

团 体 标 准

T/xxxx XXXX—2025

# 列车通信协议转换网关

Train Communication Protocol Conversion Gateway

(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 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	1
5 使用要求 .....	2
6 技术要求 .....	2
7 试验方法 .....	5
8 检验规则 .....	7

## 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：

# 列车通信协议转换网关

## 1 范围

本文件规定了列车通信协议转换网关（以下简称“网关”）的术语和定义、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存要求。

本文件适用于铁路机车车辆、动车组、城市轨道交通车辆及市域列车中，用于实现列车通信网络（TCN）、以太网列车骨干网（ETB）及其他车辆总线（如CAN、MVB、RS485等）之间进行协议转换和数据交换的网关设备。本文件作为网关设备设计、开发、制造、测试、验收及维护的技术依据。

## 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 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置
- 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 21563 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
- GB/T 28029.1 轨道交通 电子设备 列车通信网络（TCN）第1部分：总体架构
- GB/T 28029.2 轨道交通 电子设备 列车通信网络（TCN）第2部分：列车总线
- GB/T 28029.3 轨道交通 电子设备 列车通信网络（TCN）第3部分：多功能车辆总线（MVB）
- GB/T 28029.4 轨道交通 电子设备 列车通信网络（TCN）第4部分：以太网列车骨干网（ETB）
- IEEE 802.3 以太网技术标准
- IEC 61375-2-3 列车通信网络（TCN）
- IEC 61375-3-1 多功能车辆总线（MVB）
- IEC 61375-3-4 以太网列车骨干网（ETB）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 协议转换网关 protocol conversion gateway

本文指部署在列车通信网络关键节点的智能电子设备，其核心功能是解析、映射和转发遵循不同通信协议的数据报文，实现异构网络间的互联互通与数据共享。网关可具备网络管理、数据过滤、流量控制及故障诊断等功能。

### 3.2 协议映射 protocol mapping

指在两个或多个异构通信协议栈之间，建立数据单元、地址信息、以及时序关系的双向转换规则与执行过程。映射应确保语义一致性和时序可预测性。

### 3.3 列车通信网络（TCN）

符合GB/T 28029系列标准的列车级通信体系，包括列车总线（WTB）和车辆总线（MVB）。

### 3.4 以太网列车骨干网（ETB）

基于IEEE 802.3的列车级以太网通信网络，用于高速数据传输与集成业务。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

TCMS: 列车控制和管理系统 (Train Control and Management System)

TCN: 列车通信网络 (Train Communication Network)

MVB: 多功能车辆总线 (Multifunction Vehicle Bus)

ECN: 以太网列车网络 (Ethernet Consist Network)

ETB: 以太网列车骨干网 (Ethernet Train Backbone)

SIL: 安全完整性等级 (Safety Integrity Level)

MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure)

## 5 要求

### 5.1 使用环境要求

装置使用环境符合以下要求:

——海拔: 不超过 2000m;

——湿度: 月平均最大相对湿度不大于 95 %、无凝结;

——使用温度: 周围空气温度 $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ;

——存储温度:  $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 。

注: 对预定工作在海拔2000m以上的设备, 其工频耐受电压应乘海拔修正系数Ka (Ka按GB/T 25119-2021标准执行)。

### 5.2 电源要求

设备额定工作电压为DC110V, 其要求符合表1。

表1 DC110V 电源

额定电压 (V)	工作电压范围 (V)	纹波系数
110	77~137.5	$\leq 15\%$

### 5.3 特殊要求

当运用环境超出上述规定的条件时, 按用户与制造商达成的技术文件的规定执行。

## 6 技术要求

### 6.1 通用设计原则

网关的设计应遵循模块化、标准化、高可靠性和便于维护的原则。除满足功能性能外, 还应注重:

a) 人机工程: 指示灯、接口标识清晰、明确, 便于观察和操作;

b) 维护友好: 支持模块热插拔 (如适用)、故障快速定位与识别;

c) 生命周期: 设计应考虑产品的整个生命周期, 包括可维修性、可升级性和最终环保处置。

### 6.2 外观与结构要求

#### 6.2.1 外壳

应采用金属或高强度阻燃工程塑料, 表面平整, 无尖锐棱角, 防护等级不低于 IP20。若安装于箱体内部, 防护等级应不低于 IP10。

#### 6.2.2 标识

产品应有永久性铭牌, 包含型号、名称、序列号、电源规格、制造商、生产日期等信息。接口应有明确的符号或文字标识。

#### 6.2.3 安装

安装方式应牢固, 能承受车辆运行中的振动和冲击。推荐采用导轨安装或螺栓固定。

#### 6.2.4 颜色与标志

符合轨道交通行业惯例及用户要求。

### 6.3 硬件系统架构与要求

#### 6.3.1 总体要求

网关硬件应采用成熟、可靠的工业级或车规级元器件构建，并满足以下要求。

#### 6.3.2 主处理器模块

6.3.2.1 应选用性能满足系统实时性要求的 32 位或以上微处理器/微控制器。

6.3.2.2 在满负荷运行设计要求的协议转换、数据处理和网络管理任务时，CPU 平均利用率不应超过 70%，峰值利用率不应超过 90%。

6.3.2.3 应具备硬件看门狗定时器，在软件跑飞或死锁时能自动触发系统复位。

#### 6.3.3 协议处理模块

6.3.3.1 可采用专用通信控制器（如 MVB 控制器、CAN 控制器）或由主处理器配合 FPGA/CPLD 实现。

6.3.3.2 各协议处理单元应相对独立，避免相互干扰。

6.3.3.3 对于 MVB 接口，应支持 GB/T 28029.3 中规定的所有设备类别（1 类，2 类，3 类，4 类，5 类），并可根据配置作为总线管理器或冗余总线管理器。

#### 6.3.4 存储模块

6.3.4.1 程序存储器：非易失性存储器（如 Flash），容量应满足应用程序及未来功能升级的需要。

6.3.4.2 非易失参数与日志存储器：应采用掉电不丢失的存储介质，容量至少能存储 10000 条事件记录。记录应包括时间戳、事件类型、事件描述、相关数据等字段。

#### 6.3.5 电源模块

6.3.5.1 输入输出必须电气隔离，绝缘强度符合 GB/T 25119 要求。

6.3.5.2 转换效率不低于 80%。

6.3.5.3 具备输入过压、欠压、过流及短路保护功能。

6.3.5.4 输出纹波噪声小，稳定性高，为内部电路提供洁净的+5V，±12V，+3.3V 等电源。

#### 6.3.6 通信接口模块

6.3.6.1 网关应至少集成两种不同类型的通信接口。所有接口的物理层和链路层应符合相应标准。

6.3.6.2 MVB 接口：符合 GB/T 28029.3。支持 ESD（电介质）、EMD（电气中距离）或 OGF（光纤）传输介质。连接器建议采用符合 EN 50107-1 的 9 针 D-sub。

6.3.6.3 以太网接口：符合 IEEE 802.3，支持 10/100/1000BASE-T/TX。为适应车辆环境，推荐采用带锁紧机构的 M12-D 编码（4 芯）或 M12-X 编码（8 芯，用于千兆）连接器。应支持 IEEE 802.1Q VLAN 标签和优先级处理。

6.3.6.4 CAN 接口：符合 ISO 11898-2，支持 CAN 2.0A/B 协议。连接器可采用 D-sub9 或 M12。

6.3.6.5 其他接口：如 RS-485/422、HDLC 等，其电气特性和协议应符合行业通用规范。

#### 6.3.7 状态指示与调试接口

6.3.7.1 指示灯：至少应包含电源（PWR）、系统运行（RUN）、故障（ERR）以及各通信接口的活动状态指示灯。

6.3.7.2 调试接口：应提供一个用于初始化配置、软件更新、日志下载和深度诊断的维护接口，如以太网、USB 或 RS-232。该接口应有访问权限控制。

### 6.4 软件功能要求

#### 6.4.1 协议转换核心功能

6.4.1.1 支持静态或动态的协议映射配置，定义了源协议与目标协议在数据内容、地址、周期/事件触发方式上的对应关系。

6.4.1.2 应精确实现过程数据（PD）的周期性转发、消息数据（MD）的事件触发转发以及监督数据（SD）的交换。

6.4.1.3 转换过程必须保持数据的完整性（通过 CRC 等校验保证）和时效性（满足端到端延迟要求）。

#### 6.4.2 网络管理与诊断

6.4.2.1 状态监控：实时监测各通信端口的链路状态、数据流量、错误帧计数、负载率等。

6.4.2.2 故障记录与上报：自动检测并记录通信超时、校验错误、链路中断等故障，并能通过网络主动上报给 TCMS 或地面维护系统。

6.4.2.3 自诊断：上电时执行硬件自检，运行中定期进行通信自检。

#### 6.4.3 数据管理与过滤

6.4.3.1 可配置数据过滤规则，仅转发必要的的数据，减少网络负载。

6.4.3.2 支持数据缓冲，在网络短暂堵塞或目标设备忙时，能暂时缓存数据，避免丢失。

6.4.3.3 提供时间戳服务，为转发的关键数据添加精确的时间标记。

#### 6.4.4 冗余与热备份功能（可选，高可靠性应用要求）

6.4.4.1 支持双电源输入。

6.4.4.2 支持通信接口冗余（如双 MVB 端口，双以太网端口）。

6.4.4.3 支持主备网关间的状态同步与无扰动切换。切换过程对应用透明，切换时间应小于 100ms。

### 6.5 性能指标

网关在额定工作条件下的性能应不低于表2规定值。

表 2 网关关键性能指标

性能参数	指标要求	测试条件/备注
协议转换延迟	$\leq 10 \text{ ms}$	指单一数据帧从输入接口接收完毕到输出接口开始发送的时间
数据传输误码率	$\leq 1 \times 10^{-9}$	在持续的数据交换测试中
支持并发协议通道	$\geq 2$ 路	可同时进行不同协议间的转换
事件记录容量	$\geq 10,000$ 条	非易失存储
平均故障间隔时间	$\geq 100,000$ 小时	在规定的条件下，置信度90%
启动时间	$\leq 30$ 秒	从上电到进入正常工作状态
配置参数保持时间	$\geq 20$ 年	在无外部电源情况下

### 6.6 RAMS（可靠性、可用性、维护性与安全性）要求

#### 6.6.1 可靠性

设计阶段应按照GB/T 7826进行系统的FMECA分析，识别单点故障并采取缓解措施。提供基于元器件应力分析法的可靠性预计报告，给出MTBF或FIT值。

#### 6.6.2 可用性

通过冗余设计、快速维护等方式提高可用性。应提供平均修复时间（MTTR）预估。

#### 6.6.3 维护性

提供详细的维护手册，包括在线可更换单元列表、故障代码说明、更换步骤。硬件设计应便于模块更换。

#### 6.6.4 安全性

若网关处理的信息涉及列车安全功能（如牵引、制动指令的传递），其安全完整性等级（SIL）不应低于被连接系统中要求较高的那个设备的SIL等级（依据GB/T 20438）。网关软件应遵循安全相关软件的开发流程。

## 6.7 接口要求

### 6.7.1 电气接口

应符合以下要求：

- d) 电源接口应具有防反插功能和必要的屏蔽外壳；
- e) 通信接口应符合行业标准要求，以太网接口采用 M12 接口，MVB、CAN 等接口建议采用 D-Sub9 接口。

### 6.7.2 维护接口

应具有维护接口，用于程序升级和记录数据下载；

### 6.7.3 机械接口

所有连接器均需要具备紧固装置，设备外壳应具备接地螺栓。

## 7 试验方法

### 7.1 试验适用范围

本试验适用于装车前的型式试验或出厂前的例行试验。

### 7.2 试验前准备

硬件和软件均应完成安装和各项调试工作，试验前应完成各项试验准备。

### 7.3 外观检验

用目视法在自然光线下检查外观，检验结果应符合6.1.1的要求。

### 7.4 性能试验

#### 7.4.1 绝缘电阻试验

按GB/T 25119-2021中12.2.9的要求进行绝缘电阻试验。

#### 7.4.2 介电强度试验

按GB/T 25119-2021中12.2.9的要求进行介电强度试验。

#### 7.4.3 通信可靠性测试

- 使用协议分析仪或仿真工具，验证MVB、ETB、CAN等协议符合性；
- 测试数据帧映射准确性，持续时间 $\geq 1$ 小时，误帧率 $\leq 10^{-9}$ 。

#### 7.4.4 转换延迟测试

注入测试数据，测量从输入到输出的时间延迟，统计最大值、平均值。

#### 7.4.5 存储与导出测试

模拟记录事件，导出并验证数据完整性。

#### 7.4.6 电源范围试验

设备电源电压在DC77V~137.5V范围时，应正常工作。

#### 7.4.7 电源波动试验

- a) 在设备电源电压 DC66V~154V，不超过 0.1s 的电压波动时，不应引起功能异常；

b) 在设备电源电压 DC66V~154V, 不超过 1s 的电压波动时, 不应引起设备损坏, 允许功能降级。

#### 7.4.8 电源断电试验

在电源电压间断10ms, 不应引起任何失效。

### 7.5 环境试验

#### 7.5.1 低温试验

低温试验方法符合GB/T 25119-2021中12.2.3的内容。试验内容包含6.4.3~6.4.12。

#### 7.5.2 高温试验

通电后, 放在试验箱内, 在等于或大于0.5h内将箱温从正常试验环境温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 逐渐升高到 $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。待温度稳定后, 保温6h, 然后在已升高的温度下进行6.3.3~6.3.12进行试验。自动工作模式下, 将温度升至 $85^{\circ}\text{C}$ 保持10min, 设备功能应正常。将设备冷却至环境温度, 再次进行6.4.3~6.4.12性能测试。

#### 7.5.3 交变湿热试验

交变湿热试验按GB/T 25119-2021中12.2.5的方法进行, 设备恢复常温后, 再按照6.4内容进行试验。

#### 7.5.4 振动、冲击试验

振动、冲击试验按5.1.7要求进行, 设备振动、冲击试验后按照6.3的要求进行外观检查, 按6.4进行性能试验。

#### 7.5.5 低温存放试验

设备低温存放试验按GB/T 25119-2021中12.2.14的方法进行, 设备恢复常温后, 按照6.4进行性能试验。

### 7.6 电磁环境试验

#### 7.6.1 电源过电压试验

设备电压过压试验按GB/T 25119-2021中12.2.6.1的方法进行。

#### 7.6.2 静电放电试验

设备静电放电试验按GB/T 25119-2021中12.2.6.4的方法进行, 严酷等级3级。

#### 7.6.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

设备电快速瞬变脉冲群试验按GB/T 25119-2021中12.2.7的方法进行, 电源接口满足3级要求, IO线及通信线接口满足4级要求。

#### 7.6.4 浪涌试验

设备浪涌试验按GB/T 25119-2021中12.2.6.2的方法进行, 满足3级要求。

#### 7.6.5 射频抗扰度试验

——设备对射频电磁场引起的传导干扰, 按GB/T 25119-2021中12.2.8.1, 严酷等级3级;  
——设备对射频电磁场引起的辐射干扰, 按GB/T 25119-2021中12.2.8.1, 严酷等级3级。

#### 7.6.6 射频骚扰试验

设备射频骚扰试验按GB/T 25119-2021中12.2.8.2的方法进行。

#### 7.6.7 老化试验

测试条件为: 高温 $50^{\circ}\text{C}$ 、持续上电运行48h。老化试验过程中, 设备应正常工作。

## 8 检验规则

### 8.1 分类

分为出厂检验、型式检验、装车运行试验。

### 8.2 检验项目

出厂检验和型式检验项目符合表3内容。

表3 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	外观	√	√
2	性能试验	√	√
3	低温试验	-	√
4	高温试验	-	√
5	交变湿热试验	-	√
6	振动、冲击试验	-	√
7	低温存放试验	-	√
8	电源过电压试验	-	√
9	静电放电试验	-	√
10	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	-	√
11	浪涌试验	-	√
12	射频抗扰度试验	-	√
13	射频骚扰试验	-	√
14	老化试验	√	-

注：“-”为不检项，“√”为必检项。

### 8.3 出厂检验

出厂检验用于在正常环境条件下验证产品特性与型式检验中测得的是否一致。公司质检部门应对每台设备进行出厂检验，检验合格后，出具合格证。设备出厂检验项目见表3。

### 8.4 型式检验

发生GB/T 25119-2021 中12.1.1 规定的情况时，应进行型式试验。设备须进行的型式试验项目见表2。

### 8.5 装车运行试验

为验证对车辆实际环境条件、输入电源条件、车辆电气线路布置方式等的适应能力，检验装置工艺的准确性，新产品在通过型式试验之后，还应进行装车运行试验。通过了技术评估、型式试验、联调联试、可靠性试验之后方可进行装车运行试验。装车运行试验时间不短于6个月，且装车试验运行里程不少于10万公里。