(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115323924 B
(45)授权公告日 2023.03.10

(21)申请号 202210934628.3

(22)申请日 2022.08.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115323924 A

(43)申请公布日 2022.11.11

(73)专利权人 中铁四局集团有限公司
地址 230009 安徽省合肥市包河区望江东路96号
专利权人 中铁四局集团第四工程有限公司

(72)发明人 安刚建 潘飞 郭小楠 杜美 秦奎奎 高志军 辛昌祥 刘德斌

(74)专利代理机构 北京合创致信专利代理有限公司 16127
专利代理师 刘素霞

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

(56)对比文件
CN 109338900 A,2019.02.15
CN 114717968 A,2022.07.08
CN 110042756 A,2019.07.23
CN 110331668 A,2019.10.15
CN 109338900 A,2019.02.15
CN 110965470 A,2020.04.07
JP 2017089097 A,2017.05.25
刘源等.秀山大桥桥塔施工关键技术.《世界桥梁》.2020,(第05期),

审查员 赵文华

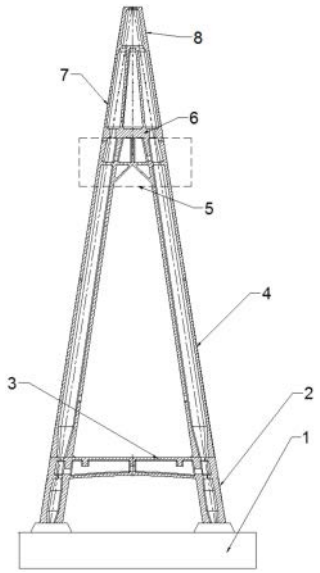
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54)发明名称

一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法

(57)摘要

本发明提供一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法,在下塔柱施工的同时布设钢管立柱作为下横梁支架,在下横梁内模和下横梁外模之间绑扎钢筋,并进行下横梁浇注;通过爬模施工方法将塔柱施工至连接段预设标高;在桁架上方设置底模,在两个中塔柱合拢后,通过爬模继续进行主塔浇注,在各空腔室内对应横桥向的两侧内壁预埋锚固螺栓,通过爬模系统设置对应合龙段处的外模,待合龙段凝固达到预设强度,对底模和外模进行拆除,塔柱采用爬模法施工,下横梁施工时需搭设钢管支架,以确保下横梁施工过程中的施工安全,保证施工质量;中塔柱施工时,为抵抗塔柱根部弯矩设置临时横撑对顶施工;下横梁布设预应力,通过张拉保证下横梁的质量。



CN 115323924 B

1.一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法,其特征在于,包括:

步骤S1,在承台的两侧进行下塔柱施工;

步骤S2,在下塔柱施工的同时布设钢管立柱作为下横梁支架,在承台顶面设置预埋件对钢管立柱进行支撑;在分配梁上方铺设下横梁底模,并在下横梁底模上对应设置下横梁内模和下横梁外模;

步骤S3,在下横梁内模和下横梁外模之间绑扎钢筋,并进行下横梁浇注;

步骤S4,通过爬模施工方法将塔柱施工至连接段预设标高;在两个中塔柱的相对侧、对应连接段的位置设置牛腿,在牛腿上设置对应桁架的支架;

连接段底面为倒V形,并在连接段处设置两个对称分布的三棱状内腔室,相对应的,所述桁架为三角桁架;

步骤S5,在桁架上方设置底模,并对应设置对应连接段处的外模,连接段的外模由桥横向中心线开始向两边对称拼装; 在外模内部设置对应连接段空心腔体的内模,通过混凝土对中塔柱与连接段同步浇注;

步骤S6,在两个中塔柱合拢后,通过爬模继续进行主塔浇注,直至浇注至合龙段设计标高处;其中,主塔对应合龙段的部分设有空腔室;

步骤S7,在各空腔室内对应横桥向的两侧内壁预埋锚固螺栓,通过锚固螺栓固定牛腿,在牛腿上方设置对应合龙段的底模;

步骤S8,通过爬模系统设置对应合龙段处的外模,在外模内部绑扎对应合龙段的钢筋,将合龙段对应的钢筋与塔柱对应的钢筋进行连接;通过混凝土采用水平分层的方法进行合龙段浇注,使合龙段与连接段浇注为一个整体;

步骤S9,待合龙段凝固达到预设强度,对底模和外模进行拆除,拆除完成后通过爬模系统逐节进行索塔浇注;

逐节进行索塔浇注过程中同步进行钢锚梁施工,使钢锚梁与索塔一体浇注。

2.根据权利要求1所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法,其特征在于,

在下横梁对应的底模板铺设完成后进行支架预压,包括:

布置观测点,设置多个观测断面,每个观测断面布置对应模板底部和支架底部两层观测点;

分级加载预压,采用砂袋或预压块分级堆载的方式预压,在预压过程中对观测点进行沉降观测并记录;

分级卸载,待支架沉降稳定后分级进行预压卸载,卸载过程要均匀依次卸载;

调整支架及模板标高,依据检测变形量和预压数据,预留底模沉落量和施工预拱度,预拱度的最高值设在梁跨中,并以梁的两端支点为零按设计线型进行分配。

3.根据权利要求2所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法,其特征在于,观测断面至少布置在每跨支架的1/2处、1/4处及端部,每个断面至少设置五个观测点。

4.根据权利要求1所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法,其特征在于,

主塔呈A型钢筋混凝土结构,随着在中塔柱的逐节浇注对应设置多道临时横撑;

横撑由钢管制成,每道横撑包括两根,在中塔柱侧壁通过爬锥锚栓安装对应支撑所述横撑的牛腿,通过多道横撑分别对两根中塔柱施加相应的水平推力。

5.根据权利要求4所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法,其特征在于,随着主

塔逐节浇注，完成五道横撑的设置，在中塔柱浇注过程中对各横撑进行测量监测；

在自下至上第二道横撑加载完成后拆除第一道横撑，在第一道横撑处进行下横梁浇注；

在中塔柱合龙后拆除全部横撑，拆除顺序为按照后搭先拆原则，撑杆拆除时先由塔吊挂钩起吊整根钢管，沿一侧牛腿支点边缘割断横撑钢管，再沿另一侧牛腿支点边缘割断横撑钢管，利用塔吊将整根钢管卸落；利用塔吊挂钩起吊牛腿及撑杆端部焊接的整体剩余部件，卸除牛腿预埋爬锥，由塔吊卸落，最后拆除平台、修补爬锥孔。

6.根据权利要求1所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法，其特征在于，在合龙区的混凝土浇注时在其顶面预埋锥形螺母，通过锥形螺母搭设钢锚梁调节支架；

合龙区浇注完成后，在预埋件上安装钢锚梁调节支架，起吊钢锚梁至调节支架进行初定位；

将索导管通过法兰与钢锚梁连接，测量复核索导管位置，钢锚梁精确定位后，与塔柱劲性骨架焊接固定；

进行索塔钢筋绑扎，将钢锚梁与索塔一体浇注为一个整体。

7.根据权利要求1所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法，其特征在于，塔冠为类锥形结构，在爬模进行索塔浇注过程中，顺桥向方向的爬模可以爬升至塔冠所对应节段，横桥向方向的爬模在爬升塔冠下方一个节段后停止爬升，并利用横桥向的爬模架体上进行塔冠模板的施工。

8.根据权利要求1所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法，其特征在于，在施工过程中进行塔柱监测，监测位置包括：

每个塔柱承台布置至少4个沉降观测点，进行承台沉降观测；

在下塔柱、中塔柱根部各布设2个应力应变及温度测试断面，监测塔轴向受力情况；索塔布设2个应力应变及温度测试断面，监测塔横向受力情况；下横梁和合龙段跨中各布设1个断面，监测横梁受力情况。

9.根据权利要求1所述的公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法，其特征在于，

下横梁包括第一先浇段和第二先浇段，第一先浇段为下横梁主体，采用一次浇筑成型，第二先浇段位于塔柱对应下横梁的节段；

首先在塔柱与下横梁对应节段搭设下横梁支架并预压，预压同时浇注第二先浇段及其对应的塔柱节段；

逐段浇筑塔柱，并同步浇注第一先浇段，养护下横梁砼并达到设计要求的强度后，张拉下横梁预应力束、安装预应力波纹管，并对两先浇段结合面进行凿毛；

提升爬模逐段浇筑塔柱混凝土直到塔柱施工到第二层横撑对应节段后，安装第二层横撑，第二层横撑对顶后，进行合龙浇筑段浇注。

一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法

技术领域

[0001] 本发明属于桥梁施工技术领域，具体涉及一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法。

背景技术

[0002] 目前斜拉桥、悬索桥等含有桥塔结构的桥梁所采用的桥塔造型一般有钻石形、H形、人字形、A字形，倒Y形等等，虽然样式较多，但为了增加塔柱的强度，一般是设置多个横梁连接两个塔柱，对塔柱形成横向支撑，斜拉桥的主塔高度高，由于施工体量大、施工时技术难度大，难以实现安全高效的施工。

[0003] 因此，需要提供一种针对上述现有技术不足的改进技术方案。

发明内容

[0004] 本发明的目的是克服上述现有技术中的不足，提供一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法。

[0005] 为了实现上述目的，本发明提供如下技术方案：

[0006] 一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法，包括：

[0007] 步骤S1，在承台的两侧进行下塔柱施工；

[0008] 步骤S2，在下塔柱施工的同时布设钢管立柱作为下横梁支架，在承台顶面设置预埋件对钢管立柱进行支撑；在分配梁上方铺设下横梁底模，并在下横梁底模上对应设置下横梁内模和下横梁外模；

[0009] 步骤S3，在下横梁内模和下横梁外模之间绑扎钢筋，并进行下横梁浇注；

[0010] 步骤S4，通过爬模施工方法将塔柱施工至连接段预设标高；在两个中塔柱的相对侧、对应连接段的位置设置牛腿，在牛腿上设置对应桁架的支架；

[0011] 步骤S5，在桁架上方设置底模，并对应设置对应连接段处的外模，连接段的外模由桥横向中心线开始向两边对称拼装；在外模内部设置对应连接段空心腔体的内模，通过混凝土对中塔柱与连接段同步浇注；

[0012] 步骤S6，在两个中塔柱合拢后，通过爬模继续进行主塔浇注，直至浇注至合龙段设计标高处；其中，主塔对应合龙段的部分设有空腔室；

[0013] 步骤S7，在各空腔室内对应横桥向的两侧内壁预埋锚固螺栓，通过锚固螺栓固定牛腿，在牛腿上方设置对应合龙段的底模；

[0014] 步骤S8，通过爬模系统设置对应合龙段处的外模，在外模内部绑扎对应合龙段的钢筋，将合龙段对应的钢筋与塔柱对应的钢筋进行连接；通过混凝土采用水平分层的方法进行合龙段浇注，使合龙段与连接段浇注为一个整体；

[0015] 步骤S9，待合龙段凝固达到预设强度，对底模和外模进行拆除，拆除完成后通过爬模系统逐节进行索塔浇注；

[0016] 逐节进行索塔浇注过程中同步进行钢锚梁施工，使钢锚梁与索塔一体浇注。

[0017] 优选地，在下横梁对应的底模板铺设完成后进行支架预压，包括：

[0018] 布置观测点，设置多个观测断面，每个观测断面布置对应模板底部和支架底部两层观测点；

[0019] 分级加载预压，采用砂袋或预压块分级堆载的方式预压，在预压过程中对观测点进行沉降观测并记录；

[0020] 分级卸载，待支架沉降稳定后分级进行预压卸载，卸载过程要均匀依次卸载；

[0021] 调整支架及模板标高，依据检测变形量和预压数据，预留底模沉落量和施工预拱度，预拱度的最高值设在梁跨中，并以梁的两端支点为零按设计线型进行分配。

[0022] 优选地，观测断面至少布置在每跨支架的1/2处、1/4处及端部，每个断面至少设置五个观测点。

[0023] 优选地，主塔呈A型钢筋混凝土结构，随着在中塔柱的逐节浇注对应设置多道临时横撑；

[0024] 横撑由钢管制成，每道横撑包括两根，在中塔柱侧壁通过爬锥锚栓安装对应支撑所述横撑的牛腿，通过多道横撑分别对两根中塔柱施加相应的水平推力。

[0025] 优选地，随着主塔逐节浇注，完成五道横撑的设置，在中塔柱浇注过程中对各横撑进行测量监测；

[0026] 在自下至上第二道横撑加载完成后拆除第一道横撑，在第一道横撑处进行下横梁浇注；

[0027] 在中塔柱合龙后拆除全部横撑，拆除顺序为按照后搭先拆原则，撑杆拆除时先由塔吊挂钩起吊整根钢管，沿一侧牛腿支点边缘割断横撑钢管，再沿另一侧牛腿支点边缘割断横撑钢管，利用塔吊将整根钢管卸落；利用塔吊挂钩起吊牛腿及撑杆端部焊接的整体剩余部件，卸除牛腿预埋爬锥，由塔吊卸落，最后拆除平台、修补爬锥孔。

[0028] 优选地，连接段底面为倒V形，并在连接段处设置两个对称分布的三棱状内腔室，相对应的，所述桁架为三角桁架。

[0029] 优选地，在合龙区的混凝土浇注时在其顶面预埋锥形螺母，通过锥形螺母搭设钢锚梁调节支架；

[0030] 合龙区浇注完成后，在预埋件上安装钢锚梁调节支架，起吊钢锚梁至调节支架进行初定位；

[0031] 将索导管通过法兰与钢锚梁连接，测量复核索导管位置，钢锚梁精确定位后，与塔柱劲性骨架焊接固定；

[0032] 进行索塔钢筋绑扎，将钢锚梁与索塔一体浇注为一个整体。

[0033] 优选地，塔冠为类锥形结构，在爬模进行索塔浇注过程中，顺桥向方向的爬模可以爬升至塔冠所对应节段，横桥向方向的爬模在爬升塔冠下方一个节段后停止爬升，并利用横桥向的爬模架体上进行塔冠模板的施工。

[0034] 优选地，在施工过程中进行塔柱监测，监测位置包括：

[0035] 每个塔柱承台布置至少4个沉降观测点，进行承台沉降观测；

[0036] 在下塔柱、中塔柱根部各布设2个应力应变及温度测试断面，监测塔轴向受力情况；索塔布设2个应力应变及温度测试断面，监测塔横向受力情况；下横梁和合龙段跨中各布设1个断面，监测横梁受力情况。

[0037] 优选地，下横梁包括第一先浇段和第二先浇段，第一先浇段为下横梁主体，采用一次浇筑成型，第二先浇段位于塔柱对应下横梁的节段；

[0038] 首先在塔柱与下横梁对应节段搭设下横梁支架并预压，预压同时浇注第二先浇段及其对应的塔柱节段；

[0039] 逐段浇筑塔柱，并同步浇注第一先浇段，养护下横梁砼并达到设计要求的强度后，张拉下横梁预应力束、安装预应力波纹管，并对两先浇段结合面进行凿毛；

[0040] 提升爬模逐段浇筑塔柱混凝土直到塔柱施工到第二层横撑对应节段后，安装第二层横撑，第二层横撑对顶后，进行合龙浇筑段浇注。

[0041] 有益效果：塔柱采用爬模法施工，下横梁施工时需搭设钢管支架，以确保下横梁施工过程中的施工安全，保证施工质量；中塔柱施工时，为抵抗塔柱根部弯矩设置临时横撑对顶施工；下横梁布设预应力，通过张拉保证下横梁的质量。

附图说明

[0042] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。其中：

[0043] 图1为本发明所提供具体实施例中主塔节段划分示意图；

[0044] 图2为本发明所提供具体实施例中下横梁施工示意图；

[0045] 图3为本发明所提供具体实施例中连接段施工示意图；

[0046] 图4为本发明所提供具体实施例中横撑分布示意图；

[0047] 图5为本发明所提供具体实施例中合龙段爬模施工结构示意图；

[0048] 图6为本发明所提供具体实施例中塔冠爬模施工结构示意图。

[0049] 图中：1、塔座；2、下塔柱；3、下横梁；4、中塔柱；5、连接段；6、合龙段；7、索塔；8、塔冠；9、钢管立柱；10、人孔；11、三角桁架；12、横撑；13、爬模；14、爬模拆除侧； 301、第一先浇段；302、合龙浇筑段；303、第二先浇段。

具体实施方式

[0050] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0051] 在本发明的描述中，术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”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而不是要求本发明必须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。本发明中使用的术语“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接；可以是直接相连，也可以通过中间部件间接相连，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的具体含义。

[0052] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0053] 如图1-5所示， 一种公铁两用跨江A型斜拉桥主塔施工方法，其特征在于，包括：

[0054] 步骤S1，在承台的两侧进行下塔柱2施工；步骤S2，在下塔柱2施工的同时布设钢管

立柱9作为下横梁3支架，在承台顶面设置预埋件对钢管立柱9进行支撑；在两个下塔柱2的相邻侧设置牛腿托架，在钢管立柱9顶部设置承重梁，位于横桥向两端的承重梁对应放置于牛腿托架上；在承重梁上方横桥向布置双拼工字钢，并在双拼工字钢顶面铺设分配梁；在分配梁上方铺设下横梁3底模，并在下横梁3底模上设置下横梁3内模和下横梁3外模；其中，下横梁3外模和下横梁3底模为钢模板，下横梁3内模为木模；下横梁3内模通过下横梁3钢管支架设置在下横梁3外模的内部； 步骤S3，在下横梁3内模和下横梁3外模之间绑扎钢筋，并进行下横梁3浇注；步骤S4，通过爬模施工方法将塔柱施工至连接段5预设标高；在两个中塔柱4的相对侧、对应连接段5的位置设置牛腿，在牛腿上设置对应桁架的支架；在两个中塔柱4的相对侧、对应合龙段6的位置设置牛腿，牛腿以爬模13的爬锥锚栓作为支点进行安装，两个分配梁分别沿顺桥向放置于两个中塔柱4侧壁的牛腿上；在两分配梁之间设有多根沿横桥向布置的承重梁，承重梁在分配梁的纵向上并列布置或者均布，在承重梁上方设置有两个双拼工字钢，对应合龙段6底面的桁架对应放置在两个双拼工字钢上；步骤S5，在桁架上方设置底模，并对应设置对应连接段5处的外模，连接段5的外模由桥横向中心线开始向两边对称拼装； 在外模内部设置对应连接段5空心腔体的内模，在模板内绑扎钢筋，将合龙段6对应的钢筋与中塔柱4对应的钢筋进行连接，通过混凝土对中塔柱4与合龙段6同步浇注；步骤S6，在两个中塔柱4合拢后，通过爬模13继续进行主塔浇注，直至浇注至合龙段6设计标高处；其中，主塔对应合龙段6的部分设有空腔室；步骤S7，在各空腔室内对应横桥向的两侧内壁预埋锚固螺栓，通过锚固螺栓固定牛腿，在牛腿上方设置对应合龙段6的底模；其中，主塔对应合龙段6上方部分的中部设有空腔室；步骤S8，通过爬模系统设置对应合龙段6处的外模，在外模内部绑扎对应合龙段6的钢筋，将合龙段6对应的钢筋与塔柱对应的钢筋进行连接；通过混凝土采用水平分层的方法进行合龙段6浇注，使合龙段6与连接段5浇注为一个整体；以合龙段6为上方主塔的空腔室为基础设置底模，并通过爬模13设置外模板，以此实现合龙段6的施工，施工过程中采用水平分层的基础进行浇注，保证混凝土浇筑质量。合龙段6包括：两个对称分布的三角形或者类三棱状腔室，并在该类三棱柱内腔室上方沿主塔走势进行一节段的浇注，作为合龙段6的延伸部分，该延伸部分具有沿主塔走势延伸的内腔室，通过浇注与连接段5向一体的合龙段6，保证主体的稳定性，同时确保后期进行钢锚梁安装后主塔的整体质量，保障斜拉桥的张拉稳定性；在各空腔室内对应横桥向的两侧内壁预埋锚固螺栓，通过锚固螺栓固定牛腿，在牛腿上方设置顺桥向的分配梁，两个承重梁分别位于分配梁的两端，在两个承重梁之间设置有多个工字钢，在工字钢上方通过方木进行合龙段6底模支撑；通过爬模系统设置对应连接段5处的外模，在连接段5外模内部绑扎对应合龙段6的钢筋，将合龙段6对应的钢筋与塔柱对应的钢筋进行连接；

[0055] 步骤S9，待合龙段6凝固达到预设强度，对底模和外模进行拆除，拆除完成后通过爬模系统逐节进行索塔7浇注；在合龙段6的混凝土浇注时在其顶面预埋锥形螺母，通过锥形螺母搭设钢锚梁调节支架；合龙段6浇注完成后，在预埋件上安装钢锚梁调节支架，起吊钢锚梁至调节支架进行初定位；将索导管通过法兰与钢锚梁连接，测量复核索导管位置，钢锚梁精确定位后，与塔柱劲性骨架焊接固定；进行索塔7钢筋绑扎，将钢锚梁与索塔一体浇注为一个整体。逐节进行索塔7浇注过程中同步进行钢锚梁施工，使钢锚梁与索塔7一体浇注。下

[0056] 在另一可选实施例中，在下横梁3浇注完成并到达预设强度后拆除模板和钢管立

柱9，下横梁3和塔柱为异步施工，拆除钢管立柱9与中塔柱4施工互不影响，待下横梁3横梁合龙后，预应力全部张拉完成后，方可拆除，并遵循先搭后拆的拆除原则和顺序。支架系统落架后从上至下依次拆除，先从梁底抽出底模系统，利用吊车拆除工字钢等材料，利用塔吊分段吊下解体，下部钢管及连接系由塔吊拆除。支架拆除完成后，将承台顶预埋钢板采用混凝土封闭抹平。

[0057] 支架拆除前，应在梁顶做好支架沉降观测点，在支架拆除前进行标高测量，拆除过程中时时观察标高变化情况。

[0058] 在另一可选实施例中，在承台施工时在其顶面埋设预埋件，预埋件为钢板+锚筋结构，钢管立柱9柱脚与预埋件焊接连接。钢管立柱9分节之间采用法兰盘连接，通过在承台顶面设置预埋件安装钢管作为支撑，具体，在两侧塔柱预埋3组牛腿托架，在承台顶面布设7排4列630×16mm钢管立柱9，钢管立柱9按照纵向间隔3米布置，横桥向按照6米布置，钢管立柱9顶部设置双拼I63c工字钢做承重梁，在承重梁横桥向布置双拼I63a工字钢，间距为3×60+2×140+3×60+2×140+3×60cm，在双拼63a工字钢顶面铺设I14工字钢做分配梁，直接承受由模板、方木传递而来的下横梁3混凝土荷载及施工活载，沿支架纵向间距分别为：隔板及加劲肋处20cm、其他部位45cm，横桥向双拼63a工字钢在专业钢构工厂按照197.11m的圆弧加工成弧形，运输至现场进行拼装，来调整下横梁3底模变化，下横梁3底模板采用竹胶板+方木、侧模采用统一定制钢模板，纵向钢管立柱9之间连接系采用20槽钢进行连接。

[0059] 由于塔梁是异步施工，在塔座1施工的同时，可以进行部分落地支架的加工及安装，钢管支架安装时吊垂线控制其垂直度。钢管立柱9通过在距离其端部3cm处开孔作为其吊装孔，两吊装孔沿着钢管中心轴线布置。底节钢管立柱9安装前先清理预埋件顶面，放出中心点，画出安装线，塔吊吊装底节钢管立柱9进行对位，底部与安装线重合后与预埋件进行临时栓接，钢管立柱9沿侧壁设置钢直梯

[0060] 在另一可选实施例中，在塔座1施工过程中，预埋对应下塔柱2的首节劲性骨架和竖向钢筋，塔座1与下塔柱2第一节同时浇注成形；下塔柱2从第2节段开始采用液压爬模施工，施工时，首先浇筑下塔柱2第1节段，在施工第1节段时预埋爬锥，施工第2节段时安装爬模13上架体，完成第2节塔柱施工，第2节段塔柱施工完毕后，爬模13爬升，安装吊挂平台，利用爬模13进行下塔柱2其余节段施工，直至下塔柱2施工至下横梁3预设标高。塔柱钢筋采用劲性骨架定位，劲性骨架竖向采用∠75×8的型钢，平联及竖向斜撑均采用∠63×6的型钢，劲性骨架按照图纸分节段加工，分段分片安装。每安装一次劲性骨架，施工一个节段，爬架爬升一次。

[0061] 在另一可选实施例中，主塔下横梁3为预应力混凝土单箱双室结构，在下横梁3对应的底模板铺设完成后进行支架预压，消除支架、模板等非弹性变形影响，测量支架的弹性变形实际值，作为梁体模板系统设置预拱的依据，同时检查支架的强度、刚度和受力稳定情况，验证支架承载力能否满足设计要求，确保施工安全。包括：

[0062] 布置观测点，设置多个观测断面，每个观测断面布置对应模板底部和支架底部两层观测点；每个观测断面布置模板底部和支架底部两层观测点。模板底部的观测点可以用铁钉钉入模板底部的方木加以定位，采用水准仪进行沉降观测，因为观测点在上部，所以需要倒尺观测。支架底部的观测点可以定位于支架底的垫板上，采用水准仪进行观测。分级加载预压，采用砂袋或预压块分级堆载的方式预压，在预压过程中对观测点进行沉降观测并

记录;分级卸载,待支架沉降稳定后分级进行预压卸载,卸载过程要均匀依次卸载;卸载类似于加载,是加载程序的逆过程,卸载过程要均匀依次卸载,防止突然释荷之冲击,并妥善放置重物以免影响正常施工。卸载时每级卸载均待观察完成后,做好记录后再卸至下一级荷载,测量记录支架弹性恢复情况。所有测量记录资料要求当天上报试验指导小组,现场发现异常情况要及时汇报。

[0063] 调整支架及模板标高,依据检测变形量和预压数据,预留底模沉落量和施工预拱度,预拱度的最高值设在梁跨中,并以梁的两端支点为零按设计线型进行分配。

[0064] 在本实施例中,观测断面至少布置在每跨支架的1/2处、1/4处及端部,每个断面至少分五个观测点。模板底部的观测点可以用铁钉钉入模板底部的方木加以定位,采用水准仪进行沉降观测,因为观测点在上部,所以需要倒尺观测。支架底部的观测点可以定位于支架底的垫板上,采用水准仪进行观测。

[0065] 预压荷载不小于最大施工荷载的1.1倍,在预压过程中加卸载分三级加载,按0→60%→100%→110%荷载顺序进行,每级加载完毕1小时后进行支架的变形观测,荷载加载完毕后每6小时测量一次变形值。

[0066] 预压卸载时间以支架变形稳定为原则确定,最后两次沉落量观测平均值之差不大于2mm时,终止预压卸载。卸载6h后,监测各测点的标高,并计算支架各监测点的弹性变形量和非弹性变形量。

[0067] 在另一可选实施例中,塔柱模板对拉长度不大于3.5米时,对拉螺杆采用标准段通长的对拉方法,PVC套管对穿于两侧模板间,套管内穿对拉螺杆,拉杆可周转使用。在浇筑厚度大于3.5米的实心段时,采用6米长的对拉螺杆与自备的Φ25钢筋(或横向主筋)焊接,焊接长度大于200mm,用母连垫固定于钢背楞上。

[0068] 混凝土浇筑前,根据混凝土流动半径均匀布置下料点,布置溜槽和串筒,混凝土进入模板内时,应控制混凝土自由下落高度不超过2m;混凝土浇筑采用分层的方式进行浇注,每层厚度不大于30cm,施工中应保证连续施工不中断;混凝土振捣时,振动棒应插入下一层一定深度;振捣时插点均匀、成行或交错式移动,以免漏振,混振动棒离模板的距离宜保持在5～10cm。

[0069] 在浇注完成后,混凝土养护选用洒水和养护剂养护两种方式进行,即在气温低于5℃时采用养护剂进行养护,气温高于5℃时采用洒水进行养护。

[0070] 在另一可选实施例中,下横梁3设计为预应力混凝土构件,布置有高强度、低松弛预应力钢绞线束,在钢筋绑扎时进行预应力孔道的安装,预应力孔道采用金属波纹管成型,金属波纹管在模板内安装完毕后,将其端部进行遮盖。

[0071] 在另一可选实施例中,下横梁3为预应力混凝土构件;根据孔道长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度进行预应力钢束制作;钢筋绑扎完成后安装预应力钢束,钢束安装在管道中后将孔道端部开口密封,张拉完成后,在24h内进行预应力管道压浆,遇特殊情况时可延长至48h,采用不低于M55的水泥浆;通过千斤顶进行预应力张拉,张拉完成后,在24h内进行预应力管道压浆,压浆前对孔道进行清洁处理,通过压浆泵进行孔道压浆,压浆顺序宜先压注下层孔道。压浆泵采用连续式。同一管道压浆要连续进行,一次完成;压浆完成后对预应力张拉槽口进行封锚。钢束实际伸长量的量测及计算方法:预应力筋张拉前,应先调整到初应力σ0,伸长量应从初应力时开始量测。

实际伸长值除张拉时量测的伸长值外，还应加上初应力时的推算伸长量，对于后张法混凝土结构在张拉过程中产生的弹性压缩量一般可省略。实际伸长值的量测采用量测千斤顶油缸行程数值的方法。在初始应力下，量测油缸外露长度，在相应分级的荷载下量测相应油缸外露长度。

[0072] 在另一可选实施例中，加强模板的测量控制、新老混凝土接缝与模板的连接，防止接缝错台。用塔吊将待安模板吊至安装区域，进行位置调整，精确定位后先插入定位销，再安装模板连接螺栓及拉杆。横梁侧模安装应在横梁底板、侧板钢筋及预应力波纹管完成后进行。

[0073] 在另一可选实施例中，下塔柱2施工过程中，预埋用于连接下横梁3的预埋钢筋。塔柱混凝土强度达到2.5MPa后方可对节段顶面混凝土进行人工凿毛处理，采用风动机等机械凿毛时混凝土强度须达到10MPa以上。凿毛时先用小钎子沿内外侧轮廓凿出5cm宽凿毛带，再凿除节段顶面混凝土浮浆。

[0074] 在另一可选实施例中，通过爬模13进行中塔柱4模板与连接段5处模板同步设置，中塔柱4对应合龙段6和连接段5的模板处通过爬模13爬升的方式进行安装。液压自爬模13的动力来源是本身自带的液压顶升系统，液压顶升系统包括液压油缸和上下换向盒，换向盒可控制提升导轨或提升架体，通过液压系统可使模板架体与导轨间形成互爬，从而使液压自爬模13稳步向上爬升，单侧共配置多块模板，模板之间拼缝均采用子母口缝设计，保证浇筑时缝隙紧固而不出现漏浆。

[0075] 在另一可选实施例中，中塔柱4通过爬模13的方法浇注至连接段5预设标高时，将两个中塔柱4相对侧对应的爬模13拆除(参见图中爬模拆除侧14)，并将爬模13与连接段5的外模进行拼接；拆除爬模13后露出的爬锥锚栓进行牛腿安装。部分利用拆除的爬模13改制架体作为后续节段模板操作平台；拆除爬模13时，操作人员在吊平台上用套筒扳手和爬锥卸具将受力螺栓和爬锥取出，以备周转使用，接着用砂浆抹平卸去爬锥后留下的孔洞。

[0076] 在另一可选实施例中，主塔呈A形钢筋混凝土结构，主塔下横梁3采用与塔柱异步施工方案，为保证塔柱与横梁异步施工期间，塔柱整体线型控制，随着在中塔柱4的逐节浇注对应设置多道临时横撑12；横撑12由钢管制成，每道横撑12包括两根，在中塔柱4侧壁通过爬锥锚栓安装对应支撑横撑12的牛腿，通过多道横撑12分别对两根中塔柱4施加相应的水平推力。钢管一端与塔柱内侧面顶紧，另一端每根钢管端头设置两台液压千斤顶横向对顶，达到设计对顶力后，在该侧端头抄垫楔块并与钢管焊接成整体实现钢管对撑的状态；横撑12通过吊装至对应的牛腿上，通过千机顶进行调平后，将横撑12的端部与中塔柱4的爬锥锚栓通过螺栓连接，通过千斤顶在横撑12的两端同步顶推后通过钢楔块抄紧；随着中塔柱4逐节浇注，完成五道横撑12的设置，在中塔柱4浇注过程中对各横撑12进行测量监测。横撑12安装前，两塔柱内侧应先安装施工操作平台和施工通道与横撑12之间设置通道相联。主动横撑12在钢结构工厂制造时应设置支撑胎架，保证钢管的直线度，在中塔柱4第一道横撑12安装完成后，施工下横梁3后浇段，浇筑下横梁3后浇段混凝土，合拢下横梁3，养护下横梁3砼并达到设计要求的强度后，分批张拉下横梁3剩余预应力束。

[0077] 在本实施例中，横撑12有五道，相邻两个横撑12的间距自下向上依次减小，自下向上的横撑12水平推力分布依次为510t、580t、360t、350t、200t。

[0078] 在另一可选实施例中，随着主塔逐节浇注，完成五道横撑12的设置，在中塔柱4浇

注过程中对各横撑12进行测量监测;在自下至上第二道横撑12加载完成后拆除第一道横撑12,在第一道横撑12处进行下横梁3浇注;在中塔柱4合拢后拆除全部横撑12,拆除顺序为按照后搭先拆原则，撑杆拆除时先由塔吊挂钩起吊整根钢管,沿一侧牛腿支点边缘割断横撑12钢管,再沿另一侧牛腿支点边缘割断横撑12钢管,利用塔吊将整根钢管卸落;利用塔吊挂钩起吊牛腿及撑杆端部焊接的整体剩余部件,卸除牛腿预埋爬锥,由塔吊卸落,最后拆除平台、修补爬锥孔。

[0079] 在另一可选实施例中,合龙段6底面为倒V形,并在合龙段6处设置两个对称分布的三棱状内腔室,相对应的,桁架为三角桁架11。通过三棱状内腔室提高合龙段6的强度,保证两个塔柱的连接稳定性。

[0080] 在另一可选实施例中,在灌注过程中,在底模上设置观测点随时监测支架和模板的挠度以及支架的受力和模板的受力,在每个塔承台布置至少4个沉降观测点,主塔施工及主梁安装过程中定期进行监测。根据桥塔结构形式和施工过程中受力特点,在桥塔的下塔柱2、中塔柱4根部各布设2个应力应变及温度测试断面,监测塔轴向受力情况;索塔7布设2个应力应变及温度测试断面,监测塔横向受力情况;下横梁3和合龙段6跨中各布设1个断面,监测横梁受力情况。

[0081] 在另一可选实施例中,合龙段6的分配梁采用双拼I56a工字钢沿里程方向布设,由塔吊吊装,单根长度12m,重量约2.55t。分配梁顶面纵向布置12根双拼45工字钢,最大跨度12.4m。在双拼45工字钢顶面纵向布置2根双拼I20a工字钢,距离牛腿边间距为120cm,顶面采用I20a工字钢、B100×5mm方钢两种材料焊接而成三角桁架11,直接承受由模板、方木传递而来的上部混凝土荷载及施工活载。

[0082] 在另一可选实施例中,塔冠8为类锥形结构,在爬模13进行索塔7浇注过程中,顺桥向方向的爬模13可以爬升至塔冠8所对应节段,横桥向方向的爬模13在爬升塔冠8下方一个节段后停止爬升,并利用横桥向的爬模13架体上进行塔冠8模板的施工,在塔冠8模板中绑扎钢筋,通过浇注完成塔冠8施工,从而完成主塔主体的全部施工。

[0083] 在另一可选实施例中,在连接段5的混凝土浇注时在其顶面预埋锥形螺母,通过锥形螺母搭设钢锚梁调节支架;预埋件上安装4根长约3m,直径Φ426的钢管作为托架的立柱,用2个25a工字钢作为分配梁;测量精确调整钢锚梁位置,位置调整好后在支架上焊接限位板;

[0084] 合龙段6浇注完成后,在预埋件上安装钢锚梁调节支架,起吊钢锚梁至调节支架进行初定位;

[0085] 塔吊解钩,测量复核钢锚梁位置,确保安装精度满足设计要求,将索导管通过法兰与钢锚梁连接,测量复核索导管位置,钢锚梁精确定位后,与塔柱劲性骨架焊接固定;

[0086] 进行索塔7钢筋绑扎,将钢锚梁与索塔一体浇注为一个整体。

[0087] 在另一可选实施例中,首节钢锚梁安装前,对塔柱和合龙段6进行监测,通过控制分析确定首节钢锚梁的安装位置,同时,计算确定首节钢锚梁安装的预抬高值,使钢锚梁顺桥向中心线与塔柱混凝土截面中心线重叠,并根据测量结果采取钢垫板进行纠偏,钢锚梁的理想目标几何线形由钢锚梁截面中心点给出。钢锚梁安装定位采取TCA2003全站仪三维坐标法,钢锚梁及钢牛腿底面高程、顶面高程、平整度采用精密水准仪测量。选择气温较低且恒定、无风的时间段测量索导管锚固点、出塔点两点的三维坐标,计算出与理论坐标的偏

差，利用设置在索导管四面的调节装置以及花篮螺丝进行微调。调整完毕后再次复测，直至锚固点、出塔点两点的三维坐标偏差不超过3mm。当精度满足要求后，立即将索导管与劲性骨架焊接固定。

[0088] 由于钢锚梁制造及安装的倾斜度存在偏差，随着锚梁的不断接高，预偏差在逐渐累积加大，必须控制锚梁安装累计偏差。当锚梁安装到一定高度后要进行纠偏，纠偏采用钢垫片，即，根据现场锚梁和吊装的批次，在每批中设置一层纠偏垫板，在钢锚梁分组对接牛腿位置进行设置。钢锚梁制造时，将每个垫片上侧钢锚梁的高度相应减小，使垫片厚度与减小后钢锚梁高度的和同原设计钢锚梁高度相等。

[0089] 当一批锚梁安装定位前，测量锚梁实际倾斜情况，根据测量值，确定调整值，对垫板进行切削，并随下批钢锚梁一起安装。

[0090] 在另一可选实施例中，钢锚梁有多个，在顺桥向投影上，多个钢锚梁呈金字塔状排列，每个主塔共54对斜拉索，共设置27对钢锚梁，钢锚梁均水平放置，每根锚梁锚固一对拉索。钢锚梁、钢牛腿在工厂各自组焊成形并进行试拼装，安装工装用临时加固匹配构件。钢锚梁、钢牛腿整体吊装完成后，按施工进度浇筑相应节段塔柱混凝土，在张拉对应斜拉索前，释放主跨侧临时连接的高强螺栓至预紧力为0，拆除工装用临时加固匹配构件；全桥斜拉索张拉完成、二期施工完毕后，拧紧主跨侧钢锚梁与钢牛腿间高强螺栓，完全锁死锚梁与牛腿间的相对滑动。

[0091] 在另一可选实施例中，在施工过程中进行塔柱监测，监测位置包括：

[0092] 每个塔柱承台布置至少4个沉降观测点，进行承台沉降观测；

[0093] 在下塔柱2、中塔柱4根部各布设2个应力应变及温度测试断面，监测塔轴向受力情况；索塔7布设2个应力应变及温度测试断面，监测塔横向受力情况；下横梁3和合龙段6跨中各布设1个断面，监测横梁受力情况。确保主塔封顶后，结构受力状态，满足设计及相关规范的要求。采取合理的控制措施，保证主塔施工过程中的稳定性和安全性，尤其是中塔柱4在施工过程中，保证塔柱外侧不出现受拉开裂。成桥后当收缩徐变完成时，斜拉索塔7端实际锚固点高程和下横梁3的高程在设计理论位置处。在主塔施工过程中应考虑塔端斜拉索锚固点高程和下横梁3顶支座垫石顶高程的预抬高。

[0094] 在对全桥施工全过程进行复核和施工阶段计算后，结合施工单位和制造单位反馈的相关资料，确定塔柱预抬量。预抬量确定考虑的因素主要有：基础沉降、基础弹性压缩、塔柱自重弹性压缩、混凝土收缩徐变引起的变形、成桥索力作用下的压缩量。

[0095] 在另一可选实施例中，下横梁3包括第一先浇段301和第二先浇段303，第一先浇段301为下横梁3主体，采用一次浇筑成型，第二先浇段303位于塔柱对应下横梁3的节段；

[0096] 首先在塔柱与下横梁3对应节段搭设下横梁3支架并预压，塔柱与下横梁3对应的节段为第4、5节，预压同时浇注第二先浇段303及其对应的塔柱节段；将横梁第二先浇段303与塔柱第4节段一体浇注；逐段浇筑塔柱，在预压完成后，并采用立模浇筑同步浇注第一先浇段301，养护下横梁3砼并达到设计要求的强度后，张拉下横梁3预应力束H1-H3，张拉下横梁3预应力束、安装预应力波纹管，并对两先浇段结合面进行凿毛；塔柱施工期间需严格控制后期与下横梁3结合面处钢筋接头连接形式、预应力波纹管精确定位及后续结合面凿毛质量；

[0097] 继续提升爬模13逐段浇筑塔柱混凝土直到塔柱施工到第二层横撑12对应节段后

(第11节段),安装第二层横撑12,第二层横撑12对顶后,将第一先浇段301和第二先浇段303之间的合龙浇筑段302进行浇注。

[0098] 在另一可选实施例中,合龙段6塔柱和合龙段6内腔室之间设有人孔10,所有通过人孔10的钢筋均进行截断处理,所截断钢筋在截断处做闭合处理;合龙段6浇注完成后,通过人孔10对合龙段6的底模进行拆除。塔柱的下塔柱2、下横梁3、合龙段6、连接段5等相互交界部一定范围内壁厚逐渐加厚,壁厚在交接10米范围内,塔柱壁厚从1m逐渐变至2.2m。中塔柱4、下塔柱2、塔顶为单箱单室断面,索塔7斜拉索锚固区为单箱三室断面。中塔柱4在桥面处塔柱内侧设有1.8m×1.0m进人孔10,电力管线从该处通过。下横梁3、塔柱顺桥向塔壁沿中心线布置直径10cm,竖向基本间距3m的通风孔,通风孔向下倾斜5度以避免雨水进入塔柱内。中塔柱4高采用四边型大倒角单箱单室截面,基本壁厚为1m,空心的塔柱和合龙段6能够在保证斜拉桥强度的同时,最大程度的降低混凝土用量,减少施工体量,加快施工效率。可以理解的是,以上描述仅为示例性的,本申请实施例对此并不进行限定。

[0099] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均在本发明待批权利要求保护范围之内。

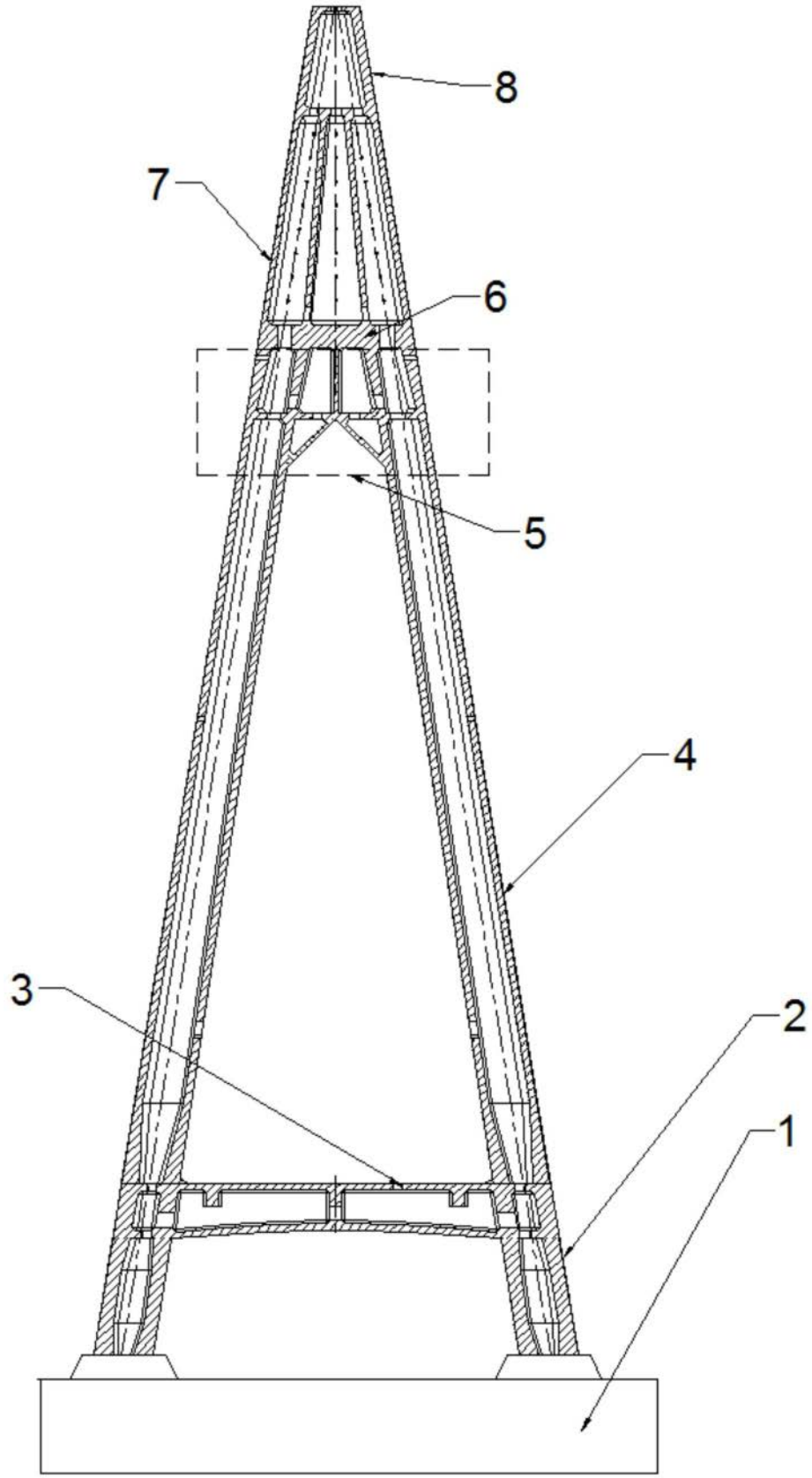


图1

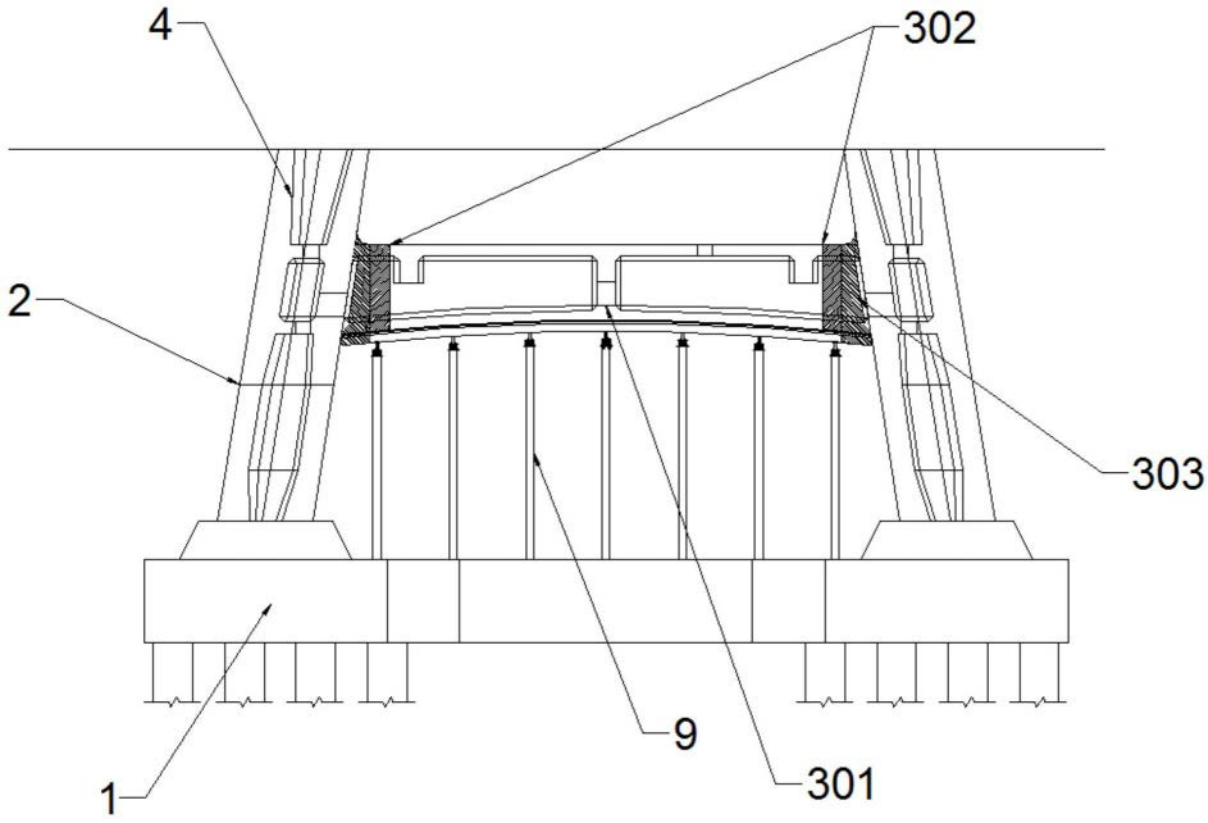


图2

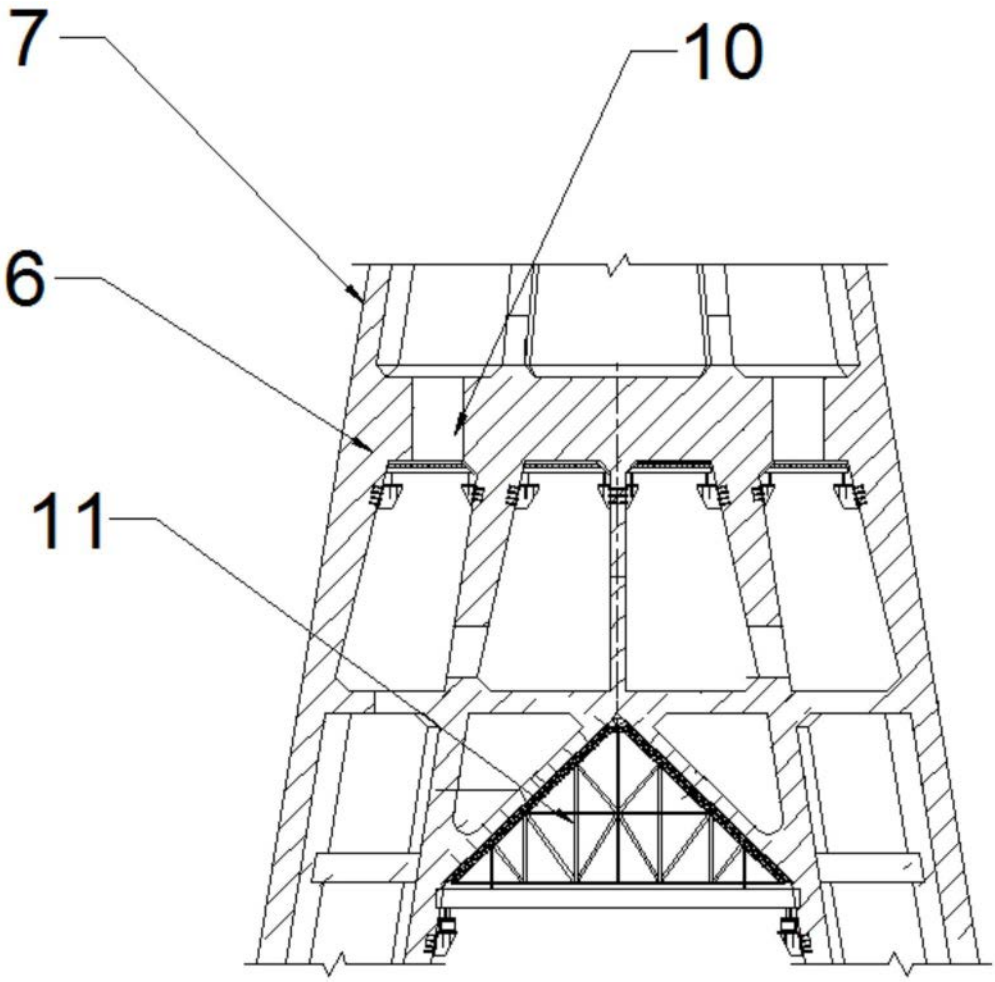


图3

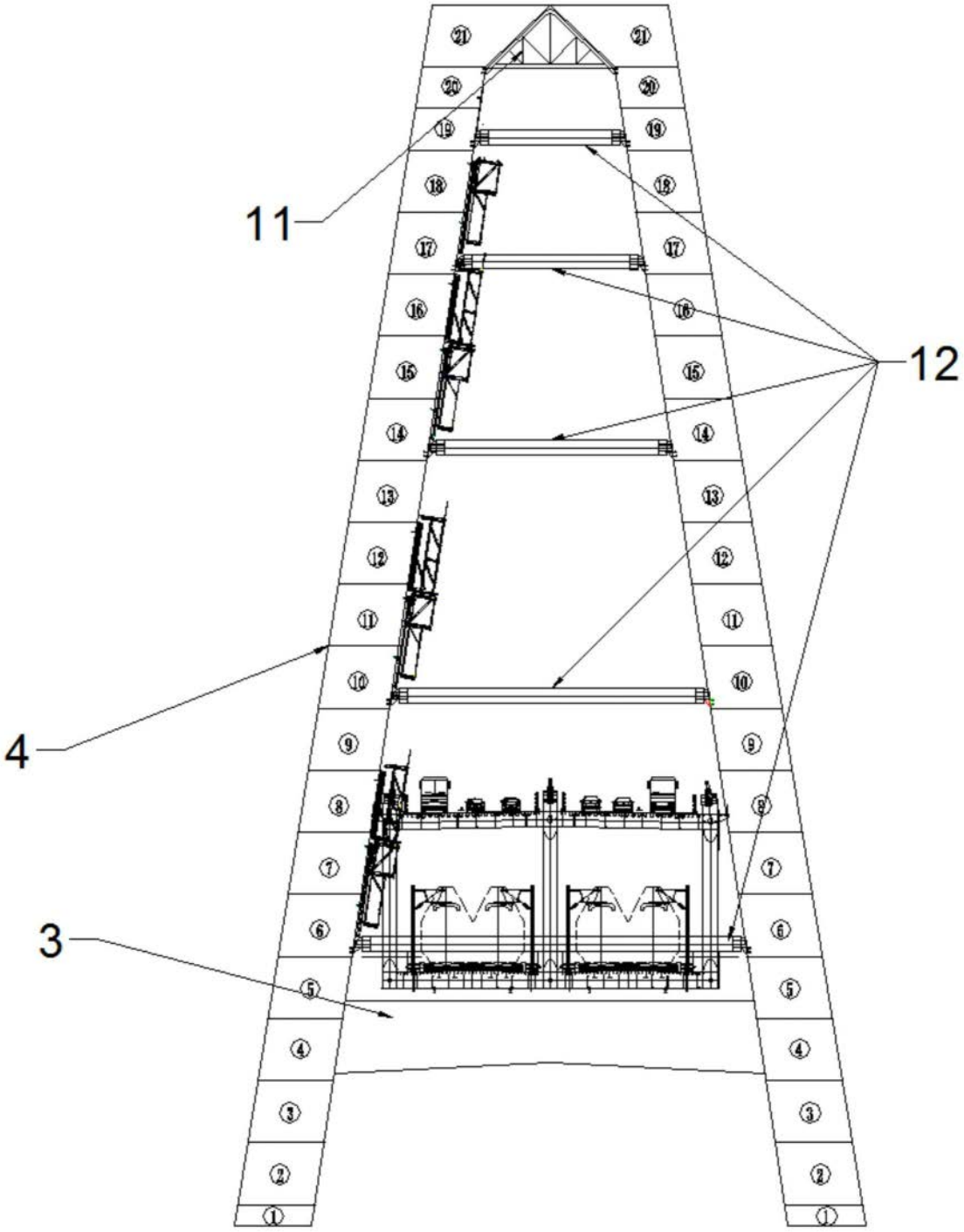


图4

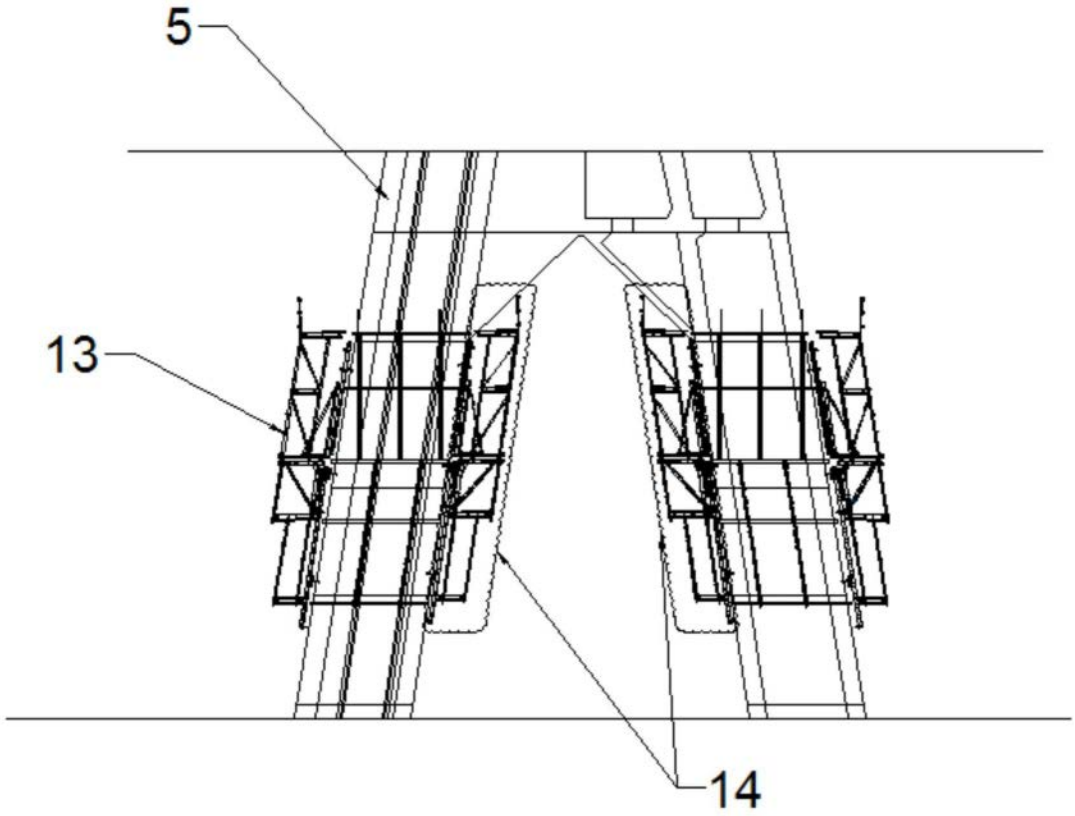


图5

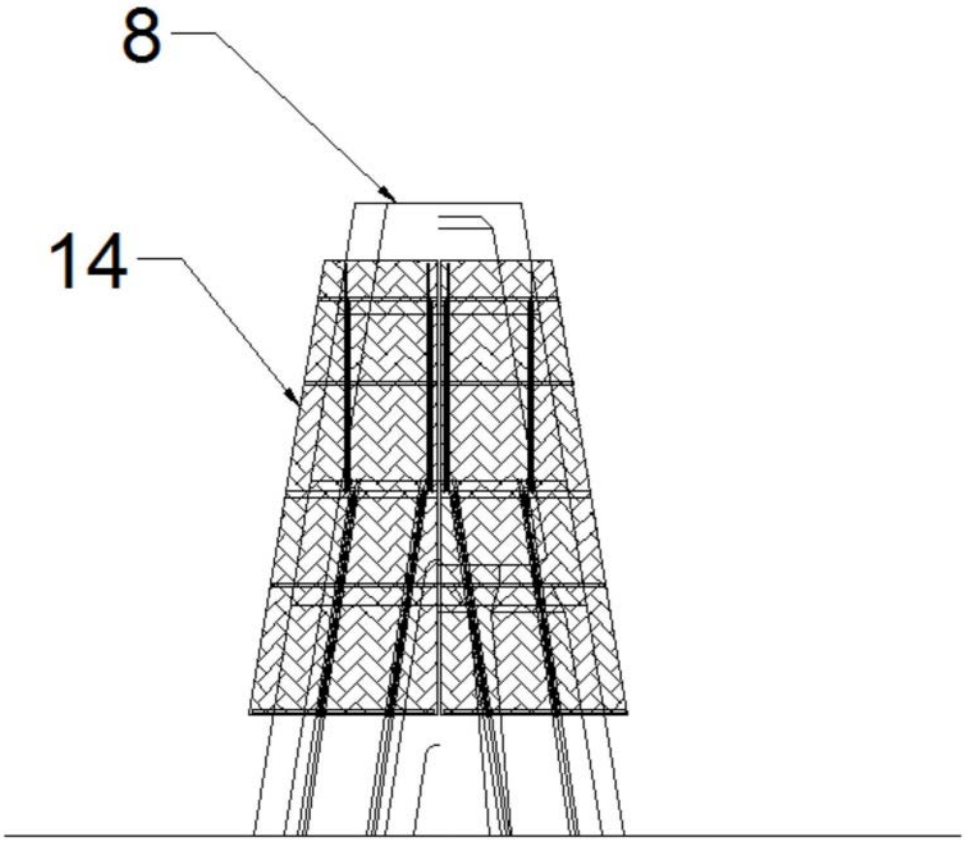


图6