

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: X2011230537

UDC\_\_\_\_\_

廈門大學

工 程 硕 士 学 位 论 文

煤矿井下人员定位系统的设计与实现

Design and Implementation of Underground Mine Personnel  
Locating System

刘 涛

指导教师: 王备战教授

专业名称: 软件工程

论文提交日期: 2013 年 10 月

论文答辩日期: 2013 年 11 月

学位授予日期: 2013 年 月

指导教师: \_\_\_\_\_

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

2013 年 11 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(软件工程)课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

2013年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

2013 年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 摘要

随着我国经济快速发展，对能源的需求进一步加大。煤矿资源在我国能源格局中占主导地位，对我国有着重要的战略意义，但是传统的煤矿生产方式不但生产效率低而且安全问题严重。煤矿事故的发生，往往会造成重大的人员伤亡和经济损失，在事故发生后没有可靠的手段能及时统计井下人员的数量和所在位置，浪费的大量的救援时间和救援资金。为利用信息自动化监测、监控技术，改造传统产业，建设信息化、现代化矿井，国家出台相关政策推动煤矿企业的安全监管以及信息自动化升级。这对提升企业安全生产、经营管理水平，经济效益，企业核心竞争力都有深远的意义和积极的作用。

近几年来国家一直对煤矿的安全生产十分重视，同时为了加强监管力度，要求各级安全监管部门要实现不间断监测各矿井的安全状况，现有的煤矿安全监控系统也面临着升级的需要。无线传感器网络是集无线通讯、数据采集和信息处理功能于一体的新型分布式自组织数据采集网络，ZigBee 技术是一种新兴的最具代表性的无线传感网络，具有统一技术标准和低成本、低功耗等特点。将 ZigBee 技术应用于煤矿安全监测，将有效地提高煤矿安全生产监控和管理水平。

本系统针对煤矿对煤矿井下人员定位系统的问题，进行井下人员定位系统的简介、开发新型煤矿井下人员跟踪定位及安全管理系统，就可对煤矿入井人员进行实时跟踪监测和定位，随时清楚掌握每个人员在井下的位置及活动轨迹。如果发生灾变，还可立即从监控计算机上查询事故现场的人员位置分布情况、被困人员数量、遇险人员撤退线路等信息，为事故抢险提供科学依据，同时也可利用系统的日常安全管理功能，对矿井人员进行安全管理。

**关键词：**煤矿井下人员定位系统；ZigBee 技术；系统设计

## Abstract

With China's rapid economic development, to further increase the demand for energy. Coal resources in China's energy structure dominates the country has important strategic significance, but the traditional way of coal mine production safety is not only productive but also a serious problem. Coal mine accidents often result in significant casualties and economic losses, after the accident there is no reliable means of underground personnel timely statistics on the number and location bit Ge, wasted a lot of time and rescue rescue fund. For the use of information automation monitoring and control technology to transform traditional industries, construction, information technology, modern mine, the state has adopted policies to promote coal mine safety supervision, and information enterprise automation upgrades. Which enhance safe production, management level and economic efficiency core competitiveness of enterprises has far-reaching significance and positive role.

In recent years, countries have been on the coal mine production safety very seriously, and in order to strengthen supervision, safety supervision departments at all levels to achieve continuous monitoring of the mine safety situation, the existing coal mine safety monitoring system is also faced with the need for an upgrade. Wireless sensor network is a set of wireless communications, data acquisition and information processing functions in one of the new distributed self-organizing data collection network, ZigBee technology is the most representative of an emerging wireless sensor networks with unified technical standards and cost and low power consumption. ZigBee technology will be used in coal mine safety monitoring, will effectively improve coal mine safety production monitoring and management level.

The system for coal mines coal mine personnel positioning system issues, underground personnel positioning system profile, the development of new coal mine personnel tracking and security management system, you can mine personnel into the wells for real-time tracking and monitoring and positioning, always clear grasp of every a staff position and activity in the underground tracks. If the disaster occurs, but also on the computer monitor queries immediately from the accident site staff position

distribution, the number of people trapped, withdrawal distress lines and other information, provide a scientific basis for the accident and rescue, but also can use the system daily security management functions, on mine safety management personnel.

**Keywords: Underground mine personnel locating system; ZigBee technology; System design**

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究现状及意义 .....	2
1.2.1 研究现状.....	2
1.2.2 研究意义.....	4
1.3 研究内容 .....	5
1.4 论文组织内容 .....	5
<b>第二章 系统相关技术介绍</b> .....	<b>7</b>
2.1 定位技术 .....	7
2.2 RSSI 定位技术 .....	10
2.3 ZigBee 和现有无线技术的比较 .....	12
2.4 TCP/IP 协议 .....	17
2.5 接口技术 .....	18
2.6 本章小结 .....	19
<b>第三章 系统需求分析</b> .....	<b>20</b>
3.1 业务背景 .....	20
3.2 用户需求 .....	21
3.3 功能需求 .....	22
3.4 非功能需求 .....	24
3.5 本章小结 .....	25
<b>第四章 系统总体设计</b> .....	<b>26</b>
4.1 系统设计目标 .....	26
4.2 系统设计原则 .....	28
4.3 系统模块设计 .....	28
4.4 定位过程设计 .....	30
4.4.1 被动定位过程.....	30
4.4.2 主动定位过程.....	30
4.5 系统硬件设计 .....	32
4.5.1 无线定位单片机设计.....	32
4.5.2 参考节点设计.....	35
4.5.3 定位节点设计.....	35
4.6 本章小结 .....	37
<b>第五章 系统详细设计</b> .....	<b>38</b>
5.1 系统功能设计 .....	38
5.1.1 RSSI 定位算法 .....	38
5.1.2 三边测距定位算法.....	39



5.1.3 加权质心算法.....	41
5.1.4 改进的动态校准混合算法.....	41
<b>5.2 定位模块 .....</b>	<b>42</b>
<b>5.3 本章小结 .....</b>	<b>44</b>
<b>第六章 系统实现与测试 .....</b>	<b>46</b>
<b>6.1 系统实现 .....</b>	<b>46</b>
6.1.1 UI 设计 .....	46
6.1.2 模块配置.....	48
6.1.3 数据库配置.....	49
<b>6.2 系统测试 .....</b>	<b>50</b>
6.2.1 测试目标.....	50
6.2.2 测试过程.....	52
6.2.3 系统维护.....	54
<b>6.3 本章小结 .....</b>	<b>54</b>
<b>第七章 总结与展望 .....</b>	<b>55</b>
7.1 总结 .....	55
7.2 展望 .....	55
<b>参考文献 .....</b>	<b>57</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>59</b>

**contents**

**Chapter1 Introduction .....1**

**1.1 Background ..... 1**

**1.2 Research and significance ..... 2**

        1.2.1 Research..... 2

        1.2.2 Significance..... 4

**1.3 Research content ..... 5**

**1.4 Thesis Organization content ..... 5**

**Chapter2 Describes the system related technologies..... 7**

**2.1 Positioning Technology ..... 7**

**2.2 RSSI location technology..... 10**

**2.3 ZigBee and comparison of existing wireless technologies ..... 12**

**2.4 TCP/IP protocol..... 17**

**2.5 Interface Technology..... 18**

**2.6 Chapter Summary ..... 19**

**Chapter3 System requirements analysis ..... 20**

**3.1 Business background ..... 20**

**3.2 User requirements..... 21**

**3.3 Functional requirements ..... 22**

**3.4 Non-functional requirements ..... 24**

**3.5 Chapter Summary ..... 25**

**Chapter4 System Design ..... 26**

**4.1 System Design Goals ..... 26**

**4.2 System Design Principles..... 28**

**4.3 System Module Design..... 28**

**4.4 Positioning Process Design ..... 30**

        4.4.1 Passive positioning process..... 30

        4.4.2 Active positioning process ..... 30

**4.5 Hardware Design ..... 32**

        4.5.1 Wireless Location-chip design ..... 32

        4.5.2 Reference node design ..... 35

        4.5.3 Positioning node design ..... 35

**4.6 Chapter Summary ..... 37**

**Chapter5 Detailed system design ..... 38**

**5.1 System Functional Design ..... 38**

        5.1.1 RSSI location algorithm..... 38

        5.1.2 Ranging trilateral localization algorithm ..... 39

5.1.3 Weighted centroid algorithm.....	41
5.1.4 Improved dynamic calibration hybrid algorithm.....	41
<b>5.2 Positioning Module .....</b>	<b>42</b>
<b>5.3 Chapter Summary .....</b>	<b>44</b>
<b>Chapter6 Systems implementation and testing.....</b>	<b>46</b>
<b>6.1 System to achieve .....</b>	<b>46</b>
6.1.1 UI design.....	46
6.1.2 Module configuration.....	48
6.1.3 Database configuration .....	49
<b>6.2 System Test .....</b>	<b>50</b>
6.2.1 Test target.....	50
6.2.2 Test procedure .....	52
6.2.3 System maintenance.....	54
<b>6.3 Chapter Summary .....</b>	<b>54</b>
<b>Chapter7 Summary and outlook.....</b>	<b>55</b>
7.1 Summary.....	55
7.2 Outlook.....	55
<b>References .....</b>	<b>57</b>
<b>Acknowledgements .....</b>	<b>59</b>

厦门大学博士论文摘要

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

能源工业是国家经济发展的命脉所在，近年来，随着石油资源的紧张、石油价格的飙升，煤炭行业的重要性和不可替代性也日益凸现。我国幅员辽阔，矿藏丰富，煤炭储量高居世界首位。根据最新统计数据，我国可用煤炭总储量接近 1900 亿吨。我国煤炭资源丰富，煤炭是我国能源结构中的支柱。煤炭安全生产在我国国民经济安全生产中占有重要的地位。随着我国的经济体制的改革不断深入，现代化进程不断加快，国家对煤矿安全日益重视，监管力度不断加强，大中型煤矿和众多乡镇小煤矿均已大量装备了煤矿安全监控系统，有效遏制了重大瓦斯爆炸事故的发生。但是，缺乏对井下人员位置信息的监控，目前还普遍存在入井人员管理困难，井上人员难以及时准确掌握井下人员的分布和作业情况，一旦发生事故，抢险救灾、安全救护的效率低，特别是事故发生后对矿井人员的抢救缺乏可靠的位置信息，严重地制约了抢险救灾的效率，失去最宝贵的抢救时机。安全生产的核心是人的安全。因此，煤矿对利用相应的矿井人员跟踪定位设备，全天候对煤矿入井人员进行实时自动跟踪和考勤，随时掌握每个员工在井下的位置及活动轨迹、全矿井下人员的位置分布情况等需求迫切。

煤矿是我国的主要能源之一，但是传统的煤矿企业管理水平低，生产效率低，安全保障低，这对我国经济发展有着很大的影响。针对这一现状，提出了一个以信息自动化监测、监控技术来改造传统产业，建设信息化、现代化矿井系统的观点。这可以使煤炭企业资源合理配置，适应市场经济的竞争环境，提高经济效益，增强生产安全系数。而系统中的生产实时监控与报表统计模块设计与实现尤其重要，这两个模块的主要功能是实现人员当前所在基站定位功能，人员数量统计信息，基站人员定位信息实施监控与更新。

人员定位系统属于矿山安全定位技术，结合矿上其他管理系统可实时的再现井下人员的分布情况及其他系统运行情况，如环境监测、电力监控、提升系统。监控中心主机根据距离信息准确的判断出人员的具体位置，可以基本消除信号的强度带来的影响，可以在各种环境下获得精确的定位数据，基本不受井下特殊环境的影响。

## 1.2 研究现状及意义

随着对煤矿安全生产要求的不断提高,开发出可靠有效的人员跟踪定位,对于改善煤矿安全生产具有很大的现实意义和应用价值。现代化的煤矿安全监控系统除了实现环境的监控之外,还应包括对设备和人员的监控,通过监控系统实现井下人员和设备的管理和调度,提高生产效率和安全性。因此,使用无线通信技术,建立以无线传感器网络为基础的煤矿监控系统已经成为煤矿安全生产和现代化管理的需求。

### 1.2.1 研究现状

我国监测监控技术起步较晚,自1974年以来,仅有几种单一的瓦斯监测仪器投入使用,如AYJ-1,AWBY-1.2,MJC-100等,实现了对瓦斯的连续监测。为了加快实现煤炭工业现代化管理的步伐,我国先后从波、法、德、英、美等国批量引进了安全监控系统并装备了部分煤矿,如美国的SCADA系统、英国的MINOS系统、德国的TF200系统、法国的CTT63/40/u系统、加拿大森透里昂系统,这些系统在我国煤炭行业中发挥了作用,也为我国研制矿用监控系统提供了很好的借鉴。国内曾由中国煤炭部安全司、中国国际技术咨询公司联手与安菲斯公司确定合作关系,决定三方共同在中国煤炭领域推广PED系统。1998年,大同矿务局在大同煤峪口矿安装了中国第一套PED系统。结果证明PED系统信号可以穿透岩层传播并覆盖到全部生产区,发出和收到信号准确率为100%,最远穿透距离达2.8公里。

80年代后期,在引进外国设备的同时,消化、吸收了制造技术,并结合我国煤矿的实际情况,先后研制出自己的监控系统,如KJ1,KJ2,KJ4,A-1,KJ10,KJ11,KJ22,KT,KJ95及焦作工学院研制的KJ93矿井安全生产监控系统等,并在我国煤矿大批使用,有的系统已达到国际先进水平。这些系统主要也是侧重于安全参数的检测,而没有对下井人员进行实时监控。

目前国内煤矿的安全生产形势非常严峻,国家正在大力治理煤矿安全生产环境,随着国家对煤矿安全的日益重视和监管力度的不断加强,各矿已大量装备了煤矿安全生产监控系统,这些安全装备的推广应用大大改善了我国煤矿安全生产状况。但目前煤矿井下还普遍存在入井人员管理困难,井上人员难以及时掌握井下人员的动态分布及作业情况,一旦事故发生,对井下人员的抢救缺乏可靠信息,

抢险救灾、安全救护的效率低,为了更有效地提高煤矿的安全生产能力,必须加强对入井人员的监管和移动设备的监管,做到谁在井下、到过哪里、正在哪里,哪台移动设备在哪里管理者心里清楚。如何实现移动中的人员实现有效管理是各个煤矿迫切需要解决的问题,过去有很多科研单位、大专院校和矿山安全的专业工厂已经作了很多努力,也推出了一些试验性产品,限于过去无线电通讯技术局限和无线电通讯技术向矿山安全应用领域转移投入的社会力量有限,过去的产品都有自己的固有缺陷,且不能满足现在安全管理的要求。

国内有不少企业从事井下人员安全监控系统的研究与开发。这些系统基本上都是采 RFID(RadioFrequencyIdentification 射频识别)技术,工作人员携带 RFID 电子标签,通过在矿井进口处以及一些关键通道口使用射频卡读取的方法对下井人员进行登记记录。但这种系统实际上仅仅是一种考勤记录系统,而非真正的人员定位跟踪系统。

目前国内外已有的采用 RFID 技术的跟踪定位系统终端可分为无源被动式和有源主动式两种。无源被动式终端无需电源供电,通讯时需基站向其持续发送一段时间的无线信号,终端蓄能接收到的无线信号的能量,靠此能量向外发射自身 ID 等信息。该方式的无线通信技术,通信调制频率从十几 Mhz 到几百 MHz 都有,通信速度较慢,通信距离较近(约 10 米以内),但终端成本很低。有源主动式终端自备电池,定时主动向外发射信号。通信调制频率一般为 ISM(Industrial, Scientific and Medical 工业,科学和医疗)频段的 2.4GHz 和 5.8GHz,通信速率较快(依采用的调制技术而定),通信距离较远(约 30-50 米),终端成本较低。采用这两种 RFID 技术的跟踪定位系统的基站之间,目前多采用有线通讯技术,如 RS232、RS422、RS485 及 CAN 总线等。这类有线通信技术远距离传输时通信速率较低,需采用电缆连接,故造价较高,安装施工不方便。另外基站成本较高,如矿井全覆盖,将极大的提高系统成本。

我国现在研发的新型人员定位系统主要以有源射频卡为基础,提高了射频卡的使用的方便性,但由于基于射频识别耦合原理的有效通信距离仍然相对较短。普遍用于远距离射频识别的 2.4G 频段的信号对障碍物的穿透力很弱,信号衰减快。而矿山的井巷往往错综复杂,环境十分恶劣,当多人同时经过井下同一射频阅读基站时,往往出现漏读率较高,系统稳定性不够等问题。

采用 ZigBee 无线通信技术的人员跟踪定位系统，可以在此基础上实现井下人员的精确跟踪定位，同时可以进行考勤和监督管理。不仅在井下发生事故时发挥重要作用，而且可以用于日常的管理，整合环境监测系统使得功能更加完善，通过网络可以实现监控终端和井下工作人员的双向通信。监控中心可以广播报警信号或通知到移动终端，终端设备可以发送异常求救信号到监控中心。更加便于情况异常时人员的及时撤离和开展营救。

井下人员及设备定位系统能够及时、准确的降井下各个区域的设备动态情况反映到地面计算机系统，管理人员能情况够随时掌握井下人员、设备的分布位置和每个矿工的运动轨迹，以便于更加合理的调度管理。但事故发生时，救援人员也可根据井下人员及设备定位系统所提供的数据、图形迅速了解有关人员的位置情况，及时采取相应的救援措施，提高应急救援工作的效率。

### 1.2.2 研究意义

煤矿井下地质条件复杂，作业人员流动性大，一旦发生事故，就无法确切知道他们所处的位置，给救灾工作带来极大的困难。矿用人员安全监测系统的功能就在于：让我们能借助它实时了解井下人员及机车的流动情况、了解当前井下人员的准确数量及分布情况，查询任一指定下井人员当前或指定时刻所处的区域，查询任一指定人员本日或指定日期的活动踪迹。另外，可用来规范人员的活动，防止缺岗、串岗、迟到和早退，提高矿井生产效率，有效防止只考勤不下井或下井不考勤的情况，确保考勤统计数量与井下作业人员的数量完全一致。当事故发生时，救援人员也可根据井下人员定位系统所提供的数据，迅速了解有关人员的位置情况，及时采取相应的救援措施，提高应急救援工作的效率。

在生产管理调度室里，主机实时显示井下管理人员、技术人员、工作人员的位置和流向，为指挥调度生产做出优化决策，使生产指挥快捷、准确，提高生产效率。在情况异常或事故发生后，可以通过主机查询事故发生前各区域，特别是事故发生区域的人员分布和身份信息。在主干通信线路没遭到破坏的情况下，无线网络仍可以监测井下各工作面的环境和遇险后工作人员的动态情况。无线网络传送信息到监控中心，便于开展快速而有效的营救方案，争取宝贵的救援时间，最大限度地降低事故所带来的损失。开发矿井人员跟踪定位系统是煤矿安全生产的需求，将在煤矿安全生产和管理中发挥重要的作用，具有先进性、实用性和社会价值。



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库