

ICS 45.060

CCS S33

团 体 标 准

T/CITSA 70-2025

高速动车组走行部车载智能监测 诊断系统技术规范

Technical specification of vehicle-mounted intelligent monitoring
and diagnosis system for running gears of high-speed EMUs

2025-08-28 发布

2025-09-30 实施

中国智能交通协会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义及缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 系统组成	3
4.1 系统架构	3
4.2 状态感知单元	3
4.3 走行部智能监测诊断模块	3
4.4 车载呈现模块（选配）	3
5 适用条件	3
5.1 适用温度	4
5.2 海拔范围	4
5.3 环境条件	4
6 基本要求	4
7 系统功能	4
7.1 走行部运行状态感知	4
7.2 数据处理与监测诊断	4
7.3 监测数据车载存储	4
7.4 车载数据传输	4
7.5 监测结果车载呈现	5
8 技术要求	5
8.1 安全完整性	5
8.2 预期功能的安全性	5
8.3 安装布线要求	5
8.4 防护等级要求	5
8.5 电磁兼容性能要求	5
8.6 绝缘性能要求	5
8.7 耐压性能要求	5
8.8 振动和冲击性能要求	5
8.9 温度振动综合性能要求	5
8.10 运行状态感知、数据处理要求	6
8.11 故障诊断基本要求	6
8.12 智能监测诊断算法及程序要求	6
8.13 监测数据存储性能要求	7
8.14 数据传输性能要求	7

8.15 信息安全性能要求	7
附录 A (规范性) 检验方法	8
A.1 外观检查	8
A.2 系统工作环境要求测试	8
A.3 防尘防水试验	8
A.4 电磁兼容试验	8
A.5 绝缘试验	8
A.6 耐压试验	8
A.7 振动和冲击试验	8
A.8 温度振动综合试验	8
A.9 系统自检测试	9
A.10 运行状态感知、数据处理性能测试	9
A.11 故障诊断基本性能测试	9
A.12 智能监测诊断算法及程序测试	9
A.13 监测结果车载呈现检查	13
A.14 数据存储性能测试	13
A.15 数据传输性能测试	13
A.16 信息安全测试	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。

本文件由北京交通大学提出。

本文件由中国智能交通协会归口。

本文件起草单位：北京交通大学、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、中国铁路济南局集团有限公司、中南大学、工业和信息化部电子第五研究所、西南交通大学、石家庄铁道大学。

本文件主要起草人：秦勇、王彪、徐磊、陈大伟、沙淼、汪忠海、高阳、唐军、肖家博、郭洪忠、吕宇、王田天、徐天涛、李骞、王志鹏、牛步钊、丁大志、彭畅、关吉瑞、谢劲松、郭亮、刘永强、丁小健、丁奥、任翔宇、梁超。

高速动车组走行部车载智能监测 诊断系统技术规范

1 范围

本文件规定了时速250公里以上高速动车组走行部车载智能监测诊断系统的系统组成、适用条件、系统功能和技术要求。

本文件适用于时速250公里以上高速动车组走行部车载智能监测诊断系统的设计、开发、测试和运用。

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—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 15272—1994 程序设计语言C
- GB/T 20271—2006 信息技术 信息系统通用安全技术要求
- GB/T 20438—2017 电气电子可编程电子安全相关系统的功能安全
- GB/T 21562—2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例
- GB/T 21563—2018 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
- GB/T 25068—2020 信息技术 安全技术 网络安全
- GB/T 25119—2021 轨道交通 机车车辆电子装置
- GB/T 28029.1—2020 牵引电气设备 列车总线
- GB/T 28452—2012 信息技术 应用软件系统通用安全技术要求
- GB/T 28808—2012 轨道交通 通信、信号和处理系统 控制和防护系统软件
- GB/T 28809—2012 轨道交通 通信、信号和处理系统 信号用安全相关电子系统
- TB/T 1484.1—2017 机车车辆电缆 第1部分：动力和控制电缆
- TB/T 1759—2016 铁道客车配线布线规则
- TB/T 2226—2024 机车车辆运行安全监测系统设备 轴温报警装置
- TB/T 3035—2002 列车通信网络
- TB/T 3248—2010 机车车辆电子装置的安装
- AIOSS—01—2018 人工智能 深度学习算法评估规范

3 术语、定义及缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

高速动车组走行部车载智能监测诊断系统 *vehicle-mounted intelligent monitoring and diagnosis system for running gears of high-speed EMUs*

部署于动车组列车，能够对走行部运行状态执行智能化在途监测并对轴箱、齿轮箱、牵引电机等关键部件进行故障诊断的系统。

3.1.2

走行部智能监测诊断模块 *intelligent monitoring and diagnosis module of running gears*

高速动车组走行部车载智能监测诊断系统的主要组成单元，用于实时的智能监测诊断、故障报警和数据记录等。

3.1.3

状态感知单元 state perception unit

部署于走行部感知监测对象运行状态的传感器。

3.1.4

智能监测诊断算法 intelligent monitoring and diagnosis algorithm

对状态感知单元采集到的数据进行智能分析，以监测和诊断被测对象故障状态的算法。

3.1.5

查准率 precision

对于给定的数据集，预测为正例的样本中真正例样本的比率。

3.1.6

查全率 recall

对于给定的数据集，预测为真正例的样本占所有实际为正例样本的比率。

3.1.7

准确率 accuracy

对于给定的数据集，正确分类的样本数占总样本数的比率。

3.1.8

真阳性 true positive

诊断算法正确识别出存在故障的情况。

3.1.9

假阳性 false positive

诊断算法错误地将正常状态识别为故障的情况。

3.1.10

真阴性 true negative

诊断算法正确识别出正常状态的情况。

3.1.11

假阴性 diagnosis response time

诊断算法错误地将故障识别为正常状态的情况。

3.1.12

诊断响应时间 diagnosis response time

监测诊断算法对给定的样本进行分析并输出诊断结果所需要的时间。

3.2 缩略语

下列缩略词适用于本文件。

USB：通用串行总线(Universal Serial Bus)

CAN：控制器局域网络(Controller Area Network)

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

NPU：神经网络处理器(Neural-network Processing Unit)

FMEA: 失效模式与影响分析(Failure Mode and Effects Analysis)

FTA: 故障树分析(Fault Tree Analysis)

STPA: 系统理论过程分析(Systems-Theoretic Process Analysis)

4 系统组成

4.1 系统架构

高速动车组走行部车载智能监测诊断系统（以下简称走行部智能监测诊断系统）由状态感知单元、走行部智能监测诊断模块和车载呈现模块构成，其架构见图1。



图1 走行部智能监测诊断系统架构

4.2 状态感知单元

状态感知单元用于感知列车走行部监测对象运行状态，包括振动传感器、失稳传感器、温度传感器等。状态感知单元可通过有线或无线方式接入走行部智能监测诊断系统以传输感知数据。

4.2.1 振动传感器

振动传感器用于感知走行部轴箱、齿轮箱、牵引电机等关键部件在列车运行中的振动加速度状态信息。

4.2.2 失稳传感器

失稳传感器用于感知动车组转向架构架的横向加速度信息。

4.2.3 温度传感器

温度传感器用于感知动车组走行部轴箱、齿轮箱、牵引电机等关键部件在列车运行中的温度状态信息。

4.3 走行部智能监测诊断模块

走行部智能监测诊断模块是执行智能监测与诊断、数据存储、信息接入与输出等功能的关键模块。走行部智能监测诊断模块既可独立设计为专用主机，也可以采用板卡等形式集成到列车综合监测诊断主机中。

4.4 车载呈现模块（选配）

车载呈现模块用于实时显示监测对象运行状态、故障报警等信息，可共用既有车载显示屏或配置独立显示屏作为车载呈现模块。

5 适用条件

5.1 适用温度

走行部智能监测诊断模块适用温度范围为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。状态感知单元中，振动部分使用温度适用为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度部分适用温度范围为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2 海拔范围

走行部智能监测诊断系统适用海拔上限应不低于1500 m。

5.3 环境条件

走行部智能监测诊断系统应适用风、沙、雨、雪、雾霾等天气。

6 基本要求

6.1 走行部智能监测诊断系统的部署应不影响被监测对象的功能和性能。

6.2 走行部智能监测诊断系统应以高速铁路时钟系统的时间为统一的时间基准。

6.3 走行部智能监测诊断系统各部分应装配正确、可靠、无缺件；接插件应安装牢固，无松动现象；电子元器件应清洁、无腐蚀；系统部件应易于更换和维护；系统应支持不同厂商部件的便捷互换。

6.4 走行部智能监测诊断系统宜具备自检功能。

6.5 走行部智能监测诊断模块处理能力应能够保证智能监测诊断算法的稳定运行，宜配备专用的NPU。

7 系统功能

7.1 走行部运行状态感知

应感知并采集走行部运行状态信号，包括但不限于转向架加速度，轴箱、齿轮箱、牵引电机的振动、冲击和温度。

7.2 数据处理与监测诊断

7.2.1 数据处理

应将状态感知单元采集的模拟信号准确采样、量化、编码、处理为数字信号。

7.2.2 监测诊断

监测诊断功能要求如下：

- a) 应实时监测转向架构架横向加速度，当横向加速度超出阈值时，及时准确地发出报警；
- b) 应自动监测各轴位的轴温变化，当轴温超出阈值时，及时准确地发出报警；
- c) 应对走行部轴承、齿轮、车轮踏面等进行故障诊断，包括但不限于：
 - 1) 牵引电机轴承的内圈、外圈、保持架、滚珠损伤等故障；
 - 2) 齿轮箱的齿轮磨损、裂纹、断齿、抱死、齿面损伤等故障；
 - 3) 轴箱的轴承内圈、外圈、保持架、滚珠的损伤等故障；
 - 4) 车轮的踏面损伤、轮不圆、偏心等故障；
- d) 宜采用智能算法、传统信号处理算法或逻辑判断算法并行联合决策的方式，具备在线或离线调整智能监测诊断算法参数的功能。

7.3 监测数据车载存储

监测数据车载存储功能要求如下：

- a) 应存储感知与采集到的监测数据；
- b) 应存储诊断结果数据；
- c) 宜将感知信息解码后以公制单位用带符号十进制形式保存；
- d) 存储的数据应可通过以太网、USB、CAN、MVB等接口中的一种或几种进行读取，宜支持WiFi等无线传输方式进行数据读取。

7.4 车载数据传输

车载数据传输功能要求如下：

- a) 走行部智能监测诊断模块应具备网络冗余备份功能；
- b) 走行部智能监测诊断模块应具备精确时钟同步功能；
- c) 走行部智能监测诊断模块与其他车载设备通信的接口，视其他车载设备的接口要求，应采用 MVB、RS485、RS422、CAN 或以太网接口中的一种或多种。MVB 接口宜采用公制螺纹的 D-Sub 9 接口。以太网接口宜采用 M12 D-Code 接口；
- d) 走行部智能监测诊断模块与状态感知单元的接口，应采用模拟信号、RS485、RS422、CAN 等接口中的一种或几种，宜支持 WiFi 或 Zigbee 等无线数据传输方式；
- e) 走行部智能监测诊断模块的射频信号收发宜采用 SMA 接口。

7.5 监测结果车载呈现

监测结果车载呈现功能要求如下：

- a) 应显示全部被监测对象的工作状态；
- b) 应支持按车辆、部件、故障类型、故障等级等维度进行列车运行状态呈现；
- c) 当被监测对象状态或走行部智能监测诊断系统自身工作状态变化时，应同步更新显示；
- d) 宜具备故障应急处置提示功能，支持故障信息与处置措施关联；
- e) 应显示具有明确阈值范围的关键参数的阈值界限以便观测。

8 技术要求

8.1 安全完整性

宜对走行部智能监测诊断系统进行全寿命周期的功能安全管理，根据GB/T20438、GB/T 21562、GB/T 28808、GB/T 28809等相关标准，在设计、开发、测试、运用各个阶段，进行开发流程文档管理评估，硬件可靠性计算和评估、软件评估、环境试验、EMC电磁兼容性测试等。

8.2 预期功能的安全性

宜基于FEMA、FTA、STPA等方法，对走行部智能监测诊断系统进行预期安全功能分析，对预期功能不足或由可合理预见的误用所导致的危害和风险进行识别，并将此类风险控制在可接受范围。

8.3 安装布线要求

线缆应符合TB/T 1484.1的要求，安装和布线遵守TB/T 1759和TB/T 3248规定的内容。

8.4 防护等级要求

8.4.1 状态感知单元防护等级应不低于 IP67。

8.4.2 走行部智能监测诊断模块的防护等级应符合以下要求：

- a) 安装于车厢内时，防护等级宜达到 IP2X；
- b) 安装于转向架时，防护等级应不低于 IP67。

8.5 电磁兼容性能要求

电磁兼容性能应符合GB/T 25119—2021中12.2.7、12.2.8、12.2.9的规定。

8.6 绝缘性能要求

绝缘性能应符合GB/T 25119—2021中12.2.10.1的规定。

8.7 耐压性能要求

耐压性能应符合GB/T 25119—2021中12.2.10.3的规定。

8.8 振动和冲击性能要求

振动和冲击性能应能通过GB/T 21563规定的测试。

8.9 温度振动综合性能要求

走行部智能监测诊断系统应能通过A.8条规定的温度振动综合测试。

8.10 运行状态感知、数据处理要求

走行部运行状态感知、采集与处理技术要求如下：

- a) 振动传感器应安装在被测对象承载区，尽量避免机械故障信号在传递途径中损耗，宜采用螺纹方式安装；
- b) 振动传感器数据采样精度应不低于 16bit，采样频率应能根据监测对象手动配置，一般情况应不低于 4kHz，宜达到 40kHz；
- c) 冲击采样，旋转部件转动一周应采集不少 400 个冲击数据，分辨率应不低于 5SV；
- d) 失稳传感器应安装在车轴中心线上方构架端部，宜采用螺纹方式安装；
- e) 失稳传感器数据采样精度应不低于 12bit，采样频率应不低于 250Hz；
- f) 温度传感器的安装位置、数据采集要求和测量误差应符合 TB/T 2226—2024 规定的内容；
- g) 感知数据无线传输情况下，应保证不对列车既有无线通信网络产生干扰，宜具备 200 米范围内大于 1Mbps 带宽的数据传输能力。

8.11 故障诊断基本要求

故障诊断技术要求如下：

关键部件故障诊断查准率 $\geq 95\%$ ，故障诊断查准率由公式（1）计算得出。

$$p = \frac{tp}{tp + fp} \quad (1)$$

式中：

p ——故障诊断查准率；

tp ——真阳性测试样本数；

fp ——假阳性测试样本数。

关键部件故障诊断查全率 $\geq 95\%$ ，故障诊断查全率由公式（2）计算得出。

$$r = \frac{tp}{tp + fn} \quad (2)$$

式中：

r ——故障诊断查全率；

tp ——真阳性测试样本数；

fn ——假阴性测试样本数。

关键部件故障诊断准确率 $\geq 95\%$ ，故障诊断准确率由公式（3）计算得出。

$$a = \frac{tp + tn}{tp + tn + fp + fn} \quad (3)$$

式中：

a ——故障诊断准确率；

tp ——真阳性测试样本数；

tn ——真阴性测试样本数；

fp ——假阳性测试样本数；

fn ——假阴性测试样本数。

单样本诊断平均诊断响应时间 $\leq 0.05\text{s}$ 。

8.12 智能监测诊断算法及程序要求

8.12.1 代码实现的正确性

智能监测诊断算法及程序代码实现的正确性应满足如下要求：

- a) 代码规范性：代码的声明定义、代码书写、指针使用、分支控制、跳转控制、运算处理、函数调用、语句使用、循环控制、类型转换、初始化、比较判断和变量使用等符合 GB/T 15272—1994 等相关标准的要求；

- b) 代码漏洞：代码中不存在明显漏洞，包括但不限于堆栈溢出、整数溢出、数组越界、缓冲区溢出。

8.12.2 算法适应性

智能监测诊断算法不应对训练数据过拟合或欠拟合。

8.12.3 训练稳定性

智能监测诊断算法训练稳定性技术要求如下：

- a) 训练集均衡性：应在训练数据集中各种类别的样本数量不一致时，诊断性能不出现明显退化；
- b) 训练集规模：应在使用不同规模训练数据集进行训练时，诊断性能不出现明显波动；
- c) 训练集污染情况：应在训练数据集被人为添加少量恶意数据后，诊断性能不出现明显退化。

8.12.4 对抗性样本识别能力

智能监测诊断算法应能识别通过白盒方式或黑盒方式生成的对抗性样本，识别准确率不低于80%。

8.12.5 野值样本诊断鲁棒性

智能监测诊断算法应能正确识别极端观察值，识别准确率不低于80%。

8.12.6 软硬件平台兼容性

智能监测诊断算法及程序的软硬件平台兼容性应满足如下要求：

- a) 支持常用的编程语言、操作系统和硬件架构；
- b) 在不同的软硬件环境下，输出一致性不低于 99.9%。

8.13 监测数据存储性能要求

数据存储应符合下列性能要求：

- a) 能存储不小于 72h 的监测、诊断数据；
- b) 存储容量可拓展。

8.14 数据传输性能要求

数据传输技术要求如下：

- a) 网络冗余备份应符合 IEC 62439-2:2010 要求；
- b) 精确时钟同步应符合 IEEE Std 1588-2008 要求；
- c) MVB 接口应符合 GB/T 28029 和 TB/T 3035 要求；
- d) 其他形式接口应满足功能要求，符合行业惯例要求。

8.15 信息安全性要求

走行部智能监测诊断系统技术要求如下：

- a) 应提供安全互联、接入控制、统一身份鉴别、授权管理、恶意代码防范、入侵检测；
- b) 应符合 GB/T 20271、GB/T 28452 和 GB/T 25068 的要求。

附录 A
(规范性)
检验方法

A. 1 外观检查

外观检查应按GB/T 25119—2021中12.2.2的规定进行。

A. 2 系统工作环境要求测试

走行部智能监测诊断系统工作环境测试:

- a) 低温试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.4 的规定进行;
- b) 高温试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.5 的规定进行;
- c) 交变湿热试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.6 的规定进行;
- d) 低温存放试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.15 的规定进行。

A. 3 防尘防水试验

走行部智能监测诊断系统防尘防水试验:

- a) 防尘测试应按 GB/T 4208—2017 中 13.4 和 13.6 的规定进行;
- b) 防水测试应按 GB/T 4208—2017 中 14.1 和 14.2.6 的规定进行。

A. 4 电磁兼容试验

走行部智能监测诊断系统电磁兼容试验:

- a) 电源过电压试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.7 的规定进行;
- b) 浪涌、静电放电和电快速瞬变脉冲群抗扰度试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.8 的规定进行;
- c) 射频抗扰度试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.9.1 的规定进行;
- d) 射频发射试验应按 GB/T 25119—2021 中 12.2.9.2 的规定进行。

A. 5 绝缘试验

绝缘试验应按GB/T25119—2021中12.2.10的规定进行。

A. 6 耐压试验

耐压试验应按GB/T25119—2021中12.2.10.3的规定进行，电源线与设备外壳之间施加规定的耐受电压（1000V工频电压1min），不应发生击穿或闪络。

A. 7 振动和冲击试验

振动和冲击试验应按GB/T 21563—2018的规定执行（走行部智能监测诊断模块按1类执行，状态感知单元按2类执行）。试验结束后，应能通过A. 1外观检查、A. 10和A. 11性能试验。

A. 8 温度振动综合试验

试验前进行外观检查，将设备固定在振动台上随机振动，试验时功率频谱密度（PSD）规定如下表A. 1，试验时间为每个轴向8小时。振动试验期间，试验环境以5°C/min的变化速率在 -40°C～+80°C之间循环。试验结束后，应能通过A. 1外观检查、A. 9和A. 10性能试验。

表 A. 1 功率频谱密度规定

序号	频率断点	PSD (g ² /Hz)
1	10	0.030
2	35	0.050
3	120	0.020
4	250	0.010

5	400	0.005
---	-----	-------

A.9 系统自检测试

对走行部智能监测诊断系统内关键电子元件注入短路、开路等典型故障，系统应能准确检出故障并提供相应故障信息。

A.10 运行状态感知、数据处理性能测试

运行状态感知、数据处理性能测试应按如下步骤进行：

- 将走行部智能监测诊断系统按图1连接；
- 将状态感知单元连续采集15min以上数据；
- 读取采集的数据并与标准传感器采集到的数据进行对比，检查采集数据的完整性、正确性、同步性、采样精度和采集频率。

A.11 故障诊断基本性能测试

故障诊断基本性能测试应按如下步骤进行：

- 从包含正常及故障且各类别样本数量均衡的测试数据集中随机抽取1个样本；
- 将样本作为算法输入进行诊断；
- 检查故障诊断结果的正确性并记录诊断响应时间；
- 重复执行步骤a)到步骤c)100次以上，统计故障诊断的查准率、查全率、准确率及单样本平均诊断响应时间，并验证是否满足要求。

A.12 智能监测诊断算法及程序测试

A.12.1 代码实现正确性检查

应根据GB/T 15272—1994等相关标准及行业惯例的编程要求进行代码正确性检查：

- 检查智能监测诊断算法及程序源代码的声明定义、代码书写、指针使用、分支控制、跳转控制、运算处理、函数调用、语句使用、循环控制、类型转换、初始化、比较判断和变量使用等是否规范；
- 检查代码中是否有堆栈溢出、整数溢出、数组越界、缓冲区溢出等明显代码漏洞；
- 检查诊断程序是否可正确实现预期功能且无报错。

A.12.2 算法适应性测试

输入包含正常及故障且各类别样本数量均衡的训练数据集对智能监测诊断算法进行训练，记录训练数据集和测试数据集识别准确率，训练集准确率低于95%则判定为欠拟合，训练集准确率高于97%且测试集准确率低于93%则判定为过拟合。

A.12.3 训练稳定性测试

训练稳定性测试：

- 训练集均衡性：利用样本不均衡程度逐渐加重的训练数据集对智能监测诊断算法进行训练（训练数据集不均衡比例可参考表A.2），输入包含正常及故障且各类别样本数量均衡的测试数据集对算法进行测试。重复上述过程5次以上，统计测试查准率、查全率和准确率均值并记录诊断性能退化趋势。测试过程中，查准率、查全率和准确率退化不应超过5%。测试流程见图A.1。

表 A.2 训练集样本不均衡比例规定

序号	类1	类2	类3	类4	...	类n
1	2	1	1	1	...	1
2	1	2	1	1	...	1
...
n	1	1	1	1	...	2

$n+1$	3	1	1	1	...	1
$n+2$	1	3	1	1	...	1
...
$2n$	1	1	1	1	...	3
...
$3n$	1	1	1	1	...	4
$3n+1$	5	1	1	1	...	1
$3n+2$	1	5	1	1	...	1
...
$4n$	1	1	1	1	...	5

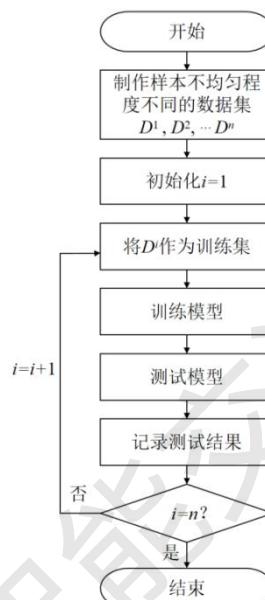


图 A. 1 不均衡训练样本测试流程

- b) 训练集规模：利用样本规模逐渐缩小的各类别均衡的训练数据集对智能监测诊断算法进行训练（训练数据集规模可参考表 A. 3），输入包含正常及故障且各类别样本数量均衡的测试数据集对算法进行测试。重复上述过程 5 次以上，统计测试查准率、查全率和准确率均值并记录诊断性能退化趋势。测试过程中，查准率、查全率和准确率退化不应超过 5%。测试流程见图 A. 2。

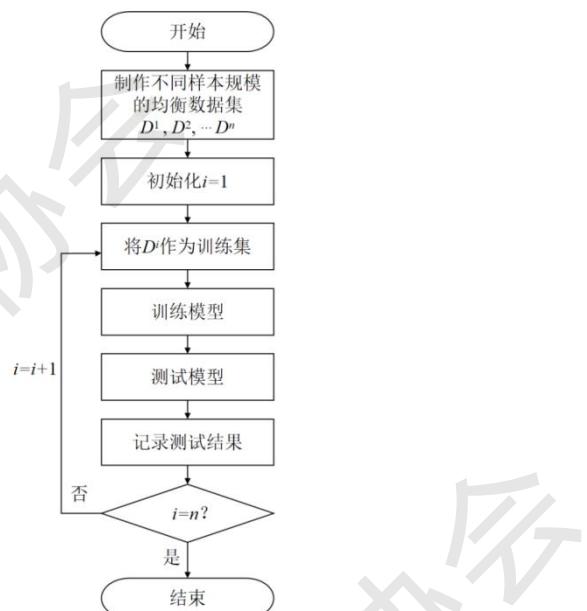


图 A.2 训练样本规模响应测试流程

表 A.3 训练集规模规定

序号	训练集中每类样本数量（个）
1	500
2	200
3	100
4	50

- c) 训练集污染：利用错误标记比例逐渐增加的各类别均衡的训练数据集对智能监测诊断算法进行训练（训练数据集误标记样本比例可参考表 A.4），输入包含正常及故障且各类别样本数量均衡的测试数据集对算法进行测试。重复上述过程 5 次以上，统计测试查准率、查全率和准确率均值并记录诊断性能退化趋势。测试过程中，查准率、查全率和准确率退化不应超过 5%。测试流程见图 A.3。

表 A.4 训练集无标记样本比例规定

序号	训练集中错误标记样本比例
1	0%
2	1%
3	3%
4	5%
5	7%
6	10%

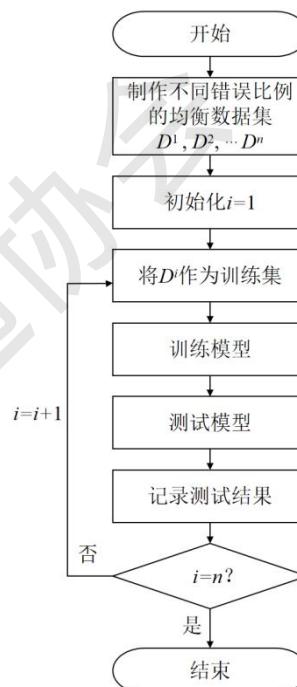


图 A.3 错误训练样本响应测试流程

A.12.4 对抗性样本识别能力测试

通过白盒方式或黑盒方式生成对抗性样本，样本数量不少于100个，将对抗性样本输入智能监测诊断算法进行测试，诊断准确率不应低于80%。测试流程见图A.4。

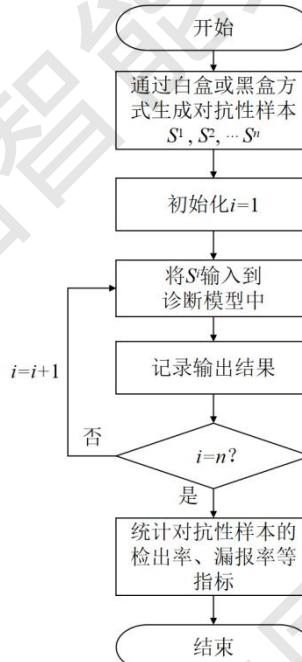


图 A.4 对抗性样本测试流程

A.12.5 野值样本诊断鲁棒性测试

收集野值样本（极端观察值样本），样本数量不少于100，将野值样本输入智能监测诊断算法进行测试，诊断准确率不应低于80%。具体流程见图A.5。

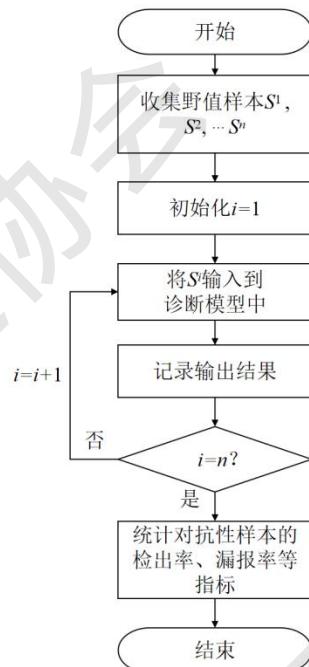


图 A.5 野值样本测试流程

A.12.6 软硬件平台兼容性测试

软硬件平台兼容性测试：

- a) 使用不同软硬件环境对智能监测诊断算法执行 A.11 规定的测试，记录诊断输出；
- b) 计算智能监测诊断算法在不同的软硬件环境下诊断输出的均方根误差比，均方根误差比不应大于 0.1%。

A.13 监测结果车载呈现检查

监测结果车载呈现检查应按如下步骤进行：

- a) 在车载呈现模块界面上查看监测信息；
- b) 检查是否可按部件、故障类型、故障等级等维度查看监测信息；
- c) 检查阈值范围关键参数阈值界限是否清楚呈现；
- d) 检查显示信息的正确性、完整性。

A.14 数据存储性能测试

监测数据车载存储测试应按如下步骤进行：

- a) 用信号发生器替代状态感知单元向走行部智能监测诊断模块输入模拟生成数据，持续 72 小时以上；
- b) 通过以太网口、USB、CAN、MVB 等接口或 WiFi 等无线方式提取存储的数据；
- c) 检查数据的完整性和正确性，判断车载数据存储容量是否符合要求。

A.15 数据传输性能测试

数据传输性能测试应通过走行部智能监测诊断系统模拟数据发送与接收，测试接口或无线传输的链路通断，并核对数据及时间戳的正确性。

A.16 信息安全测试

信息安全测试应按如下步骤进行：

- a) 安全互联检查：使用网络协议分析工具监测走行部智能监测诊断系统与其他设备、系统或网络的通信过程，验证通信是否采用加密协议进行数据传输，检查系统是否支持安全通信协议。

- b) 接入控制检查：利用未授权用户或设备访问走行部智能监测诊断系统，验证系统是否拒绝访问。检查系统是否具备访问控制列表或防火墙规则。
- c) 统一身份鉴别检查：使用非法用户凭证尝试登录走行部智能监测诊断系统，验证系统是否能够正确识别合法用户并拒绝非法用户。验证系统是否记录登录尝试日志，包括成功和失败的登录事件。
- d) 授权管理检查：创建不同权限级别的用户账户，验证走行部智能监测诊断系统是否能够根据用户权限限制其操作范围。检查系统是否支持权限的动态分配和回收。验证系统是否记录用户权限变更的操作日志。
- e) 恶意代码防范检查：在智能监测诊断系统中植入模拟恶意代码（如测试用的病毒或木马程序），验证系统是否能够检测并阻止其运行。
- f) 入侵检测检查：使用模拟攻击工具对智能监测诊断系统进行渗透测试，验证系统是否能够检测并记录入侵行为。检查系统是否能够生成入侵检测报告并触发告警。