

ICS 45.060

CCS S70

团体标准

T/CITSA 60-2025

城市轨道交通车辆 时间敏感网络 (TSN) 应用技术规范

Urban rail transit vehicles—Technical specification for
Time-Sensitive Networking (TSN) application

2025-04-21 发布

2025-05-21 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义、缩略语	3
3.1 术语和定义	3
3.2 缩略语	4
4 系统架构	5
4.1 系统架构方案	5
4.2 设备组成	6
5 数据类型	6
5.1 列车数据类型	6
5.2 车载 TSN 数据业务	7
6 功能要求	7
6.1 基本要求	7
6.2 时钟同步要求	7
6.3 流量整形要求	8
6.4 通信可靠性要求	8
6.5 网络配置管理要求	8
7 设备要求	9
7.1 线缆	9
7.2 连接器	9
7.3 网络设备	10
7.4 终端设备	12
7.5 试验要求	13

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专利的责任。

本文件由中车南京浦镇车辆有限公司提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：中车南京浦镇车辆有限公司、深圳市三旺通信股份有限公司、北京邮电大学、网络通信与安全紫金山实验室、中车长春轨道客车股份有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车大连电力牵引研发中心有限公司、中车青岛四方车辆研究所有限公司、北京交通大学、北京东土科技有限公司、米塔盒子科技有限公司、浪潮智能网联（浙江）数字有限公司、南京康尼电子科技有限公司、杭州市地铁集团有限责任公司。

本文件主要起草人：黄涛、齐玉玲、高琦、朱少华、涂本荣、徐龙、葛鹏、贾焱鑫、朱海龙、严园园、李晓明、鉴纪凯、王欣立、于人生、朱游龙、李宗辉、朱莹、夏夕盛、余浩旸、宋志刚、汤峰、茅飞、王晨帆。

城市轨道交通车辆 时间敏感网络（TSN）应用技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通车辆时间敏感网络（TSN）的系统架构、数据类型、功能要求、设备要求等。

本文件适用于城市轨道交通车辆采用车辆时间敏感网络（TSN）技术的列车通信网络系统。

本文件适用于城市轨道交通单列固定编组车辆。

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 18015.6 数字通信用对绞或星绞多芯对称电缆 第6部分：具有600MHz及以下传输特性的对绞或星绞对称电缆 工作区布线电缆 分规范

GB/T 28029.1 轨道交通电子设备 列车通信网络（TCN） 第1部分：基本结构

GB/T 28029.12 轨道交通电子设备 列车通信网络（TCN） 第3-4部分：以太网编组网（ECN）

GB/T 42561 信息技术 系统间远程通信和信息交换 实时以太网适配时间敏感网络技术要求

IEEE 802.1AS 局域网和城域网 桥接局域网中时间敏感应用的定时和同步（Local and metropolitan area networks – Time and Synchronization for Time-Sensitive Applications）

IEEE 802.1CB 局域网和城域网 可靠性的帧复制和消除（Local and metropolitan area networks – Frame Replication and Elimination for Reliability）

IEEE 802.1Q 局域网和城域网 网桥和桥接网络（Local and metropolitan area networks–Bridges and Bridged Networks）

IEEE 802.1Qbu 局域网和城域网 网桥和桥接网络 修正26：框架优先（Local and metropolitan area networks – Bridges and Bridged Networks–Amendment 26: Frame Preemption）

IEEE 802.1Qbv 局域网和城域网 网桥和桥接网络 修正25：调度业务的增强（Local and metropolitan area networks – Bridges and Bridged Networks Amendment 25: Enhancements for Scheduled Traffic）

IEEE 802.1Qcc 局域网和城域网 网桥和桥接网络 修正31：流保留协议（SRP）增强和性能改进（Local and metropolitan area networks – Bridges and Bridged Networks Amendment 31: Stream Reservation Protocol (SRP) Enhancements and Performance Improvements）

IEEE 802.1Qci 局域网和城域网 网桥和桥接网络 修正28：每流过滤和管制（Local and metropolitan area networks – Bridges and Bridged Networks – Amendment 28: Per-Stream Filtering and Policing）

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

GB/T 28029.1及GB/T 42561界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

时间敏感网络 time sensitive networking (TSN)

基于IEEE 802.1 TSN任务组制定的一整套数据链路层协议构建的支持时钟同步和确定性调度等机制的以太网。具备可靠的、低延迟及确定性数据传输能力。

注：文件中的时间敏感网络为应用于轨道交通的时间敏感网络。

[来源：GB/T 42561—2023，3.4，有修改]

3.1.2

帧复制和消除 frame replication and elimination for reliability

在冗余路径下，为冗余传输提供数据包的识别和复制以及重复数据包的识别和消除，以在某条传输路径出现故障时，仍能提供稳定的数据传输。

3.1.3

通用精准时钟同步协议 generalized precision time protocol

使用相位、频率对齐技术，同时结合通道和设备延迟的实时测量技术，实现通信网络组成设备（交换机、网关、终端设备等）时钟同步的协议。

3.1.4

TSN-ECNN 交换机 TSN-ECNN switch

负责编组网内设备正常通信并具备TSN功能的节点设备。

3.1.5

TSN 网关 TSN gateway

负责TSN协议与其他协议之间转换的计算机系统或设备。

3.1.6

TSN 网络集中配置控制器 TSN network centralized configures controller

实现对通信网络组成设备（交换机、网关、终端设备等）进行集中管理配置的工具。

3.1.7

预约带宽流量 flows with reserved bandwidth

向网络进行注册声明，网络根据注册声明信息为其预留满足需求的带宽资源的流量。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- ARP 地址解析协议 (Address Resolution Protocol)
- AWG 美国线规 (American Wire Gauge)
- BMC 最佳主时钟 (Best Master Clock)
- CLI 命令行界面 (Command-Line Interface)
- DHCP 动态主机配置协议 (Dynamic Host Configuration Protocol)
- DNS 域名系统 (Domain Name System)
- DSCP 差分服务代码点 (Differentiated Services Code Point)
- ECNN 以太网编组网节点 (Ethernet Consist Network Node)
- ED 终端设备 (End Device)
- gPTP 通用精准时钟同步协议 (Generalized Precision Time Protocol)
- ICMP 互联网控制报文协议 (Internet Control Message Protocol)
- IEEE 电气和电子工程师协会 (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- IGMP 互联网组管理协议 (Internet Group Management Protocol)
- IP 网际协议 (Internetworking Protocol)
- LLDP 链路层发现协议 (Link Layer Discovery Protocol)
- MAC 介质访问控制 (Medium Access Control)
- NAT 网络地址转换 (Network Address Translation)
- NETCONF 网络配置协议 (Network Configuration Protocol)
- NTP 网络时间协议 (Network Time Protocol)
- P2P 对端到对端 (Peer-to-Peer)
- PoE 以太网供电 (Power Over Ethernet)
- QoS 服务质量 (Quality of Service)
- SDT 安全数据传输 (Safe Data Transfer)
- SNMP 简单网络管理协议 (Simple Network Management Protocol)
- SSH 安全外壳 (Secure Shell)
- TELNET 远程登录协议 (Teletype Network)

TCP 传输控制协议 (Transmission Control Protocol)
 TRDP 列车实时数据协议 (Train Real Time Data Protocol)
 TSN 时间敏感网络 (Time Sensitive Networking)
 UDP 用户数据报文协议 (User Datagram Protocol)
 VLAN 虚拟局域网 (Virtual Local Area Network)

4 系统架构

4.1 系统架构方案

4.1.1 基于逻辑隔离的环网组网架构方案

采用单环双归属网络架构，设置VLAN，见图1所示。

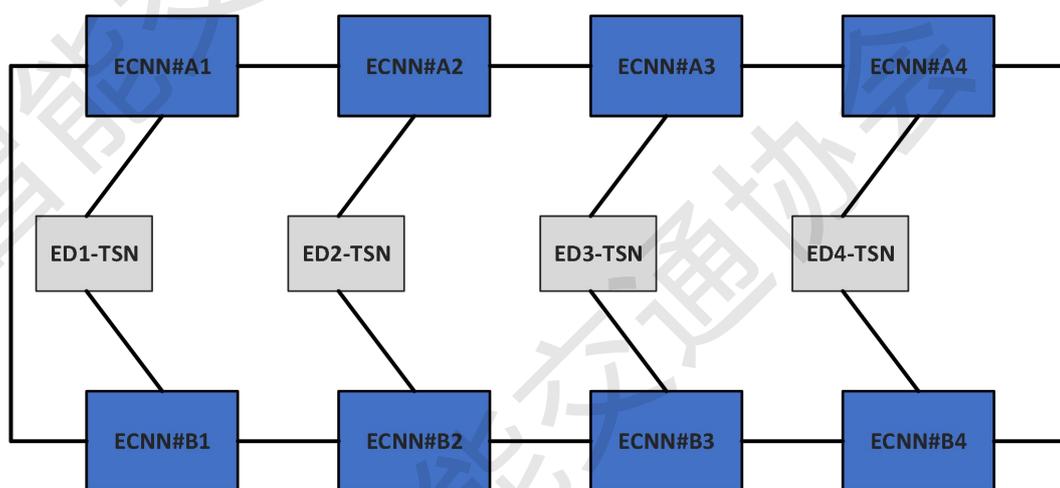


图 1 基于逻辑隔离的环网组网架构（示意）

4.1.2 基于物理隔离的环网组网架构方案

编组网划分A、B两个独立的双环型网络架构，见图2所示。

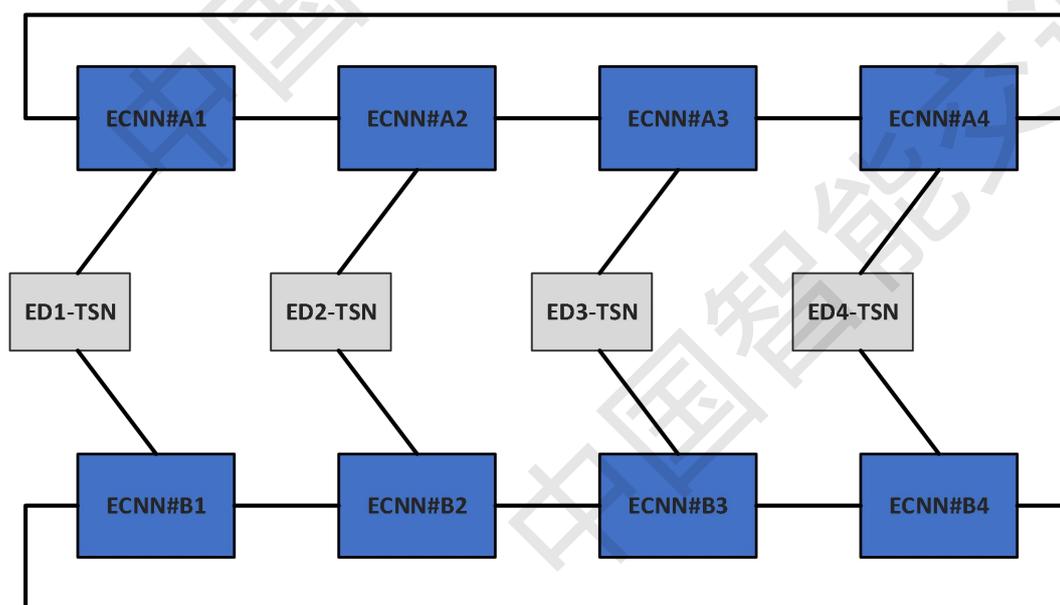


图 2 基于物理隔离的环网组网架构（示意）

4.1.3 基于物理隔离的线性组网架构方案

编组网划分A、B两个独立的线性网络架构，见图3所示。

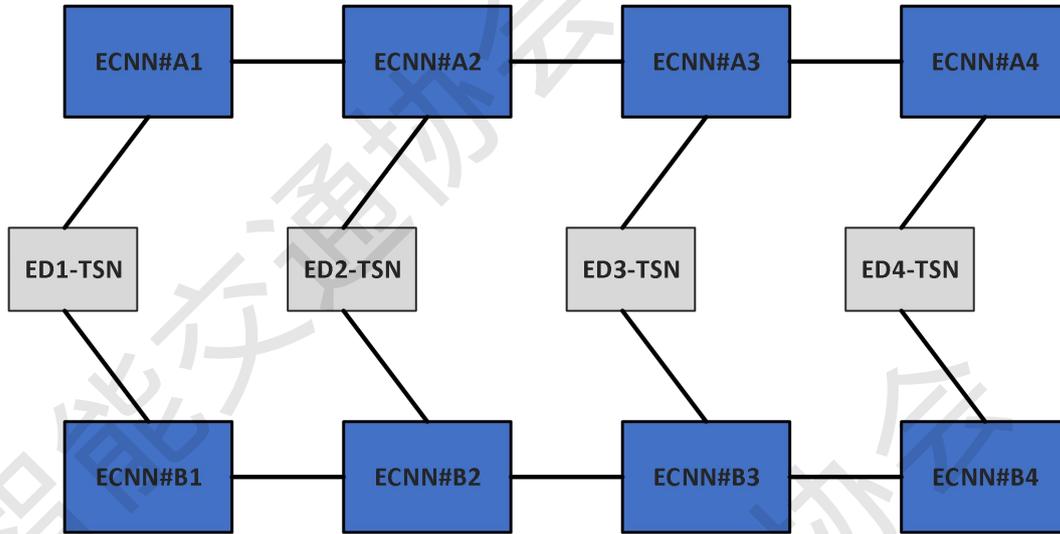


图3 基于物理隔离的线性组网架构（示意）

4.2 设备组成

4.2.1 车载 TSN 设备分为两类：网络设备、终端设备。

4.2.2 网络设备包括：TSN-ECNN 交换机、TSN 网关（选配）和 TSN 网络集中配置控制器（选配），其中：

- a) TSN-ECNN 交换机用于编组网设备互连通信；
- b) TSN 网关用于实现 TSN 协议与其他协议之间的转换；
- c) TSN 网络集中配置控制器用于对 TSN-ECNN 交换机、TSN 网关和 TSN 终端设备的管理控制。

4.2.3 终端设备包括：标准终端设备和临时终端设备，其中：

- a) 标准终端设备固定安装在列车上，是主要的终端设备类型；
- b) 临时终端设备不固定安装在列车上，而是出于维护等目的临时连接在 TSN-ECNN 中。

5 数据类型

5.1 列车数据类型

列车数据类型应符合GB/T 28029.1的规定。根据业务对实时性能、数据长度、时延、抖动的要求，服务参数应符合表1的要求。

表1 列车数据类型服务参数典型值

数据类型	服务参数	值
过程数据	最小周期	10 ms
	最大数据长度	1500 个八位位组
	最大时延	1 ms
	最大抖动	1 ms
消息数据	最小周期	不适用
	最大数据长度	1500 个八位位组
	最大时延	100 ms
	最大抖动	不适用
流数据	最小周期	不适用
	最大数据长度	1500 个八位位组

表1 列车数据类型服务参数典型值（续）

数据类型	服务参数	值
	最大时延	125 ms
	最大抖动	25 ms
尽力而为数据	最小周期	不适用
	最大数据长度	1500 个八位位组
	最大时延	不适用
	最大抖动	不适用

5.2 车载 TSN 数据业务

根据IEEE802.1Q的规定，TSN将网络中的数据流依次划分为0到7共8个优先级来表示数据流重要程度，见表2。根据对数据的实时性要求，将车载TSN数据业务划分为以下类型：

- 非实时数据流：具有低于其他类型的优先级，其传输时无需保证实时性或最大 P2P 时延；
- 实时数据流：在预定义的时序内生成和传输，且不受其他类型数据的干扰。

表2 车载 TSN 数据业务

优先级 IEEE 802.1 Q	数据类型	车载TSN数据业务
0	视频流数据、背景流数据	非实时数据流
1	音频流数据、尽力而为数据	
2	预留	预留
3		
4		
5		
6	消息数据、过程数据	实时数据流
7（最高优先级）	高实时过程数据、时钟同步数据	

6 功能要求

6.1 基本要求

基于TSN技术的列车通信网络基本要求。

- 时钟同步：应采用 IEEE 802.1AS 实现时钟同步。
- 流量整形：应通过流量整形机制实现时延控制，流量整形通过为高优先级流量提供确定的传输时隙确保传输带宽和传输时间。
- 可靠性：对传输实时性要求高的业务数据，或者涉及到安全的、关键的业务数据，采用高可靠的传输机制以便应对 TSN-ECNN 失效、线路中断等带来的各种问题。
- 网络配置管理：在基于 TSN 的列车通信网络中，每一种实时应用业务都有特定的网络性能要求。针对业务需求，通过集中配置一系列 TSN 子协议，来合理分配网络路径上的资源。当列车编组改变或者故障导致的列车网络拓扑发生改变时，具备相应的适应机制并针对性的自动进行配置调整。

6.2 时钟同步要求

6.2.1 网络设备

6.2.1.1 网络设备应具备本地时钟。

6.2.1.2 网络设备应支持根据时钟源类型对时钟的时间等级、时间精度进行配置。

6.2.1.3 网络设备应具备硬件时间戳能力，单节点时间记录步长粒度应不大于 50ns。

6.2.1.4 网络设备的时钟同步机制应符合如下要求：

- 支持发送、接收并识别 gPTP 事件消息中声明（Announce）报文的时钟优先级、时钟等级、时钟精度等参数，支持通过 BMC 算法动态选举主时钟，宜支持通过人工配置确定主时钟；
- 具备通过事件消息报文及通用消息报文进行延时测量及时钟同步计算的能力；
- 应支持 P2P 时延测量方式；

- d) 应支持周期发起同步机制, 发起间隔的取值宜为 2^n s ($n = -3 \sim 0$);
- e) TSN 主时钟设备和直连的从时钟设备的稳态同步精度不应超过 100ns。

6.2.1.5 网络设备应支持设备内驻留时间的计算。

6.2.1.6 网络设备应具备 gPTP 事件报文、通用报文的转发能力。

6.2.2 终端设备

6.2.2.1 终端设备应具备本地时钟。

6.2.2.2 终端设备应支持根据时钟源类型对时钟的时间等级、时间精度进行配置。

6.2.2.3 终端设备应具备硬件时间戳能力, 单节点时间记录步长粒度应不大于 50ns。

6.2.2.4 终端设备的时钟同步机制应符合如下要求:

- a) 支持发送、接收并识别 gPTP 事件消息中声明 (Announce) 报文的时钟优先级、时钟等级、时钟精度等参数, 支持通过 BMC 算法动态选举主时钟, 宜支持通过人工配置确定主时钟;
- b) 具备通过事件消息报文及通用消息报文进行延时测量及时钟同步计算的能力;
- c) 应支持 P2P 时延测量方式;
- d) 应支持周期发起同步机制, 发起间隔的取值宜为 2^n s ($n = -3 \sim 0$)。

6.3 流量整形要求

6.3.1 网络设备

6.3.1.1 网络设备应支持 IEEE 802.1Qbv 协议所规定的时间感知整形器要求。

6.3.1.2 网络设备应支持 IEEE 802.1Qbu 协议所规定的帧抢占要求。

6.3.1.3 网络设备应支持 IEEE 802.1Q 定义的 VLAN 标签的添加、识别、解释和删除要求。

6.3.2 终端设备

6.3.2.1 终端设备应支持 IEEE 802.1Qbv 协议所规定的时间感知整形器要求。

6.3.2.2 终端设备宜支持 IEEE 802.1Qbu 协议所规定的帧抢占要求。

6.3.2.3 终端设备应支持 IEEE 802.1Q 定义的 VLAN 标签的添加、识别、解释和删除要求。

6.4 通信可靠性要求

6.4.1 网络设备

6.4.1.1 网络设备应支持 IEEE 802.1CB 协议所规定的流识别功能。

6.4.1.2 网络设备应支持 IEEE 802.1CB 协议所规定的帧复制和消除功能。

6.4.1.3 网络设备应支持 IEEE 802.1CB 协议生成复制帧的转发功能。

6.4.1.4 网络设备应具有 IEEE 802.1Qci 协议所规定的流过滤和监管能力。

6.4.2 终端设备

6.4.2.1 终端设备宜支持 IEEE 802.1CB 协议所规定的流识别功能。

6.4.2.2 终端设备宜支持 IEEE 802.1CB 协议所规定的帧复制和消除功能。

6.5 网络配置管理要求

6.5.1 配置工具

6.5.1.1 配置工具应支持 TSN 设备的发现、添加、修改、删除功能。其中, TSN 设备的发现应支持自动发现和手工添加两种方式, 应能获取设备基本信息, 包括设备 MAC、设备 IP、设备厂商、设备类型。

6.5.1.2 配置工具对网络及终端设备的发现, 宜支持两种途径: 一种是初始静态配置, 在流量静态配置过程中, 通过配置信息获取网络及终端设备基本信息, 包括 MAC 地址、IP 地址; 另一种是动态获取, 通过 SNMP 等协议, 解析网络及终端设备属性信息。

6.5.1.3 配置工具应支持拓扑管理功能。在设备已被纳管的情况下, 拓扑管理应支持:

- a) 通过协议动态发现设备之间的链路关系, 例如 LLDP;
- b) 通过静态方式, 手动对网络及终端设备之间的链路拓扑关系进行绘制。

6.5.1.4 配置工具应支持流量管理功能, 包括流量静态管理和流量动态管理:

- a) 静态管理：手动配置流量信息，其中包括流量终端地址、流量大小、流量周期、优先级以及所属 VLAN 标识号；
 - b) 动态管理：宜支持通过多种标准协议来动态获取相关信息，如 SNMP 协议。
- 6.5.1.5 配置工具应支持配置信息下发。在调度引擎计算出调度配置后，应支持将所计算的配置下发到 TSN 设备上。配置下发所使用的交互协议应使用主流协议，如 NETCONF。应支持如下的配置信息下发。
- a) 时钟同步配置信息。时钟同步的配置信息应符合 gPTP 的需求，配置完成后发送给设备，设备会根据该配置进行时钟同步。
 - b) 流量调度配置信息。在调度任务计算时，所需信息应包括：网络拓扑、流量信息、网络及终端设备信息。流量调度配置信息应包括 IEEE 802.1Qbv 协议规定的门控参数表。
 - c) 流量管理配置信息。应包括 IEEE 802.1Qci 协议规定的流过滤和监管所需的配置信息。
 - d) 帧抢占配置信息。应包括 IEEE 802.1Qbu 协议规定的帧抢占所需的配置信息。
 - e) 帧复制和消除配置信息。应包括 IEEE 802.1CB 协议规定的帧复制和消除所需的配置信息。

6.5.2 网络设备

- 6.5.2.1 网络设备应支持通过主流交互协议（如 NETCONF）与配置管理工具交互信息。
- 6.5.2.2 网络设备应接收、识别时钟同步配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.2.3 网络设备应接收、识别流量调度配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.2.4 网络设备应接收、识别流量管理配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.2.5 网络设备应接收、识别帧抢占配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.2.6 网络设备应接收、识别帧复制和消除配置信息，并根据配置信息完成本地配置。

6.5.3 终端设备

- 6.5.3.1 终端设备应支持通过主流交互协议（如 UNI）与配置管理工具交互信息。
- 6.5.3.2 终端设备应接收、识别时钟同步配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.3.3 终端设备应接收、识别流量调度配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.3.4 终端设备宜接收、识别帧抢占配置信息，并根据配置信息完成本地配置。
- 6.5.3.5 终端设备宜接收、识别帧复制和消除配置信息，并根据配置信息完成本地配置。

7 设备要求

7.1 线缆

- 7.1.1 线缆应符合 GB/T 18015.6 的要求，传输速率为 100Mbit/s 的介质应采用 Cat5e 类双绞线，传输速率为 1000Mbit/s 的介质应采用 Cat7 类双绞线。
- 7.1.2 电缆线径：Cat5e 采用的线径宜为 0.5mm^2 (AWG20)；Cat7 采用的线径宜为 0.25mm^2 (AWG24)。
- 7.1.3 接线方式：直通或交叉接线。考虑行业场景，宜采用直通接线。

7.2 连接器

- 7.2.1 百兆接口采用 M12-D 型接口母连接器，针脚定义应符合表 3 的规定。
- 7.2.2 千兆接口采用 M12-X 型接口母连接器，针脚定义应符合表 4 的规定。

表 3 百兆接口连接器针脚定义

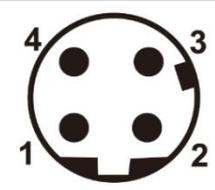
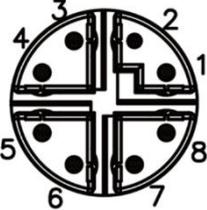
管脚	信号名	功能	
1	TD+	发送数据+	
2	RD+	接收数据+	
3	TD-	发送数据-	
4	RD-	接收数据-	

表 4 千兆接口连接器针脚定义

管脚	信号名	功能
1	TRDA+	发送/接收数据
2	TRDA-	发送/接收数据
3	TRDB+	发送/接收数据
4	TRDB-	发送/接收数据
5	TRDD+	发送/接收数据
6	TRDD-	发送/接收数据
7	TRDC-	发送/接收数据
8	TRDC+	发送/接收数据



7.3 网络设备

7.3.1 TSN-ECNN 交换机

TSN-ECNN交换机的物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的技术参数及功能要求应符合表5的规定。

表 5 TSN-ECNN 交换机技术参数及功能要求

网络分层	功能	功能描述	功能要求
物理层	100BASE-TX	支持传输速率100Mbps的端口（电口）	M
	1000BASE-T	支持传输速率1Gbps的端口（电口）	M
	10GBASE-T	支持传输速率10Gbps的端口	O
	速率/双工自协商 ^a	支持速率/双工自动协商	C
	PoE	支持线缆供电	O
数据链路层	MAC 表 (IEEE 802.3)	支持MAC学习、MAC表	M
	帧中继 (帧收/发送/QoS 优先级映射等)	支持帧中继、帧收/发	M
	帧过滤 (学习过程、基于 mac、ports、VLAN 的二层数据过滤、静态动态表项)	支持帧过滤	M
	帧分类	支持帧分类	M
	QoS	支持服务质量属性功能	M
	VLAN	支持IEEE 802.1Q功能	M
	gPTP 时钟同步 (IEEE 802.1 AS)	支持时钟同步功能	M
	数据链路层	链路聚合	支持链路聚合功能
LLDP		支持邻居发现功能	M
MACsec		支持MAC安全功能	—
802.1x		支持端口认证功能	O
调度业务的增强 (IEEE 802.1 Qbv)		支持调度业务的增强	M
数据流预留 (IEEE 802.1 Qcc)		支持数据流预留功能	O
入方向管制 (IEEE 802.1 Qci)		入方向管制	M
冗余		支持冗余	M
端口镜像 (支持源端口 ingress/egress/both 三种方式、1:1和N:1镜像方式；本机及远程镜像)		支持端口镜像	O
拥塞控制 (流量控制)		支持端口限速	M
FRER (IEEE 802.1 CB)		支持帧复制和消除	M
帧抢占 (IEEE 802.1 Qbu)		支持帧抢占	M
IGMP Snooping		支持IGMP snooping	M

表5 TSN-ECNN 交换机技术参数及功能要求(续)

网络分层	功能	功能描述	功能要求
网络层	IP协议(IPv4)	支持IPv4	M
	IP路由	支持IP路由协议	O
	ARP	支持ARP	M
	IGMP v3	支持组播协议	O
传输层	TCP/UDP	支持TCP、UDP协议	M
	DSCP	支持区分服务代码	—
	ICMP	支持ICMP协议、PING	M
应用层	TRDP	支持TRDP协议	M
	SNMP 代理	支持SNMP协议代理	O
	DHCP 服务器	支持DHCP服务器	O
	DHCP 中继 (代理)	支持DHCP代理	O
	IGMP QUERY	支持IGMP QUERY	—
	DNS	支持轨道交通DNS功能	—
	NTP	支持NTP功能	O
	SSH	支持SSH功能	O
	Syslog	支持日志功能	M
	网络监控	支持网络监控, 实现测量网络性能、识别性能异常并确定问题的根本原因功能	O
	安全事件检测	支持检测 (潜在的) 安全违规行为并跟踪这些信息	O
	SDTv2	支持SDT安全传输协议	O
NAT	地址映射	C	

注: 功能要求列中, M 为强制; C 为条件; O 为可选; —为不可用或不要求。
^a 速率/双工自协商功能不宜用于连接标准终端设备以避免建立非预期速率或双工模式的连接。

7.3.2 TSN 网关 (选配)

TSN网关的物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的技术参数及功能要求应符合表6的规定。

表6 TSN 网关技术参数及功能要求

网络分层	功能	功能描述	功能要求
物理层	100BASE-TX	支持传输速率100Mbps的端口 (电口)	M
	1000BASE-T	支持传输速率1Gbps的端口 (电口)	O
	10GBASE-T	支持传输速率10Gbps的端口	—
	速率/双工自协商	支持速率/双工自动协商	M
数据链路层	MAC 表 (IEEE 802.3)	支持MAC学习、MAC表	M
	QoS	支持服务质量属性功能	M
	VLAN	支持VLAN功能	M
	gPTP 时钟同步 (IEEE 802.1 AS)	支持时钟同步功能	M
	调度业务的增强 (IEEE 802.1 Qbv)	支持调度业务的增强	M
	数据流预留 (IEEE 802.1 Qcc)	支持数据流预留功能	O
	入方向管制 (IEEE 802.1 Qci)	入方向管制	—
FRER (IEEE 802.1 CB)	支持帧复制和消除	O	
网络层	IP协议(IPv4)	支持IPv4	M
	ARP	支持ARP	M
传输层	TCP/UDP	支持TCP、UDP协议	M
	ICMP	支持ICMP协议、PING	M
应用层	TRDP	支持TRDP协议	M
	DNS	支持轨道交通DNS功能	—
	NTP	支持NTP功能	—
	SSH	支持SSH功能	—
	Syslog	支持日志功能	O

表 6 TSN 网关技术参数及功能要求（续）

网络分层	功能	功能描述	功能要求
	TSN 网关	支持TSN网关功能	M
	网络监控	支持网络监控，实现测量网络性能、识别性能异常并确定问题的根本原因功能	O
	安全事件检测	支持检测（潜在的）安全违规行为并跟踪这些信息	O
	SDTv2	支持SDT安全传输协议	—
	NAT/RNAT	地址映射	—

注：功能要求列中，M为强制；C为条件；O为可选；—为不可用或不要求。

7.3.3 TSN 网络集中配置控制器（选配）

7.3.3.1 TSN 网络集中配置控制器应支持多厂商异构设备的统一适配。

7.3.3.2 TSN 网络集中配置控制器应支持不少于 100 个设备节点的纳管，不少于 500 条流量的规划调度。

7.3.3.3 TSN 网络集中配置控制器应支持集群部署方式。

7.3.3.4 TSN 网络集中配置控制器应支持多种维护方式，包括 WEB、CLI、TELNET、SSH 等。

7.3.3.5 TSN 网络集中配置控制器应支持用户鉴权认证。

7.4 终端设备

车载TSN终端设备物理层、数据链路层、网络层、传输层和应用层的技术参数及功能要求应符合表7的规定。

表 7 终端设备技术参数及功能要求

网络分层	功能	功能描述	临时终端设备功能要求	标准终端设备功能要求
物理层	100BASE-TX	支持传输速率100Mbps的端口（电口）	M	M
	1000BASE-T	支持传输速率1Gbps的端口（电口）	O	O
	10GBASE-T	支持传输速率10Gbps的端口	—	—
	速率/双工自协商	支持速率/双工自动协商	C	C
数据链路层	MAC 表 (IEEE 802.3)	支持MAC学习、MAC表	M	M
	QoS	支持服务质量属性功能	M	M
	VLAN	支持VLAN功能	O	O
	gPTP 时钟同步 (IEEE 802.1 AS)	支持时钟同步功能	M	M
	帧抢占 (IEEE 802.1 Qbu)	支持帧抢占	O	O
	调度业务的增强 (IEEE 802.1 Qbv)	支持调度业务的增强	—	M
	数据流预留 (IEEE 802.1 Qcc)	支持数据流预留功能	—	O
	FRER (IEEE 802.1 CB)	支持帧复制和消除	O	O
入方向管制 (IEEE 802.1 Qci)	入方向管制	—	—	
网络层	IP协议(IPv4)	支持IPv4	M	M
	ARP	支持ARP	M	M
传输层	TCP/UDP	支持TCP、UDP协议	M	M
	ICMP	支持ICMP协议、PING	M	M
应用层	TRDP	支持TRDP协议	—	M
	DNS	支持轨道交通DNS功能	—	—
	NTP	支持NTP功能	—	—
	SSH	支持SSH功能	—	—
	Syslog	支持日志功能	O	O

注：设备功能要求列中，M为强制；C为条件；O为可选；—为不可用或不要求。

7.5 试验要求

为声明符合本文件，期望设备通过一致性测试，被测设备应包含网络设备和终端设备。
TSN一致性测试方案不属于文件范畴。
