

T/FYGX

汾阳市钢结构协会团体标准

T/FYGX 041—2023

焊接空心球节点网架结构 制作与安装规范

2023 - 05 - 28 发布

2023 - 07 - 01 实施

目 次

| | |
|-------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 结构形式分类 | 1 |
| 4.1 按体系分类 | 1 |
| 4.2 按支承方式分类 | 1 |
| 4.3 按形式分类 | 1 |
| 4.4 按弦杆层数分类 | 1 |
| 4.5 按用途分类 | 1 |
| 5 材料要求 | 2 |
| 5.1 原材料要求 | 2 |
| 5.2 焊接空心球要求 | 2 |
| 5.3 成品支座要求 | 3 |
| 5.4 焊接材料要求 | 3 |
| 6 构件加工 | 3 |
| 6.1 杆件 | 3 |
| 6.2 附件 | 5 |
| 6.3 检验 | 5 |
| 6.4 构件的除锈、涂漆、标识 | 5 |
| 7 构件包装及保护 | 5 |
| 7.1 包装 | 5 |
| 7.2 构件保护 | 5 |
| 7.3 涂装面的保护 | 6 |
| 8 网架现场组装 | 6 |
| 8.1 拼装 | 6 |
| 8.2 焊接 | 6 |
| 8.3 安装支座、支承面 | 6 |
| 9 现场安装 | 7 |
| 9.1 基本要求 | 7 |
| 9.2 安装方法 | 7 |
| 9.2.1 地面拼装整体吊装就位法 | 7 |
| 9.2.2 地面拼装整体顶升就位法 | 8 |
| 9.2.3 地面拼装整体提升就位法 | 9 |
| 9.2.4 滑移法 | 9 |
| 9.2.5 高空散装法 | 10 |
| 9.2.6 分条或分块安装法 | 10 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 9.3 验收..... | 10 |
| 10 附属结构安装（包含標条、马道、桥架等）..... | 11 |
| 10.1 附属结构分类..... | 11 |
| 10.2 安装要求..... | 11 |
| 11 冬雨季施工..... | 11 |
| 11.1 冬季施工..... | 11 |
| 11.2 雨季施工..... | 12 |
| 12 防腐涂装..... | 12 |
| 参考文献..... | 13 |

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由汾阳市钢结构协会提出。

本文件由汾阳市钢结构协会归口。

本文件起草单位：汾阳市钢结构协会。

本文件主要起草人：董晓斌、贺景祥、尹建文、杨学俭、王鑑华、张志宏、张希珍、赵竹肖、雷富爱、任成礼、王建新、渠友林、李晓云。

本文件为首次发布。

全国团体标准信息平台

焊接空心球节点网架结构 制作与安装规范

1 范围

本文件规定了焊接空心球网架结构的结构形式分类，材料要求，构件加工，构件包装及保护，网架现场组装，现场安装，附属结构安装，冬雨季施工，防腐涂装。

本文件适用于焊接空心球网架结构的构件采购、加工、包装运输、现场施工安装，以及施工过程中安装方式的选择。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

| | |
|-----------------|---------------|
| GB/T 700 | 碳素结构钢 |
| GB/T 1591 | 低合金高强度结构钢 |
| GB 50205 | 钢结构工程施工质量验收标准 |
| CECS343:2013 | 钢结构防腐涂装技术规程 |
| T/FYGX 031-2020 | 钢结构用焊接空心球节点 |

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 结构形式分类

4.1 按体系分类

4.1.1 由两向或三向平面桁架组成的交叉桁架体系，如正交正放网架、正交斜放网架、两向斜放网架、三向网架。

4.1.2 由三角锥或四角锥组成的空间角锥体系，如正方四角锥网架、斜放四角锥网架、星型四角锥网架、棋盘型四角锥网架、三角锥网架、蜂窝型三角锥网架以及锥体抽空网架等多种形式。

4.2 按支承方式分类

可分为上弦支承、下弦支承、周边支承、柱网支承、点支承和混合支承。

4.3 按形式分类

可分为平板网架和网壳结构。

4.4 按弦杆层数分类

可分为双层或多层形式网架。双层网架是最常见的空间网格结构。当网架结构跨度较大时可采用三层或多层网架。

4.5 按用途分类

可分为屋面结构、墙体结构、桥梁结构、高耸网架结构、装饰网架结构等，也可作为标志性建筑的

城市雕塑异型网架结构。

5 材料要求

5.1 原材料要求

- 5.1.1 原材料的种类、规格以及性能应符合现行国家标准和设计要求。
- 5.1.2 所有原材料均要有相对质保证明资料；材料进厂后，均要进行复试并如实记录实验数据。
- 5.1.3 钢管、钢板、型材等品种、规格、性能应符合现行国家相应产品标准和设计要求。进口材料的质量应符合设计要求和合同要约。
- 5.1.4 应按照国家有关标准工艺要求及设计技术要求检查原材料。
- 5.1.5 应检查材料的质量合格证明文件、实物标志及对应的检验报告。
- 5.1.6 常用结构钢化学成分及机械性能要求见表 1、表 2、表 3。

表1 常用碳素结构钢化学成分

| 牌号 | 等级 | 化学成分（质量分数）/%，不大于 | | | | | 备注 | |
|------|----|-------------------|------|------|-------|-------|----------|-------|
| | | C | Si | Mn | P | S | | |
| Q235 | A | 0.22 | 0.35 | 1.40 | 0.045 | 0.050 | GB/T 700 | |
| | B | 0.20 ^a | | | | 0.045 | | |
| | C | 0.17 | | | | 0.040 | | 0.040 |
| | D | | | | | 0.035 | | 0.035 |

a: 经需方同意，Q235B的碳含量可不大于0.22%。

表2 常用低合金高强度结构钢化学成分

| 牌号 等级 | 化学成分（质量分数）/% | | | | | | | | 备注 | | |
|----------|--------------------|------------------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|-----------|
| | C ^a 不大于 | | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | | Cu | |
| | 以下公称直径或厚度/mm | | | | | | | | | | |
| | | ≤40 ^b | >40 | 不大于 | | | | | | | |
| Q355 | B | 0.24 | | 0.55 | 1.60 | 0.035 | 0.035 | 0.30 | 0.30 | 0.40 | GB/T 1591 |
| | C | 0.20 | 0.22 | | | 0.030 | 0.030 | | | | |
| | D | 0.20 | 0.22 | | | 0.025 | 0.025 | | | | |

a: 公称厚度大于100mm的型钢，碳含量可由供需双方协商确定；
b: 公称厚度大于30mm的钢材，碳含量不大于0.22%。

表3 常用钢材机械性能

| 牌 号 等 级 | 屈服强度ReH/ (N/mm ²), 不小于 | | | | 抗拉强度 Rm/ (N/mm ²) | 断后伸长率A/%，不小于 | | | 冲击试验 | | |
|------------|------------------------------------|--------|--------|---------|-------------------------------------|--------------|----|----|---------|-----------------------------|-----|
| | 厚度（或直径）/mm | | | | | 厚度（或直径）/mm | | | 温度 ℃ | 冲击吸收 功(纵向) J, 不小 于 | |
| | | | | | | | | | | | ≤40 |
| | ≤16 | >16~40 | >40~60 | >60~100 | | | | | | | |
| Q235 | A | 235 | 225 | 215 | 215 | 370~500 | 26 | 25 | 24 | - | - |
| | B | | | | | | | | | +20 | 27 |
| | C | | | | | | | | | 0 | 27 |
| | D | | | | | | | | | -20 | 27 |
| Q355 | B、C、D | 355 | 345 | 335 | 325 | 470~630 | 22 | 22 | 21 | | 34 |

5.1.7 其它牌号材料根据现行国家规范和设计要求按照现行标准执行。

5.2 焊接空心球要求

- 5.2.1 焊接空心球应符合 T/FYGX 031 标准要求。
- 5.2.2 焊接球的允许偏差见表 4。

表4 焊接球允许偏差

| 项 目 | 规 格 (mm) | 允许偏差 (mm) |
|--------|--------------------|-----------------------------|
| 直 径 | $D \leq 300$ | ± 1.5 |
| | $300 < D \leq 500$ | ± 2.5 |
| | $500 < D \leq 800$ | ± 3.3 |
| | $D > 800$ | ± 3.5 |
| 圆 度 | $D \leq 300$ | ± 1.5 |
| | $300 < D \leq 500$ | ± 2.5 |
| | $500 < D \leq 800$ | ± 3.3 |
| | $D > 800$ | ± 3.5 |
| 壁厚与减薄量 | $t \leq 500$ | $\leq 18\%t$, 且 ≥ 1.5 |
| | $10 < t \leq 16$ | $\leq 15\%t$, 且 ≥ 2.0 |
| | $16 < t \leq 22$ | $\leq 12\%t$, 且 ≥ 2.5 |
| | $22 < t \leq 45$ | $\leq 11\%t$, 且 ≥ 3.3 |
| | $t > 45$ | $\leq 8\%t$, 且 ≥ 4.0 |
| 对口错变量 | $t \leq 20$ | $\leq 10\%t$, 且 ≥ 1.0 |
| | $20 < t \leq 40$ | 2.0 |
| | $t > 40$ | 3.0 |
| 焊缝余高 | | 0~1.5 |

注：D为焊接空心球外径，t为焊接空心球壁厚。

5.3 成品支座要求

支座是承载整体结构的关键构件。常用形式有平板压力支座、拉力支座、铸钢球铰支座和板式橡胶支座等。采购时根据设计要求购买或定制，有特殊要求的需进行相应检测。

5.4 焊接材料要求

5.4.1 网架结构选用焊接材料的品种、规格、性能应符合现行国家相应产品标准和设计要求。

5.4.2 应根据设计要求选用与网架结构母材相适应的焊接材料，并附有焊接材料的出厂合格证明及材质报告，以及使用前的复检报告。

6 构件加工

6.1 杆件

6.1.1 根据设计施工图纸，经审核无误后按照原设计以及设计变更要求，深化加工详图。

6.1.2 焊接收缩量参照图1实验数据结合结构形式综合考虑。

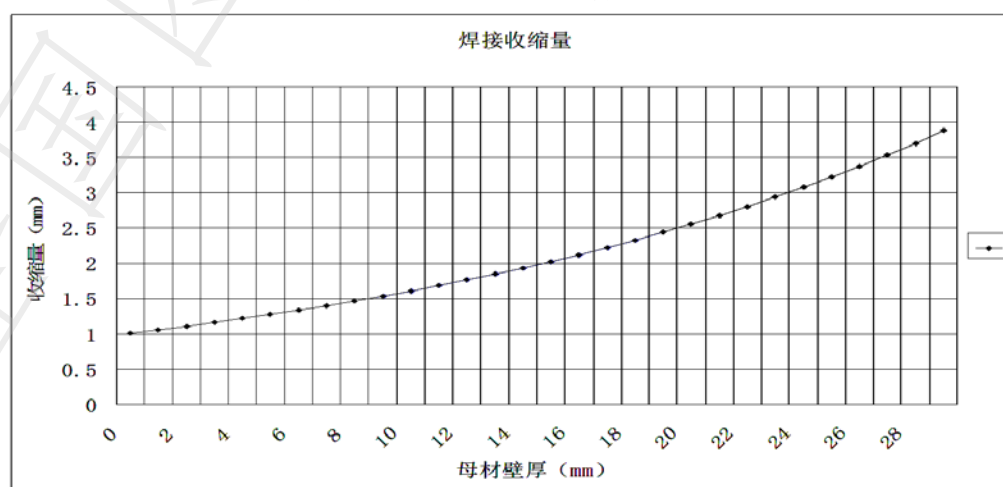
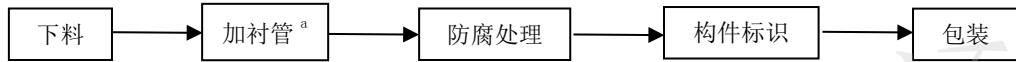


图1 焊接收缩量

6.1.3 杆件加工工序



a: 管材壁厚>4mm或设计要求。

6.1.4 网架钢管杆件采用专用机床加工下料。严格控制下料尺寸，长度允许误差为±1mm，坡口角度30°~40°（视管壁厚而定），杆件端面垂直度允许偏差为1mm。

6.1.5 杆件加工、喷漆完成后，焊接位置100mm范围内不得有油漆等影响焊接的异物。同时在杆件的明显位置喷码标识与施工图相对应的构件编码，进行包装标识。

6.1.6 网架结构杆件尺寸极限偏差和形位公差应符合表5要求。

表5 网架成品杆件成品尺寸极限偏差和形位公差

| 项次 | 项目 | 允许偏差 (mm) | 抽取样本数量 | 检查方法 |
|----|---------|-----------------|--------|------|
| 1 | 杆件成品长度 | ±1.0 | 5% | 钢卷尺 |
| 2 | 杆件轴线平直度 | L/1000, 且不大于5mm | 5% | 塞尺 |

6.1.7 原设计焊接要求为一级焊缝部位的杆件应在钢管端加设衬管。衬管应和母材材质相同，加设时要和杆件内壁紧密贴合。应符合表6和图2、图3要求。

表6 母材与衬管配合尺寸

| 母材厚度 (mm) | 衬管宽度 (mm) | 衬管厚度 (mm) |
|-----------|-----------|-----------|
| 3.75~10 | 35 | 4.0 |
| 12~18 | 40 | 5.0 |
| ≥20 | 50 | 6.0 |

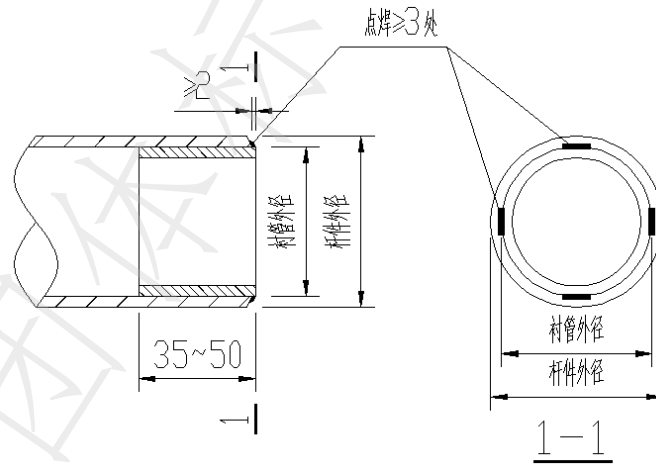


图2 杆件端加衬管大样图示一 (mm)

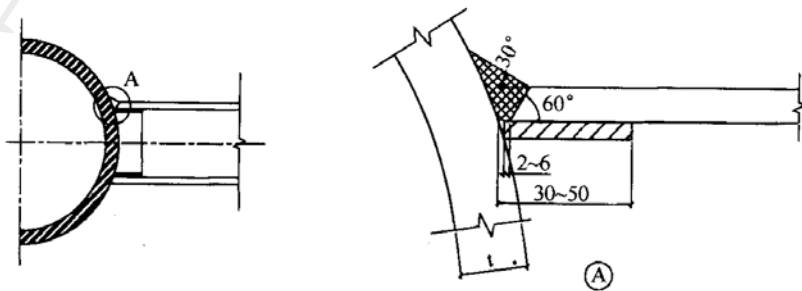


图3 杆件端加衬管大样图示二 (mm)

6.2 附件

6.2.1 网架附件根据设计图纸加工。

6.2.2 加工前根据深化设计图纸精确放样，利用切割设备准确加工，根据不同设备应预留需要二次加工的加工量。

6.2.3 孔洞加工需机床定位加工。焊接组装构件应在车间工装定位组装、焊接。附件加工允许偏差应符合表7、表8、表9的要求。

表7 气割允许偏差表

| 项 目 | 允许偏差(mm) |
|------------|-------------|
| 零件宽度、长度 | ±3.0 |
| 切割面平面度 | 0.05t, >2.0 |
| 割纹深度 | 0.3 |
| 局部缺口深度 | 1.0 |
| 注：t为切割面厚度。 | |

表8 机械切割允许偏差

| 项 目 | 允许偏差(mm) |
|---------|----------|
| 零件宽度、长度 | ±3.0 |
| 边缘缺棱 | 1.0 |
| 型钢断面垂直度 | 2.0 |

表9 零件制孔允许偏差

| 项 目 | 允许偏差 |
|-----------|--------------|
| 直径 | +1.0~0.0 |
| 圆度 | 2.0 |
| 垂直度 | 0.03t, 且>2.0 |
| 孔间距离 | ±1.5 |
| 注：t为钢板厚度。 | |

6.3 检验

按照 GB 50205 的规定对杆件进行出厂检验，并符合设计专项要求。

6.4 构件的除锈、涂漆、标识

6.4.1 构件防腐执行 CECS343:2013 和设计专项要求。

6.4.2 构件喷砂或抛丸除锈处理。

6.4.3 按照设计防锈要求喷、涂底漆和中间漆，且保证涂层厚度。

6.4.4 构件有序标识。

7 构件包装及保护

7.1 包装

为方便装卸，杆件包装每件重量不大于2吨。

7.2 构件保护

7.2.1 构件应堆放整齐，防止变形和损坏，并根据构件的编号和安装顺序分类。

7.2.2 构件堆场应作好排水，防止积水对网架构件的腐蚀。

7.2.3 在拼装、安装作业时，应尽量避免碰撞、重击。

7.2.4 减少在网架构件上焊接施工辅助构件，以免对母材造成影响。

7.3 涂装面的保护

7.3.1 构件在工厂涂装底漆及中间漆，现场安装完成后涂装面漆。

7.3.2 避免尖锐的物体碰撞、摩擦。

7.3.3 现场焊接、破损等母材外露表面应及时进行补涂装，除锈等级应达到设计及规范要求，材料应采用设计要求的原材料。

8 网架现场组装

8.1 拼装

8.1.1 拼装前应按照设计和施工要求复核构件。

8.1.2 网架预制单元使用的胎具应保证杆件和节点位置的准确性和互换性。

8.1.3 网架拼装中的定位焊缝质量应符合 GB 50205 标准规定和设计要求。

8.1.4 网架应在专用拼装模架上进行小拼，应保证小单元形状及尺寸的准确性。小拼单元允许偏差符合表 10 的规定。

表10 小拼单元的允许偏差

| 项 目 | 允许偏差 (mm) | |
|--|-----------------|---------------------|
| 节点中心偏移 | $D \leq 500$ | 2.0 |
| | $D > 500$ | 3.0 |
| 杆件中心与节点中心的偏移 | $d(b) \leq 200$ | 2.0 |
| | $d(b) > 200$ | 3.0 |
| 杆件轴线的弯曲矢高 | — | $l_1/1000$ ，且不大于5.0 |
| 网格尺寸 | $l \leq 5000$ | ± 2.0 |
| | $l > 5000$ | ± 3.0 |
| 锥体（桁架）高低 | $h \leq 5000$ | ± 2.0 |
| | $h > 5000$ | ± 3.0 |
| 对角线尺寸 | $A \leq 7000$ | ± 3.0 |
| | $A > 7000$ | ± 4.0 |
| 平面桁架节点处杆件轴线错位 | $d(b) \leq 200$ | 2.0 |
| | $d(b) > 200$ | 3.0 |
| 注： 1. D为节点直径； 2. d为杆件直径, b为杆件截面边长； 3. l_1 为杆件长度, l 为网络尺寸, h为锥体（桁架）高度。 4. A为网格对角线尺寸。 | | |

8.1.5 分条或分块的网架单元长度不大于 20m 时，拼接边长度允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ ；当条或块的长度大于 20m 时，拼接边长度允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。对于多跨点支承网架，拼接边长度允许偏差为上述各项规定的 1/2。高空总拼可采用预拼装或其它保证精度措施。

8.1.6 网架结构在总拼前应精确放线，放线的允许偏差分别为边长及对角线长的 1/10000。总拼所用的临时支撑点应防止下沉。总拼时应选择合理的焊接工艺顺序，以减少焊接应力导致结构变形。

8.2 焊接

8.2.1 分片网架的总拼装焊接，一般由中心开始，向四周扩散进行，以保证整体尺寸的准确性。

8.2.2 在小拼或总拼的焊接之前，应考虑焊接收缩量，保证小拼及总体拼装的尺寸准确。

8.2.3 网架所有焊缝均应进行外观检查，并做记录。对大、中跨度网架的拉杆与球节点的焊缝应做无损检验，质量应符合标准 GB 50205 和设计要求。

8.3 安装支座、支承面

8.3.1 网架结构安装前应对支座轴线与标高进行复检，网架结构支座定位轴线的位置、支座锚栓的规

格应符合设计要求。支座预埋钢板的位置、标高、水平度以及支座锚栓位置的允许偏差应符合表 11 的规定。

表11 支承预埋钢板、支座锚栓位置的允许偏差 (mm)

| 项 目 | | 允许偏差 (mm) |
|--------|-------|-----------------|
| 支承预埋钢板 | 轴线尺寸 | 12.0 |
| | 顶面标高 | $\pm 0.0, -2.0$ |
| | 顶面水平度 | $L/1000$ |
| 支座锚栓 | 中心偏移 | ± 3.0 |

注：L为预埋钢板较大边长度。

8.3.2 支承垫块的种类、规格、摆放位置和方向，必须符合设计要求和国家有关现行标准的规定。橡胶垫块与刚性垫块之间不得互换使用。

8.3.3 网架支座锚栓的尺寸应符合国家现行标准规范的规定，支座锚栓的螺纹应予以保护，支座锚栓的紧固应符合设计要求。

9 现场安装

9.1 基本要求

9.1.1 网架的安装方法，应根据网架受力和构造特点，在满足质量、安全、进度的要求下，结合现场的施工技术条件综合确定。安装方法选定后，应分别对网架施工阶段的吊点反力、挠度、杆件内力、提升或顶升时支承柱的稳定性和风载下网架的水平推力等项进行验算。

9.1.2 施工荷载应包括施工阶段结构自重及所有施工荷载。安装阶段的动力系数按表 12 进行。

表12 安装阶段动力系数

| 序号 | 施工方法 | 动力系数 |
|----|--------------|------|
| 1 | 提升法或顶升法施工 | 1.1 |
| 2 | 拔杆吊装 | 1.2 |
| 3 | 履带式或汽车式起重机吊装 | 1.3 |

9.1.3 在正式施工前应进行试拼及试安装，确认无误后方可进行正式施工。

9.2 安装方法

9.2.1 地面拼装整体吊装就位法

9.2.1.1 网架整体吊装可采用单根或多根拔杆起吊，也可采用一台或多台起重机起吊就位。

9.2.1.1.1 当采用多根拔杆方案时，可利用每根拔杆两侧起重机滑轮组中产生水平分力不等原理推动网架移动或转动进行就位（图 4）。

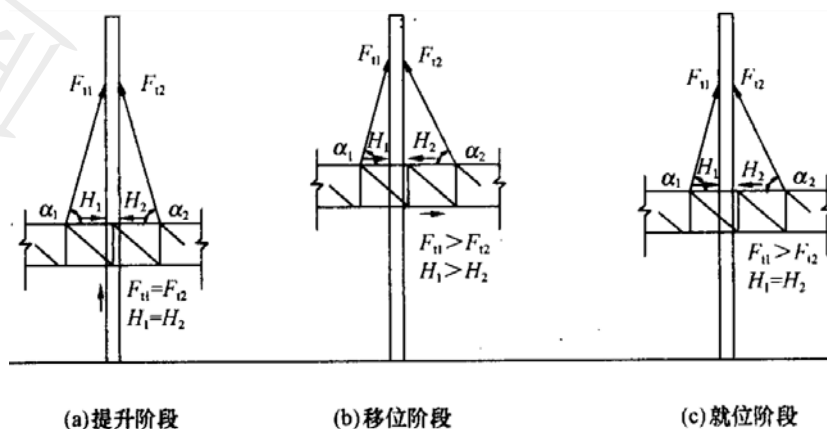


图4 网架空中移位示意

9.2.1.1.2 网架吊装设备可根据起重滑轮组的拉力进行受力分析，当提升阶段或就位阶段时，可分别按下列公式计算起重滑轮组的拉力：

提升阶段（图 3 a）

$$F_{t1} = F_{t2} = G_1/2 \sin a_1 \dots\dots\dots (1)$$

就位阶段（图 3 c）

$$F_{t1} \sin a_1 + F_{t2} \sin a_2 = G_1 \dots\dots\dots (2)$$

$$F_{t1} \cos a_1 = F_{t2} \cos a_2 \dots\dots\dots (3)$$

式中： G_1 ——每根拔杆所担负的网架、索具等荷载；

F_{t1} 、 F_{t2} ——起重滑轮组的拉力；

a_1 、 a_2 ——起重滑轮组钢丝绳与水平面的夹角。

9.2.1.1.3 网架移位距离（或旋转角度）与网架下降高度之间的关系，可用图解法或算法确定。

9.2.1.1.4 当采用单根拔杆方案时，对矩形网架，可通过调整缆风绳使拔杆吊着网架进行平移就位；对正多边形或圆形网架可通过旋转拔杆使网架转动就位。

9.2.1.2 在网架整体吊装时，应保证各吊点提升及下降的同步性。提升高差允许值（是指相邻两拔杆间或相邻两吊点组的合力点间的相对高差）可取吊点间距离的 1/400，且不应大于 100mm，或通过验算确定。

9.2.1.3 当采用多根拔杆或多台起重机吊装网架时，宜将额定负荷能力乘以折减系数 0.75。当采用四台起重机将吊点连通成两组或用三根拔杆吊装时，折减系数可适当放宽。

9.2.1.4 在制定网架就位总拼方案时，应符合下列要求：

- a) 网架的任何部位与支承柱或拔杆的净距不应小于 100mm；
- b) 网架在提升过程中应避开周边障碍物。

9.2.1.5 拔杆、缆风绳、索具、地锚、基础及起重滑轮组的穿法等，均应进行验算，必要时可通过试验进行检验。

9.2.1.6 当采用多根拔杆吊装时，拔杆安装必须垂直，缆风绳的初始拉力值宜取吊装时缆风绳拉力的 60%。

9.2.1.7 采用单根拔杆吊装时，其底座应采用球形万向接头；采用多根拔杆吊装时，在拔杆的起重平面内可采用单向铰接头。拔杆在最不利荷载组合作用下，其支承基础对地面的压力不应大于地基允许承载能力。

9.2.1.8 当网架结构本身承载能力许可时，可采用在网架上设置滑轮组将拔杆逐段拆除的方法。

9.2.2 地面拼装整体顶升就位法

9.2.2.1 当网架采用整体顶升法时，可在原支点处或其附近设置临时顶升支架。

9.2.2.2 顶升用的支承柱或临时支架上的缀板间距，应为千斤顶使用行程的整倍数，其标高偏差不得大于 5mm。

9.2.2.3 顶升千斤顶可采用丝杠千斤顶或液压千斤顶，其使用负荷能力应将额定负荷能力乘以折减系数。丝杠千斤顶折减系数取 0.6~0.8；液压千斤顶折减系数取 0.4~0.6。

9.2.2.4 各千斤顶的行程和升起速度必须一致，千斤顶及其液压系统必须经过现场检验合格后方可使用。

9.2.2.5 顶升时各项升点的允许升差值不大于相邻两个顶升点间距的 1/1000，且不应大于 30mm。

9.2.2.6 千斤顶应保持垂直，且中心应与柱轴线对准，其允许偏差不大于 5mm

9.2.2.7 顶升前和顶升过程中，网架支座轴线与就位轴线的水平偏移值不得大于支撑柱截面短边尺寸的 1/50 或就位标高的 1/500。

9.2.2.8 对顶升用的支承结构应进行稳定性验算，验算时除应考虑网架和支承结构自重、与网架同时顶升的其它静荷载和施工荷载外，还应考虑上述荷载偏心和风荷载所产生的影响。

9.2.3 地面拼装整体提升就位法

9.2.3.1 网架整体提升可在主体结构上安装提升设备，也可在进行柱子滑模施工同时提升网架。

9.2.3.2 提升设备的使用负荷能力，应将额定负荷能力乘以折减系数，穿心式液压千斤顶可取 0.5~0.6；电动螺杆升板机可取 0.7~0.8；其他设备通过试验确定。

9.2.3.3 网架提升时应保证做到所有提升点同步。相邻两提升点和最高与最低两个点的提升允许升差应通过验算确定。相邻两个提升点允许高差值，当用升板机时，应为相邻点距离的 1/400，且不应大于 15mm；当采用穿心式液压千斤顶时，应为相邻距离的 1/250，且不应大于 25mm。最高点与最低点允许升差值，当采用升板机时应不大于 35mm，当采用穿心式液压千斤顶时应不大于 50mm。

9.2.3.4 提升设备的合力点应对准吊点，允许偏移值 ≤ 10mm。

9.2.3.5 整体提升法的下部支承柱应进行稳定性验算。

9.2.4 滑移法

9.2.4.1 网架滑移施工时按照动力可分为卷扬机、手动或电动葫芦等拖拽的牵引法和液压、机械推动网架的顶推法。

9.2.4.2 高空滑移可采用下列两种方法：

a) 单条滑移法：分条的网架单元置于滑轨上，滑移到实际位置后拼装。

b) 逐条积累滑移法：分条的网架单元在滑轨上逐条续拼装，滑移到实际位置。

9.2.4.3 高空滑移法可利用已建构筑物作为高空拼装平台或在滑移开始端设置宽度应大于两个节间的拼装平台。

9.2.4.4 条件允许，可以在地面拼成条或块状单元，吊至拼装平台上进行拼装。

9.2.4.5 滑轨可固定于钢筋混凝土梁顶面的预埋件上，轨面标高应高于或等于网架支座设计标高。

9.2.4.6 滑轨应调平垫实，轨面平滑、无障碍。

9.2.4.7 当网架跨度较大时，宜在跨中增设滑轨，应满足施工承载力要求。

9.2.4.8 当设置水平导向轮时，可设在滑轨的内侧，导向轮与滑道的间隙应在 10~20mm 之间。

9.2.4.9 根据牵引力大小及网架支座之间的系杆承载力，可采用一点或多点牵引。牵引速度不宜大于 0.5m/min，牵引力可按滑动摩擦或滚动摩擦分别按下式进行验算：

a) 滑动摩擦按公式 (4) 计算。

$$F_t \geq u_1 \xi G_{OK} \dots \dots \dots (4)$$

式中： F_t ——总起动牵引力；

G_{OK} ——网架总自重标准值；

u_1 ——滑动摩擦系数，在自然轧制表面，经除锈充分润滑的钢与钢之间可取 0.12~0.15；

ξ ——阻力系数，当有其他因素影响牵引力时，可取 1.3~1.5。

b) 滚动摩擦按公式 (5) 计算。

$$F_t \geq (K/r_1 + u_1 r/r_1) G_{OK} \dots \dots \dots (5)$$

式中：

F_t ——总起重牵引力；

G_{OK} ——网架总自重标准值；

K ——刚制轮与钢之间滚动摩擦系数，可取 0.5mm；

u_1 ——摩擦系数在滚轮与滚轮轴之间，或经机械加工后充分润滑的钢与钢之间可取 0.1；

r_1 ——滚轮的外圆半径 (mm)；

r ——轴的半径 (mm)。

9.2.4.10 网架滑移时，两端不同步值不应大于 50mm。

9.2.4.11 在滑移和拼装过程中，对网架应进行下列验算：

- a) 当跨度中间无支点时，杆件内力和跨中挠度值；
- b) 当跨度中间有支点时，杆件内力、支点反力及挠度值。

9.2.4.12 当网架滑移单元由于增设中间滑轨引起杆件内力变号时，应采取临时加固措施以防失稳。

9.2.5 高空散装法

9.2.5.1 当采用小拼单元或杆件直接在高空拼装时，其顺序应保证拼装的精度，减少积累误差。悬挑法施工时，应先拼成可承受自重的结构体系，然后逐步扩展。

9.2.5.2 网架在拼装过程中应随时检查基准轴线位置、标高几何尺寸偏差，并及时纠正。

9.2.5.3 搭设拼装支架时，支架上支撑点的位置应设在下弦节点处。支架应验算其承载力和稳定性，必要时可进行承载力试压，以确保安全可靠。

9.2.5.4 支架应采取防止支座下沉的措施。

9.2.5.5 在拆除支架过程中应防止个别支撑点集中受力，应根据各支撑点的结构自重挠度值，采用分区阶段按比例下降或用每步不大于 10mm 的等步下降法拆除支撑点。

9.2.6 分条或分块安装法

9.2.6.1 将网架分成条状单元或块状单元在高空连成整体时，网架单元应具有足够刚度并保证自身的几何不变性，否则应采取临时加固措施。

9.2.6.2 为保证网架顺利拼装，在条与条或块与块合拢处，可采用安装螺栓等措施。设置独立的支撑点或拼装支架，合拢时可用千斤顶将网架单元顶到设计标高，然后进行连接施工。

9.2.6.3 网架单元宜减少中间运输。如需运输时，应采取措施防止网架变形。

9.3 验收

9.3.1 网架结构制作、拼装和安装的每个工序均应进行检查验收。凡未经检查验收，不得进入下一工序的施工；安装完成后必须进行交工检查验收。每道工序的检查验收均应做出记录，并应汇总存档。

9.3.2 焊接球、杆件等均应有出厂合格证及检验记录。

9.3.3 交工验收时，应检查网架的纵横向边长偏差，支承点的中心偏移和高度偏差。

- a) 纵横向边长偏差允许值应为长度的 $\pm 1/2000$ ，且不应超过 $\pm 40\text{mm}$ 。
- b) 支座中心偏移允许值应为网架跨度的 $1/3000$ ，且不应大于 30mm 。
- c) 高度偏差允许值对周边支承的网架相邻点之间，应为相邻支座间距的 $1/400$ ，且不应大于 15mm 。
- d) 对多点支承的网架，应为相邻支座间距离的 $1/800$ ，且不应大于 30mm 。
- e) 支座最大高差允许偏差 30mm 。

9.3.4 施工完成后，应测量网架的挠度值（包括网架自重的挠度及每次加载完成后的挠度）。

9.3.4.1 所测的挠度平均值，不应大于设计值得 15%。

9.3.4.2 所测的挠度曲线应存档。

9.3.4.3 网架的挠度观测点：

- a) 对小跨度，设在下弦中央一点。
- b) 对大中跨度，可设五点，下弦中央一点，两向下弦跨度四分点处各二点。
- c) 对三向网架应测量每向跨度三个四分点处的挠度。

9.3.5 网架工程验收应具备下列文件：

网架施工图、竣工图、设计更改文件、施工组织设计、所用钢材与其他材料的质量证明书和试验报告、网架的零部件产品合格证书和试验报告、网架拼装各工序的验收记录、焊工考试合格证明、焊缝质

量检验资料、总拼就位后几何尺寸误差和挠度记录。

10 附属结构安装（包含檩条、马道、桥架等）

网架结构为建筑支撑主体结构，因此在结构上会敷设部分次结构。

10.1 附属结构分类

- 建筑物名牌、标语牌支撑架，一般在网架上部或侧面的维护结构外；
- 屋面板、装饰面板的龙骨，一般在网架结构上弦上部或网架外挑处；
- 强电、弱电、空调、通风、消防系统管线桥架，一般在网架的内部或下部；
- 室内的吊顶、音箱、照明过渡层次结构，一般在网架结构内或网架下部；
- 维修马道，一般在网架结构内或网架下部，配合管线系统走向；
- 其它次结构根据建筑功能使用状况敷设。

10.2 安装要求

10.2.1 附属结构的安装必须在网架组装焊接完成后方可施工。如需和网架同步施工，应根据施工顺序在施工方案中注明，同时验算在网架施工过程中对结构的受力影响，并制定相应的方案。

10.2.2 安装时应根据设计要求，严格按照原设计连接方式和网架节点相连。原设计没有连接要求的，必须在网架节点上预置连接托件，托件可参照图 5。

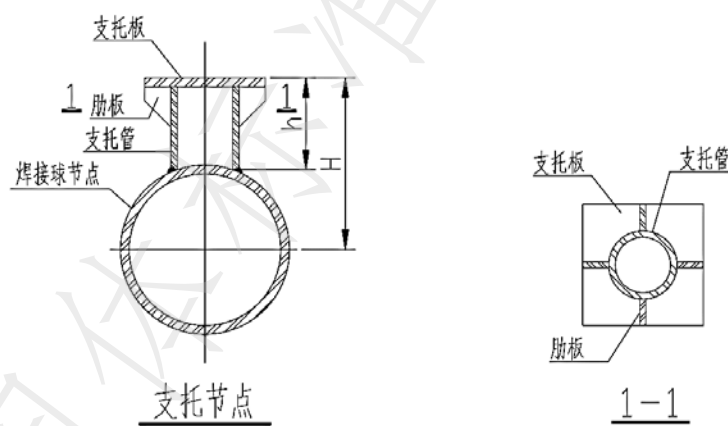


图5 连接托件

10.2.3 支托管宜采用与网架主结构同材质管材，支托板可采用和次结构主材同材质钢板，且板材厚度应大于相连次结构材料厚度的 1.2 倍。当 $h < 200\text{mm}$ 时支托可不加肋板，当 $600\text{mm} > h \geq 200\text{mm}$ 时，应根据支托承载力调整支托管截面或增设肋板，当 $h \geq 600\text{mm}$ 时，应计算支托稳定性并增设双向斜撑。

10.2.4 严禁次结构直接焊接在网架杆件上。当网架安装完全就位后，不得在网架杆件上进行焊接、开孔作业，必须实施作业应对网架进行支撑保护，并经设计验算制定专项方案，审核通过方可作业。

11 冬雨季施工

11.1 冬季施工

11.1.1 室外日平均气温连续 5 天低于 5°C 时，工程进入冬期施工；次年初春室外日平均气温连续 5 天高于 5°C 时即解除冬期施工。期间采取和工程相应的冬期施工措施并制定专项施工方案。

11.1.2 电焊工应持有焊接资格证书，必须经过低温焊接工艺培训，经考试合格后，方可进行低温焊接施工。

- 11.1.3 满足设计的前提下，应选择冲击韧性较好的低氢型或钛钙型焊条。
- 11.1.4 低温焊接前，应在施工现场或模拟施工现场低温环境进行可焊性试验，检验合格后方可进行低温焊接施工，同时制定相应的焊接工艺。
- 11.1.5 与当地的气象部门保持联系，及时接收天气预报，防止寒流突然袭击。
- 11.1.6 安排专人测量施工期间的室外气温并做好记录。
- 11.1.7 严禁脚手架及钢结构构件上霜、雪未溶化前组织施工。施工现场做好防滑措施，设专人清理冰、雪及残留物。
- 11.1.8 施工期间，风、霜、雾、雪天禁止进行构件吊装作业。

11.2 雨季施工

- 11.2.1 施工期间要及时掌握气象情况，遇恶劣天气，及时通知项目施工现场负责人员，及时启动雨季施工防汛应急预案。
- 11.2.2 建立有效的雨季防汛制度。
- 11.2.3 比较潮湿的焊接部位，应采取措施保持焊缝干燥。
- 11.2.4 吊装作业前应清除构件上积水。
- 11.2.5 雨天不得进行露天涂刷工作。
- 11.2.6 雨天由于空气比较潮湿，焊条储存应防潮并进行烘焙，同一批焊条重复烘焙次数不宜超过两次，并由管理人员做好烘焙记录。

12 防腐涂装

12.1 工艺流程：



- 12.2 网架结构构件在工厂加工制作完成并经检验合格后，进行除锈，完成底漆和中间漆的喷涂；现场安装完成验收合格后，预留补漆部位进行处理，补涂底漆和中间漆，然后进行面漆的施工。
- 12.3 网架结构现场安装完成涂装前，应对表面灰尘等进行清理，对原涂层破损处，打磨干净后依次补涂底漆和中间漆。
- 12.4 涂装注意事项
 - a) 网架构件涂装后，应加以临时围护隔离，防止踏踩，损伤涂层。
 - b) 网架构件在室外涂装应提前掌握气象信息，涂装后4小时之内不得被雨雪侵蚀。
 - c) 涂装后的构件运输时，应采用必要的防护措施预防磕碰和损伤，严禁直接在地面拖拽，防止涂层损坏。
 - d) 涂装后的网架构件勿接触酸类液体，防止损伤涂层。
 - e) 当空气湿度大于85%，不得进行涂层作业。
 - f) 构件表面有结露时，经处理后再进行涂层作业。

参 考 文 献

安装:

- GB 50755-2012 《钢结构工程施工规范》
 GB 50017-2017 《钢结构设计标准》
 GB 50300-2013 《建筑工程施工质量验收统一标准》
 GB/T50621-2010 《钢结构现场检测技术标准》
 GB 50661-2011 《钢结构焊接规范》
 GB/T11345-2013 《焊接无损检测 超声检测 技术、检测等级和评定》
 JG/T203-2007 《钢结构超声波探伤及质量分级法》
 JGJ7-2010 《空间网格结构技术规程》
 JGJ81-2002 《建筑钢结构焊接技术规程》
 JG/T11-2009 《钢网架焊接空心球节点》

焊条:

- GB/T5117-2012 《非合金钢及细晶粒钢焊条》
 GB/T5118-2012 《热强钢焊条》
 GB/T5293-2018 《埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》
 GB/T17854-2018 《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》
 GB/T12470-2018 《埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求》
 GB/T983-2012 《不锈钢焊条》
 GB/T17853-2018 《不锈钢药芯焊丝》
 GB/T17854-2018 《埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求》

涂装:

- GB/T50046-2018 《工业建筑防腐蚀设计标准》
 GB 50018-2002 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》
 GB 51249-2017 《建筑钢结构防火技术规范》
 T/CECS24-2020 《钢结构防火涂料应用技术规程》
 JGJ99-2015 《高层民用建筑钢结构技术规程》
 GB 50016-2014 《建筑设计防火规范》（2018版）
 GB/T8923.1-2011 《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》
-