

# 任丘合建站接地网与区域阴极保护系统兼容性分析

李雪<sup>1\*</sup>, 李凯<sup>2</sup>, 曾宇平<sup>2</sup>, 张伟<sup>1</sup>

(1. 中国石油天然气管道工程有限公司天津滨海分公司, 天津 300457;

2. 中国石油天然气管道局, 河北 廊坊 065000)

**摘要:**通过调研已建工程的区域阴极保护运行情况, 结合阴极保护原理和金属接地材料的电化学特性, 分别对油气场站采用铜包钢接地材料和镀锌钢接地材料时的腐蚀特点进行了分析, 提出了与任丘合建站区域阴极保护相匹配的接地系统优化措施, 保证油气场站的接地网与区域阴极保护系统的兼容性。

**关键词:**区域阴极保护; 镀锌钢; 铜包钢; 接地网; 电偶腐蚀

中图分类号: TQ423

文献标志码: A

文章编号: 0253-4320(2015)12-0176-02

DOI: 10.16606/j.cnki.issn.0253-4320.2015.12.049

## Compatibility analysis of oil and Renqiu combined station grounding and regional cathodic protection system

LI Xue<sup>1\*</sup>, LI Kai<sup>2</sup>, ZENG Yu-ping<sup>2</sup>, ZHANG Wei

(1. China Petroleum Pipeline Bureau Tianjin Design Institute, Tianjin 300457, China;

2. CNPC China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, China)

**Abstract:** Regional cathodic protection technique known as an important measure for corrosion control of buried metallic facility in oil/gas station, has been widely used for oil/gas storage and transportation project in China. Regional cathodic protection is used in Renqiu combined station of oil pipeline from Tianjin port to North China Petrochemical Company. In the past projects, metallic grounding system will consume lots of cathodic protection current, causing electrical interference and galvanic corrosion, and reducing the efficiency of regional cathodic protection finally. Base on the investigation of the running oil/gas station, considering cathodic protection philosophy and the electrochemical characteristic of grounding material, the corrosion characteristic of copper clad steel grounding material and galvanized steel grounding material are separately analyzed. The optimization strategy for grounding system well-matched with Renqiu combined station is finally put forward, which guarantees the compatibility between grounding system and regional cathodic protection system.

**Key words:** regional cathodic protection; galvanized steel; copper clad steel; grounding network; galvanic corrosion

随着我国石油天然气行业的快速发展, 与之相关的油气场站不断增多。尤其近年来, 随着西气东输管道、陕京管道等工程的建设, 油气场站的腐蚀控制越来越受到重视, 区域阴极保护技术<sup>[1]</sup>是油气场站腐蚀控制的重要技术手段。

“天津港-华北石化原油管道工程”(又称“津华线”)起点为天津港汇鑫油库首站, 终点为河北任丘合建站。全线设汇鑫油库首站、青县中间热泵站和任丘合建站3座工艺站场以及8座阀室(包括RTU阀室5座, 手动阀室3座), 设置2座线路阴极保护站。其中, 在任丘合建站设计了站场区域阴极保护。

任丘合建站区阴极保护的對象主要为埋地管道, 但当被保护管道和站内接地网连接在一起时, 由于接地系统为裸金属材料, 肯定会消耗阴极保护电

流, 电流消耗量会大大增加, 并造成干扰、屏蔽问题, 降低区域阴极保护效果。本文中针对接地网与区域阴极保护的矛盾展开分析和提出解决措施。

### 1 油气场站接地形式及常用材料

联合接地是油气管道站场接地系统的常规做法, 接地电阻低, 减小了地电位梯度和管地电位差, 避免了管地电位差对人身安全、管道本体、管道涂层、管道阴极保护设施等产生危害。当接地系统的某一部分发生故障时, 联合接地的多回路特性可确保接地系统的正常运行。

我国大部分油气场站的接地装置使用镀锌钢作为接地材料, 如热镀锌扁钢或锌包钢。美国和欧洲国家主要采用铜材作为接地材料, 并且被相关的国

际标准(如 IEEE 和 BS)所推荐。应用于接地工程中的铜材主要有铜排、铜绞线、镀铜钢、镀铜钢绞线等接地导体<sup>[2]</sup>。

多年的实践证明,油气场站无区域阴极保护时,镀锌钢不是理想的接地材料,尤其在腐蚀严重的地区,铜接地材料更能满足接地装置的运行要求和寿命要求<sup>[3]</sup>。

## 2 接地材料对油气场站区域阴极保护的影响

对于接地系统而言,联合接地可有效地降低发生电击的风险,但对区域阴保系统而言,联合接地意味着阴极保护电流需求量的增大,当接地极为裸铜线时,阴极保护电流的需求量将增大数倍,尤其当管道的涂层效果较好时,铜接地会使阴极保护电流大部分流向铜接地。

根据现场数据计算达到同一电位时,铜包钢和镀锌扁钢所需的阴保电流密度分别为  $9 \text{ A/m}^2$  和  $0.06 \text{ A/m}^2$ ,铜包钢接地网所需的电流密度为镀锌扁钢接地网的 150 倍之多<sup>[4]</sup>。

国内某油气站场于 2007 年初投产,采用联合接地,接地极材料为铜包钢,场站设有区域阴极保护。投产后发现阴极保护系统最大输出电流达  $50 \sim 60 \text{ A}$ ,对站内埋地管道电位测量发现,接地网密集处的管地电位偏正,不能满足标准要求。

## 3 任丘合建站接地系统优化

不同材料在电解质中的电位序见表 1。

表 1 不同材料在中性土壤中的电位序

材料	电位(vs CSE)/V
碳、石墨、焦炭	+0.3
铜、黄铜、青铜	-0.2
低碳钢	-0.4 ~ -0.6
锌	-1.1

以下针对铜包钢和镀锌钢接地网对任丘合建站阴极保护系统的影响,分别从电化学腐蚀角度进行了分析。

### 3.1 镀锌钢接地网

当任丘合建站采用镀锌钢接地网且无区域阴极保护系统时,镀锌钢的电位比埋地的钢质管道电位偏负。镀锌钢接地网和埋地管道可看作一个宏观腐蚀电池,镀锌钢为腐蚀电池的阳极,埋地管道为腐蚀电池的阴极,在土壤介质中腐蚀电流从镀锌钢流向

钢质管道,钢质管道受到保护,而镀锌钢接地网受到腐蚀,镀锌钢接地网腐蚀可以由此得到解释(见图 1)。

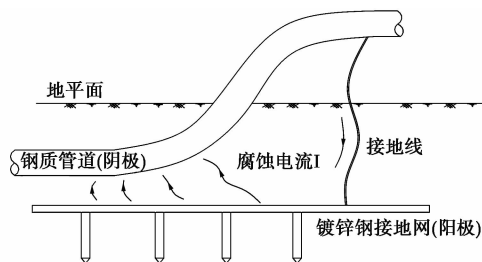


图 1 镀锌钢接地与钢质管道的宏观腐蚀电池

为了解决镀锌钢接地网的腐蚀问题,任丘合建站区域阴极保护将接地网和埋地管道一起保护,此时镀锌钢和钢质管道成为阴极保护系统的阴极,辅助阳极地床为阴极保护系统的阳极,阴极保护电流在土壤介质中从辅助阳极流向钢质管道及镀锌钢接地网,钢质管道和镀锌钢接地得到保护(见图 2)。

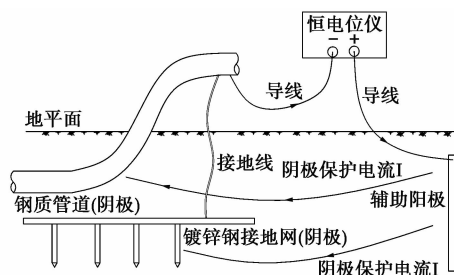


图 2 区域阴极保护系统典型图

### 3.2 铜包钢接地网

当任丘合建站采用铜包钢接地材料时,需要将铜包钢材料的电位极化到埋地钢质管道的保护电位。由于铜包钢材料的电位较正,极化到一个很负的电位需要相当大的阴极保护电流密度。

为避免此种情况的发生,可以在接地线中串接一个隔直流通交流的装置(固态去耦合器、等电位连接器等),可以将腐蚀电流隔断,同时在故障及雷击状态下具有电流导通功能,如图 3 所示。

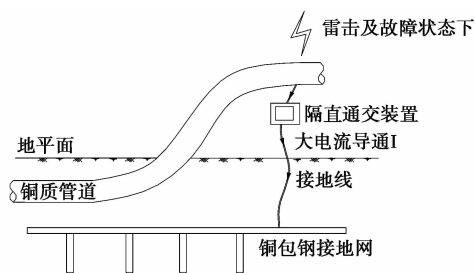


图 3 雷击及故障状态下泄放大电流

管道应用最广泛的补口方式,热收缩带带有配套底漆,底漆的施工分为干膜施工及湿膜施工,由于干膜施工是指涂层实干后进行热收缩带包覆,因此在热收缩带包覆前可进行涂层厚度及电火花检测,防腐效果可控,该结构等于是采用了双层防腐结构。热收缩带优点是黏结力强、防水性和密封性能好、施工方便、不污染环境,具有优异的耐磨损、耐腐蚀、抗冲击性能,不受环境和气候影响。热收缩带基材在辐射交联后,具有记忆性,由这种基材经加工而成的热收缩带管件拉伸强度、抗拉力大大提高<sup>[3]</sup>。

热收缩压敏带采用“辐射交联聚乙烯+丁基橡胶改性压敏胶”。与热收缩带相比,密封性能相当,施工性能优于热收缩带,对管体及PE搭接部位不需要预热,烘烤温度低,只需烘烤到基材收缩,具有抱紧力即可,不像热收缩带需将热熔胶烤至充分融化,因此适用于低温施工<sup>[4]</sup>;缺点是与热收缩带相比,其搭接剪切强度与对管道防腐层的剥离强度均低于热收缩带的性能指标,且价格高于热收缩带。

从经济性、可靠性考虑,热收缩补口仍是国内成熟的、广泛采用的管道补口方式。根据以往的工程经验,为防止防护层破损、保温层浸水,防腐层现场补口采用带环氧底漆的高温型热收缩带补口;环氧底漆厚度 $\geq 400 \mu\text{m}$ 。

## 2.2 保温层补口方案

硬质聚氨酯泡沫具有很低的导热系数,其优异性能在诸多保温材料中占主导地位。此外,硬质聚氨酯泡沫还具有绝缘性能好、质轻、耐热、耐腐蚀,与金属、非金属黏结性能好等优点,其与复合硅酸盐二者保温材料主要性能指标比较见表1<sup>[5]</sup>。本工程直管段管线选用硬质聚氨酯泡沫塑料保温层,经计算得知,保温层厚度确定为40 mm,直管段防腐保温管采用“管中管”法预制。补口处保温层厚度与直管

段一致,考虑到现场施工因素影响,补口处保温层采用聚氨酯泡沫瓦块代替现场发泡工艺,将工厂预制成型的聚氨酯泡沫瓦块在现场扣接,以缩短现场施工时间。

表1 保温材料性能比较

性能指标	硬质聚氨酯泡沫	复合硅酸盐
导热系数/( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ )	0.023~0.029	0.059~0.060
容重/( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ )	30~50	200~250
吸水率/( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	<0.03	7.5
机械强度(抗压)/MPa	0.25~0.50	0.50~1.00

## 2.3 防护层补口方案

对于长输管线,要想保证取得实际的保温效果,减少输油过程中热能的损失,防护层材料的质量也尤为重要。虽然硬质聚氨酯泡沫塑料的闭孔率达92%以上,但如果长时间浸润在水中,也存在吸水情况,现场施工人员将其形象地称为“穿湿棉袄”。为解决这一问题,提出以下方案。

(1)防护层补口采用电热熔套袖,并应用电熔焊技术加热安装<sup>[6]</sup>,但此法在不安装防腐保温层端面的防水帽时还可以做到与防护层密封贴合紧密,一旦安装有防水帽,防水帽会影响电热熔套袖与主管外壳之间的贴合,干扰电热熔套袖的焊接效果,给施工带来困难。

(2)防护层补口采用高密度聚乙烯(HDPE)套袖管+热缩带形式,其中HDPE套袖管(壁厚不小于主管外壳壁厚)采用口径稍大于直管外壳的尺寸,能够套在主管上,且长度要能覆盖掉防水端帽与主管外壳搭接部分(与主管搭接长度超出防水端帽与主管搭接的100 mm以上),之后再按常规工艺在套袖管两侧环向加装热缩带,并完成保温材料浇注。

需要的阴极保护电流之和。

## 参考文献

- [1] 杜艳霞,张国忠. 输油泵站区域性阴极保护实施中的问题[J]. 腐蚀与防护,2006,27(8):417-421.
- [2] 杨小光,刘连光,曹锦红. 全户内GIS变电站接地材料的选择[J]. 科技情报开发与经济,2010,20(35):166-167.
- [3] 马光,韩钰,聂京凯,等. 电气工程接地用铜覆盖钢腐蚀性能研究[J]. 华东电力,2010,38(11):1736-1738.
- [4] 葛艾天,刘权,陈国桥,等. 铜接地系统对输油气站埋地管道的影晌[J]. 天然气与石油,2010,28(2):15-17. ■

(上接第177页)

## 4 结语

接地系统对油气站场内区域性阴极保护系统的保护效果影响很大,因此必须在设计阶段考虑采取措施保证电力接地系统与阴极保护系统的兼容。

由于采用铜包钢接地需要安装大量隔直流通交流的装置,而经过计算采用镀锌钢接地极需要的电流并不是不大。因此,推荐采用镀锌钢作为任丘合建站区的接地极,同时阴极保护设备的输出电流量包括接地材料所消耗的阴极保护电流和埋地管道所