

# 大跨度空间结构建筑的风荷载效应及其抗风设计

王兴盛

青海绿科工程技术服务有限公司 青海西宁

**【摘要】**大跨度空间结构建筑因其独特的空间形式和功能需求，在现代建筑工程中占据重要地位。其复杂的几何形状和大尺度特点使其对风荷载极为敏感。本文深入探讨大跨度空间结构建筑的风荷载效应，分析其不同风场条件下的受力特性，并结合实际工程案例，提出针对性的抗风设计策略。研究表明，合理的抗风设计能够有效降低风荷载对结构的影响，保障建筑的安全性和经济性，为类似工程提供参考依据。

**【关键词】**大跨度空间结构；风荷载效应；抗风设计；结构安全；建筑性能

**【收稿日期】**2024 年 12 月 12 日

**【出刊日期】**2025 年 1 月 29 日

**【DOI】**10.12208/j.ace.202500033

## Wind load effect and wind resistance design of long-span space structure buildings

Xingsheng Wang

Qinghai Lǔkē Engineering Technical Services Co., Ltd, Xining, Qinghai

**【Abstract】**Due to its unique spatial form and functional needs, long-span space structure architecture occupies an important position in modern architectural engineering. However, its complex geometry and large-scale features make it extremely sensitive to wind loads. In this paper, this paper discusses the wind load effect of large-span space structure buildings, analyzes their force characteristics under different wind field conditions, and puts forward the targeted wind resistance design strategy combined with the actual engineering cases. The results show that a reasonable wind resistance design can effectively reduce the impact of wind load on the structure, ensure the safety and economy of the building, and provide a reference for similar projects.

**【Keywords】**Large-span space structure; Wind load effect; Wind-resistant design; Structural safety; Building performance

### 引言

随着经济的快速发展和建筑技术的不断进步，大跨度空间结构建筑在体育场馆、展览馆、机场航站楼等领域得到了广泛应用。这类建筑不仅具有宽敞的内部空间和独特的美学效果，还承担着重要的社会功能。深入研究大跨度空间结构建筑的风荷载效应及其抗风设计具有重要的理论和现实意义。本文旨在通过分析风荷载对大跨度空间结构的影响，提出有效的抗风设计方法，以保障建筑的安全性和经济性。

### 1 风荷载效应分析

大跨度空间结构建筑的风荷载效应是其结构设计中不可忽视的重要因素。风荷载对结构的作用主要表现为静力响应和动力响应。静力响应主要体现在结

构的变形和内力分布上，当风荷载作用于建筑时，结构会产生不同程度的弯曲、扭转和拉伸变形，同时在关键部位产生较大的内力集中现象<sup>[1]</sup>。动力响应则表现为结构的振动，尤其是在强风作用下，结构的振动幅度可能较大，甚至可能引发疲劳破坏。这种复杂的响应特性使得风荷载效应的分析成为大跨度空间结构设计的关键环节。

风荷载的分布规律受到多种因素的综合影响。建筑的几何形状是决定风荷载分布的重要因素之一。大跨度空间结构通常具有复杂的曲面形态和不规则的外形，这使得风在其表面的流动路径和压力分布变得复杂多样。网壳结构的球形或椭圆形曲面会在不同方向上产生不同的风压分布，而索膜结构则因其柔性特

点而对风荷载表现出独特的响应。周边环境对风荷载的分布也有显著影响。建筑周围的地形、建筑物和其他障碍物会改变风的流向和速度,从而影响风荷载的大小和分布。风场特性本身也极为复杂,风速、风向、湍流强度等参数的变化都会对结构产生不同的作用效果。准确把握风荷载的分布规律对于大跨度空间结构的抗风设计至关重要。

为了深入研究大跨度空间结构建筑的风荷载效应,风洞试验和数值模拟是两种重要的研究手段。风洞试验通过在模拟的风场环境中对建筑模型进行测试,能够直观地获取风荷载在结构表面的分布情况以及结构的动态响应特性<sup>[2]</sup>。通过对不同风向、风速和建筑模型的试验,可以得到风荷载的分布规律和结构的受力特点。数值模拟则利用计算流体动力学(CFD)技术,通过建立结构和风场的数学模型,对风荷载的分布和结构的响应进行详细分析。数值模拟能够更灵活地考虑各种复杂的边界条件和风场特性,为风荷载效应的研究提供了强大的支持。通过风洞试验和数值模拟的结合,可以揭示风荷载在不同方向和位置上的分布规律,为后续的抗风设计提供可靠的基础数据,从而确保大跨度空间结构建筑在风荷载作用下的安全性和可靠性。

## 2 抗风设计策略

在大跨度空间结构建筑的设计中,风荷载效应是影响结构安全性和经济性的关键因素之一。为了有效应对风荷载对建筑结构的不利影响,一系列抗风设计策略被提出并广泛应用<sup>[3]</sup>。通过对建筑外形和布局的合理调整,可以显著降低风荷载的直接作用。采用流线型或圆润的外形设计,能够有效减少风的阻力,使风能够更顺畅地绕过建筑表面,从而降低风压对结构的集中作用。合理规划建筑的布局,避免形成风的涡流区或局部高压区域,也能有效减少风荷载对结构的负面影响。这种几何形态的优化不仅有助于提高结构的抗风性能,还能在一定程度上提升建筑的美学效果,实现功能与形式的统一。

除了优化结构的几何形态外,采用合理的结构体系也是提高大跨度空间结构建筑抗风性能的重要手段。张弦梁结构、网壳结构等现代结构形式因其独特的力学性能而被广泛应用于大跨度建筑中。张弦梁结构通过弦杆和腹杆的合理组合,能够有效分散风荷载的作用力,将荷载均匀传递到支撑结构上,从而提高

结构的整体稳定性。网壳结构则以其空间网格形式,具有较高的刚度和抗扭性能,能够更好地抵抗风荷载引起的复杂应力状态<sup>[4]</sup>。这些结构体系不仅在抗风性能上表现出色,还能满足大跨度空间建筑对内部空间开阔性和使用灵活性的要求,为建筑的多样化功能提供了有力支持。

为了进一步提高大跨度空间结构建筑在强风作用下的稳定性,引入阻尼装置和风振控制技术成为了一种有效的补充措施。阻尼装置能够有效吸收和耗散结构在风荷载作用下产生的振动能量,从而抑制结构的风致振动。常见的阻尼装置包括调谐质量阻尼器(TMD)和调频阻尼器(TMD)等。调谐质量阻尼器通过在结构内部设置一个与结构自振频率相匹配的质量块,使其在结构振动时产生反向运动,从而抵消部分振动能量。而调频阻尼器则通过调整阻尼器的频率特性,使其能够适应不同频率的风振激励。这些阻尼装置的应用,结合先进的风振控制技术,如智能控制系统和实时监测技术,能够实现对结构振动的精准控制,确保大跨度空间结构建筑在强风环境下的安全性和舒适性。

## 3 工程案例分析

某大型体育场馆作为现代城市的重要公共建筑,其大跨度空间结构设计不仅满足了大型赛事和活动的功能需求,还面临着复杂的风荷载挑战。该场馆采用钢结构网壳体系,具有复杂的空间曲面形态和大跨度特点,其抗风设计成为确保结构安全的关键环节<sup>[5]</sup>。在设计过程中,首先对场馆的几何形态和周边环境进行了详细分析,确定了风荷载的主要作用方向和可能的风振影响区域。通过建立精确的数值模型,模拟不同风速和风向条件下的风荷载分布,为后续的抗风设计提供了重要的理论依据。

为了验证结构的抗风性能,该体育场馆项目进行了风洞试验。风洞试验通过模拟实际风场环境,精确测量了结构表面的风压分布和风振响应。试验结果表明,场馆的某些关键部位在强风作用下存在较大的风压系数和振动响应,这些部位成为抗风设计的重点。结合风洞试验结果,进一步利用数值模拟技术优化结构设计参数。通过调整结构的节点连接形式、增加局部构件的刚度以及合理布置阻尼装置,有效降低了结构的风致响应。数值模拟与风洞试验的相互验证,确保了抗风设计的科学性和可靠性。

经过优化设计后的体育场馆结构,在后续的使用过程中表现出良好的抗风性能。实际监测数据表明,合理的抗风设计显著降低了风荷载对结构的影响,减少了结构的变形和振动幅度,保障了建筑的安全性和舒适性<sup>[6]</sup>。优化后的设计方案在满足抗风要求的前提下,减少了部分结构材料的使用,降低了建设成本,提高了建筑的经济性。该大型体育场馆的抗风设计实践为类似大跨度空间结构建筑提供了宝贵的经验。未来类似工程可以借鉴其在风洞试验与数值模拟结合应用方面的成功经验,进一步提升抗风设计的精细化水平,推动大跨度空间结构建筑的可持续发展。

#### 4 结论与展望

大跨度空间结构建筑因其独特的结构形式和功能需求,在现代建筑工程中扮演着重要角色。其风荷载效应是影响其安全性和经济性的关键因素。大跨度空间结构建筑通常具有复杂的几何形态和较大的表面积,这使得它们在风荷载作用下表现出显著的动态响应。风荷载不仅会引起结构的静力效应,如内力和变形,还会引发结构的动力效应,如振动和疲劳破坏<sup>[7]</sup>。深入分析风荷载的分布规律和作用机制对于保障建筑的安全性和经济性至关重要。通过风洞试验和数值模拟等手段,可以精确地研究风荷载在不同方向和位置上的分布情况,以及结构在风荷载作用下的响应特征。

结合实际工程案例,提出有效的抗风设计策略是确保大跨度空间结构建筑安全性和经济性的关键环节。在实际工程中,通过优化结构的几何形态,如调整建筑的外形和布局,可以有效降低风荷载的直接作用。采用合理的结构体系,如张弦梁结构、网壳结构等,能够提高结构的抗风性能<sup>[8]</sup>。引入阻尼装置和风振控制技术,可以有效抑制结构的风致振动,确保结构在强风作用下的稳定性。在某大型体育场馆的抗风设计中,通过风洞试验验证结构的抗风性能,并结合数值模拟优化结构设计参数,最终显著降低了风荷载对结构的影响,提高了建筑的安全性和经济性。

未来,随着计算技术的不断进步和新材料的应用,大跨度空间结构建筑的抗风设计将迎来新的发展机遇。先进的计算技术,如高性能计算和人工智能算法,将使风荷载的模拟和结构响应的分析更加精确和高效。新型材料的不断涌现,如高强度钢材、高性能复合材料等,将为结构的抗风设计提供更多的

选择和可能性。这些新材料不仅具有更高的强度和更好的韧性,还能够减轻结构的自重,从而进一步提高结构的抗风性能。智能化的设计方法和监测技术也将为大跨度空间结构建筑的抗风设计提供有力支持。通过实时监测结构在风荷载作用下的响应,结合智能算法进行数据分析和优化,可以实现结构的动态抗风设计和实时安全评估。

#### 5 结语

大跨度空间结构建筑的风荷载效应是影响其安全性和经济性的关键因素。通过深入分析风荷载的分布规律和作用机制,并结合实际工程案例,本文提出了有效的抗风设计策略。这些策略在优化结构形态、采用合理结构体系以及引入阻尼装置等方面取得了显著成效,为类似工程提供了有益参考。未来,随着计算技术的不断进步和新材料的应用,大跨度空间结构建筑的抗风设计将更加精细化和智能化,为建筑的可持续发展提供有力支持,推动其在更广泛的领域发挥重要作用。

#### 参考文献

- [1] 茹小琴.大跨度空间钢结构建筑施工技术与控制[J].住宅与房地产,2024,(23):89-91.
- [2] 刘博文.大跨度冶金工业建筑空间结构设计与施工技术[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(22):135-137.
- [3] 大跨度建筑,让城市更美好——国家卓越工程师团队中建西南院高性能大跨度空间结构工作室小记[J].建筑,2024,(02):60-62.
- [4] 赵敏越,董磊,姚文军,等.大跨度网监大厅结构设计研究[J].山西建筑,2021,47(03):21-23.
- [5] 吴磊,王立志,戚宏志.大跨度双索柔性支架风荷载效应分析[J].今日制造与升级,2024,(04):176-180.
- [6] 朱秋颖,胡晓红,韩治忠,等.钢桥塔与塔吊联合体系风荷载效应研究[J].上海公路,2022,(02):26-29+84+165.
- [7] 殷广建,方园,周常林,等.大跨度层叠曲面木屋盖局部风荷载效应研究[J].建筑结构,2021,51(S1):1776-1782.
- [8] 石俊阳,秦玮峰,杨肖悦,等.空间结构等效静力风荷载计算的通用方法[J].空间结构,2020,26(03):16-23.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**