

天然气站场阴极保护设计运行关键技术探讨

张佳俊

国家管网集团联合管道有限责任公司西气东输分公司 浙江杭州 310000

摘 要: 天然气作为一种清洁、高效的能源, 广泛应用于工业、商业和民用领域。天然气站场是天然气运输和储存的重要设施, 其安全性和可靠性直接关系到天然气供应的稳定。为了防止天然气站场管道和设备因腐蚀而造成的泄漏和破坏, 阴极保护技术成为不可或缺的一环。本文旨在探讨天然气站场阴极保护设计和运行中的关键技术, 分析其在实际应用中的效果和改进措施, 为提高天然气站场的安全运行提供理论和技术支持。

关键词: 天然气站场; 阴极保护; 设计运行; 关键技术

引言

天然气站场的腐蚀问题一直是工程界关注的焦点。管道和储罐等设备在长期运行中暴露于地下或水中环境中, 容易受到土壤和水中的电化学反应而产生腐蚀。腐蚀不仅会导致设备的强度和耐久性下降, 甚至可能引发严重的安全事故。为此, 阴极保护技术被广泛应用于天然气站场, 以有效延长管道和设备的使用寿命。

1 阴极保护技术概述

1.1 阴极保护原理

阴极保护原理以电化学腐蚀为基础理论, 在受保护金属结构上施加一阴极电流来改变金属结构电极电位以作为电化学腐蚀阴极来预防腐蚀。天然气站场、管道、储罐及其他设施长年与土、水接触, 极易发生腐蚀。阴极保护技术使这些装置的电极电位高效地下降到它们的腐蚀电位之下, 以抑制腐蚀反应的发生。牺牲阳极法与外加电流法为目前阴极保护的两大方法。牺牲阳极法通过连接比被保护金属更活泼的金属阳极(如镁、锌、铝), 这些阳极会主动氧化, 释放电子给被保护金属, 使其电位降低, 一般要求电位降低到 -850mV (饱和铜/硫酸铜电极)以下。外加电流法则使用外部电源提供直流电流, 通过惰性阳极(如钛、铂)将电流注入地下, 使被保护金属表面形成阴极极化, 将电位降至 -850mV 以下, 甚至 -950mV (饱和铜/硫酸铜电极), 进一步增强保护效果。这样, 受保护金属氧化反应得到了明显抑制, 使用寿命也得到了极大地延长。阴极保护系统的设计和运行需要综合考虑环境条件、金属材料特性、所需保护电流密度(通常为 $10\sim 20\text{mA}/\text{m}^2$), 及阳极材料的选择与

布置保证保护效果与经济性最优。

1.2 阴极保护的分类

阴极保护有牺牲阳极法与外加电流法之分, 它们都是以不同的途径向受保护的金属供给电子以阻止它们的侵蚀。牺牲阳极法是通过使用比被保护金属更为活泼的金属阳极, 例如镁、锌、铝等, 这些金属阳极会通过自身的氧化过程释放电子, 然后转移到被保护金属上, 从而使其电位降低到腐蚀电位以下。典型情况下, 牺牲阳极需维持被保护金属的电位在 -850mV (与饱和铜-硫酸铜电极相比较)以下, 以确保其处于阴极状态而不发生腐蚀。牺牲阳极法操作简便、可靠性高、适合小型管道及设备防护, 但其阳极耗损快、需经常更换。外加电流法通过外部电源提供直流电流, 使惰性阳极(如钛、铂等)向土壤或水中释放电子, 这些电子再流向被保护金属, 使其电位降低。外加电流法能提供更大保护电流且电流大小可调, 适合大范围管道及储罐保护系统。外加电流法通常要求被保护金属的电位降低至 -850mV 以下, 甚至 -950mV (与饱和铜-硫酸铜电极相比较), 以增强保护效果。这种方法需综合考虑电源选择, 阳极布置, 电流分布等因素, 才能保证保护效果一致, 系统经济。对阴极保护系统进行合理的选型与设计, 可以有效地延长天然气站场设备使用寿命, 增强设备运行的安全性与可靠性。

2 天然气站场阴极保护系统设计

2.1 牺牲阳极法设计

牺牲阳极法设计在天然气站场阴极保护中起着关键作用, 通过选择合适的阳极材料、布置方式和计算保护电流来确保设备的防腐蚀效果。牺牲阳极材料通常选择

镁、锌和铝，其中镁阳极在高电阻率土壤中效果最佳，铝和锌阳极则适用于低电阻率环境。设计过程中首先要评估被保护结构的总表面积和工作环境的电阻率，以确定所需的保护电流密度，通常为 $10\sim 20\text{mA}/\text{m}^2$ 。根据计算出的保护电流需求，选择合适的阳极类型和数量，确保阳极能够提供足够的电流，并持续有效的保护周期。

阳极的布置需考虑土壤的均匀性和电化学环境，为确保电流分布均匀，阳极应均匀分布在被保护结构周围，通常安装在距离结构1~3米的范围内，深度为1.5~3米。阳极的连接应使用耐腐蚀的导线，确保低电阻连接，以减少电能损失和提高系统效率。设计中还需考虑阳极的预期寿命，计算阳极的消耗率，并定期监测和更换。

2.2 外加电流法设计

外加电流法设计在天然气站场阴极保护中至关重要，通过外部电源向被保护金属结构施加直流电流，使其电位降低，从而防止腐蚀发生。设计过程中需要首先确定被保护结构的总表面积，并计算所需的保护电流密度，通常为 $10\sim 20\text{mA}/\text{m}^2$ ，以确保覆盖整个保护区域。选择合适的外部电源是关键，通常采用直流整流器，其输出电压和电流需满足系统需求，并具有调节功能，以适应环境和腐蚀条件的变化。

阳极材料的选择和布置是外加电流法设计的另一个重要环节。常用阳极材料包括高硅铸铁、石墨、钛基混合金属氧化物等，这些材料具有高导电性和耐腐蚀性，能够在恶劣环境中长期使用。阳极应均匀分布在被保护结构周围，通常埋设在地下2~3米深处，以确保电流均匀分布和良好接地效果。阳极数量和布置方式需根据场地土壤电阻率和被保护结构的几何形状进行优化设计，以达到最佳保护效果。

电流分布和电位控制是外加电流法设计的核心，通过安装电位参比电极，如铜/硫酸铜电极，实时监测被保护结构的电位变化，确保其维持在 -850mV 至 -950mV 之间，相对于参比电极。系统还需配备过电流保护装置和绝缘措施，以防止过电流和电击事故发生。设计完成后需进行全面测试和调试，确保各项参数达到设计要求，并进行定期维护和监测，及时调整系统参数，以适应环境变化和设备老化。

3 阴极保护系统的运行管理措施

阴极保护系统运行管理在天然气站场的防腐蚀过程中起着至关重要的作用，通过持续监测和维护，确保系

统的长期有效性和稳定性。日常运行管理包括定期检查保护电流和电位，确保被保护结构的电位维持在设计范围内，一般为 -850mV 至 -950mV （相对于饱和铜/硫酸铜电极）。监测设备如电位参比电极和电流测量装置需要定期校准和维护，以保证数据的准确性和可靠性。

系统运行中需实时监测阴极保护电流的分布和电位的变化，通过调整电源输出电压和电流，确保各部分均匀受到保护。对于外加电流法，整流器的输出需保持稳定，避免电流过大或不足，影响保护效果。对于牺牲阳极法，需定期检查阳极的消耗情况，及时更换消耗殆尽的阳极，以维持系统的保护能力。

维护过程中需特别关注管道和储罐的关键节点和连接处，这些位置往往是腐蚀的高发区。定期进行防腐涂层的检查和修复，确保涂层完整性，防止电化学腐蚀的发生。记录和分析系统运行数据，建立详细的维护档案，有助于及时发现潜在问题，制定预防性维护措施，提高系统运行的可靠性和效率。突发故障处理是运行管理的重要组成部分，包括检测和修复电源故障、阳极损坏和线路接触不良等问题。通过制定完善的应急预案和定期演练，确保能够迅速响应和解决突发事件，保障系统的持续稳定运行。

结束语

阴极保护作为防止金属腐蚀的有效手段，在天然气站场的安全运行中发挥着不可替代的作用。从设计到施工，再到后期的运行和维护，每一个环节都需要我们严谨对待，确保阴极保护系统的有效性。在设计阶段，需要根据站场的实际情况，选择合适的阴极保护方式，无论是牺牲阳极保护还是外加电流保护，都应以确保保护效果为前提。同时，我们还要考虑到经济性、安全性和可操作性等多方面因素，制定出最优化的设计方案。

参考文献

- [1]王飞,王志方,胡生宝.天然气站场区域阴极保护系统存在的问题及措施[J].油气田地面工程,2019(z1):135-138.
- [2]陈胜男,陈亮.天然气输气场站区域性阴保探讨[J].石化技术,2018,25(7):2.
- [3]解静,刘超,李军,等.天然气站场阴极保护设计运行关键技术探讨[J].全面腐蚀控制,2023,37(11):23-26.