

# 团 体 标 准

T/CTBA 006.13—2026

## 电线电缆采购技术规范 第 13 部分：风力发电用耐扭曲软电缆 (35kV 及以下)

Technical specifications for procurement of wire and cable —  
Part 13: Flexible torsion resistant cables for wind turbines, rated  
voltages 35 kV and below

(送审稿)

(在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中国招标投标协会 发布



## 目 次

前 言 .....	VII
引 言 .....	XI
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 总体要求 .....	4
5 通用技术规范 .....	4
5.1 通用要求 .....	4
5.2 产品型号和相关要求 .....	7
5.3 检测和试验 .....	7
5.4 现场服务、工厂检验、监造及验收 .....	7
5.5 产品标志、包装、运输和保管 .....	11
5.6 投标时应提供的其他资料 .....	12
6 专用技术规范 .....	13
6.1 工程概况及使用条件 .....	13
6.2 项目需求部分 .....	14
6.3 技术参数和性能要求 .....	16
6.4 供应商响应部分 .....	32
附录 A (规范性) 风力发电用耐扭曲软电缆技术要求 .....	34
A.1 使用特性 .....	34
A.2 产品代号、型号和标志 .....	35
A.3 电缆结构要求 .....	40

A.4	成品电缆性能要求及试验方法 .....	57
A.5	试验项目 .....	65
附录 B (规范性)	绝缘和护套材料的性能要求 .....	69
附录 C (规范性)	确定护层尺寸的假设计算方法 .....	73
C.1	概述 .....	73
C.2	方法 .....	73
C.3	数值修约 .....	75
附录 D (规范性)	成品电缆低温弯曲试验 .....	76
D.1	试样制备 .....	76
D.2	试验步骤 .....	76
D.3	试验条件 .....	76
D.4	试验结果判定 .....	76
附录 E (规范性)	负重试验 .....	77
E.1	试样制备 .....	77
E.2	试验步骤 .....	77
E.3	试验结果判定 .....	77
附录 F (规范性)	人工气候老化试验 .....	78
F.1	概述 .....	78
F.2	试验设备 .....	78
F.3	试样制备 .....	78
F.4	试验步骤 .....	78
F.5	试验结果及计算 .....	79
附录 G (规范性)	扭转试验 .....	80
G.1	试验设备 .....	80
G.2	试样制备 .....	80
G.3	试验程序 .....	80
G.4	试验结果评定 .....	82

附录 H (规范性) 半导电屏蔽电阻率测量方法 .....	84
H.1 试样制备 .....	84
H.2 测量步骤 .....	84
H.3 测量结果结算 .....	84
参考文献 .....	88
图 A.1 产品型号表示 .....	37
图 A.2 数字识别标志的排列方式 .....	43
图 G.1 常温下扭转试验的示意图 .....	81
图 H.1 导体屏蔽体积电阻率测量 .....	86
图 H.2 绝缘屏蔽体积电阻率测量 .....	87
表 1 执行标准一览表 .....	6
表 2 卖方现场技术服务承诺表 .....	8
表 3 卖方现场技术服务人员基本情况表 .....	8
表 4 工艺控制表 .....	12
表 5 主要生产设备清单 .....	12
表 6 主要试验设备清单 .....	12
表 7 工程概况表 .....	13
表 8 使用环境条件表 .....	13
表 9 电缆使用技术条件 (使用特性) 表 .....	14
表 10 货物需求及供货范围一览表 .....	15
表 11 必备备品备件供货表 .....	15
表 12 必备专用工具供货表 .....	15
表 13 必备仪器仪表供货表 .....	16
表 14 供应商应提供的设计图样及资料一览表 .....	16
表 15 低压风力发电用耐扭曲软电缆结构参数表 .....	17
表 16 中压风力发电用耐扭曲软电缆结构参数表 .....	25

表 17	低压风力发电用耐扭曲软电缆电气技术参数表	28
表 18	中压风力发电用耐扭曲软电缆电气技术参数表	29
表 19	风力发电用耐扭曲软电缆非电气技术参数表	31
表 20	技术偏差表	32
表 21	主要原材料产地清单	32
表 22	推荐的备品备件、专用工具和仪器仪表供货表	32
表 A.1	电缆安装时的最小弯曲半径	34
表 A.2	绝缘混合料	35
表 A.3	护套混合料	35
表 A.4	产品型号代号	36
表 A.5	电缆型号及名称	37
表 A.6	电缆常用规格	38
表 A.7	火花试验电压	41
表 A.8	绝缘厚度	41
表 A.9	金属屏蔽层标称截面积	45
表 A.10	编织用软铜圆线或镀锡圆铜线的标称直径	45
表 A.11	护套厚度	47
表 A.12	电缆平均外径	52
表 A.13	绝缘电阻	58
表 A.14	EPR-90 绝缘混合料电阻率和电阻常数	59
表 A.15	成品电缆耐压试验电压	59
表 A.16	EPR-90 绝缘混合料的 $\tan \delta$ 试验要求	61
表 A.17	冲击电压	62
表 A.18	4h 电压试验的试验电压	62
表 A.19	例行试验项目	65
表 A.20	抽样试验项目	66
表 A.21	型式试验项目	67
表 B.1	绝缘材料非电性能试验要求	69

表 B.2	护套材料非电性能试验要求.....	70
表 C.1	导体的假设直径.....	73
表 C.2	线芯成缆系数.....	74
表 G.1	扭转后耐压试验中所施加电压.....	82



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 T/CTBA 006《电线电缆采购技术规范》的第 13 部分。T/CTBA 006 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分 光伏发电系统用直流电缆；
- 第 2 部分 塑料绝缘控制电缆；
- 第 3 部分 低压电力电缆（0.6/1kV、1.8/3kV）；
- 第 4 部分 中压电力电缆（6kV~35kV）；
- 第 5 部分 高压电力电缆（66kV）；
- 第 6 部分 高压电力电缆（110kV）；
- 第 7 部分 高压电力电缆（220kV）；
- 第 8 部分 计算机与仪表屏蔽电缆；
- 第 9 部分 热电偶用补偿导线与电缆；
- 第 10 部分 通信电缆（市话、射频）；
- 第 11 部分 塑料绝缘电线和软线；
- 第 12 部分 输电线路导线、地线；
- 第 13 部分 风力发电用耐扭曲软电缆（35kV 及以下）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国招标投标协会企业物资采购技术标准与碳标签工作部提出。

本文件由中国招标投标协会归口。

本文件主要起草单位：中国华电集团物资有限公司、华能能源交通产业控股有限公司（中国华能集团有限公司物资供应中心）、中国水利电力物资集团有限公司、中国电能成套设备有限公司、国家能源集团物资有限公司、华能招标有限公司、国家能源集团国际工程咨询有限公司、华电海南物资有限公司、华能能源交通产业控股有限公司北京分公司、中国水利电力物资上海有限公司、电能（北京）认证中心有限公司、国能诚信招标有限公司、北京国电工程招标有限公司、国能龙源电力技术工程有限责任公司。

本文件参与起草的采购单位：国网物资有限公司、南方电网供应链集团有限公司、内蒙古电力（集

团) 有限责任公司、中核(上海) 供应链管理有限公司、三峡物资招标管理有限公司、中投咨询有限公司、华润电力投资有限公司、中国节能环保集团有限公司绿色供应链管理服务分公司、中国广核集团有限公司、中国广核新能源控股有限公司、南方电网供应链科技(广东) 有限公司、长江三峡(成都) 电子商务有限公司、中国能源建设集团电子商务有限公司、中国电建集团河南工程有限公司、中国安能建设集团有限公司、安能应急救援产业发展(北京) 有限公司、中国石油物资有限公司、中石化国际事业北京有限公司、中国海洋石油集团有限公司、国家石油天然气管网集团有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国铁塔股份有限公司、鞍钢招标有限公司、上海宝华国际招标有限公司、中铝(北京) 招标管理有限公司、五矿国际招标有限责任公司、中国有色矿业集团有限公司、中煤能源供应链管理(北京) 有限责任公司、中煤招标有限责任公司、煤炭工业规划设计研究院有限公司(中国煤炭科工集团招标代理服务中心)、中煤一局集团有限公司、中国兵工物资集团有限公司、中技国际招标有限公司、中建电子商务有限责任公司、中国交通进出口有限公司、中国盐业集团有限公司物资分公司、中建材卓材科技(北京) 有限公司(中国建材集团采购交易中心)、中交(厦门) 电子商务有限公司、内蒙古能源集团有限公司、北京京能招标集采中心有限责任公司、山东能源集团有限公司、江苏省国信集团有限公司、安徽省新能创业投资有限责任公司、北京城市轨道交通咨询有限公司、包头市必得招标有限公司、河南安钢招标代理有限公司、淮北矿业股份有限公司物资分公司、江苏省招标中心有限公司、安徽省招标集团股份有限公司。(更多采购单位参编征集中)

本文件主要参与起草的设计咨询单位: 中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司、中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司、中国能源建设集团安徽省电力设计院有限公司、中国能源建设集团云南省电力设计院有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国电建集团河南省电力勘测设计院有限公司、四川电力设计咨询有限责任公司、国核电力规划设计研究院有限公司、龙源(北京) 新能源工程设计研究院有限公司、上海勘测设计研究院有限公司、中水东北勘测设计研究有限责任公司、深圳市建筑设计研究总院有限公司、安徽省城建设计研究总院股份有限公司、合肥工业大学设计院(集团) 有限公司、华信咨询设计研究院有限公司。(更多设计咨询单位参编征集中)

本文件主要参与起草的检测、认证及相关技术服务机构: 。(更多检测、认证及相关技术服务机构参编征集中)

本文件主要参与起草的产品生产经营单位: 。(更多产品生产经营单位参编征集中)

本文件主要起草人：。

本文件主要审查人：。

本文件为首次发布。

本文件著作权、专利权等知识产权和相关数据成果归中国招标投标协会所有。中国招标投标协会会员单位可以无偿引用和自行使用本文件。其他单位使用本文件，须向中国招标投标协会提交遵守协会章程、技术标准和相关行为自律规范的承诺书。任何单位和个人基于本文件研发和推广应用相关技术和服务的数字化产品，应当与中国招标投标协会共同商定研制和共享数字化产品的技术实施方案以及专有或专利技术成果。

本文件修订意见与建议请反馈至邮箱：[biaozhun@wuzi.cn](mailto:biaozhun@wuzi.cn)、[ctba2005@163.com](mailto:ctba2005@163.com)。为方便会员单位编辑使用，本文件免费提供 WORD、PDF 等电子文档，欢迎联系获取，联系邮箱：[18901103663@189.cn](mailto:18901103663@189.cn)。



## 引 言

本文件为 T/CTBA 006《电线电缆采购技术规范》的第 13 部分。T/CTBA 006《电线电缆采购技术规范》是中国招标投标协会为解决企业电线电缆采购共性需求，推动构建全国统一大市场和高标准市场体系而组织产业链相关单位编制的关于电线电缆产品采购一般性技术要求的文件，拟由以下 24 个部分构成：

- 第 1 部分 光伏发电系统用直流电缆；
- 第 2 部分 塑料绝缘控制电缆；
- 第 3 部分 低压电力电缆（0.6/1kV、1.8/3kV）；
- 第 4 部分 中压电力电缆（6kV~35kV）；
- 第 5 部分 高压电力电缆（66kV）；
- 第 6 部分 高压电力电缆（110kV）；
- 第 7 部分 高压电力电缆（220kV）；
- 第 8 部分 计算机与仪表屏蔽电缆；
- 第 9 部分 热电偶用补偿导线与电缆；
- 第 10 部分 通信电缆（市话、射频）；
- 第 11 部分 塑料绝缘电线和软线；
- 第 12 部分 输电线路导线、地线；
- 第 13 部分 风力发电用耐扭曲软电缆（35kV 及以下）；
- 第 14 部分 光纤光缆；
- 第 15 部分 海底电力电缆（6kV~35kV）；
- 第 16 部分 海底电力电缆（66kV）；
- 第 17 部分 海底电力电缆（110kV）；
- 第 18 部分 海底电力电缆（220kV）；
- 第 19 部分 采煤机用电缆；
- 第 20 部分 煤矿用移动软电缆；
- 第 21 部分 煤矿用移动金属屏蔽监视型橡套软电缆；

——第 22 部分 煤矿用控制电缆；

——第 23 部分 煤矿固定敷设用电力电缆；

——第 24 部分 煤矿用通信电缆。

本文件对当前国内额定电压 35 kV 及以下风力发电用耐扭曲软电缆产品的采购需求进行了规范，并协调了相关产品标准中的技术要求和评价方法，给出了统一的产品结构和性能要求，为风力发电用耐扭曲软电缆招标采购前的技术规范书编制和合同履行期间的产品质量验收提供了科学参考依据。

本文件建议使用方式如下。

(1) 全文引用。如应用场景完全趋同或基本趋同，经招标采购人结合项目具体特点和实际需求科学论证一致后，可作为招标采购技术规范以及采购合同之附件全文引用。

(2) 修改引用。如应用场景稍有区别，招标采购人可根据项目具体特点和实际需求自行修订、论证使用。

(3) 选择引用。发电企业、煤矿企业或其他行业企业电线电缆招标采购，可根据项目具体特点和实际需求，参考或选择性采用本文件相关部分内容，自行编制项目采购需求。

本文件为通用性采购技术指引，仅供招标采购人参考使用。招标采购人编制项目采购需求时，宜充分履行采购主体责任，联合设计、咨询、检测、认证等专业机构，根据项目技术特征、应用场景及履约要求，结合材料设备选型参数、技术性能指标及现场实际条件进行系统化论证和适应性调整。本文件所含技术条款不具有法定约束力，任何单位或个人因引用、采纳、调整或不当使用本文件内容引发技术争议、法律纠纷及经济损失等均自行承担。

# 电线电缆采购技术规范

## 第 13 部分：风力发电用耐扭曲软电缆（35kV 及以下）

### 1 范围

本文件规定了风力发电用耐扭曲软电缆（35 kV 及以下）招标采购的总体要求、通用技术规范（通用要求，产品型号和相关要求，检测和试验，现场服务、工厂检验、监造及验收，产品标志、包装、运输和保管，投标时应提供的其他材料）和专用技术规范（工程概况及使用条件、项目需求部分、技术参数和性能要求、供应商响应部分）等内容。

本文件适用于风力发电用耐扭曲软电缆（35 kV 及以下）招标采购活动，供招标采购人和供应商参考使用。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.17 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ka：盐雾

GB/T 2423.18 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Ka：盐雾，交变（氯化钠溶液）

GB/T 2951.11 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 11 部分：通用试验方法——厚度和外形尺寸测量——机械性能试验

GB/T 2951.12 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 12 部分：通用试验方法——热老化试验方法

GB/T 2951.13 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 13 部分：通用试验方法——密度测定方法——吸水试验——收缩试验

GB/T 2951.14 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 14 部分：通用试验方法——低温试验

GB/T 2951.21 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 21 部分：弹性体混合料专用试验方法——耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验

GB/T 2951.31 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 31 部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法——高温压力试验——抗开裂试验

GB/T 3048.4 电线电缆电性能试验方法 第 4 部分：导体直流电阻试验

GB/T 3048.5 电线电缆电性能试验方法 第 5 部分：绝缘电阻试验

GB/T 3048.9 电线电缆电性能试验方法 第 9 部分：绝缘线芯火花试验

GB/T 3048.12 电线电缆电性能试验方法 第 12 部分：局部放电试验

GB/T 3048.13 电线电缆电性能试验方法 第 13 部分：冲击电压试验

GB/T 3048.14 电线电缆电性能试验方法 第 14 部分：直流电压试验

GB/T 3956 电缆的导体

GB/T 4909.2 裸电线试验方法 第 2 部分：尺寸测量

GB/T 6995.1 电线电缆识别标志方法 第 1 部分：一般规定

GB/T 6995.3 电线电缆识别标志方法 第 3 部分：电线电缆识别标志

GB/T 16927.1 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求

GB/T 18380.12 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 12 部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验 1kW 预混合型火焰试验方法

GB/T 18380.35 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C 类

GB/T 29631 额定电压 1.8/3kV 及以下风力发电用耐扭曲软电缆

GB/T 33606 额定电压 6kV ( $U_m=7.2kV$ ) 到 35kV ( $U_m=40.5kV$ ) 风力发电用耐扭曲软电缆

JB/T 8137 (所有部分) 电线电缆交货盘

JB/T 10696.7 电线电缆机械和理化性能试验方法 第 7 部分：抗撕试验

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**招标采购人** **procuring entity**

提出招标采购项目，使用招标方式或非招标方式进行采购的法人或非法人组织。

3.2

**供应商** **supplier**

响应招标采购、参加项目标的招标采购竞争的法人或者非法人组织。

3.3

**卖方** **seller**

出售货物和技术服务的法人或非法人组织。

3.4

**买方** **buyer**

购买货物和技术服务的法人或非法人组织。

3.5

**例行试验** **routine test**

**R**

由制造方在成品电缆的所有制造长度上进行的试验，以检验电缆是否符合规定的要求。

注：在本文件中，例行试验由制造商自行组织，必要时根据买方要求进行。

3.6

**抽样试验** **sample test**

**S**

由制造方按照规定的频次在成品电缆试样上或取自成品电缆的元件上进行的试验，以检验电缆是否符合规定的要求。

注：在本文件中，抽样试验由制造方自行组织，必要时由买方组织或委托第三方进行。

3.7

**型式试验** **type test**

**T**

在一般工业生产基础上供应电缆之前进行的试验，以证明电缆具有满足预期使用条件的良好性能。

### 3.8

#### 额定电压 rated voltage

电缆设计、使用和进行电性能试验用的基准电压。

注：用 $U_0/U$  ( $U_m$ ) 表示，单位为千伏 (kV)。  $U_0$ 为电缆设计用的导体与金属屏蔽或金属套之间的额定电压有效值；

$U$ 为电缆设计用的导体之间的额定电压有效值；  $U_m$ 为设备最高工作电压有效值。

### 3.9

#### 风力发电用耐扭曲软电缆 flexible torsion resistant cables for wind turbines

适用于风力发电设备中涡轮机和塔筒连接处或其类似场合，额定电压  $U_0/U$  为 35 kV 及以下的耐扭曲软电缆。

## 4 总体要求

4.1 招标采购人应明确通用技术规范和专用技术规范要求。

4.2 通用技术规范和专用技术规范内容宜明确实现项目目标的所有技术要求，功能和质量指标的設置宜充分考虑可能影响供应商报价和项目实施风险的因素。

4.3 通用技术规范宜包括通用要求，产品型号和相关要求，检测和试验，现场服务，工厂检验，监造及验收，产品标志、包装、运输和保管等内容；专用技术规范宜包括工程概况及使用条件、项目需求部分、技术参数和性能要求、供应商响应部分等内容。

4.4 本文件尚未提出绿色低碳采购技术要求，鼓励招标采购人对产品碳排放、碳足迹和碳标签等绿色低碳提出要求，确保产品遵循全生命周期绿色低碳管理，满足国家“双碳”目标。对绿色低碳的技术要求建议包括但不限于原材料、生产制造工艺、包装、物流、销售、服务、回收和再利用等环节。

## 5 通用技术规范

### 5.1 通用要求

#### 5.1.1 一般规定

通用要求宜明确工作范围，进度要求，对技术资料、图样、产品说明书和试验报告的要求，供应商应提交的技术参数和信息，应执行的标准，备品备件，专用工具和仪器仪表，安装、调试、试运行和验收，售后服务及培训。

## 5.1.2 工作范围

工作范围宜包括但不限于符合本文件规定的各类试验、工厂检验、运输、安装、调试、试运行、验收和质保等。

## 5.1.3 进度要求

5.1.3.1 采购需求中，应要求供应商提供进度计划，进度计划应包括生产计划和生产进度表。

5.1.3.2 生产进度表应包括说明设计、试验、材料采购、制造、工厂检验、抽样检验及装运等内容。

5.1.3.3 采购需求中，宜约定生产计划和生产进度表的提交时间与提交方式。如无特别约定，卖方应在合同签订后将生产计划和生产进度表以书面或电子形式通知买方，并得到买方确认。合同电缆数量较大或合同电缆用于买方认为重要的项目时，应在双方签约时确认生产计划和生产进度表。

## 5.1.4 对技术资料、图样、产品说明书和试验报告的要求

5.1.4.1 采购需求中，应要求供应商提供技术资料、图样、产品说明书和试验报告。技术资料、图样、产品说明书和试验报告应符合 5.1.4.2~5.1.4.5 的要求。

5.1.4.2 技术资料 and 图样宜在生产开始之前提交。

5.1.4.3 对于买方为满足要求直接作出的修改，卖方应重新提交修改的文件。所有经确认的文件都应对修改内容加标注的专栏，经修改的文件应用红色箭头或其他清楚的形式指出修改的地方（注明更改前和更改后），应在文件的适当地方写上买方的名称、标题、卖方的专责工程师的签名、批准日期和相应的文件编号。图样和文件的尺寸宜为210mm×297mm（A4纸），同时应将修改的图样和文件提交给买方。

5.1.4.4 产品说明书应包括但不限于下列各项：

- a) 简要概述；
- b) 结构图；
- c) 型号；
- d) 结构尺寸；
- e) 技术参数；
- f) 适用范围、使用环境；
- g) 安装；

- h) 维护;
- i) 运输;
- j) 贮存。

5.1.4.5 试验报告应包括型式试验报告, 需要时提供特殊试验报告。型式试验报告应由具有资质的第三方专业检验机构出具, 且与所招标采购型号规格相同或相近。

### 5.1.5 供应商应提交的技术参数和信息

5.1.5.1 采购需求中, 应要求供应商按本文件专用技术规范部分列举的项目逐项提供技术参数, 供应商提供的技术参数应为产品的性能保证参数, 可作为合同的一部分。如与招标采购人所要求的技术参数有差异, 还应写入技术偏差表中。

5.1.5.2 采购需求中, 可要求供应商提供电缆的特性参数和其他需要提供的信息。

### 5.1.6 应执行的标准

采购需求中, 可要求卖方按表 1 列出的标准和规范提供产品和技术服务。如标准内容有争议, 应按最高标准的条款执行或按双方商定的标准执行。如果卖方选用本文件规定以外的标准, 需提交与本文件规定标准相当的或优于本文件规定标准的证明, 同时提供与本文件规定标准的差异说明。

表 1 执行标准一览表

序号	标准号	标准名称
1	T/CTBA 006.13	电线电缆采购技术标准 第 13 部分: 风力发电用耐扭曲软电缆
2	GB/T 29631	额定电压 1.8/3kV 及以下风力发电用耐扭曲软电缆
3	GB/T 33606	额定电压 6kV ( $U_m=7.2kV$ ) 到 35kV ( $U_m=40.5kV$ ) 风力发电用耐扭曲软电缆

### 5.1.7 备品备件

5.1.7.1 采购需求中, 应要求卖方提供运行维修时必需的备品备件和推荐的备品备件。备品备件应符合 5.1.7.2 和 5.1.7.3 的规定。

5.1.7.2 所有备品备件应为全新产品, 与已安装材料及设备的相应部件应能够互换, 且具有相同的技术规范和相同的规格、材质和制造工艺。

5.1.7.3 所有备品备件应采取防尘、防潮和防止损坏等措施, 应与中标产品一并发运, 同时标注“备品备件”。

### 5.1.8 专用工具和仪器仪表

5.1.8.1 采购需求中，应要求卖方提供安装时必需的专用工具和仪器仪表（如需要）、运行维修时必需的专用工具和仪器仪表（如需要）和可能使用的专用工具和仪器仪表（如需要）。专用工具和仪器仪表应符合 5.1.8.2 和 5.1.8.3 的规定。

5.1.8.2 所有专用工具和仪器仪表（如有）应是全新的、先进的，且应附完整、详细的使用说明资料。

5.1.8.3 专用工具和仪器仪表（如有）应装于专用的包装箱内，注明“专用工具”“仪器”“仪表”，并标明“防潮”“防尘”“易碎”“向上”“勿倒置”等字样，同中标产品一并发运。

### 5.1.9 安装、调试、试运行和验收

5.1.9.1 采购需求中，应要求卖方提供合同产品安装、调试、试运行和验收服务。合同产品安装、调试的技术文件和安装使用说明书应符合 5.1.9.2 的规定，试运行和验收的规程应符合 5.1.9.3 的规定。

5.1.9.2 技术文件和安装使用说明书应由卖方提供。

5.1.9.3 验收宜在安装、调试和试运行并稳定运行 72h（该时长也可由双方根据工程情况协商而定）后进行。

### 5.1.10 售后服务

5.1.10.1 采购需求中，应要求卖方提供售后服务，如无特别约定，售后服务应符合 5.1.10.2 的规定。

5.1.10.2 售后服务应包括提供安装、验收和使用过程中的技术服务支持。卖方应在合同签订后指定负责本工程的项目经理，以协调工程进度、设计制造、图样文件、包装运输、现场调试验收和服务及培训等。电缆在安装、验收和使用过程中出现问题，卖方应派专业技术人员赶往现场进行勘察了解具体情况，分析原因，解决问题。如确属卖方质量问题，应实行包修、包换、包退。

## 5.2 产品型号和相关要求

采购需求中，应要求卖方提供符合本文件附录 A 规定的产品型号。

### 5.3 检测和试验

风力发电用耐扭曲软电缆产品的相关检测和试验要求应符合本文件附录 A 的规定。

## 5.4 现场服务、工厂检验、监造及验收

### 5.4.1 现场服务

5.4.1.1 采购需求中，应要求卖方提供工程现场服务。现场服务应符合 5.4.1.2~5.4.1.6 的规定。

5.4.1.2 卖方在工程现场的服务人员称为卖方现场代表。在产品进行安装前，卖方应提供现场代表名单、资质，并得到买方确认。

5.4.1.3 卖方现场代表应具备督导安装、负责调试、投运等工作的相应资质和经验。卖方应指定一名本工程的现场首席代表作为卖方的全权代表，首席代表应具有整个工程的代表权和决定权，买方与首席代表的一切联系均应视为是与卖方的直接联系。在现场安装调试及验收期间，应至少有一名现场代表留在现场。

5.4.1.4 在买方认为现场代表的服务不能满足工程需要时，可取消对其资质的认可，卖方应及时提出替代的现场代表，并应得到买方确认，卖方承担由此引起的一切费用。因下列原因而使现场服务的时间和人员数量增加，所引起的一切费用应由卖方承担：

- a) 产品质量原因；
- b) 现场代表的健康原因；
- c) 卖方自行要求增加人、日数。

5.4.1.5 卖方应提供现场技术服务承诺表，见表 2。

表 2 卖方现场技术服务承诺表

序号	技术服务内容	总计划天数 d	派出人员构成		备注
			职称	人数	
1	到货时，对产品外观及数量进行检验				
2	对使用单位的技术人员、设备操作人员和维护人员进行技术培训				
3	设备安装期间，进行现场安装指导				
4	质保期内，更换损坏的元配件				
5	设备投运后，保证售后服务响应时间				

5.4.1.6 卖方应提供现场服务人员基本情况表，见表 3。

表 3 卖方现场技术服务人员基本情况表

姓名		性别		年龄	
学历		岗位		职称	
工作年限		擅长领域			
工作经历					

荣誉奖项	
主要服务项目	
供应商签章	<p>我公司郑重承诺上述内容属实。</p> <p>供应商名称（盖章）：</p>
<p>注：如有多名服务人员，按照本表要求填写并依次提交。</p>	

#### 5.4.2 工厂检验和监造

5.4.2.1 采购需求中，应要求卖方提供工厂检验和监造服务，其提供的服务应符合 5.4.2.2~5.4.2.10 的要求

5.4.2.2 卖方应在工厂生产开始前用信件、电传或电子邮件通知买方，并经买方书面确认。必要时，买方应派遣监造工程师或代表对电缆全生产周期质量进行监控，对各工艺阶段的检验和测试以及包装运输等进行过程监督，卖方应提供充分的便利条件。派遣代表身份应以书面形式通知卖方。

5.4.2.3 在产品制造过程的开始和各阶段之前，卖方应随时向买方进行报告以便能安排监造和检验。

5.4.2.4 买方代表将根据本文件的要求对工艺过程、抽样检验和例行试验等过程进行监督，若发现合同电缆不符合本文件的要求，可拒收，卖方应及时安排重新生产等事宜，并按双方协商的时间供货。对于买方代表提出的意见和建议，卖方应采取必要措施。买方代表自始至终应有权进入制造产品的工厂和现场，卖方应向买方代表提供充分方便，以使其不受限制地检查卖方所应进行的检验和在生产过程中进行质量监造。买方的检查和监造并不代替或减轻卖方对检验结果和生产质量应担负的责任。

5.4.2.5 除非买方用书面通知免于检验，否则不应有从制造厂发出未经检查和检验的货物，在任何情况下都只能在全部分完成本文件中所规定的所有检验之后，才能发运这些货物。

5.4.2.6 若买方不派代表参加上述试验，卖方应在接到买方关于不派人员到卖方和（或）其分包商工厂的通知后，或买方未按时派遣人员参加的情况下，自行组织检验。

5.4.2.7 货物装运之前，应向买方提交 6 份检验报告，其中应有 1 份为原件；或相关要求由供需双方协商确定。

5.4.2.8 合同电缆在发货状态或者电缆在运到买方指定仓库或敷设现场后，买方应有权进行抽查检验，卖方不应因为该电缆已由买方代表监造或者发货前已由买方代表通过验收作为理由而受到限制。买方代表参加工厂试验，包括会签任何试验结果，既不应免除卖方按合同规定应负的责任，也不应代替电缆到

达现场后买方对其进行的检验。

5.4.2.9 每盘电缆都应附有产品质量验收合格证，合格证的序列号应具有生产过程记录的可追溯性。

5.4.2.10 每批次电缆都应附有出厂试验报告单。

### 5.4.3 交付与验收

5.4.3.1 采购需求中，应明确卖方交付与验收时提供的文件内容及相关服务。卖方提供的文件内容应符合 5.4.3.2 的规定；卖方提供的相关服务应符合 5.4.3.3~5.4.3.7 的规定。

5.4.3.2 电缆交付时卖方提供的文件内容应包括但不限于：

- a) 整批电缆附有发货清单（电缆盘数和每盘电缆长度等）；
- b) 每批次电缆附有产品出厂规定的试验报告单；
- c) 每盘电缆附有卖方提供的产品质量检验出厂合格证；
- d) 符合本文件要求的产品说明书；
- e) 符合本文件要求的型式试验报告；
- f) 若适用，提供产品满足在特殊环境下使用的相关证明。

5.4.3.3 在货物到达目的地以后，买卖双方应在目的地按提货单对所收到货物的数量进行核对，并检查货物在装运和卸货时是否受损坏。若货物的数量和外观情况与合同不符，卖方应按买方要求免费改正或替换货物。

5.4.3.4 买卖双方应联合进行到货后的包装及外观检查，如目测包装破损、挤压情况及破损、挤压部位电缆的机械损伤等情况。当外观检查有怀疑时，应进行受潮判断或试验。有异常时，双方应根据实际情况协商处理。

5.4.3.5 买卖双方应联合进行产品结构尺寸检查验收。

5.4.3.6 如有可能，买卖双方应联合按有关规定进行抽样试验。

5.4.3.7 合同货物的交货数量允许误差应为  $\pm 0.2\%$ 。

### 5.4.4 现场抽检

5.4.4.1 采购需求中，应要求卖方提供现场抽检服务。现场抽检应符合 5.4.4.2 的规定。

5.4.4.2 到货后，买卖双方应确定抽检项目和抽检比例，样品长度不应小于检测项目所需最小长度。样品委托第三方的独立检测机构检验时，检验项目应为本文件所涉及内容。当抽样试验结果不合格时，应在同一批次电缆中取双倍数量的试样，对不合格项目进行第二次试验，仍不合格时，则应认定该批次电

缆不合格。

## 5.5 产品标志、包装、运输和保管

5.5.1 采购需求中,应要求卖方提供产品标识、包装、运输和保管等服务,其技术要求应符合 5.5.2~5.5.11 的规定。

5.5.2 成品电缆的护套表面上应有制造厂名、产品型号、额定电压、芯数及规格、连续计米印字和制造年、月的连续标志,标志应字迹清楚,清晰耐磨。电缆长度序列编号(以 1m 为基本单位的有效长度)的标记应连续,不应跳码。护套表面一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间距离不应超过 550mm。

5.5.3 除非另有规定,电缆应卷绕在符合 JB/T 8137 规定要求的电缆盘上交货,电缆卷绕应整齐,妥善包装;每个电缆盘上只能卷绕一根电缆(可由买卖双方协商每个盘具上的最多分段数)。电缆的两端应采用合适的密封处理,并牢靠地固定在电缆盘上。对于质量不超过 80kg 的短段电缆,可成圈包装。

5.5.4 卖方应满足买方提供的分段长度要求。如买方提供的分段要求需要合并为整段的情况,卖方应在整根电缆上按照买方的分段要求进行分段标记,并在合格证上注明该根电缆的分段顺序及长度。

5.5.5 在每盘电缆的外侧端应装有经采购方认可的敷设电缆时牵引用的拉眼或牵引螺栓。拉眼或牵引螺栓与电缆导体的连接,应能满足敷设电缆时的牵引方式和牵引该长度的电缆所需的机械强度。对机械强度的要求应由买方与卖方协商确定。

5.5.6 电缆盘的结构应牢固,根据使用场合可选择纯木盘或铁木盘。筒体部分应采用木质结构。每个电缆所卷绕的盘具内筒径不应小于电缆最小弯曲直径。电缆卷绕在电缆盘上后,外层用适宜的缓冲材料保护,以防运输或搬运过程中损伤电缆外护层,如采用竹帘、木护板,在其外表面还应用塑钢打包带或金属带扎紧。电缆盘应能承受所有在运输、现场搬运中可能遭受的外力作用或在任何气象条件下在户外储存 2 年以上。电缆盘应承受在安装或处理电缆时可能遭受的外力作用并不会损伤电缆及盘本身。

5.5.7 在运输电缆时,卖方应采取必要的防滚动、挤压和撞击措施,例如将电缆盘固定在木托盘上。卖方应对由于未将电缆或电缆盘正确地扣紧、密封、包装和固定而造成的电缆损伤负责。

5.5.8 电缆盘在装卸时应采用合适的装卸方式与专门的吊装工具以避免损坏电缆。

5.5.9 在电缆盘上应有但不限于下列文字和符号标志:

- a) 制造厂名称、产品名称、电缆盘号;
- b) 收货单位;
- c) 电缆的额定电压、型号和规格;
- d) 标准编号;

- e) 电缆长度 (以 m 计) ;
- f) 表示搬运电缆盘正确滚动方向的箭头和起吊点的符号;
- g) 必要的警告文字和符号;
- h) 制造日期;
- i) 外形尺寸、毛重和净重 (以 kg 计) 。

5.5.10 凡由于卖方包装不当、包装不充分或保管不善致使货物遭到损坏或丢失时, 不论在何时何地发现, 一经证实属卖方责任, 卖方均应负责及时修理、更换或赔偿。在运输中如发生货物损坏和丢失时, 卖方负责与承运部门及保险公司交涉, 同时卖方应及时向买方补供货物。

5.5.11 卖方应在货物装运前以适当方式将每批待交货电缆的型号、规格、数量、质量、交货方式及地点通知买方。

## 5.6 投标时应提供的其他资料

采购需求中, 应要求供应商提供电缆工艺控制表 (表 4)、主要生产设备清单 (表 5) 和主要试验设备清单 (表 6)。

**表 4 工艺控制表**

工艺环节	控制点	控制目标	控制措施
导体绞合			
绝缘工艺			
护套工艺			
不限于上述项目			

**表 5 主要生产设备清单**

序号	设备名称	型号	台数	安装投运时间	用途
1					
2					
3					

**表 6 主要试验设备清单**

序号	设备名称	型号	台数	安装投运时间	用途
1					
2					
3					

## 6 专用技术规范

### 6.1 工程概况及使用条件

#### 6.1.1 工程概况

采购需求中，应提供工程概况，包含：

- a) 项目名称；
- b) 项目单位；
- c) 项目地址；
- d) 项目设计单位；
- e) 电缆敷设位置；
- f) 交通运输情况。

具体格式见表 7。

表 7 工程概况表

序号	类别	买方提供
1	项目名称	(项目单位填写)
2	项目单位	(项目单位填写)
3	项目地址	(项目单位填写)
4	项目设计单位	(项目单位填写)
5	电缆敷设位置	(项目单位填写)
6	交通运输情况	(项目单位填写)

#### 6.1.2 使用条件

##### 6.1.2.1 使用环境条件

采购需求中，应提供使用环境条件表（表 8）。

表 8 使用环境条件表

序号	名称	单位	标准参考值	工程要求值
1	周围空气温度			
	极端最高温度	℃	+50	(项目单位填写)
	极端最低温度	℃	-40	(项目单位填写)
	最大日温差	K	70	(项目单位填写)

序号	名称	单位	标准参考值	工程要求值	
2	海拔	m	≤2000	(项目单位填写)	
3	太阳辐射强度 (户外)	W/cm <sup>2</sup>	0.1	(项目单位填写)	
4	电气污秽等级	级	D	(项目单位填写)	
5	覆冰厚度	mm	0~20	(项目单位填写)	
6	最大风速/最大风压 (户外)	(m/s) /Pa	≤34/700	(项目单位填写)	
7	湿度	日相对湿度平均值	%	≤95	(项目单位填写)
		月相对湿度平均值	%	≤90	(项目单位填写)
8	耐受地震能力 (水平加速度)	g	0.2	(项目单位填写)	

### 6.1.2.2 敷设条件、安装位置及环境

采购需求中，应提供敷设条件、安装位置及环境。敷设条件、安装位置及环境要求如下：

- a) 电缆直接敷设在室外/室内；
- b) 敷设前 24h 内的电缆允许敷设最低温度的平均温度以及敷设现场的温度不低于 0℃，对厂家如有特殊要求应详细说明；
- c) 敷设方式为机械牵引敷设或人工敷设。

### 6.1.2.3 使用技术条件 (使用特性)

采购需求中，应提供电缆使用技术条件表 (表 9)。

表 9 电缆使用技术条件 (使用特性) 表

名称	通用参考值	工程要求参数值
a) 电缆额定工作电压		(项目单位填写)
b) 最小弯曲半径	—	—
1) 敷设安装时		(项目单位填写)
2) 电缆运行时		(项目单位填写)
c) 运行温度	—	—
1) 长期正常运行		(项目单位填写)
2) 短路 (最长时间 5s)		(项目单位填写)
d) 电缆使用寿命		(项目单位填写)

## 6.2 项目需求部分

### 6.2.1 货物需求及供货范围一览表

采购需求中，应提供货物需求及供货范围表（表 10）。

**表 10 货物需求及供货范围一览表**

序号	材料名称	单位	项目单位需求		供应商响应		备注
			型号和规格	数量	型号和规格	数量	
1							
2							
3							
4							

### 6.2.2 必备的备品备件、专用工具和仪器仪表供货表

6.2.2.1 采购需求中，应提供必备备品备件表（表 11）。

**表 11 必备备品备件供货表**

序号	名称	单位	项目单位要求		供应商响应		备注
			型号和规格	数量	型号和规格	数量	
1							
2							
3							
4							

6.2.2.2 采购需求中，应提供必备专用工具表（表 12）。

**表 12 必备专用工具供货表**

序号	名称	单位	项目单位要求		供应商响应		备注
			型号和规格	数量	型号和规格	数量	
1							
2							
3							
4							

6.2.2.3 采购需求中，应提供必备仪器仪表供货表（表 13）。

表 13 必备仪器仪表供货表

序号	名称	单位	项目单位要求		供应商响应		备注
			型号和规格	数量	型号和规格	数量	
1							
2							
3							
4							

### 6.2.3 供应商应提供的有关资料

采购需求中，应提供设计图样及资料表。设计图样及资料应符合表 14 的规定。

表 14 供应商应提供的设计图样及资料一览表

文件资料名称	提交份数		交付时间
	纸质版	电子版	
a) 有关设计资料			
• 电缆结构图及说明	6	1	交货前
• 电缆盘结构图	6	1	交货前
• 牵引头和封帽的结构图（如果有约定）	6	1	交货前
• 线盘包装图	6	1	交货前
• 线盘起吊尺寸图	6	1	交货前
b) 电缆放线说明	6	1	交货前
c) 型式试验报告及出厂试验报告			
根据电缆的不同要求提供不同的型式试验报告	6	1	交货前
注：要求为中文版本。			

## 6.3 技术参数和性能要求

### 6.3.1 通则

采购需求中，应要求供应商应认真勾选和填写表 15~表 19 中供应商保证值，不允许改动标准参数值。如有偏差，应填写表 20 技术偏差表；如无偏差，应在技术偏差表中填写“无偏差”。

### 6.3.2 电缆结构参数

风力发电用耐扭曲软电缆结构参数见表 15 和表 16。

表 15 低压风力发电用耐扭曲软电缆结构参数表

序号	项目		单位	标准参数值		供应商保证值	备注
1	导体	材料		退火铜线		<input type="checkbox"/>	
		材料生产厂家及牌号		(供应商填写)		<input type="checkbox"/>	
		芯数×标称截面积	芯×mm <sup>2</sup>	1× (1.5~400)	<input type="checkbox"/>	450/750 V 0.6/1kV	
				2× (1~95)	<input type="checkbox"/>		
				3× (1~300)	<input type="checkbox"/>		
				3× (4~185)+1× (2.5~95)	<input type="checkbox"/>		
				4× (1~300)	<input type="checkbox"/>		
				5× (1~95)	<input type="checkbox"/>		
				(6~36)× (0.75~4)	<input type="checkbox"/>		
				1× (10~400)	<input type="checkbox"/>		
	3× (10~240)	<input type="checkbox"/>	1.8/3kV				
	结构形式		圆形绞合或束绞		<input type="checkbox"/>		
	导体单丝最大直径	mm	对应标称截面积/mm <sup>2</sup>	导体内最大单线直径			
			0.75、1.0	0.21	<input type="checkbox"/>		
			1.5、2.5	0.26	<input type="checkbox"/>		
4、6			0.31	<input type="checkbox"/>			
6 mm <sup>2</sup>			0.31	<input type="checkbox"/>			
10~50			0.41	<input type="checkbox"/>			
70~400			0.51	<input type="checkbox"/>			
2	绝缘	材料		EPR-90、EPR-105、G		<input type="checkbox"/>	
		材料生产厂家及牌号		(供应商填写)		<input type="checkbox"/>	
		标称厚度	mm	对应标称截面积/mm <sup>2</sup>	标称厚度		
				0.75	0.7	<input type="checkbox"/>	
				1	0.8	<input type="checkbox"/>	
				1.5	0.8	<input type="checkbox"/>	
				2.5	0.9	<input type="checkbox"/>	
				4	1.0	<input type="checkbox"/>	
				6	1.0	<input type="checkbox"/>	
				10	1.2	<input type="checkbox"/>	
	16			1.2	<input type="checkbox"/>		
	25			1.4	<input type="checkbox"/>		
	35			1.4	<input type="checkbox"/>		
	50			1.6	<input type="checkbox"/>		
	70	1.6	<input type="checkbox"/>				
				450/750 V 0.6/1kV			

序号	项目		单位	标准参数值		供应商保证值	备注			
				95	1.8	<input type="checkbox"/>				
				120	1.8	<input type="checkbox"/>				
				150	2.0	<input type="checkbox"/>				
				185	2.2	<input type="checkbox"/>				
				240	2.4	<input type="checkbox"/>				
				300	2.6	<input type="checkbox"/>				
				400	2.8	<input type="checkbox"/>				
				10	2.1	<input type="checkbox"/>		1.8/3kV		
				16	2.1	<input type="checkbox"/>				
				25	2.2	<input type="checkbox"/>				
				35	2.2	<input type="checkbox"/>				
				50	2.2	<input type="checkbox"/>				
				70	2.2	<input type="checkbox"/>				
				95	2.4	<input type="checkbox"/>				
				120	2.4	<input type="checkbox"/>				
				150	2.6	<input type="checkbox"/>				
				185	2.6	<input type="checkbox"/>				
				240	2.8	<input type="checkbox"/>				
				300	2.8	<input type="checkbox"/>				
				400	3.0	<input type="checkbox"/>				
	最薄点厚度不小于	mm	标称值×90%-0.1		<input type="checkbox"/>					
3	护套	材料		SH-90、SH-105、G、TPU、TPV		<input type="checkbox"/>				
		标称厚度	mm	对应规格/ 芯×mm <sup>2</sup>	450/750 V 0.6/1 kV		1.8/3 kV			
					SH-90、 SH-105 、G、 TPV	TPU	SH-90、 SH-105 、G、 TPV	TPU		
				1×1.5	1.4	0.9	—	—	<input type="checkbox"/>	
				1×2.5	1.4	0.9	—	—	<input type="checkbox"/>	
				1×4	1.5	1.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
				1×6	1.6	1.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
				1×10	1.8	1.2	1.8	1.2	<input type="checkbox"/>	
				1×16	1.9	1.2	1.9	1.2	<input type="checkbox"/>	
				1×25	2.0	1.3	2.0	1.3	<input type="checkbox"/>	
				1×35	2.2	1.4	2.2	1.4	<input type="checkbox"/>	
				1×50	2.4	1.5	2.4	1.5	<input type="checkbox"/>	
				1×70	2.6	1.6	2.6	1.6	<input type="checkbox"/>	

序号	项目	单位	标准参数值				供应商 保证值	备注	
			1×95	2.8	1.8	2.8	1.8	<input type="checkbox"/>	
			1×120	3.0	2.0	3.0	2.0	<input type="checkbox"/>	
			1×150	3.2	2.1	3.2	2.1	<input type="checkbox"/>	
			1×185	3.4	2.2	3.4	2.2	<input type="checkbox"/>	
			1×240	3.5	2.3	3.5	2.3	<input type="checkbox"/>	
			1×300	3.6	2.4	3.6	2.4	<input type="checkbox"/>	
			1×400	3.8	2.5	3.8	2.5	<input type="checkbox"/>	
			2×1	1.3	0.9	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×1.5	1.5	1.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×2.5	1.7	1.1	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×4	1.8	1.2	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×6	2.0	1.3	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×10	3.1	2.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×16	3.3	2.1	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×25	3.6	2.3	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×35	3.8	—	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×50	4.2	—	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×70	4.6	—	—	—	<input type="checkbox"/>	
			2×95	5.0	—	—	—	<input type="checkbox"/>	
			3×1	1.4	0.9	—	—	<input type="checkbox"/>	
			3×1.5	1.6	1.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
			3×2.5	1.8	1.1	—	—	<input type="checkbox"/>	
			3×4	1.9	1.2	—	—	<input type="checkbox"/>	
			3×6	2.1	1.4	—	—	<input type="checkbox"/>	
			3×10	3.3	2.1	3.3	2.1	<input type="checkbox"/>	
			3×16	3.5	2.3	3.5	2.3	<input type="checkbox"/>	
			3×25	3.8	2.5	3.8	2.5	<input type="checkbox"/>	
			3×35	4.1	2.7	4.1	2.7	<input type="checkbox"/>	
			3×50	4.5	2.9	4.5	2.9	<input type="checkbox"/>	
			3×70	4.8	3.1	4.8	3.1	<input type="checkbox"/>	
			3×95	5.3	3.4	5.3	3.4	<input type="checkbox"/>	
			3×120	5.6	3.6	5.6	3.6	<input type="checkbox"/>	
			3×150	6.0	3.8	6.0	3.8	<input type="checkbox"/>	
			3×185	6.4	4.0	6.4	4.0	<input type="checkbox"/>	
			3×240	7.1	4.5	7.1	4.5	<input type="checkbox"/>	
			3×300	7.7	4.8	—	—	<input type="checkbox"/>	

序号	项目		单位	标准参数值				供应商 保证值	备注	
				3×4+1×2.5	2.0	1.3	—	—	□	
				3×6+1×4	2.3	1.5	—	—	□	
				3×10+1×6	3.4	2.2	—	—	□	
				3×16+1×10	3.6	2.4	—	—	□	
				3×25+1×16	4.0	2.6	—	—	□	
				3×35+1×16	4.3	2.8	—	—	□	
				3×50+1×25	4.8	3.1	—	—	□	
				3×70+1×35	5.0	3.2	—	—	□	
				3×95+1×50	5.5	3.5	—	—	□	
				3×120+1×70	5.8	3.7	—	—	□	
				3×150+1×70	6.3	4.0	—	—	□	
				3×185+1×95	6.8	4.3	—	—	□	
				4×1	1.5	1.0	—	—	□	
				4×1.5	1.7	1.1	—	—	□	
				4×2.5	1.9	1.2	—	—	□	
				4×4	2.0	1.3	—	—	□	
				4×6	2.3	1.5	—	—	□	
				4×10	3.4	2.2	—	—	□	
				4×16	3.6	2.4	—	—	□	
				4×25	4.1	2.7	—	—	□	
				4×35	4.4	2.8	—	—	□	
				4×50	4.8	3.1	—	—	□	
				4×70	5.2	3.3	—	—	□	
				4×95	5.9	3.7	—	—	□	
				4×120	6.0	3.8	—	—	□	
				4×150	6.5	4.1	—	—	□	
				4×185	7.0	4.4	—	—	□	
				4×240	7.7	4.8	—	—	□	
				4×300	8.4	5.2	—	—	□	
				5×1	1.6	1.0	—	—	□	
				5×1.5	1.8	1.1	—	—	□	
				5×2.5	2.0	1.3	—	—	□	
				5×4	2.2	1.4	—	—	□	
				5×6	2.5	1.6	—	—	□	
				5×10	3.6	2.3	—	—	□	
				5×16	3.9	2.5	—	—	□	

序号	项目		单位	标准参数值				供应商 保证值	备注	
				5×25	4.4	2.8	—	—	□	
				5×35	4.6	—	—	—	□	
				5×50	5.2	—	—	—	□	
				5×70	5.7	—	—	—	□	
				5×95	6.3	—	—	—	□	
				6×0.75	2.3	1.5	—	—	□	
				6×1	2.4	1.6	—	—	□	
				6×1.5	2.5	1.6	—	—	□	
				6×2.5	2.7	1.8	—	—	□	
				6×4	2.9	1.9	—	—	□	
				12×0.75	2.6	1.8	—	—	□	
				12×1	2.7	1.8	—	—	□	
				12×1.5	2.9	1.9	—	—	□	
				12×2.5	3.1	2.1	—	—	□	
				12×4	3.5	2.3	—	—	□	
				18×0.75	2.8	1.9	—	—	□	
				18×1	3.0	1.9	—	—	□	
				18×1.5	3.2	2.1	—	—	□	
				18×2.5	3.5	2.3	—	—	□	
				18×4	3.9	2.5	—	—	□	
				24×0.75	3.1	2.1	—	—	□	
				24×1	3.3	2.1	—	—	□	
				24×1.5	3.5	2.3	—	—	□	
				24×2.5	3.9	2.6	—	—	□	
				24×4	4.3	2.6	—	—	□	
				36×0.75	3.3	2.3	—	—	□	
				36×1	3.6	2.5	—	—	□	
				36×1.5	3.8	2.5	—	—	□	
				36×2.5	4.3	2.9	—	—	□	
				36×4	4.8	2.9	—	—	□	
		最薄点厚度 不小于	mm	标称值×90%-0.1				□		
4	外径	标称厚度	mm	对应规格/ 芯×mm <sup>2</sup>	SH-90、SH-105、 G、TPV		TPU		□	450/750 V 0.6/1kV
					下限	上限	下限	上限		
				1×1.5	5.7	7.1	4.8	5.9		
				1×2.5	6.3	7.9	5.4	6.7		

序号	项目		单位	标准参数值					供应商 保证值	备注
				1×4	7.2	9.0	6.3	7.8	<input type="checkbox"/>	
				1×6	7.9	9.8	6.7	8.4	<input type="checkbox"/>	
				1×10	9.5	11.9	8.3	10.5	<input type="checkbox"/>	
				1×16	10.8	13.4	9.5	11.7	<input type="checkbox"/>	
				1×25	12.7	15.8	11.4	14.1	<input type="checkbox"/>	
				1×35	14.3	17.9	12.7	16.0	<input type="checkbox"/>	
				1×50	16.5	20.6	14.8	18.4	<input type="checkbox"/>	
				1×70	18.6	23.3	16.6	20.9	<input type="checkbox"/>	
				1×95	20.8	26.0	18.8	23.6	<input type="checkbox"/>	
				1×120	22.8	28.6	20.8	26.3	<input type="checkbox"/>	
				1×150	25.2	31.4	23.1	28.9	<input type="checkbox"/>	
				1×185	27.6	34.4	25.2	31.7	<input type="checkbox"/>	
				1×240	30.6	38.3	28.2	35.6	<input type="checkbox"/>	
				1×300	33.5	41.9	31.1	39.2	<input type="checkbox"/>	
				1×400	37.4	46.8	34.9	43.8	<input type="checkbox"/>	
				2×1	7.7	10.0	6.9	9.0	<input type="checkbox"/>	
				2×1.5	8.5	11.0	7.6	9.8	<input type="checkbox"/>	
				2×2.5	10.2	13.1	9.0	11.6	<input type="checkbox"/>	
				2×4	11.8	15.1	10.6	13.7	<input type="checkbox"/>	
				2×6	13.1	16.8	11.8	15.1	<input type="checkbox"/>	
				2×10	17.7	22.6	15.6	19.9	<input type="checkbox"/>	
				2×16	20.2	25.7	17.9	22.8	<input type="checkbox"/>	
				2×25	24.3	30.7	21.8	27.6	<input type="checkbox"/>	
				2×35	27.2	34.4	—	—	<input type="checkbox"/>	
				2×50	31.6	39.8	—	—	<input type="checkbox"/>	
				2×70	35.8	45.1	—	—	<input type="checkbox"/>	
				2×95	40.2	51.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
				3×1	8.3	10.7	7.4	9.5	<input type="checkbox"/>	
				3×1.5	9.2	11.9	8.0	10.4	<input type="checkbox"/>	
				3×2.5	10.9	14.0	9.6	12.4	<input type="checkbox"/>	
				3×4	12.7	16.2	11.3	14.5	<input type="checkbox"/>	
				3×6	14.1	18.0	12.8	16.3	<input type="checkbox"/>	
				3×10	19.1	24.2	16.8	21.4	<input type="checkbox"/>	
				3×16	21.8	27.6	19.5	24.7	<input type="checkbox"/>	
				3×25	26.1	33.0	23.6	29.9	<input type="checkbox"/>	
				3×35	29.3	37.1	26.5	33.8	<input type="checkbox"/>	

序号	项目		单位	标准参数值					供应商 保证值	备注
				3×50	34.1	42.9	30.9	39.2	<input type="checkbox"/>	
				3×70	38.4	48.3	35.1	44.0	<input type="checkbox"/>	
				3×95	43.3	54.0	39.6	49.7	<input type="checkbox"/>	
				3×120	47.4	60.0	43.4	55.5	<input type="checkbox"/>	
				3×150	52.0	66.0	47.6	61.1	<input type="checkbox"/>	
				3×185	57.0	72.0	52.2	66.7	<input type="checkbox"/>	
				3×240	65.0	82.0	59.8	76.2	<input type="checkbox"/>	
				3×300	72.0	90.0	66.3	83.6	<input type="checkbox"/>	
				3×4+1×2.5	14.0	17.9	12.7	16.3	<input type="checkbox"/>	
				3×6+1×4	15.7	20.0	14.1	18.1	<input type="checkbox"/>	
				3×10+1×6	20.9	26.5	18.5	23.8	<input type="checkbox"/>	
				3×16+1×10	23.5	29.6	21.1	26.8	<input type="checkbox"/>	
				3×25+1×16	27.9	35.6	25.1	32.4	<input type="checkbox"/>	
				3×35+1×16	31.0	40.1	28.1	36.6	<input type="checkbox"/>	
				3×50+1×25	35.7	46.0	32.4	42.1	<input type="checkbox"/>	
				3×70+1×35	40.7	52.0	37.1	47.9	<input type="checkbox"/>	
				3×95+1×50	46.4	59.0	42.4	54.5	<input type="checkbox"/>	
				3×120+1×70	50.0	64.0	45.9	59.3	<input type="checkbox"/>	
				3×150+1×70	55.0	70.0	50.5	64.9	<input type="checkbox"/>	
				3×185+1×95	60.0	76.0	55.0	70.5	<input type="checkbox"/>	
				4×1	9.2	11.9	8.2	10.7	<input type="checkbox"/>	
				4×1.5	10.2	13.1	9.0	11.6	<input type="checkbox"/>	
				4×2.5	12.1	15.5	10.7	13.8	<input type="checkbox"/>	
				4×4	14.0	17.9	12.7	16.2	<input type="checkbox"/>	
				4×6	15.7	20.0	14.2	18.1	<input type="checkbox"/>	
				4×10	20.9	26.5	18.6	23.6	<input type="checkbox"/>	
				4×16	23.8	30.1	21.3	27.0	<input type="checkbox"/>	
				4×25	28.9	36.6	26.1	33.2	<input type="checkbox"/>	
				4×35	32.5	41.1	29.3	37.2	<input type="checkbox"/>	
				4×50	37.7	47.5	34.4	43.5	<input type="checkbox"/>	
				4×70	42.7	54.0	39.0	49.5	<input type="checkbox"/>	
				4×95	48.4	61.0	44.0	55.9	<input type="checkbox"/>	
				4×120	53.0	66.0	48.6	60.9	<input type="checkbox"/>	
				4×150	58.0	73.0	53.2	67.5	<input type="checkbox"/>	
				4×185	64.0	80.0	58.8	74.3	<input type="checkbox"/>	
				4×240	72.0	91.0	66.3	84.7	<input type="checkbox"/>	

序号	项目		单位	标准参数值					供应商 保证值	备注
				4×300	80.0	101.0	73.6	94.0	<input type="checkbox"/>	
				5×1	10.2	13.1	9.0	11.7	<input type="checkbox"/>	
				5×1.5	11.2	14.4	9.8	12.8	<input type="checkbox"/>	
				5×2.5	13.3	17.0	11.9	15.5	<input type="checkbox"/>	
				5×4	15.6	19.9	14.1	18.2	<input type="checkbox"/>	
				5×6	17.5	22.2	15.7	20.2	<input type="checkbox"/>	
				5×10	22.9	29.1	20.4	26.0	<input type="checkbox"/>	
				5×16	26.4	33.3	23.7	30.2	<input type="checkbox"/>	
				5×25	32.0	40.4	28.8	36.8	<input type="checkbox"/>	
				5×35	35.7	45.1	—	—	<input type="checkbox"/>	
				5×50	41.8	53.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
				5×70	47.5	60.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
				5×95	54.0	67.0	—	—	<input type="checkbox"/>	
				6×0.75	11.3	14.5	9.8	12.6	<input type="checkbox"/>	
				6×1	12.6	16.1	11.0	14.2	<input type="checkbox"/>	
				6×1.5	13.4	17.2	11.6	15.4	<input type="checkbox"/>	
				6×2.5	15.7	20.0	13.9	18.2	<input type="checkbox"/>	
				6×4	18.2	23.2	16.2	21.2	<input type="checkbox"/>	
				12×0.75	14.7	18.7	12.9	16.6	<input type="checkbox"/>	
				12×1	16.3	20.8	14.6	18.6	<input type="checkbox"/>	
				12×1.5	17.6	22.4	15.6	20.4	<input type="checkbox"/>	
				12×2.5	20.6	26.2	18.6	24.2	<input type="checkbox"/>	
				12×4	24.4	30.9	22.0	28.5	<input type="checkbox"/>	
				18×0.75	17.1	21.7	15.2	19.3	<input type="checkbox"/>	
				18×1	19.2	24.4	17.1	21.7	<input type="checkbox"/>	
				18×1.5	20.7	26.3	18.5	24.1	<input type="checkbox"/>	
				18×2.5	24.4	30.9	22.0	28.5	<input type="checkbox"/>	
				18×4	28.8	36.4	26.0	33.6	<input type="checkbox"/>	
				24×0.75	20.1	25.4	17.9	22.8	<input type="checkbox"/>	
				24×1	22.5	28.4	20.1	25.6	<input type="checkbox"/>	
				24×1.5	24.3	30.7	21.9	28.3	<input type="checkbox"/>	
				24×2.5	28.8	36.4	26.2	33.8	<input type="checkbox"/>	
				24×4	33.9	42.7	31.0	39.1	<input type="checkbox"/>	
				36×0.75	22.8	28.9	20.7	26.3	<input type="checkbox"/>	
				36×1	25.8	32.6	23.3	29.5	<input type="checkbox"/>	
				36×1.5	27.8	35.2	25.2	32.6	<input type="checkbox"/>	

序号	项目		单位	标准参数值					供应商保证值	备注
				36×2.5	33.2	41.8	30.4	39.0	<input type="checkbox"/>	1.8/3kV
				36×4	39.2	49.3	35.9	45.2	<input type="checkbox"/>	
				1×10	11.3	13.7	10.1	12.3	<input type="checkbox"/>	
				1×16	12.6	15.2	11.3	13.5	<input type="checkbox"/>	
				1×25	14.3	17.4	13.0	15.6	<input type="checkbox"/>	
				1×35	15.9	19.5	14.3	17.5	<input type="checkbox"/>	
				1×50	17.7	21.8	16.0	19.6	<input type="checkbox"/>	
				1×70	19.8	24.5	17.8	22.1	<input type="checkbox"/>	
				1×95	22.0	27.2	20.0	24.8	<input type="checkbox"/>	
				1×120	24.0	29.8	22.0	27.4	<input type="checkbox"/>	
				1×150	26.4	32.6	24.3	30.0	<input type="checkbox"/>	
				1×185	28.4	35.2	26.0	32.5	<input type="checkbox"/>	
				1×240	31.4	39.1	29.0	36.5	<input type="checkbox"/>	
				1×300	33.9	42.3	31.5	39.5	<input type="checkbox"/>	
				1×400	37.8	47.2	35.3	44.3	<input type="checkbox"/>	
				3×10	23.0	28.1	20.6	25.2	<input type="checkbox"/>	
				3×16	25.7	31.5	23.3	28.6	<input type="checkbox"/>	
				3×25	29.6	36.5	27.1	33.5	<input type="checkbox"/>	
				3×35	32.8	40.6	30.0	37.5	<input type="checkbox"/>	
				3×50	36.7	45.5	33.5	42.0	<input type="checkbox"/>	
				3×70	41.0	50.9	37.7	47.2	<input type="checkbox"/>	
				3×95	45.9	56.6	42.2	52.5	<input type="checkbox"/>	
				3×120	50.0	62.6	46.0	58.3	<input type="checkbox"/>	
				3×150	54.6	68.6	50.2	63.9	<input type="checkbox"/>	
				3×185	58.7	73.7	53.9	68.8	<input type="checkbox"/>	
				3×240	66.7	83.7	54.6	78.2	<input type="checkbox"/>	

表 16 中压风力发电用耐扭曲软电缆结构参数表

序号	项目		单位	标准参数值		供应商保证值	备注
1	导体	材料		退火铜线		<input type="checkbox"/>	
		材料生产厂家及牌号		(供应商填写)		<input type="checkbox"/>	
		芯数×标称截面积	芯 × mm <sup>2</sup>	1× (25~300)		<input type="checkbox"/>	
				3× (25~300)		<input type="checkbox"/>	
		结构形式		圆形绞合或束绞		<input type="checkbox"/>	
		导体单丝	mm	对应标称截面积/mm <sup>2</sup>	导体内最大单线直径		

序号	项目		单位	标准参数值		供应商保证值	备注			
		最大直径		25~50	0.41	<input type="checkbox"/>				
				70~300	0.51	<input type="checkbox"/>				
2	绝缘	材料		EPR-90、EPR-105、G		<input type="checkbox"/>				
		材料生产厂家及牌号		(供应商填写)		<input type="checkbox"/>				
		标称厚度	mm	对应标称截面积/mm <sup>2</sup>	标称厚度					
				25~300	3.0		<input type="checkbox"/>	3.6/6kV 有屏蔽		
				25~185	2.5		<input type="checkbox"/>	3.6/6kV 无屏蔽		
				240	2.6		<input type="checkbox"/>			
				300	2.8		<input type="checkbox"/>			
				25~300	5.5		<input type="checkbox"/>	6/6kV 6/10kV		
				25~300	4.5		<input type="checkbox"/>	8.7/10kV 8.7/15kV		
				35~300	3.4		<input type="checkbox"/>	12/20kV		
				50~300	8.0		<input type="checkbox"/>	18/30kV		
				50~300	9.3		<input type="checkbox"/>	21/35kV		
				50~300	10.5		<input type="checkbox"/>	26/35kV		
				最薄点厚度不小于	mm	标称值×90%-0.1		<input type="checkbox"/>		
3	护套	材料		SH-90、SH-105、G、TPU、TPV		<input type="checkbox"/>				
		标称厚度	mm	对应标称截面/mm <sup>2</sup>	单芯		三芯			
					SH-90、TPV	TPU	SH-90、TPV	TPU		
				25 mm <sup>2</sup>	2.0	1.5	3.2	2.1	<input type="checkbox"/>	3.6/6kV
				35 mm <sup>2</sup>	2.1	1.5	3.4	2.2	<input type="checkbox"/>	
				50 mm <sup>2</sup>	2.2	1.6	3.6	2.3	<input type="checkbox"/>	
				70 mm <sup>2</sup>	2.3	1.6	3.8	2.4	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	2.4	1.7	4.0	2.5	<input type="checkbox"/>	
				120 mm <sup>2</sup>	2.5	1.7	4.2	2.6	<input type="checkbox"/>	
				150 mm <sup>2</sup>	2.6	1.8	4.4	2.7	<input type="checkbox"/>	
				185 mm <sup>2</sup>	2.7	1.9	4.7	2.8	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	2.9	1.9	5.0	3.0	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	3.0	2.0	5.4	3.2	<input type="checkbox"/>	
				25 mm <sup>2</sup>	2.1	1.6	3.5	2.2	<input type="checkbox"/>	6/6kV 6/10kV
				35 mm <sup>2</sup>	2.2	1.6	3.6	2.3	<input type="checkbox"/>	
				50 mm <sup>2</sup>	2.3	1.7	3.8	2.4	<input type="checkbox"/>	
				70 mm <sup>2</sup>	2.4	1.7	4.1	2.5	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	2.5	1.8	4.3	2.6	<input type="checkbox"/>	

序号	项目		单位	标准参数值				供应商 保证值	备注	
				120 mm <sup>2</sup>	2.6	1.8	4.5	2.8	<input type="checkbox"/>	
				150 mm <sup>2</sup>	2.7	1.9	4.7	2.9	<input type="checkbox"/>	
				185 mm <sup>2</sup>	2.8	1.9	4.9	3.0	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	3.0	2.0	5.3	3.1	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	3.1	2.1	5.6	3.3	<input type="checkbox"/>	
				25 mm <sup>2</sup>	2.3	1.7	3.8	2.4	<input type="checkbox"/>	8.7/10kV 8.7/15kV
				35 mm <sup>2</sup>	2.4	1.7	4.0	2.5	<input type="checkbox"/>	
				50 mm <sup>2</sup>	2.5	1.7	4.2	2.6	<input type="checkbox"/>	
				70 mm <sup>2</sup>	2.6	1.8	4.4	2.7	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	2.7	1.8	4.6	2.8	<input type="checkbox"/>	
				120 mm <sup>2</sup>	2.8	1.9	4.8	2.9	<input type="checkbox"/>	
				150 mm <sup>2</sup>	2.9	1.9	5.1	3.0	<input type="checkbox"/>	
				185 mm <sup>2</sup>	3.0	2.0	5.3	3.1	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	3.1	2.1	5.6	3.3	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	3.3	2.1	5.9	3.5	<input type="checkbox"/>	
				35 mm <sup>2</sup>	2.5	1.8	4.3	2.6	<input type="checkbox"/>	12/20kV
				50 mm <sup>2</sup>	2.6	1.8	4.5	2.7	<input type="checkbox"/>	
				70 mm <sup>2</sup>	2.7	1.9	4.7	2.8	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	2.8	1.9	4.9	2.9	<input type="checkbox"/>	
				120 mm <sup>2</sup>	2.9	2.0	5.1	3.1	<input type="checkbox"/>	
				150 mm <sup>2</sup>	3.0	2.0	5.4	3.2	<input type="checkbox"/>	
				185 mm <sup>2</sup>	3.1	2.1	5.6	3.3	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	3.3	2.1	5.9	3.5	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	3.4	2.2	6.2	3.6	<input type="checkbox"/>	
				50 mm <sup>2</sup>	3.0	2.0	5.2	3.1	<input type="checkbox"/>	18/30kV
				70 mm <sup>2</sup>	3.1	2.0	5.4	3.2	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	3.2	2.1	5.7	3.3	<input type="checkbox"/>	
				120 mm <sup>2</sup>	3.3	2.1	5.9	3.4	<input type="checkbox"/>	
				150 mm <sup>2</sup>	3.4	2.2	6.1	3.6	<input type="checkbox"/>	
				185 mm <sup>2</sup>	3.5	2.2	6.3	3.7	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	3.6	2.3	6.7	3.8	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	3.8	2.4	7.0	4.0	<input type="checkbox"/>	
				50 mm <sup>2</sup>	3.1	2.1	5.6	3.3	<input type="checkbox"/>	21/35kV
				70 mm <sup>2</sup>	3.2	2.1	5.8	3.4	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	3.4	2.2	6.1	3.5	<input type="checkbox"/>	
				120 mm <sup>2</sup>	3.5	2.2	6.3	3.6	<input type="checkbox"/>	

序号	项目		单位	标准参数值				供应商保证值	备注	
				150 mm <sup>2</sup>	185 mm <sup>2</sup>	240 mm <sup>2</sup>	300 mm <sup>2</sup>			
				150 mm <sup>2</sup>	3.5	2.3	6.5	3.8	<input type="checkbox"/>	26/35kV
				185 mm <sup>2</sup>	3.7	2.3	6.7	3.9	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	3.8	2.4	7.1	4.0	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	3.9	2.5	7.4	4.2	<input type="checkbox"/>	
				50 mm <sup>2</sup>	3.3	2.2	6.0	3.5	<input type="checkbox"/>	
				70 mm <sup>2</sup>	3.4	2.2	6.2	3.6	<input type="checkbox"/>	
				95 mm <sup>2</sup>	3.5	2.3	6.4	3.7	<input type="checkbox"/>	
				120 mm <sup>2</sup>	3.6	2.3	6.7	3.8	<input type="checkbox"/>	
				150 mm <sup>2</sup>	3.7	2.4	6.9	3.9	<input type="checkbox"/>	
				185 mm <sup>2</sup>	3.8	2.4	7.1	4.0	<input type="checkbox"/>	
				240 mm <sup>2</sup>	4.0	2.5	7.4	4.2	<input type="checkbox"/>	
				300 mm <sup>2</sup>	4.1	2.6	7.7	4.4	<input type="checkbox"/>	
				最薄点厚度不小于	mm	标称值×90%-0.1				

### 6.3.3 电缆电气技术参数

风力发电用耐扭曲软电缆电气及其他技术参数见表 17 和表 18。

表 17 低压风力发电用耐扭曲软电缆电气技术参数表

序号	项目	单位	标准参数值		供应商保证值	备注	
			对应截面 /mm <sup>2</sup>	不镀锡			镀锡
1	20℃时导体最大直流电阻	Ω/km	1	19.5	20.0	<input type="checkbox"/>	
			1.5	13.3	13.7	<input type="checkbox"/>	
			2.5	7.98	8.21	<input type="checkbox"/>	
			4	4.95	5.09	<input type="checkbox"/>	
			6	3.30	3.39	<input type="checkbox"/>	
			10	1.91	1.95	<input type="checkbox"/>	
			16	1.21	1.24	<input type="checkbox"/>	
			25	0.780	0.795	<input type="checkbox"/>	
			35	0.554	0.565	<input type="checkbox"/>	
			50	0.386	0.393	<input type="checkbox"/>	
			70	0.272	0.277	<input type="checkbox"/>	
			95	0.206	0.210	<input type="checkbox"/>	
			120	0.161	0.164	<input type="checkbox"/>	
150	0.129	0.132	<input type="checkbox"/>				

序号	项目	单位	标准参数值			供应商保证值	备注	
			185	0.106	0.108	<input type="checkbox"/>		
			240	0.0801	0.0817	<input type="checkbox"/>		
			300	0.0641	0.0654	<input type="checkbox"/>		
			400	0.0486	0.0495	<input type="checkbox"/>		
2	绝缘电阻最小值	MΩ•km	对应截面/mm <sup>2</sup>	20℃时	额定工作温度 90℃时	额定工作温度 105℃时		
			35 及以下	150	0.15	0.15	<input type="checkbox"/>	450/750 V 0.6/1 kV
			50~150	100	0.10	0.10	<input type="checkbox"/>	
			185~400	80	0.08	0.08	<input type="checkbox"/>	
			35 及以下	250	0.25	0.25	<input type="checkbox"/>	1.8/3 kV
			50~150	200	0.20	0.20	<input type="checkbox"/>	
185~400	150	0.15	0.15	<input type="checkbox"/>				
3	导体长期工作温度 (正常运行时最高允许温度)	℃	90/105			<input type="checkbox"/>		
4	成品电缆电压试验	kV/min	2.5/5			<input type="checkbox"/>	450/750 V	
			3.5/5			<input type="checkbox"/>	0.6/1kV	
			6.5/5			<input type="checkbox"/>	1.8/3kV	
5	绝缘线芯电压试验	kV/min	2.5/5			<input type="checkbox"/>	450/750 V	
6	4h 电压试验	kV	4U <sub>0</sub>			<input type="checkbox"/>	0.6/1 kV 1.8/3 kV	
7	冲击电压试验 (正负极性各 10 次)	kV	40			<input type="checkbox"/>	1.8/3 kV	

表 18 中压风力发电用耐扭曲软电缆电气技术参数表

序号	项目	单位	标准参数值			供应商保证值	备注
1	20℃时导体最大直流电阻	Ω/km	对应截面/mm <sup>2</sup>	不镀锡	镀锡		
			25	0.780	0.795	<input type="checkbox"/>	
			35	0.554	0.565	<input type="checkbox"/>	
			50	0.386	0.393	<input type="checkbox"/>	
			70	0.272	0.277	<input type="checkbox"/>	
			95	0.206	0.210	<input type="checkbox"/>	
			120	0.161	0.164	<input type="checkbox"/>	
			150	0.129	0.132	<input type="checkbox"/>	
			185	0.106	0.108	<input type="checkbox"/>	
			240	0.0801	0.0817	<input type="checkbox"/>	
			300	0.0641	0.0654	<input type="checkbox"/>	
2	体积电阻率最小值 <sup>a</sup> (90℃时)	Ω•cm	10 <sup>12</sup>			<input type="checkbox"/>	

序号	项目	单位	标准参数值		供应商保证值	备注
3	绝缘电阻常数最小值 <sup>a</sup> (90℃时)	MΩ·km	3.67		<input type="checkbox"/>	
4	tan δ 最大值 <sup>b</sup> (90~100) °C		额定电压低于 35kV 电缆	400×10 <sup>-4</sup>	<input type="checkbox"/>	
			额定电压 35kV 电缆	50×10 <sup>-4</sup>	<input type="checkbox"/>	
5	半导体屏蔽电阻率老化前后最小值	Ω·m	导体屏蔽	1000	<input type="checkbox"/>	
			绝缘屏蔽	500	<input type="checkbox"/>	
			地线芯半导体屏蔽	500	<input type="checkbox"/>	
6	导体长期工作温度 (正常运行时最高允许温度)	℃	90		<input type="checkbox"/>	
7	局部放电 (灵敏度5pC或更优, 1.73U <sub>0</sub> 下)	pC	无可检测出的放电		<input type="checkbox"/>	
8	成品电缆电压试验 <sup>c</sup>	kV/min	12.5/5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =3.6 kV
			21/5/5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =6 kV
			30.5/5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =8.7 kV
			42/5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =12 kV
			63/5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =18 kV
			73.5/5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =21 kV
			91 (65) /5		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =26 kV
9	冲击电压试验 <sup>b</sup> (正负极性各 10 次)	kV	60		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =6 kV
			75		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =8.7 kV
			95		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =12 kV
			125		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =18 kV
			170		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =21 kV
			200		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =26 kV
10	4h 电压试验	kV	24		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =6 kV
			35		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =8.7 kV
			48		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =12 kV
			72		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =18 kV
			84		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =21 kV
			104		<input type="checkbox"/>	U <sub>0</sub> =26 kV
11	安装后外护套直流电压试验	kV/min	外护套标称厚度≥2.5	5/1	<input type="checkbox"/>	
			外护套标称厚度<2.5	10/1	<input type="checkbox"/>	
12	安装后绝缘交流电压试验	kV/min	相间电压/5 min 或正常系统电压/24 h		<input type="checkbox"/>	
13	安装后绝缘直流电压试验	kV/min	4U <sub>0</sub> /5		<input type="checkbox"/>	
<sup>a</sup> 仅适用于 3.6/6 (7.2) kV 无屏蔽电缆。 <sup>b</sup> 仅适用于 6/10 (12) kV 及以上电缆。 <sup>c</sup> U <sub>0</sub> 为 26kV 电缆, 在进行交流电压试验时, 也可用 65kV、30 min。						

### 6.3.4 电缆非电气技术参数

风力发电用耐扭曲软电缆非电气技术参数见表 19。

表 19 风力发电用耐扭曲软电缆非电气技术参数表

序号	项目	单位	标准参数值						供应商 保证值
			G	EPR-90		EPR-105			
				1.8/3 kV 及 以下	1.8/3 kV 以 上				
1	绝缘								
1.1	老化前抗张强度最小中间值	N/mm <sup>2</sup>	5.0	4.2	6.5	6.5			<input type="checkbox"/>
1.2	老化前断裂伸长率最小中间值	%	150	200	300	200			<input type="checkbox"/>
1.3	老化后抗张强度最小中间值	N/mm <sup>2</sup>	4.0	—		—			<input type="checkbox"/>
1.4	老化后抗张强度最大变化率 <sup>a</sup>	%	—	±30		±30			<input type="checkbox"/>
1.5	老化后断裂伸长率最小中间值	%	120	—		—			<input type="checkbox"/>
1.6	老化后断裂伸长率最大变化率 <sup>a</sup>	%	—	±30		±30			<input type="checkbox"/>
1.7	热延伸试验								
	负载下最大伸长率	%	175	175		175			<input type="checkbox"/>
	冷却后的最大永久伸长率	%	25	15		15			<input type="checkbox"/>
1.8	耐臭氧		—	无裂纹		无裂纹			<input type="checkbox"/>
1.9	抗撕强度 <sup>b</sup> , 最小值	N/mm	4.0	—		—			<input type="checkbox"/>
1.10	吸水试验, 重量最大增量	mg/cm <sub>2</sub>	—	5		—			<input type="checkbox"/>
1.11	盐雾试验 <sup>c</sup>								
	抗张强度最大变化率 <sup>a</sup>	%	-30 <sup>d</sup>	-30 <sup>d</sup>		-30 <sup>d</sup>			<input type="checkbox"/>
	断裂伸长率最大变化率 <sup>a</sup>	%	-30 <sup>d</sup>	-30 <sup>d</sup>		-30 <sup>d</sup>			<input type="checkbox"/>
2	护套		SH-90		SH-10 5	G	TPU	TPV	<input type="checkbox"/>
			1.8/3 kV 及 以下	1.8/3 kV 以 上					
2.1	老化前抗张强度最小中间值	N/mm <sup>2</sup>	10.0	10.0	10.0	7.0	20.0	10.0	<input type="checkbox"/>
2.2	老化前断裂伸长率最小中间值	%	250	300	250	200	300	300	<input type="checkbox"/>
2.3	老化后抗张强度最小中间值	N/mm <sup>2</sup>	—		—	5.0	—	10.0	<input type="checkbox"/>
2.4	老化后抗张强度最大变化率 <sup>a</sup>	%	-30 <sup>d</sup>		-30 <sup>d</sup>	—	±30	±25	<input type="checkbox"/>
2.5	老化后断裂伸长率最小中间值	%	—		—	150	300	300	<input type="checkbox"/>
2.6	老化后断裂伸长率最大变化率 <sup>a</sup>	%	-40 <sup>d</sup>		-40 <sup>d</sup>	—	±30	±25	<input type="checkbox"/>
2.7	浸矿物油后抗张强度最大变化率 <sup>a</sup>	%	-40 <sup>d</sup>		-40 <sup>d</sup>	—	±40	-40 <sup>d</sup>	<input type="checkbox"/>
2.8	浸矿物油后断裂伸长率最大变化率 <sup>a</sup>	%	-40 <sup>d</sup>		-40 <sup>d</sup>	—	±30	-40 <sup>d</sup>	<input type="checkbox"/>
2.9	热延伸试验								
	负载下最大伸长率	%	175	175		175	—	—	<input type="checkbox"/>
	冷却后的最大永久伸长率	%	25	15		15	—	—	<input type="checkbox"/>
3	抗撕试验, 最小抗撕强度	N/mm	5.0	5.0	5.0	—	—	—	<input type="checkbox"/>
3.1	高温压力试验, 压痕最大中间	%	—	—	—	50	50	—	<input type="checkbox"/>

序号	项目	单位	标准参数值					供应商保证值
			值					
3.2	抗开裂试验		—	—	—	无裂纹	无裂纹	<input type="checkbox"/>
3.3	低温拉伸试验, 断裂伸长率最小值	%	30	30	30	30	30	<input type="checkbox"/>
3.4	低温冲击试验		无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	<input type="checkbox"/>
3.5	盐雾试验 <sup>c</sup>							
	抗张强度最大变化率 <sup>a</sup>	%	-30 <sup>d</sup>	-30 <sup>d</sup>	-30 <sup>d</sup>	%	-30 <sup>d</sup>	<input type="checkbox"/>
	断裂伸长率最大变化率 <sup>a</sup>	%	-30 <sup>d</sup>	-30 <sup>d</sup>	-30 <sup>d</sup>	%	-30 <sup>d</sup>	<input type="checkbox"/>

<sup>a</sup> 变化率: 老化后中间值与老化前中间值之差与老化前中间值之比, 以百分比表示。  
<sup>b</sup> 由于样品外径或厚度过小而无法取样时可不进行抗撕试验。  
<sup>c</sup> 为可选试验。  
<sup>d</sup> 不规定正偏差。

#### 6.4 供应商响应部分

6.4.1 技术偏差表 (如需要) 见表 20。

表 20 技术偏差表

序号	项目	对应条款编号	本文件要求	偏差	备注
1					
2					
3					

6.4.2 应在表 21 中列明主要原材料产地清单。

表 21 主要原材料产地清单

序号	材料名称	型号规格	特性/指标	厂家	备注
1					
2					
3					

6.4.3 应在表 22 中列明推荐的备品备件、专用工具和仪器仪表 (如有)。

表 22 推荐的备品备件、专用工具和仪器仪表供货表

序号	名称	型号和规格	单位	数量	备注
1					

序号	名称	型号和规格	单位	数量	备注
2					
3					

## 附录 A

## (规范性)

## 风力发电用耐扭曲软电缆技术要求

## A.1 使用特性

## A.1.1 额定电压

本文件规定的电缆额定电压 $U_0/U$ 为450/750V、0.6/1kV、1.8/3kV、3.6/6kV、6/6kV、6/10kV、8.7/10kV、8.7/15kV、12/20kV、18/30kV、21/35kV、26/35kV。低压风力发电用耐扭曲软电缆的额定电压为450/750V~1.8/3kV，中压风力发电用耐扭曲软电缆的额定电压为3.6/6kV~26/35kV。

注： $U_0$ 表示任一主绝缘导体与“地”（金属屏蔽、金属套或周围介质）之间的电压有效值； $U$ 为多芯电缆或单芯电缆任意两相导体之间的电压有效值。

## A.1.2 电缆安装时的最小弯曲半径

电缆最小弯曲半径应符合表A.1的规定。

表 A.1 电缆安装时的最小弯曲半径

项目	额定电压 450/750V ~ 1.8/3kV	额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV	
		单芯电缆	三芯电缆
电缆安装时最小弯曲半径	6D	8D	6D
注：D 为电缆外径。			

## A.1.3 电缆正常运行时导体最高温度

电缆正常运行时导体最高温度为：

- a) 电压等级 450/750V 为 90℃；
- b) 电压等级 0.6/1kV 为 90℃、105℃；
- c) 电压等级 1.8/3kV 为 90℃、105℃；

- d) 电压等级 3.6/6kV、6/6kV、6/10kV、8.7/10kV、8.7/15kV、12/20kV、18/30kV、21/35kV、26/35kV 为 90℃。

#### A.1.4 环境温度

电缆适应的环境温度为：

- a) 普通型：-25℃ ~ +60℃（运行时），0℃及以上（敷设时）；
- b) 耐寒型：-40℃ ~ +60℃（运行时），-15℃及以上（敷设时）；
- c) 耐严寒型：-55℃ ~ +60℃（运行时），-15℃及以上（敷设时）。

对于敷设时环境温度不满足本文件规定的，可根据实际情况由供需双方协商确定。

#### A.1.5 绝缘混合料

表 A.2 绝缘混合料

绝缘混合料	代号	导体最高温度（℃）	
		正常运行时	短路时（最长持续 5s）
90℃乙丙橡胶或其他相当的合成弹性体	EPR-90	90	250
105℃乙丙橡胶或其他相当的合成弹性体	EPR-105	105	250
硅橡胶混合料或其他相当的合成弹性体	G	90	250

#### A.1.6 护套混合料

表 A.3 护套混合料

护套混合料	代号	正常运行时导体最高温度（℃）
氯磺化聚乙烯橡胶混合料、氯丁橡胶或类似聚合物	SH-90	90
	SH-105	105
硅橡胶混合料或其他相当的合成弹性体	G	90
聚氨酯弹性体	TPU	90
其他热塑弹性体	TPV	90

### A.2 产品代号、型号和标志

#### A.2.1 产品代号

产品及型号代号见表 A.4。

表 A.4 产品型号代号

代号	含义
产品代号	
FD	风力发电用电缆
燃烧特性代号及含义	
ZC	成束阻燃 C 类
导体代号及含义	
(T) 省略	GB/T 3956 第 5 种铜导体
绝缘代号及含义	
E	乙丙橡胶或其他相当的合成弹性体绝缘
G	硅橡胶混合料或其他相当的合成弹性体绝缘
护套代号及含义	
H	热固性弹性体护套（氯磺化聚乙烯、氯丁橡胶或类似聚合物）
G	硅橡胶混合料或其他相当的合成弹性体护套
U	聚氨酯弹性体护套
S	其他热塑性弹性体护套
屏蔽结构及含义	
P	金属屏蔽
导体运行温度	
(90DG) 省略	电缆正常运行时导体最高温度为 90℃
105DG	电缆正常运行时导体最高温度为 105℃
适应的最低环境温度	
-55	-55℃（耐严寒型）
-40	-40℃（耐寒型）
-25	-25℃

### A.2.2 产品型号

产品型号依次由燃烧特性代号、产品代号、绝缘代号、导体代号、护套代号、屏蔽代号、环境温度代号和导体运行温度代号等组成。

产品型号按图 A.1 表示。

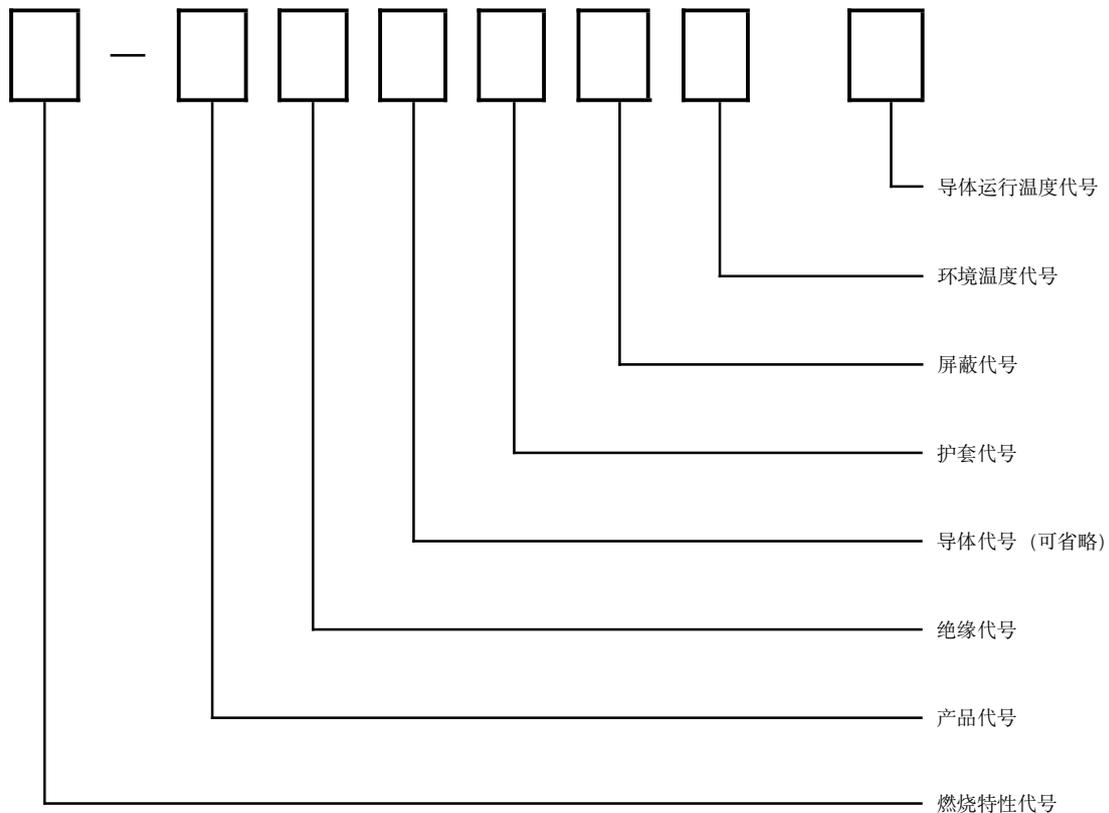


图 A.1 产品型号表示

## A.2.3 电缆常用型号和名称

电缆常用型号和名称见表A.5。

表 A.5 电缆型号及名称

型号		名称
正常运行时导体最高温度 90℃	正常运行时导体最高温度 105℃	
FDES-25	—	铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性体护套风力发电用耐扭曲软电缆
FDES-40	—	铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性体护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆
FDES-55	—	铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性体护套风力发电用耐严寒耐扭曲软电缆
FDGG-40	—	铜芯硅橡胶绝缘硅橡胶护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆
FDGG-55	—	铜芯硅橡胶绝缘硅橡胶护套风力发电用耐严寒耐扭曲软电缆

型号		名称
正常运行时导体最高温度 90℃	正常运行时导体最高温度 105℃	
FDEU-25	—	铜芯乙丙橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐扭曲软电缆
FDEU-40	—	铜芯乙丙橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆
FDEU-55	—	铜芯乙丙橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐严寒耐扭曲软电缆
FDEG-40	—	铜芯乙丙橡胶绝缘硅橡胶护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆
FDEG-55	—	铜芯乙丙橡胶绝缘硅橡胶护套风力发电用耐严寒耐扭曲软电缆
FDGU-40	—	铜芯硅橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆
FDGU-55	—	铜芯硅橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐严寒耐扭曲软电缆
FDEH-25	FDEH-25 105DG	铜芯乙丙橡胶绝缘热固性弹性体护套风力发电用耐扭曲软电缆
FDEH-40	FDEH-40 105DG	铜芯乙丙橡胶绝缘热固性弹性体护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆
FDEH-55	FDEH-55 105DG	铜芯乙丙橡胶绝缘热固性弹性体护套风力发电用耐严寒耐扭曲软电缆

#### A.2.4 电缆常用规格

电缆常用规格见下表

表 A.6 电缆常用规格

额定电压	芯数	导体标称截面积/mm <sup>2</sup>
450/750 V 0.6/1 kV	1	1.5 ~ 400
	2	1 ~ 95
	3	1 ~ 300
	3+1	4 ~ 185
	4	1 ~ 300
	5	1 ~ 95
	6 ~ 36	0.75 ~ 4
1.8/3 kV	1	10 ~ 400
	3	10 ~ 240
3.6/6 kV ~ 26/35 kV	1	25 ~ 300

额定电压	芯数	导体标称截面积/mm <sup>2</sup>
	3	25 ~ 300
注：5 芯以电缆优选芯数为 6、12、18、24 和 36。		

### A.2.5 产品表示方法

产品用型号、规格及本文件编号表示。规格包括额定电压、芯数和导体标称截面积。

#### 示例 1:

铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性体护套风力发电用耐寒耐扭曲电缆，额定电压为 0.6/1 kV，导体工作温度 90℃，(3+1) 芯，标称截面积 10 mm<sup>2</sup>，中性线截面积 6 mm<sup>2</sup>，表示为：

$$\text{FDEU-40 0.6/1 kV } 3 \times 10 + 1 \times 6$$

#### 示例 2:

铜芯乙丙橡胶绝缘热固性弹性体护套阻燃 C 类风力发电用耐寒耐扭曲软电缆，额定电压为 1.8/3 kV，导体工作温度 105℃，1 芯，标称截面积 240 mm<sup>2</sup>，表示为：

$$\text{ZC-FDEH-40 105DG } 1.8/3 \text{ kV } 1 \times 240$$

#### 示例 3:

铜芯乙丙橡胶绝缘热固性弹性体护套风力发电用耐寒耐扭曲软电缆，额定电压为 8.7/15 kV，导体工作温度 90℃，3 芯，标称截面积 70 mm<sup>2</sup>，金属丝编织屏蔽总截面积为 16 mm<sup>2</sup>，表示为：

$$\text{FDEH-40 } 8.7/15 \text{ kV } 3 \times 70 + 3 \times 16/3$$

#### 示例 4:

铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性体护套风力发电用耐寒耐扭曲电缆，额定电压为 26/35 kV，导体工作温度 90℃，3 芯，标称截面积 95 mm<sup>2</sup>，仅地线芯作为金属屏蔽，地线芯总截面积为 30 mm<sup>2</sup>，表示为：

$$\text{FDEU-40 } 26/35 \text{ kV } 3 \times 95 + 3 \times 10$$

### A.2.6 标志

#### A.2.6.1 通用要求

电缆应具有制造厂名、产品型号、规格、额定电压的连续标志。标志应符合 GB/T 6995.3 的规定。

标志应油墨印字、压印凸字或其他合适方式印字在护套上。

#### A.2.6.2 标志的连续性

护套表面一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离不应超过550mm。

#### A.2.6.3 耐擦性

油墨印字标志应耐擦。

用浸过水的一团脱脂棉或一块棉布轻轻擦拭制造厂名或商标，共擦拭10次，结果应容易识别或易于辨认。

#### A.2.6.4 清晰度

所有标志应字迹清楚，容易识别或易于辨认，必要时，可用汽油或其他合适的溶剂擦干净。

### A.3 电缆结构要求

#### A.3.1 导体

##### A.3.1.1 材料

导体应采用 GB/T 3956 中第 5 类铜导体。导体材料应是退火铜线。

##### A.3.1.2 结构

导体结构应符合 GB/T 3956 规定。导体中的单线可以镀锡或不镀锡，镀锡层应连续、光滑和均匀，无目力可视的缺陷。导体表面应光洁、无油污、无损伤绝缘的毛刺，以及凸起或断裂的单线。导体表面允许用非吸湿性带材作重叠绕包或纵包。

##### A.3.1.3 结构检查

应通过检验和测量来检查结构是否符合要求。

#### A.3.2 绝缘

##### A.3.2.1 材料

额定电压 450/750V ~ 1.8/3kV 电缆的绝缘应为表 1 所列的绝缘混合料的一种。额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV 电缆的绝缘应为表 1 中所列的 EPR-90 绝缘混合料。

##### A.3.2.2 挤包绝缘

绝缘应连续紧密地挤包在导体上，当剥离绝缘时，绝缘不应粘连导体。绝缘的横断面上应无目力可

见的气孔或砂眼等缺陷。

应通过检验及手工测量检查是否符合要求。

### A.3.2.3 火花试验

绝缘线芯应按 GB/T 3048.9 的规定经受表 A.7 规定的工频火花试验作为中间检查。对于护套和绝缘一次挤出的单芯电缆，不必进行火花试验。

表 A.7 火花试验电压

绝缘厚度标称值/mm	试验电压/kV	绝缘厚度标称值/mm	试验电压/kV
0.5< $\delta$ ≤1.0	6	2.0< $\delta$ ≤2.5	20
1.0< $\delta$ ≤1.5	10	2.5< $\delta$	25
1.5< $\delta$ ≤2.0	15		

### A.3.2.4 绝缘厚度

绝缘厚度的标称值见表 A.8。

绝缘厚度的平均值不应小于标称值，其最薄处厚度不应小于标称值的 90% - 0.1 mm。应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

导体标称截面积 25 mm<sup>2</sup> 及以上的电缆应进行绝缘偏心度检查，偏心度应符合公式 (1)：

$$t_{max} - t_{min} / t_{max} \leq 0.15 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$t_{max}$ —编织机同一方向锭数；

$t_{min}$ —每锭的编织金属丝根数。

注： $t_{max}$  和  $t_{min}$  在同一截面测得。

表 A.8 绝缘厚度

导体标称截面积 mm <sup>2</sup>	绝缘厚度标称值/mm									
	450/750 V 0.6/1 kV	1.8/3 kV	3.6/6 kV		6/6 kV 6/10 kV	8.7/10 kV 8.7/15 kV	12/20 kV	18/30 kV	21/35 kV	26/35 kV
			无屏蔽	有屏蔽						
0.75	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—

导体标称 截面积 mm <sup>2</sup>	绝缘厚度标称值/mm									
	450/750V 0.6/1kV	1.8/3kV	3.6/6kV		6/6kV 6/10kV	8.7/10kV 8.7/15kV	12/20kV	18/30kV	21/35kV	26/35kV
			无屏蔽	有屏蔽						
1.5	0.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	1.2	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1.2	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—
25	1.4	2.2	3.0	2.5	3.4	4.5	—	—	—	—
35	1.4	2.2	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	—	—	—
50	1.6	2.2	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
70	1.6	2.2	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
95	1.8	2.4	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
120	1.8	2.4	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
150	2.0	2.6	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
185	2.2	2.6	3.0	2.5	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
240	2.4	2.8	3.0	2.6	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
300	2.6	2.8	3.0	2.8	3.4	4.5	5.5	8.0	9.3	10.5
400	2.8	3.0	—	—	—	—	—	—	—	—

### A.3.2.5 绝缘线芯识别

#### A.3.2.5.1 5 芯及以下绝缘线芯识别

电缆的绝缘线芯应用着色绝缘或其他合适的方法进行识别。除用黄/绿组合色识别的绝缘线芯外，电缆的每一绝缘线芯应只用一种颜色。除绿/黄组合色绝缘线芯外，其他绝缘线芯均不应使用绿色和黄色。

优先选用的色谱如下：

- 单芯电缆：无优先选用色谱；
- 两芯电缆：无优先选用色谱；
- 三芯电缆：绿/黄色、蓝色、棕色，或是蓝色、黑色、棕色；
- 四芯电缆：绿/黄色、蓝色、黑色、棕色，或是蓝色、黑色、棕色、灰色或橙色；

——五芯电缆：绿/黄色、蓝色、黑色、棕色、灰色或橙色，或是蓝色、黑色、棕色、灰色、橙色或其他不同的颜色。

当对色谱有特殊要求或其他芯数电缆需要采用着色绝缘识别时，由供需双方协商确定电缆的色谱。

对每一段长 15mm 的黄/绿双色绝缘线芯，其中一种颜色应覆盖绝缘线芯表面的 30%~70%，而另一种颜色则应覆盖绝缘线芯的其余部分。

#### A.3.2.5.2 5 芯及以上绝缘线芯识别

电缆绝缘线芯应采用数字识别或色码识别（领示和标识系统）。如果电缆包含接地保护线芯，该线芯应始终为放在外层的绿/黄组合色绝缘线芯。

#### A.3.2.5.3 数字识别

当电缆绝缘线芯采用数字识别时，绝缘应为同一种颜色并按数字排列，但绿/黄组合色绝缘线芯（若有）除外。

数字应用阿拉伯数字印刷在绝缘线芯外表面上。所有识别数字应具有相同颜色，并与绝缘颜色有明显反差。数字标志应清晰，耐擦。

数字编号应从内层到外层，从 1 号开始，各层排列方向应相同。有绿/黄色组合绝缘线芯时，其颜色分布应符合 A.3.2.5.1 的规定，并且应放在缆芯的最外层。

数字识别标志应沿着绝缘线芯以相等的间隔重复出现，相邻两个完整标志中的数字应彼此颠倒。一个完整的数字标志是由数字与一个破折号组成。当标志由一个数字组成时，破折号放在数字下面。当标志由两个数字组成时，则后一个数字排在前一个数字的下面，破折号放在后一个数字的下面。相邻两组数字标志的间距  $d_i$  不应大于 50mm。

下图为数字识别标志的排列方式。

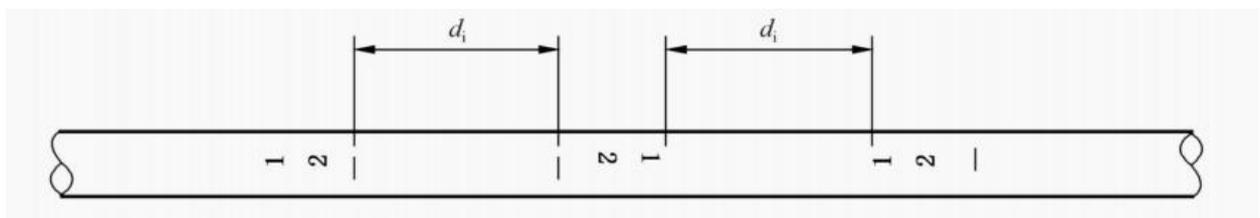


图 A.2 数字识别标志的排列方式

色码识别：

每层中应有两根相邻的绝缘线芯着上易区别的颜色，其余绝缘线芯的颜色应相同。

对于含有接地保护线芯的电缆，仅外层两根易区别的绝缘线芯中一根以绿/黄组合色绝缘线芯代替。

### A.3.3 导体和绝缘屏蔽（仅限额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV）

当单芯和三芯电缆绝缘线芯需要屏蔽时，应由导体屏蔽和绝缘屏蔽组成。除额定电压 3.6/6kV 电缆可用无屏蔽结构外，其他电缆均应有屏蔽。

#### A.3.3.1 导体屏蔽

导体屏蔽应是非金属的，由挤包的半导体料或在导体上先包半导体带再挤包半导体料组成。挤包的半导体层应与绝缘紧密结合，挤包屏蔽层的最薄处厚度不应小于 0.60mm。厚度应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

#### A.3.3.2 绝缘屏蔽

绝缘屏蔽应由非金属半导体材料构成，且与金属屏蔽层在电气上接触良好。

每根绝缘线芯上应直接挤包与绝缘线芯紧密结合或可剥离的半导体层，挤包半导体层的最薄处厚度不应小于 0.80mm。厚度应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

### A.3.4 金属屏蔽（仅限额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV）

所有电缆均应有金属屏蔽。

#### A.3.4.1 结构要求

金属屏蔽包括金属丝编织（或带有地线芯）、金属丝疏绕（或带有地线芯）和地线芯等形式。

编织和疏绕用的金属丝应为 GB/T 4910 规定的镀锡圆铜线。

金属编织型或金属疏绕型屏蔽，应在金属屏蔽和挤包绝缘屏蔽层之间紧密地绕包半导体带，可采用股线进行编织或疏绕。对于三芯电缆的金属丝编织或疏绕屏蔽时应采用分相屏蔽形式。可以在金属屏蔽中加入非金属材料例如纤维等起到加强作用。

单芯电缆不应采用单独地线芯作为金属屏蔽；三芯电缆采用地线芯单独作为金属屏蔽时，其地线芯应由符合 GB/T 3956 中第 5 类导体外挤包半导体层共同组成。

额定电压为 3.6/6kV 的电缆，采用金属丝编织或疏绕屏蔽时可以无半导体层，采用地线芯单独作为金属屏蔽时应有半导体层。

### A.3.4.2 金属屏蔽检查

金属屏蔽的标称截面积应根据故障电流容量确定，但标称截面积在任何情况下不应小于表 A.9 中规定的值。金属编织型和金属疏绕型屏蔽，可通过测试单丝直径来计算其截面积，且不应小于表 A.9 中规定的标称截面积；地线芯单独作为金属屏蔽时，其直流电阻值应符合 GB/T 3956 要求。

表 A.9 金属屏蔽层标称截面积

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	金属编织或疏绕屏蔽标称截面积/mm <sup>2</sup>		地线芯中金属标称截面积/mm <sup>2</sup>	
	单芯电缆	三芯电缆	单芯电缆	三芯电缆
25	4	3 × 10/3	—	3 × 6
35	4	3 × 10/3	—	3 × 6
50	6	3 × 16/3	—	3 × 10
70	6	3 × 16/3	—	3 × 10
95	6	3 × 16/3	—	3 × 10
120	10	3 × 25/3	—	3 × 16
150	10	3 × 25/3	—	3 × 16
185	10	3 × 25/3	—	3 × 16
240	16	3 × 35/3	—	3 × 25
300	16	3 × 35/3	—	3 × 25

注：单芯电缆应采用金属编织或疏绕屏蔽。如果金属屏蔽为组合结构，标称截面积为总面积。

### A.3.5 金属屏蔽（仅限额定电压 450/750V ~ 1.8/3kV）

金属屏蔽由软圆铜线或镀锡圆铜线构成。为了提高耐扭性能，可在编织层中加入高机械强度非金属线。编织用软铜圆线或镀锡圆铜线的标称直径见表 A.10。

表 A.10 编织用软铜圆线或镀锡圆铜线的标称直径

编织前假设直径 ( $D_t$ ) <sup>a</sup> /mm	编织用软铜圆线或镀锡圆铜线的标称直径/mm
$D_t \leq 10.0$	0.15
$10.0 < D_t \leq 20.0$	0.20
$20.0 < D_t \leq 30.0$	0.25
$30.0 < D_t$	0.30

<sup>a</sup> 假设直径计算按附录 C 进行。

#### A.3.5.1 金属屏蔽检查

软圆铜线或镀锡圆铜线直径测量值不应小于规定标称值减去 0.02 mm。金属编织（或缠绕）密度不应小于 80 %。

金属丝编织屏蔽的编织密度按公式 (2) 计算。其中计算缠绕密度时，单向覆盖系数应在原有公式的基础上乘以 1/2，其余保持不变。

$$P = (2p - p^2) \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$P$  — 金属丝编织屏蔽的编织密度 (%) ；

$p$  — 单向覆盖系数，按公式 (3) 计算。

$$p = \frac{m \times n \times d}{\pi \times D} \sqrt{1 + \frac{\pi^2 \times D^2}{L^2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$m$  — 编织机同一方向锭数；

$n$  — 每锭的编织金属丝根数；

$d$  — 编织金属丝直径测量值，单位为毫米 (mm) ；

$D$  — 编织层外径测量值，单位为毫米 (mm) ；

$L$  — 编织节距测量值，单位为毫米 (mm) 。

### A.3.6 绝缘线芯和填充（若有）绞合成缆

多芯电缆的绝缘线芯应绞合在一起。当有地线芯时，地线芯也应与绝缘线芯绞合成缆。

绝缘线芯之间的间隙可采用非吸湿性材料填充。填充材料应与电缆工作温度相适应，应与电缆绝缘材料相容，且不应粘连绝缘线芯。挤包护套前可在缆芯上绕包非吸湿性织物带。

对于额定电压 450/750 V ~ 1.8/3 kV 的电缆，最外层绞合节距不应大于绝缘线芯绞合后假设直径的 12 倍。应按 GB/T 4909.2 规定的试验方法检查绞合节距是否符合要求。假设直径计算按附录 C 进行。

### A.3.7 护套

#### A.3.7.1 材料

额定电压 450/750 V ~ 1.8/3 kV 电缆的绝缘应为表 A.3 所列的护套混合料的一种。额定电压 3.6/6 kV ~ 26/35 kV 电缆的护套应为表 A.3 中所列的 SH-90、TPU 或 TPV 护套混合料的一种。护套材料与绝

缘材料的工作温度等级相适应，多芯电缆护套不应与绝缘相粘连。

护套通常为黑色，但也可以按照制造方和买方协议采用黑色以外的其他颜色，以适应电缆使用的特定环境。

对于阻燃型电缆，其护套应采用与表 A.3 规定材料相对应的阻燃型材料，但阻燃添加剂不应包含对人类及环境有害的材料。

### A.3.7.2 护套厚度

护套厚度的标称值见下表，护套厚度的平均值不应小于规定的标称值。其最薄处厚度不应小于标称值的 85%—0.1mm。当采用双层护套时，允许在双层护套之间带有编织加强层，且双层护套总厚度的平均值不应小于标称值。应按 GB/T 2951.11 规定的试验方法检查是否符合要求。

导体标称截面积 6mm<sup>2</sup> 和 10mm<sup>2</sup> 的 5 芯以上多芯电缆护套的标称厚度可根据护套材料按公式 (4) 或公式 (5) 计算。

5 芯以上非优选芯数电缆 SH-90、SH-105、TPV、G 护套的标称厚度 ( $t_{sn}$ ) 按公式 (4) 计算。

$$t_{sn} = 0.11D_{os} + 1.5 \dots\dots\dots(4)$$

5 芯以上非优选芯数电缆 TPU 护套的标称厚度 ( $t_{sn}$ ) 按公式 (5) 计算。

$$t_{sn} = 0.07D_{os} + 1.0 \dots\dots\dots(5)$$

式中：

$t_{sn}$ ——护套标称厚度，单位为毫米 (mm)；

$D_{os}$ ——挤包护套前电缆的假设直径，单位为毫米 (mm)。

假设直径计算按附录 C 进行。

表 A.11 护套厚度

导体标称截面积 mm <sup>2</sup>	护套厚度标称值/mm																	
	450/750 V 0.6/1 kV		1.8/3 kV		3.6/6 kV		6/6 kV 6/10 kV		8.7/10 kV 8.7/15 kV		12/20 kV		18/30 kV		21/35 kV		26/35 kV	
	SH-90、 SH-105、 TPV、 G	TPU	SH-90、 SH-105、 TPV、 G	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU
1 × 1.5	1.4	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

导体标称截面积 mm <sup>2</sup>	护套厚度标称值/mm																	
	450/750V 0.6/1kV		1.8/3kV		3.6/6kV		6/6kV 6/10kV		8.7/10kV 8.7/15kV		12/20kV		18/30kV		21/35kV		26/35kV	
	SH-90、 SH-105 、TPV、 G	TPU	SH-90、 SH-105 、TPV、 G	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU
1×2.5	1.4	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1×4	1.5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1×6	1.6	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1×10	1.8	1.2	1.8	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1×16	1.9	1.2	1.9	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1×25	2.0	1.3	2.0	1.3	2.0	1.5	2.1	1.6	2.3	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—
1×35	2.2	1.4	2.2	1.4	2.1	1.5	2.2	1.6	2.4	1.7	2.5	1.8	—	—	—	—	—	—
1×50	2.4	1.5	2.4	1.5	2.2	1.6	2.3	1.7	2.5	1.7	2.6	1.8	3.0	2.0	3.1	2.1	3.3	2.2
1×70	2.6	1.6	2.6	1.6	2.3	1.6	2.4	1.7	2.6	1.8	2.7	1.9	3.1	2.0	3.2	2.1	3.4	2.2
1×95	2.8	1.8	2.8	1.8	2.4	1.7	2.5	1.8	2.7	1.8	2.8	1.9	3.2	2.1	3.4	2.2	3.5	2.3
1×120	3.0	2.0	3.0	2.0	2.5	1.7	2.6	1.8	2.8	1.9	2.9	2.0	3.3	2.1	3.5	2.2	3.6	2.3
1×150	3.2	2.1	3.2	2.1	2.6	1.8	2.7	1.9	2.9	1.9	3.0	2.0	3.4	2.2	3.5	2.3	3.7	2.4
1×185	3.4	2.2	3.4	2.2	2.7	1.9	2.8	1.9	3.0	2.0	3.1	2.1	3.5	2.2	3.7	2.3	3.8	2.4
1×240	3.5	2.3	3.5	2.3	2.9	1.9	3.0	2.0	3.1	2.1	3.3	2.1	3.6	2.3	3.8	2.4	4.0	2.5
1×300	3.6	2.4	3.6	2.4	3.0	2.0	3.1	2.1	3.3	2.1	3.4	2.2	3.8	2.4	3.9	2.5	4.1	2.6
1×400	3.8	2.5	3.8	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×1	1.3	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×1.5	1.5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×2.5	1.7	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×4	1.8	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×6	2.0	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×10	3.1	2.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×16	3.3	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×25	3.6	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×35	3.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×50	4.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

导体标称截面积 mm <sup>2</sup>	护套厚度标称值/mm																	
	450/750V 0.6/1kV		1.8/3kV		3.6/6kV		6/6kV 6/10kV		8.7/10kV 8.7/15kV		12/20kV		18/30kV		21/35kV		26/35kV	
	SH-90、 SH-105 、TPV、 G	TPU	SH-90、 SH-105 、TPV、 G	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU
2×70	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2×95	5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×1	1.4	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×1.5	1.6	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×2.5	1.8	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×4	1.9	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×6	2.1	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×10	3.3	2.1	3.3	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×16	3.5	2.3	3.5	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×25	3.8	2.5	3.8	2.5	3.2	2.1	3.5	2.2	3.8	2.4	—	—	—	—	—	—	—	—
3×35	4.1	2.7	4.1	2.7	3.4	2.2	3.6	2.3	4.0	2.5	4.3	2.6	—	—	—	—	—	—
3×50	4.5	2.9	4.5	2.9	3.6	2.3	3.8	2.4	4.2	2.6	4.5	2.7	5.2	3.1	5.6	3.3	6.0	3.5
3×70	4.8	3.1	4.8	3.1	3.8	2.4	4.1	2.5	4.4	2.7	4.7	2.8	5.4	3.2	5.8	3.4	6.2	3.6
3×95	5.3	3.4	5.3	3.4	4.0	2.5	4.3	2.6	4.6	2.8	4.9	2.9	5.7	3.3	6.1	3.5	6.4	3.7
3×120	5.6	3.6	5.6	3.6	4.2	2.6	4.5	2.8	4.8	2.9	5.1	3.1	5.9	3.4	6.3	3.6	6.7	3.8
3×150	6.0	3.8	6.0	3.8	4.4	2.7	4.7	2.9	5.1	3.0	5.4	3.2	6.1	3.6	6.5	3.8	6.9	3.9
3×185	6.4	4.0	6.4	4.0	4.7	2.8	4.9	3.0	5.3	3.1	5.6	3.3	6.3	3.7	6.7	3.9	7.1	4.0
3×240	7.1	4.5	7.1	4.5	5.0	3.0	5.3	3.1	5.6	3.3	5.9	3.5	6.7	3.8	7.1	4.0	7.4	4.2
3×300	7.7	4.8	—	—	5.4	3.2	5.6	3.3	5.9	3.5	6.2	3.6	7.0	4.0	7.4	4.2	7.7	4.4
3×4+1×2.5	2.0	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×6+1×4	2.3	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×10+1×6	3.4	2.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×16+1×10	3.6	2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×25+1×16	4.0	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×35+1×16	4.3	2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×50+1×25	4.8	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

导体标称截面积 mm <sup>2</sup>	护套厚度标称值/mm																	
	450/750V 0.6/1kV		1.8/3kV		3.6/6kV		6/6kV 6/10kV		8.7/10kV 8.7/15kV		12/20kV		18/30kV		21/35kV		26/35kV	
	SH-90、 SH-105、 TPV、 G	TPU	SH-90、 SH-105、 TPV、 G	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU
3×70+1×35	5.0	3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×95+1×50	5.5	3.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×120+1×70	5.8	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×150+1×70	6.3	4.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3×185+1×95	6.8	4.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×1	1.5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×1.5	1.7	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×2.5	1.9	1.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×4	2.0	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×6	2.3	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×10	3.4	2.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×16	3.6	2.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×25	4.1	2.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×35	4.4	2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×50	4.8	3.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×70	5.2	3.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×95	5.9	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×120	6.0	3.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×150	6.5	4.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×185	7.0	4.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×240	7.7	4.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4×300	8.4	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×1	1.6	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×1.5	1.8	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

导体标称截 面积 mm <sup>2</sup>	护套厚度标称值/mm																	
	450/750V 0.6/1kV		1.8/3kV		3.6/6kV		6/6kV 6/10kV		8.7/10kV 8.7/15kV		12/20kV		18/30kV		21/35kV		26/35kV	
	SH-90、 SH-105 、TPV、 G	TPU	SH-90、 SH-105 、TPV、 G	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU	SH-90 、TPV	TPU
5×2.5	2.0	1.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×4	2.2	1.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×6	2.5	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×10	3.6	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×16	3.9	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×25	4.4	2.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×35	4.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×50	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×70	5.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5×95	6.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6×0.75	2.3	1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6×1	2.4	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6×1.5	2.5	1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6×2.5	2.7	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6×4	2.9	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12×0.75	2.6	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12×1	2.7	1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12×1.5	2.9	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12×2.5	3.1	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12×4	3.5	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18×0.75	2.8	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18×1	3.0	1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18×1.5	3.2	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18×2.5	3.5	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18×4	3.9	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24×0.75	3.1	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

导体标称截面积 mm <sup>2</sup>	护套厚度标称值/mm																	
	450/750 V 0.6/1 kV		1.8/3 kV		3.6/6 kV		6/6 kV 6/10 kV		8.7/10 kV 8.7/15 kV		12/20 kV		18/30 kV		21/35 kV		26/35 kV	
	SH-90、 SH-105、 TPV、 G	TPU	SH-90、 SH-105、 TPV、 G	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU	SH-90、 TPV	TPU
24×1	3.3	2.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24×1.5	3.5	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24×2.5	3.9	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24×4	4.3	2.6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36×0.75	3.3	2.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36×1	3.6	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36×1.5	3.8	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36×2.5	4.3	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36×4	4.8	2.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

A.3.8 外径

成品电缆平均外径的上、下限值见表 A.12。成品电缆的外径应符合表 A.12 的规定，应按照 GB/T 2951.11 规定的试验方法进行测量。对于外形为非圆形的规整形状的电缆外径测量，也可采用测试其周长，然后再除以 3.14 得到等效外径。

5 芯以上非优选芯数电缆的外形尺寸应按 IEC 60719 进行计算。

导体标称截面积 6mm<sup>2</sup> 和 10mm<sup>2</sup> 的 5 芯以上多芯电缆的外形尺寸可按 IEC 60719 进行计算。

屏蔽型电缆的平均外径上、下限应在非屏蔽型电缆平均外径上、下限的基础上分别加 1mm。

表A.12 电缆平均外径

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	平均外径/mm							
	450/750 V、0.6/1 kV				1.8/3 kV			
	SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU		SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
1×1.5	5.7	7.1	4.8	5.9	—	—	—	—

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	平均外径/mm							
	450/750 V、0.6/1 kV				1.8/3 kV			
	SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU		SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
1×2.5	6.3	7.9	5.4	6.7	—	—	—	—
1×4	7.2	9.0	6.3	7.8	—	—	—	—
1×6	7.9	9.8	6.7	8.4	—	—	—	—
1×10	9.5	11.9	8.3	10.5	11.3	13.7	10.1	12.3
1×16	10.8	13.4	9.5	11.7	12.6	15.2	11.3	13.5
1×25	12.7	15.8	11.4	14.1	14.3	17.4	13.0	15.6
1×35	14.3	17.9	12.7	16.0	15.9	19.5	14.3	17.5
1×50	16.5	20.6	14.8	18.4	17.7	21.8	16.0	19.6
1×70	18.6	23.3	16.6	20.9	19.8	24.5	17.8	22.1
1×95	20.8	26.0	18.8	23.6	22.0	27.2	20.0	24.8
1×120	22.8	28.6	20.8	26.3	24.0	29.8	22.0	27.4
1×150	25.2	31.4	23.1	28.9	26.4	32.6	24.3	30.0
1×185	27.6	34.4	25.2	31.7	28.4	35.2	26.0	32.5
1×240	30.6	38.3	28.2	35.6	31.4	39.1	29.0	36.5
1×300	33.5	41.9	31.1	39.2	33.9	42.3	31.5	39.5
1×400	37.4	46.8	34.9	43.8	37.8	47.2	35.3	44.3
2×1	7.7	10.0	6.9	9.0	—	—	—	—
2×1.5	8.5	11.0	7.6	9.8	—	—	—	—
2×2.5	10.2	13.1	9.0	11.6	—	—	—	—
2×4	11.8	15.1	10.6	13.7	—	—	—	—
2×6	13.1	16.8	11.8	15.1	—	—	—	—
2×10	17.7	22.6	15.6	19.9	—	—	—	—
2×16	20.2	25.7	17.9	22.8	—	—	—	—
2×25	24.3	30.7	21.8	27.6	—	—	—	—
2×35	27.2	34.4	—	—	—	—	—	—
2×50	31.6	39.8	—	—	—	—	—	—
2×70	35.8	45.1	—	—	—	—	—	—
2×95	40.2	51.0	—	—	—	—	—	—

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	平均外径/mm							
	450/750 V、0.6/1 kV				1.8/3 kV			
	SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU		SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
3×1	8.3	10.7	7.4	9.5	—	—	—	—
3×1.5	9.2	11.9	8.0	10.4	—	—	—	—
3×2.5	10.9	14.0	9.6	12.4	—	—	—	—
3×4	12.7	16.2	11.3	14.5	—	—	—	—
3×6	14.1	18.0	12.8	16.3	—	—	—	—
3×10	19.1	24.2	16.8	21.4	23.0	28.1	20.6	25.2
3×16	21.8	27.6	19.5	24.7	25.7	31.5	23.3	28.6
3×25	26.1	33.0	23.6	29.9	29.6	36.5	27.1	33.5
3×35	29.3	37.1	26.5	33.8	32.8	40.6	30.0	37.5
3×50	34.1	42.9	30.9	39.2	36.7	45.5	33.5	42.0
3×70	38.4	48.3	35.1	44.0	41.0	50.9	37.7	47.2
3×95	43.3	54.0	39.6	49.7	45.9	56.6	42.2	52.5
3×120	47.4	60.0	43.4	55.5	50.0	62.6	46.0	58.3
3×150	52.0	66.0	47.6	61.1	54.6	68.6	50.2	63.9
3×185	57.0	72.0	52.2	66.7	58.7	73.7	53.9	68.8
3×240	65.0	82.0	59.8	76.2	66.7	83.7	54.6	78.2
3×300	72.0	90.0	66.3	83.6	—	—	—	—
3×4+1×2.5	14.0	17.9	12.7	16.3	—	—	—	—
3×6+1×4	15.7	20.0	14.1	18.1	—	—	—	—
3×10+1×6	20.9	26.5	18.5	23.8	—	—	—	—
3×16+1×10	23.5	29.6	21.1	26.8	—	—	—	—
3×25+1×16	27.9	35.6	25.1	32.4	—	—	—	—
3×35+1×16	31.0	40.1	28.1	36.6	—	—	—	—
3×50+1×25	35.7	46.0	32.4	42.1	—	—	—	—
3×70+1×35	40.7	52.0	37.1	47.9	—	—	—	—
3×95+1×50	46.4	59.0	42.4	54.5	—	—	—	—
3×120+1×70	50.0	64.0	45.9	59.3	—	—	—	—
3×150+1×70	55.0	70.0	50.5	64.9	—	—	—	—

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	平均外径/mm							
	450/750 V、0.6/1 kV				1.8/3 kV			
	SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU		SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
3 × 185+1 × 95	60.0	76.0	55.0	70.5	—	—	—	—
4 × 1	9.2	11.9	8.2	10.7	—	—	—	—
4 × 1.5	10.2	13.1	9.0	11.6	—	—	—	—
4 × 2.5	12.1	15.5	10.7	13.8	—	—	—	—
4 × 4	14.0	17.9	12.7	16.2	—	—	—	—
4 × 6	15.7	20.0	14.2	18.1	—	—	—	—
4 × 10	20.9	26.5	18.6	23.6	—	—	—	—
4 × 16	23.8	30.1	21.3	27.0	—	—	—	—
4 × 25	28.9	36.6	26.1	33.2	—	—	—	—
4 × 35	32.5	41.1	29.3	37.2	—	—	—	—
4 × 50	37.7	47.5	34.4	43.5	—	—	—	—
4 × 70	42.7	54.0	39.0	49.5	—	—	—	—
4 × 95	48.4	61.0	44.0	55.9	—	—	—	—
4 × 120	53.0	66.0	48.6	60.9	—	—	—	—
4 × 150	58.0	73.0	53.2	67.5	—	—	—	—
4 × 185	64.0	80.0	58.8	74.3	—	—	—	—
4 × 240	72.0	91.0	66.3	84.7	—	—	—	—
4 × 300	80.0	101.0	73.6	94.0	—	—	—	—
5 × 1	10.2	13.1	9.0	11.7	—	—	—	—
5 × 1.5	11.2	14.4	9.8	12.8	—	—	—	—
5 × 2.5	13.3	17.0	11.9	15.5	—	—	—	—
5 × 4	15.6	19.9	14.1	18.2	—	—	—	—
5 × 6	17.5	22.2	15.7	20.2	—	—	—	—
5 × 10	22.9	29.1	20.4	26.0	—	—	—	—
5 × 16	26.4	33.3	23.7	30.2	—	—	—	—
5 × 25	32.0	40.4	28.8	36.8	—	—	—	—
5 × 35	35.7	45.1	—	—	—	—	—	—
5 × 50	41.8	53.0	—	—	—	—	—	—

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	平均外径/mm							
	450/750 V、0.6/1 kV				1.8/3 kV			
	SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU		SH-90、SH-105、TPV、G 护套		TPU	
	下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
5×70	47.5	60.0	—	—	—	—	—	—
5×95	54.0	67.0	—	—	—	—	—	—
6×0.75	11.3	14.5	9.8	12.6	—	—	—	—
6×1	12.6	16.1	11.0	14.2	—	—	—	—
6×1.5	13.4	17.2	11.6	15.4	—	—	—	—
6×2.5	15.7	20.0	13.9	18.2	—	—	—	—
6×4	18.2	23.2	16.2	21.2	—	—	—	—
12×0.75	14.7	18.7	12.9	16.6	—	—	—	—
12×1	16.3	20.8	14.6	18.6	—	—	—	—
12×1.5	17.6	22.4	15.6	20.4	—	—	—	—
12×2.5	20.6	26.2	18.6	24.2	—	—	—	—
12×4	24.4	30.9	22.0	28.5	—	—	—	—
18×0.75	17.1	21.7	15.2	19.3	—	—	—	—
18×1	19.2	24.4	17.1	21.7	—	—	—	—
18×1.5	20.7	26.3	18.5	24.1	—	—	—	—
18×2.5	24.4	30.9	22.0	28.5	—	—	—	—
18×4	28.8	36.4	26.0	33.6	—	—	—	—
24×0.75	20.1	25.4	17.9	22.8	—	—	—	—
24×1	22.5	28.4	20.1	25.6	—	—	—	—
24×1.5	24.3	30.7	21.9	28.3	—	—	—	—
24×2.5	28.8	36.4	26.2	33.8	—	—	—	—
24×4	33.9	42.7	31.0	39.1	—	—	—	—
36×0.75	22.8	28.9	20.7	26.3	—	—	—	—
36×1	25.8	32.6	23.3	29.5	—	—	—	—
36×1.5	27.8	35.2	25.2	32.6	—	—	—	—
36×2.5	33.2	41.8	30.4	39.0	—	—	—	—
36×4	39.2	49.3	35.9	45.2	—	—	—	—

### A.3.9 成品电缆的标志

成品电缆的护套表面应有制造厂名称、产品型号和规格连续标志。标志应清晰、字迹清楚、耐擦。护套表面一个完整标志的末端与下一个标志的始端之间的距离不应超过 500mm。

## A.4 成品电缆性能要求及试验方法

### A.4.1 试验条件

#### A.4.1.1 环境温度

除非另有规定，试验应在环境温度  $(20\pm 15)$  °C 下进行。

#### A.4.1.2 工频试验电压的频率和波形

工频试验电压的频率应为 45 Hz ~61 Hz；波形应基本上为正弦波，引用值为有效值。

#### A.4.1.3 冲击试验电压的波形

按 GB/T 3048.13 规定，冲击波应具有有效波前时间  $1\mu\text{s}\sim 5\mu\text{s}$ ，标称半峰值时间  $40\mu\text{s}\sim 60\mu\text{s}$ 。其他方面应符合 GB/T 16927.1 规定。

### A.4.2 结构特性

电缆的结构和尺寸检查符合本文 A.3 相关内容。

### A.4.3 电气性能

#### A.4.3.1 导体直流电阻（适用于所有额定电压）

导体直流电阻应按 GB/T 3048.4 进行试验。

成品电缆或从成品电缆上取下的试样，试验前应在保持适当温度的实验室内至少存放 12h。若怀疑导体温度是否与室温一致，电缆应在实验室内存放 24h 后测量。也可将导体试样放在温度可控制的液体槽内，至少 1h 后测量电阻。

电阻测量值按 GB/T 3956 给出的公式和系数校正到 20 °C 下 1km 长度的数值。

每一根导体 20 °C 时的直流电阻不应超过 GB/T 3956 规定的相应的最大值。标称截面积适用时，地线芯的导体电阻也应符合 GB/T 3956 的规定。

A.4.3.2 绝缘电阻测量 (仅限额定电压 450/750 V ~ 3.6/6kV)

额定电压 450/750 V ~ 3.6/6kV 无绝缘屏蔽的成品电缆应进行绝缘电阻测量。

测量绝缘电阻时, 直流测试电压应为 80 V~500 V 并施加足够长的时间, 以达到合理稳定的测量, 但不应少于 1 min 也不应超过 5 min。对于单芯电缆, 如果护套和绝缘无法分开。试验时不必去除护套。

3.6/6kV 电缆试样的绝缘线芯在试验前应浸在温度为电缆正常运行时导体最高温度±2℃的水中至少 1h, 测量应在每一根导体与水之间进行。

绝缘电阻测量值按GB/T 3048.5给出的公式计算每千米长度的绝缘电阻。由测量值计算出的数值不应小于表A.13的规定。

A.4.3.2.1 电阻率和电阻常数计算

按式 (6) 用测量得到的绝缘电阻计算体积电阻率。

用式 (7) 可以计算绝缘电阻常数。

$$\rho = \frac{2 \times \pi \times L \times R}{\ln(D/d)} \dots\dots\dots (6)$$

$$K_i = \frac{L \times R \times 10^{-11}}{\lg(D/d)} = 10^{-11} \times 0.367 \times \rho \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- ρ——体积电阻率, 单位为欧姆厘米 (Ω·cm) ;
- L——电缆长度, 单位为厘米 (cm) ;
- R——测量得到的绝缘电阻值, 单位为欧姆 (Ω) ;
- D——绝缘外径, 单位为毫米 (mm) ;
- d——绝缘内径, 单位为毫米 (mm) ;
- K<sub>i</sub>——绝缘电阻常数。

表 A.13 绝缘电阻

额定电压	导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	20℃时绝缘电阻 MΩ · km	额定工作温度 90℃时 绝缘电阻/MΩ · km	额定工作温度 105℃时 绝缘电阻/MΩ · km
450/750 V 0.6/1 kV	35 及以下	150	0.15	0.15
	50~150	100	0.10	0.10
	185~400	80	0.08	0.08

1.8/3kV	35 及以下	250	0.25	0.25
	50~150	200	0.20	0.20
	185~400	150	0.15	0.15

表 A.14 EPR-90 绝缘混合料电阻率和电阻常数

额定电压	试验项目和试验条件	单位	性能要求
3.6/6kV	额定工作温度	°C	90
	体积电阻率 $\rho$ —90 °C	$\Omega \cdot \text{cm}$	$10^{12}$
	绝缘电阻常数 $K_i$ —90 °C	$\text{M}\Omega \cdot \text{km}$	3.67

#### A.4.3.3 绝缘线芯电压试验 (仅适用于额定电压 450/750 V)

额定电压 450/750 V 成品电缆的绝缘线芯应进行电压试验。试样长度 10 m~15 m。剥去护套和任何其他包覆层或填充而不损伤绝缘线芯。对于护套和绝缘一次挤出的单芯电缆,如果护套和绝缘无法分开,试验时不必去除护套。

试样应在试验前浸入环境温度的水中至少 1 h。在水与导体之间施加 2.5 kV 的工频电压并持续 5 min。绝缘不应击穿。

#### A.4.3.4 成品电缆电压试验(适用于所有额定电压)

成品电缆电压试验应在环境温度下按 GB/T 3048.14 采用工频交流电压进行,电压应逐渐升高规定值。

单芯无屏蔽电缆应在试验前浸入环境温度的水中至少 1 h。单芯屏蔽电缆的试验电压应施加在导体与金属屏蔽之间,持续 5 min。

对分相金属编织(或疏绕)蔽的三芯电缆,应在每一根导体与金属屏蔽层之间施加电压,持续 5 min。地线芯作为金属屏蔽的三芯电缆,应依次在每一根绝缘导体对其他所有导体及金属屏蔽层之间施加试验电压,持续 5 min。三芯电缆也可采用三相变压器,一次完成试验。

若用三相变压器同时对三起电缆进行电压试相间验电压应取表 A.15 所列数据的 1.73 倍。

在任何情况下电压都应逐渐升高到规定值,成品电缆应能经受表 A.15 规定的工频耐压试验不击穿。

表A.15 成品电缆耐压试验电压

额定电压 ( $U_0$ )	试验电压/kV
450 V	2.5

0.6kV	3.5
1.8kV	6.5
3.6kV	12.5
6kV	21
8.7kV	30.5
12kV	42
18kV	63
21kV	73.5
26kV	91 (65)
注：U <sub>0</sub> 为 26kV 电缆在进行交流电压试验时，作为替代试验电压也可以采用 65kV，30min。	

#### A.4.3.5 局部放电试验（仅限额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV）

局部放电试验仅限在具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆绝缘线芯上进行。应按GB/T 3048.12进行局部放电试验，试验灵敏度应为10pC或更优。

三芯电缆的所有绝缘线芯都应试验，电压施加于每一根导体和金属屏蔽之间。试验电压应逐渐升高到 $2U_0$ ，并保持10s，然后缓慢降到 $1.73U_0$ 。

在 $1.73U_0$ 下，应无任何由被试电缆产生的超过声明试验灵敏度的可检测到的放电。

#### A.4.3.6 弯曲试验及随后的局部放电试验（仅限额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV）

该试验适用于具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆。

在室温下试样应围绕试验圆柱体(例如线盘的筒体)至少绕一整圈，然后松开展直，再在相反方向上重复此过程。此操作循环应进行三次。

试验圆柱体的直径应为：

——单芯电缆： $12(d+D) \pm 5\%$ ；

——三芯电缆： $10(d+D) \pm 5\%$ 。

其中：

$d$ ——导体的实测直径，单位为毫米（mm）；

$D$ ——电缆试样实测外径，单位为毫米（mm），按A.3.8要求测量。

本试验完成后，试样应马上进行局部放电试验，试验灵敏度应为5pC或更优，其余均应符合A.4.3.2要求。

#### A.4.3.7 $\tan \delta$ 测量（仅限额定电压 6/10kV ~ 26/35kV）

该试验适用于具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆。

成品电缆试样应采用下述方法之一加热：试样应放置在液体槽或烘箱中，或者在试样的金属屏蔽层或导体或两者都通电流加热。

试样应加热至导体温度超过电缆正常运行时导体最高温度5K~10K。

每一方法中，都应测量导体的温度，可通过测量导体电阻确定，或者用放在液体槽、烘箱内或者放在屏蔽层表面上，或者放在与被测电缆相同的另一根同样加热的参照电缆上的测温装置进行测量。

额定电压21/35kV和26/35kV的电缆应在 $U_0$ 和上述规定的温度下进行 $\tan\delta$ 测量，其余电压等级的电缆在交流电压不低于2kV和上述规定温度下进行 $\tan\delta$ 测量。

测量值不应高于表A.16规定。

表 A.16 EPR-90 绝缘混合料的  $\tan\delta$  试验要求

序号	试验项目和试验条件	单位	性能要求
1	正常运行时导体最高温度	℃	90
2	$\tan\delta$		
	——额定电压低于 35kV 电缆的, (5~100)℃, 最大值		$400 \times 10^{-4}$
	——额定电压 35kV 电缆, (95~100)℃, 最大值		$50 \times 10^{-4}$

#### A.4.3.8 热循环试验及随后的局部放电试验（仅限额定电压 3.6/6 kV ~ 26/35 kV）

该试验适用于具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆。

试样应在试验室的地面上展开，并在试样导体上通以电流加热，直至导体达到稳定温度，此温度应超过电缆正常运行时导体最高温度5K~10K。三芯电缆的加热电流应通过所有导体。

对于额定电压18/30kV及以下电压等级的电缆，加热循环应持续至少8h，在每一加热过程中，导体应在达到规定温度后至少维持2h。随后应在空气中自然冷却至少3h，使导体温度不超过环境温度10K。

对于额定电压18/30kV以上电压等级的电缆，加热循环应持续至少24h，其中加热过程应持续至少8h，在每一加热过程中，导体应在达到规定温度后至少维持2h。随后应在空气中自然冷却至少16h使导体温度不超过环境温度10K或30℃，取二者中较高值。

上述的循环应重复20次。第20个循环后，试样应马上进行局部放电试验，试验灵敏度应为5pC或更优，其余均应符合本文A.4.3.2要求。

#### A.4.3.9 冲击电压试验（仅限额定电压 1.8/3 kV ~ 26/35 kV）

额定电压1.8/3kV ~ 26/35kV成品电缆应进行冲击电压试验。试样长度10m~15m。

试验应在导体温度高于正常运行时导体的最高温度5K~10K的电缆上进行。按GB/T 3048.13规定的步骤施加冲击电压，冲击电压峰值见表A.17。对于没有分相屏蔽的多芯电缆，每次冲击电压应依次施加在每相导体与地之间，其他导体连接在一起并接地。

电缆的每根绝缘线芯应承受正负各10次冲击电压后不击穿。

对于具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆，在冲击电压试验后，电缆试样的每一绝缘线芯应在室温下进行工频电压试验15min。试验电压应按表X规定。绝缘不应发生击穿。

表 A.17 冲击电压

额定电压/kV	3	6	10	15	20	30	35
试验电压(峰值)/kV	40	60	75	95	125	170	200

#### A.4.3.10 4h 电压试验

额定电压 0.6/1kV、1.8/3kV 以及 3.6/6kV 无绝缘屏蔽的成品电缆的绝缘线芯应进行 4h 电压试验，试样长度 10m~15m。剥去护套和任何其他包覆层或填充而不损伤绝缘线芯。对于护套和绝缘一次挤出的单芯电缆，如果护套和绝缘无法分开，试验时不必去除护套。试样应在试验前浸入环境温度的水中至少 1h。在水与导体之间施加  $4U_0$  的工频电压，电压应逐渐升高并持续 4h。绝缘不应击穿。

额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV 具有绝缘屏蔽的成品电缆的绝缘线芯应进行 4h 电压试验，试样长度 5m，环境温度下，每一导体与金属层间应施加  $4U_0$  的工频电压，电压应逐渐升高并持续 4h。绝缘不应击穿。

对应标准额定电压的试验电压值见表 A.18。

表A.18 4h电压试验的试验电压

额定电压 ( $U_0$ )	试验电压/kV
0.6kV	2.4
1.8kV	7.2
6kV	24
8.7kV	35
12kV	48
18kV	72
21kV	84
26kV	104

#### A.4.3.11 半导体屏蔽电阻率（仅限额定电压 3.6/6 kV ~ 26/35 kV、具有导体屏蔽和绝缘屏蔽的电缆）

##### A.4.3.11.1 步骤

挤包在导体上的和绝缘上的半导体屏蔽以及地线芯的半导体屏蔽的电阻率,应在取自电缆绝缘线芯和地线芯上的试样上进行测量,应对老化前和按 GB/T 33606 中 16.4 规定的材料相容性试验老化处理后的电缆样品分别试验。试验步骤应按附录 A 进行。

应在电缆正常运行时导体最高温度 $\pm 2$  °C 范围内进行测量。

##### A.4.3.11.2 要求

在老化前和老化后,电阻率不应超过下列数值:

——导体屏蔽:  $1000 \Omega \cdot \text{m}$ ;

——绝缘屏蔽:  $500 \Omega \cdot \text{m}$ ;

——地线芯半导体屏蔽:  $500 \Omega \cdot \text{m}$ 。

#### A.4.4 非电气性能

##### A.4.4.1 绝缘老化前后的机械性能试验

按 GB/T 2951.11 的规定进行取样和制备试片。应在表 B.1 规定的条件下,按 GB/T 2951.12 的规定进行老化处理。

按 GB/T 2951.11 的规定进行预处理和机械性能的试验。试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 B.1 的规定。

##### A.4.4.2 护套老化前后的机械性能试验

按 GB/T 2951.11 的规定进行取样和制备试片。应在表 B.2 规定的条件下,按 GB/T 2951.12 的规定进行老化处理。

按 GB/T 2951.11 的规定进行预处理和机械性能的试验。试片老化前和老化后的试验结果均应符合表 B.2 的规定。

##### A.4.4.3 护套的高温压力试验

按 GB/T 2951.31 中第 8 章的规定进行高温压力试验。试验温度按表 B.2 的规定。试验结果应符合表 B.2 的规定。

#### A.4.4.4 护套的低温性能试验

护套的低温弯曲试验，低温拉伸试验以及低温冲击试验应按 GB/T 2951.14 中第 8 章要求取样和进行试验，试验温度见表 B.2。试验结果应符合表 B.2 的规定。

#### A.4.4.5 护套的抗开裂试验

按 GB/T 2951.31 中第 9 章的规定取样和进行试验。试验温度和加热持续时间按表 B.2 的规定。试验结果应符合表 B.2 的规定。

#### A.4.4.6 绝缘耐臭氧试验

应按 GB/T 2951.21 中第 8 章取样和进行试验。臭氧浓度和试验持续时间应符合表 B.1 规定。

#### A.4.4.7 绝缘和护套的热延伸试验

按 GB/T 2951.21 中第 9 章的规定进行。试验条件按表 B.1 和表 B.2 的规定。绝缘的试验结果应符合表 B.1 的规定，护套的试验结果应符合表 B.2 的规定。

#### A.4.4.8 护套的浸油试验

应按 GB/T 2951.21 中第 10 章取样和进行试验，试验条件按表 B.2 的规定。试验结果应符合表 B.2 的规定。

#### A.4.4.9 绝缘和护套的抗撕试验

按 JB/T 10696.7 中的规定取样和进行试验。绝缘的试验结果应符合表 B.1 的规定，护套的试验结果应符合表 B.2 的规定。

#### A.4.4.10 绝缘吸水试验（仅限额定电压 3.6/6 kV ~ 26/35 kV）

应按 GB/T 2951.13 中的 9.1 或 9.2 取样和进行试验，试验条件按表 B.1 的规定。试验结果应符合表 B.1 的规定。

#### A.4.4.11 扭转试验

成品电缆应进行常温扭转试验和低温扭转试验，试验方法和要求应符合附录 G 的规定。用户有要求时，成品电缆还应进行附录 G 规定的高温扭转试验和负载扭转试验，并应符合附录 G 的规定。

#### A.4.4.12 负重试验

成品电缆应进行负重试验，试验方法和要求应符合附录 E 的规定。

#### A.4.4.13 成品电缆低温弯曲试验

成品电缆应进行低温弯曲试验，试验方法和要求应符合附录 D 的规定。

#### A.4.4.14 电缆的单根燃烧试验

成品电缆应进行单根燃烧试验，试验方法和要求应符合 GB/T 18380.12 的规定。

### A.4.5 特殊性能

#### A.4.5.1 人工气候老化试验

用户对电缆的耐紫外线性能有要求时，成品电缆应进行人工气候老化试验，试验方法和要求应符合附录 F 的规定。

#### A.4.5.2 盐雾试验

对于在高盐高湿环境中安装敷设的电缆，用户有要求时，成品电缆应进行盐雾试验。

成品电缆应按 GB/T 2423.17 规定进行 336h 的老化试验。老化后将样品取出并在常温下至少放置 16h。

用户有要求时，按照 GB/T 2423.18 规定的 1 级或 2 级交替盐雾试验进行试验。

随后按 GB/T 2951.11 的相关规定进行取样，并对老化后的护套试件进行抗张强度和断裂伸长率试验。

盐雾试验后，绝缘和护套的性能应满足表 B.1 和 B.2 中的要求。

#### A.4.5.3 电缆的成束燃烧试验

阻燃 C 类电缆应进行成束燃烧试验，试验方法和要求应符合 GB/T 18380.35 的规定。

## A.5 试验项目

### A.5.1 例行试验

所有成盘电缆均应进行表 A.19 规定的例行试验项目，试验结果应符合规范性标准及本文件的规定。

表 A.19 例行试验项目

序号	试验项目	试验方法标准	试验要求 (本文件条款号)
1	导体直流电阻测量	GB/T 3048.4	
2	局部放电试验 <sup>a</sup>	GB/T 3048.12	
3	成品电缆电压试验	GB/T 3048.8	
<sup>a</sup> 仅适用于 1.8/3kV 以上电缆。			

### A.5.2 抽样试验

抽样试验项目见表 A.20，试验结果应符合规范性标准及本文件的规定。如需方有特殊要求，可另行补充抽样试验项目。

表 A.20 抽样试验项目

序号	试验项目	试验方法标准	试验要求 (本文件条款号)
1	成品电缆标志	GB/T 6995.1	
2	绝缘线芯识别	GB/T 6995.1	
3	导体检查	GB/T 4909.2	
4	绝缘厚度测量	GB/T 2951.11	
5	缆芯绞合节距的测量 <sup>a</sup>	GB/T 4909.2	
6	屏蔽检查 <sup>b</sup>	GB/T 2951.11	
7	金属屏蔽检查	GB/T 4909.2	
8	护套厚度测量	GB/T 2951.11	
9	外径测量 <sup>a</sup>	IEC 60811-203	
10	20℃ 绝缘电阻 <sup>a</sup>	GB/T 3048.5	
11	4h 电压试验 <sup>b</sup>	GB/T 3048.8	
12	绝缘热延伸试验 <sup>b</sup>	GB/T 2951.21	
13	SE 护套热延伸试验 <sup>b</sup>	GB/T 2951.21	
<sup>a</sup> 仅适用于 1.8/3kV 及以下电缆。			
<sup>b</sup> 仅适用于 1.8/3kV 以上电缆。			

### A.5.3 型式试验

电缆的型式试验项目见表 A.21。试验结果应符合规范性标准及本文件的规定。供方应提供具有资质的权威第三方检测机构出具的型式试验检验报告和认证机构的相关认证证书。

当电缆需有耐盐雾、成束阻燃和人工气候老化等特殊性能时，电缆应符合本文件中特殊性能的技术要求，且供方应提供具有资质的权威第三方检测机构出具的相关特殊性能的检验报告和认证机构的相关认证证书。

表 A.21 型式试验项目

序号	试验项目	试验方法标准	试验要求 (本文件条款号)
1	成品电缆标志	GB/T 6995.1	
2	绝缘线芯识别	GB/T 6995.1	
3	导体检查	GB/T 4909.2	
4	绝缘厚度测量	GB/T 2951.11	
5	缆芯绞合节距的测量 <sup>a</sup>	GB/T 4909.2	
6	屏蔽检查 <sup>b</sup>	GB/T 2951.11	
7	金属屏蔽检查	GB/T 4909.2	
8	护套厚度测量	GB/T 2951.11	
9	外径测量 <sup>a</sup>	IEC 60811-203	
10	导体直流电阻测量	GB/T 3048.4	
11	20℃绝缘电阻 <sup>a</sup>	GB/T 3048.5	
12	额定工作温度时绝缘电阻 <sup>a</sup>	GB/T 3048.5	
13	绝缘线芯电压试验	GB/T 3048.8	
14	4h电压试验	GB/T 3048.8	
15	冲击电压试验	GB/T 3048.13	
16	老化前后绝缘的机械性能试验	GB/T 2951.11 GB/T 2951.12	
17	老化前后护套的机械性能试验	GB/T 2951.11 GB/T 2951.12	
18	护套的高温压力试验	GB/T 2951.31	
19	护套的低温性能试验	GB/T 2951.14	
20	护套的抗开裂试验	GB/T 2951.31	
21	绝缘耐臭氧试验	GB/T 2951.21	
22	绝缘和护套的热延伸试验	GB/T 2951.21	
23	护套的浸油试验	GB/T 2951.21	
24	绝缘和护套的抗撕试验	JB/T 10696.7	
25	常温扭转试验	附录 G	
26	低温扭转试验	附录 G	
27	高温扭转试验 <sup>a</sup>	附录 G	
28	负载扭转试验 <sup>a</sup>	附录 G	
29	负重试验	附录 E	
30	低温弯曲试验	附录 D	
31	人工气候老化试验 <sup>a</sup>	附录 F	
32	盐雾试验 <sup>a</sup>	附录 A.4.5.2	
33	电缆的单根燃烧试验	GB/T 18380.12	
34	电缆的成束燃烧试验	GB/T 18380.34~GB/T 18380.36	

序号	试验项目	试验方法标准	试验要求 (本文件条款号)
<sup>a</sup> 仅适用于 1.8/3kV 及以下电缆。 <sup>b</sup> 仅适用于 1.8/3kV 以上电缆。			

## 附录 B

(规范性)

## 绝缘和护套材料的性能要求

取自成品电缆的绝缘和护套应按表 B.1 检查是否符合要求。

表 B.1 绝缘材料非电性能试验要求

参考号	试验项目	单位	试验方法标准	绝缘混合料			
				G	EPR-90		EPR-105
					1.8/3kV 及以下	1.8/3kV 以上	
1	抗张强度和断裂伸长率						
1.1	老化前						
1.1.1	抗张强度 ——中间值, 最小值	N/mm <sup>2</sup>		5.0	4.2	6.5	6.5
1.1.2	断裂伸长率 ——中间值, 最小值	%		150	200	300	200
1.2	烘箱老化后						
1.2.1	测试条件 <sup>a</sup> ——温度 ——处理持续时间	°C h	GB/T 2951.11 GB/T 2951.12	200±2 10×24	135±2 7×24		150±2 7×24
1.2.2	抗张强度 ——中间值, 最小值 ——变化率 <sup>b</sup> , 最大值	N/mm <sup>2</sup> %		4.0 —	— ±30		— ±30
1.2.3	老化后断裂伸长率 ——中间值, 最小值 ——变化率 <sup>b</sup> , 最大值	% %		120 —	— ±30		— ±30
2	热延伸试验						
2.1	测试条件 ——温度 ——机械应力	°C N/cm <sup>2</sup>		200±3 20±0.5	250±3 20±0.5		250±3 20±0.5
2.2	试验结果 ——负载下最大伸长率 ——冷却后的最大永久伸长率	% %		175 25	175 15		175 15
3	耐臭氧试验						
3.1	试验条件		GB/T 2951.21				

参考号	试验项目	单位	试验方法标准	绝缘混合料			
				G	EPR-90		EPR-105
					1.8/3kV 及以下	1.8/3kV 以上	
4	——试验温度	℃	JB/T 10696.7	—	25±2	25±2	
	——试验时间	h		—	24	24	
5	——臭氧浓度 (按体积)	%	GB/T 2951.13	—	0.025~0.030	0.025~0.030	
	试验结果			—	无裂纹	无裂纹	
5.1	抗撕试验 <sup>c</sup>						
5.2	——抗撕强度, 最小值	N/mm		4.0	—	—	
5.1	吸水试验						
5.2	试验条件						
5.2	——温度 (偏差±2℃)	℃		—	85	—	
5.2	——试验时间	h		—	336	—	
5.2	试验结果			—		—	
5.2	——重量最大增量	mg/cm <sup>2</sup>		—	5	—	
6	盐雾试验 <sup>d</sup>		A.4.5.2 和 GB/T 2423.17				
6.1	试验条件						
6.1	——试验时间	h		14×24	14×24	14×24	
6.1	试验结果						
6.1	——抗张强度变化率 <sup>b</sup> , 最大值	%		-30°	-30°	-30°	
6.1	——断裂伸长率变化率 <sup>b</sup> , 最大值	%		-30°	-30°	-30°	

<sup>a</sup> 双橡胶混合料的老化不应采用强迫鼓风烘箱。仲裁试验时, 应采用自然通风老化箱。  
<sup>b</sup> 变化率: 老化后中间值与老化前中间值之差与老化前中间值之比, 以百分比表示。  
<sup>c</sup> 由于样品外径或厚度过小而无法取样时可不进行抗撕试验。  
<sup>d</sup> 为可选试验。  
<sup>e</sup> 不规定正偏差。

表 B.2 护套材料非电性能试验要求

参考号	试验项目 <sup>a</sup>	单位	试验方法标准	护套混合料					
				SH-90		SH-105	G	TPU	TPV
				1.8/3 kV 及 以下	1.8/3 kV 以 上				
1	抗张强度和断裂伸长率								
1.1	老化前		GB/T						
1.1.1	抗张强度		2951.11						
1.1.1	——中间值,	N/mm <sup>2</sup>	GB/T	10.0	10.0	10.0	7.0	20.0	10.0
1.1.1	最小值		2951.12						
1.1.2	断裂伸长率								

参考号	试验项目 <sup>a</sup>	单位	试验方法标准	护套混合料					
				SH-90		SH-105	G	TPU	TPV
				1.8/3 kV 及以下	1.8/3 kV 以上				
1.2	——中间值, 最小值 烘箱老化后	%		250	300	250	200	300	300
1.2.1	测试条件								
	——温度	℃		120±2	100±2	135±2	200±2	110±2	135±2
	——处理持续时间	h		10×24	7×24	7×24	7×24	7×24	7×24
1.2.2	抗张强度								
	——中间值, 最小值	N/mm <sup>2</sup>		—	—	—	5.0	—	10.0
	——变化率 <sup>a</sup> , 最大值	%		-30 <sup>b</sup>	-30 <sup>b</sup>	—	—	±30	±25
1.2.3	老化后断裂伸长率								
	——中间值, 最小值	%		—	—	—	150	300	300
	——变化率 <sup>a</sup> , 最大值	%		-40 <sup>b</sup>	-40 <sup>b</sup>	—	—	±30	±25
1.3	浸矿物油后机械性能		GB/T 2951.21						
1.3.1	测试条件								
	——油温	℃		100±2	100±2	100±2	100±2	100±2	100±2
	——浸油时间	h		24	24	24	24	24	24
1.3.2	抗张强度								
	——变化率 <sup>a</sup> , 最大值	%		-40 <sup>b</sup>	-40 <sup>b</sup>	—	—	±40	-40 <sup>b</sup>
1.3.3	断裂伸长率								
	——变化率 <sup>a</sup> , 最大值	%		-40 <sup>b</sup>	-40 <sup>b</sup>	—	—	±30	-40 <sup>b</sup>
2	热延伸试验								
2.1	测试条件								
	——温度	℃		200±3	200±3	200±3	200±3	—	—
	——机械应力	N/cm <sup>2</sup>	GB/T 2951.21	20±0.5	20±0.5	20±0.5	20±0.5	—	—
2.2	试验结果								
	——负载下最大伸长率	%		175	175	175	175	—	—
	——冷却后的最大永久伸长率	%		25	15	15	15	—	—
3	抗撕试验		JB/T 10696.7						
	——抗撕强度, 最小值	N/mm		5.0	5.0	5.0	5.0	—	—
4	高温压力试验		GB/T 2951.31						

参考号	试验项目 <sup>a</sup>	单位	试验方法标准	护套混合料					
				SH-90		SH-105	G	TPU	TPV
				1.8/3 kV 及以下	1.8/3 kV 以上				
4.1	测试条件 ——温度	℃	GB/T 2951.31	—	—	—	100	90	
4.2	——压痕中间值/ 平均厚度, 最大	%		—	—	—	50	50	
5	抗开裂试验		GB/T 2951.31						
5.1	测试条件 ——温度	℃	GB/T2951. 14	—	—	—	150±3	150±3	
	——持续时间	h		—	—	—	1	1	
5.2	试验结果			—	—	—	无裂纹	无裂纹	
6	低温拉伸试验 ——温度	℃	GB/T2951. 14	-25±2 <sup>c</sup>					
	——未断裂时的伸 长率, 最小值	%		30	30	30	30	30	
7	低温冲击试验		GB/T2951. 14						
	测试条件 ——温度	℃	A.4.5.2 和 GB/T 2423.17	-25±2 <sup>c</sup>					
	试验结果			无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	
8	盐雾试验 <sup>d</sup>		A.4.5.2 和 GB/T 2423.17						
8.1	试验条件 ——试验时间	h	A.4.5.2 和 GB/T 2423.17	14×24	14×24	14×24	14×24	14×24	
	试验结果 ——抗张强度变化 率 <sup>a</sup> , 最大值	%		-30 <sup>b</sup>					
	——断裂伸长率变 化率 <sup>a</sup> , 最大值	%		-30 <sup>b</sup>					

<sup>a</sup> 变化率: 老化后中间值与老化前中间值之差与老化前中间值之比, 以百分比表示。  
<sup>b</sup> 不规定正偏差。  
<sup>c</sup> 如果用于环境最低温度为 -40℃、-55℃, 低温试验温度应分别为 -40℃±2℃、-55℃±2℃, 如用户对最低环境适应温度另有要求, 按用户要求的温度试验。  
<sup>d</sup> 为可选试验。

## 附录 C

(规范性)

## 确定护层尺寸的假设计算方法

## C.1 概述

本计算方法用于确定电缆各元件的假设直径，使电缆设计标准化，以尽量避免在单独计算中引起的任何差异。

## C.2 方法

## C.2.1 导体的假设直径

每一标称截面导体的假设直径 ( $d_L$ ) 见表 C.1。

表 C.1 导体的假设直径

导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	导体的假设直径 $d_L$ mm	导体标称截面积/mm <sup>2</sup>	导体的假设直径 $d_L$ mm
0.75	1.0	50	8.0
1.0	1.1	70	9.4
1.5	1.4	95	11.0
2.5	1.8	120	12.4
4	2.3	150	13.8
6	2.8	185	15.3
10	3.6	240	17.5
16	4.5	300	19.5
25	5.6	400	22.6
35	6.7		

## C.2.2 绝缘线芯的假设直径

任何绝缘线芯的假设直径 ( $D_c$ ) 按公式 (C.1) 计算。

$$D_c = d_L + 2t_{in} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$D_c$ —绝缘线芯假设直径，单位为毫米 (mm) ；

$d_L$ —导体假设直径，单位为毫米 (mm)；

$t_m$ —绝缘的标称厚度，单位为毫米 (mm)。

### C.2.3 缆芯的假设直径

C.2.3.1 对于所有导体标称截面积相同的电缆 缆芯的假设直径 ( $D_t$ ) 按公式 (C.2) 计算。

$$D_t = K \times D_C \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

$D_t$ —缆芯的假设直径，单位为毫米 (mm)；

$K$ —成缆系数，见表 C.2。

C.2.3.2 对于有一根小截面的四芯电缆,缆芯的假设直径 ( $D_t$ ) 按公式 (C.3) 计算。

$$D_t = \frac{2.42(3D_{c1}+D_{c2})}{4} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$D_{c1}$ —每相绝缘线芯的假设直径，单位为毫米 (mm)；

$D_{c2}$ —小截面绝缘线芯的假设直径，单位为毫米 (mm)。

表 C.2 线芯成缆系数

芯数	成缆系数 K	芯数	成缆系数 K
2	2.00	20	5.33
3	2.16	21	5.33
4	2.42	22	5.67
5	2.70	23	5.67
6	3.00	24	6.00
7	3.00	25	6.00
8	3.45	26	6.00
9	3.80	27	6.15
10	4.00	28	6.41
11	4.00	29	6.41
12	4.16	30	6.41
13	4.41	31	6.70
14	4.41	32	6.70
15	4.70	33	6.70

芯数	成缆系数 K	芯数	成缆系数 K
16	4.70	34	7.00
17	5.00	35	7.00
18	5.00	36	7.00
19	5.00		

#### C.2.4 金属屏蔽

按公式 (C.4) 计算金属屏蔽的假定直径  $D_u$ 。

$$D_u = D_t + 2\Delta_u \cdots \cdots \cdots (C.4)$$

式中：

$D_u$ ——金属屏蔽的假定直径，单位为毫米 (mm)；

$\Delta_u$ ——屏蔽层的标称厚度，单位为毫米 (mm)；

$\Delta_u$  等于 2.5 倍编织单线的标称直径 (见表 8)。

#### C.3 数值修约

对计算结果进行修约，规则如下：

——所有计算结果应修约到一位小数，即精确到 0.1mm；所有计算结果用到相应的计算公式之前应先修约到一位小数；

——修约前，如果第二位小数位 0、1、2、3、4，则小数点后第一位小数保持不变 (舍去)；修约前，如果第二位小数位 5、6、7、8、9，则小数点后第一位小数加上 1 (进一)。

**附录 D**  
**(规范性)**  
**成品电缆低温弯曲试验**

**D.1 试样制备**

试样为包含所有结构部件的成品电缆。取一根适当长度的电缆试样。

**D.2 试验步骤**

按照 GB/T 2951.14 的规定进行。

**D.3 试验条件**

**D.3.1 试验温度**

试验温度为电缆型号规定的最低环境适应温度，即  $(-55\pm 2)^\circ\text{C}$  或  $(-40\pm 2)^\circ\text{C}$  或  $(-25\pm 2)^\circ\text{C}$ 。用户对最低环境适应温度另有要求时，按用户要求的温度进行试验。

**D.3.2 试棒直径**

试棒直径为试样直径的 4 倍~5 倍。

**D.3.3 试棒转速和卷绕圈数**

对于额定电压 450/750V ~ 1.8/3kV 电缆，电缆外径小于或等于 12.5mm 时，按照 GB/T 2951.14 的规定进行；电缆外径大于 12.5mm 时，按照 (4~5) 倍电缆外径弯曲 180°，将试样完成 U 型。

对于额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV 电缆，按照 (4~5) 倍电缆外径弯曲 180°，将试样完成 U 型。

**D.4 试验结果判定**

达到规定时间后，将试样恢复到环境温度后，电缆表面应无裂纹。

**附录 E**  
**(规范性)**  
**负重试验**

### E.1 试样制备

试样为包含所有结构部件的成品电缆。从整盘电缆上取下 1.5m 作为试样。

### E.2 试验步骤

试样应在  $(23 \pm 5)$  °C 的环境温度中放置 24h，然后将试样顶端固定在约 2m~3m 高的架子上，在试样下端的导体上悬挂一个砝码，砝码质量为试样总铜导体截面积 ( $\text{mm}^2$ )  $\times 15\text{N}$ 。试样应在负重状态下放置 168h。

### E.3 试验结果判定

试样的护套、绝缘表面应无裂纹。

测量电缆的导体和地线芯（若有）的直流电阻，应符合 GB/T 3956 的规定。

在有金属编织屏蔽或疏绕屏蔽的情况下，还应在负重后对其金属屏蔽进行检查，检查的结果应无任何由于负重而造成的破损。

**附录 F**  
**(规范性)**  
**人工气候老化试验**

**F.1 概述**

本试验方法适用于风力发电用耐扭曲软电缆的人工气候老化试验。

**F.2 试验设备**

**F.2.1 氙灯气候老化箱**

F.2.1.1 氙灯功率为 6kW，试样转架直径为 800mm~959mm，高为 365mm，试样转架每分钟旋转一周，箱体温度为  $(55\pm 3)$  °C，相对湿度为  $(85\pm 5)$  %。

F.2.1.2 喷水应为清洁的自来水，喷水水压为 0.12MPa~0.15MPa，喷水嘴内径 ( $\phi$ ) 为 0.8mm，以 18min 喷水、光照，102min 单独光照，周期进行。

**F.2.2 拉力试验机**

示值精度：从各级度盘 1/10 量程以上但不小于最大负荷的 4%开始，为 $\pm 1\%$ 。

**F.3 试样制备**

从被试电缆的端部 500mm 处切取足够长度的电缆，并从电缆中取出绝缘线芯，制取护套试样（试片），能供三组，试验测定有效性能。有机械损伤的样段不应作为试样用于试验。三组试验所需试样的数量如下：

- 第一组试样至少 5 个，供原始性能测量用；
- 第二组试样至少 5 个，供 0h~1008h 人工气候老化后性能测量用；
- 第三组试样至少 5 个，供 504h~1008h 人工气候老化后性能测量用。

**F.4 试验步骤**

F.4.1 将第一组试样保存在阴凉干燥处，第二、三组试样应放入氙灯气候箱内进行试验，其中第三组试样应在试验开始 504h 后放入。

F.4.2 在规定的老化时间后，取出试样，在环境温度下存放至少 16h，与第一组试样对比进行外观检查。

F.4.3 试样按 GB/T 2951.11 的要求，在光照面冲切哑铃片和预处理后，测定老化前和老化后三组试片的抗张强度和断裂伸长率。制作试片时，不应磨削光照面。

F.4.4 当按 E.4.3 规定不应在光照面冲切哑铃片时，允许从同一型号的其他规格上切取，其光老化性能等效。

## F.5 试验结果及计算

F.5.1 检查光照面，试样应无明显的龟裂。

F.5.2 试验结果用老化前后的抗张强度变化率和断裂伸长率的变化率表示，按下式计算，计算结果 TS1、EB1 不应超过±30%，TS2、EB2 不应超过±15%。

$$TS1 = \frac{(T2 - T1)}{T1} \times 100\%$$

$$EB1 = \frac{(E2 - E1)}{E1} \times 100\%$$

$$TS2 = \frac{(T2 - T3)}{T1} \times 100\%$$

$$EB2 = \frac{(E2 - E3)}{E1} \times 100\%$$

式中：

TS1——(0~1008) h 人工气候老化后抗张强度的变化率，以百分比 (%) 表示；

EB1——(0~1008) h 人工气候老化后断裂伸长率的变化率，以百分比 (%) 表示；

TS2——(504~1008) h 人工气候老化后抗张强度的变化率，以百分比 (%) 表示；

EB2——(504~1008) h 人工气候老化后断裂伸长率的变化率，以百分比 (%) 表示；

T1——人工气候老化前（第一组试样）抗张强度的中间值，单位为牛顿每平方米 (N/mm<sup>2</sup>)；

E1——人工气候老化前（第一组试样）断裂伸长率的中间值，以百分比 (%) 表示；

T2——人工气候老化后（第二组试样，人工气候老化 1008 h）抗张强度的中间值，单位为牛顿每平方米 (N/mm<sup>2</sup>)；

E2——人工气候老化后（第二组试样，人工气候老化 1008 h）断裂伸长率的中间值，以百分比 (%) 表示；

T3——人工气候老化后（第三组试样，人工气候老化 504 h）抗张强度的中间值，单位为牛顿每平方米 (N/mm<sup>2</sup>)；

E3——人工气候老化后（第三组试样，人工气候老化 504 h）断裂伸长率的中间值，以百分比 (%) 表示。

## 附录 G

### (规范性)

### 扭转试验

#### G.1 试验设备

试验设备包括扭转试验装置和温度控制试验装置两部分。扭转试验装置用于安装试样并进行扭转，其扭转角度和扭转速度应能调节；温度控制装置用于有温度要求的试验过程中对试样提供规定温度环境，其温控范围为 $-60^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，电缆所处位置的温度与规定温度的偏差不应大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

#### G.2 试样制备

从被试电缆上截取 12.5m 长的电缆样品，不同条件下的试验应在被试电缆上分别取样。

#### G.3 试验程序

##### G.3.1 常温扭转试验程序

首先将取好的试样在环境温度中放置 0.5h，然后将试样顶端固定在扭转试验装置的转轮上。扭转装置应放置在距离下端固定支架 7m~9m 的高度，将试样下端固定在支架上，受扭试样长度  $L_1+L_2$  约为 12m。扭转过程为：

- a) 额定电压 450/750V ~ 1.8/3kV 电缆：转轮先顺时针扭转  $1440^{\circ}$ ，然后逆时针扭转相同角度使试样恢复到初始状态，继续逆时针扭转  $1440^{\circ}$  后再顺时针扭转相同角度使试样恢复到初始状态，此为一个周期。转轮的转速范围宜为  $720^{\circ}/\text{min}\sim 2160^{\circ}/\text{min}$ 。
- b) 额定电压 3.6/6kV ~ 26/35kV 电缆：转轮先顺时针扭转  $1080^{\circ}$ ，然后逆时针扭转相同角度使试样恢复到初始状态，继续逆时针扭转  $1080^{\circ}$  后再顺时针扭转相同角度使试样恢复到初始状态，此为一个周期。转轮的转速范围一般为  $(720^{\circ}\sim 1440^{\circ})/\text{min}$ 。

用户没有特殊要求时，宜进行 10000 个周期的试验。

常温下扭转试验的示意图见图 G.1。

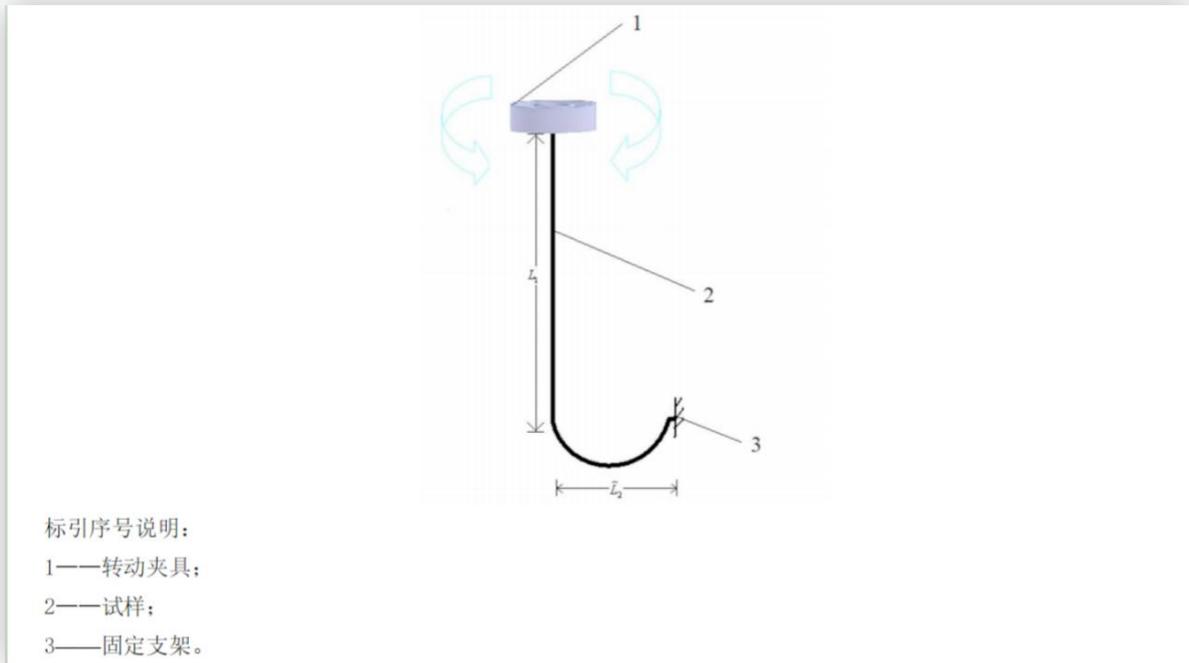


图 G.1 常温下扭转试验的示意图

### G.3.2 低温扭转试验程序

低温扭转试验的试样安装方式与常温扭转试验的安装方式相似, 但应使整个试样完全处于温度受控的箱体内部 (常温下的扭转试验试样不必安装在温度控制箱内), 然后在电缆适应的最低环境温度 ( $-25^{\circ}\text{C}$  或  $-40^{\circ}\text{C}$  或  $-55^{\circ}\text{C}$  或用户要求的最低使用温度) 下进行试验。箱体内部的温度应从试样安装好后算起的 1h 内达到规定的试验温度。试样在规定的试验温度下放置不少于 4h, 然后开始扭转试验。

- a) 额定电压 450/750 V ~ 1.8/3 kV 电缆: 转轮的转速范围宜为  $360^{\circ}/\text{min} \sim 1080^{\circ}/\text{min}$ , 其他扭转条件按 G.3.1 a) 规定。
- b) 额定电压 3.6/6 kV ~ 26/35 kV 电缆: 转轮的转速范围一般为  $(360^{\circ} \sim 720^{\circ}) / \text{min}$ , 其他扭转条件同 G.3.1 b) 。

用户没有特殊要求时, 宜进行 2000 个周期的试验。

### G.3.3 高温扭转试验程序

高温扭转试验适用于额定电压 450/750 V ~ 1.8/3 kV 电缆, 用户有要求时进行。

高温扭转试验的试样安装方式与常温扭转试验的安装方式相似, 但应使整个试样完全处于温度受控

的箱体内，然后在温度为+60℃下进行试验。试样在规定的试验温度下放置不少于4h，然后开始扭转试验。转轮的转速范围宜为720°/min~2160°/min，其他扭转条件按G.3.1规定。用户没有特殊要求时，宜进行10000个周期的试验。

#### G.3.4 负载扭转试验程序

负载扭转试验适用于额定电压450/750V~1.8/3kV电缆，用户有要求时进行。

负载扭转试验的试样安装方式和试验程序与常温扭转试验的安装方式和试验程序相似，但在试验期间应同时通电加热。试验过程中，导体温度与电缆额定工作温度的偏差不应大于±3℃。用户没有特殊要求时，宜进行10000个周期的试验。

### G.4 试验结果评定

#### G.4.1 额定电压450/750V~1.8/3kV电缆

在完成上述试验程序规定的试验后，检查试样表面，应无裂纹及扭曲现象；然后将完成扭转的试样按照表G.1进行15min交流电压试验，试样不应击穿。其中有金属屏蔽的电缆，若其中每一线芯均与金属屏蔽接触，耐压试验时金属屏蔽代替浸水。

表 G.1 扭转后耐压试验中所施加电压

额定电压	芯数	施加电压方式	施加电压值/kV
450/750V	单芯	导体与水之间	1.5
	多芯	导体与导体之间	3.5
0.6/1kV	单芯	导体与水之间	1.5
	多芯	导体与导体之间	3.5
1.8/3kV	单芯	导体与水之间	4.5
	多芯	导体与导体之间	6.5

对于带有金属屏蔽的电缆还应在耐压试验后检查屏蔽的破损程度，在任一横断面上金属屏蔽不应完全断裂。

#### G.4.2 额定电压3.6/6 kV~26/35 kV 电缆

在完成上述试验程序规定的试验后，应进行如下的试验并全部通过后，扭转试验的检验结果为合格：

- a) 检查试样表面，应无裂纹及扭曲现象；

b) 应按照 GB/T 3048.12 进行局部放电测试，在  $1.73U_0$  下测试，所有线芯的局部放电量均不应超过 5pC；

c) 应按照 GB/T 3048.8 进行 15 min 交流电压试验，电压为  $3.5U_0$ ，所有线芯均不应击穿；

d) 金属屏蔽检查，距离两侧夹具各 1 m 的范围除外，其余约 10 m 长的电缆作为检查对象并作如下检查：

——金属编织或疏绕型屏蔽：应剥除外护套检查金属屏蔽的断丝情况，在任一横截面上断丝根数不应超过总编织或疏绕金属丝根数的 10%；

——地线芯型金属屏蔽：应测试其直流电阻，电阻值不应超过 GB/T 3956 中相应标称截面积规定电阻值的 105%。

## 附录 H

## (规范性)

## 半导体屏蔽电阻率测量方法

## H.1 试样制备

试验设备包括扭转试验装置和温度控制试验装置两部分。扭转试验装置用于安装试样并进行扭转，其扭转角度和扭转速度应能调节；温度控制装置用于有温度要求的试验过程中对试样提供规定温度环境，其温控范围为 $-60^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，电缆所处位置的温度与规定温度的偏差不应大于 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

从 150 mm 长成品电缆样品上制备试样。

将电缆绝缘线芯样品沿纵向对半切开，除去导体以制备导体屏蔽试样，如有隔离层也应去掉（见图 A.1）。将绝缘线芯外所有保护层除去后制备绝缘屏蔽试片（见图 A.2）。对半导电地线芯电阻率的测试，其样品处理与导体屏蔽类似，即沿纵向对半切开，除去导体，如有隔离层也应去掉（见图 A.1）。

## H.2 测量步骤

将四只涂银电极 A、B、C 和 D（见图 A.1 和图 A.2）置于半导体层表面。两个电位电极 B 和 C 间距 50 mm。两个电流电极 A 和 D 相应地在电位电极外侧间隔至少 25 mm。

采用合适的夹子连接电极。在连接导体屏蔽电极时，应确保夹子与试样外表面绝缘屏蔽层之间处于绝缘。

将组装好的试样放入预热到规定温度的烘箱中。30 min 后用测试线路测量电极间电阻，测试线路的功率不超过 100 mW。

电阻测量后，在室温下测量导体屏蔽和绝缘的外径及导体屏蔽和绝缘屏蔽层的厚度。每个数据取六个测量值的平均值（见图 A.2）。

## H.3 测量结果结算

H.3.1 导体屏蔽体积电阻率按式 (H.1) 计算。

$$\rho_c = \frac{R_c \times \pi \times (D_c - T_c) \times T_c}{2L_c} \dots\dots\dots (H.1)$$

式中：

$\rho_c$ ——体积电阻率，单位为欧姆米 ( $\Omega \cdot \text{m}$ )；

$R_c$ ——测量电阻，单位为欧姆 ( $\Omega$ )；

$D_c$ ——导体屏蔽外径，单位为米 (m)；

$T_c$ ——导体屏蔽平均厚度，单位为米 (m)；

$L_c$ ——电位电极间距离，单位为米 (m)。

H.3.2 绝缘屏蔽体积电阻率按式 (H.2) 计算。

$$\rho_i = \frac{R_i \times \pi \times (D_i - T_i) \times T_i}{L_i} \dots\dots\dots (H.2)$$

式中：

$\rho_i$ ——体积电阻率，单位为欧姆米 ( $\Omega \cdot m$ )；

$R_i$ ——测量电阻，单位为欧姆 ( $\Omega$ )；

$D_i$ ——绝缘屏蔽外径，单位为米 (m)；

$T_i$ ——绝缘屏蔽平均厚度，单位为米 (m)；

$L_i$ ——电位电极间距离，单位为米 (m)。

H.3.3 地线芯体积电阻率按式 (H.3) 计算。

$$\rho_e = \frac{R_e \times \pi \times (D_e - T_e) \times T_e}{2L_e} \dots\dots\dots (H.3)$$

式中：

$\rho_e$ ——体积电阻率，单位为欧姆米 ( $\Omega \cdot m$ )；

$R_e$ ——测量电阻，单位为欧姆 ( $\Omega$ )；

$D_e$ ——地线芯外径，单位为米 (m)；

$T_e$ ——地线芯平均厚度，单位为米 (m)；

$L_e$ ——电位电极间距离，单位为米 (m)。

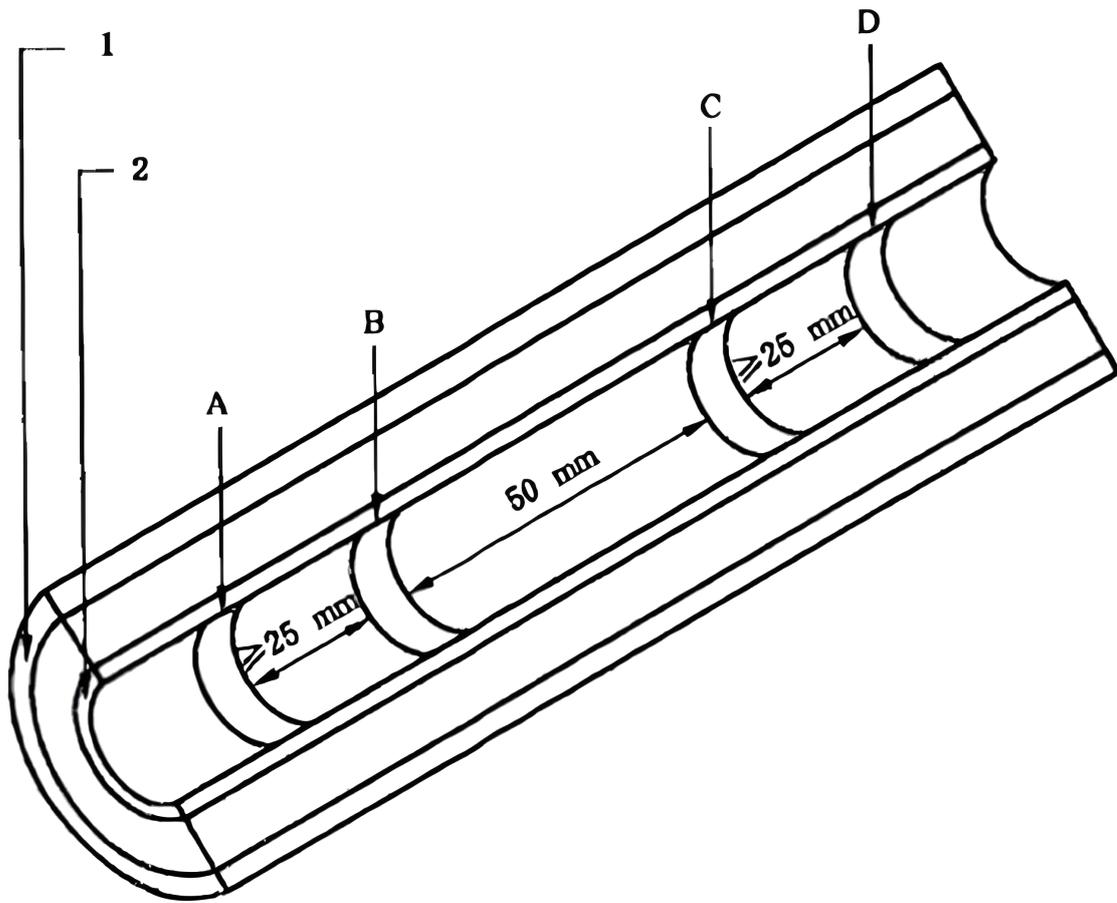


图 H.1 导体屏蔽体积电阻率测量

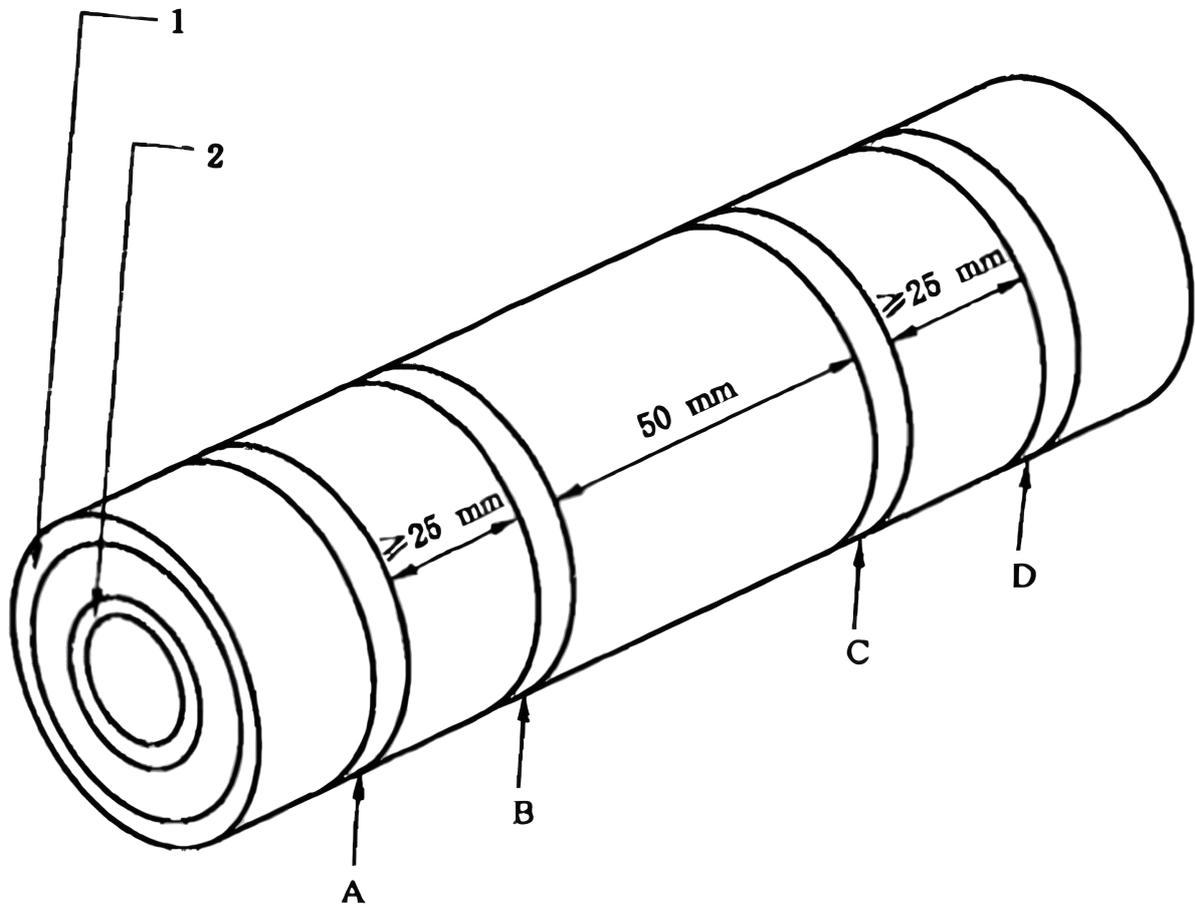


图 H.2 绝缘屏蔽体积电阻率测量

参考文献

[1] IEC 62930: 1992 Calculation of the lower and upper limits for the average outer dimensions of cables with circular copper conductors and of rated voltages up to and including 450/750 V

[2] IEC 60811-203 : 2012 Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials - Part 203: General tests - Measurement of overall dimensions

---