

前 言

本标准是依据 IEC 92-354:1994《额定电压 6 kV、10 kV 及 15 kV 挤包绝缘单芯和三芯电力电缆》进行制定的,在技术内容上与该国际标准等效,编写规则按 GB/T 1.1—1993《标准化工作导则 第 1 单元:标准的起草与表述规则 第 1 部分:标准编写的基本规定》。

通过本标准的制定,使我国此类电压等级的船用电力电缆与国际标准等效,以适应船舶和船用电缆方面的国际贸易、技术和经济交流的需要。

鉴于低烟无卤船用电缆系当今船用电缆的发展方向,并考虑到国外已有此类电压等级的低烟无卤船用电力电缆产品的现状,故在本标准中增加了这方面的内容。

本标准由中国船舶工业总公司提出。

本标准由全国海洋船标准化技术委员会船舶电气设备分技术委员会归口。

本标准起草单位:中国船舶工业总公司第七〇四研究所、上海浦虹电缆厂、常州八一电缆有限公司。

本标准主要起草人:朱凯、夏泳楠、景碧筠、周叙元。

IEC 前言

1. IEC(国际电工委员会)是由所有的国家电工委员会(IEC 国家委员会)组成的全球性标准化组织。IEC 的宗旨是促进电子和电气领域与标准化有关的所有问题的国际合作。为此目的,也为了开展其他活动,IEC 出版了国际标准。国际标准的制定工作委托给各技术委员会负责;对涉及题目有利害关系的任何 IEC 国家委员会均可参加该国际标准的制定工作。与 IEC 有联系的国际组织、政府组织和非政府组织也可参加该国际标准的制定工作。IEC 与国际标准化组织(ISO)按照该两组织间协议所确定的条件紧密合作。

2. 由代表对技术问题有特殊利害关系的所有国家委员会的各技术委员会制定的有关技术问题的国际电工委员会的正式决议或协议,尽可能地表达了国际上对这些问题的一致意见。

3. 这些决议或协议以标准、技术报告或指导性文件形式出版,以推荐形式供国际上使用,并在此意义上为各国家委员会所接受。

4. 为了促进国际统一,各 IEC 国家委员会同意在最大可能范围内明确采用 IEC 国际标准作为其国家标准和地区标准。IEC 标准与相应国家标准或地区标准之间的所有差异应在国家标准或地区标准中明确指出。

国际标准 IEC 92-354 由 IEC 第 18(船舶和移动式及固定式近海装置电气设备)技术委员会所属 18A(电缆及电缆敷设)分技术委员会制定。

本标准的文本是基于下列文件:

国际标准草案	表决报告
18A(中央办公室)73	18A(中央办公室)82

有关批准该标准的详细表决信息可在上表列出的投票表决报告中找到。

中华人民共和国国家标准

额定电压 6 kV、10 kV 及 15 kV 挤包绝缘单芯和三芯船用电力电缆

GB/T 17755—1999
eqv IEC 92-354:1994

Single-and three-core shipboard power cables
with extruded solid insulation for rated
voltages 6 kV, 10 kV and 15 kV

1 范围

本标准规定了标准化的电缆,使其按 GB/T 13029.1 的要求敷设时,安全性与可靠性均能得到保障;并规定了直接或间接与安全有关的该类电缆的制造要求、特性和检验用的试验方法。

本标准适用于额定电压为 3.6/6(7.2) kV、6/10(12) kV 及 8.7/15(17.5) kV 的挤包绝缘、带导体及绝缘屏蔽层、固定敷设使用的船用电力电缆。

各种类型的电力电缆列于第 8 章,其结构要求及试验方法,除本标准另有规定外,均应符合 IEC 92-350 的有关规定。

其一般规定列于本标准第 4 章至第 7 章,结构要求列于第 8 章至第 16 章,试验要求列于第 17 章至第 18 章¹⁾。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 156—1993 标准电压

GB/T 2951.5—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第 2 部分:弹性体混合料专用试验方法 第 1 节:耐臭氧试验——热延伸试验——浸矿物油试验

GB/T 3048.13—1992 电线电缆 冲击电压试验方法

GB/T 13029.1—1991 船舶低压电力系统用电缆的选择和敷设

IEC 92-350:1988 船用低压电力电缆一般结构和试验要求

1 号修正案(1994)

IEC 92-351:1983 船用电力电缆用绝缘材料

1 号修正案(1992)

2 号修正案(1997)

IEC 92-353:1995 额定电压 0.6/1 kV 挤包绝缘单芯和多芯非径向电场电力电缆

IEC 92-359:1987 船用电力电缆和通信电缆用护套材料

IEC 228:1978 绝缘电缆的导体

采用说明:

1) IEC 92-354 中 Section 在此集中表述。

国家质量技术监督局 1999-05-19 批准

1999-12-01 实施

IEC 502:1994 额定电压 1~30 kV 挤包绝缘电力电缆

IEC 885-2:1987 电缆电气试验方法 第 2 部分:局部放电试验

3 定义

本标准采用 IEC 92-350:1988 中第 2 章规定之定义。

4 额定电压

本标准规定之电缆的标称额定电压 $U_0/U(U_m)$ 为:

3.6/6(7.2)、6/10(12)及 8.7/15(17.5) kV(有效值)。

电压标志的意义如下:

U_0 ——导体与屏蔽层或金属护套之间的额定工频电压,供电缆设计用;

U ——导体之间的额定工频电压,供电缆设计用;

U_m ——系统最高电压值(见 GB 156—1993 中 2.3)。

5 绝缘材料的类型

绝缘材料应采用符合 IEC 92-351 中规定的乙丙橡胶(EPR、HFEP^{1]})和交联聚乙烯(XLPE、HFXLPE^{1]})。

6 护套材料的类型

护套材料应采用符合 IEC 92-359 中规定的材料。

7 标志

7.1 制造标志

电缆应具有制造标志。标志可以是一根线或一根带子(纵包或绕包),或者是制造厂名和商标的重复标志。标志可打印或压印在绝缘或护套上。

7.2 连续性

若一个标志的末端与下一个标志的始端之间的距离不大于下列数值,则认为制造标志是连续的。

——护套上为 550 mm。

——其他为 270 mm。

7.3 耐久性

采用打印方法的标志应具有耐久性,并按 17.2 规定的试验来检验。

7.4 清晰度

标志的字迹应清晰可辨。标志线的颜色必须是容易辨认的。若有必要,可用适当溶剂(如无水乙醇^{2]})擦拭,使之更易辨认。

7.5 线芯识别

电缆线芯应用一种合适的方法识别,如分色或打印^{2]}。

采用说明:

1] IEC 92-351 有新的修改,新增内容。

2] 新增内容。

8 结构要求的一般规定

此类电压等级的电力系统固定敷设用的船用电缆,应采用单芯或三芯径向电场的电缆。其结构如下:铜导体、导体的半导电屏蔽层、绝缘层、绝缘层的半导电和金属屏蔽层、成缆(三芯电缆)、内衬层(若需要时)、一层或二层护套以及可供选择的金属铠装层。

护套允许采用下列类型的结构:

a) 采用氯丁橡胶、氯化聚乙烯、氯磺化聚乙烯、聚氯乙烯或低烟无卤聚烯烃(SHF2)^{1]}等材料之一构成单层护套。

b) 内护套采用氯丁橡胶、氯化聚乙烯或氯磺化聚乙烯,外层护套则采用聚氯乙烯。

c) 采用氯丁橡胶、氯化聚乙烯、氯磺化聚乙烯、聚氯乙烯或低烟无卤聚烯烃(SHF2)^{1]}等材料之一构成单层护套外加金属编织层。

d) 采用氯丁橡胶、氯化聚乙烯、氯磺化聚乙烯或聚氯乙烯等材料之一构成内护套,外加金属铠装层,外护套也由氯丁橡胶、氯化聚乙烯、氯磺化聚乙烯或聚氯乙烯等材料之一构成。

采用低烟无卤聚烯烃(SHF2)构成内护套,外加金属铠装层,外护套也采用 SHF2 材料^{1]}。

当外护套材料需采用硫化工艺时,则内护套不可采用聚氯乙烯。

注

1 IEC 92-353 中所列结构型式,除了 c)项无关之外,均已采用。

2 当电缆的敷设使用在诸如露天甲板,潮湿场所、蓄电池舱、冷藏室等可能腐蚀的场所时,除非这些电缆的金属编织层本身由耐蚀的材料构成,否则在编织层外应加护套。

9 导体

材料、金属镀层及导体的类别应符合 IEC 92-350:1988 中第 3 章的规定。导体形状应是非紧压或紧压型绞合圆形,并应符合 IEC 228:1978 中第 2 类结构。

对于额定电压为 3.6/6(7.2) kV 电缆的最小截面积为 10 mm²,6/10(12) kV 为 16 mm²,8.7/15(17.5 kV)为 25 mm²。

对于单芯电缆最大截面积为 630 mm²,三芯电缆为 150 mm²。

10 绝缘层

10.1 材料

应采用第 5 章中的一种作为挤包绝缘。

10.2 绝缘的电性能及非电性能

应符合 IEC 92-351 的规定。

10.3 绝缘厚度

a) 绝缘厚度之标称值见表 1。

b) 绝缘厚度的平均值应不小于表 1 所列之每种绝缘类型以及每一截面积所规定标称值。

c) 绝缘层最薄处厚度应不小于标称值的 90%减 0.1 mm。

d) 导体上或绝缘线芯上的半导电屏蔽层厚度,不包括在绝缘厚度之内。

采用说明:

1] 新增内容。

表 1 绝缘层标称厚度

导体 标称截面 mm ²	乙丙橡胶 (EPR、HFEPR ¹⁾)			交联聚乙烯 (XLPE、HFXLPE ²⁾)		
	3.6/6 kV mm	6/10 kV mm	8.7/15 kV mm	3.6/6 kV mm	6/10 kV mm	8.7/15 kV mm
10	3.0	—	—	2.5	—	—
16	3.0	3.4	—	2.5	3.4	—
25	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
35	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
50 ²⁾	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
70	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
95	3.0	3.4	1.5	2.5	3.4	4.5
120	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
150	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
185	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
240	3.0	3.4	4.5	2.5	3.4	4.5
300	3.0	3.4	4.5	2.8	3.4	4.5
400	3.0	3.4	4.5	3.0	3.4	4.5
500	3.2	3.4	4.5	3.2	3.4	4.5
630	3.2	3.4	4.5	3.2	3.4	4.5

11 线芯屏蔽层

线芯屏蔽层由导体屏蔽层及绝缘屏蔽层构成。

11.1 导体屏蔽层

导体屏蔽层由非金属材料组成。它可由挤包半导体层单独组成或半导体带加挤包半导体层复合组成。

11.2 绝缘屏蔽层

a) 绝缘屏蔽层应由非金属材料组成的半导体层加金属部分共同组合而成。

b) 绝缘屏蔽层的非金属部分应直接包在每一个绝缘芯上,它可由直接挤包半导体层单独组成或半导体带加挤包半导体层复合组成。

c) 绝缘屏蔽层的金属部分应分别加在每一个线芯上,并应符合第 12 章规定。

12 金属屏蔽层

12.1 结构

金属屏蔽层应采用单层或多层带绕包、编织、线同轴绕包、带和线的复合等形式。

12.2 要求

在其他要求中应考虑发生故障时能承受的电流值来确定金属屏蔽层的尺寸、物理和电气性能要求等。

采用说明:

1] 新增内容。

2] IEC 92-354 中遗漏。

13 成缆

三芯电缆的线芯应成缆,其间隙应采用符合 IEC 92-350 第 5 章规定的材料填充,也可采用包内衬层的方式。

14 内衬层、填充及包带

14.1 一般要求

内衬层可采用挤包或绕包方式,其有关的材料及特性应符合 IEC 92-350:1988 中 6.1 规定。检验方法列于 18.4 e)。

14.2 内衬层的厚度

挤包或绕包内衬层厚度的近似值见表 2。

表 2 内衬层的厚度 mm

成缆后假设直径	挤包内衬层厚度(近似值)
≤25	1.0
>25~35	1.2
>35~45	1.4
>45~60	1.6
>60~80	1.8
>80	2.0

成缆后假设直径在 40 mm 及以下采用 0.4 mm 厚的带子绕包,在 40 mm 以上则采用 0.6 mm 厚带子。

注:假设直径的计算见 IEC 92-359:1988 中附录 A 及附录 B。

15 非金属材料护套

15.1 护套材料的电气及非电气性能

护套应采用 IEC 92-359 规定的护套材料中之一组成。

15.2 护套厚度

外护套及内护套(若有的话)厚度与护套内直径有函数关系。假设直径按 IEC 92-350:1988 中附录 A 及附录 B 的规定进行计算。

护套厚度的计算公式如下:

a) 对于有铠装或无铠装层的单层护套电缆,按公式(1)

$$t_1 = 0.04 D + 0.8 \text{ mm(但最小厚度为 } 1.0 \text{ mm)} \dots\dots\dots(1)$$

式中: t_1 ——护套厚度,mm;

D ——在未包护套时的假设直径,mm。(b)、c)同)

b) 对于无铠装层的双层护套电缆,按公式(2)、公式(3)

$$\text{内护套 } t_1 = 0.025 D + 0.6 \text{ mm(但最小厚度为 } 0.8 \text{ mm)} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{外护套 } t_2 = 0.025 D + 0.9 \text{ mm(但最小厚度为 } 1.0 \text{ mm)} \dots\dots\dots(3)$$

式中: t_1 ——内护套厚度,mm;

t_2 ——外护套厚度,mm。

c) 对于带铠装层的双层护套电缆,按公式(4)、公式(5)

$$\text{内护套 } t_1 = 0.04 D + 0.8 \text{ mm(但最小厚度为 } 1.0 \text{ mm)} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{外护套 } t_2 = 0.025 D + 0.6 \text{ mm(但最小厚度为 } 0.8 \text{ mm)} \dots\dots\dots(5)$$

式中: t_1 ——内护套厚度,mm;

t_2 ——外护套厚度,mm。

护套厚度的平均值以及厚度中任何一点的数值,均应符合 IEC 92-350:1988 中 7.6.2 规定。

15.3 护套的颜色

除客户订货时另有要求外,护套颜色均应为黑色或灰色。

16 金属铠装层

16.1 金属铠装层的种类

本标准规定有下列种类的铠装层:

- a) 编织铠装;
- b) 圆形或扁形金属线铠装;
- c) 双层带子铠装。

16.2 材料及结构

铠装层的材料及结构应按 IEC 92-350:1988 中 7.2, 7.3 及 7.4 规定。选择铠装层材料应特别注意其抗腐蚀性,当单芯电缆用于交流回路时应选用非磁性材料,但在特殊情况下,若用于直流回路,则仍可使用磁性材料。

16.3 铠装层的采用

当采用铠装层时,铠装层不应与内外护套粘连。

16.4 铠装用圆金属线或带子尺寸

铠装用圆金属线的标称直径,铠装用带及扁平金属线的标称厚度应不小于表 3 及表 4 中的数值。

- a) 编织用线的直径,无论采用何种金属,其标称直径规定如下:

编织前电缆假设直径小于或等于 30 mm 时用 0.3 mm 线编织。

编织前电缆假设直径大于 30 mm 时用大于或等于 0.4 mm 线编织。

- b) 铠装用圆线的直径,见表 3。

表 3 铠装用圆线直径 mm

铠装前假设直径	铠装单线直径
≤15	0.8
>15~25	1.6
>25~35	2.0
>35~60	2.5
>60	3.15

- c) 铠装用带厚度,见表 4。

表 4 铠装用带厚度 mm

铠装前假设直径	带子厚度	
	镀锌钢带	铝合金带
≤30	0.2	0.5
>30~70	0.5	0.5
>70	0.8	0.8

- d) 扁线铠装用的扁钢线之标称厚度应为 0.8 mm。

16.5 圆线或扁线铠装

a) 金属线铠装层应紧密,即相邻金属线之间的间隙极小。若有必要,可在扁钢线或圆钢线铠装层上稀疏绕包一条最小标称厚度为 0.3 mm 的镀锌钢带。此钢带的允许偏差应符合 IEC 92-350:1988 中 10.6 规定。

- b) 若电缆铠装前直径小于 15 mm,则不允许使用扁线铠装。

16.6 金属带铠装

双层金属带铠装应螺旋状间隙绕包,绕包间隙应不大于金属带宽度的50%,且内层金属带的间隙应为外层金属带靠近中间的部位所覆盖。

17 特殊试验

17.1 导体及半导电屏蔽层与绝缘层之间的相容性试验

试验方法及要求正在考虑中。

17.2 标志耐久性试验

按7.3要求进行检验,用水浸润的脱脂棉花或布料在线芯上轻轻擦10次。在线芯上的制造厂厂名、商标等制造标志及识别线的颜色均不允许被揩去。

18 成品电缆试验

此类试验应按IEC 92-350有关规定进行。绝缘及护套试验方法按IEC 92-351及IEC 92-359中有关规定进行。

18.1 例行试验

- 导体电阻测量按IEC 92-350:1988中9.2规定进行。
- 局部放电试验应按IEC 885-2规定进行。在 $1.5 U_0$ 时局部放电量不允许超过20 pC。
- 高电压试验按IEC 92-350:1988中9.3c及e规定进行,工频试验电压值见表5。

表5 工频试验电压值

kV

额定电压 U_0	3.6	6.0	8.7
试验电压值(有效值)	11	15	22

18.2 特殊试验

- 导体检验按IEC 92-350:1988中10.3规定进行。
- 电缆尺寸检查按IEC 92-350:1988中10.4,10.5,10.6及10.7规定进行。
- 乙丙橡胶、交联聚乙烯、氯丁橡胶及低烟卤聚烯烃(SHF2^{1]})的热延伸性试验按GB/T 2591.5—1997第9章规定进行。
- 聚氯乙烯塑料的低温试验按IEC 92-350:1988中10.9规定进行。
- 编织密度检验按IEC 92-350:1988中10.6b规定进行。
- 电性能试验:除终端外,成品电缆试样长度应不少于5 mm,在室温下逐渐施压至3倍工频电压($3U_0$)于每一导体与金属屏蔽层之间,并保持4 h。

18.3 电性能型式试验

电性能型式试验项目列于18.3.1,本试验是除终端外,从成品中取样10~15 m进行。除18.3.2规定外,18.3.1所有试验应在同一试样上逐项进行。对于三芯电缆,每一芯均应做所有试验并测量。

18.3.1 试验顺序

试验的正常顺序规定如下:

- 局部放电试验;
- 弯曲试验后的局部放电试验,应记录在 $1.5 U_0$ 时之电量(按18.3.4);
- 测量 $\text{tg}\delta$ 与电压的关系并测量电容(按18.3.5);
- 测量 $\text{tg}\delta$ 与温度的关系(按18.3.6);

采用说明:

1] 新增内容。

- e) 热循环试验后的局部放电试验应在 $1.5 U_0$ 时记录放电量(按 18.3.7);
f) 耐冲击电压试验,及其后工频电压试验(按 18.3.8)。

18.3.2 专门规定

试验项目 c) 及 d) 除按 18.3.1 规定的顺序进行外,允许另取试样(按 18.3)进行。

18.3.3 局部放电试验

本试验应按 IEC 885-2 规定进行。加电压值 $1.5 U_0$,并测量和记录放电量,该放电量应不大于 20 pC。

18.3.4 弯曲试验

a) 在室温下试样被放在一个圆柱体上(如电缆盘的筒体)至少绕一整圈,然后解绕,将其反转并反向弯曲,试验按此反复三次。

b) 圆柱体直径应为:

对于单芯电缆为: $20(d+D) \pm 5\%$

对于多芯电缆为: $15(d+D) \pm 5\%$

式中 D 为电缆试样实测外径 mm, d 为导体实测(1)。

注:如何简化与圆整圆柱体直径正在考虑之中。

完成上述试验后,对试样再进行局部放电试验,结果应符合 18.3.3 的要求。

18.3.5 测量 $\text{tg}\delta$ 与电压值的关系

- a) 测量 $\text{tg}\delta$ 应在 18.3.4 弯曲试验 4 后,并在环境温度下,施加 $0.5 U_0$ 、 U_0 及 $2U_0$ 交流电压值进行。
b) $\text{tg}\delta$ 的测量结果应不超过表 6 中数值。

表 6 $\text{tg}\delta$ 与测试电压之关系

	乙丙橡胶	交联聚乙烯
U_0 时, $\text{tg}\delta(\times 10^{-4})$ 不大于	200	40
$0.5 U_0$ 及 $2U_0$ 之间, $\Delta\text{tg}\delta(\times 10^{-4})$ 不大于	25	20

18.3.6 测量 $\text{tg}\delta$ 与温度的关系

a) 将成品电缆放在恒温液槽、烘箱内或在通电加热金属屏蔽层。导体温度则可由测量导体电阻或用温度计测量恒温槽、烘箱或屏蔽层表面来确定。加热应逐渐进行,直至导体温度达到 85°C 。

b) $\text{tg}\delta$ 应在规定的温度下,加 2 kV 工频电压来进行测量。

c) 测量结果应符合表 7 之规定。

表 7 $\text{tg}\delta$ 与温度之关系

	乙丙橡胶	交联聚乙烯
室温时, $\text{tg}\delta(\times 10^{-4})$ 不大于	200	40
电缆额定温度(85°C)时, $\text{tg}\delta(\times 10^{-4})$ 不大于	400	80

18.3.7 加热循环加局部放电试验

a) 在上述试验后的试样,将其放在试验室地上,用交流电加热导体,使导体温度到达并稳定在 95°C 。对于多芯电缆,每一导体芯均应被加热。加热用电流至少通 2 h,继而在空气中自然冷却 4 h,如此循环 3 次。

b) 在第三次循环后,电缆试样应按 18.3.3 要求进行局部放电试验,并应符合该条的要求。

18.3.8 耐冲击电压试验,及其后工频电压试验

- a) 此试验要求导体温度在 90°C 时进行,其冲击电压值按 GB/T 3048.13 要求。
b) 电缆应经受正与负极性的冲击电压各 10 次试验而不击穿,其冲击电压值见表 8。

表 8 耐冲击电压值

kV

额定电压 U_0	3.6	6.0	8.7
试验电压(峰值)	60	75	95

c) 在经受 a) 及 b) 试验后, 电缆试样应在室温下经受工频高压试验 15 min (加压至每个线芯)。试验电压值按 18.1c) 规定。绝缘不应击穿。

18.4 其他非电性能型式试验

- a) 绝缘厚度测量按 IEC 92-350:1988 中 12.1 规定进行。
- b) 护套厚度测量按 IEC 92-350:1988 中 12.2 规定进行。
- c) 绝缘层非电性能特性按 IEC 92-350:1988 中 12.3, 12.10 及 12.11 规定进行。
- d) 护套非电性能特性按 IEC 92-350:1988 中 12.4, 12.11 及 12.12 规定进行。
- e) 附加的成品电缆老化试验按 IEC 92-350:1988 中 12.15 规定进行。
- f) 燃烧试验按 IEC 92-350:1988 中 12.13 规定进行。
- g) 卤酸气体含量¹⁾按 IEC 92-351 及 IEC 92-359 规定进行。
- h) 烟中透光率¹⁾按 IEC 92-351 及 IEC 92-359 规定进行。

采用说明:

1) 新增内容。