

退役绝缘子芯棒粉末在电缆沟盖板中的应用

林海丹¹ 董巍^{2*} 列剑平¹ 孙友群¹ 杨明¹ 崔明¹ 张益云¹ 杨代勇¹

(1.国网吉林省电力有限公司电力科学研究院,长春 130021;

2.中国科学院长春应用化学研究所,长春 130022)

摘 要 回收退役的聚合物绝缘子成为一个日益迫切的环境和经济问题。将退役绝缘子芯棒粉末粉碎,作为填料添加入玻璃纤维增强环氧树脂复合树脂盖板中,通过高温模压固化,制备了退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板。通过抗冲击韧性试验仪、热变形维卡温度测量仪和电子万能试验机对制备的退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板进行了力学性能及热学性能测试。结果表明:相关性能数据结果均高于普通混凝土盖板及钢纤维增强混凝土盖板。本实验在不影响复合树脂盖板各方面性能的条件下达到了回收利用大量退役芯棒的效果,在废旧高分子材料回收利用、节约能源、材料可持续发展方面具有重要意义。

关键词 退役绝缘子,芯棒粉末,树脂电缆沟盖板

Application of retired insulator core rod powder in cable trench cover

Lin Haidan¹ Dong Wei² Lie Jianping¹ Sun Youqun¹ Yang Ming¹ Cui Ming¹
Zhang Yiyun¹ Yang Daiyong¹

(1.State Grid Jilin Electric Power Co.,Ltd.,Electric Power Research Institute,
Changchun 130021;2.Changchun Institute of Applied Chemistry,Chinese Academy of
Sciences,Changchun 130022)

Abstract The recycling of decomposed polymer insulators has become an increasingly urgent environmental and economic issue.The decomposed insulator core rod powder was crushed and added into the glass fiber reinforced epoxy resin composite resin cover as filler,and the retired insulator core rod powder doped composite resin cable trench cover was prepared through high temperature molding.The mechanical and thermal properties of cover were tested by impact toughness tester, thermal deformation vicat temperature measuring instrument and electronic universal testing machine,and the relevant performance data were obtained.The results were higher than ordinary concrete cover and steel fiber reinforced concrete cover.The experiment achieved the effect of recycling a large number of retired core rods without affecting the performance of cover,which was of great significance in the recycling of waste polymer materials, energy conservation and material sustainable development.

Key words retired insulator,core rod powder, resin cable trench cover

目前,由于聚合物绝缘子具有质量轻、耐污性好、强憎水性、耐污闪性能优异等优点,在电力系统中得到广泛应用。聚合物绝缘子主要由玻纤复合材料芯棒和硅橡胶伞套构成,随着运行年限的增加,聚合物绝缘子逐渐老化,为保证电网安全稳定运行,需定期进行材料更迭,因橡胶老化产生的绝缘子废料量也因而大量增长。鉴于复合树脂电缆沟盖板的实际性能远远超过实际应用所需水平,并且具有广阔的应用前景,本研究尝试将退役绝缘子芯棒进行粉

碎对复合树脂沟盖板进行掺杂,在不严重影响复合树脂沟盖板性能的前提下,拟解决退役绝缘子芯棒的回收再利用问题,对节约能源、材料可持续发展具有重要意义。

1 电缆沟盖板简介

目前实际应用中的电缆沟盖板根据应用材质可分为普通水泥电缆沟盖板、钢纤维混凝土电缆沟盖板和复合树脂电缆沟盖板^{[1]3}类。

作者简介:林海丹(1984-),女,博士,高级工程师,主要从事高电压绝缘材料相关研究。

联系人:董巍。

目前使用比较广泛的是复合树脂电缆沟盖板,其以树脂为基础,辅以玻璃纤维、矿石、改性剂等^[2-6],其优点如下^[7]:(1)防盗性能强:沟盖板采用树脂、玻纤等材料及钢筋骨架经特殊生产工艺复合而成,经高温磨压一次成型,材料无再生利用价值,取出钢筋非常难(取出钢筋成本超过钢筋的价值),因此具有主动防盗的功能。(2)承载力大:所使用的连续增强纤维丝,从材质上保证了纤维丝和玻璃纤维布合为一体,从而使该产品有足够的承载能力,可达到或超过国家标准。(3)使用寿命长:通过采用高性能树脂、玻纤和特殊的生产工艺配方,确保了树脂在玻纤中的渗透,大大增强了两者的粘接力,使材料在循环载荷作用下,不产生内部损伤,从而保证了产品的使用寿命,与其他树脂复合沟盖板具有同等优越性,杜绝了粘接力较差的弊病。(4)美观实用、档次高:可根据高端客户需求,制做复杂 LOGO 与多种颜色在同一沟盖板表面的个性化设计,使图案细腻,色彩鲜艳、分明。并可按客户需求制成各种与各种石材路面相同的仿石材表面及颜色。(5)耐高低温、绝缘性能好,耐腐蚀性能强:产品耐腐蚀、无毒无害。无金属添加物,起到了真正意义上的绝缘效果。能在复杂多变、恶劣、要求高的场所使用。产品经国家相关权威检测机构检测,具有明显的耐酸碱、耐腐蚀能力,抗老化等多项指标均达到并超过国家标准。(6)环保、防滑、低噪声:该产品在汽车碾压过后不打滑、无刺耳噪声及反间现象。同时因产品质量轻,盖、座扣合精密,克服了其他检查沟盖板的“跳、跷、响、移位”等问题。

聚合物绝缘子芯棒材料为玻璃纤维增强环氧树脂,应用粉碎机对芯棒进行粉碎后,可获得尺寸为 500 目的芯棒粉末,内含玻璃纤维及环氧树脂成分。退役绝缘子芯棒粉末对环氧树脂进行掺杂,可将玻璃纤维成分引入到环氧树脂体系内部,达到增强基体的效果^[8-10];同时,芯棒粉末加入环氧树脂可形成粒子增强结构:芯棒颗粒三维随机分布,构成分散相,芯棒粉末颗粒之间没有强的化学链接,掺杂环氧树脂内部不形成整体性的网络加劲结构。芯棒粉末增强环氧树脂中,当存在外力时,芯棒粉末由于内部存在玻璃纤维,与环氧树脂应变不同步,主裂纹前端应力场发生变化,易使主裂纹偏转。同时,加上本身存在大量表面毛刺,当基质环氧树脂达到极限应变断裂时,断裂应力将瞬间集中在芯棒粉末颗粒上,在颗粒表面产生应力集中,诱发大量银纹,进而消耗大

量的能量,因此可提高环氧树脂的冲击强度和可塑性^[11-14]。同时,应用此种方法制备复合树脂电缆沟盖板,对节约能源、材料可持续发展具有重要意义。

2 实验部分

2.1 原料

环氧树脂(一等品,符合 GB/T 13657 的规定),山东德源环氧科技有限公司;无碱玻璃纤维无捻粗纱布(符合 GB/T 18370 的规定),杭州泰克斯太尔复合材料有限公司;苯酐,阿拉丁试剂有限公司;嵌段型聚醋酸-苯乙烯(PVAc-St),江苏银洋胶基材料有限公司;阻燃填料,自制;退役聚合物绝缘子芯棒粉末(500 目)。

2.2 实验过程

将无碱玻璃纤维无捻粗纱布浸润在环氧树脂、固化剂、低收缩添加剂、阻燃填料及退役聚合物绝缘子芯棒粉末的混合物中,一段时间后置于专用模具中加热并模压成型。

3 结果与讨论

3.1 力学性能分析

应用材料试验机(INSTRON-5869 型)测量所制电缆沟盖板的抗压强度、抗折强度及弯曲强度模量,0.1N~50kN,分辨率 1N,0.01~500mm/min,温度范围-100~400℃;高级视频摄像引伸计,分辨率 1μm。退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板的测试结果及同普通混凝土盖板、钢纤维混凝土盖板的性能对比见表 1。由表可知,材料的抗压强度为 58MPa,抗折强度为 9MPa,弹性模量为 4.0GPa,抗冲击韧性 6.7kJ/m²。

表 1 3 种电缆沟盖板的力学性能对比

种类	混凝土 盖板	钢纤维混 凝土盖板	退役绝缘子芯棒 粉末掺杂复合树 脂电缆沟盖板
抗压强度/MPa	25	50	58
抗折强度/MPa	3~5	5~8	9
弹性模量/GPa	3.0~3.2	3.0~3.6	4.0
抗冲击韧性/(kJ·m ⁻²)	0.10~0.18	1.0~5.0	6.7

3.2 热变形性能分析

通过热变形维卡温度测量仪(WKW-300 型)对材料进行热变形温度的测量,得到退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板的热变形温度为

205℃,符合相关国家标准对电缆沟盖板的性能要求。

综上,由于退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板本质属于复合树脂电缆沟盖板,在力学性能方面,玻璃纤维增强环氧树脂材料同时具有高分子材料的韧性及热固化材料的强度,避免了普通混凝土盖板及碳纤维增强混凝土盖板强而易碎的问题,兼具了高韧性和高强度的性能。同时,由于本研究中退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板采用苯酐作为固化剂进行固化,并应用加热模压的方法成型,制备的电缆沟盖板热变形温度较一般环氧树脂材料高,达到了 205℃,符合电缆沟盖板的使用要求。

4 结论

本研究采用了环氧树脂、无碱玻璃纤维无捻粗纱布、苯酐、低收缩添加剂、阻燃填料和退役聚合物绝缘子芯棒粉末,通过高温模压法制备了退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板。通过抗冲击韧性试验仪、热变形维卡温度测量仪和电子万能试验机对制备的退役绝缘子芯棒粉末掺杂复合树脂电缆沟盖板进行了力学性能及热学性能测试,得到了材料的抗压强度为 58MPa,抗折强度为 9MPa,弹性模量为 4.0GPa,抗冲击韧性 6.7kJ/m²,热变形温度为 205℃,数据结果均高于普通混凝土盖板及碳纤维增强混凝土盖板,在不影响复合树脂盖板各方面性能的条件下达到了回收利用大量退役芯棒的效

果,在废旧高分子材料回收利用、节约能源、材料可持续发展方面具有重要意义。

参考文献

- [1] 杨章营,高峰,张华英.轻型电缆沟盖板效果好[J].农村电工,2014(11):24-24.
- [2] 曾伟,柯子桓.新型电缆沟盖板在配电网工程中的应用研究[J].科技创业家,2013(22):85-86.
- [3] 徐焕明.浅谈配网新型电缆沟盖板的应用分析[J].河南科技,2013(15):53.
- [4] 吴天红,缪祥龙.新型电缆沟盖板生产工艺[C].昆明:云南电力技术论坛,2012.
- [5] 梁志.一种电缆沟盖板结构:CN,205986068U[P].2017-02-22.
- [6] 霍芳芳.轻便式电缆沟盖板:CN,205960600U[P].2017-02-15.
- [7] 刘宝,刘纪东,冯友军,等.新型配电室电缆沟盖板的研制[J].山东电力技术,2015,42(6):78-80.
- [8] 王醉寒.玻璃纤维布及碳纤维布增强酚醛环氧树脂复合材料性能研究[D].武汉:武汉工程大学,2015.
- [9] 王丽雪,尹志娟,刘海鸥.玻璃纤维增强环氧树脂单向复合材料力学性能分析[J].黑龙江工程学院学报,2009,23(3):73-74.
- [10] 张硕,姚宁,吴继平,等.玻璃纤维增强环氧树脂复合材料的力学性能[J].电工材料,2016(1):11-14.
- [11] 尹志娟,王丽雪,姜珊.玻璃纤维增强环氧树脂基复合材料的低温性能研究[J].黑龙江工程学院学报,2010,24(1):50-52.
- [12] 邵水才,石程程,王知,等.短切玻璃纤维增强环氧树脂胶粘剂的耐温性能研究[J].中国胶粘剂,2014,23(7):17-20.
- [13] 侯军生.树脂基纤维增强复合材料的无上盖板成形[J].航空制造技术,1995(4):24-26.
- [14] 皇志富.氧化铝颗粒增强改性环氧树脂基复合材料的制备及其应用研究[D].昆明:昆明理工大学,2001.

收稿日期:2017-12-04

修稿日期:2018-04-16

(上接第 245 页)

- [6] Joung D, Chunder A, Zhai L, et al. High yield fabrication of chemically reduced graphene oxide field effect transistors by dielectrophoresis[J]. Nanotechnology, 2010, 21(16): 165-202.
- [7] Kim J Y, Lee J B, Kim H J, et al. Preparation and Physical Properties of Red-photoluminescent graphene/europium(III)/picolinate[J]. Bulletin of the Korean Chemical Society, 2010, 31(6): 1485-1488.
- [8] Li Y, Wu Y. Coassembly of graphene oxide and nanowires for large area nanowire alignment[J]. Journal of the American Chemical Society, 2009, 131(16): 5851-5857.
- [9] Li X, Li C, Zhu H, et al. Hybrid thin films of graphene nanowhiskers and amorphous carbon as transparent conductors[J]. Chem Commun, 2010, 46(20): 3502-3504.
- [10] Li X L, Wang X R, Zhang L, et al. Chemically derived, ultrasmooth graphene nanoribbon semiconductors[J]. Science, 2008, 319(5867): 1229-1232.
- [11] Zhang K, Ang B T, Zhang L L, et al. Pyrolyze graphene ox-

ide/resorcinol-formaldehyde resin composites as high-performance supercapacitor electrodes[J]. Journal of Materials Chemistry, 2011, 21(08): 2663-2670.

- [12] Wang Y, Huang Y, Song Y, et al. Room-temperature ferromagnetism of graphene[J]. Nano Letters, 2009, 9(1): 220-224.
- [13] Zhang L M, Xia J G. Intracellular imaging with a graphene based fluorescent probe[J]. Small, 2010, 6(10): 537-541.
- [14] Kovtyukhova N I, Olliver P I, Martin B R, et al. Layer-by-layer assembly of ultrathin composite films from micron-sized graphite oxide sheets and polycations[J]. Chem Mater, 1999, 11(3): 771-778.
- [15] Liu Z, Robinson J T, Sun X, et al. PEGylated nano-graphene oxide for delivery of water insoluble cancer drugs[J]. Journal of the American Chemical Society, 2008, 130(33): 10876-10877.
- [16] 张龙蛟,张阳德,申玉璞,等.叶酸修饰的氧化石墨烯负载阿霉素的载药性能评价[J].材料导报,2014,28(6):59-62.

收稿日期:2017-12-12