



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104843582 B

(45)授权公告日 2017.01.04

(21)申请号 201510150929.7

B66C 1/12(2006.01)

(22)申请日 2015.04.01

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104843582 A

JP H09315760 A, 1997.12.09,

CN 102587288 A, 2012.07.18, 全文.

CN 203068069 U, 2013.07.17, 全文.

(43)申请公布日 2015.08.19

CN 102659019 A, 2012.09.12, 全文.

CN 103407872 A, 2013.11.27, 全文.

(73)专利权人 中国核工业华兴建设有限公司  
地址 210019 江苏省南京市建邺区云龙山路79号

审查员 谭淇元

(72)发明人 许开勋 许红梅 江杰 别刚刚  
杨永臣 赵宇 唐成梁

(74)专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司  
32252

代理人 戴朝荣

(51)Int. Cl.

B66C 13/08(2006.01)

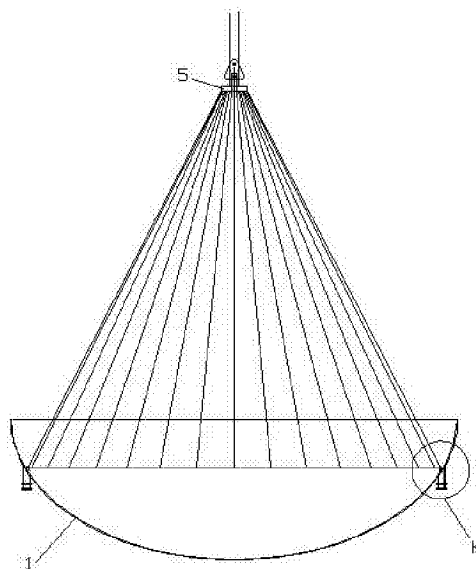
权利要求书3页 说明书7页 附图8页

(54)发明名称

一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法及其专用吊索具

(57)摘要

本发明公开了一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法及其专用吊索具,该方法包括使用Ansys软件对底封头吊装时的受力进行分析计算,据此设计吊装吊耳分布位置和吊装方案;设计并制作专用吊索具;起重机载荷试验;专用吊索具载荷试验;空钩模拟试验;试吊装;正式吊装和加固安装步骤。本发明的专用吊索具从上至下依次包括吊索分配器、卸扣、二次分配器、压制钢丝绳和可调拉杆。本发明吊装方法不需要专门制作吊梁,且充分利用钢制安全壳底封头自身刚度抵抗吊装过程中产生的内力,采用圆形吊索分配器和可调拉杆确保每个吊点受力均匀,使吊装过程中产生的变形降至最小,符合核电站大型设备吊装要求,本发明吊索具设计合理、结构简单且连接方便。



1.一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法,其特征是:所述的底封头(1)为呈凹圆弧锅底形结构的钢制底封头,该底封头(1)由封头底部向上依次由第一圈钢板(11)、第二圈钢板(12)、第三圈钢板(13)和第四圈钢板(14)组成,并且所述的底封头(1)上设置有附件,所述的附件至少包括在第四圈钢板(14)的外部等弧度固定安装的18根下方带有法兰板(21)的支撑短柱(2);该底封头(1)的吊装方法包括以下步骤:

1.1):使用Ansys软件对底封头(1)吊装时的受力进行有限元分析计算,并根据分析计算的结果确定吊装方案以及确定在底封头(1)第四圈钢板(14)上环向均布吊装吊耳(15)的数量;

1.2):依据上述的吊装方案,设计并制作出用于吊装该底封头(1)的专用吊索具;

1.3):按照工况的要求组装起重机,并按照大件吊装承包商制定的起重机荷载试验相关程序对组装后的起重机进行荷载试验;

1.4):对专用吊索具进行载荷试验,并进行100%无损检测;

1.5):起重机空钩完成起钩、落钩、回转动作,完成起重机空钩模拟试验;

1.6):底封头试吊装;

1.7):底封头正式吊装;

1.8):采用焊接工艺将支撑短柱(2)的法兰板(21)与CR10模块的CR10支柱(3)焊接固定,完成底封头(1)的安装;所述的步骤1.6中底封头试吊装的试吊装过程包括以下步骤:

2.1)使用Tekla软件建立底封头(1)及其附件的三维模型,查询模型质心,计算出调平配重的安放位置和重量,安放调平配重,防止吊装过程中可能出现的底封头(1)上口水平度偏差超出允许范围;

2.2)起重机就位于站位点,挂置专用吊索具;

2.3)在专用吊索具主要受力部位安装销轴式索力传感器或者应变片,并在底封头(1)的关键受力点处安装振弦式位移计,以便在吊装过程中读取应力数据;

2.4)起重机加载至一定负荷,根据监测到的应力数据,调整专用吊索具的可调节拉杆的长度,确保受力均匀;

2.5)缓慢起吊至起重机达到更高负荷,停止起吊并检查专用吊索具连接情况;

2.6)起重机继续加载至底封头(1)完全离开支撑点,停止提升,起重机在1m左右高度内进行起升和下降动作,验证主卷扬制动性;

2.7)采用水平仪检查底封头(1)上口水平度,根据实际情况增减调平配重;

2.8)起重机缓慢落钩,同时保证起重机承受一定拉力,使专用吊索具中的各个吊索仍然受力。

2.根据权利要求1所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法,其特征是:所述的步骤1.7中底封头正式吊装的吊装过程包括以下步骤:

3.1)在底封头(1)下方呈中心对称分布的两根支撑短柱(2)的法兰板(21)上分别做出“十”字定位基准线(B),同时在即将与底封头(1)对接的CR10模块的对应两个CR10支柱(3)顶板上也做出“十”字定位基准线(B),并在CR10支柱(3)附近设置三个千斤顶(4)作为底封头(1)就位用导向装置;

3.2)起重机缓慢起钩至底封头(1)底端离开支撑点一定高度,采用水平仪检查底封头(1)上口水平度;

3.3)水平度确认完成后,起重机缓慢起钩,提升底封头(1);

3.4)起重机回转,确认底封头(1)就位角度后,缓慢落钩至一定位置;

3.5)挂置辅助底封头(1)就位用倒链,调整倒链至步骤3.1所述的两个支撑短柱(2)的投影与导向装置重合;

3.6)起重机继续落钩至底封头(1)支撑短柱(2)与下方CR10支柱(3)顶面相距约200mm,停止落钩,调节千斤顶(4),使底封头(1)支撑短柱(2)与CR10支柱(3)两者的“十”字定位基准线(B)对齐;

3.7)检查底封头(1)其余16根支撑短柱(2)与CR10支柱(3)对接情况,并用勾铁将支撑短柱(2)法兰板(21)固定在CR10支柱(3)顶板上,确认稳固后起重机完全松钩,解除底封头(1)与专用吊索具的连接;

3.8)起重机回转收车,现场焊接支撑短柱(2)法兰板(21)与CR10支柱(3)顶板。

3.根据权利要求1所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法,其特征是:所述底封头(1)的第一圈钢板(11)由2块钢板拼焊而成,底封头(1)的第二圈钢板(12)由15块钢板拼焊而成;底封头(1)的第三圈钢板(13)由30块钢板拼焊而成;底封头(1)的第四圈钢板(14)由36块钢板拼焊而成。

4.根据权利要求1所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法,其特征是:所述底封头(1)的内径为43m,高为13.46m,壁厚为43mm,吊装时所述底封头(1)第四圈钢板(14)上环向均布设有36个吊装吊耳(15)。

5.一种权利要求1所述的核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,其特征是:该专用吊索具包括用于与起重机相连的圆形结构的吊索分配器(5),所述的吊索分配器(5)上设有呈辐射状等弧度均布的分配吊板(5b),每一分配吊板(5b)上均经卸扣(9)转动铰链有二次分配器(6),每个所述的二次分配器(6)均再分配有两根吊索,所述的吊索包括与二次分配器(6)相连的压制钢丝绳(7)和连接在压制钢丝绳(7)前端能通过调节自身长短来调整吊索长度的可调拉杆(8),该可调拉杆(8)的前端制有与底封头(1)上的吊装吊耳(15)吊挂铰链的U形连接端(81)。

6.根据权利要求5所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,其特征是:所述的吊索分配器(5)由底板(51)、环形板(52)和顶板(53)相配组装构成;所述的底板(51)的板面中心相平行焊接有两块用于与起重机连接的分配器吊耳(5a),所述的环形板(52)与分配器吊耳(5a)相套定位压装在底板(51)和顶板(53)间,并且所述的分配器吊耳(5a)穿过上述的顶板(53),所述的分配吊板(5b)焊接固定在环形板(52)的外周面上。

7.根据权利要求6所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,其特征是:所述的底板(51)的板面上焊接有纵横排列用于增强吊索分配器(5)强度的加固板(5c),所述的顶板(53)的板面上焊接有提高分配器吊耳(5a)和顶板(53)机械强度的加强筋(5d)。

8.根据权利要求7所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,其特征是:所述的环形板(52)上等弧度均布焊接有18个分配吊板(5b),所述的分配吊板(5b)上开有供销轴穿过连接卸扣(9)的吊板孔。

9.根据权利要求8所述的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,其特征是:所述的二次分配器(6)为一块具有抹角圆弧的梯形板,该梯形板上呈等腰三角形分别

开有三个用于连接的吊孔。

## 一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法及其专用吊索具

### 技术领域

[0001] 本发明属于建造施工技术领域,特别是涉及一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法及其专用吊索具。

### 背景技术

[0002] 核电站钢制安全壳是核岛最重要的关键设备之一,包容了反应堆、蒸汽发生器等主工艺系统设备。钢制安全壳为圆柱形容器,由中间的圆柱形筒体和上下两个椭圆形封头(分别称为“顶封头”和“底封头”)组成。钢制安全壳底封头具有重量超重,体积大,壁厚相对于半径来说比较单薄等特点,因此要对钢制安全壳进行整体吊装,具有很大的难度,需要设计科学、合理的吊装方案和专用吊具,以防止底封头吊装过程中出现受力不均或者变形太大,影响吊装过程正常进行。专利CN201010169251提出了一种核电站钢制安全壳的专用吊具和吊装方法,为了减少安全壳的水平受力和弹性位移,设计了一种吊梁以保证安全壳吊装过程中尽量受到垂直的载荷,但该吊梁结构复杂,制造成本高,与吊索具连接繁琐。

### 发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术的现状,而提供吊点设计合理,能利用钢制安全壳底封头自身刚度抵抗吊装过程中产生的内力,无需专门制作吊梁,并且其专用吊索具结构简单,连接方便,易于施工的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法及其专用吊索具。采用本发明的方法和吊索具进行底封头吊装,能有效减少底封头吊装变形和安装偏差,降低吊装风险,满足核电站大型设备的吊装要求。

[0004] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法,其中:底封头为呈凹圆弧锅底形结构的钢制底封头,该底封头由封头底部向上依次由第一圈钢板、第二圈钢板、第三圈钢板和第四圈钢板组成,并且底封头上设置有附件,附件至少包括在第四圈钢板的外部等弧度固定安装的18根下方带有法兰板的支撑短柱;该底封头的吊装方法包括以下步骤:

[0005] 1.1):使用Ansys软件对底封头吊装时的受力进行有限元分析计算,并根据分析计算的结果确定吊装方案以及确定在底封头第四圈钢板上环向均布吊装吊耳的数量;

[0006] 1.2):依据上述的吊装方案,设计并制作出用于吊装该底封头的专用吊索具;

[0007] 1.3):按照工况的要求组装起重机,并按照大件吊装承包商制定的起重机荷载试验相关程序对组装后的起重机进行荷载试验;

[0008] 1.4):对专用吊索具进行载荷试验,并进行100%无损检测;

[0009] 1.5):起重机空钩完成起钩、落钩、回转动作,完成起重机空钩模拟试验;

[0010] 1.6):底封头试吊装;

[0011] 1.7):底封头正式吊装;

[0012] 1.8):采用焊接工艺将支撑短柱的法兰板与CR10模块的CR10支柱焊接固定,完成底封头的安装。

- [0013] 上述的技术方案还包括：
- [0014] 其中步骤1.6中底封头试吊装的试吊装过程包括以下步骤：
- [0015] 2.1)使用Tekla软件建立底封头及其附件的三维模型,查询模型质心,计算出调平配重的安放位置和重量,安放调平配重,防止吊装过程中可能出现的底封头上口水平度偏差超出允许范围；
- [0016] 2.2)起重机就位于站位点,挂置专用吊索具；
- [0017] 2.3)在专用吊索具主要受力部位安装销轴式索力传感器或者应变片,并在底封头的关键受力点处安装振弦式位移计,以便在吊装过程中读取应力数据；
- [0018] 2.4)起重机加载至一定负荷,根据监测到的应力数据,调整专用吊索具的可调节拉杆的长度,确保受力均匀；
- [0019] 2.5)缓慢起吊至起重机达到更高负荷,停止起吊并检查专用吊索具连接情况；
- [0020] 2.6)起重机继续加载至底封头完全离支撑点,停止提升,起重机在1m左右高度内进行起升和下降动作,验证主卷扬制动性；
- [0021] 2.7)采用水平仪检查底封头上口水平度,根据实际情况增减调平配重；
- [0022] 2.8)起重机缓慢落钩,同时保证起重机承受一定拉力,使专用吊索具中的各个吊索仍然受力。
- [0023] 上述的步骤1.7中底封头正式吊装的吊装过程包括以下步骤：
- [0024] 3.1)在底封头下方呈中心对称分布的两根支撑短柱的法兰板上分别做出“十”字定位基准线,同时在即将与底封头对接的CR10模块的对应两个CR10支柱顶板上也做出“十”字定位基准线,并在CR10支柱附近设置三个千斤顶作为底封头就位用导向装置；
- [0025] 3.2)起重机缓慢起钩至底封头底端离支撑点一定高度,采用水平仪检查底封头上口水平度；
- [0026] 3.3)水平度确认完成后,起重机缓慢起钩,提升底封头；
- [0027] 3.4)起重机回转,确认底封头就位角度后,缓慢落钩至一定位置；
- [0028] 3.5)挂置辅助底封头就位用倒链,调整倒链至步骤3.1所述的两个支撑短柱的投影与导向装置重合；
- [0029] 3.6)起重机继续落钩至底封头支撑短柱与下方CR10支柱顶面相距约200mm,停止落钩,调节千斤顶,使底封头支撑短柱与CR10支柱两者的“十”字基线对齐；
- [0030] 3.7)检查底封头其余16根支撑短柱与CR10支柱对接情况,并用勾铁将支撑短柱法兰板固定在CR10支柱顶板上,确认稳固后起重机完全松钩,解除底封头与专用吊索具的连接；
- [0031] 3.8)起重机回转收车,现场焊接支撑短柱法兰板与CR10支柱顶板。
- [0032] 上述底封头的第一圈钢板由2块钢板拼焊而成,底封头的第二圈钢板由15块钢板拼焊而成；底封头的第三圈钢板由30块钢板拼焊而成；底封头的第四圈钢板由36块钢板拼焊而成。
- [0033] 上述底封头的内径为43m,高为13.46m,壁厚为43mm,吊装时底封头第四圈钢板上环向均布设有36个吊装吊耳。
- [0034] 一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,该专用吊索具包括用于与起重机相连的圆形结构的吊索分配器,吊索分配器上设有呈辐射状等弧度均布的分配吊

板,每一分配吊板上均经卸扣转动铰链有二次分配器,每个二次分配器均再分配有两根吊索,吊索包括与二次分配器相连的压制钢丝绳和连接在压制钢丝绳前端能通过调节自身长短来调整吊索长度的可调拉杆,该可调拉杆的前端制有与底封头上的吊装吊耳吊挂铰链的U形连接端。

[0035] 上述的吊索分配器由底板、环形板和顶板相配组装构成;底板的板面中心相平行焊接有两块用于与起重机连接的分配器吊耳,环形板与分配器吊耳相套定位压装在底板和顶板间,并且分配器吊耳穿过上述的顶板,分配吊板焊接固定在环形板的外周面上。

[0036] 上述的底板的板面上焊接有纵横排列用于增强吊索分配器强度的加固板,顶板的板面上焊接有提高分配器吊耳和顶板机械强度的加强筋。

[0037] 上述的环形板上等弧度均布焊接有18个分配吊板,分配吊板上开有供销轴穿过连接卸扣的吊板孔。

[0038] 上述的二次分配器为一块具有抹角圆弧的梯形板,该梯形板上呈等腰三角形分别开有三个用于连接的吊孔。

[0039] 与现有技术相比,本发明的吊装方法和专用吊索具的有益效果至少在于:

[0040] 1. 本发明采用有限元分析计算底封头吊装时的受力情况,设计了合理的吊耳分布位置和吊装方案,利用钢制安全壳底封头自身刚度抵抗吊装过程中产生的内力,无需专门制作吊梁;

[0041] 2. 本发明对吊装专用吊索具经过严格的计算、选型及载荷试验,使其满足底封头大型构件吊装要求,并且本发明的专用吊索具结构简单,连接方便,易于施工;

[0042] 3. 本发明吊装方法中的试吊装和正式吊装过程严谨而有序,规范了核电站大型设备的吊装流程;

[0043] 4. 使用本发明的吊装方法和专用吊索具进行底封头吊装时,能减小底封头吊装变形和安装偏差,并降低吊装风险系数。

## 附图说明

[0044] 图1为本发明钢制安全壳底封头各圈钢板及其下方支撑短柱示意图;

[0045] 图2为本发明的底封头采用专用吊索具整体吊装的吊装示意图;

[0046] 图3为图2中K处的局部放大示意图;

[0047] 图4为图2的俯看示意图;

[0048] 图5为图4中M处的局部放大示意图;

[0049] 图6为图4中N处的局部放大示意图;

[0050] 图7是本发明专用吊索具中吊索分配器的结构示意图;

[0051] 图8为吊索分配器的底板结构示意图;

[0052] 图9为吊索分配器的环形板结构示意图;

[0053] 图10为本发明专用吊索具的局部结构示意图;

[0054] 图11为图10中C向的局部示图;

[0055] 图12为本发明底封头正式吊装就位导向装置示意图之一;

[0056] 图13为本发明底封头正式吊装就位导向装置示意图之二。

## 具体实施方式

[0057] 以下结合附图对本发明的实施例作进一步详细描述。

[0058] 图1和图13为本发明的吊装原理和结构示意图。

[0059] 其中的附图标记为：“十”字定位基准线B、底封头1、第一圈钢板11、第二圈钢板12、第三圈钢板13、第四圈钢板14、吊装吊耳15、支撑短柱2、法兰板21、CR10支柱3、千斤顶4、吊索分配器5、分配器吊耳5a、分配吊板5b、加固板5c、加强筋5d、底板51、环形板52、顶板53、二次分配器6、压制钢丝绳7、可调拉杆8、U形连接端81、卸扣9。

[0060] 如图1至图13所示,本发明的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法,底封头1为呈凹圆弧锅底形结构的钢制底封头,该底封头1由封头底部向上依次由第一圈钢板11、第二圈钢板12、第三圈钢板13和第四圈钢板14组成,并且底封头1上设置有附件,附件至少包括在第四圈钢板14的外部等弧度固定安装的18根下方带有法兰板21的支撑短柱2;底封头1的第一圈钢板11由2块钢板拼焊而成,底封头1的第二圈钢板12由15块钢板拼焊而成;底封头1的第三圈钢板13由30块钢板拼焊而成;底封头1的第四圈钢板14由36块钢板拼焊而成,底封头1的内径为43m,高为13.46m,壁厚为43mm,吊装时底封头1第四圈钢板14上环向均布设有36个吊装吊耳15;该底封头1重量总约774吨,其吊装方法包括以下步骤:

[0061] 1.1):使用Ansys软件对底封头1吊装时的受力进行有限元分析计算,并根据分析计算的结果确定吊装方案以及确定在底封头1第四圈钢板14上环向均布的吊装吊耳15的数量;使吊装过程中能够利用底封头1自身刚度抵抗吊装产生的内力,确保在吊装作业过程中底封头1不发生塑形变形;

[0062] 1.2):依据上述的吊装方案,设计并制作出用于吊装该底封头1的专用吊索具;吊装方案根据底封头1的重量、吊装吊耳15的布置形式对专用吊索具进行计算和选型;

[0063] 1.3):按照工况的要求组装起重机,并按照大件吊装承包商制定的起重机荷载试验相关程序对组装后的起重机进行荷载试验;起重机按照要求工况组装完成后,对其进行荷载试验,具体试验方法和步骤按照大件吊装承包商制定的起重机荷载试验相关程序进行,试验过程中仔细检查起重机的回转、卷扬、制动、仪表显示等部件的运转情况;

[0064] 1.4):对专用吊索具进行载荷试验,并进行100%无损检测;吊装前对专用吊索具进行载荷试验和无损检测。进行载荷试验时,在专用吊索具的关键受力部位粘贴应变片,然后将专用吊索具与起重机相连,并对专用吊索具进行分级加载,通过应力监测系统查看关键受力部位的应力情况,符合要求后,还需对所有专用吊索具的吊索等进行100%无损检测;

[0065] 1.5):起重机空钩完成起钩、落钩、回转动作,完成起重机空钩模拟试验;起重机空钩模拟试验是让起重机空钩完成起钩、落钩、回转等动作,在操作过程中检查吊装指挥系统和吊装机构的运作情况,通过空钩模拟试验确认指挥系统和吊装机构的运作良好,同时确认底封头1吊装空间无障碍物;

[0066] 1.6):底封头试吊装;

[0067] 1.7):底封头正式吊装;

[0068] 1.8):采用焊接工艺将支撑短柱2的法兰板21与CR10模块的CR10支柱3焊接固定,完成底封头1的安装。

[0069] 本发明步骤1.6中底封头试吊装的试吊装过程包括以下步骤:



[0070] 2.1)使用Tekla软件建立底封头1及其附件的三维模型,查询模型质心,计算出调平配重的安放位置和重量,安放调平配重,防止吊装过程中可能出现的底封头1上口水平度偏差超出允许范围;

[0071] 2.2)起重机就位于站位点,挂置专用吊索具;

[0072] 2.3)在专用吊索具主要受力部位安装销轴式索力传感器或者应变片,并在底封头1的关键受力点处安装振弦式位移计,以便在吊装过程中读取应力数据;

[0073] 2.4)起重机加载至一定负荷,根据监测到的应力数据,调整专用吊索具的可调节拉杆的长度,确保受力均匀;本发明最佳为起重机加载至负荷100吨,根据监测到的应力数据,调整专用吊索具的36根可调拉杆8的长度,确保受力均匀;

[0074] 2.5)缓慢起吊至起重机达到更高负荷,停止起吊并检查专用吊索具连接情况;本发明最佳为缓慢起吊至起重机负荷达到800吨左右,停止起吊并检查专用吊索具连接情况;

[0075] 2.6)起重机继续加载至底封头1完全离支撑点,停止提升,起重机在1m左右高度内进行起升和下降动作,验证主卷扬制动性;

[0076] 2.7)采用水平仪检查底封头1上口水平度,根据实际情况增减调平配重;

[0077] 2.8)起重机缓慢落钩,同时保证起重机承受一定拉力,使专用吊索具中的各个吊索仍然受力。也就是说让起重机缓慢地落钩,此时专用吊索具的吊索均不拆除,同时保证起重机承受100吨拉力,各吊索仍然受力。

[0078] 本发明的步骤1.7中底封头正式吊装的吊装过程包括以下步骤:

[0079] 3.1)在底封头1下方呈中心对称分布的两根支撑短柱2的法兰板21上分别做出“十”字定位基准线B,同时在即将与底封头1对接的CR10模块的对应两个CR10支柱3顶板上也做出“十”字定位基准线B,并在CR10支柱)附近设置三个千斤顶4作为底封头1就位用导向装置;

[0080] 3.2)起重机缓慢起钩至底封头底端离支撑点一定高度即500mm后停止提升,采用水平仪检查底封头1上口水平度;

[0081] 3.3)水平度确认后,起重机缓慢起钩,提升底封头1至其底端离支撑点15m,停止起升;

[0082] 3.4)起重机回转,确认底封头1就位角度后,缓慢落钩至一定位置;

[0083] 3.5)挂置辅助底封头1就位用的倒链,调整倒链至步骤3.1的两个支撑短柱2的投影与导向装置重合;

[0084] 3.6)起重机继续落钩至底封头1支撑短柱2与下方CR10支柱3顶面相距约200mm,停止落钩,调节千斤顶4,使底封头1支撑短柱2与CR10支柱3两者的“十”字基线B对齐;

[0085] 3.7)检查底封头1上的其余16根支撑短柱2与CR10支柱3对接情况,并用勾铁将支撑短柱2法兰板21固定在CR10支柱3顶板上,确认稳固后起重机完全松钩,解除底封头1与专用吊索具的连接;本发明的CR10模块同样具有18个CR10支柱3,每一CR10支柱3均与其相应的支撑短柱2相对应;CR10模块用于支撑固定底封头1;

[0086] 3.8)起重机回转收车,现场焊接支撑短柱2法兰板21与CR10支柱3顶板。

[0087] 本发有的一种核电站钢制安全壳底封头吊装方法的专用吊索具,该专用吊索具包括用于与起重机相连的圆形结构的吊索分配器5,吊索分配器5上设有呈辐射状等弧度均布的分配吊板5b,每一分配吊板5b上均经卸扣9转动较链有二次分配器6,每个二次分配器6均

再分配有两根吊索,吊索包括与二次分配器6相连的压制钢丝绳7和连接在压制钢丝绳7前端能通过调节自身长短来调整吊索长度的可调拉杆8,该可调拉杆8的前端制有与底封头1上的吊装吊耳15吊挂铰链的U形连接端81。

[0088] 吊索分配器5由底板51、环形板52和顶板53相配组装构成;底板51的板面中心相平行焊接有两块用于与起重机连接的分配器吊耳5a,环形板52与分配器吊耳5a相套定位压在底板51和顶板53间,并且分配器吊耳5a穿过上述的顶板53,分配吊板5b焊接固定在环形板52的外周面上。

[0089] 底板51的板面上焊接有纵横排列用于增强吊索分配器5强度的加固板5c,顶板53的板面上焊接有提高分配器吊耳5a和顶板53机械强度的加强筋5d。

[0090] 环形板52上等弧度均布焊接有18个分配吊板5b,分配吊板5b上开有供销轴穿过连接卸扣9的吊板孔。

[0091] 二次分配器6为一块具有抹角圆弧的梯形板,该梯形板上呈等腰三角形分别开有三个用于连接的吊孔。从本发明的图10和图11中可以看出吊孔也是通过销轴配设有卸扣9,二次分配器6通过卸扣9与吊索相连。

[0092] 本发明的底封头1采用LTL2600型2600t履带起重机进行吊装作业。使用Ansys软件对底封头1吊装受力进行有限元分析,首先对底封头1进行模型建立和网格划分,底封头1单元采用壳单元she11281,考虑到起钩时构件的加速情况,将重力加速度设为 $11\text{m/s}^2$ ,构件约束考虑起吊时压制钢丝绳7对构件的约束,约束方向指向吊点中心。结果表明,底封头1上吊点部位应力值最大,为 $8.471\text{N/mm}^2$ ,最大应变处为吊装吊耳15部位,其值为 $0.175 \times 10^{-3}$ ,最大位移为吊点弯曲拉应力部位,其值为 $0.47\text{mm}$ 。有限元分析结果表明,在底封头1第四圈钢板14上环向均布36个吊装吊耳15可有效的利用底封头1自身刚度抵抗吊装过程中产生的内力,确保在吊装作业过程中不发生塑形变形,满足吊装精度要求,因此如图2和图4所示,本发明设计了36个吊点。

[0093] 本发明根据底封头1重量以及吊装吊耳15的布置形式进行专用吊索具的计算和选型。本发明的专用吊索具如图2、图4和图10所示从上到下包括圆形的吊索分配器5、卸扣9、二次分配器6、卸扣9、压制钢丝绳7和可调拉杆8。其中,吊索分配器5如图7、图8和图9所示是由分配器吊耳5a、分配吊板5b、加固板5c、加强筋5d、底板51、环形板52、顶板53组成,各构件之间的连接采用全熔透焊接;二次分配器6是一块梯形板,板上开有三个孔。吊装时,吊索分配器5的分配器吊耳5a通过销轴与起重机相连,其分配吊板5b通过卸扣9与二次分配器6上端相连,二次分配器6下端通过卸扣9与两根压制钢丝绳7相连,压制钢丝绳7下端通过销轴与可调拉杆8连接,可调节拉杆8下端通过销轴与底封头1上布置的吊装吊耳15连接。

[0094] 本发明的起重机按照要求工况组装完成后,对其进行荷载试验。具体试验方法和步骤按照大件吊装承包商制定的起重机荷载试验相关程序进行,试验过程中仔细检查起重机的回转、卷扬、制动、仪表显示等部件的运转情况。

[0095] 吊装前对专用吊索具进行载荷试验和无损检测。在吊索分配器5、二次分配器6、可调拉杆8的关键受力部位粘贴应变片,然后将吊索分配器5与起重机相连,并将其它吊索依次相连,对吊索进行分级加载,通过应力监测系统查看关键受力部位的应力情况,符合要求后,还需对还需对所有吊索及吊耳进行100%无损检测。

[0096] 起重机空钩模拟试验是让起重机空钩完成起钩、落钩、回转等动作,在操作过程中

检查吊装指挥系统和吊装机构的运作情况,通过空钩模拟试验确认指挥系统和吊装机构的运作良好,同时确认底封头吊装空间无障碍物。具体操作流程是:起重机变幅至56m工作半径→起重机落钩至离底封头正上方0.5m的位置→起重机提升吊钩至20m→起重机逆时针回转 $121^{\circ}$ →微调找准底封头就位中心→起重机顺时针回转 $121^{\circ}$ →起重机落钩至底封头正上方。

[0097] 本发明吊装方法不需要专门制作吊梁,且充分利用钢制安全壳底封头自身刚度抵抗吊装过程中产生的内力,采用圆形吊索分配器和可调拉杆确保每个吊点受力均匀,使吊装过程中产生的变形降至最小,符合核电站大型设备吊装要求,本发明吊索具设计合理、结构简单且连接方便。

[0098] 本发明并不局限于上述具体实施方式,凡是在与本发明实质下作有关本发明的任何修饰或者变更,仍应包括在本发明保护范畴之内。

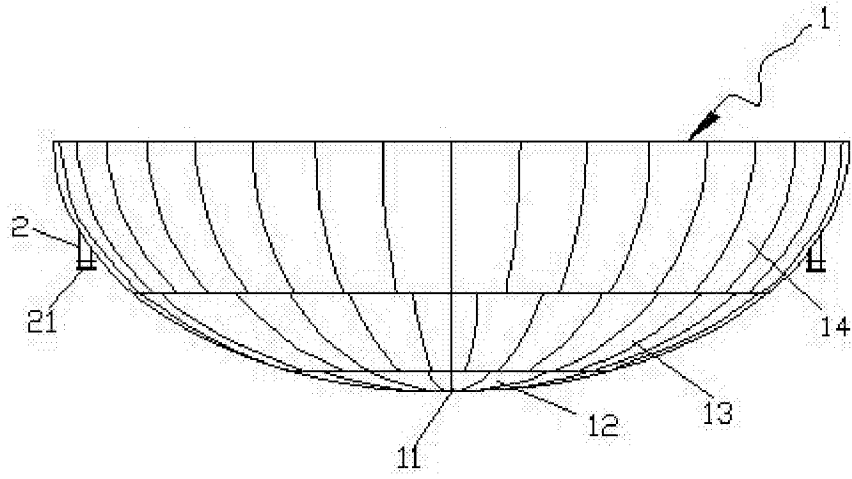


图1

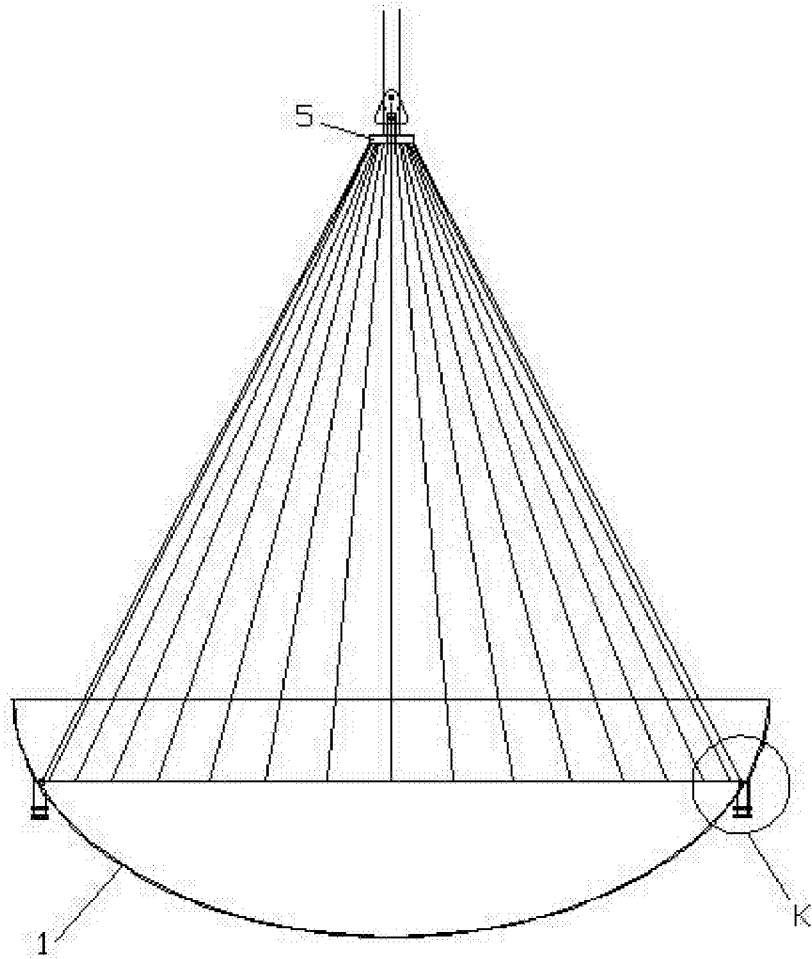


图2

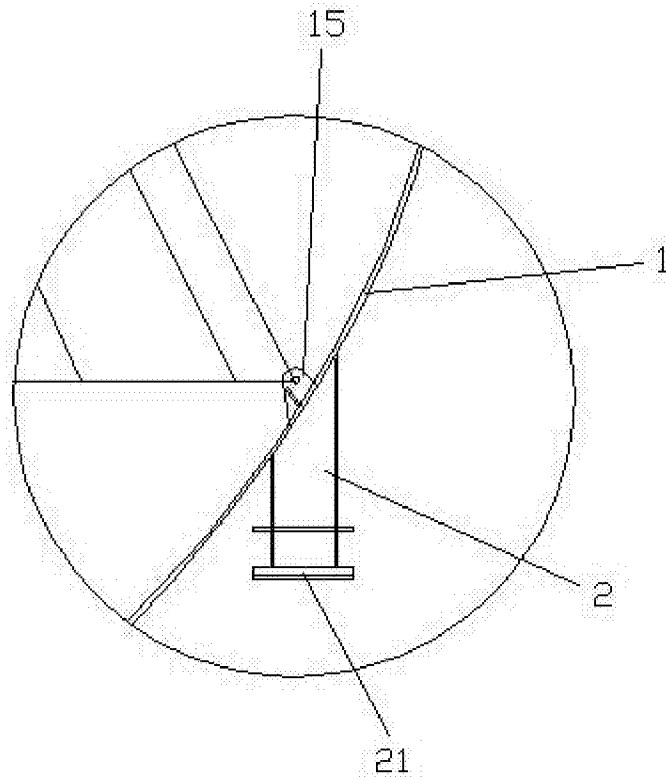


图3

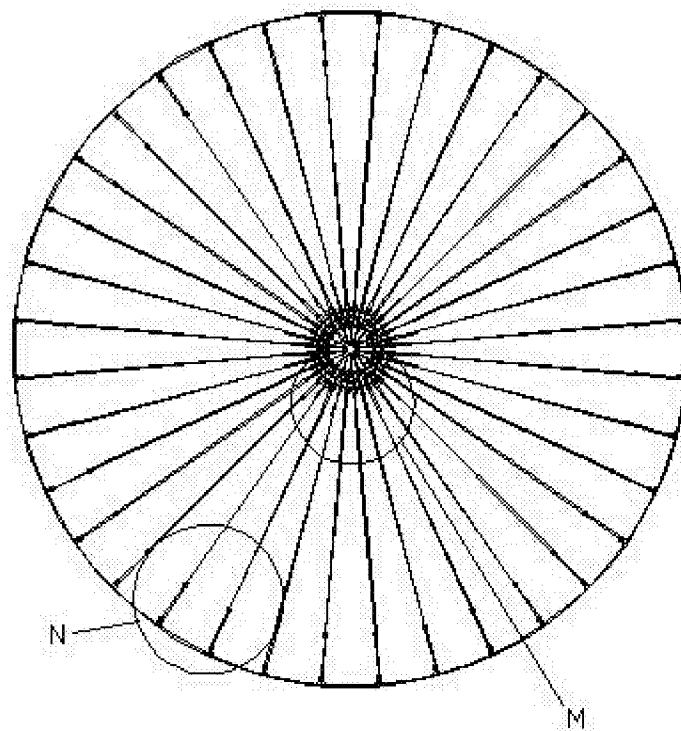


图4

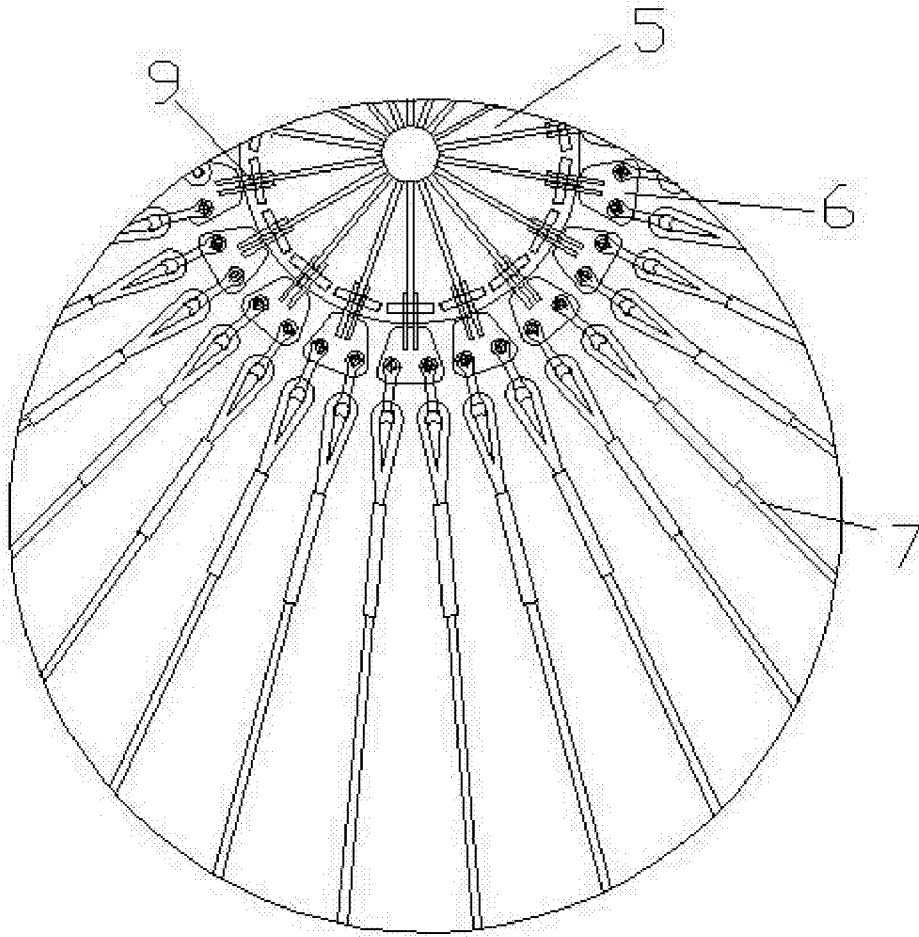


图5

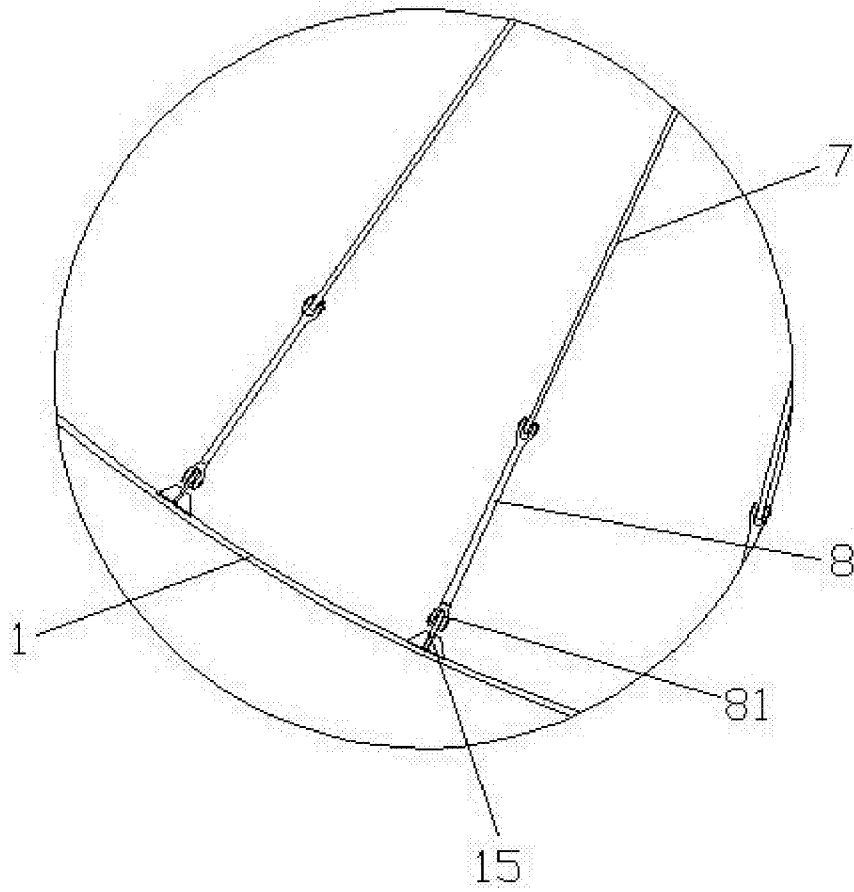


图6

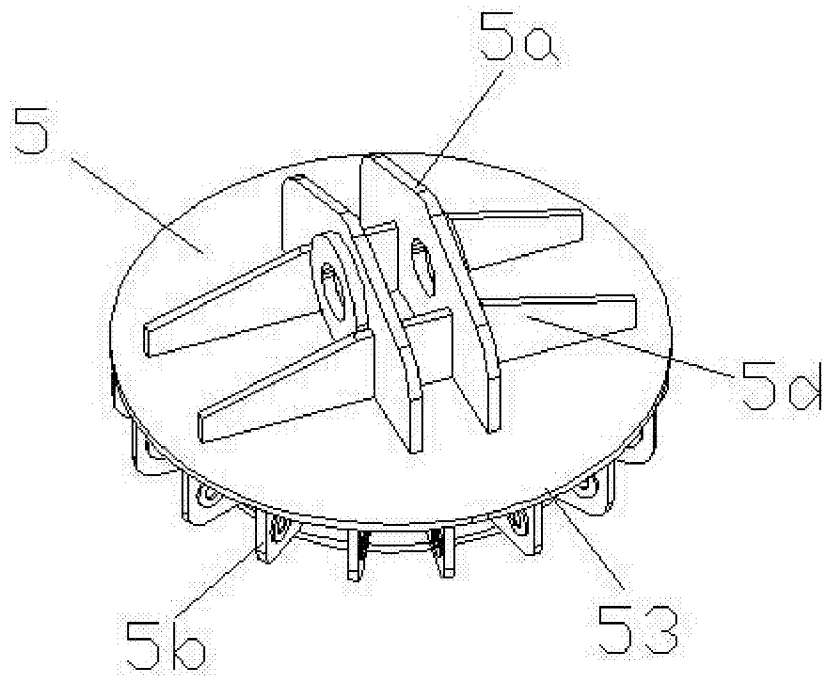


图7

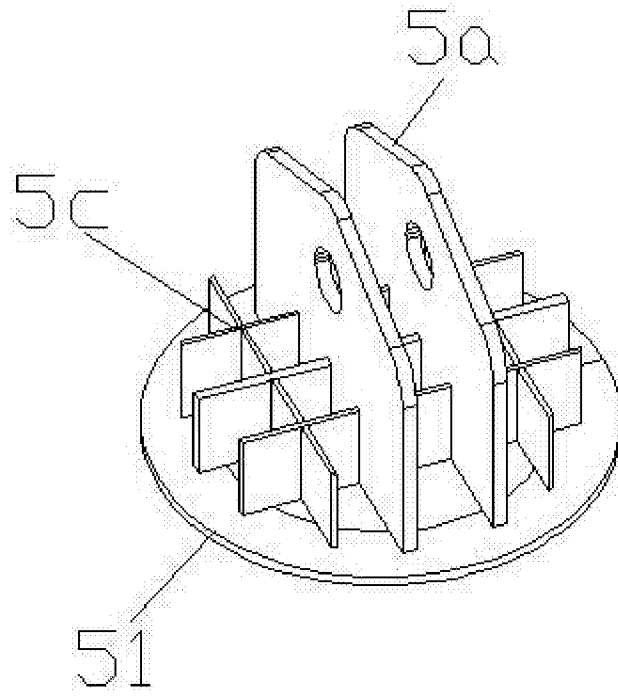


图8



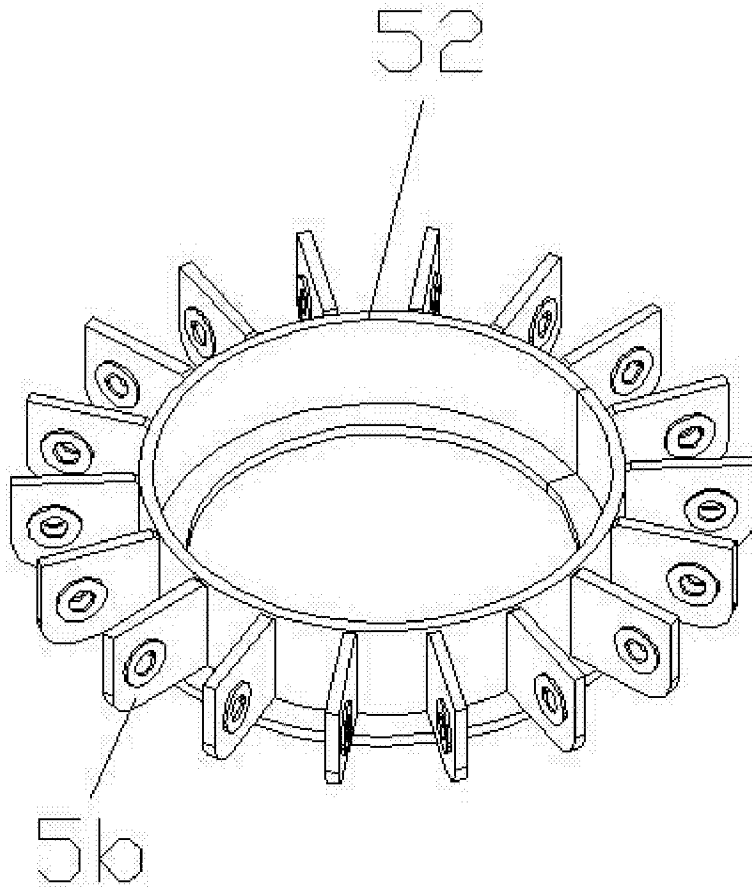


图9

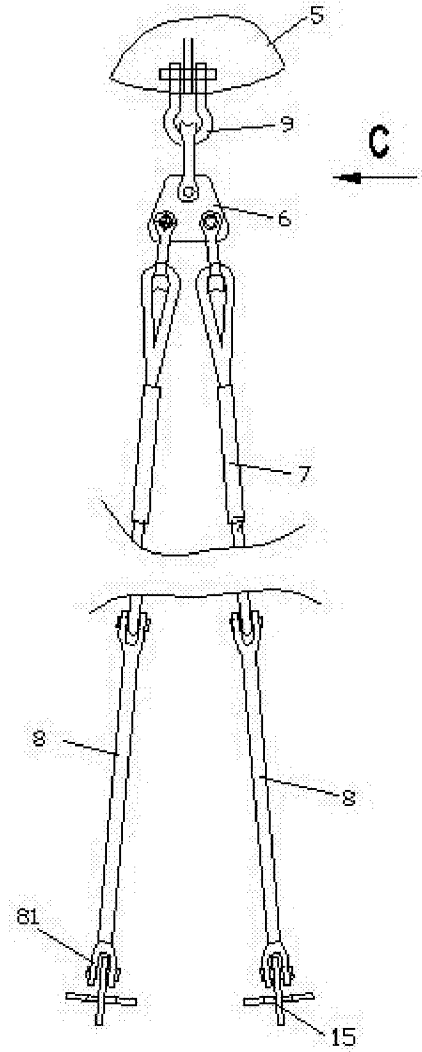


图10

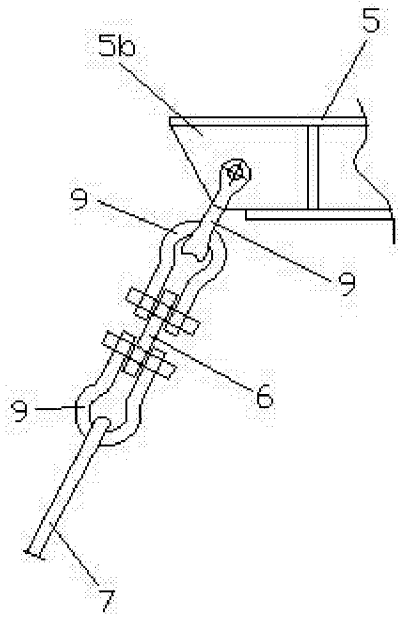


图11

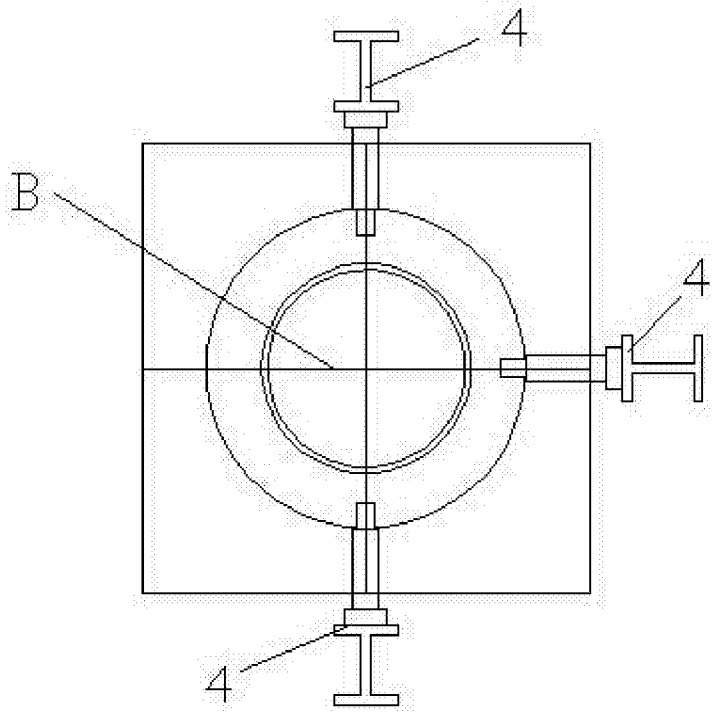


图12

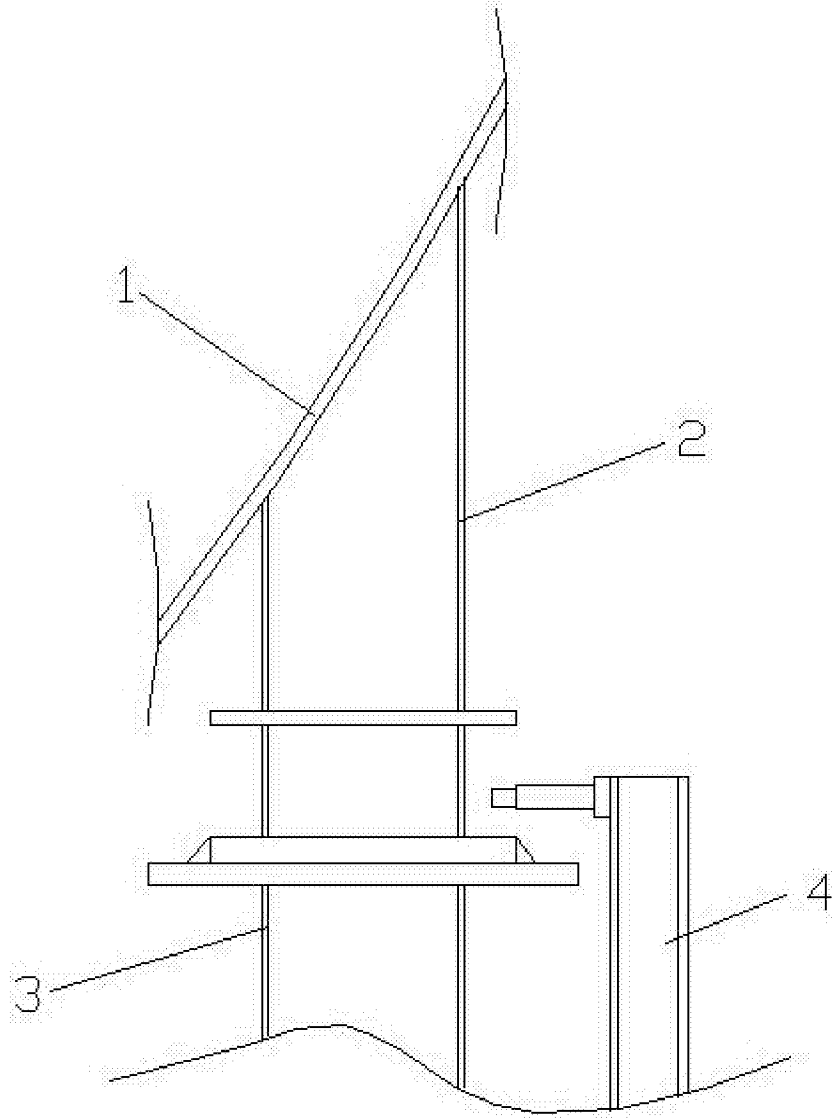


图13