



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114457667 A

(43) 申请公布日 2022. 05. 10

(21) 申请号 202111276145.0

E01D 2/04 (2006.01)

(22) 申请日 2021.10.29

E01D 19/02 (2006.01)

(71) 申请人 林同棧国际工程咨询(中国)有限公司

E01D 19/00 (2006.01)

E01D 101/28 (2006.01)

地址 401121 重庆市渝北区芙蓉路6号

(72) 发明人 赖亚平 陈晓虎 陈家勇 闫福成  
刘安双 乔云强 杨丁

(74) 专利代理机构 北京海虹嘉诚知识产权代理有限公司 11129

专利代理师 吕小琴

(51) Int. Cl.

E01D 4/00 (2006.01)

E01D 21/00 (2006.01)

E01D 21/06 (2006.01)

E01D 21/10 (2006.01)

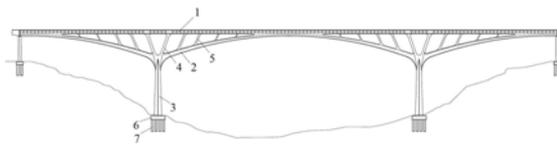
权利要求书3页 说明书11页 附图12页

## (54) 发明名称

大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥及其施工方法

## (57) 摘要

本发明公开一种大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,包括上弦箱梁(1)、下弦箱拱(2)和空心桥墩(3),所述上弦箱梁(1)和下弦箱拱(2)在空心桥墩(3)的正上方形成梁拱三角区,所述上弦箱梁(1)在梁拱三角区由设置于下弦箱拱(2)上的拱上立柱(5)和设置于空心桥墩(3)上与上弦梁(1)形成稳定三角框架结构的V形分支墩(4)支承,所述上弦箱梁包括预制NC顶板(111)、预制NC底板(121)和预制UHPC变截面直腹板(131),所述预制UHPC变截面直腹板(131)为腹板竖向两端板面面积大于中部板面面积设置;从结构体系、受力机理方面提高桥梁结构的承载效率,克服常规混凝土刚构桥通常出现的开裂及下挠问题,进一步拓展混凝土刚构桥的跨越能力。



1. 一种大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:包括上弦箱梁(1)、下弦箱拱(2)和空心桥墩(3),所述上弦箱梁(1)和下弦箱拱(2)在空心桥墩(3)的正上方形成梁拱三角区,所述上弦箱梁(1)在梁拱三角区由设置于下弦箱拱(2)上的拱上立柱(5)和设置于空心桥墩(3)上与上弦梁(1)形成稳定三角框架结构的V形分支墩(4)支承,所述上弦箱梁包括预制NC顶板(111)、预制NC底板(121)和预制UHPC变截面直腹板(131),所述预制UHPC变截面直腹板(131)为腹板竖向两端板面面积大于中部板面面积设置。

2. 根据权利要求1所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述下弦箱拱(2)、V形分支墩(4)、拱上立柱(5)沿空心桥墩(3)中心线对称布置,所述空心桥墩(3)为上小下大的变截面结构。

3. 根据权利要求2所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述拱上立柱(5)为埋置式型钢强劲骨架并插入梁拱结合段(13)和墩拱结合段(34)之中,所述下弦箱拱(2)为埋置式钢管混凝土强劲骨架并插入梁拱结合段(13)和墩拱结合段(34)之中,所述强劲骨架钢管外侧设置剪力钉。

4. 根据权利要求2所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述下弦箱拱(2)的埋置式钢管混凝土强劲骨架为桁架结构,包括预埋劲性骨架上弦钢管(201)、预埋劲性骨架下弦钢管(202)、预埋劲性骨架竖向腹杆(203)、预埋劲性骨架斜腹杆(204),所述预埋劲性骨架上弦钢管(201)和预埋劲性骨架下弦钢管(202)沿纵桥向两侧平行设置,沿纵桥向平行的预埋劲性骨架上弦钢管(201)和预埋劲性骨架下弦钢管(202)之间固定连接连接有预埋劲性骨架竖向腹杆(203)和预埋劲性骨架斜腹杆(204),沿横桥向的预埋劲性骨架上弦钢管(201)之间固定连接形成预埋劲性骨架上平联(205),沿横桥向的预埋劲性骨架下弦钢管(202)之间固定连接形成预埋劲性骨架下平联(206),所述预埋劲性骨架上平联(205)和预埋劲性骨架下平联(206)之间连接有预埋劲性骨架横联(208)。

5. 根据权利要求1所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述预制UHPC变截面直腹板(131)为竖向两端板面分别向中部逐渐减小呈沙漏形结构。

6. 根据权利要求5所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述预制UHPC变截面直腹板(131)内预埋有腹板竖向预应力钢筋(135)并沿主拉应力方向设置有斜向预应力钢筋(136),所述预制NC顶板(111)预埋有顶板接头钢筋(118),所述预制NC底板(121)预埋有底板接头钢筋(127),所述腹板竖向预应力钢筋(135)的两端均设置有腹板连接接头(107),所述顶板接头钢筋(118)和底板接头钢筋(127)分别与腹板竖向预应力钢筋(135)竖向搭接并通过腹板连接接头(107)横向固定连接。

7. 根据权利要求6所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述预制UHPC变截面直腹板(131)顶缘和底缘中央设置有腹板预埋开孔钢板(133),所述腹板预埋开孔钢板(133)上的开孔采用腹板剪力键预埋钢管(134)横穿并焊接牢固,腹板预埋开孔钢板(133)的开孔和腹板预埋钢管(134)的钢管中均贯穿设置有剪力键钢筋(108,109)。

8. 根据权利要求7所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述预制UHPC变截面直腹板(131)板面相对两侧沿纵桥向的中央设置腹板加强竖肋(132),所述预制NC顶板(111)底缘沿纵桥向的中央设置顶板加强横肋(112),所述预制NC底板(121)顶缘沿纵桥向的中央设置底板加强横肋(122),所述顶板加强横肋(112)、底板加强横肋(122)、腹板加强竖肋(132)之间对应设置。

9. 根据权利要求8所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,其特征在于:所述预制NC顶板(111)之间和预制NC底板(121)之间拼装后现浇UHPC分别形成顶板连接带(106)和底板连接带(105),所述腹板预埋开孔钢板(133)沿纵桥向的两端均设置拼接板(137),通过高强度螺栓(138)将拼接板(137)连接成整体并埋置于底板连接带(105)和顶板连接带(106)之间,所述NC预制顶板(111)和预制NC底板(121)内均设置纵向预应力钢束波纹管,预应力钢束贯穿纵向预应力钢束波纹管并通过钢束锚具(114)张拉锚固。

10. 根据权利要求1所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的施工方法,其特征在于:包括以下步骤:

步骤a、施工桩基础(7)和承台(6);

步骤b、爬模施工空心桥墩(3),墩拱结合段(34)通过下弦拱墩拱结合段现浇托架(801)和下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统(802)施工;

步骤c、采用支架辅助V形分支墩(4)现场浇筑施工,安装下弦箱拱(2)强劲骨架节段,利用下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)对称、同步悬臂现场浇筑施工下弦箱拱(2)节段混凝土。待下弦箱拱(2)首个悬浇节段混凝土达到强度后,前移下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)至下一个悬浇节段;

步骤d、在V形分支墩(4)墩顶安装墩顶段上弦梁节段,待下弦箱拱(2)第3个悬浇节段混凝土达到强度后,张拉首对下弦拱临时扣索(805);

步骤e、待V形分支墩(4)墩顶上方的墩顶段上弦梁节段安装完成后,对称、同步安装上弦梁标准节段,直至V形分支墩(4)之间的上弦梁连通;

步骤f、继续对称、同步施工上弦梁标准节段和下弦箱拱(2)悬浇节段,下弦拱临时扣索(805)滞后下弦箱拱(2)悬浇节段1个节段进行挂索和张拉;

步骤g、当下弦箱拱(2)悬浇节段和上弦梁标准节段施工至拱上立柱(5)处时,安装拱上立柱(5),浇筑梁柱结合段(15)和下弦拱与拱上立柱结合段(25)的UHPC现浇接头;

步骤h、重复步骤f~步骤g逐节段施工上弦箱梁(1)、下弦箱拱(2)和拱上立柱(5)直至上弦箱梁(1)与下弦箱拱(2)汇合。安装锁定楔形块,将上弦箱梁(1)与下弦箱拱(2)和锁定楔形块紧密结合,提前形成稳定的三角形受力结构;

步骤i、完成梁拱结合段(13)的施工,对称、同步向两侧施工常规梁段(12);

步骤j、利用边跨支架先合龙边跨,再利用下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)合龙中跨,张拉常规梁段底板纵向预应力钢束(303)和常规梁段腹板纵向预应力钢束(304);

步骤k、拆除下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)、对称拆除下弦拱临时扣索(805)和下弦拱墩拱结合段现浇托架(801)和下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统(802),完成大桥主体结构施工。

11. 根据权利要求10所述的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的施工方法,其特征在于:所述上弦箱梁(1)施工方法包括以下步骤:

步骤①、在V形分支墩(4)墩顶安装墩顶段NC预制底板板块单元(102);

步骤②、安装墩顶段UHPC预制实心腹板板块单元(104),安装NC预制底板与墩顶段UHPC预制实心腹板剪力键贯穿钢筋,灌注UHPC现浇连接接头;

步骤③、安装墩顶段NC预制顶板板块单元(101),安装NC预制顶板与墩顶段UHPC预制实心腹板剪力键贯穿钢筋,灌注UHPC现浇连接接头;

步骤④、采用临时吊架安装常规梁段NC预制底板板块单元(102)并临时固定；

步骤⑤、安装标准段UHPC沙漏形预制腹板板块单元(103)，安装与已完成节段相连接的高强度螺栓连接接头拼接板(137)，施拧紧固高强度螺栓(138)，安装常规梁段NC预制底板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋(109)，灌注UHPC现浇连接接头，浇筑UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头(107)；

步骤⑥、采用临时吊架安装常规梁段NC预制顶板板块单元(101)并临时固定；安装常规梁段NC预制顶板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋(108)，灌注UHPC现浇连接接头，浇筑UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头(107)；

步骤⑦、浇筑与已完成安装节段之间的UHPC现浇底板连接带(105)，UHPC现浇顶板连接带(106)；待UHPC现浇带养护达到设计强度以后，安装纵向预应力钢束锚具(114)并张拉顶板纵向预应力钢束(113)，然后进行预应力灌浆封锚，前移吊架；

步骤⑧、采用对称悬臂拼装法重复步骤④～步骤⑦逐节段安装常规预制节段，直制全桥合拢，张拉顶板、底板预应力合拢钢束。

## 大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥及其施工方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁工程领域,具体涉及一种大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥及其施工方法。

### 背景技术

[0002] 上承式钢筋混凝土拱桥是一种有推力的桥梁结构体系,凭借造价经济、造型优美、跨越能力大等优势而得到广泛应用。大跨径上承式钢筋混凝土拱桥主要适用于山区或者山地城市建设环境,其产生的巨大推力需要比较坚硬完整、抗压强度较高的岩石作为拱脚基础的持力层,当桥位地质情况较差时,往往无法采用大跨度有推力拱桥。传统的预应力混凝土连续刚构桥也是一种适用于山区或者山地城市建设环境的主要桥型,但该桥型往往适用于主跨跨度不超过200m的情况。当预应力混凝土连续刚构桥向更大跨径发展时,因自重过大,混凝土强度将基本被其自重消耗殆尽,在服役中非常容易出现跨中下挠及主梁开裂等缺陷,从而限制了这种桥型跨越能力的发展。

[0003] 由于传统的上承式钢筋混凝土拱桥、预应力混凝土连续刚构桥这类单一结构体系在力学性能方面存在一定的局限性,因此向更大跨径发展的前景就受到限制。相较于传统单一的桥梁结构体系,组合结构体系可以充分发挥各自的优点。当前,我国正在大力推广预制装配式桥梁和组合结构桥梁。相对于现浇混凝土箱梁,预制装配式箱梁和组合结构箱梁具有施工质量和绿色建造效益显著提升、有效降低施工风险和施工对交通及环境的不利影响、提高生产效率等优势。传统装配式预制节段预应力混凝土箱梁施工精度要求高,预制工期相对较长、对存梁和运梁要求高,无论采用架桥机整孔节段拼装或悬臂法节段拼装,对现场施工设备的要求都很高。传统混凝土箱梁采用由于普通混凝土自身抗拉、抗剪强度低,存在腹板易开裂、自重大等缺点。针对该问题,可以通过使用波型钢腹板混凝土箱梁和钢桁腹混凝土组合梁来解决传统混凝土箱梁的弊端,但同时也存在后期维护工作量大、钢混连接节点应力集中、受力复杂等问题。超高性能混凝土(Ultra-High Performance Concrete,简称UHPC),是一种是根据最大堆积密度原理(减小孔隙率和大孔)和低水胶比制备形成的高致密水泥基复合工程材料,具有高强度、高弹模、高耐久性、高韧性、高密实度、低徐变等突出优点。诸多工程实践表明:UHPC能够在保证同等强度和耐久性的条件下能显著减小构件尺寸、减轻结构自重、增大跨越能力。

[0004] 在桥梁工程中,UHPC虽然已经被广泛的应用于组合桥面铺装结构以及旧桥加固等诸多方面,但从当前的使用情况来看,制约UHPC桥梁结构发展的主要因素之一是其高昂的造价和较高的自收缩特性。在桥梁结构工程技术领域中,如果将主体结构材料全部采用UHPC会很经济,并且由于桥梁结构需要满足强度、刚度、稳定性等多个性能目标,其超高的力学性能也无法被全部利用,使得UHPC材料具有的优点会被闲置浪费。

### 发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥及

其施工方法,从结构体系、受力机理方面提高桥梁结构的承载效率,克服刚构桥通常出现的开裂及下挠问题,进一步拓展混凝土刚构桥的跨越能力。通过将NC-UHPC材料进行组合使用,充分利用NC抗压强度高、价格便宜的优点,充分发挥UHPC高强度、高弹模、高耐久性、高韧性、高密实度、低徐变等突出优点,具有结构受力性能优异、性价比高、施工吊装重量轻、施工工期短、养护方便、节能环保等优点。

[0006] 本发明的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,包括上弦箱梁(1)、下弦箱拱(2)和空心桥墩(3),所述上弦箱梁(1)和下弦箱拱(2)在空心桥墩(3)的正上方形成梁拱三角区,所述上弦箱梁(1)在梁拱三角区由设置于下弦箱拱(2)上的拱上立柱(5)和设置于空心桥墩(3)上与上弦梁(1)形成稳定三角框架结构的V形分支墩(4)支承,所述上弦箱梁包括预制NC顶板(111)、预制NC底板(121)和预制UHPC变截面直腹板(131),所述预制UHPC变截面直腹板(131)为腹板竖向两端板面面积大于中部板面面积设置;

[0007] 进一步,所述下弦箱拱(2)、V形分支墩(4)、拱上立柱(5)沿空心桥墩(3)中心线对称布置,所述空心桥墩(3)为上小下大的变截面结构;

[0008] 进一步,所述拱上立柱(5)为埋置式型钢强劲骨架并插入梁拱结合段(13)和墩拱结合段(34)之中,所述下弦箱拱(2)为埋置式钢管混凝土强劲骨架并插入梁拱结合段(13)和墩拱结合段(34)之中,所述强劲骨架钢管外侧设置剪力钉;

[0009] 进一步,所述下弦箱拱(2)的埋置式钢管混凝土强劲骨架为桁架结构,包括预埋劲性骨架上弦钢管(201)、预埋劲性骨架下弦钢管(202)、预埋劲性骨架竖向腹杆(203)、预埋劲性骨架斜腹杆(204),所述预埋劲性骨架上弦钢管(201)和预埋劲性骨架下弦钢管(202)沿纵桥向两侧平行设置,沿纵桥向平行的预埋劲性骨架上弦钢管(201)和预埋劲性骨架下弦钢管(202)之间固定连接预埋劲性骨架竖向腹杆(203)和预埋劲性骨架斜腹杆(204),沿横桥向的预埋劲性骨架上弦钢管(201)之间固定连接形成预埋劲性骨架上平联(205),沿横桥向的预埋劲性骨架下弦钢管(202)之间固定连接形成预埋劲性骨架下平联(206),所述预埋劲性骨架上平联(205)和预埋劲性骨架下平联(206)之间连接有预埋劲性骨架横联(208);

[0010] 进一步,所述预制UHPC变截面直腹板(131)为竖向两端板面分别向中部逐渐减小呈沙漏形结构;

[0011] 进一步,所述预制UHPC变截面直腹板(131)内预埋有腹板竖向预应力钢筋(135)并沿主拉应力方向设置有斜向预应力钢筋(136),所述预制NC顶板(111)预埋有顶板接头钢筋(118),所述预制NC底板(121)预埋有底板接头钢筋(127),所述腹板竖向预应力钢筋(135)的两端均设置有腹板连接接头(107),所述顶板接头钢筋(118)和底板接头钢筋(127)分别与腹板竖向预应力钢筋(135)竖向搭接并通过腹板连接接头(107)横向固定连接;

[0012] 进一步,所述预制UHPC变截面直腹板(131)顶缘和底缘中央设置有腹板预埋开孔钢板(133),所述腹板预埋开孔钢板(133)上的开孔采用腹板剪力键预埋钢管(134)横穿并焊接牢固,腹板预埋开孔钢板(133)的开孔和腹板预埋钢管(134)的钢管中均贯穿设置有剪力键钢筋(108,109);

[0013] 进一步,所述预制UHPC变截面直腹板(131)板面相对两侧沿纵桥向的中央设置腹板加强竖肋(132),所述预制NC顶板(111)底缘沿纵桥向的中央设置顶板加强横肋(112),所述预制NC底板(121)顶缘沿纵桥向的中央设置底板加强横肋(122),所述顶板加强横肋

(112)、底板加强横肋(122)、腹板加强竖肋(132)之间对应设置;

[0014] 进一步,所述预制NC顶板(111)之间和预制NC底板(121)之间拼装后现浇UHPC分别形成顶板连接带(106)和底板连接带(105),所述腹板预埋开孔钢板(133)沿纵桥向的两端均设置拼接板(137),通过高强度螺栓(138)将拼接板(137)连接成整体并埋置于底板连接带(105)和顶板连接带(106)之间,所述NC预制顶板(111)和预制NC底板(121)内均设置纵向预应力钢束波纹管,预应力钢束贯穿纵向预应力钢束波纹管并通过钢束锚具(114)张拉锚固。

[0015] 本发明还公开一种大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的施工方法,包括以下步骤:

[0016] 步骤a、施工桩基础(7)和承台(6);

[0017] 步骤b、爬模施工空心桥墩(3),墩拱结合段(34)通过下弦拱墩拱结合段现浇托架(801)和下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统(802)施工;

[0018] 步骤c、采用支架辅助V形分支墩(4)现场浇筑施工,安装下弦箱拱(2)强劲骨架节段,利用下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)对称、同步悬臂现场浇筑施工下弦箱拱(2)节段混凝土。待下弦箱拱(2)首个悬浇节段混凝土达到强度后,前移下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)至下一个悬浇节段;

[0019] 步骤d、在V形分支墩(4)墩顶安装墩顶段上弦梁节段,待下弦箱拱(2)第3个悬浇节段混凝土达到强度后,张拉首对下弦拱临时扣索(805);

[0020] 步骤e、待V形分支墩(4)墩顶上方的墩顶段上弦梁节段安装完成后,对称、同步安装上弦梁标准节段,直至V形分支墩(4)之间的上弦梁连通;

[0021] 步骤f、继续对称、同步施工上弦梁标准节段和下弦箱拱(2)悬浇节段,下弦拱临时扣索(805)滞后下弦箱拱(2)悬浇节段1个节段进行挂索和张拉;

[0022] 步骤g、当下弦箱拱(2)悬浇节段和上弦梁标准节段施工至拱上立柱(5)处时,安装拱上立柱(5),浇筑梁柱结合段(15)和下弦拱与拱上立柱结合段(25)的UHPC现浇接头;

[0023] 步骤h、重复步骤f~步骤g逐节段施工上弦箱梁(1)、下弦箱拱(2)和拱上立柱(5)直至上弦箱梁(1)与下弦箱拱(2)汇合。安装锁定楔形块,将上弦箱梁(1)与下弦箱拱(2)和锁定楔形块紧密结合,提前形成稳定的三角形受力结构;

[0024] 步骤i、完成梁拱结合段(13)的施工,对称、同步向两侧施工常规梁段(12);

[0025] 步骤j、利用边跨支架先合龙边跨,再利用下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)合龙中跨,张拉常规梁段底板纵向预应力钢束(303)和常规梁段腹板纵向预应力钢束(304);

[0026] 步骤k、拆除下弦拱倒三角悬浇挂篮(804)、对称拆除下弦拱临时扣索(805)和下弦拱墩拱结合段现浇托架(801)和下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统(802),完成大桥主体结构施工;

[0027] 进一步,所述上弦箱梁(1)施工方法包括以下步骤:

[0028] 步骤①、在V形分支墩(4)墩顶安装墩顶段NC预制底板板块单元(102);

[0029] 步骤②、安装墩顶段UHPC预制实心腹板板块单元(104),安装NC预制底板与墩顶段UHPC预制实心腹板剪力键贯穿钢筋,灌注UHPC现浇连接接头;

[0030] 步骤③、安装墩顶段NC预制顶板板块单元(101),安装NC预制顶板与墩顶段UHPC预制实心腹板剪力键贯穿钢筋,灌注UHPC现浇连接接头;

- [0031] 步骤④、采用临时吊架安装常规梁段NC预制底板板块单元(102)并临时固定；
- [0032] 步骤⑤、安装标准段UHPC沙漏形预制腹板板块单元(103)，安装与已完成节段相连接的高强度螺栓连接接头拼接板(137)，施拧紧固高强度螺栓(138)，安装常规梁段NC预制底板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋(109)，灌注UHPC现浇连接接头，浇筑UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头(107)；
- [0033] 步骤⑥、采用临时吊架安装常规梁段NC预制顶板板块单元(101)并临时固定；安装常规梁段NC预制顶板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋(108)，灌注UHPC现浇连接接头，浇筑UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头(107)；
- [0034] 步骤⑦、浇筑与已完成安装节段之间的UHPC现浇底板连接带(105)，UHPC现浇顶板连接带(106)；待UHPC现浇带养护达到设计强度以后，安装纵向预应力钢束锚具(114)并张拉顶板纵向预应力钢束(113)，然后进行预应力灌浆封锚，前移吊架；
- [0035] 步骤⑧、采用对称悬臂拼装法重复步骤④～步骤⑦逐节段安装常规预制节段，直制全桥合拢，张拉顶板、底板预应力合拢钢束。
- [0036] 本发明的有益效果是：本发明公开的，大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥及其施工方法，从结构体系、受力机理方面提高桥梁结构的承载效率，克服刚构桥通常出现的开裂及下挠问题，进一步拓展混凝土刚构桥的跨越能力。通过将NC-UHPC材料进行组合使用，充分利用NC抗压强度高、价格便宜的优点，充分发挥UHPC高强度、高弹模、高耐久性、高韧性、高密实度、低徐变等突出优点，具有结构受力性能优异、性价比高、施工吊装重量轻、施工工期短、养护方便、节能环保等优点。

## 附图说明

- [0037] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步描述：
- [0038] 图1为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的立面布置图；
- [0039] 图2为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的横断面布置图；
- [0040] 图3为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的三维轴视透视图；
- [0041] 图4为本发明实施例的上承式梁拱组合刚构桥的结构体系示意图；
- [0042] 图5为本发明实施例的上承式梁拱组合刚构桥的结构体系受力机理示意图；
- [0043] 图6为本发明实施例的开孔腹板主梁受力机理示意图；
- [0044] 图7为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥墩顶梁段的三维轴视透视图；
- [0045] 图8为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的上弦梁典型横断面图；
- [0046] 图9为图8中A处的局部放大图；
- [0047] 图10为图8中B处的局部放大图；
- [0048] 图11为本发明实施例的开孔腹板上弦梁典型节段三维分解结构示意图；
- [0049] 图12为本发明实施例的开孔腹板上弦梁典型节段预制顶板三维结构示意图；
- [0050] 图13为本发明实施例的开孔腹板上弦梁典型节段预制底板三维结构示意图；
- [0051] 图14为本发明实施例的开孔腹板上弦梁典型节段预制腹板的立面和横断面布置图；
- [0052] 图15为本发明实施例的开孔腹板上弦梁典型节段预制腹板的三维分解结构示意图；

图；

[0053] 图16为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的下弦拱立面布置图；

[0054] 图17为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的下弦拱横断面布置图；

[0055] 图18为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的常规梁段典型横断面布置图；

[0056] 图19为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的梁拱结合段三维结构示意图；

[0057] 图20为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的施工方法步骤示意图；

[0058] 图21为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的三角区施工方法示意图；

[0059] 图22为本发明实施例的上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的墩顶上弦梁段和典型节段施工方法步骤示意图。

[0060] 其中,上述附图包括以下附图标记:1—上弦箱梁,2—下弦箱拱,3—桥墩,4—V形分支墩,5—拱上立柱,6—承台,7—桩基础,12—常规梁段,13—梁拱结合段,14—墩梁结合段,15—梁柱结合段,25—下弦拱与拱上立柱结合段,34—墩拱结合段,101—NC预制顶板板块单元,102—NC预制底板板块单元,103—UHPC沙漏形预制腹板板块单元,104—墩顶段UHPC预制实心腹板板块单元,105—UHPC现浇底板连接带,106—UHPC现浇顶板连接带,107—UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头,108—NC预制顶板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋,109—NC预制底板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋,111—NC预制顶板,112—NC预制顶板加强横肋,113—纵向预应力钢束,114—纵向预应力钢束锚具,115—NC预制顶板剪力键预埋开孔钢板,116—NC预制顶板剪力键预埋钢管,117—NC预制顶板剪力键预埋贯穿钢筋,118—NC预制顶板与加强竖肋连接接头预埋钢筋接头,119—NC预制顶板纵向钢筋,121—NC预制底板,122—NC预制底板加强横肋,123—底板纵向预应力钢束,124—NC预制底板剪力键预埋开孔钢板,125—NC预制底板剪力键预埋钢管,126—NC预制底板剪力键预埋贯穿钢筋,127—NC预制底板与加强竖肋连接接头预埋钢筋接头,128—NC预制底板纵向钢筋,131—UHPC沙漏形预制腹板,132—UHPC沙漏形预制腹板加强竖肋,133—预制腹板预埋开孔钢板,134—预制腹板剪力键预埋钢管,135—UHPC沙漏形预制腹板加强竖肋竖向预应力钢筋,136—UHPC沙漏形预制腹板沿主拉应力方向的斜向预应力钢筋,137—高强度螺栓连接接头拼接板,138—高强度螺栓,201—预埋劲性骨架上弦钢管,202—预埋劲性骨架下弦钢管,203—预埋劲性骨架竖向腹杆,204—预埋劲性骨架斜腹杆,205—预埋劲性骨架上平联,206—预埋劲性骨架下平联,207—预埋劲性骨架节点板,208—预埋劲性骨架横联,209—预埋劲性骨架横联节点板,210—预埋劲性骨架横联节点板,211—预埋劲性骨架钢管内灌注混凝土,212—劲性骨架外包混凝土,301—常规梁段底板,302—常规梁段腹板,303—常规梁段底板纵向预应力钢束,304—常规梁段腹板纵向预应力钢束,305—常规梁段腹板横联,306—常规梁段腹板横联UHPC现浇连接接头,801—下弦拱墩拱结合段现浇托架,802—下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统,803—上弦梁NC预制板施工吊架,804—下弦拱倒三角悬浇挂篮,805—下弦拱临时扣索,806—下弦拱临时扣索转索鞍。

## 具体实施方式

[0061] 本实施例的大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥,包括上弦箱梁1、下弦箱拱2和空心桥墩3,所述上弦箱梁1和下弦箱拱2在空心桥墩3的正上方形成梁拱三角区,所述上弦箱梁1在梁拱三角区由设置于下弦箱拱2上的拱上立柱5和设置于空心桥墩3上与上弦梁1形成稳定三角框架结构的V形分支墩4支承,所述上弦箱梁包括预制NC顶板111、预制NC底板121和预制UHPC变截面直腹板131,所述预制UHPC变截面直腹板131为腹板竖向两端板面面积大于中部板面面积设置;上弦箱梁1和下弦箱拱2汇合相交形成梁拱结合段13,位于边跨的梁拱结合段13与上弦梁端部之间和位于中跨的梁拱结合段13之间为常规梁段12;所述上弦箱梁1和V形分支墩4之间设置墩梁结合段14,上弦箱梁1和拱上立柱5之间设置梁柱结合段15,下弦箱拱2和拱上立柱5之间设置下弦拱与拱上立柱结合段25,所述空心桥墩3顶与V形分支墩4底相交汇合处与边跨和中跨的下弦拱拱脚相交,形成墩拱结合段34,所述上弦箱梁1、下弦箱拱2、空心桥墩3、V形分支墩4、拱上立柱5两两固结,共同组成梁拱组合连续刚构体系。边跨梁端底缘设有纵向活动支座。所述下弦箱拱2、空心桥墩3、V形分支墩4、拱上立柱5承受压力,由设置于上弦箱梁1顶、底板中的纵向预应力钢束113抵抗和平衡下弦箱拱2产生的水平推力,形成“无推力-自平衡”的受力体系,位于边跨的梁拱结合段13与上弦梁端部之间和位于中跨的梁拱结合段13之间为常规梁段12以受弯为主,构成梁拱结合受力体系。

[0062] 上弦箱梁1由墩顶节段和常规节段构成,其中墩顶节段由预制NC顶板板块单元101、预制NC底板板块单元102和墩顶段预制UHPC实心变截面直腹板板块单元104构成;常规节段由预制NC顶板板块单元101、预制NC底板板块单元102和预制UHPC变截面直腹板板块单元103构成。预制NC顶板板块单元101由预制NC顶板111构成,预制NC底板板块单元102由预制NC底板121构成,UHPC实心变截面直腹板板块单元104由预制UHPC变截面直腹板131构成,只是墩顶段的预制UHPC变截面直腹板131相较于常规段更厚实。预制UHPC变截面直腹板板块单元103由预制UHPC变截面直腹板131构成。NC预制顶板板块单元101和NC预制底板板块单元102内均设置纵向预应力钢束波纹管,通过纵向预应力钢束连接,并在节段端部设置纵向预应力钢束锚具114进行张拉锚固并提供预压应力,以抵消下弦箱拱2产生在水平推力,以及结构自重和车辆荷载等对梁体截面产生的拉应力。箱梁采用直腹板单箱单室或者单箱多室结构,等梁高,腹板高度保持不变,在所述墩顶节段设置横隔梁,墩顶节段梁底与桥墩采用固结连接或者设置支座。预制NC顶板板块单元101,预制NC底板板块单元102,UHPC预制变截面直腹板板块单元103,墩顶段预制UHPC实心变截面直腹板板块单元104均采用工厂标准化预制。预制UHPC变截面直腹板131的顶缘和底缘与预制NC顶板111和预制NC底板121顺桥向长度相同,在腹板中央处收至最窄,可视为沿腹板高度方向渐变的变截面构件,该箱梁的受力机理类似于双沃伦桁架结构。由于腹板采用UHPC,充分利用其高强度力学性能,使板厚得以减薄,同时通过对腹板进行开孔挖空,显著减轻结构自重,有效缩减下部结构桥墩截面积和基础工程数量。传统的预制箱梁节段体积大、重量重,本发明将预制箱梁节段化整为零,拆解为NC顶板、NC底板和UHPC腹板分别、分开预制,省去了预制节段箱梁的内模和支撑系统,实现预制构件的轻量化、小型化,避免超限运输,有效减轻现场吊装重量。主梁采用UHPC预制开孔腹板是在工厂制作的高质量构件,UHPC中使用高强度钢纤维,使其具有高抗拉强度和延性,无需再配置钢筋,因此不会发生盐害和混凝土碳化导致的钢筋腐蚀,具有高耐久性,进一步提高结构的免维护性能。由于预制UHPC变截面直腹板131的特殊结

构,因此腹板与腹板之间形成的挖空开孔能提供良好的采光,使得主梁内部空间光线明亮,方便检查、管护。腹板之间形成的挖空开孔可让箱梁内外保证良好的通风效果,有效降低箱梁内外温差产生的温度梯度次应力对箱梁结构的不利影响。其中,梁结合段14、梁柱结合段15、下弦拱与拱上立柱结合段25均采用UHPC作为连接节点的现浇接头材料。

[0063] 本实施例中,所述下弦箱拱2、V形分支墩4、拱上立柱5沿空心桥墩3中心线对称布置,所述空心桥墩3为上小下大的变截面结构;梁拱结合段13、墩梁结合段14、梁柱结合段15、下弦拱与拱上立柱结合段25、墩拱结合段34过渡区域均设置圆弧形倒角,所述拱上立柱5在立面上平行于V形分支墩4布置。所述常规梁段12、梁拱结合段梁底缘线形与下弦箱拱2底缘线形一致,立面呈拱形。主墩在拱墩结合段以下部分为变截面空心墩,具有较大抗弯刚度以抵抗边跨和中跨下弦拱在可变荷载作用下的不平衡推力。拱墩结合段以上部分为双肢V型墩,与上弦梁形成稳定的三角框架结构,不仅有效削减了上弦梁的负弯矩和剪力,相对于单肢桥墩,其墩顶纵桥向位移刚度更小,可以更好的适应上部结构由于上弦梁体内的纵向预应力效应、温度变化和混凝土收缩徐变等作用在桥墩墩顶产生的位移,减小因墩顶位移对桥墩底部产生的弯矩,从而改善桥墩基础的受力,减小基础规模。

[0064] 本实施例中,所述拱上立柱5为埋置式型钢强劲骨架并插入梁拱结合段13和墩拱结合段34之中,所述下弦箱拱2为埋置式钢管混凝土强劲骨架并插入梁拱结合段13和墩拱结合段34之中,所述强劲骨架钢管外侧设置剪力钉;型钢强劲骨架和外包钢筋混凝土与共同形成SRC结构,拱上立柱5采用工厂预制。现场施工时通过在强劲骨架钢管内灌注高性能混凝土,同时在强劲骨架外侧搭设模板分段分层浇筑外包混凝土,在其凝固受力后,强劲骨架中的钢管内灌注混凝土和外包钢筋混凝土与钢管共同形成SRC结构。

[0065] 本实施例中,所述下弦箱拱2的埋置式钢管混凝土强劲骨架为桁架结构,包括预埋劲性骨架上弦钢管201、预埋劲性骨架下弦钢管202、预埋劲性骨架竖向腹杆203、预埋劲性骨架斜腹杆204,所述预埋劲性骨架上弦钢管201和预埋劲性骨架下弦钢管202沿纵桥向两侧平行设置,沿纵桥向平行的预埋劲性骨架上弦钢管201和预埋劲性骨架下弦钢管202之间固定连接预埋劲性骨架竖向腹杆203和预埋劲性骨架斜腹杆204,沿横桥向的预埋劲性骨架上弦钢管201之间固定连接形成预埋劲性骨架上平联205,沿横桥向的预埋劲性骨架下弦钢管202之间固定连接形成预埋劲性骨架下平联206,所述预埋劲性骨架上平联205和预埋劲性骨架下平联206之间连接预埋劲性骨架横联208;下弦拱采用埋置式钢管混凝土强劲骨架,可起到支架兼模板的作用,具有安装重量轻、自架设能力强的优点。通过在钢管内灌注高性能混凝土,同时在强劲骨架外侧搭设模板分段分层浇筑外包混凝土,在其凝固受力后,强劲骨架中的钢管内灌注混凝土和外包钢筋混凝土与钢管共同形成SRC结构,共同发挥结构承载能力,而下弦拱在混凝土凝固成形后,劲性骨架被混凝土填充和包裹,增强了劲性骨架的压屈稳定性,显著提高了拱桥的刚度、强度和抗震延性。相比采用单纯的钢筋混凝土箱拱结构,下弦拱采用钢管内灌注混凝土强劲骨架+外包钢筋混凝土组合结构,有效减小了壁厚和截面面积,降低了混凝土材料用量和结构自重。

[0066] 本实施例中,所述预制UHPC变截面直腹板131为竖向两端板面分别向中部逐渐减小呈沙漏形结构;腹板与腹板之间形成的挖空开孔能提供良好的采光,使得主梁内部空间光线明亮,方便检查、管护。腹板之间形成的挖空开孔可让箱梁内外保证良好的通风效果,有效降低箱梁内外温差产生的温度梯度次应力对箱梁结构的不利影响。常规梁段的预制

UHPC变截面直腹板31使用抗压强度不低于80MPa的高强度纤维增强混凝土,无需在腹板内配置普通钢筋。预制NC顶板111和顶板连接带106组成的箱梁顶板作为桥面荷载的承载结构,与预制NC底板121和底板连接带105共同承受主梁产生的拉力和压力荷载作用,预制UHPC变截面直腹板131可视为沿腹板高度方向渐变的变截面构件,该箱梁的受力机理类似于双沃伦桁架结构。

[0067] 本实施例中,所述预制UHPC变截面直腹板131内预埋有腹板竖向预应力钢筋135并沿主拉应力方向设置有斜向预应力钢筋136,所述预制NC顶板111预埋有顶板接头钢筋118,所述预制NC底板121预埋有底板接头钢筋127,所述腹板竖向预应力钢筋135的两端均设置有腹板连接接头107,所述顶板接头钢筋118和底板接头钢筋127分别与腹板竖向预应力钢筋135竖向搭接并通过腹板连接接头107横向固定连接;通过腹板加强竖肋连接接头107连接形成整体,以保证预制NC顶板111、预制NC底板121和预制UHPC变截面直腹板131的横向抗刚度和箱梁的抗扭刚度。

[0068] 本实施例中,所述预制UHPC变截面直腹板131顶缘和底缘中央设置有腹板预埋开孔钢板133,所述腹板预埋开孔钢板133上的开孔采用腹板剪力键预埋钢管134横穿并焊接牢固,腹板预埋开孔钢板133的开孔和腹板预埋钢管134的钢管中均贯穿设置有剪力键钢筋(108,109);先将张拉的预应力筋临时锚固在台座上,然后浇筑UHPC,待UHPC养护达到不低于设计强度值的90%,保证预应力钢筋与UHPC有足够的粘结时,放松预应力钢筋,借助于UHPC与预应力钢筋的粘结锚固,对沙漏形UHPC预制腹板施加预应力。上述的预应力钢筋的配置数量以恒载作用下不产生拉应力,最不利设计荷载组合作用下不产生裂缝为准。常规梁段的预制UHPC变截面直腹板131顶缘和底缘中央设置预制腹板预埋开孔钢板133,预埋于沙漏形UHPC预制腹板131内的开孔采用腹板剪力键预埋钢管134横穿并焊接牢固,预制腹板预埋开孔钢板133的每个圆孔中央和腹板剪力键预埋钢管134的每根钢管中央均设置NC预制顶板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋108或NC预制底板与UHPC沙漏形预制腹板的剪力键贯穿钢筋109

[0069] 本实施例中,所述预制UHPC变截面直腹板131板面相对两侧沿纵桥向的中央设置腹板加强竖肋132,所述预制NC顶板111底缘沿纵桥向的中央设置顶板加强横肋112,所述预制NC底板121顶缘沿纵桥向的中央设置底板加强横肋122,所述顶板加强横肋112、底板加强横肋122、腹板加强竖肋132之间对应设置;顶板加强横肋112、底板加强横肋122与腹板加强竖肋132的位置相互对齐,厚度相等。

[0070] 本实施例中,所述预制NC顶板111之间和预制NC底板121之间拼装后现浇UHPC分别形成顶板连接带106和底板连接带105,所述腹板预埋开孔钢板133沿纵桥向的两端均设置拼接板137,通过高强度螺栓138将拼接板137连接成整体并埋置于底板连接带105和顶板连接带106之间,所述NC预制顶板111和预制NC底板121内均设置纵向预应力钢束波纹管,预应力钢束贯穿纵向预应力钢束波纹管并通过钢束锚具114张拉锚固;通过高强度螺栓138将拼接板137连接成整体并埋置于底板连接带105和顶板连接带106之间;各节段之间的预制NC顶板板块单元1采用UHPC现浇顶板连接带106连接;NC预制底板板块单元102采用UHPC现浇底板连接带105连接。顶板连接带106和底板连接带105都是预制NC底板121、预制NC顶板111拼装后的接缝处现浇UHPC形成。上述的NC-UHPC组合装配式预应力混凝土箱梁中的预制NC顶板板块单元101和预制NC底板板块单元102内均设置纵向预应力钢束波纹管,通过

纵向预应力钢束连接,并在节段端部设置纵向预应力钢束锚具114进行张拉锚固并提供预压应力,以抵消自重和车辆荷载等对梁体截面产生的拉应力。

[0071] 本实施例还公开一种大跨度上承式开孔腹板梁拱组合刚构桥的施工方法,包括以下步骤:

[0072] 步骤a、施工桩基础7和承台6;

[0073] 步骤b、爬模施工空心桥墩3,墩拱结合段34通过下弦拱墩拱结合段现浇托架801和下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统802施工;

[0074] 步骤c、采用支架辅助V形分支墩4现场浇筑施工,安装下弦箱拱2强劲骨架节段,利用下弦拱倒三角悬浇挂篮804对称、同步悬臂现场浇筑施工下弦箱拱2节段混凝土。待下弦箱拱2首个悬浇节段混凝土达到强度后,前移下弦拱倒三角悬浇挂篮804至下一个悬浇节段;

[0075] 步骤d、在V形分支墩4墩顶安装墩顶段上弦梁节段,待下弦箱拱2第3个悬浇节段混凝土达到强度后,张拉首对下弦拱临时扣索805;

[0076] 步骤e、待V形分支墩4墩顶上方的墩顶段上弦梁节段安装完成后,对称、同步安装上弦梁标准节段,直至V形分支墩4之间的上弦梁连通;

[0077] 步骤f、继续对称、同步施工上弦梁标准节段和下弦箱拱2悬浇节段,下弦拱临时扣索805滞后下弦箱拱2悬浇节段1个节段进行挂索和张拉;

[0078] 步骤g、当下弦箱拱2悬浇节段和上弦梁标准节段施工至拱上立柱5处时,安装拱上立柱5,浇筑梁柱结合段15和下弦拱与拱上立柱结合段25的UHPC现浇接头;

[0079] 步骤h、重复步骤f~步骤g逐节段施工上弦箱梁1、下弦箱拱2和拱上立柱5直至上弦箱梁1与下弦箱拱2汇合。安装锁定楔形块,将上弦箱梁1与下弦箱拱2和锁定楔形块紧密结合,提前形成稳定的三角形受力结构;

[0080] 步骤i、完成梁拱结合段13的施工,对称、同步向两侧施工常规梁段12;

[0081] 步骤j、利用边跨支架先合龙边跨,再利用下弦拱倒三角悬浇挂篮804合龙中跨,张拉常规梁段底板纵向预应力钢束303和常规梁段腹板纵向预应力钢束304;

[0082] 步骤k、拆除下弦拱倒三角悬浇挂篮804、对称拆除下弦拱临时扣索805和下弦拱墩拱结合段现浇托架801和下弦拱墩拱结合段现浇托架弧形段模板支撑系统802,完成大桥主体结构施工。本实施例中,所述空心桥墩3,墩拱结合段(34)、V形分支墩4采用现场浇筑施工。所述下弦箱拱2利用V形分支墩4支撑下弦拱临时扣索805辅助施工阶段的悬臂受力,采用对称、同步安装强劲骨架和现场浇筑施工。所述上弦箱梁1采用对称、同步悬臂拼装施工。所述拱上立柱5对称同步安装。

[0083] 本实施例中,所述上弦箱梁1施工方法包括以下步骤:

[0084] 步骤①、在V形分支墩4墩顶安装墩顶段NC预制底板板块单元102;

[0085] 步骤②、安装墩顶段UHPC预制实心腹板板块单元104,安装NC预制底板与墩顶段UHPC预制实心腹板剪力键贯穿钢筋,灌注UHPC现浇连接接头;

[0086] 步骤③、安装墩顶段NC预制顶板板块单元101,安装NC预制顶板与墩顶段UHPC预制实心腹板剪力键贯穿钢筋,灌注UHPC现浇连接接头;

[0087] 步骤④、采用临时吊架安装常规梁段NC预制底板板块单元102并临时固定;

[0088] 步骤⑤、安装标准段UHPC沙漏形预制腹板板块单元103,安装与已完成节段相连接

的高强度螺栓连接接头拼接板137,施拧紧固高强度螺栓138,安装常规梁段NC预制底板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋109,灌注UHPC现浇连接接头,浇筑UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头107;

[0089] 步骤⑥、采用临时吊架安装常规梁段NC预制顶板板块单元101并临时固定;安装常规梁段NC预制顶板与UHPC沙漏形预制腹板剪力键贯穿钢筋108,灌注UHPC现浇连接接头,浇筑UHPC现浇预制腹板加强竖肋连接接头107;

[0090] 步骤⑦、浇筑与已完成安装节段之间的UHPC现浇底板连接带105,UHPC现浇顶板连接带106;待UHPC现浇带养护达到设计强度以后,安装纵向预应力钢束锚具114并张拉顶板纵向预应力钢束113,然后进行预应力灌浆封锚,前移吊架;

[0091] 步骤⑧、采用对称悬臂拼装法重复步骤④~步骤⑦逐节段安装常规预制节段,直制全桥合拢,张拉顶板、底板预应力合拢钢束。本实施例中,预埋于NC预制顶板剪力键预埋钢管116、NC预制底板剪力键预埋钢管125和预制腹板剪力键预埋钢管134兼做为剪力键的抗剪销和剪力键的圆形开孔的内模板。填充灌注NC预制顶板板块单元101、NC预制顶板板块单元102和UHPC沙漏形预制腹板板块单元103或墩顶段UHPC预制实心腹板板块单元104之间间隙的现浇UHPC采用长度不大于15mm短钢纤维以保证其流动性,通过预埋于NC预制顶板剪力键预埋钢管116、NC预制底板剪力键预埋钢管125灌压进入这些间隙之间,保证缝隙被UHPC灌满填实。

[0092] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0093] (1) 将上承式拱和刚构桥结构体系进行组合,充分利用了拱、梁结构的力学特征优点,充分发挥组合结构体系的优点,提高了混凝土连续刚构的结构刚度及跨越能力。尤其是适用于山区或者山地城市桥梁建设环境,特别是地质情况较差,无法采用大跨度有推力拱桥,但矮塔斜拉桥、梁拱组合刚构桥、连续刚构又跨度又不能满足的桥位。

[0094] (2) 主墩在拱墩结合段以下部分为变截面空心墩,具有较大抗弯刚度以抵抗边跨和中跨下弦拱在可变荷载作用下的不平衡推力。拱墩结合段以上部分为双肢V型墩,与上弦梁形成稳定的三角框架结构,不仅有效削减了上弦梁的负弯矩和剪力,相对于单肢桥墩,其墩顶纵向桥向位移刚度更小,可以更好的适应上部结构由于上弦梁体内的纵向预应力效应、温度变化和混凝土收缩徐变等作用在桥墩墩顶产生的位移,减小因墩顶位移对桥墩底部产生的弯矩,从而改善桥墩基础的受力,减小基础规模。

[0095] (3) 下弦拱采用埋置式钢管混凝土强劲骨架,可起到支架兼模板的作用,具有安装重量轻、自架设能力强的优点。通过在钢管内灌注高性能混凝土,同时在强劲骨架外侧搭设模板分段分层浇筑外包混凝土,在其凝固受力后,强劲骨架中的钢管内灌注混凝土和外包钢筋混凝土与钢管共同形成SRC结构,共同发挥结构承载能力,而下弦拱在混凝土凝固成形后,劲性骨架被混凝土填充和包裹,增强了劲性骨架的压屈稳定性,显著提高了拱桥的刚度、强度和抗震延性。相比采用单纯的钢筋混凝土箱拱结构,下弦拱采用钢管内灌混凝土强劲骨架+外包钢筋混凝土组合结构,有效减小了壁厚和截面面积,降低了混凝土材料用量和结构自重。

[0096] (4) 上弦梁和常规梁段中的NC预制顶板、NC预制底板、UHPC预制腹板均在工厂提前预制、现场安装,UHPC现浇湿接带凝固时间短,大幅缩短箱梁的架设工期。

[0097] (5) 上弦梁和常规梁段中的NC预制顶板、NC预制底板、UHPC预制腹板均可采用定型

模板进行标准化预制,桥梁竖曲线、预拱等均可以利用各节段之间的UHPC现浇湿接带来调整适应。

[0098] (6) 缩减下部结构和基础的工程量。由于上弦梁和常规梁段中的腹板采用UHPC,充分利用其高强度力学性能,使板厚得以减薄,同时通过对腹板进行开孔挖空,显著减轻结构自重,有效缩减下部结构桥墩截面积和基础工程数量。

[0099] (7) 传统的预制箱梁节段体积大、重量重,本发明将预制箱梁节段化整为零,拆解为NC顶板、NC底板和UHPC腹板分别、分开预制,省去了预制节段箱梁的内模和支撑系统,实现预制构件的轻量化、小型化,避免超限运输,有效减轻现场吊装重量。

[0100] (8) 将UHPC材料用于连接节点构件的现浇接头,材料用量少,构造简单,缩短工期,增强连接段强度,克服了预制构件的连接节点受力薄弱的缺点。保证湿接缝连接不再是预制装配结构的薄弱环节。

[0101] (9) 节能减排、低碳环保。由于上、下部结构使用材料数量大幅度减少,与同规模的NC箱梁桥相比,建设期间的CO<sub>2</sub>排放量减少。

[0102] (10) 提高免维护性能。上弦梁和常规梁段中的采用UHPC预制开孔腹板是在工厂预制的高质量构件,UHPC中使用高强度钢纤维,使其具有高抗拉强度和延性,无需再配置钢筋,因此不会发生盐害和混凝土碳化导致的钢筋腐蚀,具有高耐久性,进一步提高结构的免维护性能。

[0103] (11) 上弦梁和常规梁段中腹板上的挖空开孔提供良好的采光,使得主梁内部空间光线明亮,方便检查、管护。

[0104] (12) 上弦梁和常规梁段中的开孔腹板上的挖空开孔可让箱梁内外保证良好的通风效果,有效降低箱梁内外温差产生的温度梯度次应力对箱梁结构的不利影响。

[0105] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

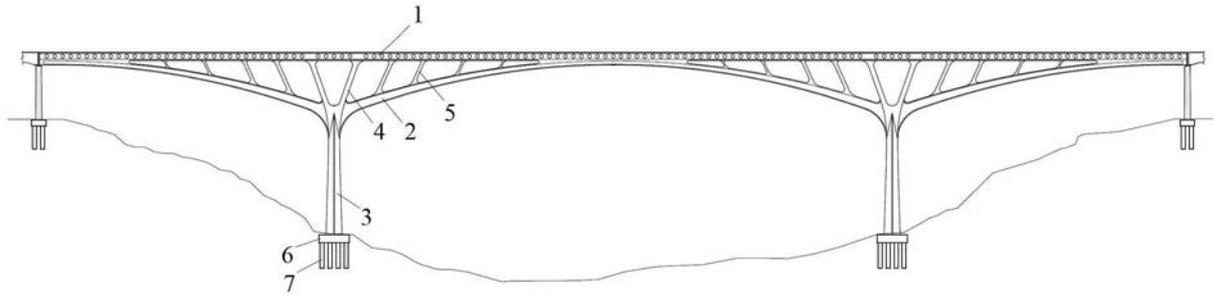


图1

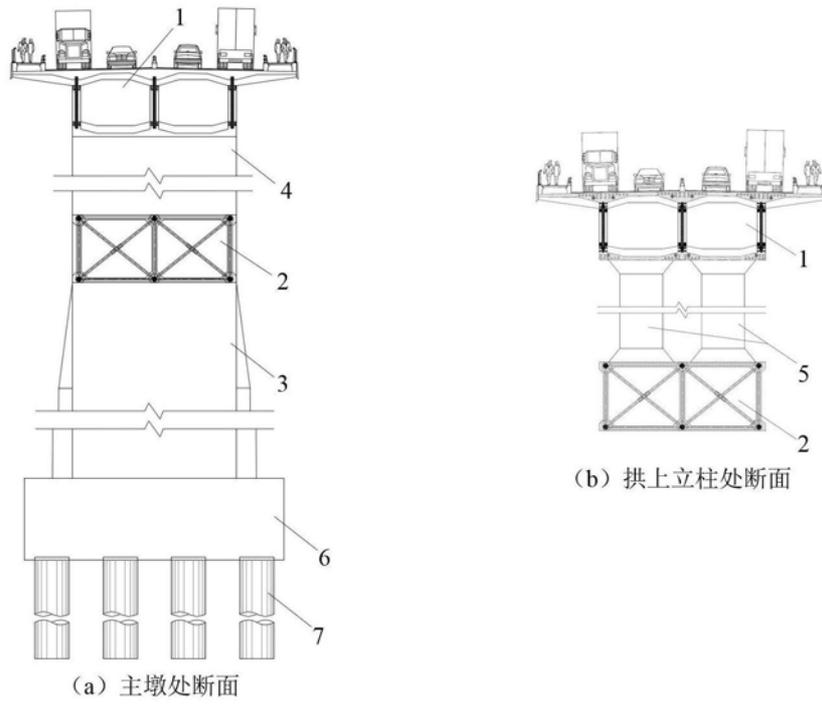


图2

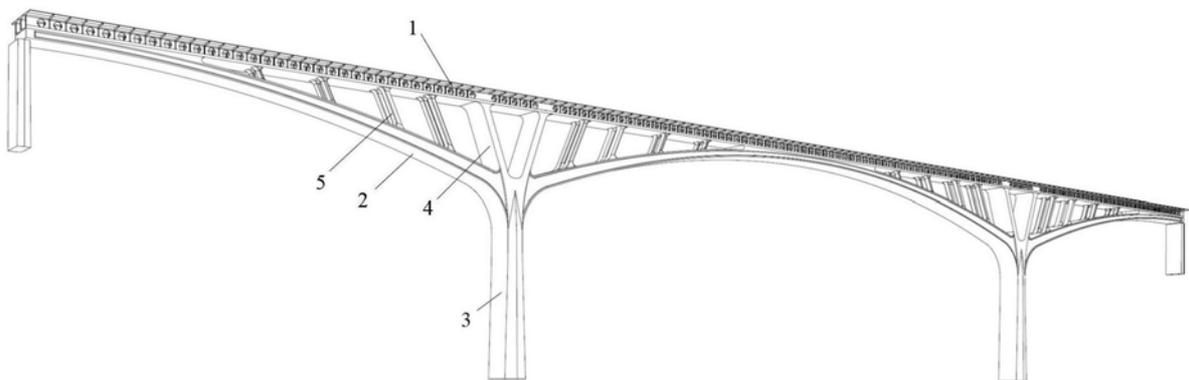


图3

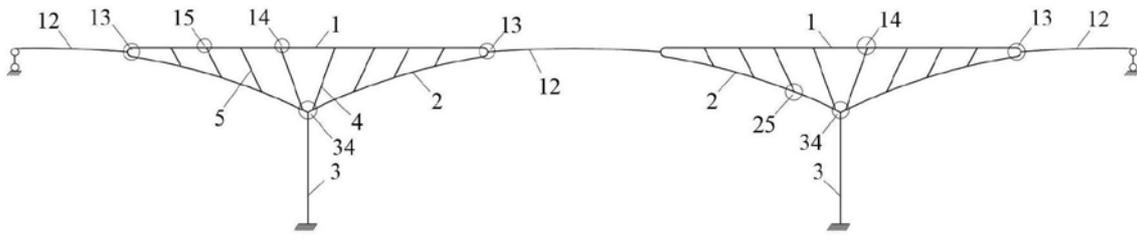


图4

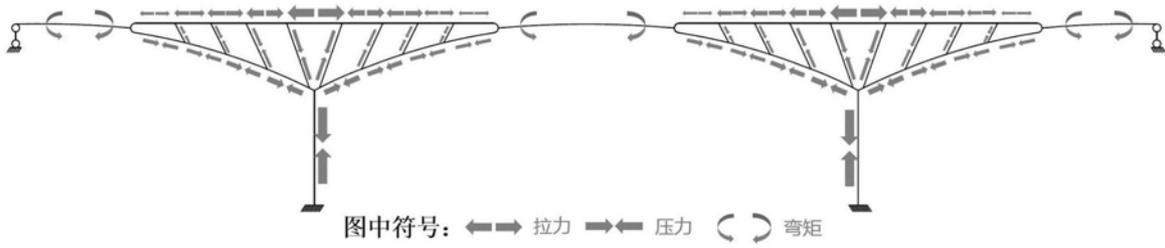


图5

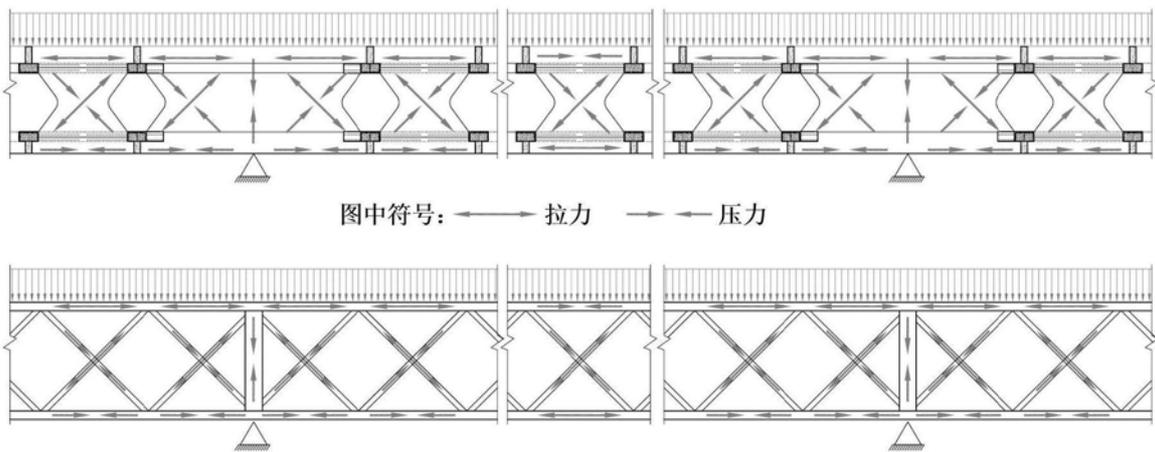


图6

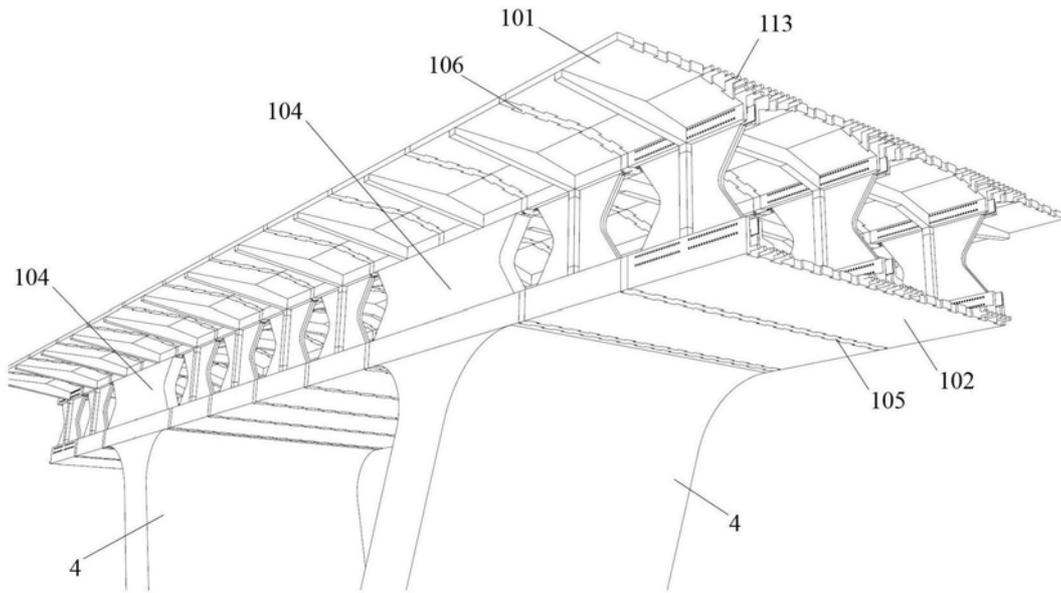


图7

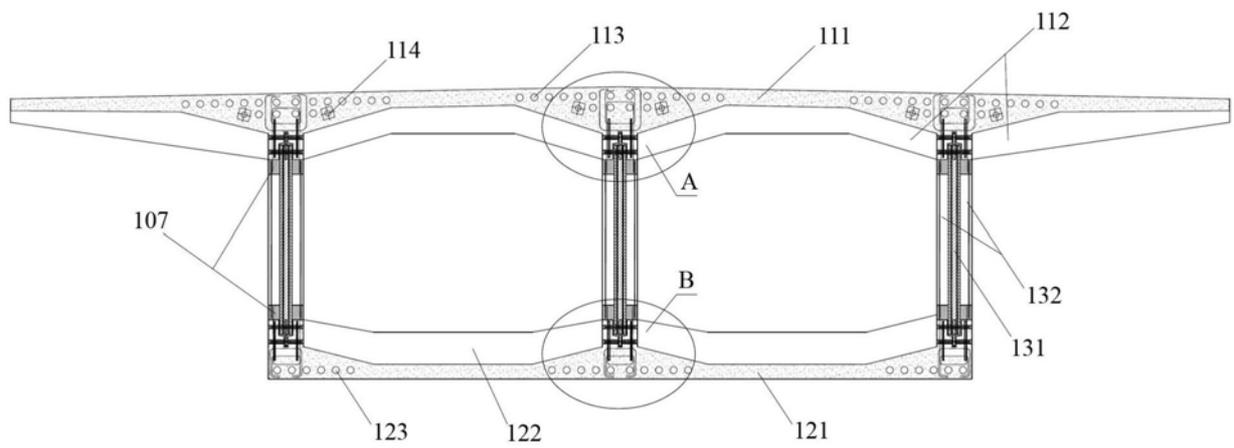


图8

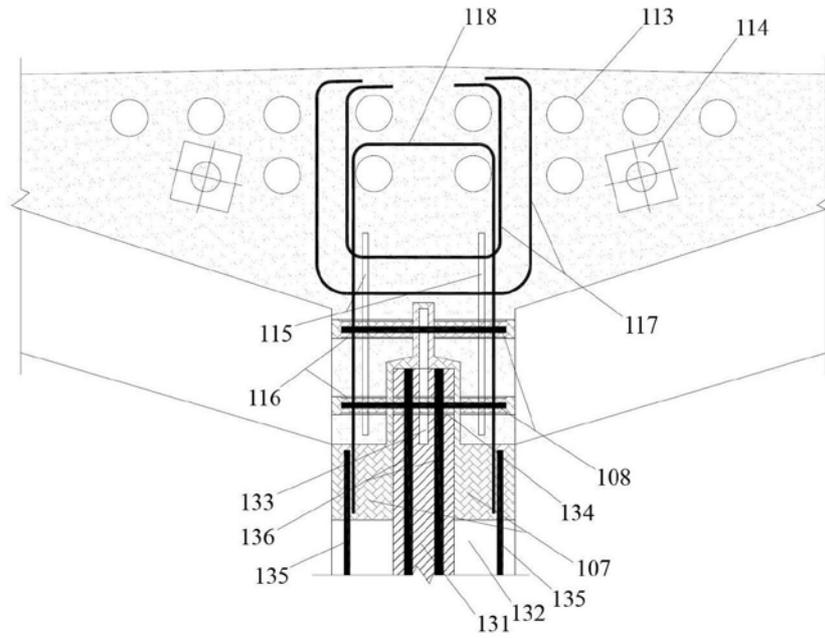


图9

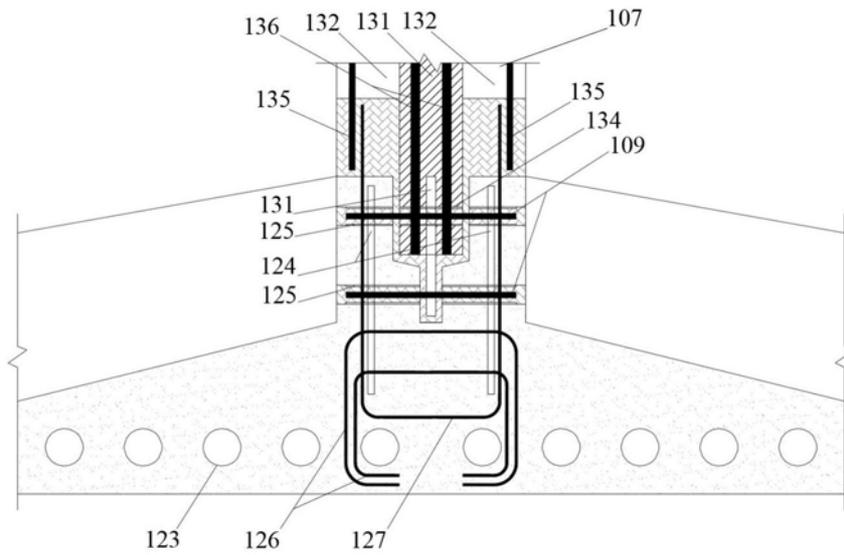


图10

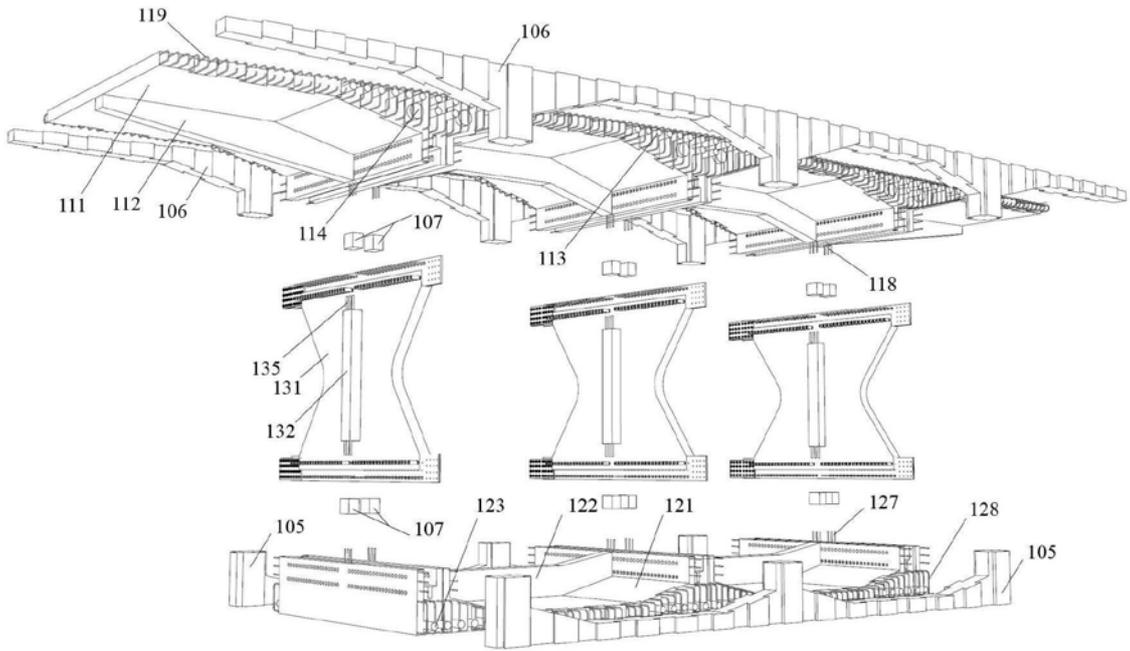


图11

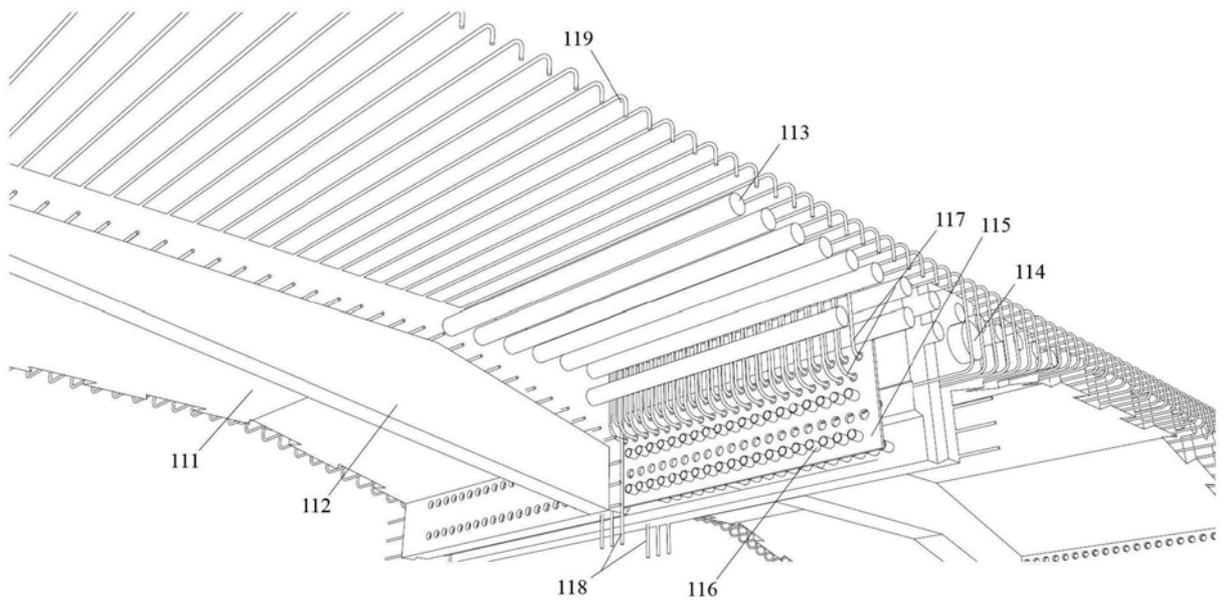


图12

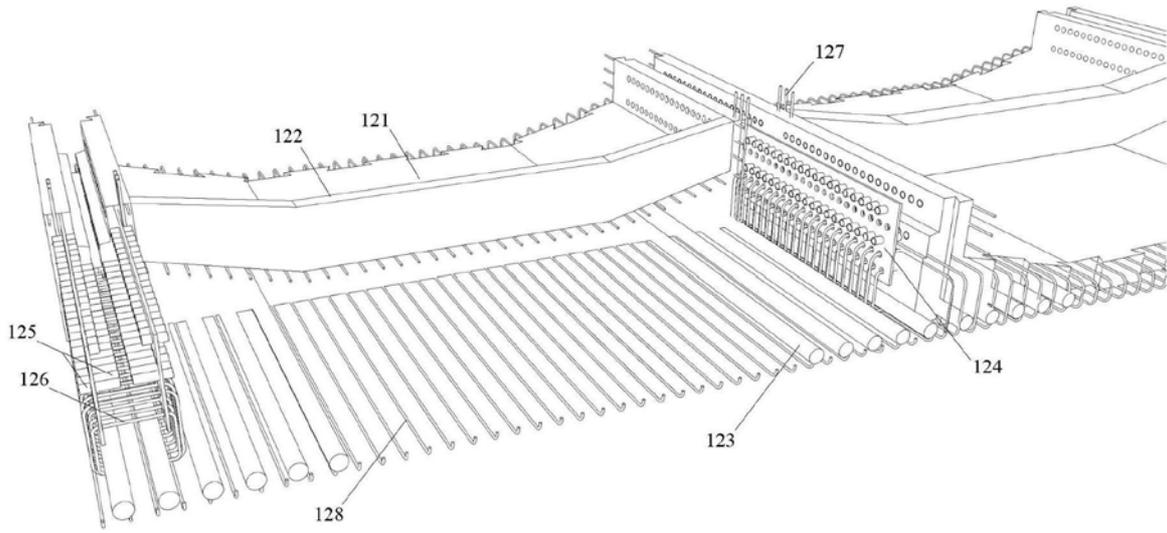


图13

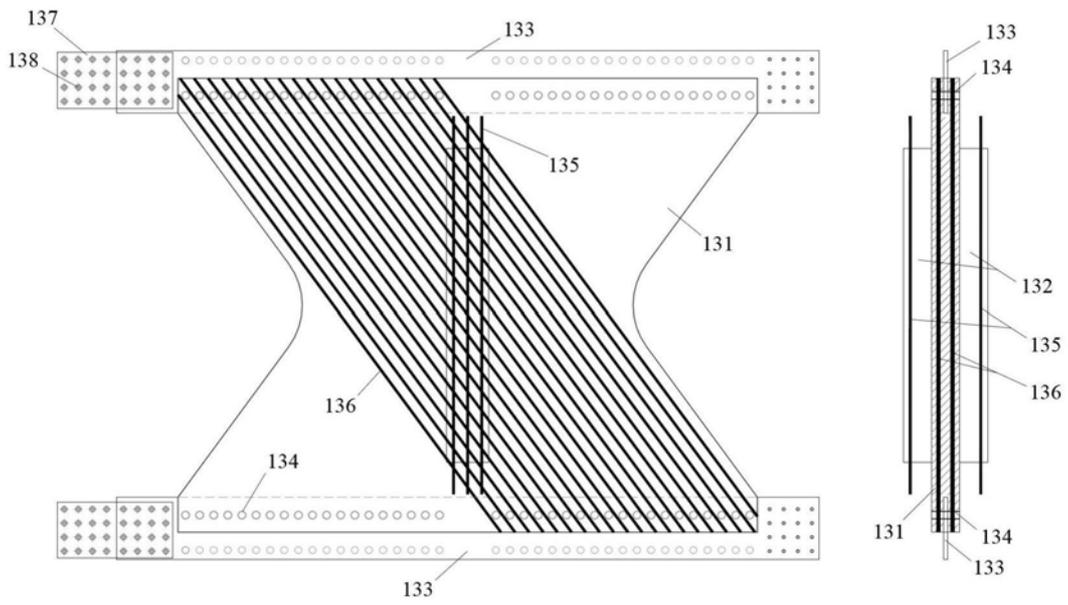


图14

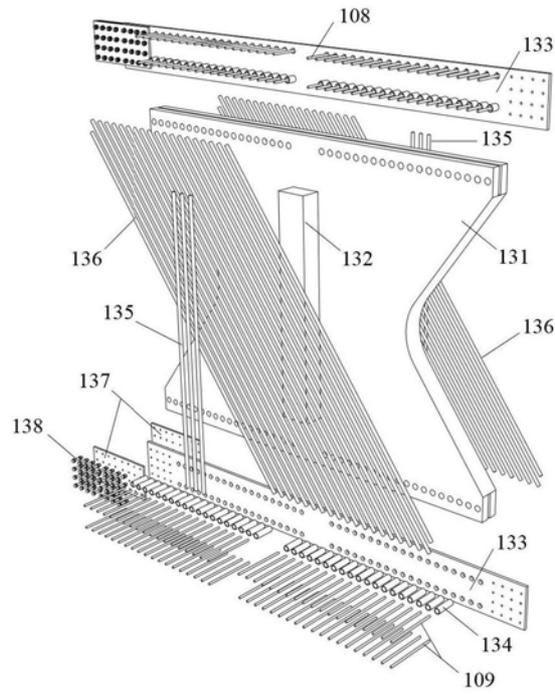


图15

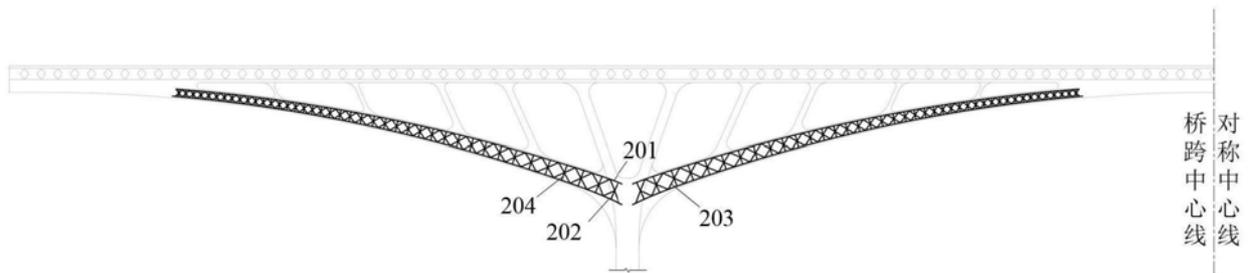


图16

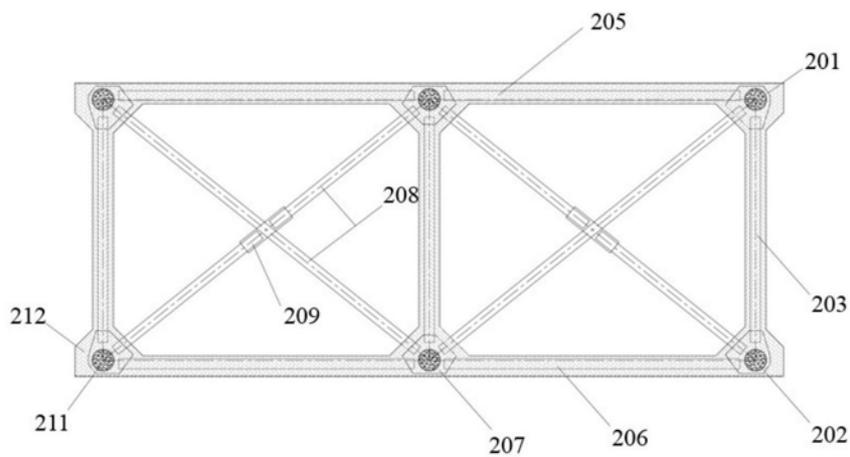


图17

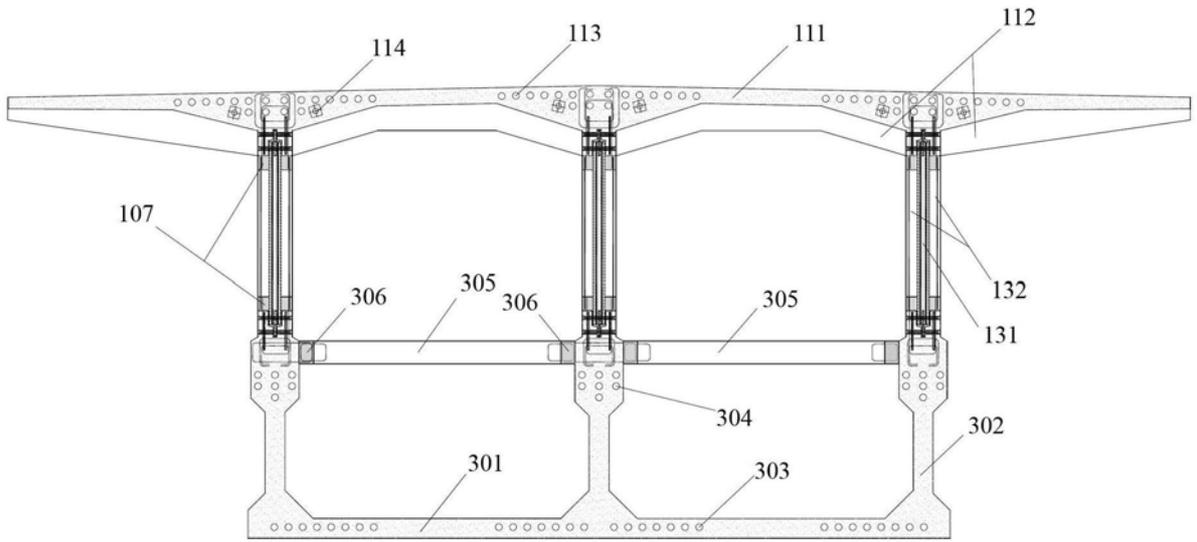


图18

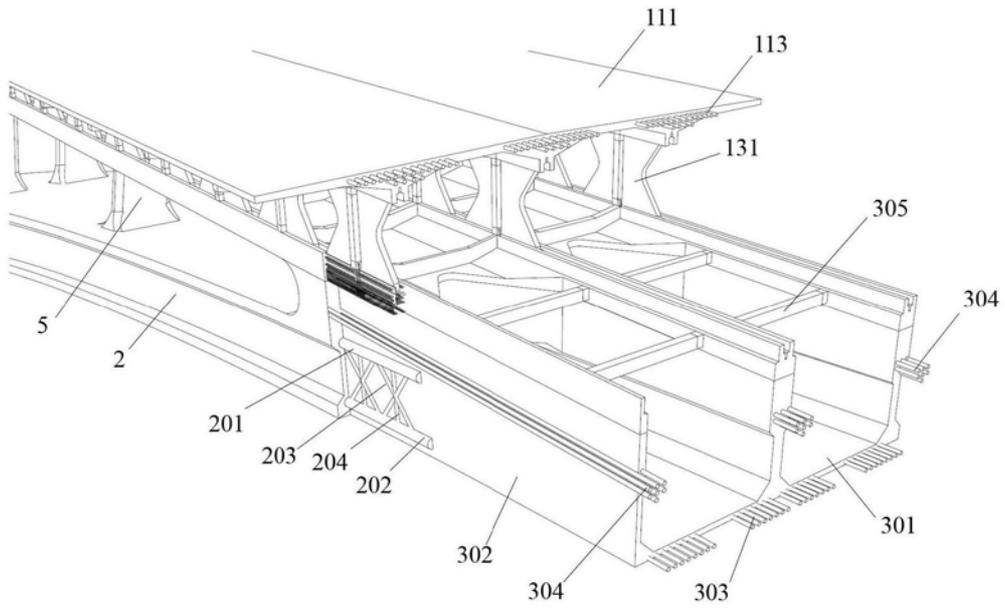
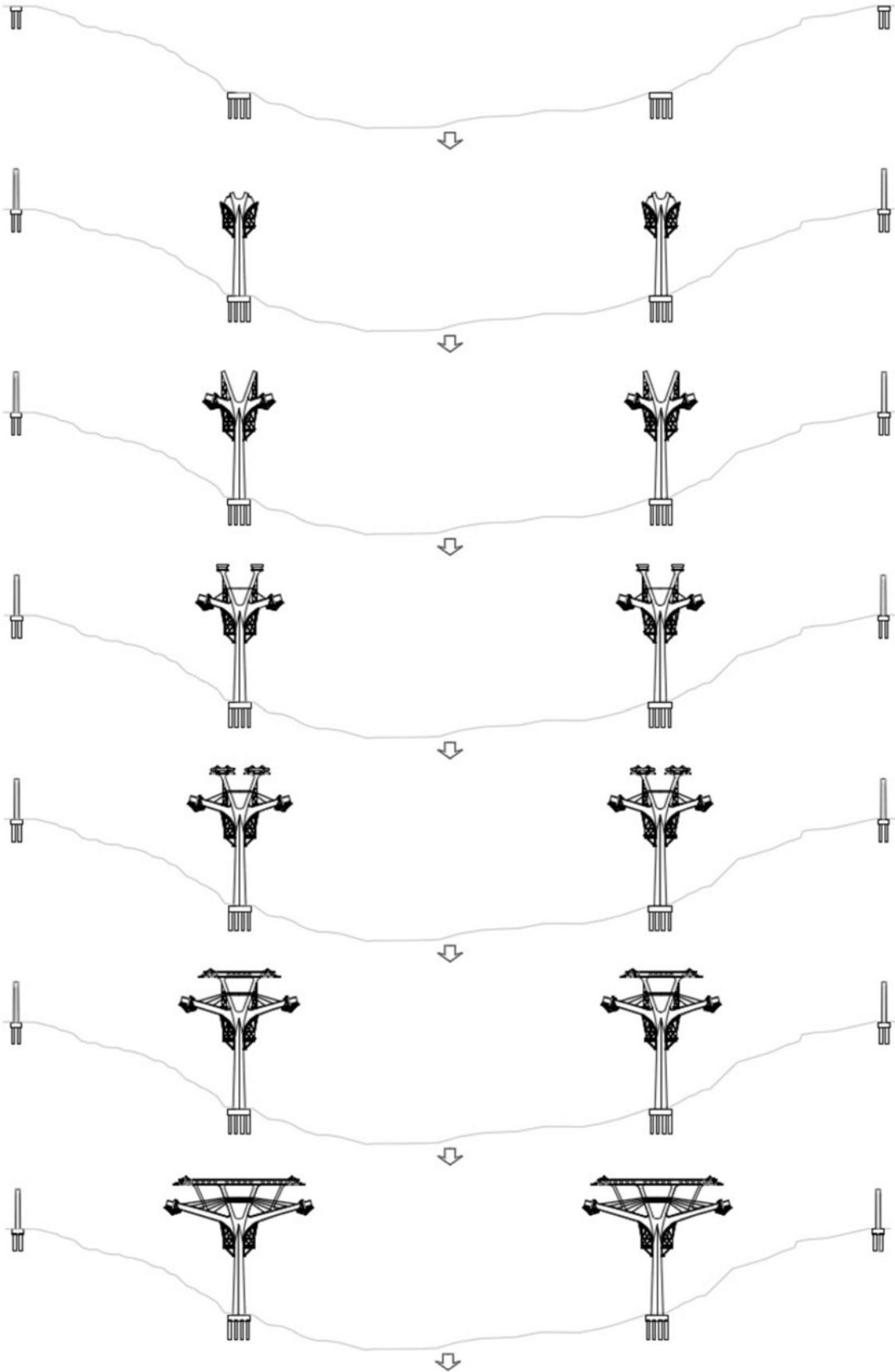


图19



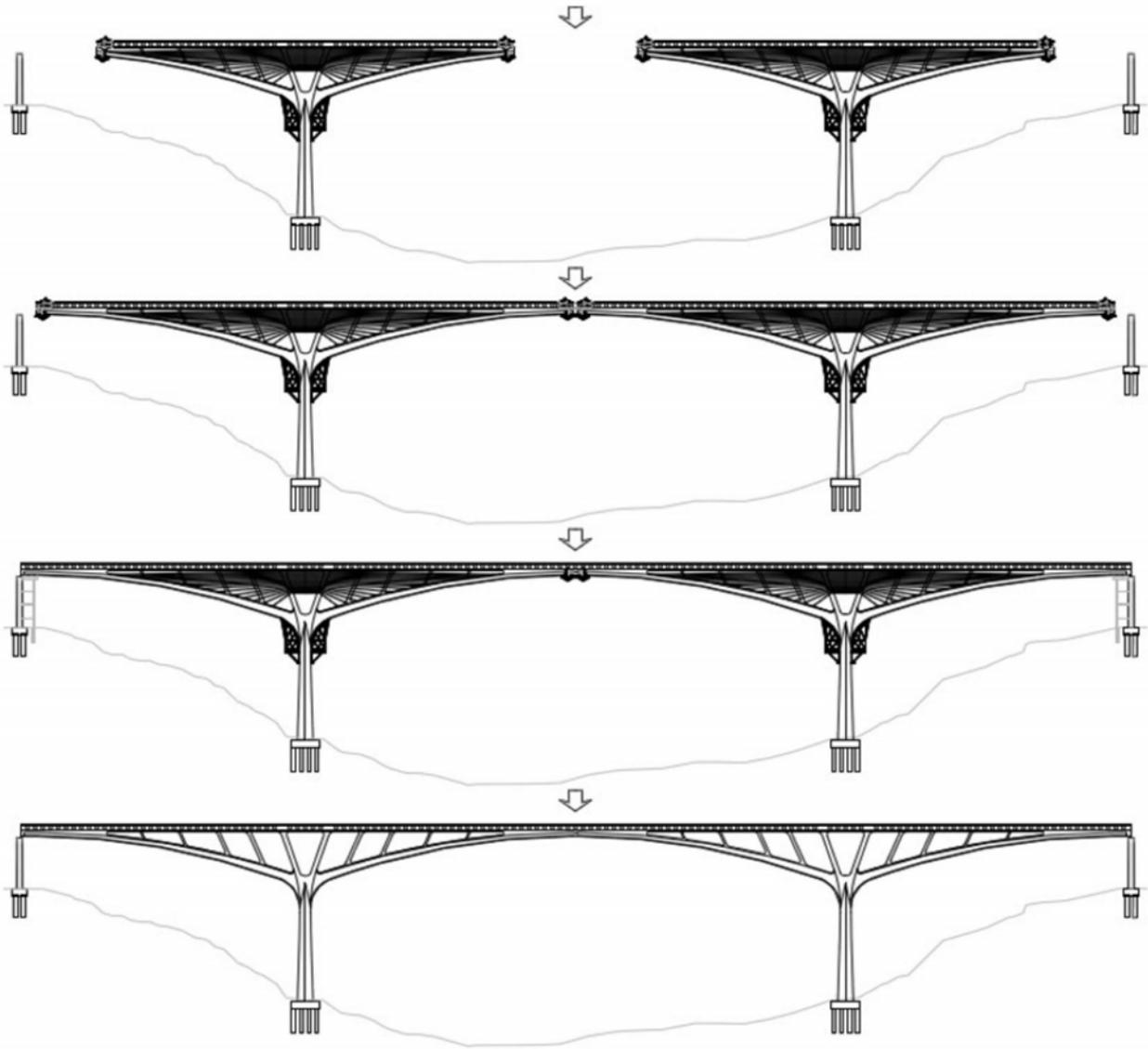


图20

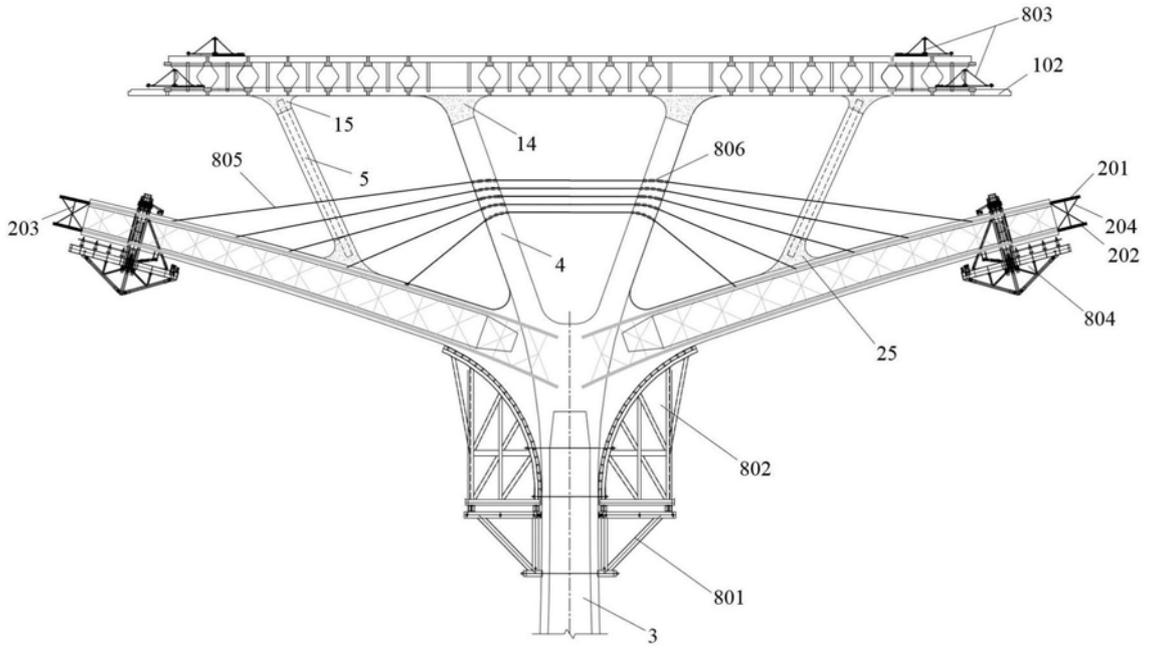


图21

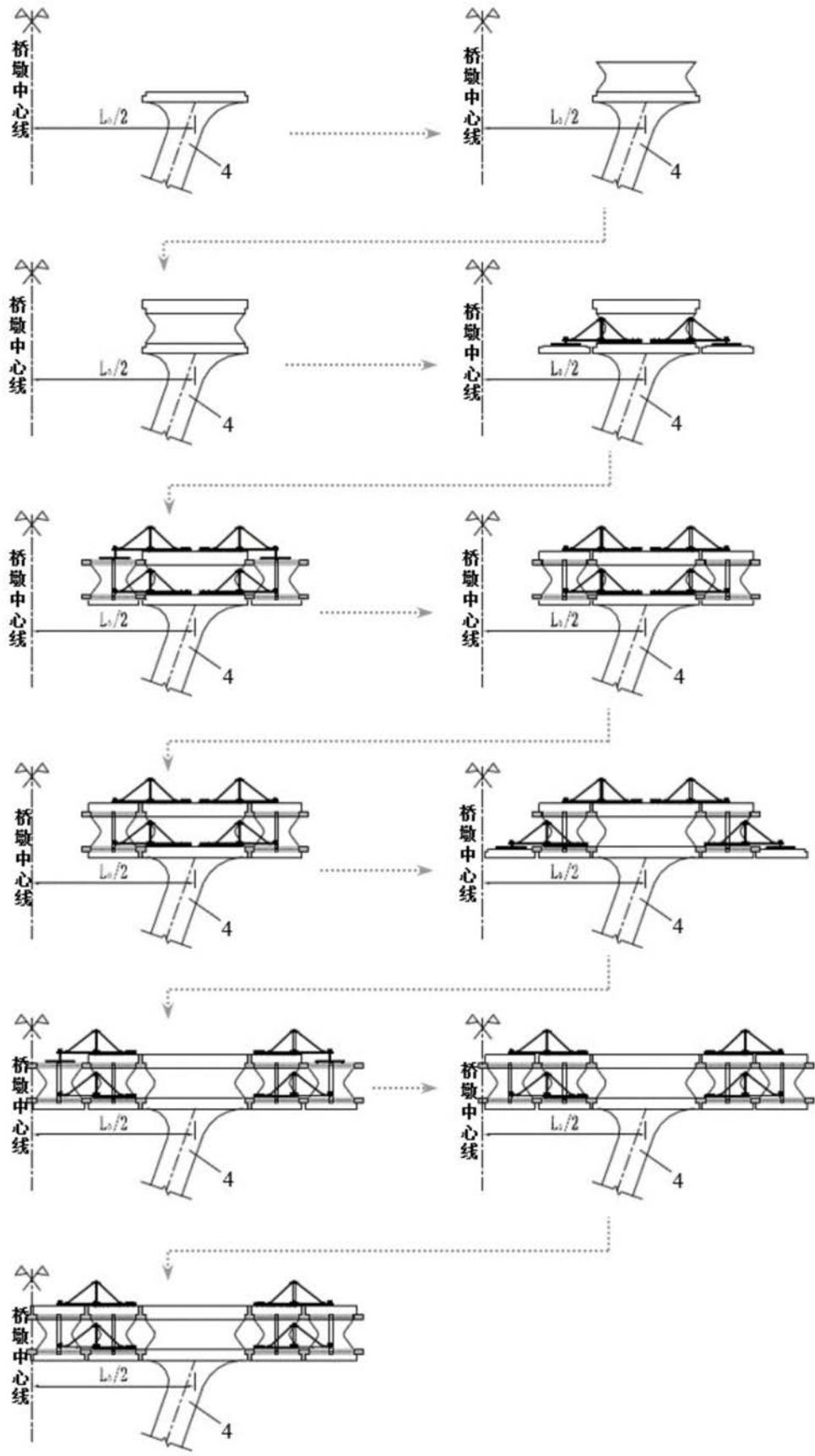


图22