



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105321627 B

(45)授权公告日 2017.03.15

(21)申请号 201510888550.6

(22)申请日 2014.04.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105321627 A

(43)申请公布日 2016.02.10

(62)分案原申请数据

201410134564.4 2014.04.02

(73)专利权人 新亚特电缆股份有限公司

地址 241003 安徽省芜湖市国家高新技术
产业开发区

(72)发明人 朱峻 韩惠福 王敏 冯保磊

王安东 叶松林 童效俊

(74)专利代理机构 合肥市上嘉专利代理事务所

(普通合伙) 34125

代理人 胡东升

(51)Int.Cl.

H01B 13/00(2006.01)

H01B 7/18(2006.01)

H01B 7/22(2006.01)

审查员 梅俊慧

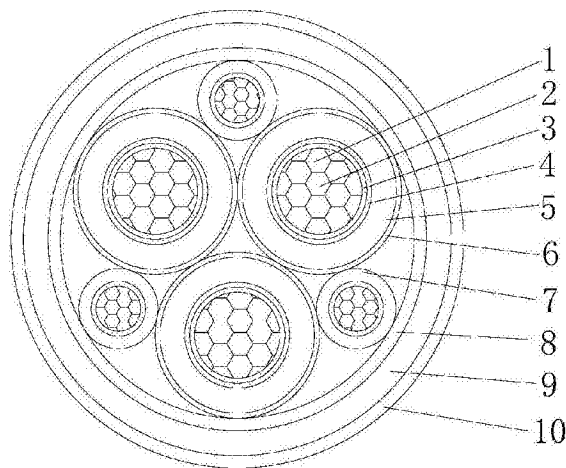
权利要求书3页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆及
制造方法

(57)摘要

本发明公开了一种额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆,由三根动力绝缘线芯和三根接地绝缘线芯绞合成缆芯,缆芯外依次重叠绕包有双层无碱玻纤带、挤包有热塑性弹性体外护套,电缆的最外层为不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成的编织层;各动力绝缘线芯由镀锡无氧铜丝、不锈钢丝绞合构成导体,导体外重叠绕包有单层半导电棉布带绕包层,三层共挤有导体屏蔽层、三元乙丙橡胶绝缘层和绝缘屏蔽层构成动力绝缘线芯;各接地绝缘线芯导体外挤包有半导电橡胶屏蔽层。本发明电缆具有高抗拉强度、高柔软度、高耐磨、耐油、耐老化、耐外界环境气候等特性,适用于大功率风力发电设备中涡轮机和塔筒连接处或其类似场合。



1. 额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆,其特征在于,由三根动力绝缘线芯和三根接地绝缘线芯绞合构成缆芯,在所述缆芯外依次重叠绕包有双层无碱玻纤带(8)、挤包有热塑性弹性体外护套(9),电缆的最外层为不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成的编织层(10);

各所述动力绝缘线芯由镀锡无氧铜丝(1)、不锈钢丝(2)绞合构成导体,导体外重叠绕包有单层半导体棉布带绕包层(3),所述绕包层(3)外三层共挤有导体屏蔽层(4)、三元乙丙橡胶绝缘层(5)和绝缘屏蔽层(6)构成动力绝缘线芯;

各所述接地绝缘线芯由镀锡无氧铜丝(1)、不锈钢丝(2)绞合构成导体,所述导体外挤包有半导体橡胶屏蔽层(7);

所述的风能电缆的制备方法,其包括以下步骤:

步骤A、导体制作:根据组成电缆不同截面的单线根数,束绞导体时在镀锡铜丝中均匀加入不锈钢丝加强,镀锡铜丝及不锈钢丝应直径相近,直径允许公差为 $\pm 0.2\text{mm}$,镀锡铜丝与不锈钢丝根数比为8:1,且镀锡丝及不锈钢丝中间均不允许有接头;导体外重叠绕包单层半导体棉布带,搭盖率不小于15%;

导体单线的最大直径应符合GB/T3956-2008中第5种镀锡软铜导体的规定;导体中股线绞向与复绞时绞向相同,外层绞向为左向;其绞合节径比应不大于下表的规定:

股线	复绞	
	内层	外层
30	20	14

步骤B、动力绝缘线芯制作:所述导体外采用三层共挤工艺,即导体屏蔽层+三元乙丙橡胶绝缘层+绝缘屏蔽层,三层一次挤出成型;导体屏蔽层挤出材料为非金属半导体料,其最薄厚度为0.6mm;绝缘屏蔽层材料为非金属半导体料,其最薄厚度为0.8mm;额定电压8.7/15kV及以下电缆绝缘材料为10kV级三元乙丙橡胶绝缘料、额定电压8.7/15kV以上电缆绝缘材料为35kV级三元乙丙橡胶绝缘料,绝缘层最薄点不小于标称值的90%-0.1mm,且平均厚度不小于标称值,其标称厚度应符合下表的规定:

导体标称 截面积 mm^2	额定电压 U_0/U (U_m) 下的绝缘标称厚度 mm						
	3.6/6 (7.2) kV	6/6 (7.2) kV 6/10 (12) kV	8.7/10 (12) kV 8.7/15 (17.5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV	21/35 (40.5) kV	26/35 (40.5) kV
25	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
35	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
50~185	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
240	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
300	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5

绝缘线芯挤出模具采用挤压式,模具选配时模芯及模套内径分别按以下规定执行:

模芯内径: $D_{\text{芯}} = D_0 + 2\varepsilon$

中模内径: $D_{\text{内}} = D_0 + 2\delta_{\text{内}} \times 1.05$

模套内径: $D_{\text{外}} = D_0 + 2(\delta_{\text{内}} + 1.1 \times \text{绝缘厚度} + \delta_{\text{外}})$

其中： D_0 为挤出前线芯外径， ε 为过线余量， $\delta_{\text{内}}$ 为内屏厚度， $\delta_{\text{外}}$ 为外屏厚度；
过线余量 ε 的选用，符合下表的规定：

D_0 mm	$D_0 < 5$	$5 \leq D_0 < 15$	$15 \leq D_0$
ε mm	0.2~0.4	0.4~0.5	0.5~0.8

挤出时硫化管内蒸汽压力、硫化线速和温度控制参数如下表：

挤出后电缆 外径 D mm	硫化管道 蒸汽压力 MPa	硫化速度 m/min	温度控制参数℃
$D \leq 50$	1.2~1.5	8~10	55~80
$50 < D \leq 65$		6~8	
$65 < D \leq 80$		5~6	
$80 < D \leq 90$		2~4	
$90 < D$		1~2	

步骤C、接地绝缘线芯制作：在导体外采用挤包半导电橡胶屏蔽层，接地绝缘线芯厚度以保证其外径不小于动力绝缘线芯外径的75%为准，挤出模具采用挤压式，模具选配时模芯及模套内径分别按以下规定执行：

模芯内径： $D_{\text{芯}} = D_0 + \varepsilon$

其中： D_0 为挤出前线芯外径， ε 为过线余量；

过线余量 ε 的选用，符合下表的规定：

D_0 mm	$D_0 < 3$	$3 \leq D_0 < 10$	$10 \leq D_0$
ε mm	0.15~0.2	0.3~0.4	0.5~0.7

模套内径： $D_{\text{套}} = D_0 + 2\delta - (0.1 \sim 0.4)$ mm；

其中： D_0 为挤出前线芯外径， δ 为半导电橡胶屏蔽层厚度；

挤出时硫化管内蒸汽压力、硫化线速和温度控制参数如下表：

挤出后电缆	硫化管道	硫化速度	温度控制参数℃
外径 D mm	蒸汽压力 MPa	m/min	
$D \leq 50$	1.2~1.5	6~10	55~80
$50 < D \leq 65$		5~8	
$65 < D \leq 80$		3~6	
$80 < D \leq 90$		2~3	
$90 < D$		1~2	

步骤D、三根所述动力绝缘线芯和三根所述接地绝缘线芯进行右向成缆，成缆时，各线芯张力控制均匀，绝缘线芯按照一根动力线芯一根接地线芯交替排列，成缆节径比控制在12~14之间，缆芯间隙采用麻绳填充圆整，并线模具依据成缆外径来选取，过线余量控制在0.5~1.0mm之间，缆芯外重叠绕包双层无碱玻纤带，重叠绕包搭盖率在25%~30%之间，绕

包时采用左向绕包；

步骤E、在步骤D所述无碱玻纤带外层采用挤压式模具挤包热塑性弹性体外护套，护套料在挤出前进行干燥，干燥温度控制在100～115℃之间，时间为1.0～2.5小时，护套挤出温度符合下表的规定：

挤塑机区域	温度/℃
进料	95～105
加热段1	120～130
加热段2	135～145
加热段3	155～165
机颈	160～170
机头	165～175
模套	160～170

护套标称厚度按照GB/T12706.1-2008国家标准的计算方法进行计算，最薄点不小于标称值的85%-0.1mm，平均厚度不小于标称值；

步骤F、在护套外编织编织层(10)，编织层由不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成，两者的锭数相同、方向相反；编织层不允许整体接续，露出的线头应剪齐，每1m长度上允许更换一个金属线锭；

依据IEC60092-376:2003国际标准，选择每股的根数和单丝直径要求进行并丝，并丝张力均匀，不锈钢丝接头采用冷焊机焊接，焊接点应光滑、圆整，无明显凸起，纤维并丝宽度应与金属丝并丝宽度相同，并丝完成后，把线轴安装在编织机上，更换齿轮，调整编织机的节距和张力的进行编织，当编织单线直径为0.2mm以下时，编织机开机速度控制在最大工作速度的60%～70%，当编织单线直径为0.2mm以上时，编织机开机速度控制在最大工作速度的50%～60%；

编织节径比即节距长度/编织层平均直径控制在2～4.5之间，编织密度不低于90%；

编织密度的计算公式为：

$$M=2F-F^2 \quad (1)$$

$$F=\pi d' / [\pi (D+2d') \cos \alpha] \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = [\pi (d''+2d')] / H \quad (3)$$

$$K_r = \{1 + [\pi (d''+2d') / H]^2\}^{-1/2} \quad (4)$$

式中：M为编织密度即总覆盖系数，F为单面覆盖编织系数， $\operatorname{tg} \alpha$ 为编织角正切， K_r 为编织系数，H为编织节距， d' 为编织后单线直径， α 为编织半锭子数， n 为编织并线根数， α 为编织角， d'' 编织前单线直径，D为挤出后电缆外径。

额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆及制造方法

[0001] 本申请是申请号为2014101345644的分案申请

技术领域：

[0002] 本发明涉及一种额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆及制造方法。

背景技术：

[0003] 风能作为一种清洁的可再生能源,越来越受到世界各国的重视。其蕴藏量巨大,全球风能资源总量约为 2.74×10^9 MW,其中可利用的风能为 2×10^7 MW。中国风能储量很大、分布面广,仅陆地上的风能储量就有约2.53亿千瓦,开发利用潜力巨大。

[0004] 近年来,受国际宏观形势影响,中国经济发展速度趋缓。为有力拉动内需,保持经济社会平稳较快发展,政府加大了对交通、能源领域的固定资产投资力度,支持和鼓励可再生能源发展。作为节能环保的新能源,风电产业赢得历史性发展机遇,在金融危机肆虐的不利环境中逆市上扬,发展势头迅猛,截止到今年年初,全国已有25个省份、直辖市、自治区具有风电装机。

[0005] 中国风力等新能源发电行业的发展前景十分广阔,预计未来很长一段时间都将保持高速发展,同时盈利能力也将随着技术的逐渐成熟稳步提升。随着中国风电装机的国产化和发电的规模化,风电成本可望再降。因此风电开始成为越来越多投资者的逐金之地。风电场建设、并网发电、风电设备制造等领域成为投资热点,市场前景看好。

[0006] 但是,风能电缆的发展却严重滞后,原因在于风能电缆要求具有耐扭曲、耐高低温、具有高弹性等技术指标,国内很多电缆厂家不具有此类技术条件。

发明内容：

[0007] 为克服现有技术的缺陷,本发明的目的在于提供一种额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆及制造方法,电缆具有高抗拉强度、高柔软度、高耐磨、耐油、耐老化、耐外界环境气候等特性,同时还具有高弯曲卷绕、耐扭转、抗拖拽、环保等许多优异的功能,适用于大功率风力发电设备中涡轮机和塔筒连接处或其类似场合。

[0008] 本发明解决技术问题采用如下技术方案：

[0009] 额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆,由三根动力绝缘线芯和三根接地绝缘线芯绞合构成缆芯,在所述缆芯外依次重叠绕包有双层无碱玻纤带、挤包有热塑性弹性体外护套,电缆的最外层为不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成编织层；

[0010] 各所述动力绝缘线芯由镀锡无氧铜丝、不锈钢丝绞合构成导体,导体外重叠绕包有单层导电棉布带绕包层,所述绕包层外三层共挤有导体屏蔽层、三元乙丙橡胶绝缘层和绝缘屏蔽层构成动力绝缘线芯；

[0011] 各所述接地绝缘线芯由镀锡无氧铜丝、不锈钢丝绞合构成导体,所述导体外挤包有导电橡胶屏蔽层。

[0012] 本发明风能电缆的制备方法,其包括以下步骤：

[0013] 步骤A、导体制作；根据组成电缆不同截面的单线根数，束绞导体时在镀锡铜丝中均匀加入不锈钢丝加强，镀锡铜丝及不锈钢丝应直径相近，直径允许公差为 $\pm 0.2\text{mm}$ ，镀锡铜丝与不锈钢丝根数比为8:1，且镀锡丝及不锈钢丝中间均不允许有接头；导体外重叠绕包单层半导电棉布带，搭盖率不小于15%；

[0014] 导体单线的最大直径应符合GB/T3956-2008中第5种镀锡软铜导体的规定；导体中股线绞向与复绞时绞向相同，外层绞向为左向；其绞合节径比应不大于下表的规定：

[0015]

股线	复绞	
	内层	外层
30	20	14

[0016] 步骤B、动力绝缘线芯制作；所述导体外采用三层共挤工艺，即导体屏蔽层+三元乙丙橡胶绝缘层+绝缘屏蔽层，三层一次挤出成型；导体屏蔽层挤出材料为非金属半导体料，其最薄厚度为0.6mm；绝缘屏蔽层材料为非金属半导体料，其最薄厚度为0.8mm；额定电压8.7/15kV及以下电缆绝缘材料为10kV级三元乙丙橡胶绝缘料、额定电压8.7/15kV以上电缆绝缘材料为35kV级三元乙丙橡胶绝缘料，绝缘层最薄点不小于标称值的90%-0.1mm，且平均厚度不小于标称值，其标称厚度应符合下表的规定：

[0017]

导体标称 截面积 mm ²	额定电压 U_0/U (U_0) 下的绝缘标称厚度 mm						
	3.6/6 (7.2) kV	6/6 (7.2) kV 6/10 (12) kV	8.7/10 (12) kV 8.7/15 (17.5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV	21/35 (40.5) kV	26/35 (40.5) kV
25	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
35	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
50~185	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
240	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
300	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5

[0018] 绝缘线芯挤出模具采用挤压式，模具选配时模芯及模套内径分别按以下规定执行：

[0019] 模芯内径： $D_{芯}=D_0+2\varepsilon$

[0020] 中模内径： $D_{内}=D_0+2\delta_{内}*1.05$

[0021] 模套内径： $D_{外}=D_0+2(\delta_{内}+1.1*绝缘厚度+\delta_{外})$

[0022] 其中： D_0 为挤出前线芯外径， ε 为过线余量， $\delta_{内}$ 为内屏厚度， $\delta_{外}$ 为外屏厚度；过线余量 ε 的选用，符合下表的规定：

[0023]

D_0 mm	$D_0 < 5$	$5 \leq D_0 < 15$	$15 \leq D_0$
ε mm	0.2~0.4	0.4~0.5	0.5~0.8

[0024] 挤出时硫化管内蒸汽压力、硫化线速和温度控制参数如下表；生产速度允许适当

调整以实际硫化效果最佳为准；

[0025]

挤出后电缆 外径 D mm	硫化管道 蒸汽压力 MPa	硫化速度 m/min	温度控制参数℃
$D \leq 50$	1.2~1.5	8~10	55~80
$50 < D \leq 65$		6~8	
$65 < D \leq 80$		5~6	
$80 < D \leq 90$		2~4	
$90 < D$		1~2	

[0026] 步骤C、接地绝缘线芯制作；在导体外采用挤包导电橡胶屏蔽层，接地绝缘线芯厚度以保证其外径不小于动力绝缘线芯外径的75%为准，挤出模具采用挤压式，模具选配时模芯及模套内径分别按以下规定执行：

[0027] 模芯内径： $D_{芯} = D_0 + \epsilon$

[0028] 其中： D_0 为挤出前线芯外径， ϵ 为过线余量；

[0029] 过线余量 ϵ 的选用，符合下表的规定：

[0030]

D_0 mm	$D_0 < 3$	$3 \leq D_0 < 10$	$10 \leq D_0$
ϵ mm	0.15~0.2	0.3~0.4	0.5~0.7

[0031] 模套内径： $D_{套} = D_0 + 2\delta - (0.1 \sim 0.4) \text{ mm}$ ；

[0032] 其中： D_0 为挤出前线芯外径， δ 为导电橡胶屏蔽层厚度；

[0033] 挤出时硫化管内蒸汽压力、硫化线速和温度控制参数如下表；生产速度允许适当调整以实际硫化效果最佳为准；

[0034]

挤出后电缆 外径 D mm	硫化管道 蒸汽压力 MPa	硫化速度 m/min	温度控制参数℃
$D \leq 50$	1.2~1.5	6~10	55~80
$50 < D \leq 65$		5~8	
$65 < D \leq 80$		3~6	
$80 < D \leq 90$		2~3	
$90 < D$		1~2	

[0035] 步骤D、三根所述动力绝缘线芯和三根所述接地绝缘线芯进行右向成缆，成缆时，各线芯张力控制均匀，绝缘线芯按照一根动力线芯一根接地线芯交替排列，成缆节径比控制在12~14之间，缆芯间隙采用麻绳填充圆整，并线模具依据成缆外径来选取，过线余量控制在0.5~1.0mm之间，缆芯外重叠绕包双层无碱玻纤带，重叠绕包搭盖率在25%~30%之间，绕包时采用左向绕包；

[0036] 步骤E、在步骤D所述无碱玻纤带外层采用挤压式模具挤包热塑性弹性体外护套，护套料在挤出前进行干燥，干燥温度控制在100~115℃之间，时间为1.0~2.5小时，护套挤

出温度符合下表的规定：

[0037]

挤塑机区域	温度/℃
进料	95~105
加热段1	120~130
加热段2	135~145
加热段3	155~165
机颈	160~170
机头	165~175
模套	160~170

[0038] 护套标称厚度按照GB/T12706.1-2008国家标准的计算方法进行计算,最薄点不小于标称值的85%-0.1mm,平均厚度不小于标称值;

[0039] 步骤F、在护套外编织编织层,编织层由不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成,两者的锭数相同、方向相反;编织层不允许整体接续,露出的线头应剪齐,每1m长度上允许更换一个金属线锭;

[0040] 依据IEC60092-376:2003国际标准,选择每股的根数和单丝直径要求进行并丝,并丝张力均匀,不锈钢丝接头采用冷焊机焊接,焊接点应光滑、圆整,无明显凸起,纤维并丝宽度应与金属丝并丝宽度相同,并丝完成后,把线轴安装在编织机上,更换齿轮,调整编织机的节距和张力求进行编织,当编织单线直径为0.2mm以下时,编织机开机速度控制在最大工作速度的60%~70%,当编织单线直径为0.2mm以上时,编织机开机速度控制在最大工作速度的50%~60%;

[0041] 编织节径比即节距长度/编织层平均直径控制在2~4.5之间,编织密度不低于90%;

[0042] 编织密度的计算公式为:

$$[0043] \quad M = 2F - F^2 \quad (1)$$

$$[0044] \quad F = \pi d' / [\pi (D + 2d') \cos \alpha] \quad (2)$$

$$[0045] \quad \tan \alpha = [\pi (d'' + 2d') / H] \quad (3)$$

$$[0046] \quad Kr = \{1 + [\pi (d'' + 2d') / H]^2\}^{-1/2} \quad (4)$$

[0047] 式中:M为编织密度即总覆盖系数,F为单面覆盖编织系数,tga为编织角正切,Kr为编织系数,H为编织节距,d'为编织后单线直径,a为编织半锭子数,n为编织并线根数,α为编织角,d''编织前单线直径,D为挤出后电缆外径。

[0048] 与已有技术相比,本发明的有益效果体现在:

[0049] 1、本发明导体根据组成电缆不同截面的单线根数,束绞导体时在镀锡铜丝中均匀加入不锈钢丝加强,镀锡丝及不锈钢丝应直径相近(直径允许公差为±0.2mm),其根数比约为8:1,且镀锡丝及不锈钢丝中间均不允许有接头,大大提高了电缆的抗拉强度,同时确保电缆在运行过程中保持优异的电气性能,并且易弯曲卷绕、拖拽,使用寿命长。

[0050] 2、本发明电缆采用3+3对称结构,采用3根地线芯外挤包半导电橡胶,代替传统的3根动力绝缘线芯外的金属屏蔽层;成缆时采用3根动力绝缘线芯和3根接地绝缘线芯交替排列,使接地绝缘线芯与动力绝缘线芯的绝缘屏蔽层紧密相连,达到代替电缆金属屏蔽层的

作用,确保电缆具有优异的电气性能、机械性能和柔软性能。

[0051] 3、本发明接地绝缘外径不小于动力绝缘线芯外径的75%,动力线芯与接地线芯的外径按固定比例相差,既保证了电缆的屏蔽性能,又有利于提高电缆的耐扭曲性能。

[0052] 4、本发明中挤包抗改性TPE弹性体,对原有的TPE材料进行改良,不但具有优异的弹性、韧性、强度,同时具有良好的耐环境耐腐蚀等许多其他材料无法比拟的优点。这一新材料的采用确保了电缆具有高抗拉强度、高柔软度、高卷绕、高耐磨、耐油、耐老化、耐外界环境气候、环保等特性,完全满足风能耐扭曲软电缆的使用要求。

[0053] 5、本发明采用编织不锈钢丝与聚酰胺或聚酯类合成纤维纱作为外护层,大大提高了电缆的弯曲性能和抗拉强度,同时有效的保护了护套的损伤,提高电缆的使用寿命。

附图说明:

[0054] 图1为本发明电缆的结构示意图。

[0055] 图中标号:1镀锡无氧铜丝,2不锈钢丝,3绕包层,4导体屏蔽层,5三元乙丙橡胶绝缘层,6绝缘屏蔽层,7半导体橡胶屏蔽层,8无碱玻纤带,9外护套,10编织层。

[0056] 以下通过具体实施方式,并结合附图对本发明作进一步说明。

具体实施方式:

[0057] 实施例:本发明的额定电压6~35kV高弹性耐扭曲风能电缆,由三根动力绝缘线芯和三根接地绝缘线芯绞合构成缆芯,在缆芯外依次重叠绕包有双层无碱玻纤带8、挤包有热塑性弹性体外护套9,电缆的最外层为不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成的编织层10;

[0058] 各动力绝缘线芯由镀锡无氧铜丝1、不锈钢丝2绞合构成导体,导体外重叠绕包有单层半导体棉布带绕包层3,所述绕包层3外三层共挤有导体屏蔽层4、三元乙丙橡胶绝缘层5和绝缘屏蔽层6构成动力绝缘线芯;

[0059] 各接地绝缘线芯由镀锡无氧铜丝、不锈钢丝绞合构成导体,所述导体外挤包有半导体橡胶屏蔽层7。

[0060] 本发明风能电缆的制备方法,其包括以下步骤:

[0061] 步骤A、导体制作;根据组成电缆不同截面的单线根数,束绞导体时在镀锡铜丝中均匀加入不锈钢丝加强,镀锡铜丝及不锈钢丝应直径相近,直径允许公差为 $\pm 0.2\text{mm}$,镀锡铜丝与不锈钢丝根数比为8:1,且镀锡丝及不锈钢丝中间均不允许有接头;导体外重叠绕包单层半导体棉布带,搭盖率不小于15%;

[0062] 导体单线的最大直径应符合GB/T3956-2008中第5种镀锡软铜导体的规定;导体中股线绞向与复绞时绞向相同,外层绞向为左向;其绞合节径比应不大于下表的规定:

[0063]

股线	复绞	
	内层	外层
30	20	14

[0064] 步骤B、动力绝缘线芯制作;所述导体外采用三层共挤工艺,即导体屏蔽层+三元乙丙橡胶绝缘层+绝缘屏蔽层,三层一次挤出成型;导体屏蔽层挤出材料为非金属半导体料,

其最薄厚度为0.6mm;绝缘屏蔽层材料为非金属半导体料,其最薄厚度为0.8mm;额定电压8.7/15kV及以下电缆绝缘材料为10kV级三元乙丙橡胶绝缘料、额定电压8.7/15kV以上电缆绝缘材料为35kV级三元乙丙橡胶绝缘料,绝缘层最薄点不小于标称值的90%-0.1mm,且平均厚度不小于标称值,其标称厚度应符合下表的规定:

[0065]

导体标称 截面积 mm ²	额定电压 U_0/U_n (U_n) 下的绝缘标称厚度 mm						
	3.6/6 (7.2) kV	6/6 (7.2) kV 6/10 (12) kV	8.7/10 (12) kV 8.7/15 (17.5) kV	12/20 (24) kV	18/30 (36) kV	21/35 (40.5) kV	26/35 (40.5) kV
25	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
35	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
50~185	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
240	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
300	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5

[0066] 绝缘线芯挤出模具采用挤压式,模具选配时模芯及模套内径分别按以下规定执行:

[0067] 模芯内径: $D_{芯} = D_0 + 2\varepsilon$

[0068] 中模内径: $D_{内} = D_0 + 2\delta_{内} * 1.05$

[0069] 模套内径: $D_{外} = D_0 + 2(\delta_{内} + 1.1 * \text{绝缘厚度} + \delta_{外})$

[0070] 其中: D_0 为挤出前线芯外径, ε 为过线余量, $\delta_{内}$ 为内屏厚度, $\delta_{外}$ 为外屏厚度;

[0071] 过线余量 ε 的选用,符合下表的规定:

[0072]

D_0 mm	$D_0 < 5$	$5 \leq D_0 < 15$	$15 \leq D_0$
ε mm	0.2~0.4	0.4~0.5	0.5~0.8

[0073] 挤出时硫化管内蒸汽压力、硫化线速和温度控制参数如下表;生产速度允许适当调整以实际硫化效果最佳为准;

[0074]

挤出后电缆 外径 D mm	硫化管道 蒸汽压力 MPa	硫化速度 m/min	温度控制参数℃
$D \leq 50$	1.2~1.5	8~10	55~80
$50 < D \leq 65$		6~8	
$65 < D \leq 80$		5~6	
$80 < D \leq 90$		2~4	
$90 < D$		1~2	

[0075] 步骤C、接地绝缘线芯制作;在导体外采用挤包半导体橡胶屏蔽层,接地绝缘线芯厚度以保证其外径不小于动力绝缘线芯外径的75%为准,挤出模具采用挤压式,模具选配时模芯及模套内径分别按以下规定执行:

[0076] 模芯内径: $D_{芯} = D_0 + \varepsilon$

[0077] 其中： D_0 为挤出前线芯外径， ε 为过线余量；

[0078] 过线余量 ε 的选用，符合下表的规定：

[0079]

D_0 mm	$D_0 < 3$	$3 \leq D_0 < 10$	$10 \leq D_0$
ε mm	0.15~0.2	0.3~0.4	0.5~0.7

[0080] 模套内径： $D_{\text{套}} = D_0 + 2\delta - (0.1 \sim 0.4) \text{ mm}$ ；

[0081] 其中： D_0 为挤出前线芯外径， δ 为半导体橡胶屏蔽层厚度；

[0082] 挤出时硫化管内蒸汽压力、硫化线速和温度控制参数如下表；生产速度允许适当调整以实际硫化效果最佳为准；

[0083]

挤出后电缆 外径 D mm	硫化管道 蒸汽压力 MPa	硫化速度 m/min	温度控制参数 $^{\circ}\text{C}$
$D \leq 50$	1.2~1.5	6~10	55~80
$50 < D \leq 65$		5~8	
$65 < D \leq 80$		3~6	

[0084]

$80 < D \leq 90$		2~3	
$90 < D$		1~2	

[0085] 步骤D、三根所述动力绝缘线芯和三根所述接地绝缘线芯进行右向成缆，成缆时，各线芯张力控制均匀，绝缘线芯按照一根动力线芯一根接地线芯交替排列，成缆节径比控制在12~14之间，缆芯间隙采用麻绳填充圆整，并线模具依据成缆外径来选取，过线余量控制在0.5~1.0mm之间，缆芯外重叠绕包双层无碱玻纤带，重叠绕包搭盖率在25%~30%之间，绕包时采用左向绕包；

[0086] 步骤E、在步骤D所述无碱玻纤带外层采用挤压式模具挤包热塑性弹性体外护套，护套料在挤出前进行干燥，干燥温度控制在100~115 $^{\circ}\text{C}$ 之间，时间为1.0~2.5小时，护套挤出温度符合下表的规定：

[0087]

挤塑机区域	温度/ $^{\circ}\text{C}$
进料	95~105
加热段1	120~130
加热段2	135~145
加热段3	155~165
机颈	160~170
机头	165~175
模套	160~170

[0088] 护套标称厚度按照GB/T12706.1-2008国家标准的计算方法进行计算，最薄点不小于标称值的85%-0.1mm，平均厚度不小于标称值；

[0089] 步骤F、在护套外编织编织层,编织层由不锈钢丝与聚酯类合成纤维纱组成,两者的锭数相同、方向相反;编织层不允许整体接续,露出的线头应剪齐,每1m长度上允许更换一个金属线锭;

[0090] 依据IEC60092-376:2003国际标准,选择每股的根数和单丝直径要求进行并丝,并丝张力均匀,不锈钢丝接头采用冷焊机焊接,焊接点应光滑、圆整,无明显凸起,纤维并丝宽度应与金属丝并丝宽度相同,并丝完成后,把线轴安装在编织机上,更换齿轮,调整编织机的节距和张力进行编织,当编织单线直径为0.2mm以下时,编织机开机速度控制在最大工作速度的60%~70%,当编织单线直径为0.2mm以上时,编织机开机速度控制在最大工作速度的50%~60%;

[0091] 编织节径比即节距长度/编织层平均直径控制在2~4.5之间,编织密度不低于90%;

[0092] 编织密度的计算公式为:

$$[0093] \quad M = 2F - F^2 \quad (1)$$

$$[0094] \quad F = \pi n d' / [\pi (D + 2d') \cos \alpha] \quad (2)$$

$$[0095] \quad \tan \alpha = [\pi (d'' + 2d') / H] \quad (3)$$

$$[0096] \quad Kr = \{1 + [\pi (d'' + 2d') / H]^2\}^{-1/2} \quad (4)$$

[0097] 式中:M为编织密度即总覆盖系数,F为单面覆盖编织系数,tan α 为编织角正切,Kr为编织系数,H为编织节距,d'为编织后单线直径,a为编织半锭子数,n为编织并线根数, α 为编织角,d''编织前单线直径,D为挤出后电缆外径。

[0098] 本发明电缆制造方法实施过程中,应注意以下几点:

[0099] 1、根据组成电缆不同截面的单线根数,束绞导体时在镀锡铜丝中均匀加入不锈钢丝加强,且保证中间不能存在接头,以确保电缆的抗拉性能和弯曲、柔软性能。

[0100] 2、动力绝缘线芯挤包时,绝缘材料必须保证清洁,并采用挤压式生产,生产过程中控制好硫化蒸汽压力、硫化速度,并调整好模具,禁止出现偏心、硫化不均、破洞等不良现象。

[0101] 3、接地绝缘线芯挤包时,绝缘材料必须为半导体橡胶材料,并采用挤压式生产,生产过程中控制好硫化蒸汽压力、硫化速度,并调整好模具,禁止出现偏心、硫化不均、破洞等不良现象,且注意控制接地绝缘外径不小于动力绝缘线芯外径的75%。

[0102] 4、成缆采用3+3对称成缆,绝缘线芯按照1根动力线芯1根接地线芯交替排列,线芯张力控制均匀,成缆节径比控制在12~14之间,避免电缆在弯曲移动过程中线芯的频繁移动而导致线芯的挤压、拉伸等现象而破坏了线芯的绝缘性能;缆芯外应重叠绕包合适的包带,不允许出现漏包、绕包松散现象。

[0103] 5、外护套挤出改性TPE弹性体护套,应注意护套料的产品质量,禁止出现返潮等现象,并在挤出前进行一定的烘干处理,挤出温度要控制到合适的范围,以保证良好的塑化和完美的技术工艺。

[0104] 6、编织不锈钢丝与聚酰胺或聚酯类合成纤维纱复合铠装层作为电缆的外保护层,必须保证其外观的平服、无毛刺、无漏洞等现象,要求编织时,编织丝张力要一致,节距要控制好,接头处应处理平整,严禁编织层出现毛头、洞眼等不良现象,以保证电缆的导电性能和电气性能。

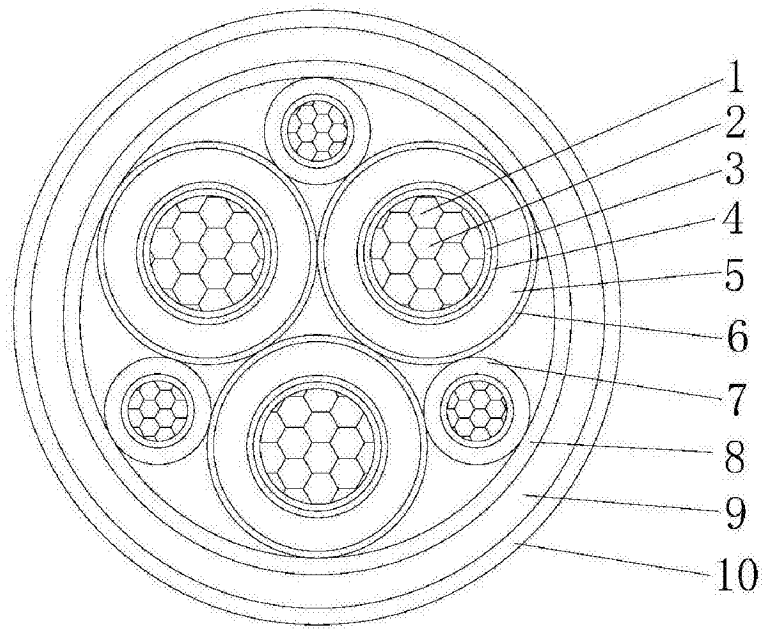


图1