

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820029079.0

G01N 33/00 (2006.01)

G01N 29/34 (2006.01)

E21C 39/00 (2006.01)

G01V 1/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年6月3日

[11] 授权公告号 CN 201251564Y

[22] 申请日 2008.5.12

[21] 申请号 200820029079.0

[73] 专利权人 西安西科测控设备有限责任公司

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园企业壹号公园 J35 座

[72] 发明人 苏 燧

[74] 专利代理机构 西安集思得知识产权代理有限公司

代理人 张晋吉

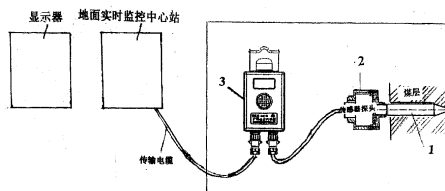
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 实用新型名称

一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置

[57] 摘要

本实用新型涉及一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土工程稳定性的装置，主要由微震信号传导杆、微震信号传感元件、微震信号采集分析主机组成。微震信号采集分析主机中设有滤除环境噪音信号干扰的滤波电路、数据高速采样电路和采用人工智能技术实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析软件。本实用新型适用于煤矿和非煤矿山，也可以用于以钢筋、混凝土为材料的地下工程，如地铁车站、隧道的稳定性监测，还可用于水坝、桥梁、高楼大厦、山体滑坡等稳定性监测。通过一套微震信号的数字滤波识别、采集技术，将岩石断裂时释放声波信号的识别率提高到80%以上，很好地完成了实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的目的。



1. 一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置，其特征在于：由微震信号传导杆（1）、微震信号传感元件（2）、微震信号采集分析主机（3）组成；微震信号传导杆（1）的一端插入煤层或岩层中，微震信号传导杆（1）的另一端安装微震信号传感元件，用屏蔽电缆线将传感元件（2）与微震信号采集分析主机（3）相连，并通过通讯电缆线将微震信号采集分析主机与地面中心站微机相连；微震信号采集分析主机内有滤除环境噪音信号干扰的滤除噪音信号电路（5）、高速数据采集和采用人工智能技术实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家数学模型。

2. 根据权利要求1所述的一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置，其特征在于：所说的有滤除环境噪音信号干扰的滤除噪音信号电路（5）和高速数据采集，系由低频微震信号转变为电信号（4）、滤除噪音信号电路（5）、单片微机（6）、高速数据采集（7）、LED显示（8）、声光报警（9）、遥控调校（10）、EEPROM数据存贮器（11）、实时数据远距离传送（12）构成。

3. 根据权利要求1所述的一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置，其特征在于：微震信号传感元件（2）的跟随转换主频在200Hz~500Hz范围内。

4. 根据权利要求1所述的一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置，其特征在于：所说实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析数学模型，由有效信号采集器（13）、数据处理机（14）、原始数据库（15）、推理机（16）、学习机（17）、判据库（18）、控制器（19）、数据、报警（20）、实时数据远距离传送（21）组成。

一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置

技术领域

本实用新型涉及一种监测装置，具体来说是矿井顶板岩层稳定性或混凝土结构稳定性的实时监测装置。

背景技术

从地下矿井中开采矿石,尤其地下开采煤矿时,矿区煤层顶板往往比较坚硬、完整,不容易跨塌,因此,矿区采空区往往呈现大面积的悬顶现象,有些采空区悬顶面积有几个足球场大。由于采空了坚硬顶板下的煤层,从而造成了矿区煤层顶板压力集中现象,当集中应力的强度超过岩石强度时,会发生顶板岩层断裂、跨塌的情况发生,这种突然“冒顶”落下的岩石,充填采空区,压缩采空区的空气(采空遗留着大量的残采煤层,由于通风不畅,在采空区集聚着瓦斯、一氧化碳等有毒有害气体),形成暴风,这种瞬间形成的暴风,能量极大,暴风的冲击波能将数吨重的井下设备掀出几十米,甚至将井下矿车压缩成一团废铁。因此,顶板岩层断裂、跨塌现象的发生,常常给矿山造成灾难性的人员伤亡、财产损失。

为了防止煤矿大面积冒顶事故的突然发生,通常采用顶板压力传感器、顶板位移传感器和顶板离层传感器,通过测定顶板压力的大小、顶板位移量和顶板离层值,预测发生大面积冒落的危险性。这种方法测定的数据虽然比较直观,能够说明监测区域承受的压力大小和下沉量,但是这种方法是在岩层已经发生了明显破坏、出现塑性变形的情况下,才能检测到数据的变化,而对需要监测的局域内岩层结构,无法进行早期预报或安全处理,很难及时的预测顶板岩层会发生冒顶事故的具体时间以及可能发生事故的区域和规模。即,传统方法监测的仅仅是岩石在应力作用下产生的结果,而不是破坏过程。

同样,对于钢筋混凝土工程而言,如地铁隧道、车站、大坝、桥梁及人员活动密集的高楼大厦等,其安全性和稳定性监测的传统监测方法是:混凝土浇灌前,在主要受力承载点的钢筋上,采用粘贴应力、应变片的方法,监测这些工程的稳定性。该方法虽然可以直接测量出应力和应变的变化情况,但一旦埋设,无法更改,如果元件失效了,就无法再继续测量了。而对于没有预埋应力、应变片的工程而言,则无法进行该监测工作。钢筋混凝土工程的这种监测方法,只有在已经发生了明显破坏、出现塑性变形的情况下,才能检测到数据的变化,其无法进行早期预报或安全处理——很难及时地预测混凝土结构什么时间会发生冒顶、断裂事故,以及可能发生事故的区域和规模。即,其监测的仍然是应力作用的结果,而不是破坏过程,只有材料发生了塑性变化,才造成应力、应变的变化。

实用新型内容

本实用新型的目的在于,提供一种实时监测矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的装置,能够及时而可靠的对地下采矿区的顶板岩层之稳定性乃至钢筋、混凝土材料工程之稳定性,实施安全可靠的监测。

本实用新型的构思来自传统金属材料监测原理的启发。传统的金属材料监测技术的原理为:材料受到外力作用发生破坏时,会产生弹性应力波(微震信号)。由于材料是非均质性的,材料结构都有弱面和瑕疵,因此,在破坏时能承受的应力大小各不相同,弱面和瑕疵发育的部分首先破坏,此时产生的信号比较弱,释放的能量也比较小;强度和材质比较好的部分承受的应力比较大,破坏时产生的信号比较强,释放的能量也比较大。利用金属材料的这种特

性，开发的检测材料稳定性的方法，已经延用到火箭、飞机、高压容器等制造业。

传统的金属材料的材质其刚性、强度、材质的均值性都大大优于岩石或混凝土材料，因此，在应力作用下发生破坏时产生的弹性应力波信号（微震信号），释放的能量大、信号量强、传输距离远；传统的金属材料监测技术，之所以能够在金属制造业中推广应用，除上述原因外，更由于对金属材料监测时，都是在一个安静的测试环境中进行的，从而避免了环境噪音的干扰。

岩石和混凝土材料其刚性、强度和材质的均值性都大大弱于金属材料，其承载特性无法与金属材料相比；由于岩石和混凝土材料的均值性差，弱面多和瑕疵发育；因此，这种材料受应力作用发生破坏时产生的弹性应力波信号（微震信号）十分微弱，持续时间短，仅有20ms~60ms；而且矿井或混凝土工程的监测，往往处于一种人多、机械多之噪音干扰很大的环境，需要监测、采集岩层或混凝土材料破坏的产生的弹性应力波信号（微震信号）十分微弱；被埋在混杂的噪音信号之中。如何在如此强噪音的环境中，筛选出反映岩层或混凝土结构破坏时产生的十分微弱的微震信号，长期以来一直是困扰着国内外研究者的一大难题。

本实用新型巧妙地将传统金属材料监测原理，运用到矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的监测中，并针对岩石和混凝土材料受应力作用发生破坏时产生的弹性应力波信号（微震信号）弱，持续时间短的特点及其防止或滤除环境噪音的干扰的问题，做出实质性的突破。本实用新型是这样实现的：

1. 构成 本实用新型主要由下述部件组成：

- 1) 微震信号传导杆——选择微震信号的采集点，传导微震信号
- 2) 微震信号传感元件——接收微震信号，将微震信号转变为电信号；
- 3) 微震信号采集分析主机——含有滤除环境噪音信号干扰的滤波电路、数据高速采样电路和采用人工智能技术实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析软件。

把上述实时数据和分析结果通过传输电缆传送到地面实时监控中心站；实现人机对话，完成各种显示、报警、报表输出。

使用时，根据矿井中的环境条件、岩层特性进行安装。打一个钻孔，将微震信号传导杆插入煤层或岩层中；微震信号传导杆的一端插入煤层或岩层中，微震信号传导杆的另一端安装微震信号传感元件，用屏蔽电缆线将传感元件与微震信号采集分析主机相连，并通过通讯电缆线将微震信号采集分析主机与地面中心站微机相连。

在混凝土结构的工程中，使用时，根据要监测结构的特点，在可能的应力集中点，将微震信号传感元件安装座固结在混凝土结构的表面上，其余器件安装方法同上所述。

2. 环境噪音信号的滤除

研究发现：所有的机械噪音信号有明显的周期性，这是由机械设备运行的固有频率（运行速率）所决定的，机械噪音信号振幅和波形有一定的规律性。

从两种信号的传输方向：噪音信号产生在人工作业空间，而岩石或混凝土结构破坏产生的微震信号来源于岩体或混凝土材料内部，传输方向正好相反。

两种信号的频谱范围：研究发现，机械噪音信号为高频信号，是岩石或混凝土结构

破坏产生的微震信号之 2~5 倍；岩石或混凝土结构破坏产生的微震信号是低频信号，频率范围在 130Hz~900Hz 之间，主频在 250Hz~480H 之间。

两种的信号波形：机械噪音信号是一个连续的、等幅的脉冲波；岩石或混凝土结构破坏产生的微震信号是一个非连续的、非等幅的脉冲波，每次断裂破坏时产生的微震信号持续时间仅有 20mS~60mS。

根据上述诸多特点，利用传输方向的不同，本发明开发了应用微震信号传导杆接收微震信号的技术；利用对信号频率的研究成果，研发了跟随转换主频在 200Hz~500Hz 范围内微震信号传感、接收元件；利用波形的差异，开发了相应的硬件滤波电路和数据高速采样电路。基本达到了在各种人工和机械作业的环境中滤除环境噪音信号干扰、识别出岩石微小断裂释放的震动波信号的目的。以最大限度地提高岩石或混凝土破坏时产生的微震信号的强度，最大限度地衰减环境噪音信号的强度。

3. 岩石或混凝土结构承载状态的研究

通过在实验室对各种不同岩性的岩石和不同标号的水泥浇灌的混凝土试件做破坏性试验及在煤矿和地下工程中使用表明：岩石和混凝土材料在不同的应力作用下，在正常应力状态（承受的应力大小没有超过岩石或材料的承载强度）、危险状态（承受的应力大小开始逐渐超过岩石或材料的承载强度，材料开始发生微小破坏）和破坏状态（承受的应力大小超过岩石或材料的最大承载强度，材料开始发生明显破坏）时，产生的微震信号的数量差异很大（见附件：微震检测技术在神木县石窑店煤矿的使用）。

在正常应力状态：岩石和混凝土材料不会发生破坏，几乎没有微震信号产生。

在危险状态：当岩石和混凝土材料承受的应力大小开始逐渐超过岩石或材料的承载强度时，由于岩石和混凝土材料都是非均质性的，岩石和混凝土材料都含有弱面和瑕疵，弱面和瑕疵发育的部分首先破坏，同时产生微震信号，随着应力的逐渐增大，这种破坏的数量明显增多，产生微震信号数量也大幅度增加。这时产生的微震信号是正常情况下的产生微震信号的数千倍。

在破坏状态：当岩石和混凝土材料承受的应力大小超过岩石或材料的最大承载强度时，材料开始发生明显破坏，同时产生大能量的微震信号，随着冒落或垮塌事故的发生，大能量的微震信号伴随着冒落或垮塌过程连续发生，直至冒落或垮塌事故结束。

经过对岩石和混凝土材料三种状态的研究，本发明应用人工智能技术，开发出了实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析数学模型，并开发了相应的软件。

4. 该实用新型的优点

本实用新型，针对机械噪音信号的特点研发了相应的滤波电路，解决了识别并滤除噪音信号的问题；针对岩石发生微小断裂时释放的微震信号特点，研发了传感信号的接收跟随主频在 200Hz~500Hz 范围内微震信号接收元件；利用波形的差异开发了相应的硬件滤波电路和数据高速采样电路；基本达到了在各种人工和机械作业的环境中滤除环境噪音信号干扰，识别出岩石微小断裂释放的震动波信号的目的。高速数据采集电路并与单片微机技术相结合，解决了微震信号实时采集的问题；并根据岩石和混凝土材料在三种不同的应力状

态下释放微震信号特征的研究,采用应用人工智能技术,开发出了实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析数学模型,并开发了相应的软件。其优点在于:其一,建立在接收材料受集中应力作用破坏而产生的弹性应力波上,破坏的程度不同,信号的强弱也不同。因此,本实用新型重点检测的是材料的破坏过程,更适合对由于工程材料破坏而引发的事故进行预测。其二,弹性应力波通过材料(钢材、岩石、混凝土)进行传输,传感器安装、拆卸方便,可以在工程建设任何阶段安装、实施。其三,传感器具有就地显示、报警、远距离传输功能;所有的传感器(多达1000个)采用数字通讯技术,并接在2芯通讯电缆上,传输半径可达35km。

本实用新型适用于煤矿和非煤矿山,也可以用于以钢筋、混凝土为材料的地下工程,如地铁车站、隧道的稳定性监测,还可用于水坝、桥梁、高楼大厦、山体滑坡等工程的稳定性监测。通过一套微震信号的数字滤波识别、采集技术,将岩石断裂时释放声波信号的识别率提高到80%以上,达到了世界领先水平。

附图说明

图1. 是本实用新型的整体结构示意图;

图2. 是机械噪音信号滤波和数据高速采样的主要电路结构方框图;

图3. 是采用人工智能技术,实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析数学模型的工作流程图;

图4. 微震(矿压动态)传感器在神木县石窑店煤矿安装布置示意图。

图中:1 微震信号传导杆, 2 微震信号传感元件, 3 微震信号采集分析主机; 4 低频微震信号转变为电信号电路, 5 滤除噪音信号电路, 6 单片微机, 7 高速数据采集(A/D转换), 8 LED显示, 9 声光报警, 10 遥控调校, 11 EEPROM数据存储器, 12 实时数据远距离传送; 13 有效信号采集器, 14 数据处理机, 15 原始数据库, 16 推理机, 17 学习机, 18 判据库, 19 控制器, 20 显示、报警, 21 实时数据远距离转送。

具体实施方式

下面结合附图叙述一个本实用新型的两个实施例

实施例1

图1是本实用新型的整体结构示意图,显示了本实施例的整体结构。该监测装置主要由微震信号传导杆1、微震信号传感元件2、微震信号采集分析主机3组成。

使用时,根据岩层特性,打一个直径42mm,深度为1~2m的钻孔(深度与岩性有关),将微震信号传导杆1打入煤层或岩层中,在微震信号传导杆1孔外的一端安装微震信号传感元件2,将微震信号传感元件2与微震信号采集分析主机3相连,并通过光纤或金属传输电缆与地面中心站微机相连。

该实用新型通过微震信号传导杆1选择微震信号的采集点,传导微震信号至微震传感元件2;微震传感元件2将微震信号转变为电信号;微震信号采集分析主机3接收传感元件2的信号,经过信号放大、滤波、数据采集、数理统计、实时分析判断,就地显示报警;并将数据以数据通讯方式(计算机网络)通过电缆远距传送到地面中心站微机,地面微机专家诊断分析软件进行实时分析、处理。

图2是机械噪音信号滤波和高速数据采滤除噪音信号电路5的主要电路结构方框图。

该电路主要由低频微震信号转变为电信号电路4、滤除噪音信号电路5、单片微机6、高速数据采集(A/D转换)7、LED显示8、声光报警9、遥控调校10、EEPROM数据存贮器11、实时数据远距离传送12构成。

按如下步骤执行:

(a) 通过微震信号传感元件2将低频微震信号转变为电信号4, 根据机械信号特点, 通过滤除噪音信号电路5滤除噪音信号;

(b) 单片微机6时刻监视着有效的微震信号, 当接收到岩石和混凝土材料破坏时产生的微震信号时, 单片微机启动高速数据采集(A/D转换)7进行数据采集;

(c) 单片微机6根据采集的数据, 统计在单位时间(分钟、小时、日)内的采集到的微震信号数量及释放出的能量值, 根据分析数学模型进行分析判断处理;

(d) 送原始数据和实时分析结果到LED显示8进行显示, 并通过声光报警9进行报警;

(e) 通过实时数据远距离传送12将数据和分析结果传送到地面监控中心站。

当检测到接收岩石和混凝土材料破坏时产生的微震信号时, 由单片微机6向高速数据采集(A/D转换)7发出数据采集申请, 高速数据采集(A/D转换)7以50000Hz/S的速率进行数据采集。

图3是采用人工智能技术, 实时分析矿井顶板岩层或混凝土结构稳定性的专家诊断分析数学模型的工作流程图。该人工智能实时分析处理数学模型, 由有效信号采集器13、数据统计机14、原始数据库15、推理机16、学习机17、判据库18、控制器19、数据显示报警20、实时数据远距离传送21组成。各部分功能如下:

(1) 有效信号采集器 13

- a. 硬件根据噪音信号特点滤除干扰信号;
- b. 高速 A/D 转换器, 将模拟量的微震信号转变为数字信号。

(2) 数据处理机 14

- a. 统计、处理原始数据, 送数据到显示器显示(相当于环境或工况监测功能);
- b. 分析结果送推理机, 启动推理机对当前安装区域岩层稳定性进行推理分析;
- c. 分析原始数据 15, 判断是否已发生冒顶事故, 启动学习机校核判据指标。

(3) 原始数据库: 根据数据统计结果, 建立原始数据库

(4) 推理机 16

a. 推理机根据数据统计机 14 送来的统计分析结果及学习机 17 认可的逻辑关系和判据指标(判据库), 进行推理分析, 预测可能发生事故的危险性;

b. 根据危险性进行控制决策, 并向报警器 9 和井下控制单元发出报警信号。

(5) 学习机 17

a. 冒顶事故发生后, 建立事故档案;

b. 分析事故发生全过程，寻找标志事故发生危险的特征值，根据预测准确性，校准调整优化判据指标，逐步减小预报误差，使判据指标向真值逼近。

(6) 判据库 18

冒顶事故发生后，由学习机根据预测准确性，修改判据库中的判据指标。

(6) 控制器 19

根据控制逻辑和用户定义，执行特定的控制功能并根据数据处理机 14 数据流的变化情况，判断控制效果。

(7) 显示、报警 20：就地显示数据，根据控制器 19 指令进行声光报警。

(8) 实时数据远距离转送 21：将原始数据和分析结果通过网络发送到地面中心站微机

实施例 2 微震（矿压动态）传感器在神木县石窑店煤矿实施

图 4 为微震（矿压动态）传感器在神木县石窑店煤矿安装布置示意图：

石窑店煤矿煤层厚度 7~8m，顶板为细砂岩，水平煤层，由于顶板坚硬，不易跨落，采用房柱式的开采方法。图中打了剖面线的区域为该矿已采完煤层形成的采空区，采空区大约长 3.6km，宽近 2km；2005 年 8 月在该煤矿安装顶板监测系统，在采空区煤柱上分别安装了 4 个 GDD-I 型微震（矿压动态）传感器 2。分别为 3 号、4 号、5 号、6 号微震（矿压动态）传感器 2。由本安电源为传感器 2 提供电源。在地面安装有监测中心站，传感器 2 通过电缆线与地面主机相连，实现了 24 小时对采空区矿压活动的连续实时跟踪监测。

在 2006 年 11 月 4 日，应用本发明的微震（微小型地震）顶监控技术，在神府煤田石窑店煤矿的现场试验中提前 14 天成功地预测到了一次大面积冒（冒顶面积 36.2 万平方米）事故。从不同时间的矿压监测实时曲线图（见附件）可以看出：2006 年 10 月 22 日以前该矿顶板稳定，没有明显的矿压活动，顶板岩层断裂现象；10 月 22 日 17 时开始出现小型顶板断裂现象。这次冒顶事故，监测系统在 13 天前就发出了顶板矿压活动异常，随着矿压活动的加剧，系统都及时地发出了报警。

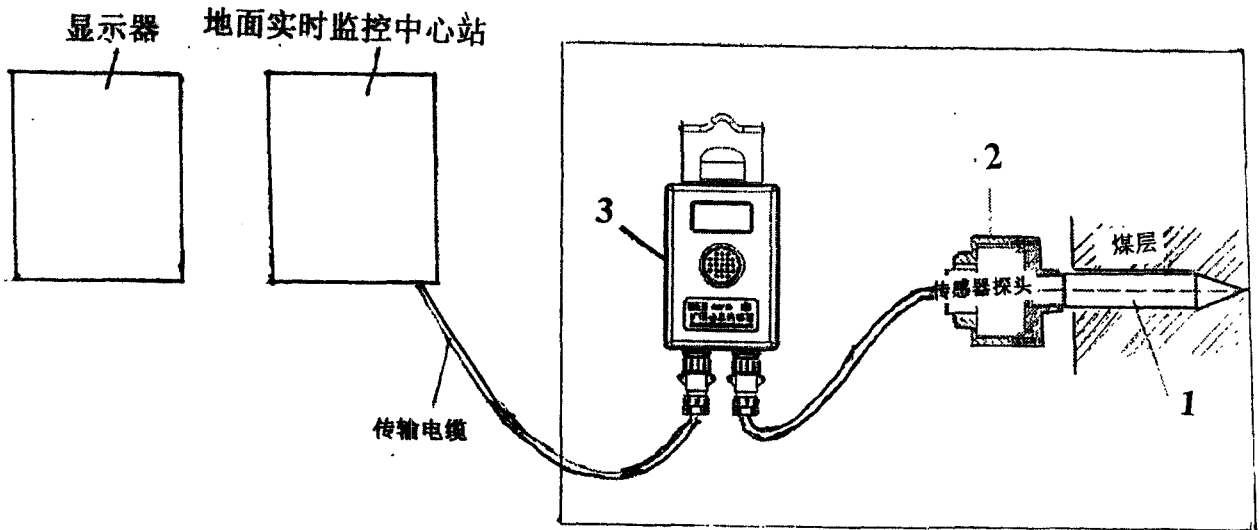


图 1

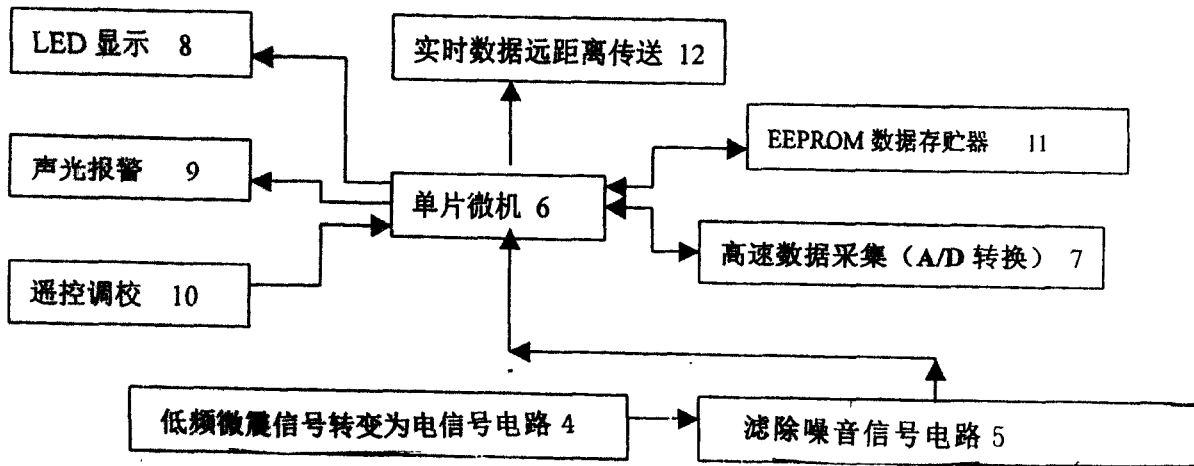


图 2

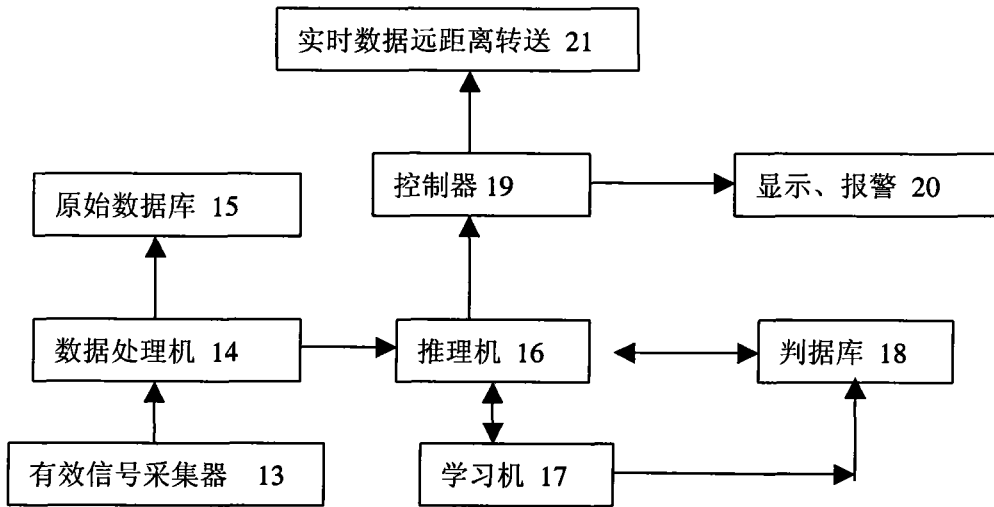


图 3

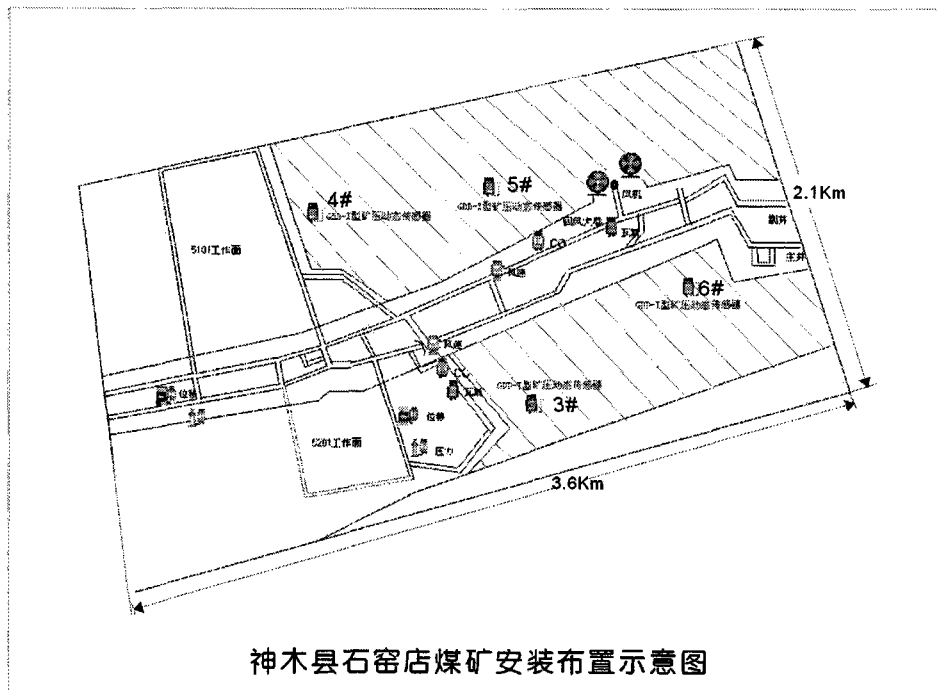


图 4