



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115597659 B

(45) 授权公告日 2023.04.14

(21) 申请号 202211154079.4

G06V 40/10 (2022.01)

(22) 申请日 2022.09.21

G06V 20/17 (2022.01)

G06V 20/40 (2022.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115597659 A

(43) 申请公布日 2023.01.13

(73) 专利权人 山东锐翊电力工程有限公司

地址 255000 山东省淄博市高新区开发区  
北路48号

专利权人 北京众翊鑫源科技有限公司  
山东众源信息科技有限公司

(72) 发明人 欧健 孙磊 刘道寰 宋斌 孙鹏

乔剑 王佳 路宴鹏 周倩 栾薇

(74) 专利代理机构 北京易捷胜知识产权代理有

限公司 11613

专利代理师 李会娟 孙晓淑

(56) 对比文件

CA 3094424 A1, 2020.12.21

CN 105956232 A, 2016.09.21

CN 110009218 A, 2019.07.12

CN 110765528 A, 2020.02.07

CN 111091609 A, 2020.05.01

CN 111143959 A, 2020.05.12

CN 111412833 A, 2020.07.14

CN 112235537 A, 2021.01.15

CN 112465401 A, 2021.03.09

CN 113763203 A, 2021.12.07

CN 114092537 A, 2022.02.25

CN 114115317 A, 2022.03.01

CN 114494630 A, 2022.05.13

CN 114741768 A, 2022.07.12

CN 114998197 A, 2022.09.02

US 2011043515 A1, 2011.02.24

US 2018095478 A1, 2018.04.05 (续)

审查员 凌冰

(51) Int. Cl.

G01D 21/02 (2006.01)

G01S 19/42 (2010.01)

G01S 19/41 (2010.01)

H02J 13/00 (2006.01)

G06T 17/00 (2006.01)

G06T 7/70 (2017.01)

权利要求书3页 说明书14页 附图5页

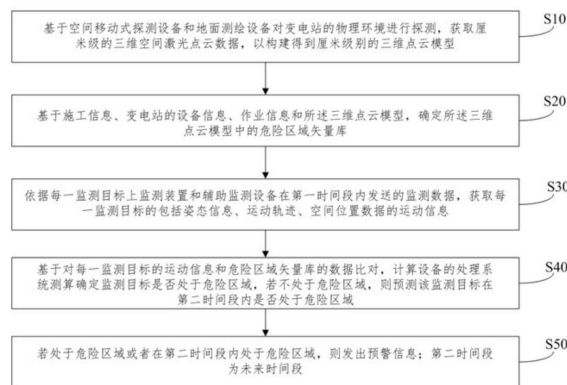
(54) 发明名称

一种变电站智能安全管控方法

(57) 摘要

本公开实施例涉及一种变电站智能安全管控方法,该方法包括:基于空间移动式探测设备和地面测绘设备对变电站的物理环境进行探测,构建厘米级别定位精度的三维点云模型;确定三维点云模型中的危险区域矢量库;依据每一监测目标上监测装置和辅助监测设备在第一时间段内发送的监测数据,获取每一监测目标的运动信息;基于对每一监测目标的运动信息和危险区域矢量库的数据比对,处理系统测算确定监测目标是否处于危险区域,若否,则预测该监测目标在第二时间段内是否处于危险区域;若处于危险区

域或在第二时间段内处于危险区域,发出预警信息。应用本发明方法的变电站均可整体提高变电站现场作业安全管控的效率,实现智能化、自主化、一体化的管理。



CN 115597659 B

[接上页]

**(56) 对比文件**

US 2019035146 A1, 2019.01.31

US 2019236373 A1, 2019.08.01

US 2022113421 A1, 2022.04.14

WO 2021036635 A1, 2021.03.04

WO 2022021739 A1, 2022.02.03

张博 等. 智能变电站变电运维安全管控及难点分析. 无线互联科技. 2021, 第18卷(第21期), 全文.

周仕炜 等. 变电站带电水冲洗机器人的视觉系统标定方法. 机械与电子. 2019, 第37卷(第9期), 全文.

梅天灿; 左治江; 王刚; 李仁威; 李连杰; . 危险边坡智能监测及预报警综合系统的构建. 江汉大学学报(自然科学版). 2020, (第02期), 全文.

窦林名; 王盛川; 巩思园; 蔡武; 李小林; . 冲击矿压风险智能判识与监测预警云平台. 煤炭学报. 2020, (第06期), 全文.

1. 一种变电站智能安全管控方法,其特征在于,所述方法包括:

S10、基于空间移动式探测设备和地面测绘设备对变电站的物理环境进行探测,获取厘米级别定位精度的三维空间激光点云数据,以构建得到厘米级别定位精度的三维点云模型;

S20、基于施工信息、变电站的设备信息、作业信息和所述三维点云模型,确定所述三维点云模型中的危险区域矢量库;

S30、依据每一监测目标上监测装置和辅助监测设备在第一时间段内发送的监测数据,获取每一监测目标的包括姿态信息、运动轨迹、空间位置数据的运动信息;

所述监测目标包括:移动式施工设备和作业人员;监测装置为固定在监测目标本体或监测目标的移动端的使用RTK定位技术的监测装置;

所述辅助监测设备包括:设置在无人机上使用RTK定位技术的数据的监测设备、图像采集装置;

在监测目标为移动式施工设备时,所述S30包括:

S31、安装在移动式施工设备主体上的至少一个第一RTK定位装置实时获取移动式施工设备主体的第一空间位置数据、第一移动速率;

S32、安装在移动式施工设备的移动端上的至少两个第二RTK定位装置实时获取移动式施工设备移动端的第二空间位置数据、第二移动速率;

S33、基于第一空间位置数据、第一移动速率、第二空间位置数据、第二移动速率计算运动信息和第一安全距离,所述运动信息包括:移动式施工设备主体的位置信息、移动式施工设备移动端的位置信息、运动轨迹、运动速率;第一安全距离为与最近的危险区域的安全距离;

在监测目标为作业人员时,所述S30包括:

S34、采用搭载可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备的RTK无人机在作业人员所在区域进行监测,获取可见光的监测图像一、红外成像数据及激光测距数据;

所述可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备均为基于RTK定位技术采集的厘米级精度的数据或图像;所述可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备均是基于无人机本体为基准的90度姿态垂直对地进行数据采集的;

S35、采用AI智能识别模型和空间位置算法对监测图像一、红外成像数据及激光测距数据进行测算,识别作业人员的位置信息、运动轨迹、运动速率,以及识别作业人员是否属于未佩戴安全帽、绝缘防护服的违规作业人员;以及基于预先定义的作业轨迹,判断作业人员是否偏离所述作业轨迹;

所述S35包括:获取无人机和无人机上相关设备的基本参数;基本参数包括:无人机当前对地高度,视频/照片的像素、成像画幅宽度、长度、相机镜头焦距和相机镜头CMOS参数;

根据所述基本参数,处理系统获取无人机正中心点距离视野边缘的第一距离,且利用第一距离和成像画幅宽度/2计算得到无人机正中心点距离视野边缘四角的第二距离,再通过中心点经纬度和第二距离计算得出四个角的实际位置经纬度坐标;

借助于用户辅助信息,并使用AI人体目标检测模型识别图像内的人体目标,识别后得到人体目标的像素坐标;

借助于已知的无人机当前位置/相机成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,利用

GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,从而获取到作业人员的实际位置;

以及,使用无人机搭载激光测距仪测量对地高度,将激光测距仪与相机镜头的高度差、左右放置距离的数据,通过目标位置修正模型对获取到作业人员的实际位置进行修正,最终获得作业人员的厘米级的精度空间位置信息;

或者,S35包括:通过无人机机载RTK传感器获取到无人机当前位置/相机成像中心点的厘米级经纬度坐标和相机的基本参数;

根据所述基本参数,通过三角形勾股定理计算得到无人机正中心点距离视野边缘的第一距离,并利用该第一距离和成像画幅宽度/2计算得到无人机正中心点距离视野边缘四角的第二距离,再通过中心点经纬度和第二距离计算得出四个角的实际位置经纬度坐标;

借助于用户辅助信息,使用AI人体目标检测模型识别照片/视频内的人体目标,识别后得到人体目标的像素坐标;

具体地,已知无人机当前位置/相机成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,利用GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,从而获取到作业人员的实际位置,以及使用无人机搭载激光测距仪测量对地高度,将激光测距仪与相机镜头的高度差、左右放置距离的数据,通过目标位置修正模型对获取到作业人员的实际位置进行修正,最终获得作业人员的厘米级的精度空间位置信息;

S40、基于对每一监测目标的运动信息和危险区域矢量库的数据比对,计算设备的处理系统测算确定监测目标是否处于危险区域,若不处于危险区域,则预测该监测目标在第二时间段内是否处于危险区域;

所述S40包括:基于gis地理信息引擎计算单个要素是否在危险区域矢量库的多边形范围内;

首先计算点和多边形所在平面的距离,若距离大于0,则不在平面上;然后把三维平面降为二维平面,把三维点降为二维点,然后根据二维平面内判断点是否在多边形内的方法判断点是否在三维的多边形内;

建立三维空间模型,危险区域矢量库每个点都有自己的X,Y坐标,通过已有的坐标信息,进行监测目标与多边形距离量算的时候,Cesium根据这些坐标进而计算距离,如果距离小于0则说明数字孪生模型与电子围栏边界产生了交集即碰撞,得到监测目标处于危险区域;

S50、若处于危险区域或者在第二时间段内处于危险区域,则发出预警信息;第二时间段为未来时间段;

其中,所述S35中识别作业人员是否属于未佩戴安全帽,包括:

判断存在作业人员的区域,提取作业人员的头部子区域;

对提取到的头部子区域采用二分类方法,判断作业人员是否佩戴安全帽;

用二分类法完成对是否佩戴了安全帽的情况进行判断。

2. 根据权利要求1所述的变电站智能安全管控方法,其特征在于,所述方法还包括:

S60、结合数字孪生模型将所述运动信息、危险区域矢量库、三维点云模型加载在Cesium三维地图上,生成可视化的动态三维场景;其中,利用WebGL渲染技术实现危险区域矢量库的加载,且实现区域边界可视化。

3. 根据权利要求1所述的变电站智能安全管控方法,其特征在于,所述方法还包括:

S60a、结合数字孪生模型将危险区域矢量库及三维点云模型加载在Cesium三维地图上,生成可视化的动态三维场景;其中,利用WebGL渲染技术实现危险区域矢量库的加载,且实现区域边界可视化;

所述监测目标的轮廓模型/几何模型渲染在动态三维场景上。

4. 根据权利要求2所述的变电站智能安全管控方法,其特征在于,

所述S60包括:基于施工器械轮廓模型库中预先建立的移动式施工设备的轮廓信息,运用3DMAX制作成1:1的移动式施工设备孪生模型;将移动式施工设备孪生模型渲染在可视化的动态三维场景上;

施工过程中,第一空间位置数据、第一移动速率、第二空间位置数据、第二移动速率映射到三维场景上,以使移动式施工设备孪生模型动态变化且与实际作业的移动式施工设备运动一致。

5. 根据权利要求1所述的变电站智能安全管控方法,其特征在于,所述S50包括:

若存在一个监测目标处于危险区域或者在第二时间段内处于危险区域,则向监测目标或者控制该监测目标的关联终端推送报警信息;

已经处于危险区域的报警信息和第二时间段内处于危险区域的报警信息的级别不同。

6. 一种计算设备,其特征在于,包括存储器和处理器,所述存储器存储计算机程序,所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序,并执行上述权利要求1至5任一所述的一种变电站智能安全管控方法的步骤。

## 一种变电站智能安全管控方法

### 技术领域

[0001] 本申请属于变电站管控技术,具体涉及一种变电站智能安全管控方法。

### 背景技术

[0002] 现有公开号为CN114494630A的专利申请公开一种基于精准定位技术的变电站基建智能安全管控方法、系统,该现有技术公开了基于三维基础模型和信息数据库形成可视化的三维模型;根据信息数据库中的带电设备在三维模型上划分相应的危险区域,并在危险区域的四周生成第一电子围栏及边界预警区域;获取作业人员的第一位置信息,以及施工器械的第二位置信息;将第一位置信息、第二位置信息映射至三维模型中进行展示;判断第一位置信息、第二位置信息是否处于第一电子围栏或边界预警区域内,若是,则将输出相应的告警信息。

[0003] 上述现有技术存在下述的技术缺陷:

[0004] 1) 现有变电站三维模型是根据变电站设计图纸在三维中搭建变电站三维基础模型,存在变电站三维基础模型的地理空间数据与实际变电站的地理空间数据出现偏差的可能,影响定位的精确度。

[0005] 2) 现有技术是通过作业人员安全帽上的“北斗系统、5G通信模块”获取作业人员的第一位置信息、通过施工器械上的北斗车载定位终端获取施工器械的第二位置信息,其定位的位置数据的精度无法在真实的变电站中使用。

[0006] 3) 当前变电站运维检修作业有2种方式:人工作业和机械作业。现有专利公开的仅仅是机械作业方式的安全管控方法,所提及的作业人员是指机械作业的辅助人员,无法对人工作业方式提出更有效的安全管控方法。

[0007] 4) 现有技术的方法在无安全帽或绝缘防护服时,是无法实现有效管控的。

[0008] 5) 现有技术中针对垂直吊装结构是基于可见光图像识别、分析、运算的技术获得分析结果,该分析结果会受到摄像设备的像素、感光度、焦距等硬件参数及软件算法精确度的影响,无法达到高精度(厘米级)标准的分析结果。

[0009] 鉴于此,本发明实施例提供一种可以结合实际变电站的空间位置实现高精度监控的变电站智能安全管控方法。

### 发明内容

[0010] (一) 要解决的技术问题

[0011] 鉴于现有技术的上述缺点、不足,本发明实施例提供一种变电站智能安全管控方法。

[0012] (二) 技术方案

[0013] 为达到上述目的,本申请采用如下技术方案:

[0014] 第一方面,本发明实施例提供一种变电站智能安全管控方法,其包括:

[0015] S10、基于空间移动式探测设备和地面测绘设备对变电站的物理环境进行探测,获

取厘米级别定位精度的三维空间激光点云数据,以构建得到厘米级别定位精度的三维点云模型;

[0016] S20、基于施工信息、变电站的设备信息、作业信息和所述三维点云模型,确定所述三维点云模型中的危险区域矢量库;

[0017] S30、依据每一监测目标上监测装置和辅助监测设备在第一时间段内发送的监测数据,获取每一监测目标的包括姿态信息、运动轨迹、空间位置数据的运动信息;

[0018] 所述监测目标包括:移动式施工设备和作业人员;监测装置为固定在监测目标本体或监测目标的移动端的使用RTK定位技术的监测装置;

[0019] 所述辅助监测设备包括:设置在无人机上使用RTK定位技术的数据的监测设备、图像采集装置;

[0020] S40、基于对每一监测目标的运动信息和危险区域矢量库的数据比对,计算设备的处理系统测算确定监测目标是否处于危险区域,若不处于危险区域,则预测该监测目标在第二时间段内是否处于危险区域;

[0021] S50、若处于危险区域或者在第二时间段内处于危险区域,则发出预警信息;第二时间段为未来时间段。

[0022] 可选地,所述方法还包括:

[0023] S60、结合数字孪生模型将所述运动信息、危险区域矢量库、三维点云模型加载在Cesium三维地图上,生成可视化的动态三维场景;其中,利用WebGL渲染技术实现危险区域矢量库的加载,且实现区域边界可视化;

[0024] 或者,

[0025] S60a、结合数字孪生模型将危险区域矢量库及三维点云模型加载在Cesium三维地图上,生成可视化的动态三维场景;其中,利用WebGL渲染技术实现危险区域矢量库的加载,且实现区域边界可视化;

[0026] 所述监测目标的轮廓模型/几何模型渲染在动态三维场景上。

[0027] 可选地,在监测目标为移动式施工设备时,所述S30包括:

[0028] S31、安装在移动式施工设备主体上的至少一个第一RTK定位装置实时获取移动式施工设备主体的第一空间位置数据、第一移动速率;

[0029] S32、安装在移动式施工设备的移动端上的至少两个第二RTK定位装置实时获取移动式施工设备移动端的第二空间位置数据、第二移动速率;

[0030] S33、基于第一空间位置数据、第一移动速率、第二空间位置数据、第二移动速率计算运动信息和第一安全距离,所述运动信息包括:移动式施工设备主体的位置信息、移动式施工设备移动端的位置信息、运动轨迹、运动速率;第一安全距离为与最近的危险区域的安全距离;

[0031] 在监测目标为作业人员时,所述S30包括:

[0032] S34、采用搭载可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备的RTK无人机在作业人员所在区域进行监测,获取可见光的监测图像一、红外成像数据及激光测距数据;

[0033] 所述可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备均为基于RTK定位技术采集的厘米级精度的数据或图像;所述可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备均是基于无人机本体为基准的90度姿态垂直对地进行数据采集的;

[0034] S35、采用AI智能识别模型和空间位置算法对监测图像一、红外成像数据及激光测距数据进行测算,识别作业人员的位置信息、运动轨迹、运动速率,以及识别作业人员是否属于未佩戴安全帽、绝缘防护服的违规作业人员;

[0035] 以及基于预先定义的作业轨迹,判断作业人员是否偏离所述作业轨迹。

[0036] 可选地,所述S35包括:

[0037] 获取无人机和无人机上相关设备的基本参数;基本参数包括:无人机当前对地高度,视频/照片的像素、成像画幅宽度、长度、相机镜头焦距、相机镜头CMOS参数;

[0038] 根据所述基本参数,所述处理系统获取无人机正中心点距离视野边缘的第一距离,且利用第一距离和成像画幅宽度/2计算得到无人机正中心点距离视野边缘四角的第二距离,再通过中心点经纬度和第二距离计算得出四个角的实际位置经纬度坐标;

[0039] 借助于用户辅助信息,并使用AI人体目标检测模型识别图像内的人体目标,识别后可得到人体目标的像素坐标,以及根据已知无人机当前位置/相机成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,利用GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,从而获取到作业人员的实际位置;AI人体目标检测模型为AI智能识别模型的一种;

[0040] 或者,S35包括:

[0041] 通过无人机机载RTK传感器获取到无人机当前位置/相机成像中心点的厘米级经纬度坐标和相机的基本参数;

[0042] 根据所述基本参数,通过三角形勾股定理计算得到无人机正中心点距离视野边缘的第一距离,并利用该第一距离和成像画幅宽度/2计算得到无人机正中心点距离视野边缘四角的第二距离,再通过中心点经纬度和第二距离计算得出四个角的实际位置经纬度坐标;

[0043] 借助于用户辅助信息,使用AI人体目标检测模型识别照片/视频内的人体目标,识别后可得到人体目标的像素坐标;

[0044] 具体地,已知无人机当前位置/相机成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,利用GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,从而获取到作业人员的实际位置。

[0045] 可选地,S35还包括:

[0046] 使用无人机搭载激光测距仪测量对地高度,将激光测距仪与相机镜头的高度差、左右放置距离的数据,通过目标位置修正模型对获取到作业人员的实际位置进行修正,最终获得作业人员的厘米级的精度空间位置信息。

[0047] 可选地,所述S35还包括:

[0048] 判断存在作业人员的区域,提取作业人员的头部子区域;

[0049] 对提取到的头部子区域采用二分类方法,判断作业人员是否佩戴安全帽。

[0050] 用二分类法完成对是否佩戴了安全帽的情况进行判断。

[0051] 可选地,所述S40包括:

[0052] 基于gis地理信息引擎计算单个要素是否在危险区域矢量库的多边形范围内;

[0053] 首先计算点和多边形所在平面的距离,若距离大于0,则不在平面上;然后把三维平面降为二维平面,把三维点降为二维点,然后根据二维平面内判断点是否是多边形内的方法判断点是否在三维的多边形内;



[0054] 建立三维空间模型,危险区域矢量库每个点都有自己的X,Y坐标,通过已有的坐标信息,进行监测目标与多边形距离量算的时候,Cesium就会根据这些坐标进而计算距离,如果距离小于0则说明数字孪生模型与电子围栏边界产生了交集即碰撞,得到监测目标处于危险区域。

[0055] 可选地,所述S60包括:

[0056] 基于施工器械轮廓模型库中预先建立的移动式施工设备的轮廓信息,运用3DMAX制作成1:1的移动式施工设备孪生模型;将移动式施工设备孪生模型渲染在可视化的动态三维场景上;

[0057] 施工过程中,第一空间位置数据、第一移动速率、第二空间位置数据、第二移动速率映射到三维场景上,以使移动式施工设备孪生模型动态变化且与实际作业的移动式施工设备运动一致。

[0058] 可选地,所述S50包括:

[0059] 若存在一个监测目标处于危险区域或者在第二时间段内处于危险区域,则向监测目标或者控制该监测目标的关联终端推送报警信息;

[0060] 已经处于危险区域的报警信息和第二时间段内处于危险区域的报警信息的级别不同。

[0061] 第二方面,本发明实施例提供一种计算设备,其包括存储器和处理器,所述存储器存储计算机程序,所述处理器执行所述存储器中存储的计算机程序,并执行上述第一方面任一所述的一种变电站智能安全管控方法的步骤。

[0062] 第三方面,本发明实施例提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上第一方面任一所述的变电站智能安全管控方法的步骤。

[0063] (三)有益效果

[0064] 本申请提供的技术方案可以包括以下有益效果:

[0065] 本发明的方法中通过传感器设备、监控无人机上配置RTK卫星定位装置,这些RTK卫星定位装置所采集的定位数据或者以此数据所测算出来的结果数据的定位精度可以达到厘米级。

[0066] 本发明的方法中运用RTK无人机搭载激光雷达采集数据;运用RTK监控无人机采集现场遥感数据;运用RTK定位装置采集施工器械位置数据。因此,所采集的数据是厘米级的,得出的结果也是厘米级的。

[0067] 本发明的方法可有效推广至各个变电站,且成本低,应用本发明方法的变电站均可整体提高变电站现场作业安全管控的效率,实现智能化、自主化、一体化的管理,提升电网态势深度感知水平,极大地提高了既有的现场作业方式和对作业人员/机械操作员的安全保护能力,提高作业效率。

[0068] 本发明的安全管控系统通过融合了无人机激光雷达、遥感、RTK定位、AI人工智能识别、虚拟现实、物联网等多领域技术,构建一种具备较高智能化和自主化的软硬件系统,实现有效的对变电站人工及机械运维检修作业现场的智能安全管控,全面提升变电站生产现场作业风险辨识能力和现场安全管控水平。

[0069] 应用虚拟现实技术,实现变电站作业场景多维度可视化呈现、作业状况实时监测、

作业现场实时数据与数字孪生模式数据互联互通。

[0070] 通过作业现场的RTK空间位置监测装置,结合空中无人机机载遥感设备,实现地面上的数据相结合,从而得到精准的空间位置数据(精度达厘米级)。

[0071] 地面定点实时监控,结合无人机在空中对变电站进行总体或单一物体进行监控,实现全方位精准监控,确保变电站每一动态尽在掌握。同时,红外监测技术及RTK精准监测技术,可实现夜间作业监控。

[0072] 基于危险区域矢量库和实时空间位置监测数据,运用AI人工智能技术,系统自动测算物体的位置及与预警线电子围栏的距离。在安全管控系统监测到作业人员做出不安全行为或检测到碰撞警戒线电子围栏时,安全管控预警系统会自动根据目标的定位数据确定对应的终端设备,把预警信息发送至作业人员/施工器械操作员的手持终端(手机),实现被动告警和主动感知相结合的多重安全保障措施。

### 附图说明

[0073] 本申请借助于以下附图进行描述:

[0074] 图1为本发明中借助于增强现实技术实时获取作业现场精准空间位置数据的示意图;

[0075] 图2为本发明的变电站空间点云数据采集实施场景的示意图;

[0076] 图3为本发明的无人机激光雷达测绘技术工作原理图;

[0077] 图4为本发明实施例的危险区域矢量库的示意图;

[0078] 图5A、5B和图6分别为本发明的作业人员在作业现场的空间位置数据定位的示意图;

[0079] 图7为本发明的安全管控系统的架构示意图;

[0080] 图8为本发明实施例的变电站智能安全管控方法的流程示意图。

### 具体实施方式

[0081] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面结合附图,通过具体实施方式,对本发明作详细描述。可以理解的是,以下所描述的具体的实施例仅仅用于解释相关发明,而非对该发明的限定。另外还需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合;为了便于描述,附图中仅示出了与发明相关的部分。

[0082] 现有方法所描述的施工场景仅仅是垂直吊装的场景,未考虑移动吊装的场景,在移动吊装物件特别是异形物件的施工过程中,物件会在惯性及重力的作用下在特定方向上产生摇摆晃动,在此场景下,本发明实施例中通过有效的技术手段实时获取吊装物件高精度(厘米级)的空间位置数据,能够实时测算出吊装物件的移动轨迹从而做出精准的预警判断。

[0083] 现有技术没有提出获取厘米级别定位精度数据的技术手段和方法,在变电站这种高危作业环境中是否能够获取监测目标高精度(厘米级别)定位数据是实现有效安全管控的关键性的技术要求。

[0084] 本发明实施例中RTK(Real time kinematic实时动态)载波相位差分定位技术是基于载波相位观测值的实时动态定位技术,是卫星测量技术与数据传输技术构成的组合差

分定位系统,由基站通过数据链实时将其载波观测量及站坐标信息一同发送给移动端,移动端接收卫星的载波相位与来自基站的载波相位,组成相位差分观测量进行实时处理,可以实时给出厘米级的定位结果。

[0085] 本发明实施例中的RTK无人机可理解为无人机上搭载有使用RTK技术的数据采集装置,故简称RTK无人机。

[0086] 如图1至8所示,本实施例提供一种变电站智能安全管控方法,本实施例的方法的执行主体可为变电站的后台服务器如下的计算设备,该方法可包括下述的步骤:

[0087] S10、基于空间移动式探测设备和地面测绘设备对变电站的物理环境进行探测,获取厘米级别定位精度的三维空间激光点云数据,以构建得到厘米级别定位精度的三维点云模型。

[0088] 本实施例中间隔设置在变电站的物理环境内的多个地面激光雷达设备、移动的背负式激光雷达设备(如图2所示)、无人机激光雷达设备(如图3所示);用于获取变电站的全覆盖物理环境的厘米级的三维空间激光点云数据。

[0089] 即,运用RTK无人机搭载激光雷达及结合地面激光雷达测绘手段采集厘米级的三维空间激光点云数据,通过三维软件合成三维点云模型。

[0090] 在该步骤中,构建三维点云模块的数据可为厘米级别的数据,进而采用现有的三维建模技术合成厘米级别的三维点云模型。

[0091] 该步骤中的三维点云模型可为数字孪生三维模型或全息三维模型。

[0092] 需要说明的是,图1可为示出了整个变电站的架构示意图,图1中的计算设备执行实施例一的方法。

[0093] S20、基于施工信息、变电站的设备信息、作业信息和所述三维点云模型,确定所述三维点云模型中的危险区域矢量库,如图4所示的限入区。

[0094] 举例来说,可根据变电站的实际情况进行定义和划分。在每次作业前,可根据变电站内工作内容、停电设备、安全管控运行、施工要求、施工内容等实际要求,在三维点云模型中划分带电设备区、停电设备区、安全作业区、警戒线等不同等级危险区域矢量库。

[0095] S30、依据每一监测目标上监测装置和辅助监测设备在第一时间段内发送的监测数据,获取每一监测目标的包括姿态信息、运动轨迹、空间位置数据的运动信息。

[0096] 本实施例的监测目标包括:移动式施工设备和作业人员;监测装置为固定在监测目标本体或监测目标的移动端的使用RTK定位技术的监测装置;

[0097] 所述辅助监测设备包括:设置在无人机上使用RTK定位技术的数据的监测设备、图像采集装置。

[0098] 在具体应用中,可以将不同时间段的RTK定位装置的实时数据映射到1:1三维地图里,把多点连起来形成移动轨迹、运用 $V(\text{速率}) = S(\text{距离}) / t(\text{时间})$ 计算速率。本实施例中的实时数据可为毫秒级别更新的数据。

[0099] 运动信息包括:移动式施工设备的空间位置数据,该空间位置数据为借助于RTK技术实现采集的厘米级别的数据。

[0100] S40、基于对每一监测目标的运动信息和危险区域矢量库的数据比对,计算设备的处理系统测算确定监测目标是否处于危险区域,若不处于危险区域,则预测该监测目标在第二时间段内是否处于危险区域。

[0101] S50、若处于危险区域或者在第二时间段内处于危险区域,则发出预警信息;第二时间段为未来时间段。

[0102] 在实际应用中,为了更好的将上述内容进行可视化展示,且为了便于可视化管理和实时管控,需要将上述的运动信息均通过三维建模方式呈现出来,故,本实施例的方法还包括下述的步骤S60或者步骤S60a。

[0103] S60、结合数字孪生模型将所述运动信息、危险区域矢量库、三维点云模型加载在Cesium三维地图上,生成可视化的动态三维场景;其中,利用WebGL渲染技术实现危险区域矢量库的加载,且实现区域边界可视化;

[0104] 或者,S60a、结合数字孪生模型将危险区域矢量库及三维点云模型加载在Cesium三维地图上,生成可视化的动态三维场景;其中,利用WebGL渲染技术实现危险区域矢量库的加载,且实现区域边界可视化。

[0105] 在该步骤中,可把数字孪生模型、检测或测算数据、空间碰撞算法等技术结合在一起实现可视化且动态展示数字孪生的三维场景,并对各个移动式施工设备和作业人员实现实时监控。本实施例中,监测目标的轮廓模型/几何模型渲染在动态三维场景上。

[0106] 另外,本发明实施例中采用厘米级的定位数据,有效保证在狭窄空间内做机械作业不会存在发生碰撞变电站设备/设施而造成停电事故。

[0107] 在具体实现过程中,在监测目标为移动式施工设备时,所述S30包括:

[0108] S31、安装在移动式施工设备主体上的至少一个第一RTK定位装置实时获取移动式施工设备主体的第一空间位置数据、第一移动速率;

[0109] S32、安装在移动式施工设备的移动端上的至少两个第二RTK定位装置实时获取移动式施工设备移动端的第二空间位置数据、第二移动速率。

[0110] 也就是说,每一施工设备上安装有多个RTK定位装置,各个RTK定位装置安装在不同的区域,由此可以获得多个空间位置数据,根据施工设备的轮廓信息(长、宽、高、厚度、形状等信息),进而得到移动式施工设备的本体、移动端等的空间位置数据和移动速率。

[0111] S33、基于第一空间位置数据、第一移动速率、第二空间位置数据、第二移动速率计算运动信息和第一安全距离,所述运动信息包括:移动式施工设备主体的位置信息、移动式施工设备移动端的位置信息、运动轨迹、运动速率;第一安全距离为与最近的危险区域的安全距离。

[0112] 举例来说,可以根据距离算法实现确定与最近的多边形的危险区域的安全距离。

[0113] 在实际应用中,例如,可以基于GIS地理信息引擎计算单个要素(每一施工设备的当前位置的像素坐标)是否在多边形范围内。具体地,可先计算点和多边形所在平面的距离,若距离大于0,则不在平面上,更不可能在多边形内部;接着可以把三维平面降为二维平面(直接删除一个分量),把三维点降为二维点,然后根据二维平面内判断点是否是多边形内的方法判断点是否在三维的多边形内。本实施例中把三维平面降为二维平面的理由是,当把一个平面投影到某一坐标面时,若投影前点在多边形内,投影之后还是在多边形内。即多边形所在平面A不能垂直于投影到的坐标面B的前提下实现上述的距离计算方式;如果法向量中某一分量为0,说明多边形所在平面A垂直于某一坐标面B,如果将多边形投影到坐标面B,投影结果为一条线,就不能判断点是否是多边形内了。

[0114] 本实施例中,建立了三维空间模型,有了空间参考之后,危险区域矢量库中每个点

都有自己的X,Y坐标,通过已有的坐标信息,进行物体与多边形距离量算的时候,借助于Cesium技术即可根据这些坐标进而计算距离,如果距离小于0则说明施工设备与电子围栏边界产生了交集(碰撞)。

[0115] 在监测目标为作业人员时,所述S30包括:

[0116] S34、采用搭载可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备的RTK无人机在作业人员所在区域进行监测,获取可见光的监测图像一、红外成像数据及激光测距数据;

[0117] 所述可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备均为基于RTK定位技术采集的厘米级精度的数据或图像;所述可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备均是基于无人机本体为基准的90度姿态垂直对地进行数据采集的;

[0118] S35、采用AI智能识别模型和空间位置算法对监测图像一、红外成像数据及激光测距数据进行测算,识别作业人员的位置信息、运动轨迹、运动速率,以及识别作业人员是否属于未佩戴安全帽、绝缘防护服的违规作业人员;

[0119] 以及基于预先定义的作业轨迹,判断作业人员是否偏离所述作业轨迹。

[0120] 举例来说,在一种实现方式中,上述步骤S35可通过下述方式实现:

[0121] 获取无人机和无人机上相关设备的基本参数;基本参数包括:无人机当前对地高度,视频/照片的像素、成像画幅宽度、长度、相机镜头焦距、相机镜头CMOS参数;

[0122] 根据所述基本参数,所述处理系统获取无人机正中心点距离视野边缘的第一距离,且利用第一距离和成像画幅宽度/2计算得到无人机正中心点距离视野边缘四角的第二距离,再通过中心点经纬度和第二距离计算得出四个角的实际位置经纬度坐标;

[0123] 借助于用户辅助信息,并使用AI人体目标检测模型识别图像内的人体目标,识别后可得到人体目标的像素坐标;该处的AI人体目标检测模型为AI智能识别模型的一种。此外,借助于已知无人机当前位置/相机成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,利用GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,从而获取到作业人员的实际位置,如图6所示。

[0124] 在另一种可实现的方式中,为更好的理解,步骤S35还可具体如下:

[0125] 无人机搭载的可见光相机即可见光摄像设备以90°姿态垂直对地拍摄,由此,通过无人机机载RTK传感器获取到无人机当前位置/相机成像中心点的厘米级经纬度坐标和相机的基本参数(无人机当前对地高度,视频/照片的像素、成像画幅宽度、长度、相机镜头焦距、相机镜头CMOS参数);

[0126] 根据所述基本参数,通过三角形勾股定理计算得到无人机正中心点距离视野边缘的第一距离,并利用该第一距离和成像画幅宽度/2计算得到无人机正中心点距离视野边缘四角的第二距离,再通过中心点经纬度和第二距离计算得出四个角的实际位置经纬度坐标;如图5A所示。

[0127] 借助于用户辅助信息,使用AI人体目标检测模型识别照片/视频内的人体目标,识别后可得到人体目标的像素坐标;

[0128] 具体地,已知无人机当前位置/相机成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,利用GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,如图5B所示,从而获取到作业人员的实际位置。

[0129] 当然,在识别之后的判断过程如下:

[0130] 使用无人机搭载激光测距仪测量对地高度,将激光测距仪与相机镜头的高度差、左右放置距离的数据,通过目标位置修正模型对获取到作业人员的实际位置进行修正,最终获得作业人员的厘米级的精度空间位置信息。

[0131] 上述修正的目的主要是,激光测距仪、无人机及相机在不同的环境、飞行高度、监视角度下会存在一定的误差,如无人机影像成像过程中产生的图像像元的几何位置相对于参照系统(地面实际位置)发生的挤压、伸展、偏移和扭曲等,使图像中地物的几何位置、尺寸、形状、方位发生改变,数据的差值需经过几何校正及空间定位算法修正计算得到相对精确的空间位置数据。

[0132] 判断存在作业人员的区域,提取作业人员的头部子区域。例如对人脸进行标记,进而提取头部子区域;可采用YOLOv5算法,实现人脸检测和标记;对提取到的头部子区域采用二分类方法,判断作业人员是否佩戴安全帽。也就是说,用二分类法完成对是否佩戴了安全帽的情况进行判断。

[0133] 在实际应用中,使用YOLOv5算法之前,可借助于人工标注的训练数据集对该YOLOv5算法进行训练,由此,使用训练后的YOLOv5算法识别视频流或图片中人体目标的像素坐标,已知无人机当前位置/成像中心点的位置信息与边界四角RTK坐标,可利用GIS地理信息坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,获得作业人员的位置信息。

[0134] 通常,激光测距仪、无人机及相机在不同的环境、飞行高度、监视角度下会存在一定的误差,如无人机影像成像过程中产生的图像像元的几何位置相对于参照系统(地面实际位置)发生的挤压、伸展、偏移和扭曲等,使图像中地物的几何位置、尺寸、形状、方位发生改变,数据的差值需经过几何校正及空间定位算法修正计算得到相对精确的空间位置数据。如,使用无人机搭载激光测距仪测量对地高度,将激光测距仪与相机镜头的高度差、左右放置距离等数据,通过目标位置修正模型对获取到作业人员的实际位置进行修正,最终获得作业人员的厘米级的精度空间位置信息。

[0135] 上述实施例中,运用高精度的RTK无人机激光雷达建模技术构建变电站精准(厘米级)三维点云模型,并以数字孪生模型配合实现变电站实际工作环境的三维效果动态展示。根据站内工作内容、停电设备、安全管控运行等要求,在三维激光点云模型中划分带电设备区、停电设备区、安全作业区、警戒线等不同等级危险区域矢量库。

[0136] 运用RTK定位技术,在施工器械主体上以及其他部位(吊钩、伸展臂前端、吊装物件四周最大外沿等部位)上安装高精度RTK定位装置,用于实时获取监控目标的精准空间位置数据与移动速率,并把数据实时回传至安全管控系统。

[0137] 通过站内作业现场监控RTK无人机搭载可见光摄像设备、红外热成像设备、激光测距设备对进入安全作业区的作业人员及施工器械进行监控,并把RTK无人机监控获取的可见光、红外及激光测距等遥感数据实时回传至后台服务器的安全管控系统。

[0138] 对作业现场RTK空间位置监测设备回传的施工器械的空间位置数据、作业现场监控RTK无人机回传的对作业人员监测遥感数据,自动计算出作业人员及施工器械的位置、移动轨迹、移动速率及安全距离等数据并映射到三维点云模型上,然后基于危险区域矢量库、空间碰撞检测算法等技术进行测算,并自主判定目标是否偏离预先定义的规定路线、误入带电间隔、侵入带电设备非安全区域即危险区域。

[0139] 当目标误入设定的危险区域或误出预设的作业区域时,计算系统自动根据目标接

近警戒线电子围栏的距离分阶段发出不同等级的告警信号和喊话。同时,通过作业现场监控RTK无人机回传的可见光的遥感数据,运用AI智能识别模型及时发现作业人员未佩戴安全帽、绝缘防护服的违规作业情况,实时向目标发出告警信息和喊话。

[0140] 上述的安全距离可理解为:在三维地图上,目标的位置与预先划定的电子围栏(警戒线)的距离。在安全区域内靠近电子围栏(警戒线)时发出告警;进入或靠近非安全区域时发出告警。

[0141] 另外,本发明还提供了一种手持终端App,为现场作业人员及施工器械操作员提供与实时的变电站三维模型资料、空间位置数据、活动轨迹、移动速率、安全距离等数据,展示在可视化的数字孪生三维场景中(如把不同时间段的现场数据映射到数字孪生模型上,就可以实现三维的、动态的场景),数据与真实作业现场一致。

[0142] 在安全管控云平台监测到工作人员做出不安全行为或检测到碰撞警戒时,会根据定位数据确定对应的终端设备,自动向其推送告警信息。该项技术作为一线作业人员对危险隐患提前预先感知的有效技术支撑,实现被动告警和主动感知相结合的多重安全保障措施。

[0143] 实施例二

[0144] 本实施例的安全管控系统基于危险区域矢量库、空间碰撞检测算法等技术进行测算,安全管控系统自主判定目标(作业人员及施工器械)是否偏离规定路线、误入带电间隔、侵入带电设备非安全区域,当目标(作业人员及施工器械)误入设定的危险区域或误出预设的作业区域时,根据监测目标接近警戒线电子围栏的距离分阶段发出不同等级的告警信号和喊话。

[0145] 进一步地,通过作业现场监控RTK无人机回传的可见光遥感数据,运用AI智能识别模型及时发现作业人员未佩戴安全帽、绝缘防护服的违规作业情况,实时向目标发出告警信息和喊话。

[0146] 本实施例提供一种安全管控系统中的计算处理过程可对应前述计算设备的处理系统,该安全管控系统通过前端采集层(感知层)、数据传输层(网络层)、智能决策分析层(应用层)三层架构,构建一种无人机激光雷达变电站智能安全管控系统,实现对变电站作业现场的智能监测和安全管控,如图7所示。

[0147] 前端采集层

[0148] 前端采集(感知层)是通过增强现实技术获取变电站激光雷达点云数据及作业现场精准的空间位置数据,前端数据采集包括:①变电站激光雷达点云数据采集;②作业人员空间位置数据采集;③作业机械空间位置数据采集。

[0149] 例如,结合无人机激光雷达设备、地面激光雷达设备、背负式激光雷达设备等三种地理测绘方式,获取变电站全覆盖、无死角、无缺失的全息空间点云数据(定位数据精度达厘米级)。

[0150] 无人机机载激光雷达技术是结合了激光测距技术、计算机技术以及无人机RTK定位技术等产生的一种新型测量技术。激光测距技术是依托于激光器向测量地区发射一个电磁波信号,从而获得测量区域角度、距离等相关测量数据信息。机载激光雷达系统以无人机为工作平台,利用激光器测量角度以及高度上的优势,在结合RTK技术获得激光器垂直高度数据,同时基于INS获取激光发射方位数据,从而快速、精准的计算出目标区域各个光斑的

三维坐标。

[0151] 通过站内作业现场监控RTK无人机对进入安全作业区的作业人员进行监控,并把RTK无人机监控获取的可见光、红外及激光测距等遥感数据实时回传至安全管控系统(定位数据精度达厘米级)。

[0152] 站内作业现场监控RTK无人机的机载设备包括:1)可见光摄像设备,用于日间施工作业监控;2)红外热成像设备,用于夜间施工作业监控;3)激光测距设备,对目标进行激光测距,提升AI目标检测算法精度;4)RTK定位模块,使无人机所搭载的设备所采集的数据达到厘米级精度;5)喊话器,用于对作业现场的作业人员或施工器械的操作员喊话告警。

[0153] 作业现场监控RTK无人机作业要求:1)无人机搭载可见光摄像设备、红外热成像仪、激光测距设备;2)设置云台参数,使机载设备以90度姿态垂直对地进行数据采集。

[0154] 运用RTK定位技术,在施工器械主体上以及其他部位(吊钩、伸展臂前端、活动臂的每个折弯关节、吊装物件四周最大外沿等部位)上安装高精度RTK空间位置监测装置,用于实时获取监控目标的精准空间位置数据与移动速率,并实时回传至安全管控系统(定位数据精度达厘米级)。本实施例的高精度定位方式可用于夜间施工作业安全监控。

[0155] 数据传输层

[0156] 无人机地面站将无人机的载荷数据传输到附近的基站,基站将数据发送给服务器所在的交换机网络,服务器接收到无人机载荷数据后,解码并分发给各客户端,完成数据传输。

[0157] 智能决策分析层即应用层

[0158] 通过虚拟现实技术对前端采集(感知层)实时获取作业现场精准的空间位置数据进行识别、比对、分析,把智能分析结果通过数据传输(网络层)向作业现场发出告警信息。智能分析(应用层)包括:数据中台、人工智能分析、业务中台、安全预警系统。

[0159] 1) 点云数据模型预处理

[0160] 本实施例中将无人机激光雷达设备结合地面激光雷达、背负式激光雷达设备所获取的变电站全息空间点云数据合成高精度点云数据三维模型(粗模),定位精度达厘米级。

[0161] 2) 点云数据模型后处理

[0162] 通过专业软件对点云数据三维模型(粗模)进行后处理,裁切冗余数据、抽稀、去噪点等,精修合成高精度全息三维模型(精模),定位精度达厘米级。

[0163] 3) 构建数字孪生模型

[0164] 利用数字孪生模型,在系统的地图中对变电站施工现场进行仿真和模拟,可通过该模型实时显示传感器采集的数据,将作业人员及作业机械在工作过程中的位置、移动轨迹、工作状况可视化。

[0165] 4) 划分不同等级危险区域

[0166] 基于高精度三维激光点云精模,根据站内工作内容、停电设备等要求,在三维激光点云模型中划分带电设备区、停电设备区、安全作业区、警戒线等不同等级危险区域矢量库,并利用WebGL渲染技术实现三维地图的电子围栏、区域边界可视化,用于做实时碰撞检测比对库。

[0167] 5) 三维模型渲染

[0168] 将变电站三维全息模型、数字孪生模型、作业机械轮廓模型、吊装物体几何模型、



AI样本模型库等渲染在Cesium三维地图上;将危险区域矢量库映射到Cesium三维地图上;

[0169] 将作业现场回传的作业机械实时动态空间位置数据映射到三维地图上,使作业机械孪生模型动态调整与实际作业的作业机械实时保持同样的动作。

[0170] 6) 作业人员空间位置数据AI测算

[0171] AI目标检测模型自动识别人体,结合空间位置检测算法对航拍视频自动识别并计算出作业人员的空间位置数据。把AI测算得出的作业人员实时动态空间位置数据映射到三维地图上,使作业人员孪生模型动态调整与现场作业人员实时保持同样的动作,如图5A至图6所示。

[0172] 例如,①通过自身RTK传感器获取到RTK坐标、无人机当前对地高度,搭载可见光相机取景并获取回传视频/照片的像素、成像画幅宽度、长度、相机镜头焦距、相机镜头CMOS参数。利用以上获取到的参数,可计算得到无人机可见光相机视野内边缘四角的RTK定位;

[0173] ②使用AI人体目标检测模型识别照片/视频内的人体目标,识别后可得到人体目标的像素坐标。

[0174] ③已知成像中心点与边界四角RTK坐标,可利用坐标系转换方法将人体像素坐标转为RTK坐标,从而获取到作业人员的实际位置。

[0175] ④以上基于可见光数据所测算出的空间位置信息会存在误差,误差来源主要是无人机当前对地高度,因此,需使用无人机搭载激光测距仪测量对地高度,将激光测距仪与相机镜头的高度差、左右放置距离考虑在其中,最终获得高精度的空间位置信息。

[0176] ⑤激光测距仪、无人机及相机在不同的环境、飞行高度、监视角度下会存在一定的误差,如无人机影像成像过程中产生的图像像元的几何位置相对于参照系统(地面实际位置)发生的挤压、伸展、偏移和扭曲等,使图像中地物的几何位置、尺寸、形状、方位发生改变,数据的差值需经过几何校正及空间定位算法修正计算得到相对精确的空间位置数据。

[0177] 7) 施工器械(施工设备的一种)空间位置数据的获取方法

[0178] ①施工器械包括不同种类和型号,例如,包括运输车、吊车、推土机、挖土机、打桩机等,通过施工器械供应商的技术参数及实际测量得到不同种类和型号的施工器械的整体的长度、宽度、高度等轮廓尺寸,根据该尺寸数据预先在安全预警系统建立施工器械轮廓模型库。

[0179] ②施工作业前,在安全预警系统中录入施工器械编号,系统自动从施工器械轮廓模型库中找到对应的施工器械的轮廓尺寸,并生成1:1的施工器械孪生模型。将施工器械孪生模型渲染在Cesium三维地图上。施工过程中,系统把作业现场回传的施工器械实时动态空间位置数据映射到三维地图上,使施工器械孪生模型动态调整与实际作业的施工器械实时保持同样的动作。

[0180] 8) 安全帽识别

[0181] 运用AI识别模块的样本模型库自动比对、识别,判定现场作业人员人体是否佩戴安全帽。

[0182] 步骤一:判断作业人员存在的区域,使用人脸检测模块对人脸进行标记;采用YOLOv5算法,其目标检测框架可以实现对多类目标物体的检测。

[0183] 步骤二:提取作业人员头部子区域;统一在各区域的中部靠上方部分提取,将提取区域固定为正方,将分离出来的头部区域再输入到之后的网络中作后续分析。

[0184] 步骤三:对提取到的图像采用二分类方法,判断工人是否佩戴安全帽。用二分类法完成对是否佩戴了安全帽的情况进行判断。

[0185] 9) 空间碰撞检测

[0186] 9.1) 作业人员安全作业检测

[0187] 基于危险区域矢量库和实时空间位置监测数据,设计空间碰撞检测算法,自动测算人体的位置及与预警线电子围栏的距离,预测人体接近预警线电子围栏时发出预警信息,检测到碰撞预警线电子围栏时发出告警信息。

[0188] 9.2) 作业机械安全作业检测

[0189] 基于危险区域矢量库和实时空间位置监测数据,设计空间碰撞检测算法,自动测算机械的位置及与预警线电子围栏的距离,预测机械部位接近预警线电子围栏时发出预警信息,检测到机械部位碰撞预警线电子围栏时发出告警信息。

[0190] 9.3) 空间碰撞计算方法

[0191] 基于gis地理信息引擎计算单个要素是否在多边形范围内。首先计算点和多边形所在平面的距离,若距离大于0,则不在平面上,更不可能在多边形内部;然后把三维平面降为二维平面(直接删除一个分量),把三维点降为二维点,然后根据二维平面内判断点是否是多边形内的方法判断点是否在三维的多边形内。可以把三维平面降为二维平面的理由是,当把一个平面投影到某一坐标面时,若投影前点在多边形内,投影之后还是在多边形内;当然,上述结论的成立条件是,多边形所在平面A不能垂直于投影到的坐标面B。如果法向量中某一分量为0,说明多边形所在平面A垂直于某一坐标面B,如果将多边形投影到坐标面B,投影结果为一条线,就不能判断点是否是多边形内了。

[0192] 建立三维空间模型,有了空间参考之后,矢量文件每个点都有自己的X,Y坐标,通过已有的坐标信息,进行物体与多边形距离量算的时候,Cesium就会根据这些坐标进而计算距离,如果距离小于0则说明数字孪生模型与电子围栏边界产生了交集(碰撞)。

[0193] 本实施例提及的地面站与安全管控系统通信,作业现场RTK监控无人机与地面站实时互联互通。安全管控系统可为现场作业人员及施工器械操作员的终端提供与实时的变电站三维模型资料、空间位置、活动轨迹、移动速率、安全距离等数据,展示在可视化的数字孪生三维场景中,数据与真实作业现场一致,使一线作业人员实时了解自己所处环境的安全状况,及时调整作业路线;另一方面,在安全管控系统监测到作业人员做出不安全行为或检测到碰撞警戒线电子围栏时,安全管控预警会自动根据定位数据确定对应的终端设备,把预警信息发送至作业人员/机械操作员的手持终端(手机),实现被动告警和主动感知相结合的多重安全保障措施。

[0194] 在安全管控系统实现实施例一的安全管控方法之前,可进行初始化,例如,施工前可根据站内工作内容、停电设备、安全管控运行等要求,在三维激光点云模型/预先划分带电设备区、停电设备区、安全作业区、警戒线等不同等级危险区域的矢量库。以及在安全管控系统中录入施工器械编号,安全管控系统可基于施工器械编号自动从施工器械轮廓模型库中找到对应的施工器械的轮廓尺寸,并生成1:1的施工器械数字孪生模型。将施工器械孪生模型渲染在Cesium三维地图上。

[0195] 在安全管控系统中录入吊装物体的几何数据,安全管控系统自动从吊装物体几何模型库中找到对应的吊装物体几何模型,并生成1:1的吊装物体数字孪生模型。将吊装物体

孪生模型渲染在Cesium三维地图上。

[0196] 安全管控系统预先加载有施工器械轮廓模型库、吊装物体几何模型、预先训练的AI智能计算模型/AI智能识别模型等。

[0197] 本实施例的移动终端或云服务器均可包括：存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现如上实施例中任意一项所述的云端应用的订单处理方法的步骤。

[0198] 上述本发明实施例揭示的方法可以应用于处理器中，或者由处理器实现。处理器可能是一种集成电路芯片，具有信号的处理能力。在实现过程中，上述方法的各步骤可以通过处理器中的硬件的集成逻辑电路或者软件形式的指令完成。上述的处理器可以是通用处理器、数字信号处理器、专用集成电路、现成可编程门阵列或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本发明实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合本发明实施例所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件译码处理器执行完成，或者用译码处理器中的硬件及软件单元组合执行完成。软件单元可以位于随机存储器，闪存、只读存储器，可编程只读存储器或者电可擦写可编程存储器、寄存器等本领域成熟的存储介质中。该存储介质位于存储器，处理器读取存储器中的信息，结合其硬件完成上述方法的步骤。

[0199] 另外，本发明实施例可提供一种计算机可读存储介质，计算机可读存储介质上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现如上方法实施例中的任意一种安全管控方法的步骤。

[0200] 应当注意的是，在权利要求中，不应将位于括号之间的任何附图标记理解成对权利要求的限制。在本说明书的描述中，术语“一个实施例”、“一些实施例”、“实施例”、“示例”、“具体示例”或“一些示例”等的描述，是指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构包含于本发明的至少一个实施例或示例中。尽管已描述了本发明的优选实施例，但本领域的技术人员在得知了基本创造性概念后，则可对这些实施例做出另外的变更和修改。所以，权利要求应该解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

[0201] 显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种修改和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也应该包含这些修改和变型在内。

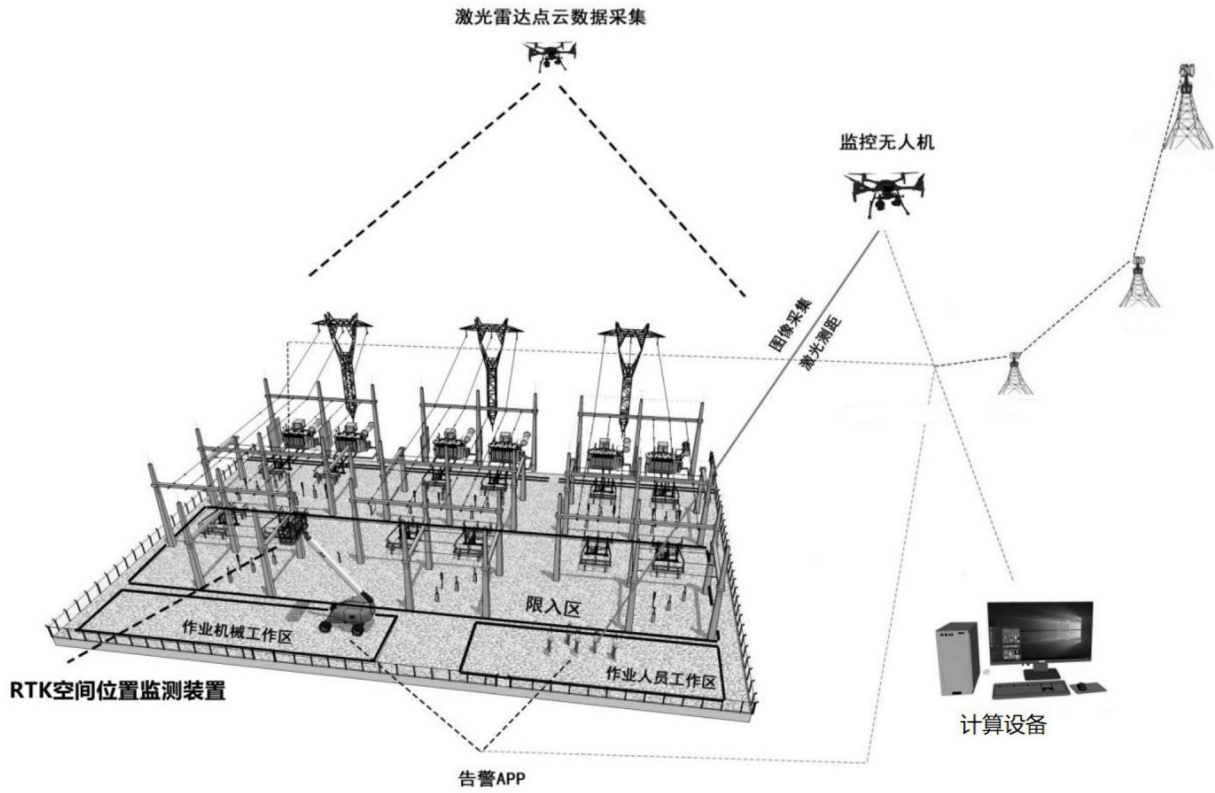


图1



图2

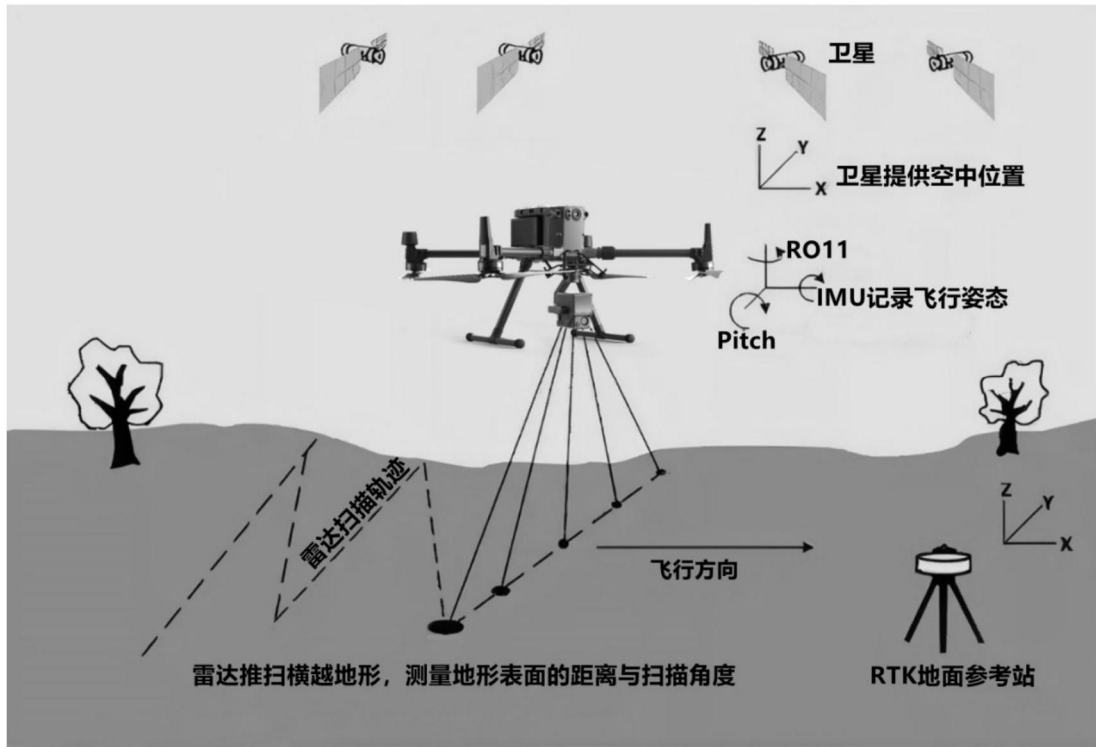


图3

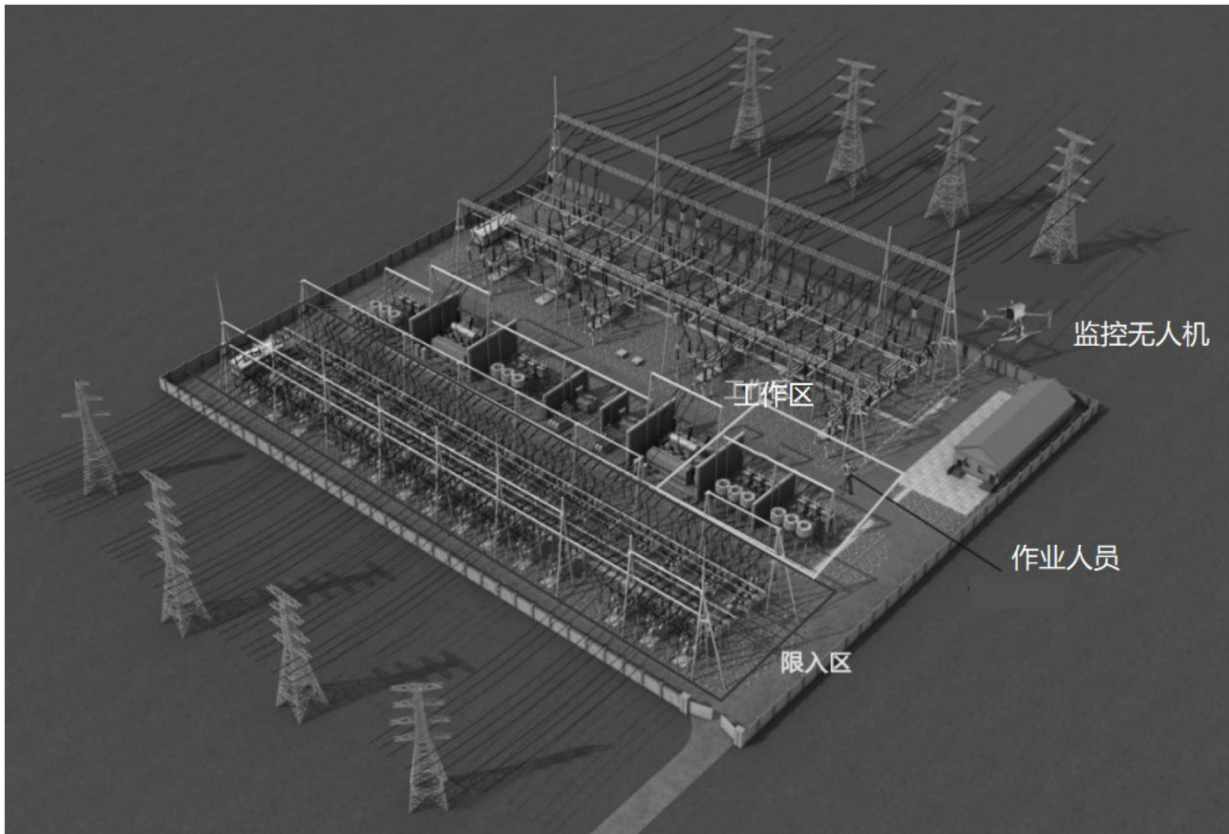


图4

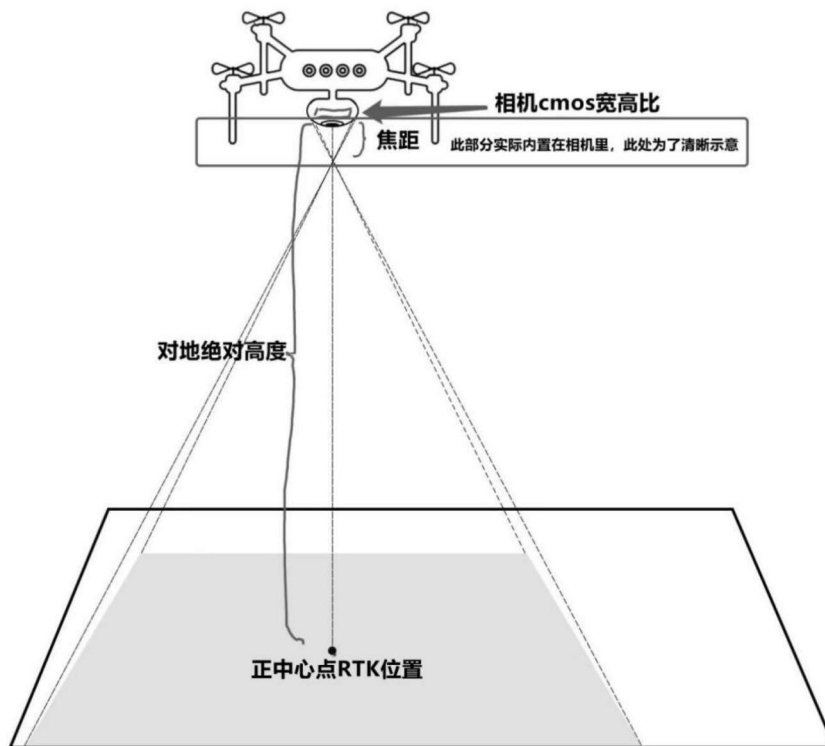


图5A

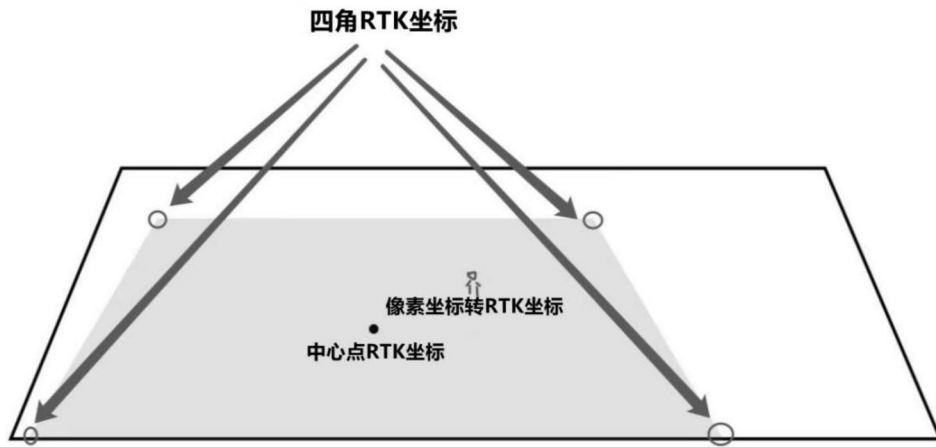


图5B

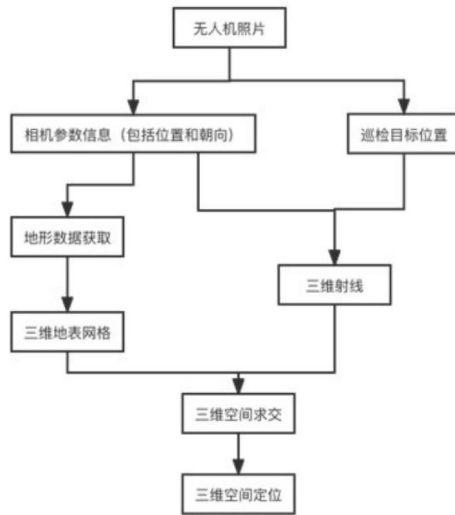


图6

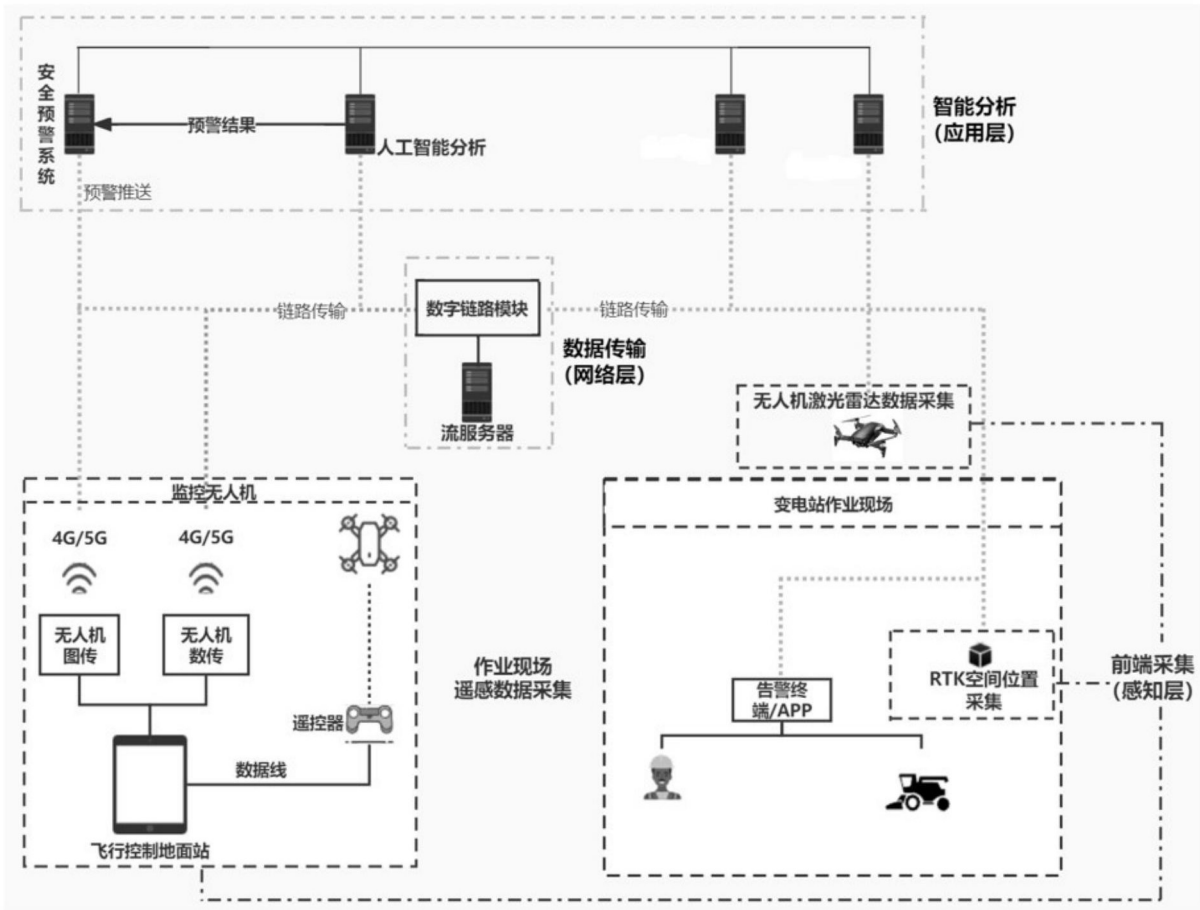


图7

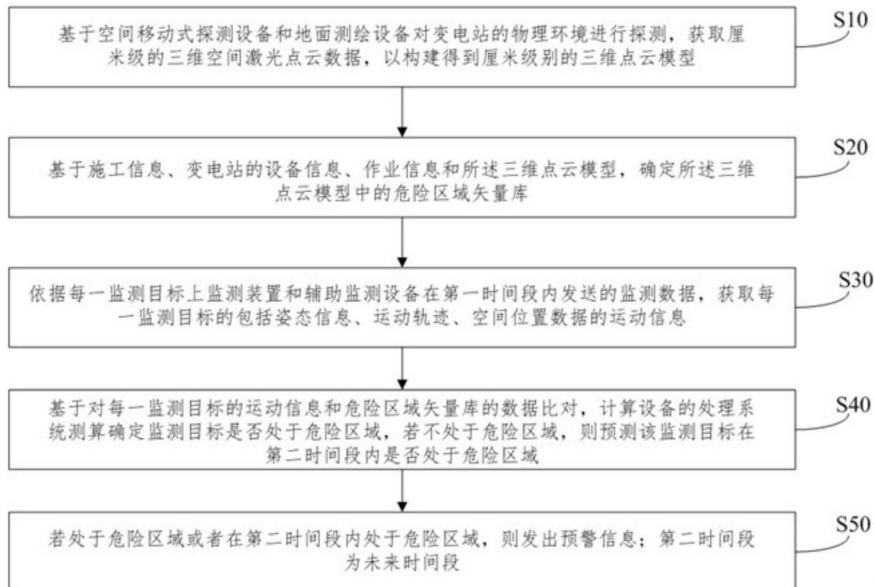


图8