

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T XXXXX—XXXX

高速铁路列车自动驾驶系统总体技术要求

General technical specification for automatic train operation system for high speed railway

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2025年3月)

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

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.....	1
5 总体要求.....	2
6 系统结构及组成.....	3
7 车载工作模式.....	3
8 基本功能要求.....	5
9 运营场景.....	5
10 系统设备功能.....	10
11 接口要求.....	12
12 高速铁路 ATO 系统地面配置方案.....	13
13 系统性能要求.....	14
附录 A（规范性） 高速铁路 ATO 系统关键参数.....	15
附录 B（规范性） 人机界面 ATO 功能显示与操作.....	16
附录 C（规范性） 车载设备与数据记录单元接口.....	25
附录 D（规范性） 车载设备与 DMS 接口.....	27
附录 E（规范性） ATP 与 ATO 接口.....	28
附录 F（规范性） 车载设备与车辆接口.....	30

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。

本文件由铁路行业电气设备与系统标准化技术委员会通信信号分技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所、北京和利时系统工程有限公司、北京交通大学、中铁检验认证中心有限公司。

本文件主要起草人：陈志强、刘岭、王佳、焦万立、包正堂、岳朝鹏、易海旺、周博渊、黄文字、袁磊、潘长清。

高速铁路列车自动驾驶系统总体技术要求

1 范围

本文件规定了高速铁路列车自动驾驶系统（以下简称高速铁路ATO系统）的总体要求、系统结构及组成、车载工作模式、基本功能要求、运营场景、系统设备功能、接口要求、地面配置方案及系统性能要求。

本文件适用于高速铁路ATO系统的设计、制造、检验和使用。

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 24338.4—2018 轨道交通 电磁兼容 第3-2部分：机车车辆 设备（IEC 62236-3-2:2008, MOD）

GB/T 24338.5—2018 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（IEC 62236-4:2008, MOD）

GB/T 24339—2023 轨道交通 通信、信号和处理系统 传输系统中的安全相关通信（IEC 62280:2014, MOD）

GB/T 25119—2021 轨道交通 机车车辆电子装置（IEC 60571:2012, MOD）

GB/T 50262—2024 铁路工程术语标准

TB/T 454.1—2021 铁路通信信号词汇 第1部分：铁路信号词汇

TB/T 3074—2017 铁路信号设备雷电电磁脉冲防护技术条件

TB/T 3324—2021 铁路数字移动通信系统（GSM-R）总体技术要求

TB/T 3363—2015 铁路数字移动通信系统（GSM-R）通用分组无线业务（GPRS）子系统技术条件

TB/T 3498—2018 铁路通信信号设备雷击试验方法

TB/T 3569—2021 列控车载设备人机界面（DMI）显示规范

TB/T 3581 CTCS-3级列控系统总体技术要求

3 术语和定义

GB/T 50262—2024、TB/T 454.1—2021界定的术语和定义适用于本文件。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件

AM：自动驾驶模式（Automatic Mode）

ATO：列车自动驾驶（Automatic Train Operation）

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

BCU：制动控制单元（Brake Control Unit）

BSC：基站控制器（Base Station Controller）

BTM：应答器传输模块（Balise Transmission Module）

BTS：基站（Base Transceiver Station）

CBI：计算机联锁（Computer Based Interlocking）

CCU：中央控制单元（Central Control Unit）

CSD：电路交换数据业务（Circuit Switched Data）

CSM：信号集中监测系统（Centralized Signaling Monitoring system）

CTC：调度集中（Centralized Traffic Control）

CTCS:中国列车运行控制系统 (Chinese Train Control System)
DMI: 人机界面 (Driver-Machine Interface)
EMD: 电气中距离总线 (Electrical Middle Distance Bus)
FS: 完全监控模式 (Full Supervision mode)
GGSN: 网关GPRS支持节点 (Gateway GPRS Support Node)
GPRS: 通用分组无线业务 (General Packet Radio Service)
GSM-R: 铁路数字移动通信系统 (GSM-Railway)
LRBG: 最近相关应答器组 (Last Relevant Balise Group)
MTBF: 平均故障间隔时间 (Mean Time Between Failure)
MTTR: 平均恢复前时间 (Mean Time To Restoration)
MVB: 多功能车辆总线 (Multi-function Vehicle Bus)
MSC: 移动交换中心 (Mobile Switching Center)
OTE: 光传输设备 (Optical Transmission Equipment)
PCU: 分组控制单元 (Packet Control Unit)
PS: 部分监控模式 (Partial Supervision mode)
QoS: 服务质量 (Quality of Service)
RAMS: 可靠性、可用性、可维护性、安全性 (Reliability, Availability, Maintainability, Safety)
RBC: 无线闭塞中心 (Radio Block Center)
SB: 待机模式 (StandBy mode)
SGSN: 服务GPRS支持节点 (Serving GPRS Support Node)
SH: 调车模式 (SHunting mode)
SIL: 安全完整性等级 (Safety Integrity Level)
SL: 休眠模式 (Sleeping mode)
SoM: 任务开始 (Start of Mission)
TCC: 列控中心 (Train Control Center)
TCMS: 列车控制与管理系统 (Train Control and Management System)
TRAU: 码变换和速率适配单元 (Transcoder and Rate Adapter Unit)
TRDP: 列车实时数据协议 (Train Real time Data Protocol)
TSRS: 临时限速服务器 (Temporary Speed Restriction Server)

5 总体要求

- 5.1 高速铁路ATO系统是在CTCS-2/CTCS-3级列控系统的基础上,车载设置ATO单元实现自动驾驶控制,地面设置专用精确定位应答器实现精确定位,地面设备通过GPRS通信实现站台安全门或站台屏蔽门(以下简称站台门)控制、站间数据发送和列车运行调整计划(以下简称运行计划)处理。
- 5.2 高速铁路ATO系统主要功能包括:车站自动发车、区间自动运行、车站自动停车、车门自动开门、车门与站台门联动控制。
- 5.3 高速铁路ATO系统不应降低列控系统的安全等级。ATO车载设备故障不应影响ATP控车。
- 5.4 高速铁路ATO系统应满足列车启动加速、区间运行、进站停车的平稳控制要求,以保证列车运行的高效和舒适性。
- 5.5 高速铁路ATO系统应根据高速铁路不同的线路情况,实现相适应的ATO功能。
- 5.6 高速铁路ATO系统列车运行由ATP车载设备保证其运行的安全。
- 5.7 高速铁路ATO系统应满足以下互联互通要求:
 - a) 未装备ATO车载设备的列车具备在装备高速铁路ATO系统的线路按CTCS-2/CTCS-3级列控运行的功能。
 - b) 装备ATO车载设备的列车具备在未装备高速铁路ATO系统的线路按CTCS-2/CTCS-3级列控运行的功能。
 - c) 装备ATO车载设备的列车具备在装备高速铁路ATO系统的不同线路之间实现ATO跨线运行的功能。

- 5.8 高速铁路ATO系统应具有降级运行模式。ATO功能不具备使用条件时，列车可在ATP监控下运行。
- 5.9 高速铁路ATO系统应具备8辆单组、8辆重联、16辆和17辆等不同编组列车的车门与站台门联动控制功能。
- 5.10 高速铁路ATO系统应用GSM-R GPRS分组数据业务实现车地双向通信，采用安全通信协议。
- 5.11 ATO车载设备与车辆宜采用MVB总线或以太网方式进行通信。
- 5.12 高速铁路ATO系统应由地面设备提供ATO自动驾驶所需的相关数据。
- 5.13 高速铁路ATO系统应统一接口标准，涉及安全的信息应采用满足GB/T 24339-2023要求的安全通信协议。
- 5.14 高速铁路ATO系统应采用离线方式更新车地ATO通信密钥，并采取安全措施来访问、安装、删除和更新密钥。

6 系统结构及组成

- 6.1 在CTCS-2/CTCS-3级列控系统的基础上，车载增加ATO单元、GPRS通信模块及相关配套设备；地面在TSRS、CTC、TCC等设备上增加功能；车站股道增加精确定位应答器，构成高速铁路ATO系统，系统结构示意图见图1。
- 6.2 ATP车载设备在既有功能的基础上，增加列车开门防护功能，并根据ATO自动驾驶的需要可适当调整。
- 6.3 ATO车载设备在ATP的行车许可下，通过GPRS无线通信接收到的运行计划、站间数据（含线路基础数据和临时限速）等信息实现列车速度自动控制、自动开车门和车门与站台门联动控制等功能。
- 6.4 TSRS设备在既有功能的基础上，增加站台门门控信息管理，站台门命令/状态转发，运行计划处理和转发，站间数据存储、调用、发送等功能。
- 6.5 CTC设备在既有功能的基础上，增加向ATO系统发送对应的运行计划等功能。
- 6.6 TCC设备在既有功能的基础上，增加车门与站台门联动控制、站台门防护和站台门状态采集功能。
- 6.7 在相关应答器组中增加停车定位基准点、门侧、隧道信息等应答器报文。

7 车载工作模式

- 7.1 车载设备分为人工驾驶和自动驾驶两种工作状态。人工驾驶时，ATP车载设备工作模式应符合TB/T 3581的规定；自动驾驶时，ATP车载设备采用自动驾驶模式（AM）。
- 7.2 当ATP处于FS模式，且具备下列ATO使用条件时：
 - a) 方向手柄前向；
 - b) 牵引/制动手柄处于零位；
 - c) 未输出紧急制动；
 - d) ATO工作正常；
 - e) 动车组允许ATO控车；
 - f) ATO收到允许码（HB除外）；
 - g) ATP的行车许可大于车长。

ATO车载设备应提示司机确认车载设备转入AM模式。司机若未确认，则应通过声光等提示信息以一定时间间隔提醒司机确认。

- 7.3 车载设备处于AM模式时，司机若操作列车牵引/制动手柄，则车载设备自动退出AM模式。
- 7.4 车载设备处于AM模式时，一旦判定未收到动车组车辆系统的“动车组允许ATO控车”信息时，应自动退出AM模式。
- 7.5 车载设备处于AM模式时，一旦ATP设备或ATO设备故障不满足自动驾驶时，应自动退出AM模式。
- 7.6 车载设备通过设置预选功能，决定是否允许进入AM模式。当预选模式为“预选ATO”时，若条件满足则提示允许转为AM模式。
- 7.7 利用ATP车载设备DMI功能区实现ATO信息显示和操作。
- 7.8 关闭驾驶室但未断电，车载设备不应删除司机选择（或默认的）预选驾驶策略。
- 7.9 车载设备退出AM模式时应给出文本提示并提示司机确认，且应伴随语音提示；若未在规定时间内（时间可配置）确认，则输出最大常用制动，确认后缓解该制动。

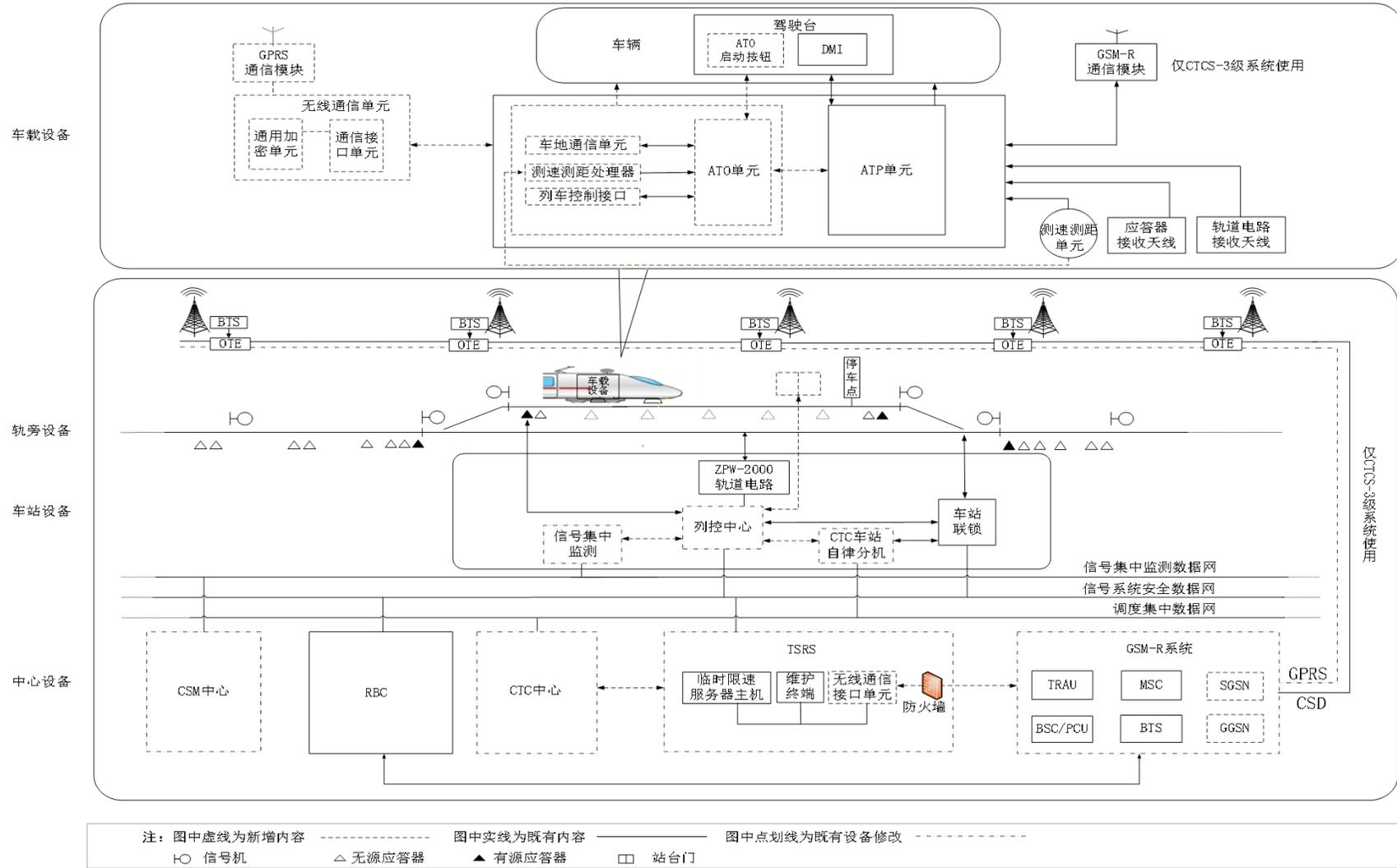


图1 系统结构示意图

7.10 当车载设备转入 SH 模式时，车载设备应保留车站编号信息和 TSRS 呼叫信息。

7.11 车载设备对 SL 模式的处理应满足以下要求：

- a) SL 模式下，车载设备应接受来自应答器的车站编号信息和 TSRS 呼叫信息；
- b) SL 模式下，若车载设备判断列车驶出车站，应删除该车站收到的精确定位应答器中的所有信息；
- c) 原地折返换端时，车载设备退出 SL 模式时应支持车门与站台门联动控制；
- d) 转入/转出 SL 模式时，车载设备应保留车站编号信息和 TSRS 呼叫信息。

8 基本功能要求

8.1 车站自动发车

车载设备处于 AM 模式时，出站信号开放、车门与站台门关闭，“ATO 启动”按钮指示灯闪烁，司机按压“ATO 启动”按钮确认后，动车组从车站自动发车。

8.2 区间自动运行

在区间运行时，ATO 车载设备根据地面设备提供的运行计划或按照预选驾驶策略，控制列车加速、自动巡航、惰行、减速或停车，实现自动运行。

8.3 车站自动停车

ATO 车载设备通过精确定位应答器进行位置校正，并根据地面设备提供的停车定位基准点位置及列车运行状况，自动控制列车在车站股道停车定位基准点处停车。

8.4 车门自动开门

动车组进入车站股道停车后，ATP 判断动车组停稳停准并根据接收的站台位置信息和运行计划办客信息，通过对动车组输出开门允许信号实现开门防护功能。停稳停准指车速为零且停车误差应符合表 A.1 规定。

ATO 接收到该站办客的运行计划时自动开门，ATP 输出开门允许信号提供开门防护功能；ATO 接收到该站不办客的运行计划时不触发自动开门功能，ATP 不输出开门允许信号，由司机确定是否开启对应站台侧车门，DMI 进行“停车不办客”语音和文本提示；ATO 未接收到运行计划时不触发自动开门功能，ATP 不输出开门允许信号，由司机确定是否开启对应站台侧车门。

动车组关门应由司机人工操纵。

8.5 车门与站台门联动控制

车站设置站台门时，ATO 系统应实现车门与站台门联动控制功能。

9 运营场景

9.1 注册与启动

9.1.1 设备上电

动车组机械师或司机闭合动车组 ATP 车载设备（含非操纵端）电源供电开关，ATP 及 ATO 车载设备开始自检。完成自检后，ATP 车载设备自动进入 SB 模式，DMI 显示未预选 ATO 图标。车载 GSM-R 设备（含 GPRS 通信模块）进行网络注册。如果 ATO 故障，则 DMI 上显示 ATO 设备不可用图标。

9.1.2 列车唤醒

同 CTCS-2/CTCS-3 级 ATP 车载设备启动流程。

9.1.3 输入列车数据

同 CTCS-2/CTCS-3 级 ATP 车载设备启动流程。

9.1.4 ATO 预选

在ATP启动完成后，司机可通过DMI选择预选ATO。

9.2 注销与关闭

9.2.1 注销

列车停车后，司机关闭驾驶室，车载设备进入SB模式。ATP退出同CTCS-2/CTCS-3级ATP注销流程。如果ATO和TSRS相连，系统还将进行下列操作：

- a) ATO 将向 TSRS 报告任务结束；
- b) TSRS 通知 CTC 该列车进入 SB 模式，并命令 ATO 关闭与 TSRS 的通信会话；
- c) ATO 关闭与 TSRS 的通信会话；
- d) 通信会话被关闭后，TSRS 注销该列车的注册信息。

9.2.2 关闭电源

车载设备断电后，除与TSRS相连所需的信息外，其它所有列控信息均将变为无效。

9.3 进/出动车段运用所/存车场

由司机人工驾驶进/出动车段运用所/存车场。

9.4 车站自动发车

9.4.1 ATO 模式始端车

9.4.1.1 ATO 车载设备可按照司机输入或车站出站应答器组提供的 TSRS 编号呼叫 TSRS：

- a) 如果呼叫连接成功，则进行如下操作：
 - 1) 列车在 TSRS 中注册该 ATO 车载设备有效身份；
 - 2) TSRS 将注册的 ATO 车载设备有效身份信息传送给 CTC；
 - 3) CTC 在列车注册列表中显示该列车；
 - 4) 继续执行后续流程。
- b) 如果呼叫不成功，则 ATO 车载设备停止呼叫 TSRS。

9.4.1.2 TSRS 向 ATO 发送位置报告参数信息。

9.4.1.3 ATO 向 TSRS 报告列车位置信息。

9.4.1.4 TSRS 根据列车位置信息进行如下操作：

- a) 如果列车位置信息标识为无效或未知，TSRS 仍保持与 ATO 的通信会话；
- b) 如果列车位置信息有效，TSRS 根据基准点信息（LRBG 应答器组）发送列车运行计划；
- c) 如果列车位置不在 TSRS 管辖范围，则：
 - 1) TSRS 通知 CTC 删除该列车的列车注册信息；
 - 2) TSRS 命令车载设备关闭通信会话；
 - 3) 通信会话被关闭后，TSRS 注销该列车的注册信息。

9.4.1.5 列车在股道完成站台作业，到达预定的发车时间后，由司机关闭车门。

9.4.1.6 动车组具备发车条件后，司机在 ATP 监控下以 PS 模式发车。

9.4.1.7 列车在发车过程中若满足进入 AM 模式条件时，闪烁“ATO 启动”按钮指示灯提示司机，司机可按压“ATO 启动”按钮进入 AM 模式。

9.4.1.8 列车原地折返换端时可进行车门与站台门联动控制。

9.4.2 ATO 模式中间站

9.4.2.1 列车在股道完成站台作业，到达预定的发车时间后，由司机关闭车门。

9.4.2.2 运行计划可用时，列车以 AM 模式发车，应在 DMI 上显示发车倒计时，提示司机人工关闭车门。

9.4.2.3 车载设备和地面设备进行车门与站台门联动控制，车门和站台门同步关闭。

9.4.2.4 站台门正常关闭并锁闭时，TCC 控制轨道电路发送允许码。

9.4.2.5 车载设备根据地面设备发送的信息更新行车许可。

9.4.2.6 ATO 确认车门关闭，司机驾驶手柄位置正确，且相关条件具备后，闪烁“ATO 启动”按钮指示灯提示司机。

- 9.4.2.7 司机确认车门关闭后，根据发车提示按压“ATO 启动”按钮，ATO 控制列车发车。
- 9.4.2.8 站台门异常时，应由车站人员操作相关设备将站台门与信号系统隔离，并人工关闭站台门，TCC 控制轨道电路发送机车信号允许码。
- 9.4.2.9 列车处于 AM 模式可进行车门与站台门联动控制，其它模式发车时，车门与站台门不进行联动控制由人工手动关闭。
- 9.4.2.10 若发车时车载设备无法转入 AM 模式，需由司机人工驾驶列车从车站出发。
- 9.4.2.11 列车到站时间比计划发车时间晚，列车停车后，发车倒计时显示 0。
- 9.4.2.12 列车原地折返换端时可进行车门与站台门联动控制。

9.5 区间自动运行

- 9.5.1 列车由车站发车并通过离去区段应答器组时，ATO 车载设备将接收 TSRS 发送的运行计划、站间数据和应答器发送的 TSRS 呼叫信息。
- 9.5.2 ATO 根据运行计划信息、列车运行状况采用牵引、制动、惰行等控制策略、以及 TSRS 提供的站间数据，自动控制列车在区间运行。在顶棚速度区运行时，列车速度不宜低于 80km/h。
- 9.5.3 列车运行过程中运行计划不可用时，ATO 车载设备自动选择预选驾驶策略中的默认预选驾驶策略控制列车运行，司机根据列车运行情况，可人工调整预选驾驶策略，预选驾驶策略示意图见图 2。预选驾驶策略设置如下：

- a) 策略 1：低于 ATP 模式曲线 5km/h，为默认预选驾驶策略；
- b) 策略 2：低于 ATP 模式曲线 2km/h；
- c) 策略 3：低于 ATP 模式曲线 8km/h。

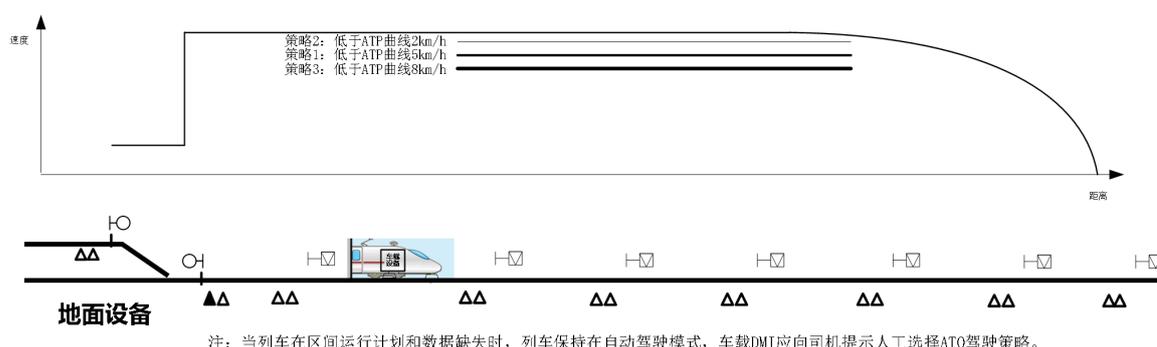


图 2 预选驾驶策略示意图

- 9.5.4 区间信号关闭时，ATO 应按照 ATP 的防护曲线在 ATP 的目标停车点前一定距离自动停车。
- 9.5.5 区间信号开放后，车载设备得到行车许可，ATO 判断具备发车条件时闪烁“ATO 启动”按钮指示灯，此时司机可重新按压“ATO 启动”按钮进入 AM 模式运行。
- 9.5.6 列车运行过程中，运行计划可用但站间数据不可用时，车载设备应保持 AM 模式运行。

9.6 车站自动停车

- 9.6.1 列车通过 TSRS 得到本站运行计划等信息。
- 9.6.2 当列车通过布置在股道的精确定位应答器时，车载设备通过 BTM 获得定位信息并对列车位置进行校正。车载设备同时根据定位应答器中的运营停车定位基准点信息确定本股道的运营停车定位基准点的精确位置和站台门的门侧信息。
- 9.6.3 ATO 根据控车相关信息及列车运行状况（位置、速度等）调整对列车牵引、制动、惰行的控制，使列车准确地停在停车定位基准点处停车。
- 9.6.4 列车在车站停稳停准时，DMI 应显示停稳停准图标，车载设备仅在 AM 或 FS 模式下向动车组提供开门允许指令。车载设备将停稳停准信息发送给地面设备。
- 9.6.5 车载设备/地面设备完成车门与站台门联动控制，动车组及站台门系统分别控制车门、站台门同步打开。
- 9.6.6 ATP 判断列车停稳未停准时，不应向动车组输出“开门允许”指令。

- 9.6.7 车载设备处于 AM 模式时，列车停稳后，ATO 输出“保持制动施加”指令。
- 9.6.8 特殊情况下经人工确认，可通过动车组提供的车门“开门允许选择”开关打开车门，其安全性由人工保证。
- 9.6.9 站台门异常等情况时，站台门系统可通过站台门旁路开关断开与列控系统连接，站台门开/关由人工控制。
- 9.6.10 列车进站停稳后，允许司机人工驾驶列车继续运行。
- 9.6.11 列车以 AM 模式在终到站停车后，DMI 应维持显示计划有效图标。

9.7 车门自动开门

9.7.1 ATP 车载设备应判断列车停稳停准，并根据运行计划办客信息和股道相关应答器中的站台位置信息，进行站台侧车门开门防护：

- a) 站台侧信息为“左侧”时，输出“允许开左门”指令；
- b) 站台侧信息为“右侧”时，输出“允许开右门”指令；
- c) 站台侧信息为“双侧”时，同时输出“允许开左门”和“允许开右门”指令；
- d) 列车停车误差大于 ATP 安全停车窗时，不得输出“允许开左门”或“允许开右门”指令；
- e) ATP 在列车运动过程中不输出开门允许指令；
- f) 运行计划为不办客或运行计划无效时，不输出开门允许指令。

9.7.2 AM 模式下，ATO 车载设备按照自动打开车门处理，由司机手动关闭车门。

9.7.3 有下列情况之一时，ATO 不提供自动开门功能：

- a) ATP 给出双侧门允许；
- b) 本股道运行计划为通过或运行计划不可用；
- c) 本股道运行计划为不办客；
- d) 列车停车精度大于 ATO 允许开门精度；
- e) “开门允许选择”开关在人工允许位。

9.8 车门与站台门联动控制

9.8.1 车地通信正常时可实现车门与站台门联动控制，车门和站台门在联动过程中宜同步进行开/关门动作，车门与站台门联动控制示意图见图 3。

9.8.2 车门与站台门的开门联动控制由 ATO 或司机触发，关门联动控制由司机触发。

9.8.3 ATP 在确认列车停稳停准后，允许打开车门。由司机/ATO 进行开门操作，此时开门命令由 ATO 发送给地面设备。地面设备根据编组信息和地面站台门设置情况，确认对应股道列车停稳停准后，向对应的站台门系统发送开门命令，由站台门系统开启站台门。

9.8.4 司机进行关门操作，关门命令由 ATO 发送给地面设备。地面设备向对应的站台门系统发送关门命令，由站台门系统关闭站台门。

9.8.5 车地通信正常时，站台门开/关门命令应在 2s 内由车载设备发送至站台门系统。

9.8.6 如果车门与站台门的开/关门联动失败，DMI 显示站台门联动失败文本信息，站台门的开/关由人工操作。

9.8.7 地面设备应确保未接收到车载设备发送开/关门命令时，不应向站台门系统发送开/关门命令。

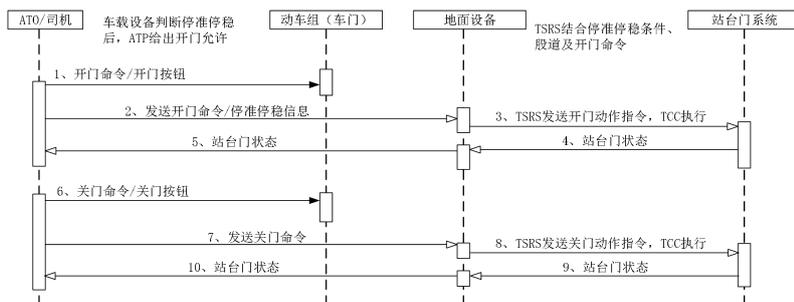


图 3 车门与站台门联动控制示意图

9.9 其他运营场景

9.9.1 区间跨 TSRS 运行

9.9.1.1 列车以 AM 模式跨 TSRS 管辖范围运行时，不应影响列车按运行图自动运行，跨 TSRS 运行示意图见图 4。

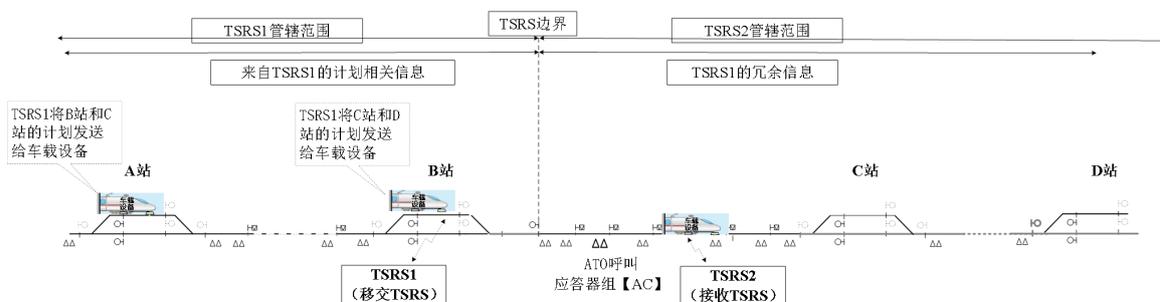


图 4 跨 TSRS 运行示意图

9.9.1.2 列车运行至边界车站时，移交 TSRS 向列车发送运行前方两个车站的运行计划。

9.9.1.3 若 ATO 从应答器获得的 TSRS 编号与当前 TSRS 编号不同，则车载设备呼叫新的 TSRS 建立连接，获得运行计划等信息。

9.9.1.4 列车在边界车站离去区段，移交 TSRS 向列车发送运行前方的站间数据。

9.9.1.5 列车驶过 TSRS 边界接收到的新 ATO 呼叫应答器组时，ATO 车载设备自动断开移交 TSRS 并同接收 TSRS 建立连接。

9.9.2 CTCS 等级转换

具备 ATO 功能的高速铁路列车运行期间进行 CTCS-2/CTCS-3 等级转换时，不退出 AM 模式。

9.9.3 自动过分相

车载设备以 AM 模式运行时不应影响自动过分相功能。

9.9.4 隧道信息

ATO 车载设备发送隧道信息符合以下规定：

- ATO 车载设备在列车接近隧道时，应向车辆发送隧道信息，包含隧道入口距离和隧道长度；
- 地面设备应通过应答器组向 ATO 车载设备发送隧道信息；
- 地面设备仅提供长度大于 500m 的隧道信息。相邻隧道间距小于 1000m 时，隧道信息应合并描述。

9.9.5 降级及故障情况

9.9.5.1 ATO 故障

车载设备以 AM 模式运行过程中，若 ATO 与车辆 MVB 总线或以太网接口故障应退出 AM 模式并提示司机，司机应及时确认，若未在规定时间内（时间可配置）确认，则输出最大常用制动，确认后缓解该制动。列车在 ATP 安全监控下司机人工驾驶运行。

9.9.5.2 GSM-R 通信故障或 ATO 未收到有效运行计划

GSM-R 通信故障或 ATO 未收到有效运行计划时，DMI 进行提示。此时司机可人工驾驶，也可使用 ATO 自动驾驶。若使用 ATO 自动驾驶，ATO 车载设备将自动选择默认预选驾驶策略控制列车运行，ATO 控车停车后不提供发车倒计时和自动开/关门功能。

ATO 按当前运行计划自动驾驶列车时，若 60s 未收到运行计划（运行计划每 20s 周期发送），ATO 车载设备将自动选择预选驾驶策略控制列车并显示计划无效。若 ATO 控车停车则不提供发车倒计时和自动开门功能。若再次接收有效的运行计划，车载设备可自动恢复按运行计划自动驾驶。

9.9.5.3 GSM-R 通信中断后恢复

车载设备判断与TSRS设备通信中断后，应在5min（可配置）内持续重试连接TSRS设备。若重连成功，车载设备与TSRS正常通信；若重连失败，车载设备应在收到应答器提供的TSRS连接信息时进行重连。

9.9.5.4 CTCS-3 降级后备模式

车载设备在CTCS-3等级以AM模式运行过程中，如遇无线通信超时，车载设备应保持AM模式，自动转为CTCS-2等级AM模式。

9.9.5.5 TCC 与 TSRS 通信中断

TCC与TSRS通信中断后，TCC应驱动相应的站台门开关控制继电器落下。

9.9.5.6 重新进入 AM 模式

车载设备退出AM模式后，若满足FS模式且具备AM模式转换条件，可在司机确认后重新进入AM模式。

10 系统设备功能

10.1 ATP 车载设备

在原有ATP车载设备功能基础上增加以下功能：

- a) ATP 车载设备具备车门防护功能，具备支持 ATO 自动驾驶等功能；
- b) 当 ATP 判定列车停车位置与动车组停车位置标误差超过允许开门停车窗时，禁止向车辆发送开门允许指令，禁止向 ATO 发送停稳停准信息；
- c) 当不具备运用 ATO 自动驾驶条件，应能切除“ATO 有效”指令；
- d) ATP 应通过 DMI 提供系统预选模式（“预选 ATO”、“未预选 ATO”）设定功能，DMI 应支持与 ATO 功能相关的控制、状态、报警等信息显示及操作，应符合附录 B 的规定。
- e) 与数据记录单元及 DMS 接口新增 ATO 相关信息，应分别符合附录 C、D 的规定。

10.2 ATO 车载设备

10.2.1 ATO 车载设备具备站间自动运行、车站定点停车及车站通过、列车运行自动调整驾驶策略、车门自动开门、车门与站台门联动控制及设备自诊断、记录、报警等功能。

10.2.2 ATO 车载设备应提供列车启动、加速、巡航、惰行、制动、停车等多种工况的控制，满足不同行车间隔的运行要求，适应列车运行自动调整驾驶策略的需要。

10.2.3 ATO 车载设备应设置独立的 GPRS 通信模块及天线，通过 GPRS 无线通信与地面设备进行双向信息传输。

10.2.4 ATO 车载设备在收到运行计划时，应通过 TSRS 向 CTC 反馈。

10.2.5 当 ATO 缺少列车运行计划等 ATO 工作所需信息时，ATO 车载设备可提供三种预选驾驶策略，在 ATP 防护下区间停车和按预选驾驶策略实现站台定点停车，不提供自动开门功能。

10.2.6 ATO 车载设备应结合动车组牵引和制动参数，实现自动牵引控制和制动控制的合理分配，满足在车站启动加速、区间自动运行、自动过分相、进站停车等运营场景下的效率和平稳控制要求。

10.2.7 ATO 车载设备控制列车减速度的变化率应小于 0.75m/s^3 ，确保旅客舒适度。

10.2.8 ATO 车载设备停车控制过程应满足停车精度的要求，根据需要可单独设置测速测距单元。

10.2.9 ATO 车载设备记录的内容包括事件的时间，接口应符合附录 C、D 的规定，包括：

- a) ATO 车载设备工作状态信息；
- b) ATO 车载设备接收的地面信息；
- c) ATO 车载设备控制输出信息；
- d) ATO 车载设备故障报警信息；
- e) 其他信息。

10.2.10 ATO 车载设备应执行收到的临时限速命令。

10.2.11 车载设备以 AM 模式行车，由于 ATO 车载设备与车辆网络通信中断导致退出 AM 模式后，ATO 不应断开与 TSRS 的连接。

10.2.12 ATO 车载设备向 TSRS 发送列车数据后未收到列车数据确认，需重发列车数据 3 次；3 次后仍未收到列车数据确认，则 ATO 车载设备主动断开与 TSRS 的连接。

10.2.13 列车以 AM 模式停车，重新激活驾驶室后，ATO 车载设备应向 TSRS 发送位置有效的 SoM 位置报告。

10.2.14 AM 模式下，ATO 车载设备输出“牵引/制动”指令应考虑 ATP 输出的“制动和切除牵引”指令。

10.2.15 当前运行计划与收到的车站编号一致时应判定计划有效。

10.3 TSRS

在原有 TSRS 功能基础上增加以下功能：

- a) TSRS 应与 ATO 车载设备通过 GPRS 进行车地双向通信；
- b) TSRS 应实现运行计划的转发功能，运行计划应覆盖运行前方两个车站，包含列车到发股道、列车到发时刻、列车通过等信息；
- c) TSRS 应具备站间数据存储、调用、发送等功能；
- d) TSRS 应在适当位置向 ATO 车载设备冗余发送站间数据，数据应与运行计划的范围一致，用于 ATO 车载设备计算区间运行时分；
- e) 运行计划和站间数据应描述其基准点（LRBG 应答器组）；
- f) TSRS 应实现站台门控制和相关信息交互；
- g) TSRS 应在收到 ATO 车载设备发送的开/关门命令后，才向 TCC 发送站台门命令；
- h) TSRS 具备输出监测数据功能。

10.4 CTC

在原有 CTC 功能基础上增加以下功能：

- a) CTC 应周期性向 ATO 系统发送对应站间的运行计划信息；
- b) CTC 接收列车稳稳准信息，作为进路办理的条件之一；
- c) CTC 应增加站台门状态、TSRS 连接状态等信息。

10.5 TCC

在原有 TCC 功能基础上增加以下功能：

- a) TCC 向 TSRS 和 CTC 车站设备发送站台门相关信息；
- b) TCC 应接收 TSRS 控制命令，输出站台门的控制动作；
- c) TCC 应实现相应股道的站台门防护，检测到站台门系统以继电接口方式提供的站台门处于异常状态时，对应股道发“H”码。

10.6 应答器

10.6.1 在股道设置专用的精确定位应答器，并向车载设备发送相关报文，支持车载设备实现车站股道精确定位和定点停车。

10.6.2 在车站接近区段和离去区段的应答器组中发送 ATO 通信管理报文，用于列车呼叫 TSRS 并建立连接。

10.6.3 列车接近隧道时，宜通过两组应答器组向车载设备发送隧道信息。

10.7 信号集中监测

在原有信号集中监测系统基础上增加从 TCC 获取站台门相关的监测信息。

10.8 车地通信

10.8.1 应根据小区内的业务量，合理设置小区载频数、分组业务静态/动态信道和电路业务信道的配置比例。

10.8.2 TSRS 设备通过冗余设置的专线接入 GPRS 网络的 GGSN 设备，并采用防火墙进行安全隔离。

10.8.3 车载设备采用动态分配的 IP 地址，每次 PDP 激活后获得；TSRS 设备采用一个 IP 地址与 GGSN 设备连接。

10.8.4 GPRS 系统配置符合以下规定：

- a) GPRS 网络应为ATO 业务提供不小于 3kbps 的数据传输速率, QoS 的分级应符合 TB/T 3324—2021 第 11 章中的有关规定。在无线网络空载的条件下, GPRS 数据传输延迟应满足以下要求:
 - 1) 数据包长 128 字节时, 95%的包延迟小于 1.5s;
 - 2) 数据包长 1024 字节时, 95%的包延迟小于 7s。
- b) 通过配置 GPRS 网络参数, 提高 ATO 业务的可靠性和可用性。

11 接口要求

11.1 系统接口

高速铁路ATO系统ATO车载设备与地面TSRS设备新增GSM-R GPRS接口; 车载设备新增ATO与车辆、ATO与ATP等接口, 修改ATP与车辆接口; 地面设备新增TCC与站台门系统接口, 修改TSRS与TCC、TSRS与CTC等接口。高速铁路ATO系统接口示意图见图5。

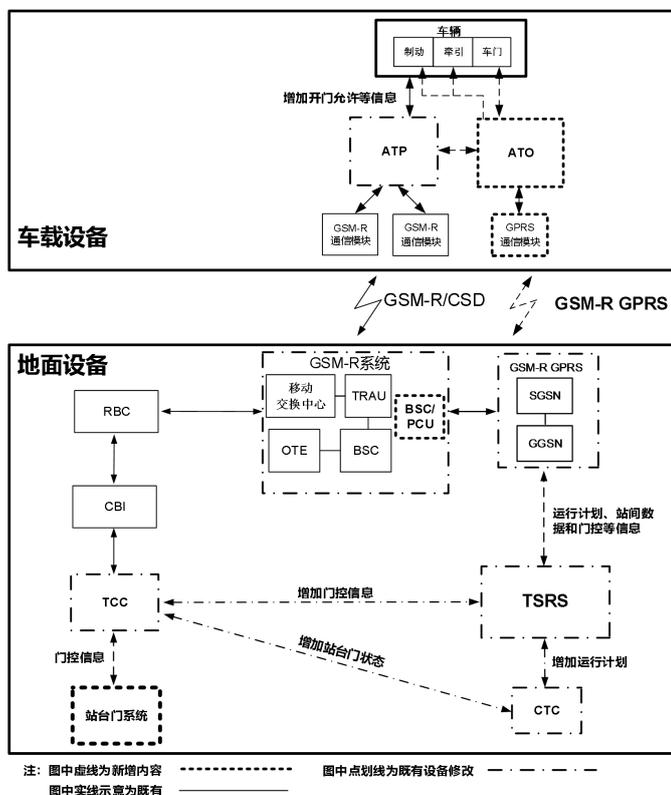


图 5 高速铁路 ATO 系统接口示意图

11.2 ATO 与 TSRS 接口

- 11.2.1 TSRS 与 ATO 车载设备新增车地 GPRS 通道进行无线通信。
- 11.2.2 TSRS 向 ATO 发送运行计划、站间数据和站台门状态等信息。
- 11.2.3 ATO 向 TSRS 发送运行计划反馈、列车运行状态、开/关站台门命令等信息。

11.3 TSRS 与 CTC 接口

- 11.3.1 CTC 中心与 TSRS 设置独立 ATO 功能通道。
- 11.3.2 CTC 应向 TSRS 发送运行计划信息。
- 11.3.3 TSRS 向 CTC 提供列车运行计划确认信息 (由 ATO 确认) 和车载设备状态信息。

11.4 TCC 与 CTC 接口

11.4.1 利用既有 TCC 与 CTC 站机通信通道进行通信。

11.4.2 TCC 应向 CTC 站机发送站台门状态信息。

11.5 TSRS 与 TCC 接口

11.5.1 利用既有 TSRS 与 TCC 通信通道进行通信。

11.5.2 TSRS 应向 TCC 发送站台门开/关门命令、编组信息、股道等信息。

11.5.3 TCC 应向 TSRS 发送站台门状态信息。

11.6 TCC 与站台门接口

11.6.1 新增 TCC 与站台门系统继电器接口。

11.6.2 股道每侧站台门系统应设置门锁闭继电器、门旁路继电器和门报警继电器。TCC 应设置开门继电器、关门继电器，并根据需要设置编组继电器。

11.7 ATO 与 ATP 接口

11.7.1 ATP 与 ATO 接口应符合附录 E 的规定。

11.7.2 ATP 应向 ATO 发送 ATP 控制信息、开门允许、过分相信息、隧道信息、列车数据等信息。

11.7.3 ATO 应向 ATP 发送 ATO 运行状态及 ATO 显示等信息。

11.8 ATP 与车辆接口（ATO 相关）

11.8.1 ATP 与车辆接口信息宜采用继电器方式，应符合附录 F 的规定。

11.8.2 ATP 应从车辆采集牵引/制动手柄零位信号，应向车辆输出开门允许信号及 ATO 有效信号。

11.8.3 车辆应从 ATP 采集开门允许信号及 ATO 有效信号，应向 ATP 输出牵引/制动手柄零位信号。

11.8.4 动车组应设置“开门允许选择”开关，并符合以下规定：

a) 当“开门允许选择”开关置于“ATP 允许”位时：

1) 若 ATP 输出开门允许指令，司机或 ATO（一次）输出开门指令给动车组；

2) 若 ATP 未输出开门允许指令，动车组不应响应司机或 ATO 输出的开门指令；如需开门，司机可按压动车组释放门按钮和开门按钮打开车门。

b) ATP 输出开门允许指令且完成一次开关门操作后，如需再次开门时，司机应将“开门允许选择”开关置于“人工允许”位。

11.8.5 列车走行过程中，ATP 不进行车门意外打开的防护处理。

11.9 ATO 与车辆接口

11.9.1 ATO 与车辆采用继电器和通信接口方式。通信接口可采用 MVB 总线或以太网，应符合附录 F 的规定。

11.9.2 ATO 应向车辆输出“ATO 有效”、“开/关车门”指令、“牵引/制动”指令、“ATO 启动”指令、保持制动施加、隧道等信息。

11.9.3 车辆应向 ATO 输出开/关门按钮、车门状态、ATO 启动按钮、列车数据等信息。

11.9.4 车辆接收到车载设备 ATO 有效信息时，方可使用 ATO 向车辆输出的“开/关车门”指令、“牵引/制动”指令、“保持制动施加”等命令信息。

11.10 与 GPRS 接口

11.10.1 车载设备通过 Um 接口接入 GPRS 网络，应符合 TB/T 3363—2015 第 6 章中的规定。

11.10.2 TSRS 与 GGSN 应通过冗余专线连接，链路层采用以太网协议，网络层采用 IP 协议。

11.10.3 TSRS 中应采取信息安全防护措施实现安全隔离。

12 高速铁路 ATO 系统地面配置方案

12.1 未设站台门及运行计划未上传车的高铁线路

各股道增加 5 组精确定位应答器，并在相关无源应答器中发送停车位置、站台侧信息，具备下列功能：

- a) 具备车站自动发车功能；
- b) 具备区间自动运行功能，装备ATO的列车可按照默认预选驾驶策略或由司机人工选择预选驾驶策略自动运行；
- c) 具备车门开门防护功能；
- d) 具备车站自动停车功能，停车误差不大于1m。

12.2 设置站台门及运行计划传上车的高铁线路

实施车站自动发车、区间自动运行、车站自动停车、车门自动开门、车门与站台门联动控制等高速铁路ATO系统全部功能。

13 系统性能要求

13.1 RAMS 指标

高速铁路ATO系统RAMS指标应满足以下要求：

- a) 安全性：安全相关硬件和软件的设计应符合故障—安全原则。ATO功能应满足SIL2级要求；
- b) 可靠性：ATO车载及地面设备MTBF不应小于 1.0×10^5 h；
- c) 可用性：整个系统的可用度不应小于99.98%；
- d) 可维护性：ATO车载设备故障诊断应定位到板级；ATO车载设备的MTTR不应大于30min。

13.2 电磁兼容与防雷

13.2.1 高速铁路ATO系统地面设备的电磁兼容性能应符合GB/T 24338.5—2018的规定。

13.2.2 ATO车载设备电磁兼容性能应符合GB/T 24338.4—2018的规定。

13.2.3 高速铁路ATO系统地面设备的防雷性能应符合TB/T 3074—2017的规定，防雷测试要求应符合TB/T 3498—2018的规定。

13.3 运用环境主要指标

13.3.1 高速铁路ATO系统设备应满足对应设备技术标准中环境适应性要求。

13.3.2 ATO车载设备运用环境主要指标应符合表1的规定。

表1 ATO车载设备运用环境指标

项目		指标
主电源	电压	110V DC (波动 -30% ~ +25%)
环境	工作温度	-25 °C ~ +70 °C (车内设备) -40 °C ~ +70 °C (车外设备)
	防护等级	IP20 (车内设备) IP65 (车外天线)
	海拔	海拔不超过3 000 m
	冲击振动	GB/T 25119-2021 A级
	相对湿度	GB/T 25119-2021

附 录 A
(规范性)
高速铁路 ATO 系统关键参数

高速铁路ATO系统关键参数配置应符合表A.1的规定。

表 A.1 参数配置表

参数	取值
ATP安全停车窗	±1m
ATO判断停准距离	±0.5m
运营停车定位基准点距第一个精确定位应答器距离	10m
运营停车定位基准点距第二个精确定位应答器距离	40m
一套TSRS能够管理的最少列车数量	60列
退出ATO确认	5s

附录 B
(规范性)
人机界面 AT0 功能显示与操作

B.1 概述

在TB/T 3569-2021的显示及功能基础上，新增AT0相关信息的显示和操作。

B.2 显示说明

B.2.1 主界面显示区

DMI显示屏的显示分辨率为640×480。主界面分为六个主显示区，与AT0相关的有B、C、D、E四个区域，应与图B.1相符合。



图 B.1 DMI 主界面区域划分

各个区域的大小分别为（横坐标像素×纵坐标像素）：

- A 区，距离监控信息：54×300；
- B 区，速度信息：280×300；
- C 区，补充驾驶信息：334×54；
- D 区，运行计划信息：244×300；
- E 区，监控信息：578×180（除去C区部分）；
- F 区，功能键信息：62×480。

B.2.2 主界面细分功能

每一个主显示区又分为不同内容显示区域，具体划分应与图B.2相符合（白色区域为预留）。

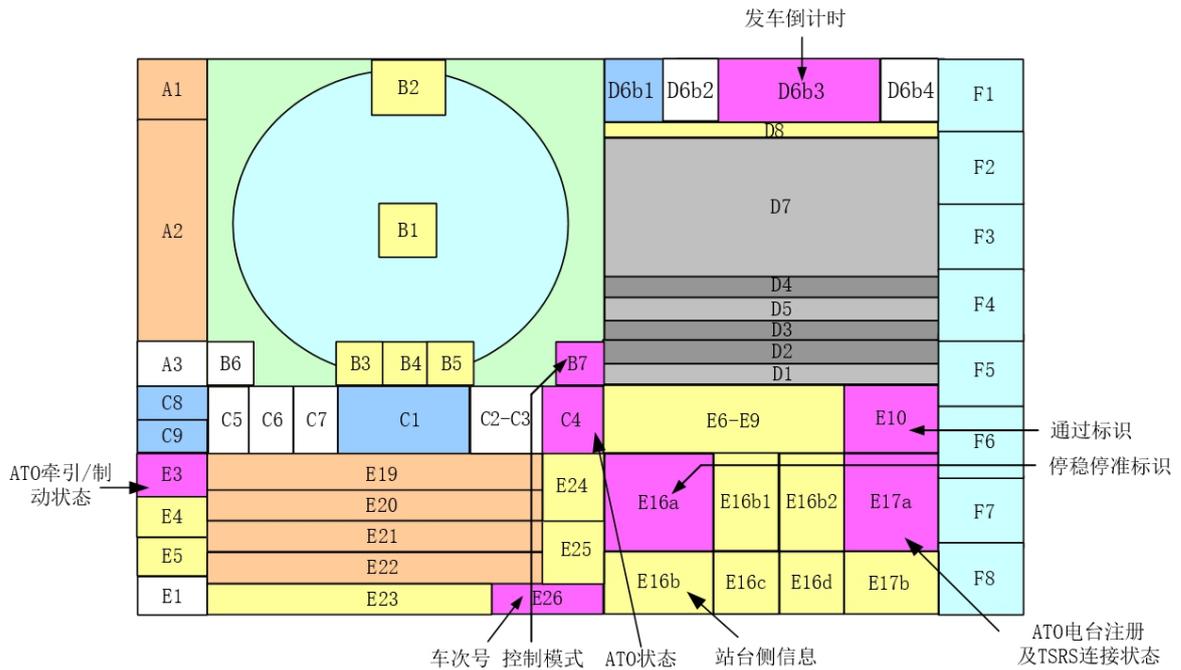


图 B.2 DMI 主界面功能细分图

B.2.3 B区速度信息

模式信息，B7区，以文字方式显示列控车载设备控制模式信息，应符合表B.1的规定。ATP控车时，按照ATP实际控制模式显示；ATO控车时，在本区域显示文本“AM”。

表 B.1 列车模式信息

序号	模式	显示文本
1	ATP各模式	各模式简称
2	ATO模式	AM

B.2.4 C区补充驾驶信息

ATO状态信息，C4区，应符合表B.2的规定。

表 B.2 ATO 状态图标

序号	图标	尺寸, 颜色	含义
1		46×54像素 白色	当前处于ATO自动驾驶状态，且ATO运行计划无效
2		46×54像素 绿色	当前处于ATO自动驾驶状态，且ATO运行计划有效
3		46×54 像素 黄色	ATO条件满足（不检查牵引/制动手柄位置），等待司机确认操作

表B.2 ATO状态图标（续）

序号	图标	尺寸, 颜色	含义
4		46×54 像素 中灰色	预选ATO, 但当前不具备ATO条件
5		46×54 像素 中灰色/黄色	未预选ATO
6		46×54 像素 中灰色/红色	ATO设备不可用

B.2.5 D区运行计划信息

发车倒计时, D6b3区, 单位: 秒, 显示数值范围为0~999。使用3位数字显示, 不足3位补零。字体为幼圆, 大小为20磅(推荐), 颜色为白色, 居中显示。当倒计时为0时, 此区域以1Hz的频率闪烁黄色边框, 提示司机。非停车状态下, 不显示发车倒计时。

B.2.6 E区监控信息

B.2.6.1 ATO牵引/制动状态信息, E3区, ATO模式控车下, 以图标的方式显示ATO牵引/制动状态。ATO车载设备的牵引/制动状态显示应符合表B.3的规定。

表B.3 牵引/制动状态图标

序号	图标	尺寸, 颜色	含义
1		54×30像素 白色	牵引状态
2		54×30像素 白色	制动状态
3		54×30像素 白色	惰行状态

B.2.6.2 通过标识, E10区, 以文字方式, 根据ATO行车计划显示前方车站通过标识。在收到行车计划且前方站通过时, 列车通过本站出站信号机或线路所出站口信号机后显示“通过”文字, 应符合表B.4的规定。

表B.4 通过标识图标

序号	图标	尺寸, 颜色	含义
1		65×50像素 白色	前方站通过

B.2.6.3 停稳停准标识, E16a区, 应符合表B.5的规定, 列车停稳停准时显示该图标。

表 B.5 停稳停准图标

序号	图标	尺寸, 颜色	含义
1		65×80像素 白色	停稳停准标识

B.2.6.4 ATO 电台注册及 TSRS 连接状态图标, E17a 区, 应符合表 B.6 的规定。ATO 电台未注册时, 不显示该图标。

表 B.6 ATO 电台注册及 TSRS 连接状态图标

序号	图标	尺寸, 颜色	含义
1		65×80像素 灰色	ATO电台已注册到GPRS网络, 且与TSRS未连接
2		65×80像素 灰色	ATO电台已注册到GPRS网络, 且与TSRS正在连接
3		65×80像素 灰色	ATO电台已注册到GPRS网络, 且与TSRS已经连接

B.2.6.5 车次号显示在 E26 区, 大小为 100×26, 字体为点阵宋体, 大小为 16 磅, 颜色为白色。车次号能输入/显示最多 9 个字符 (包括英文字母和阿拉伯数字)。

B.2.7 文本显示

B.2.7.1 功能性文本信息

功能性文本信息应符合表 B.7 的规定。

表 B.7 功能性文本信息

序号	内容	触发时机
1	进入ATO自动驾驶模式	当车载设备进入自动驾驶模式时
2	退出ATO自动驾驶模式	当退出自动驾驶转为ATP监控下的人工驾驶时 (需要司机确认)
3	停车不办客	在运行计划不办客的站台停稳停准后

B.2.7.2 维护性文本信息

维护性文本信息应符合表 B.8 的规定。

表 B.8 维护性文本信息

序号	内容	触发时机
1	站台门联动失败	车载设备判断站台门联动失败时
2	ATO起车异常	按压ATO启动按钮发车输出牵引后, 15秒钟内ATO未检测到车辆运行

B.2.8 语音信息

语音信息应符合表B.9的规定。

表 B.9 语音信息

序号	内容	触发时机
1	退出ATO	提示文本“退出ATO自动驾驶模式”时播放一次
2	停车不办客	提示文本“停车不办客”时播放两次

B.3 操作说明

B.3.1 输入数据

DMI输入的有关ATO的数据有TSRS ID和IP地址，需要进行选择确认的数据有预选ATO、驾驶策略和站台换端，见表B.10。

表 B.10 DMI 主要的输入或选择数据信息

类别	序号	数据内容	备注
输入数据	1	TSRS数据	TSRS ID和IP地址
选择数据	1	预选ATO	用于预选或取消预选ATO
	2	驾驶策略	用于选择ATO的驾驶策略
确认数据	1	站台换端	用于站台换端时确认停稳停准

B.3.2 菜单结构

菜单结构应与图B.3相符合。

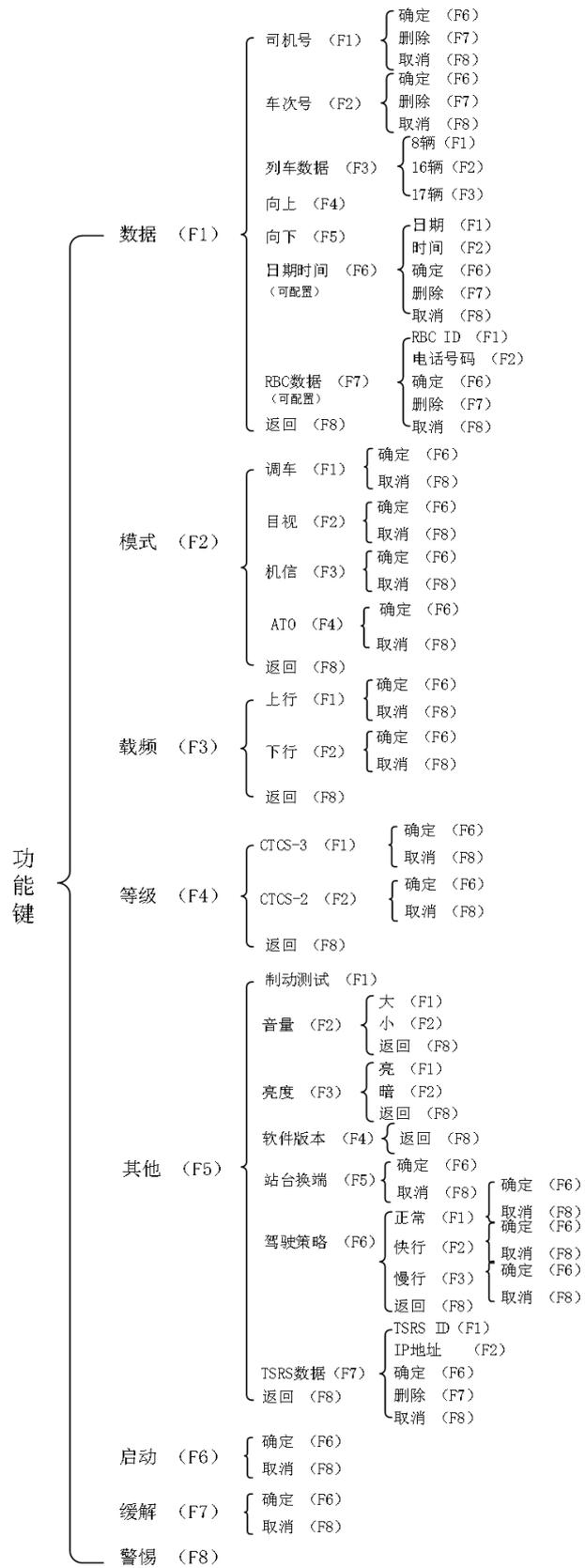


图 B.3 菜单结构

B.3.3 菜单及按键介绍

B.3.3.1 功能键

B.3.3.1.1 模式键（F2）

允许司机手动选择列控车载设备的控制模式，以及预选或者取消预选ATO。

B.3.3.1.2 其他键（F5）

用于执行特殊操作的按键。除原有DMI基本功能（制动测试、调节DMI屏幕亮度、调节音量、软件版本查询）外，还允许司机进行ATO相关操作，包括操作站台换端（确认停稳停准）、人工预选驾驶策略和查看或输入TSRS数据。

B.3.3.2 二和三级菜单按键

B.3.3.2.1 ATO 键

按模式键（F2）进入二级菜单，如果列控车载设备处于未预选ATO状态，按压ATO键（F4）并确认后预选ATO模式；如果列控车载设备处于预选ATO状态，按压ATO键（F4）并确认后取消预选ATO模式。

B.3.3.2.2 站台换端键

按其他键（F5）进入二级菜单，再按站台换端键，进行站台换端操作。DMI先后提示司机确认站台换端和停稳停准。

B.3.3.2.3 驾驶策略键

按其他键（F5）进入二级菜单，再按驾驶策略键，进入ATO驾驶策略选择界面。DMI提示司机选择正常（低于ATP曲线5km/h）、快行（低于ATP曲线2km/h）或慢行（低于ATP曲线8km/h）并确认。以高亮边框显示司机手选驾驶策略，若司机之前未选择驾驶策略，则以高亮边框显示正常策略。

B.3.3.2.4 TSRS 数据键

按其他键（F5）进入二级菜单，再按TSRS数据键，进入TSRS数据修改界面，可手动输入TSRS ID和IP地址。列车在运行过程中，不允许司机查看和修改TSRS数据。

B.3.4 操作流程

B.3.4.1 地面设置 ATO 功能的 TSRS 线路

B.3.4.1.1 设备启动

设备启动说明如下：

- a) ATP、ATO 车载设备上电自检后，ATP 车载设备自动进入待机模式。车载 GSM-R 设备（含 GPRS 通信模块）进行网络注册。司机按照 CTCS-2/CTCS-3 级 ATP 车载设备启动流程完成启动。
- b) 司机按压 DMI 上的“启动”键后，列控车载设备提示司机预选 ATO，司机可以确认或者取消。如果司机按“确认”键完成 ATO 预选；如果司机按“取消”键，则按照 ATP 控制模式运行。
- c) 在预选 ATO 后，司机以 ATP 模式发车，ATO 车载设备使用出站应答器发送的 TSRS 呼叫信息连接 TSRS。司机在发车前也可手动选择输入 TSRS ID 和 IP 地址连接 TSRS。

B.3.4.1.2 车站自动发车

车站自动发车说明如下：

- a) 对于始发站，司机以 C2 部分模式或 C3 目视模式发车，当列车在运行过程中进入完全模式并且满足进入 AM 模式条件时，“ATO 启动”灯闪烁，司机可按压“ATO 启动”按钮进入 AM 模式。
- b) 对于中间站，车载设备处于 AM 模式，ATO 确认车门关闭，方向手柄向前，牵引/制动手柄处于零位，且出发信号开放后，闪烁“ATO 启动”灯提示司机，司机根据发车提示确认开车时间，按压“ATO 启动”按钮启动列车。

- c) 若发车时车载设备无法转入 AM 模式，需由司机人工驾驶列车从车站出发，待具备进入 AM 模式条件后，“ATO 启动”灯闪烁，司机可按压“ATO 启动”按钮进入 AM 模式。

B.3.4.1.3 区间自动运行

区间自动运行说明如下：

- a) 运行计划可用时，ATO 根据运行计划信息及列车运行状况采用牵引、制动、惰行等控制策略，自动控制列车在区间运行。若前方车站运行计划为通过时，DMI 显示“通过”标识，ATO 控制列车通过前方车站；若前方车站运行计划为停车时，DMI 不显示“通过”标识，ATO 控制列车在前方车站停车。
- b) 运行计划不可用时，DMI 显示运行计划无效，ATO 车载设备采用默认驾驶策略控制列车运行，司机根据列车运行情况，可在 DMI 上调整预选驾驶策略（正常、快行、慢行）。
- c) 区间发车时，车载设备得到行车许可，ATO 判断具备发车条件时闪烁“ATO 启动”指示灯，此时司机可按压“ATO 启动”按钮以 AM 模式运行。

B.3.4.1.4 车站自动停车

ATO 根据控车相关信息及列车运行状况（位置、速度等）调整对列车牵引、制动、惰行的控制，使列车准确地停在停车标处。

B.3.4.1.5 车站开门防护及车门与站台门联动控制

车站开门防护及车门与站台门联动控制说明如下：

- a) 列车进站停稳停准时，DMI 上显示“停稳停准标识”图标。
- b) 若运行计划可用且办客，ATP 向动车组输出“开门允许”命令，ATO 自动开门，同时车门与站台门联动打开。
- c) 运行计划可用时，DMI 上显示发车倒计时，提示司机人工关闭车门，完成旅客乘降作业后，司机按压关门按钮进行关门作业，车门与站台门将联动关闭。
- d) 车地通信故障等异常情况，车门与站台门不能正常联动时，DMI 文本将显示“站台门联动失败”，车门、站台门的开/关由人工操作。

B.3.4.1.6 站台换端

站台换端说明如下：

- a) 列车运行至终点站完成开门作业后，司机操作退出司机台占用。
- b) 司机在站台进行换端，换端后司机操作占用司机台，ATP 休眠端激活，司机按照 CTCS-2/CTCS-3 级 ATP 车载设备启动流程完成启动。
- c) 司机按压 DMI 上的“启动”键后，列控车载设备提示司机预选 ATO。
 - 1) 如果司机按“确认”键预选 ATO，ATO 开始连接 TSRS：
 - 如果 ATO 与 TSRS 建立连接成功，列控车载设备自动弹出界面，先后提示司机依次确认站台换端和停稳停准，司机确认后 DMI 显示“停稳停准标识”图标，司机可进行开/关门操作，车门/站台门联动。
 - 如果 ATO 与 TSRS 连接失败，DMI 不自动弹出界面提示换端，司机可手动选择换端。司机手动选择换端后，DMI 提示司机依次确认站台换端和停稳停准，司机确认后 DMI 显示“停稳停准标识”图标。车门与站台门不能正常联动时，车门、站台门的开/关由人工操作。
 - 2) 如果司机按“取消”键不预选 ATO，ATO 启动流程结束。车门与站台门将不能正常联动，车门、站台门的开/关由人工操作。

B.3.4.2 地面未设置 ATO 功能的 TSRS 线路

B.3.4.2.1 设备启动

设备启动流程说明如下：

- a) ATP、ATO 车载设备上电自检后，ATP 车载设备自动进入待机模式。车载 GSM-R 设备（含 GPRS 通信模块）进行网络注册。司机按照 CTCS-2/CTCS-3 级 ATP 车载设备启动流程完成启动。
- b) 司机按压 DMI 上的“启动”键后，列控车载设备提示司机预选 ATO，司机可以确认或者取消。如果司机按“确认”键完成 ATO 预选；如果司机按“取消”键，则按照 ATP 控制模式运行。

B.3.4.2.2 车站自动发车

车站自动发车说明如下：

- a) 对于始发站，司机以 C2 部分模式或 C3 目视模式发车，当列车在运行过程中进入完全模式并且满足进入 AM 模式条件时，“ATO 启动”灯闪烁，司机可按压“ATO 启动”按钮进入 AM 模式。
- b) 对于中间站，车载设备处于 AM 模式，ATO 确认车门关闭，方向手柄向前，牵引制动手柄处于零位，且发车条件具备后，闪烁“ATO 启动”灯提示司机，司机确认车门关闭后，根据发车提示按压“ATO 启动”按钮，ATO 控制列车发车。
- c) 若发车时车载设备无法转入 AM 模式，需由司机人工驾驶列车从车站出发，待具备进入 AM 模式条件后，“ATO 启动”灯闪烁，司机可按压“ATO 启动”按钮进入 AM 模式。

B.3.4.2.3 区间自动运行

区间自动运行说明如下：

- a) DMI 显示“运行计划无效”，ATO 车载设备按照预选驾驶策略控制列车运行，司机根据列车运行情况，可在 DMI 上调整预选驾驶策略（正常、快行、慢行）。
- b) 区间发车时，车载设备得到行车许可，ATO 判断具备发车条件时闪烁“ATO 启动”指示灯，此时司机可按压“ATO 启动”按钮以 AM 模式运行。

B.3.4.2.4 车站自动停车

ATO 根据控车相关信息及列车运行状况（位置、速度等）调整对列车牵引、制动、惰行的控制，使列车准确地在停车标处停车。

B.3.4.2.5 车站开门防护

车站开门防护说明如下：

- a) 列车进站停稳停准时，ATP 不向动车组输出“开门允许”命令，DMI 上将显示“停稳停准标识”图标。
- b) 由于运行计划无效，ATO 不自动开门，司机可通过按压门释放按钮和开门按钮打开车门。
- c) 发车时间到时，旅客乘降作业后，司机按压关门按钮进行关门作业。

B.3.4.2.6 站台换端

站台换端说明如下：

- a) 列车运行至终点站完成开门作业后，司机操作退出司机台占用。
- b) 司机在站台进行换端，换端后司机操作占用司机台，ATP 休眠端激活，司机按照 CTCS-2/CTCS-3 级 ATP 车载设备启动流程完成启动。

司机按压“启动”键后，列控车载设备提示司机预选 ATO。司机可按“确认”键预选 ATO，或按“取消”键不预选 ATO，ATO 启动流程结束

附录 C (规范性) 车载设备与数据记录单元接口

C.1 概述

车载设备应在数据记录单元中记录新增ATO功能相关信息,该信息应涵盖司机操作、DMI操作和显示、控车相关输入输出、ATO停车精度、ATO版本、ATO故障信息等数据。

C.2 连接方式

ATO可通过两种方式与数据记录单元连接:

- a) 沿用既有 ATP 与数据记录单元接口, ATO 的记录数据由 ATP 转发给数据记录单元;
- b) 新增 ATO 与数据记录单元接口(串口、MVB、以太网等接口), ATO 单独发送数据信息。

C.3 数据内容定义

ATO在数据记录单元中所记录的信息应包含“车载新增数据内容记录”、“用户自定义数据”,见表C.1。“车载新增数据内容记录”中所要求的内容,见表C.2。

表 C.1 数据类型定义

序号	内容描述	触发时机
1	车载新增数据内容记录	周期或数据变化
2	用户自定义数据	周期或数据变化

表 C.2 车载新增数据内容记录

序号	分类	名称	说明
1	ATP相关数据	ATO预选	非预选; 预选
2		预选策略	无效; 策略1; 策略2; 策略3
3		ATO使能	ATP判断是否允许进入AM模式 未使能; 使能
4		停稳停准标识	ATP判断列车停稳停准 未停稳; 停稳未停准
5		开门允许	无; 允许开左门; 允许开右门; 允许开双侧门
6		立即折返操作	无效; 有效
7		ATO有效输出	无效; 有效
8	ATO输入数据	车门状态	未关闭或未锁闭; 关闭且锁闭
9		开门允许选择状态	ATP允许; 人工允许
10		“ATO启动”按钮状态	未按下; 按下
11		开左门按钮状态	未按下; 按下
12		开右门按钮状态	未按下; 按下
13		关左门按钮状态	未按下; 按下
14		关右门按钮状态	未按下; 按下
15		动车组允许ATO控车信号	允许; 不允许
16	主断路器状态	闭合; 断开	
17	ATO输出数据	“ATO启动”灯输出	灭; 亮
18		ATO牵引/制动状态标志	牵引; 自动; 惰行; 无命令
19		ATO牵引控制量	ATO向车辆发送的牵引控制量值
20		ATO制动控制量	ATO向车辆发送的制动控制量值
21		保持制动施加	无效; 有效
22		开左门命令输出	无效; 有效
23		开右门命令输出	无效; 有效
24		恒速命令(预留)	启动恒速; 取消恒速

表C.2 车载新增数据内容记录（续）

序号	分类	名称	说明
25		恒速目标速度（预留）	恒速目标速度值
26	ATO状态数据	ATO模式	非AM模式；AM模式
27		站台股道ID	站台股道编号
28		停车误差	欠标为负数，过标为正数，单位cm
29		通过标识	到发；通过
30		ATO与TSRS连接状态	连接中；断开；连接
31		ATO与车辆网络通信状态	断开；连接
32		运行计划有效标志	无效；有效
33		ATO执行的驾驶策略	按运行计划执行；策略1；策略2；策略3
34		ATO版本	ATO软件版本
35		ATO故障	正常；故障

附录 D
(规范性)
车载设备与 DMS 接口

D.1 概述

车载设备应向DMS发送新增ATO功能相关信息，该信息应涵盖司机操作、DMI操作和显示、控车相关输入输出、ATO停车精度、ATO版本、ATO故障信息等数据。

D.2 连接方式

ATO可通过两种方式与DMS通信：

- a) ATO 沿用既有 ATP 数据记录单元与 DMS 的通道，由 ATP 数据记录单元将 ATO 记录数据转发给 DMS；
- b) ATO 与 DMS 直接连接。

D.3 数据内容定义

ATO通过ATP数据记录单元或直接向DMS发送数据；基本数据内容与ATO在数据记录单元上记录的数据一致，应符合附录C的规定；ATO可将车辆反馈信息、ATO与TSRS通信数据或其他自定义数据通过ATO与DMS接口发送给DMS，应符合表D.1的规定。

表 D.1 ATO 车载设备与 DMS 接口记录数据内容

序号	分类	名称	说明
1	车辆反馈数据	ATO有效命令反馈	无效；有效
2		牵引/制动命令状态标志反馈	牵引；自动；惰行；无命令
3		牵引控制量反馈	收到来自车辆发送的牵引控制量反馈值
4		制动控制量反馈	收到来自车辆发送的制动控制量反馈值
5		ATO保持制动施加命令反馈	无效；有效
6		开左门命令反馈	无效；有效
7		开右门命令反馈	无效；有效
8		恒速反馈	处于恒速状态；退出恒速
9	TSRS无线通信数据	ATO与TSRS通信数据	ATO与TSRS交互的数据包报文

附录 E
(规范性)
ATP 与 ATO 接口

E.1 概述

E.1.1 ATP与ATO进行双向通信以实现ATO控车功能。

E.1.2 ATP向ATO发送模式、速度、位置、限速信息、控制命令、DMI操作命令等信息，以及无线通信数据；ATO向ATP发送输入、输出、状态等信息。

E.2 连接方式

ATP与ATO应通过通信总线方式进行连接，并进行双向数据交互。

E.3 数据内容定义

ATP向ATO发送数据应符合表E.1的规定。

表 E.1 ATP 向 ATO 发送的数据

序号	分类	名称	说明
1	ATP状态数据	时间	时间信息
2		预选策略	无效；策略1；策略2；策略3
3		ATO使能	ATP判断是否允许进入AM模式 未使能；使能
4		停稳停准标识	ATP判断列车停稳停准 未停稳；停稳未停准
5		开门允许	无；允许开左门；允许开右门；允许开双侧门
6		运行等级	CTCS-2级；CTCS-3级
7		运行模式	ATP运行模式
8		列车速度距离信息	ATP速度、距离信息
9		允许速度	ATP允许速度
10		分相命令	分相有效；分相无效
11		紧急制动状态	施加；未施加
12		应答器数据	应答器数据
13		牵引/制动手柄状态	零位；非零位
14		方向手柄状态	向前；向后
15		轨道码信息	轨道电路码数据
16		司机号	司机号
17		驾驶室激活	激活；未激活
18		车次号	车次号信息
19		车长	列车长度
20	无线通信数据	车载设备ID	车载设备的编号 (NID_ENGINE)
21		无线命令	无线连接命令
22		TSRS ID	TSRS设备编号 (NID_TSRS)
23		TSRS IP	TSRS IP地址

ATO向ATP发送数据应符合表E.2的规定。

表 E.2 ATO 向 ATP 发送数据

序号	分类	名称	说明
1	ATO输入数据	车门状态	未关闭或未锁闭；关闭且锁闭
2		“ATO启动”按钮状态	未按下；按下

表 E.2 ATO向ATP发送数据（续）

序号	分类	名称	说明
3		开左门按钮状态	未按下；按下
4		开右门按钮状态	未按下；按下
5		关左门按钮状态	未按下；按下
6		关右门按钮状态	未按下；按下
7		动车组允许ATO控车信号	允许；不允许
8		主断路器状态	闭合；断开
9	ATO输出数据	“ATO启动”灯输出	灭；亮
10		ATO牵引/制动状态标志	牵引；自动；惰行；无命令
11		保持制动施加	无效；有效
12		开左门命令输出	无效；有效
13		开右门命令输出	无效；有效
14		恒速命令（预留）	启动恒速；取消恒速
15		恒速目标速度（预留）	恒速目标速度值
16	ATO状态数据	ATO模式	非AM模式；AM模式
17		站台股道ID	站台股道编号
18		停车误差	欠标为负数，过标为正数，单位cm
19		通过标识	到发；通过
20		ATO与TSRS连接状态	连接中；断开；连接
21		ATO与车辆网络通信状态	断开；连接
22		运行计划有效标志	无效；有效
23		是否办客	不办客；办客
24		ATO执行的驾驶策略	按运行计划执行；策略1；策略2；策略3
25		ATO故障信息	正常；故障
26		发车倒计时	发车倒计时数据
27		GPRS网络注册状态	注册；未注册
28		信息包72	收到TSRS发送ATO的信息包72中的数据

附录 F (规范性) 车载设备与车辆接口

F.1 概述

在既有CTCS-2/CTCS-3级列控系统ATP车载设备（以下简称既有ATP）的基础上，新增以下设备：

- a) ATO 车载设备机柜（若有），安装于车内；
- b) GPRS 天线，安装于车顶；
- c) ATO 速度传感器采用霍尔速度传感器，安装于非牵引轴；
- d) ATO 可选用：测速雷达，安装于车底；或加速度传感器，安装于车内；
- e) “开门允许选择”开关，ATO 电源断路器，驾驶台“ATO 启动”带灯按钮；
- f) ATP 车载设备与车辆新增继电器接口，ATO 车载设备与车辆新增继电器接口以及 MVB 或以太网通信接口；
- g) 车辆可配置车门动作延时时间（2 秒，暂定）：以满足站台门和车门同步打开、关闭。

F.2 接口

为了实现ATO功能，ATP车载设备需在既有ATP接口的基础上新增继电器接口，ATO车载设备新增继电器接口及MVB或以太网通信接口。

F.3 基本原则

车载设备与车辆接口应符合以下规定：

- a) 车辆只采信操纵端车载设备发送的控制和状态数据、继电器接口控制命令。非操纵端车载设备保持通信接口输出的“ATO 心跳”字段连续变化，“ATO 有效”字段置为无效，同时继电器接口输出“ATO 有效”干接点信号为“断开”；
- b) 当进入 AM 模式时，车载设备通过通信接口输出的“ATO 有效”字段为“有效”，同时继电器接口输出“ATO 有效”干接点信号为“闭合”；当退出 AM 模式时，车载设备通过通信接口输出的“ATO 有效”字段为“无效”，同时继电器接口输出“ATO 有效”干接点信号为“断开”；
- c) 当通信接口信息中“ATO 有效”为“有效”，并且继电器接口中“ATO 有效”输出干接点信号为“闭合”时，车辆判断“ATO 有效”状态为有效，并执行 ATO 发送的通信接口命令（包括牵引、制动、保持制动、恒速命令（预留））；当任一条件不满足时，车辆判断“ATO 有效”状态为无效，不执行 ATO 发送的通信接口命令（包括牵引、制动、保持制动、恒速命令（预留））；
- d) 当继电器接口中“ATO 有效”输出干接点信号为“闭合”时，车辆执行 ATO 输出的继电器接口开门控制命令；否则，车辆不执行 ATO 输出的继电器接口开门控制命令；
- e) 车辆应按照实际收到 ATO 控制命令通过通信接口向 ATO 进行反馈，当车辆判断与 ATO 网络通信异常时，应将命令反馈数据字段清零复位；
- f) 车载设备休眠时，退出 AM 模式，并将通信接口和继电器信号的“ATO 有效”置为“无效”；
- g) 车载设备上电或唤醒时，未进入 AM 模式前，车载设备设置通信接口和继电器信号的“ATO 有效”为“无效”。具备 AM 模式条件并转入 AM 模式后，车载设备设置通信接口和继电器信号的“ATO 有效”为“有效”；
- h) 车载设备隔离时，“ATO 有效”继电器信号“断开”，不再发送通信接口信息；
- i) 车门关闭后，司机室及本地车门不再响应 ATP 的“开门允许”指令，再次开门需人工操作；
- j) 当“开门允许选择”开关置于“ATP 允许”位时：
 - 1) 若 ATP 输出开门允许指令，司机或 ATO（一次）输出开门指令给动车组；
 - 2) 若 ATP 未输出开门允许指令，动车组不应响应司机或 ATO 输出的开门指令；如需开门，司机可按压动车组释放门按钮和开门按钮打开车门；
- k) ATP 输出开门允许指令且完成一次开关门操作后，如需再次开门时，司机应将“开门允许选择”开关置于“人工允许”位。

F.3.1 通信接口

F.3.1.1 MVB 通信接口

ATO与车辆TCMS网络的MVB通信接口应符合以下规定：

- a) ATO 与 TCMS 之间采用 MVB 网络（EMD）进行连接，并采用过程数据进行通信，所有端口数据按照大端模式排列，即高字节在前，低字节在后；
- b) TCMS 为主设备，ATO 为从设备，ATO 与 TCMS 之间采用双向周期通信（周期不超过 500 毫秒），并设定超时时间（2 秒，暂定）；
- c) 设备地址见表 F.1，端口地址定义见表 F.2。

表 F.1 ATO 车载设备地址

名称	设备地址
ATO车载设备地址	根据工程配置

表 F.2 ATO 源端口及宿端口逻辑地址

名称	端口地址	端口大小 Byte	端口周期 ms
ATO→TCMS控制信息端口地址（源端口地址）	根据工程配置	16	64
ATO→TCMS状态信息端口地址（源端口地址）	根据工程配置	16	64
TCMS→ATO状态数据端口地址（宿端口地址）	根据工程配置	32	64

F.3.1.2 以太网通信接口

ATO与车辆TCMS网络的以太网通信接口应符合以下规定：

- a) ATO 与 TCMS 之间采用以太网线进行连接，宜采用冗余接口方式。通信采用 TRDP 协议组播方式，传输层使用 UDP17224 端口，设备 IP 地址、comid、组播地址、周期需根据工程进行配置；
- b) 所有数据按照大端模式排列，即高字节在前，低字节在后。

F.3.1.3 通信协议

ATO 向 TCMS 发送的控制信息应符合表 F.3 的规定。

表 F.3 ATO→TCMS 控制信息

字节偏移	数据内容（字节）								取值 说明	信号 说明
	8	7	6	5	4	3	2	1		
0	ATO心跳								1-255循环递增	ATO每应用周期更新，用于判断通信状态。 超时时间2s

表 F.3 ATO→TCMS控制信息（续）

字节偏移	数据内容（字节）								取值说明	信号说明
	8	7	6	5	4	3	2	1		
1	ATO有效								0xAA: ATO 有效 0x00: ATO 无效 其他: 无效值	1) 当进入 AM 模式时, “ATO 有效” 干接点信号为 “闭合”, 同时通信数据中的 “ATO 有效” 信号置为有效状态。 2) 当退出 AM 模式时, “ATO 有效” 干接点信号为 “断开”, 同时通信数据中的 “ATO 有效” 信号置为无效状态
2	牵引/制动命令状态标志								0xAA: 牵引 0x55: 制动 0xA5: 惰行 0x00: 无命令 其他: 无效值	1) 当车辆判断 “ATO 有效” 状态为有效时, 本字段有效。 2) 当牵引命令状态标志有效时, 车辆需执行 “牵引控制量” 字段的牵引指令。 3) 当制动命令状态有效时, 车辆需执行 “制动控制量” 字段的制动控制指令。 4) 当惰行有效时, 车辆需取消牵引、制动, 执行惰行控制。 5) 当 ATO 启动车辆恒速时, ATO 将本字段置为 0, 同时车辆需忽略本字段, 并将收到的数据通过通信接口反馈给 ATO
3	牵引控制量 (H)								0-16384: 0-100% 其他: 无效值	1) 当车辆判断 “ATO 有效” 状态为有效时, 本字段有效。 2) 当 “牵引/制动命令状态标志” 为牵引状态时, ATO 输出 “牵引控制量” (0-100%), 车辆按照 ATO 输出的牵引控制量执行。 3) 当 “牵引/制动命令状态标志” 为非牵引状态时, ATO 将本字段置为 0, 同时车辆需忽略本字段。
4	牵引控制量 (L)									4) 当 ATO 启动车辆恒速时, ATO 将本字段置为 0, 同时车辆需忽略本字段, 并将收到的数据通过通信接口反馈给 ATO

表 F.3 ATO→TCMS控制信息（续）

字节偏移	数据内容（字节）								取值说明	信号说明
	8	7	6	5	4	3	2	1		
5	制动控制量（H）								0-16384： 0-100% 其他：无效值	1) 当车辆判断“ATO有效”状态为有效时，本字段有效。 2) 当“牵引/制动命令状态标志”为制动状态时，车辆按照本字段定义的制动控制量执行。ATO按照动车组定义的制动级位要求输出制动控制量。 3) 当“牵引/制动命令状态标志”为非制动状态时，ATO会将本字段置为“非制动”，同时车辆需忽略本字段。 4) 当ATO启动车辆恒速时，ATO将本字段置为“非制动”，同时车辆需忽略本字段，并将收到的数据通过通信接口反馈给ATO。 5) 当ATO输出保持制动施加有效时，ATO应同时输出大于等于4级常用制动。在保持制动施加时，BCU响应ATP+ATO输出的最高制动级位/控制量，保持制动缓解依据车辆条件判断
6	制动控制量（L）									
7	保持制动施加命令								0xAA：保持制动施加有效（持续电平信号，换端或拔出钥匙时，此信号为无效） 0x00：保持制动施加无效 其他：无效值	1) 当车辆判断“ATO有效”状态为有效时，本字段有效。 2) 当“ATO有效”信号有效时，保持制动由ATO施加，动车时由车辆自动缓解。 3) 停车期间ATO持续输出“保持制动施加”有效，同时输出大于等于4级的制动控制量；当ATO输出牵引时ATO取消该信号。若施加大于4级的常用制动，应先缓解常用制动，延时4s（暂定）后方可输出牵引指令。 4) 当“ATO有效”信号有效时，若ATO在停车期间未输出“保持制动施加”有效，由ATP进行溜逸防护，确保安全。 5) 当“ATO有效”信号无效时，保持制动施加和缓解由车辆执行。 6) AM模式下进站停车后ATO将施加保持制动。换端时，将退出AM模式，ATO不再施加保持制动，需由车辆继续保持。 7) 在ATO有效时，BCU不响应保持制动缓解硬线指令
8	开左门命令	预留	开右门命令	预留					0b11：有效命令 0b00：无动作 其他：无效值	1) 本字段只作为记录使用。 2) 当ATO处于AM模式下输出开门命令的同时将本字段对应侧的门控命令置为“有效命令”；当未输出开门命令时，本字段对应侧的门控命令置为“无动作”

表 F.3 ATO→TCMS控制信息（续）

字节偏移	数据内容（字节）								取值说明	信号说明
	8	7	6	5	4	3	2	1		
9	恒速命令（预留）								0xAA：启动恒速 0x00：取消恒速 其他：无效值	1) 当车辆判断“ATO有效”状态为有效时，本字段有效。 2) 当恒速命令为“启动恒速”时，将“牵引/制动命令状态标志”置为“无命令”，“牵引控制量”置为0，“制动控制量”置为0。 3) 当恒速命令为“启动恒速”，恒速目标速度为0xFFFF时，车辆依据当前列车速度执行恒速控制。 4) 当恒速命令为“启动恒速”，恒速目标速度为有效值时，车辆按照“恒速目标速度”执行恒速控制。 5) 当ATO取消恒速时，ATO将“恒速命令”置为“取消恒速”，将“恒速目标速度”置为0。车辆需响应ATO的牵引、制动、惰行命令
10	恒速目标速度（H，预留）								单位：1km/h 0-400：有效值 0xFFFF：按当前速度执行恒速 其他：无效值	
11	恒速目标速度（L，预留）									
12	ATO启动灯								0xAA：亮 0x00：灭 其他：无效值	1) 本字段与“ATO有效”状态无关。 2) 车辆需按照本字段的定义，控制“ATO启动”灯亮灭，对司机进行提示
13	预留									
14	预留									
15	预留									

ATO 车载设备向 TCMS 发送的状态信息应符合表 F.4 的规定。

表 F.4 ATO→TCMS 状态信息

字节偏移	数据内容（字节）								取值说明	信号说明
	7	6	5	4	3	2	1	0		
0	ATO心跳								1-255循环递增	ATO每应用周期更新，用于判断通信状态，超时时间2s。 车辆若判断ATO通信异常，将不再响应通信接口指令，车辆通过车辆屏报“ATO通信故障”
1	ATO故障信息								0x00：故障 0xAA：无故障 其他：无效值	1) 当ATO无故障，可完成ATO相关功能时，置本字段为“无故障”。 2) 当ATO故障时，本字段为“故障”。车辆不应采信ATO发送的状态信息
2	公里标（HH）								单位：m 0xFFFFFFFF：位置未知 0-0xFFFFFFFFE：有效公里标	1) 本字段仅用于记录使用。 2) 当“ATO故障信息”为“故障”时，ATO将本字段置为“位置未知”；同时，车辆不应采信本字段信息。 3) 当ATO未获取到有效公里标时，ATO将本字段置为“位置未知”
3	公里标（HL）									
4	公里标（LH）									
5	公里标（LL）									

表 F.4 ATO→TCMS状态信息（续）

字节 偏移	数据内容（字节）								取值 说明	信号 说明
	7	6	5	4	3	2	1	0		
6	隧道入口距离（H）								单位：m 有效值：0-65534 最大值：65534 默认值：65535	1) 车辆需保留原执行逻辑，此处的隧道信息仅供车辆参考使用。 2) ATO 向车辆发送前方隧道实时距离、长度信息。当车头进入隧道后，“隧道入口距离”置为0，“隧道长度”为实际长度值；当车头驶出隧道后，“隧道入口距离”和“隧道长度”置为默认值。 3) 当长度超过 65534 时，ATO 将本字段置为 65534。 4) 当“ATO 故障信息”为“故障”时，ATO 将本字段置为默认值；同时，车辆不应采信本字段信息。 5) 当 ATO 未获取到隧道信息时，将本字段置为默认值
7	隧道入口距离（L）									
8	隧道长度（H）									
9	隧道长度（L）									
10	ATO速度（H）								分辨率：0.1km/h 有效值：0-65534 默认值：65535	1) 此处信息仅用于记录使用。 2) 当“ATO 故障信息”为“故障”时，ATO 将本字段置为默认值；同时，车辆不应采信本字段信息
11	ATO速度（L）									
12	预留									
13	预留									
14	预留									
15	预留									

TCMS向ATO车载设备发送的状态及反馈信息应符合表F.5的规定。

表 F.5 TCMS→ATO 状态及反馈信息

字节 偏移	数据内容（字节）								取值 说明	信号 说明
	7	6	5	4	3	2	1	0		
0	TCMS心跳								1-255循环递增	车辆每应用周期更新，ATO用于判断通信状态，超时时间2s。 ATO若判断与车辆网络通信异常，将不再输出控车命令，同时退出AM模式
1	预留	预留	预留	“ATO启动”按钮有效信号					“ATO启动”按钮有效信号： 0b11：按钮有效 0b00：按钮无效 其他：无效值	“ATO启动”按钮有效信号：当车辆采集到“ATO启动”按钮由未被按下状态到被按下状态，并持续被按压1s（暂定）后，判断按钮状态有效，并向ATO连续发送3s（暂定）“按钮有效”状态。其他情况发送“按钮无效”
2	ATO有效命令反馈								0xAA：ATO 有效 0x00：ATO 无效 其他：无效值	当车辆采集硬线“ATO有效”信号和通信接口中“ATO有效”信号同时有效时，反馈“ATO有效”，否则反馈“ATO无效”
3	牵引/制动命令状态标志反馈								0xAA：牵引 0x55：制动 0xA5：惰行 0x00：无命令 其他：无效值	ATO 发送的本字段命令的反馈信息。 车辆收到控制指令后，不经处理直接反馈

表 F.5 TCMS→ATO状态及反馈信息（续）

字节 偏移	数据内容（字节）								取值 说明	信号 说明
	7	6	5	4	3	2	1	0		
4	牵引控制量反馈（H）								0~16384： 0~100% 其他：无效值	ATO 发送的本字段命令的反馈信息。 车辆收到控制指令后，不经处理直接反馈
5	牵引控制量反馈（L）									
6	制动控制量反馈（H）								0~16384 其他：无效值	ATO 发送的本字段命令的反馈信息。 车辆收到控制指令后，不经处理直接反馈
7	制动控制量反馈（L）									
8	ATO保持制动施加命令反馈								0xAA：保持制动施加有效（持续电平信号，换端或拔出钥匙时，此信号为无效） 0x00：保持制动施加无效 其他：无效值	ATO 发送的本字段命令的反馈信息。 车辆收到控制指令后，不经处理直接反馈
9	开左门 命令反 馈	预留	开右门 命令反 馈	预留					0b11：有效命令 0b00：无动作 其他：无效值	车辆采集到ATO输出的继电器接口开门命令后， 依据ATO输出的电平反馈该信号
10	恒速反馈（预留）								0xAA：处于恒速状态 0x00：退出恒速 其他：无效值	车辆收到恒速指令后，判断车辆是否正常进入 恒速
11	车门状态								0xAA：所有车门关闭 且锁闭 0x00：车门未关闭或 未锁闭 其他：无效值	1) 当车辆判断所有车门关闭且锁闭时，发送 “所有车门关闭且锁闭”。 2) 当车辆检测到车门未完全关闭或未处于锁 闭状态时，发送“车门未关闭或未锁闭”
12	空转				打滑				0b1010：发生 0b0000：未发生 其他：无效值	1) 当车辆检测到任一车轮发送空转/打滑时， 置相应字段为“发生”。 2) 当未检测到空转/打滑时，或判断空转/打 滑结束，置相应字段为“未发生”
13	编组信息								1：8 编组 2：8 编重联 3：16 编组 4：17 编组 5-10： 预留	车辆需按照字段定义向ATO发送实际的动车组 编组信息
14	车重（H）								整列车重，单位： 0.1t 有效值：0~65535	车辆需根据空簧压力向ATO发送车重信息
15	车重（L）									

表 F.5 TCMS→ATO状态及反馈信息（续）

字节 偏移	数据内容（字节）								取值 说明	信号 说明
	7	6	5	4	3	2	1	0		
16	动车组允许ATO控车信号								0xAA: 允许 0x00: 不允许 其他: 无效值	1) 本字段为持续状态信号。 2) 当动车组允许 ATO 控车时,发送允许信号。 3) 只有在车辆允许 ATO 控车的条件下,车载通过继电和通信接口输出“ATO 有效”信号为有效时,车辆执行 ATO 发送的控车命令。 4) 当动车组检测到不满足自动控车条件或发生故障需退出 AM 模式时,发送不允许;ATO 退出 AM 模式,此时车辆不应执行 ATO 发送的控车命令
17	主断路器状态								0xAA: 闭合 0x00: 断开 其他: 无效值	1) 主断路器断开时, ATO 不应施加牵引。同时,车辆不应执行 ATO 发送的牵引指令;若 ATO 此时输出制动,车辆需执行 ATO 的制动指令。 2) 当重联动车组中有一个主断路器断开时发送状态为“断开”
18	ATP开门 允许	人工开 门允许	折返按 钮状态	预留				ATP 开门允许: 0b11: 有效 0b00: 无效 其他: 无效值 人工开门允许: 0b11: 有效 0b00: 无效 其他: 无效值 折返按钮状态: 0b11: 按下 0b00: 未按下 其他: 无效值	1) ATP 开门允许/人工允许: 车辆向 ATO 发送实际的开关状态。 2) 只有“ATP 开门允许”有效且“人工允许”无效时, ATO 执行自动开门;其他情况, ATO 不执行自动开门。 3) 折返按钮状态: 车辆按照本字段定义向 ATO 反馈折返按钮状态	
19	不允许ATO控车信号状态字								1: 有效 0: 无效	本字段仅用于记录使用。 bit0: 8 编组有 2 个及以上(4 编组有 1 个及以上)动车牵引变流器或牵引逆变器被切除; bit1: 至少有一个车辆的空气制动不可用; bit2: CCU 存在限速保护; bit3: CCU 自动施加常用制动; bit4: 车辆施加紧急制动 EB 或紧急制动 UB; bit5: 保持制动被隔离; bit6: CCU 判断与 ATO 通信故障(CCU 监测到 ATO 生命信号 32 个周期(2s)不变化); bit7: 预留
20	预留									
21	预留									
22	预留									
23	预留									
24	预留									
25	预留									
26	预留									
27	预留									
28	预留									
29	预留									
30	预留									
31	预留									

F.3.2 继电器接口

继电器接口分为电平信号接口和干接点信号接口两种方式，车辆提供的继电器接口电压为直流77~137.5V，电流最大不超过100mA。

ATP、ATO与车辆继电器接口以及车辆开关按钮示意图见图F.1。

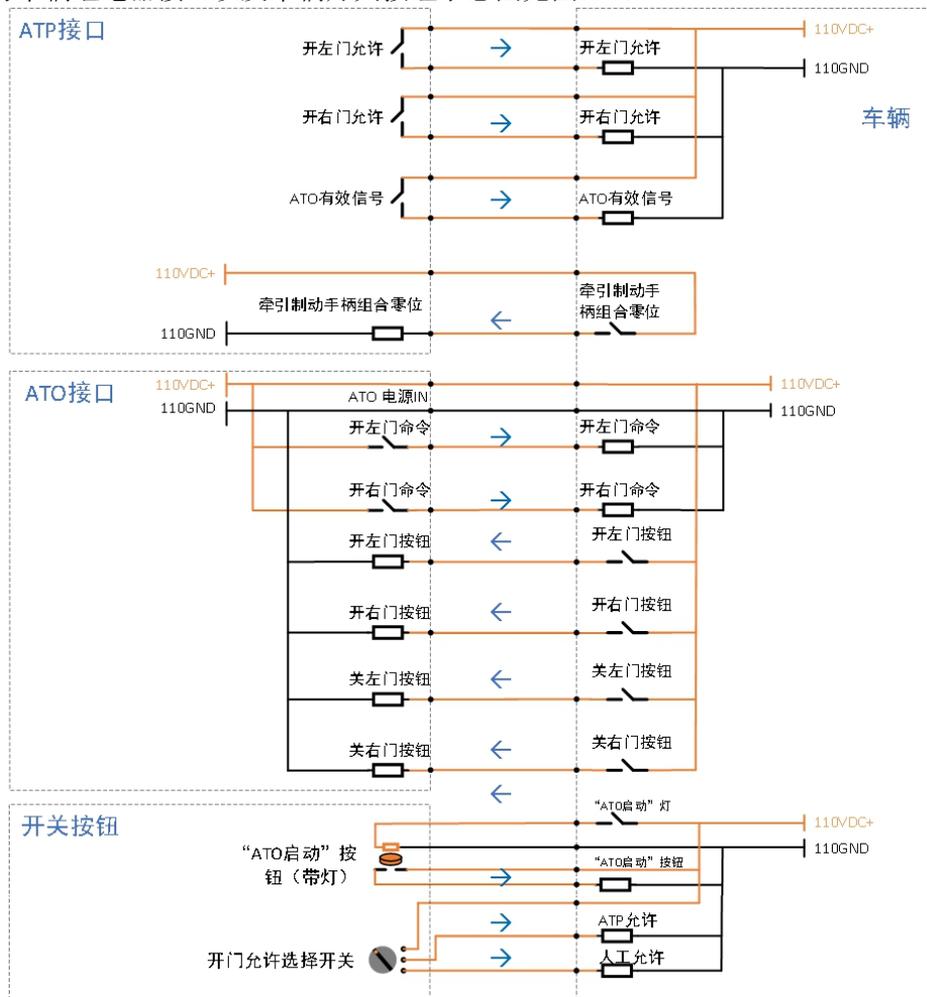


图 F.1 ATP、ATO 与车辆继电器接口以及车辆开关按钮示意图

ATP、ATO与车辆继电器输出输入接口应符合表F.6、表F.7的规定。

表 F.6 输出信号

编号	名称	电平/干接点	描述	接口类型
1	开左门允许信号	干接点	闭合：允许 断开：不允许	ATP输出
2	开右门允许信号	干接点	闭合：允许 断开：不允许	ATP输出
3	开左门命令	电平	脉冲信号有效，高电平保持2秒（暂定）以上	ATO输出
4	开右门命令	电平	脉冲信号有效，高电平保持2秒（暂定）以上	ATO输出

表 F.6 输出信号（续）

编号	名称	电平/干接点	描述	接口类型
5	ATO有效信号	干接点	闭合：有效 断开：无效 只有当继电器信号和通信接口报文中“ATO有效”信号同时有效时，车辆才响应 ATO 的牵引、制动、恒速、保持制动命令。 当继电器信号“ATO 有效”为“闭合”时，车辆执行 ATO 开门控制命令。	ATP输出

表 F.7 输入信号

编号	名称	电平/干接点	描述	接口类型
1	牵引/制动手柄零位	宜采用干接点	闭合：有效 断开：无效	ATP输入
2	开左门按钮状态	电平	高电平：按下 低电平：未按下	ATO输入
3	关左门按钮状态	电平	高电平：按下 低电平：未按下	ATO输入
4	开右门按钮状态	电平	高电平：按下 低电平：未按下	ATO输入
5	关右门按钮状态	电平	高电平：按下 低电平：未按下	ATO输入

F.3.3 时序关系图

F.3.3.1 门控命令时序

车辆可配置车门动作延时时间（2秒，暂定）：以满足站台门和车门同步打开、关闭，时序应符合 F.2、图F.3的规定。

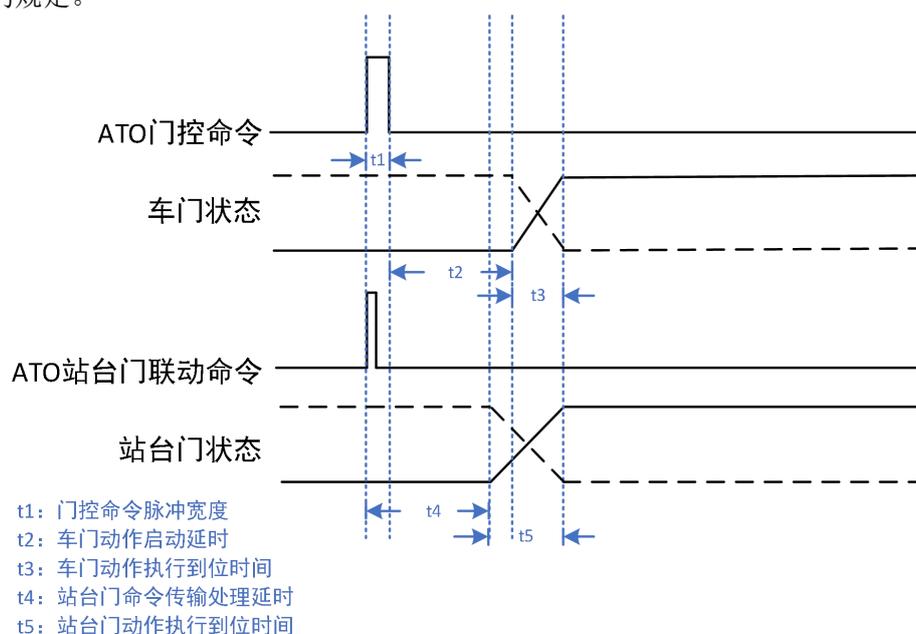


图 F.2 ATO 门控命令时序图

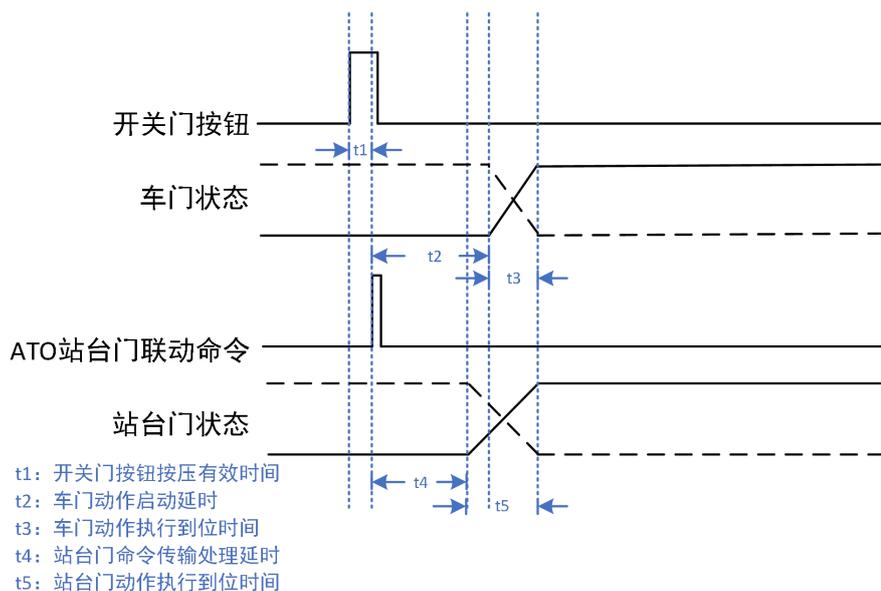


图 F. 3 手动控制车门时序图

F. 3. 3. 2 保持制动时序

在AM模式下，ATO在列车停稳后持续输出“保持制动施加”有效，同时输出大于等于4级的制动量，车辆根据ATO保持制动施加指令施加保持制动。

当ATO启动输出牵引时，取消保持制动施加和制动输出信号。车辆根据缓解条件自动缓解保持制动，时序应符合F. 4的规定。

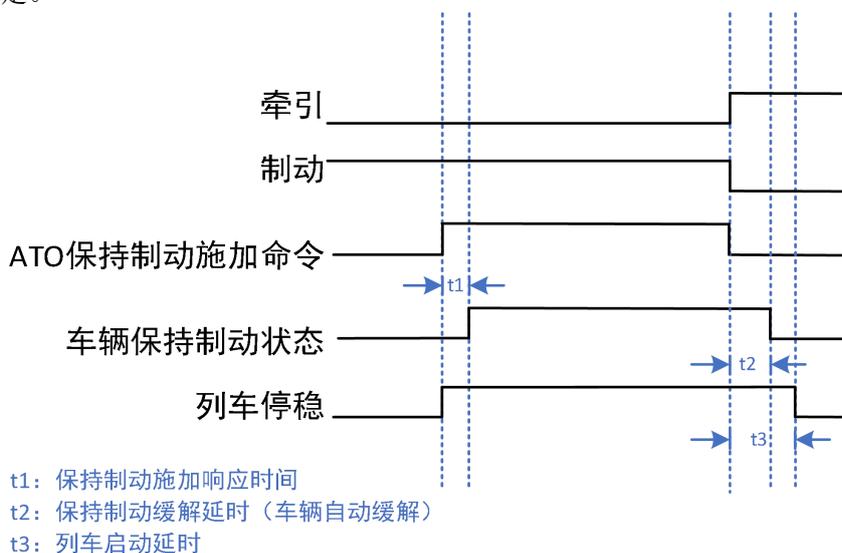


图 F. 4 保持制动时序图

F. 3. 4 ATO车载设备机械接口

F. 3. 4. 1 ATO 速度传感器

F. 3. 4. 1. 1 ATO 速度传感器列车两端各安装一个，应安装于车辆非驱动轴，不应安装于头车 1 轴，不应安装于车辆接地回流轴端。

F. 3. 4. 1. 2 ATO 速度传感器宜采用齿数为 120，模数为 1.5 的霍尔式速度传感器。

F. 3. 4. 1. 3 ATO 速度传感器安装机械尺寸见图 F. 5。

单位为毫米

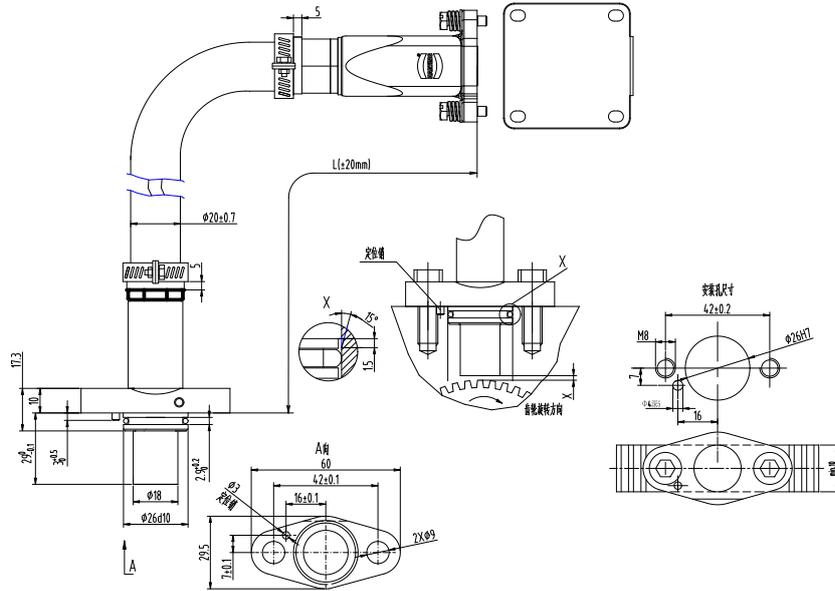


图 F.5 AT0 速度传感器安装图

F.3.4.2 多普勒雷达（可选）

F.3.4.2.1 多普勒雷达宜水平安装于车体底部，且其雷达波发射面不应存在遮挡物，见图 F.6。

单位为毫米

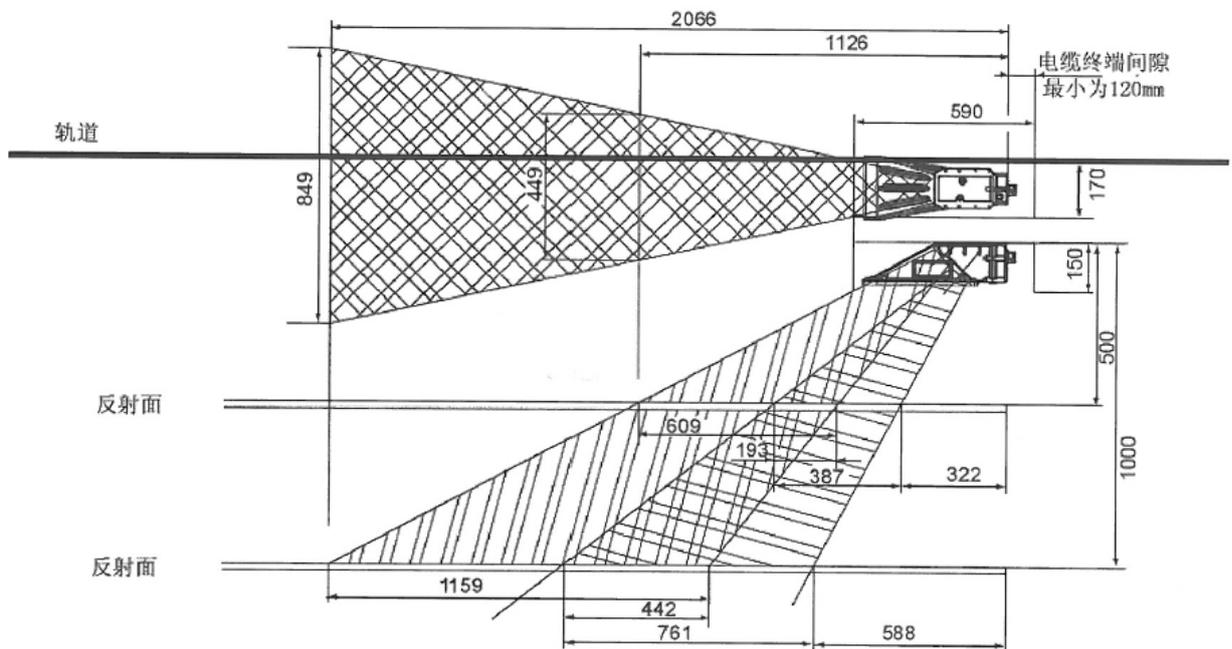
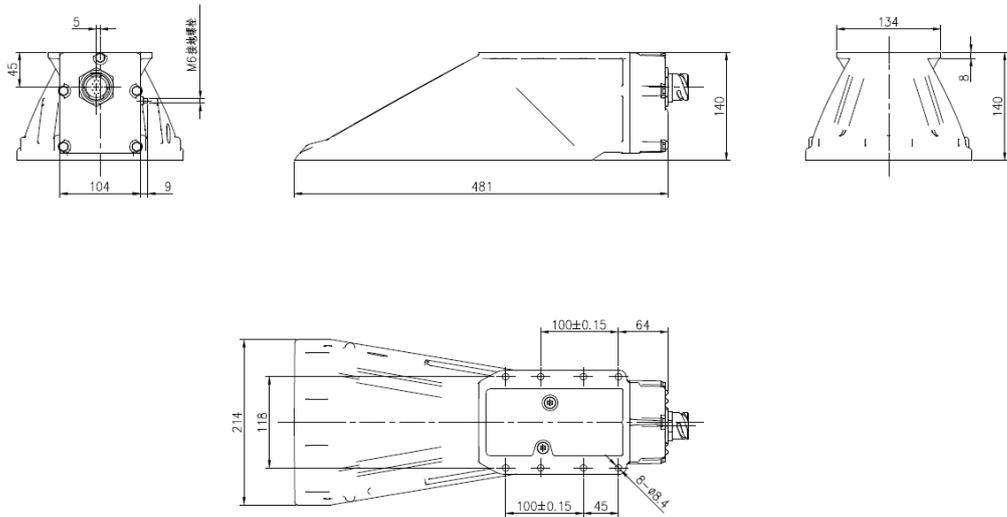


图 F.6 雷达辐射示意图

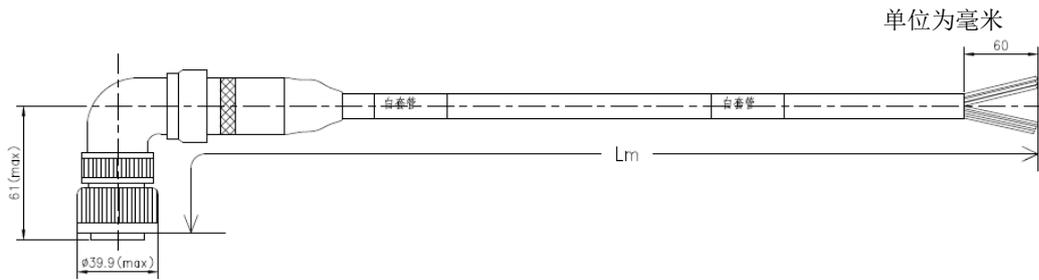
F.3.4.2.2 正常静态工况下，雷达底面距离反射面的距离范围为：350mm~850mm，雷达底面距离轨面的高度为：225mm~776mm。采用水平安装时，雷达中心线距离车体纵向中心距离为：631.5mm（偏差±3mm）；采用倾斜安装时，雷达倾斜角度在8~10.2°，雷达中心线距离车体纵向中心距离为：475mm（偏差±5mm）。

F.3.4.2.3 雷达传感器和电缆机械安装尺寸见图 F.7、图 F.8、图 F.9。



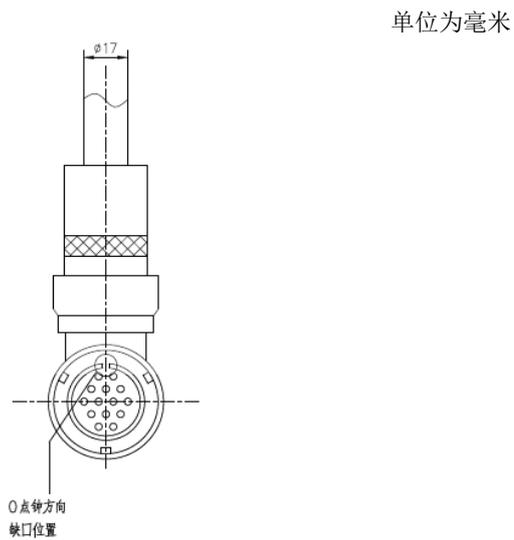
单位为毫米

图 F.7 雷达传感器安装图



单位为毫米

图 F.8 雷达传感器电缆图



单位为毫米

图 F.9 雷达传感器的电缆连接器图

F.3.4.3 GPRS 天线

F.3.4.3.1 GPRS 天线接头均为 N 型连接器（母）。

F.3.4.3.2 GPRS 天线安装底面应采用方形结构，便于车顶安装。

F. 3. 4. 3. 3 安装时需保证天线周围 1m 内不应有高于天线边缘安装平面的凸起物，且两个 GPRS 天线间及与其它同频天线（870MHz-960MHz）的距离应大于 2.5m。

F. 3. 4. 3. 4 GPRS 天线到 GPRS 电台之间的馈线布线路径长度宜小于 20m，最大不应超过 25m。

F. 3. 4. 3. 5 GPRS 天线机械安装尺寸见图 F. 10。

单位为毫米

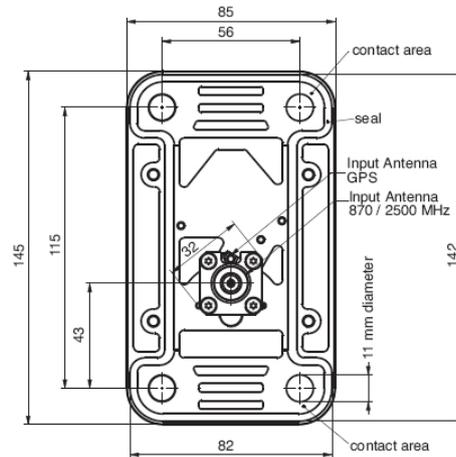


图 F. 10 GPRS 天线安装图

F. 3. 4. 4 加速度传感器（可选）

F. 3. 4. 4. 1 加速度传感器应通过过渡支架水平安装于车厢地板上，需与主控机柜就近安装。

F. 3. 4. 4. 2 加速度传感器通信线缆长度不应长于 5m，每个加速度传感器间距不小于 10mm，加速度传感器安装位置四周 100mm 不得有电气设备（除 ATP/ATO 车载设备机柜外）。

F. 3. 4. 4. 3 加速度传感器安装保持传感器上的箭头方向保持与列车的前进方向一致。传感器与车体纵向中心线偏差要求小于 2 度（见图 11 左侧部分），传感器与车内地板面水平方向偏差要求小于 2 度（见图 11 右侧部分）。

单位为度

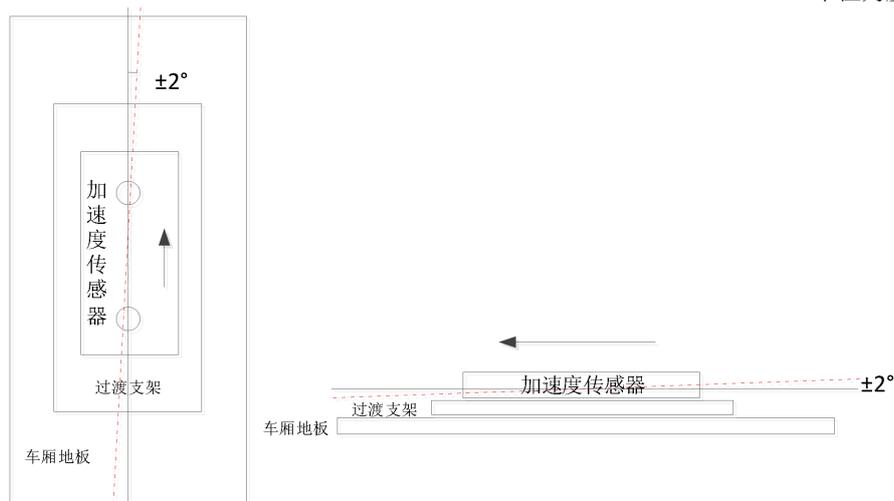


图 F. 11 加速度传感器安装要求示意图

F. 3. 4. 5 ATO 车载设备机柜

F. 3. 4. 5. 1 ATO 车载设备机柜不应大于 615mm（宽）×490mm（深）×820mm（高）。当 ATO 设备机柜与其他机柜组合安装时，净高度不超过 1900mm。

- F.3.4.5.3 ATO 车载设备机柜若采用车辆设计的专用支架安装，应使用 M10 的螺栓进行固定。
- F.3.4.5.4 车辆提供的安装空间应考虑 ATO 车载设备的维护作业及散热要求。
- F.3.4.5.5 ATO 车载设备机柜应采用前出线方式，以便于日常维护。

F.3.5 ATO 车载设备接地要求

F.3.5.1 ATO 车载设备接地总要求

- F.3.5.1.1 ATO 车载设备通过多芯或编织铜带接地电缆与车辆地连接。
- F.3.5.1.2 ATO 车载设备机柜应通过接地线与车辆独立接地点相连接。
- F.3.5.1.3 接地和等电位测量应使用低电感连接的方法，并做好防腐措施。

F.3.5.2 ATO 车载设备机柜接地

- F.3.5.2.1 ATO 车载设备机柜接地点需单独提供，接地电缆两端需采用 M8 的接线头压接，并采用 M8 的螺丝和紧锁垫圈固定。
- F.3.5.2.2 接地电缆线芯截面积至少 10mm^2 ，接地线最长不超过 2000mm。

F.3.5.3 GPRS 天线接地要求

GPRS 天线通过天线底面与车辆安装法兰连接的方式进行接地。

F.3.5.4 多普勒雷达接地（可选）

- F.3.5.4.1 雷达速度传感器接地需连接到车体机构地。
- F.3.5.4.2 接地电缆线芯截面积至少 10mm^2 ，接地线最长不超过 1500mm。

铁道行业标准《高速铁路列车自动驾驶系统总体技术要求》

(征求意见稿)

编制说明

1 工作简况

1.1 编制依据

根据《国家铁路局 2024 年铁路装备技术和运输服务标准项目计划》(国铁科法函〔2024〕67 号)24T047 项目和《国家铁路局 2024 年铁路装备技术和运输服务标准项目计划(承担单位)》(科法函〔2024〕119 号)的要求,由铁路行业电气设备与系统标准化技术委员会通信信号分技术委员会归口,并由北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所、北京和利时系统工程有限公司、北京交通大学、中铁检验认证中心有限公司共同起草《高速铁路列车自动驾驶系统总体技术要求》。

本标准为首次制定。

1.2 制修订本标准的必要性

高速铁路列车自动驾驶系统是在 CTCS-2/CTCS-3 级列控系统的基础上,增加车载 ATO 单元、地面专用应答器,通过 GPRS 网络实现站台门控制、数据发送和运行计划处理,实现列车自动驾驶功能的系统。

高速铁路列车自动驾驶系统是智能高铁的关键核心技术之一,于 2019 年在京张铁路投入应用,2023 年完成了京张高铁全场景全要素试验,在提高旅客舒适度、减轻司机劳动强度、节能降耗方面发挥重要作用。为规范高速铁路列车自动驾驶系统的设计、制造、检验和使用,需要制定行业标准。

1.3 编制过程

在本标准的编制过程中,完成了大量的基础研究和编写工作。本标准编制过程概要如下:

(1) 标准计划下达后,在标委会组织下,北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司通信信号研究所、北京和利时系统工程有限公司、北京交通大学、中铁检验认证中心有限公司等单位成立了标准起草组,对高速铁路自动驾驶系统自动发车、区间自动运行、自动停车、自动开门及站台门联动、人机交互等核心需求和工程应用进行了调研,收集了相关技术资料,在对前期工作深入讨论研究后,2025 年 3 月形成了本标准的征求意见稿(铁通号标函〔2025〕16 号)。

2 编制原则

2.1 标准格式统一、规范,符合 GB/T 1.1-2020 要求。

2.2 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。

2.3 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。

2.4 标准实施后有利于提高铁路产品质量、保障运输安全,符合铁路行业发展需求。

3 主要内容

3.1 本标准规定了高速铁路列车自动驾驶高速铁路列车自动驾驶系统（以下简称高速铁路ATO系统）的总体要求、系统结构及组成、车载工作模式、基本功能要求、运营场景、系统设备功能、接口要求、地面配置方案及系统性能要求；适用于高速铁路ATO系统的设计、制造、检验和使用。

3.2 本标准的主要技术要求包括高速铁路ATO系统的功能要求、系统结构及组成、人工驾驶和自动驾驶状态下的车载工作模式、基本功能要求、正常运行及故障降级情况下的运营场景、系统设备功能、系统接口要求、设备间接口方式及接口内容、地面配置方案及系统性能要求等。

3.3 本标准参考《高速铁路列车自动驾驶(ATO)系统总体技术规范》(Q/CR 1000-2023)、《高速铁路ATO系统车载设备接口暂行技术条件》(TJ/DW 216-2019)等技术规范，结合高速铁路ATO系统的应用实际编制。

3.4 本标准与《高速铁路列车自动驾驶(ATO)系统总体技术规范》(Q/CR 1000-2023)、《高速铁路ATO系统车载设备接口暂行技术条件》(TJ/DW 216-2019)相比，无重要技术差异。

3.5 经起草组研究分析，没有与本标准主要技术内容相关联的现行国家标准、行业标准。

4 关键指标

4.1 参考 Q/CR 1000-2023，提出了ATO控制列车减速度的变化率（即舒适度）应小于 0.75m/s^3 的要求，以满足旅客舒适度要求。

4.2 参考 Q/CR 1000-2023，提出了在车站站台的安全停车窗 $\pm 1\text{m}$ 和自动开门停车窗 $\pm 0.5\text{m}$ 的要求，为适应车站车门及站台门对外安全防护提供技术支撑。

4.3 参考 Q/CR 1000-2023，提出了一个TSRS能够管理的最少列车数量为60列的要求，为TSRS工程配置提供技术依据。

5 有无重大分歧意见

无。

6 强制或推荐、废止、公开建议

6.1 建议本标准作为推荐性行业标准发布。

6.2 由于未识别出版权等相关知识产权问题，建议本标准公开。

6.3 本标准未识别出相关专利。

7 其他应予说明的事项

无。

标准起草组

2025年3月