机电设备在煤矿瓦斯监测中的智能化应用

郝会明

国能包头能源有限责任公司万利一矿　内蒙古　鄂尔多斯　017000

摘　要：瓦斯监测是煤矿安全生产的核心管控环节，传统人工监测、常规设备监测模式存在精度不足、数据滞后、管控被动等诸多弊端。在煤炭行业智能化转型背景下，智能机电设备的应用彻底革新了瓦斯监测管控模式。本文结合现代化高瓦斯矿井生产运维特点，系统阐述智能机电设备的应用价值、核心设备类型与智能化应用路径，依托智能感知、数据互联、智能研判技术构建全方位瓦斯监测体系，助力矿井瓦斯安全管控提质增效，筑牢矿山安全生产防线。

关键词：煤矿；瓦斯监测；机电设备；智能化应用

引言

煤炭作为我国主体能源，矿山安全生产始终是行业高质量发展的核心前提。瓦斯灾害是煤矿最主要的重大安全隐患，极易引发爆炸、突出等恶性事故。当前煤矿井下工况复杂、瓦斯涌出动态性强，传统监测模式难以适配现代化矿井安全生产标准。智能机电设备凭借自动化、高精度、全天候作业优势，成为瓦斯隐患精准防控的核心载体。推进瓦斯监测机电设备智能化升级，是矿井规避安全风险、实现安全高效生产的必然选择。

1 煤矿瓦斯监测智能化机电设备应用价值

（1）在监测能力上，传统监测易受人工、老旧设备影响，难以捕捉关键区域瓦斯瞬时变化。智能化设备依托高精度传感技术，实现 24 小时全自动、高频次全域数据采集，彻底消除监测盲区，精准捕捉瓦斯动态涌出规律，提供实时、连续的有效数据，解决了传统监测时效性差、精准度低、覆盖面窄的难题。（2）在风险防控上，传统监测仅能事后记录、被动整改，管控存在严重滞后性。智能化设备搭载智能算法与预警系统，可结合井下开采、通风工况实时分析瓦斯浓度变化规律，超前识别瓦斯异常积聚、超限风险，分级触发预警，并联动通风、断电、闭锁设备开展应急处置，实现从事后补救向事前预判、事中管控的转变，从源头降低瓦斯事故风险。（3）在生产运维上，传统设备功能单一、依赖人工操作，成本高、效率低且易出现疏漏。智能化设备具备自动校准、故障自检、数据自动存储与远程传输等功能，大幅减少人工干预，降低运维成本，提升设备运行稳定性。同时，海量监测数据可搭建瓦斯数据库，为通风系统、开采参数、瓦斯抽采方案优化提供支撑，兼顾安全生产与开采效率。（4）在管理体系上，智能设备可接入矿井智能管控平台，集成各类监测与工况信息，打破数据碎片化、信息孤岛问题，构建全域协同的智能管控体系，推动瓦斯安全管理从人工经验模式向数据智能模式转型，全面提升矿井安全生产智能化、标准化水平。

2 煤矿瓦斯监测核心智能化机电设备类型

2.1 智能瓦斯传感监测设备

智能瓦斯传感监测设备是瓦斯监测体系的前端核心感知设备，是获取井下瓦斯浓度、环境参数的基础载体，也是整个智能监测系统的数据源头[1]。相较于传统电化学传感器，现代化智能瓦斯传感器采用激光光谱检测、红外感应等先进技术，检测精度、稳定性、抗干扰能力大幅提升，可适配井下高粉尘、高湿度、强电磁干扰的复杂恶劣工况。该类设备可实时采集井下工作面、掘进巷道、回风巷、机电硐室等全域区域的瓦斯浓度数据，检测范围覆盖低浓度微量波动与高浓度超限状态，分辨率可达 0.01%，能够精准捕捉瓦斯瞬时变化。同时，设备具备温度、湿度、气压等环境参数自适应补偿功能，可规避井下环境变化带来的检测误差，保障数据采集的准确性与稳定性。智能瓦斯传感器搭载无线传输模块，可实现数据实时上传至矿井管控平台，同时具备本地声光预警功能，瓦斯浓度临近阈值或超限时可即时发出预警信号。此外，设备支持自动零点校准、故障自检、数据断点续传，可有效降低设备故障率，避免因设备失效导致的监测失效问题，为后续数据分析、风险研判提供精准、连续的基础数据支撑。

2.2 智能数据传输与控制设备

智能数据传输与控制设备是瓦斯监测系统的中枢衔接设备，主要承担前端感知数据传输、后台指令下发、设备联动控制的核心作用，搭建起井下监测终端与地面管控平台的信息互通桥梁。该类设备主要包括工业以太

网交换机、矿用隔爆型 PLC 控制器、数据传输基站、远程 I/O 模块等核心装置，具备传输速率高、延迟低、稳定性强、抗干扰性优的特点，可适配井下长距离、复杂巷道的信号传输场景。在数据传输方面，设备采用有线 + 无线融合传输模式，可实现海量瓦斯监测数据、设备运行数据、工况环境数据的实时、稳定传输，数据传输成功率可达 99%以上，有效避免数据卡顿、丢失、延迟等问题，保障监测数据的实时性。在智能控制方面，PLC 控制器作为核心控制单元，可预设瓦斯管控阈值与联动逻辑，接收传感器监测数据后自动完成数据分析研判，瓦斯异常时可自主下发控制指令，联动通风设备、断电装置、声光预警设备同步动作，实现隐患的自动化处置[2]。同时，该类设备具备数据加密、权限管控、故障记录功能，可保障监测数据安全，记录设备运行故障与处置记录，为设备运维、隐患溯源提供依据。

2.3 智能巡检与应急监测设备

智能巡检与应急监测设备是固定监测设备的重要补充，主要用于解决固定传感器覆盖盲区、临时作业区域、隐患重点区域的精细化监测问题，弥补定点监测的局限性，构建“定点监测 + 动态巡检”的立体化监测体系。该类设备以矿用智能瓦斯巡检机器人、便携式智能瓦斯检测仪、移动监测终端为核心，具备灵活移动、自主作业、动态监测的优势。智能瓦斯巡检机器人可按照预设路线完成井下巷道、采掘工作面、密闭区域、设备死角的自主巡检，实时采集瓦斯浓度数据、拍摄现场工况，自动识别瓦斯积聚隐患区域，巡检数据实时上传管控平台，无需人工下井巡检，彻底规避人工巡检的安全风险，同时提升巡检覆盖率与精细化程度。便携式智能瓦斯检测仪体积小、便携性强、检测速度快，支持井下作业人员随身携带，可实现临时作业点、局部盲区的快速检测，设备自带数据存储与上传功能，可同步归集至矿井大数据平台。在突发工况变化、设备检修、隐患整改等特殊场景中，移动智能监测设备可快速布设，实现应急状态下的动态监测，精准掌握瓦斯动态变化，为应急处置提供实时数据支撑。

2.4 智能大数据监测管控平台

智能大数据监测管控平台是瓦斯智能化监测体系的核心中枢，整合前端所有感知、传输、控制设备数据，实现瓦斯监测数据集成分析、智能研判、可视化展示、远程管控的一体化功能。平台依托矿山物联网、大数据、云计算、边缘计算技术，构建井下瓦斯监测数字模型，可对全域瓦斯监测数据进行汇总、筛选、分析、存储，实时生成瓦斯分布云图、浓度变化曲线、工况动态报表，让井下瓦斯状态实现可视化、透明化管控。相较于传统单一监测系统，该平台具备多维度数据分析能力，可结合开采进度、通风参数、地质条件、瓦斯抽采数据，通过智能算法预判瓦斯涌出趋势，识别周期性、区域性瓦斯异常规律，实现瓦斯风险分级分类精准预警。同时，平台支持远程设备管控、参数调试、故障排查，管理人员可通过地面终端实时查看井下所有监测设备运行状态、瓦斯监测数据，无需现场操作即可完成设备调控与隐患处置[3]。此外，平台具备数据溯源、报表自动生成、隐患台账管理功能，可实现瓦斯监测全过程数字化留痕，为矿井安全考核、隐患整改、技术优化、合规生产提供完善的数据支撑。

3 机电设备在煤矿瓦斯监测中的智能化应用路径

3.1 搭建全域智能感知网络，实现无死角实时监测

全域精准感知是瓦斯智能化监测的基础，需依托各类智能传感设备、移动巡检设备，优化井下设备布设方案，构建全覆盖、多层次、高精准的瓦斯感知网络，彻底消除监测的盲区。结合矿井采掘布局、巷道结构、瓦斯涌出特征，在综采工作面、掘进迎头、巷道隅角、回风巷、机电硐室、密闭墙周边等瓦斯易积聚、高风险区域，加密布设高精度智能瓦斯传感器，搭配温度、风速、压力等环境传感设备，实现瓦斯参数与环境参数的同步采集。针对巷道深部、设备死角、临时作业区域等固定设备难以覆盖的区域，搭配智能巡检机器人与便携式智能监测设备，开展动态巡检补测，形成“固定定点监测 + 移动动态巡检”的立体化感知模式。同时，优化设备布设间距与安装角度，规避粉尘、水汽、设备遮挡等外界干扰，做好设备防水、防尘、防爆防护，保障各类感知设备长期稳定运行。通过完善感知网络布局，实现井下全域瓦斯状态 24 小时不间断、高精度监测，确保瓦斯微小波动、局部异常均可被精准捕捉，为智能研判与隐患处置提供全面、可靠的数据基础。

3.2 完善智能数据传输体系，保障数据高效流转

数据的实时、稳定、高效传输是瓦斯智能监测体系稳定运行的关键，需依托智能化传输与控制设备，搭建高速、安全、低延迟的数据传输体系，打通数据流通壁垒。结合井下巷道复杂环境，采用工业以太网与无线物联网融合的传输架构，升级改造老旧传输线路与设备，提升数据传输带宽与抗干扰能力，解决传统传输模式延迟高、卡顿多、易断连的问题。优化数据传输逻辑，实现前端感知设备采集的数据实时上传、边缘节点快速预处理、平台终端同步更新，缩短数据传输延迟，保障监测数据与井下工况实时同步。同时，搭建数据安全防护

机制，通过数据加密、权限分级、防火墙隔离等技术，规避数据篡改、丢失、泄漏等风险，保障监测数据的真实性与安全性[4]。完善设备故障应急机制，针对传输设备断连、信号中断等突发问题，设置自动重启、断点续传、故障报警功能，确保设备故障可及时发现、快速处置，保障数据传输全程连续稳定，为后续智能分析与预警管控筑牢传输基础。

3.3 深化大数据智能研判，构建分级预警管控机制

依托智能大数据管控平台，深度挖掘瓦斯监测数据价值，结合矿井生产工况与地质条件，构建智能化、精准化的瓦斯风险研判与分级预警体系，实现瓦斯隐患超前防控。一是数据整合分析。平台汇总全域瓦斯浓度、环境参数、设备运行、瓦斯抽采、开采进度等多维度数据，建立瓦斯动态分析模型，通过大数据算法分析瓦斯日变化、周变化、阶段性变化规律，精准识别瓦斯涌出与开采、通风、地质变化的关联关系，挖掘隐性安全隐患。二是智能分级预警。结合煤矿安全规程标准，划分正常、关注、预警、超限四级风险等级，设置差异化预警阈值与响应机制。低风险波动实时记录、动态跟踪；中风险隐患推送预警信息，提示现场人员重点管控；高风险超限自动触发声光报警、短信推送、平台弹窗多重预警，确保隐患及时触达管控人员。三是趋势预判研判。依托历史监测数据与实时动态数据，通过机器学习算法预判未来一段时间瓦斯涌出变化趋势，提前识别局部积聚、超限风险，实现从被动处置向主动预判的管控升级，为隐患提前整改、工况提前调整提供科学依据。

3.4 实现设备联动协同，构建一体化应急处置体系

依托智能控制系统的联动逻辑，打通监测、预警、处置、运维全流程链路，实现各类机电设备协同作业，构建自动化、高效化的瓦斯隐患应急处置体系，全面提升隐患处置效率。一是完善设备联动机制，在智能管控平台预设标准化联动程序，当监测数据触发预警阈值时，系统无需人工操作，可自主联动井下通风设备加大风量、调节通风参数，快速稀释积聚瓦斯；同步触发断电闭锁装置，切断隐患区域非防爆设备电源，杜绝电气火花引发安全事故；联动声光预警设备，提醒现场作业人员紧急撤离、避险。二是实现多设备协同作业，整合传感监测、传输控制、巡检预警、抽采设备等各类智能装备，形成监测发现、预警推送、自动处置、现场核查、整改闭环的全流程管控链条，避免单一设备作业的局限性，提升隐患处置的全面性与时效性[5]。三是优化运维闭环管理，平台自动记录每一次预警信息、设备联动动作、隐患处置过程，形成完整的管控台账，针对反复出现的瓦斯异常区域，自动标注高风险点位，推送专项运维与整改任务，实现隐患发现、处置、复盘、优化的闭环管理，持续优化瓦斯管控体系。

结语

综上所述，瓦斯监测智能化升级是煤矿安全生产高质量发展的核心方向，智能机电设备的创新应用，彻底改善了传统瓦斯监测的管控短板，构建了高精度、自动化、全天候、全维度的瓦斯安全管控体系。各类智能传感、传输控制、巡检终端与大数据平台的协同配合，实现了瓦斯监测从人工经验管控向数据智能管控的转型，有效提升了矿井瓦斯风险预判与应急处置能力。持续优化智能机电设备布局、完善智能化应用路径、深化数据智能研判，能够进一步夯实煤矿瓦斯安全管控基础，助力矿山实现安全、稳定、高效、智能化发展。

参考文献

[1] 李培洋, 武旭峰, 陈亚, 等. 煤矿瓦斯抽采钻孔智能化管控与多参数监测 [J]. 能源与节能,2025,(9):216-219.

[2] 刘文彬. 煤矿自动化通风与瓦斯监测技术研究 [J]. 科学界,2026,6(8):8-11.

[3] 李培洋, 武旭峰, 陈亚, 等. 煤矿瓦斯抽采钻孔智能化管控与多参数监测 [J]. 能源与节能,2025(9):216-219.

[4] 冯维. 矿井瓦斯智能化监测与超限防控技术研究 [J]. 煤炭新视界,2026(1):40-42.

[5] 武旭峰, 陈亚, 李培洋. 煤矿瓦斯特性及钻探与防治监测分析 [J]. 能源与节能,2026(6):155-158.