

高层建筑结构抗风设计要点研究

孙大俊

江西兴连达建设工程有限公司，江西九江，341000；

摘要：随着城镇化进程持续加速，建筑技术不断革新，超高层、异形高层建筑在城市建设中日益增多。这类建筑高度大、柔性强，受风荷载影响远大于中低层建筑，抗风设计已成为决定其结构安全与使用性能的核心环节。本文聚焦高层建筑结构抗风设计的核心问题，结合风荷载的动力特性与高层建筑的结构特点，系统梳理抗风设计的基础理论与关键技术。通过分析风荷载的作用机制与精准计算方法，探讨不同结构体系的抗风性能差异，提出针对性的抗风优化策略与构造措施，为提升高层建筑结构的抗风可靠性、推动抗风设计技术规范化发展提供实用参考。

关键词：高层建筑；结构设计；抗风性能；风荷载计算；优化策略

DOI：10.64216/3080-1508.25.12.090

引言

高层建筑是城市现代化的重要标志，其结构安全直接关系到人民生命财产安全与城市建设的可持续发展。在自然环境诸多荷载中，风荷载是高层建筑面临的主要侧向荷载，尤其在台风、强阵风频发的沿海及内陆峡谷区域，风致振动与风荷载作用易导致结构开裂、功能失效，严重时甚至引发整体倒塌事故。传统抗风设计多依赖经验公式与规范套用，难以适应现代高层建筑高度增加、体型复杂的发展趋势。因此，深入研究高层建筑结构抗风设计核心要点，明确风荷载计算、结构适配等关键问题，对弥补设计不足、提升抗风能力具有重要现实意义。

1 高层建筑风荷载特性及计算要点

1.1 风荷载动力特性分析

风荷载对高层建筑的作用并非静态，而是呈现显著的动力效应，这一特性在结构设计中必须重点考量。实际工程中，需明确区分平均风荷载与脉动风荷载的不同影响机制。平均风荷载是风在较长时间内的稳定作用部分，主要决定结构的静态响应，如构件的静力弯曲与轴向应力。而脉动风荷载则是风在瞬时产生的不规则波动，其随机性强，易引发结构产生振动响应，长期作用下会增加结构构件的疲劳损伤风险。在具体分析中，需结合建筑的实际高度、高宽比及场地粗糙度等级等参数，通过理论分析与模拟计算，明确风荷载在时间与空间上的分布规律，为后续设计提供精准依据。

1.2 计算核心参数确定

风荷载计算的准确性，关键在于核心参数的合理确

定，这些参数直接影响设计结果的可靠性。基本风压作为基础参数，其取值需结合当地长期气象观测数据，同时依据建筑的重要性等级确定相应的重现期要求，尤其要充分考虑近年来极端天气事件频发的特点进行修正。风荷载体型系数则与建筑的平面形状、立面特征密切相关，常规矩形建筑可参考规范取值，但对于异形、复杂体型建筑，规范推荐值误差较大，需通过风洞试验或数值模拟进行针对性修正。此外，风荷载高度变化系数需严格匹配建筑各楼层的实际高度与场地类别，确保不同高度处风荷载计算的精准性，避免因参数偏差导致设计安全隐患。

1.3 现代计算方法应用

随着计算机技术与试验手段的发展，现代风荷载计算方法已逐步取代传统单一的经验计算，形成多元化的计算体系。数值模拟技术以其高效性、灵活性及低成本的优势，在复杂体型高层建筑风荷载计算中得到广泛应用，通过建立三维模型与风场模拟，可快速获取结构表面的风压力分布。风洞试验虽成本相对较高、周期较长，但能真实还原风与结构的相互作用过程，精准捕捉复杂流场特性，是验证数值模拟结果的重要手段。实际工程设计中，应建立数值模拟与风洞试验相结合的计算体系，通过两者结果的对比分析与相互验证，有效提升风荷载计算的准确性与可靠性，保障设计质量。

2 高层建筑抗风结构体系的选型与设计

2.1 常见结构体系性能对比

不同结构体系的抗风性能存在显著差异，合理选型是高层建筑抗风设计的首要环节。框架-剪力墙结构是

目前应用较广的体系之一,通过框架与剪力墙的协同工作,兼具一定的抗侧刚度与结构延性,能有效抵御中烈度风荷载作用,适用于高度在 100 米以内的中高层住宅及办公建筑。筒中筒结构以核心筒与外框筒形成双重抗侧力体系,整体刚度大、抗扭性能好,抗风性能尤为优异,是高度超过 200 米的超高层建筑的常用选择。巨型框架结构则通过巨型梁、巨型柱等大尺寸构件承担主要风荷载,结构受力明确,适用于体型特殊、功能复杂的高层建筑,能有效满足个性化设计需求。

2.2 结构设计关键原则

高层建筑抗风结构体系设计需遵循明确的关键原则,以确保结构的安全与稳定。首先,结构体系的刚度分布应均匀合理,避免因局部刚度突变导致风荷载集中作用,造成结构薄弱部位破坏。其次,需通过精准计算控制结构的自振周期,使其避开当地强风的卓越周期,最大限度减少共振效应产生的放大作用,降低结构振动响应。同时,应保证结构具有足够的延性,通过设置耗能构件如阻尼器、连梁等,有效吸收风致振动能量,提升结构的抗风冗余度,确保在极端风荷载作用下结构不发生脆性破坏。

2.3 新型结构体系发展应用

建筑行业的发展推动着新型抗风结构体系不断涌现,为高层建筑抗风设计提供了更多解决方案。混合结构体系通过合理搭配钢材与混凝土两种材料,充分发挥钢材抗拉强度高、混凝土抗压性能好的优势,在显著提升结构抗风性能的同时,有效降低结构自重,减少基础造价。模块化钢结构体系则通过工厂预制标准化构件,现场组装形成整体结构,这种建造方式不仅提高施工效率,还能通过优化构件连接节点,完善结构受力传递路径,增强结构整体抗风稳定性。这些新型结构体系在实际工程中的应用,推动了高层建筑抗风设计技术的创新发展。

3 高层建筑风致振动控制技术要点

3.1 风致振动类型及危害

风致振动是高层建筑抗风设计中需重点关注的问题,其不同类型具有各异的产生机制与危害。顺风向振动是最常见的类型,主要由平均风荷载产生的静力效应与脉动风荷载引发的动力效应共同作用形成,长期反复作用易导致结构构件产生疲劳破坏,影响结构使用寿命。横风向振动多源于风绕流结构时产生的漩涡脱落现象,

当漩涡脱落频率与结构自振频率接近时,会引发结构大幅振动,严重影响建筑内部人员的使用舒适度,甚至导致非结构构件损坏。扭转振动则通常因建筑体型不对称或风荷载在结构表面分布不均引发,对结构整体性要求更高,易造成结构构件受力失衡。

3.2 被动控制技术应用

被动控制技术因具有可靠性高、无需额外能源等优势,在高层建筑抗风设计中应用广泛。调谐质量阻尼器是常用的被动控制装置,通过在结构顶部或关键楼层设置附加质量块,利用质量块与结构主体的振动相位差,抵消部分结构风致振动能量,适用于中小振幅的振动控制,在多座超高层建筑中已成功应用。调谐液体阻尼器则利用容器内液体晃动产生的阻尼力与惯性力消耗振动能量,其构造相对简单,安装便捷且成本较低,尤其适用于住宅类高层建筑。这些被动控制技术的合理运用,能有效提升结构的抗风振动能力。

3.3 主动与半主动控制发展

主动与半主动控制技术代表了高层建筑风致振动控制的发展方向,具有控制精度高、适应性强的特点。主动控制技术通过在结构上布置传感器,实时监测结构振动响应,由中央控制系统分析处理后,驱动作动器施加与振动方向相反的控制力,从而快速抑制结构振动,控制精度显著优于被动控制。半主动控制技术则结合了主动控制的灵活性与被动控制的可靠性,通过实时调节阻尼器的刚度或阻尼参数,适应不同风荷载工况下的振动控制需求。目前,两者均需进一步解决能耗过高、极端环境下可靠性不足等问题,以扩大在高层建筑中的应用范围。

4 高层建筑抗风设计的材料与构造措施

4.1 抗风材料性能与选用

材料是保障高层建筑抗风性能的基础,不同结构构件对材料性能有着明确要求。结构钢材作为主要受力构件材料,需具备较高的屈服强度与良好的冲击韧性,以承受风荷载作用下产生的反复拉压应力,避免出现塑性变形或断裂破坏。高性能混凝土在剪力墙、核心筒等构件中广泛应用,应通过配合比优化提升其抗压强度与弹性模量,减少结构在风荷载作用下的变形量,保证结构刚度。纤维增强复合材料如碳纤维布、玻璃纤维布等,具有强度高、重量轻的特点,可用于加固梁柱节点、剪力墙等关键构件,提升局部抗风性能,满足特殊部位的

设计需求。

4.2 关键构件构造设计

关键构件的抗风构造设计直接影响高层建筑的整体抗风性能,需注重细节处理。梁柱节点是框架结构的核心受力部位,应采用刚性连接设计,通过加密节点区域箍筋、保证纵筋锚固长度等措施,确保节点能够有效传递梁端与柱端的弯矩和剪力,避免节点先于构件发生破坏。剪力墙的边缘构件作为抵抗风荷载剪力的关键部分,需加强配筋设计,设置足够数量的纵向钢筋与箍筋,提升剪力墙的抗剪性能与延性,防止剪力墙出现剪切破坏。楼板与主体结构的连接应牢固可靠,通过设置抗剪栓钉、加强叠合层混凝土粘结等方式,防止风致振动导致楼板与主体结构分离、开裂或脱落。

4.3 围护结构抗风设计

围护结构虽不直接承担主体结构的风荷载,但在强风作用下易发生破坏,需做好抗风设计与密封处理。玻璃幕墙作为常用围护构件,应根据建筑高度与风荷载计算值,选用抗风压性能符合要求的钢化玻璃与高强度铝型材,同时对幕墙连接件进行严格的强度验算,确保连接牢固。外墙保温层与饰面砖的固定是易被忽视的环节,需采取锚栓固定、粘结增强等加强措施,防止风荷载作用下出现保温层空鼓、饰面砖脱落等安全隐患。门窗安装过程中,密封胶的选用至关重要,应选择耐候性强、粘结力好的产品,确保门窗接缝处密封严密,避免风雨渗透影响建筑使用功能。

5 高层建筑抗风设计的协同与优化策略

5.1 方案阶段抗风设计融入

将抗风设计理念融入建筑方案阶段,是实现高层建筑抗风性能与建筑美学平衡的关键。建筑体型设计是重要切入点,应尽量采用流线型如圆形、椭圆形等平面形状,这类体型能有效减少风的绕流分离现象,降低漩涡脱落引发的附加风荷载与风致振动。同时,需合理控制建筑高宽比与平面尺寸,避免出现高宽比过大的细长型建筑或平面不规则的复杂体型建筑,减少风荷载集中与扭转效应。在方案设计初期,应组织结构工程师与建筑师协同开展风荷载初步评估,通过简化计算或类比分析,为建筑体型优化提供依据,将抗风设计前置。

5.2 多专业协同设计流程

高层建筑抗风设计并非结构专业的单独任务,需构建多专业协同的设计流程。建筑、结构、机电等相关专

业应建立常态化沟通机制,明确各专业在抗风设计中的职责分工。结构专业需根据风荷载计算结果,向机电专业提供结构风致振动参数,指导通风设备、电梯机房设备等的固定设计,防止设备在振动中移位或损坏。建筑专业在进行立面设计、造型优化时,应主动配合结构专业的抗风要求,在保证建筑美观的同时,优先选择抗风性能优越的设计方案。通过BIM技术等协同设计平台,实现各专业设计信息的实时共享与碰撞检查,及时解决抗风设计中的专业冲突问题。

5.3 全生命周期设计优化

高层建筑抗风设计应秉持全生命周期理念,实现设计、施工、运维全过程的优化。在设计阶段,不仅要满足当前风环境下的抗风要求,还需考虑建筑使用年限内可能出现的风环境变化,预留后期加固改造的空间与接口。建筑投入使用后,应结合运维管理数据,建立结构抗风性能长期监测体系,通过布置传感器实时采集结构振动、构件应力等数据,及时发现潜在安全风险。同时,通过全生命周期成本分析,综合考量设计、施工、运维及加固成本,在保证结构安全的前提下,选取经济合理的抗风设计方案,实现技术与经济的平衡。

6 结论

高层建筑结构抗风设计是一项系统工程,涉及风荷载计算、结构体系选型、振动控制、材料选用等多个核心环节,各环节相互关联、缺一不可。风荷载的精准计算是抗风设计的基础,需结合现代数值模拟与风洞试验技术,明确风荷载的动力特性与分布规律。合理选择抗风结构体系并遵循科学的设计原则,能从根本上提升结构的抗风承载能力,新型结构体系的应用则为设计提供了更多创新方向。风致振动控制技术与材料构造措施的完善,进一步保障了结构在风荷载作用下的安全与稳定。多专业协同设计与全生命周期优化理念的融入,实现了抗风设计的系统性与经济性平衡。

参考文献

- [1] 黄佳林. 高层建筑设计中的抗震策略研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (28): 58-60.
- [2] 湛洋. 高层建筑混凝土结构设计中的抗震设计探讨[J]. 陶瓷, 2025, (09): 201-203.
- [3] 徐茂鹏, 刘柯柯. 高层混凝土建筑结构抗震设计探讨[J]. 居舍, 2025, (26): 113-116.
- [4] 余佩泽. 高层住宅建筑人防工程结构设计及关键施工技术研究[J]. 散装水泥, 2025, (04): 121-123.