

T/VSTR

团 体 标 准

T/VSTR 029—2025

基于北斗和 5G 的铁路调车机车自动控制 系统总体技术条件

The general technical specification of railway shunting locomotive
automation control system based on Beidou and 5G

2025 - 08 - 06 发布

2025 - 09 - 01 实施

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 系统适用条件 2

6 系统构成 2

7 系统功能要求 4

8 系统技术要求 8

9 系统使用环境条件 12

10 系统电磁兼容及雷电防护 13

附录 A(资料性)铁路调车机车自动控制系统与铁路无线调车灯显设备串行接口标准 14

参考文献 17

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。

本文件由中关村轨道交通视频与安全产业技术联盟铁路卫星与新技术应用专业委员会提出。

本文件由中关村轨道交通视频与安全产业技术联盟归口。

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、中国铁路广州局集团公司电务部、北京华铁信息技术有限公司、北京六捷科技有限公司、成都物朗科技有限公司、南京泰通科技股份有限公司、株洲太昌电子信息科技股份有限公司、中铁二院工程集团有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、中铁第五勘察设计院集团有限公司、中铁通信信号勘测设计院有限公司、北京佳讯飞鸿电气股份有限公司、北京交通大学、西南交通大学、鞍钢股份有限公司鲅鱼圈钢铁分公司、中测国际地理信息有限公司、北京建筑大学、中国铁路济南局集团有限公司科学技术研究所、湖南华菱湘潭钢铁有限公司运输部、烟台港铁路公司、首钢京唐钢铁联合有限责任公司运输部、广州市中海达测绘仪器有限公司、北京中瑞特通讯科技有限公司、北京凯斯隆机电技术开发有限公司、武汉钢铁有限公司运输部、日照港集团有限公司铁路运输公司、连云港港口控股集团铁运分公司、秦皇岛港股份有限公司铁路运输分公司、马鞍山钢铁股份有限公司运输部、湛江港(集团)股份有限公司铁路分公司、广东中南钢铁股份有限公司物流部、北部湾港防城港码头有限公司、攀钢集团矿业有限公司、山东高速轨道交通集团有限公司、晋能控股装备制造集团有限公司铁路运输分公司、中铝物流集团东南亚国际陆港有限公司。

本文件主要起草人：刘晶、许勤、杨华昌、赵强、李莉、郭诗峰、何锋、陈天祥、王惠春、胡博、刘立峰、达兴亮、饶雄、吴书伟、李志兵、刘文才、史志强、王剑、王彬鉴、马亮、郭兵、冯凯、吴强、刘斌、张俊武、胡春辉、黄胜、孙永波、刘寰、韩坤、刘军、王磊、吴彬、戴树伟、蒋捷、郭贤、徐天涛、丁泉、陈波、夏令祥、孙木亮、胡军、董炜、陆智刚、刘金波、李中伟、张喜书、王翔、张生根、王军、王延高、高凡、张品、吴大立、李军复、黎一冰、郭翔、贾文生、南红云、甘海洋、张建敏、王正午、刘德福、李兴禹、高强。

基于北斗和 5G 的铁路调车机车自动控制系统总体技术条件

1 范围

本文件规定了基于北斗和5G的铁路调车机车自动控制系统的适用条件、构成、功能要求、技术要求、使用环境条件、电磁兼容和雷电防护等内容。

本文件适用于国家铁路、地方铁路、专用铁路和铁路专用线车站(场)基于北斗和5G的铁路调车机车自动控制系统(以下简称系统)的设计、研发、制造、施工、测试、维护。

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

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

GB/T 25119-2021 轨道交通 机车车辆电子装置

TB/T 3074-2017 铁路信号设备雷电电磁脉冲防护技术条件

TB/T 3498-2018 铁路通信信号设备雷击试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

调车监控 shunting locomotive monitoring

系统对调车信号和相关基本信息进行处理,实现对车站集中联锁控制区调车车列(含单机)的速度监控。

3.2

调车信号突变 shunting signal mutation

调车机车运行过程中,当车列前端距前方信号机的距离小于系统控制模式作用距离时,该信号突然关闭的情况。

3.3

站场表示信息 station annunciator information

站场表示信息指站场设备状态信息,内容含信号机、道岔、轨道电路区段等状态信息,具备条件时可含有表示器、脱轨器、停车器、减速器等与调车作业相关的设备状态信息。

3.4

站场 5G 网络 station 5G net

站场5G网络指由运营商提供的公网专用无线网络。在具备条件时,也可采用铁路专用5G网络。

3.5

边缘计算 edge computing

在远离核心网中心、贴近业务的边缘节点提供计算能力,满足低时延或本地处理的业务需求。

3.6

边缘 UPF edge user plane function

在边缘节点实现用户业务应用需求运算的设备。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CBI: 计算机联锁 (Computer Based Interlocking)

CGCS2000: 2000中国大地坐标系统 (China Geodetic Coordinate System)

CTC: 调度集中 (Centralized Traffic Control)

DMI: 司机-车载设备接口 (Driver Machine Interface)

DNN: 数据网络名称 (Data Network Name)

GNSS: 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

IP: 网络之间互联的协议 (Internet Protocol)

MEP: 移动边缘计算平台 (Mobile Edge computing Platform)

MTBF: 平均无故障时间 (Mean Time Between Failures)

MTTR: 平均修复时间 (Mean Time To Repair)

RMS: 均方根 (Root Mean Square)

RTK: 实时载波相位差分 (Real Time Kinematic)

SS-RSRP: 同步参考信号接收电平 (Synchronization Signal Reference Signal Received Power)

SS-SINR: 同步参考信号信干噪比 (Synchronization Signal Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio)

UPF: 用户面功能 (User Plane Function)

5G: 第五代移动通信 (the 5th Generation mobile communication)

5GC: 5G核心网 (5G Core network)

5GTU: 5G车载传输平台 (5G onboard Transmission Unit)

5 系统适用条件

5.1 系统应适用于运用 CBI、CTC、驼峰自动化或其他同类设备的电气集中联锁车站(场), 并有调车作业的车站集中联锁控制区。

5.2 系统应适用于在上述站(场)内运用的调车机车。

6 系统构成

6.1 系统结构示意图

系统由地面设备和车载设备组成。一台机车配置一套车载设备。系统结构示意图见图1。

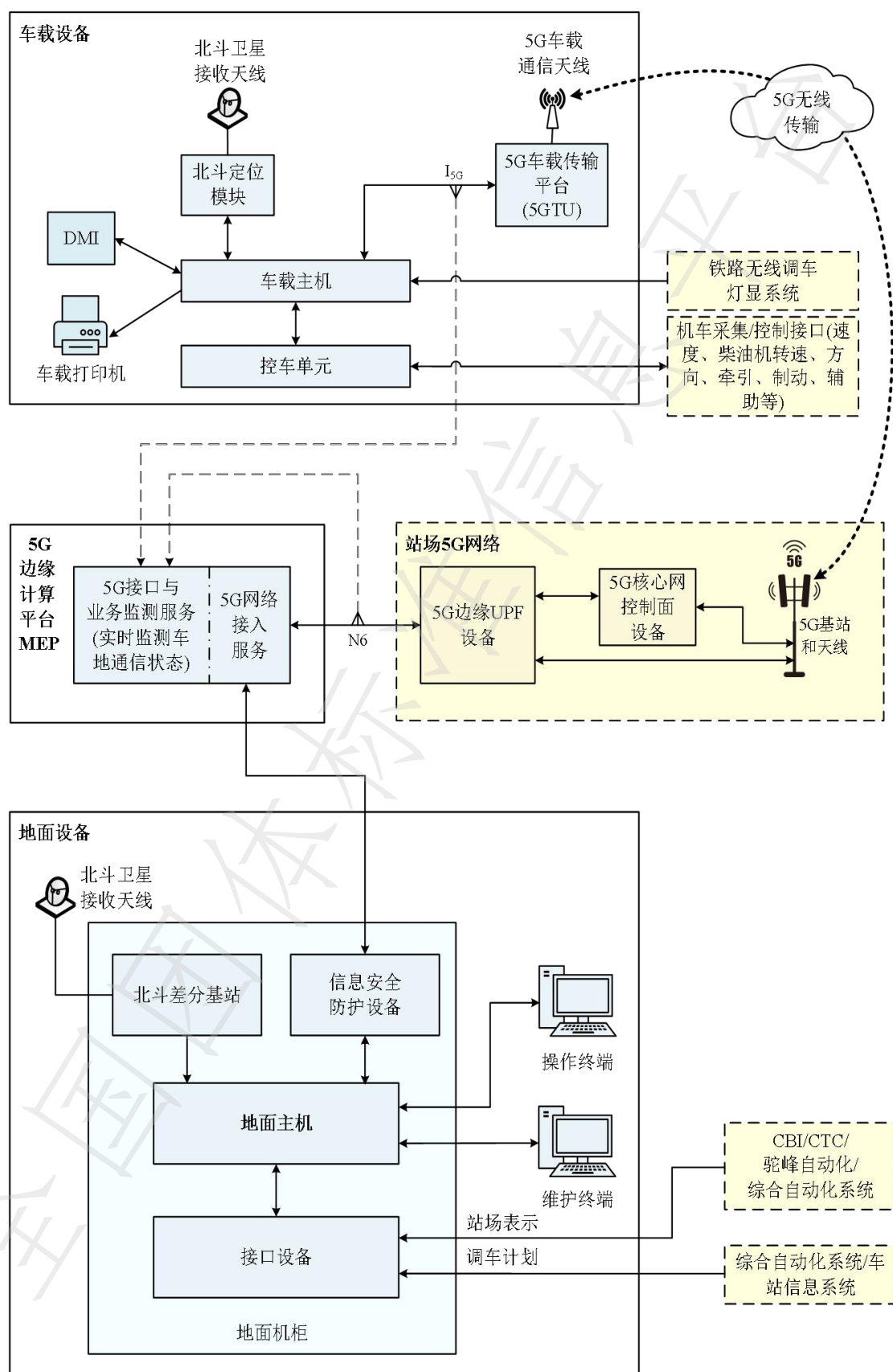


图 1 系统结构示意图

6.2 地面主要设备配置

地面主要设备配置包括：

- a) 地面主机；
- b) 北斗差分基准站；
- c) 北斗差分基准站接收天线；
- d) 信息安全防护设备；
- e) 操作终端；
- f) 维护终端；
- g) 接口设备；
- h) 地面机柜；
- i) 5G 边缘计算平台(MEP)。

注：信息安全防护设备是指在地面主机与边缘UPF之间设置的网络安全防护设备,实现信息安全隔离等功能。

6.3 车载主要设备配置

车载主要设备配置包括：

- a) 车载主机；
- b) 北斗定位模块；
- c) 北斗卫星接收天线；
- d) 5G 车载传输平台(5GTU)；
- e) 5G 车载通信天线；
- f) DMI；
- g) 控车单元(需要进行机车直接控制时选配)；
- h) 车载打印机(需要提供车载打印服务时选配)。

6.4 系统相关设备

系统相关设备包括：

- a) 5G 边缘 UPF 设备；
- b) 5G 核心网控制面设备(5GC)；
- c) 5G 基站和天线。

7 系统功能要求

7.1 一般要求

7.1.1 在车站(场)的集中联锁区域内,在机车上实现调车机车信号及站场表示等信息的实时显示,并对调车车列(含单机)的牵引、推进、连挂等作业进行调车监控和调机控制。

7.1.2 系统具备人工驾驶监控、信令遥控和推峰自动控制三种模式。

7.1.3 地面主机采集调车机车运行相关的站场表示信息、调车作业通知单等基本信息,经运算处理后,采用无线数据传输方式,向车载主机等设备传送调机控制信息;车载设备根据调机控制信息、灯显信令和机车工况执行机车控制。

7.1.4 系统根据调车车列(含单机)运行前方进路类型、进路限速、距防护点距离、防护信号、车列辆数、制动软管条件规定等信息,计算到前方防护点的控制模式曲线,当机车速度超过模式曲线的限速值时,发出制动指令,起到防护作用。

7.1.5 系统应采用多源融合定位方式实现调车机车和车列的定位、跟踪。其中,应采用北斗卫星定位技术作为卫星定位手段,将卫星定位实时经纬度坐标与站场表示的区段占用出清状态、机车运行距离进行融合运算,实现调车机车的高精度定位、跟踪。

7.1.6 系统采用 5G 移动通信技术作为无线数据传输的主要手段。

7.1.7 当系统可与列车运行监控装置(LKJ)接口时,调车监控、显示等功能可参照相关标准执行。

7.2 显示、操作、报警、统计等信息功能

- 7.2.1 在操作终端、维护终端和 DMI 上应以站场图形方式实时显示站场表示,包括轨道电路区段占用情况、道岔定、反位表示,调车和列车的信号及进路状态、系统控制模式等。
- 7.2.2 在操作终端和 DMI 上应显示调车作业通知单。
- 7.2.3 在维护终端、操作终端上应实时显示调车车列在联锁区内所在位置,系统控制模式,调车车列(含单机)运行前方的调车信号机、调车限速、实际速度、运行方向、距前方信号机及停车点距离、灯显设备平调信令等信息。
- 7.2.4 维护终端应具有设备状态、网络状态及系统程序、数据版本号等显示功能。
- 7.2.5 操作终端应具有系统故障提示报警、用户管理、机车定位入网及调车作业通知单接收、录入、打印功能。
- 7.2.6 应在 DMI 上实时显示车列运行前方的调车信号机、调车限速、实际速度、距前方信号机及停车点距离、系统控制模式等信息。在自动控制时应能够显示自动控制的目标速度、目标距离和控制状态。
- 7.2.7 应具有在 DMI 上进行语音提示及报警功能。
- 7.2.8 应具有在 DMI 上操作机车位置定位、钩作业确认、手柄方向设定等功能。
- 7.2.9 应具有在机车上打印调车作业通知单的功能。
- 7.2.10 操作终端及 DMI 上应具有越出站界、跟踪出站模式选择确认功能。
- 7.2.11 应具有钩计划自动抹销的功能,可自动记录调车作业钩分时间和每批计划完成时间。
- 7.2.12 应具有监控、报警等信息统计和分析的功能。

7.3 调车监控功能

7.3.1 系统在正常工作条件下,应实现以下调车监控功能:

- a) 防止调车车列(含单机)越过关闭的信号机;
- b) 防止调车车列(含单机)不按规定越过站场规定的一度停车点;
- c) 防止调车车列(含单机)不按规定越过车站站界标;
- d) 防止调车车列(含单机)越过尽头线安全距离停车点;
- e) 防止调车车列(含单机)运行速度超过调车作业允许的最高限速,在牵引运行时,不应超过 40 km/h;推进运行时,不应超过 30 km/h;
- f) 防止调车车列(含单机)通过道岔时运行速度超过道岔允许速度;
- g) 防止调车车列(含单机)通过固定限速区段时运行速度超过区段允许速度;
- h) 当系统存储有停留车位置时,防止连挂作业时超过连挂作业允许速度。当收到十、五、三车信令时,限速分别不应超过 18 km/h、13 km/h、8 km/h(可根据需要配置),接近被连挂的车辆时,限速不应超过 6 km/h;
- i) 调动乘坐旅客或装载爆炸品、气体类危险货物、超限货物的车辆时,限速符合相关规定。

注1:正常工作条件——无线通信正常,机车测速测距准确度符合要求,车列制动软管连接状态符合相关规定的要求,系统联锁信息采集及传输工作正常,无调车信号突变及分路不良等异常情况。

注2:十、五、三车对应的距离分别为110 m、55 m、33 m。

7.3.2 系统应在下列任一情况下实现解锁功能:

- a) 信号机防护解锁。信号机防护解锁功能分为“靠标解锁”和“蓝灯大解锁”两种:
 - 1) 靠标解锁。靠标解锁后允许调车车列忽略安全距离,尽量接近关闭的信号机。当调车车列前端距关闭信号机的距离在设定的“允许解锁”范围内,且不超过设定的“允许解锁”速度值时,系统应提供解锁操作条件,解锁后允许车列以不超过规定的速度接近前方关闭的信号机。接近过程中应由人工确认停车距离;
 - 2) 蓝灯大解锁。蓝灯大解锁后允许调车车列越过关闭的信号机。当调车车列前端距关闭信号机的距离在设定的“允许解锁”范围内,且在停车条件下,系统应提供解锁操作条件,按规定要求解锁后允许车列越过前方关闭信号机。
- b) 一度停车点防护解锁。当调车车列前端距设置的一度停车标的距离在设定的“允许解锁”范围内,且不超过设定的“允许解锁”速度值时,系统提供解锁操作条件,解锁后允许车列越过该停车标;
- c) 站界防护解锁。当调车车列前端在车站站界标前“允许解锁”的距离范围内,且不超过设定的“允许解锁”速度值时,系统提供解锁操作条件,解锁后允许车列按规定越过站界;

- d) 尽头线防护解锁。当调车车列前端距尽头线安全距离停车点的距离在设定的“允许解锁”范围内,且不超过设定的“允许解锁”速度值时,系统提供解锁操作条件,解锁后允许车列以不超过 5 km/h 的速度向尽头线终端方向运行。
- 7.3.3 系统设定的尽头线停车点到尽头线线路终端间的距离应不小于 10 m。
- 7.3.4 当调车信号突变时,应按照信号突变后的状态进行模式计算控制。
- 7.3.5 当距前方停车点距离未知时,应采取报警措施。

7.4 自动控制功能

7.4.1 控制模式分类

系统应具备三种机车控制模式。

- a) 人工驾驶监控,指由司机驾驶机车,系统对机车运行进行监控。
- b) 信令遥控,指作业人员(一般指调车长)通过遥控设备(一般使用灯显设备)控制机车运行的驾驶模式。
- c) 推峰自动控制,指由系统根据调车计划、进路、信号、驼峰速度命令、平调信令、授权指令等条件,自动控制机车完成推峰作业过程中的起动、加速、减速、调速、制动、停车、驻车等作业。

7.4.2 控制模式转换

- 7.4.2.1 系统应在机车上设置模式转换开关或按钮,进行控制模式的转换。
- 7.4.2.2 系统应实时检测机车司控台的操纵状态。在自动控制/信令遥控模式下,当检测到机车上有人工操作介入驾驶时,系统应立即切断自身的动力输出,并切换到人工控制模式。

7.4.3 模式优先级设定

- 7.4.3.1 系统控制模式的优先级设定应遵循人工控制优先级最高,自动控制优先级最低的原则。
- 7.4.3.2 系统应遵循停车优先级高于控车运行优先级的基本原则。

7.4.4 自动控制条件

自动控制包含信令遥控和推峰自动控制。遥控命令(含调车信令)与地面进路、信号、调车计划等作业条件共同构成系统自动控制的行车条件。各条件均是自动控制的必要条件,所有条件都具备后系统方可控车运行。自控过程中任意一个必要条件缺失,则应立即降级运行或直接停车。自动控制条件包括:

- a) 机车操纵人员授权自动控制;
- b) 遥控命令(含调车信令)保持在允许动车的状态;
- c) 进路已锁闭或相关道岔单锁;
- d) 运行前方信号已开放;
- e) 调车作业计划与进路、信号相符;
- f) 调机位置与调车作业计划、进路、信号条件相符;
- g) 系统运行状态正常。

7.4.5 信令遥控功能

- 7.4.5.1 在该模式下,系统应通过接收遥控设备发送的平调信令,按照信令要求的目标速度控制机车运行。
- 7.4.5.2 信令遥控功能下,系统根据平调信令控车运行,各常用信令对应的控制速度和距离如下:
 - a) 停车——立即采取平稳制动的方式制动停车;
 - b) 紧急停车——立即触发系统紧急制动输出;
 - c) 紧急制动解锁——撤除紧急制动输出;
 - d) 推进——控制机车朝推进方向运行,运行距离不超过进路安全距离,推进速度根据企业规定设定(不超过 30 km/h);
 - e) 十车——控制机车朝推进方向运行 110 m,速度不超过 17 km/h,并在距离逐渐减小的过程中平稳减速;

- f) 五车——控制机车朝推进方向运行 55 m, 速度不超过 12 km/h, 并在距离逐渐减小的过程中平稳减速;
 - g) 三车——控制机车朝推进方向运行 33 m, 速度不超过 7 km/h, 并在距离逐渐减小的过程中平稳减速;
 - h) 减速——控制机车减速至 3 km/h 以下, 不改变当前的运行目标距离和方向;
 - i) 起动——不动作。
 - j) 溜放——不动作。
- 7.4.5.3 信令遥控时, 以收到的最后一个信令为依据控车。

7.4.6 推峰自动控制范围及功能

7.4.6.1 推峰自动控制功能(驼峰机车遥控)是指系统应根据调车计划, 自动识别进路和信号开放情况, 将调车计划分解为不同工步, 结合机车/车列位置、编组数量、接风数量、车列长度等动态信息, 自动控制机车(含车列)运行至目标停车位置, 并连续执行后续工步和计划。主要包括下列功能:

- a) 自动推送车列运行完成驼峰推峰作业;
- b) 根据线路条件和作业类型自动调速;
- c) 自动驻车;
- d) 自动鸣笛;
- e) 自动撒砂。

7.4.6.2 推峰自动控制作业范围包括全部推送进路, 横列式站场包括牵出线至峰顶或禁溜线; 纵列式站场包括到达场推送线至驼峰峰顶或禁溜线。

7.4.6.3 采用推峰自动控制时, 设定速度范围应为 3 km/h~15 km/h, 速度级差不应大于 2 km/h。

7.4.6.4 采用推峰自动控制时, 驼峰信号与速度命令的对应关系一般为, 显示黄闪时速度命令为 3 km/h~5 km/h, 显示绿色时速度命令为 6 km/h~8 km/h, 显示绿闪时速度命令为 9 km/h~15 km/h。驼峰信号与速度命令的对应关系可根据用户要求适当调整。

7.4.6.5 推峰自动控制应满足只有已排列推送进路的机车能接收并执行自动控制命令。

7.4.6.6 当机车出清到达场后需要后退进入到达场咽喉区时, 到达场应排列调车进路, 否则, 机车应在到达场咽喉区前自动停车。

7.4.6.7 设两条及以上推送线的驼峰, 预推宜到达峰顶平台。预推停车位置根据用户要求确定, 误差为 ± 15 m。预推速度可设定在 5 km/h~15 km/h。

7.4.6.8 机车接收并执行驼峰自动化系统推峰遥控命令后, 应向驼峰自动化系统发出回执, 回执中应包括实测推峰速度。

7.4.6.9 驼峰推峰自动控制下, 车载驼峰信号显示的应变时间应小于 1 s, 由开放显示变为红灯时应有音响报警。

7.4.6.10 当作业需要后退时, 系统应检查后退进路、信号和安全距离, 不满足行车要求时应自动停车。

7.4.6.11 在自动控制模式下, 推送车列下峰作业时, 应在下峰进路建立、驼峰信号条件开放后, 可转入信令遥控模式。

7.4.6.12 在自动控制模式下, 推送车列送禁溜线、迂回线时, 应在送禁溜线、迂回线进路建立、驼峰信号条件开放后, 可转入信令遥控模式。

7.5 故障处理功能

7.5.1 当站场表示采集通信故障时, 操作终端及维护终端显示的所有道岔无表示, 信号显示禁止状态, 并报警。处于调车监控状态下的机车, 车载主机通过 DMI 启动报警, 经确认操作后退出调车监控和控制, 报警后 7 s 内未得到确认操作, 系统发出制动指令。

7.5.2 处于调车监控状态下的机车, 当车载主机判断无线通信发生故障, 与地面通信中断时, 车载主机应通过 DMI 启动报警, 经确认操作后退出调车监控, 报警后 7 s 内未得到确认操作, 发出制动指令。

7.5.3 处于自动控制状态下的机车, 当车载主机判断无线通信发生故障, 与地面通信中断时, 系统应立即制动停车, 保持制动状态, 并通过 DMI 启动报警, 经确认操作后退出自动控制。

7.5.4 系统应监测自身设备、模块、接口的工作状态, 发现故障时应在 DMI 和操作终端上报警, 经确认操作后可视故障情况降级运行。报警后 7 s 内未得到确认操作, 发出制动指令。

7.5.5 DMI 发生故障, 或 DMI 与车载主机间失去连接时, 应立即启动报警, 处于自控状态下的车载主机应

立即制动,直到人工介入退出自动控制;处于人工控制状态下的车载主机应立即退出调车监控。

7.5.6 系统发生卫星信息丢失等其他不影响调车监控和自动控制的故障,应进行提示、报警和记录。

7.6 记录处理功能

7.6.1 系统应通过维护终端实时记录调车作业过程中的重要信息,包括站场状态、设备及网络状态、故障、相关采集数据、人工录入数据、与其他系统接口的通信数据等。

7.6.2 系统的维护终端应具有历史数据、运行轨迹的查询和回放功能,数据存储时间不应少于 90 d。

7.6.3 车载主机应具有历史数据记录功能,记录时间不应少于 24 h。

8 系统技术要求

8.1 设备技术要求

8.1.1 地面主机

8.1.1.1 地面主机应采用高可靠性工业级控制设备。

8.1.1.2 地面主机使用的操作系统应满足系统控制实时性、可靠性要求。

8.1.1.3 地面主机与操作终端、维护终端的系统内部通信应采用网络接口或串行接口。采用网络接口时应采用双网冗余结构,速率不应小于 100 Mbit/s。

8.1.1.4 地面主机应采用热备冗余结构。

8.1.2 地面机柜

8.1.2.1 地面主机、地面无线通信设备、网络通信设备、维护终端及其他电子类设备宜安装在地面机柜内。

8.1.2.2 地面机柜应符合铁路室内通用机柜相关规范的要求。在电源、计算机设备、数据通信线路、机架结构及地线设置等方面应按照电磁兼容和防雷有关标准设计。

8.1.2.3 地面机柜应良好接地。计算机与现场连接的电缆防雷措施应符合 TB/T 3074-2017 相关要求。

8.1.2.4 地面机柜宜安装在信号设备机房内。

8.1.3 维护终端

8.1.3.1 维护终端设备应选用工业级计算机。

8.1.3.2 维护终端与地面主机的通信应采用网络接口或串行接口。

8.1.3.3 维护终端的主界面主要应包括车站信号平面图、调车机车信息、地面主机工作状态等。

8.1.3.4 维护终端故障时不应影响系统的控制功能。

8.1.3.5 维护终端可采用带隔离的串口通信方式与铁路信号集中监测系统接口。

8.1.4 操作终端

8.1.4.1 操作终端设备应选用工业级计算机。

8.1.4.2 操作终端的主界面主要应包括车站信号平面图、调车机车信息、地面主机工作状态等。

8.1.4.3 操作终端与地面主机的通信应采用网络接口或串行接口。

8.1.4.4 操作终端与车站信息系统的通信宜采用带隔离的网络接口或串行接口,具备网络安全防护措施。

8.1.5 车载主机

8.1.5.1 车载主机应采用工业级控制设备。

8.1.5.2 车载主机使用的操作系统应满足系统控制实时性、可靠性要求。

8.1.5.3 车载主机应安装在机车司机室或电器间、设备间。

8.1.6 控车单元

8.1.6.1 控车单元应采用工业级控制设备。

8.1.6.2 控车单元使用的操作系统应满足系统控制实时性、可靠性要求。

- 8.1.6.3 控车单元应安装在机车司机室或电器间、设备间。
- 8.1.6.4 控车单元应能够与机车控制电路、采集电路、辅助电路实现电气连接或通信连接,控制机车牵引、制动及风笛、撒砂等功能的输出,采集机车速度等机车工况信息。
- 8.1.6.5 控车单元的功能可集成在车载主机内部,由车载主机完成。

8.1.7 DMI

- 8.1.7.1 DMI 应采用工业级控制设备。
- 8.1.7.2 DMI 应具备显示、操作输入、语音报警等功能。
- 8.1.7.3 DMI 应安设在便于司机观察、操作的位置。
- 8.1.7.4 双端操作的机车,应分别安装 DMI。

8.2 软件技术要求

- 8.2.1 设计的程序应模块化、结构化、标准化。
- 8.2.2 系统程序和车站基础数据应具有相对独立性,车站基础数据应采用校验码或冗余存储的方式进行数据存储。
- 8.2.3 系统软件版本应有程序和数据版本号标识。系统软件版本应按照铁路信号软件相关管理办法进行显示和管理。
- 8.2.4 地面主机与车载主机通信接口应对软件及数据版本号进行校核。

8.3 北斗卫星导航设备运用方法要求

- 8.3.1 系统应采用 CGCS2000 坐标系。
- 8.3.2 接收机捕获灵敏度优于 -133 dBm。接收机跟踪灵敏度优于 -136 dBm。
 注1: 捕获灵敏度: 接收机在冷启动条件下,捕获导航信号并正常定位所需的最低信号电平。
 注2: 跟踪灵敏度: 用接收机在正常定位后,能够继续保持对导航信号的跟踪和定位所需的最低信号电平。
- 8.3.3 接收机单点定位水平精度应优于 5 m(RMS),垂直精度应优于 10 m(RMS)。
- 8.3.4 接收机首次定位时间:
 - a) 冷启动首次定位时间应不超过 120 s;
 - b) 温启动首次定位时间应不超过 60 s;
 - c) 热启动首次定位时间应不超过 20 s。
 注1: 冷启动: 接收机在概略位置、概略时间、星历和历书均未知的状态下开机,到首次定位所需时间。
 注2: 温启动: 接收机在概略位置、概略时间、历书已知,星历未知的状态下开机,到首次定位所需时间。
 注3: 热启动: 接收机在概略位置、概略时间、星历和历书均已知的状态下开机,到首次定位所需时间。
- 8.3.5 北斗卫星导航定位技术的应用宜采用单基站 RTK 差分方式。采用 RTK 差分方式时,应满足以下技术要求:
 - a) 接收机进行 RTK 测量的水平标称精度应优于 $\pm(20+1\times D)$ mm,垂直标称精度应优于 $\pm(30+1\times D)$ mm。
 - b) RTK 初始化时间: 单基站 RTK 模式下初始化时间不超过 20 s;
 - c) RTK 差分电文宜采用 RTCM 10403 格式[差分数据 GNSS 服务标准(第三版)]或更高版本。
 注: 接收机的标称精度表示为: $(a+b\times D)$ mm,其中 a 为固定误差,单位为毫米(mm); b 为比例误差,单位为毫米每千米(mm/km); D 为基线长度,单位为千米(km)。当基线长度小于 0.5 km时,取 0.5 km进行计算。接收机进行静态基线测量的水平标称精度应优于 $\pm(5+0.5\times D)$ mm,垂直标称精度应优于 $\pm(10+0.5\times D)$ mm。
- 8.3.6 接收机位置更新率应不低于 5 Hz。
- 8.3.7 在卫星信号严重遮挡的区域,可采用陆基自主定位导航授时系统、UWB 等辅助定位手段进行定位。
- 8.3.8 北斗差分基准站天线应有 30° 以上地平高度角的卫星通视条件。
- 8.3.9 北斗卫星导航设备测速误差不应大于 1 km/h(RMS)。
- 8.3.10 北斗卫星导航设备提供时间精度应不低于 50 ns(RMS)。

8.4 地图数据要求

- 8.4.1 地图数据中每个测绘点应勘测该点的经纬度坐标和高程,所有经纬度测绘误差应小于 0.1 m。数据点格式应为 80 坐标系格式。
- 8.4.2 地图数据应包括站内所有绝缘节、道岔、信号机、站界、尽头线车挡、停车点、分界点、分区

点等的坐标。

8.4.3 地图数据中对于长度大于 100 m 的曲线区段,应包含曲线坐标。

8.4.4 地图数据中应包含每个区段的长度。

8.5 无线通信技术要求

8.5.1 通用要求

8.5.1.1 无线信号覆盖范围应为系统的全部作业区,支持连续覆盖,网络覆盖及服务质量应满足系统控制范围内设备正常工作的要求。

8.5.1.2 系统地面主机与车载主机通信周期不应大于 1 s。无线通信中断超过 3 个通信周期时,视为通信故障。通信故障反应时间不应大于 3.5 s。

8.5.2 5G 无线通信技术运用方法及要求

8.5.2.1 系统无线通信采用基于 5G 的无线通信技术实现车地通信,也可采用其他通信手段作为冗余通道。

8.5.2.2 系统应采用 5G 车载传输平台、站场 5G 网络(包括 5G 基站、5G 核心网控制面设备、5G 边缘 UPF 设备)、5G 边缘计算平台。

8.5.2.3 5G 车载传输平台为系统其他车载设备提供接入站场 5G 网络的能力,支持铁路 5G 专用频段及电信运营商 5G 频段,同时配置机车车载天线。5G 车载传输平台内部通信模组应冗余配置,且应支持网络覆盖监测功能。

8.5.2.4 站场 5G 网络为系统提供车地双向数据传输通道,可按需支持冗余组网。站场 5G 网络设备应满足运营商或铁路相关标准要求,其功能、性能应满足铁路调车机车自动控制系统业务需求。

8.5.2.5 5G 边缘计算平台为系统其他地面设备提供站场 5G 网络接入服务、5G 接口与业务监测服务等功能。其中,5G 接口与业务监测功能对调车运行控制车载设备与 5GTU 之间的 I_{5G} 接口、站场 5G 网络与 5G 边缘计算平台之间的 N6 接口进行监测,支持对接口控制消息和业务数据的采集、处理、查询和综合分析,支持基于 5G 的系统运行过程的通信故障分析、数据传输质量分析等运维操作。站场 5G 网络接入服务根据调机业务需求提供通信协议转换及通信链路控制功能。

8.5.2.6 数据传输通道应符合以下要求:

- a) 地面设备与 5G 边缘计算平台 MEP 之间接口为 N6 接口,应采用以太网口方式,通信速率不小于 100 Mbit/s;
- b) 车载设备与 5G 车载传输平台 5GTU 之间的接口为 I_{5G} 接口,应采用以太网口方式,通信速率不小于 100 Mbit/s。

8.5.2.7 站场 5G 网络的覆盖及容量设计应符合以下要求:

- a) 站场 5G 网络覆盖强度应满足 SS-RSRP 不小于 -96 dBm 且 SS-SINR 不小于 -3 dB (99% 概率)。
- b) 站场 5G 网络容量设计应能满足站场内调车机车自动控制系统业务需求,单台调车机车业务需求见表 1。

表 1 调车机车自动控制系统业务对 5G 网络的业务基本需求

业务名称	业务连续性要求	单用户业务上行带宽(kbit/s)	单用户业务下行带宽(kbit/s)	端到端时延(ms)	业务属性	业务分布范围	业务重要性
调车机车自动控制系统业务	业务要求连续	8	32	50 (车-地)	机车与地面服务器之间的数据业务	业务覆盖站场整个区域	最高优先级

8.5.2.8 站场 5G 网络网元设置应符合以下要求:

- a) 公网专用条件下,在系统所在站场设置专用 UPF,可按需支持冗余设置;
- b) 应具备网络切片功能,可提供特定网络能力的、端到端的逻辑专用网络,可为不同场景业务和终端动态创建切片,切片相对独立,切片之间不相互影响。

注:网络切片是指提供特定网络能力和网络特征(如资源隔离、服务等级协议保障特性等)、为客户提供多种业务属性的逻辑网络。

8.5.2.9 站场 5G 网络编号和寻址应符合以下要求:

- a) DNN。站场 5G 网络应支持为系统提供专用 DNN；
- b) IP 地址。站场 5G 网络应支持为系统车、地设备分配静态 IP 地址, IPv4 协议。

8.5.2.10 采用电信运营商 5G 网络时, 5G 网络设备与系统车地控制设备之间的接口应同时符合运营商和铁路相关网络安全标准。

8.6 模式计算设定距离要求

系统模式计算的停车点距关闭的信号机、一度停车点、尽头线安全距离停车点、站界标等的设定距离不应小于 20 m。当终端区段长度过短, 不能满足系统模式计算 20 m 的要求时, 系统应予以特殊处理。

注: 模式计算指系统调车监控制动曲线的计算。

8.7 采集、控制技术要求

8.7.1 速度采集技术要求

- 8.7.1.1 速度采集精度应不低于 0.1 km/h, 采集周期应不大于 100 ms。
- 8.7.1.2 速度采集宜直接采集机车轮轴速度传感器信号。
- 8.7.1.3 使用轮轴速度传感器采集速度时, 应在同一个速度传感器上采集具有相位差的 2 路速度信号, 并通过相位差判断机车实际运行方向。
- 8.7.1.4 使用轮轴速度传感器采集速度时, 宜通过对两个不同的车轴上安装的速度传感器分别进行采集, 提高采集的冗余性。

8.7.2 自动控制精度要求

- 8.7.2.1 驼峰自动推峰速度控制误差均方差不大于 0.6 km/h。
- 8.7.2.2 单机运行、牵引车辆运行时的停车精度误差应不大于 10 m。
- 8.7.2.3 推进顶送车辆运行停车精度误差应不大于 15 m。
- 8.7.2.4 有特殊对位、停车要求时, 系统可根据特殊对位、停车的精度值要求, 增加辅助传感设备、技术, 提高停车精度。

8.8 系统外部接口技术要求

8.8.1 与计算机联锁系统接口技术要求

- 8.8.1.1 在装备计算机联锁系统的车站, 系统宜与计算机联锁系统接口采集联锁站场表示。
- 8.8.1.2 与计算机联锁系统接口采集站场表示时, 接口位置应为联锁系统控显机(上位机)。
- 8.8.1.3 与计算机联锁系统接口采集站场表示时, 应采用双路冗余带隔离的串口方式。
- 8.8.1.4 系统应单向接收联锁信息, 不应影响计算机联锁系统的正常工作。
- 8.8.1.5 采集周期应不大于 0.5 s。通信中断超过 3 个信息采集周期时, 判定为通信故障。通信故障反应时间不应大于 3 s。
- 8.8.1.6 计算机联锁系统从联锁继电器完成动作到送出数据时延不宜大于 2 s。

注: 当系统联锁信息采集及传送异常达不到此要求时, 系统显示与控制实时性将下降, 影响控制效果。

8.8.2 与 CTC 系统接口

- 8.8.2.1 电气集中车站, 系统宜与 CTC 系统自律机接口采集联锁站场表示。
- 8.8.2.2 与 CTC 系统自律机接口采集站场表示时, 应采用双路冗余带隔离的串口方式。
- 8.8.2.3 系统应单向接收站场表示信息, 不应影响 CTC 系统的正常工作。
- 8.8.2.4 采集周期应不大于 1 s。通信中断超过 3 个信息采集周期时, 判定为通信故障。通信故障反应时间不应大于 4 s。
- 8.8.2.5 CTC 系统从联锁继电器完成动作到送出数据时延不宜大于 3 s。

注: 当 CTC 系统采集及传送异常达不到此要求时, 系统显示与控制实时性将下降, 影响控制效果。

8.8.3 与综合自动化系统接口技术要求

- 8.8.3.1 在装备综合自动化系统的车站, 系统可与综合自动化系统接口, 接收站场表示、调车作业计划等信息, 发送调机位置、速度和控制方式等信息。

8.8.3.2 与综合自动化系统接口时,应采用双路冗余带隔离的网络接口或串口。

8.8.3.3 通信周期应不大于 0.5 s。通信中断超过 3 个信息采集周期时,判定为通信故障。通信故障反应时间不应大于 3 s。

8.8.3.4 综合自动化系统从联锁继电器完成动作到发送出数据时延不宜大于 3 s。

注:当综合自动化系统采集及传送异常达不到此要求时,系统显示与控制实时性将下降,影响控制效果。

8.8.4 与驼峰自动化系统接口

8.8.4.1 在驼峰场,系统宜与驼峰自动化系统接口,接收站场表示、机车控制命令、调车作业计划等信息,发送机车位置、速度和控制方式等信息。

8.8.4.2 与驼峰自动化系统接口时,应采用带隔离的串口方式。

8.8.4.3 通信周期应不大于 0.5 s。通信中断超过 3 个信息采集周期时,判定为通信故障。通信故障反应时间不应大于 3 s。

8.8.4.4 驼峰自动化系统从继电器完成动作到发送出数据时延不宜大于 2 s。

注:当驼峰自动化系统采集及传送异常达不到此要求时,系统显示与控制实时性将下降,影响控制效果。

8.8.5 与车站信息系统接口

8.8.5.1 系统需要与车站信息系统接口,获取作业计划信息时,应采用带隔离的网络接口或串口。采用网络接口时应采取网络安全防护措施。

8.8.5.2 通信周期应不大于 1 s。通信中断超过 3 个信息采集周期时,判定为通信故障。通信故障反应时间不应大于 4 s。

8.8.6 与铁路无线调车灯显系统接口

8.8.6.1 系统应与铁路无线调车灯显系统接口,获取调车信令。

8.8.6.2 系统与铁路无线调车灯显系统的接口宜采用带隔离的串口方式。无法采用串口方式接口时,可采用 6 位编码方式与铁路无线调车灯显系统调车机车控制器(以下简称“机控器”)接口,接口见 TB/T 2834-2016 附录 A 列车运行监控装置(LKJ)与无线调车灯显设备接口标准。

8.8.6.3 采用串口方式接口时,铁路调车机车自动控制系统与无线调车灯显设备串行接口标准见附录 A。通信周期应不大于 0.3 s。通信中断超过 3 个信息采集周期时,判定为通信故障。通信故障反应时间不应大于 3 s。

8.8.6.4 系统正常使用或故障时,不得影响铁路无线调车灯显系统及其连接 LKJ 的正常使用。

8.8.7 与外部无线通信系统接口

8.8.7.1 在应用现场具备无线通信系统平台,或工程应用需独立建设无线通信系统时,系统可通过与外部无线通信平台接口,实现系统无线通信需求。

8.8.7.2 系统与外部无线通信平台接口时,应采取网络接口。

8.9 系统数据和网络安全要求

8.9.1 系统数据和网络安全应满足铁路相关要求。

8.9.2 系统与外部系统之间的通信应采取适当的措施保证传输过程中信息的保密性和真实性。

8.9.3 系统数据库应布设冗余备份,建立加密机制,对关键信息、外部系统接入信息采取加密方式存储。

8.9.4 系统与外部系统进行网络连接时应设置防火墙等网络安全设备。

8.9.5 系统的用户,应进行必要的接入认证,以保证接入的安全性。

8.10 系统可靠性要求

8.10.1 系统应具有冗余性设计,部分设备故障时系统应能够保持运行。

8.10.2 任何服务异常(包括硬件和软件异常),在系统重新启动后,业务应能够恢复正常运行。

8.10.3 除易耗件、易损件外,电子设备的平均无故障周期 MTBF 不应小于 50 000 h。

8.10.4 系统平均修复时间 MTTR 应不超过 50 min,相当于系统有效度 A 不低于 0.9999。

9 系统使用环境条件

9.1 地面室内设备使用环境条件

系统地面室内设备在下列环境条件下应正常工作：

- a) 工作环境温度：5℃～40℃；
- b) 相对湿度：不大于85%；
- c) 大气压力：74.8 kPa～106.2 kPa(海拔不高于2 500 m)。

9.2 地面室外设备使用环境条件

系统室外设备在下列环境条件下应正常工作：

- a) 工作环境温度：-40℃～+70℃；
- b) 相对湿度：10%～100%；
- c) 大气压力：74.8 kPa～106.2 kPa(海拔不高于2 500 m)。

9.3 车载设备使用环境条件

系统车载设备在下列环境条件下应正常工作：

- a) 外界环境温度：-25℃～+70℃；
- b) 设备应允许在不低于-40℃环境温度下存放；
- c) 设备应能承受机车正常使用时的振动和冲击而无损坏或故障；应符合GB/T 25119-2021中I类A级的要求；
- d) 相对湿度：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℃)。

9.4 地面设备供电

9.4.1 地面主机、地面无线通信设备及维护终端等应由信号电源屏供电, 供电电压为AC(220±10) V, 系统功耗不大于2 000 W；当信号电源屏不具备不间断供电性能时, 系统应配置不间断电源。

9.4.2 终端设备应采用信号电源屏或其他可靠电源供电, 供电电压为AC(220±22) V, 设备功耗不大于500 W。

9.5 车载设备供电

车载主机及车载无线通信设备等额定供电电压为DC 110 V/DC 74 V, 电压波动范围为0.7～1.25倍额定电压, 内部应设有短路保护或过流保护。当机车额定工作电压是其他值时, 按GB/T 25119-2021执行。

10 系统电磁兼容及雷电防护

10.1 地面机柜及内部设备电磁兼容应符合GB/T 24338.5-2018中第5章和6.2的要求。

10.2 地面机柜及内部设备防雷应符合TB/T 3498-2018中第7章的要求。

10.3 车载主机电磁兼容应符合GB/T 24338.4-2018中第6、7章的要求。

附 录 A
(资料性)

铁路调车机车自动控制系统与铁路无线调车灯显设备串行接口标准

A.1 接口方式

铁路调车机车自动控制系统车载主机通过RS-232串口与铁路无线调车灯显设备机控制器连接。

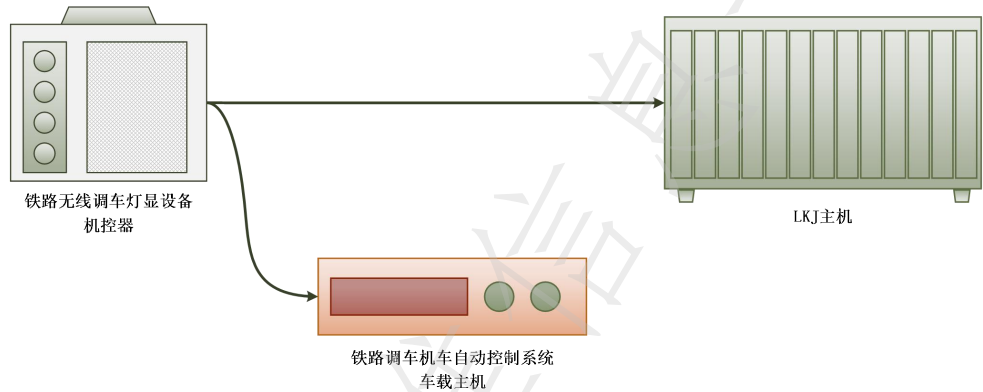


图 A.1 接口连接示意图

A.2 通信格式

- A.2.1 机控器为主叫发起通信。
- A.2.2 波特率：9600；数据位：8 位；起始位：1 位；停止位：1 位；无奇偶校验；无硬件流控制。
- A.2.3 采用小端模式 (Little-Endian)。
- A.2.4 CRC校验为包头后至CRC前,共8字节；采用CRC-16/XMODEM, 多项式为 $x^{16}+x^{12}+x^5+1$ 。
- A.2.5 每帧共14个字节。通信帧标准格式见表A.1要求。

表 A.1 通信帧标准格式

字节序号	定义	字节数	内容	说明
1	包头	1	0x10	—
2		1	0x02	—
3	功能码	1	0x01	0x01 平调信息 0x02 监控信息 0x04 调车单 0x08 距离信息
4	预留 1	1	0x00	数据包内容长度, 其后直至 CRC 前字节数. 低位在前.
5	预留 2	1	0x00	
6	帧序号	1		开机后, 自动累加, 每发送一包自动加 1。高字节在前, 低字节在后。
7		1		
8	信令变化标志	1		每次信令发生变化, 自动加 1。满 255 后自动清零。
9	信令累加标志	1		每个信令开始发送时清零, 每包自动加 1。加到 100 为止, 100 以后都发 100。
10	信令码	1		根据功能码的不同而不同
11	CRC	1		CRC 低字节
12	CRC	1		CRC 高字节
13	包尾	1	0x10	—
14		1	0x03	—

A.3 通信帧内容定义

- A.3.1 持续发送通信帧。每300 ms发送一次。
- A.3.2 机控器启动后持续主动发送。铁路调车机车自动控制系统只收不发。
- A.3.3 重启后,没有信令时,发送无码。
- A.3.4 每个通信帧都包含当前调车信令代码,信令代码见表A.2。

表 A.2 信令代码及含义

代码	指令含义	代码	指令含义	代码	指令含义
0x81	停车	0x41	紧急停车 1 号	0xC1	解锁 1 号
0x82	推进	0x42	紧急停车 2 号	0xC2	解锁 2 号
0x83	起动	0x43	紧急停车 3 号	0xC3	解锁 3 号
0x84	连接	0x44	紧急停车 4 号	0xC4	解锁 4 号
0x85	溜放	0x45	紧急停车 5 号	0xC5	解锁 5 号
0x86	减速	0x46	紧急停车 6 号	0xC6	解锁 6 号
0x87	十车	0x47	紧急停车 7 号	0xC7	解锁 7 号
0x88	五车	0x48	紧急停车 8 号	0xC8	解锁 8 号
0x89	三车	0x49	紧急停车 9 号	0xC9	解锁 9 号
0x8A	一车	0x4A	紧急停车 10 号	0xCA	解锁 10 号
0x8B	放权	0x4B	紧急停车 11 号	0xCB	解锁 11 号
0x8C	收权	0x4C	紧急停车 12 号	0xCC	解锁 12 号
0x8D	注意	0x4D	紧急停车 13 号	0xCD	解锁 13 号
0x8E	故障停车	0x4E	紧急停车 14 号	0xCE	解锁 14 号
0x8F	鸣笛	0x4F	紧急停车 15 号	0xCF	解锁 15 号
0x90	停止鸣笛	0xA1	尽头线设备启动	0xB1	定位
0x91	排风	0xA2	尽头线紧急停车	0xB2	进入自控
0x92	停止排风	0xA3	尽头线设备解锁	0xB3	前进
0x3F	无码	0xA4	钩计划结束	0xB4	后退

示例 1: 通信帧

表 A.3 通信帧举例

发送指令	发送内容(均为 16 进制)													
	包头		功能码	预留		帧序号低字节	帧序号高字节	信令变化标志	信令累加标志	信息内容	CRC 低字节	CRC 高字节	包尾	
停车	10	02	01	00	00	00	00	01	00	81	4A	F1	10	03
推进	10	02	01	00	00	00	00	02	00	82	79	98	10	03
起动	10	02	01	00	00	00	00	03	00	83	68	BF	10	03
连接	10	02	01	00	00	00	00	04	00	84	1F	4A	10	03
减速	10	02	01	00	00	00	00	05	00	86	6D	5D	10	03
定位	10	02	01	00	00	00	00	06	00	B1	89	42	10	03
进入自控	10	02	01	00	00	00	00	07	00	B2	DA	45	10	03

示例 2: CRC 算法

```

const static unsigned short crc_table [256] =
{
    0x0000, 0x1021, 0x2042, 0x3063, 0x4084, 0x50a5, 0x60c6, 0x70e7, 0x8108,
    0x9129, 0xa14a, 0xb16b, 0xc18c, 0xd1ad, 0xe1ce, 0xf1ef, 0x1231, 0x0210,
    0x3273, 0x2252, 0x52b5, 0x4294, 0x72f7, 0x62d6, 0x9339, 0x8318, 0xb37b,

```

```

0xa35a, 0xd3bd, 0xc39c, 0xf3ff, 0xe3de, 0x2462, 0x3443, 0x0420, 0x1401,
0x64e6, 0x74c7, 0x44a4, 0x5485, 0xa56a, 0xb54b, 0x8528, 0x9509, 0xe5ee,
0xf5cf, 0xc5ac, 0xd58d, 0x3653, 0x2672, 0x1611, 0x0630, 0x76d7, 0x66f6,
0x5695, 0x46b4, 0xb75b, 0xa77a, 0x9719, 0x8738, 0xf7df, 0xe7fe, 0xd79d,
0xc7bc, 0x48c4, 0x58e5, 0x6886, 0x78a7, 0x0840, 0x1861, 0x2802, 0x3823,
0xc9cc, 0xd9ed, 0xe98e, 0xf9af, 0x8948, 0x9969, 0xa90a, 0xb92b, 0x5af5,
0x4ad4, 0x7ab7, 0x6a96, 0x1a71, 0x0a50, 0x3a33, 0x2a12, 0xdbfd, 0xcbdc,
0xfbbf, 0xeb9e, 0x9b79, 0x8b58, 0xbb3b, 0xab1a, 0x6ca6, 0x7c87, 0x4ce4,
0x5cc5, 0x2c22, 0x3c03, 0x0c60, 0x1c41, 0xedae, 0xfd8f, 0xcdec, 0xddcd,
0xad2a, 0xbd0b, 0x8d68, 0x9d49, 0x7e97, 0x6eb6, 0x5ed5, 0x4ef4, 0x3e13,
0x2e32, 0x1e51, 0x0e70, 0xff9f, 0xefbe, 0xdfdd, 0xcffc, 0xbf1b, 0xaf3a,
0x9f59, 0x8f78, 0x9188, 0x81a9, 0xb1ca, 0xa1eb, 0xd10c, 0xc12d, 0xf14e,
0xe16f, 0x1080, 0x00a1, 0x30c2, 0x20e3, 0x5004, 0x4025, 0x7046, 0x6067,
0x83b9, 0x9398, 0xa3fb, 0xb3da, 0xc33d, 0xd31c, 0xe37f, 0xf35e, 0x02b1,
0x1290, 0x22f3, 0x32d2, 0x4235, 0x5214, 0x6277, 0x7256, 0xb5ea, 0xa5cb,
0x95a8, 0x8589, 0xf56e, 0xe54f, 0xd52c, 0xc50d, 0x34e2, 0x24c3, 0x14a0,
0x0481, 0x7466, 0x6447, 0x5424, 0x4405, 0xa7db, 0xb7fa, 0x8799, 0x97b8,
0xe75f, 0xf77e, 0xc71d, 0xd73c, 0x26d3, 0x36f2, 0x0691, 0x16b0, 0x6657,
0x7676, 0x4615, 0x5634, 0xd94c, 0xc96d, 0xf90e, 0xe92f, 0x99c8, 0x89e9,
0xb98a, 0xa9ab, 0x5844, 0x4865, 0x7806, 0x6827, 0x18c0, 0x08e1, 0x3882,
0x28a3, 0xcb7d, 0xdb5c, 0xeb3f, 0xfb1e, 0x8bf9, 0x9bd8, 0xabbb, 0xbb9a,
0x4a75, 0x5a54, 0x6a37, 0x7a16, 0x0af1, 0x1ad0, 0x2ab3, 0x3a92, 0xfd2e,
0xed0f, 0xdd6c, 0xcd4d, 0xbdaa, 0xad8b, 0x9de8, 0x8dc9, 0x7c26, 0x6c07,
0x5c64, 0x4c45, 0x3ca2, 0x2c83, 0x1ce0, 0x0cc1, 0xef1f, 0xff3e, 0xcf5d,
0xdf7c, 0xaf9b, 0xbfba, 0x8fd9, 0x9ff8, 0x6e17, 0x7e36, 0x4e55, 0x5e74,
0x2e93, 0x3eb2, 0x0ed1, 0x1ef0
};
unsigned short CRC16 (const unsigned char *msg, int len) {
    unsigned short crc = 0;
    while (len-- > 0) {
        crc = ((crc << 8) & 0xFFFF) ^ crc_table [(crc >> 8 ^ *msg++) & 0xFF];
    }
    return crc;
}

```

参 考 文 献

- [1] TB/T 454.1—2021 铁路通信信号词汇 第1部分, 铁路信号词汇
 - [2] TB/T 1726-2019 铁路站场无线通信系统技术条件
 - [3] TB/T 2306—2020 自动化驼峰技术条件
 - [4] TB/T 2834-2016 铁路无线调车灯显设备
 - [5] TB/T 3505—2018 无线调车机车信号和监控系统技术条件
 - [6] TB/T 30002—2020 铁路调车作业
 - [7] TG/01A—2017 铁路技术管理规程(普速铁路部分)
 - [8] Q/CR 772-2020 铁路网络安全等级保护基本要求 安全通用要求
 - [9] BD 420023—2019 北斗/全球卫星导航系统(GNSS)RTK接收机通用规范
-