

国家电线电缆质量监督检验中心技术规范

TICW/01—2009

额定电压 1.8/3kV 及以下风力发电用 耐扭曲软电缆

2009-05 -01 发布

2009-05 -01 实施

国家电线电缆质量监督检验中心 发布

编者按

作为新能源中技术最成熟的、最具规模开发条件和商业化发展前景的发电方式，风力发电的发展速度令人瞩目。作为风力发电设备配套产品的风力发电用电缆正在成为有巨大市场潜力的电缆新品种，已被众多电缆企业开发并投放市场。

但对于市场巨大的风力发电用电缆，目前即没有国家和行业标准也没有统一的技术规范，各个企业各自为政，制造的电缆其结构尺寸要求、使用的材料及要求、电压等级、使用环境温度、规格截面、使用场合、试验方法等等都不统一，非常不规范，给用户的选择和使用带来很大的麻烦，并且由于没有国家和行业标准，产品要求不规范，产品质量良莠不齐，市场监管无法可依，大量不合格或劣质电缆充斥市场，不仅为用户带来了不必要的经济损失，也为使用电缆的设备安全运行带来了很大的隐患，严重威胁着电气控制设备、电力系统的正常运行及人身财产的安全，同时也严重影响了电缆行业的声誉。

为此国家电线电缆质量监督检验中心依托上海电缆研究所五十几年的技术底蕴、本身二十几年的检测经验和人才优势，应广大特种电缆使用者的要求，邀请了国内众多在风力发电用电缆制造方面技术领先的电缆制造企业，以国内外最新的相关标准和用户要求为基础，编制了风力发电用电缆技术规范。

风力发电用电缆技术规范的制定，必将在很大程度上净化国内风力发电用电缆型号混乱、产品质量参差不齐的局面，有利于产品质量的提高和控制，并将使设计院有了选择电缆的依据，采购方和用户有了产品质量考核的依据。

前 言

本规范的编制依据为风力发电企业的技术条件及试验要求。本规范主要参照了HD 22.4 S4:2004《额定电压450/750V及以下交联绝缘电缆 第4部分：软线和软电缆》、HD 22.10《额定电压450/750V及以下交联绝缘电缆 第10部分：EPR（乙丙橡胶）及聚氨酯软线》、HD 22.12《额定电压450/750V及以下交联绝缘电缆 第12部分：EPR耐热线及柔性电缆》、DIN VDE 0282-4:2005-02《额定电压450/750V及以下橡胶绝缘电线电缆 第四部分：软线和软电缆》及GB/T 5013-2008/IEC 60245-4:2003《额定电压450/750V及以下橡皮绝缘电缆》、IEC 60502-1:2004（GB/T 12706.1-2002）《额定电压1kV（Um=1.2kV）到30kV（Um=36kV）挤包绝缘电力电缆及附件 第1部分：额定电压1kV（Um=1.2kV）和3kV（Um=3.6kV）电缆》、IEC 60092-351:2000《船舶电气设施 第351部分：船用可移动的和固定的近海成套动力装置、远程通讯及控制数据电缆用绝缘材料》、IEC 60092-359《船用电力和通信电缆护套材料》等标准，并结合风力发电用电缆的使用环境和条件进行编制。

本规范编写参照 GB/T 1.1-2000 和 GB/T 1.3-1997

本规范的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F 是规范性附录

本规范由国家电线电缆质量监督检验中心提出。

本规范由国家电线电缆质量监督检验中心归口并负责解释。

本规范负责起草单位：国家电线电缆质量监督检验中心。

本规范参加起草单位和主要起草人：

国家电线电缆质量监督检验中心 吴长顺 范玉军 杨立志 毛阿兴 李骥 龚国祥

宝胜科技创新股份有限公司 房权生 江苏昌盛电缆有限公司 杨文伟

无锡市沪安电线电缆有限公司 柳尧裕 安徽华菱电缆集团有限公司 李万松

安徽华能电缆集团有限公司 周友芝 江苏亨通电力电缆有限公司 管新元

安徽华星电缆集团有限公司 陈永军 安徽江淮电缆集团有限公司 付世财

上海南洋电材有限公司 陈文刚 普睿司曼(天津)电缆有限公司 马俊江

东莞市日新传导科技股份有限公司 刘 涛 扬州曙光电缆有限公司 梁国华

上海胜华电缆(集团)有限公司 胡建国 江苏上上电缆集团有限公司 李 斌

特变电工(德阳)电缆股份有限公司 刘春昉 兴乐集团有限公司 张成学

安徽新亚特电缆集团有限公司 吉启荣 远东控股集团有限公司 汪传斌

扬州亚光电缆有限公司 胡行兵 烟台市电缆厂 王治平

江苏中煤电缆集团有限公司 刘景光 常州八益电缆有限公司 蒲守林

郑州电缆有限公司 朱爱荣

额定电压 1.8/3kV 及以下风力发电用耐扭曲软电缆

1 范围

本规范规定了适用于风力发电设备中叶轮机及固定安装塔内或其类似场合的1.8/3kV及以下风力发电用耐扭曲软电缆的产品名称、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装。

本规范适用于额定电压1.8/3kV及以下风力发电系统或类似系统用耐扭曲软电缆。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

GB/T 2900.10	电工术语 电缆
GB/T 2951-2008	电缆绝缘和护套材料通用试验方法
GB/T 3048-2007	电线电缆电性能试验方法
GB/T 3956	电缆的导体 (GB/T 3956-1997.idt IEC 60228:1978)
GB/T 6995	电线电缆识别标志
GB/T 12706.1-2008	额定电压1kV (Um=1.2kV) 到35kV (Um=40.5kV) 挤包绝缘电力电缆及附件 第1部分: 额定电压1kV (Um=1.2kV) 和3kV (Um=3.6kV) 电缆
GB/T 18380-2008	电缆在火焰条件下的燃烧试验
JB/T 8137-1999	电缆包装盘
JB/T 10696.7-2007	电线电缆机械和理化性能试验方法 第7部分: 抗撕试验

3 定义

本规范采用GB/T 2900.10和下列定义

3.1 额定电压

电缆的额定电压是电缆设计、使用和进行电性能试验用的基准电压。

额定电压用 U_0/U 表示，单位为kV。

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系统任意两相导体之间的电压有效值。

在交流系统中，电缆的额定电压应至少等于使用电缆的系统的标称电压，这个条件对 U_0 和 U 都适用；在直流系统中，该系统的标准电压应不大于电缆额定电压的1.5倍。

系统的工作电压应不大于系统额定电压的1.1倍。

3.2 批

批是指一次订货的同型号规格产品数量。

如果一次订货中有不同型号规格的产品，则不同的型号规格应视为不同的批。

3.3 有关试验的定义

3.3.1 例行试验

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

3.3.2 抽样试验

由制造方进行，按规定的频度在成品电缆试样上，或在取自成品电缆的某些部件上进行的试验，以检验电缆是否符合规定要求。

3.3.3 型式试验

按一般商业原则对本规范所包含的一种类型电缆在供货前所进行的试验,以证明电缆具有能满足预期使用条件的良好性能。该试验的特点是:除非电缆材料、设计或制造工艺的改变可能改变电缆的特性,试验做过以后就不需要重做。

4 使用特性

4.1 电缆额定电压 U_0/U 分别为: 450/750V、0.6/1kV、1.8/3kV。

电缆导体的长期允许工作温度分别为: 电压等级 450/750V 为 70℃;

电压等级 0.6/1kV、1.8/3kV 为 90℃。

4.2 电缆的最小弯曲半径为电缆直径的 6 倍。

4.3 电缆适应的最低环境温度, 普通型: -25℃, 耐寒型: -40℃、耐严寒型: -55℃。

5 电缆型号和产品表示方法

5.1 代号

风力发电用电缆系列代号	FD
阻燃C类	ZC (低烟无卤要求正在考虑中)
铜导体	(T) 省略
乙丙橡胶绝缘或其他相当的合成弹性体绝缘	E
硅橡胶橡胶或其相当混合物绝缘	G
硅橡胶橡胶或其相当混合物护套	G
聚氨酯弹性体护套(TPU)	U
氯磺化聚乙烯橡胶或其他相当的合成弹性体护套	H
氯丁橡胶或其他相当的合成弹性体护套	F
热塑性弹性体护套	S
适应的最低环境温度: -55℃ (耐严寒型)	-55
-40℃ (耐寒型)	-40
-25℃:	-25

5.2 电缆常用型号名称见表 1

表 1 型号名称

型号	额定电压	名称
FDEF-25(-40)	450/750V	铜芯乙丙橡胶绝缘氯丁橡胶护套风力发电用(耐寒)耐扭曲软电缆
FDES-25(-40)	450/750V	铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性弹性体护套风力发电用(耐寒)耐扭曲软电缆
FDGG-40(-55)	0.6/1kV 1.8/3kV	铜芯硅橡胶橡胶绝缘硅橡胶橡胶护套风力发电用耐寒(耐严寒)耐扭曲软电缆
FDGU-40(-55)	0.6/1 kV 1.8/3kV	铜芯硅橡胶橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐寒(耐严寒)耐扭曲软电缆
FDEU-40(-55)	0.6/1kV 1.8/3kV	铜芯乙丙橡胶绝缘聚氨酯弹性体护套风力发电用耐寒(耐严寒)耐扭曲软电缆
FDEG-40(-55)	0.6/1kV 1.8/3kV	铜芯乙丙橡胶绝缘硅橡胶橡胶护套风力发电用耐寒(耐严寒)耐扭曲软电缆
FDEH-25(-40)	0.6/1 kV 1.8/3kV	铜芯乙丙橡胶绝缘氯磺化聚乙烯橡胶护套风力发电用(耐寒)耐扭曲软电缆
FDES-25(-40)	0.6/1kV 1.8/3kV	铜芯乙丙橡胶绝缘热塑性弹性体护套风力发电用(耐寒)耐扭曲软电缆

注: ^(*) 如氯磺化聚乙烯橡胶护套电缆、氯丁橡胶护套和热塑性弹性体护套电缆能够通过试验温度-40℃的全部低温试验,其最低使用环境温度为-40℃,相应型号为 FDEH-40、FDEF-40、FDES-40。
^(**) 阻燃电缆在型号前加: ZC-

5.3 表示方法

产品用型号、规格、电压等级及本规范编号表示

6 电缆规格

电缆规格见表2。

表2 电缆规格

型号	额定电压	芯数	标称截面 mm ²
FDEF FDES FDGG FDGU FDEU FDEG FDEH FDES	450/750V 0.6/1 kV	1	1.5~400
		2	1~25
		3	1~300
		3+1	4~185
		4	1~300
		5	1~25
		6~36	1.5~4
		1.8/3kV	1
3	10~240		

7 技术要求

7.1 导体

7.1.1 导体应采用 GB/T 3956 中规定的第 5 种铜或镀锡铜导体。

7.1.2 导体 20℃时的直流电阻应符合 GB/T 3956 中第 5 种铜导体的规定要求。

7.1.3 导体表面允许用非吸湿性材料带作重叠绕包或纵包。

7.2 绝缘

7.2.1 绝缘应为表 3 所列的挤包固体介质的一种。绝缘机械物理性能应符合附录 A 中表 A1 的规定。

表3 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）
70℃乙丙橡皮或其他相当绝缘材料	IE4	70	140
90℃乙丙橡皮或其他相当绝缘材料	EPR	90	250
硅橡胶橡皮或其相当绝缘混合料	G	90	250

7.2.2 绝缘厚度的标称值应符合表 4 的规定。绝缘厚度的平均值应不小于标称值，绝缘最薄处厚度应不小于标称值的 90%-0.1 mm。

表4 绝缘标称厚度

导体标称截面 mm ²	绝缘厚度标称值 mm		导体标称截面 mm ²	绝缘厚度标称值 mm		导体标称截面 mm ²	绝缘厚度标称值 mm	
	450/750V 0.6/1 kV	1.8/3kV		450/750V 0.6/1 kV	1.8/3kV		450/750V 0.6/1 kV	1.8/3kV
1	0.8	-	16	1.2	2.1	120	1.8	2.4
1.5	0.8	-	25	1.4	2.2	150	2.0	2.6
2.5	0.9	-	35	1.4	2.2	185	2.2	2.6
4	1.0	-	50	1.6	2.2	240	2.4	2.8
6	1.0	-	70	1.6	2.2	300	2.6	2.8
10	1.2	2.1	95	1.8	2.4	400	2.8	3.0

- 7.2.3 绝缘应紧密挤包在导体上，断面无目力可见的气泡和杂质，外观圆整且容易与导体剥离。
- 7.2.4 绝缘线芯应按 GB/T 3048 的规定经受表 5 规定的工频火花试验作为中间检查。

表 5 火花试验电压

绝缘厚度mm	试验电压kV	绝缘厚度mm	试验电压kV
$0.5 < \delta \leq 1.0$	6	$2.0 < \delta \leq 2.5$	20
$1.0 < \delta \leq 1.5$	10	$2.5 < \delta$	25
$1.5 < \delta \leq 2.0$	15		

7.2.5 1~5 芯电缆绝缘线芯的识别

一般要求

电缆绝缘线芯应采用颜色或其它适合的方法进行识别。

除绿/黄组合色外，电缆的每一线芯应只用一种颜色。

任何多芯电缆均不应使用红色、灰色、白色以及不是组合色用的绿色和黄色。

颜色色谱

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、浅蓝色、棕色，或是浅蓝色、黑色、棕色；

四芯电缆：绿/黄色、浅蓝色、黑色、棕色，或是浅蓝色、黑色、棕色、黑色或棕色；

五芯电缆：绿/黄色、浅蓝色、黑色、棕色、黑色或棕色，或是浅蓝色、黑色、棕色、黑色或棕色、黑色或棕色；

客户无特殊要求允许采用数字编码识别。

注：可以根据用户的要求色序生产。

7.2.6 5芯以上电缆绝缘线芯的识别

线芯识别应采用 (i) 数字识别；或 (ii) 色码识别（领示和标识系统），但若电缆包含接地保护线芯，该线芯应始终为放在外层的绿/黄线芯

7.2.6.1 数字标志

除了绿/黄接地线芯外（若有接地线芯应放在外层），电缆中所有线芯应按 GB/T 6995 的规定印上数字标志进行识别。线芯的底色推荐为黑色，数字标志的颜色推荐为白色或黄色。

7.2.6.2 色码（领示和标识系统）

每层中两根相邻的线芯应着上易区别的颜色，其余线芯的颜色应相互一致。

对于含有接地保护线芯的电缆，仅外层中两根易区别的线芯中一根以黄绿线芯代替。

7.3 绝缘线芯和填充（若有）绞合成缆

绝缘线芯应绞合在一起。成缆最外层绞合节径比应不大于12倍。

可以在成缆线芯中间放置填充。

若是大截面导体的绝缘线芯，则允许挤护套前在成缆线芯上绕包织物带，只要成品电缆绝缘线芯之间的外部间隙中没有任何实质性空隙。

多芯电缆包覆护套之前，允许在缆芯外绕包一根合适材料的带子。

7.4 护套

7.4.1 护套材料：护套应为表 6 所列的挤包固体介质的一种。外护套材料应与绝缘材料的工作温度等级相适应，多芯电缆护套应不与绝缘相粘连。

护套机械物理性能符合附录 A 中表 A2 的规定

表 6 护套混合料

护套混合料	代号	正常运行时导体最高温度℃
氯丁橡皮或其他相当的合成弹性体	SE4	70
热塑弹性体	TPV-70	70
	TPV-90	90
氯磺化橡皮或其他相当的合成弹性体	SH	90
硅橡胶橡皮或其相当混合物	G	90
聚氨酯弹性体	TPU	90

7.4.2 电缆护套厚度的标称值应符合表7的规定；护套厚度的平均值应不小于标称值，其最薄点厚度应不小于标称值的85%-0.1 mm。

7.4.3 电缆外径应符合表 7 的规定。护套应表面光滑、圆整、色泽基本一致，断面应无目力可见的气泡和杂质。

表 7 电缆尺寸

芯数及导体标称截面 mm ²	护套厚度标称值 mm				平均外径 mm							
	450/750V、0.6/1 kV		1.8/3kV		450/750V、0.6/1 kV				1.8/3kV			
	SE4、TPV、SH、G	TPU	SE4、TPV、SH、G	TPU	SE4、TPV、SH、G护套		TPU护套		SE4、TPV、SH、G护套		TPU护套	
					下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
1×1.5	1.4	0.9	-	-	5.7	7.1	4.8	5.9	-	-	-	-
1×2.5	1.4	0.9	-	-	6.3	7.9	5.4	6.7	-	-	-	-
1×4	1.5	1.0	-	-	7.2	9.0	6.3	7.8	-	-	-	-
1×6	1.6	1.0	-	-	7.9	9.8	6.7	8.4	-	-	-	-
1×10	1.8	1.2	1.8	1.2	9.5	11.9	8.3	10.5	11.3	13.7	10.1	12.3
1×16	1.9	1.2	1.9	1.2	10.8	13.4	9.5	11.7	12.6	15.2	11.3	13.5
1×25	2.0	1.3	2.0	1.3	12.7	15.8	11.4	14.1	14.3	17.4	13.0	15.6
1×35	2.2	1.4	2.2	1.4	14.3	17.9	12.7	16.0	15.9	19.5	14.3	17.5
1×50	2.4	1.5	2.4	1.5	16.5	20.6	14.8	18.4	17.7	21.8	16.0	19.6
1×70	2.6	1.6	2.6	1.6	18.6	23.3	16.6	20.9	19.8	24.5	17.8	22.1
1×95	2.8	1.8	2.8	1.8	20.8	26.0	18.8	23.6	22.0	27.2	20.0	24.8
1×120	3.0	2.0	3.0	2.0	22.8	28.6	20.8	26.3	24.0	29.8	22.0	27.4
1×150	3.2	2.1	3.2	2.1	25.2	31.4	23.1	28.9	26.4	32.6	24.3	30.0
1×185	3.4	2.2	3.4	2.2	27.6	34.4	25.2	31.7	28.4	35.2	26.0	32.5
1×240	3.5	2.3	3.5	2.3	30.6	38.3	28.2	35.6	31.4	39.1	29.0	36.5
1×300	3.6	2.4	3.6	2.4	33.5	41.9	31.1	39.2	33.9	42.3	31.5	39.5
1×400	3.8	2.5	3.8	2.5	37.4	46.8	34.9	43.8	37.8	47.2	35.3	44.3
2×1	1.3	0.9	-	-	7.7	10.0	6.9	9.0	-	-	-	-
2×1.5	1.5	1.0	-	-	8.5	11.0	7.6	9.8	-	-	-	-
2×2.5	1.7	1.1	-	-	10.2	13.1	9.0	11.6	-	-	-	-
2×4	1.8	1.2	-	-	11.8	15.1	10.6	13.7	-	-	-	-
2×6	2.0	1.3	-	-	13.1	16.8	11.8	15.1	-	-	-	-
2×10	3.1	2.0	-	-	17.7	22.6	15.6	19.9	-	-	-	-
2×16	3.3	2.1	-	-	20.2	25.7	17.9	22.8	-	-	-	-
2×25	3.6	2.3	-	-	24.3	30.7	21.8	27.6	-	-	-	-
3×1	1.4	0.9	-	-	8.3	10.7	7.4	9.5	-	-	-	-
3×1.5	1.6	1.0	-	-	9.2	11.9	8.0	10.4	-	-	-	-
3×2.5	1.8	1.1	-	-	10.9	14.0	9.6	12.4	-	-	-	-
3×4	1.9	1.2	-	-	12.7	16.2	11.3	14.5	-	-	-	-
3×6	2.1	1.4	-	-	14.1	18.0	12.8	16.3	-	-	-	-
3×10	3.3	2.1	3.3	2.1	19.1	24.2	16.8	21.4	23.0	28.1	20.6	25.2
3×16	3.5	2.3	3.5	2.3	21.8	27.6	19.5	24.7	25.7	31.5	23.3	28.6
3×25	3.8	2.5	3.8	2.5	26.1	33.0	23.6	29.9	29.6	36.5	27.1	33.5
3×35	4.1	2.7	4.1	2.7	29.3	37.1	26.5	33.8	32.8	40.6	30	37.5
3×50	4.5	2.9	4.5	2.9	34.1	42.9	30.9	39.2	36.7	45.5	33.5	42.0
3×70	4.8	3.1	4.8	3.1	38.4	48.3	35.1	44.0	41.0	50.9	37.7	47.2
3×95	5.3	3.4	5.3	3.4	43.3	54.0	39.6	49.7	45.9	56.6	42.2	52.5
3×120	5.6	3.6	5.6	3.6	47.4	60.0	43.4	55.5	50.0	62.6	46	58.3
3×150	6.0	3.8	6.0	3.8	52.0	66.0	47.6	61.1	54.6	68.6	50.2	63.9

续表7

芯数及导体标称截面 mm ²	护套厚度标称值 mm				平均外径 mm							
	450/750V、0.6/1 kV		1.8/3kV		450/750V、0.6/1 kV				1.8/3kV			
	SE4、TPV、SH、G	TPU	SE4、TPV、SH、G	TPU	SE4、TPV、SH、G护套		TPU护套		SE4、TPV、SH、G护套		TPU护套	
					下限	上限	下限	上限	下限	上限	下限	上限
3×185	6.4	4.0	6.4	4.0	57.0	72.0	52.2	66.7	58.7	73.7	53.9	68.8
3×240	7.1	4.5	7.1	4.5	65.0	82.0	59.8	76.2	66.7	83.7	54.6	78.2
3×300	7.7	4.8	-	-	72.0	90.0	66.3	83.6	-	-	-	-
3×4+1×2.5	2.0	1.3	-	-	14.0	17.9	12.7	16.3	-	-	-	-
3×6+1×4	2.3	1.5	-	-	15.7	20.0	14.1	18.1	-	-	-	-
3×10+1×6	3.4	2.2	-	-	20.9	26.5	18.5	23.8	-	-	-	-
3×16+1×10	3.6	2.4	-	-	23.5	29.6	21.1	26.8	-	-	-	-
3×25+1×16	4.0	2.6	-	-	27.9	35.6	25.1	32.4	-	-	-	-
3×35+1×16	4.3	2.8	-	-	31.0	40.1	28.1	36.6	-	-	-	-
3×50+1×25	4.8	3.1	-	-	35.7	46.0	32.4	42.1	-	-	-	-
3×70+1×35	5.0	3.2	-	-	40.7	52.0	37.1	47.9	-	-	-	-
3×95+1×50	5.5	3.5	-	-	46.4	59.0	42.4	54.5	-	-	-	-
3×120+1×70	5.8	3.7	-	-	50.0	64.0	45.9	59.3	-	-	-	-
3×150+1×70	6.3	4.0	-	-	55.0	70.0	50.5	64.9	-	-	-	-
3×185+1×95	6.8	4.3	-	-	60.0	76.0	55.0	70.5	-	-	-	-
4×1	1.5	1.0	-	-	9.2	11.9	8.2	10.7	-	-	-	-
4×1.5	1.7	1.1	-	-	10.2	13.1	9.0	11.6	-	-	-	-
4×2.5	1.9	1.2	-	-	12.1	15.5	10.7	13.8	-	-	-	-
4×4	2.0	1.3	-	-	14.0	17.9	12.7	16.2	-	-	-	-
4×6	2.3	1.5	-	-	15.7	20.0	14.2	18.1	-	-	-	-
4×10	3.4	2.2	-	-	20.9	26.5	18.6	23.6	-	-	-	-
4×16	3.6	2.4	-	-	23.8	30.1	21.3	27.0	-	-	-	-
4×25	4.1	2.7	-	-	28.9	36.6	26.1	33.2	-	-	-	-
4×35	4.4	2.8	-	-	32.5	41.1	29.3	37.2	-	-	-	-
4×50	4.8	3.1	-	-	37.7	47.5	34.4	43.5	-	-	-	-
4×70	5.2	3.3	-	-	42.7	54.0	39.0	49.5	-	-	-	-
4×95	5.9	3.7	-	-	48.4	61.0	44.0	55.9	-	-	-	-
4×120	6.0	3.8	-	-	53.0	66.0	48.6	60.9	-	-	-	-
4×150	6.5	4.1	-	-	58.0	73.0	53.2	67.5	-	-	-	-
4×185	7.0	4.4	-	-	64.0	80.0	58.8	74.3	-	-	-	-
4×240	7.7	4.8	-	-	72.0	91.0	66.3	84.7	-	-	-	-
4×300	8.4	5.2	-	-	80.0	101.0	73.6	94.0	-	-	-	-
5×1	1.6	1.0	-	-	10.2	13.1	9.0	11.7	-	-	-	-
5×1.5	1.8	1.1	-	-	11.2	14.4	9.8	12.8	-	-	-	-
5×2.5	2.0	1.3	-	-	13.3	17.0	11.9	15.5	-	-	-	-
5×4	2.2	1.4	-	-	15.6	19.9	14.1	18.2	-	-	-	-
5×6	2.5	1.6	-	-	17.5	22.2	15.7	20.2	-	-	-	-
5×10	3.6	2.3	-	-	22.9	29.1	20.4	26.0	-	-	-	-
5×16	3.9	2.5	-	-	26.4	33.3	23.7	30.2	-	-	-	-
5×25	4.4	2.8	-	-	32.0	40.4	28.8	36.8	-	-	-	-
6×1.5	2.5	1.6	-	-	13.4	17.2	11.6	15.4	-	-	-	-
12×1.5	2.9	1.9	-	-	17.6	22.4	15.6	20.4	-	-	-	-
18×1.5	3.2	2.1	-	-	20.7	26.3	18.5	24.1	-	-	-	-
24×1.5	3.5	2.3	-	-	24.3	30.7	21.9	28.3	-	-	-	-
36×1.5	3.8	2.5	-	-	27.8	35.2	25.2	32.6	-	-	-	-
6×2.5	2.7	1.8	-	-	15.7	20.0	13.9	18.2	-	-	-	-
12×2.5	3.1	2.1	-	-	20.6	26.2	18.6	24.2	-	-	-	-
18×2.5	3.5	2.3	-	-	24.4	30.9	22.0	28.5	-	-	-	-
24×2.5	3.9	2.6	-	-	28.8	36.4	26.2	33.8	-	-	-	-
36×2.5	4.3	2.9	-	-	33.2	41.8	30.4	39.0	-	-	-	-
6×4	2.9	1.9	-	-	18.2	23.2	16.2	21.2	-	-	-	-
12×4	3.5	2.3	-	-	24.4	30.9	22.0	28.5	-	-	-	-
18×4	3.9	2.5	-	-	28.8	36.4	26.0	33.6	-	-	-	-

注：1、5芯以上电缆优选芯数：6、12、18、24和36

2、5芯以上非优选芯数的电缆的护套厚度的标称值（T_g）根据GB/T 12706-1 附录A 的假定直径法使用下列公式计算得出：

SE4、TPV、SH、G护套：T_g = 0.11D + 1.5mm 式中D为成缆线芯的假定直径。

TUP护套：T_g = 0.07D + 1.0mm

10mm²及以下截面的5芯以上多芯电缆的护套厚度的标称值也可以由上面公式计算得出。

7.4.4 护套优选色为黑色。

8 成品电缆

8.1 结构尺寸

8.1.1 成品电缆的导体结构应符合本规范中第 7.1.1 条的规定。

8.1.2 成品电缆绝缘厚度应符合本规范中第 7.2.2 条的规定。

8.1.3 成品电缆护套厚度应符合本规范中第 7.4.2 条的规定。

8.1.4 成品电缆的电缆外径应符合本规范中第 7.4.3 条的规定。

8.2 电气性能

8.2.1 成品电缆导体的直流电阻应符合本规范中第 7.1.2 条的规定。

8.2.2 成品电缆的绝缘电阻应符合表 8 的规定。

表 8 绝缘电阻

额定电压	电缆规格	20℃绝缘电阻 MΩ·km	工作温度下绝缘电阻 MΩ·km
450/750V 0.6/1kV	35mm ² 及以下	150	0.15
	50~150 mm ²	100	0.10
	185~400 mm ²	80	0.08
1.8/3kV	35mm ² 及以下	250	0.25
	50~150 mm ²	200	0.20
	185~400 mm ²	150	0.15

8.2.3 成品电缆耐压试验

成品电缆应能经受表9规定的工频耐压试验5min不击穿。

表9 成品耐压试验电压

额定电压	试验电压 kV
450/750V	2.5
0.6/1 kV	3.5
1.8/3kV	6.5

8.2.4 绝缘线芯耐压试验：额定电压450/750V成品电缆的绝缘线芯应经受环境温度下2.5 kV的浸水耐压试验5min不击穿。浸水至少1h。试样长度（10~15）m。（单芯电缆可带护套）

8.2.5 4U₀电压试验：额定电压 0.6/1kV 和 1.8/3kV 成品电缆绝缘线芯应经受环境温度下，浸水至少 1h、试验电压为 4U₀的工频电压试验，电压应逐渐升高并持续 4h，试验过程中应不发生击穿现象。试样长度（10~15）m。

8.2.6 冲击电压试验：额定电压1.8/3kV电缆应进行冲击电压试验，试验应在另外（10~15）m长的成品电缆上进行，试验温度高于导体最高工作温度5℃~10℃。试验应按GB/T 3048.13规定步骤施加冲击电压，峰值为40kV。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，其它导体连接在一起并接地。每根电缆绝缘线芯应承受正负极性各十次冲击电压后不击穿。

8.3 非电气性能

8.3.1 成品电缆的绝缘机械物理性能应符合附录 A 表 A1 的要求。

8.3.2 成品电缆的护套机械物理性能应符合附录 A 表 A2 的要求。

8.3.3 成品电缆应经受附录 B 规定的常温和低温的扭转试验。当用户有要求时，成品电缆还应经受附录 B 规定的高温扭转试验或负载扭转试验。

8.3.4 成品电缆应经受附录 C 规定的负重试验。

8.3.5 成品电缆应经受附录 D 规定的低温弯曲试验。

8.3.6 如用户有要求时，成品电缆应经受附录 E 规定的抗紫外试验

8.3.7 如用户有要求时，成品电缆应经受附录 F 规定的耐湿性试验。

8.3.8 成品电缆应通过 GB/T 18380.11-2008 规定的单根燃烧试验。

阻燃电缆的燃烧试验应通过 GB/T 18380.31-2008 规定的成束电缆燃烧试验的相应要求。

8.3.9 成品电缆应有连续的制造厂名、电压、型号、规格等识别标志。标志应符合 GB/T 6995 的规定。

9 试验方法和检验规则

9.1 产品应有制造厂检查合格后方能出厂，每个出厂的包装件上应附有产品质量检验合格证。

9.2 每批抽样数量按交货批至少抽取 1 个试样，也可由供需双方协议规定。抽样检验项目的结果不合格时，应加倍取样对不合格项目进行第二次试验，仍不合格，应对整批产品逐一进行试验。

9.3 产品外观应在正常视力下逐批检查。

9.4 产品按表 10 规定的试验项目检验。

10 交货长度

10.1 客户有定长要求的电缆交货长度应按约定长度交货。

10.2 其他电缆的交货长度：成圈为 100m，成盘应大于 100m。

10.3 允许提供用户最短使用长度的整倍数电缆交货。

10.4 根据双方协议，允许任何长度的成品电缆交货。

10.5 成品电缆长度计量误差不超过 $\pm 0.5\%$ 。

11 包装、运输和贮存

11.1 包装

电缆应妥善包装在符合 JB/T8137 规定要求的电缆盘上交货。电缆端头应可靠密封，伸出盘外的电缆端头应加保护罩，伸出的长度应不小于 300mm。重量不超过 80kg 的短段电缆，可以成圈包装。为防止贮存中损坏，盘装产品还应附加适当的保护。成圈包装应用一定强度的带状材料多层包覆，并捆扎牢固。每个电缆端头采用热缩帽进行良好的密封。

11.2 运输

电缆运输应不得使电缆盘处于平放位置；不得作长距离滚动；不得遭受冲撞、挤压和任何机械损伤；长途运输时应防止长时间暴晒。

11.3 每个电缆盘都将标明以下内容：

- a) 制造厂家
- b) 电缆型号、规格、电压等级；
- c) 电缆长度、净重、总重；
- d) 制造年月
- e) 表示电缆盘滚动方向的箭头。

11.4 质量检验合格证：每盘电缆均应附有制造厂的产品质量检验合格证。

11.5 电缆在装卸时应使用适当的工具，以避免损伤电缆。在运输工具上应进行良好的固定。电缆尽量避免露天存放，电缆盘不允许平放。

11.6 装箱时，箱体外壳上应标明：

- a) 制造厂家
- b) 电缆型号、规格、电压等级；
- c) 电缆长度、净重、总重；
- d) 制造年月
- e) 防潮、防掷标志。

表 10 产品试验

序号	检测项目	技术要求	试验种类	试验方法
1	外观			
1.1	识别标志			
1.1.1	电缆标志	7.4.4	T、S	GB/T 6995
1.1.2	标志连续性	7.4.4	T、S	GB/T 6995
1.1.3	标志清晰度	8.3.9	T、S	GB/T 6995
1.1.4	绝缘线芯识别	7.2.5和7.2.6	T、S	目测
1.2	电缆表面	7.4.3	T、S	目测
2	结构尺寸			
2.1	导体结构	7.1.1	T、S	GB4909.2
2.2	绝缘厚度	7.2.2	T、S	GB/T 2951.11
2.3	缆芯节径比	7.3	T、S	GB/T 2951.11
2.4	护套厚度	7.4.2	T、S	GB/T 2951.11
2.5	电缆外径	7.4.3	T、S	GB/T 2951.11
3	电性能			
3.1	导体电阻 (20℃)	7.1.2	T、R	GB/T 3048.4
3.2	绝缘电阻试验			
3.2.1	绝缘电阻 (20℃)	8.2.2	T、R	GB/T 3048.5
3.2.2	绝缘电阻 (最高工作温度)	8.2.2	T	GB/T 3048.5
3.3	电压试验			
3.3.1	成品耐压试验	8.2.3	R	GB/T 3048.8
3.3.2	5min电压试验	8.2.4	T	GB/T 3048.8
3.3.3	4h电压试验	8.2.5	T	GB/T 3048.8
3.3.4	冲击电压试验	8.2.6	T	GB/T 3048.13
4	绝缘机械物理性能	8.3.1	T	GB/T 2951和JB/T 10696.7
5	护套机械物理性能	8.3.2	T	GB/T 2951和JB/T 10696.7
6	成品电缆特殊性能试验			
6.1	扭转试验			
6.1.1	常温下扭转试验	8.3.3	T	本规范 附录B
6.1.2	低温下扭转试验	8.3.3	T	本规范 附录B
6.1.3	高温下扭转试验	8.3.3	用户要求时	本规范 附录B
6.1.4	负载下扭转试验	8.3.3	用户要求时	本规范 附录B
6.2	负重试验	8.3.4	T	本规范 附录C
6.3	低温弯曲试验	8.3.5	T	附录D
6.4	抗紫外试验	8.3.6	用户要求时	附录E
6.5	耐湿性试验	8.3.7	用户要求时	附录F
6.6	电缆的阻燃试验	8.3.8	T	GB/T 18380
7	交货长度	10	R	计米器

附 录 A
(规范性附录)
绝缘和护套材料性能要求

表 A1 绝缘橡皮材料非电性试验要求

序号	试验项目	单位	混合料代号			试验方法
			G	IE4	EPR	
1	抗张强度和断裂伸长率					GB/T 2951.11
1.1	交货状态原始性能					
1.1.1	抗张强度原始值—最小中间值	N/mm ²	5.0	5.0	4.2	
1.1.2	断裂伸长率原始值—最小中间值	%	150	200	200	
1.2	空气烘箱老化后的性能					GB/T 2951.12
1.2.1	老化条件 ^{a,b}					
	--温度	°C	200±2	100±2	135±2	
	--处理时间	h	10×24	7×24	7×24	
1.2.2	老化后抗张强度					
	--最小中间值	N/mm ²	4.0	4.2	-	
	--最大变化率 ^c	%	-	±25	±30	
1.2.3	老化后断裂伸长率					
	--最小中间值	%	120	200	-	
	--最大变化率 ^c	%	-	±25	±30	
1.3	空气弹老化后的性能					GB/T 2951.12
1.3.1	老化条件 ^a					
	--温度	°C	-	127±2	-	
	--处理时间	h	-	40	-	
1.3.2	老化后抗张强度					
	--最小中间值	N/mm ²	-	-	-	
	--最大变化率 ^c	%	-	±30	-	
1.3.3	老化后断裂伸长率					
	--最大变化率 ^c	%	-	±30	-	
2	热延伸试验					GB/T 2951.21
2.1	试验条件					
	--温度	°C	200±3	200±3	250±3	
	--处理时间	min	15	15	15	
	--机械应力	N/mm ²	0.20	0.20	0.20	
2.2	试验结果					
	--载荷下的伸长率, 最大值	%	175	100	175	
	--冷却后的伸长率, 最大值	%	25	25	15	
3	耐臭氧试验					GB/T 2951.21
3.1	试验条件					
	--试验温度	°C	-	25±2	25±2	
	--试验时间	h	-	24	24	
	--臭氧浓度	%	--	0.025~0.030	0.025~0.030	
3.2	试验结果					
	--无裂纹			无裂纹	无裂纹	
4	抗撕试验					JB/T 10696.7
	抗撕强度 最小	N/mm	4.0			

^a IE4 绝缘应带导体或取走不超过 30%的铜丝进行老化。

^b 除非产品规范中另有规定, 橡皮混合物的老化不采用强迫鼓风烘箱。仲裁试验时, 必须采用自然通风老化箱。

^c 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。

表 A2 护套材料非电性试验要求

序号	试验项目	单位	混合料代号						试验方法
			SE4	SH	G	TPU	TPV-70	TPV-90	
1	抗张强度和断裂伸长率								GB/T 2951.11
1.1	交货状态原始性能								
1.1.1	抗张强度原始值--最小中间值	N/mm ²	10.0	10.0	6.0	20.0	10.0	10.0	GB/T 2951.12
1.1.2	断裂伸长率原始值--最小中间值	%	300	250	200	300	300	300	
1.2	空气烘箱老化后的性能								GB/T 2951.12
1.2.1	老化条件								
	--温度	℃	70±2	120±2	200±2	110±2	100±2	135±2	GB/T 2951.12
	--处理时间	h	10×24	7×24	10×24	7×24	7×24	7×24	
1.2.2	老化后抗张强度								GB/T 2951.12
	--最小中间值	N/mm ²	-	-	5.0	-	10.0	10.0	
	--最大变化率 ^a	%	-15 ^b	-30 ^b	-	±30	±25	±25	GB/T 2951.12
1.2.3	老化后断裂伸长率								
	--最小中间值	%	250	-	150	300	300	300	GB/T 2951.12
	--最大变化率 ^a	%	-25 ^b	-40 ^b	-	±30	±25	±25	
1.3	浸矿物油后机械性能								GB/T 2951.21
1.3.1	试验条件								
	--油温	℃	100±2	100±2	-	100±2	100±2	100±2	GB/T 2951.21
	--浸油时间	h	24	24	-	24	24	24	
1.3.2	浸油后抗张强度 最大变化率 ^a	%	±40	-40 ^b	-	±40	-40 ^b	-40 ^b	GB/T 2951.21
1.3.3	浸油后断裂伸长率 最大变化率 ^a	%	±40	-40 ^b	-	±30	-40 ^b	-40 ^b	
2	热延伸试验								GB/T 2951.21
2.1	试验条件								
	--温度	℃	200±3	200±3	200±3	-	-	-	GB/T 2951.21
	--处理时间	min	15	15	15	-	-	-	
	--机械应力	N/mm ²	0.20	0.20	0.20	-	-	-	GB/T 2951.21
2.2	试验结果								
	--载荷下的伸长率, 最大值	%	175	175	175	-	-	-	GB/T 2951.21
	--冷却后的伸长率, 最大值	%	25	15	25	-	-	-	
3	抗撕试验								JB/T 10696.7
	抗撕强度 最小	N/mm	5.0	5.0	5.0	-	-	-	
4	高温压力试验								GB/T 2951.31
4.1	--温度	℃	-	-	-	100	80	90	
4.2	--压痕中间值/平均厚度 最大值	%	-	-	-	50	50	50	GB/T 2951.31
5	抗开裂试验								
5.1	试验条件								GB/T 2951.31
	--温度	℃	-	-	-	150±3	150±3	150±3	
	--持续时间	h	-	-	-	1	1	1	GB/T 2951.31
5.2	试验结果					无裂纹	无裂纹	无裂纹	
6	低温拉伸试验								GB/T 2951.14
6.1	试验温度	℃	-25±2 ^c	-25±2 ^c	-40±2 ^c	-40±2 ^c	-25±2 ^c	-25±2 ^c	
6.2	试验结果								GB/T 2951.14
	--未断裂时的伸长率, 最小值	%	30	30	30	30	30	30	
7	低温冲击试验								GB/T 2951.14
7.1	试验温度	℃	-25±2 ^c	-25±2 ^c	-40±2 ^c	-40±2 ^c	-25±2 ^c	-25±2 ^c	
7.2	试验结果		无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹	

^a 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。

^b 不规定正偏差。

^c 如果用于环境最低温度为-40℃(-55℃), 低温试验温度应为-40℃(-55℃)±2℃, 如用户对最低环境适应温度另有要求, 应按用户要求温度试验。

附录 B

(规范性附录)

风力发电机用电缆扭转试验方法

B.1 适用范围

本试验方法适用于风力发电机中由机舱引向塔架部分的并且在风机对风过程中需要扭转的所有电缆。

B.2 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，其中扭转试验装置是用来安装样品，并且进行扭转，其扭转角度和扭转速度应可调节；温控装置是在有温度要求的试验过程中对试样提供一定的温度环境的试验装置，其温控范围是 $-60^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ ，电缆所处的位置要求温差不能超过 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

B.3 试样制备

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

B.4 试验程序

B.4.1 常温下扭转试验程序

首先将取好的样品在环境温度中放置半小时，然后再将电缆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高度为 $7\text{m}\sim 9\text{m}$ 的高度，样品下端固定在支架上，受扭样品长度为 $L_1+\widehat{L}_2$ ，即12m。扭转过程为：转轮先顺时针扭转 1440° ，后再逆时针扭转相同角度使电缆恢复到原始状态，此后逆时针扭转 1440° 后再顺时针扭转相同角度使电缆恢复到初始状态，此为一个周期，转轮的转速范围一般为 $720^{\circ}\sim 2160^{\circ}/\text{min}$ ，在用户没有特殊的要求下一般推荐试验进行10000次。

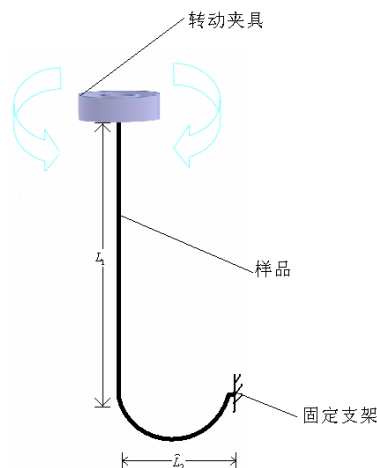


图1. 常温下扭转试验的示意图

B.4.2 低温下的扭转试验程序

低温下的扭转试验的试样安装方式与常温下的安装方式相同，但要使整个被测样品完全处于温度可控箱体内（常温下的扭转试验试样不必安装在温度控制箱内），然后在电缆型号规定的最低环境适应温度（ -25°C 或 -40°C 或 -55°C 或用户要求的最低使用温度）的条件下进行试验，要求箱体温度应该在

试样安装好算起, 半小时内达到规定的试验温度, 且样品在规定的试验温度下放置12小时后, 再开始扭转, 试验扭转的条件同B. 4. 1条, 试验次数在没有用户特殊的要求下一般推荐试验进行2000次, 扭转速度一般为 $360^{\circ}\sim 1080^{\circ}/\text{min}$ 。

B. 4. 3 高温下的扭转试验程序 (用户有要求时试验)

高温下的扭转试验的试样安装方式与常温下的安装方式相似, 但要使整个被测样品完全处于温度可控箱体内, 然后在温度为 $+60^{\circ}\text{C}$ 的条件下进行试验, 要求样品在规定的试验温度下放置12小时后, 再开始扭转, 试验扭转的条件同B. 4. 1条, 试验次数在没有用户特殊的要求下推荐试验进行10000次, 扭转速度为 $720^{\circ}\sim 2160^{\circ}/\text{min}$ 。

B. 4. 4 负载扭转试验程序 (用户有要求时试验)

将样品分成3段, 并将其捆扎成一束, 捆扎方式为每隔0.5m捆扎一道细绳。样品的受扭长度为3.91m
安装方式:

样品垂直悬挂安装, 上端用可以旋转的夹具夹紧。下端用固定的夹具夹紧, 并在其下夹具上方10cm处的样品上挂有重量相当于长度为5.84m上述3段电缆的重物。

扭转过程:

样品先顺时针被扭转 360° ($92\times 3.91\approx 360^{\circ}$), 然后恢复到自然状态, 再逆时针被扭转相同的角度, 随后再被恢复到自然状态, 此为一个周期, 共进行10000个周期的试验, 扭转速度为 $720^{\circ}\sim 1080^{\circ}/\text{min}$ 。其间应进行8小时通电加热和16小时自然冷却的热循环试验, 通电期间, 应使导体温度稳定在电缆最高工作温度, 共进行14个热循环试验。

B. 5 试验结果评定

在完成上述试验程序中规定的试验后, 试样表面目测应无裂纹及扭曲现象, 且将完成扭转的试样(成品电缆)进行 $2.5U_0$ 、15min交流电压试验和导体直流电阻试验, 电缆应不击穿且导体直流电阻 20°C 时符合本规范7.1.2的要求。

附 录 C
(规范性附录)

风力发电用软电缆负重试验方法

C.1 试验要求

本试验应在包含电缆所有结构部件的成品电缆上进行。

C.2 试验步骤

首先应从整盘电缆上取下1.5米作为试验样品，样品应在 $23\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境温度中放置24小时，然后再将电缆顶端固定在约2~3米高的架子上，电缆导体下端吊装一个砝码，砝码重量为电缆总铜导体截面 $\times 15\text{N}$ （牛顿）。负重状态下放置 7×24 小时。

C.3 试验结果判定

- a) 电缆护套、绝缘表面应无裂纹；
- b) 测量电缆的导体直流电阻，其应符合GB/T 3956标准的规定要求。

附 录 D
(规范性附录)

风力发电用软电缆低温弯曲试验方法

D.1 试验要求

本试验应包含电缆所有结构部件的成品电缆上进行。

D.2 试验步骤

按照GB/T 2951.14第8.1.4条进行

D.3 试验条件

- a) 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 $-25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
如用户对最低环境适应温度另有要求，应按用户要求温度试验。
- b) 试棒直径：试棒直径为试样直径的4~5倍。
- c) 试棒转速和卷绕圈数：电缆外径小于等于12.5mm，按照GB2951.14第8.1.5条进行；电缆外径大于12.5mm，按照4到5倍电缆外径弯曲 180° 。

D.4 试验结果判定

电缆护套、绝缘表面应无正常视力可见的裂纹。

附录E
(规范性附录)
电缆紫外线光老化试验方法

E.1 适用范围

本试验方法适用于风力发电用电缆的抗紫外线光老化性能测定。

E.2 试验设备

E.2.1 氙灯气候老化箱

E.2.1.1 氙灯功率为6k W, 试样转架直径为 $\phi 800\sim 959$ mm, 高为365mm, 试样转架每分钟旋转一周, 箱体温度为 $55\pm 2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度为 $(85\pm 5)\%$ 。

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

E.2.2 臭氧发生装置

E.2.3 工业用二氧化硫

E.2.4 -40°C 冷冻箱

E.2.5 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 $\pm 1\%$ 。

E.3 试样制备

从被试电缆的端部500mm处切取足够长度的电缆试样, 能供三组试验测定有效性能的样段, 有机械损伤的样段不能作为试样用于试验。

第一组 试样至少应5个, 供原始性能测量用。

第二组 试样至少应5个, 供0~1008h光老化后性能测量用。

第三组 试样至少应5个, 供504~1008h光老化后性能测量用。

E.4 试验步骤

E.4.1 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。

E.4.2 试验循环: 整个试验持续6个星期, 每星期为一次循环, 其中6天按E.2.1.1 和E.2.1.2 条件进行试验, 第7天按下述的调节a, b, c规定的条件进行试验。

调节 a: 老化试样应在温度为 $40\pm 3^{\circ}\text{C}$, 含 0.067% 二氧化硫和浓度大于20ppm臭氧的环境中放置一天。

调节 b: 老化试样应从E.2.1.1 和E.2.1.2 的环境中移至 $-25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的冷冻室内, 进行冷热试验, 共进行三次, 每次2h, 两次热震的间隔时间应等于或大于1 h。

调节 c: 老化试样应在 $40\pm 3^{\circ}\text{C}$, 含 0.067% 二氧化硫饱和湿度的容器内放置8h, 然后, 打开容器, 在试验室环境中放置16 h,

E.4.3 在规定的老化时间后, 取出试样, 置环境温度下存放至少16h, 与第一组试样对比进行外观检查。

E.4.4 从试样中取出导体, 按GB2951.1-1997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, 不能磨削光照面。

E.4.5 当按E.4.4 规定, 不能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。

E.5 试验结果及计算

E.5.1 检查光照面、试样应无明显的龟裂。

E.5.2 试验结果用老化前后的抗张强度和断裂伸长率的变化率(%)表示, 按下式计算, 计算结果TS1、EB1 应不大于 $\pm 30\%$, TS2、EB2 应不大于 $\pm 15\%$ 。

$$TS1 = (T2 - T1) / T1 \times 100\%$$

$$EB1 = (E2 - E1) / E1 \times 100\%$$

$$TS2 = (T2 - T3) / T1 \times 100\%$$

$$EB2 = (E2 - E3) / E1 \times 100\%$$

式中: TS1—— 0~1008 h光老化后抗张强度的变化率, %;

- EB1—— 0 ~1008 h 光老化后断裂伸长率的变化率，%；
TS2——504 ~ 1008 h光老化后抗张强度的变化率，%；
EB2——504 ~ 10 08 h 光老化后断裂伸长率的变化率，%，
T1——光老化前（第一组试样）抗张强度的中间值， N/mm^2 ；
E1——光老化前（第一组试样）断裂伸长率的中间值，%。
T2——光老化后（第二组试样，光老化1008h）抗张强度的中间值， N/mm^2
E2——光老化后（第二组试样，光老化1008h）断裂伸长率的中间值，%。
T3——光老化后（第三组试样，光老化 504h）抗张强度的中间值， N/mm^2 ；
E3——光老化后（第三组试样，光老化 504 h）断裂伸长率的中间值，%。

附录F
(规范性附录)
耐湿性试验

试验	单 位	电缆额定电压	
		450/750V、 0.6/1kV	1.8/3kV
试验条件：试样长度	m	5	5
水溶液		含氯化钠30g/L的水溶液	含氯化钠30g/L的水溶液
水溶液温度	℃	60±5	60±5
时间	h	240	240
试样与水溶液间施加的电压（直流）	V	1200	3600
试验结果		不击穿	不击穿