

团体标准

T/ITS 0198.1—2022

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

2022-10-12 发布

2022-10-12 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 术语定义和缩略语 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 2

4 系统框架 2

 4.1 系统概述 2

 4.2 通信方式 3

5 基本要求 3

 5.1 作业效率要求 3

 5.2 道路变化适应性要求 3

 5.3 作业保障要求 3

 5.4 安全基本要求 4

6 云控平台要求 4

 6.1 平台基本要求 4

 6.2 并发处理要求 4

 6.3 车辆调度系统要求 5

 6.4 作业管理系统要求 5

 6.5 生产统计系统要求 5

 6.6 地图管理系统要求 5

 6.7 设备管理系统要求 5

 6.8 用户管理系统要求 5

 6.9 远程驾驶系统要求 5

7 终端设备要求 5

 7.1 矿用自动驾驶车辆要求 6

 7.2 协同作业设备基本要求 6

 7.3 智能路侧系统设备要求 6

8 运维要求 6

 8.1 车辆运维要求 6

 8.2 路侧设备运维要求 6

 8.3 云控平台运维要求 7

 8.4 地图运维要求 7

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。

T/ITS 0198《智慧矿山 矿用车辆自动驾驶协同作业系统》系列标准拟由五个部分构成。

- 第1部分：总体技术要求；
- 第2部分：车辆技术要求；
- 第3部分：云控平台技术要求；
- 第4部分：信息交互要求；
- 第5部分：车辆和云控平台测试方法及要求。

本文件为T/ITS 0198的第1部分。

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：华能伊敏煤电有限责任公司、北京百度智行科技有限公司、中国信息通信研究院、山西省智慧交通研究院有限公司、郑州信大捷安信息技术股份有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、阳泉领航科技产业有限公司、东南大学、北京踏歌智行科技有限公司、上海淞泓智能汽车科技有限公司、同济大学、北京建筑大学、东风商用车有限公司、长沙智能驾驶研究院有限公司、北京崧珀科技有限公司、北京航空航天大学

本文件主要起草人：咸金龙、苏昊天、彭伟、程周、路宏、沈洋、魏圣杰、吴榕真、郭宇琦、贾元辉、王云鹏、孙鹏、刘献伦、廖臻、康陈、刘常康、吴宏涛、张军、林晓伯、乔斌亮、张健、刘洲、于淼、毕欣、陈华武、陈化荣、杨顺、黄鹤、胡晓明、余贵珍

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矿用车辆自动驾驶协同作业系统的总体框架和基本要求。

本文件适用于协同作业系统及具备3级及以上驾驶自动化能力的矿用车辆。

注：3级及以上驾驶自动化能力的定义来源于GB/T 40429-2021。

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

YD/T 3400 基于LTE的车联网无线通信技术 总体技术要求

3 术语定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

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、云控平台在内的矿山协同作业系统。

3.1.2

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车辆。

3.1.3

人工作业效率 operation efficiency with human-driving

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。

3.1.4

生产率 productivity

单位时间内所移动物料的量。

3.1.5

实际生产率 actual productivity

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，在给定的操作条件和物料类型时各工作装置连续作业可得到的生产率。

3.1.6

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]

3.1.7

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]

3.1.8

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。

3.1.9

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。

3.1.10

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。

3.1.11

智能路侧系统设备 intelligent road side system equipment

具备一定技术功能的道路侧基础设施，包含定位、感知、通信等辅助性功能和协同性功能。

3.1.12

终端设备 terminal device

本文件特指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、智能路侧系统设备在内的矿山设备。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

V2X：车载单元之间，或者车与行人、平台以及路侧设施等之间的通信（Vehicle to Everything）

V2V：车载单元与车载单元通信（Vehicle to Vehicle）

V2I：车载单元与路侧设施通信（Vehicle to Infrastructure）

V2N：车载单元与网络通信（Vehicle to Network）

CAN：控制器局域网（Controller Area Network）

注：V2X、V2V、V2N、V2I等技术详细要求参见YD/T 3400-2018。

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。具体功能要求如下：

- 云控平台应包含车辆调度系统、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；
- 终端设备应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。

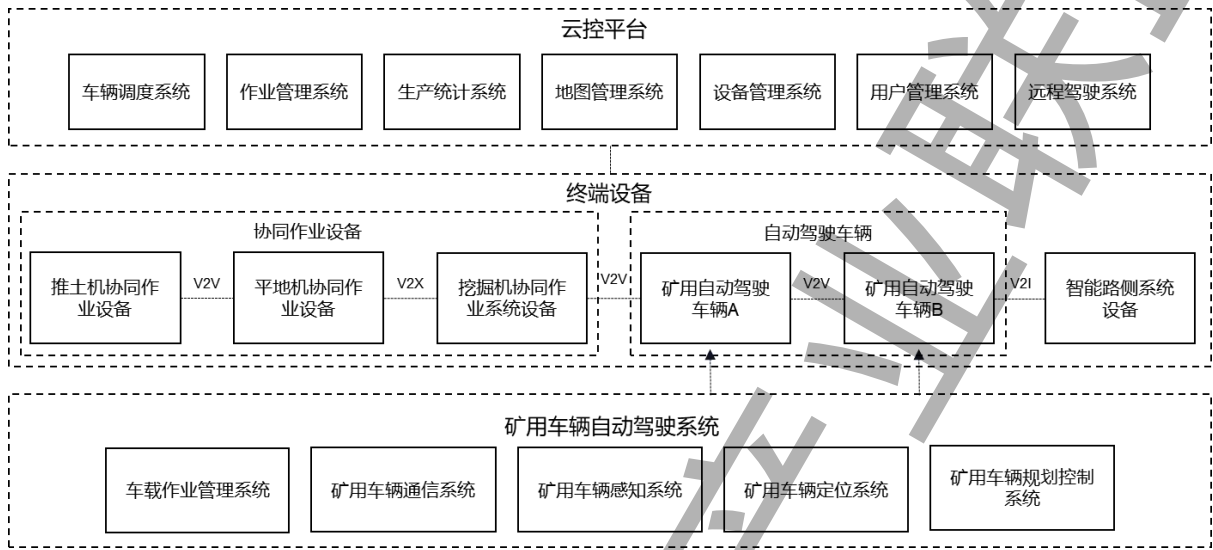


图 1 智慧矿山矿用车辆自动驾驶协同作业系统框架图

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：

- a) 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, 同时通过各自与云控平台之间的 V2N 技术进行间接通信；
- b) 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；
- c) 终端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：

- a) 各硬件设备之间采取CAN总线、以太网或其他常用车载通信技术；
- b) 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

矿用车辆自动驾驶协同作业系统作业效率应满足如下要求：

- a) 无安全员随车监管状态下, 自动驾驶运营期间的实际生产率不低于同期同等工况下人工驾驶生产率；
- b) 车辆使用能耗和维护（含轮胎磨损导致的更换）费用等运营成本不高于同期人工驾驶工况下的对应运营成本（不含人工驾驶员人力成本）。

5.2 道路变化适应性要求

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，局部道路变化应在不间断运行的情况下更新地图。

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或电量数据、防冻液位数据；
- b) 系统自动规划保养时间；

- c) 系统能够检测自身或车辆的故障并根据严重程度进行报警和主动停车以保证安全。

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100 m时，能由指挥车人员遥控紧急停车；
- b) 调度管理人员能通过远程驾驶系统对车辆进行应急接管；
- c) 若车辆配备驾驶人员，能通过车载急停按钮紧急停车；
- d) 若车辆配备驾驶人员，能通过车载方向盘油门刹车直接对车辆进行现场接管；
- e) 调度/监控员能通过云控平台急停按钮对车辆紧急制动。

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 通信安全

5.4.2.1 自动驾驶车辆和路侧设备以及云控平台的以太网通信均应采用安全传输协议。

5.4.2.2 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，采用的密码算法应符合相关国家和行业标准的要求。

5.4.2.3 远程驾驶系统操作座舱与车辆的连接认证需要通过共同密钥校正，保证车辆状态数据和控制安全性。

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和存储。

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。应采用符合国家和行业标准的密码算法，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、生产统计、地图管理、设备管理、用户管理和远程驾驶系统。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 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，且响应时延不大于300 ms。

6.3 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。

6.4 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；
- c) 具备记录并回放历史车辆位置和作业数据的能力；
- d) 具备储存台阶信息、物料信息、班组信息的能力。

6.5 生产统计系统要求

生产统计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) 具备实时统计当前矿山运输产量和运行图相关的各类报表的能力。

6.6 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) 具备导入地图数据和编辑地图的能力；
- c) 具备展示当前地图数据的能力；
- d) 具备展示历史地图数据的能力。

6.7 设备管理系统要求

6.7.1 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。

6.7.2 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。

6.7.3 终端控制要求

应能够接收控制终端设备的工作状态，宜包含开启和关闭功能。

6.8 用户管理系统要求

用户管理系统应符合 T/ITS 0198.3 中 4.7 条的要求。

6.9 远程驾驶系统要求

远程驾驶系统应满足如下要求：

- a) 云控平台具备远程驾驶功能，并能控制所有具备自动驾驶能力的车辆；
- b) 远程驾驶系统具备控制车辆油门、档位、转向和制动的基本能力，且能将车辆周围图像和感知信息回传到云控平台；
- c) 远程驾驶系统的指令执行优先度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

7.1.1 概述

矿用自动驾驶车辆技术应符合T/ITS 0198.2的要求，且应具备自动驾驶系统，自动驾驶系统应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。

7.1.2 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。

7.1.3 矿用车辆通信系统

矿用车辆通信系统应具备与云控平台和其他设备进行通信的能力。

7.1.4 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。

7.1.5 矿用车辆定位系统

定位误差应不大于10 cm，航向数据误差应不大于 2° ，矿用车辆定位系统应具备多套定位系统作为冗余定位。

7.1.6 矿用车辆规划控制系统

应满足L4级自动驾驶能力要求，且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。

7.2 协同作业设备基本要求

协同作业系统包括生产指挥车、洒水车、挖掘机、推土机、平地机等协同作业设备，协同作业设备具备与矿用自动驾驶车辆和云控平台进行信息交互的能力，且符合如下要求：

- a) 车载系统主模块：应能够将设备状态上报给云控平台，特定设备的车载系统主模块具备向车辆发送作业指令、采集并上传地图信息的能力；
- b) 车载系统通信模块：应具备与其他设备进行通信的能力；
- c) 车载系统定位模块：定位误差不大于50 cm；
- d) 车载系统人机交互模块：应支持驾驶员信息的获取与操作。

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 运维要求

8.1 车辆运维要求

自动驾驶矿用车辆应对传感器进行标定，标定周期应不超过4000 h，标定误差应不大于10 cm。

8.2 路侧设备运维要求

路侧设备应具备自发电或储电，断电后至少可以满足72 h的连续正常工作；路侧设备应定期确定位置，周期应不超过4000 h，经纬度标定误差应不大于30 cm，高度标定误差应不大于50 cm。

8.3 云控平台运维要求

应定期对云控平台进行时延测试，确保各部分通信满足时延要求，测试周期应不超过4000 h。

8.4 地图运维要求

矿山主干路地图采集周期应不超过4000 h，作业区域地图采集周期应不超过24 h。

T/ITS 0198.1-2022

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 0198.1—2022

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>

2022年10月第一版 2022年10月第一次印刷