



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204373624 U

(45) 授权公告日 2015.06.03

(21) 申请号 201420817856.3

(22) 申请日 2014.12.22

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司  
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号中国石油大厦

(72) 发明人 韩兴刚 冯朋鑫 于淑珍 杨斌  
赖海涛 徐文龙 田发国 卢文伟  
茹志娟 曾萍 李在顺 胡康

(74) 专利代理机构 西安吉盛专利代理有限责任  
公司 61108  
代理人 张培勋

(51) Int. Cl.  
G01B 17/02(2006.01)  
G08C 17/02(2006.01)

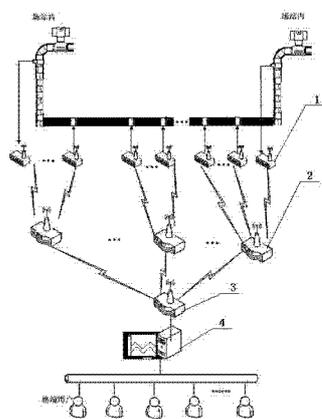
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统

(57) 摘要

本实用新型提供一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,包括无线多通道超声传感器节点、对数据进行中继传输的中继节点、汇聚壁厚数据的网络汇聚节点以及腐蚀在线监测器,无线多通道超声传感器节点设置在油气场站内,多个无线多通道超声传感器节点构成一个簇,一个簇无线电连接一个中继节点,中继节点的信号输出端与网络汇聚节点的信号输入端无线电连接,汇聚节点的信号输出端与腐蚀在线监测器的信号输入端无线电连接。该实用新型结合无线传感器网络和多通道超声回波测厚技术的优势,实现了壁厚的自动测量、壁厚减薄趋势的预测等功能,克服了现有壁厚监测存在的测量误差大、随机性强、准确度偏低的问题。



1. 一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:包括无线多通道超声传感器节点(1)、对数据进行中继传输的中继节点(2)、汇聚壁厚数据的网络汇聚节点(3)以及腐蚀在线监测器(4),所述无线多通道超声传感器节点(1)设置在油气场站内,所述多个无线多通道超声传感器节点(1)构成一个簇,一个簇无线电连接一个中继节点(2),所述中继节点(2)的信号输出端与网络汇聚节点(3)的信号输入端无线电连接,所述汇聚节点(3)的信号输出端与腐蚀在线监测器(4)的信号输入端无线电连接。

2. 如权利要求1所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述无线多通道超声传感器节点(1)、中继节点(2)和汇聚节点(3)上设有报警模块。

3. 如权利要求1所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述无线电连接方式为以太网或者GPRS/3G网络连接。

4. 如权利要求1所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述无线多通道超声传感器节点(1)包括多通道超声壁厚数据采集板、MCU、冬眠模块和无线模块,该多通道超声壁厚数据采集板和冬眠模块的信号输出端均与MCU的信号输入端电连接,MCU的信号输出端与无线模块的信号输入端电连接。

5. 如权利要求4所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述多通道超声壁厚数据采集板包括依次串联的高电压发射电路、超声测厚传感器、模拟开关、模拟信号放大模块、比较模块、CPLD和处理器;高电压发射电路与超声测厚传感器均有多个,且高电压发射电路与超声测厚传感器之间一对一串联,多路高电压发射电路之间并联,多个超声测厚传感器之间并联,处理器通过UART接口与MCU电连接。

6. 如权利要求4所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述MCU分别连接有电源监控及复位电路和调试及下载电路,调试及下载电路上还串接有光耦隔离及保护电路、外部调试信号传输电路和外部调试电路电源管理模块。

7. 如权利要求4所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述冬眠模块连接主电池、RTC时钟、主电池电量监测模块、温度测量模块和后备电池。

8. 如权利要求4所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述无线模块与MCU之间连接无线模块电源管理电路。

9. 如权利要求1所述的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,其特征在于:所述腐蚀在线监测器(4)包括存储模块(41)、配置计算中心模块(42)、Web发布模块(43)和客户端(44);配置计算中心模块(42)分别与存储模块(41)、Web发布模块(43)和客户端(44)连接,Web发布模块(43)和客户端(44)连接分别与存储模块(41)连接;

配置计算中心模块(42)包括采集引擎一(424)、计算引擎(425)、存储引擎(423)、传输引擎一(421)、用户管理组件(427)、订阅发布引擎一(422)和调度组件一(426);

Web发布模块(43)包括传输引擎二(431)、数据存储组件(433)、调度组件二(434)和订阅发布引擎二(432);

客户端(44)包括传输引擎三(441)、数据缓存组件(442)、调度组件三(444)、组态展示界面(443)和曲线显示控件(445)。

## 一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及油气场站关键设备的腐蚀监测与完整性管理领域,具体涉及一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着国民经济的迅速发展,对油气资源的需求迅速增长,保障油气场站关键设备的服役安全对于保障国民经济的持续、快速发展具有极为重要的作用。然而,油气场站关键设备服役环境复杂,由于腐蚀导致的设备壁厚减薄时刻威胁着这些设备的服役安全。因此,为了保障我国油气场站关键设备的服役安全,减少重大经济损失,避免灾难性事故的发生,合理维修、减少维护成本,采取有效的技术手段及方法对油气场站关键设备的壁厚进行在线监测具有十分重要的理论意义和实际意义。

[0003] 目前,对油气场站关键设备的壁厚监测主要采用定期人工测量的方式进行,存在着测量误差大、随机程度高、测量位置偏差大,导致人工测量的壁厚数据难以准确反应这些设备的壁厚减薄情况。因此,利用先进的检测技术与无线通讯技术,实现油气场站关键设备的壁厚在线监测具有重要的实用价值。

[0004] 无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)是一种新兴的数据采集与传输技术,它利用无线通信的方式将大量的传感器节点形成一个多跳的、自组织的监控网络,具有无线通信传输、可靠性高、自组织、维护方便、扩展性好等特点,可以有效地解决壁厚数据传输过程中面临油气场站内布线困难、施工难度大的问题。结合无线传感器网络与超声回波测厚技术对油气场站关键设备的壁厚进行实时在线监测和预警,有利于建立实时、可靠、长期监测的油气场站关键设备腐蚀壁厚在线监测系统,为油气场站关键设备的服役安全评价建立统一有效的标准提供理论依据和数据支持,也为油气场站的完整性管理奠定基础。

[0005] 目前,与本实用新型相关的公开文献如下:

[0006] (1) 中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司刘忠友、杨本立研究了在线监测与超声波测厚技术综合应用。利用腐蚀在线监测与超声波测厚技术相结合的方法,对炼油装置的腐蚀情况进行监测和防护,可互相取长补短,并能有效排查装置安全隐患,保证装置安全平稳运行。

[0007] (2) 华北工学院的张丕壮、刘树茂等研究了多通道超声检测系统数据采集与控制技术,介绍了一种基于 PCI 总线的超声触发控制与数据采集电路,采用多通道超声定时发射触发,数据采集控制器实现了超声检测中超声发射、回波信号的峰值采样自动控制。该电路简化了 Windows 操作系统下的超声检测系统程序结构,提高了系统的信号实时处理能力。

[0008] (3) 北京石油化工学院的唐建、焦向东和戴波等设计与实现多通道超声检测数据采集存储技术。多通道超声检测数据的实时采集以及大容量数据的快速存储是长输管道超声波内检测系统设计的关键技术。介绍数据采集与快速存储的设计方案,给出装置示意图,详细论述基于 Visual C++ 的超声检测数据与定位数据同步采集、存储的实现方法。实验结

果表明,该方法完全能够达到检测目的与检测要求。

[0009] (4) 中北大学信息与通信工程学院魏海潮、李丽芳等开展了多通道超声波测厚的理论研究。该论文主要研究工作包括:超声波的传播特性、超声波传感器测厚原理、多通道测厚模型的建立、超声波多通道测量探头的分布及其触发方式、数据的微机化处理方法。研究表明该测试方法的厚度测量范围跟所测材料有关,当样本厚度范围在 0 ~ 10m 时,厚度检测绝对误差在  $\pm 0.1\text{mm}$  内,相对误差  $< 0.1\%$ 。

[0010] 综上所述,目前围绕油气场站关键设备的壁厚腐蚀减薄在线监测和预警等问题的研究,在国内外仅有少量的专利和科技论文,但是这些研究成果只解决了部分问题,还存在很多领域尚未探索。具体体现在:(1) 现有的油气场站关键设备的腐蚀在线监测主要采用电化学方法,需要对设备进行不同程度的破坏,是设备服役安全的潜在风险;(2) 多通道超声技术的研究成果涵盖内容较少,仅仅只是解决了前端数据采集的问题,而且研究内容只涉及数据采集的几个模块和功能,更没有对整个油气场站关键设备壁厚监测的整体解决方案;(3) 目前尚无将无线传感器网络与多通道超声回波测厚技术相结合应用于油气场站关键设备的壁厚腐蚀减薄的在线监测。

### 实用新型内容

[0011] 本实用新型的目的是提供一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,避免电源线和数据线的铺设,自动完成设备壁厚的测量,通过无线方式发送到远程的腐蚀在线监测器,实现设备壁厚的实时在线监测,以及壁厚减薄预警。

[0012] 本实用新型的技术方案是提供一种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统,包括无线多通道超声传感器节点、对数据进行中继传输的中继节点、汇聚壁厚数据的网络汇聚节点以及腐蚀在线监测器,所述无线多通道超声传感器节点设置在油气场站内,所述多个无线多通道超声传感器节点构成一个簇,一个簇无线电连接一个中继节点,所述中继节点的信号输出端与网络汇聚节点的信号输入端无线电连接,所述汇聚节点的信号输出端与腐蚀在线监测器的信号输入端无线电连接。

[0013] 所述无线多通道超声传感器节点、中继节点和汇聚节点上设有报警模块。

[0014] 所述无线电连接方式为以太网或者 GPRS/3G 网络连接。

[0015] 所述无线多通道超声传感器节点包括多通道超声壁厚数据采集板、MCU、冬眠模块和无线模块,该多通道超声壁厚数据采集板和冬眠模块的信号输出端均与 MCU 的信号输入端电连接,MCU 的信号输出端与无线模块的信号输入端电连接。

[0016] 所述多通道超声壁厚数据采集板包括依次串联的高电压发射电路、超声测厚传感器、模拟开关、模拟信号放大模块、比较模块、CPLD 和处理器;高电压发射电路与超声测厚传感器均有多个,且高电压发射电路与超声测厚传感器之间一对一串联,多路高电压发射电路之间并联,多个超声测厚传感器之间并联,处理器通过 UART 接口与 MCU 电连接。

[0017] 所述 MCU 分别连接有电源监控及复位电路和调试及下载电路,调试及下载电路上还串接有光耦隔离及保护电路、外部调试信号传输电路和外部调试电路电源管理模块。

[0018] 所述冬眠模块连接主电池、RTC 时钟、主电池电量监测模块、温度测量模块和后备电池。

[0019] 所述无线模块与 MCU 之间连接无线模块电源管理电路。

[0020] 所述腐蚀在线监测器包括存储模块、配置计算中心模块、Web 发布模块和客户端；配置计算中心模块分别与存储模块、Web 发布模块和客户端连接，Web 发布模块和客户端连接分别与存储模块连接；配置计算中心模块包括采集引擎一、计算引擎、存储引擎、传输引擎一、用户管理组件、订阅发布引擎一和调度组件一；Web 发布模块包括传输引擎二、数据存储组件、调度组件二和订阅发布引擎二；客户端包括传输引擎三、数据缓存组件、调度组件三、组态展示界面和曲线显示控件。

[0021] 本实用新型的有益效果：本实用新型提供的这种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统结合了无线传感器网络和多通道超声回波测厚技术的优势，构建了一套应用于油气场站关键设备的部署灵活、扩展性强、安装维护方便、配置简单的腐蚀在线监测系统，实现了壁厚的自动测量、壁厚减薄趋势的预测等功能，克服了现有壁厚监测存在的测量误差大、随机性强、准确度偏低的问题。

[0022] 以下将结合附图对本实用新型做进一步详细说明。

### 附图说明

[0023] 图 1 是本实用新型基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统的结构示意图。

[0024] 图 2 是本实用新型中无线多通道超声传感器节点硬件结构示意图。

[0025] 图 3 是本实用新型中腐蚀在线监测器的软件框架示意图。

[0026] 附图标记说明：1、无线多通道超声传感器节点；2、中继节点；3、网络汇聚节点；4、腐蚀在线监测器；41、存储模块；42、配置计算中心模块；43、Web 发布模块；44、客户端；421、传输引擎一；422、订阅发布引擎一；423、存储引擎；424、采集引擎一；425、计算引擎；426、调度组件一；427、用户管理组件；431、传输引擎二；432、订阅发布引擎二；433、数据存储组件；434、调度组件二；441、传输引擎三；442、数据缓存组件；443、组态展示界面；444、调度组件三；445、曲线显示控件。

### 具体实施方式

[0027] 实施例 1：

[0028] 为了克服现有技术中存在的不足，本实施例提供了一种如图 1 所示的基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统，包括无线多通道超声传感器节点 1、对数据进行中继传输的中继节点 2、汇聚壁厚数据的网络汇聚节点 3 以及腐蚀在线监测器 4，所述无线多通道超声传感器节点 1 设置在油气场站内，所述多个无线多通道超声传感器节点 1 构成一个簇，一个簇无线电连接一个中继节点 2，所述中继节点 2 的信号输出端与网络汇聚节点 3 的信号输入端无线电连接，所述汇聚节点 3 的信号输出端与腐蚀在线监测器 4 的信号输入端无线电连接。

[0029] 用户根据监测需求选择需要监测的关键设备上腐蚀较为严重的位置，主要包括焊接部位、变径部位、管道顶部、管道底部、管道倾角较大的位置以及一些应力集中处，在这些关键位置部署相应的无线多通道超声传感器节点 1，每个无线多通道超声传感器节点 1 分配一个标识 ID，采用锂电池供电；由于油气场站内的设备或者管道大小和长度不一，部署无线多通道超声传感器节点 1 时要根据其距离、所述厂区等因素，确定无线多通道超声传

传感器节点 1 属于哪个簇,若相邻的油气场站内如果监测点数量有限,则选择最近的油气场站并加入该油气场站内的簇。无线多通道超声传感器节点 1 负责完成壁厚的采集,每个通道的超声传感器每次测量三次壁厚数据,去除明显偏离设备壁厚的噪声数据后,将多次测量的壁厚值进行平均,将这个平均值作为该通道超声测厚的数据。无线多通道超声传感器节点 1 采集每个通道的壁厚数据,根据无线多通道超声传感器节点 1 的 ID 号计算出该节点的数据无线发送时隙,将多个通道的壁厚数据发送到中继节点 2,中继节点 2 再将数据发送到汇聚节点 3。中继节点 2 和汇聚节点 3 都安装在场站内可提供电源的地方,采用电源供电,中继节点 2 和汇聚节点 3 一直处于工作状态,保证数据的接收、传输和存储。汇聚节点 3 通过串口与腐蚀在线监测器 4 的服务器进行数据通讯,汇聚节点 3 将接收到的壁厚数据发送到腐蚀在线监测器 4,腐蚀在线监测器 4 一方面将数据存储在数据库中,另一方面将数据发送到腐蚀在线监测器的客户端,实时显示壁厚测量数据。

[0030] 实施例 2:

[0031] 在实施例 1 的基础上,所述无线多通道超声传感器节点 1、中继节点 2 和汇聚节点 3 上设有报警模块。当无线多通道超声传感器节点 1 测量的壁厚值、电压值超出了设定的阈值范围,则会在无线多通道超声传感器节点 1、中继节点 2 和汇聚节点 3 通过 LED 灯闪烁提示给终端用户,可便于实时掌握油气场站内关键设备的服役状态,及时预警和修复。

[0032] 所述无线多通道超声传感器节点 1、中继节点 2、汇聚节点 3 和腐蚀在线监测器 4 之间的无线电连接方式为以太网或者 GPRS/3G 网络连接。

[0033] 如图 2 所示,所述无线多通道超声传感器节点 1 包括多通道超声壁厚数据采集板、MCU(单片微型计算机)、冬眠模块和无线模块,该多通道超声壁厚数据采集板和冬眠模块的信号输出端均与 MCU 的信号输入端电连接,MCU 的信号输出端与无线模块的信号输入端电连接。

[0034] 无线多通道超声传感器节点 1 主要负责油气场站关键设备壁厚的测量,并且可以根据用户需求进行多通道超声壁厚测量和采集,壁厚测量值为规定的 ASCII 码格式,通过串口向 MCU 传输;MCU 主要是负责接收壁厚数据的 ASCII 码,并转化为十进制的壁厚数据,而且负责壁厚数据的本地缓存、电压的监测与管理、壁厚数据的无线发送与管理、环境温度的监测、长时休眠管理、调试与防雷击保护以及 LED 闪烁报警等功能。无线多通道超声传感器节点 1 启动后根据用户设置的采样周期采集油气场站关键设备的壁厚数据信息,利用多通道超声壁厚数据采集板可以实现多个通道壁厚数据的串行采集,将壁厚数据通过串口传输到 MCU,然后利用无线模块将多个壁厚数据发送至中继节点 2;无线多通道超声传感器节点 1 采用多个锂电池为不同的模块供电,具有电压监测、环境温度监测功能,在壁厚数据、电池电压低于设定的阈值时,及时通过 LED 灯闪烁报警,并且腐蚀在线监测器也会在该监测节点的位置通过高亮显示提醒终端用户目前的报警情况。

[0035] 所述多通道超声壁厚数据采集板包括依次串联的高电压发射电路、超声测厚传感器、模拟开关、模拟信号放大模块、比较模块、CPLD 和处理器;高电压发射电路与超声测厚传感器均有多个,且高电压发射电路与超声测厚传感器之间一对一串联,多路高电压发射电路之间并联,多个超声测厚传感器之间并联,处理器通过 UART 接口与 MCU 电连接。多通道超声壁厚数据采集板具有自动关机功能,超声测厚需要消耗电池能量,而且测量所得的壁厚数据还需要通过串口上传,自动关机可以实现低功耗的需要。多通道超声壁厚数据采

集板的壁厚数据采用 UART 通讯,简单可靠。多通道超声壁厚数据采集板采用回波-回波的超声测量方式,无需调零即可准确测量油气场站关键设备的壁厚数据。多通道超声壁厚数据采集板采用了多级放大的模式,其中的二级还可以通过模拟开关调整增益强度,可以获得更大的测量范围和更好的测量稳定性。

[0036] 所述 MCU 分别连接有电源监控及复位电路和调试及下载电路,调试及下载电路上还串接有光耦隔离及保护电路、外部调试信号传输电路和外部调试电路电源管理模块。所述冬眠模块连接主电池、RTC 时钟、主电池电量监测模块、温度测量模块和后备电池。所述无线模块与 MCU 之间连接无线模块电源管理电路。

[0037] MCU 是整个电路的控制核心,用于控制测厚仪进行厚度测试,并获取其测量数据,对数据进行解析、判断和存储等处理。同时,获取当前时间、当前环境温度、主电池电量信号,然后操作无线通讯模块将这些信号发送到接收机。MCU 通过无线模块电源管理电路对无线模块进行开关机管理,而无线模块将相关信号以无线通讯网络的方式发送到远程接收机以作处理。电源监控及复位电路用于监测 MCU 主电源电压是否处于正常范围,如果不在正常范围,则将 MCU 保持在复位状态,以防止其进行不可预知的操作。调试及下载电路用于对 MCU 的程序运行进行调试和监测,获取其运行数据,同时进行程序的下载。光耦隔离及保护电路用于将内部电路板与外部调试接口相隔离,防止现场的静电、雷电等干扰损坏电路元件。外部调试信号传输电路将调试和下载信号进行电平转换,以适合远距离的调试和下载。外部调试电路电源管理用于对调试和下载电路进行降压、稳压等管理。整个电路的电源由冬眠模块来进行解除与恢复。冬眠模块使用一个使能信号(HIB)来控制芯片电源,HIB 芯片通知电源稳压器停止运行,以切断主电池的供电。冬眠模块本身由独立后备电池来供电,它还有一个单独的时钟源,用来维持实时时钟。进行冬眠模式后,在外部管脚有效(WAKE)有效或者内部 RTC 达到某个特定值时,为芯片主电源提供电力的稳压芯片恢复工作。当 CPU 和外设空闲时,可以完全切断主电源供电,只维持冬眠模块的供电。

[0038] 如图 3 所示,所述腐蚀在线监测器 4 包括存储模块 41、配置计算中心模块 42、Web 发布模块 43 和客户端 44;配置计算中心模块 42 分别与存储模块 41、Web 发布模块 43 和客户端 44 连接,Web 发布模块 43 和客户端 44 连接分别与存储模块 41 连接。

[0039] 配置计算中心模块 42 包括采集引擎一 424、计算引擎 425、存储引擎 423、传输引擎一 421、用户管理组件 427、订阅发布引擎一 422 和调度组件一 426;配置计算中心模块 42 从存储模块 41 加载运行基本参数,启动服务,并依次加载运行各组成模块,完成初始化。采集引擎一 424 接收下位连接上发的实时数据包,保存在测点缓冲区内;然后计算引擎 425 根据配置参数,校验实时值,产生测点报警信息记录;存储引擎 423 实时存储所有智能设备、测点信息数据和报警记录;传输引擎一 421 通过调度组件一 426 对外维护工程师站和 Web 发布模块 43 的网络连接,经过用户管理组件 427 的身份校验,通过订阅发布引擎一 422 对外发布数据。

[0040] Web 发布模块 43 包括传输引擎二 431、数据存储组件 433、调度组件二 434 和订阅发布引擎二 432;Web 发布模块 43 是本系统对远程互联网用户访问的接口和数据源,实时数据经过传输引擎二 432 保存在数据存储组件 433 内,调度组件二 434 组织和管理网络连接,并通过订阅发布引擎二 432 向终端用户发布实时数据和从存储模块 41 中查询的历史数据。

[0041] 客户端 44 包括传输引擎三 441、数据缓存组件 442、调度组件三 444、组态展示界面

443 和曲线显示控件 445 ;实时数据经过客户端 44 的传输引擎三 441 保存在数据缓存组件 442 内,调度组件三 444 通过控制组态展示界面 443 显示管线运行状况、加载管线图片显示管线测点值、以及事件报警信息,并通过控制曲线显示控件 445 展示实时数据和从存储模块 41 中查询的历史数据。

[0042] 综上所述,本实用新型提供的这种基于无线多通道超声传感器网络的腐蚀在线监测系统结合了无线传感器网络和多通道超声回波测厚技术的优势,构建了一套应用于油气场站关键设备的部署灵活、扩展性强、安装维护方便、配置简单的腐蚀在线监测系统,实现了壁厚的自动测量、壁厚减薄趋势的预测等功能,克服了现有壁厚监测存在的测量误差大、随机性强、准确度偏低的问题。

[0043] 以上例举仅仅是对本实用新型的举例说明,并不构成对本实用新型的保护范围的限制,凡是与本实用新型相同或相似的设计均属于本实用新型的保护范围之内。

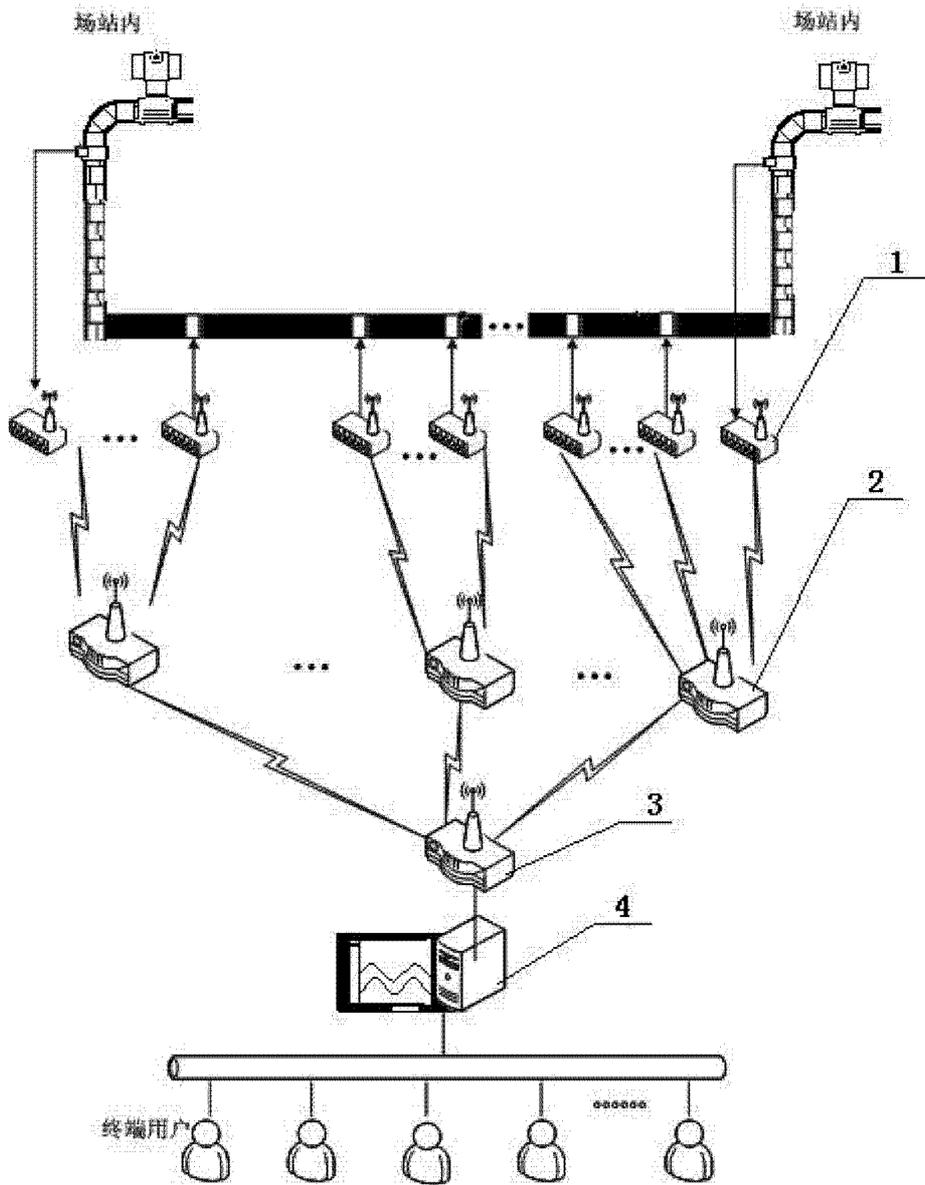


图 1



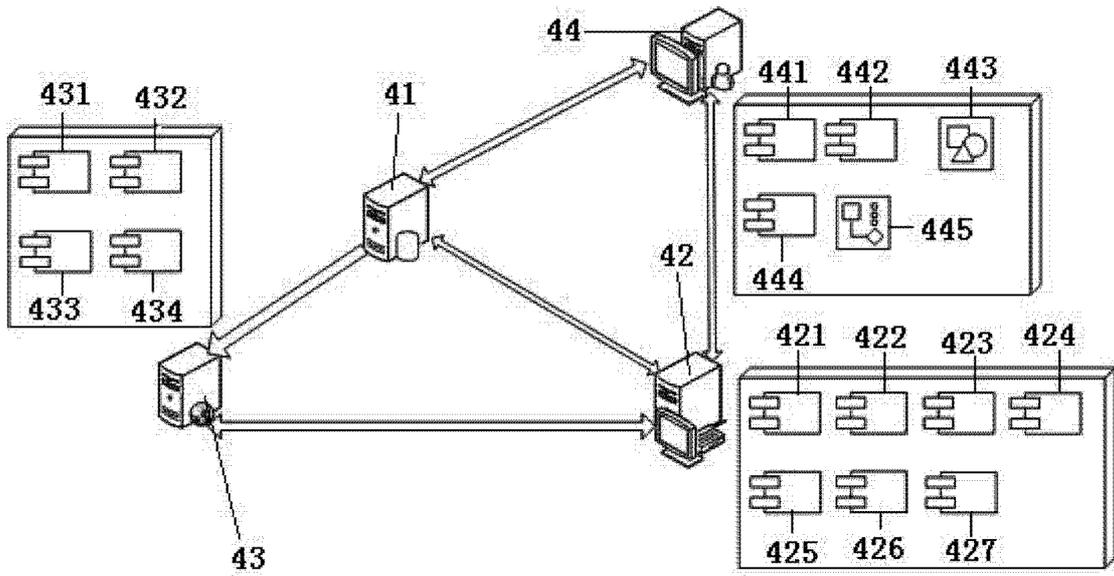


图 3