

说明书

光电复合中压岸电电缆及其制造工艺

技术领域

本发明涉及电缆领域，具体涉及一种光电复合中压岸电电缆及其制造工艺。

背景技术

船运相对于火车或汽车运输最大的优势在于装载量大及成本低。近年来各大沿海港口货物吞吐量有很明显的发展。货物是由起重机、龙门吊、岸吊等大型移动类装卸设备进行装卸，这需要岸电电缆能提供更高的电能传输能力。船舶靠港时通常使用燃油制品发电来满足船舶用电需求，但重油和柴油在燃烧过程中会产生大量硫化物和氮氧化物，对周边环境造成污染，同时船舶使用的柴油发电机组在运行中也会对环境造成噪音污染，这需要岸电系统来避免使用燃油制品发电。同时，随着数字化智能化监控通讯功能的发展，目前的单一功能的岸电电缆已经无法满足发展的需求。

发明内容

鉴于此，有必要提供一种光电复合中压岸电电缆及其制造工艺，可在实现光通信传输功能的情况下，提供更高的电能传输能力，减小电缆弯曲半径，提升电缆柔性性能，提升电缆载流能力。

本申请的一方面提供一种光电复合中压岸电电缆，所述光电复合中压岸电电缆包括由内向外依次设置的缆芯、内护套层、加强层及外护套层，所述内护套层包裹在所述缆芯的外部，所述加强层包裹在所述内护套层的外部，所述外护套层包裹在所述加强层的外部；

所述缆芯包括三根动力线芯及柔性光单元，三根所述动力线芯平行

接触排列且呈扁平状，每相邻的两根所述动力线芯与所述内护套层之间形成间隙，所述柔性光单元嵌入在所述间隙中且与相邻的两根所述动力线芯接触。

较佳地，所述缆芯还包括柔性接地线芯，所述柔性接地线芯及所述柔性光单元分别嵌入在不同的所述间隙中，且所述柔性接地线芯与相邻的两根所述动力线芯接触。

较佳地，所述柔性接地线芯的数量为两个，两个所述柔性接地线芯分别嵌入在不同的相邻的两根所述动力线芯与所述内护套层之间形成的不同间隙中。

较佳地，每根动力线芯包括由内到外依次设置的柔性动力导体芯、半导电包带导体屏蔽层、半导电挤出导体屏蔽层、高电性能橡胶绝缘层、半导电挤出绝缘屏蔽层、半导电包带绝缘屏蔽层及多股金属丝编织柔性绝缘屏蔽层。

较佳地，所述柔性动力导体芯采用导体同向分组绞合及整体复绞技术。

较佳地，所述柔性接地线芯包括由内向外依次设置的柔性接地导体芯及半导电橡胶绝缘层，所述半导电橡胶绝缘层与相邻的两根所述动力线芯接触。

较佳地，所述内护套层为阻燃热塑型弹性体内护套层，所述加强层为柔性高强度纤维编织加强层，所述外护套层为耐油型阻燃外护套层。

较佳地，所述柔性光单元包括耐高温单模/多模光纤、柔性高强度纤维加强芯及阻燃热塑型护套层。

较佳地，所述缆芯还包括柔性控制线芯单元，所述柔性控制线芯单元、所述柔性接地线芯及所述柔性光单元分别嵌入在不同的所述间隙中，且所述柔性控制线芯单元与相邻的两根所述动力线芯接触。

较佳地，所述柔性控制线芯单元包括柔性控制导体芯、柔性橡胶绝缘层及铝塑复合带绕包屏蔽层。

本申请的另一方面提供一种光电复合中压岸电电缆制造工艺，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

提供三根动力线芯；

三根所述动力线芯采用平行接触排列且呈扁平状结构；

柔性光单元嵌入在相邻的两根所述动力线芯形成间隙中，且与所述相邻的两根所述动力线芯接触；

在三根所述动力线芯及所述柔性光单元形成的扁平状结构表面挤包阻燃热塑型弹性体来形成内护套层；

在所述内护套层上编织柔性高强度纤维来形成加强层；

在所述加强层上挤包耐油型阻燃材料来形成外护套层。

本案通过三根所述动力线芯平行接触排列且呈扁平状，每相邻的两根所述动力线芯与所述内护套层之间形成间隙，所述柔性光单元嵌入在所述间隙中且与所述相邻的两根所述动力线芯接触，可在实现光通信传输功能的情况下，提供更高的电能传输能力，减小电缆弯曲半径，提升电缆柔性性能，提升电缆载流能力。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图1是本发明一较佳实施例提供的光电复合中压岸电电缆的示意图。

图2是本发明一较佳实施例提供的光电复合中压岸电电缆制造工艺的流程图。

如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

主要元件符号说明

光电复合中压岸电电缆	1
缆芯	10
内护套层	20
加强层	30
外护套层	40
动力线芯	11
柔性光单元	12
间隙	110
柔性接地线芯	13
柔性动力导体芯	111
半导体包带导体屏蔽层	112
半导体挤出导体屏蔽层	113
高电性能橡胶绝缘层	114
半导体挤出绝缘屏蔽层	115
半导体包带绝缘屏蔽层	116
金属丝编织柔性绝缘屏蔽层	117
接地导体芯	131
半导体橡胶绝缘层	132
耐高温单模/多模光纤	121
柔性高强度纤维加强芯	122

阻燃热塑型护套层	123
柔性控制线芯单元	14
控制导体芯	141
柔性橡胶绝缘层	142
铝塑复合带绕包屏蔽层	143

如下具体实施方式将结合上述附图进一步说明本发明。

具体实施方式

为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

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例的目的，不是旨在于限制本发明。

图1是本发明一较佳实施例提供的光电复合中压岸电电缆的示意图。所述光电复合中压岸电电缆1包括由内向外依次设置的缆芯10、内护套层20、加强层30及外护套层40，所述内护套层20包裹在所述缆芯10的外部，所述加强层30包裹在所述内护套层20的外部，所述外护套层40包裹在所述加强层30的外部。所述缆芯10包括三根动力线芯11及柔性光单元12，三根所述动力线芯11平行接触排列且呈扁平状，每相邻的两根所

述动力线芯11与所述内护套层20之间形成间隙110，所述柔性光单元12嵌入在所述间隙110中且与相邻的两根所述动力线芯11接触。

在本实施例中，所述缆芯10还包括柔性接地线芯13。所述柔性光单元12及所述柔性接地线芯13分别嵌入在不同的所述间隙110中，且所述柔性接地线芯13与相邻的两根所述动力线芯11接触。本案可在实现接地功能的情况下，减小电缆弯曲半径，提升电缆柔性性能，提升电缆载流能力。

在本实施例中，所述柔性接地线芯13的数量为两个，即为二芯接地线。两个所述柔性接地线芯13分别嵌入在不同的相邻的两根所述动力线芯11与所述内护套层20之间形成的不同间隙110中。本案可避免单一接地线芯的大尺寸，不增加所述光电复合中压岸电电缆1的整体外形尺寸。

在本实施例中，每根动力线芯11包括由内到外依次设置的柔性动力导体芯111、半导体包带导体屏蔽层112、半导体挤出导体屏蔽层113、高电性能橡胶绝缘层114、半导体挤出绝缘屏蔽层115、半导体包带绝缘屏蔽层116及多股金属丝编织柔性绝缘屏蔽层117。所述半导体包带导体屏蔽层112与所述半导体挤出导体屏蔽层113形成组合导体屏蔽结构，提高了动力导体芯表面电场分布的均匀性。所述半导体挤出绝缘屏蔽层115挤出并紧密贴合在所述高电性能橡胶绝缘层114外表面，提高了所述高电性能橡胶绝缘层114外表面电场分布的均匀性。所述半导体挤出导体屏蔽层113、所述高电性能橡胶绝缘层114及所述半导体挤出绝缘屏蔽层115采用三层共挤及连续在线交联技术，充分保证其同心度和交联均匀性，以及所述高电性能橡胶绝缘层114内电场分布的均匀性和稳定性。所述半导体包带绝缘屏蔽层116与金属丝编织柔性绝缘屏蔽层117，两者充分接触，并与所述半导体挤出绝缘屏蔽层115一起，共同组成绝缘外屏蔽层，充分保证所述高电性能橡胶绝缘层114外表面电场分布的均匀性，以及良好的感应电流传导性。

在本实施例中，所述柔性动力导体芯111包括多股绞合柔性铜丝导

体。所述柔性动力导体芯111采用导体同向分组绞合及整体复绞技术。在本实施例中，所述柔性动力导体芯111采用5类退火无氧铜丝同向分组退扭绞合及整体退扭复绞技术，所述绞合节距控制在10~15倍导体外径之间。本案通过同向分组退扭绞合及整体退扭复绞的全退扭绞合方式，有效消除了光电复合中压岸电电缆1的内部应力，避免成品扭转现象，并提高了线芯排列及电缆整体的平整度。

所述半导体包带导体屏蔽层112，采用重叠绕包结构，整体平均厚度约为0.1~0.3毫米。所述半导体挤出导体屏蔽层113，采用挤出技术，厚度约为0.6~1.0毫米。所述高电性能橡胶绝缘层114，采用EPR(Ethylene Propylene Rubber，乙丙橡胶)绝缘材料，具有高电性能、柔软、低烟无卤等特性。所述半导体挤出绝缘屏蔽层115，采用可剥离型半导体材料，厚度约为0.8~1.2毫米。所述半导体包带绝缘屏蔽层116，采用重叠绕包结构，整体平均厚度约为0.1~0.3毫米。所述多股金属丝编织柔性绝缘屏蔽层117，采用多股柔性镀锡铜丝编织技术，编织覆盖密度 $\geq 90\%$ 。

在本实施例中，所述柔性接地线芯13包括由内向外依次设置的接地导体芯131及半导体橡胶绝缘层132。所述半导体橡胶绝缘层132与所述相邻的两根所述动力线芯11接触。在本实施例中，所述接地导体芯131采用5类退火无氧铜丝同向分组绞合及整体复绞技术，绞合节距控制在10~15倍导体外径之间。本案通过所述半导体橡胶绝缘层132的半导体传导能力，有益于实现柔性接地线芯13与所述金属丝编织柔性绝缘屏蔽层117的导通。

在本实施例中，所述内护套层20为阻燃热塑型弹性体内护套层，所述加强层30为柔性高强度纤维编织加强层，所述外护套层40为耐油型阻燃外护套层。所述阻燃热塑型弹性体内护套层挤包在扁平状平行排列的3根绝缘线芯的编织屏蔽层外，为充分包覆并保护线芯，挤包厚度至少为0.8~1.2毫米。所述柔性高强度纤维编织加强层，采用多股柔性高强度纤维编织结构，编织覆盖密度 $\geq 60\%$ 。所述耐油型阻燃外护套层，挤包在柔

性高强度纤维编织加强层外，挤包厚度至少为1.0~1.4毫米。在本实施例中，若所述光电复合中压岸电电缆1为热固型护套电缆，所述光电复合中压岸电电缆1整体需要均匀地通过高温蒸汽连续硫化，从而可使得外护套材料充分接枝交联。本案的所述半导体包带导体屏蔽层112、所述半导体挤出导体屏蔽层113、所述高电性能橡胶绝缘层114、所述半导体挤出绝缘屏蔽层115、所述半导体包带绝缘屏蔽层116、所述阻燃热塑型弹性体内护套层、所述柔性高强度纤维编织加强层及所述耐油型阻燃外护套层均为非金属材料，所述光电复合中压岸电电缆1具备阻燃性能。

在本实施例中，所述柔性光单元12包括耐高温单模/多模光纤121、柔性高强度纤维加强芯122及阻燃热塑型护套层123。本案的所述半导体包带导体屏蔽层112、所述半导体挤出导体屏蔽层113、所述高电性能橡胶绝缘层114、所述半导体挤出绝缘屏蔽层115、所述半导体包带绝缘屏蔽层116、所述阻燃热塑型弹性体内护套层、所述柔性高强度纤维编织加强层、所述耐油型阻燃外护套层、所述半导体橡胶绝缘层132、所述柔性高强度纤维加强芯122及所述阻燃热塑型护套层123均为非金属材料，从而所述光电复合中压岸电电缆1整体具备阻燃性能。

在本实施例中，所述缆芯10还包括柔性控制线芯单元14，所述柔性光单元12、所述柔性接地线芯13及所述柔性控制线芯单元14分别嵌入在不同的所述间隙110中，且所述柔性控制线芯单元14与相邻的两根所述动力线芯11接触。本案可在实现控制信号传输功能的情况下，减小弯曲半径，提升柔性性能，提升载流能力。

在本实施例中，所述柔性控制线芯单元14包括控制导体芯141、柔性橡胶绝缘层142及铝塑复合带绕包屏蔽层143。所述控制导体芯141采用导体多股退扭绞合技术。在本实施例中，所述控制导体芯141采用5类退火无氧铜丝多股退扭绞合技术，所述绞合节距控制在10~15倍导体外径之间。本案的所述半导体包带导体屏蔽层112、所述半导体挤出导体屏蔽层113、所述高电性能橡胶绝缘层114、所述半导体挤出绝缘屏蔽层115、所

述半导体包带绝缘屏蔽层116、所述阻燃热塑型弹性体内护套层、所述柔性高强度纤维编织加强层、所述耐油型阻燃外护套层、所述半导体橡胶绝缘层132、所述柔性高强度纤维加强芯122、所述阻燃热塑型护套层123、柔性橡胶绝缘层142及铝塑复合带绕包屏蔽层143均为非金属材料，从而具有柔性控制线芯单元14的所述光电复合中压岸电电缆1具备阻燃性能。

图2是本发明一较佳实施例提供的光电复合中压岸电电缆制造工艺的流程图。所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

S21：提供三根动力线芯。

S22：三根所述动力线芯采用平行接触排列且呈扁平状结构。

S23：柔性光单元嵌入在相邻的两根所述动力线芯形成间隙中，且与所述相邻的两根所述动力线芯接触。

S24：在三根所述动力线芯及所述柔性光单元形成的扁平状结构表面挤包阻燃热塑型弹性体来形成内护套层。

S25：在所述内护套层上编织柔性高强度纤维来形成加强层。

S26：在所述加强层上挤包耐油型阻燃材料来形成外护套层。

在本实施例中，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

提供耐高温单模/多模光纤；

在所述耐高温单模/多模光纤表面缠绕柔性高强度纤维来形成柔性高强度纤维加强芯；

在所述柔性高强度纤维加强芯表面挤包阻燃热塑型护套来形成阻燃热塑型护套层。

在本实施例中，所述柔性光单元嵌入在相邻的两根所述动力线芯形成间隙中，且与相邻的两根所述动力线芯接触包括：

柔性接地线芯及所述柔性光单元分别嵌入在三根所述动力线芯中的任意的相邻的两根所述动力线芯形成的不同间隙中，且所述柔性接地线芯及所述柔性光单元与对应相邻的两根所述动力线芯接触；

所述在三根所述动力线芯及所述柔性光单元形成的扁平状结构表面

挤包护套来形成内护套层包括：

在三根所述动力线芯、所述柔性光单元及所述柔性接地线芯形成的扁平状结构表面挤包护套来形成内护套层。

在本实施例中，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

两个所述柔性接地线芯分别嵌入在不同的相邻的两根所述动力线芯形成的不同间隙中。

在本实施例中，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

提供柔性动力线芯；

在所述柔性动力线芯导体表面绕包半导体屏蔽带来形成半导体导体屏蔽层；

在所述半导体导体屏蔽层表面挤出半导体屏蔽层来形成半导体导体屏蔽层；

在所述半导体导体屏蔽层表面挤包高电性能橡胶绝缘来形成高电性能橡胶绝缘层；

在所述高电性能橡胶绝缘层表面挤包半导体绝缘屏蔽来形成半导体绝缘屏蔽层；

在所述半导体绝缘屏蔽层表面绕包半导体屏蔽带来形成半导体绝缘屏蔽层；

在所述半导体绝缘屏蔽层表面编织柔性金属丝来形成多股金属丝编织柔性绝缘屏蔽层。

在本实施例中，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

提供柔性接地线芯；

在所述柔性接地线芯导体表面挤包半导体橡胶绝缘来形成半导体橡胶绝缘层，所述半导体橡胶绝缘层与相邻的两根所述动力线芯接触。

在本实施例中，所述柔性光单元嵌入在相邻的两根所述动力线芯形成间隙中，且与相邻的两根所述动力线芯接触包括：

柔性控制线芯单元、所述柔性接地线芯及所述柔性光单元分别嵌入

在三根所述动力线芯中的任意的相邻的两根所述动力线芯形成的不同间隙中，且所述柔性控制线芯单元、所述柔性接地线芯及所述柔性光单元与对应相邻的两根所述动力线芯接触；

所述在三根所述动力线芯及所述柔性光单元形成的扁平状结构表面挤包护套来形成内护套层包括：

在三根所述动力线芯、所述柔性光单元、所述柔性接地线芯及所述柔性控制线芯单元形成的扁平状结构表面挤包护套来形成内护套层。

在本实施例中，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

提供柔性控制单元；

在所述柔性控制单元线芯导体表面挤包柔性橡胶绝缘来形成柔性橡胶绝缘层；

在所述柔性橡胶绝缘层表面绕包铝塑复合屏蔽带来形成铝塑复合带绕包屏蔽层。

所述光电复合中压岸电电缆制造工艺可为其他变形，具体请参阅图1中的对光电复合中压岸电电缆的描述，在此不进行赘述。

本案通过三根所述动力线芯11平行接触排列且呈扁平状，每相邻的两根所述动力线芯11形成间隙110，所述柔性光单元12嵌入在所述间隙110中且与相邻的两根所述动力线芯11接触，且所述柔性光单元12与三根所述动力线芯11形成扁平状结构，可在实现光通信传输功能的情况下，提供更高的电能传输能力，减小电缆弯曲半径，提升电缆柔性性能，提升电缆载流能力。本案还通过所述柔性动力导体芯111、所述高电性能橡胶绝缘层114、所述阻燃热塑型弹性体内护套层、所述金属丝编织柔性绝缘屏蔽层117及所述柔性高强度纤维编织加强层进一步提升了电缆柔性性能。

本案的光电复合中压岸电电缆1的阻燃性能可满足按照实际敷设情况成束紧密排列，每米非金属含量大于7升，火焰温度在800摄氏度下，燃烧40分钟后电缆燃烧高度不超过2.5米的要求；耐油性能可满足

IRM902矿物油在100摄氏度下经过24小时耐油试验后电缆护套表面强度变化率和伸率变化率不超过35%；低烟性能可满足最小透光率60%；无卤性能可满足燃烧产生的酸气含量 $\leq 0.5\%$ ，氟含量 $\leq 0.1\%$ ，pH值 ≥ 4.3 ，电导率 ≤ 10 微西门子/毫米。

最后应说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制，尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应当理解，可以对本发明的技术方案进行修改或等同替换，而不脱离本发明技术方案的精神范围。

权 利 要 求 书

1. 一种光电复合中压岸电电缆，其特征在于：

所述光电复合中压岸电电缆包括由内向外依次设置的缆芯、内护套层、加强层及外护套层，所述内护套层包裹在所述缆芯的外部，所述加强层包裹在所述内护套层的外部，所述外护套层包裹在所述加强层的外部；

所述缆芯包括三根动力线芯及柔性光单元，三根所述动力线芯平行接触排列且呈扁平状，每相邻的两根所述动力线芯与所述内护套层之间形成间隙，所述柔性光单元嵌入在所述间隙中且与所述相邻的两根所述动力线芯接触。

2. 如权利要求1所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述缆芯还包括柔性接地线芯，所述柔性接地线芯及所述柔性光单元分别嵌入在不同的所述间隙中，且所述柔性接地线芯与所述相邻的两根所述动力线芯接触。

3. 如权利要求2所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述柔性接地线芯的数量为两个，两个所述柔性接地线芯分别嵌入在不同的相邻的两根所述动力线芯与所述内护套层之间形成的不同间隙中。

4. 如权利要求2所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：每根动力线芯包括由内到外依次设置的柔性动力导体芯、半导体包带导体屏蔽层、半导体挤出导体屏蔽层、高电性能橡胶绝缘层、半导体挤出绝缘屏蔽层、半导体包带绝缘屏蔽层及多股金属丝编织柔性绝缘屏蔽层。

5. 如权利要求4所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述柔性接地线芯包括由内向外依次设置的柔性接地导体芯及半导体橡胶绝缘层，所述半导体橡胶绝缘层与所述相邻的两根所述动力线芯接触。

6. 如权利要求5所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述内护套层为阻燃热塑型弹性体内护套层，所述加强层为柔性高强度纤维编织加强层，所述外护套层为耐油型阻燃外护套层。

7. 如权利要求6所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述柔性光单元包括耐高温单模/多模光纤、柔性高强度纤维加强芯及阻燃热塑型护套层。

8. 如权利要求7所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述缆芯还包括柔性控制线芯单元，所述柔性控制线芯单元、所述柔性接地线芯及所述柔性光单元分别嵌入在不同的所述间隙中，且所述柔性控制线芯单元与所述相邻的两根所述动力线芯接触。

9. 如权利要求8所述的光电复合中压岸电电缆，其特征在于：所述柔性控制线芯单元包括柔性控制导体芯、柔性橡胶绝缘层及铝塑复合带绕包屏蔽层。

10. 一种光电复合中压岸电电缆制造工艺，其特征在于，所述光电复合中压岸电电缆制造工艺包括：

提供三根动力线芯；

三根所述动力线芯采用平行接触排列且呈扁平状结构；

柔性光单元嵌入在相邻的两根所述动力线芯形成间隙中，且与所述相邻的两根所述动力线芯接触；

在三根所述动力线芯及所述柔性光单元形成的扁平状结构表面挤包阻燃热塑型弹性体来形成内护套层；

在所述内护套层上编织柔性高强度纤维来形成加强层；

在所述加强层上挤包耐油型阻燃材料来形成外护套层。