

# 团 体 标 准

T/xxxx XXXX—2025

## 列车牵引控制单元

Train Traction Control Unit

（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 环境要求 ..... 2

5 结构与安装 ..... 2

6 技术要求 ..... 2

7 功能要求 ..... 3

8 试验方法 ..... 4

9 检验规则 ..... 5

10 标志、包装、运输及贮存 ..... 6

## 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：

# 列车牵引控制单元

## 1 范围

本文件规定了机车与城轨领域使用的列车牵引控制单元的环境条件、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。

本文件适用于机车与城轨领域使用的牵引控制单元产品，以及集成了牵引控制单元产品的系统部件。

## 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

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 50155-2017 Railway applications - Electronic equipment used on rolling stock

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**列车牵引控制单元** train traction control unit

列车牵引控制单元是列车的“心脏”动力设备，负责给变流器和电机输入驱动信号，同时接收传感器信息，按照车辆的控制指令完成牵引控制动作，并具有电气安全逻辑保护功能。

### 3.2

**最小谐波控制技术** minimum harmonic control technology

通过调整中间电压和脉冲开通的角度，将电机额定点的电流谐波降低，可解决电机长周期运行时电机温升过高的问题，降低能源消耗。

### 3.3

**脉冲同源核心算法** pulse co-core algorithm

为了让2个IGBT接收到的脉冲信号保持一致，在控制单元内部采用FPGA通信发送给IGBT模块的机制实现同步性，降低了由于信号不同步造成的IGBT模块故障。牵引控制单元发送给IGBT的脉冲采用光纤传输的方式，有效避免了电脉冲信号在传输过程中的电磁场干扰，增强了模块的鲁棒性和稳定性。

### 3.4

**基于电网电压前馈控制的高速响应单相四象限控制核心算法** High-speed Response Single-phase Four-quadrant Control Core Algorithm Based on Grid Voltage Feedforward Control

通过微秒级得控制精度，将控制输入功率因数逼近至1，大幅度提高系统效率，降低能量的损耗。同时核心算法控制输入电流的谐波，在车辆发挥额定功率时，整车等效干扰电流(不含列车供电) $<2.5\text{A}$ ，主变压器原边电流畸变率 $\leq 5\%$ 。

### 3.5

**高功率低开关频率牵引逆变器控制算法** high-power low-switching-frequency traction inverter control algorithm

在机车、动车车辆上，采用350Hz的开关频率驱动1600KW异步电机，能够实现0~40km/h低速控制，在难点区域平均加速度不小于 $0.3\text{m/s}^2$ 。

### 3.6

#### 最大粘着点预测控制算法 maximum adhesion point prediction control algorithm

通过集中测算轮周速度以及加速度、牵引力给定值等参数，预测车辆最大粘着点，并控制牵引力发挥跟踪至最大黏着点附近，大幅度提升了轮轨的粘着利用率，粘着系数最高可达0.35。在雨天和轮轨黏着条件较差时，确保列车牵引力的稳定发挥和高精度执行车辆的加、减速度命令，提升变速性能。

## 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℃。（机车控制系统在满足-40℃~40℃环境下正常运用的前提下，可通过应用加强防寒和预热（采用接触网供电方式）的可选配置方案达到-40℃~-25℃环境下正常运用要求。
- 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

通过螺栓安装于变流柜内。

### 5.3 电气接口

牵引控制单元产品应具有如下电气接口：

- a) 系统板至少具有 7 个以太网连接器 (M12 接口)，用于数据通信、软件调试、程序更新、数据下载；
- b) CPU 板至少具有 1 个以太网连接器 (M12 接口)，用于程序下载、调试、网络通信；
- c) PHM 板至少具有 2 个以太网连接器 (M12 接口)，用于程序下载、调试、健康诊断数据的通信；
- d) 信号板、数字量输入板、数字量输出板使用 F 型 48 孔欧式连接器；
- e) 电源板至少具有 1 个 110V 电源硬件接口，用于供电；
- f) 脉冲板使用不少于 5M 的光纤接口；
- g) 网关板具有 2 个 MVB 网络接口 (DB9 连接器)，1 公 1 母，用于车辆网内的数据通信。

## 6 技术要求

### 6.1 参数要求

牵引控制单元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 500W；
- c) 通信网络：MVB 总线通信网络或者 Ethernet 通信网络；
- d) 冷却方式：自然风冷；
- e) IGBT 触发脉冲：光纤；
- f) 电子盘容量：应不小于 256GB。

### 6.2 外观要求

牵引控制单元产品按表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

牵引控制单元产品按表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

牵引控制单元产品运用于粉尘（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 牵引控制单元产品硬件上应具备供电模块、模拟量采集模块、数字量输出模块、数字量输入模块、PWM 脉冲发送和接收模块，以及软件上的故障保护功能、故障存储功能以及对外通信功能。
- 7.2 牵引控制单元产品至少具备如下功能：牵引特性控制、制动特性控制、中间电路过压抑制控制、防滑 / 防空转电气控制、库内动车控制、电气保护和接地保护、低速连挂控制功能、牵引变流系统健康监测、故障记录、存储、诊断与保护、网侧多重化谐波抑制功能。
- 7.3 动车组四象限运行功率因数应不小于 0.98（正弦网压在 22.5~27.5kV 范围内，且动车组牵引功率在额定牵引功率的 20%~100%范围内）。等效干扰电流不大于 2.5A（动车组在满功率牵引工况，距牵引变电所 10km 处测量，接触网每公里  $0.83\Omega$ ， $65^{\circ}22'$ ）。
- 7.4 电机控制核心算法采用电机电流最小谐波控制技术，将电机额定点的电流谐波降低至不高于 16%，使电机能够在额定点长时间运行。
- 7.5 采用脉冲同源核心算法使 2 个 IGBT 接收到的脉冲信号保持一致；使用 FPGA 通信发送给 IGBT 模块的机制实现同步性。发送给 IGBT 的脉冲采用光纤传输的方式，避免电脉冲信号在传输过程中的电磁场干扰，增强鲁棒性和稳定性；
- 7.6 采用基于电网电压前馈控制的高速响应单相四象限控制核心算法，实现了微秒级控制精度，将控制输入功率因数逼近至 1，大幅度提高了系统效率，降低了能量的损耗。同时核心算法控制输入电流的谐波，在车辆发挥额定功率时，主变压器原边电流畸变率不大于 5%；
- 7.7 采用高功率低开关频率牵引逆变器控制算法，利用 350Hz 的开关频率驱动 1600KW 异步电机，实现 0~40km/h 低速控制难点区域的平稳控制。
- 7.8 采用最大粘着点预测控制算法，通过集中测算轮周速度以及加速度、牵引力给定值等参数，预测车辆最大粘着点，并控制牵引力发挥跟踪至最大黏着点附近，提升轮轨的粘着利用率，粘着系数最高可达 0.35。
- 7.9 牵引控制单元能够在变流器或者整车故障时能够及时运行保护逻辑功能，避免车辆部件系统和主电回路损伤。
- 7.10 额定网压下，牵引工况且发挥持续额定功率时（列车供电不工作），动车组的动力车总效率不小于 0.85。
- 7.11 当变流器满功率运行时电网电压突变小于等于 5kV，牵引控制单元产品应能够适应电网电压突变。当电网电压突然中断时，牵引控制单元产品能够控制变流器及时停机，保护系统不发生损坏。
- 7.12 牵引控制单元产品应具备高压电源转换功能，机车、动车场景应用下能够配合变压器、变流器等设备实现将 25kV/50Hz（额定值）转换为可控的直流电压功能。
- 7.13 牵引控制单元产品能够配合变流器发出 PWM 脉冲信号，通过驱动 IGBT 将直流电压转化为基波电压幅值和电压频率可控的交流电压，从而驱动电机发挥相应的牵引力/制动力。
- 7.14 机车、动车车辆经过分相区时，牵引控制单元应能够控制电机进行制动，保证辅助系统正常运行。
- 7.15 牵引控制单元产品控制电机轴端输出机械功率能够满足整车牵引特性曲线要求，实际牵引特性应略高于整车设计要求，特性参数最大不能超出 10%。
- 7.16 牵引控制单元产品能够根据车辆电机的实际安装位置，在低速运行时，具备轴重转移功能。
- 7.17 牵引控制单元产品具备健康诊断功能，能够对牵引系统的主要部件进行健康状态评估并上传诊断结果。
- 7.18 牵引控制单元产品具备异步电机、永磁电机在线参数辨识功能，能够准确识别电机内部定子电阻、定子电感和转子电感、电机初始角度、旋转方向等参数。

7.19 牵引控制单元产品具备对 PWM 脉冲死区进行补偿控制，降低因脉冲死区造成的谐波增大、电机抖动等故障。

7.20 牵引控制单元产品控制永磁电机时，能够实现对电机的无位置传感器转矩输出，完成对车辆牵引特性的控制。

## 8 试验方法

### 8.1 外观检验

目测检查牵引控制单元产品的外观，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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照EN50155-2017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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照EN50155-2017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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017中13.4.7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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017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。机车领域牵引控制单元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，城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017中13.4.8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。机车领域牵引控制单元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,城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017中13.4.8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。  
机车领域牵引控制单元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,城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017中13.4.9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。机车领域牵引控制单元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,城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017中13.4.11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。机车领域牵引控制单元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。城轨领域牵引控制单元产品可按照EN50155-2017中13.4.10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。机车领域牵引控制单元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。城轨领域牵引控制单元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。城轨领域牵引控制单元产品可按照EN 50155-2017中13.4.13的相关要求执行。

9 检验规则

9.1 检验分类及项目

9.1.1 牵引控制单元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  |
| 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 |

| 序号                                     | 检验项目   | 例行检验 | 型式检验 | 试验依据 |
|----------------------------------------|--------|------|------|------|
| 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) 牵引控制单元产品的结构、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CCU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CCU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牵引控制单元产品不允许扩大应用。
- 9.4.4 机车领域的CCU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溯性。
- 10.1.3 供应商在产品规定位置自带二维码，原则上加装在产品铭牌上，负责申请产品标识代码，提供产品标识代码及加装方案，产品交付时提供产品单件码。具体要求符合TJ/JW 114。  
注：适用于机车、动车车辆，城轨车辆可作为参考。

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。

---