ICS 43.040.10
CCS S 34

团　　体　　标　　准

T/xxxx XXXX—2025

列车交换机

Train Communication Switch

（征求意见稿）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

全国城市工业品贸易中心联合会　　发 布

目　　次

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。

本文件由全国城市工业品贸易中心联合会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

列车交换机

1 范围

本文件规定了轨道车辆使用的列车交换机的环境条件、结构与安装方式、技术要求、功能要求、检验方法、检验规则和标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于轨道车辆使用的列车交换机，以及集成了列车交换机产品的系统部件。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

GB/T 24338.4 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备

GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 28029.12-2020_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)

TJ/JW 032 交流传动机车网络控制系统暂行技术规范

TJ/JW 114 交流传动机车健康诊断系统-机车及重要零部件自动识别设备应用暂行技术条件

EN 50155-2021 Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment

IEEE 802.1Q Virtual Bridged Local Area Networks

IEEE 802.1D Media Access Control (MAC) Bridges

IEEE 802.1w Rapid Reconfiguration of Spanning Tree

IEEE 802.1s Multiple Spanning Trees

IEEE 802.1X Port-Based Network Access Control

IEEE 802.1AX Link Aggregation

IEEE 802.3ab 1000BASE-T Physical Layer Specifications

IEEE 802.3u 100BASE-TX Physical Layer Specifications

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

G-Ring

本规范所指的G-Ring，是一种要求自愈时间小于30毫秒的专用工业以太网环网冗余协议。它通过在物理环网上逻辑阻塞一个端口来防止广播风暴，并在检测到单点故障时快速启用备份路径，适用于对网络中断“零容忍”的列车控制、实时监控等关键业务场景。

3.2

G-Chain

本规范所指的G-Chain，是一种允许在物理链式拓扑上实现逻辑环网冗余的协议。其核心要求是通过在链式串接的设备间建立跨网络的逻辑冗余链路，实现与物理环网同等级别的可靠性，且最大自愈时间同样小于30毫秒。

3.3

基于应用的 QoS 管理 QoS management based on application

本规范所指的基于应用的QoS管理，特指交换机通过深度报文检测或特征库匹配，识别流量所属的具体应用程序（如视频会议、SCADA协议），并据此执行差异化带宽分配、优先级标记和队列调度的能力。它超越了传统的基于IP或端口的QoS，实现对业务意图的感知。

3.4

Modbus TCP 管理 Modbus TCP management

本规范所指的Modbus TCP 管理，不仅要求交换机透传该协议，更强调其应具备深度报文解析能力。即能够识别功能码、寄存器地址等关键字段，并基于此实施精细化访问控制、操作审计及流量监控，以实现对工业控制流量的可见性与安全管控。

3.5

DoS/DDoS 自动防御 DOS/DDOS automatic defense

本规范所指的DoS/DDoS 自动防御，特指交换机基于硬件或专用引擎，对SYN Flood、UDP Flood等攻击流量进行实时检测、识别与自动缓解的能力。缓解措施包括但不限于对异常流量进行限速、丢弃或重定向，核心目标是保护交换机自身控制平面与转发资源的可用性。

3.6

IP-MAC 绑定 IP-MAC binding

本规范所指的IP-MAC 绑定，是一种静态的、基于端口的安全策略。它强制规定了特定交换机端口上允许通信的IP地址与MAC地址的唯一对应关系。任何不符合此绑定关系的报文都将被丢弃，主要用于防止ARP欺骗和非法接入。

3.7

端口安全（基于 MAC 地址）port security

本规范所指的端口安全，特指基于MAC地址的接入控制功能。它限制单个交换机端口所能学习或通过的最大MAC地址数量，并可指定允许的特定MAC地址。当出现违规（如地址数超限或非法MAC接入）时，将触发预设的惩罚动作。

3.8

SNMPv3 加密认证 SNMPv3 encrypted authentication

本规范中要求支持的SNMPv3 加密认证，其安全级别必须支持 authPriv模式，即同时提供身份认证和数据加密。认证算法应不低于SHA-1，加密算法应不低于AES-128，以确保网管通信的完整性与机密性。

3.9

IGMP Snooping 优化 IGMP Snooping Optimization

本规范所指的IGMP Snooping，强调其组播流量精准转发与带宽抑制功能。它要求交换机通过监听IGMP报文动态维护组播组成员关系，从而将组播数据帧仅从连接有组成员的端口转发，避免在VLAN内广播，以实现网络带宽的优化和组播流量的安全隔离。

4 环境要求

4.1 海拔高度：不超过 2500m。
4.2 相对湿度：不大于 95%（该月月平均温度不低于 25℃）。
4.3 外部温度：-40℃～70℃。
4.4 电路板表面工作温度：-40℃～85℃。
4.5 贮藏温度：-40℃～85℃。
4.6 其它：能适应风、沙、雨、雪、盐雾、粉尘的侵袭和偶有沙尘暴。
4.7 机车机械间污染等级 PD2。

5 结构与安装

5.1 结构

产品采用机箱式体系结构，可单独的一个机箱使用，也可以与其他系统部件集成使用。

5.2 安装

通过托架安装于机械间微机柜内。

5.3 电气接口

列车交换机产品应具有如下电气接口：

a） 至少具有2路110V电源用于供电；

b） 机箱产品至少支持2个交换机模块接入；

c） 每个模块至少具有1个RJ45调试口（1路RS232与1路以太网百兆共用），用于维护；

d） 每个模块具有至少4个M12 X-coding千兆接口，可具备4、8、16个M12 D-coding百兆接口；

e） 每个模块需要具备POWER、RUN、Ring、Alarm的系统状态灯，同时每个端口需要具备一个网络指示灯。

6 技术要求

6.1 参数要求

列车交换机产品主要技术参数如下：

a） 输入控制电压：77V DC～137.5V DC；

b） 功率消耗：小于 50W；

c） 通信网络：以太网通信网络；

d） 冷却方式：自然风冷。

6.2 外观要求

列车交换机产品按表1的规定进行试验后，产品结构应牢固、外观无损伤。

6.3 电气要求

列车交换机产品按表1的规定进行试验后，产品电气性能应可靠，能正常工作。

6.4 外壳防护等级

列车交换机产品运用于粉尘（煤粉和灰尘）较大的地区，外壳防护等级不应低于IP20。

7 功能要求

7.1 IP 地址与 MAC 地址绑定功能

交换机应支持基于端口的IP地址与MAC地址绑定功能。该功能应通过建立并维护一个IP地址、MAC地址与交换机端口之间的静态映射表来实现。其主要目的与要求如下:

a） 增强网络安全性：防止 ARP 欺骗、IP 地址伪造等中间人攻击，确保网络接入设备的合法性；

b） 防止未授权访问：通过固定映射关系，阻止未经备案的非法设备获取网络资源或接入网络；

c） 提升管理效率：实现网络地址的精细化管理，便于故障定位、设备追踪和网络资源规划；

d） 维护网络稳定性：避免因 IP 地址冲突导致的网络中断，确保列车控制、调度通信等关键业务的稳定运行。

7.2 端口管理状态控制

交换机应具备对每个物理端口的管理状态进行强制控制的能力。该功能应允许授权管理员将端口在以下两种操作状态间进行切换：

a） 开启（Enabled/Up）：端口正常处理数据帧的接收与转发；

b） 关闭（Disabled/Down）：端口逻辑上被禁用，停止所有数据帧的接收与转发，但保留其配置信息，此控制功能应独立于端口的物理链路状态，并应通过命令行界面及网络管理协议等方式实现。

7.3 基于 MAC 地址的端口安全

交换机应支持基于端口的 MAC 地址安全功能，以实现接入设备的严格控制。该功能应满足以下要求：

a） 静态绑定与学习：端口应允许管理员预定义并绑定一组允许接入的源 MAC 地址。除非明确配置，端口应禁止动态学习新的 MAC 地址；

b) 违规处置：当端口接收到源 MAC 地址未在允许列表中的数据帧时，交换机应能执行预设的违规动作，包括但不限于：
   1) 保护（Protect）：静默丢弃非法帧。
   2) 限制（Restrict）：丢弃非法帧并发送安全违规告警。
   3) 关闭（Shutdown）：禁用该端口，需管理员手动或延迟恢复。
   4) 地址容量：每个端口应支持可配置的最大安全 MAC 地址数，以满足不同场景的接入需求。

7.4 基于端口的网络访问控制与认证（IEEE 802.1X）

交换机应支持基于IEEE 802.1X标准的端口级网络访问控制，以为接入设备提供强身份认证。该功能应满足以下要求：

a) 角色支持：交换机应能作为认证者，并与后端的 RADIUS 认证服务器协同工作；
b) 接入控制：在客户端通过认证前，交换机端口应仅允许 802.1X 认证协议数据通过；认证通过后，方可开放对业务网络的访问；
c) 多主机模式：端口应支持可配置的模式，包括基于单台设备认证的“单主机”模式，及基于首台设备认证结果控制端口状态的“多主机”模式；
d) 重认证与动态授权：交换机应支持周期性的客户端重认证，并可根据 RADIUS 服务器下发的授权策略动态调整端口的 VLAN、ACL 等参数。

7.5 基于 IEEE 802.1Q 的虚拟局域网支持

交换机应支持基于IEEE 802.1Q标准的虚拟局域网技术，以实现网络广播域的隔离与划分。该功能应满足以下要求：

a) VLAN 创建与管理：交换机应支持创建并管理多个独立的 VLAN，每个 VLAN 构成一个隔离的广播域；
b) 端口类型支持：交换机端口应可配置为以下两种基本模式：
   1) Access 端口：属于单一 VLAN，收发无标签的数据帧；
   2) Trunk 端口：允许多个 VLAN 的数据帧通过，并支持基于 802.1Q 标准的标签处理。

7.6 网络安全与管理

7.6.1 SNMPv3 加密管理

为保障网络管理通道的安全，交换机必须支持SNMPv3协议，并满足以下要求：

a) 安全模型：支持基于用户的安全模型，提供认证与加密功能；
b) 安全级别：必须支持 authPriv（认证且加密）安全级别，确保管理信息的完整性、真实性及机密性；
c) 算法支持：认证算法至少支持 SHA-1 或更安全的算法；加密算法至少支持 AES-128 或更安全的算法。

7.6.2 安全事件监控与上报

交换机应具备实时检测并上报关键安全与状态事件的能力，具体要求如下：

a) 事件类型：必须能生成并上报端口安全违规、认证失败、设备登录/登出、链路状态变更、CPU/内存门限超限等事件；
b) 上报机制：支持通过加密的 SNMPv3 Trap 或 INFORM 消息主动向网络管理站上报事件；
c) 本地日志：所有安全事件应同时记录于设备的本地日志中，并支持通过安全通道导出。

7.7 RADIUS 客户端与集中式访问控制

交换机必须支持作为RADIUS客户端，与后台RADIUS认证服务器协同工作，以实现集中式的网络访问控制与策略下发。该功能应满足以下要求：

a) 协议与传输安全：必须支持标准的 RADIUS 协议（RFC 2865/2866 等）。为保障认证信息的安全，与 RADIUS 服务器之间的通信应支持使用共享密钥进行完整性保护，并应支持通过 RADIUS over TLS 或 IPSEC 隧道实现通信加密；

b) 高可用性：必须支持配置主用和备用 RADIUS 服务器，并在主服务器不可达时自动切换到备用服务器；
c) 动态授权：交换机应能够根据 RADIUS 服务器返回的授权属性，动态地为已认证的用户或会话应用网络策略，包括但不限于：VLAN 分配、访问控制列表、QoS 策略及会话超时时间。

7.8 安全加密管理协议

为保障设备管理通道的机密性与完整性，交换机必须提供以下安全的远程管理接口，并必须禁用不安全的明文管理协议：

a) SSH 服务：必须支持 SSHv2 协议，用于安全的命令行管理访问。必须禁用 SSHv1 及 Telnet 协议；
b) HTTPS 服务：必须支持基于 TLSv1.2 或更高版本的 HTTPS 协议，用于安全的图形化 Web 管理访问。必须禁用不安全的 HTTP 协议。

7.9 生成树协议（STP/RSTP/MSTP）

交换机必须支持生成树协议族，以在提供网络冗余链路的同时，防止以太网二层环路，并实现故障后的快速收敛。具体要求如下：

a) 协议支持：必须支持 IEEE 802.1D（STP）、802.1w（RSTP）及 802.1s（MSTP）标准协议；
b) 默认与模式切换：设备默认运行模式应为 RSTP 或 MSTP，以提供优于传统 STP 的收敛性能，管理员应能全局或基于实例切换协议模式；
c) 核心功能：通过运行生成树协议，交换机应能自动阻塞冗余路径中的特定端口，形成无环路的树状拓扑；并在活动链路故障时，自动启用备份路径，恢复网络连通性。

7.10 MDI/MDIX 自动翻转

为简化安装并避免因线缆类型错误导致的连接故障，交换机应在所有适用的以太网电口上支持MDI/MDIX自动侦测与翻转功能。该功能应：

a) 自动适应：端口能自动侦测对端设备的连接类型，并在内部完成线序的匹配调整，无需用户手工干预或使用交叉线缆；
b) 符合标准：实现方式应符合 IEEE 802.3ab（1000BASE-T）及后续相关标准中对自动协商的规定；
c) 即插即用：使设备能够通过标准的直连网线（Straight-Through Cable）与任何其他支持或不支持此功能的网络设备正常建立链路。

7.11 IGMP Snooping

为优化组播流量转发、抑制网络带宽泛洪，交换机必须支持IGMP Snooping功能。该功能应满足以下要求：

a) 协议监听与学习：交换机应能监听主机与路由器之间的 IGMP 报文，动态学习组播组成员（即订阅者）与端口的对应关系；
b) 精准转发：基于学习到的组播组转发表，交换机应将组播数据流量仅从连接有组成员的端口和连接组播路由器的端口转发出去，而非泛洪至所有端口；
c) 版本支持：必须支持 IGMPv2，并宜支持 IGMPv1 和 IGMPv3，以实现与不同主机的兼容。

7.12 基于 IP 地址的带宽管理与流量控制

为实现网络资源的精细化分配与关键业务的服务质量保证，交换机应支持基于IP地址（或IP子网）的带宽管理策略。该功能应满足以下要求：

a) 策略定义：能够以源 IP 地址或目的 IP 地址为关键匹配条件，对特定的数据流进行识别与分类；
b) 双向控制：可对该数据流的出方向与/或入方向的带宽进行独立控制；
c) 控制动作：必须支持以下至少一种动作：
d) 限速：为指定的 IP 流量设定最大带宽上限，防止其过度占用网络资源；
e) 带宽保证：为关键业务的 IP 流量预留最小带宽，确保其服务等级。

7.13 基于应用识别的 QoS 管理

为满足多业务承载网络中不同应用对服务质量（时延、抖动、带宽）的差异化需求，交换机应支持基于应用层特征的流量识别与策略执行功能。该功能应满足以下要求：

a) 应用识别：能够通过深度报文检测、特征库匹配或预定义规则（如 TCP/UDP 端口号），识别出特定的应用类型；
b) 差异化策略：可根据识别出的应用（如视频会议、文件传输、SCADA 指令），实施差异化的 QoS 动作，包括但不限于：分配优先级、保证带宽、限制带宽或延迟转发；
c) 策略执行：识别与策略执行应在硬件层面完成，以确保线速性能并避免因 QoS 处理引入额外延迟。

7.14 DoS/DDoS 攻击检测与缓解

为保护交换机自身及下游网络资源免受拒绝服务攻击，交换机应支持基于流量行为特征的DoS/DDoS攻击检测与自动缓解功能。该功能应满足以下要求：

a) 攻击识别：能够识别常见的攻击类型，如 SYN Flood、UDP Flood、ICMP Flood、HTTP Flood 等异常流量模式；
b) 自动缓解：在检测到攻击流量时，应能自动或按预设策略启动缓解措施，包括但不限于：对异常流量进行限速、丢弃或将其重定向至清洗设备。

7.15 端口状态监控与安全态势呈现

为提供网络接入层的实时可视性与安全状态感知，交换机应对每个端口提供全面的监控、状态显示与安全事件报告能力。该功能应满足以下要求：

a) 基础状态监控：必须能实时显示每个端口的链路状态（UP/DOWN）、速率、双工模式及流量统计（发送/接收字节数、包数、错误包计数）；
b) 安全状态指示：必须能明确指示端口因管理性关闭、安全违规触发关闭（如端口安全、802.1X 失败）或协议阻塞（如 STP）等不同原因而处于非活动状态；
c) 动态信息报告：当端口状态发生任何变化或检测到安全事件时，设备应能生成系统日志并支持发送 SNMP Trap/INFORM 消息至网络管理系统。

7.16 SMTP 客户端邮件告警

为提供关键事件的即时主动通知，交换机可根据项目实际需求集成SMTP客户端功能，支持将预定义的系统事件通过电子邮件发送至指定的管理员邮箱。该功能应满足以下要求：

a) 事件触发：邮件告警应由重要系统状态变化自动触发，至少包括：端口链路状态变更(Up/Down)、CPU/内存利用率超过设定阈值、设备温度告警及严重的安全违规事件；
b) 邮件内容：告警邮件应包含清晰的摘要主题、设备标识（主机名/IP）、事件发生时间、详细描述及当前状态信息；
c) 可配置性：管理员应能配置 SMTP 服务器地址、端口、认证信息（用户名/密码）、发件人地址及一个或多个收件人地址列表。

7.17 DHCP 功能

为支持动态主机配置协议的完整应用场景，交换机必须支持以下三种DHCP角色：

a) DHCP 客户端：设备自身的管理接口（如带外管理口）应能作为 DHCP 客户端，从上级网络自动获取 IP 地址等配置信息；
b) DHCP 服务器：设备应能作为 DHCP 服务器，为所连局域网内的终端设备分配 IP 地址、默认网关、DNS 服务器等网络参数；
c) DHCP 中继：当客户端与 DHCP 服务器位于不同广播域时，设备应能作为 DHCP 中继代理，转发客户端的 DHCP 请求与服务器的回应，实现跨网段的动态地址分配。

7.18 G-Ring 工业环网协议

为构建高可靠的冗余网络拓扑，交换机可根据项目实际需求支持G-Ring工业环网协议。该功能应满足以下核心要求：

a) 自愈性能：在网络出现单点链路或节点故障时，协议必须能实现网络拓扑的自动重构与恢复，其最大自愈时间应小于 30 毫秒。
b) 拓扑支持：应支持构建单环或相切环等拓扑结构，环上最大支持节点数应满足实际组网规模需求。
c) 标准兼容：此功能为特定工业环网协议，其实现应保证与采用同版本协议的其他厂商设备的互操作性。

7.19 G-Chain 链式拓扑冗余协议

为在线性链式物理连接中实现网络级冗余保护，交换机可根据项目实际需求支持G-Chain工业冗余协议。该功能应满足以下核心要求：

a) 拓扑与冗余：应支持构建一个逻辑的链式拓扑，通过在链的两端设备之间建立一条冗余逻辑链路，将物理上的链式连接转化为具备故障自愈能力的逻辑环网或双路径网络；
b) 自愈性能：当链中任意单点链路或设备发生故障时，协议必须能实现业务的快速自动切换与恢复，其最大自愈时间应小于 30 毫秒；
c) 灵活部署：该功能应允许设备在无需改变物理布线（仍为链式串接）的情况下，仅通过配置即可启用高可用性冗余保护。

7.20 MAC 地址动态学习与老化

作为以太网交换的基础功能，交换机必须具备MAC地址动态学习能力，以构建和维护用于二层数据转发的地址表。该功能应满足以下要求：

a) 学习机制：交换机通过检查接收到的数据帧的源 MAC 地址及其入端口，自动在 MAC 地址表中建立或更新对应条目；
b) 转发依据：在转发数据帧时，交换机查询 MAC 地址表，若目的 MAC 地址存在于表中，则从对应端口单播转发；若不存在，则向除接收端口外的所有端口泛洪；
c) 表项管理：MAC 地址表条目应具有可配置的老化时间，长期无流量的非活跃表项将被自动删除，以释放资源并适应网络拓扑变化。

7.21 链路汇聚控制协议

为增加带宽、提供链路冗余并实现负载均衡，交换机必须支持基于IEEE 802.3ad（LACP）标准的链路汇聚功能。该功能应满足以下要求：

a) 聚合组：能够将多个物理端口捆绑为一个逻辑的聚合组，该组在逻辑上被视为一个单一的高带宽连接；
b) 负载均衡：支持基于源/目的 MAC 地址、IP 地址及 TCP/UDP 端口号等多种哈希算法的流量负载均衡，以高效利用聚合组内所有成员链路；
c) 故障弹性：当聚合组内部分成员链路故障时，流量应能在剩余的链路间自动重新分布，确保业务不中断，且切换过程对上层应用透明。

7.22 端口速率与双工模式配置

为兼容和优化与各类终端设备的物理连接，交换机应支持对每个以太网电口的速率与双工模式进行手动配置。该功能应满足以下要求：

a) 参数配置：管理员应能独立配置端口的速率与双工模式，速率选项应至少包括 10Mbps、100Mbps、1000Mbps；双工模式应至少包括半双工与全双工；
b) 模式选择：端口应支持两种工作模式：
    1) 自动协商：作为默认模式，与对端设备协商最优速率与双工设置；
    2) 手动强制：当自动协商失败或需连接特定设备时，可强制指定速率与双工模式；
    3) 状态显示：配置后的实际工作速率与双工状态应有明确指示（如 CLI、Web 界面、面板指示灯）。

7.23 数据帧转发与过滤

作为以太网交换设备的核心功能，交换机必须具备基于二层MAC地址的数据帧转发与过滤能力。该功能应遵循以下规则：

a) 转发决策：交换机根据接收到的数据帧的目的 MAC 地址及其内部维护的 MAC 地址表做出转发决策；
b) 转发行为：决策结果应为以下三种之一：
   1) 单播转发：若目的 MAC 地址在地址表中，则从对应的唯一端口转发；
   2) 广播/组播泛洪：若目的地址为广播地址、组播地址或未知单播地址，则向属于该 VLAN 的所有端口（除接收端口外）转发；
   3) 过滤：若安全策略（如 ACL、端口安全）要求或源/目的端口为同一端口，则丢弃该帧。

7.24 端口镜像

为满足网络流量监控、故障诊断及安全审计的需求，交换机必须支持端口镜像功能。该功能应满足以下要求：

a) 功能定义：能够将一个或多个源端口（或整个 VLAN）的流量复制一份，并转发至一个指定的目标端口；
b) 镜像方向：应支持对源端口的入方向、出方向或双向流量进行镜像。

7.25 IPv6 协议支持

为保障网络面向未来的可扩展性与互联互通能力，交换机必须支持IPv6协议栈，并满足以下基础要求：

a) 双栈运行：设备应支持 IPv4/IPv6 双栈，能够同时处理 IPv4 和 IPv6 数据包的转发与控制平面协议；
b) 基础路由：必须支持 IPv6 静态路由。宜支持动态 IPv6 路由协议，如 OSPFv3 或 RIPng，以满足复杂网络拓扑需求；
c) 管理访问：设备的管理接口（如 CLI, Web, SNMP）应能够通过 IPv6 地址进行访问与配置。

7.26 10/100BASE-TX 以太网电口

交换机提供的10/100BASE-TX自适应以太网电口，用于连接终端设备或构建接入层网络。该类型端口应满足以下要求：

a) 速率与标准：端口必须符合 IEEE 802.3u 标准，支持 10Mbps 与 100Mbps 两种速率，并能在全双工和半双工模式下工作；
b) 自动协商：作为默认和推荐配置，端口应支持自动协商机制，以与对端设备协商最优的速率和双工模式；
c) 物理接口：端口应采用标准的 RJ-45 或 M12 D-coding 连接器，支持使用 Category 5 或更高级别的非屏蔽双绞线进行连接。

7.27 10/100/1000BASE-T 以太网电口

交换机提供的10/100/1000BASE-T自适应以太网电口，用于构建高带宽接入或汇聚链路。该类型端口应满足以下要求：

a) 速率与标准：端口必须符合 IEEE 802.3ab（1000BASE-T）及 IEEE 802.3u（100BASE-TX）标准，支持 10Mbps、100Mbps 与 1000Mbps 三种速率自适应，并必须在全双工模式下运行于 1000Mbps 速率；
b) 自动协商：端口应支持并默认启用自动协商机制，以与对端设备协商最优的速率（10/100/1000Mbps）和双工模式；
c) 物理接口：端口应采用标准的 RJ-45、M12 D-coding 或 M12 X-coding 连接器，并推荐使用 Category 5e 或更高级别的双绞线以保障千兆性能。

7.28 Modbus TCP 协议感知与管理

为在工业自动化网络中实现对Modbus TCP流量的可见性、安全控制与服务质量保障，交换机可根据实际需求集成Modbus TCP协议管理功能。该功能应满足以下要求：

a) 协议解析与监控：能够深度解析 Modbus TCP 协议帧，识别事务标识符、功能码（如读保持寄存器 03H，写单个寄存器 06H）、单元标识符及数据内容，并提供基于这些字段的实时流量监控与统计；
b) 访问控制与安全策略：支持基于 Modbus TCP 报文内容（如功能码、寄存器地址范围、单元 ID）的精细化访问控制列表，实现对非法操作指令的过滤与告警，防止越权访问；
c) 服务质量保障：能够识别 Modbus TCP 流量，并为其分配高优先级队列与带宽保证，确保关键控制指令的低延迟、低抖动传输，免受其他数据流量的干扰。

8 试验方法

8.1 外观检验

目测检查列车交换机产品的外观，检查其结构及外观条件是否满足要求，有无破损和表面腐蚀等情况。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.1的相关要求执行。

8.2 性能试验

性能试验包括对装置特性进行一系列测量，以证明其性能符合该装置功能要求，包括产品技术条件中的特殊要求。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN50155-2017中13.4.2的相关要求执行。

8.3 低温试验

本试验目的是验证样件在低温环境条件下贮存和使用的适应性。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.4的相关要求执行。

8.4 高温试验

本试验目的是验证样件在高温环境条件下使用或贮存的适应性。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN50155-2017中13.4.5的相关要求执行。

8.5 交变湿热试验

本试验目的是验证样件在温度循环变化、表面产生凝露的湿热条件下贮存的适应性。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.8的相关要求执行。

8.6 低温存放试验

本试验的目的是验证被试样件在非工作状态下承受低温存放的能力。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.6的相关要求执行。

8.7 电源过电压和浪涌试验

本试验的目的是验证被试样件对于处于规定范围之内的（包括电压波动）供电电压能否保证正常工作。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择过压按TJ/JW 032的相关要求执行，浪涌按GB/T 24338.4的相关要求执行，或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.3的相关要求执行。

8.8 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

本试验目的在于模拟电磁场耦合到被试装置的输入输出电路和/或电源线上的传导效应。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择按GB/T 24338.4或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.9的相关要求执行。

8.9 射频干扰试验

评估被试部件在各种电气干扰下的工作状况，验证被试部件能够承受一种或多种形式的电气干扰以及对外产生的干扰不超出规定的等级。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择按GB/T 24338.4或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.9的相关要求执行。

8.10 绝缘试验

本试验的目的主要是检查机箱在布线和安装电气或电子部件后的绝缘性能。

机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.7的相关要求执行。

8.11 振动、冲击试验

本试验目的将验证被试样件对在运输、操作和维修等环境下所产生的机械应力的承受能力。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择按GB/T 21563或GB/T 25119的相关要求执行的相关要求执行，城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.10 的相关要求执行。

8.12 盐雾试验

本试验为研究性试验，应根据用户要求进行。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择按TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行。城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.13的相关要求执行。

8.13 水密性试验

一般情况下，网络控制系统装置都是装在车体内或车外箱体中，因此，不必进行水密性试验，除非用户与制造商之间特别商定。机车领域列车交换机产品根据主机厂的要求可选择按TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行。城轨领域列车交换机产品可参考机车领域产品的实验依据或按照业主要求进行。

8.14 强化筛选试验

本试验为研究性试验，应根据用户要求可对整机或其某一部分进行此项试验。试验依据按TJ/JW 032或GB/T 25119的相关要求执行。城轨领域列车交换机产品可按照EN 50155-2021中13.4.11的相关要求执行。

9 检验规则

9.1 检验分类及项目

9.1.1 列车交换机产品的检验包括例行检验、型式检验、装车运行试验。

9.1.2 检验项目及内容见表 1。

表 1 检验项目及内容

序号	检验项目	例行检验	型式检验	试验依据
1	外观检验	√	√	8.1
2	性能试验	√	√	8.2
3	低温试验	-	√	8.3
4	高温试验	-	√	8.4
5	交变湿热	-	√	8.5
6	低温存放	-	√	8.6
7	电源过电压和浪涌	-	√	8.7

序号	检验项目	例行检验	型式检验	试验依据
8	电快速瞬变脉冲群抗扰度	-	√	8.8
9	射频干扰	-	√	8.9
10	绝缘试验	√	√	8.10
11	振动冲击试验	-	√	8.11
12	盐雾试验	-	△	8.12
13	水密性试验	-	△	8.13
14	强化筛选试验	-	△	8.14
注：“√”为必检项目；“-”为不检项目；“△”为选择性试验，如有需要可进行。				

9.2 例行检验

9.2.1 每台出厂的产品，制造厂都应进行例行检验。
9.2.2 经用户与制造厂双方协商，用户可以在交货的产品中进行抽样检查试验，以验证例行检验结果。
9.2.3 在例行检验过程中，若任意一项不合格，均判该产品不合格。

9.3 型式检验

9.3.1 有下列情况之一时应进行型式检验：
a) 新产品试制完成时；
b) 经常生产的定型产品原则上每五年应进行一次型式试验；
c) 列车交换机产品的结构、材料或生产工艺等有重大改变时；
d) 停产三年以上恢复生产时；
e) 制造地点改变时。
9.3.2 检验样品应在例行试验的合格品中抽取，同型号同批次产品抽取数量为 1 台。

9.4 装车运行试验

9.4.1 装车运行试验的列车交换机必须是通过型式试验的合格产品。
9.4.2 装车运行试验过程中，若出现因设计不合理或工艺不良造成故障，严重影响运用，需修改设计和工艺的产品为装车运行试验不合格产品。修改后的列车交换机样品应重新进行型式试验、装车运行试验。
9.4.3 装车运行试验不合格的列车交换机产品不允许扩大应用。
9.4.4 机车领域的列车交换机新产品还应按照 GB/T 25119 的相关内容进行装车运行试验。

10 标志、包装、运输及贮存

10.1 标志

10.1.1 在产品寿命周期内应有清晰可见、完整的标牌，至少应包括如下信息：
a) 制造商名称；
b) 产品型号和名称；
c) 主要技术参数；
d) 出厂年月；
e) 出厂序号。
10.1.2 在产品的适当位置应有清晰可见的标记，产品上的所有标记在产品寿命周期内应能清楚辨识。供货商应确保其每件产品的可追溯性包括主要材料的可追朔性。

10.2 包装

10.2.1 包装箱外表面应按 GB/T 191 的规定，进行防磕碰、防雨、不许倒置等储运标志。
10.2.2 产品的包装应能防潮、防尘、防静电、防震动和防止运输过程造成的损坏。
10.2.3 每台产品出厂时，包装箱内至少应有合格证、使用维护说明书。

10.3 运输及贮存

10.3.1 运输

运输过程中应平稳放置，避免碰撞。在搬运时应轻装轻放，产品运输时应采取适当方式装载和固定，以免磕碰损坏和变形。

10.3.2 贮存

产品必须平稳放置在干燥、清洁、无酸碱等腐蚀性气体的场地，产品上不应放置其它物品。