

# 智能机器人巡检系统在煤矿井下应用分析

孙世奎

天津华宁电子有限公司 天津 300000

**摘要:** 煤矿带式输送机运输系统人工巡检工作强度大,特别是大坡度带式输送机巡检易受落煤、飞石等影响,具有一定的危险性。因此,设计了煤矿悬挂式巡检机器人智能传感与控制系统,研究了系统整体架构和各类传感器布置方式,重点探讨了巡检机器人图像采集、语音识别、环境感知和无线通讯模块的功能设计和参数优化。开展了煤矿现场工业性试验,验证了机器人智能传感与控制系统性能,结果表明:该系统能够实现仪表数据识别、旋钮状态识别、胶带跑偏识别、火焰识别、声音检测、异常报警等功能,具备煤矿运输系统状态的地上、智能手机端的全面感知和实时监控能力。采用巡检机器人,可实现低温、粉尘、低照度等恶劣环境下的连续巡检作业,有效避免漏检、错检等问题。

**关键词:** 带式输送机;煤炭运输;智能机器人;巡检系统

## 引言:

随着现代信息科技的不断进步和对于机器人替代人工思维或者是人工操作的不断要求,人工智能技术在我国大型煤矿中的研究以及推广使用已经得到了飞速的进步,近年来行业内已经达成共识。要进一步努力实现关键操作工序的审查智能化,在关键工作岗位、危险区的工作岗位都已经能够完全采用机器人技术来代替操作各种自动化的审查工具,未来我国煤矿企业需要进一步努力实现生产审查无人化,信息设备网络化。2019年,国家煤矿安全监察局正式对外发布了《煤矿机器人重点研发目录》,这份文件也开始成为各个生产厂家对我国煤矿工业机器人以及相关技术产品自主研发和技术开发重点工作计划中的一项指导性政策文件。其明确了机器人开发的目的:大力研发应用煤矿机器人,推进煤矿工业高质量发展,推进煤矿安全发展。本文对《目录》中所列出的巡检机器人进行探讨研究。

## 1 巡检机器人系统结构概述

巡检机器人系统结构由电动机故障报警系统、托辊故障监测系统以及输送机运输沿线报警系统等构成。为了确保带式输送机无故障运行以及运行安全性,采用智能化技术以及数据采集网关对可能影响带式输送机运行的环境参数进行采集,并对采集到的数据进行分析,最终与规则库中的数据进行比对,从而掌握带式输送机运行情况以及沿线环境参数。巡检机器人随机布置有多种传感器,对沿线环境中的声音、图像、红外热成像、气体浓度等,巡检机器人可实时巡检沿线带式输送机运行参数及整体运行工况,分析带式输送机运行情况,并对

现场潜在的故障进行判定,从而提高带式输送机运行可靠性。

## 2 煤矿井下巡检机器人种类

(1) 综采工作面巡检监控机器人是一种专门为煤矿井下采煤工作面进行作业的智能环境监测巡检监控机器人,具备了可以自主进行移动、定位、影像信息采集、智能图像传感、预警、人机交互等多种环境监控检测功能,实现对井下煤壁、片帮、大块煤、有毒有害气体、温度、粉尘、装置以及运行环境状态的实时监控。

(2) 管道巡检机器人是专门用于对井下管道内瓦斯、风、水等异常情况进行实时巡检的一种机器人。具有对管道有害气体成分和浓度测定、管壁平整度和密封检测、缺陷定位、清淤、除垢及封堵等重要功能,为各种管道的日常维护、检修和配件更换等等工作的进行提供了重要的数据依据。

(3) 带式输送机自动巡检机器人用于主煤流运输系统设备的日常巡检,同时解决在输送机运行过程中因安全原因不能巡检,相关单位对巡视间隔期内设备、电缆和水管等可能发生的情况一无所知的难题。该巡检机器人具备了自动测速移动、自主测速定位、输送带自动运转速度参数自动检测、温度与空气烟雾检测感知、煤流检测监视、环境参数检测监视及自然灾害监测预警等多种自动监控检测功能。

(4) 皮带机巡检机器人用于替代巡检工沿皮带巷进行巡检,及时发现皮带机滚筒、托辊的损坏迹象,输送带突发纵撕、坑道积水等问题,并进行处理,从而避免造成直接和间接较大经济损失。且其具备自动行走、自

主定位、皮带运行参数检测、温度与烟雾感知、煤流监测、环境参数监测及预警等功能，替代人工实现皮带运输的智能化监测。

(5) 巷道巡检机器人具有设备设施巡检、环境探测等功能，实现自主移动、精确定位、设备运行工况检测、设施状况诊断、巷道变形检测、有害气体检测等功能，替代人工对巷道进行巡检。

### 3 智能巡检机器人在煤矿井下的优势

3.1 井下采煤设备的安全生产和无故障运行是非常重要的，实现不间断的安全运营，可确切了解设备的所有参数，预知性地了解设备的异常故障、磨损状况并预测寿命，使管理人员可以提前预知机电设备可能产生的各种情况，做好应急预案，以达到合理安排生产和使用计划、减少设备非计划停机、降低维护成本的目的。

3.2 智能巡检机器人协同井下设备，监控系统的整体工况和运行状态，通过数据变化提前预警，从而降低设备的故障率和人工成本，反映现场实际情况及设备运转状况，使井下采煤设备长期处于良好的连续运转状态。

3.3 智能巡检机器人可以使设备检修的针对性更强，变故障修为状态修，变人工巡检为自动故障监视，减轻维护人员的工作强度，达到无人操作。此外，该系统还有利于提高设备的安全和健康运行，延长使用寿命，同时防止外来人员或重物的碰触，消除安全隐患，保证连续生产，从而创造巨大的经济效益。

## 4 智能巡检机器人关键技术及井下应用现状

### 4.1 巡检机器人机构

智能巡检机器人包含的关键技术较多，移动机器人机构是其中的重要内容。巡检机器人中仿生机构的应用较多，其所含关节多，结构复杂，本身体积较大，环境适应能力与负载能力较差。基于其关节较多的特点，其运动控制难度系数较大，在控制过程需要注意精度的把控。煤矿巡检机器人多以轨道式为主，控制过程中的精度把控主要体现在上下坡速度控制能力方面，特定情况下的速度把控稳定性决定了其能否满足井下作业需求。由于机器人与人的动态特性存在着较大差异，使得在实际应用过程中受到该特性的制约，因此，智能巡检机器人需要具备小巧、灵活的特征，保证其在应用中可以灵活进行上下线的作业。但是，就目前情况来看，还不能完全满足其应用的实际需求。虽然很多研究人员将轻质材料用于智能机器人设计，减轻了机器本身重量，但是也大大降低了机器本身的驱动能力和抵御能力，加大了自身负载。

### 4.2 智能控制系统

智能巡检机器人很多时候用于较为复杂、恶劣的环境条件，因此，对于控制系统要求极高。智能巡检机器人的整体设计，除了自身防护满足基本的IP67标准以外，机器人自主跨越和清理障碍物能力也是智能系统中的重要内容，在行进过程中通过传感器及时识别堆煤等障碍物，再通过机械手臂或其他机构清理障碍物，最后通过传感器确认障碍已清除后恢复行进操作。悬挂在导轨上的机器人，会受到回风、自身调整等作用影响，使得其或多或少地会产生重心偏移与摆动，在这种情况下，就需要进行姿态方式的调整与转换，使得机器人可以顺利完成障碍的跨越。在智能巡检机器人的应用中，由于障碍物的类型具有多样性，这就使得其在障碍物的跨越上需要进行科学的运动规划，保证其运行准确性。

### 4.3 供电保障系统

智能巡检机器人在煤矿井下应用中，由于在线补给装置的匮乏，使得在很多使用场景中巡检机器人多数都采用电池供电的方式。电池供电的能力有限，其工作时间短、需要进行频繁地更换，严重影响了机器人的可靠运行。出于煤矿安全规程的要求，任何暴露在井下环境中的有线和无线充电方式都是不允许的。因此，供电保障系统的完善具有必要性与现实意义。为了避免因电池容量过大导致机器人体积和重量超标，电池容量基本满足两个巡检周期的带载能力，机器人完成两个周期巡检工作后，根据当前剩余电量返回至指定隔爆换电仓，在腔内可自动快速完成换电操作，并迅速投入下一个巡检周期。隔爆腔内电池可同步进行快速充电操作，既能保证电池每次换电时电量充足，又能确保封闭环境内的安全充电操作。

### 4.4 导航与定位技术

智能巡检机器人在地面应用中常常采用GPS技术实现导航和定位功能，但在煤矿井下应用中，由于无法与地面定位系统实时通讯，加之井下环境空间有限，机器人无法通过地面常规技术实现导航和定位功能。因此，井下智能巡检机器人系统对于自动导航传感器有着极高的技术性要求。就目前井下智能巡检机器人的发展条件来看，5G技术结合超宽带技术(UWB)应用较为普遍，在实际应用过程中具有较高的空间位置识别率与响应时间及时性，探测范围较广、精度极高，能够准确且快速地获得相关信息。如果在设计中采用三维扫描和惯导技术，可以进一步丰富空间导航和定位功能，使机器人更真实地认知自身所处环境，从而作出更合理的巡检判断。

#### 4.5 AI识别技术

智能巡检机器人在井下应用中多数配备图像采集装置,通过摄像头采集当前环境图像,并对图像中特定事件进行建模,从而实现AI识别功能。该功能在智能巡检机器人的井下应用中占据很重要的位置,例如防止人员闯入危险区域功能,通过快速识别人的肢体动作并上报主控系统,采取预警停车等操作,可降低人员伤亡概率。除了识别井下人员,还可以通过建模和算法识别皮带跑偏、煤量、设备温度等,可以及时发现设备异常情况并上报主控系统,保障采煤作业安全,为实现少人化煤矿开采奠定了基础。

#### 5 结束语

综上所述,在煤矿生产和建设的过程中必须保持采掘平衡,从而使矿井能够进行持续生产。与此同时,相

关工作人员还要运用智能巡检机器人,以保证各个环节能够顺利有效地进行,确保煤矿安全生产。

#### 参考文献:

[1]苏月军.煤矿辅助运输机器人关键技术[J].西部探矿工程,2021,33(04):119-120.

[2]杨春雨,袁晓光.煤矿井下巷道变形巡检视频异常检测方法[J].工矿自动化,2021,47(02):13-17.

[3]张力,马宏伟,梁艳,薛旭升.煤矿四旋翼巡检机器人系统设计[J].煤炭工程,2021,53(02):180-185.

[4]张辰,范永,李贻斌,杨彤.人工智能在煤矿机器人中的应用[J].中国煤炭,2021,47(01):93-98.

[5]任文清,高小强,梁占泽,王飞.排水泵房智能巡检与诊断机器人的应用研究[J].煤炭工程,2021,53(01):172-176.