ICS 73.100.01

D 04

中国煤炭学会团体标准

T/CCS XXX—2023

|  |
| --- |
|  |

井工煤矿智能化巡检机器人运维管理规范

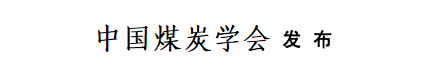
Operation and Maintenance Management of Smart Coal Mine Robot

（征求意见稿）

|  |
| --- |
|  |
|  |

2023 - XX - XX发布

2023 - XX - XX实施





目 次

[前言 1](#_Toc140251182)

[引言 2](#_Toc140251183)

[智能化煤矿机器人运维管理标准 3](#_Toc140251184)

[1 范围 3](#_Toc140251185)

[2 规范性引用文件 3](#_Toc140251186)

[3 术语和定义 3](#_Toc140251187)

[4 机械结构维护要求 4](#_Toc140251200)

[4.1 整机外观结构维护 4](#_Toc140251201)

[4.2 外壳表面维护 4](#_Toc140251202)

[4.3 电气部件布线维护 4](#_Toc140251203)

[5 传感系统维护要求 4](#_Toc140251204)

[5.1 检查传感器外观 4](#_Toc140251205)

[5.2 检查电源状态 4](#_Toc140251206)

[5.3 检查信号传输功能 5](#_Toc140251207)

[5.4 传感器精度检测 5](#_Toc140251208)

[5.5 器件清洁 5](#_Toc140251209)

[5.6 记录 5](#_Toc140251210)

[6 电量管理要求 5](#_Toc140251211)

[6.1 续航能力 5](#_Toc140251212)

[6.2 充电能力 5](#_Toc140251213)

[6.3 自主充电功能 5](#_Toc140251214)

[7 上位机软件维护要求 5](#_Toc140251215)

[7.1 日常维护 5](#_Toc140251216)

[7.2 周期维护 5](#_Toc140251217)

[8 运维人员职责 7](#_Toc140251218)

[8.1 工作要求 7](#_Toc140251219)

[8.2 维护要求 7](#_Toc140251220)

[9 异常事件管理 8](#_Toc140251221)

[9.1 智能化煤矿机器人异常事件管理 8](#_Toc140251222)

[9.2 上位机管理平台异常事件管理 8](#_Toc140251223)

[10 档案资料 8](#_Toc140251224)

[11 考核评价 8](#_Toc140251226)

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》规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由煤矿智能化创新联盟提出。

本文件由中国煤炭学会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

引  言

井工煤矿智能化巡检机器人是实现煤矿井下安全、高效生产目标的重要途径之一，是实现矿井减人、增安和提效的重要一环。智能化煤矿机器人是自控类机器人，能够依靠自身动力和控制能力来完成各种操作任务，具有较为齐全和可靠的传感器和执行器，能够像矿工一样自主完成各类生产、巡检等作业任务。行业内智能化煤矿机器人在矿井逐渐普及，存在大量机器人调度运维管理工作强度大、繁琐、重复工作量的问题。

本标准提出智能化煤矿机器人运维管理标准，目的是解决智能化煤矿机器人运维管理存在的问题，提升智能化煤矿机器人运维管理水平。

本标准考虑了以下情况：

——智能化煤矿机器人运维的管理范围等；

——煤矿机器人系统机械结构、传感系统、电量管理和上位机管理软件要求；

——运维人员岗位及职责；

——异常事件管理流程。

井工煤矿智能化巡检机器人运维管理规范

1. **范围**

本文件规定了井工煤矿智能化巡检机器人运维管理的术语和定义、运维范围、运维内容、运维组织管理、考核评价等要求。

本文件适用于已建成的井工煤矿进行智能化巡检机器人运维管理工作。

1. **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，凡是注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本文件。

GB/T 39590.1-2020 机器人可靠性 第1部分：通用导则

GB/T 38244-2019 机器人安全总则

GB 11291.1-2011 工业环境用机器人 安全要求 第1部分：机器人

GB/T 34679 智慧矿山信息系统通用技术规范

GB/T 20815 视频安防监控数字录像设备

GB/T 28518 煤矿用阻燃通信光缆

GB/T 30147 安防监控视频实时智能分析设备技术要求

AQ 6201 煤矿安全监控系统通用技术要求

T/CSS 002-2020 智能化采煤工作面分类、分级技术条件与评价指标体系

《煤矿安全规程》

1. **术语和定义**

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

煤矿智能化巡检机器人 Operation and maintenance management

能够依靠自身动力和控制能力来完成井下固定场所巡检任务，由机器人本体、行走机构、通信设备、传感设备及地面控制系统等组成，可采用遥控或全自主运行模式，完成煤流巡检作业任务。包括轨道式巡检机器人与自行走巡检机器人两种。

3.2

机器人地面控制系统 Upper computer management platform

由监控主机、通信设备、监控分析软件和数据库等组成，用于监控井工煤矿智能化巡检机器人运行的计算机系统。

3.4

行走系统 Walking system

由驱动装置、传动机构、位置检测元件、传感器、电缆及管路等组成，能够实现机器人自主行走的系统。

3.5

传感系统 Sensing system

由高清摄像头、红外摄像头、音频传感器、激光传感器、气体检测传感器、烟雾探测传感器等传感器组成。

1. **运维范围**
   1. 基本要求
      1. 智能化巡检机器人宜按照GB/T 39590.1、GB/T 38244、GB 11291.1、GB/T 34679、GB/T 20815、GB/T 28518、GB/T 30147、AQ 6201、T/CSS 002-2020及《煤矿安全规程》进行设计与建设。
      2. 运行维护团队宜参与智能化巡检机器人的设计、设备安装与调试。
      3. 智能化巡检机器人正式投用前应进行智能化系统综合联调，各系统应功能良好，满足所在固定场所巡检要求。
      4. 运行维护人员应熟悉运维巡检机器人的机器人本体结构、行走机构、通信设备、传感设备、控制系统、线缆布置等相关情况。
      5. 机器人维护过程应在机器人停机状态下进行。
      6. 对轨道式巡检机器人进行运维过程中，必须佩戴安全带，作业前对登高器具进行详细的隐患排查，并做到劳动保护用品规范使用，实行一人作业一人监护。
      7. 对巡检机器人进行运维结束后，应认真填写相关记录。
   2. 主要运行维护范围
      1. 智能化巡检机器人的运行维护范围主要包括机器人本体，行走机构、通信设备、视频监控设备、传感设备、动力系统及地面控制系统。
      2. 机器人本体主要包括机器人外壳。
      3. 机器人行走机构主要包括轨道式和自行走两种。轨道式行走机构包括吊挂轨道，行走驱动电机，行走紧固驱动轮，位置检测传感器，行走速度检测传感器等组成；自行走式行走机构包括行走驱动电机，行走传动机构，行走装置，位置检测传感器，行走速度检测传感器等组成。
      4. 机器人通信设备主要包括交换机、无线通信模块、通信辅助设备等。
      5. 机器人视频监控设备主要包括可见光摄像仪、红外热成像摄像仪、云台及控制装置等。
      6. 机器人传感设备主要包括音频传感器、激光雷达传感器、气体检测传感器、烟雾探测传感器等。
      7. 机器人动力系统主要包括电池，供电系统，充电装置等。
2. **运维内容**
   1. 运行内容
      1. 机器人本体
      2. 机器人本体
         1. 整机外观整洁，连接线应固定牢靠，布局合理，不外露。
         2. 整机结构坚固，所有连接件、紧固件应有防松措施。
         3. 可更换部件应有一一对应的明显标识，以指示是否正确安装。
         4. 外壳表面应有保护涂层或防腐设计。
         5. 外壳表面应光洁、均匀,不应有伤痕、毛刺等其他缺陷，标识清晰。外壳防护等级应满足IP65。
         6. 内部电气线路应排列整齐、固定牢靠、走向合理，便于安装、维护，并用醒目的颜色和标志加以区分。
      3. 机器人行走机构
         1. 机器人运行期间对机器人行走机构观察，应行走顺畅，无卡顿。
         2. 应可通过遥控器或地面控制系统控制机器人完成巡检任务设置，机器人实时控制等。
         3. 应实时监控机器人的行走状态，包括位置，速度等。
      4. 机器人通信设备
         1. 机器人无线网络带宽应满足高清视频传输（1080P）不小于30Mbit/s。
         2. 机器人监控画面显示与实际事件发生时间差小于2s。
      5. 机器人视频监控设备
         1. 机器人操作工人应在机器人使用之前对机器人图像采集设备，云台，图像存储空间，视频AI功能进行检验，确定功能正常后，设置机器人完成巡检任务。
         2. 机器人可见光摄像仪应成像功能正常，画面稳定清晰，连续无卡顿，聚焦功能正常。
         3. 机器人红外热成像摄像仪应成像功能正常，画面稳定清晰，连续无卡顿，设备测温结果正常。
         4. 检测机器人云台控制功能，挂轨巡检机器人可视范围应达到水平-180°~180°，俯仰-90°~90°，自行走式巡检机器人可视范围应达到水平-180°~180°，俯仰0°~90°。
         5. 检测机器人视频AI功能，是否可以正常调用视频AI功能，AI功能是否满足巡检使用要求。
         6. 机器人摄像装置如设置雨刷器，应检测雨刷器动作是否正常。
      6. 机器人传感设备
         1. 机器人操作工人应在机器人使用之前对传感设备功能进行检验，包括数据通信是否正常，数据是否可以正常显示等，确定功能正常后，设置机器人完成巡检任务。
         2. 机器人音频传感器应声音采集正常，录音可靠稳定。
         3. 机器人如搭载激光雷达传感器，应定期观测激光雷达数据是否连续，激光雷达点云数据是否有较多数据漂移。
         4. 机器人数据存储空间应充足，无容量告警信息。
      7. 机器人动力系统
         1. 对机器人电池观测，电池在规定使用年限内，满足防爆要求，电池无漏液、破损、变形现象。
         2. 机器人电池供电一次充电续航能力不小于5h，续航时间内，机器人应稳定、可靠工作。
         3. 电池完成一次充电应不大于5h。电池完全充放电次数不少于500次，电池容量不小于80%。
         4. 机器人具有自主充电功能，巡检任务完成后或电池电量不足时能够自动返回充电。
         5. 机器人地面控制系统实时显示电池信息，电压、电流、剩余电量等信息数据正常。
      8. 机器人地面控制系统
         1. 机器人地面控制系统运行状态检查，数据刷新是否正常，设备状态显示是否正常，控制系统画面切换无异常卡顿现象。
         2. 机器人地面控制系统控制功能检查， 可通过地面控制系统远程控制机器前进、后退、编排任务等动作，可准确选取巡检定位点，机器人在巡检定位点停靠。
         3. 如地面控制系统出现运行卡顿，应重启地面控制系统软件。
   2. 维护内容
      1. 机器人本体
         1. 每周对机器人本体外观进行观测，外壳应密封良好，无受潮进水现象，零部件应匹配良好连接可靠，各螺栓无松动。
      2. 机器人行走机构
         1. 每周对机器人行走机构检测，是否行走顺畅，无卡顿。
         2. 挂轨式巡检机器人每周对机器人轨道进行清扫，保障机器人行进顺畅。
         3. 挂轨式巡检机器人每月或季度对机器人轨道安装顶部吊杆进行检测，确保安装螺栓紧固无松动。
         4. 挂轨式巡检机器人每周对机器人行走驱动器、电动机等检测，是否运行正常。
         5. 挂轨式巡检机器人每月或季度对机器人行走紧固驱动轮检查，是否可以紧固在轨道上，行进速度，爬坡能力是否正常。
         6. 自行走式机器人每周观测机器人轮胎，是否无过度磨损，老化现象，是否存在凸包或漏气现象。
         7. 自行走式机器人每周观测机器人驱动器、电动机、减速器是否正常，轮胎转向是否性能正常无卡顿。
         8. 每周对巡检机器人定位模块与行走速度检测模块进行检测与标定，定位误差在±5cm以内，行走速度检测相对误差不大于1%。
      3. 机器人通信设备
         1. 每日检查巡检机器人天线外观有无倾斜、断裂。
         2. 每日检查巡检机器人通信电源运行指示灯指示是否正常。
         3. 每周检查巡检机器人天线线路连接是否正常，有无断裂，表皮老化，接触不良。
         4. 每周对通信网络进行测试，包括带宽，速率，丢包率，视频传输流畅性，检测机器人通信设备性能。
      4. 机器人视频设备
         1. 每周检查巡检机器人可见光摄像仪外观、接线，成像功能是否正常，确保画面稳定、清晰，聚焦功能正常。
         2. 每周检查巡检机器人红外热成像摄像仪外观、接线，成像功能是否正常，确保画面稳定、清晰，设备测温结果正常。
         3. 每周检查巡检机器人云台在运行过程中有无异响，运动是否正常，有无偏移现象。
         4. 每月对红外热成像摄像仪测温功能进行标定，，与人工测温结果温差在2℃以内。
         5. 每季度或每年对视频AI模型进行更新，对AI模型功能就行优化。
      5. 机器人传感设备
         1. 每日检查机器人传感器，检查器件是否缺损，受潮，确认各端子连接器连接可靠，确认器件安装无松动现象。
         2. 每日对各类传感器通信情况，数据情况进行检查，并对检查结果记录，对损坏传感器进行更换。
         3. 每周查看巡检机器人的故障报警信息进行查看分析，重点检查出现异常数据的传感器，对数据异常发生原因进行分析，确定是否是传感器故障及设备故障，根据传感器数据分析结果，对预测即将发生故障的设备进行预测性维护、维修、更换等。
         4. 每月对气体传感器及烟雾探测传感器进行标定，传感器误差与人工测量误差在0.5%以内。
         5. 每周对音频传感器进行检测，检查外观是否良好，声音采集是否稳定清晰，无严重杂音，声音波形良好。
      6. 机器人动力系统
         1. 每日检测电池电压电流是否正常。
         2. 每周检测电池是否有漏液、破损、变形等现象。
         3. 每日检测机器人充电装置是否完好、无破碎、漏电等。
         4. 每日检测机器人充电弹片装置是否正常。
         5. 每日检测机器人进入充电仓后充电仓门是否正常关闭。
         6. 每日检测机器人充电仓是否密闭，满足防爆要求。
         7. 每日检测机器人是否可正常自动对准充电装置进行充电。
      7. 机器人地面控制系统
         1. 每周清除机器人地面控制系统垃圾文件，并根据需求对系统进行重启。
         2. 每日对机器人地面控制系统连通性测试，用PING命令进行测试，测试与井下机器人控制器连通性，如果10次ping测试全部通过，测试结果合格。
         3. 每月检查地面控制系统工作站磁盘空间，磁盘空间使用率应小于70%，如超过70%，应对存储文件进行转移或更换更大存储空间。
         4. 地面控制系统应设置登录权限，包括浏览者权限，操作员权限，系统维护员权限。
         5. 事件报警：在相关用户权限下，产生一个事件(开关设备或系统操作等)，在地面控制系统上确认被测事件记录和报警信息的正确性。
         6. 历史趋势：选取某一巡检任务，并在地面控制系统上显示此点历史趋势，确认其正确性。
         7. 历史数据的读取：选取某一巡检任务，选取某一时间段或一时间点，确认其历史数据正确性。
         8. 机器人地面控制系统应做好备份计划，用备份软件和专用存储设备对机器人地面控制系统进行整个系统克隆。
3. **运维组织管理**
   1. 运维人员管理
      1. 应设立专门运维管理单位，并指派专人负责机器人日常运维管理与机器人地面控制系统监控管理工作。
      2. 运维人员应每天查看、分析、处理机器人地面控制系统的运行数据。
      3. 运维管理单位应编制运维人员管理操作手册。
      4. 运维管理单位应建立机器人的相关台账和运维记录。
      5. 运维管理单位应依据本标准编制机器人月度巡视计划并开展巡检工作。
      6. 运维管理单位应定期开展预防性维护应制定针对性方案，预防性维护作业完成后应提供完整的维护报告。
   2. 制度管理
      1. 运维管理单位应根据管理操作手册开展机器人维护、 检查工作，并将维护工作纳入日常运维管理。
      2. 运维管理单位应每月开展机器人地面控制系统信息安全检查，更换主机及数据库账号强口令，更新系统补丁及病毒库。
      3. 机器人地面控制系统平台的运行和使用情况应纳入交接班管理。
      4. 机器人地面控制系统平台视频、图片数据保存至少三个月，其它数据长期保存。
      5. 运维管理单位应每季度对机器人进行一次全面检查，并记录检查结果。检查内容应包括智机器人机械结构、行走系统、通讯系统，视频系统，传感系统等。
      6. 煤矿智能化巡检机器人发生异常时，运维管理单位应及时开展排查，确保智能化煤矿机器人恢复正常、运行良好。
4. **档案资料**

智能化煤矿机器人运维的资料文件应包括以下部分：

（1）机器人验收、运维管理制度；

（2）出厂合格证、产品说明书、操作手册、维护手册、型式试验报告、出厂检验报告、设计施工方案、安装调试报告、竣工图纸、交接验收报告、设计变更说明（含修改后的安装说明）、系统台账、修试记录等资料；

（3）机器人巡检路线图、停靠点位图、巡检点位表、机器人巡检计划表、机器人巡检记录、备品备件清单。

1. 考核评价

通过定量的指标和评估方法，客观地衡量智能化煤矿机器人运维工作的质量和效果，为持续改进提供依据。

按附表A.1进行评分，总分100分，按照检查存在不符合要求的项目进行扣分，各项分数扣完为止。

附 录 A

(资料性)

考核评价因子

表A.1给出了智能化煤矿机器人运维考核评价因子的详细说明。

A.1 智能化煤矿机器人运维考核评价表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 运维项目 | 评价因子 | 标准分值 | 评分方法 | 得分 |
| 机械结构 | 整机外观整洁，结构坚固，无松动 | 12 | 运行期间出现一个传感器故障(非人为造成)，则扣3分 |  |
| 连接线固定牢靠，连接件、紧固件无故障 |
| 外壳表面保护涂层无破损，无缺陷 |
| 内部电气线路排列整齐、固定牢靠、走向合理，无错乱 |
| 传感系统 | 传感器件是否缺损受潮 | 24 | 现场查验，完好标准每项不符合扣3分 |  |
| 传感器件各端子连接器连接可靠 |
| 传感器件器件安装无松动现象 |
| 电源电压状态正确 |
| 传感器与控制器直接的通讯联络正常 |
| 传感器反馈值与实际计量仪表测量值是否相符 |
| 传感器内外是否清洁 |
| 维护保养记录是否写入上位机管理平台维护保养报告中 |
| 电量管理 | 电池供电一次充电续航能力不小于5h，续航时间内，机器人应稳定、可靠工作。 | 30 | 现场查验，运行效果每项不符合扣10分；完好标准每项不符合扣5分 |  |
| 电池完成一次充电应不大于5h。电池完全充放电次数不少于500次，电池容量不小于80% |
| 机器人具有自主充电功能，巡检任务完成后或电池电量不足时能够自动返回充电 |
| 上位机软件 | 上位机数据刷新是否正常，设备状态显示是否正常，上位机画面切换无异常卡顿现象。 | 44 | 现场查验，每出现一次故障扣6分 |  |
| 检查上位机外设鼠标、键盘、显示器是否能正常。 |
| 检查上位机报警信息显示是否正常，报警提示音是否正常。 |
| 一个月维护：上位机及其相连外设表面无灰尘；上位机主机及显示器电源线、视频线连接有无松动或者接触不严的现象，网线无松动现象；上位机无垃圾文件；CPU平均使用率小于30%最大使用率小于50%，内存平均使用率小于50%，最大使用率小于80%；工作站磁盘空间使用率小于70%。 |
| 六个月维护：备份文件存档时间不少于12个月；上位机网络冗余切换测试无故障。 |
| 十二个月维护：上位机工作环境温湿度，工作温度范围0-55℃，空气的相对湿度小于85%(无凝露)；上位机硬件规格型号及软件型号、版本号无问题，设备接口完好，所有紧固部件应无松动；上位机连通性测试无问题；上位机系统重启操作测试无问题；上位机启动、停机等操作没有问题。 |