

# 输气站恒电位仪电气参数与安全运行关系

闫洪赞（中国石油管道局工程有限公司管道投产运行分公司，河北 廊坊 065001）

陈善祥（山东达泰企业管理咨询有限公司，山东 德州 253000）

**摘要：**输气站是天然气输送的枢纽，其安全稳定运行意义重大，恒电位仪是输气站阴极保护系统的核心装置，它以直流电为金属管提供阴极极化保护，防止管道腐蚀，是输气站阴极保护的核心装置。输气站的输出电压、电流、电位精度、频率等电气参数直接影响到输气站的安全运行。通过研究，为输气站的安全稳定运行提供理论依据，对保证输气站安全稳定运行，降低事故风险，保证天然气输送可靠。

**关键词：**输气站；恒电位仪；电气参数；安全运行

中图分类号：TE8

文献标识码：A

文章编号：1674-5167（2025）014-0136-03

## Relation between electrical parameters and safe operation of potentiostat in gas transmission station

Yan Hongzan (China Petroleum Pipeline Bureau Engineering Co., Ltd. pipeline operation branch, Langfang Hebei, 065001, China)

Chen Shanxiang (Shandong Datai Enterprise Management Consulting Co., LTD. , Dezhou Shandong 253000, China)

**Abstract:** The gas transmission station is the hub of natural gas transmission, and its safe and stable operation is of great significance. Potentiostat is the core device of the cathodic protection system of the gas transmission station. It provides cathodic polarization protection for metal pipes with direct current to prevent pipeline corrosion, and is the core device of cathodic protection of the gas transmission station. The output voltage, current, potential accuracy, frequency and other electrical parameters of the gas transmission station directly affect the safe operation of the gas transmission station. The research provides a theoretical basis for the safe and stable operation of the gas transmission station, and ensures the safe and stable operation of the gas transmission station, reduces the risk of accidents and ensures the reliability of natural gas transmission.

**Key words:** gas transmission station; Potentiostat; Electrical parameters; Safe operation

在能源输送领域，输气站作为输气网中的关键节点，其安全稳定运行关系到整个能源系统的安全稳定运行。随着天然气在能源结构中的比重不断提高，输气站的高效运行显得尤为重要，天然气管线大多埋于地下，长期受土壤、地下水等环境因素的侵蚀，极易发生腐蚀，从而造成管道泄漏，引发重大安全事故，如火灾、爆炸等。恒电位仪是输气站阴极保护系统的核心装置，通过直流电流作用于金属线路上，使其表面形成阴极极化，可有效抑制腐蚀反应，保障管线安全运行。若输出电压过低或过高，则会使管线达不到有效保护电位，造成保护不到位，加速管线的腐蚀，如果初始参数过高，则可能产生过热保护，造成涂层剥落和氢脆等缺陷，严重影响管线的安全运行。在输气站中，电位电位计的电参数对安全运行是十分重要的，对于优化恒电位仪参数设置、提高阴极保护效果、延长管线使用寿命、减少维修费用、减少管线更换费用具有重要意义。通过对这些参数关系的准确把握，能及时发现装置运行中的隐患，及早采取预防和维护

措施，减少事故发生概率，保证输气站的安全稳定运行，保证天然气持续可靠供应，满足社会生产生活用能需求。

### 1 恒电位仪电气参数详解

#### 1.1 预设电位

预设电势是恒电位仪在阴极保护系统中所期望达到的目标电势，也就是在工作过程中所设定的中间值，在普通输气管道输气站阴极保护系统中，预设电势一般设定为 -1.100V 至 -1.300V，与铜 / 饱和硫酸铜参考电极相比，多年的实践经验与理论研究为其奠定了基础。在此电位范围内，金属管表面能生成一层稳定的保护膜，能有效抑制金属的氧化、溶解，从而避免腐蚀反应的发生。若预设电位过低，管道不能充分发挥阴极极化，金属表面将继续发生腐蚀微电池反应，会加速管道腐蚀，缩短管道使用寿命。如果设定过高的预置电位，可能造成过多的保护，使涂层在阴极极化下处于过度，降低涂层与基体的结合力，造成涂层脱落。此外，过高电位还会引起金属内氢原子的产生，

使氢原子渗入金属晶格，引起氢脆，降低材料的强韧性。严重时可能造成管线断裂，给输气管线的安全运行带来很大的威胁。准确、合理地调节预置电位，是确保输气站现场阴极保护效果、确保管线安全运行的前提。

### 1.2 恒断电电位

恒定截止电势是指当阴极保护电流脱离时，测量到的金属构件上的电势，红外还原误差是影响阴极保护电位测量精度的一个重要因素。红外压降是指由于介质介质（如地下介质、电解液等）中电阻所引起的压降，输气管阴极保护过程中，从辅助阳极经地流向管道时，由于接地电阻的存在，沿电流路径产生压降，使得被测管线电位中含有红外降的影响，不能真实地反映管线的极化电位。当阴极保护电流断开的瞬间，电流  $I$  变为 0，根据欧姆定律  $U=IR$ ，此时  $IR$  降也变为 0，测量得到的电位即为不包含  $IR$  降误差的真实管道电位。测得的电位为真正的管电位，不受红外滴误差的影响。该方法能准确反映管线的极化情况，对评价阴极保护效果、判断管线是否处于有效保护状态有重要意义。通过对高压输气管道的恒压切断电位监测，及时发现输气站运行中出现的异常现象，以便采取相应的维修措施，保证输气站的安全运行。

### 1.3 恒电压与恒电流

电位计有两种重要的工作方式，即定压、定流，每一种方式都有其各自的启动条件及工作原理。恒电位仪为恒压工作方式，输出电压恒定。根据欧姆定律，随着负载电阻的改变，输出电流  $I=U/R$  而改变。当负载电阻比较稳定时，这一模式是可行的。例如，在一些阴极保护系统中，当管线涂敷状态良好且电阻相对稳定时，可采用稳压方式，以保证输送电压稳定于设定值，同时维持管线的阴极保护。恒电位仪为恒流工作方式，输出恒定电流。当负载电阻发生变化时，可自动调节输出电压，使输出电流始终保持在设定值。若管线所处环境较为复杂，且接地电阻变化较大，造成负载电阻波动较大时，恒电流工作方式可提供稳定的保护电流，保证管线的持续、有效保护。在实际应用中，应根据输气站的具体条件，对恒压和恒流方式进行适当的选择。若涂层质量较好，且涂层状态随运行时间变化较小，则可优先采用恒张力方式，以简化控制，减少能源消耗。当管线穿越不同地质条件地区、土壤电阻差异较大、管线存在多处涂覆破坏点、负载电阻变化大等情况下，为保证阴极保护可靠性，应采用恒流工作方式。在某些特殊场合，还可根据实际需要进行两种工作方式的切换，以满足不同工况对阴极保护的要求。

## 2 电气参数对安全运行的影响机制

### 2.1 对阴极保护效果的影响

电参数是影响天然气管道防腐性能的关键因素，电参数的准确与稳定直接关系到天然气管线的防腐效果。如果不正确设定预设电位作为阴极保护目标值，可能造成保护过低或过高的问题。若预设电位高于一定范围，则管道极化不充分，无法在金属表面形成完整的保护膜，无法有效抑制阳极反应，加速腐蚀。在强腐蚀环境中，当预埋电位较低时，短时间内管道腐蚀速率会急剧增加，导致管壁迅速变薄，从而导致管道强度、耐压性能下降，泄漏风险增大。若预设电位过低，则可能影响管线应力分布，使管线更易发生应力腐蚀裂纹，此外，过高的预置电位还可能造成涂层剥落、氢脆等缺陷，破坏防腐层的保护层，降低金属力学性能。

恒压电位法的测量精度直接关系到阴极保护的效果。如果在测量过程中出现误差，不能准确反映出管线的真实电位，就可能造成阴极保护效果的计算出现偏差。如果测得的恒定切断电位高于真实值，就可能错误地判断管道是否处于有效保护状态。反之，若测得太低，则会造成不必要的阴极保护电流增加，造成能量浪费及保护过高的风险，因此，保证等压电势测量的准确度，对及时调整阴极保护参数，确保其效果具有重要意义。

### 2.1 与设备稳定性的关联

恒电位仪的电参数稳定与否关系到输气站设备自身的稳定运行，也关系到整个输气站设备的稳定性。在恒电位仪中，输出电压、电流稳定度是非常重要的。当电压波动时，恒电位计内各电子元件的电压不稳，造成元件过热，加速老化，甚至损坏。当电压波动过大时，恒电位仪控制系统可能发生故障，从而使控制参数的精确调节和阴极保护的效果变得困难。输出电流不稳还会影响恒电位仪的输出功率，造成功率模块过载，降低仪器使用寿命。在输气站内，电位器与其他设备如监测系统、通讯设备电气连接。若恒电位仪电参数不稳定，将引起电磁干扰，影响其他设备的正常工作。干扰信号的存在会造成监测系统数据的错误采集，给管线站的运行状况带来很大的困难，通信设备发生故障时，存在通讯中断、数据传输不畅等问题，严重影响输气站与外界的信息交流与调度，这会降低天然气管道的使用效率，也影响了对突发事件的及时、有效响应。

### 2.3 对管道腐蚀防护的作用

合理的电参数对预防天然气管道的腐蚀、延长其使用寿命具有重要意义。采用合适的输出电压及电流，可使管道表面得到充分的阴极极化，从而抑制腐蚀反

应。当电参数达到最佳值时，管壁表面形成致密、稳定的保护膜，可有效阻断腐蚀介质和金属间的接触，减缓腐蚀速度。通过对不同土壤环境下恒电位仪输出参数的调节，实现了对复杂腐蚀环境下管线的有效保护。随着时间的流逝，管线涂层可能受到损伤，地表环境也会随之改变，在这种情况下，为了保证管道的防腐蚀效果，必须对稳压器的电参数进行相应的调整。通过实时监测管线的电位及腐蚀速度，及时调整电气参数，使系统始终处于最佳工作状态，使管线的寿命最大化。合理的电气参数设置也能减少维修费用，降低因管道腐蚀引起的维护与更换费用，提高输气站的经济性与安全性。

### 3 保障安全运行的参数优化策略

#### 3.1 参数的合理设置原则

在设定预设电位时，应充分考虑管线的材质、涂覆情况及土壤环境等因素，不同材质的钢管具有不同的耐腐蚀性能，应根据不同的预设电位进行调整。正如碳管和不锈钢管，碳管对腐蚀的敏感性相对较高，预先设定的电位必须较负，以提供适当的阴极极化。镀层状态对预置电位也有影响。对涂层完好的管线，可适当降低预置电位，对于涂层损伤严重的管线，应增加预置电位来弥补涂层的不足。地面的腐蚀性与电阻一样重要。当土壤具有较强的腐蚀性和较低的电阻时，管线将更易发生腐蚀。为了提高保护效果，应将预置电位设在一个合理的下限。在实际应用中，需要对负载电阻进行定期测试与分析，以确定合适的工作方式，当负载电阻波动不大，且变化在允许的范围内时，可采用稳压工作方式，这样既能保证电压稳定，又能减少控制复杂度，减少能源消耗。若负载电阻波动过大，超出了恒压运行的有效设定范围，则应切换至恒电流工作模式，以保证管线在复杂工况下仍能获得稳定的保护电流。

#### 3.2 实时监测与动态调整

对输气站电气参数进行实时监控，对其安全运行具有重要意义，该仪器配有高精度的监测仪器及传感器，可对输出电压、电流、电位等参数进行实时记录与分析。监测结果既能反映恒电位计目前的工作状况，又能作为参数设定的基础。利用自动化监测系统，将采集到的数据实时传送至监测中心，由数据分析软件对数据进行处理与评价。若电参数与正常值偏差较大，应及时动态调节，当输出电流突然降低时，可能是阳极接地功率下降，管壁破损，或电路接触不良。在这种情况下，首先要检查线路的连接情况。如管线无异常，则应检查阳极层及管线涂层。根据试验结果，通过适当增大输出电压等措施，使管道达到阴极保护效果。在设定参数时要遵循一定的原则与方法，避免参

数设定过多造成设备及管线的损坏。每设定一个参数要密切监视各参数的变化及管线的电位响应，确保设定的参数能够有效改善阴极保护的效果。

#### 3.2 与其他设备的协同运行

电势计、参比电极和辅助阳极等配套设备的配合是保证阴极保护系统正常工作的重要保证。采用参比电极对管道电位进行测量，并将反馈信号反馈给恒电位仪，从而实现对管道电位变化的自适应调节。参比电极的性能及其安装位置直接影响着测量结果的准确程度。参比电极要稳定、准确，安装位置离管线越近越好，能真实反映管线周围的地质情况。在安装基准电极时，要保证基准电极与地面紧密接触，防止接触不良或悬空，以保证测量电位的可靠。辅助阳极作为向土壤输送保护电流的关键元件，其性能及布局直接影响到阴极保护的范围与效果。辅助阳极必须具有良好的导电性能及抗腐蚀性能，才能保证长期运行过程中有稳定的保护电流。在布置辅助阳极时，应综合考虑管线的走向、长度及周边场地环境等因素，合理地设置辅助阳极的数目、位置及间距。对于长距离输气管线，可采用分布式阳极阳极保护，使保护电流均匀分布于管线两端，提高保护均匀性。辅助阳极与恒电位表间的连线应具有良好的导电性能及绝缘性能，防止因线路电阻过大或漏失而影响保护电流传输及设备正常工作。

#### 4 结语

本文针对输气管道恒电位计的电气参数对其安全运行的影响进行深入分析。恒电位表是输气站阴极保护的核心装置，其电参数如预设电位、恒关电位、恒压、恒流等，直接影响输气站的安全运行，必须充分考虑各种因素。恒定断点电位能够准确反映管线的实际电势，消除了IR压降的误差，为评价阴极保护效果提供可靠的依据。选择适当的恒压、恒流工作方式，可保证各种工况下的保护电流及电压稳定性。另外，合理的电参数设置能有效地抑制管线的腐蚀，延长管线的使用寿命，减少维修费用。

#### 参考文献：

- [1] 延旭博. 大型复杂在运输气站区域阴极保护设计和应用 [J]. 全面腐蚀控制 ,2023,37(9):25-29.
- [2] 李广东. 天然气输气站建设及运行安全管理策略探究 [J]. 清洗世界 ,2021,37(12):155-156.
- [3] 徐珑. 加强天然气输气站防雷安全的技术措施 [J]. 中国化工贸易 ,2022(25):181-183.

#### 作者简介：

闫洪赞，男，汉族，江苏徐州人，大专，研究方向：电气安全。  
陈善祥，男，汉族，山东武城人，本科，研究方向：电气安全。