

微型恒电位仪在城市燃气管道中的应用研究

Application Study of Micro-constant Potentiometer in Urban Gas Pipeline

田志金¹ 杨东²Zhijin Tian¹ Dong Yang²

1. 四川利能燃气工程设计有限公司 中国·四川 成都 610041

2. 四川佳运油气技术服务有限公司 中国·四川 成都 610041

1. Sichuan Lineng Gas Engineering Design Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610041, China

2. Sichuan Jiayun Oil and Gas Technology Service Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610041, China

摘要: 为减缓埋地钢质管道的腐蚀,对在役燃气管道逐步追加强制电流阴极保护。论文从实际需求结合现有技术设计一种体积小、精度高、电源种类多且具有远传远控微型恒电位仪,进行实际工程应用研究,在末端处额外补充强制电流。

Abstract: In order to reduce the corrosion of buried steel pipe, forced current cathodic protection is gradually added to the service gas pipeline. In this paper, we design a small size, high precision, many kinds of power supply and remote transmission and remote control based on the actual requirements, carry out practical engineering application research, and add the mandatory current at the end.

关键词: 城市燃气管道; 阴极保护; 微型恒电位仪; 特殊管段

keywords: urban gas pipeline; cathodic protection; miniature potentiostat; special tube segments

DOI: 10.12346/etr.v5i6.8217

1 概述

阴极保护和防腐层相结合是最经济有效且被广泛应用的防腐蚀技术。为确保更高效利用,在燃气系统管网中采用强制电流+牺牲阳极辅助的方式,牺牲阳极仅在较零散管网、特殊管段或者末端欠保护进行补充保护。为确保特殊管道有效延缓管道腐蚀,采用建设成本较小的浅埋阳极地床,微型恒电位仪的强制电流方式,该技术建设成本、后期运行维护费用低,使用寿命长、保护效果更好等优势。

2 城市燃气管道阴极保护现状

2.1 燃气管道管网现状

城市燃气管道主要由高压、次高压、中压和低压管道构成,高压、次高压管道主要负责从外部将天然气输送至城市周边的配气站,经调节压力后通过中压管道输送至用户调压箱/调压柜,再通过用户调压箱/调压柜调压后输送至用户使用^[1]。

由于城市空间限制,城市燃气管道多埋设于人行道、绿化带,与其他通信、电力、水利等市政设施并行、交叉的情况。例:西南地区的燃气管网相交、相遇、相邻多达 4700 多处。

在施工过程中,因第三方误操作,造成管道防腐层破损甚至是与其他金属构筑物搭接,使管道受到不同程度的腐蚀引发燃气泄漏事故。据统计燃气管道在 2021 年第一季度发生 33 起、第二季度发生 53 起、第三季度发生 61 起泄漏事故。

高铁、地铁等大功率的电气化设备的使用,造成城市内存在大量的交直流干扰电流,加速了城市燃气管道的腐蚀速率,造成钢质管道的失效泄露事故。

2.2 城市燃气现有阴极保护措施

埋地钢质管道防腐措施主要以外防腐层为主,阴极保护为辅进行联合保护。目前国内外的阴极保护方式主要有牺牲阳极和强制电流两种方式。

牺牲阳极阴极保护是将电位更负的金属与被保护金属连接,并处于同一电解质中,使该金属上的电子转移到被保护金属上去,使整个被保护金属处于一个较负的、相同的电位下。由于城市建设规划,牺牲阳极埋设受到地域的限制,建设成本较高,且由于使用的生命周期相对较短。在后期运行维护中更换难度较大。

外加电流阴极保护是通过外加直流电源以及辅助阳极,

【作者简介】田志金(1984-),男,中国四川成都人,本科,高级工程师,从事市政工程技术研究。

迫使电流从土壤中流向被保护金属,使被保护金属结构电位低于周围环境。常用的直流电源有整流器、可控硅恒电位仪和变频开关恒电位仪。由于仅在前期钻进深井,占地较小,生命周期相对较长,现阶段已逐步在城市管网中推广应用^[2]。

2.3 城市燃气管道特殊管道补充阴极保护现状

城市燃气管道特殊管段主要:穿、跨越管段、受到屏蔽的管段以及后期建设的 PE 管道或者将钢质管道改造为 PE 管等管段。

①穿越管道主要是穿越河流、道路、铁路的钢质管道。一般采用加强防腐对钢质管道进行保护,部分采用锌带进行补充保护,出现管道穿孔后就必须进行换管。

②跨越管道主要是管道新建需穿过河流时由于无开挖或定向钻条件时采用的安装方式。管道整体采用架空方式,通过钢结构支架对管道进行支撑。无法对其施加阴极保护,外防腐层在经过长时间的风吹日晒后,防腐层出现老化、脱落、钢管锈蚀的情况,需定期对管道外防腐层进行清除重新防腐。

③城市燃气管道由于其用户数量较为庞大,在城区内往往较为密集,形成了网状或环状管网。同时,市政钢质管道存在大量的交叉、平行情况。小区内的埋地钢质管道下方存在混凝土结构等,会造成有阴极保护的埋地钢质管道的电流屏蔽。只能采用增加牺牲阳极来进行补充保护。

④钢塑钢交错管段:由于 PE 管道的应用在已建钢质管道后端延伸采用 PE 管道或者改造时将原有的钢质管道更换为 PE 管,以上两种情况会造成整个钢质管网无电连续性。在强制电流阴极保护系统建立之后,无法对 PE 管后端的钢质管道进行保护。通常存在以下两种情况:第一有条件的情况采用强制电流+局部牺牲阳极的方式进行补充阴极保护。第二无条件情况,仅通过外防腐层对钢质管道进行保护。

3 特殊管段阴极保护电源设备应用

3.1 环境要求

城镇燃气管道多铺设于市区内的人行道、绿化带及小区内,周边存在与管道并行的电力、通讯、市政设施。

牺牲阳极保护需要进行大量的土石方开挖且周围不能有其他金属构筑物,而采用常规的深井阳极强制电流阴极保护方式,需市电接入同时对深井阳极要求较高。

采用微型恒电位仪时,阳极地床的要求较低,设备可采用锂电蓄电池、市电、太阳能发电方式进行供电,设备占地小^[3]。

3.2 施工协调

城镇燃气管道阴极保护施工难度较大,临时用电或永久用地需与市政、城管、绿化、物业等相关单位进行协调,涉及单位广泛。采用微型恒电位仪由于占地较小,施工周期较短,协调也相对较简单。

3.3 建设成本

常规的强制电流需进行市电接入、深井阳极安装等,每

个阴极保护站的投资费用 ≥ 50 万元。

采用微型恒电位仪时,由于其设备性价比高、辅助阳极地床要求低的特点,每座阴保站的建设费用 ≤ 10 万元,生命周期较长,保护范围可调节,保护管线 10~50km。

3.4 运行管理

阴极保护系统建设后,需定期对阴极保护系统有效性进行检测评价。采用牺牲阳极保护时,由于无法同步进行通断电位测试,造成管道保护电位测试不准确,无法准确的评价管道受保护情况。

采用微型恒电位仪时可远程控制多台设备同时通断测试,增加管道阴极保护有效性检测评价的准确性和可操作性等。同时,由于其 GPRS 无线传输的优势,可以减少管理单位对设备的日常巡检工作,减少了管理的运行和维护成本。

4 微型恒电位仪结构设计

4.1 整体框架

本次微型恒电位仪以单片机作为设备的控制核心,采用 DC-DC 变换器作为电源模块,通过 D/A 转换模块实现设备电位的设定,A/D 转换模块实现管道电位的采集和设备输出电流的采集。信号传输模块主要为 GPRS 无线传输,通过 GPRS 无线传输将设备的各参数上传到智能阴极保护平台或通过智能阴极保护平台对本设备进行远程控制,如图 1 所示。

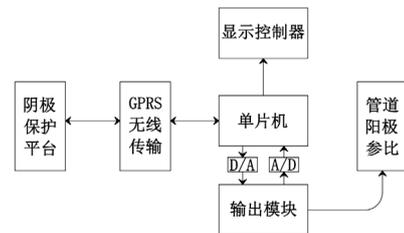


图 1 微型恒电位仪原理图

4.2 单片机

单片机又称单片微控制器,它是将一个计算机系统集成为一个芯片上。相当于一个微型的计算机,和计算机相比,单片机只缺少了 I/O 设备。它的体积小、质量轻、价格便宜。

作为计算机技术中的一个分支,单片机技术在电子产品领域的应用,丰富了电子产品的功能,也为智能化电子设备的开发和应用提供了新的出路,实现了智能化电子设备的创新与发展。

微型恒电位仪的单片机采用 STM32 作为设备的处理器,该处理器可满足设备的所有功能需求,且对于后期改造也具有丰富的接口。

4.3 输出模块

输出模块作为微型恒电位仪的关键设备之一,它不仅需要满足设备其余部件的运行,还要为埋地管道提供阴极保护电流。因此该模块应满足输出精度高、波纹系数小、抗干扰能力强的要求。根据设备运行环境、功率的要求。采用 24V

直流电源供电作为微型恒电位仪的输出模块作为研究。

直流电压输出为 0~24V，额定输出电流为 11.3A，额定功率 271.2W，波纹与噪声系数最大为 150mVp-p，电压精度达到了 ±2%，同时具备短路、过负载、过电压、过温度、输入反极性保护等功能，满足微型恒电位仪对硬件的要求。可通过增加 DC-DC 减压模块对微型恒电位仪的其他部件进行供电。

4.4 A/D 转换模块

A/D 转换模块主要是为了实现微型恒电位的输出电流、输出电压和参比电位的数据采集。信号先转换为电压信号，再转换为数字信号至单片机，经过计算传输到显示控制器以便我们对阴极保护系统运行状态的读取。

4.5 D/A 转换模块

D/A 转换模块主要是为了实现微型恒电位仪的电位控制和输出大小控制。当设定好微型恒电位仪的运行参数后，单片机根据此数据控制 D/A 转换模块进行信号转换，将模拟电压信号输送至输出模块，调节模块输出状况，从而实现对阴极保护系统的控制。

4.6 GPRS 无线传输

目前恒电位仪常用的数据传输方式为 RS485，根据城镇燃气管道的环境特点，不存在 RS485 通信的条件，因此，本设备采用的数据传输方式为 GPRS 无线传输。

GPRS 无线传输设备主要针对工业级应用，是一款内嵌 GSM/GPRS 核心单元的无线 Modem，采用 GSM/GPRS 网络为传输媒介，是一款基于移动 GSM 短消息平台和 GPRS 数据业务的工业级通讯终端。它利用 GSM 移动通信网络的短信息和 GPRS 业务为用户搭建了一个超远距离的数据传输平台。标准工业规格设计，提供 RS232 标准接口，直接与用户设备连接，实现中英文短信功能，彩信功能，GPRS 数据传输功能。具有完备的电源管理系统，标准的串行数据接口。外观小巧，软件接口简单易用。可广泛应用于工业短信收发、GPRS 实时数据传输等诸多工业与民用领域。

5 微型恒电位仪试验效果分析

5.1 试验环境

根据以上的微型恒电位仪设计，对设备进行制造，在实验环境内对设备输出、运行状况进行测试。实验环境选择在河边进行，将 2 跟 1 米长的裸钢管间距 10 米浸到水底，分别作为辅助阳极和受保护对象，参比电极选取饱和硫酸铜参比电极。

5.2 试验数据分析

实验平台包含阴极保护系统的辅助阳极、保护对象、电源设备、参比电极等，通过对不同输出状况下的参数进行测试，以此来验证设备的精度、稳定性和可靠性等。其实验数据如表 1 所示。

如表 1 所示，本次设计微型恒电位仪在电位测试中的精度达到了 1% 以上，其电压和电流的精度也达到了 5% 以上，满足工业化使用需求，可以在城镇燃气管道阴极保护系统中进行实验运行。

5.3 预期应用效果

微型恒电位仪主要应用于特殊地段管道阴极保护，其保护长度最远距离理论上可以达到 80km。由于城市燃气管道较为密集，在已有强制电流保护的管道上也可以通过增加（浅埋阳极）微型恒电位仪进行联合保护，增加保护范围。

由于微型恒电位仪设备价格较低，在城市燃气管道需要多台恒电位仪进行联合保护时，可以减少 80% 的建设成本。同时，通过远程终端控制可以减少 60% 的运行和维护成本。

对城市管道直流干扰也可以通过增加微型恒电位仪来调节管道电位。该方式较常用的排流方式更节省成本。

6 总结

通过对特殊管网的统计分析，完成微型恒电位仪的设计并进行相应的试验和试验数据分析，该结构的微型恒电位仪能满足城市特殊地段燃气钢质管道阴极保护的需求，在城市燃气管道工程中具备良好的市场推广应用价值和降本增效的经济效益。

表 1 微型恒电位仪实验数据统计报表

预置电位 /mV	实测电位 /mV	误差	输出电压 /V	实测电压 /mV	误差	输出电流 /mA	实测电流 /mA	误差
-900	-895	0.56%	2.57	2.54	-1.17%	53	52	-1.89%
-1100	-1102	-0.18%	4.13	4.14	0.24%	91	92	1.10%
-1300	-1307	-0.54%	6.95	6.92	-0.43%	135	132	-2.22%
-1500	-1492	0.53%	9.28	9.29	0.11%	179	175	-2.23%
-1700	-1691	0.53%	12.86	12.87	0.08%	248	253	2.02%
-1900	-1908	-0.42%	15.17	15.21	0.26%	307	316	2.93%
-2100	-2091	0.43%	18.03	17.98	-0.28%	358	363	1.40%
-2300	-2310	-0.43%	20.84	20.89	0.24%	408	401	-1.72%
-2500	-2512	-0.48%	23.79	23.85	0.25%	475	481	1.26%

参考文献

- [1] 江永强.基于阴极保护的管道防腐技术与应用研究[J].粘接,2022,49(3):27-31+39.
- [2] 张一,常通,蔡亮,等.管道阴极保护电源产品性能评述[J].全面腐蚀控制,2022,36(1):34-37.
- [3] 杨超,黄珊,韩庆,等.阴极保护技术的应用现状及相关问题探讨[J].石油化工腐蚀与防护,2021,38(3):30-32.