(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109468947 B
(45)授权公告日 2024.09.06

(21)申请号 201811624701.7

(22)申请日 2018.12.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109468947 A

(43)申请公布日 2019.03.15

(73)专利权人 山东华鉴工程检测有限公司
地址 250101 山东省济南市高新区天辰大街389号3号楼215室

(72)发明人 张斌 于新波 孙鹏 任士朴 卓秋林 李光华 高建军 马良 商淑杰 周仲 苏文明 张太磊 蒋志强 张法坤 梁奎基

(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221
专利代理师 赵敏玲

(51)Int.Cl.
E01D 19/10(2006.01)
B62D 55/075(2006.01)
B62D 55/265(2006.01)
G01N 21/95(2006.01)
G01N 29/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 107985432 A,2018.05.04
CN 206161258 U,2017.05.10
CN 207314173 U,2018.05.04
CN 209260556 U,2019.08.16

审查员 范鑫贺

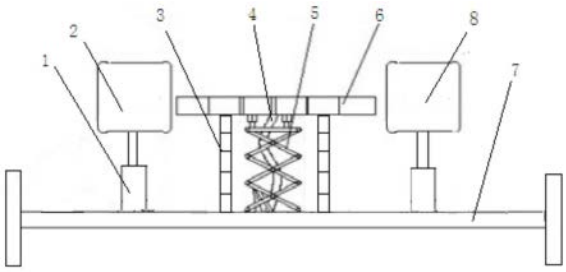
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置及方法,包括一个车体、车体控制装置和远程监控装置,车体包括主车架,在主车架的底部设有履带式移动底盘实现其在大箱梁表面的移动和吸附;在主车架上设有声波探测装置和两个图像采集装置;声波探测装置和两个图像采集装置各自通过升降装置控制其升降;声波探测装置和图像采集装置分别与车体控制装置相连,车体控制装置与远程监控装置进行相互通讯,车体控制装置将声波探测装置和图像采集装置采集到的信号发送给远程监控装置,远程监控装置实时的监控采集的信号,同时根据检测的信号控制履带式移动底盘移动以及各个升降装置的升降。



CN 109468947 B

1.一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置对桥梁进行的检测方法,所述检测装置包括一个车体、车体控制装置和远程监控装置,车体包括一个主车架,在所述的主车架的底部设有履带式移动底盘,履带式移动底盘包括履带,在所述的履带上设有多个大口径真空吸盘,大口径真空吸盘由真空控制系统控制,主要实现其在大箱梁表面的移动和吸附;在所述的主车架上设有一个声波探测装置和两个图像采集装置;所述的声波探测装置和两个图像采集装置各自通过一个升降装置控制其升降;所述的声波探测装置和图像采集装置分别与车体控制装置相连,所述的车体控制装置与远程监控装置进行相互通讯,车体控制装置将声波探测装置和图像采集装置采集到的信号发送给远程监控装置,所述的远程监控装置实时的监控采集的信号,同时根据检测的信号控制履带式移动底盘移动以及各个升降装置的升降;

控制所述的声波探测装置进行升降的升降装置I包括一个安装座、两个伸缩杆和一个铰接架;在所述的安装座上设置有声波探测装置探头,伸缩杆的一端连接在主车架上,伸缩杆的另外一端与安装座相连,所述的铰接架设置在两个伸缩杆之间,其一端连接在主车架上,另外一端也与所述的安装座相连,伸缩杆伸缩或者回缩时,带动铰接架和安装座一起运动,进而实现声波探测装置探头的伸出或者回缩;

其特征在于,检测方法如下:

将车体放置在箱梁的起始检测位置,图像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置打开,然后远程监控装置通过车体控制装置控制车体沿着设定好的轨迹移动,在地面上施工人员实时通过远程监控装置监测图像采集装置采集的图片,当采集的图片为渗水、渗水泛白、表面风化、露筋锈蚀、混凝土锈胀、蜂窝麻面这些表观缺陷图片时,车体一直正常移动,当发现采集的图片为裂纹缝隙时,先控制车体沿着原先的路径继续移动,在图像采集装置采集完裂缝的长度和宽度信息后,对于裂缝宽度超过规范限值以及明显的受力裂缝,发现该类裂缝之后要进行裂缝深度检测,将车体移动到裂缝的起始位置,升降装置II控制图像采集装置回位到原始位置,升降装置I控制声波探测装置的探头升起,开始对裂缝的深度进行检测,然后慢慢移动车体,直到整个裂缝的深度检测完;然后升降装置I控制声波探测装置的探头缩回到起始位置,图像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置继续开始工作;

同样的,当发现采集的图片为孔洞时,先控制车体沿着原先的路径继续移动,在图像采集装置采集完孔洞的表面后,对于面积较大的孔洞,进行孔洞深度检测,升降装置II控制图像采集装置回位到原始位置,升降装置I控制声波探测装置的探头升起,开始对孔洞的深度进行检测;检测完成后,然后升降装置I控制声波探测装置的探头缩回到起始位置,图像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置继续开始工作。

2.如权利要求1所述的智能化大箱梁表观缺陷检测装置对桥梁进行的检测方法,其特征在于,所述的两个图像采集装置设置在声波探测装置的两侧,两个图像采集装置通过升降装置II驱动其升降。

3.如权利要求1所述的智能化大箱梁表观缺陷检测装置对桥梁进行的检测方法,其特征在于,履带式移动底盘,包括对称设置的两个履带式爬行组件;每个履带式爬行组件包括履带传动轴、履带、履带轮一、履带轮二和直流电机;直流电机固定在电机安装座上,通过履带传动轴驱动履带轮一转动,履带轮一通过履带带动履带轮二转动,实现整个车体的移动;

两个履带式爬行组件的直流电机差速转动实现整个装置的转向。

一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于桥梁检测领域,具体的涉及一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置及方法。

背景技术

[0002] 传统的桥梁检测主要依靠肉眼或辅助工具(梯子、桥检车、望远镜等)来检测桥梁的主要构件是否出现裂缝、开裂破损、露筋锈蚀等表观病害。例如,大箱梁结构的裂缝检测包括长度检测、宽度检测以及深度检测;长度检测一般采用的是普通的卷尺进行检测;宽度检测一般采用裂缝测宽仪进行检测,必须要将裂缝测宽仪的探头与裂缝接触,保证探头的角度与裂缝垂直;深度的检测一般采用超声检测法或者凿孔验证,超声检测必须要保证裂缝内部较干净,且不能有水,凿孔验证属于破损检测,有一定的局限性,并且这些方法均是对裂缝的某一部位,无法对所有的裂缝均进行检测。综上所述,传统的检测方法均需要人工近距离的进行接触式的检测,受人为因素干扰较大,检测设备操作的正确与否、偏差大小、野外环境恶劣的情况、检测资料的书写质量和保管质量等均直接关系到检测工作整体的质量。

[0003] 而大箱梁作为应用最广的桥梁截面形式之一,在外观检测过程中,主要是对箱梁底部的表观缺陷进行检测,大部分桥跨均需要借助一定的辅助手段(例如梯子、桥检车)进行检测,在检测过程中,难免会影响正常的交通,尤其是近年来城市高架桥越来越多的采用大箱梁的截面形式,对城市高架桥的外观检测不能过多的影响其正常的运行,这就给实际的检测工作带来的很多的限制,进而造成检测精度普遍偏低。虽然近几年出现了一些新的桥梁检测手段,例如无人机及远距离图像识别技术,但由于其只能采集到一些表观的信息,例如裂缝深度这种缺陷,无人机将无法对裂缝深度进行采集,同时,由于无人机设有螺旋桨,导致其无法靠近桥梁的表面,导致采集的图片清晰度不够;还有远距离的望远镜设备,由于受到拍摄角度的问题也受到很多的限制。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的技术问题,本发明公开了一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置,通过攀爬装置,将超声检测、图像检测以及攀爬装置进行结合,设计了一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置及方法。

[0005] 本发明采用的技术方案如下:

[0006] 一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置,包括一个车体、车体控制装置和远程监控装置,车体包括一个主车架,在所述的主车架的底部设有履带式移动底盘,履带式移动底盘包括履带,在所述的履带上设有多个大口径真空吸盘,大口径真空吸盘由真空控制系统控制,主要实现其在大箱梁表面的移动和吸附;在所述的主车架上设有一个声波探测装置和两个图像采集装置;所述的声波探测装置和两个图像采集装置各自通过一个升降装置控制其升降;所述的声波探测装置和图像采集装置分别与车体控制装置相连,所述的车体控制

装置与远程监控装置进行相互通讯,车体控制装置将声波探测装置和图像采集装置采集到的信号发送给远程监控装置,所述的远程监控装置实时的监控采集的信号,同时根据检测的信号控制履带式移动底盘移动以及各个升降装置的升降。

[0007] 具体的,控制所述的声波探测装置进行升降的升降装置I包括一个安装座、两个伸缩杆和一个铰接架;在所述的安装座上设置有声波探测装置探头,伸缩杆3的一端连接在主车架上,伸缩杆的另外一端与安装座相连,所述的铰接架设置在两个伸缩杆之间,其一端连接在主车架上,另外一端也与所述的安装座相连,伸缩杆伸缩或者回缩时,带动铰接架和安装座一起运动,进而实现声波探测装置探头的伸出或者回缩。

[0008] 具体的,所述的两个图像采集装置设置在声波探测装置的两侧,两个图像采集装置通过升降装置II驱动其升降。

[0009] 具体的,履带式移动底盘,包括对称设置的两个履带式爬行组件;每个履带式爬行组件包括履带传动轴、履带、履带轮一、履带轮二和直流电机;直流电机固定在电机安装座上,通过履带传动轴驱动履带轮一转动,履带轮一通过履带带动履带轮二转动,实现整个车体的移动;两个履带式爬行组件的直流电机差速转动实现整个装置的转向。

[0010] 具体的,所述的大口径真空吸盘通过吸盘连接件与大口径真空吸盘的尾端球铰接;大口径真空吸盘为尾端小头端大的中空圆台状,且头端与圆环状平底裙边的内侧壁连接,平底裙边增强吸盘的气密性;吸盘连接件的内部中空,一端与大口径真空吸盘的内部连通,另一端通过导气管与配气盘的一个配气孔连通;这里需保证履带转一圈时,配气盘也刚好转一圈,这样导气管就不会缠绕。

[0011] 具体的,配气盘设置在履带的外侧,其通过一个支撑轴与一个同步带轮相连,同步带轮通过同步带与同步带轮相连,同步带轮安装在直流电机的输出轴上;配气盘与配气盘对称设置;支撑座用于支撑支撑轴。

[0012] 具体的,检测方法如下:

[0013] 将车体放置在箱梁的起始检测位置,图像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置打开,然后远程监控装置通过车体控制装置控制车体沿着设定好的轨迹移动,在地面上施工人员实时通过远程监控装置监测图像采集装置采集的图片,当采集的图片为渗水、渗水泛白、表面风化、露筋锈蚀、混凝土锈胀、蜂窝麻面这些表观缺陷图片时,车体一直正常移动,当发现采集的图片为裂纹缝隙时,先控制车体沿着原先的路径继续移动,在图像采集装置采集完裂缝的长度和宽度信息后,对于裂缝宽度超过规范限值以及明显的受力裂缝(例如跨中底板的横向裂缝、支点位置的斜向裂缝,腹板的斜向裂缝),发现该类裂缝之后要进行裂缝深度检测,将车体移动到裂缝的起始位置,升降装置II控制图像采集装置回位到原始位置,升降装置I控制声波探测装置的探头升起,开始对裂缝的深度进行检测,然后慢慢移动车体,直到整个裂缝的深度检测完;然后升降装置I控制声波探测装置的探头缩回到起始位置,图像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置继续开始工作;

[0014] 同样的,当发现采集的图片为孔洞时,先控制车体沿着原先的路径继续移动,在图像采集装置采集完孔洞的表面后,对于面积较大的孔洞,进行孔洞深度检测,升降装置II控制图像采集装置回位到原始位置,升降装置I控制声波探测装置的探头升起,开始对孔洞的深度进行检测;检测完成后,然后升降装置I控制声波探测装置的探头缩回到起始位置,图

像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置继续开始工作。

[0015] 进一步的,各类缺陷在所述箱梁上的位置可以根据小车的起始位置以及运动速度、运动轨迹测算出来,缺陷的面积可以根据图像的识别进行。

[0016] 本发明产生的有益效果如下:

[0017] 本发明根据大箱梁的表观缺陷特点,结合机器人和信息采集技术,在车体移动的过程中分别通过图像采集装置和声波探测装置对其缺陷采集,且采用图像采集装置和声波探测装置相结合的方式对病害较严重的裂缝和孔洞进行全方位的检测,真正实现了检测的自动化和智能化。

附图说明

[0018] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本申请的进一步理解,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。

[0019] 图1是根据一个或多个实施方式的侧视简图;

[0020] 图2是根据一个或多个实施方式的俯视简图;

[0021] 图3是根据一个或多个实施方式的履带式移动底盘简图。

具体实施方式

[0022] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0023] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合;

[0024] 为了方便叙述,本发明中如果出现“上”、“下”、“左”“右”字样,仅表示与附图本身的上、下、左、右方向一致,并不对结构起限定作用,仅仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的设备或元件必须具有特定的方位,以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0025] 术语解释部分:本发明中的术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或为一体;可以是机械连接,也可以是电连接,可以是直接连接,也可以是通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部连接,或者两个元件的相互作用关系,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明的具体含义。

[0026] 正如背景技术所介绍的,现有技术中存在很多不足,为了解决如上的技术问题,本申请提出了一种智能化大箱梁表观缺陷检测装置及方法。

[0027] 目前在箱梁结构中,比较常见的几种箱梁外观质量缺陷包括包含渗水、渗水泛白、表面风化、露筋锈蚀、混凝土锈胀、蜂窝麻面、孔洞、裂缝等。

[0028] 渗水泛白是指箱梁表面出现白色碱痕;产生原因原材料及拌合用水中的总碱含量偏大。

[0029] 表面风化是指由于风化形成的一些表观缺陷。

[0030] 蜂窝麻面具体指混凝土表面缺浆、石子露出深度大于5mm,但小于钢筋保护层厚度;麻面是指混凝土表面缺浆粗糙,表面呈现无数的小凹点,而无露筋现象;产生蜂窝的原因有:混凝土没按配合比准确投料(浆少、石多);混凝土搅拌时间短,搅拌不均匀,浇筑时造成有些部位石子多而浆少;混凝土没有分层下料浇筑;下料自由倾落高度过大,造成骨料分离;混凝土入模后,振捣质量差,造成漏振或过振。②导致箱梁表面出现麻面的原因有:模板表面不光滑、不干净,拆模时混凝土表面被粘坏;浇筑混凝土前模板湿润不够,构件表面混凝土的水分被吸去,使混凝土失水过多;模板缝隙过大,造成模板漏浆;出现麻面;脱模剂涂刷不匀,或局部漏刷或失效;混凝土表面与模板粘结;混凝土振捣不实,气泡未排出,停留在模板表面。

[0031] 孔洞是指局部或者全部没有混凝土的较大空隙;①混凝土拌合前,砂石材料中的泥块含有泥块或杂物等。②混凝土拌合不均匀,坍落度过小。③箱梁内部钢筋密集,而选用的粗骨料粒径偏大。④混凝土浇筑时,一次下料过多,不能充分振捣。

[0032] 露筋是指主筋、构造筋或箍外筋露在混凝土表面。产生原因①制作钢筋骨架时漏放垫块或浇筑混凝土时使垫块移位,使钢筋紧贴模板。②混凝土构件断面小,且钢筋密集,粗骨料粒径偏大,致使混凝土难以下落。③保护层部位的混凝土漏振或振捣不密实。

[0033] 裂缝是指箱梁顶板混凝土因开裂分离而形成的裂纹缝隙。主要有温度裂缝、干缩裂缝和外力等原因引起的裂缝。产生原因箱梁顶板混凝土由于温度、湿度变化,支撑变形、拆模过早、养护不好等都有可能引起裂缝。

[0034] 混凝土锈胀是指箱梁外侧混凝土表面显露钢筋痕迹,但不是露筋;产生原因①制作钢筋骨架时漏放垫块或浇筑混凝土时使垫块移位,使钢筋紧贴模板。②混凝土构件断面小,且钢筋密集,粗骨料粒径偏大,致使混凝土难以下落。③保护层部位的混凝土漏振或振捣不密实。

[0035] 根据上面各种缺陷的特征可以大致分成两类,一类是纯表观缺陷,另一类表面和内部均分布的缺陷,因此本发明针对这两类缺陷,设计了两种采集装置,两种采集装置相互结合,实现所有缺陷的采集;具体的,渗水、渗水泛白、表面风化、露筋锈蚀、混凝土锈胀、蜂窝麻面等这些缺陷完全可以通过本发明中的图像采集装置采集即可得到;而裂纹缝隙和孔洞的表面尺寸特征也可以通过图像采集装置进行采集,但是其内部特征就必须要通过超声波检测仪进行检测。

[0036] 具体的装置包括一个车体、车体控制装置20和远程监控装置,车体包括一个主车架7,在所述的主车架7的底部设有履带式移动底盘,履带式移动底盘包括履带,在所述的履带上设有多个大口径真空吸盘,大口径真空吸盘由真空控制系统控制,主要实现其在大箱梁表面的移动和吸附;

[0037] 在所述的主车架7上设有一个声波探测装置和图像采集装置2和图像采集装置8;声波探测装置和两个图像采集装置各自通过一个升降装置控制其升降;声波探测装置和图像采集装置分别与车体控制装置20相连,车体控制装置20与远程监控装置进行相互通讯,车体控制装置20将声波探测装置和图像采集装置采集到的信号发送给远程监控装置,所述的远程监控装置实时的监控采集的信号,同时根据检测的信号控制履带式移动底盘移动以及各个升降装置的升降。

[0038] 控制所述的声波探测装置进行升降的升降装置I包括一个安装座6、两个伸缩杆3和一个铰接架5;在所述的安装座上设置有声波探测装置探头4,伸缩杆3的一端连接在主车架7上,伸缩杆3的另外一端与安装座6相连,所述的铰接架5设置在两个伸缩杆3之间,其一端连接在主车架7上,另外一端也与所述的安装座6相连,伸缩杆3伸缩或者回缩时,带动铰接架5和安装座6一起运动,进而实现声波探测装置探头的伸出或者回缩。

[0039] 具体的,两个图像采集装置2和图像采集装置8设置在声波探测装置的两侧,两个图像采集装置通过升降装置II驱动其升降,升降装置II可以选择采用现有的气缸1。采用两个图像采集装置的原因是防止其中一个图像采集装置采集的信息不清楚。

[0040] 履带式移动底盘如图3所示,包括对称设置的两个履带式爬行组件;每个履带式爬行组件包括履带传动轴14、履带10、履带轮一13、履带轮二21和直流电机11;直流电机11固定在电机安装座12上,通过履带传动轴14驱动履带轮一13转动,履带轮一13通过履带10带动履带轮二21转动,实现整个车体的移动。两个履带式爬行组件的直流电机17差速转动实现整个装置的转向。

[0041] 在所述的履带10上间隔的安装有大口径真空吸盘9,大口径真空吸盘9通过吸盘连接件与大口径真空吸盘9的尾端球铰接,增强吸盘的壁面适应性;大口径真空吸盘9为尾端小头端大的中空圆台状,且头端与圆环状平底裙边的内侧壁连接,平底裙边增强吸盘的气密性;吸盘连接件的内部中空,一端与大口径真空吸盘9的内部连通,另一端通过导气管与配气盘的一个配气孔连通;这里需保证履带转一圈时,配气盘也刚好转一圈,这样导气管就不会缠绕;

[0042] 配气盘22设置在履带10的外侧,其通过一个支撑轴与一个同步带轮17相连,同步带轮17通过同步带16与同步带轮15相连,同步带轮15安装在直流电机11的输出轴上;配气盘18与配气盘22对称设置;支撑座19用于支撑支撑轴。

[0043] 每个配气系统中,配气盘的配气孔个数与铰链式平底裙边吸盘的个数相同;每个配气系统的同步带轮15固定在对应一个履带式爬行组件的其中一根履带传动轴上。同个配气系统中,沿同步带环向每相邻两个吸盘连接件为一个吸盘连接件组;两个配气系统沿同步带环向对应位置的两个吸盘连接件组中,与四个吸盘连接件连通的四个配气孔采用一个二位四通换向阀配气:即两个配气系统沿同步带环向对应位置的两个吸盘连接件组中,连通不同组对应位置的两个吸盘连接件的两个配气孔与一个二位四通换向阀的同一个工作口接通,连通另两个吸盘连接件的两个配气孔与该二位四通换向阀的另一个工作口接通;把两个不同时工作的大口径真空吸盘9并联起来,并串联两个配气系统,不仅可以节省成本,而且可以简化系统、减轻整体重量;所有二位四通换向阀的抽气口通过输气管与真空发生器连通;真空发生器的抽气口设有真空供给阀、稳压节流阀和真空过滤器;空气压缩机给真空发生器提供正压气源;空气压缩机采用小型活塞式无油压缩机,提升气体压强;二位四通换向阀、真空供给阀、稳压节流阀、真空发生器和空气压缩机均集成在车体控制装置20中,控制方式与现有的大口径真空吸盘相同,因此,在图中没有进行详细的表示。

[0044] 上述装置具体的,具体的检测方法如下:

[0045] 将车体放置在箱梁的起始检测位置,图像采集装置在升降装置II的驱动下升起,图像采集装置打开,然后远程监控装置通过车体控制装置控制车体沿着设定好的轨迹移动,在地面上施工人员实时通过远程监控装置监测图像采集装置采集的图片,当采集的图

片为渗水、渗水泛白、表面风化、露筋锈蚀、混凝土锈胀、蜂窝麻面这些表观缺陷图片时，车体一直正常移动，当发现采集的图片为裂纹缝隙时，先控制车体沿着原先的路径继续移动，在图像采集装置采集完裂纹缝隙的长度和宽度信息后，然后将车体移动到裂纹缝隙的起始位置，升降装置II控制图像采集装置回位到原始位置，升降装置I控制声波探测装置的探头升起，开始对裂纹缝隙的深度进行检测，然后慢慢移动车体，直到整个裂纹缝隙的深度检测完；然后升降装置I控制声波探测装置的探头缩回到起始位置，图像采集装置在升降装置II的驱动下升起，图像采集装置继续开始工作；

[0046] 同样的，当发现采集的图片为孔洞时，先控制车体沿着原先的路径继续移动，在图像采集装置采集完孔洞的表面后，升降装置II控制图像采集装置回位到原始位置，升降装置I控制声波探测装置的探头升起，开始对孔洞的深度进行检测；检测完成后，然后升降装置I控制声波探测装置的探头缩回到起始位置，图像采集装置在升降装置II的驱动下升起，图像采集装置继续开始工作。

[0047] 各个缺陷在所述箱梁上的位置可以根据小车的起始位置以及运动速度、运动轨迹测算出来。

[0048] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已，并不用于限制本申请，对于本领域的技术人员来说，本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

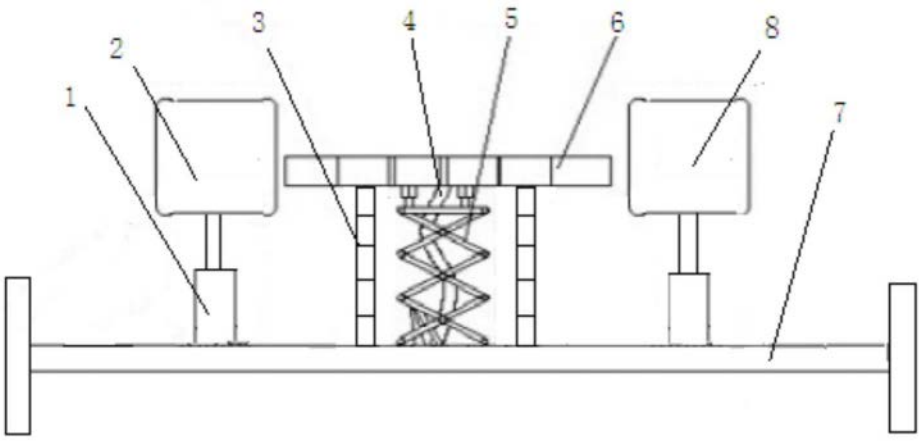


图1

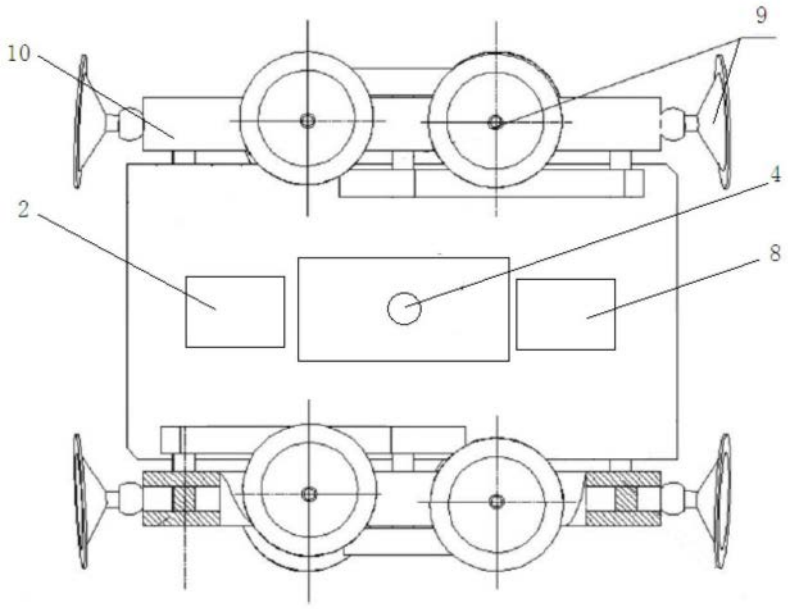


图2

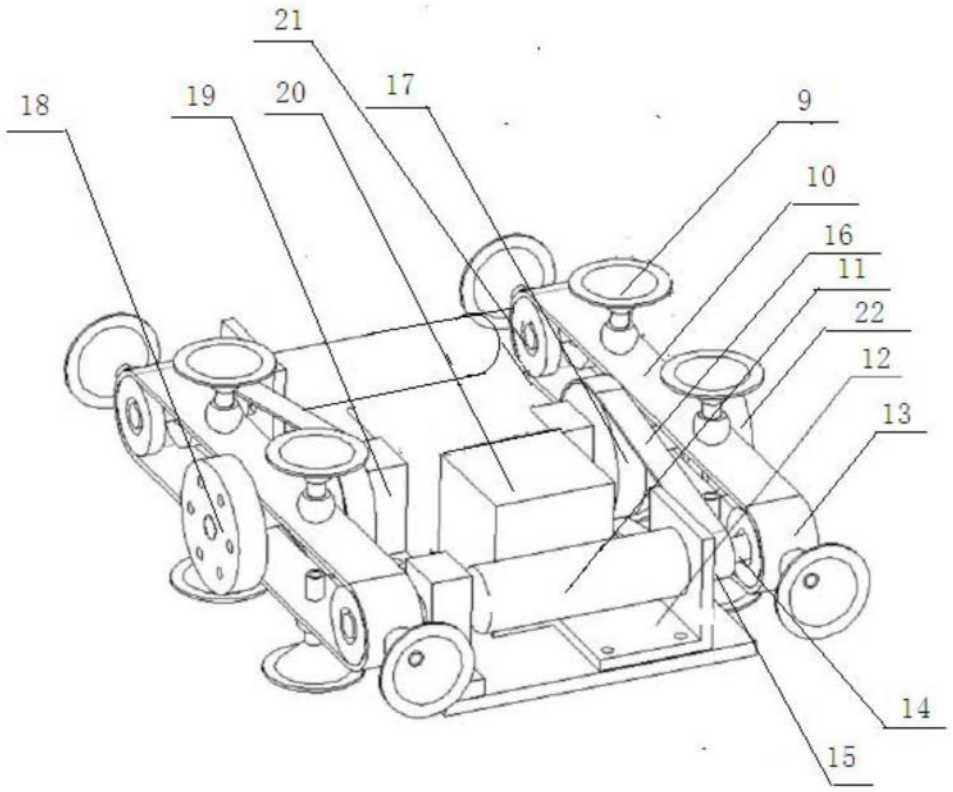


图3