

# 石油化工仪表系统的防雷隐患及防雷技术分析

宁 凡<sup>1</sup> 杨 春<sup>2</sup> 吴 昊<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：**本文深入分析了石油化工仪表系统面临的防雷隐患，包括系统自身的薄弱环节、石油化工环境的特殊性以及防雷设计与施工中的缺陷，并在此基础上，详细探讨了避雷针与避雷网技术、接地技术、屏蔽技术以及浪涌保护技术等关键防雷技术的应用原理与实施要点，旨在为石油化工行业的仪表系统提供全面、有效的防雷解决方案。

**关键词：**石油化工；仪表系统；防雷隐患；防雷技术

## 引言

石油化工行业作为国民经济的重要支柱，其生产过程中的仪表系统对于确保生产安全、高效至关重要。然而，由于石油化工生产环境的复杂性和雷电活动的不可预测性，仪表系统面临着严重的防雷挑战。本文旨在通过深入分析防雷隐患，并探讨有效的防雷技术，为提升石油化工仪表系统的防雷能力提供理论支持和实践指导。

### 1 石油化工仪表系统概述

石油化工仪表系统，作为现代工业自动化的核心组成部分，其复杂性和精密性不言而喻。这一系统不仅集成了高精度的测量仪器，如温度传感器、压力变送器、流量计等，用于实时监测生产过程中的各种物理参数，还配备了先进的控制器和执行器，以实现对生产流程的精确调控。通过高效的通信网络，这些数据和控制指令能够在各个生产环节之间迅速传递，确保整个生产过程的协调与优化。然而，石油化工行业的特殊环境对仪表系统提出了极高的要求。高温、高压、易燃易爆以及腐蚀性介质的存在，使得仪表系统必须具备极高的可靠性和稳定性。更为严峻的是，雷电活动作为自然界中不可忽视的威胁，对仪表系统的安全运行构成了重大挑战。雷电产生的高电压、大电流以及强烈的电磁脉冲，极有可能对仪表系统中的电子元件造成损坏，导致测量误差增大、控制失灵甚至系统瘫痪，进而引发严重的生产安全事故。因此，对于石油化工仪表系统而言，防雷工作显得尤为重要。这不仅需要深入理解雷电的产生机理和传播途径，还需要结合仪表系统的实际特点，采取科学合理的防雷措施，如安装避雷针、完善接地系统、加强电磁屏蔽以及配置浪涌保护器等，以确保仪表系统能够在恶劣的自然环境下稳定运行，为石油化工生产的安全和高效提供坚实保障<sup>[1]</sup>。

### 2 石油化工仪表系统的防雷隐患分析

#### 2.1 仪表系统自身的防雷薄弱环节

石油化工仪表系统，作为工业自动化控制的核心，其内部构成极为复杂，包含了大量精密的电子元件。但这些电子元件，尤其是芯片、晶体管等，对雷电产生的高电压、大电流具有极高的敏感性。雷电冲击带来的瞬间高压和强电流，往往能够轻易穿透电子元件的绝缘层，导致元件内部结构的破坏或性能参数的漂移，进而引发测量误差增大、控制失灵等一系列问题。特别是随着集成电路技术的飞速发展，高精度、高集成度的元件在仪表系统中得到了广泛应用，但这些元件的防雷性能却存在显著差异，有的甚至缺乏基本的防雷保护设计。因而，在仪表系统的防雷工作中，必须对这些敏感电子元件给予特别的关注，通过合理的防雷设计和保护措施，确保其能够在雷电环境下稳定工作。此外，仪表系统的线路布局与防护也是防雷工作中的重要一环。不合理的线路布局，如布线过于密集、缺乏必要的屏蔽层等，都会增加线路对雷电感应的敏感性。当雷电发生时，这些未受保护的线路就如同天线一样，容易接收到雷电产生的电磁脉冲，进而将雷电能量引入系统内部，对电子元件造成损害。同时，接地不良或线路过长而未进行分段防护，也会加剧雷电对仪表系统的危害。因此，在仪表系统的设计和施工过程中，必须严格按照防雷规范进行线路布局和防护设计，确保线路的安全可靠。

#### 2.2 石油化工环境对防雷的影响

石油化工生产环境的特殊性，给仪表系统的防雷工作带来了极大的挑战。（1）石油化工生产过程中往往存在大量的易燃易爆物质，这些物质在雷电引发的火花或高温作用下极易发生爆炸或火灾，造成严重的安全事故。因此，在防雷设计过程中，必须充分考虑防爆要求，确保防雷措施能够有效阻止雷电引发的火花或高温与易燃易爆物质接触。（2）石油化工生产环境中的腐蚀性介质也是防雷工作需要重点关注的问题。这些腐蚀性

介质对防雷设备和仪表系统金属部件具有强烈的腐蚀作用,长期作用下会导致防雷设备性能下降甚至失效,金属部件的导电性能也会受到影响,进而降低防雷效果。因此,在选用防雷设备和仪表系统金属部件时,必须优先考虑其耐腐蚀性能,并采取必要的防腐措施,以延长设备的使用寿命和确保防雷效果。(3)石油化工厂区内复杂的电磁场环境也对仪表系统的防雷工作提出了更高的要求。厂区内各种电气设备、输电线路以及通信设备等都会产生电磁场干扰,这些干扰与雷电产生的电磁脉冲相互叠加,可能增加仪表系统遭受雷电感应的概率。因此,在防雷设计过程中,必须充分考虑电磁场干扰的影响,采取有效的屏蔽和滤波措施,降低仪表系统对雷电感应的敏感性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 防雷设计与施工缺陷

防雷设计与施工的缺陷是石油化工仪表系统防雷工作中不可忽视的问题。(1)防雷方案的制定必须充分考虑厂区的实际情况,包括地理位置、气候特征、雷电活动规律以及仪表系统的具体构成等。然而,在实际工作中,往往由于缺乏对厂区实际情况的深入了解和分析,导致防雷方案存在漏洞或不足。例如,未充分考虑雷电活动的季节性特征,导致防雷措施在特定季节内效果不佳;或者未针对仪表系统的特定构成进行针对性的防雷设计,导致某些关键部位缺乏有效的保护。(2)防雷工程的施工质量也是影响防雷效果的重要因素。在施工过程中,如果设备安装不规范、接地系统不符合要求或者防雷材料质量不达标等,都会导致防雷措施的实际效果大打折扣。例如,接地系统是防雷措施中的重要组成部分,如果接地电阻过大或者接地方式不合理,就会导致雷电流无法有效泄放,进而对仪表系统造成损害。因此,在防雷施工过程中,必须严格按照施工图纸和规范要求进行施工,确保每一个环节都符合防雷要求。

## 3 石油化工仪表系统的防雷技术原理与应用

### 3.1 避雷针与避雷网技术

(1)避雷针作为石油化工仪表系统防雷的重要措施之一,其工作原理基于尖端放电效应。当雷电云靠近时,避雷针的尖端会产生强烈的电场,引导雷电优先通过避雷针放电,进而将雷电流安全地导入大地,从而避免雷电直接击中周围设备。在安装避雷针时,位置的合理选择至关重要。通常,避雷针应安装在仪表系统的最高点或易受雷击的部位附近,以确保其能够有效拦截雷电。同时,避雷针的高度也需根据保护范围和被保护设备的高度来确定,以确保防雷效果的最大化。此外,避雷针与被保护设备之间的距离也需经过精确计算,以避

免因距离过近而导致的反击现象。(2)避雷网则是通过金属网格覆盖保护区域,形成一个等电位体,从而均匀分散雷电流,降低雷击对仪表系统的危害。在设计避雷网时,网格的尺寸需根据保护区域的大小和雷电活动的频繁程度来确定。一般而言,网格尺寸越小,防雷效果越好,但同时也会增加材料和安装的成本。因此,在设计时需综合考虑经济性和防雷效果。此外,避雷网的连接方式也需特别注意。为确保雷电流能够顺畅地通过避雷网导入大地,网格之间的连接必须牢固可靠,且需采用低电阻率的导体进行连接。在复杂地形环境下,还需根据地形特点对避雷网进行适当调整和优化布局,以确保其能够全面覆盖保护区域并发挥最佳的防雷效果<sup>[3]</sup>。

### 3.2 接地技术

在石油化工仪表系统的防雷体系中,接地技术占据着举足轻重的地位;为了满足系统稳定和安全运行的需求,通常需要采用多种接地系统,包括工作接地、保护接地和防雷接地等。(1)工作接地主要是为仪表系统提供一个稳定的零电位参考点,确保系统测量的准确性和控制的稳定性。保护接地则是将仪表系统的外壳、机架等金属部分与大地连接,以防止因设备绝缘损坏而导致的触电事故。而防雷接地则是专门为了泄放雷电流而设置的,它能够迅速将雷电流导入大地,从而保护仪表系统免受雷电的破坏。(2)接地电阻是衡量接地系统性能的重要指标,它直接影响着防雷效果的好坏。在石油化工厂区内,由于地质条件的复杂性,接地电阻的确定需综合考虑土壤电阻率、接地极的材质和尺寸以及接地系统的布局等因素。为了确保防雷效果,接地电阻值应尽可能小。一般来说,对于防雷接地系统,其接地电阻应不大于规定的安全值。(3)为了降低接地电阻,可以采取多种方法。首先,可以增加接地极的数量和长度,以扩大接地体与土壤的接触面积,从而降低接触电阻。其次,可以使用化学降阻剂,如导电混凝土、降阻粉等,来改善土壤导电性能,进一步降低接地电阻。此外,还可以采用深埋接地极、利用自然接地体等方法来优化接地系统的布局 and 性能,以确保防雷效果达到最佳。

### 3.3 屏蔽技术

在石油化工仪表系统的防雷技术中,屏蔽技术是一项至关重要的措施;电磁屏蔽,作为其核心部分,主要依赖于金属屏蔽体来有效阻挡电磁波的干扰,从而确保仪表系统能够在复杂的电磁环境中稳定运行。(1)在选择屏蔽材料时,需根据电磁波的频率范围和具体的防护要求来确定。一般来说,对于高频电磁波,宜选用导电性能良好的金属,如铜,因其具有优异的导电性和

电磁屏蔽效果；而对于中低频电磁波，铝等金属则更为适用，它们既能满足屏蔽要求，又能减轻重量，降低成本。此外，还需考虑材料的耐腐蚀性、机械强度以及加工性能等因素，以确保屏蔽体的长期稳定性和可靠性。

(2) 在屏蔽体的设计与施工过程中，多个关键因素需得到充分考虑。1) 屏蔽体的形状和尺寸应根据被保护设备的实际需求和空间布局来确定，以确保其能够完全覆盖并有效屏蔽电磁波。2) 屏蔽体的密封性至关重要，任何缝隙或漏洞都可能成为电磁波渗透的通道，因此必须采取严格的密封措施。3) 屏蔽体的接地方式也是关键，它应确保屏蔽体与大地之间形成良好的导电通路，以便将拦截到的电磁波能量迅速泄入大地。4) 在施工过程中，应特别注意屏蔽层的连接完整性，确保各部分之间紧密连接，无断路或短路现象。5) 对于屏蔽体的固定和密封处理也应严格按照规范进行，以确保其长期稳定的防护效果<sup>[4]</sup>。

### 3.4 浪涌保护技术

浪涌保护技术是石油化工仪表系统防雷体系中不可或缺的一环。其核心在于浪涌保护器 (SPD, Surge Protective Device) 的应用，该设备通过内置的非线性元件，如压敏电阻、气体放电管等，在遭遇浪涌电压时能够迅速导通，将浪涌电流安全地泄放至大地，从而有效保护后端设备免受浪涌过电压的损害。(1) 在选型过程中，需综合考虑多个因素以确保浪涌保护器的适配性和防护效果。1) 系统的工作电压和额定电流是选型的基础，保护器必须能够承受并稳定工作在这一范围内。2) 雷电防护等级也是关键指标，它决定了保护器能够抵御的浪涌电压和电流的最大值。根据石油化工仪表系统所

处的雷电环境及其重要性，选择相应防护等级的保护器至关重要。(2) 在安装浪涌保护器时，位置的选择同样关键。通常，保护器应安装在电源输入端，以首道防线抵御来自电网的浪涌冲击。同时，对于重要的信号输入/输出端，也应加装保护器，以防止雷电波通过信号线侵入系统。此外，为了提高整体防护能力，可采用级联配置，即在多个关键节点串联多个保护器，形成多重防护屏障。在安装过程中，还需注意保护器的接线方式、接地处理以及与其他设备的协调配合，确保整个防雷体系的稳定可靠。

### 结语

石油化工仪表系统的防雷工作是一项复杂而重要的任务。通过深入分析防雷隐患，并结合避雷针与避雷网技术、接地技术、屏蔽技术以及浪涌保护技术等关键防雷技术的应用，可以有效提升仪表系统的防雷能力，确保石油化工生产的安全、高效进行。未来，随着技术的不断发展，应进一步探索更加先进、可靠的防雷技术，为石油化工行业的持续健康发展提供有力保障。

### 参考文献

- [1] 刘玉豪. 石油化工仪表系统的防雷隐患及防雷技术分析[J]. 化工设计通讯, 2022, 48(6): 9-11.
- [2] 王博. 石油化工仪表系统的防雷隐患分析及防雷技术的应用研究[J]. 中国化工贸易, 2019, 11(17): 120.
- [3] 李广园, 王君元. 石油化工仪表系统的防雷隐患分析及防雷技术应用研究[J]. 科学与信息化, 2019(22): 36, 39.
- [4] 彭修健. 石油化工仪表系统的防雷隐患分析及防雷技术的应用研究[J]. 中国设备工程, 2019(4): 153-154.