



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117307198 A

(43) 申请公布日 2023. 12. 29

(21) 申请号 202311314073.3

(22) 申请日 2023.10.11

(71) 申请人 贵州交通职业技术学院

地址 551400 贵州省贵阳市清镇市站街镇
贵州交通职业技术学院

(72) 发明人 苏艺 彭爱泉

(74) 专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所
52100

专利代理师 吴无惧

(51) Int. Cl.

E21D 11/10 (2006.01)

E21D 11/40 (2006.01)

E21F 17/00 (2006.01)

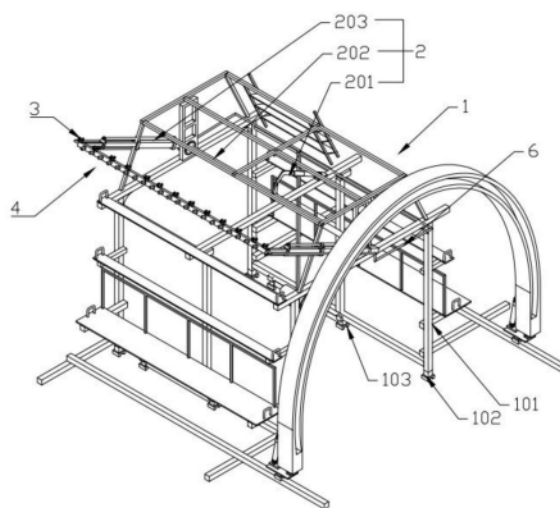
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种隧道支护3D打印机器人及其施工方法

(57) 摘要

本发明公开了一种隧道支护3D打印机器人及其施工方法,机器人包括安装在台车本体上分别与控制系统连接的伸缩摆臂机构、喷射机构和断面扫描仪;伸缩摆臂机构包括液压驱动臂、液压传动杆和液压伸缩臂,液压驱动臂底座固定在台车本体上部,液压驱动臂输出端连接液压传动杆,液压传动杆与台车本体转动连接,且液压传动杆固定连接液压伸缩臂,液压伸缩臂伸缩端固定连接喷射机构;所述喷射机构包括连杆、喷头和电机,所述连杆与液压伸缩臂伸缩端可拆卸固定连接,连杆上安装有断面扫描仪和角度传感器,喷头进料口连接输料管,输料管沿伸缩摆臂机构和台车本体布置,输料管进料口与输料机构送料口可拆卸固定连接,喷头的底座与电机连接并一起安装在连杆上,电机、断面扫描仪和角度传感器分别连接控制系统。



1. 一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,包括台车本体(1),台车本体(1)上安装有分别与控制系统连接的伸缩摆臂机构(2)、喷射机构(4)和断面扫描仪(3);所述伸缩摆臂机构(2)包括液压驱动臂(201)、液压传动杆(202)和液压伸缩臂(203),液压驱动臂(201)底座固定在台车本体(1)上部,液压驱动臂(201)输出端连接液压传动杆(202),液压传动杆(202)与台车本体(1)转动连接,且液压传动杆(202)固定连接液压伸缩臂(201),液压伸缩臂(201)伸缩端固定连接喷射机构(4);所述喷射机构(4)包括连杆(401)、喷头(402)和电机(403),所述连杆(401)与液压伸缩臂(201)伸缩端可拆卸固定连接,连杆(401)上安装有断面扫描仪(3)和角度传感器,喷头(402)进料口连接输料管(6),输料管(6)沿伸缩摆臂机构(2)和台车本体(1)布置,输料管进料口与输料机构送料口可拆卸固定连接,喷头(402)的底座与电机(403)连接并一起安装在连杆(401)上,电机(403)、断面扫描仪(3)和角度传感器分别连接控制系统。

2. 根据权利要求1所述的一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,所述液压传动杆(202)两端分别与台车本体(101)前后两端顶部的支架转动连接,液压驱动臂(201)输出端连接液压传动杆(202)中部,液压传动杆(202)两端分别连接液压伸缩臂(203),液压驱动臂(201)受控制系统的信号控制,带动液压传动杆(202)和液压伸缩臂(203)转动,液压伸缩臂(203)受控制系统的信号控制,使得喷射机构(4)与隧道拱面保持合适的距离。

3. 根据权利要求2所述的一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,所述连杆(401)两端分别与液压伸缩臂(203)的伸缩端连接,若干个喷头(402)和电机(403)均匀间隔安装在连杆(401)上,每个电机(403)受控制系统单独控制或集群控制。

4. 根据权利要求1所述的一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,它还包括振捣刮平机构(5),所述捣震刮平机构(5)包括安装架(501)、刮板(502)和捣震锤(503),所述安装架(501)两端分别通过转轴与液压伸缩臂(203)转动连接,转轴与旋转电机连接,旋转电机连接控制系统,所述刮板(502)平行安装在安装架(501)外侧,刮板(502)顶端通过螺钉可拆卸固定安装有刮片(5021),刮片(5021)呈与隧道拱面贴合的弧面,若干个捣震锤(503)通过U形固定架套设在安装架(501)内侧,采用螺钉紧固。

5. 根据权利要求1所述的一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,所述输料管(6)通过接头与输料机构送料口可拆卸固定连接,输料管(6)还通过接头可拆卸固定连接高压水管出口和高压气管出口,连接头上设有控制阀,控制阀与控制系统连接。

6. 根据权利要求5所述的一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,所述喷头(402)上还设有喷气头(7),喷气头(7)沿喷头(402)外壁环形安装,喷气头(7)出气口处设置螺旋叶片,喷气头(7)进气口通过软管连接高压气管,软管沿输料管布置,软管与高压气管可拆卸固定连接,且二者的连接处设有气压阀,气压阀连接控制系统。

7. 根据权利要求1所述的一种隧道支护3D打印机器人,其特征在于,所述台车本体(1)包括台车门架(101),台车门架(101)底端设有液压支撑脚(102),液压支撑脚(102)一侧设有液压滑移脚(103),液压滑移脚(103)下方铺设轨道,液压支撑脚(102)和液压滑移脚(103)分别连接控制系统。

8. 根据权利要求1-7任一项所述的一种隧道支护3D打印机器人的施工方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、3D打印机器人从上一个施工面开始往下一个施工面运动,断面扫描仪扫描隧道断

面,获取隧道轮廓数据;

S2、控制系统根据隧道轮廓数据生成打印轨迹;

S3、控制系统根据打印轨迹和打印厚度控制伸缩摆臂机构带动喷射机构沿隧道拱面按照预定速度、离拱面的距离旋转运动,同时控制每个喷头按照预设的角度、流量、流速将混凝土喷射到拱面,形成整个施工面纵向断面混凝土定点、定量的一次性搜索全覆盖喷浆支护;重复以上步骤完成初期支护打印;

S4、当前施工面内外钢筋网铺设完成后,3D打印机器人准备就位,断面扫描仪扫描隧道断面,获取隧道轮廓数据;

S5、控制系统根据隧道轮廓数据生成打印轨迹;

S6、控制系统根据打印轨迹和打印厚度控制伸缩摆臂机构带动喷射机构沿隧道拱面按照预定速度、离拱面的距离旋转运动,同时每个喷头按照预设的角度、流量、流速将混凝土喷射到拱面,形成整个施工面纵向断面混凝土定点、定量一次性全覆盖喷浆打印;由于二衬厚度较高,采取逐层打印、逐层粘结的方式实现隧道拱面的二次衬砌打印;

S7、重复步骤S4-S6,二次衬砌打印完成后拆除喷射机构,安装刮平振捣机构,控制系统控制刮平振捣机构对混凝土二衬砌面进行振捣压实、抹平;

S8、隧道初期支护喷浆或二次衬砌打印完成后,拆除输料机构与输料管的连接,通过接头分别连接高压水管与高压气管,利用高压水与高压气实现对输料管和喷头的清洗。

9.一种用于如权利要求1-7任一所述的隧道支护3D打印机器人的打印材料。

10.根据权利要求9所述的打印材料,其特征在于,由混凝土材料添加玄武岩纤维材料调和而成。

一种隧道支护3D打印机器人及其施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于隧道施工技术领域,具体涉及一种隧道3D打印机器人及其施工方法。

背景技术

[0002] 随着经济的快速发展以及基础设施建设和资源开发的逐渐深入,隧道建设过程中的安全和结构质量问题也日益凸显。锚喷支护是保障隧道强度的重要方式,而喷浆支护是锚喷支护的关键环节,能够有效的减少隧道倒塌的发生。在初期支护中,喷混凝土是最基本的支护方法,是不可缺少的。

[0003] 目前,隧道支护主要包括初期支护和二次衬砌。隧道初期支护的混凝土作业主要有干喷法和湿喷法两种作业模式。干喷法是将水泥、砂、石在干燥状态下拌合均匀,用压缩空气送至喷嘴并与压力水混合后进行喷灌的方法。该种作业模式混凝土质量波动大,回弹率高,施工效率低,施工环境比较恶劣,且比较适合小方量工程。湿喷法是将拌好的混凝土通过压浆泵送至喷嘴,再用压缩空气进行喷灌的方法。湿喷混凝土质量稳定,施工效率高,比较适合大方量工程,也是目前较为主要的混凝土初期支护作业模式。但每个施工项目的湿喷混凝土配比不同,喷射质量也不同,最终支护效果除与操作人员水平关系密切外,由于湿喷工法和干喷工法都采用高压空气将物料吹出的方式,物料的回弹量和高压喷料造成的粉尘污染都非常大,严重影响了隧道内施工环境和人员的健康。

[0004] 隧道二次衬砌(以下简称二衬)是隧道工程的永久支护结构,不但承受荷载而且也是隧道外观工程,衬砌结构混凝土应满足密实、表面平整光滑、曲线圆顺,满足设计强度、防水、耐久性的要求。

[0005] 目前,二次衬砌混凝土的浇筑一般采用的模注混凝土施工,先通过人工支模,再将混凝土通过管道引至台车模板的浇筑窗口注入衬砌空间,采用的是管道加溜槽的装置运输混凝土,属于无压力浇筑,管道采用三通接头进行分流,在分流管道上或者三通接头主管道上安装阀门控制各个窗口浇筑顺序,并依靠人工在窗口处配合振捣混凝土,混凝土凝固后拆除模板。不仅人力劳动量大、劳动强度高,浇筑效率低,且容易产生蜂窝麻面、平整度不足、空洞、缝隙和夹层、露筋、强度不足,均质性差、表面裂缝、表面渗水等问题,严重影响二衬的安全、稳定性和美观,同时,模板的成本较高,模板的搬运、安装和拆除对施工工期、安全和质量影响也较大。

[0006] 因此,鉴于隧道支护工序的不可取消性与当前施工工艺导致的质量参差不齐、物料浪费大、作业环境差等现象,亟待实施一种新的技术方案,以解决上述问题。

发明内容

[0007] 本发明的目的是,提供一种隧道3D打印机器人及其施工方法,以克服现有技术的不足。

[0008] 本发明采用的技术方案是,一种隧道支护3D打印机器人,包括台车本体,台车本体上安装有分别与控制系统连接的伸缩摆臂机构、喷射机构和断面扫描仪;所述伸缩摆臂机

构包括液压驱动臂、液压传动杆和液压伸缩臂,液压驱动臂底座固定在台车本体上部,液压驱动臂输出端连接液压传动杆,液压传动杆与台车本体转动连接,且液压传动杆固定连接液压伸缩臂,液压伸缩臂伸缩端固定连接喷射机构;所述喷射机构包括连杆、喷头和电机,所述连杆与液压伸缩臂伸缩端可拆卸固定连接,连杆上安装有断面扫描仪和角度传感器,喷头进料口连接输料管,输料管沿伸缩摆臂机构和台车本体布置,输料管进料口与输料机构送料口可拆卸固定连接,喷头的底座与电机连接并一起安装在连杆上,电机、断面扫描仪和角度传感器分别连接控制系统。

[0009] 优选地,所述液压传动杆两端分别与台车本体前后两端顶部的支架转动连接,液压驱动臂输出端连接液压传动杆中部,液压传动杆两端分别连接液压伸缩臂,液压驱动臂受控制系统的信号控制,带动液压传动杆和液压伸缩臂转动,液压伸缩臂受控制系统的信号控制,使得喷射机构与隧道拱面保持合适的距离。

[0010] 优选地,所述连杆两端分别与液压伸缩臂的伸缩端连接,若干个喷头和电机均匀间隔安装在连杆上,每个电机受控制系统单独控制或集群控制。

[0011] 优选地,它还包括振捣刮平机构,所述捣震刮平机构包括安装架、刮板和捣震锤,所述安装架两端分别通过转轴与液压伸缩臂转动连接,转轴与旋转电机连接,旋转电机连接控制系统,所述刮板平行安装在安装架外侧,刮板顶端通过螺钉可拆卸固定安装有刮片,刮片呈与隧道拱面贴合的弧面,若干个捣震锤通过U形固定架套设在安装架内侧,采用螺钉紧固。

[0012] 优选地,所述输料管通过接头与输料机构送料口可拆卸固定连接,输料管还通过接头可拆卸固定连接高压水管出口和高压气管出口,连接头上设有控制阀,控制阀与控制系统连接。

[0013] 优选地,所述喷头上还设有喷气头,喷气头沿喷头外壁环形安装,喷气头出气口处设置螺旋叶片,喷气头进气口通过软管连接高压气管,软管沿输料管布置,软管与高压气管可拆卸固定连接,且二者的连接处设有气压阀,气压阀连接控制系统。

[0014] 优选地,所述台车本体包括台车门架,台车门架底端设有液压支撑脚,液压支撑脚一侧设有液压滑移脚,液压滑移脚下方铺设轨道,液压支撑脚和液压滑移脚分别连接控制系统。

[0015] 一种隧道支护3D打印机器人的施工方法,包括以下步骤:

S1、3D打印机器人从上一个施工面开始往下一个施工面运动,断面扫描仪扫描隧道断面,获取隧道轮廓数据;

S2、控制系统根据隧道轮廓数据生成打印轨迹;

S3、控制系统根据打印轨迹和打印厚度控制伸缩摆臂机构带动喷射机构沿隧道拱面按照预定速度、离拱面的距离旋转运动,同时控制每个喷头按照预设的角度、流量、流速将混凝土喷射到拱面,形成整个施工面纵向断面混凝土定点、定量的一次性搜索全覆盖喷浆支护;重复以上步骤完成初期支护打印;

S4、当前施工面内外钢筋网铺设完成后,3D打印机器人准备就位,断面扫描仪扫描隧道断面,获取隧道轮廓数据;

S5、控制系统根据隧道轮廓数据生成打印轨迹;

S6、控制系统根据打印轨迹和打印厚度控制伸缩摆臂机构带动喷射机构沿隧道拱

面按照预定速度、离拱面的距离旋转运动,同时每个喷头按照预设的角度、流量、流速将混凝土喷射到拱面,形成整个施工面纵向断面混凝土定点、定量一次性全覆盖喷浆打印;由于二衬厚度较高,采取逐层打印、逐层粘结的方式实现隧道拱面的二次衬砌打印;

S7、重复步骤S4-S6,二次衬砌打印完成后拆除喷射机构,安装刮平振捣机构,控制系统控制刮平振捣机构对混凝土二衬砌面进行振捣压实、抹平;

S8、隧道初期支护喷浆或二次衬砌打印完成后,拆除输料机构与输料管的连接,通过接头分别连接高压水管与高压气管,利用高压水与高压气实现对输料管和喷头的清洗。

[0016] 一种用于隧道支护3D打印机器人的打印材料。

[0017] 所述打印材料由混凝土材料添加玄武岩纤维材料调和而成,说明对打印材料的要求。

[0018] 相较现有技术,本发明的有益效果是:

1) 本发明利用3D打印机器人采用相应的打印材料,对隧道初期支护和二次衬砌进行3D打印,解决了目前湿喷和干喷支护模式以及人力施工引起的质量问题,尤其是规避的湿喷带来的脱空风险,保证隧道支护结构的整体性及围岩与初支之间紧密接触的受力状态,提高对围岩的约束力;其次,减少了模板使用以及支模和拆模的时间,降低模板成本,也不存在拆模过程中对混凝土的破坏和污染,特别是一些异型构件支模和拆模的费时费力以及质量的控制得以改善;另外,全自动3D机器人打印,大大降低工人劳动强度,提高施工效率,缩短工期,易养护,且标准化喷射混凝土,解决目前由于施工技术水平以及模板原因,引起的二衬模筑混凝土容易产生蜂窝麻面、平整度不足、空洞、缝隙和夹层、露筋、强度不足,均质性差、表面裂缝、表面渗水等问题,大大提高喷混凝土的支护效果和工程质量的控制。

[0019] 2) 为提高喷射效率,喷射系统执行末端设置一排喷头覆盖整个拱墙纵向施工面同时喷射施工,喷射机构采取集群和分散二种控制模式,每个喷头既能独立控制喷射姿态、喷射流量和速度,又能集中控制,从而实现隧道拱面大面积喷射快速施工,又能实现特定异形构建的精准打印;

3) 针对二衬的施工要求,为保证二衬内密外平,本发明在3D打印机器人上集成刮平振捣机构,捣震锤接收控制器的振捣信号对二次衬砌喷浆后混凝土进行振捣,刮板接收刮平信号通过刮片沿拱面上下移动对混凝土刮平,以形成密实、光滑的二次衬砌面。该装置配合混凝土喷射机构使用,自动化施工,不仅节约人力,且对喷浆后的混凝土及时完善,提供施工效率和二衬施工质量;

4) 本发明向输料管通入高压水和高压气及时对输料管和喷头清洗,避免混凝土凝结导致管路堵塞,同时,在喷头处安装喷气头,且喷气头出气口处设置螺旋叶片,向喷头出口处喷射螺旋高压空气,将清洗时吹出后附着在喷头出口处的混凝土材料清理掉,防止影响下一次喷射的出料效果。

附图说明

[0020] 图1为本发明结构示意图;

图2为本发明喷射机构结构示意图;

图3为本发明振捣刮平机构的结构示意图;

图4为本发明喷气头的结构示意图；

图中标注:1、台车本体,101、台车门架,102、液压支撑脚,103、液压滑移脚;2、伸缩摆臂机构,201、液压驱动臂,202、液压传动杆,203、液压伸缩臂;3、断面扫描仪;4、喷射机构,401、连杆,402、喷头,403、电机,5、刮平振捣机构,501、安装架,502、刮板,5021、刮片,503、振捣锤,6、输料管,7、喷气头。

具体实施方式

[0021] 以下将结合说明书附图对本发明进一步解释说明,以便于本领域专业技术人员更好地理解。

[0022] 实施例1

如图1-4所示,一种隧道支护3D打印机器人,包括台车本体1,台车本体1上安装有分别与控制系统连接的伸缩摆臂机构2、断面扫描仪3、喷射机构4和振捣刮平机构5。

[0023] 所述台车本体1包括台车门架101,台车门架101底端设有液压支撑脚102,液压支撑脚102一侧设有液压滑移脚103,液压滑移脚103下方铺设轨道,液压支撑脚102和液压滑移脚103分别连接控制系统。通过控制系统的信号控制台车本体1移动。

[0024] 所述伸缩摆臂机构2包括液压驱动臂201、液压传动杆202和液压伸缩臂203,液压驱动臂201底座固定在台车本体1上部,液压驱动臂202输出端连接液压传动杆202,液压传动杆202与台车本体1转动连接,且液压传动杆202固定连接液压伸缩臂203,液压伸缩臂203伸缩端固定连接喷射机构4。具体地,所述液压传动杆202两端分别与台车本体1前后两端顶部的支架转动连接,液压驱动臂201输出端连接液压传动杆202中部,液压传动杆202两端分别连接液压伸缩臂203,液压驱动臂201受控制系统的信号控制,带动液压传动杆202和液压伸缩臂203转动,液压伸缩臂203受控制系统的信号控制,使得喷射机构4与隧道拱面保持合适的距离。

[0025] 所述喷射机构4包括连杆401、喷头402和电机403,所述连杆401两端分别与液压伸缩臂203伸缩端可拆卸固定连接,连杆401上安装有断面扫描仪3和角度传感器,喷头402进料口连接输料管6,输料管6沿伸缩摆臂机构2和台车本体1布置,输料管6进料口与输料机构送料口可拆卸固定连接,喷头402的底座与电机403连接并一起安装在连杆401上,若干个喷头402和电机403均匀间隔安装在连杆401上,每个电机403受控制系统单独控制或集群控制,电机403、断面扫描仪3和角度传感器分别连接控制系统。

[0026] 其中,输料机构为现有技术,可采用带有输送功能的混凝土搅拌车,在此不做一一赘述。

[0027] 所述捣震刮平机构5包括安装架501、刮板502和捣震锤503,所述安装架501两端分别通过转轴与液压伸缩臂203转动连接,转轴与旋转电机连接,旋转电机连接控制系统,所述刮板502平行安装在安装架501外侧,刮板502顶端通过螺钉可拆卸固定安装有刮片5021,刮片5021呈与隧道拱面贴合的弧面,若干个捣震锤503通过U形固定架504套设在安装架501内侧,采用螺钉紧固。

[0028] 所述输料管通过接头与输料机构送料口可拆卸固定连接,另外,输料管6还通过接头的可拆卸固定连接高压水管出口和高压气管9出口,连接头上设有控制阀,控制阀与控制系统连接,通过控制阀控制管道之间的流通与物料的流速。通过高压水管向输料管通

入高压水,通过高压气管向输料管通入高压空气,实现对输料管6和喷头402的清洗。

[0029] 所述喷头402上还设有喷气头7,喷气头7沿喷头402外壁环形安装,喷气头7出气口处设有螺旋叶片701,喷气头7进气口通过软管连接高压气管9,软管沿输料管6布置,软管与高压气管9可拆卸固定连接,且二者的连接处设有气压阀,气压阀连接控制系统。

[0030] 其中,振捣刮平机构5独立设置,在喷射机构4完成喷射后,可将喷射机构4拆除,重新安装刮平振捣机构5,并保证控制系统对刮平振捣机构5的控制。

[0031] 实施例2

一种隧道支护3D打印机器人的施工方法,包括以下步骤:

S1、3D打印机器人从上一个施工面开始往下一个施工面运动,断面扫描仪扫描隧道断面,获取隧道轮廓数据;

S2、控制系统根据隧道轮廓数据生成打印轨迹;

S3、控制系统根据打印轨迹和打印厚度控制伸缩摆臂机构带动喷射机构沿隧道拱面按照预定速度、离拱面的距离旋转运动,同时控制每个喷头按照预设的角度、流量、流速将混凝土喷射到拱面,形成整个施工面纵向断面混凝土定点、定量的一次性搜索全覆盖喷浆支护;重复以上步骤完成初期支护打印;

S4、当前施工面内外钢筋网铺设完成后,3D打印机器人准备就位,断面扫描仪扫描隧道断面,获取隧道轮廓数据;

S5、控制系统根据隧道轮廓数据生成打印轨迹;

S6、控制系统根据打印轨迹和打印厚度控制伸缩摆臂机构带动喷射机构沿隧道拱面按照预定速度、离拱面的距离旋转运动,同时每个喷头按照预设的角度、流量、流速将混凝土喷射到拱面,形成整个施工面纵向断面混凝土定点、定量一次性全覆盖喷浆打印;由于二衬厚度较高,采取逐层打印、逐层粘结的方式实现隧道拱面的二次衬砌打印;

S7、重复步骤S4-S6,二次衬砌打印完成后拆除喷射机构,安装刮平振捣机构,控制系统控制刮平振捣机构对混凝土二衬砌面进行振捣压实、抹平;

S8、隧道初期支护喷浆或二次衬砌打印完成后,拆除输料机构与输料管的连接,通过接头分别连接高压水管与高压气管,利用高压水与高压气实现对输料管和喷头的清洗。

[0032] 一种用于隧道支护3D打印机器人的打印材料,所述打印材料由混凝土材料添加玄武岩纤维材料调和而成。

[0033] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变形,这些改进和变形也应视为本发明的保护范围。

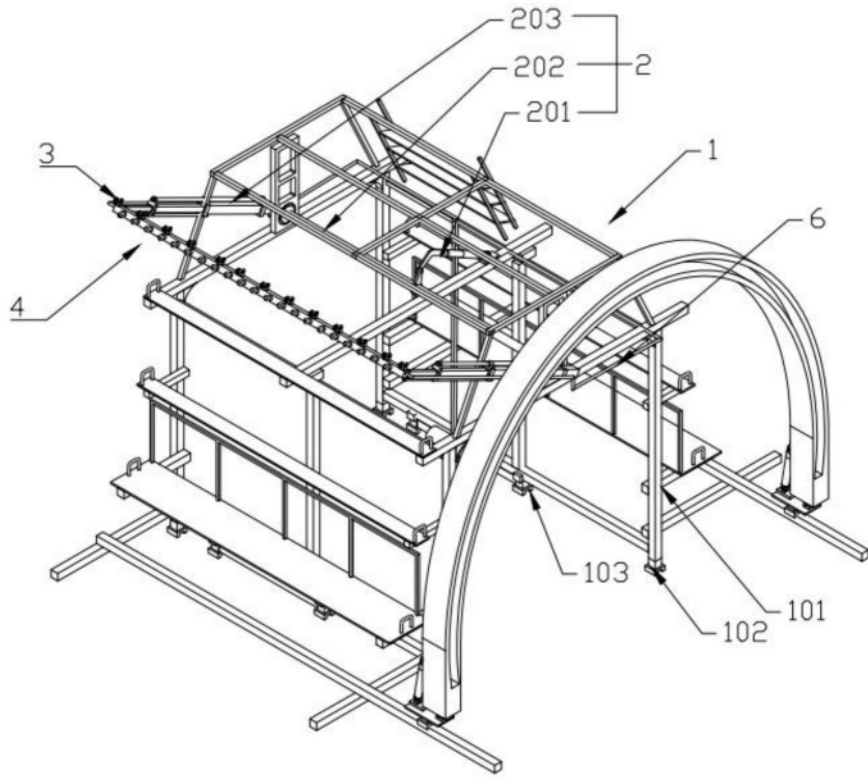


图1

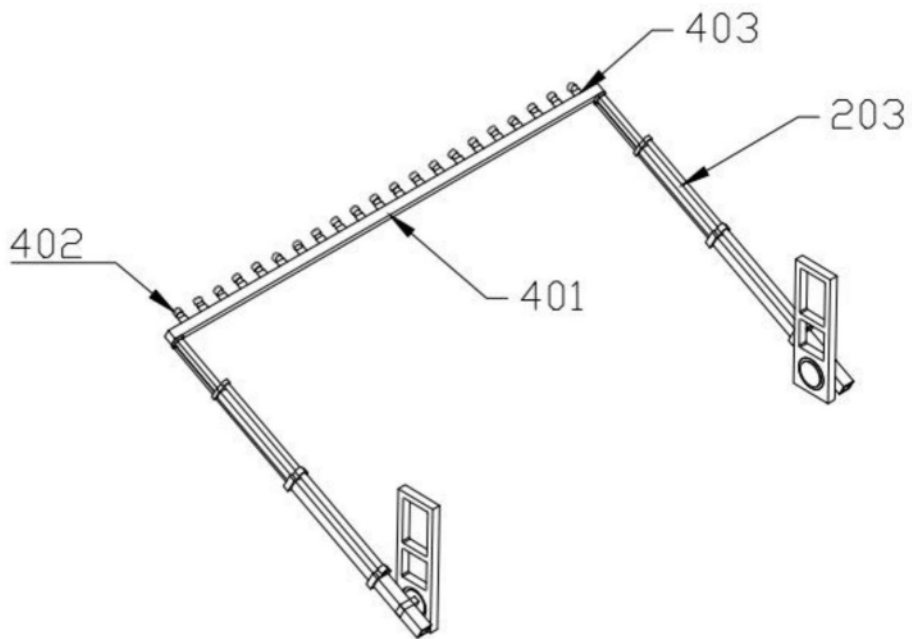


图2

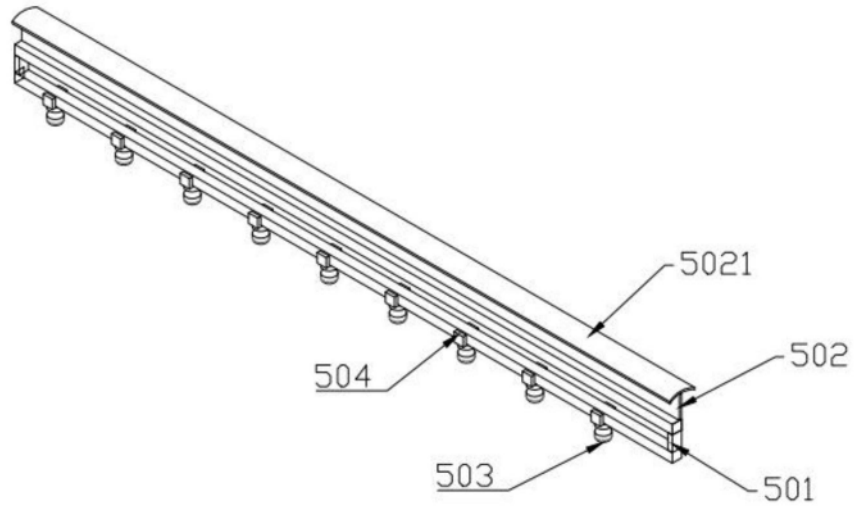


图3

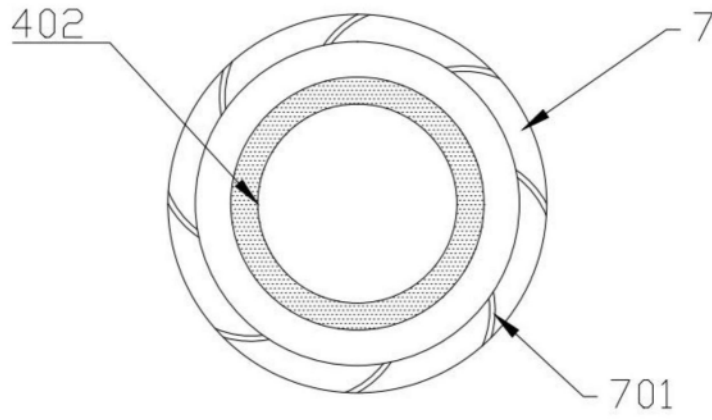


图4