



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114088744 A

(43) 申请公布日 2022.02.25

(21) 申请号 202111395018.2

G01R 31/08 (2006.01)

(22) 申请日 2021.11.23

G01S 19/43 (2010.01)

(71) 申请人 国网辽宁省电力有限公司鞍山供电公司

B64C 39/02 (2006.01)

地址 114002 辽宁省鞍山市铁东区南胜利路33号

申请人 国家电网有限公司

(72) 发明人 马连瑞 关明 符绍朋 刘宇
佟明 李万亮 刘冠男 刘思宇
王志忠 张洋洋 邹永胜

(74) 专利代理机构 鞍山嘉讯科技专利事务所
(普通合伙) 21224

代理人 白楠

(51) Int.Cl.

G01N 23/04 (2018.01)

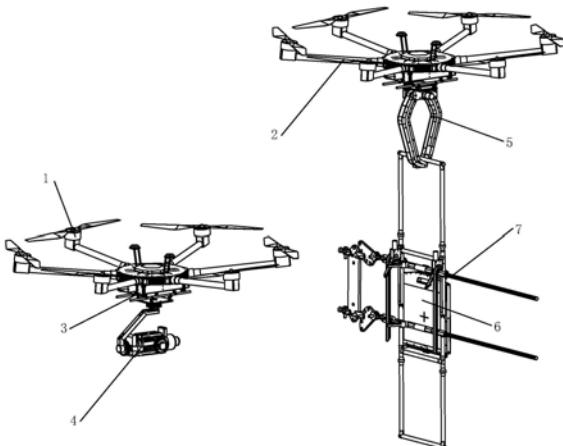
权利要求书2页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备及方法

(57) 摘要

本发明涉及输电线路带电缺陷检测技术领域，尤其涉及一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备及方法。包括第一无人机、第二无人机、负载快拆挂载装置、射线发射装置、机械手装置与X光摄像成像装置；所述第一无人机与第二无人机上设有RTK系统，通过RTK系统定位；射线发射装置通过负载快拆挂载装置与第一无人机相连，机械手装置通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连，机械手装置抓取X光摄像成像装置。本发明用在带电线上，被检测的线路无需停电，无需爬塔登高，进行无人员接触的快速缺陷检测，避免人身伤害事故，提高检测效率。



1. 一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：包括第一无人机、第二无人机、负载快拆挂载装置、射线发射装置、机械手装置与X光摄像成像装置；所述第一无人机与第二无人机上设有RTK系统，通过RTK系统定位；射线发射装置通过负载快拆挂载装置与第一无人机相连，机械手装置通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连，机械手装置抓取X光摄像成像装置。

2. 根据权利要求1所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述负载快拆挂载装置包括矩形箱体、固定机构、挂载板与连接杆；矩形箱体固接在第一无人机与第二无人机底部，射线发射装置与机械手装置固接在挂载板上，固定机构固接在矩形箱体与挂载板上，挂载板与矩形箱体通过固定机构与连接杆相连。

3. 根据权利要求2所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述固定机构包括固定座与固定环，固定座顶部设有半圆弧形凹槽，固定环为半圆弧形，一端铰接在固定座顶部，通过旋转实现开启与闭合，闭合后通过螺栓锁定。

4. 根据权利要求2所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述矩形箱体的侧面为开口，开口处设有弹簧旋挡组件，弹簧旋挡组件包括弹簧、弹簧轴、挡块与卡块；弹簧安装在弹簧轴上，挡块铰接在弹簧轴上，挡块绕弹簧轴旋转，旋转后通过卡块卡定位。

5. 根据权利要求1所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述射线发射装置包括第一驱动电机、第二驱动电机、第三驱动电机、旋转吊臂、旋转支撑臂、第一视角相机与射线机；旋转吊臂一端与第一驱动电机铰接，第二驱动电机固接在旋转吊臂的另一端；旋转支撑臂一端与第二驱动电机铰接，第三驱动电机固接在旋转支撑臂的另一端，第三驱动电机与射线机铰接；第一视角相机固接在射线机上。

6. 根据权利要求1所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述机械手装置包括臂架、第一电机、第二电机、第一机械爪与第二机械爪；臂架通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连；第一电机固接在臂架上，第一电机与第一机械爪相连，第二电机固接在臂架上，第二电机与第二机械爪相连；第一电机带动第一机械爪正反向旋转，第二电机带动第二机械爪正反向旋转，进而实现机械爪的开启与闭合。

7. 根据权利要求1所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述X光摄像成像装置包括上部挂架、横向移动装置、竖向移动装置、下部平衡架、抱臂、抱臂驱动电机与成像板；所述上部挂架与下部平衡架固接在竖向移动装置上下两端，横向移动装置、抱臂与竖向移动装置相连，竖向移动装置带动横向移动装置与抱臂竖向移动，成像板与横向移动装置相连，横向移动装置带动成像板横向移动；抱臂驱动电机与抱臂相连，带动抱臂张开与抱紧。

8. 根据权利要求7所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，其特征在于：所述横向移动装置包括丝杆、丝母与横向移动电机，丝杆安装在丝杆座上，丝杆座固接在竖向移动装置上，丝母与丝杆啮合，成像板固接在丝母上；横向移动电机与丝杆相连，并带动其旋转，进而带动丝母及成像板横向移动；所述竖向移动装置包括矩形框架、竖向移动电机、竖向丝杆与竖向丝母，竖向丝杆安装在矩形框架上，竖向移动电机与竖向丝杆相连，竖向丝杆与竖向丝母啮合，抱臂与横向移动装置固接在竖向丝母上；竖向移动电机带动竖向丝杆旋转，进而带动竖向丝母及横向移动装置、抱臂竖向移动。

9.根据权利要求7所述的一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备,其特征在于:所述抱臂包括长臂、卡臂与支座;抱臂驱动电机固接在支座上,抱臂驱动电机与长臂、卡臂相连,并带动长臂、卡臂旋转,实现张开与抱紧。

10.一种基于权利要求1~9任意一项所述的基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备的基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测方法,其特征在于,具体包括如下步骤:

1)将机械手装置通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连,第二无人机起飞后通过RTK系统定位,使用机械手装置抓取X光摄像成像装置,并将X光摄像成像装置运送到线路需要检测的位置;抱臂驱动电机带动抱臂先张开然后抱紧,将X光摄像成像装置固定在电线上;第二无人机及搭载的机械手装置降落至地面;

2)将射线发射装置通过负载快拆挂载装置与第一无人机相连,第一无人机起飞后通过RTK系统定位,飞行至X光摄像成像装置的成像范围,射线发射装置的射线机发射出射线穿透被检测部件,然后射线继续照射在X光摄像成像装置上,X光摄像成像装置通过处理,将生成的图像信号通过WIFI发送给地面计算机;

3)计算机运行图像处理软件即可生成被检测部件的内部结构透视图;第一无人机及搭载的射线发射装置降落至地面;

4)检测完成后,第二无人机再次起飞,通过RTK系统定位,再次使用机械手装置抓取X光摄像成像装置,抱臂驱动电机带动抱臂张开,第二无人机将X光摄像成像装置运送地面,完成缺陷检测。

一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及输电线路带电缺陷检测技术领域,尤其涉及一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备及方法。

背景技术

[0002] 为了能够全力保障电网的安全可靠运行,尽可能减少输配电设备临时停电次数,最大程度的限制故障停电时间,电网企业中的各生产专业都已开发完善了带电作业检修技术和临时应急抢修的条件。通过对近十年输配电带电作业类型、次数的统计与分析,带电作业各项操作次数逐年上升,带电作业已经成为电网公司的一个常规作业方式。

[0003] 目前,随着用电设备的高速发展,电网运检任务愈加艰难,在电网架设中,在耐张杆塔或导地线接头处,通常使用液压式耐张线夹或导地线接续管进行连接,由于工艺复杂,施工后缺陷隐蔽性强,容易导致导地线断裂、脱落,造成不可挽回的重大损失,所以耐张线夹和导地线接续管的X光无损探伤缺陷检测,成为了避免事故的主要手段。

[0004] 用于缺陷检测的设备尤为重要,传统缺陷检测手段,需要将检测的线路停电,然后作业人员携带检测设备,爬塔登高,该方法需在线路停电时作业,并作业时间长,不适宜大规模检测,检测效率低下,极易发生人身伤亡事故。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供了一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备及方法,用在带电线上,被检测的线路无需停电,无需爬塔登高,进行无人员接触的快速缺陷检测,避免人身伤害事故,提高检测效率。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案实现:

[0007] 一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备,包括第一无人机、第二无人机、负载快拆挂载装置、射线发射装置、机械手装置与X光摄像成像装置;所述第一无人机与第二无人机上设有RTK系统,通过RTK系统定位;射线发射装置通过负载快拆挂载装置与第一无人机相连,机械手装置通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连,机械手装置抓取X光摄像成像装置。

[0008] 所述负载快拆挂载装置包括矩形箱体、固定机构、挂载板与连接杆;矩形箱体固接在第一无人机与第二无人机底部,射线发射装置与机械手装置固接在挂载板上,固定机构固接在矩形箱体与挂载板上,挂载板与矩形箱体通过固定机构与连接杆相连。

[0009] 所述固定机构包括固定座与固定环,固定座顶部设有半圆弧形凹槽,固定环为半圆弧形,一端铰接在固定座顶部,通过旋转实现开启与闭合,闭合后通过螺栓锁定。

[0010] 所述矩形箱体的侧面为开口,开口处设有弹簧旋挡组件,弹簧旋挡组件包括弹簧、弹簧轴、挡块与卡块;弹簧安装在弹簧轴上,挡块铰接在弹簧轴上,挡块绕弹簧轴旋转,旋转后通过卡块卡定位。

[0011] 所述射线发射装置包括第一驱动电机、第二驱动电机、第三驱动电机、旋转吊臂、

旋转支撑臂、第一视角相机与射线机；旋转吊臂一端与第一驱动电机铰接，第二驱动电机固接在旋转吊臂的另一端；旋转支撑臂一端与第二驱动电机铰接，第三驱动电机固接在旋转支撑臂的另一端，第三驱动电机与射线机铰接；第一视角相机固接在射线机上。

[0012] 所述机械手装置包括臂架、第一电机、第二电机、第一机械爪与第二机械爪；臂架通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连；第一电机固接在臂架上，第一电机与第一机械爪相连，第二电机固接在臂架上，第二电机与第二机械爪相连；第一电机带动第一机械爪正反向旋转，第二电机带动第二机械爪正反向旋转，进而实现机械爪的开启与闭合。

[0013] 所述X光摄像成像装置包括上部挂架、横向移动装置、竖向移动装置、下部平衡架、抱臂、抱臂驱动电机与成像板；所述上部挂架与下部平衡架固接在竖向移动装置上下两端，横向移动装置、抱臂与竖向移动装置相连，竖向移动装置带动横向移动装置与抱臂竖向移动，成像板与横向移动装置相连，横向移动装置带动成像板横向移动；抱臂驱动电机与抱臂相连，带动抱臂张开与抱紧。

[0014] 所述横向移动装置包括丝杆、丝母与横向移动电机，丝杆安装在丝杆座上，丝杆座固接在竖向移动装置上，丝母与丝杆啮合，成像板固接在丝母上；横向移动电机与丝杆相连，并带动其旋转，进而带动丝母及成像板横向移动；所述竖向移动装置包括矩形框架、竖向移动电机、竖向丝杆与竖向丝母，竖向丝杆安装在矩形框架上，竖向移动电机与竖向丝杆相连，竖向丝杆与竖向丝母啮合，抱臂与横向移动装置固接在竖向丝母上；竖向移动电机带动竖向丝杆旋转，进而带动竖向丝母及横向移动装置、抱臂竖向移动。

[0015] 所述抱臂包括长臂、卡臂与支座；抱臂驱动电机固接在支座上，抱臂驱动电机与长臂、卡臂相连，并带动长臂、卡臂旋转，实现张开与抱紧。

[0016] 一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测方法，具体包括如下步骤：

[0017] 1) 将机械手装置通过负载快拆挂载装置与第二无人机相连，第二无人机起飞后通过RTK系统定位，使用机械手装置抓取X光摄像成像装置，并将X光摄像成像装置运送到线路需要检测的位置；抱臂驱动电机带动抱臂先张开然后抱紧，将X光摄像成像装置固定在电线上；第二无人机及搭载的机械手装置降落至地面；

[0018] 2) 将射线发射装置通过负载快拆挂载装置与第一无人机相连，第一无人机起飞后通过RTK系统定位，飞行至X光摄像成像装置的成像范围，射线发射装置的射线机发射出射线穿透被检测部件，然后射线继续照射在X光摄像成像装置上，X光摄像成像装置通过处理，将生成的图像信号通过WIFI发送给地面计算机；

[0019] 3) 计算机运行图像处理软件即可生成被检测部件的内部结构透视图；第一无人机及搭载的射线发射装置降落至地面；

[0020] 4) 检测完成后，第二无人机再次起飞，通过RTK系统定位，再次使用机械手装置抓取X光摄像成像装置，抱臂驱动电机带动抱臂张开，第二无人机将X光摄像成像装置运送地面，完成缺陷检测。

[0021] 与现有的技术相比，本发明的有益效果是：

[0022] 1) 本发明使用不受停电限制，该设备进行缺陷检测时，被检测的线路无需停电，即可进行缺陷检测，保障了线路输电的连续性。

[0023] 2) 本发明使用RTK技术，该设备使用RTK技术对无人机的飞行进行辅助，避免了因线路强电磁干扰对无人机造成的安全隐患。

[0024] 3) 本发明设备运输到线路上使用无人接触的方式,该设备使用无人机携带机械手装置运输X光摄像成像装置,无人员接触线路,操作方便,人员与设备安全性高。

[0025] 4) 本发明射线发射使用无人机挂载发射,本发明第一驱动电机带动射线机及第一视角相机绕第一驱动电机输出轴360°旋转,第二驱动电机带动射线机及第一视角相机左右摆动,第三驱动电机带动射线机及第一视角相机,使得第一视角相机能够全方位多角度观察瞄准位置,保证射线机精准发射,杜绝射线照射人员,造成人员伤害的风险。

[0026] 5) 本发明X光摄像成像装置通过抱臂抱紧而固接在电线上,挂载到电线上后需要取得目标左右两侧的图像时,通过横向移动装置带动成像板左右移动,需要取得目标上下不在成像范围内的图像时,通过竖向移动装置带动成像板上下移动,进而增强了装置使用效果。

[0027] 6) 本发明使用效率高,每次使用,不受停电限制,无人员受伤风险,无法进入的环境也可以使用无人机作业。到达现场后3分钟内即可组装调试好设备开始作业,单线夹作业时间在10分钟内完成,较人工爬塔作业的30分钟以上速度快了三倍,并可以杜绝人员危险,还能检测带电线路,整体缺陷检测效率是人工检测的几十倍。

[0028] 7) 本发明设有负载快拆挂载装置,实现了将射线发射装置快速固定在无人机上,并且快速拆卸;实现了将机械手装置快速固定在无人机上,并且快速拆卸;负载快拆挂载装置设有矩形箱体,承重大;矩形箱体的侧面为开口,便于放入无人机电池,开口处设有弹簧旋挡组件,能够挡住无人机电池,避免电池滑出箱体。

附图说明

[0029] 图1为本发明立体结构示意图;

[0030] 图2为本发明第一无人机、负载快拆挂载装置与射线发射装置立体结构示意图;

[0031] 图3为本发明第二无人机、负载快拆挂载装置、机械手装置与X光摄像成像装置立体结构示意图;

[0032] 图4为本发明负载快拆挂载装置立体结构示意图(不包括挂载板);

[0033] 图5为本发明弹簧旋挡组件立体结构示意图;

[0034] 图6为本发明固定机构立体结构示意图;

[0035] 图7为本发明挂载板、固定机构与射线发射装置立体结构示意图;

[0036] 图8为本发明挂载板、固定机构与机械手装置立体结构示意图;

[0037] 图9为本发明X光摄像成像装置立体结构示意图。

[0038] 图中:1-第一无人机2-第二无人机3-负载快拆挂载装置4-射线发射装置5-机械手装置6-X光摄像成像装置7-电线31-矩形箱体32-固定机构33-挂载板34-连接杆35-弹簧36-弹簧轴37-挡块38-卡块321-固定座322-固定环323-手拧螺丝41-第一驱动电机42-第二驱动电机43-第三驱动电机44-旋转吊臂45-旋转支撑臂46-第一视角相机47-射线机51-臂架52-第一电机53-第二电机54-第一机械爪55-第二机械爪61-上部挂架62-下部平衡架63-抱臂驱动电机64-成像板65-连接件66-竖向移动电机67-丝杆68-丝母69-横向移动电机610-长臂611-卡臂612-支座

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明的具体实施方式进一步说明：

[0040] 如图1～9所示，一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测设备，包括第一无人机1、第二无人机2、负载快拆挂载装置3、射线发射装置4、机械手装置5与X光摄像成像装置6。

[0041] 第一无人机1与第二无人机2为现有技术，均采用6旋翼无人机，并且采用带有RTK系统的无人机，通过RTK系统定位。

[0042] 负载快拆挂载装置3包括矩形箱体31、固定机构32、挂载板33与连接杆34。矩形箱体31为扁长方体，左右两个侧面为开口，中部设有加强筋，底部设有加强杆。开口处设有弹簧旋挡组件，弹簧旋挡组件包括弹簧35、弹簧轴36、挡块37与卡块38。卡块38设有凹槽，挡块37设有与卡块38凹槽相应的凸起，弹簧35与挡块37依次安装在弹簧轴36上，挡块37绕弹簧轴36旋转，旋转后通过卡块38与弹簧35卡固定位。

[0043] 矩形箱体31左右两个侧面为开口，便于将旋翼无人机电池放置在矩形箱体31内，挡块37绕弹簧轴36旋转，旋转后通过卡块38与弹簧35卡固定位，通过挡块37能够挡住电池，避免电池滑出矩形箱体31。

[0044] 固定机构32包括固定座321与固定环322，固定座321顶部设有半圆弧形凹槽，固定环322为半圆弧形，一端铰接在固定座321顶部，通过旋转实现开启与闭合，开启后便可将连接杆34放入凹槽内，闭合后通过高头滚花手拧螺丝323锁定，将固定机构与连接杆34固定在一起。拆卸时拧下高头滚花手拧螺丝323，旋转实现开启固定环322，便可实现快速拆卸。

[0045] 四个固定机构32的固定座321固接在矩形箱体31底面的四角，四个固定机构32的固定座321固接在挂载板33顶面四角。矩形箱体31顶面固接在6旋翼无人机机上，挂载板33固接在射线发射装置4与机械手装置5上，矩形箱体31一侧的两个固定机构32与挂载板33一侧的两个固定机构32均固接在一个连接杆34上，矩形箱体31另一侧的两个固定机构32与挂载板33另一侧的两个固定机构32均固接在一个连接杆34上，进而实现射线发射装置4与第一无人机1的连接，机械手装置5与第二无人机2的连接。

[0046] 射线发射装置4包括第一驱动电机41、第二驱动电机42、第三驱动电机43、旋转吊臂44、旋转支撑臂45、第一视角相机46与射线机47。第一视角相机46与射线机47均为现有产品，第一视角相机46采用运动相机，射线机47采用XRS型X射线发生器。

[0047] 旋转吊臂44一端与第一驱动电机41铰接，第二驱动电机42固接在旋转吊臂44的另一端。旋转支撑臂44一端与第二驱动电机42铰接，第三驱动电机43固接在旋转支撑臂44的另一端，第三驱动电机43与射线机47铰接。第一驱动电机41固接在挂载板33底面中心，第一视角相机46固接在射线机47上。第一驱动电机41带动第一视角相机46绕第一驱动电机41输出轴360°旋转，第二驱动电机42带动第一视角相机46左右摆动，第三驱动电机43带动第一视角相机46俯仰。使得第一视角相机46能够全方位多角度观察瞄准位置，保证射线机47精准发射，杜绝射线照射人员，造成人员伤害的风险。

[0048] 机械手装置5包括臂架51、第一电机52、第二电机53、第一机械爪54与第二机械爪55。臂架51固接在挂载板33底面，第一电机52固接在臂架51上，第一电机52与第一机械爪54相连，第二电机53固接在臂架51上，第二电机53与第二机械爪55相连。第一电机52带动第一机械爪54正反向旋转，第二电机53带动第二机械爪55正反向旋转，进而实现机械爪的开启与闭合。

[0049] X光摄像成像装置包括上部挂架61、横向移动装置、竖向移动装置、下部平衡架62、抱臂、抱臂驱动电机63与成像板64。成像板64为现有产品，采用X射线成像板。

[0050] 竖向移动装置包括矩形框架65、竖向移动电机66、竖向丝杆与竖向丝母，竖向丝杆安装在矩形框架65的竖向圆筒内，竖向丝杆与竖向丝母啮合，竖向移动电机66与竖向丝杆相连，并带动其旋转，进行带动竖向丝母上下移动。上部挂架61通过连接件65以可拆卸方式固接在矩形框架65顶部，下部平衡架62通过连接件65以可拆卸方式固接在矩形框架65底部。

[0051] 横向移动装置包括丝杆67、丝母68与横向移动电机69，丝杆67安装在丝杆座上，丝杆座固接在竖向丝母上，丝母68与丝杆67啮合，成像板64固接在丝母68上。横向移动电机69与丝杆67相连，并带动其旋转，进而带动丝母68以及与之相连的成像板64左右移动。

[0052] 抱臂包括长臂610、卡臂611与支座612，抱臂驱动电机63固接在支座612上，支座612固接在竖向丝母上，抱臂驱动电机63与长臂610、卡臂611相连，并带动长臂610、卡臂611旋转，实现张开与抱紧。

[0053] 工作时，X光摄像成像装置6通过抱臂抱紧而固接在电线7上，X光摄像成像装置挂载到电线上后需要取得目标左右两侧的图像时，通过横向移动装置带动成像板64左右移动，需要取得目标上下不在成像范围内的图像时，通过竖向移动装置带动成像板64上下移动，增强装置使用效果。

[0054] 一种基于RTK定位的X光输电线路缺陷检测方法，具体包括如下步骤：

[0055] 1) 将机械手装置5通过负载快拆挂载装置3与第二无人机2相连，第二无人机2起飞后通过RTK系统定位，使用机械手装置5抓取X光摄像成像装置6，并将X光摄像成像装置6运送到线路需要检测的位置；抱臂驱动电机63带动抱臂先张开然后抱紧，将X光摄像成像装置6固定在电线7上；第二无人机6及搭载的机械手装置5降落至地面；

[0056] 2) 将射线发射装置4通过负载快拆挂载装置3与第一无人机1相连，第一无人机1起飞后通过RTK系统定位，飞行至X光摄像成像装置6的成像范围，射线发射装置4的射线机47发射出射线穿透被检测部件，然后射线继续照射在X光摄像成像装置6上，X光摄像成像装置6通过处理，将生成的图像信号通过WIFI发送给地面计算机；

[0057] 3) 计算机运行图像处理软件即可生成被检测部件的内部结构透视图；第一无人机1及搭载的射线发射装置4降落至地面；

[0058] 4) 检测完成后，第二无人机2再次起飞，通过RTK系统定位，再次使用机械手装置5抓取X光摄像成像装置6，抱臂驱动电机63带动抱臂张开，第二无人机2将X光摄像成像装置6运送地面，完成缺陷检测。

[0059] 本发明进行缺陷检测时，被检测的线路无需停电，即可进行缺陷检测，保障了线路输电的连续性。使用RTK技术对无人机的飞行进行辅助，避免了因线路强电磁干扰对无人机造成安全隐患。使用无人机携带机械手装置5运输X光摄像成像装置6，无人员接触线路，操作方便，人员与设备安全性高。通过横向移动装置带动成像板64左右移动，需要取得目标上下不在成像范围内的图像时，通过竖向移动装置带动成像板64上下移动，进而增强了装置使用效果。使用无人机携带射线发射装置4升空，第一视角相机46能够全方位多角度的旋转，并通过第一视角相机46观察瞄准位置，实现射线高精度发射，杜绝射线照射人员，造成人员伤害的风险。每次使用，不受停电限制，无人员受伤风险，无法进入的环境也可以使用

无人机作业。到达现场后3分钟内即可组装调试好设备开始作业,单线夹作业时间在10分钟内完成,较人工爬塔作业的30分钟以上速度快了三倍,并可以杜绝人员危险,还能检测带电线路,整体缺陷检测效率是人工检测的几十倍。

[0060] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

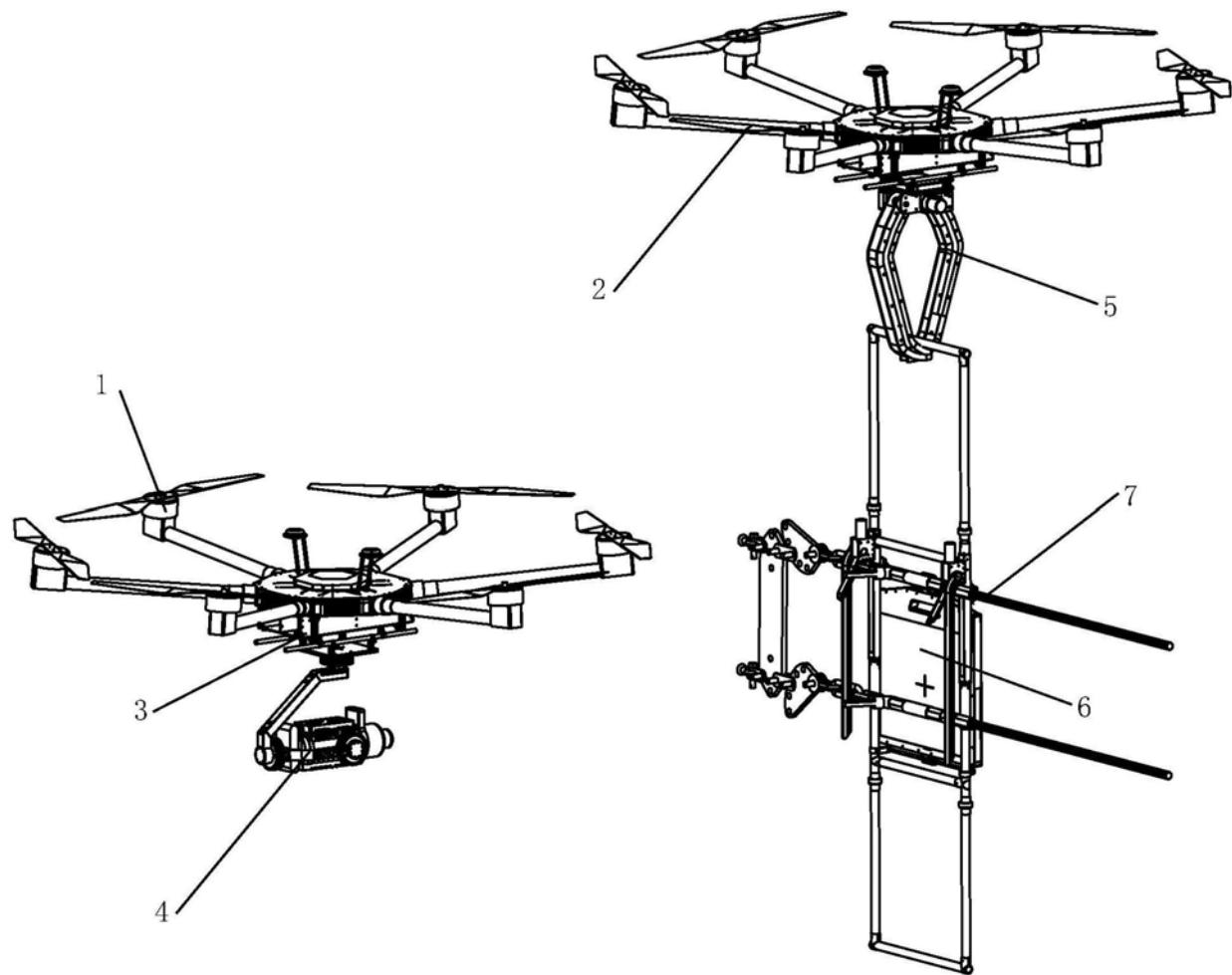


图1

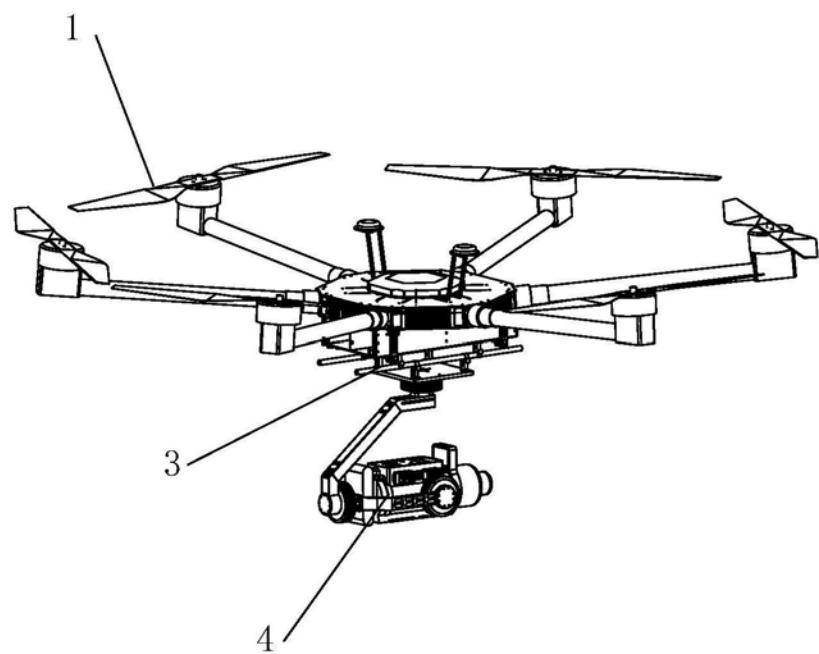


图2

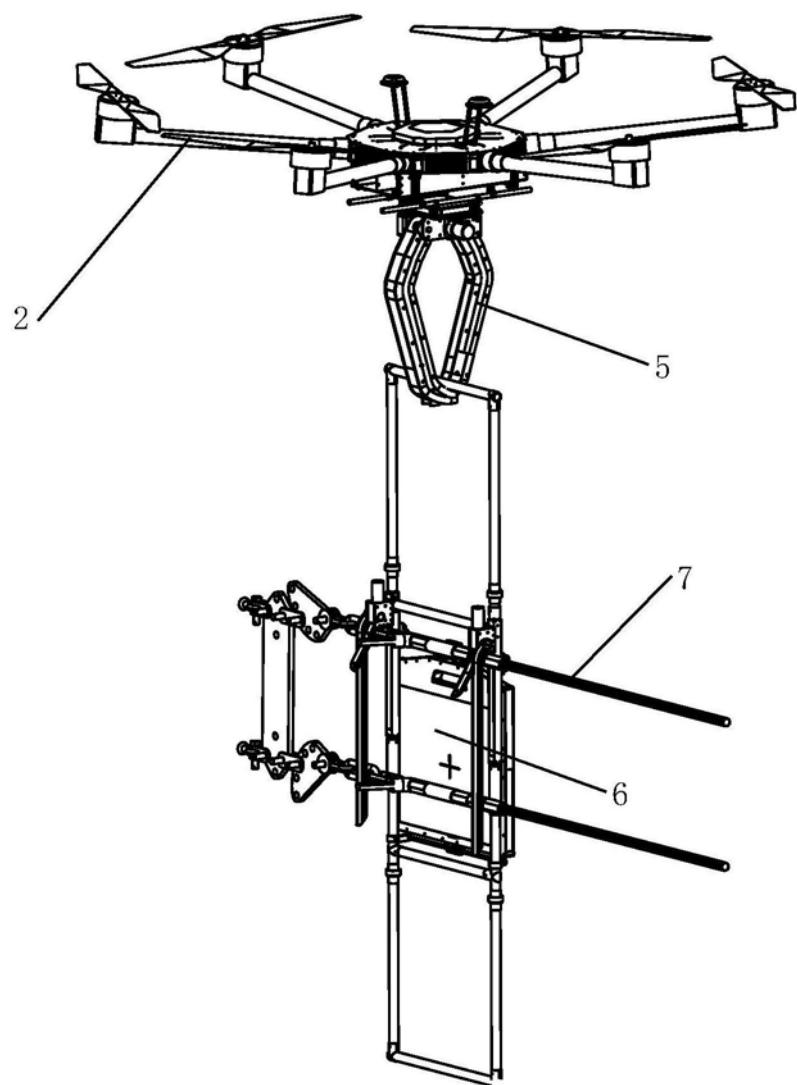


图3

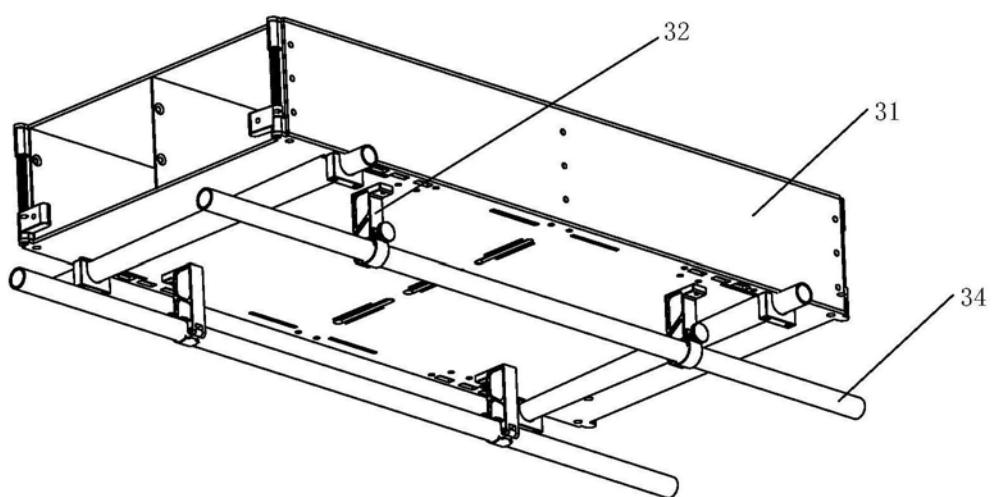


图4

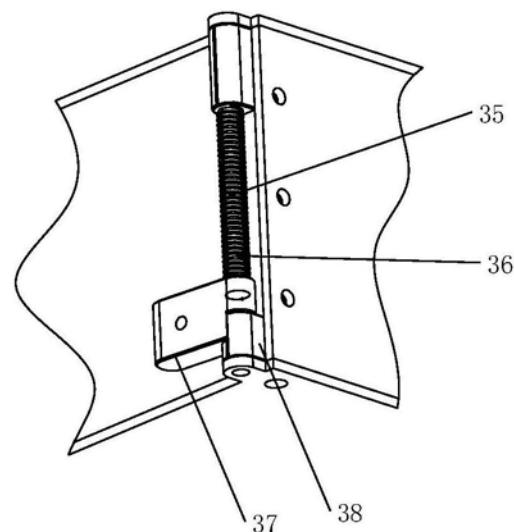


图5

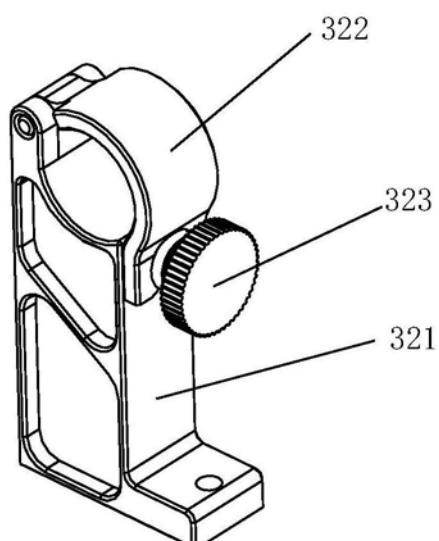


图6

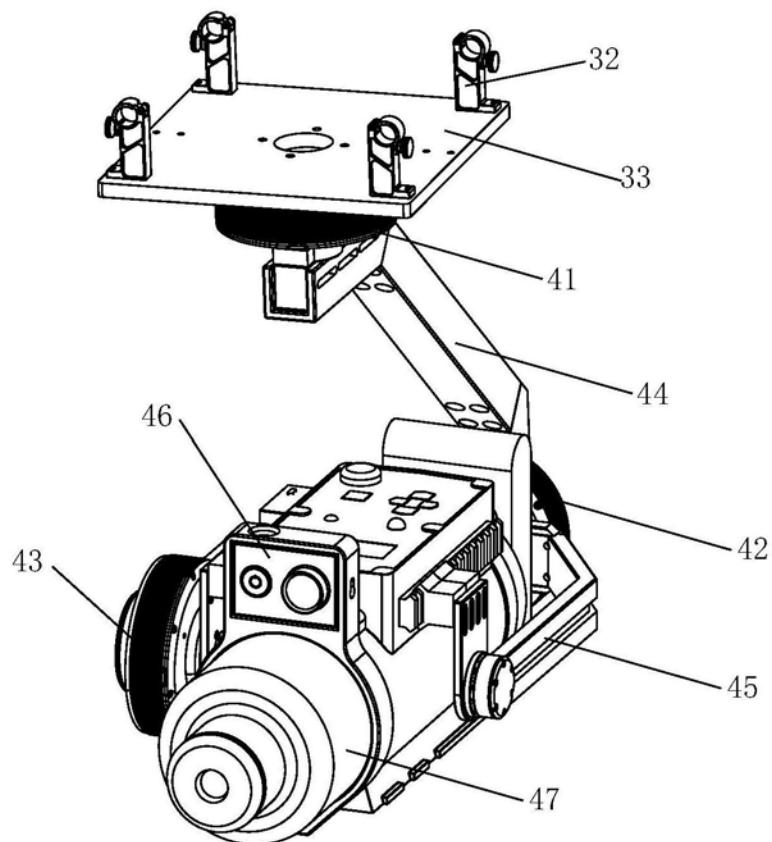


图7

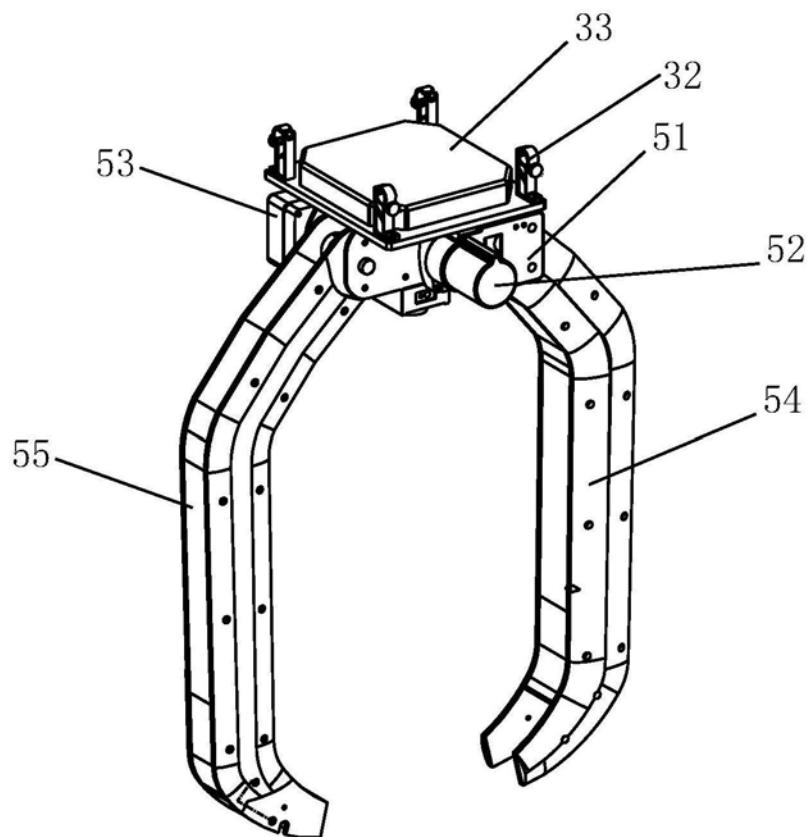


图8

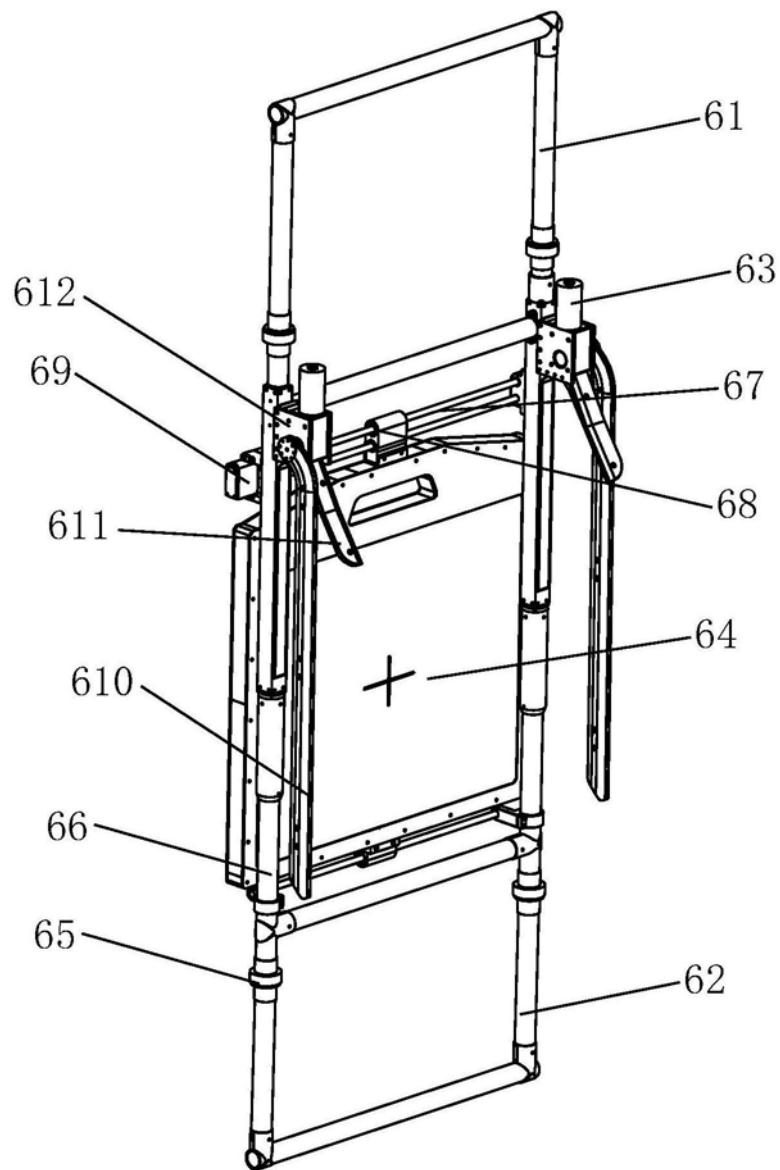


图9