



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116120751 A

(43) 申请公布日 2023.05.16

(21) 申请号 202310392016.0 *C08K 9/06* (2006.01)
(22) 申请日 2023.04.13 *C08K 7/08* (2006.01)
(71) 申请人 江苏欧廷高分子材料有限公司 *H01B 3/28* (2006.01)
地址 223702 江苏省宿迁市泗阳经济开发 *B29B 7/00* (2006.01)
区长江路32号 *D06M 11/64* (2006.01)
D06M 101/30 (2006.01)
(72) 发明人 席浩 席文林 魏湘别
(74) 专利代理机构 郑州知倍通知识产权代理事
务所(普通合伙) 41191
专利代理师 李玲玲

(51) Int. Cl.
C08L 83/04 (2006.01)
C08L 83/07 (2006.01)
C08L 23/08 (2006.01)
C08L 53/02 (2006.01)
C08L 79/04 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及电线电缆材料技术领域,具体涉及一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料及其制备方法。本发明的电缆护套材料,由以下质量份数的原料构成:甲基乙烯基硅橡胶100份,乙烯-辛烯共聚物30~40份,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物10~20份,四针状氧化锌晶须5~8份,酸改性PBO纤维4~6份,白炭黑15~20份,滑石粉3~5份,硅烷偶联剂2~3份,增塑剂3~5份,聚乙烯蜡1~2份,抗氧剂0.5~1.5份,硫化剂2~3份,助硫化剂0.5~1份。本发明通过对树脂基体以及增强材料的设计,能够有效提升护套材料的耐候性能以及抗低温冲击、防脆化和抗扭转性能,有效满足风能发电电缆护套的使用要求。

1. 一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,由以下质量份数的原料构成:

甲基乙烯基硅橡胶100份,乙烯-辛烯共聚物30~40份,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物10~20份,四针状氧化锌晶须5~8份,酸改性PBO纤维4~6份,白炭黑15~20份,滑石粉3~5份,硅烷偶联剂2~3份,增塑剂3~5份,聚乙烯蜡1~2份,抗氧剂0.5~1.5份,硫化剂2~3份,助硫化剂0.5~1份。

2. 根据权利要求1所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,所述甲基乙烯基硅橡胶为端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶的组合;端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶的质量比(3~4):(1~2)。

3. 根据权利要求2所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,所述端甲基硅橡胶的相对分子量为45万~80万,乙烯基含量为0.07~0.12%;所述端乙烯基硅橡胶的相对分子量为45万~80万,乙烯基含量为0.13~0.20%。

4. 根据权利要求1所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,所述四针状氧化锌晶须的针状体长度为10~50 μm ,根部直径为0.5~5 μm 。

5. 根据权利要求1~4任一项所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,所述酸改性PBO纤维为采用浓硝酸改性处理得到的PBO纤维。

6. 根据权利要求1~4任一项所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,所述硅烷偶联剂为硅酸四乙酯、(3-氨基丙基)三乙氧基硅烷中一种;所述增塑剂为邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯中的一种;所述抗氧剂为抗氧剂545、抗氧剂168、抗氧剂1010中的一种。

7. 根据权利要求1~4任一项所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其特征在于,所述硫化剂为过氧化二异丙苯或三羟甲基丙烷三甲基丙烯酸酯;所述助硫化剂为三烯丙基异三聚氰酸酯。

8. 根据权利要求1~7任一项所述的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 将硅烷偶联剂、四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维于无水乙醇中搅拌混合30~60min,反应后洗涤、干燥,得到混合增强料;

(2) 将甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物置于密炼机中于60~70 $^{\circ}\text{C}$ 混炼2~4min,然后加入混合增强料、白炭黑、滑石粉、增塑剂、聚乙烯蜡、抗氧剂,温度升至100~120 $^{\circ}\text{C}$ 混炼8~10min,然后室温放置8~12h,得到混合胶;

(3) 在混合胶中加入硫化剂和助硫化剂,在开炼机上混炼3~5min,均匀后薄通3~5次,然后130~140 $^{\circ}\text{C}$ 模压硫化成型、烘干即得。

一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电线电缆材料技术领域,具体涉及一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 随着环境问题的日渐突出以及可持续发展理念的不断推进,风能资源的开发利用以及风力发电市场前景广阔。为了满足风力发电快速发展的需求,对相配套的风电设备和风电材料提出了更多需求。风能电缆为连接风电设备的主要部件,其研究对于促进可再生能源的开发具有重要意义。由于风能电缆多用于气候条件恶劣的地区,工况环境较为苛刻且复杂多变,昼夜温差大,材料更换难度大且更换成本高,其使用寿命成为制约风能开发的关键因素。

[0003] 风能电缆所使用的电缆护套材料设置在电缆金属导体层和绝缘保护层的外部,护套材料由于需要面临外部环境的直接考验,因此其质量和品质对于提高电缆整体的使用寿命至关重要。

[0004] 目前,现有的电缆护套材料,以聚乙烯材料或聚氯乙烯材料居多,但该类材料在严寒或高温等恶劣工况场合内逐渐暴露出来的耐候性能差、易开裂老化等问题,使其应用受到了一定的限制。尤其是,风力发电机塔架部位以及连接段的电缆往往需要进行频繁扭转,这也对风能电缆的抗扭转性能提出了更高的要求。然而,现阶段的工程实际中,电缆护套材料并无法有效满足风能电缆对于耐候性能和抗扭转性能的综合需要,也不利于电缆整体使用寿命的提高,给风电电缆的使用和维护带来困难。

发明内容

[0005] 针对上述技术问题,本发明的目的在于提供一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,其兼具优良的耐候性能和抗扭转性能,适于风能发电领域使用。

[0006] 本发明的另一目的在于提供一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,其能够制备得到高性能的电缆护套材料。

[0007] 为了实现以上目的,本发明采用的技术方案是:

一种风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,由以下质量份数的原料构成:

甲基乙烯基硅橡胶100份,乙烯-辛烯共聚物30~40份,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物10~20份,四针状氧化锌晶须5~8份,酸改性PBO纤维4~6份,白炭黑15~20份,滑石粉3~5份,硅烷偶联剂2~3份,增塑剂3~5份,聚乙烯蜡1~2份,抗氧剂0.5~1.5份,硫化剂2~3份,助硫化剂0.5~1份。

[0008] 本发明的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,采用甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物进行共混聚合以形成聚合物基体,并采用四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维、白炭黑、滑石粉对聚合物基体进行混合增强改性,以此提高护套材料的韧性和强度,改善材料的耐候性能和抗扭转性能。

[0009] 其中,甲基乙烯基硅橡胶由于具有特殊的结构骨架,其相较于其他胶料,具有更优的耐温和耐寒性能,并且分子链具有较好的柔性。但是甲基乙烯基硅橡胶在极端条件下容易发生热老化或交联硬化。因此需要通过改进手段来提高甲基乙烯基硅橡胶的结构稳定性,使之满足更高的应用需求。本发明将甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物进行联用,其能够赋予基体良好的弯曲性、柔软性和耐候性,但二者相容性和加工性能差。本发明进一步在基体体系中添加苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物,其能够改善基底各组分之间的相容性,促进材料韧性和强度的改善。

[0010] 进一步地,本发明同时采用四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维、白炭黑、滑石粉对护套基体进行增强改性。其中,相较于常规的白炭黑和滑石粉的增强体系,本发明引入四针状氧化锌晶须和酸改性PBO纤维,其不仅能够实现在橡胶基体中的有效分散,而且能够提高增强材料与树脂基体之间的嵌合效果,协同增强交联形成的聚合物网络的结构以及橡胶基体的交联程度,综合改善材料的耐候和抗扭转性能。

[0011] 优选地,所述甲基乙烯基硅橡胶为端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶的组合;端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶的质量比(3~4):(1~2)。本发明采用具有不同封端基团且乙烯基含量不同的硅橡胶进行复合使用,其能够有效调控橡胶基体的交联密度,从而在保证硅橡胶力学强度的基础上,增强橡胶基体的分子链柔韧性,实现强度和韧性的兼顾,保证材料耐候和抗扭转性能的改善效果。

[0012] 进一步地,所述端甲基硅橡胶的相对分子量为45万~80万,乙烯基含量为0.07~0.12%;所述端乙烯基硅橡胶的相对分子量为45万~80万,乙烯基含量为0.13~0.20%。

[0013] 优选地,所述四针状氧化锌晶须的针状体长度为10~50 μm ,根部直径为0.5~5 μm 。四针状氧化锌晶须具有特殊的立体结构,本发明将其引入到橡胶基体中,能够改善复合材料的耐温变性能,减缓因收缩或变形而导致的开裂。

[0014] 本发明中,优选地,所述酸改性PBO纤维为采用浓硝酸改性处理得到的PBO纤维。PBO纤维,即聚对苯撑苯并二噁唑纤维,其具有高强度和高模量,属有机纤维中的一种。未改性的PBO纤维与基体的相容性较差,增强效果欠佳,无法达到有效的共混增强效果。本发明将PBO纤维进行酸改性处理,能够增大纤维表面粗糙度,实现PBO纤维在硅橡胶基体中的有效分散。

[0015] 优选地,所述硅烷偶联剂为硅酸四乙酯、(3-氨丙基)三乙氧基硅烷中一种。

[0016] 增塑剂添加的目的在于改善复合体系的流动性和加工性能,优选地,所述增塑剂为邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯、邻苯二甲酸二辛酯中的一种。

[0017] 所述抗氧剂为抗氧剂545、抗氧剂168、抗氧剂1010中的一种。

[0018] 进一步地,所述硫化剂为过氧化二异丙苯或三羟甲基丙烷三甲基丙烯酸酯;所述助硫化剂为三烯丙基异三聚氰酸酯。

[0019] 本发明的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,包括以下步骤:

(1)将硅烷偶联剂、四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维于无水乙醇中搅拌混合30~60min,反应后洗涤、干燥,得到混合增强料;

(2)将甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物置于密炼机中于60~70 $^{\circ}\text{C}$ 混炼2~4min,然后加入混合增强料、白炭黑、滑石粉、增塑剂、聚乙烯蜡、抗氧剂,温度升至100~120 $^{\circ}\text{C}$ 混炼8~10min,室温放置8~12h,得到混合胶;

(3) 在混合胶中加入硫化剂和助硫化剂,在开炼机上混炼3~5min,均匀后薄通3~5次,然后130~140℃模压硫化成型、烘干即得。

[0020] 本发明的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,先采用硅烷偶联剂对四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维进行初步的改性处理,能够提高材料表面活性基团的数量,增强材料表面活性,由此改善四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维在橡胶基底中的相容性和分散性,保证复合材料的增强效果。进一步地,本发明采用分批次加料的多段式混炼方法,能够提高混炼效率并保证聚合物交联效果,由此制备得到兼具耐候性能和抗扭转性能的护套材料,适于护套材料的工业制备应用。

具体实施方式

[0021] 为了更清楚地说明本发明的技术方案,下面将结合具体的实施例对本发明作进一步介绍。但是本领域技术人员应当理解,下列实施例仅用于理解和说明本发明,而不应视为限制本发明的范围。

[0022] 以下实施例中,所述端甲基硅橡胶的相对分子量为45万~80万,乙烯基含量为0.07~0.12%,型号110-1;所述端乙烯硅橡胶的相对分子量为45万~80万,乙烯基含量为0.13~0.20%,型号110-2S。乙烯-辛烯共聚物(POE)牌号为陶氏8200。苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物牌号为D1102K。

[0023] PBO纤维的弹性模量180GPa,拉伸强度5.8GPa。酸改性PBO纤维的制备方法是:将PBO纤维浸泡在浓硝酸溶液中(PBO纤维和浓硝酸的用量为5g:50mL),于50℃处理4h,然后洗涤干燥,得到酸改性PBO纤维。

[0024] 实施例1

[0025] 本实施例的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,由以下质量份数的原料构成:

甲基乙烯基硅橡胶100份,乙烯-辛烯共聚物35份,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物15份,四针状氧化锌晶须7份,酸改性PBO纤维5份,白炭黑20份,滑石粉4份,硅烷偶联剂3份,增塑剂4份,聚乙烯蜡2份,抗氧剂1份,硫化剂2份,助硫化剂0.5份。

[0026] 其中,甲基乙烯基硅橡胶为端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶的组合;端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶的质量比3:2。四针状氧化锌晶须的针状体长度为10~50 μm ,根部直径为0.5~5 μm ;硅烷偶联剂为硅酸四乙酯;增塑剂为邻苯二甲酸二丁酯;抗氧剂为抗氧剂1010。硫化剂为过氧化二异丙苯;助硫化剂为三烯丙基异三聚氰酸酯。

[0027] 本实施例的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,包括以下步骤:

(1) 按配比取硅烷偶联剂、四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维于无水乙醇中搅拌混合40min(硅烷偶联剂与无水乙醇的用量比为3g:60mL),反应后洗涤、60℃干燥,得到混合增强料;

(2) 将甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物置于密炼机中于60℃混炼3min,然后在密炼机中加入混合增强料、白炭黑、滑石粉、增塑剂、聚乙烯蜡、抗氧剂,温度升至100℃混炼10min,室温放置12h,得到混合胶;

(3) 在混合胶中加入硫化剂和助硫化剂,在开炼机上混炼4min,均匀后薄通5次,并进行摆胶,然后在140℃温度下模压硫化成型、烘干备用。

[0028] 实施例2

[0029] 本实施例的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,由以下质量份数的原料构成:

甲基乙烯基硅橡胶100份,乙烯-辛烯共聚物40份,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物10份,四针状氧化锌晶须8份,酸改性PBO纤维4份,白炭黑20份,滑石粉4份,硅烷偶联剂3份,增塑剂4份,聚乙烯蜡2份,抗氧剂1份,硫化剂2份,助硫化剂0.5份。

[0030] 其中,甲基乙烯基硅橡胶为端甲基硅橡胶和端乙烯硅橡胶的组合;端甲基硅橡胶和端乙烯硅橡胶的质量比3:2。四针状氧化锌晶须的针状体长度为10~50 μm ,根部直径为0.5~5 μm ;硅烷偶联剂为硅酸四乙酯;增塑剂为邻苯二甲酸二辛酯;抗氧剂为抗氧剂1010。硫化剂为过氧化二异丙苯;助硫化剂为三烯丙基异三聚氰酸酯。

[0031] 本实施例的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,包括以下步骤:

(1)按配比取硅烷偶联剂、四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维于无水乙醇中搅拌混合40min(硅烷偶联剂与无水乙醇的用量比为3g:60mL),反应后洗涤、60 $^{\circ}\text{C}$ 干燥,得到混合增强料;

(2)将甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物置于密炼机中于60 $^{\circ}\text{C}$ 混炼3min,然后在密炼机中加入混合增强料、白炭黑、滑石粉、增塑剂、聚乙烯蜡、抗氧剂,温度升至100 $^{\circ}\text{C}$ 混炼10min,室温放置12h,得到混合胶;

(3)在混合胶中加入硫化剂和助硫化剂,在开炼机上混炼4min,均匀后薄通5次,并进行摆胶,然后在140 $^{\circ}\text{C}$ 温度下模压硫化成型、烘干备用。

[0032] 实施例3

[0033] 本实施例的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料,由以下质量份数的原料构成:

甲基乙烯基硅橡胶100份,乙烯-辛烯共聚物30份,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物20份,四针状氧化锌晶须6份,酸改性PBO纤维6份,白炭黑20份,滑石粉4份,硅烷偶联剂3份,增塑剂4份,聚乙烯蜡2份,抗氧剂1份,硫化剂2份,助硫化剂0.5份。

[0034] 其中,甲基乙烯基硅橡胶为端甲基硅橡胶和端乙烯硅橡胶的组合;端甲基硅橡胶和端乙烯硅橡胶的质量比3:2。四针状氧化锌晶须的针状体长度为10~50 μm ,根部直径为0.5~5 μm ;硅烷偶联剂为硅酸四乙酯;增塑剂为邻苯二甲酸二辛酯;抗氧剂为抗氧剂1010。硫化剂为过氧化二异丙苯;助硫化剂为三烯丙基异三聚氰酸酯。

[0035] 本实施例的风能发电用耐候抗扭转的电缆护套材料的制备方法,包括以下步骤:

(1)按配比取硅烷偶联剂、四针状氧化锌晶须、酸改性PBO纤维于无水乙醇中搅拌混合40min(硅烷偶联剂与无水乙醇的用量比为3g:60mL),反应后洗涤、60 $^{\circ}\text{C}$ 干燥,得到混合增强料;

(2)将甲基乙烯基硅橡胶、乙烯-辛烯共聚物、苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物置于密炼机中于60 $^{\circ}\text{C}$ 混炼3min,然后在密炼机中加入混合增强料、白炭黑、滑石粉、增塑剂、聚乙烯蜡、抗氧剂,温度升至100 $^{\circ}\text{C}$ 混炼10min,室温放置12h,得到混合胶;

(3)在混合胶中加入硫化剂和助硫化剂,在开炼机上混炼4min,均匀后薄通5次,并进行摆胶,然后在140 $^{\circ}\text{C}$ 温度下模压硫化成型、烘干备用。

[0036] 对比例1

对比例1的电缆护套材料,其组成和制备工艺与实施例1基本相同,区别在于:本对比例的电缆护套材料中,甲基乙烯基硅橡胶采用的是单一的端甲基硅橡胶110-1,不含端乙烯基硅橡胶。

[0037] 对比例2

对比例2的电缆护套材料,其组成和制备工艺与实施例1基本相同,区别在于:本对比例的电缆护套材料中,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物的用量为5份。

[0038] 对比例3

对比例3的电缆护套材料,其组成和制备工艺与实施例1基本相同,区别在于:本对比例的电缆护套材料中,不含四针状氧化锌晶须和酸改性PBO纤维,白炭黑的用量提升至32份。

[0039] 对比例4

对比例4的电缆护套材料,其组成和制备工艺与实施例1基本相同,区别在于:本对比例的电缆护套材料中,采用氧化锌粉代替四针状氧化锌晶须。

[0040] 对比例5

对比例5的电缆护套材料,其组成和制备工艺与实施例1基本相同,区别在于:本对比例的电缆护套材料中,直接采用未进行酸改性的PBO纤维。

[0041] 性能测试

实施例1~3和对比例1~5的护套材料的组成如表1所示。

[0042] 表1 实施例1~3和对比例1~5的护套材料的原料组成和质量份数

试验组	实施例 1	实施例 2	实施例 3	对比例 1	对比例 2	对比例 3	对比例 4	对比例 5
甲基乙烯基硅橡胶	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)	100(端甲基硅橡胶和端乙烯基硅橡胶)
乙烯-辛烯共聚物	35	40	30	35	35	35	35	35
苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物	15	10	20	15	5	15	15	15
四针状氧化锌晶须	7	8	6	7	7	-	7(氧化锌粉)	7
酸改性 PBO 纤维	5	4	6	5	5	-	5	5(PBO 纤维)
白炭黑	20	20	20	20	20	32	20	20
滑石粉	4	4	4	4	4	4	4	4
硅烷偶联剂	3	3	3	3	3	3	3	3
增塑剂	4	4	4	4	4	4	4	4
聚乙烯蜡	2	2	2	2	2	2	2	2
抗氧化剂	1	1	1	1	1	1	1	1
硫化剂	2	2	2	2	2	2	2	2
硫化助剂	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

[0043] 对实施例1~3和对比例1~5制备得到的护套材料的性能进行测试。其中,硬度测试参照GB/T 531.1-2008进行,拉伸性能按照GB/T 528-2009进行,脆性温度测试按照GB/T 1682-2014进行,耐海水性能参照GB/T 1690-2010进行,耐空气老化性能、低温拉伸试验、低温冲击试验、低温扭转试验参照标准TICW/01-2009的方法进行。

[0044] 表2 实施例1~3和对比例1~5护套材料的性能

试验组	实施例 1	实施例 2	实施例 3	对比例 1	对比例 2	对比例 3	对比例 4	对比例 5
硬度/邵氏 A, 度	74	71	75	69	76	64	72	75
拉伸强度/MPa	14.7	15.0	14.2	11.4	13.6	10.5	12.9	13.3
断裂伸长率/%	620	583	572	542	413	608	534	557
脆性温度/℃	-48	-50	-47	-45	-44	-42	-46	-45
耐空气老化 (120℃、240h)								
拉伸强度变化率/%	-5.8	-8.6	-7.5	-11.4	-10.8	-17.3	-9.4	-8.7
断裂伸长率变化率/%	-7.3	-9.7	-10.2	-12.5	-13.9	-20.6	-10.5	-10.9
低温拉伸试验 (-50℃, 4h)								
断裂伸长率/%	85	73	76	52	48	43	61	67
低温冲击试验 (-50℃)	无裂纹	无裂纹	无裂纹	轻微裂纹	轻微裂纹	轻微裂纹	无裂纹	无裂纹
耐海水性能 (人工海水、60℃、240h)								
拉伸强度变化率/%	-4.2	-7.6	-6.3	-11.4	-10.7	-18.3	-6.5	-8.3
断裂伸长率变化率/%	-10.3	-14.1	-11.8	-20.7	-12.6	-20.8	-10.3	-15.5
低温扭转试验 (-50℃, 3000 次)	3000/3000	3000/3000	3000/3000	2613/3000	2250/3000	1837/3000	2534/3000	3000/3000

[0045] 由上述测试结果可知,本发明提供的电缆护套材料,各项性能能够有效满足风能发电护套材料的标准要求。其中,相较于对比例1~5的护套材料,本发明通过对树脂基体以及增强体系的特有设计,能够显著提升护套材料对于耐高温、耐低温、耐海水性能的要求,耐候性优良。并且,护套材料的低温性能在很大程度上决定了电缆寿命,开裂后会使得护套腐蚀破坏而使电缆逐渐失去保护。本发明提供的护套材料,在低温条件下还具有优良的抗低温冲击、防脆化和抗扭转性能,能够极大地满足风能发电电缆的使用要求,有效促进电缆使用寿命的提升。因此本发明的电缆护套材料在风力发电领域具有广阔的应用前景。