

ICS 点击此处添加 ICS 号

CCS 点击此处添加 CCS 号



# 团 体 标 准

T/TIAA XXXX—XXXX

## 露天矿山无人驾驶矿用车 线控系统规范

Open pit mine unmanned drive mining truck—Specification for drive-by-wire system

（征求意见稿）

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

中关村车载信息服务产业应用联盟 发布

# 目 次

1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 性能要求.....	4
4.1 一般要求.....	4
4.2 线控系统及相关模块配置.....	4
4.3 其他系统.....	5
5 试验测试.....	6
5.1 一般要求.....	6
5.2 测试场地要求.....	6
5.3 线控系统测试.....	6
附录 A （资料性） 试验记录表.....	8

## 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。

本文件由中关村车载信息服务产业应用联盟标准化委员会提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古北方重型汽车股份有限公司、XX

本文件主要起草人：xx

# 露天矿山无人驾驶矿用车 线控系统规范

## 1 范围

本文件规定了露天矿山具备无人化驾驶功能矿用自卸车的线控系统术语和定义、性能要求。  
本文件适用自行式刚性车架无人化驾驶非公路内燃机动力自卸车。

## 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。

ISO 17757:2019 无人和半无人机械 系统安全  
GB 20178 土方机械 机器安全标签通则  
GB/T 35195 土方机械 非公路机械传动矿用自卸车 技术条件  
GB/T 35196 土方机械 非公路电传动矿用自卸车 技术条件  
GB/T 14781 土方机械 轮胎式机器 转向要求  
GB/T 20418 土方机械照明、信号和标志灯以及反射器  
GB/T 21152 土方机械 轮式或高速橡胶履带式机械制动系统的性能要求和试验方法  
GB/T 35193 土方机械 非公路机械传动矿用自卸车 试验方法  
GB/T 35197 土方机械 非公路电传动矿用自卸车 试验方法  
GBJ 22 厂矿道路设计规范  
T/TIAA XXXX 露天矿山智能运载和协同作业系统 通用要求

## 3 术语和定义

GB/T 35195、GB/T 35193、ISO17757界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了ISO17757中的某些术语和定义。

### 3.1

无人驾驶模式 **unmanned drive mode**

一种运行模式，在这种模式下，自卸车在没有操作者交互（3.5）的情况下执行全部的安全关键功能以及与其定义的操作相关的土方或采矿功能。

### 3.2

无人驾驶自卸车 **unmanned drive dump truck**

在正常工作循环内以无人驾驶模式（3.1）运行的自卸车。

### 3.3

半无人驾驶自卸车 **semi- unmanned drive dump truck**

预期在其部分工作循环内以无人驾驶模式（3.1）运行的自卸车，需要操作者主动控制以完成分配给自卸车的部分任务

### 3.4

线控系统 **drive-by-wire system**

底盘控制器通过电信号对自卸车动力系统与操纵机构等进行数据通信，实现对自卸车控制的软硬件系统。

### 3.5

操作者交互 **operator interaction**

操作者向无人驾驶模式（3.1）下运行的无人驾驶及半无人驾驶自卸车（3.2、3.3）提供信息或控制的介入行为，或提供任何类型的异常处理（见ISO 17757:2019-3.1.10）。

## 4 性能要求

### 4.1 一般要求

4.1.1 无人驾驶自卸车线控系统应符合本文件的规定，并按照经规定程序批准的产品图样及技术文件制造。整车参数应符合车型设计文件要求。

4.1.2 无人驾驶自卸车线控系统在以下条件同时满足时应能正常工作。

——环境温度：-25℃~+40℃；

——海拔：不超过 2000 m；

——湿度：不大于 90%；

——符合 GBJ 22 规定的三级露天矿山道路。

如使用环境温度、海拔高度和湿度超过上述范围，用户可与制造商协商。

4.1.3 无人驾驶自卸车应配置无人驾驶模式开关。

4.1.4 无人驾驶自卸车可配置紧急停车按钮，用于人工紧急停车。

4.1.5 线控系统的各子系统应定时检查维护，其性能保持不应低于其控制下的机械、电气、液压系统。

### 4.2 线控系统及其基础模块配置

#### 4.2.1 线控动力传动系统

4.2.1.1 无人驾驶自卸车的线控动力传动性能应满足 GB/T 35195 中 4.2.1 和 GB/T 35196 中 4.3.1 的要求；

4.2.1.2 无人驾驶自卸车应通过车载控制器实现动力传动系统线控；

4.2.1.3 线控动力系统应能够实时反馈运行数据及故障信息，反馈周期≤100ms。

#### 4.2.2 线控转向系统

4.2.2.1 无人驾驶自卸车线控转向性能应符合 GB/T 14781 中第 6 章和 ISO 17757:2019 中 4.6 的规定；

4.2.2.2 配备有车载操作者位置的无人驾驶自卸车应满足人工转向优先功能；

4.2.2.3 线控转向系统应能够实时反馈运行数据及故障信息，反馈周期≤50ms，反馈转向角度误差≤0.5°。

#### 4.2.3 线控制动系统

4.2.3.1 无人驾驶自卸车线控制动性能应符合 GB/T 21152 和 ISO 17757:2019 中 4.6 的规定；

4.2.3.2 配备有车载操作者位置的无人驾驶自卸车应满足人工制动优先功能；

4.2.3.3 无人驾驶自卸车应配备缓行功能并实现线控控制；

4.2.3.4 线控制动系统应能够实时反馈运行数据及故障信息，反馈周期≤100ms。

#### 4.2.4 线控举升系统

4.2.4.1 线控举升性能应满足 GB/T 35195 中 4.2.4 和 GB/T 35196 中 4.4.5 举升部分的要求。

4.2.4.2 线控举升系统应能够实时反馈货箱举升状态、角度数据和故障信息。举升角度误差<0.5°，反馈周期≤100ms。

#### 4.2.5 自动称重系统

4.2.5.1 无人驾驶自卸车应配置有自动称重系统；

4.2.5.2 自动称重系统应能够实时反馈自卸车载重数据及故障信息，如：压力传感器故障，称重控制器与显示器通讯故障，超载报警等；

4.2.5.3 自动称重系统误差应在±10%范围内。

#### 4.2.6 自动灭火系统

4.2.6.1 无人驾驶自卸车应配置有自动灭火系统；

4.2.6.2 自动灭火系统应能够实时反馈系统的状态，反馈周期≤100ms。

#### 4.2.7 胎压胎温监测系统

4.2.7.1 无人驾驶自卸车应配置有胎压胎温监测系统；

4.2.7.2 胎压胎温监测系统应能够实时反馈胎压胎温数据及故障信息，反馈周期≤2s。

#### 4.2.8 警告系统

4.2.8.1 无人驾驶自卸车应能够通过状态指示灯显示自卸车的工作模式，按 T/TIAA XXXX 中 6.3.2 执行，其余照明、信号和标志灯以及反射器应符合 GB/T 20418。

4.2.8.2 状态指示灯的安装应使其被观测范围做到最大，供包括远程监控人员近处维护人员的所有与车辆相关的人员都能在前后左右方便观测到，如平台两侧。

4.2.8.3 无人驾驶自卸车应能够在发动机启动、准备移动或运行时自动发出声响报警，如果提供报警装置，则应符合 ISO 9533；

4.2.8.4 涉及到无人驾驶相关操作、维修等部位或场所，应设置符合 GB/T 20178 规定的安全标志和警告标签；

示例：位于半无人驾驶自卸车驾驶室的档位举升组合手柄的标签：



图1 警告标签

4.2.8.5 除指示灯外，无人驾驶自卸车还应配备与有人驾驶自卸车明显不同的标识，使其它有人驾驶设备及人员能够很清晰的进行识别。

#### 4.2.9 车载电源

无人驾驶自卸车应具有足够的电力容量，以在所有预期操作和环境条件下（如低怠速、夜间）支持无人电子系统所需的额外负载。

#### 4.3 其他系统

4.3.1 无人驾驶自卸车其他系统应满足 GB/T 35195 和 GB/T 35196 中第 4 章的要求。

- 4.3.2 线控系统和车载控制系统通讯中断，应立即实施紧急制动至停车。
- 4.3.3 线控系统底盘控制器应采用冗余设计，具备独立的控制器硬件和软件系统，当主控制器出现故障时，冗余控制器实施制动至停车。
- 4.3.4 线控系统应能对照明灯光、警示灯光、声响报警等实施控制。
- 4.3.5 电传动自卸车应具备对前后左右四轮轮速的实时数据采集能力。

## 5 试验测试

### 5.1 一般要求

- 5.1.1 无人驾驶机械传动自卸车试验条件和试验准备按 GB/T 35193 中第 3 章的规定，无人驾驶电传动自卸车试验条件和试验准备按 GB/T 35197 中第 3 章和第 4 章的规定；
- 5.1.2 无人驾驶机械传动自卸车自动驾驶功能之外的其他总成及系统性能测试按照 GB/T 35193 规定的方法进行，无人驾驶电传动自卸车自动驾驶功能之外的其他总成及系统性能测试按照 GB/T 35197 规定的方法进行；
- 5.1.3 为保障测试安全，在测试过程中，可根据不同测试项目设定不同最高车速；
- 5.1.4 测试主体在申请测试时需填写并提交测试自卸车参数表，参数表格式见附录 A 表 A.1，第三方检测机构在进行测试前应根据测试自卸车参数表对自卸车进行符合性检查；
- 5.1.5 在发生紧急情况时，驾驶员/安全员能够及时进行人工介入操作。

### 5.2 测试场地要求

- 5.2.1 自卸车测试可使用满足要求的制造商试车场或露天矿山实际道路进行测试；
- 5.2.2 无人驾驶自卸车测试道路安全技术要求应符合《厂矿道路设计规范》（GBJ22）的规定；
- 5.2.3 无人驾驶自卸车测试道路最小圆曲线半径不小于《厂矿道路设计规范》（GBJ22）确定最大值的 1.2-1.5 倍；
- 5.2.4 测试场地受地形或其它条件限制需要采用小半径的圆曲线时，应在弯道外侧设置挡车堆等安全设施；
- 5.2.5 测试场地应平整，不存在 150mm 以上的浮石、散块及杂物，路面无土 150mm 坑凹；
- 5.2.6 测试场地沿行驶路线可设置连续的安全防护堤，防护堤高度不低于无人驾驶自卸车最大轮胎直径的 2/5 倍，底部宽度不小于 3.0m，坡度不小于 33°。

### 5.3 线控系统测试

#### 5.3.1 线控动力传动系统测试

以发动机为动力的无人驾驶自卸车，应按如下要求执行：

- a) 通过车载控制系统向线控动力系统发送不同百分比油门信号指令，记录发送的油门信号指令及发动机实际油门开度百分比；
- b) 通过车载控制系统监测发动机运行主要数据，包括发动机转速、发动机水温、发动机机油压力、冷却液温度等；
- c) 模拟发动机故障，通过车载控制系统监测发动机故障；
- d) 测试过程记录表参考附录 A 表 A.2。
- e) 通过车载控制系统向线控传动系统发送不同档位指令，记录发送的档位指令及自卸车实际档位状态；
- f) 通过车载控制系统监测线控传动系统运行关键运行参数，包括车速、档位、驱动系统的状态信息和关键故障码、电动轮母线电压、电动轮母线电流等；
- g) 模拟线控传动系统故障，通过车载控制系统监测线控传动系统故障。

h) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 3。

### 5.3.2 线控转向系统测试

线控转向系统测试应按如下要求执行：

- a) 通过车载控制系统向线控转向系统发送左右转向指令，按照 GB/T 14781 和 ISO 17757：2019 中 4.6 的规定进行线控转向系统性能测试，
- b) 通过车载控制系统向线控转向系统发送左右转向指令，记录发送的左右转向指令及自卸车实际转向状态；
- c) 对于配备有车载操作者位置的无人驾驶自卸车，在无人行驶状态下进行转向人工干预测试并记录；
- d) 模拟线控转向系统故障，通过车载控制系统监测线控转向系统故障；
- e) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 4。

### 5.3.3 线控制动系统测试

线控制动系统测试应按如下要求执行：

- a) 通过车载控制系统向线控制动系统发送制动、缓行指令，记录发送的制动、缓行指令及自卸车制动系统实际状态；
- b) 按照 GB/T 21152 和 ISO 17757：2019 中 4.6 的规定进行线控制动系统性能测试；
- c) 对于配备有车载操作者位置的无人驾驶自卸车，在无人行驶状态下进行制动人工干预测试并记录；
- d) 模拟线控制动系统故障，通过车载控制系统监测线控制动系统故障；
- e) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 5。

### 5.3.4 线控举升系统测试

线控举升系统测试应按如下要求执行：

- a) 按照 GB/T 14781 和 ISO 17757：2019 中 4.6 的规定进行线控举升系统性能测试；
- b) 通过车载控制系统向线控举升系统发送举升、下降、锁止、浮动指令，记录发送指令及车厢实际的举升状态；
- c) 模拟线控举升系统故障，通过车载控制系统监测线控举升系统故障；
- d) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 6。

### 5.3.5 自动称重系统测试

自动称重系统测试应按如下要求执行：

- a) 对无人驾驶自卸车自动称重系统进行测试，分别装载 10 次，并记录自动称重系统计算数据和地磅实际称重数据，要求两者偏差不超过±10%；
- b) 模拟自动称重系统故障，通过车载控制系统监测自动称重系统故障；
- c) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 7。

### 5.3.6 自动灭火系统测试应按如下要求执行：

模拟自卸车起火故障，通过车载控制系统监测自卸车火灾故障。测试过程记录表参考附录A表A. 8。

### 5.3.7 胎压胎温监测

胎压胎温监测系统测试应按如下要求执行：

- a) 对无人驾驶自卸车胎压胎温监测系统进行测试，并进行功能性测试；
- b) 模拟胎压胎温监测系统故障，通过车载控制系统监测胎压胎温监测系统故障；
- c) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 9。

### 5.3.8 其他线控系统测试

其他线控系统测试应按如下要求执行：

- a) 对无人驾驶自卸车指示灯进行测试，记录驾驶模式切换时指示灯灯光显示是否正常；

- b) 对无人驾驶自卸车声响报警装置进行测试，记录发动机启动及准备移动时无人驾驶自卸车是否能自动发出警报。
- c) 模拟指示灯和声响报警故障，通过车载控制系统监测其故障；
- d) 控制无人驾驶自卸车照明灯、信号灯，观察其是否显示正常；
- e) 控制无人驾驶自卸车声响报警，观察设备是否工作正常；
- f) 测试过程记录表参考附录 A 表 A. 10。
- g) 测试不同车速下四轮轮速的实时变化情况，参考附录 A 表 A. 3。

附 录 A  
(资料性)  
试验记录表

A.1 测试自卸车参数表见表 A.1

表A.1 测试自卸车参数表

测试主体			
<b>测试自卸车信息</b>			
产品商标		产品型号	
自卸车识别代号			
无人驾驶模式设计最高车速			
<b>技术路线</b>			
对应检测项目 (请在对应项目 后打√)	1、线控转向控制		2、线控车速控制
	3、人工操作接管		4、线控举升控制

A.2 线控动力传动系统动力部分测试表见表 A.2

表A.2 线控动力传动系统动力部分测试表

车速 (km/h)	发动机实际 转速 (r/min)	车载控制系 统反馈值 (r/min)	车载控制系 统反馈值 (°C)	发动机实际 机油压力 (KPa)	车载控制系 统反馈值 (KPa)	冷却液实际 温度(°C)	车载控制系 统反馈值 (°C)
5							
10							
20							
30							
线控发动 机故障信 息监测	模拟故障	燃油油位过低	车载控制系 统是否能够 实时监测故 障信息	是□	车载控制系统是否能够 将故障信息实时反馈至 调度平台	是□	
		空滤器阻塞报警					
		发动机油温过低					
		通讯中断故障					

	反馈故障记录			否□		否□
问题记录：						
处理结果记录：						

A.3 线控动力传动系统传动部分测试表见表 A.3

表A.3 线控动力传动系统传动部分测试表

线控传动系统发送的档位		实际档位	实际车速 (km/h)	四轮轮速	母线电压 (V)	母线电流 (A)
电 动 轮	D					
	N					
	R					
机	前进 1					

机械轮	前进 2					
	前进 3					
	前进 4					
	前进 5					
	前进 6					
	倒退					
	空档					
线控传动系统故障信息监测	模拟故障	通讯中断故障	车载控制系统是否能够实时监测故障信息	是 <input type="checkbox"/>	车载控制系统是否能够将故障信息实时反馈至调度平台	是 <input type="checkbox"/>
	反馈故障记录			否 <input type="checkbox"/>		否 <input type="checkbox"/>
问题记录：						
处理结果记录：						

A. 4 线控转向系统测试表见表 A. 4

表A. 4 线控转向系统测试表

线控转向系统发送的命令	是否响应	完全/部分响应	无人驾驶模式下人工干预是否响应	完全/部分响应
-------------	------	---------	-----------------	---------

左转向	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>
右转向	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>
线控转向系统故障信息监测	模拟故障	转向储能器压力低	车载控制系统是否能够实时监测故障信息	是 <input type="checkbox"/>	车载控制系统是否能够将故障信息实时反馈至调度平台	是 <input type="checkbox"/>		
		通讯中断故障					否 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
	反馈故障记录							
问题记录:								
处理结果记录:								

A.5 线控制动系统测试表见表 A.5

表A.5 线控制动系统测试表

线控制动系统发送的命令	是否响应		完全/部分响应		无人驾驶模式下人工干预是否响应		完全/部分响应	
	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>
行车制动	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>
缓行制动	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>
线控制动系统故障信息监测	模拟故障	制动储能器压力低	车载控制系统	是 <input type="checkbox"/>	车载控制系统是否能够将故障信息实时反		是 <input type="checkbox"/>	

		装载制动无法 实施/解除	是否能 够实时 监测故 障信息		馈至调度平台	
		驻车制动无法 实施/解除				
		工作制动无法 实施/解除				
		紧急制动无法 实施/解除				
		前/后制动压力 阻滞				
		通讯中断故障				
	反馈故障记 录			否 <input type="checkbox"/>		否 <input type="checkbox"/>
	车载通讯 中断故 障，通过 车载控制 系统监测					

	其故障并 执行紧急 停车动作					
问题记录:						
处理结果记录:						

A. 6 线控举升系统测试表见表 A. 6

表A. 6 线控举升系统测试表

线控举升系 统发送的命 令	是否响应		完全/部分响应		无人驾驶模式下人工 干预是否响应		完全/部分响应	
	是□	否□	完全□	部分□	是□	否□	完全□	部分□
举升	是□	否□	完全□	部分□	是□	否□	完全□	部分□
下降	是□	否□	完全□	部分□	是□	否□	完全□	部分□
锁止	是□	否□	完全□	部分□	是□	否□	完全□	部分□
浮动	是□	否□	完全□	部分□	是□	否□	完全□	部分□
线控举升系 统故障信息 监测	模拟故障	车厢无法举升	车载控制 系统是否 能够实时 监测故障 信息	是□	车载控制系统是否 能够将故障信息实时反 馈至调度平台	是□	是□	
车厢无法保持								
车厢无法下落								
车厢无法举升到								

		位				
		车厢无法下降到 位				
		通讯中断故障				
	反馈故障记 录					
问题记录:						
处理结果记录:						

A. 7 自动称重系统测试表见表 A. 7

表A. 7 自动称重系统测试表

装载批次	自动称重系统显示的重量 (吨)	实际重量 (吨)
第 1 次		
第 2 次		

第 3 次						
第 4 次						
第 5 次						
第 6 次						
第 7 次						
第 8 次						
第 9 次						
第 10 次						
自动称重系统故障信息监测	模拟故障	称重传感器故障	车载控制系统是否能够实时监测故障信息	是 <input type="checkbox"/>	车载控制系统是否能够将故障信息实时反馈至调度平台	是 <input type="checkbox"/>
		通讯中断故障		否 <input type="checkbox"/>		否 <input type="checkbox"/>
	反馈故障及记录					
问题记录:						
处理结果记录:						

A. 8 自动灭火系统测试表见表 A. 8

表A. 8 自动灭火系统测试表

自动灭火系统故障信息监测	模拟故障	通讯中断故障	车载控制系统是否能够实时监测故障信息	是 <input type="checkbox"/>	车载控制系统是否能够将故障信息实时反馈至调度平台	是 <input type="checkbox"/>
	反馈故障记录			否 <input type="checkbox"/>		否 <input type="checkbox"/>

问题记录:
处理结果记录:

A. 9 胎压胎温监测系统测试表见表 A. 9

表A. 9 胎压胎温监测系统测试表

胎压胎温监测系统故障信息监测	模拟故障	轮胎气压过高/低						
		爆胎或轮胎漏气						
		轮胎温度高						
		通讯中断故障						
	反馈故障记录						否 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
问题记录:								
处理结果记录:								

A. 10 警告系统测试表见表 A. 10

表A. 10 警告系统测试表

警告系统测试	驾驶模式切换时指示灯灯光显示是否正常		完全/部分响应		发动机启动或设备移动时是否发出警报		完全/部分响应		转向灯显示是否正常		远近光灯显示是否正常		喇叭工作是否正常	
	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	完全 <input type="checkbox"/>	部分 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>	是 <input type="checkbox"/>	否 <input type="checkbox"/>
响应状														

态										
警告系统故障信息监测	模拟故障	指示灯不亮	车载控制系统是否能够实时监测故障信息	是□	车载控制系统是否能够将故障信息实时反馈至调度平台	是□				
		通讯中断故障		否□		否□				
	反馈故障记录									
问题记录:										
处理结果记录:										