|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 03.100.50 |
| CCS | |  | | --- | |  |   C68 |

团体标准

T/SDMI 00XX—2025

管道清灰机器人运行操作与维护指南

Operation and maintenance guide for pipeline debris removal robot

2025- XX- XX 发布

2025 - XX - XX实施

山东省机械工业协会 发布

1. 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。

本文件由山东劳动职业技术学院提出。

本文件由山东省机械工业协会归口。

本文件起草单位：山东劳动职业技术学院、山科华智（山东）机器人智能科技有限责任公司、山东齐鲁电机制造有限公司。

本文件主要起草人：赵玉信、史家迎、闵凤、赵帅、刘光利、刘大朋、纪鹏、赵孟。

管道清灰机器人运行操作与维护指南

* 1. 范围

本文件规定了管道清灰机器人（以下简机器人）运行操作与维护的术语和定义、运行操作、安全注意事项、维护保养及故障处理。

本标准适用于管径1000mm-3000mm的工业管道（如钢铁厂转炉烟气管道等）中，采用四轮驱动底盘、螺旋绞龙破碎、清扫钢刷、曲面铲斗及集尘箱结构的清灰机器人的运行操作与维护，其他类似工况的管道清灰机器人可参照执行。

* 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，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 5226.1-2019 机械安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB 7251.1-2013 低压成套开关设备 第1部分：总则

GB/T 2893.1-2013 图形符号 安全色和安全标志 第1部分：安全标志和安全标记的设计原则

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管道清灰机器人 **Pipeline debris removal robot**

一种可沿管道自动行走，配备四轮驱动底盘、螺旋绞龙、清扫钢刷、曲面铲斗、集尘箱及遥控系统，用于清除工业管道内沉积粉尘的机电一体化设备。

3.2

螺旋绞龙机构 **Screw conveyor system**

安装于机器人前端，用于破碎管道内壁结块并将粉尘向管道底部中间聚敛的螺旋状装置，可根据管径更换匹配尺寸。

3.3

清扫钢刷 **Cleaning steel brush**

安装于机器人前部，可调整姿态以适应不同管径，用于将管道底部两侧积灰清扫至中间的旋转刷状装置。

3.4

曲面铲斗 **Curved bucket**

采用与管道底面匹配的曲面设计，用于铲取管道底部沉积粉尘的部件，可根据管径更换尺寸。

3.5

集尘箱 **Dust container**

用于暂存清扫收集的粉尘，通过刮板提升机构输送粉尘，可在出灰口卸料的大容量存储部件。

3.6

遥控箱 **Remote control station**

包含STM32控制板、工业PC、无线网桥及显示屏，用于远程控制机器人运行及监控管道、集尘箱状态的操作装置。

* 1. 运行操作

4.1 操作前准备

4.1.1 环境检查

——应确认作业管道管径为1000mm-3000mm，且管道内无明显障碍物（如突出螺栓、断裂部件等）；

——应检测管道内环境参数：温度不超过设备耐受极限（如设备设计温度需在产品说明书中明确），易燃易爆气体浓度低于爆炸下限的10%；

——应检查管道进出口及出灰口位置，确保机器人进出及卸料通道畅通。

4.1.2 设备检查

——底盘与行走系统：确认4个10寸350W轮毂电机连接牢固，四轮独立悬挂无松动，轮胎磨损均匀；检查电机线缆无破损，接线端子紧固；

——清灰机构：根据管道管径更换匹配尺寸的螺旋绞龙、曲面铲斗，确认螺旋绞龙叶片无变形，清扫钢刷刷毛无过度磨损，铲斗曲面与管道底面贴合度良好；检查各机构驱动电机固定牢固，传动部件无卡滞；

——集尘箱与刮板提升机构：确认集尘箱密封良好，无漏灰；刮板提升机构链条（或传送带）张紧适度，无跑偏、断裂；

——遥控系统：检查遥控箱显示屏、拨码开关、摇杆功能正常，无线网桥信号强度≥-70dBm；确认STM32控制板与机器人主控板通信正常，电池电量≥80%。

4.1.3 人员与防护

——操作人员应经培训合格，熟悉本标准及设备操作手册，掌握紧急停机操作；

——操作人员应佩戴防尘口罩、防护眼镜、防滑手套等个人防护装备；进入作业区域时，应携带便携式气体检测仪。

4.2 操作流程

4.2.1 开机启动

——接通机器人及遥控箱电源，确认电源指示灯正常；

——遥控箱启动后，通过显示屏检查管道内摄像头画面、集尘箱状态传感器数据，确认通信正常；

——按拨码开关开启照明，调整摄像头角度至清晰观察管道内部。

4.2.2 清灰作业

——通过遥控箱摇杆调整机器人姿态使四轮均匀接触管壁；

——通过摇杆控制机器人沿管道匀速移动，移动速度宜配合清灰效率（参考每小时清理50米）；

——作业过程中，实时监控显示屏：确认螺旋绞龙有效破碎板结粉尘，清扫钢刷将两侧积灰聚敛至中间，铲斗正常铲灰，刮板提升机构将粉尘输送至集尘箱；

——当集尘箱达到满载状态时，控制机器人移动至出灰口，通过拨码开关操作卸料，确认卸料完全后关闭卸料机构。

4.2.3 停机

——作业完成后，先关闭螺旋绞龙、清扫钢刷、刮板提升机构，再控制机器人返回管道入口；

——关闭遥控箱电源，断开机器人主电源，清理集尘箱残留粉尘。

4.3 操作注意事项

——禁止在机器人运行时接触旋转部件（如螺旋绞龙、钢刷）；

——若遇管道内突发情况（如气体浓度超标、设备异响），应立即按下遥控箱紧急停机按钮；

——机器人在管道内停留超过30min未作业时，应关闭非必要机构（如钢刷、绞龙），仅保留照明和监控。

* 1. 安全注意事项

6.1 环境安全

——作业前必须检测管道内有毒、易燃易爆物质浓度，超标时严禁作业；

——高温管道（温度＞60℃）需先冷却至安全范围，否则禁止机器人入内。

6.2 操作安全

——遥控操作时，操作人员应处于安全区域（距管道入口≥5m），严禁进入未检测的管道区域；

——作业中若发生机器人卡滞、异响或遥控信号中断，立即按下急停按钮，待排查故障后再启动；

——禁止在机器人运行时更换螺旋绞龙、铲斗等部件，必须断电并确认设备静止后操作。

6.3 应急处理

——发生管道内粉尘自燃或爆炸征兆时，立即启动机器人紧急退出程序，人员撤离至安全区域；

——机器人故障无法退出管道时，使用备用牵引装置（如钢丝绳）将其拉出，严禁盲目入内处理。

* 1. 维护保养

6.1 日常维护（每日作业后）

——清除螺旋绞龙、清扫钢刷、铲斗及刮板上的残留粉尘；

——擦拭集尘箱内外，检查有无漏灰；

——清洁摄像头镜头及遥控箱显示屏；

——检查轮毂电机运行有无异响，轮胎有无磨损或异物；

——检查各机构连接螺栓是否松动，传动部件（如链条、齿轮）有无卡滞；

——检查电缆及接头有无磨损，遥控箱按键、摇杆灵敏度。

6.2 定期维护

6.2.1 每周维护

——对轮毂电机、螺旋绞龙驱动电机、钢刷驱动电机、刮板提升电机的轴承加注润滑脂（型号按制造商推荐）；

——检查刮板提升机构链条（或传送带）张紧度，调整至标准值（如链条下垂量≤5mm/1000mm）；

——测试遥控系统通信稳定性：在最大作业距离内，连续操作100次，无延迟或失灵现象。

6.2.2 每月维护

——检测各电机绝缘电阻（≥1MΩ），接线端子紧固符合GB 5226.1-2019的要求；

——校准集尘箱满载传感器，确保报警精度误差≤5%；

——检查四轮独立悬挂减震性能，按压底盘各角，释放后无明显异响或卡滞；

6.2.3 年度维护

——解体检查螺旋绞龙、铲斗等易损件的疲劳裂纹，更换达到使用寿命的部件（参考制造商提供的寿命参数）；

——对遥控箱内STM32控制板、工业PC进行功能检测，更新操作系统及控制程序（如制造商提供更新）；

——进行整机性能测试：在标准管径（如2000mm）管道内，连续作业8小时，清灰效率波动≤10%，无故障停机。

6.3 维护安全要求

——维护前必须断开机器人及遥控箱电源，设置安全标识，符合GB/T 2893.1-2013的安全色和安全标志；

——更换螺旋绞龙、铲斗等部件时，应使用专用吊装工具，避免部件坠落；

——电气部件维护需由持电工证人员操作，遵守GB 7251.1-2013的安全规定。

* 1. 故障处理

7.1 常见故障及排除方法

管道清灰机器人常见故障及排除方法见表1

表1 常见故障及排除方法

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 故障现象 | 可能原因 | 排除方法 |
| 1 | 机器人行走打滑或跑偏 | 轮胎与管壁接触不良；悬挂系统松动；单侧电机故障 | 调整悬挂系统，确保四轮接触管壁；紧固悬挂螺栓；检测电机电流，更换故障电机 |
| 2 | 清灰不彻底，残留积灰多 | 钢刷角度不适配管径；螺旋绞龙尺寸与管径不匹配；铲斗曲面磨损 | 调整钢刷姿态；更换匹配尺寸的螺旋绞龙；修复或更换铲斗 |
| 3 | 遥控信号中断 | 无线网桥故障；管道内信号屏蔽；电池电量不足 | 更换无线网桥；增加信号中继器；更换遥控箱电池 |
| 4 | 刮板提升机构卡滞 | 粉尘结块堵塞；链条（传送带）松动；电机过载 | 清理堵塞物；调整张紧度；检查电机负载，必要时更换 |

7.2 故障记录与分析

——应建立故障记录表和日常维护检查表，内容包括故障时间、现象、处理方法、更换部件等，日常维护检查按见表2进行；

——每月对故障数据进行分析，针对高频故障（如卡滞、信号中断）制定预防措施。

表2 日常维护检查表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 检查项目 | 检查内容 | 结果（正常/异常） | 处理记录 |
| 轮毂电机 | 温度、线缆、固定情况 |  |  |
| 螺旋绞龙 | 叶片磨损、连接牢固性 |  |  |
| 清扫钢刷 | 刷毛长度、姿态调整功能 |  |  |
| 集尘箱 | 密封、残留粉尘 |  |  |
| 遥控箱 | 显示屏、按钮、信号强度 |  |  |