

建筑工程中网架结构施工工艺

阮 威¹ 于 水² 姜梦阳³

1. 青岛恩地建设工程咨询有限公司 山东 青岛 266072
2. 青岛市人力资源管理服务有限公司 山东 青岛 266000
3. 荣华(青岛)建筑设计有限公司 山东 青岛 266100

摘要:网架结构以其自重小、施工便利、外观多样、刚度大及防震性能强等特点,在大跨度建筑工程中得到广泛应用。施工工艺主要包括整体提升、悬吊拼装、分条(分块)吊装等方法。选择合适的施工工艺需考虑网架形式、施工环境及安全要求。施工过程中,应注重精度控制、安全防护及质量监督,确保网架结构施工质量,满足建筑安全性、稳定性和美观性的需求。

关键词:建筑工程;网架结构;施工工艺

引言:随着现代建筑工程的不断发展,网架结构作为一种重要的空间结构形式,因其出色的承载能力和优美的造型,在大型公共建筑、工业厂房等领域得到了广泛应用。本文旨在探讨建筑工程中网架结构的施工工艺,从定义、分类、特点到具体施工方法,再到关键技术与质量控制,系统分析网架结构施工的关键要素。通过深入理解施工工艺,为建筑工程的安全、高效和质量提供有力保障,推动网架结构施工的持续发展。

1 网架结构概述

1.1 网架结构的定义与分类

(1) 定义。网架结构是由多根杆件按照一定的几何规律,通过节点连接组成的空间网格状承重结构,它能将荷载均匀传递到支座,可有效覆盖较大空间,是一种兼具实用性与经济性的空间结构形式,广泛应用于各类建筑工程领域。(2) 分类。板型网架结构:外形多呈平板状,主要用于承受平面内的竖向荷载,其网格形式多样,如正放四角锥网架、斜放四角锥网架等。该类型结构受力明确,构造相对简单,适用于体育馆、展览馆、商场等大跨度的单层或多层建筑楼面、屋面;壳型网架结构:具有曲面形态,如球形壳、柱面壳等,不仅能承受竖向荷载,还可抵御水平荷载与温度应力。其结构整体性能优良,空间刚度大,多用于大型穹顶建筑,如天文馆、会展中心穹顶以及大型储罐顶盖等场景。

1.2 网架结构的特点与优势

(1) 特点。网架结构优势显著,其一,自重轻,杆件多采用薄壁型钢或钢管,材料利用率高,大幅降低建筑整体自重,减少基础荷载;其二,施工方便,杆件与节点标准化程度高,可工厂预制、现场拼装,缩短施工周期;其三,外观多样,可根据建筑设计需求,呈现平

板、曲面等不同形态,兼具功能性与美观性;其四,刚度大,空间网格体系能有效分散荷载,结构整体稳定性强;其五,防震性能强,杆件间相互支撑,在地震作用下可通过变形吸收能量,降低建筑损坏风险。(2) 应用优势。在大型公共建筑中,网架结构优势突出。这类建筑通常需求大跨度、大空间,网架结构无需过多内部支撑,能最大化利用室内空间,契合体育馆、会展中心等功能需求;同时,其外观可塑性强,可搭配玻璃、金属等材料打造现代感外观,提升建筑美观度与标志性,且施工效率高、抗震性能好,能保障大型公共建筑的安全与使用效益^[1]。

2 建筑工程中网架结构施工工艺与方法

2.1 整体安装法

(1) 施工步骤和要点。整体安装法先在地面完成网架结构拼装,再整体提升或平移至设计位置。施工步骤:第一步,划分地面拼装区域,平整场地并铺设临时支撑,确保支撑刚度满足荷载要求;第二步,按图纸顺序拼装杆件与节点,严控杆件尺寸偏差与节点连接精度,每完成一段需校核几何尺寸;第三步,安装提升或平移设备,如液压千斤顶、牵引装置,同步调试设备确保同步性;第四步,整体提升或平移,过程中实时监测结构变形与受力,控制速度(通常≤50mm/min);第五步,结构到位后固定支座,拆除临时支撑与设备。要点在于地面拼装精度控制(轴线偏差≤3mm)、设备同步性调试及全过程变形监测^[2]。(2) 优缺点及适用条件。优点:地面作业环境安全,拼装精度易把控,减少高空作业风险;施工周期短,适合工期紧张项目。缺点:需大型起重或提升设备,设备成本高;地面需足够拼装空间,受场地限制大。适用条件:场地开阔、能容纳大型

设备的项目，如大型体育馆、会展中心；网架结构重量适中、跨度 $\leq 60\text{m}$ 的工程。（3）实际工程应用案例。北京某体育馆网架屋面工程采用整体安装法，该网架跨度48m，重量约800t。施工时在馆内地面划分拼装区，用型钢搭建临时支撑，分8段完成拼装后，采用20台液压千斤顶同步提升，提升高度18m，全程监测变形量 $\leq 2\text{mm}$ ，最终精准就位，比计划工期缩短15天。

2.2 高空拼装法

（1）施工原理和流程。施工原理：利用建筑柱顶或临时支架搭建高空作业平台，在设计位置直接拼装网架结构。流程：第一步，搭设高空支架，采用钢管脚手架或型钢支架，验算支架承载力；第二步，运输杆件与节点至高空平台，按网格单元依次拼装，先固定周边支座节点，再向中间推进；第三步，每拼装3-5个网格单元，校核结构尺寸与标高，调整偏差；第四步，全部拼装完成后，验收节点连接质量与整体精度，拆除临时支架。

（2）与其他施工方法的异同点。相同点：均需严格控制拼装精度与节点质量，依赖专业测量设备监测。不同点：相较于整体安装法，无需大型起重设备，但高空作业量大、风险高；相较于悬吊拼装法，无需复杂悬吊系统，但需搭建大量临时支架，材料消耗多、施工周期长。（3）特定条件下的适用性。适用于场地狭窄、无法布置大型起重设备的项目，如城市中心改扩建工程；也适用于网架跨度较小（ $\leq 30\text{m}$ ）、杆件重量轻的工程，可降低设备投入与施工难度。但不适用于高空作业环境恶劣（如强风、高温）或支架搭设难度大（如复杂地形）的场景。

2.3 悬吊拼装法

（1）施工步骤和关键技术。施工步骤：第一步，在建筑周边或内部设置悬吊点，如利用框架柱、专用钢塔，验算悬吊点承载力；第二步，安装卷扬机、滑轮组等悬吊设备，连接吊索与网架单元；第三步，分块吊装网架单元至设计高度，临时固定后调整位置与角度；第四步，依次拼装各单元，焊接节点，形成整体结构；第五步，验收合格后拆除悬吊设备。关键技术：悬吊点合理布置，确保受力均衡；吊索张力控制，避免网架变形；同步吊装技术，保证各单元精准对接。（2）安全性和效率。安全性：需实时监测悬吊设备运行状态与网架应力变化，防范吊索断裂、网架失稳等风险，通过专业计算与模拟优化施工方案，可将安全风险降至较低水平。效率：相较于高空拼装法，减少了临时支架搭设时间，施工效率提升20%-30%；但分块吊装需精准控制，单块吊装时间较长，整体效率受单元划分合理性影响较

大^[3]。（3）复杂工程中的适用性。适用于大跨度、复杂造型的网架结构，如异形穹顶、悬挑网架工程；也适用于下方有障碍物（如已有建筑、设备），无法搭设支架的项目。例如某机场航站楼异形网架屋面，采用悬吊拼装法分24块吊装，成功解决了下方航站楼正常运营与网架施工的矛盾，确保工程顺利推进。

2.4 分条（分块）吊装法

（1）施工原理和操作步骤。施工原理：将网架结构沿纵向或横向划分为若干条（块）单元，每单元重量控制在起重设备额定荷载内，分批次吊装至设计位置拼装。操作步骤：第一步，根据起重设备能力划分条（块）单元，每单元宽度通常3-6个网格，验算单元刚度；第二步，在地面拼装条（块）单元，安装临时加固杆件；第三步，起重设备将单元吊装至设计高度，临时固定；第四步，调整单元位置，连接相邻单元节点，拆除临时加固杆件；第五步，全部单元吊装拼装完成后，整体校核与验收。

（2）对起重设备的要求。需选用起重量与起升高度匹配的起重设备，起重量需大于单元重量1.2倍以上，起升高度需满足单元吊装至设计标高的需求；设备需具备良好的稳定性与精准控制能力，如汽车起重机、履带起重机，部分项目需配备变幅、回转微调功能，确保单元精准就位；同时，起重设备作业场地需平整、坚实，必要时铺设钢板或路基箱，避免设备倾覆^[4]。（3）经济性和实用性。经济性：无需搭建大量临时支架，材料成本降低30%-40%；分批次吊装可灵活安排设备使用，减少设备闲置时间，降低租赁费用；但单元划分与临时加固会增加部分加工成本，整体经济性优于高空拼装法。实用性：适用于跨度较大（60-100m）、场地具备一定吊装空间的项目，如大型厂房、展览馆网架工程；可根据现场条件灵活调整单元划分方案，适应不同起重设备配置，在多类工程中均有较强的适用性。

3 建筑工程中网架结构施工中的关键技术与质量控制

3.1 焊接质量控制

（1）焊接工艺对网架结构质量的影响。焊接是网架结构节点连接的核心工序，其工艺合理性直接决定结构安全性与耐久性。若焊接电流、电压参数不当，易导致焊缝强度不足，无法传递杆件荷载，引发结构受力失衡；焊接速度过快会造成焊缝未熔合、夹渣，降低节点抗剪能力；焊接环境湿度、温度控制不佳，还会增加焊缝开裂风险，长期使用中可能出现应力集中，影响网架整体稳定性。（2）焊接质量控制的措施和方法。需从工艺、人员、检测三方面把控：一是制定专项焊接工艺文件，明确不同杆件材质（如Q355钢）的焊接参数，开展

工艺评定试验，合格后方可施工；二是要求焊工持特种作业证上岗，岗前进行实操培训，确保熟练掌握仰焊、立焊等特殊位置焊接技巧；三是采用“自检+互检+专检”模式，焊接后用外观检查（焊缝高度、成形度）、超声波检测（内部缺陷）、渗透检测（表面裂纹）等手段，确保焊缝合格率100%。（3）焊接缺陷的预防和处理策略。预防上，焊接前清理杆件坡口油污、锈蚀，烘干焊条/焊剂，控制环境温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\leq 80\%$ ；焊接中采用分段退焊法减少变形，设置引弧板避免弧坑缺陷。处理上，对表面气孔、咬边，用角磨机打磨后补焊；对内部未熔合、裂纹，需先确定缺陷范围，采用碳弧气刨清除后重新焊接，返修后再次检测，直至合格。

3.2 拼装精度控制

（1）拼装精度对网架结构整体性能的重要性。网架结构依赖多杆件协同受力，拼装精度直接影响荷载传递路径。若节点坐标偏差过大，会导致杆件实际长度与设计值不符，产生附加应力，降低结构刚度；标高偏差超标会使支座受力不均，加剧局部杆件损耗；网格尺寸偏差则可能引发结构整体变形，影响抗震性能，严重时甚至导致网架坍塌。（2）拼装精度控制的措施和方法。施工前需建立高精度测量控制网，采用全站仪、水准仪进行节点定位，精度控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内；拼装时按“从中间向四周”或“从支座向跨中”的顺序，每完成一个网格单元，用钢尺复核边长、对角线尺寸，偏差超限时及时调整；临时支撑设置需经过计算，确保刚度均匀，避免拼装过程中结构下沉。同时，选用标准化杆件与节点配件，减少加工误差对拼装精度的影响。（3）拼装误差的调整和校正技术。当出现局部误差时，若为杆件长度偏差，可通过更换调整杆件或微调节节点连接板位置修正；若为标高偏差，利用临时支撑的千斤顶进行升降调整，每次调整量 $\leq 5\text{mm}$ ，避免一次性调整过大引发结构变形；若为整体位置偏差，采用牵引装置缓慢纠偏，纠偏过程中实时监测结构应力，确保应力值在允许范围内。

3.3 高空作业安全防护

（1）高空作业在网架结构施工中的风险。网架施工高空作业占比高，主要风险包括：一是人员坠落风险，作业平台防护不当、安全带未正确使用易导致坠落事

故；二是物体打击风险，工具、杆件堆放不稳坠落，可能砸伤下方人员；三是设备倾覆风险，高空拼装用的支架、悬吊设备若承载力不足，易发生坍塌；此外，强风、雷雨等恶劣天气还会加剧作业风险，影响施工安全。（2）高空作业安全防护的措施和方法。硬件防护上，搭建满铺脚手板的作业平台，外侧设置1.2m高防护栏杆与18cm高挡脚板，平台下方挂密目安全网；人员需佩戴双钩安全带，且高挂低用，携带工具放入工具袋。设备防护上，定期检查支架螺栓紧固情况、悬吊设备钢丝绳磨损程度，设置限位装置防止超程运行。同时，遇6级以上大风、暴雨等天气，立即停止高空作业。（3）施工现场安全管理的重要性。施工现场安全管理是防范事故的关键保障。通过开展岗前安全培训，可提升作业人员风险意识，减少违规操作；实行分区管理，划分作业区、材料堆放区、警戒区，避免无关人员进入危险区域；建立应急预案，定期组织应急演练，能在事故发生时快速响应，降低伤亡损失。此外，每日安全巡查、每周安全例会，可及时发现并整改安全隐患，确保施工全过程安全可控。

结束语

综上所述，建筑工程中网架结构的施工工艺涉及多种方法与技术，每种方法都有其独特的优势和适用条件。在实际施工中，需结合工程特点和现场条件，科学选择施工工艺，并严格控制施工质量和安全。通过不断的技术创新和实践探索，网架结构施工工艺将更加高效、安全，为建筑工程领域的发展贡献力量。未来，随着技术的不断进步，网架结构施工将迎来更加广阔的发展空间和应用前景。

参考文献

- [1] 匡帆.建筑工程中的网架结构施工工艺探析[J].绿色环保建材,2020,(06):78-79.
- [2] 农艳艳.简述网架结构在建筑工程中的应用[J].企业科技与发展,2020,(10):81-82.
- [3] 张金波.浅谈建筑工程中网架结构施工工艺[J].居业,2020,(06):57-58.
- [4] 曲萍.钢网架结构设计方法及其优化措施[J].住宅与房地产,2020,(09):92-93.