

# 石油化工仪表系统防雷接地设计与实现

宁凡<sup>1</sup> 杨春<sup>2</sup>

1. 陕西省突发事件预警信息发布中心 陕西 西安 710014

2. 陕西华云防雷技术有限公司 陕西 西安 710016

**摘要:** 石油化工行业中, 仪表系统的安全稳定运行至关重要。而防雷接地设计是保障仪表系统安全的关键环节。本文从防雷接地设计原理出发, 探讨了石油化工仪表系统防雷接地的实施方案, 并提出了相应的效果验证与维护策略。通过分析不同环境条件下的接地设计要求, 阐述了接地网布置、仪表设备连接等方面的施工技术, 总结了防雷接地系统检测评估、定期维护等运维流程, 为石油化工行业的仪表系统防雷接地设计与实现提供参考。

**关键词:** 石油化工; 仪表系统; 防雷接地

引言: 石油化工设备的仪表系统是保证石油化工正常生产的重要系统。但是我国是一个多雷电灾害的国家, 雷电灾害对我国石油化工企业设备的仪表系统造成严重威胁, 由于雷电灾害的频繁发生, 许多石油化工工厂的仪表系统受到雷电的影响<sup>[1]</sup>。部分地区由于雷电的频发, 对石油化工工厂仪器仪表系统造成破坏, 导致停工停产的事故时有发生, 因此做好石油化工仪表系统的防雷接地设计是确保生产安全、提高自动化水平的必然要求。

## 1 石油化工仪表系统防雷接地设计原理

### 1.1 防雷接地系统的工作原理

防雷接地系统是指将易受雷击的设备、建筑物等与大地连接, 并将雷电流安全导入大地, 以保护设备和人身安全的装置。当雷电发生时, 雷电流通过雷击点流入接地体, 在接地体中传播并逐渐消散。为使雷电流迅速泄放, 接地电阻要尽可能低。同时为避免危险的接触电位和步电位, 接地装置要合理布置。科学完善的防雷接地系统, 应具备完整性、适应性、耐久性等特点。完整性是指接地网络的连续性和导电性, 适应性是指与周围环境相协调, 耐久性是指在恶劣条件下长期稳定运行<sup>[2]</sup>。

石油化工仪表系统防雷接地设计, 必须充分考虑现场环境、设备特点、接地材料等因素, 根据系统功能和防雷等级要求, 合理设置接地网。一般采用工作接地和保护接地相结合、总等电位联结和局部等电位联结相结合的方式。工作接地是为保证系统正常工作而设置的低阻接地, 保护接地是为防止雷电侵入、保护人身安全而设置的接地。两类接地应分别设置, 各自发挥作用。对于重要的仪表系统, 可在保护接地的基础上设置专用的防雷接地装置, 如避雷针、防雷线、泄流线圈等, 形成完备的防雷接地系统, 全方位抵御雷电侵袭。

### 1.2 接地电阻控制与优化设计

降低接地电阻是实现防雷接地的关键。接地电阻由接地体电阻和土壤电阻两部分组成<sup>[3]</sup>。其中, 土壤电阻是影响接地电阻的主要因素。针对石油化工现场的高土壤电阻率问题, 要因地制宜采取措施, 优化接地电阻。合理选择接地材料是控制接地电阻的基本手段。传统的接地材料主要有热镀锌钢、铜包钢等金属材料, 但在酸碱度高、含盐量大的土壤中易腐蚀, 接地性能下降。石墨接地模块等新型材料, 具有耐腐蚀、抗氧化、导电性能好等优点, 可有效延长使用寿命、降低接地电阻。还可通过增加接地体截面积、延长接地体长度等措施, 扩大接地面积, 优化接地电阻。

除了常规的降阻措施, 在防雷接地设计中还要注重接地网络的合理布置。科学规划接地网络的大小、深度, 协调布置自然接地体和人工接地体, 可有效改善接地条件<sup>[4]</sup>。对于土壤电阻率分布不均、地形复杂的场所, 可结合现场勘测数据, 采用分层设计、局部强化等方式, 因地制宜布置接地网络。通过优化接地极的位置和数量, 平衡接地网络的电位分布, 可进一步降低网络阻抗、削弱雷电干扰。

### 1.3 不同环境条件下的接地设计要求

石油化工现场环境复杂多变, 防雷接地设计要因地制宜、分类指导。炼油、化工、储运等不同工艺区, 防雷接地设计各有侧重。炼油区含有大量可燃、易爆介质, 防雷接地要严格控制接地电阻, 避免产生火花。化工区环境腐蚀性强, 要选择耐腐蚀的接地材料, 并做好防腐处理。储运区分布广、跨度大, 接地网络要做到均匀布置、分区设防。不同气候条件下也要采取相应措施。高温、干旱地区土壤电阻率高, 可通过深打接地极、铺设放射状接地体等方式扩大接地范围。寒冷地区要考虑季节性冻土的影响, 避免接地体在冬季“悬

空”。针对雷雨频发的地区，可适当增加避雷针数量、加密接地网格，提高防直击雷能力。

石油化工企业中控制室、配电室等重要场所，对防雷接地提出了更高要求。这些场所人员密集、设备集中，一旦发生雷击事故，后果不堪设想。要参照国家标准，严格落实重要场所的防雷接地措施<sup>[5]</sup>。中控室内要做好综合接地和等电位联结，将工艺设备、仪表设备、控制设备等统一连接到接地汇流排，消除危险电位。在楼顶适当位置设置避雷针或防雷线，与周围防雷器形成可靠的防雷通道。配电室内电气设备底座、金属外壳等均要就地接地，防止“浮地”现象。高耸构筑物还应设置专门的防雷装置，利用屏蔽作用降低雷电侵袭概率。

## 2 石油化工仪表系统防雷接地实施方案

### 2.1 接地网的布置与施工技术

科学规划、合理布置接地网是防雷接地工程实施的首要任务。根据石油化工装置的功能布局和防雷分区，统筹规划人工接地网和自然接地网。人工接地网主要由人工埋设的接地极、接地线、连接件等组成，自然接地网则依托建（构）筑物、管道等自然接地体。两种接地网在不同区域内分别设置，并通过等电位连接汇集到总接地装置。在确保接地网络完整连通的同时还要合理控制网格尺寸。栅格边长一般不超过20m，并根据土壤电阻率适当加密。在接地装置附近设置专门的测试点，为后期检测维护创造条件。

接地体的施工质量直接影响防雷接地效果。金属材料接地体应选用热镀锌钢材，并采用热熔焊、压接等可靠连接方式。非金属材料如石墨接地模块，要严格控制极间距，确保接地体完全浸入润土剂中。施工时先挖好电极沟，夯实沟底，清除杂物，再平铺接地体，回填时分层夯实。与建筑物连接的引下线，应沿最短路径敷设，与金属管线保持足够间距，穿越建筑物时加装绝缘保护套管。对于设备众多的场所，除了在设备底座就地接地，还应在其附近设置1~2圈人工接地环，增强局部接地效果。

### 2.2 仪表设备的接地与连接方法

仪表设备是石油化工生产过程控制的核心，也是防雷接地保护的重点。仪表设备种类繁多，包括各类传感器、变送器、控制器等，工作环境恶劣，极易受到雷电干扰。因此必须严格遵循相关标准，采取针对性的接地措施。对于安装在室外或野外的仪表设备，要充分利用自然接地条件，就地打入接地极，并与就近的接地网可靠连接。对于布置集中的仪表设备，如集散控制系统（DCS）、现场总线系统等，可在其供电配电室内设置

汇流排，统一连接保护地和工作地。

对于一些重要或敏感的仪表，如安全仪表系统（SIS）、紧急停车系统（ESD）等，除了可靠接地外，还应设置专门的浪涌保护器（SPD），防止过电压、浪涌侵入。灵敏度高的仪表信号线、通信线路，要采用屏蔽电缆，两端接地。仪表供电线、信号线应分开敷设，与强电线路保持安全距离，避免电磁干扰。对于管道上安装的流量、压力等检测仪表，要做好管道的等电位连接和电气隔离，管道的进出两端均要接地。

### 2.3 防雷接地施工过程中的关键技术

防雷接地施工对技术要求高，施工不当易埋下安全隐患。施工过程中，要严格执行国家标准和行业规范，规范操作，注重细节，严把质量关。接地体材料进场后，要查验出厂合格证和检测报告，确保材质、规格、性能符合设计要求。焊接作业要采用自动焊机，控制焊接电流和时间，防止虚焊、漏焊。电缆头制作应使用专用工具，剥除长度、压接尺寸应符合规定。电缆敷设时，转弯半径不应小于电缆外径的6倍，并用压线板固定。引下线与接地装置连接时，应采用双螺栓并紧固，搭接长度不小于100mm。

土壤电阻率是影响接地效果的关键因素。施工前，要对现场进行详细勘测，绘制不同区域的土壤电阻率等值线图，为优化接地网布局提供依据。对于土壤电阻率高的区域，可采用添加导电剂、更换土壤等方法予以改善。分层设计也是降低土壤电阻率的有效手段。将高电阻率土壤作为上层，低电阻率土壤作为下层，可有效降低接地装置的平均接地电阻。施工完成后，要及时开展防雷接地装置验收工作，重点检查人工接地极数量、接地线长度、焊接质量、标识是否清晰等内容。验收合格后，还要定期开展防雷接地装置的测试，及时发现隐患，确保其性能长期稳定。

## 3 石油化工仪表系统防雷接地效果验证与维护

### 3.1 防雷接地系统的检测与评估

完善的防雷接地系统是确保石油化工仪表安全运行的前提，但系统性能会因环境、材料等因素发生变化。为及时掌握系统状态，预防故障发生，有必要开展定期检测和综合评估。防雷接地系统的检测主要包括外观检查、接地电阻测试、导通测试等内容。外观检查主要查看接地装置的完整性、标识的清晰性、腐蚀或损坏情况等，重点关注人工接地体和引下线的连接部位。接地电阻测试是最为关键的环节，要严格执行相关标准，选用专业的接地电阻测试仪，测试各个接地装置的电阻值，判断其是否满足设计要求。

防雷接地系统的综合评估应从安全性、适应性、耐久性等方面入手。安全性评估主要考察系统对雷电的防护能力,重点关注重要场所的接地状况,以及与其他防雷设施的配合。适应性评估要分析系统与周围环境的协调性,并预判外部环境变化对系统的影响。耐久性评估则要测算系统的剩余寿命,判断其长期运行的可靠程度。综合评估结果可分为优秀、合格、不合格三个等级。对于评估不合格的系统,要及时查明原因,制定整改方案,限期完成整改,确保安全隐患“零容忍”。

### 3.2 定期检查与维护流程

防雷接地系统的性能会因环境侵蚀、材料老化等因素逐渐衰减,日常维护和定期检修必不可少。制定科学的检修计划,规范检修流程,是做好防雷接地系统维护的关键。根据石油化工行业特点和设备等级,一般可按季度、半年、一年等周期开展定期检修。季度检修以巡视检查为主,重点检查接地装置外观及环境变化情况。半年检修要进行全面的预防性测试,重点测试接地电阻值,并对陈旧、损坏的部件进行更换。年度检修则要对整个系统进行拆检,重点检查地下部分,清除腐蚀和沉积物,必要时进行更新改造。

维护过程要严格执行安全规程,遵循“先断电、后作业”的原则。检修人员要经过专门培训,持证上岗,并配备必要的安全防护装备。检修过程要详细记录,建立台账,为后期评估和追溯提供数据支撑。检修完成后,要对系统进行全面测试,确保各项指标达标。对于检修中发现的问题隐患,要及时上报,提出整改措施,并跟踪整改落实情况。要高度重视防雷接地设施的日常管理,建立健全巡视检查制度,及时清理杂草、淤泥等异物,发现损坏及时修复,确保系统处于最佳工作状态。

### 3.3 防雷接地系统的性能提升与优化

随着石油化工工艺技术的不断进步,仪表系统的复杂程度和集成度不断提高,对防雷接地提出了更高要

求。对存量系统,要立足当前,着眼长远,适时开展升级改造,优化系统性能。通过更新老旧材料、优化接地网络布局、增设浪涌保护装置等措施,可有效降低接地电阻,增强系统抗干扰能力。针对腐蚀问题突出的区域,可采用耐腐蚀材料或加装阴极保护装置,延长系统使用寿命。对于扩建、新建工程,要高起点规划、高标准建设,最大限度降低雷电侵袭风险。

防雷接地系统优化的根本在于创新驱动、技术进步。石油化工企业要高度重视防雷接地技术研究,加大资金投入,鼓励科技攻关。通过产学研合作,突破材料、检测、施工等领域的关键技术,掌握防雷接地系统优化的主动权。

结论:防雷接地是确保石油化工仪表系统安全运行的基础性工程,其设计和实现水平直接关系到整个生产系统的安全、效率、效益。面对复杂多变的生产环境和日益严峻的雷电灾害,既要严格遵循防雷接地设计原理,优化接地电阻,又要因地制宜采取措施,满足不同场所的防要求。在科学设计的基础上,要强化施工过程管控,规范材料选用和操作工艺,确保防雷接地工程高质量落地。投用后还要加强运行维护,定期开展检测评估,及时整治安全隐患,延长系统使用寿命。

### 参考文献

- [1] 王兵. 石油化工仪表防雷接地系统设计与实现[J]. 计算机测量与控制,2017,25(2):213-216.
- [2] 倪文,任朋远. 石油化工仪表防雷接地系统设计与实现研究[J]. 数字化用户,2019,25(50):209.
- [3] 张海天. 石油化工行业自动化仪表的安装调试探讨[J]. 科学与信息化,2024(4):112-114.
- [4] 张双坤. 石油化工仪表工程及自动化施工关键技术研究[J]. 石油化工建设,2024,46(1):86-88.
- [5] 雷中华. 石油化工企业仪表自动化设备故障智能检测研究[J]. 石化技术,2024,31(6):49-51.