(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 110797144 A
(43)申请公布日 2020.02.14

(21)申请号 201911006742.4

(22)申请日 2019.10.22

(71)申请人 江西瑞金金字电线电缆有限公司
地址 342500 江西省赣州市瑞金市经济开发区金鑫大道南侧

(72)发明人 黄宗汉 李礼会 刘小群 罗翀 李明

(74)专利代理机构 苏州润桐嘉业知识产权代理有限公司 32261
代理人 李蓉蓉

(51)Int.Cl.
H01B 7/04(2006.01)
H01B 7/17(2006.01)
H01B 7/22(2006.01)
H01B 7/28(2006.01)
H01B 7/29(2006.01)

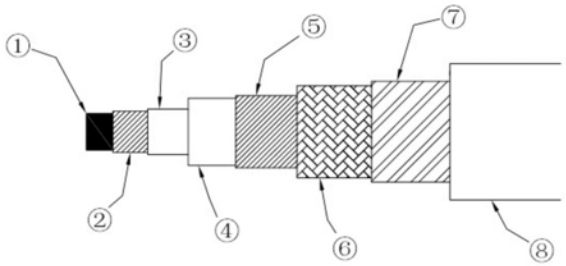
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种超柔性高电压脉冲供电电缆及其生产工艺

(57)摘要

本发明涉及供电电缆领域，尤其涉及一种超柔性高电压脉冲供电电缆及其生产工艺，由内往外依次包括电线芯、半导电尼龙带、半导电层、甲基乙烯基硅橡胶层、多层尼龙带、双层编织层、F4包带和外保护套。本电缆具有高柔性(弯折半径不大于180mm)、大电流(单根通流不小于85kA)、高电压(绝缘耐压不小于20kV)、低回路电阻(单根电缆往复直流电阻不大于0.3mΩ/m)的特点，实现在大角度回转俯仰动作和电缆长期允许工作温度125℃条件下，万伏级电压和兆安级脉冲电流的可靠传输。



CN 110797144 A

1.一种超柔性高电压脉冲供电电缆，其特征在于：由内往外依次包括电线芯、半导电尼龙带、半导电层、甲基乙烯基硅橡胶层、多层尼龙带、双层编织层、F4包带和外保护套，所述电线芯为单芯结构，所述电线芯截面为70mm^{2}的镀锡铜绞线，所述电线芯由60根线径为0.2mm的铜丝先束绞成束，成束后按照1+6+12+18分层反向绞合，最内层节距为90-105mm，外层节距为125-150mm，绞线后的总外径为12.53mm，所述电线芯表面应重叠绕包一层半导电尼龙带扎紧，所述半导电尼龙带厚度为0.1mm，所述半导电尼龙带重叠部分需要达到带宽的30％，所述半导电尼龙带外挤包一层半导电层，所述半导电层挤包厚度为0.5mm，所述半导电层应紧密的包复在半导电尼龙带上且与甲基乙烯基硅橡胶层紧密的粘合在一起，所述甲基乙烯基硅橡胶层由有机硅绝缘混合物挤包后经高温硫化而成，所述甲基乙烯基硅橡胶层挤包后应与多层尼龙带紧密粘连在一起，二层之间不得有气隙存在和脱离的现象，所述甲基乙烯基硅橡胶层厚度为5.5mm，最薄点厚度不小于5.0mm，所述多层尼龙带采用绕包型结构包裹前述甲基乙烯基硅橡胶层，所述多层尼龙带为同时在甲基乙烯基硅橡胶层外重叠绕包两层的尼龙带，其重叠率大于30％，所述双层编织层由960根线径为0.3mm的镀锡软铜丝进行两层编织的结构组成，编织密度大于85％，所述双层编织层上使用的镀锡软铜丝应付合GB/T 3956标准中第6类导体的规定，所述F4包带重叠绕包双层编织层，所述外保护套平均厚度为2.2mm，其最薄点不小于2.0mm，外径为33.5mm；

一种超柔性高电压脉冲供电电缆的生产工艺，其特征在于包含以下步骤：

步骤一：60根线径为0.2mm的镀锡铜丝先束绞成束，束绞外径为1.79mm，束绞节距为36-45mm，镀锡铜丝表面应光滑，不得有小颗粒，翘皮和断锡层的质量缺陷，其单丝的断裂伸长率应不小于35％；

步骤二：成束后按照1+6+12+18分层反向复绞，复绞时必须采用有退扭功能的笼式绞线机绞制，最内层节距为90-105mm，外层节距为125-150mm，绞线后的总外径为12.53mm，绞线外层表面应圆整、股线排列规整，不得有跳浜现象，绞线压模应控制在比绞线外径大0.1mm左右，外层股线应均匀的分布在分线盘上，绞线应整体紧密，不得有断线头露出；

步骤三：在复绞后的电线芯表面重叠绕包一层半导电尼龙带扎紧，所述半导电尼龙带厚度为0.1mm，所述半导电尼龙带重叠部分需要达到带宽的30％，缠绕半导电尼龙带后的圆整度，f值应控制在不大于1.5％；

步骤四：在半导电尼龙带外挤包一层半导电层，其挤包厚度为0.5mm；

步骤五：在半导电层外挤包一层甲基乙烯基硅橡胶层，硬度控制在65-70°范围内，热延伸率应控制在30％左右，冷却后永久变形不大于8％，甲基乙烯基硅橡胶层厚度为5.5mm，最薄点厚度不小于5.0mm，甲基乙烯基硅橡胶层挤包后应与半导电层紧密粘连在一起，二层之间不得有气隙存在和脱离的现象；

步骤六：在甲基乙烯基硅橡胶层外重叠绕包两层尼龙带，两层尼龙带的重叠率大于30％；

步骤七：在多层尼龙带外面使用960根线径为0.3mm的镀锡软铜丝编织成双层编织层，编织密度大于85％，表面不得有断头露，镀锡软铜丝的断裂伸长率不小于35％，镀锡软铜丝表面应光滑，不得有杂质或小颗粒锡粒，镀锡层应连续完好，不得有断锡，脱落或翘皮的现象，双层编织层上使用的镀锡软铜丝应付合GB/T 3956标准中第6类导体的规定；

步骤八：在双层编织层外重叠绕包聚四氟乙烯材料的F4包带；

步骤九:通过挤塑方式在F4包带外挤塑复合热塑弹性材料生成外保护套,外保护套平均厚度为2.2mm,其最薄点不小于2.0mm,外径为33.5mm。

2.根据权利1要求所述的超柔性高电压脉冲供电电缆,其特征在于:所述双层编织层之间应采用尼龙半导带作隔离。

3.根据权利1要求所述的超柔性高电压脉冲供电电缆,其特征在于:所述半导电层的材料应为交联型的有机硅混合料。

一种超柔性高电压脉冲供电电缆及其生产工艺

【技术领域】

[0001] 本发明涉及供电电缆领域，尤其涉及一种超柔性高电压脉冲供电电缆及其生产工艺。

【背景技术】

[0002] 超柔高电压脉冲供电电缆，其高度弯折，弯曲，油污，频繁与拖链摩擦，高频率持续往复运动等的工业现场，如：拖链系统、拖令系统，移动驱动系统等。广泛应用于高压脉冲供电系统，电缆在任意角度回转可确保电缆正常运行。如现代化机械标准部件的拖链中及物流系统、伺服系统、机械自动化系统等。如重型机械厂、汽车制造、焊接生产线、起重运输设备和军品开发项目等室内外环境需要的场所。超柔性是其关键技术指标。

[0003] 高压脉冲电缆，一种专门用来传输高压脉冲的电缆，可用于高能加速器，高能加速器是进行高能物理研究必不可少的重要试验设备。高压脉冲电缆同时具备“高压”和“高频”这两个有时是相互冲突的特性，如何协调这两者特性是其关键技术。

[0004] 但是目前国内的直流脉冲电缆主要用交联聚乙烯和三元乙炳橡胶的材料作绝缘层，由于该工种材料的结构特性决定了电缆不具备超柔软性，同时长期工作温度也只能达到90℃。

[0005] 本发明即是针对现有技术的不足而研究提出的。

【发明内容】

[0006] 本发明的目的是克服上述现有技术的缺点，提供了一种超柔性高电压脉冲供电电缆，其具有高柔性(弯折半径不大于180mm)、大电流(单根通流不小于85kA)、高电压(绝缘耐压不小于20kV)、低回路电阻(单根电缆往复直流电阻不大于0.3mΩ/m)的特点，实现在大角度回转俯仰动作和电缆长期允许工作温度125℃条件下，万伏级电压和兆安级脉冲电流的可靠传输。

[0007] 本发明可以通过以下技术方案来实现：

[0008] 本发明公开了一种超柔性高电压脉冲供电电缆，由内往外依次包括电线芯、半导电尼龙带、半导电层、甲基乙烯基硅橡胶层、多层尼龙带、双层编织层、F4包带和外保护套，所述电线芯为单芯结构，电线芯应符合GB/T 3956标准中第6类导体的规定，所述电线芯截面为70mm^{2}的镀锡铜绞线，所述电线芯由60根线径为0.2mm的铜丝先束绞成束，成束后按照1+6+12+18分层反向绞合，最内层节距为90-105mm，外层节距为125-150mm，绞线后的总外径为12.53mm，所述电线芯表面应重叠绕包一层半导电尼龙带扎紧，所述半导电尼龙带厚度为0.1mm，所述半导电尼龙带重叠部分需要达到带宽的30％，所述半导电尼龙带外挤包一层半导电层，所述半导电层挤包厚度为0.5mm，所述半导电层应紧密的包复在半导电尼龙带上且与甲基乙烯基硅橡胶层紧密的粘合在一起，所述甲基乙烯基硅橡胶层由有机硅绝缘混合物挤包后经高温硫化而成，所述甲基乙烯基硅橡胶层挤包后应与多层尼龙带紧密粘连在一起，二层之间不得有气隙存在和脱离的现象，所述甲基乙烯基硅橡胶层厚度为5.5mm，最薄

点厚度不小于5.0mm,所述多层尼龙带采用绕包型结构包裹前述甲基乙烯基硅橡胶层,所述多层尼龙带为同时在甲基乙烯基硅橡胶层外重叠绕包两层的尼龙带,其重叠率大于30%,所述双层编织层由960根线径为0.3mm的镀锡软铜丝进行两层编织的结构组成,编织密度大于85%,所述双层编织层上使用的镀锡软铜丝应付合GB/T 3956标准中第6类导体的规定,所述F4包带重叠绕包双层编织层,所述外保护套平均厚度为2.2mm,其最薄点不小于2.0mm,外径为33.5mm;

[0009] 一种超柔性高电压脉冲供电电缆的生产工艺,包含以下步骤:

[0010] 步骤一:60根线径为0.2mm的镀锡铜丝先束绞成束,束绞外径为1.79mm,束绞节距为36-45mm,镀锡铜丝表面应光滑,不得有小颗粒,翘皮和断锡层的质量缺陷,其单丝的断裂伸长率应不小于35%;束绞时镀锡铜丝应焊接,接头处应将焊点清理平整光亮,束绞线表面无油污和擦伤的痕迹,表面平整,外层线排列规范;

[0011] 步骤二:成束后按照1+6+12+18分层并与束绞方向反向复绞,为消除在复绞时股线产生内应扭力,复绞时必须采用有退扭功能的笼式绞线机绞制,确保导电线芯的加工质量,复绞后,最内层节距为90-105mm,外层节距为125-150mm,绞线后的总外径为12.53mm,绞线外层表面应圆整、股线排列规整,不得有跳浜现象,绞线压模应控制在比绞线外径大0.1mm左右,外层股线应均匀的分布在分线盘上,绞线应整体紧密,不得有断线头露出;

[0012] 步骤三:在复绞后的电线芯表面重叠绕包一层半导电尼龙带扎紧,所述半导电尼龙带厚度为0.1mm,所述半导电尼龙带重叠部分需要达到带宽的30%,缠绕半导电尼龙带后的圆整度,f值应控制在不大于1.5%;

[0013] 步骤四:在半导电尼龙带外挤包一层半导电层,其挤包厚度为0.5mm;半导电层材料应为交联型的有机硅混合料,其抗拉强度不小于6N/mm^2,断裂伸长率不小于350%,体积电阻率不大于$10^3\Omega\cdot m$,半导电层应紧密的包复在导体上,且与甲基乙烯基硅橡胶层紧密的粘合在一起;

[0014] 步骤五:在半导电层外挤包一层甲基乙烯基硅橡胶层,硬度控制在65-70°范围内,热延伸率应控制在30%左右,冷却后永久变形不大于8%,甲基乙烯基硅橡胶层厚度为5.5mm,最薄点厚度不小于5.0mm,甲基乙烯基硅橡胶层挤包后应与半导电层紧密粘连在一起,二层之间不得有气隙存在和脱离的现象,甲基乙烯基硅橡胶层表面应平整光滑,不得有杂质和焦烧的颗粒;挤包一层甲基乙烯基硅橡胶层过程应保持生产环境的高度清洁,不得有外来杂质的混入,否则将会严重影响绝缘层的电气性能;甲基乙烯基硅橡胶具有较高的柔软度,具有较高的耐热性和优异的耐寒性,长期使用温度在-80℃～200℃范围内,电缆长期使用在140℃的高温条件下连续使用时间可达到20年,有优良的电气性能,即使在高温和频率变化时,电缆绝缘性能仍比较稳定,还具有良好的耐电晕、耐电弧、耐气候及耐腐蚀等性能,长期置于室外曝晒几年后,其性能几乎无变化。吸水性小,防霉菌作用良好,适合于热带和湿热带使用;

[0015] 步骤六:在甲基乙烯基硅橡胶层外重叠绕包两层尼龙带,两层尼龙带的重叠率大于30%;

[0016] 步骤七:在多层尼龙带外面使用960根线径为0.3mm的镀锡软铜丝编织成双层编织层,编织密度大于85%,表面不得有断头露,镀锡软铜丝的断裂伸长率不小于35%,镀锡软铜丝表面应光滑,不得有杂质或小颗粒锡粒,镀锡层应连续完好,不得有断锡,脱落或翘皮

的现象，两层编织层之间应采用尼龙半导带作隔离，所述双层编织层上使用的镀锡软铜丝应付合GB/T 3956标准中第6类导体的规定；电缆在传输大功率脉冲时不应辐射出强的电磁场造成干扰附近仪器的正常工作，因此对脉冲电缆应有较高的屏蔽性能的要求。在该电缆中采用与内导线基本相同截面的镀锡软铜丝进行两层编织的结构组成，同时性能确保回路电阻达到相关规定的要求；

[0017] 步骤八：在双层编织层外重叠绕包聚四氟乙烯材料的F4包带；通过F4包带将金属的双层编织层与外保护套隔离；

[0018] 步骤九：通过挤塑方式在F4包带外挤塑复合热塑弹性材料生成外保护套，外保护套平均厚度为2.2mm，其最薄点不小于2.0mm，外径为33.5mm，外护套的物理机械性能要求较高，其抗张强度不小于15N/mm^2，断裂伸长率不小于400％，抗撕裂强度要求不小于8N/mm^2，外护套的体积电阻率不小于1013Ω·m；其性能应能满足电缆的基本要求，同时在高低温的环境下，能保证电缆的柔软度不受到影响。

[0019] 优选的，所述双层编织层之间应采用尼龙半导带作隔离。

[0020] 优选的，所述半导电层的材料应为交联型的有机硅混合料。

[0021] 本发明与现有的技术相比有如下优点：

[0022] 1.电缆能达到技术指标

[0023] (1)电缆外径：33.5mm；

[0024] (2)最高耐电压25kV；

[0025] (3)导体往复直流电阻≤0.3mΩ/m；

[0026] (4)电缆通流能力：≥85kA(4ms)；

[0027] (5)电缆最小弯曲半径：5倍电缆外径；

[0028] (6)电缆重量：≤3.5kg/m；

[0029] (7)使用环境温度：-40℃～180℃；

[0030] 2.电缆的电线芯、双层编织层均采用镀锡软铜丝通过束绞后制成，具有较好的耐自然氧化和耐腐蚀性气体的自身保护功能，在运行中具有传输大电流的通流能力。

[0031] 3.电缆的介质(半导电层和甲基乙烯基硅橡胶层)采用柔软、耐高低温优异的有机硅材料组成，因此电缆可实现小弯曲半径，大弯折，能满足使用时的大角度回转和俯仰功能，具备了超柔性特性。

[0032] 4.电缆的导体半导电层、甲基乙烯基硅橡胶层、多层尼龙带采用三层共挤工艺，使各层结构紧密、无气隙。双层编织层屏蔽结构的设计，使电缆具有耐高电压，脉冲大电流传输，具有低衰减、低阻抗、低电感、高屏蔽性效果。具有较高的防内、外干扰功能。

【附图说明】

[0033] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步详细说明，其中：

[0034] 图1为本发明的结构示意图；

[0035] 图中：1、电线芯；2、半导电尼龙带；3、半导电层；4、甲基乙烯基硅橡胶层；5、多层尼龙带；6、双层编织层；7、F4包带；8、外保护套；

【具体实施方式】

[0036] 下面结合附图对本发明的实施方式作详细说明：

[0037] 如图1所示，本发明公开了一种超柔性高电压脉冲供电电缆，由内往外依次包括电线芯1、半导电尼龙带2、半导电层3、甲基乙烯基硅橡胶层4、多层尼龙带5、双层编织层6、F4包带7和外保护套8，电线芯1为单芯结构，电线芯1应符合GB/T 3956标准中第6类导体的规定，电线芯1截面为70mm^{2}的镀锡铜绞线，电线芯1由60根线径为0.2mm的铜丝先束绞成束，成束后按照1+6+12+18分层反向复绞，复绞后最内层节距为90-105mm，外层节距为125-150mm，绞线后的总外径为12.53mm，电线芯1表面应重叠绕包一层半导电尼龙带2扎紧，半导电尼龙带2厚度为0.1mm，半导电尼龙带2重叠部分需要达到带宽的30％，半导电尼龙带2外挤包一层半导电层3，半导电层3挤包厚度为0.5mm，半导电层3应紧密的包复在半导电尼龙带2上且与甲基乙烯基硅橡胶层4紧密的粘合在一起，甲基乙烯基硅橡胶层4由有机硅绝缘混合物挤包后经高温硫化而成，甲基乙烯基硅橡胶层4挤包后应与多层尼龙带5紧密粘连在一起，二层之间不得有气隙存在和脱离的现象，甲基乙烯基硅橡胶层4厚度为5.5mm，最薄点厚度不小于5.0mm，多层尼龙带5采用绕包型结构包裹甲基乙烯基硅橡胶层4，多层尼龙带5为同时在甲基乙烯基硅橡胶层4外重叠绕包两层的尼龙带，其重叠率大于30％，双层编织层6由960根线径为0.3mm的镀锡软铜丝进行两层编织的结构组成，编织密度大于85％，双层编织层6上使用的镀锡软铜丝应付合GB/T 3956标准中第6类导体的规定，F4包带7重叠绕包双层编织层6，外保护套8平均厚度为2.2mm，其最薄点不小于2.0mm，外径为33.5mm；

[0038] 一种超柔性高电压脉冲供电电缆的生产工艺，包含以下步骤：

[0039] 步骤一：60根线径为0.2mm的镀锡铜丝先束绞成束，束绞外径为1.79mm，束绞节距为36-45mm，镀锡铜丝表面应光滑，不得有小颗粒，翘皮和断锡层的质量缺陷，其单丝的断裂伸长率应不小于35％；束绞时镀锡铜丝应焊接，接头处应将焊点清理平整光亮，束绞线表面无油污和擦伤的痕迹，表面平整，外层线排列规范；

[0040] 步骤二：成束后按照1+6+12+18分层并与束绞方向反向复绞，为消除在复绞时股线产生内应扭力，复绞时必须采用有退扭功能的笼式绞线机绞制，确保导电线芯1的加工质量，复绞后，最内层节距为90-105mm，外层节距为125-150mm，绞线后的总外径为12.53mm，绞线外层表面应圆整、股线排列规整，不得有跳浜现象，绞线压模应控制在比绞线外径大0.1mm左右，外层股线应均匀的分布在分线盘上，绞线应整体紧密，不得有断线头露出；

[0041] 步骤三：在复绞后的电线芯1表面重叠绕包一层半导电尼龙带2扎紧，半导电尼龙带2厚度为0.1mm，半导电尼龙带2重叠部分需要达到带宽的30％，缠绕半导电尼龙带2后的圆整度，f值应控制在不大于1.5％；

[0042] 步骤四：在半导电尼龙带2外挤包一层半导电层3，其挤包厚度为0.5mm；半导电层3材料应为交联型的有机硅混合料，其抗拉强度不小于6N/mm^2，断裂伸长率不小于350％，体积电阻率不大于$10^3\Omega\cdot m$，半导电层3应紧密的包复在导体上，且与甲基乙烯基硅橡胶层4紧密的粘合在一起；

[0043] 步骤五：在半导电层3外挤包一层甲基乙烯基硅橡胶层4，硬度控制在65-70°范围内，热延伸率应控制在30％左右，冷却后永久变形不大于8％，甲基乙烯基硅橡胶层4厚度为5.5mm，最薄点厚度不小于5.0mm，甲基乙烯基硅橡胶层4挤包后应与半导电层3紧密粘连在一起，二层之间不得有气隙存在和脱离的现象，甲基乙烯基硅橡胶层4表面应平整光滑，不

得有杂质和焦烧的颗粒;挤包一层甲基乙烯基硅橡胶层4过程应保持生产环境的高度清洁,不得有外来杂质的混入,否则将会严重影响绝缘层的电气性能;甲基乙烯基硅橡胶具有较高的柔软度,具有较高的耐热性和优异的耐寒性,长期使用温度在-80℃～200℃范围内,电缆长期使用在140℃的高温条件下连续使用时间可达到20年,有优良的电气性能,即使在高温和频率变化时,电缆绝缘性能仍比较稳定,还具有良好的耐电晕、耐电弧、耐气候及耐腐蚀等性能,长期置于室外曝晒几年后,其性能几乎无变化,吸水性小,防霉菌作用良好,适合于热带和湿热带使用;

[0044] 步骤六:在甲基乙烯基硅橡胶层4外重叠绕包两层尼龙带,两层尼龙带的重叠率大于30%;

[0045] 步骤七:在多层尼龙带5外面使用960根线径为0.3mm的镀锡软铜丝编织成双层编织层6,编织密度大于85%,表面不得有断头露,镀锡软铜丝的断裂伸长率不小于35%,镀锡软铜丝表面应光滑,不得有杂质或小颗粒锡粒,镀锡层应连续完好,不得有断锡,脱落或翘皮的现象,两层编织层之间应采用尼龙半导带作隔离,双层编织层6上使用的镀锡软铜丝应付合GB/T 3956标准中第6类导体的规定;电缆在传输大功率脉冲时不应辐射出强的电磁场造成干扰附近仪器的正常工作,因此对脉冲电缆应有较高的屏蔽性能的要求;在该电缆中采用与内导线基本相同截面的镀锡软铜丝进行两层编织的结构组成,同时性能确保回路电阻达到相关规定的要求;

[0046] 步骤八:在双层编织层6外重叠绕包聚四氟乙烯材料的F4包带7;通过F4包带7将金属的双层编织层6与外保护套8隔离;

[0047] 步骤九:通过挤塑方式在F4包带7外挤塑复合热塑弹性材料生成外保护套8,外保护套8平均厚度为2.2mm,其最薄点不小于2.0mm,外径为33.5mm,外护套的物理机械性能要求较高,其抗张强度不小于15N/mm^2,断裂伸长率不小于400%,抗撕裂强度要求不小于8N/mm^2,外护套的体积电阻率不小于1013Ω·m;其性能应能满足电缆的基本要求,同时在高低温的环境下,能保证电缆的柔软度不受到影响。

[0048] 其中,双层编织层6之间应采用尼龙半导带作隔离。

[0049] 其中,半导电层3的材料应为交联型的有机硅混合料。

[0050] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,这些变化、修改、替换和变型,也应视为本发明的保护范围。

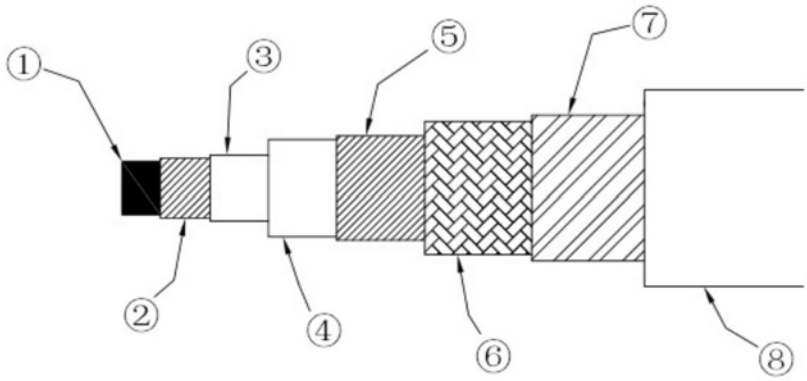


图1