

# 监控系统在矿用单斗正铲挖掘机的应用

张建华

神延煤炭西湾露天煤矿

**【摘要】**在当前的矿山生产过程中,安全事故造成的危害不容忽视,而影响安全事故的因素往往很多,这必然增加安全防控的难度。依托现代化的矿井安全监控系统已经成为一种更加重要的手段,也应该成为未来矿井安全管理的一个重要关注点。在矿山安全管理中,现代矿山安全监控系统的应用需要全面、实时,能够及时获得和了解各种常见的安全隐患和异常表现,从而为安全管理提供有力的支持。

**【关键词】**监控系统; 矿用单斗正铲挖掘机; 应用

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6288.2020.02.118

近年来随着业务的不断扩张和信息化技术的发展,太原重工利用先进的传感技术、计算机技术、网络技术、智能化技术实现对矿山设备的全面感知,实现多个系统间大范围、大容量数据的交互,以及实现对太重生产的每台设备的使用情况、故障信息等进行技术分析及超前预警等功能,因此建设适合太重产品的服务云平台极为重要。

## 一、现代矿山安全监控系统

在矿山安全管理中,现代矿山安全监控系统的应用发挥着重要作用,尤其是伴随着相关科学技术手段的创新发展,现代矿山安全监控系统能够更好利用计算机技术、信息技术以及传感器技术等,针对整个矿山生产作业区域以及相关要素,形成更为全面详细的了解,以便做出更为理想的协调管控效果。结合现代矿山安全监控系统的应用来看,其中最为核心的关键点就是传感器的应用,借助于传感器能够获取较为丰富全面的信息资料,然后利用信息技术予以传输,最终借助于计算机技术的自动化分析或者是人为辅助分析,以便更好服务于矿山安全管理工作,针对异常问题形成更为理想的防控效果。因为当前矿山安全生产的影响因素众多,为了更好优化现代矿山安全监控效果,促使相应系统可以发挥出理想的作用价值,往往还需要重点关注于各类传感器的合理选择和恰当布置,如此才能够保障相应数据信息的全面性和可靠性。比如针对矿山井下开采工作的进行,瓦斯气体的含量是需要重点监控的核心目标,因为瓦斯气体的含量失控,很容易导致矿山安全生产受到影响,容易发生恶性事故。因此,在矿山井下作业中就需要合理布置瓦斯浓度监测的传感器,以便及时了解瓦斯含量变化状况,把握好各个不同区域的瓦斯含量,如此也就可以更好优化井下作业的安全性效果,针对瓦斯超限状况予以及时警报处理,督促安全管理人员及时做好应对,借助于通风机设备进行瓦斯气体浓度的降低优化。从该方面传感器的选用上来看,除了常见的甲烷传感器外,往往还需要借助于一氧化碳传感器进行实时监测。此外,针对井下作业中的风速以及风压等参数进行及时了解和析,同样也直接关系到矿山生产的安全性,也需要借助于恰当的传感器予以布置运用。

## 二、矿用机械正铲式挖掘机技术现状

目前大型矿用机械正铲式挖掘机制造企业主要有美国(简称P&H或Harnischfeger)公司、美国(简称B-E或Bucyrus)公司、中国重工股份有限公司、俄罗斯的奥姆斯矿山设备公司和乌拉尔重型机器厂等,斗容在4~75m<sup>3</sup>之间,P&H公司占据市场主要份额。B-E公司矿用机械正铲式挖掘机使用单斗杆、液压缸和钢丝绳连接机械式推压运动执行机构,其他公司矿用机械正铲式挖掘机多使用双斗杆齿轮齿条连接机械式刚性推压运动执行机构,后者生产效率较高,多使用气囊离合器或皮带传动缓冲挖掘阻力导致的振动冲击。提升运动由平行轴减速器减速,均使用钢丝绳连接执行机构。回转机构一般由回转电动机、行星减速器、回转齿圈、回转支承等部件组成,回转支承一般使用拆分式圆锥滚子回转支承。行走机构一般采用左右独立的整体安装的传动系统,多使用行星减速器连接驱动轴,驱动轴通过花键连接驱动轮驱动两条履带(1组)。各运动机构制动方式多使用气压制动器连接电动机轴或减速器轴。运动副润滑方式一般使用集中润滑系统,由气压驱动润滑泵向各部位注油。矿用机械正铲式挖掘机一般工作温度为-25~40℃,海拔不超过2 000 m,相对湿度在50%~80%之间,超出范围须特殊设计。矿用机械正铲式挖掘机直流驱动系统早期使用直流发电机连接直流电动机方式,之后使用晶闸管变流器连接直流电动机方式。基于晶闸管变流器的典型直流驱动系统一般由HMI(人机交互系统)、PLC(可编程控制器)、驱动变压器、辅助变压器、直流调速器、I/O(输入输出接口)模块、散热风机、驱动电动机、传感器等组成。典型交流变频调速系统一般由HMI、PLC、驱动变压器、辅助变压器、变频器、逆变器、滤波器、散热风机、驱动电动机、UPS电源、传感器等组成。功率元件由早期的GTO(门极可关断晶闸管)逐渐升级为IGBT(绝缘栅双极型晶体管)。目前矿用机械正铲式挖掘机使用的变频调速方式有直接转矩控制和矢量控制两种,前者对电动机参数变化鲁棒性较好,易于数字化控制。控制系统各层级数据交换一般采用Profibus-DP总线通讯协议,一般使用工业以太网实现HMI与PLC之间数据通信。交流变频技术在维修保养、能源利用率、可靠性及对电网谐波污染等方面比直流驱动技术有明显优势,已是市场主流。机舱内电气设备对空气清洁

度要求较高,须采用正压通风除尘,矿用机械正铲式挖掘机常用除尘方式有机械方式的百叶式惰性除尘器和过滤方式的滤筒除尘器。滤筒式除尘器体积小、效率高,粉尘积累到一定厚度时通过小孔喷射反向高速高压气流清灰。在矿山环境中,矿用机械正铲式挖掘机与矿用液压挖掘机相比斗容和挖掘力更大,适合挖掘爆破情况不好或挖掘力需求较大、矿石层次分布比较规整的工况;矿用机械正铲式挖掘机更适应高温、低温或高原环境,维修保养成本比较低,尤其是电力成本和燃油成本相比占比很小。目前新上市矿用机械正铲式挖掘机设备一般具有物料自动称重和电能消耗计算功能,在大型露天矿山环境中,使用矿用机械正铲式挖掘机比矿用液压挖掘机经济效益更好。

### 三、矿用机械正铲式挖掘机设计新方法及应用

1. 离散元法。铲斗在挖掘过程中受力主要来源于连续介质与离散介质相互作用,铲斗结构强度和磨损计算难度较大。离散元法将求解空间离散为离散单元阵,适合处理非连续介质问题及连续介质向非连续介质转化的力学问题,可用于模拟颗粒物质力学特性,与有限单元法耦合,可以模拟连续介质与颗粒物质之间的相互作用。采用离散单元法模拟挖掘过程,优化铲斗结构,降低了挖掘过程中的最大挖掘阻力;用离散单元法计算表明斗齿数量对满斗率和挖掘阻力无决定性影响。使用离散单元法研究了石灰岩的无侧限抗压强度和抗拉强度及铲斗挖掘过程,岩石强度仿真结果与试验值相对误差不超过22%。使用离散元法定义磨损接触,分析了斗齿磨损深度与物料密度及斗齿材料硬度等参数之间关系。使用EDEM-FEM耦合方法将颗粒对铲斗作用力导入有限元软件,完成铲斗静强度分析。

2. 疲劳及可靠性分析。矿用机械正铲式挖掘机大部分零部件承受比例载荷循环,可以使用Basquin高周疲劳寿命公式、Von Mises-Goodman算法及Miner线性累积损伤理论初步估算金属构件的疲劳寿命。钢丝绳是矿用机械正铲式挖掘机中非常重要的零部件,使用有限元法建立了P&H 4100BOSS提升钢丝绳绕滑轮模型,分析了名义应力集中系数与工作拉力的函数关系,并进行了疲劳寿命估算。矿用机械正铲式挖掘机主结构件的焊接结构比较复杂,最小质量几十吨,设计寿命一般不低于15年,不能依靠传统的样机试验开发新产品,有必要采用一种可靠的焊接结构疲劳评估方法进行数字化样机模拟,引导样机试验,不断迭代、提高计算精度。按金属疲劳计算方法使用修正的应力-寿命曲线不能准确估算焊接结构疲劳寿命。

3. 多领域数字化样机集成计算。计算机硬件和软件的发展使机构动力学时间历程分析、多领域数字化样机集成计算逐渐应用到产品设计过程中,工业软件与产品设计专业知识不断融合迭代。使用D-H矩阵和Newton-Euler方法建立了矿用

机械正铲式挖掘机挖掘机构和回转机构的动力学模型,进行作业周期循环仿真,分析了各运动副力和位移,并计算了交流变频驱动电动机的转矩、电流、功率、能耗和制动能量回收在作业周期循环下的时间历程。为整机动力系统设计提供参考,应用MATLAB软件的GUI界面开发了挖掘机构计算程序,实现挖掘范围求解、运动学仿真、整机配重计算、挖掘机构受力分析及优化等功能。使用Unigraphics NX进行数字化设计平台开发,进行方案设计阶段三维参数化建模、运动学和动力学仿真、参数化有限元静力学分析、计算书自动生成等。在分析机电液等多学科一体化产品时需要多领域统一建模才能更真实地模拟产品各种特性。多领域统一建模、快速开发产品技术已在汽车和家电领域成功运用。

### 四、智能化技术在大型矿用正铲式挖掘机维护中的应用

1. 数据采集。数据采集主要利用加装在大型正铲式挖掘机设备上的精密传感器进行数据采集。速度传感器可以实时获取电机转速信息,温度传感器可以有效获取轴承运作的实时温度信息。通过功能各异的传感器进行各类数据的采集。

2. 数据传输。数据在进行传输时,分为两种形式。一种是电流/电压传输方式,通常将采集的模拟信号转换为4~20mA电流方式或者0~5V的电压。由于电流在传输过程中,衰减较小。电流传输方式广泛应用于传感器数据传输。另一种是利用无线远传技术进行数据传输。当前,数据无线传输已经成为新的发展热点。将数据无线传输技术应用于大型正铲式挖掘机设备维护中,实现了数据传输的智能化。

3. 数据存储。大型矿用正铲式挖掘机由于其规格较高,因此需要监控的传感器数量多。在日常生产中,采集得到的数据较多。由于通讯的智能化,可以将采集到的数据上传至云数据库,实现数据存储。

4. 数据分析决策。对采集到的数据,需要进行分析决策,可利用专家系统进行。随着智能化的发展,今后会有更多智能决策算法应用于数据分析决策中。

5. 决策执行。进行决策后,将决策指令传输至挖掘机设备维护人员手机中,相关人员根据决策指令进行设备的维护。通过智能化的设备维护。可以有效降低挖机的故障率,进而提升生产效率。

总之,基于挖掘机的远程监控系统的设计与实现提高了挖掘机的智能化和信息化水平,是重工挖掘机设备在物联网发展方向上的一个巨大进步,同时对太重其他设备的远程监控诊断提供了技术支持,符合国家对智能化、信息化、物联网等新技术发展的整体战略规划。

### 参考文献

[1] 马文. 浅谈大型设备行业大数据平台的建设[J]. 机械工程与自动化, 2018(2): 218-219.