



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106023530 A

(43)申请公布日 2016. 10. 12

(21)申请号 201610398015.7

(22)申请日 2016.06.07

(71)申请人 长安大学

地址 710064 陕西省西安市碑林区南二环中段33号

(72)发明人 霍艾迪 党剑 王菊翠 汪洁
李则成 王磊 曹哲 袁靖

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 徐文权

(51) Int. Cl.

G08B 21/10(2006.01)

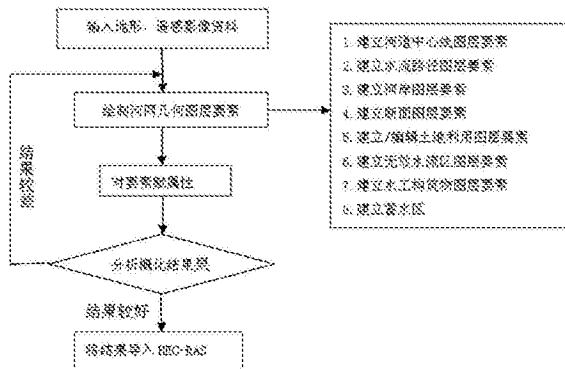
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置及方法

(57)摘要

一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置及方法,装置包括多要素气象站单元、泥水位报警器单元及视频监控器单元;当泥石流形成区发生降雨时,多要素气象站单元开始采集雨量数据,并将数据传输至远端的综控中心;当降雨量达到或超过泥石流形成的临界雨量值时,发出首次预警预报信号;当泥石流汇入到主沟的上中游并超过安全阈值时,临界泥位阈值时发出二次报警信号;当泥石流达到预定位置的上下观测断面并超过临界值时,发出紧急报警信号;综控中心利用计算机对发回的数据分析处理,实时在线绘制数据曲线,完成数据存储,并根据各监测区域的预报预警信号综合发布预报预警方案。本发明能够对雨量、泥水位、视频数据自动采集、记录、处理,提高了效率。



1. 一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置,其特征在於:包括多要素气象站单元(4)、泥水位报警器单元(5)以及视频监测器单元(6);

所述的多要素气象站单元(4)包括雨量采集模块、风速传感器、风向感应器、气温采集模块、气压采集模块以及湿度采集模块;所述的泥水位报警器单元(5)包括用于检测水或饱和泥水的数据采集报警仪、用于在泥石流发生初期对泥水位变化进行实时监测的激光物位探头、用于发出指定报警音的报警音响以及用于数据接收处理并能够进行无线发送的计算机;所述的视频监测器单元(6)包括能够全天候移动侦测录像的摄像头。

2. 根据权利要求1所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置,其特征在於:所述多要素气象站单元(4)、泥水位报警器单元(5)及视频监测器单元(6)均采用太阳能电池供电。

3. 根据权利要求1所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置,其特征在於:所述的多要素气象站单元(4)、泥水位报警器单元(5)以及视频监测器单元(6)分别通过遥测终端和通讯终端实现数据的自动采集与传输。

4. 根据权利要求1所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置,其特征在於:所述的多要素气象站单元(4)包括安装支架(4-5),安装支架(4-5)上固定有太阳能电池板(4-2)与电池盒(4-6),所述的雨量采集模块为设置在安装支架(4-5)上的降水收集漏斗(4-4),风速传感器为固定在安装支架(4-5)正前方顶部的风速计(4-1),所述的风向感应器为固定在安装支架(4-5)正前方底部的风向标(4-7),安装支架(4-5)上还设置有水准仪(4-3)。

5. 根据权利要求1所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置,其特征在於:所述的泥水位报警器单元(5)采用激光水位计。

6. 根据权利要求1所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置,其特征在於:所述的视频监测器单元(6)包括采集镜头(6-1),用于检测光线强弱的光敏电阻(6-4),用于夜间补光的阵列大灯(6-3)以及用于对视频信号进行无线传输的WIFI天线(6-2)。

7. 一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法,其特征在於,包括以下步骤:

步骤一、当泥石流形成区发生降雨时,多要素气象站单元(4)开始采集雨量数据,并将数据传输至远端的综控中心;

步骤二、当降雨量达到或超过泥石流形成的临界雨量值时,发出首次预警预报信号;

步骤三、当泥石流汇入到主沟的上中游并超过安全阈值时,安装于主沟上中游的泥水位报警器单元(5)被启动,临界泥位阈值时发出二次报警信号;

步骤四、当泥石流达到预定位置的上下观测断面并超过临界值时,发出紧急报警信号;

步骤五、综控中心利用计算机对发回的数据进行分析处理,实时在线绘制数据曲线,完成数据存储,并根据各监测区域的预报预警信号综合发布预报预警方案。

8. 根据权利要求7所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法,其特征在於,所述的步骤二得到泥石流形成临界雨量值的方法包括:首先通过SWAT模型建立降雨和径流的关系;然后通过3S技术中的HEC-RAS与HEC-GeoRAS插件建立径流和致灾程度的关系;以此对淹没范围及水深分布进行计算,确定淹没范围的临界降雨量值。

9. 根据权利要求8所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法,其特征在於:建立SWAT模型具体方法如下:结合数字高程模型DEM,通过SWAT模型将流域划分成若干个子流域;加载土地利用图、土壤类型图,再进行重分类,对坡度进行分类之后,将所有图层叠加,生成若干个水文响应单元,每个水文响应单元内土地利用、土壤类型和坡度相同;

模型中用到的土壤数据分为物理属性数据和化学属性数据;物理属性数据包括土壤分层数、各层厚度、土壤颗粒组成、土壤水文分组以及饱和水力传导系数;化学属性为土壤中氮、磷的初始浓度;土地利用数据在建模时将数据源的分类代码转化成SWAT模型能够识别的代码;土地利用数据与气象数据录入到Excel表格后,均按模型要求以DBF格式文件存储;

参数敏感性分析和率定通过对参数进行敏感性分析,选取敏感性等级最高的参数,进行模型率定;调整过程中,先调整月径流,再调整日径流,先调整基流,再调整直接径流;采用ArcSWAT提供的参数敏感度分析模块进行参数敏感性分析,根据模型参数敏感性分析的结果,对径流过程敏感性的参数进行校正;根据以上过程建立降雨与径流之间的关系。

10. 根据权利要求8所述的暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法,其特征在于,所述的步骤三临界泥位阈值的获取方法为:首先通过建立泥位要素与泥石流灾害规模之间的关系,然后分析泥位要素与泥石流灾害预警报警警戒级别之间的对应关系,通过实测沟道断面积和数学模型计算,确定泥位阈值,最终建立泥位监测预报预警系统;

具体地,利用ArcGIS软件及其插件HEC-GeoRAS对研究区域的河网几何资料进行提取;在ArcMap中,利用GIS的空间分析功能,将研究区的DEM数字高程模型转化为TIN模型,建立流域的数字地形模型,然后叠加SPOT卫星遥感影像,对研究区的河网几何资料进行概化处理;实际调查泥石流区概化河段,对不同图层的数据概化步骤类似,即首先导入地形和遥感影像资料,导入之前对数据进行投影转换;然后对不同图层要素进行概化,如果需要的图层要素已经有相应的矢量资料,则将矢量资料投影转换后直接导入到HEC-GeoRAS中,若没有则根据地形图和遥感影像资料勾画相应的图层,然后对该图层进行赋属性;所有河网几何资料概化后,将其结果导入到HEC-RAS中作为模型的几何基础数据,然后将SWAT模型计算的各流域出口处径流量作为HEC-RAS的初始条件,并对模型的边界条件及流态进行设定,在此基础上对泥石流的演进进行模拟,根据模拟结果设定不同的报警级别。

一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于地质灾害监测领域,具体为一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置及方法。

背景技术

[0002] 山洪(泥石流)灾害的影响已由过去的农业扩展到城市、工业、生态环境等诸多领域。泥石流是黄土高原常见的一种地质灾害,它爆发突然,来势凶猛而迅速,破坏力强,对黄土高原区的工农业生产和人民生活造成了严重的危害。突发的泥石流往往冲进村庄和城镇,毁坏房屋、工厂、企事业单位以及各种设备和设施,还掩埋人畜和农田,甚者造成村毁人亡。临监测警报即零小时到数小时内的预报,是依据每小时的雨量图、雨势情报、危险前兆、监测仪器制定依据,对城镇、工矿和交通运输部门的泥石流临灾避难与救助有重要意义。

[0003] 传统的泥石流监测预报预警方法是在野外建立简易监测点,采用简易的观测方法,即主要利用人工观测雨量和发生泥石流后的预警,检测仪器科技含量不高,方法单一,存在监测精度差、成果不及时和可靠度不够的问题,遇到雷雨天气通讯难以畅通,特别是夜间,监测预警很难实施。因此,亟待提供一种改进的泥石流监测预报预警装置及方法以克服上述缺陷。

[0004] 目前中国专利“一种接触式泥石流监测装置”(公开号:CN205140157U),公开的监测装置是一种接触式且采用光纤光栅传感器作为主要部件的装置,其功能结构单一,只能在泥石流已经发生的情况下监测,没有起到预报的效果;中国专利“一种泥石流监测预警系统及方法”(公开号:CN105096533A),公开的系统是一种基于泥石流发生时的力学条件为监测对象的系统,该方法仅仅考虑了泥石流发生的力学条件,并没有过多考虑发生泥石流的其他充分必要条件,所以在真正的泥石流全过程监测预警方面还存在缺陷。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于针对上述现有技术中的问题,提供一种暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置及方法,旨在解决泥石流观测和量化困难的问题,实现全自动监测预报泥石流的爆发,实时、快速、准确、全程地监测和收集有关泥石流形成、运动规律、灾害程度等多方面的信息数据,从而实现及时防护和避险,保障人们的生命和财产安全,有效降低泥石流的危害性。

[0006] 为了实现上述目的,本发明暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置包括多要素气象站单元、泥水位报警器单元以及视频监测器单元;所述的多要素气象站单元包括雨量采集模块、风速传感器、风向感应器、气温采集模块、气压采集模块以及湿度采集模块;所述的泥水位报警器单元包括用于检测水或饱和泥水的数据采集报警仪、用于在泥石流发生初期对泥水位变化进行实时监测的激光物位探头、用于发出指定报警音的报警音响以及用于数据接收处理并能够进行无线发送的计算机;所述的视频监测器单元包括能够全天候移动侦测录像的摄像头。

[0007] 所述的多要素气象站单元、泥水位报警器单元及视频监测器单元均采用太阳能电池供电。

[0008] 所述的多要素气象站单元、泥水位报警器单元以及视频监测器单元分别通过遥测终端和通讯终端实现数据的自动采集与传输。

[0009] 所述的多要素气象站单元包括安装支架,安装支架上固定有太阳能电池板与电池盒,所述的雨量采集模块为设置在安装支架上的降水收集漏斗,风速传感器为固定在安装支架正前方顶部的风速计,所述的风向感应器为固定在安装支架正前方底部的风向标,安装支架上还设置有水准仪。

[0010] 所述的泥水位报警器单元采用潍坊金水华禹信息科技有限公司生产的激光水位计。

[0011] 所述的视频监测器单元包括采集镜头,用于检测光线强弱的光敏电阻,用于夜间补光的阵列大灯以及用于对视频信号进行无线传输的WIFI天线。

[0012] 本发明暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法采用的技术方案,包括以下步骤:

[0013] 步骤一、当泥石流形成区发生降雨时,多要素气象站单元开始采集雨量数据,并将数据传输至远端的综控中心;

[0014] 步骤二、当降雨量达到或超过泥石流形成的临界雨量值时,发出首次预警预报信号;

[0015] 步骤三、当泥石流汇入到主沟的上中游并超过安全阈值时,安装于主沟上中游的泥水位报警器单元被启动,临界泥位阈值时发出二次报警信号;

[0016] 步骤四、当泥石流达到预定位置的上下观测断面并超过临界值时,发出紧急报警信号;

[0017] 步骤五、综控中心利用计算机对发回的数据进行分析处理,实时在线绘制数据曲线,完成数据存储,并根据各监测区域的预报预警信号综合发布预报预警方案。

[0018] 所述的步骤二得到泥石流形成临界雨量值的方法包括:首先通过SWAT模型建立降雨和径流的关系;然后通过3S技术中的HEC-RAS与HEC-GeoRAS插件建立径流和致灾程度的关系;以此对淹没范围及水深分布进行计算,确定淹没范围的临界降雨量值。

[0019] 建立SWAT模型方法如下:结合数字高程模型DEM,通过SWAT模型将流域划分成若干个子流域;加载土地利用图、土壤类型图,再进行重分类,对坡度进行分类之后,将所有图层叠加,生成若干个水文响应单元,每个水文响应单元内土地利用、土壤类型和坡度相同;

[0020] 模型中用到的土壤数据分为物理属性数据和化学属性数据;物理属性数据包括土壤分层数、各层厚度、土壤颗粒组成、土壤水文分组以及饱和水力传导系数;化学属性为土壤中氮、磷的初始浓度;土地利用数据来源于中国西部环境与生态科学数据中心,土地利用数据在建模时将数据源的分类代码转化成SWAT模型能够识别的代码;气象数据由气象科学数据共享服务中心提供;以上数据录入到Excel表格后,均按模型要求以DBF格式文件存储;

[0021] 参数敏感性分析和率定通过对参数进行敏感性分析,选取敏感性等级最高的参数,进行模型率定;调整过程中,先调整月径流,再调整日径流,先调整基流,再调整直接径流;采用ArcSWAT提供的参数敏感度分析模块进行参数敏感性分析,根据模型参数敏感性分析的结果,对径流过程敏感性的参数进行校正;根据以上过程建立降雨与径流之间的关系。

[0022] 所述的步骤三临界泥位阈值的获取方法为:首先通过建立泥位要素与泥石流灾害

规模之间的关系,然后分析泥位要素与泥石流灾害预警预报警戒级别之间的对应关系,通过实测沟道断面积和数学模型计算,确定泥位阈值,最终建立泥位监测预报预警系统;

[0023] 具体地,利用ArcGIS软件及其插件HEC-GeoRAS对研究区域的河网几何资料进行提取;在ArcMap中,利用GIS的空间分析功能,将研究区的DEM数字高程模型转化为TIN模型,建立流域的数字地形模型,然后叠加SPOT卫星遥感影像,对研究区的河网几何资料进行概化处理;实际调查泥石流区概化河段,对不同图层的数据概化步骤类似,即首先导入地形和遥感影像资料,导入之前需要对数据进行投影转换;然后对不同图层要素进行概化,如果需要的图层要素已经有相应的矢量资料,则将矢量资料投影转换后直接导入到HEC-GeoRAS中,若没有则需要根据地形图和遥感影像资料勾画相应的图层,然后对该图层进行赋属性;所有河网几何资料概化后,将其结果导入到HEC-RAS中作为模型的几何基础数据,然后将SWAT模型计算的各流域出口处径流量作为HEC-RAS的初始条件,并对模型的边界条件及流态进行设定,在此基础上对泥石流的演进进行模拟,根据模拟结果设定不同的报警级别。

[0024] 与现有技术相比,本发明暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置能够根据发生泥石流区域的具体情况,将各监测单元分别在泥石流不同区域进行布置,整体上使其成为多级泥石流监测预报预警系统。在系统运行期间,由多要素气象站单元以及泥水位报警器单元自动采集有关测量指标数据并将其发送到综合控制中心,综合控制中心实时在线显示监测数据曲线过程,完成数据存储,并根据各监测区域的预报预警信号综合确定发布预报预警方案。本发明的暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置采用全自动一体化设计,能够节省人力资源,保证工作人员安全,且监测准确、快速、方便,能够为泥石流防灾避险提供高质量的临监测警报。

[0025] 与现有技术相比,本发明暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法结合3S及数学模拟技术,能够保证实现不同条件下及早监测泥石流的形成、运动和发展,实现提前预报预警,对防灾避灾非常有实用价值。监测预警过程中自带动力并且自动控制,仪器设备集成度高,便于进行各种工况下的野外监测,在野外情况下采用有人看管、无人值守的管理模式,节省人力资源,保证了工作人员的安全,该方法对泥石流的监测精确度高,大大提高了工作效率,具有较大的推广应用价值。此外本发明系统施工安装工期短,能对突发性地质灾害及时监测预警,改变了以往泥石流监测预警主要依靠人工观测,监测方法单一,数据采集、管理、保存手段落后,夜间监测工作难等局面。而且雨量、泥水位、视频数据自动采集、记录、处理,节省了人力,提高了效率以及预报的合理性和可信度,同时报警信息的无线传输提高了预警决策的时效性。因此,本发明能够较好的实现暴雨型稀性泥石流监测预报预警。

[0026] 进一步的,本发明步骤二首次预警预报信号是否发出的判断过程具体包括:①确定分析地点所在断面的安全流量;②计算最小临界雨量;③确定年最大24h相应频率设计暴雨量;④计算临界雨量;⑤确定暴雨临界曲线参数;⑥整理泥石流时段雨量与累计雨量;⑦绘制暴雨临界曲线;⑧在暴雨临界曲线图中点绘实际时段雨量与累计雨量,结合SWAT模型判断泥石流是否发生。这种方法综合考虑了累计降雨量与降雨强度双指标,克服了以往方法仅考虑降雨强度单指标的缺陷,使得最终结果能够成为一条暴雨临界曲线,能较好地反映出由暴雨引发的山洪灾害是降雨强度与累计降雨量共同作用的结果。

附图说明

- [0027] 图1各监测单元位置布置示意图；
- [0028] 图2多要素气象站单元整体结构示意图；
- [0029] 图3泥水位报警器单元监测原理示意图；
- [0030] 图4视频监测器单元整体结构示意图；
- [0031] 图5本发明测预报预警方法流程图；
- [0032] 附图中：1.泥石流区域遥感影像底图；2.泥石流区域边界线；3.泥石流区域水系；4.多要素气象站单元；5.泥水位报警器单元；6.视频监测器单元；4-1.风速计；4-2.太阳能电池板；4-3.水准仪；4-4.降雨收集漏斗；4-5.安装支架；4-6.电池盒，4-7.风向标；6-1.采集镜头；6-2.Wifi天线；6-3.阵列大灯；6-4.光敏电阻。

具体实施方式

- [0033] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明。
- [0034] 参见图1-4,本发明暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置包括以下各单元：
- [0035] 多要素气象站单元4：在暴雨型稀性泥石流监测预报预警装置中采用六要素配置设备,设备主要包括雨量采集、风速传感器、风向感应器、气温、气压和湿度等监测设备。供电方式以太阳能电池为主,同时附加充蓄电池。
- [0036] 泥水位报警器单元5：由数据采集报警仪、激光物位探头、报警音响、计算机等组成。激光物位探头是一款非接触式测量仪器,有很强的抗干扰能力,安装、维护、使用非常方便,更适用于环境复杂的现场。它采用低功率、小盲区专用激光镜头,测量范围大、测量精度高,运行稳定,广泛用于水文水利等行业。传感器遇到水或饱和泥水时会分别发出信号,传达至数据采集报警仪,采集报警仪发出报警音,并将该警报传达至该系统,系统收到警报后显示、储存、绘制状态图并通过计算机音频发出指定报警音,同时向指定手机发出报警短信息。泥水位报警器子系统通过无线传输,探头用于泥石流发生初期对泥水位的变化进行实时监测。
- [0037] 视频监测器单元6：由摄像机、搜索探照灯及采集软件等组成。
- [0038] 摄像机有效像素为300万,支持移动侦测录像：摄像头拍摄到动态画面后,自动开始录像,且支持无动态画面不录像,更大释放了存储空间。具有全自动红外夜视功能：无需任何开关控制,通电后,自动开始工作录像,光线充足时,默认关闭夜视,光线较暗时自动开启夜视。这样即使在夜间也能对泥石流的发生具有很好的监视作用。通过视频系统对导渠内的泥水位高程进行人工判别和泥位尺核实,并按预案发出警报,引导下游人员撤离。
- [0039] 图3中,W为水位；H为激光头离水面高度, $H=L \times \sin\beta$ ；J为激光头安装的海拔高度；L为激光测量距离； β 为保护管与水平面的夹角,若 β 为 90° 时为垂直测量, $W=J-L$ ；图中的反射板提供一个随水位变化而变化的反射体；保护管保护激光束免受环境干扰,控制浮球运动方向；激光头发射一束直径为6毫米的红色激光并接收,安装时可以用激光束对保护管进行准直。最终的水位测量计算公式为 $W=J-H=J-L \times \sin\beta$ 。
- [0040] 参见图5,本发明暴雨型稀性泥石流监测预报预警方法包括以下步骤：
- [0041] 步骤一、当泥石流形成区发生降雨时,多要素气象站子系统开始采集雨量数据,并把降雨信息发回综控中心；
- [0042] 步骤二、当降雨量(或雨强)达到或超过泥石流形成临界雨量值时,首先发出预警

预报；

[0043] 步骤三、当泥石流汇入到主沟的上中游，并超过阈值时，位于上中游的泥位遥测子系统被启动，并发出二次报警信号；

[0044] 步骤四、辅助监测子系统也进入监测状态。当泥石流达到预定的上下观测断面，并超过临界值时，发出紧急报警；

[0045] 步骤五、在整个过程中，各个子系统都把各种信息数据通过有线或无线方式连续不断地送到综控中心。在综控中心利用计算机对这些数据进行分析处理，实时在线显示曲线过程及数据存储，并根据各监测区域的预报预警信号综合发布预报预警方案。

[0046] 步骤二所述的测泥石流形成的临界雨量值，即临界阈值的获取方法如下：

[0047] 得到泥石流形成的临界雨量值的方法分两个部分：一是建立降雨和径流的关系，主要通过SWAT(Soil and Water Assessment Tool)模型来实现；二是建立径流和致灾程度的关系，主要通过3S技术里面的HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)和HEC-GeoRAS插件来实现。对由降雨造成的山洪(泥石流)淹没范围及水深分布进行计算，并对山洪(泥石流)产生的淹没范围的临界降雨量阈值进行确定。

[0048] 主要思路和算法如下：①确定分析地点所在断面的安全流量；②计算最小临界雨量；③确定年最大24h相应频率设计暴雨；④计算临界雨量；⑤确定暴雨临界曲线参数；⑥整理山洪时段雨量与累计雨量；⑦绘制暴雨临界曲线；⑧在暴雨临界曲线图中点绘实际时段雨量与累计雨量，结合SWAT模型判断山洪是否发生。这种方法综合考虑了累计降雨量与降雨强度双指标，克服了以往方法仅考虑降雨强度单指标的缺陷，最终成果为一条暴雨临界曲线，能较好地反映由暴雨引发的山洪灾害是降雨强度与累计降雨量共同作用的结果。

[0049] 建立SWAT模型具体方法如下：运用物理机制较强的分布式水文模型SWAT模型对研究区降雨径流模拟。结合数字高程模型DEM，通过SWAT模型将流域划分成若干个子流域。加载土地利用图、土壤类型图，再进行重分类，对坡度分类之后，将三个图层叠加，生成若干个水文响应单元，每个水文响应单元内土地利用、土壤类型和坡度相同，因此产流机制相似。

[0050] 模型中用到的土壤数据主要包括两大类：物理属性数据和化学属性数据。物理属性主要包括土壤分层数、各层厚度、土壤颗粒组成、土壤水文分组、饱和水力传导系数等。化学属性主要是土壤中氮、磷的初始浓度。物理属性决定着土壤剖面中水和气的运动状况，并对各个水文响应单元中的水循环起着重要作用。由于是针对流域的径流量模拟，不涉及水质问题，所以主要确定土壤物理属性数据。土地利用数据来源于中国西部环境与生态科学数据中心。土地利用数据建模时将数据源分类代码转化成SWAT能够识别的代码。气象数据由气象科学数据共享服务中心提供。以上资料手工录入到Excel后，均按模型要求以DBF格式文件存储。

[0051] 参数敏感性分析和率定通过对参数进行敏感性分析，选取敏感性等级最高的参数，进行模型率定。调整过程中，先调整月径流，再调整日径流，先调整基流，再调整直接径流。采用ArcSWAT提供的参数敏感度分析模块进行参数敏感性分析，根据模型参数敏感性分析的结果，对径流过程敏感性的参数进行校正，其目的是为了模拟结果与实测径流量更加接近，提高模拟精度。根据以上过程可以建立降雨与径流之间的关系。

[0052] 步骤三所述的测泥石流形成的泥位临界值，即临界泥位阈值的获取方法如下：

[0053] 从泥位阈值主要影响因素出发，首先通过建立泥位要素与泥石流灾害规模之间的

相关关系,然后分析泥位要素与泥石流灾害预警预报警戒级别之间的对应关系,通过实测沟道断面积和数学模型计算,研究确定泥位阈值,最终建立泥位监测预报预警系统。具体方法如下:

[0054] 利用ArcGIS软件及其插件HEC-GeoRAS对研究区域的河网几何资料进行提取。在ArcMap中,利用GIS的空间分析功能,将研究区的DEM数字高程模型转化为TIN模型,建立流域的数字地形模型,然后叠加SPOT卫星遥感影像,对研究区的河网几何资料进行概化处理。根据实际调查本研究对泥石流区概化河段。对不同图层的数据概化步骤都是类似的,首先导入地形和遥感影像资料,由于后续需要对概化的几何资料进行距离等属性的统计,因此在导入之前需要对数据进行投影转换。然后对不同图层要素进行概化,如果需要的图层要素已经有相应的矢量资料,则可将矢量资料投影转换后直接导入到HEC-GeoRAS中,若没有则需要根据地形图和遥感影像资料勾画相应的图层,然后对该图层进行赋属性。所有河网几何资料概化后,将其结果导入到HEC-RAS中作为模型的几何基础数据,然后将SWAT计算的各流域出口处的径流量作为HEC-RAS的初始条件,并对模型的边界条件及流态进行设定,在此基础上对山洪(泥石流)的演进进行模拟。根据模拟结果设定不同的报警级别。

[0055] 以上给出的为本发明的具体实施例,需要说明的是本发明并不局限于以上具体实施例,凡在本申请技术方案基础上所做的等同变换均落入本发明的保护范围之内。

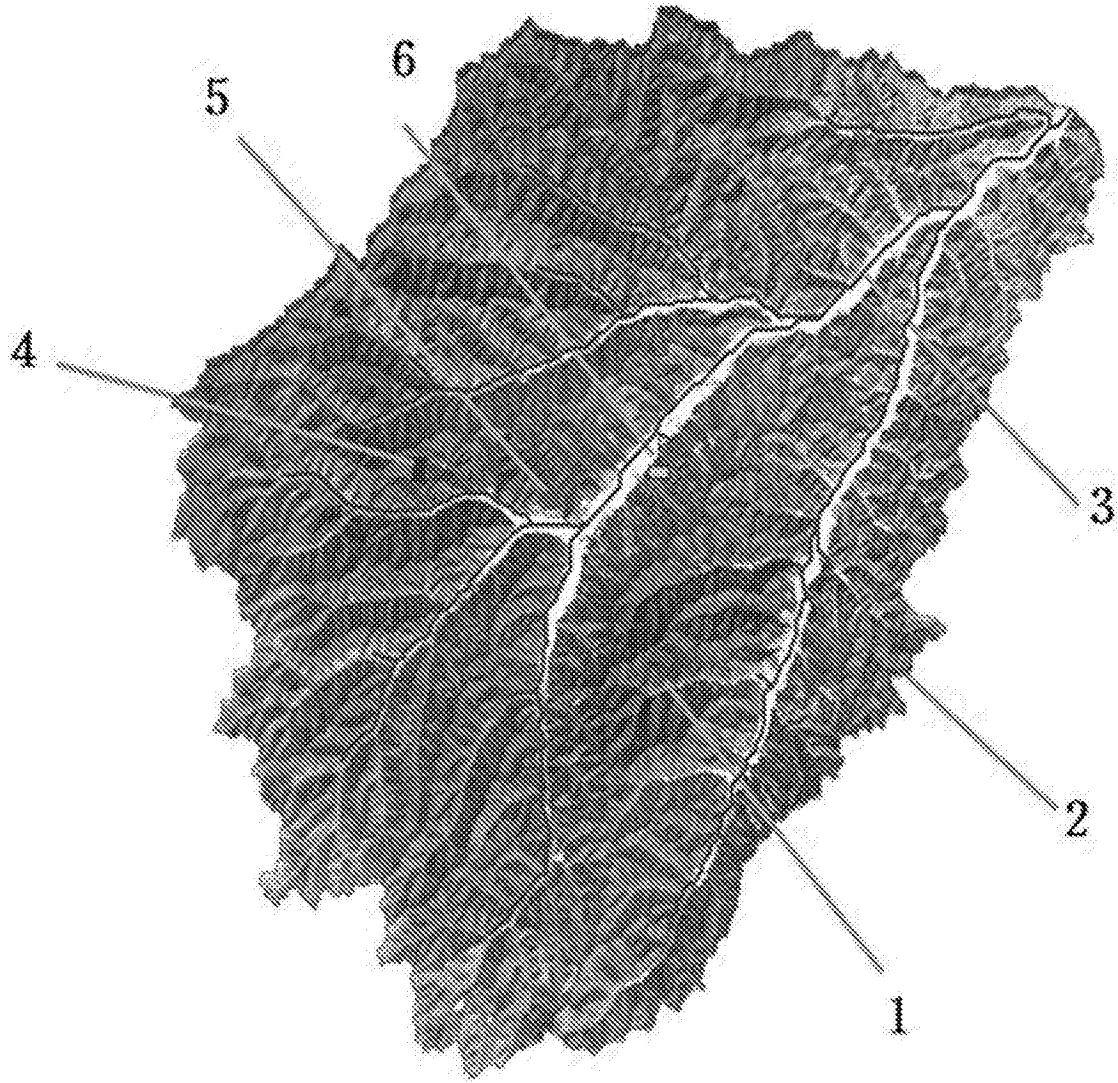


图1

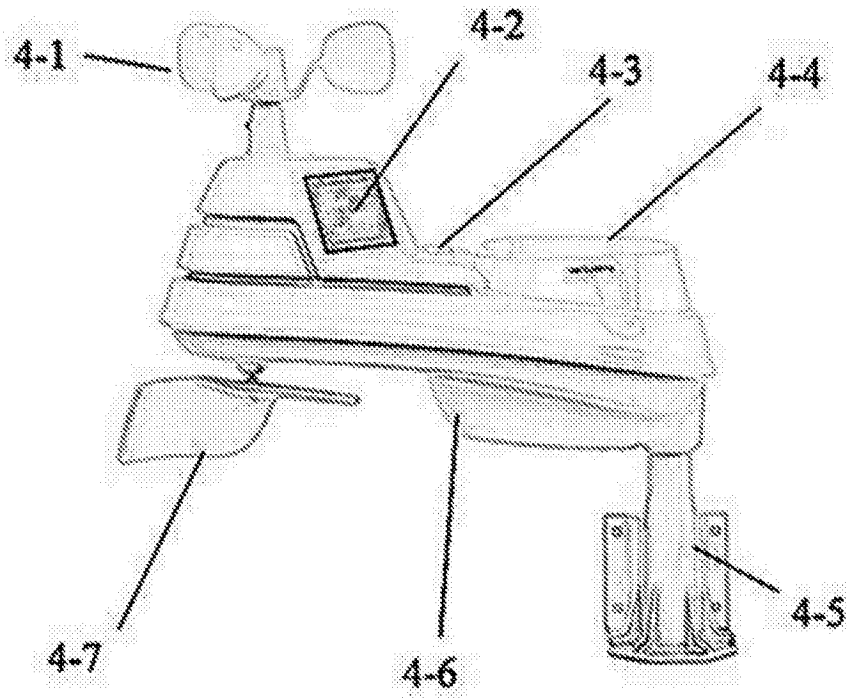


图2

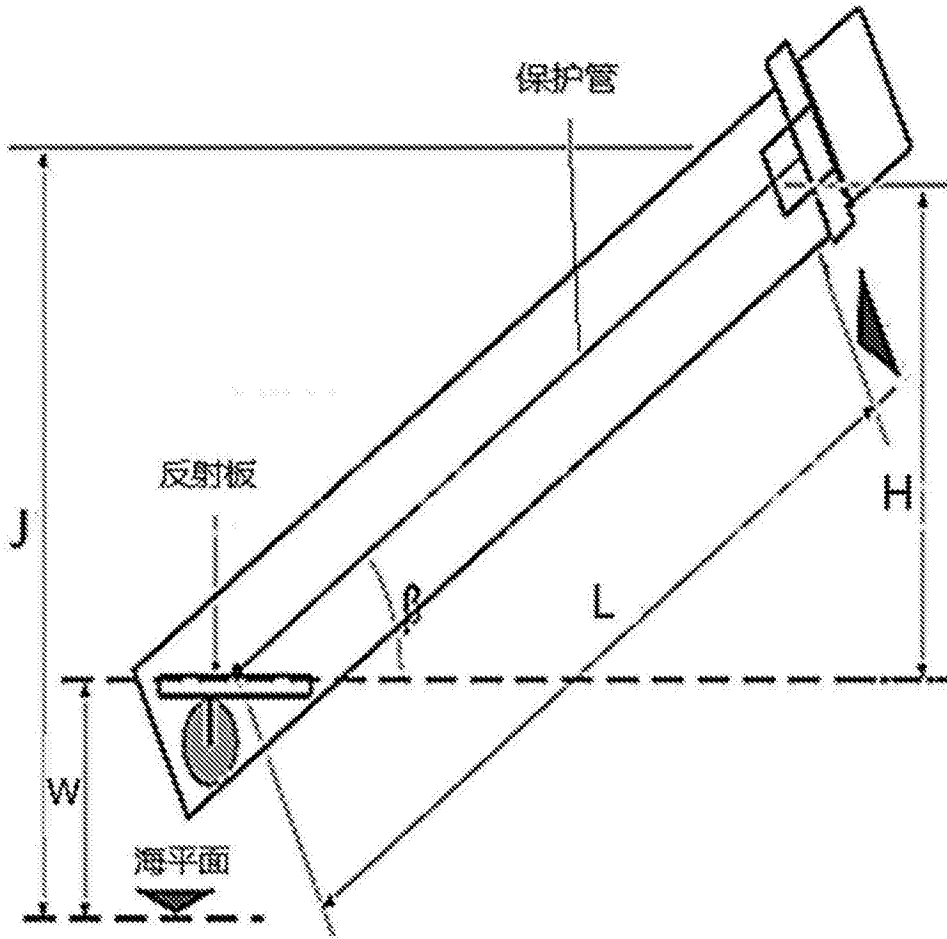


图3

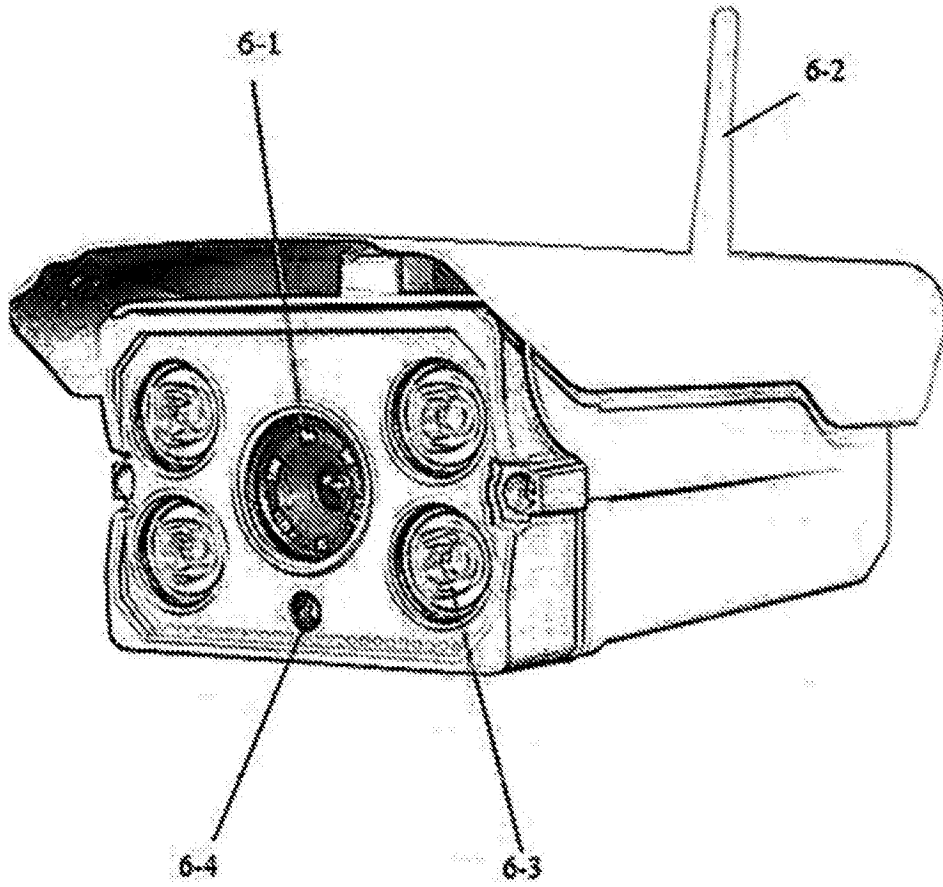


图4

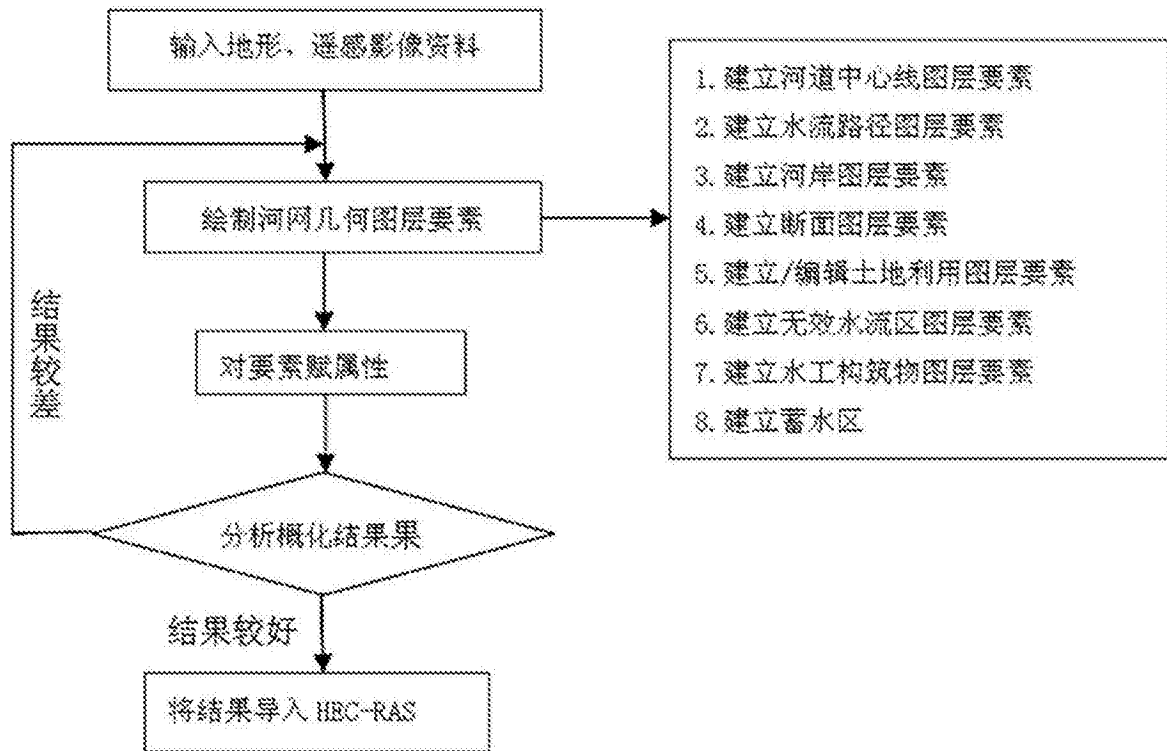


图5