(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108648849 B
(45)授权公告日 2019.11.22

(21)申请号 201810251981.5
(22)申请日 2018.03.26
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108648849 A
(43)申请公布日 2018.10.12
(73)专利权人 惠州乐庭电子线缆有限公司
地址 516029 广东省惠州市陈江镇五一工业区
专利权人 乐庭电线工业(惠州)有限公司
深圳市沃尔特种线缆有限公司
深圳市沃尔核材股份有限公司
(72)发明人 刘洋 李冬福 薄强龙 吕希卓
(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245
代理人 叶敏明
(51)Int.Cl.
H01B 1/02(2006.01)
H01B 3/44(2006.01)
H01B 5/08(2006.01)
H01B 7/02(2006.01)
H01B 7/04(2006.01)
H01B 7/17(2006.01)
审查员 谭成

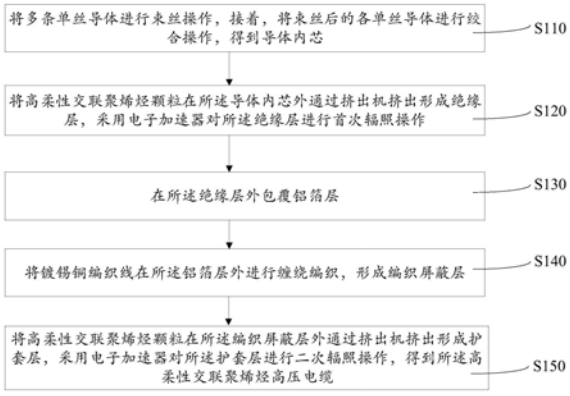
权利要求书1页 说明书11页 附图2页

(54)发明名称

高柔性交联聚烯烃高压电缆及其制备方法

(57)摘要

一种高柔性交联聚烯烃高压电缆，包括导体内芯、绝缘层、铝箔层、编织屏蔽层及护套层，所述绝缘层套置于所述导体内芯外，所述铝箔层套置于所述绝缘层外，所述编织屏蔽层套置于所述铝箔层外，所述护套层套置于所述编织屏蔽层外；绝缘层和护套层的材质为高柔性交联聚烯烃，导体内芯为多股单丝导体同向绞合形成；本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好的弯曲性能以及较节省安装空间。此外，本发明还公开一种高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法。



CN 108648849 B

1.高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法,其特征在于,包括如下步骤:

将多条单丝导体进行束丝操作,接着,将束丝后的各单丝导体进行绞合操作,得到导体内芯;

将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层,采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作;

在所述绝缘层外包覆铝箔层;

将镀锡铜编织线在所述铝箔层外进行缠绕编织,形成编织屏蔽层;

将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层,采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作,得到所述高柔性交联聚烯烃高压电缆;

其中,所述高柔性交联聚烯烃颗粒包括如下质量份的各组分:乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份;

所述电子加速器的辐照剂量为14M～16M;

其中,在将束丝后的各单丝导体进行绞合的操作中,所述绞合操作为同向绞合操作,具体的,单丝导体束丝后进行一次到三次同向绞合,导体绞合节距搭配绞合线径设计,一次绞合节距设计为绞合线径的40～50倍,在二次绞合时缩小绞合节距至绞合线径的15～20倍,在三次绞合时则继续缩小绞合节距至绞合线径的9～11倍。

2.根据权利要求1所述的高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法,其特征在于,所述乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)的质量份为24～25份。

3.根据权利要求1所述的高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法,其特征在于,所述三元乙丙橡胶的质量份为10～12份。

高柔性交联聚烯烃高压电缆及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电缆技术，特别是涉及一种高柔性交联聚烯烃高压电缆及其制备方法。

背景技术

[0002] 目前，新能源高压汽车线普遍应用于新能源汽车内部动力连接及动力电池组内部，现有的电缆多采用交联聚烯烃材料或硅橡胶材料作为其绝缘或护套材料。

[0003] 现有的电缆依然存在如下缺陷：

[0004] 首先，现有的交联聚烯烃材料线材弯曲半径大，导体绞合采用笼绞机反向绞合，加工的速度慢，成品导体线径大，线材柔性差，在弯曲使用时弯折部分极易因疲劳而老化开裂，即弯曲性能差；

[0005] 其次，安装敷设时需要较大空间，在新能源乘用车等内部敷设空间小或需电缆小角度弯曲连接的环境下则难以使用，安装较占空间。

发明内容

[0006] 本发明的目的是克服现有技术中的不足之处，提供弯曲性能好以及较节省安装空间的高柔性交联聚烯烃高压电缆及其制备方法。

[0007] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：

[0008] 高柔性交联聚烯烃高压电缆，包括：导体内芯、绝缘层、铝箔层、编织屏蔽层及护套层，所述绝缘层套置于所述导体内芯外，所述铝箔层套置于所述绝缘层外，所述编织屏蔽层套置于所述铝箔层外，所述护套层套置于所述编织屏蔽层外；

[0009] 其中，所述绝缘层和护套层的材质为高柔性交联聚烯烃，所述高柔性交联聚烯烃包括如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份。

[0010] 其中一个实施例中，所述导体内芯为多股单丝导体同向绞合形成。

[0011] 其中一个实施例中，所述高柔性交联聚烯烃采用电子加速器进行辐照交联反应。

[0012] 其中一个实施例中，所述电子加速器的辐照剂量为14M～16M。

[0013] 其中一个实施例中，所述编织屏蔽层采用镀锡铜编织线通过编织得到。

[0014] 高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法，包括如下步骤：

[0015] 将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行绞合操作，得到导体内芯；

[0016] 将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作；

[0017] 在所述绝缘层外包覆铝箔层；

[0018] 将镀锡铜编织线在所述铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层；

[0019] 将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，得到所述高柔性交联聚烯烃高压电缆；

[0020] 其中，所述高柔性交联聚烯烃颗粒包括如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份。

[0021] 其中一个实施例中，所述电子加速器的辐照剂量为14M～16M。

[0022] 其中一个实施例中，在将束丝后的各单丝导体进行绞合的操作中，所述绞合操作为同向绞合操作。

[0023] 其中一个实施例中，所述乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)的质量份为24～25份。

[0024] 其中一个实施例中，所述三元乙丙橡胶的质量份为10～12份。

[0025] 本发明的目的在于提供一种高柔性交联聚烯烃高压电缆，解决了现有电缆线径大，弯曲性能差，安装较占空间的问题。

[0026] 本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆，采用高柔性交联聚烯烃材料作为绝缘层和护套层的材质，具有良好的柔软性和弯曲性能，适用于各种新能源汽车内部等敷设空间狭小的环境；另外，导体内芯为多股单丝导体同向绞合形成，单丝导体具有相同的应力方向，单丝导体弯曲克服的应力更小，导体内芯成品柔软性更强。从而使本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好弯曲性能以及较节省安装空间。

附图说明

[0027] 图1为本发明的高柔性交联聚烯烃高压电缆的结构示意图；

[0028] 图2为本发明一实施方式的高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法的步骤流程图。

具体实施方式

[0029] 为了便于理解本发明，下面将参照相关附图对本发明进行更全面的描述。附图中给出了本发明的较佳实施方式。但是，本发明可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施方式。相反地，提供这些实施方式的目的是使对本发明的公开内容理解的更加透彻全面。

[0030] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的，并不表示是唯一的实施方式。

[0031] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施方式的目的，不是旨在于限制本发明。本文所使用的术语“及/或”包括一个或多个

相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0032] 请参阅图1，高柔性交联聚烯烃高压电缆10包括：导体内芯100、绝缘层200、铝箔层300、编织屏蔽层400及护套层500，绝缘层200套置于导体内芯100外，铝箔层300套置于绝缘层200外，编织屏蔽层400套置于铝箔层300外，护套层500套置于编织屏蔽层400外。上述导体内芯100作为电缆进行电流或电磁传输功能的部件，为了使电缆高速运转，导体横截面积应增大，然而大横截面积的单丝导体柔软性较差，不便于弯曲，继而不利于生产运输和安装敷设。因此，将多根较细退火处理的单丝导体进行绞合后再作为导体内芯使用则更加柔软，做出的电缆的弯曲性更好，在安装敷设过程中更不容易断裂。绝缘层200套置于导体内芯100的外围，绝缘层200用于隔绝导体内芯100，并且承受相应的电压，防止电流外泄，保障导体内芯100的正常传输功能，同时确保外界物体和人身的安全。上述绝缘层200的柔软度对于电缆的整体柔软度影响较大，尤其是针对敷设于空间较小例如新能源汽车内部动力连接及动力电池组内部等较为狭小空间的电缆，线路多且复杂，柔软度高的电缆更为适用。上述铝箔层300及编织屏蔽层400能够限制磁场的干扰，即能够起到抗磁场干扰的效果。上述护套层500是作为电缆最外层起保护作用的部件，本申请的护套层500的厚度较大，例如，其厚度大于所述绝缘层，能够针对各种外力的抵御力、耐腐蚀、防老化以及防火性能，其柔软性对于能够满足电缆的小空间铺设需要，即弯曲性能较佳。在制备电缆的过程中，以上各部分的柔软性能都较高的情况下，所制备得到的高柔性交联聚烯烃高压电缆的弯曲性能都较强，能够更适用于敷设弯曲半径较小或空间较窄的环境。

[0033] 一实施方式中，所述绝缘层200和护套层500的材质为高柔性交联聚烯烃，所述高柔性交联聚烯烃包括如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份。

[0034] 可以理解，乙烯-辛烯共聚物(POE)作为增韧剂，能够增加电缆的断裂伸长率；乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)具有良好柔软特性，容易交联，能够提高电缆的高温压力以及降低电缆的弯曲应力；三元乙丙橡胶可以提高电缆的绝缘性能以及降低电缆的弯曲应力；POE接枝马来酸酐和硅烷偶联剂作为相容剂，则能够增加各组分间的相容性，提高电缆的拉伸强度；甲基乙烯基硅橡胶和硅酮粉作为润滑剂，能够提高熔体的流动性，促进熔体的均匀塑化，降低塑化温度，提高挤出速度及电缆的表面光滑度和光泽度。氢氧化铝、二乙烯基次磷酸铝、三聚氰胺尿酸能够提高电缆的阻燃性能，使电缆在使用过程中的安全系数更高；抗氧剂1010和抗氧剂TH-412S及抗铜剂能够提高电缆的抗氧化性能，防止老化；光稳定剂能够提高电缆的耐紫外光性能。上述各组分制备得到的高柔性交联聚烯烃材质具有相对密度小、耐化学药品性、耐水性好、电绝缘性良好等特点，尤其是还具有良好的机械强度，运用该材质挤出形成绝缘层和护套层，大大地增加了电缆的弯曲性能。如此，所制备得到的高柔性交联聚烯烃高压电缆的弯曲性能更强，能够更适用于敷设弯曲半径较小或空间较窄的环境。

[0035] 一实施方式中，导体内芯100为多股单丝导体同向绞合形成。具体的，单丝导体束丝后进行一次到三次同向绞合，如一次导体绞合采取左向绞合，若导体根数较多时则可以均分进行二次或三次绞合，而将束丝绞合后的导体进行二次或三绞合时则仍采取左向绞

合;反之,若一次绞合为右向绞合,则二次或三次绞合时仍采用右向绞合。导体绞合节距搭配绞合线径设计,一次绞合节距设计为绞合线径的40～50倍,在二次绞合时缩小绞合节距至绞合线径的15～20倍,在三次绞合时则继续缩小绞合节距至绞合线径的9～11倍。采用分股多次绞合后,生产效率极大提升,生产设备均采用单绞及双绞绞线机,绞线速度较逆向绞合提高4～5倍。绞线的同时,每根导体间隙被不断压缩,使得单丝导体间的空隙更小,进而导体内芯的外径就更小,同向绞合后的导体线径相比反向绞合后的导体线径减小6％～10％。另外,每次导体绞合的方向均一致,单丝导体具有相同的应力方向,单丝导体弯曲克服的应力更小,导体内芯成品柔软性则更强,如此,本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好的柔软性和弯曲性能,适用于各种新能源汽车内部等敷设空间狭小的环境。

[0036] 一实施方式中,高柔性交联聚烯烃采用电子加速器进行辐照交联反应。利用电子加速器产生的高能电子束轰击绝缘层和护套层,而使绝缘层和护套层分别形成交联。如此,使得本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有了环保,安全,寿命长等优点,其可瞬间耐温320度,130度仍可正常工作,且不易被点燃,也没有浓烟与刺激性气味,更为环保。其次,本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆还具有优异的机械物理性能,耐环境应力开裂性能好,有优良的耐磨性,更能承受集中的机械应力;再者,本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆重量要轻许多,更便于安装运输,降低劳动强度,降低运输费用。

[0037] 上述高柔性交联聚烯烃高压电缆通过在导体绞合工艺及采用高柔性交联聚烯烃材料的应用使产品更加柔软,产品结构最内层为多股同向绞合导体,导体外面挤出包覆柔软型交联聚烯烃绝缘材料,绝缘层外包覆铝箔及编织镀锡铜导体作为屏蔽层,最外层为挤出包覆柔性交联聚烯烃外护套,整体结构设计以及材料选用更为合理,能够使电缆更好地适用于敷设弯曲半径较小或空间狭小的环境。

[0038] 一实施方式中,编织屏蔽层采用镀锡铜编织线通过编织得到。采用单丝线径为0.12mm的镀锡圆线进行编织。从而使本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆耐弯曲、抗氧化、抗疲劳强、易散热,同时具有良好弯曲性能以及较节省安装空间。

[0039] 请参阅图2,一实施方式的高柔性交联聚烯烃高压电缆的制备方法,包括如下步骤:

[0040] S110:将多条单丝导体进行束丝操作,接着,将束丝后的各单丝导体进行绞合操作,得到导体内芯;

[0041] S120:将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层,采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作;

[0042] 为了进一步提高电缆的弯曲性能,例如,电子加速器的首次辐照剂量为14M～16M。

[0043] S130:在所述绝缘层外包覆铝箔层;

[0044] S140:将镀锡铜编织线在所述铝箔层外进行缠绕编织,形成编织屏蔽层;

[0045] S150:将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层,采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作,得到所述高柔性交联聚烯烃高压电缆;

[0046] 一实施方式中,所述高柔性交联聚烯烃颗粒的造粒操作具体包括如下步骤:将如下质量份的各组分:乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化

铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份进行熔融共混，得到熔融液；将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍，双螺杆造粒一遍，如此，本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好弯曲性能以及较节省安装空间。

[0047] 为了进一步提高电缆的弯曲性能，例如，密炼温度为100℃，密炼时间为15min，单螺杆造粒温度110℃，双螺杆造粒温度130℃。

[0048] 为了进一步提高电缆的弯曲性能，例如，电子加速器的二次辐照剂量为14M～16M。为了进一步提高电缆的弯曲性能，电子加速器的首次辐照剂量为14M，二次辐照剂量为14M；为了进一步提高电缆的弯曲性能，电子加速器的首次辐照剂量为14M，二次辐照剂量为16M；为了进一步提高电缆的弯曲性能，电子加速器的首次辐照剂量为16M，二次辐照剂量为16M。

[0049] 可以理解，电子加速器的辐照剂量不同，电缆的机械强度和高温压力则不同，因为辐照剂量是影响聚烯烃材质的一个重要因素。辐照剂量增大时，单位时间内射线与被照射的聚烯烃材质分子的的作用几率增大，产生交联所需的自由基密度也增大，交联反应发生的则更快，聚烯烃材质的交联程度也会提高，由该材质制备得到的电缆的柔软度也会更好，更利于在狭窄空间或弯曲半径较小的环境中敷设。但交联程度太大的话也会导致聚烯烃材质硬度太大从而增加聚烯烃材质的弯曲应力。上述高柔性交联聚烯烃电缆采用的辐照剂量为较为合适的14M～16M。如此，本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好弯曲性能以及较节省安装空间。

[0050] 尤其需要说明的是，所述护套层作为所述高柔性交联聚烯烃高压电缆的最外层结构，所承受的应力负荷最大，并且也要在与外部摩擦过程中，具有不易被刮伤的效果，因此，要求所述护套层具备较好的机械强度，而通过提高其交联度则能够明显地提高其机械强度，但由于交联度提高，又会降低其弯曲性能，甚至在实际安装过程中，出现正常弯曲后还容易断裂开缝的问题；所述绝缘层作为高柔性交联聚烯烃高压电缆的最内层结构，承受的应力负荷相对较轻，并且其内靠所述导体内芯，外靠所述铝箔层，这两层结构能够极好地支撑限制所述绝缘层，能够使得所述绝缘层在弯曲时所产生的应力平均地传递至其紧邻的两层结构中，这虽然能够降低所述绝缘层对机械强度的要求，即所述绝缘层能够与其紧邻的两层结构共同承担应力负荷，因此，单纯地针对所述绝缘层，则所述绝缘层的机械强度要求小于对所述护套层的机械强度要求，同样的，由于绝缘层牢牢地被锁在紧邻的两层结构中，其弯折后所产生的形变则并较难被紧邻的两层结构所接受，则对所述绝缘层的弯曲性能要求要远远高于对所述护套层的弯曲性能要求，这是由于所述护套层直接与外部接触，在弯曲时，其外部能够进行的可允许形变较所述绝缘层大，优选地，所述首次辐照剂量为13.7M，所述二次辐照剂量为16.3M，通过多次理论研究分析以及多次对比实验佐证，采用上述高柔性交联聚烯烃作为材质制备的所述绝缘层和所述护套层在进行辐照交联反应时，采用所述首次辐照剂量为13.7M，所述二次辐照剂量为16.3M，能够使得所述护套层具有较优良的机械性能，并使得所述绝缘层具有较优良的弯曲性能，同时，所述护套层的弯曲性能可以配合其内部几层结构一起弯曲，而不会出现限制弯曲的问题，也不易出现断裂或者开裂的问题，即能够与内部几层结构实现弯曲同步的效果，不会出现弯曲“拖后腿”的问题，进一步地，所述绝缘层的机械性能以及绝缘性能也能够满足对电缆的正常需求，尤其需要指出的是，所

述绝缘层和护套层通过采用高柔性交联聚烯烃，所述高柔性交联聚烯烃包括如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份，并且用所述首次辐照剂量为13.7M，所述二次辐照剂量为16.3M，能够考虑到所述护套层和所述绝缘层所在层级结构的差异性以及所应当承担的设计需要，并且面对不同问题，也能够解决这些问题，即采用上述高柔性交联聚烯烃作为材质制备的所述绝缘层和所述护套层在进行辐照交联反应时，采用所述首次辐照剂量为13.7M，所述二次辐照剂量为16.3M，能够使得所述护套层具有较优良的机械性能，并使得所述绝缘层具有较优良的弯曲性能，同时，所述护套层的弯曲性能可以配合其内部几层结构一起弯曲，而不会出现限制弯曲的问题，也不易出现断裂或者开裂的问题，即能够与内部几层结构实现弯曲同步的效果，不会出现弯曲“拖后腿”的问题，进一步地，所述绝缘层的机械性能以及绝缘性能也能够满足对电缆的正常需求。

[0051] 通过以上步骤能够得到高柔性交联聚烯烃电缆，具有良好的柔软性和弯曲性能，适用于各种新能源汽车内部等敷设空间狭小的环境，且较为环保，安全，寿命长；另外电缆的重量也要轻许多，更便于安装运输，降低劳动强度，降低运输费用。

[0052] 为了进一步提高电缆的弯曲性能，例如，又一实施方式的高柔性交联聚烯烃颗粒包括如下质量份的各组分：

[0053] 乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)24～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～15份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份。如此，本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好弯曲性能以及较节省安装空间。

[0054] 为了进一步提高电缆的弯曲性能，例如，又一实施方式的高柔性交联聚烯烃颗粒包括如下质量份的各组分：

[0055] 乙烯-辛烯共聚物(POE)20～25份、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20～25份、三元乙丙橡胶10～12份、POE接枝马来酸酐3～7份、甲基乙烯基硅橡胶0.8～2份、氢氧化铝13～18份、二乙烯基次磷酸铝6～10份、三聚氰胺尿酸10～15份、抗氧剂1010 1～2份、抗氧剂TH-412S 0.3～0.8份、抗铜剂0.1～0.5份、硅酮粉0.8～1.5份、硅烷偶联剂1～3份和光稳定剂0.1～0.5份。如此，本发明提供的高柔性交联聚烯烃高压电缆具有良好弯曲性能以及较节省安装空间。

[0056] 具体实施例如下：

[0057] 实施例1

[0058] 导体内芯的制备：将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作，得到导体内芯；

[0059] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备：将如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)20kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)25kg、三元乙丙橡胶10kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙

烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂1010 1kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混，得到熔融液；将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍，双螺杆造粒一遍，其中，密炼温度为100℃，密炼时间为15min，单螺杆造粒温度110℃，双螺杆造粒温度130℃。

[0060] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作，辐照剂量为10M；

[0061] 在绝缘层外包覆铝箔层；

[0062] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层；

[0063] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，辐照剂量为10M，得到实施例1的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0064] 实施例2

[0065] 导体内芯的制备：将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作，得到导体内芯；

[0066] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备：将如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE) 20kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)25kg、三元乙丙橡胶10kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂1010 1kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混，得到熔融液；将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍，双螺杆造粒一遍，其中，密炼温度为100℃，密炼时间为15min，单螺杆造粒温度110℃，双螺杆造粒温度130℃。

[0067] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作，辐照剂量为16M；

[0068] 在绝缘层外包覆铝箔层；

[0069] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层；

[0070] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，辐照剂量为16M，得到实施例2的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0071] 实施例3

[0072] 导体内芯的制备：将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作，得到导体内芯；

[0073] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备：将如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE) 35kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)10kg、三元乙丙橡胶10kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂1010 1kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混，得到熔融液；将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍，双螺杆造粒一遍，其中，密炼温度为100℃，密炼时间为15min，单螺杆造粒温度110℃，双螺杆造粒温度130℃。

[0074] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作，辐照剂量为16M；

[0075] 在绝缘层外包覆铝箔层；

[0076] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层；

[0077] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，辐照剂量为16M，得到实施例3的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0078] 实施例4

[0079] 导体内芯的制备：将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作，得到导体内芯；

[0080] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备：将如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)35kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)10kg、三元乙丙橡胶10kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂10101kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混，得到熔融液；将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍，双螺杆造粒一遍，其中，密炼温度为100℃，密炼时间为15min，单螺杆造粒温度110℃，双螺杆造粒温度130℃。

[0081] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作，辐照剂量为16M；

[0082] 在绝缘层外包覆铝箔层；

[0083] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层；

[0084] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，辐照剂量为16M，得到实施例4的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0085] 实施例5

[0086] 导体内芯的制备：将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作，得到导体内芯；

[0087] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备：将如下质量份的各组分：乙烯-辛烯共聚物(POE)20kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20kg、三元乙丙橡胶15kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂10101kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混，得到熔融液；将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍，双螺杆造粒一遍，其中，密炼温度为100℃，密炼时间为15min，单螺杆造粒温度110℃，双螺杆造粒温度130℃。

[0088] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作，辐照剂量为16M；

[0089] 在绝缘层外包覆铝箔层；

[0090] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层；

[0091] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，辐照剂量为16M，得到实施例5的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0092] 实施例6

[0093] 导体内芯的制备：将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作，得到导体内芯；

[0094] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备:将如下质量份的各组分:乙烯-辛烯共聚物(POE)20kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)20kg、三元乙丙橡胶15kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂1010 1kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混,得到熔融液;将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍,双螺杆造粒一遍,其中,密炼温度为100℃,密炼时间为15min,单螺杆造粒温度110℃,双螺杆造粒温度130℃。

[0095] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层,采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作,辐照剂量为20M;

[0096] 在绝缘层外包覆铝箔层;

[0097] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织,形成编织屏蔽层;

[0098] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层,采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作,辐照剂量为20M,得到实施例6的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0099] 实施例7

[0100] 导体内芯的制备:将多条单丝导体进行束丝操作,接着,将束丝后的各单丝导体进行一次同向绞合操作,得到导体内芯;

[0101] 高柔性交联聚烯烃颗粒的制备:将如下质量份的各组分:乙烯-辛烯共聚物(POE)20kg、乙烯-醋酸乙烯共聚物(EVA)25g、三元乙丙橡胶10kg、POE接枝马来酸酐5kg、甲基乙烯基硅橡胶1kg、氢氧化铝1kg、二乙烯基次磷酸铝8kg、三聚氰胺尿酸12kg、抗氧剂1010 1kg、抗氧剂TH-412S 0.5kg、抗铜剂0.2kg、硅酮粉1kg、硅烷偶联剂2kg和光稳定剂0.2kg进行熔融共混,得到熔融液;将所述熔融液进行单螺杆造粒一遍,双螺杆造粒一遍,其中,密炼温度为100℃,密炼时间为15min,单螺杆造粒温度110℃,双螺杆造粒温度130℃。

[0102] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层,采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作,辐照剂量为13.7M;

[0103] 在绝缘层外包覆铝箔层;

[0104] 将镀锡铜编织线在铝箔层外进行缠绕编织,形成编织屏蔽层;

[0105] 将上述步骤制得的高柔性交联聚烯烃颗粒在编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层,采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作,辐照剂量为16.3M,得到实施例7的高柔性交联聚烯烃高压电缆。

[0106] 对比例1

[0107] 对比例1由普通市售交联聚烯烃车内高压线产品在同实施例相同的测试条件下测试得到相关参数。

[0108] 表1各实施例及对比例电缆胶料硬度测试结果表

[0109]

项目	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6	实施例7	对比例1
硬度(A)	61	61	67	67	64	64	56	70

[0110] 由实施例1和实施例3对比可知,EVA添加量越大,物料的硬度越低,主要原因是所

使用的EVA的硬度较POE的硬度低很多。由实施例3和实施例5对比可知，所用三元乙丙橡胶的硬度较POE的硬度更低。

[0111] 表2各实施例及对比例性能测试结果表

[0112]

项目	要求	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6	实施例7	对比例1
拉伸强度（MPa）	>9	7.4	9.5	6.8	8.5	8.6	6.4	10.6	9.8
断裂伸长率（%）	>150	392.9	351.4	451.7	405.3	361.4	296.3	478.9	343.5
弯曲应力（N）	/	51.38	54.22	60.64	63.05	55.89	58.47	50.24	98.22
高温压力（压痕处保留率）（%）	>60	46.7	74.4	40.2	75.4	68.5	60.2	78.6	87.7

[0113] 通过对比实施例1和实施例2可以看出，随着辐照剂量的增大，电缆的拉伸强度和弯曲应力都有变大，高温压力也变的更好，主要是因为辐照剂量增大时，单位时间内射线与被照射的聚烯烃材质分子的的作用几率也增大，产生交联所需的自由基密度也增大，交联反应发生的更快，交联程度则更高，故电缆的弯曲性能更好；然而实施例1的电缆的高温压力不符合要求，主要是因为辐照剂量太小，导致电缆的交联程度不够，电缆的主要部分仍为热塑性弹性体；通过对比实施例2和实施例4可以看出，POE的量增大而EVA的量减少后，电缆的拉伸强度和弯曲应力都变的更差，可以看出EVA较POE更容易交联，成为有弹性的热固性材料；通过对比实施例2和实施例6可以看出，三元乙丙橡胶的强度较POE低许多；通过对比实施例5和实施例6可以看出，实施例6的拉伸强度和断裂伸长率均降低很多，主要原因是交联剂用量过大，导致塑料降解；通过对比实施例2和对比例1可以看出，实施例2的高柔性交联聚烯烃高压电缆比普通的交联聚烯烃电缆的弯曲应力小很多，实施例2的电缆各物料组分配比为最佳配比。实施例7的物料各组分配比和实施例2的物料各组分配比相同，然而通过对比可以看到，实施例7为最优实施例，电缆的各性能均为最好，拉伸强度和断裂伸长率以及高温压力均最大，弯曲应力最小，本实施例的高柔性交联聚烯烃高压电缆弯曲性能最好，原因是采用的辐照剂量不同，首次辐照时采用的辐照剂量为13.7M，二次辐照时采用的辐照剂量为16.3M，能够使得高柔性交联聚烯烃高压电缆的护套层具有较优良的机械性能，并使得高柔性交联聚烯烃高压电缆的绝缘层具有较优良的弯曲性能，同时，护套层的弯曲性能可以配合其内部几层结构一起弯曲，而不会出现限制弯曲的问题，也不易出现断裂或

者开裂的问题，即能够与内部几层结构实现弯曲同步的效果，如此，本实施例的高柔性交联聚烯烃高压电缆弯曲性能最好，能够更适用于敷设弯曲半径较小或空间较窄的环境。

[0114] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本发明的保护范围。因此，本发明专利的保护范围应以所附权利要求为准。

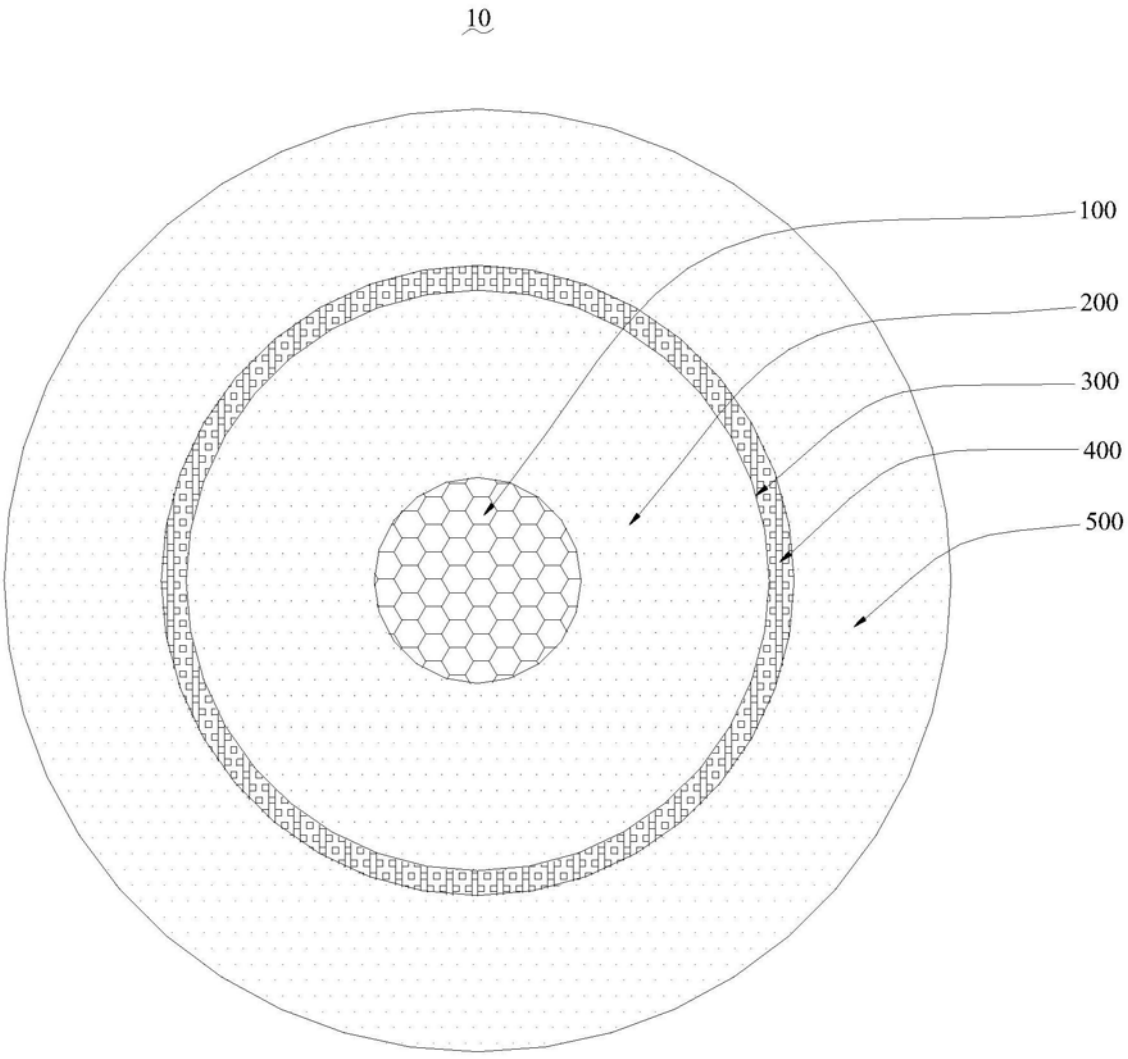


图1

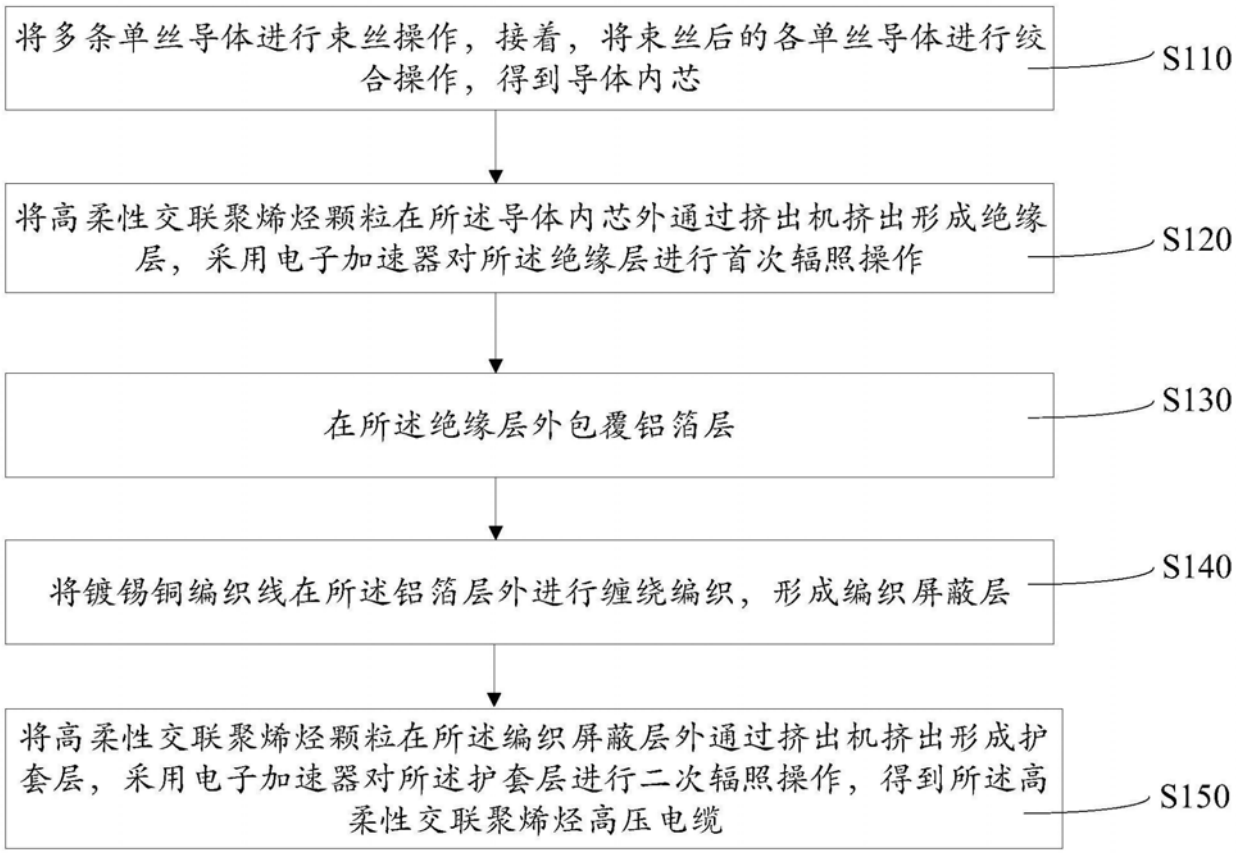

将多条单丝导体进行束丝操作，接着，将束丝后的各单丝导体进行绞合操作，得到导体内芯
S110
将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述导体内芯外通过挤出机挤出形成绝缘层，采用电子加速器对所述绝缘层进行首次辐照操作
S120
在所述绝缘层外包覆铝箔层
S130
将镀锡铜编织线在所述铝箔层外进行缠绕编织，形成编织屏蔽层
S140
将高柔性交联聚烯烃颗粒在所述编织屏蔽层外通过挤出机挤出形成护套层，采用电子加速器对所述护套层进行二次辐照操作，得到所述高柔性交联聚烯烃高压电缆
S150

图2