(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 114933247 B
(45)授权公告日 2023.10.03

(21)申请号 202210380133.0
(22)申请日 2022.04.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114933247 A
(43)申请公布日 2022.08.23
(73)专利权人 中国海洋大学
地址 266100 山东省青岛市崂山区松岭路238号
专利权人 中交第二航务工程局有限公司
(72)发明人 李华军 冯先导 刘勇 方辉 林红星 肖浩 骆钊 刘聪聪 何聪
(74)专利代理机构 南京智造力知识产权代理有限公司 32382
专利代理师 张明明
(51)Int.Cl.
B66C 17/06(2006.01)
B66C 5/06(2006.01)
B66C 9/10(2006.01)
B66C 6/00(2006.01)
B66C 13/48(2006.01)
B66C 13/46(2006.01)
B66C 13/08(2006.01)
E02D 7/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 113106869 A,2021.07.13
CN 113216176 A,2021.08.06
CN 113120771 A,2021.07.16
CN 104386586 A,2015.03.04
CN 110093865 A,2019.08.06
CN 112342926 A,2021.02.09
CN 215329670 U,2021.12.28

审查员 赵丽君

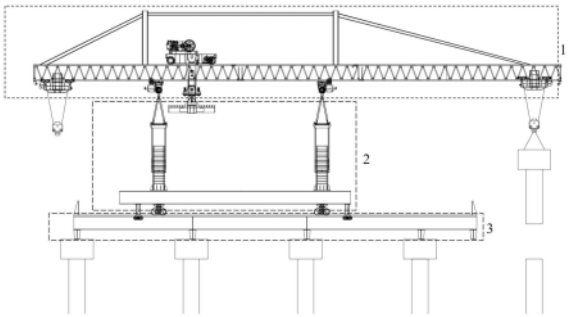
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种智能施工装备及其施工工艺

(57)摘要

本发明提供了一种智能施工装备及其施工工艺，智能施工装备包括多功能起升系统、主机结构和行走机构，多功能起升系统包括前吊钩、中吊钩和后吊钩，主机结构设有辅助支腿和挂轮，在装备进行过跨时，利用辅助支腿作为支撑，挂轮悬挂行走机构，并驱动其行至下一跨；由施工情况，分为初始段、标准段和末尾段施工，根据不同施工段的特殊性，施工装备进行对应安装步骤，实现高桩码头上部结构预制构件一体化安装，达到自动化调整、高精度安装的目的。



CN 114933247 B

1.一种智能施工装备的施工工艺,其特征在于,所述智能施工装备包括:

多功能起升系统(1),包括沿码头长度方向设置的主天车(11),以及位于主天车(11)顶部的副天车(12);沿预制构件的安装方向为主天车(11)长悬臂,另一端为短悬臂;所述长悬臂底部设有前吊钩(14),所述短悬臂底部设有后吊钩(16),所述副天车(12)底部设有中吊钩(15);

主机结构(2),包括与主天车(11)垂直设置的主机纵梁(21),以及与主天车(11)平行设置的主机下横梁(23);所述主机纵梁(21)底部两端位置处设有主机支腿(22),所述主机下横梁(23)位于主机支腿(22)底部;

行走机构(3),位于主机下横梁(23)下方,且主机下横梁(23)在行走机构(3)上沿预制构件安装方向移动;

所述主天车(11)位于主机纵梁(21)顶部,并能够沿主机纵梁(21)长度方向移动;

所述多功能起升系统(1)还包括双侧斜拉结构(13),双侧斜拉结构(13)由四根竖直钢杆、四根水平钢杆和四根斜拉杆组成,所述竖直钢杆底端安装在主天车(11)上,竖直钢杆顶部通过斜拉杆与主天车(11)端部连接,且竖直钢杆顶部还通过四根水平钢杆进行连接;

所述主机纵梁(21)底部中间位置设有辅助支腿(26);所述主机下横梁(23)两端底部设有挂轮(25),用于悬挂行走机构(3);

所述行走机构(3)包括轨道梁(31)和多个支腿(32);所述轨道梁(31)顶部设有钢轨,所述钢轨与位于主机下横梁(23)底部的行走轮组(24)配合;所述支腿(32)布置在轨道梁(31)底部,工作状态时,沿预制构件的安装方向最前端的支腿悬空;所述施工工艺用于码头上部结构预制构件初始段、标准段和末尾段的安装;

用于码头上部结构预制构件初始段的安装,具体为:

智能施工装备安装就位前,安装轨道梁(31)非悬空支腿所在位置处的一体式桩芯桩帽(42);智能施工装备安装就位后,中吊钩(15)完成两轨道梁(31)中间支腿所在排架的一体式桩芯桩帽(42)安装,后吊钩(16)完成两轨道梁(31)沿预制构件安装方向后侧支腿所在排架的一体式桩芯桩帽(42)安装,前吊钩(14)完成前侧支腿前部两个排架的一体式桩芯桩帽(42)安装;

中吊钩(15)依次完成预制横纵梁、节点钢筋笼和靠船构件的安装;

后吊钩(16)依次完成预制横梁、节点钢筋笼的安装;

用于码头上部结构预制构件标准段安装,具体为:

前吊钩(14)起吊一体式桩芯桩帽(42),并插入钢管桩(41)内,完成预制构件安装方向前部一个排架的一体式桩芯桩帽(42)安装;

中吊钩(15)起吊预制横梁,并将预制横梁安装在沿预制构件安装方向第二条支腿所在排架的一体式桩芯桩帽(42)上部;中吊钩(15)起吊预制纵梁,并将预制纵梁安装在沿预制构件安装方向第二条支腿和第三支腿之间的一跨;中吊钩(15)起吊节点钢筋笼,并将节点钢筋笼安装在所述第三支腿排架位置处的预制横纵梁节点处;中吊钩(15)起吊靠船构件,并将靠船构件安装在靠海侧的一体式桩芯桩帽(42)侧面;

智能施工装备过跨后,后吊钩(16)起吊预制纵梁,并安装在过跨前被行走机构(3)占用的预制纵梁位置处;后吊钩(16)起吊节点钢筋笼,并安装过跨前被行走机构(3)占用的预制横纵梁节点处;后吊钩(16)起吊预制面板,并安装在预制纵梁上部;

用于码头上部结构预制构件末尾段的安装，具体为：

行走机构(3)移动，中吊钩(15)依次完成被行走机构(3)占用的三跨的预制纵梁、节点钢筋笼、靠船构件和预制面板的安装，后吊钩(16)依次完成装备沿预制构件安装方向后侧的预制纵梁、节点钢筋笼、预制面板的安装；

所述智能施工装备过跨的具体过程为：所述行走轮组(24)带动主机结构(2)和多功能起升系统(1)移动至靠近预制构件安装方向最前侧支腿，且辅助支腿(26)向内侧移动并伸长，挂轮(25)挂起行走机构(3)，并驱动其行至下一跨，收缩四个辅助支腿(26)，直至挂轮(25)脱离行走机构(3)。

2.根据权利要求1所述的施工工艺，其特征在于，所述主机支腿(22)和辅助支腿(26)均为伸缩式支腿。

3.根据权利要求1所述的施工工艺，其特征在于，还包括智能监控系统，以及与智能监控系统进行通讯的软件系统；所述智能监控系统包括设置在主天车(11)上、主机纵梁(21)端部及所有吊钩上的传感器，所述软件系统接收所述传感器采集的实时信息，对预制构件的实时位姿与目标位姿的偏差计算分析，自动控制主天车(11)横向移动、吊钩纵向移动，使预制构件到达设计位置，进行下放安装。

一种智能施工装备及其施工工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及码头施工技术领域，具体涉及一种智能施工装备及其施工工艺。

背景技术

[0002] 随着港口工程建设走向深水、外海，建设条件更加复杂、更加恶劣，一方面，海外港口建设必须考虑高等级地震设防标准，重点克服地震下码头桩柱破坏问题，另一方面，施工时必须考虑中长周期波浪，重点克服传统的浮式起重设备安装工艺存在施工窗口期受限、中长周期波适应性差、自动化水平不高、构件安装精度难以控制、经济性差等难题。

发明内容

[0003] 针对现有技术中存在不足，本发明提供了一种智能施工装备及其施工工艺，实现码头上部结构的安全、高效、高质量建设。

[0004] 本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

[0005] 一种智能施工装备，用于高桩码头上部结构一体化施工，包括：

[0006] 多功能起升系统，包括沿码头长度方向设置的主天车，以及位于主天车顶部的副天车；沿预制构件的安装方向为主天车长悬臂，另一端为短悬臂；所述长悬臂底部设有前吊钩，所述短悬臂底部设有后吊钩，所述副天车底部设有中吊钩；

[0007] 主机结构，包括与主天车垂直设置的主机纵梁，以及与主天车平行设置的主机下横梁；所述主机纵梁底部两端位置处设有主机支腿，所述主机下横梁位于主机支腿底部；

[0008] 行走机构，位于主机下横梁下方，且主机下横梁在行走机构上沿预制构件安装方向移动；

[0009] 所述主天车位于主机纵梁顶部，并能够沿主机纵梁长度方向移动。

[0010] 上述技术方案中，所述主机纵梁底部中间位置设有辅助支腿；所述主机下横梁两端底部设有挂轮，用于悬挂行走机构。

[0011] 上述技术方案中，所述主机支腿和辅助支腿均为伸缩式支腿。

[0012] 上述技术方案中，所述行走机构包括轨道梁和多个支腿；所述轨道梁顶部设有钢轨，所述钢轨与位于主机下横梁底部的行走轮组配合；所述支腿布置在轨道梁底部，工作状态时，沿预制构件的安装方向最前端的支腿悬空。

[0013] 上述技术方案中，所述多功能起升系统还包括双侧斜拉结构，双侧斜拉结构由多个竖直钢杆、多个水平钢杆和多个斜拉杆组成，所述竖直钢杆底端安装在主天车上，竖直钢杆顶部通过斜拉杆与主天车端部连接，且多个竖直钢杆顶部还通过水平钢杆进行连接。

[0014] 上述技术方案中，还包括智能监控系统，以及与智能监控系统进行通讯的软件系统；所述智能监控系统包括设置在主天车上、主机纵梁端部及所有吊钩上的传感器，所述软件系统接收所述传感器采集的实时信息，对预制构件的实时位姿与目标位姿的偏差计算分析，自动控制主天车横向移动、吊钩纵向移动，使预制构件到达设计位置，进行下放安装。

[0015] 一种智能施工工艺，用于码头上部结构预制构件标准段安装，具体为：

[0016] 前吊钩起吊一体式桩芯桩帽，并插入钢管桩内，完成预制构件安装方向前部一个排架的一体式桩芯桩帽安装；

[0017] 中吊钩起吊预制横梁，并将预制横梁安装在沿预制构件安装方向第二条支腿所在排架的一体式桩芯桩帽上部；中吊钩起吊预制纵梁，并将预制纵梁安装在沿预制构件安装方向第二条支腿和第三支腿之间的一跨；中吊钩起吊节点钢筋笼，并将节点钢筋笼安装在所述第三支腿排架位置处的预制横纵梁节点处；中吊钩起吊靠船构件，并将靠船构件安装在靠海侧的一体式桩芯桩帽侧面；

[0018] 智能施工装备过跨后，后吊钩起吊预制纵梁，并安装在过跨前被行走机构占用的预制纵梁位置处；后吊钩起吊节点钢筋笼，并安装原被占据位置的预制横纵梁节点处；后吊钩起吊预制面板，并安装在所有预制纵梁上部。

[0019] 进一步地，还用于码头上部结构预制构件初始段的安装，具体为：

[0020] 智能施工装备安装就位前，安装轨道梁非悬空支腿所在位置处的一体式桩芯桩帽；智能施工装备安装就位后，中吊钩完成两轨道梁中间支腿所在排架的一体式桩芯桩帽安装，后吊钩完成两轨道梁沿预制构件安装方向后侧支腿所在排架的一体式桩芯桩帽安装，前吊钩完成第一支腿前部两个排架的一体式桩芯桩帽安装；

[0021] 中吊钩依次完成预制横纵梁、节点钢筋笼和靠船构件的安装；

[0022] 后吊钩依次完成预制横梁、节点钢筋笼的安装。

[0023] 进一步地，还用于码头上部结构预制构件末尾段的安装，具体为：

[0024] 行走机构移动，中吊钩依次完成被行走机构占用的三跨的预制纵梁、节点钢筋笼、靠船构件和预制面板的安装，后吊钩依次完成装备沿预制构件安装方向后侧的预制纵梁、节点钢筋笼、预制面板的安装。

[0025] 进一步地，所述智能施工装备过跨的具体过程为：所述行走轮组带动主机结构和多功能起升系统移动至靠近预制构件安装方向最前侧支腿，且辅助支腿向内侧移动并伸长，挂轮挂起行走机构，并驱动其行至下一跨，收缩四个辅助支腿，直至挂轮脱离行走机构。

[0026] 本发明的有益效果为：

[0027] (1)本发明的智能施工装备包括多功能起升系统、主机结构和行走机构，多功能起升系统包括前吊钩、中吊钩和后吊钩，实现前侧施工段、中间施工段和后侧施工段的配合，使得施工管理更高效；

[0028] (2)本发明的主机结构设有辅助支腿和挂轮，在装备进行过跨时，利用辅助支腿作为支撑，挂轮悬挂行走机构，并驱动其行至下一跨，保证整个装置的安全过跨；

[0029] (3)本发明的行走机构包括轨道梁和多个支腿，轨道梁与主机结构的行走轮组配合，实现主机结构相对行走机构的移动，支腿布置在轨道梁底部，施工时，支腿位于已安装的桩帽中心正上方，用于支撑智能施工装备；

[0030] (4)本发明的多功能起升系统包括主天车，主天车通过双侧斜拉结构进行固定，提高多功能起升系统的起吊能力，增强一体化智能施工装备的稳定性；

[0031] (5)本发明的智能施工装备还包括智能监控系统和软件系统，智能监控系统用于监测施工装备的实时位置状态，以及吊装预制构件的位置和姿态，并发送给软件系统，软件系统对预制构件的实时位姿与目标位姿的偏差计算分析，达到自动化调整、高精度安装的目的；

[0032] (6)本发明的智能装备施工工艺,根据施工情况,分为初始段、标准段和末尾段施工,根据不同施工段的特殊性,施工装备进行对应安装步骤,实现高桩码头上部结构预制构件的一体化安装;

[0033] (7)本发明的智能施工装备,安装简单、适用性强,可以代替租赁起重船等水上浮式作业船舶,同时减少了现场作业施工人员数量,节约了高额的船机、人员成本;

[0034] (8)本发明的智能施工工艺,变水上施工为“陆上”施工,可应对各种海洋复杂环境,尤其是中长周期波涌浪,有利于提升施工质量和效率,有助于全装配化高桩码头设计的推广应用。

附图说明

[0035] 图1为本发明所述智能施工装备结构示意图;

[0036] 图2为本发明所述智能施工装备俯视图;

[0037] 图3为本发明所述多功能起升系统结构示意图;

[0038] 图4为本发明所述双侧斜拉结构侧视图;

[0039] 图5为本发明所述主机结构示意图;

[0040] 图6为本发明所述主机结构侧视图;

[0041] 图7为本发明所述行走结构示意图;

[0042] 图中:1-多功能起升系统,2-主机结构,3-行走机构,11-主天车,12-副天车,13-双斜拉结构,14-前吊钩,15-中吊钩,16-后吊钩,21-主机纵梁,22-主机支腿,23-主机下横梁,24-行走轮组,25-挂轮,26-辅助支腿,31-轨道梁,32-支腿,41-钢管桩,42-一体式桩芯桩帽。

实施方式

[0043] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明,但本发明的保护范围并不限于此。

[0044] 在本发明的描述中,术语“横向”、“纵向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,并不是指示或暗示所指的装置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。

[0045] 本发明的智能施工装备,用于对码头上部结构的预制构件进行安装,所述码头上部结构的预制构件包括预制一体式桩芯桩帽、预制横梁、预制纵梁、预制面板、靠船构件等。

[0046] 所述预制一体式桩芯桩帽,由桩芯和桩帽两部分组成,桩芯的纵筋嵌入桩帽中形成整体,其在预制场整体预制完成后,运输至施工现场,由智能施工装备的多功能起升系统1吊运插入钢管桩41内,然后对桩芯与管壁之间进行灌浆连接形成整体。

[0047] 所述预制横梁、预制纵梁,特点是底层纵向预留钢筋预留较短长度并向上弯起足够长度,保证预制梁锚固到节点处,节点区域设置钢筋笼,确保节点处承载能力。所述钢筋笼为多根横、纵向“口型”钢筋,其在预制场整体组装完成后,运输至施工现场。

[0048] 所述预制面板、靠船构件,其在预制场整体预制完成后,运输至施工现场。

[0049] 码头处设有已常规下沉安装的多根竖向间隔的钢管桩41。

[0050] 如图1所示，本发明一种智能施工装备，包括多功能起升系统1、主机结构2、行走机构3、智能监控系统和软件系统，主机结构2顶部支撑多功能起升系统1，主机结构2底部设置行走机构3。

[0051] 如图2、3所示，多功能起升系统1由主天车11、副天车12、双侧斜拉结构13、前吊钩14、中吊钩15和后吊钩16构成；用于移动、起吊和安装预制构件。主天车11位于双侧斜拉结构13底部，为双方形桁架梁结构，其长度约为纵向五根钢管桩41之间的距离、方向与码头长度方向一致；主天车11设有双侧悬臂，且两侧悬臂长度不相等；长悬臂位于装备前侧，即预制构件的安装方向，可吊装两跨距离范围的预制构件；短悬臂位于装备后侧，能吊装一跨距离范围的预制构件；主天车11可沿主机纵梁21长度方向移动。

[0052] 如图4所示，双侧斜拉结构13由四根竖直钢杆、四根水平钢杆和四根斜拉杆组成，四根竖直钢杆底端垂直安装于主天车11上，且竖直钢杆的顶部与主天车端部分别通过斜拉杆连接，竖直钢杆的顶部通过四根水平钢杆两两连接。双侧斜拉结构13用于优化主天车11横梁的截面，提高多功能起升系统1的起吊能力，增强一体化智能施工装备的稳定性。

[0053] 如图3所示，副天车12位于主天车11顶部，可沿主天车11长度方向在两根主机纵梁21之间移动。所述副天车12底部设有中吊钩15，在安装工艺中，主要用于预制横纵梁、节点钢筋笼、靠船构件的安装，同时也具备安装预制面板的功能。

[0054] 所述前吊钩14位于主天车11的长悬臂部分，并可在长悬臂部分纵向移动，主要用于吊装一体式桩芯桩帽42；所述后吊钩16位于主天车11的短悬臂部分，并可在短悬臂部分纵向移动，主要用于安装预制面板和两榀预制纵梁。

[0055] 如图5、6所示，主机结构2包括两根主机纵梁21、四条辅助支腿26、四条主机支腿22、两条主机下横梁23构成。

[0056] 所述主机纵梁21为三角桁架纵梁，两根主机纵梁21相对平行间隔，顶部互相连接，形成闭合；单根主机纵梁21长度大于码头宽度，方向与码头宽度方向相同；主机纵梁21为双侧悬臂结构，便于从码头海侧或岸侧吊取预制构件到吊装区，悬臂长度可根据吊装需要设计。

[0057] 所述辅助支腿26悬挂于主机纵梁21下方，每根主机纵梁21底部各设有两条辅助支腿26，辅助支腿26为伸缩式结构，可在两条主机支腿22间横向移动，用于装备过跨和码头末尾端安装行走机构3的支腿占据位置处的预制构件时，装备支撑点从行走机构3的支腿换到辅助支腿26。

[0058] 每根主机纵梁21底部设置两根主机支腿22，用于支撑所述主机纵梁21；两对主机支腿22平行，且下部设有主机下横梁23。主机支腿22上包含电气系统和液压系统，用于伸缩主机支腿22。

[0059] 所述两根主机下横梁23，分别设置在一对主机支腿22下部，且垂直于主机支腿22，主机下横梁23的方向与码头长度方向相同；每根主机下横梁23还包括一对挂轮25，挂轮25位于主机下横梁23两端的底部、轨道梁31上翼缘，用于辅助支腿26顶升装备时，悬挂行走机构3；每根主机下横梁23还包括一对行走轮组24，设置在所述主机下横梁23底部，且位于轨道梁31上，可沿钢轨方向移动。主机下横梁23纵向长度小于轨道梁31纵向长度，优选地，一对走行轮组24之间的距离为两跨，轨道梁31的纵向长度为三跨。

[0060] 如图7所示，所述行走机构3包括一对轨道梁31和若干条支腿32，本实施例优选为

十条支腿32，并规定沿预制构件安装方向的支腿依次为第一、二、三、四、五支腿。

[0061] 所述一对轨道梁31的长度为三跨-四跨之间，方向沿码头长度方向，分别设置在所述行走轮组24底部；每根轨道梁31包括一条钢轨，钢轨设置在所述轨道梁31顶部，用于与所述走行轮组24配合，使所述主机结构2沿钢轨长度方向移动。

[0062] 所述十条支腿32设置于轨道梁31的底部，每根轨道梁31安装五条支腿32，支腿32由多根钢棒组成，避免与桩帽的预留钢筋发生干扰，支腿32立于已安装的桩帽中心正上方，用于支撑智能施工装备。所述支腿32在工作状态下，只有工作方向后侧四个支腿32支撑已安装的桩帽上方，最前侧的一个支腿处于悬空状态，用于排架间距不相等时，码头结构段的过跨。

[0063] 所述智能监控系统包括位于主天车11上、主机纵梁21端部、三个吊钩(前吊钩14、中吊钩15和后吊钩16位置处的传感器，以及一套软件系统；设置在所述主天车11上的传感器，用于监测主天车11在纵向的实时方位；设置在所述主机纵梁21端部的传感器，用于监测主天车11在横向的实时方位；设置在吊钩位置处的传感器，用于监测施工装备的实时位置状态，以及吊装预制构件的位置和姿态；传感器采集的信息实时发送给软件系统，软件系统对预制构件的实时位姿与目标位姿的偏差计算分析(计算分析的过程为现有技术)，达到自动化调整、高精度安装的目的。

[0064] 以智能施工装备的安装功能进行划分功能区，将前吊钩14吊装区域定义为前侧施工段，中吊钩15吊装区域定义为中间施工段，后吊钩16吊装区域定义为后侧施工段。装备施工顺序首先是前侧施工段，其次是中间施工段，最后为后侧施工段。具体的施工过程为：

[0065] 前侧施工段：

[0066] S1，运输一体式桩芯桩帽根据现场施工环境，选择从海侧或陆侧运输一体式桩芯桩帽42至吊装处。

[0067] S2，安装一体式桩芯桩帽

[0068] 由一体化智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，主天车11的前吊钩14起吊一体式桩芯桩帽42，主天车11横移控制安装位置，前吊钩14纵移控制构件纵向安装位置将其运输至设计位置，下放吊钩，将前侧施工段一个排架上一体式桩芯桩帽42插入钢管桩41内部，然后采用灌浆料连接，使得钢管桩41和预制一体式桩芯桩帽42形成整体，完成前侧施工段一个桩位的预制一体式桩芯桩帽安装。

[0069] 重复S2，依次完成前侧施工段一个排架的一体式桩芯桩帽42安装。

[0070] 其中预制一体式桩芯桩帽42安装需领先预制梁一个排架，从而保证灌浆作业和灌浆料形成强度的时间；安装过程中，智能监控系统实时监测装备位置、吊装的预制构件位置及姿态，软件系统对预制构件的实时位姿与目标位姿的偏差计算分析，达到自动化调整、高精度安装的目的。

[0071] 中间施工段：

[0072] 步骤S3，运输预制横纵梁、节点钢筋笼、靠船构件。根据现场施工环境，选择从海侧或陆侧运输所述预制横纵梁、节点钢筋笼、靠船构件至吊装处。

[0073] 步骤S4，安装预制横纵梁

[0074] 智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由副天车12底部的中吊钩15起吊预制横纵梁，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将

其运输至设计位置下放预制横纵梁，具体地，预制横梁安装在第二条支腿所在排架，预制纵梁安装在第二条支腿和第三支腿之间的一跨。

[0075] 重复步骤S4，依次完成中间施工段的预制横纵梁安装。

[0076] 其中，如果先安装预制横梁，则先安装每一排架内所有所述预制横梁后再安装对应排架的所述预制纵梁，如果先安装所述预制纵梁，则先安装完每一排架内所有所述预制纵梁后再安装对应排架的所述预制横梁。

[0077] 步骤S5，安装节点钢筋笼

[0078] 智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由副天车12底部的中吊钩15起吊节点钢筋笼，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输至设计位置下放节点钢筋笼，具体地，节点钢筋笼安装在第三支腿排架位置处的预制横纵梁节点处。

[0079] 重复步骤S5，依次完成中间施工段的节点钢筋笼安装。

[0080] 步骤S6，安装靠船构件

[0081] 智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由副天车12底部的中吊钩15起吊靠船构件，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输至设计位置下放靠船构件，具体地，靠船构件安装在靠海侧的一体式桩芯桩帽42侧面。

[0082] 重复步骤S6，依次完成中间施工段的靠船构件安装。

[0083] 步骤S7，智能施工装备向前过跨，行走轮组24带动主机结构2和多功能起升系统1移动至最前侧支腿和第二个支腿之间，将主机结构2的四个辅助支腿26向内侧移动一个排架至预制纵梁上方，伸长四个辅助支腿26并支撑起主机结构2，挂轮25悬挂起行走机构3，挂轮25通过转动的方式驱动行走机构3前行至下一跨，收缩四个辅助支腿26，直至挂轮25脱离行走机构3，换为行走机构3支撑主机结构2；智能施工装备过跨后，原来被行走机构3的第四、五支腿之间部分占用的两处预制纵梁安装位置空出，然后进行后侧施工段预制面板、预制纵梁的安装。

[0084] 后侧施工段：

[0085] 步骤S8，运输预制面板、两榀预制纵梁、节点钢筋笼。根据现场施工环境，选择从海侧或陆侧运输所述预制面板至吊装处。

[0086] 步骤S9，安装空出位置的两榀预制纵梁，智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由主天车11后侧悬臂底部的后吊钩16起吊预制纵梁，主天车11横移控制安装位置，后吊钩16纵向移动将其运输至设计位置下放预制纵梁，完成两榀预制纵梁的安装。

[0087] 步骤S10，安装节点钢筋笼

[0088] 智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由主天车11短悬臂底部的后吊钩16起吊钢筋笼，主天车11横移控制安装位置，后吊钩16纵向移动将其运输至设计位置下放钢筋笼，完成节点钢筋笼的安装，具体地，将节点钢筋笼安装在预制纵横纵梁节点处。

[0089] 步骤S11，安装预制面板

[0090] 智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由主天车11短悬臂底部的后吊钩16起吊预制面板，主天车11横移控制安装位置，后吊钩16纵向移

动将其运输至设计位置下放预制面板，完成预制面板的安装，具体地，将预制面板安装在预制纵梁上部。

[0091] 重复步骤S1~S11，完成一个结构段的预制构件安装。

[0092] 步骤S12，一个结构段的上部预制构件安装完成后，即可对横、纵梁节点、预制梁上部现浇层、面板现浇层一次性整体现浇；

[0093] 重复上述步骤，完成所述码头的所有上部结构的施工。

[0094] 实施例一：码头初始段的安装工艺

[0095] (1)完成常规水上多个钢管桩41沉桩，在预制厂完成预制一体式桩芯桩帽、预制梁板(包括预制横梁、预制纵梁、预制面板)、靠船构件，以及靠码头海侧和岸侧各四个一体式桩芯桩帽的安装；

[0096] (2)通过轨道将智能施工装备移动至码头海侧和岸侧已形成四个桩帽的位置上；

[0097] (3)将预制一体式桩芯桩帽，根据现场条件，通过运输车或船舶水上运至码头前沿处；

[0098] (4)智能施工装备的主天车11横移至海侧或陆侧，中吊钩15首先吊装预制一体式桩芯桩帽42，通主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方，依次进行插入，中吊钩15完成第二、三、四条支腿占据的三个排架上一体式桩芯桩帽42安装，后吊钩16吊装第五条支腿占据的一个排架上一体式桩芯桩帽42安装，进行灌浆养护并形成强度；再由前吊钩14吊装第一条支腿前侧两个排架的预制一体式桩芯桩帽42，目的是保证装备在移动之前，预制一体式桩芯桩帽灌浆连接已形成强度；

[0099] (5)将预制横梁，根据现场条件，通过运输车或船舶水上运至码头前沿处；

[0100] (6)主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方或靠岸侧，通过中吊钩15起吊预制横梁，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方，通过智能监测系统确定安装姿态和安装位置精度，然后中吊钩15完成初始位置施工区域预制横梁的架放，具体地，预制横梁安装在第二、三、四条支腿所在排架；

[0101] (7)主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方，中吊钩15起吊预制纵梁，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方，然后进行架放；依次架放完排架上所有预制纵梁，具体地，预制纵梁安装在第二条支腿和第五支腿之间的三跨；

[0102] 其中，(6)和(7)的顺序可交换，如果先安装预制纵梁，则再安装预制横梁；

[0103] (8)将节点钢筋笼，通过运输车或船舶水上运至码头前沿处；智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁21的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由副天车12底部的中吊钩15起吊钢筋笼，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动至设计位置，依次完成初始段节点钢筋笼安装，具体地，节点钢筋笼安装在第三、四支腿排架位置处的预制横纵梁节点处；

[0104] (9)将预制靠船构件，通过运输车或船舶水上运至码头前沿处；智能施工装备横移到码头前沿处的停靠船舶上方，中吊钩15起吊码头靠船构件，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方，然后进行安装；依次安装完排架处的靠船构件，具体地，靠船构件安装在靠海侧的一体式桩芯桩帽42侧面；

[0105] (10)后吊钩16按照上述过程，依次完成第五支腿所在排架的预制横梁、节点钢筋笼；

[0106] 至此，码头初始位置的上部结构预制构件安装完成，智能施工装备过跨，进入到标

准段的安装。

[0107] 实施例二:码头上部结构预制构件标准段安装工艺

[0108] (1)运输预制一体式桩芯桩帽

[0109] 根据现场条件,将预制一体式桩芯桩帽,通过运输车或船舶水上运至码头安装位置;

[0110] (2)安装预制一体式桩芯桩帽

[0111] 智能施工装备的主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方或岸侧,前吊钩14起吊一体式桩芯桩帽42,主天车11横移控制安装位置,将其运输到设计位置上方,下放吊钩,依次插入前侧施工段一个排架上所有一体式桩芯桩帽42,进行灌浆养护并形成强度;目的是将灌浆料形成强度的等待时间,用于中间施工段和后侧施工段安装预制横纵梁、靠船构件、节点钢筋笼、预制面板;

[0112] (3)运输预制横梁

[0113] 根据现场条件,将预制横梁,通过运输车或船舶水上运至码头安装处;

[0114] (4)安装预制横梁

[0115] 智能施工装备的主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方或陆侧,通过中吊钩15起吊预制横梁,主天车11横移控制安装位置,中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方,下放吊钩,通过智能监测系统确定安装姿态和安装位置精度,然后中吊钩15完成第二条支腿所在排架的预制横梁架放;

[0116] (5)运输预制纵梁

[0117] 根据现场条件,将预制纵梁,通过运输车或船舶水上运至码头安装处;

[0118] (6)安装预制纵梁

[0119] 主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方,中吊钩15起吊预制纵梁,主天车11横移控制安装位置,中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方,下放吊钩,将预制纵梁安装在第二条支腿和第三支腿之间的一跨;

[0120] 装备过跨之后,即可空出原来被行走机构3占用的两处预制纵梁位置(原来被行走机构3占用的两处预制纵梁位置无法靠中吊钩15实现安装),再利用后吊钩16起吊预制纵梁,主天车11横移控制安装位置,后吊钩16纵向移动将其运输到设计位置上方,下放吊钩,将预制纵梁安装在被行走机构3占用的预制纵梁位置处;

[0121] (7)安装节点钢筋笼

[0122] 通过运输车或船舶水上将钢筋笼运至码头前沿处,智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁的海侧悬臂或陆侧悬臂位置,由副天车12底部的中吊钩15起吊钢筋笼,自动行走至设计位置,将节点钢筋笼安装在第三支腿排架位置处的预制横纵梁节点处;再利用后吊钩16起吊钢筋笼,并运输到设计位置上方,将节点钢筋笼安装在第五支腿后侧排架的两处预制横纵梁节点处;

[0123] (8)将预制靠船构件,通过运输车或船舶水上运至码头前沿处,施工装备横移至海侧或岸侧上方,中吊钩15起吊码头靠船构件,主天车11横移控制安装位置,中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置,将靠船构件安装在靠海侧的一体式桩芯桩帽42侧面;

[0124] (9)运输预制面板

[0125] 将预制面板,通过运输车或船舶水上运至码头前沿处;

[0126] (10)安装预制面板

[0127] 施工装备横移到码头前沿处的停靠船舶上方，后吊钩16起吊码头预制面板，主天车11横移控制安装位置，后吊钩16纵向移动将其运输到设计位置，然后进行架放，将预制面板安装在预制纵梁上部。

[0128] 实施例三：码头末尾段上部结构预制构件安装工艺

[0129] 码头末尾段，智能施工装备两侧四条支腿占据位置的预制纵梁、节点钢筋笼、靠船构件、预制面板尚未安装。

[0130] (1)在空载情况下，移动海侧两个辅助支腿26至该侧主机支腿22间隔一个纵向排架的预制纵梁上方，岸侧辅助支腿26同上述步骤进行移动；伸长四条辅助支腿26并支撑装备，通过液压系统收缩两侧主机支腿22并移动至相邻排架的预制纵梁正上方，伸长主机支腿22直至行走机构3的支腿支撑于预制纵梁上，完成主机支腿22两侧的横向移动；

[0131] (2)运输预制纵梁、预制面板、节点钢筋笼、靠船构件至海侧或岸侧；

[0132] (3)安装预制纵梁

[0133] 主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方，中吊钩15起吊预制纵梁，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输到设计位置上方，分别架放被占据位置处的三榀预制纵梁，具体地，预制纵梁安装在第二条支腿和第五支腿之间的三跨；再利用后吊钩16起吊预制纵梁，安装在第五支腿后侧排架的预制纵梁位置处；

[0134] (4)安装节点钢筋笼

[0135] 智能施工装备的主天车11移动至主机纵梁的海侧悬臂或陆侧悬臂位置，由副天车12底部的中吊钩15起吊节点钢筋笼，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输至设计位置完成节点钢筋笼安装，具体地，节点钢筋笼安装在第二条支腿和第五支腿所在排架之间的预制横纵梁节点处；再利用后吊钩16起吊钢筋笼，将节点钢筋笼安装在第五支腿后侧排架的两处预制横纵梁节点处；

[0136] (5)安装靠船构件

[0137] 主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方，中吊钩15起吊靠船构件，主天车11横移控制安装位置，副天车12定位纵向距离，中吊钩15纵向移动将其运输至设计位置，依次架放海侧的靠船构件，具体地，靠船构件安装在靠海侧的一体式桩芯桩帽42侧面；

[0138] (6)安装预制面板

[0139] 主天车11横移到码头前沿处的停靠船舶上方，中吊钩15起吊预制面板，主天车11横移控制安装位置，中吊钩15纵向移动将其运输至设计位置，依次架放第二支腿和第五支腿之间海侧和岸侧的预制面板，再利用后吊钩16架放第五支腿后侧排架的预制面板。具体地，将预制面板安装在预制纵梁上部；

[0140] 待预制面板架放完成后，便可同步开展预制横纵梁节点以及码头现浇面层的钢筋绑扎工作，绑扎钢筋结束后，一次性浇筑码头分段的上层混凝土。

[0141] 至此，全装配化高桩码头上部结构一体化施工工艺完成。

[0142] 所述实施例为本发明的优选的实施方式，但本发明并不限于上述实施方式，在不背离本发明的实质内容的情况下，本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

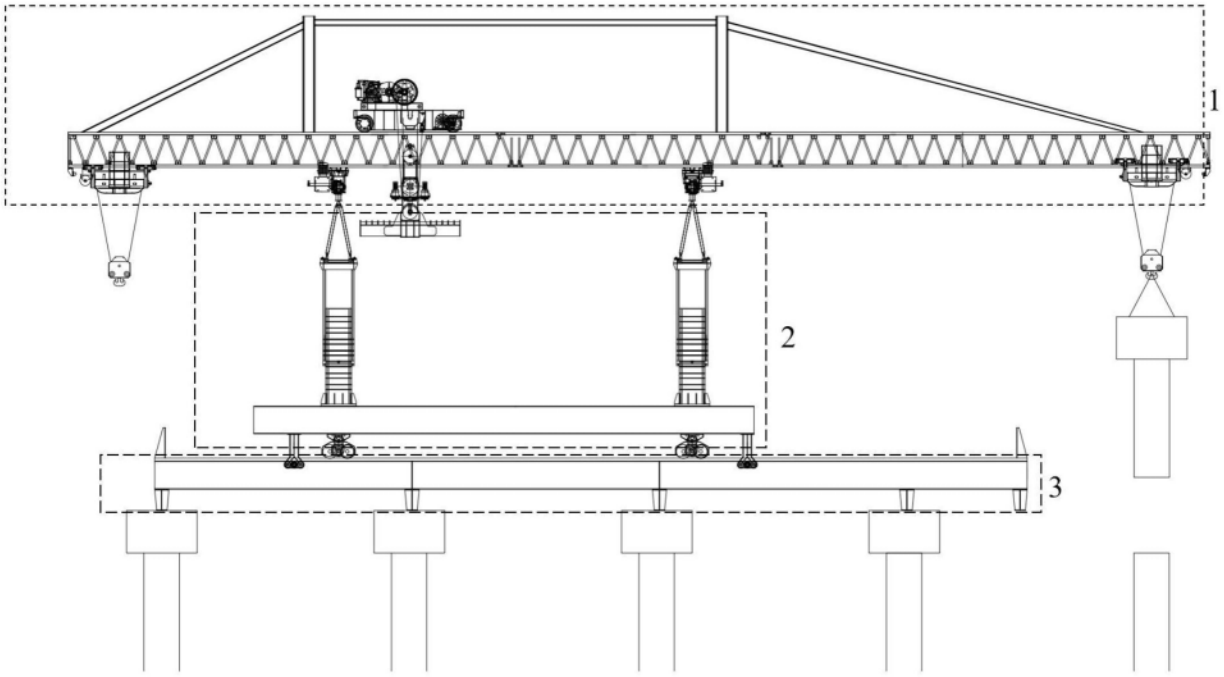


图1

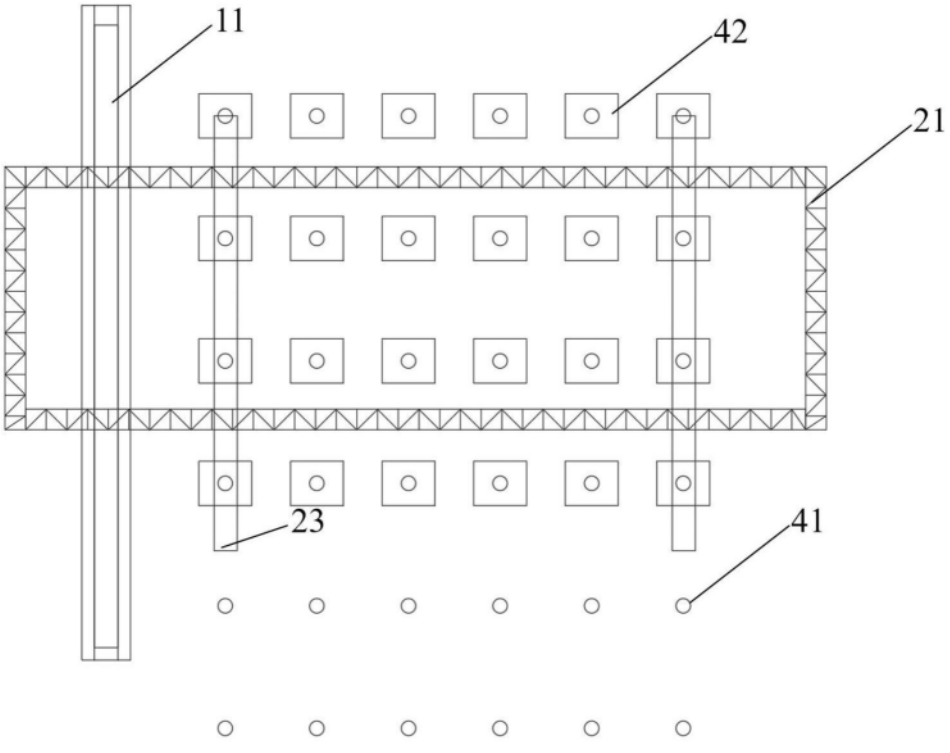


图2

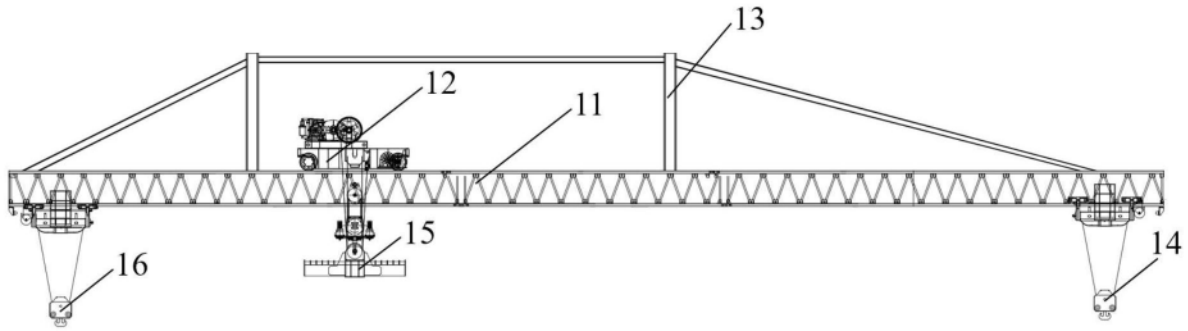


图3

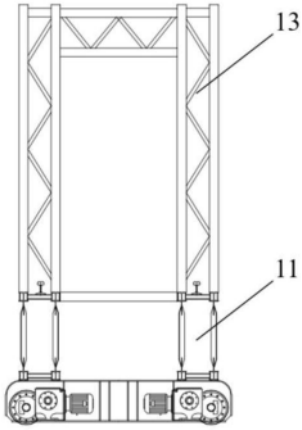


图4

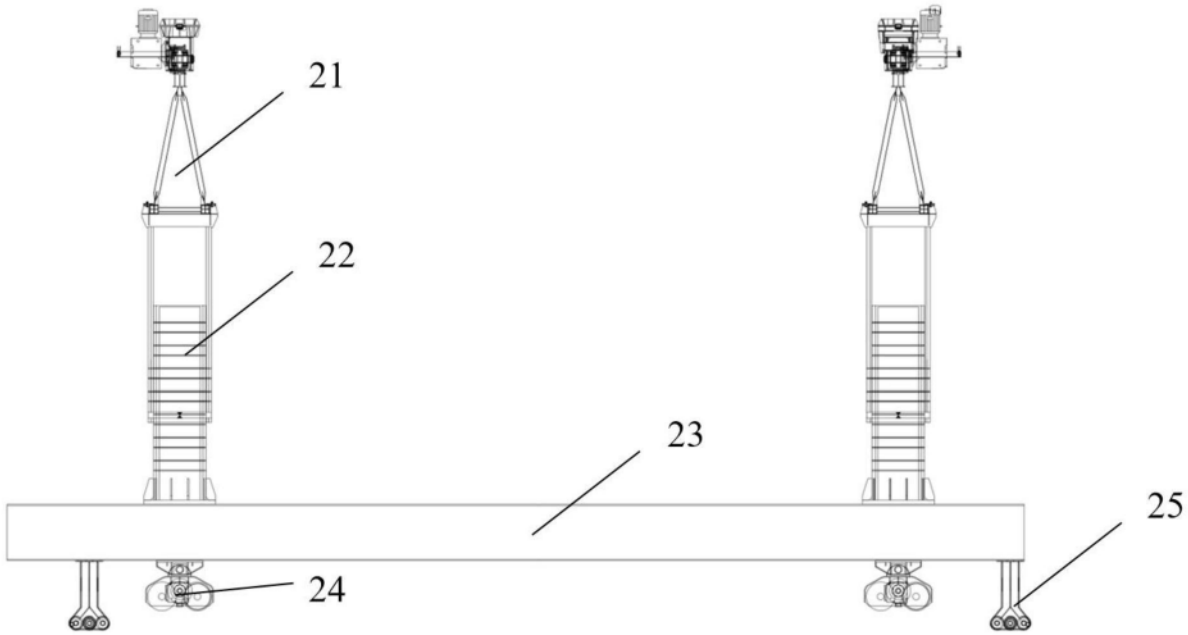


图5

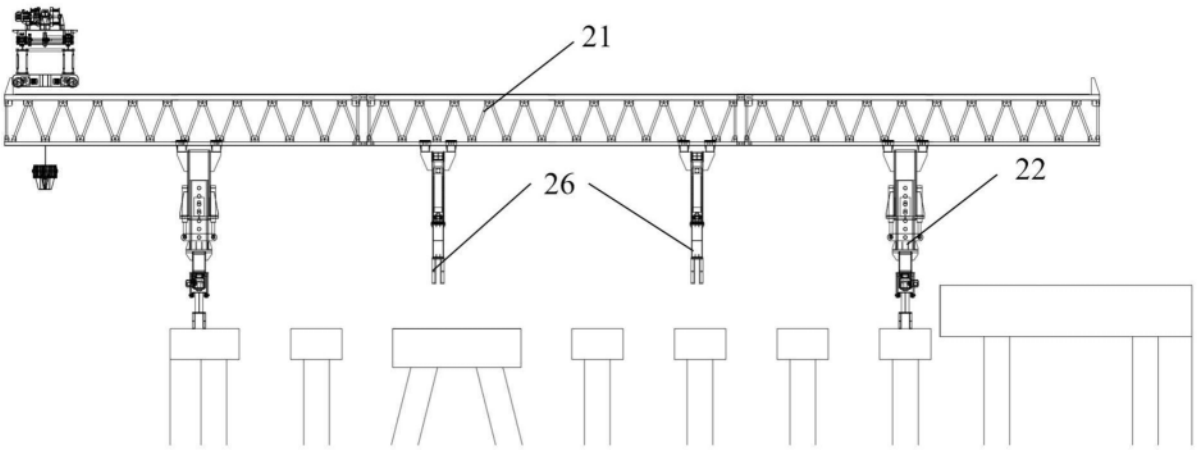


图6

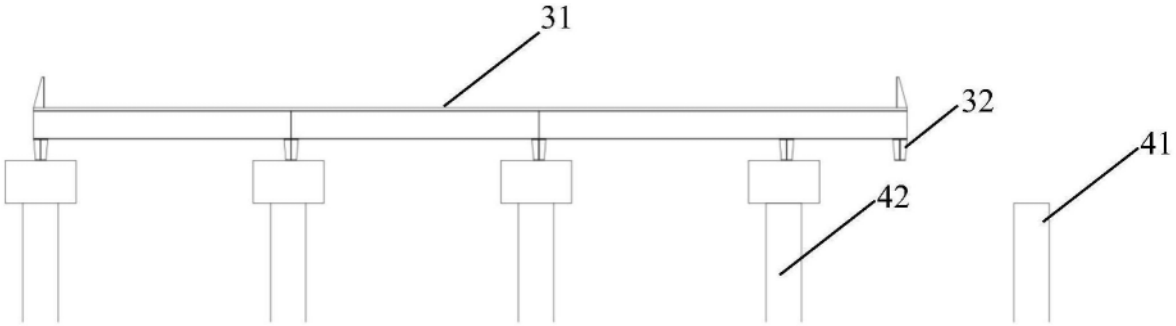


图7