

《冶金露天矿山采掘设备 5G 智能化远程操控技术规范》
团体标准编制说明

中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会

二零二三年三月

目 次

一、项目背景.....	1
二、行业概况.....	1
三、需求分析与效益预测.....	1
四、制定本标准的意义和目的.....	2
五、标准编制过程.....	3
六、标准编制原则.....	3
七、标准的研究思路及内容.....	3
(一) 编制思路.....	3
(二) 标准技术框架.....	3
(三) 标准技术内容.....	4
八、标准的应用领域.....	6
九、标准属性.....	6

一、项目背景

本标准由中国冶金矿山企业协会提出并归口。根据中国冶金矿山企业协会团体标准化工作委员会2022年第三批团体标准制修订计划，由攀钢集团矿业有限公司、甘肃酒钢集团宏兴钢铁股份有限公司、冶金工业规划研究院、华为技术有限公司、上海伯镭智能科技有限公司、北京拓疆者智能科技有限公司、苏州酷睿智行科技有限公司共同起草。

二、行业概况

当前，冶金露天矿山资源开采难度提升、安全风险增加是国内矿山企业普遍面临的问题。随着深部开采的不断推进，安全作为矿山发展的红线和底线，矿山企业压力越来越大；同时，矿山行业作为传统行业，多年粗放型发展，存在高投入、高消耗、高成本的问题；采矿作业普遍仅处于机械化换人的阶段，矿区现场作业条件艰苦，工人待遇差，人才队伍老龄化严重，招工困难；随着老一代矿山工人的逐步退休，未来的矿山将面临无人可用的窘境。此外，矿山数字化基础普遍较为薄弱，精细化管理缺少抓手，整体生产效率提升较为困难。基于此，实现露天矿山采矿生产“少人化、无人化”，同时借此加快矿山行业数字化、智能化转型升级，持续提升生产综合效率和效益，成为行业发展的重要方向和必然趋势。

随着以5G、大数据、人工智能为代表的新一代信息通信技术蓬勃发展，推动了新一轮产业变革，国家也对矿山行业高质量发展及供给侧结构性改革提出了迫切要求，陆续出台了一系列的政策和指导意见。我国十四五规划明确提出要加强矿山深部开采与重大灾害防治等领域先进技术装备创新应用，推进危险岗位机器人替代；《有色金属行业智能矿山建设指南》提出建设生产全流程的少人无人化、本质安全的有色金属智能矿山，加快5G、人工智能、工业互联网等新一代信息通信技术与有色金属行业融合创新发展，切实引导有色金属企业智能升级；《“十四五”矿山安全生产规划》要求煤矿、非煤矿死亡人数和百万吨死亡率下降10%，等等。在此背景下，许多冶金矿山企业已逐步加快数字化转型和智能化建设，许多冶金露天矿山企业开始加大信息化、自动化、数字化、智能化相关技术和应用投入，加快新旧动能接续转换，为持续转型升级奠定基础。同时，虽然各矿山企业的数字化、智能化建设路径存在一定差异，但装备的智能化升级均是不可或缺的基础条件，也是各矿山企业现阶段相关技术升级改造投资建设的重点。

三、需求分析与效益预测

露天矿山生产少人、无人化，本质上是通过生产装备“网络化”和“智能化”升级，实现从装备“远程化”操控和“数字化”管理。采矿装备升级改造以“机械化换人、自动化减人、智能化无人”为主线，以减少危险岗位人员、矿山生产过程可视可控为目标，能够很好的支撑露天矿山向智能高效、少人无人方向发展。

采掘工艺环节和冶金露天矿山开采的核心环节之一，当前矿山采掘工作需要操作人员在现场设备上操控电铲、挖掘机、装载机等大型工程机械，按照特定工艺要求完成矿石、岩石的挑选、挖掘和装载。采掘设备工作区域往往环境较为恶劣、劳动强度大，设备生产效率、设备及部件寿命、操控安全性等主要依赖个人经验和责任心，工作过程缺少数字化的管理手段，难以高效实现透明化的管控，不利于矿山

企业有效进行生产经营过程分析和管理的。

通过采掘设备远程化智能化升级，一方面有助于保证开采过程中的安全，工作人员的人身安全可以减少现场作业中存在的风险因素创造安全稳定的工作环境；另一方面能够更有效的将数字化的采矿技术和方法应用于未来矿山的采矿工作中，保障设备使用的合理性，同时与其它数字化设备、系统进行无缝衔接，有助于提高采矿作业的工作效率，增强采矿作业人员的工作能力，减少能源浪费和消耗，降低矿产资源的损失率，降低运营成本，从而持续提高矿山的经济效益和市场竞争能力。

随着 5G 技术的持续发展和成熟，5G 技术已开始广泛应用在工业领域，并以装备网络化为基础，有效支撑和带动装备智能化。露天矿山是 5G 网络技术在工业领域应用的主要场景之一。由于采掘设备移动性、工况实时变化，远程控制对实时性、可靠性存在高要求，以及露天矿山的地形环境较为复杂等因素，使得 5G 的大上行、低时延、高可靠和边缘计算等特性成为矿山采掘设备智能化升级的必然选择。现阶段，部分国内冶金露天矿山开展了基于 5G 技术的采掘设备智能化远程操控改造升级，并取得显著的成果，对矿山生产装备的智能化趋势起到了很好示范作用。

基于此标准规范对采掘设备进行改造，矿山企业可达成的收益包括：

改善作业环境，落实以人为本，使采矿工人从现场移至办公室（操控中心）作业，远离了高温酷暑、粉尘噪音等恶劣环境，工人从苦脏累中解放出来，成为“智慧员工”，提升尊严感，增强获得感。

实现作业本质安全，作业现场无人化、少人化，工人远离滑坡、触电、摔伤等危险因素，实现了作业本质安全。

通过优化管理模式，远程化作业生产能力可满足生产任务要求，降低生产成本，增加劳动效率（例如：通过节约现场交接班时间提升作业综合效率，可通过错峰作业降低用电费用支出，等等）。

促进企业管理变革，通过设备数字化支撑采矿作业逐步从单体、离散型作业变为协同、流水线作业，实现企业运营管理直接到机台，促进企业生产组织、设备运维等模式优化变革，提升管理效率。

四、制定本标准的目的和意义

采掘设备的智能化升级需要进行系统性的设计，将先进的通信技术、大数据技术、AI 技术、传感技术与传统工程机械和电气化技术结合，才能达成矿山生产装备智能化升级和效能提升。现阶段，冶金类矿山电铲、挖掘机等矿用工程机械远程操控改造处于起步阶段，矿山企业普遍缺少相关的技术积累和人才，难以确定采掘设备远程化智能化升级的技术实现方式和实施路径；行业缺少 5G 等关键通信技术的建设标准和最佳实践，装备的通信网络质量成为改造升级效果的瓶颈；各厂商装备升级具体方案不一，效果无法确保达到预期。

为了进一步推动基于 5G 技术的采掘设备智能化远程操控技术在冶金露天矿山领域推广，通过本标准对当前在露天矿山采掘设备智能化改造的优秀实践进行梳理和总结，形成露天矿山采掘设备远程操控升级的整体建设原则和技术规范。同时，本标准具备了较强的可落地性和可复制性，尽量避免方案设计和实施效果参差不齐、难以投入实际生产等风险，向冶金矿山企业提供较好的参考借鉴，推动矿山装备无人化、远程化生产模式加速复制，提升冶金矿山行业矿山智能化整体水平，产生更大的经济效益、社会效益。

五、标准编制过程

2022年8月~2022年11月：根据行业标准现状和相关项目实践，提出制定标准项目，并进行了标准立项征求意见和论证工作；进行团体标准的筹备及申请；

2022年12月：中国冶金矿山企业协会发布了项目计划；团体标准启动并确定工作组；

2023年12月~2023年2月：进行起草标准的调研、问题分析和相关资料收集等准备工作。完成了标准制定提纲、标准草案，并进行了工作组内征求意见和讨论，完成标准初稿；

2023年3月：召开标准讨论会，围绕标准初稿进行了讨论，并按照与会意见和建议进行了修改，形成征求意见稿。

六、标准编制原则

充分考虑国内冶金露天矿山生产装备数字化、智能化发展现状及发展趋势，根据实际项目成功实践和采掘设备实际场景中5G智能化远程操控需求进行梳理总结，提出采掘设备5G智能化远程操控的各项功能、性能、效率技术指标，达到匹配冶金露天矿山远程化生产相关安全性、实用性、可靠性、可扩展性诉求的目标。同时，考虑到装备智能化升级是一个持续迭代的过程，且不同矿山实际情况和需求有所区别，因此本标准同时考虑兼顾技术先进性和行业前瞻性，实际项目中矿山企业可结合自身情况一次性或分阶段、分特性建设。

七、标准的研究思路及内容

（一）编制思路

《冶金露天矿山采掘设备5G智能化远程操控技术规范》的设计与编制以多个项目实践基础进行总结提炼，以满足从冶金矿山行业的通用实际需要、可落地可达产为导向，从技术方案层面为矿山企业开展采掘设备远程化智能化升级提供尽可能充分全面的指导。

（二）标准技术框架

本标准包含以下部分：

- 1 范围
- 2 规范性引用文件
- 3 术语和定义
- 4 缩略语
- 5 总体架构
- 6 硬件组成
- 7 功能要求
- 8 性能要求
- 9 5G通信系统要求
- 10 边缘计算要求
- 11 可用性和运行效率要求
- 12 安全保障机制要求

13 环境适应性和可靠性要求

附录

(三) 标准技术内容

1、范围

对采掘设备5G智能化远程操控作业场景下的系统架构、硬件组成、功能特性、性能指标、通信系统、可用性和运行效率、安全保障机制、环境适应性和可靠性等方面提出了相关规范，以满足露天矿山采掘设备生产安全、稳定运行相关要求。

2、规范性引用文件

按《标准化工作导则第1部分：标准的结构和编写》（GB/T 1.1-2020）的有关规定，列举了本标准引用的国家标准和其他标准。

3、术语和定义

本标准规定的术语和定义，包括：远程操控座舱、视频拼接、景深测量。GB/T 4208、GB 50174、YD/T 3962、YD/T 3973、YD/T 5263、YD/T 5264 界定的术语和定义也适用于本文件。

4、缩略语

GB/T 4208、YD/T 5263、YD/T 5264、YD/T 3962、YD/T 3973 界定的缩略语适用于本文件。

5、总体架构

定义5G采掘设备智能化远程操控系统的技术架构，包括设备控制系统、5G专网、边缘计算单元、设备管理系统、远程操控座舱五个部分，各部分相互配合衔接，形成一体化的智能系统。

6、硬件组成

定义5G采掘设备智能化远程操控系统的硬件组成，包括设备控制系统、电控执行机构、传感器、自动卷缆器、高精定位系统、5G通信系统、视频监控系统、设备智能计算单元、设备配件、远程操控座舱、边缘计算设备等。

7、功能要求

对采掘设备在启停、行走、挖掘、装车、卷缆等生产环节需要提供的智能化远程操控能力和配套信息系统功能提出相关建设要求，包括远程启停、远程行走和姿态感知、远程控制、自动一键装车、自动卷缆、远程照明和喇叭控制、多设备切换控制、状态监控、视频监控、视频拼接、铲斗景深测量、斗齿监测、防碰撞系统、车铲协同系统、高清地图、数据存储、用户管理、系统集成等。

8、性能要求

对远程操控系统可同时连接设备数、用户并发操作情况下的稳定性提出明确性能要求。通常情况下，单套远程操控系统服务端连接设备数量不超过20台，同时要求在因设备或用户数超过设定值导致性能下降时，系统具备平滑扩展能力。

9、5G 通信系统要求

对采掘设备远程操控的5G通信系统设备选型、通信架构、可靠性、性能、可维护性等提出了要求。其中，由于5G通信系统包括了端侧和网络侧两部分，在规范中划分为两个章节分别定义上述内容；网络侧又分为无线网、核心网、传输网、网络切片四个模块。

性能部分提出了时延、丢包、信号强度、视频花屏卡顿率、覆盖强度、上行速率、跨小区切换等指标，均为基于项目实践中基于网络测试结果和实际设备表现得出的网络性能指标建议，鉴于不同设备的实际改造方案会对网络通信需求造成影响，且不同矿山的实际环境、设备密度有差异，在实际项目中5G通信系统的性能配置可基于此标准进行进一步的适配。

10、边缘计算要求

边缘计算是5G网络保障操控低时延、可靠性的关键架构特性，边缘计算单元是本技术规范的整体架构组成部分。本章对边缘计算单元部署位置和机房条件、资源配置、可靠性、可扩展性、资源利用率、安全性等内容提出相关建议，实际建设时可根据矿山企业自身情况酌情调整。

11、可用性和运行效率要求

对实现远程化生产的采掘装备应具备的操控效率提出了建议，建议值为同等条件下人工操控效率的80%。从项目实践来看，装备远程化改造后的产能提升有一个人员操作习惯转变和适应过程，一般为1-2个月左右。远程化改造后可节约20%左右的换班时间，从而能够满足生产效率不低于改造前现场人工生产模式。持续使用过程中，操控效率仍具备较大持续提升潜力。

通过增加一键自动装车、视频拼接、景深测量等智能化辅助手段，能够进一步提升生产效率。

改造后设备非计划停机时长要求不高于改造前。

12、安全保障机制要求

从设备安全、信息和网络安全两个层次提出安全保障机制相关要求。

设备安全方面，建议增加一键急停、姿态角和行程监测、接地监测、周界监测、机械室烟雾监测、电子围栏、5G网络心跳监测等。

信息和网络安全方面，提供了访问通道控制、系统加固等13个方面的技术和管理要求，具体可根据实际项目场景进行匹配。

13、环境适应性和可靠性要求

为确保设备升级改造后能够在低温、潮湿、风沙、雨雾等环境下持续正常生产，改造部件和系统应满足相关环境适应性要求。

系统升级改造所增加的重型机械零部件、配套件、外购半成品应符合重型机械相关通用技术条件和产品检验要求。

八、标准的应用领域

本标准可应用于各类典型的露天矿山采掘类大型工程机械的远程操控升级改造场景，包括电铲、挖掘机、装载机、推土机等。

九、标准属性

本标准属于中国冶金矿山企业协会团体标准，由冶金矿山企业协会推广，推荐各设计单位引用。

《冶金露天矿山采掘设备5G智能化远程操控技术规范》标准编制工作组

2023年3月