



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207624400 U

(45)授权公告日 2018.07.17

(21)申请号 201721166912.1

H01B 7/295(2006.01)

(22)申请日 2017.09.13

(73)专利权人 江苏上上电缆集团有限公司

地址 213399 江苏省常州市溧阳市溧城镇
上上路68号

(72)发明人 曾庆涛 凌国桢 梁福才

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51) Int. Cl.

H01B 5/08(2006.01)

H01B 7/18(2006.01)

H01B 7/22(2006.01)

H01B 7/02(2006.01)

H01B 7/28(2006.01)

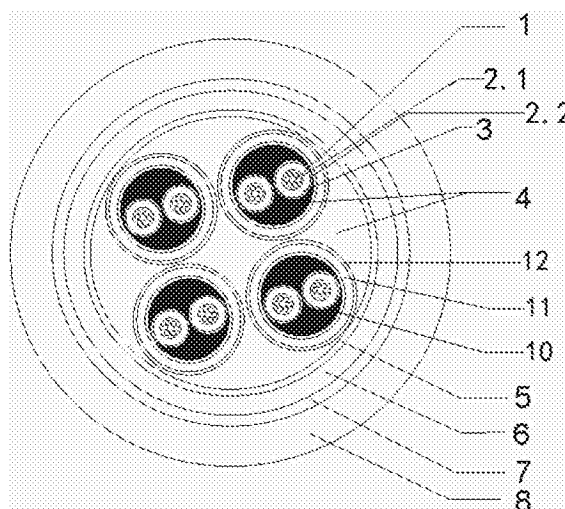
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)实用新型名称

一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪
表电缆

(57)摘要

一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪
表电缆,其结构为:缆芯外自内而外依次设有绕
包层、内衬层、金属带绕包层、金属丝编织屏蔽
层、绕包层和护套;缆芯由低烟无卤阻燃填充橡
皮条和至少两个对绞组绞合构成;对绞组由低烟
无卤阻燃填充橡皮条和至少两根线芯绞合构成;
线芯由单根带绝缘层的导体及绕包带构成;每根
导体由镀锡铜单丝绞合构成;绝缘层是由导体外
连续硫化挤包低烟无卤阻燃的乙丙绝缘构成;的
绝缘外绕包层是由聚酰亚胺带左向绕包构成;所
述成缆外绕包层是由低烟无卤阻燃绕包带重叠
绕包构成;内衬层是挤包低烟无卤阻燃热固性
EVA材料构成;金属带绕包层是由内衬层外重叠
绕包铜带构成;护套层是由金属带绕包屏蔽层
外连续挤包低烟无卤阻燃热固性护套料构成。



1. 一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是本仪表电缆的直径范围是6.5~56.8mm;本仪表电缆的结构为:

缆芯外自内而外依次设有第三绕包层、内衬层、金属屏蔽层、绕包层和护套;

所述缆芯由至少两个对绞组和低烟无卤阻燃的填充橡皮条绞合构成,绞合的节径比不大于12倍;

每个所述对绞组由至少两根线芯和低烟无卤阻燃的填充橡皮条绞合构成,绞合的节距不大于100mm;在对绞组外,自内而外:对绞组外第一层是由高温聚酯带右向绕包构成;对绞组外第二层是由镀锡金属丝交叉编织构成;对绞组外第三层是由高温聚酯带左向绕包构成;

所述线芯自内而外是导体、第一绕包层、绝缘层和第二绕包层;

每根导体由镀锡铜单丝绞合构成,导体内层节径比范围:14~25,导体外层节径比范围:8~12,镀锡铜单丝的直径范围:0.193mm~0.243mm,导体的直径范围0.9mm~2.1mm;镀锡铜单丝股线绞合方向和股线复绞的绞合方向均为左向,相邻层的镀锡铜单丝的绞合方向相反;

所述第一绕包层是由聚酰亚胺带右向绕包构成;

所述绝缘层是连续硫化挤包低烟无卤阻燃的乙丙绝缘料构成;

所述第二绕包层是由聚酰亚胺带左向绕包构成;

对绞组绞合时,填充橡皮条和线芯的绞合方向相同;

所述第三绕包层是由低烟无卤阻燃绕包带重叠绕包构成;

所述内衬层是由绕包层外挤包低烟无卤阻燃热固性EVA材料构成;

金属屏蔽层由自内而外是的重叠绕包铜带和镀锡铜丝编织层构成;镀锡铜丝编织层是由镀锡金属丝交叉编织构成;

所述护套层是连续硫化挤包低烟无卤阻燃热固性护套料构成。

2. 根据权利要求1所述的严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是线芯有8~12根;

第一绕包层是由聚酰亚胺薄膜构成,绕包搭盖宽度不小于5mm;

绝缘层的标称厚度为1.0mm,绝缘层的绝缘料是低烟无卤阻燃乙丙橡皮绝缘料;

第二绕包层是由聚酰亚胺薄膜构成,绕包搭盖宽度不小于5mm。

3. 根据权利要求1所述的严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是所述填充是低烟无卤阻燃填充材料。

4. 根据权利要求1所述的严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是第三绕包层的绕包带的标称厚度为0.2mm,绕包搭盖宽度不小于5mm。

5. 根据权利要求1所述的严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是铜带的标称厚度为0.05mm,绕包搭盖率不小于30%;

镀锡铜丝编织层的编织密度不小于80%,镀锡铜丝的线径范围是0.12~0.25mm。

6. 根据权利要求1所述的严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是所述护套的最小厚度为1.6mm,护套料是EVA类护套料。

7. 根据权利要求1所述的严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,其特征是镀锡铜丝编织层的编织密度是85%,镀锡铜丝线径为0.185mm。

一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种新型电缆,特别涉及一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,属于电缆技术领域。

背景技术

[0002] 以往二代核电站安全壳内环境主要考虑LOCA事故(冷却剂丧失事故)条件,以及85Mrad的 γ 射线辐照剂量。三代核电站中LOCA事故条件增加了高温时间,整个试验过程持续15天, γ 射线辐照剂量也增加至250Mrad以上。所以安全壳内用仪表电缆需要满足不少于60年使用寿命、耐受常规高剂量 γ 射线辐照、低烟无卤阻燃的要求,而且需要同时满足耐LOCA环境要求。这些条件的叠加对于电缆来讲是异常残酷的。

[0003] 作为应用普遍的仪表电缆,其除了满足普通仪表电缆的功能的要求外,还要满足核电站安全壳内使用的特殊性能要求。

实用新型内容

[0004] 要解决的技术问题

[0005] 针对60年寿命核电站安全壳内环境条件,需要解决电缆绝缘材料的60年寿命问题,耐 γ 辐照剂量250Mrad以上辐照问题,耐LOCA环境问题。且同时满足低烟、无卤、阻燃等仪表电缆的功能和性能基本要求。

[0006] 为解决上述技术问题而采用的技术方案

[0007] 本实用新型提供一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,该仪表电缆能够满足60年使用寿命;能够满足低烟无卤阻燃的要求;在高温或低温环境下性能稳定,耐热老化和高剂量辐照老化性能优良;在核电站安全壳内LOCA事故中能正常使用,并满足300/500V的额定电压。为实现上述技术目的,本实用新型采用以下技术方案:

[0008] 一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,本仪表电缆的直径范围是6.5~56.8mm;本仪表电缆的结构为:

[0009] 缆芯外自内而外依次设有第三绕包层、内衬层、金属屏蔽层、绕包层和护套;

[0010] 所述缆芯由至少两个对绞组和低烟无卤阻燃的填充橡皮条绞合构成,绞合的节径比不大于12倍;

[0011] 所述每个对绞组由至少两根线芯和低烟无卤阻燃的填充橡皮条绞合构成(对绞组的截面为圆形),绞合的节距不大于100mm;

[0012] 在对绞组外,自内而外:对绞组外第一层是由高温聚酯带右向绕包构成;对绞组外第二层是由镀锡金属丝交叉编织构成;对绞组外第三层是由高温聚酯带左向绕包构成;

[0013] 所述线芯自内而外是导体、第一绕包层、绝缘层和第二绕包层;

[0014] 每根导体由镀锡铜单丝绞合构成,导体内层节径比范围:14~25,导体外层节径比范围:8~12,镀锡铜单丝的直径范围:0.193mm~0.243mm,导体的直径范围0.9mm~2.1mm;镀锡铜单丝股线绞合方向和股线复绞的绞合方向均为左向,相邻层的镀锡铜单丝的绞合方向

相反；

[0015] 所述第一绕包层是由聚酰亚胺带右向绕包构成；

[0016] 所述绝缘层是连续硫化挤包低烟无卤阻燃的乙丙绝缘料构成；

[0017] 所述第二绕包层是由聚酰亚胺带左向绕包构成；

[0018] 对绞组绞合时，填充橡皮条和线芯的绞合方向相同；

[0019] 所述第三绕包层是由低烟无卤阻燃绕包带重叠绕包构成；

[0020] 所述内衬层是由绕包层外挤包低烟无卤阻燃热固性EVA材料(乙烯-醋酸乙烯共聚物，也称为乙烯-乙酸乙烯共聚物，英文名称:Ethylene Viny, 简称为EVA) 构成；

[0021] 金属屏蔽层是由自内而外的重叠绕包铜带和镀锡铜丝编织层构成；镀锡铜丝编织层是由镀锡金属丝交叉编织构成；

[0022] 所述护套层是连续硫化挤包低烟无卤阻燃热固性护套料构成。

[0023] 线芯有8~12根；第一绕包层是由聚酰亚胺薄膜构成，绕包搭盖宽度不小于 5mm；绝缘层的厚度符合GB/T 12706-2008的要求，例如绝缘层的标称厚度可以为 1.0mm，绝缘层的绝缘料是低烟无卤阻燃乙丙橡皮绝缘料，例如：型号为XJ-32HB 型绝缘料；第二绕包层是由聚酰亚胺薄膜构成，绕包搭盖宽度不小于5mm。

[0024] 所述填充是低烟无卤阻燃填充材料。低烟无卤阻燃材料选用低烟无卤阻燃橡皮条。

[0025] 第三绕包层的绕包带的标称厚度为0.2mm，绕包搭盖宽度不小于5mm。

[0026] 铜带的标称厚度为0.05mm，绕包搭盖率不小于30%；镀锡铜丝编织层的编织密度不小于80%，镀锡铜丝的线径范围是0.12~0.25mm。

[0027] 所述护套的最小厚度为1.6mm，护套料是EVA类护套料，例如：型号为XH-32HB 型护套料。

[0028] 镀锡铜丝编织层的编织密度是85%，镀锡铜丝线径为0.185mm。

[0029] 有益效果

[0030] 采用上述技术方案后，本实用新型具有以下有益效果：

[0031] (1) 电缆结构设计简单合理：两根圆周排列的芯线绞合后挤包内衬层，对绞组和低烟无卤阻燃橡皮填充条一起成缆。加工方便，且绞合的缆芯牢固。每根导体外带绝缘层、绕包层，提高电缆的绝缘性和耐辐照性能。增加了聚酰亚胺薄膜绕包层后电缆不仅增加了电缆耐辐照性能而且还降低了绝缘线芯压扁的风险。且整个缆芯加工更方便，缆芯更圆整。

[0032] (2) 绞合后的镀锡铜导体，提高导体的导电性能，使导体更耐腐蚀，可以减少铜氧化(铜与空气中的氧气反映生成CuO和Cu₂O) 的发生。

[0033] (3) 低烟无卤阻燃橡皮条，可以紧密贴合线芯，随缝隙变形成不规则形状，从而使缆芯更圆整，使得电缆低烟无卤阻燃性能更好。

[0034] (4) 低烟无卤阻燃热固性护套使电缆耐核辐射、耐长期热老化、耐LOCA环境，更能提高电缆使用寿命。保证电缆寿命达到60年。

[0035] (5) 低烟无卤阻燃乙丙橡皮绝缘层、低烟无卤阻燃EVA热固性护套使电缆结构更加柔软，最小弯曲半径可达到6倍电缆外径，更易弯曲，更方便和适于核电站安全壳内狭小区域使用。

[0036] (6) 本实用新型电缆，导体在90℃高温条件下使用寿命为60年，可以耐60 年寿命

核电站安全壳内环境。

附图说明

[0037] 图1为本实用新型的结构示意图。

[0038] 图中:1、导体,2.1、第一绕包层,2.2、第二绕包层,3、绝缘层,4、填充橡皮条,5、第三绕包层,6、内衬层,7、金属屏蔽层,8、护套,9、对绞组外第一层,10、对绞组外第二层,11、对绞组外第三层。

具体实施方式

[0039] 如图1所示,一种严酷环境下使用的长寿命耐强辐射仪表电缆,本仪表电缆的直径范围是6.5~56.8mm;本仪表电缆的结构为:

[0040] 缆芯外自内而外依次设有第三绕包层、内衬层、金属屏蔽层、绕包层和护套;

[0041] 所述缆芯由至少两个对绞组和低烟无卤阻燃的填充橡皮条绞合构成,绞合的节径比不大于12倍;

[0042] 所述每个对绞组由至少两根线芯和低烟无卤阻燃的填充橡皮条绞合构成(对绞组的截面为圆形),绞合的节距不大于100mm;

[0043] 在对绞组外,自内而外:对绞组外第一层是由高温聚酯带右向绕包构成;对绞组外第二层是由镀锡金属丝交叉编织构成;对绞组外第三层是由高温聚酯带左向绕包构成;

[0044] 所述线芯自内而外是导体、第一绕包层、绝缘层和第二绕包层;

[0045] 每根导体由镀锡铜单丝绞合构成,导体内层节径比范围:14~25,导体外层节径比范围:8~12,镀锡铜单丝的直径范围:0.193mm~0.243mm,导体的直径范围0.9mm~2.1mm;镀锡铜单丝股线绞合方向和股线复绞的绞合方向均为左向,相邻层的镀锡铜单丝的绞合方向相反;

[0046] 所述第一绕包层是由聚酰亚胺带右向绕包构成;

[0047] 所述绝缘层是连续硫化挤包低烟无卤阻燃的乙丙绝缘料构成;

[0048] 所述第二绕包层是由聚酰亚胺带左向绕包构成;

[0049] 对绞组绞合时,填充橡皮条和线芯的绞合方向相同;

[0050] 所述第三绕包层是由低烟无卤阻燃绕包带重叠绕包构成;

[0051] 所述内衬层是由绕包层外挤包低烟无卤阻燃热固性EVA材料(乙烯-醋酸乙烯共聚物,也称为乙烯-乙酸乙烯共聚物,英文名称:Ethylene Viny,简称为EVA)构成;

[0052] 金属屏蔽层是由自内而外的重叠绕包铜带和镀锡铜丝编织层构成;镀锡铜丝编织层是由镀锡金属丝交叉编织构成;

[0053] 所述护套层是连续硫化挤包低烟无卤阻燃热固性护套料构成。

[0054] 本例中,线芯为4根。

[0055] 第一绕包层是由聚酰亚胺薄膜构成,绕包搭盖宽度不小于5mm;绝缘层的厚度符合GB/T 12706-2008的要求,例如绝缘层的标称厚度可以为1.0mm,绝缘层的绝缘料是低烟无卤阻燃乙丙橡皮绝缘料,型号为XJ-32HB;第二绕包层是由聚酰亚胺薄膜构成,绕包搭盖宽度不小于5mm。

[0056] 所述填充是低烟无卤阻燃填充材料,例如低烟无卤阻燃橡皮条。

[0057] 第三绕包层的绕包带的标称厚度为0.2mm,绕包搭盖宽度不小于5mm。

[0058] 铜带的标称厚度为0.05mm,绕包搭盖率不小于30%;镀锡铜丝编织层的编织密度不小于80%,镀锡铜丝的线径范围是0.12~0.25mm。

[0059] 所述护套的最小厚度为1.6mm,护套料是EVA类护套料,型号为XH-32HB。

[0060] 镀锡铜丝编织层的编织密度是85%,镀锡铜丝线径为0.185mm。

[0061] 采用上述方案后,本仪表电缆的使用寿命达到60年以上,弯曲性能好、抗高辐照性好、加工性能好,可以耐LOCA环境。且同时满足低烟、无卤、阻燃的基本要求。

[0062] 经检测,本例的电缆的功能、性能指标如下表:

[0063]

序号	项目名称	试验方法	试验条件	性能要求
1.	结构尺寸检查			2 类镀锡铜导体(合金导体)
1.1	导体检查	目测		符合表 2 规定要求,平均厚度不小于标称值,最薄处厚度不小于标称厚度的 90%-0.1mm。
1.2	绝缘厚度的测量	GB/T 2951.11		符合表 2 规定要求,平均厚度不小于标称值,最薄处厚度不小于标称厚度的 85%-0.1mm
1.3	护套厚度的测量	GB/T 2951.11		编织密度≥80%
1.4	屏蔽结构	GB/T 2951.11		要求,正确、字迹清楚
1.5	护套标识	目测		
2.	20℃往复电阻(补偿)	GB/T 4989		符合 GB/T 4989 附录 D:KCB 型
3.	热电动势(补偿)	GB/T 4989	参考端温度为 0℃,测量端温度为 100℃	符合 GB/T 4989 热电偶分度为 K,一般用(G),允差等级为精密级(S),热电动势范围:(4052~4140)μV
4.	工作电容	GB 5441		1000Hz 时 工作电容≤120nF/km
5.	导体电阻	GB/T 3048.4	环境温度 20℃	符合 GB/T 3956 要求
6.	电压试验	GB/T 3048.8	芯与芯之间施加工频交流电压 2.5kV,时间 5min 芯与屏蔽之间施加工频交流电压 1.5kV,时间 5min	试样不击穿

[0064]

序号	项目名称	试验方法	试验条件	性能要求
7.	4h 电压试验	GB/T 12706.1	施加 4U ₀ 交流电压, 4h	试样不击穿
8.	20℃ 绝缘电阻试验	GB/T 3048.5		绝缘电阻常数 (20℃) $\geq 3670 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
9.	90℃ 绝缘电阻试验	GB/T 3048.5		绝缘电阻常数 (90℃) $\geq 3.67 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$
10.	老化前后绝缘的机械性能试验	GB/T 2951.11 GB/T 2951.12	(135±2)℃, 10d	原始抗张强度 $\geq 7.0 \text{ N/mm}^2$, 原始断裂伸长率 $\geq 200\%$ 老化后抗张强度、断裂伸长率变化率 $\leq \pm 30\%$
11.	绝缘热延伸试验	GB/T 2951.21	温度 (250±2)℃, 载荷时间 15min, 机械应力 20 N/cm ²	负载下伸长率 $\leq 175\%$, 冷却后永久变形 $\leq 15\%$
12.	绝缘耐臭氧试验	GB/T 2951.21	臭氧浓度: 0.025%~0.030%, 24h	不开裂
13.	绝缘吸水试验	GB/T 2951.13	水温 (85±2)℃, 持续 14d	吸水值 $\leq 5 \text{ mg/cm}^2$
14.	老化前后护套的机械性能试验	GB/T 2951.11 GB/T 2951.12	(120±2)℃, 10d	原始抗张强度 $\geq 9.0 \text{ N/mm}^2$, 原始断裂伸长率 $\geq 200\%$ 抗张强度、断裂伸长率变化率 $\leq \pm 25\%$
15.	护套耐油试验 (ASTM 2 号油)	GB/T 2951.21	(70±2)℃, 4h	抗张强度、断裂伸长率变化率 $\leq \pm 40\%$
16.	护套吸水试验	GB/T 2951.13	水温 (70±2)℃, 持续 24h	吸水值 $\leq 10 \text{ mg/cm}^2$
17.	护套热延伸试验	GB/T 2951.21	温度 (200±3)℃, 载荷时间 15min, 机械应力 20 N/cm ²	负载下伸长率 $\leq 175\%$, 冷却后永久变形 $\leq 15\%$
18.	护套高压压力试验	GB/T 2951.31	(130±2)℃	压痕深度 $\leq 50\%$
19.	护套低温性能试验	GB/T 2951.14	(-35±2)℃, 4h	低温拉伸, 伸长率 $\geq 20\%$ 低温冲击, 无裂纹 低温卷绕, 无裂纹
20.	护套抗开裂试验	GB/T 2951.31	(180±2)℃, 1h	不开裂
21.	绝缘、护套毒性指数	Def. stan. 02-713		毒性指数 ≤ 5
22.	烟发散试验	GB/T 17651		$\geq 60\%$
23.	燃烧时析出气体试验	GB/T 17650		HCl 含量, $\leq 0.5\%$ PH 值 ≥ 4.3 电导率 $\leq 10 \mu \text{ S/mm}$
24.	氟含量试验	IEC 60684-2		氟含量, $\leq 0.1\%$
25.	成束燃烧试验	GB/T 18380.34		符合阻燃 B 类
26.	单根电缆垂直燃烧试验	GB/T 18380.12		符合试验标准要求
27.	绝缘线芯垂直燃烧试验	GB/T 18380.12		符合试验标准要求
28.	印刷标志耐擦试验	GB/T 6995.1		清晰、耐擦
29.	特殊弯曲试验	GB/T 12706.1		绝缘不击穿, 护套不开裂
30.	电缆附加老化试验 (兼容性试验)	GB/T 2951.12	老化条件 (100±2)℃, 14d, 42d	42 天老化后绝缘、护套抗张强度、断裂伸长率变化率 $\leq \pm 30\%$; 14 天老化后与 42 天老化后绝缘、护套抗张强度、断裂伸长率变化率 $\leq \pm 15\%$
31.	氧指数差值	ASTM D2863		20℃ 和 80℃ 时氧指数差值 ≤ 2
第二部分 核环境下功能验证试验				
序号	项目名称	试验方法	试验条件	性能要求
1.	热老化	IEEE 383	将适当长度的成品电缆试样绕制成若干个试验线圈, 每个线圈的有效试验长度 $\geq 3\text{m}$, 将试验线圈放入循环空气老化烘	

[0065]

序号	项目名称	试验方法	试验条件	性能要求
			箱中进行加速热老化，试验温度和时间按绝缘热寿命评定试验结果导出：155℃/1078h，推导过程见附录 A。	
2.	常规辐照老化	IEEE 383 GB/T 18380.34	经过加速热老化后的试样置于空气中进行 γ 辐照，累积剂量 375kGy，再增加 10% 的裕量，试验的累计剂量为 413kGy，剂量率 1 ± 0.5 kGy/h。	试验结束后， 1 进行成束 B 类阻燃试验。 ($1 \times 2 \times 0.5$ mm ³) 2 20 倍弯曲成圈浸水 1h 后，进行 3150V/mm，5min 的耐压试验，试样不击穿。 3 直流测试电压为 500V，任何导体绝缘的绝缘电阻都必须大于 $1M\Omega \cdot km$ (在环境温度为 $20 \pm 5^\circ C$ 时)
3.	事故辐照老化	IEEE 383 BSY80000013D OZJ03GN	置于空气中进行钴 60 源 γ 辐照，累积剂量 2300 kGy。(已加裕度 10%) 剂量率 ≤ 10 kGy/h。	试验结束后，进行： 1 外观检查：电缆结构保持完整，无明显的变形、开裂等异常现象 2 40 倍弯曲成圈浸水 1h 后，进行 3150V/mm、5min 的耐压试验，试样不击穿 3 直流测试电压为 500V，任何导体绝缘的绝缘电阻都必须大于 $1M\Omega \cdot km$ (在环境温度为 $20 \pm 5^\circ C$ 时)
4.	事故模拟	IEEE 383 BSY80000013D OZJ03GN	经过事故辐照老化的样品进行事故模拟，试验条件见附录 B。	试验结束后，进行： 1 外观检查：电缆结构保持完整，无明显的变形、开裂等异常现象 2 40 倍弯曲成圈浸水 1h 后，进行 3150V/mm、5min 耐压试验，试样不击穿 3 直流测试电压为 500V，试验过程及结束任何导体绝缘的绝缘电阻都必须大于 $1M\Omega \cdot km$

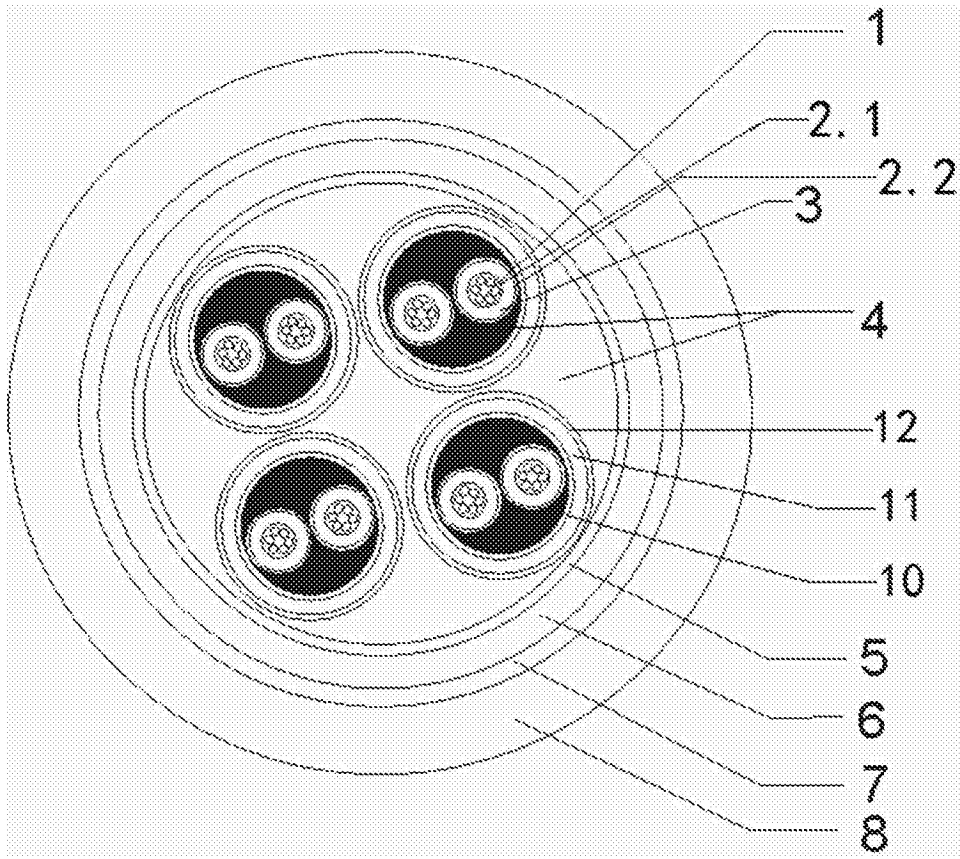


图1