

# 海洋石油平台电气设备安全影响因素及设计应对措施

崔庆伟

(中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300459)

**摘要** 海洋石油平台作为现代能源开采的关键设施, 承载着复杂而高风险的油气开采作业。电气设备在这些平台上的稳定运行直接关系到生产效率、人员安全和环境保护。然而, 海洋环境的极端条件、设备自身的限制以及操作维护不当等因素, 构成了电气设备安全的重大挑战。本文探讨了影响海洋石油平台电气设备安全的内外部因素, 并提出相应的设计措施, 以期海洋石油平台电气设备的设计和管理提供理论指导, 也为保障海上油气开采作业的安全性提供实践参考。

**关键词** 海洋石油平台; 电气设备安全; 外部环境因素; 设备本身因素; 人为因素

**中图分类号**: TE95

**文献标志码**: A

**文章编号**: 2097-3365(2024)09-0010-03

随着全球能源需求的不断增长, 海洋石油平台作为能源开采的重要组成部分, 其安全稳定运行对于保障能源供应和国家能源战略具有重大意义。电气设备作为海洋石油平台的核心组件之一, 其安全运行直接关系到整个平台的稳定与作业效率。然而, 海洋石油平台所处的特殊环境, 包括高湿度、盐雾腐蚀、温度波动以及风暴等自然现象, 对电气设备的可靠性和寿命构成威胁。此外, 设备老化、不当的安装与维护, 以及人员操作失误, 也是导致电气安全问题的常见原因。电气设备故障不仅可能导致生产中断, 更严重的是可能造成人员伤亡和环境破坏。因此, 深入研究影响海洋石油平台电气设备安全的因素, 并提出相应的设计措施, 对于提升海上油气开采作业的安全性和经济效益具有重要意义。本文立足于海洋石油平台电气设备安全领域的现状和需求, 全面探讨了影响电气设备安全的内外部因素。在此基础上, 针对性地提出了电气设备选型与布局、防腐蚀与抗恶劣环境设计、电气保护与监测系统设计等方面的设计措施<sup>[1]</sup>。

## 1 电气设备在海洋石油平台中的作用分析

电气设备是海洋石油平台正常运转不可或缺的部分。(1) 电力供应: 通过发电机和配电系统, 为平台提供稳定可靠的电力来源, 支撑所有电气设备的运行;(2) 控制与自动化: 利用控制系统实现对钻井、采油、生产和生活设施的自动化控制, 提高效率并减少人工干预;(3) 安全监控: 通过传感器和监测系统实时监控平台状态, 包括压力、温度、气体浓度等关键参数,

及时预警潜在危险;(4) 通信与导航: 保证平台与陆地控制中心之间的信息传输, 以及平台间的通讯联络, 同时提供精确的定位和导航服务。电气设备的高效运行直接关系到平台的安全、生产效率和人员福祉, 因此其设计、安装和维护都必须遵循严格的标准和规范。

## 2 影响海洋石油平台电气设备安全的主要因素

### 2.1 外部环境因素

#### 2.1.1 高湿度和盐雾腐蚀

海洋环境中含有高浓度的盐分, 盐雾沉积在电气设备表面, 加速金属部件的腐蚀, 特别是对于铜、铝、铁等材料, 腐蚀速度显著加快, 导致设备结构强度下降, 接触点氧化, 增加电阻, 降低设备的可靠性和使用寿命; 高湿度下, 空气中的水分会在电气设备的绝缘材料表面凝结, 降低绝缘性能, 增加漏电和短路的风险。同时, 湿度还会加速金属部件的锈蚀过程, 影响设备的机械性能。

#### 2.1.2 风暴和海浪的物理冲击

强烈的风暴和汹涌的海浪会产生巨大的物理冲击力, 可能导致电气设备的物理损坏, 如电缆撕裂、设备位移、外壳破裂等, 直接影响设备的正常运行。持续的风浪作用下, 平台会发生振动, 这种振动可能会导致电气连接松动, 增加接触不良的风险, 严重时可能导致设备失效。

#### 2.1.3 温度变化对设备性能的影响

温度变化会导致金属材料的热胀冷缩, 特别是在温差较大的情况下, 这种变化可能引起设备内部结构

的应力集中,长期作用下可能导致材料疲劳,甚至设备损坏。温度的波动还会影响绝缘材料的性能,如橡胶、塑料等,在高温下可能变软,在低温下可能变脆,降低绝缘性能,影响电气设备的稳定性和安全性<sup>[2-4]</sup>。

#### 2.1.4 可燃性油雾与油气的存在

海洋石油平台上的设备和管道中常常存在可燃性油雾和油气,一旦泄露或溢出,遇到电气设备产生的火花或高温,极易引发火灾或爆炸事故,对人员和设备构成重大威胁。油雾和油气的沉积还可能覆盖在电气设备的散热片、风扇等部位,影响散热效果,导致设备过热,缩短使用寿命。

### 2.2 设备本身因素

#### 2.2.1 设备老化与绝缘电阻能力下降

随着电气设备使用时间的增长,其内部元件和材料会逐渐老化。这种老化可能表现为材料脆化、弹性降低、绝缘性能下降等。特别是在海洋环境中,高湿度、高盐雾等恶劣条件会加速电气设备的老化过程;绝缘电阻能力是电气设备安全运行的重要指标之一。然而,随着设备老化,其绝缘材料可能会逐渐失去原有的绝缘性能,导致绝缘电阻能力下降。这会增加电气设备漏电、短路等故障的风险,严重威胁平台的安全稳定运行。

#### 2.2.2 设备设计与制造的缺陷

电气设备的设计缺陷可能包括结构不合理、材料选择不当、散热性能差等。这些问题在设备使用过程中会逐渐暴露出来,影响设备的性能和寿命。特别是在海洋环境中,设计缺陷更容易导致设备故障和安全事故的发生;制造过程中的问题,如工艺控制不严、材料质量不达标等,也可能导致电气设备存在潜在的安全隐患。这些缺陷在设备使用过程中会逐渐显现出来,对设备的性能和寿命产生负面影响。

#### 2.2.3 设备维护与检修的不足

电气设备的维护与检修是确保其安全稳定运行的关键环节。然而,在实际工作中,由于各种原因(如人员不足、技术水平低、责任心不强等),电气设备的维护与检修工作往往得不到足够的重视和有效执行。维保工作的不足会导致电气设备的故障和隐患得不到及时发现和处理,从而增加安全风险。此外,维保工作的不足还会影响电气设备的性能和寿命,增加平台的运营成本和风险。

### 2.3 人为因素

#### 2.3.1 操作不规范与误操作

在海洋石油平台的日常运营中,操作人员可能因

为疏忽、疲劳或对设备不熟悉而偏离规定的操作程序,比如在进行电气设备的维护或检查时,未按照标准操作流程断电和接地,导致触电风险增加;误操作可能是由于操作人员对设备的控制面板、开关或指示器的理解错误造成的。例如,错误地启动了不应运行的设备,或是调整了不应该改变的参数设置,这些都可能导致设备过载、短路或其他故障,甚至触发连锁反应,造成更大的事故。

#### 2.3.2 管理不善与安全意识淡薄

管理层若未能有效实施和执行安全制度,如定期安全检查、事故预防措施和紧急响应计划,可能导致工作人员在无防范的环境下工作,增加了事故发生的可能性;缺乏定期的安全教育和意识强化活动会导致工作人员对电气设备的安全操作认识不足,可能会错误地评估风险或在出现潜在危险时采取错误的应对措施;在某些情况下,如果管理层对违规行为默许或未能及时纠正,会向工作人员传递出消极的信号,弱化整个平台的安全文化,降低了安全操作的优先级别<sup>[5]</sup>。

#### 2.3.3 培训不足与技能欠缺

工作人员如果未接受足够的基础和专业知识培训,将无法充分理解他们所操作的电气设备的工作原理、操作要求和潜在风险,从而无法有效地执行任务;技能培训的缺失或不足意味着工作人员可能无法熟练地进行设备操作和维护,这不仅降低了工作效率,也增加了因操作不当导致设备损坏或发生安全事故的风险;在面对突发事件时,如果工作人员没有接受过适当的应急处理培训,可能会手足无措,无法迅速有效地采取措施控制事态,这在高风险的海洋石油平台上尤为危险。

## 3 海洋石油平台电气设备安全设计措施

### 3.1 环境适应性设计

#### 3.1.1 选择耐腐蚀的材料与涂层

在设备设计中优先选择具有优异耐腐蚀性能的材料,如不锈钢、镍基合金或钛合金,这些材料能在海洋环境中保持良好的结构完整性和电气性能;在设备表面涂覆一层防腐涂层,如环氧树脂、聚氨酯或氟碳涂料,可以有效阻止盐雾和湿气对金属表面的侵蚀,延长设备的使用寿命。

#### 3.1.2 设计合理的密封与防护结构

采用密封圈、密封胶或密封板等手段,确保电气设备内部不受外界环境影响,特别是防止海水、盐雾和湿气的侵入,避免电气短路或腐蚀;根据 IEC(国际电工委员会)标准,设备应设计达到 IP67 或更高防护

等级,以抵御尘埃和水的侵入,确保在恶劣环境下也能保持正常运行。

### 3.1.3 增设环境监测与预警系统

安装温湿度传感器、盐雾探测器和风速计等环境监测设备,实时监控周围环境变化,提前预警可能对电气设备造成威胁的环境因素;开发智能预警系统,当监测到环境参数超出安全范围时,系统自动发送警报给操作人员,以便及时采取措施,如调整设备运行模式或进行必要的维护。

## 3.2 设备性能提升

### 3.2.1 优化设备结构与功能

采用模块化设计,使设备易于维护和升级,同时也方便在故障时快速更换特定模块,减少停机时间和维护成本;增加冗余设计,以确保在某个组件故障时,系统仍然能够维持基本功能,提高整体的可靠性;设计高效的冷却和通风系统,确保设备在高负荷和高温环境下能够有效散热,避免过热导致的性能下降和故障。

### 3.2.2 提高设备的安全性能与可靠性

对于在潜在爆炸性环境中运行的设备,采用防爆设计,以防止设备故障时产生火花,引发爆炸;集成过载保护功能,如断路器和保险丝,以防止设备因过载而损坏,同时保护电路免受过流和过压的损害;内置故障自诊断系统,能够自动检测设备的异常状态,及时报警并提供故障信息,帮助操作人员快速定位和解决问题<sup>[6-8]</sup>。

### 3.2.3 引入先进的监测与诊断技术

利用物联网技术,实现实时远程监测电气设备的运行状态,如电流、电压、温度等关键参数,提前预测潜在故障;安装振动分析、红外热像仪等状态监测设备,定期或连续监测设备的健康状况,识别早期故障迹象,进行预防性维护;应用AI算法和大数据分析技术,对收集到的设备运行数据进行深入分析,预测设备寿命和维护需求,实现智能化的资产管理。

## 3.3 人为因素控制

### 3.3.1 加强操作人员的培训与考核

定期为操作人员提供电气安全操作、应急响应、设备维护等方面的培训,确保他们掌握必要的知识和技能;组织模拟操作和应急演练,使操作人员能够在仿真环境中练习应对各种可能的情况,提高实际操作能力和应急处理能力;实施严格的考核制度,对操作人员的专业技能进行定期评估,只有通过考核的人员才能上岗操作,必要时颁发相应的资格证书。

### 3.3.2 完善管理制度与操作规程

制定详细的电气设备操作规程,包括开机、关机、维护、故障处理等步骤,确保所有操作都有据可依,减少随意性和误操作;建立健全的安全管理体系,包括安全目标设定、风险评估、安全审核、事故调查和整改措施等,形成闭环管理;建立与安全表现挂钩的绩效评价体系,对遵守安全规定、发现和报告隐患的人员给予奖励,反之则有相应的惩罚措施。

### 3.3.3 提高安全管理水平与安全文化建设

管理层应明确表达对安全的重视,通过言行一致的方式树立安全榜样,推动安全文化建设;鼓励所有员工参与到安全管理中来,定期召开安全会议,听取员工意见,共同讨论和解决安全问题;举办安全主题的活动和竞赛,如安全知识竞赛、最佳安全实践分享会等,提升员工的安全意识和参与感<sup>[9]</sup>。

## 4 结束语

海洋石油平台电气设备的安全设计是确保海洋石油开采工作顺利进行的重要保障。针对影响电气设备安全的因素,我们应从环境适应性设计、设备性能提升和人为因素控制三个方面入手,采取一系列有效的设计措施,以提高电气设备的安全性和可靠性。同时,我们还应加强安全管理和安全文化建设,确保设备在运行过程中得到充分的保护和维护,降低安全事故的发生率,为海洋石油开采工作提供坚实的保障。

## 参考文献:

- [1] 徐建华.海上石油平台防爆电气设备的安全问题[J].化工管理,2023(23):97-99,109.
- [2] 刘云飞.电气设备监测管理系统在海洋石油平台的设计及应用[J].石油和化工设备,2022,25(09):47-49.
- [3] 陶思亮.海洋石油平台电气设备安全管理探究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(21):83-85.
- [4] 杨平.提高海洋石油钻井平台电气设备安全性的措施[J].工程建设与设计,2020(12):196-197.
- [5] 葛勇.浅析海洋石油平台电气设备安全设计措施[J].石化技术,2020,27(03):162-163.
- [6] 韩立超.海上石油钻井平台电气设备安全管理问题[J].设备管理与维修,2019(01):41-42.
- [7] 唐乾伟.海洋石油钻井平台电气设备安全探究[J].化工设计通讯,2017,43(04):182,188.
- [8] 张群,杨洪所,胡双.浅议海洋石油钻井平台电气设备的安全问题[J].化工管理,2017(17):237.
- [9] 范志锋.海洋石油钻井平台电气设备安全探究[J].化工管理,2016(25):193.