

团 体 标 准

T/ITS XXXX. 2—2021

智慧矿山 矿用车辆自动驾驶协同作业系统 第 2 部分：车辆技术要求

Intelligent mining vehicle automated driving cooperative operation system—
Part 2: Vehicle technical requirements

(征求意见稿)

本草案完成日期 2021 年 12 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

中国智能交通产业联盟 发布

中国智能交通产业联盟

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 矿用自动驾驶车辆作业概述.....	1
5 矿用自动驾驶车辆技术要求.....	1
5.1 线控系统要求.....	1
5.2 标定要求.....	4
5.3 感知要求.....	4
5.4 定位要求.....	4
5.5 控制要求.....	4
5.6 安全要求.....	4
6 运营要求.....	6
6.1 维护要求.....	6
6.2 稳定性要求.....	6
6.3 平均无故障时间要求.....	6

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。

本文件由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

智慧矿山 矿用车辆自动驾驶协同作业系统

第 2 部分：车辆技术要求

1 范围

本文件规定了智慧矿山用自动驾驶车辆的技术要求和运营要求。
本文件适用于具备4级及以上自动驾驶能力的N3类汽车，其他类型车辆可参照执行。

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/T 18336.3 信息技术 安全技术 信息技术安全评估准则 第3部分：安全保障组件
GB/T 32918.2 信息安全技术 SM2椭圆曲线公钥密码算法
GB/T 34571 轨道交通 机车车辆布线规则
GB 40050-2021 网络关键设备安全通用要求

3 术语和定义

T/ITS XXXX.1—2021界定的术语和定义适用于本文件。

4 矿用自动驾驶车辆作业概述

矿用自动驾驶车辆作业过程要求如下：

- a) 矿用自动驾驶车辆应按顺序等待卸载矿物，且前后车距不小于15 m；
- b) 运输矿物至卸载目的地后，根据卸料口发出的信号完成矿物卸载动作。卸载矿物时车辆需垂直破碎站车挡，不与护栏和车挡碰撞；
- c) 卸载剥离物过程中，能主动识别与推土机之间的距离。行驶过程中应始终保持前后距离不小于20 m，左右距离不小于7 m；
- d) 自动驾驶车辆能与挖掘机协同作业，并自动识别装车挖掘机的型号及其作业范围。在未得到进车信号的情况下，不应进入挖掘机作业范围之内；
- e) 自动驾驶车辆应在接收到挖掘机发出的进入信号后准确地驶入装车位，并跟随挖掘机实时调整装车位，停稳后发出装车信号，挖掘机进行装车；
- f) 装车完毕后，挖掘机再次发出装车完毕信号，自动驾驶矿用车辆接收到信息后，应根据挖掘机命令自主驶出装车位。

5 矿用自动驾驶车辆技术要求

5.1 线控系统要求

5.1.1 性能要求

5.1.1.1 转向性能

5.1.1.1.1 线控转向控制性能应符合表 1 要求。

表 1 线控转向控制性能要求表

子功能	信号	描述	性能要求	信号分辨率	指令周期	响应延时 [°]
转向控制	使能	总线控制转向系统从人工驾驶状态切换到自动驾驶状态的标志位	—	—	≤20ms	≤100ms
	与前轮转角呈线性关系的信号值	总线控制转向系统转动的目标角度	最大转动角度设置范围 θ_{MAX} : 最大超调角 $\Delta \theta 1^d$: [0, 6]:0.6; (6, 66 :min[2, $\theta_{target}^a * 10\%$]; (66, θ_{MAX}):min[3, $\theta_{target}^a * 3\%$]; 最大角度误差 $\Delta \theta 2^e$: 0.6 deg 转动执行时间 $\Delta T2^f$: Max(200, 1.25 * $\theta_{target}^a / \theta'_{target}^b$) ms 超调时间 $\Delta T3^g$: <200ms	1deg	—	—
	目标前轮转速	总线控制转向系统的目标转动速度 (deg/s)	转动速率设置范围 θ_{target}^a : 0~500deg/s	1deg/s	—	—
<p>^a 目标角度 θ_{target} 是指通过 CAN 总线发送的转角指令，以正负号区分左转还是右转。</p> <p>^b 目标转动角速度 θ'_{target} 是指通过 CAN 总线发送的转动角速度指令，以正负号区分左转还是右转。</p> <p>^c 响应延时是指 CAN 总线上开始发出目标角度指令的时刻到接收到实际反馈角度开始产生变化的时刻之间的时间差。</p> <p>^d 最大超调角 $\Delta \theta 1$ 是指方向盘转动过程中实际反馈角度超过目标角度的最大角度值。</p> <p>^e 最大角度误差 $\Delta \theta 2$ 是指方向盘转动实际角度达到目标角度时允许存在最大误差。</p> <p>^f 转动执行时间 $\Delta T2$ 是指实际反馈角度开始产生变化的时刻与反馈角度第一次达到目标角度时刻之间的时间差。</p> <p>^g 超调时间 $\Delta T3$ 是指反馈角度第一次达到目标角度时刻与反馈角度第一次达到最大角度误差要求时刻之间的时间差。</p>						

5.1.1.1.2 线控转向反馈性能应符合表 2 要求。

表 2 线控转向反馈性能要求表

子功能	信号	描述	信号分辨率	指令周期	响应延时
转向反馈	前轮转角	前轮转角 (deg)	0.1deg	≤20ms	≤100ms
	前轮转速	前轮转动速度 (deg/s)	1deg/s		
	转向驾驶模式	转向系统的驾驶模式信息	—		
	故障信息	转向系统的故障信息	—		
越界处理	越界拒绝执行，并退出自动驾驶模式				

5.1.1.2 驱动性能

5.1.1.2.1 线控驱动性能应符合表 3 要求。

表 3 线控驱动控制性能要求表

子功能	信号	描述	信号分辨率	指令周期	响应延时
驱动控制	使能	总线控制驱动系统从人工驾驶状态切换到自动驾驶状态的标志位	—	≤20ms	≤500ms
	车辆目标纵向加速度 (可选)	目标车辆加速 (m/s^2)	0.1 m/s^2		

表 3 (续)

子功能	信号	描述	信号分辨率	指令周期	响应延时
驱动控制	虚拟目标加速踏板位置 (可以是目标加速度或者电机扭矩等)	目标加速踏板的位置 (%)	1NM	—	—

5.1.1.2.2 线控驱动反馈性能应符合表 4 要求。

表 4 线控驱动反馈性能要求表

子功能	信号	描述	信号分辨率	指令周期	响应延时
驱动反馈	驾驶模式	驱动系统的驾驶模式	—	≤20 ms	≤500 ms
	纵向加速度 (可选)	车辆实际纵向度加速度 (m/s ²)	0.1 m/s ²		
	车速	车辆实际纵向车速 (km/h)	0.1 km/h		
	轮速 (可选)	车辆实际轮速 (rad/s)	1%		
	故障信息	驱动系统的故障信息	—		
人工接管	加速人工指令覆盖	当驾驶员驱动加速踏板, 踏板请求可以覆盖总线控制指令请求			
越界处理	越界拒绝执行, 并退出自动驾驶模式				

5.1.1.2.3 线控档位性能应符合表 5 要求。

表 5 线控档位性能要求表

子功能	信号	描述	指令周期	响应延时
挡位控制	挡位控制使能	挡位系统从人工驾驶状态切换到自动驾驶状态的请求标志位	≤100 ms	<1 s
	目标挡位	目标挡位 P/R/N/D		
挡位反馈	故障信息	当前挡位态		≤100 ms
	故障信息	变速箱的故障信息		

5.1.1.3 驻车性能

线控驻车性能应符合表6要求。

表 6 线控驻车性能要求表

子功能	信号	描述	指令周期	响应延时
驻车控制	驻车控制使能	驻车系统从人工驾驶状态切换到自动驾驶状态的请求标志位	≤20 ms	<1 s
	驻车请求	驻车控制的请求位		
驻车反馈	驻车状态反馈	当前的驻车状态	—	—
	驻车系统故障反馈	反馈驻车系统的故障情况		

5.1.1.4 灯光控制

线控系统应能控制转向灯、刹车灯、远光灯、近光灯等灯光设备。

5.1.2 车辆控制响应要求

车辆控制指令从自动驾驶计算设备下发至底盘，底盘应执行改指令，并向自动驾驶系统进行信息反馈。

5.1.3 数据越界处理要求

车辆底盘控制单元应对自动驾驶系统发出指令的数据范围进行判断，并隔离越界数据。

5.1.4 线控化改造走线要求

自动驾驶系统计算单元对底盘的控制应以有线通信方式进行，线缆布置走线应满足GB/T 34571的要求。

5.2 标定要求

应通过标定确定各个传感器坐标系与车体坐标系之间的转换关系，传感器标定精度应满足如下要求：

- a) 激光雷达经过标定后，点云数据三维位置误差不高于0.1 m，三轴角度误差不高于1度；
- b) 相机设备经过标定后，图像数据三轴角度误差不高于1度，图像感知识别的三维空间位置误差不高于1 m。

5.3 感知要求

车辆感知系统应符合如下要求：

- a) 车辆自动驾驶系统至少包含对车辆、人员、设施、挡墙、山体、落石等物体的感知；
- b) 被测物的实际位置以装载或手持的差分GPS定位设备进行记录，自动驾驶车辆与被测物的距离不大于5 m时，感知到的位置误差不超过车体与被测物实际距离的6%。距离大于5 m时，误差应不超过车体与被监测物距离的8%；
- c) 车辆对载重量相差不大于30%的同类型车辆的感知范围应不小于车辆空载平直砂石路面最高速度行驶时刹车距离的两倍，对人员的感知范围应不小于车辆空载平直砂石路面最高速度行驶时刹车距离的一倍。

5.4 定位要求

自动驾驶矿用车辆平均定位精度不应低于10 cm，航向精度不应低于2度。

5.5 控制要求

5.5.1 横向控制要求

沿地图预定路线行驶时，横向控制误差不应大于0.5 m。若发现偏离预定路线，应能以不低于1 m/s的速度返回横向预定轨道，且到达横向预定轨道后，恢复横向稳态的时间不应超过横向误差纠正用时的1.5倍。

5.5.2 纵向控制要求

自动驾驶矿用车辆恢复速度稳态的时间不应超过到达目标速度用时的0.5倍。

5.5.3 泊车要求

泊车时车体平面对角线中心相对于规划中预先指定的泊车区域对角线中心横向误差不应大于0.5 m，纵向误差不应大于0.5 m。

5.6 安全要求

5.6.1 基本要求

基本要求应符合GB/T 18336.3，并且满足以下要求：

- a) 矿用无人驾驶系统控制单元、计算单元等具备操作系统软件的设备的软件安全防护应在操作系统、应用软件、数据、通信等层面进行，通信模块、网关、传感器等无常规平台性操作系统的设备的软件安全防护应在数据、通信等层面进行；

- b) 车内以太网通讯应采用安全传输协议,如安全超文本传输协议(HTTPS, HTTP over SSL, HTTP Secure)、安全传输层协议(TLS、TLCP)等,以保证设备与设备间的数据传输安全。设备与平台间的通信应采用双向认证,安全协议不低于 TLS1.2;
- c) 采取密码技术对车辆相关信息进行保密性和完整性防护,采用的密码应符合 GB/T 32918 的要求。

5.6.2 通信安全要求

5.6.2.1 系统软件通信

系统软件通信应符合如下要求:

- a) 计算单元、传感器及定位模块参考 GB 40050-2021 中的 5.2 条要求;
- b) 计算单元等具备通讯功能的设备参考 GB 40050-2021 中的 5.5 和 5.6 条要求;
- c) 计算单元的日志审计参照 GB 40050-2021 中的 5.7 条要求;
- d) 计算单元、传感器、定位模块、网关之间的通信和数据安全参考 GB 40050-2021 中的 5.8、5.9 和 5.10 条要求。

5.6.2.2 系统硬件设备通信

系统硬件设备通信安全应符合如下要求:

- a) 自动驾驶矿用车辆内各设备之间建立安全的通信信道,保障通信数据的保密性和完整性;
- b) 通信系统满足通信协议鲁棒性要求,能防范报文周期、长短、频率、流量异常攻击,并具备对异常行为进行告警和日志记录的能力;
- c) 自动驾驶矿用车辆内各设备之间支持时间同步功能。

5.6.2.3 车辆间通信

车辆间通信安全应符合如下要求:

- a) 车辆间通信应确保通信安全,发布和接收端应分别进行加密和解密;
- b) 通信时应附带时间戳确保通信时效性;
- c) 应设置数据校验位来确保数据准确性;
- d) 除了通信协议加解密外,还应对协议进行签名,签名速度不应低于 50 TPS,验签速度不应低于 2400 TPS。

5.6.3 自动驾驶系统安全要求

5.6.3.1 软件安全

软件安全应符合如下要求:

- a) 自动驾驶矿用车辆的控制系统及网络设备能支持冗余功能,并提供自动切换功能;在控制系统或网络设备等部件运行异常时,应切换到冗余设备或冗余部件以降低安全风险;
- b) 自动驾驶矿用车辆的硬件主机及网络设备支持预装软件、配置文件和运行记录的备份与恢复,且使用恢复功能时支持完整性检查;
- c) 自动驾驶矿用车辆的控制系统及网络设备能对 CPU、内存、系统文件及应用程序文件的异常状态进行监测,并将异常信息写入车端日志进行上报和提示错误,且此日志应进行加密;
- d) 自动驾驶矿用车辆的网络设备不应存在已公布的漏洞,应具备漏洞防范和补救措施;
- e) 自动驾驶矿用车辆的控制系统及数据传输设备内部的预装软件、升级包不应存在恶意程序;
- f) 自动驾驶矿用车辆的控制系统及网络设备不应存在未声明的功能和访问接口;
- g) 每台自动驾驶矿用车辆应有唯一身份标识,每台自动驾驶设备、网络终端、无线网络相互连接时应有身份鉴别机制;
- h) 每台自动驾驶矿用车辆及服务器应支持启用安全策略或具备安全功能;
- i) 应对每台设备和服务器的身份鉴别信息进行安全保护;

- j) 自动驾驶矿用车辆应设置访问控制策略，在访问受控资源时，依据设置的控制策略进行授权和访问控制，确保访问和操作的安全；
- k) 应使用权限分级机制，对涉及设备安全的重要功能，仅授权高等级权限用户使用；
- l) 宜采用软件密码模块对敏感数据进行保密性和完整性保护。

5.6.3.2 硬件安全

自动驾驶矿用车辆的硬件整机和主要部件应具备唯一标识，对应的预装软件、升级包的不同版本也应进行唯一性标识。硬件电路应做防水封装，为应对芯片管脚的暴露，应限制访问的读写权限。

5.6.4 账户鉴权管理

5.6.4.1 局域网安全要求

自动驾驶矿用车辆局域网安全应符合以下要求：

- a) 有线网络进行物理锁闭，防止未认证的人员和设备通过有线连接方式接入；
- b) 无线网络进行加密，防止未认证的人员和设备通过无线连接方式接入。

5.6.4.2 计算单元访问安全要求

自动驾驶矿用车辆应具备数据安全设计，并应符合以下要求：

- a) 未经过认证的人员或设备不能通过有线和无线网络对车辆进行连接，也不能对车辆数据和功能进行访问和修改；
- b) 经过认证的人员对数据进行访问和修改时采取不同的权限。

6 运营要求

6.1 维护要求

自动驾驶矿用车辆运营期间检测到的故障应在1天之内进行处理，处理方式包括停车、远程介入、现场维修、开回维修点维修和拖回维修点维修。未发生故障的车辆也应进行周期性维护，维护周期不应超过6个月或者整体车辆的维护周期。

自动驾驶矿用车辆的维护应由人员现场进行，维护方法包括如下：

- a) 直接读取各传感器数据，分析传感器数据周期是否符合预设值；
- b) 直接读取各传感器数据，分析传感器数据误差是否符合预设值；
- c) 对于算法模块，应预设输入和输出，维护期间通过预设数据检测算法模块功能；
- d) 直接启动整车系统，检查所有设备间的数据连通性；
- e) 检查传感器标定精度，是否满足前文描述的精度要求。

6.2 稳定性要求

自动驾驶系统软件发生异常的平均周期不应小于24小时。

6.3 平均无故障时间要求

系统的平均无故障时间不应低于 300 小时。

T/ITS 0198.2-2021

中国智能交通产业联盟
标准

智慧矿山 矿用车辆自动驾驶协同作业系统 第2部分：总体技术要求

T/ITS 0198.2—2021

北京市海淀区西土城路8号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org.cn>

2021年12月第一版 2021年12月第一次印刷