



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106033637 A

(43) 申请公布日 2016. 10. 19

(21) 申请号 201510113278. 4

(22) 申请日 2015. 03. 16

(71) 申请人 中铁西北科学研究院有限公司深圳  
南方分院

地址 518000 广东省深圳市福田区新洲三街  
金福苑 4-806#

(72) 发明人 王建松 刘庆元 廖小平 朱本珍  
熊晋

(74) 专利代理机构 深圳市隆天联鼎知识产权代  
理有限公司 44232

代理人 刘抗美 刘耿

(51) Int. Cl.

G08B 21/10(2006. 01)

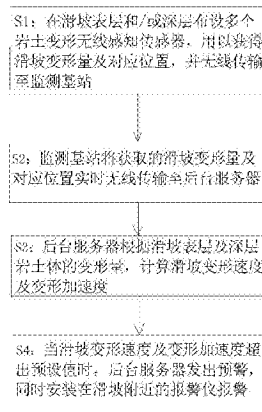
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法及系统

(57) 摘要

本发明提供一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法及系统,该方法包括步骤:在滑坡表层及深层合理布设岩土变形无线感知传感器;其中,较优地,岩土变形无线感知传感器低功耗自供电,与监测基站之间无线通讯,且不需供电及通讯线缆,体积小,安装简便,安装后不需额外保护,价格低廉,可实现至少五年的长期独立工作,彻底解决常规监测系统线缆易损坏的难题;当滑坡发生变形时,根据各岩土变形无线感知传感器获取的变形量大小及对应位置,实现对滑坡整体变形以及滑塌、溜坍等局部变形进行实时有效监测,当变形量超出预设值时,安装在滑坡附近的报警仪报警,及时、迅速疏散周边人员到安全地带,最大程度的消除和降低滑坡灾害风险。



1. 一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于,包括步骤:  
在滑坡表层和 / 或深层布设岩土变形无线感知传感器;

当滑坡发生变形时,根据所述岩土变形无线感知传感器获取的岩土体变形量大小及对应位置,计算滑坡变形速度及变形加速度;当所述滑坡变形速度及变形加速度超出预设值时,进行预警,同时安装在滑坡附近的报警仪报警。

2. 根据权利要求 1 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于,提供至少一监测基站,用以获取所述监测基站覆盖范围内的各岩土变形无线感知传感器测得的岩土体变形量大小及对应位置;所述岩土变形无线感知传感器与所述监测基站之间无线通讯。

3. 根据权利要求 2 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于,所述岩土变形无线感知传感器自供电独立工作,以实现各岩土变形无线感知传感器之间,以及所述岩土变形无线感知传感器与所述监测基站之间无线缆安装。

4. 根据权利要求 1 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于:所述岩土变形无线感知传感器包括用以产生数据模拟信号的低功耗传感芯片、用以将所述数据模拟信号转换成数字信号的信号转换模块、用以对所述数字信号进行处理的处理器、用以将所述数字信号传输给外界的数据传输模块,以及用以供电的电池;

所述低功耗传感芯片通过所述信号转换模块连接所述处理器,所述数据传输模块连接所述处理器;

所述处理器包括处理器本体和时钟单元,所述时钟单元由所述电池持续供电,所述时钟单元控制所述电池以设定时间间隔交替开启或关闭对所述传感芯片、信号转换模块、处理器本体和数据传输模块的电力供应。

5. 根据权利要求 1 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于:所述岩土变形无线感知传感器安装在滑坡表层时,其底端连接有一根锚杆,所述岩土变形无线感知传感器监测滑坡表层变形。

6. 根据权利要求 1 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于:所述岩土变形无线感知传感器安装在滑坡深层时,其以一定间隔安装在滑坡中钻孔内,用以监测滑坡深层变形;

其中,所述钻孔内设一测斜管、多个岩土变形无线感知传感器间隔安装在所述测斜管内,所述多个岩土变形无线感知传感器获取的岩土体变形量大小及对应位置发送至所述监测基站。

7. 根据权利要求 2 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于:提供一后台服务器,与所述监测基站无线通讯,根据所述各岩土变形无线感知传感器获取的的岩土体变形量大小及对应位置,计算其变形速度及变形加速度,当所述变形速度及变形加速度超出预设值时,进行预警。

8. 根据权利要求 7 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,其特征在于:在滑坡附近提供一报警仪,与所述后台服务器无线通讯,在满足报警条件时,所述后台服务器控制所述报警仪进行报警。

9. 一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警系统,其特征在于,包括:  
多个岩土变形无线感知传感器的布设在滑坡表层和 / 或深层;

至少一监测基站,所述监测基站通过无线通讯方式获取所述监测基站覆盖范围内的各岩土变形无线感知传感器测得的岩土体变形量大小及对应位置,并向外传输;

后台服务器,与所述监测基站无线通讯,根据所述各岩土变形无线感知传感器获取的岩土体变形量大小及对应位置,计算其变形速度及变形加速度,当所述变形速度及变形加速度超出预设值时,进行预警;

报警仪,与所述后台服务器无线通讯,在满足报警条件时,所述后台服务器控制所述报警仪进行报警。

10. 根据权利要求 9 所述的无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警系统,其特征在于,所述岩土变形无线感知传感器自供电独立工作,以实现所述各岩土变形无线感知传感器之间,以及所述岩土变形无线感知传感器与所述监测基站之间无线缆安装。

## 无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及地质灾害监测领域,尤其涉及一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法及监测预警系统。

### 背景技术

[0002] 滑坡灾害是指岩体或土体在重力作用下整体顺坡下滑造成的灾害,其是一种斜坡失稳现象。滑坡广泛发生在山地、高原及丘陵地区,是阻碍山区社会经济发展的主要自然灾害。

[0003] 由于滑坡分布的广泛性、滑坡灾害产生的突发性,以及现有监测技术手段的局限性,所以现在国内外还没有较好的滑坡灾害监测预警方法。现有滑坡监测仪器很多,并逐渐由人工监测向远程实时监测方向发展,当前众多的野外岩土监测仪器,都存在着野外安装保护难题,供电电缆、测试电缆以及仪器本身容易受到人为或者岩土体变形的破坏,对于长期的无人值守以及远程实时自动化监测的实施造成极大的干扰,也容易产生错误的预警行为,造成不必要的应对措施,这些问题严重制约现有的远程监测预警技术在滑坡灾害中大量推广应用。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种能简单、不受滑坡条件限制,且监测准确率高的无线式滑坡灾害监测方法及其监测系统。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用如下技术方案:

根据本发明的一个方面,本发明提供一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法,包括步骤:

在滑坡表层和 / 或深层布设岩土变形无线感知传感器;

当滑坡发生变形时,根据所述岩土变形无线感知传感器获取的岩土体变形量大小及对应位置,计算滑坡变形速度及变形加速度;当所述滑坡变形速度及变形加速度超出预设值时,进行预警,同时安装在滑坡附近的报警仪报警。

[0006] 进一步地,提供至少一监测基站,用以获取所述监测基站覆盖范围内的各岩土变形无线感知传感器测得的岩土体变形量大小及对应位置;所述岩土变形无线感知传感器与所述监测基站之间无线通讯。

[0007] 进一步地,所述岩土变形无线感知传感器自供电独立工作,以实现各岩土变形无线感知传感器之间,以及所述岩土变形无线感知传感器与所述监测基站之间无线缆安装。

[0008] 进一步地,所述岩土变形无线感知传感器包括用以产生数据模拟信号的低功耗传感芯片、用以将所述数据模拟信号转换成数字信号的信号转换模块、用以对所述数字信号进行处理的处理器、用以将所述数字信号传输给外界的数据传输模块,以及用以供电的电池;

所述低功耗传感芯片通过所述信号转换模块连接所述处理器,所述数据传输模块连接

所述处理器；

所述处理器包括处理器本体和时钟单元，所述时钟单元由所述电池持续供电，所述时钟单元控制所述电池以设定时间间隔交替开启或关闭对所述传感芯片、信号转换模块、处理器本体和数据传输模块的电力供应。

[0009] 进一步地，所述岩土变形无线感知传感器安装在滑坡表层时，其底端连接有一根锚杆，所述岩土变形无线感知传感器监测滑坡表层变形。

[0010] 进一步地，所述岩土变形无线感知传感器安装在滑坡深层时，其以一定间隔安装在滑坡中钻孔内，用以监测滑坡深层变形；

其中，所述钻孔内设一测斜管、多个岩土变形无线感知传感器间隔安装在所述测斜管内，所述多个岩土变形无线感知传感器获取的岩土体变形量大小及对应位置发送至所述监测基站。

[0011] 进一步地，提供一后台服务器，与所述监测基站无线通讯，根据所述各岩土变形无线感知传感器获取的的岩土体变形量大小及对应位置，计算其变形速度及变形加速度，当所述变形速度及变形加速度超出预设值时，进行预警。

[0012] 进一步地，在滑坡附近提供一报警仪，与所述后台服务器无线通讯，在满足报警条件时，所述后台服务器控制所述报警仪进行报警。

[0013] 本发明还提供一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警系统，包括：

多个岩土变形无线感知传感器的布设在滑坡表层和 / 或深层；

至少一监测基站，所述监测基站通过无线通讯方式获取所述监测基站覆盖范围内的各岩土变形无线感知传感器测得的岩土体变形量大小及对应位置，并对外传输；

后台服务器，与所述监测基站无线通讯，根据所述各岩土变形无线感知传感器获取的岩土体变形量大小及对应位置，计算其变形速度及变形加速度，当所述变形速度及变形加速度超出预设值时，进行预警；

报警仪，与所述后台服务器无线通讯，在满足报警条件时，所述后台服务器控制所述报警仪进行报警。

[0014] 进一步地，所述岩土变形无线感知传感器自供电独立工作，以实现所述各岩土变形无线感知传感器之间，以及所述岩土变形无线感知传感器与所述监测基站之间无线缆安装。

[0015] 由上述技术方案可知，本发明的优点和积极效果在于：

本发明中岩土变形无线感知传感器获取地表和深度的岩土体变形量大小及对应位置，并通过无线传输实时传输至监测基站，并经监测基站传输至后台服务器，本发明的监测预警系统设定的预设值与监测预警系统经后台服务器计算得出的变形速度及变形加速度进行对比，实时发出预警，同时还可供管理及技术人员实时、准确掌握现场情况；报警仪因与后台服务器无线通讯，在满足报警条件时，后台服务器可直接控制报警仪进行报警，及时疏散人员，减少损失。岩土变形无线感知传感器埋入岩土体内部，隐蔽性好，安装简单便捷，而且整个监控预警系统不需线缆连接，即便在野外环境下几乎不能被发现和损坏，较彻底解决现有野外监测预警系统易遭破坏、难以保护的问题和无法大量推广应用的困境，即使是在发生较大变形或剧烈破坏时，监测预警系统也能持续不断工作，记录传输结构或岩土体整个变形破坏过程，真正达到及时、实时监测预警的目的。各岩土变形无线感知传感器间

组建了局域无线传输系统,在地质灾害及安全施工预警领域,从岩土变形无线感知传感器到监测基站首次实现真正的“无线”监测,推动了远程监测技术的发展,有效解决了工程实践中遇到的监测仪器成本高昂,监测仪器自身及供电、通信电缆易受破坏而无法大量推广应用等难题。

[0016] 同时,岩土变形无线感知传感器采用低功耗设计,独立工作,不需要布设供电线缆及通信线缆,达到野外环境独立工作要求,监测预警系统免维护可持续工作 3~5 年时间,同时所用的岩土变形无线感知传感器体积小、造价低、安装简单便捷、不易损坏、性能稳定、灵敏度高、精度高可以高精度感知微小变形,实现了高精度感知结构及岩土体微小变形,整个监控预警系统使用期间免维护,大量节约人工,与人工监测费用 3~5 年期相比降低成本 30% 左右。

### 附图说明

[0017] 图 1 是本发明岩土变形无线感知传感器布设在滑坡表层示意图。

[0018] 图 2 是本发明岩土变形无线感知传感器布设在滑坡深层示意图。

[0019] 图 3A 是本发明岩土变形无线感知传感器深层布设时变形前的示意图。

[0020] 图 3B 是本发明岩土变形无线感知传感器深层布设时变形后的示意图。

[0021] 图 4 是本发明监测预警系统示意图。

[0022] 图 5 是本发明监测预警系统实现无线传输的示意图。

[0023] 图 6 是本发明监测预警方法的步骤流程图。

[0024] 图 7 是本发明滑坡的表层布设岩土变形无线感知传感器的示意图。

[0025] 图 8 是本发明滑坡的深层布设岩土变形无线感知传感器的示意图。

[0026] 附图标记说明如下:2、岩土变形无线感知传感器;3、锚杆;4、测斜管;5、天线;6、监测基站;7、后台服务器;8、报警仪;9、岩土体;61、电池模块;62、控制模块;63、通讯模块。

### 具体实施方式

[0027] 体现本发明特征与优点的典型实施方式将在以下的说明中详细叙述。应理解的是本发明能够在不同的实施方式上具有各种的变化,其皆不脱离本发明的范围,且其中的说明及图示在本质上是当作说明之用,而非用以限制本发明。

[0028] 如图 1 至图 8 所示,本发明提供了一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警系统,包括多个岩土变形无线感知传感器 2、监测基站 6、后台服务器 7 和报警仪 8。

[0029] 多个岩土变形无线感知传感器 2 的布设在滑坡表层和 / 或深层;布设在滑坡表层的岩土变形无线感知传感器 2,用于监测滑坡地表变形;布设在滑坡深层的岩土变形无线感知传感器 2,用于监测滑坡深层变形;当滑坡发生变形时,岩土变形无线感知传感器 2 获取的变形量大小及对应位置。

[0030] 其中,布设在滑坡表层岩土变形无线感知传感器 2 包括设置其底端的锚杆 3,锚杆 3 置于滑坡中与滑坡一起变形;岩土变形无线感知传感器 2 置于滑坡表层,在野外环境中仅天线 5 露出,不易被发现。当滑坡变形时,布设在滑坡表层的岩土变形无线感知传感器 2 可以直接感知滑动区域滑坡变形的起始时间、变形位置和范围、变形的程度、变形的趋势,有

效起到监测预警作用。

[0031] 岩土变形无线感知传感器 2 布设在滑坡深层时,其以一定间隔安装在滑坡中钻孔内,用以监测滑坡深层变形;优选地,钻孔内设一测斜管 4、多个岩土变形无线感知传感器 2 间隔固定安装在测斜管 4 内,多个岩土变形无线感知传感器 2 获取的变形量大小及对应位置(监测数据)发送至监测基站 6。优选地,测斜管 4 垂直置于滑坡中,测斜管 4 中每隔两米设置一个限位螺栓(未标出),每个岩土变形无线感知传感器 2 均设置在辅助固定装置(未标出)上,该辅助固定装置置于限位螺栓上,以保证每个岩土变形无线感知传感器 2 间隔的距离。同样地,在野外环境中也设有露出滑坡的天线 5,便于隐蔽,不易被发现。当滑坡变形时,通过测斜管 4 内的岩土变形无线感知传感器 2 获取的变形量大小及对应位置可以得出变形位移曲线,深层布设的变形无线感知传感器 2 可以直接感知滑动区域滑坡变形的起始时间、变形面的深度、变形位移量、变形的趋势,有效起到监测预警作用。

[0032] 请参阅图 3,具体介绍岩土变形无线感知传感器 2 布设在滑坡深度时,滑坡深层位移量的计算过程。以图 3 的视图方向为参照,按从下至上的顺序,发生角度倾斜的各岩土变形无线感知传感器 2 各自的倾角变化量分别为 $\Delta \theta_1$ 、 $\Delta \theta_2$ 、 $\Delta \theta_3$ 和 $\Delta \theta_4$ ,每相邻两个岩土变形无线感知传感器 2 的间隔分别为 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$ 。滑坡深层岩土体 9 各处的水平位移变化量 $\Delta d_i$  ( $i=1,2,3,4,\dots$ )根据以下公式计算:

$$\Delta d_1=L_1 \times \sin \Delta \theta_1;$$

$$\Delta d_2=L_2 \times \sin \Delta \theta_2;$$

$$\Delta d_3=L_3 \times \sin \Delta \theta_3;$$

$$\Delta d_4=L_4 \times \sin \Delta \theta_4。$$

[0033] 依次类推,根据岩土变形无线感知传感器 2 的倾角变化量 $\Delta \theta_i$  ( $i=1,2,3,4,\dots$ )及其与相邻岩土变形无线感知传感器 2 的间隔 $L_i$  ( $i=1,2,3,4,\dots$ )即可分段计算得到该分段的深层水平位移量,通过连续地对各分段进行计算,可得到深层岩土体 9 最大水平位移量。

[0034] 假设最底部为不动参考点后,第 n 个测点的水平位移量即为各分段水平位移量之和,其计算方式为: $\Delta S=L_1 \times \sin \Delta \theta_1+L_2 \times \sin \Delta \theta_2+L_3 \times \sin \Delta \theta_3+\dots+L_n \times \sin \Delta \theta_n$ 。

[0035] 按上述方式获得滑坡深层岩土体 9 最大水平位移量后,进一步进行预警,该预警方法具体为:计算滑坡深层岩土体 9 不同位置处的水平位移量是否超出设定值,若超出,则预警,同时预警对应的深度;并且根据水平位移速率是否超出设定值,若超出,则预警,同时预警对应的深度。

[0036] 监测基站 6,通过无线通讯方式获取监测基站 6 覆盖范围内的岩土变形无线感知传感器 2 发出的滑坡变形量大小及对应位置,并对外传输;优选地,监测基站 6 还包括用于自供电的太阳能板,以及避雷针;优选地,监测基站 6 是多个的,监测基站 6 的数量直接影响到监测的范围大小。

[0037] 监测基站 6 大致包括电池模块 61、用以与岩土变形无线感知传感器 2 进行数据传输的控制模块 62 和用以将接收到的岩土变形无线感知传感器 2 的获得的变形量大小及对应位置向外传输的通讯模块 63,控制模块 62 连接通讯模块 63。电池模块 61 用以为监测基站 6 本身供电。通讯模块 63 为无线通讯模块,例如 GPRS 模块等,通过无线传输的方式向后台服务器 7 传输由岩土变形无线感知传感器 2 发送过来的变形量大小及对应位置。监测基

站 6 对其覆盖范围内的各岩土变形无线感知传感器 2 的变形量大小及对应位置进行收集,并统一转发至后台服务器 7。

[0038] 后台服务器 7,与监测基站 6 无线通讯,根据各岩土变形无线感知传感器 2 获取的变形量大小及对应位置,计算滑坡变形速度及变形加速度,当变形速度及变形加速度超出预设值时,进行预警,实时发出滑坡滑坡预警。

[0039] 报警仪 8,与后台服务器 7 无线通讯,在满足报警条件时,后台服务器 7 控制报警仪 8 进行报警。

[0040] 其中,岩土变形无线感知传感器 2 包括:用以产生角度变化数据模拟信号的变形感知芯片模块、用以将角度变化数据模拟信号转换成数字信号的信号转换模块、用以对数字信号进行处理的数据处理控制模块、用以将数字信号向外传输的无线通信模块,以及用以供电的低功耗供电模块;

变形感知芯片模块通过信号转换模块连接数据处理控制模块,无线通信模块连接数据处理控制模块;其中,数据处理控制模块包括本体和时钟单元,时钟单元由低功耗供电模块持续供电,时钟单元控制低功耗供电模块以设定时间间隔交替开启或关闭对变形感知芯片模块、信号转换模块、数据处理控制模块和无线通信模块的电力供应。该岩土变形无线感知传感器 2 采用微机电技术和无线通信技术,可安装于滑坡表层或工程结构表层或内部,实现了高精度感知结构及岩土体微小变形,灵敏度高。此外,该岩土变形无线感知传感器 2 外壳具有防潮、防水、耐腐蚀功能;且造价低,体积小,隐蔽性好,安装简单便捷;岩土变形无线感知传感器 2 低功耗在特点使其工作时间更长,节约了成本。

[0041] 参阅图 5,岩土变形无线感知传感器 2 采集到的变形量大小及对应位置通过局域网无线传输系统至监测基站 6,并经监测基站 6 以互联网远程传输系统传输至后台服务器 7,供管理及技术人员实时、准确掌握现场情况。本发明的整个监控系统采用短距离无线通信技术,简单的网络协议使数据传输更为高效,定时测量发送在网络传输机制使数据传输更为稳定,变形量大小及对应位置从岩土变形无线感知传感器 2 直接传输到 GPRS 模块(监测基站 6),最终由 GPRS 模块将变形量大小及对应位置远程传输到后台服务器 7,整个监测系统安全稳定、抗干扰能力强、造价较低。优选地,局域网无线传输基于 433 MHz 频段的短距离无线通信技术,即便在野外复杂植被环境下,有效通信距离可达 5 公里;在高速铁路、地铁基坑等长距离应用环境下,可通过多设基站,扩大无线局域通信范围。

[0042] 同时,因本监测系统不需要线缆连接,野外环境下几乎不能被发现肯损坏,解决了现有野外监测预警系统易遭破坏、难以保护的问题和无法大量推广应用在困难,即使是在发生较大变形或剧烈破坏时,监测预警系统也能持续不断工作,记录传输岩土体整个变形破坏过程,真正达到及时、实时监测预警在目的。

[0043] 本发明还包括一种无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法。包括如下步骤:

步骤 S1,在滑坡表层和/或深层布设多个岩土变形无线感知传感器 2,用以获得滑坡变形量及对应位置,并无线传输至监测基站 6。岩土变形无线感知传感器 2 全部埋入岩土体内部,隐蔽性好。

[0044] 步骤 S2,监测基站 6 将获取的滑坡变形量及对应位置实时无线传输至后台服务器 7。



[0045] 步骤 S3, 后台服务器 7 根据滑坡表层及深度岩土体的变形量, 计算滑坡变形速度及变形加速度。

[0046] 步骤 S4, 当滑坡变形速度及变形加速度超出预设值时, 后台服务器 7 发出预警, 同时安装在滑坡附近的报警仪 8 报警。

[0047] 其中, 在本发明优选的实施例中, 滑坡表层布设方式围绕在深度布设方式的周边, 使得深度布设方式的数量明显少于表层布设方式, 节约了成本。

[0048] 在本发明优选的实施例中, 岩土变形无线感知传感器 2 在与滑坡变形方向一致的纵向断面布设, 以及与纵向断面垂直的横向断面的位置布设。纵向断面和横向断面均为监测断面, 监测断面在布设应穿过滑坡在不同变形地段; 进一步地, 当需要在多个监测断面上布设时, 可根据地质条件、滑坡在高度等设定主要监测断面和次要监测断面, 主要监测断面的布设应多于次要监测断面的布设, 次要监测断面应当平行主要监测断面。以上布设可以直接感知滑坡变形的起始时间、变形位置和范围、变形的程度、变形的趋势, 有效起到监测预警作用。

[0049] 在本发明优选的实施例中, 在滑坡变形严重地段和对整个滑坡稳定性起关键作用的块体位置布设岩土变形无线感知传感器 2; 进一步地, 在变形范围以外在稳定岩土体上布设岩土变形无线感知传感器 2, 以便查清滑坡变形范围。

[0050] 岩土变形无线感知传感器 2 的布设根据滑坡的地质条件、坡高及变形范围进行, 既要顾及监测范围, 又要满足一定在布设密度, 便于有效反映滑坡整体变形及局部变形。本发明的布设可采用多种布设方法联合监测, 以达了解解和掌握滑坡体松动变形在范围与滑坡体变形在动态, 进行滑坡稳定性评价, 实现对滑坡深层滑动变形以及溜坍、滑塌等局部变形进行实时有效监测, 必要时进行及时预警减害的目的。

[0051] 本发明无线缆、可长期独立工作的滑坡灾害监测预警方法及系统可用于地质灾害或安全施工领域, 通过后台服务器对周边家庭或工程部门发布预警, 发出警报, 起到减灾、免灾的效果。在安全施工领域中, 通过实时高精度感知结构或岩土体不同部位的变形, 预测如地铁基坑、高速铁路、隧道、(古) 建筑物、滑坡、滑坡等的变形情况和发展趋势, 进而及时作出预警。

[0052] 虽然已参照几个典型实施方式描述了本发明, 但应当理解, 所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质, 所以应当理解, 上述实施方式不限于任何前述的细节, 而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释, 因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应随附权利要求所涵盖。

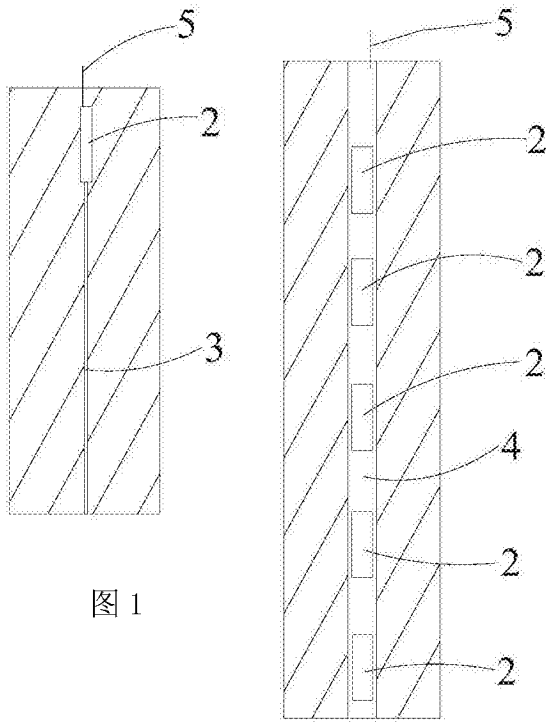


图 1

图 2

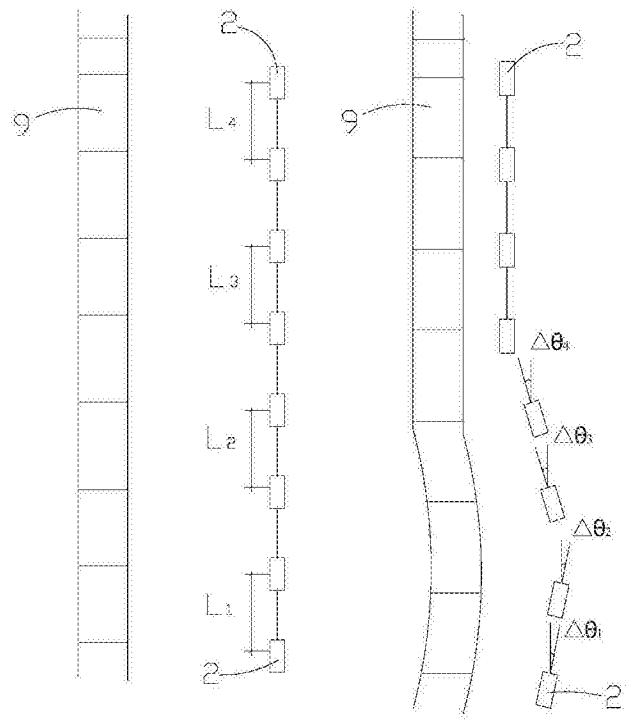


图 3A

图 3B

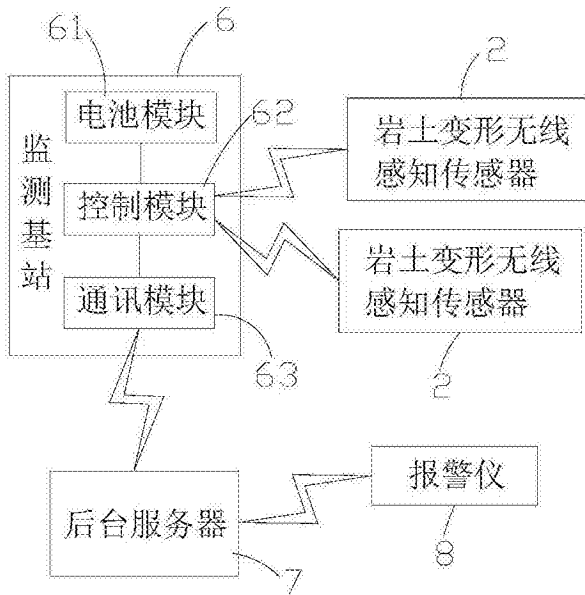


图 4

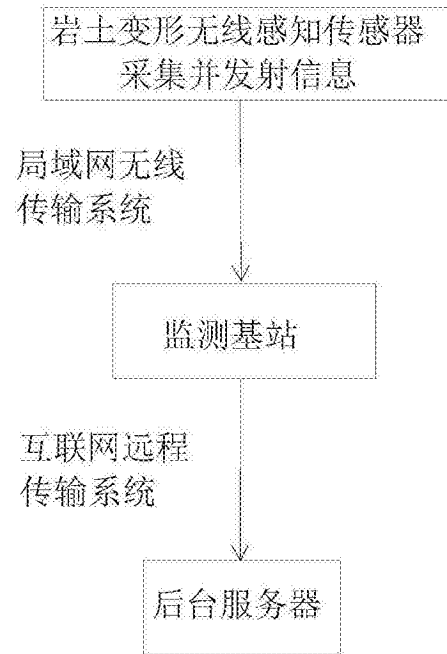


图 5

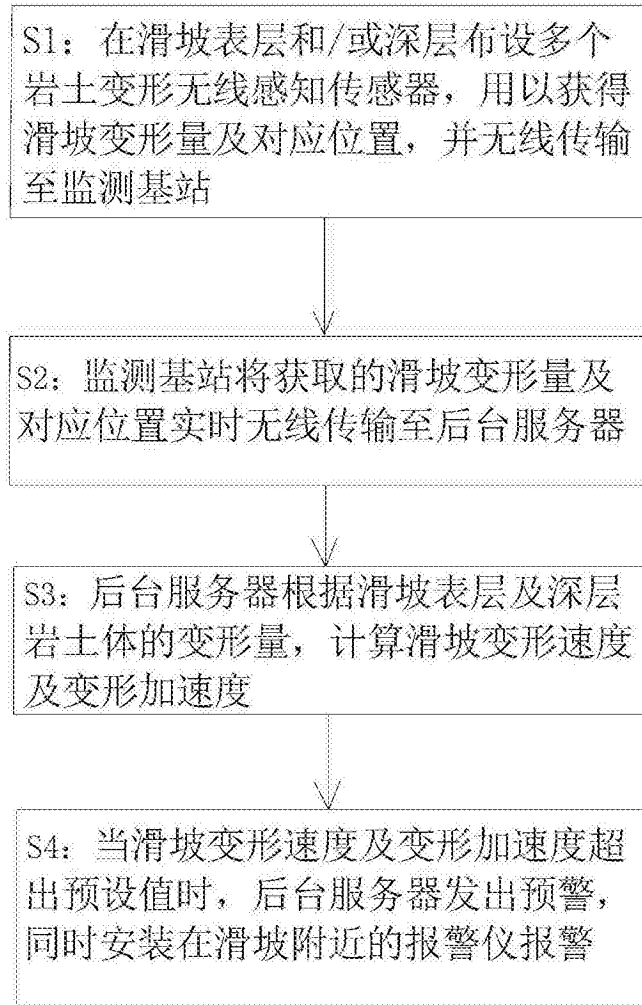


图 6

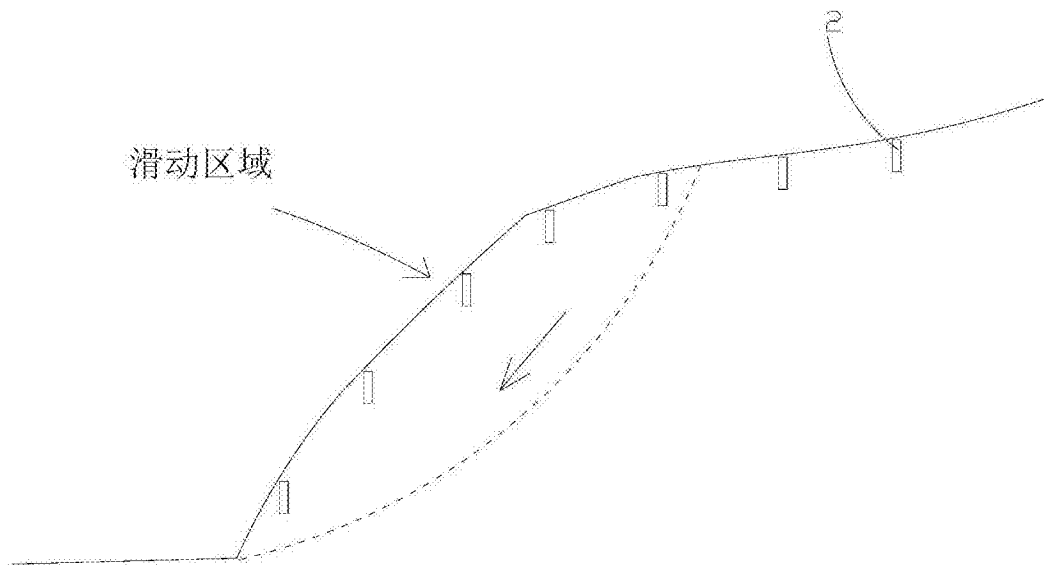


图 7

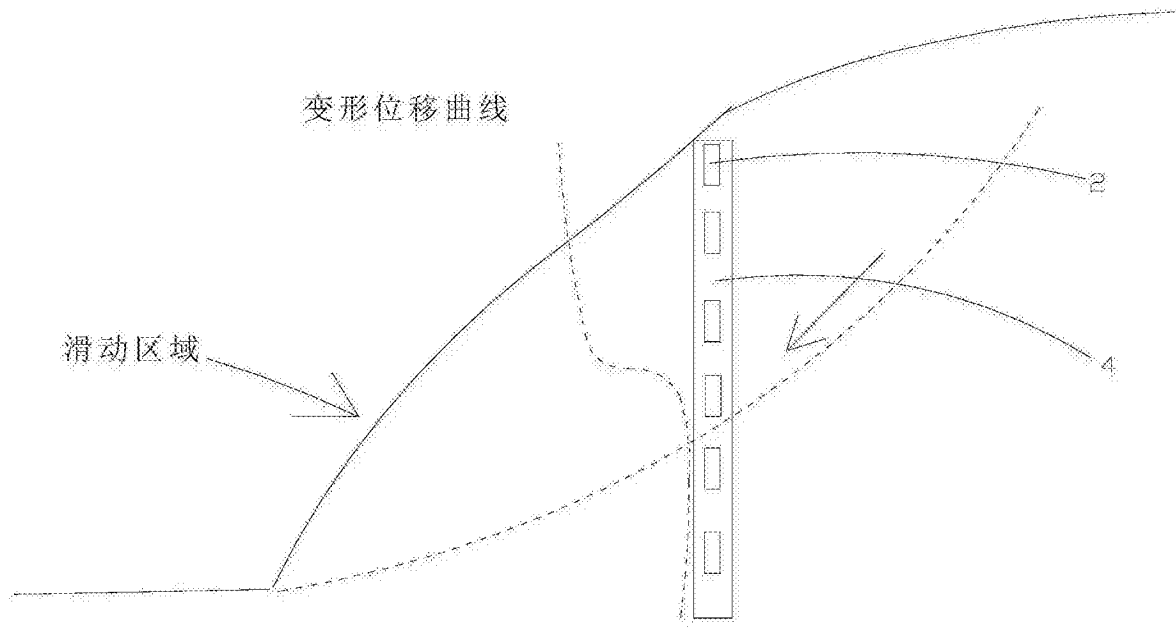


图 8