

导电塑料缆性阳极研制

戚亚光 郑式光

(江苏省常州轻工职业技术学院, 常州 213004)

摘要 介绍导电塑料缆性阳极的制备及其性能, 研究不同导电炭黑、加工助剂、其它助剂及其用量对阳极电缆导电塑料包覆层性能的影响。结果表明, 柔性的导电塑料层具有良好的力学性能、耐化学药品性及导电性, 能保护铜芯免受腐蚀并将电流传导至被保护物; 所研制的导电塑料缆性阳极能满足外加电流阴极保护工程的需要。

关键词 导电塑料 阳极 炭黑 阴极保护

导电塑料缆性阳极包覆层是 20 世纪 80 年代末由美国 Raychem 公司开发的防腐工程新材料。它作为一种柔性远阳极材料, 被推广应用于外加电流阴极保护系统(在此系统中, 阳极接直流电源正极, 被保护金属接负极)。处于腐蚀环境中的混凝土钢筋(如海洋构筑物、港湾设施、受盐污染的桥梁)、埋地钢管、大型化工贮罐等都可采用这种导电塑料缆性阳极, 设计成外加电流阴极保护系统, 施行电化学防护^[1,2]。尤其对已经引起严重腐蚀破坏的情况, 外加电流阴极保护是一种经济而长效的修复技术, 并且施工方便, 可以不干扰设施的正常运行。采用这种柔性远阳极材料, 可在长距离上(如沿被保护管道铺设)或广阔面积范围内(如编成网格状覆盖于被保护混凝土)使保护电流分布均匀^[3], 能为被保护物提供完全的保护, 大大优于以往的点状阳极(如高硅铸铁阳极、石墨阳极等), 并且省能耗, 保护寿命长。然而导电塑料缆性阳极在我国尚属空白, 因此, 研制导电塑料缆性阳极具有重要的工程意义和经济意义。

1 实验部分

1.1 原材料选择

与普通塑料电线的基本结构相似, 阳极电线由铜芯与塑料包覆层组成。不过为能够将输入铜芯的电流均匀分布到被保护物上, 以实施外加电流阴极保护, 此塑料包覆层必须具有很低的体积电阻率, 要求低于 $10 \Omega \cdot \text{cm}$ 。该包覆层除了应有良好的导电性外, 还应应对内部金属导体有良好的保护作用, 故本身应耐腐蚀、致密、吸水性或水渗透性小, 并且具有一定的柔性与力学强度, 弯折绕曲时不损伤包覆层, 从而确保内部铜芯不受腐蚀。为此, 笔者选择了线性低密度聚乙烯(LLDPE 218W)、(乙烯/乙酸乙烯酯)共聚物(E/VAC 630)、导电炭黑(XC-72、EC-300J、HG-1、V7)等为主要原材料, 配以抗氧剂、交

联剂、加工助剂等, 经过混炼造粒、试样制备测得材料性能, 再进行导电塑料缆性阳极的试制与性能研究。

1.2 导电阳极制备

导电塑料缆性阳极制备工艺见图 1。

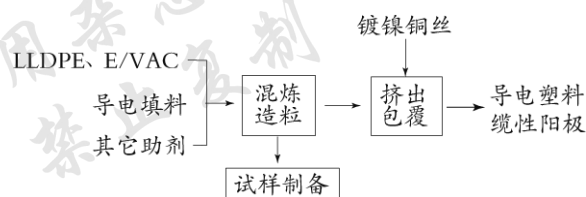


图 1 导电塑料缆性阳极制备工艺流程图

1.3 性能测试与应用试验

熔体流动速率按 GB/T 3682-2000 测试;

体积电阻率按 ISO 3915-1981(E) 测试;

拉伸强度与断裂伸长率按 GB/T 1040-1992 测试;

耐化学药品性按 ASTM D 543 测试, 3% NaCl、3% Na_2SO_4 、10% NaOH;

吸水性按 GB/T 1034-1998 测试;

氯离子渗透性: 采用恒电流电渗透法。以阳极所用导电塑料作为试验槽隔板并加以密封, 在试验槽两侧分别注入浓度为 3% NaCl 溶液和浓度为 0.3 mol/L NaOH 溶液, 以 0.7 A 的通电电流进行加速渗透试验, 时间为 14 d。

阳极应用试验: 以修复工程实际施工条件, 采取 A、B 两种阳极系统。其中 A 阳极系统为导电塑料缆性阳极盘绕成网格(350 mm × 350 mm)状固定于被保护混凝土的表面, 并覆盖以厚约 4 cm 的含盐水泥砂浆; B 阳极系统为导电塑料缆性阳极以线状、1 m 的间距固定于被保护混凝土的表面, 覆盖以厚约 1 cm 的导电砂浆。

2 结果与讨论

2.1 导电炭黑品种及用量的筛选

导电塑料包覆层主要靠炭黑分散在塑料基体里形成导电通路而进行电传导。为达到电子的连续流动,导电炭黑粒子必须彼此靠得很近(隧道效应或场致发射)或保持接触(直接接触导电)^[4]。因此,为达到良好的导电性,炭黑必须达到一定的添加量。而从对内部铜芯的保护而言,炭黑又以较少的用量为好。可见,把握好炭黑品种与添加量对塑料层的体积电阻率及力学性能具有特别重要的意义。为此,我们选择了四种导电性炭黑,进行品种与用量的筛选。试验结果见表1。

表 1 不同炭黑体系的导电性与力学性能

品种	用量 /%	体积电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 /%
V7	20	185	13.6	225
	25	86	12.3	186
	30	42	10.5	104
	32	20	9.3	92
	34	12	8.8	78
XC-72	25	48	15.2	304
	30	24	14.3	245
	32	14	13.2	218
	34	9.2	12.0	206
HG-1	12	28	12.4	185
	14	18	11.3	134
	16	11	9.2	104
	18	6.2	8.1	72
EC-300J	12	32	16.3	326
	14	16	14.8	282
	16	9.4	13.7	245
	18	4.5	13.3	224

由表1可见,不同的炭黑,由于其粒径、比表面积、颗粒结构、表面处理状况、分散性等诸多方面的差异,表现出其改性塑料在导电性能与力学性能上有很大的差别。V7 炭黑在尚未达到合乎要求的体积电阻率时,力学性能已很差;而 HG-1 炭黑虽有较高的导电性,但是力学强度与断裂伸长率较低,难以满足导电阳极的使用要求;采用 XC-72 或 EC-300 J 炭黑,能获得比较平衡的力学性能与导电性,是较为理想的导电添加剂。

2.2 加工助剂对导电塑料缆性阳极包覆层性能的影响

由不同炭黑品种及添加量试验可知,要使阳极的导电塑料包覆层具有合乎要求的体积电阻率与力学性能,加入的炭黑量很大。而导电炭黑具有非常高的比表面积,大量添加后导致混炼分散与加工流

动性很差,挤出成型极为困难。为此,笔者以 XC-72 炭黑为基础,加入了较多量的加工助剂,如炭黑分散剂、氧化聚乙烯蜡等,并寻求导电塑料包覆层的物理力学性能与加工性能的平衡。试验结果见表2。

表 2 加工助剂对导电塑料层的物理力学性能与加工性能影响

品种	用量 /%	体积电阻率 / $\Omega \cdot \text{cm}$	拉伸强度 / MPa	断裂伸长率 /%	熔体流动速率 / $\text{g} \cdot (10 \text{ min})^{-1}$	开炼时辊隙间物料 旋转状态	挤出物表面 状况
氧化聚乙烯蜡 ¹⁾	0	11.2	11.2	203	0.01	不能旋转	粗糙
	3	10.1	12.8	235	0.35	旋转不顺利	有针孔
	5	8.3	12.2	216	0.72	旋转顺利	光滑
	7	8.2	11.8	194	0.93	旋转顺利	光滑
炭黑分散剂 ²⁾	0	12.8	11.7	198	0.08	旋转不顺利	有针孔
	0.3	12.9	11.6	202	0.38	旋转不顺利	有针孔
	0.6	10.4	12.0	218	0.56	旋转较顺利	较光滑
	1.0	9.5	12.4	228	0.68	旋转顺利	光滑

注:1) 炭黑分散剂 0.7%; 2) 氧化聚乙烯蜡 4%。

在无加工助剂或较少的加工助剂情况下,炭黑得不到有效的浸润,混炼分散性差,炭黑粒子之间、炭黑粒子与聚合物基体间的润滑欠佳,因此表现为辊隙存料旋转状态不好、流动性差、表面粗糙或不光滑、有针孔。加工助剂的加入,大大改善了大量炭黑填充体系的加工性能。尤其是在并用氧化聚乙烯蜡与炭黑分散剂后,改善了炭黑的混炼分散性,大幅度提高了体系的熔体流动性,表现为开炼时辊隙存料旋转顺利,挤出成型时制品表面光滑,这与无加工助剂或加工助剂较少的情况形成显明对比。

2.3 导电塑料包覆层的吸水性、耐化学药品性与氯离子渗透性

塑料包覆层的吸水性、耐化学药品性及氯离子渗透性会影响其对内部铜芯的保护作用。若吸水率过高与耐化学药品性差,则对铜芯起不到封闭隔水、防腐蚀作用;若氯离子渗透性大,则氯离子易通过塑料层渗透到达铜芯,使铜芯腐蚀破坏,从而导致阳极失效。为此,笔者在导电性、力学性能、加工性能考察的基础上,对塑料包覆层的吸水性、耐化学药品性及氯离子渗透性进行了研究,试验结果见表3。

由表3可以看出,导电塑料缆性阳极电线的导电塑料包覆层的吸水率仅稍高于空白聚烯烃塑料,可以认为是基本不透水的。随炭黑总用量的减少与交联改性,吸水率、氯离子渗透性有明显下降。因此,选用导电性优良、总用量较少的炭黑品种,再配以交联改性,可得到防护效果较佳的导电塑料包覆层。

表 3 导电塑料层的吸水性、耐化学药品性及氯离子渗透性			
配方体系	吸水率 / %	耐化学药品性	恒电流加速渗透 NaCl 溶液中氯离子损失率 / %
XC - 72(34 %)	0. 22	通过	0. 30
EC - 300J(16 %)	0. 16	通过	0. 18
EC - 300J 14% ¹⁾	0. 14	通过	0. 15
EC - 300J 14% ²⁾	0. 11	通过	0. 11
空白对比配方	0. 08	通过	

注: 1) 未交联; 2) 交联

2.4 导电塑料缆性阳极的应用效果

将所制得的导电塑料缆性阳极进行阳极应用试验, 将 A、B 两种阳极系统应用于已遭受严重腐蚀破坏的海港油码头上的钢筋混凝土的外加电流阴极保护工程上。实施保护仅 75 h 后, 在整个保护范围内去极化电位衰减值(ΔE_{7h} 、 ΔE_{4h}) 已普遍超过国际上目前通用的阴极保护准则^[3, 5]的要求, 即均不小于 100 mV。实测保护参数表明, 采用这两种保护系统, 均可以采用常用的保护电流经验值(< 20 mA / m², 以被保护物的总表面积计) 和较低的槽压(约 2 V) 进行系统保护运行。

系统运行 2 年后, 实测去极化电位衰减值 ΔE_{4h} 均在 200 mV 左右, 实测的保护度分别达到 91%、97%, 证明两种阳极系统都具有良好的保护效果。可见, 所研制的导电塑料缆性阳极能满足实际工程的应用要求。

3 结论

(1) 采用 XC - 72 或 EC - 300 J 炭黑与线性低密度聚乙烯制成的导电塑料缆性阳极包覆层, 既具有高的导电性(体积电阻率低于 10 $\Omega \cdot \text{cm}$), 又具有良好的力学性能。

(2) 加入加工助剂, 可提高炭黑填充体系的流动性与成型性能, 从而使挤出制品表面光滑, 消除了针孔现象。

(3) 采用导电性较好、用量较少的炭黑品种, 再配以交联改性, 可得到吸水性较小、耐化学药品性好、氯离子渗透率较低的防护效果较佳的塑料包覆层。

(4) 所研制的导电塑料缆性阳极, 能满足实际工程的应用要求。

参考文献

1 Machezynsk W. A calculation model for cathodic protection of underground extensive structures using impressed current cable anodes. Electrical Engineering, 2002, 84(1) : 33

2 David R L, Kenneth C, Ted S, et al. Cathodic protection for overhead construction. Concrete Construction, 1987(2) : 193

3 米琪, 李庆林, 阎世华, 等. 管道防腐蚀手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.

4 [日] 雀部博之. 导电高分子材料. 曹镛译. 北京: 科学出版社, 1989.

5 NACE. RP - 01 - 69. Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems. 1992 (revision)

DEVELOPMENT OF THE CABLE-LIKE CONDUCTIVE PLASTICS ANODES

Qi Yaguang, Zheng Shiguang
(Changzhou Light Industrial Vocational Technical College, Changzhou 213004, China)

ABSTRACT The preparation and properties of the cable-like conductive plastics anodes are introduced. The effects of different kinds of conductive carbon black, processing aids, other additives and their dosage on the properties of the conductive plastics coating layer are discussed. The results show that, with their good mechanical properties, excellent chemical resistance and high electrical conductivity, the flexible plastics can protect the copper conductor from chemical attack and at the same time make current flow from the copper to the surrounding and the anode can meet the needs of impressed current cathodic protection engineering.

KEYWORDS conductive plastics, anode, carbon black, cathodic protection

环保型阻燃增塑剂添新品

由天津市联瑞化工有限公司生产的磷酸三异丙基苯酯(IPPP), 得到了广大用户的认可。该产品毒性低, 可广泛用作硝基纤维素、乙酸纤维素、乙基纤维素、聚乙酸乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚酯、聚氨酯泡沫塑料、酚醛树脂和橡胶的阻燃增塑剂, 汽油、润滑油、液压油的添加剂, 聚酰亚胺的加工改性剂, 并可用于金属的萃取, 是磷酸三甲苯(酚) 酯(TCP) 的替代产品。

(彭燕)

江北机械推出 PVC 分离设备

由重庆江北机械厂承担的 2002 年度重庆市重点技术创

新项目——D5MC 卧式螺旋卸料离心机, 日前通过重庆市经委组织的技术鉴定和项目验收。专家认为, 该设备是 PVC 树脂分离的理想设备, 完全可以替代进口同类设备, 并可投入批量生产。

1993 年, 重庆江北机械厂全套引进法国 D 系列离心机技术。在参照法国技术的基础上, 该厂针对 PVC 树脂特性, 开发出高效、大长径比的 D5MC 卧式螺旋卸料离心机。D5MC 卧式螺旋卸料离心机在新疆一企业经过一年多的运行表明, 其能耗低、震动小、自动化程度高、可靠性好、结构紧凑、占地面积小、脱水效果好、产量大。

(江新)