

# 超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构关键施工技术

张昊瞳 何奕德 刘可嘉 夏 飞  
中建一局集团第三建筑有限公司 北京 100071

**摘要：**超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构是高度复杂且具有挑战性的工程，其施工过程中涉及到许多关键技术和细节。在整个施工过程中，精确的施工精度控制、合理的吊装与安装、及时的偏差分析与处理等环节至关重要，直接影响着结构的安全性、稳定性和质量。通过合理规划、精心设计和严格执行关键施工技术，可以确保超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构的施工顺利进行，并最终实现工程的成功交付和运行。

**关键词：**超高层建筑；伸臂桁架；环带桁架；施工技术；质量控制

## 1 超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构特点分析

超高层伸臂桁架及环带桁架是在高层建筑结构中常见的两种钢结构形式，它们具有独特的设计特点和结构特性，为高层建筑的承重和抗风性能提供了重要的支撑。第一、超高层伸臂桁架特点分析；承载能力强：超高层伸臂桁架作为高层建筑结构的核心部分，具有较强的承载能力，能够有效地支撑楼层荷载和风荷载。刚度大：伸臂桁架通过许多斜撑和连接节点形成刚性框架结构，增加了整体结构的稳定性和刚度。跨度大：伸臂桁架设计能够实现较大的跨度，有效减少建筑内部柱子的数量和影响，提高空间的利用率。建筑外观美观：超高层伸臂桁架在建筑外观设计中起到了装饰和塑造的作用，能够为整个建筑增添现代感和美观性<sup>[1]</sup>。第二、环带桁架特点分析；径向刚度大：环带桁架由环形主梁和斜支撑组成，具有很大的径向刚度，能够有效抵抗水平荷载和风压。结构简单：环带桁架的结构相对简单，易于加工和施工，能够减少施工周期和成本。轴向承载能力强：环带桁架的环形主梁在轴向承载方面有显著优势，能够承受施加在主梁上的较大荷载。空间利用效率高：环带桁架设计能够有效减少梁柱布置所占用的空间，提高建筑的空间利用效率。超高层伸臂桁架及环带桁架作为高层建筑结构中常见的钢结构形式，各自具有独特的特点和优势，在为建筑提供强大的结构支撑的同时，也为建筑设计与施工带来了创新和便利。

## 2 超高层伸臂桁架钢结构关键施工技术

### 2.1 结构设计与计算

超高层伸臂桁架在现代高层建筑中扮演着重要的角色，其施工技术至关重要。以下是关键的施工技术及结构设计及计算方面的要点；结构设计及计算：结构设计：超高层伸臂桁架的设计应充分考虑结构整体稳定性、承载能力和刚度等因素，确保整体结构能够满足建

筑的安全性和功能性要求。设计中需要综合考虑荷载分布、梁柱节点设计、斜撑布置等方面，保证结构的合理性和可靠性。结构计算：结构计算是确保超高层伸臂桁架安全可靠性的基础，需要进行荷载、应力、位移等方面的详细计算分析。通过有限元分析等方法，验证结构在承受重力荷载、风荷载等极端情况下的稳定性和安全性，为施工提供精确的设计参考。关键施工技术；整体吊装技术：由于超高层伸臂桁架构件体积庞大、重量较大，其整体吊装工艺是关键的技术。需要合理设计吊装方案，考虑吊装点设置、吊装序列等细节，确保施工过程中的安全可控。焊接技术：超高层伸臂桁架的施工需要大量的焊接工作，焊接质量直接影响结构的安全性和稳定性。施工中应严格按照相关标准和规范进行焊接作业，保证焊缝的质量和强度。节点连接技术：梁柱节点和斜撑节点是超高层伸臂桁架的重要组成部分，节点连接技术的合理性直接影响结构的稳定性和承载能力。施工中需要选择合适的连接方法和材料，确保节点处的连接牢固可靠。施工监测技术：在超高层伸臂桁架的施工过程中，需要通过实时监测技术对结构的变形、承载状态等进行监测和评估，及时发现问题并进行调整，保证结构的安全性和稳定性。

### 2.2 施工前准备

超高层伸臂桁架在高层建筑中的施工，需要经过严谨的施工前准备工作，确保施工过程的顺利进行和结构安全稳定。（1）施工方案制定与审核；初步施工方案：根据设计图纸和工程要求，制定超高层伸臂桁架的初步施工方案，明确施工顺序、安全措施等。施工方案审核：对初步施工方案进行专业的审核，确保其符合设计要求和安全规范，同时参与相关人员进行讨论和调整。（2）材料与设备检查；钢材质量检查：对超高层伸臂桁架所需的各类钢材进行质量检查，确保符合要求并有质

量证书。设备准备：确认施工所需的吊装设备、焊接机器等有无损坏，能否正常运行。（3）场地布置与准备；场地清理：清理超高层伸臂桁架安装区域，确保场地平整、无障碍物，并进行必要的围栏封闭。基础检查：检查伸臂桁架的基础平整度、牢固度等情况，确保基础满足结构施工要求<sup>[2]</sup>。（4）安全管理措施确定；安全方案编制：制定超高层伸臂桁架施工安全方案，明确施工中应采取的安全措施、事故应急预案等。安全设施设置：根据安全方案，设置安全警示标识、施工通道、安全平台等安全设施。（5）人员分工与培训；人员分工：明确各个施工环节的责任人及分工，确保施工过程中各项任务有序进行。岗前培训：对施工人员进行施工技术培训，提高其对超高层伸臂桁架施工及安全规范的认识。

### 2.3 组装与安装

超高层伸臂桁架的组装与安装是整个钢结构施工过程中至关重要的环节，需要精密的操作和严谨的技术，以确保结构的安全性、稳定性和施工质量。施工前准备工作是组装与安装的关键，在施工开始之前，需要审查设计图纸，检查构件的质量和数量，确定吊装方案以及制定安全措施。确认所有前期工作准备充分，确保施工过程顺利进行。组件组装阶段需要精准的标定和焊接加工，根据设计要求，对构件进行精确标定并进行焊接加工，保证构件之间的连接牢固可靠。斜撑的设置也是至关重要的，合理设置并连接斜撑可以增加结构的稳定性和刚度。主梁和斜撑的安装是组装与安装的重点环节，通过合理的吊装和连接方式，将主梁准确吊装到位并进行节点连接与固定，确保结构稳固。精确安装斜撑并与梁柱正确连接，也将提升结构的整体稳定性和承载能力。在整个组装与安装过程中，质量与安全监测是不可或缺的，结构质量检查应定期进行，确保施工符合质量要求。安全监测则是保障施工人员和结构安全的重要措施，需对吊装设备和结构件的安全状态进行实时监测。

## 3 环带桁架钢结构关键施工技术

### 3.1 设计与制造

环带桁架钢结构作为一种重要的结构形式，在施工过程中设计与制造环节至关重要。在设计阶段，需要进行精细化的结构设计计算，通过细致的荷载分析、应力分析和位移等设施，设计出具有良好承载性能、刚度和稳定性的环带桁架结构。应综合考虑各种荷载效应，包括静载、动载和风荷载等，确保结构在各种极端工况下都能保持结构完整性。在制造过程中，需要严格按照设计图纸的要求进行加工、焊接和组装工作。对于环带桁架中的节点部分，需要特别注意焊接质量和连接牢固

性，保证节点处构件的连接强度和可靠性。在材料选用和制造过程中，要符合国家标准和行业规范，确保材料质量达标，加工精度符合要求。在设计与制造阶段，密切合作并确保设计师、结构工程师和制造人员之间的沟通顺畅。设计人员应提供清晰明了的设计图纸和说明，以便制造人员准确理解和执行；而制造人员则应确保工艺流程的规范严谨，严格按照设计要求进行制造工作<sup>[3]</sup>。

### 3.2 吊装与安装

环带桁架钢结构的吊装与安装是整个施工过程中至关重要的环节，需要经验丰富的作业人员和合理的施工方案来确保施工进程的安全、高效和顺利进行。吊装方案的制定是吊装与安装的首要步骤，在吊装方案中，需要明确吊装设备的选择、吊点设置、吊装顺序以及安全措施等内容。保证吊装设备符合要求、吊点设置准确和牢固、吊装顺序合理，以降低吊装过程中的安全风险。确保吊装过程中的稳定性和平衡性，避免结构和设备受到不必要的振动或损坏。也要保持良好的沟通和协调，确保各个作业人员之间密切配合，从而确保吊装作业的顺利进行。在安装阶段，要严格按照设计图纸要求进行构件的定位和连接，确保各构件位置准确、连接牢固，避免因安装不当导致的结构不稳定或质量问题。对于节点部分的连接，需特别关注焊接质量和接头的可靠性。在施工过程中，应加强质量与安全监测，定期对吊装设备、结构构件和焊接工艺进行检查，确保质量合格。实时监测工地环境和吊装作业的安全状况，加强安全防范和应急措施。安装完成后需进行验收和整改，对安装完工后的环带桁架结构进行全面验收，确保符合设计要求和安全标准。

## 4 超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构施工精度控制

### 4.1 施工前的精度预测

在超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构的施工中，精度控制是至关重要的，影响着整个结构的安全性和稳定性。施工精度控制是为了保证结构的精确性和质量，从而提高结构的整体性能和稳定性。对于超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构，尤其需要严格控制施工精度，以确保结构的强度、稳定性和承载能力。精度控制涉及到结构的尺寸、水平、垂直度等方面，需要在施工前就进行全面的预测和计划。施工前的精度预测应该包括对结构设计图纸和计算结果的详细分析，通过对设计参数的准确理解和计算结果的分析，预测出结构在施工中可能出现的偏差和误差，并制定相应的控制措施。还应考虑到施工过程中可能面临的各种环境因素和人为因素，如温度变化、风荷载、施工误差等，对其影响进行综合考

虑。在精度预测过程中，还需要重点关注与超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构相关的关键节点和连接部位。对这些部位的精度要求更高，需要严格控制并留有一定的调整空间，确保整体结构的精确性和稳定性。精度预测需要结合实际情况和专业技术，进行科学合理的评估和计划。只有通过精细的精度预测，可以在施工前就确定合理的施工工艺、控制措施和调整方案，为超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构的施工提供可靠的基础，确保结构施工过程中的顺利进行及结构的最终质量。

#### 4.2 实时监测系统的建立

为了确保超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构施工过程中的精度控制和质量管理，建立一个实时监测系统是必不可少的。建立实时监测系统需要选用先进的监测设备和技术，例如，可以利用高精度激光测距仪、全站仪、GPS定位系统等先进设备，实时监测结构的位置、形状和尺寸变化；也可以利用传感器网络监测结构的变形、温度变化等重要参数。建立实时监测系统需要实现数据的实时采集、传输和处理，监测数据应及时上传到监测系统平台，经过处理后展示在监测界面上，使施工人员可以随时查看结构的实时状态。也可以设置预警系统，一旦监测数据超出设定范围，系统能够及时警示施工人员，以便及时调整施工方案和措施。在建立实时监测系统时，还应考虑建立监测数据的存档和记录机制。通过保存监测数据和相关信息，可以为今后的结构维护和管理提供重要参考，并对施工中的问题进行溯源和分析，提高施工过程的可追溯性和控制质量。建立实时监测系统是提高超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构施工精度控制的重要手段。

#### 4.3 精度偏差的分析与处理

在超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构的施工中，精度控制是关键环节，而在实际施工过程中，难免会出现一定的精度偏差。对于出现的精度偏差，需要立即进行

分析和定位，通过对结构的实际测量数据和设计图纸进行比对，确定具体的偏差情况，包括尺寸偏差、平面偏差、垂直度偏差等方面的问题。分析偏差的产生原因，可能是由于施工过程中的误差、材料质量问题、设计方面的缺陷等多种因素导致的。在处理精度偏差时，应根据偏差的大小和影响程度进行评估，确定是否需要进行调整或修正<sup>[4]</sup>。针对不同类型的偏差，可以采取相应的调整措施，如通过调整结构支撑、增加辅助设备、重新焊接连接件等来进行纠正。在处理精度偏差时，还需要密切协调设计、施工团队和监理单位的合作。确保各方对偏差的认识和处理方式保持一致，最大程度地减少因偏差处理不当而可能带来的风险和影响。处理完精度偏差后，需要进行再次测量和验证，确保调整后结构符合设计要求。

#### 结束语

在超高层伸臂桁架及环带桁架钢结构的施工中，我们不仅需要注重技术细节，更要关注工程安全、施工质量和环境保护等方面，做到“精益求精”，确保工程质量，为城市建设和人民生活提供更安全、更优质的基础设施。期待未来能够不断提升施工技术水平，不断完善管理体系，为建设更加美好的明天做出更大贡献。愿我们共同努力，建设更加安全、绿色、智能的城市生活空间。

#### 参考文献

- [1]沈韶珍.李国强.等.超高层建筑伸臂桁架结构的施工技术[J].建筑工程技术与设计.2018(6):20-25.
- [2]高彦博.张磊.超高层建筑钢结构施工的质量控制与管理[J].建筑工程.2020.38(3):10-15.
- [3]张伟.赵晓磊.环带桁架钢结构施工中质量控制关键技术分析[J].建筑施工技术.2019.28(2):45-50.
- [4]高明.李震.超高层建筑伸臂桁架钢结构安装技术探讨[J].钢结构.2017.32(5):40-46.