



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114459539 A

(43) 申请公布日 2022.05.10

(21) 申请号 202210086615.5

(22) 申请日 2022.01.25

(71) 申请人 海南谨行信息科技有限公司

地址 578101 海南省洋浦经济开发区盐田  
路8号政务服务大厅东区28-2-  
201

(72) 发明人 陈俊波 金蒙蒙 李红伟 李建锋  
陈良方 楼锡渝 薛静兰

(51) Int.Cl.

G01D 21/02 (2006.01)

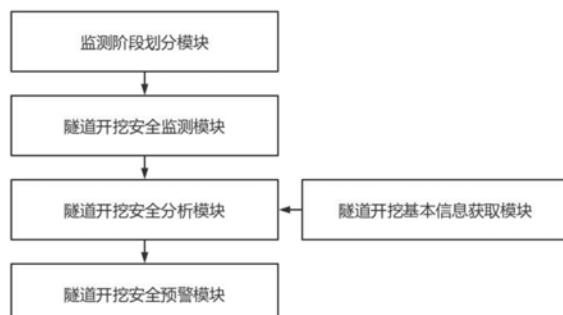
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

### (54) 发明名称

一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统

### (57) 摘要

本发明公开提供的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统，该基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统包括隧道开挖基本信息获取模块、监测阶段划分模块、隧道开挖安全监测模块、隧道开挖安全分析模块和隧道开挖安全预警模块，本发明通过对目标开挖双线隧道进行目标监测阶段划分，并根据划分的各监测阶段进行对应的开挖安全信息监测，进而对监测的各监测阶段对应的开挖安全信息进行分析，有效的解决了当前没有根据双线隧道开挖流程进行针对性的隧道开挖安全监测的问题，大幅度提高了对双线隧道开挖过程中的安全监测效率，实现了对双线隧道开挖过程的全流程监测和多方位监测。



1. 一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于,包括:

隧道开挖基本信息获取模块,用于获取目标开挖双线隧道对应的基本信息,其中目标开挖双线隧道基本信息包括目标开挖双线隧道对应的位置和目标开挖双线隧道对应的地质类型。

监测阶段划分模块,用于根据目标开挖双线隧道对应的开挖流程,将该目标开挖双线隧道划分为初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段;

隧道开挖安全监测模块,包括初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成安全监测子模块,分别用于对目标开挖双线隧道的初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段的开挖安全信息进行监测;

隧道开挖安全分析模块,用于对初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成监测子模块对应监测的开挖安全信息进行分析,统计目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数、开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数,并判断预警状态;

隧道开挖安全预警模块,用于当某监测阶段的状态为需求预警时,发送预警指令至目标开挖双线隧道对应的远程控制终端,进行预警。

2. 根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述隧道开挖安全监测模块还包括监测终端布设子模块,所述监测终端布设子模块包括第一监测终端布设单元和第二监测终端布设单元,其具体为:

第一监测终端布设单元用于当目标开挖双线隧道处于初始开挖监测阶段时,进行第一监测点选取,其中,第一监测点包括土壤监测点和边坡监测点,获取各第一监测点对应的位置,将若干第一监测终端布设于各第一监测点位置;

第二监测终端布设单元用于当目标开挖双线隧道处于开挖进行监测阶段时,进行第二监测点选取,其中,第二监测点包括位移监测点和环境监测点,获取各第二监测点对应的位置,将若干第二监测终端布设于各第二监测点位置。

3. 根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述位移监测点包括地表位移监测点和洞面位移监测点,其具体选取过程为:将目标开挖双线隧道内部地表划分为各地表监测区域,在各地表监测区域进行监测点布设,将布设的监测点记为地表位移监测点,同时将目标开挖双线隧道内部隧道两侧和隧道顶部按照平面网格的划分方式,划分为各洞面检测区域,将各洞面检测区域对应的中心点记为洞面位移监测点。

4. 根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述初始开挖安全监测子模块具体监测过程如下:

获取各选取的土壤监测点位置,利用第一监测终端中的土壤监测终端对各土壤监测点位置对应的土壤含水量和土壤硬度进行监测,获取各土壤监测点位置对应的土壤含水量和土壤硬度;

获取各选取的边坡监测点位置,利用第一监测终端中的位置监测终端按照预设监测时间间隔对各边坡监测点的位置进行监测,获取各监测时间点各边坡监测点对应的位置。

5. 根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述开挖进行安全监测子模块具体监测过程包括以下步骤:

获取选取的各地表位移监测点位置和各洞面位移监测点位置,利用第二监测终端中的

位移监测终端按照预设位移监测时间间隔对各地表位移监测点和各洞面位移监测点进行监测,获取各地表位移监测点和各洞面位移监测点对应的位移量。

获取选取的各环境监测点的位置,利用第二监测终端中的环境监测终端,对各环境监测点位置进行监测,获取各环境监测点位置各环境参数对应的数值,将各环境参数对应的数值记为 $h_w$ , $w$ 表示环境参数编号, $w=1,2,\dots,q$ 。

6.根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述开挖进行安全监测子模块还包括对开挖隧道的损伤进行监测,其具体为:将目标双线隧道内部两侧面和顶面划分为各损伤检测区域,利用摄像头对目标开挖双线隧道内部各损伤检测区域进行图像采集,获取各目标开挖隧道隧道各损伤检测区域对应的图像。

7.根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述所述开挖完成安全监测子模块对应的具体监测过程为:当目标开挖双线隧道处于开挖完毕监测阶段时,将目标开挖双线隧道划分为各隧道段,按照预设采集时间间隔利用第一收敛计对目标开挖双线隧道中各隧道段对应的水平收敛量进行监测,同时按照预设采集时间间隔利用第二收敛计对目标开挖双线隧道中各隧道段对应的垂直收敛量进行监测,将各采集时间段记为各收敛采集时间段,获取目标开挖双线隧道中各收敛采集时间段各隧道段对应的水平收敛量和垂直收敛量,其中,第一收敛计和第二收敛计的采集时间间隔为一致。

8.根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述用于对初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成监测子模块对应监测的开挖安全信息进行分析的具体分析过程如下:

获取初始开挖安全监测子模块监测的各土壤监测点对应的土壤含水量、土壤硬度和各边坡监测点各采集时间段对应的位置,确认目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的初始位置坐标和各目标位置坐标;

获取开挖安全监测子模块监测的各地表位移监测点对应的位移量、各洞面监测点对应的位移量、各环境监测点位置各环境参数对应的数值和目标开挖双线隧道各损伤检测区域对应的图像,确认目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量、目标分析各环境参数对应的数值和目标分析裂纹信息;

获取目标开挖双线隧道中各收敛采集时间段各隧道段对应的水平收敛量和垂直收敛量,筛选出目标开挖双线隧道中各隧道段对应的最大水平收敛量和最大垂直收敛量,将目标开挖双线隧道中各隧道段对应的最大水平收敛量和最大垂直收敛量记为目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量和目标垂直收敛量,将目标开挖双线隧道中各隧道段依次标记为 $1,2,\dots,d,\dots,p$ 。

9.根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数、开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数对应的具体统计过程如下:

根据目标开挖双线隧道对应的地质类型,将目标开挖双线隧道对应的地质类型与预设的各开挖危险权重对应的地质类型进行对比,获取目标开挖双线隧道地质类型对应的开挖危险权重值,并标记为 $\eta$ ;

根据目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的初始位置坐标和各目标位置坐标,利用计算公式计算目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的位置变化量和位置变化率;

将目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的位置变化量、位置变化率和目标开挖双线隧道地质类型对应的开挖危险权重值代入初始开挖安全指数计算公式中,获取目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数,并标记为 $\delta$ ;

将目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量和目标分析各环境参数对应的数值代入开挖过程安全指数计算公式中,获取目标开挖双线隧道对应的开挖过程安全指数,并标记为 $\gamma$ ;

将目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量和目标垂直收敛量代入开挖完毕安全指数计算公式中,获取目标开挖双线隧道对应的开挖完毕安全指数,并标记为 $\lambda$ 。

10. 根据权利要求1所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,其特征在于:所述隧道开挖安全分析模块中判断预警状态的具体判断过程为:

获取目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数,将目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数与预设的预警初始开挖安全指数进行对比,若目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数大于或者等于预设的预警初始开挖安全指数,则将该目标开挖双线隧道对应初始开挖监测阶段的状态记为需求预警,反之则记为无需预警;

获取目标开挖双线隧道对应的开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数,并将其分别按照目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数的方式进行判断,进而获取目标开挖双线隧道对应开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段的预警状态。

## 一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于隧道安全监测技术领域,涉及到一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统。

### 背景技术

[0002] 随着经济的快速发展,隧道建设更是日新月异。由于城市地铁、铁路隧道和高速公路隧道有效的缩短了路程和行车时间,被广泛投入使用,但是,在交通建设中,隧道建设一直是比较危险的部分,尤其是双线隧道对建设的安全要求也更加严格,因此,需要对双线隧道开挖过程进行安全监测与分析。

[0003] 在隧道开挖过程中很容易出现隧道工作面坍塌、突泥、涌水等情况,但是当前对双线隧道开挖过程的安全监测主要集中于对隧道开挖过程中隧道内部的环境和隧道工作面等情况进行安全监测与分析,没有根据双线隧道的开挖流程进行针对性的隧道开挖安全监测,无法提高对双线隧道开挖过程的安全监测效率,也无法实现对双线隧道开挖过程的全流程监测,进而无法提高双线隧道开挖安全监测力度和安全监测效果,同时,当前技术也无法对双线隧道开挖过程中施工现场和施工安全信息有一个全面、及时、准确的掌握,无法有效的降低事故的发生概率,进而无法保障双线隧道开挖的安全性、稳定性和顺畅性。

### 发明内容

[0004] 鉴于此,为解决上述背景技术中所提出的问题,现提出针对单洞双线一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,实现了对双线隧道开挖安全的高效监测和精准分析;

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案实现:

[0006] 本发明提供了一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,包括:

[0007] 隧道开挖基本信息获取模块,用于获取目标开挖双线隧道对应的基本信息,其中目标开挖双线隧道基本信息包括目标开挖双线隧道对应的位置和目标开挖双线隧道对应的地质类型。

[0008] 监测阶段划分模块,用于根据目标开挖双线隧道对应的开挖流程,将该目标开挖双线隧道划分为初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段;

[0009] 隧道开挖安全监测模块,包括初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成安全监测子模块,分别用于对目标开挖双线隧道的初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段的开挖安全信息进行监测;

[0010] 隧道开挖安全分析模块,用于对初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成监测子模块对应监测的开挖安全信息进行分析,统计目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数、开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数,并判断预警状态;

[0011] 隧道开挖安全预警模块,用于当某监测阶段的状态为需求预警时,发送预警指令至目标开挖双线隧道对应的远程控制终端,进行预警。

[0012] 优选地,所述隧道开挖安全监测模块还包括监测终端布设子模块,所述监测终端布设子模块包括第一监测终端布设单元和第二监测终端布设单元,其具体为:

[0013] 第一监测终端布设单元用于当目标开挖双线隧道处于初始开挖监测阶段时,进行第一监测点选取,其中,第一监测点包括土壤监测点和边坡监测点,获取各第一监测点对应的位置,将若干第一监测终端布设于各第一监测点位置;

[0014] 第二监测终端布设单元用于当目标开挖双线隧道处于开挖进行监测阶段时,进行第二监测点选取,其中,第二监测点包括位移监测点和环境监测点,获取各第二监测点对应的位置,将若干第二监测终端布设于各第二监测点位置。

[0015] 优选地,所述位移监测点包括地表位移监测点和洞面位移监测点,其具体选取过程为:将目标开挖双线隧道内部地表划分为各地表监测区域,在各地表监测区域进行监测点布设,将选取的监测点记为地表位移监测点,同时将目标开挖双线隧道内部隧道两侧和隧道顶部按照平面网格时的划分方式,划分为各洞面检测区域,将各洞面检测区域对应的中心点记为洞面位移监测点。

[0016] 优选地,所述初始开挖安全监测子模块具体监测过程如下:

[0017] 获取各选取的土壤监测点位置,利用第一监测终端中的土壤监测终端对各土壤监测点位置对应的土壤含水量和土壤硬度进行监测,获取各土壤监测点位置对应的土壤含水量和土壤硬度;

[0018] 获取各选取的边坡监测点位置,利用第一监测终端中的位置监测终端按照预设监测时间间隔对各边坡监测点的位置进行监测,获取各监测时间点各边坡监测点对应的位置。

[0019] 优选地,所述开挖进行安全监测子模块具体监测过程包括以下步骤:

[0020] 获取选取的各地表位移监测点位置和各洞面位移监测点位置,利用第二监测终端中的位移监测终端按照预设位移监测时间间隔对各地表位移监测点和各洞面位移监测点进行监测,获取各地表位移监测点和各洞面位移监测点对应的位移量。

[0021] 获取选取的各环境监测点的位置,利用第二监测终端中的环境监测终端,对各环境监测点位置进行监测,获取各环境监测点位置各环境参数对应的数值,将各环境参数对应的数值记为 $h_w$ , $w$ 表示环境参数编号, $w=1,2,\dots,q$ 。

[0022] 优选地,所述开挖进行安全监测子模块还包括对开挖隧道的损伤进行监测,其具体为:将目标双线隧道内部两侧面和顶面划分为各损伤检测区域,利用摄像头对目标开挖双线隧道内部各损伤检测区域进行图像采集,获取各目标开挖隧道隧道各损伤检测区域对应的图像。

[0023] 优选地,所述所述开挖完成安全监测子模块对应的具体监测过程为:当目标开挖双线隧道处于开挖完毕监测阶段时,将目标开挖双线隧道划分为各隧道段,按照预设采集时间间隔利用第一收敛计对目标开挖双线隧道中各隧道段对应的水平收敛量进行监测,同时按照预设采集时间间隔利用第二收敛计对目标开挖双线隧道中各隧道段对应的垂直收敛量进行监测,将各采集时间段记为各收敛采集时间段,获取目标开挖双线隧道中各收敛采集时间段各隧道段对应的水平收敛量和垂直收敛量,其中,第一收敛计和第二收敛计的采集时间间隔为一致。

[0024] 优选地,所述用于对初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖

完成监测子模块对应监测的开挖安全信息进行分析的具体分析过程如下：

[0025] 获取初始开挖安全监测子模块监测的各土壤监测点对应的土壤含水量、土壤硬度和各边坡监测点各采集时间段对应的位置，确认目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的初始位置坐标和各目标位置坐标；

[0026] 获取开挖安全监测子模块监测的各地表位移监测点对应的位移量、各洞面监测点对应的位移量、各环境监测点位置各环境参数对应的数值和目标开挖双线隧道各损伤检测区域对应的图像，确认目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量、目标分析各环境参数对应的数值和目标分析裂纹信息；

[0027] 获取目标开挖双线隧道中各收敛采集时间段各隧道段对应的水平收敛量和垂直收敛量，筛选出目标开挖双线隧道中各隧道段对应的最大水平收敛量和最大垂直收敛量，将目标开挖双线隧道中各隧道段对应的最大水平收敛量和最大垂直收敛量记为目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量和目标垂直收敛量，将目标开挖双线隧道中各隧道段依次标记为1, 2, ..., d, ..., p。

[0028] 优选地，所述目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数、开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数对应的具体统计过程如下：

[0029] 根据目标开挖双线隧道对应的地质类型，将目标开挖双线隧道对应的地质类型与预设的各开挖危险权重对应的地质类型进行对比，获取目标开挖双线隧道地质类型对应的开挖危险权重值，并标记为；

[0030] 根据目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的初始位置坐标和各目标位置坐标，利用计算公式计算目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的位置变化量和位置变化率；

[0031] 将目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的位置变化量、位置变化率和目标开挖双线隧道地质类型对应的开挖危险权重值代入初始开挖安全指数计算公式中，获取目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数，并标记为；

[0032] 将目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量和目标分析各环境参数对应的数值代入开挖过程安全指数计算公式中，获取目标开挖双线隧道对应的开挖过程安全指数，并标记为；

[0033] 将目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量和目标垂直收敛量代入开挖完毕安全指数计算公式中，获取目标开挖双线隧道对应的开挖完毕安全指数，并标记为。

[0034] 优选地，所述隧道开挖安全分析模块中判断预警状态的具体判断过程为：

[0035] 获取目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数，将目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数与预设的预警初始开挖安全指数进行对比，若目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数大于或者等于预设的预警初始开挖安全指数，则将该目标开挖双线隧道对应初始开挖监测阶段的状态记为需求预警，反之则记为无需预警；

[0036] 获取目标开挖双线隧道对应的开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数，并将其分别按照目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数的方式进行判断，进而获取目标开挖双线隧道对应开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段的预警状态。

[0037] 相较于现有技术，本发明所述的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测

分析系统的有益效果如下：

[0038] (1) 本发明提供的一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,通过对目标开挖双线隧道进行目标监测阶段划分,并根据划分的各监测阶段进行对应的开挖安全信息监测,进而对监测的各监测阶段对应的开挖安全信息进行分析,有效的解决了当前没有根据双线隧道开挖流程进行针对性的隧道开挖安全监测的问题,大幅度提高了对双线隧道开挖过程中的安全监测效率,实现了对双线隧道来挖过程的全流程监测和多方位监测,提升了对双线隧道开挖安全监测力度和安全监测效果,同时还对双线隧道开挖过程中施工现场和施工安全信息有一个全面、及时、准确的掌握,有效的降低事故的发生概率,有力的保障了双线隧道开挖的安全性、稳定性和顺畅性。

[0039] (2) 本发明在监测阶段划分模块,通过根据目标开挖双线隧道对应的开挖流程,将该目标开挖双线隧道划分为初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段,有效的提高对双线隧道开挖安全监测的目标性,打破了当前技术对双线隧道开挖监测过程中存在的局限性,为双线隧道开挖进度提供了有力保障。

## 附图说明

[0040] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0041] 图1为本发明系统各模块连接示意图;

[0042] 图2为本发明隧道开挖安全监测模块结构示意图;

[0043] 图3为本发明监测终端布设子模块结构示意图。

## 具体实施方式

[0044] 下面将结合本发明实施以上内容仅仅是对本发明的构思所作的举例和说明,所属本技术领域的技术人员对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,只要不偏离发明的构思或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

[0045] 请参阅图1所示,一种基于人工智能的双线隧道开挖安全在线监测分析系统,包括隧道开挖基本信息获取模块、监测阶段划分模块、隧道开挖安全监测模块、隧道开挖安全分析模块和隧道开挖安全预警模块;

[0046] 所述隧道开挖安全分析模块分别与隧道开挖基本信息获取模块、隧道开挖安全监测模块和隧道开挖安全预警模块连接,监测阶段划分模块与隧道开挖安全监测模块连接。

[0047] 所述隧道开挖基本信息获取模块,用于获取目标开挖双线隧道对应的基本信息,其中目标开挖双线隧道基本信息包括目标开挖双线隧道对应的位置和目标开挖双线隧道对应的地质类型。

[0048] 本发明实施例通过获取目标开挖双线隧道对应的地质类型,扩展了目标开挖双线隧道的开挖安全分析依据,提高了后续对目标开挖双线隧道开挖安全分析的可靠性和合理性。

[0049] 所述监测阶段划分模块,用于根据目标开挖双线隧道对应的开挖流程,将该目标开挖双线隧道划分为初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段;

[0050] 需要说明的是,所述初始开挖监测阶段为目标开挖双线隧道开挖前对应的监测阶段,开挖进行监测阶段为目标开挖双线隧道开挖过程中对应的监测阶段,开挖完毕监测阶段为目标开挖双线隧道开挖完成后对应的监测阶段。

[0051] 本发明实施例在监测阶段划分模块,通过根据目标开挖双线隧道对应的开挖流程,将该目标开挖双线隧道划分为初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段,有效的提高对双线隧道开挖安全监测的目标性,打破了当前技术对双线隧道开挖监测过程中存在的局限性,为双线隧道开挖进度提供了有力保障。

[0052] 请参阅图2所述,隧道开挖安全监测模块,包括初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成安全监测子模块,分别用于对目标开挖双线隧道的初始开挖监测阶段、开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段的开挖安全信息进行监测;

[0053] 需要说明的是,请参阅图3所示,所述隧道开挖安全监测模块还包括监测终端布设子模块,所述监测终端布设子模块包括第一监测终端布设单元和第二监测终端布设单元,其具体为:

[0054] 第一监测终端布设单元用于当目标开挖双线隧道处于初始开挖监测阶段时,进行第一监测点选取,其中,第一监测点包括土壤监测点和边坡监测点,获取各第一监测点对应的位置,将若干第一监测终端布设于各第一监测点位置;

[0055] 需要说明的是,所述边坡监测点选取具体过程为:获取目标开挖双线隧道对应的位置,将目标开挖双线隧道对应的两侧边坡进行等间距划分方式,将目标开挖双线隧道划分为各边坡检测段,获取各边坡检测段对应的中心点位置,将各边坡检测段对应的中心点记为边坡监测点,进而获取目标开挖双线隧道对应的各边坡监测点。

[0056] 第二监测终端布设单元用于当目标开挖双线隧道处于开挖进行监测阶段时,进行第二监测点选取,其中,第二监测点包括位移监测点和环境监测点,获取各第二监测点对应的位置,将若干第二监测终端布设于各第二监测点位置;

[0057] 进一步地,位移监测点包括地表位移监测点和洞面位移监测点,其具体选取过程为:将目标开挖双线隧道内部地表划分为各地表监测区域,在各地表监测区域进行监测点布设,将选取的监测点记为地表位移监测点,同时将目标开挖双线隧道内部隧道两侧和隧道顶部按照平面网格时的划分方式,划分为各洞面检测区域,将各洞面检测区域对应的中心点记为洞面位移监测点。

[0058] 示例性地,所述初始开挖安全监测子模块具体监测过程如下:

[0059] 获取各选取的土壤监测点位置,利用第一监测终端中的土壤监测终端对各土壤监测点位置对应的土壤含水量和土壤硬度进行监测,获取各土壤监测点位置对应的土壤含水量和土壤硬度;

[0060] 获取各选取的边坡监测点位置,利用第一监测终端中的位置监测终端按照预设监测时间间隔对各边坡监测点的位置进行监测,获取各监测时间点各边坡监测点对应的位置。

[0061] 在一个具体实施例中,土壤监测终端为土壤含水量检测仪和土壤硬度检测仪,边坡监测终端为GPS定位仪。

- [0062] 示例性地,所述开挖进行安全监测子模块具体监测过程包括以下步骤:
- [0063] 获取选取的各地表位移监测点位置和各洞面位移监测点位置,利用第二监测终端中的位移监测终端按照预设位移监测时间间隔对各地表位移监测点和各洞面位移监测点进行监测,获取各地表位移监测点和各洞面位移监测点对应的位移量;
- [0064] 需要说明的是,各地表位移监测点各洞面位移监测点对应的位移量获取过程为:获取各地表位移监测点、各洞面位移监测点在各位移监测时间间隔内对应的监测值,将第一位移监测时间内段对应的监测值记为初始监测值,同理,将最后一位移监测时间段内对应的监测值记为位移监测值,将各地表位移监测点、各洞面位移监测点对应的位移监测值与其初始监测值进行对比,获取各地表位移监测点和各洞面位移监测点对应的位移量。
- [0065] 获取选取的各环境监测点的位置,利用第二监测终端中的环境监测终端,对各环境监测点位置进行监测,获取各环境监测点位置各环境参数对应的数值,将各环境参数对应的数值记为 $h_w$ , $w=1,2,\dots,q$ 。
- [0066] 在一个具体实施例中,位移监测终端为位移传感器,环境监测终端包括气体传感器、温度传感器、湿度传感器、粉尘浓度传感器和振动传感器;环境参数包括甲烷浓度、氧气浓度、二氧化碳浓度、粉尘浓度、温度、湿度和振动频率,环境参数作为隧道开挖安全的一大重大影响因素,通过对环境参数进行多监测点布设,大大的提高了隧道内部环境参数监测数值的准确性和可靠性,同时通过对地表和洞面进行监测点布设和位移监测,在一定程度上降低了隧道坍塌和地面沉降所造成的风险。
- [0067] 具体地,所述开挖进行安全监测子模块还包括对开挖隧道的损伤进行监测,其具体为:将目标双线隧道内部两侧面和顶面划分为各损伤检测区域,利用摄像头对目标开挖双线隧道内部各损伤检测区域进行图像采集,获取各目标开挖隧道隧道各损伤检测区域对应的图像。
- [0068] 通过对隧道内部损伤进行监测,有效的预防了隧道损伤对施工人员带来的安全隐患,实现了对隧道开挖过程中出现问题的“早发现和早处理”。
- [0069] 又一示例性地,所述开挖完成安全监测子模块对应的具体监测过程为:当目标开挖双线隧道处于开挖完毕监测阶段时,将目标开挖双线隧道划分为各隧道段,按照预设采集时间间隔利用第一收敛计对目标开挖双线隧道中各隧道段对应的水平收敛量进行监测,同时按照预设采集时间间隔利用第二收敛计对目标开挖双线隧道中各隧道段对应的垂直收敛量进行监测,将各采集时间段记为各收敛采集时间段,获取目标开挖双线隧道中各收敛采集时间段各隧道段对应的水平收敛量和垂直收敛量,其中,第一收敛计和第二收敛计的采集时间间隔为一致;
- [0070] 所述隧道开挖安全分析模块,用于对初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成监测子模块对应监测的开挖安全信息进行分析,统计目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数、开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数,并判断预警状态;
- [0071] 在一个具体实施例中,所述对初始开挖安全监测子模块、开挖进行安全监测子模块和开挖完成监测子模块对应监测的开挖安全信息进行分析的具体分析过程如下:
- [0072] 第一步、获取初始开挖安全监测子模块监测的各土壤监测点对应的土壤含水量、土壤硬度和各边坡监测点各采集时间段对应的位置,确认目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的初始位置坐标和各目标位置坐标;

[0073] 需要说明的是,所述确认目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的初始位置坐标和目标位置坐标的具体确认过程包括以下步骤:

[0074] A1、根据各土壤监测点对应的土壤含水量和土壤硬度,利用平均值计算方法获取目标开挖双线隧道对应的平均土壤硬度和平均土壤湿度,将目标开挖双线隧道对应的平均土壤硬度和平均土壤湿度分别记为目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度和目标分析土壤湿度,将目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度和目标分析土壤湿度分别标记为TY和TS;

[0075] A2、根据各边坡监测点各采集时间点对应的位置,将各边坡监测点各采集时间点对应的位置转化为坐标形式,获取各边坡监测点各采集点对应的位置坐标,将第一个采集时间点各边坡监测点对应的位置坐标标记为各边坡监测点对应的初始位置坐标,将非第一个采集点各边坡监测点对应的位置坐标标记为各边坡监测点对应的目标位置坐标,获取各目标位置坐标对应的采集时间点,将各边坡监测点对应的各目标位置坐标按照其采集时间点先后依次进行编号,依次标记为 $1, 2, \dots, t, \dots, k$ ,将各边坡监测点对应的初始位置坐标标记为 $Z_i(x_0^i, y_0^i)$ , $i$ 表示边坡监测点编号, $i=1, 2, \dots, u$ ,将各边坡监测点对应的各目标位置坐标标记为 $M_i^t(x_i^t, y_i^t)$ , $t$ 表示目标位置坐标编号, $t=1, 2, \dots, k$ 。

[0076] 第二步、获取开挖安全监测子模块监测的各地表位移监测点对应的位移量、各洞面监测点对应的位移量、各环境监测点位置各环境参数对应的数值和目标开挖双线隧道各损伤检测区域对应的图像,确认目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量、各目标分析环境参数对应的数值和目标分析裂纹信息;

[0077] 需要说明的是,确认目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量、各目标分析环境参数对应的数值和目标分析裂纹信息的具体确认过程为:

[0078] B1、根据各地表位移监测点对应的位移量、各洞面监测点对应的位移量,利用平均值计算方法计算目标开挖双线隧道内部对应的平均地表位移量、平均洞面位移量,同时根据各环境监测点位置各环境参数对应的数值,筛选出目标开挖双线隧道内部各环境参数对应的最大值;

[0079] B2、将目标开挖双线隧道内部对应的平均地表位移量、平均洞面位移量和目标开挖双线隧道内部各环境参数对应的最大值分别记为目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量和各目标分析环境参数对应的数值;

[0080] B3、根据目标开挖双线隧道各损伤检测区域对应的图像,对各图像进行降噪和滤波处理,获取处理的图像,提取目标开挖双线隧道各损伤检测区域图像中裂缝对应的轮廓,获取目标开挖双线隧道各损伤检测区域对应的裂缝数量、各损伤检测区域对应的裂缝长度和裂缝宽度,统计目标开挖双线隧道对应的裂缝条数,并获取目标双线隧道对应的平均裂缝长度和平均裂缝宽度,将目标开挖双线隧道对应的裂缝条数、目标双线隧道对应的平均裂缝长度和平均裂缝宽度均记为目标分析裂纹信息。

[0081] 第三步、获取目标开挖双线隧道中各收敛采集时间段各隧道段对应的水平收敛量和垂直收敛量,筛选出目标开挖双线隧道中各隧道段对应的最大水平收敛量和最大垂直收敛量,将目标开挖双线隧道中各隧道段对应的最大水平收敛量和最大垂直收敛量记为目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量和目标垂直收敛量,将目标开挖双线隧道

中各隧道段依次标记为1,2,...d,...p。

[0082] 在一个具体实施例中,所述目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数、开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数对应的具体统计过程如下:

[0083] 1)根据目标开挖双线隧道对应的地质类型,将目标开挖双线隧道对应的地质类型与预设的各开挖危险权重对应的地质类型进行对比,得到目标开挖双线隧道地质类型对应的开挖危险权重值,并标记为 $\eta$ ;

[0084] 2)根据目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的初始位置坐标和各目标位置坐标,利用计算公式计算目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的位置变化量和位置变化率;

[0085] 示例性的,所述目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的位置变化量计算公式为:

$$BH_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^k (x_i^t - x_0^i)^2 + (y_i^t - y_0^i)^2}{k-1}}, \quad BH_i \text{ 表示目标开挖双线隧道第 } i \text{ 个边坡监测点对应的位置}$$

变化量,k采集目标位置坐标数量。

[0086] 示例性的,所述目标开挖双线隧道各边坡监测点对应的位置变化率计算公式为

$$BF_i = \frac{BH_i}{T}, \quad BF_i \text{ 表示目标开挖双线隧道第 } i \text{ 个边坡监测点对应的位置变化率}, T \text{ 为采集时间}$$

长度,其中,T表示第1个采集时间段与第k个采集时间段之间的时间间隔。

[0087] 3)将目标开挖双线隧道对应的目标分析土壤硬度、目标分析土壤湿度、各边坡监测点对应的位置变化量、位置变化率和目标开挖双线隧道地质类型对应的开挖危险权重值代入初始开挖安全指数计算公式中,获取目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数,并标记为 $\delta$ ;

[0088] 示例性的,所述初始开挖安全指数计算公式为

$$\delta = \left[ \varepsilon_1 * \frac{YT}{|TY-YT|+1} + \varepsilon_2 * \frac{YS}{|TS-YS|+1} + \varepsilon_3 * \frac{1}{u} \sum_{i=1}^u \left( \mu_1 * \frac{YH}{|BH_i-YH|} + \mu_2 * \frac{YF}{|BF_i-YF|} \right) \right] * \eta, \quad YT, YS,$$

YH,YF分别为预设的许可开挖土壤硬度、许可开挖土壤湿度、许可边坡位移变化量、许可边坡变化率, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ 为预设修正系数, $\mu_1, \mu_2$ 分别为边坡位置变化量对应的权重值、边坡位置变化率对应的权重值,u表示边坡监测点数量。

[0089] 4)将目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量和各目标分析环境参数对应的数值代入开挖过程安全指数计算公式中,获取目标开挖双线隧道对应的开挖过程安全指数,并标记为 $\gamma$ ;

[0090] 示例性的,开挖过程安全指数计算公式为

$$\gamma = \sigma_1 * \ln \frac{YD}{DL+1} + \sigma_2 * \ln \frac{YM}{ML+1} + \sigma_3 * \sum_{w=1}^q \frac{1}{|h_w - yh_w|} + \sigma_4 * \left( \ln \frac{YC}{LC} + \ln \frac{YK}{LK} \right)^{\frac{FS}{YE}}, \quad DL, ML, h_w \text{ 分别}$$

表示目标开挖双线隧道对应的目标分析地表位移量、目标分析洞面位移量、各目标分析环境参数对应的数值,YD,YM,yh<sub>w</sub>分别为预设的许可地表位移量、许可洞面位移量、各环境参数对应的许可数值, $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ 为预设系数,YC,YK,YE分别为预设许可裂缝长度、许可裂缝宽度、许可裂缝条数,LC,LK,FS分别为目标开挖双线隧道对应的平均裂缝长度、平均裂缝宽度、裂缝条数。

[0091] 5) 将目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量和目标垂直收敛量代入开挖完毕安全指数计算公式中,获取目标开挖双线隧道对应的开挖完毕安全指数,并标记为 $\lambda$ 。

[0092] 示例性的,开挖完毕安全指数计算公式为

$$\lambda = \varpi_1 * \frac{1}{p} * \sum_{d=1}^p \frac{YP}{PS_d} * \zeta_1 + \varpi_2 * \frac{1}{p} * \sum_{d=1}^p \frac{YG}{GS_d} * \zeta_2, PS_d, GS_d \text{ 分别为目标开挖双线隧道中各隧道段对应的目标水平收敛量、目标垂直收敛量, } YP, YG \text{ 分别为预设的隧道许可水平收敛量、隧道许可垂直收敛量, } \varpi_1, \varpi_2 \text{ 为预设补偿系数, } \zeta_1, \zeta_2 \text{ 为预设的修正因子, } p \text{ 表示隧道段数量。}$$

[0093] 在另一个具体实施例中,所述隧道开挖安全分析模块中判断预警状态的具体判断过程为:

[0094] 获取目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数,将目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数与预设的预警初始开挖安全指数进行对比,若目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数大于或者等于预设的预警初始开挖安全指数,则将该目标开挖双线隧道对应初始开挖监测阶段的状态记为需求预警,反之则记为无需预警;

[0095] 获取目标开挖双线隧道对应的开挖过程安全指数和开挖完毕安全指数,并将其分别按照目标开挖双线隧道对应的初始开挖安全指数的方式进行判断,进而获取目标开挖双线隧道对应开挖进行监测阶段和开挖完毕监测阶段的预警状态。

[0096] 本发明实施例通过对采集的各安全监测阶段监测开挖安全信息进行分析,有效的解决了当前没有根据双线隧道开挖流程进行针对性的隧道开挖安全监测的问题,大幅度提高了对双线隧道开挖过程中的安全监测效率,实现了对双线隧道来挖过程的全流程监测和多方位监测,提升了对双线隧道开挖安全监测力度和安全监测效果,同时还对双线隧道开挖过程中施工现场和施工安全信息有一个全面、及时、准确的掌握,有效的降低事故的发生概率,有力的保障了双线隧道开挖的安全性、稳定性和顺畅性。

[0097] 所述隧道开挖安全预警模块,用于当某监测阶段的状态为需求预警时,发送预警指令至目标开挖双线隧道对应的远程控制终端,进行预警,通过进行预警在一定程度上有效的提高了对双线隧道预警信号的响应效率,促进了对预警信息的处理进程。

[0098] 以上内容仅仅是对本发明的构思所作的举例和说明,所属本技术领域的技术人员对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,只要不偏离发明的构思或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

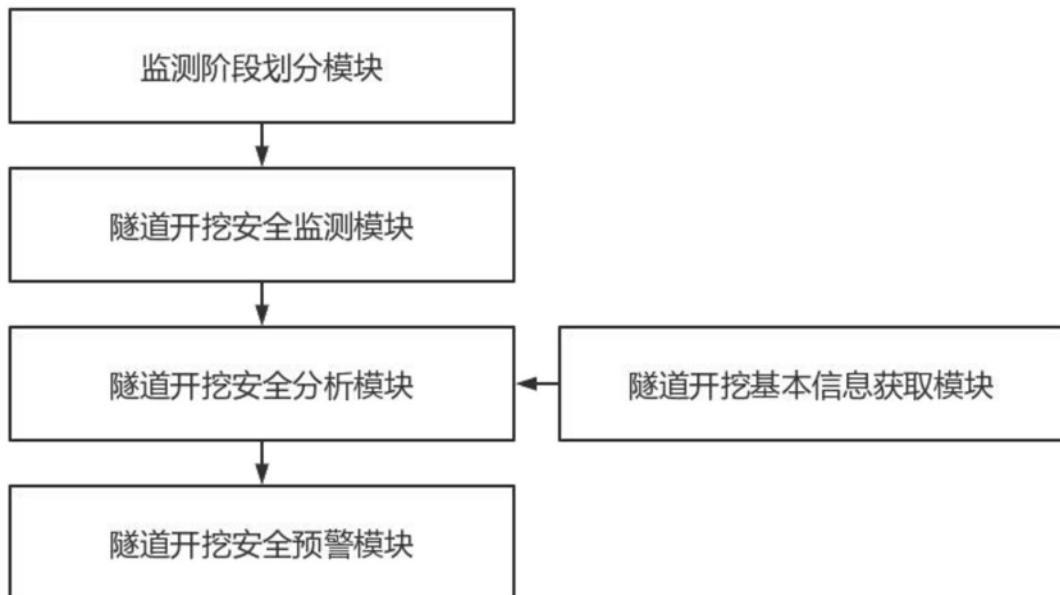


图1



图2



图3