629/pe.v4i3.21063

[摘要] 海上石油平台电气设备密集,作业环境恶劣,爆炸危险性高。确保各类防爆电气设备安全可靠运行,是维护平台生产作业安全,避免人员、财产损失的必然举措。从实践中来看,由于海洋环境高温、高湿、高盐雾的极端环境,叠加有限作业空间,给防爆电气设备的使用和管理带来了不小的挑战,本文结合工作实践,简要介绍了海洋石油平台的危险区域划分以及对应的防爆电气类型,重点分析了日常工作中存在的客观以及主观层面问题,并提出了人防、技防、物防、心防四位一体的综合对策。希望本文抛砖引玉,能为海上平台防爆电气设备的安全管理提供一定参考。

[关键词] 海上石油平台; 防爆电气设备; 安全管理; 问题; 对策

中图分类号: TE65 文献标识码: A

Issues and Countermeasures of Explosion-Proof Electrical Equipment in Offshore Oil Extraction

Hongbin Fu

Huixi Operating Company, CNOOC China Ltd.—Shenzhen

[Abstract] Offshore oil platforms are equipped with a high density of electrical equipment, operate in harsh environments, and face extremely high explosion risks. Ensuring the safe and reliable operation of various types of explosion-proof electrical equipment is an essential measure for maintaining production safety on platforms and avoiding personal and property losses. In practice, the extreme offshore environment—characterized by high temperature, high humidity, and high salt spray—combined with limited working spaces, presents significant challenges to the use and management of explosion-proof electrical equipment. Based on practical work experience, this paper briefly introduces the hazardous area classification of offshore oil platforms and the corresponding types of explosion-proof electrical equipment. It focuses on analyzing both objective and subjective issues encountered in daily operations and proposes comprehensive countermeasures integrating four lines of defense: personnel-based, technical, physical, and psychological prevention. It is hoped that this paper will serve as a preliminary reference for the safety management of explosion-proof electrical equipment on offshore platforms.

[Key words] offshore oil platform; explosion-proof electrical equipment; safety management; issues; countermeasures

海上石油平台是我国海洋油气资源开发的核心设施,是保障我国能源稳定供应的重要基石。海上石油平台不同于陆地石油开采设施,内部空间有限,海上环境恶劣,勘探、开采、监测等都依赖大量防爆电气设备。电气设备一旦发生故障将导致严重后果,比如2013年加拿大Deep Panuke海上天然气项目因连接处过热发生火灾,造成人员财产重大损失。因此,保障电气设备安装安全,已成为海上石油平台安全管理中的最重要一环。本文结合《海洋石油平台电气设备防护、防爆等级要求》(CB/T 4397—2014)、《爆炸性环境》(GB 3836)、《海洋石油专业设备检测检验

通则》(AQ 3009),以及日常实践,分析探讨海上石油防爆电气设备运营管理中存在短板不足,并提出应对策略。

1 海上石油平台防爆电气设备的区域划分

1.1 海上石油平台的应用环境与区域划分

海上石油平台通常由井口区、油气处理区、公用系统区、生活模块等多个功能区域构成。根据爆炸性气体环境出现的频率和持续时间,平台各区域按照危险等级划分为0区、1区、2区。0区为连续或长期存在爆炸性气体混合物的区域,危险等级最高;1区为正常运行下可能出现爆炸性气体混合物的区域;2区

为正常运行下不太可能出现爆炸性气体混合物,或即使出现也只存在短时间内的区域。不同的危险区域对应不同的防爆等级要求。

1.2海上石油平台主要防爆电气设备类型与区域匹配

海上石油平台上常用的防爆电气设备主要包括防爆电机、防爆电泵、防爆配电箱、防爆接线盒、防爆灯具、防爆仪表等。按防爆原理划分,主要包括本质安全型(Exi)、浇封型(Exm)、隔爆型(Exd)、增安型(Exe)、正压型(Exp)、充油型(Exo)、充砂型(Exq)、气密型(Exh)等。而按防爆保护等级划分,可分为Ga(很高)、Gb(高)、Gc(一般)三类。各类防爆电气设备与平台区域匹配可见下表:

表1 海洋石油平台不同区域防爆电气设备对照表

区域等级划分	设备保护等级	防爆电气设备类型
0 区	Ga	本质安全型(Exi)
		浇封型(Exm)
1 区	Gb	本质安全型(Exi)
		浇封型(Exm)
		隔爆型(Exd)
		增安型(Exe)
		正压型(Exp)、
		充油型(Exo)
		充砂型(Exq)
2 区	Ga 或 Gb	气密型(Exh)
		适用于 0 区和 1 区设备
	Gc	N 型(普通电气设备)

2 海上石油平台防爆电气设备日常运营管理存在的主要问题

2.1海洋极端环境引发的腐蚀与老化问题

海洋环境不同于大陆,具有高温、高湿、高盐雾的“三高”典型特征,这也是导致防爆电气设备问题的首要诱因。海水中的盐分含量较高,平台所处的环境盐雾成分丰富,盐雾极易对各类设备引发腐蚀问题,最常见的是设备绝缘组织受到侵蚀,进而引发漏电现象,比如击穿短路、爬电、漏电等;连接件受腐蚀后连接的完好性、可靠性下降也会影响设备的防爆安全性。其次是绝缘材料老化。海上平台的环境使配电系统、电气线路的绝缘老化速度明显高于陆地环境。特别是部分设备内部线路,故障不易发现,更换往往不及时,存在隐患诱因。

2.2防爆电气设备选型问题

海上石油平台的防爆电气设备,一般要严格按照区域环境要求选型与安装。但在日常实践中,虽然分区选型错误问题并不多,但选型不匹配问题还是比较常见,比如爆炸性气体环境选用粉尘环境用设备、温度组别选型偏低、外壳防护等级不足等,都会引起安全隐患。防爆电气设备选型错误,可能导致密封失效或无法有效阻止气体进入。外壳防护等级不足则难以有效抵御盐雾湿气侵入。这些问题如果不够重视,会长期削弱防爆可靠性,

形成潜在风险。导致防爆电气设备选型问题的主要原因在于人员技术和原理方面因素,比如对于区域划分理解不深,人员专业培训欠缺以及成本优先导致设备配置降低等。

2.3设备安装与日常维护管理不到位问题

防爆电气设备日常安装与维护管理不到位,是当前海上石油平台防爆电气设备运行管理存在的最主要问题。一方面,设备安装施工不规范。比如电缆引入装置密封不良、进线口未使用防爆密封接头、多余进线口未封堵、施工导致外壳损坏、防爆电气设备隔爆间隙尺寸过大、防爆电气设备电缆引入装置不符合要求、防爆电气设备内外接地不规范等,这些都会导致一定的安全隐患和问题。另一方面,日常维护管理不到位。各类设备日常巡查、定期维护和维修不到位,导致设备设施可能存在防爆电气设备外壳破损、密封装置损坏失效、防爆电气设备紧固件缺失或松动、防爆电气设备隔爆面锈蚀严重(存在损伤)、电缆连接处老化、设备到达年限后未能及时更换等问题,导致安全隐患。导致设备安装与日常维护管理不到位的原因主要包括制度机制不健全、刚性执行不严、巡检频次不足、技术手段落后、监督检查不到位等。

3 海上石油平台防爆电气设备安全管理的对策与建议

针对当前海上石油平台防爆电气设备日常运营管理存在的主要问题,本文借鉴新时代“枫桥经验”,提出融合“人防、物防、技防、心防”的四位一体安全管理体系。

3.1坚持人防引领:加强制度机制建设,提升末端执行能力

加强海上石油平台防爆电气设备安全管理,关键在人。企业要通过健全完善制度机制,进一步压实人员责任,确保巡查、维护工作刚性落实,同时加强教育培训和流程管理,不断提升物防、技防管理水平。

3.1.1强化日常巡检与分级维护

企业要结合实际,建立健全防爆电气设备的常态化巡检与分级维护机制,按照电气使用环境、类型等要素,明确巡检频次、检查内容和责任人。建立“区域—设备—岗位”三级责任清单,将每台防爆电气设备的巡检周期(日常、每周、每月)、检查标准(密封性、接地、标识等)和责任人明确上墙。推行“一设备一档案”和电子巡检系统,实现巡检记录可追溯、隐患整改闭环管理,全面提升安全管理水平。将防爆电气管理纳入安全生产责任制考核,定期开展现场检查与内部审核,确保各项制度落地见效。

3.1.2实行问题闭环管理

对于日常巡查和专业检测发现问题,要建立防爆电气隐患专项治理台账,实行清单台账式管理,详细记录隐患位置、问题详情、整改措施、完成时限及验收结果,做到一隐患一档案、一问题一闭环。要重点整治防爆电气选型错误、防爆标识缺失、进线口封堵不严、非标封堵件、一孔穿多线、非防爆设备违规使用、接地不规范、外壳密封失效、防爆合格证不全等突出问题,明确责任人、整改标准与完成时限,确保整改到位。

3.2强化物防措施: 科学选型与规范安装, 筑牢设备本体安全防线

强化物防措施是防爆电气安全的基础, 核心在于科学选型与规范安装, 从源头控制设备质量, 确保其适应海洋极端环境。

3.2.1科学选型, 保障设备海洋环境适应性

严格遵循《海洋石油平台电气设备防护、防爆等级要求》国家标准, 根据危险区域等级确定防爆等级: 0区必须选用Exi本质安全型设备; 1区选用Exd或Exe等级设备; 2区可选用Exn等设备。同时, 应充分考虑海上平台高温、高湿、高盐雾的“三高”特征, 优先选用经船级社认证的海工专用防爆电气设备, 外壳防护等级(IP)和防腐等级须满足海洋环境要求。严禁II类环境选用I类设备或气体环境误用粉尘设备。列入CCC认证范围的防爆电气产品必须通过强制性认证, 并建立防爆设备台账, 从设计选型到安装验收的全流程可追溯管理。

3.2.2规范安装, 确保设备达到预期设计指标

所有防爆电气设备安装必须严格遵循《石油化工电气工程施工及验收规范》(SH/T3552-2021)要求施工, 特别是一些施工细节必须抓到位。电缆引入装置必须使用认证的防爆密封接头, 确保密封性和电缆夹紧功能完好, 多余进线口须用防爆丝堵严密封堵。隔爆面装配时保证接合面间隙不超过标准规定值, 并按规范涂敷防锈油脂, 防止隔爆面过早锈蚀。导管布线系统应落实密封与排水措施, 防止冷凝水进入设备内部。安装完成后须由具备资质的检测检验机构进行验收检测, 形成完整的安装验收报告。

3.3用好技防手段: 智能运维与在线监测, 提升主动预警能力

充分利用技术巡检和维护手段, 可有效弥补人工巡检的不足, 实现对潜在风险的早期识别与快速处置, 提升安全管理效能。

3.3.1部署智能巡检与实时监测系统

针对平台设备密集、空间有限特点, 建议企业全面推行智能巡检和在线实时监测系统, 应用前端探测、无人机巡检、机器人巡检等方式, 部分取代人工巡查, 提高效率。系统实时收集电气设备相关信息数据, 实现故障和隐患的自动识别与智能预警, 确保问题早发现、早处置。

3.3.2强化配电系统绝缘监测

海上石油平台普遍采用IT系统(不接地供电系统), 单相接地故障电流小、隐蔽性强。企业需部署高灵敏度绝缘监测系统, 实时捕捉微安级泄漏电流, 尽可能早的发现线路或设备绝缘劣化(老化)现象, 防止相间短路现象。

3.3.3定期开展专业检测检验

对于各类防爆电气设备, 要严格按照《危险场所电气安全防爆规范》要求, 每三年委托具有防爆专业资质的安全生产检测检验机构进行专业检查评估, 包括设备防爆性能检测、接地系统测试、连接处过热检测、绝缘电阻等关键指标, 出现问题及时进行

维修、更换或升级。

3.4心防固本铸魂: 安全文化与心理建设, 培育主动安全的内在驱动力

“心防”是防爆电气设备管理重要的软支撑, 旨在通过队伍教育培训、企业文化建设, 营造良好安全管理范围, 提升全员安全生产意识, 提升工作责任心。

3.4.1强化专业培训, 提升专业素养

加强对电气维护人员、巡检人员及管理人员关于防爆电气原理、标准规范、检测方法、安装维修技能等方面的系统培训。重点解决维修人员对防爆原理理解不深入、维修后防爆性能下降的问题。培训应结合实操考核, 确保培训成效。同时, 持续开展防爆电气安全警示教育和案例学习, 教育引导干部职工坚决克服麻痹思想和侥幸心理, 始终紧绷安全生产这根弦。

3.4.2培育安全文化, 营造良好氛围

将防爆电气安全管理作为企业安全文化的重要内容, 把防爆安全管控要求融入生产运营全流程、各岗位, 通过设立“防爆安全之星”、开展防爆知识竞赛、张贴可视化风险提示卡等形式, 丰富安全文化传播载体, 常态化普及防爆电气安全基础知识、操作禁忌和风险要点, 强化全员感官记忆与实操认知, 推动防爆安全理念内化于心、外化于行。搭建安全交流共享平台, 定期组织岗位人员开展防爆管理经验交流、隐患复盘研讨, 营造良好的安全生产管理格局。

4 结语

海上石油平台防爆电气设备安全管理是一项极端重要工作, 海洋环境、平台设备的密集性、石油开采作业的连续性, 对于电气设备稳定运行提出了苛刻的要求。企业要坚持从源头的科学选型入手, 科学规范施工, 狠抓日常维护保养与智能监测, 全面提升本质安全水平, 全力保障海上石油平台安全生产万无一失。

【参考文献】

[1]张新东,朱开斌,石振华,等.沙特阿美标准体系下防爆电气设备安装探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(14):1-3.

[2]叶乔华.海上石油平台防爆电气设备的安全问题[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(03):187-189.

[3]孟庆莹.海上石油开采防爆电气设备问题及解决策略分析[J].中国机械,2023,(35):97-100.

[4]胡磊.海上石油开采防爆电气设备问题及解决策略[J].科技创新与应用,2023,13(02):130-132+136.

[5]张国彦.海上石油平台防爆电气设备安全问题及改进措施[J].防爆电机,2018,53(03):33-36.

作者简介:

付洪宾(1990—),男,汉族,河北省沧州市人,大学本科,单位:中海石油(中国)有限公司深圳分公司惠西作业公司,职称:中级工程师,研究方向:电气工程。