

团 体 标 准

T/XXX XXX—2024

热塑性聚丙烯绝缘控制电缆

Thermoplastic polypropylene insulated control cables

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

广东省质量检验会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 产品代号和表示方法	2
4.1 产品代号	2
4.2 产品表示方法	3
5 型号	4
6 成品电缆标志和电缆绝缘线芯识别	5
6.1 成品电缆标志	5
6.2 标志内容	5
6.3 电缆绝缘线芯识别	6
7 技术要求和试验方法	6
7.1 导体	6
7.2 绝缘	7
7.3 成缆和填充物	8
7.4 金属屏蔽	9
7.5 内衬层（隔离套）	10
7.6 金属铠装	10
7.7 护套	11
7.8 无卤性能要求	13
7.9 电缆外径	13
8 成品电缆	13
8.1 成品电缆结构尺寸检查	13
8.2 导体直流电阻测量	13
8.3 电压试验	13
8.4 绝缘电阻测量	14
8.5 绝缘和护套的机械物理性能试验	15
8.6 成品电缆低温冲击试验	15
8.7 电缆的燃烧性能试验	15
8.8 成品电缆标志和电缆绝缘线芯识别检查	15
9 交货长度	15
10 检验规则	15
11 使用特性	17
11.1 电缆工作温度	17

11.2	电缆额定电压.....	17
11.3	电缆敷设环境温度.....	17
11.4	电缆允许弯曲半径.....	17
12	包装.....	17
附录 A (规范性)	假定值的计算方法	18
A.1	概述.....	18
A.2	假定值计算方法.....	18
A.3	数值修约.....	20

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。

本文件由广东产品质量监督检验研究院提出。

本文件由广东省质量检验协会、广东省电线电缆标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

随着各行各业对低碳、减排要求的提高，对使用的电线电缆也有更高的要求，聚丙烯材料，简称PP，是100%可回收、生态可持续的高性能电缆材料，以此材料生产的热塑性聚丙烯绝缘电线电缆，对推动电线电缆行业低碳、减排起到重要的意义。

本文件旨在确定热塑性聚丙烯绝缘控制电缆的结构尺寸及性能指标。

热塑性聚丙烯绝缘控制电缆

1 范围

本文件规定了交流额定电压 U_0/U 为450/750V挤包热塑性聚丙烯绝缘、聚氯乙烯、聚乙烯和无卤聚烯烃护套控制电缆的产品代号和表示方法、电缆名称和型号规格、成品电缆标志和绝缘线芯识别、技术要求、试验方法和检验规则、使用特性以及包装等。

本文件适用于交流额定电压 U_0/U 为450/750V及以下控制、监控回路及保护线路等场合固定敷设使用的热塑性聚丙烯绝缘控制电缆。

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 2900.10 电工术语 电缆

GB/T 2951.11—2008 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—2008 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—2008 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—2008 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 2951.31—2008 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 2951.32—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第32部分：聚氯乙烯混合料专用试验方法—失重试验—热稳定性试验

GB/T 2951.41—2008 电缆和光缆绝缘和护套材料通用试验方法 第41部分：聚乙烯和聚丙烯混合料专用试验方法—耐环境应力开裂试验—熔体指数测量方法—直接燃烧法测量聚乙烯中碳黑和（或）矿物质填料含量—热重分析法（TGA）测量碳黑含量—显微镜法评估聚乙烯中碳黑分散度

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 3048.8 电线电缆电性能试验方法 第8部分：交流电压试验

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 3048.10 电线电缆电性能试验方法 第10部分：挤出护套火花试验

GB/T 3956 电缆的导体

GB/T 4909.2—2009 裸电线试验方法 第2部分：尺寸测量

GB/T 6995.1—2008 电线电缆识别标志方法 第1部分：一般规定

GB/T 7113.2 绝缘软管 第2部分：试验方法

GB/T 17650.1 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第1部分：卤酸气体含量的测量

GB/T 17650.2 取自电缆或光缆的材料燃烧时释出气体的试验方法 第2部分：用测量pH值和电导率来测定气体的酸度

GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则

GB 31247 电缆及光缆燃烧性能分级

JB/T 8137（所有部分） 电线电缆交货盘

3 术语和定义

GB/T 2900.10界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

例行试验 routine tests

R

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

3.2

抽样试验 sample tests

S

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

3.3

型式试验 type tests

T

按一般商业原则对本标准规定的一种型号电缆在供货之前所进行的试验，以证明电缆具有满足预期使用条件的满意性能。

注：该试验的特点是：除非电缆材料或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。

3.4

额定电压 rated voltage

电缆结构设计和电性能试验的基准电压。

注：用 U_0/U 表示，单位为伏特(V)。 U_0 为任一绝缘导体和“地”（电缆的金属护层或周围介质）之间的电压有效值， U 为多芯电缆系统任何两相导体之间的电压有效值。

4 产品代号和表示方法

4.1 产品代号

产品代号见表1。

表1 产品代号

项目名称		代号
系列	控制电缆	K
材料特征	铜导体	省略
	热塑性聚丙烯绝缘	P
	聚氯乙烯护套	V
	聚乙烯或无卤聚烯烃护套	Y
结构特征	编织屏蔽	P
	铜带屏蔽	P2
	铝/塑复合带（箔）屏蔽	P3
	铜/塑复合带（箔）屏蔽	P4
	双钢带铠装	2
	钢丝铠装	3

	聚氯乙烯外护套	2
	聚乙烯或无卤聚烯烃外护套	3
燃烧性能等级	阻燃1级	B ₁
	阻燃2级	B ₂
	其他电缆	省略
燃烧特性	无卤低烟	WD
	单根阻燃	Z
	成束阻燃A类	ZA
	成束阻燃B类	ZB
	成束阻燃C类	ZC
	成束阻燃D类	ZD
	低毒	U
	单纯供火的耐火	N
注：1、铝/塑复合带（箔）可简称铝/塑复合带；铜/塑复合带（箔）可简称铜/塑复合带；铜带、铝/塑复合带（箔）、铜/塑复合带（箔）可统称金属（复合）带。 2、护套代号包括内衬层和隔离套等。 3、含卤产品，单根阻燃代号Z省略。		

4.2 产品表示方法

4.2.1 产品用型号、规格及标准编号表示。

4.2.2 同一型号规格电缆有不同导体结构时应分别表示，第1种导体用（A）表示（省略），第2种导体用（B）表示，在规格后标明。

4.2.3 产品型号的组成和排列顺序见图1。

当产品型号中含有屏蔽数字代号和铠装代号时，屏蔽数字代号与铠装代号之间应用横杠隔开。

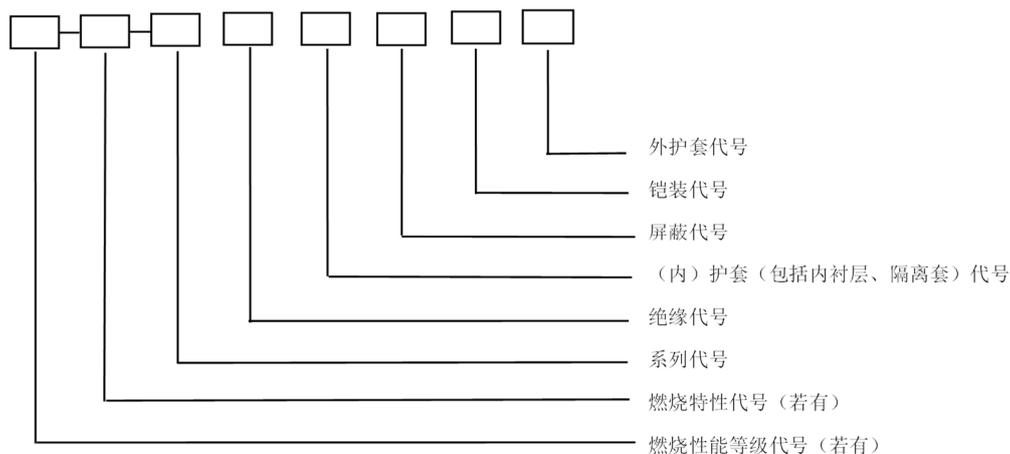


图1 产品型号的组成和排列顺序

示例1：铜芯热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆，额定电压 450/750V，24 芯，1.5mm²（第 1 种导体结构）、有绿/黄组合色绝缘线芯，表示为：

KPV-450/750 23×1.5+1×1.5 xxxx-2024

示例2：铜芯热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆，额定电压 450/750V，24 芯，1.5mm²（第 2 种导体结构）、有绿/黄组合色绝缘线芯，表示为：

KPV-450/750 23×1.5(B)+1×1.5(B) xxxx-2024

示例3：铜芯热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套铜带屏蔽控制电缆，额定电压 450/750V，24 芯，1.5mm²（第 1 种导体结构）、无绿/黄组合色绝缘线芯，表示为：

KPVP2-450/750 24×1.5 xxxx-2024

示例4：铜芯热塑性聚丙烯绝缘聚烯烃护套钢丝铠装无卤低烟低毒阻燃 A 类耐火控制电缆，额定电压 450/750V，24 芯，1.5mm²（第 1 种导体结构）、无绿/黄组合色绝缘线芯，表示为：

WDUZAN-KPY33-450/750 24×1.5 xxxx-2024

示例5：铜芯热塑性聚丙烯绝缘聚烯烃护套铜带屏蔽钢带铠装无卤低烟阻燃 A 类耐火阻燃 1 级控制电缆，燃烧性能等级为 B1 级，燃烧滴落物/微粒等级为 d0 级，烟气毒性等级为 t1 级，腐蚀性等级为 a1 级，额定电压 450/750V，10 芯，1.5mm²（第 1 种导体结构）、无绿/黄组合色绝缘线芯，表示为：

B1-WDZAN-KPYP2-23-450/750 10×1.5 xxxx-2024 GB 31247 B1-（d0，t1，a1）

5 型号

5.1 常用的电缆型号和名称见表 2。

表2 常用的电缆型号和名称

型号 ^a	名称 ^b
KPV	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套控制电缆
KPVP	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套编织屏蔽控制电缆
KPVP2	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套铜带屏蔽控制电缆
KPVP3	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套铝/塑复合带屏蔽控制电缆
KPVP4	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套铜/塑复合带屏蔽控制电缆
KPV22	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套钢带铠装控制电缆
KPVP2-22	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套铜带屏蔽钢带铠装控制电缆
KPV32	热塑性聚丙烯绝缘聚氯乙烯护套钢丝铠装控制电缆
KPY	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套控制电缆
KPYP	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套编织屏蔽控制电缆
KPYP2	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套铜带屏蔽控制电缆
KPYP3	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套铝/塑复合带屏蔽控制电缆
KPYP4	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套铜/塑复合带屏蔽控制电缆
KPY23	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套钢带铠装控制电缆
KPYP2-23	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套铜带屏蔽钢带铠装控制电缆
KPY33	热塑性聚丙烯绝缘聚乙烯护套钢丝铠装控制电缆
^a 电缆的型号可按第 4 章的规定进行组合，组合的型号应合理。具有燃烧性能等级和（或）燃烧特性的电缆，名称和型号应按第 4 章的规定在上述型号的基础上编制。 ^b 无卤低烟阻燃电缆和无卤低烟阻燃耐火电缆护套代号 Y 或 3 表示无卤聚烯烃护套。	

5.2 电缆的规格见表3。

表3 电缆规格

型号 ^a	导体标称截面积						
	mm ²						
	0.75	1.0	1.5	2.5	4	6	10
芯数 ^b							
KPV、KPVP、KPY、KPYP	2~61			2~19		2~10	
KPVP2、KPVP3、KPVP4、KPYP2、KPYP3、KPYP4	4~61			4~19		4~10	
KPV22、KPY23	7~61	4~61		4~19		4~10	
KPVP2-22、KPYP2-23	7~61	4~61		4~19		4~10	
KPV32、KPY33	19~61	7~61		4~19		4~10	
^a 具有燃烧性能等级和（或）燃烧特性的电缆，规格范围同上述对应型号的规格范围。 ^b 推荐的芯数系列为2、3、4、5、7、8、10、12、14、16、19、24、27、30、37、44、48、52和61芯。							

5.3 电缆的规格见表4。

表4 电缆规格

型号 ^a	导体标称截面积						
	mm ²						
	0.75	1.0	1.5	2.5	4	6	10
芯数 ^b							
KPV、KPVP、KPY、KPYP	2~61			2~19		2~10	
KPVP2、KPVP3、KPVP4、KPYP2、KPYP3、KPYP4	4~61			4~19		4~10	
KPV22、KPY23	7~61	4~61		4~19		4~10	
KPVP2-22、KPYP2-23	7~61	4~61		4~19		4~10	
KPV32、KPY33	19~61	7~61		4~19		4~10	
^a 具有燃烧性能等级和（或）燃烧特性的电缆，规格范围同上述对应型号的规格范围。 ^b 推荐的芯数系列为2、3、4、5、7、8、10、12、14、16、19、24、27、30、37、44、48、52和61芯。							

6 成品电缆标志和电缆绝缘线芯识别

6.1 成品电缆标志

6.2 标志内容

成品电缆上应有制造厂名称、电缆型号、规格和额定电压的连续标志，制造厂名称标志可以是制造厂名称或注册商标。

阻燃1级、阻燃2级的电缆，成品电缆上应有GB 31247规定的标识。

6.2.1 标志连续性

应标识在电缆外护套上，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。

6.2.2 清晰度

所有标志应字迹清晰。

6.2.3 耐擦性

油墨印刷标志应耐擦，擦拭后的标志应基本保持不变。

6.3 电缆绝缘线芯识别

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 电缆绝缘线芯应采用着色绝缘识别或采用数字识别。除用绿/黄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。

6.3.1.2 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。

6.3.1.3 绿/黄组合色绝缘线芯外，其中一种颜色应至少覆盖绝缘线芯表面的30%，且不大于70%，另一种颜色则应覆盖绝缘线芯的其余部分，并在整个长度的绝缘线芯上应保持一致。

6.3.2 电缆绝缘线芯的着色识别

当电缆绝缘线芯采用着色绝缘识别时，五芯及以下电缆优先选用的色谱为：

——两芯电缆：无优先选用色谱；

——三芯电缆：绿/黄组合色、蓝色、棕色，或者蓝色、黑色、棕色；

——四芯电缆：绿/黄组合色、蓝色、黑色、棕色，或者蓝色、黑色、棕色、灰色或橙色；

——五芯电缆：绿/黄组合色、蓝色、黑色、棕色、灰色或橙色，或者蓝色、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。需方未做要求时，由供方确定电缆的色谱。

各种颜色应易于识别并耐擦，擦拭后的颜色应基本保持不变。

6.3.3 电缆绝缘线芯的着色识别

6.3.3.1 一般要求

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序排列，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的外表面上。数字颜色应相同，并与绝缘颜色有明显反差。字迹应清晰，油墨印刷的数字应耐擦，擦拭后的标志应基本保持不变。

6.3.3.2 标志的排列方法

数字识别标志应沿着绝缘线芯以相等的间隔重复出现，相邻两组数字标志应彼此颠倒。

当标志由单个数字组成时，应在数字的下面加横线。当标志由两个数字组成时，应上下排列，并在后面数字的下面加横线。相邻两组数字标志的间距 d_i 不应大于50mm。

数字识别标志的排列方式见图2。

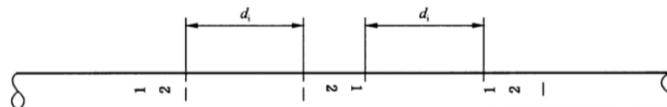


图2 绝缘线芯数字识别标志的排列方式

7 技术要求和试验方法

7.1 导体

7.1.1 导体材料

导体材料应是退火铜线，导体中的单线可以不镀锡或镀锡。

7.1.2 导体结构

电缆的导体应采用GB/T 3956中第1种圆形实心导体或第2种圆形绞合导体。

7.2 绝缘

7.2.1 绝缘材料

绝缘材料应为表5所列的绝缘混合物，电缆的导体最高温度见表5，绝缘的机械物理性能要求及试验方法见表6。耐火控制电缆，应在导体和绝缘之间设置耐火层。

表5 绝缘混合料电缆的导体最高温度

绝缘混合物	混合物代号	正常运行时导体最高温度 ℃	用途
热塑性聚丙烯	PP	90	热塑性聚丙烯绝缘电缆

表6 绝缘的机械物理性能要求及试验方法

试验项目		单位	混合物代号		试验方法	
			PP			
抗张强度和断裂伸长率	交货状态原始性能	抗张强度，最小中间值	N/mm ²	15.0	GB/T 2951.11—2008中 9.1	
		断裂伸长率，最小中间值	%	350		
	空气箱老化后性能	老化条件：				GB/T 2951.12—2008中 8.1
		——温度	℃	135±3		
		——时间	h	240		
	抗张强度，最小中间值	N/mm ²	15.0			
	断裂伸长率，最小中间值	%	350			
		抗张强度最大变化率 ^a	%	±30		
		断裂伸长率最大变化率 ^a	%	±30		
高温压力试验	试验条件：				GB/T 2951.31—2008中第 8.1	
	——压力计算系数k	—	0.7			
	——温度	℃	130±2			
	试验结果：					
		——压痕深度，最大中间值	%	10		
低温性能试验	低温弯曲试验				GB/T 2951.14—2008中第 8.1	
	试验条件：					
	——温度	℃	-25±2			
	试验结果：			无裂纹		

吸水 试验 (重 量 法)	试验条件: ——温度	°C	85±2	GB/T 2951.13—2008中 9.2
	——持续时间	h	336	
	试验结果: ——重量最大增量	mg/cm ²	0.5	
收缩 试验	标志间长度(L)	mm	200	GB/T 2951.13—2008中第 10章
	处理温度	°C	130±3	
	持续时间	h	1	
	最大允许收缩率	%	4	
^a 变化率: 老化后的中间值与老化前的中间值之差与老化前中间值之比, 以百分数表示。				

7.2.2 绝缘结构

绝缘应紧密挤包在导体上, 且应容易剥离而不损伤绝缘体、导体或镀锡层(若有)。

绝缘的标称厚度见表7。

绝缘厚度的平均值不应小于标称厚度, 最薄处厚度不应小于标称厚度的90%减去0.1mm(计算结果应修约到2位小数, 即精确到0.01mm)。

绝缘线芯应按GB/T 3048.9经受工频电压6kV的火花试验检查。

表7 热塑性聚丙烯绝缘标称厚度

导体标称截面积 mm ²	绝缘标称厚度 mm
0.75	0.6
1.0	0.6
1.5	0.6
2.5	0.7
4	0.7
6	0.7
10	0.7

7.3 成缆和填充物

7.3.1 绞合方向和绞合节距

绝缘线芯应绞合成缆, 最外层的绞合方向应为右向。

电缆的最外层绞合节距不应大于绝缘线芯绞合假定直径的20倍。

假定直径的计算方法见附录A。

7.3.2 线芯排列

绿/黄组合色绝缘线芯(若有)应放置在缆芯的最外层。

当绝缘线芯采用数字识别时, 由内层到外层从1开始按自然数序排列, 各层排列方向应一致。

7.3.3 填充物

绝缘线芯之间的间隙允许采用非吸湿性且适合电缆运行温度并与电缆绝缘材料、护套材料相兼容的材料填充，填充物不应粘连绝缘线芯和护套。

缆芯和填充物可用非吸湿性薄膜绕包。

屏蔽电缆在缆芯外应重叠绕包两层非吸湿性薄膜，或挤包一层非硫化橡皮或塑料，挤包层与绝缘线芯应易于分离。

7.4 金属屏蔽

7.4.1 一般规定

屏蔽电缆在缆芯外应有金属屏蔽层。金属屏蔽包括金属（复合）带绕包屏蔽和金属丝编织屏蔽。

7.4.2 金属（复合）带绕包屏蔽

应采用一根或多根铜带、铝/塑复合带或铜/塑复合带重叠绕包，屏蔽带金属层最薄处厚度不应小于0.05mm。在屏蔽带的中间部位测量两处，取最小值作为最薄处厚度。

当采用一根金属（复合）带绕包时，最小搭接率不应小于15%；当采用多根金属（复合）带绕包时，每层绕包均不应有间隙。

当采用铝/塑复合带或铜/塑复合带绕包时，金属面应向内，并应在绕包层内放置一根标称截面积0.2mm²或以上的引流线。当采用铝/塑复合带绕包时，引流线应采用镀锡圆铜线；当采用铜/塑复合带绕包时，引流线应采用圆铜线或镀锡圆铜线。引流线20℃时的直流电阻不应大于95.0Ω/km，标称截面积0.2mm²以上的引流线的直流电阻要求由供需双方商定，但不应大于95.0Ω/km。

7.4.3 金属丝编织屏蔽

金属丝编织屏蔽应采用标称直径相同的软圆铜线或镀锡圆铜线编织而成，编织密度不应小于80%。编织层不应整体接续。每1m长度上允许更换金属线锭一次，露出的线头应修齐。

编织用软圆铜线或镀锡圆铜线的标称直径见表8，直径测量值不应小于标称直径减去0.02mm。

表8 编织用软圆铜线或镀锡圆铜线的标称直径

编织前假定直径D _i mm	编织用软圆铜线或镀锡圆铜线的标称直径 mm
D _i ≤ 10.0	0.15
10.0 < D _i ≤ 20.0	0.20
20.0 < D _i ≤ 30.0	0.25
30.0 < D _i	0.30

假定直径的计算方法见附录A。

金属丝编织屏蔽的编织密度按式（1）计算。

$$P = (2p - p^2) \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P ——金属丝编织屏蔽的编织密度，%；

p ——单向覆盖系数，按式（2）计算。

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

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）。

7.5 内衬层（隔离套）

7.5.1 内衬层（隔离套）结构

铠装电缆应有内衬层（有屏蔽的铠装电缆为隔离套，除明确规定之外，统称内衬层），内衬层可以挤包或绕包，隔离套应挤包。绕包内衬层应采用多层带材绕包，每一层均应重叠绕包。

内衬层不应粘连绝缘线芯、屏蔽层和铠装层。

隔离套应按GB/T 3048.10经受工频火花试验检查。

7.5.2 内衬层材料

内衬层材料应是非吸湿性材料，且应适合于电缆的运行温度并与电缆绝缘材料相兼容。

7.5.3 内衬层厚度

内衬层标称厚度见表9。挤包内衬层的最薄处厚度不应小于标称厚度的80%（计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01mm）；绕包内衬层的平均厚度不应小于标称厚度的80%（计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01mm）。

绕包内衬层的平均厚度等于各层带材测量厚度的总和，按以下方法测量：

——从样品上取下绕包带材，展平后测量每层带材中央部位的厚度。

——采用GB/T 2951.11规定的指针式测厚仪在 (0.07 ± 0.01) MPa压力下保持20s后立刻测试。测厚仪的上下测量面均为平面，其中圆形上压脚直径 (5.0 ± 0.1) mm，下测量面直径不小于5.0mm。取5次测试的平均值作为测量结果。

表9 内衬层标称厚度

挤包或绕包前假定直径 D_n^a mm	内衬层标称厚度 mm
$D_n \leq 20.0$	1.0
$D_n > 20.0$	1.2
假定直径的计算方法见附录A。	
^a 根据产品型号， D_n 分别对应附录A的 D_i 或 D_o 。	

7.6 金属铠装

7.6.1 铠装材料

铠装钢带应采用镀锌钢带。

铠装钢丝应采用圆镀锌钢丝。

7.6.2 铠装结构

钢带铠装由双钢带左向绕包在内衬层上，内层和外层钢带的标称厚度和标称宽度应相同。外层钢带应在内层钢带绕包间隙的上方，且应看不到内层钢带的绕包间隙。两层钢带的绕包间隙均不应大于钢带标称宽度的50%。

钢丝铠装由单层钢丝左向或双层钢丝内层右向、外层左向绕包在内衬层上。每层钢丝之间间隙的总和不应超过1根钢丝的直径。

钢带的标称厚度和标称宽度见表10。钢带的最薄处厚度不应小于标称厚度的90%（计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01mm），钢带的平均宽度不应大于标称宽度。在钢带的中间部位测量两处，取最小值作为最薄处厚度；在间隔不小于100mm的两处各测量一次宽度，取平均值作为钢带的平均宽度。

钢丝的标称直径见表11。钢丝的平均直径不应小于标称直径的95%（计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01mm）。在间隔不小于100mm的两处分别测量直径，每处在相互垂直的两个方向各测量一次，取4个测量值的平均值作为钢丝的平均直径。

表10 铠装钢带的标称厚度和标称宽度

铠装前假定直径 D_b mm	铠装钢带的标称厚度 mm	铠装钢带的标称宽度 mm
$D_b \leq 15.0$	0.2	20
$15.0 < D_b \leq 25.0$	0.2	25
$25.0 < D_b \leq 30.0$	0.2	30
$30.0 < D_b \leq 35.0$	0.5	30
$35.0 < D_b \leq 50.0$	0.5	35
$50.0 < D_b$	0.5	45

假定直径的计算方法见附录A。

表11 铠装钢丝的标称直径

铠装前假定直径 D_b mm	铠装钢丝的标称直径 mm
$D_b \leq 10.0$	0.8
$10.0 < D_b \leq 15.0$	1.25
$15.0 < D_b \leq 25.0$	1.6
$25.0 < D_b \leq 35.0$	2.0
$D_b > 35.0$	2.5

假定直径的计算方法见附录A。

7.7 护套

7.7.1 护套材料

护套材料应为表12所列的各类护套混合物中的一种，不同类型护套混合物电缆的导体最高温度见表12，聚氯乙烯护套的机械物理性能要求及试验方法见表13，聚乙烯护套、无卤聚烯烃护套的机械物理性能要求及试验方法见表14。

表12 不同类型护套混合物电缆的导体最高温度

护套混合物	混合物代号	正常运行时导体最高温度 ℃	用途
聚氯乙烯	ST ₂	90	热塑性聚丙烯绝缘电缆
聚乙烯	ST ₇	90	热塑性聚丙烯绝缘电缆
无卤聚烯烃	ST ₈	90	热塑性聚丙烯绝缘电缆

表13 聚氯乙烯护套机械物理性能要求及试验方法

试验项目	单位	混合物代号	试验方法
------	----	-------	------

				ST ₂	
抗张强度和断裂伸长率	交货状态原始性能	抗张强度, 最小中间值 断裂伸长率, 最小中间值	N/mm ² %	12.5 150	GB/T 2951.11—2008中 9.2
	空气箱老化后性能	老化条件: ——温度 ——时间	°C h	100±2 168	GB/T 2951.12—2008中 8.1
		抗张强度, 最小中间值 断裂伸长率, 最小中间值	N/mm ² %	12.5 150	
		抗张强度最大变化率 ^a 断裂伸长率最大变化率 ^a	% %	±25 ±25	
失重试验	老化条件: ——温度 ——时间	°C h	80±2 168	GB/T 2951.32—2008中 8.2	
	失重, 最大值	mg/cm ²	1.5		
热冲击试验	试验条件: ——温度 ——时间	°C h	150±3 1	GB/T 2951.31—2008中 9.2	
	试验结果		不开裂		
高温压力试验	试验条件: ——温度	°C	90±2	GB/T 2951.31—2008中 8.2	
	试验结果: ——压痕深度, 最大中间值	%	50		
低温弯曲试验	试验条件: ——温度	°C	-15±2	GB/T 2951.14—2008中 8.2	
	试验结果		无裂纹		
低温拉伸试验	试验条件: ——温度	°C	-15±2	GB/T 2951.14—2008中 8.4	
	试验结果: ——最小伸长率	%	20		
^a 变化率: 老化后的中间值与老化前的中间值之差与老化前中间值之比, 以百分数表示。					

7.7.2 护套结构

护套应紧密挤包在缆芯或者屏蔽(若有)或者铠装(若有)上,且应容易剥离而不损伤绝缘或护套。护套表面应光洁,色泽应均匀。

护套厚度的标称值见表14。当铠装电缆护套挤包前假定直径不大于10.0mm时,护套厚度的标称值取1.5mm。假定直径的计算方法见附录A。

非铠装电缆护套的最薄处厚度不应小于标称厚度的85%减去0.1mm（计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01mm）；铠装电缆护套的最薄处厚度不应小于标称厚度的80%减去0.2mm（计算结果应修约到2位小数，即精确到0.01mm）。

金属屏蔽电缆、金属铠装电缆的护套应按GB/T 3048.10经受工频火花试验检查。

表14 护套标称厚度

挤包护套前假定直径 D_h^a mm	护套标称厚度 mm	挤包护套前假定直径 D_h^a mm	护套标称厚度 mm
$D_h \leq 10.0$	1.2	$25.0 < D_h \leq 30.0$	2.0
$10.0 < D_h \leq 16.0$	1.5	$30.0 < D_h \leq 40.0$	2.2
$16.0 < D_h \leq 25.0$	1.7	$40.0 < D_h$	2.5
假定直径的计算方法见附录A。			
^a 根据产品型号， D_h 分别对应附录A的 D_i 或 D_o 或 D_a 。			

7.8 无卤性能要求

无卤低烟阻燃电缆的非金属材料的无卤性能要求及试验方法见表15。

表15 无卤低烟阻燃电缆的非金属材料的无卤性能要求及试验方法

试验项目		单位	要求	试验方法
酸气含量试验	溴和氯含量（以氯化氢表示），最大值	%	0.5	GB/T 17650.1
氟含量试验	氟含量，最大值	%	0.1	GB/T 7113.2
pH值和电导率试验	pH值，最小值		4.3	GB/T 17650.2
	电导率，最大值	$\mu S/mm$	10	

7.9 电缆外径

成品电缆外径的上限值根据附录A计算得出，成品电缆的平均外径不应大于上限值。若电缆结构中有增设元件（如隔氧层等）时，成品电缆的平均外径可大于上限值。

8 成品电缆

8.1 成品电缆结构尺寸检查

成品电缆的结构尺寸应符合第7章的规定。应用量具或手工检查电缆的结构尺寸。

导体结构尺寸检查和绝缘厚度的测量，抽样试验时，检查和测量应不少于10%的芯数，且应不少于3芯（2芯电缆应检查和测量2芯）；型式试验时，应检查和测量3芯（2芯电缆应检查和测量2芯）。

8.2 导体直流电阻测量

导体直流电阻应符合GB/T 3956的规定。

例行试验时，应测量所有导体的直流电阻；型式试验时，应测量3芯导体的直流电阻（2芯电缆应测量2芯导体的直流电阻）。

8.3 电压试验

成品电缆电压试验和绝缘线芯电压试验应无击穿现象。

应按表16规定的试验条件进行电压试验。

例行试验时，应对成品电缆的所有绝缘线芯进行电压试验；型式试验时，应对3根绝缘线芯进行电压试验（2芯电缆应对2根绝缘线芯进行电压试验）。

表16 电缆电压试验条件

试验项目		单位	试验条件
成品 电缆 电压 试验	试验条件：		
	——试样长度	m	交货长度（R）；最小10（T）
	——试验温度	℃	环境温度
	试验电压	V	3000
	每次最少施加电压时间	min	5
绝缘 线芯 电压 试验	试验条件：		
	——试样长度，最小	m	5
	——绝缘线芯浸水最少时间	h	1
	——水温	℃	20±5
	试验电压：		
	——绝缘厚度0.6mm及以下	V	2000
——绝缘厚度0.6mm以上	V	2500	
	每次最少施加电压时间	min	5

8.4 绝缘电阻测量

成品电缆正常运行时导体最高温度下的绝缘电阻应符合表17的要求。

测量绝缘电阻前，试样应经受住表16规定的绝缘线芯电压试验，然后按表18规定的试验条件进行测量。

应测量3根绝缘线芯的绝缘电阻（2芯电缆应测量2根绝缘线芯的绝缘电阻）。

表17 正常运行时导体最高温度下的绝缘电阻要求

导体标称截面积 mm ²	最小绝缘电阻 MΩ·km	
	第1种导体	第2种导体
0.75	1.20	1.40
1.0	1.10	1.30
1.5	1.10	1.00
2.5	1.00	0.90
4	0.85	0.77
6	0.70	0.65
10	—	0.65

表18 绝缘电阻试验条件

试样处理	单位	试验条件
------	----	------

试样长度, 最小	m	5
浸水时间, 最少	h	1
水温, 不低于	℃	正常运行时导体最高温度

8.5 绝缘和护套的机械物理性能试验

成品电缆绝缘的机械物理性能应符合表5的要求。

成品电缆护套的机械物理性能应符合表12、表13的要求。

绝缘的机械物理性能应测量3芯（2芯电缆应测量2芯）。

成品电缆非污染试验应符合绝缘和护套材料的空气箱老化后性能要求。非污染试验条件同电缆护套材料的空气箱老化试验条件。

8.6 成品电缆低温冲击试验

试验方法及要求见GB/T 2951.14—2008中8.5，试验温度为 (-15 ± 2) ℃。

注：根据我国气候条件，试验温度规定为 -15 ℃，但根据用户要求允许采用更低的试验温度。

8.7 电缆的燃烧性能试验

聚氯乙烯护套电缆、单根阻燃聚乙烯护套电缆、无卤低烟单根阻燃电缆的单根阻燃性能应符合GB/T 19666的要求。单根阻燃试验应按GB/T 19666的规定进行。

阻燃A类、B类、C类、D类电缆的成束阻燃性能应符合GB/T 19666的要求。成束阻燃试验应按GB/T 19666的规定进行。

阻燃1级、阻燃2级电缆的燃烧性能等级及附加信息的分级判据应符合GB 31247的要求。燃烧性能等级及附加信息各试验应按GB 31247的规定进行。

无卤低烟阻燃电缆的每种非金属材料的无卤性能应符合表15的要求。

无卤低烟低毒电缆的非金属材料的低毒性能应符合GB/T 19666的要求。低毒性能试验应按GB/T 19666的规定进行。

无卤低烟阻燃电缆的烟密度，最小透光率应不小于60%。烟密度试验应按GB/T 19666的规定进行。

耐火电缆的耐火性能应符合GB/T 19666的要求。耐火试验应按GB/T 19666的规定进行。

8.8 成品电缆标志和电缆绝缘线芯识别检查

成品电缆标志应符合6.1的要求。成品电缆标志应按GB/T 6995.1—2008规定的方法检查和试验。

绝缘线芯识别应符合6.2的要求。绝缘线芯识别应按GB/T 6995.1—2008规定的方法检查和试验。

9 交货长度

根据双方协议长度交货，长度计量误差不应超过 $\pm 0.5\%$ 。

10 检验规则

10.1 检验项目、试验类型及试验方法见表19。应根据产品的型号规格确定检验项目。

表19 检验要求

检验项目		试验类型	试验方法
结构	导体结构尺寸检查	T, S	GB/T 4909.2-2009, 目力检查
	绝缘厚度测量	T, S	GB/T 2951.11-2008
尺寸	护套厚度测量	T, S	GB/T 2951.11-2008
检查	成缆绞合节距测量和绞合方向检查	T, S	GB/T 4909.2-2009, 目力检查
	屏蔽层结构尺寸检查	T, S	见7.4, GB/T 4909.2-2009, 目力检查

	内衬层结构尺寸检查	T, S	见7.5.3, GB/T 2951.11-2008
	铠装层结构尺寸检查	T, S	见7.6
	外径测量	T, S	GB/T 2951.11-2008
电气性能试验	导体直流电阻测量	T, R	GB/T 3048.4
	引流线直流电阻测量	T, R	GB/T 3048.4
	成品电缆电压试验	T, R	GB/T 3048.8
	绝缘线芯电压试验	T	GB/T 3048.8
	工作温度下的绝缘电阻测量	T	GB/T 3048.5
绝缘机械物理性能试验	老化前拉力试验	T, S	GB/T 2951.11-2008
	空气箱老化后拉力试验	T	GB/T 2951.12-2008
	非污染试验	T	GB/T 2951.12-2008
	高温压力试验	T	GB/T 2951.31-2008
	吸水试验	T	GB/T 2951.13-2008
	收缩试验	T	GB/T 2951.13-2008
	低温弯曲试验	T	GB/T 2951.14-2008
护套机械物理性能试验	老化前拉力试验	T, S	GB/T 2951.11-2008
	空气箱老化后拉力试验	T	GB/T 2951.12-2008
	非污染试验	T	GB/T 2951.12-2008
	失重试验	T	GB/T 2951.32-2008
	高温压力试验	T	GB/T 2951.31-2008
	热冲击试验	T	GB/T 2951.31-2008
	吸水试验	T	GB/T 2951.13-2008
	收缩试验	T	GB/T 2951.13-2008
	低温试验	T	GB/T 2951.14-2008
	碳黑含量	T	GB/T 2951.41-2008
成品电缆低温冲击试验		T	GB/T 2951.14-2008
燃烧特性试验	成品电缆单根燃烧试验	T	GB/T 19666
	成品电缆成束燃烧试验	T	GB/T 19666
	酸气含量试验	T	GB/T 17650.1
	pH值和电导率试验	T	GB/T 17650.2
	氟含量试验	T	GB/T 7113.2
	低毒性能试验	T	GB/T 19666
	烟密度试验	T	GB/T 19666
	耐火试验	T	GB/T 19666
燃烧性能等级及附加信息试验		T	GB 31247
标志检查	成品电缆标志	T, S	GB/T 6995.1-2008
	绝缘线芯识别	T, S	GB/T 6995.1-2008

外观检查	T,S	目力检查
------	-----	------

10.2 产品应由制造厂检验合格后方可出厂，出厂产品应附有产品质量合格证。

10.3 交货批的抽样数量由供需双方协议规定，需方未作要求时，则按供方的规定抽样。

10.4 如果抽样试验的结果不合格，应加倍取样对不合格项目进行第二次试验。如果第二次试验的结果合格，则判定该批产品合格；如果第二次试验的结果仍不合格，应逐盘、逐圈进行试验并判定试验结果。

11 使用特性

11.1 电缆工作温度

热塑性聚丙烯绝缘电缆正常运行时导体最高温度为90℃。

11.2 电缆额定电压

电缆的交流额定电压 U_0/U 为450/750V。

当电缆用于交流系统时，电缆的额定电压不应低于使用电缆系统的标称电压。

当电缆用于直流系统时，该系统的标称电压不应大于电缆交流额定电压的1.5倍。

注：系统的工作电压允许长时间地超过该系统标称电压的10%，如果电缆的额定电压至少等于该系统的标称电压，则电缆可在高于额定电压10%的工作电压下使用。

11.3 电缆敷设环境温度

敷设电缆时的环境温度不宜低于0℃。

11.4 电缆允许弯曲半径

电缆允许弯曲半径如下：

——无铠装电缆，弯曲半径不应小于电缆外径的8倍；

——铠装电缆和金属带屏蔽电缆，弯曲半径不应小于电缆外径的12倍。

12 包装

12.1 成圈或成盘电缆应卷绕整齐，妥善包装。电缆盘应符合 JB/T 8137 的规定。

电缆端头应可靠密封，伸到电缆盘外的电缆端头宜加保护罩。

12.2 每圈或每盘上应附有标签标明：

a) 制造厂名称；

b) 型号、规格，额定电压的单位：V，标称截面积的单位：mm²；

c) 长度，单位为 m；

d) 质量，单位为 kg；

e) 制造日期， 年 月；

f) 标准编号；

g) 电缆盘的正确滚动方向。

h) 阻燃 1 级、阻燃 2 级电缆，应按 GB 31247 的规定，在包装上标识出燃烧性能等级及附加信息。

12.3 装箱时，箱体外壳上应标明：

a) 制造厂名称；

b) 型号、规格，额定电压的单位：V，标称截面积的单位：mm²；

c) 标准编号；

d) 箱体外形尺寸及质量，外形尺寸的单位：mm，质量的单位：kg；

e) 防潮、防掷标志。

附录 A
(规范性)
假定值的计算方法

A.1 概述

本计算方法用于确定电缆各组成元件的假定直径，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。

A.2 假定值计算方法

A.2.1 导体的假定直径

第1种和第2种导体的假定直径 D_c 见表A.1。

表A.1 导体的假定

标称截面积 mm^2	导体假定直径 D_c mm	
	第1种导体	第2种导体
0.75	1.0	1.1
1.0	1.1	1.2
1.5	1.4	1.5
2.5	1.8	1.9
4	2.2	2.4
6	2.7	2.9
10	3.5	3.8

A.2.2 绝缘线芯的假定直径

A.2.2.1 无云母带耐火层的电缆绝缘线芯

按式(A.1)计算无云母带耐火层电缆绝缘线芯的假定直径 D_i 。

$$D_i = D_c + 2\Delta_i \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- D_i ——绝缘线芯的假定直径，单位为毫米（mm）；
- D_c ——导体的假定直径（见表A.1），单位为毫米（mm）；
- Δ_i ——绝缘的标称厚度（见表6），单位为毫米（mm）。

A.2.2.2 有云母带耐火层的电缆绝缘线芯

按式(A.2)计算有云母带耐火层电缆绝缘线芯的假定直径 D_i 。

$$D_i = D_c + 2\Delta_i + 0.4 \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- D_i ——绝缘线芯的假定直径，单位为毫米（mm）；
- D_c ——导体的假定直径（见表A.1），单位为毫米（mm）；
- Δ_i ——绝缘的标称厚度（见表6），单位为毫米（mm）。

A.2.3 绝缘线芯绞合后的缆芯假定直径

按式(A.3)计算缆芯的假定直径 D_t 。

$$D_t = k \times D_i + 0.2 \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

- D_t ——缆芯的假定直径，单位为毫米（mm）；

D_t ——绝缘线芯的假定直径，单位为毫米（mm）；
 k ——成缆系数（见表A.2）。

表A.2 成缆系数 k

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

A.2.4 金属屏蔽的假定直径

按式（A.4）计算金属屏蔽的假定直径 D_u 。

$$D_u = D_t + 2\Delta_u \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

D_u ——金属屏蔽的假定直径，单位为毫米（mm）；

D_t ——缆芯的假定直径，单位为毫米（mm）；

Δ_u ——屏蔽层的标称厚度，单位为毫米（mm）。

金属（复合）带屏蔽时， Δ_u 等于0.2mm。

铜线编织屏蔽时， Δ_u 等于2.5倍编织单线的标称直径（见表7）。

A.2.5 内衬层（隔离套）的假定直径

按式（A.5）或式（A.6）计算出铠装电缆内衬层（屏蔽铠装电缆的隔离套）的假定直径 D_b 。

$$D_b = D_t + 2\Delta_b \dots\dots\dots (A.5)$$

$$D_b = D_u + 2\Delta_b \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

D_b ——铠装电缆内衬层（屏蔽铠装电缆的隔离套）的假定直径，单位为毫米（mm）；

D_u ——金属屏蔽的假定直径，单位为毫米（mm）；

Δ_b ——内衬层的标称厚度（见表8），单位为毫米（mm）。

A.2.6 铠装层的假定直径

按式（A.7）计算出铠装层的假定直径 D_a 。

$$D_a = D_b + 2\Delta_a \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

D_a ——铠装层的假定直径，单位为毫米（mm）；

D_b ——铠装电缆内衬层（屏蔽铠装电缆的隔离套）的假定直径，单位为毫米（mm）；

Δ_a ——铠装层的标称厚度，单位为毫米（mm）。

双钢带铠装时， Δ_a 等于2倍铠装钢带的标称厚度（见表9）。

钢丝铠装时， Δ_a 等于铠装钢丝的标称直径×层数（见表10）。

A.2.7 电缆外径的上限值

按式（A.8）或式（A.9）或式（A.10）计算出电缆外径的上限值 D_s 。

$$D_s = 1.2 \times (D_t + 2\Delta_s) \dots\dots\dots (A.8)$$

$$D_s = 1.2 \times (D_u + 2\Delta_s) \dots\dots\dots (A.9)$$

$$D_s = 1.2 \times (D_a + 2\Delta_s) \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

D_s ——电缆外径的上限值，单位为毫米（mm）；

D_t ——缆芯的假定直径，单位为毫米（mm）；

Δ_s ——护套的标称厚度（见表14），单位为毫米（mm）。

D_u ——金属屏蔽的假定直径，单位为毫米（mm）；

D_a ——铠装层的假定直径，单位为毫米（mm）；

A.3 数值修约

对计算结果进行修约，采用下述规则：

——所有计算结果应修约到1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1位小数；

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