

团体标准

T/CAMET XXXXX—XXXX

城市轨道交通 车辆低压电器在线监测装置 技术规范

Urban rail transit—On-line monitoring devices of low-voltage apparatus for vehicles
—Technical specification

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布

目 次

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	1
4	缩略语	2
5	使用条件	2
5.1	环境条件	2
5.2	工作条件	2
6	装置组成	2
7	技术要求	2
7.1	一般要求	2
7.2	电气性能要求	3
7.3	冲击、振动性能	3
7.4	功能要求	3
8	试验方法	5
8.1	环境试验	5
8.2	一般检查	6
8.3	电气性能试验	6
8.4	冲击、振动试验	7
8.5	功能试验	7
9	检验规则	8
9.1	检验分类	8
9.2	出厂检验	8
9.3	型式检验	8
9.4	检验项目	8
10	标志、包装、运输和贮存	9
10.1	标志	9
10.2	包装	10
10.3	运输	10
10.4	贮存	10

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。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会牵引电气设备与系统分技术委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中车株洲电力机车有限公司、广州地铁集团有限公司、深圳通业科技股份有限公司、株洲国创轨道科技有限公司、西安神西电气有限公司、中车（重庆）智慧轨道交通技术有限公司。

本文件主要起草人：白春光、龚娟、吴平景、王虎高、冯静弦、高扬、张爱明、付孙兵、曾明华、黄志华、谭宝春、樊武鹏、宋春龙、井宇航、蔡仲恒。

城市轨道交通 车辆低压电器在线监测装置 技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通车辆低压电器在线监测装置（以下简称监测装置）的使用条件、装置组成、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于城市轨道交通车辆监测装置的设计、制造和检验。

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 包装储运图形符号标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）

GB/T 19520.16 电子设备机械结构 482.6mm(19in)系列机械结构尺寸 第3-100部分：面板、插槽、机箱、机架和机柜的基本尺寸

GB/T 21563—2018 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—2021 轨道交通 机车车辆电子装置

GB/T 32347.1—2015 轨道交通 设备环境条件 第1部分：机车车辆设备

TB/T 3213 高原机车车辆电工电子产品通用技术条件

TB/T 3623.2 机车车辆防火 第2部分：材料和部件防火性能要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低压电器 low-voltage apparatus

用于交流50 Hz（或60 Hz）、额定电压为1000 V及以下，直流额定电压1500 V及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。

[来源：GB/T 2900.18—2008，3.1.1]

3.2

在线监测 on-line monitoring

车辆运行过程中，通过监测装置采集车辆系统或部件的电流、电压等实时状态信息，实现数据上传、故障预警的监测方式。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

CAN：控制器局域网（Controller Area Network）

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

5 使用条件

5.1 环境条件

监测装置在以下环境条件下应能正常工作：

- a) 海拔不超过 1400 m, 在更高的海拔使用时, 考虑介电强度降低和空气冷却效果并按照 TB/T 3213 的规定进行修正；
- b) 环境温度符合 GB/T 32347.1—2015 规定的 T3 级；
- c) 环境湿度符合 GB/T 32347.1—2015 中 4.4 的规定；
- d) 能承受 GB/T 32347.1—2015 中 4.5~4.11 规定的风、沙、雨、雪、雾、冰、雷以及其他化学、生物活性物、尘埃的侵蚀及污染。

5.2 工作条件

监测装置的直流供电电源电压、电压变化、波动及中断应符合 GB/T 25119—2021 中 5.1 的规定。

6 装置组成

6.1 监测装置包括前端采集模块、数据处理主机、监测装置软件及数据分析软件，系统基本组成部件的功能如下：

- a) 前端采集模块：用于采集低压电器的电流、电压等状态数据；
- b) 数据处理主机：提供系统工作电源，与各个前端采集模块通信并进行数据处理，提供与多功能车辆总线（MVB）通信或其他定制通信的功能；
- c) 监测装置软件：用于处理运算车载侧电流、电压等数据；
- d) 数据分析软件：用于在地面分析展示监测数据，对低压器件的寿命、状态进行算法分析。

6.2 前端采集模块可单独配置，也可采用板卡形式，集成于数据处理主机。

7 技术要求

7.1 一般要求

7.1.1 外观和结构要求

监测装置外观和结构应满足以下要求：

- a) 产品技术文件要求；
- b) 主机机箱尺寸满足 GB/T 19520.16 的要求；
- c) 前端采集模块结构满足导轨式安装要求；
- d) 同一型号的板卡可互换。

7.1.2 重量要求

监测装置各组成部件的重量应满足以下要求：

- a) 单个低压电器监测系统主机箱重量： ≤ 10 kg；
- b) 单个断路器检测单元重量： ≤ 2 kg；
- c) 单个继电器线圈检测单元重量： ≤ 2 kg；
- d) 单个外置继电器检测单元重量： ≤ 2 kg；
- e) 单个部件重量允差：不超过 ± 3 %。

7.1.3 接地要求

接地应满足以下要求：

- a) 监测装置打开时，可触及的金属部件和绝缘失效可能导致带电的金属部件永久可靠地接地；
- b) 接地端子的连接牢固可靠，接地端子临近电源接线端子接线的位置；
- c) 接地端子的所有部件减少与其接触的任一其他金属产生电解腐蚀的危险；
- d) 接地螺钉、螺栓或其他部件均由耐锈蚀金属或带有耐锈蚀金属表面的材料制成，接地螺钉或螺栓规格不小于 M4；
- e) 监测装置接地处有清晰的接地标志，接地导体采用黄/绿双色。

7.1.4 环保性能

非金属材料的禁用、限用物质限量应符合TB/T 3139的规定。

7.1.5 防火性能

非金属材料的防火性能应符合TB/T 3623.2的规定。

7.2 电气性能要求

7.2.1 绝缘电阻

监测装置的绝缘电阻不应小于 $20\text{ M}\Omega$ ；耐压试验和交变湿热试验后绝缘电阻不应小于 $20\text{ M}\Omega$ 。

7.2.2 耐压

耐压监测装置应能承受GB/T 25119—2021中5.1规定的过电压。

7.2.3 电磁兼容性

监测装置的电磁兼容性应符合GB/T 24338.4的规定。在电磁兼容试验过程中及试验后，监测装置的监测、诊断、记录、通信及数据上传等功能不应发生不可恢复的异常。

7.2.4 功率

监测装置的整机功率不应超过 100 W 。

7.3 冲击、振动性能

监测装置的耐冲击、振动性能应符合GB/T 21563—2018中1类B级的规定，振动及冲击试验后，紧固件和连接器应无松动，零部件应无脱落，监测装置应工作正常。

7.4 功能要求

7.4.1 状态监测

7.4.1.1 监测装置应至少监测以下参数：

- a) 继电器：线圈电阻、电压及通电状态，触点电阻、动作时延、动作次数及开闭状态；
- b) 断路器：断路器电流、开闭状态、脱扣次数。

7.4.1.2 监测项目及指标应符合表 1 的规定：

表 1 监测项目及指标要求

监测项目	指标要求
线圈电阻	测量范围：2 k Ω ～8 k Ω ，允许误差： $\pm 120 \Omega$
线圈电压	测量范围：60～150 V，允许误差： $\pm 1\%$
触点电阻	测量范围：10 m Ω ～2000 m Ω ，允许误差： $\pm 8\%$
触点动作时延	测量范围：0～200 ms，允许误差： $\pm 2 \text{ ms}$
触点动作次数	计数范围：0～10 ⁶ 次
断路器电流	测量范围：1 A～63 A

7.4.2 故障预警

监测装置应具备以下四种故障预警功能：

- a) 触点不动作故障预警功能，监测触点状态，当线圈通电或断电时，设定时间内触点检测不动作，判定触点不动作故障；
- b) 触点反状态预警功能，监测触点状态，当触点出现与设定预期动作相反的状态时，判定触点反状态故障；
- c) 触点动作时延预警功能，监测触点状态，当触点动作时延大于动作时延预警值时，判定触点动作时延预警
- d) 触点接触电阻预警功能，监测触点电阻值，当触点接触电阻大于预警值时，判定触点接触电阻预警。

7.4.3 寿命预测

监测装置应具备对被监测对象的寿命状态进行预测的功能，监测装置可根据被监测对象的工作原理和寿命参数，基于动作次数、分断电流等监测数据，实现对被监测器件的寿命分析和预测功能。

7.4.4 系统故障隔离

监测装置应具备系统故障隔离功能，系统隔离应满足以下要求：

- a) 全系统及各功能模块均具有自诊断功能，保证系统实时处于正常工作状态；
- b) 监测装置在监测电器设备运行状态时，如发生单点故障，不能影响原车辆电路；

- c) 监测装置具备故障自检和报警功能，自检范围包括但不限于主机、采集模块、接入电路的检测装置。

7.4.5 数据传输

监测装置应具备单独向车辆传输数据的功能，数据传输应至少满足以下要求：

- a) 若配置前端数据模块，数据处理主机与前端数据模块传输模式采用控制器局域网络（CAN）网络传输；
- b) 监测装置与车辆间采用以太网（10/100 Mbps）或移动通信（4G/5G）的通信方式。

7.4.6 状态显示

监测装置的数据分析界面应至少显示车辆低压器件的工作状态、故障报警及统计分析等信息。

8 试验方法

8.1 环境试验

8.1.1 交变湿热试验

按照GB/T 25119—2021中12.2.6的规定进行试验，试验等级为高温55℃、湿度95%、循环次数2周期，检查监测装置有无故障或损坏。

8.1.2 高温性能试验

8.1.2.1 高温性能试验按照 GB/T 2423.2 的规定进行。

8.1.2.2 数据处理主机和前端采集模块等设备在不通电情况下放置于试验箱中，在不小于 0.5 h 内将箱温从室温（25℃±10℃）逐渐升至高温（55℃±2℃），升温速度不超过 3℃/min，在试验温度达到稳定后，保持 6 h；在保持高温状态下，对数据处理主机和前端采集模块等设备通电启动。

8.1.2.3 恢复常温后，检查监测装置的采集、处理、通信和故障诊断功能是否正常，装置不出现结构损伤、显示异常、数据异常或功能失效。

8.1.3 低温性能试验

8.1.3.1 低温性能试验按照 GB/T 2423.1 的规定进行。

8.1.3.2 数据处理主机和前端采集模块等设备在不通电情况下放置于试验箱中，在不小于 0.5 h 内将箱温从室温（25℃±10℃）逐渐降至低温（-25℃±3℃），在试验温度达到稳定后，放置 2 h；在保持低温状态下，对数据处理主机和前端采集模块等设备通电启动。

8.1.3.3 恢复常温后，检查监测装置的采集、处理、通信和故障诊断功能是否正常，装置不出现结构损伤、显示异常、数据异常或功能失效。

8.1.4 低温存放性能试验

数据处理主机和前端采集模块等设备在不通电状态下置于-40℃环境中存放16h，然后恢复至室温，并在额定工作电源条件下通电检查，检查内容包括：

- a) 装置是否能够正常启动；
- b) 数据采集、数据处理及通信功能是否正常；
- c) 装置外观、结构件、连接件及标志是否存在异常；
- d) 试验后，装置是否存在机械损伤、功能异常，测试结果是否超出技术文件规定的允许范围。

8.1.5 防护等级试验

外壳防护试验按照GB/T 4208—2017的规定进行。

8.2 一般检查

8.2.1 外观和结构检查

目视检查数据处理主机和前端采集模块等设备的以下项目：

- a) 检查表面油漆是否均匀、平整、有光泽，电镀件是否平整有光泽；
- b) 检查焊接处是否美观、牢固，无裂纹；
- c) 检查产品电气和机械接口是否满足要求；
- d) 检查紧固件有无短缺、松动、生锈，接线端子及线号标志是否完整、清晰、准确，电线电缆压接是否牢固可靠；
- e) 检查防松标记是否完整、清晰、准确，扭矩是否满足要求；
- f) 检查元器件及部件安装、插件组装是否符合要求；
- g) 根据零件清单完成安装，所有机械和电气连接是否正确。

8.2.2 称重试验

对监测装置进行称重，与标定值比较，计算偏差。称重前，确认被测装置处于完整装配状态，并与图样或技术文件规定的交付状态一致。将称重结果与技术文件规定值进行比较，计算偏差并记录。

8.2.3 接地检查

接地检查按照以下步骤进行：

- a) 打开监测装置，检查可触及的金属部件和绝缘失效可能导致带电的金属部件；
- b) 检查接地端子的牢固可靠情况；
- c) 检查接地端子的所有部件，以及与其接触的任一其他金属是否有电解腐蚀危险；
- d) 检查接地螺钉、螺栓或其他部件的材料，以及接地螺钉或螺栓的规格尺寸；
- e) 检查监测装置接地处的接地标志。

8.3 电气性能试验

8.3.1 绝缘电阻试验

数据处理主机、前端采集模块等设备分别在不通电状态下进行绝缘电阻试验。试验前，断开与被测装置无关的外部连接回路，并确认被测设备内部储能元件已充分放电。采用DC500 V兆欧表分别测量并记录下列部位之间的绝缘电阻：

- a) 电源输入端与外壳（接地端）之间；
- b) 信号输入输出端与外壳（接地端）之间；
- c) 电源输入端与信号输入输出端之间。

8.3.2 耐压试验

8.3.2.1 监测装置的耐压试验按照GB/T 25119—2021中的12.2.10.3的规定进行。

8.3.2.2 耐压试验在绝缘电阻试验合格后进行。试验前，断开与耐压试验不相适应的敏感器件，或按产品技术文件要求采取必要的保护措施。

8.3.2.3 在被测装置的电源输入端与外壳（接地端）之间施加规定试验电压，试验电压平滑升至规定值并保持规定时间。试验过程中监测泄漏电流，试验后检查装置是否出现击穿、闪络、冒烟、异味或功能异常。

8.3.3 电磁兼容试验

电磁兼容试验按照 GB/T 24338.4 的规定进行。

8.3.4 功率试验

测量监测装置正常工作时的电流和电压，计算其功率。

8.4 冲击、振动试验

在施加额定电源电压的条件下，按照GB/T 21563—2018中1类B级规定进行功能性随机冲击、振动试验。试验前、试验中及试验后对监测装置进行功能检查，检查内容包括：

- a) 装置启动功能；
- b) 数据采集与处理功能；
- c) 通信功能；
- d) 故障诊断及记录功能，
- e) 试验结束后，进行外观和结构检查，检查紧固件、连接器、板卡、接线及安装件是否存在松动、脱落、裂纹或损伤。

8.5 功能试验

8.5.1 监测功能试验

试验系统由测试装置（如模拟继电器或断路器）、监测装置及上位机组成。将监测装置的各采集端口与测试装置正确连接，并通过通信接口与上位机连接，按照以下步骤进行试验：

- a) 调节测试装置，模拟继电器/断路器的各种工作状态，包括：线圈得电/失电、触点闭合/断开、脱扣动作等；
- b) 上位机读取监测装置上报的各项监测数据，包括：电压、电流、电阻、时延、次数、状态等；
- c) 将上位机监测到的被测值分别与测试装置设定值或采用经校准的万用表、毫欧计、示波器等仪器测量的实际值进行比对，计算误差；
- d) 检查各项监测参数的精度和功能，各状态量判别是否无误。

8.5.2 故障预警功能试验

试验前按产品技术文件规定设定各类故障的预警值和故障值。试验时，通过模拟负载或故障注入方式分别模拟 7.4.2 所列各类故障状态，在上位机观察并记录监测装置发出的预警信息：

- a) 不动作预警试验：线圈得电，人为阻断触点回路电气连接，验证装置发出“不动作”预警；
- b) 反状态预警试验：线圈得电，人为将触点强制置于相反状态，验证装置发出“反状态”预警；
- c) 动作时延预警试验：在触点回路中串入可调延迟装置，使动作时延超过预警值，验证装置发出“动作时延预警”；
- d) 接触电阻预警试验：在触点两端串联电阻，使接触电阻分别超过预警值和故障值，验证装置分别发出“接触电阻预警”和“触点接触电阻故障”预警。

8.5.3 系统故障隔离试验

系统故障隔离试验按以下步骤进行：

- a) 单点故障隔离试验：模拟单一故障，包括断采集模块供电、拔除前端采集模块（如有配置）、使通信接口失效等单一故障，检查原车辆电路，如继电器线圈、触点回路是否受干扰；
- b) 自诊断试验：人为制造主机输入开路、采集模块断连、检测回路开路等故障，检查装置能否识别并指示故障模块；
- c) 故障报警验证：检查各故障状态下装置是否发出报警信息。

8.5.4 数据传输功能试验

监测装置通过 CAN 总线连接前端采集模块（如有配置），通过以太网或 4G/5G 连接安装数据分析软件的服务器。在装置正常运行状态下，检查服务器是否接收到数据；按“实时”、“每分钟”、“按需”模式分别验证上传周期是否符合产品技术文件规定；检查通信接口连接状态及数据传输完整性；服务器能正常接收并解析数据；各模式上传周期满足要求；通信接口工作正常。

8.5.5 状态显示功能试验

在监测装置正常运行及故障预警试验过程中，同步操作数据分析软件，检查以下内容：

- a) 工作状态显示：分析软件界面是否实时显示各监测对象的电压、电流、电阻、触点状态等参数；
- b) 故障报警显示：故障发生时系统是否同步显示预警/报警信息，并检查软件状态显示信息是否完整；
- c) 统计分析：分析软件是否提供历史数据查询、报表生成、趋势图展示等功能。

9 检验规则

9.1 检验分类

检验分为出厂检验和型式检验。

9.2 出厂检验

9.2.1 每台出厂的产品均应进行出厂检验。

9.2.2 在出厂检验过程中，若任意一项不合格，则该产品不合格。

9.3 型式检验

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) 产品结构、材料、生产工艺有重大改变，可能影响其性能时；
- c) 连续生产的定型产品每 5 年时；
- d) 转厂生产或停产 2 年及以上重新生产时。

9.4 检验项目

监测装置的检验项目应符合表2的规定。

表2 检验项目

序号	检验项目	型式试验	出厂检验	技术要求对应条款	检验方法对应条款
1	交变湿热试验	√	√	5.1	8.1.1
2	高温性能试验	√	—	5.1	8.1.2
3	低温性能试验	√	—	5.1	8.1.3
4	低温存放性能试验	√	—	5.1	8.1.4
5	防护等级试验	√	√	5.1	8.1.5
6	外观和结构检查	√	√	7.1.1	8.2.1
7	称重试验	—	√	7.1.2	8.2.2
8	接地检查	√	—	7.1.3	8.2.3
9	绝缘电阻试验	√	—	7.2.1	8.3.1
10	耐压试验	√	—	7.2.2	8.3.2
11	电磁兼容试验	√	—	7.2.3	8.3.3
12	功率试验	√	—	7.2.4	8.3.4
13	冲击、振动试验	√	—	7.3	8.4
14	状态监测功能试验	√	—	7.4.1	8.5.1
15	故障预警功能试验	√	—	7.4.2	8.5.2
16	系统故障隔离试验	√	—	7.4.4	8.5.3
17	数据传输功能试验	√	—	7.4.5	8.5.4
18	状态显示功能试验	√	—	7.4.6	8.5.5
注1：“√”为必做的检验项目；“—”为不需要做的检验项目。					
注2：产品结构、材料、生产工艺有重大改变，可能影响其性能时，由供需双方协商确定，可进行部分或全部检验。					

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 标志

产品应设标志，内容应清晰、耐久、完整，标志尺寸和位置应满足车辆的统一要求。产品铭牌应包括以下信息：

- a) 制造商名称或商标；
- b) 产品名称；
- c) 图号；
- d) 重量；
- e) 制造日期（年份的后两位数及月份）；
- f) 序列号；
- g) 额定电压和功率。

10.2 包装

10.2.1 包装箱内应附有合格证及装箱单，装箱单包括产品名称、图号、数量、制造单位及制造日期。

10.2.2 包装应采取防潮、防尘、防振、防摩擦、防磕碰及防划伤的防护措施。

10.2.3 包装箱外应设有防振、防挤压、防雨淋、防化学品腐蚀以及重心的标志，标志应符合 GB/T 191 的规定。

10.3 运输

运输过程中，应防止产品剧烈振动、挤压、雨淋和化学品的侵蚀，应轻拿轻放码放整齐。

10.4 贮存

贮存地点应清洁、干燥通风，周围无腐蚀介质，贮存温度不宜低于-40℃。

参 考 文 献

- [1] GB/T 2900.18—2008 电工术语 低压电器
-