

团 体 标 准

T/ITS XXXX.1—2021

智慧矿山 矿用车辆自动驾驶协同作业系统 第 1 部分：总体技术要求

Intelligent mining vehicle automated driving cooperative operation system—
Part 1: General 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 系统框架	2
4.1 系统概述	2
4.2 通信方式	2
5 基本要求	3
5.1 作业效率要求	3
5.2 环境适应性要求	3
5.3 作业保障要求	3
5.4 安全基本要求	3
6 云控平台要求	4
6.1 平台基本要求	4
6.2 通信性能要求	4
6.3 并发处理要求	4
6.4 车辆调度系统要求	4
6.5 作业管理系统要求	4
6.6 生产管理系统要求	4
6.7 地图管理系统要求	4
6.8 设备管理系统要求	4
6.9 用户管理系统要求	5
6.10 远程驾驶要求	5
7 终端设备要求	5
7.1 矿用自动驾驶车辆要求	5
7.2 协同作业设备基本要求	5
7.3 智能路侧系统设备要求	5
8 矿用车辆自动驾驶系统要求	5
8.1 车载作业管理系统	5
8.2 矿用车辆通信系统	5
8.3 矿用车辆感知系统	6
8.4 矿用车辆定位系统	6
8.5 矿用车辆规划控制系统	6
9 运营要求	6
9.1 车辆运维要求	6
9.2 路侧设备运维要求	6
9.3 云控平台运维要求	6
9.4 地图运维要求	6
9.5 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（C-ITS）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 1 部分：总体技术要求

1 范围

本文件规定了智慧矿山用自动驾驶协同作业系统的框架、基本要求、云控平台要求、终端设备要求、矿用车辆自动驾驶系统要求以及运营要求等。

本文件适用于配备了4级及以上自动驾驶能力的矿用车辆协同作业系统。

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 32918.2 信息安全技术 SM2椭圆曲线公钥密码算法

GB/T 40429-2021 汽车驾驶自动化分级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自动驾驶协同作业系统 automated driving cooperative operation system

包含自动驾驶车辆、智能路侧设备、协同作业设备、云控平台在内的协同作业系统。

3.2

自动驾驶矿用卡车 automated driving mining truck

矿山行业配备的具备自动驾驶能力的重型矿石和渣土运输车。

3.3

人工作业效率 manual working efficiency

露天矿山矿用自卸卡车在单位时间（一般为一个月）内生产的矿石（矿岩）数量或产值。

3.4

生产率 productivity

单位时间内所移动物料的测量体积，单位为立方米每小时（ m^3/h ）。

3.5

实际生产率 actual productivity

在给定的操作条件和物料类型时各工作装置连续可得到的生产率，单位为立方米每小时（ m^3/h ），考虑操作条件和所有影响生产率的数据，如工作装置的条件及操作、工况和天气。

3.6

自卸车 dumper

自行的履带式或轮胎式机械，有敞开的车厢，用来运输、卸载或撒布物料。

[来源：GB/T 8498—2008, 定义4.6]

3.7

平地机 grader

自行的轮胎式机器，在前、后桥之间装有一个可调节的铲刀；机器可装有一个前置推土板或松土耙，松土耙也可装在两桥之间。

[来源：GB/T 8498—2008, 定义4.8]

3.8

自动驾驶功能 automated driving function

不需要执行物理性驾驶操作的情况下，能够对车辆行驶任务进行指导与决策，并代替人工操控行为使车辆完成安全行驶的功能。

3.9

自动驾驶系统 automated driving system

由硬件和软件所共同组成执行自动驾驶功能的系统。

3.10

密码模块 cryptographic module

实现安全功能的硬件、软件、或固件的集合，能够完成密码运算功能并提供调用接口。

注：密码根据其组成，可分为硬件密码模块、固件密码模块、软件密码模块以及混合密码模块。

4 系统框架

4.1 系统概述

矿用车辆自动驾驶协同作业系统由云控平台、终端设备和矿用自动驾驶系统三个部分组成，如图1所示。

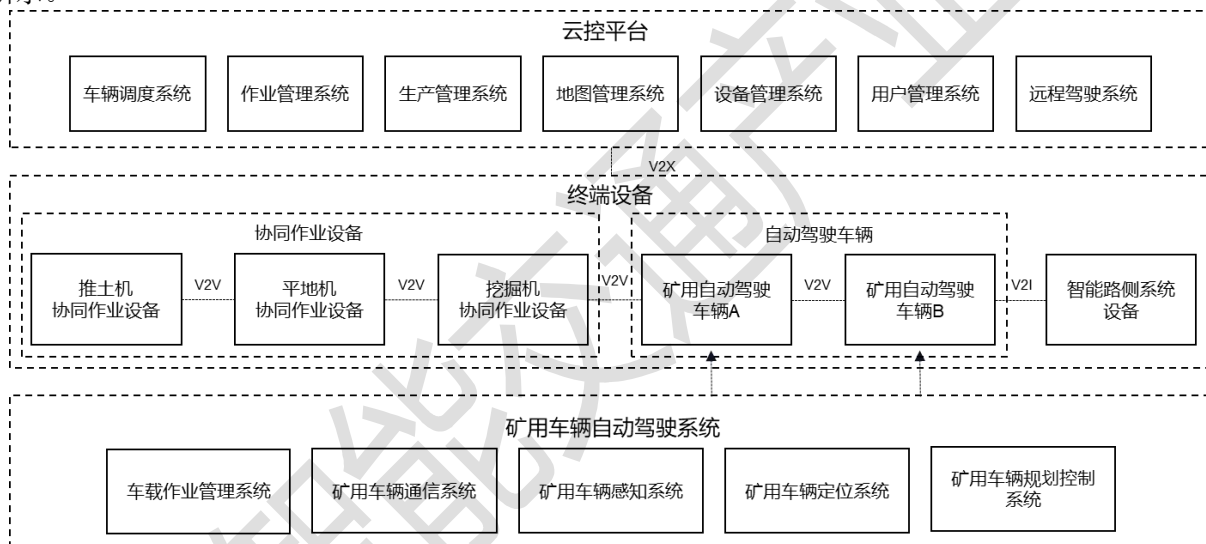


图 1 智慧矿山矿用车辆自动驾驶协同作业系统框架图

云控平台包含车辆调度系统、作业管理系统、生产管理系统、地图管理系统、设备管理系统、用户管理系统和远程驾驶系统。终端设备包含矿用自动驾驶车辆、挖掘机协同作业设备、推土机协同作业设备、平地机协同作业设备、智能路侧系统设备等。矿用自动驾驶车辆应具备矿用车辆自动驾驶系统，自动驾驶系统包含车载作业管理系统、矿用车辆通信系统、矿用车辆感知系统、矿用车辆定位系统和矿用车辆规划控制系统。

4.2 通信方式

4.2.1 矿用车辆自动驾驶协同作业系统各个部分通信方式如下：

- 挖掘机、推土机、平地机等协同作业设备与矿用自动驾驶车辆间通过V2V技术进行通信；
- 智能路侧设备与车辆等工具型终端设备间通过V2I技术进行通信；
- 终端设备、路侧设备与云控平台间通过V2X技术进行通信。

4.2.2 矿用车辆自动驾驶系统内部软硬件模块通信应符合如下要求：

- 各硬件设备间采取CAN总线通信；
- 各硬件设备的设计满足备份要求，可采取绝对备份或互为相对备份方案；

c) 单一硬件下不同进程模块间采取信号、本地回环、共享内存等方式进行通信，存在数据访问冲突的可能时做互斥处理。

5 基本要求

5.1 作业效率要求

作业效率应满足如下要求：

- a) 自动驾驶运营期间的实际生产率不低于同期人工作业的90%；
- b) 燃料成本、车辆维护费用和轮胎磨损不高于同期人工消耗。

5.2 环境适应性要求

在矿山作业面和道路发生改变时，智慧矿山自动驾驶系统应仅通过地图环境数据的采集即可适应新的运行环境。

5.3 作业保障要求

5.3.1 保障功能

系统作业保障功能应符合如下要求：

- a) 车辆能感知并上报油位数据和防冻液位数据；
- b) 系统自动规划保养时间；
- c) 系统能进行故障报警。

5.3.2 应急功能

矿山作业的自动驾驶矿用车辆应急功能应符合如下要求：

- a) 指挥车与自动驾驶车辆之间的距离不超过50 m时，能由指挥车人员遥控紧急停车；
- b) 自动驾驶车辆人员（若有）能通过车载急停按钮紧急停止自动驾驶；
- c) 自动驾驶车辆人员（若有）能通过车载方向盘油门刹车直接对车辆进行现场接管。

5.4 安全基本要求

5.4.1 系统安全

5.4.1.1 矿用自动驾驶系统安全应满足如下基本要求：

- a) 车辆具有一定的安全策略，包括但不限于系统、应用、账户、权限、硬件、网络、升级和数据的安全；
- b) 对车辆系统受到的攻击和自动驾驶算法参数文件的修改具备监测能力，并能够将监测到的攻击行为和修改行为上报到云端。

5.4.1.2 路侧系统安全应满足如下基本要求：

- a) 能保证自身数据和系统的安全，具备防止入侵和篡改的能力；
- b) 具备对路侧设备攻击的监测能力，并能够将监测到的攻击行为上报到云端。

5.4.1.3 云控平台安全应满足如下基本要求：

- a) 云控平台具有一定的安全策略，包括但不限于系统、应用、账户、权限、硬件、网络、升级和数据的安全；
- b) 具备对云控平台攻击的监测能力，并能够将监测到的攻击行为和车辆与路侧设备上报的攻击行为展示给用户。

5.4.2 通讯安全

车内和路侧设备的以太网通信均应采用安全传输协议。

云控平台与车辆和路侧设备间的通信应采用双向认证，安全协议不低于TLS1.2，且应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。

5.4.3 数据安全

5.4.3.1 包括个人信息（人脸、声纹、指纹等）、安全日志信息等在内的敏感信息应采用软件密码模块进行相应的安全防护。密钥、证书信息宜采用硬件密码模块进行防护或存储。

5.4.3.2 包括作业规划、产量、高精度地图等在内的涉及企业安全的数据应采用硬件密码模块进行更高级别的安全防护，如安全芯片、物理安全单元等；对采用的密码应符合GB/T 32918的要求。针对不宜加密的大规模数据，应设置单独的存储区域，提升使用该存储区域的访问控制权限。

6 云控平台要求

6.1 平台基本要求

云控平台应至少包含车辆调度、作业管理、生产管理、地图管理、设备管理、用户管理、远程驾驶等系统。各个系统或模块间应确保相互协调，互不影响。单个模块异常不影响其他模块自身功能的运行。

6.2 通信性能要求

云控平台通信性能应符合如下要求：

- a) 云端与设备端有线网络通信时延不大于 100 ms；
- b) 无线网络覆盖区域，云端与设备端的移动互联网通信时延不大于 200 ms；
- c) 基于 V2X 的无线通讯时延不大于 200 ms；
- d) 涉及远程驾驶的数据通信时延不大于 50 ms。

6.3 并发处理要求

服务器或服务器集群应能够同时处理大于或等于下辖车辆和设备总数1.5倍数量的通信请求，且响应时延不应大于300 ms。

6.4 车辆调度系统要求

车辆调度系统应满足如下要求：

- a) 能根据业务需要对作业区域内和不同作业区域间的车辆进行调度；
- b) 能根据业务需要对作业区域内车辆进行编组协调调度。

6.5 作业管理系统要求

作业管理系统应满足如下要求：

- a) 具备实时记录和展示矿用自动驾驶车辆等终端设备位置和运行状态的能力；
- b) 具备实时记录和展示矿用自动驾驶车辆等终端设备故障的能力。

6.6 生产管理系统要求

生产管理系统应满足如下要求：

- a) 具备实时展示当前管理区域内矿山整体作业效率的能力；
- b) 具备记录并回放历史车辆位置和作业数据的能力。

6.7 地图管理系统要求

地图管理系统应满足如下要求：

- a) 具备更新并存储地图数据的能力；
- b) 具备展示当前地图数据的能力。

6.8 设备管理系统要求

6.8.1 终端设备身份管理要求

应具备增加、删除以及修改车辆信息的功能，并能将其与对应的工作区域进行关联。

6.8.2 终端运行管理要求

应能记录终端设备的运行时长、所在位置和工作状态并输出统计数据。

6.8.3 终端控制要求

应能够接收控制终端设备的工作状态，至少包含开启和关闭功能。

6.9 用户管理系统要求

用户管理系统应满足如下要求：

- a) 云控平台用户至少包含管理员和运营维护人员两个层级。管理员拥有对用户、作业面、地图、车辆等基本信息的管理权限。运营维护人员对实际作业相关内容如车辆、地图、作业面等具有操作权限；
- b) 不同用户的权限有明确划分，可存在交叉区域；
- c) 新用户注册由管理员权限进行执行。

6.10 远程驾驶要求

云控平台应具备远程驾驶功能，并能覆盖所有具备自动驾驶能力的车辆。远程驾驶系统应具备控制车辆油门、档位和转向的基本能力，且能将车辆周围图像和感知信息回传到云控平台；远程驾驶系统的指令执行优先级应高于车辆自动驾驶系统，低于现场人工操作。

7 终端设备要求

7.1 矿用自动驾驶车辆要求

矿用自动驾驶车辆应具备自动驾驶能力，并能够根据云控平台的指令进行运输作业。

7.2 协同作业设备基本要求

协同作业系统包括挖掘机、推土机、平地机等协同作业设备，且协同作业具备与矿用自动驾驶车辆进行信息交互的能力。

7.3 智能路侧系统设备要求

7.3.1 智能路侧功能补偿设备要求

在道路转角盲区应部署能够提供感知功能的路侧设备，并通过V2I技术向附近车辆发布障碍物信息。

7.3.2 智能路侧数据补偿设备要求

在通信和定位盲区应部署能够提供辅助通信和定位的设备，以补偿该区域的通信和定位能力。

8 矿用车辆自动驾驶系统要求

8.1 车载作业管理系统

车载作业管理系统应具备接收云控平台下发的作业或调度指令并对指令进行解析和判断执行的能力，并能将车辆状态上报给云控平台。

8.2 矿用车辆通信系统

矿用车辆通信系统应具备与其他设备进行通信的能力。

8.3 矿用车辆感知系统

应具备感知周围环境中可能对车辆产生影响的物体的能力,并对该类物体做出一定程度的轨迹预测。

8.4 矿用车辆定位系统

定位误差不应大于10 cm,航向数据误差不应大于2度。

8.5 矿用车辆规划控制系统

应具备根据地图或车道信息规划车辆行驶轨迹,并根据感知数据中的障碍物实时修正运行路线以防止碰撞,且能够控制车辆按照此轨迹行驶的能力。

9 运营要求

9.1 车辆运维要求

自动驾驶矿用车辆应对传感器进行标定,标定周期不应超过6个月,标定误差不应大于10 cm。

9.2 路侧设备运维要求

路侧设备应定期确定位置,周期不应超过6个月,经纬度标定误差不应大于30 cm,高度标定误差不应大于50 cm。

9.3 云控平台运维要求

云控平台应定期进行网络测试,确保各部分通信满足时延要求,维护周期不应超过6个月。

9.4 地图运维要求

矿山主干路地图采集周期不应超过6个月,作业区域地图采集周期不应超过1周。

9.5 平均无故障时间要求

系统的平均无故障时间不应低于 200 小时。

T/ITS 0198.1-2021

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1部分：总体技术要求
T/ITS XXXX.1—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