

大跨度网架屋盖安装杆件应力控制措施施工技术研究

苏穗东 徐岛琦

广州市市政集团有限公司

摘要：大跨度网架屋盖施工时容易忽略杆件所受内力，杆件容易出现超设计应力而损坏，降低网架使用寿命及存在安全隐患的情况。文章以广州市某厂房屋盖结构为例，对大跨度网架屋盖施工过程中的杆件内力进行计算分析。研究出“H型钢临时支撑回顶法”+“斜腹杆加强法”和“结构胶-卡箍-套管”组合法等减小网架在施工过程中杆件应力屈服破坏的临时措施，为大跨度网架结构的分片施工提供了新的更加合理的施工方法。

关键词：大跨度网架；杆件屈服；超应力；应力控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.047

空间网架结构由于外观时尚、内部空间大、受力均匀、整体重量轻、稳定性和安全性等优点，被广泛应用于形式各异、功能多样的工业厂房、展览馆、体育场馆、大会堂等建筑物和构筑物^[1]。网架结构由球节点和杆件通过螺栓或焊接的方式连成整体，网架传统的施工方法可采取高空散装、分块组装再拼装、整体组装后安装到位等。根据不同的环境和场地条件，网架安装方法也多种多样，不同的安装方法有不同吊点的设置、临时支撑条件的选择和外加的施工荷载等，因此球节点和杆件也会受到不同的内力。一般意义下的结构分析认为，整个结构施工是一次成形的，这种分析方法没有考虑到结构的成形过程，而考虑施工过程时，结构成形后的受力状态不仅与不同的施工方法相关，而且还与相同施工方法中不同的施工顺序有关。^[2]于重阳按照传统的施工方法，对网架的施工过程进行了数值模拟，得出网架在每一个施工步的应力和位移，并与一次加载计算进行了对比分析，得出网架结构的最大内力发生在施工过程中的某一步，而不是在施工完成时的那一步。网架在不同的施工阶段具有不同形态的结构形式，其边界条件和载荷形式也不同，即结构的受力和变形状态随施工过程而变，施工期内结构的受力和位移有可能会超过使用阶段的内力，从而使结构在施工期内处于危险状态。

传统的施工方法容易使结构在施工过程中产生较大的安装应力，目前没有很好的解决这个问题方法。

一、工程概况

（一）网架概况

广州市某厂房屋面是网架坡屋面，网架跨度91m*45m，高度52.5m，网架屋面下方有两个尺寸为30m*18m，高40m的设备支撑框架。网架形式为正方四角锥螺栓球节点网架，纵向23榀，横向15榀，网架高度2.5m，厚度3m，网架支座在钢格构柱上。杆件材质为Q345B，尺寸为 $\varnothing 60 \times 3.5$ 、 $\varnothing 75.5 \times 3.75$ 、 $\varnothing 88.5 \times 4$ 、 $\varnothing 114 \times 4$ 、 $\varnothing 159 \times 6$ 、 $\varnothing 180 \times 10$ 、 $\varnothing 219 \times 14$ 等，节点为螺栓球，部分为空心焊接球。

（二）施工方案概述

由于网架跨度大，安装高度高，施工场地有限，环

境复杂，网架采用分块吊装的施工方法。经过研究讨论、方案设计，以及根据现场环境特点，把大跨度网架划分为15榀乘5榀的长条状，尺寸为15m*45m的分块，采用两台500T吊车对安装块进行双机台吊安装。通过BIM三维建模^[3]，构件施工模型，模拟网架吊装分析。根据施工方案，运用midias有限元分析软件，对不同安装块吊装及安装过程工况进行应力分析。根据对施工过程的网架应力分析结果，采用自行研究的“H型钢临时支撑回顶法”、“斜腹杆加强法”、“结构胶-卡箍-套管”组合法等网架施工过程中的临时措施方法配合施工。

施工流程：设计图纸分析及现场施工环境勘查→确定网架安装方法→运用Revit及navisworks软件构建可视化三维模型，寻找临时支点→运用midias有限元分析软件，对不同安装块吊装及安装过程状态进行应力分析，找出超应力杆件→H型钢临时支撑制作安装→网架安装块地下散拼→斜腹杆联系件制作及安装→外包套管加强安装→网架安装及就位→其余网架安装→安装连成整体→临时支撑、斜腹杆联系件、套管卡箍拆除→网架变形监控。



图1 网架吊装BIM模型

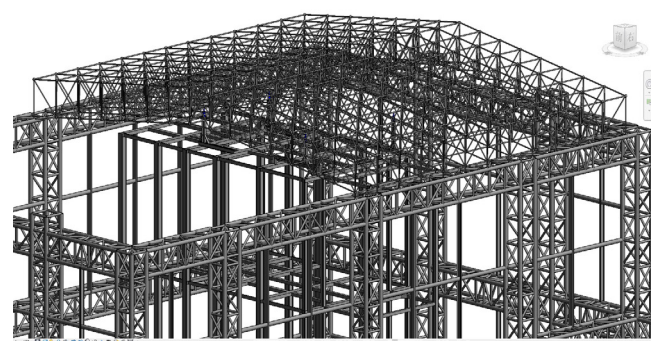


图2 半幅网架BIM模型

二、网架安装应力分析

根据施工方案，结合现场施工环境和网架边界条件，拟对网架吊装过程中的五种工况进行分析，工况一为利用四周桁架及支座提供支点，工况二为利用四周桁架及下方支撑框架2部位提供支点，工况三为利用四周

桁架及下方支撑框架6部位提供支点，工况四为利用四周桁架及下方支撑框架7部位提供支点，工况五为利用四周桁架及下方支撑框架4部位提供支点。通过迈达斯有限元分析软件计算各工况杆件应力图如下：

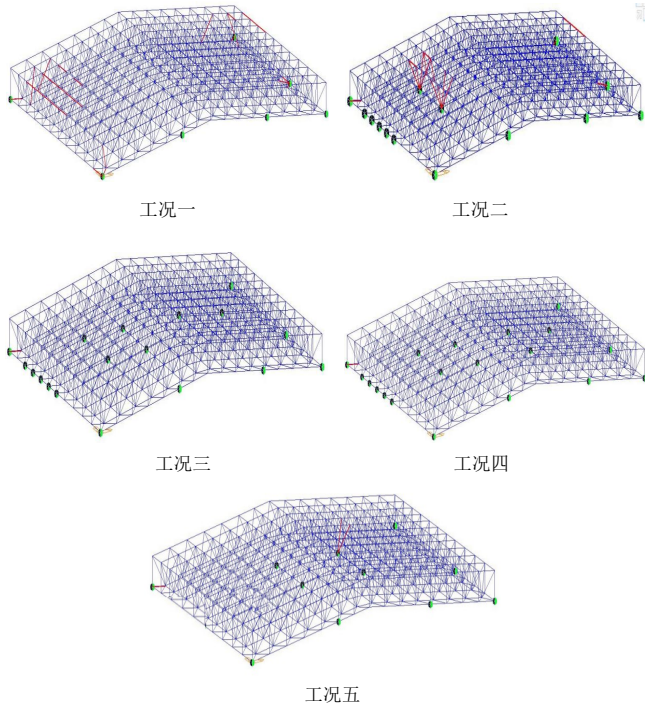


图3 网架安装不同工况应力分析图

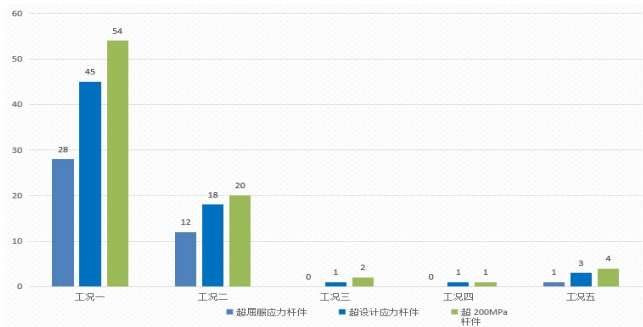


图4 各工况网架杆件超应力数量分析柱状图

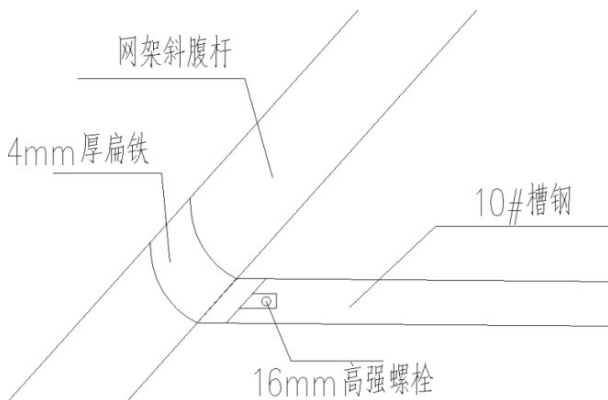


图6 斜腹杆联系件做法

工况五只在支撑架范围提供临时支点，不包含支撑架范围外，比较便于施工，该工况超设计应力的杆件相对较少，只需对其中1根超屈服应力杆件、3根超设计应力杆件进行临时加强即可。

三、应力控制措施

(一) H型钢临时支撑回顶做法

结合现场环境，研究出H型钢临时支撑架体并成功安装在下方框架上，从而减少网架跨度。支撑架体在网架整体施工完成达到设计要求后进行拆除。

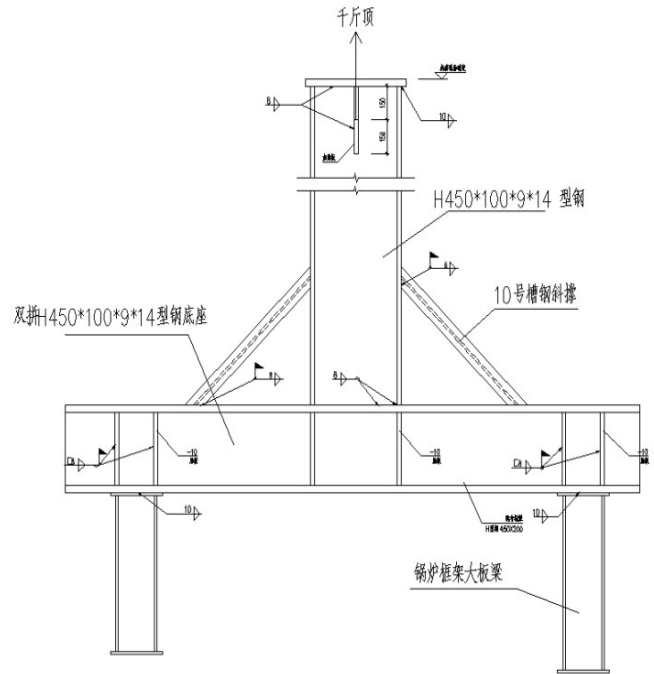


图5 临时支撑设计图

(二) 斜腹杆加强法

根据应力分析图，网架拼装时，对受力较大的斜腹杆采用10#槽钢横向连接，锁扣采用扁铁环绕网架杆件，再用16mm高强螺栓与槽钢连接，以减少斜腹杆的长细比，增加稳定性。斜腹杆联系件在网架安装成整体，施工完成符合设计受力要求进行拆除。



(三) “结构胶-卡箍-套管”组合法

对个别超设计应力及薄弱杆件，采用结构胶-卡箍-套管法加强。套管厚度4mm，再在两端及中间锁上各三道卡箍，以增强杆件刚度，确保杆件不弯曲失稳。结构

胶使用时应均匀涂抹在网架杆件上，涂抹厚度1mm。构件粘贴在杆件上后要同时将紧箍套锁紧，使套管与原杆件紧密贴合。网架按照设计图纸整体施工完成后，将卡箍拆除。

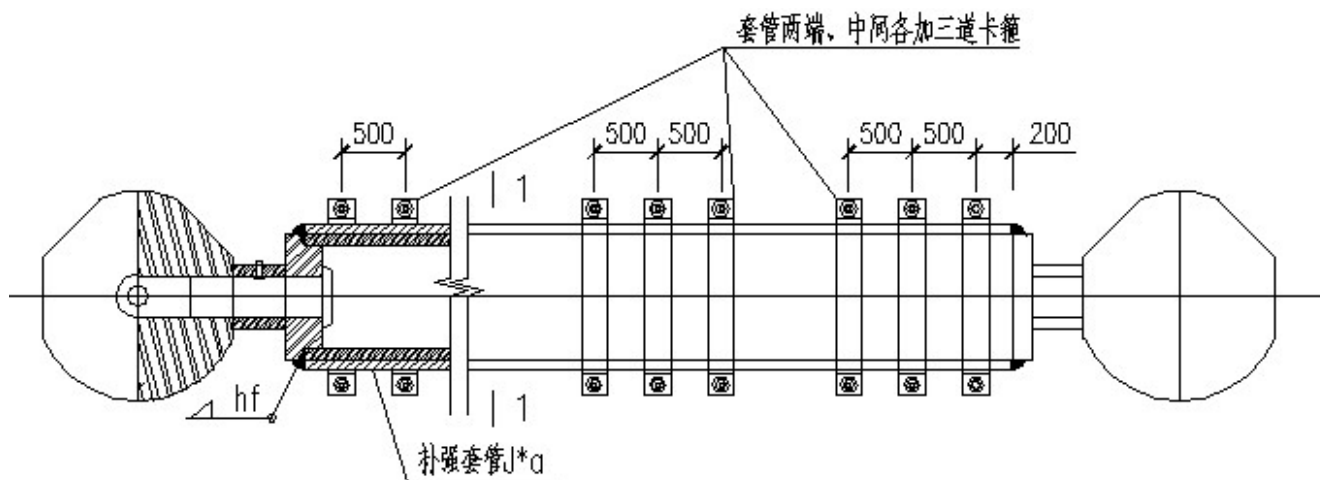


图7 杆件外包套管做法图

四、社会效益

大跨度网架安装过程超应力控制施工技术的社会效益显著，体现在以下方面：

1) 本施工技术在设备支架上设计并制作网架临时支撑，代替了传统的搭设整体或局部高支模满堂操作平台，减少劳动力投入，加快了施工速度，减少高空作业时间，提高施工安全性。

2) 本施工技术采用有限元分析软件对吊装过程杆件应力进行模拟分析，对施工过程杆件应力进行把控，减少施工过程安全隐患。

3) 本施工技术能有效解决网架跨度大、施工环境复杂、内部有大型设备阻碍施工的难题，使特定复杂环境下施工变得简单可行。

4) 与传统的网架安装施工技术相比，该技术大大节省了工程费用，经济效益显著。

五、结论

大跨度网架结构在施工过程中，其结构的受力和位移有可能会超过使用阶段的内力，从而使结构在施工期内处于危险状态。文章采用的“H型钢临时支撑回顶

法”，结合“斜腹杆加强法”和“结构胶-卡箍-套管”临时措施组合法，同时运用“BIM施工模拟+有限元分析”模拟复杂条件下网架的施工过程，对杆件进行应力分析，可以有效减小结构在施工过程中的安装应力，从而保证网架结构施工安全，质量可靠，经济效益可观，该技术具有很好的推广前景。

参考文献

[1] 陈勇. 大跨度钢结构网架安装施工技术实践[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (02): 135-137+141.

[2] 于重阳. 大跨度网架结构分片施工安装应力控制研究[D]. 武汉理工大学, 2011.

[3] 姚新顺, 张朋朋, 曹王鹏, 李建涛. 基于BIM技术的大跨度网架结构施工模拟[J]. 现代信息科技, 2024, 8(03): 125-127+131.

作者简介: 苏穗东, 本科, 广州市市政集团有限公司, 高级工程师, 研究方向: 建筑施工技术。

徐岛琦, 本科, 广州市市政集团有限公司, 高级工程师, 研究方向: 建筑施工技术。