

团 体 标 准

T/CAMET XXXX—XXXX

现代有轨电车司机辅助功能规范

Code for functionality of modern tramway driver assistant system

(征求意见稿)

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

 4.1 基本要求 2

 4.2 司机辅助功能应用场景 2

 4.3 司机辅助装置基本要求 3

5 司机辅助报警功能 3

 5.1 进路信号机报警 3

 5.2 路口专用信号机报警 3

 5.3 固定限速区段报警 3

 5.4 动态限速区段报警 4

6 司机辅助控制功能 4

 6.1 一般要求 4

 6.2 闯禁止状态进路信号机控制 4

 6.3 闯禁止状态路口专用信号机控制 4

 6.4 固定限速区段超速控制 5

 6.5 动态限速区段超速控制 5

7 其它司机辅助功能 5

 7.1 司机人机界面显示 5

 7.2 辅助驾驶 5

8 运营相关要求 6

9 功能安全完整性要求 6

10 可维护性要求 6

附录 A（规范性附录） 限速设置建议 7

附录 B（规范性附录） SIL2 安全等级计算 8

参考文献 9

前 言

本标准按GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国城市轨道交通协会现代有轨电车分会提出。

本标准由中国城市轨道交通协会归口。

本标准起草单位：卡斯柯信号有限公司、成都地铁运营有限公司、深圳市现代有轨电车有限公司、上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司、北京城建设计发展集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国中铁二院工程集团有限责任公司、北京市轨道交通设计研究院有限公司、同济大学。

本规范主要起草人员：孙军峰、邢艳阳、廖理明、胡敏、王晨、何剑平、林辰、蔡国涛、何利英、金建飞、喻智宏、张静、刘涛、杨安玉、张涛、燕强、肖珊、杨珂、欧东秀、吴坚、蒋耀东、刘华祥、李澍、李春梅

引 言

现代有轨电车运行在复杂城市环境中，小曲线弯道多，平交路口与社会车辆及行人共享路权，司机视线易受建筑物、大型社会车辆、行道树和恶劣天气等影响，司机遵循目视行车原则，依靠瞭望驾驶电车。在出现视线受阻或人为操作失误时，容易引发超速脱轨、闯禁止信号机等行车安全事故。从运营安全需求分析，有必要从系统功能层面定义“司机辅助功能规范”，通过技术手段预先提醒司机减速，并在司机未按提示控车时自动触发制动，以提升现代有轨电车的行车安全并减轻司机的工作压力。

本规范可作为《现代有轨电车信号系统通用技术条件》（T/CAMET 07004-2018）和《现代有轨电车行车组织规范》（T/CAMET 07003-2018）的补充，旨在规范有轨电车司机辅助功能的设计，提升司机目视驾驶模式下的行车安全与运行效率。

现代有轨电车司机辅助功能规范

1 范围

本规范规定了现代有轨电车司机辅助功能的基本规定、司机辅助报警功能、司机辅助控制功能、其它司机辅助功能、运营相关要求、功能安全完整性要求、可维护性要求。

本规范适用于现代有轨电车司机辅助功能的工程设计、建设、运营和维护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 21562-2008 轨道交通可靠性、可用性、可维护性和安全性规范及示例(IEC62278:2002 IDT)。

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 2615 -1994 铁路信号故障安全规则

T/CAMET 07004-2018现代有轨电车信号系统通用技术条件

3 术语和定义

3.1 现代有轨电车 modern tramway

一种采用低地板、电力驱动车辆，智能化机电系统，钢轮钢轨制式，可与社会车辆共享路权的中低运量城市轨道交通系统。

【T/CAMET 07004-2018，术语和定义 3.1】

3.2 司机辅助功能 driver assistant function

在有轨电车运行过程中辅助司机遵守地面信号机显示和限速指示牌驾驶电车，提供轨行区障碍物探测及报警，协助司机完成站台电车开门授权、升降弓、喷油撒砂等操作的功能。

3.3 信号机状态提醒 signal status announcement

当电车接近信号机时，提醒司机前方信号机（含进路信号机和路口专用信号机）状态，给出电车速度过高报警。

3.4 闯禁止信号机防护 signal stop enforcement

电车闯过禁止通行进路信号机或路口专用信号机时启动安全防护，立即触发制动直至停车。

3.5 超速提醒 overspeed announcement

电车在特定区域速度高于速度阈值后触发声光报警，提醒司机减速。

3.6 超速防护 overspeed protection

电车在特定区域速度高于速度阈值后触发制动，进行主动性安全防护。

3.7 安全授权速度 safety authorized speed

在辅助防护区域内，司机辅助防护装置为限速区段提供的安全授权限速值，司机可驾驶电车以不大于该限速值的速度运行，电车速度高于此限速值时将自动触发报警或制动。

3.8 最高安全速度 max safety speed

曲线、道岔侧向及站台区段，根据线路条件或站台限界的要求，在确保行车安全和满足一定舒适性要求，电车通过这些路段不可超过的速度。最高安全速度包括曲线限制速度、道岔侧向限制速度和站台限制速度。在任何情况下，电车实际速度不能超越此限制速度。

3.9 运营速度 operation speed

曲线、道岔侧向、站台及平交路口区段，根据线路条件、站台限界或平交路口混行区域限速要求，在确保行车安全和良好舒适性前提下，为发挥最大行车效率，期望电车在这些路段上持续运行的速度。运营速度包括曲线设计速度、道岔侧向设计速度、站台设计速度和平交路口设计速度。

3.10 最大运营速度 max Operation speed

由运行条件和其它强制的速度限制决定的在线路上各区段电车最大允许安全运行速度。

3.11 危险区段 danger area

经安全性分析后识别出的日常运营中高风险区域，如小曲线弯道、折返道岔区域、复杂平交路口、视距小于制动距离等区域。

3.12 故障导向安全 fail safe

结合在产品内的一种观念，即发生失效事件时产品导向或维持在安全状态。

【GB/T 28809-2012，术语 3.1.15】

3.13 安全完整性等级 safety integrity level

表示针对系统失效某系统仍可满足指定安全功能所要求的置信度等级的数值。

【GB/T 28809-2012，术语 3.1.49】

4 总体要求

4.1 基本要求

4.1.1 有轨电车由司机人工驾驶目视行车，司机遵守地面信号机和限速指示牌行车，人工确保与前车的安全间隔。

4.1.2 司机辅助功能宜分为司机辅助报警功能、司机辅助控制功能和其它司机辅助功能。

4.1.3 司机辅助控制功能的设计必须符合故障导向安全原则。

4.1.4 现代有轨电车司机辅助功能应具有技术先进性和功能安全性。

4.1.5 本规范中司机辅助控制功能需由有轨电车的车辆制动率保证，在因恶劣天气或车辆故障导致车辆制动率失效时，不能保证司机辅助控制功能的安全性。

4.1.6 本规范适用于最高运行速度不超过 70 公里/小时的城市新建、改建、扩建的采用钢轮钢轨制式的现代有轨电车项目的规划、设计、建设，也可为现代有轨电车其他标准的制定提供参考。对于最高运行速度超过 70 公里/小时的有轨电车项目，需进行项目特定分析，以保证项目运营安全。

4.2 司机辅助功能应用场景

4.2.1 线路所有区域均应提供本规范定义的司机辅助报警功能，可根据需要部署本规范定义的其他辅助功能。

4.2.2 具有以下场景或需求的线路宜配置本规范定义的司机辅助控制功能。

4.2.2.1 线路存在难以实施救援的区域：如隧道/两侧封闭型凹形线路、高架/桥梁等。

4.2.2.2 在视距受限的特殊区段, 司机的可视距离小于或不满足制动距离需求。视距受限的特殊区段包括但不限于隧道、桥梁、弯道、长大坡道、建筑物遮蔽等路段。

4.2.2.3 在有超速防护要求的危险区域。

4.2.2.4 在有闯禁止信号机防护要求的危险区域。

4.2.2.5 在有单线双向运营的区域。

4.3 司机辅助装置基本要求

4.3.1 应具备上电自检功能。

4.3.2 应小巧、便于安装、采用模块化结构。

4.3.3 应满足 GB/T24338.4 和 GB/T24338.5 电磁兼容要求, 经过电磁兼容测试并验收合格。

5 司机辅助报警功能

5.1 进路信号机报警

5.1.1 电车接近道岔区域时, 应在司机人机界面上显示运行前方进路信号机状态, 并可以语音提示方式将前方禁止通行信号机状态告知司机。

5.1.2 当前方进路信号机为禁止状态时, 应在该信号机的接近区段提供连续速度监控, 提醒司机注意减速。

5.1.3 当前方进路信号机为禁止状态时, 应在司机人机界面上动态显示当前位置至前方禁止状态信号机之间的距离。

5.1.4 电车闯入禁止状态进路信号机的信息应显示在调度员工作站上。

5.2 路口专用信号机报警

5.2.1 电车接近路口时, 应在司机人机界面上显示运行前方路口专用信号机状态, 并可以语音提示方式将前方禁止通行信号机状态告知司机。

5.2.2 当路口专用信号机为禁止状态时, 应在该信号机的接近区段提供连续速度监控, 提醒司机注意减速。

5.2.3 当前方路口信号机为禁止状态时, 应在司机人机界面上动态显示当前位置至前方禁止状态信号机之间的距离。

5.2.4 电车闯入禁止状态路口专用信号机的信息应可显示在调度员工作站上。

5.2.5 路口专用信号机宜配置一个倒计时提示牌, 在平交路口通行相位锁定期间, 显示即将通行的剩余时间或即将禁止通行的剩余时间。

5.2.6 路口专用信号机应与社会交通信号机协同工作避免冲突。

5.3 固定限速区段报警

5.3.1 应在司机人机界面上显示运行前方线路限速值, 并可以语音提示方式将前方限速值告知司机。

5.3.2 应在司机人机界面上动态显示当前位置至前方限速区段入口之间的距离。

5.3.3 应在限速区段的接近区段及限速区段提供连续速度监控，提醒司机注意减速。

5.3.4 电车超速的报警触发及取消条件应可配置。

5.3.5 电车超速的信息应显示在调度员工作站上。

5.4 动态限速区段报警

5.4.1 当同一架始端信号机可办理多个方向进路时，应根据进路的不同方向为通行电车提供不同的限速值。

5.4.2 当开通侧向进路时，应连续监控电车速度不得超过道岔反位限速值；电车速度超过道岔反位限速时提供超速报警功能。

5.4.3 当开通直行进路时，应不设置区段限速。

6 司机辅助控制功能

6.1 一般要求

6.1.1 应提供闯禁止信号机防护功能和超速防护功能。

6.1.2 可为司机提供站台车门开启授权功能，防止司机在车站开错车门。

6.1.3 可提供长大坡道的溜车防护功能。

6.1.4 应具有司机辅助控制的旁路功能，旁路信息应能显示在司机人机界面和调度员工作站上。

6.2 闯禁止状态进路信号机控制

6.2.1 对于配置 SIL2 级的闯禁止进路信号机防护的信号机，当电车闯入禁止状态进路信号机时应立即触发制动。

6.2.2 闯禁止状态进路信号机控制功能触发的制动须在电车停车且经人工确认后方可释放。

6.2.3 在调度员授权前提下，司机可获得临时授权，在临时授权期限内越过禁止状态的进路信号机不会触发制动。

6.2.4 临时授权应具有项目可配置的时效性，计时结束应自动恢复控制功能。

6.3 闯禁止状态路口专用信号机控制

6.3.1 对于配置 SIL2 级的闯禁止路口专用信号机防护的信号机，当电车闯入禁止状态路口专用信号机时应立即触发制动。

6.3.2 闯禁止状态路口专用信号机控制功能触发的制动须在电车停车且经人工确认后方可释放。

6.3.3 在调度员授权前提下，司机可获得临时授权，在临时授权期限内越过禁止状态的路口专用信号机不会触发制动。

6.3.4 临时授权应具有项目可配置的时效性，计时结束应自动恢复控制功能。

6.4 固定限速区段超速控制

6.4.1 固定限速区段超速控制功能应实现分级控制,当电车速度大于报警阈值、触发全常用制动阈值、触发紧急制动阈值时,司机辅助应相应提供超速报警、触发全常用制动、触发紧急制动功能。

6.4.2 固定限速区段超速控制功能触发的全常用制动或紧急制动须经司机确认后方可缓解。

6.4.3 固定限速区段超速控制功能的超速报警、常用制动、紧急制动的触发及缓解条件应可配置。

6.4.4 应监控电车速度在线路任何区域不可超过线路最高允许速度(如70公里/小时)。

6.5 动态限速区段超速控制

6.5.1 动态限速区段超速控制应根据进路的不同方向为通过电车提供不同的限速值。

6.5.2 当开通侧向进路时,应连续监控电车速度不得超过道岔反位限速值;电车速度超过道岔反位限速时应立即触发制动直至停车。

6.5.3 当进路信号机为禁止状态时,区段限速应设置为零速;电车速度超过零速时应立即触发制动直至停车。

6.5.4 动态限速区段超速控制功能触发的全常用制动或紧急制动须经司机确认后方可缓解。

6.5.5 动态限速区段超速控制功能的超速报警、常用制动、紧急制动的触发及缓解条件应可配置。

7 其它司机辅助功能

7.1 司机人机界面显示

7.1.1 在司机人机界面上应具有早晚点提示功能。

7.1.2 在司机人机界面上应具有本站、下一站和终点站显示功能。

7.1.3 在司机人机界面上应具有显示道岔区域站场图及平交路口图示功能。

7.1.4 应提供前后车间隔距离,显示在司机人机界面上。当前后车间隔距离小于预设值时,应提供语音报警。

7.2 辅助驾驶

7.2.1 可为车辆提供超级电容切换接口信息。

7.2.2 可为车辆提供弯道喷油接口信息。

7.2.3 可为车辆提供撒砂接口信息。

7.2.4 可提供基于摄像头、雷达等多传感器的轨行区障碍物探测报警功能。

7.2.5 可提供司机疲劳驾驶、不规范驾驶等行为的自动监视和报警功能。

7.2.6 可提供有轨电车自动驾驶功能。

8 运营相关要求

- 8.1 轨旁限速指示牌上的限速值宜为允许电车达到的最大运营速度，超过该限速值的阈值时司机辅助功能应为司机提供超速报警。
- 8.2 限速值的设定应遵循分级降速原则，可增设中间过渡限速指示牌，防止相邻 2 个限速值间差值过大导致司机无法在观察到限速牌后将速度降至安全范围。见附录 A。
- 8.3 限速指示牌限速值应不大于司机辅助功能的安全授权速度。
- 8.4 安全授权速度应确保最不利情况下不能突破该区域的最高安全限速。
- 8.5 每一段限速区段都对应一个入口处的轨旁限速指示牌限速值和一个出口处的轨旁限速解除指示牌。

9 功能安全完整性要求

- 9.1 司机辅助功报警功能的安全完整性等级应为 CENELEC 规定的 SIL0 级。
- 9.2 其它司机辅助功能（见第 7 章节）的安全完整性等级应为 CENELEC 规定的 SIL0 级。
- 9.3 司机辅助功控制功能的安全完整性等级应达到 CENELEC 规定的 SIL2 级。见附录 B。
- 9.4 司机辅助功控制功能应通过独立第三方认证机构颁发的 SIL2 级安全认证。

10 可维护性要求

- 10.1 司机辅助装备应具备故障诊断与报警功能，应能将运行状态和故障信息发送到控制中心。
- 10.2 司机辅助防护装备设备的平均故障修复时间（MTTR）应不大于 30 分钟。

附 录 A
(规范性附录)
限速设置建议

考虑到司机驾驶行为习惯，为防止 2 个限速值间差值过大导致司机来不及制动的情况，建议 2 个限速之间的差值应满足以下条件引导司机逐步减速：

运营速度	限速差值
>50km/h	-20km/h
30km/h -50km/h	-15km/h
20 km/h -30km/h	-10km/h
<20km/h	-5km/h

附 录 B
(规范性附录)
SIL2 安全等级计算

有轨电车由司机目视驾驶，司机为行车安全责任主体。司机需要负责确认电车间的安全间距，遵循轨旁信号机显示行车，防止与机动车、非机动车和行人之间的碰撞。

根据国际RAMS计算标准，司机犯错误的概率为 10^{-3} ，需增加司机辅助防护功能来改善司机错误的情况；此外，在一些条件限制的区段，司机目视行车不能够保证行车安全（例如：隧道中视线受阻、大坡道、小转弯半径的弯道、大长区间等），也需增加司机辅助防护功能来完善系统整体安全性。

考虑到司机犯错误的概率为 10^{-3} ，为满足运营安全需要，司机辅助功能的安全贡献度应不小于 10^{-6} ，根据计算： $10^{-3} \times 10^{-6} = 10^{-9}$ ，其概率等于SIL4要求的 10^{-9} 。

因此，司机辅助功能的安全完整性应达到SIL2级，代表其每小时事故风险发生概率介于 10^{-6} 和 10^{-7} 之间。司机和辅助防护功能需协同工作，只有当司机和辅助防护功能同时失效时才可能导致安全风险。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1.1-2009 标准化工作导则
- [2] GB/T 12758-2004 城市轨道交通信号系统通用技术条件
- [3] JT/T 1091-2016 有轨电车试运营基本条件
- [4] T/CAMET 07001-2018 现代有轨电车运营管理规范
- [5] Guide_securite_des_zones_de_manoeuvre_tramway （STRMTG 2017版）