

# 跨路管道桁架的节点优化设计

王新元

中国中元国际工程有限公司 北京 100089

**摘要:** 本文旨在探讨桁架结构的优化设计, 特别聚焦于节点分析等关键技术。重点研究桁架结构中的连接节点设计, 探讨铰接连接节点和刚接连接节点的优缺点, 并结合实际案例提出合理的设计建议。通过对桁架结构优化设计的研究和分析, 旨在为工程实践提供更有效的设计方案和指导, 促进桁架结构在各类工程中的应用和发展。

**关键词:** 桁架结构; 优化设计; 性能评估; 工程实践; 结构性能; 设计方案; 工程应用; 发展趋势

## 1 背景

桁架结构是工程领域中一种常见的结构形式, 在桥梁、建筑等领域得到广泛应用。其设计优化是工程实践中的关键课题之一。其由多个构件通过节点连接而成, 具有自重轻、刚度强、承载能力强等优点。然而, 在实际工程中, 桁架结构的设计与优化仍然面临着诸多挑战。因此, 开展桁架结构优化设计的研究具有重要的理论和实际意义。本文旨在探讨桁架结构的优化设计, 特别关注不同形式桁架截面的选择和内力分析等关键技术。选择合适的桁架形式对结构的性能和稳定性至关重要, 它们各有特点和适用范围。通过比较分析这些桁架形式在不同工况下的性能表现, 为工程设计提供重要参考。此外, 桁架结构的内力分析也是设计优化的重要环节, 其结果直接影响结构的稳定性和安全性。因此, 本文还将深入研究桁架结构在不同荷载情况下的内力分布, 并探讨其对结构性能的影响。通过研究和分析桁架结构的优化设计, 为工程实践提供更有效的设计方案和指导, 促进桁架结构在各类工程中的应用和发展。

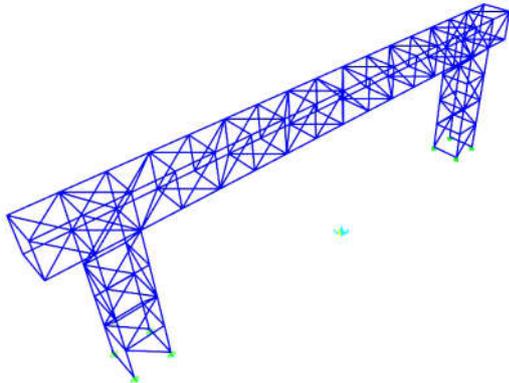


图1 常见跨路桁架模型

## 2 节点截面选择

### 2.1 支撑

支撑作为桁架结构中承受压力的构件之一, 在选择

截面形式时需要考虑其稳定性和受力特点。因此, 本项目比较了HN型钢和圆管的截面受力分析, 以确定最优斜撑截面形式。

在进行HN型钢和圆管的优缺点对比时, 需要深入分析它们在桁架结构中的应用及性能差异。首先, HN型钢作为传统的支撑材料, 在桁架结构中具有一定的优势。其具有较高的强度和刚度, 能够承受较大的压力和拉力, 适用于不同跨度和荷载条件下的工程。此外, 由于其形状规则, 安装和连接相对容易, 适用于各种施工环境。然而, HN型钢也存在一些缺点。例如, 在大型工程中, 由于其重量较大, 运输和安装成本较高; 同时, 受制于材料自身特性, 可能存在一定的材料浪费现象, 影响了工程成本和效率。

相比之下, 圆管作为新型支撑材料在桁架结构中的应用逐渐增多, 并显示出一些明显的优势。首先, 圆管具有更好的抗压性能和稳定性, 能够在承受压力时保持形状和稳定性, 减小结构变形和损坏的可能性。其次, 圆管的轴对称构造使得材料分布更加均匀, 各方向的稳定性相等, 有利于提高整体结构的稳定性和安全性。此外, 圆管的流线型表面减小了在自然环境荷载下的绕流阻力, 提高了结构的抗风能力, 特别适用于海上等恶劣环境。此外, 圆管外表光洁, 能够防止水气浸入, 提高了结构的耐腐蚀性能, 减少了维护成本。最重要的是, 相同条件下, 圆管的用钢量较少, 能够有效降低材料成本, 提高了工程的经济性。

综上所述, 虽然HN型钢在传统工程中具有一定优势, 但随着工程技术的发展和对结构性能要求的提高, 圆管作为新型支撑材料显示出了更多的优势和应用潜力。圆管的抗压性能、轴对称构造以及流线型表面等特点使其在桁架结构中更为适用, 能够提高结构的稳定性、安全性和经济性, 因此在实际工程中更具优势。

### 2.2 竖向/上下弦杆件

2.2.1 上下弦：使用HW型钢作为上下弦杆件的选择不仅来自于实际工程经验，还得到了相关文献的支持和验证。以下是几个主要的原因：

2.2.2 优良的受力性能：文献<sup>[1]</sup>中的研究表明，HW型钢具有较好的受力性能，其横截面形状设计合理，能够在受到大荷载作用时保持稳定性，具有较高的抗弯和抗压能力。

2.2.3 经济性考量：与其他型钢相比，HW型钢在材料用量和成本方面更加经济实用。其在使用过程中能够有效地降低建筑结构的整体造价，同时保证结构的稳定性和安全性。

2.2.4 工程实践验证：文献<sup>[2]</sup>中的研究显示，通过多个实际工程案例的验证，HW型钢作为上下弦杆件的设计方案在桁架结构中得到了广泛应用，并取得了良好的效果。其稳定的受力性能和经济实用性得到了工程实践的认可。

2.2.5 标准化设计：HW型钢作为常用的结构钢材料，已经被广泛标准化设计和规范化应用。其设计参数和性能指标已经得到了相关标准和规范的明确规定，为工程设计提供了可靠的依据。

因此，综合以上原因，选择HW型钢作为上下弦杆件的截面形式，既考虑了结构的稳定性和受力性能，又兼顾了经济性和实用性。

### 2.3 压弯杆件（桁架柱）

在桁架结构中，选择HW型钢作为柱截面的选型分析是基于多个因素的综合考虑。首先，HW型钢具有优良的受力性能，其横截面形状设计合理，能够在受到大荷载作用时保持稳定性，具有较高的抗弯和抗压能力。其次，相较于其他型钢，HW型钢在材料用量和成本方面更加经济实用，能够有效地降低建筑结构的整体造价，同时保证结构的稳定性和安全性。此外，HW型钢作为常用的结构钢材料，已经被广泛标准化设计和规范化应用，其设计参数和性能指标得到了相关标准和规范的明确规定，为工程设计提供了可靠的依据。

在实际应用中，HW型钢作为柱杆件的受力特点主要表现在以下几个方面：

（1）优良的受力性能：HW型钢具有较好的抗弯和抗压能力，在承受垂直和水平荷载时能够保持稳定性，确保桁架结构的整体安全性。

（2）经济实用性：相较于其他型钢，HW型钢在材料用量和成本方面更加经济实用，能够有效地降低建筑结构的整体造价，同时保证结构的稳定性和安全性。

（3）标准化设计：作为常用的结构钢材料，HW型钢已经被广泛标准化设计和规范化应用，其设计参数和性能指标得到了相关标准和规范的明确规定，为工程设计

提供了可靠的依据。

综上所述，选择HW型钢作为桁架结构柱截面的选型分析是基于其优良的受力性能、经济实用性和标准化设计等因素的综合考虑。在实际应用中，HW型钢作为柱杆件能够保证桁架结构的稳定性和安全性，为工程设计提供了可靠的支撑和保障。

## 3 桁架结构竖向构建节点研究

桁架连接节点设计与构件之间的连接方式直接关系到结构的稳定性和受力性能。本节将重点研究桁架结构中竖向链接杆件的铰接连接节点和刚接连接节点的设计对比分析，并结合最新研究和实际案例进行深入探讨。

### 3.1 铰接连接节点与刚接连接节点的设计对比

桁架结构中的链接节点设计是结构设计中的关键问题之一，其连接方式直接影响着结构的稳定性和受力性能。本节将对对比分析桁架竖向链接杆件的铰接连接节点和刚接连接节点的设计方案，并结合实际案例和最新研究，探讨其优缺点和适用性。

根据文献<sup>[3]</sup>中的研究，铰接连接节点允许构件在一定范围内发生旋转，从而减小了节点处的应力集中程度，有利于提高结构的稳定性和抗震能力。而刚接连接节点将构件固定在一定的位置，不允许发生任何位移，能够提高结构的刚度和承载能力，但也增加了节点处的应力集中程度。

在设计选择上，铰接连接节点设计相对简单，施工方便，且能够减小节点处的应力集中程度，提高整体结构的稳定性。但是，铰接节点的转动会导致构件之间的相对位移，降低了结构的刚度和承载能力。相反，刚接连接节点虽然能够提高结构的刚度和承载能力，但是节点处的应力集中程度大，需要采用更多的钢材和加固措施，造价较高。

以广州塔为例，该塔的主要桁架结构采用了刚接连接节点。在塔楼的竖向支撑结构中，刚接连接节点确保了各个构件的稳定性和刚度，从而保证了整个塔楼的安全性和稳定性。而在一些桥梁和建筑结构中，铰接连接节点更为常见，例如南京长江大桥的桥梁结构中采用了大量的铰接连接节点，这些节点保证了桥梁在受力时的弹性变形，提高了整个桥梁结构的抗震能力和安全性。

最新研究表明，在某些情况下，铰接连接节点和刚接连接节点可以结合使用，以兼顾结构的稳定性和变形能力。通过在铰接节点处设置可调节的支撑装置，可以在保证节点处的稳定性的同时，降低节点处的应力集中程度，提高结构的抗震能力和安全性。此外，采用新型连接件和材料，如高强度钢材和复合材料，也能进一步

提高节点处的承载能力和稳定性,从而实现更加灵活和高效的桁架结构设计。

综上所述,桁架结构中的铰接连接节点和刚接连接节点各有优缺点,其选择应根据具体工程的要求和实际情况进行综合考虑。在设计过程中,需要充分考虑结构的稳定性、承载能力、施工性和经济性等因素,并结合最新的研究成果和实际案例,采取合适的连接方式,以确保结构的安全性和可靠性。

### 3.2 大跨度钢桁架结构侧向抗风节点分析

大跨度钢桁架结构的侧向抗风节点分析是确保结构稳定性和安全性的关键环节。在进行侧向抗风节点设计时,可以考虑采用刚接连接节点。刚接连接节点将构件固定在一定的位置,提高了结构的刚度和承载能力。这种设计可以有效地抵抗风荷载的作用,确保结构在强风环境下的稳定性。

刚接连接节点的设计在侧向抗风中具有重要意义。它能够有效地抑制结构的侧向位移,提高了结构的整体稳定性。在风荷载作用下,刚接连接节点能够将风力通过节点迅速传递到地基,减小了结构的振动幅度,降低了结构疲劳和损伤的风险。此外,刚接连接节点还能够减少结构的振动周期,提高了结构的抗风性能,保证了结构的安全性和稳定性。

最新研究表明,在某些情况下,刚接连接节点可以通过结合其他抗风措施来进一步提高结构的抗风能力。例如,可以在刚接连接节点周围增加支撑杆件或增加横向支撑等方式,来增加节点处的抗风能力,进一步提高结构的整体稳定性和安全性。此外,采用高强度钢材和先进的连接技术也能够提高刚接连接节点的承载能力和稳定性,从而实现更加可靠和安全的结构设计。

在实际案例中,一些大型建筑和桥梁结构采用了刚接连接节点来确保结构在强风环境下的稳定性。例如,上海中心大厦的桁架结构采用了大量的刚接连接节点,保证了整个建筑在风荷载作用下的安全性和稳定性。这些案例验证了刚接连接节点在大跨度钢桁架结构中的重要作用,为侧向抗风节点设计提供了重要参考和借鉴。

因此,刚接连接节点在大跨度钢桁架结构的侧向抗风设计中具有重要意义,其稳定性和安全性得到了实践和研究的充分验证,为工程实践提供了可靠的设计方案和指导。

### 3.3 悬挑端节点分析

桁架结构中的悬挑段对于整体结构的受力有着重要影响。悬挑段是桁架结构中的一种特殊构件,其处于悬臂状态,承受着较大的外部荷载,因此在桁架的受力分析中具有特殊的地位。

最新研究表明,悬挑段的存在会对桁架结构的受力产生显著影响,特别是在弯矩分析方面。悬挑段的悬臂长度和承载能力直接影响着整体结构的稳定性和强度。通常情况下,悬挑段处于较大的弯矩作用下,其受力状态复杂,需要进行精确的弯矩分析来评估其承载能力和安全性。

在桁架结构中,悬挑段的弯矩分析通常包括以下几个方面的考虑:首先是悬挑段的几何形状和尺寸,包括悬臂长度、截面形状和尺寸等,这些因素直接影响着悬挑段的受力特点。其次是悬挑段所受外部荷载的大小和分布情况,包括竖向荷载、水平荷载和弯矩等,这些荷载对悬挑段的受力产生重要影响。最后是结构的整体稳定性和安全性,需要考虑悬挑段在受到外部荷载作用时的变形和破坏情况,以确保结构的稳定性和可靠性。

## 4 结论与展望

本研究通过对大跨度钢桁架结构的节点分析和钢截面分析,深入探讨了结构的稳定性和安全性。在节点分析方面,通过对不同类型节点的设计和比较,发现刚接连接节点在侧向抗风中具有重要作用,能够有效地提高结构的抗风能力和稳定性。同时,钢截面分析表明采用高强度钢材和圆管的截面设计能够进一步提高支撑结构的承载能力和稳定性。这些研究成果为大跨度钢桁架结构的设计和施工提供了重要的理论支持和技术指导。

在实际工程应用中,本研究的成果具有重要的指导意义和实践价值。通过合理设计节点和选择优质钢材,可以有效地提高大跨度钢桁架结构的整体性能,确保结构在各种外部荷载作用下的安全性和稳定性。此外,本研究还为未来相关领域的研究提供了重要的参考和借鉴,为进一步完善大跨度钢桁架结构的设计方法和理论提供了新的思路 and 方向。

综上所述,本研究对大跨度钢桁架结构的节点分析和钢截面分析进行了深入研究,取得了一系列重要成果。这些成果为大跨度钢桁架结构的设计和施工提供了重要的理论支持和技术指导,具有重要的理论和实践价值。同时,本研究还为未来相关领域的研究提供了重要的参考和借鉴,为进一步推动大跨度钢桁架结构的发展和完善提供了新的思路 and 方向。

## 参考文献

- [1]刘世宇.供热管道超大钢桁架变形分析[J].煤气与热力,2019,1-15.
- [2]苏波,戴朋,齐冠,张序彦.大跨度桁架式钢结构管道支架设计[J].建筑技术,2019,570-572.
- [3]张楠.管桁结构若干关键技术的研究.浙江大学硕士学位论文[D],2004,16-77.