

大型钢管外加电流阴极保护技术的应用

杨津龙¹, 范屹坤², 宋丹丹²

(1. 淄博市政务服务中心, 山东 淄博 255000; 2. 淄博安瑞水质检测有限责任公司, 山东 淄博 255000)

【摘要】通过总结淄博市南水北调配套工程输水钢管外加电流阴极保护技术的实施过程及成效, 阐述了阴极保护技术在输水管道领域的应用前景。该项目阴极保护措施方案的选择、具体实施及系统平台建设, 对同类项目建设具有较好的借鉴作用, 也为淄博市南水北调工程后续运行管理提供理论依据和技术支撑。

【关键词】淄博市; 南水北调; 供水管道; 阴极保护

【中图分类号】 U448.27

【文献标志码】 A

【文章编号】 1009-6159(2024)-12-0062-03

Application of Impressed Current Cathodic Protection Technology for Large Steel Pipeline

YANG Jinlong¹, FAN Yikun², SONG Dandan²

(1. Government Affairs Service Center of Zibo Municipality, Shandong Province, Zibo, Shandong 255000, China;

2. Anrui Water Quality Testing Co., LTD., Zibo Municipality, Shandong Province, Zibo, Shandong 255000, China)

Abstract: By summarizing the implementation process and effect of impressed current cathodic protection technology in the water diversion steel pipeline in Zibo section, South-to-North Water Diversion project in, the application prospect of cathodic protection technology in the field of water diversion pipeline is expounded. The selection, concrete implementation and system platform construction of the project cathodic protection measures have a good reference for the construction of similar projects, and also provide theoretical basis and technical support for the follow-up operation and management of Zibo section under South-to-North Water Diversion project.

Key words: Zibo Municipality; South-to-North water diversion; Water supply pipeline; Cathodic protection

南水北调东线一期工程淄博市配套工程是构建淄博市现代水网体系的重要基础设施。工程规模为年引用长江水 5 000 万 m³, 主要建设内容包括引水工程、调蓄工程和输水管道工程三部分, 其中新城水库至黄土崖段输水工程是输水工程的重要组成部分。该工程自新城水库接出, 沿线穿越村庄、河流、高压输电线路、电气化铁路及公路设施等, 输水至黄土崖水库。设计供水规模 26.88 万 m³/d, 总长 25.2 km, 其中过河倒虹 2 座, 顶管穿越公路 19 处。设计采用 DN1 800 mm 钢管, 内防腐采用热熔结环氧粉末涂层, 外防腐采用高分子三层 PE 防腐, 总投资 2.2 亿元。

输水管道采用 DN1800 mm 埋地钢管, 距离长、规格大、土壤环境复杂, 土壤中不同含量的水

和易电离的盐类等物质, 使土壤与管道金属构成原电池, 导致金属管道外壁发生不同程度的电化学腐蚀, 甚至造成腐蚀穿孔。因此, 采用科学有效的阴极保护方案成为项目长久运行的关键。

1 阴极保护方案及主要参数

1.1 阴极保护方案

目前, 常用的阴极保护方案有强制(外加)电流阴极保护法和牺牲阳极阴极保护法。

强制电流阴极保护法通过外加直流电源以及辅助阳极, 迫使电子从土壤流向被保护金属, 使被保护金属结构电位高于周围环境来进行保

收稿日期: 2024-07-10

作者简介: 杨津龙(1989—), 男, 工程师

护,具有输出电流连续可调、保护范围大、不受土壤电阻率的限制、适用性强、保护装置使用寿命长等优点,但需外部电源,投产后需进行维护管理。

牺牲阳极阴极保护法是利用原电池原理,将还原性强的金属作为保护极,与被保护的金属相连构成原电池,还原性强的金属将作为负极发生氧化还原反应而牺牲消耗,被保护的金属作为正极,免于被腐蚀。

本项目线路起点位于新城水库,外部电源可靠,维修方便,综合分析选定外加电流阴极保护方案。

1.2 主要参数

主要设计参数指标有:保护电流密度、自然电位、最小保护电位、最大保护电位、保护年限、土壤电阻率等。根据强制电流阴极保护使用年限、防腐层材料及老化等因素,结合实际施工情况,确定以下参数:保护电流 $I=S \cdot i=2.85 \text{ A}$;自然电位 -0.55 V ;最小保护电位 -0.85 V ;最大保护电位 -1.2 V ;保护年限 30 年;土壤电阻率 $124 \Omega \cdot \text{m}$;保护电流密度 $i=20 \mu\text{A}/\text{m}^2$ (备注:以上保护电位相对于铜/饱和硫酸铜参比电极)。

综合分析,恒电位仪选择 75 V/30 A 作为本项目电源设备。

2 电化学腐蚀控制体系建设

2.1 常规阴极保护

对于无电流干扰的区域,采用常规阴极保护措施。主要部件包括:直流电源、辅助阳极、参比电极、智能测试桩、辅助材料等。

1)直流电源—恒电位仪。恒电位仪作为负反馈放大—输出系统,与被保护物构成闭环调节,通过参比电极测量通电点电位,作为取样信号与控制信号进行比较,实现控制并调节极化电流输出,使通电点电位得以保持在设定的控制电位上。项目包含两台恒电位仪(一用一备)和一台控制台机柜,恒电位仪安装在新城水库保护间内,方便供电、数据传输、控制和管理。

2)辅助阳极。辅助阳极又称为阳极地床,是外加电流阴极保护系统中,将保护电流从电源引入土壤中的导体。通过辅助阳极把保护电流送入土壤,经土壤流入被保护的管道,使管道表面进行阴极极化(防止电化学腐蚀),电流再由管

道流入电源负极形成一个回路,这一回路形成了一个电解池,管道在回路中为负极处于还原环境中,防止腐蚀,而辅助阳极进行氧化反应遭受腐蚀。根据工程情况,设计安装 1 支预包装贵金属氧化物深井阳极体,阳极体尺寸 $\phi 219 \text{ mm} \times 6\,000 \text{ mm}$,阳极体总额定排流量在 25 A 左右。

3)参比电极。参比电极的作用有两个:一方面用于测量被保护结构物的电位,监测保护效果;另一方面,为自动控制的恒电位仪提供控制信号,以调节输出电流,使结构物总处于良好的保护状态。恒电位仪安装完毕后,需要接入控制参比,控制参比通常埋设在管道距离阴极保护间最近的地方,埋设方式与沿线参比埋设相同,控制参比电缆通过电缆沟引至阴极保护间恒电位仪参比信号端。

4)智能测试桩。每 1 km 设置一支电位测试桩,测试桩统一安装在管道一侧,每个测试桩处埋设 1 支极化探头,探头装有无线电位采集仪,配合参比电极,可采集埋地金属管道的通电电位、断电电位、交流干扰电压、自然腐蚀电位、电池电压、测量时间、测量地点等数据,并通过 GSM 短信或 GPRS 方式将设备采集到的数据发送管网安全信息管理系统。

5)辅助材料。辅助材料包括绝缘接头、接地电池、铝热焊、补伤片、热熔胶等。

2.2 特殊区域交流杂散电流排流体系

由于沿线部分管道与 500 kV 高压输电线路平行布设,并穿越滨莱高速、高淄路等静电场和交变磁场影响较强区域,输水钢管能感应出交流电压和电流,易对管道产生危害,尤其是在交直流叠加的情况下,交流电的存在可引起电极表面的去极化作用,造成腐蚀加剧,形成穿孔。

为避免杂散电流干扰,本项目采用交流杂散电流防护新型技术—改进型固态去耦排流系统。该系统由固态去耦合、牺牲阳极接地极、连接电缆组成,管道和牺牲阳极接地极通过电缆连接到固态去耦合器,系统接入后不但有效排除管道上杂散电流,还能阻止部分大地中的电流干扰源通过排流系统流入管道,排流效果性能显著。

2.3 数据分析管理综合平台

数据分析管理综合平台集“设备管理、供水管网、决策辅助、个人平台、系统管理”五大系统

于一体,利用百度地图,采用 GIS 信息管理将无线传输系统传输的数据进行接收并对该数据进行分析对比汇总。

1)地图展示。系统地图展示功能显示该系统内供水管线的分布以及包含的设备仪器(智能恒电位仪、无线电位采集仪、电子测试桩、排流系统)在地图中的位置等信息,并且能够通过选择年份展示该年份添加的仪器设备情况。

2)决策分析。系统对智能恒电位仪、无线电位采集仪归集的数据进行统计分析,绘制折线图、柱状图,生成简洁、直观的统计界面,供决策者参考。

3)异常预警列表。系统实时监控相关仪器的数据情况,一旦发生数据异常,可精准定位异常仪器的位置信息,并且可点击仪器查看数据的异常状况。

4)其他功能。除上述功能外,系统还可以根据已有数据计算并展示管网的保护率和保护度,以及展示系统内包含的设备数量。

3 运行调试及实施效果

3.1 运行调试

阴极保护系统所有设备和部件安装完毕约

24 h 以后,对保护电位进行了测量,并沿线检查测试桩部位管道的保护电位,确保电位值维持在 $-0.85\sim-1.25$ V 之间。同时,管网安全信息管理系统正常接收数据,且各项功能完全符合管网安全信息管理系统要求。

3.2 检测指标及实测数据

检测指标包含通电电位、断电电位、自然腐蚀电位、交流干扰电压、电池电压等。

3.3 实施效果

阴极保护方案实施后,有效实现以下目标:精确测量管道的通电电位、断电电位、交流干扰电压和自然腐蚀电位;保证检测数据的可靠性;对于复杂危险地域,减少检测人员发生危险的概率;通过系统 GIS 对管道所有安全信息一目了然,为管道安全运营决策提供客观、科学的大数据;实现管道安全运营的智能化、信息化。

本系统是首次在山东长距离大口径供水项目中使用,极大提高了埋地钢质管道电化学腐蚀控制的管理水平,及时发现问题、解决问题,为管道长期安全运营提供保障。项目于 2018 年 12 月完成竣工验收,目前管线正常运行近 5 年,电化学腐蚀控制在线综合管理系统运行情况良好。

(责任编辑 赵其芬)

(上接第 57 页)提高在遇突发事件后应对处理的能力。

1.7 事故管理

下发生产安全事故报告和调查处理制度,明确事故报告、调查和处理内容,将造成人员伤亡、财产损失和较大涉险事故纳入事故调查和处理范畴,对事故责任人员进行责任追究,落实防范和整改措施。

2 取得成效

2.1 实现制度化、规范化、科学化管理

通过建立健全完善各种管理制度,将管理制度、操作规程上墙明示,用制度管人管事,规范各项管理制度。加强对制度落实情况的检查督办工作,严格奖惩兑现;通过强化职工培训,开展全方位、多层次业务知识、操作技能等培训。全所职工

参加培训人次大幅度上升,有效提高了职工业务能力。

2.2 全员参与,全面管理,全面提升

通过对日常各项安全工作进行细化分解,做到人人有任务、事事有落实。结合单位精神文明建设,在组织、队伍、财务投入等各个环节下功夫,实现单位各项安全管理工作全面发展。通过定期自查,发现问题能够及时全部整改到位。

2.3 促进管理理念转变,促进管理水平提高

加强安全管理,完善安全设施、警示标志,加强水库安全监测设施建设,及时掌握水库大坝工程性态及安全运行情况,为科学制定水库调度规程和安全管理措施、加强水库运行管理和提升应急处置能力提供依据。

(责任编辑 张玉燕)