



中华人民共和国国家标准

GB/T 20637—2006/IEC 60092-350:2001

船舶电气装置 船用电力电缆 一般结构和试验要求

Electrical installations in ships—Shipboard power cables—
General construction and test requirements

(IEC 60092-350:2001 IDT)

2006-11-08 发布

2007-04-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	· I
1 范围	· 1
2 规范性引用文件	· 1
3 术语和定义	· 1
4 导体	· 4
5 绝缘	· 4
6 成缆	· 4
7 内护层、填充和包带	· 4
8 外护层	· 5
9 试验条件	· 6
10 例行试验	· 7
11 抽样试验	· 8
12 电性型式试验	· 11
13 非电性型式试验	· 12
附录 A (规范性附录) 外护层尺寸的假定计算方法	· 18
附录 B (规范性附录) 数字修约	· 21
附录 C (资料性附录) 对于圆形铜导体电缆的外形尺寸平均值上限和下限的计算	· 22
附录 D (规范性附录) 检查火花试验方法有效性的程序	· 25
附录 E (规范性附录) 铜线金属镀层试验	· 26
附录 F (规范性附录) 钢丝的镀锌试验	· 27

前 言

本标准等同采用国际电工委员会(IEC)标准 IEC 60092-350:2001《船舶电气装置——船用电力电缆——一般结构和试验要求》。

为了便于使用,本标准做了编辑性修改,删除了 IEC 60092-350 的前言。

IEC 60092-350 原文中 11.1、11.8、13.10 和 13.11 中对表 2 和表 3 引用有误,本标准中作了修正。

本标准的附录 A、附录 B、附录 D、附录 E、附录 F 都是规范性附录,附录 C 为资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国电线电缆标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:上海电缆研究所。

本标准参加起草单位:上海电缆厂有限公司、扬州市船用电缆厂、江苏远洋电缆有限公司、常州船用电缆有限责任公司、上海浦虹电缆厂、江苏上上电缆集团、广州电缆厂。

本标准主要起草人:谢汉宜、程江、韦长天、陆云春、高骏、景碧筠、黎育松、黄东、完祖成。

船舶电气装置 船用电力电缆

一般结构和试验要求

1 范围

本标准规定了额定电压 8.7/15 kV 及以下电力系统用铜芯船用电缆的一般结构和试验要求。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准,然而,鼓励根据本标准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标准。

GB/T 2951.1—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第1部分:通用试验方法 第1节:厚度和外形尺寸测量——机械性能试验(idt IEC 60811-1-1:1993)

GB/T 2951.2—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第1部分:通用试验方法 第2节:热老化试验方法(idt IEC 60811-1-2:1985)

GB/T 2951.4—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第1部分:通用试验方法 第4节:低温试验(idt IEC 60811-1-4:1985)

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(idt IEC 60811-2-1:1986)

GB/T 2951.6—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第3部分:聚氯乙烯混合料专用试验方法 第1节:高温压力试验——抗开裂试验(idt IEC 60811-3-1:1985)

GB/T 2951.7—1997 电缆绝缘和护套材料通用试验方法 第3部分:聚氯乙烯混合料专用试验方法 第2节:失重试验——热稳定性试验(idt IEC 60811-3-2:1985)

GB/T 3956—1997 电缆的导体(idt IEC 60228:1978)

GB/T 17650.1—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 卤酸气体总量的测定(idt IEC 60754-1:1994)

GB/T 17650.2—1998 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 用测量 pH 值和电导率来测定气体的酸度(idt IEC 60754-2:1991)

GB/T 18380.3—2001 电缆在火焰条件下的燃烧试验 成束电线或电缆的燃烧试验方法(idt IEC 60332-3:1992)

GB/T 19216—2003 在火焰条件下电缆或光缆的线路完整性试验(idt IEC 60331:1999)

IEC 60092-351:2000 船舶电气装置——船用及移动和固定石油平台用电力、通信和控制数据电缆用绝缘材料

IEC 60092-359:1999 船舶电气装置——船用电力电缆和通信电缆用护套材料

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 有关电缆的定义

3.1.1

绝缘电缆 insulated cable

由下列各部分组成:

——1 芯或多芯;

——各个单独的包覆层(一层或多层)(如有的话);

——统包保护层(如有的话);

——外护层(一层或多层)(如有的话)。

附加的未绝缘的导体也可包括在电缆内。

3.1.2

径向电场电缆 radial field cable

每根线芯均包覆单独屏蔽的电缆。

3.1.3

屏蔽 screen

能够将电场控制在绝缘内部,同时能够使得绝缘界面表面光滑,并借此消除交界处空隙的导电层。

3.1.4

导体 conductor

电缆的一部分,具有载流特殊功能。

3.1.5

绞合导体 stranded conductor

由许多单线绞成,通常由全部单线或主要部分单线绞成螺旋状的导体。

注:绞合导体可以是圆形或成型导体。

3.1.6

线芯 core

导体及其绝缘的组合物。

3.1.7

线芯屏蔽 core screen

包覆在绝缘上的由非金属和/或金属材料构成的导电屏蔽层。

3.1.8

接地屏蔽 shield

将电场限制在电缆内部和/或保护电缆不受外电场影响的外包接地金属层。

3.1.9

软电缆 flexible cable

使用中要求能柔曲的电缆,其结构和组成材料能满足这一要求。

3.1.10

软线 cord

有限根数的小截面导体绞成的软电缆。

3.1.11

节距 length of lay

电缆的一个组成元件螺旋状绕一整圈的轴向长度。

3.1.12

隔离层 separator

用来防护电缆不同组成元件间相互有害影响的阻隔薄层,如导体和绝缘间或绝缘和护层间。

3.1.13

填充 filler

用来填充多芯电缆线芯间空隙的材料。

3.1.14

内护层 inner covering

包覆在多芯电缆线芯(和填充,如有的话)上的非金属包覆层,包覆层外要加外保护层。

3.1.15

护套 sheath

由非金属材料组成的均匀连续的通常是挤包的管状包覆层。

3.1.16

外护套 over sheath

金属包覆层外的非金属护套即电缆最外面的护套。

3.1.17

铠装 armour

用金属带或金属线制成的保护层,通常用来保护电缆不受外界机械力作用的影响。

3.1.18

编织层 braid

由金属或非金属材料辫状编织成形的保护层。

3.2 尺寸值的定义

3.2.1

标称值 nominal value

被指定的量和经常用在表中的值。通常标称值给出的值是要通过测量来核定的,它考虑了规定的偏差。

3.2.2

近似值 approximate value

此值为既不保证,也不作检验的值,常用来计算其他尺寸值。

3.2.3

中值 median value

将测得的几个试验数据按递增(或递减)的顺序排列,如果有效值的个数是奇数,则中间值为中值;如果有效值的个数是偶数,则中间两个值的平均值为中值。

3.2.4

假定值 fictitious value

按照附录 A 所述的假定方法计算出来的值。

3.3 有关试验的定义

3.3.1

例行试验 routine tests

就是在所有成品电缆上进行的试验,用来表明电缆的完整性。

注:经购买方和制造方及介入的认证机构(提供例如质量控制程序的证明)协商同意后,可减少试验的成品电缆段的数量。

3.3.2

抽样试验 special tests

就是由制造厂在成品电缆的试样上,或从成品电缆中截取的元件上,按照某一规定抽样频率进行的试验,以验证成品电缆是否符合设计规范。

3.3.3

型式试验 type tests

本标准包括的各种型式电缆,在根据一般商业原则供货以前要求制造厂进行的试验,以表明产品具有满足使用要求的满意的性能。这些试验只有在电缆材料或设计改变有可能改变电缆性能时才需要重复进行,已经做过这些试验后不需重复。

4 导体

4.1 材料

导体应由裸的或有金属镀层的退火铜线组成。

4.2 金属镀层和隔离层

当采用热固性绝缘时,铜线应是镀金属层的导体,除非在导体与绝缘层间采用隔离层。对有热塑性绝缘的导体,则可省略金属镀层。同样也适用于热固性绝缘,只要进行适当的型式试验能证明它不产生有害影响,也可省略金属镀层。

如果目视检查导体表面光滑、均匀和光洁,且绝缘和导体不粘结,则认为金属镀层符合要求。

如果要求进行化学试验,应按附录 E 规定的方法和要求进行。

4.3 导体种类和形式

本标准涉及的导体仅用于固定敷设,导体应符合 GB/T 3956—1997 第 2 种或第 5 种导体要求。

注 1: 采用 GB/T 3956—1997 第 5 种导体仅在特定环境下便于电缆的安装和终端的制作。用第 5 种导体的电缆不能称作为“软电缆”。

注 2: 当使用 GB/T 3956—1997 第 5 种导体时,使用者必须仔细检查适用的电流额定值,也许会低于与它相同横截面的第 2 种导体。

GB/T 3956—1997 第 2 种导体可为非紧压或紧压圆形绞合导体以及扇形导体。

导体的标称截面值规定在 GB/T 3956—1997 表 2 或表 3 中。有下列限制:

——对于所有类型导体,标称截面一般应不超过 630 mm^2 。

注 3: 若有大截面导体要求,也应符合 GB/T 3956—1997 第 2 种或第 5 种导体规定的要求。

第 2 种非紧压圆形导体和第 5 种软导体的标称截面应不小于 1 mm^2 。

第 2 种紧压圆形导体的标称截面应不小于 10 mm^2 (小于 10 mm^2 的截面正在考虑中)。

注 4: 扇形导体标称截面应不小于 25 mm^2 。

注 5: 适用于船上移动场合使用的导体正在考虑中。

——所有导体应有规则形状,应无尖锐的凸起和其他易损坏绝缘的缺陷。

第 8 章至第 12 章规定的适用的试验要求用于检验是否符合这些要求。

5 绝缘

5.1 材料

绝缘应由 IEC 60092-3514/2000 中规定的任一种绝缘混合物组成。

5.2 绝缘的挤包

绝缘应是一层紧密挤包在导体或隔离层上(如有的话)的包层,且应容易剥离而不损伤导体或金属镀层(如有的话)。

5.3 绝缘厚度

每一型号电缆的绝缘厚度在相关标准中规定。

绝缘厚度的平均值应不小于每一导体截面和绝缘规定的标称值。

任一点的厚度可以小于标称值,但其差值应不超过 $0.1 \text{ mm} + 10\%$ 的标称值。

6 成缆

多芯电缆的线芯应绞合成缆,在多芯电缆的绞合中允许填充。

7 内护层、填充和包带

7.1 材料

内护层(如有的话)可以按照有关电缆标准的规定进行挤包或绕包。

内护层、填充和包带(如有的话)应是非吸湿性材料,当导体在允许最高额定温度下运行时应能承受温升,且与绝缘材料相容。

在挤包内护层前,允许用合适的带子呈螺旋状绕包,包带厚度任选。

当规定内护层或填充采用橡胶类似物或塑料时,应采用能防潮的橡胶(包括再生或非硫化橡胶)或塑料混合物。当非金属护套直接挤包在内护层或填充物上时,它可以(由制造方任选)部分或完全代替内护层或填充。

当规定为“水密性电缆”时,缆芯和护套之间以及导体各单线间都应填充,以便整个电缆得到连续密封,并应符合 11.10 规定的水密性试验。

7.2 内护层厚度

挤包或绕包的内护层(如有的话)的近似厚度在有关电缆标准中规定。

8 外护层

8.1 外护层的构成元件

任何电缆的外护层都由一种或多种构成元件组成,应在相关的标准中规定,本标准考虑以下几种“构成元件”。

a) 金属元件:

- 1) 金属编织铠装;
- 2) 金属丝铠装;
- 3) 金属带铠装。

b) 非金属元件:

- 1) 热固性或热塑性护套;
- 2) 浸渍纤维编织;
- 3) 金属铠装用的衬垫;
- 4) 金属铠装用的涂层。

8.2 金属编织铠装

金属编织铠装的标准型式是由镀锌钢丝、铜丝、镀锡铜丝或铜合金丝组成,镀锌钢丝应符合 11.12 和附录 F 规定的镀锌试验,有特别需要时,可用有耐蚀性能的合金铝丝制成。

编织层的“编织密度”应使编织套的重量至少为由同一种金属构成的内径等于编织层计算内径和厚度等于编织层金属丝标称直径的管子重量的 90%。

编织层内径按照附录 A 和附录 B 给出的假定方法计算(试验方法见 11.6 中 b 项)。

注:计算“编织层密度”的另一种方法见下式,用每单位填充系数 F 表示:

$$F = NPd/\sin\alpha$$

式中:

α ——电缆轴线与编织线的倾斜角;

d ——编织线直径;

N ——每绞子线的根数;

P ——每毫米上的股数。

编织密度百分数由下式给出:

$$G = (\pi/2) \cdot F \cdot 100$$

G 最小值为 90% 时, F 最小值为 0.573。

8.3 金属丝铠装

金属丝铠装的标准型式是由镀锌低碳钢丝制成,钢丝的断裂伸长率至少为 12%,并符合 11.12 和附录 F 规定的镀锌试验要求。

有特殊要求时,可用非磁性金属丝代替钢丝。当铠装内径大于 15 mm 时,并另有特殊要求时,可用

扁线代替钢丝铠装。

金属丝应包覆在衬垫外面构成均匀、基本无空隙的圆柱形铠装层,以保证成品电缆足够柔软。

8.4 金属带铠装

金属带铠装的标准型式是由软钢带制成。有特别需要时可镀锌。在有特殊要求时,非磁性金属带(如铜、铝合金)也可用来代替钢带。

注:用铝合金时应注意腐蚀的危险。

通常铠装应由两层钢带以同一方向绕包在衬垫上,其第一层的间隙不大于带宽的 1/2,第二层钢带应以搭盖方式绕包在该间隙上。

只要规定了机械性能,允许使用特殊型式的金属带铠装(如一层金属带组成)。

对于衬垫内直径小于 10 mm 的电缆,不推荐使用金属带铠装。

8.5 金属铠装的尺寸

本标准的金属丝直径,金属带厚度和其他类似的铠装尺寸,都应理解为符合 11.6 的标称值。

8.6 非金属护套

8.6.1 材料

护套由 IEC 60092-359:1999 中规定的某一种护套料制成。护套材料的温度应适合于电缆的工作温度。

8.6.2 护套厚度

每一型号电缆在相关标准中规定其护套厚度。护套厚度的平均值应不小于标称值。

任一点的厚度可以小于标称值,但对于光滑圆柱形护套,护套厚度应不低于标称值的 85%—0.1 mm。而对于不规则圆柱形表面,护套厚度应不低于标称值的 80%—0.2 mm。

8.7 浸渍纤维编织

如果允许,纤维编织应为棉纱、麻、玻璃丝、人造纤维或其他等效的织物纤维。

纤维应用混合物有效地浸渍,使其防潮,但应对电缆的组成材料无损害作用。

8.8 铠装用衬垫

用带子作衬垫时应以这样的方式绕包:每一层带子都应盖住相邻带子间的间隙(如有的话)。织物带子(如棉纱或玻璃带)应浸透或涂上防潮的混合物。

合成带(如 PVC 带子)不需要涂层。

当用纤维粗纱时(如黄麻或玻璃丝粗纱),则应螺旋状紧密绕包并浸透防潮混合物。

若用纤维编织作衬垫,则应符合 8.7 要求。

若用非金属护套作衬垫,则应符合 8.6 要求。

其相关厚度应考虑为近似值。

8.9 外护层的剥除

外护层应容易剥除。

——从金属护层上剥除外护套;

——从内包覆层或内护层上剥除金属护层。

9 试验条件

9.1 环境温度

除非特殊试验时另有详细规定,电压试验应在(20±15)℃环境温度下进行,而其他试验在(20±5)℃下进行。

9.2 工频试验电压的频率和波形

交流试验电压的频率应在 49 Hz~61 Hz 之间。波形基本上应为正弦波,电压值用有效值表示。

10 例行试验

10.1 概述

本标准要求的例行试验是:

- a) 导体电阻的测量(见 10.2);
- b) 高压试验(见 10.3);
- c) 绝缘电阻测试(见 10.4)。

例行试验通常应在所有成品电缆上进行,但购买方、制造方和介入的认证机构(提供例如质量控制程序的证明)协商同意可减少试验的成品电缆段的数量。

在制造方可任选在交货长度上或在切割成交货长度的制造长度上进行例行试验。

10.2 导体电阻

- a) 对于多芯电缆,应在选择做例行试验的每根电缆的所有导体上进行。
- b) 试验前,应将成品电缆或从成品电缆上取下的样品放在适当恒定温度的试验室中至少保持 12 h。若怀疑导体温度是否与室温一致,应将电缆放入试验室 24 h 后,测量导体电阻。另一种方法是将导体试样放入可控制温度的试验液浴中至少 1 h 后,测量其电阻。

电阻的测量值应根据 GB/T 3956—1997 第 6 章给出的公式和系数修正到 20℃ 时 1 km 长度的值。

- c) 每根导体 20℃ 时的直流电阻值应不超过 GB/T 3956—1997 表 2 中第 2 种导体和表 3 中第 5 种导体规定的相应最大值。

10.3 高压试验

- a) 应在环境温度下用工频交流电压、直流电压、高频或其他形式电压的火花试验进行高压试验,由制造商任选。
- b) 单芯无金属护套电缆应浸入室温水 1 h,然后在导体与水之间施加试验电压 5 min。

对于单芯无护套电缆(由制造方选择)可在电缆上进行火花试验。火花试验设备应能检验出直径等于或大于规定绝缘厚度一半多的绝缘层上刺孔。火花检验器的复原时间应不大于 1 s。电压的大小和形式应是这样的:所用的电极系统和电缆穿过火花试验机的速度应使试验能有效地满足要求。用于确定火花试验设备功效的基准方法见附录 D。

- c) 对于多芯电缆和有金属护套的单芯电缆,在每根绝缘导体和接地的所有其他导体及金属护层(如有的话)之间相继施加试验电压 5 min。为了依次施加试验电压,导体可作适当连接以限制总的试验时间,只要连接的顺序能保证施加于每一导体和其他导体之间以及每一导体和金属护套(如有的话)之间的电压至少 5 min 不中断。
- d) 除非在有关电缆标准中另有说明,表 1 中给出了标准额定电压的试验电压值。

表 1 试验电压

电缆额定电压 U_0/U kV	5 min 试验电压	
	交流 kV	直流 kV
小于 0.15/0.25 (含)	1.5	3.6
小于 0.6/1.0 (含)	3.5	8.4
小于 1.8/3 (含)	6.5	15.6
小于 3.6/6 (含)	11	26.4
小于 6/10 (含)	15	36
小于 8.7/15 (含)	22	52.8

- e) 试验电压应逐渐升高到规定值,绝缘应不发生击穿。

10.4 绝缘电阻的测量

- a) 绝缘电阻应在高压试验之后,在环境温度下,使用 80 V 至 500 V 直流电压进行测量。
- b) 在一般情况下,测量应在加压 1 min 后进行有效。然而在某些情况下,为了达到真正的稳定状态,加压时间可延长到 5 min。
- c) 对于不同型式电缆,进行试验的接线程序应符合下述规定:
 - 单芯金属护套电缆,绝缘电阻测量应在导体与金属护套之间进行;
 - 单芯无金属护套电缆,绝缘电阻测量应在导体和水之间进行。电缆在试验前应浸入水中至少 1 h;
 - 有或没有金属护套的 2~5 芯电缆,绝缘电阻测量应依次在每一导体与所有其他连在一起的导体及金属护套(如有的话)之间进行;
 - 5 芯以上电缆,首先应在各层为奇数的所有线芯和各层为偶数的所有线芯之间测量绝缘电阻,然后在偶数层的所有线芯与奇数层的所有线芯之间进行。如果需要,再在有奇数线芯的每一层中的第一芯与最后一芯之间进行。
- d) 绝缘电阻的测量值应用适当的温度校正系数换算成参考温度 20℃ 时的值,温度校正系数是根据相关绝缘材料进行试验而得到的结果。
- e) 绝缘电阻常数 K_i 应按下式来计算:

$$K_i = \frac{lR \times 10^{-9}}{\lg \frac{D}{d}} \text{ (M}\Omega \cdot \text{km)}$$

式中:

R ——测得的绝缘电阻,换算到 20℃ 时的值, Ω ;

l ——电缆长度, m;

D ——绝缘外径, mm;

d ——绝缘内径, mm。

K_i 的计算值应不小于 IEC 60092-351:2000 表 2 中相应绝缘材料的规定值。

注:对于扇形导体线芯,比值 D/d 是绝缘外周长与导体周长的比率。

11 抽样试验

11.1 概述

本标准所要求的抽样试验如下:

- a) 导体检查(见 11.3);
- b) 尺寸检查(见 11.4~11.7);
- c) 绝缘及护套的热延伸试验,适用的混合物见表 3 和表 4(见 11.8);
- d) PVC 低温性能试验(见 11.9);
- e) 水密性试验(见 11.10);
- f) 铜线金属镀层试验(见 11.11);
- g) 镀锌试验(见 11.12)。

11.2 抽样试验的抽样频率

- a) 导体的检查和尺寸的检验

导体检查、绝缘和护套厚度的测量以及外径测量,如果购买方要求的话,应在同一型号和规格的每一制造连续批电缆中的一根电缆长度上进行检测,不过在任一合同中应限制不超过总根数的 10%。

- b) 电性能和物理性能试验

根据购买方和制造方的协议,只要在合同中的多芯电缆总长度超过 2 km 或单芯电缆总长度超过

4 km, 则应按表 2 规定在按合同制造的电缆上取样, 进行规定的试验:

表 2 根据电缆长度确定的样品数量

电缆长度				试样数
多芯电缆		单芯电缆		
大于 km	小于和等于 km	大于 km	小于和等于 km	
2	10	4	20	1
10	20	20	40	2
20	30	40	60	3
类推		类推		类推

11.3 导体检查

用目力观察和实际使用的测量方法来检验是否符合 GB/T 3956—1997 导体结构要求。

11.4 绝缘厚度的测量

a) 取样

为试验而选取的每根电缆在去除可能受到的损伤部分以后, 从每一端各取一段, 用两小段来代表取样的电缆。

多于三芯且标称截面相等的电缆, 进行测量的线芯数量应限制在三芯或芯数的 10%, 两者取较大值。

若平均测量厚度或两段的最小测量厚度值不符合 11.4 中 c) 项的规定要求时, 则应另取两段进行检验。假若再取的两段都符合规定要求时, 应判为合格, 但其中有一段不符合要求时, 则判为不合格。

b) 步骤

试验步骤应按照 GB/T 2951.1—1997 中第 8 章规定。

c) 要求

每一段线芯的绝缘厚度平均值以间隔为 0.1 mm 修约至最接近的值(见附录 B), 应不小于规定的标称厚度, 其绝缘厚度最小值应不低于标称值的 90%—0.1 mm。

11.5 非金属护套厚度的测量(不包括内护层)

a) 取样

为试验而选择的每根电缆在去除可能受到的损伤部分以后, 从每一端各取一段, 用两段来代表取样的电缆。

若两段电缆中的任何一段的平均测量厚度或最小测量厚度值不符合 11.5 中 c) 项要求, 则应另取两段进行检验。倘若再取的两段都符合规定要求, 则判为合格; 但若其中有一段不符合要求, 则判为不合格。

b) 步骤

试验步骤应按照 GB/T 2951.1—1997 中第 8 章进行。

c) 要求

每一段护套应符合下列要求:

——对于光滑的圆柱体表面的护套(如包覆在内护层上或单芯绝缘上):

- 平均测量值以间隔为 0.1 mm 修约至最接近的值(见附录 B)应不小于规定的标称厚度;
- 最小值应不低于规定标称厚度的 85%—0.1 mm。

——对于不规则圆柱体表面的护套(如护套渗入内护套或直接挤包在钢带或钢丝铠装上的护套), 其最小测量值应不低于规定标称厚度的 80%—0.2 mm。

11.6 铠装层的尺寸

- a) 在任一选取的一些试样上用千分尺进行多次测量,以便检查金属线径和金属带厚度是否符合标称值要求。每次测量值应不小于标称值的 90%—0.03 mm,也不大于平均值的 110%+0.03 mm。
- b) 金属编织铠装“编织密度”的检查应用至少 25 cm 长的编织试样进行称重。编织铠装的重量按 8.2 规定应不小于同样金属管子计算重量的 90%,或者填充系数应不小于 0.573(见 8.2 的注)。

11.7 外径的测量

若电缆外径的测量作为抽样试验要求的话,则应按照 GB/T 2951.1—1997 中第 8 章进行。

11.8 绝缘和护套的热延伸试验(试验所适用的混合物见表 3 和表 4)

a) 步骤

取样及试验步骤应按照 GB/T 2951.5—1997 中第 9 章进行,绝缘应采用 IEC 60092-351:2000 表 4 中规定的条件;护套采用 IEC 60092-359:1999 表 2 中规定的条件。

b) 要求

绝缘试验的结果应符合 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套试验的结果应符合 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

11.9 低温下 PVC 绝缘和 PVC、SHF1 及 SHF2 护套性能试验

a) 步骤

取样及试验步骤应按照 GB/T 2951.4—1997 中第 8 章进行,绝缘的试验温度规定在 IEC 60092-351:2000 表 4 中,护套的试验温度规定在 IEC 60092-359:1999 表 3 中。

b) 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.4—1997 中第 8 章规定。

11.10 水密性试验

当电缆有水密性要求时,应按下面方法和要求进行试验。

a) 概述

当电缆要求为“水密性”时,试验按下面的 b)、c)和 d)规定的条件进行,从试样中流出的水的体积应不大于按下式计算出来的 V'值:

$$V' = 10 N (A + 2) (\text{cm}^3)$$

式中:

N —— 电缆中导体数;

A —— 每芯导体的截面,mm²。

在任何情况下,流出水的体积不应大于 2 000 cm³。

b) 试样

试样应为 1.5 m 长的一段未曾经受曲绕、加热或其他任何试验的成品电缆。电缆试样可从两端剥去金属铠装,但应不妨碍电缆能较容易地制作水密封填料函。

c) 设备

将装有密封气密管的小水槽与一可控制水压的装置相连接,水压用压力表测量,并备有检漏装置(如果漏水的话),将试样与水槽连接固定的接头应不压缩,也不扩张上述试样,而且不引起漏水。

d) 步骤

将试样的一端与水槽固紧,水压约在 1 min 内升至 0.1 MPa,并保持 3 h,把从试样另一端或试样表面流出的水收集起来,并进行测量。

11.11 铜线的金属镀层试验

用目力检测金属镀层(见 11.3),线的表面应光滑、均匀,且绝缘与导体不粘连,才认为符合要求。

如要求进行化学试验,应按附录 E 中规定的方法和要求进行(比色法)。

11.12 镀锌试验

为检查钢丝的防锈能力,需进行镀锌试验。从电缆试样上取下一段钢丝,按附录 F 规定的浸渍试验进行检查。若铠装上涂有漆(见 8.1 条 b)中第 4 种),则应从还未用于电缆的钢丝的试样上进行。

12 电性型式试验

12.1 概述

本标准所要求的型式试验应在长 10 m~15 m 的成品电缆试样上进行。

- a) 在室温下测量绝缘电阻(见 12.2.1);
- b) 在工作温度下测量绝缘电阻(见 12.2.2);
- c) 浸水后测量交流电容增值(见 12.3);
- d) 4 h 高压试验(见 12.4)。

12.2 绝缘电阻的测量

12.2.1 室温下绝缘电阻测量

a) 概述

本试验应在未做任何其他电性试验以前的样品上进行。试验前应将外护层剥掉,并将线芯在室水中至少放置 1 h,在导体和水之间测量。如果要求的话,测量应在(20±1)℃下进行。

直流试验电压应为 80 V 至 500 V,施加电压时间应不小于 1 min,也不大于 5 min。

b) 计算

用下述公式来计算绝缘电阻常数 K_i :

$$K_i = \frac{lR \times 10^{-9}}{\lg \frac{D}{d}} = 10^{-9} \times 0.367 \rho \text{ (M}\Omega \cdot \text{km)}$$

也可根据下式从测量得到的绝缘电阻来计算体积电阻率:

$$\rho = \frac{2\pi lR}{\ln \frac{D}{d}}$$

式中:

R ——测量的绝缘电阻, Ω ;

l ——电缆长度, m;

D ——绝缘外径, mm;

d ——绝缘内径, mm。

c) 要求

从测定值计算出的值应不小于 IEC 60092-351:2000 表 2 的规定值。

注:对于扇形导体线芯而言,比值 D/d 为绝缘外周长与导体周长的比率。

12.2.2 在最高额定温度下测量

a) 试验前将所有外护层剥掉的电缆线芯试样浸入规定温度的水中至少 1 h。

直流试验电压是 80 V 到 500 V,施加电压时间应不小于 1 min,也不大于 5 min。

b) 计算

按 12.2.1 中 b) 项给出的公式,根据测得的绝缘电阻来计算绝缘电阻常数或体积电阻率。

c) 要求

按测定值计算出的值应不小于 IEC 60092-351:2000 表 2 的规定值。

12.3 浸水后交流电容增值

经用户和工厂同意,按照下述方法进行 IEC 60092-351:2000 所规定的浸水试验。

a) 试样的制备

每个试样应由长 4.50 m,剥掉绝缘上任何护层〔包括硫化带(如有的话)〕的线芯组成。

b) 设备

水槽应使 3 m 长的试样的中间部分能浸没在水中,而每一端各有 0.75 m 保持在水面上。

水应该在(50±2)℃温度下保持恒定。

水面应保持不变。

c) 步骤

首先应将试样保持在 70℃~75℃的空气烘箱中干燥 24 h。

当试样从烘箱中取出,就立即按上述方法,浸入预先加热到 50℃的自来水中。

浸水应在上述温度下保持 14 天。

d) 电气测量

导体和水之间的电容,应该在频率为 800 Hz~1 000 Hz 的交流低电压下测量。

应进行如下测量:

——第 1 天末;

——第 7 天末;

——第 14 天末。

必须预先采取措施,以保证温度和水面在整个测量过程中都一样。

e) 测量结果

由此测得的电容 C_1 、 C_7 和 C_{14} 应符合下列条件:

$$C_{14} - C_1 \leq 0.15C_1$$

$$C_{14} - C_7 \leq 0.05C_7$$

12.4 4 h 高压试验

将已剥掉外护层的电缆线芯试样,浸在室温水至少 1 h。

在导体和水之间逐渐施加电压等于三倍额定电压 U_0 的工频电压,并连续保持 4 h,绝缘应不发生击穿。

13 非电性型式试验

本标准对绝缘要求的非电性型式试验汇总列于表 3 中;对非金属护套要求的非电性型式试验汇总列于表 4 中。

13.1 绝缘厚度的测量

a) 取样

在每一绝缘电缆线芯试样上相互间隔至少 1 m 的三处各取一试样。

对于线芯标称截面相同的三芯以上电缆,测量的线芯数应限制在三个线芯或线芯总数的 10%,取较大值。

b) 步骤

测量应按 GB/T 2951.1—1997 中第 8 章规定进行。

c) 要求

每个线芯上所有测量值的平均值,以间隔为 0.1 mm 修约至最接近值(见附录 B),应不小于规定的标称厚度,最小的测量值应不低于标称值的 90%—0.1 mm。

13.2 非金属护套厚度的测量(不包括内护层)

a) 取样

在电缆样品上相互间隔至少 1 m 的三处各取一段电缆试样。

b) 步骤

测量应按 GB/T 2951.1—1997 中第 8 章规定进行。

c) 要求

每一段护套试样应符合下列要求:

——对光滑圆柱状表面的护套(例如在内护层或单芯绝缘上):

- 测量的平均值以间隔为 0.1 mm 修约至最接近值(见附录 B),应不小于规定的标称厚度。
- 最小值应不低于标称值的 85%—0.1 mm。

——对不规则圆柱状表面的护套(例如护套渗入无内护层的非铠装多芯电缆,或直接挤包在带铠装或线铠装上的护套)

- 其最小值应不低于标称值的 80%—0.2 mm。

13.3 老化前和老化后绝缘的机械性能试验

a) 取样

取样及试片的准备应按 GB/T 2951.1—1997 中第 9 章规定进行。

b) 老化处理

老化处理应按 GB/T 2951.2—1997 中第 8 章规定进行,老化条件按 IEC 60092-351 表 3 的规定进行。

c) 预处理及机械性能试验

预处理及机械性能测量按 GB/T 2951.1—1997 中第 9 章规定进行。

d) 要求

老化前和老化后的试验结果应符合 IEC 60092-351:2000 表 3 规定。

13.4 老化前和老化后护套的机械性能试验

a) 取样

取样和试片的准备应按 GB/T 2951.1—1997 中第 9 章规定进行。

b) 老化处理

老化处理应按 GB/T 2951.2—1997 中第 8 章进行,老化条件按 IEC 60092-359 表 2 的规定进行。

c) 预处理及机械性能试验

预处理及机械性能测量应按 GB/T 2951.1—1997 中第 9 章规定进行。

d) 要求

老化前和老化后的试验结果应符合 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

13.5 成品电缆试样的附加老化试验(相容性试验)

a) 概述

本试验旨在检验电缆在运行中绝缘及护套在同电缆其他组分接触时是否有劣化倾向。本试验适用于所有型式的电缆。

b) 取样

试样应按 GB/T 2951.2—1997 中第 8 章规定进行,试样取自成品电缆。

c) 老化处理

电缆试样应按 GB/T 2951.2—1997 中第 8 章规定,放在空气烘箱中进行处理,处理条件如下:

——温度:

高于电缆的导体额定工作温度(10 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 。如果不知道电缆的工作温度,则将比绝缘材料的最高额定工作温度高(10 ± 2) $^{\circ}\text{C}$ 的温度作为处理温度(参见 IEC 60092-351:2000 表 1)。

——时间:7 \times 24 h

d) 机械性能试验

从老化过的电缆试样上按照 GB/T 2951.2—1997 中第 8 章规定制备绝缘和护套的试片,并进行机械性能试验。

e) 要求

老化前和老化后抗张强度及断裂伸长率中值的变化率(参见 13.3 和 13.4)应不超过在空气烘箱中老化试验的相应规定值。绝缘应满足 IEC 60092-351:2000 表 3 规定;护套应满足 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

13.6 聚氯乙烯绝缘和护套失重试验

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.7—1997 中第 8 章规定进行。

b) 要求

试验结果:绝缘应符合 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套应符合 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

13.7 高温下 PVC 绝缘和 PVC 及 SHF1 护套性能试验(高温压力试验)

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.6—1997 中第 8 章规定进行。绝缘试验条件按照 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套试验条件按照 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

b) 要求

试验结果:绝缘应符合 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套应符合 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

13.8 PVC 绝缘和 PVC、SHF1 及 SHF2 护套的低温性能试验

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.4—1997 中第 8 章规定进行,绝缘试验条件按照 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套试验条件按照 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

b) 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.4—1997 中第 8 章规定。

13.9 PVC 绝缘和 PVC 及 SHF1 护套的抗开裂试验(热冲击试验)

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.6—1997 中第 9 章规定进行,试验温度和加热周期:绝缘应按照 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套试验条件按照 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

b) 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.6—1997 中第 9 章规定。

13.10 绝缘和护套的耐臭氧试验(适用的混合物见表 3 和表 4)

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.5—1997 中第 8 章规定进行。绝缘的试验参数应按照 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套的试验参数应按照 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

b) 要求

试验结果应符合 GB/T 2951.5—1997 中第 8 章规定。

13.11 绝缘和护套的热延伸试验(适用的混合物见表 3 和表 4)

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.5—1997 中第 9 章规定进行,绝缘试验应按照 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套试验应按照 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

b) 要求

试验结果:绝缘应符合 IEC 60092-351:2000 表 4 规定;护套应符合 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

13.12 弹性体护套的浸油试验

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 2951.5—1997 中第 10 章规定进行,试验条件应按照 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

b) 要求

试验结果应符合 IEC 60092-359:1999 表 2 规定。

13.13 阻燃试验

试验应在成品电缆试样上进行。试验方法和要求应按照 GB/T 18380.3 的 A 类中的规定。

13.14 电缆的防火或耐火试验

本试验仅当有特殊要求时,在成品电缆试样上进行。

试验方法和要求应按照 GB/T 19216 中的规定。

13.15 HEPR 和 HF HEPR 绝缘硬度的测定

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 IEC 60092-351:2000 中附录 A 的规定进行。

b) 要求

试验结果应符合 IEC 60092-351:2000 中表 4 规定。

13.16 HEPR 和 HF HEPR 绝缘弹性模量的测定

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 IEC 60092-351:2000 中附录 B 的规定进行。

b) 要求

试验结果应符合 IEC 60092-351:2000 表 4 规定。

13.17 通过测量 pH 值和电导率,测定绝缘材料在燃烧中析出气体的酸度

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 17650.2—1998 规定进行。

b) 要求

试验结果应符合 IEC 60092-351:2000 表 4 规定。

13.18 护套材料卤酸气体总量的测定

a) 步骤

取样和试验步骤应按照 GB/T 17650.1—1998 规定进行。

b) 要求

试验结果应符合 IEC 60092-359:1999 表 3 规定。

表 3 绝缘的非电性型式试验

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
混合物名称	绝 缘									
	热塑性	弹性体								
	PVC/A	S 95	HFS 95	EPR	HF EPR	HEPR	HF HEPR	XLPE	HF XLPE	HF 85
1 尺寸										
1a 厚度测量	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 机械性能(抗张强度和伸长率)										
2a 老化前	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2b 在空气弹中老化后	—	—	—	X	X	X	X	—	—	—
2c 在空气烘箱中老化后	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2d 在空气烘箱中附加老化后(相容性)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

表 3 (续)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
混合物名称	绝 缘									
	热塑性	弹性体								
	PVC/A	S 95	HFS 95	EPR	HF EPR	HEPR	HF HEPR	XLPE	HF XLPE	HF 85
3 热塑性能										
3a 高温压力(压痕)	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3b 低温性能	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 其他各类试验										
4a 在空气烘箱内失重试验	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4b 热冲击试验(开裂)	X	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4c 耐臭氧试验	—	—	—	X	X	X	X	—	—	X
4d 热延伸试验	—	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4f 硬度	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—
4g 弹性模量	—	—	—	—	—	X	X	—	—	—
4h pH 值	—	—	X	—	X	—	X	—	X	X
4j 电导率	—	—	X	—	X	—	X	—	X	X
X 表明为型式试验项目										

表 4 非金属护套的非电性型式试验

0	11	12	13	14	15	16
混合物名称	非金属护套					
	热塑性			弹性体		
	ST1	ST2	SHF1	SE1	SH	SHF2
1 尺寸						
1a 厚度测量	X	X	X	X	X	X
2 机械性能(抗张强度和伸长率)						
2a 老化前	X	X	X	X	X	X
2b 在空气弹中老化后	—	—	—	—	—	—
2c 在空气烘箱中老化后	X	X	X	X	X	X
2d 在空气烘箱中附加老化后(相容性)	X	X	X	X	X	X
2e 浸油后	—	—	—	X	X	X
3 热塑性能						
3a 高温压力(压痕)	X	X	X	—	—	—
3b 低温性能	X	X	X	—	—	X

表 4 (续)

0	11	12	13	14	15	16
混合物名称	非金属护套					
	热塑性			弹性体		
	ST1	ST2	SHF1	SE1	SH	SHF2
4 其他各类试验						
4a 在空气烘箱内失重试验	—	X		—	—	
4b 热冲击试验(开裂)	X	X	X	—	—	—
4c 耐臭氧试验	—	—	—	X	X	X
4d 热延伸试验	—	—	—	X	X	X
4e 阻燃试验	X	X	X	X	X	X
4f 硬度	—	—	—	—	—	—
4g 弹性模量	—	—	—	—	—	—
4h 卤酸气体总量	—	—	X	—	—	X
X 表明为型式试验项目。						

附录 A
(规范性附录)
外护层尺寸的假定计算方法

电缆包覆层的厚度,例如护套和铠装厚度,通常与电缆的标称直径有关。用“阶梯表”来表示。

有时会出现这样的问题。所计算的标称直径不一定与生产中达到的实际值一样,在边缘情况时就产生疑难了。护层厚度不对应实际直径,因为计算直径与实际直径有一些差别,制造方之间成型导体尺寸的变化和不同计算方法引起标称直径的不同,均可导致同一基本设计结构的电缆的护层厚度也不同。

为避免这些困难,设想了一种假定计算方法。这种方法忽略了导体形状和导体紧压程度,并且根据导体截面积,绝缘厚度和芯数的公式来计算假定直径。护层厚度和其他护层厚度,通过公式或图表与假定直径联系起来。计算假定直径的方法被严格地加以规定,这样用于求护层厚度就不会有含糊之处。护层厚度的确定就与制造实际情况的微小差别无关。这样,就可进行标准化电缆设计、预先计算出厚度并规定电缆的每一尺寸。

这种假定计算方法仅仅用来确定护套和电缆护层的尺寸,它不能代替为实用目的要求计算的标称直径,后者应该分开计算。

A.1 概述

A.1.1 采用下述电缆各护层厚度的假定计算方法可保证消除单独计算而引起的任何差异,例如由于导体尺寸的假定和标称直径与实际所达到直径的不可避免的差异。

A.1.2 所有厚度值和直径应按附录 B 给出的规则修约到一位小数。

A.1.3 本计算方法中,如果扎带(例如铠装层外反向螺旋绕扎)的厚度不超过 0.3 mm,就可忽略不予计算。

A.2 方法

A.2.1 导体

表 A.1 列出了每一种标称截面导体的假定直径 d_1 (忽略导体形状和紧压之影响)。

表 A.1 假定直径 d_1

导体标称截面 mm ²	d_1 mm	导体标称截面 mm ²	d_1 mm
1	1.1		
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	500	25.2
50	8.0	630	28.3
70	9.4		

A.2.2 线芯

任一线芯的假定直径 D_c 为:

$$D_c = d_1 + 2 t_i (\text{mm})$$

式中:

t_i ——绝缘的标称厚度。

A.2.3 缆芯直径

缆芯的假定直径 D_i 为:

a) 所有导体标称截面相同的电缆:

$$D_i = k D_c \quad (\text{mm})$$

式中: 系数 k 见表 A.2。

表 A.2 绞合系数 k

芯数	绞合系数 k	芯数	绞合系数 k	芯数	绞合系数 k
2	2.00	16	4.70	34	7.00
3	2.16	17	5.00	35	7.00
4	2.42	18	5.00	36	7.00
5	2.70	18*	7.00	37	7.00
6	3.00	19	5.00	38	7.33
7	3.00	20	5.33	39	7.33
7*	3.35	21	5.33	40	7.33
8	3.45	22	5.67	41	7.67
8*	3.66	23	5.67	42	7.67
9	3.80	24	6.00	43	7.67
9*	4.00	25	6.00	44	8.00
10	4.00	26	6.00	45	8.00
10*	4.40	27	6.15	46	8.00
11	4.00	28	5.41	47	8.00
12	4.16	29	6.41	48	8.15
12*	5.00	30	6.41	52	8.41
13	4.41	31	6.70	61	9.00
14	4.41	32	6.70		
15	4.70	33	6.70		

* 各芯绞合在一层中。

b) 四芯电缆, 有一根绝缘导体截面较小:

$$D_i = \frac{2.41 (3 D_{C1} + D_{C2})}{4} \quad (\text{mm})$$

式中:

D_{C1} ——相绝缘导体, 包括金属层(如有的话)的假定直径;

D_{C2} ——较小截面绝缘导体的假定直径。

A.2.4 内护层

内护层的假定直径 D_B 为:

$$D_B = D_i + 2 t_B \quad (\text{mm})$$

式中:

t_B ——内护层的相应厚度(如有的话), 规定在电缆的有关标准中。

A.2.5 护套

护套的假定直径 D_s 为:

$$D_s = D_u + 2 t_s \quad (\text{mm})$$

式中:

D_u ——护套假定内径;

t_s ——规定在有关标准中的护套厚度。

A.2.6 带铠装电缆的附加垫层(内护层外面)(见表 A.3)

表 A.3 直径

附加垫层的假定内径/mm		附加垫层增加的直径 mm
大于	小于(含)	
—	30	1.0
30	—	1.6

A.2.7 铠装

铠装的假定外径 D_x 为:

a) 扁线或圆线铠装:

$$D_x = D_A + 2 t_A \quad (\text{mm})$$

式中:

D_A ——铠装层假定内径;

t_A ——铠装线厚度或直径。

b) 带铠装:

$$D_x = D_A + 4 t_A \quad (\text{mm})$$

式中:

D_A ——铠装层假定内径;

t_A ——铠装带厚度。

c) 编织铠装:

$$D_x = D_A + 5 d_w \quad (\text{mm})$$

式中:

D_A ——铠装层假定内径;

d_w ——编织线的标称直径。

附录 B
(规范性附录)
数字修约

B.1 用于假定计算方法的数字修约

B.1.1 根据附录 A 来计算假定直径和确定电缆元件层的尺寸时,应用下列规则进行数字修约。

当在任何阶段所计算的值多于小数点后一位时,应将此值以间隔为 0.1 mm 修约到最接近的一位小数。在每一阶段的假定值应修约到 0.1 mm,且当确定厚度或外包层尺寸时,使用合适的公式或表格前应将假定直径进行修约,根据假定直径修约值计算的厚度应按附录 A 要求依次修约到 0.1 mm。

B.1.2 为说明上述规则,现举几个实例如下:

a) 修约前当小数点后第二位数为 0、1、2、3、4 时,那么保留第一位小数不变(舍去)。

例如: $2.12 \approx 2.1$

$2.449 \approx 2.4$

$25.0478 \approx 25.0$

b) 修约前当小数点后第二位数为 9、8、7、6、5 时,那么小数点后第一位数应增加 1(进位)。

例如: $2.17 \approx 2.2$

$2.453 \approx 2.5$

$30.050 \approx 30.1$

B.2 为其他目的数字修约

B.2.1 除了 B.1.1 所考虑外,可能要求数值修约到大于小数后一位的数。例如从几个测量结果计算平均值或用于已知标称值的百分数公差来计算最小值,在这几种情况下,应按有关条款修约到小数后规定的位数。

B.2.2 修约方法

如果修约前应保留的最后数值后一位数是 0、1、2、3、4,那么保留数字不变(舍去)。

如果修约前应保留的最后数值后一位数是 9、8、7、6、5,那么保留数进位增 1(进位)。

例如: $2.449 \approx 2.45$ (保留二位小数)

$2.449 \approx 2.4$ (保留一位小数)

$25.0478 \approx 25.048$ (保留三位小数)

$25.0478 \approx 25.05$ (保留二位小数)

$25.0478 \approx 25.0$ (保留一位小数)

附录 C

(资料性附录)

对于圆形铜导体电缆的外形尺寸
平均值上限和下限的计算

C.1 概述

本附录规定了圆形铜导体电缆外径平均值的上限和下限的计算方法。

C.2 平均外径下限的计算

C.2.1 取导体直径为 D , 如表 C.2 给出了固定布线的导体数值。

C.2.2 导体直径(见 C.2.1)加适当的值来计算线芯的标称直径, 即加两倍绝缘厚度的规定平均值和线芯上任何其他规定的包覆层的两倍规定平均值。

C.2.3 将 C.2.2 得到的值乘以表 C.1 的绞合系数 k 的值来计算绞合缆芯后的标称直径。

表 C.1 绞合系数 k 值

芯 数	绞合系数 k	芯 数	绞合系数 k
2	2.00	24	6.00
3	2.16	25	6.00
4	2.42	26	6.00
5	2.70	27	6.15
6	3.00	28	6.41
7	3.00	29	6.41
7*	3.35	30	6.41
8	3.45	31	6.70
8*	3.66	32	6.70
9	3.80	33	6.70
9*	4.00	34	7.00
10	4.00	35	7.00
10*	4.40	36	7.00
11	4.00	37	7.00
12	4.16	38	7.33
12*	5.00	39	7.33
13	4.41	40	7.33
14	4.41	41	7.67
15	4.70	42	7.67
16	4.70	43	7.67
17	5.00	44	8.00
18	5.00	45	8.00
18*	7.00	46	8.00
19	5.00	47	8.00
20	5.33	48	8.15
21	5.33	52	8.41
22	5.67	61	9.00
23	5.67		

* 各芯绞合在一层中。

C.2.4 将 C.2.3 得到的值加两倍护套厚度规定平均值和绞合缆芯外任何其他规定的包覆层的两倍规定平均值来计算成品电缆的标称外径 D_0 。

C.2.5 把 D_0 乘以 0.97 修约后得到的值,即为电缆平均外径的下限 D_{\min} 。

如果 $0.97 D_0 \leq 5 \text{ mm}$,那么修约到最接近的较小的一位小数。

如果 $5 \text{ mm} < 0.97 D_0 \leq 10 \text{ mm}$,那么修约到最接近的较小的一位偶数小数。

如果 $0.97 D_0 > 10 \text{ mm}$,那么修约到最接近的较小的 0.5 单位。

例如:

$0.97 D_0 = 4.33$	$D_{\min} = 4.3$
$0.97 D_0 = 7.33$	$D_{\min} = 7.2$
$0.97 D_0 = 11.33$	$D_{\min} = 11.0$
$0.97 D_0 = 11.83$	$D_{\min} = 11.5$

C.3 平均外径上限的计算

C.3.1 取导体直径为 D ,其值见表 C.2。

C.3.2 按 C.3.1 得到的导体直径加两倍绝缘厚度的规定平均值和导体外所有包覆层的(必需或任选)的两倍厚度规定平均值来计算线芯的标称直径。

C.3.3 将由 C.3.2 得到的值乘以相应的绞合系数 k 计算绞合线芯的标称直径, k 值见 C.2.3。

C.3.4 将由 C.3.3 所得值加两倍护套(或几层护套)厚度规定平均值和电缆或软线绞合缆芯外规定的其他所有包覆层(必需或任选)的两倍厚度规定的平均值来计算成品电缆的标称外径 D_1 。(见 C.4)

C.3.5 平均外径的上限 D_{\max} 按下式计算到二位小数:

$$D_{\max} = 1.05 D_1 + X$$

式中:

若 $D_1 \leq 5 \text{ mm}$ 而 $X = 0.3 \text{ mm}$,适用于单芯电缆;

若 $D_1 > 5 \text{ mm}$ 而 $X = 0.4 \text{ mm}$,适用于单芯电缆;

若 $D_1 \leq 5 \text{ mm}$ 而 $X = 0.4 \text{ mm}$,适用于多芯电缆;

若 $D_1 > 5 \text{ mm}$ 而 $X = 0.5 \text{ mm}$,适用于多芯电缆。

D_{\max} 修约法与 D_{\min} 一样(见 C.2.5),但用修约至下一个最高值代替修约至最接近的较小值。

例如:

若 $1.05 D_1 + X = 4.84$	$D_{\max} = 4.9$
若 $1.05 D_1 + X = 9.23$	$D_{\max} = 9.4$
若 $1.05 D_1 + X = 12.11$	$D_{\max} = 12.5$
若 $1.05 D_1 + X = 12.62$	$D_{\max} = 13.0$

C.4 覆盖在非绝缘层和护套上必需或任选的包覆层厚度

导体和绝缘层之间的隔离层	0.08 mm
绕包在每一线芯上的刮胶织物带、织物编织层	0.15 mm
两层护套间的隔离层	0.15 mm
外织物编织层	0.30 mm
金属编织(金属单线的直径:mm)	2.5 X

表 C.2 固定布线用电缆圆形铜导体直径的下限和上限

标称截面 mm ²	第 2 种导体直径		第 5 种导体直径	
	下限 mm	上限 mm	下限 mm	上限 mm
0.5	0.85	0.95	0.85	0.95
1	1.15	1.35	1.15	1.35
1.5	1.45	1.65	1.45	1.65
2.5	1.86	2.10	1.86	2.10
4	2.35	2.63	2.35	2.63
6	2.89	3.22	2.95	3.25
10	3.75	4.18	4.00	4.50
16	4.72	5.26	5.00	5.60
25	5.95	6.62	6.20	6.90
35	7.00	7.80	7.60	8.5
50	8.15	9.08	9.20	10.2
70	9.79	10.9	10.6	12.1
95	11.5	12.9	12.5	14.0
120	13.0	14.4	13.9	15.5
150	14.4	15.9	15.5	17.3
185	16.1	17.9	17.2	19.2
240	18.5	20.3	19.8	22.0
300	20.7	22.7	22.0	24.5
400	23.8	26.1	•	31 ^b
500	26.7	29.2	•	35 ^b
630	31.0	34.0	•	39 ^b

注 1: 要着重强调的是: 导体直径仅适用本计算方法。
 注 2: 导体直径由 GB/T 3956—1997 表中列出的最大直径数值计算出来。
 注 3: 若上表值有任何变化, 则会改变本附录的计算直径值。
 注 4: 横截面超过 630 mm² 正在考虑中。
 注 5: 0.5 mm² 和 1 mm² 标称截面的电缆不能用在固定电力布线中。

^a 在考虑中。
^b 见 GB/T 3956—1997 中附录 A 的表 A.1。

附录 D

(规范性附录)

检查火花试验方法有效性的程序

D.1 目的

本程序的目的是使方法标准化,通过此方法,生产厂可以证实 10.3 中 b)项规定检查绝缘故障的火花试验方法有效。

生产厂应提供它的生产和控制规程在实际生产中对电缆进行火花试验有效。

D.2 试验程序

D.2.1 生产厂应用两根特备的试验用电缆绝缘线芯段,一根为相关类型的最小绝缘厚度的线芯,另一根为相关类型最大绝缘厚度的线芯。

D.2.2 在绝缘层中刺孔方法如下:

a) 从线芯上剥掉长度为标称绝缘厚度 5 倍的绝缘层。

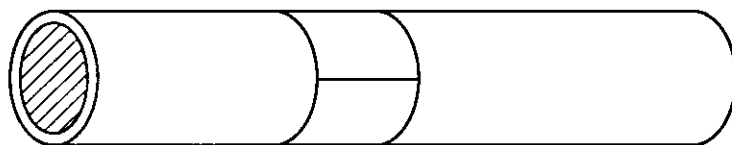


图 D.1 试样

b) 从已剥下的一段绝缘层上去掉大约是 30° 角的一段,然后将绝缘层的剩余片段覆盖在导体上。

c) 在绝缘的覆盖片段上,纵向放一层粘接带(如聚酯带),搭盖贴合,搭接处的位置应在去掉线芯绝缘处的相反一边。

粘接层的长度至少 10 倍于标称绝缘厚度。

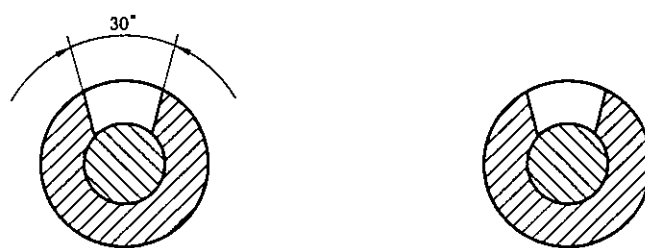


图 D.2 试样

d) 在已剥去绝缘层的中间位置处的该层粘接带上,用一根热针穿刺一个孔,孔的直径应等于最小允许绝缘层厚度的一半。另一根试样用同样方法制备。

D.2.3 把制备的试样以该设备允许的最高速度通过火花试验机,加在电极和导体之间的电压是正常的试验电压,当每一个试验样品经受火花试验后,设备应能记录一个故障点。

D.2.4 检查复原时间的方法

在实际运行速度 v 时(单位为 m/s 表示),至少有两次故障应通过火花试验机,两故障点间距离(以 m 为单位)应不大于 v 值,所有故障点应由该台设备记录下来。

附录 E
(规范性附录)
铜线金属镀层试验

E.1 试样的制备

取大约 0.3 m 长的一段电缆试样,去掉覆盖在其上的外包物使铜导线裸露出来,但要避免损害铜线镀层。从每一段导体的外层中取出几个线段,并将它们切成短段,使得能完全被浸入到过硫酸盐溶液中,然后用合适的溶剂将线彻底地清洗,并用柔软擦布将它擦干,每一线段的两端完全用蜡涂上,以防铜露出。

两个样品都是这样从电缆试样上制备的,每一试样的总长度应用公式 $L = 300 / d$ 计算出来;其中 d 为单线标称直径, L 和 d 单位都用 mm 表示(或 $L = 0.465/d$,而 L 和 d 以 inch 为单位),涂蜡的两端部不包括在测定的长度 L 内。

E.2 专用溶液

a) 试验溶液(过硫酸胺)

在 500 mL 蒸馏水中溶解 10 g 过硫酸胺 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (含有不少于 95% 的过硫酸胺晶体),加 75 mL 化学纯的氨水(密度 0.90),并用蒸馏水稀释至 1 L。

当天试验,应当天制备新鲜的过硫酸胺溶液,温度不应高于 35℃。

b) 参考色泽标准液(硫酸铜-二氧化胺)

在蒸馏水中溶解 0.200 g 无水硫酸铜 (CuSO_4) ,加 75 mL 化学纯的氨溶液(密度为 0.90),并稀释至 1 L。

E.3 试验步骤

将长度为 L 的每个试件浸入到 100 mL 的试验溶液中,用适当尺寸的试管作为容器。试件浸在温度为 (20 ± 3) ℃ 的溶液中 15 min,然后取出试件,把试验溶液与放在类似的试管中的相等深度的参考色泽标准液相比较,沿试管的纵深方向观察溶液来比较色泽。试样浸渍过的试验液的色泽应不深于色泽标准液的色泽。两个试件都应符合这一要求。

附 录 F
(规范性附录)
钢丝的镀锌试验

200 mm 长的 5 个试样应用浸透汽油的回丝擦干净,并干燥。

试样应逐个浸入高 160 mm 和直径为 35 mm 玻璃容器中,此容器中充以硫酸铜溶液量为 4 / 5。溶液不可搅动,1 min 后试样从溶液中取出,立即放自来水,用回丝清洗,除去海绵状沉积的铜。

上述操作程序应用同一溶液重复进行,直至不能用回丝除去附着析出的铜。不考虑从浸没端起 30 mm 以外的那部分试样。

对于每个试样应用新鲜溶液,该溶液应在 5 份水中(187 g/L)溶解 1 份硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)。在完全溶解后,为了中和硫酸铜溶液中的游离硫酸,可在每升中加入 1 g 到 2 g 的氢氧化铜或粉状碳酸铜或氧化铜。溶液应保持在 $(20 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ 温度下。如上所述,在不能除去试样上的红色铜以前,5 个试样浸泡的平均次数不小于下表规定的次数。

表 F.1 镀锌试验的浸泡次数

圆型电缆的标称直径或扇型电缆的厚度		最少浸泡次数 (1 min)
大于 mm	小于(含) mm	
0.8	1.3	1
1.3	2.0	2
2.0	2.5	3
2.5	5.1	4

注 1: 直径小于或等于 0.8 mm 的线应经受住至少 1 次 0.5 min 的浸泡。
注 2: 有时锌层本身上附着铜,造成了不合格的虚假状态。这种沉积可以在最后浸泡试验完成后,或者通过剥离,轻轻磨擦,或者浸在(1/10)盐酸中 15 s 后,立即在清洁的自来水中用力擦洗。如果铜已经掉下来,而锌在里层,则试样应认为合格。