

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710168987.8

[51] Int. Cl.

E01D 21/08 (2006.01)

E01D 21/00 (2006.01)

E01D 4/00 (2006.01)

E01D 101/30 (2006.01)

[43] 公开日 2008年6月18日

[11] 公开号 CN 101200880A

[22] 申请日 2007.12.24

[21] 申请号 200710168987.8

[71] 申请人 中铁大桥局股份有限公司

地址 430074 湖北省武汉市东湖新技术开发区东信路 SBI 创业街 6 号楼

[72] 发明人 陶建山 张春新 张顺义 苏辉  
陈国祥 周永峰 祝良红

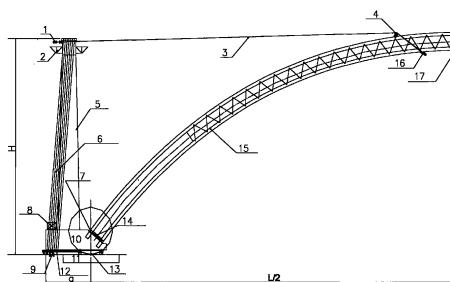
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

[54] 发明名称

钢管拱单铰万吨级平转转体施工方法

[57] 摘要

钢管拱单铰万吨级平转转体施工方法，其特征在于将钢管拱一分为二，分别在两岸拼装支架上拼装焊接成半跨拱体。之后将钢管拱半拱的一端固定在一个水平铰座上，采取平衡措施使钢管拱脱离支架，支承在水平铰座上形成一个转体，之后驱动该转体水平转动，实现两岸钢管拱的合龙。涉及一种公路、铁路大跨度钢管拱桥单铰万吨级平转转体施工方法，所涉及的单个转体重量达万吨以上。本发明特别适用于跨越深谷或不占用桥下净空的场合，具有安全可靠、施工设备少，各工序平行作业，合龙速度快等优点。本发明可推广应用于 T 型钢构或斜拉桥等其它桥梁结构的转体施工。



1、钢管拱单铰万吨级平转转体施工方法，其特征在于施工步骤为：

①将钢管拱分成两个半跨，分别在两岸拼装支架上拼装焊接成半跨拱体；

②使用张拉千斤顶，按设计张拉程序通过分级、交替、对称张拉上盘纵向预应力钢绞线束、背索、扣索，并在交界墩后侧的上盘顶面布置平衡重，直至转体重心移至钢管拱的另一侧，偏离球铰中心一个微量距离  $e$ ，使半跨成型钢管拱脱架，拆除上转盘盘尾硬支撑，此时转动体系自身重量平衡，它以钢球铰和其后两个保险钢支腿支承于下盘基础滑道上，其余各点均脱空成转体状态，两岸各自成一个转体；

③两岸转体分别以 2 台套水平、同步、连续的液压牵引张拉千斤顶，通过牵引缠绕并预埋于转台圆周上的钢绞线束，形成转动体系的水平转动纯力偶，同步匀速连续地将两岸半跨钢管拱按规定方向，分别水平转动相应的角度至设计位置；

④两半跨拱转体到位后，测量拱体线形及位置偏差，有偏差则于上转盘后端及其两侧布置相应的大吨位千斤顶进行横向倾斜、轴线横向偏位和竖向偏差微调，拱轴线型调整满足设计要求后即将上盘竖向、横向、纵向锁定固结，实施跨中合龙；

⑤安装拱肋合龙段临时锁定结构，将拱肋临时锁定，安装合龙段拱肋单元件，按设计要求进行跨中拱体焊接和拱脚拱体嵌补段焊接，封填灌注拱脚混凝土和上下盘之间混凝土，依次交替拆除扣索、背索和拆除上盘多余部分向预应力束以及交界墩墩帽横向预应力束，回填拱座直至完成拱体转体合龙的全部工作。

## 钢管拱单铰万吨级平转转体施工方法

### 技术领域

本发明涉及一种公路、铁路大跨度钢管拱桥单铰万吨级平转转体施工方法。

### 背景技术

钢管拱桥在我国已经得到广泛的应用，其上部结构建造方法有多种：支架法、扣索塔架悬拼法、缆索起重机拼装法、劲性拱架法、竖转法、平转法等等。以上施工方法各有特点，其中以转体法更为先进。转体法施工是将钢管拱肋分成两个半跨，分别在两岸拼装支架上拼装焊接成半跨拱体，然后使用千斤顶及配重等使半跨成型钢管拱脱空，利用转动体系自身平衡，两岸各自成一个转体，同步匀速连续地将两岸半跨钢管拱按规定方向，分别水平转动相应的角度至其设计位置，适合在险峻陡峭的峡谷间或繁忙的铁道干线上修建。

### 发明内容

本发明旨在提供一种安全可靠、设备投入少、合龙精度高、施工速度快，不占用桥下净空，高空作业少的钢管拱单铰万吨级平转转体施工方法。

本发明目的的实现方式为，钢管拱单铰万吨级平转转体施工方法，其施工步骤为：

1) 将钢管拱分成两个半跨，分别在两岸拼装支架上拼装焊接成半跨拱体；

2) 使用张拉千斤顶，按设计张拉程序通过分级、交替、对称张拉上盘纵向预应力钢绞线束、背索、扣索，并在交界墩后侧的上盘顶面布置平衡重，直至转体重心移至钢管拱的另一侧，偏离球铰中心一个微量距离  $e$ ，使半跨成型钢管拱脱架，拆除上转盘盘尾硬支撑，此时转动体系自身重量平衡，它以钢球铰和其后两个保险钢支腿支承于下盘基础滑道上，其余各点均脱空成转体状态，两岸各自成一个转体；

3) 两岸转体分别以 2 台套水平、同步、连续的液压牵引张拉千斤顶，通过牵引缠绕并预埋于转台圆周上的钢绞线束，形成转动体系的水平转动纯力偶，同步匀速连续地将两岸半跨钢管拱按规定方向，分别水平转动相应的角度至设计位置；

4) 两半跨拱转体到位后，测量拱体线形及位置偏差，有偏差则于上转盘后端及其两侧布置相应的大吨位千斤顶进行横向倾斜、轴线横向偏位和竖向偏差微调，拱轴线型调整满足设计要求后即将上盘竖向、横向、纵向锁定固结，实施跨中合龙；

5) 安装拱肋合龙段临时锁定结构，将拱肋临时锁定，安装合龙段拱肋单元件，按设计要

求进行跨中拱体焊接和拱脚拱体嵌补段焊接，封填灌注拱脚混凝土和上下盘之间混凝土，依次交替拆除扣索、背索和拆除上盘多余部分向预应力束以及交界墩墩帽横向预应力束，回填拱座直至完成拱体转体合龙的全部工作。

本发明钢管拱单铰平转施工方法是将钢管拱一分为二，分别在两岸拼装支架上拼装焊接成半跨拱体。之后将钢管拱半拱的一端固定在一个水平铰座上，采取平衡措施使钢管拱脱离支架，支承在水平铰座上形成一个转体。之后驱动该转体水平转动，实现两岸钢管拱的合龙。本发明所涉及的单个转体重量达万吨以上。钢管拱单铰万吨平转转体施工技术克服了扣锚悬拼法的弱点，特别适用于跨越深谷或不占用桥下净空的场合，具有安全可靠、施工设备少，各工序平行作业，合龙速度快等优点。该技术可推广应用于 T 型刚构或斜拉桥等其它桥梁结构的转体施工。

安全可靠、设备投入少、合龙精度高、施工速度快，不占用桥下净空，最大限度地减少了高空作业，特别适合于高山深谷或航运繁忙的桥位作业。

### 说明书附图

图 1 是本发明总布置图

图 2 是本发明水平转动拉力计算图

图 3a 是本发明关键部件万吨钢球铰主视图

图 3b 是本发明关键部件万吨钢球铰 A-A 剖面图

图中：1—扣索张拉调节装置，2—扣索张拉平台，3—钢绞线扣索，4—扣索前锚固上支承梁，5—交界墩，6—钢绞线后背索，7—钢管拱肋转体合龙拱脚处嵌补段，8—平衡重，9—转体拽拉索，10—上盘，11—下盘，12—钢绞线拽拉索，13—万吨钢球铰支座，14—钢管拱肋转体合龙拱脚临时转动铰，15—已预拼成型半跨裸拱，16—扣索前锚固下锚梁，17—钢管拱体合龙跨中嵌补段，18—转体平台，19—上球铰 600#砣，20—内钢撑脚，21—钢球铰定位钢轴，22—下球铰定位钢支架，23—下球铰 600#砣，24—转体滑道。

### 具体实施方式

本发明总布置如图 1 所示，下盘基础，球铰转台和后支撑施工→上转盘施工，张拉上盘第一批纵向预应力筋，拆模和上盘支承体系转换→交界墩施工及张拉上盘第二批纵向预应力筋，

钢管拱预拼场布置及预拼支架安装→钢管拱于工厂内分段单元制造并进行预拼、涂装、

运输进场→安装临时铰(14),于工地支架上自下而上逐一拼装钢管拱单元件,测量定位并焊接→半跨钢管拱拼装焊接成型,安装前扣点上下锚梁(4、16)及鞍座支承体系和交界墩(5)施工及张拉上盘第二批纵向预应力筋→安装扣索(3)、背索(6)、上盘剩余纵向预应力筋按设计的张拉程序对称交替张拉→半跨成型钢管拱(15)脱拱、调整→安装转动牵引体系、调试,检查转体空间清除障碍物→拆除上盘硬支撑形成脱空状态,静置24小时观测应力内力测试→两岸钢管拱同时转体到位→线型测量,对横向倾斜、轴线横向、纵向偏差进行调整,上下盘间(10、11)抄垫锁定,平面定位→安装合龙段的临时锁定结构→吊装合龙段主钢管、按设计要求焊接→安装拱脚处拱肋嵌补段(7)、临时转动铰(14)固结→封填拱脚及灌注上下盘之间混凝土→按设计程序交替拆除扣索(3)、背索(6)、上盘多余纵向预应力筋和交界墩墩帽全部横向预应力→回填拱座片石混凝土,完成拱体施工。

本发明的水平转体结构组成为:半跨钢管拱(15);交界墩索塔(6)、扣索(3)和背索(6)系统;转体上盘(10)及平衡重(8);转台(18)和内钢撑脚(20);钢球铰支座(13)和下盘(11);牵引拽拉系统。

本发明施工步骤为:

1 将钢管拱分成两个半跨,分别在两岸拼装支架上拼装焊接成半跨拱体;

2 使用张拉千斤顶,通过分级、交替、对称张拉上盘纵向预应力钢绞线束、背索、扣索,并在交界墩后侧的上盘顶面布置平衡重,直至转体重心移至钢管拱的另一侧,偏离球铰中心一个微量距离 $e$ ,使半跨成型钢管拱脱架,拆除上转盘盘尾硬支撑;两岸各自以钢球铰组成一个转体;

3 两岸转体分别以两台水平的同步连续液压牵引张拉千斤顶,通过牵引缠绕并预埋于转台圆周上的钢绞线束,形成转动体系的水平转动纯力偶,同步匀速连续地将两岸半跨钢管拱按规定方向,分别水平转动相应的角度至其设计位置;

4 两半跨拱转体到位后,测量拱体线形及位置偏差,若有偏差则于上转盘后端及其两侧布置相应的大吨位千斤顶进行横向倾斜、轴线横向偏位和竖向偏差微调,拱轴线型调整满足设计要求后即将上盘竖向、横向、纵向锁定固结,实施跨中合龙;

5 安装拱肋合龙段临时锁定结构,并于适宜的温度时,将拱肋临时锁定;安装合龙段拱肋单元件,按设计要求进行跨中拱体焊接和拱脚拱体嵌补段焊接。封填灌注拱脚混凝土和上下盘之间混凝土,依次交替拆除扣索、背索和拆除上盘多余部分向预应力束以及交界墩墩帽横向预应力束。回填拱座直至完成拱体转体合龙的全部工作。

本发明要求转体稳定,转体结构的稳定计算如下:

按转体重心偏后钢球铰中心  $e=0.1\sim 0.2\text{m}$  进行计算, 稳定系数按  $K\geq 1.5$  进行控制; 计算假定条件: 风力  $F_w=800\text{Pa}$  计算; 钢筋混凝土容重按  $25\text{kN/m}^3$  计, 素混凝土按  $23\text{kN/m}^3$  计; 钢管拱焊缝重量按其钢结构重量的 1.5% 计。

$$\text{倾覆力矩 } M_q = \sum Q_i L_i$$

$$\text{稳定力矩 } M_p = \sum P_i L_i$$

$$\text{稳定系数 } K_p = M_p / M_q \geq 1.5$$

本发明的牵引力计算

钢球铰摩阻力的牵引计算

$$T_1 = RN\mu / 3D$$

式中  $T_1$ —牵引力;

$N$ —转体重量;

$R$ —球平面半径;

$D$ —转台直径;

$\mu$ —摩阻系数,  $\mu_{\text{静}}=0.1$ ,  $\mu_{\text{动}}=0.06$ 。

$$\text{支腿反力 } N_1 = Ne/R$$

$$\text{牵引力 } T_2 = N_1 \mu_{\text{静}} R/D$$

$$\text{牵引力合计 } T = 2T_1 + T_2$$

$$\text{每台千斤顶牵引力 } T_i = T/2;$$

$$\text{动力系数 } \eta = T_i / F_i \leq 0.8 \text{ (} F_i \text{ 为千斤顶额定牵引力)}$$

钢球铰支座是施工的关键部位, 它承担着转体的全部重量, 其承载能力是转体重量的 1.2 倍, 它的位置和精度影响全桥合龙精度和转体的实施, 其转动滑动面是钢球铰上球面和高强度聚四氟乙烯板。

防倾保险体系是转体施工方法的安全保证措施, 在转体过程中, 转体的全部重量由钢球铰承担, 但转体结构受外界条件或施工精度的影响容易出现倾斜, 因此必须设置保险钢支腿承担不平衡荷载。保险钢支腿设于转台底的圆周上, 均匀布置六个钢撑脚, 每个钢撑脚由两根填充微膨胀混凝土焊接钢管组成。钢撑脚走板底与滑道之间预留一定间隙  $\delta = 8\sim 12\text{mm}$ , 施工转体时铺以不锈钢板和四氟板, 将其空隙塞实。下盘混凝土面的环行滑道面打磨至光滑平整, 不平整度不大于  $3\text{mm}$ , 表面清理干净并涂以黄油。滑道面不得有任何渣粒、障碍物和空洞。以确保转体的安全和平稳。

为确保转体结构的稳定, 通过转体上盘尾部预压平衡重调节重心, 使重心向后偏移 (一

般控制在 15cm 左右)。转体结构由钢球铰和其后的两个钢支腿，形成三点支承。

以 2 台套反对称布置的同步牵引千斤顶提供水平转动力的纯力偶，同步匀速连续地将两岸半跨钢管拱转体分别水平转动相应的角度至其设计位置，进行微调合龙。

针对容易出现的偏差，拱体转体到位后，通过转体限位和微调，包括上下转盘之间的限位预埋件，以及各向大吨位微调千斤顶，对拱体的横向扭转、水平偏移、竖向位移的偏差进行微调，调整合格后将拱体限位锁定。

本发明要求：节点高程偏差： $\pm L/4000$ ；轴线横向偏位： $\pm L/5000$ 。

超声波检验 (UT)：100%；射线检验 (RT)：20%。

相对两岸球铰中心间距： $\leq \pm 2\text{mm}$ ；

球铰顶口任两点高差： $\leq 1\text{mm}$ ；

顺桥向顶口高差： $\leq \pm 1\text{mm}$ ；

横桥向顶口高差： $\leq \pm 1.5\text{mm}$ 。

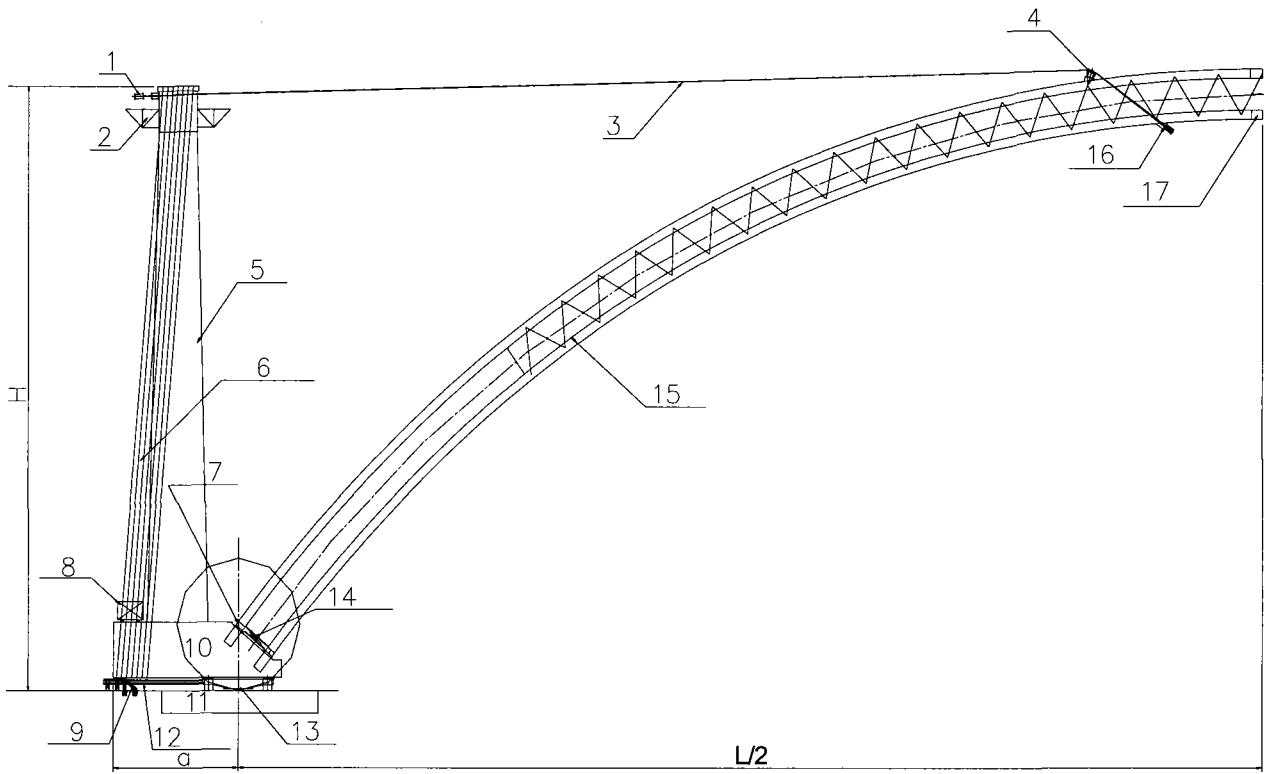


图1

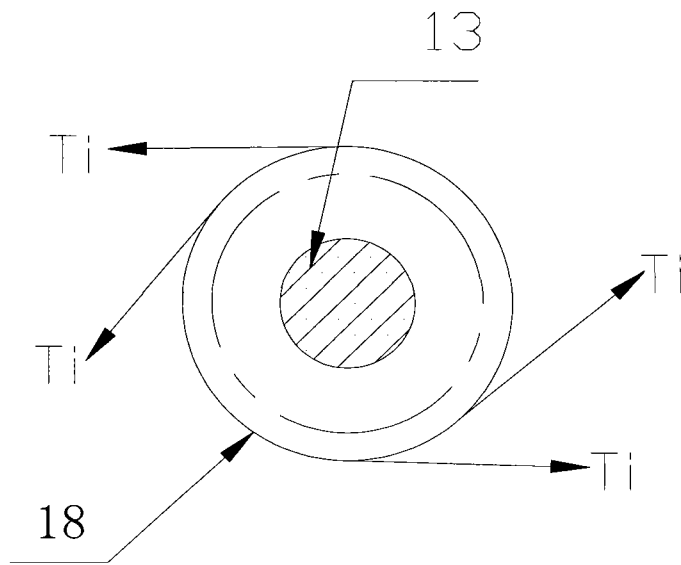


图2



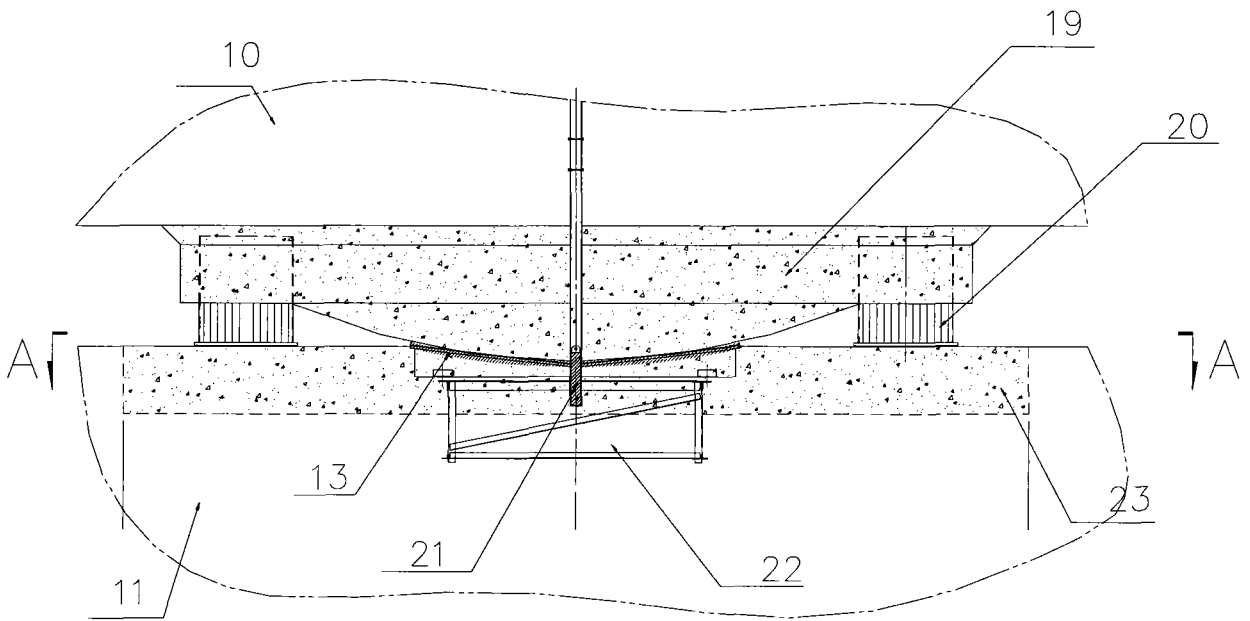


图 3a

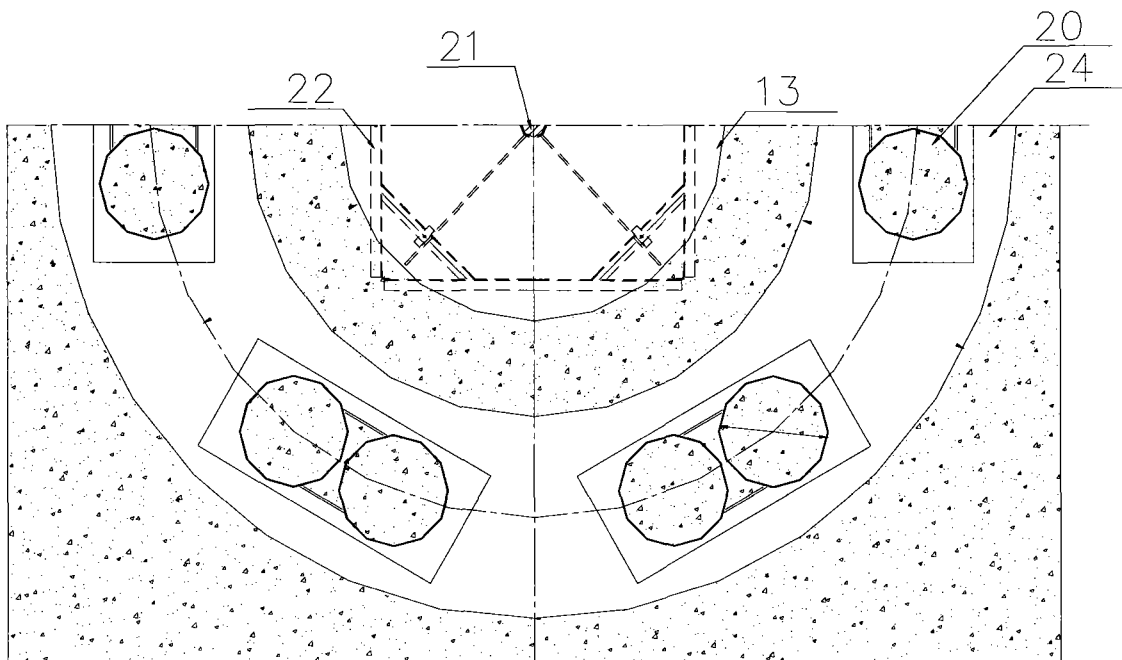


图 3b