



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105926448 A

(43)申请公布日 2016.09.07

(21)申请号 201610288993.6

E01D 101/30(2006.01)

(22)申请日 2016.05.03

(71)申请人 中交第三航务工程局有限公司

地址 200032 上海市徐汇区平江路139号

申请人 中交三航(厦门)工程有限公司

中交第三航务工程局有限公司厦门分公司

(72)发明人 张光亮 廖玉珍 黄国福 伊左林

(74)专利代理机构 上海湾谷知识产权代理事务所(普通合伙) 31289

代理人 肖进

(51)Int.Cl.

E01D 21/00(2006.01)

E01D 19/14(2006.01)

E01D 101/26(2006.01)

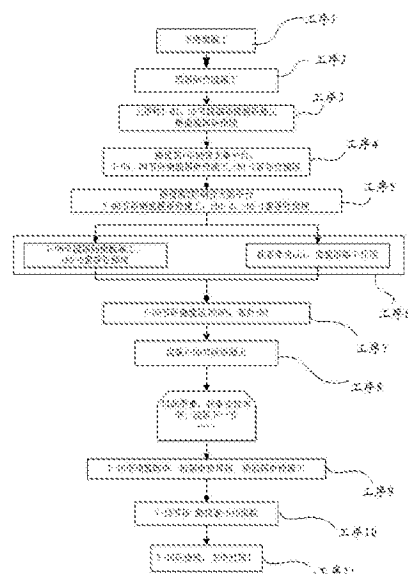
权利要求书3页 说明书9页 附图12页

(54)发明名称

一种曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法

(57)摘要

本发明公开了一种曲线形斜独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,将主塔分多节段施工,即自下而上分为下塔墩下节段、下塔墩上节段、塔梁结合节段、上塔柱第一节段至上塔柱最高节段,上塔柱最高节段为塔顶装饰块;十对斜拉索一一对应地位于上塔柱第三节段至上塔柱次高节段上。本发明的施工方法根据主塔的变截面特点,采用分节段搭设大型钢管支架作为安全作业平台,并分节段搭设配套的盘扣式安全爬梯,分节段绑扎钢筋,分节段后场加工劲性骨架、现场安装劲性骨架和分节段搭设模板,还将原本作为施工临时的劲性骨架加以利用,无需拆除,减少了施工工序,简化了设计过程,缩短施工时间,降低施工成本和安全风险。



1. 一种曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法, 所述斜拉桥包括主塔、主梁、斜拉索和承台; 所述主塔为钢筋砼结构并且为四边倒角的实心截面; 所述主塔的迎索面和背索面均为曲率变化但宽度不变的弧面, 该主塔的迎索面和背索面的纵向倾斜角不相同并随主塔施工逐节段变化, 位于主塔中段的迎索面和背索面的纵向倾斜角最小, 为 50° , 位于塔底和塔顶的迎索面和背索面的纵向倾斜角度接近 90° ; 该主塔的两侧面为平面且宽度由下而上逐渐变小, 使主塔的高度方向自塔底至塔顶的横截面线性地逐渐变小, 并使主塔从侧面看呈S形样条曲线; 该主塔的正面宽度为L, 高度为H; 在主塔的高度方向从塔底至塔顶倒角的长度由A线性地渐变至 $1/3A$, 倒角的宽度均为 $1/5A$; 在该主塔和主梁之间由十对斜拉索连接; 该主塔的背索面的下部与主梁的上表面之间还设有桥面装饰块; 所述主梁包括主跨钢箱梁、钢混结合段和边跨砼箱梁; 所述钢混结合段的与边跨砼箱梁的连接处设置钢混接头; 所述边跨砼箱梁由塔梁结合段和两段分别位于塔梁结合段两边的砼箱梁段构成; 其特征在于,

所述斜拉桥主塔的施工方法是将所述主塔分成多节段进行翻模施工, 即自下而上分为下塔墩下节段、下塔墩上节段、塔梁结合节段、上塔柱第一节段至上塔柱最高节段; 所述下塔墩下节段的下部还有1m高的上塔柱起始节段; 所述塔梁结合节段还包括1m高的主塔起始节段; 所述上塔柱最高节段为塔顶装饰块; 十对斜拉索位于上塔柱第三节段至上塔柱次高节段上; 在进行上塔柱第三节段至上塔柱最高节段施工时, 采用分节段搭设大型钢管支架, 该大型钢管支架由立柱钢管、平联钢管及斜撑钢管焊接成空间桁架体; 所述立柱钢管设置四排七列, 共九层, 第二层及以上层立柱钢管均为标准层且高度低于第一层立柱钢管的高度; 所述主塔位于第二排立柱钢管与第三排立柱钢管支间; 每层钢管支架在靠近主塔的四周围均设置操作平台; 模板的提升采用塔吊进行吊装, 在每节段的模板施工完成后, 塔吊顶升, 大型钢管支架同步跟进搭设; 所述斜拉桥主塔的施工方法包括以下工序:

工序1, 下塔墩节段施工, 在承台施工时, 1m高的下塔墩起始节段已经与承台同步浇筑, 先在承台上搭设双排脚手架作为下塔墩节段施工的操作平台; 再依次进行下塔墩下节段和下塔墩上节段的施工, 下塔墩下节段和下塔墩上节段的施工顺序均为: 先安装劲性骨架, 绑扎钢筋, 安装模板, 一次性浇筑混凝土, 再拆除模板, 进行防腐涂装, 回填砂碎, 拆除基坑钢围堰;

工序2, 塔梁结合节段施工, 先进行钢混结合段支架扩大基础的地基处理, 使钢混结合段支架扩大基础的承载力经检测达到设计要求, 其次开始同步搭设钢混结合段、塔梁结合段以及砼箱梁段的钢管贝雷支架, 接着铺装砼箱梁的底模板, 吊装钢箱梁接头并精调到位固定, 再进行钢混结合段、塔梁结合段和砼箱梁段的钢筋绑扎、砼箱梁的内模板和侧模板的安装和预应力制孔, 并在上塔柱的起始端安装1m高的主塔起始节段模板, 然后同步混凝土浇筑钢混结合段、塔梁结合段、砼箱梁段以及1m高的主塔起始节段; 砼箱梁段施工结束后, 拆除砼箱梁的内模板及侧模板, 砼箱梁的底模板及钢管贝雷支架保持不变, 待全桥施工结束后方可拆除; 钢混结合段施工结束, 主跨钢箱梁支架及主跨钢箱梁的拼装可连续进行, 按照监控提供的安装标高, 主跨钢箱梁连续安装焊接, 直至合龙;

工序3, 先在边跨砼箱梁的顶面上依次进行上塔柱第一节段和上塔柱第二节段的钢筋模板施工, 并进行桥面装饰块的预埋;

工序4, 先搭设第一层大型钢管支架, 再利用第一层大型钢管支架上的操作平台进行上

塔柱第三节段和上塔柱第四节段的钢筋模板砼施工,同时进行第一根斜拉索的下段索导管的预埋;

工序5,先搭设第二层大型钢管支架,再利用第二层大型钢管支架的操作平台进行上塔柱第五节段的钢筋模板砼施工,并进行第一根斜拉索的上段索导管和第二根斜拉索的下段索导管的预埋;

工序6,利用第二层大型钢管支架的操作平台进行上塔柱第六节段的钢筋模板施工,并进行第二根斜拉索的上段索导管的预埋位,同时挂索牵引第一根斜拉索,并安装塔端的千斤顶;

工序7,当上塔柱第五节段的混凝土的强度达到95%时,张拉第一根斜拉索;

工序8,上塔柱第六节段混凝土浇筑;

以此类推,上塔柱第七节段至上塔柱次高节段施工时分别重复工序5至工序8,即挂索张拉本节段的斜拉索,混凝土浇筑下一个上塔柱节段;

工序9,先在后场进行上塔柱最高节段即塔顶装饰块的钢筋半成品和模板单元件的预制,再进行预拼装,直到满足线型外观要求;

工序10,当上塔柱次高节段的混凝土的强度达到95%时,张拉第十根斜拉索;

工序11,先组装并加固上塔柱最高节段的钢筋半成品和模板单元件,再浇筑混凝土,完成主塔封顶。

2.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,进行上塔柱第一节段至上塔柱第四节段的施工时,在每个上塔柱节段的底部预埋监控监测应变片,监测主塔自由倾斜状况下的混凝土拉应力,当拉应力达到预警值时,须对主塔施加主动支撑。

3.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述大型钢管支架采用 $\phi 630 \times 8\text{mm}$ 的立柱钢管以及 $\phi 273 \times 6\text{mm}$ 的平联钢管及斜撑钢管并设置了活动三角钢牛腿;所述立柱钢管的下端与预埋在箱梁顶的钢板焊接固定;上下层立柱钢管之间通过法兰盘连接;平联钢管与立柱钢管之间及斜撑钢管与立柱钢管之间均采用切割相贯线进行环形焊接,形成N型及K型连接节点;该大型钢管支架在四个垂向标高处分别设置附墙件与主塔预埋件焊接连接。

4.根据权利要求3所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述三角钢牛腿由上、下支撑及斜撑焊接形成,下支撑和斜撑均为工字钢形成,上支撑为双拼槽钢并通过贝雷插销与所述立柱钢管连接。

5.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述大型钢管支架是由工厂预制单元件,每层钢管支架横桥向分成两榀,制成单元件,运输至现场后,将其余的连接系分节段组拼及局部焊接;该钢管支架与所述盘扣式安全爬梯形成附墙连接。

6.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述劲性骨架采用矩形桁架结构,在后场分节段整体加工预制,每节段的加工高度与主塔的每节段的高度一致,运至现场由塔吊整体吊装固定,与上一节段的劲性骨架焊接连成整体;劲性骨架的截面大小是根据各塔柱节段的截面以及满足钢筋准确定位而设计。

7.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述

索导管的预埋是在劲性骨架安装结束后进行的,先进行索导管的安装定位,再利用劲性骨架焊接固定。

8.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述钢筋的施工是在劲性骨架安装结束后进行的,钢筋的施工顺序为:劲性骨架接高、定位筋安装、主筋接长、水平筋绑扎和保护层安装。

9.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述模板采用胶合板+木工字梁+双槽钢背楞构成的钢木模结合模板;上塔柱每节段的模板均包括两块侧面模板、迎索面模板、背索面模板及四个角模;模板的安装方法是:两块侧面模板之间通过 $\phi 32 \times 2\text{mm}$ 的PVC套管、穿在套管内的对拉螺杆、两个垫片和两个蝶形螺母连接,合模时,先插上对拉螺杆,外套PVC管,再穿垫片和螺母,用榔头敲打螺母将拉杆临时拉紧,调整模板的高度和垂直度,再拉紧拉杆;混凝土浇筑完成后可回收对拉螺杆、两个垫片和两个蝶形螺母;迎索面模板和背索面模板分别通过带锥形接头的螺杆与主塔内部的劲性骨架焊接固定,再将螺杆与模板外的蝶形螺母连接,形成外拉内顶的加固形式,并利用大型钢管支架支撑背索面模板,混凝土浇筑完成后可回收锥形接头和蝶形螺母。

10.根据权利要求1所述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其特征在于,所述混凝土浇筑通过串筒布料到浇筑位置,进行混凝土振捣,振捣间距小于40cm,振捣上层混凝土时要插入下层混凝土10cm;每个振动点振捣时间控制在15~25秒;所述串筒的布置间距为2.0m,串筒的单节长度1.0m。

一种曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种建筑施工方法,具体涉及一种曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法。

背景技术

[0002] 在传统的混凝土塔座施工中,一般采用落地式支架或采用爬模施工。当倾斜式悬臂混凝土塔座自身高度较小、悬臂较长、倾斜角度较大、离基础地面较高,且钢拱塔预埋段自重较大时,采用传统的施工方法,模板支架和劲性骨架费用过高,且钢拱塔预埋段安装精度和施工安全风险不易控制。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术的缺陷而提供一种曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,它借助支架平台及爬梯通道采用分节段翻模施工工艺,能减少多工序,缩短施工时间,降低施工成本和安全风险。

[0004] 本发明的目的是这样实现的:一种曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,所述斜拉桥包括主塔、主梁、斜拉索和承台;所述主塔为钢筋砼结构并且为四边倒角的实心截面;所述主塔的迎索面和背索面均为曲率变化但宽度不变的弧面,该主塔的迎索面和背索面的纵向倾斜角不相同并随主塔施工逐节段变化,位于主塔中段的迎索面和背索面的纵向倾斜角最小,为 50° ,位于塔底和塔顶的迎索面和背索面的纵向倾斜角度接近 90° ;该主塔的两侧面为平面且宽度由下而上逐渐变小,使主塔的高度方向自塔底至塔顶的横截面线性地逐渐变小,并使主塔从侧面看呈S形样条曲线;该主塔的正面宽度为L,高度为H;在主塔的高度方向从塔底至塔顶倒角的长度由A线性地渐变至 $1/3A$,倒角的宽度均为 $1/5A$;在该主塔和主梁之间由十对斜拉索连接;该主塔的背索面的下部与主梁的上表面之间还设有桥面装饰块;所述主梁包括主跨钢箱梁、钢混结合段和边跨砼箱梁;所述钢混结合段的与边跨砼箱梁的连接处设置钢混接头;所述边跨砼箱梁由塔梁结合段和两段分别位于塔梁结合段两边的砼箱梁段构成;

[0005] 所述斜拉桥主塔的施工方法是将所述主塔分成多节段进行翻模施工,即自下而上分为下塔墩下节段、下塔墩上节段、塔梁结合节段、上塔柱第一节段至上塔柱最高节段;所述下塔墩下节段的下部还有1m高的上塔柱起始节段;所述塔梁结合节段还包括1m高的主塔起始节段;所述上塔柱最高节段为塔顶装饰块;十对斜拉索位于上塔柱第三节段至上塔柱次高节段上;在进行上塔柱第三节段至上塔柱最高节段施工时,采用分节段搭设大型钢管支架,该大型钢管支架由立柱钢管、平联钢管及斜撑钢管焊接成空间桁架体;所述立柱钢管设置四排七列,共九层,第二层及以上层立柱钢管均为标准层且高度低于第一层立柱钢管的高度;所述主塔位于第二排立柱钢管与第三排立柱钢管支间;每层钢管支架在靠近主塔的四周均设置操作平台;模板的提升采用塔吊进行吊装,在每节段的模板施工完成后,塔吊顶升,大型钢管支架同步跟进搭设;

[0006] 所述斜拉桥主塔的施工方法包括以下工序：

[0007] 工序1,下塔墩节段施工,在承台施工时,1m高的下塔墩起始节段已经与承台同步浇筑,先在承台上搭设双排脚手架作为下塔墩节段施工的操作平台;再依次进行下塔墩下节段和下塔墩上节段的施工,下塔墩下节段和下塔墩上节段的施工顺序均为:先安装劲性骨架,绑扎钢筋,安装模板,一次性浇筑混凝土,再拆除模板,进行防腐涂装,回填砂碎,拆除基坑钢围堰;

[0008] 工序2,塔梁结合节段施工,先进行钢混结合段支架扩大基础的地基处理,使钢混结合段支架扩大基础的承载力经检测达到设计要求,其次开始同步搭设钢混结合段、塔梁结合段以及砼箱梁段的钢管贝雷支架,接着铺装砼箱梁的底模板,吊装钢箱梁接头并精调到位固定,再进行钢混结合段、塔梁结合段和砼箱梁段的钢筋绑扎、砼箱梁的内模板和侧模板的安装和预应力制孔,并在上塔柱的起始端安装1m高的主塔起始节段模板,然后同步混凝土浇筑钢混结合段、塔梁结合段、砼箱梁段以及1m高的主塔起始节段;砼箱梁段施工结束后,拆除砼箱梁的内模板及侧模板,砼箱梁的底模板及钢管贝雷支架保持不变,待全桥施工结束后方可拆除;钢混结合段施工结束,主跨钢箱梁支架及主跨钢箱梁的拼装可连续进行,按照监控提供的安装标高,主跨钢箱梁连续安装焊接,直至合龙;

[0009] 工序3,先在边跨砼箱梁的顶面上依次进行上塔柱第一节段和上塔柱第二节段的钢筋模板砼施工,并进行桥面装饰块的预埋;

[0010] 工序4,先搭设第一层大型钢管支架,再利用第一层大型钢管支架上的操作平台进行上塔柱第三节段和上塔柱第四节段的钢筋模板砼施工,同时进行第一根斜拉索的下段索导管的预埋;

[0011] 工序5,先搭设第二层大型钢管支架,再利用第二层大型钢管支架的操作平台进行上塔柱第五节段的钢筋模板砼施工,并进行第一根斜拉索的上段索导管和第二根斜拉索的下段索导管的预埋;

[0012] 工序6,利用第二层大型钢管支架的操作平台进行上塔柱第六节段的钢筋模板施工,并进行第二根斜拉索的上段索导管的预埋位,同时挂索牵引第一根斜拉索,并安装塔端的千斤顶;

[0013] 工序7,当上塔柱第五节段的混凝土的强度达到95%时,张拉第一根斜拉索;

[0014] 工序8,上塔柱第六节段混凝土浇筑;

[0015] 以此类推,上塔柱第七节段至上塔柱次高节段施工时分别重复工序5至工序8,即挂索张拉本节段的斜拉索,混凝土浇筑下一个上塔柱节段;工序9,先在后场进行上塔柱最高节段即塔顶装饰块的钢筋半成品和模板单元件的预制,再进行预拼装,直到满足线型外观要求;

[0016] 工序10,当上塔柱次高节段的混凝土的强度达到95%时,张拉第十根斜拉索;

[0017] 工序11,先组装并加固上塔柱最高节段的钢筋半成品和模板单元件,再浇筑混凝土,完成主塔封顶。

[0018] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其中,进行上塔柱第一节段至上塔柱第四节段的施工时,在每个上塔柱节段的底部预埋监控监测应变片,监测主塔自由倾斜状况下的混凝土拉应力,当拉应力达到预警值时,须对主塔施加主动支撑。

[0019] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,其中,所述大型钢管支架采用

Φ630×8mm的立柱钢管以及Φ273×6mm的平联钢管及斜撑钢管并设置了活动三角钢牛腿；所述立柱钢管的下端与预埋在箱梁顶的钢板焊接固定；上下层立柱钢管之间通过法兰盘连接；平联钢管与立柱钢管之间及斜撑钢管与立柱钢管之间均采用切割相贯线进行环形焊接，形成N型及K型连接节点；该大型钢管支架在四个垂向标高处分别设置附墙件与主塔预埋件焊接连接。

[0020] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述三角钢牛腿由上、下支撑及斜撑焊接形成，下支撑和斜撑均为工字钢形成，上支撑为双拼槽钢并通过贝雷插销与所述立柱钢管连接。

[0021] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述大型钢管支架是由工厂预制单元件，每层钢管支架横桥向分成两榀，制成单元件，运输至现场后，将其余的连接系分节段组拼及局部焊接；该钢管支架与所述盘扣式安全爬梯形成附墙连接。

[0022] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述劲性骨架采用矩形桁架结构，在后场分节段整体加工预制，每节段的加工高度与主塔的每节段的高度一致，运至现场由塔吊整体吊装固定，与上一节段的劲性骨架焊接连成整体；劲性骨架的截面大小是根据各塔柱节段的截面以及满足钢筋准确定位而设计。

[0023] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述索导管的预埋是在劲性骨架安装结束后进行的，先进行索导管的安装定位，再利用劲性骨架焊接固定。

[0024] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述钢筋的施工是在劲性骨架安装结束后进行的，钢筋的施工顺序为：劲性骨架接高、定位筋安装、主筋接长、水平筋绑扎和保护层安装。

[0025] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述模板采用胶合板+木工字梁+双槽钢背楞构成的钢木模结合模板；上塔柱每节段的模板均包括两块侧面模板、迎索面模板、背索面模板及四个角模；模板的安装方法是：两块侧面模板之间通过Φ32×2mm的PVC套管、穿在套管内的对拉螺杆、两个垫片和两个蝶形螺母连接，合模时，先插上对拉螺杆，外套PVC管，再穿垫片和螺母，用榔头敲打螺母将拉杆临时拉紧，调整模板的高度和垂直度，再拉紧拉杆；混凝土浇筑完成后可回收对拉螺杆、两个垫片和两个蝶形螺母；迎索面模板和背索面模板分别通过带锥形接头的螺杆与主塔内部的劲性骨架焊接固定，再将螺杆与模板外的蝶形螺母连接，形成外拉内顶的加固形式，并利用大型钢管支架支撑背索面模板，混凝土浇筑完成后可回收锥形接头和蝶形螺母。

[0026] 上述的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，其中，所述混凝土浇筑通过串筒布料到浇筑位置，进行混凝土振捣，振捣间距小于40cm，振捣上层混凝土时要插入下层混凝土10cm；每个振动点振捣时间控制在15~25秒；所述串筒的布置间距为2.0m，串筒的单节长度1.0m。

[0027] 本发明的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法，根据主塔的变截面特点采用分节段翻模施工，并分节段搭设与主塔截面相匹配的钢管支架，分节段绑扎钢筋，分节段后场加工劲性骨架、现场安装劲性骨架和分节段搭设模板，因此本发明的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法具有以下优点：

[0028] 1)减少多工序，主跨钢箱梁独立施工，主塔与斜拉索的张拉协调进行，避免了相互交叉作业，提高了施工效率；

[0029] 2)采用先梁后塔的施工顺序,避免了主塔与斜拉索张拉,依赖主跨钢箱梁焊接进展的情况;

[0030] 3)最大程度的降低了安全风险,由于缩短了主塔施工时间,主塔钢管支架及高空作业暴露的时间就减少,受台风影响的频数就降低。另外,避免了交叉作业后,降低了施工组织与协调的难度,提高了作业环境的安全。

附图说明

[0031] 图1是曲线独塔双索面的斜拉桥的立面图;

[0032] 图2是曲线独塔双索面的斜拉桥的主塔的立面构造图;

[0033] 图3是曲线独塔双索面的斜拉桥的主塔的正面构造图;

[0034] 图4是本发明的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法的流程图;

[0035] 图5是本发明的施工方法中主梁的分布结构图;

[0036] 图5a是本发明的施工方法中搭建的主塔支架与主塔分节段的布置图;

[0037] 图5b是本发明的施工方法中搭建的主塔支架的横断面布置图;

[0038] 图5c是本发明的施工方法中搭建的主塔支架的平面布置图;

[0039] 图5d是本发明的施工方法中搭建的主塔支架与箱梁预埋件的连接结构图;

[0040] 图5e是本发明的施工方法中搭建的主塔支架与主塔预埋件的连接结构图;

[0041] 图5f是本发明的施工方法中搭建的主塔支架上放置小型型钢支架平台的结构图;

[0042] 图6a是本发明的施工方法中进行塔梁结合段施工时的模板安装示意图;

[0043] 图6b是图6a的侧视图;

[0044] 图7a是本发明的施工方法中进行上塔柱第一节段施工时的模板安装示意图;

[0045] 图7b是图7a的侧视图;

[0046] 图8a是本发明的施工方法中进行上塔柱第二节段施工时的模板安装示意图;

[0047] 图8b是图8a的侧视图。

[0048] 图9a是本发明的施工方法中一种模板连接示意图;

[0049] 图9b是本发明的施工方法中另一种模板连接示意图。

具体实施方式

[0050] 下面将结合附图对本发明作进一步说明。

[0051] 请参阅图1至图3,曲线独塔双索面的斜拉桥包括主塔1、主梁2、斜拉索3和承台4。

[0052] 主塔1为钢筋砼结构并且为四边倒角的实心截面,主塔1的迎索面11和背索面12均为曲率变化但宽度不变的弧面,主塔1的迎索面11和背索面12的纵向倾斜角不相同并随主塔施工逐节段变化,位于主塔1中段的迎索面11和背索面12的纵向倾斜角最小,为 50° ,位于主塔1的塔底和塔顶的迎索面11和背索面12的纵向倾斜角度接近 90° ;主塔1的两侧面13为平面且宽度由下而上线性地逐渐变小,使主塔1的高度方向自塔底至塔顶的横截面逐渐变小,并使主塔1从侧面看呈S形样条曲线;该主塔1的正面宽度L为3m,高度H为72m,桥面以上为52m;主塔1塔底的侧面宽度为1175cm,塔顶为塔顶装饰块14并且侧面宽度为346.4cm;在主塔1的高度方向从塔底至塔顶倒角的长度由 $A=150\text{cm}$ 线性地渐变至 $1/3A=50\text{cm}$,倒角的宽度均为 $1/5A=30\text{cm}$;在主塔1和主梁2之间由十对斜拉索 $cb1\sim cb10$ 连接;主塔1的背索面

12的下部与主梁2的上表面之间还设有桥面装饰块15。主梁2包括主跨钢箱梁22、钢混结合段21和边跨砼箱梁20；钢混结合段21的与边跨砼箱梁20的连接处设置钢混接头210；边跨砼箱梁20由塔梁结合段202和两段分别位于塔梁结合段202两边的砼箱梁段201、203构成。

[0053] 本发明的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法是将主塔分十九节段翻模施工,即自下而上分为下塔墩下节段XT-01、下塔墩上节段XT-02、塔梁结合节段TLT、上塔柱第一节段ST-01至第十六节段ST-16,下塔墩下节段XT-01的下部还有1m高的下塔墩起始节段XQT;塔梁结合节段TLT含1m高的上塔柱起始节段;上塔柱第十六节段ST-16为塔顶装饰块14;十对斜拉索cb1~cb10位于上塔柱第三节段ST-03至上塔柱第十五节段ST-15上;在进行上塔柱第三节段ST-03至第十六节段ST-16施工时,采用分节段搭设大型钢管支架,该大型钢管支架30由立柱钢管301、平联钢管302及斜撑钢管303焊接成空间桁架体;立柱钢管301设置四排七列,共九层,第二层及以上层立柱钢管均为标准层且高度低于第一层立柱钢管的高度;主塔1位于第二排立柱钢管与第三排立柱钢管支间;每层钢管支架在靠近主塔1的四周均设置操作平台304作为每个节段施工时的安全作业平台,并配套盘扣式安全爬梯300,使施工人员通过该爬梯上下行走;模板的提升采用塔吊40进行吊装,在每节段的模板施工完成后,塔吊40顶升,大型钢管支架30同步跟进搭设。

[0054] 请参阅图4至图9b,本发明的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法包括以下工序:

[0055] 工序1,下塔墩节段施工,在承台4施工时,1m高的下塔墩起始节段XQT已经与承台4同步浇筑,先在承台4上搭设双排脚手架作为下塔墩节段施工的操作平台;再依次进行下塔墩下节段XT-01和下塔墩上节段XT-02的施工;下塔墩下节段XT-01和下塔墩上节段XT-02的施工顺序均为:安装劲性骨架,绑扎钢筋,安装模板,一次性浇筑混凝土,再拆除模板,进行防腐涂装,回填砂碎,拆除基坑钢围堰;

[0056] 工序2,塔梁结合节段TLT施工,先进行钢混结合段支架扩大基础的地基处理,使钢混结合段支架扩大基础的承载力经检测达到设计要求,其次开始同步搭设钢混结合段21、塔梁结合段202以及两段砼箱梁段201、203的钢管贝雷支架60,接着铺装砼箱梁的底模板,吊装钢混接头210并精调到位固定,再进行钢混结合段21、塔梁结合段202以及两段砼箱梁段201、203的钢筋绑扎、砼箱梁的内模板和侧模板的安装及预应力制孔,并在上塔柱的起始端安装1m高的主塔起始节段模板,然后同步混凝土浇筑钢混结合段21、塔梁结合段202、砼箱梁段201、203以及1m高的主塔起始节段;1m高的主塔起始节段模板在砼箱梁上通过预埋的刚性劲性骨架进行加固固定,防止因箱梁混凝土的施工导致1m高的主塔起始节段模板失稳;砼箱梁段施工结束后,拆除砼箱梁的内模板及侧模板,砼箱梁的底模板及钢管贝雷支架60保持不变,待全桥施工结束后,方可拆除;钢混结合段21施工结束,主跨钢箱梁支架及主跨钢箱梁22的拼装可连续进行,按照监控提供的安装标高,主跨钢箱梁21连续安装焊接,直至合龙;

[0057] 工序3,先在边跨砼箱梁23的顶面上依次进行上塔柱第一节段ST-01和上塔柱第二节段ST-02的钢筋模板砼施工,并进行桥面装饰块15的预埋;

[0058] 工序4,先搭设第一层大型钢管支架,再利用第一层大型钢管支架上的操作平台进行上塔柱第三节段ST-03和上塔柱第四节段ST-04的钢筋模板砼施工,同时进行第一根斜拉索cb1的下段索导管的预埋;

[0059] 工序5,先搭设第二层大型钢管支架,再利用第二层大型钢管支架的操作平台进行上塔柱第五节段ST-05的钢筋模板砼施工,并进行第一根斜拉索cb1的上段索导管和第二根斜拉索cb1的下段索导管的预埋;

[0060] 工序6,利用第二层大型钢管支架的操作平台进行上塔柱第六节段ST-06的钢筋模板施工,并进行第二根斜拉索cb2的上段索导管的预埋位,同时挂索牵引第一根斜拉索cb1,并安装塔端的千斤顶,该千斤顶的作用是能将挂好的斜拉索进行张拉,使斜拉索受力后用来平衡倾斜的主塔产生的倾覆力矩;

[0061] 工序7,当上塔柱第五节段ST-05的混凝土的强度达到95%时,张拉第一根斜拉索cb1;

[0062] 工序8,上塔柱第六节段ST-06混凝土浇筑;

[0063] 以此类推,上塔柱第七节段ST-07至上塔柱第十五节段ST-15施工时分别重复工序5至工序8,即挂索张拉本节段的斜拉索,混凝土浇筑下一个上塔柱节段;上塔柱第七节段ST-07和上塔柱第八节段ST-08施工时是利用第三层钢管支架上的操作平台进行的;上塔柱第九节段ST-09施工时是利用第四层钢管支架的操作平台进行的;上塔柱第十节段ST-10和上塔柱第十一节段ST-11施工时是利用第五层钢管支架的操作平台进行的;上塔柱第十二节段ST-12和上塔柱第十三节段ST-13施工时是利用第六层钢管支架的操作平台进行的;上塔柱第十四节段ST-14施工时是利用第七层钢管支架的操作平台进行的;上塔柱第十五节段ST-15和上塔柱第十六节段ST-16施工时是利用第八层钢管支架的操作平台和第九层钢管支架的操作平台进行的;

[0064] 工序9,先在后场进行上塔柱第十六节段ST-16即塔顶装饰块14的钢筋半成品和模板单元件的预制,再进行预拼装,直到满足线型外观要求;

[0065] 工序10,当上塔柱第十五节段ST-15的混凝土的强度达到95%时,张拉第十根斜拉索cb10;

[0066] 工序11,先组装并加固上塔柱第十六节段ST-16的钢筋半成品和模板单元件,再浇筑混凝土,完成主塔封顶。

[0067] 进行上塔柱第一节段ST-01至第四节段ST-04施工时,在每个节段的底部预埋监控监测应变片,以监测主塔在自由倾斜状况下的混凝土拉应力,当拉应力达到预警值时,须对主塔施加主动支撑。

[0068] 大型钢管支架30采用 $\phi 630 \times 8\text{mm}$ 的立柱钢管301以及 $\phi 273 \times 6\text{mm}$ 的平联钢管302及斜撑钢管303焊接成空间桁架体并设置了活动三角钢牛腿;三角钢牛腿由上、下支撑及斜撑焊接形成,下支撑和斜撑均为工字钢形成,上支撑为双拼槽钢并通过贝雷插销与立柱钢管301连接。

[0069] 立柱钢管301设置4排7列,共9层,第二与第三排设在主塔的两侧;第一层立柱钢管的高度为9.8m,第二层及以上层立柱钢管301的高度为6m(见图5a、图5b和图5c);立柱钢管301的下端与预埋在砼箱梁顶的 $700 \times 700\text{mm}$ 的钢板306焊接固定(见图5d),上、下层立柱钢管之间通过法兰盘连接;操作平台304有两组,共八片,操作平台304由花纹钢板和槽钢焊接组成,施工时与平联钢管302固定;平联钢管302与立柱钢管301之间及斜撑钢管303与立柱钢管301之间均采用切割相贯线进行环形焊接,形成N型及K型连接节点;该大型钢管支架30的纵向间距根据主塔构造的需求设置为 $3 \times 6000\text{mm} + 3 \times 6500\text{mm}$,横向间距布置为 $3270 + 6630$

+3270mm,步距为6000mm;该大型钢管支架30在垂向标高为25m、37m、49m、51m处分别设置附墙件与主塔预埋件307焊接连接。

[0070] 大型钢管支架30以及塔吊附墙杆件与主塔预埋件307通过焊接连接,主塔预埋件307采取可回收的锥台螺母和高强螺栓308固定焊接板(见图5e)。

[0071] 大型钢管支架30是由工厂预制单元件,每层钢管支架横桥向分成两榀,制成单元件,运输至现场后,其余的连接系分节段组拼及局部焊接。

[0072] 盘扣式安全爬梯300与大型钢管支架30形成附墙连接并用铁丝网全封闭。爬梯300的通道口与桥面连接出入口设置安全通道305及防护棚架过度。

[0073] 大型钢管支架30的施工流程为:在边跨砼箱梁内预埋立柱底钢板→安装第一步距的架体(立柱、平联、斜撑)→检测平整度及立柱钢管的竖直度→铺设操作平台→安装第二步距的架体(法兰盘连接立柱钢管、平联、斜撑)→……→安装最后一步距的架体→铺设操作平台。

[0074] 为满足上塔柱各个节段模板及钢筋安装施工,在大型钢管支架30的操作平台304上放置小型型钢支架平台309作为主塔节段施工的操作层。小型型钢支架平台309的高度为6m,可由塔吊40周转吊运,相当于双排脚手架平台(见图5f)。

[0075] 劲性骨架采用矩形桁架结构,在后场分节段整体加工预制,每节段的加工高度与主塔每节段的高度一致,运至现场由塔吊40整体吊装固定,与上一节段的劲性骨架焊接连成整体;劲性骨架的截面大小是根据主塔每节段的截面以及满足钢筋准确定位而设计。劲性骨架的加工方法如下:

[0076] ①根据劲性骨架的尺寸、倾斜角度,在施工平台上使用墨线弹出外廓线;

[0077] ②按照劲性骨架构件尺寸进行构件下料;

[0078] ③按照劲性骨架的外轮廓线安装下部型钢,临时固定;安装横向联系杆;

[0079] ④安装上部立杆型钢,安装剩余的横向连接撑以及斜撑杆,并焊接加固;

[0080] ⑤加工完成后按照劲性骨架的安装位置进行编号,以方便现场安装;

[0081] 劲性骨架的现场安装方法如下:

[0082] ①箱梁施工时进行桁架连接板的预埋;

[0083] ②先在桁架连接板上放样出桁架连接位置,再按塔柱的倾斜角度焊接限位角钢;

[0084] ③由塔吊吊装劲性骨架,当劲性骨架的对角立柱进入连接板上的限位角钢内后,由测量人员校核其倾斜位置是否合乎要求,当达到设计要求后,立即将劲性骨架与连接板施焊。

[0085] 索导管的预埋是在劲性骨架安装结束后进行的,先进行索导管的安装定位,再利用劲性骨架焊接固定。索导管的安装定位方法如下:

[0086] (1)在全站仪的配合下,按照索导管的倾斜度,焊接一高一矮的两条水平横撑;

[0087] (2)在水平横撑上利用全站仪测量,定位重量较轻的定位模具,使定位模具的中心与索导管的中心轴线吻合;

[0088] (3)焊接定位模具,使其牢固地与劲性骨架连接;

[0089] (4)吊装索导管放置在定位模具里面,这时索导管可以顺着定位模具在中心轴线上上下下来调整三维坐标;

[0090] (5)最后将测量盖板扣在索导管顶口,固定观测棱镜,只要调整上口的标高达到设

计要求即可完成索导管的安装定位。

[0091] (6)加固索导管与劲性骨架牢固连接,回收定位模具,以重复使用。

[0092] 钢筋的施工是在劲性骨架安装结束后进行的,钢筋的施工顺序为:劲性骨架接高、定位筋安装、主筋接长、水平筋绑扎和保护层安装,具体方法如下:

[0093] 劲性骨架接高:先将劲性骨架安装到位,再在劲性骨架上标出钢筋的位置;

[0094] 定位筋安装,劲性骨架因内缩了一定距离,主筋定位时需在劲性骨架上焊接一水平短角钢,然后在短角钢上安放水平定位筋并焊接牢固;

[0095] 主筋接长:主筋接长采用镦粗直螺纹接头,钢筋螺纹套丝及螺纹套筒的一端套接均在后场完成,螺纹套筒的另一端套接则利用管子钳在安装现场完成;塔吊用特制吊具将主筋吊入定位框架内,与混凝土内的预留主筋用镦粗直螺纹套筒连接,旋转主筋丝扣对接;

[0096] 水平筋绑扎:水平筋包括箍筋及拉钩筋;箍筋安装时采用搭接,搭接长度不得少于35d;如搭接长度不够,可采用单面焊或绑条焊,单面焊的焊缝长度不少于10d,绑条焊时每条焊缝长度也不得少于10d;拉钩筋的两端弯勾须勾在主筋与箍筋的外侧;

[0097] 保护层安装:钢筋的净保护层的厚度为4.5cm,保护层采用与结构混凝土同标号的预制砂浆垫块,上下错开成梅花形布置,间距为1.0m。

[0098] 模板采用18mm厚的胶合板+H20木工字梁+12号双槽钢背楞构成的钢木模结合模板。上塔柱每节段的模板包括两块侧面模板130、迎索面模板110、背索面模板120及四个角模(见6a至图8b)。

[0099] 两块侧面模板130的安装方法是:两块侧面模板130之间通过 $\phi 32 \times 2\text{mm}$ 的PVC套管41、穿在套管内的对拉螺杆42、两个垫片43和两个蝶形螺母44连接,合模时,先插上对拉螺杆42,外套PVC套管41,再穿垫片43和螺母44,用榔头敲打蝶形螺母44将对拉螺杆42临时拉紧,调整模板的高度和垂直度,再拉紧对拉螺杆42(见9a)。混凝土浇筑完成后可回收对拉螺杆42和两个垫片43和两个蝶形螺母44。

[0100] 迎索面模板110和背索面模板120的安装方法是:迎索面模板110和背索面模板120分别通过一根带锥形接头52且长度为30cm的螺杆51与主塔内部的劲性骨架50焊接固定,再将螺杆51与模板外的垫片43和蝶形螺母44连接(见图9b),形成外拉内顶的加固形式,并利用大型钢管支架30支撑背索面模板120。混凝土浇筑完成后可回收锥形接头52、垫片43和蝶形螺母44。

[0101] 本发明的施工方法利用劲性骨架承受弧面模板,所承受混凝土自重和侧向压力,还利用劲性骨架加固塔身模板的工艺特点,大大提高模板安装进度,保证模板安全体系,提高了模板的整体稳定性,确保塔柱每节段在接缝位置无漏浆、错台、模板变形使塔身曲线改变的现象。

[0102] 混凝土浇筑用的混凝土由搅拌站生产,由混凝土罐车运输到现场平台,再由拖泵输送到浇筑节段,通过串筒布料到浇筑位置,进行混凝土振捣,振捣间距小于40cm,振捣上层混凝土时要插入下层混凝土10cm;每个振动点振捣时间控制在15~25秒;串筒的布置间距为2.0m,串筒的单节长度1.0m。

[0103] 本发明的曲线独塔双索面的斜拉桥主塔的施工方法,根据主塔的变截面特点采用分节段翻模施工,并分节段搭设与主塔截面相匹配的大型钢管支架,分节段绑扎钢筋,分节段后场加工劲性骨架、现场安装劲性骨架和分节段搭设模板,因此本发明的曲线独塔双索

面的斜拉桥主塔的施工方法具有以下优点：

[0104] 1)减少多工序,主跨钢箱梁独立施工,主塔与斜拉索的张拉协调进行,避开了相互交叉作业,提高了施工效率;

[0105] 2)采用先梁后塔的施工顺序,避免了主塔与斜拉索张拉,依赖主跨钢箱梁焊接进展的情况;

[0106] 3)最大程度的降低了安全风险,由于缩短了主塔施工时间,主塔钢管支架及高空作业暴露的时间就减少,受台风影响的频数就降低。另外,避免了交叉作业后,降低了施工组织与协调的难度,提高了作业环境的安全。

[0107] 以上实施例仅供说明本发明之用,而非对本发明的限制,有关技术领域的技术人员,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,还可以作出各种变换或变型,因此所有等同的技术方案也应该属于本发明的范畴,应由各权利要求所限定。

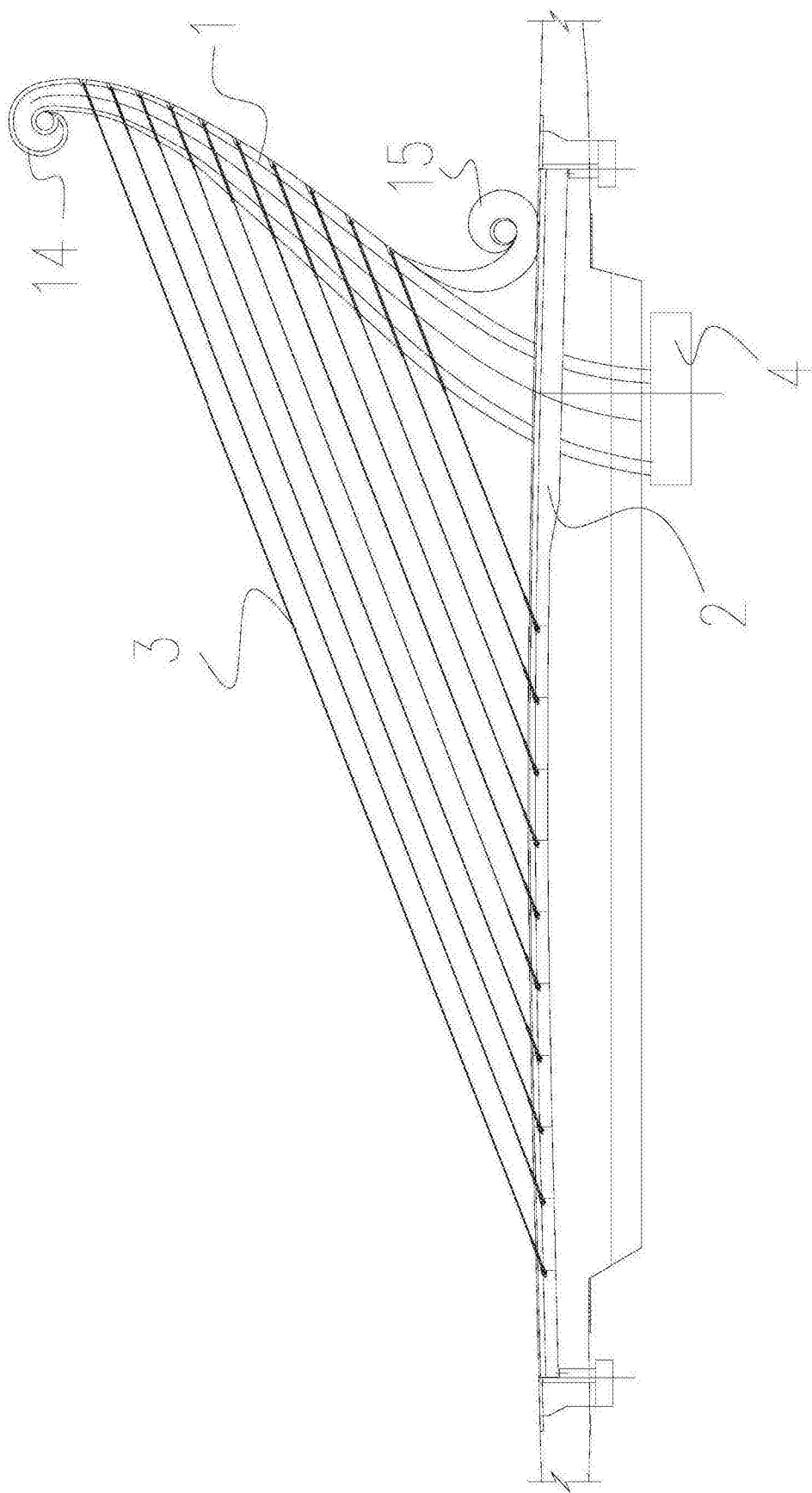


图1

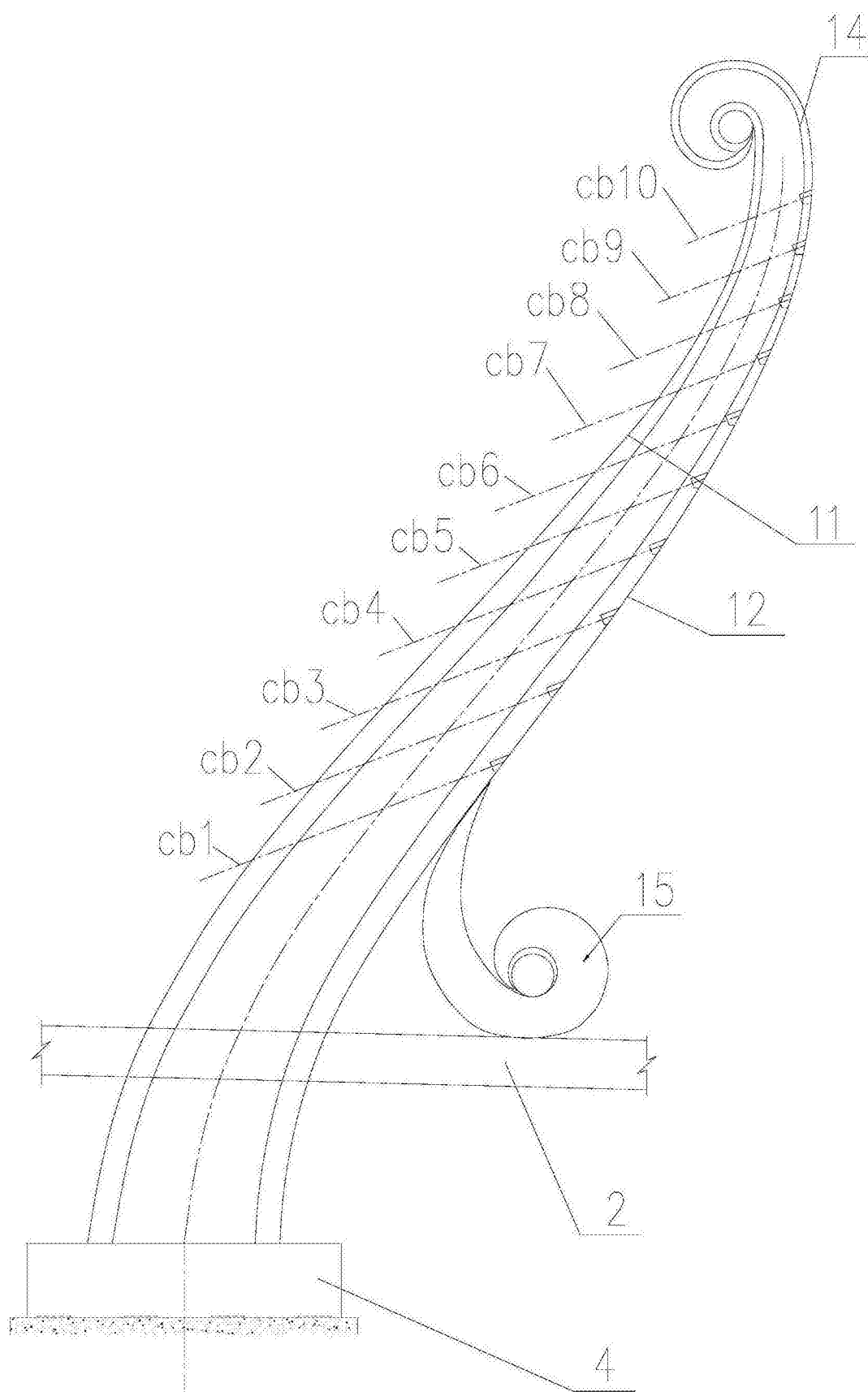


图2

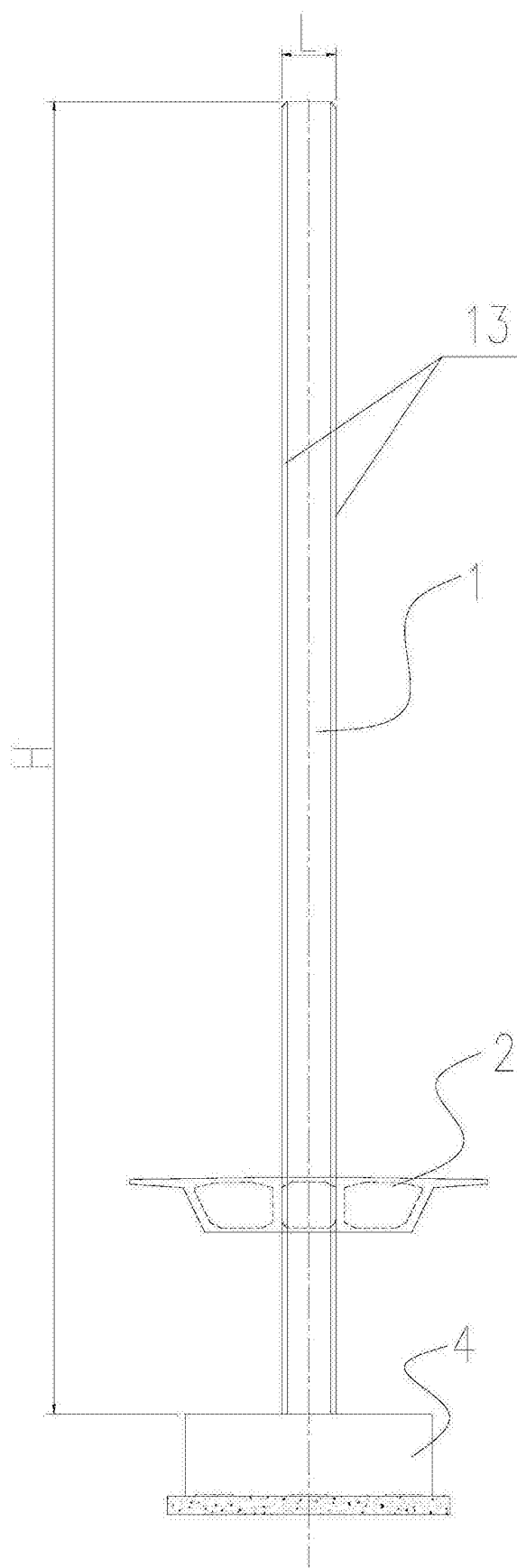


图3

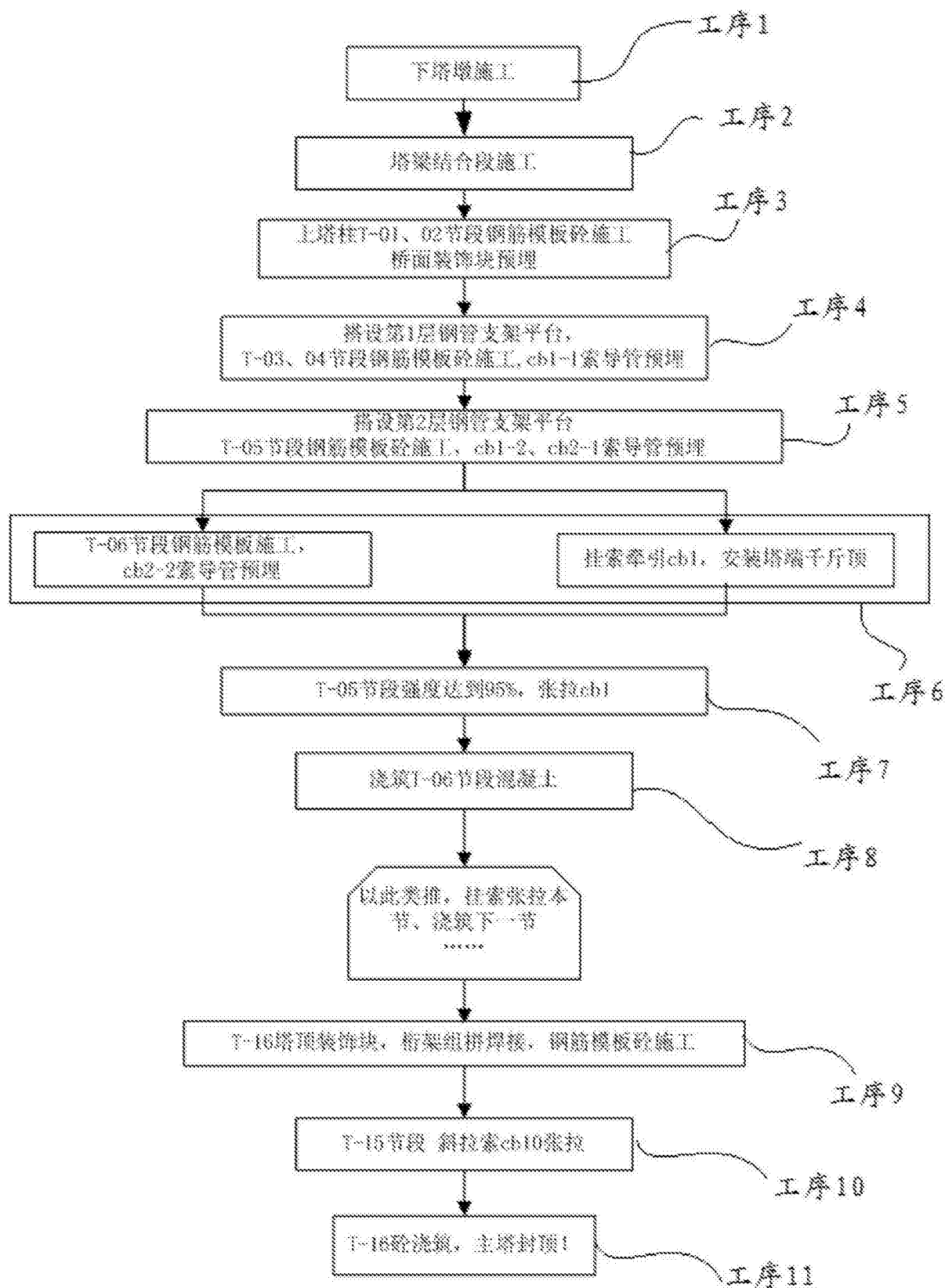


图4

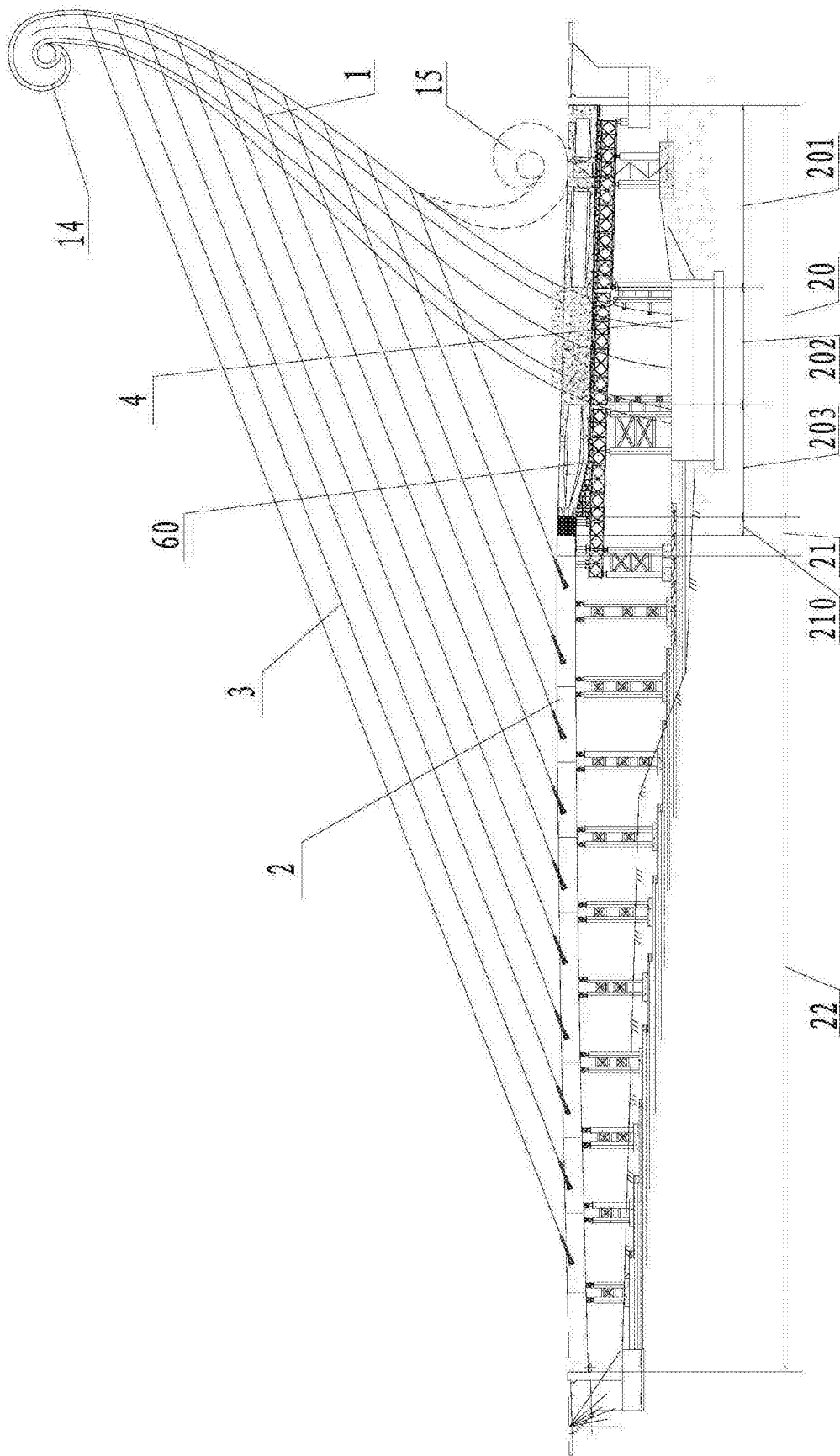


图5

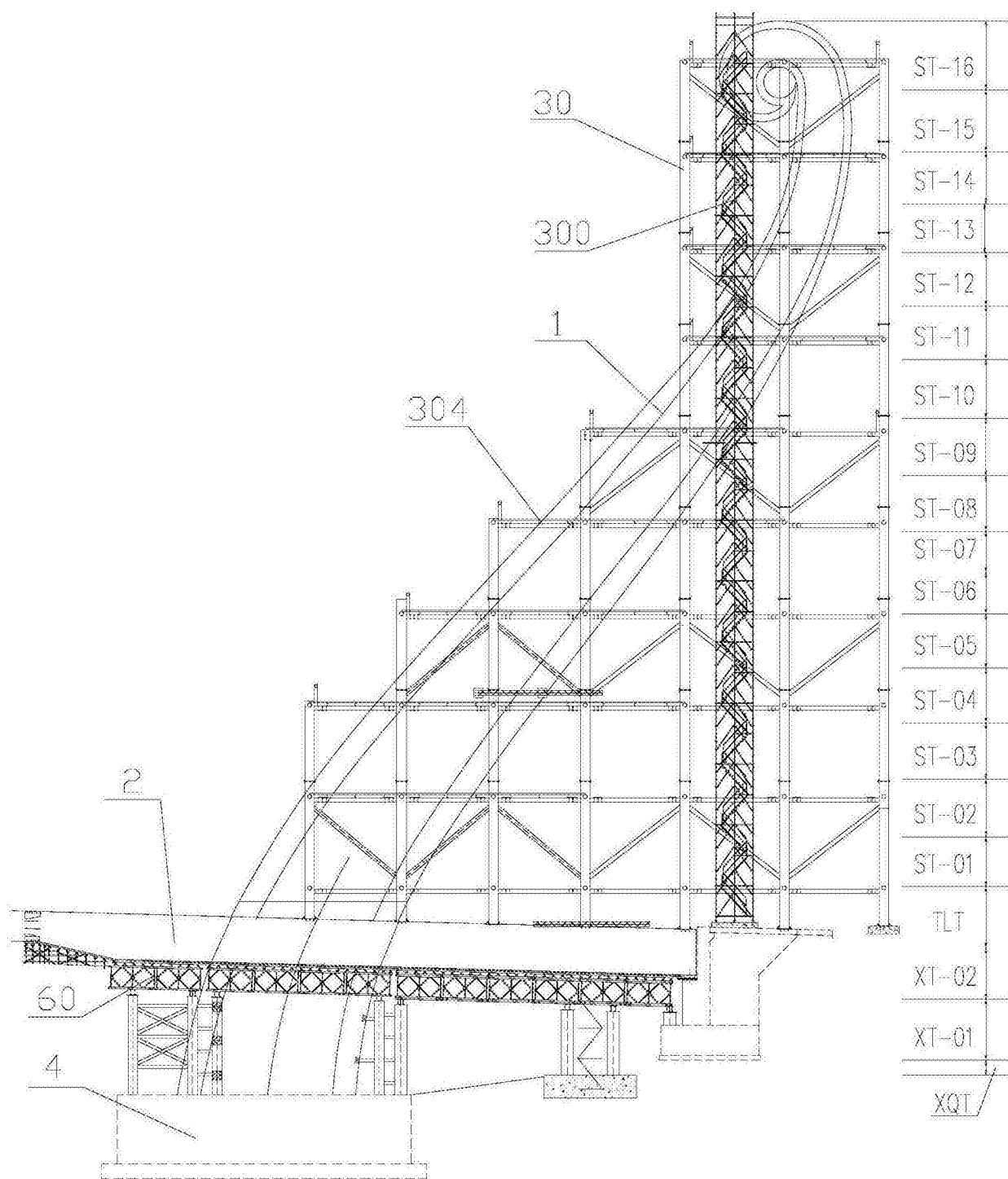


图5a

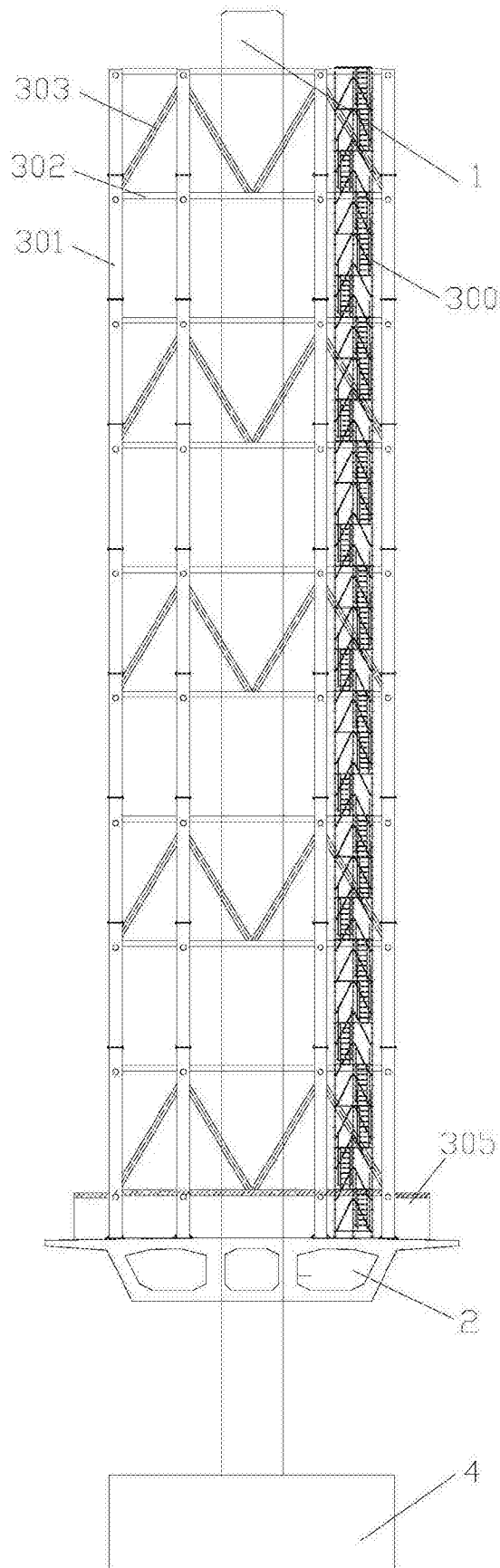


图5b

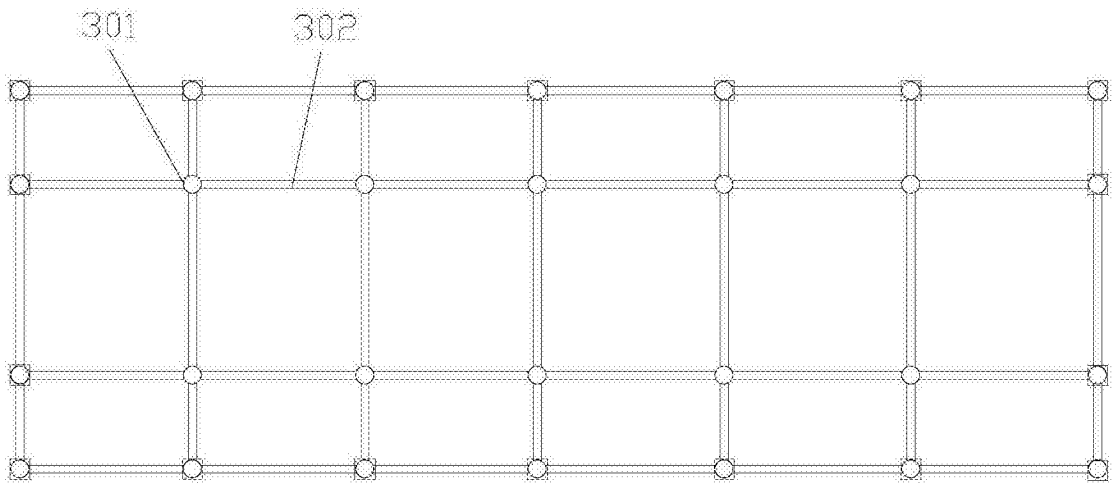


图5c

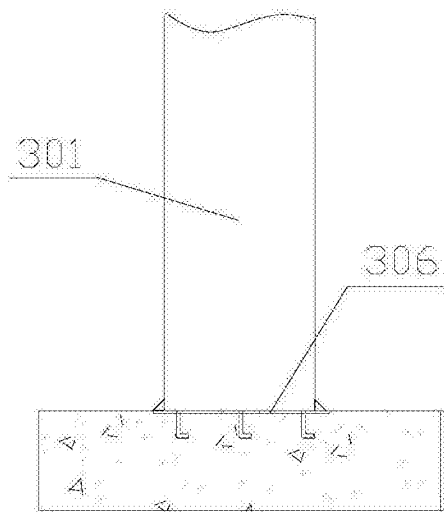


图5d

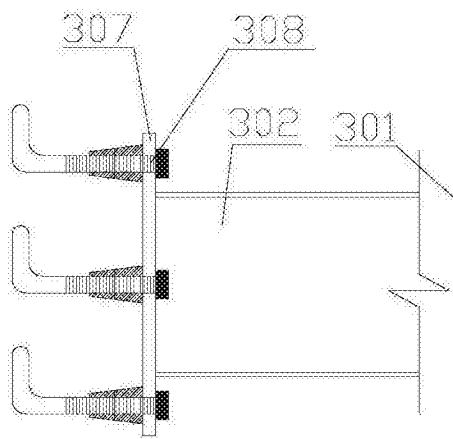


图5e

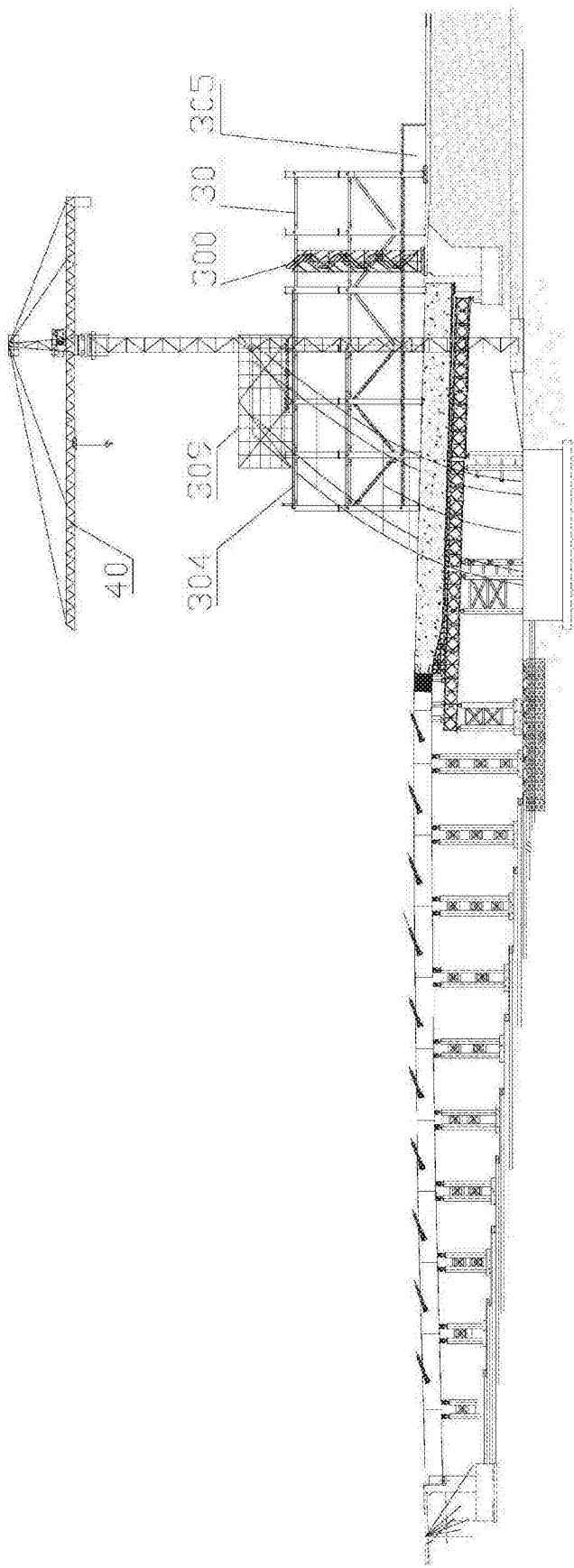


图5f

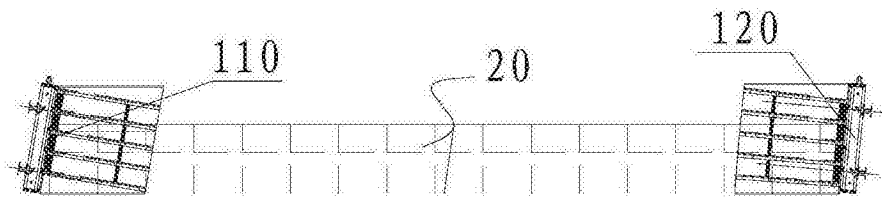


图6a

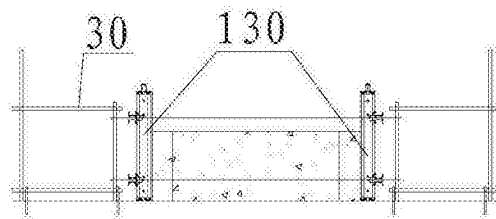


图6b

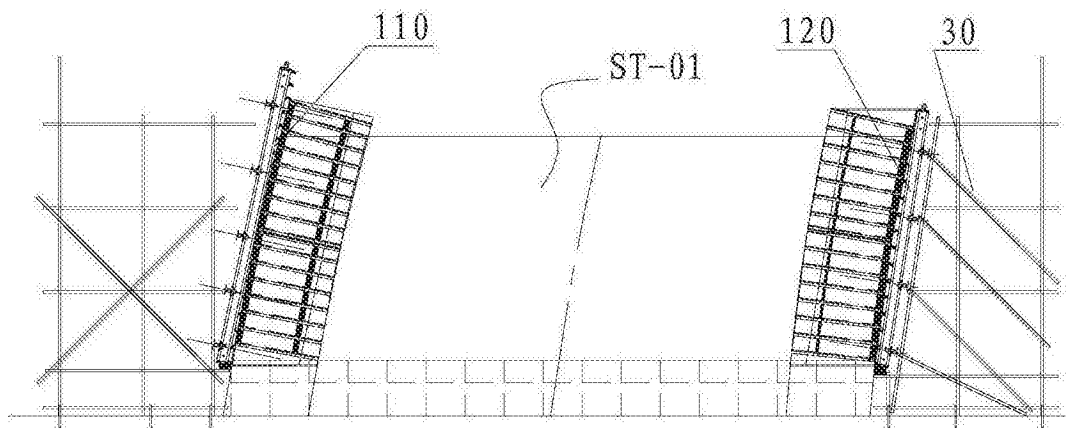


图7a

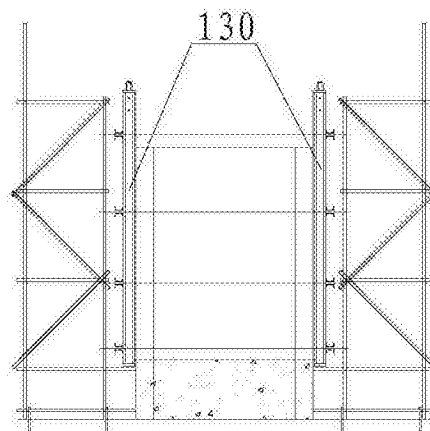


图7b

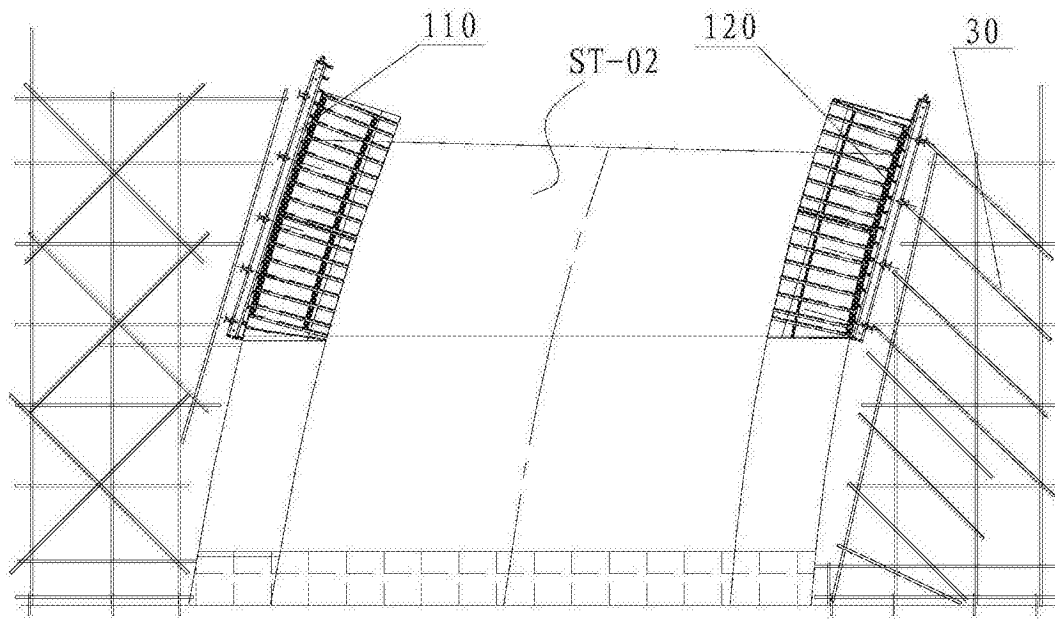


图8a

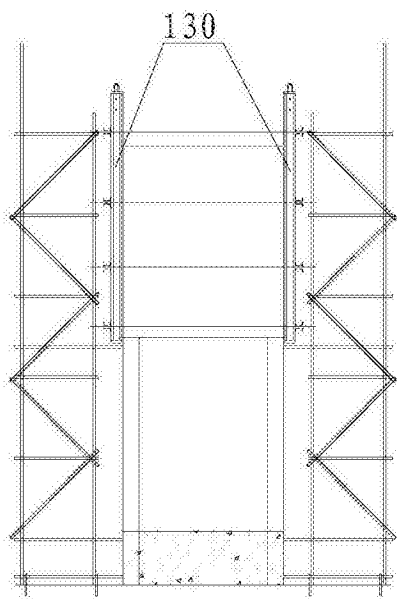


图8b

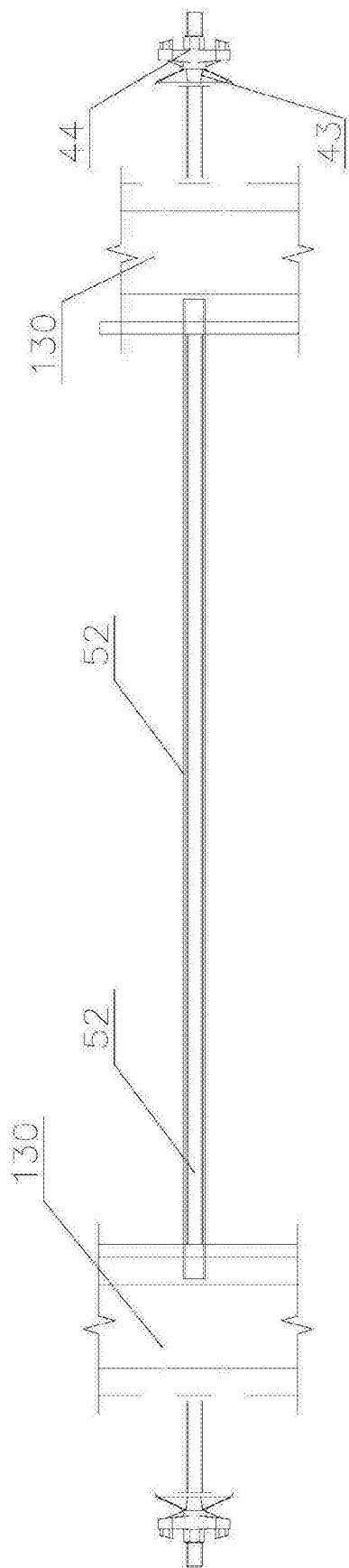


图9a

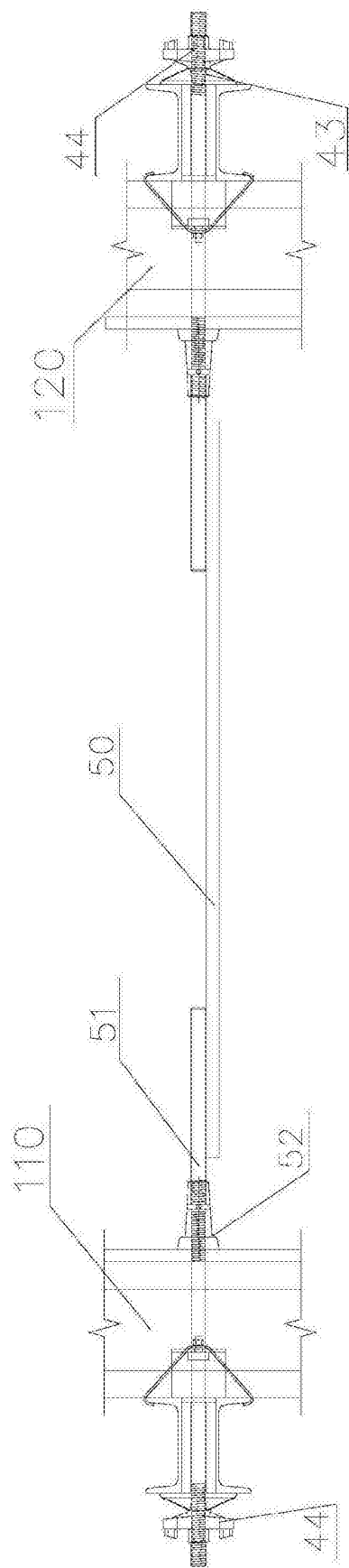


图9b