

团 体 标 准

T/LJQ 0026—2025
T/GDWCA 0161—2025

高速传输用 224Gbps 平行对称电缆 技术要求

Technical Requirements for 224Gbps Twinax Cable for
High-Speed Transmission

2025-12-19 发布

2025-12-19 实施

广东省连接器协会
广东省电线电缆行业协会

发布

国家电网标准信息平台



版权保护文件

版权所有归属于该标准的发布机构。除非有其他规定，否则未经许可，此发行物及其章节不得以其他形式或任何手段进行复制、再版或使用，包括电子版，影印件，或发布在互联网及内部网络等。使用许可请与发布机构获取。

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 型号、代号及产品表示方法	2
5 电缆结构	3
6 技术要求及测试方法	4
7 检验规则	7
8 标志、包装、运输和贮存	8
9 安装	9

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。

本文件由广东省连接器协会和广东省电线电缆行业协会提出和归口管理。

本文件主要起草单位：中兴通讯股份有限公司、惠州乐庭智联科技股份有限公司、派纳维森（苏州）电气科技有限公司、中航光电科技股份有限公司、江苏安澜万锦电子股份有限公司、庆虹电子（苏州）有限公司、新亚电子股份有限公司、深圳市英泰格瑞科技有限公司、嘉兴海棠电子有限公司、深圳市利诺威科技有限公司、江苏科麦特科技发展股份有限公司、中天射频电缆有限公司、华为技术有限公司、深圳盛凌电子股份有限公司、是德科技（中国）有限公司、江苏鑫海高导新材料有限公司、罗德与施瓦茨（中国）科技有限公司、华迅工业（苏州）有限公司、神宇通信科技股份公司、江苏艾立可电子科技有限公司、番禺得意精密电子工业有限公司、浙江元通线缆制造有限公司、上海起帆电缆股份有限公司、江西中臻通讯科技有限公司、东莞市同亚电子科技有限公司、铂悦高速技术（苏州）有限公司、吉安至和特种导体有限公司、东莞市顺银线材科技有限公司、东莞市蓝姆材料科技有限公司、狮子洋超材料（广州）有限公司、美国国际铜专业协会、广州番禺电缆集团有限公司、广东鸿硕材料科技有限公司、苏州莱尔微波技术有限公司、新华三技术有限公司、广东省连接器协会、广东省电线电缆行业协会。

本文件起草人：陈少华、陈丹、赵伍、周国奇、黄俊、包中南、曹风雷、李哲礼、袁俊峰、张军萍、陈宣豪、张学敏、张凯滨、孙俊、李宏业、蒋志远、高亮、青宸、蒋志坚、李圣佳、王兵、林家弘、裴英良、胡太乐、汤晓楠、刘斌、秦川、彭振、谢全钊、陈康、黄桂领、王世军、高作海、胡超云、赵刚、李齐勇、周小明、罗永昌、魏代利、李强、雷杰欣、王骞能、卢广业、叶丽帆、曹刚、梁豫超、苏开宇、丁思钰、李利城、马鑫、范红磊、梁宇彤、周淑彬、吴一良、林智康、袁梓健。

本文件为首次发布。

高速传输用 224Gbps 平行对称电缆技术要求

1 范围

本文件规定了高速传输用 224 Gbps 平行对称电缆（简称“电缆”）的要求、试验方法、检验规则、包装和贮运等要求。

本文件适用于存储、数据中心、AI智算中心与高性能计算机、服务器连接的平行对称电缆。

本文件适用于在静态条件下，工作环境温度范围在 -55°C 至 105°C 之间的平行对称电缆。

本文件规定电缆的最高测试频率不小于 56 GHz，单通道传输速率可达 224 Gbps。

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 2423.1-2008 环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2-2008 环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3-2006 环境试验 第3部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.22-2012 环境试验 第2部分：试验方法 试验N：温度变化

GB/T 3048.4-2025 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 3048.5-2007 电线电缆电性能试验方法 第5部分：绝缘电阻试验

GB/T 4910-2022 镀锡圆铜线

GB/T 5095.2502-2021 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第25-2部分：试验25b：衰减（插入损耗）

GB/T 5095.2505-2021 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第25-5部分：试验25e：回波损耗

GB/T 5095.2509-2020 电子设备用机电元件 基本试验规程及测量方法 第25-9部分：信号完整性试验 试验25i：外来串扰

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 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

GB/T 21204.1-2007 用于严酷环境的数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第1部分：总规范

JB/T 3135-2024 镀银圆铜线

IEC 60332-1（所有部分）着火条件下电线电缆和光缆的试验（Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions）

IEC 60794-1-21:2015 光缆 第 1-21 部分：通用规范 基本光缆测试程序 机械测试方法 (Optical fibre cables - Part 1-21: Generic specification - Basic optical cable test procedures - Mechanical tests methods)

IEC 60811-506:2012 低温冲击试验（Electric and optical fibre cables - Test methods for non-metallic materials Part 506: Mechanical tests - Impact test at low temperature for insulations and sheaths）

IEC 60996-1:2019 射频和同轴电缆组件 第1部分：总规范 一般要求和试验方法 (Radio frequency and coaxial cable assemblies -Part 1: Generic specification-General requirements and test methods)

IEC TS 61156-1-2:2023 用于数字通信的多芯和对称对/四芯电缆 第 1-2 部分：对称对/四芯电缆的电气传输特性和测试方法 (Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications - Part 1-2: Electrical transmission characteristics and test methods of symmetrical pair/quad cables)

IEC 62783-1 数字通信用平行对称电缆——第 1 部分：通用规范 (Twinax cables for digital communications - Part 1: Generic specification)

UL 1581-2023 电线、电缆和软线参考标准 (Reference Standard for Electrical Wires, Cables, and Flexible Cords)

3 术语和定义

IEC 62783-1 界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

平行线对 Twinax element

由两根绝缘导体组成的线对，这两根绝缘导体相互平行、并排敷设，分别被指定为“a 线”和“b 线”，它们被包裹在有或无引流线的金属箔屏蔽层内，或者被包裹在有或无金属箔的金属丝编织层内。

3.2

平行对称电缆 Twinax cable

由一对或多对平行线对组成的电缆。

4 型号、代号和产品表示方法

4.1 型号

型号由系列代号和结构代号两部分组成。

4.2 系列代号和结构代号

4.2.1 系列代号

系列代号见表 1。

表 1 系列代号

项目	含义	代号	
分类	高速传输用 224Gbps 平行对称电缆	HDAC	
导体材料	镀银铜线	SC	
绝缘	材料	聚全氟乙丙烯	FEP
		聚乙烯	PE
	结构	皮泡皮	SFS
		泡皮	FS
		皮泡	SF
护套材料	聚氯乙烯	PVC	
	无卤阻燃材料	NHFR	

表 1 系列代号 (续)

项目	含义	代号
地线	有地线	D
	无地线	省略
屏蔽包裹方式	纵包	L
	绕包	H
电缆结构	共同挤出	C
	二次挤出	S
	包带	B

注：本表只做推荐，其他符合性能要求的材料和结构可由供需双方商定。

4.2.2 结构代号

结构代号由线对数量和导体单线规格表示，即线对数量 $\times 2 \times$ 导体标称直径，导体直径见表 2。

4.3 型号表示方法

型号由系列代号和结构代号两部分组成。

示例：镀银铜导体单线规格为 0.203 mm 聚全氟乙丙烯绝缘，聚氯乙烯护套，采用纵包屏蔽，挤出方式为共同挤出，线对数量为 1 对的电缆，其产品表示为：HDAC-T2-FEP-PVC-L-C-1 $\times 2 \times$ 0.203 mm。

5 电缆结构

5.1 导体

导体宜采用镀银圆铜线，镀银圆铜线的性能应符合 JB/T 3135-2024 规定。

导体表面应光滑、连续、无缺陷。在 360° 圆周范围内，不应有任何目视可见的刮伤、凹痕、裂纹或氧化斑点。宜采用在线或离线检测设备进行全表面检测。其表面粗糙度应符合供需双方商定的要求。

镀银层应连续、均匀附着。镀银层厚度宜不小于 0.5 μm ，具体厚度要求可由供需双方商定。

导体直径限值应符合表 2 的规定。

表 2 导体直径

序号	导体规格 mm	导体最小直径 mm	导体最大直径 mm	20℃ 下单根导体直流电阻最大值 Ω/m
1	32AWG (0.203 mm)	0.196	0.209	0.571
2	30AWG (0.254 mm)	0.245	0.262	0.390
3	28AWG (0.320 mm)	0.309	0.330	0.237
4	26AWG (0.404 mm)	0.391	0.418	0.150
5	25AWG (0.505 mm)	0.439	0.470	0.098

注：表中未涉及的电缆规格，由供需双方商定技术参数。

5.2 绝缘

绝缘可采用实心、泡沫、泡/皮或皮/泡/皮结构。两根导体可平行挤出成型于同一绝缘层内。可在两根绝缘导体外挤出成型中间护套或垫层。为满足性能要求，允许使用多层绝缘结构。

绝缘应连续地挤包在导体上，绝缘表面应光滑平整，其厚度应使成品电缆符合规定的性能要求。

5.3 平行线对

平行线对的两根绝缘导体可包覆一层或多层非吸湿性胶带。

平行线对应设置单层或多层屏蔽层，屏蔽层应符合 5.3.1 的要求。

平行线对优先采用本色，可由供需双方商定选择其他颜色。

5.3.1 屏蔽

平行线对屏蔽层应由至少一层铝塑复合带、铜塑复合带、全导合金铜箔带、纯金属箔带中的一种或者组合构成，屏蔽层侧还可选配地线。屏蔽层包带可设置热粘网格胶粘剂层，包覆后紧固芯线绝缘层与外导体之间相对结构，优选低损耗胶粘剂。工艺可选用纵包或绕包方式。铝塑复合带中铝箔层总厚度应不小于 $7\ \mu\text{m}$ ，全导合金铜箔或铜塑复合带或纯铜箔铜层总厚度不小于 $4\ \mu\text{m}$ 。搭盖率应不小于 15%。

5.3.2 地线

如有地线，其导体推荐采用镀银圆铜线或镀锡圆铜线，镀银圆铜线的性能应符合 JB/T 3135-2024 规定，镀锡圆铜线的性能应符合 GB/T 4910-2022 规定。

5.4 成缆

由 1至16 个平行线对组成的缆芯，可采用同心层绞合或子束结构的方式敷设。缆芯可通过非吸湿性胶带包裹进行防护，也可使用填充物以保持圆形结构。

5.5 缆芯屏蔽

根据需求，缆芯可采用带塑料层或不带塑料层的导电金属箔或铜编织层（镀锡或裸铜）进行屏蔽，或上述两种材料组合使用。

当不同金属相互接触时，应考虑采用涂层或其他防护方式，以防止电偶腐蚀。

可在屏蔽层下方、上方，或同时在屏蔽层两侧设置防护包裹层。

5.6 护套

护套应连续、均匀地包覆在缆芯上，表面应光滑平整，无孔洞、裂纹和气泡等缺陷。对于屏蔽电缆，除非有意将护套与屏蔽层粘接，否则护套不得与屏蔽层粘连。护套颜色可由供需双方商定。

6 技术要求及测试方法

6.1 电气性能

6.1.1 导体电阻

导体电阻应符合表 2 的要求，测量应按 GB/T 3048.4-2025 的规定进行。

6.1.2 绝缘电阻

电缆应具有足够的绝缘强度。在 20℃ 下，相邻接触点之间最小 1000 MΩ。绝缘电阻测量按 GB/T 3048.5-2007 的规定进行。测试时，应在每根导线与所有其他导线及接地屏蔽层之间施加电压，最短施加时间为 1 min。测试电压应为 500V DC 至 1000V DC 范围内的电压，或按供需双方协商的具体要求执行。

6.2 传输性能

6.2.1 差分阻抗

电缆单线对的差分阻抗在频率 1 MHz 至 56 GHz 范围内应为 $(92 \pm 3) \Omega$ 。差分阻抗的测量按 GB/T 5095.2505-2021 规定，使用矢量网络分析仪 (VNA) 在 TDR 模式下测量，上升时间 17 ps，取值区间 20%~80%。

6.2.2 延时差

对于所有线规的电缆，被测长度建议为 1 m。在被测电缆的长度内，线对内延时差应不大于 3 ps；延时差测试应使用 EIPS 方法，具体可参考 IEC TS 61156-1-2:2023 中关于传播延迟偏差的测试流程，步骤如下：

- 使用带宽不低于 67 GHz 的矢量网络分析仪，在 1 MHz 至 56 GHz 频率范围内测量电缆的 S 参数。
- 通过数学变换（如逆傅里叶变换）获得时域脉冲响应，系统时间分辨率应不低于 1 ps。
- 计算线对间或线对内的脉冲峰值最大延迟偏差，作为延时差。

测试时应确保电缆处于自然伸直状态，避免因弯曲、挤压导致的额外延迟误差。

6.2.3 衰减

电缆单线对的衰减应满足表3的规定。

表 3 衰减最大值

标称导体直径	频率	衰减最大值 dB/m	
		低损型	标准型
32AWG (0.203 mm)	@53.13 GHz	14.5	16
30AWG (0.254 mm)		11	12
28AWG (0.320 mm)		9	10
26AWG (0.404 mm)		7.5	9
25AWG (0.505 mm)		6.5	8
注：其他规格可由供需双方商定。			

衰减的测量按照 IEC TS 61156-1-2:2023 的规定进行。衰减指定在 20℃，测量应在环境温度下进行，并根据公式 (1) 校正至 20℃：

$$\alpha_{20} = \alpha_T / (1 + 0.002 (T - 20)) \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中：

α_T ——环境温度 T (°C) 下的实测衰减，dB

T ——环境温度，°C

α_{20} ——校正到 20℃ 的标准衰减值，dB

6.2.4 回波损耗

要求：在 1 MHz ~ 56 GHz 频率范围内，电缆单线对的回波损耗应满足 $SDD_{11}/SDD_{22} \geq 15$ dB。回波损耗参数的测量参考 GB/T 5095.2505-2021 的规定进行。

6.2.5 差模到共模转换 (Scd21)

电缆的差模到共模转换参数在频率 1 MHz 至 56 GHz 范围内应满足 $Scd_{21} \leq -25$ dB，差模到共模转换参数的测量参考 GB/T 5095.2509-2020 中试验 25i 的规定进行。

6.3 机械性能

6.3.1 抗压

电缆应有足够的抗压性能，抗压试验应按照 GB/T 21204.1-2007 中 3.3.6 的规定进行。在试验过程中，用重物向试样均匀施加 800 N 压力，持续时间 1 min，受压区域距试样两端的距离应不小于 300 mm。试样受力过程中，其传输性能应满足 6.2 的要求。

6.3.2 冷冲击

电缆的冷冲击试验应按照 IEC 60811-506:2012 的规定进行，试样应在 -55°C 条件下预处理 4 h 后进行冲击，重锤质量为 100 g，冲击高度为 100 mm。试验后，试样的传输性能应满足 6.2 的要求。

6.3.3 循环弯曲

电缆应能经受 100 次的循环弯曲。循环弯曲试验应按照 GB/T 18015.1-2017 中 6.4.11 的规定进行。试验后，试样的传输性能应满足 6.2 的要求。

6.3.4 多重弯曲

电缆应能承受 20 个循环的多重弯曲。多重弯曲试验按 GB/T 18015.1-2017 中 6.4.10 的规定进行。试验后，试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.3.5 抗扭转

电缆应具有足够的抗扭转性能。扭转试验参考 IEC 60794-1-21:2015 中第 11 章的试验要求，扭转次数与角度由供需双方商定。试验后，试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.3.6 抗拉

电缆的抗拉试验参考 IEC 60794-1-21:2015 中第 3 章的规定进行，负载由供需双方商定。试验后，试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.3.7 挺度

电缆的挺度试验参考 IEC 60794-1-21:2015 中的 21.5 的规定进行，挺度限值由供需双方商定。试验后，试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.3.8 耐磨

电缆的耐磨试验参考 IEC 60794-1-21:2015 中的 4.3 的规定进行，循环次数由供需双方商定。完成规定的循环次数后，试样护套不得出现穿透性损伤。

6.4 环境性能

6.4.1 高温贮存

电缆应能经受 105℃，持续 96 h 的高温贮存试验。试验按照 GB/T 2423.2-2008 的规定进行。试验后，电缆目视检查无损伤，且试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.4.2 低温冲击

电缆应能经受 -55℃ 或 -40℃ 或 -25℃，持续 4 h 的低温试验。试验按照 GB/T 2423.1-2008 的规定进行，试验温度由供需双方商定。试验后，电缆目视检查无损伤，且试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.4.3 温度循环

电缆应能经受 100 次温度循环，试验温度范围为 -55℃~105℃ 或 -40℃~105℃ 或 -25℃~105℃。试验按照 GB/T 2423.22-2012 的规定进行，试验温度范围由供需双方商定。试验后，电缆目视检查无损伤，且试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.4.4 恒定湿热试验

电缆的恒定湿热试验应按照 GB/T 2423.3-2006 的规定执行。试验温度为 (85 ± 3) °C，相对湿度为 (85 ± 3) %，除供需双方商定外，持续时间为 500 h。试验后，电缆目视检查无损伤，试样的传输性能应满足 6.2 的要求或在供需双方商定的偏差范围内。

6.5 燃烧性能等级

电缆的燃烧性能应满足 UL 1581 中 VW-1 或 FT-2 等级要求，或满足 IEC 60332-1 (所有部分) 的要求。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分出厂试验和型式试验，出厂试验分抽检和全检。检验项目、检验类别和检验频率见表4。

表 4 检验项目、检验类别和检验频率

序号	检验项目	要求及试验方法 章条号	检验类别	
			出厂试验	型式试验
1	导体直径	5.1	抽检	全部项目
2	导体直流电阻	6.1.1	全检	
3	绝缘电阻	6.1.2	全检	
4	差分阻抗	6.2.1	全检	
5	延时差	6.2.2	全检	
6	衰减	6.2.3	全检	
7	插入损耗	6.2.4	全检	
8	回波损耗	6.2.5	全检	
9	差模到共模转换 (Scd21)	6.2.6	全检	
10	抗压	6.3.1	-	
11	冷冲击	6.3.2	-	
12	循环弯曲	6.3.3	-	

表 4 检验项目、检验类别和检验频率 (续)

序号	检验项目	要求及试验方法 章条号	检验类别	
			出厂试验	型式试验
13	导体直径	5.1	抽检	全部项目
14	导体直流电阻	6.1.1	全检	
15	绝缘电阻	6.1.2	全检	
16	差分阻抗	6.2.1	全检	
17	延时差	6.2.2	全检	
18	衰减	6.2.3	全检	
19	插入损耗	6.2.4	全检	
20	回波损耗	6.2.5	全检	
21	差模到共模转换 (Scd21)	6.2.6	全检	
22	抗压	6.3.1	-	
23	冷冲击	6.3.2	-	
24	循环弯曲	6.3.3	-	
25	多重弯曲	6.3.4	-	
26	抗扭转	6.3.5	-	
27	抗拉	6.3.6	-	
28	挺度	6.3.7	-	
29	耐磨	6.3.8	-	
30	高温冲击	6.4.1	-	
31	低温冲击	6.4.2	-	
32	温度循环	6.4.3	-	
33	恒定湿热试验	6.4.5	-	
34	燃烧性能	6.5	-	

7.2 型式试验

7.2.1 型式试验中燃烧性能要求每年至少应进行一次，每次至少 3 个试样。

7.2.2 出现下列情况之一时，也应进行型式试验：

- a) 正式生产后，主要原材料、生产工艺和生产设备中有重大变化时；
- b) 停产半年及以上，恢复生产时；
- c) 出厂试验中检测结果有较大差异时。

7.2.3 型式试验项目出现不合格时，应抽取双倍数量的试样就不合格项目进行第二次试验，若仍有不合格，则判该型式试验不合格。

7.2.4 如果型式试验不合格，制造商应根据不合格原因进行改正处理，在采取可接受的改进措施以前，应停止产品鉴定或验收，在采取改进措施后应重新进行型式试验。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 识别标志

电缆护套的外表面上至少应印有制造商名称、型号规格、温度等级、电压等级、阻燃等级、制造日期等，也可包含其他附加标记，间距应不大于 1 m。成品电缆标志应符合 GB/T 6995.1 规定。

8.1.2 长度标志

电缆护套外表面上应印有能永久识别的清晰长度标志，颜色推荐为黑色（或用户要求的其他颜色）。长度标志以 m 为单位，标志间距为 1 m，长度标志误差应不大于 $\pm 0.5\%$ 。

8.1.3 电缆端别标志

电缆端别推荐采用 A 端为红色标志、B 端为绿色标志。

8.2 包装

8.2.1 成圈包装

可采用成圈包装，将成圈后的电缆再装入包装箱中。

8.2.2 包装标志

电缆包装箱或盘上应注明以下内容：

- a) 制造厂名及商标；
- b) 电缆型号、标准编号；
- c) 电缆长度：m；
- d) 毛重：kg；
- e) 出厂编号；
- f) 制造日期： 年 月；
- g) 防潮标志；

8.3 运输和贮存

电缆在运输和贮存过程中应注意以下事项：

- a) 保持包装完整，防止电缆受潮、浸水；
- b) 防止严重弯曲、挤压变形等机械损伤；
- c) 电缆应贮存在干燥通风、远离火源的地方。

9 安装

9.1 安装温度

电缆安装温度宜为 (5~40) °C。

9.2 安装时的最小弯曲半径

电缆安装时的最小弯曲半径应不小于 10 倍电缆直径。