(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109629439 B
(45)授权公告日 2020.06.05

(21)申请号 201910033950.7

(22)申请日 2019.01.15

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109629439 A

(43)申请公布日 2019.04.16

(73)专利权人 中铁一局集团有限公司
地址 710054 陕西省西安市雁塔路北段1号
专利权人 中铁一局集团第四工程有限公司

(72)发明人 杜亮 冯敬辉 陈宏俊 汪惺 任争耀 苏金阳 高良 罗彭 韦凡 郝洪波 李卫国

(74)专利代理机构 西安创知专利事务所 61213
代理人 谭文琰

(51)Int.Cl.
E01D 21/00(2006.01)
E01D 11/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 108457188 A,2018.08.28,
CN 205780067 U,2016.12.07,
CN 103266573 A,2013.08.28,
CH 707650 A2,2014.08.29,
CN 103924521 A,2014.07.16,
CN 108797378 A,2018.11.13,
CN 204266134 U,2015.04.15,
CN 205907606 U,2017.01.25,
孔凡强.步履式悬臂顶推技术在斜拉桥钢箱梁施工中的应用.《价值工程》.2017,

审查员 陈敏

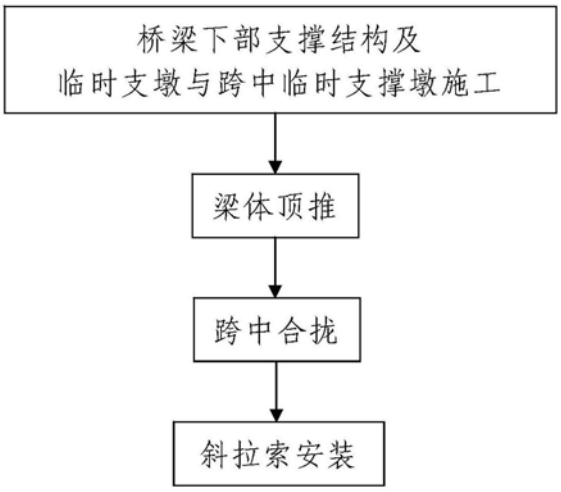
权利要求书6页 说明书19页 附图18页

(54)发明名称

一种独塔斜拉桥施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于爬模的独塔斜拉桥施工方法，所施工独塔斜拉桥包括主塔、桥梁下部支撑结构和主梁，桥梁下部支撑结构包括跨中支墩和两个梁端支墩，每个梁端支墩的正后方均设置有一个供所顶推钢箱梁拼装的拼装胎架；对独塔斜拉桥施工时，包括步骤：一、桥梁下部支撑结构及临时支墩与跨中临时支撑墩施工；二、梁体顶推；三、跨中合拢；四、斜拉索安装。本发明采用步履式三维液压顶推设备从两侧向跨中对斜拉桥主梁的两个梁体分别同步顶推直至合拢；步履式三维液压顶推设备顶推控制简便，能简便实现多组步履式三维液压顶推设备同步动作，并且顶推位置布设灵活，无需采用导梁和纵向顶推用滑道梁，真正实现自平衡顶推，顶推过程安全、可靠。



CN 109629439 B

1.一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：所施工独塔斜拉桥包括主塔、桥梁下部支撑结构和支撑于所述桥梁下部支撑结构上的主梁，所述桥梁下部支撑结构包括跨中支墩(2)和两个对称布设于跨中支墩(2)两侧的梁端支墩(3)，所述主梁的两端分别支撑于一个所述梁端支墩(3)上；所述跨中支墩(2)布设于两个所述梁端支墩(3)之间，所述主塔为钢筋混凝土结构且其支撑于跨中支墩(2)上；所述主梁以跨中支墩(2)为界分为第一梁体(12)和第二梁体(13)，所述第一梁体(12)和第二梁体(13)呈对称布设且二者的结构和尺寸均相同；所述第一梁体(12)和第二梁体(13)均为由多个钢箱梁节段(4)从前至后拼接而成的钢箱梁，所述跨中支墩(2)和梁端支墩(3)均为呈竖直向布设的永久支墩且二者均为钢筋混凝土支墩，所述第一梁体(12)和第二梁体(13)的前端均支撑于跨中支墩(2)上且二者的后端均支撑于一个所述梁端支墩(3)上；

所述第一梁体(12)和第二梁体(13)均为采用步履式三维液压顶推设备进行顶推的所顶推钢箱梁；

每个所述梁端支墩(3)与跨中支墩(2)之间均沿所顶推钢箱梁长度方向由前至后设置有多个对所顶推钢箱梁进行支撑的临时支墩(11)，多个所述临时支墩(11)均为呈竖直向布设的支墩；所述跨中支墩(2)上设置有前后两个对称布设的跨中临时支撑墩(14)，每个所述所顶推钢箱梁的前端均支撑于一个所述跨中临时支撑墩(14)上；两个所述跨中临时支撑墩(14)和两个所述梁端支墩(3)之间的所有临时支墩(11)均布设于同一竖直面上；每个所述临时支墩(11)和每个所述跨中临时支撑墩(14)均为一个顶推支墩；

每个所述梁端支墩(3)的正后方均设置有一个供所顶推钢箱梁拼装的拼装胎架；每个所述拼装胎架均包括左右两组对称布设的临时支撑基础和左右两道对称布设的纵移滑道(6)，两道所述纵移滑道(6)均沿纵桥向布设，两道所述纵移滑道(6)均位于两组所述临时支撑基础之间且二者均位于梁端支墩(3)后侧，每组所述临时支撑基础均包括多个沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设的所述临时支撑基础，每个所述临时支撑基础均为水平支撑基础；所述临时支撑基础为供步履式三维液压顶推设备(1)水平放置的顶推基础或供三维调整装置水平放置的调整基础，每个所述调整基础上均设置有一个所述三维调整装置；所述三维调整装置支撑于所顶推钢箱梁与所述调整基础之间，所述三维调整装置为能在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所顶推钢箱梁进行调整的调整装置；每组所述临时支撑基础中所述顶推基础和所述调整基础的数量均为多个；左右两个对称布设的所述顶推基础组成一个所述顶推支墩，每个所述顶推基础上均设置有一个所述步履式三维液压顶推设备(1)；

每个所述顶推支墩上均设置有一组所述步履式三维液压顶推设备(1)，每组所述步履式三维液压顶推设备(1)均包括左右两个对称布设于同一个所述顶推支墩上的步履式三维液压顶推设备(1)；两个所述步履式三维液压顶推设备(1)分别为位于所顶推钢箱梁左侧下方的左侧顶推设备和位于所顶推钢箱梁右侧下方的右侧顶推设备；多组所述步履式三维液压顶推设备(1)中的所有左侧顶推设备沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设于同一竖直面上，多组所述步履式三维液压顶推设备(1)中的所有右侧顶推设备沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设于同一竖直面上；

每个所述顶推支墩上均设置有左右两组对称布设且对所顶推钢箱梁进行支撑的临时支撑座(5)，所述临时支撑座(5)为呈竖直向布设且位于所顶推钢箱梁下方的支撑座；每组

所述临时支撑座(5)均包括两个分别布设于同一个步履式三维液压顶推设备(1)前后两侧的临时支撑座(5),同一个所述顶推支墩上每个所述步履式三维液压顶推设备(1)的正前方和正后方均设置有一个所述临时支撑座(5);

所述步履式三维液压顶推设备(1)位于所顶推钢箱梁下方;所述步履式三维液压顶推设备(1)包括水平底座(1-1)、能在水平底座(1-1)上进行前后水平移动与左右水平移动的滑移座(1-2)、两个安装在滑移座(1-2)上且能随滑移座(1-2)进行同步移动的竖向顶升装置(1-3)、安装在水平底座(1-1)后侧且带动滑移座(1-2)进行前后水平移动的纵向推移装置(1-4)和安装在水平底座(1-1)上且带动滑移座(1-2)进行左右水平移动的横向纠偏装置(1-5),所述水平底座(1-1)沿纵桥向布设且其沿所顶推钢箱梁的长度方向布设,两个所述竖向顶升装置(1-3)与水平底座(1-1)均布设于同一竖直面上,两个所述竖向顶升装置(1-3)分别布设于滑移座(1-2)的前后两侧上方;所述纵向推移装置(1-4)呈水平布设且其沿纵桥向布设,所述横向纠偏装置(1-5)呈水平布设且其沿横桥向布设,所述横向纠偏装置(1-5)位于滑移座(1-2)左侧或右侧且其与纵向推移装置(1-4)呈垂直布设;

每个所述步履式三维液压顶推设备(1)均由一个主控器(9)进行控制,所述主控器(9)与上位机(8)连接;每个所述步履式三维液压顶推设备(1)中所述竖向顶升装置(1-3)、纵向推移装置(1-4)和横向纠偏装置(1-5)均为由同一个所述主控器(9)进行控制的液压驱动装置,所述液压驱动装置为液压千斤顶或液压油缸;

对所施工独塔斜拉桥进行施工时,包括以下步骤:

步骤一、桥梁下部支撑结构及临时支墩与跨中临时支撑墩施工:对跨中支墩(2)和两个所述梁端支墩(3)分别进行施工,并在施工完成的跨中支墩(2)上施工两个所述跨中临时支撑墩(14);同时,对两个所述梁端支墩(3)之间的各临时支墩(11)分别进行施工;

步骤二、梁体顶推:对第一梁体(12)和第二梁体(13)同步进行顶推且二者的顶推方法相同;

对第一梁体(12)或第二梁体(13)进行顶推时,过程如下:

步骤C1、拼装胎架施工:在对所顶推钢箱梁后端进行支撑的梁端支墩(3)正后方施工一个所述拼装胎架,获得施工成型的多组所述临时支撑基础和两道所述纵移滑道(6),施工成型的所述临时支撑基础为所述顶推基础或所述调整基础;

步骤C2、三维调整装置、顶推设备及临时支撑座施工:在步骤C1中施工完成的每个所述临时支墩(11)上均布设一组所述步履式三维液压顶推设备(1),并在各临时支墩(11)上布设左右两组对称布设的临时支撑座(5);同时,在步骤C1中施工完成的各顶推基础上均布设一个所述步履式三维液压顶推设备(1)和一组所述临时支撑座(5),并在步骤C1中施工完成的各调整基础上均布设一个所述三维调整装置;

步骤C3、钢箱梁拼装及同步顶推:利用步骤C1中施工完成的所述拼装胎架,由前向后对所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段(4)分别进行拼装,拼装过程中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道(6)由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推;待所顶推钢箱梁中所有钢箱梁节段(4)均拼装完成后,获得拼装成型的所顶推钢箱梁;

所述已拼装梁体为由已完成拼装的多个所述钢箱梁节段(4)组成的梁体,所述拼装顶推装置为由支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备(1)组成的顶推装置;

本步骤中，拼装过程中采用拼装调整装置对已拼装梁体的位置进行调整，所述拼装调整装置为由支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成的调整装置；

步骤C4、钢箱梁顶推：采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推，直至将所顶推钢箱梁顶推到位；

所述箱梁顶推装置为由支撑于所顶推钢箱梁下方的所有步履式三维液压顶推设备(1)组成的顶推装置；

步骤三、跨中合拢：待第一梁体(12)和第二梁体(13)均顶推到位后，对第一梁体(12)和第二梁体(13)进行合拢，获得施工成型的所述主梁；

步骤四、斜拉索安装：待所述主塔施工完成后，在所述主塔与步骤三中所述主梁之间安装斜拉索，完成所施工斜拉桥的施工过程；

步骤一中所述跨中支墩(2)施工完成后，在施工完成的跨中支墩(2)对所述主塔进行施工。

2.按照权利要求1所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：步骤三中进行跨中合拢时，在跨中支墩(2)上将第一梁体(12)和第二梁体(13)紧固连接为一体，获得施工成型的所述主梁，并将所述主梁支撑于步骤一中所述桥梁下部支撑结构上，完成所述主梁的落梁过程。

3.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：所述主塔包括左右两组对称布设于所述主梁两侧的塔柱(17)，每组所述塔柱(17)均包括前后两个对称布设的塔柱(17)，四个所述塔柱(17)均为采用爬模施工成型的钢筋混凝土柱；

每个所述塔柱(17)均由下至上分为下部柱体、中部柱体和上部柱体，所述中部柱体为呈竖直向布设的立柱且其连接于所述下部柱体和所述上部柱体之间；四个所述塔柱(17)的高度均相同，四个所述塔柱(17)的中部柱体的高度均相同且其底部均布设于同一水平面上；四个所述中部柱体分别布设于一个矩形的四个顶角上，四个所述中部柱体中相邻两个所述中部柱体的底部之间均通过一道下连接梁(15)紧固连接为一体，所述下连接梁(15)与所述主梁呈平行布设或与所述主梁呈垂直布设；四个所述中部柱体中相邻两个所述中部柱体的顶部之间均通过一道上连接梁(16)紧固连接为一体，所述上连接梁(16)与所述主梁呈平行布设或与所述主梁呈垂直布设；所述上连接梁(16)和下连接梁(15)均为呈水平布设的钢筋混凝土梁；

每个所述下部柱体和每个所述上部柱体均为倾斜柱，每组所述塔柱(17)中两个所述下部柱体之间的间距由下至上逐渐缩小，每组所述塔柱(17)中两个所述上部柱体之间的间距由下至上逐渐增大；所述主塔中左右两个对称布设的所述下部柱体之间的间距由下至上逐渐缩小，所述主塔中左右两个对称布设的所述上部柱体之间的间距由下至上逐渐增大；

所述下部柱体、所述中部柱体和所述上部柱体的横截面均为矩形；

对每个所述下部柱体和每个所述上部柱体进行施工时，均由下至上分为多个节段进行浇筑施工；对所述下部柱体和所述上部柱体中任一个节段进行浇筑施工时，均采用由四个爬模组成的组合式爬模进行施工；每个所述节段的顶面和底面均为水平面，四个所述爬模分别布设在所施工节段的四个侧壁外侧，所施工节段的每个侧壁均由一个所述爬模进行成型施工；四个所述爬模的模板拼装组成对所施工节段进行成型施工的立方体模板，每个所述爬模的模板均与所成型侧壁呈平行布设；

步骤四中进行斜拉索安装时，待所述主塔施工完成后，在所述主塔中各塔柱(17)与步骤三中所述主梁之间均安装斜拉索。

4.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：

步骤C3中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道(6)由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推过程中，通过控制所述拼装顶推装置中各步履式三维液压顶推设备(1)的横向纠偏装置(1-5)在横桥向上对所述已拼装梁体的位置进行调整，使所述已拼装梁体位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上；

步骤C4中采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推过程中，通过控制所述箱梁顶推装置中各步履式三维液压顶推设备(1)的横向纠偏装置(1-5)在横桥向上对所顶推钢箱梁的位置进行调整，使所顶推钢箱梁位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

5.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：步骤C3中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道(6)由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推过程中，每一次对已拼装梁体进行向前顶推时，过程如下：

步骤A1、竖向顶升：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的竖向顶升装置(1-3)同步进行向上顶升，直至将已拼装梁体与其下方所支撑的临时支撑座(5)均分离，使已拼装梁体支撑于所述拼装顶推装置上；

步骤A2、向前平推：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的纵向推移装置(1-4)同步进行向前顶推，并带动已拼装梁体同步向前移动；

步骤A3、下降：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的竖向顶升装置(1-3)同步下降，直至将已拼装梁体支撑于位于其下方的多个临时支撑座(5)上；

步骤A4、向后回缩：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的纵向推移装置(1-4)同步向后回缩；

步骤C4中采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推过程中，每一次对所顶推钢箱梁进行向前顶推时，过程如下：

步骤B1、竖向顶升：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的竖向顶升装置(1-3)同步进行向上顶升，直至将所顶推钢箱梁与其下方所支撑的临时支撑座(5)均分离，使所顶推钢箱梁支撑于所述箱梁顶推装置上；

步骤B2、向前平推：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的纵向推移装置(1-4)同步进行向前顶推，并带动所顶推钢箱梁同步向前移动；

步骤B3、下降：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的竖向顶升装置(1-3)同步下降，直至将所顶推钢箱梁支撑于位于其下方的多个临时支撑座(5)上；

步骤B4、向后回缩：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备(1)的纵向推移装置(1-4)同步向后回缩。

6.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段(4)中位于最前端的一个所述钢箱梁节段(4)为前端节段，多个所述钢箱梁节段(4)中位于最后端的一个所述钢箱梁节段(4)为后端节段；

步骤C3中由前向后对所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段(4)分别进行拼装时，由前至后对多个所述钢箱梁节段(4)逐一进行拼装，过程如下：

步骤301、前端节段吊装及位置调整：采用吊装设备将所顶推钢箱梁的所述前端节段吊装至两道所述纵移滑道(6)上，并通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整；

此时，所述前端节段位于两道所述纵移滑道(6)的后部上方且其支撑于多个所述三维调整装置上；

步骤302、前端节段顶推及位置调整：采用此时支撑于所述前端节段下方的所有步履式三维液压顶推设备(1)分多次同步将所述前端节段向前顶推，直至两道所述纵移滑道(6)后部上方留出下一个钢箱梁节段(4)的拼装位置；再通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整；

步骤303、下一个钢箱梁节段拼装及位置调整：采用吊装设备将所顶推钢箱梁的下一个所述钢箱梁节段(4)吊装至两道所述纵移滑道(6)上，并将该钢箱梁节段(4)与位于其前侧的钢箱梁节段(4)紧固连接为一体，获得拼装完成的所述已拼装梁体，并通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成所述拼装调整装置；

本步骤中，所拼装的钢箱梁节段(4)位于所述已拼装梁体的最后侧；

步骤304、拼装完成判断：判断步骤303中所拼装钢箱梁节段(4)是否为所述后端节段：当步骤303中所拼装钢箱梁节段(4)为所述后端节段时，完成所顶推钢箱梁中所有钢箱梁节段(4)的拼装过程，获得拼装成型的所顶推钢箱梁，进入步骤C4；否则，进入步骤305；

步骤305、已拼装梁体顶推及位置调整：采用此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备(1)分多次同步将所述已拼装梁体向前顶推，直至两道所述纵移滑道(6)后部上方留出下一个钢箱梁节段(4)的拼装位置；再通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成所述拼装调整装置；

本步骤中，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备(1)组成所述拼装顶推装置。

7.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：步骤301中和步骤302中通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整时，均在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所述前端节段的位置进行调整，使所述前端节段位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上；

步骤303中和步骤305中通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整时，均在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所述前端节段的位置进行调整，使所述已拼装梁体位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

8.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：所述钢箱梁节段(4)的长度为10m～15m，前后相邻两个所述顶推支墩之间的间距不大于1.6L，其中L为钢箱梁节段(4)的长度。

9.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：所述步履式三维液压顶推设备(1)还包括一个水平支撑于两个所述竖向顶升装置(1-3)上的水平垫梁(1-11)，所述水平垫梁(1-11)与水平底座(1-1)呈平行布设且其位于所顶推钢箱梁下方。

10.按照权利要求1或2所述的一种独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：步骤二中所述水

平底座(1-1)为长方体钢底座且其内侧中部开有滑移槽(1-6),所述滑移槽(1-6)沿纵桥向布设,所述水平底座(1-1)上部平铺有两块滑板(1-8),两块所述滑板(1-8)均为呈水平布设的长方形滑板且二者对称布设于滑移槽(1-6)上方左右两侧,两块所述滑板(1-8)布设于同一水平面上且二者组成底座上部滑板;

所述滑移座(1-2)为钢支座且其包括在滑移槽(1-6)内进行前后水平移动的纵向滑移块(1-7)和水平支撑于所述底座上部滑板上且能在所述底座上部滑板上进行前后水平移动与左右水平移动的滑移支架(1-9),所述纵向滑移块(1-7)为位于滑移槽(1-6)内的凹字形滑移块且其包括位于滑移支架(1-9)下方的长方体滑移块和两个分别布设于所述长方体滑移块前后两端上方的竖向限位块,两个所述竖向限位块与长方体滑移块的厚度相同且三者布设于同一竖直面上,所述长方体滑移块呈水平布设且其与两个所述竖向限位块连接为一体,两个所述竖向限位块均位于所述长方体滑移块的正上方,所述滑移支架(1-9)为矩形支架且其卡装于两个所述竖向限位块之间,两个所述竖向限位块组成对滑移支架(1-9)进行纵向限位的纵向限位机构。

一种独塔斜拉桥施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于斜拉桥施工技术领域，尤其是涉及一种独塔斜拉桥施工方法。

背景技术

[0002] 随着我国桥梁设计与施工技术水平的不断提高，在公路、城市交通、铁路等领域大量涌现出各种连续钢箱梁桥。因占地少、对桥下交通无影响、无需大型吊运机具、安全可靠、造价低等优点，顶推法在其施工中得到广泛应用。顶推法施工是在沿桥轴线方向的桥台后设置预制场，并设置钢导梁、临时墩、滑道、水平千斤顶(也称为顶推动力装置或顶推施力装置)等，实际施工时，分节段加工梁体且纵向连接成整体后，通过水平千斤顶施力，借助滑道、滑块等，将梁逐段向前顶推，就位后落梁。顶推法施工不仅用于连续梁桥，同时也可用于其它桥型(如简支梁桥)，也可先连续顶推施工，就位后解除梁跨间的连续；拱桥的拱上纵梁，可在立柱间顶推施工；斜拉桥的主梁也可以采用顶推法进行施工。斜拉桥又称斜张桥，是将主梁用许多拉索直接拉在桥塔上的一种桥梁，是由承压的塔、受拉的索和承弯的梁体组合起来的一种结构体系。

[0003] 目前，顶推法施工时所采用的顶推系统由单点顶推和多点顶推两种顶推方式。其中，单点顶推施工中的顶推动力装置集中设置在靠近梁场的桥台或桥墩上，并且顶推动力装置多采用支承在纵向滑道上的垂直千斤顶和支承在墩(台)背墙的水平千斤顶联动，能使梁体以垂直千斤顶为支承向前移动。另一种单点顶推的方式是水平千斤顶通过拉杆带动梁体前移，滑道为固定不动的不锈钢板，滑块在滑道上支承梁体，在滑道前后设置垂直千斤顶用来起落，梁体使滑块能从前向后移动，这是早期的顶推施工做法；之后将滑道前后作为斜坡，滑块可以手工续进，就不必用垂直千斤顶顶起梁体后移滑块。

[0004] 由于单点顶推存在一个严重缺点，就是在顶推前期和后期，垂直千斤顶顶部同梁体之间的摩擦力不能带动梁体前移，必须依靠辅助动力才能完成顶推。此外，单点顶推施工中，没有设置水平千斤顶支顶的高墩，尤其是柔性墩在水平顶推作用下会产生较大的墩顶位移，甚至威胁到结构的安全。为了克服单点顶推存在的上述缺点，便产生了多点顶推法。多点顶推法的优点是任何阶段都能提供必须的顶推动力，在顶推过程中水平千斤顶对墩台的水平推力同梁体作用在墩台上的摩擦力相平衡，有利于柔性高墩的安全。但是必须保证多台千斤顶同步工作，而且可以分级调压，使作用在墩顶的水平力不超过设计允许值。但目前所采用的多点顶推法及相应的顶推系统均不同程度地存在以下缺陷和不足：第一、现有顶推设备的同步精度不够，顶推过程中不可避免存在多台顶推设备的动作误差；第二、现有顶推施工方法及顶推系统很难控制大坡度及线性复杂情况下的顶推合拢精度；第三、没有全自动数字化控制，受力数值精度很难掌握；第四、需要操作人员较多，劳动力投入较大，费工费时，施工效率较低；第五、部分多点顶推施工中还需要借助导梁进行牵引，施工投入大，并施工过程复杂。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足，提供一种基于爬模的独塔斜拉桥施工方法，其方法步骤简单、设计合理且施工简便、使用效果好，采用步履式三维液压顶推设备从两侧向跨中对斜拉桥主梁的两个梁体分别同步顶推直至合拢；步履式三维液压顶推设备顶推控制简便，能简便实现多组步履式三维液压顶推设备同步动作，并且顶推位置布设灵活，无需采用导梁和纵向顶推用滑道梁，将钢箱梁顶推过程中的滑移面由滑道梁改至步履式三维液压顶推设备内，大幅度减少了顶推前进过程中的摩擦力，避免了桥墩或临时墩在顶推施工过程中承受过大的水平载荷，真正实现自平衡顶推，同时能节约纵向顶推用滑道梁投入成本，提高钢箱梁顶推施工效率，顶推过程中能对所顶推钢箱梁进行横向纠偏，能简便、快速且平稳地将钢箱梁顶推到位，顶推过程安全、可靠。

[0006] 为解决上述技术问题，本发明采用的技术方案是：一种基于爬模的独塔斜拉桥施工方法，其特征在于：所施工独塔斜拉桥包括主塔、桥梁下部支撑结构和支撑于所述桥梁下部支撑结构上的主梁，所述桥梁下部支撑结构包括跨中支墩和两个对称布设于跨中支墩两侧的梁端支墩，所述主梁的两端分别支撑于一个所述梁端支墩上；所述跨中支墩布设于两个所述梁端支墩之间，所述主塔为钢筋混凝土结构且其支撑于跨中支墩上；所述主梁以跨中支墩为界分为第一梁体和第二梁体，所述第一梁体和第二梁体呈对称布设且二者的结构和尺寸均相同；所述第一梁体和第二梁体均为由多个钢箱梁节段从前至后拼接而成的钢箱梁，所述跨中支墩和梁端支墩均为呈竖直向布设的永久支墩且二者均为钢筋混凝土支墩，所述第一梁体和第二梁体的前端均支撑于跨中支墩上且二者的后端均支撑于一个所述梁端支墩上；

[0007] 所述第一梁体和第二梁体均为采用步履式三维液压顶推设备进行顶推的所顶推钢箱梁；

[0008] 每个所述梁端支墩与跨中支墩之间均沿所顶推钢箱梁长度方向由前至后设置有多个对所顶推钢箱梁进行支撑的临时支墩，多个所述临时支墩均为呈竖直向布设的支墩；所述跨中支墩上设置有前后两个对称布设的跨中临时支撑墩，每个所述所顶推钢箱梁的前端均支撑于一个所述跨中临时支撑墩上；两个所述跨中临时支撑墩和两个所述梁端支墩之间的所有临时支墩均布设于同一竖直面上；每个所述临时支墩和每个所述跨中临时支撑墩均为一个顶推支墩；

[0009] 每个所述梁端支墩的正后方均设置有一个供所顶推钢箱梁拼装的拼装胎架；每个所述拼装胎架均包括左右两组对称布设的临时支撑基础和左右两道对称布设的纵移滑道，两道所述纵移滑道均沿纵桥向布设，两道所述纵移滑道均位于两组所述临时支撑基础之间且二者均位于梁端支墩后侧，每组所述临时支撑基础均包括多个沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设的所述临时支撑基础，每个所述临时支撑基础均为水平支撑基础；所述临时支撑基础为供步履式三维液压顶推设备水平放置的顶推基础或供三维调整装置水平放置的调整基础，每个所述调整基础上均设置有一个所述三维调整装置；所述三维调整装置支撑于所顶推钢箱梁与所述调整基础之间，所述三维调整装置为能在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所顶推钢箱梁进行调整的调整装置；每组所述临时支撑基础中所述顶推基础和所述调整基础的数量均为多个；左右两个对称布设的所述顶推基础组成一个所述顶推支墩，每个所述顶推基础上均设置有一个所述步履式三维液压顶推设备；

[0010] 每个所述顶推支墩上均设置有一组所述步履式三维液压顶推设备，每组所述步履式三维液压顶推设备均包括左右两个对称布设于同一个所述顶推支墩上的步履式三维液压顶推设备；两个所述步履式三维液压顶推设备分别为位于所顶推钢箱梁左侧下方的左侧顶推设备和位于所顶推钢箱梁右侧下方的右侧顶推设备；多组所述步履式三维液压顶推设备中的所有左侧顶推设备沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设于同一竖直面上，多组所述步履式三维液压顶推设备中的所有右侧顶推设备沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设于同一竖直面上；

[0011] 每个所述顶推支墩上均设置有左右两组对称布设且对所顶推钢箱梁进行支撑的临时支撑座，所述临时支撑座为呈竖直向布设且位于所顶推钢箱梁下方的支撑座；每组所述临时支撑座均包括两个分别布设于同一个步履式三维液压顶推设备前后两侧的临时支撑座，同一个所述顶推支墩上每个所述步履式三维液压顶推设备的正前方和正后方均设置有一个所述临时支撑座；

[0012] 所述步履式三维液压顶推设备位于所顶推钢箱梁下方；所述步履式三维液压顶推设备包括水平底座、能在水平底座上进行前后水平移动与左右水平移动的滑移座、两个安装在滑移座上且能随滑移座进行同步移动的竖向顶升装置、安装在水平底座后侧且带动滑移座进行前后水平移动的纵向推移装置和安装在水平底座上且带动滑移座进行左右水平移动的横向纠偏装置，所述水平底座沿纵桥向布设且其沿所顶推钢箱梁的长度方向布设，两个所述竖向顶升装置与水平底座均布设于同一竖直面上，两个所述竖向顶升装置分别布设于滑移座的前后两侧上方；所述纵向推移装置呈水平布设且其沿纵桥向布设，所述横向纠偏装置呈水平布设且其沿横桥向布设，所述横向纠偏装置位于滑移座左侧或右侧且其与纵向推移装置呈垂直布设；

[0013] 每个所述步履式三维液压顶推设备均由一个主控器进行控制，所述主控器与上位机连接；每个所述步履式三维液压顶推设备中所述竖向顶升装置、纵向推移装置和横向纠偏装置均为由同一个所述主控器进行控制的液压驱动装置，所述液压驱动装置为液压千斤顶或液压油缸；

[0014] 对所施工独塔斜拉桥进行施工时，包括以下步骤：

[0015] 步骤一、桥梁下部支撑结构及临时支墩与跨中临时支撑墩施工：对跨中支墩和两个所述梁端支墩分别进行施工，并在施工完成的跨中支墩上施工两个所述跨中临时支撑墩；同时，对两个所述梁端支墩之间的各临时支墩分别进行施工；

[0016] 步骤二、梁体顶推：对第一梁体和第二梁体同步进行顶推且二者的顶推方法相同；

[0017] 对第一梁体或第二梁体进行顶推时，过程如下：

[0018] 步骤C1、拼装胎架施工：在对所顶推钢箱梁后端进行支撑的梁端支墩正后方施工一个所述拼装胎架，获得施工成型的多组所述临时支撑基础和两道所述纵移滑道，施工成型的所述临时支撑基础为所述顶推基础或所述调整基础；

[0019] 步骤C2、三维调整装置、顶推设备及临时支撑座施工：在步骤C1中施工完成的每个所述临时支墩上均布设一组所述步履式三维液压顶推设备，并在各临时支墩上布设左右两组对称布设的临时支撑座；同时，在步骤C1中施工完成的各顶推基础上均布设一个所述步履式三维液压顶推设备和一组所述临时支撑座，并在步骤C1中施工完成的各调整基础上均布设一个所述三维调整装置；

[0020] 步骤C3、钢箱梁拼装及同步顶推：利用步骤C1中施工完成的所述拼装胎架，由前向后对所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段分别进行拼装，拼装过程中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推；待所顶推钢箱梁中所有钢箱梁节段均拼装完成后，获得拼装成型的所顶推钢箱梁；

[0021] 所述已拼装梁体为由已完成拼装的多个所述钢箱梁节段组成的梁体，所述拼装顶推装置为由支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备组成的顶推装置；

[0022] 本步骤中，拼装过程中采用拼装调整装置对已拼装梁体的位置进行调整，所述拼装调整装置为由支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成的调整装置；

[0023] 步骤C4、钢箱梁顶推：采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推，直至将所顶推钢箱梁顶推到位；

[0024] 所述箱梁顶推装置为由支撑于所顶推钢箱梁下方的所有步履式三维液压顶推设备组成的顶推装置；

[0025] 步骤三、跨中合拢：待第一梁体和第二梁体均顶推到位后，对第一梁体和第二梁体进行合拢，获得施工成型的所述主梁；

[0026] 步骤四、斜拉索安装：待所述主塔施工完成后，在所述主塔与步骤三中所述主梁之间安装斜拉索，完成所施工斜拉桥的施工过程；

[0027] 步骤一中所述跨中支墩施工完成后，在施工完成的跨中支墩对所述主塔进行施工。

[0028] 上述一种独塔斜拉桥施工方法，其特征是：步骤三中进行跨中合拢时，在跨中支墩上将第一梁体和第二梁体紧固连接为一体，获得施工成型的所述主梁，并将所述主梁支撑于步骤一中所述桥梁下部支撑结构上，完成所述主梁的落梁过程。

[0029] 上述一种独塔斜拉桥施工方法，其特征是：所述主塔包括左右两组对称布设于所述主梁两侧的塔柱，每组所述塔柱均包括前后两个对称布设的塔柱，四个所述塔柱均为采用爬模施工成型的钢筋混凝土柱；

[0030] 每个所述塔柱均由下至上分为下部柱体、中部柱体和上部柱体，所述中部柱体为呈竖直向布设的立柱且其连接于所述下部柱体和所述上部柱体之间；四个所述塔柱的高度均相同，四个所述塔柱的中部柱体的高度均相同且其底部均布设于同一水平面上；四个所述中部柱体分别布设于一个矩形的四个顶角上，四个所述中部柱体中相邻两个所述中部柱体的底部之间均通过一道下连接梁紧固连接为一体，所述下连接梁与所述主梁呈平行布设或与所述主梁呈垂直布设；四个所述中部柱体中相邻两个所述中部柱体的顶部之间均通过一道上连接梁紧固连接为一体，所述上连接梁与所述主梁呈平行布设或与所述主梁呈垂直布设；所述上连接梁和下连接梁均为呈水平布设的钢筋混凝土梁。

[0031] 每个所述下部柱体和每个所述上部柱体均为倾斜柱，每组所述塔柱中两个所述下部柱体之间的间距由下至上逐渐缩小，每组所述塔柱中两个所述上部柱体之间的间距由下至上逐渐增大；所述主塔中左右两个对称布设的所述下部柱体之间的间距由下至上逐渐缩小，所述主塔中左右两个对称布设的所述上部柱体之间的间距由下至上逐渐增大；

[0032] 所述下部柱体、所述中部柱体和所述上部柱体的横截面均为矩形；

[0033] 对每个所述下部柱体和每个所述上部柱体进行施工时，均由下至上分为多个节段进行浇筑施工；对所述下部柱体和所述上部柱体中任一个节段进行浇筑施工时，均采用由

四个爬模组成的组合式爬模进行施工;每个所述节段的顶面和底面均为水平面,四个所述爬模分别布设在所施工节段的四个侧壁外侧,所施工节段的每个侧壁均由一个所述爬模进行成型施工;四个所述爬模的模板拼装组成对所施工节段进行成型施工的立方体模板,每个所述爬模的模板均与所成型侧壁呈平行布设;

[0034] 步骤四中进行斜拉索安装时,待所述主塔施工完成后,在所述主塔中各塔柱与步骤三中所述主梁之间均安装斜拉索。

[0035] 上述一种独塔斜拉桥施工方法,其特征是:步骤C3中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推过程中,通过控制所述拼装顶推装置中各步履式三维液压顶推设备的横向纠偏装置在横桥向上对所述已拼装梁体的位置进行调整,使所述已拼装梁体位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上;

[0036] 步骤C4中采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推过程中,通过控制所述箱梁顶推装置中各步履式三维液压顶推设备的横向纠偏装置在横桥向上对所顶推钢箱梁的位置进行调整,使所顶推钢箱梁位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

[0037] 上述一种独塔斜拉桥施工方法,其特征是:步骤C3中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推过程中,每一次对已拼装梁体进行向前顶推时,过程如下:

[0038] 步骤A1、竖向顶升:控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的竖向顶升装置同步进行向上顶升,直至将已拼装梁体与其下方所支撑的临时支撑座均分离,使已拼装梁体支撑于所述拼装顶推装置上;

[0039] 步骤A2、向前平推:控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的纵向推移装置同步进行向前顶推,并带动已拼装梁体同步向前移动;

[0040] 步骤A3、下降:控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的竖向顶升装置同步下降,直至将已拼装梁体支撑于位于其下方的多个临时支撑座上;

[0041] 步骤A4、向后回缩:控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的纵向推移装置同步向后回缩;

[0042] 步骤C4中采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推过程中,每一次对所顶推钢箱梁进行向前顶推时,过程如下:

[0043] 步骤B1、竖向顶升:控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的竖向顶升装置同步进行向上顶升,直至将所顶推钢箱梁与其下方所支撑的临时支撑座均分离,使所顶推钢箱梁支撑于所述箱梁顶推装置上;

[0044] 步骤B2、向前平推:控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的纵向推移装置同步进行向前顶推,并带动所顶推钢箱梁同步向前移动;

[0045] 步骤B3、下降:控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的竖向顶升装置同步下降,直至将所顶推钢箱梁支撑于位于其下方的多个临时支撑座上;

[0046] 步骤B4、向后回缩:控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备的纵向推移装置同步向后回缩。

[0047] 上述一种独塔斜拉桥施工方法,其特征是:所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段中位于最前端的一个所述钢箱梁节段为前端节段,多个所述钢箱梁节段中位于最后端的一

个所述钢箱梁节段为后端节段；

[0048] 步骤C3中由前向后对所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段分别进行拼装时，由前至后对多个所述钢箱梁节段逐一进行拼装，过程如下：

[0049] 步骤301、前端节段吊装及位置调整：采用吊装设备将所顶推钢箱梁的所述前端节段吊装至两道所述纵移滑道上，并通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整；

[0050] 此时，所述前端节段位于两道所述纵移滑道的后部上方且其支撑于多个所述三维调整装置上；

[0051] 步骤302、前端节段顶推及位置调整：采用此时支撑于所述前端节段下方的所有步履式三维液压顶推设备分多次同步将所述前端节段向前顶推，直至两道所述纵移滑道后部上方留出下一个钢箱梁节段的拼装位置；再通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整；

[0052] 步骤303、下一个钢箱梁节段拼装及位置调整：采用吊装设备将所顶推钢箱梁的下一个所述钢箱梁节段吊装至两道所述纵移滑道上，并将该钢箱梁节段与位于其前侧的钢箱梁节段紧固连接为一体，获得拼装完成的所述已拼装梁体，并通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成所述拼装调整装置；

[0053] 本步骤中，所拼装的钢箱梁节段位于所述已拼装梁体的最后侧；

[0054] 步骤304、拼装完成判断：判断步骤303中所拼装钢箱梁节段是否为所述后端节段：当步骤303中所拼装钢箱梁节段为所述后端节段时，完成所顶推钢箱梁中所有钢箱梁节段的拼装过程，获得拼装成型的所顶推钢箱梁，进入步骤C4；否则，进入步骤305；

[0055] 步骤305、已拼装梁体顶推及位置调整：采用此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备分多次同步将所述已拼装梁体向前顶推，直至两道所述纵移滑道后部上方留出下一个钢箱梁节段的拼装位置；再通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成所述拼装调整装置；

[0056] 本步骤中，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备组成所述拼装顶推装置。

[0057] 上述一种独塔斜拉桥施工方法，其特征是：步骤301中和步骤302中通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整时，均在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所述前端节段的位置进行调整，使所述前端节段位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上；

[0058] 步骤303中和步骤305中通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整时，均在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所述前端节段的位置进行调整，使所述已拼装梁体位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

[0059] 上述一种独塔斜拉桥施工方法，其特征是：所述钢箱梁节段的长度为10m～15m，前后相邻两个所述顶推支墩之间的间距不大于1.6L，其中L为钢箱梁节段的长度。

[0060] 上述一种独塔斜拉桥施工方法，其特征是：所述步履式三维液压顶推设备还包括一个水平支撑于两个所述竖向顶升装置上的水平垫梁，所述水平垫梁与水平底座呈平行布

设且其位于所顶推钢箱梁下方。

[0061] 上述一种独塔斜拉桥施工方法，其特征是：步骤二中所述水平底座为长方体钢底座且其内侧中部开有滑移槽，所述滑移槽沿纵桥向布设，所述水平底座上部平铺有两块滑板，两块所述滑板均为呈水平布设的长方形滑板且二者对称布设于滑移槽上方左右两侧，两块所述滑板布设于同一水平面上且二者组成底座上部滑板；

[0062] 所述滑移座为钢支座且其包括在滑移槽内进行前后水平移动的纵向滑移块和水平支撑于所述底座上部滑板上且能在所述底座上部滑板上进行前后水平移动与左右水平移动的滑移支架，所述纵向滑移块为位于滑移槽内的凹字形滑移块且其包括位于滑移支架下方的长方体滑移块和两个分别布设于所述长方体滑移块前后两端上方的竖向限位块，两个所述竖向限位块与长方体滑移块的厚度相同且三者布设于同一竖直面上，所述长方体滑移块呈水平布设且其与两个所述竖向限位块连接为一体，两个所述竖向限位块均位于所述长方体滑移块的正上方，所述滑移支架为矩形支架且其卡装于两个所述竖向限位块之间，两个所述竖向限位块组成对滑移支架进行纵向限位的纵向限位机构。

[0063] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0064] 该方法步骤简单、设计合理且施工简便、使用效果好，采用步履式三维液压顶推设备从两侧向跨中对斜拉桥主梁的两个梁体分别同步顶推直至合拢；步履式三维液压顶推设备顶推控制简便，能简便实现多组步履式三维液压顶推设备同步动作，并且顶推位置布设灵活，无需采用导梁和纵向顶推用滑道梁，将钢箱梁顶推过程中的滑移面由滑道梁改至步履式三维液压顶推设备内，大幅度减少了顶推前进过程中的摩擦力，避免了桥墩或临时墩在顶推施工过程中承受过大的水平载荷，真正实现自平衡顶推，同时能节约纵向顶推用滑道梁投入成本，提高钢箱梁顶推施工效率，顶推过程中能对所顶推钢箱梁进行横向纠偏，能简便、快速且平稳地将钢箱梁顶推到位，顶推过程安全、可靠。

[0065] 爬模是爬升模板的简称，国外也叫跳模。它由爬升模板、爬架(也有的爬模没有爬架)和爬升设备三部分组成，在施工剪力墙体系、筒体体系和桥墩笙等高耸结构中是一种有效的工具。

[0066] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0067] 图1为本发明对第一梁体和第二梁体进行顶推时的顶推状态示意图。

[0068] 图2为本发明对第一梁体进行顶推时的顶推状态示意图。

[0069] 图3为本发明对第一梁体进行顶推时各顶推支墩与拼装胎架的平面布设位置示意图。

[0070] 图4为本发明所采用步履式三维液压顶推设备的纵桥向结构示意图。

[0071] 图5为本发明所采用步履式三维液压顶推设备的横桥向结构示意图。

[0072] 图6为本发明已拼装梁体在纵移滑道上的滑移状态示意图。

[0073] 图7为本发明拼装胎架中步履式三维液压顶推设备与纵移滑道的支撑状态示意图。

[0074] 图8为本发明拼装胎架中三维调整装置与纵移滑道的支撑状态示意图。

[0075] 图9为本发明跨中临时支撑墩的纵桥向结构示意图。

[0076] 图10为本发明跨中临时支撑墩的横桥向结构示意图。

[0077] 图11为本发明临时支墩的纵桥向结构示意图。

[0078] 图12为本发明临时支墩的横桥向结构示意图。

[0079] 图13为本发明所顶推箱梁拼装完成前的顶推状态示意图。

[0080] 图14为本发明所顶推箱梁拼装完成后的顶推状态示意图。

[0081] 图15为本发明所顶推箱梁顶推到位后的施工状态示意图。

[0082] 图16为本发明纵移滑道的横断面结构示意图。

[0083] 图17为采用本发明对第一梁体或第二梁体进行顶推时的方法流程框图。

[0084] 图18为本发明所采用顶推系统的电路原理框图。

[0085] 图19为采用本发明对斜拉桥进行施工时的方法流程框图。

[0086] 图20为采用本发明将第一梁体和第二梁体均顶推到位时的施工状态示意图。

[0087] 图21为本发明主塔的纵桥向结构示意图。

[0088] 图22为本发明主塔的横桥向结构示意图。

[0089] 图23为本发明对主塔的下部柱体进行施工时的施工状态示意图。

[0090] 图24为本发明对主塔的中部柱体进行施工时的施工状态示意图。

[0091] 图25为本发明对主塔的上部柱体进行施工时的施工状态示意图。

[0092] 附图标记说明:

[0093] 1—步履式三维液压顶推设备； 1-1—水平底座；

[0094] 1-2—滑移座； 1-3—竖向顶升装置； 1-4—纵向推移装置；

[0095] 1-5—横向纠偏装置； 1-6—滑移槽； 1-7—纵向滑移块；

[0096] 1-8—滑板； 1-9—滑移支架； 1-10—纵向限位件；

[0097] 1-11—水平垫梁； 2—跨中支墩； 3—梁端支墩；

[0098] 4—钢箱梁节段； 5—临时支撑座； 6—纵移滑道；

[0099] 6-1—竖向箍筋； 6-2—纵向受力钢筋；

[0100] 6-3—钢筋混凝土支撑梁； 6-4—钢筋混凝土滑道；

[0101] 6-5—护角角钢； 6-6—纵向加强件；

[0102] 7—三维调整千斤顶； 7-1—第一支撑基础； 7-2—第二支撑基础；

[0103] 7-3—第三支撑基础； 7-4—第四支撑基础； 7-5—第五支撑基础；

[0104] 7-6—第六支撑基础； 8—上位机； 9—主控器；

[0105] 10—滑移钢板； 11—临时支墩； 11-1—连接梁；

[0106] 11-2—支撑柱； 11-3—横梁； 11-4—水平纵梁；

[0107] 12—第一梁体； 13—第二梁体；

[0108] 14—跨中临时支撑墩； 14-1—穿心千斤顶； 14-2—牵引绳；

[0109] 14-3—滑块； 14-4—竖向钻孔桩； 14-5—水平承台；

[0110] 15—下连接梁； 16—上连接梁； 17—塔柱；

[0111] 18—液压爬模； 19—竖向架体。

具体实施方式

[0112] 如图19所示的一种独塔斜拉桥施工方法，所施工独塔斜拉桥包括主塔、桥梁下部

支撑结构和支撑于所述桥梁下部支撑结构上的主梁，所述桥梁下部支撑结构包括跨中支墩2和两个对称布设于跨中支墩2两侧的梁端支墩3，所述主梁的两端分别支撑于一个所述梁端支墩3上；所述跨中支墩2布设于两个所述梁端支墩3之间，所述主塔为钢筋混凝土结构且其支撑于跨中支墩2上；所述主梁以跨中支墩2为界分为第一梁体12和第二梁体13，所述第一梁体12和第二梁体13呈对称布设且二者的结构和尺寸均相同；所述第一梁体12和第二梁体13均为由多个钢箱梁节段4从前至后拼接而成的钢箱梁，所述跨中支墩2和梁端支墩3均为呈竖直向布设的永久支墩且二者均为钢筋混凝土支墩，所述第一梁体12和第二梁体13的前端均支撑于跨中支墩2上且二者的后端均支撑于一个所述梁端支墩3上，详见图1、图2和图3；

[0113] 所述第一梁体12和第二梁体13均为采用步履式三维液压顶推设备进行顶推的所顶推钢箱梁；

[0114] 每个所述梁端支墩3与跨中支墩2之间均沿所顶推钢箱梁长度方向由前至后设置有多个对所顶推钢箱梁进行支撑的临时支墩11，多个所述临时支墩11均为呈竖直向布设的支墩；所述跨中支墩2上设置有前后两个对称布设的跨中临时支撑墩14，每个所述所顶推钢箱梁的前端均支撑于一个所述跨中临时支撑墩14上；两个所述跨中临时支撑墩14和两个所述梁端支墩3之间的所有临时支墩11均布设于同一竖直面上；每个所述临时支墩11和每个所述跨中临时支撑墩14均为一个顶推支墩；

[0115] 每个所述梁端支墩3的正后方均设置有一个供所顶推钢箱梁拼装的拼装胎架；结合图6、图7和图8，每个所述拼装胎架均包括左右两组对称布设的临时支撑基础和左右两道对称布设的纵移滑道6，两道所述纵移滑道6均沿纵桥向布设，两道所述纵移滑道6均位于两组所述临时支撑基础之间且二者均位于梁端支墩3后侧，每组所述临时支撑基础均包括多个沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设的所述临时支撑基础，每个所述临时支撑基础均为水平支撑基础；所述临时支撑基础为供步履式三维液压顶推设备1水平放置的顶推基础或供三维调整装置水平放置的调整基础，每个所述调整基础上均设置有一个所述三维调整装置；所述三维调整装置支撑于所顶推钢箱梁与所述调整基础之间，所述三维调整装置为能在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所顶推钢箱梁进行调整的调整装置；每组所述临时支撑基础中所述顶推基础和所述调整基础的数量均为多个；左右两个对称布设的所述顶推基础组成一个所述顶推支墩，每个所述顶推基础上均设置有一个所述步履式三维液压顶推设备1；

[0116] 每个所述顶推支墩上均设置有一组所述步履式三维液压顶推设备1，每组所述步履式三维液压顶推设备1均包括左右两个对称布设于同一个所述顶推支墩上的步履式三维液压顶推设备1；两个所述步履式三维液压顶推设备1分别为位于所顶推钢箱梁左侧下方的左侧顶推设备和位于所顶推钢箱梁右侧下方的右侧顶推设备；多组所述步履式三维液压顶推设备1中的所有左侧顶推设备沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设于同一竖直面上，多组所述步履式三维液压顶推设备1中的所有右侧顶推设备沿所顶推钢箱梁的长度方向由前至后布设于同一竖直面上；

[0117] 每个所述顶推支墩上均设置有左右两组对称布设且对所顶推钢箱梁进行支撑的临时支撑座5，所述临时支撑座5为呈竖直向布设且位于所顶推钢箱梁下方的支撑座；每组所述临时支撑座5均包括两个分别布设于同一个步履式三维液压顶推设备1前后两侧的临

时支撑座5,同一个所述顶推支墩上每个所述步履式三维液压顶推设备1的正前方和正后方均设置有一个所述临时支撑座5;

[0118] 所述步履式三维液压顶推设备1位于所顶推钢箱梁下方;结合图4和图5,所述步履式三维液压顶推设备1包括水平底座1-1、能在水平底座1-1上进行前后水平移动与左右水平移动的滑移座1-2、两个安装在滑移座1-2上且能随滑移座1-2进行同步移动的竖向顶升装置1-3、安装在水平底座1-1后侧且带动滑移座1-2进行前后水平移动的纵向推移装置1-4和安装在水平底座1-1上且带动滑移座1-2进行左右水平移动的横向纠偏装置1-5,所述水平底座1-1沿纵桥向布设且其沿所顶推钢箱梁的长度方向布设,两个所述竖向顶升装置1-3与水平底座1-1均布设于同一竖直面上,两个所述竖向顶升装置1-3分别布设于滑移座1-2的前后两侧上方;所述纵向推移装置1-4呈水平布设且其沿纵桥向布设,所述横向纠偏装置1-5呈水平布设且其沿横桥向布设,所述横向纠偏装置1-5位于滑移座1-2左侧或右侧且其与纵向推移装置1-4呈垂直布设;

[0119] 每个所述步履式三维液压顶推设备1均由一个主控器9进行控制,所述主控器9与上位机8连接;每个所述步履式三维液压顶推设备1中所述竖向顶升装置1-3、纵向推移装置1-4和横向纠偏装置1-5均为由同一个所述主控器9进行控制的液压驱动装置,所述液压驱动装置为液压千斤顶或液压油缸;

[0120] 对所施工独塔斜拉桥进行施工时,包括以下步骤:

[0121] 步骤一、桥梁下部支撑结构及临时支墩与跨中临时支撑墩施工:对跨中支墩2和两个所述梁端支墩3分别进行施工,并在施工完成的跨中支墩2上施工两个所述跨中临时支撑墩14;同时,对两个所述梁端支墩3之间的各临时支墩11分别进行施工,详见图1;

[0122] 步骤二、梁体顶推:对第一梁体12和第二梁体13同步进行顶推且二者的顶推方法相同;

[0123] 对第一梁体12或第二梁体13进行顶推时,过程如下:

[0124] 步骤C1、拼装胎架施工:在对所顶推钢箱梁后端进行支撑的梁端支墩3正后方施工一个所述拼装胎架,获得施工成型的多组所述临时支撑基础和两道所述纵移滑道6,施工成型的所述临时支撑基础为所述顶推基础或所述调整基础,详见图2和图3;

[0125] 步骤C2、三维调整装置、顶推设备及临时支撑座施工:在步骤C1中施工完成的每个所述临时支墩11上均布设一组所述步履式三维液压顶推设备1,并在各临时支墩11上布设左右两组对称布设的临时支撑座5;同时,在步骤C1中施工完成的各顶推基础上均布设一个所述步履式三维液压顶推设备1和一组所述临时支撑座5,并在步骤C1中施工完成的各调整基础上均布设一个所述三维调整装置;

[0126] 步骤C3、钢箱梁拼装及同步顶推:利用步骤C1中施工完成的所述拼装胎架,由前向后对所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段4分别进行拼装,拼装过程中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道6由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推,详见图13;待所顶推钢箱梁中所有钢箱梁节段4均拼装完成后,获得拼装成型的所顶推钢箱梁,详见图14;

[0127] 所述已拼装梁体为由已完成拼装的多个所述钢箱梁节段4组成的梁体,所述拼装顶推装置为由支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备1组成的顶推装置;

[0128] 本步骤中,拼装过程中采用拼装调整装置对已拼装梁体的位置进行调整,所述拼

装调整装置为由支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成的调整装置；

[0129] 步骤C4、钢箱梁顶推：采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推，直至将所顶推钢箱梁顶推到位，详见图15；

[0130] 所述箱梁顶推装置为由支撑于所顶推钢箱梁下方的所有步履式三维液压顶推设备1组成的顶推装置；

[0131] 步骤三、跨中合拢：待第一梁体12和第二梁体13均顶推到位后，对第一梁体12和第二梁体13进行合拢，获得施工成型的所述主梁；

[0132] 步骤四、斜拉索安装：待所述主塔施工完成后，在所述主塔与步骤三中所述主梁之间安装斜拉索，完成所施工斜拉桥的施工过程；

[0133] 步骤一中所述跨中支墩2施工完成后，在施工完成的跨中支墩2对所述主塔进行施工，详见图20。

[0134] 本实施例中，所述主控器9为PLC控制器；

[0135] 本实施例中，为增大支撑面且为对所顶推钢箱梁有效进行支撑与顶推，并减少所顶推钢箱梁作用于步履式三维液压顶推设备1上荷载，所述步履式三维液压顶推设备1还包括一个水平支撑于两个所述竖向顶升装置1-3上的水平垫梁1-11，所述水平垫梁1-11与水平底座1-1呈平行布设且其位于所顶推钢箱梁下方。

[0136] 实际进行顶推时，通过水平垫梁1-11对所顶推钢箱梁进行平稳支撑。本实施例中，所述水平垫梁1-11为矩形平板钢梁。

[0137] 实际使用时，通过水平垫梁1-11能有效分散所顶推钢箱梁梁底的支撑反作用力。本实施例中，所述水平垫梁1-11的纵向长度为1.6m，可根据具体需要，对水平垫梁1-11的长度进行相应调整。

[0138] 本实施例中，所述临时支撑座5为立方体支撑座，每组所述临时支撑座5中两个所述临时支撑座5之间的水平净距为3.5m，所述立方体支撑座的长度为0.8m、宽度为0.6m且其高度为1.3m～1.43m。实际施工时，可根据具体需要，对所述立方体支撑座的尺寸进行相应调整。

[0139] 为确保水平垫梁1-11与两个所述竖向顶升装置1-3之间相对位置，所述水平垫梁1-11底部设置有两个分别对竖向顶升装置1-3进行限位的限位架，每个所述竖向顶升装置1-3均布设于所述限位架内。两个所述竖向顶升装置1-3顶部均支顶于水平垫梁1-11底部，因而能确保顶推过程中，对所顶推钢箱梁平稳支撑，并能带动所顶推钢箱梁进行平稳向前移动。

[0140] 本实施例中，所述水平底座1-1为长方体钢底座且其内侧中部开有滑移槽1-6，所述滑移槽1-6沿纵桥向布设，所述水平底座1-1上部平铺有两块滑板1-8，两块所述滑板1-8均为呈水平布设的长方形滑板且二者对称布设于滑移槽1-6上方左右两侧，两块所述滑板1-8布设于同一水平面上且二者组成底座上部滑板。

[0141] 所述滑移座1-2为钢支座且其包括在滑移槽1-6内进行前后水平移动的纵向滑移块1-7和水平支撑于所述底座上部滑板上且能在所述底座上部滑板上进行前后水平移动与左右水平移动的滑移支架1-9，所述纵向滑移块1-7为位于滑移槽1-6内的凹字形滑移块且其包括位于滑移支架1-9下方的长方体滑移块和两个分别布设于所述长方体滑移块前后两端上方的竖向限位块，两个所述竖向限位块与长方体滑移块的厚度相同且三者布设于同一

竖直面上，所述长方体滑移块呈水平布设且其与两个所述竖向限位块连接为一体，两个所述竖向限位块均位于所述长方体滑移块的正上方，所述滑移支架1-9为矩形支架且其卡装于两个所述竖向限位块之间，两个所述竖向限位块组成对滑移支架1-9进行纵向限位的纵向限位机构。

[0142] 本实施例中，所述水平底座1-1的长度为2500mm、宽度为700mm且其高度为900mm。实际加工时，可根据具体需要，对水平底座1-1的尺寸进行相应调整。

[0143] 实际使用时，无需采用导梁和纵向顶推用滑道梁，将钢箱梁顶推过程中的滑移面由滑道梁改至步履式三维液压顶推设备1内部(具体是水平底座1-1与滑移座1-2之间的滑移面)，大幅度减少了顶推前进过程中的摩擦力，避免了桥墩或临时墩在顶推施工过程中承受过大的水平载荷，真正实现自平衡顶推。

[0144] 所述步履式三维液压顶推设备1在水平面上能实现纵桥向和横桥向的滑移，从而能在纵桥向和横桥向上对所顶推钢箱梁平移，并且纵桥向和横桥向上的滑移过程平稳且安全、可靠。其中，纵桥向滑移通过滑移槽1-6与纵向滑移块1-7相配合实现高精度的滑移控制，能对滑移方向与滑移进程进行有效控制。而横桥向移动通过滑移支架1-9与所述底座上部滑板相配合进行实现，并能对滑移方向与滑移进程进行有效控制，且控制简便。

[0145] 本实施例中，所述水平底座1-1的前端设置有对纵向滑移块1-7进行限位的纵向限位件1-10，所述纵向限位件1-10位于滑移槽1-6的正前方，因而能确保每次顶推的纵桥向滑移量，确保顶推过程平稳、安全进行。

[0146] 本实施例中，所述纵向限位件1-10为呈水平布设的限位杆且其位于滑移槽1-6上部，所述纵向限位件1-10沿横桥向布设。因而，实际加工非常简便。

[0147] 为确保可靠性，所述纵向限位件1-10与水平底座1-1加工制作为一体。

[0148] 本实施例中，所述跨中临时支撑墩14和多个所述临时支墩11的结构均相同；

[0149] 所述跨中临时支撑墩14和每个所述临时支墩11均包括两个对称布设的临时墩，每个所述临时墩上均设置有一个所述步履式三维液压顶推设备1和一组所述临时支撑座5。

[0150] 本实施例中，所述临时支撑座5为由多根工字钢拼接而成的钢支座。因而，能满足对所顶推钢箱梁的平稳支撑需求，并且拆装简便，固定牢靠。

[0151] 如图9、图10、图11和图12所示，每个所述临时墩均包括左右两组对称布设的支撑柱11-2、两道布设于同一水平面上的横梁11-3和一道支撑于两道所述横梁11-3上且供步履式三维液压顶推设备1和临时支撑座5支撑的水平纵梁11-4，所述横梁11-3呈水平布设且其沿横桥向布设，所述水平纵梁11-4沿纵桥向布设其与水平底座1-1呈平行布设。因而，所述临时墩结构简单、设计合理且拆装简便，并且能满足步履式三维液压顶推设备1和临时支撑座5的稳固支撑需求。

[0152] 所述临时支墩11中两组所述支撑柱11-2均支撑于钻孔桩基础上。所述跨中临时支撑墩14中两组所述支撑柱11-2均支撑于跨中支墩2的墩顶。

[0153] 所述钻孔桩基础包括多根竖向钻孔桩14-4和支撑于多根所述竖向钻孔桩14-4上的水平承台14-5。

[0154] 每组所述支撑柱11-2均包括前后两个对称布设的支撑柱11-2，两个所述支撑柱11-2布设于同一竖直面上，所述跨中临时支撑墩14中两个所述支撑柱11-2均为竖向支撑柱，所述临时支墩11中每组所述支撑柱11-2的两个所述支撑柱11-2均为倾斜柱且二者之间

的间距由下至上逐渐增大;两个所述支撑柱11-2分别为前支撑柱和位于所述前支撑柱正后方的后支撑柱。每个所述临时墩中两个所述前支撑柱上均设置有一道所述横梁11-3,每个所述临时墩中两个所述后支撑柱上均设置有一道所述横梁11-3。

[0155] 为进一步确保稳固性,每个所述临时墩中两个所述前支撑柱之间、每个所述临时墩中两个所述后支撑柱之间以及每组所述支撑柱11-2中两个所述支撑柱11-2之间均通过连接梁11-1连接。本实施例中,所述支撑柱11-2和连接梁11-1均为钢管,拆装简便且支撑效果好。

[0156] 本实施例中,所述水平纵梁11-4为工字钢。支撑于所述顶推支墩上的步履式三维液压顶推设备1和临时支撑座5均焊接固定在水平纵梁11-4上。因而,不仅焊接牢靠,固定可靠,并且拆装简便。

[0157] 本实施例中,所述跨中支墩2和多个所述临时支墩11均为水中墩。

[0158] 每个所述液压驱动装置均通过一个液压管路与液压油箱连接,所述液压管路上安装有液压泵、电磁流量控制阀和电磁换向阀,所述液压泵、电磁流量控制阀和电磁换向阀均由所述PLC控制器进行控制且三者均与所述PLC控制器连接;所述PLC控制器通过控制同一个液压管路上安装的所述液压泵、电磁流量控制阀和电磁换向阀对与该液压管路连接的所述液压驱动装置进行控制。因而,实际控制简便,并且控制效果好,能简便实现多个步履式三维液压顶推设备1的同步控制。

[0159] 本实施例中,每个所述步履式三维液压顶推设备1中所有液压驱动装置与所述液压油箱之间所连接液压管路上的液压泵、电磁流量控制阀和电磁换向阀均由同一个所述PLC控制器进行控制;所述液压管路上安装有流量检测单元和油压检测单元,所述流量检测单元和油压检测单元均与所述PLC控制器连接,实际监控简便

[0160] 本实施例中,所述竖向顶升装置1-3、纵向推移装置1-4和横向纠偏装置1-5均为液压油缸。所述竖向顶升装置1-3的行程为300mm且其顶升速度为7mm/min,所述纵向推移装置1-4的行程为1010mm且其最大顶推速度为210mm/min;每个所述步履式三维液压顶推设备1中横向纠偏装置1-5的数量为两个,所述横向纠偏装置1-5的行程为100mm且其最大顶推速度为35mm/min。因而,每次向前顶推的位移不大于1010mm,能有效确保顶推过程的平稳性和安全性。

[0161] 为进一步确保所顶推钢箱梁在纵移滑道6上简便、快速且平稳滑移,每道所述纵移滑道6前部上方均设置有纵移牵引装置,所述纵移牵引装置包括拖动所顶推钢箱梁在纵移滑道6上向前滑动的穿心千斤顶14-1和穿设于穿心千斤顶14-1上的牵引绳14-2。

[0162] 每道所述纵移滑道6上方均由前至后设置有多个能在纵移滑道6上前后滑移的滑块14-3,每个所述滑块14-3底部均开有供纵移滑道6安装的滑槽。多个所述滑块14-3由前至后固定于所顶推钢箱梁底部,多个所述滑块14-3中位于最前侧的一个所述滑块14-3为前端滑块,所述牵引绳14-2的后端固定在所述前端滑块上,每道所述纵移滑道6的前部上方设置有反力座,所述穿心千斤顶14-1的后部支顶在所述反力座上,所述穿心千斤顶14-1支撑于纵移滑道6上。

[0163] 为实现所顶推钢箱梁在纵移滑道6上顺利向前平移,本实施例中,步骤二中所述纵移滑道6为倾斜滑道且其由后向前逐渐向上倾斜,所述纵移滑道6的前端顶部高度不高于梁端支墩3上对所顶推钢箱梁进行支撑的永久支座的顶面高度。并且,为确保所顶推钢箱梁的

线型，所述纵移滑道6的形状与所顶推钢箱梁的预拱度相同，能确保拼装过程中所顶推钢箱梁的线型。

[0164] 如图16所示，所述纵移滑道6为采用钢筋混凝土滑道且其顶部平铺有一层滑移钢板10，所述滑移钢板10沿纵移滑道6的长度方向布设。因而，能有效确保所顶推钢箱梁在纵移滑道6上简便、快速且平稳滑移，并且能确保纵移滑道6的稳固性、可靠性。本实施例中，所述纵移滑道6采用连续梁结构，跨度为6m且截面宽度为1.5m且其高度为1.2m，所述滑移钢板10的板厚为20mm。

[0165] 所述纵移滑道6内设置有滑道钢筋笼，所述滑道钢筋笼包括多道沿纵移滑道6的长度方向由前至后布设的竖向箍筋6-1和多道沿纵移滑道6的长度方向布设的纵向受力钢筋6-2，每道所述竖向箍筋6-1均与多道所述纵向受力钢筋6-2紧固连接为一体；每道所述竖向箍筋6-1均布设于纵移滑道6的一个横断面上。

[0166] 本实施例中，所述纵移滑道6包括钢筋混凝土支撑梁6-3和布设于钢筋混凝土支撑梁6-3正上方的钢筋混凝土滑道6-4，所述钢筋混凝土滑道6-4沿钢筋混凝土支撑梁6-3的长度方向布设且二者的长度相同，所述钢筋混凝土滑道6-4的后端与钢筋混凝土支撑梁6-3的后端相平齐，所述滑移钢板10平铺在钢筋混凝土滑道6-4上。

[0167] 为确保纵移滑道6的使用效果好，同时为确保纵移过程中，所顶推钢箱梁的平稳性，确保所顶推钢箱梁不会发生侧移、倾覆等危险，所述钢筋混凝土滑道6-4分为下支撑滑道和位于所述下支撑滑道正上方的上滑道，所述下支撑滑道位于钢筋混凝土支撑梁6-3的正上方；所述下支撑滑道的横截面为等腰梯形且其宽度由下至上逐渐缩小，所述上滑道的横截面为矩形且其宽度与所述下支撑滑道的上部宽度相同，所述滑移钢板10支撑于所述上滑道上且其宽度小于所述上滑道的宽度。所述滑块14-3安装在所述上滑道，因而滑移过程安全、可靠。

[0168] 本实施例中，所述上滑道上部设置有两道护角角钢6-5，两道所述护角角钢6-5呈平行布设且二者对称布设于所述上滑道的左右两侧上方；两道所述护角角钢6-5均沿所述上滑道的长度方向布设，每道所述护角角钢6-5的一边均为竖直边且其另一边均为水平边，两道所述护角角钢6-5的所述竖直边的外侧壁之间的水平间距与所述上滑道的宽度相同，两道所述护角角钢6-5的所述水平边布设于同一平面上且二者之间的净距小于滑移钢板10的宽度，两道所述护角角钢6-5的所述水平边的上表面与所述上滑道的上表面相平齐；所述滑移钢板10与两道所述护角角钢6-5的所述水平边焊接固定为一体。这样，能确保滑移钢板10的固定牢靠性和圆顺程度，确保顶推过程简便、快速且平稳进行，同时能确保纵移滑道6的使用寿命。

[0169] 所述上滑道的内部左右两侧均设置有一道纵向加强件6-6，每道所述护角角钢6-5内侧均设置有一道所述纵向加强件6-6，所述纵向加强件6-6包括竖向加强板和连接于所述竖向加强板底部内侧的斜向加固板，所述竖向加强板与所加固护角角钢6-5的竖直边紧贴且其固定于所加固护角角钢6-5的竖直边内侧，所述斜向加固板位于所述竖向加强板内侧下方，所述斜向加固板由上至下逐渐向内倾斜。所述斜向加固板与所述竖向加强板连接为一体，所述纵向加强件6-6由一块长方形平板弯曲而成。

[0170] 每道所述竖向箍筋6-1均包括位于所述下支撑滑道内的下箍筋和位于所述下箍筋正上方且与所述下箍筋紧固连接为一体的上箍筋，所述上箍筋位于所述上滑道内；所述下

箍筋为矩形箍筋，所述上箍筋为几字形箍筋。因而，能进一步确保纵移滑道6的支撑强度。

[0171] 本实施例中，所述拼装胎架中位于所顶推钢箱梁左侧下方的所述临时支撑基础为左侧支撑基础，所述拼装胎架中位于所顶推钢箱梁右侧下方的所述临时支撑基础为右侧支撑基础。

[0172] 所述拼装胎架中所有左侧支撑基础均与所述左侧顶推设备布设于同一竖直面上，所述拼装胎架中所有右侧支撑基础均与所述右侧顶推设备布设于同一竖直面上；

[0173] 支撑于所述左侧支撑基础上的所有步履式三维液压顶推设备1均为所述左侧顶推设备，支撑于所述右侧支撑基础上的所有步履式三维液压顶推设备1均为所述右侧顶推设备；

[0174] 支撑于所述左侧支撑基础上的所有三维调整装置均为左侧调整装置，支撑于所述右侧支撑基础上的所有三维调整装置均为右侧调整装置；

[0175] 所述拼装胎架中所有左侧调整装置均与所述左侧顶推设备布设于同一竖直面上，所述拼装胎架中所有右侧调整装置均与所述右侧顶推设备布设于同一竖直面上；

[0176] 每个所述顶推基础上均设置有一组所述临时支撑座5。

[0177] 本实施例中，所述梁端支墩3的左右两侧前方均设置有一个所述顶推基础，所述梁端支墩3前方设置的两个所述顶推基础组成一个所述顶推支墩；

[0178] 所述梁端支墩3前方设置的每个所述顶推基础上均设置有一个所述步履式三维液压顶推设备1；

[0179] 位于梁端支墩3左侧前方的所述顶推基础为所述左侧支撑基础，位于梁端支墩3右侧前方的所述顶推基础为所述右侧支撑基础；

[0180] 位于梁端支墩3与跨中支墩2之间的多个所述临时支墩中位于最后侧的所述临时支墩为后侧临时支墩，所述梁端支墩3前方设置的所述顶推基础位于所述后侧临时支墩与梁端支墩3之间。因而，所述顶推支墩的布设位置灵活，能满足不同施工场合的桥梁顶推需求。

[0181] 本实施例中，每组所述临时支撑基础中均包括5个所述临时支撑基础，5个所述临时支撑基础由后向前分别为第一支撑基础7-1、第二支撑基础7-2、第三支撑基础7-3、第四支撑基础7-4和第五支撑基础7-5，所述第一支撑基础7-1、第二支撑基础7-2和第四支撑基础7-4均为所述调整基础，所述第三支撑基础7-3和第五支撑基础7-5均为所述顶推基础。

[0182] 位于梁端支墩3左右两侧前方的所述顶推基础均为第六支撑基础7-6。

[0183] 实际施工时，可根据具体需要，对每组所述临时支撑基础中所包括临时支撑基础的数量、各临时支撑基础的布设位置以及每组所述临时支撑基础中所述调整基础和所述顶推基础的数量和布设位置分别进行相应调整，实际方式灵活。

[0184] 本实施例中，所述临时支撑基础为混凝土基础。并且，所述临时支撑基础为立方体，因而实际施工简便，并且支撑效果好。

[0185] 支撑于所述临时支撑基础上的步履式三维液压顶推设备1和临时支撑座5均通过预埋件固定在所述临时支撑基础上。因而，不仅固定牢靠，固定可靠，并且拆装简便。

[0186] 本实施例中，所述钢箱梁节段4的长度为10m～15m，前后相邻两个所述顶推支墩之间的间距不大于1.6L，其中L为钢箱梁节段4的长度。

[0187] 因而，采用本发明能有效增大钢箱梁节段4的长度，将钢箱梁节段4的长度由传统

的不大于8m的节段增大至12m以上，并且无需采用导梁和滑道梁，顶推简便，将滑移面由滑道梁上改到顶推设备内部，大大减少了顶推前进的摩擦力，避免了桥墩或临时墩在施工过程中承受过大的水平载荷，实现真正的自平衡顶推。

[0188] 本实施例中，所述三维调整装置为三维调整千斤顶7。实际使用时，也可以采用其它类型的三维调节装置。

[0189] 实际加工时，每个所述步履式三维液压顶推设备1中横向纠偏装置1-5的数量为多个，多个所述横向纠偏装置1-5沿纵桥向由前至后布设于同一水平面上。每个所述步履式三维液压顶推设备1中纵向推移装置1-4的数量为一个或多个，多个所述纵向推移装置1-4沿横桥向由左至右布设于同一水平面上。

[0190] 本实施例中，每个所述步履式三维液压顶推设备1中纵向推移装置1-4的数量为一个，每个所述步履式三维液压顶推设备1中横向纠偏装置1-5的数量为两个。实际加工时，可根据具体需要，对每个所述步履式三维液压顶推设备1中纵向推移装置1-4的数量以及每个所述步履式三维液压顶推设备1中横向纠偏装置1-5的数量分别进行相应调整。

[0191] 本实施例中，步骤C3中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道6由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推过程中，通过控制所述拼装顶推装置中各步履式三维液压顶推设备1的横向纠偏装置1-5在横桥向上对所述已拼装梁体的位置进行调整，使所述已拼装梁体位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

[0192] 并且，步骤C4中采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推过程中，通过控制所述箱梁顶推装置中各步履式三维液压顶推设备1的横向纠偏装置1-5在横桥向上对所顶推钢箱梁的位置进行调整，使所顶推钢箱梁位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

[0193] 为确保顶推效果，每个所述步履式三维液压顶推设备1上均设置有对竖向顶升装置1-3的顶升位移进行实时检测的顶升位移传感器、对纵向推移装置1-4的顶推位移进行实时检测的纵向顶推位移传感器和对横向纠偏装置1-5顶推位移进行实时检测的横向顶推位移传感器，所述顶升位移传感器、纵向顶推位移传感器和横向顶推位移传感器均与对该步履式三维液压顶推设备1进行控制的PLC控制器连接。所述PLC控制器为常规的PLC可编程逻辑控制器。

[0194] 同时，每个所述步履式三维液压顶推设备1的水平垫梁1-11上均设置有对其上所支撑位置处所顶推钢箱梁的纵向倾斜角度和横向倾斜角度分别进行实时检测的倾角传感器，所述倾角传感器与对该步履式三维液压顶推设备1进行控制的PLC控制器连接。

[0195] 这样，能对每个所述步履式三维液压顶推设备1的顶推状态进行实时、准确、直观掌控，并且能通过多个所述步履式三维液压顶推设备1对所顶推钢箱梁在竖向、纵桥向和横桥向三个方向上进行调整，确保顶推过程中所顶推钢箱梁的布设位置和线型。

[0196] 本实施例中，步骤C3中采用拼装顶推装置且通过两道所述纵移滑道6由后向前分多次对已拼装梁体进行向前顶推过程中，每一次对已拼装梁体进行向前顶推时，过程如下：

[0197] 步骤A1、竖向顶升：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的竖向顶升装置1-3同步进行向上顶升，直至将已拼装梁体与其下方所支撑的临时支撑座5均分离，使已拼装梁体支撑于所述拼装顶推装置上；

[0198] 步骤A2、向前平推：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的纵

向推移装置1-4同步进行向前顶推，并带动已拼装梁体同步向前移动；

[0199] 步骤A3、下降：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的竖向顶升装置1-3同步下降，直至将已拼装梁体支撑于位于其下方的多个临时支撑座5上；

[0200] 步骤A4、向后回缩：控制所述拼装顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的纵向推移装置1-4同步向后回缩。这样，便完成纵向推移装置1-4一个顶推行程。

[0201] 步骤C4中采用箱梁顶推装置由后向前分多次对步骤C3中拼装而成的所顶推钢箱梁进行向前顶推过程中，每一次对所顶推钢箱梁进行向前顶推时，过程如下：

[0202] 步骤B1、竖向顶升：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的竖向顶升装置1-3同步进行向上顶升，直至将所顶推钢箱梁与其下方所支撑的临时支撑座5均分离，使所顶推钢箱梁支撑于所述箱梁顶推装置上；

[0203] 步骤B2、向前平推：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的纵向推移装置1-4同步进行向前顶推，并带动所顶推钢箱梁同步向前移动；

[0204] 步骤B3、下降：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的竖向顶升装置1-3同步下降，直至将所顶推钢箱梁支撑于位于其下方的多个临时支撑座5上；

[0205] 步骤B4、向后回缩：控制所述箱梁顶推装置中所有步履式三维液压顶推设备1的纵向推移装置1-4同步向后回缩。

[0206] 本实施例中，所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段4中位于最前端的一个所述钢箱梁节段4为前端节段，多个所述钢箱梁节段4中位于最后端的一个所述钢箱梁节段4为后端节段；

[0207] 步骤C3中由前向后对所顶推钢箱梁的多个所述钢箱梁节段4分别进行拼装时，由前至后对多个所述钢箱梁节段4逐一进行拼装，过程如下：

[0208] 步骤301、前端节段吊装及位置调整：采用吊装设备将所顶推钢箱梁的所述前端节段吊装至两道所述纵移滑道6上，并通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整；

[0209] 此时，所述前端节段位于两道所述纵移滑道6的后部上方且其支撑于多个所述三维调整装置上；

[0210] 步骤302、前端节段顶推及位置调整：采用此时支撑于所述前端节段下方的所有步履式三维液压顶推设备1分多次同步将所述前端节段向前顶推，直至两道所述纵移滑道6后部上方留出下一个钢箱梁节段4的拼装位置；再通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整；

[0211] 步骤303、下一个钢箱梁节段拼装及位置调整：采用吊装设备将所顶推钢箱梁的下一个所述钢箱梁节段4吊装至两道所述纵移滑道6上，并将该钢箱梁节段4与位于其前侧的钢箱梁节段4紧固连接为一体，获得拼装完成的所述已拼装梁体，并通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成所述拼装调整装置；

[0212] 本步骤中，所拼装的钢箱梁节段4位于所述已拼装梁体的最后侧；

[0213] 步骤304、拼装完成判断：判断步骤303中所拼装钢箱梁节段4是否为所述后端节段：当步骤303中所拼装钢箱梁节段4为所述后端节段时，完成所顶推钢箱梁中所有钢箱梁节段4的拼装过程，获得拼装成型的所顶推钢箱梁，进入步骤C4；否则，进入步骤305；

[0214] 步骤305、已拼装梁体顶推及位置调整：采用此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备1分多次同步将所述已拼装梁体向前顶推，直至两道所述纵移滑道6后部上方留出下一个钢箱梁节段4的拼装位置；再通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置组成所述拼装调整装置；

[0215] 本步骤中，此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有步履式三维液压顶推设备1组成所述拼装顶推装置。

[0216] 因而，能在拼装过程中同步完成顶推，并能在顶推过程中同步对所顶推钢箱梁在竖向、纵桥向和横桥向三个方向上进行调整，确保顶推过程中所顶推钢箱梁的布设位置和线型。

[0217] 本实施例中，步骤301中和步骤302中通过此时支撑于所述前端节段下方的所有三维调整装置同步对所述前端节段的位置进行调整时，均在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所述前端节段的位置进行调整，使所述前端节段位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

[0218] 并且，步骤303中和步骤305中通过此时支撑于所述已拼装梁体下方的所有三维调整装置同步对所述已拼装梁体的位置进行调整时，均在竖向、横桥向和纵桥向三个方向上对所述前端节段的位置进行调整，使所述已拼装梁体位于所顶推钢箱梁的设计中心轴线上。

[0219] 由上述内容可知，采用本发明能简便、快速完成所述主梁的架设施工过程。

[0220] 本实施例中，步骤三中进行跨中合拢时，在跨中支墩2上将第一梁体12和第二梁体13紧固连接为一体，获得施工成型的所述主梁，并将所述主梁支撑于步骤一中所述桥梁下部支撑结构上，完成所述主梁的落梁过程。

[0221] 如图21和图22所示，所述主塔包括左右两组对称布设于所述主梁两侧的塔柱17，每组所述塔柱17均包括前后两个对称布设的塔柱17，四个所述塔柱17均为采用爬模施工成型的钢筋混凝土柱；

[0222] 每个所述塔柱17均由下至上分为下部柱体、中部柱体和上部柱体，所述中部柱体为呈竖直向布设的立柱且其连接于所述下部柱体和所述上部柱体之间；四个所述塔柱17的高度均相同，四个所述塔柱17的中部柱体的高度均相同且其底部均布设于同一水平面上；四个所述中部柱体分别布设于一个矩形的四个顶角上，四个所述中部柱体中相邻两个所述中部柱体的底部之间均通过一道下连接梁15紧固连接为一体，所述下连接梁15与所述主梁呈平行布设或与所述主梁呈垂直布设；四个所述中部柱体中相邻两个所述中部柱体的顶部之间均通过一道上连接梁16紧固连接为一体，所述上连接梁16与所述主梁呈平行布设或与所述主梁呈垂直布设；所述上连接梁16和下连接梁15均为呈水平布设的钢筋混凝土梁。

[0223] 每个所述下部柱体和每个所述上部柱体均为倾斜柱，每组所述塔柱17中两个所述下部柱体之间的间距由下至上逐渐缩小，每组所述塔柱17中两个所述上部柱体之间的间距由下至上逐渐增大；所述主塔中左右两个对称布设的所述下部柱体之间的间距由下至上逐渐缩小，所述主塔中左右两个对称布设的所述上部柱体之间的间距由下至上逐渐增大；

[0224] 所述下部柱体、所述中部柱体和所述上部柱体的横截面均为矩形；

[0225] 结合图23和图25，对每个所述下部柱体和每个所述上部柱体进行施工时，均由下

至上分为多个节段进行浇筑施工;对所述下部柱体和所述上部柱体中任一个节段进行浇筑施工时,均采用由四个爬模组成的组合式爬模进行施工;每个所述节段的顶面和底面均为水平面,四个所述爬模分别布设在所施工节段的四个侧壁外侧,所施工节段的每个侧壁均由一个所述爬模进行成型施工;四个所述爬模的模板拼装组成对所施工节段进行成型施工的立方体模板,每个所述爬模的模板均与所成型侧壁呈平行布设;

[0226] 步骤四中进行斜拉索安装时,待所述主塔施工完成后,在所述主塔中各塔柱17与步骤三中所述主梁之间均安装斜拉索。

[0227] 本实施例中,所述爬模为液压爬模18。并且,所采用的液压爬模18为常规的液压爬模。

[0228] 四个所述中部柱体组成所述主塔的中塔柱,四个所述下部柱体组成所述主塔的下塔柱,四个所述上部柱体组成所述主塔的上塔柱。

[0229] 采用所述组合式爬模能简便、快速完成所述下部柱体和所述上部柱体的施工过程,并且四个所述塔柱17同步进行施工。采用所述组合式爬模对所述下部柱体和所述上部柱体进行施工上,能有效简化施工作业流程,缩短了每个节段的施工作业周期,提高整体了施工效率。采用爬模进行施工时,利用爬模自爬的特点,原地清理,大大降低塔吊的吊次;并且,爬模无需对模板进行加固,能起到自动加固模板的作用,同时还解决了塔柱施工过程中的养生、修补以及材料堆放的问题,保证了施工作业过程中的安全。通过所述组合式爬模提供全方位的操作平台,操作方便,安全性高,可节省大量工时和材料,并且爬模简单灵活,安装方便,稳定性好,在保证安全和质量的前提下加快了施工进度。

[0230] 本实施例中,每个所述中部柱体均呈竖直向布设。并且,对每个所述中部柱体进行施工时,均由下至上分为多个节段进行浇筑施工。

[0231] 实际施工时,当所述主塔中相邻两个所述中部柱体之间的间距较大,且能满足液压爬模18的施工需求时,所述中部柱体的施工方法与所述下部柱体的施工方法相同,采用由四个爬模组成的所述组合式爬模进行施工;所述中部柱体中每个所述节段的顶面和底面均为水平面,四个所述爬模分别布设在所述中部柱体中所施工节段的四个侧壁外侧,所述中部柱体中所施工节段的每个侧壁均由一个所述爬模进行成型施工;四个所述爬模的模板拼装组成对所述中部柱体中所施工节段进行成型施工的立方体模板,每个所述爬模的模板均与所述中部柱体中所成型侧壁呈平行布设。

[0232] 当所述主塔中相邻两个所述中部柱体之间的间距较小,不能满足液压爬模18的施工需求,结合图24,在相邻两个所述中部柱体之间搭设竖向架体19,并在所述竖向架体上支设对所述中部柱体的内侧壁进行成型施工的竖向模板,而所述中部柱体的两个所述外侧壁均采用液压爬模18进行成型施工,对所述中部柱体的两个所述外侧壁进行成型施工的两个所述液压爬模18的模板与对该中部柱体的两个所述外侧壁进行成型施工的所述竖向模板拼装组成的对该中部柱体进行成型施工的立方体模板。因而,实际施工非常简便。

[0233] 对四个所述中部柱体进行施工时,还需对上连接梁16和下连接梁15分别进行施工。

[0234] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

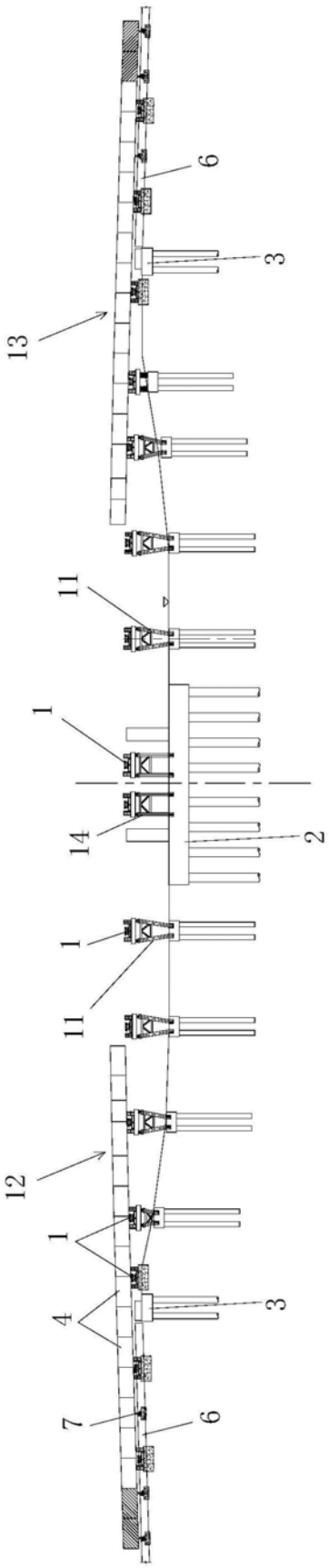


图1

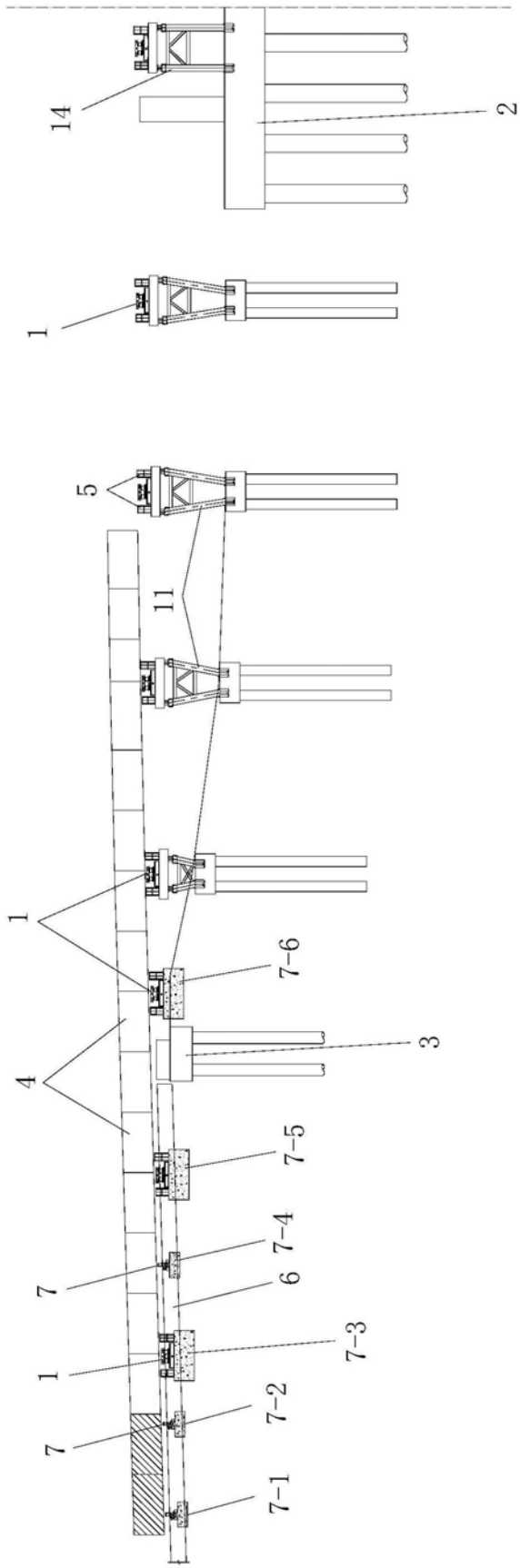


图2

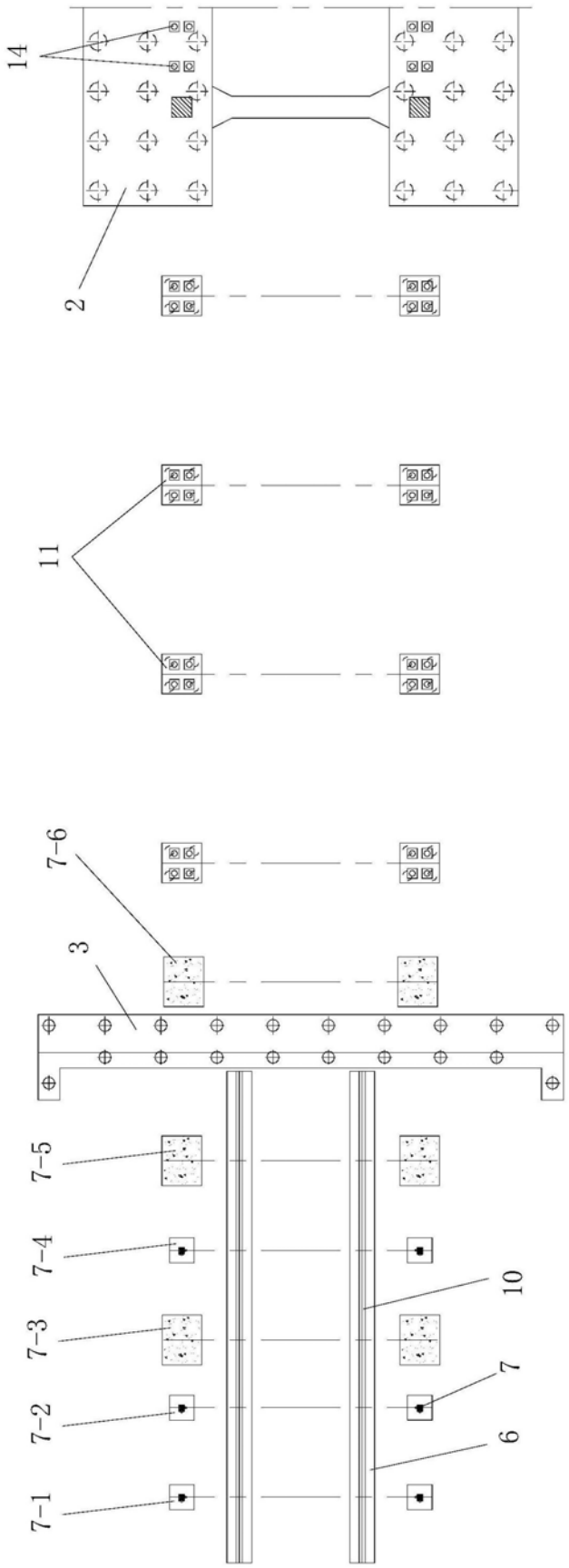


图3

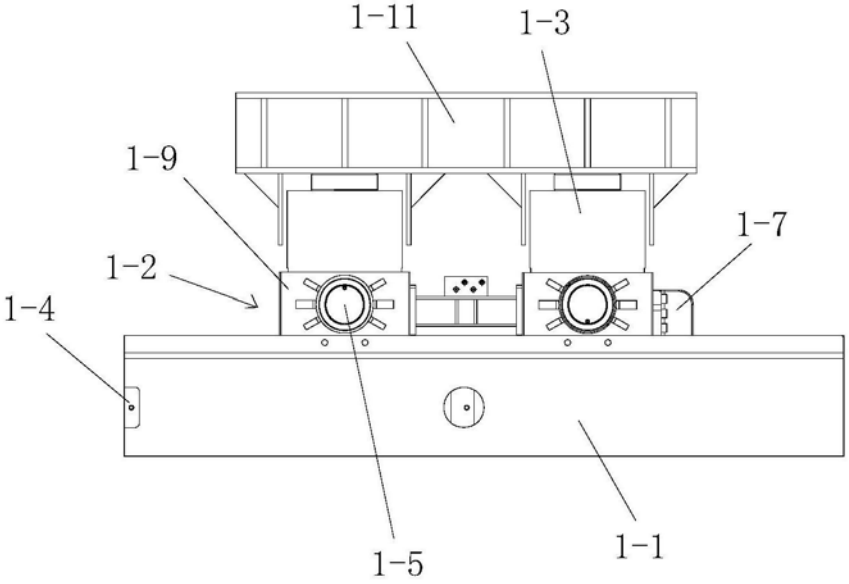


图4

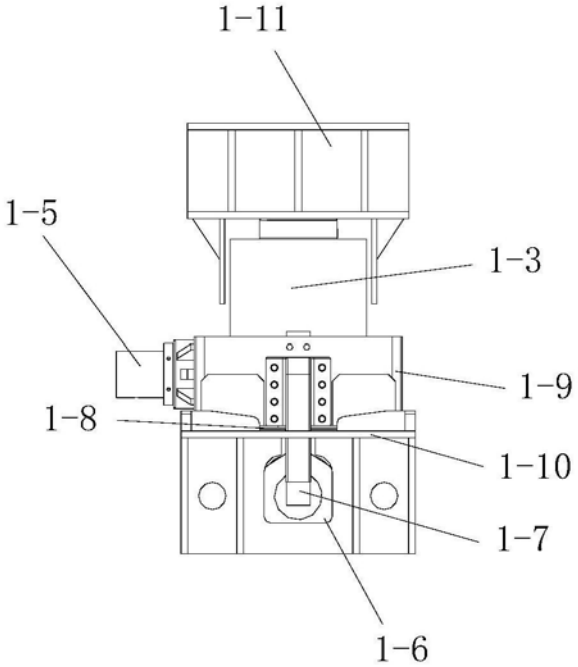


图5

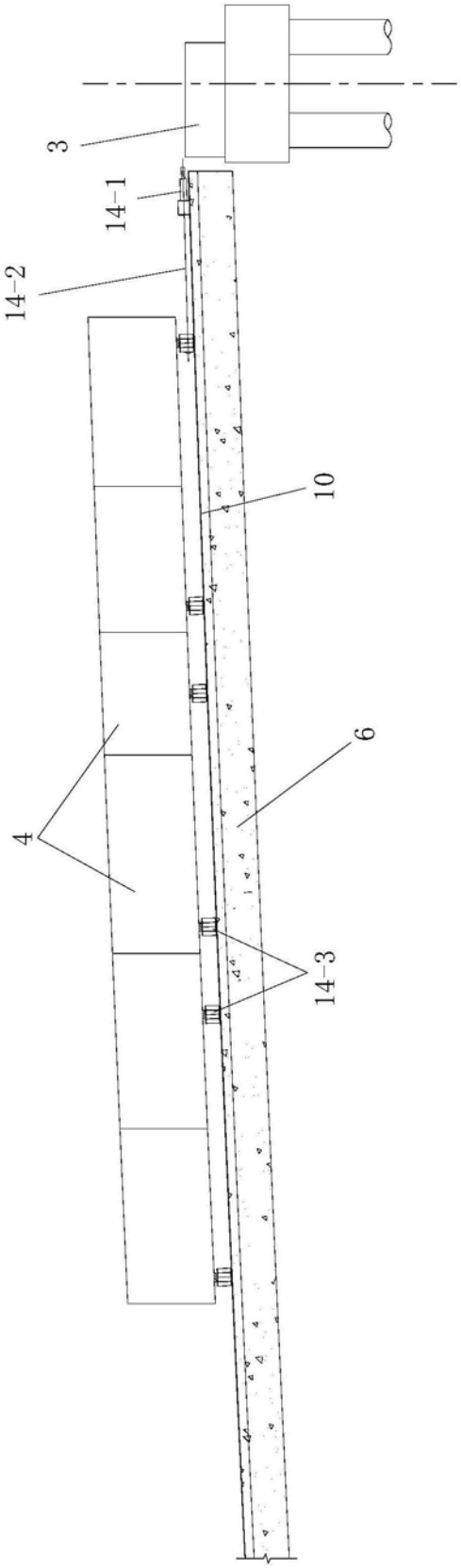


图6

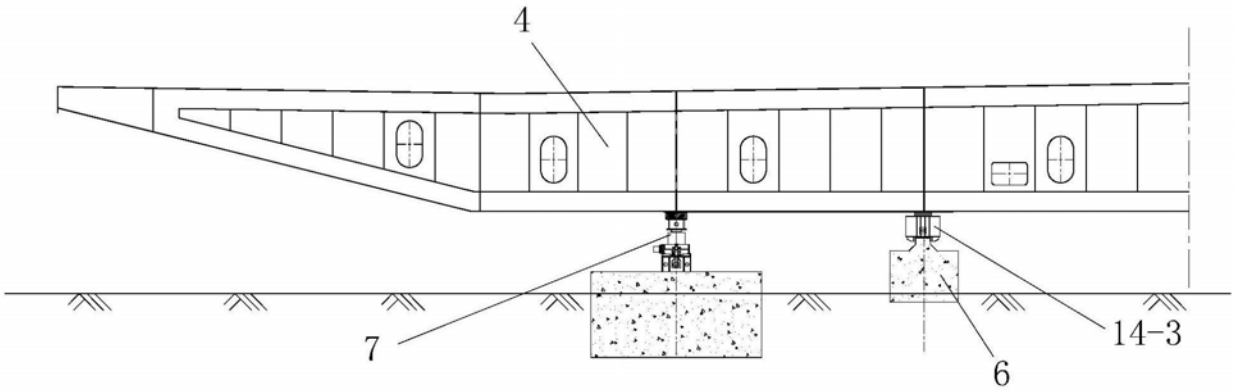


图7

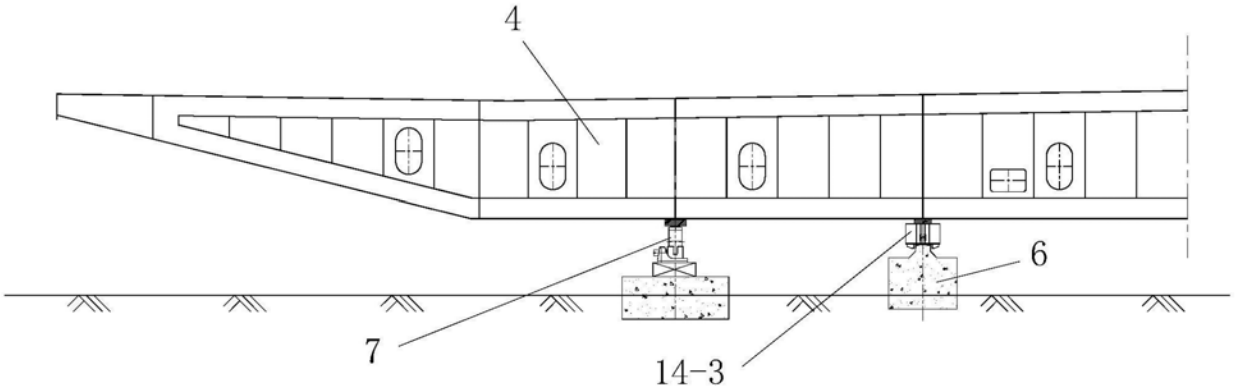


图8

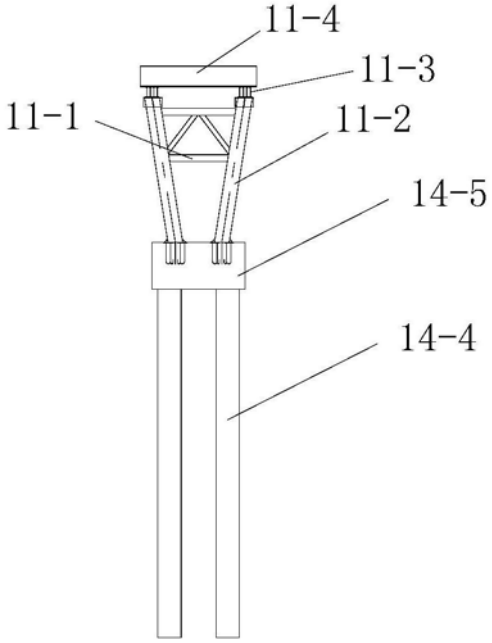


图9

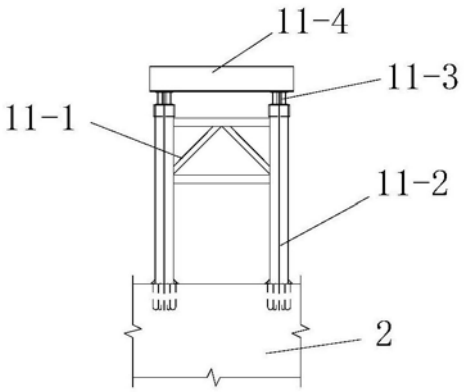


图10

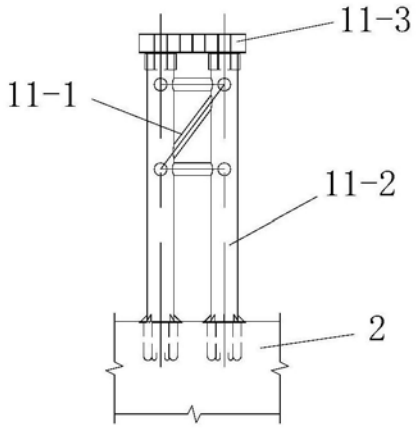


图11

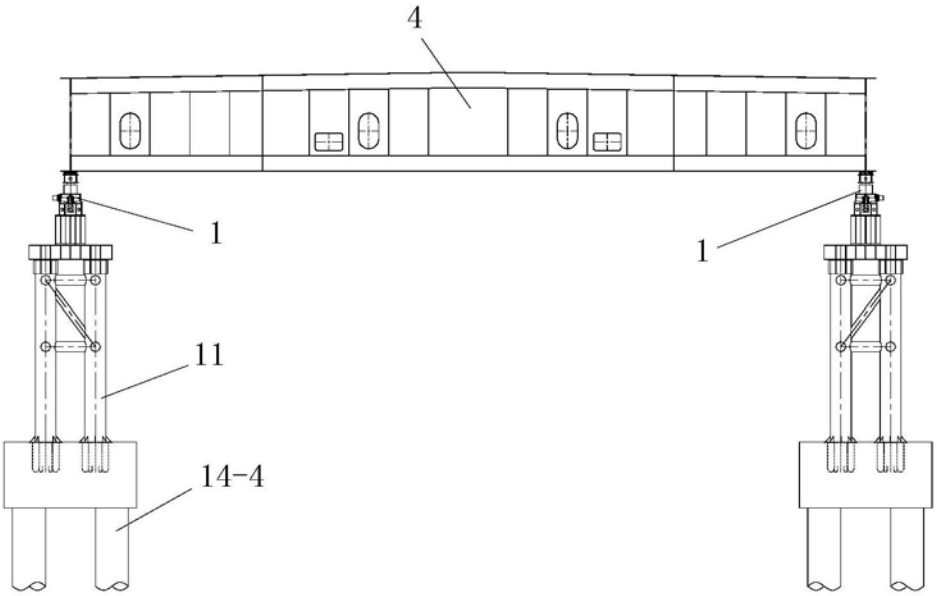


图12

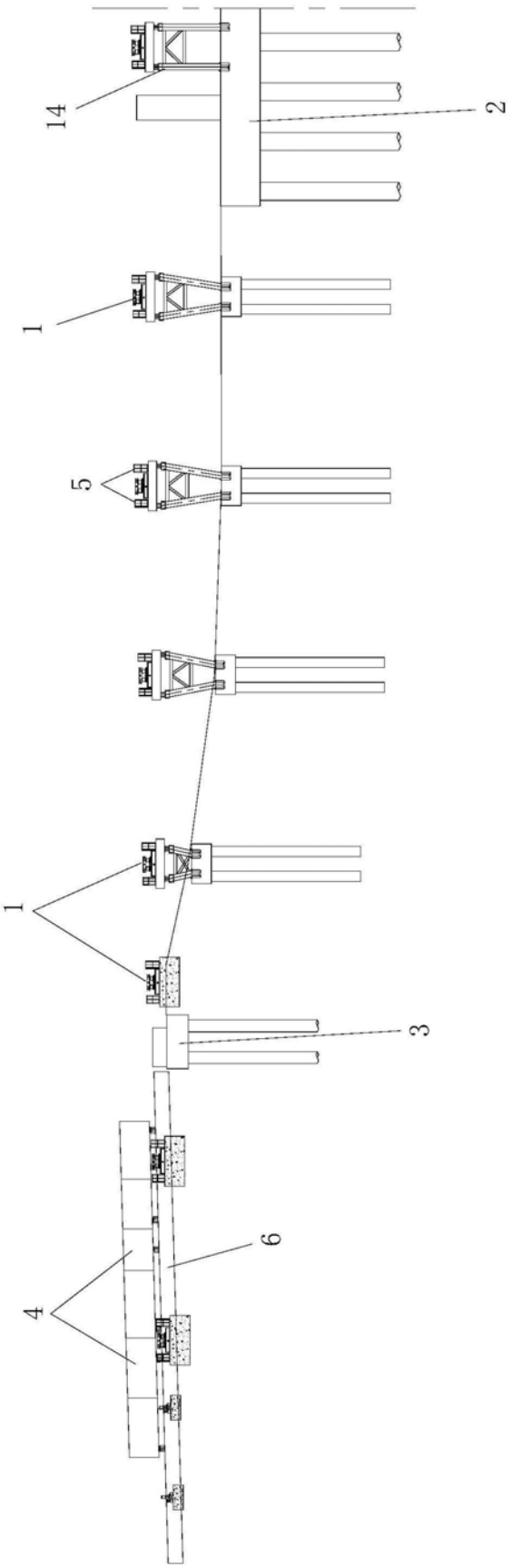


图13

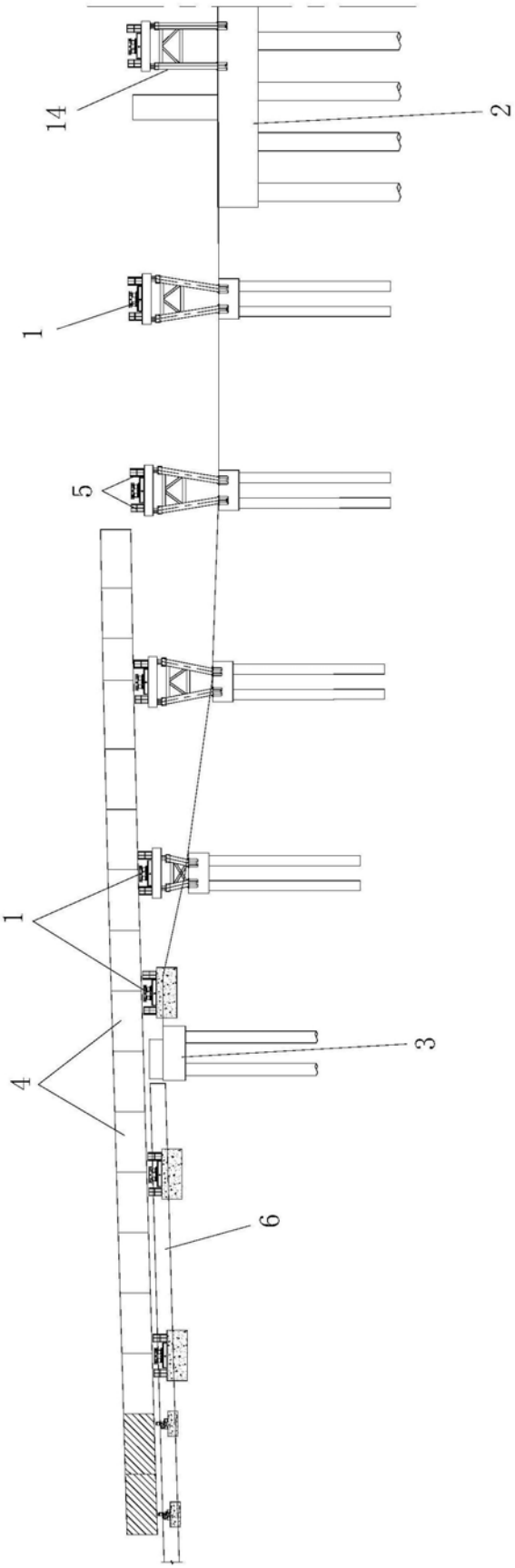


图14

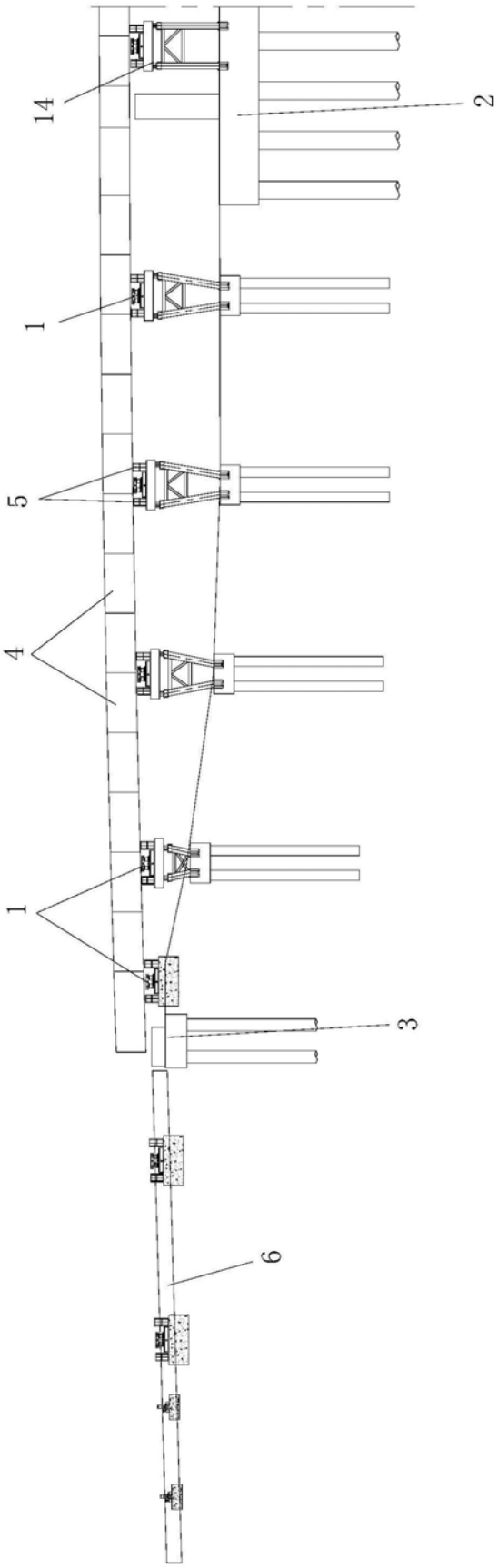


图15

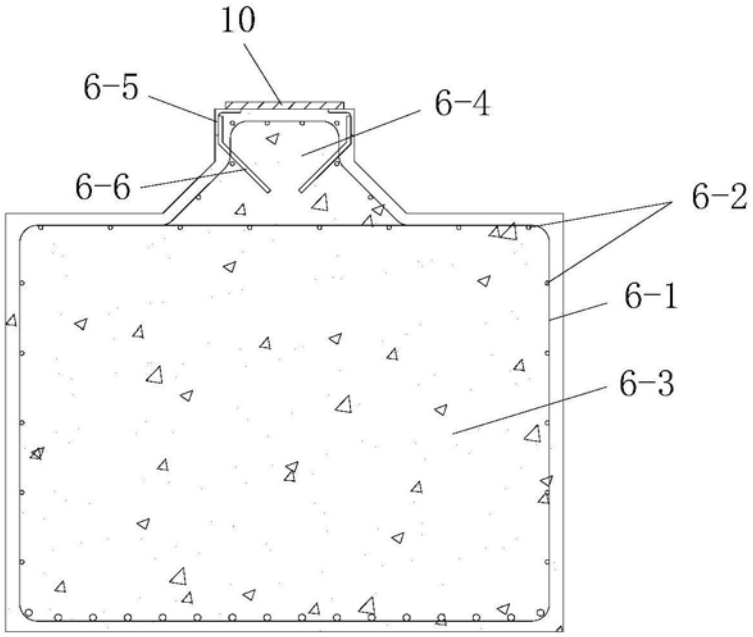

10
6-5
6-4
6-6
6-2
6-1
6-3

图16

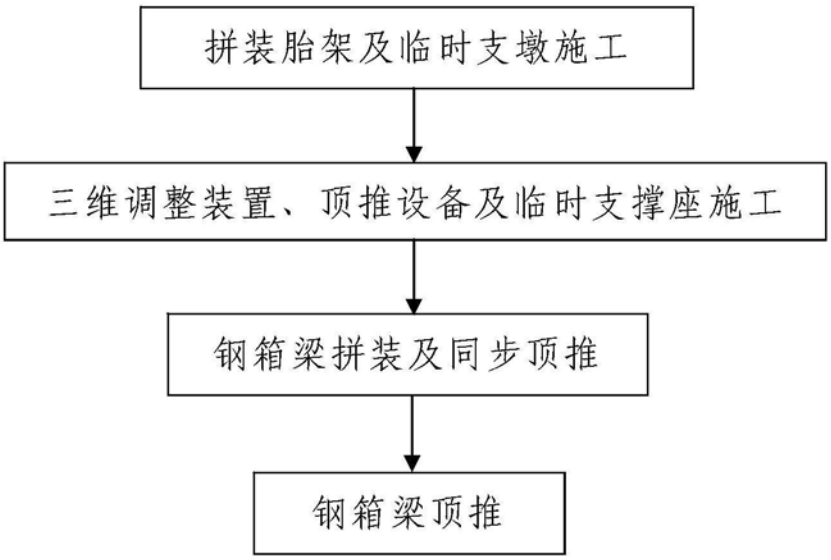

拼装胎架及临时支墩施工
三维调整装置、顶推设备及临时支撑座施工
钢箱梁拼装及同步顶推
钢箱梁顶推

图17

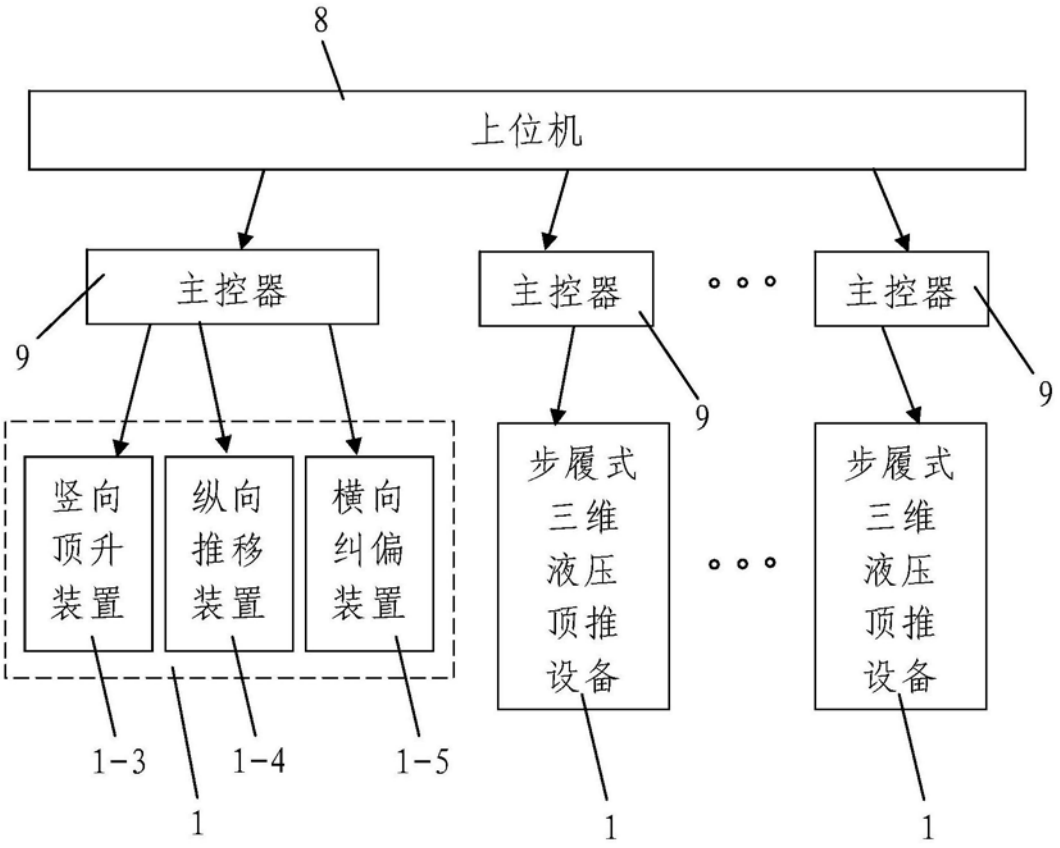

8
上位机
主控器
主控器
主控器
9
9
9
竖向顶升装置
纵向推移装置
横向纠偏装置
步履式三维液压顶推设备
步履式三维液压顶推设备
1-3
1-4
1-5
1
1
1

图18

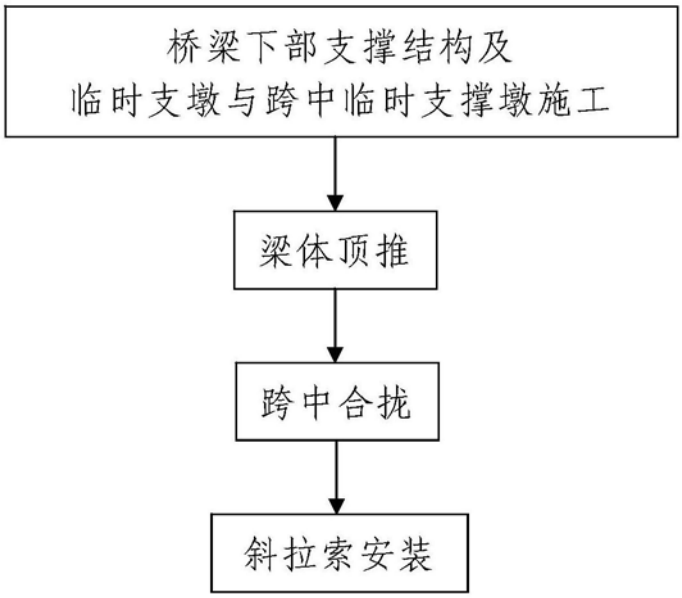

桥梁下部支撑结构及
临时支墩与跨中临时支撑墩施工
梁体顶推
跨中合拢
斜拉索安装

图19

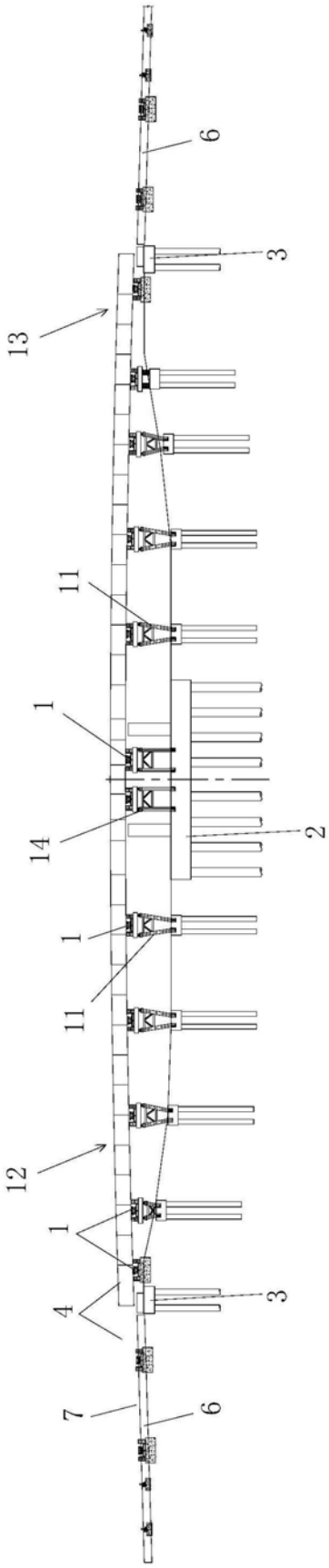


图20

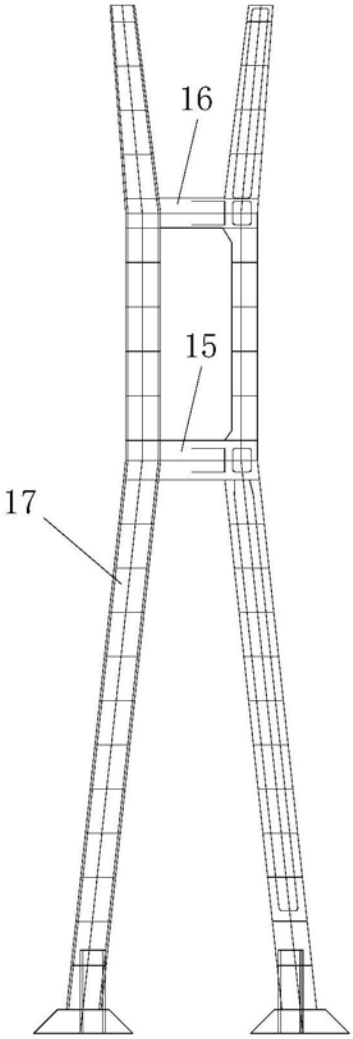


图21

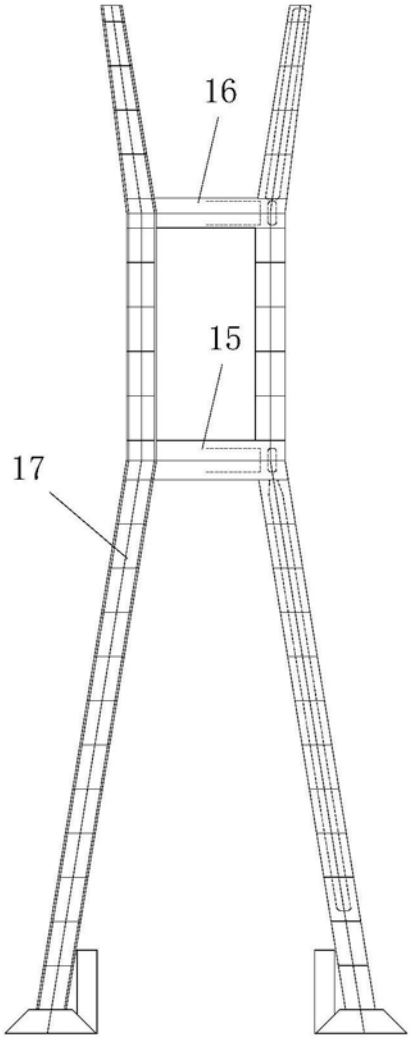


图22

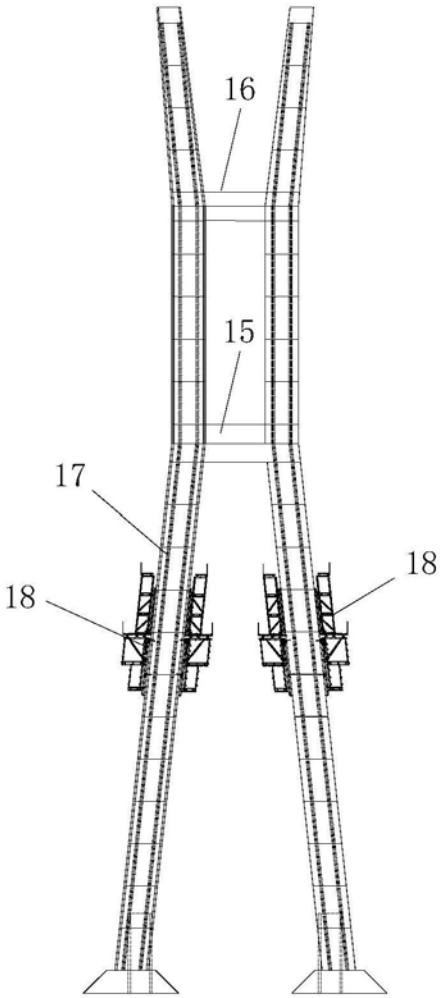


图23

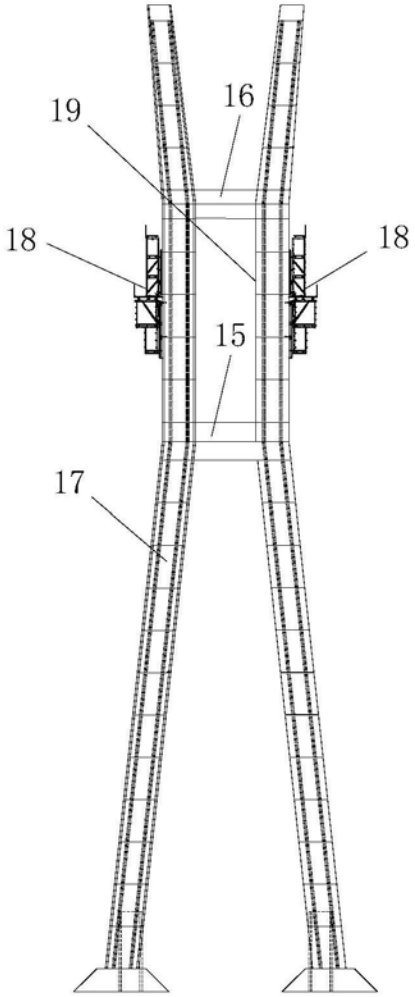


图24

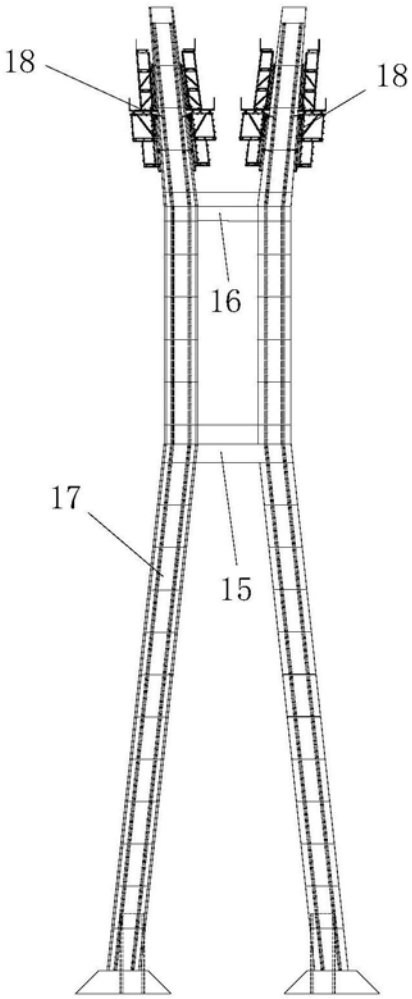


图25