

# 基于 WSN 的钨矿尾矿库安全监测预警系统设计

朱恒斐

(江西华安检测技术服务有限公司 江西 赣州 341000)

**摘要:** 为了保证钨矿矿山的正常生产运行,必须建设钨矿尾矿库,其属于钨矿开采过程中必不可少的基础设施,但是也是钨矿中最危险的内容。现阶段我国越来越重视钨矿尾矿库安全监测预警系统的研究和分析。传统的安全监测主要依靠人工,但是其工作效率较低,且不能保证数据参数的实时性,无法满足当前发展的需求,在科学技术不断发展的基础上,WSN 被引进钨矿尾矿库安全监测预警系统,保证了数据的实时性,同时也提升了安全监测的效率和质量,但是需要加强设计,保证其科学性及其合理性。

**关键词:** WSN; 钨矿尾矿库; 安全监测预警系统; 设计

## 0 引言

随着经济的发展和进步,当前我国钨矿开采的规模逐渐扩大,钨矿尾矿库的安全开采和后续工作的安全性逐渐引起重视。针对此情况,设计钨矿尾矿库安全监测预警系统,并积极利用 WSN (Wireless Sensor Networks, 无线传感器网络) 技术对尾矿库的各项数据参数进行监测,并对监测数据进行探究分析,在保证尾矿库安全性的同时对可能出现的问题进行预防和控制,已经成为当前钨矿尾矿库安全生产必不可少的内容。

## 1 WSN 技术概述

WSN 技术是由传感器技术、无线通信技术和分布式信息技术等几项先进技术组成的现代化新型网络技术。早在 20 世纪 90 年代左右就已经有相关领域的学者针对 WSN 进行研究,当时受到网络等相关技术水平的限制,其主要是依靠布置在监测范围内的无数个功能完善的小型传感器节点进行监测工作。各节点在工作过程中形成一个较为完整的网络。其具有多跳性,在形成网络时主要依靠无线传输模式对需要监测的区域内的数据参数进行采集和处理,然后将处理后的数据信息反馈给负责监测的工作人员<sup>[1]</sup>。随着科学技术的不断进步,WSN 也不断地优化和完善。现阶段,WSN 被广泛地应用在多个行业和领域,如环境监测、智能交通、楼宇安全监控及工业生产等。

## 2 基于 WSN 的钨矿尾矿库安全监测预警系统和功能

### 2.1 系统

基于 WSN 的钨矿尾矿库安全监测预警系统,利用

无线网络传感技术,对钨矿尾矿库安全监测预警系统各个环节进行完善和优化。危害尾矿库安全的渗压监测和库水监测,实时监测尾矿库的运行情况,并对监测到的数据参数进行统计和整理,然后工作人员对各项数据参数进行分析和研究,进而保证尾矿库生产的安全性。工作人员也会根据对数据参数的分析结果进行相应评估,对可能出现的危险进行预警,进而形成安全监测预警系统。钨矿尾矿库安全监测预警系统的硬件系统采用新能源供电,即太阳能供电;软件系统部分,在对上位机进行开发时主要应用 C#;在实际进行系统设计的过程中,应用 C/S 设计模式;后台数据库应用 SQLserver2000,主要是因为其稳定性更高,可以保证系统运行的整体稳定性。

### 2.2 系统的功能

钨矿尾矿库安全监测预警系统的功能主要体现在以下五个方面。

(1) 可以对钨矿尾矿库的水位情况进行实时监测。为了监测钨矿尾矿库的水位情况,通常会在采集矿浆沉淀水水深的位置安装一个传感器,对库内的水位进行监测,保证水位处于安全范围之内。

(2) 可以对钨矿尾矿库渗水情况进行实时监测。渗水情况监测也被称为浸润线监测,在实际进行监测的过程中,工作人员会在尾矿坝规定的深度之内埋设一个传感器,即时监测钨矿尾矿库是否存在渗水情况。

(3) 可以对钨矿尾矿库出现的危险进行实时预警。在实际进行钨矿开采的过程中,通常伴随着一定的危险,这时钨矿尾矿库安全监测预警系统就可以更好地发挥出作用,其可以对于钨矿尾矿库生产进行实时监测,一旦出现危险就通过通信网络发送至管理人员的系统

之中,进而对危险进行及时报告和预警,保证生产的安全性<sup>[2]</sup>。

(4)可以对参数进行相应的配置。可以进行传感器和 ZigBee 节点信息设置、传感器信息设置等。

(5)可以显示钨矿生产过程中所产生的各项数据。在显示数据的过程中,不仅可以显示实时数据参数,而且可以显示历史数据,同时具有清空和导出的功能,还具备采集节点通信测试的功能。

### 3 基于 WSN 的钨矿尾矿库安全监测预警系统应用的意义

调查研究表明,随着经济社会的发展和进步,当前在钨矿尾矿库开采的过程中经常发生安全事故,比如尾矿库坍塌、滑坡等事故,严重影响了施工人员的生命财产安全,因此矿区的安全生产及管理也成为当前重点研究内容。在以往工作过程中也会对钨矿尾矿库的实际生产情况进行监测,但多数以人工监测为主,监测技术较为落后,通常是监测工作人员定期对相关数据进行监测,比如坝体位移、库水位高度、浸润线高度和降雨量等。这也导致监测工作量巨大,且精准度较低,通常会受到天气、环境和人工的影响,导致数据参数出现误差,此外也无法对各项数据参数进行实时监测,因此管理人员无法第一时间掌握钨矿尾矿库的实际情况,给安全生产造成了严重的不良影响。

针对这种情况,在实际进行钨矿尾矿库监测的过程中,需要充分利用 WSN,这样可以在很大程度上保证监测数据的精准性,并且对钨矿尾矿库的实际情况进行实时监测,保证数据信息采集和反馈的实时性和智能性,进而提升钨矿尾矿库生产的安全性,避免出现坍塌和滑坡等安全事故。在钨矿尾矿库安全监测预警系统中应用无线传感器网络可以打破传统有线传感器网络的壁垒,同时其不会出现被破坏等情况,此外在实际进行布设的过程中也相对较为简单,布设线缆时减少了不必要的流程。除了对实时数据进行监测,同时也可以对危险情况进行预警,因此此项技术被广泛地应用。WSN 技术在实际进行工作的过程中,将无线传感器技术与无线通信方式紧密地结合在一起,保证了钨矿尾矿库监测的无线性和网络化,保证预警的自动化和数字化。监测人员通过对各项数据进行分析,可以在很大程度上提升钨矿尾矿库生产的安全性,同时也对危险进行预警并排查险情<sup>[3]</sup>。

## 4 基于 WSN 的钨矿尾矿库安全监测预警系统的设计

### 4.1 安全监测预警系统总体构架设计

在设计安全监测预警系统的过程中,主要是利用各种不同类型的传感器节点,对钨矿尾矿库的整体环境进行监测,并对生产过程中产生的数据信息进行收集和统计处理,并实现实时监测预警的目的。安全监测预警系统总体构架主要由三部分组成,即底层数据采集系统、ZigBee 传输网络系统和上位机管理系统。底层数据采集系统主要由四个参数监测子系统组成,其主要依靠终端部节点,对数据信息进行采集,然后将采集到的数据信息传输至 ZigBee 传输网络系统,再由 ZigBee 传输网络系统中的路由器节点传输给协调器节点,最后将加工处理后的数据信息由串口传输到上位机管理系统,如图 1 所示。在对钨矿尾矿库进行监测的过程中,主要是针对坝体表面位移、浸润线高度、库水位高度和矿物温度湿度等数据进行监测。

### 4.2 底层数据采集系统设计

#### 4.2.1 浸润线监测系统

在实际开采过程中,排放尾矿或者是遇见暴雨时,矿浆水会逐渐向下渗透,最终在坝体内形成渗流场,且其复杂程度较高,同时会导致坝体出现坍塌或尾矿库出现滑坡等重大安全事故,严重影响钨矿尾矿库的安全生产,对施工人员的人身财产安全也造成了不良影响,因此需要严格检测钨矿尾矿库的浸润线高度,并加强浸润线监测系统设计。浸润线监测系统在进行监测的过程中主要是依靠渗压传感器,渗压传感器埋设在尾矿坝内,进而对其渗压情况进行监测。

渗压传感器在实际进行工作的过程中,主要是光纤光栅的一端与弹性膜片固定,另外一端与机械结构固定预紧,当外力作用在弹性膜片时,光纤光栅的波长会出现一定的变化。而实际监测浸润线准确地说就是观察监测光纤光栅的波长变化情况,其展现出水压的变化。一般来说传感器在安装时与地面垂直,然后根据水压变化情况利用对应的公式计算水位。最后利用无线传感器网络将水位情况传输至监控中心<sup>[4]</sup>。

#### 4.2.2 库水位监测系统

根据调查显示钨矿尾矿库内会留存大量积水,主要来自于坝顶排放的尾矿浆沉淀水,因此需要加强对库水位的监测,从而有效避免当处于暴雨时期或者发生地震时出现洪水漫坝等情况。通过对监测数据进行分析和研究发现,库水位的高度直接对尾矿库的抗洪能

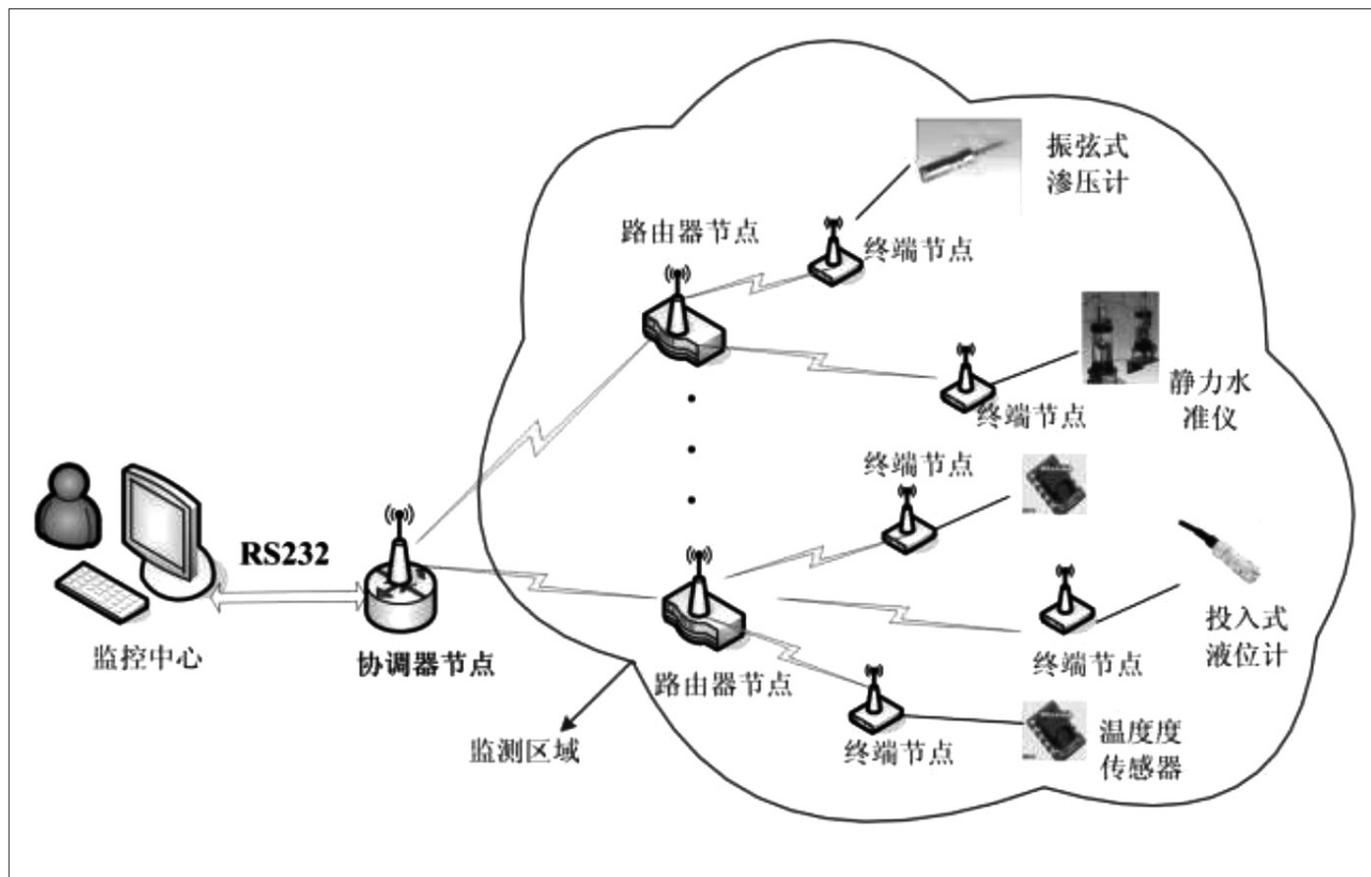


图1 基于WSN的钨矿尾矿库安全监测预警系统总体构架

力造成影响，因此对库水位的实际高度进行监测，当面临特殊情况时可以更好地进行预防，并制定安全防范措施。此外在进行库水位监测系统时，需要明确库水位的安全高度，当水位高度超过安全高度就会进行预警。库水位监测系统通常设置在排水构筑物上方，并安装水位计。水位计的主要作用是实时采集库水位的数据信息，并将数据信息传输至监控中心。一般来说，水位计分为投入式、压力式和遥测水位计（雷达、超声波）等，具体选择哪一种类型的水位计根据尾矿库的实际情况确定。在监控中心会实时显示库水位的情况，当系统监测到险情之后，会通过多种方式进行预警，并将信息发送至管理人员的手机上，保证管理人员及时进行处理，进而保证整体生产工作的安全性。

#### 4.3 ZigBee 传输网络系统

ZigBee 传输网络系统主要分为两种状态，分别是静态网络和动态网络。静态网络包括星型拓扑结构和树状拓扑结构，动态网络指的是网状拓扑结构，这三种结构是 ZigBee 传输网络系统的主要结构类型。每种结构类型都具有自身的优势和弊端。

静态网络的构成相对来说较为简单，而且不会消耗大量的节点耗能，但是节点之间想要传输数据必须应

用协调器节点，同时传输的距离也有一定的限制。

动态网络可以在任意节点之间进行数据的传输，但是其主要缺点为网络耗能相对较大，且动态路由协调较为复杂。在实际选择结构的过程中需要整体考虑网络耗能、传输距离和效率等因素。就目前的情况来说，在钨矿尾矿库安全监测预警系统中，树状拓扑结构应用较为广泛，主要是因为树状拓扑结构可以在原有的树状网络的基础上进行一定的发展，在上层路由器节点和对应的子节点形成一个簇，且所有的簇头节点可以与协调器节点之间进行信息传输<sup>[5]</sup>。

除此之外，在实际工作过程中树状拓扑结构的扩展性能更好，且不会消耗大量的网络能耗，同时具备较强的自我修复能力，即使当网络中存在被破坏的节点，也可以自动组成新的网络，不会对整体网络的运行造成不良影响。

在实际对钨矿尾矿库进行监测的过程中，需要进行监测的监测区域范围较大，但是 ZigBee 节点辐射的范围具有一定的限制性，而簇分层结构可以很好地解决这一问题。簇分层结构主要是依靠分布式处理能力，进而提升网络的覆盖面积，这样在钨矿尾矿库布置传感器节点，就可以对整体矿区进行监测。而且在无线

传感器网络的影响下，布设网线更加简洁，不需要消耗大量的成本，且对于维护也更加方便，不会受到时间和环境等外界因素的限制。

#### 4.4 上位机管理系统设计

##### 4.4.1 需求分析

在实际进行系统设计的过程中，工作人员需要首先对钨矿尾矿库的实际情况进行探究，并以其安全生产的运行状况为基础，对安全监测预警系统的上位机管理系统进行设计。调查显示，上位机管理系统需要具备以下几个特点：

(1) 在实际监测的过程中，会应用到多种传感器，且会收集大量的数据信息，然后再通过 ZigBee 传输网络将数据信息从终端和路由器节点传输至协调器节点，最终利用串口将数据信息发送至上位机管理系统，并以图形或表格的形式实时进行展现，此外也将多种监测技术融合在一起，进而保证监测数据信息的准确性和可靠性和实时性；

(2) 上位机管理系统可以将收集到的数据信息集中进行储存、处理和管理，并且需要根据各个参数的实际情况设置安全阈值，一旦监测值超过设置的安全阈值，那么系统就会以光或者声的形式发出警报，这样管理人员可和时了解情况，并针对问题制定具有针对性的解决措施和应急预案；

(3) 可以在具体的时间内对监测的数据进行拟合，并绘制曲线图，同时也可以对历史数据进行整理分析，此外还可以对各个监测内容的数据进行预测，这样可以

在很大程度上预测险情的发生，并提前做好防御措施；

(4) 上位机管理系统的监测界面应更加简洁，且操作方面也更加简单，容易操作。

##### 4.4.2 上位机管理系统功能设计

在实际设计上位机管理系统的过程中，主要以模块化设计为基础，并将其作为主体设计思路，然后利用串口对下层 ZigBee 网络收集的各项数据进行读取。数据信息主要包括浸润线、库水位、温度湿度、坝体位移数据，然后利用相关的技术对收集的各项数据信息进行发布、显示和处理，并保证其实时性。最后创建模型，在创建模型的过程中主要以支持向量机回归 (Support Vector Regression, SVR) 为基础，进而实现预警的目的，同时也在很大程度上提升钨矿尾矿库安全监测预警系统的有效性和监测效果<sup>[6]</sup>。在设计的过程中，需要以实际需求为基础展开相应的设计，监控界面主要由三部分组成，即用户管理、实时监测预警、数据存储与查询，具体如图 2 所示。

上位机管理系统可以实现多种功能：

(1) 可以对用户登录信息进行管理，也可以对用户进行添加和删除，并且对用户类型进行分类和对数量进行统计；

(2) 可以进行串口连接，并设置各项数据参数，然后对数据进行收集，将收集到的数据信息进行显示，保证数据信息的及时性和可靠性；

(3) 可以对历史数据信息进行保存；

(4) 可以对各个节点的数据参数进行预测，根据预

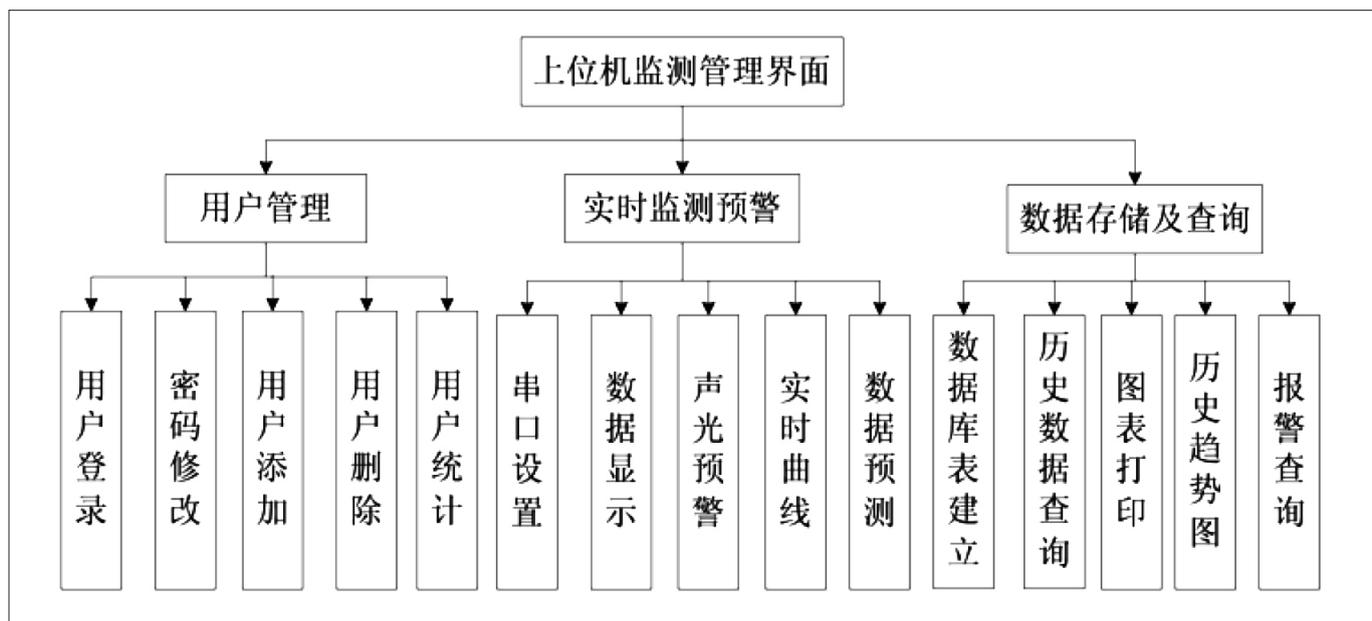


图 2 上位机管理系统功能示意图

(下转第 68 页)

首先,由于辊体材质易产生锈质,因此将基体材料改为304不锈钢,有效防止因氧化而产生锈蚀问题的出现;

其次,旋片及拨爪固定结构,将原有的单面焊接改为双面焊接,将端板的固定模式也进行优化改良,从而有效避免旋片及拨爪脱落的问题出现;

再次,碳套辊结构,通过调整碳套与辊芯之间的间隙,提高抗击摩擦的性能,增强螺栓的稳定性和耐用性。

#### 参考文献:

[1] 居蒋昊,黄望芽,赵斌.硅钢常化退火炉辊印缺陷预

测分类预警方法研究[J].电工钢,2022,4(01):44-48.

[2] 周淮林,夏凯枫,孙乐政.探究辊底式热处理炉辊面结瘤原因与解决措施[J].冶金与材料,2021,41(06):189-190.

[3] 高艳,邢巍,文赫荔.影响连退机组炉内带钢跑偏因素与应对措施[J].冶金设备,2021(05):67-70.

[4] 李鑫,徐英波,张永国,等.连续镀锌线退火炉炉辊润滑标准探索与建议[J].设备管理与维修,2021(17):26-27.

**作者简介:**王春虎(1985.01-),男,汉族,河北唐山人,本科,工程师,研究方向:冷轧连续退火炉机械。

(上接第64页)

测内容对险情进行预警,以便制定解决措施,同时也可以与历史预警进行查询;

(5) 实现数据保存和打印的目的。

其中,用户管理和数据存储查询与数据库操作有关,包括数据库表的建立、数据记录的添加和删除、历史数据的查询等。

## 5 结语

综上所述,通常情况下钨矿尾矿库所处环境较为恶劣,且矿区的覆盖面积较大,因此实际监测过程存在一定的难度,且电缆铺设也存在一定的困难。针对此情况可以积极利用WSN技术设计钨矿尾矿库安全监测预警系统。此系统可以对钨矿尾矿库的实际情况进行实时监测,可以在很大程度上提升安全监测预警的有效性,保证钨矿尾矿库的生产的安全,因此具备良好的应用价值和市场前景。

#### 参考文献:

[1] 李彬.基于WSN的井下安全监控系统设计研究[J].

山东煤炭科技,2022,40(07):201-203.

[2] 宋智慧,万帅,文锋.锚定目标发挥最佳水平—湖南省深入开展非煤矿山安全生产专项整治[J].湖南安全与防灾,2022(03):26-27.

[3] 林如山.矿山尾矿库安全数字化监测探讨[J].现代矿业,2020,36(08):176-177+180.

[4] 熊立新,宋佳威,王思佳.湘南某铅锌矿尾矿库安全在线监测及预警系统构建研究[J].价值工程,2019,38(33):189-190.

[5] 路克扩.基于实时变形监测的金属尾矿监管应用研究[J].世界有色金属,2018(22):108-109.

[6] 戴圣贤,陈国芳,王强.尾矿库安全监测低能耗无线传感器网络设计[J].中国钨业,2018,33(03):67-71.

**作者简介:**朱恒斐(1982.11-),男,汉族,江西赣州人,本科,工程师,研究方向:非煤矿山安全检测、职业卫生检测评价及相关技术服务。