



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107828187 B

(45) 授权公告日 2021.06.01

(21) 申请号 201711229346.9

(22) 申请日 2017.11.29

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107828187 A

(43) 申请公布日 2018.03.23

(73) 专利权人 国网河南省电力公司南阳供电公司

地址 473000 河南省南阳市人民北路268号

(72) 发明人 李成彦 李宴都 庄严 杨子培

马洪举 马建波 张汶卓 陈鹏

和军茹 王海涛

(74) 专利代理机构 郑州知己知识产权代理有限公司 41132

代理人 季发军

(51) Int.Cl.

C08L 63/00 (2006.01)

C08L 27/18 (2006.01)

C08L 39/00 (2006.01)

C08L 27/16 (2006.01)

C08L 77/02 (2006.01)

C08K 13/02 (2006.01)

C08K 5/544 (2006.01)

C08K 3/22 (2006.01)

C08K 3/34 (2006.01)

C08K 3/36 (2006.01)

H01B 3/40 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 105885355 A, 2016.08.24

CN 107400421 A, 2017.11.28

CN 105331047 A, 2016.02.17

JP H05230378 A, 1993.09.07

审查员 余晓兰

权利要求书1页 说明书10页

(54) 发明名称

一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料及其制备方法,属于绝缘材料技术领域,包含的组分及其含量为:环氧树脂20-28重量份、聚四氟乙烯12-18重量份、偶联剂3.8-5.5重量份、纳米氧化物12-17重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵4.5-5.6重量份、聚偏氟乙烯17-22重量份、N,N-二甲基乙酰胺35-44重量份、防水剂6.7-7.2重量份、耐腐蚀剂8.9-9.6重量份、抑制剂3.4-4.7重量份、阻燃剂3.3-4.2重量份、丙酮20-26重量份,水40-55重量份。本发明制备的绝缘材料机械性能、阻燃性能良好,耐水,耐腐蚀性能强,综合性能优异,适用于地下潮湿、寒冷的环境。

1. 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:原料的组分及其含量为:环氧树脂20-28重量份、聚四氟乙烯12-18重量份、偶联剂3.8-5.5重量份、纳米氧化物12-17重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵4.5-5.6重量份、聚偏氟乙烯17-22重量份、N,N-二甲基乙酰胺35-44重量份、防水剂6.7-7.2重量份、耐腐蚀剂8.9-9.6重量份、抑制剂3.4-4.7重量份、阻燃剂3.3-4.2重量份、丙酮20-26重量份,水40-55重量份;

所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3;

所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

1) 将12-17重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥13-14h后,与20-26重量份的丙酮混合,加入3.8-5.5重量份的偶联剂,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为300-400r/min,搅拌时间为2-4h,抽滤,将滤液在75-80℃烘箱中烘干6-8h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

2) 将17-22重量份的聚偏氟乙烯、将35-44重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通入氮气,将反应釜温度控制在90-120℃,搅拌转速为200-300r/min,搅拌2-3h,得到混合物一;

3) 将20-28重量份的环氧树脂、12-18重量份的聚四氟乙烯、4.5-5.6重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、40-55重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌4-6h,搅拌速度为600-800r/min,得到混合物二;

4) 向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼10-15min,混炼温度为115-130℃,得到一次混炼物;

5) 向步骤4)得到的一次混炼物中加入6.7-7.2重量份的防水剂、8.9-9.6重量份的耐腐蚀剂、3.4-4.7重量份的抑制剂、3.3-4.2重量份的阻燃剂,在密炼机中继续混炼40-60min,混炼温度为115-130℃,即得。

2. 如权利要求1所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述偶联剂为3-氨基丙基三乙氧基硅烷或3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷。

3. 如权利要求1所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述防水剂为甲基硅酸钠或甲基硅酸钾。

4. 如权利要求1所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述耐腐蚀剂为聚天冬氨酸、六亚甲基四胺中的一种或两种。

5. 如权利要求4所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述耐腐蚀剂为聚天冬氨酸和六亚甲基四胺的混合物,重量比聚天冬氨酸:六亚甲基四胺为3:7。

6. 如权利要求1所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述抑制剂为苯乙烯或对苯二酚。

7. 如权利要求1所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯中的一种或多种。

8. 如权利要求7所述的一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,其特征在于:所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯的混合物,重量比阻燃剂DDP:阻燃剂DOP0:磷酸三甲苯酯为3:2:5。

## 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及绝缘材料技术领域,具体涉及一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 现代社会后,由于城市用地紧张,交通压力大,市容建设等原因,许多电缆也已由原来的架空越来越多的走到地下。相对于架空线,地下电缆具有占地小、输电可靠、抗干扰能力强等优点。

[0003] 电力电缆一般敷设在地表以下,常用作电厂、变电所、厂矿企业的动力引入或引出线。电力电缆与架空线相比,因其铺设在地表以下,所以受气候的影响较小,安全可靠,隐蔽耐用,但是材料成本、敷设费用、维护费用比较高,而且检修和故障排查也比较困难。地下电缆一旦损伤,维修电缆是非常耗时耗力的事,严重影响居民生活和工厂停产,特别是工矿医院等科研单位造成的损失无法估量。

[0004] 低压配电网、电气设备用电线电缆常采用具有聚氯乙烯护套的塑料外皮电线作为电能传输线,这些电线一般通过穿管埋设在墙体或地表下,也可以采用明敷的方式敷设。电线的绝缘不良产生的火花往往容易引起厂房、住宅、公共场所等处火灾,造成人员伤亡和财产损失。因此,研制用于地下电缆的防水、耐腐蚀、性能优异的绝缘材料,对确保地下电缆的顺利安全运行,保障人民生活 and 生产的正常进行具有重要的意义。

[0005] 公开号为CN105885355A的专利文献公开了一种高耐热混合绝缘材料及其制备方法,绝缘材料按重量份数包括环氧树脂30-40份、聚四氟乙烯10-20份、聚丙烯增强纤维10-20份、硅微粉4-10份、纳米氧化锌10-25份、纳米碳酸钙10-15份、硅烷偶联剂3-8份、纳米三氧化二铝10-20份、过氧化二苯甲酰5-10份以及增塑剂7-12份,该发明制作工艺简单、制作过程环保无污染,制得的绝缘材料具有良好的机械性能和电气性能。但是,经测试,该发明制得的绝缘材料耐水、耐酸碱腐蚀性能较差,不适合在潮湿、寒冷的环境中使用,用于地下电缆,使用寿命较短。

[0006] 公开号为CN107141663A的专利文献公开了一种野外耐腐蚀复合电缆绝缘材料的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:(1)将氟橡胶、炭黑、正硅酸乙酯、二甲基硅油、聚乙烯醇、碳纤维进行一次密炼,得一次密炼物;(2)将一次密炼物、白炭黑、稀土氧化物和氧化锌进行二次密炼,得二次密炼物;(3)将二次密炼物于挤出机中挤出;其中,二次密炼的温度比一次密炼的温度高20-70℃。该发明制备的复合电缆绝缘材料强度和耐腐蚀性较好,该复合电缆绝缘材料的制备方法简单,易于推广,具有较高的应用价值。但是,该绝缘材料的抗张强度最大为20.1N/mm<sup>2</sup>,断裂伸长率最大为422.8%,机械性能有待提高,该发明的制备方法,仅仅将原料进行两次密炼,未进行干燥、改性等处理,导致纯度不够,材料的综合性能较差。

## 发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明提供一种机械性能良好,耐水,耐腐蚀,绝缘性能优异,用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料及其制备方法。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

[0009] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量为:环氧树脂20-28重量份、聚四氟乙烯12-18重量份、偶联剂3.8-5.5重量份、纳米氧化物12-17重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵4.5-5.6重量份、聚偏氟乙烯17-22重量份、N,N-二甲基乙酰胺35-44重量份、防水剂6.7-7.2重量份、耐腐蚀剂8.9-9.6重量份、抑制剂3.4-4.7重量份、阻燃剂3.3-4.2重量份、丙酮20-26重量份,水40-55重量份。

[0010] 进一步的,所述偶联剂为3-氨基丙基三乙氧基硅烷或3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷。

[0011] 进一步的,所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3。

[0012] 进一步的,所述防水剂为甲基硅酸钠或甲基硅酸钾。

[0013] 进一步的,所述耐腐蚀剂为聚天冬氨酸、六亚甲基四胺中的一种或两种。

[0014] 进一步的,所述耐腐蚀剂为聚天冬氨酸和六亚甲基四胺的混合物,重量比聚天冬氨酸:六亚甲基四胺为3:7。

[0015] 进一步的,所述抑制剂为苯乙烯或对苯二酚。

[0016] 进一步的,所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯中的一种或多种。

[0017] 进一步的,所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯的混合物,重量比阻燃剂DDP:阻燃剂DOP0:磷酸三甲苯酯为3:2:5。

[0018] 进一步的,一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0019] 1)将12-17重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥13-14h后,与20-26重量份的丙酮混合,加入3.8-5.5重量份的偶联剂,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为300-400r/min,搅拌时间为2-4h,抽滤,将滤液在75-80℃烘箱中烘干6-8h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0020] 2)将17-22重量份的聚偏氟乙烯、将35-44重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通入氮气,将反应釜温度控制在90-120℃,搅拌转速为200-300r/min,搅拌2-3h,得到混合物一;

[0021] 3)将20-28重量份的环氧树脂、12-18重量份的聚四氟乙烯、4.5-5.6重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、40-55重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌4-6h,搅拌速度为600-800r/min,得到混合物二;

[0022] 4)向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼10-15min,混炼温度为115-130℃,得到一次混炼物;

[0023] 5)向步骤4)得到的一次混炼物中加入6.7-7.2重量份的防水剂、8.9-9.6重量份的耐腐蚀剂、3.4-4.7重量份的抑制剂、3.3-4.2重量份的阻燃剂,在密炼机中继续混炼40-60min,混炼温度为115-130℃,即得。

[0024] 本发明的有益效果是:环氧树脂作为防腐蚀的材料,不但抗水、抗渗漏性好,强度较高,同时附着力强,介电性能良好,变形收缩率小,可提高材料的稳定性和柔韧性。本发明

采用的环氧树脂为酚醛环氧树脂,具有良好的机械性能,耐热性更好。

[0025] 聚四氟乙烯具有极好的耐热性和耐低温性,介电常数较小,绝缘电阻极高,绝缘性能优异,且化学性能稳定,机械性能良好,本发明采用聚四氟乙烯与环氧树脂有机结合,充分发挥二者的优良性能,提高材料的耐腐蚀和绝缘性能。

[0026] 采用偶联剂改性纳米氧化物,提高纳米粒子的亲油性,使其更容易在有机溶剂中分散,增强分子之间的相容性,表现出良好的界面现象,提高材料的力学性能。

[0027] 聚二烯基丙二甲基氯化铵与纳米氧化物粒子有机结合,提高材料的耐腐蚀性,同时增强环氧树脂的固化效果。聚偏氟乙烯与N,N-二甲基乙酰胺相结合,提高材料的冲击强度和韧性,增强材料的耐磨性,同时聚偏氟乙烯具有优良的耐化学腐蚀性能,与环氧树脂和聚四氟乙烯相结合,共同提高材料的综合性能。本发明在聚偏氟乙烯与N,N-二甲基乙酰胺混合的过程中,通入氮气,降低空气中气体杂质的混入,保证各组分的纯度。

[0028] 防水剂增强憎水性,提高材料的抗渗防潮能力,耐腐蚀剂提高材料耐酸碱性能,增强化学稳定性,延长材料的使用寿命。抑制剂能够抑制空间电荷分布,提高材料的绝缘性能,同时与耐腐蚀剂相结合,起到耐腐、缓蚀的作用。阻燃剂具有较高的氧指数,与各组分有机结合,阻燃效果好,增强地下电缆的安全性能,丙酮为有机溶剂。

[0029] 本发明通过各种材料有机结合,发挥各组分的协同效应制得的用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,能够有效抑制电缆绝缘材料中的空间电荷聚集,耐腐蚀和绝缘性能优良,介电常数均在1.5以下。同时,具有良好的防水、阻燃性能,机械性能优良,拉伸强度在23.5MPa以上,断裂伸长率在520%以上,综合性能优异。

## 具体实施方式

[0030] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

### [0031] 实施例一

[0032] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量为:环氧树脂20重量份、聚四氟乙烯12重量份、3-氨基丙基三乙氧基硅烷3.8重量份、纳米氧化物12重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵4.5重量份、聚偏氟乙烯17重量份、N,N-二甲基乙酰胺35重量份、甲基硅酸钠6.7重量份、聚天冬氨酸8.9重量份、苯乙烯3.4重量份、阻燃剂DDP3.3重量份、丙酮20重量份,水40重量份。

[0033] 所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3。

[0034] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0035] 1)将12重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥13h后,与20重量份的丙酮混合,加入3.8重量份的3-氨基丙基三乙氧基硅烷,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为300r/min,搅拌时间为2h,抽滤,将滤液在75℃烘箱中烘干6h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0036] 2)将17重量份的聚偏氟乙烯、将35重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通

入氮气,将反应釜温度控制在90℃,搅拌转速为200r/min,搅拌2h,得到混合物一;

[0037] 3)将20重量份的环氧树脂、12重量份的聚四氟乙烯、4.5重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、40重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌4h,搅拌速度为600r/min,得到混合物二;

[0038] 4)向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼10min,混炼温度为115℃,得到一次混炼物;

[0039] 5)向步骤4)得到的一次混炼物中加入6.7重量份的甲基硅酸钠、8.9重量份的聚天冬氨酸、3.4重量份的苯乙烯、3.3重量份的阻燃剂DDP,在密炼机中继续混炼40min,混炼温度为115℃,即得。

#### [0040] 实施例二

[0041] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量为:环氧树脂21重量份、聚四氟乙烯13重量份、3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷4重量份、纳米氧化物13重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵4.6重量份、聚偏氟乙烯18重量份、N,N-二甲基乙酰胺36重量份、甲基硅酸钠6.8重量份、六亚甲基四胺9重量份、苯乙烯3.5重量份、阻燃剂DOP03.4重量份、丙酮21重量份,水41重量份。

[0042] 所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3。

[0043] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0044] 1)将13重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥13.5h后,与21重量份的丙酮混合,加入4重量份的3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为350r/min,搅拌时间为2.5h,抽滤,将滤液在75℃烘箱中烘干6.5h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0045] 2)将18重量份的聚偏氟乙烯、将36重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通入氮气,将反应釜温度控制在95℃,搅拌转速为250r/min,搅拌2.5h,得到混合物一;

[0046] 3)将21重量份的环氧树脂、13重量份的聚四氟乙烯、4.6重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、41重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌4.5h,搅拌速度为650r/min,得到混合物二;

[0047] 4)向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼11min,混炼温度为120℃,得到一次混炼物;

[0048] 5)向步骤4)得到的一次混炼物中加入6.8重量份的甲基硅酸钠、9重量份的六亚甲基四胺、3.4重量份的苯乙烯、3.3重量份的阻燃剂DOP0,在密炼机中继续混炼45min,混炼温度为120℃,即得。

#### [0049] 实施例三

[0050] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量为:环氧树脂23重量份、聚四氟乙烯14重量份、3-氨基丙基三乙氧基硅烷4.2重量份、纳米氧化物14重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵4.8重量份、聚偏氟乙烯19重量份、N,N-二甲基乙酰胺37重量份、甲基硅酸钠6.9重量份、六亚甲基四胺9.2重量份、对苯二酚3.7重量份、磷酸三甲苯酯3.6重量份、丙酮22重量份,水43重量份。

[0051] 所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳

米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3。

[0052] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0053] 1)将14重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥14h后,与22重量份的丙酮混合,加入4.2重量份的3-氨基丙基三乙氧基硅烷,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为400r/min,搅拌时间为3h,抽滤,将滤液在80℃烘箱中烘干7h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0054] 2)将19重量份的聚偏氟乙烯、将37重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通入氮气,将反应釜温度控制在100℃,搅拌转速为300r/min,搅拌3h,得到混合物一;

[0055] 3)将23重量份的环氧树脂、14重量份的聚四氟乙烯、4.8重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、43重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌5h,搅拌速度为700r/min,得到混合物二;

[0056] 4)向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼12min,混炼温度为125℃,得到一次混炼物;

[0057] 5)向步骤4)得到的一次混炼物中加入6.9重量份的甲基硅酸钠、9.2重量份的六亚甲基四胺、3.7重量份的对苯二酚、3.6重量份的磷酸三甲苯酯,在密炼机中继续混炼50min,混炼温度为125℃,即得。

[0058] 实施例四

[0059] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量同实施例三。

[0060] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0061] 1)将14重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥14h后,与22重量份的丙酮混合,加入4.2重量份的3-氨基丙基三乙氧基硅烷,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为400r/min,搅拌时间为3h,抽滤,将滤液在80℃烘箱中烘干8h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0062] 2)将19重量份的聚偏氟乙烯、将37重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通入氮气,将反应釜温度控制在100℃,搅拌转速为300r/min,搅拌3h,得到混合物一;

[0063] 3)将22重量份的环氧树脂、14重量份的聚四氟乙烯、4.8重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、43重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌5h,搅拌速度为800r/min,得到混合物二;

[0064] 4)向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼15min,混炼温度为130℃,得到一次混炼物;

[0065] 5)向步骤4)得到的一次混炼物中加入6.9重量份的甲基硅酸钠、9.2重量份的六亚甲基四胺、3.7重量份的对苯二酚、3.6重量份的磷酸三甲苯酯,在密炼机中继续混炼60min,混炼温度为130℃,即得。

[0066] 实施例五

[0067] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量为:环氧树脂25重量份、聚四氟乙烯15重量份、3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷4.5重量份、纳米氧化物15重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵5重量份、聚偏氟乙烯19重量份、N,N-二甲基乙酰胺39重量份、甲基硅酸钾7.0重量份、耐腐蚀剂9.2重量份、对苯二酚4重量份、阻燃剂3.8重量份、丙酮24重量份,水48重量份。

[0068] 所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3。

[0069] 所述耐腐蚀剂为聚天冬氨酸和六亚甲基四胺的混合物,重量比聚天冬氨酸:六亚甲基四胺为3:7。

[0070] 所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯,重量比阻燃剂DDP:阻燃剂DOP0:磷酸三甲苯酯为3:2:5。

[0071] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0072] 1)将15重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥14h后,与24重量份的丙酮混合,加入4.5重量份的3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为350r/min,搅拌时间为3h,抽滤,将滤液在75℃烘箱中烘干7h,研磨,得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0073] 2)将19重量份的聚偏氟乙烯、将39重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中,通入氮气,将反应釜温度控制在110℃,搅拌转速为250r/min,搅拌3h,得到混合物一;

[0074] 3)将25重量份的环氧树脂、15重量份的聚四氟乙烯、5重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、48重量份的水混合,置于磁力搅拌器上,在20℃-25℃的条件下,搅拌5h,搅拌速度为700r/min,得到混合物二;

[0075] 4)向步骤3)得到的混合二中加入步骤1)得到的纳米氧化物粉末和步骤2)得到的混合物一,置于密炼机中混炼13min,混炼温度为120℃,得到一次混炼物;

[0076] 5)向步骤4)得到的一次混炼物中加入7.0重量份的甲基硅酸钠、9.2重量份的耐腐蚀剂、4重量份的对苯二酚、3.8重量份的阻燃剂,在密炼机中继续混炼50min,混炼温度为120℃,即得。

[0077] 实施例六

[0078] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包括的组分及其含量为同实施例五,但与实施例五不同的是,本实施例采用的阻燃剂为阻燃剂DDP。

[0079] 该用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法同实施例五。

[0080] 实施例七

[0081] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的组分及其含量为:环氧树脂27重量份、聚四氟乙烯16重量份、3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷5.2重量份、纳米氧化物16重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵5.4重量份、聚偏氟乙烯20重量份、N,N-二甲基乙酰胺42重量份、甲基硅酸钠7.1重量份、聚天冬氨酸9.4重量份、苯乙烯4.6重量份、阻燃剂4.1重量份、丙酮25重量份,水54重量份。

[0082] 所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物,重量比纳米氧化镁:纳米二氧化硅:纳米二氧化钛为4:3:3。

[0083] 所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯,重量比阻燃剂DDP:阻燃剂DOP0:磷酸三甲苯酯为3:2:5。

[0084] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法,包含如下步骤:

[0085] 1)将16重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥14h后,与25重量份的丙酮混合,加入5.2重量份的3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷,置于磁力搅拌器中搅拌,在20℃-25℃的条件下,转速为300r/min,搅拌时间为3h,抽滤,将滤液在80℃烘箱中烘干

7.5h, 研磨, 得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0086] 2) 将20重量份的聚偏氟乙烯、将42重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中, 通入氮气, 将反应釜温度控制在115℃, 搅拌转速为250r/min, 搅拌3h, 得到混合物一;

[0087] 3) 将27重量份的环氧树脂、16重量份的聚四氟乙烯、5.4重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、54重量份的水混合, 置于磁力搅拌器上, 在20℃-25℃的条件下, 搅拌5.5h, 搅拌速度为750r/min, 得到混合物二;

[0088] 4) 向步骤3) 得到的混合二中加入步骤1) 得到的纳米氧化物粉末和步骤2) 得到的混合物一, 置于密炼机中混炼14min, 混炼温度为125℃, 得到一次混炼物;

[0089] 5) 向步骤4) 得到的一次混炼物中加入7.1重量份的甲基硅酸钠、9.4重量份的聚天冬氨酸、4.6重量份的苯乙烯、4.1重量份的阻燃剂DOP0, 在密炼机中继续混炼55min, 混炼温度为125℃, 即得。

[0090] 实施例八

[0091] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料, 包含的组分及其含量为: 环氧树脂28重量份、聚四氟乙烯18重量份、3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷5.5重量份、纳米氧化物17重量份、聚二烯基丙二甲基氯化铵5.6重量份、聚偏氟乙烯22重量份、N,N-二甲基乙酰胺44重量份、甲基硅酸钾7.2重量份、耐腐蚀剂9.6重量份、苯乙烯4.7重量份、阻燃剂4.2重量份、丙酮26重量份, 水55重量份。

[0092] 所述纳米氧化物为纳米氧化镁、纳米二氧化硅、纳米二氧化钛的混合物, 重量比纳米氧化镁: 纳米二氧化硅: 纳米二氧化钛为4:3:3。

[0093] 所述耐腐蚀剂为聚天冬氨酸和六亚甲基四胺的混合物, 重量比聚天冬氨酸: 六亚甲基四胺为3:7。

[0094] 所述阻燃剂为阻燃剂DDP、阻燃剂DOP0、磷酸三甲苯酯, 重量比阻燃剂DDP: 阻燃剂DOP0: 磷酸三甲苯酯为3:2:5。

[0095] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料的制备方法, 包含如下步骤:

[0096] 1) 将28重量份的纳米氧化物置于80℃真空干燥箱中干燥14h后, 与26重量份的丙酮混合, 加入5.5重量份的3-缩水甘油醚氧基丙基三甲氧基硅烷, 置于磁力搅拌器中搅拌, 在20℃-25℃的条件下, 转速为400r/min, 搅拌时间为4h, 抽滤, 将滤液在80℃烘箱中烘干8h, 研磨, 得到表面改性的纳米氧化物粉末;

[0097] 2) 将22重量份的聚偏氟乙烯、将44重量份的N,N-二甲基乙酰胺置于反应釜中, 通入氮气, 将反应釜温度控制在120℃, 搅拌转速为300r/min, 搅拌3h, 得到混合物一;

[0098] 3) 将28重量份的环氧树脂、18重量份的聚四氟乙烯、5.6重量份的聚二烯基丙二甲基氯化铵、55重量份的水混合, 置于磁力搅拌器上, 在20℃-25℃的条件下, 搅拌6h, 搅拌速度为800r/min, 得到混合物二;

[0099] 4) 向步骤3) 得到的混合二中加入步骤1) 得到的纳米氧化物粉末和步骤2) 得到的混合物一, 置于密炼机中混炼15min, 混炼温度为130℃, 得到一次混炼物;

[0100] 5) 向步骤4) 得到的一次混炼物中加入7.2重量份的甲基硅酸钾、9.6重量份的耐腐蚀剂、4.7重量份的苯乙烯、4.2重量份的阻燃剂DOP0, 在密炼机中继续混炼60min, 混炼温度为130℃, 即得。

[0101] 对比例一

[0102] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包括的组分及其含量同实施例二,但与实施例二不同的是,该对比例未添加聚偏氟乙烯和N,N-二甲基乙酰胺。

[0103] 该用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的步骤同实施例二,但与实施例二不同的是,该对比例缺少步骤2),即将聚偏氟乙烯和N,N-二甲基乙酰胺的混合。

[0104] 对比例二

[0105] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包括的组分及其含量同实施例三,但与实施例三不同的是,该对比例未添加防水剂和抑制剂。

[0106] 该用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的步骤同实施例三,该对比例未添加防水剂和抑制剂。

[0107] 对比例三

[0108] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包括的组分及其含量同实施例五,但与实施例五不同的是,该对比例未添加耐腐蚀剂。

[0109] 该用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的步骤同实施例五,该对比例未添加耐腐蚀剂。

[0110] 对比例四

[0111] 一种用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包括的组分及其含量同实施例七,但与实施例七不同的是,该对比例缺少偶联剂。

[0112] 该用于地下电缆的耐腐蚀绝缘材料,包含的步骤同实施例七,但与实施例七不同的是,该对比例缺少步骤1),即未将纳米氧化物用偶联剂改性。

[0113] 性能测试:

[0114] 1)机械性能测试

[0115] 向模具内浇注入调配好的混合液,室温下固化后得到试样。其规格为:长为30 mm,宽10 mm,厚度为100 $\mu$ m。采用美国美特斯CMT5305万能试验机对漆层进行应力应变测试,应变率为10mm/min。

[0116] 拉伸强度是试样在拉力机上被拉断时,单位截面积上承受的负荷,用N/mm<sup>2</sup>表示,计算公式如1-1所示:

$$[0117] \quad P=F/S \quad (1-1)$$

[0118] 式中:P—试样的拉伸强度,N/mm<sup>2</sup>;

[0119] F—试样断裂时断裂截面上所受的力,N;

[0120] S—试样断裂面的面积,mm<sup>2</sup>。

[0121] 其中,1MPa=1N/mm<sup>2</sup>

[0122] 断裂伸长率是试样被拉断时的伸长与原长度的比值,用百分率表示,计算公式如1-2所示:

$$[0123] \quad E=(L_1-L_0)/L_0 \quad (1-2)$$

[0124] 式中:E—断裂伸长率,%;

[0125] L<sub>0</sub>—试样原长度,mm;

[0126] L<sub>1</sub>—试样断裂时受力部分的长度,mm。

[0127] 2)耐水性测试

[0128] 取混合液30g于玻璃培养皿中,在烘箱中干燥,制成薄膜。采用吸水率表征薄膜的

耐水性,将薄膜裁剪成15mm×15mm的正方形试样,称取试样质量(精确至0.001g)。将其放入装有蒸馏水的培养皿中,蒸馏水没过薄膜的上表面,在室温下浸泡24h后取出。用滤纸轻轻擦拭掉薄膜表面的水分,并立即称重。根据公式2-1,计算薄膜的吸水率,每个试样测试3次,取平均值。

$$[0129] \quad W = (m_1 - m_0) / m_0 \times 100\% \quad (2-1)$$

[0130] 式中,W-薄膜的吸水率,%;

[0131]  $m_0$ -试样的初始质量,g;

[0132]  $m_1$ -试样吸水后的质量,g。

[0133] 3) 绝缘性能测试

[0134] 向模具内浇注注入调配好的混合液,室温下固化后得到试样。采用电容测量仪,对试样进行在线测试,通过电容计算公式(3-1),可计算得到绝缘的介电常数。

$$[0135] \quad \varepsilon = C_x / C_0 \quad (3-1)$$

[0136] 式中: $\varepsilon$ -电容量增加的倍数,即相对介电常数;

[0137]  $C_x$ -电容器两极板充满介质时的电容;

[0138]  $C_0$ -电容器两极板为真空时的电容。

[0139] 利用 ZC-36 型高阻计进行体积电阻率测试,将聚乙烯纳米复合材料制备成100 mm×100 mm×1 mm 的试样,将试样贴上铝箔,测试电压为 500 V。采用三

[0140] 电极系统,利用高阻计对复合材料进行测量,测量数值为体积电阻,可以根据式(3-2)计算试样的体积电阻率。公式如下:

$$[0141] \quad \rho_v = R_v \pi (D_1 + g) / 4h \quad (3-2)$$

[0142] 式中: $\rho_v$ —体积电阻率,  $\Omega \cdot m$ ;  $R_v$ —体积电阻,  $\Omega$ ;

[0143]  $D_1$ —保护电极直径,m;  $g$ —被保护电极与保护电极之间的距离,m;

[0144]  $h$ —测试试样的厚度,m。

[0145] 4) 耐腐蚀测试

[0146] 取混合液30g于玻璃培养皿中,在烘箱中干燥,制成薄膜试样。取三个干净的烧杯,分别配制10%浓度的盐酸和10%浓度的NaOH溶液,将试样分别浸入配制好的溶液中,保持密封环境45天后,取出试样观察薄膜表面的腐蚀情况。

[0147] 实施例一至八与对比例一至五的测试分析结果如表1:

[0148] 表1实施例与对比例的测试结果

[0149]

|      | 拉伸强度MPa | 断裂伸长率% | 耐水性 | 介电常数 | 体积电阻率( $10^{15} \Omega \cdot m$ ) | 耐酸性          | 耐碱性          |
|------|---------|--------|-----|------|-----------------------------------|--------------|--------------|
| 实施例一 | 23.5    | 520.7  | 41  | 1.5  | 4.2                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例二 | 24.2    | 527.6  | 40  | 1.5  | 4.4                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例三 | 25.9    | 543.6  | 36  | 1.4  | 4.8                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例四 | 24.7    | 540.8  | 34  | 1.4  | 4.7                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例五 | 29.4    | 589.3  | 32  | 1.2  | 5.5                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例六 | 27.4    | 573.9  | 35  | 1.3  | 5.0                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例七 | 27.2    | 577.9  | 37  | 1.3  | 5.1                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 实施例八 | 28.3    | 580.3  | 35  | 1.3  | 5.4                               | 无皱皮、气泡、剥落现象  | 无皱皮、气泡、剥落现象  |
| 对比例一 | 15.2    | 436.3  | 45  | 2.7  | 3.2                               | 大量皱皮、气泡、剥落现象 | 大量皱皮、气泡、剥落现象 |
| 对比例二 | 17.3    | 440.5  | 58  | 2.5  | 2.6                               | 大量皱皮、气泡、剥落现象 | 大量皱皮、气泡、剥落现象 |
| 对比例三 | 18.4    | 451.4  | 44  | 2.5  | 2.7                               | 大量皱皮、气泡、剥落现象 | 大量皱皮、气泡、剥落现象 |
| 对比例四 | 17.6    | 427.3  | 50  | 2.8  | 3.0                               | 少量皱皮、气泡、剥落现象 | 少量皱皮、气泡、剥落现象 |

[0150] 从表1可以看出:1) 实施例一至八均表现出良好的综合性能:具有优良的机械性

能,拉伸强度在23.5MPa以上,最高能达到29.4MPa,断裂伸长率在520%以上,耐水、耐化学腐蚀,绝缘性能优异,介电常数均在1.5以下,满足地下电缆的技术要求。2) 实施例一至四采用阻燃剂和耐腐蚀剂均为单一的一种物质,实施例五至八,采用阻燃剂和耐腐蚀剂为两种或三种物质的混合物,实施例五至八材料的综合性能比实施例一至四好;实施例四与实施例三相比,物质组分和含量相同,制备方法的技术参数不同,实施例三的性能优于实施例四。3) 对比例一与实施例二相比,缺少聚偏氟乙烯和N,N-二甲基乙酰胺;对比例二与实施例三相比,缺少防水剂和抑制剂;对比例三与实施例五相比,缺少耐腐蚀剂;对比例四与实施例七相比,未将纳米氧化物进行改性;对比例一至四的材料性能比实施例一至八差。环氧树脂与聚四氟乙烯和聚偏氟乙烯共同作用,改性的纳米氧化物增加分子间的相容性,各种助剂在提高材料性能的同时,与各组分有机结合,相互作用,共同增强材料的综合性能。说明各原料之间是相辅相成的,缺少任何一种原料,绝缘材料的性能就会明显下降。

[0151] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,本领域普通技术人员对本发明的技术方案所做的其他修改或者等同替换,只要不脱离本发明技术方案的精神和范围,均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。