

# 大跨度穹顶钢结构的施工技术分析

王 蔚

重庆市辰光工程管理有限公司 重庆 402760

**摘 要：**大跨度穹顶钢结构施工具有技术复杂、构件多样、精度要求高等特点。本文分析了大跨度穹顶钢结构施工的主要技术，包括深化设计、构件加工、现场安装等方面。通过采用先进的施工模拟与分析技术，确保构件加工精度与现场安装质量。同时，探讨了高空吊装、焊接、测量控制等关键技术措施，以保障施工安全与质量。研究结果表明，科学合理的施工技术对于大跨度穹顶钢结构的成功实施至关重要。

**关键词：**大跨度穹顶钢结构；施工技术；优化与创新

引言：随着现代建筑技术的发展，大跨度穹顶钢结构因其独特的美学魅力和卓越的承载能力，在大型公共建筑中得到广泛应用。这类结构不仅展现了建筑师的创造力，也对施工技术提出了更高要求。本文旨在深入探讨大跨度穹顶钢结构的施工技术，包括前期准备、关键施工步骤、难点解决方案等，以为同类工程提供技术参考。通过综合分析与实践总结，推动大跨度穹顶钢结构施工技术的不断创新与发展。

## 1 大跨度穹顶钢结构概述

### 1.1 大跨度穹顶钢结构的定义与特点

大跨度穹顶钢结构是指那些覆盖广阔空间、具备显著跨度特点的穹顶状钢结构建筑。这类结构不仅形式多样，兼具美学与经济价值，而且其复杂的受力体系和施工难度也成为建筑界的关注焦点。（1）结构形式多样化：大跨度穹顶钢结构的设计灵活多变，能够适应不同的建筑需求和审美标准。从简单的几何形状到复杂的流线型设计，无不展现出其多样化的魅力。（2）造型美观，经济性好：穹顶状的结构设计赋予建筑独特的视觉冲击力，不仅美观大方，还能有效节省建筑材料，降低建设成本。钢材的高强度和耐久性使得穹顶结构在长期使用中仍能保持其稳定性和安全性。（3）受力体系复杂，施工难度大：大跨度穹顶钢结构的受力体系相对复杂，涉及多种力学原理和结构分析。施工过程中，需要精确控制构件的尺寸、形状和位置，以确保整个结构的稳定性和安全性。此外，大跨度和高空作业也给施工带来了不小的挑战。

### 1.2 大跨度穹顶钢结构的主要类型

（1）网架结构：网架结构由多个杆件通过节点连接而成，形成稳定的网格状支撑体系。这种结构形式能够很好地承受水平和垂直荷载，适用于跨度较大且需要均匀分散荷载的场合。（2）网壳结构：网壳结构是一种

由曲面网格或曲面杆件构成的穹顶结构。与网架结构相比，网壳结构在受力上更加连续和均匀，能够提供更好的整体稳定性和抗变形能力。同时，网壳结构的造型更加灵活多变，能够满足各种复杂的建筑造型需求。（3）悬索结构：悬索结构是利用高强度索材的拉力来支撑穹顶的一种特殊结构形式。这种结构形式能够实现大跨度的空间覆盖，同时降低建筑的高度和重量。悬索结构在造型上极具特色，能够形成独特的视觉冲击力<sup>[1]</sup>。

### 1.3 大跨度穹顶钢结构的应用领域

（1）机场建筑、会展中心：这些建筑通常需要大跨度的空间来容纳大量的人员和设备，同时需要具备良好的采光和通风条件。大跨度穹顶钢结构能够满足这些需求，为乘客和参展者提供宽敞明亮的室内环境。（2）体育场馆、展览馆：体育场馆和展览馆等建筑需要承受大量的观众和展品荷载，同时需要具备良好的声学效果和视觉效果。大跨度穹顶钢结构能够提供稳定的支撑和美观的外观，为观众和参展者提供舒适和愉悦的体验。（3）乐园穹顶等大型公共建筑：大型公共建筑如乐园穹顶等，需要具有独特的外观和吸引力。大跨度穹顶钢结构能够创造出独特的视觉效果，为游客带来震撼和难忘的体验。

## 2 大跨度穹顶钢结构施工技术分析

### 2.1 施工前的准备工作

（1）场地平整与施工道路规划：首先，需要对施工场地进行平整，确保地基稳定，为后续的吊装和运输作业提供坚实的基础。同时，合理规划施工道路，确保重型设备和构件能够顺利进出施工现场，减少运输过程中的风险和成本。（2）吊装路线的选择与优化：吊装路线是施工过程中的重要环节，需要根据构件的尺寸、重量和吊装机械的性能，选择最佳的吊装路线。同时，对吊装路线进行优化，减少不必要的转弯和障碍物，提高吊

装效率 and 安全性。(3) 施工设备的选择与布置: 根据施工需求和现场条件, 选择合适的吊装机械、焊接设备和检测仪器等。同时, 合理布置施工设备, 确保设备间的相互协作和高效利用, 避免资源浪费和安全隐患。

## 2.2 关键施工技术解析

### 2.2.1 构件吊装技术

(1) 吊装索具的选择与验算: 吊装索具的选择直接关系到吊装作业的安全性和效率。需要根据构件的重量、形状和吊装要求, 选择合适的吊装索具, 并进行严格的验算, 确保索具的承载能力和稳定性。(2) 吊装机械的选择与站位: 吊装机械的选择和站位是吊装作业的核心。需要根据构件的重量、尺寸和吊装路线, 选择合适的吊装机械, 并确定最佳的站位, 确保吊装过程中的稳定性和安全性。(3) 吊装过程中的安全监控: 吊装过程中, 需要对吊装机械、索具和构件进行实时安全监控, 及时发现并处理潜在的安全隐患, 确保吊装作业的安全顺利进行<sup>[2]</sup>。

### 2.2.2 支撑架设置与卸载技术

(1) 支撑架的设计与安装: 支撑架是大跨度穹顶钢结构施工过程中的重要临时设施, 需要根据结构的受力特点和施工要求, 设计合理的支撑架结构, 并进行精确的安装, 确保支撑架的稳定性和承载能力。(2) 支撑架的受力分析与变形控制: 在支撑架使用过程中, 需要对支撑架进行受力分析, 了解支撑架的受力状态和变形情况, 并采取有效的措施进行变形控制, 确保支撑架的稳定性和安全性。(3) 支撑架的卸载步骤与注意事项: 在穹顶结构施工完成后, 需要按照预定的卸载步骤逐步拆除支撑架。在卸载过程中, 需要密切关注结构的变形和受力情况, 确保卸载过程的安全和平稳。

### 2.2.3 焊接与连接技术

(1) 焊缝质量控制: 焊缝是大跨度穹顶钢结构中的关键连接部位, 其质量直接影响结构的整体稳定性和安全性。因此, 需要对焊缝进行严格的质量控制, 包括焊缝的尺寸、形状和缺陷检测等, 确保焊缝满足设计要求。(2) 连接节点的设计与施工: 连接节点是穹顶钢结构中的关键部位, 其设计和施工直接关系到结构的整体稳定性和承载能力。因此, 需要对连接节点进行精心的设计和施工, 确保节点的可靠性和耐久性。(3) 焊接变形的预防与矫正: 在焊接过程中, 由于热胀冷缩和残余应力的影响, 构件往往会发生变形。为了预防焊接变形, 可以采取预热、层间温度控制、合理的焊接顺序和夹具固定等措施。对于已经发生的变形, 可以采取机械矫正、火焰矫正或加热矫正等方法进行矫正, 确保构件

的尺寸和形状满足设计要求<sup>[3]</sup>。

## 2.3 施工难点与解决方案

(1) 超长超重构件运输安装难: 超长超重构件的运输与安装是施工中的一大难题。为解决此问题, 可分段运输构件至现场再进行拼接安装。同时, 采用多点吊装、滑移吊装等特殊吊装设备和方法, 能有效提升吊装效率 and 安全性, 确保构件准确到位。(2) 温度收缩影响结构变形: 温度变化易导致穹顶钢结构变形。为控制变形, 可采用预应力技术, 在构件安装前进行预应力处理, 抵消温度变化产生的应力。此外, 在结构中设置变形缝或伸缩缝, 使结构能在温度变化时适度变形, 减小对结构稳定性的影响。(3) 精度控制与误差调整: 精度控制是施工中的关键环节。需严格控制构件的尺寸、形状和位置, 确保精确安装和整体稳定性。同时, 施工中难免产生误差, 需及时调整。调整方法包括调整构件安装位置、支撑架高度和位置、焊缝尺寸和形状等。通过精细的误差调整, 可确保穹顶钢结构的整体稳定性和美观性, 满足设计要求。

## 3 大跨度穹顶钢结构施工案例分析

### 3.1 工程概况

#### 3.1.1 工程背景与基本情况介绍

本案例涉及的工程项目是一座现代化的大型体育场馆, 其标志性特征为一个宏伟的大跨度穹顶钢结构。该穹顶不仅作为体育场馆的屋顶, 还承载着向公众展示城市形象的重要使命。穹顶结构采用了先进的网壳设计, 跨度达到数百米, 覆盖了整个体育场的核心区域。在施工过程中, 面临着复杂的地形条件、严格的工期要求和高质量标准等多重挑战。

#### 3.1.2 结构特点与施工技术难点

穹顶结构的主要特点是跨度大、造型复杂、受力体系独特。这导致了施工过程中的一系列技术难点, 包括构件的精确制作与安装、支撑架的稳定设置与卸载、焊接与连接节点的质量控制等。此外, 由于体育场馆位于城市中心, 周边交通繁忙, 施工场地受限, 也给施工带来了额外的挑战。

### 3.2 施工技术实施过程

(1) 吊装过程的组织与实施。为了确保穹顶构件的精确安装, 施工团队采用了先进的吊装技术和设备。在吊装前, 对吊装路线进行了精心规划, 避免了障碍物和人流密集区域。同时, 选择了合适的吊装机械和索具, 并进行了严格的验算和试吊。在吊装过程中, 实施了全程安全监控, 确保了吊装作业的安全性和效率。(2) 支撑架的设置与卸载过程。支撑架的设置是穹顶结构施工

过程中的关键环节。施工团队根据穹顶结构的受力特点和施工要求,设计了合理的支撑架结构,并进行了精确的安装。在支撑架使用过程中,对支撑架进行了受力分析和变形控制,确保了支撑架的稳定性和安全性。在穹顶结构施工完成后,按照预定的卸载步骤逐步拆除了支撑架,确保了卸载过程的安全和平稳。(3)焊接与连接节点的施工情况。焊接与连接节点的质量控制是穹顶结构施工中的难点之一。施工团队采用了先进的焊接技术和设备,对焊缝进行了严格的质量控制。同时,对连接节点进行了精心的设计和施工,确保了节点的可靠性和耐久性。在焊接过程中,采取了预热、层间温度控制等措施,预防了焊接变形。对于已经发生的变形,采取了有效的矫正方法进行了处理。

### 3.3 施工效果与经验总结

(1)结构稳定性与安全性评估。经过严格的施工和质量控制,穹顶结构表现出了良好的稳定性和安全性。在后续的使用过程中,穹顶结构没有出现任何异常变形或损坏,证明了施工质量和设计方案的合理性。(2)施工效率与成本控制分析。虽然面临着复杂的施工条件和高质量标准,但施工团队通过精心的组织和高效的施工,仍然按时完成了工程任务。同时,在成本控制方面,通过优化施工方案、合理调配资源等措施,有效地降低了施工成本。(3)经验教训与改进建议。在本次施工过程中,也积累了一些经验教训。例如,在吊装过程中需要更加注重构件的精确安装和定位;在支撑架的设置和卸载过程中需要更加关注结构的受力状态和变形情况;在焊接与连接节点的施工过程中需要更加严格地控制焊缝质量和节点的可靠性。针对这些经验教训,建议在未来的施工中加强前期规划和准备工作,提高施工团队的专业技能和协作能力,以确保施工质量和安全。

## 4 大跨度穹顶钢结构施工技术的优化与创新

### 4.1 现有施工技术的局限性分析

(1)精度控制、成本控制等方面的问题:精度控制是穹顶结构施工的关键,但现有技术在构件制作、安装和连接等方面的精度控制仍有待提高。同时,成本控制也是一大挑战,包括材料采购、设备制造、人力成本等在内的各项费用都需要精细管理。由于穹顶结构复杂,

施工周期长,成本控制往往面临较大压力。(2)施工效率与安全性的提升空间:尽管现代施工技术已大幅提升施工效率,但在大跨度穹顶钢结构的施工中,仍存在许多耗时的环节,如构件的吊装、支撑架的设置与卸载等。此外,施工安全性也是一大关注点,特别是在高空作业和重型设备操作中,安全风险不容忽视。

### 4.2 优化与创新策略

(1)引入新技术、新材料、新设备:积极引入先进的施工技术、材料和设备,如高精度数控机床、智能化焊接设备、无人机吊装技术等,以提高施工精度和效率。同时,探索新型建筑材料的应用,如高强度钢材、轻质高强混凝土等,以减轻结构重量,提高施工安全性。(2)改进施工流程与操作方法:对施工流程进行精细化管理,优化施工顺序和操作方法,减少不必要的环节和重复劳动。例如,通过模块化施工、预制构件等方式,提高施工效率和质量。(3)加强施工监控与信息化管理:引入信息化管理系统,对施工过程进行实时监控和数据分析,及时发现并处理潜在问题。同时,建立施工数据库,积累施工经验和数据,为未来的施工提供参考和依据。通过这些措施,可以有效提升大跨度穹顶钢结构施工的技术水平和管理效率。

### 结束语

综上所述,大跨度穹顶钢结构的施工技术是一项复杂而精细的系统工程,涉及多个环节和关键技术。通过本文的分析,我们可以看到,在现代科技的支撑下,施工精度、效率与安全性均得到了显著提升。然而,面对日益增长的建筑需求和不断变化的技术挑战,我们仍需不断探索和优化施工技术。未来,随着新材料、新工艺的不断涌现,大跨度穹顶钢结构的施工技术将迎来更加广阔的发展空间和应用前景。

### 参考文献

- [1]周欣.大跨度穹顶钢结构的施工技术分析[J].建筑设计及理论,2020,(02):23-24.
- [2]魏朝喜.大跨度复杂钢结构施工技术[J].建筑理论,2020,(12):116-117.
- [3]杨卫忠.大跨度穹顶结构模板施工技术[J].市政工程,2021,(04):49-50.