

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 3393—2018

10Gbps 及以下速率数据传输用综合电缆

Hybrid cables for data transmission at rates up to 10 Gbps

2018-12-21 发布

2019-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 产品分类	2
3.1 电缆型号	2
3.2 产品标记与示例	3
3.3 结构示意图	4
4 要求	5
4.1 数据线与电源线的导体和结构	5
4.2 绝缘	6
4.3 数据线对	9
4.4 填充绳（可选）	10
4.5 绞合缆芯	10
4.6 总屏蔽层	10
4.7 护套	11
4.8 电气性能	12
4.9 电缆重复弯曲	16
4.10 电缆阻燃性能	16
4.11 环保性能	16
4.12 电缆标志	17
4.13 电缆交货长度	17
5 试验方法	17
5.1 通则	17
5.2 结构及外观试验方法	17
5.3 绝缘及护套机械物理性能和环境性能	19
5.4 电气性能	20
5.5 电缆重复弯曲	21
5.6 阻燃性能	22
5.7 环保性能	22
5.8 电缆标志	22
6 检验规则	23
6.1 总则	23
6.2 术语限定	23
6.3 出厂检验	23
6.4 型式检验	25

7 包装、运输和贮存	26
7.1 包装	26
7.2 外包装标识	26
7.3 合格证	26
7.4 运输和贮存	26
8 电缆使用条件和增强的供电功能	26
附录 A（资料性附录） 电缆用泡沫聚丙烯绝缘材料技术要求	29
附录 B（资料性附录） 电缆用阻燃苯乙烯类热塑性弹性体护套材料技术要求	30
参考文献	31

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准主要技术内容参考由通用串行总线开发者联盟（USB Implementers Forum）编写的《通用串行总线规范 2.0（版本 2.0）》、《通用串行总线规范 3.0（版本 1.0）》、《通用串行总线规范 3.1（版本 1.0）》、《通用串行总线 Type-C 电缆和连接器规范（版本 1.2）》和《通用串行总线供电规范（版本 2.0）》制定。

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这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：江苏俊知技术有限公司、中国信息通信研究院、成都泰瑞通信设备检测有限公司、中兴通讯股份有限公司、成都大唐线缆有限公司、江苏亨通线缆科技有限公司、通鼎互联信息股份有限公司。

本标准主要起草人：代康、郭志宏、刘泰、罗勇、吕卓、王蔚、彭媛、淮平、刘修红、宋志佗、薛梦驰、黄堃、龙永会、姚文讯、冯玲芳。

10Gbps 及以下速率数据传输用综合电缆

1 范围

本标准规定了 10 Gbps 及以下速率数据传输用综合电缆（以下简称电缆）的产品分类、要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等。

本标准适用于通信设备和电子终端的数据传输及供电用电缆，其数据线差分阻抗为 90Ω ，传输频率最高达 15GHz，最高传输速率达 10 Gbps。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 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（IEC 60811-1-1:2001，IDT）

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（IEC 60811-1-3:2001，IDT）

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（IEC 60811-1-4：1985，IDT）

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（IEC 60811-2-1：2001，IDT）

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（IEC 60811-3-1：1985，IDT）

GB/T 2951.32 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（IEC 60811-3-2：1985，IDT）

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 3953—2009 电工圆铜线

GB/T 3956—2008 电缆的导体（IEC 60228：2004，IDT）

GB/T 4910—2009 镀锡圆铜线

GB/T 6995.2 电线电缆识别标志第 2 部分：标准颜色

GB/T 6995.3 电线电缆识别标志第 3 部分：电线电缆识别标志

GB/T 8815—2008 电线电缆用软聚氯乙烯塑料

GB/T 12970.2—2009 电工软铜绞线 第 2 部分：软铜绞线

GB/T 14436 工业产品保证文件 总则

GB/T 17737.1—2000 射频电缆第一部分：总规范（IEC 61196-1：1995，IDT）

GB/T 18380.11 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 11 部分：单根绝缘电线电缆火焰垂直蔓延试验试验装置（IEC 60332-1-1:2004，IDT）

GB/T26125 电子电气产品 六种限用物质（铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯和多溴二苯醚）的检测方法（IEC 62321:2008，IDT）

GB/T 26572—2011 电子电气产品中限用物质的限量要求

YD/T 760 市内通信电缆用聚烯烃绝缘料

YD/T 837.5 铜芯聚烯烃绝缘铝塑综合护套市内通信电缆试验方法第 5 部分：电缆结构试验方法

YD/T 838.1—2016 数字通信用对绞 星绞对称电缆 第一部分 总则

YD/T 1113—2015 通信电缆光缆用无卤低烟阻燃材料

YD/T 1591 移动通信终端电源适配器及充电 数据接口技术要求和测试方法

YD/T 2967—2015 通信电缆 聚四氟乙烯绝缘射频同轴电缆 微孔绝缘双层外导体型

JB/T 3135—2011 镀银软圆铜线

JB/T 8137 电线电缆交货盘

JB/T 10436 电线电缆用可交联阻燃聚烯烃料

JB/T 11131 电线电缆用聚全氟乙丙烯树脂

IEC 61156-1-2 数字通信用多芯和对称二路四路电缆第 1-2 部分对称二路四路电缆的电气传输特性和测试方法（Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications. Electrical transmission characteristics and test methods of symmetrical pair/quad cables）

IEC 62153-4-5 金属通信电缆试验方法 第 4-5 部分：电磁兼容性（EMC）耦合或屏蔽衰减 吸收钳法（Metallic communication cables test methods. Part 4-5:Electromagnetic compatibility（EMC）. Coupling or screening attenuation. Absorbing clamp method）

3 产品分类

3.1 电缆型号

电缆型号由分类号、型式代号和规格代号组成。分类代号按表 1 规定，型式代号按表 2 规定。本标准规范的产品不包含只具备供电功能增强特性、而无数据传输功能的 USB 电缆。

表 1 分类号中各代号的含义

分 类		类 别			
代号	含义	代号	含义	代号	含义
USB	通用串行总线电缆	2.0	适用于 USB 2.0 传输	省略	无供电增强功能
		3.0	适用于 USB 3.0 传输		
		3.1	适用于 USB 3.1 传输	PD	有供电增强功能
		TypeC	适用于改进的 USB 3.1 传输		

表 2 型式代号中各个代号的含义

导体		屏蔽差分 线对绝缘		非屏蔽 对绞线绝缘		电源线绝 缘		总屏蔽层		护套		最大工作电压/ 最大工作电流
代 号	含 义	代 号	含 义	代 号	含 义	代 号	含 义	代 号	含 义	代 号	含 义	代 号
省 略	软铜绞线	Y	聚乙烯	Y	聚乙烯	V	聚氯 乙烯	复合铝箔	V	聚氯 乙烯	阻燃聚烯 烃	5V/0.5A
	镀银铜绞 线											5V/0.9A
	镀锡软铜 绞线	P	聚丙烯	P	聚丙烯	YJ	交联 聚烯 烃	复合铝箔+ 金属线编 织	TPS	苯乙烯类 热塑性弹 性体		5V/1.5A
	软圆铜线											5V/3A
	镀银软圆 铜线	F	聚全氟 乙丙烯	F	聚全氟 乙丙烯			复合铝箔+ 金属线缠 绕	U	聚醚型聚 氨酯		12V/1.5A
	镀锡铜线											12V/3A
												12V/5A
												20V/3A
												20V/5A
注：屏蔽差分线对是用于差分传输方式工作的带屏蔽的超高速数据传输线对												

电缆规格代号包含数据线（含屏蔽差分线对和非屏蔽对绞线）和电源线的导体规格代号。导体规格用美国线规（AWG）表示，代号有 20、22、24、26、28、30、32、34。详细的规格代号见表 3。

表 3 规格代号

类别		USB 2.0	USB 3.0	USB 3.1	USB TypeC
数据线导 体规格	屏蔽差分线对	——	26～34	26～34	26～34
	非屏蔽对绞线	20～28	28～34	28～34	28～34
电源线导体规格		20～28	20～28	20～28	20～28

3.2 产品标记与示例

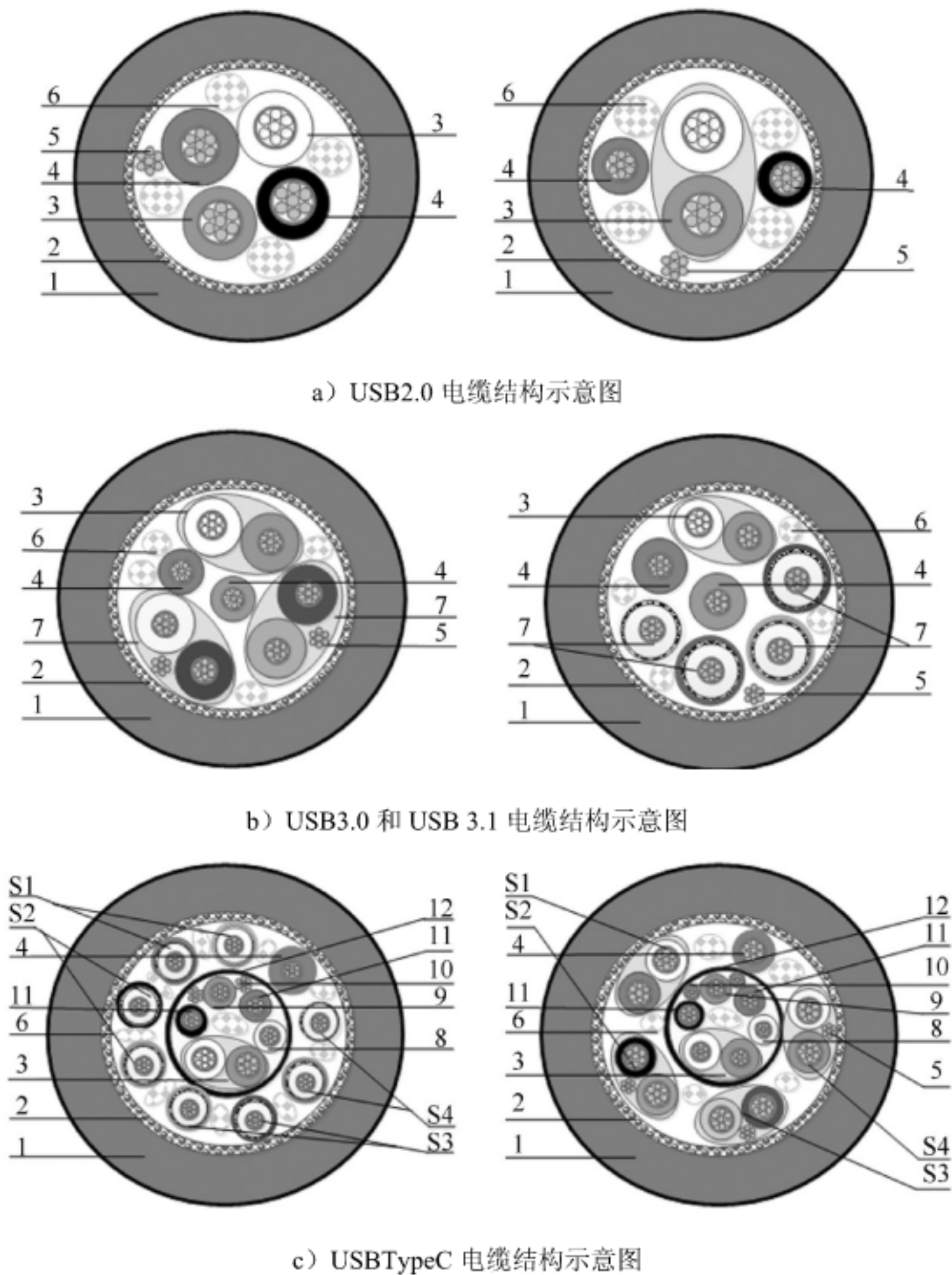
产品标记由型式代号、规格代号（屏蔽差分线对导体规格代号/非屏蔽对绞线导体规格代号/电源线导体规格代号，或非屏蔽对绞线导体规格代号/电源线导体规格代号）、最大工作电压、最大工作电流、可能的阻燃等级和本标准号组成。

示例：10 Gbps及以下速率数据传输用综合电缆，数据线中屏蔽差分线对为聚全氟乙丙烯绝缘，导体规格代号为26；数据线中非屏蔽对绞线为聚乙烯绝缘，导体规格代号为28；电源线为交联聚烯烃绝缘，导体规格代号为20；屏蔽层为复合铝箔+金属线编织；护套为聚氯乙烯；具备供电功能增强特性，最大工作电压20 V、最大工作电流5 A；阻燃特性满足VW-1，适用于USB TypeC的电缆标记为：

USBTypeC/PDFYYJV 26/28/2020V/5A VW-1

3.3 结构示意图

电缆的结构示意图如图 1 所示。



说明：

- 1——护套层；
- 2——总屏蔽层；
- 3——非屏蔽对绞线；
- 4——电源线；
- 5——排流线；
- 6——填充绳（可选）；
- 7——屏蔽差分线对（可采用屏蔽对绞线、平行双导线和以微同轴电缆作为单根绝缘芯线的线对）；
- 8——电源控制线（可能出现在USB TypeC电缆中）；
- 9——通道配置线（适用于USB TypeC电缆，用于传输接口功能的控制信号）；
- 10——电源回路线（适用于USB TypeC电缆）；
- 11——边带信号线（适用于USB TypeC电缆，用于传输音、视频信号）；
- 12——包带或扎纱、扎带（适用于USB TypeC电缆）；
- S1、S2、S3、S4——屏蔽差分线对标号1、2、3、4（适用于USB TypeC电缆）。

图 1 电缆结构示意

4 要求

4.1 数据线与电源线的导体和结构

4.1.1 导体材料

导体采用软铜绞线、镀银软铜绞线或镀锡软铜绞线，也可采用软圆铜单线、镀银软圆铜单线或镀锡铜单线。当绝缘材料为聚全氟乙丙烯时，导体宜为镀银软铜绞线、镀锡软铜绞线、镀银软圆铜单线或镀锡铜单线。导体材料的具体要求如下：

- a) 软铜绞线应符合 GB/T 12970.2—2009 中 TJR 1 型的规定；
- b) 镀银软铜绞线由 7 或 19 根镀银软圆铜单线绞合而成，绞线外观应圆整光亮、无机械损伤；其中镀银软圆铜单线应符合 JB/T 3135—2011 中不低于 A 级的规定；
- c) 镀锡软铜绞线应符合 GB/T 12970.2—2009 中 TJRX 1 型的规定；
- d) 软圆铜单线应符合 GB/T 3953—2009 中 TR 型的规定；
- e) 镀银软圆铜单线应符合 JB/T 3135—2011 中不低于 A 级的规定；
- f) 镀锡铜单线应符合 GB/T 4910—2009 中 TXRH 型的规定。

4.1.2 导体要求

导体应电气连续。绞合导体在 5 倍节距长度内不应有 2 个及以上的单根接头。导线接续应采用银合金焊料加无酸性溶剂钎焊或采用冷压技术接续，不允许采用扭接方式。接头处应光滑、圆整、无毛刺。接头处的抗拉强度不应低于相邻段相同长度无接头导线抗拉强度的 90%。

4.1.3 导体结构

导体结构应符合表 4 的规定。不同类别的电缆中导体规格应符合表 5 的规定。

表 4 导体结构

导体规格代号	20	22	24	26	28	30	32	34
总根数/单根直径（mm）	—	—	—	—	1/0.320	1/0.254	1/0.203	1/0.161
总根数/单根直径（mm）	7/0.310	7/0.254	7/0.200	7/0.160	7/0.127	7/0.100	7/0.080	7/0.064
总根数/单根直径（mm）	19/0.200	19/0.160	19/0.127	19/0.100	19/0.080	—	—	—

表 5 导体规格

序号	类别					
	USB 2.0		USB 3.0 和 USB 3.1		USB TypeC	
	电线类型	导体规格	电线类型	导体规格	电线类型	导体规格
1	电源线	20~28	电源线	20~28	电源线	20~28
2	数据线	20~28	非屏蔽对绞线	28~34	非屏蔽对绞线	28~34
3	—	—	屏蔽差分线对	26~34	屏蔽差分线对	26~34

表 5 导体规格（续）

序号	类别					
	USB 2.0		USB 3.0 和 USB 3.1		USB TypeC	
	电线类型	导体规格	电线类型	导体规格	电线类型	导体规格
4	—	—	—	—	通道配置线	32~34
5	—	—	—	—	电源控制线	32~34
6	—	—	—	—	边带信号线	32~34
7	—	—	—	—	电源回路线	20~28

4.1.4 数据线结构

USB 2.0 数据线采用非屏蔽对绞线，也可为非对绞线对。USB 3.0、USB 3.1、USB TypeC 数据线分为屏蔽差分线对和非屏蔽对绞线，其中屏蔽差分线对采用屏蔽对绞线，也可为平行双导线线对或以微同轴电缆作为单根绝缘芯线的线对。标准 USB TypeC 电缆的屏蔽差分线对数量为 4 对，也可根据实际需要选择其他线对数量。

4.2 绝缘

4.2.1 绝缘材料

数据线应采用聚烯烃或聚全氟乙丙烯绝缘。电源线、电源回路线应采用聚氯乙烯、聚烯烃或交联聚烯烃绝缘，通道配置线、电源控制线、边带信号线应采用聚氯乙烯或聚烯烃绝缘。

聚烯烃材料应符合 YD/T 760 中规定的低密度、中密度、高密度聚乙烯（PE）或聚丙烯（PP）的要求。泡沫聚丙烯材料宜参考附录 A 的要求。聚全氟乙丙烯（FEP）应符合 JB/T 11131 的规定，但熔体质量流动速率宜大于 7g/10min。聚氯乙烯（PVC）材料应符合 GB/T 8815—2008 中 J-70 或 J-90 绝缘级软聚氯乙烯塑料的规定，当电缆具备供电功能增强的特性时，其电源线和电源回路线绝缘采用的 PVC 应符合 J-90 绝缘级的规定。具有无卤、低烟、阻燃特性的交联聚烯烃（YJ）应符合 JB/T 10436 的规定。

4.2.2 绝缘要求

数据线可采用实心、发泡（含泡沫、泡沫皮或皮泡皮）结构。电源线、电源回路线、通道配置线、电源控制线、边带信号线采用实心结构。绝缘应连续、同心包覆在导体上，绝缘外表面应平整、光洁，无针孔、黑点等缺陷。

4.2.3 绝缘耐压要求

绝缘芯线在挤塑生产过程中应使用交流或直流火花检查，交流火花检测采用高频或工频电压。绝缘芯线应无击穿点。绝缘火花电压应符合表 6 要求。

表 6 绝缘及护套火花电压

(单位：千伏)

绝缘及护套	非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	电源线	通道配置线	电源控制线	护套
直流电压值	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0	6.0
高频或工频电压	1.2	1.2	1.5	1.2	1.2	4.0

4.2.4 绝缘颜色标识

绝缘芯线应采用颜色识别标识，绝缘色序应符合表 7 的规定。颜色应符合 GB/T6995.2 的要求。

表 7 电缆绝缘颜色

序号	类别					
	USB 2.0		USB 3.0/ USB 3.1		USB TypeC	
	线类型	绝缘线颜色	线类型	绝缘线颜色	线类型	绝缘线颜色
1	电源线	红	电源线	红	电源线	红
2	数据线，负极	白	非屏蔽数据线，负极	白	非屏蔽数据线，负极	白
3	数据线，正极	绿	非屏蔽数据线，正极	绿	非屏蔽数据线，正极	绿
4	电源线	黑	电源线	黑	电源线回路	黑
5	—	—	屏蔽差分线对 1，负极	蓝	电源线回路	黑
6	—	—	屏蔽差分线对 1，正极	黄	屏蔽差分线对 1，负极	白
7	—	—	屏蔽差分线对 2，负极	紫	屏蔽差分线对 1，正极	红
8	—	—	屏蔽差分线对 2，正极	桔	屏蔽差分线对 2，负极	黑
9	—	—	—	—	屏蔽差分线对 2，正极	蓝
10	—	—	—	—	屏蔽差分线对 3，负极	桔
11	—	—	—	—	屏蔽差分线对 3，正极	棕
12	—	—	—	—	屏蔽差分线对 4，负极	绿
13	—	—	—	—	屏蔽差分线对 4，正极	黄
14	—	—	—	—	电源控制线	黄
15	—	—	—	—	通道配置线	绿
16	—	—	—	—	边带信号线 1	红
17	—	—	—	—	边带信号线 2	黑

4.2.5 绝缘机械性能和环境性能

从成品电缆上取下绝缘试样。剥离绝缘层后，导体表面不应有损伤。绝缘机械性能和环境性能应符合表 8、表 9 及表 10 的要求。

表 8 数据线的绝缘机械性能和环境性能

序号	项目			单位	PE		PP		FEP	
					实心	发泡	实心	发泡	实心	发泡
1	绝缘拉伸性能 ^a	试验结果	抗张强度	MPa	≥8	≥5	≥14	≥8	≥14	≥6
			断裂伸长率	—	≥200%	≥100%	≥200%	≥100%	≥140%	≥100%
2	热收缩	试验结果	收缩率	—	≤5%		≤5%		≤5%	
		试验条件	温度	℃	100±2		115±2		232±2	
			时间	h	1		1		1	
3	绝缘低温卷绕	试验结果	外观	—	无裂纹		无裂纹		无裂纹	
		试验条件	温度	℃	-55±2		-20±2		-40±2	
			时间	h	1		1		1	
4	热开裂	试验结果	外观	—	不开裂		不开裂		不开裂	
		试验条件	温度	℃	100±2		115±2		232±2	
			时间	h	1		1		1	
a 对于绝缘结构及绝缘材料均相同的电缆，可只选一种导体规格的绝缘芯线测试绝缘拉伸性能										

表 9 电源线、电源回路线的绝缘机械性能和环境性能

序号	项目			单位	无 PD 功能的绝缘	带 PD 功能的绝缘
1	空气烘箱老化前拉伸性能 ^a	试验结果	抗张强度	MPa	≥12.5	≥12.5
			断裂伸长率	—	≥150%	≥150%
2	空气烘箱老化后拉伸性能	试验结果	抗张强度保留率	—	≥75%	≥75%
			断裂伸长率保留率	—	≥75%	≥75%
		试验条件	老化温度	℃	100±2	121±2
			老化时间	h	168	168
3	热延伸 (仅适用于 YJ 绝缘)	试验结果	载荷下伸长率	—	—	≤175%
			冷却后永久变形	—	—	≤25%
		试验条件	温度	℃	—	200±3
			载荷时间	min	—	15
			机械应力	MPa	—	0.20
4	绝缘低温卷绕	试验结果	外观	—	无裂纹	无裂纹
		试验条件	温度	℃	-20±2	-20±2
			时间	h	1	1

表 9 电源线、电源回路线的绝缘机械性能和环境性能（续）

序号	项目			单位	无 PD 功能的绝缘	带 PD 功能的绝缘
5	热收缩	试验结果	收缩率	—	≤5%	≤5%
		试验条件	温度	℃	100±2	121±2
			时间	h	1	1
6	热开裂	试验结果	外观	—	不开裂	不开裂
		试验条件	温度	℃	100±2	121±2
			时间	h	1	1
7	热失重 (仅适用于 PVC 绝缘)	试验结果	热失重	—	≤20%	≤20%
		试验条件	温度	℃	100±2	121±2
			时间	h	168	168
a 对于绝缘结构及绝缘材料均相同的电缆，可只选一种导体规格的绝缘芯线测试绝缘拉伸性能						

表 10 通道配置线、电源控制线、边带信号线的绝缘机械性能和环境性能

序号	项目			单位	PE	PVC
1	热收缩	试验结果	收缩率	—	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$
		试验条件	温度	$^{\circ}\text{C}$	100 ± 2	100 ± 2
			时间	h	1	1
2	绝缘低温卷绕	试验结果	外观	—	无裂纹	无裂纹
		试验条件	温度	$^{\circ}\text{C}$	-55 ± 2	-20 ± 2
			时间	h	1	1
3	热开裂	试验结果	外观	—	不开裂	不开裂
		试验条件	温度	$^{\circ}\text{C}$	100 ± 2	121 ± 2
			时间	h	1	1
4	热失重 (仅适用于 PVC 绝缘)	试验结果	热失重	—	—	$\leq 20\%$
		试验条件	温度	$^{\circ}\text{C}$	—	100 ± 2
			时间	h	—	168

4.3 数据线对

4.3.1 线对结构

数据线对分为屏蔽线对和非屏蔽对绞线。屏蔽线对有以下三种可供选择：屏蔽对绞线、平行双导线和以微同轴电缆作为单根绝缘芯线的线对。

4.3.2 线对屏蔽

当线对有屏蔽要求时，宜采用由复合铝箔和一根排流线组成的屏蔽。屏蔽层结构应满足以下要求：

- a) 复合铝箔应选用铝层厚度不小于 0.007 mm 的单面复合铝箔；
- b) 复合铝箔宜采用绕包，重叠率不应小于 25%；也可纵包，重叠率不应小于 20%；
- c) 排流线导体规格为 28，宜为符合 GB/T 12970.2—2009 中 TJRX 1 型规定的镀锡铜绞线，也可采用符合 GB/T 4910—2009 中 TXRH 型要求的镀锡软圆铜线；
- d) 复合铝箔的金属面向内并与排流线连通接触；
- e) 在线对屏蔽层的内、外部可增加非吸湿性材料，以保证结构的稳定及线对屏蔽间耐压性能。

4.4 填充绳（可选）

填充绳用于在缆芯间填补空位，以使缆芯圆整。填充绳应是圆形塑料绳，也可采用填充纱作填充绳。

4.5 绞合缆芯

当电缆为 USB2.0、USB3.0、USB3.1 时，按照图 1 中电缆结构将数据线、电源线及填充绳（可选）绞合成缆芯。

当电缆为 USB TypeC 时，按照图 1 中 USB TypeC 电缆结构，将非屏蔽线对、边带信号线、通道控制线、电源回路线、电源控制线（可选）及填充绳（可选）绞合成缆芯单元。允许缆芯单元外包覆一层包带或绕扎聚酯纱（或聚丙烯扎带）以保证缆芯单元结构稳定。缆芯单元、屏蔽数据线对、电源线及填充绳（可选）整体绞合成缆芯。

4.6 总屏蔽层

总屏蔽层结构型式可分为单层复合铝箔、一层复合铝箔加一层金属线编织层或一层复合铝箔加金属线缠绕层三种。具体要求包括：

- a) 复合铝箔应选用铝层厚度不小于 0.007 mm 的单面复合铝箔；
- b) 复合铝箔宜为绕包，重叠率不应小于 25%；复合铝箔金属面应向外；
- c) 编织或缠绕金属线材料直径宜为 0.10 mm~0.20 mm，金属线可为镀锡软圆铜线或裸圆铜线，镀锡软圆铜线应符合 GB/T 4910—2009 中 TXRH 型要求，裸圆铜线应符合 GB/T 3953—2009 的要求；
- d) 编织密度应大于 65%；允许编织层的单向单股断线长度不大于 150 mm，断线接头应修剪整齐；
- e) 缠绕层分为单层缠绕和双层缠绕两类，双层缠绕时两层的缠绕方向宜相反；缠绕层应圆整、无背股和缠绕丝断裂现象；
- f) 单层缠绕的覆盖率应大于 85%；双层缠绕时内外层的覆盖率均应大于 85%；
- g) 允许在复合铝箔和编织层之间纵放一根排流线，宜符合 GB/T 12970.2—2009 中 TJRX 1 型规定的镀锡铜绞线，也可采用符合 GB/T 4910—2009 中 TXRH 型要求的镀锡软圆铜线。

4.7 护套

4.7.1 护套类型

根据护套材料的不同，护套可分为聚氯乙烯（PVC）、无卤低烟阻燃聚烯烃（WDZY）、阻燃苯乙烯类热塑性弹性体（TPS）和聚醚型聚氨酯（TPU）等。

4.7.2 护套材料

PVC 护套料应符合 GB/T 8815—2008 中护层级软聚氯乙烯塑料的规定。WDZY 护套料应符合 YD/T 1113—2015 中 WDZYH-70 型护套料的规定。TPS 护套料的主要基础树脂应为聚苯乙烯-聚（乙烯-丁烯）-聚苯乙烯共聚物（TPS-SEBS），其性能宜参考附录 B 的规定。聚醚型聚氨酯应为聚醚型阻燃热塑性聚氨酯弹性体，其性能宜符合 YD/T 2967—2015 中附录 A 的规定。

4.7.3 护套要求

护套应满足以下要求：

- a) 护套应连续、同心地挤包在缆芯上；
- b) 护套的颜色为黑色、白色、蓝色或其他颜色，颜色应符合 GB/T 6995.2 的规定；
- c) 护套应紧包屏蔽层而不粘结。护套外表面应光滑、平整，无孔洞、裂缝、颗粒等缺陷，无灰尘、油污，其断面应无杂物和气泡；
- d) 护套生产过程中应使用直流或交流火花检查，交流火花检测可采用工频或高频电压。应无击穿点。护套火花电压应符合表 6 的规定；
- e) 护套的机械性能和环境性能应符合表 11 的要求；
- f) 护套的最小厚度及电缆最大外径应符合表 12 的规定。
- g) 当外护套材料为 TPU 时，应进行电缆护套的高温耐水解性能试验。完成试验后，试样护套拉伸强度变化率的绝对值不应大于 50%，断裂伸长率的变化率的绝对值不应大于 30%。

表 11 护套的机械和环境性能

序号	项目			单位	PVC	WDZY	TPS	TPU
1	空气烘箱老化前拉伸性能	试验结果	抗张强度	MPa	≥ 13.5	≥ 10.0	≥ 8.3	≥ 12.9
			断裂伸长率	—	$\geq 150\%$	$\geq 125\%$	$\geq 200\%$	$\geq 300\%$
2	空气烘箱老化后拉伸性能	试验结果	抗张强度保留率	—	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$
			断裂伸长率保留率	—	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$	$\geq 75\%$
		试验条件	老化温度	℃	100 ± 2	100 ± 2	121 ± 2	120 ± 2
			老化时间	h	168	168	168	168
3	护套低温卷绕	试验结果	外观	—	无裂纹	无裂纹	无裂纹	无裂纹
		试验条件	温度	℃	-20 ± 2	-20 ± 2	-40 ± 2	-55 ± 2
			时间	h	1	1	1	1

表 12 护套最小厚度及电缆最大外径 (单位：毫米)

类别	USB 2.0	USB 3.0	USB 3.1	USB TypeC
护套最小厚度	0.4	0.4	0.4	0.4
电缆最大外径	5.5	6	6	6

4.8 电气性能

4.8.1 导体的连续性

电缆的导体及屏蔽应分别沿电缆长度方向保持电气连续。

4.8.2 电缆的电气性能

4.8.2.1 导体直流电阻

导体在 20℃ 的直流电阻最大值应符合表 13 的要求。

表 13 导体直流电阻 (单位：欧姆/每百米)

导体规格代号	20	22	24	26	28	30	32	34
直流电阻最大值	3.58	5.74	9.09	14.06	23.20	33.2	51.90	85.70

4.8.2.2 绝缘电阻

绝缘电阻应大于 100MΩ·km，测试每根绝缘芯线（含数据线对、边带信号线、通道控制线、电源线、电源回路线、电源控制线）与其余导体及屏蔽间的绝缘电阻。

4.8.2.3 介电强度

分别测试同一线对的绝缘芯线导体间、导体与其线对屏蔽间以及线对屏蔽间、线对屏蔽与缆芯屏蔽间的介电强度，绝缘介质不应击穿。

4.8.2.4 屏蔽衰减

电缆及电缆中屏蔽线对的屏蔽衰减在 100MHz 时不应小于 90dB。

4.8.2.5 电缆特性阻抗

数据线特性阻抗应符合表 14 的要求。当屏蔽差分线对采用微同轴电缆作为单根绝缘芯线时，微同轴电缆特性阻抗为 45Ω±3Ω。当电缆为 USB TypeC 时，通道配置线特性阻抗为 32Ω~93Ω，边带信号线特性阻抗为 32Ω~53Ω。

表 14 数据线特性阻抗 (单位：欧姆)

项目		USB 2.0	USB 3.0		USB 3.1		USB TypeC	
		非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	非屏蔽对绞线
数据线特性阻抗	差分阻抗	90±13.5	90±7	90±13.5	90±5	90±13.5	90±5	90±13.5
	共模阻抗	30±9	—	—	—	—	—	—

4.8.2.6 数据线衰减

当电缆为 USB 2.0 时，电缆数据线最大衰减应符合表 15 的要求。

表 15 USB 2.0 电缆数据线最大衰减

频率 (MHz)	最大衰减 (dB/5 m)	频率 (MHz)	最大衰减 (dB/5 m)
0.064	0.13	12	1.12
0.256	0.18	24	1.58
0.512	0.22	48	2.25
0.772	0.25	96	3.17
1	0.33	200	5.33
4	0.65	400	9.67
8	0.95	—	—
注：电缆长度为 5 m			

当电缆为 USB 3.0 时，屏蔽数据线最大衰减常数应符合表 16 的要求；非屏蔽对绞线最大衰减应符合表 15 的要求。

表 16 USB 3.0 电缆屏蔽数据线最大衰减常数 (单位：分贝每米)

频率 (GHz)	导体规格代号			
	26	28	30	34
0.625	0.9	1.0	1.3	2.7
1.25	1.3	1.5	1.9	3.3
2.50	1.9	2.5	3.0	4.4
5.00	3.1	3.6	4.6	6.7
7.50	4.2	4.7	5.9	9.0

当电缆为 USB 3.1 时，屏蔽线对结构（含平行双导线和屏蔽对绞线）和微同轴结构的数据线最大衰减常数应符合表 17 的要求；非屏蔽对绞线最大衰减应符合表 15 的要求。

表 17 USB 3.1 电缆屏蔽数据线为线对结构和微同轴结构的最大衰减常数 （单位：分贝每米）

频率 (GHz)	导体规格代号							
	28		30		32		34	
	线对结构	微同轴结构	线对结构	微同轴结构	线对结构	微同轴结构	线对结构	微同轴结构
0.625	1.0	1.0	1.2	1.1	1.4	1.3	1.8	1.6
1.25	1.4	1.3	1.7	1.5	2.0	1.8	2.5	2.3
2.50	2.1	1.9	2.5	2.3	2.9	2.7	3.7	3.5
5.00	3.1	3.1	3.9	3.5	4.5	4.2	5.5	5.3
7.50	4.1	4.2	5.0	4.9	5.9	5.5	7.0	7.2

当电缆为 USB TypeC 时，屏蔽线对结构（含平行双导线和屏蔽对绞线）和微同轴结构的数据线最大衰减常数应符合表 18 的要求；非屏蔽对绞线最大衰减应符合表 15 的要求。

表 18 USB TypeC 电缆屏蔽数据线为线对结构和微同轴结构的最大衰减常数 （单位：分贝每米）

频率 (GHz)	导体规格代号							
	28		30		32		34	
	线对结构	微同轴结构	线对结构	微同轴结构	线对结构	微同轴结构	线对结构	微同轴结构
0.625	1.0	1.0	1.2	1.2	1.4	1.5	1.8	1.8
1.25	1.4	1.3	1.7	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8
2.50	2.1	1.9	2.5	2.7	2.9	3.4	3.7	4.2
5.00	3.1	3.1	3.9	4.0	4.5	4.9	5.5	6.1
7.50	4.1	4.2	5.0	5.2	5.9	6.5	7.0	7.6
10.0	4.8	4.9	6.1	6.1	7.2	7.6	8.4	8.8
12.5	5.5	5.7	7.3	7.1	8.2	8.6	9.5	9.9
15.0	6.5	6.5	8.7	9.0	9.5	10.9	11.0	12.1

4.8.2.7 数据线延迟

数据线延迟应符合表 19 的要求。

表 19 数据线延迟最大值

项目		单位	USB 2.0	USB 3.0		USB 3.1		USB TypeC	
			非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	非屏蔽对绞线	屏蔽差分线对	非屏蔽对绞线
数据线延迟	传输延迟	ns/m	5.2	—	—	—	—	—	—
	线对间传输延迟差	ps/5m	100	—	—	—	—	—	—
	屏蔽差分线对的对内延迟差	ps/m	—	15	—	15	—	10	—

4.8.2.8 数据线串音衰减

当电缆为 USB 3.0 和 USB TypeC 时，数据线串音衰减应符合表 20 的要求。

表 20 USB 3.0 和 USB TypeC 串音衰减最小值 (单位：分贝)

频率 (GHz)	USB 3.0		USB TypeC	
	屏蔽差分线对间近端串音衰减最小值	非屏蔽对绞线与屏蔽差分线对间近端和远端串音衰减最小值	屏蔽差分线对间近端和远端串音衰减最小值	非屏蔽对绞线与屏蔽差分线对间近端和远端串音衰减最小值
0.1	27	21	37	35
2.5	27	21	—	—
3	23	15	—	—
5	—	—	37	35
7.5	23	15	—	30
10	—	—	32	—
15	—	—	25	—

当电缆为 USB 3.1 时，非屏蔽对绞线与屏蔽差分线对间近端和远端串音衰减最小值应大于 34 dB，频点选择参照表 20 中 USB 3.0 的频率要求。

4.8.2.9 差模到共模转化损耗

差模到共模转化损耗最大值为 20dB。当电缆为 USB 3.0 时，频率范围为 0.1 GHz~7.5GHz；当电缆为 USB 3.1 和 USB TypeC 时，频率范围为 0.1 GHz~10GHz。

4.8.2.10 USB TypeC 电缆耦合衰减

当电缆为 USB TypeC 时，耦合衰减最小值应符合表 21 的要求。

表 21 USB TypeC 耦合衰减最小值 (单位：分贝)

频率 (MHz)	通道配置线与非屏蔽线对间	电源回路线与非屏蔽线对间	边带信号线间	边带信号线与通道配置线间	边带信号线与非屏蔽线对间
0.3	60.5	40	56.5	65	80
1	50	40	46	55	—
10	30	40	26	—	—
11.2	—	—	25	—	—
16	26	—	—	—	—
18	—	—	—	30	—
30	26	40	—	—	40
100	26	30	25	30	40

4.8.2.11 USB TypeC 电缆差分回波损耗

当电缆为 USB TypeC 时，数据线差分回波损耗最小值应满足表 22 的要求。

表 22 USB TypeC 差分回波损耗最小值 (单位：分贝)

频率 (GHz)	数据线差分回波损耗最小值
0.1	18
5	18
10	12
15	5

4.9 电缆重复弯曲

完成 100 次重复弯曲试验后，目视检查试样的护套应无任何可见的开裂、裂纹及其他损伤，并进行电缆导体及屏蔽层的电气连续性和电缆特性阻抗测试，性能应分别满足 4.8.1 和 4.8.2.5 的要求。

4.10 电缆阻燃性能

试验后燃烧标记炭化高度小于 25%，持续燃烧时间小于 60 s，燃烧滴落物不能引燃垫在底部的外科用棉。

注：以上要求参考ANSI/UL 1581—2010中 VW-1阻燃等级。

4.11 环保性能

电缆组成材料应根据 GB/T 26572—2011 中的规定进行分类。电缆用均一材料（EEP-A 类）中限用物质质量应符合表 23 的规定，其他分类材料中禁用物质的限量应符合 GB/T 26572—2011 中第 4 章的相关规定。

表 23 限用物质质量

种类	物质名称	含量限值
重金属	铅	0.1%
	镉	0.01%
	汞	0.1%
	六价铬	0.1%
有机溴代物	多溴联苯（PBB）	0.1%
	多溴二苯醚（PBDE）	0.1%
注：限量要求值是质量分数，即材料中所允许含物质的最大质量占材料总质量的百分比		

4.12 电缆标志

电缆护套上的电缆标志应符合 GB/T 6995.3 的规定。电缆护套上沿其长度方向每间隔 0.5 m 印制制造厂名称（或商标）、电缆型号和长度标志，印制内容也可由供需双方协议确定。电缆标志应清晰可辨，其颜色应与护套颜色对比度明显，并与护套粘附牢固，经过擦拭后应仍可辨认。电缆相邻标志的标称间距不大于 0.5 m，长度误差应在±0.5%以内。

4.13 电缆交货长度

电缆交货长度应是制造厂的标准制造长度，宜为 100 m～110 m 的整数倍，也可按供需双方协议长度作为制造长度。

5 试验方法

5.1 通则

除非另有规定或约定，试验在环境温度和湿度下进行。有争议时，环境温度规定范围 15℃～35℃、相对湿度范围规定为 45%～75%。

5.2 结构及外观试验方法

5.2.1 电缆外观、绝缘及护套颜色

目视检查电缆外观、绝缘及护套颜色。

5.2.2 护套厚度及外径

护套厚度及外径按 GB/T 2951.11 的规定进行测量。

5.2.3 复合铝箔搭接率

线对屏蔽及总屏蔽层的复合铝箔搭接率应按公式（1）计算：

$$\text{搭接率} = \frac{\text{搭接宽度}}{\text{复合铝箔宽度}} \times 100\% \quad (1)$$

试验时应用钢直尺测量复合铝箔宽度和搭接宽度。

5.2.4 编织密度

编织密度应按公式 (2) ~ 公式 (4) 计算：

$$\text{编织密度} = (2F - F^2) \times 100 \quad (2)$$

$$F = \frac{NPd}{\sin A} \quad (3)$$

$$A = \tan^{-1} \left(\frac{2\pi(D + 2d)P}{C} \right) \quad (4)$$

式中：

D ——编织层下的基础结构直径，单位为毫米 (mm)；

d ——编织单线的直径，单位为毫米 (mm)；

P ——单位长度上锭子交叉点数，1/mm；

C ——编织的总锭数；

N ——每个锭子上的单线股数；

A ——电缆的纵向轴和编织线之间较小的夹角；

F ——填充系数。

试验时，测量编织层下的基础结构直径、编织单线直径，数出总锭数、每个锭子上的单线股数和单位长度上锭子交叉点数，按以上公式计算出编织密度。

5.2.5 缠绕层覆盖率

缠绕层覆盖率应按公式 (5) 计算：

$$K_c = \frac{Nd\sqrt{1 + \pi^2 D_m^2 / H^2}}{\pi D_m} \times 100\% \quad (5)$$

式中：

N ——缠绕丝总根数；

d ——缠绕丝直径，单位为毫米 (mm)；

H ——缠绕节距，单位为毫米 (mm)；

D_m ——缠绕层平均直径，即缠绕层直径减去缠绕丝直径，单位为毫米 (mm)。

试验时，采用激光测径仪或其他测试仪器测量缠绕层外径和缠绕丝直径，测量精度优于 0.005mm；采用游标卡尺测量连续 10 个节距，取其平均值，测量精度优于 0.02mm，缠绕层覆盖率按上述公式计算。

5.2.6 绝缘耐压、护套火花电压试验

绝缘及护套生产过程中使用在线火花试验机进行测试。试验方法按照 GB/T 3048.10 的规定进行，所施加的电压应符合表 5 的规定。交流火花试验应采用高频 $3.0\text{kHz} \pm 0.5\text{kHz}$ 或工频电压，工频电压和高频电压保持一致。

5.3 绝缘及护套机械物理性能和环境性能

5.3.1 绝缘及护套老化前后的抗张强度和断裂伸长率

电缆绝缘及护套老化前后的抗张强度和断裂伸长率试验应按 GB/T 2951.11 的规定进行。夹头移动速度允许为 $(250 \pm 50)\text{mm/min}$ ；当有争议时，夹头移动速度应为 $(25 \pm 5)\text{mm/min}$ 。试验温度及时间应按表 8、表 9 和表 11 的规定进行。

5.3.2 绝缘热收缩

绝缘热收缩试验应按 GB/T 2951.13 的规定进行，试验温度及时间应按表 8、表 9 和表 10 的规定进行。

5.3.3 绝缘及护套低温卷绕

绝缘及护套低温卷绕试验应按 GB/T 2951.14—2008 中 8.1 和 8.2 的规定进行，并优先满足以下规定：测试芯轴直径应为绝缘芯线外径的 3 倍或电缆直径的 5 倍。冷却温度和时间应按表 8、表 9、表 10、表 11 的规定进行。

5.3.4 绝缘热开裂

绝缘热开裂试验应按 GB/T 2951.31—2008 中 9.1 的规定进行。绝缘加热温度按表 8、表 9 和表 10 的规定进行。

5.3.5 绝缘热延伸（仅适用于 YJ 绝缘）

当绝缘为交联聚烯烃（YJ）时，应取 2 个样品并按 GB/T 2951.21 的规定进行试验。试验温度、载荷时间和机械应力按表 9 的规定进行。

5.3.6 绝缘热失重（仅适用于 PVC 绝缘）

当绝缘为聚氯乙烯（PVC）时，应取 2 个样品并按 GB/T 2951.32 的规定进行试验。试验温度及时间应按表 9 和表 10 的规定进行。

5.3.7 高温耐水解试验（仅适用于 TPU 护套）

取长度约 300mm 的护套试样，把试样浸泡在 $90^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的水中，放置 168h。完成试验后，取出试样，在室温条件下放置至少 4h，按 GB/T 2951.11 的规定测量护套的拉伸强度和断裂伸长率。

5.4 电气性能

5.4.1 概述

在测量电缆的衰减、特性阻抗、传输延迟、对内延迟差、对间延迟差、串音衰减、耦合衰减时，所选取电缆试样的长度宜为 1 m~5 m。

测试仪表为时域反射仪（TDR）时，通常测试阶跃信号上升沿时间为 200 ps，USB2.0 电缆的阶跃幅度取值区间为 20%~80%；USB3.0、USB3.1 和 USB TypeC 电缆的阶跃幅度取值区间为 10%~90%。

5.4.2 连续性

电缆的连续性应通过适当的指示器（如欧姆表、指示灯或峰鸣器）进行检测，在电缆的每个导体、排流线和屏蔽层的两端施加不超过 25V 的直流电压。试验电压可以单独施加到各个导体、排流线和屏蔽上，也可以串联来施加。用指示器的指示或声音来判断电缆的连续性。

5.4.3 导体直流电阻

导体的直流电阻试验应按 GB/T 3956—2008 附录 A 的规定进行。

5.4.4 绝缘电阻

电缆的绝缘电阻测试应按 GB/T 17737.1—2000 中 11.2 的规定进行。

5.4.5 介电强度

介电强度测试应按 GB/T 17737.1—2000 中 11.5 的规定进行。试验电压为交流电压，电压值 500V，测试时间为 3 s。

5.4.6 屏蔽性能

电缆及电缆中屏蔽线对的屏蔽衰减试验应按 GB/T 17737.1—2000 中 12.4 的规定进行。

5.4.7 数据线特性阻抗

电缆数据线特性阻抗应按 GB/T 17737.1—2000 中 11.8.2 的规定进行，采用 TDR 仪表的时域反射（TDR）模式。测试差分阻抗时，选择差分方式；测试共模阻抗时，选择共模方式。

5.4.8 数据线衰减

电缆数据线衰减的测试应按 YD/T 838.1—2016 中 6.3.3 的规定进行。

5.4.9 数据线延迟

5.4.9.1 传输延迟

具体测试方法如下：

- a) 首先将 TDR 仪表取样探头连接到测试夹具的输入端，并用标准测试线分别与 TDR 仪表连接，将 TDR 仪表调节到 TDR 模式；
- b) 通过短引线连接测试夹具两端，测试传输延迟，记录测试夹具自身的传输延迟；

- c) 然后将被测电缆样品的数据线与测试夹具连接,可采用与测试夹具匹配的 SMA 连接头或机械压接方式;
- d) 测试电缆样品的传输延迟,并将结果减去测试夹具自身的传输延迟,计算得到测试结果。

5.4.9.2 传输延迟差

按照 5.4.9.1 的方法分别测试电缆样品数据线对中两根导线的传输延迟,将数据相减,可得传输延迟差值。

5.4.9.3 屏蔽差分线对的对内延迟差

需测试 USB3.0、USB3.1 和 USB TypeC 电缆中屏蔽差分线对的对内延迟差。测试采用 TDR 仪表,并调整到时域传输 (TDT) 模式。

5.4.10 数据线串音衰减

USB3.0 电缆需测试屏蔽差分线对近端串音衰减、非屏蔽线对与屏蔽差分线对串音衰减;USB3.1 电缆需测试屏蔽差分线对与非屏蔽线对间远端及近端串音衰减,测试阶跃信号上升沿时间为 500 ps; USB TypeC 电缆需测试屏蔽差分线对的近端串音衰减和远端串音衰减。在指定的频率上或频带内,测试采用 TDR 仪表,并调整到 TDT 模式进行测试。

5.4.11 差模到共模转化损耗

USB3.0、USB3.1、USB TypeC 电缆的差模到共模转化损耗测试应按照 IEC 61156-1-2 的规定进行。

5.4.12 USB TypeC 电缆耦合衰减

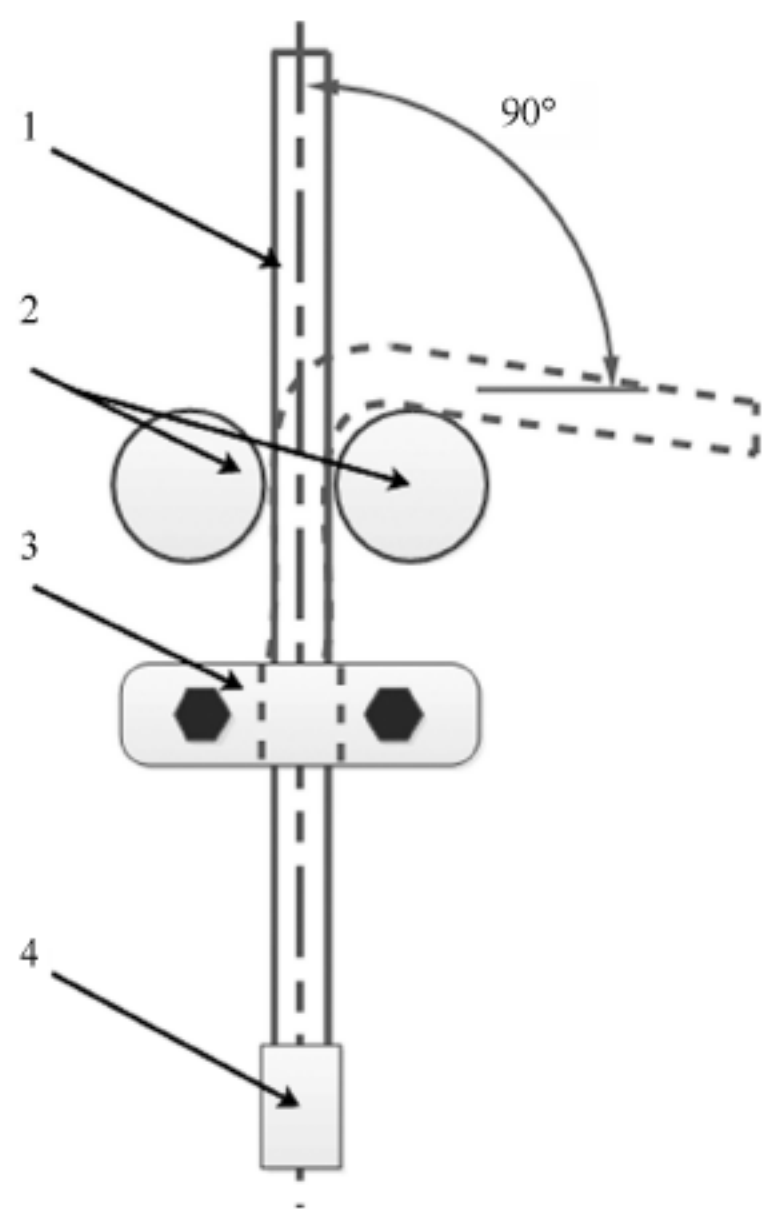
USB TypeC 电缆的耦合衰减测试应按照 IEC 62153-4-5 的规定进行。

5.4.13 USB TypeC 电缆差分回波损耗

USB TypeC 电缆的差分回波损耗测试应按照 YD/T 838.1—2016 中 6.3.10 的规定进行。

5.5 电缆重复弯曲

采用图 2 所示装置进行试验,将电缆垂直放置在两个测试芯轴中间,电缆下端固定。将电缆试样沿芯轴弯曲 90° ,恢复到原位;然后在相反方向弯曲 90° ,再恢复至原位,作为 1 次弯曲。弯曲次数为 100 次,弯曲速度为每分钟 12~14 次。测试芯轴直径约为电缆直径的 3.7 倍。



说明：
1——电缆；
2——测试芯轴；
3——电缆固定夹具；
4——电缆固定套筒。

图 2 电缆重复弯曲示意

5.6 阻燃性能

单根电缆火焰垂直蔓延试验装置应符合 GB/T 18380.11 的规定。试验用喷灯的火焰高度 125mm，热功率 500W；试验燃烧持续时间 15s，然后停止 15s，重复燃烧 5 次。

5.7 环保性能

电缆的环保性能应按 GB/T 26125 中的规定进行测试。

5.8 电缆标志

5.8.1 电缆标识

目视检查电缆标识。对于电缆上的油墨印制标志，采用如下方法检验标志耐擦性：用大拇指及食指尖夹持浸过水的脱脂棉或棉布擦拭标志 10 次，字迹仍应清晰可辨。

5.8.2 电缆长度标志误差

电缆的长度标志误差应按 YD/T 837.5 的规定进行测量。

6 检验规则

6.1 总则

成品电缆应经制造厂的质量检验部门检验合格后方可出厂，出厂产品应附有质量检验合格证。成品电缆的检验分出厂检验和型式检验。

6.2 术语限定

6.2.1 单位产品

一个单位产品应是一盘（圈）允许交货长度的电缆。

6.2.2 检验批

出厂检验批应由同时提交检验的若干相同型号的单位产品组成，这些单位产品应是在同一连续生产时间段内采用相同的材料和工艺制造出来的相同型号规格的产品。

6.2.3 样本单位

一个样本单位是从检验批中随机抽取的一个单位产品。

6.2.4 试样

一个试样应是样本单位的全段电缆或是从其上截取的一段电缆。每个试样的长度应符合相关试验方法的规定。

6.3 出厂检验

6.3.1 出厂检验分类

出厂检验分为 100%检验和抽样检验。

6.3.2 100%检验要求

出厂检验的 100%检验项目、要求和试验方法见表 24。

表 24 100%检验项目、要求和试验方法

序号	项目名称	要求	试验方法
1	绝缘火花电压	4.2.3	5.2.6
2	绝缘颜色	4.2.4	5.2.1
3	电缆外观	4.7.3c)	5.2.1
4	护套火花电压	4.7.3d)	5.2.6
5	护套厚度	4.7.3f)	5.2.2
6	导体连续性	4.8.1	5.4.2
7	绝缘电阻	4.8.2.2	5.4.4

表 24 100%检验项目、要求和试验方法（续）

序号	项目名称	要求	试验方法
8	绝缘介电强度	4.8.2.3	5.4.5
9	电缆标志内容（长度除外）	4.12	5.8.1

6.3.3 抽样检验要求

出厂检验的抽样检验应在完成表 24 规定检验项目，且检验合格后的电缆上进行。抽样检验的项目、要求、试验方法和抽样方案见表 25。

表 25 抽样检验的项目、要求、试验方法和抽样方案

序号	项目名称	要求	试验方法	抽样方案 ^a
1	复合铝箔搭接率	4.3.2b)	5.2.3	3 个样本
2	护套外径	4.7.3f)	5.2.2	5%
3	编织密度	4.6d)	5.2.4	3 个样本
4	缠绕层覆盖率	4.6f)	5.2.5	3 个样本
5	导体直流电阻	4.8.2.1	5.4.3	5%
6	电缆特性阻抗	4.8.2.5	5.4.7	5%
7	数据线衰减	4.8.2.6	5.4.8	5%
8	数据线延迟	4.8.2.7	5.4.9	5%
9	数据线串音衰减	4.8.2.8	5.4.10	5%
10	差模到共模转化损耗	4.8.2.9	5.4.11	5%
11	USB TypeC 电缆耦合衰减	4.8.2.10	5.4.12	5%
12	USB TypeC 电缆差分回波损耗	4.8.2.11	5.4.13	5%
13	电缆的长度标志误差	4.12	5.8.2	5%
^a 抽样方案中的百分比（5%）是指抽取的样品在单个检验批中所占的比例，每批至少抽取一个样本单位				

6.3.4 检验批的合格判定

按照表 24 和表 25 的规定，根据检验批的大小进行随机抽样检验，采用修约值比较法进行判定。100% 检验项目，不合格率大于 5%时，则该检验批不合格。不合格率小于或者等于 5%时，应剔除不合格项的产品。抽样检验项目，如果被测试样本有不合格项目时，应重新抽取双倍数量的样本就不合格项目进行检验，如仍不合格，则该检验批不合格。

6.4 型式检验

6.4.1 抽样方案

型式检验样本电缆应在出厂检验合格的电缆中随机抽取。型式检验的样本量为 1 个。

6.4.2 检验项目

型式检验项目包括表 24、表 25 和表 26 的全部项目。

表 26 型式检验部分项目

序号	项目名称	要求	试验方法
1	绝缘的抗张强度和断裂伸长率	4.2.5	5.3.1
2	绝缘热收缩	4.2.5	5.3.2
3	绝缘低温卷绕	4.2.5	5.3.3
4	绝缘热开裂	4.2.5	5.3.4
5	绝缘热延伸	4.2.5	5.3.5
6	绝缘热失重	4.2.5	5.3.6
7	高温耐水解试验（仅适用于 TPU 护套）	4.7.3g)	5.3.7
8	护套的抗张强度和断裂伸长率	4.7.3e)	5.3.1
9	护套低温卷绕	4.7.3e)	5.3.3
10	电缆屏蔽衰减	4.8.2.4	5.4.6
11	电缆重复弯曲	4.9	5.5
12	电缆阻燃性能	4.10	5.6
13	环保性能	4.11	5.7

6.4.3 检验周期

有下列情况之一时，一般应对电缆进行型式试验：

- a) 型式检验应每半年至少进行一次；
- b) 正式生产后，主要生产工艺或原材料有重大改变时；
- c) 停产半年以上，恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

6.4.4 判定规则

被抽取检验的样本单位型式检验项目全部合格，则型式检验合格，如果型式检验中有不合格项目时，允许重新抽取双倍样本单位就不合格项目进行检验，如果重新检验的项目合格则型式检验合格，如果检验项目仍有不合格，则判定型式检验不合格。

6.4.5 重新试验

如果型式检验不合格，制造厂应根据不合格原因，对全部产品进行改正处理。在采取可接受的改进措施以前，应停止产品鉴定和验收。在采取改进措施之后，应重新抽样进行型式试验。

7 包装、运输和贮存

7.1 包装

7.1.1 成卷（捆）包装

成圈（捆）包装电缆的内圈直径不应小于电缆直径的 20 倍，每圈（捆）产品应盘绕整齐，电缆两端应密封，在均分的位置至少扎 3 次以保证运输贮存过程中不松散，然后装入有足够强度的纸箱中。每卷（捆）电缆应附有合格证书，产品合格证应防潮并放在包装里。

7.1.2 成盘包装

成盘包装电缆应整齐地绕在电缆盘上，电缆盘应符合 JB/T 8137 的规定，电缆盘筒体直径不应小于电缆直径的 20 倍。电缆端头应密封并固定在电缆盘上。每盘电缆应附有合格证书，产品合格证应防潮包好，放入包装。

7.2 外包装标识

电缆包装盘（或包装箱）上应标明：制造厂名称（或商标）、产品型号、长度、电缆编号等。

7.3 合格证

产品合格证应按 GB/T 14436 规定编制，主要应包括以下内容：

- a) 制造厂名称、详细地址、邮政编码、电话和传真号码；
- b) 产品型号、批号、生产日期、产品标准号；
- c) 产品检验日期、出厂日期、检验员签名（或检验员代号图章）。

7.4 运输和贮存

运输和贮存中应注意以下事项：

- a) 保持电缆端部密封，防止产品受潮、浸水；
- b) 贮存在通风、干燥的地方，避免高温及日晒；
- c) 防止挤压变形及任何机械损伤。

8 电缆使用条件和增强的供电功能

电缆使用条件宜符合表 27。电缆增强的供电功能分级宜符合表 28。

表 27 电缆使用条件

类别		USB 2.0	USB 3.0	USB 3.1	USB TypeC	
最大工作电压（V，DC）		5	5	5	5	
最大工作电流（A）		0.5	0.9	0.9	1.5	3
工作带宽（MHz）		0.064~400	625~7500	625~7500	625~15000	
传 输 速 率	低速传输（Mbps）	1.5	1.5	1.5	1.5	
	全速传输（Mbps）	12	12	12	12	
	高速传输（Mbps）	480	480	480	480	
	超高速传输（Gbps）	—	5	10	10	
工作模式		半双工传输	全双工传输	全双工传输	全双工传输	
使用长度（m） （满足最高传输速率）		≤5	≤3	≤3	≤1	
常用电缆组件两端 连接器型号		USB 2.0 Standard A—— USB 2.0 Standard B	USB 3.0 Standard A—— USB 3.0 Standard B	USB 3.1 Standard A—— USB 3.1 Standard B	USB 3.1 Standard A—— USB TypeC	
		USB 2.0 Standard A—— USB 2.0 Standard A	USB 3.0 Standard A—— USB 3.0 Standard A	USB 3.1 Standard A—— USB 3.1 Standard A	USB TypeC —— USB 3.1 Standard B	
		USB 2.0 Standard A—— USB 2.0 Mini-B	USB 3.0 Standard A—— USB 3.0 Micro-B	USB 3.1 Standard A—— USB 3.1 Micro-B	USB 2.0 TypeC —— USB 2.0 Standard B	
		USB 2.0 Micro-A —— USB 2.0 Micro-B	USB 3.0 Micro-A —— USB 3.0 Micro-B	USB 3.1 Micro-A —— USB 3.1 Micro-B	USB 2.0 Standard A—— USB 2.0 TypeC	
		- USB 3.0 Standard B	USB 3.0 Micro-A —— USB 3.1 Standard B	USB 3.1 Micro-A —— USB 3.1 Standard B	USB 2.0 TypeC —— USB 2.0 Mini-B	
		-	-	-	USB 2.0 TypeC —— USB 2.0 Micro-B	
注：本标准可与 YD/T 1591 配合使用						

表 28 电缆增强的供电功能分级

增强的供电功能分级	1	2		3		4			5		
最大工作电压（V，DC）	5	5	12	5	12	5	12	20	5	12	20
最大工作电流（A）	2	2	1.5	2	3	2	3	3	2	5	5

附 录 A

(资料性附录)

电缆用泡沫聚丙烯绝缘材料技术要求

A.1 泡沫聚丙烯绝缘料技术要求

表 A.1 规定了电缆数据线绝缘用化学发泡聚丙烯材料的性能。物理发泡聚丙烯绝缘料仍应符合表 A.1 的规定，但表中第 1 项所规定的材料颜色为本色，且第 11 项和第 12 项不作要求。

表 A.1 泡沫聚丙烯材料技术要求

序号	项目名称	单位	指标要求
1	颜色	——	淡黄色
2	熔体质量流动速率 230℃/2.16 kg	g/10 min	≤4.0
3	密度	g/cm ³	≤0.915
4	低温脆化温度 T_{50}	℃	≤-25
5	拉伸屈服强度	MPa	≥20
6	断裂伸长率	——	≥300%
7	氧化诱导期 (200℃, 铜杯)	min	≥20
8	介电常数 1 MHz	——	≤2.26
9	介质损耗因数 1 MHz	——	≤0.0005
10	体积电阻率	Ω·m	≥1×10 ¹⁴
11	发泡度	——	30%~60%
12	已发泡颗粒数	——	≤3 粒/50 g
注：除第 11 项外，均为未发泡材料的性能			

附 录 B

(资料性附录)

电缆用阻燃苯乙烯类热塑性弹性体护套材料技术要求

B.1 阻燃苯乙烯类热塑性弹性体护套料技术要求

表 B.1 规定了阻燃苯乙烯类热塑性弹性体护套料所应满足的技术要求，护套料的基础树脂主要由聚苯乙烯-聚（乙烯-丁烯）-聚苯乙烯共聚物（英文缩写为 TPS-SEBS 或 TPE-S）构成。护套料可以为黑色、白色、蓝色或其他颜色。

表 B.1 阻燃苯乙烯类热塑性弹性体护套料的技术要求

序号	项目			单位	指标要求
1	拉伸性能		拉伸强度	MPa	≥8.3
			断裂伸长率	—	≥200%
2	抗撕裂强度			kN/m	≥15.0
3	空气箱热老化 拉伸性能	试验条件	老化温度	℃	121±2
			老化时间	h	168
		试验结果	拉伸强度保留率	—	≥75%
			断裂伸长率保留率	—	≥75%
4	热变形	试验条件	温度	℃	121±2
			时间	h	1
			重量	g	1000
		试验结果	热变形	—	≤50%
5	耐热冲击	试验条件	温度	℃	150±2
			时间	h	1
		试验结果	外观	—	不开裂
6	低温脆化温度 T_{50}			℃	≤-40
7	体积电阻率（20℃）			Ω·m	≥1.0×10 ¹⁰
8	介电强度			MV/m	≥18
9	垂直燃烧级别（试样厚度≤8.0 mm）				V-0

参 考 文 献

- [1] 《通用串行总线规范 2.0(版本 2.0)》(Universal Serial Bus Specification, Revision 2.0(April 27, 2000))
 - [2] 《通用串行总线规范 3.0(版本 1.0)》(Universal Serial Bus 3.0 Specification, Revision 2.0 (May 1, 2011))
 - [3] 《通用串行总线规范 3.1(版本 1.0)》((Universal Serial Bus 3.1 Specification, Revision 1.0 (July 26, 2013))
 - [4] 《通用串行总线 Type-C 电缆和连接器规范(版本 1.2)》(Universal Serial Bus 3.0 Specification, Revision 1.2 (March 25, 2016)
 - [5] 《通用串行总线供电规范(版本 2.0)》(USB Power Delivery Specification, Revision 2.0, Revision 1.2 (May 7, 2015)
 - [6] ANSI/UL 1581—2009 安全标准电线、电缆和软线用参考标准 (Safety Reference Standard for Electrical Wires, Cables, and Flexible Cords)
-