

油田集输管道的脉冲电流阴极保护技术应用

徐春蓉 (胜利油田东胜精攻石油开发集团股份有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 在集输管道内壁阴极保护中, 观察到管道的保护电位随着运行时间的延长逐渐增大。虽然采用了被认为更具穿透性的脉冲电流阴极保护技术, 但该技术仍然无法达到预期的保护效果。经过分析, 发现集输管道运输的原油具有较高的粘性和电阻率, 这导致原油附着在电极表面, 进而阻碍了电流的传导效果。为了解决这一问题, 提出了通过应用自清洁电极和超亲/超疏水材料来改善管道保护效果的解决方案。

关键词: 阴极保护; 集输管道; 保护电位; 油水混合液; 自洁电极

油田集输管道是石油资源开采后的重要环节, 起着输送油气的关键作用。但由于环境和介质的恶劣条件, 集输管道常遭受腐蚀的威胁, 这不仅会造成经济损失, 还会导致设备破损、事故发生等严重后果。因此, 提高集输管道的腐蚀防护性能成为了石油公司亟需解决的问题。

1 脉冲电流阴极保护技术原理

脉冲电流阴极保护技术是一种基于电化学原理的腐蚀防护方法。其基本原理是通过外加的脉冲电流, 在管道金属表面形成保护性的阴极极化膜, 以抑制金属的腐蚀反应。脉冲电流的工作方式是在正、负脉冲的交替作用下, 改变系统的电位, 减弱管道金属与介质之间的电化学反应, 从而达到保护管道的目的。

1.1 应用研究

根据油田站的防护要求设计了电源, 并设计了柔性阳极和参比电极的安装方式。本站管道为20#钢管道, 管道内壁未经任何防腐处理。应用过程中, 参比电极为钛基合金, 安装直t型, 阳极为mmo 钛核心阳极, 安装斜t型。判断管道是否受到保护的标准是保护电位在 $-850 \sim -1200 \text{ mV}$ (相对于 ag/agcl 参比电极) 范围内, 可以直接从安装的显示器上读取。图1示出了安装在受保护管道上的脉冲电流阴极保护系统的原理。

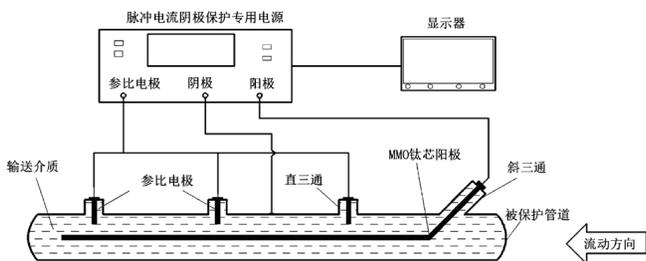


图1 脉冲电流阴极保护系统原理

系统安装完成后, 被保护管道的保护电位随运行时间的变化趋势如图2所示。

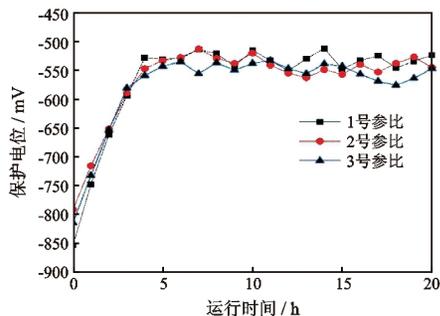


图2 参比电极测得的电位

根据图2的数据分析结果, 集输管道内壁采用脉冲电流阴极保护系统能够满足初期的保护要求。在0~4小时的时间段内, 管道内各参比电极测得的电位逐渐增大, 说明阴极保护系统有效地降低了管道内壁的腐蚀程度。而在4~5小时后, 电位趋于稳定, 进一步表明阴极保护系统在短时间内能够达到稳定的保护效果。然而, 随着运行时间的延长, 电位在 $-513 \sim -576 \text{ mV}$ 之间波动, 这意味着阴极保护系统的保护效果开始变得不再可靠。因此, 如果要延长阴极保护系统的有效运行时间, 我们需要进一步改进系统设计和维护策略。可能需要加大脉冲电流强度, 优化阴极保护控制参数, 加强定期维护和检测等措施, 以确保管道内壁的长期保护效果。只有这样, 我们才能确保集输管道的安全运行, 并延长其使用寿命。

1.2 原因分析

因此, 为了确保集输管道的有效保护和安全运行, 需要采取相应的措施来解决电流传导和电位监测的问题。对于原油的导电性差的特点, 可以考虑在管道内加入一定比例的导电剂, 以提高原油的导电性, 从而增加电流的传导效果。这样可以确保阴极保护系统能够有效地对管道进行保护, 并能够准确地监测到电位的变化。由于原油在与阳极、参比电极甚至阴极表面有很强的附着力, 可以考虑使用一些特殊的涂层材料来减少附着力, 从而降低对电流传导的影响。这些特

殊涂层材料可以具有一定的导电性，以增加电流传导的效果，并能够保护管道表面免受腐蚀和其他损害。

为了更准确地监测真实的保护电位，可以采用一些先进的电位监测技术和设备。这些技术和设备可以通过高精度的测量和分析，提供准确的电位数据，从而能够及时发现并处理任何电位异常情况。同时，还可以结合其他监测手段，如温度、压力等，来全面了解管道的运行情况，确保其安全稳定地运行。

针对集输管道中原油的导电性差和对电流传导的阻碍问题，应采取相应的技术措施来解决，并结合先进的电位监测技术，确保管道的安全运行和有效的阴极保护。

2 问题解决对策

通过研究亲水/疏水材料制备的新型自清洗电极，解决了集输管道内壁采用脉冲电流阴极保护时保护电流难以传导的问题。这种自清洗电极采用疏水性材料作为阳极和参比电极的基体，利用超声波和电磁力来自动清洗表面油膜，并实现阴极保护。

亲水/疏水材料的引入为自清洗电极的设计提供了新思路。通过表面处理，使材料在与液体接触时呈现出疏水性，从而在集输管道内壁形成一层液体薄膜。当超声波和电磁力施加在自清洗电极上时，液体薄膜会产生微弱的波动和振动，从而将表面油膜有效地清洗掉。同时，疏水性材料的设计还能够防止新的油膜附着在电极表面上，保证了长期的阴极保护效果。

这种自清洗电极的设计方案具有诸多优势。它能够解决现有脉冲电流阴极保护方案中保护电流难以传导的问题，确保阴极保护效果的稳定性。由于自动清洗表面油膜，可以减轻运营维护的工作强度，提高工作效率。最后，亲水/疏水材料的应用为电极制备提供了新的途径，促进了材料科学领域的发展。

超声波自清洗电极和电磁自清洗电极的设计方案带来了新的解决方案，能够有效地清洗集输管道内壁的油膜，实现稳定的阴极保护效果。随着亲水/疏水材料的不断研究和发展，相信自清洗电极在工业领域的应用将会越来越广泛。

2.1 超声波自洁电极

超声波在油水分离方面的应用已经取得了显著的效果。通过在电极设计中加入超声波自清洗功能，不仅可以清洗参比电极和辅助阳极表面的油膜，还可以在介质中产生热效应，降低油水界面膜的强度和油的粘度，从而促进油水的分离。此外，超声振动还能够通过驱替效应加速油水的分离过程。

目前，超声波技术已经广泛应用于原油开采、炼油和含油废水处理等领域。通过对不同渗透率岩心经超声波处理后的效果进行评估，结果表明采收率都在168%以上，这样的驱油效果是非常不错的。

在原油开采中，通过利用超声波技术，可以有效地提高油井的产量，同时降低能耗和环境污染。在炼油过程中，超声波可以帮助加速油品分离和提炼，提高炼油效率。而在含油废水处理中，超声波可以快速分离油水，并减少油脂对环境的污染。

脉冲电流阴极保护技术结合超声波自清洗功能的电极设计已经证明在促进油水分离方面发挥重要作用，其在原油开采、炼油和含油废水处理等领域的应用前景广阔。随着技术的不断创新和发展，相信超声波技术在油水分离领域的应用将会进一步拓展，并为相关领域带来更多的效益和进步。

超声波自洁电极的安装是集输管道内壁上，将为管道的维护和清洁带来一种全新的解决方案。通过利用电极的热效应和机械振动来实现自清洁，能够更加有效地去除管道内壁的污垢和杂质。

安装超声波换能器后，电极的一端放入吸声材料中，这可以减少超声波对外部世界的干扰。一旦启动超声波换能器，由其产生的超声波将在管道内壁上运动，通过声波的高频振动，能够将附着在内壁上的污垢和杂质震落下来。与传统的清洗方法相比，超声波自洁电极不需要使用任何化学物质，能够高效且环保地清洁管道。

超声波自洁电极的使用也有助于延长管道的使用寿命。管道内壁的污垢和杂质往往会引起腐蚀和磨损，而超声波的清洁作用可以防止这些问题的发生。从而保证管道的正常运行和传输效率。

通过将超声波应用于自清洗电极上，能够为集输管道的维护和清洁提供一种高效、环保的解决方案。超声波自洁电极的安装可以帮助清除管道内壁的污垢和杂质，延长管道的使用寿命，确保管道的正常运行。这将为各行各业带来更加可靠和安全的管道输送系统。

2.2 电磁技术自洁电极

基于以上研究结果，国内外的研究人员开始将电磁技术应用于油水分离的实际应用中。在集输管道中，通过使用电磁场技术，电极上的油膜被剥离，使得电极能够与水溶液接触，从而实现电流的传导。这一电磁分离原理被应用于阴极保护技术，从而有效地防止集输管道的腐蚀。通过建立了电磁场下油水两相流动的数学模型，研究人员得出结论，在静态和动态条件

下，随着磁场强度的增加，油水分离的效果也相应增强，而动态效果明显优于静态效果。

电磁分离技术的优势在于其非接触性，不仅可以有效分离油水，还能避免了传统分离方法中容器的磨损问题。这一新型技术的应用将大大提高油水分离的效率和可靠性，同时降低了环境对油水混合物的处理成本。此外，由于电磁分离技术的易操作性和灵活性，它也可以广泛应用于其他领域，如工业废水处理、石化行业和环保领域等。

电磁技术在油水分离中的应用正逐渐被广泛认可和应用。研究人员通过对实验室条件下的研究，建立了电磁场下油水两相流动的数学模型，实现了油水的高效分离。这一技术不仅可以应用于集输管道中的阴极保护，还具有广泛的应用前景。相信在不久的将来，电磁分离技术将成为油水分离领域的主流技术，并对环保事业做出更大的贡献。

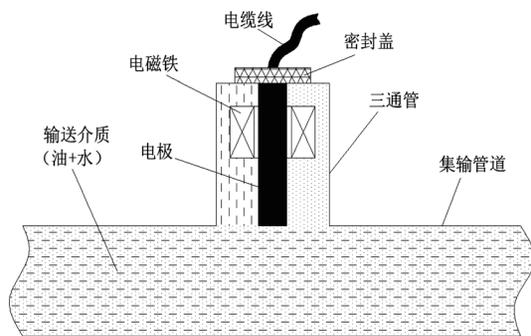


图3 电磁技术自洁电极示意图

自清洁电极的设计是为了解决集输管道中的油污堵塞问题。在图3中，电磁铁被安装在电极的外侧，形成了一个独特的电场。当电场与输送介质中的油水发生交互作用时，电磁力会作用在电极上的油膜上，使其脱落。

这样一来，油膜脱落后，电极就能够与水溶液形成闭合回路，从而促进电流的传导。这种自清洁电极的设计不仅解决了油污堵塞问题，还能够有效地提高电流的传导效率。

利用这种自清洁电极的装置，可以在保证输送介质流动状态下实现电流的传导，从而在集输管道中提高能量传输的效率。另外，这种自清洁电极还可以有效地减少沉积物的形成，延长管道的使用寿命。

自清洁电极的设计对于解决集输管道中的油污堵塞问题具有重要意义。它不仅能够保持输送介质的流动性，还能够提高电流的传导效率，从而提高能量传输效率。这种创新的设计将为集输管道领域带来更多的发展机遇。

3 脉冲电流阴极保护技术的应用案例

3.1 某油田集输管道脉冲电流阴极保护工程

以某油田集输管道脉冲电流阴极保护工程为例，通过对该工程的实施情况进行了详细介绍。该工程采用了先进的脉冲电流阴极保护装置，针对不同管道段的腐蚀情况进行有针对性的保护措施。经过一年的运行，工程取得了显著的防腐效果，同时也明显减少了维护费用。

3.2 脉冲电流阴极保护技术在某油气采集站的应用

以某油气采集站的脉冲电流阴极保护技术应用为例，分析了该技术在该采集站中的应用效果。结果表明，该技术不仅有效地降低了管道的腐蚀速率，还提高了设备的可靠性和使用寿命，为油气采集站的安全运行提供了坚实的保障。

4 结论

具有自清洁功能的电极设计以及超亲水/超疏水材料的应用，为解决原油粘附和电位增加的问题提供了新的解决方案。

在电极的设计上引入自清洁功能，可以有效减少原油附着在电极表面的情况。通过使用特殊的表面涂层材料或结构设计，电极表面能够形成一种自清洁机制，类似于莲叶的自洁效果，使得原油不能粘附在电极表面上。这样一来，管道内壁的脉冲电流阴极保护系统就能够长时间地对管道进行有效的保护，保护电位也不会随时间增加。

利用超亲水/超疏水材料在电极上的应用，可以进一步提高原油附着的防护效果。超亲水材料可以使原油在电极表面快速扩散，减少附着的机会，而超疏水材料则能将原油排斥到电极表面的边缘，进一步减少粘附。通过选择合适的超亲水/超疏水材料，可以将电极的抗粘附性能进一步提升，延长脉冲电流阴极保护系统的有效运行时间。

综上所述，具有自清洁功能的电极设计以及超亲水/超疏水材料的应用，为解决原油粘附和电位增加的问题提供了创新的解决方案。这些技术的应用将有效延长脉冲电流阴极保护系统的寿命，提高管道的安全性和可靠性，对于能源输送领域具有重要的意义和应用前景。

参考文献：

- [1] 罗兴仁. 高含水后期采出液破乳剂及加药工艺技术研究 [D]. 大庆: 大庆石油学院, 2007.
- [2] 邵帅, 魏利, 夏福军. 水驱高含水采出液破乳剂的研制和应用 [J]. 油气田地面工程, 2015, 34(8): 25-26.