

城市轨道交通装备技术规范

CZJS/T 0029—2015

城市轨道交通 CBTC 信号系统— ATO 子系统规范

Technical specification of communication based train control system

for urban rail transit-ATO subsystem specification

2015-06-01 发布

2015-09-01 实施

中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会 发布

目 次

前言	II
1 总则	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	3
4 一般要求	3
5 环境条件	4
6 性能要求	4
6.1 安全性要求	4
6.2 可靠性、可用性要求	4
6.3 可维护性要求	5
6.4 性能指标	5
7 功能要求	5
7.1 列车自动驾驶	5
7.2 站台停车控制	5
7.3 车门监控	5
7.4 站台门监控	6
7.5 运行调整	6
7.6 运营辅助	6
7.7 故障诊断和报警	6
8 接口与通道	6
9 电磁兼容防护	7
9.1 电磁发射和抗扰	7
9.2 接地	7
10 供电及电源设备	7
附录 A (规范性附录) 系统参数值	8
参考文献	9

前　　言

本技术规范规定了城市轨道交通CBTC信号系统ATO子系统的技术标准。

本技术规范由中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会提出，是城市轨道交通CBTC信号系统系列行业技术规范的一个重要的组成部分。

本技术规范由中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现需要修改和补充之处，请将意见和建议寄到CBTC信号系统系列行业技术规范主编单位北京交通大学《城市轨道交通CBTC信号系统行业技术规范》编写组（地址：北京市海淀区上园村3号北京交通大学轨道交通运行控制系统国家工程研究中心，邮编100044）。

城市轨道交通CBTC信号系统系列行业技术规范的主编单位、主要起草人：

主编单位：北京交通大学

主要起草人：唐涛、黄友能

本技术规范的主编单位、主要起草人和主要审查人：

主编单位：北京交控科技有限公司

北京交通大学

参编单位：卡斯柯信号有限公司

北京全路通信信号研究设计院有限公司

中国铁道科学研究院

在规范的编制过程中，得到北京轨道交通建设管理有限公司、北京地铁运营有限公司、上海申通地铁集团有限公司、广州市地下铁道总公司、深圳市地铁有限公司、重庆市轨道交通（集团）有限公司、南京地铁集团有限公司、天津市地下铁道集团有限公司、武汉地铁集团有限公司、沈阳地铁集团有限公司、西安市地下铁道有限责任公司、成都地铁有限责任公司、中铁检验认证中心的积极配合与支持。

主要起草人：唐涛、郜春海、黄友能、刘波、刘宏杰、杨旭文、王伟、崔科、汪小勇、王佳、刘键、李亮、孟军

主要审查人：张艳兵、张良、王道敏、朱翔、朱宏、张琼燕、段晨宁、李新文、任敬、朱东飞、喻智宏、肖培龙、王维奇、郑生全、黄银霞、孙超

城市轨道交通 CBTC 信号系统—ATO 子系统技术规范

1 总则

1. 1 为统一城市轨道交通 CBTC 系统中 ATO 子系统的标准，以指导 ATO 子系统的产品设计，供设备招标、工程设计、工程验收等参考，制定本规范。
1. 2 本规范规定了城市轨道交通 CBTC 系统中 ATO 子系统的一般要求、环境条件、性能要求、功能要求、接口与通道、电磁兼容防护、供电及电源设备等内容。
1. 3 本规范适用于 120km/h 及以下的地铁、轻轨、单轨等城市轨道交通系统。
1. 4 城市轨道交通 CBTC 系统中 ATO 子系统设计，除应符合本规范要求外，还应符合国家现行有关强制性标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- 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 24338. 4-2009，
IEC62236-3-2：2003，MOD）
- GB/T 25119 轨道交通 机车车辆电子装置（GB/T 25119-2010，IEC 60571：2006，MOD）
- GB/T 21563 轨道交通 机车车辆设备冲击和振动试验（GB/T 21563-2008，IEC 61737：1999，IDT）
- GB/T 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范
- CJ/T 407 城市轨道交通基于通信的列车自动控制系统技术要求
《城市轨道交通CBTC信号系统行业技术规范—需求规范》

3 术语、定义和缩略语

下列术语和定义、缩略语适用于本文件。

3. 1 术语和定义

3. 1. 1 基于通信的列车控制 communication based train control

采用不依赖轨旁列车占用检测设备的列车主动定位技术和连续车-地双向数据通信技术，通过能够执行安全功能的车载和地面处理器而构建的连续式列车自动控制系统。

3. 1. 2 列车自动控制 automatic train control

城市轨道交通信号系统实现列车自动监控 ATS、列车自动防护 ATP、列车自动运行 ATO 及计算机联锁 CI 技术的总称。

3.1.3 列车自动监控 automatic train supervision

自动实现行车指挥控制、列车运行监视和管理技术的总称。

3.1.4 列车自动防护 automatic train protection

自动实现列车运行间隔、超速防护、进路安全和车门等监控技术的总称。

3.1.5 列车自动运行 automatic train operation

自动实现列车运行速度、停车和车门等监控技术的总称。

3.1.6 计算机联锁 computer interlocking

以计算机技术为核心，自动实现进路、道岔、信号机等防护技术的总称。

3.1.7 移动授权 movement authority

列车沿给定的行驶方向进入并在某一特定轨道区段内行车的许可。

3.1.8 追踪间隔时间 headway

在同一线路、同向运行的两列列车的前端经过线路同一地点的间隔时间。

3.1.9 旅行速度 operation speed

正常运营情况下，列车从起点站发车至终点站停车的平均运行速度。

3.1.10 列车安全制动模型 safe train braking model

根据列车安全间隔，依据列车特性、线路参数及运营条件生成的列车制动曲线。

3.1.11 限制速度 restricted speed

线路、车辆结构等限制及列车移动授权所获取的最严格的速度限制。

3.1.12 保护区段 overlap section

为实现超速防护，保证安全停车而延伸的闭塞区段。

3.1.13 目标速度 target speed

列车运行至前方目标地点应达到的允许速度。

3.1.14 目标距离 target distance

列车运行至前方目标地点的走行距离。

3.1.15 可靠性 reliability

产品在规定的条件下和规定的时间区间内完成规定功能的能力。

3.1.16 可用性 availability

可修复产品在某一特定瞬间维持其功能的概率或在某一期间内维持其功能的时间比率。可用性是产品可靠性、维修性和维修保证性的综合指标。

3.1.17 可维护性 maintainability

产品在规定的使用条件下并按规定的程序和手段实施维修时,为保持产品处于正常使用状态或为修复产品的故障、缺陷,使之恢复执行功能状态的能力。

3.1.18 安全性 safety

保证行车和人身以及设备安全的能力,以在给定时刻系统维持安全功能完善的概率指称。

3.2 缩略语

AM: 列车自动驾驶模式 (Automatic Train Operating Mode)

ATC: 列车自动控制 (Automatic Train Control)

ATO: 列车自动运行 (Automatic Train Operation)

ATP: 列车自动防护 (Automatic Train Protection)

ATS: 列车自动监控 (Automatic Train Supervision)

CBTC: 基于通信的列车控制 (Communication Based Train Control)

CI: 计算机联锁 (Computer Interlocking)

CM: 受控人工驾驶 (Code Train Operating Mode)

DCS: 数据通信系统 (Data Communication System)

MA: 移动授权 (Movement Authority)

MMI: 人机交互界面 (Man Machine Interface)

MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failures)

MTTR: 平均修复时间 (Mean Time To Repair)

RM: 限制人工驾驶 (Restricted Train Operating Mode)

SIL: 安全完整性等级 (Safety Integrity Level)

TMS: 列车管理系统 (Train Management System)

4 一般要求

4.1 ATO 设备应在 ATP 设备的防护下实现列车自动驾驶功能。

4.2 ATO 设备应采用高可靠性的硬件结构和软件设计,ATO 设备宜采用冗余结构。

4.3 为实现列车在车站站台或折返线定点停车，可在相应位置配置应答器等设备。

4.4 ATO 设备配置应与车载 ATP 的配置相对应。

4.5 ATO 设备的故障应不影响 ATP 防护下的人工驾驶列车运行。

4.6 ATO 设备应适应不同的列车编组，包括：

- a) 单方向运行编组长度固定的列车；
- b) 双方向运行编组长度固定的列车。

4.7 ATO 设备可适应不同的列车编组，包括：

- a) 单方向运行编组长度可变的列车；
- b) 双方向运行编组长度可变的列车；
- c) 不同编组长度的列车混合运行。

4.8 ATO 设备应适应不同车辆性能的列车共线运行。

4.9 ATO 设备应能满足基于通信的列车控制（CBTC）要求，宜能满足点式列车控制等级的要求。

4.10 ATO 设备宜具备无人自动折返功能。列车在规定的无人自动折返进入地点停车，司机完成相应的确认操作后，列车可在无人驾驶的情况下，自动从到达站台进入和折出折返线，最后进入发车股道定点停车后，自动打开车门和站台门。

4.11 车载 ATP/ATO 应具备与 ATS 校核时钟的能力。

4.12 ATO 设备严禁超出车辆限界。

5 环境条件

5.1 车载 ATP/ATO 应满足《城市轨道交通 CBTC 系统行业技术规范—ATP 子系统规范》第 5 章“环境条件”的要求。

5.2 ATO 设备运用于特殊环境条件时，应保证 ATO 设备在相应地区的环境条件下安全可靠地运行，或采取必要的附加措施保证 ATO 设备安全可靠地运行。

6 性能要求

6.1 安全性要求

ATO 设备中完成与自动驾驶和车门控制功能相关的设备应满足 SIL2 级要求。

6.2 可靠性、可用性要求

6.2.1 ATO设备宜采用双机热备冗余结构。

6.2.2 ATO设备平均故障间隔时间应满足: MTBF $\geqslant 10^5$ h。

6.2.3 ATO设备可用性应不小于99.99%。

6.2.4 ATO设备的设计寿命为15年。

6.3 可维护性要求

6.3.1 ATO设备应具有自诊断或远程诊断能力,以减少系统平均故障修复时间(MTTR)。

6.3.2 ATO设备应具备对硬件、软件以及数据通信链路周期性检测的能力,包括ATO与ATP数据通信链路的检测。

6.3.3 ATO设备的平均故障修复时间应满足: MTTR $\leq 30\text{min}$ 。

6.4 性能指标

6.4.1 ATO自动驾驶时,列车在站台停车精度的指标要求见附录A。

6.4.2 ATO设备上电启动时间应小于60s。

7 功能要求

7.1 列车自动驾驶

7.1.1 ATO设备应自动控制列车的启动、加速、巡航、惰行、制动运行过程。

7.1.2 ATO设备在正常运行时,列车的冲击率应满足舒适度的要求,具体指标要求见附录A。

7.1.3 ATO设备的正常运行曲线应满足节能运行的要求。

7.1.4 ATO设备进入自动驾驶前应经过ATP的授权和司机的确认。

7.1.5 ATO启动条件满足的情况下,司机按下启动按钮,ATO设备应能自动控制列车启动。

7.1.6 列车在车站当司机按下ATO启动按钮后,因车门或站台门打开或故障导致列车不能启动时,故障消失后应要求司机重新按压按钮确认后才能启动列车。

7.1.7 CBTC级别下区间停车后,条件满足的情况下,ATO设备宜能自动控制列车启动。

7.1.8 当自动驾驶条件不满足时,ATO设备应提示司机并自动退出AM模式。

7.2 站台停车控制

7.2.1 ATO设备应自动控制列车在站内精确停车。

7.2.2 ATO设备控制列车在停车点停车时,应采用一次连续制动模式制动至目标停车点,中途不得缓解,且在进站前不应有非线路限速要求的减速台阶。

7.2.3 ATO设备控制列车停车时应输出保持制动命令防止溜车;列车停车后,ATO设备应持续输出保持制动命令。

7.3 车门监控

7.3.1 列车在站台停车后，在确认车门已关闭且锁闭前（车门旁路时除外），ATO设备应禁止启动列车。

7.3.2 ATO设备应能支持以下几种开、关门方式：

- a) 人工开门、人工关门；
- b) 自动开门、人工关门；
- c) 自动开门、自动关门。

7.4 站台门监控

列车在站台停车后，在确认站台门已关闭且锁闭前（站台门互锁解除时除外），ATO设备应禁止启动列车。

7.5 运行调整

7.5.1 ATO设备应能支持跳停、扣车、停站时间、站间运行时间等多种运行调整方式。

7.5.2 接收到跳停指令时，ATO设备判断满足跳停条件后，应能控制列车不停车通过站台。

7.5.3 ATO设备应能跳停一个或多个站台。

7.5.4 接收到扣车指令时，ATO设备应保持列车在站停车状态，车门、站台门宜保持打开状态。

7.5.5 接收到站间运行时间调整命令时，ATO设备应根据ATS期望的站间运行时间，选择不同的站间运行曲线，以使实际站间运行时间尽可能贴近期望的站间运行时间。

7.5.6 ATO设备应向ATS报告列车运行状态信息，以便ATS能对在线运行的列车进行监控和调整。

7.6 运营辅助

7.6.1 ATO设备应向列车广播设备提供有关车载旅客信息显示的数据。

7.6.2 ATO设备宜通过车载MMI向司机提供推荐速度、关门提示、发车提示、报警提示等辅助驾驶信息的显示。

7.7 故障诊断和报警

7.7.1 ATO设备应具有自诊断功能，发生故障时应立即退出自动驾驶模式，并向司机及ATP、ATS、维护支持等子系统报警。

7.7.2 ATO设备应将运行状态、报警等信息发送给车载记录设备记录。记录内容包括但不限于：ATO报警类别、牵引/制动指令、牵引/制动力大小、车载设备的计算速度曲线及实际运行速度曲线、车载设备所接收到的地面信息、跳停指令、定点停车超精度范围显示及报警记录、运行时分及故障统计等。

8 接口与通道

车载ATP/ATO对外接口应满足《城市轨道交通CBTC系统行业技术规范—ATP子系统规范》第8章“接口与通道”的要求。

9 电磁兼容防护

9.1 电磁发射和抗扰

9.1.1 ATO 设备的设计、研发、制造和安装及运用过程中，应通过技术措施抑制自身产生的电磁骚扰和来自外界的电磁骚扰。

9.1.2 ATO 设备的电磁兼容性的发射与抗扰度应满足 GB/T 24338.4 的要求。

9.2 接地

9.2.1 ATO 设备的保护接地应与车体可靠连接，并考虑连接面的电化学相容性，连接导体的横截面积不小于 4mm^2 。

9.2.2 ATO 设备的地线应经车辆的接地装置接地。

10 供电及电源设备

ATO 设备电源可直接采用车辆 110V 蓄电池电源或经稳压变流设备变换后供电，并应设过压和过流保护。

附录 A

(规范性附录)

附录 A 系统参数值

系统参数值见表 A. 1。

表 A. 1 系统参数值

参数	取值范围
列车在车站的停车精度 (ATO)	精度范围 $\pm 0.3\text{m}$ 内的概率 $\geq 99.99\%$ 精度范围 $\pm 0.5\text{m}$ 内的概率 $\geq 99.9998\%$
冲击率	$\leq 0.75\text{m/s}^3$

参 考 文 献

- [1] IEEE Std1474. 1TM-2004 基于通信的列车自动控制系统性能和功能需求 (IEEE Standard for Communications-Based Train Control Performance and Functional Requirements)
 - [2] IEEE Std1474. 2TM-2003 基于通信的列车自动控制系统用户接口需求 (IEEE Standard for User Interface Requirements in Communications- Based Train Control (CBTC) Systems)
 - [3] IEE Std1474. 3TM-2008 基于通信的列车自动控制系统设计和功能分配 (IEEE Recommended Practice for Communications-Based Train Control (CBTC) System Design and Functional Allocations)
 - [4] IEEE 1483-2000 有轨车辆运输控制用处理机系统主要功能的验证标准 (IEEE Standard for the Verification of Vital Functions in Processor-Based Systems Used in Rail Transit Control)
 - [5] IEEE 1478-2001 铁路运行车辆电子设备的环境条件标准 (IEEE standard for environmental conditions for transit rail car electronic equipment)
 - [6] IEC62278 铁路应用可靠性、可用性、可维护性和安全性技术条件和验证 (IEC62278 Railway applications-The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS))
 - [7] IEC62279 铁路应用一通信、信号和处理系统一铁路控制和防护系统软件 (IEC62279 Railway applications-Communication, signalling and processing systems-software for Railway Control and Protection systems)
 - [8] IEC62425 铁路应用一通信、信号和处理系统一安全相关电子信号系统 (IEC62425 Railway applications-Communication, signalling and processing systems-Safety related electronic systems for signalling)
 - [9] GB 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
-