(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102737760 A
(43)申请公布日 2012.10.17

(21)申请号 201210203842.8

(22)申请日 2012.06.20

(71)申请人 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 陆云春 李永江

(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 7/02(2006.01)
H01B 7/17(2006.01)
H01B 7/18(2006.01)
H01B 7/28(2006.01)
H01B 7/282(2006.01)
H01B 7/285(2006.01)
H01B 7/14(2006.01)
H01B 5/08(2006.01)
H01B 13/00(2006.01)

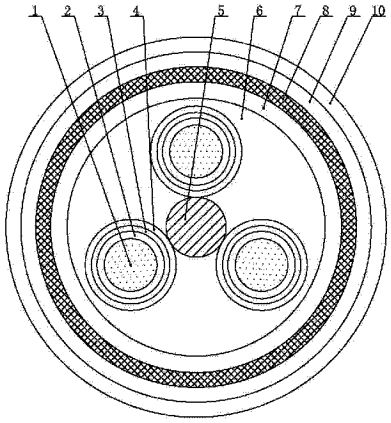
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 1 页

(54)发明名称

舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆及其制造方法

(57)摘要

本发明公开了电缆领域的一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆及其制造方法，多根镀锡铜丝浸渍密封胶后绞合成为绞合铜导体，绞合铜导体外周浸渍有导体密封胶层，导体密封胶层的外周挤包有绝缘橡胶层，所述绝缘橡胶层的外周编织有芳纶丝加强层构成绝缘芯线，各绝缘芯线之间的缝隙处填充有氯丁橡胶填充条且多根绝缘芯线整体绞合成缆芯，缆芯的外周挤包有缆芯内密封胶层，缆芯内密封胶层的外周挤包有内护套橡胶层。该电缆导体外周设置了多重密封，氯丁橡胶填充条在后续硫化时膨胀能够完全填充缆芯内的缝隙，并会造成绝缘芯线与绝缘芯线之间不再相切，从而使挤包缆芯内密封胶层时，密封胶能够渗透进缆芯内部，确保水密效果。



CN 102737760 A

1. 一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆，其特征是，多根镀锡铜丝浸渍密封胶后绞合成为绞合铜导体，所述绞合铜导体外周浸渍有导体密封胶层，所述导体密封胶层的外周挤包有绝缘橡胶层，所述绝缘橡胶层的外周编织有芳纶丝加强层构成绝缘芯线，各所述绝缘芯线之间的缝隙处填充有氯丁橡胶填充条且多根所述绝缘芯线整体绞合成缆芯，所述缆芯的外周挤包有缆芯内密封胶层，所述缆芯内密封胶层的外周挤包有内护套橡胶层，所述内护套橡胶层的外周编织有铠装屏蔽层，所述铠装屏蔽层的外周挤包有缆芯外密封胶层，所述缆芯外密封胶层的外周挤包有外护套橡胶层。

2. 根据权利要求 1 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆，其特征是，所述绞合铜导体的单丝直径为 0.2 ～ 0.4mm，以 8 ～ 10 倍的节径比绞合成股线，所述股线再按照与原束绞相反的方向以 12 ～ 16 倍的节径比复绞成所述绞合铜导体；所述缆芯的绞合节径比为 18 ～ 20 倍；所述氯丁橡胶填充条的膨胀系数为 1.1 ～ 1.2；所述芳纶丝加强层由直径为 0.15 ～ 0.2mm 的芳纶丝编织而成，所述芳纶丝的拉伸强度为 3000MPa ～ 4000MPa，弹性模量为 100GPa ～ 200GPa，编织角度为 30° ～ 50° 之间，编织覆盖率为 30% ～ 45%；所述铠装屏蔽层由直径为 0.3mm 的镀锡铜丝编织而成，编织角度为 40° ～ 60°，编织覆盖率为 88% ～ 92%。

3. 根据权利要求 1 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆，其特征是，所述绝缘橡胶层的原料组分及重量含量如下：三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.5 ～ 0.6 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.2 ～ 0.3 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.7 ～ 0.9 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.2 ～ 0.3 份；增塑剂石蜡油：1.0 ～ 2.0 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1 ～ 2 份；增塑剂微晶石蜡：0.5 ～ 1.0 份；活性剂氧化锌：1.0 ～ 2.0 份；活性剂硬脂酸：0.3 ～ 0.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 11 份；补强填充剂气相法白炭黑：1.0 ～ 1.5 份；补强填充剂煅烧陶土：7 ～ 9 份。

4. 根据权利要求 1 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆，其特征是，所述内护套橡胶层和外护套橡胶层的原料组分及重量含量如下：氯磺化聚乙烯橡胶 H40：20 份；硫化促进剂二硫化二苯并噻唑：0.4 ～ 0.6 份；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆：0.3 ～ 0.5 份；活性剂氧化镁：1.0 ～ 1.5 份；活性剂聚乙二醇：1.0 ～ 2.0 份；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍：0.2 ～ 0.4 份；防老剂 4,4′ - 双（α，α- 二甲基苄基）二苯胺：0.1 ～ 0.2 份；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯：2.5 ～ 3.0 份；阻燃剂三氧化二锑：1 ～ 1.5 份；增塑剂氯化石蜡 -52：0.5 ～ 1 份；阻燃剂氢氧化镁：1 ～ 1.5 份；填充剂半补强炭黑：0.5 ～ 1 份；补强填充剂沉淀法白炭黑：5.5 ～ 6.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 12 份。

5. 一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，其特征是，包括以下步骤：先将单丝直径为 0.2 ～ 0.4mm 的镀锡铜丝在熔融的密封胶液中以 4 ～ 5m/s 的速度穿过，使其表面完全浸渍密封胶；再将多根单丝以 8 ～ 10 倍的节径比绞合成股线，多股股线再按照与单丝绞合相反的方向以 12 ～ 16 倍的节径比复绞成绞合铜导体；所述绞合铜导体在熔融的密封胶液中以 30 ～ 40m/min 的速度穿过，然后在绞合铜导体外周同时挤包导体密封胶层和绝缘橡胶层，所述导体密封胶层在内，所述绝缘橡胶层在外；所述绝缘橡胶层的外周编织芳纶丝加强层构成绝缘芯线；在各所述绝缘芯线之间的缝隙处填充膨胀系数为 1.1 ～ 1.2 的氯丁橡胶填充条，然后以节径比为 18 ～ 20 倍绞合成缆芯，接着在缆芯外周同时挤包

缆芯内密封胶层和内护套橡胶层，所述缆芯内密封胶层在内，所述内护套橡胶层在外；然后在内护套橡胶层的外周编织铠装屏蔽层，在铠装屏蔽层的外周同时挤包缆芯外密封胶层和外护套橡胶层，缆芯外密封胶层在内，外护套橡胶层在外。

6. 根据权利要求 5 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，其特征是，所述绝缘橡胶层的绝缘橡胶的制备方法如下：(1) 按以下组分及重量含量准备原料，三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.5 ～ 0.6 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.2 ～ 0.3 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.7 ～ 0.9 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.2 ～ 0.3 份；增塑剂石蜡油：1.0 ～ 2.0 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1 ～ 2 份；增塑剂微晶石蜡：0.5 ～ 1.0 份；活性剂氧化锌：1.0 ～ 2.0 份；活性剂硬脂酸：0.3 ～ 0.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 11 份；补强填充剂气相法白炭黑：1.0 ～ 1.5 份；补强填充剂煅烧陶土：7 ～ 9 份；(2) 先将三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 生胶在温度为 65℃～ 75℃的密炼机上混炼直至均匀，然后依次加入防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑、防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体、增塑剂氯化石蜡 -52、增塑剂石蜡油、增塑剂微晶石蜡、活性剂氧化锌、活性剂硬脂酸、补强填充剂气相法白炭黑、补强填充剂煅烧陶土和填充剂超细滑石粉在密炼机上混炼 14 ～ 16 分钟，混炼均匀后上开炼机打八次三角包，然后采用 20 目 +40 目 +60 目 +80 目四层滤网滤橡后出片，在干燥洁净的空间晾放冷却 18 ～ 24 小时；再将胶料上密炼机混炼 3 ～ 5 分钟，在混炼最后一分钟内依次间隔 10 ～ 20 秒加入硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯、硫化剂过氧化二异丙苯，混炼均匀后将混炼料上开炼机打六次三角包后出料下片，下片后在干燥洁净的空间内继续晾放 8 ～ 12 小时备用。

7. 根据权利要求 6 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，其特征是，所述绝缘橡胶挤出时挤橡机的机头温度 80℃ ±5℃；机身温度为 75℃ ±5℃；硫化管道的蒸汽压力为 0.5 ～ 0.6MPa，挤橡机冷却方式为水冷却。

8. 根据权利要求 5 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，其特征是，所述内护套橡胶层和外护套橡胶层的护套橡胶的制备方法如下：(1) 按以下组分及重量含量准备原料，氯磺化聚乙烯橡胶 H40：20 份；硫化促进剂二硫化二苯并噻唑：0.4 ～ 0.6 份；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆：0.3 ～ 0.5 份；活性剂氧化镁：1.0 ～ 1.5 份；活性剂聚乙二醇：1.0 ～ 2.0 份；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍：0.2 ～ 0.4 份；防老剂 4,4′ - 双 (α，α - 二甲基苄基) 二苯胺：0.1 ～ 0.2 份；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯：2.5 ～ 3.0 份；阻燃剂三氧化二锑：1 ～ 1.5 份；增塑剂氯化石蜡 -52：0.5 ～ 1 份；阻燃剂氢氧化镁：1 ～ 1.5 份；填充剂半补强炭黑：0.5 ～ 1 份；补强填充剂沉淀法白炭黑：5.5 ～ 6.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 12 份；(2) 先将氯磺化聚乙烯橡胶 H40 生胶在温度为 75℃～ 85℃的密炼机上混炼 3 ～ 4 分钟，然后依次加入活性剂氧化镁、活性剂聚乙二醇、阻燃剂三氧化二锑、填充剂超细滑石粉、增塑剂氯化石蜡 -52、阻燃剂氢氧化镁、增塑剂邻苯二甲酸二辛酯、填充剂半补强炭黑和补强填充剂沉淀法白炭黑在密炼机上混炼 4 ～ 6 分钟，接着在密炼机上依次加入防老剂 4,4′ - 双 (α，α - 二甲基苄基) 二苯胺、硫化促进剂二硫化二苯并噻唑、防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍和硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆，再混炼 40 ～ 60 秒形成混炼料，将所述混炼料的温度控制在 90℃～ 110℃并搬到开炼机上进行薄通 4 ～ 6 次散热，同时在开炼机上翻 8 个三角包，在开炼机上的整个轧料时间为 8 ～ 10 分钟；接着通过

三辊压延机出片，所出薄片经冷却辊在 15 ～ 20 分钟内将温度快速降至 30℃～ 40℃，然后在干燥洁净的空间内继续晾放 10 小时以上备用。

9. 根据权利要求 8 所述的舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，其特征是，所述护套橡胶挤出时的机身温度为 65±5℃，机头温度为 60±5℃，挤橡机的螺杆温度冷却方式采用水冷却，挤出后采用压力为 0.6 ～ 0.8MPa 的压力进行硫化，出线速度约为 10 ～ 12m/min，挤出厚度为 1.8 ～ 2.2mm。

舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电缆，特别涉及一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆；本发明还涉及一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法。

背景技术

[0002] 舰船尤其是水下舰船在航行过程中因隐身的重要性，特别要防止磁性水雷攻击，为此需经常进行船体消磁。固定消磁在消磁站进行消磁即可，但对于长时间处于航行过程中的水下舰船所产生的感应磁场就需要借助自身船舷外安装的消磁系统进行消磁。但因为水下舰船航行环境的特殊性和复杂性，普通消磁电缆无法同时满足船舷外安装所需的纵向密封和消磁性能同时具备的技术要求。

[0003] 在绝缘橡胶行业，常用到三元乙丙橡胶 K21、三元乙丙橡胶 4045M，还用到各种硫化剂、防老剂，其中硫化剂过氧化二异丙苯又称硫化剂 DCP，分子式 C18H22O2；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯又称硫化促进剂 TAIC，防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑又称防老剂 MB，防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体又称防老剂 RD。

[0004] 在护套橡胶行业，常用到氯磺化聚乙烯橡胶 H40；还用到各种硫化剂、活性剂、防老剂、增塑剂、阻燃剂及填充剂。硫化促进剂二硫化二苯并噻唑又称硫化剂 DM， 分子式为 C14H8N2S4；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆又称硫化促进剂 DPTT；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍又称防老剂 NBC，分子式为 C18H36N2S4Ni，分子量为 467.51；防老剂 4,4′ - 双（α，α - 二甲基苄基）二苯胺又称防老剂 HS-911，由浙江黄岩华星化学厂于 2005 年推出；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯又称增塑剂 DOP。

[0005] 白炭黑按生产方法分为沉淀法白炭黑和气相法白炭黑。白炭黑常态下为白色无定形絮状半透明固体胶状纳米粒子，原生粒径介于 7 ～ 80nm 之间，比表面积一般大于 100 ㎡ / g。由硅的卤化物（主要是四氯化硅和甲基三氯硅烷）在氢氧火焰中高温水解生成的纳米级白色粉末，主要作为补强填料和多功能添加剂。

[0006] 公开号为 CN 102408636A 的发明专利公开了一种消磁电缆绝缘材料及其制备方法，其采用乙丙橡胶 TER4044 和 EBM4050 作为生胶基体，并以 TER4044 为主，以全精炼石蜡、石蜡油和微晶石蜡作为增塑剂，具有良好的电气绝缘和机械强度。乙丙橡胶阻燃想能较差，氧指数通常低于 26，阻燃性能不好。

[0007] 公开号为 CN 102417639A 的发明专利公开了一种消磁电缆防水耐腐蚀护套材料及其制备方法，采用了氯丁橡胶 100 份、硫化剂 5-20 份、硫化促进剂 0.5-5 份、硫化助剂 0.5-5 份、填充剂 50-120 份、补强剂 15-10 份、防老剂 1-5 份、增塑剂 5-15 份、阻燃剂 5-20 份、偶联剂 1-5 份、加工助剂 2-6 份。该护套材料采用氯丁橡胶，氯丁橡胶的耐海水腐蚀性能远远低于氯磺化聚乙烯，该护套材料只实现浸入海水 14 天后承受耐压（7kV,5min）不击穿，在径向防水性能上，只能承受 0.5MPa 气压、耐电压（7kV,5min）不击穿。

发明内容

[0008] 本发明的首要目的在于，克服现有技术中存在的问题，提供一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆，机械性能及水密性能优越，绝缘可靠，而且耐油、耐腐蚀，屏蔽效果好。

[0009] 为解决以上技术问题，本发明所提供的一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆，多根镀锡铜丝浸渍密封胶后绞合成为绞合铜导体，所述绞合铜导体外周浸渍有导体密封胶层，所述导体密封胶层的外周挤包有绝缘橡胶层，所述绝缘橡胶层的外周编织有芳纶丝加强层构成绝缘芯线，各所述绝缘芯线之间的缝隙处填充有氯丁橡胶填充条且多根所述绝缘芯线整体绞合成缆芯， 所述缆芯的外周挤包有缆芯内密封胶层，所述缆芯内密封胶层的外周挤包有内护套橡胶层，所述内护套橡胶层的外周编织有铠装屏蔽层，所述铠装屏蔽层的外周挤包有缆芯外密封胶层，所述缆芯外密封胶层的外周挤包有外护套橡胶层。

[0010] 相对于现有技术，本发明取得了以下有益效果：导体单丝浸渍密封胶，绞合铜导体外周浸渍有导体密封胶层，缆芯的外周挤包有缆芯内密封胶层，形成了多重密封，绝缘芯线之间的缝隙处填充有氯丁橡胶填充条，氯丁橡胶填充条在后续硫化时膨胀能够完全填充缆芯内的缝隙，并会造成绝缘芯线与绝缘芯线之间不再相切，从而使挤包缆芯内密封胶层时，密封胶能够渗透进缆芯内部，确保水密效果；每根绝缘芯线外周编织有芳纶丝加强层，抗拉强度高；缆芯外周还设有铠装屏蔽层、缆芯外密封胶层和外护套橡胶层，屏蔽效果、密封性能及耐腐蚀效果更好。

[0011] 作为本发明是优选方案，所述绞合铜导体的单丝直径为 0.2 ～ 0.4mm，以 8 ～ 10 倍的节径比绞合成股线，所述股线再按照与原束绞相反的方向以 12 ～ 16 倍的节径比复绞成所述绞合铜导体；所述缆芯的绞合节径比为 18 ～ 20 倍；所述氯丁橡胶填充条的膨胀系数为 1.1 ～ 1.2；所述芳纶丝加强层由直径为 0.15 ～ 0.2mm 的芳纶丝编织而成，所述芳纶丝的拉伸强度为 3000MPa ～ 4000MPa，弹性模量为 100GPa ～ 200GPa，编织角度为 30° ～ 50° 之间，编织覆盖率为 30% ～ 45%；所述铠装屏蔽层由直径为 0.3mm 的镀锡铜丝编织而成，编织角度为 40° ～ 60°，编织覆盖率为 88% ～ 92%。

[0012] 作为本发明的优选方案，所述绝缘橡胶层的原料组分及重量含量如下：三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.5 ～ 0.6 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.2 ～ 0.3 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.7 ～ 0.9 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.2 ～ 0.3 份；增塑剂石蜡油：1.0 ～ 2.0 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1 ～ 2 份；增塑剂微晶石蜡：0.5 ～ 1.0 份；活性剂氧化锌：1.0 ～ 2.0 份；活性剂硬脂酸：0.3 ～ 0.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 11 份；补强填充剂气相法白炭黑：1.0 ～ 1.5 份；补强填充剂煅烧陶土：7 ～ 9 份。本发明采用三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 混炼，三元乙丙橡胶 K21 的门尼粘度较低，塑性好，可以保证橡胶的柔软性要求，而三元乙丙橡胶 4045M 门尼粘度较高，生胶抗拉强度大，二者混炼可以实现柔软和高机械强度的综合性能，而且在成本上远低于乙丙橡胶 TER4044 和 EBM4050；氯化石蜡除了具备增塑软化作用外，其含有的氯元素也具有阻燃作用，氯化石蜡替代全精炼石蜡，可以提高橡胶有效扑捉橡胶燃烧产生的自由基，起到阻燃作用，本发明材料采用 HC-2 氧指数测定仪测定其氧指数可以达到 32.1%；采用气相法白炭黑替代沉淀法白炭黑作为补强剂，可以更好地提高绝缘橡胶的绝缘性能和物理机械性能，且气相法白炭黑更细、杂质更少，易于混炼加工；采用氧化锌和硬脂酸混合活性剂，可以促进白炭黑和氧化锌的充分扩散，易于混炼

均匀，并且硬脂酸与氧化锌反应可以促进活性；该绝缘橡胶老化前的抗拉强度大于 6.5N/mm2，断裂伸长率≥ 290%，绝缘电阻能够达到 3400 MΩ·km 以上，绝缘性能及机械性能优越，且耐老化，能够满足舰船用纵向水密消磁电缆的使用要求。

[0013] 作为本发明的优选方案，所述内护套橡胶层和外护套橡胶层的原料组分及重量含量如下：氯磺化聚乙烯橡胶 H40：20 份；硫化促进剂二硫化二苯并噻唑：0.4 ～ 0.6 份；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆：0.3 ～ 0.5 份；活性剂氧化镁：1.0 ～ 1.5 份；活性剂聚乙二醇：1.0 ～ 2.0 份；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍：0.2 ～ 0.4 份；防老剂 4,4′ - 双（α，α - 二甲基苄基）二苯胺：0.1 ～ 0.2 份；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯：2.5 ～ 3.0 份；阻燃剂三氧化二锑：1 ～ 1.5 份；增塑剂氯化石蜡 -52：0.5 ～ 1 份；阻燃剂氢氧化镁：1 ～ 1.5 份；填充剂半补强炭黑：0.5 ～ 1 份；补强填充剂沉淀法白炭黑：5.5 ～ 6.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 12 份。氯化石蜡除了具备增塑软化作用外，其含有的氯元素也具有阻燃作用，阻燃剂三氧化二锑和增塑剂氯化石蜡 -52 反应可以扑捉橡胶燃烧产生的自由基，起到阻燃效果，提高橡胶的氧指数；填充剂半补强炭黑和沉淀法白炭黑组合使用可以提高护套的物理机械强度，增强橡胶的耐磨性能；该护套橡胶老化前的抗张强度可以达到 14N/m ㎡以上，断裂伸长率≥ 330%，能实现浸入海水 90 天后承受耐压（7kV,5min）不击穿，承受 3MPa 气压且耐压（7kV,5min）不击穿；机械性能优越，耐老化，耐油，耐腐蚀，水密性能好，能够满足舰船用纵向水密消磁电缆的使用要求。

[0014] 本发明的另一个目的在于，提供一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，该方法制造而成的电缆机械性能及水密性能优越，绝缘可靠，而且耐油、耐腐蚀，屏蔽效果好。

[0015] 为解决以上技术问题，本发明所提供的一种舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的制造方法，包括以下步骤：先将单丝直径为 0.2 ～ 0.4mm 的镀锡铜丝在熔融的密封胶液中以 4 ～ 5m/s 的速度穿过，使其表面完全浸渍密封胶；再将多根单丝以 8 ～ 10 倍的节径比绞合成股线，多股股线再按照与单丝绞合相反的方向以 12 ～ 16 倍的节径比复绞成绞合铜导体；所述绞合铜导体在熔融的密封胶液中以 30 ～ 40m/min 的速度穿过，然后在绞合铜导体外周同时挤包导体密封胶层和绝缘橡胶层，所述导体密封胶层在内，所述绝缘橡胶层在外；所述绝缘橡胶层的外周编织芳纶丝加强层构成绝缘芯线；在各所述绝缘芯线之间的缝隙处填充膨胀系数为 1.1 ～ 1.2 的氯丁橡胶填充条，然后以节径比为 18 ～ 20 倍绞合成缆芯，接着在缆芯外周同时挤包缆芯内密封胶层和内护套橡胶层，所述缆芯内密封胶层在内，所述内护套橡胶层在外；然后在内护套橡胶层的外周编织铠装屏蔽层，在铠装屏蔽层的外周同时挤包缆芯外密封胶层和外护套橡胶层，缆芯外密封胶层在内，外护套橡胶层在外。

[0016] 相对于现有技术，本发明取得了以下有益效果：该方法制作而成的电缆，导体单丝浸渍密封胶，绞合铜导体外周浸渍有导体密封胶层，缆芯的外周挤包有缆芯内密封胶层，形成了多重密封，绝缘芯线之间的缝隙处填充有氯丁橡胶填充条，氯丁橡胶填充条在后续硫化时膨胀能够完全填充缆芯内的缝隙，并会造成绝缘芯线与绝缘芯线之间不再相切，从而使挤包缆芯内密封胶层时，密封胶能够渗透进缆芯内部，确保水密效果；每根绝缘芯线外周编织有芳纶丝加强层，抗拉强度高；缆芯外周还设有铠装屏蔽层、缆芯外密封胶层和外护套橡胶层，密封及耐腐蚀效果更好；缆芯外周还设有铠装屏蔽层、缆芯外密封胶层和外护套橡胶层，屏蔽效果、密封性能及耐腐蚀效果更好。

[0017] 作为本发明的优选方案，所述绝缘橡胶层的绝缘橡胶的制备方法如下：(1)按以下组分及重量含量准备原料，三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.5 ～ 0.6 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.2 ～ 0.3 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.7 ～ 0.9 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.2 ～ 0.3 份；增塑剂石蜡油：1.0 ～ 2.0 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1 ～ 2 份；增塑剂微晶石蜡：0.5 ～ 1.0 份；活性剂氧化锌：1.0 ～ 2.0 份；活性剂硬脂酸：0.3 ～ 0.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 11 份；补强填充剂气相法白炭黑：1.0 ～ 1.5 份；补强填充剂煅烧陶土：7 ～ 9 份；(2)先将三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 生胶在温度为 65℃～ 75℃的密炼机上混炼直至均匀，然后依次加入防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑、防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体、增塑剂氯化石蜡 -52、增塑剂石蜡油、增塑剂微晶石蜡、活性剂氧化锌、活性剂硬脂酸、补强填充剂气相法白炭黑、补强填充剂煅烧陶土和填充剂超细滑石粉在密炼机上混炼 14 ～ 16 分钟，混炼均匀后上开炼机打八次三角包，然后采用 20 目 +40 目 +60 目 +80 目四层滤网滤橡后出片，在干燥洁净的空间晾放冷却 18 ～ 24 小时；再将胶料上密炼机混炼 3 ～ 5 分钟，在混炼最后一分钟内依次间隔 10 ～ 20 秒加入硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯、硫化剂过氧化二异丙苯，混炼均匀后将混炼料上开炼机打六次三角包后出料下片，下片后在干燥洁净的空间内继续晾放 8 ～ 12 小时备用。本发明采用三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 混炼，三元乙丙橡胶 K21 的门尼粘度较低，塑性好，可以保证橡胶的柔软性要求，而三元乙丙橡胶 4045M 门尼粘度较高，生胶抗拉强度大，二者混炼可以实现柔软和高机械强度的综合性能，而且在成本上远低于乙丙橡胶 TER4044 和 EBM4050；氯化石蜡除了具备增塑软化作用外，其含有的氯元素也具有阻燃作用，氯化石蜡替代全精炼石蜡，可以提高橡胶有效扑捉橡胶燃烧产生的自由基，起到阻燃作用，本发明材料采用 HC-2 氧指数测定仪测定其氧指数可以达到 32.1%；采用气相法白炭黑替代沉淀法白炭黑作为补强剂，可以更好地提高绝缘橡胶的绝缘性能和物理机械性能，且气相法白炭黑更细、杂质更少，易于混炼加工；采用氧化锌和硬脂酸混合活性剂，可以促进白炭黑和氧化锌的充分扩散，易于混炼均匀，并且硬脂酸与氧化锌反应可以促进活性；该绝缘橡胶老化前的抗拉强度大于 6.5N/mm2， 断裂伸长率≥ 290%，绝缘电阻能够达到 3400 MΩ·km 以上，绝缘性能及机械性能优越，且耐老化，能够满足舰船用纵向水密消磁电缆的使用要求。

[0018] 作为本发明的优选方案，所述绝缘橡胶挤出时挤橡机的机头温度 80℃ ±5℃；机身温度为 75℃ ±5℃；硫化管道的蒸汽压力为 0.5 ～ 0.6MPa，挤橡机冷却方式为水冷却。

[0019] 作为本发明的优选方案，所述内护套橡胶层和外护套橡胶层的护套橡胶的制备方法如下：(1)按以下组分及重量含量准备原料，氯磺化聚乙烯橡胶 H40：20 份；硫化促进剂二硫化二苯并噻唑：0.4 ～ 0.6 份；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆：0.3 ～ 0.5 份；活性剂氧化镁：1.0 ～ 1.5 份；活性剂聚乙二醇：1.0 ～ 2.0 份；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍：0.2 ～ 0.4 份；防老剂 4,4′ - 双(α，α- 二甲基苄基)二苯胺：0.1 ～ 0.2 份；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯：2.5 ～ 3.0 份；阻燃剂三氧化二锑：1 ～ 1.5 份；增塑剂氯化石蜡 -52：0.5 ～ 1 份；阻燃剂氢氧化镁：1 ～ 1.5 份；填充剂半补强炭黑：0.5 ～ 1 份；补强填充剂沉淀法白炭黑：5.5 ～ 6.5 份；填充剂超细滑石粉：8 ～ 12 份；(2)先将氯磺化聚乙烯橡胶 H40 生胶在温度为 75℃～ 85℃的密炼机上混炼 3 ～ 4 分钟，然后依次加入活性剂氧化镁、活性剂聚乙二醇、阻燃剂三氧化二锑、填充剂超细滑石粉、增塑剂氯化石蜡 -52、阻燃剂氢氧化镁、

增塑剂邻苯二甲酸二辛酯、填充剂半补强炭黑和补强填充剂沉淀法白炭黑在密炼机上混炼 4 ～ 6 分钟，接着在密炼机上依次加入防老剂 4,4′ －双（α，α－二甲基苄基）二苯胺、硫化促进剂二硫化二苯并噻唑、防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍和硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆，再混炼 40 ～ 60 秒形成混炼料，将所述混炼料的温度控制在 90℃～ 110℃并搬到开炼机上进行薄通 4 ～ 6 次散热，同时在开炼机上翻 8 个三角包，在开炼机上的整个轧料时间为 8 ～ 10 分钟；接着通过三辊压延机出片，所出薄片经冷却辊在 15 ～ 20 分钟内将温度快速降至 30℃～ 40℃，然后在干燥洁净的空间内继续晾放 10 小时以上备用。氯化石蜡除了具备增塑软化作用外，其含有的氯元素也具有阻燃作用，阻燃剂三氧化二锑和增塑剂氯化石蜡 -52 反应可以扑捉橡胶燃烧产生的自由基，起到阻燃效果，提高橡胶的氧指数；填充剂半补强炭黑和沉淀法白炭黑组合使用可以提高护套的物理机械强度，增强橡胶的耐磨性能；该护套橡胶老化前的抗张强度可以达到 14N/m ㎡以上，断裂伸长率≥ 330%，能实现浸入海水 90 天后承受耐压（7kV,5min）不击穿，承受 3MPa 气压且耐压（7kV,5min）不击穿；机械性能优越，耐老化，耐油，耐腐蚀，水密性能好，能够满足舰船用纵向水密消磁电缆的使用要求

作为本发明的优选方案，所述护套橡胶挤出时的机身温度为 65±5℃，机头温度为 60±5℃，挤橡机的螺杆温度冷却方式采用水冷却，挤出后采用压力为 0.6 ～ 0.8MPa 的压力进行硫化，出线速度约为 10 ～ 12m/min，挤出厚度为 1.8 ～ 2.2mm。

附图说明

[0020] 图 1 为本发明舰船用增强抗拉屏蔽型纵向水密消磁电缆的结构示意图。

[0021] 图中：1. 绞合铜导体、2. 导体密封胶层、3. 绝缘橡胶层、4. 芳纶丝加强层、5. 氯丁橡胶填充条、6. 缆芯内密封胶层、7. 内护套橡胶层、8. 铠装屏蔽层、9. 缆芯外密封胶层、10. 外护套橡胶层。

具体实施方式

[0022] 实施例一

先制备绝缘橡胶备用，步骤如下：（1）按以下组分及重量含量准备原料：三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.5 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.2 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.7 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.2 份；增塑剂石蜡油：1.0 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1 份；增塑剂微晶石蜡：0.5 份；活性剂氧化锌：1.0 份；活性剂硬脂酸：0.3 份；填充剂超细滑石粉：8 份；补强填充剂气相法白炭黑：1.0 份；补强填充剂煅烧陶土：7 份；（2）先将三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 生胶在温度为 65℃的密炼机上混炼直至均匀，然后依次加入防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑、防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体、增塑剂氯化石蜡 -52、增塑剂石蜡油、增塑剂微晶石蜡、活性剂氧化锌、活性剂硬脂酸、补强填充剂气相法白炭黑、补强填充剂煅烧陶土和填充剂超细滑石粉在密炼机上混炼 14 分钟，混炼均匀后上开炼机打八次三角包，然后采用 20 目 +40 目 +60 目 +80 目四层滤网滤橡后出片，在干燥洁净的空间晾放冷却 18 小时；再将胶料上密炼机混炼 3 分钟，在混炼最后一分钟内依次间隔 10 秒加入硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯、硫化剂过氧化二异丙苯，混炼均匀后将混炼料上开

炼机打六次三角包后出料下片，下片后在干燥洁净的空间内继续晾放 8 小时备用。

[0023] 再制备护套橡胶备用，步骤如下：(1) 按以下组分及重量含量准备原料，氯磺化聚乙烯橡胶 H40：20 份；硫化促进剂二硫化二苯并噻唑：0.4 份；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆：0.3 份；活性剂氧化镁：1.0 份；活性剂聚乙二醇：1.0 份；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍：0.2 份；防老剂 4,4′ - 双 (α，α - 二甲基苄基)二苯胺：0.1 份；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯：2.5 份；阻燃剂三氧化二锑：1 份；增塑剂氯化石蜡 -52：0.5 份；阻燃剂氢氧化镁：1 份；填充剂半补强炭黑：0.5 份；补强填充剂沉淀法白炭黑：5.5 份；填充剂超细滑石粉：8 份；(2)先将氯磺化聚乙烯橡胶 H40 生胶在温度为 75℃的密炼机上混炼 3 分钟，然后依次加入活性剂氧化镁、活性剂聚乙二醇、阻燃剂三氧化二锑、填充剂超细滑石粉、增塑剂氯化石蜡 -52、阻燃剂氢氧化镁、增塑剂邻苯二甲酸二辛酯、填充剂半补强炭黑和补强填充剂沉淀法白炭黑在密炼机上混炼 4 分钟，然后在密炼机上依次加入防老剂 4,4′ - 双 (α，α - 二甲基苄基) 二苯胺、硫化促进剂二硫化二苯并噻唑、防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍和硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆，再混炼 40 秒形成混炼料，将所述混炼料的温度控制在 90℃并搬到开炼机上进行薄通 4 次散热，同时在开炼机上翻 8 个三角包，在开炼机上的整个轧料时间为 8 分钟；接着通过三辊压延机出片，所出薄片经冷却辊在 15 分钟内将温度快速降至 40℃，然后在干燥洁净的空间内继续晾放 10 小时备用。

[0024] 制造电缆的步骤如下：先将单丝直径为 0.2mm 的镀锡铜丝在熔融的密封胶液中以 4m/s 的速度穿过，使其表面完全浸渍密封胶；再将多根单丝以 8 倍的节径比绞合成股线，多股股线再按照与单丝绞合相反的方向以 12 倍的节径比复绞成绞合铜导体 1；绞合铜导体 1 在熔融的密封胶液中以 30m/min 的速度穿过，然后在绞合铜导体 1 外周同时挤包导体密封胶层 2 和绝缘橡胶层 3，导体密封胶层 2 在内，绝缘橡胶层 3 在外，绝缘橡胶层 3 的外周编织有芳纶丝加强层 4 构成绝缘芯线，芳纶丝加强层 4 由直径为 0.15mm 的芳纶丝编织而成，芳纶丝的拉伸强度为 3000MPa，弹性模量为 100GPa，编织角度为 30°，编织覆盖率为 30%；在各绝缘芯线之间的缝隙处填充膨胀系数为 1.1 的氯丁橡胶填充条 5，然后以节径比为 18 倍绞合成缆芯，接着在缆芯外周同时挤包缆芯内密封胶层 6 和甲胄式内护套橡胶层 7，缆芯内密封胶层 6 在内，内护套橡胶层 7 在外；接着在内护套橡胶层 7 的外周用直径为 0.3mm 的镀锡铜丝编织铠装屏蔽层 8，编织角度为 40°，编织覆盖率为 88%；然后在铠装屏蔽层 8 的外周同时挤包缆芯外密封胶层 9 和甲胄式外护套橡胶层 10，缆芯外密封胶层 9 在内，外护套橡胶层 10 在外。

[0025] 绝缘橡胶挤出时挤橡机的机头温度 75℃；机身温度为 70℃；硫化管道的蒸汽压力为 0.5MPa，挤橡机冷却方式为水冷却。

[0026] 护套橡胶挤出时的机身温度为 60℃，机头温度为 55℃，挤橡机的螺杆温度冷却方式采用水冷却，挤出后采用压力为 0.6MPa 的压力进行硫化，出线速度约为 10m/min，挤出厚度为 1.8mm。

[0027] 实施例二

先制备绝缘橡胶备用，步骤如下：(1) 按以下组分及重量含量准备原料：三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.55 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.25 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.8 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.25 份；增塑剂石蜡油：1.5 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1.5 份；增塑

剂微晶石蜡 :0.8 份 ;活性剂氧化锌 :1.5 份 ;活性剂硬脂酸 :0.4 份 ;填充剂超细滑石粉 :9 份 ;补强填充剂气相法白炭黑 :1.2 份 ;补强填充剂煅烧陶土 :8 份 ;(2) 先将三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 生胶在温度为 70℃的密炼机上混炼直至均匀,然后依次加入防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑、防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体、增塑剂氯化石蜡 -52、增塑剂石蜡油、增塑剂微晶石蜡、活性剂氧化锌、活性剂硬脂酸、补强填充剂气相法白炭黑、补强填充剂煅烧陶土和填充剂超细滑石粉在密炼机上混炼 15 分钟,混炼均匀后上开炼机打八次三角包,然后采用 20 目 +40 目 +60 目 +80 目四层滤网滤橡后出片,在干燥洁净的空间晾放冷却 20 小时 ;再将胶料上密炼机混炼 4 分钟,在混炼最后一分钟内依次间隔 15 秒加入硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯、硫化剂过氧化二异丙苯,混炼均匀后将混炼料上开炼机打六次三角包后出料下片,下片后在干燥洁净的空间内继续晾放 10 小时备用。

[0028] 再制备护套橡胶备用,步骤如下 :(1) 按以下组分及重量含量准备原料,氯磺化聚乙烯橡胶 H40 :20 份 ;硫化促进剂二硫化二苯并噻唑 :0.5 份 ;硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆 :0.4 份 ;活性剂氧化镁 :1.2 份 ;活性剂聚乙二醇 :1.5 份 ;防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍 :0.3 份 ;防老剂 4,4′ - 双 (α , α - 二甲基苄基) 二苯胺 :0.15 份 ;增塑剂邻苯二甲酸二辛酯 :2.8 份 ;阻燃剂三氧化二锑 : 1.2 份 ;增塑剂氯化石蜡 -52 :0.8 份 ;阻燃剂氢氧化镁 :1.2 份 ;填充剂半补强炭黑 :0.8 份 ;补强填充剂沉淀法白炭黑 :6.0 份 ;填充剂超细滑石粉 :10 份 ;(2) 先将氯磺化聚乙烯橡胶 H40 生胶在温度为 80℃的密炼机上混炼 3.5 分钟,然后依次加入活性剂氧化镁、活性剂聚乙二醇、阻燃剂三氧化二锑、填充剂超细滑石粉、增塑剂氯化石蜡 -52、阻燃剂氢氧化镁、增塑剂邻苯二甲酸二辛酯、填充剂半补强炭黑和补强填充剂沉淀法白炭黑在密炼机上混炼 5 分钟,然后在密炼机上依次加入防老剂 4,4′ - 双 (α , α - 二甲基苄基) 二苯胺、硫化促进剂二硫化二苯并噻唑、防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍和硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆,再混炼 50 秒形成混炼料,将所述混炼料的温度控制在 100℃并搬到开炼机上进行薄通 5 次散热,同时在开炼机上翻 8 个三角包,在开炼机上的整个轧料时间为 9 分钟 ;接着通过三辊压延机出片,所出薄片经冷却辊在 18 分钟内将温度快速降至 35℃,然后在干燥洁净的空间内继续晾放 11 小时备用。

[0029] 制造电缆的步骤如下 :先将单丝直径为 0.3mm 的镀锡铜丝在熔融的密封胶液中以 4.5m/s 的速度穿过,使其表面完全浸渍密封胶 ;再将多根单丝以 9 倍的节径比绞合成股线,多股股线再按照与单丝绞合相反的方向以 14 倍的节径比复绞成绞合铜导体 1 ;绞合铜导体 1 在熔融的密封胶液中以 35m/min 的速度穿过,然后在绞合铜导体 1 外周同时挤包导体密封胶层 2 和绝缘橡胶层 3,导体密封胶层 2 在内,绝缘橡胶层 3 在外,绝缘橡胶层 3 的外周编织有芳纶丝加强层 4 构成绝缘芯线,芳纶丝加强层 4 由直径为 0.18mm 的芳纶丝编织而成,芳纶丝的拉伸强度为 3500MPa,弹性模量为 150GPa,编织角度为 40°,编织覆盖率为 40% ;在各绝缘芯线之间的缝隙处填充膨胀系数为 1.15 的氯丁橡胶填充条 5,然后以节径比为 19 倍绞合成缆芯,接着在缆芯外周同时挤包缆芯内密封胶层 6 和甲胄式内护套橡胶层 7,缆芯内密封胶层 6 在内,内护套橡胶层 7 在外 ;接着在内护套橡胶层 7 的外周用直径为 0.3mm 的镀锡铜丝编织铠装屏蔽层 8,编织角度为 50°,编织覆盖率为 90% ;然后在铠装屏蔽层 8 的外周同时挤包缆芯外密封胶层 9 和甲胄式外护套橡胶层 10,缆芯外密封胶层 9 在内,外护套橡胶层 10 在外。

[0030] 绝缘橡胶挤出时挤橡机的机头温度 80℃,机身温度为 75℃,硫化管道的蒸汽压力

为 0.55MPa，挤橡机冷却方式为水冷却。

[0031] 护套橡胶挤出时的机身温度为 65℃，机头温度为 60℃，挤橡机的螺杆温度冷却方式采用水冷却，挤出后采用压力为 0.7MPa 的压力进行硫化，出线速度约为 11m/min，挤出厚度为 2.0mm。

[0032] 实施例三

先制备绝缘橡胶备用，步骤如下：(1) 按以下组分及重量含量准备原料：三元乙丙橡胶 K21：15 份；三元乙丙橡胶 4045M：5 份；硫化剂过氧化二异丙苯：0.6 份；硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯：0.3 份；防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑：0.9 份；防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体：0.3 份；增塑剂石蜡油：2.0 份；增塑剂氯化石蜡 -52：2 份；增塑剂微晶石蜡：1.0 份；活性剂氧化锌：2.0 份；活性剂硬脂酸：0.5 份；填充剂超细滑石粉：11 份；补强填充剂气相法白炭黑：1.5 份；补强填充剂煅烧陶土：9 份；(2) 先将三元乙丙橡胶 K21 和三元乙丙橡胶 4045M 生胶在温度为 75℃的密炼机上混炼直至均匀，然后依次加入防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑、防老剂 2,2,4- 三甲基 -1,2- 二氢化喹啉聚合体、增塑剂氯化石蜡 -52、增塑剂石蜡油、增塑剂微晶石蜡、活性剂氧化锌、活性剂硬脂酸、补强填充剂气相法白炭黑、补强填充剂煅烧陶土和填充剂超细滑石粉在密炼机上混炼 16 分钟，混炼均匀后上开炼机打八次三角包，然后采用 20 目 +40 目 +60 目 +80 目四层滤网滤橡后出片，在干燥洁净的空间晾放冷却 24 小时；再将胶料上密炼机混炼 5 分钟，在混炼最后一分钟内依次间隔 20 秒加入硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯、硫化剂过氧化二异丙苯，混炼均匀后将混炼料上开炼机打六次三角包后出料下片，下片后在干燥洁净的空间内继续晾放 12 小时备用。

[0033] 再制备护套橡胶备用，步骤如下：(1) 按以下组分及重量含量准备原料，氯磺化聚乙烯橡胶 H40：20 份；硫化促进剂二硫化二苯并噻唑：0.6 份；硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆：0.5 份；活性剂氧化镁：1.5 份；活性剂聚乙二醇：2.0 份；防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍：0.4 份；防老剂 4,4′ - 双 (α，α - 二甲基苄基) 二苯胺：0.2 份；增塑剂邻苯二甲酸二辛酯：3.0 份；阻燃剂三氧化二锑：1.5 份；增塑剂氯化石蜡 -52：1 份；阻燃剂氢氧化镁：1.5 份；填充剂半补强炭黑：1 份；补强填充剂沉淀法白炭黑：6.5 份；填充剂超细滑石粉：12 份；(2) 先将氯磺化聚乙烯橡胶 H40 生胶在温度为 85℃的密炼机上混炼 4 分钟，然后依次加入活性剂氧化镁、活性剂聚乙二醇、阻燃剂三氧化二锑、填充剂超细滑石粉、增塑剂氯化石蜡 -52、阻燃剂氢氧化镁、增塑剂邻苯二甲酸二辛酯、填充剂半补强炭黑和补强填充剂沉淀法白炭黑在密炼机上混炼 6 分钟，然后在密炼机上依次加入防老剂 4,4′ - 双 (α，α - 二甲基苄基) 二苯胺、硫化促进剂二硫化二苯并噻唑、防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍和硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆，再混炼 60 秒形成混炼料，将所述混炼料的温度控制在 110℃并搬到开炼机上进行薄通 6 次散热，同时在开炼机上翻 8 个三角包，在开炼机上的整个轧料时间为 10 分钟；接着通过三辊压延机出片，所出薄片经冷却辊在 20 分钟内将温度快速降至 30℃，然后在干燥洁净的空间内继续晾放 13 小时备用。

[0034] 制造电缆的步骤如下：先将单丝直径为 0.4mm 的镀锡铜丝在熔融的密封胶液中以 5m/s 的速度穿过，使其表面完全浸渍密封胶；再将多根单丝以 10 倍的节径比绞合成股线，多股股线再按照与单丝绞合相反的方向以 16 倍的节径比复绞成绞合铜导体 1；绞合铜导体 1 在熔融的密封胶液中以 40m/min 的速度穿过，然后在绞合铜导体 1 外周同时挤包导体密封胶层 2 和绝缘橡胶层 3，导体密封胶层 2 在内，绝缘橡胶层 3 在外，绝缘橡胶层 3 的外周编织

有芳纶丝加强层 4 构成绝缘芯线，芳纶丝加强层 4 由直径为 0.2mm 的芳纶丝编织而成，芳纶丝的拉伸强度为 4000MPa，弹性模量为 200GPa，编织角度为 50°，编织覆盖率为 45%；在各绝缘芯线之间的缝隙处填充膨胀系数为 1.2 的氯丁橡胶填充条 5，然后以节径比为 20 倍绞合成缆芯，接着在缆芯外周同时挤包缆芯内密封胶层 6 和甲胄式内护套橡胶层 7，缆芯内密封胶层 6 在内，内护套橡胶层 7 在外；接着在内护套橡胶层 7 的外周用直径为 0.3mm 的镀锡铜丝编织铠装屏蔽层 8，编织角度为 60°，编织覆盖率为 92%；然后在铠装屏蔽层 8 的外周同时挤包缆芯外密封胶层 9 和甲胄式外护套橡胶层 10，缆芯外密封胶层 9 在内，外护套橡胶层 10 在外。

[0035] 绝缘橡胶挤出时挤橡机的机头温度 85℃；机身温度为 80℃；硫化管道的蒸汽压力为 0.6MPa，挤橡机冷却方式为水冷却。

[0036] 护套橡胶挤出时的机身温度为 70℃，机头温度为 65℃，挤橡机的螺杆温度冷却方式采用水冷却，挤出后采用压力为 0.8MPa 的压力进行硫化，出线速度约为 12m/min，挤出厚度为 2.2mm。

[0037] 对实施例一至实施例三中绝缘橡胶老化前机械性能测试结果如表 1：

表 1

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度	N/mm2	≥ 4.8	7.5	7.3	6.7
断裂伸长率	%	≥ 200	350	295	420

对实施例一至实施例三中绝缘橡胶烘箱老化后的机械性能测试结果如表 2，老化条件：温度 135±2℃，时间：168h。

[0038] 表 2

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度最大变化率	%	±30	-2	-10	-1
断裂伸长率最大变化率	%	±30	-5	-7	-6

对实施例一至实施例三中绝缘橡胶空气弹老化后的机械性能测试结果如表 3，老化条件：温度 127±1℃，时间 40h，压力 56 N/mm^2。

[0039] 表 3

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度最大变化率	%	±30	-7	-9	-6
断裂伸长率最大变化率	%	±30	+4	-12	-10

对实施例一至实施例三中绝缘橡胶热延伸试验的机械性能测试结果如表 4，试验条件：处理温度 250±3℃，持续时间 15 min，机械应力 20 N/cm²。

[0040] 表 4

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
负荷时的最大伸长率	%	175	7	11	18
最大永久伸长率	%	15	0	0	0

对实施例一至实施例三中绝缘橡胶的绝缘电阻（20℃时）测试结果如表 5 所示。

[0041] 表 5

	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	≥ 1100	3670	3450	3620

对实施例一至实施例三中绝缘橡胶浸入 50℃水后交流电容增加率测试结果如表 6。表中记录的数值分别为第 14 天与第 1 天、第 7 天的差值。

[0042] 表 6

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
14-1（d）	%	≤ 15	2.7	4.2	3.8
14-7（d）	%	≤ 5	0.5	1.7	0.6

对实施例一至实施例三中成品电缆附加老化试验结果如表 7，老化条件：温度 95±2℃，时间 168h。

[0043] 表 7

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度最大变化率	%	±30	-5	-10	-8
断裂伸长率最大变化率	%	±30	-7	-9	-3

对实施例一至实施例三中成品电缆耐臭氧试验结果如表 8，试验条件：温度 25±2℃，时间 30h，臭氧浓度 0.025 ～ 0.030%。

[0044] 表 8

	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
耐臭氧试验	表面无开裂	无开裂	无开裂	无开裂

对实施例一至实施例三中护套橡胶老化前机械性能测试结果如表 9：

表 9

	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	≥ 10	16.0	14.5	16.5
断裂伸长率	%	≥ 250	390	410	330

对实施例一至实施例三中护套橡胶烘箱老化后的机械性能测试结果如表 10，老化条件：温度 100±2℃，时间：168h。

[0045] 表 10

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度为老化前最小百分比	%	70	96	87	106
断裂伸长率为老化前最小百分比	%	60	99	92	88

对实施例一至实施例三中护套橡胶浸入 IRM902# 油后进行机械性能测试，测试结果如表 11。测试条件：温度 100±2℃，时间 24h。

[0046] 表 11

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
抗张强度为浸油前最小百分比	%	60	94	79	93
断裂伸长率为浸油前最小百分比	%	60	103	81	80

对实施例一至实施例三中护套橡胶耐臭氧试验结果如表 12，试验条件：温度 25±2℃，时间 24h，臭氧浓度 0.025 ～ 0.030%。

[0047] 表 12

	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
耐臭氧试验	表面无开裂	无开裂	无开裂	无开裂

对实施例一至实施例三中成品电缆径向水密性能、纵向水密性能测试，结果如表 13：

表 13

	试验条件	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
径向水密性能	7MPa,2h	端头无渗水	无渗水	无渗水	无渗水
径向水密性能	3MPa,耐压 7kV,5min	不击穿	不击穿	不击穿	不击穿
纵向水密性能	7MPa,6h	端头无渗水，组件相对于护套的位移不超过 6.4mm	无渗水；位移 0.4mm	无渗水；无位移	无渗水；位移 0.6mm
纵向水密性能	5MPa,24h	端头无渗水，组件相对于护套的位移不超过 6.4mm	无渗水；无位移	无渗水；无位移	无渗水；无位移
纵向气密性能	0.3MPa,20min	组件相对于护套的无位移	无位移	无位移	无位移

对实施例一至实施例三中成品电缆在 40±1℃的含盐（NaCl）浓度为 40g/L 的海水中浸泡 30 天，绝缘电阻见表 14；浸入海水 14 天后承受耐压（7kV,5min），试验结果也见表 14。

[0048] 表 14

	单位	标准要求	实施例一	实施例二	实施例三
绝缘电阻（在 40±1℃的含盐（NaCl）浓度为 40g/L 的海水中浸泡 30 天）	MΩ·km	≥ 100	370	340	360
浸入海水 14 天后承受耐压（7kV,5min）		不击穿	不击穿	不击穿	不击穿

三元乙丙橡胶 K21 可以选用北京中意荣达科贸有限责任公司或上海蓝联贸易有限公司产品，三元乙丙橡胶 4045M 可以选用日本三井化学品株式会社的产品。氯磺化聚乙烯橡胶 H40 可以选用美国杜邦公司、北京中意荣达科贸有限责任公司或上海蓝联贸易有限公司产品。

[0049] 硫化剂过氧化二异丙苯又称硫化剂 DCP，硫化促进剂三烯丙基异三聚氰酸酯又称硫化促进剂 TAIC，可以选用烟台恒诺化工科技有限公司或上海方锐达化学品有限公司产品。硫化促进剂二硫化二苯并噻唑又称硫化剂 DM，分子式：C14H8N2S4，选用符合《GB/T

11408-2003 硫化促进剂 DM》中的优级品。硫化促进剂六硫化双五甲撑秋兰姆又称硫化促进剂 DPTT，分子式 C12H20N2S6，可以选用华星(宿迁)化学有限公司或鹤壁市荣欣助剂有限公司产品。

[0050] 防老剂 2- 硫醇基苯并咪唑又称防老剂 MB，防老剂 2，2，4- 三甲基 -1，2- 二氢化喹啉聚合体又称防老剂 RD，可以选用上海橡胶助剂厂有限公司或青岛特诺商贸有限公司产品。

[0051] 防老剂二丁基二硫代氨基甲酸镍可以选用武汉市福德精细化工有限公司或上海邦成化工有限公司的产品。

[0052] 防老剂 4，4′ - 双(α，α - 二甲基苄基)二苯胺即防老剂 HS-911 可以选用浙江黄岩华星化学厂、华星(宿迁)化学有限公司或石家庄鑫茂化工科技有限公司的产品。

[0053] 石蜡油可以选用河北衡水圣康化工有限公司或河北衡水帝亿石油化工有限公司的产品；氯化石蜡 -52 要求符合《中华人民共和国化工行业标准 HG2092-1991 氯化石蜡 -52》中的标准，微晶石蜡可以选用中国石油化工股份有限公司河南油田分公司南阳石蜡精细化工厂或上海泰尔石油化工科技有限公司的产品。

[0054] 活性剂氧化锌可以选用河南锌茂化工有限公司、山东宏祥锌业有限公司或东营丰禾化工有限公司的产品，执行《GB/T3185-1992 氧化锌(活性)》中的标准。活性剂硬脂酸学名：十八烷酸，分子式 CH3（CH2）16COOH，执行《GB/T 9103-1988 工业硬脂酸》中的标准。

[0055] 活性剂氧化镁可以选用潍坊海利隆镁业有限公司或邢台市镁神化工有限公司的产品，活性剂聚乙二醇可以选用江苏嘉丰化学股份有限公司或飞翔化工（张家港）有限公司的产品。

[0056] 炭黑可以选用常州云月化工有限公司或东莞玉昌化工有限公司的产品。沉淀法白炭黑可以选用寿光市宝特化工有限公司或东营市谊海工贸有限责任公司的产品。其余白炭黑可以选用广州吉必盛科技实业有限公司或上海翔亚橡塑助剂有限公司的产品。填充剂超细滑石粉选用符合《GB 15342-1994 滑石粉》标准中规定的产品。补强填充剂煅烧陶土可以选用上海江沪钛白化工制品有限公司或石家庄托玛琳矿产品有限公司的产品。

[0057] 增塑剂邻苯二甲酸二辛酯即增塑剂 DOP，选用符合《GB/T 11406-2001 工业邻苯二甲酸二辛酯》标准的产品。

[0058] 阻燃剂三氧化二锑可以选用湖南省安化华宇锑业有限公司或常州市资江化工有限公司的产品。

[0059] 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。

[0060] 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。

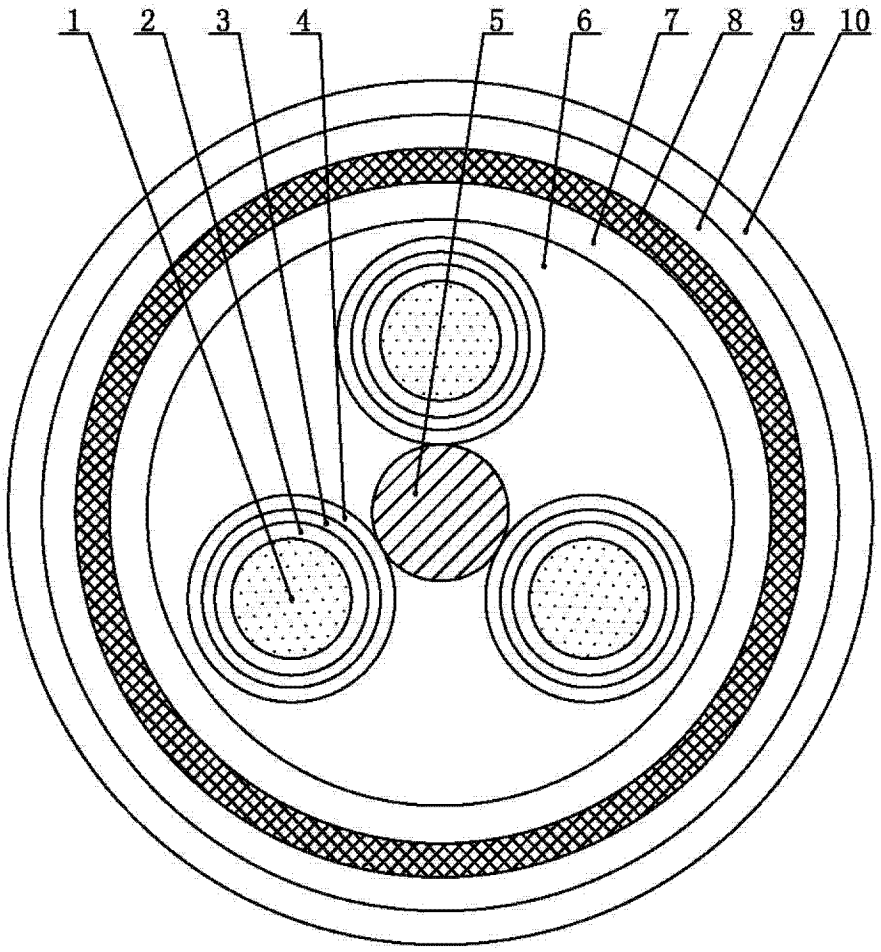


图 1