



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 119914001 B

(45) 授权公告日 2025. 06. 24

(21) 申请号 202510412669.X

(22) 申请日 2025.04.03

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 119914001 A

(43) 申请公布日 2025.05.02

(73) 专利权人 大元建业集团股份有限公司
地址 061000 河北省沧州市运河区永济东路18号

(72) 发明人 刘忠 李杨 王岗 孙云星
赵真真 赵宪策 苏安 李福林
腾林 吕昱达

(74) 专利代理机构 北京远大卓悦知识产权代理有限公司 11369
专利代理师 史霞

(51) Int.Cl.

E04B 1/35 (2006.01)

E04G 3/22 (2006.01)

E04G 5/00 (2006.01)

E04G 21/14 (2006.01)

G06F 17/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 108678180 A, 2018.10.19

CN 111042542 A, 2020.04.21

审查员 李叶晨

权利要求书3页 说明书20页 附图5页

(54) 发明名称

多层网架整体提升施工方法

(57) 摘要

本发明属于建筑施工技术领域,公开了一种多层网架整体提升施工方法,包括:在地面原位整体拼装屋盖网架;沿屋盖网架的周边间隔设置多个混凝土柱,在一部分混凝土柱顶部均安装一提升支架作为提升的上吊点,在提升支架上安装液压器;将屋盖网架上的各个下吊点分别连接到各个液压器上,将屋盖网架整体局部提升至预设安装高度;将马道分为多个马道安装单元块,将每个马道安装单元块上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点处的节点球连接,直至马道整体安装完成;再将屋盖网架和马道整体提升至设计高度。本发明能够提高施工效率、保证施工精度、降低施工安全风险、适于推广使用。



1. 一种多层网架整体提升施工方法,其特征在于,包括:

1) 在地面原位整体拼装屋盖网架;

2) 沿屋盖网架的周边间隔设置多个混凝土柱,在一部分混凝土柱顶部均安装一提升支架作为提升的上吊点,在提升支架上安装液压器;

3) 将所述屋盖网架上的各个下吊点分别连接到各个液压器上,将屋盖网架整体局部提升至预设安装高度;

4) 将马道分为多个马道安装单元块,将组装好的马道安装单元块运至吊装位置下方地面,进行垂直吊装,提升至安装位置后,将马道安装单元块上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点处的节点球连接,直至马道整体安装完成;

5) 安装好马道后,再将所述屋盖网架和马道整体提升至设计高度;

其中,所述屋盖网架上设置有临时构件球,所述临时构件球包裹在临时节点球外部或上弦杆上,所述临时构件球设置于所述屋盖网架的构件连接处,其中,靠近所述混凝土柱的临时构件球内设置有沿水平方向可伸缩的支撑杆件,所述混凝土柱上设置有风速传感器,所述风速传感器与所述支撑杆件均与一防护控制器通讯连接,所述风速传感器实时检测当前风速并将风速数据传输给所述防护控制器,所述防护控制器接收当前风速数据,并与预设的风速阈值进行比较,若当前风速数据超过预设的风速阈值,则所述防护控制器控制所述支撑杆件沿水平方向伸缩至与所述混凝土柱间的距离不超过1厘米,所述支撑杆件的自由端设置有位移传感器,所述位移传感器用于检测所述支撑杆件的自由端与混凝土柱间的距离,所述位移传感器与所述防护控制器通讯连接。

2. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,所述屋盖网架投影面为圆形,上弦面为球面,下弦面为中心水平的类球面,节点连接形式为焊接球节点,结构形式为四角锥网架,所述屋盖网架四周设置多个双向弹性球铰支座,支承形式为下弦柱点,下部结构为混凝土框架;

在地面原位整体拼装屋盖网架包括如下步骤:

胎架搭设与下弦球安装:搭建网架拼装胎架,胎架采用钢管支撑网架下弦球,焊接在钢板上,水平方向采用钢管,斜杆采用角钢连接成整体;

将下弦球安装在胎架上,并与节点球焊接;

安装上弦球,调节上弦球标高,安装斜腹杆并与节点球焊接,安装上弦杆,使其与节点球焊接成整体;

安装檩条,完成屋盖网架的整体拼装。

3. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,所述马道为偏心马道,

在吊装偏心马道过程中,每个液压器提供的提升力通过以下方法计算:

$$F1 = k \times G \times L2 / (L1 + L2)$$

$$F2 = k \times G \times L1 / (L1 + L2)$$

其中,F1为靠近重心侧液压器提升力,F2为远离重心侧液压器提升力,G为偏心马道的总重力,L1为偏心马道重心到最近支撑点的水平距离,L2为偏心马道重心到最远支撑点的水平距离,k为提升过程中的动载系数;

其中,所述靠近重心侧和远离重心侧的判定方法为:

a) 在地面预拼装阶段,通过称重法或三维建模计算确定偏心马道的几何重心位置,并在马道上标记重心投影点;

b) 根据偏心马道的设计图纸,确定其结构偏心方向;

c) 吊装时,以偏心马道的重心投影点为基准,测量各液压器对应的支撑点与重心投影点在水平方向的距离:若某支撑点至重心投影点的水平距离小于等于其他支撑点,则该支撑点对应的液压器为靠近重心侧,若某支撑点至重心投影点的水平距离大于其他支撑点,则该支撑点对应的液压器为远离重心侧;

d) 当存在多个支撑点距离相等时,以结构偏心方向作为判定依据。

4. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,步骤3)中,将屋盖网架整体提升还包括:将液压器与液压泵源连接,并均连接至同步控制系统,将屋盖网架的吊点与所述液压器通过钢绞线连接,液压泵压力依序按 20%、40%、60%、80%、100% 逐步加载至屋盖网架结构离地一段距离,停留一段时间,之后再进行提升;

提升过程中,每提升若干米对各个吊点进行一次测量,根据测量结果进行单点微调,使得各吊点同步提升,当提升至离设计位置 1m 处,对各吊点进行微调处理,并整体提升至设计位置,其中,在临时构建球的底部贴上反光贴,并标记“十”字,采用全站仪进行测量。

5. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,步骤4)中,马道的安装方法包括:将马道分为多个马道安装单元块,在地面将每一单元块的沿竖直方向设置的4根吊杆之间的2根托梁安装在吊杆下端托板上,将马道平台板安装在两根托梁上,马道平台板底两侧支撑梁两端分别放在两根托梁上已焊接的钢板上,将马道平台板底两侧支撑梁槽钢或矩形管两端与钢板焊接,再将马道平台两侧栏杆安装在其上方,将马道安装单元块4根吊杆上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点球连接,相邻吊杆之间马道安装单元块安装完成后,补充安装其间的一跨平台板及栏杆,并与相邻托梁连接,依此顺序进行安装直至马道整体安装完成。

6. 如权利要求2所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,在屋盖网架拼装过程中:采用地样法进行球节点安装初步平面位置放样,定位先后顺序为:先下弦球,再下弦杆件,接着竖向腹杆和上弦球,最后上弦杆和斜腹杆;球节点定位焊接后进行临时固定,焊接完成后再次进行坐标复核;将拼装区域划分,逐片进行拼装精度控制;在拼装单元最外侧的球节点设置拼装控制关键点。

7. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,在屋盖网架提升过程中,在下吊点下方挂盘尺,将每个下吊点处的球节点中心高程标注在相近柱侧面,通过盘尺直观反映每个吊装点的高度增值,并与吊装操作界面上的各点吊装值对比。

8. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,在步骤3)中,所述液压器的提升力通过以下方法进行动态调整:

在每个液压器上安装压力传感器,实时监测液压器的提升力;

将压力传感器的数据传送至同步控制系统,同步控制系统根据各液压器的提升力差异,动态调整液压泵的输出压力;

若某一液压器的提升力超过预设阈值,同步控制系统自动降低该液压器的提升力,并增加其他液压器的提升力。

9. 如权利要求1所述的多层网架整体提升施工方法,其特征在于,在步骤5)中,所述屋

盖网架和马道整体提升至设计高度后,还包括以下步骤:

在屋盖网架的四周设置临时支撑架,临时支撑架的高度可调节,用于在提升完成后对屋盖网架进行临时支撑;

通过调节临时支撑架的高度,使屋盖网架与混凝土柱之间的连接点对齐;

将屋盖网架与混凝土柱固定,完成安装。

多层网架整体提升施工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及建筑施工技术技术领域。更具体地说,本发明涉及一种多层网架整体提升施工方法。

背景技术

[0002] 随着建筑技术的不断发展,大跨度屋盖网架结构在体育馆、展览馆、机场航站楼等大型公共建筑中得到了广泛应用。传统的多层网架整体提升施工方法通常采用分段吊装或高空散装的方式,存在施工周期长、安全隐患大、精度控制难等问题。特别是对于马道的安装,传统方法往往需要在高空进行大量焊接作业,增加了施工难度和风险。因此,亟需一种高效、安全的多层网架整体提升施工方法,以解决现有技术中的不足。

发明内容

[0003] 本发明实施例的一个目的是解决至少上述问题和/或缺陷,并提供至少后面将说明的优点。

[0004] 本发明还有一个目的是提供一种多层网架整体提升施工方法,本发明通过在地面原位整体拼装屋盖网架,并采用整体提升技术,结合马道的模块化安装,实现高效、安全的施工。

[0005] 本发明解决的技术问题之一:传统多层网架整体提升施工方法可能存在施工效率低、高空作业风险大等问题。本发明提出的多层网架整体提升施工方法,先在地面原位整体拼装屋盖网架,再通过液压提升设备分阶段提升,结合马道分单元块安装,降低了高空作业难度,提高了施工效率,同时确保了屋盖网架和马道安装的准确性和安全性。

[0006] 本发明解决的技术问题之一:在屋盖网架施工过程中,大风等恶劣天气可能影响其稳定性,增加施工风险。本发明通过设置临时构件球、风速传感器、可伸缩支撑杆件和防护控制器,实时监测风速,在风速超阈值时自动调节支撑杆件,增强屋盖网架稳定性,保障施工安全。

[0007] 为此,本发明的提供的技术方案为:

[0008] 一种多层网架整体提升施工方法,包括:

[0009] 1) 在地面原位整体拼装屋盖网架;2) 沿屋盖网架的周边间隔设置多个混凝土柱,在一部分混凝土柱顶部均安装一提升支架作为提升的上吊点,在提升支架上安装液压器,在设置上吊点的混凝土柱上均设置有拉结点;3) 将所述屋盖网架上的各个下吊点分别连接到各个液压器上,将屋盖网架整体局部提升至预设安装高度;4) 将马道分为多个马道安装单元块,将组装好的马道安装单元块运至吊装位置下方地面,进行垂直吊装,提升至安装位置后,将马道安装单元块上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点处的节点球连接,直至马道整体安装完成;5) 安装好马道后,再将所述屋盖网架和马道整体提升至设计高度。

[0010] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,所述屋盖网架投影面为圆形,上弦面为球面,下弦面为中心水平的类球面,节点连接形式为焊接球节点,结构形式为四角锥

网架,所述屋盖网架四周设置多个双向弹性球铰支座,支承形式为下弦柱点,下部结构为混凝土框架;

[0011] 在地面原位整体拼装屋盖网架包括如下步骤:

[0012] 胎架搭设与下弦球安装:搭建网架拼装胎架,胎架采用钢管支撑网架下弦球,焊接在钢板上,水平方向采用钢管,斜杆采用角钢连接成整体;

[0013] 将下弦球安装在胎架上,并与节点球焊接;

[0014] 安装上弦球,调节上弦球标高,安装斜腹杆并与节点球焊接,安装上弦杆,使其与节点球焊接成整体;

[0015] 安装檩条,完成屋盖网架的整体拼装。

[0016] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,所述马道为偏心马道,

[0017] 在吊装偏心马道过程中,每个液压器提供的提升力通过以下方法计算:

$$[0018] \quad F1 = k \times G \times L2 / (L1 + L2)$$

$$[0019] \quad F2 = k \times G \times L1 / (L1 + L2)$$

[0020] 其中,F1为靠近重心侧液压器提升力,F2为远离重心侧液压器提升力,G为偏心马道的总重力,L1为偏心马道重心到最近支撑点的水平距离,L2为偏心马道重心到最远支撑点的水平距离,k为提升过程中的动载系数;

[0021] 其中,所述靠近重心侧和远离重心侧的判定方法为:

[0022] a) 在地面预拼装阶段,通过称重法或三维建模计算确定偏心马道的几何重心位置,并在马道上标记重心投影点;

[0023] b) 根据偏心马道的设计图纸,确定其结构偏心方向;

[0024] c) 吊装时,以偏心马道的重心投影点为基准,测量各液压器对应的支撑点与重心投影点在水平方向的距离:若某支撑点至重心投影点的水平距离小于等于其他支撑点,则该支撑点对应的液压器为靠近重心侧,若某支撑点至重心投影点的水平距离大于其他支撑点,则该支撑点对应的液压器为远离重心侧;

[0025] d) 当存在多个支撑点距离相等时,以结构偏心方向作为判定依据。

[0026] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,所述屋盖网架上设置有临时构件球,所述临时构件球包裹在临时节点球外部或上弦杆上,所述临时构件球设置于所述屋盖网架的构件连接处,其中,靠近所述混凝土柱的临时构件球内设置有沿水平方向可伸缩的支撑杆件,所述混凝土柱上设置有风速传感器,所述风速传感器与所述支撑杆件均与一防护控制器通讯连接,所述风速传感器实时检测当前风速并将风速数据传输给所述防护控制器,所述防护控制器接收当前风速数据,并与预设的风速阈值进行比较,若当前风速数据超过预设的风速阈值,则所述防护控制器控制所述支撑杆件沿水平方向伸缩至与所述混凝土柱间的距离不超过1厘米,所述支撑杆件的自由端设置有位移传感器,所述位移传感器用于检测所述支撑杆件的自由端与混凝土柱间的距离,所述位移传感器与所述防护控制器通讯连接。

[0027] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,步骤3)中,将屋盖网架整体提升还包括:将液压器与液压泵源连接,并均连接至同步控制系统,将屋盖网架的吊点与所述液压器通过钢绞线连接,液压泵压力依序按 20%、40%、60%、80%、100% 逐步加载至屋盖网架结构离地一段距离,停留一段时间,之后再进行提升;

[0028] 提升过程中,每提升若干米对各个吊点进行一次测量,根据测量结果进行单点微调,使得各吊点同步提升,当提升至离设计位置 1m 处,对各吊点进行微调处理,并整体提升至设计位置,其中,在临时构建球的底部贴上反光贴,并标记“十”字,采用全站仪进行测量,方便了高空的测量作业。

[0029] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,步骤4)中,马道的安装方法包括:将马道分为多个马道安装单元块,在地面将每一单元块的沿竖直方向设置的4根吊杆之间的2根托梁安装在吊杆下端托板上,将马道平台板安装在两根托梁上,马道平台板底两侧支撑梁两端分别放在两根托梁上已焊接的钢板上,将马道平台板底两侧支撑梁槽钢或矩形管两端与钢板焊接,再将马道平台两侧栏杆安装在其上方,将马道安装单元块4根吊杆上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点球连接,相邻吊杆之间马道安装单元块安装完成后,补充安装其间的一跨平台板及栏杆,并与相邻托梁连接,依此顺序进行安装直至马道整体安装完成。

[0030] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,在屋盖网架拼装过程中:采用地样法进行球节点安装初步平面位置放样,定位先后顺序为:先下弦球,再下弦杆件,接着竖向腹杆和上弦球,最后上弦杆和斜腹杆;球节点定位焊接后进行临时固定,焊接完成后再次进行坐标复核;将拼装区域划分,逐片进行拼装精度控制;在拼装单元最外侧的球节点设置拼装控制关键点。

[0031] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,在屋盖网架提升过程中,在下吊点下方挂盘尺,将每个下吊点处的球节点中心高程标注在相近柱侧面,通过盘尺直观反映每个吊装点的高度增值,并与吊装操作界面上的各点吊装值对比。

[0032] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,在步骤3)中,所述液压器的提升力通过以下方法进行动态调整:在每个液压器上安装压力传感器,实时监测液压器的提升力;将压力传感器的数据传送至同步控制系统,同步控制系统根据各液压器的提升力差异,动态调整液压泵的输出压力;若某一液压器的提升力超过预设阈值,同步控制系统自动降低该液压器的提升力,并增加其他液压器的提升力。所述同步控制系统与所述防护控制器也通讯连接。

[0033] 优选的是,所述的多层网架整体提升施工方法中,在步骤5)中,所述屋盖网架和马道整体提升至设计高度后,还包括以下步骤:在屋盖网架的四周设置临时支撑架,临时支撑架的高度可调节,用于在提升完成后对屋盖网架进行临时支撑;通过调节临时支撑架的高度,使屋盖网架与混凝土柱之间的连接点对齐;将屋盖网架与混凝土柱固定,完成安装。

[0034] 本发明实施例至少包括以下有益效果:

[0035] 本发明中将屋面网架及马道同时上提,相比于传统的方法是只提升屋面,本发明通过在地面进行屋盖网架的整体拼装以及马道安装单元块的组装,减少了高空作业量,大大提高了施工效率。

[0036] 本发明通过设置可伸缩的支撑构件,采取防风防护措施,通过风速传感器和防护控制器控制支撑杆件的伸缩,当风力达到某个级别的时候,装置启动往混凝土柱体方向伸出固定装置,装置距离主体1厘米以下时(比如2mm)左右时停止,防止因风力过大使得网架晃动,风力下降并稳定后收回。能够在大风天气下对屋盖网架进行有效防护,降低施工安全风险。同时,合理的施工流程和提升操作,也减少了施工过程中的安全隐患。

[0037] 本发明在屋盖网架拼装和提升过程中,采用了多种精度控制措施,如地样法放样、坐标复核、吊点测量与微调等,能够有效保证施工精度,确保网壳结构的稳定性和安全性。

[0038] 本发明能够提高施工效率、降低施工安全风险、保证施工精度,适于在建筑施工领域推广使用。

附图说明

[0039] 图1为本发明其中一个实施例中的屋盖网架提升吊点布置图。

[0040] 图2为本发明其中一个实施例中的临时网格吊顶平面布置图。

[0041] 图3为本发明其中一个实施例中的托盘尺寸计算示意图。

[0042] 图4为本发明其中一个实施例中的布置液压器的示意图。

[0043] 图5为本发明其中一个实施例中的屋盖网架提升前的准备示意图。

[0044] 图6为本发明其中一个实施例中的屋盖网架离地20cm停留12小时以上的观察示意图。

[0045] 图7为本发明其中一个实施例中的安装马道后的提升示意图。

[0046] 图8为本发明其中一个实施例中的将结构提升至离设计高度1m处的示意图。

[0047] 图9为本发明其中一个实施例中的将提升的结构与支座球部分进行连接的示意图。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明,以令本领域技术人员参照说明书文字能够据以实施。

[0049] 本发明提供了一种多层网架整体提升施工方法,包括:

[0050] 1) 在地面原位整体拼装屋盖网架;在施工现场的地面上,依据设计图纸和相关规范要求,进行屋盖网架的整体拼装工作。这需要施工人员严格按照既定的工艺流程和操作标准,确保网架的各个构件准确连接和安装,为后续的提升作业奠定基础。

[0051] 2) 沿屋盖网架的周边间隔设置多个混凝土柱,在一部分混凝土柱顶部安装一提升支架2作为提升的上吊点,在提升支架2上安装液压器3;比如,在其中的1/3~1/2混凝土柱上设置上吊点,这些设置上吊点的混凝土柱沿着屋盖网架的周边均匀间隔设置,这些混凝土柱具备足够的强度和稳定性,以承受后续提升过程中的荷载。在本发明的其中一个实施例中,总有设置有40个混凝土柱,有20个混凝土柱设置了上吊点,且设置的液压器型号不一,在设置上吊点的混凝土柱上均设置有拉结点。提升支架2的安装必须牢固可靠,确保其能够安全地支撑液压器3和屋盖网架的重量。之后,在提升支架2上安装液压器3,液压器3的型号和性能应根据屋盖网架的重量和提升要求进行合理选择。

[0052] 3) 将所述屋盖网架上的各个下吊点1通过钢绞线4分别连接到各个液压器3上,将屋盖网架整体局部提升至预设安装高度;连接过程要保证连接的牢固性和可靠性,避免在提升过程中出现松动或脱落的情况。连接完成后,启动液压提升设备,将屋盖网架整体局部提升至预设的安装高度。在提升过程中,要密切关注屋盖网架的提升状态,确保其平稳上升。屋盖网架的吊点布置如图1所示。

[0053] 4) 将马道分为多个马道安装单元块,在地面上完成各个单元块的组装工作,将组

装好的马道安装单元块运至吊装位置下方地面,进行垂直吊装,提升至安装位置后,将马道安装单元块上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点处的节点球连接,按照这样的方式,依次安装各个马道安装单元块,直至马道整体安装完成;在马道安装过程中,要注意各个单元块之间的连接精度和稳定性,确保马道的整体质量。

[0054] 5) 安装好马道后,再将所述屋盖网架和马道整体提升至设计高度。在提升过程中,要持续监测屋盖网架和马道的提升状态,确保其安全、平稳地到达设计位置。提升完成后,进行必要的固定和检查工作,确保整个网壳结构的稳定性和安全性。

[0055] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,所述屋盖网架投影面为圆形,上弦面为球面,下弦面为中心水平的类球面,节点连接形式为焊接球节点,结构形式为四角锥网架,所述屋盖网架四周设置多个双向弹性球铰支座,支承形式为下弦柱点,下部结构为混凝土框架;

[0056] 在地面原位整体拼装屋盖网架包括如下步骤:

[0057] 胎架搭设与下弦球安装:搭建网架拼装胎架,胎架采用钢管支撑网架下弦球,焊接在钢板上,水平方向采用钢管,斜杆采用角钢连接成整体;

[0058] 将下弦球安装在胎架上,并与节点球焊接;搭建网架拼装胎架是整个拼装工作的基础。胎架采用钢管支撑网架下弦球,钢管焊接在钢板上,以确保胎架的稳定性。在水平方向上,使用钢管进行连接,斜杆采用角钢连接成整体,形成一个牢固的支撑体系。将下弦球准确安装在胎架上,并与节点球进行焊接。焊接过程要严格按照焊接工艺要求进行,确保焊接质量。

[0059] 在完成下弦球的安装后,进行上弦球的安装工作。安装过程中,要仔细调节上弦球的标高,使其符合设计要求。之后,安装斜腹杆并与节点球进行焊接,再安装上弦杆,使其与节点球焊接成一个整体。在焊接过程中,要注意控制焊接变形,确保网架的整体形状和尺寸精度。

[0060] 安装檩条,檩条的安装要按照设计要求进行,确保其安装位置准确、牢固。檩条安装完成后,屋盖网架的整体拼装工作即完成。

[0061] 在整个拼装过程中,要严格按照设计图纸和相关规范要求进行操作。对于各个构件的连接和焊接,要进行严格的质量检验,确保屋盖网架的整体质量。同时,要注意施工现场的安全管理,避免发生安全事故。

[0062] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,所述马道为偏心马道。在进行网壳施工设计时,根据屋盖网架的结构特点和使用要求,设计偏心马道的具体尺寸和形状。将偏心马道划分为多个马道安装单元块,以便于在地面进行组装和现场吊装。每个单元块的划分要考虑到吊装设备的起吊能力和运输的便利性。依次对偏心马道的各个单元块进行安装。在安装过程中,要注意偏心马道的弧度和连接精度,确保各个单元块之间能够准确连接,形成一个完整的环形结构。相邻单元块安装完成后,补充安装其间的平台板及栏杆,并与相邻托梁进行连接,逐步完成偏心马道的整体安装。偏心马道安装过程中,要与屋盖网架的提升和安装工作密切配合。在屋盖网架局部提升至预设安装高度后,及时进行马道的安装工作。安装完成后,再与屋盖网架一起整体提升至设计高度。在整个过程中,要确保偏心马道与屋盖网架的连接牢固,不影响屋盖网架的整体稳定性。偏心马道安装完成后,要进行全面的检查和验收。检查马道的连接部位是否牢固,栏杆是否安装到位,平台板是否平整等。确保偏心马

道的各项性能指标符合设计要求和相关安全标准。

[0063] 在吊装偏心马道过程中,每个液压器提供的提升力通过以下方法计算:

$$[0064] \quad F1 = k \times G \times L2 / (L1 + L2)$$

$$[0065] \quad F2 = k \times G \times L1 / (L1 + L2)$$

[0066] 其中,F1为靠近重心侧液压器提升力,F2为远离重心侧液压器提升力,G为偏心马道的总重力,L1为偏心马道重心到最近支撑点的水平距离,L2为偏心马道重心到最远支撑点的水平距离,k为提升过程中的动载系数;

[0067] 其中,所述靠近重心侧和远离重心侧的判定方法为:

[0068] a) 在地面预拼装阶段,通过称重法或三维建模计算确定偏心马道的几何重心位置,并在马道上标记重心投影点;

[0069] b) 根据偏心马道的设计图纸,确定其结构偏心方向;

[0070] c) 吊装时,以偏心马道的重心投影点为基准,测量各液压器对应的支撑点与重心投影点在水平方向的距离:若某支撑点至重心投影点的水平距离小于等于其他支撑点,则该支撑点对应的液压器为靠近重心侧,若某支撑点至重心投影点的水平距离大于其他支撑点,则该支撑点对应的液压器为远离重心侧;

[0071] d) 当存在多个支撑点距离相等时,以结构偏心方向作为判定依据。

[0072] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,为屋盖网架施工增加了防护措施,以应对可能出现的大风天气,保障施工安全。如图2所示,在屋盖网架上设置临时构件球5,这些临时构件球5包裹在临时节点球外部或上弦杆上,并且设置于屋盖网架的构件连接处,在安装完成后这些临时构件球5将被拆除。其中,靠近混凝土柱的临时构件球5内设置有沿水平方向可伸缩的支撑杆件。在混凝土柱上安装风速传感器,风速传感器与支撑杆件均与一防护控制器进行通讯连接。风速传感器能够实时检测当前的风速,并将风速数据传输给防护控制器。防护控制器接收当前风速数据后,将其与预设的风速阈值进行比较。若当前风速数据超过预设的风速阈值(比如6级风力),防护控制器将控制支撑杆件沿水平方向伸缩,直至其与混凝土柱间的距离不超过 1 厘米(比如2mm)。同时,支撑杆件的自由端设置有位移传感器,位移传感器用于检测支撑杆件的自由端与混凝土柱间的距离,并将检测数据反馈给防护控制器。防护控制器根据位移传感器反馈的数据,对支撑杆件的伸缩进行精确控制,确保其与混凝土柱间的距离符合要求。通过这种防护措施,能够在大风天气下,有效地增强屋盖网架的稳定性,减少因大风对屋盖网架造成的影响,保障施工过程的安全和顺利进行。

[0073] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,步骤3)中,将液压器3与液压泵源进行连接,并将它们均连接至同步控制系统。通过同步控制系统,能够实现各个液压器3的同步工作,确保屋盖网架的平稳提升。将屋盖网架的吊点与液压器3通过钢绞线进行连接,确保连接的牢固性。在提升前,液压泵压力依序按 20%、40%、60%、80%、100% 逐步加载至屋盖网架结构离地一段距离。加载过程要缓慢、平稳,避免对屋盖网架造成过大的冲击。加载完成后,停留一段时间,观察屋盖网架的状态,确保其安全稳定。在提升过程中,每提升若干米对各个吊点进行一次测量。通过测量各个吊点的高度和位置,及时发现提升过程中可能出现的偏差。根据测量结果进行单点微调,使得各吊点能够同步提升。当提升至离设计位置 1m 处,对各吊点进行更为精确的微调处理,确保屋盖网架能够准确地到达设计位置。最后,将屋盖网架整体提升至设计位置。通过这种逐步加载和精确控制的提升方式,能够有效地避

免屋盖网架在提升过程中出现倾斜、晃动等问题,确保提升过程的安全和顺利进行,保证屋盖网架的安装精度。

[0074] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,步骤4)中,马道的安装方法包括:将马道分为多个马道安装单元块,在地面将每一单元块的沿竖直方向设置的4根吊杆之间的2根托梁安装在吊杆下端托板上,将马道平台板安装在两根托梁上,马道平台板底两侧支撑梁两端分别放在两根托梁上已焊接的钢板上,将马道平台板底两侧支撑梁槽钢或矩形管两端与钢板焊接,再将马道平台两侧栏杆安装在其上方,将马道安装单元块4根吊杆上端与屋盖网架马道安装位置相应球节点球连接,相邻吊杆之间马道安装单元块安装完成后,补充安装其间的一跨平台板及栏杆,并与相邻托梁连接,依此顺序进行安装直至马道整体安装完成。在安装过程中,要注意各个单元块之间的连接质量和整体协调性,确保马道的整体性能符合设计要求。

[0075] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,在屋盖网架拼装过程中:采用地样法进行球节点安装初步平面位置放样,定位先后顺序为:先下弦球,再下弦杆件,接着竖向腹杆和上弦球,最后上弦杆和斜腹杆;按照这样的顺序进行定位,能够确保球节点的安装位置准确,为后续的拼装工作打下良好的基础。球节点定位焊接后进行临时固定,焊接完成后再次进行坐标复核;如果发现偏差,要及时进行调整。将拼装区域划分,逐片进行拼装精度控制;在拼装单元最外侧的球节点设置拼装控制关键点。在拼装过程中,要严格按照设计要求和施工规范进行操作,确保每一片拼装单元的质量。通过这些方法,能够提高屋盖网架拼装的精度和质量,减少拼装误差,确保屋盖网架的整体性能符合设计要求。

[0076] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,在屋盖网架提升过程中,在下吊点1下方挂盘尺,将每个下吊点1处的球节点中心高程标注在相近柱侧面,通过盘尺直观反映每个吊装点的高度增值,并与吊装操作界面上的各点吊装值对比。通过对比,可以及时发现吊装过程中可能出现的偏差。如果发现偏差较大,要及时进行调整,确保各吊装点的高度一致,保证屋盖网架的平稳提升。这种监测方法简单直观,能够有效地对屋盖网架的提升过程进行监控,及时发现和解决问题,确保提升过程的安全和顺利进行。

[0077] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,在步骤3)中,所述液压器的提升力通过以下方法进行动态调整:在每个液压器上安装压力传感器,实时监测液压器的提升力;将压力传感器的数据传送至同步控制系统,同步控制系统根据各液压器的提升力差异,动态调整液压泵的输出压力;若某一液压器的提升力超过预设阈值,同步控制系统自动降低该液压器的提升力,并增加其他液压器的提升力。所述同步控制系统与所述防护控制器也通讯连接。

[0078] 在本发明的其中一个方案中,作为优选,在步骤5)中,所述屋盖网架和马道整体提升至设计高度后,还包括以下步骤:在屋盖网架的四周设置临时支撑架,临时支撑架的高度可调节,用于在提升完成后对屋盖网架进行临时支撑;通过调节临时支撑架的高度,使屋盖网架与混凝土柱之间的连接点对齐;将屋盖网架与混凝土柱固定,完成安装。

[0079] 为使本领域技术人员更好地理解本发明的技术方案,现提供如下的实施例进行进一步说明:

[0080] 本实施例提供一种多层网架整体提升施工方法,包括:

[0081] 地面原位整体拼装屋盖网架——利用混凝土柱 2KZ1(截面尺寸 $1\text{m} \times 1\text{m}$,柱顶标

高+25.55m)安装提升器——网架整体局部提升安装夹层马道——网架整体提升至设计标高——采用200T履带吊(因为周边构件位置距离主体外较远,一般吊车够不到)散拼周边构件。

[0082] 屋盖网架整体造型与尺寸:整体网架呈“扣碗”造型,网架投影面为圆形,上弦面为球面,下弦面为中心水平的类球面。网架跨度直径为 70.4 米,结构高度在 2.46m - 5.5m 之间,腹杆找坡并构成屋面球面以满足造型和出水找坡需求,网架就位标高为 25.550 米。

[0083] 节点与杆件:节点形式为焊接空心球节点,结构形式为四角锥网架。网架杆件采用 Q355B 无缝钢管,节点球采用 Q355B 钢板冲压焊接制作,其中焊接球最大厚度 45mm,杆件最大厚度 30mm。除对接杆件焊缝为一级外,其余焊缝设计为二级。

[0084] 支座与支承:网架四周设置 40 个双向弹性球铰支座,支承形式为下弦柱点,下部结构为混凝土框架。双向弹性球铰支座安装高度为 + 25.55m,网架中心点最高标高为 + 34.5m。

[0085] 防火与防腐:工程耐火等级一级,网壳屋面承重构件耐火极限 1.50 小时,檩条等不做耐火要求,防火材料选用膨胀型,厚度不小于 3.0mm。钢材除锈等级不低于 sa21/2 级,表面粗糙度 30 - 75 μ m,防腐涂层厚度 200 μ m,由 2 遍环氧富锌底漆 70 μ m + 1 遍环氧云铁中间漆 60 μ m + 2 遍聚氨酯面漆 70 μ m 组成,防火涂料设置与面漆内层。

[0086] 檩条与屋面板:主次檩条采用 Q355B 热镀锌方钢管,屋面外板采用 0.9mm 厚氟碳喷涂(三涂三烤)直立锁边铝镁锰合金屋面板 65 - 400 型。

[0087] 流水段划分:网架整体提升施工段、夹层马道安装、高空散拼施工段三个施工段。

[0088] 施工方案概述

[0089] 工厂内焊接球、杆件、檩条等构件以散件形式分别制作,通过陆运的方式发送至现场;在地面搭设胎架,焊接球与杆件、檩条地面拼装,以网架圆的中心点为基准,逐圈向外扩散;网架地面拼装完成后进行防火涂料及面漆喷涂施工;整体提升至马道、夹层安装高度;马道、夹层分片吊装安装,同步进行防火涂料及面漆喷涂施工。整体提升至设计高度,安装网架屋盖钢结构;到达就位标高后高空对接就位圈,网架就位;拆除提升设备;外挑下翻部分在屋面分小片制作,然后用吊车吊起与主网架对接,最后安装连接各小片之间的水平杆,最终完成整个网架;补杆及外挑下翻部分防火涂料及面漆喷涂施工;屋面板安装。

[0090] 整体施工工艺流程:成品杆件、焊接球进场→现场检验→网架地面整体拼装→拼装检验→现场防火涂料、面漆喷涂→局部提升→夹层、马道安装→整体提升→补杆就位→整体检验→拆除提升设备→外挑下翻部分安装→现场防火涂料、面漆喷涂→屋面安装。

[0091] 技术参数

[0092] 提升网架:屋盖网架(含檩条)地面拼装完成后,局部提升安装夹层马道,整体提升至设计位置,进行整体提升。提升网架重量580t+檩条重量103.8t+夹层马道重量297.7t,整体提升重量共计约981t。

[0093] 提升主要设备

[0094] 在本工程中采用了液压同步累积提升的新型吊装工艺,主要使用如下关键技术和设备:

[0095] 超大型构件液压同步提升技术;TJJ-1100吨液压器3;TJV-60液压泵源系统;YT-1

计算机同步控制系统。

[0096] 1) 液压器3

[0097] 液压器3为穿芯式结构,以柔性钢绞线作为提升索具,本项目选用TJJ-600、TJJ-1100型号的液压器3,可满足工程需求。

[0098] 2) 液压泵源系统

[0099] 液压泵源系统为液压器3提供液压动力,在各种液压阀的控制下完成相应动作。在不同的工程使用中,提升器的需求及型号都不尽相同,为了提高液压提升设备的通用性和可靠性,泵源液压系统的设计采用模块化结构。根据提升器数量及型号配置泵源系统数量,可进行多个模块的组合,每一套模块以一套泵源系统为核心,可独立控制一组液压器3,同时可进行多吊点扩展,以满足实际提升工程的需要。本工程选用额定功率60KW的液压泵源系统。

[0100] 3) 同步控制系统

[0101] 液压同步控制系统由动力控制系统、功率驱动系统、计算机控制系统等组成。主要完成以下两个控制功能:集群提升器作业时的动作协调控制。无论是液压器3的主油缸,还是上、下锚具油缸,在提升工作中都必须在计算机的控制下协调动作,为同步提升创造条件。通过调节变频器控制提升器的运行速度,保持被提升构件的各点同步运行,以保持其空中姿态完成同步提升。操作人员可在中央控制室通过液压同步计算机控制系统人机界面进行液压提升过程及相关数据的观察和(或)控制指令的发布。

[0102] 屋盖网架地面拼装

[0103] 屋盖网架地面拼装流程

[0104] 步骤1:在安装位置投影正下方测量放线。步骤2:搭设胎架安装下弦球,下弦球通过立柱调节标高。步骤3:安装下弦杆并与节点球焊接,有钢柱位置的下弦杆暂不安装,复核整体安装精度。步骤4:搭支撑安装上弦球,调节上弦球标高。步骤5:安装斜腹杆并与节点球焊接。步骤6:安装上弦杆,与节点球焊接成整体。步骤7:安装檩条,穿插油漆及防火涂料施工。步骤8:网架地面拼装完成。步骤9:网架局部提升后,安装马道及剩余周边后补杆件。步骤10:网架整体提升。

[0105] 网架的地面拼装方法

[0106] 网架拼装步骤

[0107] (1) 网架中心定位基准拼装定位

[0108] 首先根据图纸中球节点的定位尺寸及网架起拱值求出各下弦球的Z坐标和高差,再根据中心区网架球的大小在地面上放置钢管柱,采用塔尺复核每个钢管头的标高,钢管柱下部分别测定中心十字线,确定球节点的位置,并连接拼装节间杆件,形成下弦四边形单元网格,再用立杆将上弦中心球定位,使上弦球中心与地面投影中心位置吻合,连接拼装其它腹杆,形成一个小单元作为基准控制单元。

[0109] (2) 中心区球杆就位方法与顺序

[0110] 1、网架拼装放线;2、在 $2\text{m} \times 4\text{m}$ 的钢板(厚度20mm)上放置 $\Phi 194 \times 6\text{mm}$ 钢管头,用来定位和支撑下弦球;3、拼装下弦球,下弦球正好搁置在 $\Phi 194 \times 6\text{mm}$ 钢管头上部;4、拼装下弦杆;5、拼装腹杆。

[0111] (3) 扩展拼接方法

[0112] 中心区拼装完成后,利用球和杆之间的相互定位逐渐向外扩展拼装。

[0113] 4、地面拼装用吊装方法

[0114] 本工程最大杆件规格最大为 $\Phi 402 \times 28\text{mm}$,下料长度3.67m,单根杆件最大重量为948kg。本工程最大单球WSR9545,单重1087kg,考虑最不利情况,2个最大杆件与最大单球焊接后整体吊装,总重量为: $2 \times 948 + 1087 = 2983\text{kg} = 2.983\text{t}$ 。

[0115] 钢网架地面拼装用25吨汽车吊吊装。吊装工况:最大吊装重量为2.983t;吊索及吊具重量1t,合计吊装载荷4t;选用臂长17.3米,25吨汽车吊进行吊装;工作半径4.5米-10米。吊装采用焊接球设置吊耳、钢丝绳吊装方法进行吊装。

[0116] 5、胎架设置及安装

[0117] 胎架设置

[0118] 本工程钢网架拼装胎架采用 $\Phi 194 \times 6\text{mm}$ 钢管支撑网架下弦球,底部焊接在 $500 \times 500 \times 12\text{mm}$ 的钢板上,水平方向采用 $\Phi 127 \times 4\text{mm}$ 钢管,斜杆采用 $L50 \times 5\text{mm}$ 角钢,将胎架连接为整体,用于保证胎架的稳定性。 $\Phi 194 \times 6\text{mm}$ 钢管立杆长度为0.5m~1.7m,用来定位和支撑下弦球,与整个拼装网架下弦球一一对应,胎架材料采用Q235B。

[0119] 胎架基础

[0120] 钢网架胎架基础分为三部分,中心圆心地面为已经浇筑完成的钢筋混凝土地面,该部分采用铺设 $2\text{m} \times 4\text{m} \times 20\text{mm}$ 钢板,钢板上设置胎架柱;北侧为消防水池,消防水池屋面已浇筑完成,经计算并与设计单位沟通,整体消防水池顶面下部采用 $\Phi 48.3 \times 3.2$ 钢管脚手架进行加固,立杆横纵向间距600mm,横杆步距1200mm,消防水池上铺设 $2\text{m} \times 4\text{m} \times 20\text{mm}$ 钢板,钢板上设置胎架柱;南侧看台下方,看台还未施工,地面为回填土地面,回填土分层夯实碾压,地面上采用铺设 $2\text{m} \times 4\text{m} \times 20\text{mm}$ 钢板,钢板上设置胎架柱。

[0121] 6、地面拼装测量定位

[0122] 1、网架地面拼装测量

[0123] (1) 拼装测量准备

[0124] 网架的拼装测量通过全站仪全程监测定位。

[0125] 球网架节点安装定位是通过测量节点球中心的三维坐标是否与设计值坐标一致来实现的,而节点球中心不能直接观测到,只能通过测量球中心上方某一面来确定该点的三维坐标,这就要求此点垂直通过节点中心,且到节点的距离大于球的半径。只有垂线通过网壳最高节点球面上的点才能最大限度满足上述条件,为此,特制作一个特殊的钢托盘,上面放置棱镜支座,气泡整平后,均能满足上述要求。

[0126] 现场拟制作直径为200mm,壁厚为5mm的钢托盘,其设计深度计算如下(托盘深度视球直径大小而定)

[0127] 托盘深度确定:

[0128] 由截面直角三角形之勾股定理可得: $R^2 = (R+d-h)^2 + (\frac{s}{2}-d)^2$

[0129] 现场拟制作钢支托直径(s)为200mm,壁厚(d)为5mm,如图3所示,可等托盘外壁深度与球直径之间的函数关系式为: $h = R + 5 - \sqrt{R^2 - 95^2}$ 。

[0130] (2) 网架拼装测量施工

[0131] 1) 拼装细部控制

[0132] 球网架拼装过程中,球节点定位焊接通常采用下列步骤:

[0133] 初步定位

[0134] 根据计算出的球节点安装位置坐标,采用“地样法”在网架安装场地(经压实)上进行球节点安装初步平面位置放样,弹设标记线,同时记录各点位位置标高。

[0135] 对于不同施工方法安装的网架分块,其拼装测量控制如下:

[0136] 表1拼装测量控制

[0137]

序号	拼装测量控制
1	对于分块吊装的网架单元,各球节点可通过相对位置在拼装场地上进行坐标放样;
2	对于原位拼装的网架单元,需根据工程整体测量坐标系计算出各球节点在整个网架结构中的三维坐标位置进行放样定位;

[0138] 初步放样轴线标记完成后,在各球节点位置搭设球节点安装胎具,调节胎具至球节点定位高度准备球初步就位;

[0139] 安装过程控制

[0140] 为更好地控制网架拼装精度,制订定位的先后顺序为:先将待组装的下弦球定好位→再定位下弦杆件→确定竖向腹杆和上弦球→再确定上弦杆和斜腹杆。

[0141] 将球吊装至就位胎架,测量用配套棱镜通过自制的钢支托安放于球顶部,施工测量过程中,采用水平尺将托盘安放位置调试水平,确保其上平面几何中心垂直方向通过球心。如此测量所得数据在平面位置上可按设计精度较好地控制球节点,其标高控制需注意将测得标高除去球体半径及托盘壁厚

[0142] 测量复核

[0143] 球在定位准确后需进行临时固定,之后进行相应顺序的安装。球节点焊接完成后需再次进行坐标复核,如发现少许误差,在下个节点处进行补差调节,杜绝误差连续累积。

[0144] 2) 拼装宏观控制

[0145] 拼装过程中,每个球节点均需从平面位置及标高等方面进行严格控制,保证网架小拼单元整体精度。如拼装网架面积较大时,应将其进行测量区域划分,逐片进行拼装精度控制,防止大范围拼装及焊接引起的误差累计。

[0146] 大部分网架在地面拼装,分块顶升的施工方法,如此大范围网架在施工拼装过程中的精度较难控制,其间误差主要来自于每个球节点的安装误差及焊接(收缩)误差的逐槓累计。

[0147] 针对上述网架拼装过程中存在的测量控制问题,对于工程中拟分块吊装的网架分块进行测量控制分块的划分,“化整为零”,划分后分块平均边长控制在30米左右。将各分块遵循逐块控制的原则进行测量控制。

[0148] 3) 关键点位精度控制

[0149] 网架在分块拼装、分块顶升过程中,势必涉及到高空对接。对接处的球节点精度直接影响分块间的外观(是否平滑过渡)及构件的受力体系。因此在拼装单元最外侧的球节点设置拼装控制关键点(与其他分块对接节点)。其拼装精度为拼装控制重点,需经反复复核。

[0150] (3) 网架拼装精度控制标准

[0151] 网架安装精度控制采用全站仪逐点位进行复核,安装误差控制严格按照《钢结构工程施工质量验收规范》相关条例施行:

[0152] 表2 钢网架结构安装的预警值(mm)

[0153]

项目	允许偏差	监测方法
纵向、横向长度	$L/2000$ ，且不应大于 30.0 $-L/2000$ ，且不应小于 -30.0	用钢尺实测
支座中心偏移	$L/3000$ ，且不应大于 30.0	用钢尺和经纬仪实测
周边支承网架相邻支座高差	$L/400$ ，且不应大于 14.0	用钢尺和水准仪实测
支座最大高差	30.0	
多点支承网架相邻支座高差	$L1/800$ ，且不应大于 30.0	
注：1、L为纵向、横向长度； 2、L1为相邻支座间距。		

[0154] 2、上弦球的定位

[0155] 下弦球吊装至胎架钢管柱上后,先安装圆心四个下弦球,复测下弦球轴线位置、标高,通过倒链进行调整,符合要求后固定在胎架柱上,安装下弦杆,形成下弦四边形单元网格,立杆与上弦球地面拼装后吊装至下弦球点焊固定,利用立杆固定上弦球位置及标高,使上弦球中心与地面投影中心位置吻合,连接拼装其它腹杆,形成一个小单元作为基准控制单元。

[0156] 网架最大厚度5.5米,拼装上弦杆件时采用活动脚手架拼装。自制的活动脚手架立柱、横撑、斜撑采用40*40*3方管搭设。

[0157] 活动脚手架搭拆方便、移动灵活、人员上下方便,杆件和球采用吊机吊装,人员站在脚手架上操作,脚手架上部设置1.2米栏杆扶手用于挂设安全带。

[0158] 7钢网架提升

[0159] 7.1吊装条件分析

[0160] 钢结构安装高度高,若采用常规的分件高空散装,不但高空组装、焊接工作量巨大,而且存在较大质量、安全风险,施工的难度较大。根据以往类似工程的成功经验,利用“超大型构件液压同步提升技术”提升安装钢结构,可以大大降低安装施工难度,有效的保证工程的质量、安全、进度。

[0161] 7.2液压提升说明

[0162] 网架在结构柱顶部的支座以外位置断开,将网架结构在其投影楼(地)面处拼装完成,将其直接从地面整体提升到设计位置(与之拼装位置干涉的混凝土结构构件在网架结构提升完成后再施工),形成“网架结构整体吊装方案”。即在柱支座处将主结构断开,在提升标高下方某标高处的胎架上将网架结构全部拼装完成,在混凝土柱顶设置临时提升支架2作为提升上吊点,提升支架2上方布置液压器3,并通过专用钢绞线与设置在地面拼装网架结构的下吊点1连接,通过液压器3的伸缸与缩缸,逐步将网架提升至设计标高位置,锁紧提升器,将被提升网架与预装段进行连接,然后进行分级卸载,确认结构重量全部转移至支座上,拆除临时措施和提升设备,屋盖提升工作完成。

[0163] 7.3钢网架提升具体步骤

[0164] 钢结构提升步骤:

[0165] 步骤1:在地面网架投影位置拼装被提升部分网架,同时在混凝土柱顶安装提升支架2,然后在提升支架2上吊放安装提升设备。如图4所示。

[0166] 步骤2:安装提升下吊点1,上下吊点1用钢绞线连接起来;液压泵和提升器间连接液压油管、布设电脑和提升器间的通讯线等液压提升设备设施,并进行调试,调试完成后对钢绞线进行张拉预紧。如图5所示。

[0167] 步骤3:液压器3、液压泵源、同步控制系统整体调试完成后,液压泵压力依序按20%、40%、60%、80%、100%逐步加载至结构离地约20cm,停留12h以上观察;各方面确认正常后,正式提升作业。如图6所示。

[0168] 步骤4:提升过程中确保提升通道的畅通,提升一定高度后(满足安装下挂转换梁及马道),进行下挂结构安装,安装完成后继续正式提升;每提升5m(间隔可根据数据情况适当变化)对各个吊点进行一次测量,根据测量结果进行“单点”微调,确保提升同步性。如图7所示。

[0169] 步骤5:将结构提升至离设计位置1m处,对各吊点进行微调处理,整体提升至原设计位置,锁紧提升器,复测各吊点提升高度是否与设计状态吻合。如图8所示。

[0170] 步骤6:将被提升结构与支座球部分进行连接,并对主要焊缝进行相关检测。确认无误后进行卸载,将荷载转移至正式的支座上,然后将临时措施结构和设备拆除,完成整个提升过程。如图9所示。

[0171] 7.4液压同步提升技术

[0172] 7.4.1液压同步提升技术基本原理

[0173] “液压同步提升技术”采用液压器3作为提升机具,柔性钢绞线作为承重索具,液压器3为穿芯式结构,以钢绞线作为提升索具,有着安全、可靠、承重件自身重量轻、运输安装方便、中间不必镶接等一系列独特优点。

[0174] 液压器3两端的楔型锚具具有单向自锁作用。当锚具工作(紧)时,会自动锁紧钢绞线;锚具不工作(松)时,放开钢绞线,钢绞线可上下活动。

[0175] 液压提升过程见如下框图所示,一个流程为液压器3一个行程,行程为250mm。当液压器3周期重复动作时,被提升重物则一步一步向前移动。

[0176] 计算机同步控制技术

[0177] 液压同步提升施工技术采用行程及锚具传感监测和计算机控制,通过数据反馈和控制指令传递,可全自动实现一定的同步动作、负载均衡、姿态矫正、应力控制、操作闭锁、过程显示和故障报警等多种功能。操作人员可在中央控制室通过液压同步计算机控制系统人机界面进行液压提升过程及相关数据的观察和(或)控制指令的发布。

[0178] 所述液压器的提升力通过以下方法进行动态调整:在每个液压器上安装压力传感器,实时监测液压器的提升力;将压力传感器的数据传送至同步控制系统,同步控制系统根据各液压器的提升力差异,动态调整液压泵的输出压力;若某一液压器的提升力超过预设阈值,同步控制系统自动降低该液压器的提升力,并增加其他液压器的提升力。所述同步控制系统与所述防护控制器也通讯连接。

[0179] 7.5提升吊点设置布置

[0180] 本案根据结构特点共设置20个提升吊点,提升吊点布置如图所示:

[0181] 7.5.1提升上吊点设置

[0182] 结合本项目结构受力体系特性和结构提升吊点的布置,计划在混凝土柱顶部设置提升支架2作为提升上吊点,提升架通过预埋件(MJ1、MJ2)与混凝土柱连接,提升支架2材质Q355B,横梁截面为箱型B400×400×16×16,立梁采用H300×300×10×15,斜撑采用P194×20

[0183] 7.5.2提升下吊点1设置

[0184] 提升下吊点1与被提升结构相连,再通过提升专用地锚、钢绞线与提升上吊点液压器3相连,通过提升器的反复作业完成结构的提升工作。此种吊点形式利于施工现场的安拆工作,且不影响原结构杆件对口安装,临时措施用量较少。

[0185] 下吊具用临时短管及钢板制作,短管P194×20,材质均为Q355b。下吊具通过临时杆件与被提升结构连接,临时杆件截面为P159x8与P194x6,材质Q355b。需要注意的是临时杆可能会与结构杆件有干涉,因此临时杆安装时端部焊接位置可以调整,为提升到位后焊接后补杆留出位置

[0186] 7.5.3提升点加固杆件设置及断口处理

[0187] 为能使提升过程中提升部分杆件与圈梁不碰撞,又要尽量减少提升支架2的悬臂梁长度,提升需要在原下弦最后一圈外设置临时提升点,用来作为提升挂点。

[0188] 提升临时杆件下端设置在下图示位置,并尽量靠近圈梁位置,如下图,吊点离开圈梁外皮500mm即可

[0189] 7.6液压提升系统配置

[0190] 液压提升系统主要由液压器3、泵源系统、钢绞线、传感检测及计算机同步控制系统组成。

[0191] 1、液压器3配置

[0192] 表3 提升吊点液压器3配置情况

[0193]

吊点编号	吊点反力值 (KN)	液压器 3			
		提升器型号	额定提升能力 (KN)	安全系数	整体安全系数
DD1	671	TJJ-1100	1100	1.64	1.86
DD2	590	TJJ-1100	1100	1.86	
DD3	665	TJJ-1100	1100	1.65	
DD4	603	TJJ-1100	1100	1.82	
DD5	593	TJJ-1100	1100	1.85	
DD6	641	TJJ-1100	1100	1.72	
DD7	519	TJJ-1100	1100	2.12	
DD8	509	TJJ-1100	1100	2.16	
DD9	438	TJJ-1100	1100	2.50	
DD10	424	TJJ-600	600	1.42	
DD11	467	TJJ-1100	1100	2.36	
DD12	417	TJJ-600	600	1.44	
DD13	495	TJJ-1100	1100	2.22	
DD14	591	TJJ-1100	1100	1.86	
DD15	568	TJJ-1100	1100	1.94	
DD16	646	TJJ-1100	1100	1.70	
DD17	582	TJJ-1100	1100	1.89	
DD18	666	TJJ-1100	1100	1.65	
DD19	605	TJJ-1100	1100	1.82	
DD20	607	TJJ-1100	1100	1.81	

[0194] 根据《重型结构和设备整体提升技术规范》GB51162-2016规定,总体提升能力(所有液压提升油缸总额定载荷)应不小于对应荷载标准值的1.25倍。综上,单吊点最小安全系数1.42,总体提升安全系数1.86,本案液压器3配置能保证安全。

[0195] 2、液压泵源配置

[0196] 液压泵源系统数量依照提升器数量和参考各吊点反力值选取,提升结构时,共计配置3台TJV-60液压泵源系统,每台泵源最多控制6-7台液压器3。

[0197] 本方案中依据提升器及泵源系统,在钢结构时配置一套YT-6型计算机同步控制及传感检测系统。

[0198] 3、承重钢绞线配置

[0199] 钢绞线作为柔性承重索具,采用高强度低松弛预应力钢绞线。根据钢结构重量、液压器3配置及各吊点反力值,液压器3选取直径为15.20mm的钢绞线。

[0200] 承重钢绞线的配置原则依据《重型结构和设备整体提升技术规范》不得有松股、断丝现象,钢绞线安全系数不小于2.0即能保证安全。

[0201] 单台液压器3内钢绞线的最小安全系数为3.01,符合规范要求,能保证此次提升安全。

[0202] 4、同步控制系统配置

[0203] 本方案中依据提升器及泵源系统,在钢连体结构时配置一套YT-6型计算机同步控

制及传感检测系统。

[0204] 7.7 液压提升设备安装

[0205] 7.7.1 液压器3

[0206] 1) 每台提升器与提升横梁的开孔中心对齐;依液压锁方位来调整位置;每台提升器底部采用压板固定。

[0207] 7.7.2 提升地锚

[0208] 1) 每提升地锚内钢绞线孔应与地锚吊具的钢绞线孔中心对齐;每提升地锚底部采用压板固定;提升地锚固定时与下吊具留有一定空隙,使地锚可沿圆周方向自由转动。

[0209] 7.7.3 承重钢绞线

[0210] 钢绞线的安装根据实际情况选取不同的方法,提升器下部钢绞线穿入提升器正下方对应的提升地锚内,锁紧(尽量使穿出的钢绞线底部持平),每台提升器顶部余留的钢绞线应沿导向架导出。

[0211] 钢绞线安装操作工艺如下:

[0212] 用砂轮切割机或气割将钢绞线切割成指定长度,用打磨机或气割将钢绞线两头修理平整、圆滑、不松股;将疏导板安装于提升器正下方,调整疏导板板孔的位置,使其与提升器各锚孔对齐(注意三角形结构),临时固定;用导管自上而下检查提升器的天锚、上锚、中间隔板、下锚、安全锚和疏导板孔,做到7孔均对应;在疏导板上作标记,通常沿提升器布置方向指向外侧的内圈孔为1#孔;提升器的每一钢绞线必需左旋、右旋间隔穿入;将导管从天锚上方由1#孔开始,从上往下穿过6层,并确保位置正确;然后将引针插入导管,在疏导板的下方把“子弹头”旋在引针螺纹上,将待穿的钢绞线塞于“子弹头”中;以钢绞线为主动力,依次穿过各层,提升器顶部钢绞线余留部分用临时锚片锁紧于天锚上;每穿好2根钢绞线后,用夹头将钢绞线两两夹紧,以免钢绞线从空中滑落;一般先穿外圈的小部分,后穿内圈全部,再将剩余外圈穿完(左右旋间隔穿入);所有钢绞线穿好后,用上、下锚具液压缸锁紧钢绞线,并锁紧天锚;用软绳放下疏导板至下吊点1上部,调整疏导板的方位,注意1#标记孔方向;钢绞线穿好后若底部端头高低不齐,在适当位置的所有钢绞线上划一水平线,将线以下的钢绞线割去,钢绞线端头修理圆滑;调整地锚孔位置,使其与疏导板的孔对齐,按顺序依次将钢绞线穿入地锚中并理齐,锁紧钢绞线。

[0213] 7.7.4 液压管路的连接

[0214] 连接油管时,油管接头内的组合垫圈应取出,对应管接头或对接头上应有O形圈;应先接低位置油管,防止油管中的油倒流出来,泵站与提升器间油管要一一对应,逐根连接;依照方案制定的并联或串连方式连接油管,确保正确,接完后进行全面复查。

[0215] 7.7.5 控制线、动力线连接

[0216] 各类传感器的连接;液压泵站与提升器之间的控制信号线连接;液压泵站与计算机同步控制系统之间的连接;液压泵站与周围5m内配电箱之间的动力线连接(使用25平方5芯铜电缆)。

[0217] 7.7.6 液压泵源系统连接

[0218] 泵源布置以靠近提升器为原则,使提升器与泵源间的液压油管尽可能短,具体布置结合现场情况待定。

[0219] 7.7.7 计算机同步控制系统的布置

[0220] 本工程配置了1台YT-6型计算机同步控制系统,该系统体积小、重量轻(相同一台计算机的体积),为了提升控制操作及施工作业简便,同步控制系统可布置与提升器、泵源系统等布置位置相近,便于与提升器及泵源系统等连接。其周围需做好防雨工作,保证环境的安静。

[0221] 7.8网架提升质量控制

[0222] 7.8.1提升同步控制策略

[0223] 为确保结构在提升过程的安全,根据提升吊点的布置,拟采用“吊点油压均衡,结构姿态调整,位移同步控制,分级卸载就位”的同步提升和卸载就位控制策略。控制系统根据上述控制策略和特定算法实现对钢的提升姿态控制和荷载控制。在提升过程中,从保证结构吊装安全角度来看,应满足以下要求:保证泵站同一电机的各个吊点受载均匀;保证提升结构的空中稳定,也即要求各个吊点在提升过程中能够保持一定同步。

[0224] 7.8.2试提升

[0225] 以主体结构理论载荷为依据,各提升吊点处的提升设备进行分级加载,依次为20%,40%,60%,80%。确认各部分无异常的情况下,可继续载入到90%,100%,直至钢全部离地。每次分级加载后均应检查相关受力点的结构状态,通过全站仪跟踪监测钢的高差及下挠,以便离地后进行调平,加载过程中各项监测数据均应做好完整记录。当分级加载至钢即将离开拼装胎架(或地面)时,可能存在各点不同时离地,此时应降低提升速度,并密切观察各点离地情况,必要时做“单点动”提升。确保结构离地平稳,各点同步。分级加载完毕,结构提升离开拼装胎架约50mm后暂停,停留12小时做全面检查,停留期间组织专业人员对提升支架2、钢、提升吊具、连接部件、及各提升设备进行专项检查。停留期完毕后,各专业组对检查结果进行汇总,并经起吊指挥部审核确认无任何隐患和问题后,由总指挥下达正式提升命令。

[0226] 7.8.1正式提升

[0227] 上述情况正常时开始正式提升。在整个同步提升过程中应随时检查:每一吊点提升器受载均匀情况;上吊点平台的整体稳定情况;钢提升过程的整体稳定性;计算机控制各吊点的同步性。

[0228] 7.8.2提升就位

[0229] 钢同步提升至设计位置附近后,暂停,各吊点微调使结构精确提升到达设计位置,提升设备暂停、锁定,保持结构的空中姿态稳定不变,最后安装后补杆件集中对口焊接。分别为天锚、上锚及下锚,在构件空中停留过程中,各锚具均由液压锁紧状态转换为机械自锁状态。对于本工程,因连体属于梁结构,投影面积大,风荷载(六级以上)对提升吊装过程有一定的影响。在屋盖网架上设置临时构件球5,这些临时构件球5包裹在临时节点球外部或上弦杆上,并且设置于屋盖网架的构件连接处,在安装完成后这些临时构件球5将被拆除。其中,靠近混凝土柱的临时构件球5内设置有沿水平方向可伸缩的支撑杆件。在混凝土柱上安装风速传感器,风速传感器与支撑杆件均与一防护控制器进行通讯连接。风速传感器能够实时检测当前的风速,并将风速数据传输给防护控制器。防护控制器接收当前风速数据后,将其与预设的风速阈值进行比较。若当前风速数据超过预设的风速阈值(比如6级风力),防护控制器将控制支撑杆件沿水平方向伸缩,直至其与混凝土柱间的距离不超过1厘米(比如2mm)。同时,支撑杆件的自由端设置有位移传感器,位移传感器用于检测支撑杆

件的自由端与混凝土柱间的距离,并将检测数据反馈给防护控制器。防护控制器根据位移传感器反馈的数据,对支撑杆件的伸缩进行精确控制,确保其与混凝土柱间的距离符合要求。通过这种防护措施,能够在大风天气下,有效地增强屋盖网架的稳定性,减少因大风对屋盖网架造成的影响,保障施工过程的安全和顺利进行。

[0230] 钢网架就位时调整允许范围

[0231] 液压提升过程中必须确保上吊点(提升器)和下吊点1(地锚)之间连接的钢绞线始终垂直,亦即要求提升支架2上吊点和梁杆的下吊点1在初始定位时确保精确。根据提升器内锚具缸与钢绞线的夹紧方式以及试验数据,一般将上、下吊点1的偏移角度控制在1度以内。

[0232] 7.9网架提升过程中混凝土柱加固

[0233] 网架提升点设置在25.55m标高处,但下弦受力混凝土柱自19.95m标高处设置有反向受力混凝土横梁,以上标高(5.6m高)均为设置横向梁,为提高下弦受力混凝土柱受力弯矩,防止混凝土柱发生裂缝等变形,经设计单位审核同意,对网架下弦受力混凝土柱设置加固措施。

[0234] 加固措施具体做法:在19.95m标高处,网架下弦受力混凝土柱外侧的混凝土梁上设置预埋件MJ3;在24.01m标高处网架下弦受力混凝土柱设置预埋件MJ4;通过 $\varnothing 152 \times 8$ 无缝钢管连接,对混凝土柱形成一个反向受力约束。

[0235] 钢网架提升卸载

[0236] 8.1卸载过程

[0237] 网架安装就位充分完成后,为使网架卸载后达到最佳设计状态、网架接触支座时能更有效进行应力释放和内力重分配,应对当天的气象提前查询,保证温度、风向和风速在网架设计值内,同时检查各提升架吊点受力状况、检查提升架的电源、线路、终端设备的状态的完好性,对所有参加网架卸载过程相关人员进行详细的技术交底和注意事项。做好相关交底工作,即可进行网架的卸载工作。根据网架在卸载状态下力学模型分析结果进行卸载。

[0238] (1) 相同于提升工况,卸载时也为分区逐点分级卸载,依次为20%,40%,60%,80%,在确认各部分无异常的情况下,可继续卸载至100%,即提升器钢绞线不再受力,结构荷载完全转移至基础,结构受力形式转化为设计工况。

[0239] (2) 卸载过程中,随时检查各吊点的受力变化。

[0240] (3) 当卸载时,可能存在各点不同步卸载,此时应降低卸载速度,用水准仪密切观察各点卸载情况,确保网架卸载平稳,各点同步。

[0241] (4) 本工程网架提升区块设置20组提升架,卸载持续时间预计3小时。

[0242] 8.2网架就位卸载方法

[0243] 网架就位卸载采用同步下降方法。按“整体同步同比例下降”的原则,即全数液压器3同步降落。观察网架及提升设备是否有异常现象。一切正常再进行第二次降落,直至网架下弦球与抗震铰支座完全接触为止。网架节点与支座就位连接后,将网架下弦球与抗震铰支座焊接固定好,并做好检查验收。

[0244] 8.3提升稳定性及同步性控制措施

[0245] 在钢第一次离地悬停时,测量各个下吊点1的标高,通过微调提升器确保整个钢在

提升前处于水平状态;每提升约5~6m的高度进行一次提升同步的数据测量(各吊点提升高度测量),如果测量发现前一阶段的提升各吊点没有做到协调一致,再通过单个或多个油缸的动作对结构进行水平调整,待重新测量合格后再进行下一阶段的提升;在地面的电脑控制人员必须与泵站操作人员、测量人员和其它人员保持通讯畅通,及时了解油缸/泵站和被提升钢的状态,然后再结合计算器控制界面上相关数据和观察发出提升过程的控制指令,合理的控制提升速度和各油缸动作,保证提升的平稳和同步。

[0246] 9 网架高空组拼

[0247] 网架提升到位后开始空中组对拼装就位圈,待各点组装完毕后,网架落位于支座,此时,才可以拆除临时网格,临时网格应采取对头拆除的顺序。

[0248] 网架高空组对拼装,采用高空散拼的方式,先行拼装无提升架各支点,测量无误后再行拼装有提升架的各支点,再行测量均无误后,网架整体落于支座上。

[0249] 高空散拼构件采用履带吊吊装高空拼装。

[0250] 周圈外挑下翻段,在地面实行小单元拼装,高空对接法施工。屋盖网架就位后,周圈网架在地面预制吊装单元,每三个焊接球之间形成一个吊装单元,重量为6.8吨,利用吊车和移动式脚手架空中与屋盖网架对接。

[0251] 转换层及马道安装

[0252] 待网架局部提升、悬停,进行转换层及马道安装,转换层及马道荷载加设在提升器上。

[0253] 10.1 偏心马道的安装工艺

[0254] 根据现场条件,本着确保安全尽量减少高空作业及高空焊接的原则,确定马道安装方案如下:

[0255] 1、在地面将每一单元4根吊杆之间的2根托梁(外圈球下吊杆与内圈球下吊杆)安装在吊杆下端托板上,复核尺寸符合要求后将托梁与托板焊接。

[0256] 2、根据图纸尺寸调整两根托梁之间的距离,符合要求后,将已加工好的马道平台板安装在两根托梁上,平台板底两侧支撑梁两端分别放在两托梁上的已焊接的钢板上,调整精确就位后,将平台板底两侧支撑梁槽钢/矩形管两端与钢板焊接。再将马道平台两侧栏杆安装上。这样一个马道安装单元块就组装完成,准备吊装。同样方法依次组装其它单元块。

[0257] 3、将组装好的单元块运至要安装的位置附近的地面上。每个吊装单元块重量约4000kg。本工程单元块的安装根据现场条件,计划用2台10吨电动倒链进行垂直吊装。吊装前将要吊装的单元块运至吊装位置下方地面上。将电动倒链通过吊带挂在吊装位置上方构件上。提升前进行试吊,确保吊件平衡后进行吊装。在提升至安装位置后,网架马道安装位置相应的球节点上各设一个安装人员,分别将单元块4根吊杆上端与螺栓球焊接连接固定,即可松钩。一个马道单元块即安装完成,再依次安装下一单元块。

[0258] 4、相邻吊杆之间单元块安装完成后,再补充安装其间的一跨平台板及栏杆,并与相邻托梁单垫焊接。依此方法顺序安装,直至偏心马道整体安装完成。

[0259] 5、装块吊装时计划用两根长为4m的吊带对称绑扎在吊装块平台板的两端,试吊平衡后即可吊装就位。吊装前在吊装块上系一根缆风绳协助就位。

[0260] 所述屋盖网架和马道整体提升至设计高度后,还包括以下步骤:在屋盖网架的四

周设置临时支撑架,临时支撑架的高度可调节,用于在提升完成后对屋盖网架进行临时支撑;通过调节临时支撑架的高度,使屋盖网架与混凝土柱之间的连接点对齐;将屋盖网架与混凝土柱固定,完成安装。

[0261] 本发明的多层网架整体提升施工方法通过地面原位整体拼装、液压同步提升和偏心马道的模块化安装,实现了高效、安全、精确的施工,适用于大跨度、复杂形状的屋盖网架结构,具有广泛的应用前景。

[0262] 尽管本发明的实施方案已公开如上,但其并不仅仅限于说明书和实施方式中所列运用,它完全可以被适用于各种适合本发明的领域,对于熟悉本领域的人员而言,可容易地实现另外的修改,因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下,本发明并不限于特定的细节和这里示出与描述的图例。

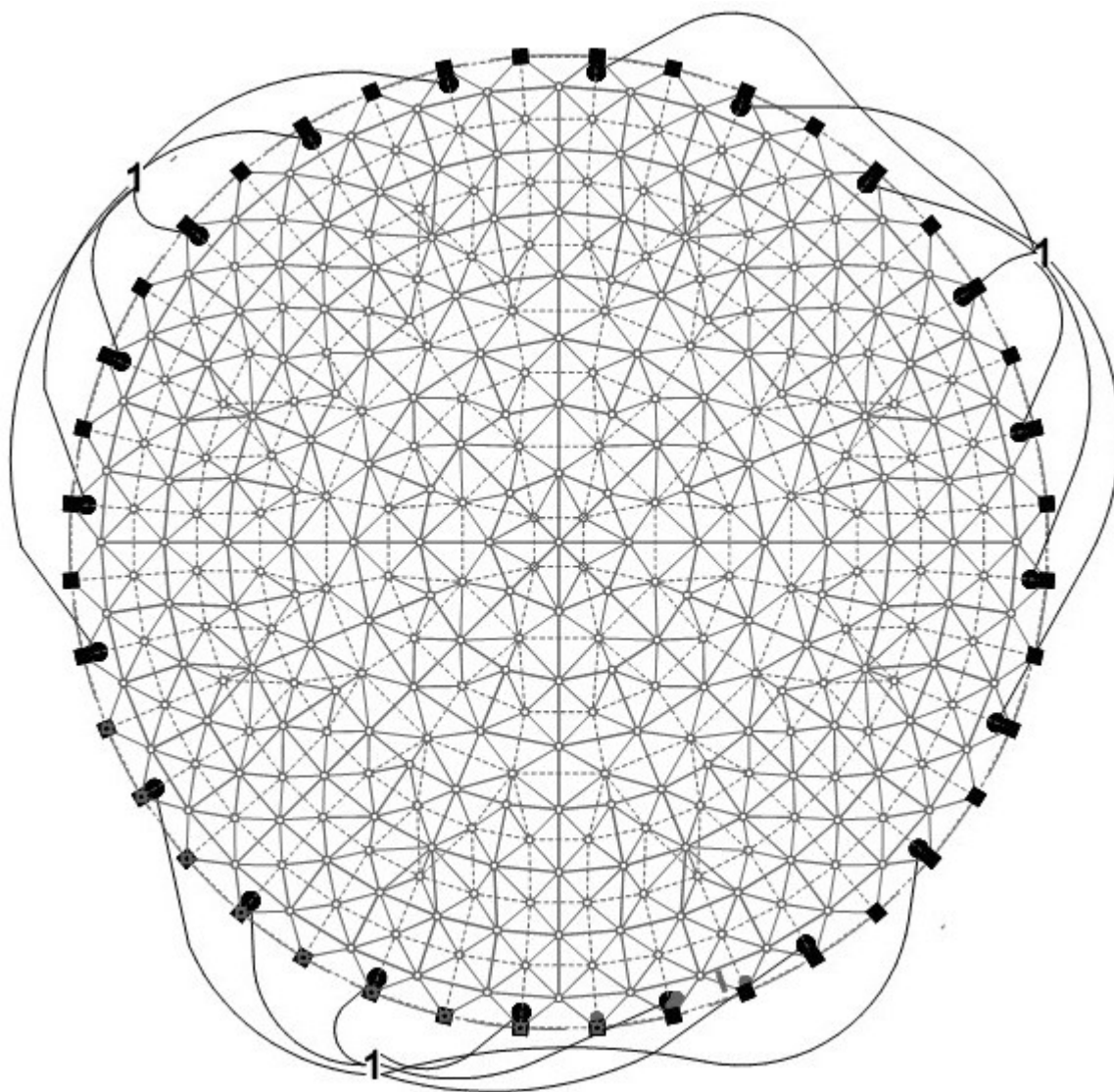


图1

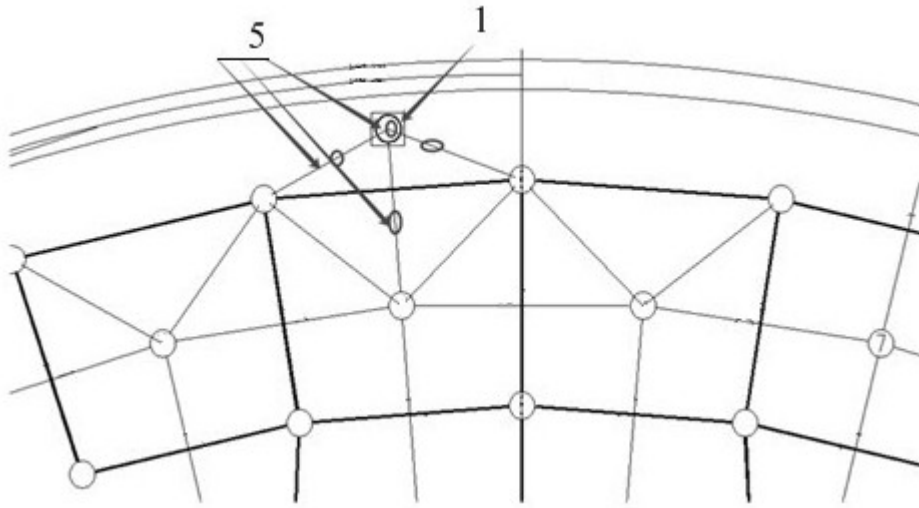


图2

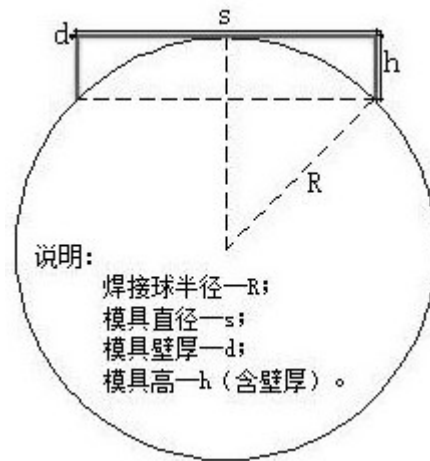


图3



图4



图5

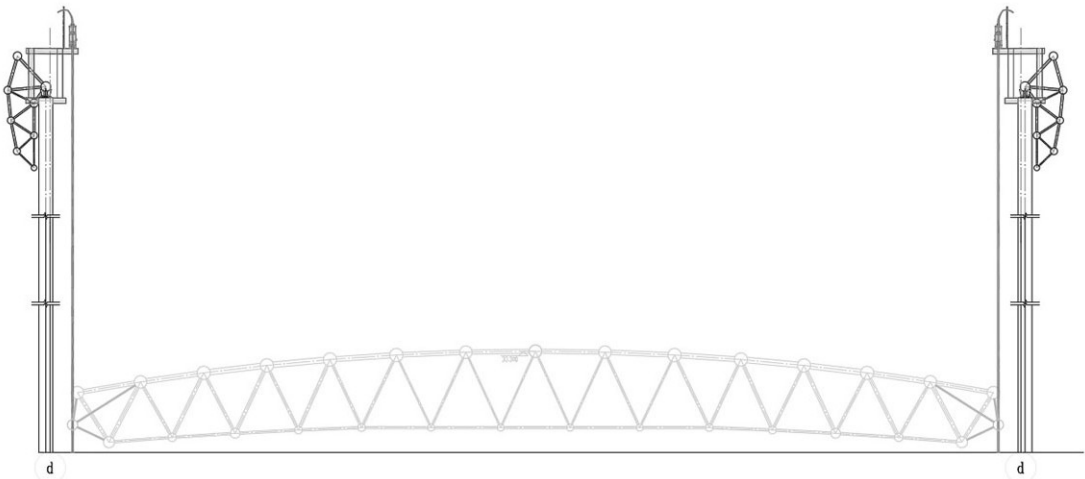


图6

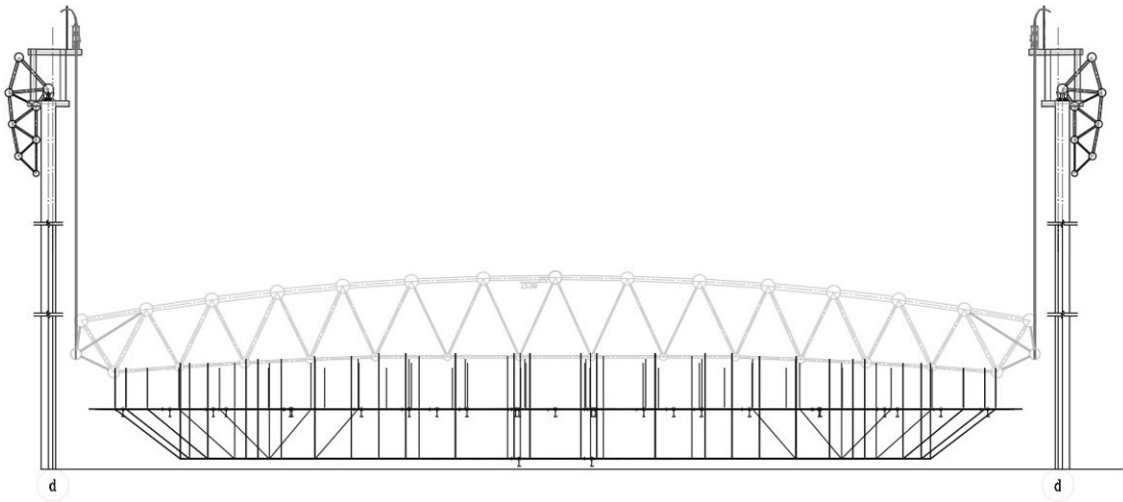


图7

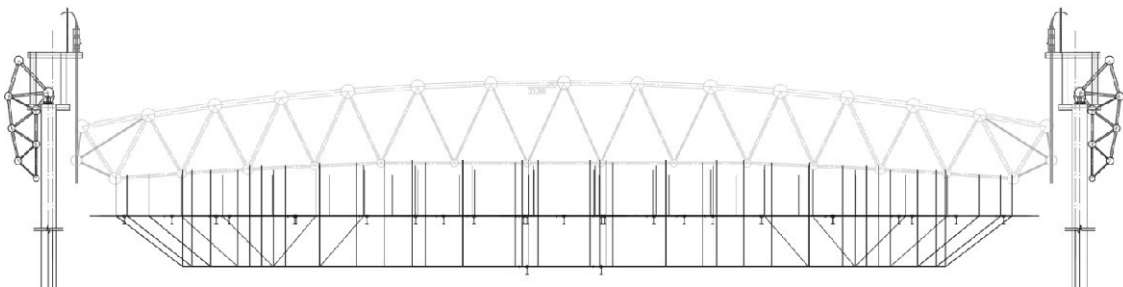


图8

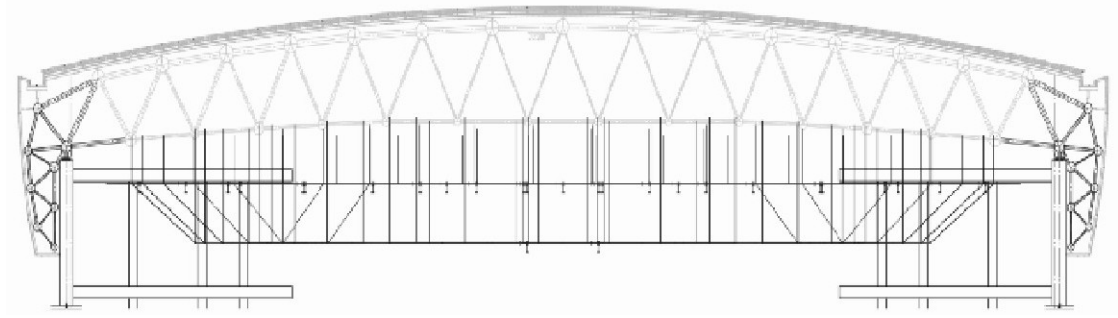


图9