

# 团 体 标 准

T/CECA XXXX—XXXX

## 信息通信用单对平衡电缆及信道技术要求

Technical requirements for balanced single pair cable and channel for information and communication technology

(报批稿)

(本草案完成时间：2021年07月20日)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

## 目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 缩略语.....	3
5 单对平衡布缆信道.....	3
6 单对平衡电缆要求.....	11
7 单对平衡连接器要求.....	14
8 单对平衡跳线.....	23
9 远程供电.....	24
附录 A（规范性） 单对线 IEEE 链路段要求.....	25
附录 B（资料性） 单对线链路成束为多线对双绞线的应用要求.....	32
附录 C（资料性） 单对平衡布缆支持的应用标准.....	33
附录 D（资料性） 导体尺寸的变化对插入损耗的影响.....	34
附录 E（资料性） 支持远程供电应用时成束线缆成束数量的相关信息.....	36
附录 F（资料性） 用于汽车的支持单对线以太网的平衡单对线线对及线缆.....	37

## 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。

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。

本文件由中国电子元件行业协会光电线缆及光器件分会提出并归口。

本文件起草单位：上海天诚通信技术股份有限公司，广东思柏科技股份有限公司，嘉兴海棠电子有限公司，宁波科博通信技术有限公司，深圳金信诺高新技术股份有限公司，耐克森（苏州）线缆系统有限公司，浙江兆龙互连科技股份有限公司，西蒙通讯产品（上海）有限公司，广东安拓普聚合物科技有限公司，浙江一舟电子科技股份有限公司，上海汇海信息科技股份有限公司，江苏亨通线缆科技有限公司、百通赫思曼工业（苏州）有限公司，杭州海康威视通讯技术有限公司，张家港特恩驰电缆有限公司，慈溪市虹宇电器有限公司，上海汽车集团股份有限公司，燕山大学，国家信息传输线质量监督检验中心。

本文件主要起草人：吴俊，王君原，殷海成，黎镜锋，申许民，姚戊辰，白霄桦，于国庆，赵孙俊，陈宇通，李同兵，陈健，苒微康，淮平，雷鸣，严康，贾健佳，南燕，卢冶，袁亚洲。

中电元协团体标准报批公示

## 引 言

本团体标准供各成员单位自愿采用。提请各使用单位注意，采用本团体标准时，应根据各自产品特点，确认本团体标准的适用性。

中电元协团体标准报批公示稿

# 信息通信用单对平衡电缆及信道技术要求

## 1 范围

本文件规定了信息通信用单对平衡布缆信道的等级、技术要求，信息通信用单对平衡电缆、单对平衡连接器、单对平衡跳线的技术要求，以及采用上述信道进行数据线路供电时的要求。

本文件适用于由单对平衡布缆元件（电缆、连接器、跳线等）构成的信道，主要用于用户建筑通用布缆（如：分布式楼宇服务等）、工业自动化及过程控制、物联网、车载网络等应用场景。

## 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。

IEC 60512-99-001 电子设备连接器-试验和测量 第99-001部分：电力负荷下的接通和断开连接器试验规程-试验99a：用于带远程供电的双绞线通信布缆中的连接器（Connectors for electronic equipment-Tests and measurements-Part 99-001: Test schedule for engaging and separating connectors under electrical load-Test 99a: Connectors used in twisted pair communication cabling with remote power）

IEC 60512-99-002 电子及电气设备连接器-试验和测量 第99-002部分：耐久试验规程-试验99b：电力负荷下的断开试验规程（Connectors for electrical and electronic equipment-Tests and measurements-Part 99-002: Endurance test schedules-Test 99b: Test schedule for unmating under electrical load）

IEC 61076-2-101 电子设备连接器-产品要求 第2-101部分：圆形连接器-螺口M12连接器详细规范（Connectors for electronic equipment - Product requirements - Part 2-101: Circular connectors - Detail specification for M12 connectors with screw-locking）

IEC 61076-3-104 电子及电气设备连接器-产品要求 第3-104部分：频率达到2000MHz的数据传输用8芯，屏蔽，固定和不固定连接器详细规范（Connectors for electrical and electronic equipment - Product requirements - Part 3-104: Detail specification for 8-way, shielded free and fixed connectors for data transmissions with frequencies up to 2000 MHz）

IEC 61156-1:2007+AMD1:2009 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第1部分：总规范（Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communication-Part 1: Generic specification）

注：GB/T 18015.1-2017，数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第1部分：总规范

IEC 61156-11 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第11部分：传输特性最高至600MHz的对称单对线缆-水平楼层布线-分规范（Multicore and symmetrical cables for digital communication-Part 11: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 600 MHz-Horizontal floor wiring-Sectional specification）

IEC 61156-12 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第12部分：传输特性最高至600MHz的对称单对线缆-工作区布线-分规范（Multicore and symmetrical cables for digital communication-Part 12: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 600 MHz - work area wiring-Sectional specification）

IEC 61156-13 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第13部分：传输特性最高至20MHz的对称单对线缆-水平楼层布线-分规范（Multicore and symmetrical cables for digital communication-Part 13: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 20MHz-Horizontal floor wiring-Sectional specification）

IEC 63171-1 电子及电气设备连接器-产品要求 第1部分：2芯，屏蔽或非屏蔽，固定和不固定连接器详细规范：第1类/铜缆LC型连接器的机械插拔信息，导针分配和额外要求（Connectors For Electrical And Electronic Equipment-Product Requirements-Part 1: Detail Specification For 2-Way,

Shielded Or Unshielded, Free And Fixed Connectors: Mechanical Mating Information, Pin Assignment And Additional Requirements For Type 1 / Copper Lc Style)

IEC 63171-2 电子及电气设备的连接器-产品要求 第2部分: 2芯, 屏蔽或非屏蔽, 固定和不固定连接器详细规范: 第2类连接器的机械插拔信息, 导针分配和额外要求 (Connectors for electrical and electronic equipment - Part 2: Detail specification for 2-way, shielded or unshielded, free and fixed connectors: mechanical mating information, pin assignment and additional requirements for type 2)

IEC 63171-5 电子及电气设备的连接器-产品要求 第5部分: 最高8芯, 屏蔽或非屏蔽, 固定和不固定圆形连接器详细规范: 第5类连接器的机械插拔信息, 导针分配和额外要求 (Connectors for electrical and electronic equipment - Product requirements - Part 5: Detail specification for circular connectors with up to 8 ways, shielded or unshielded, free and fixed connectors: mechanical mating information, pin assignment and additional requirements for type 5)

IEC 63171-6 电子及电气设备的连接器-产品要求 第6部分: 2芯和4芯 (数据/供电), 屏蔽, 固定和不固定的频率最高至600MHz供电和数据传输连接器详细规范 (Connectors For Electrical And Electronic Equipment-Part 6: Detail Specification For 2-Way And 4-Way (Data/Power), Shielded, Free And Fixed Connectors For Power And Data Transmission With Frequencies Up To 600 MHz)

ISO/IEC 11801-1 信息技术-用户建筑群通用布缆 第1部分: 通用要求 (Information technology-Generic cabling for customer premises-Part 1: General requirements)

注: GB/T 18233-2008 信息技术 用户建筑群的通用布缆

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/Amd. 1:2017 ISO/IEC/IEEE国际标准 第3部分: 以太网标准修订1: 单对平衡双绞线铜缆传输100Mb/s的物理层规范和管理参数 (100BASE-T1) (ISO/IEC/IEEE International Standard-Part 3: Standard for Ethernet-Amendment 1: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 100 Mb/s Operation over a Single Balanced Twisted Pair Cable (100BASE-T1))

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/Amd. 4:2017 ISO/IEC/IEEE国际标准-信息技术-系统间的通信和信息交换-局域网和城域网-特殊要求 第3部分: 以太网标准修订4: 单对双绞线铜缆传输1Gb/s的物理层规范和管理参数 (ISO/IEC/IEEE International Standard-Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific requirements - Part 3: Standard for Ethernet Amendment 4: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 1 Gb/s Operation over a Single Twisted-Pair Copper Cable)

SAE J3117 非屏蔽以太网单对平衡双绞线 (Un-Shielded Balanced Single Twisted Pair Ethernet Cable)

### 3 术语和定义

ISO/IEC 11801-1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**单对平衡电缆** **balanced single pair cable**

指由一对导线、屏蔽 (可选) 和护套 (可选) 组成的电缆, 主要用于差模信号传输和/或电力传输应用。

#### 3.2

**单对平衡连接器** **balanced single pair connector**

是指用来与单对平衡电缆一起传输差模信号和电力传输应用的连接器。

#### 3.3

**单对平衡跳线** **balanced single pair cord**

是指由单对平衡电缆与单对平衡连接器组成的电缆组件。

#### 3.4

**单对平衡布缆信道** **balanced single pair cabling channel**

指由单对平衡电缆 (3.1)、单对平衡连接器 (3.2) 及单对平衡跳线 (3.3) 构成的布缆信道, 用于差模信号传输和电力传输应用。

## 3.5

**线缆共享 cable sharing**

使用一根线缆来支持同时传输多个应用。

## 3.6

**数据线路供电 power over data line**

一种通过单对线实现远程供电的传输技术。

## 3.7

**链路段 link segment**

在两个(且仅两个)介质相关接口 (MDIs) 之间的点对点全双工介质连接。

## 4 缩略语

ISO/IEC 11801-1界定的及下列缩略语适用于本文件。

DCR: 直流电阻 (DC Resistance)

DCLR: 直流环路电阻 (DC Loop Resistance)

IoT: 物联网 (Internet of Things)

MDIs: 介质相关接口 (Medium Dependent Interfaces)

PoDL: 数据线路供电 (Power over Data Line)

SPE: 单对线以太网 (Single-pair Ethernet)

## 5 单对平衡布缆信道

## 5.1 一般规定

单对平衡布缆信道特性是基于单对平衡布缆元件的技术规范而规定的。SPE的IEEE相关链路段规范应符合附录A的要求。

信道的特性是基于有源设备之间的连接而规定的。信道仅包括电缆、连接器和跳线等无源部分。不考虑有源设备上的硬件接口的连接。

附录B给出了在多线对布缆信道中的单对平衡布缆信道的注意事项。

单对平衡布缆信道支持的应用标准参考附录C。

信道中导体的尺寸会影响信道的长度, 附录D给出了导体尺寸的变化对插入损耗的影响。

信道的工作环境可能会对信道的传输产生影响, 关于信道工作环境的等级分类信息请参考ISO/IEC TR 29106及ISO/IEC11801-1相关章节。

## 5.2 单对平衡布缆信道的等级

单对平衡布缆信道分为以下信道等级:

——T1-A 级信道的频率范围为 0.1MHz 到 20MHz

——T1-B 级信道的频率范围为 0.1MHz 到 600MHz

T1-A信道又根据衰减的不同分为3个子信道等级, 分别为T1-A-100, T1-A-400, T1-A-1000。这些子信道等级的其他传输参数均保持一致。

T1-A信道可在对应长度里提供支持T1-A应用的最小传输性能, 同理适用于其他信道。T1-B的信道可在等同长度内支持T1-A信道的所有应用。T1-A信道提供最低等级的信道应用。

## 5.3 信道组成

## 5.3.1 一般规定

单对平衡布缆信道的组成包含用户跳线、水平线缆及成对连接器。

跳线用软线缆的衰减允许高于水平布缆用线缆50%, 有关跳线用软线缆的相关信息见IEC 61156-12标准。当信道中包含超过2m以上的跳线时, 信道组成总长度可能会相应减少, 可通过在信道中使用更大导体直径的线缆做相应的弥补。

T1-A信道总长度不能超过1000m, T1-B信道总长度不能超过100m。

### 5.3.2 T1-A-1000 信道

T1-A-1000信道支持最长1000m，包含至多10个连接点，信道组成示意图见图1。



图1 T1-A-1000 信道组成

### 5.3.3 T1-A-400 信道

T1-A-400信道支持最长400m，包含至多5个连接点，信道组成示意图见图2。

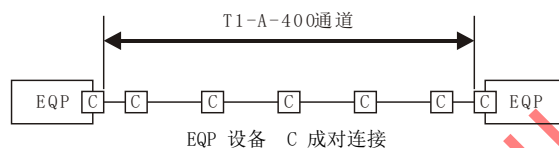


图2 T1-A-400 信道组成

### 5.3.4 T1-A-100 信道及 T1-B 信道

T1-A-100及T1-B信道支持最长100m，包含至多4个连接点，信道组成示意图见图3。

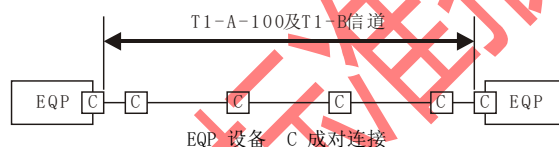


图3 T1-A-100 及 T1-B 信道组成

## 5.4 单对平衡布缆信道要求

### 5.4.1 直流环路电阻

直流环路电阻（DCLR）要求适用于所有单对平衡布缆等级。

单对平衡布缆信道的直流环路电阻应符合表1的要求。

表1 20℃下单对平衡布缆信道的直流环路电阻

20℃下最大直流环路电阻			
Ω			
T1-A-1000	T1-A-400	T1-A-100	T1-B
46.5	58.3	14.7	14.7

### 5.4.2 直流电阻不平衡

直流电阻不平衡性要求适用于所有单对平衡布缆等级。

单对平衡布缆信道的两个导体之间的直流电阻不平衡不得超过3%或100mΩ（取大值）。

### 5.4.3 直流载流容量

最小直流载流容量要求适用于所有单对平衡布缆等级。

在线缆所支持的工作温度范围内，单对平衡布缆信道内的每根导线应具有0.75A的最小直流载流容量。



信道中的每一个连接器应满足在60℃时持续具有2.0A的最小直流载流容量。

直流载流能力不是应用支持的指南，因为其他因素（包括承载远程供电电流的导线和电缆的数量及其安装环境）可能会对每根导线的电流产生进一步的限制，相关数据线路供电（PoDL）的信息请参见附录E。

信道的设计与安装可能对载流量产生的影响，有关通过这些不同等级的单对平衡布缆提供远程供电（PoDL）的安装条件和应用的直流载流容量信息，请参考ISO/IEC TS 29125。

#### 5.4.4 介电强度

最小介电强度要求适用于所有单对平衡布缆等级。

单对平衡布缆信道的介电（耐压）强度应满足导体对导体直流1000V，1 min，不击穿，并且导体对屏蔽或导体对地（如果没有屏蔽）应满足直流1000V，1 min，不击穿。此部分要求通过布缆元件的产品工艺设计来保证。

#### 5.4.5 传输时延

最大传输时延要求适用于所有单对平衡布缆等级。

单对平衡布缆信道的传输时延应符合表2的要求。

表2 单对平衡布缆信道的传输时延

等级	频率 MHz	最大传输时延 μs
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	8.834
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$0.534 + \frac{0.036}{\sqrt{f}} + 4 \times 0.0025$

表3为在典型频率点通过表2中的公式计算出的单对平衡布缆信道最大传输时延参考值。

表3 典型频率点的单对平衡布缆信道传输时延参考值

频率 MHz	最大传输时延 μs	
	T1-A	T1-B
0.1	8.834	0.658
1	8.834	0.580
20	8.834	0.552
100	-	0.548
250	-	0.546
500	-	0.546
600	-	0.545

#### 5.4.6 回波损耗

回波损耗（RL）要求适用于所有单对平衡布缆等级。

单对平衡布缆信道的回波损耗应符合表4的要求。

布缆两端测量均应满足回波损耗要求。信道插入损耗（IL）低于3.0dB的频率下的回波损耗（RL）值仅供参考。

表4 单对平衡布缆信道的回波损耗

等级	频率 MHz	最小回波损耗 dB
T1-A	$0.1 \leq f < 0.5$	$9 + 8(f)$
	$0.5 \leq f \leq 20$	13.0

T1-B	$0.1 \leq f < 1$	$9+10(f)$
	$1 \leq f < 10$	19.0
	$10 \leq f < 40$	$24 - 5\lg(f)$
	$40 \leq f < 130$	16.0
	$130 \leq f < 400$	$37 - 10\lg(f)$
	$400 \leq f \leq 600$	11.0

表5为在典型频率点通过表4中的公式计算出的单对平衡布缆信道最小回波损耗参考值。

表 5 典型频率点的单对平衡布缆信道回波损耗参考值

最小回波损耗 dB		
频率 MHz	等级	
	T1-A	T1-B
0.1	9.8	10.0
1	13.0	19.0
20	13.0	17.5
100	-	16.0
250	-	13.0
500	-	11.0
600	-	11.0

#### 5.4.7 插入损耗

插入损耗（IL）要求适用于所有单对平衡布缆等级。  
单对平衡布缆信道的插入损耗应符合表6的要求。

表 6 单对平衡布缆信道的插入损耗

等级	频率 (MHz)	最大插入损耗 <sup>a</sup> (dB)
T1-A-1000	$0.1 \leq f \leq 20$	$10 \times \left( 1.23\sqrt{f} + 0.01f + \frac{0.2}{\sqrt{f}} \right) + 10 \times 0.02\sqrt{f}$ <sup>b</sup>
T1-A-400	$0.1 \leq f \leq 20$	$4.05 \times \left( 1.82\sqrt{f} + 0.0091f + \frac{0.25}{\sqrt{f}} \right) + 5 \times 0.02\sqrt{f}$
T1-A-100	$0.1 \leq f \leq 20$	$1.05 \times \left( 1.9108\sqrt{f} + 0.0222f + \frac{0.2}{\sqrt{f}} \right) + 4 \times 0.02\sqrt{f}$
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$1.05 \times \left( 1.8\sqrt{f} + 0.005f + \frac{0.2}{\sqrt{f}} \right) + 4 \times 0.02\sqrt{f}$

<sup>a</sup> 计算值小于3.0 dB的，取值3.0dB。  
<sup>b</sup> T1-A-1000信道插入损耗的计算未使用软跳线。

表7为在典型频率点通过表6中的公式计算出的单对平衡布缆信道最大插入损耗参考值。

表 7 典型频率点的单对平衡布缆信道插入损耗参考值

最大插入损耗 dB				
频率 MHz	T1-A-1000	T1-A-400	T1-A-100	T1-B

0.1	10.3	5.6	3.0	3.0
1	14.6	8.5	3.0	3.0
20	58.3	34.4	9.8	9.0
100	-	-	-	20.3
250	-	-	-	32.5
500	-	-	-	46.7
600	-	-	-	51.4

#### 5.4.8 不平衡衰减及耦合衰减

##### 5.4.8.1 一般规定

不平衡衰减参数（横向转换损耗（TCL）和等电平横向转换传输损耗（ELTCTL））是非屏蔽系统的技术要求。耦合衰减则是屏蔽系统的技术要求。

平衡布缆不平衡衰减参数以及MICE环境特性应符合ISO/IEC 11801-1的要求。

##### 5.4.8.2 近端不平衡衰减

近端不平衡衰减是以横向转换损耗（TCL）来做测量的。

最小TCL要求适用于非屏蔽系统。拟在一个环境分类Ex下安装使用的单对平衡布缆信道的TCL应符合表8的要求。布缆的两端测量均应满足TCL要求，并应按照制造商的说明进行设计和安装。

表8 单对平衡布缆信道横向转换损耗（TCL）

等级	频率 MHz	环境分级		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub> <sup>a</sup>	E <sub>3</sub> <sup>a</sup>
		最小TCL <sup>b</sup> dB		
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$50-20\lg(f/10)$	$50-20\lg(f/10)$	$60-20\lg(f/10)$
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$50-20\lg(f/10)$	$60-20\lg(f/10)$	$70-20\lg(f/10)$

<sup>a</sup> 参考的实现不能确保信道符合E<sub>2</sub>或E<sub>3</sub>要求。  
<sup>b</sup> 计算值大于50dB的，取值50dB。

表9为在典型频率点通过表8中的公式计算出的单对平衡布缆信道最小横向转换损耗参考值。

表9 典型频点的单对平衡布缆信道横向转换损耗（TCL）参考值

等级	频率 MHz	环境分级		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		最小TCL dB		
T1-A	0.1	50.0	50.0	50.0
	1	50.0	50.0	50.0
	20	44.0	44.0	50.0
T1-B	0.1	50.0	50.0	50.0
	1	50.0	50.0	50.0
	20	44.0	50.0	50.0
	100	30.0	40.0	50.0
	250	22.0	32.0	42.0
	500	16.0	26.0	36.0
	600	14.4	24.4	34.4

##### 5.4.8.3 远端不平衡衰减

远端不平衡衰减是以等电平横向转换传输损耗（ELTCTL）来做衡量的。

最小ELTCTL要求适用于非屏蔽系统。拟在一个环境分类Ex下安装使用的单对平衡布缆信道的ELTCTL应符合表10的要求。布缆的两端测量均应满足ELTCTL要求，并应按照制造商的说明进行设计和安装。

表 10 非屏蔽单对平衡布缆信道等电平横向转换传输损耗 (ELTCTL)

等级	频率 MHz	环境分级		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		最小ELTCTL <sup>a, b</sup> dB		
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$30-20\lg(f)$	$40-20\lg(f)$	$50-20\lg(f)$
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$30-20\lg(f)$	$40-20\lg(f)$	$50-20\lg(f)$

<sup>a</sup> 计算值大于50dB的, 取值50dB。  
<sup>b</sup> 计算值小于3dB的, 取值3dB。

表11为在典型频率点通过表10中的公式计算出的非屏蔽单对平衡布缆信道最小等电平横向转换传输损耗参考值。

表 11 典型频点的非屏蔽单对平衡布缆信道等电平横向转换传输损耗 (ELTCTL) 参考值

等级	频率 MHz	环境分级		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		最小ELTCTL dB		
T1-A	0.1	50.0	50.0	50.0
	1	30.0	40.0	50.0
	20	4.0	14.0	24.0
T1-B	0.1	50.0	50.0	50.0
	1	30.0	40.0	50.0
	20	4.0	14.0	24.0
	100	-	3.0	3.0
	250	-	3.0	3.0
	600	-	3.0	3.0

#### 5.4.8.4 耦合衰减

最小耦合衰减要求适用于屏蔽系统。拟在一个环境分类E<sub>x</sub>下安装使用的单对平衡布缆信道的耦合衰减应符合表12的要求。布缆的两端测量均应满足耦合衰减要求, 并应按照制造商的说明进行设计和安装。

表 12 屏蔽单对平衡布缆信道耦合衰减

等级	频率 MHz	环境分级		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		最小耦合衰减 dB		
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	54	64	74
T1-B	$0.1 \leq f < 20$	54	64	74
	$20 \leq f \leq 600$	$80-20\lg(f)$	$90-20\lg(f)$	$100-20\lg(f)$

表13为在典型频率点通过表12中的公式计算出的屏蔽单对平衡布缆信道最小耦合衰减参考值。

表 13 典型频点的屏蔽单对平衡布缆信道耦合衰减参考值

等级	频率 MHz	环境分级		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		最小耦合衰减 dB		

T1-A	0.1	54.0	64.0	74.0
	1	54.0	64.0	74.0
	20	54.0	64.0	74.0
T1-B	0.1	54.0	64.0	74.0
	1	54.0	64.0	74.0
	20	54.0	64.0	74.0
	100	40.0	50.0	60.0
	250	32.0	42.0	52.0
	500	26.0	36.0	46.0
	600	24.4	34.4	44.4

#### 5.4.9 外部串扰

##### 5.4.9.1 一般规定

下述外部串扰要求适用于所有单对平衡布缆等级。

外部近端串扰（损耗）功率和（PS-ANEXT）及衰减外部远端串扰功率和比（PS AACR-F）是用于非屏蔽系统的外部（外源）串扰参数，是用于差模到差模的外来噪声损耗规范。

这些外来噪声损耗的测量应按IEC 61156-1:2007+AMD1:2009中第6.3.7.1条的要求进行。

##### 5.4.9.2 外部近端串扰（损耗）功率和(PS ANEXT)

单对平衡布缆信道的PS ANEXT应符合表14中公式计算值的要求。

布缆的两端测量均应满足PS ANEXT要求。

PS ANEXT的计算：

$$PS ANEXT = -10 \lg \left[ \sum_{l=1}^N 10^{\frac{-ANEXT_l}{10}} \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$l$  —— 干扰信道的编号；

$N$  —— 干扰信道的数量；

$ANEXT_l$  —— 第 $l$ 个干扰信道耦合到被干扰信道的外部近端串扰损耗。

表 14 单对平衡布缆信道的 PS ANEXT

等级	频率 MHz	最小PS ANEXT <sup>a</sup> dB
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$37.5 - 17 \lg(f/20)$
T1-B	$0.1 \leq f < 100$	$60 - 10 \lg(f/100)$
	$100 \leq f \leq 600$	$60 - 15 \lg(f/100)$

<sup>a</sup> 计算值大于67dB的，取值67dB。

表15为在典型频率点通过表14中的公式计算出的单对平衡布缆信道最小PS ANEXT参考值。

表 15 典型频率点的单对平衡布缆信道 PS ANEXT 参考值

最小PS ANEXT dB		
频率 MHz	等级	
	T1-A	T1-B

0.1	67.0	67.0
1	59.6	67.0
20	37.5	67.0
100	-	60.0
250	-	54.0
500	-	49.5
600	-	48.3

#### 5.4.9.3 衰减外部远端串扰功率和比 (PS AACR-F)

被干扰信道的PS AACR-F以下述公式计算：

$$PS AACR-F = PS ANEXT - IL \quad (1)$$

式中：

$PS ANEXT$  ——外部近端串扰（损耗）功率和；

$IL$  ——插入损耗。

单对平衡布缆信道的PS AACR-F应符合表16中公式计算值的要求。

表 16 单对平衡布缆信道的 PS AACR-F

等级	频率 MHz	最小PS AACR-F <sup>a</sup> dB
T1-A <sup>b</sup>	$0.1 \leq f \leq 20$	$38 - 18 \lg(f/20)$ <sup>d</sup>
T1-B <sup>c</sup>	$0.1 \leq f \leq 600$	$37 - 20 \lg(f/100)$ <sup>d</sup>
注：T1-A的值来自IEEE PS AFEXT，基于1000m，10个连接点		
<sup>a</sup> 计算值大于75dB的，取值75dB。		
<sup>b</sup> 参考信道长度为1000m。		
<sup>c</sup> 参考信道长度为100m。		
<sup>d</sup> 待进一步研究。		

表17为在典型频率点通过表16中的公式计算出的单对平衡布缆信道最小PS AACR-F参考值。

表 17 典型频率点的单对平衡布缆信道 PS AACR-F 参考值

频率 MHz	最小PS AACR-F <sup>a</sup> dB	
	等级	
	T1-A	T1-B
0.1 <sup>a</sup>	75.0	75.0
1 <sup>a</sup>	61.4	75.0
20	38.0	51.0
100	-	37.0
250	-	29.0
500	-	23.0
600	-	21.4
<sup>a</sup> PS AACR-F在1MHz及以下的值受计算的插入损耗的影响。		

#### 5.4.9.4 屏蔽信道的外部串扰和耦合衰减

当一个信道的耦合衰减满足或超过表18-屏蔽信道的外部串扰和耦合衰减的值时，在设计上即已满足PS ANEXT要求。

当一个信道的耦合衰减满足或超过表18-屏蔽信道的外部串扰和耦合衰减的值时，在设计上即已满足PS AACR-F要求。

表 18 屏蔽信道的外部串扰和耦合衰减

等级	频率 MHz	最小的耦合衰减以满足 PS ANEXT及PS AACR-F dB
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	60
T1-B	$30 \leq f < 100$	64
	$100 \leq f \leq 600$	$90 - 20\lg(f)$

## 6 单对平衡电缆要求

### 6.1 一般规定

与信道相关单对平衡电缆的要求规定如下：

针对低于600MHz信道的单对平衡电缆应符合IEC 61156-11和IEC 61156-12的规定。

针对低于20MHz信道的单对平衡电缆应符合IEC 61156-13的规定。

其他适用于单对线应用的线缆类型可参考IEC 61156系列对应的线缆标准。

应用于汽车环境的平衡单对线线对及线缆，针对汽车不同的温度环境应划分不同的温度等级，并进行相应的温度老化测试。相关温度等级及老化测试的信息可参见附录F。

单对平衡电缆的相关标准在表19中做了汇总。

表 19 单对平衡电缆标准

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	导体类型	单对平衡电缆标准
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	单股实芯	IEC 61156-11
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	单股实芯或多股	IEC 61156-12
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	单股实芯	IEC 61156-13
汽车用线缆	-	-	多股	SAE J3117

### 6.2 导体尺寸与传输距离

通过采用更大的导体尺寸来降低线缆的插入损耗从而提高线缆支持的距离，具体信息请参考附录D，应同时保证最大链路时延也符合标准。

### 6.3 导体电阻

单对平衡电缆在20°C时的最大导体电阻应符合表20的要求。

表 20 20°C下单对平衡电缆的最大直流电阻

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	直流电阻 $\Omega/\text{km}$	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	145	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	145	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	60.3	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	60.3	单股实芯或多股

### 6.4 电阻不平衡

单对平衡电缆的两个导体之间的电阻不平衡不得超过2.0%。

### 6.5 传输时延

单对平衡电缆的最大传输时延应符合表21的要求。

表 21 单对平衡电缆的最大传输时延

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	最大传输时延 $\mu\text{s}/100\text{m}$	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$0.534 + 0.036/\sqrt{f}$	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$0.534 + 0.036/\sqrt{f}$	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$0.534 + 0.036/\sqrt{f}$	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$0.534 + 0.036/\sqrt{f}$	单股实芯或多股

## 6.6 回波损耗

单对平衡电缆的最小回波损耗应符合表22的要求。

表 22 单对平衡电缆的最小回波损耗

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	最小回波损耗 dB	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 10$	$20 - 5\lg(f)$	单股实芯
		$10 < f \leq 20$	25	
		$20 < f \leq 250$	$25 - 7\lg(f/20)$	
		$250 < f \leq 600$	17.3	
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 10$	$20 - 5\lg(f)$	单股实芯或多股
		$10 < f \leq 20$	25	
		$20 < f \leq 250$	$25 - 8.6\lg(f/20)$	
		$250 < f \leq 600$	15.6	
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 10$	$20 - 5\lg(f)$	单股实芯
		$10 < f \leq 20$	25	
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 10$	$20 - 5\lg(f)$	单股实芯或多股
		$10 < f \leq 20$	25	

## 6.7 衰减

单对平衡电缆的最大衰减应符合表23的要求。

表 23 单对平衡电缆的最大衰减

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	最大线缆衰减 dB/100m	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$1.8\sqrt{f} + 0.0050f + 0.25/\sqrt{f}$	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$2.7\sqrt{f} + 0.0075f + 0.36/\sqrt{f}$	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$1.23\sqrt{f} + 0.01f + 0.2/\sqrt{f}$	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$1.84\sqrt{f} + 0.01f + 0.2/\sqrt{f}$	单股实芯或多股

## 6.8 不平衡衰减和耦合衰减

### 6.8.1 一般规定

不平衡衰减数值，如横向转换损耗TCL和等效横向转换损耗ELCTL用来衡量非屏蔽线缆的差模转共模的转换损耗参数。

耦合衰减则用来衡量屏蔽线缆的差模转共模的转换损耗参数。

### 6.8.2 横向转换损耗 TCL

单对平衡电缆的最小横向转换损耗应符合表24的要求。

表 24 单对平衡电缆的最小横向转换损耗



线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	TCL Level 1 dB	TCL Level 2 dB	TCL Level 3 dB	TCL Level 4 dB	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$50-15\lg(f)^a$	-	-	-	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$50-15\lg(f)^a$	-	-	-	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$40-15\lg(f)^a$	$50-15\lg(f)^b$	$60-15\lg(f)^b$	$70-15\lg(f)^b$	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$40-15\lg(f)^a$	$50-15\lg(f)^b$	$60-15\lg(f)^b$	$70-15\lg(f)^b$	单股实芯或多股
<sup>a</sup> 计算值大于40dB的, 取值40dB。							
<sup>b</sup> 计算值大于50dB的, 取值50dB。							

### 6.8.3 等效横向转换损耗 ELTCTL

单对平衡电缆的最小等效横向转换损耗ELTCTL应符合表25的要求。

表 25 单对平衡电缆的最小等效横向转换损耗

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	ELTCTL Level1 dB	ELTCTL Level2 dB	ELTCTL Level3 dB	ELTCTL Level4 dB	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$40-20\lg(f)^a$	-	-	-	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$40-20\lg(f)^a$	-	-	-	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$35-20\lg(f)^a$	$35-20\lg(f)^a$	$45-20\lg(f)^a$	$55-20\lg(f)^a$	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	$35-20\lg(f)^a$	$35-20\lg(f)^a$	$45-20\lg(f)^a$	$55-20\lg(f)^a$	单股实芯或多股
<sup>a</sup> 计算值小于5dB的, 取值5dB。							

### 6.8.4 耦合衰减

耦合衰减分为四种类型, Type I、Type Ib、Type II、Type III, 相关信息请参考IEC 61156系列标准。单对平衡电缆的最小耦合衰减应符合表26的要求。

表 26 单对平衡电缆的最小耦合衰减

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	耦合衰减 Type II dB	耦合衰减 Type Ib dB	耦合衰减 Type I dB	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$55-20\lg(f/100)^a$	$70-20\lg(f/100)^b$	$85-20\lg(f/100)^c$	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$55-20\lg(f/100)^a$	$70-20\lg(f/100)^b$	$85-20\lg(f/100)^c$	单股实芯或多股
水平线缆	20	$1 \leq f \leq 20$	$55-20\lg(f/100)^a$	$70-20\lg(f/100)^b$	$85-20\lg(f/100)^c$	单股实芯
工作区线缆	20	$1 \leq f \leq 20$	$55-20\lg(f/100)^a$	$70-20\lg(f/100)^b$	$85-20\lg(f/100)^c$	单股实芯或多股
<sup>a</sup> 计算值大于55dB的, 取值55dB。						
<sup>b</sup> 计算值大于70dB的, 取值70dB。						
<sup>c</sup> 计算值大于85dB的, 取值85dB。						

## 6.9 外部串扰

### 6.9.1 一般规定

对于非屏蔽线缆的外部串扰参数, 如外部近端串扰损耗功率和PS ANEXT和衰减外部远端串扰功率和比PS AACR-F, 是用作衡量差模到差模外部干扰衰减的指标。

对于屏蔽线缆, 适用于E<sub>1</sub>环境的外部串扰参数, 可通过参照6.8.4的耦合衰减参数来衡量。

### 6.9.2 外部近端串扰(损耗)功率和(PS ANEXT)

单对平衡电缆的最小外部近端串扰(损耗)功率和(PS ANEXT)应符合表27的要求。

表 27 单对平衡电缆的最小外部近端串扰（损耗）功率和

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	PS ANEXT dB	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	67.0	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	67.0	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	待进一步研究	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	待进一步研究	单股实芯或多股

### 6.9.3 衰减外部远端串扰功率和比（PS AACR-F）

单对平衡电缆的最小衰减外部远端串扰功率和比（PS AACR-F）应符合表28的要求。

表 28 单对平衡电缆的最小衰减外部远端串扰功率和比

线缆类型	最高频率 MHz	频率范围 MHz	PS AACR-F dB	导体类型
水平线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$103-20\lg(f)^a$	单股实芯
工作区线缆	600	$1 \leq f \leq 600$	$103-20\lg(f)^a$	单股实芯或多股
水平线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	待进一步研究	单股实芯
工作区线缆	20	$0.1 \leq f \leq 20$	待进一步研究	单股实芯或多股

<sup>a</sup> 计算值大于80dB的，取值80dB。

## 7 单对平衡连接器要求

### 7.1 一般规定

对于 $M_1I_1C_1E_1$ 环境，宜采用符合IEC 63171-1标准的连接器，也可选择符合IEC 61076-3-104标准的连接器或IEC 63171-2标准的连接器，对于 $M_2I_2C_2E_2$ 和 $M_3I_3C_3E_3$ 环境，宜采用符合IEC 63171-6标准的连接器，也可选择符合IEC 61076-2-101的连接器或符合IEC 63171-5标准的连接器。

与单对平衡布缆一起使用的连接器应满足本章节的性能要求，在设备上的用作匹配接口的除外。应使用终端和测试引线对连接硬件进行测试，这些终端和测试引线应与拟端接的电缆类型的标称特性阻抗相匹配（见第6章），7.8至7.18的要求均为一对配对连接硬件的要求。

### 7.2 IEC 63171-1 的连接器

对于 $M_1I_1C_1E_1$ 环境，宜采用IEC 63171-1连接器，相关外形请参考图4：

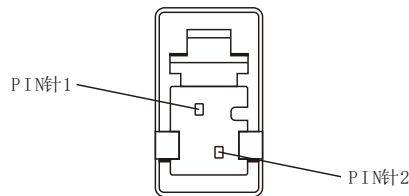


图 4 IEC 63171-1 连接器示意图

IEC 63171-1连接器Pin针定义如表29所示：

表 29 IEC 63171-1 连接器 Pin 针定义

Pin针序号	信号	远程供电
1	TX+	+
2	TX-	-

### 7.3 IEC 63171-6 的连接器

对于 $M_2I_2C_2E_2$ 和 $M_3I_3C_3E_3$ 环境，宜采用IEC 63171-6连接器，相关外形请参考图5：

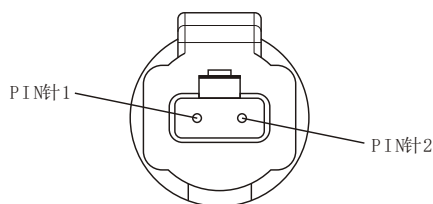


图5 IEC 63171-6 标准的连接器示意图

IEC 63171-6连接器Pin针定义如表30所示：

表30 IEC 63171-6 连接器 Pin 针定义

Pin针序号	信号	远程供电
1	TX+	+
2	TX-	-

#### 7.4 符合 IEC 61076-3-104 标准的连接器

符合IEC 61076-3-104标准的单对连接器或取多线对连接器的任一对均适用于 $M_1I_1C_1E_1$ 环境，单对连接器相关外形请参考图6：

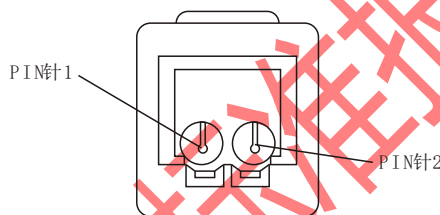


图6 IEC 61076-3-104 单对连接器示意图

IEC 61076-3-104单对连接器Pin针定义如表31所示：

表31 IEC 61076-3-104 单对连接器 Pin 针定义

Pin针序号	信号	远程供电
1	TX+	+
2	TX-	-

#### 7.5 符合 IEC 61076-2-101 标准的连接器

符合IEC 61076-2-101标准的单对连接器或取多线对连接器的任一对均适用于 $M_2I_2C_2E_2$ 和 $M_3I_3C_3E_3$ 环境，单对连接器相关外形请参考图7：

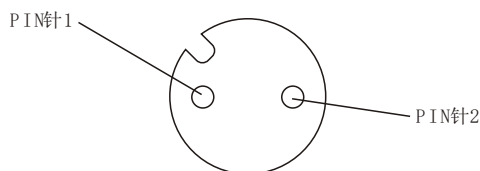


图7 IEC 61076-2-101 单对连接器示意图

IEC 61076-2-101单对连接器Pin针定义如表32所示：

表32 IEC 61076-2-101 单对连接器 Pin 针定义

Pin针序号	信号	远程供电
1	TX+	+
2	TX-	-

### 7.6 IEC 63171-2 连接器

IEC 63171-2连接器适用于 $M_1I_1C_1E_1$ 环境，相关外形请参考图8：

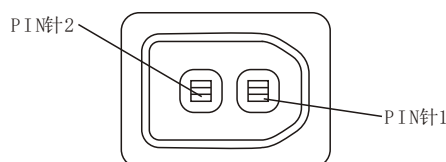


图 8 IEC 63171-2 连接器示意图

IEC 63171-2连接器Pin针定义如表33所示：

表 33 IEC 63171-2 连接器 Pin 针定义

Pin针序号	信号	远程供电
1	TX+	+
2	TX-	-

### 7.7 IEC 63171-5 连接器

IEC 63171-5连接器适用于 $M_2I_2C_2E_2$ 和 $M_3I_3C_3E_3$ 环境，相关外形请参考图9：

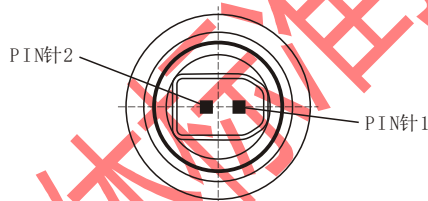


图 9 IEC 63171-5 连接器示意图

IEC 63171-5连接器Pin针定义如表34所示：

表 34 IEC 63171-5 连接器 Pin 针定义

Pin针序号	信号	远程供电
1	TX+	+
2	TX-	-

### 7.8 输入到输出直流电阻

单对平衡连接硬件的输入到输出直流电阻应符合表35的要求（配对的连接器）。

表 35 单对平衡连接硬件的输入到输出直流电阻

最高高频 MHz	频率范围 MHz	DCR mΩ	屏蔽类型
600	$0.1 \leq f \leq 600$	50	屏蔽或非屏蔽
20	$0.1 \leq f \leq 20$	50	屏蔽或非屏蔽

### 7.9 输入到输出直流电阻不平衡

单对平衡连接硬件的输入到输出直流电阻不平衡应符合表36的要求（配对的连接器）。

表 36 单对平衡连接硬件的输入到输出直流电阻不平衡

频率	最大输入输出电阻不平衡 mΩ	
	T1-A	T1-B
DC	25	25

### 7.10 直流载流容量

单对平衡连接硬件的直流载流容量应符合表37的要求（配对的连接器）。

表 37 单对平衡连接硬件的直流载流容量

频率	最小直流载流容量 <sup>a,b</sup> A	
	T1-A	T1-B
DC	2.0	2.0
<sup>a</sup> 环境温度 60°C 下		
<sup>b</sup> 适用于每个导体以及屏蔽层（如果有的话）		

### 7.11 传输时延

单对平衡连接硬件的传输时延应符合表38的要求（配对的连接器）。此要求由产品设计达成。

表 38 单对平衡连接硬件的传输时延

类别	频率 MHz	最大传输时延 <sup>a</sup> ns
T1-A	$0.1 \leq f < 20$	2.5
T1-B	$0.1 \leq f < 600$	2.5
<sup>a</sup> 此要求通过工艺设计来保证		

### 7.12 绝缘电阻及耐压

单对平衡连接硬件的绝缘电阻应符合表39的要求，耐压应符合表40的要求。

表 39 单对平衡连接硬件的绝缘电阻

最小绝缘电阻 MΩ	
T1-A	T1-B
500	500

表 40 单对平衡连接硬件的耐压

电气特性	最低耐压（DC 或 AC） V	
	T1-A	T1-B
导体对导体	1000	1000
导体对测试面板（和屏蔽，如果有的话）	1500	1500

### 7.13 转移阻抗（仅适用于屏蔽连接器）

屏蔽单对平衡连接硬件的转移阻抗应符合表41的要求（配对的连接器）。

表 41 单对平衡连接硬件的转移阻抗（屏蔽连接器）

频率 MHz	最大转移阻抗 $\Omega$	
	T1-A	T1-B
$0.1 \leq f \leq 10$	$0.05 \times f^{0.3}$	$0.05 \times f^{0.3}$
$10 < f \leq 20$	$0.01 \times f$	$0.01 \times f$
$20 < f \leq 80$	-	$0.01 \times f$

表42是为在典型频率点通过表41中的公式计算出的单对平衡连接硬件的转移阻抗参考值。

表 42 典型频率点的单对平衡连接硬件（屏蔽连接器）的转移阻抗参考值

频率 MHz	最大转移阻抗 $\Omega$	
	T1-A	T1-B
0.1	0.03	0.03
1	0.05	0.05
10	0.10	0.10
20	0.20	0.20
80	-	0.80

#### 7.14 回波损耗

单对平衡连接硬件的回波损耗应符合表43的要求（配对的连接器）。

表 43 单对平衡连接硬件的回波损耗

类别	频率 MHz	最小回波损耗 <sup>a</sup> dB
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$74 - 20 \lg(f)$
T1-B	$0.1 \leq f < 600$	$74 - 20 \lg(f)$

<sup>a</sup> 计算值大于 30dB 的，取值 30dB

表44是为在典型频率点通过表43中的公式计算出的单对平衡连接硬件的回波损耗参考值

表 44 典型频率点的单对平衡连接硬件的回波损耗参考值

频率 MHz	最小回波损耗 dB	
	T1-A	T1-B
0.1	30.0	30.0
1	30.0	30.0
20	30.0	30.0
100	-	30.0
250	-	26.0
500	-	20.0
600	-	18.4

#### 7.15 插入损耗

单对平衡连接硬件的插入损耗应符合表45的要求（配对的连接器）。

表 45 单对平衡连接硬件的插入损耗

类别	频率 MHz	最大插入损耗 <sup>a</sup> dB
T1-A	$0.1 \leq f < 20$	$0.02\sqrt{f}$
T1-B	$0.1 \leq f < 600$	$0.02\sqrt{f}$

<sup>a</sup> 计算值小于 0.1dB 的，取值 0.1dB

表46是为在典型频率点通过表45中的公式计算出的单对平衡连接硬件的插入损耗参考值。

表 46 典型频率点的单对平衡连接硬件的插入损耗参考值

频率 MHz	最大插入损耗 dB	
	T1-A	T1-B
0.1	0.10	0.10
1	0.10	0.10
20	0.10	0.10
100	-	0.20
250	-	0.32
500	-	0.45
600	-	0.49

## 7.16 不平衡衰减和耦合衰减

### 7.16.1 一般规定

不平衡衰减数值，如横向转换损耗TCL和等效横向转换损耗ELTCTL用作衡量非屏蔽连接硬件的差模转共模的转换损耗参数。

耦合衰减用作衡量屏蔽连接硬件的差模转共模的转换损耗参数。

### 7.16.2 横向转换损耗（TCL）

单对平衡连接硬件的横向转换损耗（TCL）应符合表47的要求（配对的连接器）。

表 47 单对平衡连接硬件的横向转换损耗

类别	频率 MHz	环境分类		
		$E_1$	$E_2^b$	$E_3^b$
		最小横向转换损耗 <sup>a</sup> dB		
T1-A	$0.1 \leq f < 20$	$68-20\lg(f)$	待进一步研究	待进一步研究
T1-B	$0.1 \leq f < 600$	$68-20\lg(f)$	待进一步研究	待进一步研究

<sup>a</sup> 计算值大于 50dB 的，取值 50dB  
<sup>b</sup> 参考实施不能确保信道适用于  $E_2$  或  $E_3$

表48是为在典型频率点通过表47中的公式计算出的单对平衡连接硬件的横向转换损耗参考值。

表 48 典型频率点的单对平衡连接硬件的横向转换损耗参考值

最小横向转换损耗 dB						
频率 MHz	类别（环境分类）					
	T1-A (E <sub>1</sub> )	T1-A (E <sub>2</sub> )	T1-A (E <sub>3</sub> )	T1-B (E <sub>1</sub> )	T1-B (E <sub>2</sub> )	T1-B (E <sub>3</sub> )
0.1	50.0	待进一步研究	待进一步研究	50.0	待进一步研究	待进一步研究
1	50.0	待进一步研究	待进一步研究	50.0	待进一步研究	待进一步研究
20	42.0	待进一步研究	待进一步研究	42.0	待进一步研究	待进一步研究
100	-	-	-	28.0	待进一步研究	待进一步研究
250	-	-	-	20.0	待进一步研究	待进一步研究
500	-	-	-	14.0	待进一步研究	待进一步研究
600	-	-	-	12.4	待进一步研究	待进一步研究

### 7.16.3 横向转换转移损耗（TCTL）

单对平衡连接硬件的横向转换转移损耗（TCTL）应符合表49的要求（配对的连接器）。

表 49 单对平衡连接硬件的横向转换损耗

类别	频率 MHz	环境分类		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
最小横向转换传输损耗 <sup>a</sup> dB				
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$68 - 20 \lg(f)$	待进一步研究	待进一步研究
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$68 - 20 \lg(f)$	待进一步研究	待进一步研究

<sup>a</sup> 计算值大于 50dB 的，取值 50dB

表50是为在典型频率点通过表49中的公式计算出的单对平衡连接硬件的横向转换损耗参考值。

表 50 典型频率点的单对平衡连接硬件的横向转换损耗参考值

最小横向转换传输损耗 dB						
频率 MHz	类别（环境分类）					
	T1-A (E <sub>1</sub> )	T1-A (E <sub>2</sub> )	T1-A (E <sub>3</sub> )	T1-B (E <sub>1</sub> )	T1-B (E <sub>2</sub> )	T1-B (E <sub>3</sub> )
0.1	50.0	待进一步研究	待进一步研究	50.0	待进一步研究	待进一步研究
1	50.0	待进一步研究	待进一步研究	50.0	待进一步研究	待进一步研究
20	42.0	待进一步研究	待进一步研究	42.0	待进一步研究	待进一步研究
100	-	-	-	28.0	待进一步研究	待进一步研究
250	-	-	-	20.0	待进一步研究	待进一步研究
500	-	-	-	14.0	待进一步研究	待进一步研究
600	-	-	-	12.4	待进一步研究	待进一步研究

### 7.16.4 耦合衰减



单对平衡连接硬件的耦合衰减应符合表51的要求（配对的连接器）。

表 51 单对平衡连接硬件的耦合衰减

类别	频率 MHz	环境分类		
		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
		最小耦合衰减 <sup>a</sup> dB		
T1-A	$0.1 \leq f < 20$	$100-20\lg(f)$	$110-20\lg(f)$	$120-20\lg(f)$
T1-B	$0.1 \leq f < 600$	$100-20\lg(f)$	$110-20\lg(f)$	$120-20\lg(f)$

<sup>a</sup> 计算值大于 75dB 的，取值 75dB

表52是为在典型频率点通过表51中的公式计算出的单对平衡连接硬件的耦合衰减参考值

表 52 典型频率点的单对平衡连接硬件的耦合衰减参考值

频率 MHz	最小耦合衰减 dB					
	类别（环境分类）					
	T1-A (E <sub>1</sub> )	T1-A (E <sub>2</sub> )	T1-A (E <sub>3</sub> )	T1-B (E <sub>1</sub> )	T1-B (E <sub>2</sub> )	T1-B (E <sub>3</sub> )
0.1	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
1	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
20	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
100	-	-	-	60.0	70.0	75.0
250	-	-	-	52.0	62.0	72.0
500	-	-	-	46.0	56.0	66.0
600	-	-	-	44.4	54.4	64.4

### 7.17 外部近端串扰（损耗）功率和（PS ANEXT）

单对平衡连接硬件的外部近端串扰（损耗）功率和（PS ANEXT）应符合表53的要求（配对的连接器）。

表 53 单对平衡连接硬件的外部近端串扰（损耗）功率和

类别	频率 MHz	最小外部近端串扰（损耗）功率和 <sup>a</sup> dB
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$140-20\lg(f)$
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$140-20\lg(f)$

<sup>a</sup> 计算值大于 72dB 的，取值 72dB

表54是为在典型频率点通过表53中的公式计算出的单对平衡连接硬件的外部近端串扰（损耗）功率和参考值

表 54 典型频率点的单对平衡连接硬件的外部近端串扰（损耗）功率和参考值

最小外部近端串扰（损耗）功率和 dB		
频率 MHz	类别	
	T1-A	T1-B
0.1	72.0	72.0
1	72.0	72.0
20	72.0	72.0
100	-	72.0
250	-	72.0
500	-	72.0
600	-	72.0

### 7.18 外部远端串扰（损耗）功率和（PS AFEXT）

单对平衡连接硬件的外部远端串扰（损耗）功率和（PS AFEXT）应符合表55的要求（配对的连接器）。

表 55 单对平衡连接硬件的外部远端串扰（损耗）功率和

类别	频率 MHz	最小外部远端串扰（损耗）功率和 <sup>a, b</sup> dB
T1-A	$0.1 \leq f \leq 20$	$120 - 20 \lg(f)$ ffs
T1-B	$0.1 \leq f \leq 600$	$120 - 20 \lg(f)$ ffs

<sup>a</sup> 计算值大于 72dB 的，取值 72dB。  
<sup>b</sup> 对于连接器，PS AFEXT 与 PS AACR-F 之间的差异很小。因此，连接器的 PS AFEXT 要求被用于链路和信道的 PS AACR-F 性能建模

表56是为在典型频率点通过表55中的公式计算出的单对平衡连接硬件的外部远端串扰功率和参考值。

表 56 典型频率点的单对平衡连接硬件的外部远端串扰（损耗）功率和参考值

最小外部远端串扰（损耗）功率和 dB		
频率 MHz	类别	
	T1-A	T1-B
0.1	72.0	72.0
1	72.0	72.0
20	72.0	72.0
100	-	72.0
250	-	72.0
500	-	66.0
600	-	64.4

### 7.19 多线对可分支连接器及多线对连接器的分支连接硬件

当采用多于1对平衡线对的连接器端接在多线对双绞线上组成信道时，可通过使用本身支持分支连接的多线对可分支连接器（例如：符合IEC 61076-3-104标准的4线对连接器），或使用专用的分支连接硬件（例如额外的分支转接适配器）将多对平衡布缆信道当成多个单对平衡布缆信道使用。此时的单对平

平衡布缆信道性能参考第5章相关性能指标，还应考虑多对线平衡电缆的线对间串音对单对平衡布缆信道的影响，建议采用线对屏蔽型多对线平衡线缆。

## 8 单对平衡跳线

### 8.1 一般规定

第8章所述的跳线是由符合第6章及IEC 61156系列标准的单对平衡电缆和符合第7章所规定的活动连接器（插头）所组成的。跳线两端连接器类型应与永久链路的连接器类型一致。

跳线的导体尺寸和总长度可能会影响信道的整体传输距离，请参考附录D了解关于导体尺寸对降低插入损耗的影响。

本章未规定的传输性能由相关元件的产品工艺设计来保证，即相关组件符合第6章及第7章的要求，则由其组成的跳线即可满足除本章规定外的其他要求。

注：跳线如使用第7章所规定的连接器界面外的连接器，也需满足本章节的要求。

跳线的性能受插头端接性能的影响，因此在其组装后应通过测试来确保质量，跳线的测试可参考IEC 61935-2。

### 8.2 标识

每根跳线须标识区分：

- 长度
- 跳线类别

### 8.3 回波损耗

单对平衡跳线的回波损耗应符合表57的要求。

表 57 单对平衡跳线的最小回波损耗

频率 MHz	回波损耗 <sup>a,b</sup> MHz	
	T1-A	T1-B
$0.1 \leq f \leq 1$	$16+31g(f)$	$19.8+31g(f)$
$1 < f \leq 20$	$16+31g(f)$	$19.8+31g(f)$
$20 < f \leq 35$	-	$19.8+31g(f)$
$35 < f \leq 600$	-	$39.9-101g(f)$

<sup>a</sup> 低于4MHz的回波损耗值仅供参考。  
<sup>b</sup> 计算值小于10dB的，取值10dB。

表58为在典型频率点通过表57中的公式计算出的单对平衡跳线最小回波损耗参考值。

表 58 单对平衡跳线最小回波损耗参考值

频率 MHz	回波损耗 MHz	
	T1-A	T1-B
0.1	13.0	16.8
1	16.0	19.8
20	19.9	23.7
100	-	19.9
250	-	15.9
500	-	12.9
600	-	12.1

### 8.4 分支跳线

当采用多对线缆作为水平线缆时（线缆共享，CableSharing），可能采用多对线连接器，可通过分支跳线来支持同一工作区的多个单对线应用。

## 9 远程供电

线缆成束安装时，远程供电应用会导致环境温度的温升，附录E提供了关于支持远程供电应用时成束线缆成束数量的相关信息。

当连接器硬件使用在远程供电应用时，应标识对应的载流限制，不应将连接器或跳线应用在超过载流限制的应用上。

连接器硬件在带电插入和拔出时的性能应符合IEC 60512-99-001及IEC 60512-99-002的要求，使用时应考虑连接器硬件支持的插入和拔出次数。

宜采用布缆管理系统对链路的远程供电的等级做标识和管理。

中电元协团体标准报批公示稿

附录 A  
(规范性)  
单对线 IEEE 链路段要求

### A.1 一般规定

IEEE定义了在一个介质相关接口（MDI）之间的点对点连接为链路段，其与通用布缆的信道定义略有不同，见图A.1。



图 A.1 链路段

IEEE 802.3单对线以太网（SPE）链路段的特性要求如下。

### A.2 回波损耗(RL)

#### A.2.1 1000BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 15m及40m链路段回损极限值见表A.1:

表 A.1 1000BASE-T1 15m 及 40m 链路段回损极限值

频率 MHz	最小回波损耗 dB
$1 < f \leq 10$	19.0
$10 < f \leq 40$	$24 - 51g(f)$
$40 < f \leq 130$	16
$130 < f \leq 400$	$37 - 101g(f)$
$400 < f \leq 600$	11

#### A.2.2 100BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.1:2017

100BASE-T1 15m链路段回损极限值见表A.2:

表 A.2 100BASE-T1 15m 链路段回损极限值

频率 MHz	最小回波损耗 dB
$1 < f \leq 20$	18
$20 < f \leq 66$	$18 - 101g(f/20)$

#### A.2.3 10BASE-T1S, IEEE 802.3cg

10BASE-T1S 15m链路段回损极限值见表A.3:

表 A.3 10BASE-T1S 15m 链路段回损极限值

频率 MHz	最小回波损耗 dB
$0.3 < f < 10$	14
$10 \leq f \leq 40$	$14 - 101g(f/10)$

#### A.2.4 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1L 1000m链路段回损极限值见表A.4:

表 A.4 10BASE-T1L 1000m 链路段回损极限值

频率 MHz	最小回波损耗 dB
$0.1 < f < 0.5$	$9.0 + 8f$
$0.5 \leq f \leq 20$	13.0

## A.3 插入损耗(IL)

## A.3.1 1000BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 15m及40m链路段插损极限值见表A.5:

表 A.5 1000BASE-T1 15m 及 40m 链路段插损极限值

频率范围 $1 < f \leq 600$ MHz	插入损耗 dB
15m	$0.5907\sqrt{f} + 0.0023f + \frac{0.0639}{\sqrt{f}}$
40m	$0.7131\sqrt{f} + 0.004f + \frac{0.11}{\sqrt{f}} + 0.08\sqrt{f} + 0.018\sqrt{f}$

## A.3.2 100BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.1:2017

100BASE-T1 15m链路段插损极限值见表A.6:

注: 该连接段包括末端的匹配连接器。

表 A.6 100BASE-T1 15m 链路段插损极限值

频率范围 MHz	最大插入损耗 dB
$1 < f \leq 10$	$1.0 + 1.6 \times \frac{f-1}{9}$
$10 < f \leq 33$	$2.6 + 2.3 \times \frac{f-10}{23}$
$33 < f \leq 66$	$4.9 + 2.3 \times \frac{f-33}{33}$

## A.3.3 10BASE-T1S, IEEE 802.3cg

10BASE-T1S 15m链路段插损极限值见表A.7:

表 A.7 10BASE-T1S 15m 链路段插损极限值

频率范围 MHz	最大插入损耗 dB
$1 < f \leq 10$	$1.0 + 1.6 \times \frac{f-1}{9}$
$10 < f \leq 33$	$2.6 + 2.3 \times \frac{f-10}{23}$
$33 < f \leq 40$	$4.9 + 2.3 \times \frac{f-33}{33}$

## A.3.4 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1L 1000m链路段插损极限值见表A.8:

表 A.8 10BASE-T1L 1000m 链路段插损极限值

频率范围 MHz	最大插入损耗 dB	1000BASE-T1L
$0.1 < f \leq 20$	$10 \times (1.23\sqrt{f} + 0.01f + 0.2/\sqrt{f}) + 10 \times 0.02\sqrt{f}$	通常条件下的PHY
$0.1 < f \leq 20$	$5.9 \times (1.23\sqrt{f} + 0.01f + 0.2/\sqrt{f}) + 10 \times 0.02\sqrt{f}$	1.0Vpp(峰峰电压, 单位V)条件下的PHY

## A.4 TCL - 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1 1000m链路段TCL极限值见表A.9:

表 A.9 10BASE-T1L 1000m 链路段 TCL

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的TCL dB	满足E <sub>2</sub> 的TCL dB	满足E <sub>3</sub> 的TCL dB
$0.1 < f \leq 10$	$\geq 50$	$\geq 50$	未规定
$10 \leq f \leq 20$	$\geq 50 - 20\lg(f/10)$	$\geq 50 - 20\lg(f/10)$	未规定

注: 上述规范用于1V<sub>pp</sub>(峰峰电压, 单位V)操作模式

## A.5 ELTCTL - 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1 1000m链路段ELTCTL极限值见表A.10:

表 A.10 10BASE-T1L 1000m 链路段 ELTCTL

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的ELTCTL dB	满足E <sub>2</sub> 的ELTCTL dB	满足E <sub>3</sub> 的ELTCTL dB
$0.1 \leq f \leq 20$	未规定	未规定	未规定

注: 上述规范用于1V<sub>pp</sub>操作模式

## A.6 PS ANEXT

## A.6.1 1000BASE-T1, Type A, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 15m链路段PS ANEXT极限值见表A.11:

表 A.11 1000BASE-T1 15m 链路段 PS ANEXT

频率范围 MHz	PS ANEXT dB
$1 < f \leq 600$	$54 - 10\lg(f/100)$

## A.6.2 1000BASE-T1, Type B, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 40m链路段PS ANEXT极限值见表A.12:

表 A.12 1000BASE-T1 40m 链路段 PS ANEXT

频率范围 MHz	PS ANEXT dB
$1 < f \leq 600$	65

## A.6.3 100BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.1:2017

100BASE-T1 15m链路段PS ANEXT极限值见表A.13:

表 A.13 100BASE-T1 15m 链路段 PS ANEXT

频率范围 MHz	PS ANEXT dB
$1 < f \leq 100$	$31.5 - 10\lg(f/100)$

## A.6.4 10BASE-T1S, IEEE 802.3cg

10BASE-T1S 15m链路段PS ANEXT极限值见表A.14:

表 A.14 10BASE-T1S 15m 链路段 PS ANEXT

频率范围 MHz	PS ANEXT dB
$1 < f \leq 100$	$31.5 - 10\lg(f/100)$

## A.6.5 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1L 1000m链路段PS ANEXT极限值见表A.15:

表 A.15 10BASE-T1L 1000m 链路段 PS ANEXT

频率范围 MHz	PS ANEXT dB
$0.1 < f \leq 20$	$37.5 - 20\lg(f/20)$

## A.7 PS AACR-F

## A.7.1 1000BASE-T1, Type A, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 15m链路段PS AACR-F极限值见表A.16:

表 A.16 1000BASE-T1 15m 链路段 PS AACR-F

频率范围 MHz	PS AACR-F dB
$1 \leq f \leq 600$	$67 - 20\lg(f/100)$

## A.7.2 1000BASE-T1, Type B, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 40m链路段PS AACR-F极限值见表A.17:

表 A.17 1000BASE-T1 40m 链路段 PS AACR-F

频率范围 MHz	PS AACR-F dB
$1 \leq f \leq 600$	$61 - 20\lg(f/100)$

## A.7.3 100BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.1:2017

100BASE-T1 15m链路段PS AACR-F极限值见表A.18:



表 A.18 100BASE-T1 15m 链路段 PS AACR-F

频率范围 MHz	PS AACR-F dB
$1 \leq f \leq 100$	$16.5 - 20\lg(f/100)$

## A.7.4 10BASE-T1S, IEEE 802.3cg

10BASE-T1S 15m链路段PS AACR-F极限值见表A.19:

表 A.19 10BASE-T1S 15m 链路段 PS AACR-F

频率范围 MHz	PS AACR-F dB
$1 \leq f \leq 100$	$16.5 - 20\lg(f/100)$

## A.7.5 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1L 1000m链路段PS AACR-F极限值见表A.20。

表 A.20 10BASE-T1L 1000m 链路段 PS AACR-F

频率范围 MHz	PS AACR-F dB
$0.1 \leq f \leq 20$	$38 - 18\lg(f/20)$

## A.8 耦合衰减

## A.8.1 1000BASE-T1, Type A, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 15m链路段耦合衰减极限值见表A.21:

表 A.21 1000BASE-T1 15m 链路段耦合衰减

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>2</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>3</sub> 的耦合衰减 dB
$10 \leq f \leq 600$	$72 - 11.51\lg(f)$	未规定	未规定

## A.8.2 1000BASE-T1, Type B, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 40m链路段耦合衰减极限值见表A.22:

表 A.22 1000BASE-T1 40m 链路段耦合衰减

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>2</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>3</sub> 的耦合衰减 dB
$30 \leq f \leq 600$	$80 - 20\lg(f)$	$90 - 20\lg(f)$	$100 - 20\lg(f)$

## A.8.3 100BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.1:2017

100BASE-T1 15m链路段耦合衰减极限值见表A.23:

表 A.23 100BASE-T1 15m 链路段耦合衰减

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>2</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>3</sub> 的耦合衰减 dB
$1 \leq f \leq 200$	$43 - 20\lg(f/33)$	未规定	未规定

## A.8.4 10BASE-T1S, IEEE 802.3cg

10BASE-T1S 15m链路段耦合衰减极限值见表A.24:

表 A.24 10BASE-T1S 15m 链路段耦合衰减

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>2</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>3</sub> 的耦合衰减 dB
$1 \leq f \leq 200$	$43 - 20\lg(f/33)$	未规定	未规定

## A.8.5 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1L 1000m链路段耦合衰减极限值见表A.25:

表 A.25 10BASE-T1L 1000m 链路段耦合衰减

频率范围 MHz	满足E <sub>1</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>2</sub> 的耦合衰减 dB	满足E <sub>3</sub> 的耦合衰减 dB
$0.1 \leq f \leq 20$	$\geq 50$	$\geq 50$	$\geq 60$

## A.9 时延

## A.9.1 1000BASE-T1, Type A, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 15m链路段时延极限值见表A.26:

表 A.26 1000BASE-T1 15m 链路段时延

频率范围 MHz	时延 ns
$1 \leq f \leq 100$	94

## A.9.2 1000BASE-T1, Type B, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD.4:2017

1000BASE-T1 40m链路段时延极限值见表A.27:

表 A.27 1000BASE-T1 40m 链路段时延

频率范围 MHz	时延 ns
$1 \leq f \leq 66$	234

## A.9.3 10BASE-T1L, IEEE 802.3cg

10BASE-T1L 1000m链路段时延极限值见表A.28:

表 A.28 10BASE-T1L 1000m 链路段时延

频率范围 MHz	时延 ns
$0.1 \leq f \leq 20$	8834 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> 8834ns 相当于 1485m 的电缆, 这是 10BASE-T1L 可能的最大传输长度, 使用 1.6 mm 或更大的导线, 同时需符合衰减要求。

## 附录 B

(资料性)

## 单对线链路成束为多线对双绞线的应用要求

使用多线对的电缆（信道）来支持超过1个单对线应用理论上是可行的。

但并不能保证在一个普通护套里能同时使用多个单对线应用。以下指南旨在将“护套共用”可能产生的不相容性降至最低。即需要在工程中确保以下几点。

共用护套内的每对线（信道）应符合单对线信道要求，参见第5章节。

从内部（共用护套内的相邻线对）和外部干扰源进入共用护套内的被干扰信道的综合外部串扰符合 PS ANEXT和PS AACR-F；见第5章节。

此外，以下建议应在工程中注意：

对于共用护套中的所有线对，信号和供电应来自于单个设备源。

共享应用的信道组应该确保从端到端一直在一个护套内，而不是从原始护套再分支并切换到其他共用护套中。

在管理系统中，共用护套的端口也应如此标识。

应咨询应用设备的供应商，以确定线缆共享是否支持，以及是否有其他因素需考虑（例如远程供电、联结，接地和/或管理要求）。

## 附录 C

(资料性)

## 单对平衡布缆支持的应用标准

本文件中规定的单对平衡布缆旨在支持本附录中详述的应用。也可支持未列出的其他应用。

单对平衡布缆应用与第5章中规定的信道性能等级相匹配。使用不平衡传输的应用不在本文件的范围之内。

表C.1包含具有成熟或技术稳定的国际规范的应用。

表 C.1 平衡 1 对线布缆信道支持的应用距离

应用	规范号	发布年份	备注
T1-A 信道 (最高支持 20MHz)			
10BASE-T1S	IEEE 802.3cg	2019	支持距离 ≤15m
10BASE-T1L	IEEE 802.3cg	2019	支持距离 ≤1000m
T1-B 信道 (最高支持 600MHz)			
100BASE-T1	IEEE 802.3bw	2015	支持距离 ≤15m
1000BASE-T1	IEEE 802.3bp	2016	Type A 支持距离 ≤15m; Type B 支持距离 ≤40m

## 附录 D

(资料性)

## 导体尺寸的变化对插入损耗的影响

## D.1 受导体尺寸影响的信道参数

信道可以支持的传输长度受到插入损耗的影响，而插入损耗则会随导体尺寸的变化而变化。当信道内使用了较小尺寸导体的线缆（如超过2米的软跳线）时，其所能支持的信道长度可能会短于标准值。通过在信道中的某一段采用更大导体尺寸的线缆可以降低信道插入损耗（如跳线使用与水平线缆一致的线缆），从而在满足传输时延的前提下获得更长的传输距离。表D.1列出了插入损耗系数和导体尺寸的近似关系，表中的AWG（American wire gauge，美国线规）的对应数值供参考使用：

表 D.1 导体直径 IL 系数，（基于 0.5mm）

线径	AWG	导体直径 (mm)	IL 系数
0.20mm		0.200000	2.500000
0.25mm		0.250000	2.000000
	30	0.254639	1.968564
	29	0.285942	1.748606
0.30mm		0.300000	1.666667
	28	0.321094	1.557176
0.35mm		0.350000	1.428571
	27	0.380567	1.386705
0.40mm		0.400000	1.250000
	26	0.404892	1.234897
0.45mm		0.450000	1.111111
	25	0.454666	1.099708
0.50mm		0.500000	1.000000
	24	0.510559	0.979319
0.55mm		0.550000	0.909091
	23	0.573323	0.872109
0.60mm		0.600000	0.833333
	22	0.643803	0.776635
0.65mm		0.650000	0.769231
0.70mm		0.700000	0.714286
	21	0.722947	0.691614
0.75mm		0.750000	0.666667
0.80mm		0.800000	0.625000
	20	0.811821	0.615899
0.85mm		0.850000	0.588235
0.90mm		0.900000	0.555556
	19	0.911620	0.548474

表 D.1 导体直径 IL 系数（续）

线径	AWG	导体直径 (mm)	IL 系数
0.95mm		0.950000	0.526316
1.0mm		1.000000	0.500000
	18	1.023687	0.488431
1.1mm		1.100000	0.454545
	17	1.149531	0.434960
1.2mm		1.200000	0.416667
	16	1.290846	0.387343
1.3mm		1.300000	0.384615
1.4mm		1.400000	0.357143
	15	1.449532	0.344939
1.5mm		1.500000	0.333333
1.6mm		1.600000	0.312500
	14	1.627727	0.307177
1.7mm		1.700000	0.294118
1.8mm		1.800000	0.277778
	13	1.827827	0.273549
1.9mm		1.900000	0.263158
2.0mm		2.000000	0.250000
	12	2.052525	0.243602

## D.2 导线尺寸变化引起的 IL 系数变化

对于IL和电阻标度，导体IL系数与导体直径成反比，而导体直流电阻与导体直径的平方成反比。

对于IL和电阻标度，需要考虑额外的因素来模拟导体绞合和合金导体所增加的电阻率。

IL与导线直径的关系：衰减（dB）与导体尺寸（直径）大致成反比，如下所示：

- 根据 IEC TR 61156-1-3，衰减  $\gamma = \alpha + j(\beta)$ ，单位为奈培（nepers，与分贝成线性关系，1 Np=8.68589dB）；
- $\gamma$  主要受  $\alpha$  影响，而  $\alpha$  则主要受电阻（R）影响，从而可以推断出衰减  $\gamma$  与电阻 R 近似成线性比例关系；
- 当导体直径加倍时，由于趋肤效应，R（高频，>1MHz）减半（而不是四分之一）；
- 因此，结合上述的 b 与 c，我们可以推断出，当导体直径增加一倍时，以分贝为单位的衰减大约为减半。

## 附录 E

(资料性)

## 支持远程供电应用时成束线缆成束数量的相关信息

远程供电导致的温升可能会影响信道的DCR性能，采用远程供电时应考虑环境温度、成束线缆温升对DCR的影响。

表E.1给出了与单对平衡电缆信道有关的PoDL等级、可供电功率和信道DCLR之间的关系，更多PoDL的信息可参考IEEE 802.3bu。

表 E.1 平衡 1 对线布缆信道支持远程供电的信息

PoDL 等级	最小电压 V	20℃环路电阻 $\Omega$	最大 环路电阻 $\Omega$	最大输出功率 W	最大电流 A	备注
10	20	51.2	65	1.2	0.09	低电压
11	20	19.7	25	3.2	0.24	低电压
12	20	7.5	9.5	8.4	0.62	低电压
13	50		65	7.7	0.23	
14	50		25	20	0.60	
15	50		9.5	52	1.58	



## 附录 F

(资料性)

## 用于汽车的支持单对线以太网的平衡单对线线对及线缆

## F.1 概述

本附录依据SAE J3117给出了在汽车上支持单对线以太网应用的非屏蔽平衡单对线缆一些规定，以及部分环境测试和电气测试要求。更多的关于汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆技术规范请参考SAE J3117。

## F.2 汽车用单对线以太网应用标准及汽车用平衡单对线对及线缆标准

目前已发布的应用在汽车上的单对线以太网标准为：

——1000BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD. 4:2017

——100BASE-T1, ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017/AMD. 1:2017

——2.5GBASE-T1, IEEE 802.3ch-2000

——5GBASE-T1, IEEE 802.3ch-2000

——10GBASE-T1, IEEE 802.3ch-2000

汽车上用的平衡单对线对及线缆遵循以下标准：

——SAE J3117 非屏蔽平衡单对双绞线以太网线缆

——ISO 6722-1 (2011) 道路车辆 - 60V 和 600V 单芯电缆-第1部分:铜线电缆的尺寸规格, 试验方法和要求

——SAE J1678 (2015) 低电压超薄壁主干电缆

——ISO 16750 系列 道路车辆 - 电气和电子装备的环境条件和试验

## F.3 汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆

## F.3.1 线缆结构

SAE J3117中规定的线缆从结构上分为UTP（非屏蔽线对，无外护套）和J-UTP（非屏蔽线缆，有外护套），线缆结构尺寸应遵循表F.1：

表 F.1 汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的结构尺寸

导体				UTP		J-UTP		
SAE J1678 尺寸	ISO 6722-1 单线尺寸	绞合数	最大 导体外径	绝缘导体外径 <sup>1</sup>		绝缘导体外径 <sup>1</sup>		护套外径 <sup>2</sup>
SAE 编号	mm <sup>2</sup>		mm	最小(mm)	最大(mm)	最小(mm)	最大(mm)	最大(mm)
26	0.13	7	0.55	0.76	0.91	0.80	0.95	3.50
24	0.22	7	0.70	0.95	1.05	1.05	1.20	3.50
22	0.35	7	0.90	1.20	1.40	1.30	1.50	4.50
20	0.5	19	1.10	1.35	1.60	1.55	1.78	5.00

注1：双绞线对的每根芯线的绝缘导体外径；  
注2：J-UTP的规定是基于圆形缆。

在SAE J3117标准的附录中，列举了4种J-UTP线缆结构，如图F.1所示：

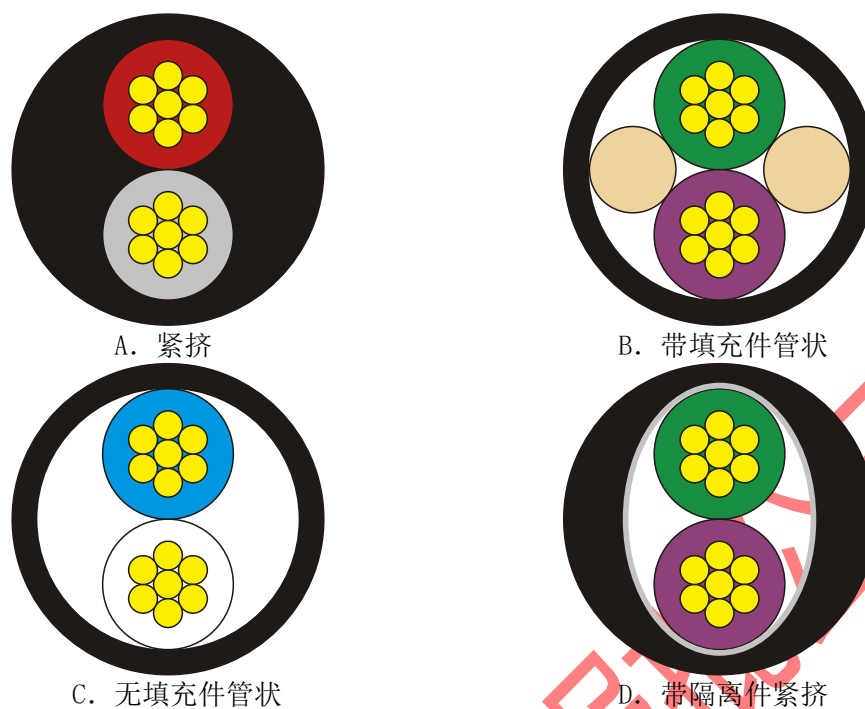


图 F.1 J-UTP 线缆结构举例

### F.3.2 温度等级

SAE J3117标准将线缆分为了4个等级（TCR, TEMPERATURE CLASS RATING），以应对车辆上遇见的各种温度环境，见表F.2：

表 F.2 线缆温度等级

等级	操作温度	等同于温度等级
A	-40℃~85℃	T1
B	-40℃~100℃	T2
C	-40℃~125℃	T3
D	-40℃~150℃	T4

### F.3.3 线缆的性能及测试

#### F.3.3.1 一般规定

UTP线对应满足ISO 6722-1 (2011)里5.5~5.22部分或SAE J1678(2015)里6.3~6.16部分的规定，J-UTP线缆测试应满足ISO 14572 (2011)的规定，包含电气性能、机械性能和环境要求。

#### F.3.3.2 电气性能的测试方式

电气性能测试应遵循以下测试方式：

- 1) 在表 F.3 所示温度下执行样品的初始测试：

表 F.3 电气性能初始测试的温度

样品初始测试内容	测试温度	最低测试温度 <sup>a</sup>	最高温测试温度 <sup>a,b</sup>
阻抗	23℃	-40℃	TCR
IL	23℃	-40℃	TCR
RL	23℃	-40℃	TCR
LCL 和 LCTL	23℃	-40℃	TCR

<sup>a</sup> 测试样品应在测试温度下稳定至少30分钟  
<sup>b</sup> 测试样品的最高测试温度应根据表F.2的温度等级选择相应的温度

2) 在 TCR 标定温度下执行 3000 小时热老化后执行表 F. 4 中的测试:

表 F. 4 3000 小时热老化后的测试

3000 小时热老化后的测试	测试温度
阻抗	23℃
IL	23℃
RL	23℃
LCL 和 LCTL	23℃

3) 在 TCR+25℃ 温度下执行 240 小时热老化后执行表 F. 5 中的测试:

表 F. 5 240 小时热老化后的测试

240 小时热老化后的测试	测试温度
阻抗	23℃
IL	23℃
RL	23℃
LCL 和 LCTL	23℃

以上测试可在同一测试样品上或同一批次的不同样品上执行。不同导体尺寸, 护套厚度和绝缘配方的所有线缆组合都应通过以上测试。

### F. 3. 3. 3 特性阻抗

汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的特性阻抗极限值见表 F. 6:

表 F. 6 汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的特性阻抗极限值

参数	符号	最小 $\Omega$	标准 $\Omega$	最大 $\Omega$
阻抗	Z	90	100	110

### F. 3. 3. 4 插入损耗

汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的插入损耗极限值见图 F. 2:

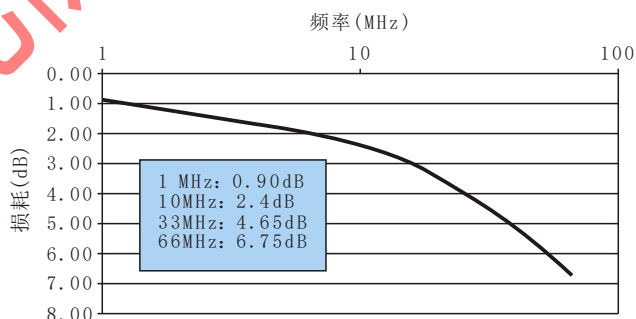


图 F. 2 汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的插入损耗极限值

### F. 3. 3. 5 回波损耗

汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的回波损耗极限值见图 F. 3:

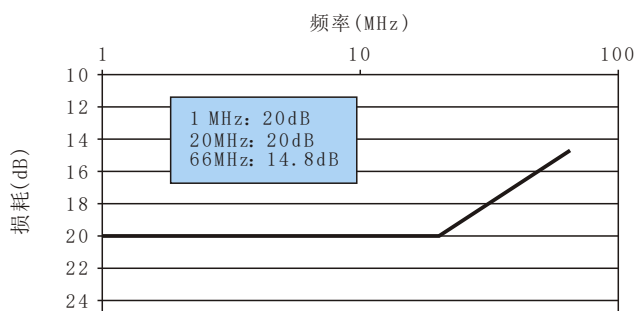


图 F.3 汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的回波损耗极限值

## F.3.3.6 转移损耗 (LCL 和 LCTL)

汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的转移损耗 (LCL和LCTL) 极限值见图F.4:

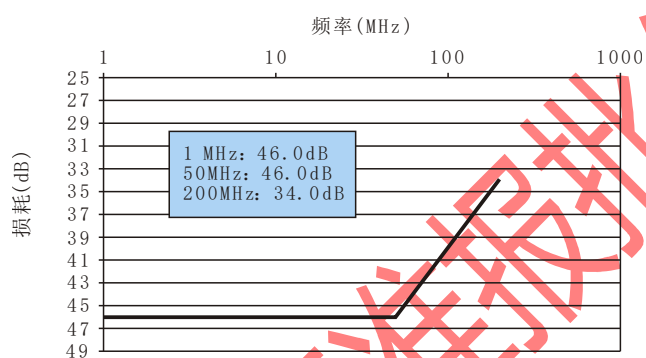


图 F.4 汽车用单对线以太网的平衡单对线线对及线缆的转移损耗 (LCL 和 LCTL) 极限值

## F.3.3.7 外部串扰

由客户与生产商协商确定。

## 参 考 文 献

IEC 61935-2 平衡和同轴信息技术布缆的试验规范-第2部分:符合ISO/IEC 11801及相关标准规定的跳线 (Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling - Part 2: Cords as specified in ISO/IEC 11801 and related standards)

IEC TR 61156-1-3 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆第1-3部分:使用对绞或星绞对称电缆的模型化电缆组件的电气传输参数 (Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 1-3: Electrical transmission parameters for modelling cable assemblies using symmetrical pair/quad cables)

ISO/IEC TR 29106 信息技术-通用布缆-MICE环境等级划分介绍 (Information technology - Generic cabling - Introduction to the MICE environmental classification)

ISO/IEC TS 29125 信息技术-终端设备远程供电的通信布缆要求 (Information technology - Telecommunications cabling requirements for remote powering of terminal equipment)

IEEE 802.3bw IEEE以太网标准-修订1:单对平衡双绞线铜缆传输100Mb/s的物理层和管理参数 (IEEE Standard for Ethernet Amendment 1: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 100 Mb/s Operation over a Single Balanced Twisted Pair Cable (100BASE-T1))

IEEE 802.3bp IEEE以太网标准-修订4:单对平衡双绞线铜缆传输1Gb/s的物理层和管理参数 (IEEE Standard for Ethernet Amendment 4: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 1 Gb/s Operation over a Single Twisted-Pair Copper Cable)

IEEE 802.3cg IEEE以太网标准-修订5:单对平衡双绞线连接器传输10Mb/s和关联的供电应用的物理层和管理参数 (IEEE Standard for Ethernet-Amendment 5: Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors)

IEEE 802.3bu IEEE以太网标准-修订8:单对平衡双绞线以太网的数据线缆供电 (PoDL) 的物理层和管理参数 (IEEE Standard for Ethernet Amendment 8: Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet)