



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103474158 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 09

(21) 申请号 201310416911. 8

(22) 申请日 2013. 09. 13

(73) 专利权人 江苏远洋东泽电缆股份有限公司
地址 225129 江苏省扬州市邗江区瓜洲镇宝
石路 2 号

(72) 发明人 李永江 韦长天

(74) 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任
公司 32102

代理人 任利国

(51) Int. Cl.

H01B 9/00(2006. 01)

H01B 7/02(2006. 01)

H01B 7/29(2006. 01)

H01B 7/295(2006. 01)

H01B 13/00(2006. 01)

H01B 13/14(2006. 01)

H01B 13/24(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 202042238 U, 2011. 11. 16, 全文.

CN 202217536 U, 2012. 05. 09, 说明书第
[0013]—[0014] 段, 图 1.

CN 203456159 U, 2014. 02. 26, 权利要求 1.

CN 2812237 Y, 2006. 08. 30, 全文.

JP 特开 2011-228122 A, 2011. 11. 10, 全文.

KR 10-2012-0002817 A, 2012. 01. 09, 全文.

王昆等. 新型耐火绝缘体高温耐火船舰电缆
的研制.《船舶工程》. 2011, 第 33 卷 (第 5 期), 54
页右栏倒数第 1 段—55 页右栏第 1 段, 图 1、图 2.

审查员 吴靖

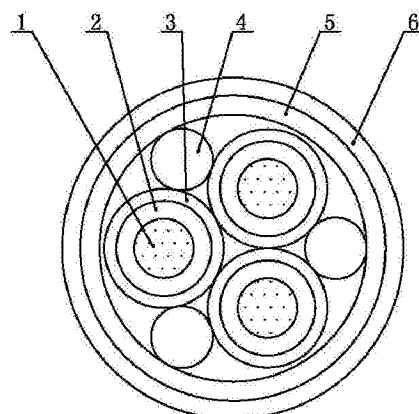
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图 1 页

(54) 发明名称

舰船高载流量低表面温升电力电缆及其制造
方法

(57) 摘要

本发明涉及一种舰船高载流量低表面温升电
力电缆及其制造方法, 在绞合铜导体的外周均匀
挤包高热阻系数阻燃耐火绝缘层, 在高热阻系数
阻燃耐火绝缘层的外周包覆长丝玻璃纤维编织加
强层构成电力电缆绝缘线芯, 将多根电力电缆绝
缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯, 电力电缆绝
缘线芯之间的缝隙填充高热阻系数阻燃耐火填芯
使缆芯圆整, 在电力电缆缆芯的外周包裹高热阻
系数阻燃耐火纵包带, 最后在高热阻系数阻燃耐
火纵包带的外周挤包高热阻系数化学交联聚烯烃
外护套。该电力电缆可以降低电缆外壁的温度, 在
导体截面积相同的情况下, 可以提高载流量。



1. 一种舰船高载流量低表面温升电力电缆,其特征在於:绞合铜导体的外周均匀挤包有高热阻系数阻燃耐火绝缘层,高热阻系数阻燃耐火绝缘层的外周包覆有长丝玻璃纤维编织加强层构成电力电缆绝缘线芯,多根所述电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,所述电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充有高热阻系数阻燃耐火填芯使缆芯圆整,所述电力电缆缆芯的外周包裹有高热阻系数阻燃耐火纵包带,所述高热阻系数阻燃耐火纵包带的外周挤包有高热阻系数化学交联聚烯烃外护套;所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层的原料组分及重量含量如下,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20 份;二叔丁基过氧化物:0.2~0.4 份;气相法白炭黑:5~9 份;钛白粉:1~3 份;二苯基硅二醇:0.4~1 份;羟基硅油:2~5 份;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉:4~8 份;三氧化二铁:0.5~1.5 份。

2. 根据权利要求 1 所述的舰船高载流量低表面温升电力电缆,其特征在於,所述长丝玻璃纤维编织加强层的拉伸强度不小于 2000MPa,编织角在 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$,编织覆盖率为 40%~60%,单丝直径为 0.05mm。

3. 根据权利要求 1 所述的舰船高载流量低表面温升电力电缆,其特征在於,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的原料组分及重量含量如下,LEVAPREN 500HV 橡胶:10 份;三元乙丙橡胶 4045M:10 份;双叔丁基过氧异丙基苯:0.6~1 份;三聚氰酸三烯丙酯:0.2~0.4 份;乙烯基三(β -甲氧基乙氧基)硅烷:0.2~0.5 份;硬脂酸:0.5~1 份;氢氧化铝:30~35 份;气相法白炭黑:6~10 份;N550 炭黑:0.6~1 份;聚乙烯蜡:1.5~2.5 份;烷基化二苯胺:0.2~0.4 份;硼酸锌:2~5 份。

4. 一种舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,其特征是,依次包括以下步骤:在绞合铜导体的外周均匀挤包高热阻系数阻燃耐火绝缘层,在高热阻系数阻燃耐火绝缘层的外周包覆长丝玻璃纤维编织加强层构成电力电缆绝缘线芯,将多根所述电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,所述电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充高热阻系数阻燃耐火填芯使缆芯圆整,在所述电力电缆缆芯的外周包裹高热阻系数阻燃耐火纵包带,最后在所述高热阻系数阻燃耐火纵包带的外周挤包高热阻系数化学交联聚烯烃外护套;所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20 份;二叔丁基过氧化物:0.2~0.4 份;气相法白炭黑:5~9 份;钛白粉:1~3 份;二苯基硅二醇:0.4~1 份;羟基硅油:2~5 份;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉:4~8 份;三氧化二铁:0.5~1.5 份;(2)先将 110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶、气相法白炭黑、钛白粉、三氧化二铁在开放式炼胶机上进行低温混炼直至均匀,混炼时先包前辊,紧接着在 10~15 秒内包后辊,前后辊速比为 $(1.1 \sim 1.2):1$,其中前辊温度为 $30 \sim 40^{\circ}\text{C}$,后辊温度为 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$,前后辊距为 5~6mm;接着向开放式炼胶机中通冷却水保持辊温为 $43 \sim 53^{\circ}\text{C}$,依次加入二苯基硅二醇、羟基硅油和可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,继续混炼 10~15min,最后往胶料内逐次添加二叔丁基过氧化物,继续混炼 3~4 分钟,再打 5~8 个三角包或打卷、薄通下片,将混炼完毕下片的胶料在室温下停放 72~96 小时,挤橡前在开放式炼胶机上进行返炼,初始辊距为 3~5mm,接着在 2~3 分钟内逐渐缩小到 0.3~0.7mm,待胶料表面光滑平整后卸料出片备用。

5. 根据权利要求 4 所述的舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,其特征在於,所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层采用挤橡机挤出,挤橡机采用冷喂料方式,挤出时的机身温度为 $35^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$,机头温度 $32^{\circ}\text{C} \sim 42^{\circ}\text{C}$,挤橡机螺杆冷却方式为水冷却,挤出模具的

模芯承线长度与挤出外径之比为 1:(1~1.25),模套定型段的长度为 2~3mm,挤橡机的机头安装有 80~120 目滤网;挤出后进入连续硫化管道进行化学交联,硫化压力为 0.1MPa。

6. 根据权利要求 4 所述的舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,其特征在于,所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层挤出时的线速度对于截面积为 16mm² 及以下的导体为 7~8m/min,对于截面积为 25 mm²~50 mm² 的导体为 4~5m/min,对于截面积为 70 mm² 及以上的导体为 2~3m/min。

7. 根据权利要求 4 所述的舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,其特征在于,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,LEVAPREN 500HV 橡胶:10 份;三元乙丙橡胶 4045M:10 份;双叔丁基过氧异丙基苯:0.6~1 份;三聚氰酸三烯丙酯:0.2~0.4 份;乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷:0.2~0.5 份;硬脂酸:0.5~1 份;氢氧化铝:30~35 份;气相法白炭黑:6~10 份;N550 炭黑:0.6~1 份;聚乙烯蜡:1.5~2.5 份;烷基化二苯胺:0.2~0.4 份;硼酸锌:2~5 份;(2)先将乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷、硬脂酸、氢氧化铝、气相法白炭黑、N550 炭黑、聚乙烯蜡、烷基化二苯胺和硼酸锌投入密炼机,在 20℃~30℃下混炼 9~10 分钟,接着将密炼机温度升至 110℃~120℃,加入 LEVAPREN 500HV 橡胶和三元乙丙橡胶 4045M 继续混炼 15~18 分钟,然后将混炼胶移至开炼机进行压片、冷却 24~36 小时;接着将密炼机温度控制在 100~110℃,将上述胶料投入密炼机,并加入双叔丁基过氧异丙基苯和三聚氰酸三烯丙酯混炼 3~4 分钟,再将混炼胶移至开炼机打三角包或打卷 7~8 次,然后压片、冷却,在单螺杆造粒机上造粒备用。

8. 根据权利要求 7 所述的舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,其特征在于,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套采用冷喂料方式从双螺杆挤出机上挤出,螺杆的长径比为(15~20):1,挤出时的机身温度为 115±5℃,机头温度为 120±5℃,挤橡机的螺杆冷却方式采用水冷却,挤出后在 160~180℃下进行交联。

舰船高载流量低表面温升电力电缆及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电力电缆,特别涉及一种舰船高载流量低表面温升电力电缆。本发明还涉及一种舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法。

背景技术

[0002] 随着国家加大对海洋能源开发利用的重视,大批新的舰船被建造,由于船舶航行多为远洋海域,出海时间久,为此需要减轻舰船的自身重量,增加舰船的有效负载。电缆作为舰船电能传输设备,其重量对船舶的负载有着很大的影响。而电缆的重量与导体截面积有关,导体截面积则主要是由载流量决定,而影响载流量的因素除了导体材料和截面积外,还有所用绝缘、护套材料和电缆结构等。由于船用电缆导体均为绞合铜导体,故船用电缆载流量主要是由绝缘、护套材料和电缆结构决定。

[0003] 现有技术主要是通过提高绝缘和护套材料的额定工作温度从而提高电缆的载流量,但由于现有材料的热阻系数较小使得电缆的表面温度很高,可达 110°C ,而电缆在狭小的船舶空间内散热不畅,造成环境温度升高,又会更加降低电缆的载流量,并且影响周围其他设施的安全,造成恶性循环。现有橡胶绝缘材料的热阻系数为 $6.0\text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$,低烟无卤护套材料的热阻系数为 $3.5\text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$,不足以降低电缆表面温升。

发明内容

[0004] 本发明的首要目的在于,克服现有技术中存在的问题,提供一种舰船高载流量低表面温升电力电缆,导体外包层热阻系数高,在导体截面积相同的情况下,可以提高载流量。

[0005] 为实现以上目的,本发明所提供的一种舰船高载流量低表面温升电力电缆,绞合铜导体的外周均匀挤包有高热阻系数阻燃耐火绝缘层,高热阻系数阻燃耐火绝缘层的外周包覆有长丝玻璃纤维编织加强层构成电力电缆绝缘线芯,多根所述电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,所述电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充有高热阻系数阻燃耐火填芯使缆芯圆整,所述电力电缆缆芯的外周包裹有高热阻系数阻燃耐火纵包带,所述高热阻系数阻燃耐火纵包带的外周挤包有高热阻系数化学交联聚烯烃外护套。

[0006] 相对于现有技术,本发明取得了以下有益效果:由于导体的外壁采用的是高热阻系数阻燃耐火绝缘层,缆芯的外壁采用的是高热阻系数化学交联聚烯烃外护套,且填芯采用的是高热阻系数阻燃耐火填芯,可以降低电缆外壁的温度,在导体截面积相同的情况下,可以提高载流量。

[0007] 作为本发明的优选方案,所述长丝玻璃纤维编织加强层的拉伸强度不小于 2000MPa ,编织角在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,编织覆盖率为 $40\%\sim 60\%$,单丝直径为 0.05mm 。

[0008] 作为本发明的优选方案,所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层的原料组分及重量含量如下,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20份;二叔丁基过氧化物:0.2~0.4份;气相法白炭黑:5~9份;钛白粉:1~3份;二苯基硅二醇:0.4~1份;羟基硅油:2~5份;可瓷化硅橡胶专用低

温玻璃粉:4~8份;三氧化二铁:0.5~1.5份。本发明采用110-2-B甲基乙烯基硅橡胶作为基体橡胶,其分子量高,易硫化、永久变形小、耐热老化和工艺性能好、成本低;分子链中具有的乙烯基硫化活性高,适于过氧化物硫化;采用二叔丁基过氧化物作为硫化剂,其不与空气反应,硫化速度快、硫化活性高,成本低;由于110-2-B甲基乙烯基硅橡胶在高温下使用时耐酸碱性差,以及采用过氧化物硫化并加入有耐火剂可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,虽增强了耐火性能,但降低了物理机械性能和工艺性能,故需加入补强填充剂气相法白炭黑和钛白粉以提高硫化胶的性能,延长成品电缆的使用寿命;采用气相法白炭黑经八甲基环四硅氧烷进行表面处理,常态下为白色无定形絮状半透明固体胶状纳米粒子,由硅的卤化物在氢氧火焰中高温水解生成的纳米级白色粉末,粒径小,比表面积大,作为补强剂可以使得胶料具有较高的机械强度和良好的耐水和电绝缘性能,工艺性能好,拉伸强度高;采用钛白粉与气相法白炭黑并用可改进胶料的工艺性能,调节硫化胶的物理性能、增强抗撕裂强度和降低成本;由于硅橡胶的结构化效应,在存放过程中,气相法白炭黑表面的游离羟基与硅橡胶的羟基发生反应,致使胶料可塑度降低,返炼和加工性能下降。为防止减弱结构化倾向,故加入二苯基硅二醇和羟基硅油作为结构控制剂,二苯基硅二醇可以改善胶料的热老化性能,提高硫化胶的工作温度,增大电缆的载流量,成本低,羟基硅油憎水防潮性好,可以简化胶料的加工工艺,提高加工工艺性能,不需要热处理,利于改善工作条件,增强胶料的亮洁度。耐热助剂三氧化二铁可以改进硫化胶的耐热老化性能,提高硫化胶的工作温度,增大电缆的载流量。可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉作为耐火剂,其软化点低、线膨胀系数小,粒径小,常态下成粉末状态,其可使硫化胶具有优异的耐高温、电绝缘等性能,具有良好的瓷化性能,瓷化物具有良好的抗热冲击性,致密性,表面光洁性,并具有一定的强度,使硫化胶燃烧后生成不燃的灰烬而自熄,具有不熔的特性,其灰烬物仍为骨格结构的绝缘体,持久包覆在导线上,具有良好的绝缘性。由于在绝缘物不含有炭黑等导电性物质,燃烧后的生成物不会由于炭化焦烧形成导电性漏电而引致线路电击穿等现象。燃烧后形成的壳层具有较大的机械强度,能承受一定机械冲击力,在高温或受潮情况下仍具有优异的电气绝缘性能,能够确保电缆在火焰附加机械敲击和淋水条件下电路通畅、电能传输安全。本发明的高热阻系数阻燃耐火绝缘层老化前的抗张强度可达 6.5 N/mm^2 以上,断裂伸长率可达260%以上;空气烘箱老化后的抗张强度保留率可达88%以上,断裂伸长率保留率可达89%以上;交联度试验载荷下伸长率可达27%以下;20℃下绝缘电阻可达 $4500\text{ M}\Omega\cdot\text{km}$ 以上;热阻系数可达 $6.6\text{ K}\cdot\text{m/W}$ 以上;酸气含量、卤素含量、毒性指数、烟指数等均优于标准要求。

[0009] 作为本发明的优选方案,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的原料组分及重量含量如下,LEVAPREN 500HV橡胶:10份;三元乙丙橡胶4045M:10份;双叔丁基过氧异丙基苯:0.6~1份;三聚氰酸三烯丙酯:0.2~0.4份;乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷:0.2~0.5份;硬脂酸:0.5~1份;氢氧化铝:30~35份;气相法白炭黑:6~10份;N550炭黑:0.6~1份;聚乙烯蜡:1.5~2.5份;烷基化二苯胺:0.2~0.4份;硼酸锌:2~5份。该护套取得如下有益效果:(1)LEVAPREN 500HV橡胶随着其中醋酸乙烯含量的增加,胶料的可交联度、耐油性、断裂伸长率会大幅增加,但醋酸乙烯含量大于55%时LEVAPREN 500HV橡胶的耐高温性和弹性会下降,影响柔软性;本发明基于硫化胶料需要具备耐高温保证电缆的高载流量而选择LEVAPREN 500HV橡胶;同时LEVAPREN 500HV橡胶的分子结构是饱和的次甲基主链,并含有极性侧基、非极性次甲基基团和适当的活性,具有高阻燃、耐热老化、耐油性能,

并且可以通过价格低廉的过氧化物进行硫化交联,但 LEVAPREN 500HV 橡胶的价格较高。(2)三元乙丙橡胶 4045M 属于饱和共聚物,不含有不饱和双键,可用过氧化物硫化,具有优异的耐臭氧老化、耐热耐气候性能、加工工艺性能、价格低廉,但耐油性和粘合性差。采用乙华平橡胶 LEVAPREN 500HV 和三元乙丙橡胶 4045M 共用可以发挥二者各自的优势、提高胶料的整体性能,降低成本。(3)采用氢氧化铝(即水合氧化铝)作为阻燃剂,其含有 3 个水分子,在 250℃开始分解,释放出水分子而吸收热量降低了周围温度,释放出的水蒸气又起到了稀释气相中可燃气体浓度的作用,生成的三氧化二铝和燃烧聚合物表面的炭化物结合,形成保护膜,切断了热能和氧气的侵入,起到了阻燃作用。同时水合氧化铝具有低烟和减少一氧化碳发生的效果,环保清洁。(4)硼酸锌作为氢氧化铝的协同阻燃剂即销烟剂,受热后不但会释放结晶水吸收大量热,限制材料温度上升,降低护套表面温度,还能形成氯化硼、氯化锌覆盖在材料表面,起到隔热、隔氧,防止烟气逸出。(5)采用双叔丁基过氧异丙基苯即硫化剂 BIPB 代替传统的 DCP 具有明显的优点:DCP 在交联时产生难闻的气味,而且留在制品中;BIPB 无此缺点;BIPB 耐温等级高,可在比 DCP 高 10℃下进行混炼;BIPB 含有两个过氧键,活性氧含量高,用量比 DCP 少 30%;同时 BIPB 挥发性低,可以避免由甲烷引起的水泡;但 BIPB 在橡胶混合物中受热分解产生游离基,引起交联反应,同时还发生橡胶主链上丙烯链节的切断,可以提高硫化橡胶的耐热性、改善压缩变形,降低脆化温度,改善低温曲挠性能,但 BIPB 在硫化橡胶时,发生的离子型分解会降低 BIPB 的利用效率,交联密度低、机械性能差,老化性差;(6)采用三聚氰酸三烯丙酯即 TAC 作为共硫化剂,利用 TAC 共硫化剂存在的不饱和活性基团,迅速与 BIPB 分解出的游离基反应,形成结构稳定的新的游离基,并继续参与交联反应,从而提高 BIPB 的利用率和交联效率,提高胶料的硫化速度、交联密度和拉伸强度,保证硫化胶的综合性能。(7)烷基化二苯胺即防老剂 DDA 高效无毒、挥发性小、对热、光、臭氧所引起的老化有特别的防护作用和抗疲劳作用,尤其对要求在高温条件下使用的橡胶制品的防老化效果和抗疲劳效果为突出,且与乙华平橡胶 LEVAPREN 500HV 和三元乙丙橡胶 4045M 和有着良好的相容性。(8)硬脂酸作为润滑剂可以起到活性剂和润滑剂的双重作用,使硫化剂金属氧化物具有较大的活性,对炭黑 N550 在胶料中的分散性更好,同时具有脱模剂的作用,利于胶料与模具不粘连;也可改进绝缘料的加工工艺性能,提高加工速率,同时可提高胶料的质量,防止胶料加工时与设备和其他接触材料表面的粘附,使加工过程中的胶料具有良好的离辊性和脱模性,保证胶料表面光洁,降低胶料内部摩擦和熔融时的流动粘度,防止因内部摩擦而导致胶料过热影响使用性能。(9)N550 炭黑作为着色剂可以提高胶料的耐紫外线老化性能,同时对胶料具有补强作用。(10)气相法白炭黑作为补强剂,为白色无定形絮状半透明固体胶状纳米粒子,由硅的卤化物在氢氧火焰中高温水解生成的纳米级白色粉末,粒径小,比表面积大,可以使得胶料具有较高的机械强度,工艺性能好,拉伸强度高,但气相法白炭黑粒子表面基团酸性的影响,会延迟硫化,胶料粘性大、混炼易粘辊。由于 LEVAPREN 500HV 的门尼粘度低、混炼时容易粘辊,加入乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷即偶联剂 A-172 和增塑剂聚乙烯蜡,改善加工工艺。偶联剂 A-172 是不饱和的硅烷,它可与气相法白炭黑自发偶合,显著降低填充料粒度和胶料的粘度,一方面提高橡胶与补强剂、填充剂的浸润性,另一方面在硫化过程中通过不饱和键形成橡胶—填料键,起到增加硫化速度、增强硫化胶的抗拉强度和耐水稳定性,消除高温硫化产生气孔的作用。聚乙烯蜡粘度低,软化点高,无毒,热稳定性好,分子量大高温挥发性低,耐化学药品能力强,电性能优

良,可改善成品的外观可增强填充剂的扩散,提高挤压成型速率,增大模具流量,脱模便利。本发明的高热阻系数化学交联聚烯烃外护套老化前的抗张强度可达 11 N/mm^2 以上,断裂伸长率可达 190% 以上;空气烘箱老化后的抗张强度保留率可达 61% 以上,断裂伸长率保留率可达 62% 以上;交联度试验载荷下伸长率可达 18% 以下;热阻系数可达 $6.1 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ 以上;酸气含量、卤素含量、毒性指数、烟指数等均优于标准要求。

[0010] 本发明的另一个目的在于,提供一种舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,该方法制造而成的电缆,导体绝缘层热阻系数高,在导体截面积相同的情况下,可以提高载流量。

[0011] 为实现以上目的,本发明所提供的舰船高载流量低表面温升电力电缆的制造方法,依次包括以下步骤:在绞合铜导体的外周均匀挤包高热阻系数阻燃耐火绝缘层,在高热阻系数阻燃耐火绝缘层的外周包覆长丝玻璃纤维编织加强层构成电力电缆绝缘线芯,将多根所述电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,所述电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充高热阻系数阻燃耐火填芯使缆芯圆整,在所述电力电缆缆芯的外周包裹高热阻系数阻燃耐火纵包带,最后在所述高热阻系数阻燃耐火纵包带的外周挤包高热阻系数化学交联聚烯烃外护套;所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20 份;二叔丁基过氧化物:0.2~0.4 份;气相法白炭黑:5~9 份;钛白粉:1~3 份;二苯基硅二醇:0.4~1 份;羟基硅油:2~5 份;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉:4~8 份;三氧化二铁:0.5~1.5 份;(2)先将 110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶、气相法白炭黑、钛白粉、三氧化二铁在开放式炼胶机上进行低温混炼直至均匀,混炼时先包前辊,紧接着在 10~15 秒内包后辊,前后辊速比为 $(1.1 \sim 1.2):1$,其中前辊温度为 $30 \sim 40^\circ\text{C}$,后辊温度为 $20 \sim 30^\circ\text{C}$,前后辊距为 5~6mm;接着向开放式炼胶机中通冷却水保持辊温为 $43 \sim 53^\circ\text{C}$,依次加入二苯基硅二醇、羟基硅油和可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,继续混炼 10~15min,最后往胶料内逐次添加二叔丁基过氧化物,继续混炼 3~4 分钟,再打 5~8 个三角包或打卷、薄通下片,将混炼完毕下片的胶料在室温下停放 72~96 小时,挤橡前在开放式炼胶机上进行返炼,初始辊距为 3~5mm,接着在 2~3 分钟内逐渐缩小到 0.3~0.7mm,待胶料表面光滑平整后卸料出片备用。

[0012] 相对于现有技术,本发明取得了以下有益效果:本发明采用 110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶作为基体橡胶,其分子量高,易硫化、永久变形小、耐热老化和工艺性能好、成本低;分子链中具有乙烯基硫化活性高,适于过氧化物硫化;采用二叔丁基过氧化物作为硫化剂,其不与空气反应,硫化速度快、硫化活性高,成本低;由于 110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶在高温下使用时耐酸碱性能差,以及采用过氧化物硫化并加入有耐火剂可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,虽增强了耐火性能,但降低了物理机械性能和工艺性能,故需加入补强填充剂气相法白炭黑和钛白粉以提高硫化胶的性能,延长成品电缆的使用寿命;采用气相法白炭黑经八甲基环四硅氧烷进行表面处理,常态下为白色无定形絮状半透明固体胶状纳米粒子,由硅的卤化物在氢氧火焰中高温水解生成的纳米级白色粉末,粒径小,比表面积大,作为补强剂可以使得胶料具有较高的机械强度和良好的耐水和电绝缘性能,工艺性能好,拉伸强度高;采用钛白粉与气相法白炭黑并用可改进胶料的工艺性能,调节硫化胶的物理性能、增强抗撕裂强度和降低成本;由于硅橡胶的结构化效应,在存放过程中,气相法白炭黑表面的游离羟基与硅橡胶的羟基发生反应,致使胶料可塑度降低,返炼和加工性能下降。为防止减

弱结构化倾向,故加入二苯基硅二醇和羟基硅油作为结构控制剂,二苯基硅二醇可以改善胶料的热老化性能,提高硫化胶的工作温度,增大电缆的载流量,成本低,羟基硅油憎水防潮性好,可以简化胶料的加工工艺,提高加工工艺性能,不需要热处理,利于改善工作条件,增强胶料的亮洁度。耐热助剂三氧化二铁可以改进硫化胶的耐热老化性能,提高硫化胶的工作温度,增大电缆的载流量。可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉作为耐火剂,其软化点低、线膨胀系数小,粒径小,常态下成粉末状态,其可使硫化胶具有优异的耐高温、电绝缘等性能,具有良好的瓷化性能,瓷化物具有良好的抗热冲击性,致密性,表面光洁性,并具有一定的强度,使硫化胶燃烧后生成不燃的灰烬而自熄,具有不熔的特性,其灰烬物仍为骨格结构的绝缘体,持久包覆在导线上,具有良好的绝缘性。由于在绝缘物不含有炭黑等导电性物质,燃烧后的生成物不会由于炭化焦烧形成导电性漏电而引致线路电击穿等现象。燃烧后形成的壳层具有较大的机械强度,能承受一定机械冲击力,在高温或受潮情况下仍具有优异的电气绝缘性能,能够确保电缆在火焰附加机械敲击和淋水条件下电路通畅、电能传输安全。本发明的高热阻系数阻燃耐火绝缘层老化前的抗张强度可达 6.5 N/mm^2 以上,断裂伸长率可达260%以上;空气烘箱老化后的抗张强度保留率可达88%以上,断裂伸长率保留率可达89%以上;交联度试验载荷下伸长率可达27%以下; 20°C 下绝缘电阻可达 $4500\text{M}\Omega\cdot\text{km}$ 以上;热阻系数可达 $6.6\text{K}\cdot\text{m/W}$ 以上;酸气含量、卤素含量、毒性指数、烟指数等均优于标准要求。

[0013] 作为本发明的优选方案,所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层采用挤压机挤出,挤压机采用冷喂料方式,挤出时的机身温度为 $35^\circ\text{C}\sim 45^\circ\text{C}$,机头温度 $32^\circ\text{C}\sim 42^\circ\text{C}$,挤压机螺杆冷却方式为水冷却,挤出模具的模芯承线长度与挤出外径之比为 $1:(1\sim 1.25)$,模套定型段的长度为 $2\sim 3\text{mm}$,挤压机的机头安装有80~120目滤网;挤出后进入连续硫化管道进行化学交联,硫化压力为 0.1MPa 。模芯承线长度比较长使得绝缘挤包的表面光滑,挤出截面紧密,并与导体良好贴合;机头安装滤网可以改善挤橡质量;挤出后进入连续硫化管道立即进行化学交联,可以提高高热阻系数阻燃耐火绝缘层的耐热等级。

[0014] 作为本发明的优选方案,所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层挤出时的线速度对于截面积为 16mm^2 及以下的导体为 $7\sim 8\text{m/min}$,对于截面积为 $25\text{mm}^2\sim 50\text{mm}^2$ 的导体为 $4\sim 5\text{m/min}$,对于截面积为 70mm^2 及以上的导体为 $2\sim 3\text{m/min}$ 。

[0015] 作为本发明的优选方案,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,LEVAPREN 500HV橡胶:10份;三元乙丙橡胶4045M:10份;双叔丁基过氧异丙基苯:0.6~1份;三聚氰酸三烯丙酯:0.2~0.4份;乙烯基三(β -甲氧基乙氧基)硅烷:0.2~0.5份;硬脂酸:0.5~1份;氢氧化铝:30~35份;气相法白炭黑:6~10份;N550炭黑:0.6~1份;聚乙烯蜡:1.5~2.5份;烷基化二苯胺:0.2~0.4份;硼酸锌:2~5份;(2)先将乙烯基三(β -甲氧基乙氧基)硅烷、硬脂酸、氢氧化铝、气相法白炭黑、N550炭黑、聚乙烯蜡、烷基化二苯胺和硼酸锌投入密炼机,在 $20^\circ\text{C}\sim 30^\circ\text{C}$ 下混炼9~10分钟,接着将密炼机温度升至 $110^\circ\text{C}\sim 120^\circ\text{C}$,加入LEVAPREN 500HV橡胶和三元乙丙橡胶4045M继续混炼15~18分钟,然后将混炼胶移至开炼机进行压片、冷却24~36小时;接着将密炼机温度控制在 $100\sim 110^\circ\text{C}$,将上述胶料投入密炼机,并加入双叔丁基过氧异丙基苯和三聚氰酸三烯丙酯混炼3~4分钟,再将混炼胶移至开炼机打三角包或打卷7~8次,然后压片、冷却,在单螺杆造粒机上造粒备用。

[0016] 作为本发明的优选方案,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套采用冷喂料方式从双螺杆挤出机上挤出,螺杆的长径比为(15~20):1,挤出时的机身温度为 $115\pm 5^{\circ}\text{C}$,机头温度为 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$,挤橡机的螺杆冷却方式采用水冷却,挤出后在 $160\sim 180^{\circ}\text{C}$ 下进行交联。

附图说明

[0017] 图1为本发明舰船高载流量低表面温升电力电缆的结构示意图。

[0018] 图中:1. 绞合铜导体;2. 高热阻系数阻燃耐火绝缘层;3. 长丝玻璃纤维编织加强层;4. 高热阻系数阻燃耐火填芯;5. 高热阻系数阻燃耐火纵包带;6. 高热阻系数化学交联聚烯烃外护套。

具体实施方式

[0019] 实施例一

[0020] 如图1所示,本发明的舰船高载流量低表面温升电力电缆,依次包括以下步骤:在绞合铜导体1的外周均匀挤包高热阻系数阻燃耐火绝缘层2,在高热阻系数阻燃耐火绝缘层2的外周包覆长丝玻璃纤维编织加强层3构成电力电缆绝缘线芯,将多根电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充高热阻系数阻燃耐火填芯4使缆芯圆整,在电力电缆缆芯的外周包裹高热阻系数阻燃耐火纵包带5,最后在高热阻系数阻燃耐火纵包带5的外周挤包高热阻系数化学交联聚烯烃外护套6。

[0021] 其中,长丝玻璃纤维编织加强层的拉伸强度不小于2000MPa,编织角在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$,编织覆盖率为40%~60%,单丝直径为0.05mm。

[0022] 其中,高热阻系数阻燃耐火绝缘层的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20份;二叔丁基过氧化物:0.2份;气相法白炭黑:5份;钛白粉:1份;二苯基硅二醇:0.4份;羟基硅油:2份;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉:4份;三氧化二铁:0.5份;(2)先将110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶、气相法白炭黑、钛白粉、三氧化二铁在开放式炼胶机上进行低温混炼直至均匀,混炼时先包前辊,紧接着在10秒内包后辊,前后辊速比为1.1:1,其中前辊温度为 30°C ,后辊温度为 20°C ,前后辊距为5mm;接着向开放式炼胶机中通冷却水保持辊温为 43°C ,依次加入二苯基硅二醇、羟基硅油和可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,继续混炼10min,最后往胶料内逐次添加二叔丁基过氧化物,继续混炼3分钟,再打5个三角包或打卷、薄通下片,将混炼完毕下片的胶料在室温下停放72小时,挤橡前在开放式炼胶机上进行返炼,初始辊距为3mm,接着在2分钟内逐渐缩小到0.3mm,待胶料表面光滑平整后卸料出片备用。

[0023] 所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层采用挤橡机挤出,挤橡机采用冷喂料方式,挤出时的机身温度为 35°C ,机头温度 32°C ,挤橡机螺杆冷却方式为水冷却,挤出模具的模芯承线长度与挤出外径之比为1:1,模套定型段的长度为2mm,挤橡机的机头安装有80目滤网;挤出后进入连续硫化管道进行化学交联,硫化压力为0.1MPa。所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层挤出时的线速度对于截面积为 16mm^2 及以下的导体为7~8m/min。

[0024] 其中,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,LEVAPREN 500HV 橡胶:10份;三元乙丙橡胶4045M:10份;双叔丁基过氧异丙基苯:0.6份;三聚氰酸三烯丙酯:0.2份;乙烯基三(β -甲氧基乙氧基)硅烷:0.2

份 ;硬脂酸 :0.5 份 ;氢氧化铝 :30 份 ;气相法白炭黑 :6 份 ;N550 炭黑 :0.6 份 ;聚乙烯蜡 :1.5 份 ;烷基化二苯胺 :0.2 份 ;硼酸锌 :2 份 ;(2) 先将乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷、硬脂酸、氢氧化铝、气相法白炭黑、N550 炭黑、聚乙烯蜡、烷基化二苯胺和硼酸锌投入密炼机,在 20℃下混炼 9 分钟,接着将密炼机温度升至 110℃,加入 LEVAPREN 500HV 橡胶和三元乙丙橡胶 4045M 继续混炼 15 分钟,然后将混炼胶移至开炼机进行压片、冷却 24 小时;接着将密炼机温度控制在 100℃,将上述胶料投入密炼机,并加入双叔丁基过氧异丙基苯和三聚氰酸三烯丙酯混炼 3 分钟,再将混炼胶移至开炼机打三角包或打卷 7 次,然后压片、冷却,在单螺杆造粒机上造粒备用。

[0025] 所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套采用冷喂料方式从双螺杆挤出机上挤出,螺杆的长径比为 15:1,挤出时的机身温度为 110℃,机头温度为 115℃,挤橡机的螺杆冷却方式采用水冷却,挤出后在 160℃下进行交联。

[0026] 实施例二

[0027] 如图 1 所示,本发明的舰船高载流量低表面温升电力电缆,依次包括以下步骤:在绞合铜导体 1 的外周均匀挤包高热阻系数阻燃耐火绝缘层 2,在高热阻系数阻燃耐火绝缘层 2 的外周包覆长丝玻璃纤维编织加强层 3 构成电力电缆绝缘线芯,将多根电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充高热阻系数阻燃耐火填芯 4 使缆芯圆整,在电力电缆缆芯的外周包裹高热阻系数阻燃耐火纵包带 5,最后在高热阻系数阻燃耐火纵包带 5 的外周挤包高热阻系数化学交联聚烯烃外护套 6。

[0028] 其中,长丝玻璃纤维编织加强层的拉伸强度不小于 2000MPa,编织角在 30°~60°,编织覆盖率为 40%~60%,单丝直径为 0.05mm。

[0029] 其中,高热阻系数阻燃耐火绝缘层的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20 份;二叔丁基过氧化物:0.3 份;气相法白炭黑:7 份;钛白粉:2 份;二苯基硅二醇:0.7 份;羟基硅油:3.5 份;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉:6 份;三氧化二铁:1.0 份。(2)先将 110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶、气相法白炭黑、钛白粉、三氧化二铁在开放式炼胶机上进行低温混炼直至均匀,混炼时先包前辊,紧接着在 12 秒内包后辊,前后辊速比为 1.15:1,其中前辊温度为 35℃,后辊温度为 25℃,前后辊距为 5.5mm;接着向开放式炼胶机中通冷却水保持辊温为 48℃,依次加入二苯基硅二醇、羟基硅油和可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,继续混炼 13min,最后往胶料内逐次添加二叔丁基过氧化物,继续混炼 3.5 分钟,再打 7 个三角包或打卷、薄通下片,将混炼完毕下片的胶料在室温下停放 85 小时,挤橡前在开放式炼胶机上进行返炼,初始辊距为 4mm,接着在 2.5 分钟内逐渐缩小到 0.5mm,待胶料表面光滑平整后卸料出片备用。

[0030] 所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层采用挤橡机挤出,挤橡机采用冷喂料方式,挤出时的机身温度为 40℃,机头温度 38℃,挤橡机螺杆冷却方式为水冷却,挤出模具的模芯承线长度与挤出外径之比为 1:1.1,模套定型段的长度为 2.5mm,挤橡机的机头安装有 100 目滤网;挤出后进入连续硫化管道进行化学交联,硫化压力为 0.1MPa。所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层挤出时的线速度对于截面积为 25 mm²~50 mm² 的导体为 4~5m/min。

[0031] 其中,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,LEVAPREN 500HV 橡胶:10 份;三元乙丙橡胶 4045M:10 份;双叔丁基过氧异丙基苯:0.8 份;三聚氰酸三烯丙酯:0.8 份;乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷:0.3

份;硬脂酸:0.8份;氢氧化铝:32份;气相法白炭黑:8份;N550 炭黑:0.8份;聚乙烯蜡:2.0份;烷基化二苯胺:0.3份;硼酸锌:4份;(2)先将乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷、硬脂酸、氢氧化铝、气相法白炭黑、N550 炭黑、聚乙烯蜡、烷基化二苯胺和硼酸锌投入密炼机,在 25℃下混炼 10 分钟,接着将密炼机温度升至 115℃,加入 LEVAPREN 500HV 橡胶和三元乙丙橡胶 4045M 继续混炼 16 分钟,然后将混炼胶移至开炼机进行压片、冷却 30 小时;接着将密炼机温度控制在 105℃,将上述胶料投入密炼机,并加入双叔丁基过氧异丙基苯和三聚氰酸三烯丙酯混炼 3.5 分钟,再将混炼胶移至开炼机打三角包或打卷 8 次,然后压片、冷却,在单螺杆造粒机上造粒备用。

[0032] 所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套采用冷喂料方式从双螺杆挤出机上挤出,螺杆的长径比为 18:1,挤出时的机身温度为 115℃,机头温度为 120℃,挤橡机的螺杆冷却方式采用水冷却,挤出后在 170℃下进行交联。

[0033] 实施例三

[0034] 如图 1 所示,本发明的舰船高载流量低表面温升电力电缆,依次包括以下步骤:在绞合铜导体 1 的外周均匀挤包高热阻系数阻燃耐火绝缘层 2,在高热阻系数阻燃耐火绝缘层 2 的外周包覆长丝玻璃纤维编织加强层 3 构成电力电缆绝缘线芯,将多根电力电缆绝缘线芯相互绞合构成电力电缆缆芯,电力电缆绝缘线芯之间的缝隙填充高热阻系数阻燃耐火填芯 4 使缆芯圆整,在电力电缆缆芯的外周包裹高热阻系数阻燃耐火纵包带 5,最后在高热阻系数阻燃耐火纵包带 5 的外周挤包高热阻系数化学交联聚烯烃外护套 6。

[0035] 其中,长丝玻璃纤维编织加强层的拉伸强度不小于 2000MPa,编织角在 30°~60°,编织覆盖率为 40%~60%,单丝直径为 0.05mm。

[0036] 其中,高热阻系数阻燃耐火绝缘层的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶:20 份;二叔丁基过氧化物:0.4 份;气相法白炭黑:9 份;钛白粉:3 份;二苯基硅二醇:1 份;羟基硅油:5 份;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉:8 份;三氧化二铁:1.5 份。(2)先将 110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶、气相法白炭黑、钛白粉、三氧化二铁在开放式炼胶机上进行低温混炼直至均匀,混炼时先包前辊,紧接着在 15 秒内包后辊,前后辊速比为 1.2:1,其中前辊温度为 40℃,后辊温度为 30℃,前后辊距为 6mm;接着向开放式炼胶机中通冷却水保持辊温为 53℃,依次加入二苯基硅二醇、羟基硅油和可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉,继续混炼 15min,最后往胶料内逐次添加二叔丁基过氧化物,继续混炼 4 分钟,再打 8 个三角包或打卷、薄通下片,将混炼完毕下片的胶料在室温下停放 96 小时,挤橡前在开放式炼胶机上进行返炼,初始辊距为 5mm,接着在 3 分钟内逐渐缩小到 0.7mm,待胶料表面光滑平整后卸料出片备用。

[0037] 所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层采用挤橡机挤出,挤橡机采用冷喂料方式,挤出时的机身温度为 45℃,机头温度 42℃,挤橡机螺杆冷却方式为水冷却,挤出模具的模芯承线长度与挤出外径之比为 1:1.25,模套定型段的长度为 3mm,挤橡机的机头安装有 120 目滤网;挤出后进入连续硫化管道进行化学交联,硫化压力为 0.1MPa。所述高热阻系数阻燃耐火绝缘层挤出时的线速度对于截面积为 70 mm² 及以上的导体为 2~3m/min。

[0038] 其中,所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的制备方法如下:(1)按以下组分及重量含量准备原料,LEVAPREN 500HV 橡胶:10 份;三元乙丙橡胶 4045M:10 份;双叔丁基过氧异丙基苯:1 份;三聚氰酸三烯丙酯:0.4 份;乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷:0.5

份 ;硬脂酸 :1 份 ;氢氧化铝 :35 份 ;气相法白炭黑 :10 份 ;N550 炭黑 :1 份 ;聚乙烯蜡 :2.5 份 ;烷基化二苯胺 :0.4 份 ;硼酸锌 :5 份 ;(2)先将乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷、硬脂酸、氢氧化铝、气相法白炭黑、N550 炭黑、聚乙烯蜡、烷基化二苯胺和硼酸锌投入密炼机,在 30℃下混炼 10 分钟,接着将密炼机温度升至 120℃,加入 LEVAPREN 500HV 橡胶和三元乙丙橡胶 4045M 继续混炼 18 分钟,然后将混炼胶移至开炼机进行压片、冷却 36 小时;接着将密炼机温度控制在 110℃,将上述胶料投入密炼机,并加入双叔丁基过氧异丙基苯和三聚氰酸三烯丙酯混炼 4 分钟,再将混炼胶移至开炼机打三角包或打卷 8 次,然后压片、冷却,在单螺杆造粒机上造粒备用。

[0039] 所述高热阻系数化学交联聚烯烃外护套采用冷喂料方式从双螺杆挤出机上挤出,螺杆的长径比为 20 :1,挤出时的机身温度为 120℃,机头温度为 125℃,挤橡机的螺杆冷却方式采用水冷却,挤出后在 180℃下进行交联。

[0040] 对实施例一至实施例三中高热阻系数阻燃耐火绝缘层老化前机械性能测试结果如表 1。

[0041] 表 1

[0042]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度	N/mm ²	≥5.2	7.1	6.9	6.5
断裂伸长率	%	≥150	289	275	268

[0043] 对实施例一至实施例三中高热阻系数阻燃耐火绝缘层烘箱老化后的机械性能测试结果如表 2,老化条件 :温度 200±3℃,时间 :168h。

[0044] 表 2

[0045]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度 保留率	%	≥80	98	92	88
断裂伸长率 保留率	%	≥80	97	89	93

[0046] 对实施例一至实施例三中高热阻系数阻燃耐火绝缘层交联度试验 :温度 250±3℃,载荷时间 15min,机械应力 20 N/cm²。

[0047] 表 3

[0048]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
载荷下伸长 率	%	≤50	25	27	20

[0049] 对实施例一至实施例三中高热阻系数阻燃耐火绝缘层的绝缘电阻测试结果如表 4 所示。

[0050] 表 4

[0051]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
绝缘电阻 (20℃)	MΩ·km	≥1500	5045	4568	5160
绝缘电阻 (125℃)	MΩ·km	≥2	168	163	172

[0052] 对实施例一至实施例三中高热阻系数阻燃耐火绝缘层的热阻系数测试结果如表 5 所示。

[0053] 表 5

[0054]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
热阻系数	K·m/W	-	6.6	6.7	6.6

[0055] 对实施例一至实施例三中高热阻系数阻燃耐火绝缘层的酸气含量、卤素含量、毒性指数、烟指数的测试结果如表 6 所示。

[0056] 表 6

[0057]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
酸气含量	%	≤18	0.8	0.9	0.9
卤素含量	%	≤0.2	0	0	0
毒性指数		≤1.5	0	0	0
烟指数		≤45	2	1	2

[0058] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套老化前机械性能测试结果如表 7。

[0059] 表 7

[0060]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度	N/mm ²	≥9.0	11.1	11.3	13.5
断裂伸长率	%	≥160	210	220	190

[0061] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套空气烘箱老化后的机械性能测试结果如表 8, 老化条件: 温度 $158\pm 2^{\circ}\text{C}$, 时间: 168h。

[0062] 表 8

[0063]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度保留率	%	≥60	114	112	113
断裂伸长率保留率	%	≥60	95	91	89

[0064] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套浸入 IRM902# 油后进行机械性能测试, 测试结果如表 9。测试条件: 温度 $121\pm 2^{\circ}\text{C}$, 时间 18h。

[0065] 表 9

[0066]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度保留率	%	≥50	61	66	66
断裂伸长率保留率	%	≥50	62	64	63

[0067] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套抗撕裂强度测试结果如表 10。

[0068] 表 10

[0069]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗撕裂强度	N/mm ²	≥6.13	6.8	6.6	7.1

[0070] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套交联度试验结果如表 11, 测试条件: 温度 $200\pm 3^{\circ}\text{C}$, 载荷时间 15min, 机械应力 20 N/cm^2 。

[0071] 表 11

[0072]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
载荷下伸长率	%	≤ 50	13	14	18

[0073] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套进行热变形试验,测试结果如表 12 所示,测试温度 $121 \pm 2^\circ\text{C}$,时间 1 h。

[0074] 表 12

[0075]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
厚度变形率	%	≤ 30	12	15	17

[0076] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的酸气含量、卤素含量、毒性指数、烟指数的测试结果如表 13 所示。

[0077] 表 13

[0078]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
酸气含量	%	≤ 2	0	0	0
卤素含量	%	≤ 0.2	0	0	0
毒性指数		≤ 5	1.9	1.8	1.9
烟指数		≤ 25	8.0	8.0	8.1

[0079] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套进行耐气候老化试验,测试时间 1000h,测试结果如表 14 所示。

[0080] 表 14

[0081]

	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
耐气候老化 (1000h)	无龟裂	无龟裂	无龟裂	无龟裂

[0082] 对实施例一至实施例三中高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的热阻系数测试结果如表 15 所示。

[0083] 表 15

[0084]

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
热阻系数	$\text{K} \cdot \text{m}/\text{W}$	-	6.2	6.1	6.1

[0085] 对采用实施例一至实施例三高热阻系数化学交联聚烯烃外护套的成品电缆进行试验,在表 16 的辐射种类和注量率下可以正常工作。

[0086] 表 16

[0087]

辐射种类	短时最高值	累计值
快中子 ($E \geq 1\text{Mev}$) 注量率	1.0×10^{-4} $n/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	1.0×10^{13} n/cm^2
γ 射线能量注量率	6×10^{-7} $\text{Mev}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	6×10^{16} Mev/cm^2
热中子注量率	1.0×10^{-6} $n/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$	1.0×10^{15} n/cm^2

[0088] 实施例一至实施例三的成品电缆与现有技术电缆的性能比较如表 17。

[0089] 表 17

[0090]

性能项目	本实用新型电缆与现有技术电缆比较具有的优势
额定载流量	提高 30%~35%
护套表面温升	温升不大于 25K, 远低于现有技术的 55~60K 的温升
最小弯曲半径	本实用新型为 4 倍的电缆外径, 现有电缆为 6 倍的电缆外径
耐火性能	该实用新型在水淋敲击下 (830℃, 90min) 电路畅通; 现有电缆仅在敲击下可通过 (830℃, 90min) 电路畅通, 不可施加水淋
电缆外径	比现有电缆小 1~3mm
电缆重量	比现有电缆轻约 5%

[0091] 实施例一至实施例三中, 绞合铜导体采用符合 IEC 60228-2004 标准的第 5 类软结构绞合镀锡导体, 既保证了电缆的柔软, 满足船舶狭小空间敷设安装要求的小弯曲半径要求, 同时也防止绝缘和导体之间的化学反应, 避免降低导体电能传输性能和绝缘的电气绝缘安全性能。

[0092] 高热阻系数阻燃耐火填芯与高热阻系数阻燃耐火绝缘层采用相同的材料。

[0093] 实施例一至实施例三中, 高热阻系数阻燃耐火纵包带由陶瓷化防火耐火硅橡胶和

耐高温玻璃纤维布压延复合而成,在 350~3000℃条件下可以经烧逐渐变硬成陶瓷状铠甲,结构性好,防火性能优异,对线路起到很好的保护作用,保障线路在火灾情况下的畅通。该材料比重小,比云母带比重小约 20%,抗拉强度高,机械性能优异,不吸水,热阻系数大,燃烧后不脱落,防火性能可达 1000℃×120min;低烟、无卤、无毒,烟气具有高分子材料领域最高安全级别的 ZA1 级别,即小白鼠吸入烟气 30min 后三天无任何变化,从而火焰条件下对人体不会造成二次伤害,并且成本低廉。采用纵包方式可以在挤包护套时进行,不必单独设置工序,从而简化了加工工艺,大幅降低制造成本,同时避免了重叠绕包造成的材料浪费和电缆外径重量的弊端,也克服了间隙绕包会降低阻燃耐火性能的弊端,具体的技术指标如表 18。

[0094] 表 18

[0095]

项目	单位	指标
厚度	mm	0.2±0.01
比重	g/cm ³	1.45~1.5
拉伸强度	MPa	≥3.5
断裂强度	kN/m	≥20
体积电阻率	Ω·cm	≥1×10 ¹⁵
击穿强度	kV/m	≥30
烟气毒性级别	/	ZA1
阻燃性	/	V-0
吸水性	%	≤0.75
热阻系数	K·m/W	≥5.5

[0096] 实施例一至实施例三中,110-2-B 甲基乙烯基硅橡胶为化工行业标准 HG/T3312-2000 中的 110-2 甲基乙烯基硅橡胶中的 B 牌号。

[0097] 二叔丁基过氧化物可选用泰州市远大化工原料有限公司的产品;二苯基硅二醇可以选用苏州三源化工有限公司的产品;羟基硅油可以选用济南国邦化工有限公司产品;可瓷化硅橡胶专用低温玻璃粉可选用佛山市南海区东谷新型材料有限公司的产品。

[0098] LEVAPREN 500HV 橡胶又称乙华平橡胶,可采用江油市雄晖化工厂的产品;三元乙丙橡胶 4045M 可以采用日本三井株式会社或武汉茂嘉化工有限公司的产品;双叔丁基过氧异丙基苯又称硫化剂 BIPB,可选用上海方锐达化学品的产品;三聚氰酸三烯丙酯又称硫化剂 TAC,可选用南京永宏化工有限公司的产品;乙烯基三(β-甲氧基乙氧基)硅烷又称硅烷偶联剂 A-172,可选用南京向前化工有限公司的产品;硬脂酸又称活性剂 SA,可以选用广州义和化工有限公司的产品;氢氧化铝可以选用上海湘盟化工有限公司的产品;气相法白炭黑可以选用扬州昊能化工有限公司的产品;N550 炭黑可以选用武汉探新炭黑科技开发有限公司的产品;聚乙烯蜡可以选用扬州罗兰新材料有限公司的产品;烷基化二苯胺又称防老剂 DDA,可选用上海加成化工有限公司的产品;硼酸锌可以选用淄博五维实业有限公司的产品。本发明所用原料,除以上厂家外,均可以选用市场上其它符合要求的同类产品。

[0099] 以上所述仅为本发明之较佳可行实施例而已,非因此局限本发明的专利保护范围。除上述实施例外,本发明还可以有其他实施方式。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围内。

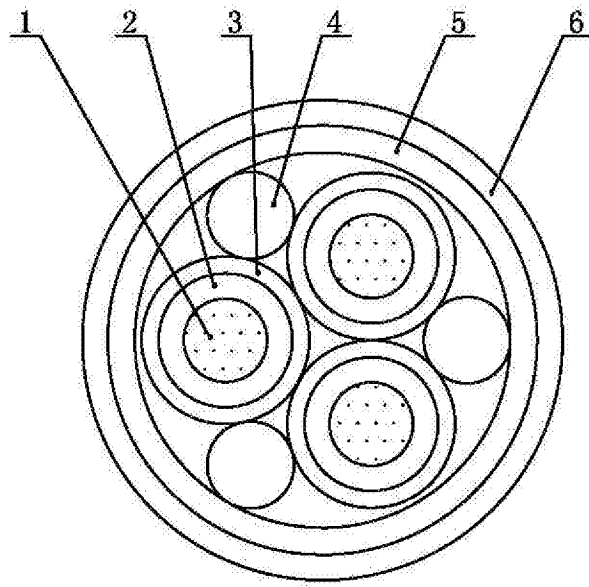


图 1