

# 冷喷锌应用在变电站构支架中的可行性研究

王庭华<sup>1</sup> 杨志华<sup>2</sup> 褚路轩<sup>2</sup>

(1、国网江苏省电力公司经济技术研究院,江苏 南京 211103 2、无锡华东锌盾科技有限公司,江苏 无锡 214100)

**摘要** 变电站构支架长期处于露天环境中,大气腐蚀会造成变电站安全运行的隐患。现阶段对于构支架的防腐主要有有机涂层防腐、无机非金属涂层防腐及金属覆盖层防腐。金属锌覆盖层防腐应用更为广泛,其包括热镀锌工艺和冷喷锌工艺。文章通过对比冷喷锌与其他防腐方式,并对全寿命周期成本进行分析,探讨其在变电站构支架防腐中应用的可行性。

**关键词** 变电站构支架;大气腐蚀;热镀锌;冷喷锌;全寿命周期成本

## 引言

目前对钢材的防腐主要有有机涂层防腐、无机非金属涂层防腐及金属覆盖层防腐,其中金属覆盖层防腐以锌保护为主,包括热镀锌和冷喷锌。在各种腐蚀条件下,大气腐蚀是造成钢构件腐蚀的主要因素。文章将通过调研及对比分析的方式,探讨冷喷锌在变电站构支架防腐中应用的可行性。

### 1 大气腐蚀

变电站构支架暴露在外部环境中,属于典型的大气腐蚀。大气腐蚀对金属的危害比其他腐蚀因素更严重,其造成的变电站腐蚀已经成为影响电网安全运行的重大隐患。

影响大气腐蚀的因素可以概括为气候条件、大气腐蚀性组分、表面因素三类。气候条件包括湿度、温度、日照量和降水量等,不同气候条件对腐蚀影响各有利弊;大气腐蚀性组分主要以干、湿两种沉降方式传输到材料表面,从而导致电化学反应,表面因素包括腐蚀产物和表面状态,促进了腐蚀的进行。

### 2 变电站构支架的腐蚀类型

在露天环境中,大气腐蚀对变电站构支架的腐蚀形态很多,大体可以分为均匀腐蚀和局部腐蚀。

#### 2.1 均匀腐蚀

均匀腐蚀的腐蚀作用是均匀地发生在整个金属表面上,并在平面上逐步地使金属腐蚀并降低其各项性能,一般均匀腐蚀发生时间相对缓慢。

#### 2.2 局部腐蚀

局部腐蚀的程度与变电站周边环境和构支架自身的防腐性能有直接关联。

点蚀是大多数内部腐蚀形态的一种,可以形成大大小小的孔眼,腐蚀疲劳是钢铁在交变应力作用和腐蚀介质的共同作用下产生的腐蚀。

缝隙腐蚀一般发生在处于腐蚀液体中的金属表面或其它屏蔽部位,是一种严重的局部腐蚀。几乎所有的腐蚀性介质,包括淡水,都能引起金属的缝隙腐蚀,根据经验缝隙腐蚀的敏感宽度为0.02~1 mm,最易发生在螺栓等连接部位。

焊缝腐蚀也是构支架容易出现的一种腐蚀现象,构件除焊缝处易发生集中腐蚀外,在焊缝处的腐蚀问题也比较突出,调查发现焊缝腐蚀基本不扩散,腐蚀集中。常见的构支架腐蚀还有电偶腐蚀、应力腐蚀、镀锌层缺陷腐蚀、涂层缺陷腐蚀、摩擦腐蚀等。

### 3 变电站构支架常用的防腐方式

目前钢结构常用的防腐方法有有机涂层防腐、无机非金属涂层防腐及金属(锌)覆盖层防腐。

#### 3.1 有机(无机)涂层防腐

有机(无机)涂层防腐是一种常用的钢结构防腐方法,以环氧富锌漆<sup>[1]</sup>为主,在我国工业与民用建筑工程中应用广泛。由于涂料体系本身防护原理限制,防腐年限一般5~10年,难以满足变电工程50年的使用寿命。期间,维修次数多,维修难度大,维修成本高,且不利于变电站持续工作,影响经济效益。

#### 3.2 金属(锌)覆盖层防腐

锌有很好的耐蚀性能,在空气或pH值6~12的水中长期使用不腐蚀,在海水中的腐蚀速度也较慢。常用的锌防腐方法包括热镀锌和冷喷锌。

3.2.1 热镀锌防腐。热镀锌作为一种传统的防腐方式,分为美联法、森吉米尔法、气刀法等,其防腐性能较高,有效解决了涂料防腐体系的使用寿命短等缺点,防腐年限一般可达30年,在变电工程中有广泛应用。但是热镀锌会带来高污染、高能耗,且施工要求比较高,国家已在逐步立法限制热镀锌的发展。

3.2.2 冷喷锌防腐。冷喷锌与热镀锌防腐原理相同,但其施工要求更低,能耗更低,属于环保材料,特别是在变电站构支架防腐方面,用冷喷锌防腐年限长达30~50年。国内的国家重点工程如国家大剧院、平果2500kV变电站、苏通大桥等,都使用了冷喷锌技术进行防腐,有效地解决了防腐周期短及其他缺陷问题。

### 4 变电站构支架常用防腐方式技术对比

#### 4.1 涂层防腐防护技术及对比

涂层防腐主要以非金属元素氧化物或金属与非金属元素生成的氧化物为主体构成覆盖层进行防腐。目前,涂层防腐材料以环氧富锌漆为主,包括无机富锌漆和有机富锌漆,涂料中的锌粉可起到与热浸镀锌层类似的阴极保护作用。但是,涂层防腐存在以下问题:(1)防腐年限短;(2)施工要求高,施工周期长;(3)维修难度大,成本高;(4)兼容性差;(5)具有一定污染,经济效益较低。

#### 4.2 金属(锌)覆盖层防腐防护技术及对比

4.2.1 热镀锌工艺。热镀锌工艺就是把金属构件表面经过预处理后全浸入熔融金属溶液,熔融金属与构件表面结合形成金属覆盖层达到防腐目的。热镀锌金属工艺一般分为溶剂法和氧化还原法(森吉米尔法),溶剂法又分为湿法和干法。溶剂干法可以使金属覆盖层和基层良好结合,但存在以下问题:(1)预处理过程产生污染,涂层易脱落;(2)高温加工后易变形;(3)构件尺寸受限制;(4)施工要求高,兼容性差;(5)能耗高,施工周期较长。

4.2.2 冷喷锌工艺。冷喷锌工艺近年来发展极为迅速,其属于一种涂膜镀锌。冷喷锌的干膜金属锌含量可高达96%以上,由超细锌粉、有机树脂和挥发性溶剂组成,以涂装方式把锌粉镀覆在基体材料表面上达到防腐目的。其保护原理类似电镀锌,具有主动阴极保护和屏障保护双重作用。

冷喷锌的工艺流程:钢材前处理—焊缝及转角预涂锌层—冷喷锌2道—喷涂金属封闭漆一道—检查涂装质量—交付验收—现场安装—破损伤补锌层—整体或局部喷涂金属封闭漆一道。相比于热镀锌及富锌涂料,冷喷锌有如下特点和优势:(1)锌粉纯度高,结合能力好;(2)孔隙率低,耐酸雨;(3)表面处理要求低,只需达到GB8923-88 Sa2.5级标准;(4)施工方便,周期短,兼容性好;(5)环保,符合BS6920英国标准;(6)维修成本低,经济效益好。

4.2.3 冷喷锌技术的应用与推广。国外生产冷喷锌的企业,如比利时的Zinga、日本的ROVAL、美国的ZRC、德国的WURTH等都成功将冷喷锌工艺应用于钢结构防腐,近年来,国内相关冷喷锌的企业以锌盾科技公司为首,将冷喷锌技术进行推广应用,冷喷锌技术具有节能、环保、施工方便、经济效益高等优点,能够很好地贯彻“两

表1 冷喷锌与热镀锌防腐经济性对比

| 防腐方式 | 总膜厚                      | 首次涂装理论材料费用单价           | 防腐年限   | 涂层重涂费用   | 30年总体防腐费用                | LCC评测 |
|------|--------------------------|------------------------|--------|--|--------------------------|-------|
| 冷喷锌  | 100 μm (80 冷喷锌+10 金属封闭剂) | 75 元/m <sup>2</sup>    | 30 年以上 | 无需彻底打磨前处理,重涂时直接上面漆, 15 元/m <sup>2</sup>        | 75~90 元/m <sup>2</sup>   | 最低    |
| 热镀锌  | 80 μm~100 μm             | 75~90 元/m <sup>2</sup> | 30 年以上 | 完全打磨后上普通涂料,首次大修后维修周期为5年,每次费用40元/m <sup>2</sup> | 115~130 元/m <sup>2</sup> | 中等    |

# 计算机技术在电力系统自动化中的运用研究

陈洪涛

(汉江水利水电(集团)有限责任公司丹江口水力发电厂 湖北 丹江口 442700)

**摘要** 随着科学技术的迅速发展,计算机技术逐渐被应用在电力系统中,二者的整合实现了电力系统的自动化,进而有效的提高了电网运行的效率,并提升了电力企业的综合竞争实力。当前,计算机技术已经逐渐被应用在配电网系统、电力调度系统以及变电站中,而在计算机技术不断进步的背景下,未来计算机技术在电力系统自动化中将有着更为广阔的应用空间。文章首先在阐述电力系统自动化的基础上,简述了计算机与电力系统融合的优势,其次分析了计算机技术在电力系统自动化中的具体应用,再次分析了计算机技术在电力系统应用中所呈现出的问题以及解决对策,最后对计算机技术在电力系统自动化中的应用前景进行了展望,以供参考。

**关键词** 计算机技术;电力系统自动化;运用;研究

## 前言

在科学技术的发展下,智能化与自动化的实现为各行业的发展带来了活力,将计算机技术应用于电力系统中,能够在实现电力系统自动化的基础上,保障了电力的稳定、安全运行。与此同时,电力系统自动化的实现也将电力企业相关工作人员从繁重的工作中解放出来,在降低工作压力的同时,确保了工作的质量与效率。总体来说,计算机技术的融入使得电力系统自动化的程度进一步加深,为电力企业的稳健发展奠定了扎实的技术基础。

### 1 电力系统自动化综述

所谓的电力系统自动化指的是以计算机技术为支撑,将先进的计算机技术融入于电力系统之中,进而实现电力系统的智能化运作。立足于电力系统这一整体,其主要是由三大部分构成的:配电网、电力调度以及变电站。将整个电力系统设备相连接,就形成了电力网络,而这一网络的管理与控制工作都是由相应的电力人员来完成的。在实际开展工作的过程中,为了确保实现对电力资源的优化配置,实现对电力网络运行程序的有效管理,以在提高供电安全性的基础上,降低成本投入,提高电力企业的经济效益,就需要在电力网络中融入相应的监控与保护装置,而为了实现对测量与保护装置的有效检测,确保其能够在电力系统运行中充分的发挥自身的作用,就需要实现电力系统自动化。在实施电力系统自动化的过程中,测量装置的加入能够以计算机技术为支撑来实现对应用与操作程序的实时监测,并实现对相应监测数据的实时分析与处理,进而实现电力的合理分配,以全面提高电力资源的使用效率,通过资源的优化配置来提高自身的经济效益与社会效益,而保护装置的融入则能够实现异常数据的实施监测与分析,进而能够第一时间发现安全

隐患的存在,便于相应人员及时采取措施来降低风险。因此,电力系统自动化的实现对于电力企业来讲有着深远的意义与影响,实现计算机技术与电力系统的整合,能够在提高电力企业管理质量与效率的基础上,实现稳定、安全供电。

### 2 计算机与电力系统融合的优势作用

要想确保电力系统的稳定、安全运行,就需要实现对系统各个部分运行情况的有效监管,而在传统的电力系统管理工作中,以上各环节工作的开展都是依赖人工来完成的,进而难免因各种误差等因素的存在而影响到电力系统的正常运转。而随着计算机技术的不断发展,计算机技术被广泛的应用于各行业之中,其在电力系统中的应用充分的体现出了自动化对于电力系统的重要性。将计算机技术应用到电网系统中,能够实现各环节的自动化处理,进而以计算机的智能化来取代人工,有效的提高了电力系统的工作效率,这对于电力系统整体服务质量的提升来讲有着极大的影响作用。以计算机技术为媒介来实现电力系统的自动化,能够在提高各项检测数据准确度的基础上,实现对部分数据信息的自动化处理,进而在降低工作人员压力与负担的基础上,确保了电力系统的稳定运行。

### 3 计算机技术在电力系统自动化中的具体应用

#### 3.1 计算机技术在配电网系统自动化中的应用

随着科学技术的发展,电网的整体改造进入智能化阶段,也就是通过计算机技术的应用来实现配电网的进一步智能化。当前,配电网系统主要是由主站、子站以及终端这三部分构成,通过计算机技术的融入能够实现三部分之间的有效沟通,进而实现了信息资源的高度共享。而信息资源的共享能够为配电网系统实现高效运行奠定基础。

型一化”变电站设计理念,具有广阔的应用前景。

### 5 变电站构支架防腐经济性对比分析

目前,国际上普遍采用全寿命周期成本(Life Cycle Cost-LCC)来评价工程设计的合理性,LCC系指一个系统或设备在全寿命周期内,为购置它和维持其正常运行所需支付的全部费用,包括设计、研究开发、制造、使用、维修和保障直至报废所需费用之和。

相比于其他防腐方式,冷喷锌防腐在30年内LCC经济效益最好,而其对环境无污染,施工便捷,防腐性能更好,故更具应用前景。

同样,对冷喷锌与热镀锌的防腐可以通过LCC分析其经济性指标,具体见表1。

由表1可知,冷喷锌防腐方案的初期投入比热镀锌多,但是后期的维修投入很少,综合考虑冷喷锌的防腐性能更好,更经济。

### 6 变电站构支架腐蚀情况现场调研

传统的镀锌管在管体上留有通气孔,这会加剧腐蚀。现普遍采用的是封堵的方式,阻断腐蚀条件,热镀锌主要应用于输变电钢构件的防腐,工艺成熟,镀锌层的厚度、韧性和表面状态都能控制。在空气洁净地区镀锌层能维持30年以上,而在大气腐蚀严重的环境中腐蚀很快,10年内就能完全腐蚀。

(1)热镀锌处理。220kV 冬圩变电站位于连云港临港产业区内,于2010年投运,构支架均为热镀锌构件。通过调研发现,部分变电站构支架已出现不同程度的腐蚀。

冬圩变电站周边环境相对清洁,但是变电站构支架还是出现了一定的腐蚀,以大气腐蚀为主。管件表面出现部分腐蚀,节点连接处,由于缝隙或孔洞也已经部分锈蚀,法兰连接处螺栓也产生一定的锈蚀。主要原因包括施工产生的缺陷,也与热镀锌材料自身防腐性能有关。

(2)冷喷锌处理。锦屏-苏南800kV直流输电工程是目前世界上电压最高的直流输电工程。其位于安宁河断陷河谷西岸,采用冷喷锌技术对钢结构部分进行防腐处理。

现场调研发现,钢构支架基本没有出现腐蚀,节点连接处喷漆层良好,也没有出现皱褶或断裂,法兰连接处螺栓涂层完好。只有极少部分出现腐蚀,主要由于施工操作不当造成。总体来说,该主流输电电站采用冷喷锌防腐效果很好。

### 7 结束语

环氧富锌涂料和热镀锌作为传统的防腐方法可以对变电站构支架进行一定的防腐,前者防腐年限短,施工要求高,且维修次数和成本高,对环境有一定的污染,后者防腐年限相对较长,但是工艺复杂,施工周期长,且对环境污染较大,经济效益稍好。而冷喷锌作为环保方法材料,其综合了富锌涂料和热镀锌的优势,施工要求低,周期短,防腐年限长,耐酸雨等多种恶劣环境,LCC效益最高。今后,随着可持续发展战略的继续推进,冷喷锌技术将会有更好的应用前景。

### 参考文献

- [1]陈传新,程超,等.变电工程钢结构防腐方法选择[J].电力建设,2009,30(10):20-22.
- [2]黄聪,钟华洁.海滨电厂空间钢结构的防腐[J].电力建设,2000,7:59-61.
- [3]游运通,冯汉民.自干型氟碳改性环氧富锌涂料在电力铁塔上的应用[J].涂料与应用,2007,37(2):24-25.