

团 体 标 准

T/CAMET 04018.4—2020
代替 T/CAMET 04018.4—2019

城市轨道交通 CBTC 信号系统规范 第 4 部分：CI 子系统

Urban rail transit—System specification of
communication based train control system—
Part 4:CI subsystem

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

（征求意见稿）

（本稿完成日期：2020 年 9 月 27 日）

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

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 3

5 一般要求 4

 5.1 一般要求 4

 5.2 CI 子系统硬件要求..... 错误！未定义书签。

 5.3 CI 子系统软件要求..... 4

6 环境条件 6

7 性能要求 7

 7.1 RAMS 要求..... 7

 7.2 可扩展性要求 7

 7.3 系统实时性要求 7

 7.4 系统关键设备的切换 7

8 功能要求 8

 8.1 基本功能 8

 8.2 其他功能 11

9 接口与通道 11

 9.1 CI 子系统与地面 ATP 子系统应用层接口要求..... 11

 9.2 CI 子系统与车载 ATP 子系统应用层接口要求..... 12

 9.3 CI 子系统与 ATS 子系统应用层接口要求..... 13

 9.4 CI 子系统与相邻 CI 子系统接口要求..... 14

 9.5 CI 子系统与转辙机/道岔控制柜接口要求..... 14

 9.6 CI 子系统与信号机接口要求..... 14

 9.7 CI 子系统与计轴接口要求..... 14

 9.8 CI 子系统与维护支持子系统接口要求..... 14

 9.9 CI 子系统与其它相关系统接口要求..... 15

10 电磁兼容防护 15

 10.1 电磁兼容 15

 10.2 雷电防护 15

11 供电及电源设备 15

12 其他要求 16

附录 A（规范性附录） CI 子系统的系统参数值 错误！未定义书签。

参考文献 18

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。

本文件是 T/CAMET 04018《城市轨道交通 CBTC信号系统规范》的第 4 部分。T/CAMET 04018已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：ATP子系统。
- 第 2 部分：ATO子系统。
- 第 3 部分：ATS子系统。
- 第 5 部分：基于WLAN的DCS子系统。

本文件代替 T/CAMET 04018.4—2019《城市轨道交通 CBTC信号系统规范第4部分：CI子系统》，与 T/CAMET 04018.4—2019相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了规范适用速度范围的定义（见 2019 年版的第 1 章），并修改描述（见第 1 章）；
- b) 增加了部分规范引用的文件（见第 2 章）；
- c) 增加了保护区段、计算机联锁、采集驱动设备、二乘二取二冗余结构、三取二冗余结构、电子执行单元、物理区段、逻辑区段 7 个术语和定义，删除限制速度 1 个术语（见第 3 章）；
- d) 增加了人员防护开关、维护支持子系统的缩略语（见第 4 章）；
- e) 修改 5.1.1 的内容描述（见 5.1.1）；
- f) 修改名词描述“车辆段”为“车辆基地”（见 5.1.1、5.1.3、8.1.4.1a））
- g) 增加了 CI 子系统关键部件的一般要求及电子执行单元的硬件要求（见 5.1、5.2），修改“本文件未明确的内容，可参照 TB/T 3027 的规定（见 5.1.7）”；
- h) 删除 2019 版 5.1.4 的内容移至现 8.2.1（见 8.2.1）；
- i) 删除了 CI 软件应达到软件制式检测要求的可靠性和安全型（见 2019 年版 5.3.2.1），删除了 CI 子系统软件标准化的内容（见 2019 年版的 5.3.2.7）；
- j) 删除 2019 版 5.3.3.7 的内容移至现 7.3.2（见 7.3.2）；
- k) 增加软件要求的相关说明（见 5.3.2.6、5.3.2.7、5.3.2.8），增加了通信软件也可采用其他安全保障机制的内容（见 5.3.3.3、5.3.3.4）；
- l) 提出了设备机房应符合国标的要求，修改室内相对湿度、大气压力数值范围，删除零地电位差的要求，增加室外振动、IP 防护等级、工作温度、相对湿度的要求（见第 6 章，2019 年版的 6.1.1、6.1.3、6.1.5）；
- m) 修改“信号集中监测”为“维护支持子系统”（见 7.1.3 b）），删除了或由相关国家权威部门出具等级相当的认证报告以证明其符合 SIL4 级的要求（见 7.1.4 b））；
- n) 增加了可扩展性要求（见 7.2.2）；
- o) 修改能愿动词“避免”为“严禁”（见 8.1.2.1）；
- p) 增加了“当开放的信号灯断丝或 LED（发光二极管）灭灯损坏数量比例达到特定值时，若列车以地面信号为行车凭证时，应控制信号机显示禁止信号”的描述（见 8.1.2.9）；
- q) 增加了 CI 可单操被封锁的道岔（见 8.1.3.5）；
- r) 增加了联锁自动办理进路的功能要求（见 8.1.4.2）；

- s) 修改信号机“因列车跨压正常关闭”为“正常关闭”的说明（见 8.1.4.4 a））
- t) 增加了维护诊断的功能要求（见 8.1.6）；
- u) 修改名词描述“轨道区段”为“区段”（见 8.1.6.1、9.2.3）；
- v) 增加了 CI 子系统与人员防护开关、防淹门、车库门、洗车线/洗车机的功能要求（见 8.2）；
- w) 增加了 CI 子系统与相邻 CI 子系统、信号机、转辙机、计轴、站台门、防淹门、紧急关闭按钮、人员防护开关、车库门、洗车线/洗车机的接口要求，修改 CI 子系统到地面 ATP 子系统的传递内容（见第 9 章）；
- x) 增加了 CI 子系统设置独立接地线、防雷性能、设备绝缘耐压、设备电源输入的绝缘电阻数值的要求（见 10.1.5、10.2.5、10.2.6、10.2.7）；
- y) 修改不间断供电时间（见 11.1）
- z) 增加了电子执行单元的电源要求（见 11.2）。

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这些专利的责任。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化委员会技术装备分技术委员会（SC04）提出并归口。

本文件起草单位：通号城市轨道交通技术有限公司、北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、北京交通大学、卡斯柯信号有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所、浙江众合科技股份有限公司、交控科技股份有限公司、新誉庞巴迪信号系统有限公司、湖南中车时代通信信号有限公司、比亚迪通信信号有限公司。

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2019 年首次发布为 T/CAMET 04018.4-2019；

——本次为第一次修订。

城市轨道交通 CBTC 信号系统规范

第 4 部分：CI 子系统

1 范围

本文件规定了城市轨道交通CBTC信号系统中CI子系统的一般要求、环境条件、性能要求、功能要求、接口与通道要求、电磁兼容防护要求、供电及电源设备要求等。

本文件适用于地铁系统、轻轨系统、单轨系统、中低速磁浮系统、自导向轨道系统、市域快轨系统等城市轨道交通系统，有轨电车可参照执行。

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 50157—2013 地铁设计规范

GB/T 2887 计算机场地通用规范

GB/T 24338.5 轨道交通 电磁兼容 第 4 部分：信号和通信设备的发射与抗扰度

TB/T 2846—2015 铁路地面信号产品振动试验方法

TB/T 3027 铁路车站计算机联锁技术条件

TB/T 3074 铁路信号设备雷电电磁脉冲防护技术条件

TB/T 3242-2010 LED 铁路信号机构通用技术条件

TB/T 3498 铁路通信信号设备雷击试验方法

CJ/T 407—2012 城市轨道交通基于通信的列车自动控制系统技术要求

3 术语和定义

GB 50157—2013、GB/T 12758—2004、GB/T 20438.6—2017、TB/T 3027—2015、CJ/T 407—2012 和T/CAMET 04013. 1—2018界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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

通过不依赖轨旁列车占用检测设备的列车主动定位技术、连续车-地双向数据通信技术以及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。

[来源：CJ/T 407—2012, 3.1.1]

3.2

列车自动控制 automatic train control

信号系统自动实现列车监控、安全防护和运行控制等技术的总称。

[来源: GB 50157—2013, 2.0.37]

3.3

列车自动监控 automatic train supervision

根据列车时刻表为列车运行自动设定进路、指挥行车、实施列车运行管理等技术的总称。

[来源: GB 50157—2013, 2.0.38]

3.4

列车自动运行 automatic train operation

自动实现列车加速、调速、停车和车门开闭、提示等控制技术的总称。

[来源: GB 50157—2013, 2.0.40]

3.5

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。

[来源: GB 50157—2013, 2.0.39]

3.6

危险侧输出 dangerside output

联锁计算机产生危及行车安全的输出。

[来源: TB/T 3027—2015, 3.6]

3.7

平均故障间隔时间 mean time between failures

指设备连续发生两次故障之间的平均间隔时间。

3.8

联锁计算机 interlocking computer

指计算机联锁中实现联锁功能和安全性输入输出的计算机系统, 包括硬件、软件和接口。

[来源: TB/T 3027—2015, 3.1]

3.9

采集驱动设备 acquisition drive equipment

为联锁计算机提供输入输出的系统或设备, 一般由电子执行单元或 I/O 模块构成。

3.10

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。

[来源: GB/T 12758—2004, 3. 12]

3. 11

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。

[来源: CJ/T 407—2012, 3. 1. 6]

3. 12

二乘二取二冗余结构 redundancy structure of 2 out of 2 plus 2

由 4 个硬件逻辑单元组成, 两个单元以 2 取 2 形式构成一系, 两系互为热备的硬件结构。

[来源: TB/T 3027—2015, 3. 11]

3. 13

三取二冗余结构 redundancy structure of 2 out of 3

此架构由三个并联通道构成, 其输出信号具有多数表决安排, 这样, 如果仅其中一个通道的输出与其他两个通道的输出状态不同时, 输出状态不会因此而改变。

[来源: GB/T 20438. 6—2017, B. 3. 2. 2. 5]

3. 14

电子执行单元 electronic executive unit

接收联锁计算机产生的设备动作命令处理并直接驱动室外信号设备, 并采集室外信号设备状态处理并转化为表示信息传送给联锁计算机的电子模块。

[来源: TB/T 3027—2015, 3. 16]

3. 15

物理区段 physical track section

物理区段由安装在轨旁的计轴传感器进行分割的计轴区段或轨道电路分割的线路区域。

[来源: T/CAMET 04013. 1—2018, 3. 1. 18]

3. 16

逻辑区段 logic track section

逻辑区段是将较长的物理区段在逻辑上划分为若干个虚拟区段, 作为 CBTC 系统中监测列车占用出清的最小单元。

[来源: T/CAMET 04013. 1—2018, 3. 1. 19]

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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)

CPU: 中央处理单元 (Central Processing Unit)

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

MSS: 维护支持子系统 (Maintenance Support System)

RAMS: 可靠性、可用性、可维修性和安全性 (Reliability、Availability、Maintainability、Safety)

SIL: 安全完整性等级 (Safety Integrity Level)

SPKS: 人员防护开关 (Staff Protection Key Switch)

5 一般要求

5.1 一般要求

5.1.1 CI 子系统是实现正线、车辆基地等联锁的信号系统。CI 子系统应保证行车安全,能满足各种正线、车辆基地规模和运输作业的需要,提高运输效率,改善劳动条件,并具备大信息量和联网能力。

5.1.2 CI 子系统应满足 24 h 不间断运行的要求。

5.1.3 CI 子系统可与 ATS 子系统配合,实现站控/遥控的转换。

5.1.4 CI 子系统主要通过进路控制列车的运行。在 CBTC 模式下,CI 子系统允许多列车运行到同一条进路内,按照移动闭塞行车;在降级模式下,CI 子系统只允许一列列车运行到该进路内,按照固定闭塞行车。

5.1.5 CI 子系统的联锁计算机、采集驱动设备、电源等关键部件均应采用高可靠性硬件和冗余结构,单个模块故障应不影响设备的正常功能。电子执行单元的设计应考虑模块化和标准化。

5.1.6 本文件未明确的内容,可参照 TB/T 3027 的规定。

5.2 CI 子系统硬件要求

5.2.1 硬件的结构和配置

5.2.1.1 CI 子系统硬件体系结构应具有层次结构,可分为人机对话层、联锁运算层和执行表示层。人机对话层由操作表示设备、系统诊断维护设备组成,联锁运算层由联锁计算机组成,执行表示层由采集驱动设备组成。

5.2.1.2 联锁运算层的计算机应采用二乘二取二或三取二硬件冗余结构。

5.2.1.3 执行表示层可采用带 CPU 的智能单元,也可采用不带 CPU 的电子电路实现,应采用硬件冗余结构。

5.2.1.4 人机对话层的操作表示设备应采用冗余结构。

5.2.1.5 人机对话层的操作表示设备可与 ATS 系统操作表示设备合并设置。合并设置操作表示设备时,由 ATS 系统按照 ATS 规范提供操作、表示界面。

5.2.1.6 系统应配置冗余的电源。

5.2.1.7 CI 执行表示层主体电路应采用二乘二取二冗余结构。对于驱动电路，主体电路即除最终产生驱动继电器电压的器件组外的其他电路。

5.2.1.8 执行层对结合继电器的物理驱动宜采用双断方式，即所有由电子电路驱动的继电器不采用公共的驱动回路。驱动继电器对应执行层的双系宜采用分线圈使用。

5.2.1.9 CI 子系统采集的继电器应通过采集继电器接点的方式直接证明继电器状态。对于涉及安全的非由 CI 子系统驱动的关键继电器（轨道继电器、道岔表示继电器等），CI 子系统的每一系均采用同时采集这些继电器的前后接点或双接点采集的方式并予以校核，或采用其他能够明确分辨前后接点采集并予以校核的方式。其中定位表示、反位表示继电器及其他有动作关联的继电器可采用后接点串接后由 CI 子系统采集的方式。

5.2.1.10 其他设备的故障，不应影响联锁设备的正常工作。

5.2.2 电子执行单元

5.2.2.1 电子执行单元按照被控对象种类可分为道岔模块、信号机模块、轨道模块、开关量模块等类型，并应具有防插错功能。

5.2.2.2 电子执行单元应根据联锁计算机产生的设备动作命令驱动室外信号设备，并采集室外信号设备状态传送给联锁计算机。

5.2.2.3 电子执行单元应按故障-安全原则进行设计。电子执行单元发生的任何故障不应导致轨旁设备产生危险侧动作，不应向联锁计算机传送可能导致危险的错误信息。

5.2.2.4 电子执行单元与联锁计算机之间的通信通道应为冗余通道并按安全通道进行设计。

5.2.2.5 电子执行单元应具有自身工作状态和被控信号设备状态的指示功能。

5.2.2.6 电子执行单元应具备冗余配置功能，其中任何一个故障不应影响系统的正常运行。

5.2.2.7 电子执行单元应考虑防护室外混线故障。

5.2.2.8 电子执行单元应具有过流防护功能。

5.2.2.9 电子执行单元与联锁计算机通信中断时，应采取故障-安全处理措施。

5.2.2.10 电子执行单元宜能采集室外信号设备运行参数，宜具备与维护支持子系统接口功能。

5.3 CI 子系统软件要求

5.3.1 软件的安全等级

CI 子系统软件应按安全性要求划分软件安全完整性等级。

5.3.2 软件的一般要求

5.3.2.1 CI 子系统软件按安全性要求划分软件安全完整性等级，并应采取与确定等级相适应的技术措施。

5.3.2.2 CI 子系统软件根据所划分的安全完整性等级，遵照软件质量保证体系、软件生命周期来设计、开发和测试软件。

5.3.2.3 在编制软件需求规格说明书时，应同时提出软件体系结构。

5.3.2.4 CI 子系统软件应通过安全性评估。

5.3.2.5 CI 子系统软件应能随着计算机硬件不断升级而方便地移植。

5.3.2.6 CI 子系统软件初始化和非同步系切换时应采取安全锁闭措施。

5.3.2.7 CI 子系统软件在命令不具备执行条件时，或命令执行后在规定的时间内未得到正确响应时，应及时采取措施防止危险侧输出。

5.3.2.8 CI 子系统软件检测到非预期的驱采状态，影响安全时，应采取安全措施。

5.3.3 软件的设计要求

5.3.3.1 应消除已判定的危险，避免导致危险的人为差错。

5.3.3.2 为使软件达到确定的安全完整性等级，应采用可靠性和安全性技术进行设计。

5.3.3.3 有相同意义的与行车安全有关的变量及其同一变量不同取值的信息编码的汉明码距不应小于 4，通信软件也可采用其他安全保障机制。

5.3.3.4 与行车安全有关的信息编码，在其码集中非法码字和合法码字或非安全侧码字和安全侧码字的不对称比率不应小于 255:1，通信软件也可采用其他安全保障机制。

5.3.3.5 在联锁计算机上电、复位之后，开始联锁运算之前，应运行自检程序，检查联锁机及其输入、输出接口功能的完好和完整。

5.3.3.6 联锁计算机在整个工作期间内，应周期性运行自检或互检程序，程序运行期间不影响列车运行。

5.3.3.7 应具有对涉及联锁关系的数据的校验功能。

6 环境条件

6.1 大气压力

70 kPa~106 kPa（相当于海拔高度不超过3000 m）。

6.2 室内环境

6.2.1 安装联锁设备的信号机械室应符合 GB/T 2887 所规定要求。

6.2.2 室内温度：0℃~45℃。

6.2.3 室内相对湿度：≤95%（室温 25℃）。

6.2.4 室内应采取防静电、防尘等措施。周围无腐蚀性和引起爆炸危险的有害气体。

6.3 室外环境

6.3.1 室外振动要求：应符合 TB/T 2846—2017 中 2 类设备的规定。

6.3.2 室外 IP 防护等级：IP 55。

6.3.3 室外工作温度：-40℃~70℃。

6.3.4 室外相对湿度：100%（温度 25℃）

7 性能要求

7.1 RAMS 要求

7.1.1 可靠性要求：

可靠性应符合下列要求：

- a) CI 子系统应采用高可靠性硬件和冗余结构；
- b) CI 子系统的 MTBF 应符合附录 A 的规定。

7.1.2 可用性要求：

可用性应符合下列要求：

- a) CI 子系统的设计寿命为 15 年；
- b) CI 子系统的可用性是可靠性和可维护性的综合指标，可用性指标应符合附录 A 要求。

7.1.3 可维护性要求：

可维护性应符合下列要求：

- a) CI 子系统的平均恢复时间应符合附录 A 要求；
- b) CI 子系统应能与信号维护支持子系统接口，向其提供室内外联锁设备的状态及报警信息。

7.1.4 安全性要求：

安全性应符合下列要求：

- a) CI 子系统应工作可靠并符合故障-安全原则；
- b) CI 子系统的安全完整性等级应达到 SIL4，系统中涉及安全的设备的安全完整性等级须达到 SIL4；
- c) 有关电源、电磁环境、外部接口、人机接口（考虑操作失误）等环境条件和使用条件的设计应采用与安全完整性等级相适应的设计方法；
- d) CI 子系统应具有一定的错误检测机制，检测到软、硬件故障发生时及时采取措施，触发安全反应，不应引发或维持不安全状态。

7.2 可扩展性要求

7.2.1 CI 子系统的硬件和软件结构应实现模块化和标准化。

7.2.2 CI 子系统的架构设计应考虑到未来功能的可扩展性，当系统增加新功能时，不宜对现有系统的结构进行修改。

7.3 系统实时性要求

7.3.1 CI 子系统的处理周期应符合附录 A 要求。

7.3.2 CI 子系统的信息采集周期应适应列车最高运行速度的要求。

7.4 系统关键设备的切换

7.4.1 采用二乘二取二硬件冗余结构的系统应具备切换功能，当主机出现异常停机时，备机应能自动转为主机并接管控制权。

7.4.2 应采用有效的冗余技术，切换时不应影响系统的正常使用并应给出相应提示。

8 功能要求

8.1 基本功能

8.1.1 区段

用于列车占用检测的区段，可分为逻辑区段和物理区段。CI 子系统可提供封锁区段、解封区段功能。区段封锁后，CI 子系统不应排列经过该区段的进路。

8.1.2 信号机

8.1.2.1 信号不应出现乱显示，即不符合规定的信号显示。在组合灯光开放和关闭时，应严禁因灯丝故障导致信号显示升级。

8.1.2.2 CI 子系统检测到信号机显示与预期结果不一致时，应控制该信号机显示禁止信号。

8.1.2.3 CI 子系统应能接受地面 ATP 提供的信号机的列车接近信息，控制进路始端信号机转换不同的显示。

8.1.2.4 CI 子系统可提供信号机封锁、信号机解封功能。信号机封锁后，不能再排列经过该信号机的进路。

8.1.2.5 CI 子系统可提供信号关闭功能。

8.1.2.6 CI 子系统应具备信号重复开放的功能。办理了重复开放手续，防护该进路的信号机应检查信号开放条件满足后开放。

8.1.2.7 进路信号开放，应持续检查信号开放联锁条件是否满足。

8.1.2.8 进路的始端信号机，在信号关闭后，除本规范明确的情况外，不经再次办理，不应自动重复开放信号。

8.1.2.9 信号灯丝监督应符合下列规定：

- a) 列车信号机和调车信号机应设灯丝监督；
- b) 信号机在开放列车允许信号灯前，应检查红灯灯丝完好；
- c) 在信号开放允许信号灯后，应不间断地检查灯丝完好；
- d) 当开放的信号灯断丝或 LED（发光二极管）灭灯损坏数量比例达到特定值时，若列车以地面信号为行车凭证时，信号机应显示禁止信号；
- e) CI 子系统可提供信号机灯光测试功能。进行灯光测试时，CI 子系统点亮控制区域内的全部信号机。

8.1.3 道岔

8.1.3.1 CI 子系统应具备道岔位置信息，包括：道岔定位、道岔反位、道岔四开，并能提供道岔挤岔表示。

8.1.3.2 道岔的转换应符合下列要求：

- a) CI 子系统应具备操作道岔的功能，包括：人工单独操纵（对应定操和反操命令）、进路选动和进路带动。道岔的单独操纵的优先级高于进路的选动和带动；
- b) 进路控制方式操纵道岔时，进路上的道岔应顺序选出，动作电流应错开启动峰值。

8.1.3.3 CI 子系统应能够通过进路锁闭、区段锁闭、单独锁闭、引导总锁或其它锁闭方式对道岔进行锁闭。道岔一旦被锁闭，道岔不能操纵。

8.1.3.4 CI 子系统应具备单独锁闭和单独解锁的功能。道岔单独锁闭后可以排列经过该道岔所在位置的进路。

8.1.3.5 CI 子系统可提供道岔封锁、道岔解封功能。道岔封锁后，CI 子系统可以单独操纵处于封锁状态的道岔，但不应排列经过该道岔的进路或被进路带动。

8.1.4 进路

8.1.4.1 CI 子系统应具备列车进路、引导进路和调车进路，并应符合下列要求：

- a) 正线 CI 子系统应具备列车进路、引导进路；车辆基地 CI 子系统应具备调车进路，车辆基地 CI 子系统可提供列车进路和引导进路；
- b) CI 子系统应为不同控制等级的列车办理不同性质的列车进路，CI 子系统应为 CBTC 控制级列车提供 CBTC 级别进路，CBTC 级别进路的办理和开放可检查进路内方首区段的空闲，不检查进路内其他区段的空闲。

8.1.4.2 进路的办理应符合下列要求：

- a) CI 子系统应能提供人工办理、联锁自动办理、ATS 自动办理进路的功能；
- b) 进路人工模式和自动模式之间的转换，可单独转换，也可按照联锁区统一转换；
- c) CI 子系统为 CBTC 列车提供进路和非 CBTC 列车提供进路的办理操作方式应相同；
- d) CI 子系统应能选出与操作意图相符的进路，依次确定进路的始端、终端，只能自动地选出一条基本进路；
- e) 一条进路办理之后，不得同时开通其敌对进路。

8.1.4.3 进路的锁闭应符合下列要求：

- a) CI 子系统应具备进路锁闭的功能。进路锁闭在进路选通且有关联锁条件具备时构成；
- b) CI 子系统应具备进路接近锁闭的功能。接近锁闭在信号开放后接近区段有车占用时构成；当接近区段未设置轨道检测装置时，接近锁闭应于信号开放后立即构成。

8.1.4.4 进路的解锁应符合下列要求：

- a) 正常解锁：
 - 1) CI 子系统应具备进路正常解锁的功能。锁闭的进路在其防护信号机正常关闭后，能随着列车的正常运行分段自动解锁，解锁时有条件做三点检查的区段采用三点检查；
 - 2) 进路中存在多列车时，进路应随最后一列车的运行解锁。
- b) 人工解锁/取消进路：
 - 1) CI 子系统应具备取消进路的功能；
 - 2) CI 子系统应具备进路人工解锁的功能。进路接近锁闭后，人工解锁可采用延时解锁或在收到列车停车保证的情况下立即解锁。

c) CI 子系统应具备区段故障解锁功能,办理区段故障解锁应人工确认。

8.1.4.5 CI 子系统可提供自动通过进路的功能,处于自动通过模式的进路不随列车运行自动解锁,其防护信号机的显示随着列车的运行自动开放或关闭。

8.1.4.6 CI 子系统可根据需要提供自动折返进路功能。办理自动折返进路后,CI 子系统自动排列列车进入折返线和驶出折返线的进路,并开放信号。当折返轨多于一个时,CI 子系统可提供全自动折返进路功能,办理全自动折返进路后,CI 子系统根据折返线的使用情况选择合适的折返线,排列折返进路。

8.1.4.7 CI 子系统应具备引导进路功能,可提供引导总锁功能,引导总锁后 CI 子系统控制范围内道岔锁闭。正线仅在进路引导的情况下才能开放引导信号。

8.1.5 保护区段功能

8.1.5.1 保护区段应符合下列规定:

- a) CI 子系统应能够提供不同路径的保护区段;
- b) 保护区段与后续进路方向一致时,二者可以重复锁闭。

8.1.5.2 保护区段的设置应符合下列规定:

- a) 办理非 CBTC 控制级别的进路时,保护区段随着列车进路的建立而建立,进路始端信号开放需要检查保护区段锁闭且空闲;
- b) 办理 CBTC 控制级别的进路时,保护区段随着列车的走行而建立,进路始端信号机的开放宜不检查保护区段;
- c) 当保护区段不唯一,CI 子系统可根据操作意图设置不同的保护区段;当保护区段唯一,联锁自动设置保护区段。

8.1.5.3 保护区段的锁闭:设置保护区段,保护区段空闲且道岔转换到保护区段所需位置,相关联锁条件满足后,保护区段锁闭。

8.1.5.4 保护区段的解锁应符合下列规定:

- a) 当列车进入设有保护区段的停车轨后,CI 子系统收到地面或车载 ATP 发送的保护区段解锁的相关信息后保护区段自动解锁;无法收到相应信息时,按照延时解锁方式解锁;
- b) 保护区段被后续进路重复锁闭时,保护区段随着后续进路的正常解锁应自动解锁;
- c) 保护区段随着主进路的取消或人工解锁应自动解锁。

8.1.6 维护诊断

8.1.6.1 CI 子系统应能实时显示、记录、回放联锁操作、道岔动作、信号显示、区段状态、进路建立和解锁、设备状态、网络状态及设备故障报警等信息。

8.1.6.2 CI 子系统宜能通过电子执行单元实时采集转辙机动作电流、信号机灯丝电流、轨道电路受电电压等模拟量状态。

8.1.6.3 CI 子系统应具有故障自诊断功能,系统故障应能定位到板级或模块,并给出准确告警日志信息。

8.1.6.4 CI 子系统数据记录时间不应小于 30 d。

8.1.6.5 CI 子系统应能实现分级报警功能。

8.2 其他功能

8.2.1 CI 子系统应具有与 ATS 校核时钟的功能。

8.2.2 CI 子系统应具备站台紧急关闭接口功能。办理了紧急关闭作业：对相应的引入该站台的和由此站台出发的非 CBTC 列车用进路（不含引导）的信号机应立即关闭；由此站台出发的 CBTC 列车用进路的信号应立即关闭。

8.2.3 CI 子系统应具备站台门接口功能。

8.2.3.1 CI 子系统应采集站台门的状态，站台门条件不满足的站台，对相应的引入该站台的和由此站台出发的非 CBTC 列车用进路（不含引导）的信号机应立即关闭；由此站台出发的 CBTC 列车用进路的信号应立即关闭。由于站台门条件不满足引起的信号关闭，在站台门条件满足后，CI 子系统可自动重复开放信号；

8.2.3.2 CI 子系统可根据来自 ATP 子系统的站台门命令开关站台门。

8.2.4 CI 子系统可提供扣车接口功能。办理了扣车作业后，CI 子系统可关闭对应站台的出发信号机；由于扣车引起的信号机关闭，在扣车取消后可自动重复开放信号。

8.2.5 CI 子系统可提供防淹门接口功能。防淹门条件不满足时，防护该区域的信号机应立即关闭，且 CI 子系统不应办理经过该防淹门的进路。

8.2.6 在全自动运行系统中，CI 子系统宜提供车库门接口功能。

8.2.6.1 CI 子系统应采集车库门的状态，车库门条件不满足时，防护该区域的已开放信号机应立即关闭，且 CI 子系统不应办理经过该车库门的进路（列车进路和调车进路）。

8.2.6.2 CI 子系统可根据来自 ATS 的开关门命令并结合列车运行情况开关车库门。

8.2.7 在全自动运行系统中，CI 子系统应提供 SPKS 接口功能。SPKS 激活后，防护该区域的已开放信号机应立即关闭，且 CI 子系统不应办理经过该防护区域的进路（列车进路和调车进路）。

8.2.8 在全自动运行系统中，CI 子系统宜具备洗车线/洗车机接口功能。

8.2.8.1 CI 子系统宜采集洗车线/洗车机的状态，宜将洗车线/洗车机的状态发送给车载 ATP 子系统；

8.2.8.2 洗车线/洗车机条件不满足时，对相应的引入该洗车线/洗车机的和由此洗车线/洗车机出发的进路（不含引导）的信号机可立即关闭；

8.2.8.3 CI 子系统可接收来自 ATP 子系统和洗车线/洗车机的控制命令进行洗车作业。

9 接口与通道

9.1 CI 子系统与地面 ATP 子系统应用层接口要求

9.1.1 CI 子系统与地面 ATP 子系统间的数据传输宜基于 IP 协议，应保证数据传输的安全性。

9.1.2 CI 子系统与地面 ATP 子系统间信息交换采用周期通信和/或事件触发通信的方式。

9.1.3 从 CI 子系统到地面 ATP 子系统的信息应符合表 1 规定。

表1 从 CI 子系统到地面 ATP 子系统的信息内容包括而不限于

具体信息	信息说明
计轴区段状态	指物理区段检测设备检测到的区段状态信息
逻辑区段状态	指逻辑区段锁闭方向及锁闭状态信息
信号机状态	指信号机状态及相关信息
道岔状态	指道岔的状态信息
无人自动折返按钮信息	指办理无人自动折返的按钮状态信息
站台门状态	指站台门的状态信息，反应站台门是否处于关闭且锁闭状态
站台紧急关闭状态	指站台的紧急停车按钮是否按下的状态
进路信息	指进路状态信息
防淹门状态	指防淹门的状态信息

9.1.4 从地面 ATP 子系统到 CI 子系统的信息应符合表 2 规定。

表2 从地面 ATP 子系统到 CI 子系统的信息内容包括而不限于

具体信息	信息说明
信号机的列车接近信息	指地面 ATP 子系统根据列车的属性信息控制对应的信号机接近信息，CI 子系统可利用该信息作为信号机的强制命令，控制信号机开关灯显示
逻辑区段信息	指地面 ATP 子系统传递给 CI 子系统的逻辑区段状态信息，CI 子系统可利用该信息追踪列车的位置
停稳信息	指地面 ATP 子系统送给 CI 子系统的列车停稳信息，CI 子系统可用来解锁保护区段
停车保证信息	指地面 ATP 子系统送给 CI 子系统的停车保证信息，CI 子系统可用来人工解锁进路
跨压信息	指地面 ATP 子系统送给 CI 子系统的列车跨压进路始端信号机信息，作为 CI 子系统开始解锁进路的条件之一
无人自动折返状态指示信息	指地面 ATP 子系统传递给 CI 子系统的无人自动折返状态的指示信息，CI 子系统可利用该信息控制无人自动折返灯

9.2 CI 子系统与车载 ATP 子系统应用层接口要求

9.2.1 CI 子系统与车载 ATP 子系统间的数据传输宜基于 IP 协议，应保证数据传输的安全性。

9.2.2 CI 子系统与车载 ATP 子系统信息交换采用周期通信和/或事件触发通信的方式。

9.2.3 从 CI 子系统与车载 ATP 子系统的信息应符合表 3 规定。

表3 从 CI 子系统到车载 ATP 子系统的信息内容包括而不限于

具体信息	信息说明
站台门状态	指站台门是否处于关闭且锁闭的状态信息，包括关闭/开放等信息
信号机状态信息	指列车所在区段的信号机状态信息，包括点式允许/禁止等信息

9.2.4 从车载 ATP 子系统到 CI 子系统的信息应符合表 4 规定。

表4 从车载 ATP 子系统到 CI 子系统的信息内容包括而不限于

具体信息	信息说明
站台门命令	指车载 ATP 子系统发出的站台门控制命令，包括开门/关门等信息
允许保护区段解锁	指车载 ATP 子系统发出允许保护区段解锁命令，包括允许解锁/不允许解锁等命令

9.3 CI 子系统与 ATS 子系统应用层接口要求

9.3.1 CI 子系统与 ATS 子系统间的数据传输宜基于 IP 协议。

9.3.2 CI 子系统与 ATS 子系统间信息交换周期通信和事件触发通信的方式。

9.3.3 从 CI 子系统到 ATS 子系统的信息符合表 5 规定。

表5 从 CI 子系统到 ATS 子系统的信息内容包括而不限于

具体信息	信息说明
道岔位置信息	包括道岔的定位、反位状态以及失去表示等信息
道岔单独锁闭信息	包括道岔的单独锁闭状态信息
道岔封锁信息	包括道岔的封锁状态信息
区段封锁信息	包括区段的封锁状态信息
自动通过进路信息	包括进路的自动通过模式状态信息
信号状态信息	包括信号灯的状态信息，如红灯状态、绿灯状态、黄灯状态等
信号封锁信息	包括信号机的封锁状态信息
信号引导信息	包括信号机的引导状态信息
灯丝状态信息	包括信号机的灯丝断丝状态信息
区段状态信息	包括区段的占用、空闲、锁闭状态信息
自动折返信息	包括联锁自动折返控制状态信息
站台扣车状态信息	包括站台上设置的扣车状态信息
保护区段状态信息	包括 CI 子系统建立的保护区段的状态信息
报警信息	包括 CI 子系统在信息采集或逻辑运算时产生的各种报警信息
站台门状态信息	指站台门的开放、关闭和旁路状态信息
站台紧急关闭信息	指站台上设置的紧急关闭的状态信息

9.3.4 从 ATS 子系统到 CI 子系统的信息应符合表 6 规定。

表6 从 ATS 子系统到 CI 子系统的信息内容包括而不限于

具体信息	信息说明
道岔位置控制	指请求扳动道岔位置，应包括请求定位操作与请求反位操作
道岔单独锁闭控制	指请求改变道岔单独锁闭状态，应包括设置道岔单独锁闭与解除道岔单独锁闭
道岔封锁控制	指请求改变道岔封锁状态，应包括设置道岔封锁与解除道岔封锁
区段封锁控制	指请求改变区段封锁状态，应包括设置区段封锁与解除区段封锁
进路控制	指请求改变进路建立状态，应包括建立进路与取消进路
自动通过进路控制	指请求改变自动通过进路的控制，应包括设置自动通过进路与取消自动通过进路
信号控制	指请求改变信号机状态，应包括信号重开请求
信号封锁控制	指请求改变信号机封锁状态，应包括设置信号机封锁与解除信号机封锁

表6 从ATS子系统到CI子系统的信息内容包括而限于（续）

具体信息	信息说明
信号引导控制	指请求改变信号机的引导状态，应包括设置引导状态与取消引导状态
区段故障解锁	指用于故障情况下子进路人工解锁请求，应包括人工请求区段故障解锁
自动折返控制	指请求改变联锁自动折返的状态，应包括设置与取消各种自动折返控制
站台扣车控制	指请求改变站台扣车状态，应包括设置站台扣车与取消站台扣车

9.4 CI子系统与相邻CI子系统接口要求

- 9.4.1 CI子系统与相邻CI子系统间的数据传输宜基于IP协议，应保证数据传输的安全性。
- 9.4.2 CI子系统与相邻CI子系统间信息交换采用周期通信和/或事件触发通信的方式。
- 9.4.3 CI子系统与相邻CI子系统传输信息应符合表7规定。

表7 CI子系统与相邻CI子系统的交互信息内容包括而限于

具体信息	信息说明
道岔状态	包括道岔的定位、反位状态以及失去表示等信息，以及道岔单独锁闭状态和道岔封锁状态信息
物理区段状态	包括物理区段的占用、空闲及锁闭状态
逻辑区段状态	包括逻辑区段的占用、空闲及锁闭状态
信号机状态	包括信号灯的状态信息，如红灯状态、绿灯状态、黄灯状态、引导状态等，以及信号机的封锁状态和解封状态
站台门状态	指站台门的开放、关闭和旁路状态信息
紧急关闭按钮状态	指站台上设置的紧急关闭的状态信息
照查状态	指进路的照查状态
防淹门状态	包括防淹门的开门锁定状态、关门请求、关门允许等状态
上电解锁状态	指计算机联锁上电时安全锁闭状态
临时限速	指设置的临时限速等命令
其他	其他信息（如：城市自定义报文、厂商自定义报文）

9.5 CI子系统与转辙机/道岔控制柜接口要求

CI子系统应具备与转辙机/道岔控制柜接口功能，采用硬线接口方式。

9.6 CI子系统与信号机接口要求

CI子系统应具备与信号机接口功能，采用硬线接口方式，宜具备电流检测和报警功能。

9.7 CI子系统与计轴接口要求

CI子系统应具备与计轴接口功能，获取计轴区段状态和复位（包括预复位）状态，控制计轴复位，采用硬线或通信接口方式。

9.8 CI子系统与维护支持子系统接口要求

9.8.1 CI 子系统与 MSS 子系统间的数据传输宜基于 IP 协议，应保证数据传输的安全性。

9.8.2 从 CI 子系统到 MSS 子系统的信息宜包括而限于以下内容：

- a) 联锁报警信息、联锁设备状态信息；
- b) 信号机、转辙机和轨道电路的模拟量信息，主要包括电流和电压。

9.9 CI 子系统与其它相关系统接口要求

9.9.1 CI 子系统与站台门、防淹门等系统接口宜采用硬线接口方式。

9.9.2 在全自动运行系统中，CI 子系统与车库门、SPKS、洗车线/洗车机等接口宜采用硬线接口方式。

10 电磁兼容防护

10.1 电磁兼容

10.1.1 CI 子系统应按照 GB/T24338.5 要求进行电磁兼容检验并符合规定指标。

10.1.2 应在电源、计算机、数据通信线路、输入输出接口、机架结构及地线设置等方面采取电磁兼容设计，包括元器件的选用和印刷电路板的设计制作。

10.1.3 在采取了必要的防电磁干扰和防雷措施之后，在规定严酷性等级的运用环境中，设备必须正常工作，不允许产生任何指标下降和功能上非期望的偏差。

10.1.4 联锁计算机、采集驱动设备等设备必须置于金属机壳（机柜）内，并良好接地。当上述设备置于同一设备室且多于一个的机柜内时，这些机柜之间必须在电气上良好连接，并实现可靠接地。

10.1.5 在共用接地系统条件不具备而设置独立接地线的情况下，用于防雷的接地线电阻不应大于 $10\ \Omega$ ，用于防护电子设备的安全保护地线的接点装置，其接地电阻值不应大于 $4\ \Omega$ 。

10.2 雷电防护

10.2.1 电源屏的主、副电源引入端应设防雷设备。

10.2.2 地面及高架线路信号楼内联锁设备的电源引入端应设防雷单元。

10.2.3 计算机与现场连接的电缆应根据雷害程度的不同，分别采取防雷措施。

10.2.4 地面及高架线路信号楼内的布线应考虑防雷设计。

10.2.5 CI 子系统的防雷性能应符合 TB/T 3074 和 TB/T 3498 的要求。

10.2.6 在计算机联锁设备适用环境下，设备绝缘耐压分别不小于 AC 1000 V（工作电压为 $60\text{ V} < U \leq 220\text{ V}$ 的端口）、不小于 AC 500 V（工作电压为 $24\text{ V} < U \leq 60\text{ V}$ 的端口）、不小于 AC 250 V（工作电压为 $U \leq 24\text{ V}$ 的端口）。

10.2.7 在计算机联锁设备适用环境下，设备电源输入的绝缘电阻不应小于 $25\text{ M}\Omega$ 。

11 供电及电源设备

11.1 计算机联锁应由信号专用电源通过至少 2 个独立电源通道为计算机联锁系统供电。当所供电源不具备不间断供电性能时, 应采取措施使对计算机和电子设备的供电电源具有不间断供电的性能, 不间断供电时间不应小于 30 min。

11.2 电子执行单元控制的道岔转辙机、信号机等被控设备工作电源由电源屏提供, 所提供电源应满足被控设备的工作要求。

11.3 计算机和电子设备的直流电源应具有有效去除脉冲及浪涌干扰的性能。

12 其他要求

12.1 机柜或机架的最大尺寸不宜超过 2350 mm×900 mm×1000 mm (高×宽×深)。

12.2 联锁机柜应预留一定数量的模板接插位置。

12.3 机柜或机箱的结构应有良好的散热、隔热、防潮及防尘性能。

12.4 机柜或机箱的设计应便于测试和器材更换。

12.5 信号设备的机房应设置等电位连接网络, 等电位连接网络的结构形式有 S 型 (星型) 结构和 M 型 (网型) 结构。S 型结构适用于相对较小、局部的电子信息系统。M 型结构适用于较大机房。

12.6 印刷板应涂以保护层, 元器件排列应有规律。板上应有电路名称, 元器件附近应有识别标志, 各种识别标志被涂层覆盖而不易辨识时, 应在涂层外复印再现。

12.7 电路板应采用阻燃材料。

12.8 电缆应采用低烟、无卤、阻燃材料。

附录 A

(规范性)

CI 子系统的系统参数值

表 A.1 规定了 CI 子系统的系统参数值。

表 A.1 CI 子系统的系统参数值

参数	取值范围
CI子系统安全完整性等级	SIL4
CI子系统平均无故障间隔时间	$\geq 1 \times 10^5 \text{ h}$
CI子系统可用性	$\geq 99.99\%$
CI子系统平均恢复时间	$< 30 \text{ min}$
CI子系统的处理周期	$\leq 1 \text{ s}$

参考文献

- [1] GB/T 191 包装储运图示标志
 - [2] GB/T21562 轨道交通可靠性、可用性、可维护性和安全型规范及示例（GB/T21562—2008, IEC 62278:2002, IDT）
 - [3] GB/T 24339.1 轨道交通 通信、信号和处理系统 第1部分:封闭式传输系统中的安全相关通信(GB/T 24399.1—2009, IEC 62280-1:2002, IDT)
 - [4] GB/T 24339.2 轨道交通 通信、信号和处理系统 第1部分:开放式传输系统中的安全相关通信(GB/T 24399.2—2009, IEC 62280-2:2002, IDT)
 - [5] GB/T 22239 信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求
 - [6] 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
 - [7] 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
 - [8] TB/T 1498 铁路通信信号产品包装技术条件
 - [9] TB/T 2615 铁路信号故障-安全原则
 - [10] TB / T 3482-2017 铁路车站计算机联锁安全原则
 - [11] T/CAMET 04010.1—2018 城市轨道交通 基于通信的列车运行控制系统（CBTC）互联互通接口规范 第1部分：系统总体要求
 - [12] T/CAMET 04010.2—2018 城市轨道交通 基于通信的列车运行控制系统（CBTC）互联互通接口规范 第2部分：系统架构和功能分配
 - [13] T/CAMET 04011.2—2018 城市轨道交通 基于通信的列车运行控制系统（CBTC）互联互通接口规范 第2部分：CBTC 系统车地连续通信协议
-