

矿井无线可充电传感器网络的充电策略研究

张凯红 (霍州煤电集团河津杜家沟煤业有限责任公司, 山西 临汾 041000)

摘要: 煤矿井下作业环境恶劣, 为保证矿井的安全生产, 需采用监测系统持续不断的进行安全监测。传统的监测系统功耗高、不便于充电扩展严重影响矿井的安全生产。本文设计提出的矿井无线可充电传感器网络, 具有低功耗、小尺寸、易扩展等优点, 实践应用效果良好, 有效保证矿井监测系统的安全稳定运行。

关键词: 仿真模拟; 传感网络; 充电策略; 无线监控

煤矿井下作业环境复杂且恶劣, 为了保证开采效率及开采安全, 监测系统需要持续对矿井进行监测。监测系统的安全稳定运行时保障矿井安全生产的关键, 矿井无线传感器网络是保证矿井监测系统稳定运行的基础, 但是在要求传感器节点持续稳定运行的巷道中受能量限制制约传统 WSNs 的应用与发展, 无线可充电传感器网络具有低功耗、小尺寸、易扩展等优点在矿井监测领域得到广泛应用。本文对不同的工况下矿井监测系统的充电策略进行研究, 保证矿井的安全生产。

1 矿井无线充电传感器网络

无线充电技术采用无线方式, 实现设备和充电电源之间的能量传输。按根据无线充电技术的充电原理可将其分为基于辐射的充电技术和基于耦合的充电技术。将无线充电技术应用于无线传感器网络中, 形成的可充电传感器节点具备了低消耗、尺寸小、扩展性强等优点。相较于传统的传感器网络, 无线充电传感器节点不需要携带大尺寸电池, 使得其尺寸较小, 且通过无线充电使得传感器节点的续航能力大幅度增强。选定无线传感器网络时往往具备更高的服务质量, 在不同的监测区域内, 由于监测区域发生危险的概率大不相同, 使得每个传感器节点的工作负载不同, 负载较大的区域电耗较大, 需要进行充电的优先等级就越高, 所以在进行充电安排时, 需要将重负载区域内的充电等级调高, 从而跟更好的提升充电质量和整体服务质量。

2 物联网监测系统

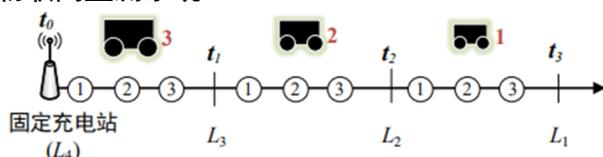


图1 分区负责移动协同充电模式示意图

物联网在矿山监测系统的创新应用, 实现了动态数据的实时传输和决策的实现。物联网的网络架构由应用层、传输层和物理层, 通过将工况的湿度、温度、风速、气体等进行采集并进行数据的传输, 在此基础上进行监测系统的开发。由于巷道的呈现带状, 所以可将巷道视为一维空间, 充电策略的设定可按照一维的形式进行确定。为了解决传统充电模式中移动充电站较为拥挤的问题, 选定分区负责式移动协同的充填策略。在不同充电区间设定不同容量的充电电容, 移动充电站电容随着距离固定充电站的距离减小而逐步增大, 每个移动充电站仅在相邻固定充电站

间移动, 有效解决移动充电站拥挤的问题。分区负责移动协同充电模式示意图如 1 所示。

将传感器节点均匀布置在巷道内, 巷道单位距离的传感器节点数量可以表示为 N_{nd} , 此时巷道分为 K 个区间, 移动充电站的电池容量表示为 B , 它负责第 i 个和第 $i-1$ 个区间内的传感器节点及移动充电站的充电, 充电效率用 n_1 和 n_2 表示, 在移动充电站移动一个单位距离下电量的消耗量为 m_{ci} 。根据相应的算法, 假设移动变电站的单个电池容量用 P 表示, 所以移动变充电站电池组的电池容量 $B=np$, 公式中 n 为移动变充电站电池组包含的电池块数。移动变电站之间的通讯选定为直接或多跳的方式, 对相邻区间内的移动充电站的剩余电量和调度的周期 T 进行实时掌握, 有效的实现移动充电站能量的控制。同理, 移动充电站可以实现实时对负责传感器节点内的剩余能量继续监测。传感器节点采集频率、采集时常等均可由操作人员设定, 所以传感器节点的耗电速率是一个可根据用户情况进行变动的量, 所以移动充电站的充电周期是可变动的, 从而使得移动充电装置的调度周期也是可变的。

本文通过 MATLAB 仿真模拟对策略的性能进行了评估, 并与传统的 EqualShare、PushWait 和 SolelyCharge 进行对比分析。我们将提出的算法命名为 CoMobile。在一般默认情况下, 选定巷道的路线长度为 1000m, 将 1000m 的路线进行划分, 划分为不同长度的 5 段, 五段的长度分别为 221m、210m、200m、189m 和 179m。在 1000m 的巷道内布置 100 个无线可充电节点, 平均每个节点的供电电池规格为 1.5V, 2000mAh。所以电池的容量可以表示为 $b=1.5V*2A*3600s=10.8kJ$ 。5 个区段内电池的容量分别可以表示为: 1600kJ、1400kJ、1400kJ、1200kJ、1200kJ。

3 仿真数值模拟研究

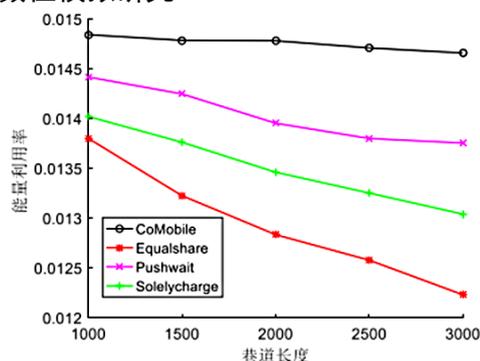


图2 随巷道长度能量利用率变化趋势

研究充电效率随着巷道长度的变化趋 (下转第 195 页)

水平泵泵体为长筒型,单节泵由多级叶轮及导壳组成,叶轮为全封闭型。根据流量、压力不同,可选择多节泵串联或者并联。为防止泵体因为自身过重,轴产生重力弯曲,厂家在泵体中每隔 3-5 个叶轮安装一组支撑轴承,防止泵在停止状态下的重力变形,并且设备专用的止推轴承箱,用于平衡泵体产生的轴向力,导致泵体长度很长。本项目水平泵级数为 76 级,泵体分为两节。在电潜泵应用中,多为多节泵串联使用,技术成熟可靠。

BB5 型多级离心泵为双壳、径向剖分,两端支撑式(筒型)泵,经调研海上平台目前在用的泵型最大级数为 13 级。本项目泵型级数为 15 级 BB5 型泵,未经使用,如用于注水系统,存在一定风险。

BB5 型多级离心泵电机功率 500kW,水平泵电机功率 400kW,平台供电为海缆供电,电制 380V,3P,50Hz,为了减少海缆负荷,在平台布置满足的工况下,尽可能选择功率小的设备。

3.3 远程启停、控制、监测

BB5 型泵和水平泵均可实现远程启停,控制。BB5 型泵除了常规进出口压力、温度外,还应安装一套监测系统,并将数据远传。水平泵原型为电动潜油泵,电动潜油泵厂家均有自己的监测系统,可连续准确监测井下泵压力、温度、振动等多个关键参数,优化泵的生产性能,为保护泵的完整性和优化井性能提供全面数据。

3.4 注水泵选型结论

水平泵与 BB5 型多级离心泵相比,各有优缺点。水平

泵长度长,占地面积大,对安装水平度要求较高,需要定期进行调平,排量、扬程范围广,泵效率高,运行稳定,维修频率低。BB5 型多级离心泵占地面积小,泵效率相对水平泵低,导致电机功率大。

两种泵型均可实现远程启停,控制和监测,相对于 BB5 型泵,水平泵监测系统可采用电动潜油泵监测系统,技术成熟可靠。

旅大 29-1 WHPA 平台为无人驻守平台,应充分考虑泵的运行、在线监测稳定性,并结合平台实际情况选择泵型。

从泵的运行稳定性、电机功率以及监测系统的可靠性,并且考虑 BB5 型多级离心泵仅有一个厂家能满足要求等方面综合分析,旅大 29-1 油田 WHPA 平台注水泵选用水平泵。

4 结束语

旅大 29-1 油田 WHPA 平台注水量偏小,且扬程大,并受海缆负荷限制,故而采用水平泵,但是水平泵长度过长,对于工业多级离心泵能够满足的情况下,建议选择工业离心泵,减少平台面积,降低项目成本。

参考文献:

- [1] 高粱红. 采油机械中的电动潜油泵机组 [J]. 石油知识, 2018(2):13-13.
- [2] 华远旭. 论采油一厂注水泵优化选型 [J]. 中国高新技术产业, 2008(15):70+72.
- [3] 芦逍遥, 闫立. 试论电动潜油泵采油工艺在油田新技术领域中的应用 [J]. 化学工程与装备, 2018(10):141-142.

(上接第 193 页)势,设定其他变量不变,对不同巷道长度下的充电效率进行仿真模拟,模拟结果如图 2 所示。

如图 2 四种方式下能量利用率随着巷道长度变化规律可以看出,随着巷道长度的增加,能量利用率均呈现出下降的趋势,在 comobile 模式下,当巷道长度为 1000m 时,此时的能量利用率为 0.015,随着巷道长度增大至 3000m 时,此时的能量利用率降低至 0.0147,降低了 0.0003;对比四种充电模式下能量利用率随巷道长度变化趋势可以看出,新策略的能量利用率随着巷道长度的下降趋势最小,能量的利用率最大,所以新设计的充电策略较原有的充电策略有了一定的优化。

对不同节点数下的能源利用率的变化进行研究,首先对四种充电策略下的能量利用率进行仿真,随着节点数量的增加,能量利用率均呈现出逐步增高的趋势,在 comobile 模式下,当巷道长度为 100 时,此时的能量利用率为 0.01485,随着巷道长度增大至 300 时,此时的能量利用率增大至 0.0149,增大了 0.00005;对比四种充电模式下能量利用率随节点的变化趋势可以看出,新策略的能量利用率随着节点数量的变化趋势较为平稳,且相同节点数下能量的利用率最大,可以看出新设计的充电策略的能量利用率最为平稳,能量利用率波动最小,性能最优。

通过对移动充电站不同移动速度下的能源利用率的变化进行研究,首先对四种充电策略下的能量利用率进行仿真,随着移动速度的增加,能量利用率均呈现出逐步增高的趋势,在 comobile 模式下,当移动充电站速度为 1m/s 时,此时的能量利用率为 0.01483,当移动充电站速度为 5m/s 时,此时的能量利用率增大 0.0149,降低了 0.00006,移动充电站速度越大,能量利用率越高。对比四种充电模式下能量利用率随速度的变化趋势可以看出,新策略的能量利用率随着节点数量的变化趋势较为平稳,且相同速度下能量的利用率最大,所以新设计的充电策略性能最优。

4 结论

①随着巷道长度的增加,能量利用率均呈现出下降的趋势,在工作面巷道长度相同的情况下,采用新的充电策略能量的利用率较高;②随着节点数量的增加,能量利用率均呈现出增大的趋势,新充电策略较为平稳,在相同节点数量下,新充电策略的能量利用率最高。移动充电站移动速度的增加,能量利用率均呈现出上升的趋势,相同速度下能量的利用率、充电速度均得到有效提高。

参考文献:

- [1] 胡圣波. 煤矿井下无线传感网络通信关键技术的研究 [J]. 工矿自动化, 2008(03):1-4.