

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号

团 体 标 准

T/CCTAS XX—2024

城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测需求规范

Requirement specifications for active detection of obstacles in the
safety operation of urban rail transit trains

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2024.11.20）

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

中国交通运输协会 发 布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 缩略语 4

5 基本要求 4

6 功能要求 5

7 性能要求 5

8 试验验证 7

附 录 A（规范性） 试验方法 8

附 录 B（规范性） 样本分布及漏报率、误报率统计方法 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。

本文件由中国交通运输协会智慧物流专业委员会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所、长沙智能驾驶研究院有限公司、卡斯柯信号有限公司、天津津航计算技术研究所、北京城建智控科技股份有限公司、比亚迪通信信号有限公司、南京恩瑞特实业有限公司、青岛海信微联信号有限公司、广州铁科智控有限公司、广州地铁集团有限公司、湖南湘邮科技股份有限公司、北京交通大学。

本文件主要起草人：李刚、张淼、范楷、邓晶雪、王怡静、胡荣东、那森、万波、周庭梁、吴坚、崔洪州、刘键、刘毅东、吴正中、袁大鹏、张兵兵、卓开阔、陈楚君、王恒、李乐、张溢斌、邢科家、姜庆阳、程鹏、朱鹏举、温明亮、马晓晖、余祖俊、朱力强。

城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测需求规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统的基本要求、功能要求、性能要求、试验验证。

本文件适用于城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统的设计和验证。

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 12758-2023 城市轨道交通信号系统通用技术条件
GB/T 21563-2018 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验
GB/T 24338.4-2018 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备
GB/T 24338.6-2018 轨道交通 电磁兼容 第5部分：地面供电设备和系统的发射与抗干扰度
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
GB/T 35663-2017 天气预报基本术语
TB/T 3074-2017 铁路信号设备雷电电磁脉冲防护技术条件
TB/T 3478-2017 铁路视频监控需求规范 铁路公安用户
TB 10008-2015 铁路电力设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

障碍物 obstacle

存在于车辆限界内除轨道交通线路设计允许的其他一切物体。

3.2

障碍物主动检测系统 active obstacle detection system

列车运行前方障碍物预防性非接触式实时检测系统。

3.3

障碍物安全距离 obstacle safety distance

障碍物主动检测系统可探测且可满足列车制动需求的列车车头与障碍物间的最短距离。

3.4

列车紧急制动距离 train emergency braking distance

自列车收到制动请求、实行紧急制动时起到列车停住为止，其间所走行的距离。

3.5

障碍物主动检测系统探测距离 detection distance of active obstacle detection system

可有效检测障碍物的列车车头与障碍物间的最长距离

3.6

响应时间 response time

障碍物进入车辆限界内至障碍物检测系统发出报警信号间的时间间隔。

3.7

漏报警 miss detection alarm

列车运行前方车辆限界内存在障碍物，检测系统未发出报警信息。

3.8

误报警 false alarm

列车运行前方车辆限界内不存在障碍物，检测系统发出报警信息。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

MTBF: 平均失效间隔时间 (Mean Time Between Failure) [来源: GB/T 12758-2023]

MTTR: 平均修复时间 (Mean Time To Repair) [来源: GB/T 12758-2023]

5 基本要求

5.1 系统构成

应由感知装置、处理装置及输出装置构成，上述装置安装位置可以是车载或（和）地面，当安装位置既有车载又有地面时，系统还应包含车地通信装置。

5.2 系统分级

城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统以检测能力进行分级，包括且不限于下列因素：漏报率、误报率、安全完整性等级等，由低到高分为：检测一级（GD-1）、检测二级（GD-2）、检测三级（GD-3）

5.3 环境适应性

- a) 环境温度应符合GB/T 32347.1—2015规定的空气温度分级T3, 基准温度分级宜选择TR2。
- b) 最湿月月平均最大相对湿度不大于95%（该月月平均最低温度为25℃）
- c) 海拔高度应符合GB/T 32347.1—2015规定的海拔分级G1.4。

5.4 电源

检测设备应符合TB 10008规定的供电负荷及电能质量要求，如果存在轨旁设备，轨旁设备应设置不间断电源，蓄电池供电时间不少于3h。

5.5 防雷与接地

检测设备应符合TB/T 3074-2017规定的防雷与接地要求。

5.6 电磁兼容

车载设备的电磁兼容应符合GB/T 24338.4-2018的相关技术要求，性能判据要求达到B级。

如果存在轨旁设备，轨旁设备的电磁兼容应符合GB/T 24338.6-2018的相关技术要求，性能判据要求达到B级。

5.7 振动冲击

车载设备应能承受GB/T 21563-2018规定的冲击和振动。

5.8 可靠性

障碍物主动检测系统的可靠性要求应符合GB/T 12758-2023规定，障碍物主动检测系统分级与系统平均故障间隔时间（MTBF）对应关系如表1所示。

表 1 障碍物主动检测系统分级与平均故障间隔时间（MTBF）对应表

系统分级	平均故障间隔时间
GD-1	$1 \times 10^4 \text{h}$
GD-2	$5 \times 10^4 \text{h}$
GD-3	$1 \times 10^5 \text{h}$

5.9 可维护性

障碍物主动检测系统的硬件设备应考虑便于更换与维修，车载设备的MTTR不应大于30min，如果存在轨旁设备，轨旁设备的MTTR不应大于45min，无线通信设备的MTTR不应大于30min。

5.10 可用性

GD-1级、GD-2级障碍物主动检测设备可用性指标不应小于99.5%，GD-3级障碍物主动检测设备可用性指标不应小于99.999%。

6 功能要求

- 6.1 应具备实时检测、分类、定位列车运行前方障碍物并产生报警信息的功能，应提供清晰的报警图像。
- 6.2 应具备障碍物报警信息的确认与取消功能，当障碍物被移出车辆限界外，系统应具备自动解除报警信号的功能，解除报警的时间应可调。
- 6.3 应具备输出当前使用条件下有效检测距离的功能。
- 6.4 应具备障碍物报警信息、报警处理信息的存储备份功能。

7 性能要求

7.1 可检测障碍物类型（含种类、大小等）

如表2所示，可检测障碍物包括但不限于列车、人员及落石/落物。

表 2 可检测障碍物类型及大小

障碍物类型	障碍物最小投影面积（宽×高） mm×mm
车辆限界内列车	2600×3250
车辆限界内人员	400×1500
车辆限界内高于轨面7cm的部分最小投影长度不小于20cm落石/落物	300×300

7.2 定位精度要求

障碍物沿轨道方向的定位精度应不低于1米，障碍物检测系统有效探测距离精度不低于1米。

7.3 障碍物主动检测系统探测距离要求

障碍物主动检测系统探测距离最小值应不小于障碍物检测系统响应时间内列车行进的距离、列车紧急制动距离以及障碍物定位精度之和，即：

$$D \geq D_1 + D_2 + D_3 \#(1)$$

式中：
D——障碍物主动检测系统探测距离；
D₁——障碍物检测系统响应时间内列车行进的距离；
D₂——列车紧急制动距离；
D₃——障碍物定位精度。

7.4 实时性要求

障碍物主动检测系统响应时间应满足：

$$t \leq \frac{D - D_2 - D_3}{v} \#(2)$$

式中：
D——障碍物主动检测系统探测距离；
D₂——列车紧急制动距离；
D₃——障碍物定位精度；
v——列车行进速度。

7.5 准确性要求

障碍物主动检测系统分级与准确性要求对应关系如表3所示，漏报率、误报率统计方法见附录B。

表 3 障碍物主动检测系统分级与准确性要求对应表

系统分级	系统漏报率	系统误报率
GD-1	≤0.1%	≤0.1%
GD-2	≤0.05%	≤0.05%
GD-3	0	≤0.01%

7.6 存储要求

检测设备应满足存储1月内报警信息的存储要求。

7.7 时间同步要求

检测系统内各子系统间时间同步相对精度误差不超过1s。

7.8 图像质量要求

检测设备提供的图像或视频应符合TB/T 3478-2017中目标辨识的规定，有效像素应不低于1920×1080。

7.9 安全完整性等级

障碍物主动检测系统分级与系统安全完整性等级对应表如表4所示

表 4 障碍物主动检测系统分级与可用性指标对应表

系统分级	安全完整性等级
GD-1	SIL2
GD-2	SIL2
GD-3	SIL4

8 试验验证

8.1 试验方法

试验方法见附录A。

8.2 样本分布及漏报率、误报率统计方法

样本分布及漏报率、误报率统计方法见附录B。

8.3 试验结果

依据上述试验方法及漏报率、误报率统计方法完成试验验证数据表，并计算误报率、漏报率指标。

表 5 试验验证数据汇总表

试验条件			正确报警次数	漏报警次数	误报警次数
晴好天气	静态试验	平直线路			
		曲线线路			
	动态试验	平直线路			
		曲线线路			
降雨天气	静态试验	平直线路			
	动态试验	平直线路			
雾天气	静态试验	平直线路			
	动态试验	平直线路			
光影干扰	静态试验	平直线路			
	动态试验	平直线路			
多种因素叠加干扰	静态试验	平直线路			
	动态试验	平直线路			
总计					
误报率			漏报率		

附录 A
(规范性)
试验方法

A.1 试验装置

对障碍物主动检测系统进行测试的装置要求见表A.1。

表 A.1 主要测试装置

名称	要求	数量
模拟降雨系统	应实现符合气象行业标准的不同级别降雨的模拟条件	1套
模拟喷雾系统	应实现符合气象行业标准的不同级别雾的模拟条件	1套
光影干扰装置	最大照明不小于18000坎德拉	1台
雨量计	分辨率：0.1mm；最大允许误差：±0.5mm（降雨量≤10mm）、±8%（降雨量>10mm）	1台
能见度仪	测量范围5~1000m	1台

A.2 干扰模拟

按照表A.2示方法模拟雨、雾、光影干扰。

表 A.2 干扰因素模拟方法

干扰因素	模拟方法
降雨干扰	利用模拟降雨系统分别模拟0.4、1.2、2.4、5.8mm/h不同雨强的降雨
雾干扰	利用模拟降雾系统分别模拟1000m、500m能见度的雾
光影干扰	在夜间，利用高亮射灯在线路内侧和外侧照射，模拟车灯的光影干扰； 在白天，动态测试模拟进出隧道明暗骤变致盲干扰；

A.3 晴好天气试验

A.3.1 静态试验

A.3.1.1 平直线路静态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，在晴朗天气条件下，分别在白天和晚上，将检测系统按照实际安装位置固定在平直线路上：

a) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方0米~200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度是否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；

b) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方0米~200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；

c) 根据统计得到的报警信息，由公式B.1、公式B.2计算检测系统的漏报警率、误报警率，检查漏报警率、误报警率是否满足要求。

A.3.1.2 曲线线路静态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，在晴朗天气条件下，分别在白天和晚上，将检测系统固定在半径不大于300米的曲线线路上：

- a) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留时间5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度是否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；
- b) 将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留时间5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；
- c) 根据统计得到的报警信息，由公式（3）、公式（4）计算检测系统的漏报警率、误报警率，检查漏报警率、误报警率是否满足要求。

A. 3. 2 动态试验

A. 3. 2. 1 平直线路动态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，在晴朗天气条件下，分别在白天和晚上，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内、列车起始位置前方400米处，列车在平直线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

A. 3. 2. 2 曲线线路动态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，在晴朗天气条件下，分别在白天和晚上，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内、列车起始位置前方400米处，列车在半径不大于300米的曲线线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

A. 4 降雨天气干扰试验

A. 4. 1 干扰设置

降雨天气干扰试验干扰设置如表A. 3所示，降雨等级依据GB/T 35663-2017分级。

表 A. 3 降雨天气干扰试验设置

干扰因素	等级	光照
降雨干扰	小雨（雨强0.4mm/h）	白天
		晚上
	中雨（雨强1.2mm/h）	白天
		晚上
	大雨（雨强2.4mm/h）	白天
		晚上
	暴雨（雨强5.8mm/h）	白天
		晚上

A. 4. 2 静态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，分别在小雨、中雨、大雨、暴雨的干扰条件下，分别在白天和夜晚，将检测系统按照实际安装位置固定在平直线路上：

a) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度是否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；

b) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；

c) 根据统计得到的报警信息，由公式（3）、公式（4）计算检测系统的漏报警率、误报警率，检查漏报警率、误报警率是否满足要求。

A. 4. 3 动态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，分别在小雨、中雨、大雨、暴雨的干扰条件下，分别在白天和夜晚，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内、列车起始位置前方400米处，列车在平直线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

A. 5 雾天气干扰试验

A. 5. 1 干扰设置

雾天气干扰试验干扰设置如表A. 4所示，雾天气等级依据GB/T 35663-2017分级。

表 A. 4 雾天气干扰试验设置

干扰因素	等级	光照
雾干扰	轻雾（能见度1000m）	白天
		晚上
	雾（能见度500m）	白天
		晚上

A. 5. 2 静态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，分别在轻雾、雾的干扰条件下，分别在白天和夜晚，将检测系统按照实际安装位置固定在平直线路上：

a) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度是否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；

b) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；

c) 根据统计得到的报警信息，由公式（3）、公式（4）计算检测系统的漏报警率、误报警率，检查漏报警率、误报警率是否满足要求。

A. 5. 3 动态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，分别在轻雾、雾的干扰条件下，分别在白天和夜晚，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内、列车起始位置前方400米处，列车在平直线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重

复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

A. 6 光影干扰试验

A. 6.1 干扰设置

在夜间利用手持高亮射灯在线路外侧走或跑，模拟夜间车灯的光影干扰，在白天，动态测试中模拟进出隧道明暗骤变致盲干扰，同时进行模拟入侵测试。

A. 6.2 静态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，在夜间光影干扰条件下，将检测系统按照实际安装位置固定在平直线路上：

a) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度是否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；

b) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；

c) 根据统计得到的报警信息，由公式（3）、公式（4）计算检测系统的漏报警率、误报警率，检查漏报警率、误报警率是否满足要求。

A. 6.3 动态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，在夜间光影干扰条件下，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内、列车起始位置前方400m处，列车在平直线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

针对表2所列的各种障碍物类别，模拟进出隧道明暗骤变致盲干扰，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内隧道出入口，列车在平直线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

A. 7 多种因素叠加干扰试验

A. 7.1 干扰设置

多种因素叠加干扰试验干扰设置如表A. 5所示。

表 A. 5 多重因素叠加干扰试验设置

干扰因素		光照
降雨+光影	小雨+光影	晚上
	中雨+光影	
	大雨+光影	晚上
	暴雨+光影	
雾+光影	轻雾+光影	晚上

	雾+光影	
--	------	--

A. 7. 2 静态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，分别按照表7中8种叠加干扰因素设置试验，将检测系统按照实际安装位置固定在平直线路上：

- a) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度是否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；
- b) 分别将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方0米～200米范围内以10米的间隔往复移动两次，障碍物停留5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；
- c) 根据统计得到的报警信息，由公式（3）、公式（4）计算检测系统的漏报警率、误报警率，检查漏报警率、误报警率是否满足要求。

A. 7. 3 动态试验

针对表2所列的各种障碍物类别，分别按照表7中6种叠加干扰因素设置试验，分别将各类障碍物（模型）固定在车辆限界内、列车起始位置前方400米处，列车在平直线路上分别以20km/h和50km/h运行，当列车与障碍物的距离为200米时，列车运行速度应达到规定值，开始采集数据，并持续5s，重复实验两次，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求。

附录 B
(规范性)
样本分布及漏报率、误报率统计方法

试验样本分布如表B. 1所示。试验过程中，静态试验每5s算一次事件，动态试验每0. 1s算一次事件，据此统计漏报警次数、误报警次数及正确报警次数，并依据公式B.1计算误报警率，依据公式B.2计算漏报警率。

$$F = \frac{N_f}{N_f + N_m + N_c} \times 100\% \text{ (B. 1)}$$

式中：
 F ——误报警率；
 N_f ——误报警次数，单位为次；
 N_m ——漏报警次数，单位为次；
 N_c ——正确检测次数，单位为次。

$$M = \frac{N_m}{N_f + N_m + N_c} \times 100\% \text{ (B. 2)}$$

式中：
 M ——漏报警率；
 N_f ——误报警次数，单位为次
 N_m ——漏报警次数，单位为次。
 N_c ——正确检测次数，单位为次。

表 B. 1 试验样本数分布

试验条件			样本数
晴好天气	静态试验	平直线路	972
		曲线线路	972
	动态试验	平直线路	1200
		曲线线路	1200
降雨天气	静态试验	平直线路	3888
	动态试验	平直线路	4800
雾天气	静态试验	平直线路	1944
	动态试验	平直线路	2400
光影干扰	静态试验	平直线路	486
	动态试验	平直线路	1200
多种因素叠加干扰	静态试验	平直线路	2916
	动态试验	平直线路	3600
总计			25578

城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测需求规范

(征求意见稿)

编制说明

标准编写组

2024 年 12 月

目录

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人	III
1.1 任务来源	III
1.2 起草单位	III
1.3 协作单位	III
1.4 主要起草人	III
二、制定标准的必要性和意义	3
三、主要工作过程	2
3.1 立项阶段	2
3.2 调研及标准起草阶段	2
3.3 征求意见阶段	2
四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	3
4.1 编制原则	3
4.2 编制依据	3
4.2 与现行法律、法规、标准的关系	4
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	4
5.1 范围	4
5.2 系统等级	4
5.3 可检测障碍物类型（含种类、大小等）要求	6
5.4 定位精度要求	6
5.5 障碍物主动检测系统探测距离要求	7
5.6 实时性要求	7
5.7 准确性要求	7
5.8 图像质量要求	9
5.9 可靠性要求	5
5.10 可维护性要求	5
5.11 可用性要求	5
5.12 安全完整性等级要求	9

5.13 功能与性能试验方法	9
六、重大意见分歧的处理依据和结果	10
七、与国内外同类标准水平的对比情况	10
八、贯彻标准的措施建议	12
九、其他应说明的事项	12

一、任务来源、起草单位、协作单位、主要起草人

1.1 任务来源

根据《中国交通运输协会团体标准管理办法》相关规定，中国交通运输协会组织专家对申报 2024 年度中国交通运输协会团体标准制定征集工作的团体标准组织专家评审，评审结果报中国交通运输协会标准化技术委员会进行审定，同意《城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测需求规范》标准立项。

1.2 起草单位

《城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测需求规范》由中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所起草。

1.3 协作单位

长沙智能驾驶研究院有限公司、卡斯柯信号有限公司、天津津航计算技术研究所、北京城建智控科技股份有限公司、比亚迪通信信号有限公司、南京恩瑞特实业有限公司、青岛海信微联信号有限公司、广州铁科智控有限公司、广州地铁集团有限公司、湖南湘邮科技股份有限公司、北京交通大学。

1.4 主要起草人

李刚、张淼、范楷、邓晶雪、王怡静、胡荣东、那森、万波、周庭梁、吴坚、崔洪州、刘键、刘毅东、吴正中、袁大鹏、张兵兵、卓开阔、陈楚君、王恒、李乐、张溢斌、邢科家、姜庆阳、程鹏、朱鹏举、温明亮、马晓晖、余祖俊、朱力强。

二、制定标准的必要性和意义

我国城市轨道交通行业已经成为城市公共交通的重要组成部分，未来将继续向智能化、绿色化、多元化发展，为城市居民提供更加便捷、安全、舒适的出行方式。城市轨道交通在安全性、智能化方面的迫切需求，使得列车运行安全障碍物检测技术受到产学研用等各部门的持续关注与投入，新技术也不断涌现。目前，列车运行安全障碍物检测主要包括被动与主动两种检测方式。

被动检测主要采取接触式碰撞检测原理，通过力传感器感知障碍物静态载荷或者撞击力的大小，当超过门限值时发出报警和制动请求。这种方式检测装置的结构简单可靠，虽然不能避免碰撞的发生，但通过及时减速制动，可以减小事故造成的损失。

主动检测由于可以利用非接触式传感器在碰撞前提前发现障碍物并预警，具有避免事故发生的能力，是主要的发展方向。根据传感原理的不同，主动检测又可分为机器视觉、激光雷达、毫米波雷达、多传感融合、车地协同等多种技术路线。（A）机器视觉是人工智能的一个重要领域，是指利用人工神经网络算法对图像进行处理、分析和理解，以识别各种不同模式的目标和对象的技术。利用该技术可以在光照相对充足的情况下完成轨道区域和轨道区域内障碍物的识别。相比于人眼，机器视觉算法具有明显的优势。一方面，在低照度情况下，摄像头的识别能力远胜过人眼。另一方面，机器的算力强、运算速度快，能够迅速识别静态物体，比人眼更加敏感。（B）机器视觉方案也有着明显缺陷，摄像头拍摄的是二维图像，而真实场景是三维空间，这样就丢失了大量的空间信息。激光雷达、毫米波雷达通过向目标物发射探测信号然后将接收到的从目标反射回来的信号与发射信号进行比较、处理，从而获得目标距离、方位、速度、形状等参数，完成列车前方运行环境的三维感知。（C）轨道交通线路环境存在着昼夜交替、天气变化、周边活动干扰等情况，基于单一传感原理的检测手段存在漏判、误判等现象，可靠性无法完全满足无人驾驶的需求。因此融合多源感知数据是一个重要发展趋势。例如，通过机器视觉与激光雷达、毫米波雷达的融合，可明显提升全天候各种环境下的列车前方障碍物智能检测可靠性，并能够做到高精度的障碍物距离识别。（D）轨道交通具有列车运行阻力小、速度快的特点，160 公里时

速时的城轨列车紧急制动距离一般在 800 米左右，由于还存在隧道、弯道、坡道等不同线路场景，车载自主探测距离远远小于列车紧急制动距离。利用地面安装的障碍物监测装置，通过车地协同的方式实现超视距远程瞭望也是一个重要发展趋势。

诸如上述技术，在列车运行安全障碍物检测领域中已经广泛开展了各种尝试和试验应用。采用不同的检测原理，会得出不同的障碍物检测功能，并对应不同的可识别障碍物的材质、尺寸的定义。在应用到 FAO 的列车运行安全防护时，也反馈形成了不同方法或检测功能的受限免责内容。为更好的完善“产、学、研、用”结合链条关系，迫切需要组织行业企业多家单位共同参与制定相关标准，通过顶层设计明确障碍物检测系统使用条件、功能要求、性能要求、功能实验方法等需求规范，引领关键技术及产业的快速、可持续发展。

三、主要工作过程

3.1 立项阶段

2024 年 4 月，启动标准申报工作，确定了标准的主编写单位及编写单位，并明确了标准编制的流程、各阶段时间进度安排以及主要工作任务，并于 2024 年 5 月 10 日，由中国交通运输协会邀请行业专家完成标准立项评审。

3.2 调研及标准起草阶段

2024 年 4 月—2024 年 10 月，起草组开展工作大纲编制工作，对城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测需求开展了深入调研。主执笔单位在前期研究基础上，形成标准初稿，同时工作小组对标准内容进行了多次研讨，持续完善标准内容。

3.3 征求意见阶段

2024 年 10 月完成标准初稿修改后，形成标准征求意见稿。

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

4.1 编制原则

本标准为中国交通运输协会团体标准，属自愿性标准。本标准编制遵循“开放、公平、透明、协商一致、促进贸易和交流”的原则。

4.2 编制依据

本标准编制以现有研究工作为基础，结合当前国家、行业规范、标准等，并结合了当前城市轨道交通障碍物主动检测系统建设过程中的经验和建议。

本标准编制过程中，查阅了下列标准：

GB/T 12758-2023 城市轨道交通信号系统通用技术条件

GB/T 21563-2018 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

GB/T 24338.4-2018 轨道交通 电磁兼容 第 3-2 部分：机车车辆 设备

GB/T 24338.6-2018 轨道交通 电磁兼容 第 5 部分：地面供电设备和系统的发射与抗干扰度

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

GB/T 35663-2017 天气预报基本术语

TB/T 3074-2017 铁路信号设备雷电电磁脉冲防护技术条件

TB/T 3478-2017 铁路视频监控需求规范 铁路公安用户

TB 10008-2015 铁路电力设计规范

此外，在标准编制中，严格执行国家标准《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T1.1-2020），严格控制标准编制质量，并根据提案、立项、起草、征求意见、技术审查、报批等节点时间控制本标准编制工作进度，确保按期保质完成标准编制工作。

4.2 与现行法律、法规、标准的关系

本标准与相关法律、法规、规章及相关标准协调一致，没有冲突。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

本标准对城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测功能要求、性能要求进行详细的规定，目的是规范城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统的设计和验证。

5.1 范围

参考国家铁路局行业标准《铁路视频监控需求规范 铁路公安用户》中“范围”规定——“本标准适用于铁路视频监控的系统设计和应用”，规定了本文的范围：“本文件规定了城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统的构成与分级、使用条件、功能要求、性能要求、功能与性能试验方法。本文件适用于城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统的设计和验证。”

5.2 系统构成

城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统应由感知装置、处理装置及输出装置构成，但本标准不限制上述装置安装位置，这些装置安装位置可以是车载或地面，也可以是车载和地面，当安装位置既有车载又有地面时，系统还应包含车地通信装置。

5.3 系统分级

本标准以检测能力对城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统进行分级，包括且不限于下列因素：漏报率、误报率、安全完整性等级等，由低到高分级为：检测一级（GD-1）、检测二级（GD-2）、检测三级（GD-3），不同系统等级对应不同的系统漏报率、误报率要求，其中，GD-1级系统可用于为司机提供

报警信息，GD-2 级系统可用于为司机、车站调度员提供报警信息，GD-3 级系统可用于为司机、车站调度员以及列车运行安全防护/后备系统提供报警信息。

5.4 环境适应性

本标准参考 GB/T37532-2019 城市轨道交通市域快线 120 km/h~160 km/h 车辆通用技术条件，对城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统环境适应性提出要求。

5.5 可靠性要求

国家标准《GB-T12758-2023-城市轨道交通信号系统通用技术条件》规定了各设备需要达到的 RAMS 指标。参照该标准，系统完整性等级要达到 SIL4 的系统，其平均故障间隔时间 (MTBF) 应大于 1×10^5 小时。因此，将 GD-3 级 (SIL4) 障碍物主动检测系统的 MTBF 设定为 1×10^5 小时。相应降低 GD-1 级 (SIL2) 和 GD-2 级 (SIL2) 障碍物主动检测系统的 MTBF 要求，将 GD-2 级障碍物主动检测系统的 MTBF 设定为 5×10^4 小时，将 GD-1 级障碍物主动检测系统的 MTBF 设定为 1×10^4 小时。

5.6 可维护性要求

国家标准《GB-T12758-2023-城市轨道交通信号系统通用技术条件》规定了各设备需要达到的 RAMS 指标。参照该标准，车载设备的 MTTR 不应大于 30min，轨旁设备的 MTTR 不应大于 45min，无线通信设备的 MTTR 不应大于 30min。

5.7 可用性要求

可用性指标依据下式计算：

$$\text{可用性指标} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

根据可用性指标计算公式及上述 MTBF 和 MTTR 要求，不同系统等级下各类设备可用性要求计算结果见表 2。根据表 2 计算结果，适当降低 GD-1 级、GD-2

级要求，将 GD-1 级、GD-2 级障碍物主动检测设备可用性指标设定为不应小于 99.5%，将 GD-3 级障碍物主动检测设备可用性指标设定为不应小于 99.999%。

表 2 障碍物主动检测系统分级与可用性指标对应表

系统分级	设备	可用性指标
GD-1	车载设备	$\geq 99.995\%$
	轨旁设备	$\geq 99.992501\%$
	无线通信设备	$\geq 99.995\%$
GD-2	车载设备	$\geq 99.995\%$
	轨旁设备	$\geq 99.992501\%$
	无线通信设备	$\geq 99.995\%$
GD-3	车载设备	$\geq 99.9995\%$
	轨旁设备	$\geq 99.99925\%$
	无线通信设备	$\geq 99.9995\%$

5.8 可检测障碍物类型（含种类、大小等）要求

可检测障碍物类型根据实际影响列车正常通行的障碍物种类、大小设定。车辆限界内列车运行前方存在列车可能导致追尾事故发生，车辆限界内人员可能随时侵入车辆限界，影响行车安全并造成生命财产损害，此外，车辆限界内高于轨面 7cm 的部分最小投影长度不小于 20cm 的落石/落物同样会对行车安全造成威胁，严重者甚至会导致脱轨事故发生。因此，本标准规定可检测障碍物类型应包括车辆限界内列车、车辆限界内人员及车辆限界内高于轨面 7cm 的部分最小投影长度不小于 20cm 的落石/落物。

5.9 定位精度要求

参考 TJ/QT003-2015《高速铁路周界入侵报警系统总体技术方案（暂行）》规定：入侵报警系统的定位精度应优于 200 米。考虑到 200 米定位精度对于人工确认入侵报警发生位置精度偏低，根据现有主流硬件及算法能达到的实际定位精度，将定位精度提升为 1 米。

5.10 障碍物主动检测系统探测距离要求

为满足列车紧急制动需求，障碍物主动检测系统探测距离最小值应不小于障碍物检测系统响应时间内列车行进的距离、列车紧急制动距离以及障碍物定位精度之和，即：

$$D \geq D_1 + D_2 + D_3$$

式中：

D ——障碍物主动检测系统探测距离；

D_1 ——障碍物检测系统响应时间内列车行进的距离；

D_2 ——列车紧急制动距离；

D_3 ——障碍物定位精度。

5.11 实时性要求

障碍物主动检测系统实时性要求受多重因素影响，包括障碍物主动检测系统探测距离、列车紧急制动距离、障碍物定位精度及列车行进速度。假设列车以速度 v 匀速行进，障碍物主动检测系统响应时间 t 应满足：

$$t \leq \frac{D - D_2 - D_3}{v}$$

式中：

D ——障碍物主动检测系统探测距离；

D_2 ——列车紧急制动距离；

D_3 ——障碍物定位精度；

v ——列车行进速度。

5.12 准确性要求

障碍物主动检测系统的准确性通过误报率与漏报率进行衡量。误报警是指列车运行前方车辆限界内不存在障碍物，但检测系统发出报警信息。漏报警则是指列车运行前方车辆限界内存在障碍物，但检测系统未发出报警信息。

本标准详细规定了功能与试验验证方法，模拟降雨干扰、雾干扰、光影干扰，

规定静态试验每 5 秒算一次事件，动态试验每 0.1 秒算一次事件，设计各类试验样本共计 62416 个，试验过程中，统计漏报警次数、误报警次数及正确报警次数，误报警率按下式计算：

$$F = \frac{N_f}{N_f + N_m + N_c} \times 100\%$$

式中：

- F ——误报警率；
- N_f ——误报警次数，单位为次；
- N_m ——漏报警次数，单位为次；
- N_c ——正确检测次数，单位为次。

漏报警率按下式计算：

$$M = \frac{N_m}{N_f + N_m + N_c} \times 100\%$$

式中：

- M ——漏报警率；
- N_f ——误报警次数，单位为次
- N_m ——漏报警次数，单位为次。
- N_c ——正确检测次数，单位为次。

误报率与漏报率的具体要求经综合分析用户实际需求及现有技术能达到的水平设定，误报率高会给调度所调度员带来大的工作量，而漏报率则直接影响系统可靠性。本标准根据当前障碍物主动检测技术发展水平及未来障碍物主动检测技术发展趋势，将障碍物主动检测系统划分为 GD-1、GD-2、GD-3 三个等级，GD-1 级及 GD-2 级系统存在局限性，其系统性能仅够满足辅助感知需求，其中，GD-1 级系统漏报率与误报率根据当前障碍物主动检测技术发展水平确定，本标准规定 GD-1 级系统漏报率应不高于 0.1%，误报率应不高于 0.1%；GD-2 级系统漏报率、误报率在 GD-1 级系统漏报率、误报率基础上降低一倍，为技术发展预留空间；GD-3 级系统目标则是直接参与控车，参考高铁周界入侵报警系统技术规范，本标准规定 GD-3 级系统不应存在漏报，误报率则定为 0.01%，即每 1 万次报警中，仅存在 1 次误报。障碍物主动检测系统分级与准确性要求对应关系见表 1。

表 1 障碍物主动检测系统分级与准确性要求对应表

系统分级	系统漏报率	系统误报率
------	-------	-------

GD-1	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.1\%$
GD-2	$\leq 0.05\%$	$\leq 0.05\%$
GD-3	0	$\leq 0.01\%$

5.13 图像质量要求

依据 TB/T 3478-2017《铁路视频监控需求规范 铁路公安用户》规定，检测设备提供的图像或视频有效像素应不低于 1920×1080。

5.14 安全完整性等级要求

本标准根据当前障碍物主动检测技术发展水平及未来障碍物主动检测技术发展趋势，将障碍物主动检测系统划分为 GD-1、GD-2、GD-3 三个等级，GD-1 级及 GD-2 级系统存在局限性，其系统性能仅够满足辅助感知需求，因此，将 GD-1 级及 GD-2 级系统的安全完整性等级要求定为 SIL2，GD-3 级则是对未来感知技术的期望，其最终应能达到直接控车的性能水平，应可接入 ATO 系统，因此，将 GD-3 级的安全完整性等级要求定为 SIL4。

5.15 试验验证

（1）降雨等级与雾等级设置

本标准依据 GB/T 35663-2017 天气预报基本术语，设定了降雨天气干扰试验重不同降雨天气等级降雨量及雾天气干扰试验中不同雾等级下能见度。

（2）试验距离范围设置

本标准根据检测系统探测距离要求，规定了试验距离范围。本标准以城轨最不利曲线半径 300 米为例，其对应可视范围约 200 米，故本标准试验将静态试验距离范围设定为 0~200 米。

（3）试验样本数统计

本标准列举了不同试验条件下样本数。

以晴好天气静态试验为例，晴好天气静态试验方法如下：

针对车辆限界内列车、车辆限界内人员及车辆限界内高于轨面 7cm 的部分最小投影长度不小于 20cm 落石/落物 3 类障碍物，在晴朗天气条件下，分别在白

天和晚上，将检测系统按照实际安装位置固定在平直线路上：

a)分别将各类障碍物（模型）在车辆限界内、列车前方 0 米～200 米范围内以 10 米的间隔往复移动两次，障碍物停留 5s，检查系统能否准确检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，检查定位精度能否满足要求，检查检测距离能否满足要求，检查响应时间是否满足要求，并统计报警信息；

b)分别将各类障碍物（模型）在车辆限界外、列车前方 0 米～200 米范围内以 10 米的间隔往复移动两次，障碍物停留 5s，检查系统是否会检测到各类障碍物并发出报警和/或制动请求，并统计报警信息；

根据上述试验方法，该实验条件下样本数为：3（障碍物类别数）×2（白天、晚上）×2（车辆限界内、外）×81（0 米～200 米范围内以 10 米的间隔往复移动两次）=972。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

本标准在制定的过程中未发生重大意见分歧。

七、与国内外同类标准水平的对比情况

本标准没有涉及到相关国际标准。

本标准涉及到的国内标准包括北京市地方标准《城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统技术要求》、中国城市轨道交通协会团体标准《城市轨道交通 车辆运行安全监测系统 第 3 部分障碍物检测系统》及国家铁路局行业标准《高速铁路周界入侵报警系统总体技术方案(暂行)》。北京市地方标准《城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统技术要求》针对**车载式主动检测**提出技术要求，规定了城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统的使用条件、系统构成、系统级别、技术要求及试验要求，适用于最高运行速度不超过 120km/h 的城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统的设计与试验。中国城市轨道交通协会团体标准《城市轨道交通 车辆运行安全监测系统 第 3 部分障碍物检测系统》针对**车载式主动与被动检测**提出技术要求，规定了城市轨道交通车辆障碍物检测系统的使用条件、技术要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存，适用于城市轨道交通车辆障碍

物检测系统的设计、制造和检验。国家铁路局行业标准《高速铁路周界入侵报警系统总体技术方案(暂行)》针对**地面主动检测**技术提出要求,规定了高速铁路周界入侵报警系统的系统结构、功能、性能、通信网络与接口、运行环境等内容,适用于高速铁路沿线桥头、隧道口、路基路段等易进入区段的高速铁路周界入侵报警系统的设计研发及系统应用。本标准在符合国家和行业现行有关标准规定的前提下,对北京市地方标准《城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统技术要求》、中国城市轨道交通协会团体标准《城市轨道交通 车辆运行安全监测系统 第3部分障碍物检测系统》及国家铁路局行业标准《高速铁路周界入侵报警系统总体技术方案(暂行)》进行升维抽象与需求细化,从城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测的实际需求出发,不局限于车载、地面或车地协同等检测原理、方式,通过顶层设计明确障碍物检测系统使用条件、功能要求、系统等级与应用场景、性能要求、功能与性能试验方法等需求规范,并提供降雨天气、雾天气、光影等干扰条件检测系统试验方法。本标准与现有标准重要差异见表3。

本标准的总体技术水平属于国内领先水平。

表3 本标准与现有标准重要差异

序号	标准名称	检测方式	标准特色
1	北京市地方标准《城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统技术要求》	车载式主动检测	规定了城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统的使用条件、系统构成、系统级别、技术要求及试验要求,适用于最高运行速度不超过120km/h的城市轨道交通车辆主动障碍物检测系统的设计与试验
2	中国城市轨道交通协会团体标准《城市轨道交通 车辆运行安全监测系统 第3部分障碍物检测系统》	车载式主动与被动检测	规定了城市轨道交通车辆障碍物检测系统的使用条件、技术要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存,适用于城市轨道交通车辆障碍物检测系统的设计、制造和检验。
3	国家铁路局行业标准《高速铁路周界入侵报警系统总体技术方案(暂行)》	地面主动检测	规定了高速铁路周界入侵报警系统的系统结构、功能、性能、通信网络与接口、运行环境等内容,适用于高速铁路沿线桥头、隧道口、路基路段等易进入区段的高速铁路周界入侵报警系统的设计研发及系统应用。
4	(本标准)中国交通运输协会《城市轨道交通	不限	从城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测的实际需求出发,顶层设计明确障碍物检测系统

	列车运行安全障碍物 主动检测需求规范》		功能要求、使用条件、系统等级、性能要求、功能与性能试验方法，不局限于车载、地面或车地协同等检测原理、方式，明确系统等级，并提供降雨天气、雾天气、光影等干扰条件检测系统试验方法，适用于城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测系统的设计和验证。
--	------------------------	--	---

八、贯彻标准的措施建议

本标准团体标准，发布后建议在企业中广泛宣传使用：一是在城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测有关交流活动中进行宣传引导；二是给相关城市轨道交通列车运行安全障碍物主动检测企业做针对性的培训与宣传。

九、其他应说明的事项

无。